

## VI-2-5-7 原子炉補機冷却設備の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-5-7-1 原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系の耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の耐震性  
についての計算書
- VI-2-5-7-3 原子炉補機代替冷却水系の耐震性についての計算書



VI-2-5-7-1 原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系の耐震性  
についての計算書

## 目 次

- VI-2-5-7-1-1 原子炉補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-1-2 原子炉補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-1-3 原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-1-4 原子炉補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-1-5 原子炉補機冷却海水系ストレーナの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-1-6 管の耐震性についての計算書（原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系）

VI-2-5-7-1-3 原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書

## 目次

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. 概要                 | 1  |
| 2. 一般事項               | 1  |
| 2.1 構造計画              | 1  |
| 3. 固有値解析及び構造強度評価      | 3  |
| 3.1 固有値解析及び構造強度評価方法   | 3  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力      | 3  |
| 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態  | 3  |
| 3.2.2 許容応力            | 3  |
| 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件   | 3  |
| 3.3 解析モデル及び諸元         | 9  |
| 3.4 固有周期              | 9  |
| 3.5 設計用地震力            | 12 |
| 3.6 サポート部の計算方法        | 14 |
| 3.6.1 記号の説明           | 14 |
| 3.6.2 応力の計算方法         | 14 |
| 3.7 計算条件              | 14 |
| 3.8 応力の評価             | 15 |
| 3.8.1 ボルトの応力評価        | 15 |
| 4. 機能維持評価             | 16 |
| 4.1 基本方針              | 16 |
| 4.2 ポンプの動的機能維持評価      | 17 |
| 4.2.1 評価対象部位          | 17 |
| 4.2.2 評価基準値           | 17 |
| 4.2.3 評価方法            | 17 |
| 4.3 原動機の動的機能維持評価      | 18 |
| 4.3.1 評価対象部位          | 18 |
| 4.3.2 評価基準値           | 18 |
| 4.3.3 記号の説明           | 19 |
| 4.3.4 評価方法            | 20 |
| 5. 評価結果               | 23 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果  | 23 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 | 23 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉補機冷却海水ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

原子炉補機冷却海水ポンプは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、原子炉補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のたて軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

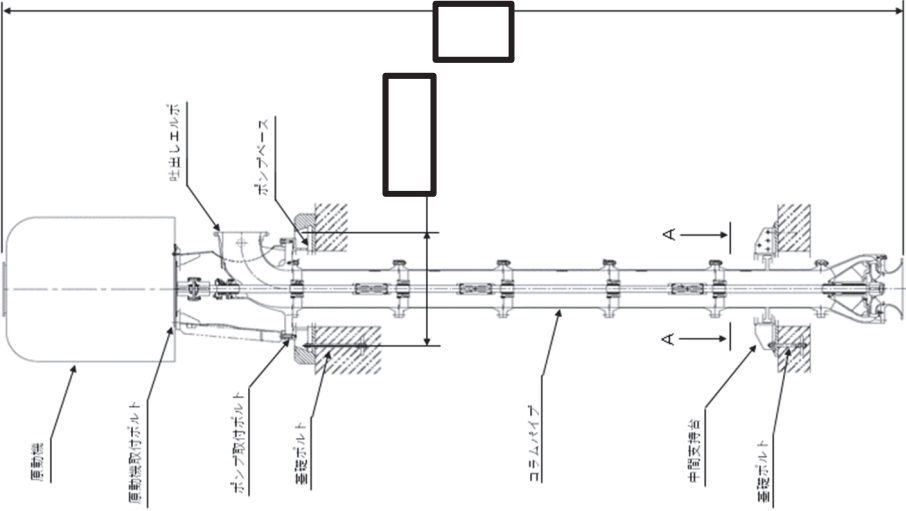
また、原子炉補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形斜流ポンプであり、原子炉補機冷却海水ポンプの原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形ころがり軸受電動機である。共に機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版（社）日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

原子炉補機冷却海水ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1
構造計画

| 計画の概要                                         |                              | 概略構造図                                                                                             |
|-----------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                       | 主体構造                         |                                                                                                   |
| <p>ポンプはポンプベースに固定され、ポンプベースは基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p> | <p>ターボ形<br/>(ターボ形たて軸ボンプ)</p> |  <p>(単位：mm)</p> |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 固有値解析及び構造強度評価

#### 3.1 固有値解析及び構造強度評価方法

原子炉補機冷却海水ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉補機冷却海水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

原子炉補機冷却海水ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-3 及び表 3-4 のとおりとする。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

原子炉補機冷却海水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分          |               | 機器名称             | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                  | 許容応力状態     |
|---------------|---------------|------------------|---------|--------|-------------------------|------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機<br>冷却設備 | 原子炉補機冷却海水<br>ポンプ | S       | Non*   | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | $III_{AS}$ |
|               |               |                  |         |        | $D + P_D + M_D + S_s$   | $IV_{AS}$  |

注記 \*：クラス 3 ポンプの荷重組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス 3 ポンプの支持構造物を含む。

表 3-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分          |               | 機器名称             | 設備分類*1                               | 機器等の区分               | 荷重の組合せ                        | 許容応力状態                                                  |
|---------------|---------------|------------------|--------------------------------------|----------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機<br>冷却設備 | 原子炉補機冷却海水<br>ポンプ | 常設／防止<br>(DB 拡張)<br>常設／緩和<br>(DB 拡張) | 重大事故等<br>クラス 2 ポンプ*2 | $D + P_D + M_D + S_s^{*3}$    | $IV_{AS}$                                               |
|               |               |                  |                                      |                      | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | $V_{AS}$<br>( $V_{AS}$ として<br>$IV_{AS}$ の許容限界<br>を用いる。) |

注記 \*1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和 (DB 拡張)」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

\*2：重大事故等クラス 2 ポンプの支持構造物を含む。

\*3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。



表 3-3 許容応力（クラス 2, 3 ポンプ及び重大事故等クラス 2 ポンプ）

| 許容応力状態                                                                 | 許容限界*                                                                                  |                  |                                                                                                                                       |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                        | 一次一般膜応力                                                                                | 一次膜応力＋<br>一次曲げ応力 | 一次＋二次応力<br>一次＋二次応力<br>ピーク応力                                                                                                           |
| Ⅲ <sub>AS</sub>                                                        | S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方。<br>ただし、ASS及びHNAにつ<br>いては上記値と1.2・Sとの大<br>きい方。 | 左欄の1.5倍の値        | S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労<br>累積係数が1.0以下であること。<br>ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が<br>2・S <sub>y</sub> 以下であれば疲労解析は不要。 |
| Ⅳ <sub>AS</sub>                                                        |                                                                                        |                  |                                                                                                                                       |
| V <sub>AS</sub><br>(V <sub>AS</sub> としてⅣ <sub>AS</sub> の許容<br>限界を用いる。) | 0.6・S <sub>u</sub>                                                                     | 左欄の1.5倍の値        | S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数<br>が1.0以下であること。<br>ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が<br>2・S <sub>y</sub> 以下であれば疲労解析は不要。                  |

注記 \*：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価は評価を省略する。

表 3-4 許容応力（クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

| 許容応力状態                                                              | 許容限界 <sup>*1, *2</sup><br>(ボルト等) |                   |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------|
|                                                                     | 一次応力                             |                   |
|                                                                     | 引張り                              | せん断               |
|                                                                     | $1.5 \cdot f_t$                  | $1.5 \cdot f_s$   |
| Ⅲ <sub>A</sub> S                                                    |                                  |                   |
| Ⅳ <sub>A</sub> S                                                    |                                  |                   |
| V <sub>A</sub> S<br>(V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。) | $1.5 \cdot f_t^*$                | $1.5 \cdot f_s^*$ |

注記 \*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材           | 材料 | 温度条件<br>(℃) | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|----------------|----|-------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| コラムパイプ         |    | 最高使用温度      | 50         |                         |                         |                               |
| 基礎ボルト          |    | 周囲環境温度      |            |                         |                         |                               |
| ポンプ取付ボルト       |    | 最高使用温度      |            |                         |                         |                               |
| 原動機取付ボルト       |    | 周囲環境温度      |            |                         |                         |                               |
| 中間支持台<br>基礎ボルト |    | 周囲環境温度      |            |                         |                         |                               |

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材           | 材料 | 温度条件<br>(℃) | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|----------------|----|-------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| コラムパイプ         |    | 最高使用温度      |            |                         |                         |                               |
| 基礎ボルト          |    | 周囲環境温度      |            |                         |                         |                               |
| ポンプ取付ボルト       |    | 最高使用温度      |            |                         |                         |                               |
| 原動機取付ボルト       |    | 周囲環境温度      |            |                         |                         |                               |
| 中間支持台<br>基礎ボルト |    | 周囲環境温度      |            |                         |                         |                               |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3.3 解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造強度評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】の機器要目及びその他の機器要目に示す。解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.4 固有周期

固有値解析の結果を表 3-7、振動モード図を図 3-1、図 3-2、図 3-3 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

表 3-7 固有値解析結果

| モード | 卓越方向 | 固有周期<br>(s) | 水平方向刺激係数* |       | 鉛直方向<br>刺激係数* |
|-----|------|-------------|-----------|-------|---------------|
|     |      |             | NS 方向     | EW 方向 |               |
| 1 次 | 水平   | 0.143       | 1.046     | 1.046 | 0.000         |
| 2 次 | 水平   | 0.080       | 3.148     | 3.148 | 0.000         |
| 3 次 | 水平   | 0.067       | 3.410     | 3.410 | 0.000         |
| 4 次 | 水平   | 0.042       | —         | —     | —             |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリクスの積から算出した値を示す。

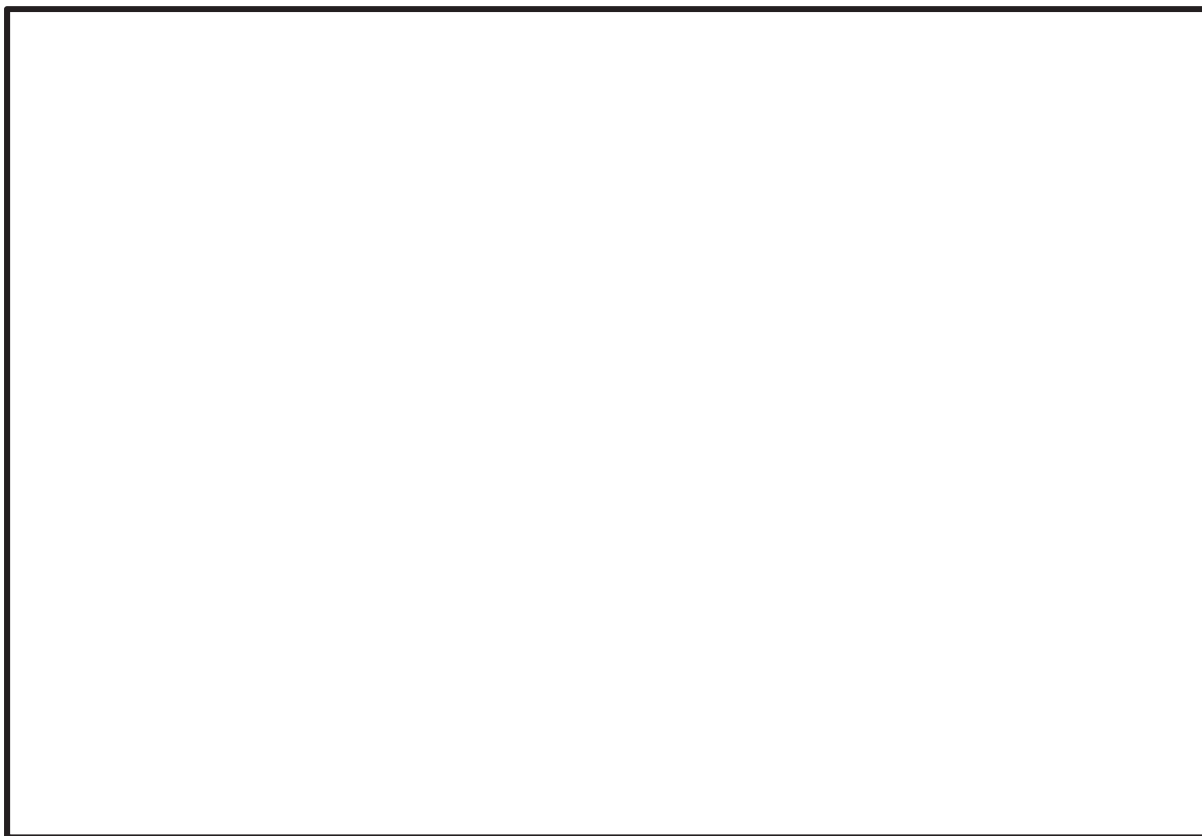


図 3-1 振動モード（1 次モード 水平方向 0.143s）



図 3-2 振動モード（2 次モード 水平方向 0.080s）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

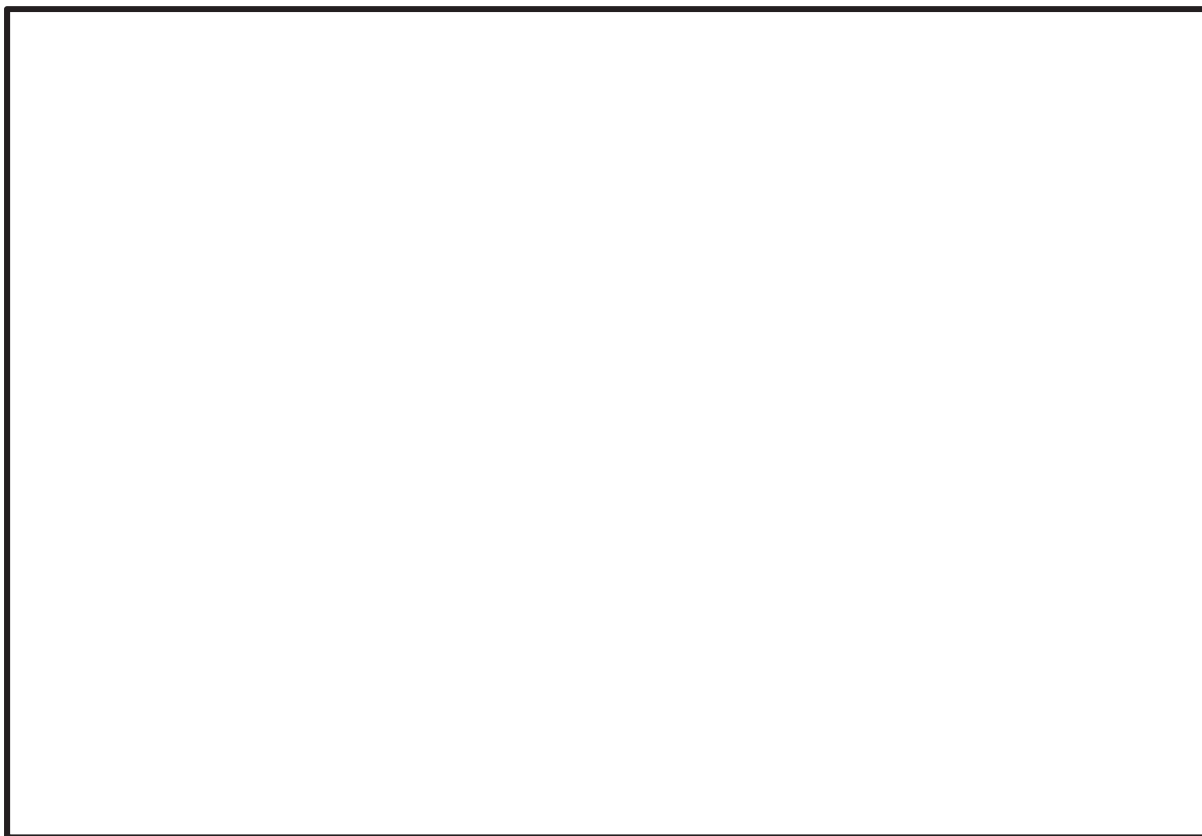


図 3-3 振動モード (3 次モード 水平方向 0.067s)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-8 及び表 3-9 に示す。

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 3-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所及び床面高さ(m)       |         | 海水ポンプ室（補機ポンプエリア） O.P. 3.0 <sup>*1</sup> |       |                      |                      |       |                      |
|---------------------|---------|-----------------------------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|
| 固有周期(s)             |         | 水平：0.143 <sup>*2</sup> 鉛直：0.05 以下       |       |                      |                      |       |                      |
| 減衰定数(%)             |         | 水平：1.0 鉛直：－                             |       |                      |                      |       |                      |
| 地震力                 |         | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度                |       |                      | 基準地震動 $S_s$          |       |                      |
| モード                 | 固有周期(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                    |       | 応答鉛直震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*4</sup> |       | 応答鉛直震度 <sup>*4</sup> |
|                     |         | NS 方向                                   | EW 方向 |                      | NS 方向                | EW 方向 |                      |
| 1 次                 | 0.143   | 3.26                                    | 3.26  | －                    | 5.65                 | 5.65  | －                    |
| 2 次                 | 0.080   | 3.96                                    | 3.96  | －                    | 7.90                 | 7.90  | －                    |
| 3 次                 | 0.067   | 6.04                                    | 6.04  | －                    | 9.37                 | 9.37  | －                    |
| 4 次                 | 0.042   | －                                       | －     | －                    | －                    | －     | －                    |
| 動的地震力 <sup>*5</sup> |         | 1.05                                    | 1.05  | 1.07                 | 1.67                 | 1.67  | 1.94                 |
| 静的地震力 <sup>*6</sup> |         | －                                       | －     | －                    | －                    | －     | －                    |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：1 次固有周期について記載。

\*3：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（ $S_d$ ）より得られる震度を示す。

\*4：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（ $S_s$ ）より得られる震度を示す。

\*5： $S_s$  又は  $S_d$  に基づく設計用最大応答加速度（ $1.2 \cdot ZPA$ ）より定めた震度を示す。

\*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$  及び  $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。



表 3-9 設計用地震力（重大事故等対処施設）

| 据付場所及び<br>床面高さ (m)  |             | 海水ポンプ室（補機ポンプエリア） 0.P. 3.0 <sup>*1</sup> |       |            |                      |       |                          |
|---------------------|-------------|-----------------------------------------|-------|------------|----------------------|-------|--------------------------|
| 固有周期 (s)            |             | 水平：0.143 <sup>*2</sup> 鉛直：0.05 以下       |       |            |                      |       |                          |
| 減衰定数 (%)            |             | 水平：1.0 鉛直：－                             |       |            |                      |       |                          |
| 地震力                 |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度       |       |            | 基準地震動 S <sub>s</sub> |       |                          |
| モード                 | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度                                  |       | 応答鉛直<br>震度 | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |       | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                     |             | NS 方向                                   | EW 方向 |            | NS 方向                | EW 方向 |                          |
| 1 次                 | 0.143       | －                                       | －     | －          | 5.65                 | 5.65  | －                        |
| 2 次                 | 0.080       | －                                       | －     | －          | 7.90                 | 7.90  | －                        |
| 3 次                 | 0.067       | －                                       | －     | －          | 9.37                 | 9.37  | －                        |
| 4 次                 | 0.042       | －                                       | －     | －          | －                    | －     | －                        |
| 動的地震力 <sup>*4</sup> |             | －                                       | －     | －          | 1.67                 | 1.67  | 1.94                     |
| 静的地震力               |             | －                                       | －     | －          | －                    | －     | －                        |

注記＊1：基準床レベルを示す。

＊2：1 次固有周期について記載。

＊3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S<sub>s</sub>）より得られる震度を示す。

＊4：S<sub>s</sub> 又は S<sub>d</sub> に基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

### 3.6 サポート部の計算方法

#### 3.6.1 記号の説明

原子炉補機冷却海水ポンプのサポート部の応力評価に使用する記号を表 3-10 に示す。

表 3-10 記号の説明

| 記号             | 記号の説明              | 単位            |
|----------------|--------------------|---------------|
| W              | サポートボルトに作用する荷重     | N             |
| $A_{s b j}$    | サポート取付ボルトの軸断面積     | $\text{mm}^2$ |
| $n_{s j}$      | サポート取付ボルトの本数       | —             |
| $\tau_{s b j}$ | サポート取付ボルトに生じるせん断応力 | MPa           |

#### 3.6.2 応力の計算方法

多質点モデルを用いて応答計算を行い，得られた荷重Wにより，サポート取付ボルトに生じるせん断応力は次式で求める。

$$\tau_{s b j} = \frac{W}{A_{s b j} \cdot n_{s j}} \dots\dots\dots (3.6.2.1)$$

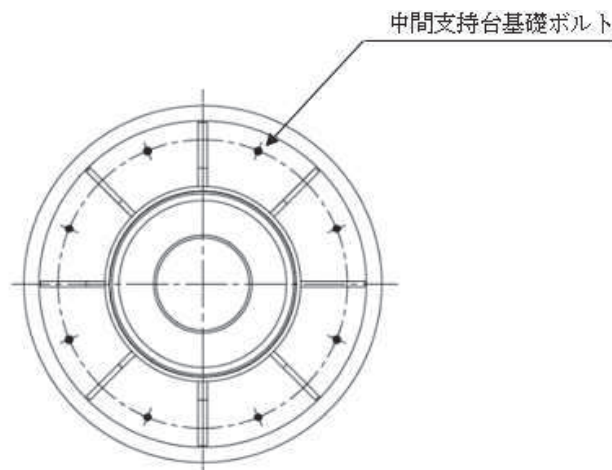


図 3-4 サポート部の応力計算モデル

### 3.7 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 3.8 応力の評価

#### 3.8.1 ボルトの応力評価

3.6.2 項で求めたボルトのせん断応力  $\tau_{s b j}$  はせん断力のみを受けるボルトの許容応力  $f_{s s b j}$  以下であること。

ただし、 $f_{s s b j}$  は下表による。

|                          | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合  | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合                |
|--------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 許容せん断応力<br>$f_{s s b j}$ | $\frac{F_j}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F_j^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 基本方針

原子炉補機冷却海水ポンプ及び同原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形斜流ポンプ及び立形ころがり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる設計用最大応答加速度（1.0ZPA）を設定する。

## 4.2 ポンプの動的機能維持評価

### 4.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 に記載の立形斜流ポンプの動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト，ポンプ取付ボルト，原動機取付ボルト
- b. コラムパイプ
- c. ストッパ
- d. 軸受

このうち「a. 基礎ボルト，ポンプ取付ボルト，原動機取付ボルト」「b. コラムパイプ」「c. ストッパ」については、「3. 固有値解析及び構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

以上より、本計算書においては、軸受を評価対象部位とする。

### 4.2.2 評価基準値

軸受については、メーカー規定の許容値もしくは、「平成 16 年度原子力発電施設耐震信頼性実証に関する報告書 機器耐力その 3（大型立形ポンプ）」（(独) 原子力安全基盤機構）のゴム軸受面圧 7.69MPa および樹脂軸受面圧 6.91MPa を評価基準値として設定する。

### 4.2.3 評価方法

軸受については、多質点はりモデルによる原子炉補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い、得られた軸受の発生荷重に係数 4.3 を乗じ評価する。

#### 4.3 原動機の動的機能維持評価

##### 4.3.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の電動機の動的機能維持評価に従い，以下の部位について評価を実施する。

- a. 取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子のクリアランス
- g. モータフレーム
- h. 軸継手

このうち「a. 取付ボルト」については，「3. 固有値解析及び構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

以上より，本計算書においては，固定子，軸（回転子），端子箱，軸受，固定子と回転子のクリアランス，モータフレームを評価対象部位とする。なお，軸継手はポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプであり，相対変位が発生しないこと，および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力が発生しないことから，計算書の評価対象外とする。

##### 4.3.2 評価基準値

軸（回転子）及びモータフレームの許容応力は，クラス 2 ポンプの許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>に準拠し設定する。固定子の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>に準拠し設定する。端子箱の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub>に準拠し設定する。また軸受については，メーカー規定の軸受の定格荷重を，固定子と回転子間のクリアランスは，変位可能寸法を評価基準値として設定する。

#### 4.3.3 記号の説明

原子炉補機冷却海水ポンプ用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表 4-2 に示す。

表4-2 記号の説明

| 記号         | 記号の説明               | 単位                       |
|------------|---------------------|--------------------------|
| $A_{bt}$   | 端子箱取付ボルトの断面積        | $\text{mm}^2$            |
| $A_f$      | モータフレームの断面積         | $\text{mm}^2$            |
| $A_s$      | 軸の断面積               | $\text{mm}^2$            |
| $C_P$      | ポンプ振動による震度          | —                        |
| $C_H$      | 水平方向設計震度            | —                        |
| $C_V$      | 鉛直方向設計震度            | —                        |
| $D$        | 固定子の外径              | mm                       |
| $d_s$      | 軸の径                 | mm                       |
| $F_k$      | 固定子に生じる組合せ荷重        | N                        |
| $F_{bt1}$  | 端子箱取付ボルトに作用する水平方向荷重 | N                        |
| $F_{bt2}$  | 端子箱取付ボルトに作用する鉛直方向荷重 | N                        |
| $F_{kg}$   | 自重及び地震力により固定子に生じる荷重 | N                        |
| $F_{kt}$   | 電動機の回転による荷重         | N                        |
| $g$        | 重力加速度 (=9.80665)    | $\text{m/s}^2$           |
| $L$        | 固定子の溶接長さ            | mm                       |
| $M_f$      | モータフレームに作用する曲げモーメント | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_s$      | 軸に作用する曲げモーメント       | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $N$        | 電動機の回転速度            | $\text{min}^{-1}$        |
| $n_p$      | 固定子の溶接数             | —                        |
| $n_t$      | 端子箱取付ボルトの本数         | —                        |
| $P$        | 電動機出力               | kW                       |
| $p$        | 固定子の溶接部の開先寸法        | mm                       |
| $Q_{bt}$   | モータフレームに対するせん断力     | N                        |
| $s$        | 固定子のすみ肉脚長           | mm                       |
| $T_m$      | 電動機の回転による発生トルク      | $\text{N}\cdot\text{m}$  |
| $T_{ma}$   | 電動機最大トルク            | %                        |
| $T_s$      | ポンプ運転による発生トルク       | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $W_c$      | 固定子コイル及びコア質量        | kg                       |
| $W_f$      | モータフレーム質量           | kg                       |
| $W_s$      | 軸の質量                | kg                       |
| $W_t$      | 端子箱質量               | kg                       |
| $Z_f$      | モータフレームの断面係数        | $\text{mm}^3$            |
| $Z_s$      | 軸の断面係数              | $\text{mm}^3$            |
| $\sigma_m$ | モータフレームに生じる組合せ応力    | MPa                      |
| $\sigma_s$ | 軸に生じる組合せ応力          | MPa                      |

| 記号               | 記号の説明                       | 単位  |
|------------------|-----------------------------|-----|
| $\sigma_{b\ t}$  | 端子箱取付ボルトに生じる引張応力            | MPa |
| $\sigma_{f\ m}$  | モータフレームに生じる曲げ応力             | MPa |
| $\sigma_{f\ w}$  | 自重及び鉛直方向地震力によりモータフレームに生じる応力 | MPa |
| $\sigma_{s\ m}$  | 軸に生じる曲げ応力                   | MPa |
| $\sigma_{s\ w}$  | 自重及び鉛直方向地震力により軸に生じる応力       | MPa |
| $\tau_k$         | 固定子に生じるせん断応力                | MPa |
| $\tau_s$         | ポンプ運転によるねじり応力               | MPa |
| $\tau_{b\ t\ 1}$ | 端子箱取付ボルトに生じる水平方向のせん断応力      | MPa |
| $\tau_{b\ t\ 2}$ | 端子箱取付ボルトに生じる鉛直方向のせん断応力      | MPa |
| $\tau_{b\ t}$    | 端子箱取付ボルトに生じるせん断応力           | MPa |

#### 4.3.4 評価方法

##### (1) 固定子

電動機の最大荷重（トルク）は次式で求める。

$$T_m = \frac{974 \cdot P \cdot g}{N} \cdot \frac{T_{m\ a}}{100} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.1)$$

電動機の回転による荷重は次式で求める。

$$F_{k\ t} = \frac{T_m}{1/2 \cdot D} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.2)$$

自重及び鉛直方向地震力により発生する荷重は次式で求める。

$$F_{k\ g} = W_c \cdot g \cdot (C_v + C_p + 1) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.3)$$

せん断応力は次式で求める。

$$F_k = \sqrt{F_{k\ t}^2 + F_{k\ g}^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.4)$$

$$\tau_k = \frac{F_k}{(p + s) \cdot L \cdot n_p} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.5)$$



(2) 軸

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い，得られたモーメントにより，曲げ応力は以下ようになる。

$$\sigma_{s m} = \frac{M_s}{Z_s} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.6)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s w} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_s \cdot g}{A_s} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.7)$$

c. ねじり応力

$$T_s = \frac{P}{2\pi / 60 \cdot N} \cdot 10^6 \quad \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

$$\tau_s = \frac{16 \cdot T_s}{\pi \cdot d_s^3} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_s = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{s m} + \sigma_{s w}) + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_{s m} + \sigma_{s w})^2 + 4 \tau_s^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

(3) 端子箱

a. 取付ボルトに作用する水平方向荷重

$$F_{b t 1} = (C_H + C_P) \cdot W_t \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

b. 取付ボルトに作用する鉛直方向荷重

$$F_{b t 2} = (1 + C_v + C_p) \cdot W_t \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

c. 取付ボルトに生じる水平方向のせん断応力

$$\tau_{b\ t\ 1} = \frac{F_{b\ t\ 1}}{n_t \cdot A_{b\ t}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

d. 取付ボルトに生じる鉛直方向のせん断応力

$$\tau_{b\ t\ 2} = \frac{F_{b\ t\ 2}}{n_t \cdot A_{b\ t}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

e. 取付ボルトに生じるせん断応力

$$\tau_{b\ t} = \sqrt{\tau_{b\ t\ 1}^2 + \tau_{b\ t\ 2}^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

f. 取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{b\ t} = \frac{Q_{b\ t}}{n_t \cdot A_{b\ t}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

(4) 軸受

多質点はりモデルによる原子炉補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い、軸受の発生荷重を評価する。

(5) 固定子と回転子のクリアランス

多質点はりモデルによる原子炉補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い、固定子ー軸（回転子）の相対変位が固定子ー軸（回転子）間空隙寸法を下回ることを確認する。

(6) モータフレーム

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い、得られたモーメントにより、曲げ応力は以下ようになる。

$$\sigma_{f\ m} = \frac{M_f}{Z_f} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.17)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{fw} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_f \cdot g}{A_f} \dots \dots \dots (4.3.4.18)$$

c. 組合せ応力

$$\sigma_m = \sigma_{fm} + \sigma_{fw} \dots \dots \dots (4.3.4.19)$$

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

原子炉補機冷却海水ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。  
発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

原子炉補機冷却海水ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】

- 設計基準対象施設
  - 構造強度評価
    - 設計条件

| 機器名称             | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                | 固有周期(s) |            | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub>   | ポンプ振動<br>による震度        | 最高使用<br>温度<br>(℃) | 周囲環境<br>温度<br>(℃) | 最高使用圧力<br>(MPa) |
|------------------|---------|----------------------------------|---------|------------|----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
|                  |         |                                  | 水平方向    | 鉛直方向       | 水平方向<br>設計震度                     | 鉛直方向<br>設計震度          |                       |                   |                   |                 |
| 原子炉補機冷却<br>海水ポンプ | S       | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>0.P.3.0* | 0.143   | 0.05<br>以下 | C <sub>H</sub> = 1.05            | C <sub>V</sub> = 1.07 | C <sub>V</sub> = 1.94 | 50                | 50                | 0.78            |
|                  |         |                                  |         |            |                                  |                       |                       |                   |                   | 0.78            |

注記＊：基準レベルを示す。

- 機器要目
  - ボルト

| 部 材                 | m <sub>i</sub><br>(kg) | D <sub>i</sub><br>(mm) | d <sub>i</sub><br>(mm) | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>i</sub> | n <sub>f i</sub> | M <sub>p</sub><br>(N・mm)  | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                        |                        |                        |                                        | 12             | 12               | —                         |                           |                           |                         |                                      |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |                        |                        |                        |                                        | 20             | 20               | 5.348<br>×10 <sup>6</sup> |                           |                           |                         |                                      |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |                        |                        |                        |                                        | 8              | 8                | 5.348<br>×10 <sup>6</sup> |                           |                           |                         |                                      |

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出

- コラムパイプ

| 部 材    | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | D <sub>c</sub><br>(mm) | t<br>(mm) |
|--------|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------|
| コラムパイプ |            |                         |                         |                        |           |

注記＊：最高使用温度で算出

枠組ミミの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 中間支持台基礎ボルト

| 部 材        | A <sub>s b j</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>s j</sub> | S <sub>y j</sub><br>(MPa) | S <sub>u j</sub><br>(MPa) | S <sub>y j</sub> (R T)<br>(MPa) | F <sub>j</sub><br>(MPa) | F <sub>j</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) |
|------------|------------------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 中間支持台基礎ボルト |                                          | 8                |                           |                           |                                 |                         |                                      |

注記＊：周囲環境温度で算出

|                 |               |
|-----------------|---------------|
| 予想最大両振幅<br>(μm) | 回転速度<br>(rpm) |
|                 |               |

1.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(単位：N・mm)

| 部 材                 | M <sub>i</sub> (N・mm)  |           | F <sub>b i</sub> (N)   |           | Q <sub>b i</sub> (N)   |           |
|---------------------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
|                     | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                        |           |                        |           |                        |           |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |                        |           |                        |           |                        |           |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |                        |           |                        |           |                        |           |

(3) 中間支持台基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部 材        | W                      |           |
|------------|------------------------|-----------|
|            | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| 中間支持台基礎ボルト |                        |           |

1.1.4 結論

1.1.4.1 固有周期 (単位：s)

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| モード   | 固有周期                    |
| 水平 1次 | T <sub>H1</sub> ≒0.143  |
| 鉛直 1次 | T <sub>V1</sub> ≒0.05以下 |

(2) コラムパイプに作用する力

| 部 材    | M                      |           |
|--------|------------------------|-----------|
|        | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| コラムパイプ |                        |           |

1.1.4.2
ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材                 | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d<br>又は静的震度 | 基準地震動S s        |                 |
|---------------------|-----|-----|-----------------------|-----------------|-----------------|
|                     |     |     | 算出応力                  | 許容応力            |                 |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |     | 引張り | $\sigma_{b1}=107$     | $f_{ts1}=475^*$ | $f_{ts1}=475^*$ |
|                     |     | せん断 | $\tau_{b1}=27$        | $f_{sb1}=366$   | $f_{sb1}=366$   |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |     | 引張り | $\sigma_{b2}=95$      | $f_{ts2}=475^*$ | $f_{ts2}=475^*$ |
|                     |     | せん断 | $\tau_{b2}=20$        | $f_{sb2}=366$   | $f_{sb2}=366$   |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |     | 引張り | $\sigma_{b4}=244$     | $f_{ts4}=475^*$ | $f_{ts4}=451^*$ |
|                     |     | せん断 | $\tau_{b4}=87$        | $f_{sb4}=366$   | $f_{sb4}=366$   |

すべて許容応力以下である。

注記\*： $f_{tsi}=\text{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi}, f_{toi}\right]$ より算出

1.1.4.3
コラムパイプの応力

(単位：MPa)

| 部 材    | 材 料 | 一次一般応力                |              |
|--------|-----|-----------------------|--------------|
|        |     | 弾性設計用地震動S d<br>又は静的震度 | 算出応力         |
| コラムパイプ |     |                       | $\sigma=130$ |
|        |     | 基準地震動S s              | $\sigma=235$ |
|        |     |                       | $S a=199$    |
|        |     |                       | $S a=306$    |

すべて許容応力以下である。

1.1.4.4
中間支持台基礎ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材        | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d又は静的震度 | 基準地震動S s        |                |
|------------|-----|-----|-------------------|-----------------|----------------|
|            |     |     | 算出応力              | 許容応力            |                |
| 中間支持台基礎ボルト |     | せん断 | $\tau_{sb1}=28$   | $f_{ssb1}=118$  | $f_{ssb1}=142$ |
|            |     |     |                   | $\tau_{sb1}=52$ |                |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2
動作的機能維持率評価

1.2.1
設計条件

| 機器名称             | 形式      | 定格容量<br>(m³/h) | 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)            | 固有周期(s)  |            | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                      | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(°C) | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|------------------|---------|----------------|----------------------------------|----------|------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------------------|
|                  |         |                |                                  | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向   | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |                |                    |                    |
| 原子炉補機冷却海水<br>ポンプ | 立形斜流ポンプ | 1900           | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>O.P.3.0* | 0.143    | 0.05<br>以下 | C <sub>H</sub> =1.40 | C <sub>V</sub> =1.61 |                | 50                 | 50                 |

注記＊：基準レベルを示す。

| 機器名称                 | 形式              | 出力<br>(kW) | 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)            | 固有周期(s)  |            | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                      | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(°C) | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|----------------------|-----------------|------------|----------------------------------|----------|------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------------------|
|                      |                 |            |                                  | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向   | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |                |                    |                    |
| 原子炉補機冷却海水<br>ポンプ用原動機 | 立形ころがり軸受<br>原動機 | 420        | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>O.P.3.0* | 0.143    | 0.05<br>以下 | C <sub>H</sub> =1.40 | C <sub>V</sub> =1.61 |                | —                  | 50                 |

注記＊：基準レベルを示す。

1.2.2
機器要目

(1)
固定子

| 部 材 | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | T <sub>ma</sub><br>(%) | D<br>(mm) | L<br>(mm) | p<br>(mm) | s<br>(mm) | W <sub>c</sub><br>(kg) | n <sub>p</sub> |
|-----|---------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|----------------|
| 固定子 | 750                       | 260                    | 850       | 100       | 10        | 10        | 1150                   | 8              |

| 部 材 | M <sub>s</sub><br>(N・mm)  | Z <sub>s</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>s</sub><br>(kg) | A <sub>s</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | d <sub>s</sub><br>(mm) |
|-----|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 軸   | 1.899×<br>10 <sup>7</sup> | 1.136×<br>10 <sup>5</sup>            | 1460                   | 8.659×<br>10 <sup>3</sup>            | 750                       | 105                    |

(3)
端子箱

| 部 材 | W <sub>t</sub><br>(kg) | n <sub>t</sub> | A <sub>bt</sub><br>(mm²) | Q <sub>bt</sub><br>(N)    |
|-----|------------------------|----------------|--------------------------|---------------------------|
| 端子箱 | 100                    | 10             | 113.1                    | 4.366×<br>10 <sup>5</sup> |

(4)
モータフレーム

| 部 材     | M <sub>f</sub><br>(N・mm)  | Z <sub>f</sub><br>(mm³)   | W <sub>f</sub><br>(kg) | A <sub>f</sub><br>(mm²)   |
|---------|---------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| モータフレーム | 9.722×<br>10 <sup>8</sup> | 6.741×<br>10 <sup>6</sup> | 5440                   | 2.774×<br>10 <sup>4</sup> |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



1.2.3
結論

1.2.3.1
機能確認済加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度<br>(×9.8m/s <sup>2</sup> ) |
|-----|------|-------------|-------------------------------------|
| ポンプ | 水平方向 | 11.89       | 10.0                                |
|     | 鉛直方向 | 1.61        | 1.0                                 |
| 原動機 | 水平方向 | 17.35       | 2.5                                 |
|     | 鉛直方向 | 1.61        | 1.0                                 |

注記＊：基準地震動Sにより定まる応答加速度とする。  
ポンプは、水平方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。  
原動機は、水平方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

- 1.2.3.2 立形斜流ポンプの動的機能維持評価
- 1.2.3.2.1 代表評価項目の評価
- 基礎ボルト、ポンプ取付ボルト、コラムパイプ、ストッパについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。
- 1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価
- 1.2.3.2.2.1 軸受の評価
- (単位：N)

| 評価部位         | 発生荷重                | 許容荷重                |
|--------------|---------------------|---------------------|
| ポンプ軸受 (1 段目) | $1.838 \times 10^5$ | $5.536 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (2 段目) | $5.741 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (3 段目) | $4.243 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (4 段目) | $7.362 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (5 段目) | $4.360 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (6 段目) | $3.534 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |

すべて許容値以下である。

- 1.2.3.3 立形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価
- 1.2.3.3.1 代表評価項目の評価
- 原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。
- 1.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価
- 1.2.3.3.2.1 固定子の評価
- (単位：MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 固定子  | せん断 | 3    | 54   |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.2 軸 (回転子) の評価 (単位:MPa)

| 評価部位    | 発生応力 | 許容応力 |
|---------|------|------|
| 軸 (回転子) | 177  | 447  |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.3 端子箱の評価 (単位:MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 端子箱  | 引張り | 386  | 475  |
|      | せん断 | 4    | 366  |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.4 軸受の評価 (単位:N)

| 評価部位 | 発生荷重                | 許容荷重 |
|------|---------------------|------|
| 上部軸受 | $1.023 \times 10^5$ |      |
| 下部軸受 | $8.276 \times 10^4$ |      |

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.3.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価 (単位:mm)

| 評価部位           | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|----------------|---------|-------|
| 固定子と回転子のクリアランス | 1.31    | 1.6   |

すべて許容変位量以下である。

1.2.3.3.2.6 モータフレームの評価 (単位:MPa)

| 評価部位    | 発生応力 | 許容応力 |
|---------|------|------|
| モータフレーム | 150  | 316  |

すべて許容応力以下である。

### 1.3 その他の機器要目

#### (1) 節点データ

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |   |   |
|------|-----------|---|---|
|      | x         | y | z |
| 1    |           |   |   |
| 2    |           |   |   |
| 3    |           |   |   |
| 4    |           |   |   |
| 5    |           |   |   |
| 6    |           |   |   |
| 7    |           |   |   |
| 8    |           |   |   |
| 9    |           |   |   |
| 10   |           |   |   |
| 11   |           |   |   |
| 12   |           |   |   |
| 13   |           |   |   |
| 14   |           |   |   |
| 15   |           |   |   |
| 16   |           |   |   |
| 17   |           |   |   |
| 18   |           |   |   |
| 19   |           |   |   |
| 20   |           |   |   |
| 21   |           |   |   |
| 22   |           |   |   |
| 31   |           |   |   |
| 32   |           |   |   |
| 33   |           |   |   |
| 34   |           |   |   |
| 35   |           |   |   |
| 36   |           |   |   |
| 37   |           |   |   |
| 38   |           |   |   |
| 39   |           |   |   |
| 40   |           |   |   |
| 41   |           |   |   |
| 42   |           |   |   |
| 43   |           |   |   |
| 44   |           |   |   |
| 45   |           |   |   |
| 46   |           |   |   |
| 47   |           |   |   |
| 51   |           |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |   |   |
|------|-----------|---|---|
|      | x         | y | z |
| 52   |           |   |   |
| 53   |           |   |   |
| 54   |           |   |   |
| 55   |           |   |   |
| 56   |           |   |   |
| 57   |           |   |   |
| 58   |           |   |   |
| 59   |           |   |   |
| 60   |           |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## (2) 要素の断面性状

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の節点<br>番号 | 材料<br>番号 | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------------------|---------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1                | 1-2           | 91       |                           | $1.018 \times 10^7$                 |
| 2                | 2-3           | 91       |                           | $2.485 \times 10^7$                 |
| 3                | 3-4           | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 4                | 4-5           | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 5                | 5-6           | 91       |                           | $9.517 \times 10^6$                 |
| 6                | 6-7           | 91       |                           | $1.338 \times 10^7$                 |
| 7                | 7-8           | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 8                | 8-9           | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 9                | 9-10          | 91       |                           | $9.517 \times 10^6$                 |
| 10               | 10-11         | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 11               | 11-12         | 91       |                           | $9.517 \times 10^6$                 |
| 12               | 12-13         | 91       |                           | $9.517 \times 10^6$                 |
| 13               | 13-14         | 91       |                           | $1.338 \times 10^7$                 |
| 14               | 14-15         | 91       |                           | $1.886 \times 10^7$                 |
| 15               | 15-16         | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 16               | 16-17         | 91       |                           | $9.198 \times 10^6$                 |
| 17               | 17-18         | 94       |                           | $1.530 \times 10^7$                 |
| 18               | 18-19         | 94       |                           | $4.380 \times 10^7$                 |
| 19               | 19-20         | 94       |                           | $2.870 \times 10^8$                 |
| 20               | 20-21         | 94       |                           | $4.750 \times 10^7$                 |
| 21               | 21-22         | 94       |                           | $1.650 \times 10^7$                 |
| 31               | 31-32         | 91       |                           | $1.169 \times 10^9$                 |
| 32               | 32-33         | 91       |                           | $9.732 \times 10^9$                 |
| 33               | 33-34         | 91       |                           | $2.910 \times 10^9$                 |
| 34               | 34-35         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 35               | 35-36         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 36               | 36-37         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 37               | 37-38         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 38               | 38-39         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 39               | 39-40         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 40               | 40-41         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 41               | 41-42         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 42               | 42-43         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 43               | 43-44         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 44               | 44-45         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 45               | 45-46         | 91       |                           | $5.371 \times 10^9$                 |
| 46               | 46-47         | 91       |                           | $2.184 \times 10^9$                 |
| 51               | 51-52         | 93       |                           | $3.247 \times 10^{10}$              |
| 52               | 52-53         | 93       |                           | $8.253 \times 10^9$                 |
| 53               | 53-54         | 93       |                           | $8.289 \times 10^9$                 |

(続き)

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の節点<br>番号 | 材料<br>番号 | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------------------|---------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 54               | 54-55         | 94       |                           | 1.580×10 <sup>9</sup>               |
| 55               | 55-56         | 94       |                           | 5.810×10 <sup>8</sup>               |
| 56               | 56-57         | 94       |                           | 8.200×10 <sup>8</sup>               |
| 57               | 57-58         | 94       |                           | 8.200×10 <sup>8</sup>               |
| 58               | 58-59         | 94       |                           | 5.810×10 <sup>8</sup>               |
| 59               | 59-60         | 94       |                           | 3.780×10 <sup>8</sup>               |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) ばね結合部の指定

| ばねの両端の節点番号 |    | ばね定数 |
|------------|----|------|
| 2          | 33 |      |
| 5          | 36 |      |
| 7          | 38 |      |
| 9          | 40 |      |
| 11         | 42 |      |
| 14         | 45 |      |
| 18         | 55 |      |
| 21         | 60 |      |
| 35         | —  |      |
| 46         | 52 |      |
| 51         | —  |      |
| 46         | 52 |      |
| 51         | —  |      |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(4) 節点の質量

| 節点番号 | 質量(kg) |
|------|--------|
| 1    |        |
| 2    |        |
| 3    |        |
| 4    |        |
| 5    |        |
| 6    |        |
| 7    |        |
| 8    |        |
| 9    |        |
| 10   |        |
| 11   |        |
| 12   |        |
| 13   |        |
| 14   |        |
| 15   |        |
| 16   |        |
| 17   |        |
| 18   |        |
| 19   |        |
| 20   |        |
| 21   |        |
| 22   |        |
| 31   |        |
| 32   |        |
| 33   |        |
| 34   |        |
| 35   |        |
| 36   |        |
| 37   |        |
| 38   |        |
| 39   |        |
| 40   |        |
| 41   |        |
| 42   |        |
| 43   |        |
| 44   |        |
| 45   |        |
| 46   |        |
| 47   |        |
| 51   |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

| 節点番号 | 質量(kg) |
|------|--------|
| 52   |        |
| 53   |        |
| 54   |        |
| 55   |        |
| 56   |        |
| 57   |        |
| 58   |        |
| 59   |        |
| 60   |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

| 材料番号 | 温度<br>(℃) | 縦弾性係数<br>(MPa) | 質量密度<br>(kg/mm <sup>3</sup> ) | ポアソン比<br>(-) | 材質 | 部位  |
|------|-----------|----------------|-------------------------------|--------------|----|-----|
| 91   | 50        |                |                               | 0.3          |    | ポンプ |
| 93   | 50        |                |                               | 0.3          |    | ポンプ |
| 94   | 50        |                |                               | 0.3          |    | 原動機 |

【原子炉補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

| 機器名称             | 設備分類                                 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                   | 固有周期 ( s ) |             | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 |              | 基準地震動 S s             |                       | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(℃) | 周囲環境<br>温度<br>(℃) | 最高使用圧力<br>(MPa) |       |
|------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|------------|-------------|------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|----------------|-------------------|-------------------|-----------------|-------|
|                  |                                      |                                     | 水平方向       | 鉛直方向        | 水平方向<br>設計震度           | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                |                   |                   | 吸入側             | 吐出側   |
| 原子炉補機冷却<br>海水ポンプ | 常設／防止<br>(DB 拡張)<br>常設／緩和<br>(DB 拡張) | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>0. P. 3. 0* | 0. 143     | 0. 05<br>以下 | －                      | －            | C <sub>H</sub> =1. 67 | C <sub>V</sub> =1. 94 |                | 50                | 50                | 0. 78           | 0. 78 |

注記＊：基準レベルを示す。

2.1.2 機器要目

(1) ボルト

| 部 材                 | m <sub>i</sub><br>(kg) | D <sub>i</sub><br>(mm) | d <sub>i</sub><br>(mm) | A <sub>b<i>i</i></sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>i</sub> | n <sub>f i</sub> | M <sub>p</sub><br>(N・mm)   | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------------|----------------|------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                        |                        |                        |                                              | 12             | 12               | －                          |                           |                           |                         |                                      |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |                        |                        |                        |                                              | 20             | 20               | 5. 348<br>×10 <sup>6</sup> |                           |                           |                         |                                      |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |                        |                        |                        |                                              | 8              | 8                | 5. 348<br>×10 <sup>6</sup> |                           |                           |                         |                                      |

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出

(2) コラムパイプ

| 部 材    | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | D <sub>C</sub><br>(mm) | t<br>(mm) |
|--------|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------|
| コラムパイプ |            |                         |                         |                        |           |

注記＊：最高使用温度で算出

(3) 中間支持台基礎ボルト

| 部 材        | A <sub>s b j</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>s j</sub> | S <sub>y j</sub><br>(MPa) | S <sub>u j</sub><br>(MPa) | S <sub>y j</sub> (RT)<br>(MPa) | F <sub>j</sub><br>(MPa) | F <sub>j</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) |
|------------|------------------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 中間支持台基礎ボルト |                                          | 8                |                           |                           |                                |                         |                                      |

注記＊：周囲環境温度で算出

| 予想最大面振幅<br>(μm) | 回転速度<br>(rpm) |
|-----------------|---------------|
|                 |               |

2.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

| 部 材                 | M <sub>i</sub> (N・mm) |                         | F <sub>b,i</sub> (N) |                         | Q <sub>b,i</sub> (N) |                         |
|---------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|-------------------------|
|                     | 弾性設計+用地震動<br>又は静的震度   | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 弾性設計+用地震動<br>又は静的震度  | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 弾性設計+用地震動<br>又は静的震度  | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                       |                         |                      |                         |                      |                         |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |                       |                         |                      |                         |                      |                         |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |                       |                         |                      |                         |                      |                         |

| 部 材    | M                                  |                         |
|--------|------------------------------------|-------------------------|
|        | 弾性設計+用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |
| コラムパイプ |                                    |                         |

(2) コラムパイプに作用する力

(単位：N・mm)

(3) 中間支持台基礎ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部 材        | W                                  |                      |
|------------|------------------------------------|----------------------|
|            | 弾性設計+用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| 中間支持台基礎ボルト |                                    |                      |

2.1.4 結論

2.1.4.1 固有周期

(単位：s)

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| モード   | 固有周期                    |
| 水平 1次 | T <sub>H1</sub> =0.143  |
| 鉛直 1次 | T <sub>V1</sub> =0.05以下 |

2.1.4.2 ボルトの応力

| 部 材                 | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d 又は<br>静的震度 |                   | 基準地震動 S s         |                 |
|---------------------|-----|-----|------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
|                     |     |     | 算出応力                   | 許容応力              | 算出応力              | 許容応力            |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |     | 引張り | —                      | —                 | $\sigma_{b1}=182$ | $f_{ts1}=475^*$ |
|                     |     | せん断 | —                      | —                 | $\tau_{b1}=42$    | $f_{sb1}=366$   |
| 引張り                 |     | —   | —                      | $\sigma_{b2}=158$ | $f_{ts2}=475^*$   |                 |
| せん断                 |     | —   | —                      | $\tau_{b2}=30$    | $f_{sb2}=366$     |                 |
| 引張り                 |     | —   | —                      | $\sigma_{b4}=392$ | $f_{ts4}=451^*$   |                 |
| せん断                 |     | —   | —                      | $\tau_{b4}=134$   | $f_{sb4}=366$     |                 |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |     |     |                        |                   |                   |                 |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |     |     |                        |                   |                   |                 |

すべて許容応力以下である。

注記＊： $f_{tsi}=\text{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi}, f_{toi}\right]$ より算出

2.1.4.3 コラムパイプの応力

| 部 材    | 材 料 | 一次一般応力             |          |
|--------|-----|--------------------|----------|
|        |     | 算出応力               | 許容応力     |
| コラムパイプ |     | 弾性設計用地震動S d 又は静的震度 |          |
|        |     | 基準地震動S s           |          |
|        |     | $\sigma=235$       | S a =306 |

すべて許容応力以下である。

2.1.4.4 中間支持台基礎ボルトの応力

| 部 材        | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d 又は静的震度 |      | 基準地震動S s        |               |
|------------|-----|-----|--------------------|------|-----------------|---------------|
|            |     |     | 算出応力               | 許容応力 | 算出応力            | 許容応力          |
| 中間支持台基礎ボルト |     | せん断 | —                  | —    | $\tau_{sbl}=52$ | $f_{sbl}=142$ |

枠組みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.2
動作的機能維持率評価

2.2.1
設計条件

| 機器名称             | 形式      | 定格容量<br>(m³/h) | 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)            | 固有周期(s)  |            | 基準地震動 S s            |                      | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(°C) | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|------------------|---------|----------------|----------------------------------|----------|------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------------------|
|                  |         |                |                                  | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向   | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |                |                    |                    |
| 原子炉補機冷却海水<br>ポンプ | 立形斜流ポンプ | 1900           | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>O.P.3.0* | 0.143    | 0.05<br>以下 | C <sub>H</sub> =1.40 | C <sub>V</sub> =1.61 |                | 50                 | 50                 |

注記＊：基準レベルを示す。

| 機器名称                 | 形式              | 出力<br>(kW) | 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)            | 固有周期(s)  |            | 基準地震動 S s            |                      | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(°C) | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|----------------------|-----------------|------------|----------------------------------|----------|------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------------------|
|                      |                 |            |                                  | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向   | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |                |                    |                    |
| 原子炉補機冷却海水<br>ポンプ用原動機 | 立形ころがり軸受<br>原動機 | 420        | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>O.P.3.0* | 0.143    | 0.05<br>以下 | C <sub>H</sub> =1.40 | C <sub>V</sub> =1.61 |                | —                  | 50                 |

注記＊：基準レベルを示す。

2.2.2
機器要目

(1)
固定子

| 部 材 | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | T <sub>ma</sub><br>(%) | D<br>(mm) | L<br>(mm) | p<br>(mm) | s<br>(mm) | W <sub>c</sub><br>(kg) | n <sub>p</sub> |
|-----|---------------------------|------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------------------|----------------|
| 固定子 | 750                       | 260                    | 850       | 100       | 10        | 10        | 1150                   | 8              |

| 部 材 | M <sub>s</sub><br>(N・mm)  | Z <sub>s</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>s</sub><br>(kg) | A <sub>s</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | d <sub>s</sub><br>(mm) |
|-----|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 軸   | 1.899×<br>10 <sup>7</sup> | 1.136×<br>10 <sup>5</sup>            | 1460                   | 8.659×<br>10 <sup>3</sup>            | 750                       | 105                    |

(2)
軸

(3)
端子箱

| 部 材 | $W_t$<br>(kg) | $n_t$ | $A_{bt}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $Q_{bt}$<br>(N)     |
|-----|---------------|-------|--------------------------------|---------------------|
| 端子箱 | 100           | 10    | 113.1                          | $4.366 \times 10^5$ |

(4)
モータフレーム

| 部 材 | W <sub>t</sub><br>(kg) | A <sub>bt</sub><br>(mm²) |                           |         |                           |                           |
|-----|------------------------|--------------------------|---------------------------|---------|---------------------------|---------------------------|
| 端子箱 | 100                    | 113.1                    | 4.366×<br>10 <sup>5</sup> | 部 材     | M <sub>f</sub><br>(N・mm)  | Z <sub>f</sub><br>(mm³)   |
|     |                        |                          |                           | モータフレーム | 9.722×<br>10 <sup>8</sup> | 6.741×<br>10 <sup>6</sup> |

枠組みの内容は商業機密の観点から公開できません。



2.2.3
結論

2.2.3.1
機能確認済加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度<br>(×9.8m/s <sup>2</sup> ) |
|-----|------|-------------|-------------------------------------|
| ポンプ | 水平方向 | 11.89       | 10.0                                |
|     | 鉛直方向 | 1.61        | 1.0                                 |
| 原動機 | 水平方向 | 17.35       | 2.5                                 |
|     | 鉛直方向 | 1.61        | 1.0                                 |

注記＊：基準地震動Sにより定まる応答加速度とする。  
ポンプは、水平方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。  
原動機は、水平方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

- 2.2.3.2 立形斜流ポンプの動作的機能維持評価
- 2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、ポンプ取付ボルト、コラムパイプ、ストッパについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。
- 2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.2.2.1 軸受の評価
(単位：N)

| 評価部位         | 発生荷重                | 許容荷重                |
|--------------|---------------------|---------------------|
| ポンプ軸受 (1 段目) | $1.838 \times 10^5$ | $5.536 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (2 段目) | $5.741 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (3 段目) | $4.243 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (4 段目) | $7.362 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (5 段目) | $4.360 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |
| ポンプ軸受 (6 段目) | $3.534 \times 10^4$ | $2.031 \times 10^5$ |

すべて許容値以下である。

- 2.2.3.3 立形ころがり軸受電動機の動作的機能維持評価
- 2.2.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。
- 2.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.3.2.1 固定子の評価
(単位：MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 固定子  | せん断 | 3    | 54   |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.2 軸 (回転子) の評価

(単位:MPa)

| 評価部位    | 発生応力 | 許容応力 |
|---------|------|------|
| 軸 (回転子) | 177  | 447  |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.3 端子箱の評価

(単位:MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 端子箱  | 引張り | 386  | 475  |
|      | せん断 | 4    | 366  |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.4 軸受の評価

(単位:N)

| 評価部位 | 発生荷重                | 許容荷重 |
|------|---------------------|------|
| 上部軸受 | $1.023 \times 10^5$ |      |
| 下部軸受 | $8.276 \times 10^4$ |      |

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.3.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位:mm)

| 評価部位           | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|----------------|---------|-------|
| 固定子と回転子のクリアランス | 1.31    | 1.6   |

すべて許容変位量以下である。

2.2.3.3.2.6 モータフレームの評価

(単位:MPa)

| 評価部位    | 発生応力 | 許容応力 |
|---------|------|------|
| モータフレーム | 150  | 316  |

すべて許容応力以下である。

## 2.3 その他の機器要目

### (1) 節点データ

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |   |   |
|------|-----------|---|---|
|      | x         | y | z |
| 1    |           |   |   |
| 2    |           |   |   |
| 3    |           |   |   |
| 4    |           |   |   |
| 5    |           |   |   |
| 6    |           |   |   |
| 7    |           |   |   |
| 8    |           |   |   |
| 9    |           |   |   |
| 10   |           |   |   |
| 11   |           |   |   |
| 12   |           |   |   |
| 13   |           |   |   |
| 14   |           |   |   |
| 15   |           |   |   |
| 16   |           |   |   |
| 17   |           |   |   |
| 18   |           |   |   |
| 19   |           |   |   |
| 20   |           |   |   |
| 21   |           |   |   |
| 22   |           |   |   |
| 31   |           |   |   |
| 32   |           |   |   |
| 33   |           |   |   |
| 34   |           |   |   |
| 35   |           |   |   |
| 36   |           |   |   |
| 37   |           |   |   |
| 38   |           |   |   |
| 39   |           |   |   |
| 40   |           |   |   |
| 41   |           |   |   |
| 42   |           |   |   |
| 43   |           |   |   |
| 44   |           |   |   |
| 45   |           |   |   |
| 46   |           |   |   |
| 47   |           |   |   |
| 51   |           |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |   |   |
|------|-----------|---|---|
|      | x         | y | z |
| 52   |           |   |   |
| 53   |           |   |   |
| 54   |           |   |   |
| 55   |           |   |   |
| 56   |           |   |   |
| 57   |           |   |   |
| 58   |           |   |   |
| 59   |           |   |   |
| 60   |           |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## (2) 要素の断面性状

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の節点<br>番号 | 材料<br>番号 | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------------------|---------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1                | 1-2           | 91       |                           | $1.018 \times 10^7$                 |
| 2                | 2-3           | 91       |                           | $2.485 \times 10^7$                 |
| 3                | 3-4           | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 4                | 4-5           | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 5                | 5-6           | 91       |                           | $9.517 \times 10^6$                 |
| 6                | 6-7           | 91       |                           | $1.338 \times 10^7$                 |
| 7                | 7-8           | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 8                | 8-9           | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 9                | 9-10          | 91       |                           | $9.517 \times 10^6$                 |
| 10               | 10-11         | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 11               | 11-12         | 91       |                           | $9.517 \times 10^6$                 |
| 12               | 12-13         | 91       |                           | $9.517 \times 10^6$                 |
| 13               | 13-14         | 91       |                           | $1.338 \times 10^7$                 |
| 14               | 14-15         | 91       |                           | $1.886 \times 10^7$                 |
| 15               | 15-16         | 91       |                           | $1.630 \times 10^7$                 |
| 16               | 16-17         | 91       |                           | $9.198 \times 10^6$                 |
| 17               | 17-18         | 94       |                           | $1.530 \times 10^7$                 |
| 18               | 18-19         | 94       |                           | $4.380 \times 10^7$                 |
| 19               | 19-20         | 94       |                           | $2.870 \times 10^8$                 |
| 20               | 20-21         | 94       |                           | $4.750 \times 10^7$                 |
| 21               | 21-22         | 94       |                           | $1.650 \times 10^7$                 |
| 31               | 31-32         | 91       |                           | $1.169 \times 10^9$                 |
| 32               | 32-33         | 91       |                           | $9.732 \times 10^9$                 |
| 33               | 33-34         | 91       |                           | $2.910 \times 10^9$                 |
| 34               | 34-35         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 35               | 35-36         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 36               | 36-37         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 37               | 37-38         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 38               | 38-39         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 39               | 39-40         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 40               | 40-41         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 41               | 41-42         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 42               | 42-43         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 43               | 43-44         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 44               | 44-45         | 91       |                           | $1.134 \times 10^9$                 |
| 45               | 45-46         | 91       |                           | $5.371 \times 10^9$                 |
| 46               | 46-47         | 91       |                           | $2.184 \times 10^9$                 |
| 51               | 51-52         | 93       |                           | $3.247 \times 10^{10}$              |
| 52               | 52-53         | 93       |                           | $8.253 \times 10^9$                 |
| 53               | 53-54         | 93       |                           | $8.289 \times 10^9$                 |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の節点<br>番号 | 材料<br>番号 | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------------------|---------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 54               | 54-55         | 94       |                           | $1.580 \times 10^9$                 |
| 55               | 55-56         | 94       |                           | $5.810 \times 10^8$                 |
| 56               | 56-57         | 94       |                           | $8.200 \times 10^8$                 |
| 57               | 57-58         | 94       |                           | $8.200 \times 10^8$                 |
| 58               | 58-59         | 94       |                           | $5.810 \times 10^8$                 |
| 59               | 59-60         | 94       |                           | $3.780 \times 10^8$                 |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) ばね結合部の指定

| ばねの両端の節点番号 |    | ばね定数 |
|------------|----|------|
| 2          | 33 |      |
| 5          | 36 |      |
| 7          | 38 |      |
| 9          | 40 |      |
| 11         | 42 |      |
| 14         | 45 |      |
| 18         | 55 |      |
| 21         | 60 |      |
| 35         | —  |      |
| 46         | 52 |      |
| 51         | —  |      |
| 46         | 52 |      |
| 51         | —  |      |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(4) 節点の質量

| 節点番号 | 質量(kg) |
|------|--------|
| 1    |        |
| 2    |        |
| 3    |        |
| 4    |        |
| 5    |        |
| 6    |        |
| 7    |        |
| 8    |        |
| 9    |        |
| 10   |        |
| 11   |        |
| 12   |        |
| 13   |        |
| 14   |        |
| 15   |        |
| 16   |        |
| 17   |        |
| 18   |        |
| 19   |        |
| 20   |        |
| 21   |        |
| 22   |        |
| 31   |        |
| 32   |        |
| 33   |        |
| 34   |        |
| 35   |        |
| 36   |        |
| 37   |        |
| 38   |        |
| 39   |        |
| 40   |        |
| 41   |        |
| 42   |        |
| 43   |        |
| 44   |        |
| 45   |        |
| 46   |        |
| 47   |        |
| 51   |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

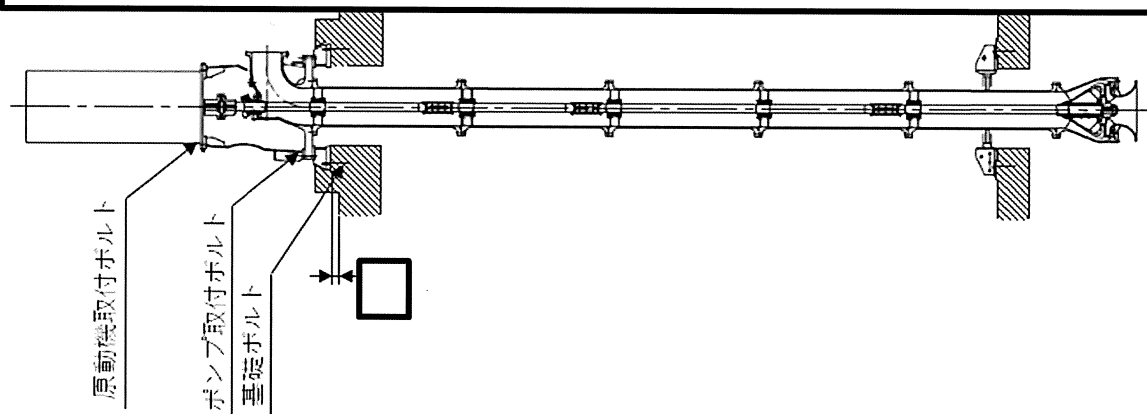
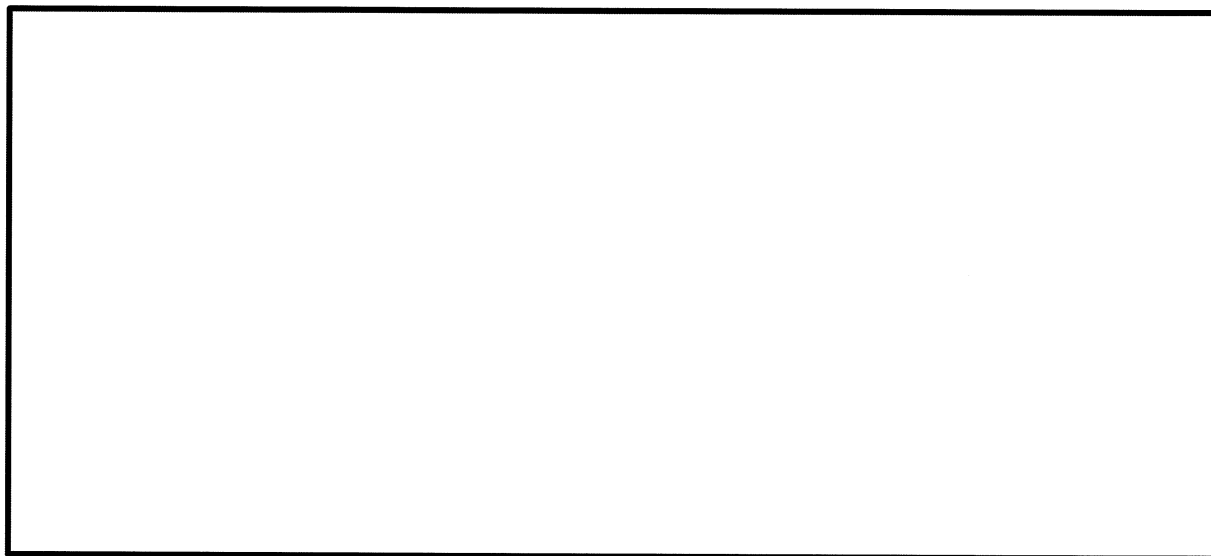
| 節点番号 | 質量(kg) |
|------|--------|
| 52   |        |
| 53   |        |
| 54   |        |
| 55   |        |
| 56   |        |
| 57   |        |
| 58   |        |
| 59   |        |
| 60   |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

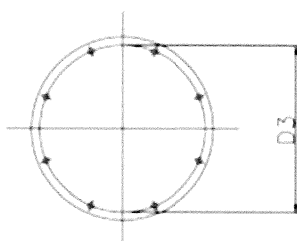
(5) 材料物性値

| 材料番号 | 温度<br>(℃) | 縦弾性係数<br>(MPa) | 質量密度<br>(kg/mm <sup>3</sup> ) | ポアソン比<br>(-) | 材質 | 部位  |
|------|-----------|----------------|-------------------------------|--------------|----|-----|
| 91   | 50        |                |                               | 0.3          |    | ポンプ |
| 93   | 50        |                |                               | 0.3          |    | ポンプ |
| 94   | 50        |                |                               | 0.3          |    | 原動機 |

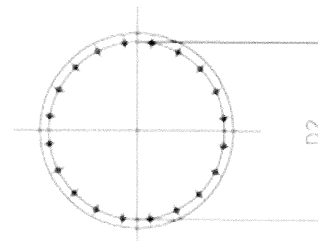
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



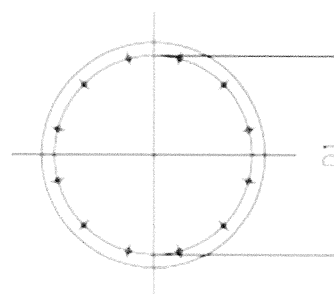
原動機取付ボルト



ポンプ取付ボルト



基礎ボルト



VI-2-5-7-1-6 管の耐震性についての計算書  
(原子炉補機冷却水系及び原子炉補機冷却海水系)

- (1) 原子炉補機冷却水系
- (2) 原子炉補機冷却海水系

## (1) 原子炉補機冷却水系

## 設計基準対象施設



## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 11 |
| 3. 計算条件 .....                     | 17 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 17 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 18 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 19 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 26 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 27 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 29 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 29 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 41 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 41 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 43 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 44 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 45 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉補機冷却水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 24 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4 に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

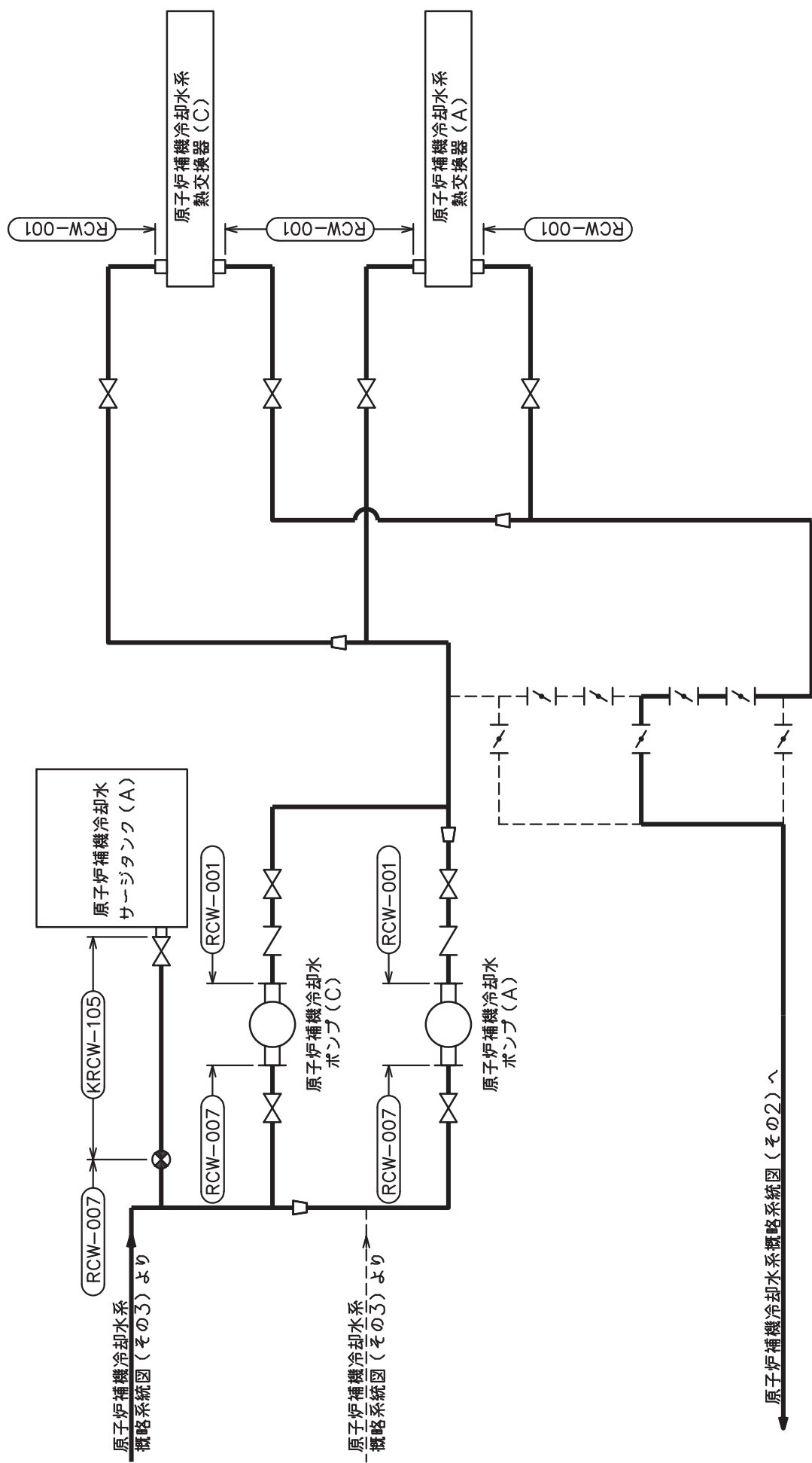
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

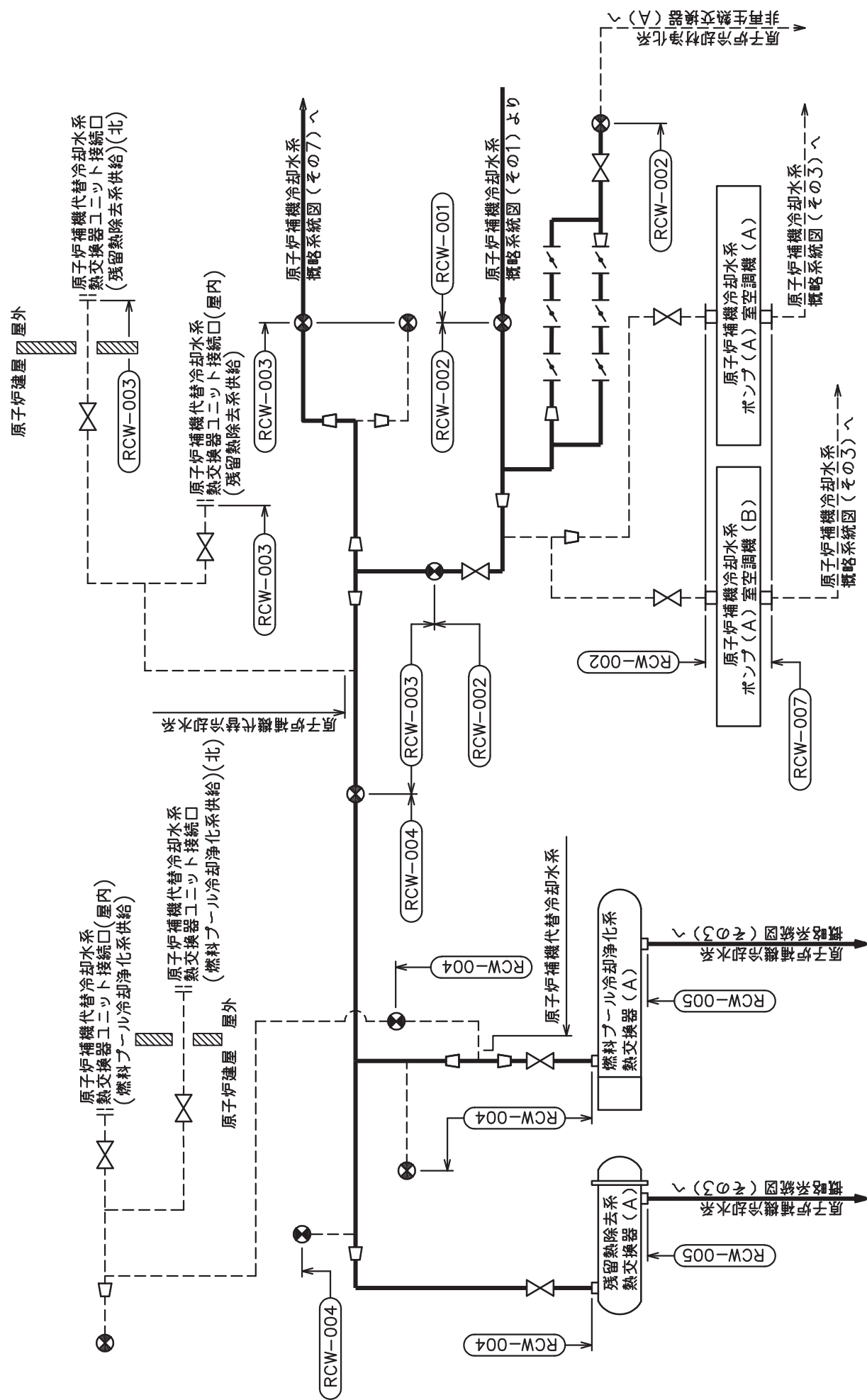
2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

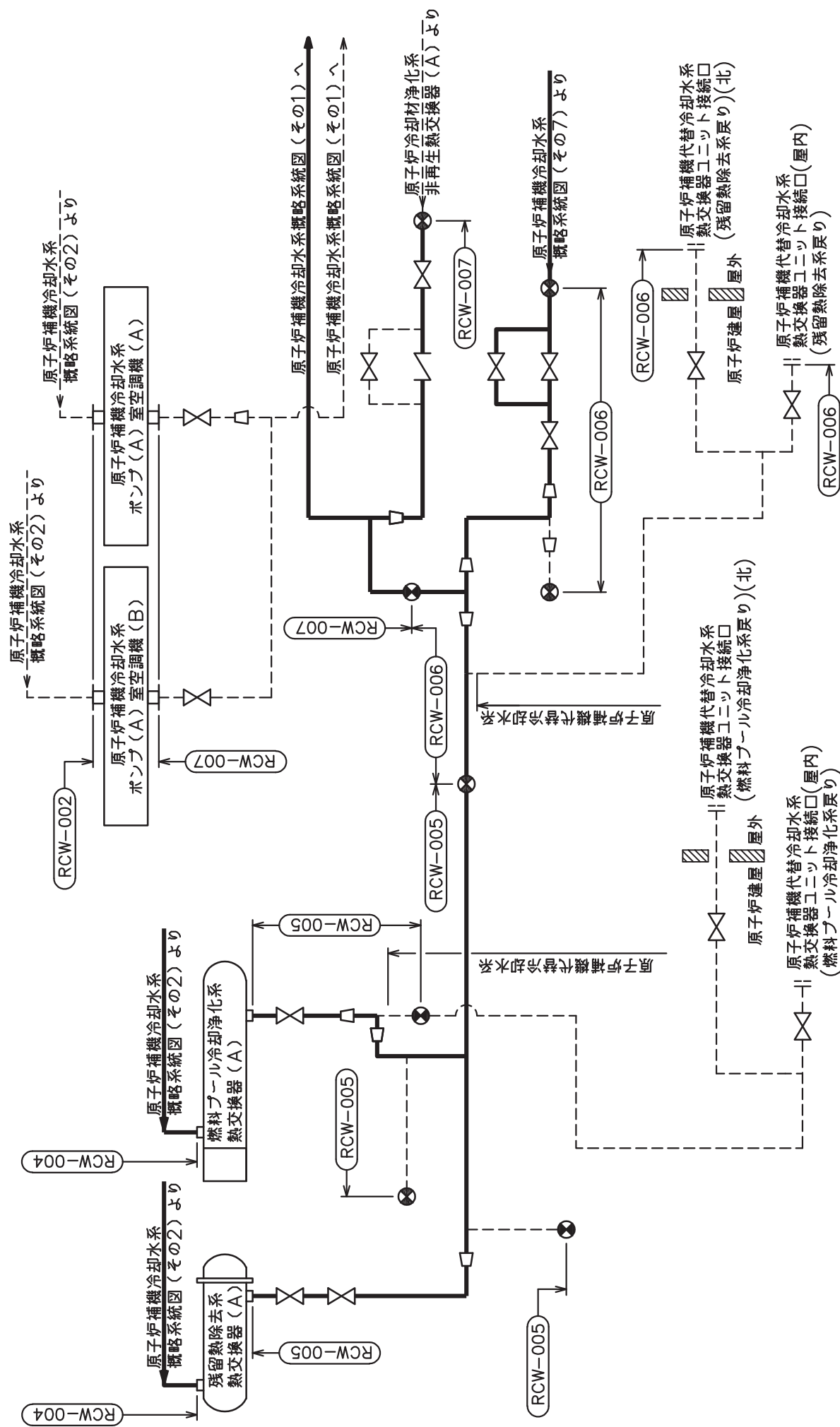
| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



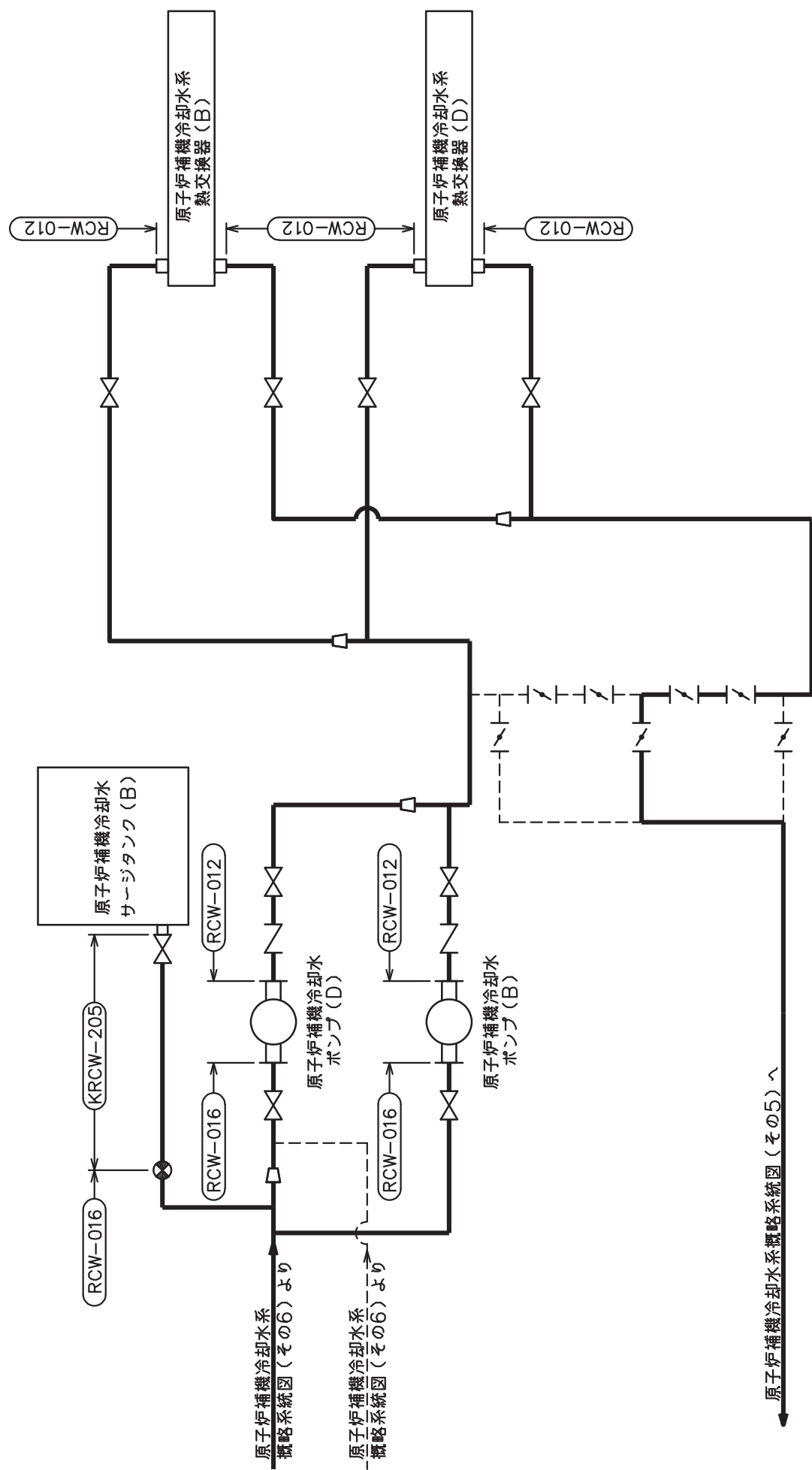
原子炉補機冷却水系統略図 (その1)



## 原子炉補機冷却水系概略系統図(その2)



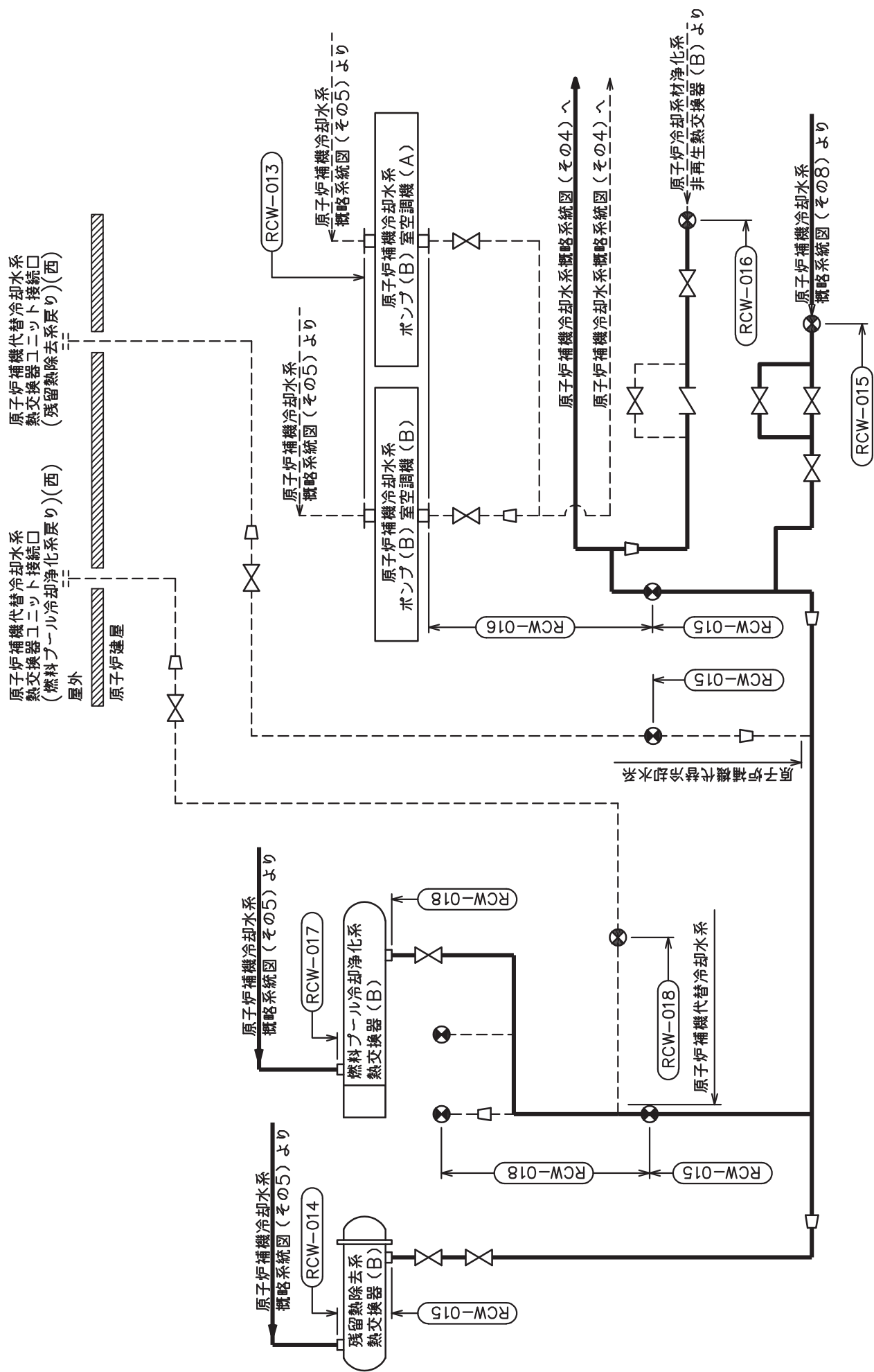
原子炉補機冷却水系概略系統図 (その3)



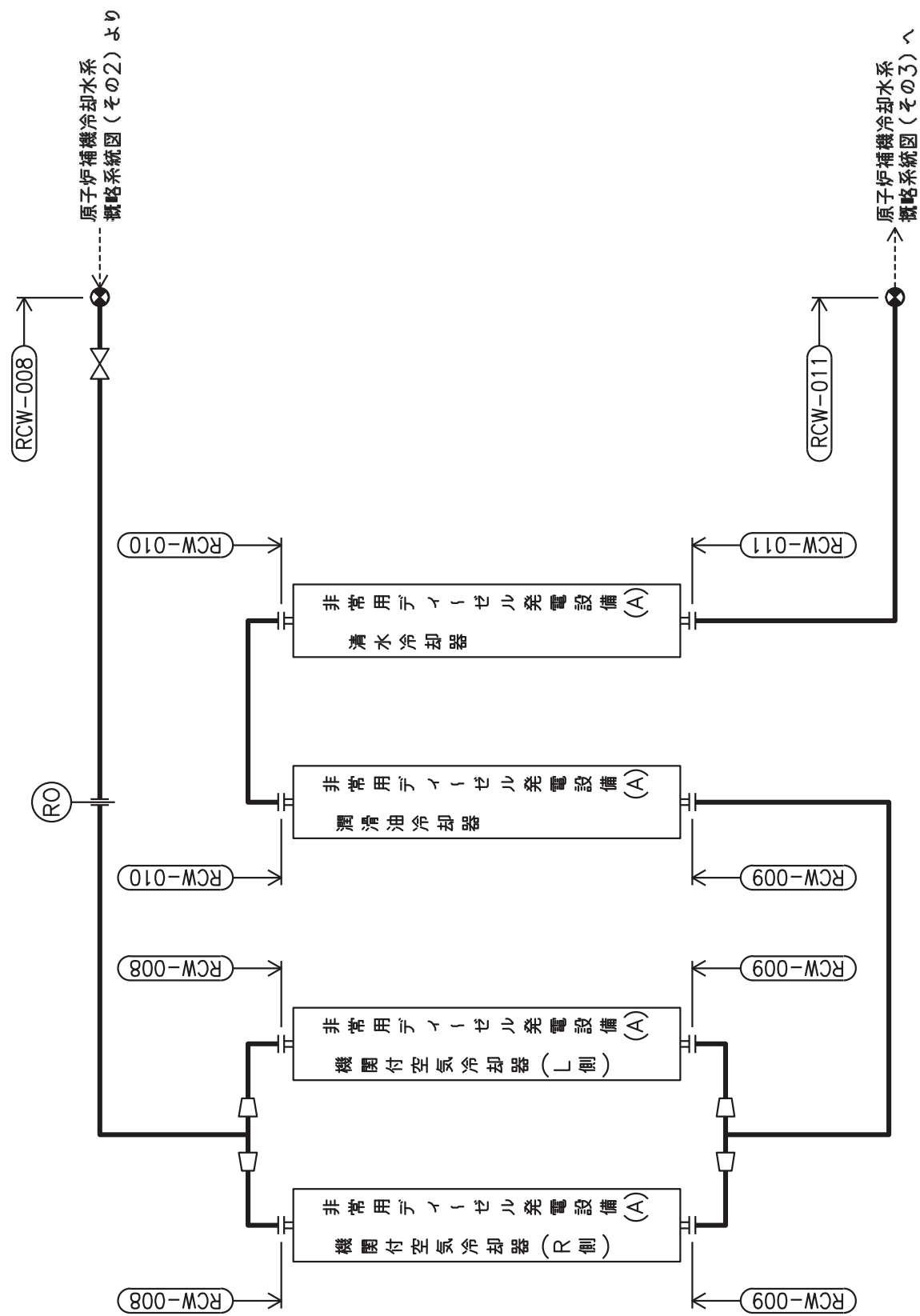
原子炉補機冷却水系概略系統図(その4)



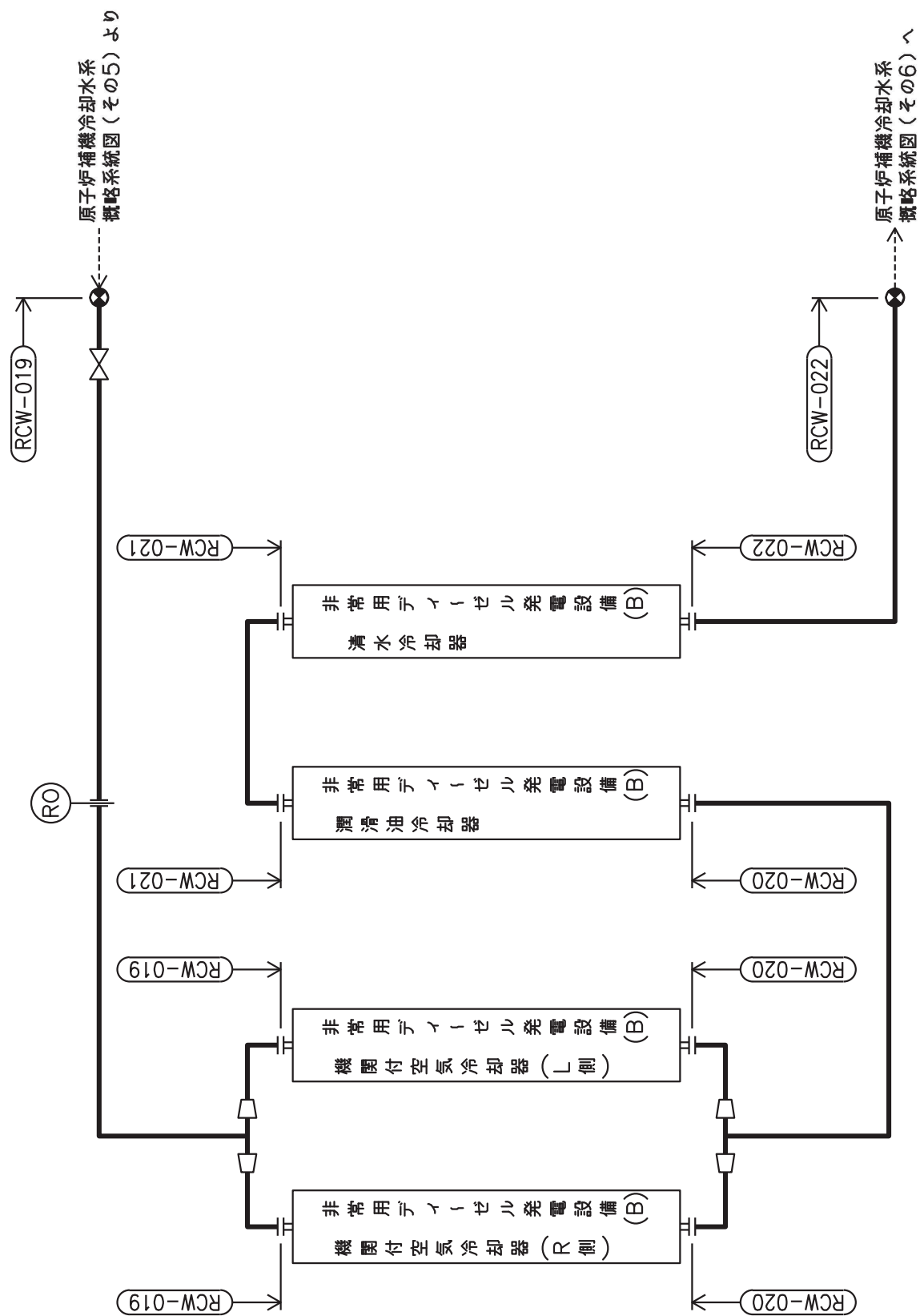




原子炉補機冷却水系概略系統図(その6)



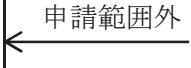
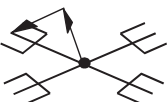
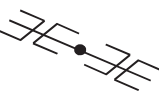
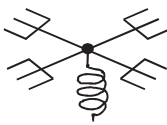
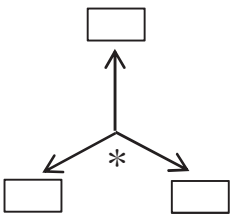
原子炉補機冷却水系概略系統図 (その7)

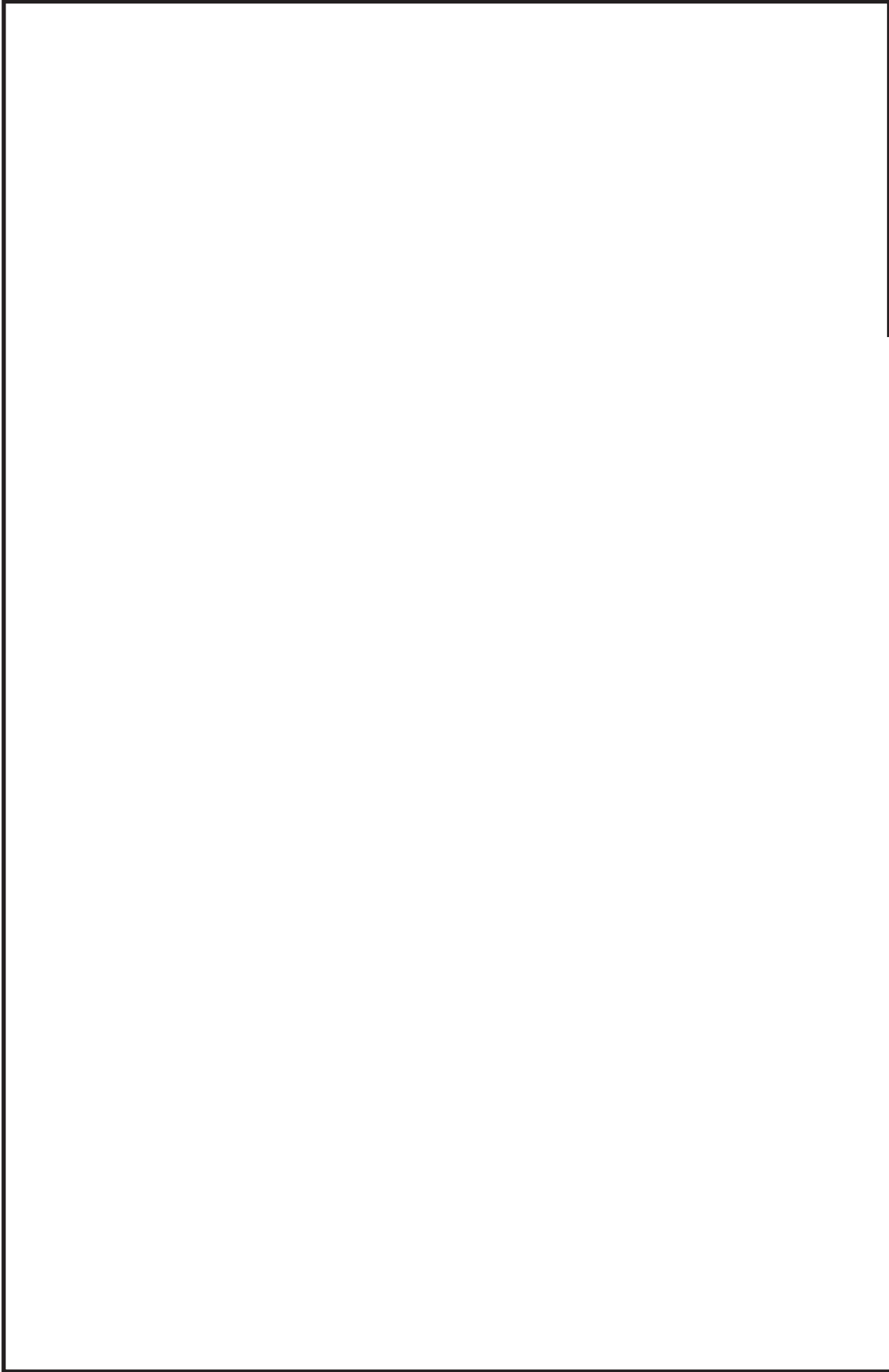


原子炉補機冷却水系概略系統図 (その8)

## 2.2 鳥瞰図

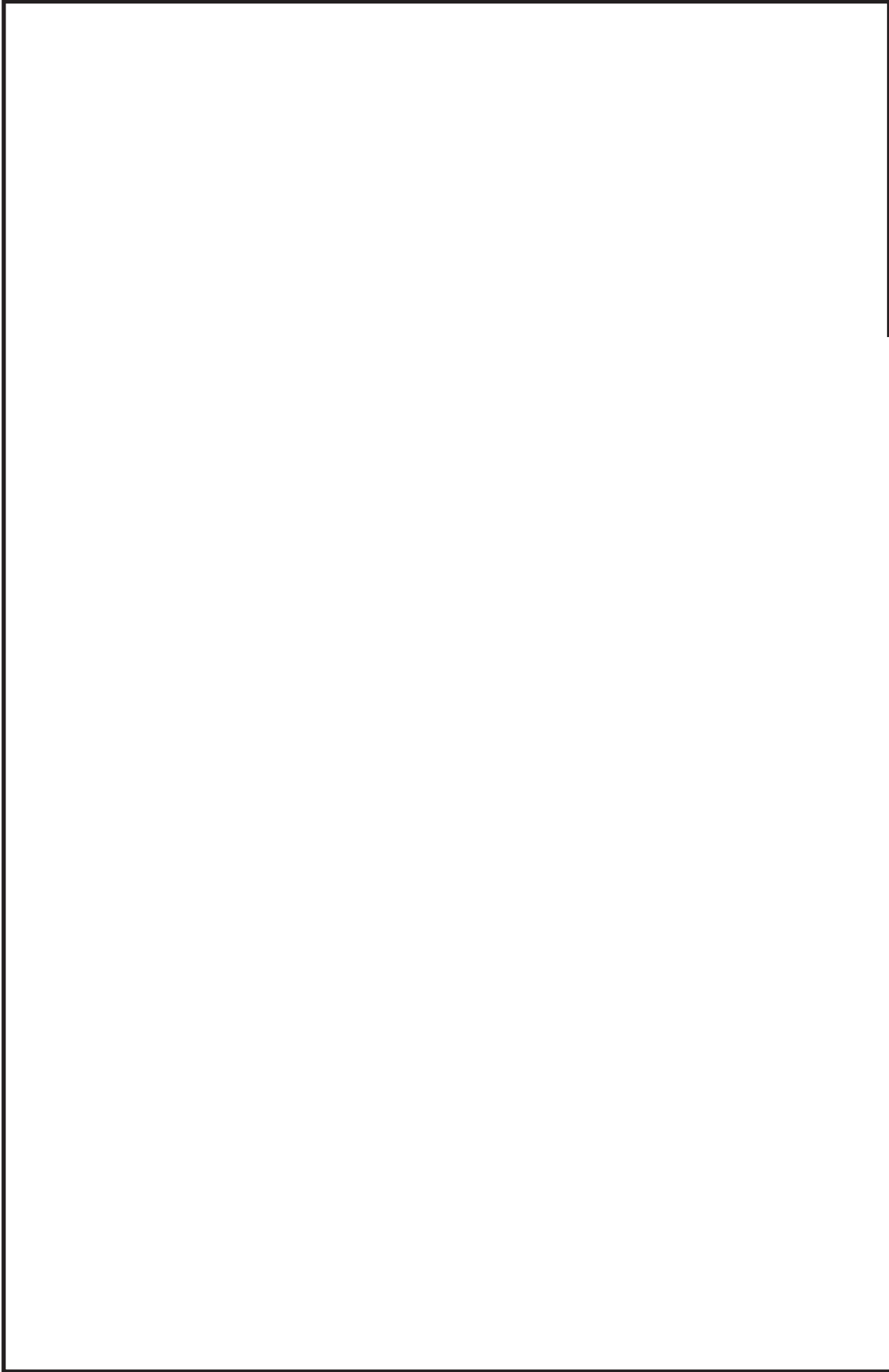
鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                       |
|  | スナッパ                                                                                                                                             |
|  | ハンガ                                                                                                                                              |
|  | ガイド                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，  内に変位量を記載する。) |



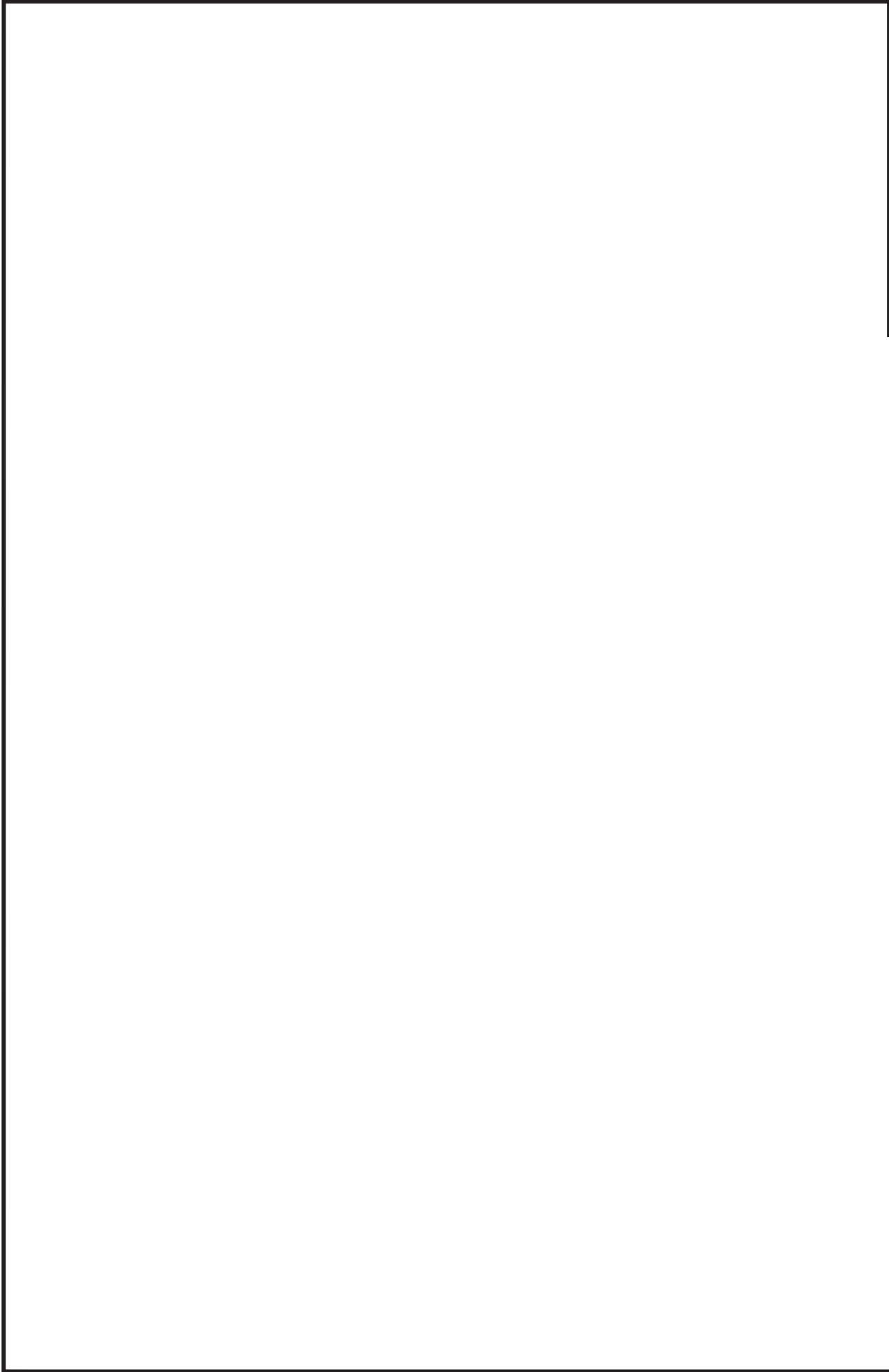
|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RCW-013-1/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



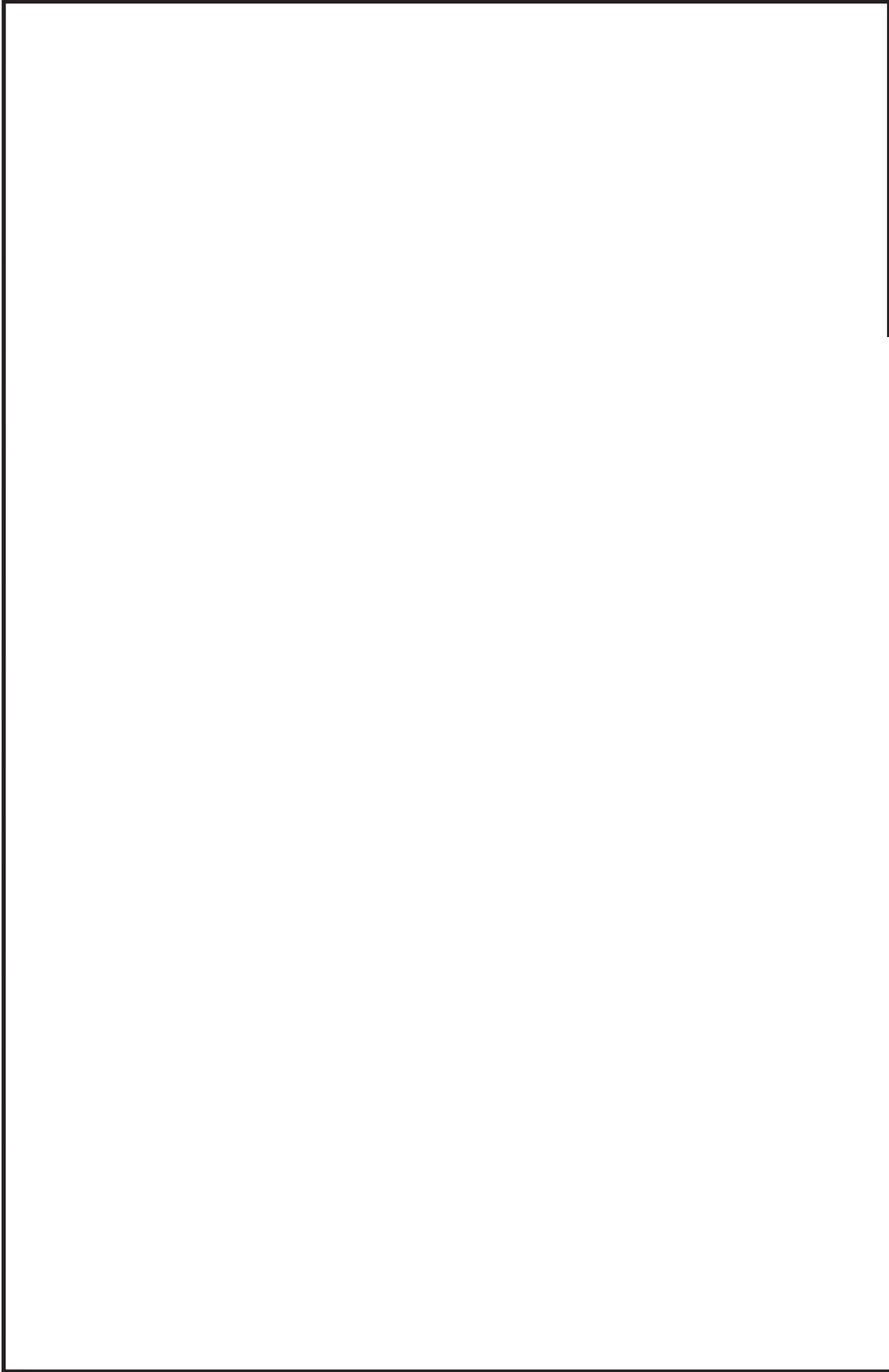
|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RCW-013-2/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RCW-013-3/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 KRCW-205-1/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 KRCW-205-2/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称           | 系統名称                                  | 施設<br>分類*1 | 設備分類 | 機器等<br>の区分 | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*2, *3         | 許容応<br>力状態       |
|---------------|----------------|---------------------------------------|------------|------|------------|-------------|----------------------|------------------|
| 原子炉冷却系統<br>施設 | 原子炉補機冷却<br>水設備 | 原子炉補機冷却水<br>系(原子炉補機冷<br>却海水系を含<br>む。) | D B        | —    | クラス3管      | S           | I <sub>L</sub> + S d | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|               |                |                                       |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d |                  |
|               |                |                                       |            |      |            |             | I <sub>L</sub> + S s | Ⅳ <sub>A</sub> S |
|               |                |                                       |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s |                  |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 R C W - 0 1 3

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 1.18            | 70            | 609.6      | 9.5        | SM400CA | S           | 200200         |
| 2   | 1.18            | 70            | 609.6      | 17.5       | SM400CA | S           | 200200         |
| 3   | 1.18            | 70            | 508.0      | 9.5        | SM400CA | S           | 200200         |
| 4   | 1.18            | 70            | 406.4      | 12.7       | SM400CA | S           | 200200         |
| 5   | 1.18            | 70            | 406.4      | 9.5        | SM400CA | S           | 200200         |
| 6   | 1.18            | 70            | 406.4      | 9.5        | STS410  | S           | 200200         |
| 7   | 1.18            | 70            | 318.5      | 10.3       | STS410  | S           | 200200         |
| 8   | 1.18            | 70            | 318.5      | 10.3       | SM400CA | S           | 200200         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 R C W－0 1 3

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1   | 1             | 3   | 105 | 106 | 801 | 802 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 2   | 2             | 105 | 106 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 3   | 3             | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 108 | 803 | 804 | 903 |     |     |     |     |     |  |
| 4   | 2             | 107 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 5   | 41            | 42  | 58  | 82  | 83  | 84  | 86  | 87  | 103 | 104 | 107 | 109 | 110 | 114 | 115 |  |
|     | 806           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 6   | 43            | 81  | 110 | 114 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 7   | 43            | 44  | 45  | 46  | 48  | 49  | 51  | 52  | 53  | 55  | 56  | 57  | 67  | 68  | 69  |  |
|     | 70            | 71  | 73  | 74  | 75  | 77  | 78  | 80  | 81  | 111 | 112 | 113 | 116 | 127 | 128 |  |
|     | 805           | 900 | 901 | 902 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 8   | 42            | 58  | 111 | 116 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 R C W - 0 1 3

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 44  |        | 81  |        | 110 |        | 803 |        |
| 2   |        | 45  |        | 82  |        | 111 |        | 804 |        |
| 3   |        | 52  |        | 83  |        | 112 |        | 805 |        |
| 4   |        | 56  |        | 87  |        | 113 |        | 806 |        |
| 5   |        | 57  |        | 103 |        | 114 |        | 900 |        |
| 6   |        | 58  |        | 104 |        | 115 |        | 901 |        |
| 7   |        | 67  |        | 105 |        | 116 |        | 902 |        |
| 8   |        | 68  |        | 106 |        | 127 |        | 903 |        |
| 41  |        | 69  |        | 107 |        | 128 |        |     |        |
| 42  |        | 70  |        | 108 |        | 801 |        |     |        |
| 43  |        | 74  |        | 109 |        | 802 |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

| 弁 1 |        | 弁 2 |        | 弁 3 |        | 弁 4 |        | 弁 5 |        |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
| 46  |        | 49  |        | 53  |        | 71  |        | 75  |        |
| 47  |        | 50  |        | 54  |        | 72  |        | 76  |        |
| 48  |        | 51  |        | 55  |        | 73  |        | 77  |        |
|     |        | 88  |        |     |        |     |        | 90  |        |
|     |        | 89  |        |     |        |     |        | 91  |        |
|     |        | 94  |        |     |        |     |        | 97  |        |
|     |        | 95  |        |     |        |     |        | 98  |        |
|     |        | 96  |        |     |        |     |        | 99  |        |
| 弁 6 |        | 弁 7 |        |     |        |     |        |     |        |
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |     |        |     |        |     |        |
| 78  |        | 84  |        |     |        |     |        |     |        |
| 79  |        | 85  |        |     |        |     |        |     |        |
| 80  |        | 86  |        |     |        |     |        |     |        |
|     |        | 92  |        |     |        |     |        |     |        |
|     |        | 93  |        |     |        |     |        |     |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁1   | 47  |        |        |        |
| 弁2   | 50  |        |        |        |
| 弁3   | 54  |        |        |        |
| 弁4   | 72  |        |        |        |
| 弁5   | 76  |        |        |        |
| 弁6   | 79  |        |        |        |
| 弁7   | 85  |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            R C W－ 0 1 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1         |                 |   |   |                       |   |   |
| 8         |                 |   |   |                       |   |   |
| 52        |                 |   |   |                       |   |   |
| 74        |                 |   |   |                       |   |   |
| 82        |                 |   |   |                       |   |   |
| 87        |                 |   |   |                       |   |   |
| 900       |                 |   |   |                       |   |   |
| 901       |                 |   |   |                       |   |   |
| 902       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 903 ** |                 |   |   |                       |   |   |
|           |                 |   |   |                       |   |   |

|  |
|--|
|  |
|--|

02 ⑤ VI-2-5-7-1-6(1) (設) R0

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    K R C W－ 2 0 5

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 1.18            | 70            | 318.5      | 10.3       | STS410 | S           | 200200         |



設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      K R C W - 2 0 5

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 3             | 4   | 5   | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  |
|     | 18            | 19  | 20  | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  |
|     | 33            | 34  | 35  | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  |
|     | 48            | 49  | 50  | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  |
|     | 63            | 64  | 65  | 66 | 67 | 68 | 69 | 90 | 100 | 200 | 801 | 802 | 810 | 811 | 900 |
|     | 901           | 902 | 903 |    |    |    |    |    |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 4   |        | 20  |        | 36  |        | 52  |        | 68  |        |
| 5   |        | 21  |        | 37  |        | 53  |        | 69  |        |
| 6   |        | 22  |        | 38  |        | 54  |        | 90  |        |
| 7   |        | 23  |        | 39  |        | 55  |        | 100 |        |
| 8   |        | 24  |        | 40  |        | 56  |        | 200 |        |
| 9   |        | 25  |        | 41  |        | 57  |        | 801 |        |
| 10  |        | 26  |        | 42  |        | 58  |        | 802 |        |
| 11  |        | 27  |        | 43  |        | 59  |        | 810 |        |
| 12  |        | 28  |        | 44  |        | 60  |        | 811 |        |
| 13  |        | 29  |        | 45  |        | 61  |        | 900 |        |
| 14  |        | 30  |        | 46  |        | 62  |        | 901 |        |
| 15  |        | 31  |        | 47  |        | 63  |        | 902 |        |
| 16  |        | 32  |        | 48  |        | 64  |        | 903 |        |
| 17  |        | 33  |        | 49  |        | 65  |        |     |        |
| 18  |        | 34  |        | 50  |        | 66  |        |     |        |
| 19  |        | 35  |        | 51  |        | 67  |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 1   |        |
| 2   |        |
| 3   |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁1   | 2   |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    K R C W－ 2 0 5

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 11    |                 |   |   |                       |   |   |
| 14    |                 |   |   |                       |   |   |
| 17    |                 |   |   |                       |   |   |
| 20    |                 |   |   |                       |   |   |
| 26    |                 |   |   |                       |   |   |
| 30    |                 |   |   |                       |   |   |
| 35    |                 |   |   |                       |   |   |
| 41    |                 |   |   |                       |   |   |
| 48    |                 |   |   |                       |   |   |
| 51    |                 |   |   |                       |   |   |
| 54    |                 |   |   |                       |   |   |
| 58    |                 |   |   |                       |   |   |
| 64    |                 |   |   |                       |   |   |
| 66    |                 |   |   |                       |   |   |
| 69    |                 |   |   |                       |   |   |
| 100   |                 |   |   |                       |   |   |
| 200   |                 |   |   |                       |   |   |
| 900   |                 |   |   |                       |   |   |
| 902   |                 |   |   |                       |   |   |
| 903   |                 |   |   |                       |   |   |

O 2    ⑤    VI-2-5-7-1-6(1) (設)    R 0

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料     | 最高使用温度<br>(℃) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|--------|---------------|------------|-----|-----|-----|
|        |               | S m        | S y | S u | S h |
| SM400C | 70            | —          | 233 | 383 | —   |
| STS410 | 70            | —          | 229 | 407 | —   |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図         | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------------|--------|----------------|----------|
| R C W - 0 1 3 | 原子炉建屋  |                |          |

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図           | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|--------|----------------|----------|
| K R C W - 2 0 5 | 原子炉建屋  |                |          |

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(1) (設) R 0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCW-013

| 適用する地震動等 |             | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード      | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|          |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 8 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 18 次     |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 19 次*2   |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 動的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 静的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050 s以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCW-013

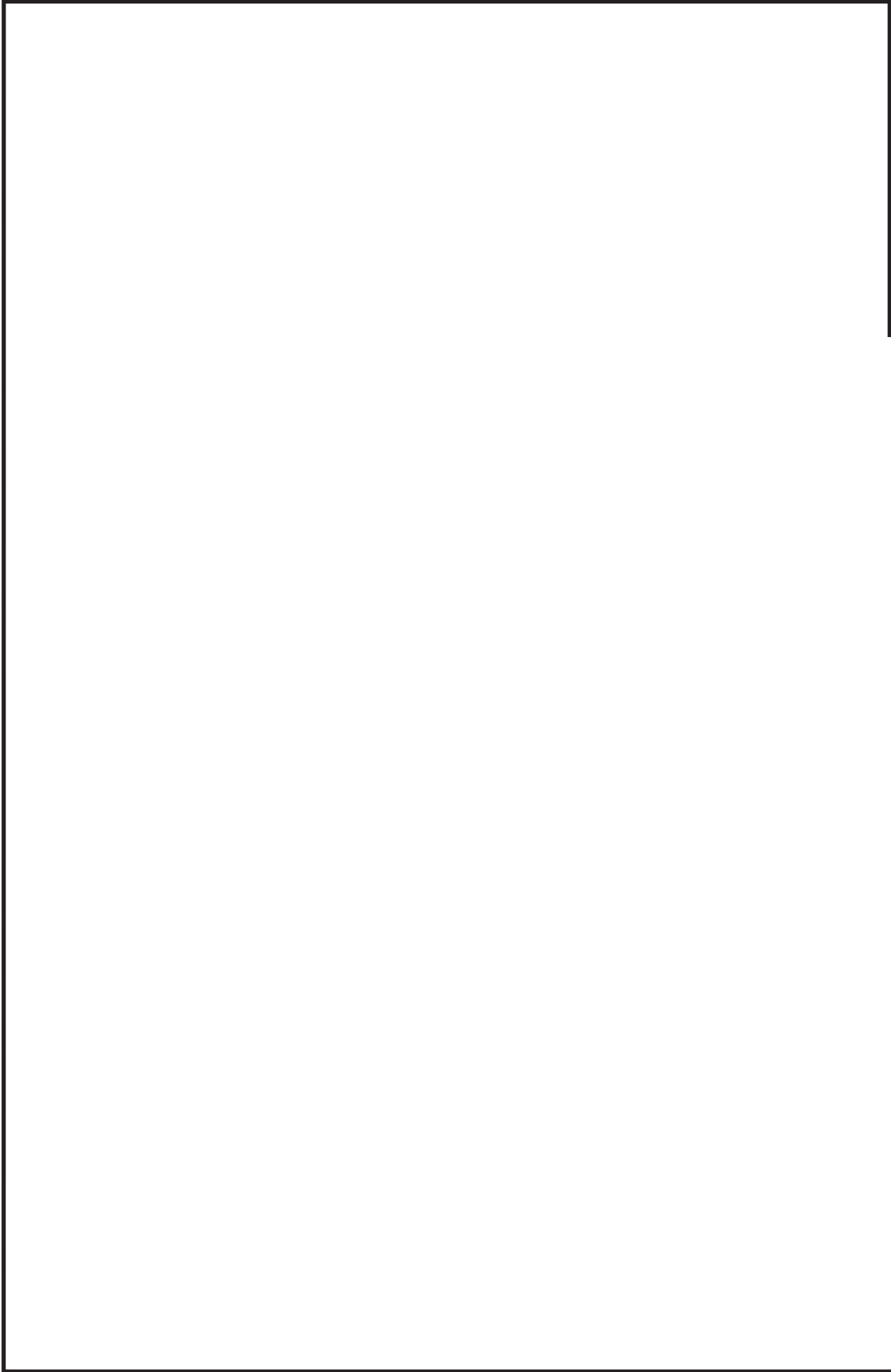
| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 18 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

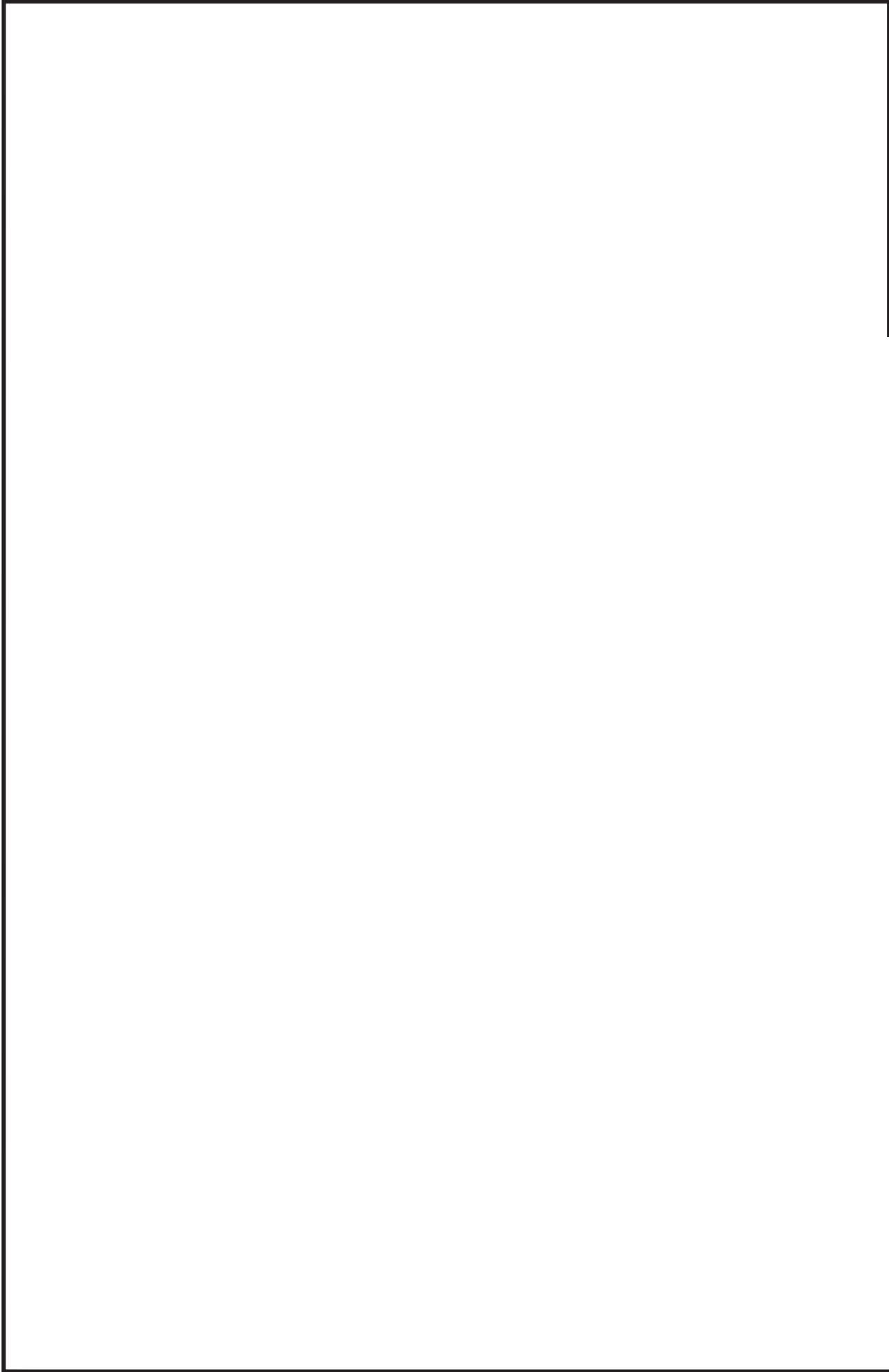
振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。





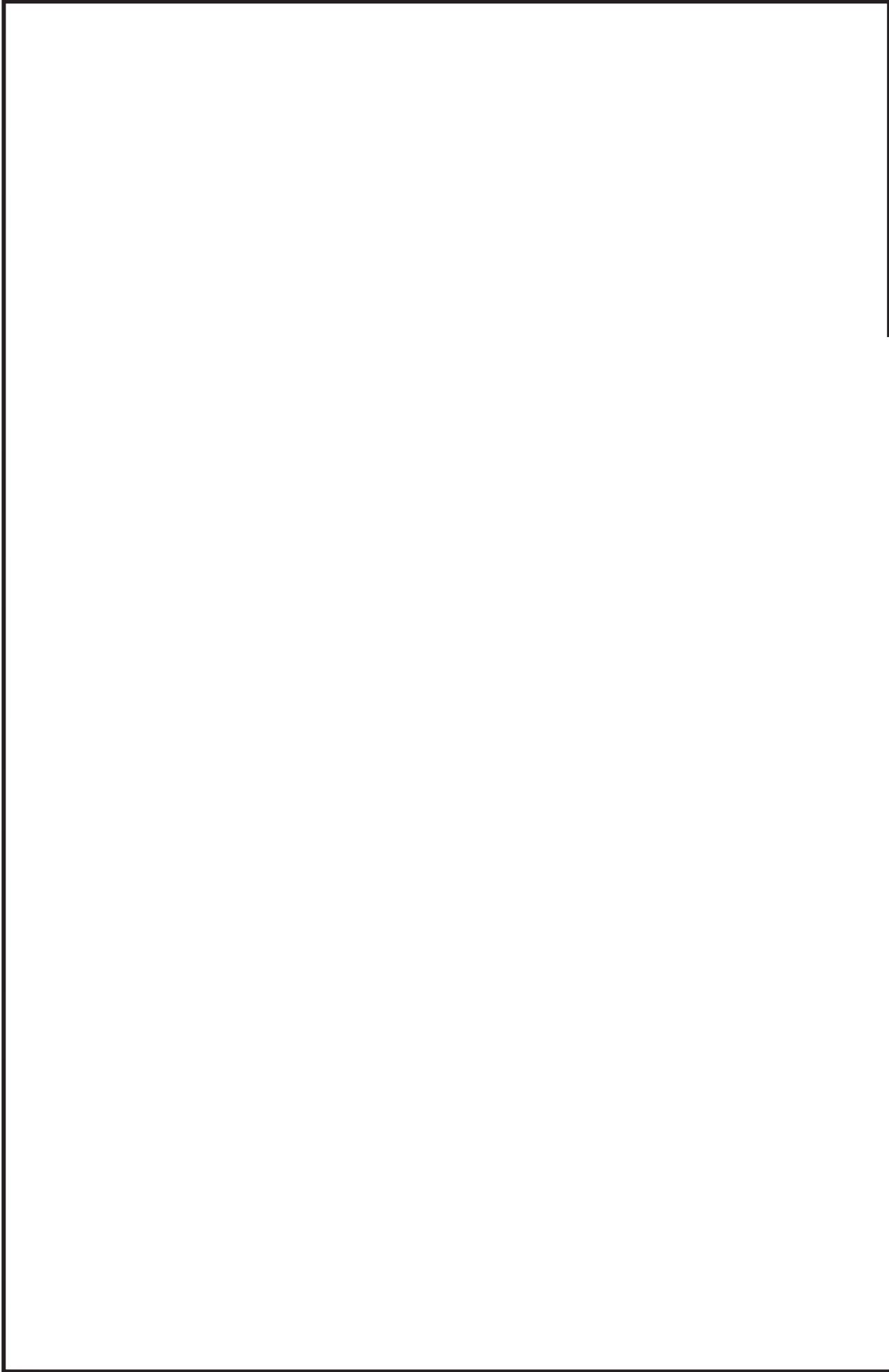
鳥瞰図 RCW-013

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RCW-013

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RCW-013

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 KRCW-205

| 適用する地震動等  |             | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|-----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード       | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|           |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 8 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 20 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 21 次*2    |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 動 的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 静 的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>I</sub>及び1.2C<sub>V</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

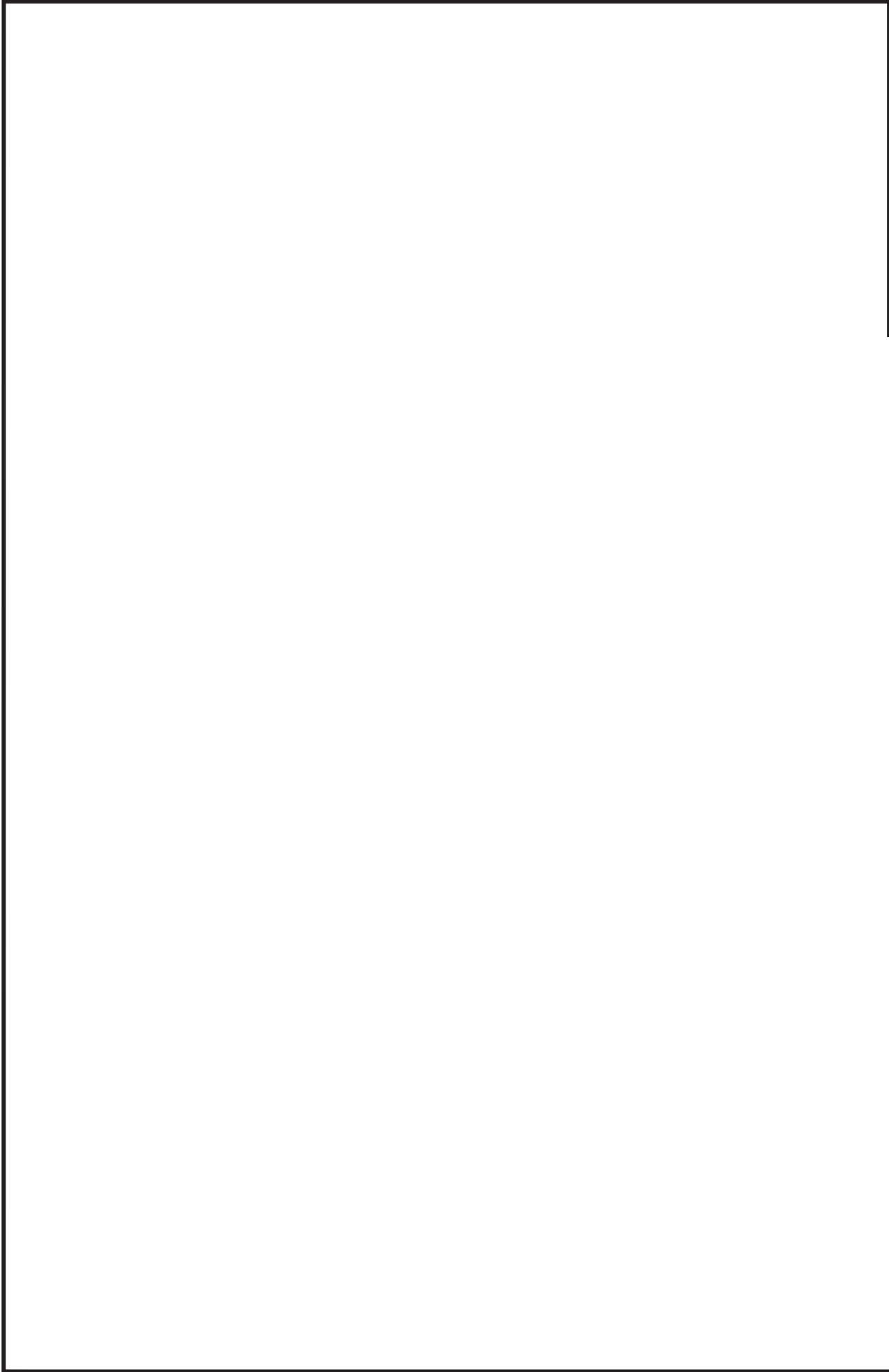
鳥 瞰 図 KRCW-205

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 20 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

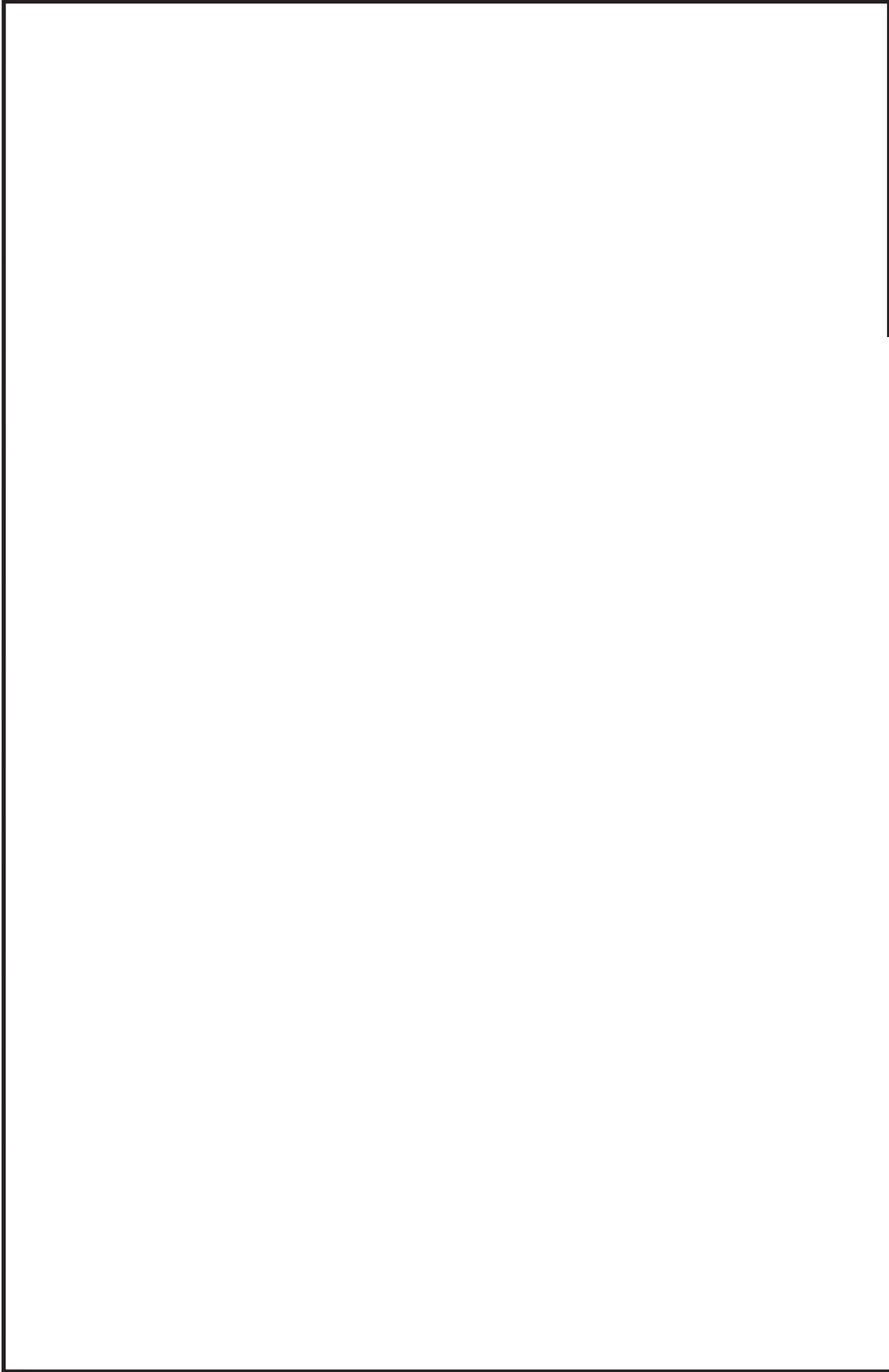
## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図 KRCW-205

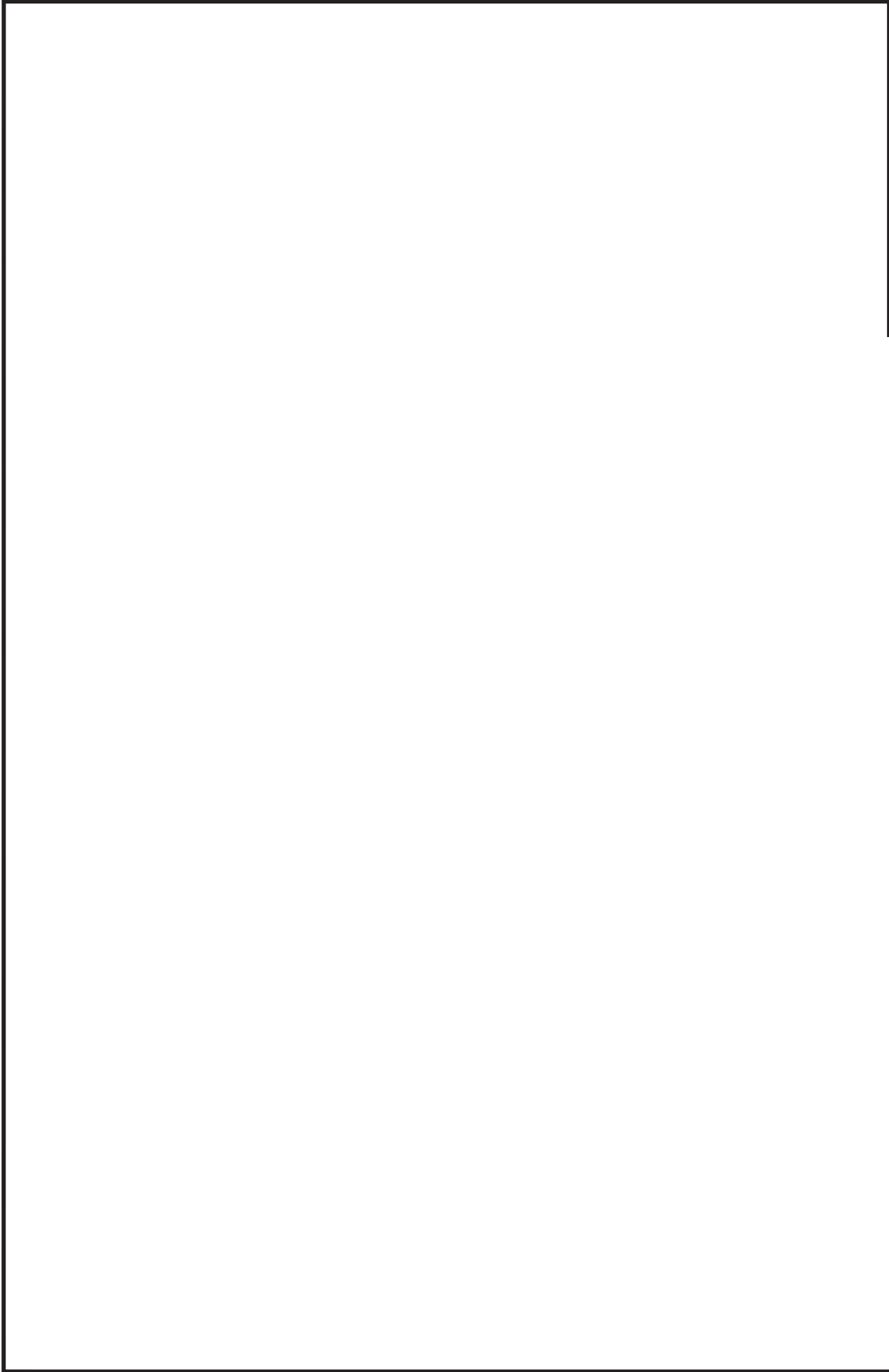
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 KRCW-205

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





鳥瞰図 KRCW-205

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図     | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                           | 一次＋二次応力評価<br>(MPa) |               | 疲労評価 |
|---------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------|------|
|         |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0.9・S u | 計算応力<br>S n (S s)  | 許容応力<br>2・S y |      |
| RCW-013 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 4           | S p r m (S d) | 125                                    | 233                       | —                  | —             | —    |
|         | Ⅳ <sub>A</sub> S | 4           | S p r m (S s) | 237                                    | 344                       | —                  | —             | —    |
|         | Ⅳ <sub>A</sub> S | 4           | S n (S s)     | —                                      | —                         | 456                | 466           | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と1.2・S hのうち大きい方とする。

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

| 鳥瞰図             | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                               | 一次＋二次応力評価<br>(MPa) |                 | 疲労評価 |
|-----------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|------|
|                 |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n (S s)  | 許容応力<br>2 ・ S y |      |
| K R C W - 2 0 5 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 51          | S p r m (S d) | 142                                    | 229                           | —                  | —               | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 51          | S p r m (S s) | 244                                    | 366                           | —                  | —               | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 51          | S n (S s)     | —                                      | —                             | 440                | 458             | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と 1 . 2 ・ S h のうち大きい方とする。

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類         | 型式        | 材質                                            | 温度<br>(℃)   | 評価結果             |                  |
|---------------|------------|-----------|-----------------------------------------------|-------------|------------------|------------------|
|               |            |           |                                               |             | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| RCW-002-505BA | ロッドレストレイント | RSA-10    | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 | VI-2-1-12-1 | 113              | 150              |
| RCW-003-917S  | メカニカルスナッパ  | SMS-3-100 |                                               |             | 16               | 75               |
| RCW-007-117H  | バリアブルハンガ   | VS30C-17  |                                               |             | 21               | 39               |

| 支持構造物<br>番号  | 種類      | 型式   | 材質                                            | 温度<br>(℃)   | 評価結果      |     |            |
|--------------|---------|------|-----------------------------------------------|-------------|-----------|-----|------------|
|              |         |      |                                               |             | 計算荷重 (kN) |     | 許容荷重 (kN)  |
|              |         |      |                                               |             | 引張り       | せん断 | 引張り    せん断 |
| RCW-001-020R | レストレイント | 埋込金物 | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 | VI-2-1-12-1 | 359       | 114 | 479    204 |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類  | 型式 | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|--------------|-----|----|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|              |     |    |        |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|              |     |    |        |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
|              |     |    |        |           |                |                |                |                |                |                |          |                   |                   |
| RCW-016-001A | アンカ | ラゲ | SGV410 | 70        | 67             | 67             | 292            | 65             | 96             | 19             | 組合せ      | 124               | 252               |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |

## 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

| No. | 配管モデル   | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |                   |                   |      |    | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S |                   |                   |       |    |          |                   |                   |      |    |      |                |
|-----|---------|------------------------|-------------------|-------------------|------|----|------------------------|-------------------|-------------------|-------|----|----------|-------------------|-------------------|------|----|------|----------------|
|     |         | 一次応力                   |                   |                   |      |    | 一次応力                   |                   |                   |       |    | 一次+二次応力* |                   |                   |      |    | 疲労評価 |                |
|     |         | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点      | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点  | 疲労<br>累積<br>係数 |
| 1   | RCW-001 | 18                     | 93                | 233               | 2.50 | —  | 18                     | 160               | 344               | 2.15  | —  | 18       | 307               | 466               | 1.51 | —  | —    | —              |
| 2   | RCW-002 | 8                      | 124               | 233               | 1.87 | —  | 8                      | 193               | 344               | 1.78  | —  | 8        | 378               | 466               | 1.23 | —  | —    | —              |
| 3   | RCW-003 | 2                      | 39                | 233               | 5.97 | —  | 2                      | 50                | 344               | 6.88  | —  | 2        | 201               | 466               | 2.31 | —  | —    | —              |
| 4   | RCW-004 | 903                    | 57                | 229               | 4.01 | —  | 903                    | 95                | 366               | 3.85  | —  | 31       | 192               | 458               | 2.38 | —  | —    | —              |
| 5   | RCW-005 | 1                      | 63                | 229               | 3.63 | —  | 1                      | 93                | 366               | 3.93  | —  | 1        | 204               | 458               | 2.24 | —  | —    | —              |
| 6   | RCW-006 | 908                    | 39                | 233               | 5.97 | —  | 908                    | 50                | 344               | 6.88  | —  | 45       | 170               | 466               | 2.74 | —  | —    | —              |
| 7   | RCW-007 | 7                      | 111               | 233               | 2.09 | —  | 7                      | 163               | 344               | 2.11  | —  | 30       | 351               | 466               | 1.32 | —  | —    | —              |
| 8   | RCW-008 | 29                     | 52                | 229               | 4.40 | —  | 29                     | 75                | 366               | 4.88  | —  | 29       | 243               | 458               | 1.88 | —  | —    | —              |
| 9   | RCW-009 | 43                     | 68                | 229               | 3.36 | —  | 43                     | 104               | 366               | 3.51  | —  | 1        | 220               | 458               | 2.08 | —  | —    | —              |
| 10  | RCW-010 | 23                     | 27                | 229               | 8.48 | —  | 22                     | 39                | 366               | 9.38  | —  | 22       | 118               | 458               | 3.88 | —  | —    | —              |
| 11  | RCW-011 | 21                     | 23                | 229               | 9.95 | —  | 20                     | 34                | 366               | 10.76 | —  | 1        | 76                | 458               | 6.02 | —  | —    | —              |
| 12  | RCW-012 | 111                    | 104               | 233               | 2.24 | —  | 111                    | 179               | 344               | 1.92  | —  | 100      | 355               | 466               | 1.31 | —  | —    | —              |
| 13  | RCW-013 | 4                      | 125               | 233               | 1.86 | —  | 4                      | 237               | 344               | 1.45  | ○  | 4        | 456               | 466               | 1.02 | ○  | —    | —              |

注記\*：Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次+二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

| No. | 許容応力状態 III S |                           |                           |        |        | 許容応力状態 IV A S |                           |                           |        |        |             |                           |                           |        |        |             |                            |        |
|-----|--------------|---------------------------|---------------------------|--------|--------|---------------|---------------------------|---------------------------|--------|--------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------|--------|-------------|----------------------------|--------|
|     | 一次応力         |                           |                           |        |        | 一次応力          |                           |                           |        |        | 一次＋二次応力*    |                           |                           |        |        | 疲労評価        |                            |        |
|     | 評<br>価<br>点  | 計<br>算<br>応<br>力<br>(MPa) | 許<br>容<br>応<br>力<br>(MPa) | 裕<br>度 | 代<br>表 | 評<br>価<br>点   | 計<br>算<br>応<br>力<br>(MPa) | 許<br>容<br>応<br>力<br>(MPa) | 裕<br>度 | 代<br>表 | 評<br>価<br>点 | 計<br>算<br>応<br>力<br>(MPa) | 許<br>容<br>応<br>力<br>(MPa) | 裕<br>度 | 代<br>表 | 評<br>価<br>点 | 疲<br>勞<br>累<br>積<br>係<br>数 | 代<br>表 |
| 14  | RCW-014      | 32                        | 63                        | 229    | 3.63   | —             | 32                        | 101                       | 366    | 3.62   | —           | 32                        | 213                       | 458    | 2.15   | —           | —                          | —      |
| 15  | RCW-015      | 21                        | 73                        | 233    | 3.19   | —             | 21                        | 121                       | 344    | 2.84   | —           | 21                        | 265                       | 466    | 1.75   | —           | —                          | —      |
| 16  | RCW-016      | 1                         | 77                        | 233    | 3.02   | —             | 1                         | 108                       | 344    | 3.18   | —           | 27                        | 249                       | 466    | 1.87   | —           | —                          | —      |
| 17  | RCW-017      | 26                        | 77                        | 229    | 2.97   | —             | 26                        | 120                       | 366    | 3.05   | —           | 26                        | 201                       | 458    | 2.27   | —           | —                          | —      |
| 18  | RCW-018      | 59                        | 81                        | 229    | 2.82   | —             | 59                        | 129                       | 366    | 2.83   | —           | 59                        | 216                       | 458    | 2.12   | —           | —                          | —      |
| 19  | RCW-019      | 36                        | 66                        | 229    | 3.46   | —             | 36                        | 107                       | 366    | 3.42   | —           | 51                        | 235                       | 458    | 1.94   | —           | —                          | —      |
| 20  | RCW-020      | 33                        | 79                        | 229    | 2.89   | —             | 33                        | 120                       | 366    | 3.05   | —           | 33                        | 242                       | 458    | 1.89   | —           | —                          | —      |
| 21  | RCW-021      | 15                        | 51                        | 229    | 4.49   | —             | 15                        | 78                        | 366    | 4.69   | —           | 15                        | 166                       | 458    | 2.75   | —           | —                          | —      |
| 22  | RCW-022      | 1                         | 22                        | 229    | 10.40  | —             | 1                         | 31                        | 366    | 11.80  | —           | 26                        | 153                       | 458    | 2.99   | —           | —                          | —      |
| 23  | KRCW-105     | 8                         | 107                       | 229    | 2.14   | —             | 8                         | 190                       | 366    | 1.92   | —           | 8                         | 373                       | 458    | 1.22   | —           | —                          | —      |
| 24  | KRCW-205     | 51                        | 142                       | 229    | 1.61   | ○             | 51                        | 244                       | 366    | 1.50   | —           | 51                        | 440                       | 458    | 1.04   | —           | —                          | —      |

注記\* :  $\text{III}_A S$  の一次＋二次応力の許容値は  $\text{IV}_A S$  と同様であることから、地震荷重が大きい  $\text{IV}_A S$  の一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

## 重大事故等対処設備



## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 11 |
| 3. 計算条件 .....                     | 15 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 15 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 16 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 17 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 20 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 21 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 22 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 22 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 28 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 28 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 29 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 30 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 31 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉補機冷却水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 24 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4 に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

### (3) 弁

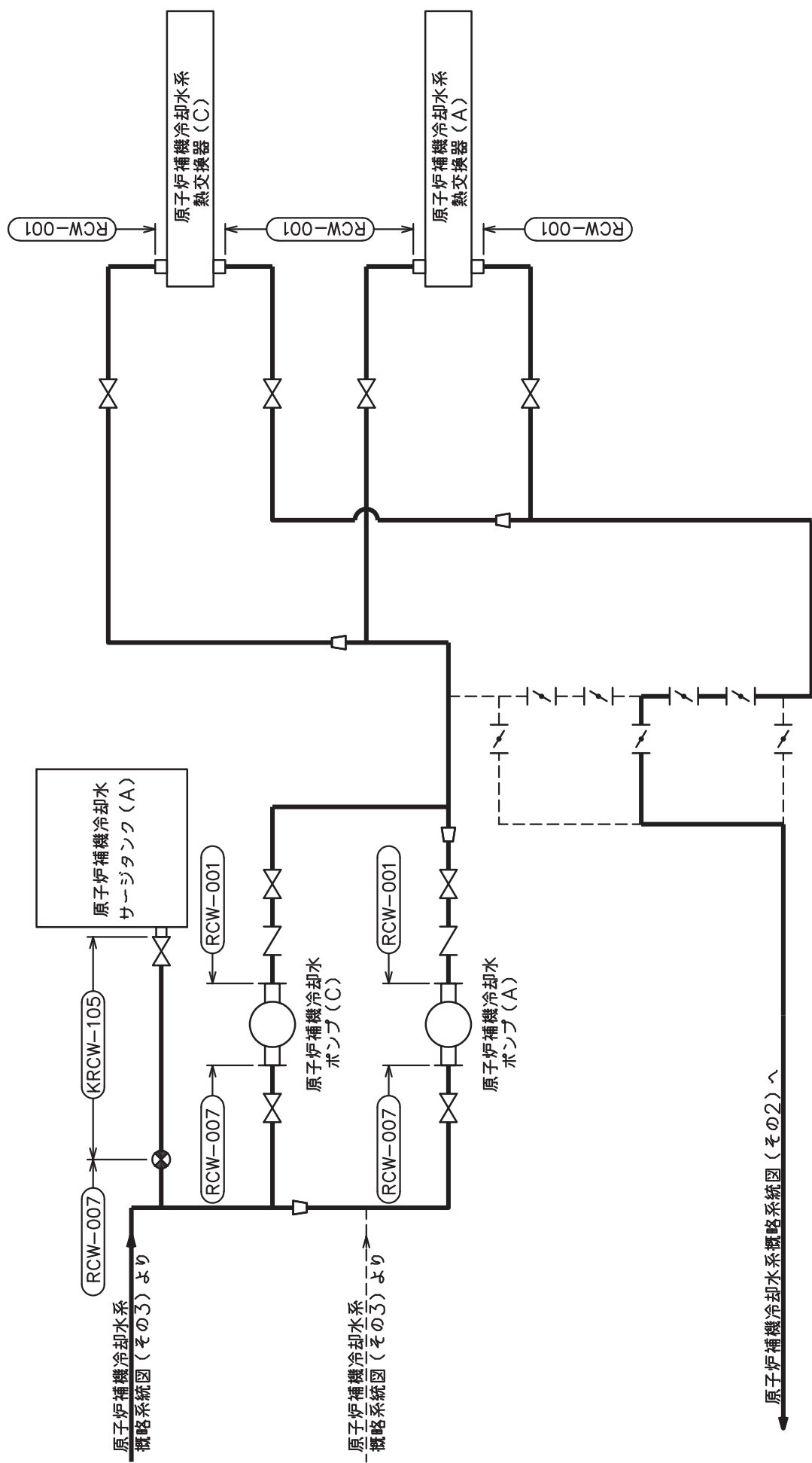
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

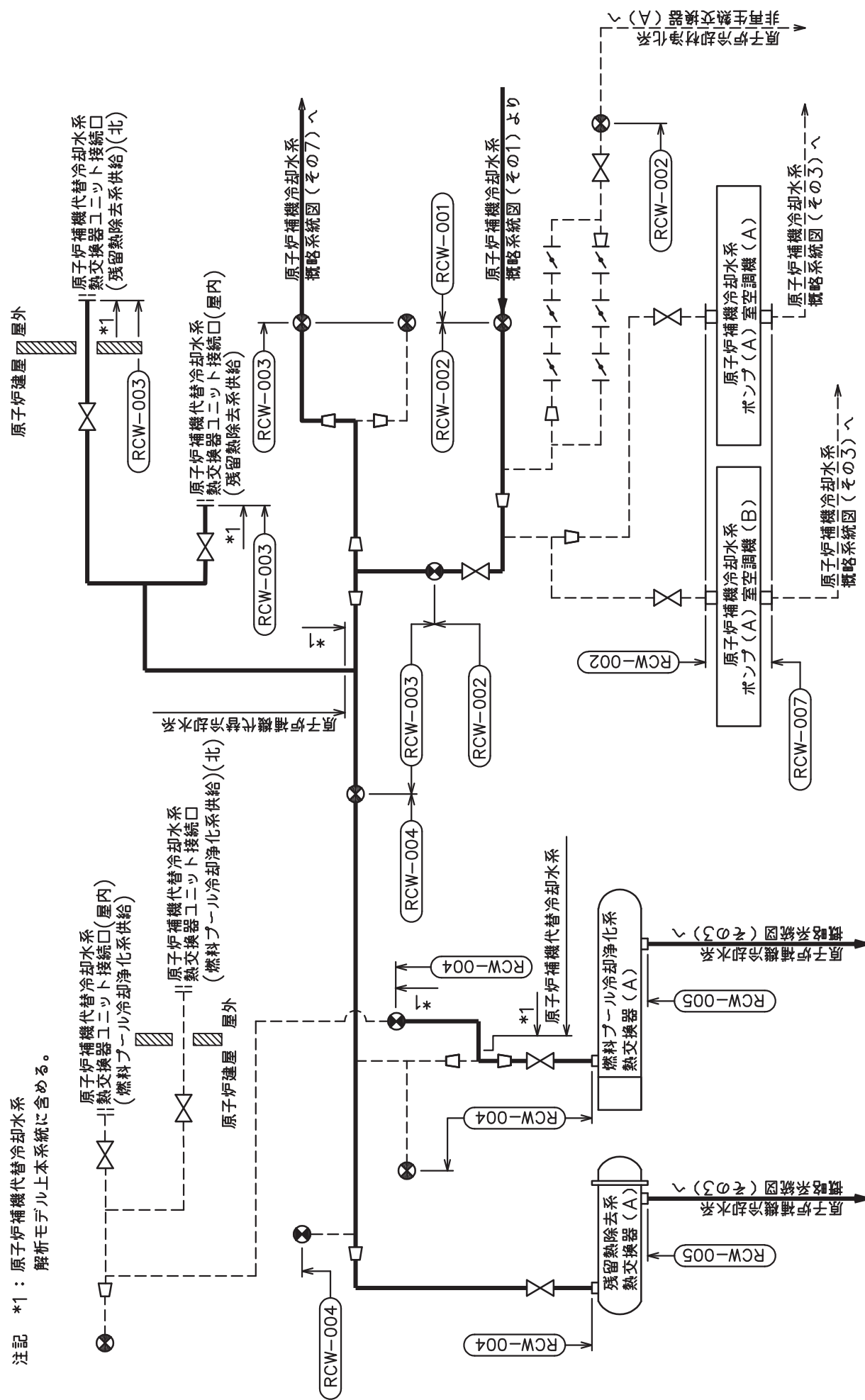
概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |

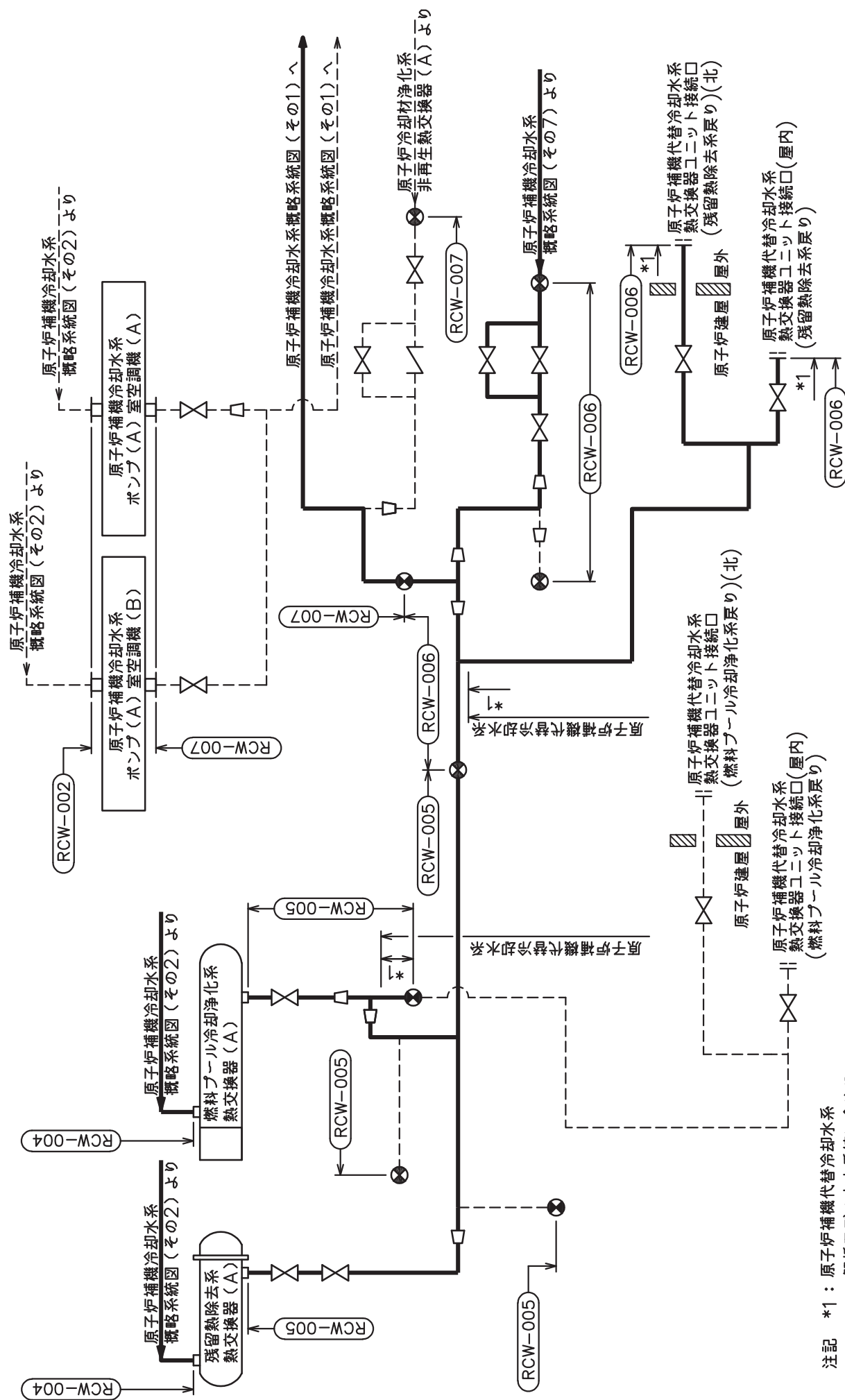


原子炉補機冷却水系統図(その1)

注記 \*1：原子炉補機代替冷却水系解析モデル上本系統に含める。

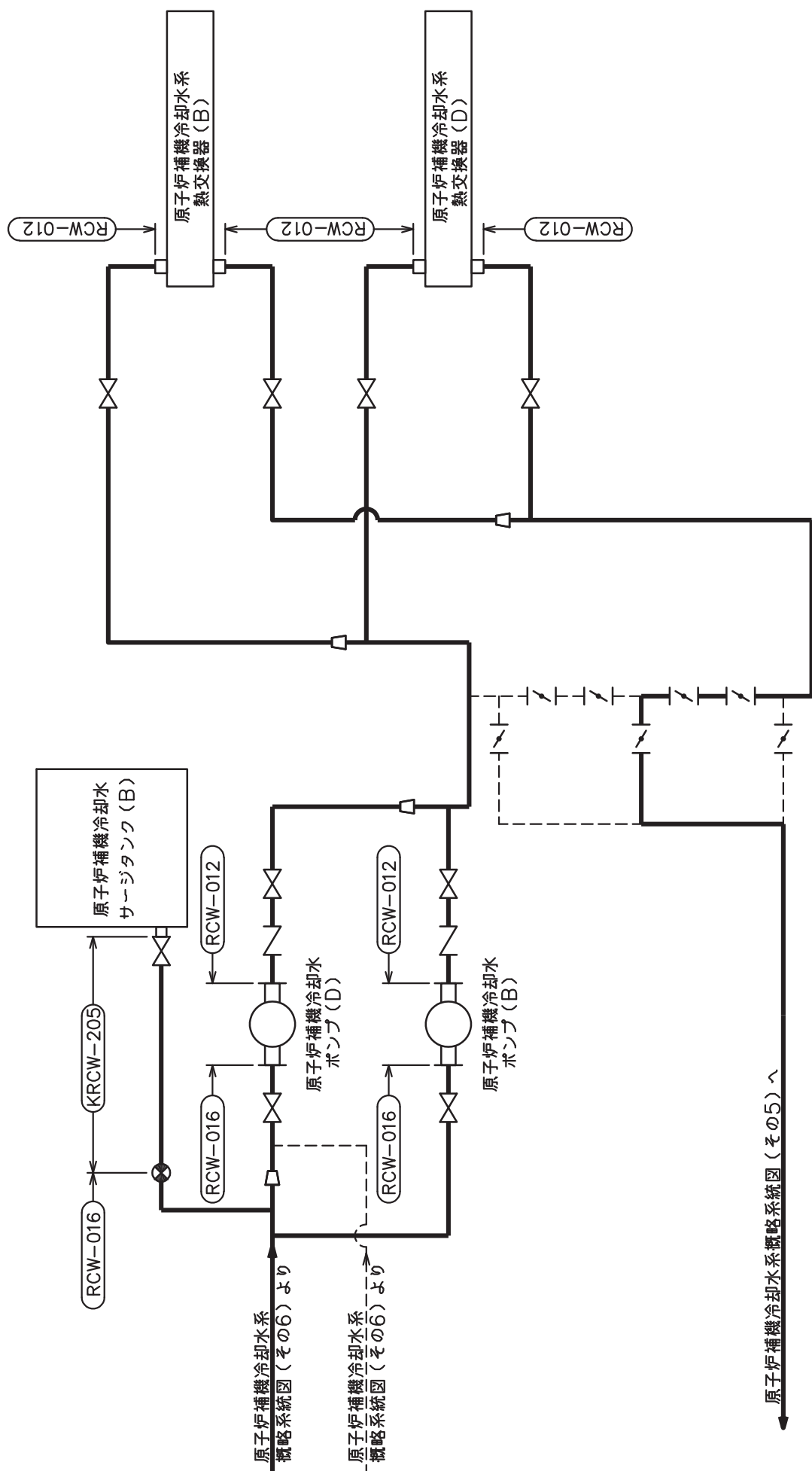


## 原子炉補機冷却水系統略系統図(その2)



注記 \*1：原子炉補機代替冷却水系解析モデル上本系統に含める。

原子炉補機冷却水系統図(その3)



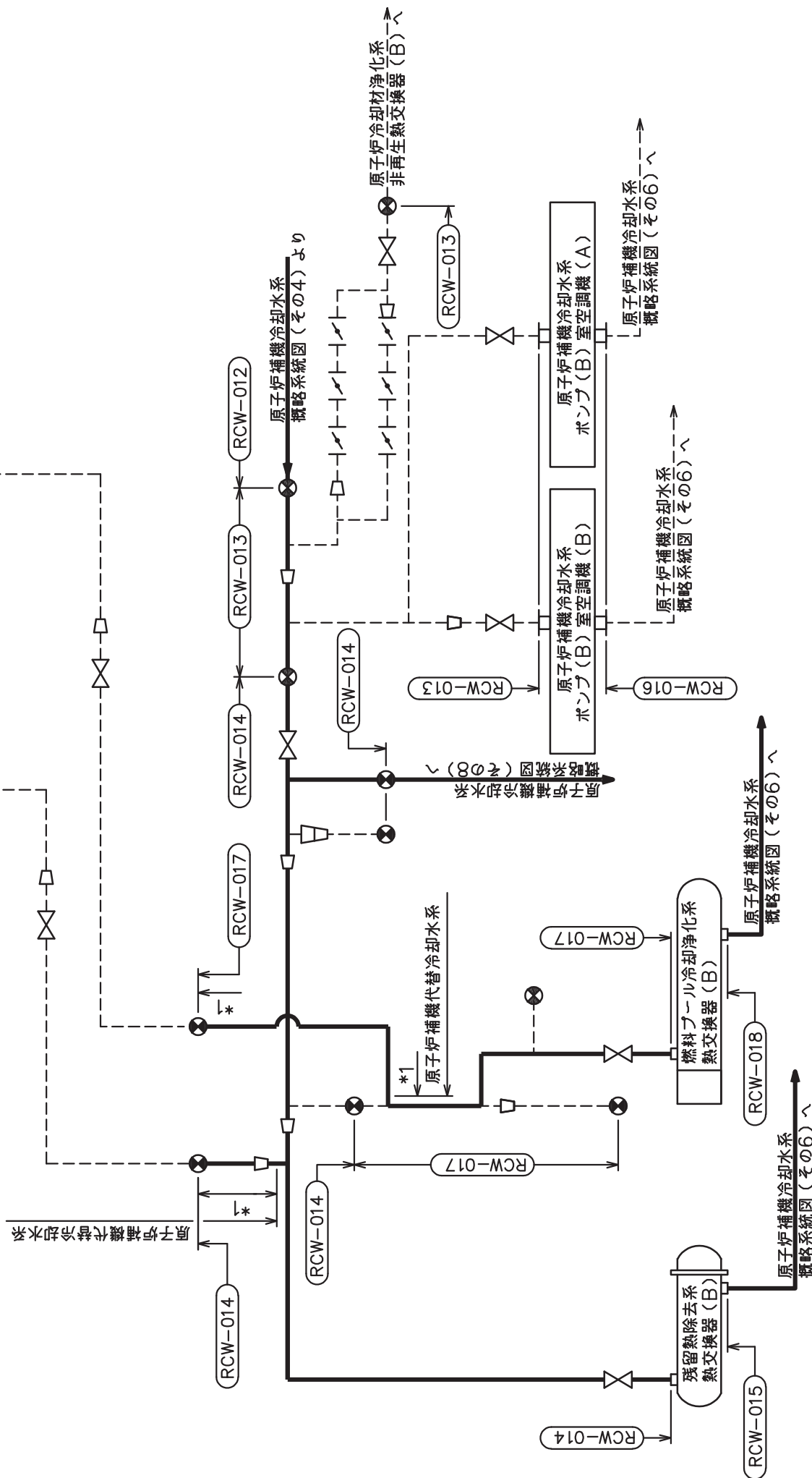
原子炉補機冷却水系概略系統図 (その4)

原子炉補機代替冷却水系  
熱交換器ユニット接続口  
(燃料プールの冷却浄化系供給)(西)

原子炉補機代替冷却水系  
熱交換器ユニット接続口  
(残留熱除去系供給)(西)

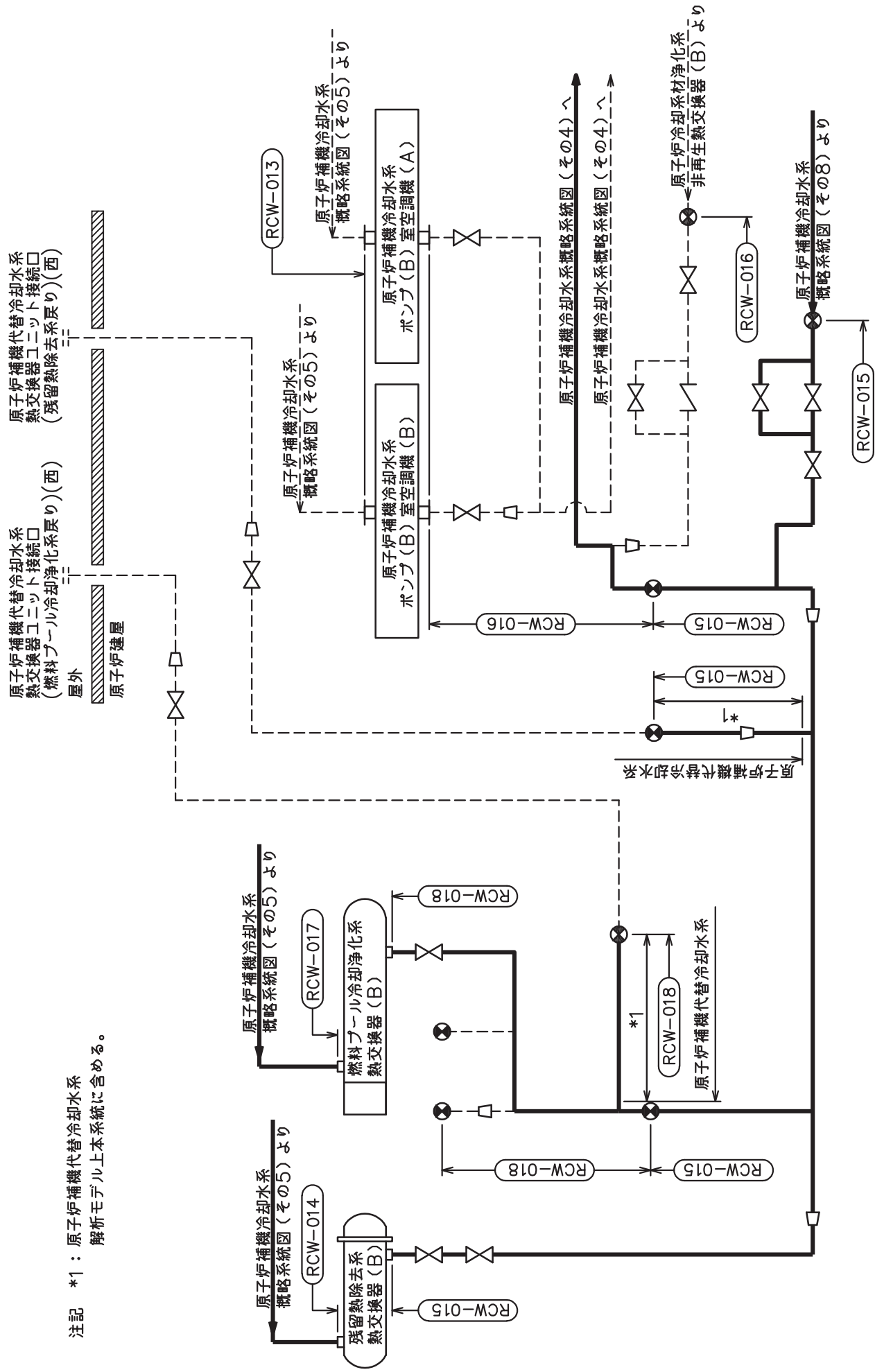
注記 \*1: 原子炉補機代替冷却水系  
解析モデル上本系統に含める。

屋外  
原子炉建屋

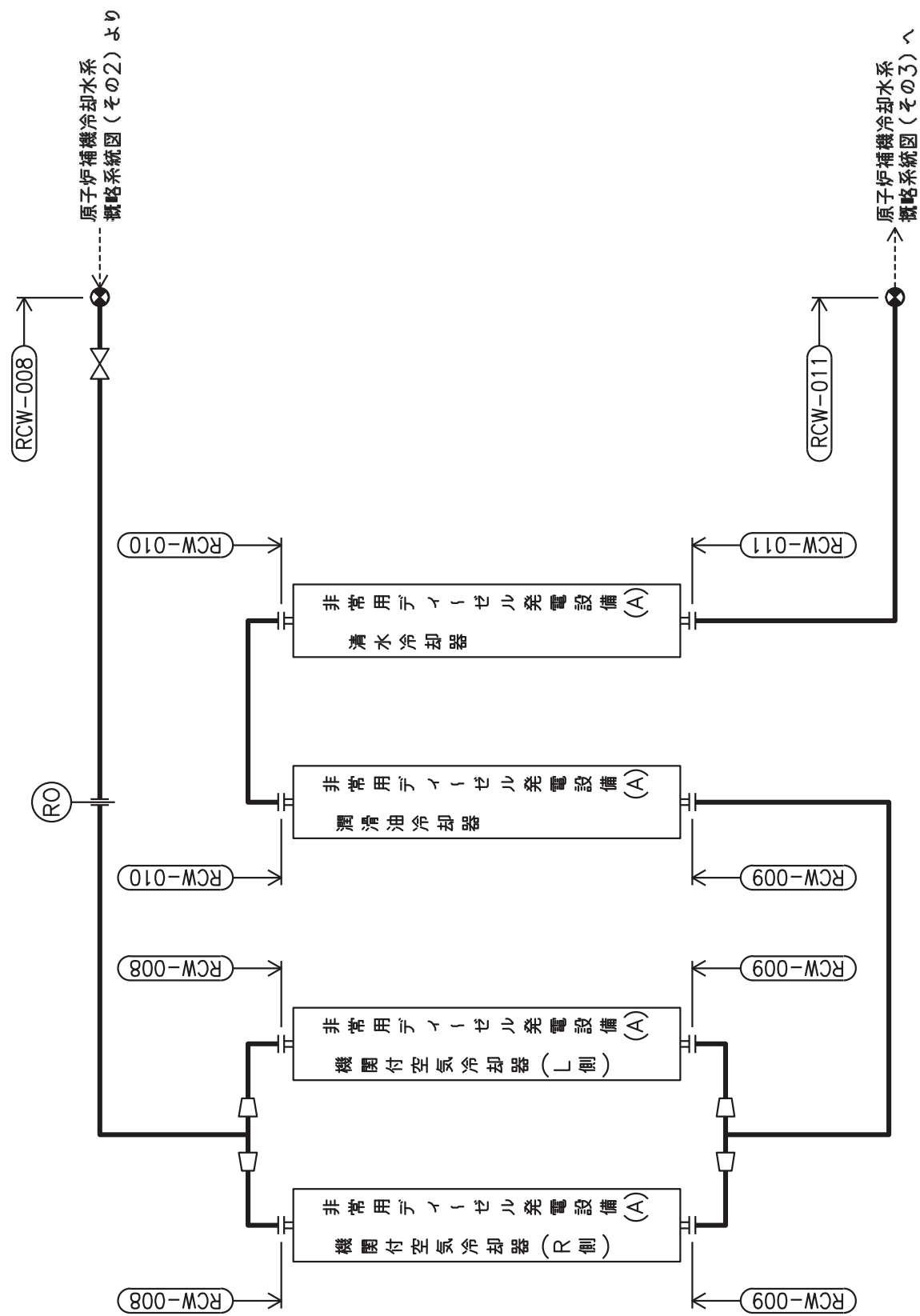


原子炉補機冷却水系概略系統図 (その5)

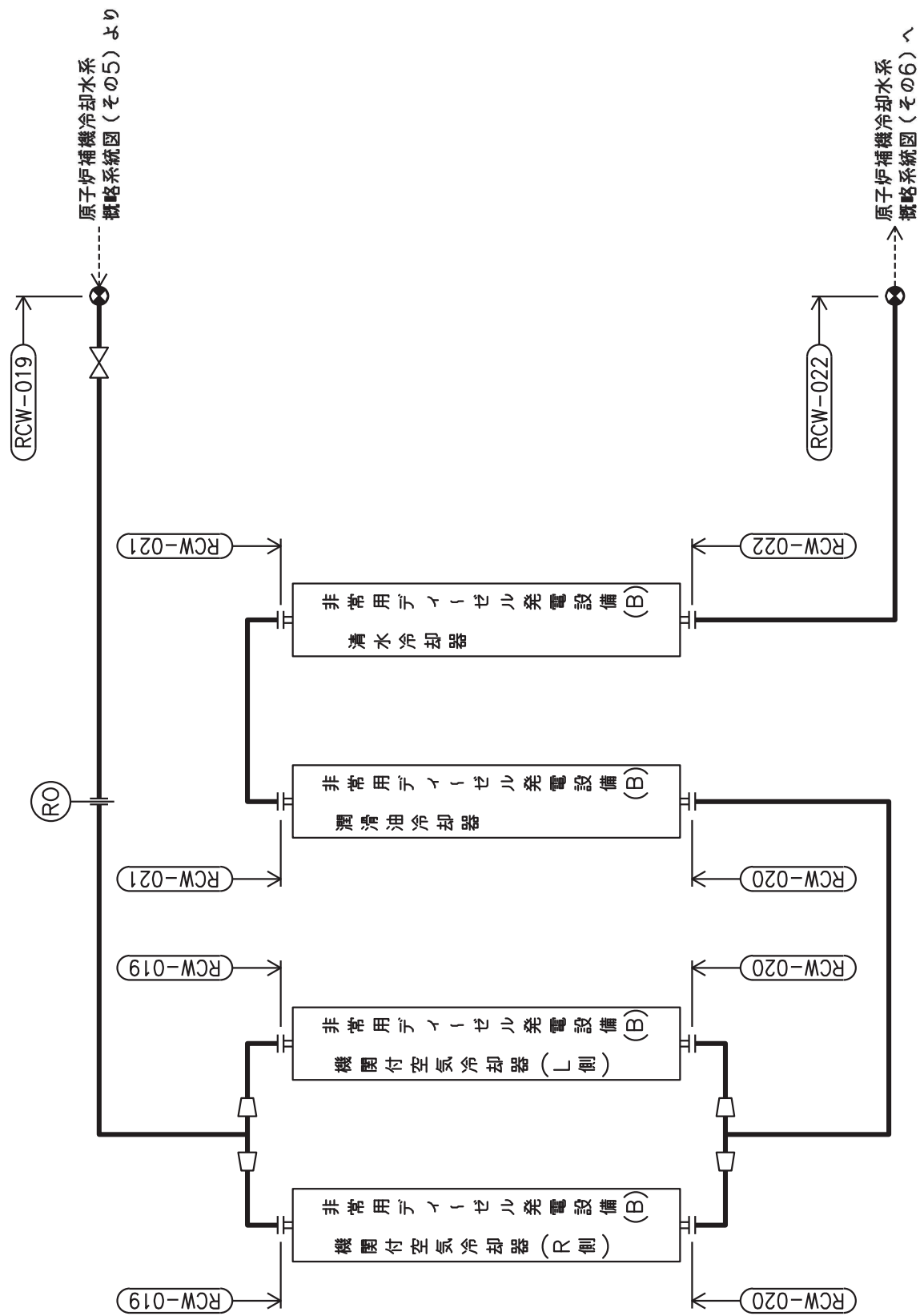




注記 \*1：原子炉補機代替冷却水系解析モデル上本系統に含める。



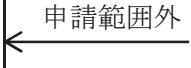
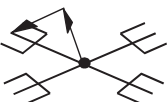
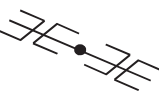
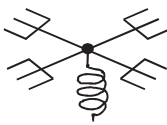
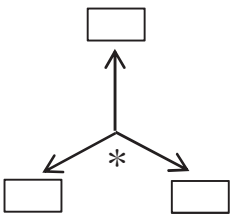
原子炉補機冷却水系概略系統図(その7)

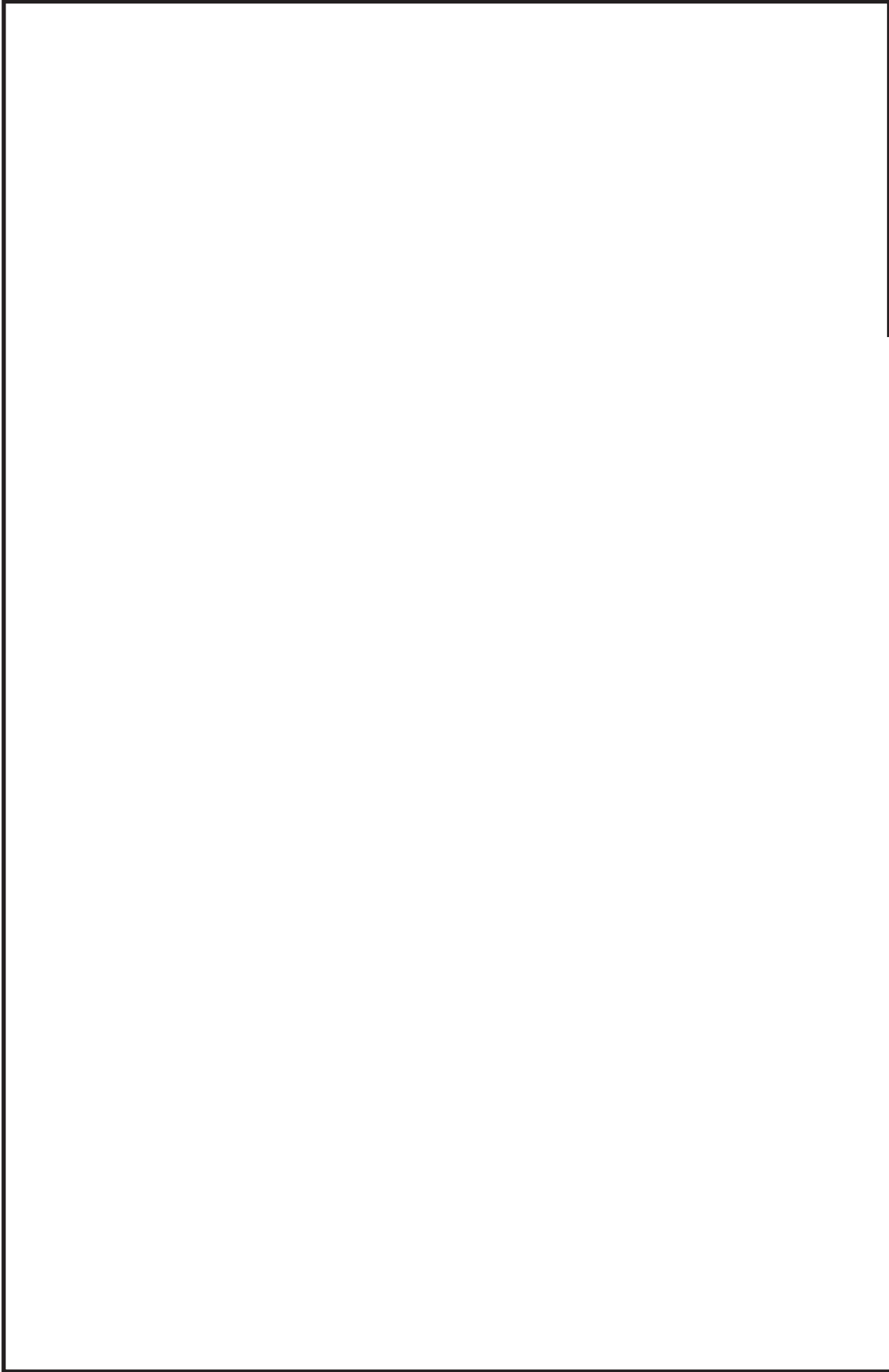


原子炉補機冷却水系概略系統図（その8）

## 2.2 鳥瞰図

### 鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                       |
|  | スナッパ                                                                                                                                             |
|  | ハンガ                                                                                                                                              |
|  | ガイド                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。) |

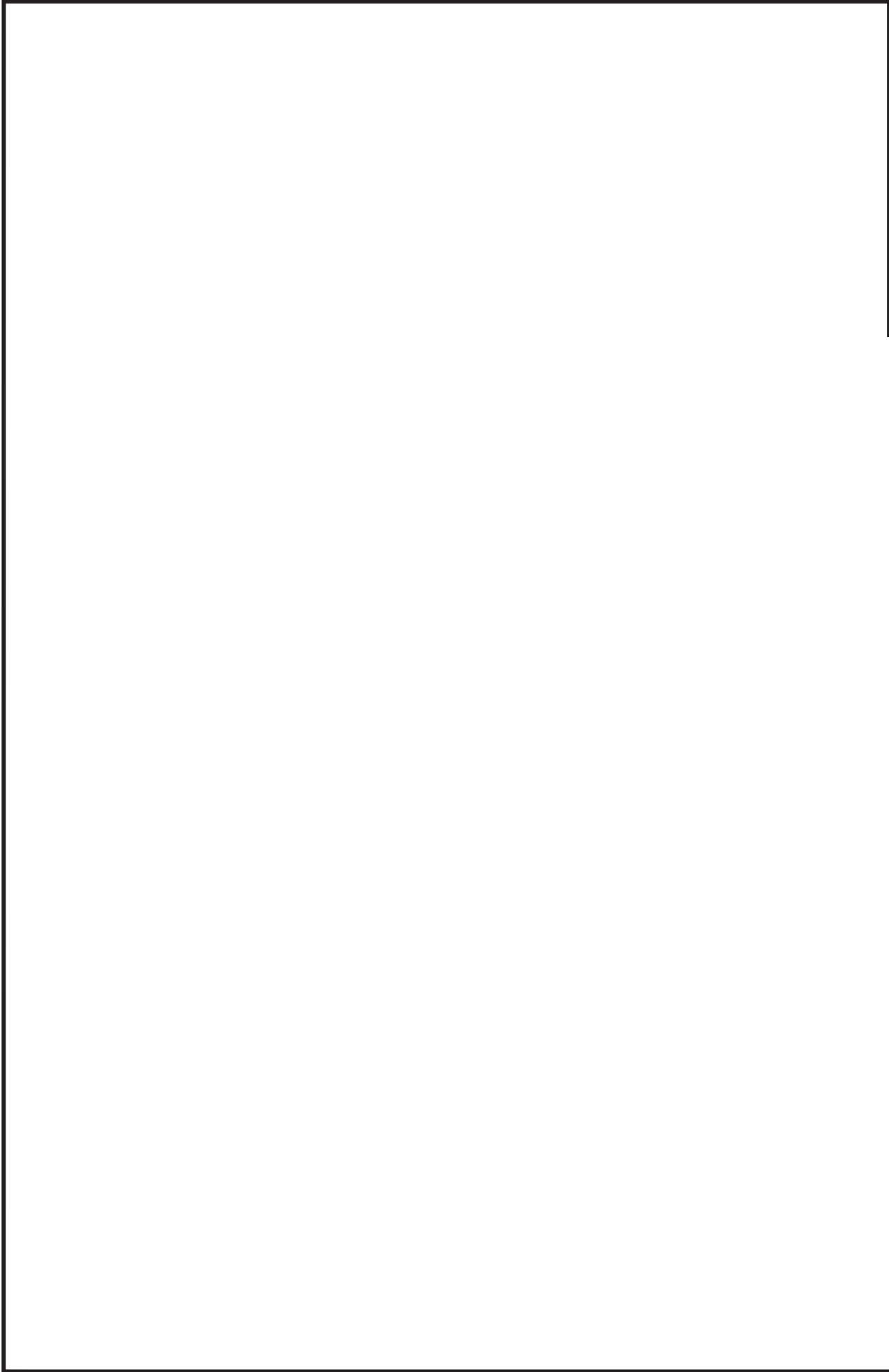


|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RCW-013-1/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 RCW-013-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RCW-013-3/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称      | 系統名称                                  | 施設<br>分類*1 | 設備分類*2                         | 機器等<br>の区分       | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*3, *4 | 許容応力<br>状態*5 |
|---------------|-----------|---------------------------------------|------------|--------------------------------|------------------|-------------|--------------|--------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機冷却設備 | 原子炉補機冷却<br>水系(原子炉補機<br>冷却海水系を含<br>む。) | S A        | 常設／防止<br>(拡張)<br>常設／緩和<br>(拡張) | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L + S$    | $V_A S$      |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設／防止（拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 R C W - 0 1 3

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 1.18            | 70            | 609.6      | 9.5        | SM400C | —           | 200200         |
| 2   | 1.18            | 70            | 609.6      | 17.5       | SM400C | —           | 200200         |
| 3   | 1.18            | 70            | 508.0      | 9.5        | SM400C | —           | 200200         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      R C W－ 0 1 3

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1   | 1             | 3   | 105 | 106 | 801 | 802 |     |     |     |     |  |
| 2   | 2             | 105 | 106 |     |     |     |     |     |     |     |  |
| 3   | 3             | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 108 | 803 | 804 | 903 |  |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 5   |        | 105 |        | 802 |        |
| 2   |        | 6   |        | 106 |        | 803 |        |
| 3   |        | 7   |        | 108 |        | 804 |        |
| 4   |        | 8   |        | 801 |        | 903 |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            R C W－ 0 1 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1         |                 |   |   |                       |   |   |
| 8         |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 903 ** |                 |   |   |                       |   |   |

O 2    ⑤    VI-2-5-7-1-6(1) (重)    R 0

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料     | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|--------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|        |                | S m        | S y | S u | S h |
| SM400C | 70             | —          | 233 | 383 | —   |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図         | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------------|--------|----------------|----------|
| R C W - 0 1 3 | 原子炉建屋  |                |          |

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(1) (重) R 0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RCW-013

| 適用する地震動等 |             | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード      | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|          |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 8 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 18 次     |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 19 次*2   |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 動的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 静的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050 s以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>I</sub>及び1.2C<sub>V</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 RCW-013

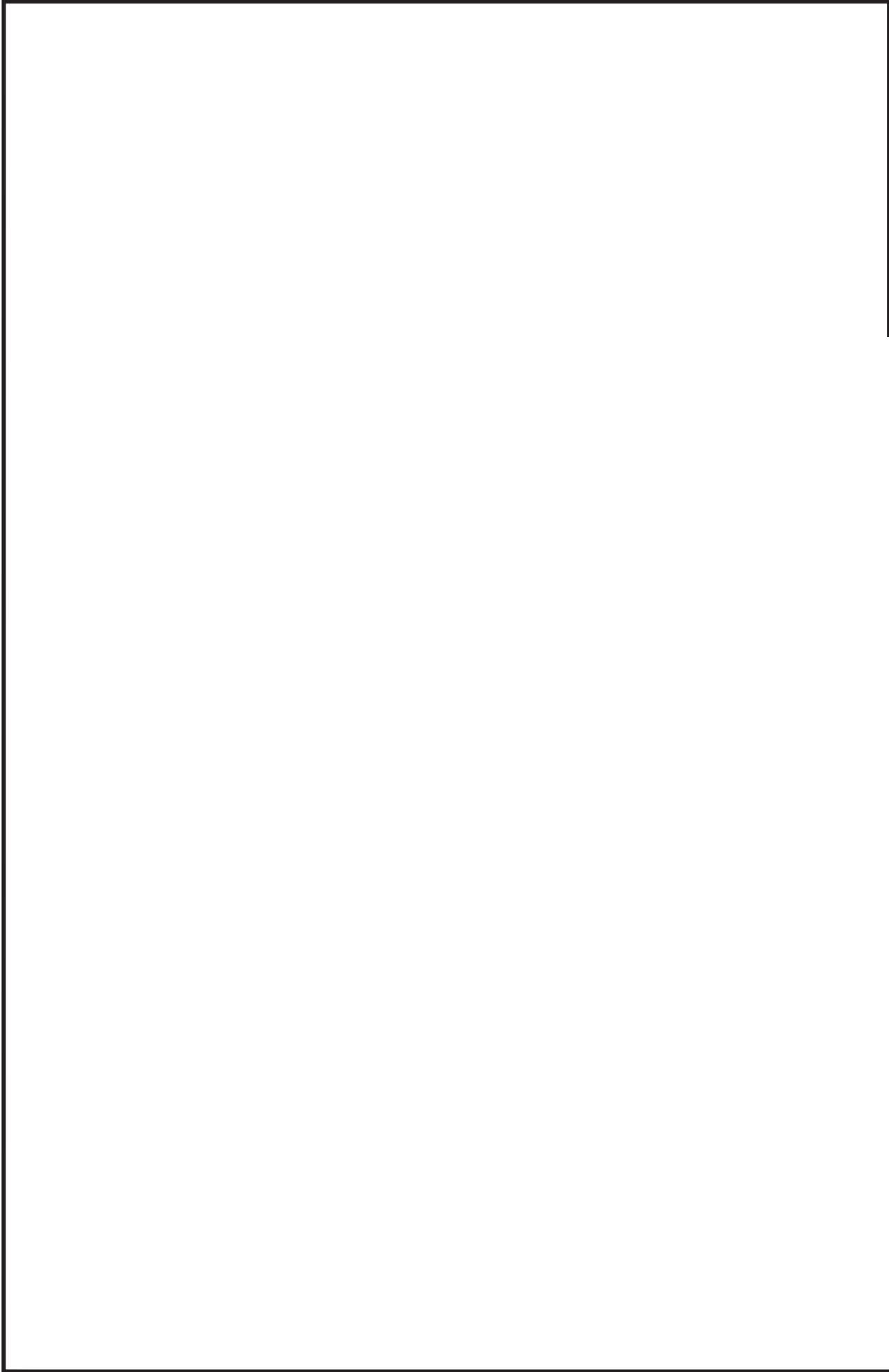
| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 18 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



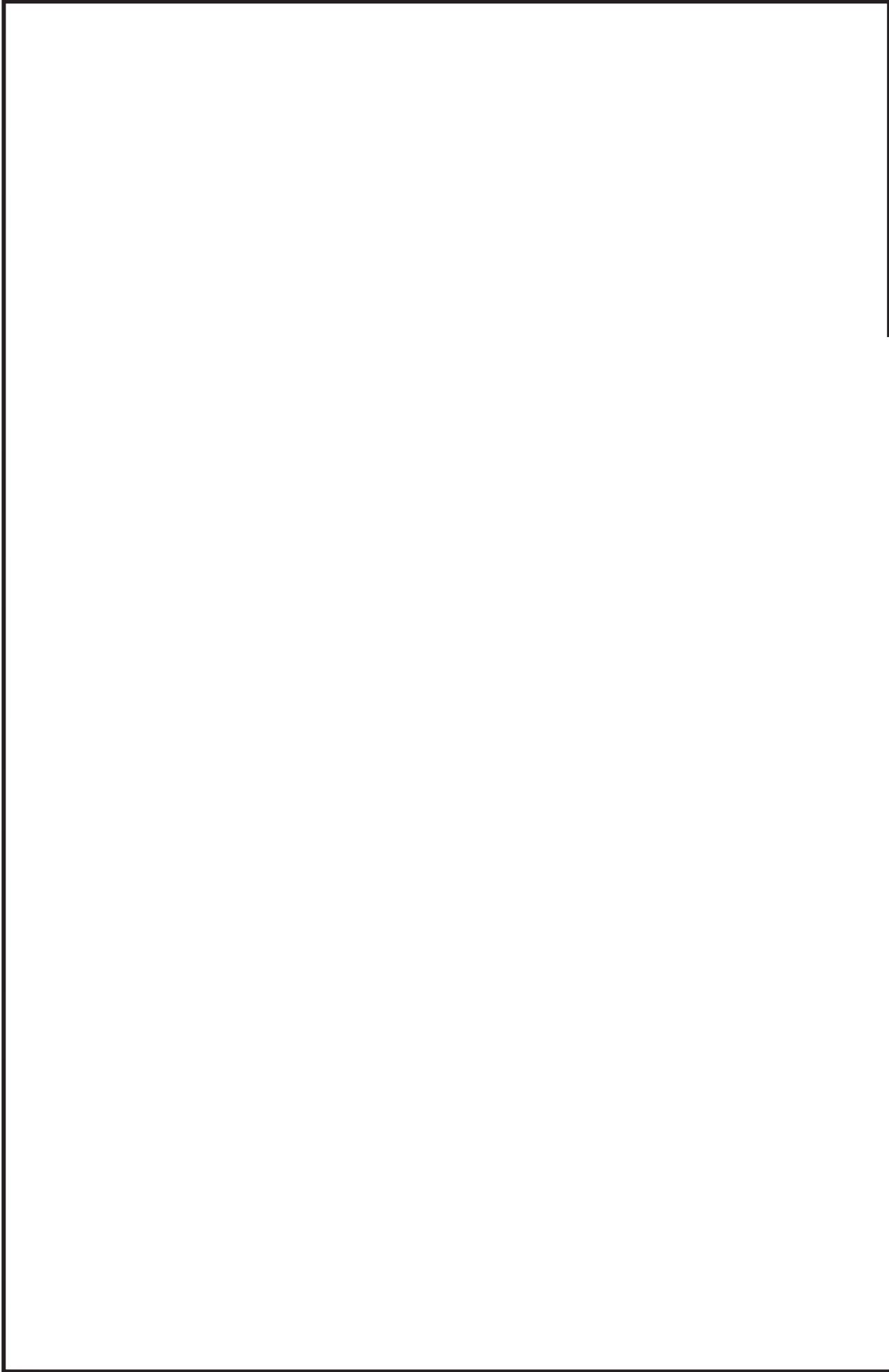
## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



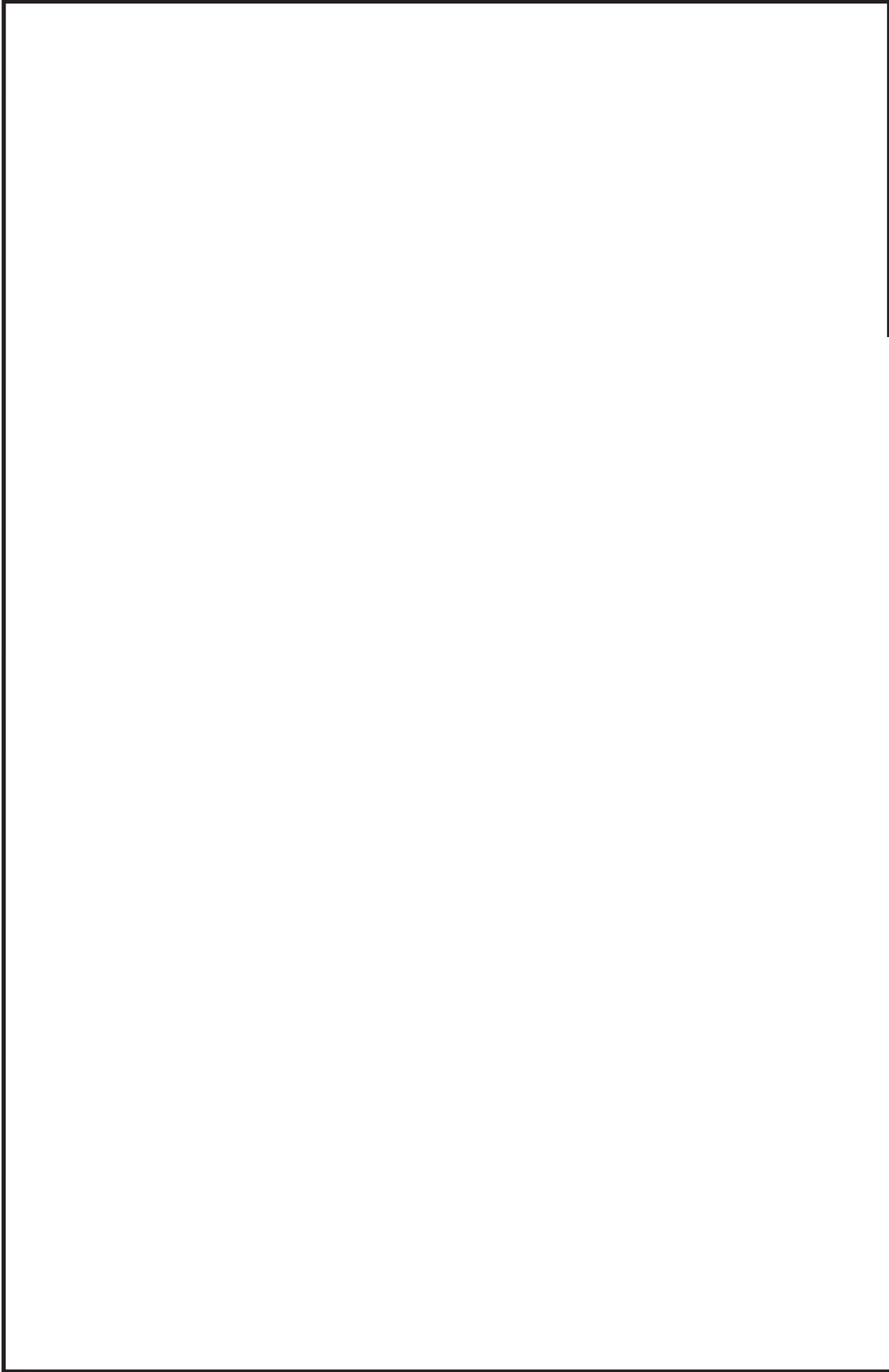
鳥瞰図 RCW-013

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RCW-013

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RCW-013

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図     | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                     | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |                 | 疲労評価  |
|---------|------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|-------|
|         |                  |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 ・ S y |       |
| RCW-013 | V <sub>A</sub> S | 4           | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 236                     | 344                 | —                   | —               | U S s |
|         | V <sub>A</sub> S | 4           |                                | —                       | —                   | 456                 | 466             |       |

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類         | 型式        | 材質                                     | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|---------------|------------|-----------|----------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|               |            |           |                                        |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| RCW-002-505BA | ロッドレストレイント | RSA-10    | 添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算について」参照 | 113       | 113              | 150              |
| RCW-003-917S  | メカニカルスナッパ  | SMS-3-100 |                                        |           | 16               | 75               |
| RCW-007-117H  | バリアブルハンガ   | VS30C-17  |                                        |           | 21               | 39               |

| 支持構造物<br>番号  | 種類      | 型式   | 材質                                     | 温度<br>(℃) | 評価結果      |     |           |
|--------------|---------|------|----------------------------------------|-----------|-----------|-----|-----------|
|              |         |      |                                        |           | 計算荷重 (kN) |     | 許容荷重 (kN) |
|              |         |      |                                        |           | 引張り       | せん断 |           |
| RCW-001-020R | レストレイント | 埋込金物 | 添付書類「VI-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算について」参照 | 359       | 114       | 479 | 204       |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類  | 型式 | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |
|--------------|-----|----|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|
|              |     |    |        |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) |
|              |     |    |        |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |
|              |     |    |        |           | 17             | 18             | 195            | 7              | 7              | 8              | 組合せ      | 71                |
| RCW-003-039A | アンカ | ラゲ | SGV410 | 70        |                |                |                |                |                |                |          | 252               |

#### 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

| No. | 配管モデル   | 許容応力状態 V A S |                   |                   |       |    |         |                   |                   |      |    | 疲労評価 |                |    |  |
|-----|---------|--------------|-------------------|-------------------|-------|----|---------|-------------------|-------------------|------|----|------|----------------|----|--|
|     |         | 一次応力         |                   |                   |       |    | 一次＋二次応力 |                   |                   |      |    |      |                |    |  |
|     |         | 評価点          | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点  | 疲労<br>累積<br>係数 | 代表 |  |
| 1   | RCW-001 | 18           | 158               | 344               | 2.17  | —  | 18      | 307               | 466               | 1.51 | —  | —    | —              | —  |  |
| 2   | RCW-002 | 8            | 191               | 344               | 1.80  | —  | 8       | 378               | 466               | 1.23 | —  | —    | —              | —  |  |
| 3   | RCW-003 | 2            | 48                | 344               | 7.16  | —  | 2       | 201               | 466               | 2.31 | —  | —    | —              | —  |  |
| 4   | RCW-004 | 903          | 94                | 366               | 3.89  | —  | 31      | 192               | 458               | 2.38 | —  | —    | —              | —  |  |
| 5   | RCW-005 | 1            | 92                | 366               | 3.97  | —  | 1       | 204               | 458               | 2.24 | —  | —    | —              | —  |  |
| 6   | RCW-006 | 908          | 49                | 344               | 7.02  | —  | 302     | 221               | 458               | 2.07 | —  | —    | —              | —  |  |
| 7   | RCW-007 | 7            | 161               | 344               | 2.13  | —  | 30      | 351               | 466               | 1.32 | —  | —    | —              | —  |  |
| 8   | RCW-008 | 29           | 75                | 366               | 4.88  | —  | 29      | 243               | 458               | 1.88 | —  | —    | —              | —  |  |
| 9   | RCW-009 | 43           | 104               | 366               | 3.51  | —  | 1       | 220               | 458               | 2.08 | —  | —    | —              | —  |  |
| 10  | RCW-010 | 22           | 39                | 366               | 9.38  | —  | 22      | 118               | 458               | 3.88 | —  | —    | —              | —  |  |
| 11  | RCW-011 | 20           | 34                | 366               | 10.76 | —  | 1       | 76                | 458               | 6.02 | —  | —    | —              | —  |  |
| 12  | RCW-012 | 111          | 177               | 344               | 1.94  | —  | 100     | 355               | 466               | 1.31 | —  | —    | —              | —  |  |
| 13  | RCW-013 | 4            | 236               | 344               | 1.45  | ○  | 4       | 456               | 466               | 1.02 | ○  | —    | —              | —  |  |
| 14  | RCW-014 | 32           | 100               | 366               | 3.66  | —  | 32      | 213               | 458               | 2.15 | —  | —    | —              | —  |  |



代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

| No. | 配管モデル    | 許容応力状態 V A S |                   |                   |       |    |         |                   |                   |      |    |      |                |
|-----|----------|--------------|-------------------|-------------------|-------|----|---------|-------------------|-------------------|------|----|------|----------------|
|     |          | 一次応力         |                   |                   |       |    | 一次＋二次応力 |                   |                   |      |    | 疲労評価 |                |
|     |          | 評価点          | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点  | 疲労<br>累積<br>係数 |
| 15  | RCW-015  | 21           | 120               | 344               | 2.86  | —  | 21      | 265               | 466               | 1.75 | —  | —    | —              |
| 16  | RCW-016  | 27           | 96                | 344               | 3.58  | —  | 27      | 249               | 466               | 1.87 | —  | —    | —              |
| 17  | RCW-017  | 26           | 119               | 366               | 3.07  | —  | 26      | 201               | 458               | 2.27 | —  | —    | —              |
| 18  | RCW-018  | 59           | 128               | 366               | 2.85  | —  | 59      | 216               | 458               | 2.12 | —  | —    | —              |
| 19  | RCW-019  | 36           | 107               | 366               | 3.42  | —  | 51      | 235               | 458               | 1.94 | —  | —    | —              |
| 20  | RCW-020  | 33           | 120               | 366               | 3.05  | —  | 33      | 242               | 458               | 1.89 | —  | —    | —              |
| 21  | RCW-021  | 15           | 78                | 366               | 4.69  | —  | 15      | 166               | 458               | 2.75 | —  | —    | —              |
| 22  | RCW-022  | 1            | 31                | 366               | 11.80 | —  | 26      | 153               | 458               | 2.99 | —  | —    | —              |
| 23  | KRCW-105 | 8            | 190               | 366               | 1.92  | —  | 8       | 373               | 458               | 1.22 | —  | —    | —              |
| 24  | KRCW-205 | 51           | 244               | 366               | 1.50  | —  | 51      | 440               | 458               | 1.04 | —  | —    | —              |

## (2) 原子炉補機冷却海水系

## 設計基準対象施設

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 5  |
| 3. 計算条件 .....                     | 9  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 9  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 10 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 11 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 15 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 16 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 17 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 17 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 23 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 23 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 24 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 25 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 26 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉補機冷却海水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 14 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4 に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

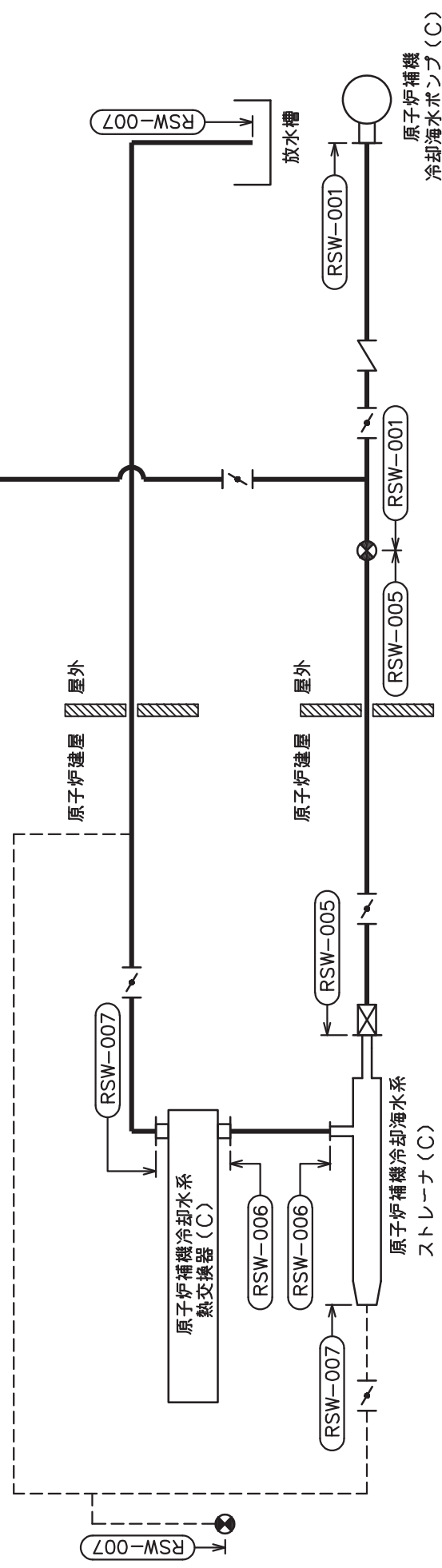
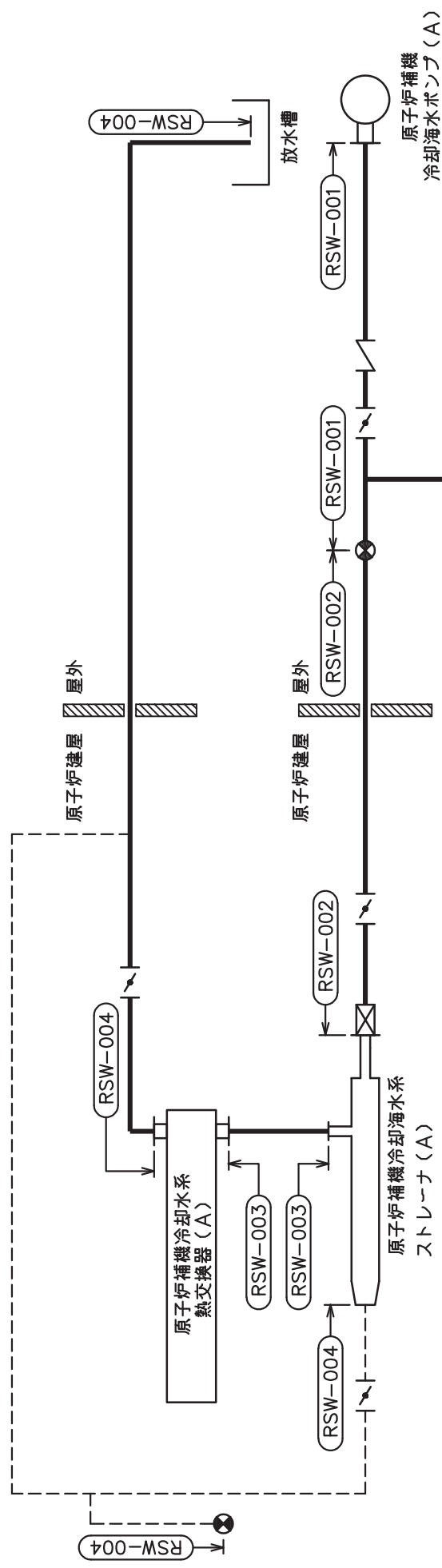
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

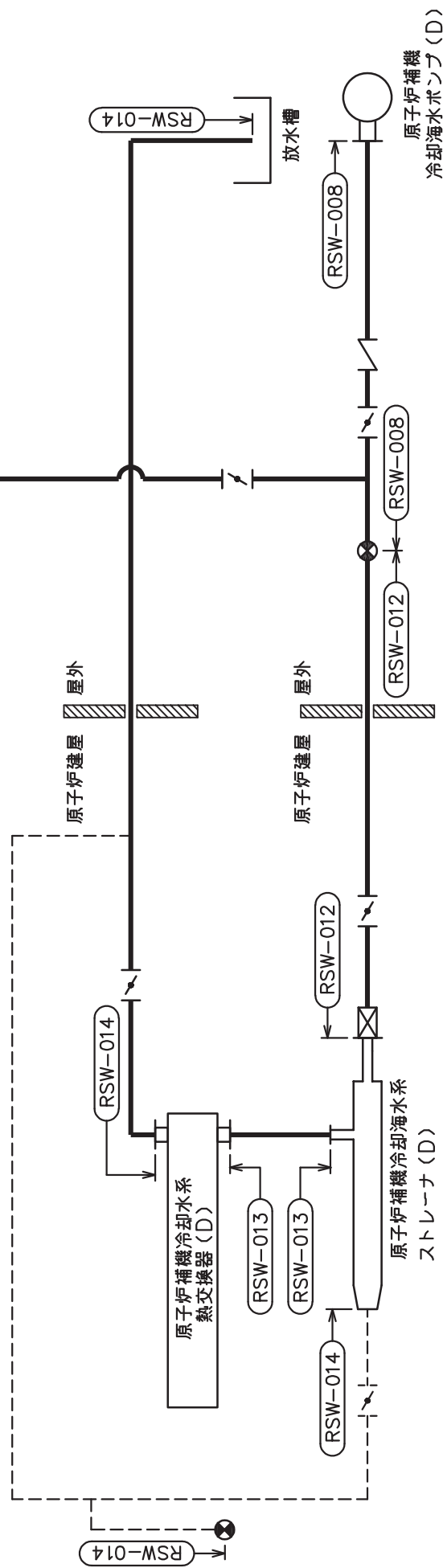
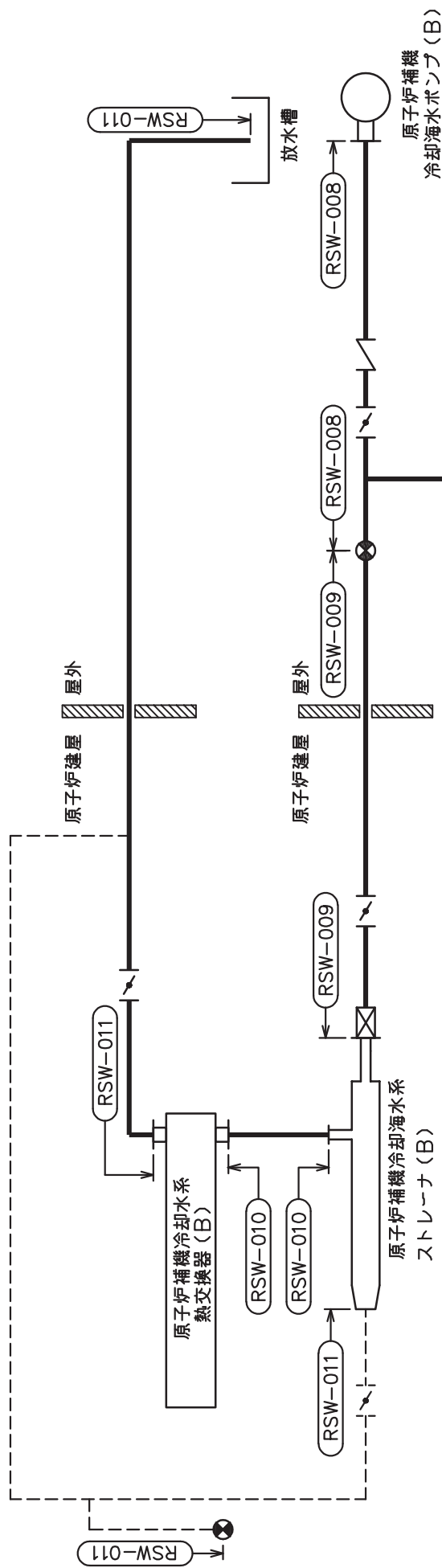
2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



原子炉補機冷却海水系統図(その1)

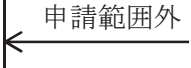
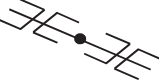
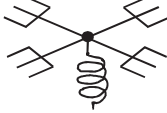
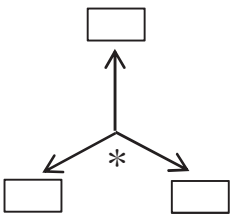


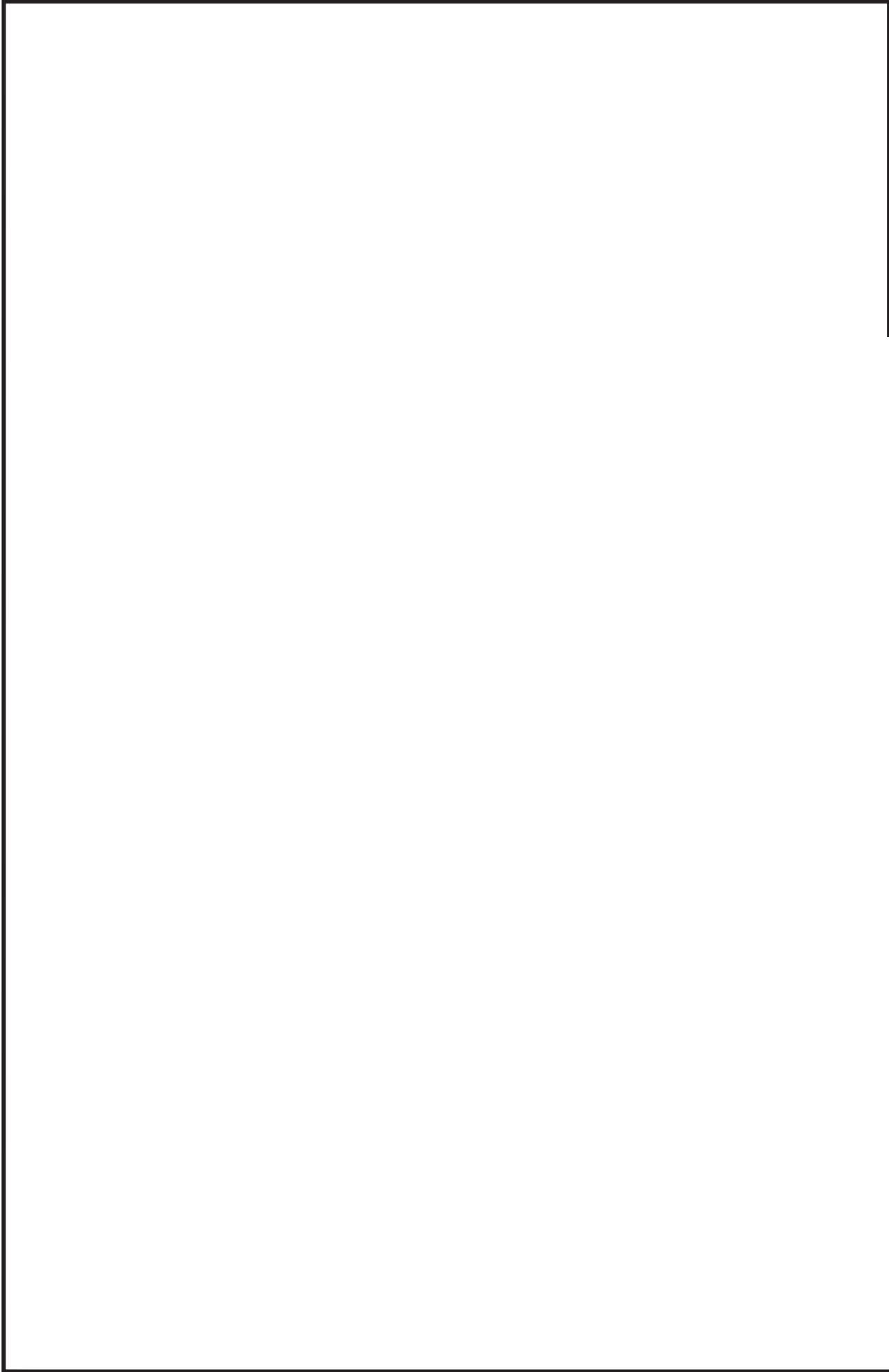
原子炉補機冷却海水系概略系統図 (その2)



## 2.2 鳥瞰図

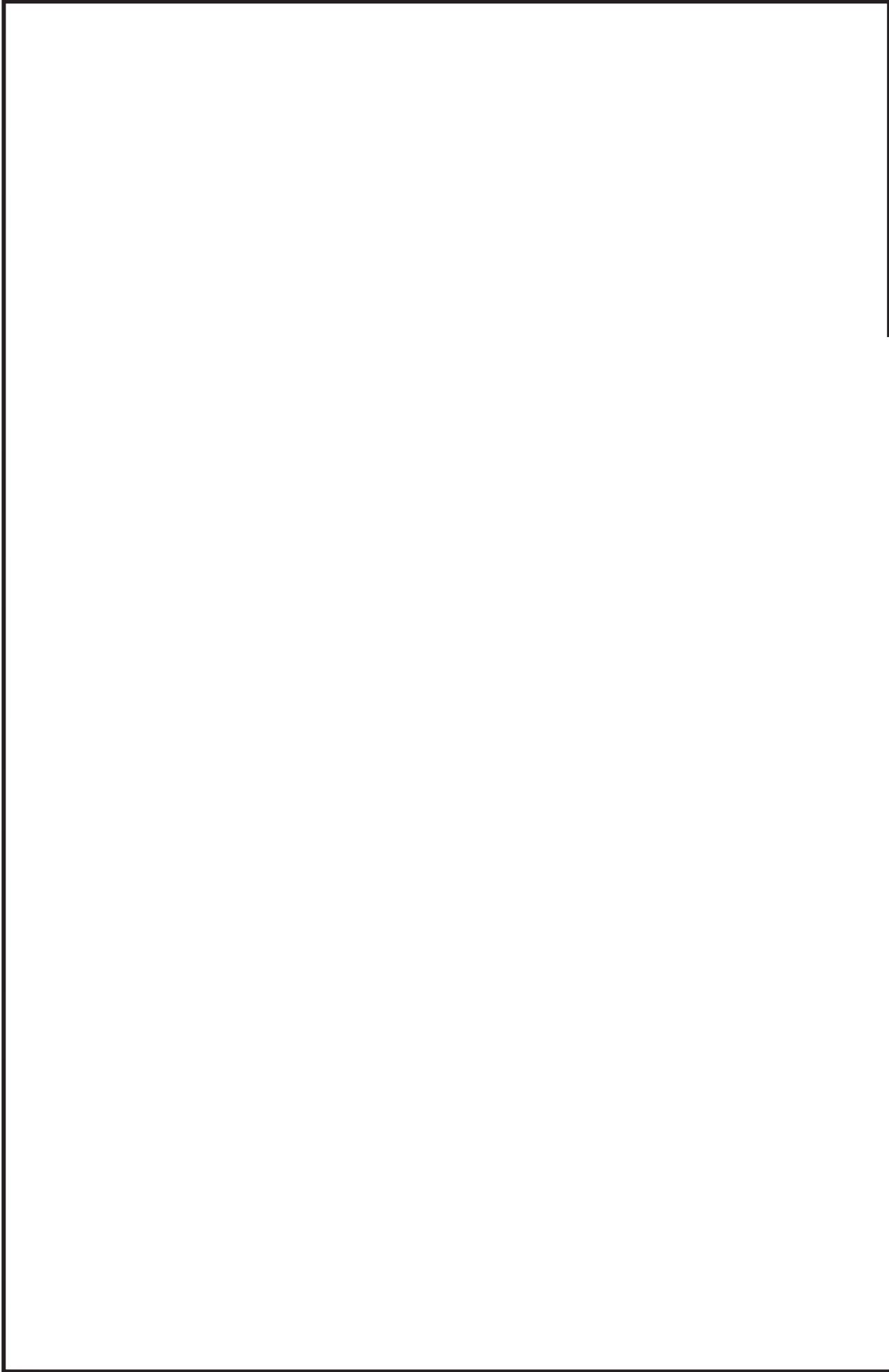
鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                           |
|  | スナッパ                                                                                                                                                 |
|  | ハンガ                                                                                                                                                  |
|  | ガイド                                                                                                                                                  |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，  内に<br>変位量を記載する。) |



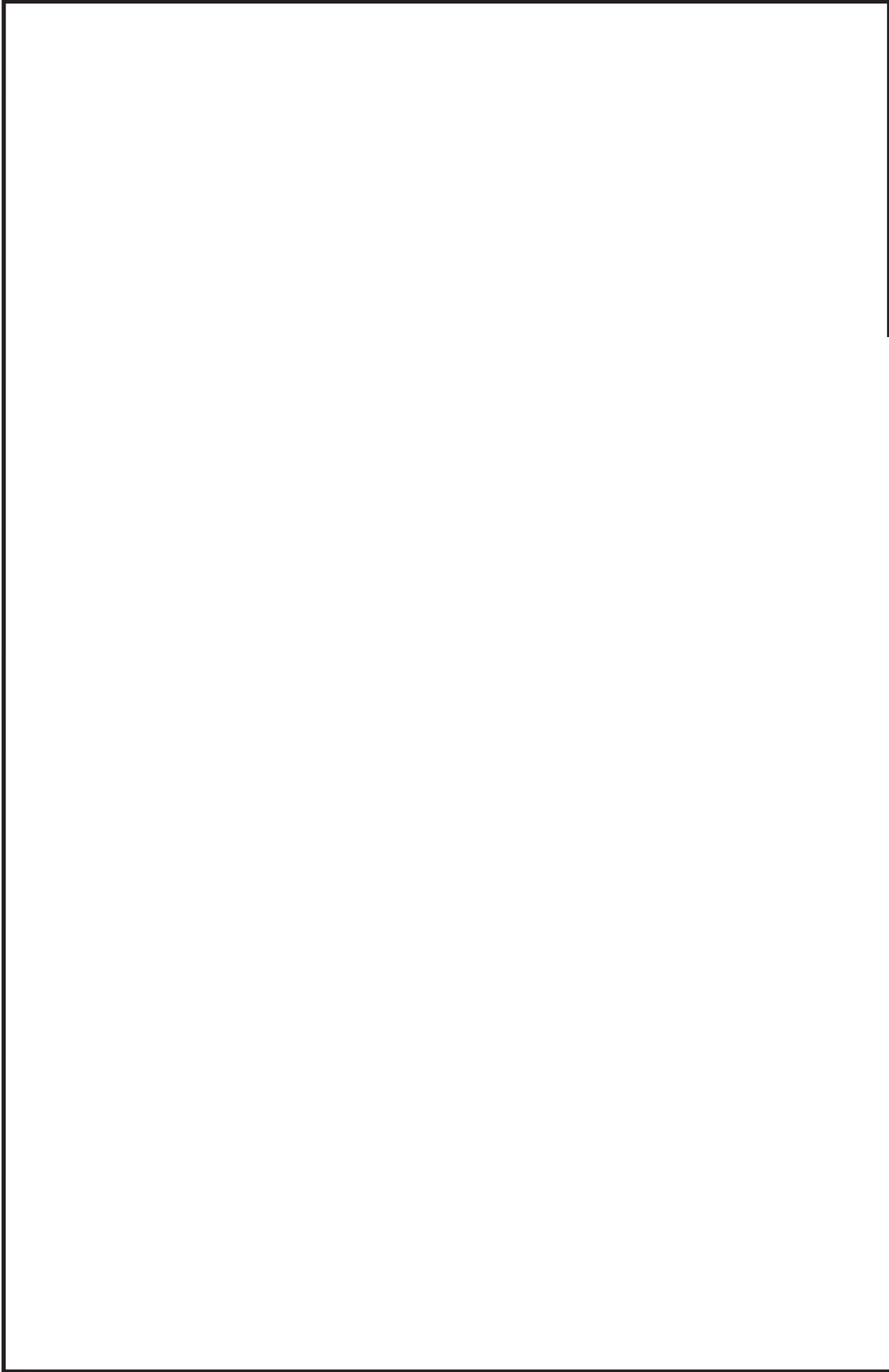
|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RSW-004-1/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RSW-004-2/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RSW-004-3/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「M S A P（配管）」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称          | 系統名称                                  | 施設<br>分類*1 | 設備分類 | 機器等<br>の区分 | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*2, *3         | 許容応<br>力状態       |
|---------------|---------------|---------------------------------------|------------|------|------------|-------------|----------------------|------------------|
| 原子炉冷却系統<br>施設 | 原子炉補機冷却<br>設備 | 原子炉補機冷却水<br>系(原子炉補機冷<br>却海水系を含<br>む。) | D B        | —    | クラス3管      | S           | I <sub>L</sub> + S d | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|               |               |                                       |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d |                  |
|               |               |                                       |            |      |            |             | I <sub>L</sub> + S s | Ⅳ <sub>A</sub> S |
|               |               |                                       |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s |                  |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    R S W－0 0 4

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 0.78            | 50            | 508.0      | 9.5        | SM400C | S           | 201000         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                    R S W－0 0 4

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1   | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |  |
|     | 17            | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |  |
|     | 32            | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  |  |
|     | 47            | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  |  |
|     | 62            | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  |  |
|     | 77            | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  |  |
|     | 92            | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 200 | 302 | 303 | 305 | 801 |  |
|     | 802           | 803 | 804 | 807 | 808 | 809 | 810 | 820 | 821 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 |  |
|     | 907           | 908 | 914 | 915 | 916 | 917 | 918 | 919 |     |     |     |     |     |     |     |  |



配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 R S W - 0 0 4

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 30  |        | 56  |        | 82  |        | 803 |        |
| 2   |        | 31  |        | 57  |        | 83  |        | 804 |        |
| 3   |        | 32  |        | 58  |        | 84  |        | 807 |        |
| 4   |        | 33  |        | 59  |        | 85  |        | 808 |        |
| 8   |        | 34  |        | 60  |        | 86  |        | 809 |        |
| 9   |        | 35  |        | 61  |        | 87  |        | 810 |        |
| 10  |        | 36  |        | 62  |        | 88  |        | 820 |        |
| 11  |        | 37  |        | 63  |        | 89  |        | 821 |        |
| 12  |        | 38  |        | 64  |        | 90  |        | 901 |        |
| 13  |        | 39  |        | 65  |        | 91  |        | 902 |        |
| 14  |        | 40  |        | 66  |        | 92  |        | 903 |        |
| 15  |        | 41  |        | 67  |        | 93  |        | 904 |        |
| 16  |        | 42  |        | 68  |        | 94  |        | 905 |        |
| 17  |        | 43  |        | 69  |        | 95  |        | 906 |        |
| 18  |        | 44  |        | 70  |        | 96  |        | 907 |        |
| 19  |        | 45  |        | 71  |        | 97  |        | 908 |        |
| 20  |        | 46  |        | 72  |        | 98  |        | 914 |        |
| 21  |        | 47  |        | 73  |        | 99  |        | 915 |        |
| 22  |        | 48  |        | 74  |        | 100 |        | 916 |        |
| 23  |        | 49  |        | 75  |        | 101 |        | 917 |        |
| 24  |        | 50  |        | 76  |        | 200 |        | 918 |        |
| 25  |        | 51  |        | 77  |        | 302 |        | 919 |        |
| 26  |        | 52  |        | 78  |        | 303 |        |     |        |
| 27  |        | 53  |        | 79  |        | 305 |        |     |        |
| 28  |        | 54  |        | 80  |        | 801 |        |     |        |
| 29  |        | 55  |        | 81  |        | 802 |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 5   |        |
| 6   |        |
| 7   |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁1   | 6   |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            R S W－ 0 0 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1         |                 |   |   |                       |   |   |
| 10        |                 |   |   |                       |   |   |
| 13        |                 |   |   |                       |   |   |
| 20        |                 |   |   |                       |   |   |
| 27        |                 |   |   |                       |   |   |
| 35        |                 |   |   |                       |   |   |
| 38        |                 |   |   |                       |   |   |
| 43        |                 |   |   |                       |   |   |
| 50        |                 |   |   |                       |   |   |
| 59        |                 |   |   |                       |   |   |
| 62        |                 |   |   |                       |   |   |
| 72        |                 |   |   |                       |   |   |
| 75        |                 |   |   |                       |   |   |
| 81        |                 |   |   |                       |   |   |
| 90        |                 |   |   |                       |   |   |
| 96        |                 |   |   |                       |   |   |
| 100       |                 |   |   |                       |   |   |
| 901       |                 |   |   |                       |   |   |
| 902       |                 |   |   |                       |   |   |
| 903       |                 |   |   |                       |   |   |
| 904       |                 |   |   |                       |   |   |
| 905       |                 |   |   |                       |   |   |
| 906       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 907 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 908 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 914       |                 |   |   |                       |   |   |
| 915       |                 |   |   |                       |   |   |
| 916       |                 |   |   |                       |   |   |
| 917       |                 |   |   |                       |   |   |
| 918       |                 |   |   |                       |   |   |
| 919       |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料     | 最高使用温度<br>(℃) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|--------|---------------|------------|-----|-----|-----|
|        |               | S m        | S y | S u | S h |
| SM400C | 50            | —          | 241 | 394 | —   |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図         | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------------|--------|----------------|----------|
| R S W - 0 0 4 | 原子炉建屋  |                |          |

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(2) (設) R 0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RSW-004

| 適用する地震動等  |             | S d 及び静的震度    |       |          | S s           |       |          |
|-----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|
| モード       | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|           |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 2 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 3 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 4 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 5 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 6 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 7 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 8 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 26 次      |             |               |       |          |               |       |          |
| 27 次*2    |             |               |       |          |               |       |          |
| 動 的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |
| 静 的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 R S W - 0 0 4

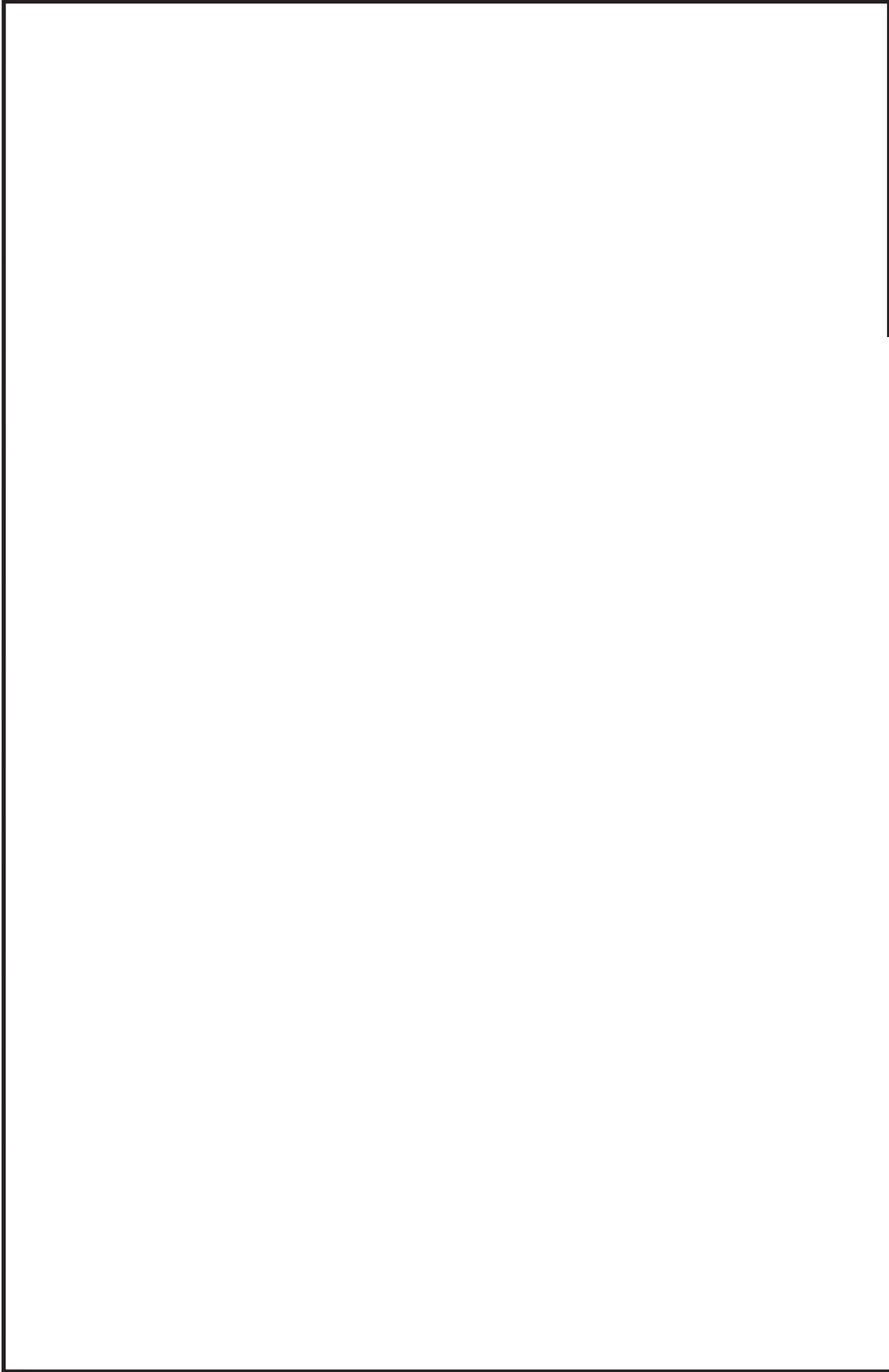
| モード  | 固 有 周 期<br>(s) | 刺 激 係 数* |       |       |
|------|----------------|----------|-------|-------|
|      |                | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |                |          |       |       |
| 2 次  |                |          |       |       |
| 3 次  |                |          |       |       |
| 4 次  |                |          |       |       |
| 5 次  |                |          |       |       |
| 6 次  |                |          |       |       |
| 7 次  |                |          |       |       |
| 8 次  |                |          |       |       |
| 26 次 |                |          |       |       |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 代表的振動モード図

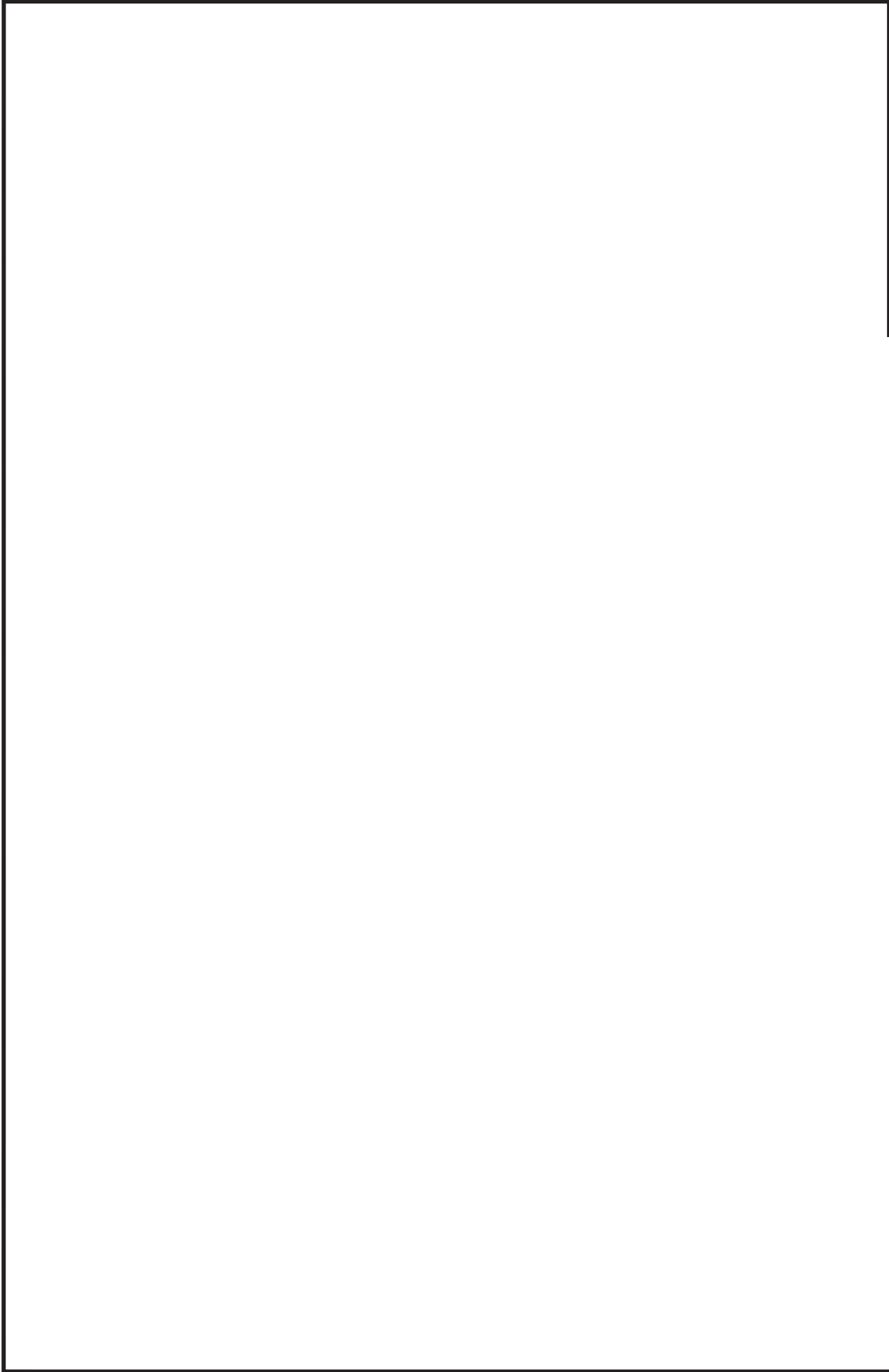
振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図 RSW-004

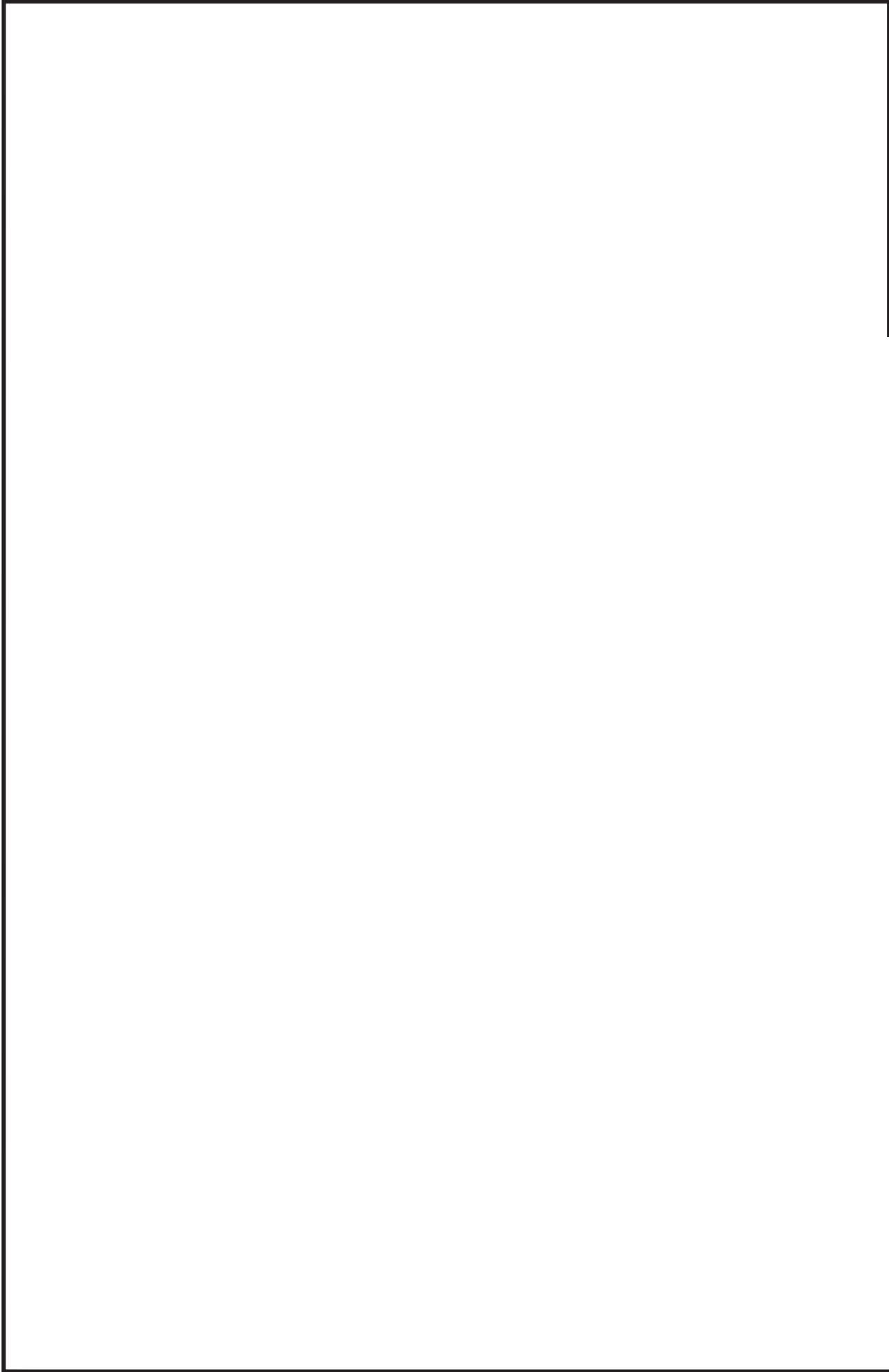
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





鳥瞰図 RSW-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RSW-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図           | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                           | 一次＋二次応力評価<br>(MPa) |               | 疲労評価 |
|---------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|---------------------------|--------------------|---------------|------|
|               |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0.9・S u | 計算応力<br>S n (S s)  | 許容応力<br>2・S y |      |
| R S W - 0 0 4 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 38          | S p r m (S d) | 156                                    | 241                       | —                  | —             | —    |
|               | Ⅳ <sub>A</sub> S | 38          | S p r m (S s) | 253                                    | 354                       | —                  | —             | —    |
|               | Ⅳ <sub>A</sub> S | 38          | S n (S s)     | —                                      | —                         | 481                | 482           | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と1. 2・S hのうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類          | 型式       | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|--------------|-------------|----------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|              |             |          |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| RSW-007-905S | オイルスナッパ     | 307256AP | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 246              | 300              |
| RSW-002-906R | ロッドレストレイメント | RSAZ 40  |                                               |           | 500              | 600              |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類       | 型式 | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|--------------|----------|----|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|              |          |    |         |           | 反力(kN)         |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|              |          |    |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
| RSW-004-038R | レストレイメント | 架構 | STKR400 | 40        | 0              | 33             | 547            | -              | -              | -              | 組合せ      | 179               | 280               |
| RSW-008-061A | アンカ      | ラゲ | SGV410  | 50        | 370            | 37             | 20             | 4.3            | 16             | 30             | 組合せ      | 62                | 127               |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

| No. | 配管モデル   | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |                   |                   |      |    | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S |                   |                   |      |    | 疲労評価 |                   |                   |      |    |     |                |    |
|-----|---------|------------------------|-------------------|-------------------|------|----|------------------------|-------------------|-------------------|------|----|------|-------------------|-------------------|------|----|-----|----------------|----|
|     |         | 一次応力                   |                   |                   |      |    | 一次+二次応力*               |                   |                   |      |    |      |                   |                   |      |    |     |                |    |
|     |         | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点  | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 疲労<br>累積<br>係数 | 代表 |
| 1   | RSW-001 | 19                     | 94                | 241               | 2.56 | —  | 19                     | 173               | 354               | 2.04 | —  | 19   | 340               | 482               | 1.41 | —  | —   | —              | —  |
| 2   | RSW-002 | 11                     | 125               | 241               | 1.92 | —  | 18                     | 208               | 354               | 1.70 | —  | 18   | 469               | 482               | 1.02 | —  | —   | —              | —  |
| 3   | RSW-003 | 1                      | 37                | 241               | 6.51 | —  | 1                      | 46                | 354               | 7.69 | —  | 1    | 76                | 482               | 6.34 | —  | —   | —              | —  |
| 4   | RSW-004 | 38                     | 156               | 241               | 1.54 | ○  | 38                     | 253               | 354               | 1.39 | ○  | 38   | 481               | 482               | 1.00 | ○  | —   | —              | —  |
| 5   | RSW-005 | 810                    | 103               | 241               | 2.33 | —  | 810                    | 159               | 354               | 2.22 | —  | 6    | 431               | 482               | 1.11 | —  | —   | —              | —  |
| 6   | RSW-006 | 1                      | 37                | 241               | 6.51 | —  | 1                      | 46                | 354               | 7.69 | —  | 1    | 76                | 482               | 6.34 | —  | —   | —              | —  |
| 7   | RSW-007 | 913                    | 146               | 241               | 1.65 | —  | 82                     | 219               | 354               | 1.61 | —  | 82   | 402               | 482               | 1.19 | —  | —   | —              | —  |
| 8   | RSW-008 | 411                    | 61                | 241               | 3.95 | —  | 411                    | 97                | 354               | 3.64 | —  | 411  | 222               | 482               | 2.17 | —  | —   | —              | —  |
| 9   | RSW-009 | 503                    | 68                | 241               | 3.54 | —  | 503                    | 102               | 354               | 3.47 | —  | 7    | 320               | 482               | 1.50 | —  | —   | —              | —  |
| 10  | RSW-010 | 1                      | 37                | 241               | 6.51 | —  | 1                      | 46                | 354               | 7.69 | —  | 1    | 76                | 482               | 6.34 | —  | —   | —              | —  |
| 11  | RSW-011 | 14                     | 100               | 241               | 2.41 | —  | 14                     | 168               | 354               | 2.10 | —  | 29   | 324               | 482               | 1.48 | —  | —   | —              | —  |
| 12  | RSW-012 | 5                      | 39                | 241               | 6.17 | —  | 5                      | 56                | 354               | 6.32 | —  | 7    | 376               | 482               | 1.28 | —  | —   | —              | —  |
| 13  | RSW-013 | 1                      | 37                | 241               | 6.51 | —  | 1                      | 46                | 354               | 7.69 | —  | 1    | 76                | 482               | 6.34 | —  | —   | —              | —  |
| 14  | RSW-014 | 24                     | 116               | 241               | 2.07 | —  | 35                     | 201               | 354               | 1.76 | —  | 35   | 381               | 482               | 1.26 | —  | —   | —              | —  |

注記＊：Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

## 重大事故等対処設備

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 5  |
| 3. 計算条件 .....                     | 9  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 9  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 10 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 11 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 15 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 16 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 17 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 17 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 23 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 23 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 24 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 25 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 26 |



## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉補機冷却海水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 14 モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を 4.2.4 に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

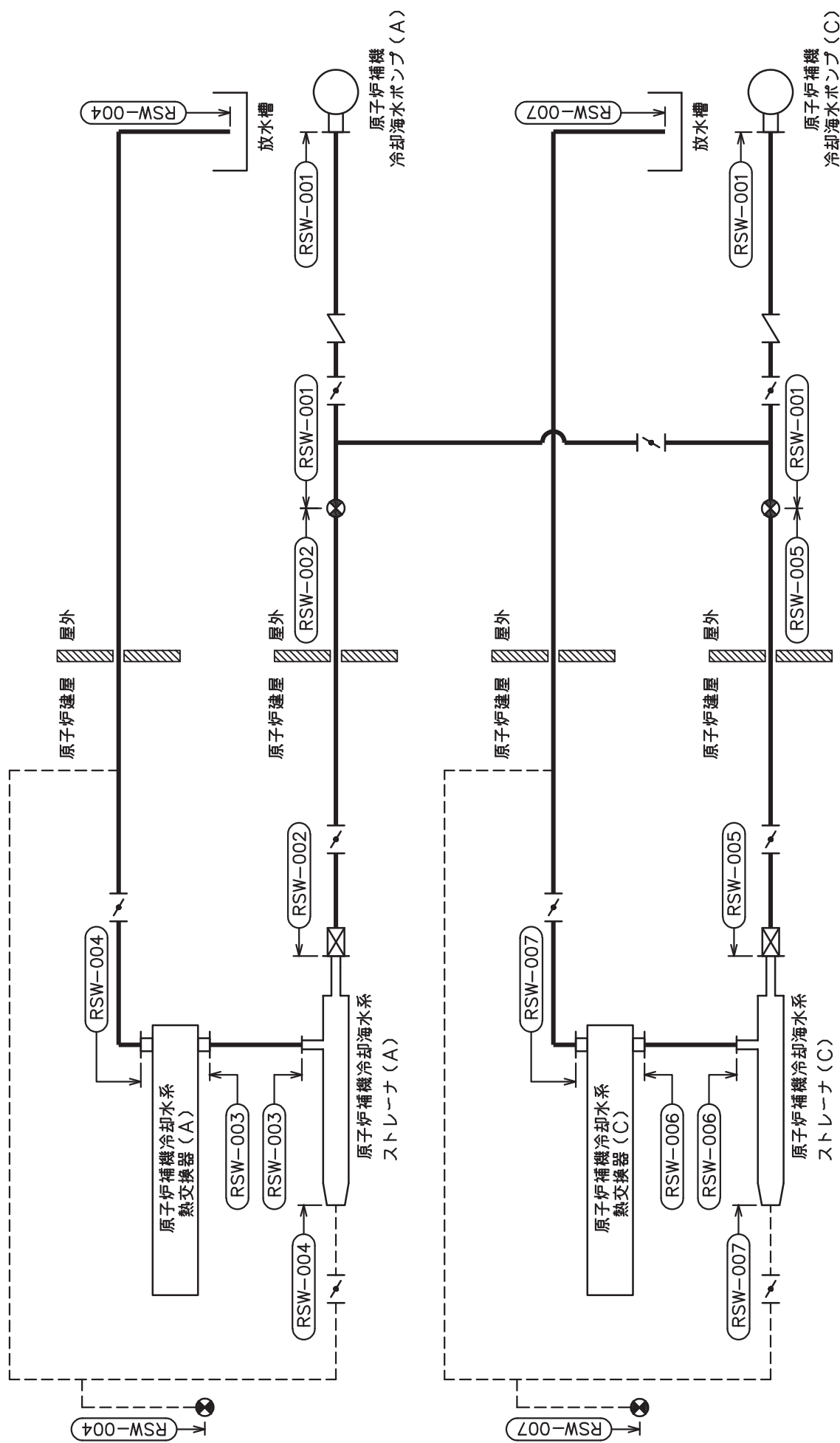
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

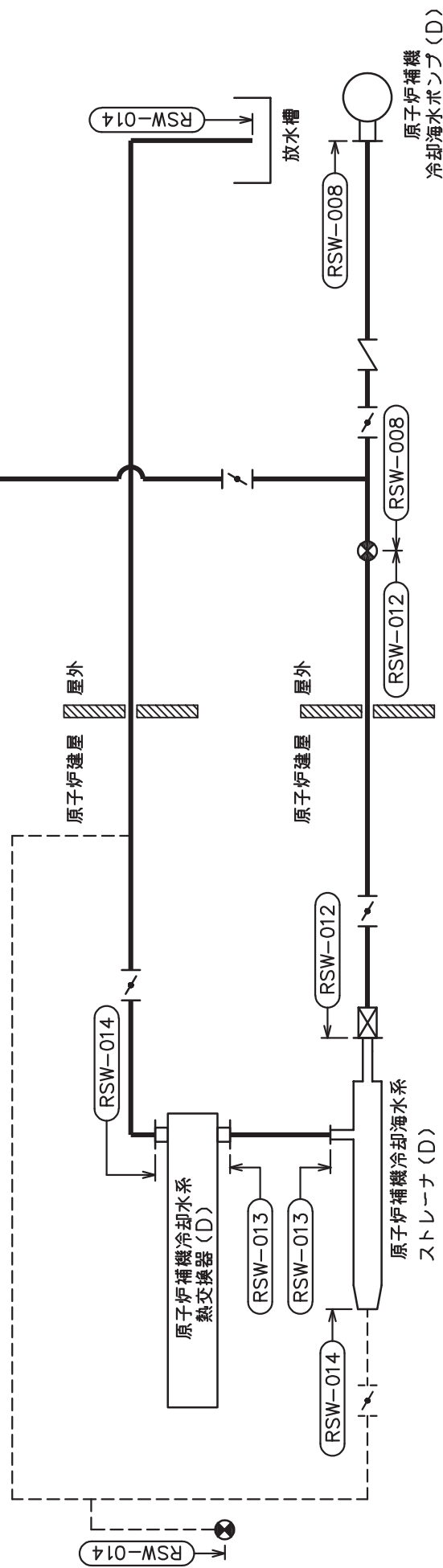
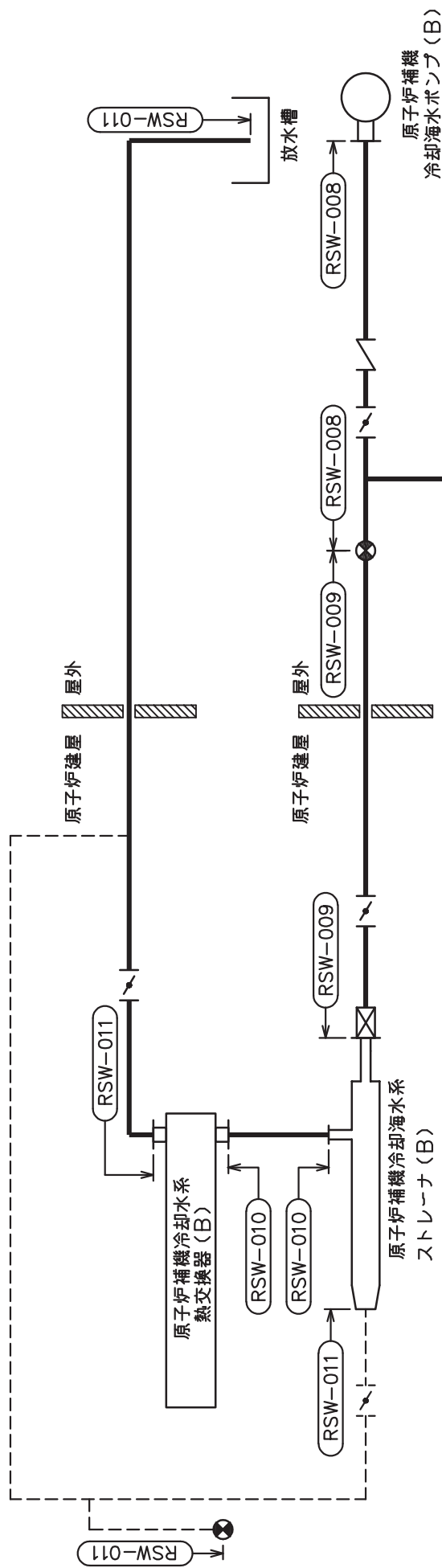
2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



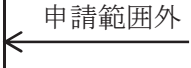
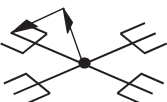
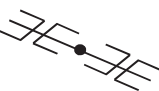
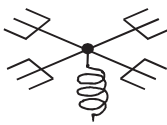
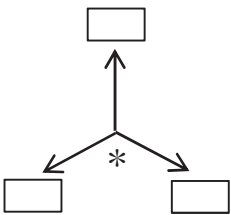
原子炉補機冷却海水系概略系統図 (その1)

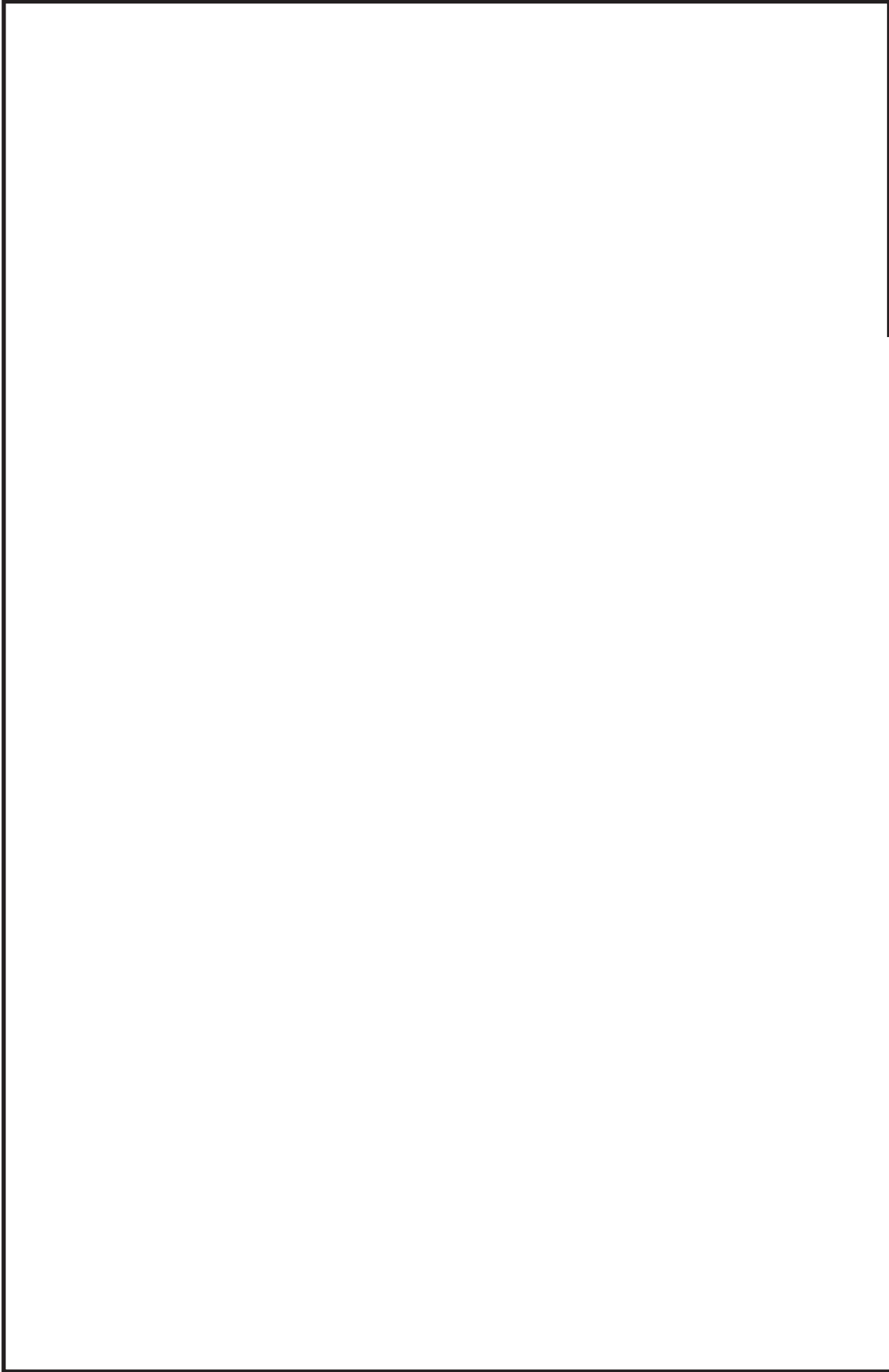


原子炉補機冷却海水系概略系統図 (その2)

## 2.2 鳥瞰図

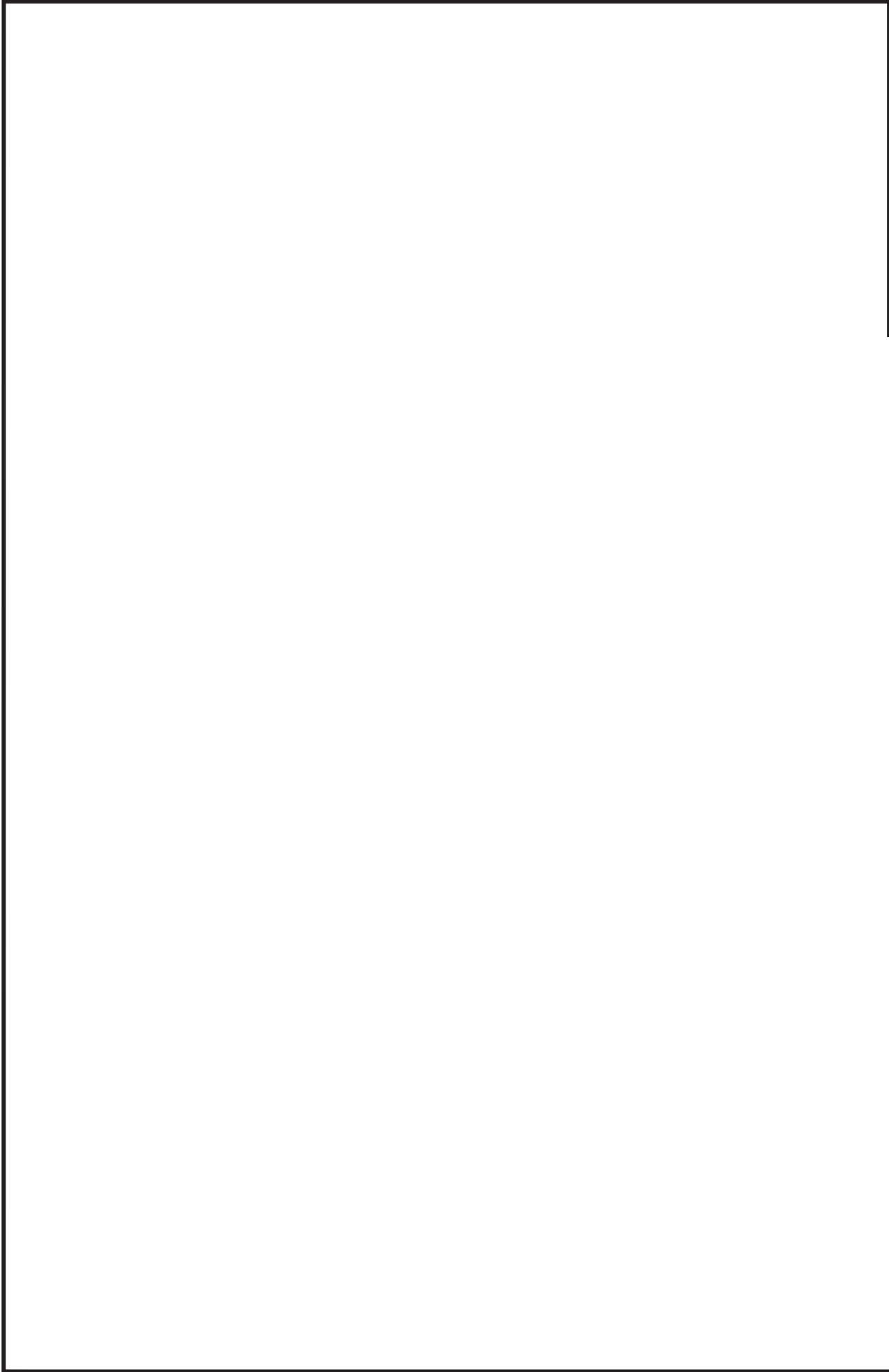
鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                       |
|  | スナッパ                                                                                                                                             |
|  | ハンガ                                                                                                                                              |
|  | ガイド                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。) |



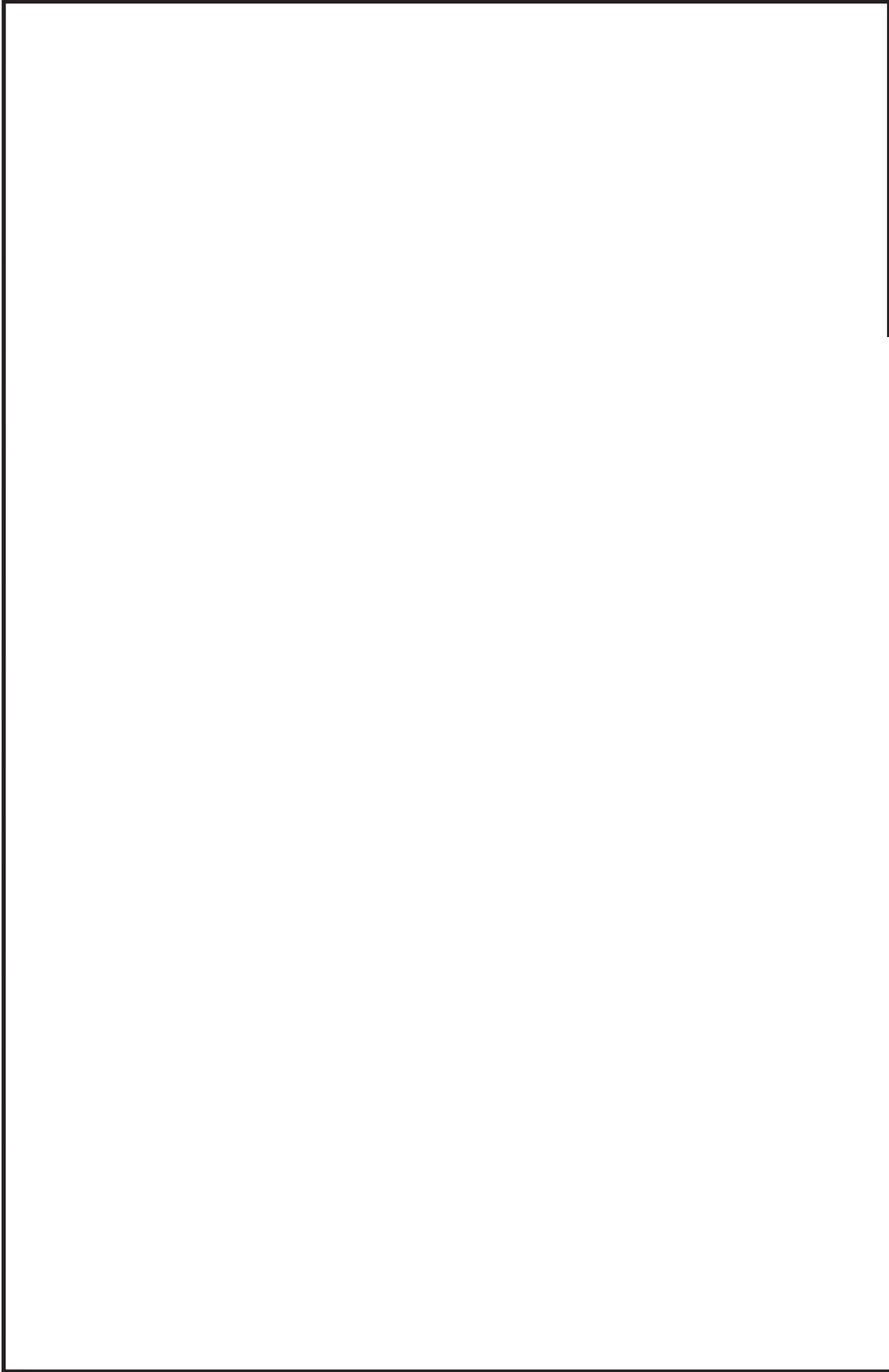
|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RSW-004-1/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RSW-004-2/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |             |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | RSW-004-3/3 |
|-----|-------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「M S A P（配管）」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2
荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称      | 設備名称      | 系統名称                      | 施設分類*1 | 設備分類*2                         | 機器等の区分     | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ*3, *4 | 許容応力状態*5 |
|-----------|-----------|---------------------------|--------|--------------------------------|------------|---------|--------------|----------|
| 原子炉冷却系統施設 | 原子炉補機冷却設備 | 原子炉補機冷却水系(原子炉補機冷却海水系を含む。) | S A    | 常設／防止<br>(拡張)<br>常設／緩和<br>(拡張) | 重大事故等クラス2管 | —       | $V_L + S_s$  | $V_A S$  |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設／防止（拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 R S W - 0 0 4

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 0.78            | 50            | 508.0      | 9.5        | SM400CA | —           | 201000         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      R S W－ 0 0 4

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1   | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  |  |
|     | 17            | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |  |
|     | 32            | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  |  |
|     | 47            | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  |  |
|     | 62            | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  |  |
|     | 77            | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  |  |
|     | 92            | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 200 | 302 | 303 | 305 | 801 |  |
|     | 802           | 803 | 804 | 807 | 808 | 809 | 810 | 820 | 821 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 |  |
|     | 907           | 908 | 914 | 915 | 916 | 917 | 918 | 919 |     |     |     |     |     |     |     |  |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 R S W - 0 0 4

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 30  |        | 56  |        | 82  |        | 803 |        |
| 2   |        | 31  |        | 57  |        | 83  |        | 804 |        |
| 3   |        | 32  |        | 58  |        | 84  |        | 807 |        |
| 4   |        | 33  |        | 59  |        | 85  |        | 808 |        |
| 8   |        | 34  |        | 60  |        | 86  |        | 809 |        |
| 9   |        | 35  |        | 61  |        | 87  |        | 810 |        |
| 10  |        | 36  |        | 62  |        | 88  |        | 820 |        |
| 11  |        | 37  |        | 63  |        | 89  |        | 821 |        |
| 12  |        | 38  |        | 64  |        | 90  |        | 901 |        |
| 13  |        | 39  |        | 65  |        | 91  |        | 902 |        |
| 14  |        | 40  |        | 66  |        | 92  |        | 903 |        |
| 15  |        | 41  |        | 67  |        | 93  |        | 904 |        |
| 16  |        | 42  |        | 68  |        | 94  |        | 905 |        |
| 17  |        | 43  |        | 69  |        | 95  |        | 906 |        |
| 18  |        | 44  |        | 70  |        | 96  |        | 907 |        |
| 19  |        | 45  |        | 71  |        | 97  |        | 908 |        |
| 20  |        | 46  |        | 72  |        | 98  |        | 914 |        |
| 21  |        | 47  |        | 73  |        | 99  |        | 915 |        |
| 22  |        | 48  |        | 74  |        | 100 |        | 916 |        |
| 23  |        | 49  |        | 75  |        | 101 |        | 917 |        |
| 24  |        | 50  |        | 76  |        | 200 |        | 918 |        |
| 25  |        | 51  |        | 77  |        | 302 |        | 919 |        |
| 26  |        | 52  |        | 78  |        | 303 |        |     |        |
| 27  |        | 53  |        | 79  |        | 305 |        |     |        |
| 28  |        | 54  |        | 80  |        | 801 |        |     |        |
| 29  |        | 55  |        | 81  |        | 802 |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 5   |        |
| 6   |        |
| 7   |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁1   | 6   |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            R S W－0 0 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1         |                 |   |   |                       |   |   |
| 10        |                 |   |   |                       |   |   |
| 13        |                 |   |   |                       |   |   |
| 20        |                 |   |   |                       |   |   |
| 27        |                 |   |   |                       |   |   |
| 35        |                 |   |   |                       |   |   |
| 38        |                 |   |   |                       |   |   |
| 43        |                 |   |   |                       |   |   |
| 50        |                 |   |   |                       |   |   |
| 59        |                 |   |   |                       |   |   |
| 62        |                 |   |   |                       |   |   |
| 72        |                 |   |   |                       |   |   |
| 75        |                 |   |   |                       |   |   |
| 81        |                 |   |   |                       |   |   |
| 90        |                 |   |   |                       |   |   |
| 96        |                 |   |   |                       |   |   |
| 100       |                 |   |   |                       |   |   |
| 901       |                 |   |   |                       |   |   |
| 902       |                 |   |   |                       |   |   |
| 903       |                 |   |   |                       |   |   |
| 904       |                 |   |   |                       |   |   |
| 905       |                 |   |   |                       |   |   |
| 906       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 907 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 908 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 914       |                 |   |   |                       |   |   |
| 915       |                 |   |   |                       |   |   |
| 916       |                 |   |   |                       |   |   |
| 917       |                 |   |   |                       |   |   |
| 918       |                 |   |   |                       |   |   |
| 919       |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料      | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|---------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|         |                | S m        | S y | S u | S h |
| SM400CA | 50             | —          | 241 | 394 | —   |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図         | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------------|--------|----------------|----------|
| R S W - 0 0 4 | 原子炉建屋  |                |          |

O 2 ⑤ VI-2-5-7-1-6(2) (重) R 0



4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 RSW-004

| 適用する地震動等 |             | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード      | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|          |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 8 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 26 次     |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 27 次*2   |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 動的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 静的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>I</sub>及び1.2C<sub>V</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

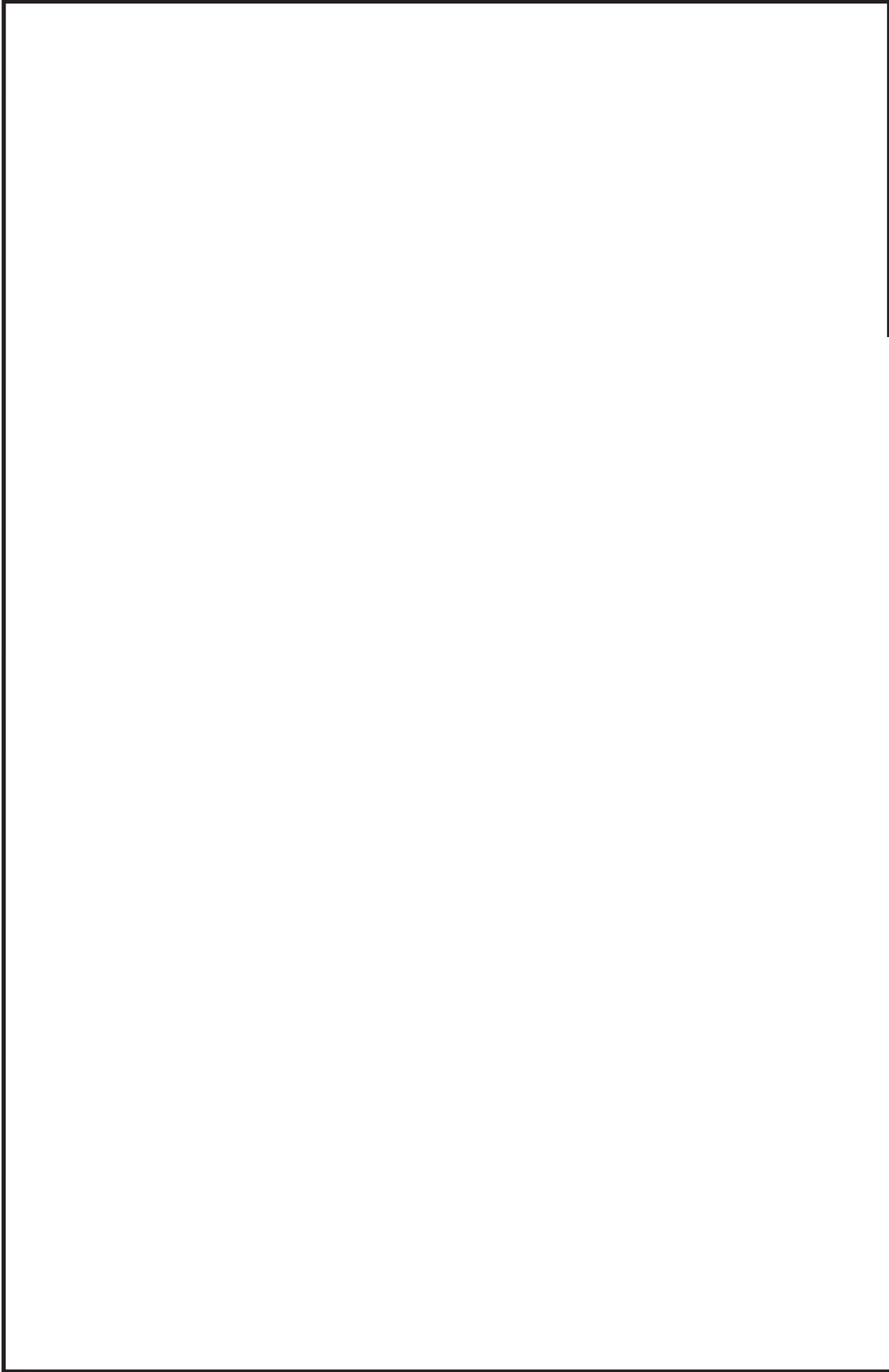
鳥 瞰 図 R S W - 0 0 4

| モード  | 固 有 周 期<br>(s) | 刺 激 係 数* |       |       |
|------|----------------|----------|-------|-------|
|      |                | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |                |          |       |       |
| 2 次  |                |          |       |       |
| 3 次  |                |          |       |       |
| 4 次  |                |          |       |       |
| 5 次  |                |          |       |       |
| 6 次  |                |          |       |       |
| 7 次  |                |          |       |       |
| 8 次  |                |          |       |       |
| 26 次 |                |          |       |       |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

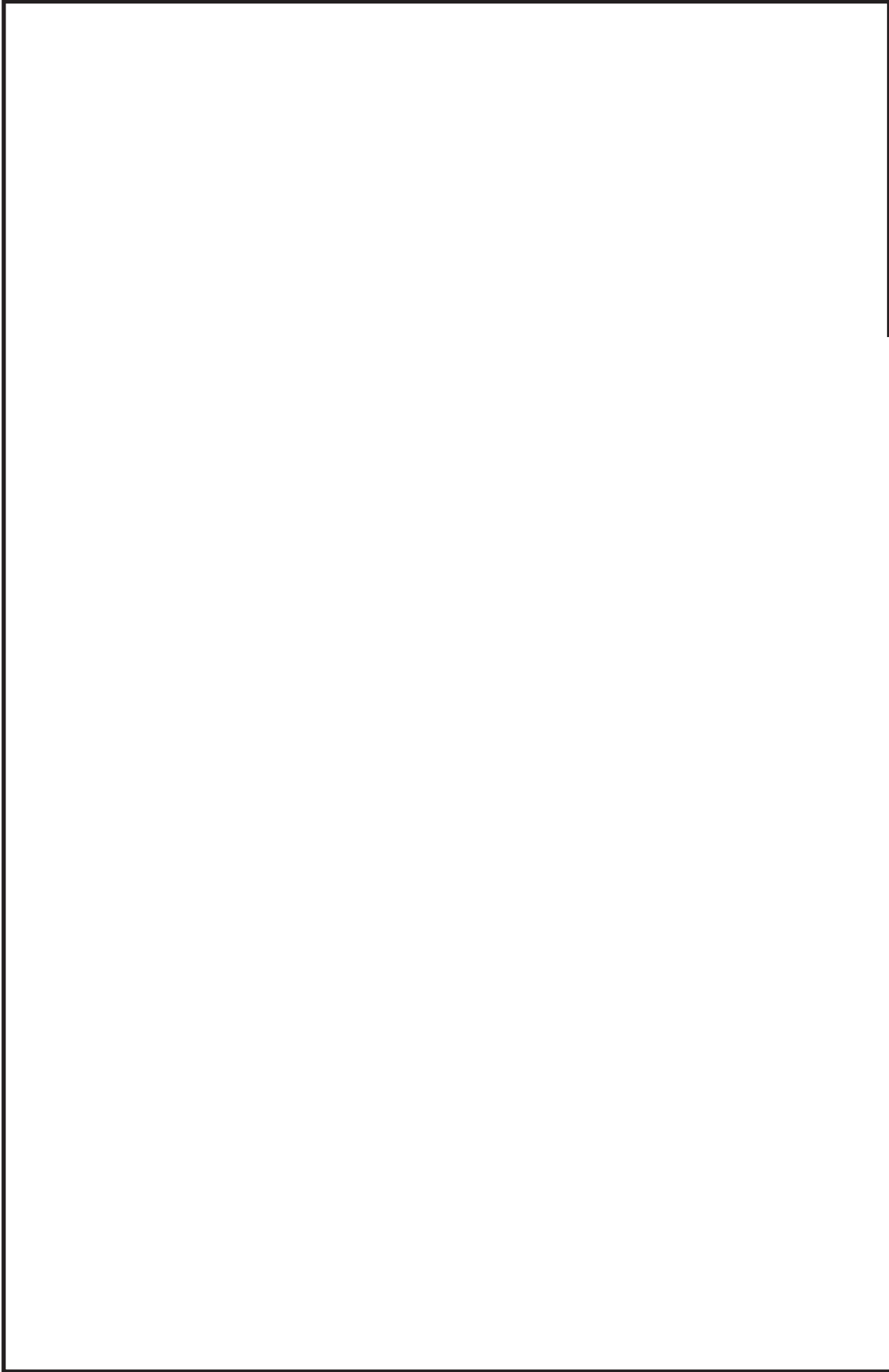
## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



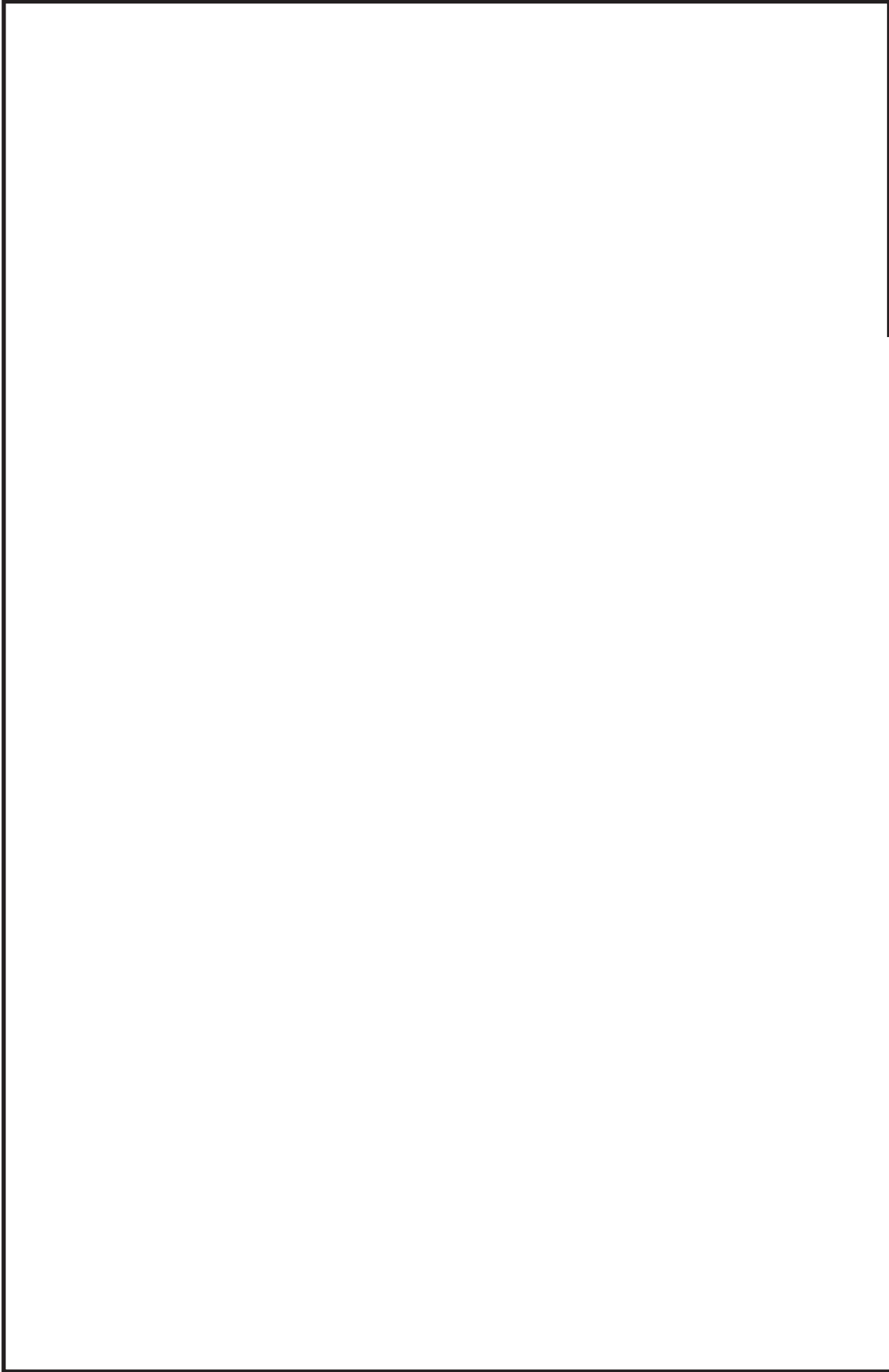
鳥瞰図 RSW-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RSW-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 RSW-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図           | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                     | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |                 | 疲労評価       |
|---------------|------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|------------|
|               |                  |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 ・ S y |            |
| R S W - 0 0 4 | V <sub>A</sub> S | 38          | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 252                     | 354                 | —                   | —               | U S s<br>— |
|               | V <sub>A</sub> S | 38          |                                | —                       | —                   | 481                 | 482             |            |

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類         | 型式       | 材質                                             | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|--------------|------------|----------|------------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|              |            |          |                                                |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| RSW-007-905S | オイルスナッパ    | 307256AP | 添付書類「VI-2-1-12-1 配<br>管及び支持構造物の耐震<br>計算について」参照 |           | 246              | 300              |
| RSW-002-906R | ロッドレストレイント | RSAZ 40  |                                                |           | 500              | 600              |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類      | 型式 | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                |     | 評価結果     |                   |                   |
|--------------|---------|----|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------|-------------------|-------------------|
|              |         |    |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                |     | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|              |         |    |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |     |          |                   |                   |
|              |         |    |         |           |                |                |                |                |                |                |     |          |                   |                   |
| RSW-004-038R | レストレイント | 架構 | STKR400 | 40        | 0              | 33             | 547            | -              | -              | -              | 組合せ | 179      | 280               |                   |
| RSW-008-061A | アンカ     | ラゲ | SGV410  | 50        | 370            | 37             | 20             | 4.3            | 16             | 30             | 組合せ | 62       | 127               |                   |



4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 以下の管)

| 許容応力状態 V A S |         |      |                   |                   |      |    |         |                   |                   |      |    |      |                |    |
|--------------|---------|------|-------------------|-------------------|------|----|---------|-------------------|-------------------|------|----|------|----------------|----|
| No.          | 配管モデル   | 一次応力 |                   |                   |      |    | 一次＋二次応力 |                   |                   |      |    | 疲労評価 |                |    |
|              |         | 評価点  | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点  | 疲労<br>累積<br>係数 | 代表 |
|              |         |      |                   |                   |      |    |         |                   |                   |      |    |      |                |    |
| 1            | RSW-001 | 19   | 173               | 354               | 2.04 | —  | 19      | 340               | 482               | 1.41 | —  | —    | —              | —  |
| 2            | RSW-002 | 18   | 208               | 354               | 1.70 | —  | 18      | 469               | 482               | 1.02 | —  | —    | —              | —  |
| 3            | RSW-003 | 1    | 45                | 354               | 7.86 | —  | 1       | 76                | 482               | 6.34 | —  | —    | —              | —  |
| 4            | RSW-004 | 38   | 252               | 354               | 1.40 | ○  | 38      | 481               | 482               | 1.00 | ○  | —    | —              | —  |
| 5            | RSW-005 | 810  | 159               | 354               | 2.22 | —  | 6       | 431               | 482               | 1.11 | —  | —    | —              | —  |
| 6            | RSW-006 | 1    | 45                | 354               | 7.86 | —  | 1       | 76                | 482               | 6.34 | —  | —    | —              | —  |
| 7            | RSW-007 | 82   | 218               | 354               | 1.62 | —  | 82      | 402               | 482               | 1.19 | —  | —    | —              | —  |
| 8            | RSW-008 | 411  | 97                | 354               | 3.64 | —  | 411     | 222               | 482               | 2.17 | —  | —    | —              | —  |
| 9            | RSW-009 | 503  | 102               | 354               | 3.47 | —  | 7       | 320               | 482               | 1.50 | —  | —    | —              | —  |
| 10           | RSW-010 | 1    | 45                | 354               | 7.86 | —  | 1       | 76                | 482               | 6.34 | —  | —    | —              | —  |
| 11           | RSW-011 | 14   | 167               | 354               | 2.11 | —  | 29      | 324               | 482               | 1.48 | —  | —    | —              | —  |
| 12           | RSW-012 | 5    | 56                | 354               | 6.32 | —  | 7       | 376               | 482               | 1.28 | —  | —    | —              | —  |
| 13           | RSW-013 | 1    | 45                | 354               | 7.86 | —  | 1       | 76                | 482               | 6.34 | —  | —    | —              | —  |
| 14           | RSW-014 | 35   | 200               | 354               | 1.77 | —  | 35      | 381               | 482               | 1.26 | —  | —    | —              | —  |

VI-2-5-7-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-5-7-2-1 高圧炉心スプレイ補機冷却水系熱交換器の耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2-2 高圧炉心スプレイ補機冷却水ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2-4 高圧炉心スプレイ補機冷却水サージタンクの耐震性についての計算書
- VI-2-5-7-2-5 管の耐震性についての計算書（高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系）

VI-2-5-7-2-3 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの  
耐震性についての計算書

## 目次

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. 概要                 | 1  |
| 2. 一般事項               | 1  |
| 2.1 構造計画              | 1  |
| 3. 固有値解析及び構造強度評価      | 3  |
| 3.1 固有値解析及び構造強度評価方法   | 3  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力      | 3  |
| 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態  | 3  |
| 3.2.2 許容応力            | 3  |
| 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件   | 3  |
| 3.3 解析モデル及び諸元         | 9  |
| 3.4 固有周期              | 9  |
| 3.5 設計用地震力            | 11 |
| 3.6 サポート部の計算方法        | 13 |
| 3.6.1 記号の説明           | 13 |
| 3.6.2 応力の計算方法         | 13 |
| 3.7 計算条件              | 13 |
| 3.8 応力の評価             | 14 |
| 3.8.1 ボルトの応力評価        | 14 |
| 4. 機能維持評価             | 15 |
| 4.1 基本方針              | 15 |
| 4.2 ポンプの動的機能維持評価      | 16 |
| 4.2.1 評価対象部位          | 16 |
| 4.2.2 評価基準値           | 16 |
| 4.2.3 評価方法            | 16 |
| 4.3 原動機の動的機能維持評価      | 17 |
| 4.3.1 評価対象部位          | 17 |
| 4.3.2 評価基準値           | 17 |
| 4.3.3 記号の説明           | 18 |
| 4.3.4 評価方法            | 19 |
| 5. 評価結果               | 22 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果  | 22 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 | 22 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプが設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

なお、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のたて軸ポンプであるため、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

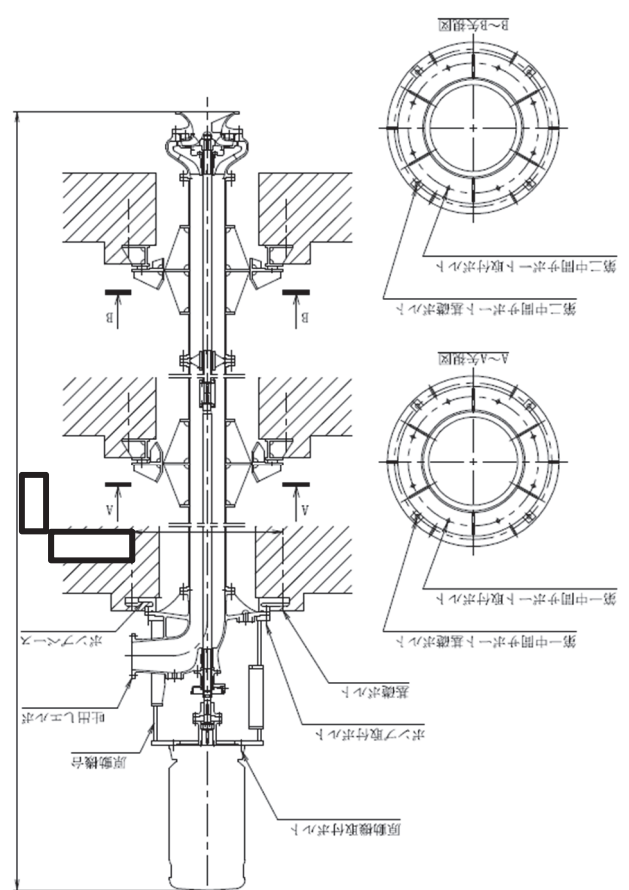
また、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形斜流ポンプであり、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形ころがり軸受電動機である。共に機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版（社）日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

| 計画の概要 |  | 基礎・支持構造                                                                             | ホシゾはホシゾペー<br>スに固定され、ホシ<br>ゾベースは基礎ボル<br>ソで基礎に据え付け<br>る。 |
|-------|--|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 主体構造  |  |                                                                                     |                                                        |
| 概略構造図 |  |  |                                                        |

(単位：mm)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 3. 固有値解析及び構造強度評価

#### 3.1 固有値解析及び構造強度評価方法

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-5 たて軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

#### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-2 に示す。

##### 3.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-3 及び表 3-4 のとおりとする。

##### 3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-5 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

| 施設区分          |               | 機器名称                  | 耐震重要度分類 | 機器等の区分            | 荷重の組合せ                                                               | 許容応力状態          |
|---------------|---------------|-----------------------|---------|-------------------|----------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機<br>冷却設備 | 高圧炉心スプレイ<br>補機冷却海水ポンプ | S       | Non* <sup>1</sup> | D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>d</sub> ** <sup>2</sup> | Ⅲ <sub>AS</sub> |
|               |               |                       |         |                   | D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub>                 | Ⅳ <sub>AS</sub> |

注記 \*1：クラス3ポンプの荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また、クラス3ポンプの支持構造物を含む。  
 \*2：S<sub>s</sub>と組合せ、Ⅲ<sub>AS</sub>の評価を実施する。

表 3-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分          |               | 機器名称                  | 設備分類* <sup>1</sup> | 機器等の区分                         | 荷重の組合せ                                                              | 許容応力状態                                                                     |
|---------------|---------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機<br>冷却設備 | 高圧炉心スプレイ<br>補機冷却海水ポンプ | 常設／防止<br>(DB 拡張)   | 重大事故等<br>クラス2ポンプ* <sup>2</sup> | D + P <sub>D</sub> + M <sub>D</sub> + S <sub>s</sub> * <sup>3</sup> | Ⅳ <sub>AS</sub>                                                            |
|               |               |                       |                    |                                | D + P <sub>SAD</sub> + M <sub>SAD</sub> + S <sub>s</sub>            | V <sub>AS</sub><br>(V <sub>AS</sub> として<br>Ⅳ <sub>AS</sub> の許容限界<br>を用いる。) |

注記 \*1：「常設／防止 (DB 拡張)」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

\*2：重大事故等クラス2ポンプの支持構造物を含む。

\*3：「D + P<sub>SAD</sub> + M<sub>SAD</sub> + S<sub>s</sub>」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 3-3 許容応力 (クラス 2, 3 ポンプ及び重大事故等クラス 2 ポンプ)

| 許容応力状態 |                                                                    |                 |                                                                                       | 許容限界*                                                                                                            |                                                                                                                                    |
|--------|--------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 許容応力状態 | 一次一般膜応力                                                            | 左欄の 1.5 倍の値     | $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。<br>ただし, $ASS$ 及び $HNA$ については上記値と $1.2 \cdot S$ との大きい方。 | 一次膜応力 + 一次曲げ応力                                                                                                   | 一次 + 二次応力                                                                                                                          |
|        | Ⅲ <sub>AS</sub>                                                    |                 |                                                                                       | 左欄の 1.5 倍の値                                                                                                      | S <sub>d</sub> 又は S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が 1.0 以下であること。<br>ただし, 地震動のみによる一次 + 二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。 |
|        | Ⅳ <sub>AS</sub>                                                    | $0.6 \cdot S_u$ | 左欄の 1.5 倍の値                                                                           | S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が 1.0 以下であること。<br>ただし, 地震動のみによる一次 + 二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。 | 一次 + 二次 + ピーク応力                                                                                                                    |
|        | V <sub>AS</sub><br>(V <sub>AS</sub> としてⅣ <sub>AS</sub> の許容限界を用いる。) |                 |                                                                                       | 左欄の 1.5 倍の値                                                                                                      | S <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い, 疲労累積係数が 1.0 以下であること。<br>ただし, 地震動のみによる一次 + 二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。                   |

注記 \* : 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-4 許容応力 (クラス 2, 3 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物)

|                              |     |                    |                      |                                                                     |
|------------------------------|-----|--------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 許容限界*1, *2<br>(ボルト等)<br>一次応力 | せん断 | III <sub>AS</sub>  | IV <sub>AS</sub>     | V <sub>AS</sub><br>(V <sub>AS</sub> としてIV <sub>AS</sub> の許容限界を用いる。) |
|                              |     | 1.5・f <sub>t</sub> | 1.5・f <sub>t</sub> * | 1.5・f <sub>s</sub> *                                                |
|                              |     | 引張り                |                      |                                                                     |
|                              |     |                    |                      |                                                                     |

注記 \* 1 : 応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-5 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材     | 材料 | 温度条件<br>(℃) |    | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|----------|----|-------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| コラムパイプ   |    | 最高使用温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| 基礎ボルト    |    | 周囲環境温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| ボンプ取付ボルト |    | 最高使用温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| 原動機取付ボルト |    | 周囲環境温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| 第一中間サポート |    | 周囲環境温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| 基礎ボルト    |    | 周囲環境温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| 第一中間サポート |    | 周囲環境温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| 取付ボルト    |    | 周囲環境温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| 第二中間サポート |    | 基礎ボルト       | 50 |            |                         |                         |                               |
| 第二中間サポート |    | 基礎ボルト       | 50 |            |                         |                         |                               |
| 取付ボルト    |    | 周囲環境温度      | 50 |            |                         |                         |                               |
| 第二中間サポート |    | 周囲環境温度      | 50 |            |                         |                         |                               |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 3-6 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材   |       | 材料       |          | 温度条件<br>(℃) |       | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |          |       |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |
|--------|-------|----------|----------|-------------|-------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|----------|-------|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|--------|----|
| コラムパイプ | 基礎ボルト | ボンプ取付ボルト | 原動機取付ボルト | 第一中間サポート    | 基礎ボルト | 第一中間サポート   | 取付ボルト                   | 第二中間サポート                | 基礎ボルト                         | 第二中間サポート | 取付ボルト |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |
|        |       |          |          |             |       |            |                         |                         |                               |          |       |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |        |    |
|        |       |          |          |             |       |            |                         |                         |                               |          |       | 最高使用温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 最高使用温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 |
|        |       |          |          |             |       |            |                         |                         |                               |          |       | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 |
|        |       |          |          |             |       |            |                         |                         |                               |          |       | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 |
|        |       |          |          |             |       |            |                         |                         |                               |          |       | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 |
|        |       |          |          |             |       |            |                         |                         |                               |          |       | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 |
|        |       |          |          |             |       |            |                         |                         |                               |          |       | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 |
|        |       |          |          |             |       |            |                         |                         |                               |          |       | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 | 周囲環境温度 | 50 |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3.3 解析モデル及び諸元

固有値解析及び構造強度評価に用いる解析モデル及び諸元は、本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】の機器要目及びその他の機器要目に示す。解析コードは、「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.4 固有周期

固有値解析の結果を表 3-7、振動モード図を図 3-1、図 3-2 に示す。固有周期は、0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向の固有周期は 0.05 秒以下であることを確認した。

表 3-7 固有値解析結果

| モード | 卓越方向 | 固有周期<br>(s) | 水平方向刺激係数* |        | 鉛直方向<br>刺激係数* |
|-----|------|-------------|-----------|--------|---------------|
|     |      |             | NS 方向     | EW 方向  |               |
| 1 次 | 水平   | 0.074       | 0.594     | 0.594  | 0.000         |
| 2 次 | 水平   | 0.054       | -0.623    | -0.623 | 0.000         |
| 3 次 | 水平   | 0.029       | —         | —      | —             |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリクスの積から算出した値を示す。

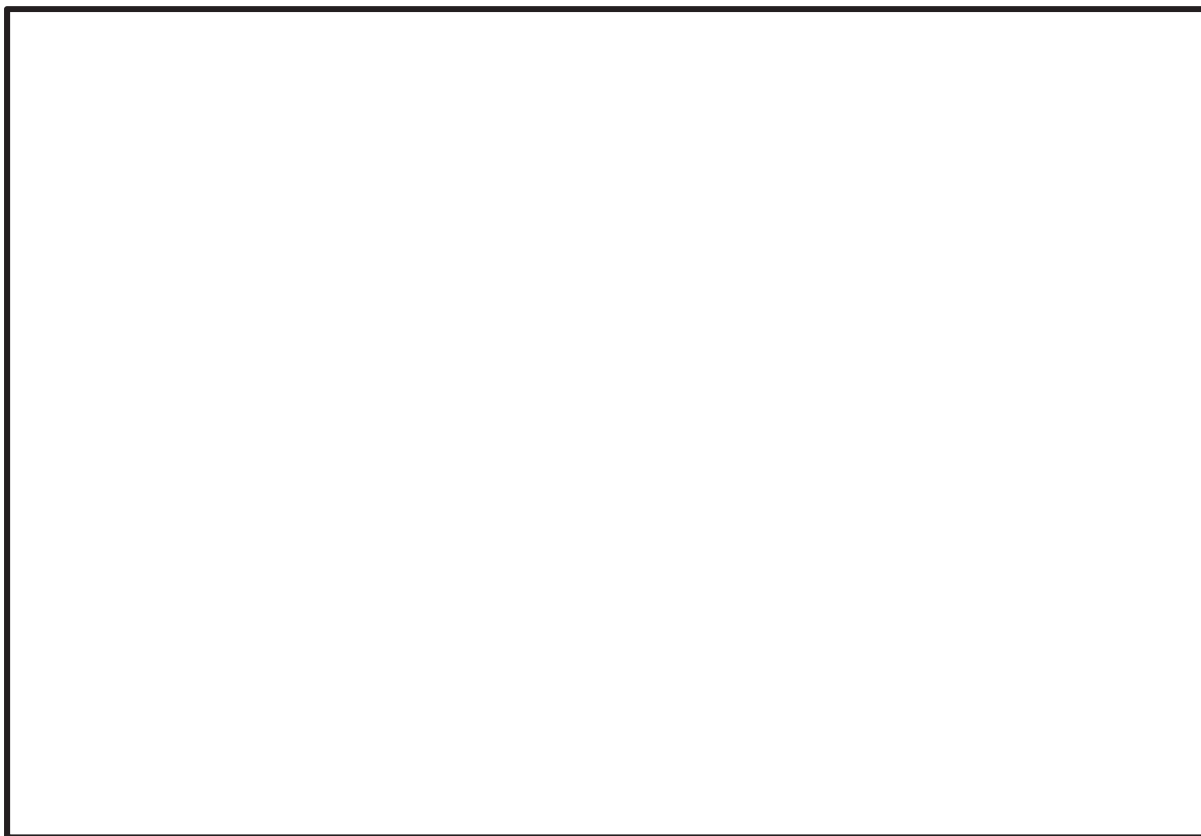


図 3-1 振動モード（1 次モード 水平方向 0.074s）



図 3-2 振動モード（2 次モード 水平方向 0.054s）



### 3.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-8 及び表 3-9 に示す。

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 3-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所及び床面高さ(m)       |         | 海水ポンプ室（補機ポンプエリア） O.P. 3.0 <sup>*1</sup> |                 |                      |                      |       |                      |
|---------------------|---------|-----------------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|
| 固有周期(s)             |         | 水平：0.074 <sup>*2</sup> 鉛直：0.05 以下       |                 |                      |                      |       |                      |
| 減衰定数(%)             |         | 水平：1.0 鉛直：－                             |                 |                      |                      |       |                      |
| 地震力                 |         | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度                |                 |                      | 基準地震動 $S_s$          |       |                      |
| モード                 | 固有周期(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                    |                 | 応答鉛直震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*4</sup> |       | 応答鉛直震度 <sup>*4</sup> |
|                     |         | NS 方向                                   | EW 方向           |                      | NS 方向                | EW 方向 |                      |
| 1 次                 | 0.074   | － <sup>*7</sup>                         | － <sup>*7</sup> | －                    | 8.30                 | 8.30  | －                    |
| 2 次                 | 0.054   | － <sup>*7</sup>                         | － <sup>*7</sup> | －                    | 6.23                 | 6.23  | －                    |
| 3 次                 | 0.029   | － <sup>*7</sup>                         | － <sup>*7</sup> | －                    | －                    | －     | －                    |
| 動的地震力 <sup>*5</sup> |         | － <sup>*7</sup>                         | － <sup>*7</sup> | －                    | 1.67                 | 1.67  | 1.94                 |
| 静的地震力 <sup>*6</sup> |         | － <sup>*7</sup>                         | － <sup>*7</sup> | －                    | －                    | －     | －                    |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：1 次固有周期について記載。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（ $S_d$ ）より得られる震度を示す。

\*4：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（ $S_s$ ）より得られる震度を示す。

\*5： $S_s$  又は  $S_d$  に基づく設計用最大応答加速度（ $1.2 \cdot ZPA$ ）より定めた震度を示す。

\*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$  及び  $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

\*7：Ⅲ<sub>A</sub>S については，基準地震動  $S_s$  で評価する。

表 3-9 設計用地震力（重大事故等対処施設）

| 据付場所及び<br>床面高さ (m)  |             | 海水ポンプ室（補機ポンプエリア） 0.P. 3.0 <sup>*1</sup> |       |            |                      |       |                          |
|---------------------|-------------|-----------------------------------------|-------|------------|----------------------|-------|--------------------------|
| 固有周期 (s)            |             | 水平：0.074 <sup>*2</sup> 鉛直：0.05 以下       |       |            |                      |       |                          |
| 減衰定数 (%)            |             | 水平：1.0 鉛直：－                             |       |            |                      |       |                          |
| 地震力                 |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度       |       |            | 基準地震動 S <sub>s</sub> |       |                          |
| モード                 | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度                                  |       | 応答鉛直<br>震度 | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |       | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                     |             | NS 方向                                   | EW 方向 |            | NS 方向                | EW 方向 |                          |
| 1 次                 | 0.074       | －                                       | －     | －          | 8.30                 | 8.30  | －                        |
| 2 次                 | 0.054       | －                                       | －     | －          | 6.23                 | 6.23  | －                        |
| 3 次                 | 0.029       | －                                       | －     | －          | －                    | －     | －                        |
| 動的地震力 <sup>*4</sup> |             | －                                       | －     | －          | 1.67                 | 1.67  | 1.94                     |
| 静的地震力               |             | －                                       | －     | －          | －                    | －     | －                        |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：1 次固有周期について記載。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S<sub>s</sub>）より得られる震度を示す。

\*4：S<sub>s</sub> 又は S<sub>d</sub> に基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

### 3.6 サポート部の計算方法

#### 3.6.1 記号の説明

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプのサポート部の応力評価に使用する記号を表 3-10 に示す。

表 3-10 記号の説明

| 記号           | 記号の説明              | 単位            |
|--------------|--------------------|---------------|
| $W_j$        | サポートボルトに作用する荷重     | N             |
| $A_{sbj}$    | サポート取付ボルトの軸断面積     | $\text{mm}^2$ |
| $n_{sj}$     | サポート取付ボルトの本数       | —             |
| $\tau_{sbj}$ | サポート取付ボルトに生じるせん断応力 | MPa           |

#### 3.6.2 応力の計算方法

多質点モデルを用いて応答計算を行い，得られた荷重 $W$ により，サポート取付ボルトに生じるせん断応力は次式で求める。

$$\tau_{sbj} = \frac{W_j}{A_{sbj} \cdot n_{sj}} \dots\dots\dots (3.6.2.1)$$

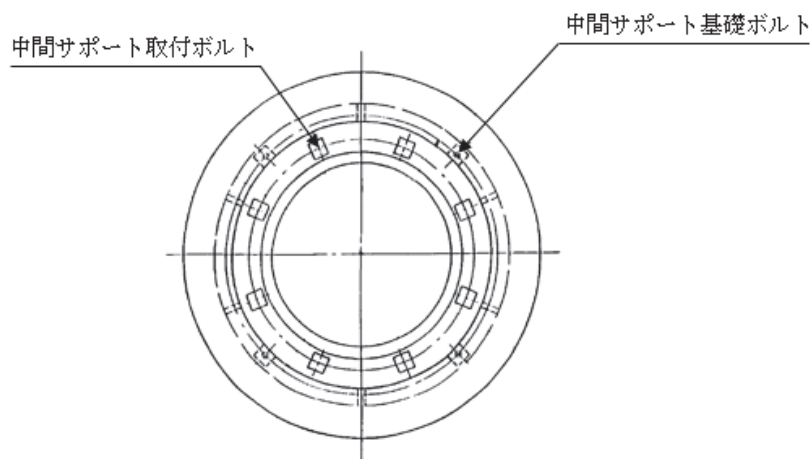


図 3-3 サポート部の応力計算モデル

### 3.7 計算条件

応力計算に用いる計算条件は，本計算書の【高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 3.8 応力の評価

#### 3.8.1 ボルトの応力評価

3.6.2 項で求めたボルトのせん断応力  $\tau_{s b j}$  はせん断力のみを受けるボルトの許容応力  $f_{s s b j}$  以下であること。

ただし、 $f_{s s b j}$  は下表による。

|                          | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合  | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合                |
|--------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 許容せん断応力<br>$f_{s s b j}$ | $\frac{F_j}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F_j^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

#### 4. 機能維持評価

##### 4.1 基本方針

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ及び同原動機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の立形斜流ポンプ及び立形ころがり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる設計用最大応答加速度（1.0ZPA）を設定する。

## 4.2 ポンプの動的機能維持評価

### 4.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 に記載の立形斜流ポンプの動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト，ポンプ取付ボルト，原動機取付ボルト
- b. コラムパイプ
- c. ストップ
- d. 軸受

このうち「a. 基礎ボルト，ポンプ取付ボルト，原動機取付ボルト」「b. コラムパイプ」「c. ストップ」については、「3. 固有値解析及び構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

以上より，本計算書においては，軸受を評価対象部位とする。

### 4.2.2 評価基準値

軸受については，メーカー規定の許容値を評価基準値として設定する。

### 4.2.3 評価方法

軸受については，多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い，得られた軸受の発生荷重に係数 4.3 を乗じ評価する。

#### 4.3 原動機の動的機能維持評価

##### 4.3.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の電動機の動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子のクリアランス
- g. モータフレーム
- h. 軸継手

このうち「a. 取付ボルト」については、「3. 固有値解析及び構造強度評価」に従い評価を行った「5. 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

以上より、本計算書においては、固定子、軸（回転子）、端子箱、軸受、固定子と回転子のクリアランス、モータフレームを評価対象部位とする。なお、軸継手はポンプ軸とモータ軸をリジットに接続するタイプであり、相対変位が発生しないこと、および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力が発生しないことから、計算書の評価対象外とする。

##### 4.3.2 評価基準値

軸（回転子）及びモータフレームの許容応力は、クラス 2 ポンプの許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>に準拠し設定する。固定子の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>に準拠し設定する。端子箱の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub>に準拠し設定する。また軸受については、メーカー規定の軸受の定格荷重を、固定子と回転子間のクリアランスは、変位可能寸法を評価基準値として設定する。

#### 4.3.3 記号の説明

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用原動機の動的機能維持評価に使用する記号を表 4-2 に示す。

表4-2 記号の説明

| 記号            | 記号の説明               | 単位                       |
|---------------|---------------------|--------------------------|
| $A_{bt}$      | 端子箱取付ボルトの断面積        | $\text{mm}^2$            |
| $A_f$         | モータフレームの断面積         | $\text{mm}^2$            |
| $A_p$         | ピンの断面積              | $\text{mm}^2$            |
| $A_s$         | 軸の断面積               | $\text{mm}^2$            |
| $C_P$         | ポンプ振動による震度          | —                        |
| $C_H$         | 水平方向設計震度            | —                        |
| $C_V$         | 鉛直方向設計震度            | —                        |
| $D$           | 固定子の外径              | mm                       |
| $d_s$         | 軸の径                 | mm                       |
| $F_k$         | 固定子に生じる組合せ荷重        | N                        |
| $F_{bt1}$     | 端子箱取付ボルトに作用する水平方向荷重 | N                        |
| $F_{bt2}$     | 端子箱取付ボルトに作用する鉛直方向荷重 | N                        |
| $F_{kg}$      | 自重及び地震力により固定子に生じる荷重 | N                        |
| $F_{kt}$      | 電動機の回転による荷重         | N                        |
| $g$           | 重力加速度 (=9.80665)    | $\text{m/s}^2$           |
| $M_f$         | モータフレームに作用する曲げモーメント | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_s$         | 軸に作用する曲げモーメント       | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $N$           | 電動機の回転速度            | $\text{min}^{-1}$        |
| $n_p$         | 固定子取付ピンの本数          | —                        |
| $n_t$         | 端子箱取付ボルトの本数         | —                        |
| $P$           | 電動機出力               | kW                       |
| $Q_{bt}$      | モータフレームに対するせん断力     | N                        |
| $T_m$         | 電動機の回転による発生トルク      | $\text{N}\cdot\text{m}$  |
| $T_{ma}$      | 電動機最大トルク            | %                        |
| $T_s$         | ポンプ運転による発生トルク       | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $W_c$         | 固定子コイル及びコア質量        | kg                       |
| $W_f$         | モータフレーム質量           | kg                       |
| $W_s$         | 軸の質量                | kg                       |
| $W_t$         | 端子箱質量               | kg                       |
| $Z_f$         | モータフレームの断面係数        | $\text{mm}^3$            |
| $Z_s$         | 軸の断面係数              | $\text{mm}^3$            |
| $\sigma_m$    | モータフレームに生じる組合せ応力    | MPa                      |
| $\sigma_s$    | 軸に生じる組合せ応力          | MPa                      |
| $\sigma_{bt}$ | 端子箱取付ボルトに生じる引張応力    | MPa                      |
| $\sigma_{fm}$ | モータフレームに生じる曲げ応力     | MPa                      |



| 記号             | 記号の説明                       | 単位  |
|----------------|-----------------------------|-----|
| $\sigma_{f w}$ | 自重及び鉛直方向地震力によりモータフレームに生じる応力 | MPa |
| $\sigma_{s m}$ | 軸に生じる曲げ応力                   | MPa |
| $\sigma_{s w}$ | 自重及び鉛直方向地震力により軸に生じる応力       | MPa |
| $\tau_k$       | 固定子に生じるせん断応力                | MPa |
| $\tau_s$       | ポンプ運転によるねじり応力               | MPa |
| $\tau_{b t 1}$ | 端子箱取付ボルトに生じる水平方向のせん断応力      | MPa |
| $\tau_{b t 2}$ | 端子箱取付ボルトに生じる鉛直方向のせん断応力      | MPa |
| $\tau_{b t}$   | 端子箱取付ボルトに生じるせん断応力           | MPa |

#### 4.3.4 評価方法

##### (1) 固定子

電動機の最大荷重（トルク）は次式で求める。

$$T_m = \frac{974 \cdot P \cdot g}{N} \cdot \frac{T_{m a}}{100} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.1)$$

電動機の回転による荷重は次式で求める。

$$F_{k t} = \frac{T_m}{1/2 \cdot D} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.2)$$

自重及び鉛直方向地震力により発生する荷重は次式で求める。

$$F_{k g} = W_c \cdot g \cdot (C_v + C_p + 1) \quad \dots \dots \dots (4.3.4.3)$$

せん断応力は次式で求める。

$$F_k = \sqrt{F_{k t}^2 + F_{k g}^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.4)$$

$$\tau_k = \frac{F_k}{n_p \cdot A_p} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.5)$$

(2) 軸

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い，得られたモーメントにより，曲げ応力は以下ようになる。

$$\sigma_{s m} = \frac{M_s}{Z_s} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.6)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{s w} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_s \cdot g}{A_s} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.7)$$

c. ねじり応力

$$T_s = \frac{P}{2\pi / 60 \cdot N} \cdot 10^6 \quad \dots \dots \dots (4.3.4.8)$$

$$\tau_s = \frac{16 \cdot T_s}{\pi \cdot d_s^3} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.9)$$

d. 組合せ応力

$$\sigma_s = \frac{1}{2} \cdot (\sigma_{s m} + \sigma_{s w}) + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{(\sigma_{s m} + \sigma_{s w})^2 + 4\tau_s^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.10)$$

(3) 端子箱

a. 取付ボルトに作用する水平方向荷重

$$F_{b t 1} = (C_H + C_P) \cdot W_t \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.3.4.11)$$

b. 取付ボルトに作用する鉛直方向荷重

$$F_{b t 2} = (1 + C_v + C_p) \cdot W_t \cdot g \quad \dots \dots \dots (4.3.4.12)$$

c. 取付ボルトに生じる水平方向のせん断応力

$$\tau_{bt1} = \frac{F_{bt1}}{n_t \cdot A_{bt}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.13)$$

d. 取付ボルトに生じる鉛直方向のせん断応力

$$\tau_{bt2} = \frac{F_{bt2}}{n_t \cdot A_{bt}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.14)$$

e. 取付ボルトに生じるせん断応力

$$\tau_{bt} = \sqrt{\tau_{bt1}^2 + \tau_{bt2}^2} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.15)$$

b. 取付ボルトの引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{Q_{bt}}{n_t \cdot A_{bt}} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.16)$$

(4) 軸受

多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い、軸受の発生荷重を評価する。

(5) 固定子と回転子のクリアランス

多質点はりモデルによる高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの応答解析結果を用い、固定子－軸（回転子）の相対変位が固定子－軸（回転子）間空隙寸法を下回ることを確認する。

(6) モータフレーム

a. 曲げ応力

多質点はりモデルを用いて応答計算を行い、得られたモーメントにより、曲げ応力は以下ようになる。

$$\sigma_{fm} = \frac{M_f}{Z_f} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.17)$$

b. 自重及び鉛直方向地震力による応力

$$\sigma_{fw} = \frac{(1 + C_v + C_p) \cdot W_f \cdot g}{A_f} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.18)$$

c. 組合せ応力

$$\sigma_m = \sigma_{fm} + \sigma_{fw} \quad \dots \dots \dots (4.3.4.19)$$

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。なお、弾性設計用地震動  $S_d$  及び静的震度は基準地震動  $S_s$  を下回っており、基準地震動  $S_s$  による発生値が、弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため、弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度による発生値の算出を省略した。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

| 機器名称                      | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                 | 固有周期(s) |            | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | ポンプ振動<br>による震度                               | 最高使用<br>温度<br>(℃) | 周囲環境<br>温度<br>(℃) |    | 最高使用圧力<br>(MPa) |      |
|---------------------------|---------|-----------------------------------|---------|------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------------------|-------------------|-------------------|----|-----------------|------|
|                           |         |                                   | 水平方向    | 鉛直方向       | 水平方向<br>設計震度                     | 鉛直方向<br>設計震度        |                                              |                   |                   |    | 吸込側             | 吐出側  |
| 高圧炉心スプレイ<br>補機冷却海水<br>ポンプ | S       | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>0.P.3.0*1 | 0.074   | 0.05<br>以下 | —*2                              | —*2                 | C <sub>H</sub> =1.67<br>C <sub>V</sub> =1.94 | 50                | 50                | 50 | 0.78            | 0.78 |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：Ⅲ.Sについては、基準地震動S<sub>s</sub>で評価する。

1.1.2 機器要目

(1) ボルト

| 部 材                 | m <sub>i</sub><br>(kg) | D <sub>i</sub><br>(mm) | d <sub>i</sub><br>(mm) | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>i</sub> | n <sub>f i</sub> | M <sub>p</sub><br>(N・mm) | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------|------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                        |                        |                        |                                        | 6              | 6                | —                        |                           |                           |                         |                                      |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |                        |                        |                        |                                        | 16             | 16               | 3.820×10 <sup>5</sup>    |                           |                           |                         |                                      |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |                        |                        |                        |                                        | 8              | 8                | 3.820×10 <sup>5</sup>    |                           |                           |                         |                                      |

注記\*1：最高使用温度で算出

\*2：周囲環境温度で算出

(2) コラムパイプ

| 部 材    | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | D <sub>c</sub><br>(mm) | t<br>(mm) |
|--------|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------|
| コラムパイプ |            |                         |                         |                        |           |

注記\*：最高使用温度で算出

(3) サポート取付ボルト

| 部 材                          | A <sub>sbj</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>sj</sub> | S <sub>yj</sub><br>(MPa) | S <sub>uj</sub><br>(MPa) | S <sub>yj</sub> (R T)<br>(MPa) | F <sub>j</sub><br>(MPa) | F <sub>j</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) |
|------------------------------|----------------------------------------|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 第一中間サポート<br>基礎ボルト<br>( j =1) |                                        | 4               |                          |                          |                                |                         |                                      |
| 第一中間サポート<br>取付ボルト<br>( j =2) |                                        | 8               |                          |                          |                                |                         |                                      |
| 第二中間サポート<br>基礎ボルト<br>( j =3) |                                        | 4               |                          |                          |                                |                         |                                      |
| 第二中間サポート<br>取付ボルト<br>( j =4) |                                        | 8               |                          |                          |                                |                         |                                      |

注記\*：周囲環境温度で算出

|                 |                |
|-----------------|----------------|
| 予想最大両振幅<br>(μm) | 回転式速度<br>(rpm) |
|                 |                |

1.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

| 部 材                 | M <sub>i</sub> (N・mm)  |           | F <sub>bi</sub> (N)    |           | Q <sub>bi</sub> (N)    |           |
|---------------------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|------------------------|-----------|
|                     | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                        |           |                        |           |                        |           |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |                        |           |                        |           |                        |           |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |                        |           |                        |           |                        |           |

(3) サポート取付ボルトに作用する力

| 部 材                      | W <sub>j</sub>         |           |
|--------------------------|------------------------|-----------|
|                          | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| 第一中間サポート基礎ボルト<br>( j =1) |                        |           |
| 第一中間サポート取付ボルト<br>( j =2) |                        |           |
| 第二中間サポート基礎ボルト<br>( j =3) |                        |           |
| 第二中間サポート取付ボルト<br>( j =4) |                        |           |

1.1.4 結論

|       |                         |
|-------|-------------------------|
| モード   | 固有周期                    |
| 水平 1次 | T <sub>H1</sub> ≒0.074  |
| 鉛直 1次 | T <sub>V1</sub> ≒0.05以下 |

(2) コラムパイプに作用する力

| 部 材    | M                      |           |
|--------|------------------------|-----------|
|        | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| コラムパイプ |                        |           |

1.1.4.2 ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材                 | 材 料           | 応 力                 | 弾性設計用地震動S d<br>又は静的震度 |                  | 基準地震動S s         |                  |
|---------------------|---------------|---------------------|-----------------------|------------------|------------------|------------------|
|                     |               |                     | 算出応力                  | 許容応力             | 算出応力             | 許容応力             |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |               | 引張り                 | $\sigma_{b1}=33$      | $f_{ts1}=153^*$  | $\sigma_{b1}=33$ | $f_{ts1}=153^*$  |
|                     |               | せん断                 | $\tau_{b1}=12$        | $f_{sb1}=118$    | $\tau_{b1}=12$   | $f_{sb1}=118$    |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |               | 引張り                 | $\sigma_{b2}=21$      | $f_{ts2}=505^*$  | $\sigma_{b2}=21$ | $f_{ts2}=505^*$  |
|                     |               | せん断                 | $\tau_{b2}=3$         | $f_{sb2}=389$    | $\tau_{b2}=3$    | $f_{sb2}=389$    |
|                     |               | 原動機取付ボルト<br>( i =3) | 引張り                   | $\sigma_{b4}=18$ | $f_{ts4}=505^*$  | $\sigma_{b4}=18$ |
| せん断                 | $\tau_{b4}=9$ |                     | $f_{sb4}=389$         | $\tau_{b4}=9$    | $f_{sb4}=389$    |                  |

すべて許容応力以下である。

注記\*： $f_{tsi}=\text{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi}, f_{toi}\right]$ より算出

1.1.4.3 コラムパイプの応力

(単位：MPa)

| 部 材    | 材 料 | 一次一般応力                |             |
|--------|-----|-----------------------|-------------|
|        |     | 弾性設計用地震動S d<br>又は静的震度 | 算出応力        |
| コラムパイプ |     |                       | $\sigma=61$ |
|        |     | 基準地震動S s              | $\sigma=61$ |

すべて許容応力以下である。

1.1.4.4 サポート取付ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材                          | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d又は静的震度 |                | 基準地震動S s        |                |
|------------------------------|-----|-----|-------------------|----------------|-----------------|----------------|
|                              |     |     | 算出応力              | 許容応力           | 算出応力            | 許容応力           |
| 第一中間サポート<br>基礎ボルト<br>( j =1) |     | せん断 | $\tau_{sb1}=18$   | $f_{ssb1}=118$ | $\tau_{sb1}=18$ | $f_{ssb1}=142$ |
| 第一中間サポート<br>取付ボルト<br>( j =2) |     | せん断 | $\tau_{sb2}=12$   | $f_{ssb2}=118$ | $\tau_{sb2}=12$ | $f_{ssb2}=142$ |
| 第二中間サポート<br>基礎ボルト<br>( j =3) |     | せん断 | $\tau_{sb3}=17$   | $f_{ssb3}=118$ | $\tau_{sb3}=17$ | $f_{ssb3}=142$ |
| 第二中間サポート<br>取付ボルト<br>( j =4) |     | せん断 | $\tau_{sb4}=10$   | $f_{ssb4}=118$ | $\tau_{sb4}=10$ | $f_{ssb4}=142$ |

枠組みの内容は商業機密の観点から公開できません。



1.2
動作的機能維持率評価

1.2.1
設計条件

| 機器名称                  | 形式      | 定格容量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)            | 固有周期(s) |            | 基準地震動S <sub>s</sub>  |                      | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(°C) | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|-----------------------|---------|-----------------------------|----------------------------------|---------|------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------------------|
|                       |         |                             |                                  | 水平方向    | 鉛直方向       | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |                |                    |                    |
| 高圧炉心スプレイ<br>補機冷却海水ポンプ | 立形斜流ポンプ | 250                         | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>O.P.3.0* | 0.074   | 0.05<br>以下 | C <sub>H</sub> =1.40 | C <sub>V</sub> =1.61 |                | 50                 | 50                 |

注記＊：基準レベルを示す。

| 機器名称                          | 形式              | 出力<br>(kW) | 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)            | 固有周期(s) |            | 基準地震動S <sub>s</sub>  |                      | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(°C) | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|-------------------------------|-----------------|------------|----------------------------------|---------|------------|----------------------|----------------------|----------------|--------------------|--------------------|
|                               |                 |            |                                  | 水平方向    | 鉛直方向       | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |                |                    |                    |
| 高圧炉心スプレイ<br>補機冷却海水ポンプ<br>用原動機 | 立形ころがり軸受<br>電動機 | 60         | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>O.P.3.0* | 0.074   | 0.05<br>以下 | C <sub>H</sub> =1.40 | C <sub>V</sub> =1.61 |                | —                  | 50                 |

注記＊：基準レベルを示す。

1.2.2
機器要目

(1)
固定子

| 部 材 | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | T <sub>ma</sub><br>(%) | D<br>(mm) | A <sub>p</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | W <sub>c</sub><br>(kg) | n <sub>p</sub> |
|-----|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------------|----------------|
| 固定子 | 1500                      | 200                    | 430       | 187.5                                | 200                    | 8              |

(2)
軸

| 部 材 | M <sub>s</sub><br>(N・mm)  | Z <sub>s</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>s</sub><br>(kg) | A <sub>s</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | d <sub>s</sub><br>(mm) |
|-----|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 軸   | 9.344×<br>10 <sup>4</sup> | 1.633×<br>10 <sup>4</sup>            | 59                     | 2.376×<br>10 <sup>3</sup>            | 1500                      | 55                     |

(3)
端子箱

| 部 材 | W <sub>t</sub><br>(kg) | n <sub>t</sub> | A <sub>bt</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | Q <sub>bt</sub><br>(N)    |
|-----|------------------------|----------------|---------------------------------------|---------------------------|
| 端子箱 | 18                     | 4              | 78.54                                 | 6.964×<br>10 <sup>3</sup> |

(4)
モータフレーム

| 部 材     | M <sub>f</sub><br>(N・mm)  | Z <sub>f</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>f</sub><br>(kg) | A <sub>f</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) |
|---------|---------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| モータフレーム | 3.379×<br>10 <sup>6</sup> | 2.259×<br>10 <sup>6</sup>            | 190                    | 2.097×<br>10 <sup>4</sup>            |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2.3
結論

1.2.3.1
機能確認済加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度<br>(×9.8m/s <sup>2</sup> ) |
|-----|------|-------------|-------------------------------------|
| ポンプ | 水平方向 | 3.18        | 10.0                                |
|     | 鉛直方向 | 1.61        | 1.0                                 |
| 原動機 | 水平方向 | 1.40        | 2.5                                 |
|     | 鉛直方向 | 1.61        | 1.0                                 |

注記＊：基準地震動Sにより定まる応答加速度とする。  
ポンプは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。  
原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

- 1.2.3.2 立形斜流ポンプの動的機能維持評価
- 1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト、ポンプ取付ボルト、コラムパイプ、ストッパについて、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 軸受の評価

(単位：N)

| 評価部位         | 発生荷重                   | 許容荷重                   |
|--------------|------------------------|------------------------|
| ポンプ軸受 (1 段目) | 4. 626×10 <sup>3</sup> | 7. 060×10 <sup>3</sup> |
| ポンプ軸受 (2 段目) | 4. 291×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (3 段目) | 4. 510×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (4 段目) | 4. 196×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (5 段目) | 4. 160×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (6 段目) | 5. 535×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (7 段目) | 4. 565×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (8 段目) | 4. 142×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (9 段目) | 4. 041×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |

すべて許容値以下である。

- 1.2.3.3 立形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価
- 1.2.3.3.1 代表評価項目の評価

原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.3.2.1 固定子の評価

(単位：MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 固定子  | せん断 | 5    | 121  |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.2
軸 (回転子) の評価
(単位：MPa)

| 評価部位    | 発生応力 | 許容応力 |
|---------|------|------|
| 軸 (回転子) | 16   | 474  |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.3
端子箱の評価
(単位：MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 端子箱  | 引張り | 23   | 184  |
|      | せん断 | 3    | 142  |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.3.2.4
軸受の評価
(単位：N)

| 評価部位 | 発生荷重                | 許容荷重 |
|------|---------------------|------|
| 上部軸受 | $2.712 \times 10^2$ |      |
| 下部軸受 | $2.809 \times 10^3$ |      |

すべて許容荷重以下である。

1.2.3.3.2.5
固定子と回転子のクリアランスの評価
(単位：mm)

| 評価部位           | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|----------------|---------|-------|
| 固定子と回転子のクリアランス | 0.01    | 0.8   |

すべて許容変位量以下である。

1.2.3.3.2.6
モータフレームの評価
(単位：MPa)

| 評価部位    | 発生応力 | 許容応力 |
|---------|------|------|
| モータフレーム | 3    | 50   |

すべて許容応力以下である。

### 1.3 その他の機器要目

#### (1) 節点データ

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |   |   |
|------|-----------|---|---|
|      | x         | y | z |
| 1    |           |   |   |
| 2    |           |   |   |
| 3    |           |   |   |
| 4    |           |   |   |
| 5    |           |   |   |
| 6    |           |   |   |
| 7    |           |   |   |
| 8    |           |   |   |
| 9    |           |   |   |
| 10   |           |   |   |
| 11   |           |   |   |
| 12   |           |   |   |
| 13   |           |   |   |
| 14   |           |   |   |
| 15   |           |   |   |
| 16   |           |   |   |
| 17   |           |   |   |
| 18   |           |   |   |
| 19   |           |   |   |
| 20   |           |   |   |
| 21   |           |   |   |
| 22   |           |   |   |
| 23   |           |   |   |
| 24   |           |   |   |
| 25   |           |   |   |
| 26   |           |   |   |
| 27   |           |   |   |
| 28   |           |   |   |
| 29   |           |   |   |
| 30   |           |   |   |
| 31   |           |   |   |
| 32   |           |   |   |
| 33   |           |   |   |
| 34   |           |   |   |
| 35   |           |   |   |
| 36   |           |   |   |
| 37   |           |   |   |
| 38   |           |   |   |
| 39   |           |   |   |
| 40   |           |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |   |   |
|------|-----------|---|---|
|      | x         | y | z |
| 41   |           |   |   |
| 42   |           |   |   |
| 43   |           |   |   |
| 44   |           |   |   |
| 45   |           |   |   |
| 46   |           |   |   |
| 47   |           |   |   |
| 48   |           |   |   |
| 49   |           |   |   |
| 50   |           |   |   |
| 51   |           |   |   |
| 52   |           |   |   |
| 53   |           |   |   |
| 54   |           |   |   |
| 55   |           |   |   |
| 56   |           |   |   |
| 57   |           |   |   |
| 58   |           |   |   |
| 59   |           |   |   |
| 60   |           |   |   |
| 61   |           |   |   |
| 62   |           |   |   |

## (2) 要素の断面性状

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の節点<br>番号 | 材料<br>番号 | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------------------|---------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1                | 1-2           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 2                | 2-3           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 3                | 3-4           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 4                | 4-5           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 5                | 5-6           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 6                | 6-7           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 7                | 7-8           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 8                | 8-9           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 9                | 9-10          | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 10               | 10-11         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 11               | 11-12         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 12               | 12-13         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 13               | 13-14         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 14               | 14-15         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 15               | 15-16         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 16               | 16-17         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 17               | 17-18         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 18               | 18-19         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 19               | 19-20         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 20               | 20-21         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 21               | 21-22         | 111      |                           | $2.198 \times 10^5$                 |
| 22               | 22-23         | 112      |                           | $3.220 \times 10^6$                 |
| 23               | 23-24         | 112      |                           | $5.970 \times 10^6$                 |
| 24               | 24-25         | 112      |                           | $1.180 \times 10^6$                 |
| 25               | 26-27         | 111      |                           | $1.554 \times 10^8$                 |
| 26               | 27-28         | 111      |                           | $4.632 \times 10^8$                 |
| 27               | 28-29         | 111      |                           | $4.632 \times 10^8$                 |
| 28               | 29-30         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 29               | 30-31         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 30               | 31-32         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 31               | 32-33         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 32               | 33-34         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 33               | 34-35         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 34               | 35-36         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 35               | 36-37         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 36               | 37-38         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 37               | 38-39         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 38               | 39-40         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 39               | 40-41         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 40               | 41-42         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |

(続き)

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の節点<br>番号 | 材料<br>番号 | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------------------|---------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 41               | 42-43         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 42               | 43-44         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 43               | 44-45         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 44               | 45-46         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 45               | 46-47         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 46               | 47-48         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 47               | 48-49         | 111      |                           | $2.546 \times 10^6$                 |
| 48               | 50-51         | 113      |                           | $3.588 \times 10^9$                 |
| 49               | 51-52         | 113      |                           | $2.769 \times 10^9$                 |
| 50               | 52-53         | 113      |                           | $1.861 \times 10^9$                 |
| 51               | 53-54         | 113      |                           | $2.769 \times 10^9$                 |
| 52               | 54-55         | 113      |                           | $3.677 \times 10^9$                 |
| 53               | 55-56         | 114      |                           | $4.540 \times 10^8$                 |
| 54               | 56-57         | 114      |                           | $4.540 \times 10^8$                 |
| 55               | 57-58         | 114      |                           | $8.820 \times 10^8$                 |
| 56               | 58-59         | 114      |                           | $8.820 \times 10^8$                 |
| 57               | 59-60         | 114      |                           | $8.820 \times 10^8$                 |
| 58               | 60-61         | 114      |                           | $3.520 \times 10^8$                 |
| 59               | 61-62         | 114      |                           | $3.520 \times 10^8$                 |



(3) ばね結合部の指定

| ばねの両端の節点番号 |    | ばね定数 |
|------------|----|------|
| 2          | 29 |      |
| 5          | 32 |      |
| 7          | 34 |      |
| 9          | 36 |      |
| 11         | 38 |      |
| 13         | 40 |      |
| 15         | 42 |      |
| 18         | 45 |      |
| 21         | 48 |      |
| 23         | 56 |      |
| 24         | 61 |      |
| 47         | 51 |      |
| 31         | －  |      |
| 37         | －  |      |
| 50         | －  |      |
| 50         | －  |      |

(4) 節点の質量

| 節点番号 | 質量(kg) |
|------|--------|
| 1    |        |
| 2    |        |
| 3    |        |
| 4    |        |
| 5    |        |
| 6    |        |
| 7    |        |
| 8    |        |
| 9    |        |
| 10   |        |
| 11   |        |
| 12   |        |
| 13   |        |
| 14   |        |
| 15   |        |
| 16   |        |
| 17   |        |
| 18   |        |
| 19   |        |
| 20   |        |
| 21   |        |
| 22   |        |
| 23   |        |
| 24   |        |
| 25   |        |
| 26   |        |
| 27   |        |
| 28   |        |
| 29   |        |
| 30   |        |
| 31   |        |
| 32   |        |
| 33   |        |
| 34   |        |
| 35   |        |
| 36   |        |
| 37   |        |
| 38   |        |
| 39   |        |
| 40   |        |

(続き)

| 節点番号 | 質量(kg) |
|------|--------|
| 41   |        |
| 42   |        |
| 43   |        |
| 44   |        |
| 45   |        |
| 46   |        |
| 47   |        |
| 48   |        |
| 49   |        |
| 50   |        |
| 51   |        |
| 52   |        |
| 53   |        |
| 54   |        |
| 55   |        |
| 56   |        |
| 57   |        |
| 58   |        |
| 59   |        |
| 60   |        |
| 61   |        |
| 62   |        |

## (5) 材料物性値

| 材料番号 | 温度<br>(℃) | 縦弾性係数<br>(MPa) | 質量密度<br>(kg/mm <sup>3</sup> ) | ポアソン比<br>(-) | 材質 | 部位  |
|------|-----------|----------------|-------------------------------|--------------|----|-----|
| 111  | 50        |                |                               | 0.3          |    | ポンプ |
| 112  | 50        |                |                               | 0.3          |    | 原動機 |
| 113  | 50        |                |                               | 0.3          |    | ポンプ |
| 114  | 50        |                |                               | 0.3          |    | 原動機 |

【高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

| 機器名称              | 設備分類             | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                | 固有周期(s)       |                    | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | ポンプ振動<br>による震度                       | 最高使用<br>温度<br>(℃) | 周囲環境<br>温度<br>(℃) | 最高使用圧力<br>(MPa) |
|-------------------|------------------|----------------------------------|---------------|--------------------|----------------------------------|---------------------|--------------------------------------|-------------------|-------------------|-----------------|
|                   |                  |                                  |               |                    |                                  |                     |                                      |                   |                   |                 |
| 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ | 常設／防止<br>(DB 拡張) | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>0.P.3.0* | 水平方向<br>0.074 | 鉛直方向<br>0.05<br>以下 | 水平方向<br>設計震度<br>—                | 鉛直方向<br>設計震度<br>—   | 鉛直方向<br>設計震度<br>C <sub>v</sub> =1.94 | 50                | 50                | 0.78            |

注記＊：基準レベルを示す。

2.1.2 機器要目

(1) ボルト

| 部 材                 | m <sub>i</sub><br>(kg) | D <sub>i</sub><br>(mm) | d <sub>i</sub><br>(mm) | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>i</sub> | n <sub>f i</sub> | M <sub>p</sub><br>(N・mm) | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------|------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                        |                        |                        |                                        | 6              | 6                | —                        |                           |                           |                         |                                      |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |                        |                        |                        |                                        | 16             | 16               | 3.820×10 <sup>5</sup>    |                           |                           |                         |                                      |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |                        |                        |                        |                                        | 8              | 8                | 3.820×10 <sup>5</sup>    |                           |                           |                         |                                      |

注記＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出

(2) コラムパイプ

| 部 材    | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | D <sub>c</sub><br>(mm) | t<br>(mm) |
|--------|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------|
| コラムパイプ |            |                         |                         |                        |           |

注記＊：最高使用温度で算出

(3) サポート取付ボルト

| 部 材                          | A <sub>s b j</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>s j</sub> | S <sub>y j</sub><br>(MPa) | S <sub>u j</sub><br>(MPa) | S <sub>y j</sub> (RT)<br>(MPa) | F <sub>j</sub><br>(MPa) | F <sub>j</sub> *<br>(MPa) |
|------------------------------|------------------------------------------|------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 第一中間サポート<br>基礎ボルト<br>( j =1) |                                          | 4                |                           |                           |                                |                         |                           |
| 第一中間サポート<br>取付ボルト<br>( j =2) |                                          | 8                |                           |                           |                                |                         |                           |
| 第二中間サポート<br>基礎ボルト<br>( j =3) |                                          | 4                |                           |                           |                                |                         |                           |
| 第二中間サポート<br>取付ボルト<br>( j =4) |                                          | 8                |                           |                           |                                |                         |                           |

注記＊：周囲環境温度で算出

|                 |               |
|-----------------|---------------|
| 予想最大両振幅<br>(μm) | 回転速度<br>(rpm) |
|                 |               |

2.1.3 計算数値

(1) ボルトに作用する力

(単位：N・mm)

| 部 材                 | M <sub>i</sub> (N・mm)   |           | F <sub>b,i</sub> (N)    |           | Q <sub>b,i</sub> (N)    |           |
|---------------------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|-------------------------|-----------|
|                     | 弾性設計+用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計+用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計+用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                         |           |                         |           |                         |           |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |                         |           |                         |           |                         |           |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |                         |           |                         |           |                         |           |

部 材

M

弾性設計+用地震動 S d又は静的震度

基準地震動 S s

|        |  |
|--------|--|
| コラムパイプ |  |
|--------|--|

(2) コラムパイプに作用する力

(3) サポート取付ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部 材                      | W <sub>j</sub>      |           |
|--------------------------|---------------------|-----------|
|                          | 弾性設計+用地震動 S d又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| 第一中間サポート基礎ボルト<br>( j =1) |                     |           |
| 第一中間サポート取付ボルト<br>( j =2) |                     |           |
| 第二中間サポート基礎ボルト<br>( j =3) |                     |           |
| 第二中間サポート取付ボルト<br>( j =4) |                     |           |

2.1.4 結論

2.1.4.1 固有周期 (単位：s )

|        |                          |
|--------|--------------------------|
| モード    | 固有周期                     |
| 水平 1 次 | T <sub>H1</sub> =0.074   |
| 鉛直 1 次 | T <sub>V1</sub> =0.05 以下 |

2.1.4.2 ボルトの応力

| 部 材                 | 材 料 | 材 力 | 弾性設計用地震動S d又は<br>静的震度 |      | 基準地震動S s         |                     |
|---------------------|-----|-----|-----------------------|------|------------------|---------------------|
|                     |     |     | 算出応力                  | 許容応力 | 算出応力             | 許容応力                |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |     | 引張り | －                     | －    | $\sigma_{b1}=33$ | $f_{t s 1}=184^{*}$ |
|                     |     | せん断 | －                     | －    | $\tau_{b1}=12$   | $f_{s b 1}=142$     |
| ポンプ取付ボルト<br>( i =2) |     | 引張り | －                     | －    | $\sigma_{b2}=21$ | $f_{t s 2}=505^{*}$ |
|                     |     | せん断 | －                     | －    | $\tau_{b2}=3$    | $f_{s b 2}=389$     |
| 原動機取付ボルト<br>( i =3) |     | 引張り | －                     | －    | $\sigma_{b4}=18$ | $f_{t s 4}=505^{*}$ |
|                     |     | せん断 | －                     | －    | $\tau_{b4}=9$    | $f_{s b 4}=389$     |

すべて許容応力以下である。
注記\*： $f_{tsi}=\text{Min}\left[1.4\cdot f_{toi}-1.6\cdot \tau_{bi},f_{toi}\right]$ より算出

2.1.4.3 コラムハブの応力

| 部 材   | 材 料 | 一次一般剪断力            |                      |
|-------|-----|--------------------|----------------------|
|       |     | 算出応力               | 許容応力                 |
| コラムハブ |     | —                  | —                    |
|       |     | 弾性設計用地震動S d 又は静的震度 | —                    |
|       |     | 基準地震動S s           | $\sigma=61$ S a =306 |

すべて許容応力以下である。

2.1.4.4 サポート取付ボルトの応力

| 部 材                          | 材 料 | 材 力 | 弾性設計用地震動S d 又は静的震度 |      | 基準地震動S s        |                |
|------------------------------|-----|-----|--------------------|------|-----------------|----------------|
|                              |     |     | 算出応力               | 許容応力 | 算出応力            | 許容応力           |
| 第一中間サポート<br>基礎ボルト<br>( j =1) |     | せん断 | —                  | —    | $\tau_{sb1}=18$ | $f_{ssb1}=142$ |
| 第一中間サポート<br>取付ボルト<br>( j =2) |     | せん断 | —                  | —    | $\tau_{sb2}=12$ | $f_{ssb2}=142$ |
| 第二中間サポート<br>基礎ボルト<br>( j =3) |     | せん断 | —                  | —    | $\tau_{sb3}=17$ | $f_{ssb3}=142$ |
| 第二中間サポート<br>取付ボルト<br>( j =4) |     | せん断 | —                  | —    | $\tau_{sb4}=10$ | $f_{ssb4}=142$ |



2.2
動的機能維持評価

2.2.1
設計条件

| 機器名称                      | 形式          | 定格容量<br>(m <sup>3</sup> /h) | 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)               | 固有周期(s) |             | 基準地震動S <sub>s</sub>   |                       | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(°C) | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|---------------------------|-------------|-----------------------------|-------------------------------------|---------|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------------|--------------------|
|                           |             |                             |                                     | 水平方向    | 鉛直方向        | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                |                    |                    |
| 高圧炉心スプレ<br>イ<br>補機冷却海水ポンプ | 立形斜流<br>ポンプ | 250                         | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>0. P. 3. 0* | 0. 074  | 0. 05<br>以下 | C <sub>H</sub> =1. 40 | C <sub>V</sub> =1. 61 |                | 50                 | 50                 |

注記＊：基準レベルを示す。

| 機器名称                              | 形式              | 出力<br>(kW) | 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)               | 固有周期(s) |             | 基準地震動S <sub>s</sub>   |                       | ポンプ振動<br>による震度 | 最高使用<br>温度<br>(°C) | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|-----------------------------------|-----------------|------------|-------------------------------------|---------|-------------|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------------|--------------------|
|                                   |                 |            |                                     | 水平方向    | 鉛直方向        | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                |                    |                    |
| 高圧炉心スプレ<br>イ<br>補機冷却海水ポンプ用<br>原動機 | 立形ころがり軸受<br>電動機 | 60         | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>0. P. 3. 0* | 0. 074  | 0. 05<br>以下 | C <sub>H</sub> =1. 40 | C <sub>V</sub> =1. 61 |                | —                  | 50                 |

注記＊：基準レベルを示す。

2.2.2
機器要素

(1)
固定子

| 部 材 | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | T <sub>ma</sub><br>(%) | D<br>(mm) | A <sub>p</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | W <sub>c</sub><br>(kg) | n <sub>p</sub> |
|-----|---------------------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|------------------------|----------------|
| 固定子 | 1500                      | 200                    | 430       | 187. 5                               | 200                    | 8              |

(2)
軸

| 部 材 | M <sub>s</sub><br>(N・mm)   | Z <sub>s</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>s</sub><br>(kg) | A <sub>s</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | d <sub>s</sub><br>(mm) |
|-----|----------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| 軸   | 9. 344×<br>10 <sup>4</sup> | 1. 633×<br>10 <sup>4</sup>           | 59                     | 2. 376×<br>10 <sup>3</sup>           | 1500                      | 55                     |

(3)
端子箱

| 部 材 | W <sub>t</sub><br>(kg) | n <sub>t</sub> | A <sub>bt</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | Q <sub>bt</sub><br>(N)     |
|-----|------------------------|----------------|---------------------------------------|----------------------------|
| 端子箱 | 18                     | 4              | 78. 54                                | 6. 964×<br>10 <sup>3</sup> |

(4)
モータフレーム

| 部 材     | M <sub>f</sub><br>(N・mm)   | Z <sub>f</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>f</sub><br>(kg) | A <sub>f</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) |
|---------|----------------------------|--------------------------------------|------------------------|--------------------------------------|
| モータフレーム | 3. 379×<br>10 <sup>6</sup> | 2. 259×<br>10 <sup>6</sup>           | 190                    | 2. 097×<br>10 <sup>4</sup>           |

2.2.3
結論

2.2.3.1
機能確認済加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度<br>(×9.8m/s <sup>2</sup> ) |
|-----|------|-------------|-------------------------------------|
| ポンプ | 水平方向 | 3.18        | 10.0                                |
|     | 鉛直方向 | 1.61        | 1.0                                 |
| 原動機 | 水平方向 | 1.40        | 2.5                                 |
|     | 鉛直方向 | 1.61        | 1.0                                 |

注記＊：基準地震動Sにより定まる応答加速度とする。  
 ポンプは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。  
 原動機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

- 2.2.3.2 立形斜流ポンプの動的機能維持評価
- 2.2.3.2.1 代表評価項目の評価
- 基礎ボルト、ポンプ取付ボルト、コラムパイプ、ストッパについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。
- 2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価
- 2.2.3.2.2.1 軸受の評価
- (単位：N)

| 評価部位         | 発生荷重                   | 許容荷重                   |
|--------------|------------------------|------------------------|
| ポンプ軸受 (1 段目) | 4. 626×10 <sup>3</sup> | 7. 060×10 <sup>3</sup> |
| ポンプ軸受 (2 段目) | 4. 291×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (3 段目) | 4. 510×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (4 段目) | 4. 196×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (5 段目) | 4. 160×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (6 段目) | 5. 535×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (7 段目) | 4. 565×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (8 段目) | 4. 142×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |
| ポンプ軸受 (9 段目) | 4. 041×10 <sup>3</sup> | 2. 118×10 <sup>4</sup> |

すべて許容値以下である。

- 2.2.3.3 立形ころがり軸受電動機の動的機能維持評価
- 2.2.3.3.1 代表評価項目の評価
- 原動機取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。
- 2.2.3.3.2 上記以外の基本評価項目の評価
- 2.2.3.3.2.1 固定子の評価
- (単位：MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 固定子  | せん断 | 5    | 121  |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.2 軸 (回転子) の評価

(単位: MPa)

| 評価部位    | 発生応力 | 許容応力 |
|---------|------|------|
| 軸 (回転子) | 16   | 474  |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.3 端子箱の評価

(単位: MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 端子箱  | 引張り | 23   | 184  |
|      | せん断 | 3    | 142  |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.3.2.4 軸受の評価

(単位: N)

| 評価部位 | 発生荷重                | 許容荷重 |
|------|---------------------|------|
| 上部軸受 | $2.712 \times 10^2$ |      |
| 下部軸受 | $2.809 \times 10^3$ |      |

すべて許容荷重以下である。

2.2.3.3.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位: mm)

| 評価部位           | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|----------------|---------|-------|
| 固定子と回転子のクリアランス | 0.01    | 0.8   |

すべて許容変位量以下である。

2.2.3.3.2.6 モータフレームの評価

(単位: MPa)

| 評価部位    | 発生応力 | 許容応力 |
|---------|------|------|
| モータフレーム | 3    | 50   |

すべて許容応力以下である。

## 2.3 その他の機器要目

### (1) 節点データ

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |   |   |
|------|-----------|---|---|
|      | x         | y | z |
| 1    |           |   |   |
| 2    |           |   |   |
| 3    |           |   |   |
| 4    |           |   |   |
| 5    |           |   |   |
| 6    |           |   |   |
| 7    |           |   |   |
| 8    |           |   |   |
| 9    |           |   |   |
| 10   |           |   |   |
| 11   |           |   |   |
| 12   |           |   |   |
| 13   |           |   |   |
| 14   |           |   |   |
| 15   |           |   |   |
| 16   |           |   |   |
| 17   |           |   |   |
| 18   |           |   |   |
| 19   |           |   |   |
| 20   |           |   |   |
| 21   |           |   |   |
| 22   |           |   |   |
| 23   |           |   |   |
| 24   |           |   |   |
| 25   |           |   |   |
| 26   |           |   |   |
| 27   |           |   |   |
| 28   |           |   |   |
| 29   |           |   |   |
| 30   |           |   |   |
| 31   |           |   |   |
| 32   |           |   |   |
| 33   |           |   |   |
| 34   |           |   |   |
| 35   |           |   |   |
| 36   |           |   |   |
| 37   |           |   |   |
| 38   |           |   |   |
| 39   |           |   |   |
| 40   |           |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(続き)

| 節点番号 | 節点座標(mm) |   |   |
|------|----------|---|---|
|      | x        | y | z |
| 41   |          |   |   |
| 42   |          |   |   |
| 43   |          |   |   |
| 44   |          |   |   |
| 45   |          |   |   |
| 46   |          |   |   |
| 47   |          |   |   |
| 48   |          |   |   |
| 49   |          |   |   |
| 50   |          |   |   |
| 51   |          |   |   |
| 52   |          |   |   |
| 53   |          |   |   |
| 54   |          |   |   |
| 55   |          |   |   |
| 56   |          |   |   |
| 57   |          |   |   |
| 58   |          |   |   |
| 59   |          |   |   |
| 60   |          |   |   |
| 61   |          |   |   |
| 62   |          |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## (2) 要素の断面性状

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の節点<br>番号 | 材料<br>番号 | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------------------|---------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 1                | 1-2           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 2                | 2-3           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 3                | 3-4           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 4                | 4-5           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 5                | 5-6           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 6                | 6-7           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 7                | 7-8           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 8                | 8-9           | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 9                | 9-10          | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 10               | 10-11         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 11               | 11-12         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 12               | 12-13         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 13               | 13-14         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 14               | 14-15         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 15               | 15-16         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 16               | 16-17         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 17               | 17-18         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 18               | 18-19         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 19               | 19-20         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 20               | 20-21         | 111      |                           | $6.362 \times 10^5$                 |
| 21               | 21-22         | 111      |                           | $2.198 \times 10^5$                 |
| 22               | 22-23         | 112      |                           | $3.220 \times 10^6$                 |
| 23               | 23-24         | 112      |                           | $5.970 \times 10^6$                 |
| 24               | 24-25         | 112      |                           | $1.180 \times 10^6$                 |
| 25               | 26-27         | 111      |                           | $1.554 \times 10^8$                 |
| 26               | 27-28         | 111      |                           | $4.632 \times 10^8$                 |
| 27               | 28-29         | 111      |                           | $4.632 \times 10^8$                 |
| 28               | 29-30         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 29               | 30-31         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 30               | 31-32         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 31               | 32-33         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 32               | 33-34         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 33               | 34-35         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 34               | 35-36         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 35               | 36-37         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 36               | 37-38         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 37               | 38-39         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 38               | 39-40         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 39               | 40-41         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 40               | 41-42         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |

(続き)

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の節点<br>番号 | 材料<br>番号 | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>(mm <sup>4</sup> ) |
|------------------|---------------|----------|---------------------------|-------------------------------------|
| 41               | 42-43         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 42               | 43-44         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 43               | 44-45         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 44               | 45-46         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 45               | 46-47         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 46               | 47-48         | 111      |                           | $6.287 \times 10^7$                 |
| 47               | 48-49         | 111      |                           | $2.546 \times 10^6$                 |
| 48               | 50-51         | 113      |                           | $3.588 \times 10^9$                 |
| 49               | 51-52         | 113      |                           | $2.769 \times 10^9$                 |
| 50               | 52-53         | 113      |                           | $1.861 \times 10^9$                 |
| 51               | 53-54         | 113      |                           | $2.769 \times 10^9$                 |
| 52               | 54-55         | 113      |                           | $3.677 \times 10^9$                 |
| 53               | 55-56         | 114      |                           | $4.540 \times 10^8$                 |
| 54               | 56-57         | 114      |                           | $4.540 \times 10^8$                 |
| 55               | 57-58         | 114      |                           | $8.820 \times 10^8$                 |
| 56               | 58-59         | 114      |                           | $8.820 \times 10^8$                 |
| 57               | 59-60         | 114      |                           | $8.820 \times 10^8$                 |
| 58               | 60-61         | 114      |                           | $3.520 \times 10^8$                 |
| 59               | 61-62         | 114      |                           | $3.520 \times 10^8$                 |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(3) ばね結合部の指定

| ばねの両端の節点番号 |    | ばね定数 |
|------------|----|------|
| 2          | 29 |      |
| 5          | 32 |      |
| 7          | 34 |      |
| 9          | 36 |      |
| 11         | 38 |      |
| 13         | 40 |      |
| 15         | 42 |      |
| 18         | 45 |      |
| 21         | 48 |      |
| 23         | 56 |      |
| 24         | 61 |      |
| 47         | 51 |      |
| 31         | —  |      |
| 37         | —  |      |
| 50         | —  |      |
| 50         | —  |      |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 節点の質量

| 節点番号 | 質量(kg) |
|------|--------|
| 1    |        |
| 2    |        |
| 3    |        |
| 4    |        |
| 5    |        |
| 6    |        |
| 7    |        |
| 8    |        |
| 9    |        |
| 10   |        |
| 11   |        |
| 12   |        |
| 13   |        |
| 14   |        |
| 15   |        |
| 16   |        |
| 17   |        |
| 18   |        |
| 19   |        |
| 20   |        |
| 21   |        |
| 22   |        |
| 23   |        |
| 24   |        |
| 25   |        |
| 26   |        |
| 27   |        |
| 28   |        |
| 29   |        |
| 30   |        |
| 31   |        |
| 32   |        |
| 33   |        |
| 34   |        |
| 35   |        |
| 36   |        |
| 37   |        |
| 38   |        |
| 39   |        |
| 40   |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

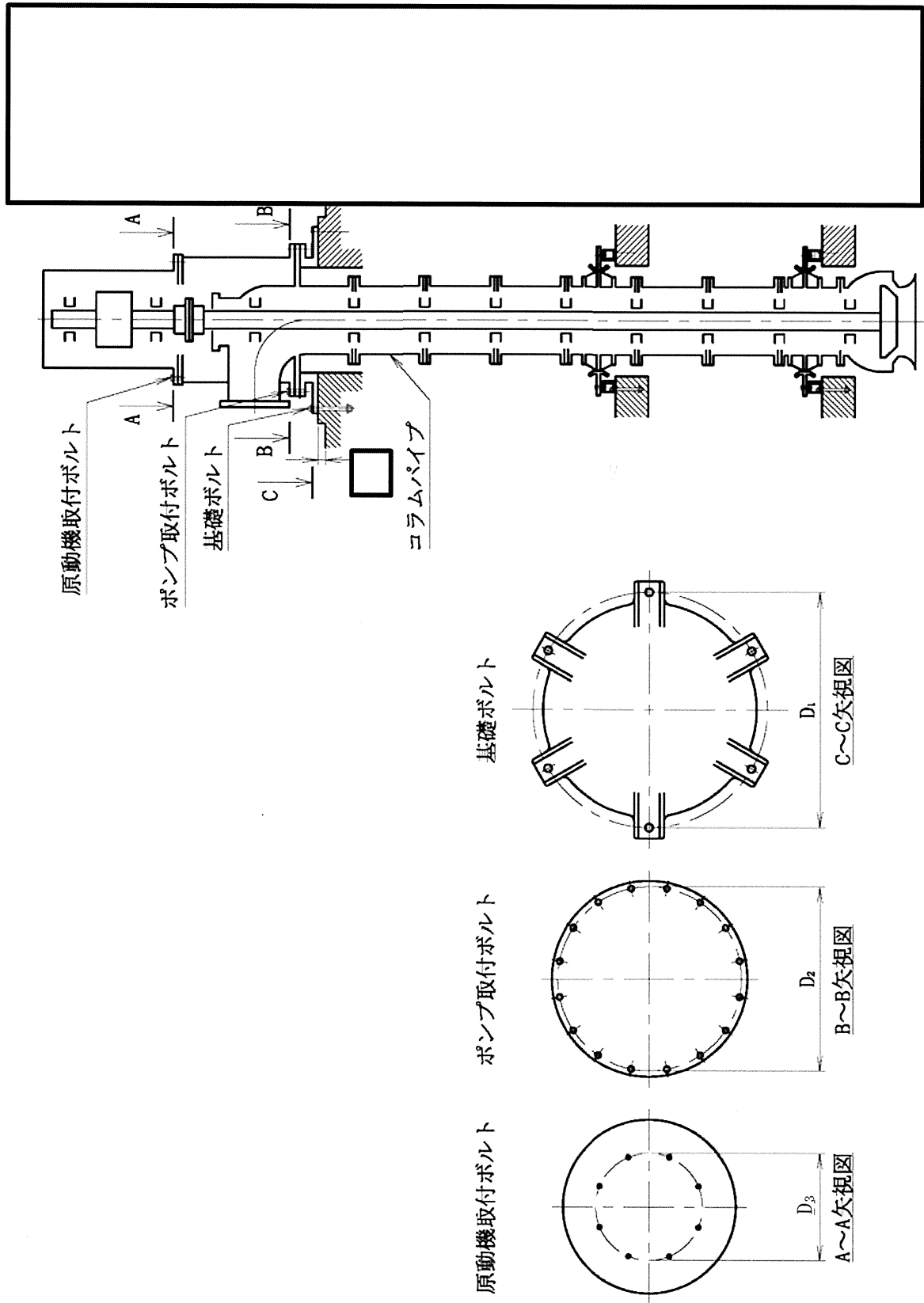
(続き)

| 節点番号 | 質量(kg) |
|------|--------|
| 41   |        |
| 42   |        |
| 43   |        |
| 44   |        |
| 45   |        |
| 46   |        |
| 47   |        |
| 48   |        |
| 49   |        |
| 50   |        |
| 51   |        |
| 52   |        |
| 53   |        |
| 54   |        |
| 55   |        |
| 56   |        |
| 57   |        |
| 58   |        |
| 59   |        |
| 60   |        |
| 61   |        |
| 62   |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) 材料物性値

| 材料番号 | 温度<br>(℃) | 縦弾性係数<br>(MPa) | 質量密度<br>(kg/mm <sup>3</sup> ) | ポアソン比<br>(-) | 材質 | 部位  |
|------|-----------|----------------|-------------------------------|--------------|----|-----|
| 111  | 50        |                |                               | 0.3          |    | ポンプ |
| 112  | 50        |                |                               | 0.3          |    | 原動機 |
| 113  | 50        |                |                               | 0.3          |    | ポンプ |
| 114  | 50        |                |                               | 0.3          |    | 原動機 |



シャフト系    コラム系

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

VI-2-5-7-2-5 管の耐震性についての計算書  
(高圧炉心スプレイ補機冷却水系及び  
高圧炉心スプレイ補機冷却海水系)

- (1) 高圧炉心スプレイ補機冷却水系
- (2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

(1) 高圧炉心スプレイ補機冷却水系



## 設計基準対象施設

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 5  |
| 3. 計算条件 .....                     | 11 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 11 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 12 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 13 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 21 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 22 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 24 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 24 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 36 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 36 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 38 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 39 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 40 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

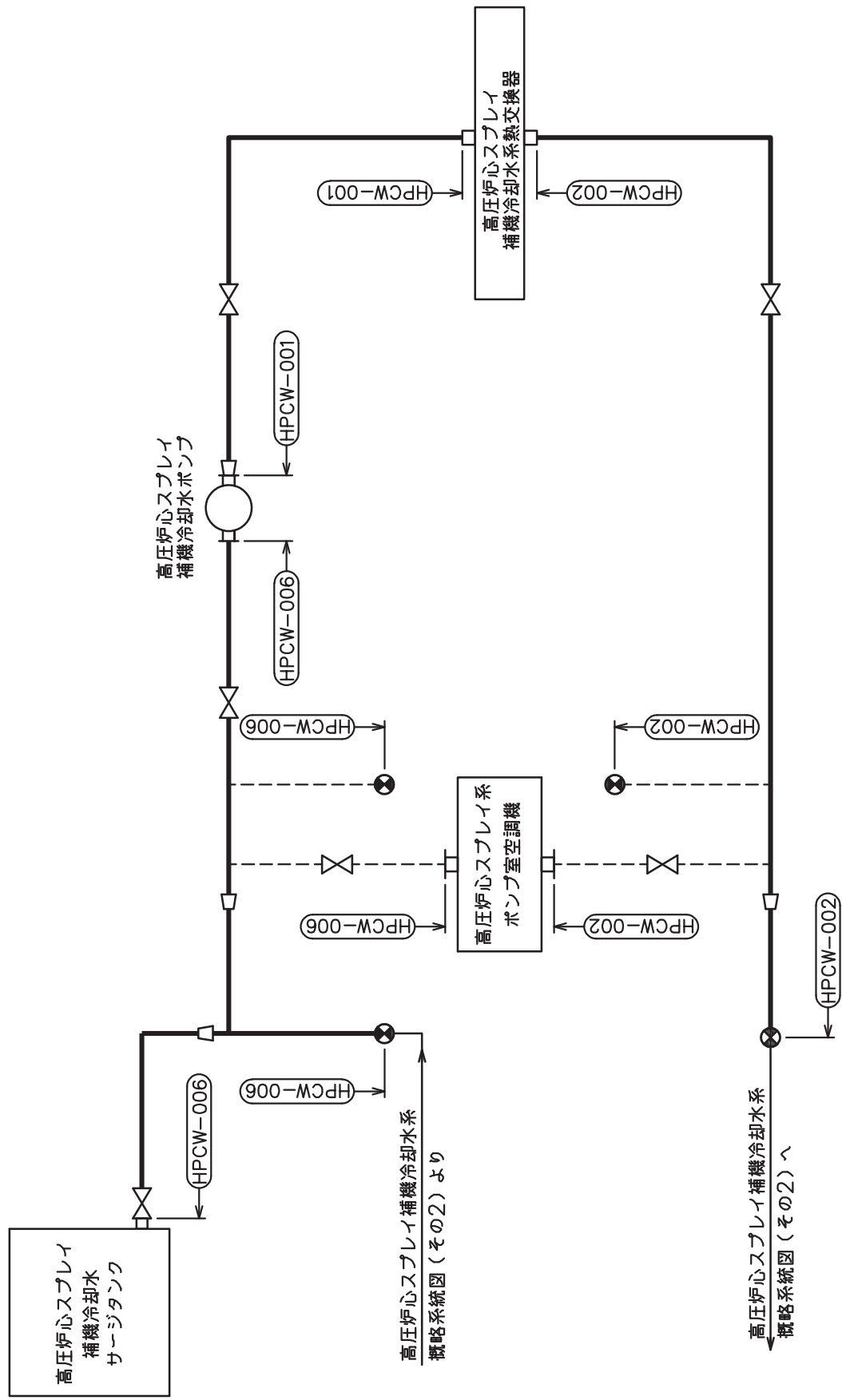
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

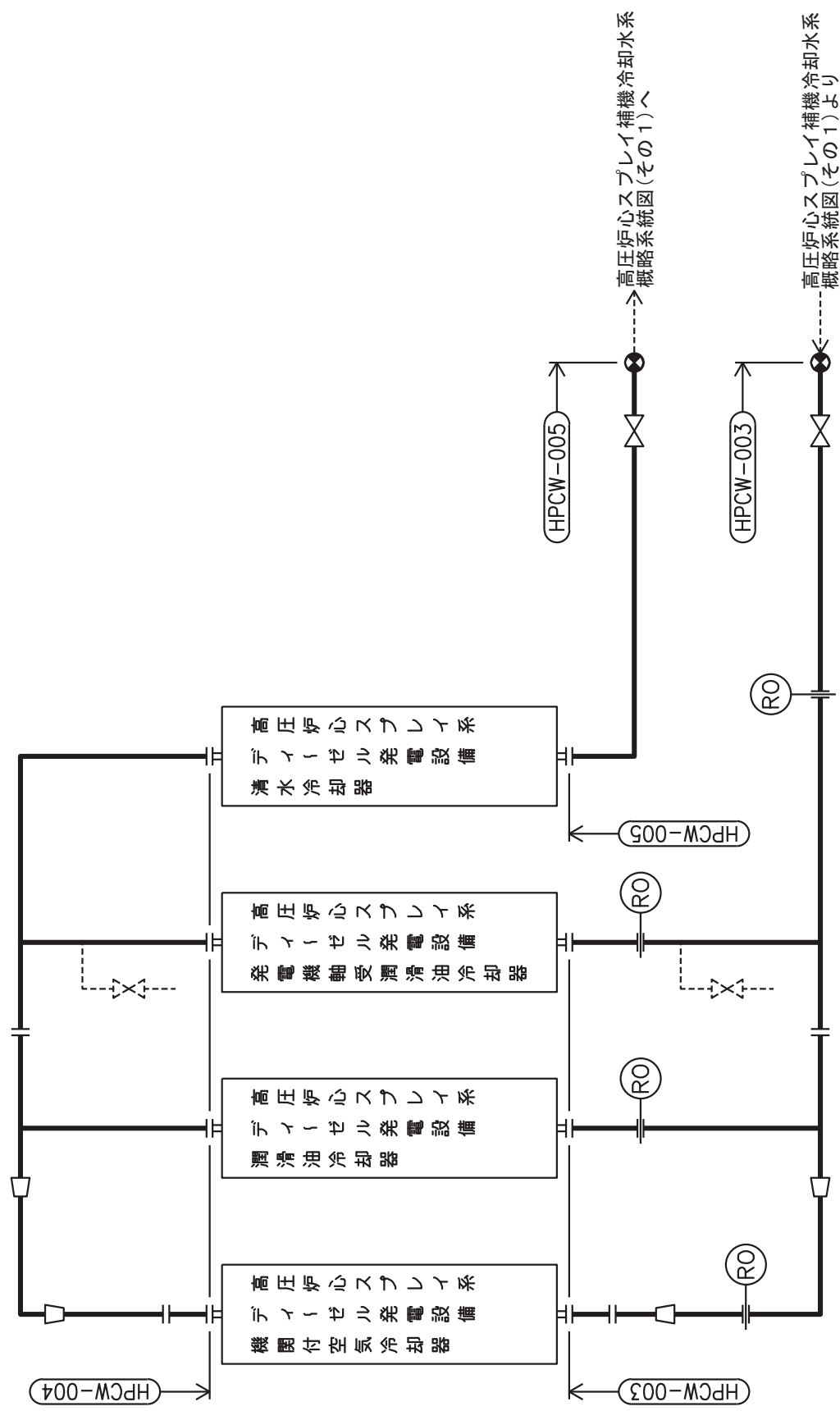
2. 概略系統図及び鳥瞰図  
 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



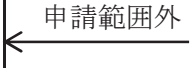
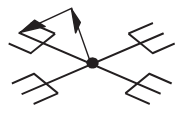
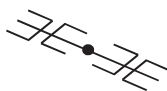
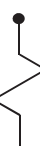
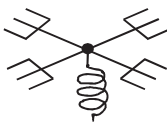
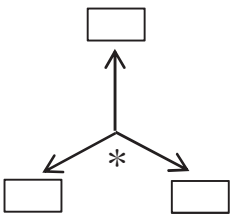
高圧炉心スプレー補機冷却水系概略系統図（その1）

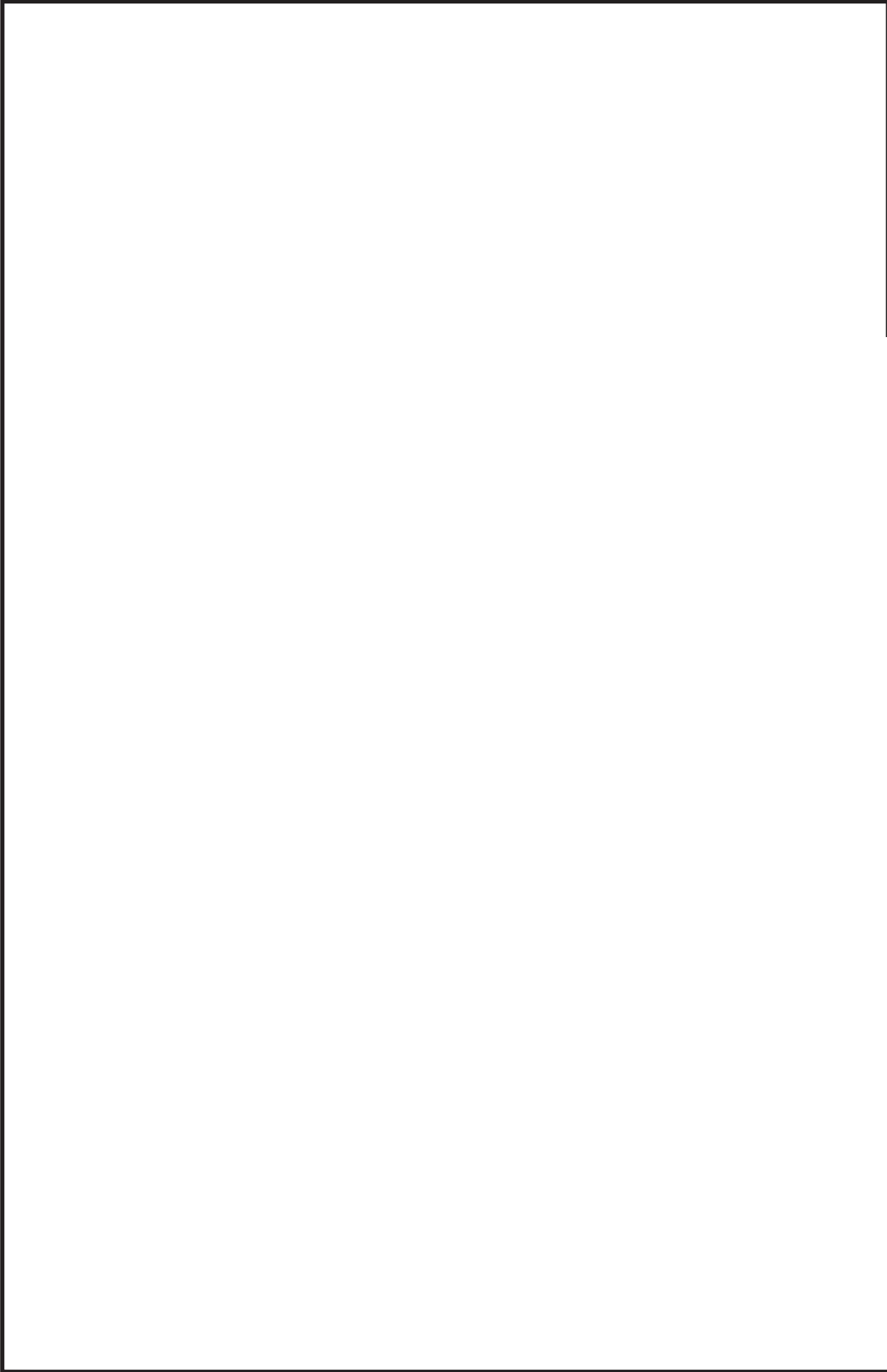


高圧炉心スプレー補機冷却水系概略系統図 (その2)

## 2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

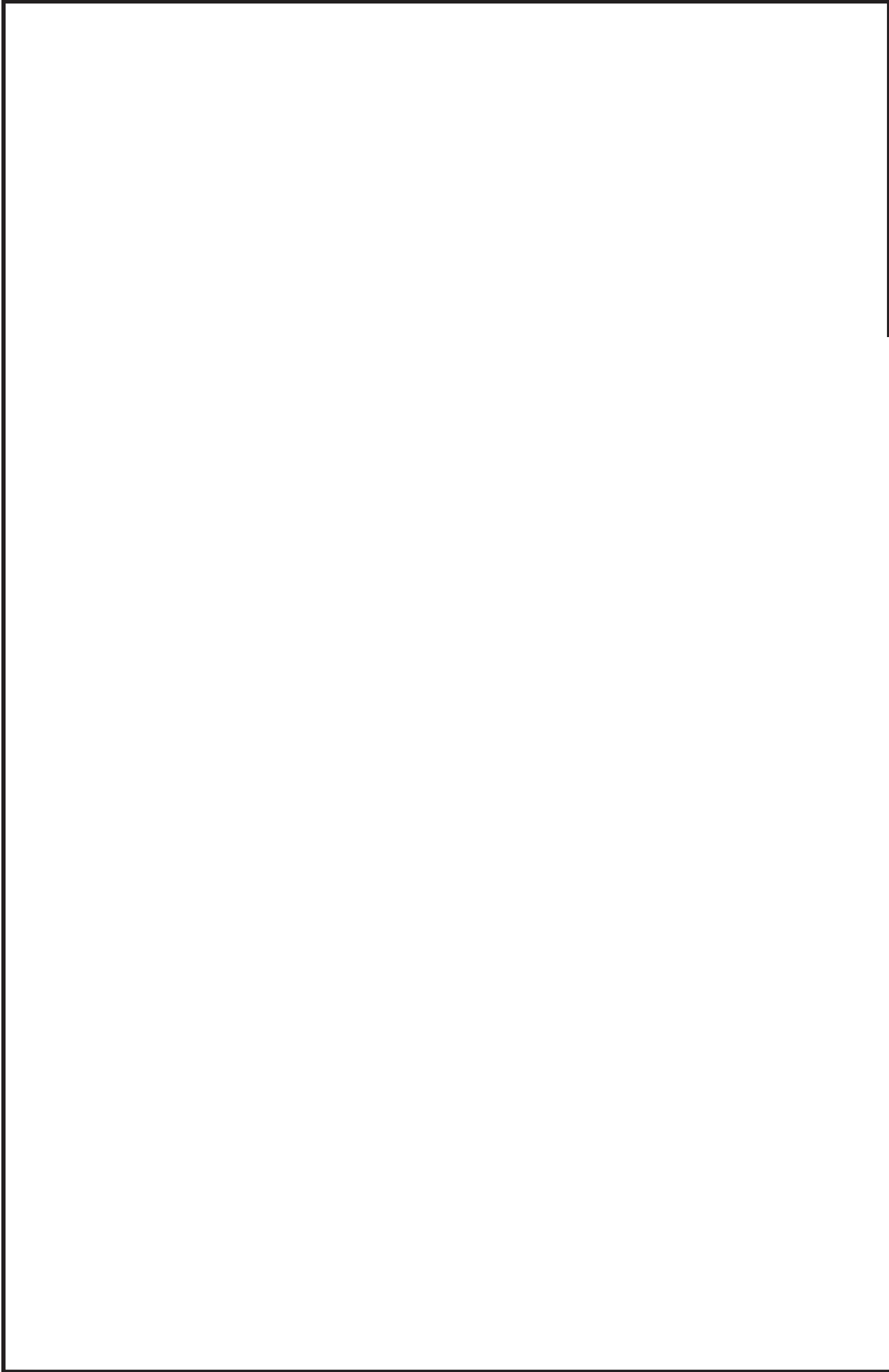
| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                           |
|  | スナッパ                                                                                                                                                 |
|  | ハンガ                                                                                                                                                  |
|  | ガイド                                                                                                                                                  |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に<br>変位量を記載する。) |



|     |                   |
|-----|-------------------|
| 鳥瞰図 | HPCW-003< 1 / 2 > |
|-----|-------------------|

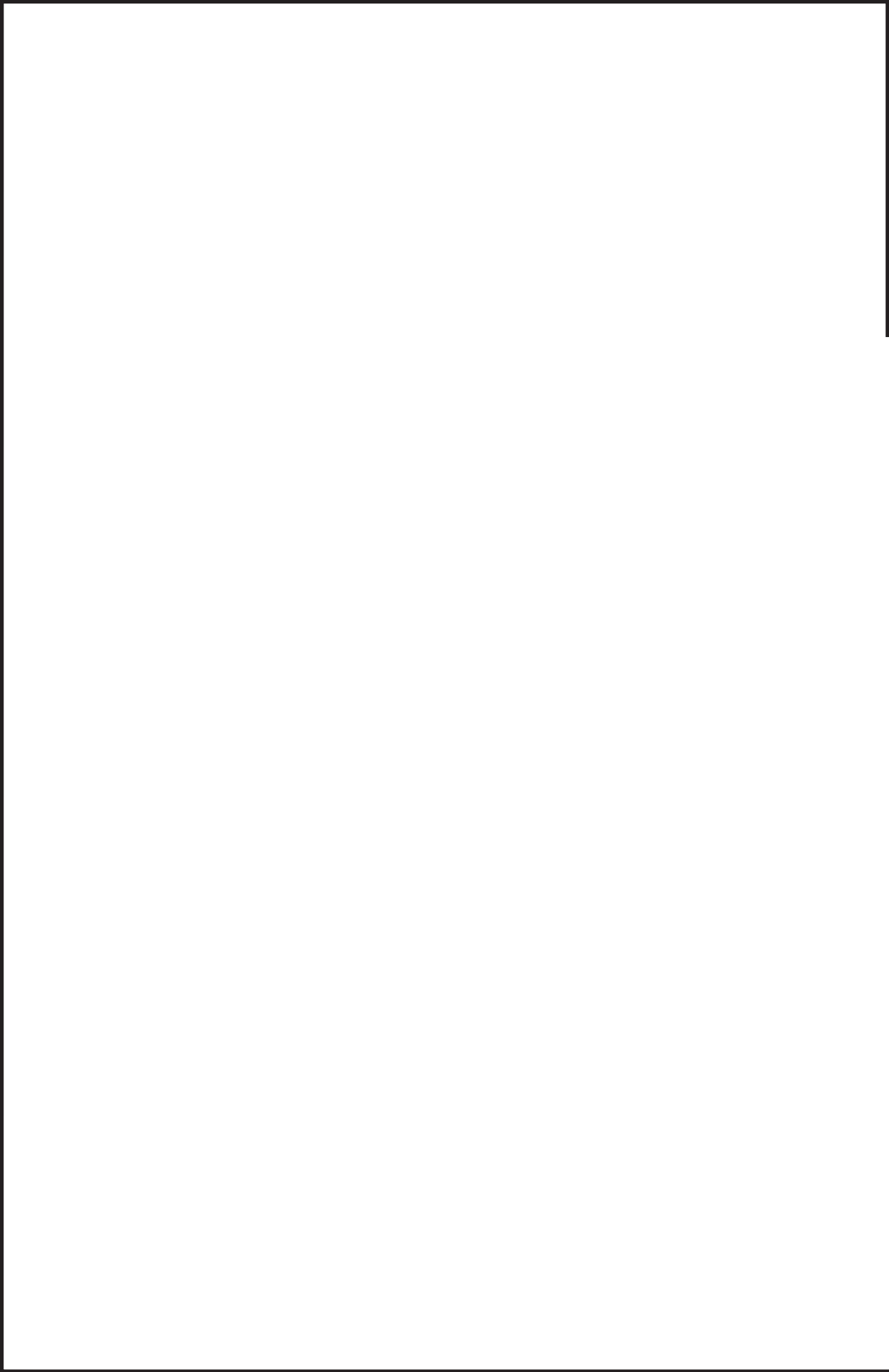
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





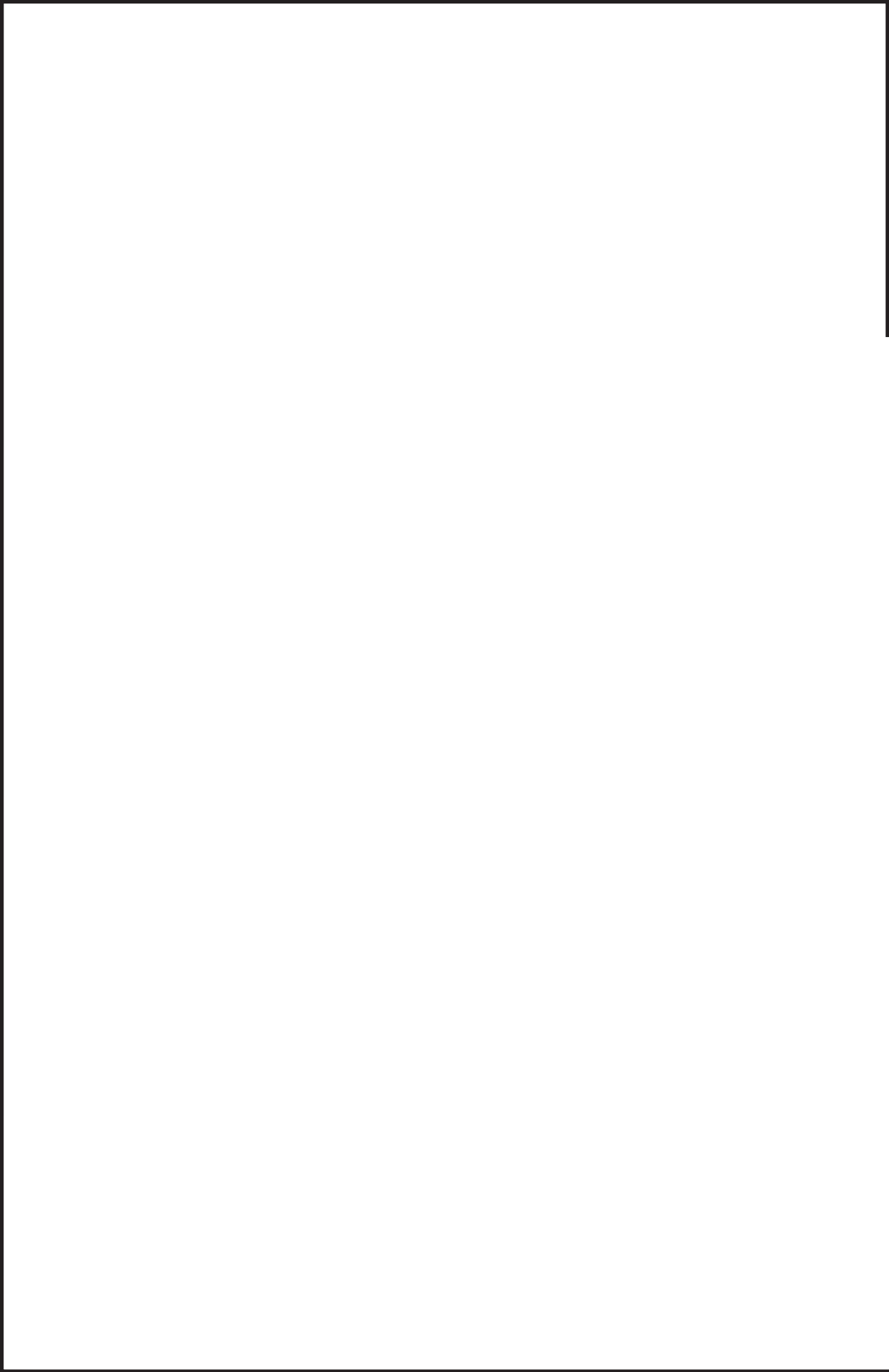
|     |               |
|-----|---------------|
| 鳥瞰図 | HPCW-003<2/2> |
|-----|---------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPCW-006-1/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-006-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPCW-006-3/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称      | 系統名称                                                    | 施設<br>分類*1 | 設備分類 | 機器等<br>の区分 | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*2, *3         | 許容応力<br>状態       |
|---------------|-----------|---------------------------------------------------------|------------|------|------------|-------------|----------------------|------------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機冷却設備 | 高圧炉心スプレ<br>イ<br>補機冷却水系（高<br>圧炉心スプレイ補<br>機冷却海水系を含<br>む。） | D B        | —    | クラス 3 管    | S           | I <sub>L</sub> + S d | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|               |           |                                                         |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d |                  |
|               |           |                                                         |            |      |            |             | I <sub>L</sub> + S s |                  |
|               |           |                                                         |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s | Ⅳ <sub>A</sub> S |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字 Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      H P C W - 0 0 3

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 1.18            | 70            | 165.2      | 7.1        | STS410 | S           | 200200         |
| 2   | 1.18            | 70            | 139.8      | 6.6        | STS410 | S           | 200200         |
| 3   | 1.18            | 70            | 114.3      | 6.0        | STS410 | S           | 200200         |
| 4   | 1.18            | 70            | 60.5       | 5.5        | STS410 | S           | 200200         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      H P C W - 0 0 3

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| 1   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 10 | 11 | 12  | 13  |
|     | 14      | 15  | 16  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22 | 23 | 24 | 25 | 26  | 27  |
|     | 28      | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35 | 36 | 37 | 38 | 39  | 40  |
|     | 41      | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48 | 49 | 50 | 51 | 104 | 105 |
|     | 106     | 107 | 108 |     |     |     |     |    |    |    |    |     |     |
| 2   | 51      | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58 | 59 | 60 | 61 | 62  | 63  |
|     | 64      | 65  | 66  |     |     |     |     |    |    |    |    |     |     |
| 3   | 66      | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73 | 74 | 75 | 76 | 77  | 78  |
|     | 79      | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  |     |    |    |    |    |     |     |
| 4   | 31      | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91 | 92 | 93 | 94 | 95  | 96  |
|     | 97      | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 |    |    |    |    |     |     |



配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P C W－0 0 3

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 25  |        | 46  |        | 67  |        | 88  |        |
| 2   |        | 26  |        | 47  |        | 68  |        | 89  |        |
| 3   |        | 27  |        | 48  |        | 69  |        | 90  |        |
| 4   |        | 28  |        | 49  |        | 70  |        | 91  |        |
| 5   |        | 29  |        | 50  |        | 71  |        | 92  |        |
| 6   |        | 30  |        | 51  |        | 72  |        | 93  |        |
| 7   |        | 31  |        | 52  |        | 73  |        | 94  |        |
| 8   |        | 32  |        | 53  |        | 74  |        | 95  |        |
| 9   |        | 33  |        | 54  |        | 75  |        | 96  |        |
| 10  |        | 34  |        | 55  |        | 76  |        | 97  |        |
| 11  |        | 35  |        | 56  |        | 77  |        | 98  |        |
| 12  |        | 36  |        | 57  |        | 78  |        | 99  |        |
| 13  |        | 37  |        | 58  |        | 79  |        | 100 |        |
| 14  |        | 38  |        | 59  |        | 80  |        | 101 |        |
| 15  |        | 39  |        | 60  |        | 81  |        | 102 |        |
| 19  |        | 40  |        | 61  |        | 82  |        | 103 |        |
| 20  |        | 41  |        | 62  |        | 83  |        | 104 |        |
| 21  |        | 42  |        | 63  |        | 84  |        | 105 |        |
| 22  |        | 43  |        | 64  |        | 85  |        | 106 |        |
| 23  |        | 44  |        | 65  |        | 86  |        | 107 |        |
| 24  |        | 45  |        | 66  |        | 87  |        | 108 |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 16  |        |
| 17  |        |
| 18  |        |

弁 部 の 寸 法 を 下 表 に 示 す 。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁 1  | 17  |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    H P C W - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 5     |                 |   |   |                       |   |   |
| 13    |                 |   |   |                       |   |   |
| 21    |                 |   |   |                       |   |   |
| 29    |                 |   |   |                       |   |   |
| 36    |                 |   |   |                       |   |   |
| 49    |                 |   |   |                       |   |   |
| 59    |                 |   |   |                       |   |   |
| 69    |                 |   |   |                       |   |   |
| 76    |                 |   |   |                       |   |   |
| 79    |                 |   |   |                       |   |   |
| 84    |                 |   |   |                       |   |   |
| 89    |                 |   |   |                       |   |   |
| 92    |                 |   |   |                       |   |   |
| 94    |                 |   |   |                       |   |   |
| 100   |                 |   |   |                       |   |   |
| 103   |                 |   |   |                       |   |   |
| 108   |                 |   |   |                       |   |   |

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    H P C W－ 0 0 6

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 1.18            | 70            | 114.3      | 6.0        | STS410 | S           | 200200         |
| 2   | 1.18            | 70            | 165.2      | 7.1        | STS410 | S           | 200200         |
| 3   | 1.18            | 70            | 216.3      | 8.2        | STS410 | S           | 200200         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                    H P C W－ 0 0 6

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点   |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |
|-----|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 1   | 51              | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58 | 59 | 89 | 90 | 91 | 109 | 801 | 802 |
| 2   | 900             |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |
|     | 1               | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13  | 14  | 15  |
|     | 16              | 17  | 18  | 19  | 59  | 78  | 79  | 80 | 81 | 82 | 83 | 84 | 85  | 86  | 105 |
| 3   | 106 108 110 901 |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |    |     |     |     |
|     | 19              | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31  | 32  | 33  |
|     | 34              | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41 | 42 | 43 | 45 | 46 | 47  | 48  | 49  |
|     | 50              | 303 | 803 | 804 | 805 | 905 | 907 |    |    |    |    |    |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 18  |        | 35  |        | 55  |        | 106 |        |
| 2   |        | 19  |        | 36  |        | 56  |        | 108 |        |
| 3   |        | 20  |        | 37  |        | 57  |        | 109 |        |
| 4   |        | 21  |        | 38  |        | 58  |        | 110 |        |
| 5   |        | 22  |        | 39  |        | 59  |        | 303 |        |
| 6   |        | 23  |        | 40  |        | 78  |        | 801 |        |
| 7   |        | 24  |        | 41  |        | 79  |        | 802 |        |
| 8   |        | 25  |        | 42  |        | 80  |        | 803 |        |
| 9   |        | 26  |        | 46  |        | 81  |        | 804 |        |
| 10  |        | 27  |        | 47  |        | 82  |        | 805 |        |
| 11  |        | 28  |        | 48  |        | 83  |        | 900 |        |
| 12  |        | 29  |        | 49  |        | 84  |        | 901 |        |
| 13  |        | 30  |        | 50  |        | 85  |        | 905 |        |
| 14  |        | 31  |        | 51  |        | 86  |        | 907 |        |
| 15  |        | 32  |        | 52  |        | 90  |        |     |        |
| 16  |        | 33  |        | 53  |        | 91  |        |     |        |
| 17  |        | 34  |        | 54  |        | 105 |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

弁 2

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|
| 43  |        | 87  |        |
| 44  |        | 88  |        |
| 45  |        | 89  |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁1   | 44  |        |        |        |
| 弁2   | 88  |        |        |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            H P C W - 0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 4     |                 |   |   |                       |   |   |
| 7     |                 |   |   |                       |   |   |
| 10    |                 |   |   |                       |   |   |
| 16    |                 |   |   |                       |   |   |
| 23    |                 |   |   |                       |   |   |
| 27    |                 |   |   |                       |   |   |
| 33    |                 |   |   |                       |   |   |
| 36    |                 |   |   |                       |   |   |
| 40    |                 |   |   |                       |   |   |
| 46    |                 |   |   |                       |   |   |
| 50    |                 |   |   |                       |   |   |
| 52    |                 |   |   |                       |   |   |
| 56    |                 |   |   |                       |   |   |
| 78    |                 |   |   |                       |   |   |
| 81    |                 |   |   |                       |   |   |
| 84    |                 |   |   |                       |   |   |
| 87    |                 |   |   |                       |   |   |
| 900   |                 |   |   |                       |   |   |
| 901   |                 |   |   |                       |   |   |
| 905   |                 |   |   |                       |   |   |
| 907   |                 |   |   |                       |   |   |

O 2    ⑤    VI-2-5-7-2-5(1) (設)    R 0

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料     | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|--------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|        |                | S m        | S y | S u | S h |
| STS410 | 70             | —          | 229 | 407 | 103 |

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図             | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|--------|----------------|----------|
| H P C W - 0 0 3 | 原子炉建屋  |                |          |



設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図           | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|--------|----------------|----------|
| H P C W - 0 0 6 | 原子炉建屋  |                |          |

4. 解析結果及び評価  
4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|          |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 6 次*2    |               |            |       |          |          |       |          |
| 動的震度*3   |               |            |       |          |          |       |          |
| 静的震度*4   |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードが固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づき設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C I及び1.2CVより定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数  
鳥 瞰 図 HPCW-003

| モード | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |       |       |
|-----|-------------|-------|-------|-------|
|     |             | X 方 向 | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次 |             |       |       |       |
| 2 次 |             |       |       |       |
| 3 次 |             |       |       |       |
| 4 次 |             |       |       |       |
| 5 次 |             |       |       |       |

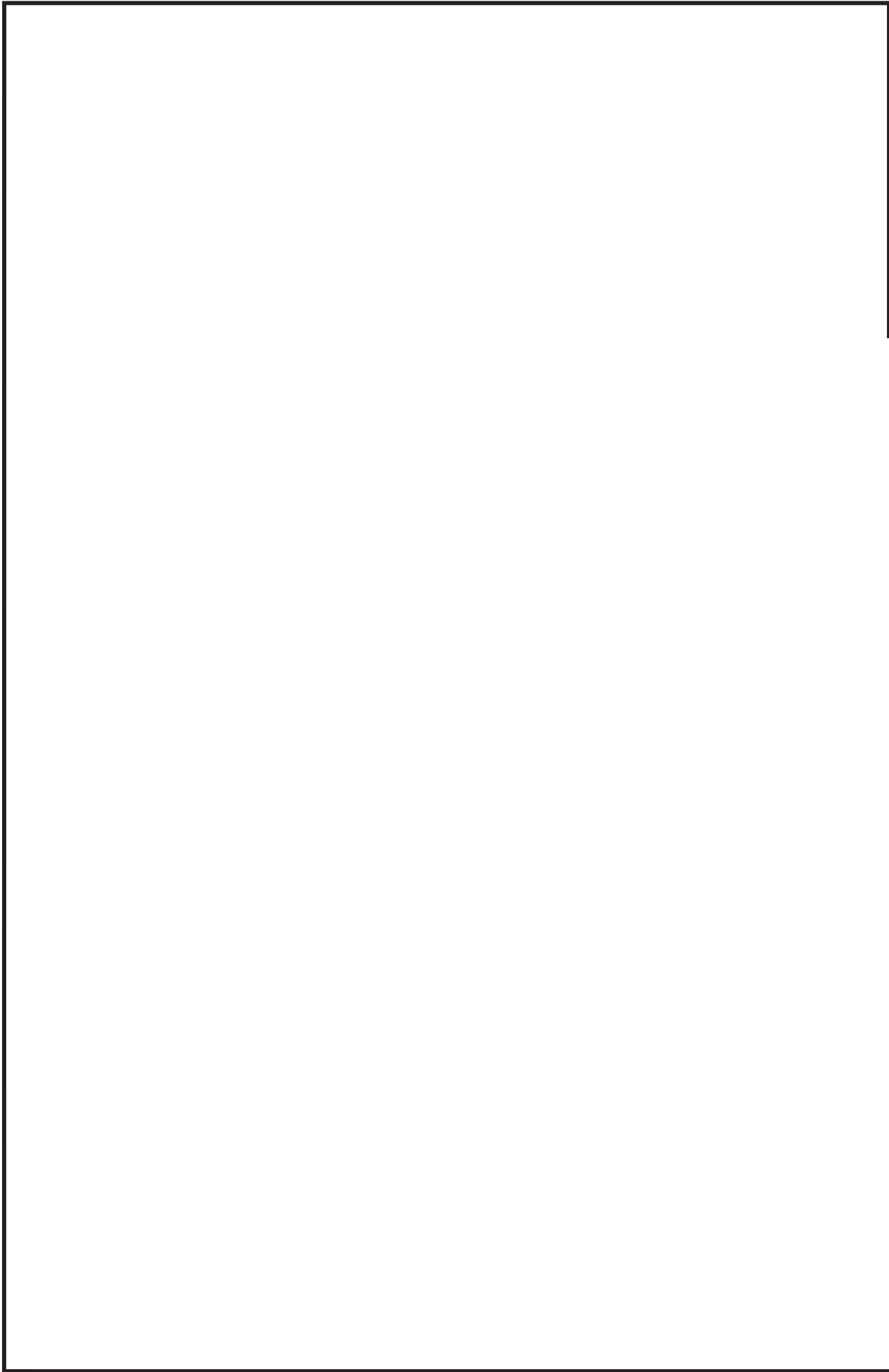
注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

### 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

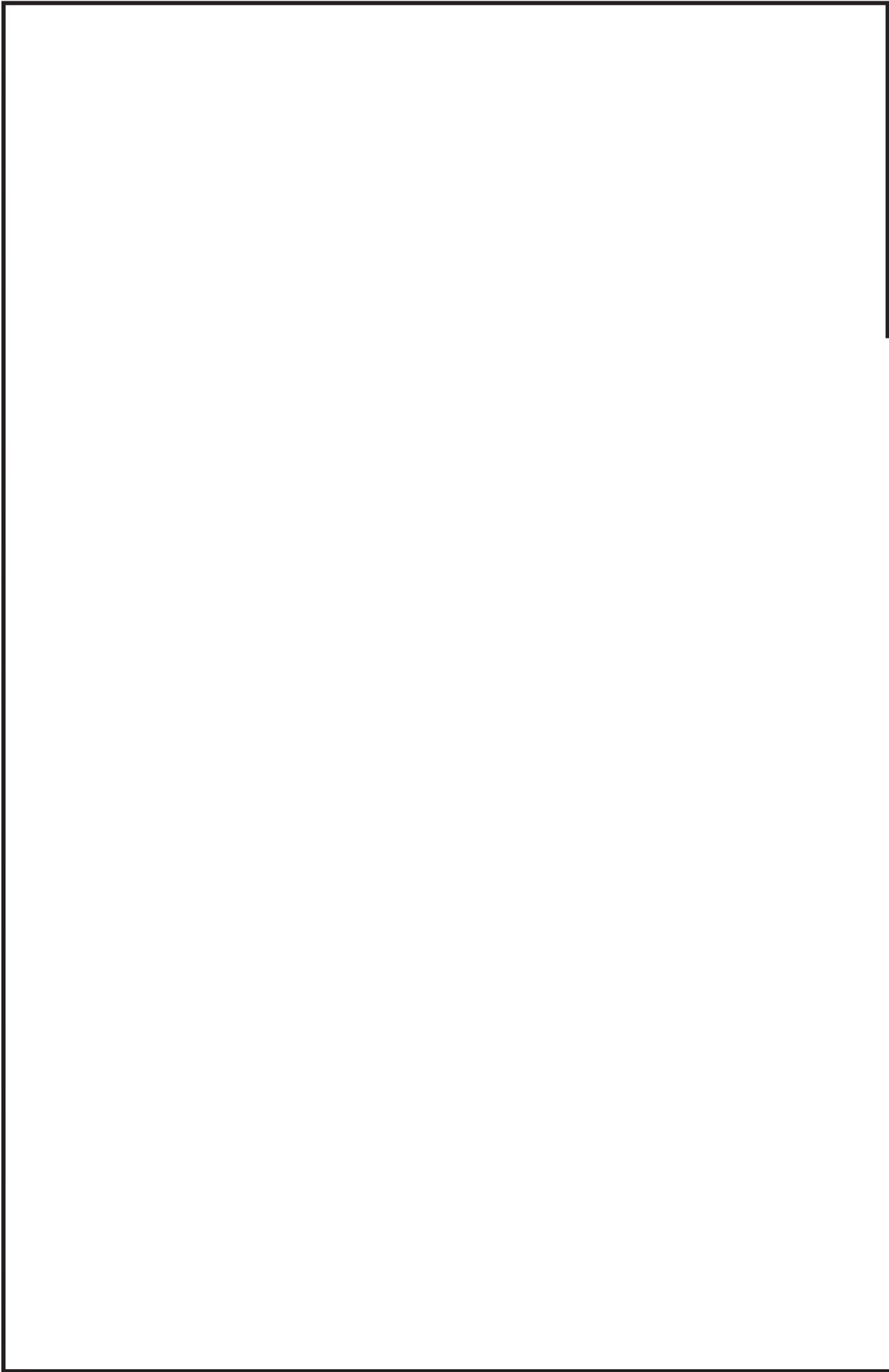
鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |          |
|-----|----------|
| 鳥瞰図 | HPCW-003 |
|-----|----------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HPCW-006

| 適用する地震動等  |             | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|-----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード       | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|           |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 8 次       |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 17 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 18 次*2    |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 動 的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 静 的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050 s以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>I</sub>及び1.2C<sub>V</sub>より定めた震度を示す。



各モードに対応する刺激係数

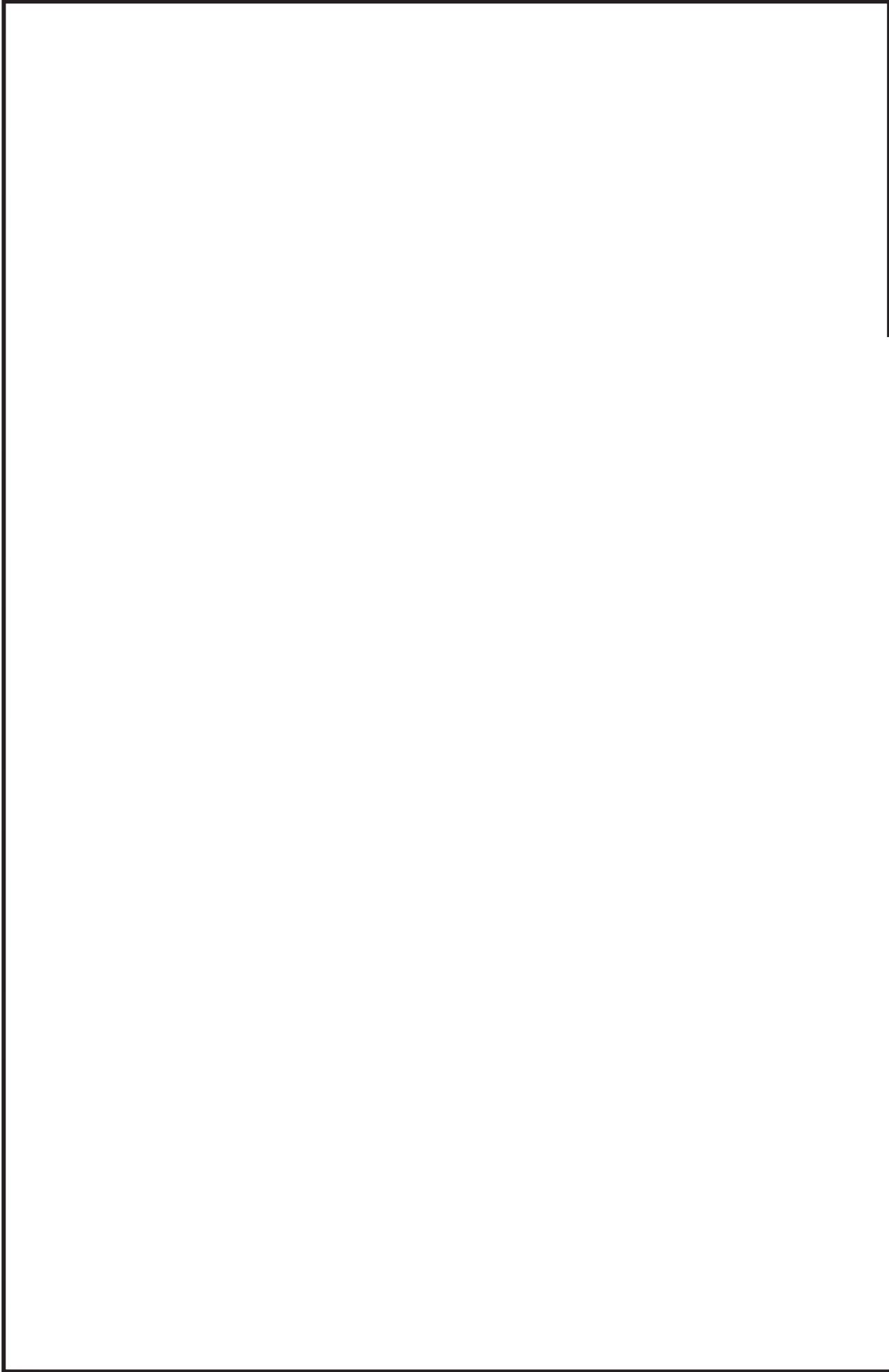
鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 6

| モード  | 固 有 周 期<br>(s) | 刺 激 係 数* |       |       |
|------|----------------|----------|-------|-------|
|      |                | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |                |          |       |       |
| 2 次  |                |          |       |       |
| 3 次  |                |          |       |       |
| 4 次  |                |          |       |       |
| 5 次  |                |          |       |       |
| 6 次  |                |          |       |       |
| 7 次  |                |          |       |       |
| 8 次  |                |          |       |       |
| 17 次 |                |          |       |       |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

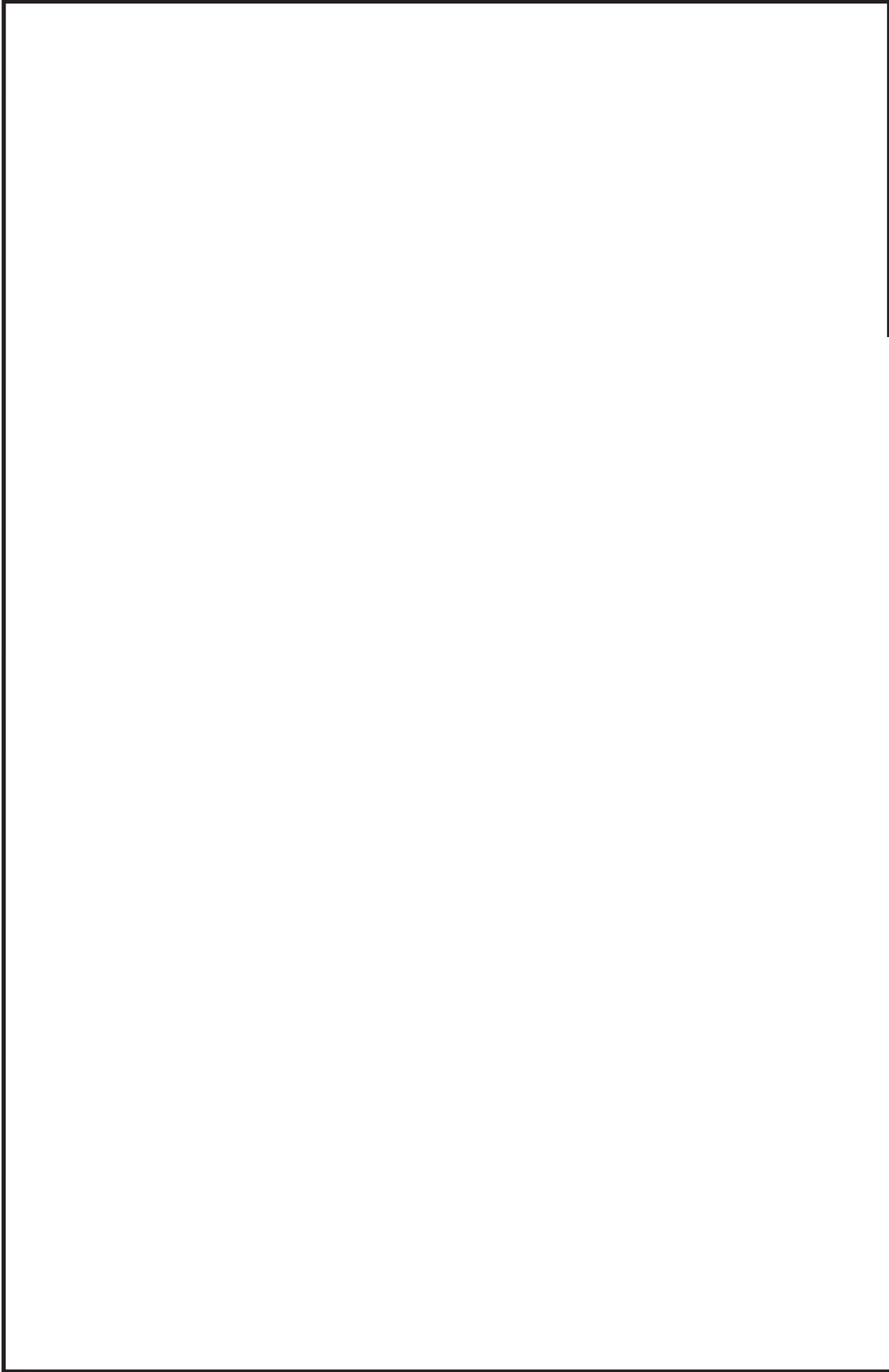
## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



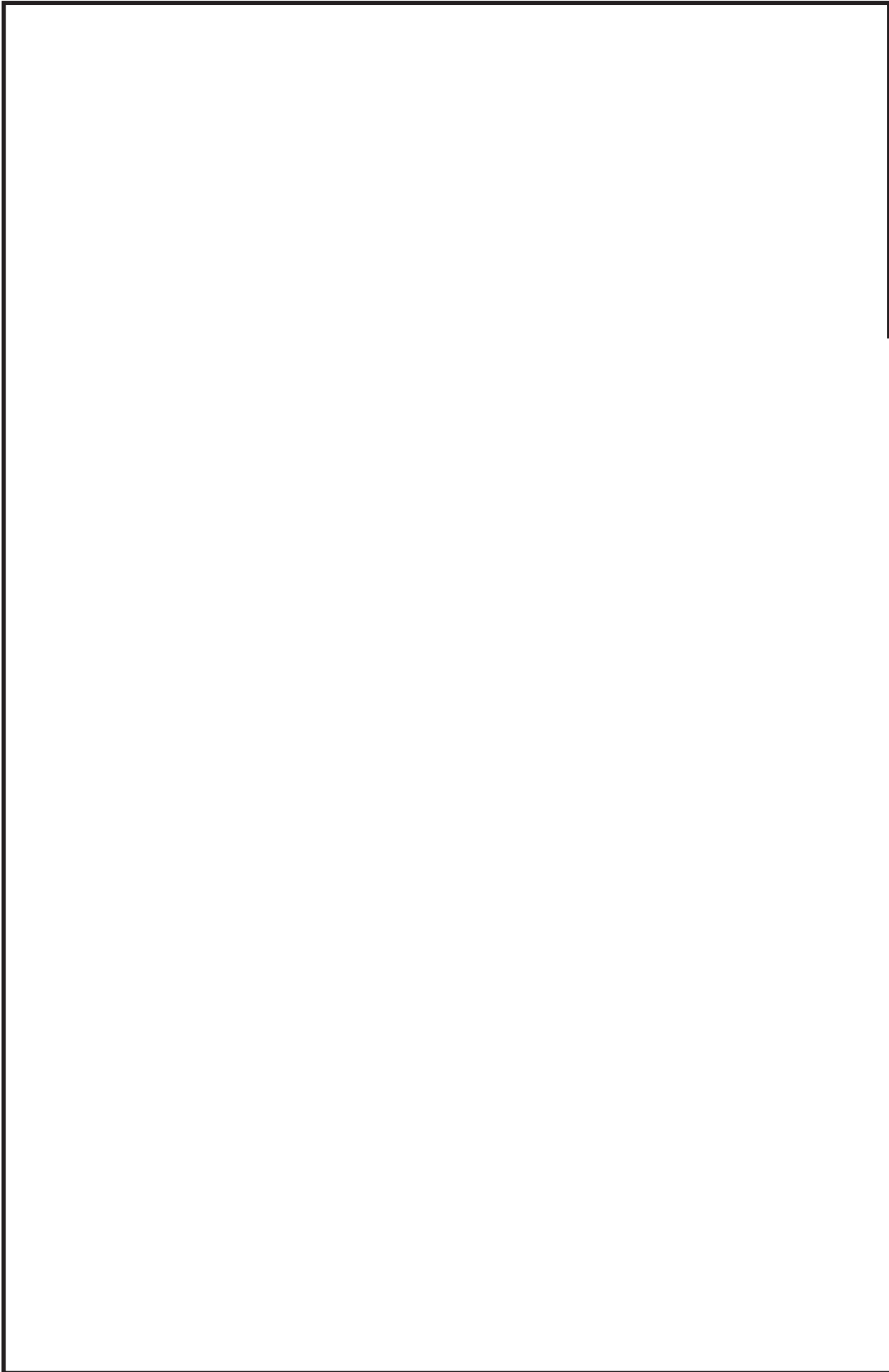
鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPCW-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図      | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                          | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)             |                      | 疲労評価 |
|----------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|------|
|          |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0.9S u | 計算応力<br>S n (S d)<br>S n (S s) | 許容応力<br>2S y<br>2S y |      |
| HPCW-003 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 90          | S p r m(S d)  | 108                                    | 229                      | —                              | —                    | —    |
|          | Ⅲ <sub>A</sub> S | 90          | S n(S d)      | —                                      | —                        | 213                            | 458                  | —    |
|          | Ⅳ <sub>A</sub> S | 90          | S p r m (S s) | 195                                    | 366                      | —                              | —                    | —    |
|          | Ⅳ <sub>A</sub> S | 90          | S n (S s)     | —                                      | —                        | 399                            | 458                  | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

| 鳥瞰図             | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                               | 一次＋二次応力評価<br>(MPa) |                 | 疲労評価 |
|-----------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|------|
|                 |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n (S s)  | 許容応力<br>2 ・ S y |      |
| H P C W - 0 0 6 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 33          | S p r m (S d) | 115                                    | 229                           | —                  | —               | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 33          | S p r m (S s) | 185                                    | 366                           | —                  | —               | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 59          | S n (S s)     | —                                      | —                             | 340                | 458             | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S<sub>y</sub>と1. 2・S<sub>h</sub>のうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|-------------|----|----|----|-----------|------------------|------------------|
|             |    |    |    |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| —           | —  | —  | —  | —         | —                | —                |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類      | 型式    | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                |     | 評価結果     |                   |                   |
|---------------|---------|-------|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------|-------------------|-------------------|
|               |         |       |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                |     | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|               |         |       |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |     |          |                   |                   |
|               |         |       |         |           |                |                |                |                |                |                |     |          |                   |                   |
| HPCW-002-029R | レストレイント | 架構    | STKR400 | 40        | 20             | 46             | 10             | —              | —              | —              | 組合せ | 186      | 280               |                   |
| HPCW-006-033R | レストレイント | Uプレート | SS400   | 40        | 40             | 42             | 67             | —              | —              | —              | せん断 | 121      | 141               |                   |
| HPW-115-01    | アンカ     | ラグ    | SM400B  | 50        | 16             | 21             | 111            | 19             | 14             | 3              | 組合せ | 288      | 422               |                   |



#### 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス3管)

| No. | 配管モデル    | 許容応力状態 III <sub>A</sub> S |           |           |      |    |     | 許容応力状態 IV <sub>A</sub> S |           |      |    |     |           |           |      |    |      |
|-----|----------|---------------------------|-----------|-----------|------|----|-----|--------------------------|-----------|------|----|-----|-----------|-----------|------|----|------|
|     |          | 一次応力                      |           |           |      |    |     | 一次応力                     |           |      |    |     |           | 一次+二次応力*  |      |    |      |
|     |          | 評価点                       | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 計算応力(MPa)                | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 疲労評価 |
| 1   | HPCW-001 | 1                         | 40        | 229       | 5.72 | —  | 1   | 61                       | 366       | 6.00 | —  | 1   | 114       | 458       | 4.01 | —  | —    |
| 2   | HPCW-002 | 18                        | 111       | 229       | 2.06 | —  | 18  | 170                      | 366       | 2.15 | —  | 28  | 306       | 458       | 1.49 | —  | —    |
| 3   | HPCW-003 | 90                        | 108       | 229       | 2.12 | —  | 90  | 195                      | 366       | 1.87 | ○  | 90  | 399       | 458       | 1.14 | ○  | —    |
| 4   | HPCW-004 | 38                        | 66        | 229       | 3.46 | —  | 38  | 117                      | 366       | 3.12 | —  | 38  | 254       | 458       | 1.80 | —  | —    |
| 5   | HPCW-005 | 30                        | 69        | 229       | 3.31 | —  | 30  | 106                      | 366       | 3.45 | —  | 30  | 178       | 458       | 2.57 | —  | —    |
| 6   | HPCW-006 | 33                        | 115       | 229       | 1.99 | ○  | 33  | 185                      | 366       | 1.97 | —  | 59  | 340       | 458       | 1.34 | —  | —    |

注記\*：III<sub>A</sub> Sの一次+二次応力の許容値はIV<sub>A</sub> Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub> Sの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

## 重大事故等対処設備

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 5  |
| 3. 計算条件 .....                     | 8  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 8  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 9  |
| 3.3 設計条件 .....                    | 10 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 15 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 16 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 17 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 17 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 23 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 23 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 24 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 25 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 26 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

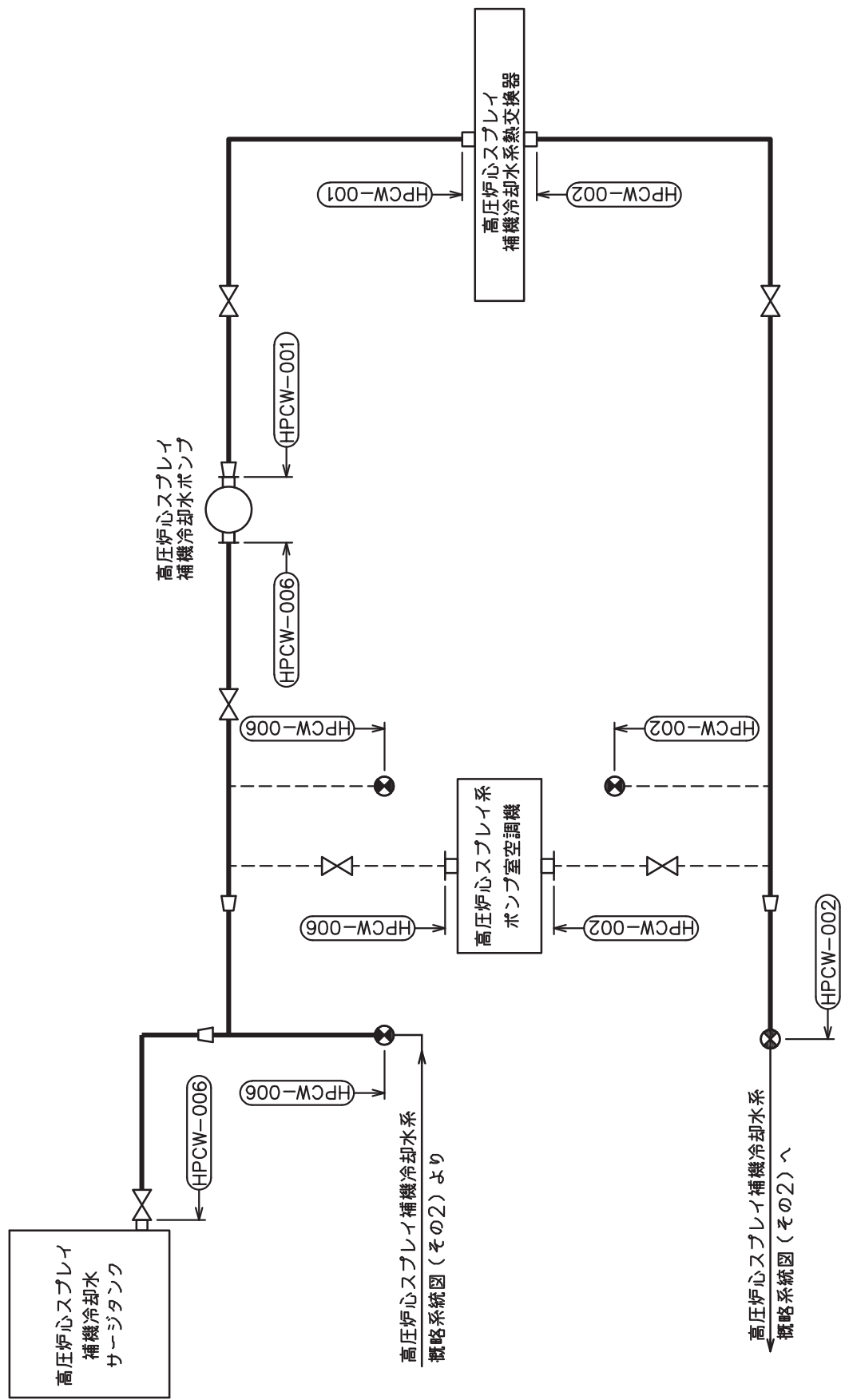
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

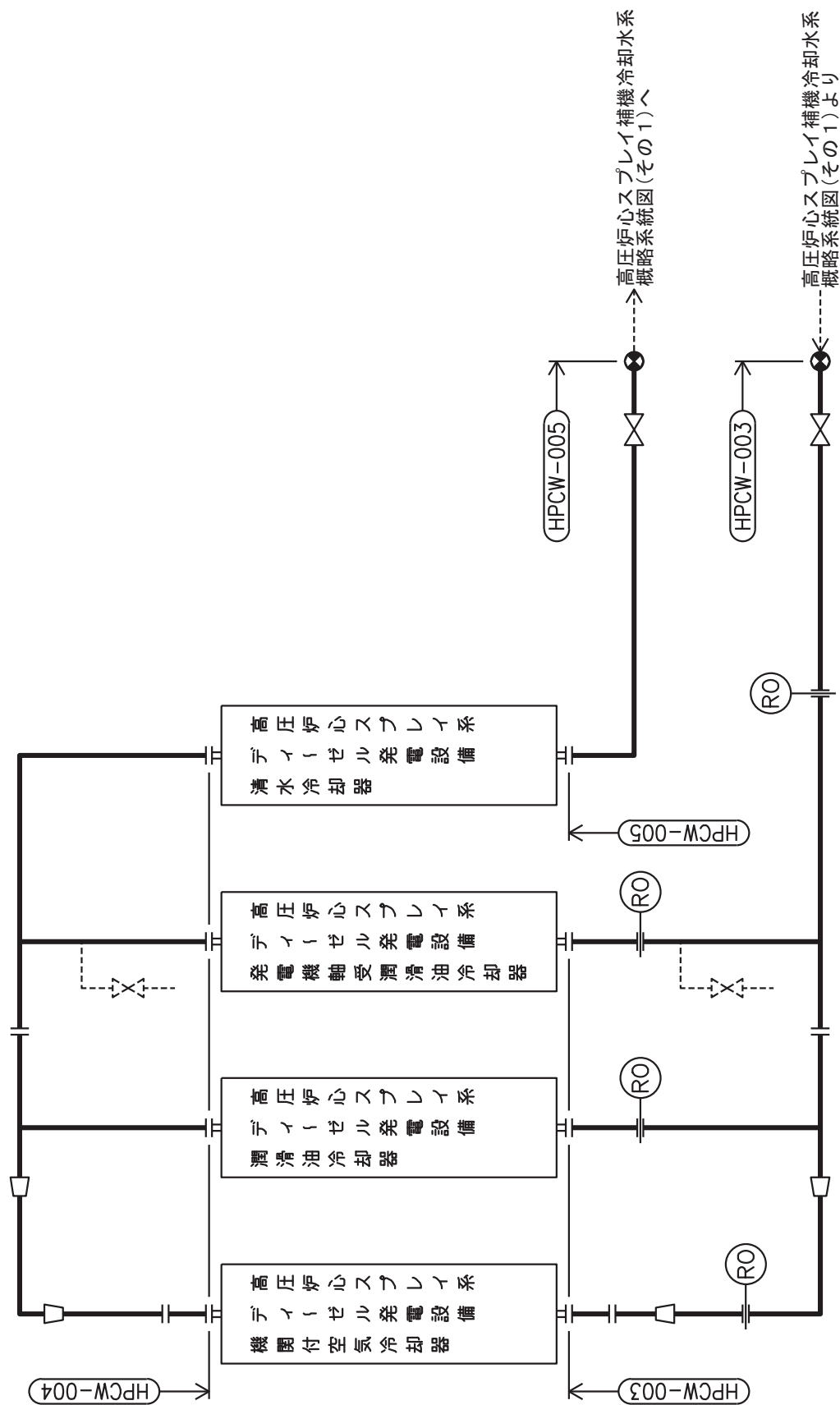
2. 概略系統図及び鳥瞰図  
 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



高圧炉心スプレイ補機冷却水系概略系統図 (その1)

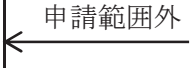
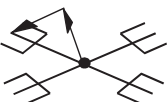
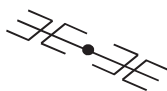
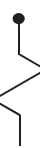
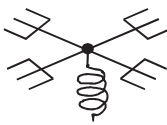
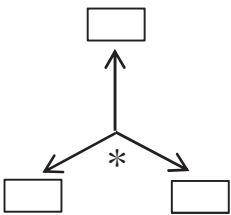


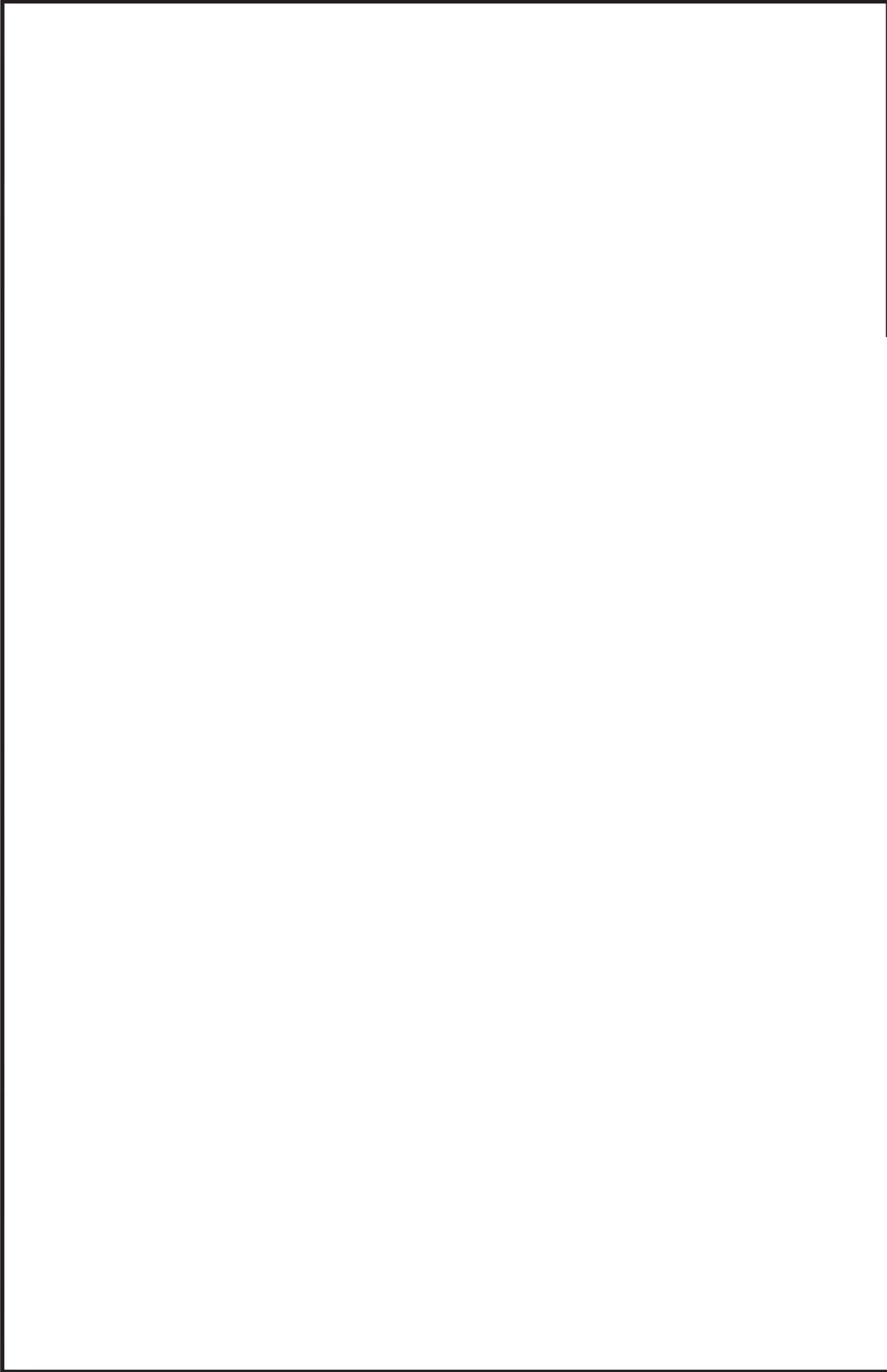
高圧炉心スプレー補機冷却水系概略系統図 (その2)



## 2.2 鳥瞰図

### 鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                       |
|  | スナッパ                                                                                                                                             |
|  | ハンガ                                                                                                                                              |
|  | ガイド                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。) |



|     |                   |
|-----|-------------------|
| 鳥瞰図 | HPCW-003< 1 / 2 > |
|-----|-------------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |               |
|-----|---------------|
| 鳥瞰図 | HPCW-003<2/2> |
|-----|---------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称          | 系統名称                                    | 施設<br>分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 <sup>*2</sup> | 機器等<br>の区分     | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup> | 許容応力<br>状態 <sup>*5</sup> |
|---------------|---------------|-----------------------------------------|------------------------|--------------------|----------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機<br>冷却設備 | 高圧炉心スプレイ補機冷<br>却水系及び高圧炉心スプ<br>レイ補機冷却海水系 | S A                    | 常設／防止（拡張）          | 重大事故等<br>クラス2管 | —           | $V_L + S_S$              | $V_{AS}$                 |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設／防止（拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_{AS}$ は許容応力状態 $IV_{AS}$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_{AS}$ として評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      H P C W - 0 0 3

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 1.18            | 70            | 165.2      | 7.1        | STS410 | —           | 200200         |
| 2   | 1.18            | 70            | 139.8      | 6.6        | STS410 | —           | 200200         |
| 3   | 1.18            | 70            | 114.3      | 6.0        | STS410 | —           | 200200         |
| 4   | 1.18            | 70            | 60.5       | 5.5        | STS410 | —           | 200200         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |    |    |    |    |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|
| 1   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8  | 9  | 10 | 11 | 12  | 13  |
|     | 14      | 15  | 16  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22 | 23 | 24 | 25 | 26  | 27  |
|     | 28      | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35 | 36 | 37 | 38 | 39  | 40  |
|     | 41      | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48 | 49 | 50 | 51 | 104 | 105 |
|     | 106     | 107 | 108 |     |     |     |     |    |    |    |    |     |     |
| 2   | 51      | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58 | 59 | 60 | 61 | 62  | 63  |
|     | 64      | 65  | 66  |     |     |     |     |    |    |    |    |     |     |
| 3   | 66      | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73 | 74 | 75 | 76 | 77  | 78  |
|     | 79      | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  |     |    |    |    |    |     |     |
| 4   | 31      | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91 | 92 | 93 | 94 | 95  | 96  |
|     | 97      | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 |    |    |    |    |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 H P C W－0 0 3

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 25  |        | 46  |        | 67  |        | 88  |        |
| 2   |        | 26  |        | 47  |        | 68  |        | 89  |        |
| 3   |        | 27  |        | 48  |        | 69  |        | 90  |        |
| 4   |        | 28  |        | 49  |        | 70  |        | 91  |        |
| 5   |        | 29  |        | 50  |        | 71  |        | 92  |        |
| 6   |        | 30  |        | 51  |        | 72  |        | 93  |        |
| 7   |        | 31  |        | 52  |        | 73  |        | 94  |        |
| 8   |        | 32  |        | 53  |        | 74  |        | 95  |        |
| 9   |        | 33  |        | 54  |        | 75  |        | 96  |        |
| 10  |        | 34  |        | 55  |        | 76  |        | 97  |        |
| 11  |        | 35  |        | 56  |        | 77  |        | 98  |        |
| 12  |        | 36  |        | 57  |        | 78  |        | 99  |        |
| 13  |        | 37  |        | 58  |        | 79  |        | 100 |        |
| 14  |        | 38  |        | 59  |        | 80  |        | 101 |        |
| 15  |        | 39  |        | 60  |        | 81  |        | 102 |        |
| 19  |        | 40  |        | 61  |        | 82  |        | 103 |        |
| 20  |        | 41  |        | 62  |        | 83  |        | 104 |        |
| 21  |        | 42  |        | 63  |        | 84  |        | 105 |        |
| 22  |        | 43  |        | 64  |        | 85  |        | 106 |        |
| 23  |        | 44  |        | 65  |        | 86  |        | 107 |        |
| 24  |        | 45  |        | 66  |        | 87  |        | 108 |        |



弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 16  |        |
| 17  |        |
| 18  |        |

弁 部 の 寸 法 を 下 表 に 示 す 。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁 1  | 17  |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    H P C W - 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 5     |                 |   |   |                       |   |   |
| 13    |                 |   |   |                       |   |   |
| 21    |                 |   |   |                       |   |   |
| 29    |                 |   |   |                       |   |   |
| 36    |                 |   |   |                       |   |   |
| 49    |                 |   |   |                       |   |   |
| 59    |                 |   |   |                       |   |   |
| 69    |                 |   |   |                       |   |   |
| 76    |                 |   |   |                       |   |   |
| 79    |                 |   |   |                       |   |   |
| 84    |                 |   |   |                       |   |   |
| 89    |                 |   |   |                       |   |   |
| 92    |                 |   |   |                       |   |   |
| 94    |                 |   |   |                       |   |   |
| 100   |                 |   |   |                       |   |   |
| 103   |                 |   |   |                       |   |   |
| 108   |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材 料    | 最 高 使 用 温 度<br>(℃) | 許 容 応 力 (MPa)  |                |                |
|--------|--------------------|----------------|----------------|----------------|
|        |                    | S <sub>y</sub> | S <sub>u</sub> | S <sub>h</sub> |
| STS410 | 70                 | 229            | 407            | 103            |

### 3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図             | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|--------|----------------|----------|
| H P C W - 0 0 3 | 原子炉建屋  |                |          |

4. 解析結果及び評価  
4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P C W - 0 0 3

| 適用する地震動等  |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|-----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード       | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|           |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 6 次*2     |               |            |       |          |          |       |          |
| 動的 震 度*3  |               |            |       |          |          |       |          |
| 静 的 震 度*4 |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードが固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C I及び1.2C Vより定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

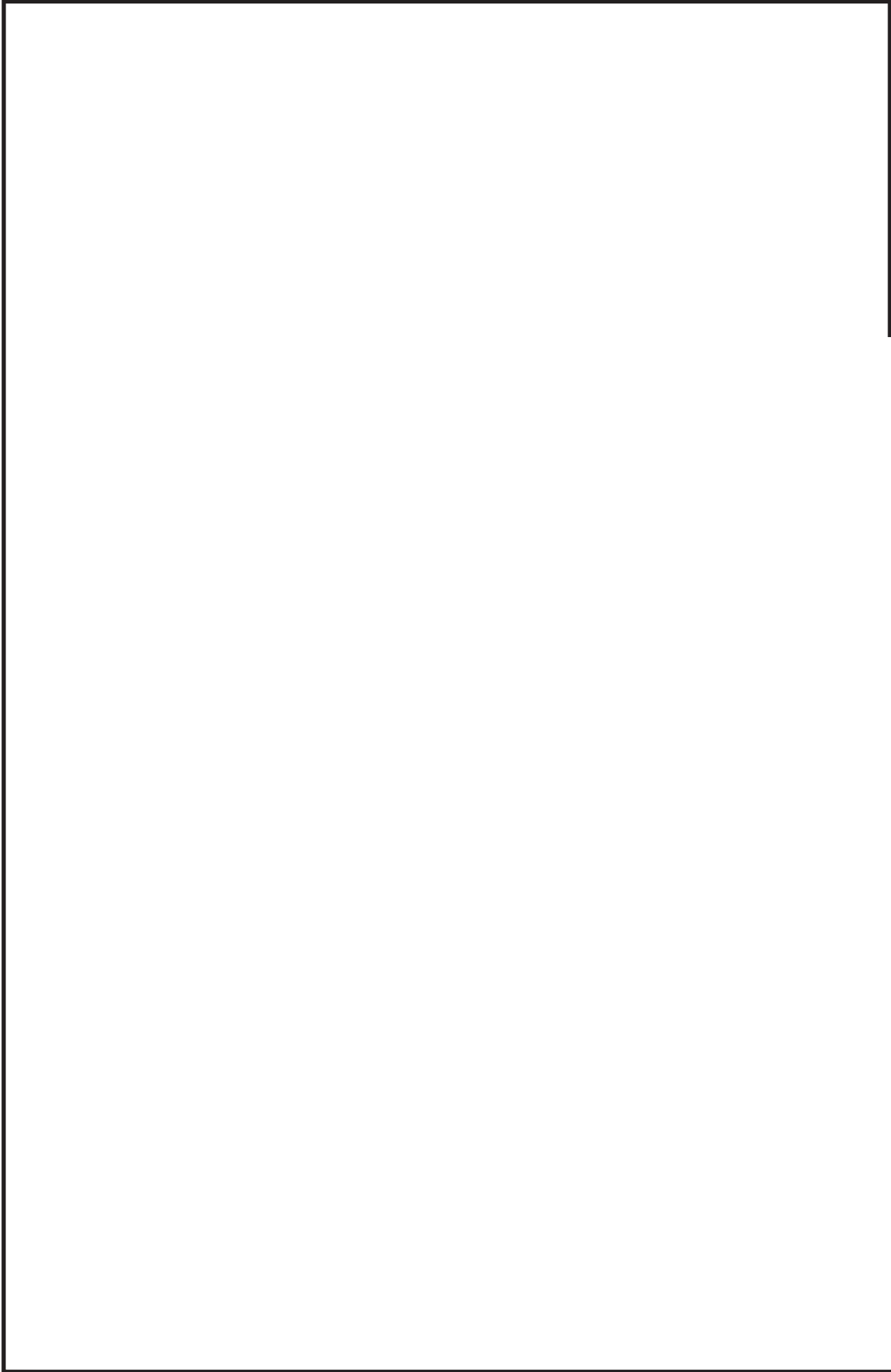
各モードに対応する刺激係数  
鳥 瞰 図 HPCW-003

| モード | 固 有 周 期<br>( s ) | 刺 激 係 数* |       |       |
|-----|------------------|----------|-------|-------|
|     |                  | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次 |                  |          |       |       |
| 2 次 |                  |          |       |       |
| 3 次 |                  |          |       |       |
| 4 次 |                  |          |       |       |
| 5 次 |                  |          |       |       |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

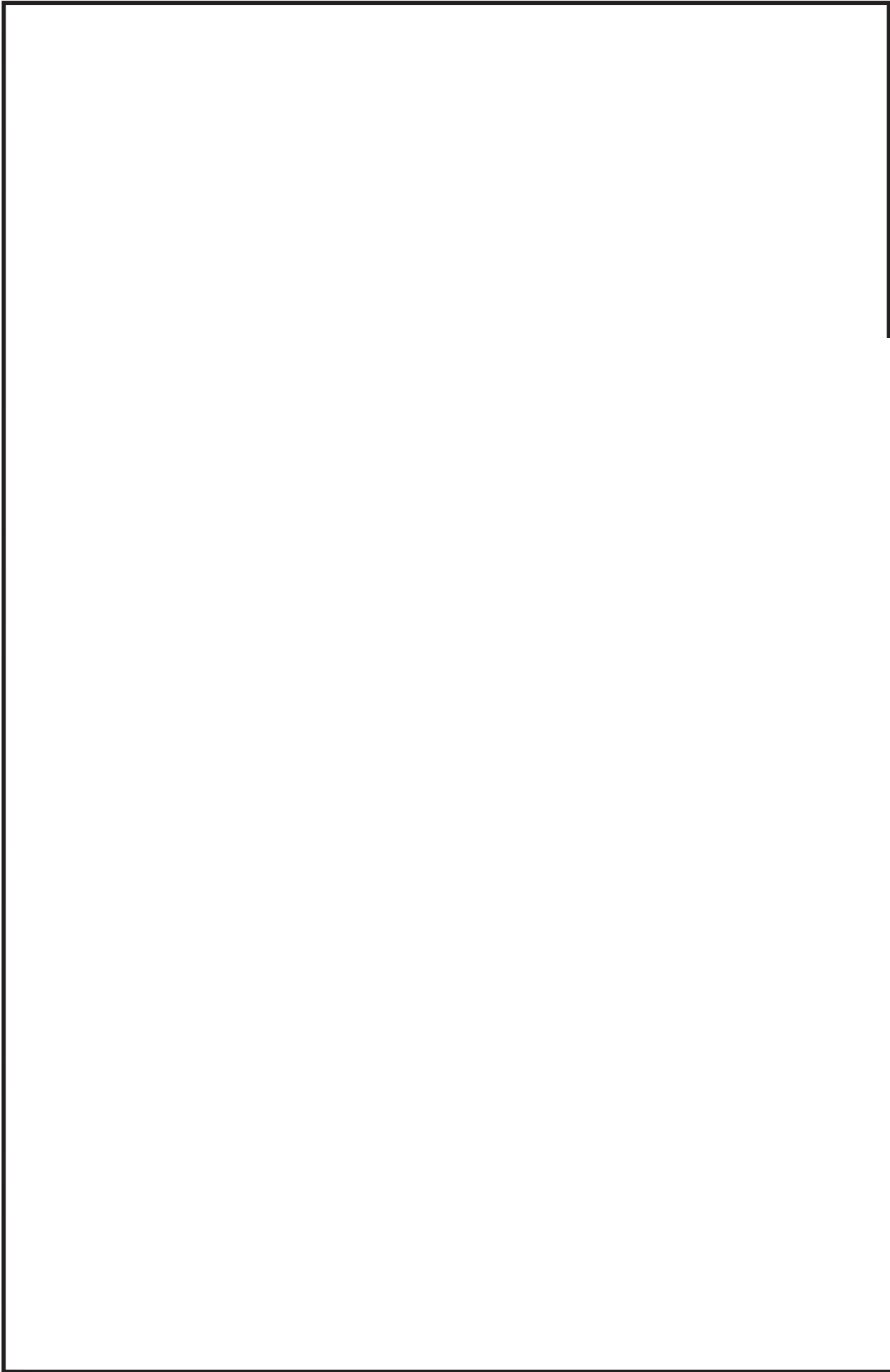
振動モード図は，3 次モードまでを代表とし，各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し，次ページ以降に示す。



|     |          |
|-----|----------|
| 鳥瞰図 | HPCW-003 |
|-----|----------|

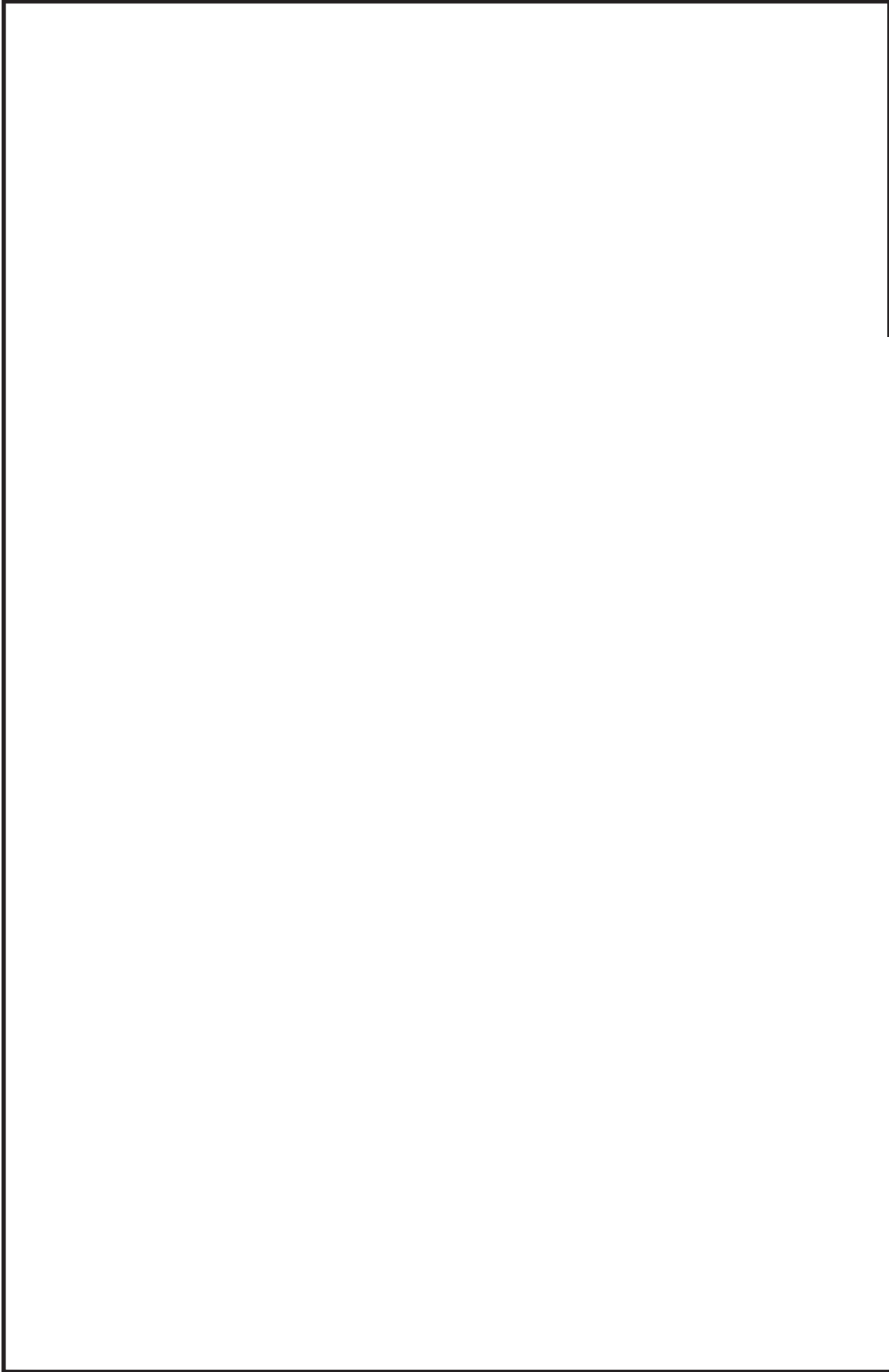
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





鳥瞰図 HPCW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |          |
|-----|----------|
| 鳥瞰図 | HPCW-003 |
|-----|----------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図      | 許容応力<br>状態                           | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                 | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |               | 疲労評価                      |
|----------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|
|          |                                      |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0.9 S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 S y |                           |
| HPCW-003 | V <sub>A</sub> S<br>V <sub>A</sub> S | 90<br>90    | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 195<br>—                | 366<br>—        | —<br>399            | —<br>458      | 疲労累積係数<br>U S s<br>—<br>— |

#### 4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果 (荷重評価)

| 支持構造物<br>番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度<br>(°C) | 評価結果             |                  |
|-------------|----|----|----|------------|------------------|------------------|
|             |    |    |    |            | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| —           | —  | —  | —  | —          | —                | —                |

支持構造物評価結果 (応力評価)

| 支持構造物<br>番号   | 種類      | 型式    | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|---------------|---------|-------|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|               |         |       |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|               |         |       |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
|               |         |       |         |           |                |                |                |                |                |                |          |                   |                   |
| HPCW-002-029R | レストレイント | 架構    | STKR400 | 66        | 20             | 46             | 10             | —              | —              | —              | 組合せ      | 186               | 260               |
| HPCW-006-033R | レストレイント | Uプレート | SS400   | 40        | 40             | 42             | 67             | —              | —              | —              | せん断      | 121               | 141               |
| HPW-115-01    | アンカ     | ラゲ    | SM400B  | 50        | 16             | 21             | 111            | 19             | 14             | 3              | 組合せ      | 288               | 422               |

#### 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

| No. | 配管モデル    | 許容応力状態 VAS |                   |                   |      |    |         |                   |                   |      |    |
|-----|----------|------------|-------------------|-------------------|------|----|---------|-------------------|-------------------|------|----|
|     |          | 一次応力       |                   |                   |      |    | 一次＋二次応力 |                   |                   |      |    |
|     |          | 評価点        | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 |
| 1   | HPCW-001 | 1          | 60                | 366               | 6.10 | —  | 1       | 114               | 458               | 4.01 | —  |
| 2   | HPCW-002 | 18         | 169               | 366               | 2.16 | —  | 28      | 306               | 458               | 1.49 | —  |
| 3   | HPCW-003 | 90         | 195               | 366               | 1.87 | ○  | 90      | 399               | 458               | 1.14 | ○  |
| 4   | HPCW-004 | 38         | 117               | 366               | 3.12 | —  | 38      | 254               | 458               | 1.80 | —  |
| 5   | HPCW-005 | 30         | 106               | 366               | 3.45 | —  | 30      | 178               | 458               | 2.57 | —  |
| 6   | HPCW-006 | 33         | 184               | 366               | 1.98 | —  | 59      | 340               | 458               | 1.34 | —  |

## (2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

## 設計基準対象施設



## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 4  |
| 3. 計算条件 .....                     | 8  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 8  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 9  |
| 3.3 設計条件 .....                    | 10 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 13 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 14 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 15 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 15 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 21 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 21 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 22 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 23 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 24 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

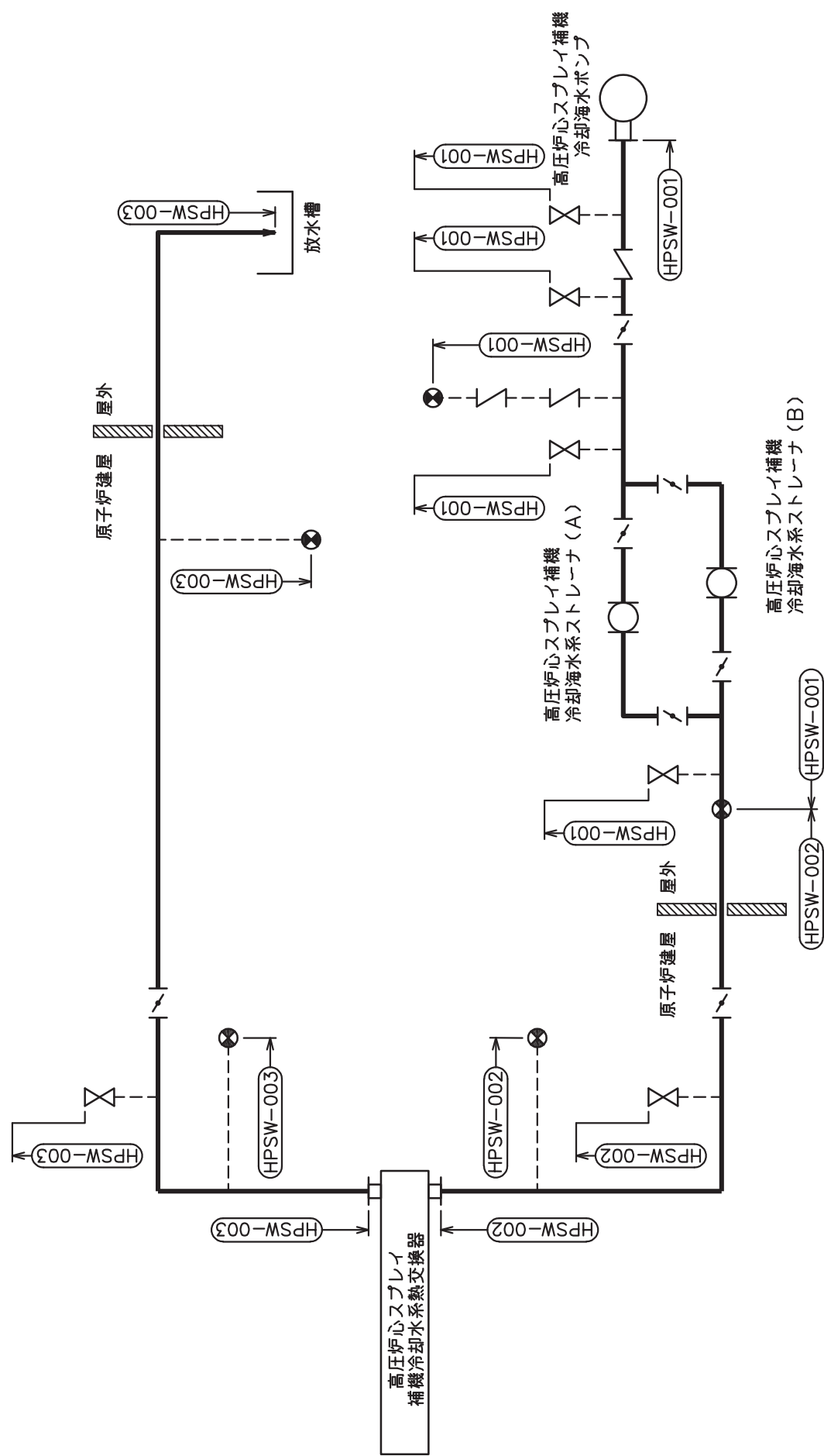
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

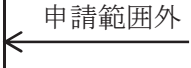
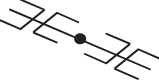
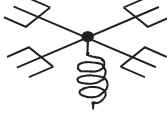
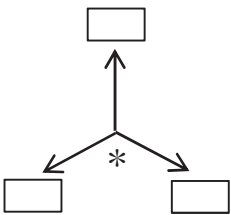
| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |

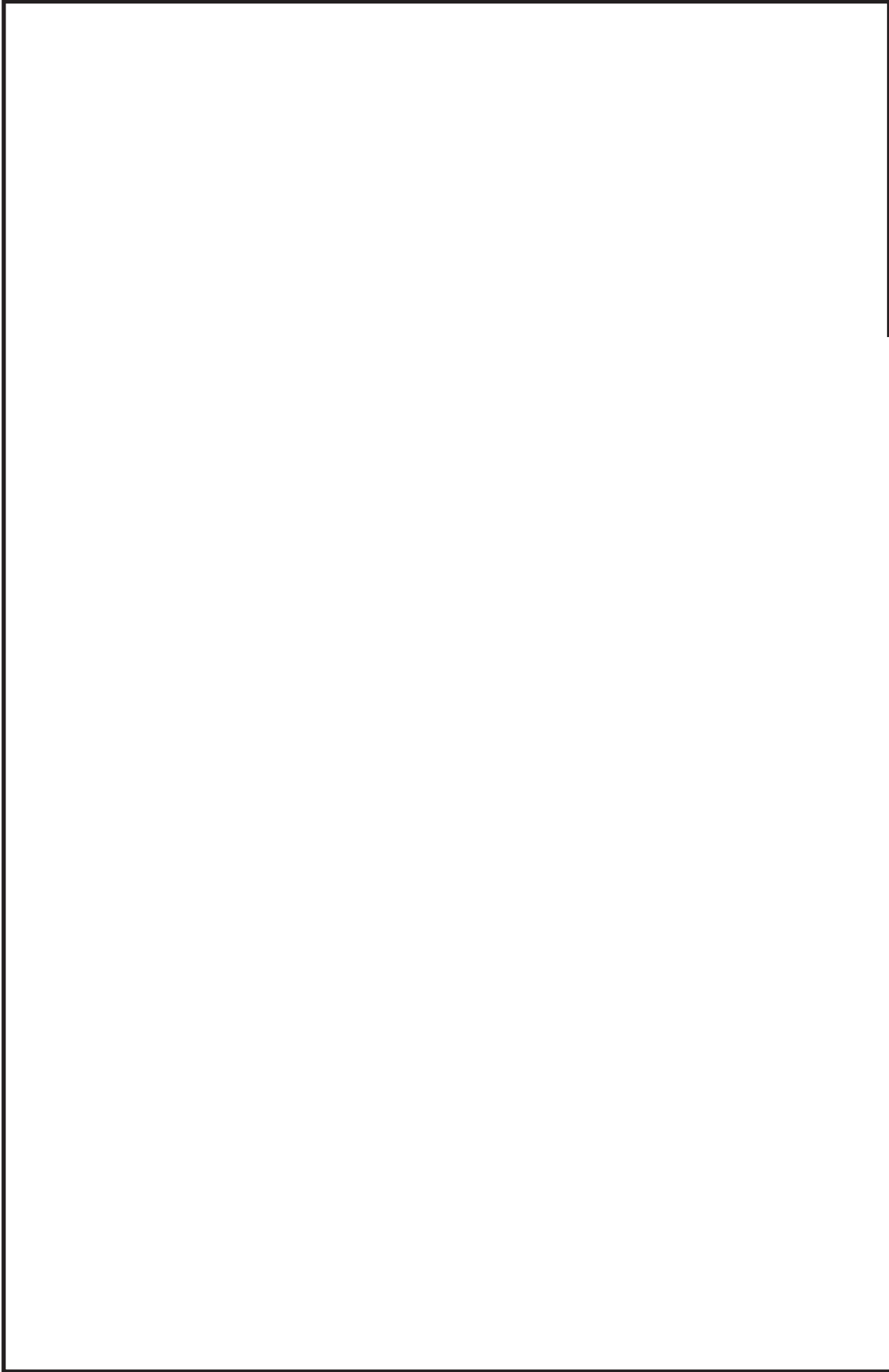


高圧炉心スプリー補機冷却海水系統図

## 2.2 鳥瞰図

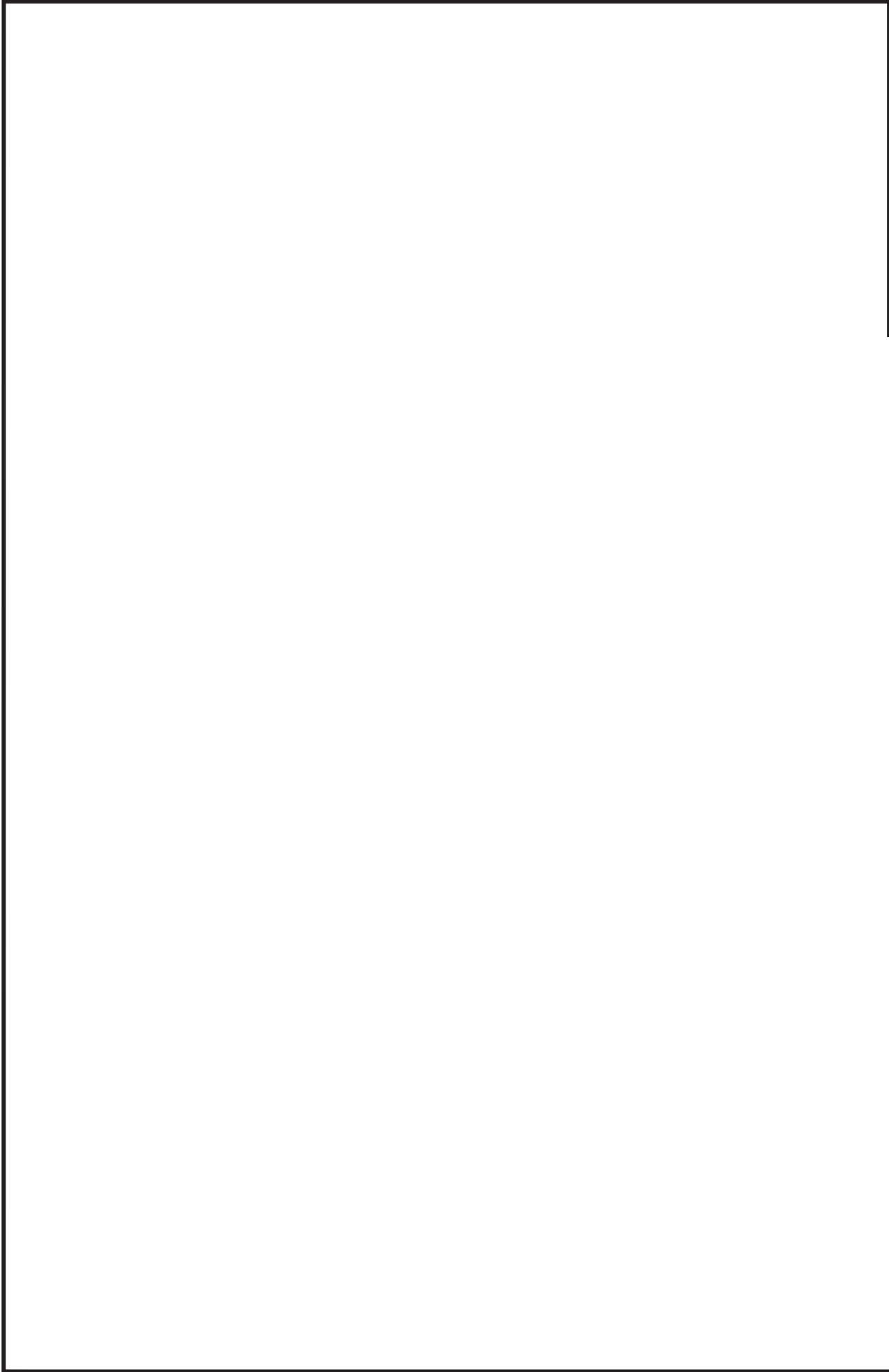
鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                       |
|  | スナッパ                                                                                                                                             |
|  | ハンガ                                                                                                                                              |
|  | ガイド                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，  内に変位量を記載する。) |



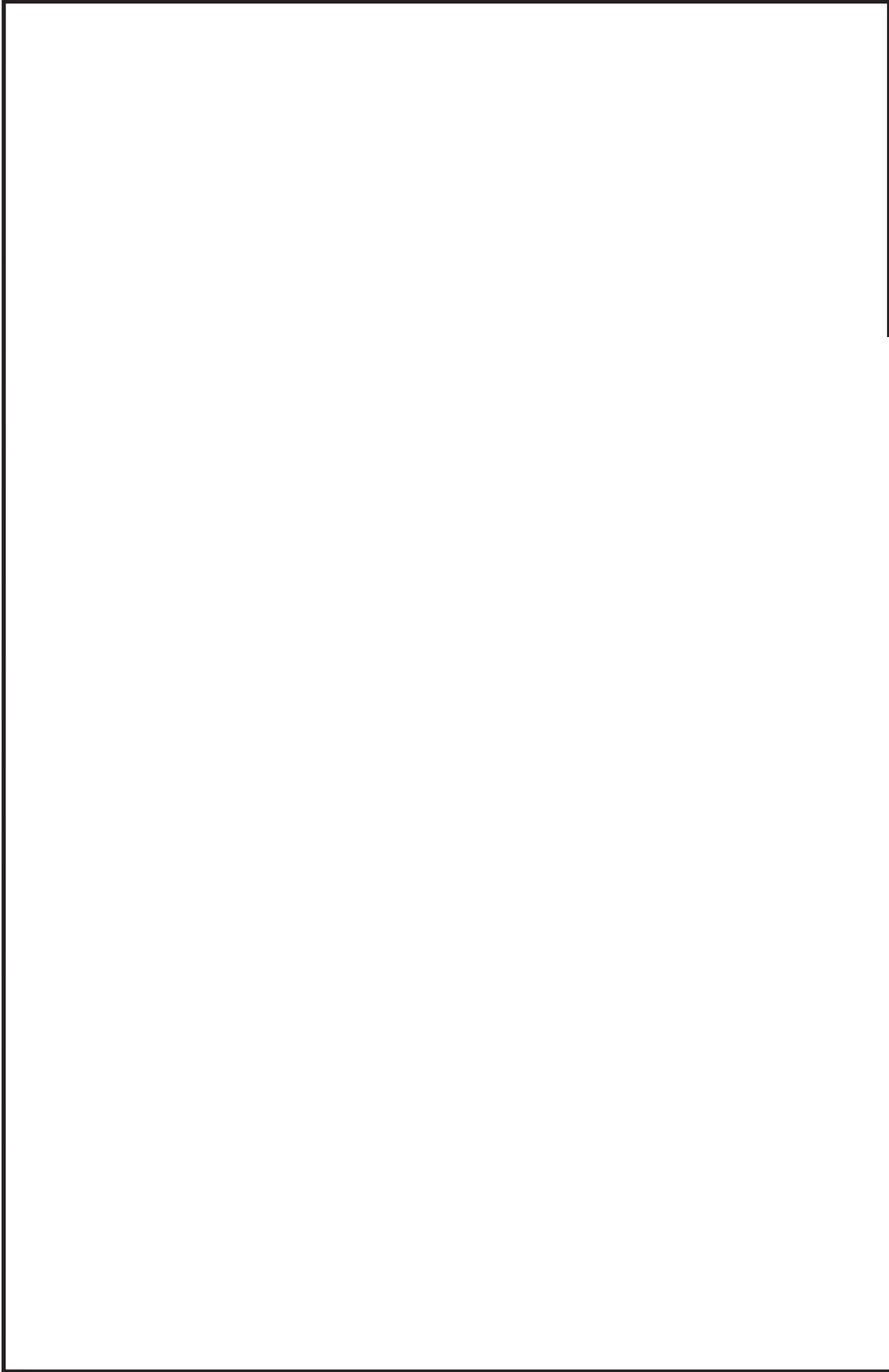
|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPSW-003-1/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPSW-003-2/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPSW-003-3/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「M S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称      | 系統名称                                                | 施設<br>分類*1 | 設備分類 | 機器等<br>の区分 | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*2, *3         | 許容応力<br>状態       |
|---------------|-----------|-----------------------------------------------------|------------|------|------------|-------------|----------------------|------------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機冷却設備 | 高圧炉心スプレイ<br>補機冷却水系（高<br>圧炉心スプレイ補<br>機冷却海水系を含<br>む。） | D B        | —    | クラス 3 管    | S           | I <sub>L</sub> + S d | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|               |           |                                                     |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d |                  |
|               |           |                                                     |            |      |            |             | I <sub>L</sub> + S s | Ⅳ <sub>A</sub> S |
|               |           |                                                     |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s |                  |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字 Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    H P S W－ 0 0 3

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 0.78            | 50            | 216.3      | 8.2        | STS410 | S           | 201000         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      H P S W－0 0 3

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1   | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 15  | 16  |  |
|     | 17            | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |  |
|     | 32            | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  |  |
|     | 47            | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  |  |
|     | 63            | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  |  |
|     | 78            | 94  | 97  | 98  | 801 | 802 | 803 | 804 | 805 | 806 | 810 | 811 | 812 | 901 | 902 |  |
|     | 903           | 904 | 907 | 912 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |  |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 23  |        | 42  |        | 62  |        | 98  |        |
| 2   |        | 24  |        | 43  |        | 63  |        | 801 |        |
| 3   |        | 25  |        | 44  |        | 64  |        | 802 |        |
| 4   |        | 26  |        | 45  |        | 65  |        | 803 |        |
| 5   |        | 27  |        | 46  |        | 66  |        | 804 |        |
| 6   |        | 28  |        | 47  |        | 67  |        | 805 |        |
| 7   |        | 29  |        | 48  |        | 68  |        | 806 |        |
| 8   |        | 30  |        | 49  |        | 69  |        | 810 |        |
| 9   |        | 31  |        | 50  |        | 70  |        | 811 |        |
| 10  |        | 32  |        | 51  |        | 71  |        | 812 |        |
| 11  |        | 33  |        | 52  |        | 72  |        | 901 |        |
| 12  |        | 34  |        | 53  |        | 73  |        | 902 |        |
| 16  |        | 35  |        | 54  |        | 74  |        | 903 |        |
| 17  |        | 36  |        | 55  |        | 75  |        | 904 |        |
| 18  |        | 37  |        | 57  |        | 76  |        | 907 |        |
| 19  |        | 38  |        | 58  |        | 77  |        | 912 |        |
| 20  |        | 39  |        | 59  |        | 78  |        |     |        |
| 21  |        | 40  |        | 60  |        | 94  |        |     |        |
| 22  |        | 41  |        | 61  |        | 97  |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 13  |        |
| 14  |        |
| 15  |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁1   | 14  |        |        |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            H P S W－ 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1         |                 |   |   |                       |   |   |
| 9         |                 |   |   |                       |   |   |
| 21        |                 |   |   |                       |   |   |
| 27        |                 |   |   |                       |   |   |
| 30        |                 |   |   |                       |   |   |
| 34        |                 |   |   |                       |   |   |
| 40        |                 |   |   |                       |   |   |
| 48        |                 |   |   |                       |   |   |
| 52        |                 |   |   |                       |   |   |
| 61        |                 |   |   |                       |   |   |
| 66        |                 |   |   |                       |   |   |
| 73        |                 |   |   |                       |   |   |
| 77        |                 |   |   |                       |   |   |
| 94        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 901 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 902 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 903       |                 |   |   |                       |   |   |
| 904       |                 |   |   |                       |   |   |
| 907       |                 |   |   |                       |   |   |
| 912       |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料     | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|--------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|        |                | S m        | S y | S u | S h |
| STS410 | 50             | —          | 239 | 409 | —   |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図           | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|--------|----------------|----------|
| H P S W - 0 0 3 | 原子炉建屋  |                |          |

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5 (2) (設) R 0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HPSW-003

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|----------|---------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|          |               | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 8 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 21 次     |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 22 次*2   |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 動的 震 度*3 |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 静的 震 度*4 |               |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub> 及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

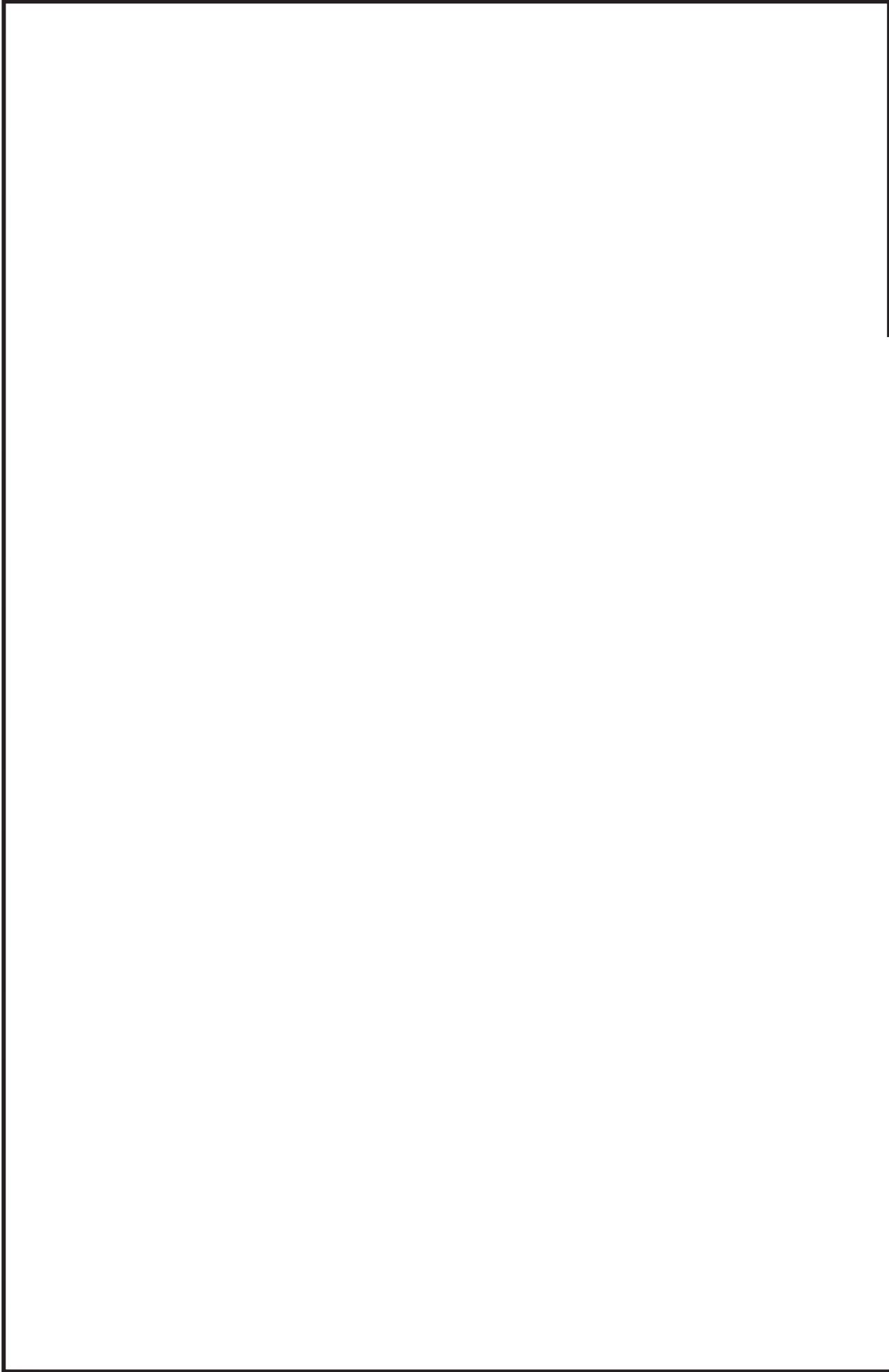
| モード  | 固 有 周 期<br>( s ) | 刺 激 係 数* |       |       |
|------|------------------|----------|-------|-------|
|      |                  | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |                  |          |       |       |
| 2 次  |                  |          |       |       |
| 3 次  |                  |          |       |       |
| 4 次  |                  |          |       |       |
| 5 次  |                  |          |       |       |
| 6 次  |                  |          |       |       |
| 7 次  |                  |          |       |       |
| 8 次  |                  |          |       |       |
| 21 次 |                  |          |       |       |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

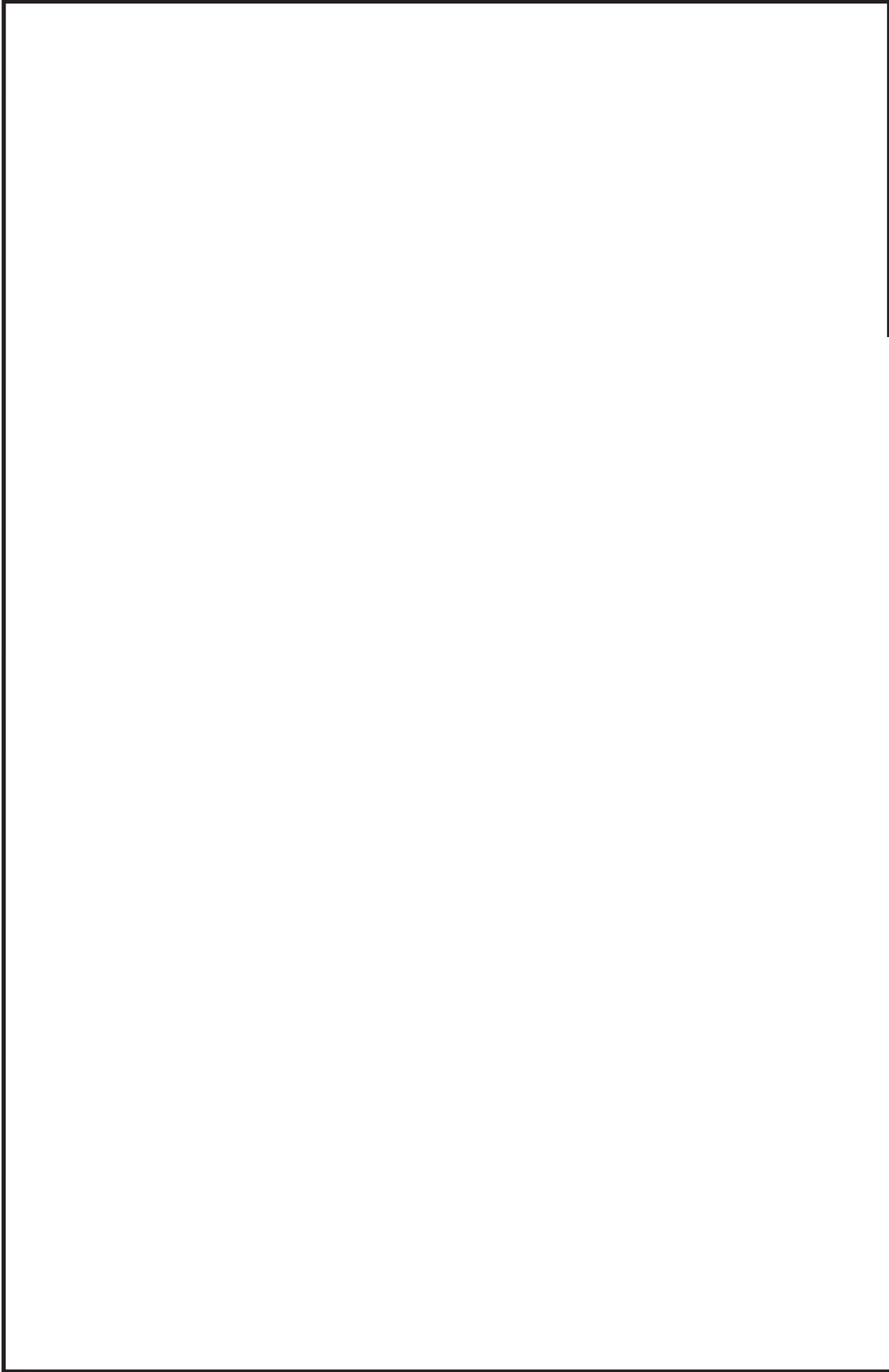
## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



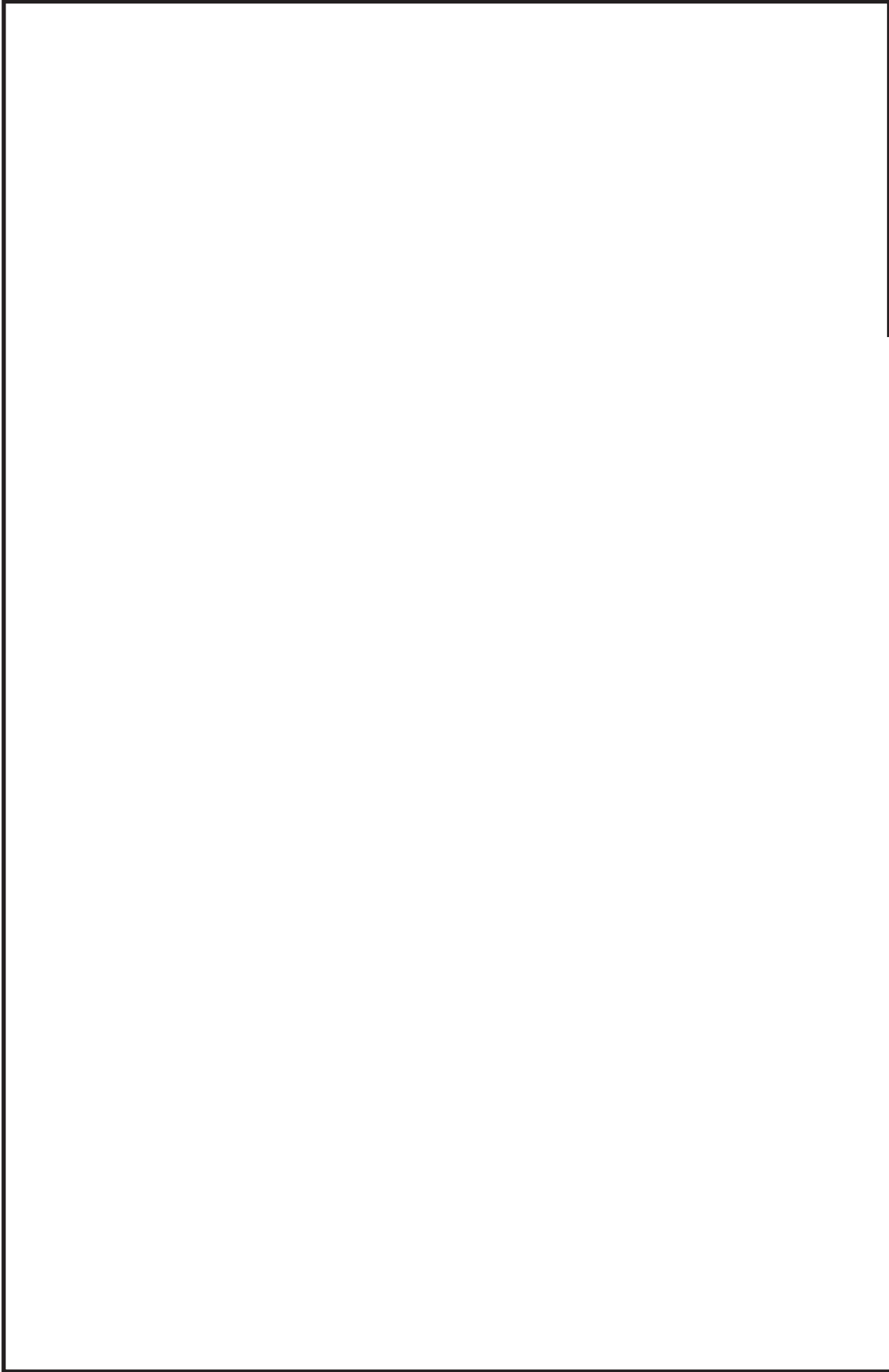
鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図           | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                            | 一次＋二次応力評価<br>(MPa) |               | 疲労評価 |
|---------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|----------------------------|--------------------|---------------|------|
|               |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0. 9・S u | 計算応力<br>S n (S s)  | 許容応力<br>2・S y |      |
| H P S W－0 0 3 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 54          | S p r m (S d) | 122                                    | 239                        | —                  | —             | —    |
|               | Ⅳ <sub>A</sub> S | 54          | S p r m (S s) | 205                                    | 368                        | —                  | —             | —    |
|               | Ⅳ <sub>A</sub> S | 98          | S n (S s)     | —                                      | —                          | 394                | 478           | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と1. 2・S hのうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類         | 型式        | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|---------------|------------|-----------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|               |            |           |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| HPSW-003-901S | メカニカルスナッパ  | SMS-3-100 | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 15               | 75               |
| HPSW-001-902R | ロッドレストレイント | RSA 6     |                                               |           | 49               | 90               |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類      | 型式    | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                |     | 評価結果     |                   |                   |
|---------------|---------|-------|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------|-------------------|-------------------|
|               |         |       |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                |     | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|               |         |       |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |     |          |                   |                   |
|               |         |       |         |           |                |                |                |                |                |                |     |          |                   |                   |
| HPSW-003-030R | レストレイント | 架構    | STKR400 | 40        | 36             | 55             | 29             | —              | —              | —              | 組合せ | 136      | 280               |                   |
| HPSW-003-907R | レストレイント | Uプレート | SS400   | 40        | 33             | 0              | 133            | —              | —              | —              | せん断 | 91       | 141               |                   |
| HPSW-001-044A | アンカ     | ラグ    | SGV410  | 50        | 99             | 19             | 13             | 0.39           | 20             | 30             | 組合せ | 111      | 127               |                   |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |



4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2管)

| No. | 配管モデル    | 許容応力状態 III <sub>A</sub> S |           |           |      |    | 許容応力状態 IV <sub>A</sub> S |           |           |      |    |          |           |           |      |    |
|-----|----------|---------------------------|-----------|-----------|------|----|--------------------------|-----------|-----------|------|----|----------|-----------|-----------|------|----|
|     |          | 一次応力                      |           |           |      |    | 一次応力                     |           |           |      |    | 一次＋二次応力* |           |           |      |    |
|     |          | 評価点                       | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点                      | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点      | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 |
| 1   | HPSW-001 | 421                       | 46        | 239       | 5.19 | —  | 421                      | 67        | 368       | 5.49 | —  | 421      | 196       | 478       | 2.43 | —  |
| 2   | HPSW-002 | 801                       | 98        | 239       | 2.43 | —  | 801                      | 150       | 368       | 2.45 | —  | 411      | 268       | 478       | 1.78 | —  |
| 3   | HPSW-003 | 54                        | 122       | 239       | 1.95 | ○  | 54                       | 205       | 368       | 1.79 | ○  | 98       | 394       | 478       | 1.21 | ○  |

注記\*：III<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はIV<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

## 重大事故等対処設備

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 4  |
| 3. 計算条件 .....                     | 8  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 8  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 9  |
| 3.3 設計条件 .....                    | 10 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 13 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 14 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 15 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 15 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 21 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 21 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 22 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 23 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 24 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、高圧炉心スプレイ補機冷却海水系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

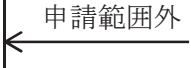
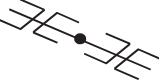
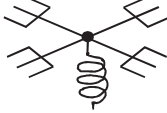
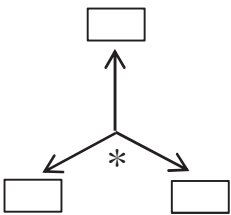
概略系統図記号凡例

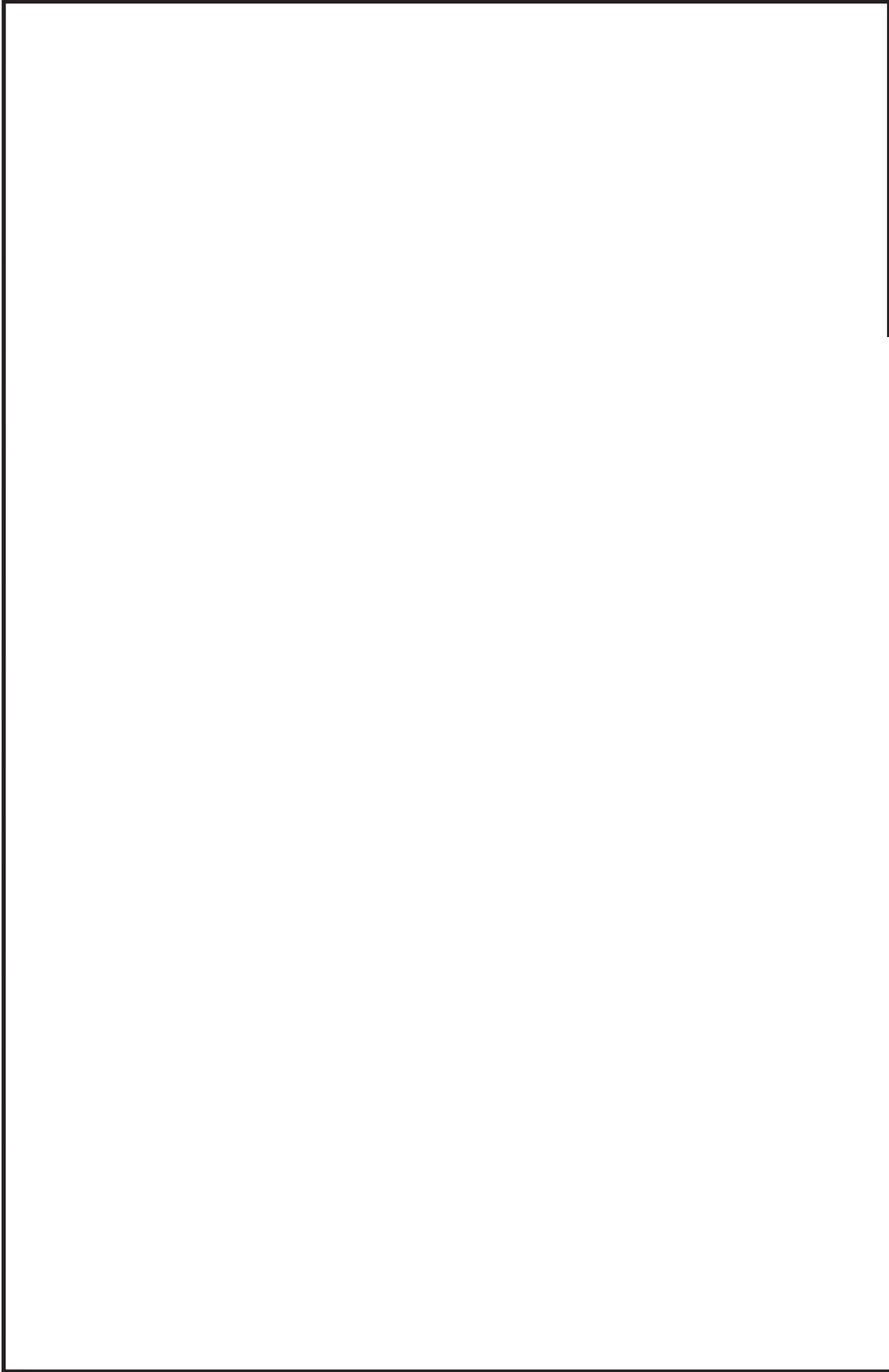
| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



## 2.2 鳥瞰図

### 鳥瞰図記号凡例

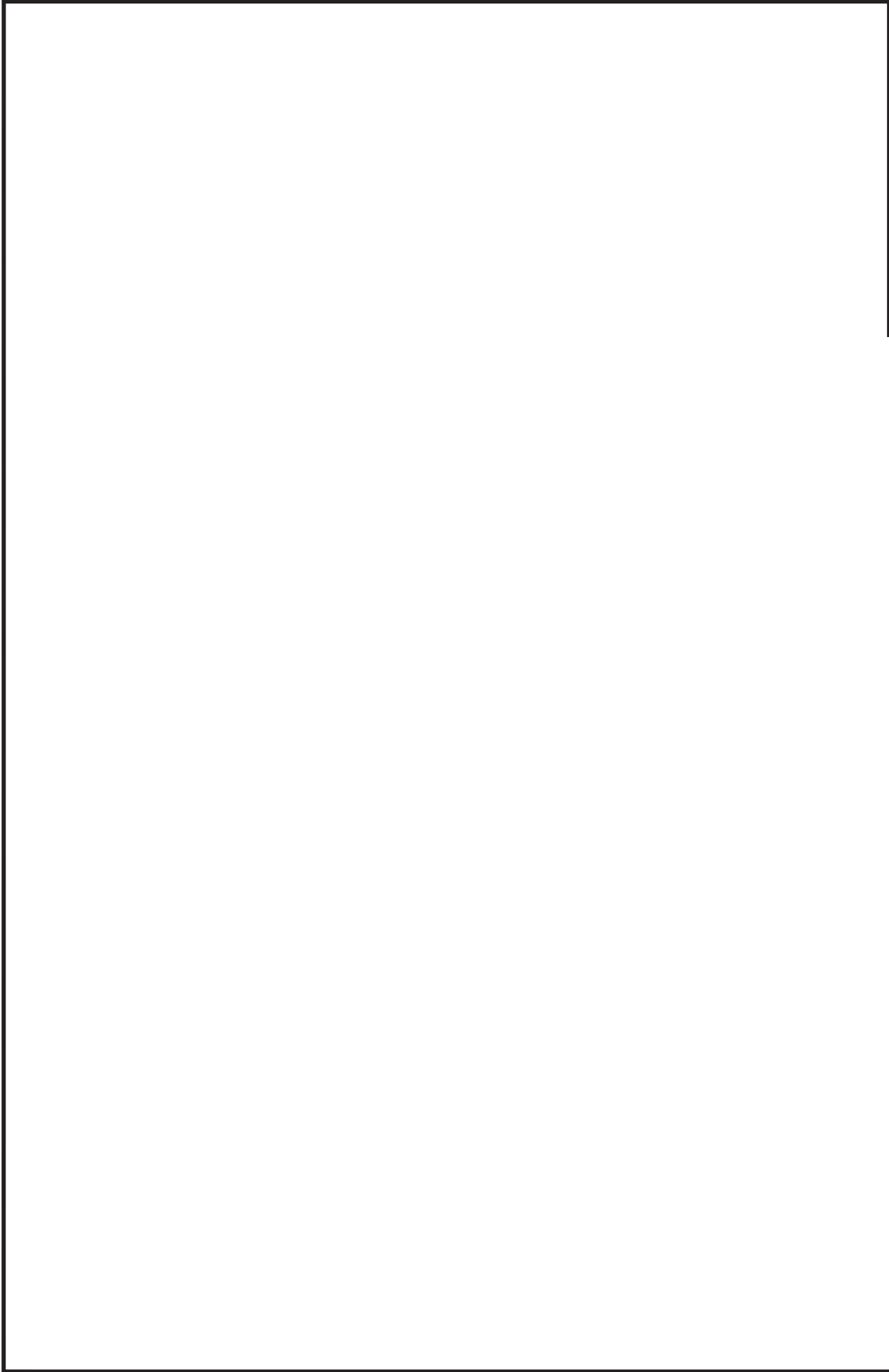
| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                           |
|  | スナッパ                                                                                                                                                 |
|  | ハンガ                                                                                                                                                  |
|  | ガイド                                                                                                                                                  |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，  内に<br>変位量を記載する。) |



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPSW-003-1/3 |
|-----|--------------|

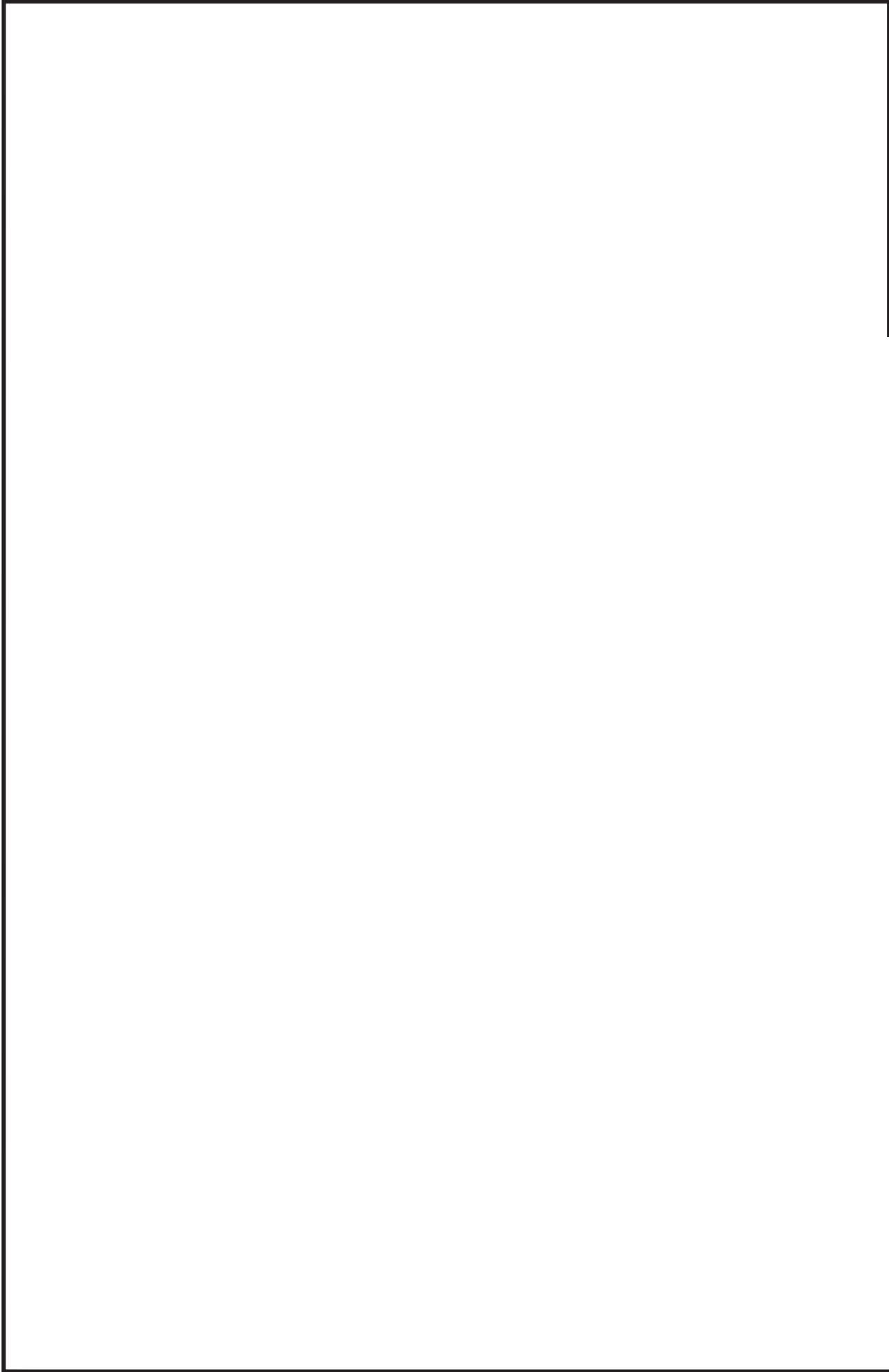
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





鳥瞰図 HPSW-003-2/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPSW-003-3/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「M S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3. 2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称      | 系統名称                                                | 施設<br>分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 <sup>*2</sup> | 機器等<br>の区分     | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup> | 許容応力<br>状態 <sup>*5</sup> |
|---------------|-----------|-----------------------------------------------------|------------------------|--------------------|----------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉補機冷却設備 | 高圧炉心スプレ<br>イ補機冷却水系<br>(高圧炉心スプ<br>レイ補機冷却海<br>水系を含む。) | S A                    | 常設／防止<br>(拡張)      | 重大事故等<br>クラス2管 | —           | $V_L + S_s$              | $V_A S$                  |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設／防止（拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容限界を使用し，許容応力状態IV<sub>A</sub>Sとして評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    H P S W－0 0 3

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 0.78            | 50            | 216.3      | 8.2        | STS410 | —           | 201000         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      H P S W－0 0 3

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 15  | 16  |
|     | 17            | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  |
|     | 32            | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  |
|     | 47            | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  |
|     | 63            | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  |
|     | 78            | 94  | 97  | 98  | 801 | 802 | 803 | 804 | 805 | 806 | 810 | 811 | 812 | 901 | 902 |
|     | 903           | 904 | 907 | 912 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 23  |        | 42  |        | 62  |        | 98  |        |
| 2   |        | 24  |        | 43  |        | 63  |        | 801 |        |
| 3   |        | 25  |        | 44  |        | 64  |        | 802 |        |
| 4   |        | 26  |        | 45  |        | 65  |        | 803 |        |
| 5   |        | 27  |        | 46  |        | 66  |        | 804 |        |
| 6   |        | 28  |        | 47  |        | 67  |        | 805 |        |
| 7   |        | 29  |        | 48  |        | 68  |        | 806 |        |
| 8   |        | 30  |        | 49  |        | 69  |        | 810 |        |
| 9   |        | 31  |        | 50  |        | 70  |        | 811 |        |
| 10  |        | 32  |        | 51  |        | 71  |        | 812 |        |
| 11  |        | 33  |        | 52  |        | 72  |        | 901 |        |
| 12  |        | 34  |        | 53  |        | 73  |        | 902 |        |
| 16  |        | 35  |        | 54  |        | 74  |        | 903 |        |
| 17  |        | 36  |        | 55  |        | 75  |        | 904 |        |
| 18  |        | 37  |        | 57  |        | 76  |        | 907 |        |
| 19  |        | 38  |        | 58  |        | 77  |        | 912 |        |
| 20  |        | 39  |        | 59  |        | 78  |        |     |        |
| 21  |        | 40  |        | 60  |        | 94  |        |     |        |
| 22  |        | 41  |        | 61  |        | 97  |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 13  |        |
| 14  |        |
| 15  |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁1   | 14  |        |        |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            H P S W－ 0 0 3

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1         |                 |   |   |                       |   |   |
| 9         |                 |   |   |                       |   |   |
| 21        |                 |   |   |                       |   |   |
| 27        |                 |   |   |                       |   |   |
| 30        |                 |   |   |                       |   |   |
| 34        |                 |   |   |                       |   |   |
| 40        |                 |   |   |                       |   |   |
| 48        |                 |   |   |                       |   |   |
| 52        |                 |   |   |                       |   |   |
| 61        |                 |   |   |                       |   |   |
| 66        |                 |   |   |                       |   |   |
| 73        |                 |   |   |                       |   |   |
| 77        |                 |   |   |                       |   |   |
| 94        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 901 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 902 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 903       |                 |   |   |                       |   |   |
| 904       |                 |   |   |                       |   |   |
| 907       |                 |   |   |                       |   |   |
| 912       |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料     | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|--------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|        |                | S m        | S y | S u | S h |
| STS410 | 50             | —          | 239 | 409 | —   |



3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図           | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|--------|----------------|----------|
| H P S W - 0 0 3 | 原子炉建屋  |                |          |

O 2 ⑤ VI-2-5-7-2-5 (2) (重) R 0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 HPSW-003

| 適用する地震動等  |             | S d 及び静的震度     |       |           |                | S s   |           |
|-----------|-------------|----------------|-------|-----------|----------------|-------|-----------|
| モード       | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度**1 |       | 応答鉛直震度**1 | 応 答 水 平 震 度**1 |       | 応答鉛直震度**1 |
|           |             | X 方 向          | Z 方 向 | Y 方 向     | X 方 向          | Z 方 向 | Y 方 向     |
| 1 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 2 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 3 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 4 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 5 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 6 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 7 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 8 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 21 次      |             |                |       |           |                |       |           |
| 22 次**2   |             |                |       |           |                |       |           |
| 動的 震 度**3 |             |                |       |           |                |       |           |
| 静的 震 度**4 |             |                |       |           |                |       |           |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P S W - 0 0 3

| モード  | 固 有 周 期<br>(s) | 刺 激 係 数* |       |       |
|------|----------------|----------|-------|-------|
|      |                | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |                |          |       |       |
| 2 次  |                |          |       |       |
| 3 次  |                |          |       |       |
| 4 次  |                |          |       |       |
| 5 次  |                |          |       |       |
| 6 次  |                |          |       |       |
| 7 次  |                |          |       |       |
| 8 次  |                |          |       |       |
| 21 次 |                |          |       |       |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

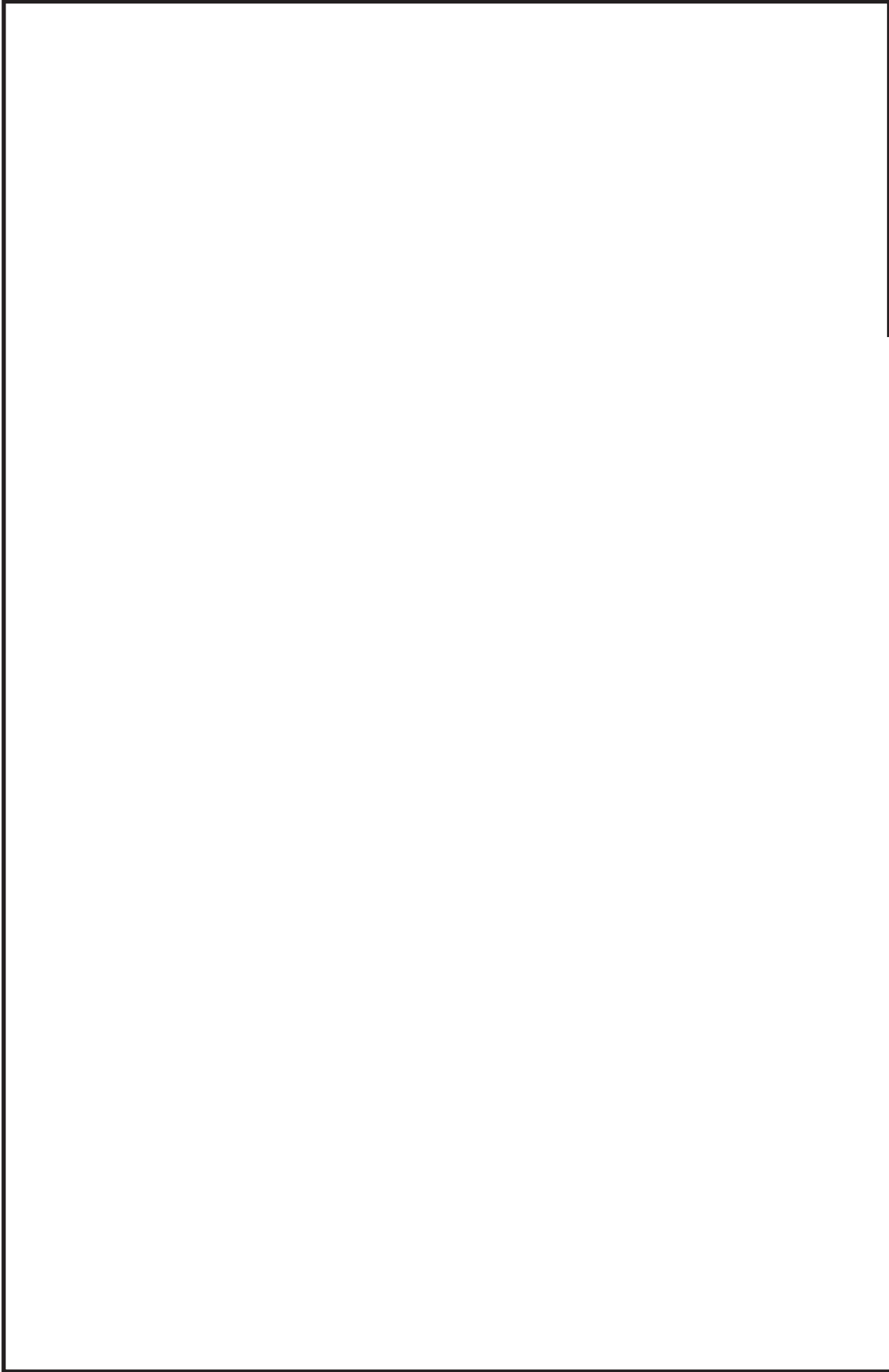
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPSW-003

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図           | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                     | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |                 | 疲労評価       |
|---------------|------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|------------|
|               |                  |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 ・ S y |            |
| HP SW - 0 0 3 | V <sub>A</sub> S | 54          | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 205                     | 368                 | —                   | —               | U S s<br>— |
|               | V <sub>A</sub> S | 98          |                                | —                       | —                   | 394                 | 478             |            |



4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類         | 型式        | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|---------------|------------|-----------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|               |            |           |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| HPSW-003-901S | メカニカルスナッパ  | SMS-3-100 | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 15               | 75               |
| HPSW-001-902R | ロッドレストレイント | RSA 6     |                                               |           | 49               | 90               |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類      | 型式    | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                |     | 評価結果     |                   |                   |
|---------------|---------|-------|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----|----------|-------------------|-------------------|
|               |         |       |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                |     | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|               |         |       |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |     |          |                   |                   |
|               |         |       |         |           |                |                |                |                |                |                |     |          |                   |                   |
| HPSW-003-030R | レストレイント | 架構    | STKR400 | 40        | 36             | 55             | 29             | —              | —              | —              | 組合せ | 136      | 280               |                   |
| HPSW-003-907R | レストレイント | Uプレート | SS400   | 40        | 33             | 0              | 133            | —              | —              | —              | せん断 | 91       | 141               |                   |
| HPSW-001-044A | アンカ     | ラゲ    | SGV410  | 50        | 99             | 19             | 13             | 0.39           | 20             | 30             | 組合せ | 111      | 127               |                   |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |



## VI-2-6 計測制御系統施設の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-6-1 計測制御系統施設の耐震性についての計算結果
- VI-2-6-2 制御材の耐震性についての計算書
- VI-2-6-3 制御材駆動装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-4 ほう酸水注入設備の耐震性についての計算書
- VI-2-6-5 計測装置の耐震性についての計算書
- VI-2-6-6 制御用空気設備の耐震性についての計算書
- VI-2-6-7 その他の計測制御設備の耐震性についての計算書

## VI-2-6-6 制御用空気設備の耐震性についての計算書

## 目 次

VI-2-6-6-1 高圧窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

VI-2-6-6-2 代替高圧窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

## VI-2-6-6-1 高圧窒素ガス供給系の耐震性についての計算書



## 目 次

VI-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書（高圧窒素ガス供給系）

VI-2-6-6-1-1 管の耐震性についての計算書  
(高圧窒素ガス供給系)

## 設計基準対象施設

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 10 |
| 3. 計算条件 .....                     | 28 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 28 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 29 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 30 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 40 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 41 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 43 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 43 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 54 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 54 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 56 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 57 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 58 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧窒素ガス供給系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全26モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

### (3) 弁

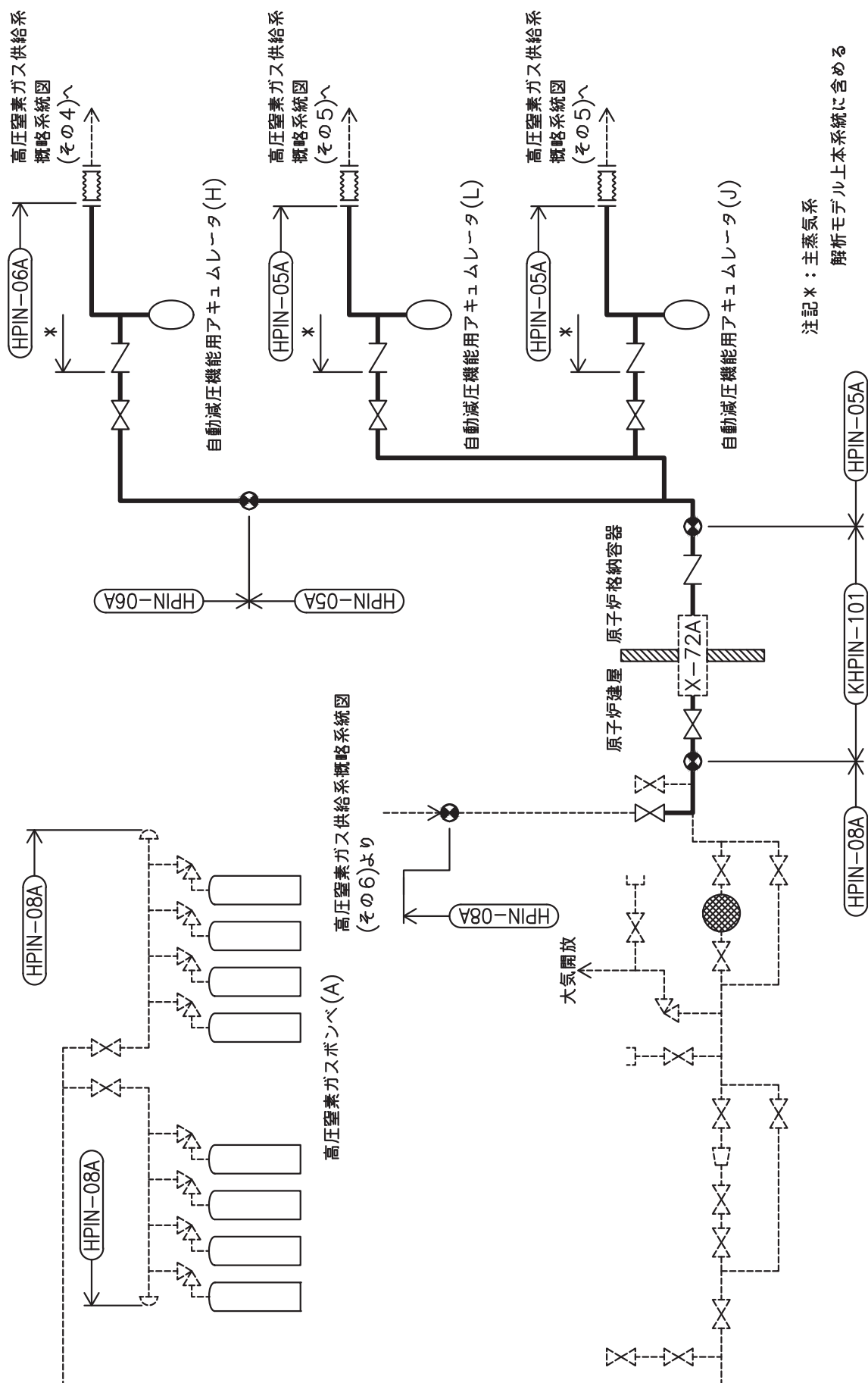
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

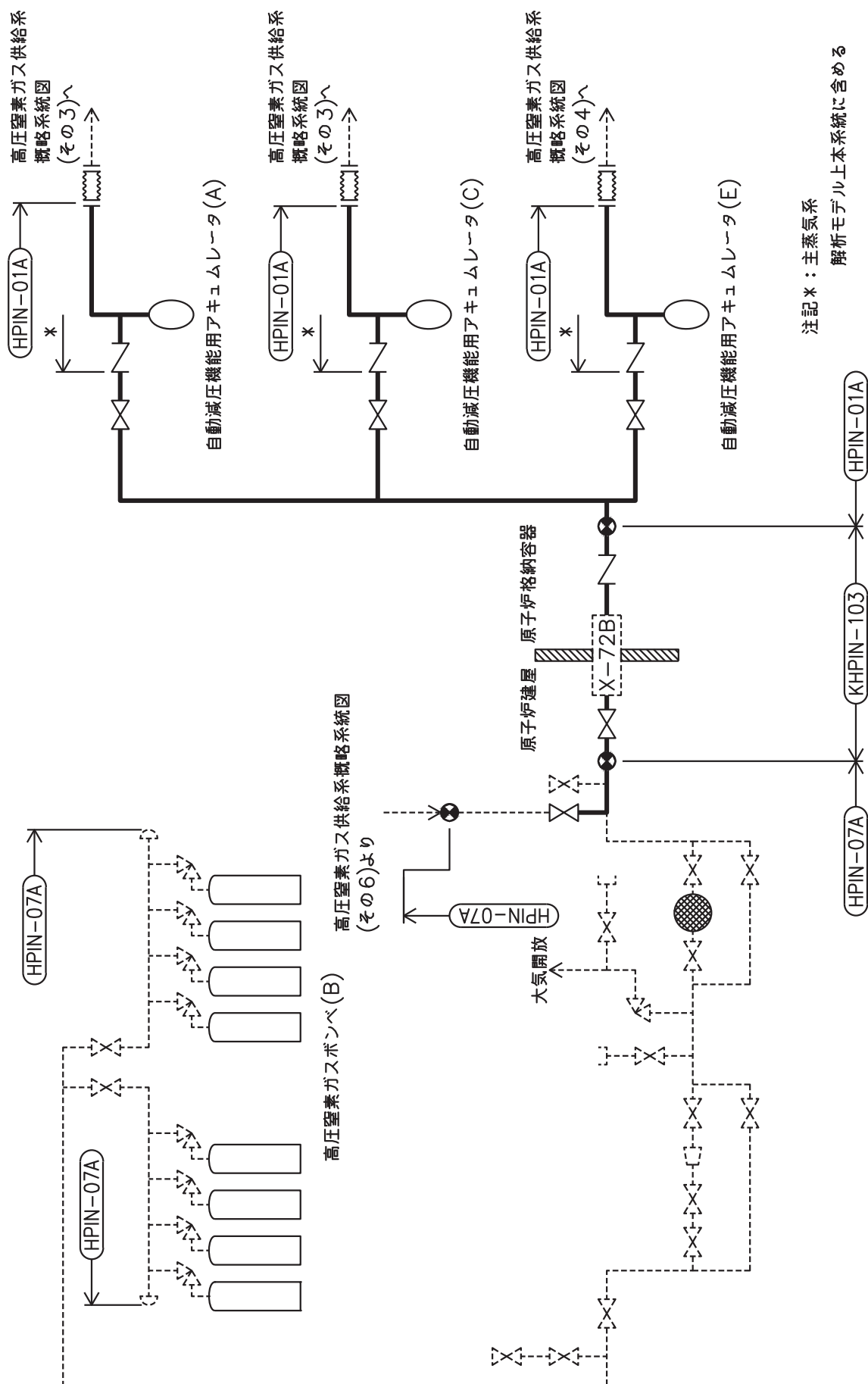
## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記号                                                                                     | 内容                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |

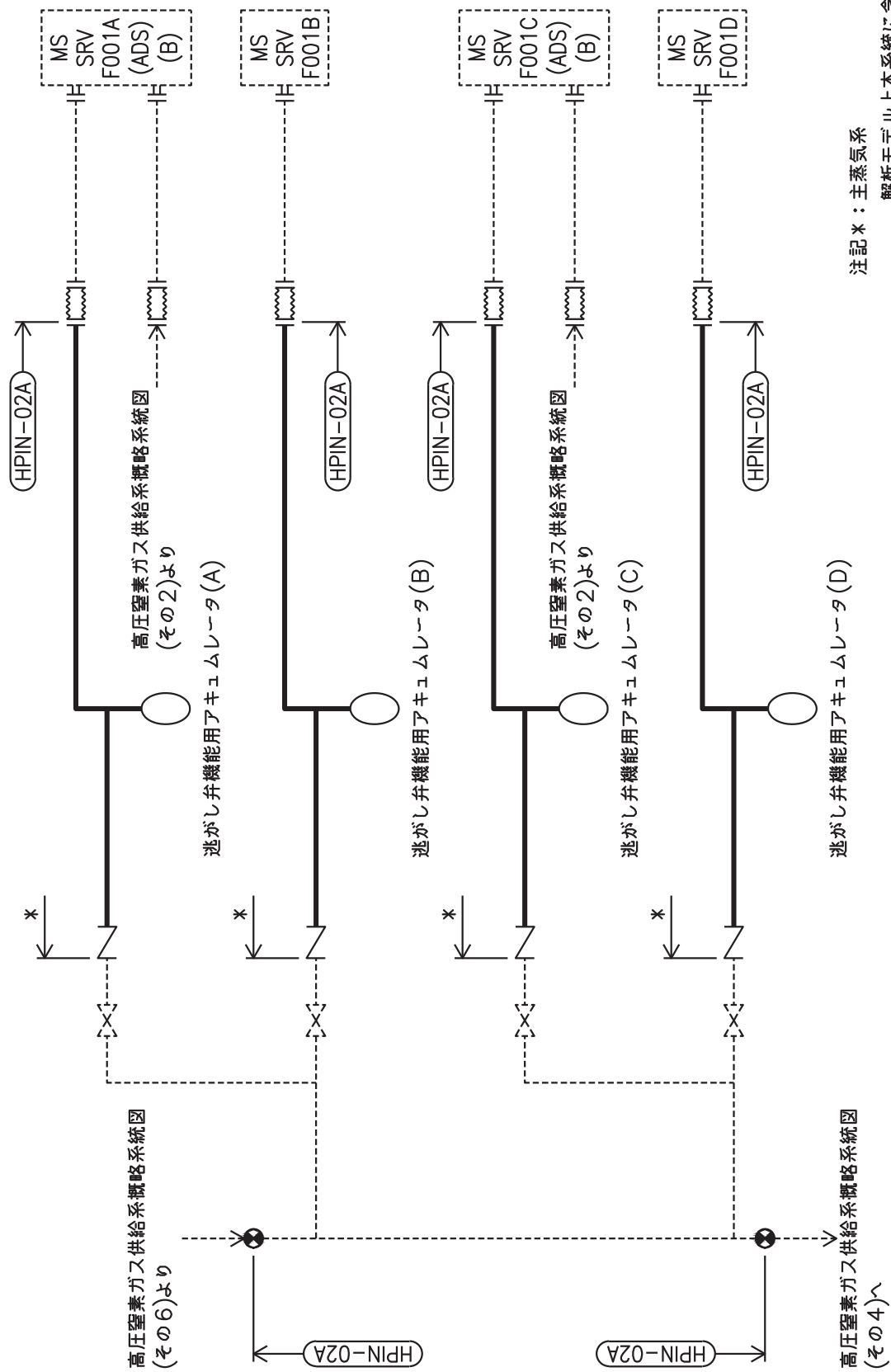




注記＊：主蒸気系  
解析モデル上本系統に含める

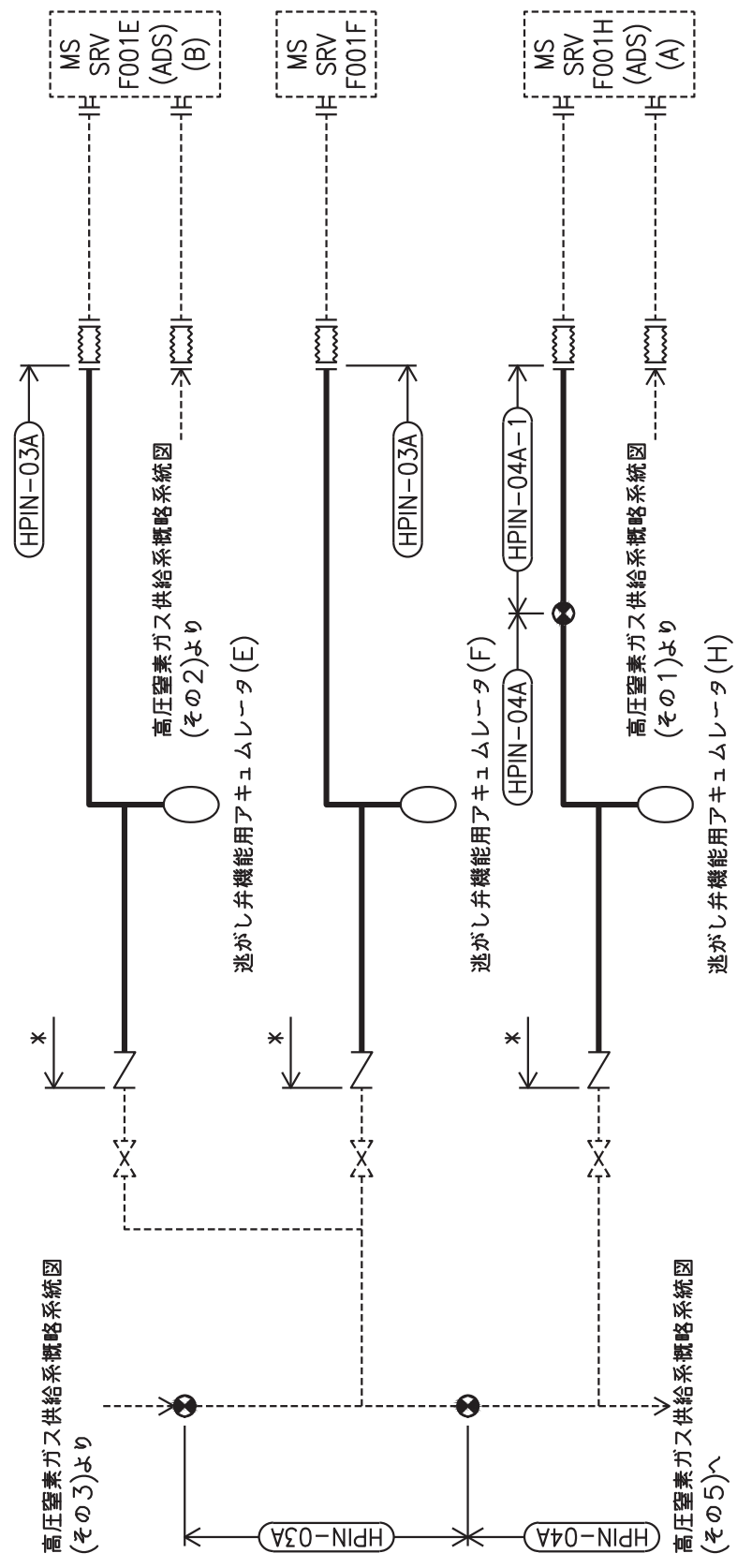
高圧窒素ガス供給系概略系統図 (その2)



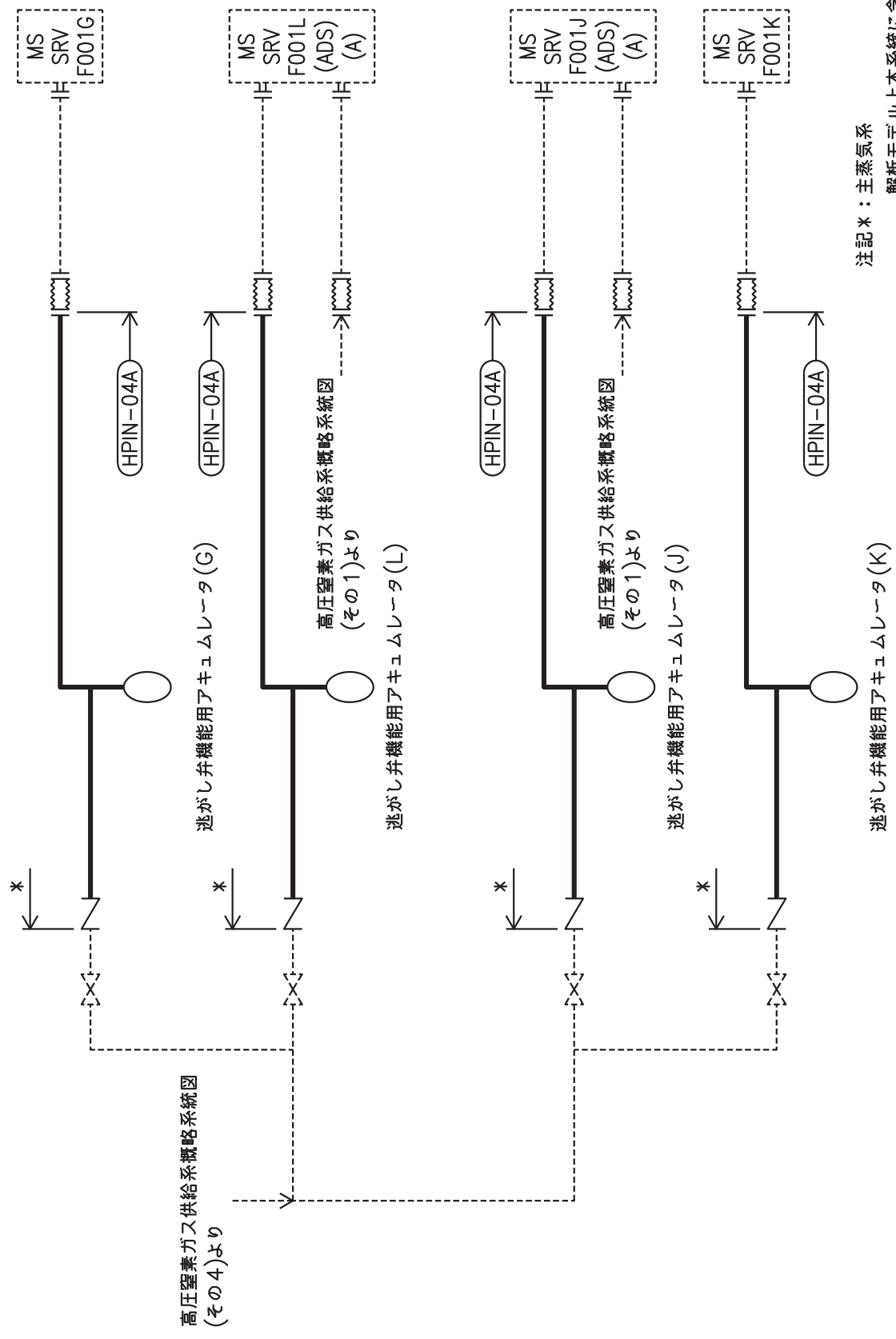


注記\*：主蒸気系  
 解析モデル上本系統に含める

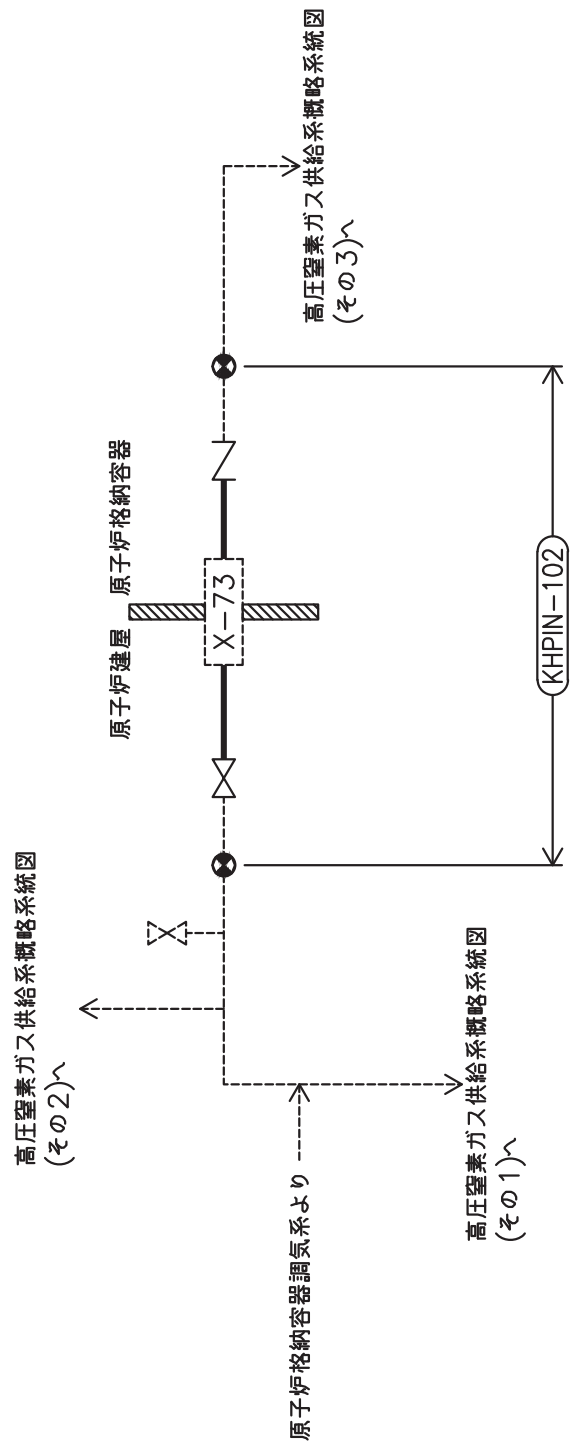
高圧窒素ガス供給系概略系統図(その3)



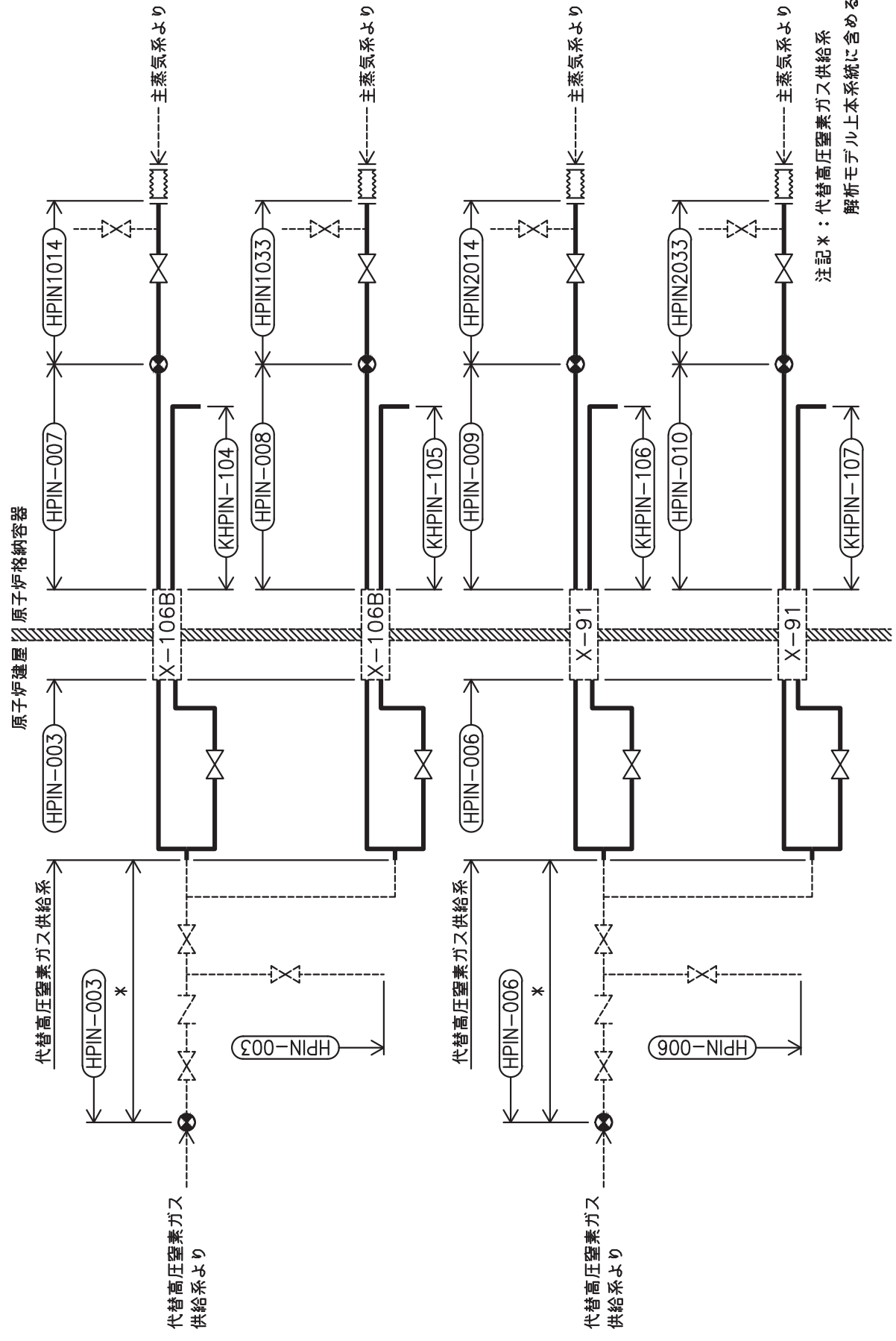
注記＊：主蒸気系  
解析モデル上本系統に含める  
高圧窒素ガス供給系概略系統図(その4)



高圧窒素ガス供給系概略系統図(その5)



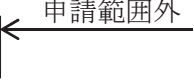
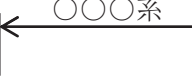
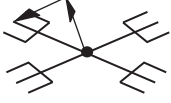
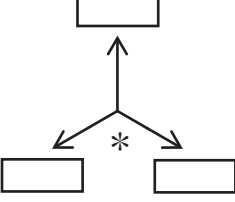
高圧窒素ガス供給系概略系統図(その6)



高压窒素ガス供給系概略系統図(その7)

2.2
鳥瞰図

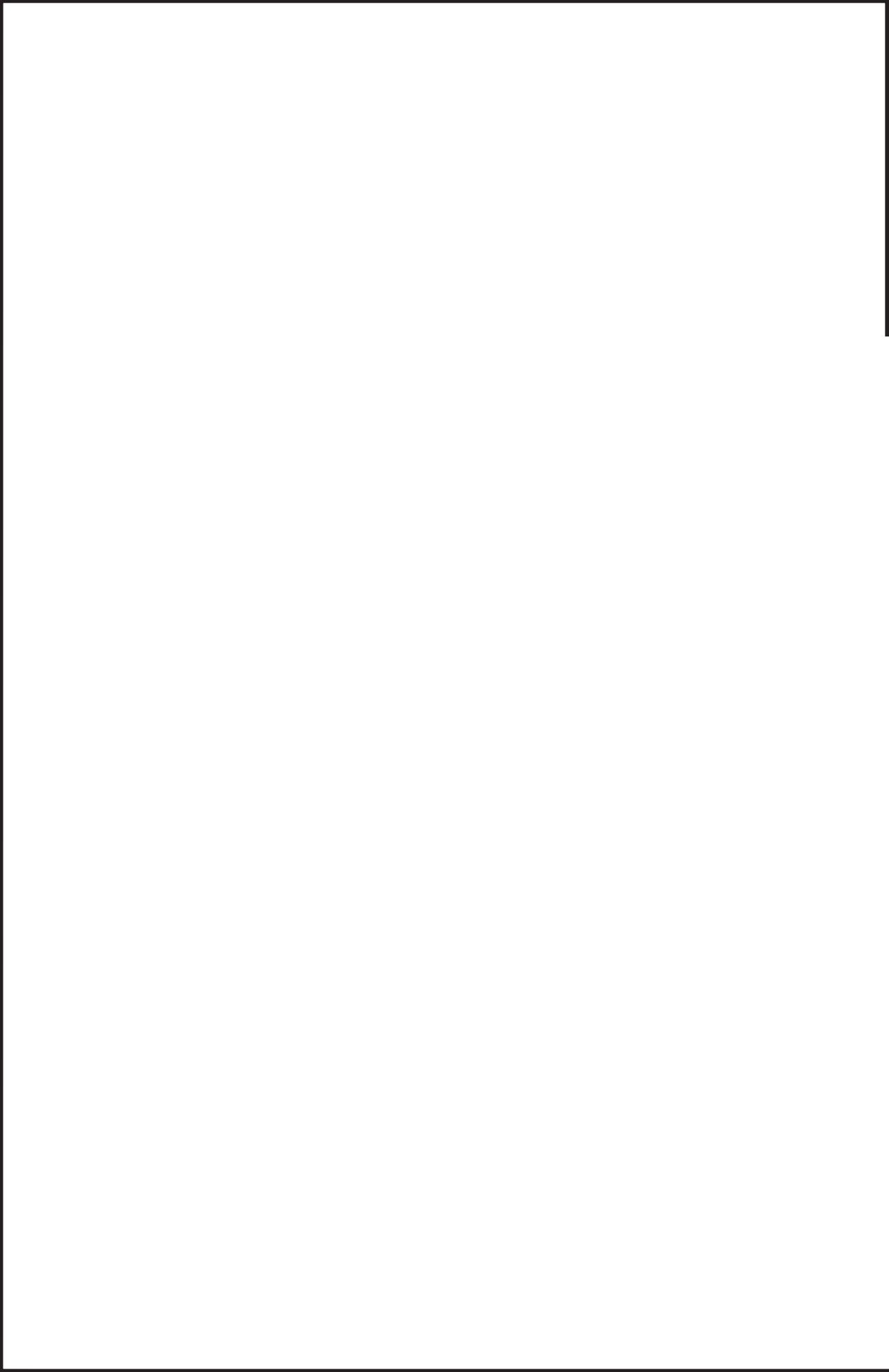
鳥瞰図記号凡例

| 記号                                                                                  | 内容                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                                                                |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                                                                |
|    | 質点                                                                                                                                                                                      |
|  | アンカ                                                                                                                                                                                     |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                                                              |
|  | スナッパ                                                                                                                                                                                    |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(＊は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、 <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> 内に<br>変位量を記載する。) |



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-006-1/4 |
|-----|--------------|

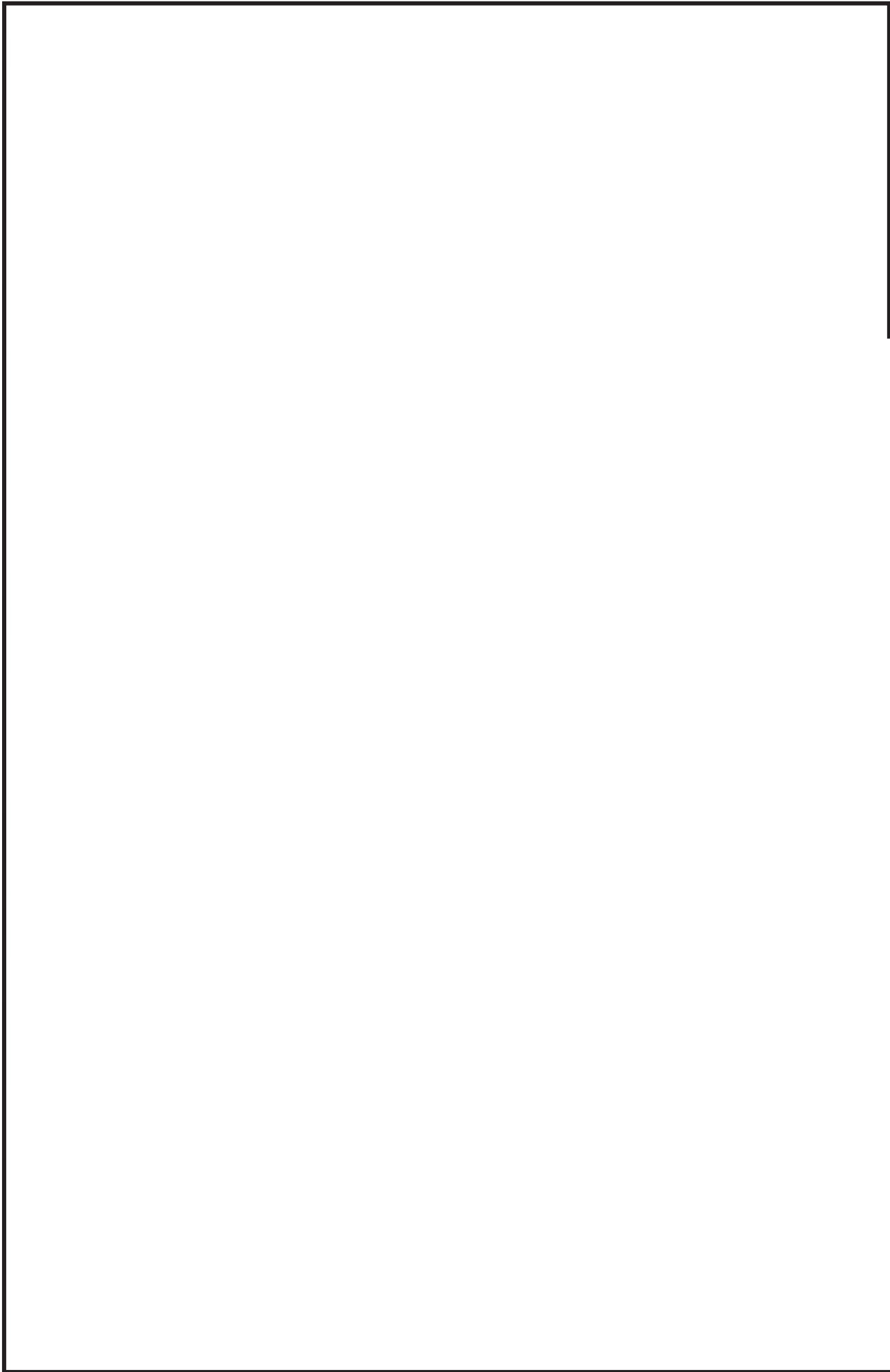
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-006-2/4 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





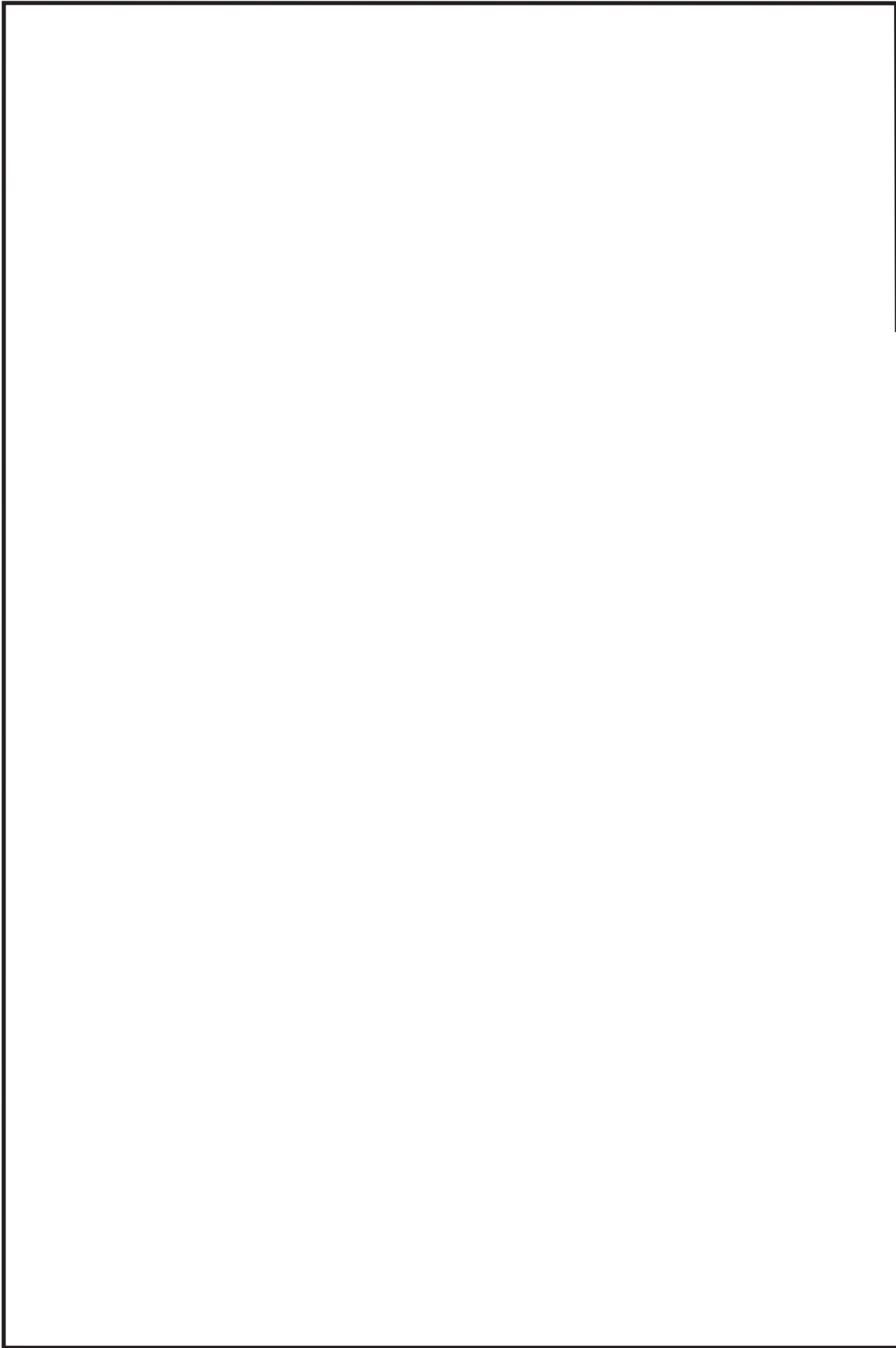
鳥瞰図 HPIN-006-3/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



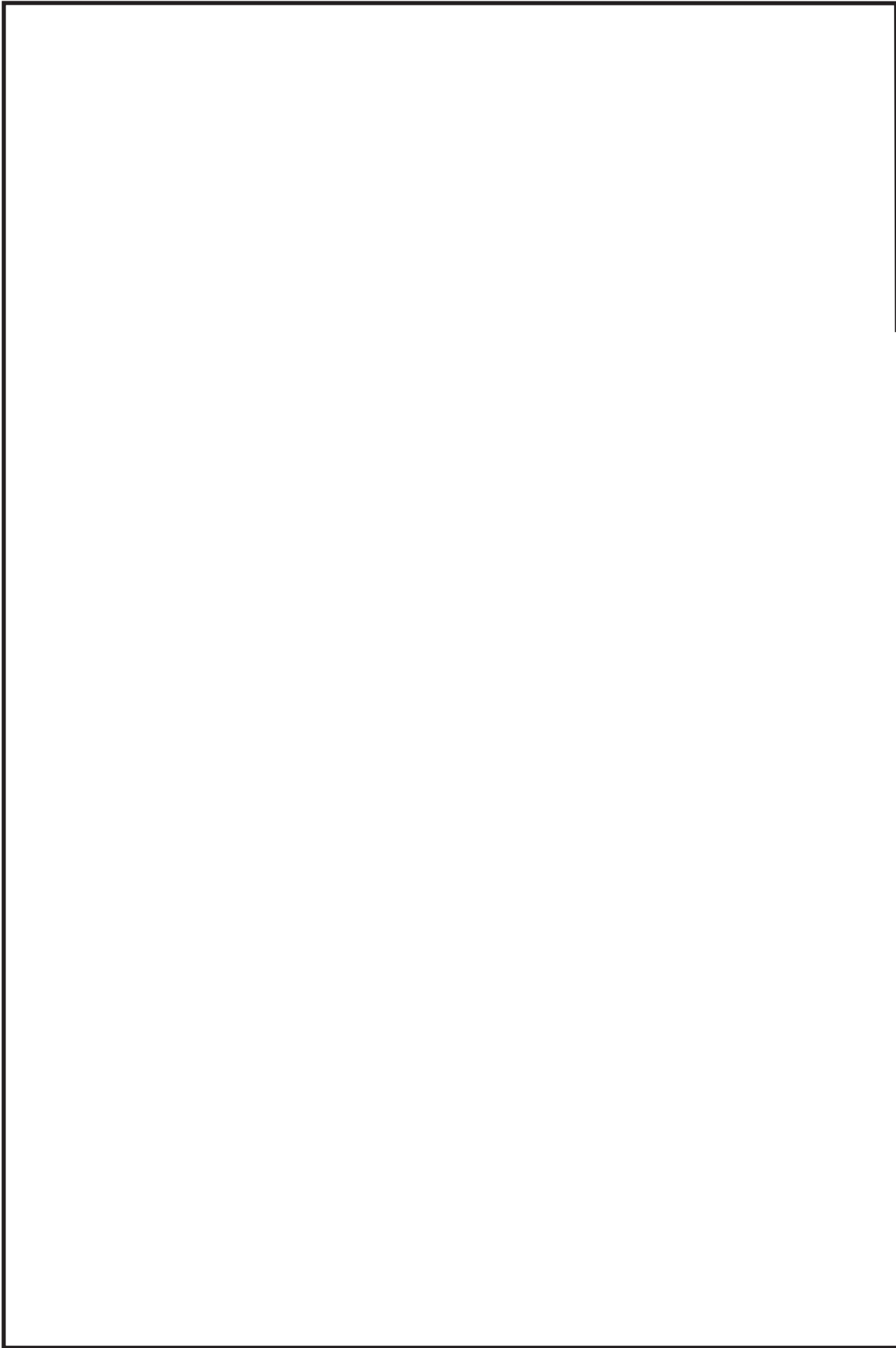
|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-006-4/4 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



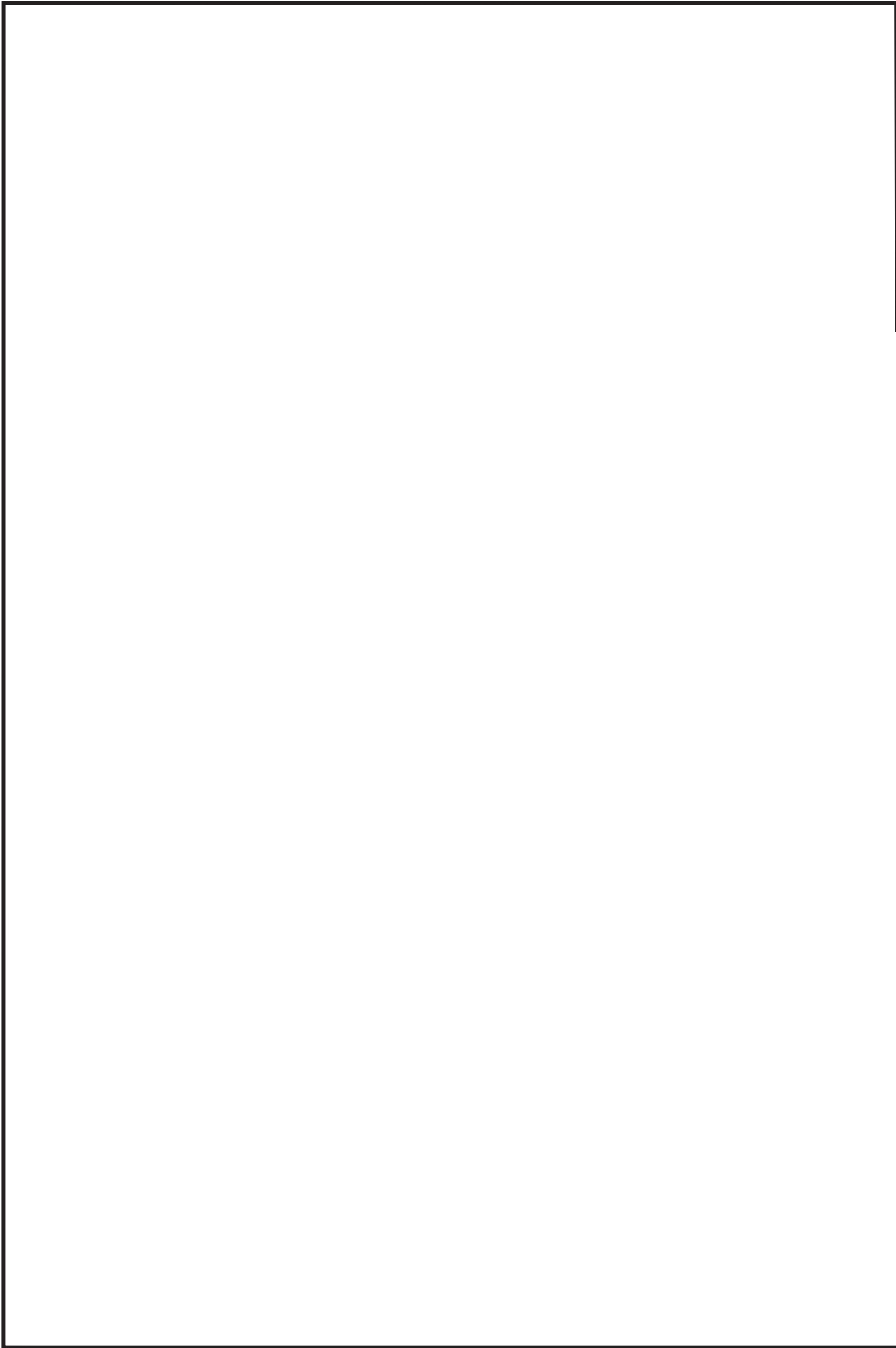
鳥瞰図 HPIN-08A<1/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



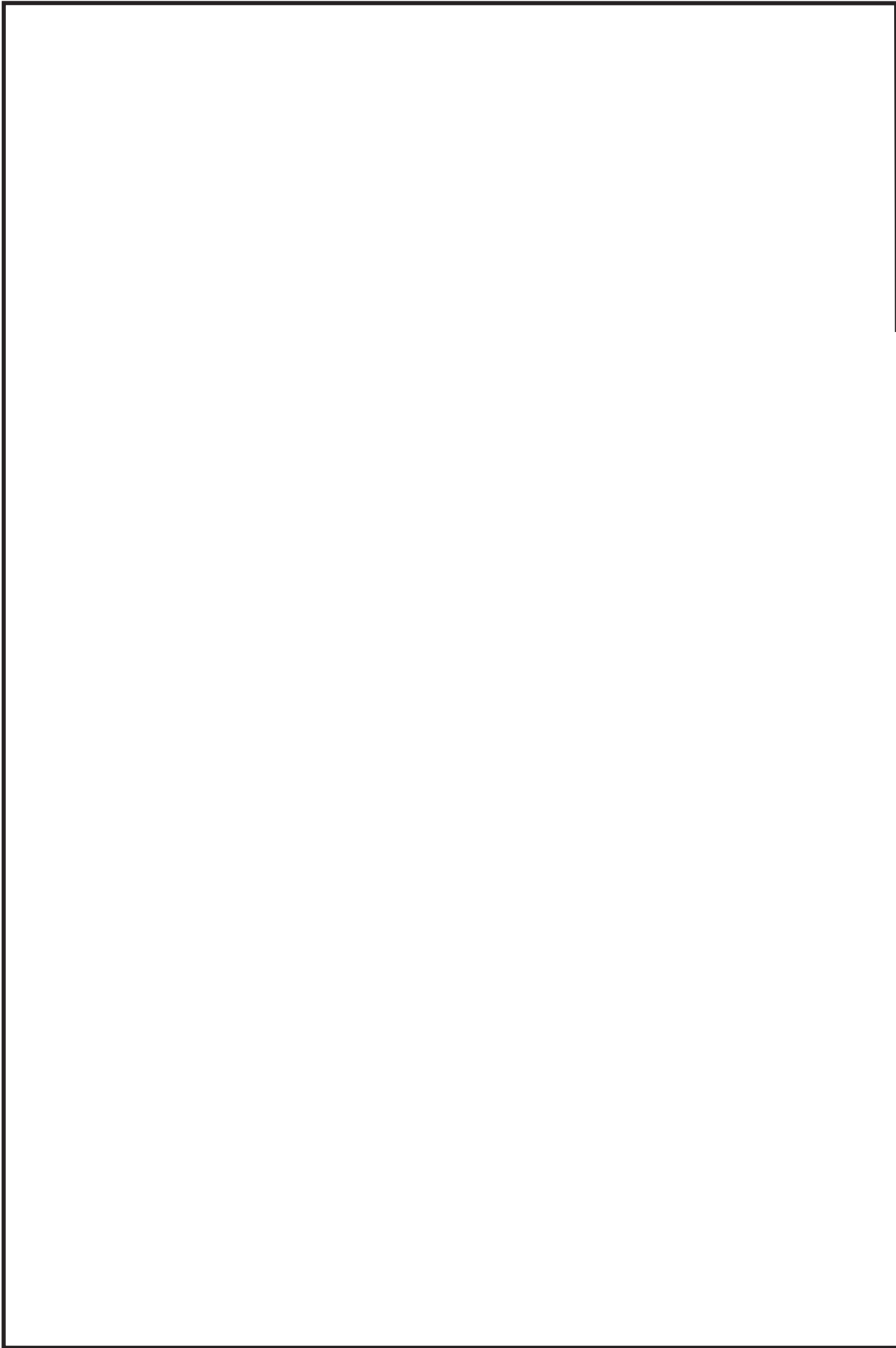
鳥瞰図 HPIN-08A(2/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



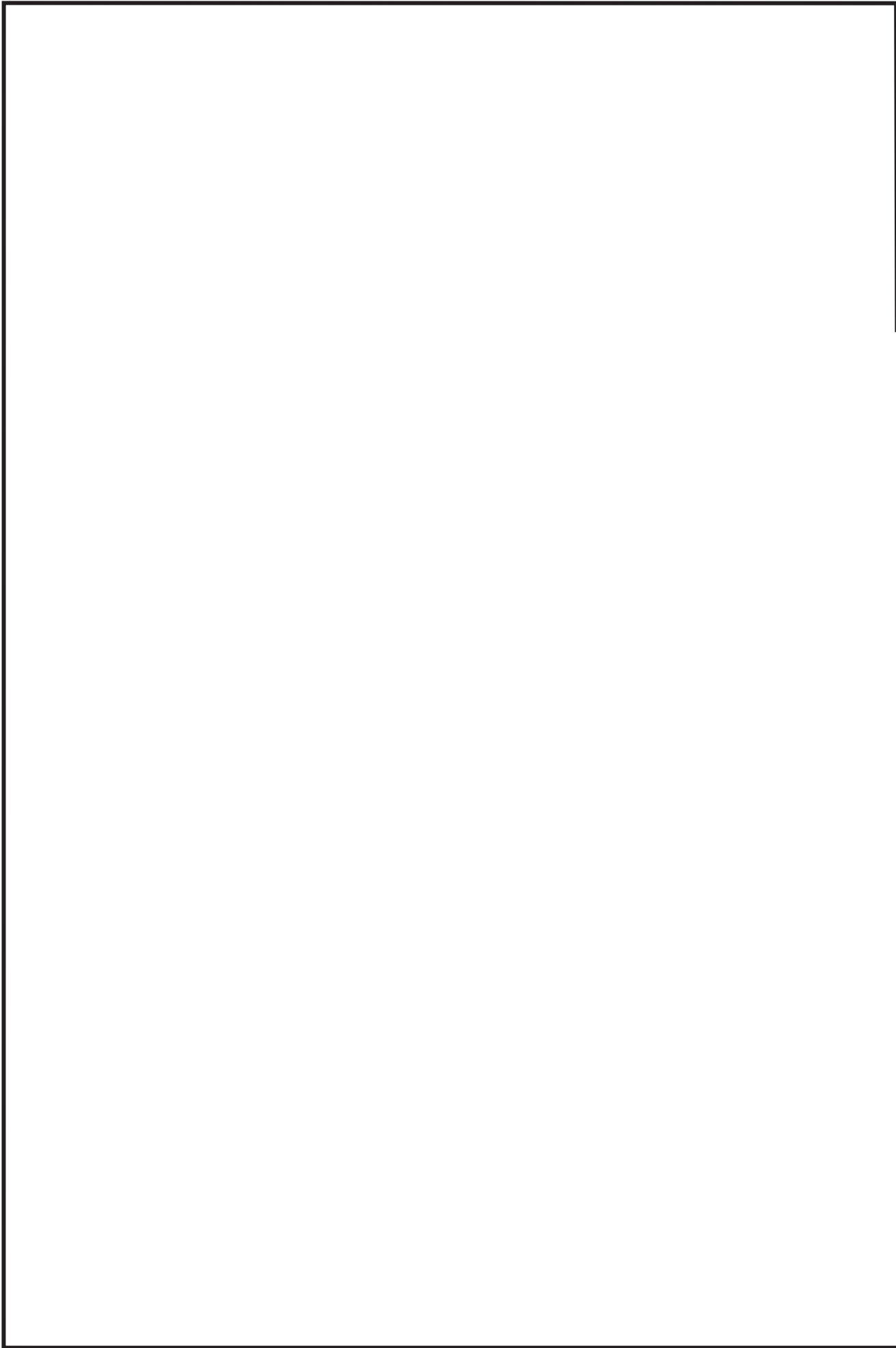
|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A(3/13) |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



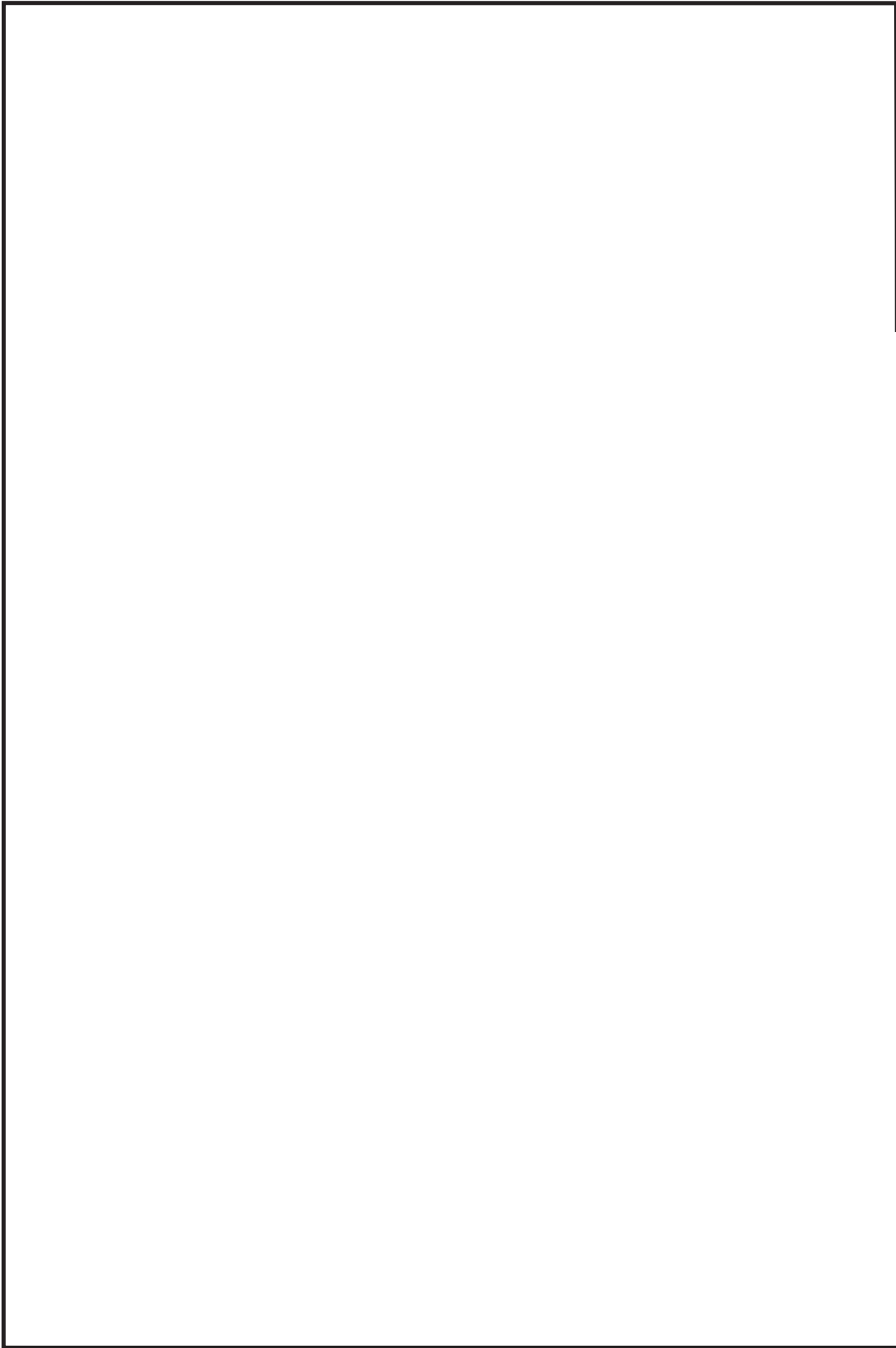
鳥瞰図 HPIN-08A<4/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A(5/13) |
|-----|----------------|

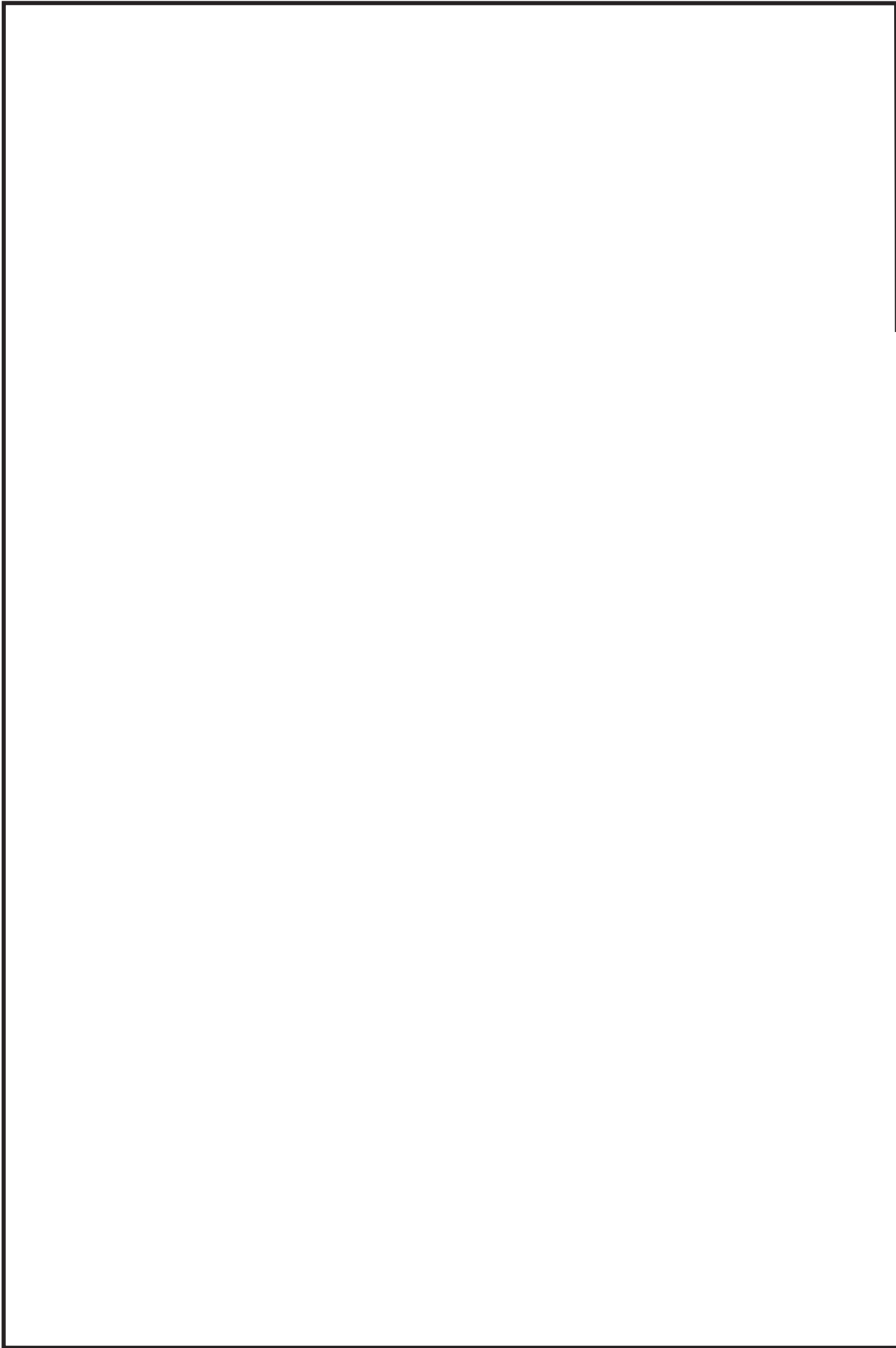
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HP IN-08A(6/13)

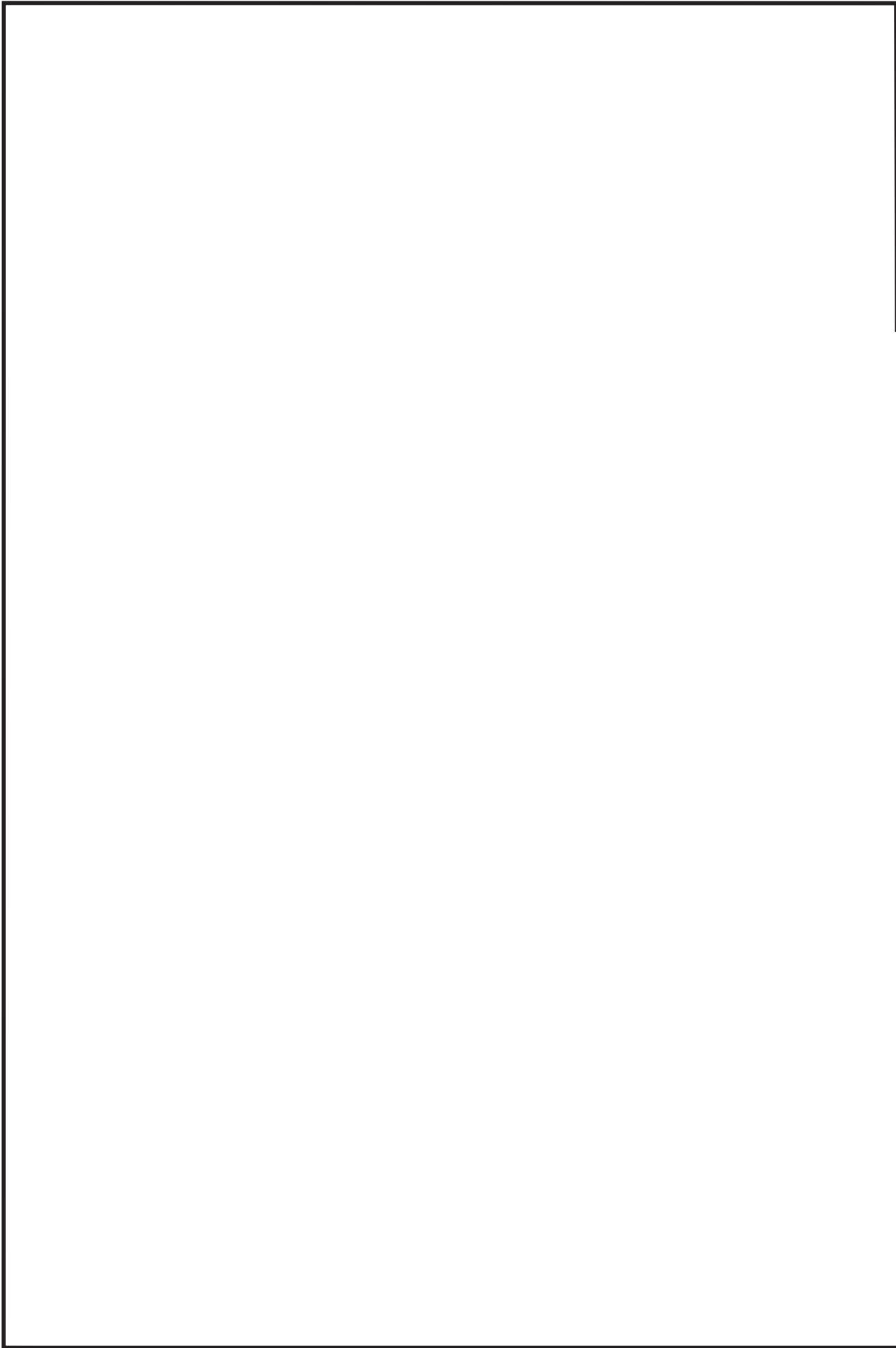
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





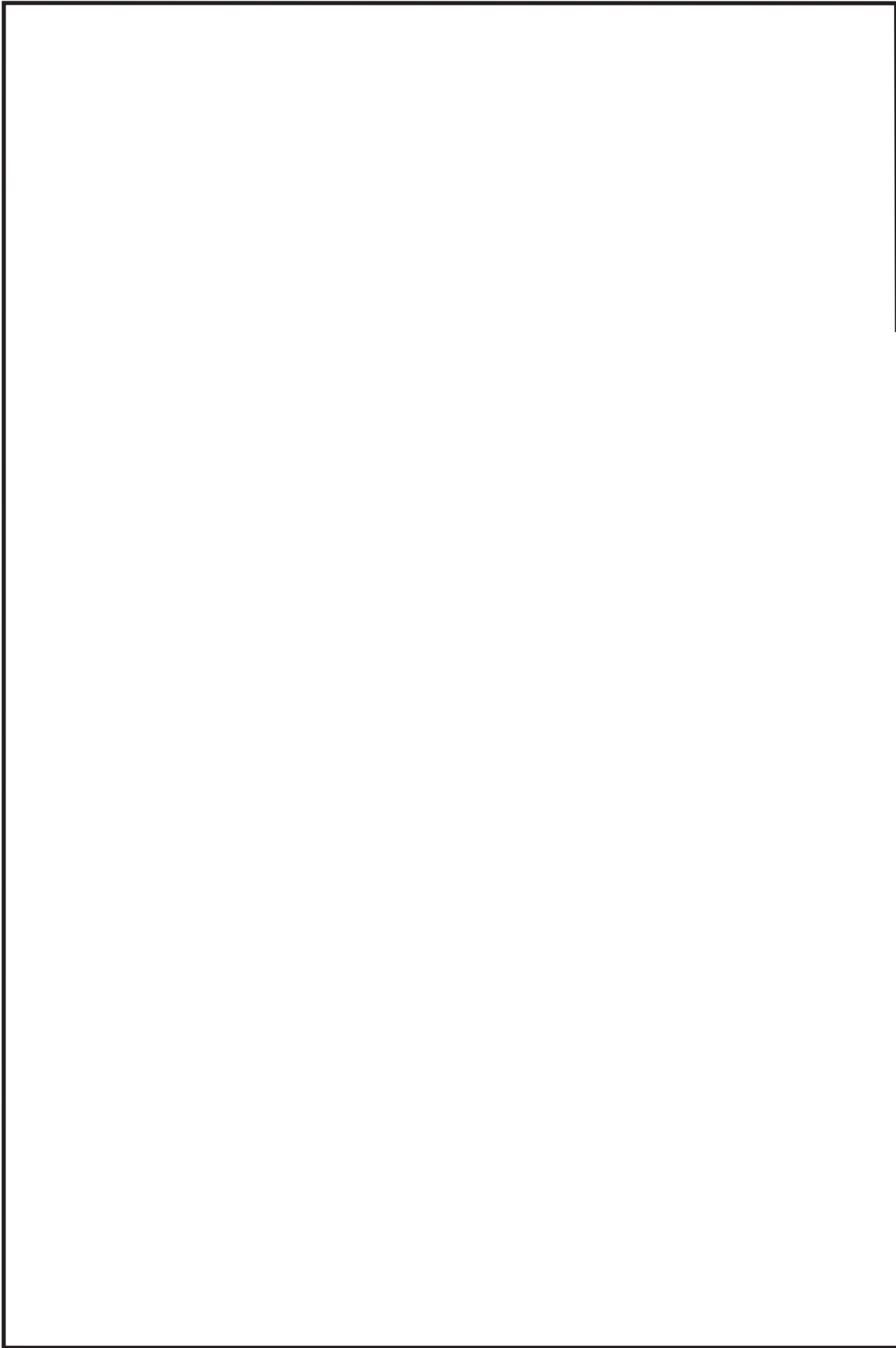
|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<7/13> |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



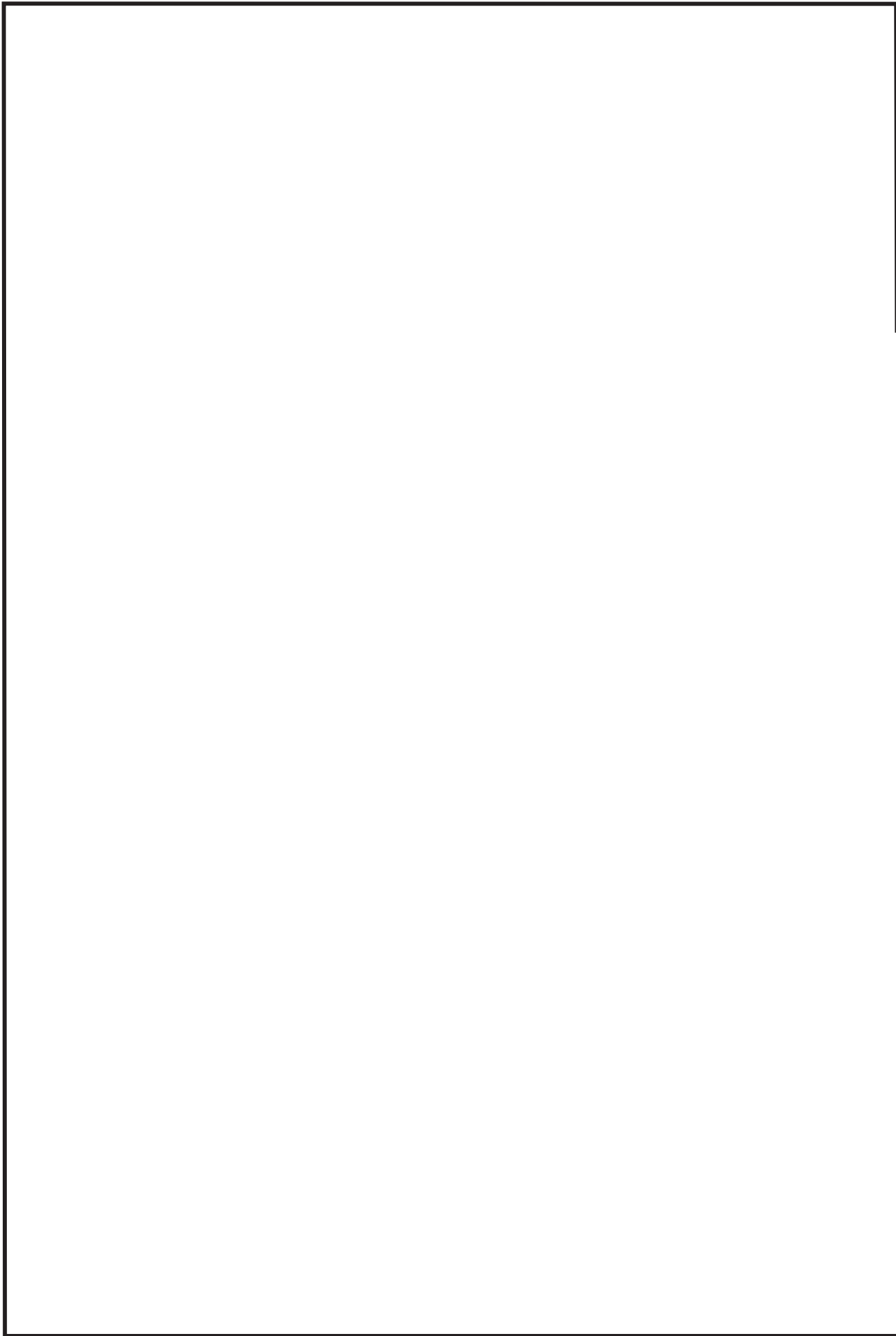
|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<8/13> |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A(9/13) |
|-----|----------------|

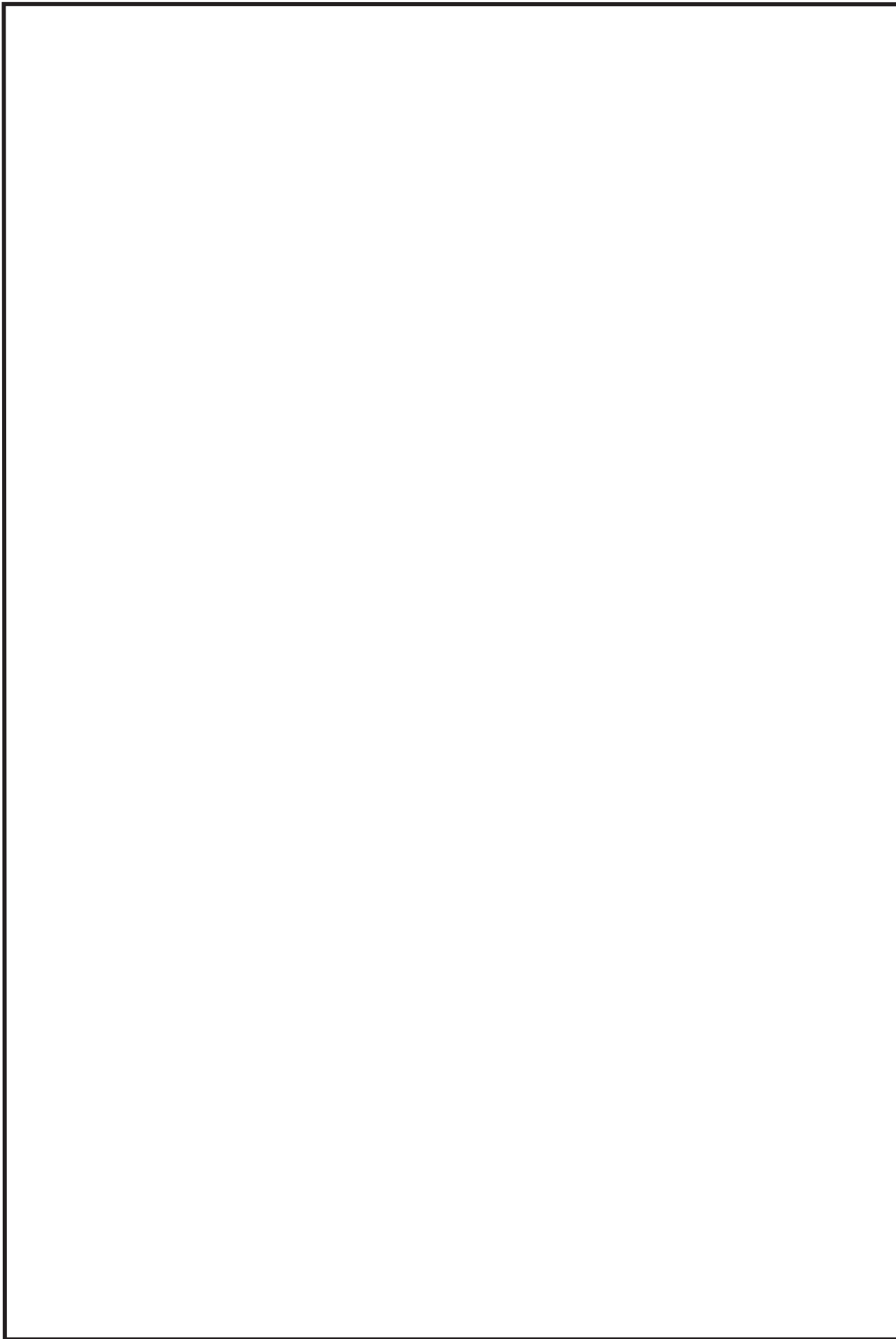
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図

HPIN-08A<10/13>

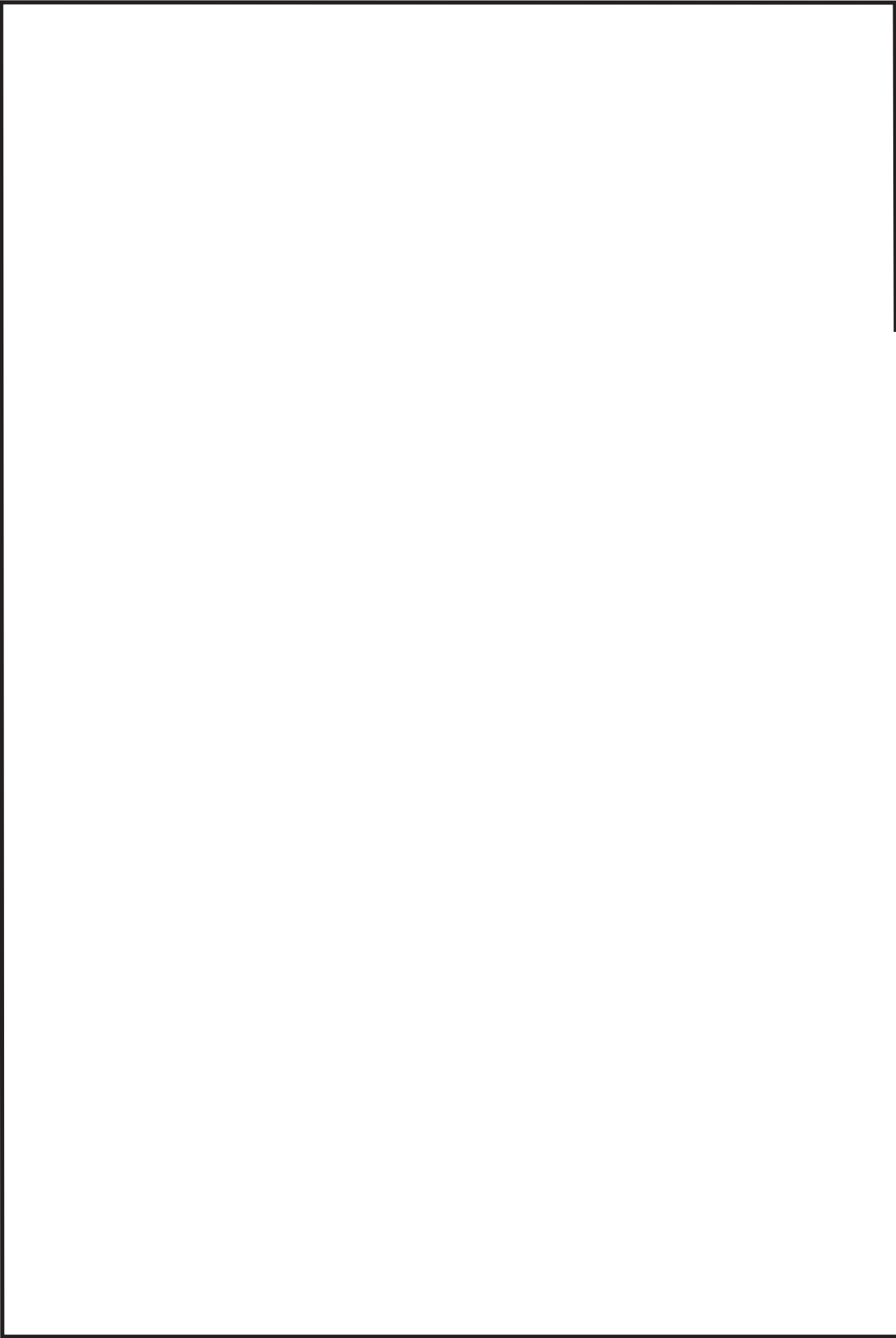
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図

HPIN-08A<11/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                 |
|-----|-----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<12/13> |
|-----|-----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図

HPIN-08A<13/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



3.2
荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称            | 系統名称      | 施設<br>分類*1 | 設備分類 | 機器等<br>の区分       | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*2, *3         | 許容応力<br>状態       |
|---------------|-----------------|-----------|------------|------|------------------|-------------|----------------------|------------------|
| 計測制御<br>系統施設  | 制御用空気設備         | 高圧窒素ガス供給系 | D B        | —    | クラス2 管<br>クラス3 管 | S           | I <sub>L</sub> + S d | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|               |                 |           |            |      |                  |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d |                  |
|               |                 |           |            |      |                  |             | I <sub>L</sub> + S s | Ⅳ <sub>A</sub> S |
|               |                 |           |            |      |                  |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s |                  |
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 原子炉冷却材の<br>循環設備 | 主蒸気系      | D B        | —    | クラス3 管           | S           | I <sub>L</sub> + S d | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|               |                 |           |            |      |                  |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d |                  |
|               |                 |           |            |      |                  |             | I <sub>L</sub> + S s | Ⅳ <sub>A</sub> S |
|               |                 |           |            |      |                  |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s |                  |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      H P I N - 0 0 6

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 2.06            | 171           | 60.5       | 3.9        | SUS304TP | S           | 184320         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      H P I N－0 0 6

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 47      | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  |
|     | 60      | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  |
|     | 74      | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 89  | 90  | 91  | 92  | 93  | 94  |
|     | 95      | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 107 | 108 |
|     | 109     | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |     |

配管の質量（付加質量含む）  
鳥 瞰 図            H P I N－0 0 6  
評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 47  |        | 59  |        | 74  |        | 94  |        | 109 |        |
| 48  |        | 60  |        | 75  |        | 95  |        | 110 |        |
| 49  |        | 61  |        | 76  |        | 96  |        | 111 |        |
| 50  |        | 62  |        | 77  |        | 97  |        | 112 |        |
| 51  |        | 63  |        | 78  |        | 98  |        | 113 |        |
| 52  |        | 64  |        | 79  |        | 99  |        | 114 |        |
| 53  |        | 65  |        | 80  |        | 100 |        | 115 |        |
| 54  |        | 66  |        | 89  |        | 101 |        | 116 |        |
| 55  |        | 70  |        | 90  |        | 102 |        | 117 |        |
| 56  |        | 71  |        | 91  |        | 103 |        | 118 |        |
| 57  |        | 72  |        | 92  |        | 104 |        | 119 |        |
| 58  |        | 73  |        | 93  |        | 108 |        | 120 |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

弁 2

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|
| 67  |        | 105 |        |
| 68  |        | 106 |        |
| 69  |        | 107 |        |
| 131 |        | 133 |        |
| 132 |        | 134 |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁 1  | 68  |        |        |        |
| 弁 2  | 106 |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                  H P I N－0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 60        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 63 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 66        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 66 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 70        |                 |   |   |                       |   |   |
| 104       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 104 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 108       |                 |   |   |                       |   |   |
| 132       |                 |   |   |                       |   |   |
| 134       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 214 ** |                 |   |   |                       |   |   |

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      H P I N - 0 8 A

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 1.77            | 66            | 60.5       | 3.9        | SUS304TP | S           | 191720         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      H P I N－0 8 A

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 260     | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 | 269 | 270 | 271 |



配管の質量（付加質量含む）  
鳥 瞰 図            H P I N－0 8 A  
評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 260 |        | 262 |        | 264 |        | 266 |        | 270 |        |
| 261 |        | 263 |        | 265 |        | 269 |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 271 |        |
| 272 |        |
| 273 |        |
| 289 |        |
| 291 |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁 1  | 272 |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    H P I N－0 8 A

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 266   |                 |   |   |                       |   |   |
| 290   |                 |   |   |                       |   |   |

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材 料      | 最 高 使 用 温 度<br>(℃) | 許 容 応 力 (MPa) |     |     |
|----------|--------------------|---------------|-----|-----|
|          |                    | S y           | S u | S h |
| SUS304TP | 171                | 150           | 413 | —   |
|          | 66                 | 188           | 479 | 126 |

3.5
設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
 策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
 に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図           | 建物・構築物  | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------------|---------|----------------|----------|
| H P I N－0 0 6 | 原子炉格納容器 |                |          |
|               | 原子炉建屋   |                |          |

## 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

|            |        |               |          |
|------------|--------|---------------|----------|
| 鳥瞰図        | 建物・構築物 | 標高 (O.P. (m)) | 減衰定数 (%) |
| HP I N-08A | 原子炉建屋  |               |          |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 解析結果及び評価  
4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|          |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次*2    |               |            |       |          |          |       |          |
| 動的震度*3   |               |            |       |          |          |       |          |
| 静的震度*4   |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数  
鳥 瞰 図      H P I N - 0 0 6

| モード | 固 有 周 期<br>( s ) | 刺 激 係 数* |       |       |
|-----|------------------|----------|-------|-------|
|     |                  | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次 |                  |          |       |       |
| 2 次 |                  |          |       |       |
| 3 次 |                  |          |       |       |
| 4 次 |                  |          |       |       |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      H P I N - 0 8 A

| 適用する地震動等 |               | S d 及びひ静的震度 |       |          |          | S s   |          |  |
|----------|---------------|-------------|-------|----------|----------|-------|----------|--|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1    |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|          |               | X 方 向       | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次      |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 2 次      |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 3 次      |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 4 次      |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 5 次      |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 6 次      |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 7 次      |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 8 次      |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 15 次     |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 16 次*2   |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 動的震度*3   |               |             |       |          |          |       |          |  |
| 静的震度*4   |               |             |       |          |          |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数  
鳥 瞰 図      H P I N - 0 8 A

| モード  | 固 有 周 期<br>( s ) | 刺 激 係 数* |       |       |
|------|------------------|----------|-------|-------|
|      |                  | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |                  |          |       |       |
| 2 次  |                  |          |       |       |
| 3 次  |                  |          |       |       |
| 4 次  |                  |          |       |       |
| 5 次  |                  |          |       |       |
| 6 次  |                  |          |       |       |
| 7 次  |                  |          |       |       |
| 8 次  |                  |          |       |       |
| 15 次 |                  |          |       |       |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

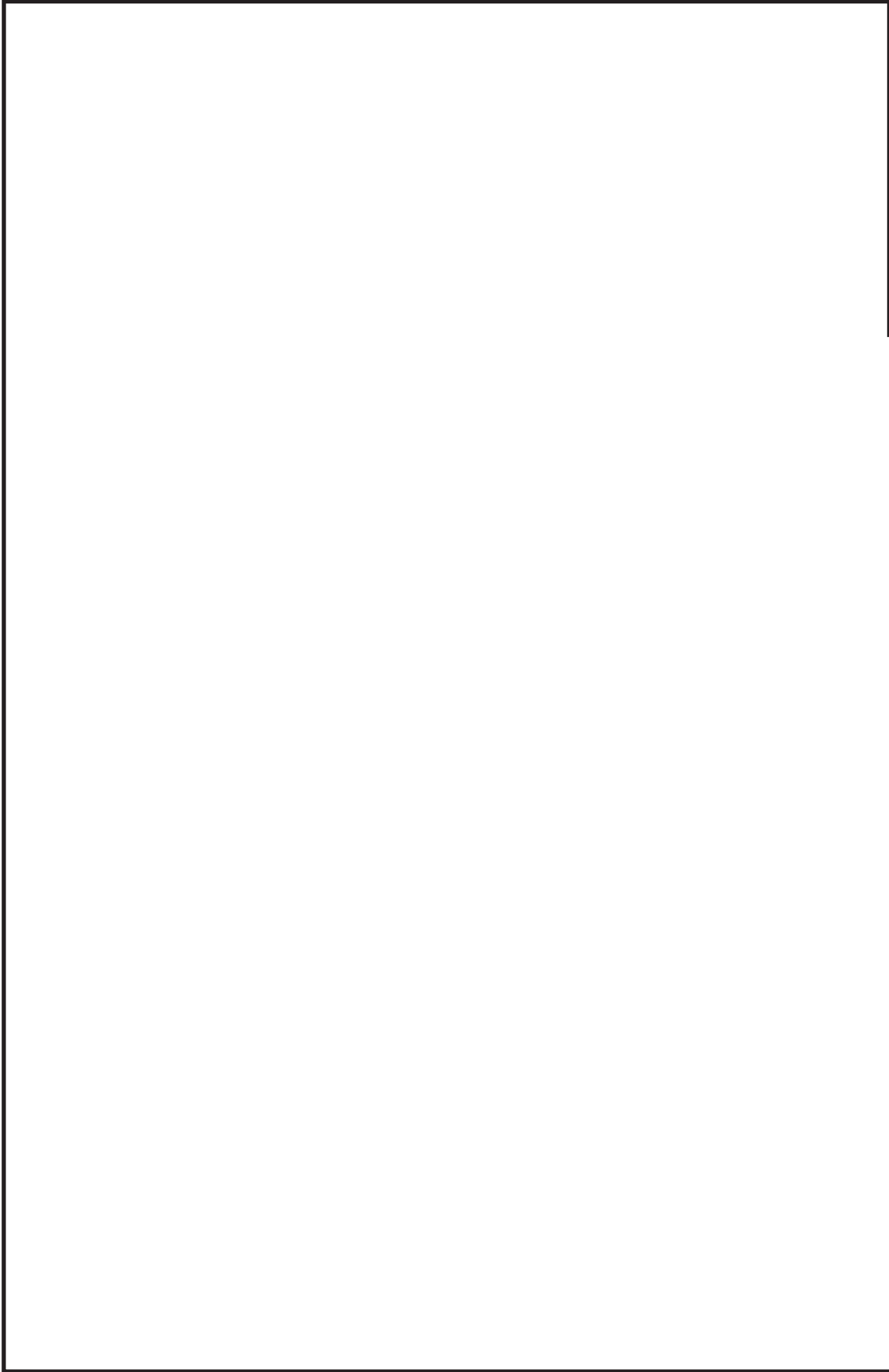
鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



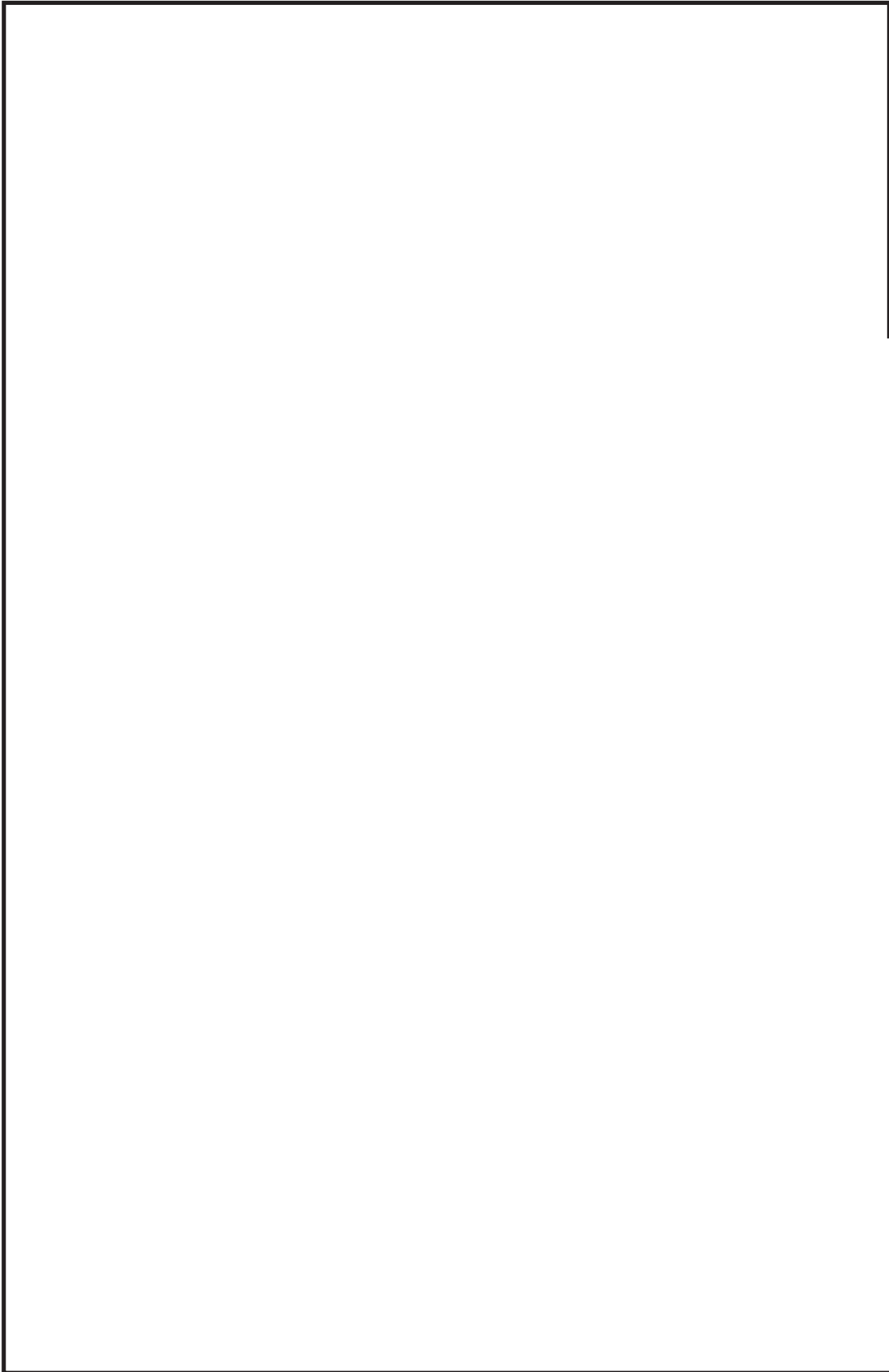
鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



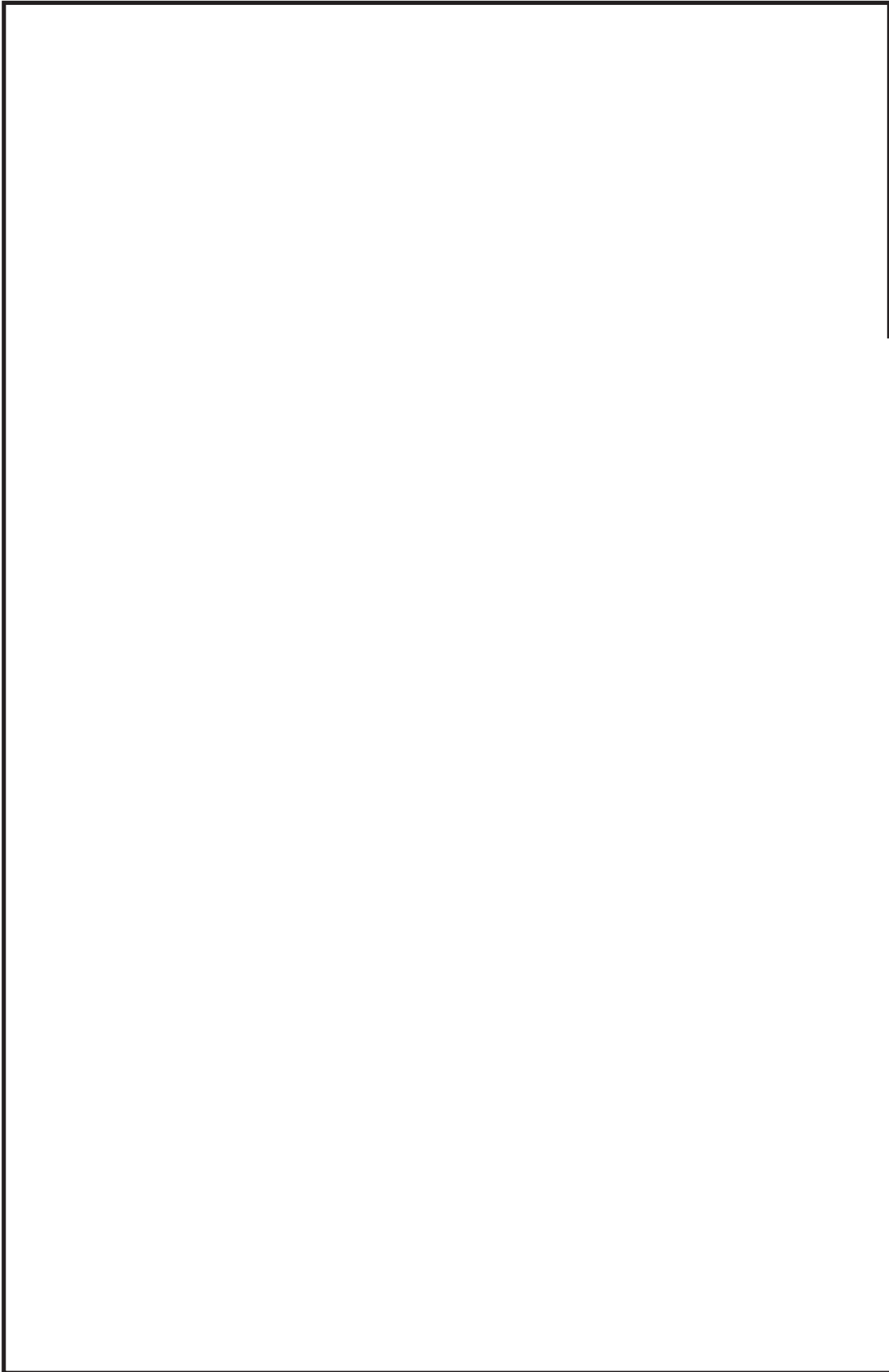
鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPIN-08A

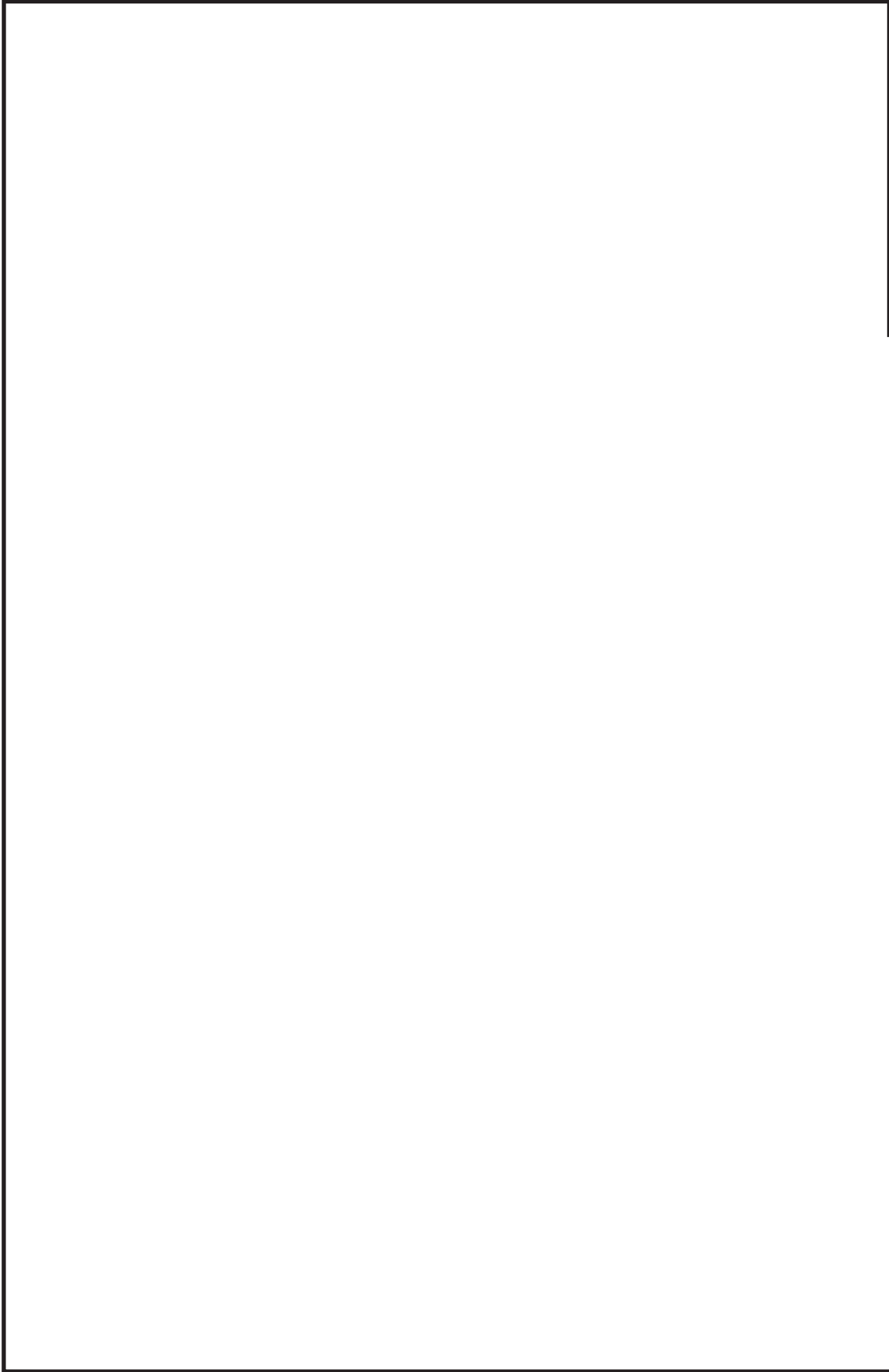
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPIN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





鳥瞰図 HPIN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図          | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                          | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)             |                      | 疲労評価 |
|--------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|------|
|              |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0.9S u | 計算応力<br>S n (S d)<br>S n (S s) | 許容応力<br>2S y<br>2S y |      |
| HP I N－0 0 6 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 65          | S p r m (S d) | 75                                     | 150                      | —                              | —                    | —    |
|              | Ⅲ <sub>A</sub> S | —           | S n (S d)     | —                                      | —                        | —                              | —                    | —    |
|              | Ⅳ <sub>A</sub> S | 65          | S p r m (S s) | 128                                    | 371                      | —                              | —                    | —    |
|              | Ⅳ <sub>A</sub> S | 120         | S n (S s)     | —                                      | —                        | 276                            | 300                  | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図          | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                           | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)             |                        | 疲労評価<br>疲労累積係数<br>U S d<br>U S s |
|--------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|---------------------------|--------------------------------|------------------------|----------------------------------|
|              |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0.9 S u | 計算応力<br>S n (S d)<br>S n (S s) | 許容応力<br>2 S y<br>2 S y |                                  |
| HP I N－0 8 A | Ⅲ <sub>A</sub> S | 266         | S p r m (S d) | 99                                     | 188                       | —                              | —                      | —                                |
|              | Ⅲ <sub>A</sub> S | 266         | S n (S d)     | —                                      | —                         | 150                            | 376                    | —                                |
|              | Ⅳ <sub>A</sub> S | 266         | S p r m (S s) | 139                                    | 431                       | —                              | —                      | —                                |
|              | Ⅳ <sub>A</sub> S | 266         | S n (S s)     | —                                      | —                         | 254                            | 376                    | —                                |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号     | 種類         | 型式         | 材質                                     | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|-----------------|------------|------------|----------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|                 |            |            |                                        |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| KHPIN-102-011BA | ロッドレストレイント | RST-S1     | 添付書類「IV-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算について」参照 |           | 3                | 16               |
| KHPIN-102-011BB | ロッドレストレイント | RST-S1     |                                        |           | 3                | 16               |
| HPIN-003-135SA  | メカニカルスナッパ  | SMS-06-100 |                                        |           | 4                | 18               |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式  | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|-------------|---------|-----|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|             |         |     |        |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |     |        |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
| R110-045-01 | レストレイント | 弁振れ | SS400  | 50        | 9              | —              | 5              | —              | —              | —              | せん断      | 74                | 139               |
| R110-044-01 | アンカ     | ラゲ  | SUS304 | 50        | 2              | 5              | 4              | 1              | 1              | 1              | 組合せ      | 74                | 205               |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 型式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|----------------------------------------------|----|--------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                           | 鉛直 | 水平                                         | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                            | —  | —                                          | —  | —                 | —    |

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2以下の管）

| No. | 配管モデル    | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |           |           |      |    | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S* |           |           |       |    |         |           |           |      |    |      |        |    |
|-----|----------|------------------------|-----------|-----------|------|----|-------------------------|-----------|-----------|-------|----|---------|-----------|-----------|------|----|------|--------|----|
|     |          | 一次応力                   |           |           |      |    | 一次応力                    |           |           |       |    | 一次＋二次応力 |           |           |      |    | 疲労評価 |        |    |
|     |          | 評価点                    | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点                     | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点     | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点  | 疲労累積係数 | 代表 |
| 1   | HPIN-003 | 112                    | 73        | 150       | 2.05 | —  | 80                      | 107       | 371       | 3.46  | —  | 80      | 206       | 300       | 1.45 | —  | —    | —      |    |
| 2   | HPIN-006 | 65                     | 75        | 150       | 2.00 | —  | 65                      | 128       | 371       | 2.89  | ○  | 120     | 276       | 300       | 1.08 | ○  | —    | —      |    |
| 3   | HPIN-007 | 9                      | 20        | 150       | 7.50 | —  | 9                       | 26        | 371       | 14.26 | —  | 9       | 100       | 300       | 3.00 | —  | —    | —      |    |
| 4   | HPIN-008 | 8                      | 19        | 150       | 7.89 | —  | 8                       | 23        | 371       | 16.13 | —  | 8       | 61        | 300       | 4.91 | —  | —    | —      |    |
| 5   | HPIN-009 | 8                      | 18        | 150       | 8.33 | —  | 8                       | 22        | 371       | 16.86 | —  | 6       | 60        | 300       | 5.00 | —  | —    | —      |    |
| 6   | HPIN-010 | 9                      | 19        | 150       | 7.89 | —  | 9                       | 23        | 371       | 16.13 | —  | 7       | 47        | 300       | 6.38 | —  | —    | —      |    |
| 7   | HPIN-01A | 81                     | 64        | 150       | 2.34 | —  | 81                      | 118       | 371       | 3.14  | —  | 81      | 218       | 300       | 1.37 | —  | —    | —      |    |
| 8   | HPIN-02A | 62                     | 41        | 150       | 3.65 | —  | 62                      | 58        | 371       | 6.39  | —  | 131     | 147       | 300       | 2.04 | —  | —    | —      |    |

注記＊：Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2以下の管)

| No. | 配管モデル      | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |            |            |      |    |     | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S* |            |       |    |     |            |            |      |    |      |
|-----|------------|------------------------|------------|------------|------|----|-----|-------------------------|------------|-------|----|-----|------------|------------|------|----|------|
|     |            | 一次応力                   |            |            |      |    |     | 一次応力                    |            |       |    |     |            | 一次＋二次応力    |      |    |      |
|     |            | 評価点                    | 計算応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 計算応力 (MPa)              | 許容応力 (MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 計算応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度   | 代表 | 疲労評価 |
| 9   | HPIN-03A   | 82                     | 66         | 150        | 2.27 | —  | 82  | 113                     | 371        | 3.28  | —  | 77  | 211        | 300        | 1.42 | —  | —    |
| 10  | HPIN-04A   | 126                    | 32         | 150        | 4.68 | —  | 181 | 47                      | 371        | 7.89  | —  | 40  | 168        | 300        | 1.78 | —  | —    |
| 11  | HPIN-04A-1 | 1                      | 33         | 150        | 4.54 | —  | 1   | 48                      | 371        | 7.72  | —  | 1   | 80         | 300        | 3.75 | —  | —    |
| 12  | HPIN-05A   | 12                     | 75         | 150        | 2.00 | —  | 12  | 105                     | 371        | 3.53  | —  | 25  | 206        | 300        | 1.45 | —  | —    |
| 13  | HPIN-06A   | 1                      | 58         | 150        | 2.58 | —  | 1   | 81                      | 371        | 4.58  | —  | 1   | 132        | 300        | 2.27 | —  | —    |
| 14  | HPIN-07A   | 256                    | 78         | 188        | 2.41 | —  | 256 | 107                     | 431        | 4.02  | —  | 256 | 166        | 376        | 2.26 | —  | —    |
| 15  | HPIN-08A   | 266                    | 99         | 188        | 1.89 | ○  | 266 | 139                     | 431        | 3.10  | —  | 266 | 254        | 376        | 1.48 | —  | —    |
| 16  | HPIN1014   | 19                     | 42         | 150        | 3.57 | —  | 19  | 57                      | 371        | 6.50  | —  | 19  | 94         | 300        | 3.19 | —  | —    |
| 17  | HPIN1033   | 81                     | 51         | 150        | 2.94 | —  | 81  | 71                      | 371        | 5.22  | —  | 81  | 127        | 300        | 2.36 | —  | —    |
| 18  | HPIN2014   | 1                      | 27         | 150        | 5.55 | —  | 36  | 36                      | 371        | 10.30 | —  | 1   | 89         | 300        | 3.37 | —  | —    |

注記\*：Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2以下の管）

| No. | 配管モデル     | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |           |           |       |    |     | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S* |           |       |    |     |           |           |      |    |      |
|-----|-----------|------------------------|-----------|-----------|-------|----|-----|-------------------------|-----------|-------|----|-----|-----------|-----------|------|----|------|
|     |           | 一次応力                   |           |           |       |    |     | 一次応力                    |           |       |    |     |           | 一次＋二次応力   |      |    |      |
|     |           | 評価点                    | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 計算応力(MPa)               | 許容応力(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 疲労評価 |
| 19  | HPIN2033  | 19                     | 43        | 150       | 3.48  | —  | 19  | 66                      | 371       | 5.62  | —  | 17  | 120       | 300       | 2.50 | —  | —    |
| 20  | KHPIN-101 | 301                    | 62        | 188       | 3.03  | —  | 301 | 87                      | 431       | 4.95  | —  | 11  | 226       | 250       | 1.10 | —  | —    |
| 21  | KHPIN-102 | 102                    | 67        | 188       | 2.80  | —  | 102 | 95                      | 431       | 4.53  | —  | 102 | 218       | 376       | 1.72 | —  | —    |
| 22  | KHPIN-103 | 12                     | 55        | 188       | 3.41  | —  | 12  | 75                      | 431       | 5.74  | —  | 12  | 169       | 376       | 2.22 | —  | —    |
| 23  | KHPIN-104 | 6                      | 7         | 150       | 21.42 | —  | 6   | 7                       | 371       | 53.00 | —  | 6   | 0         | 300       | —    | —  | —    |
| 24  | KHPIN-105 | 6                      | 7         | 150       | 21.42 | —  | 6   | 7                       | 371       | 53.00 | —  | 6   | 0         | 300       | —    | —  | —    |
| 25  | KHPIN-106 | 6                      | 7         | 150       | 21.42 | —  | 6   | 7                       | 371       | 53.00 | —  | 6   | 0         | 300       | —    | —  | —    |
| 26  | KHPIN-107 | 6                      | 7         | 150       | 21.42 | —  | 6   | 7                       | 371       | 53.00 | —  | 6   | 0         | 300       | —    | —  | —    |

注記\*：Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから，地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。



## 重大事故等対処設備

目次

1. 概要 ..... 1

2. 概略系統図及び鳥瞰図 ..... 2

2.1 概略系統図 ..... 2

2.2 鳥瞰図 ..... 10

3. 計算条件 ..... 28

3.1 計算方法 ..... 28

3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 ..... 29

3.3 設計条件 ..... 30

3.4 材料及び許容応力 ..... 45

3.5 設計用地震力 ..... 46

4. 解析結果及び評価 ..... 48

4.1 固有周期及び設計震度 ..... 48

4.2 評価結果 ..... 59

4.2.1 管の応力評価結果 ..... 59

4.2.2 支持構造物評価結果 ..... 61

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 ..... 62

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... 63

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧窒素ガス供給系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全26モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

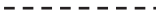
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

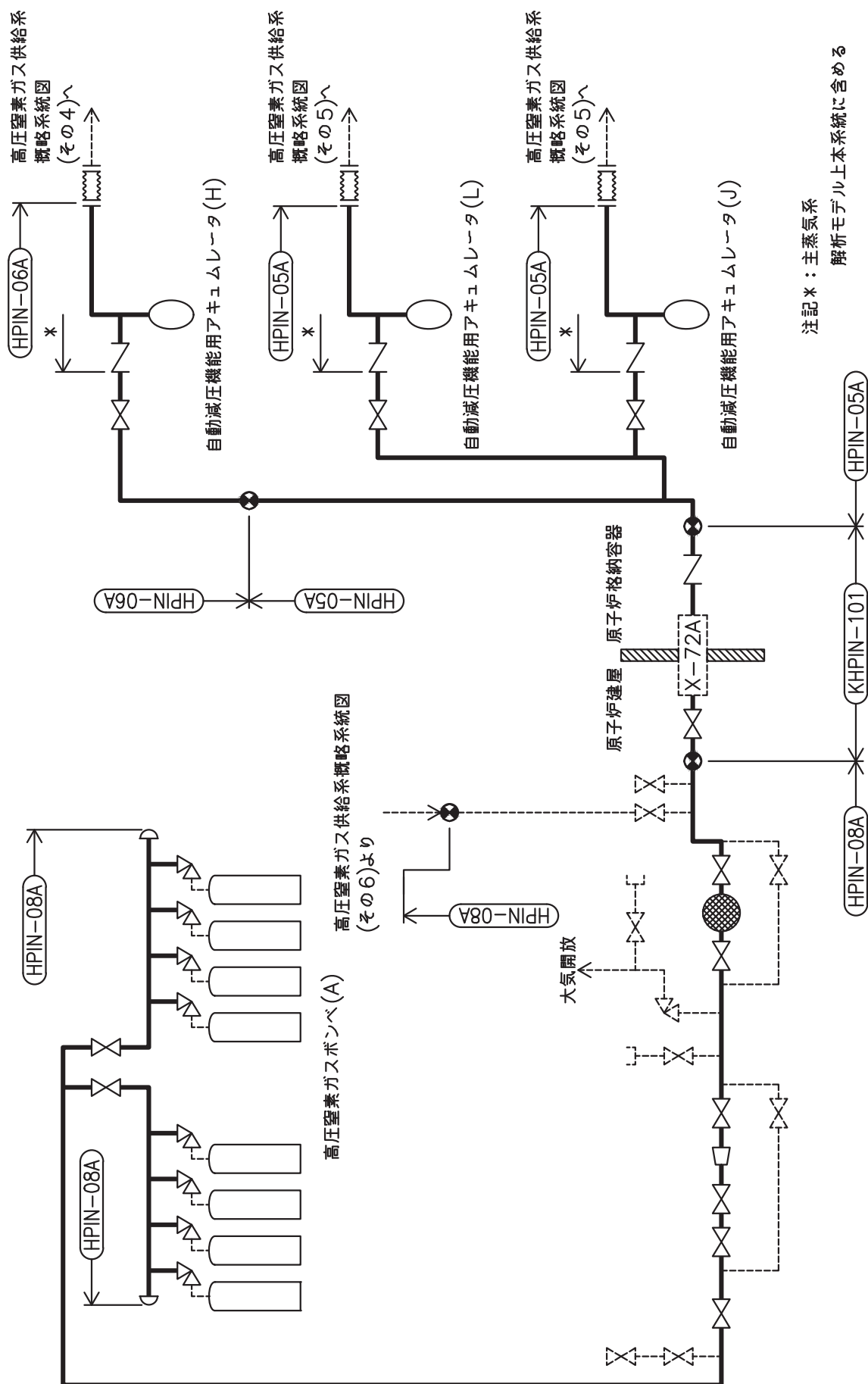
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

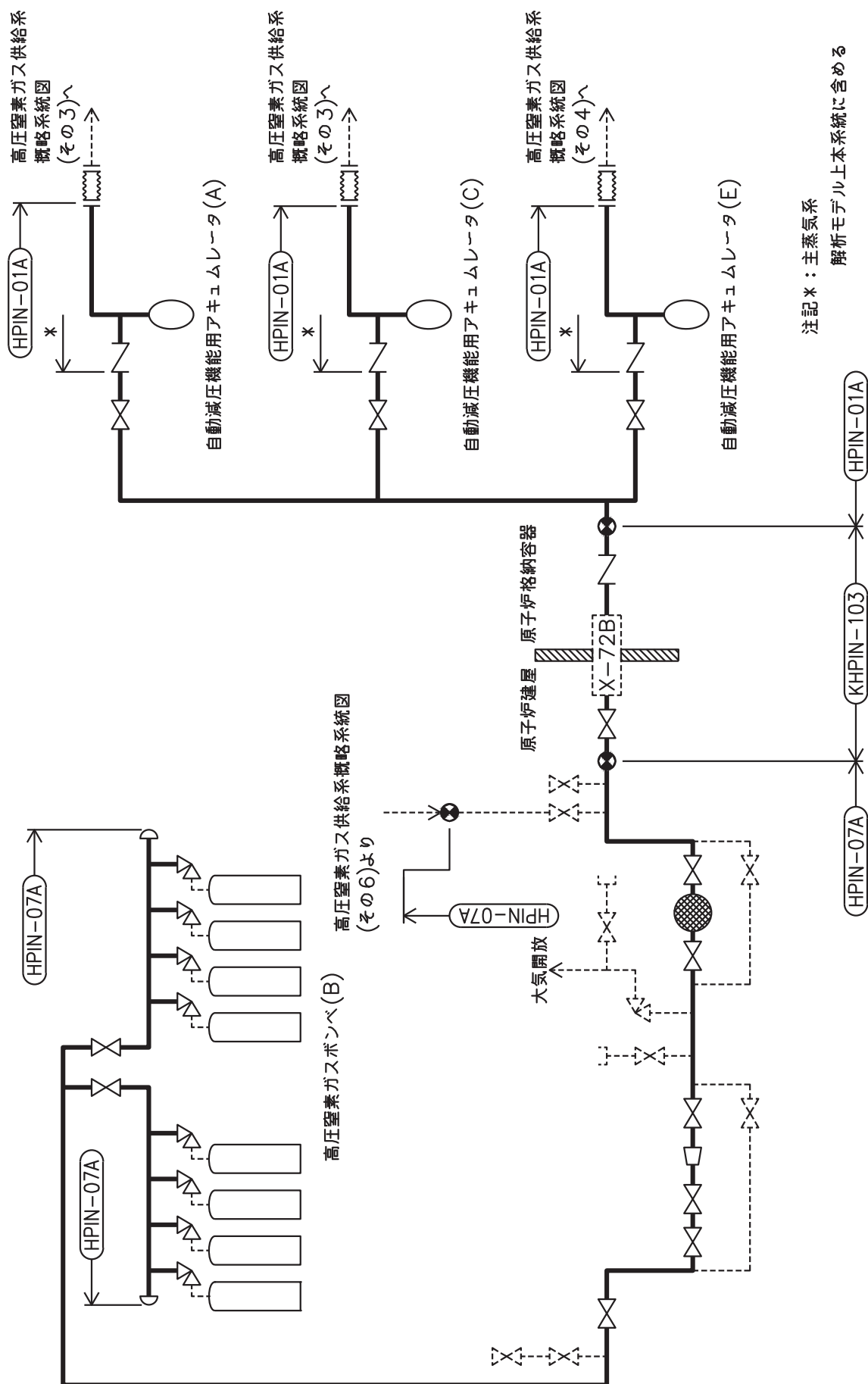
2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

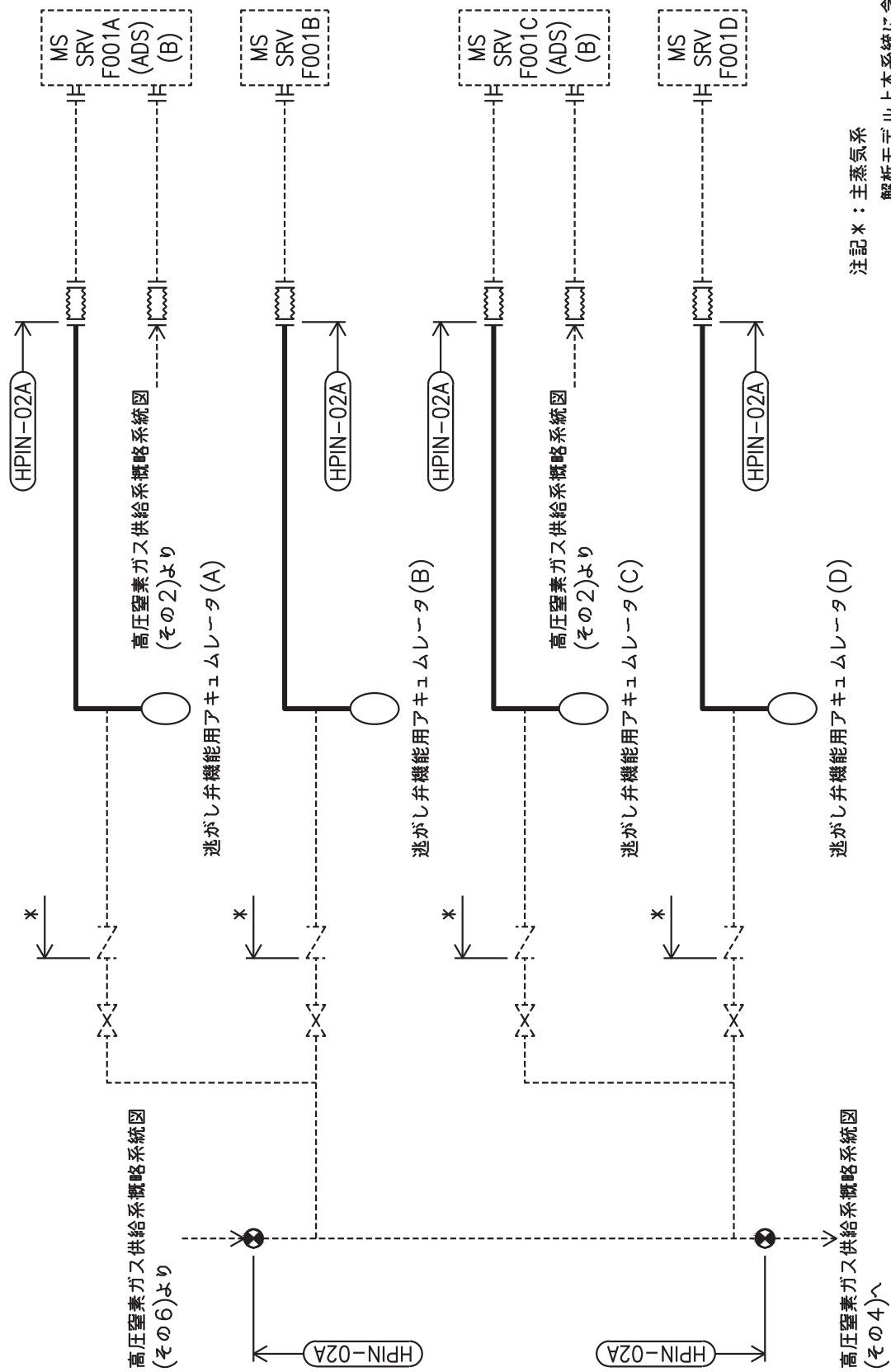
概略系統図記号凡例

| 記号                                                                                     | 内容                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



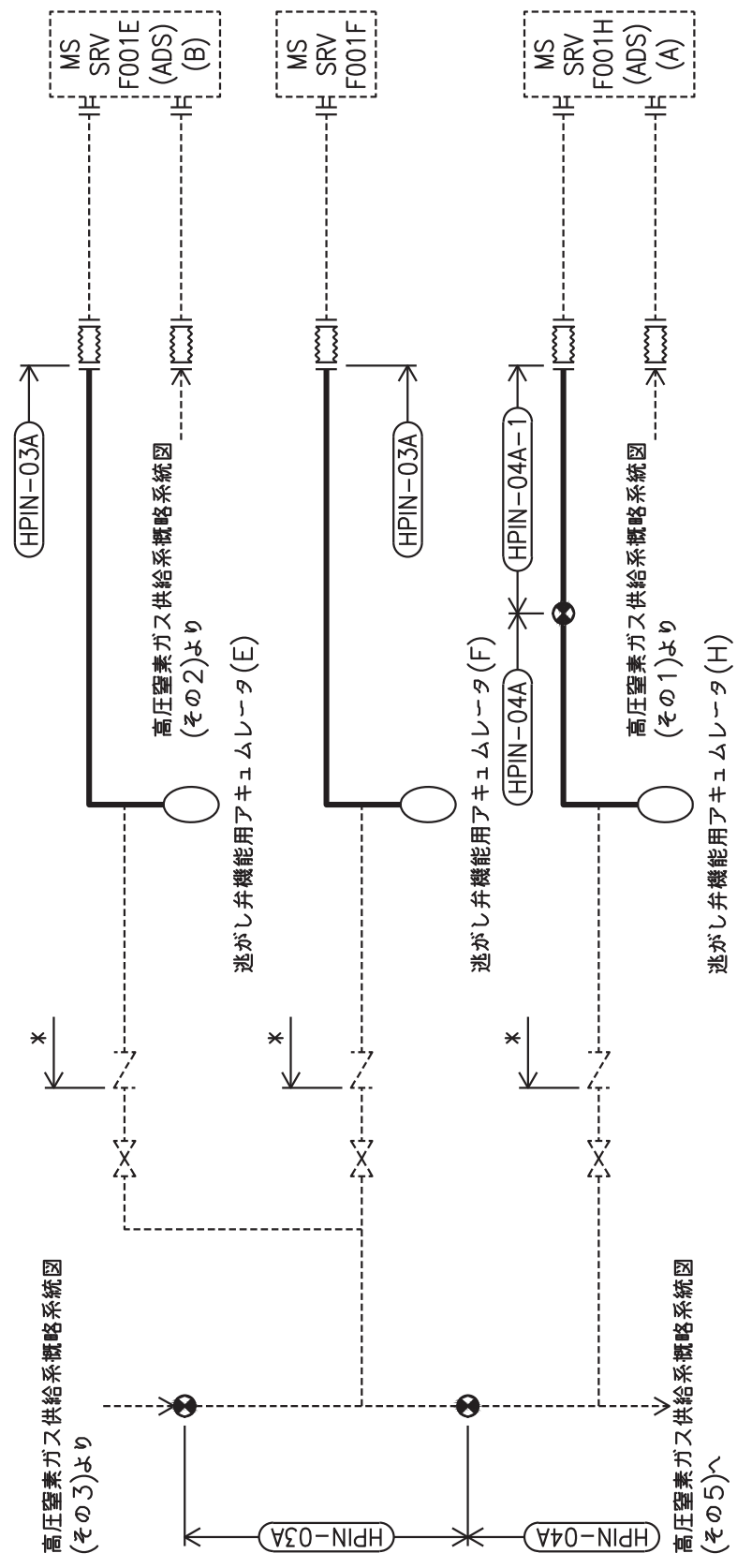
高圧窒素ガス供給系概略系統図(その1)





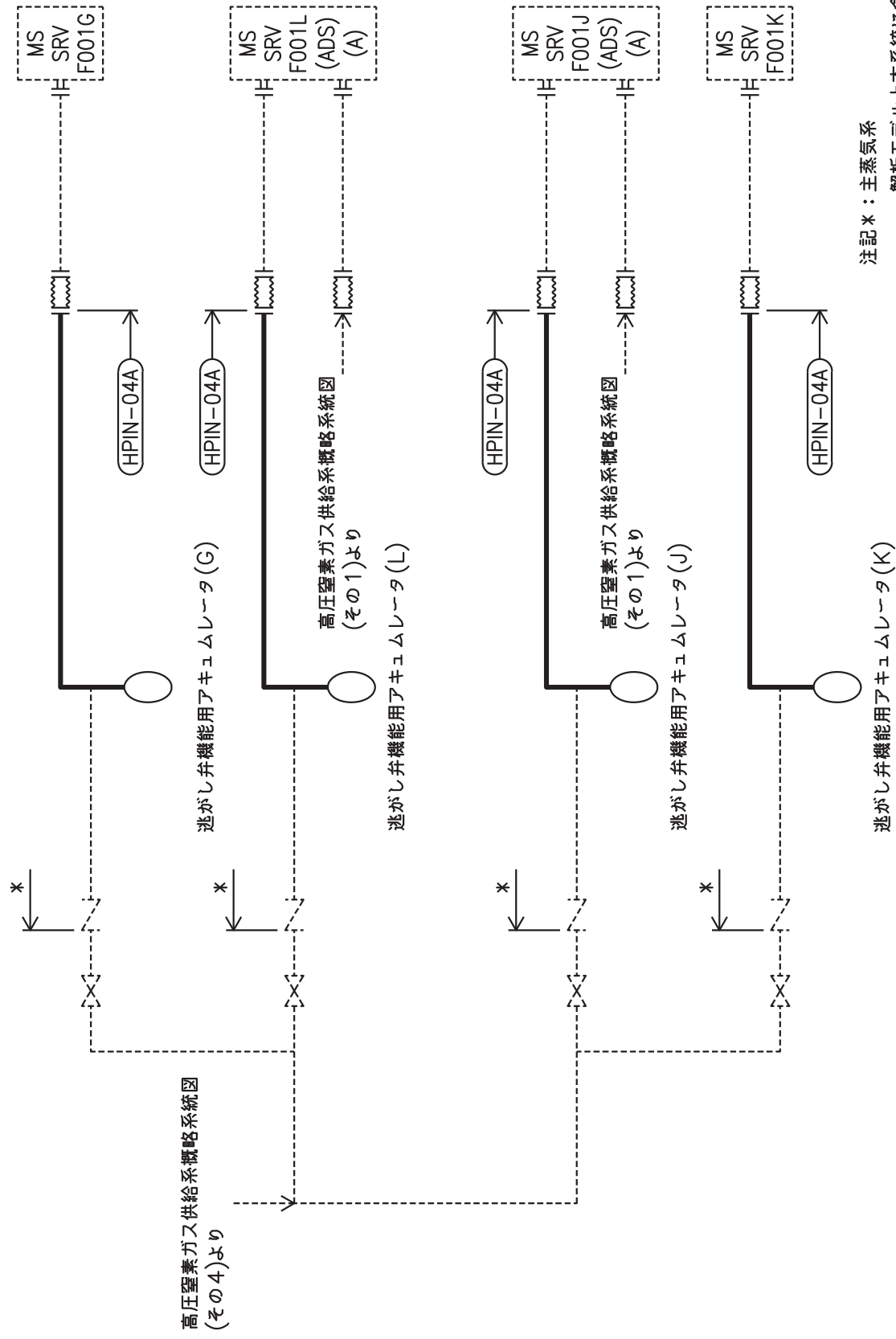
注記＊：主蒸気系  
解析モデル上本系統に含める

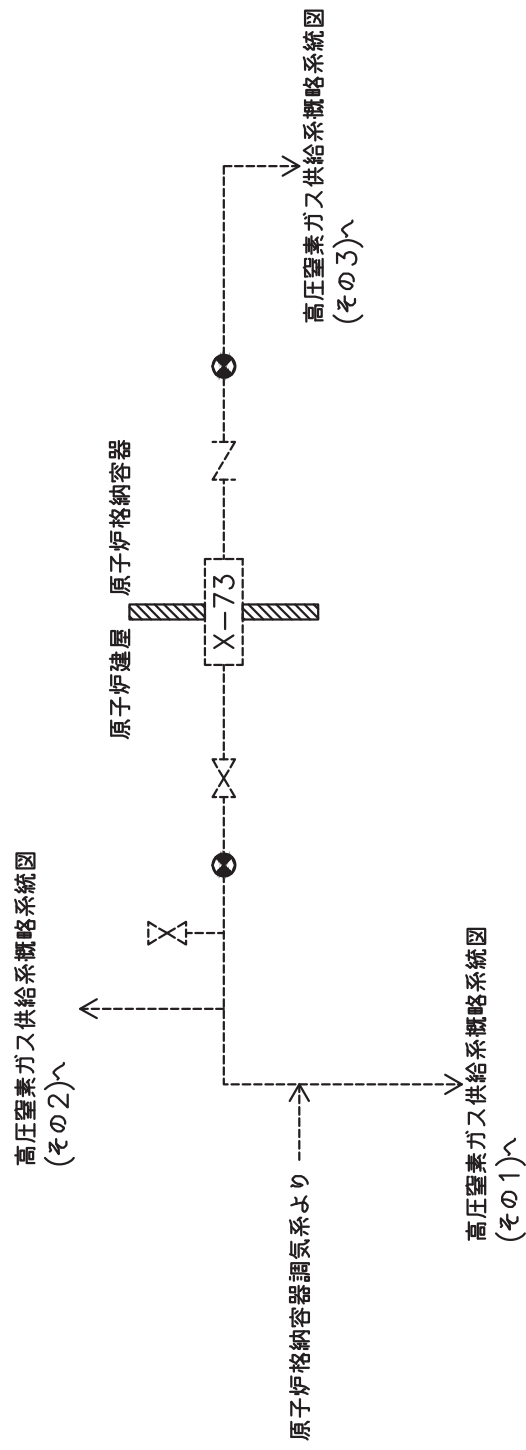
高圧窒素ガス供給系概略系統図 (その3)



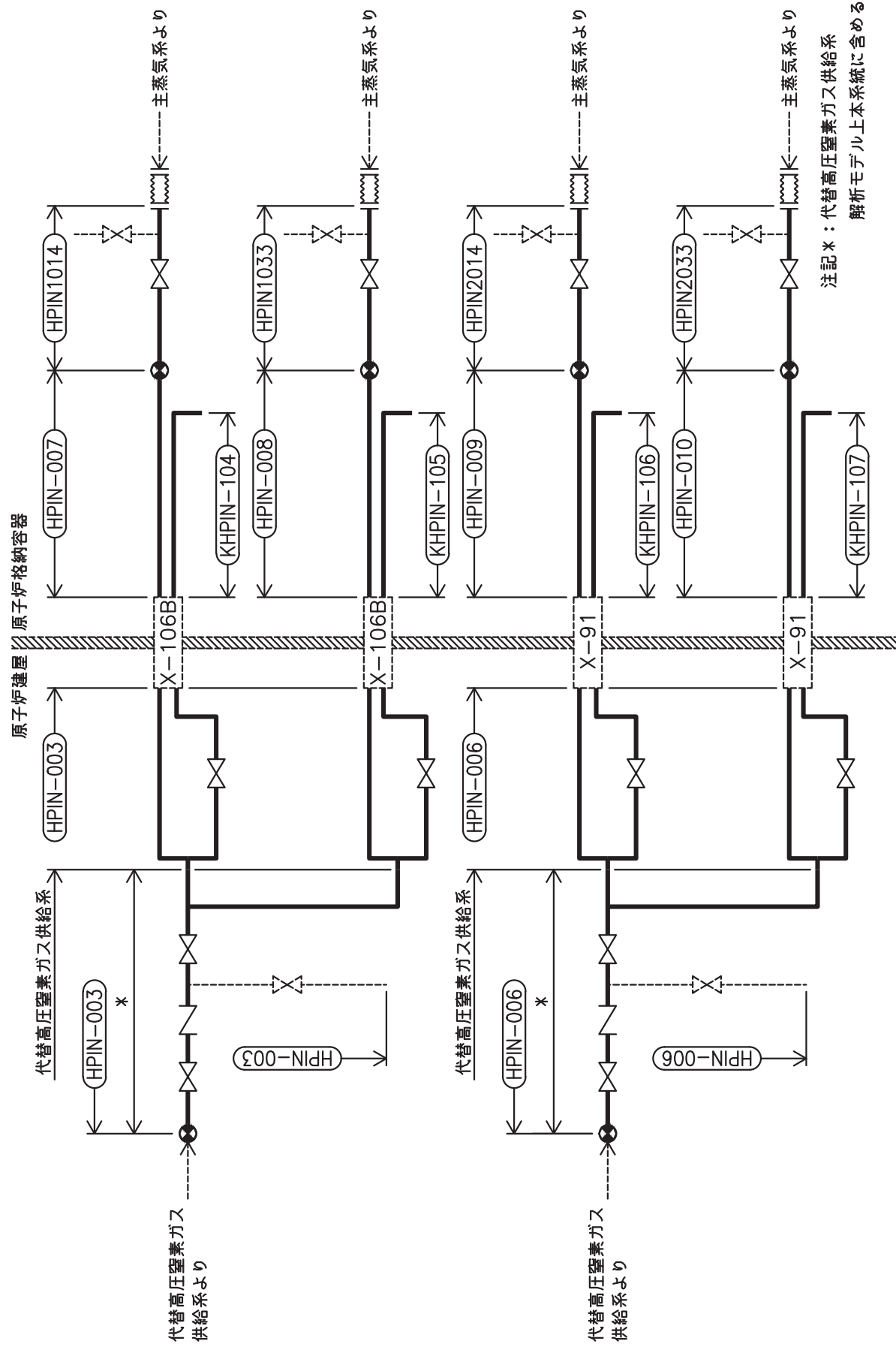
注記＊：主蒸気系  
解析モデル上本系統に含める  
高圧窒素ガス供給系概略系統図 (その4)







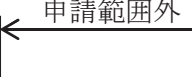
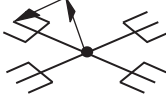
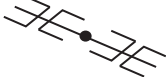
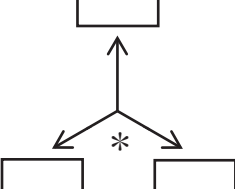
高圧窒素ガス供給系統図(その6)

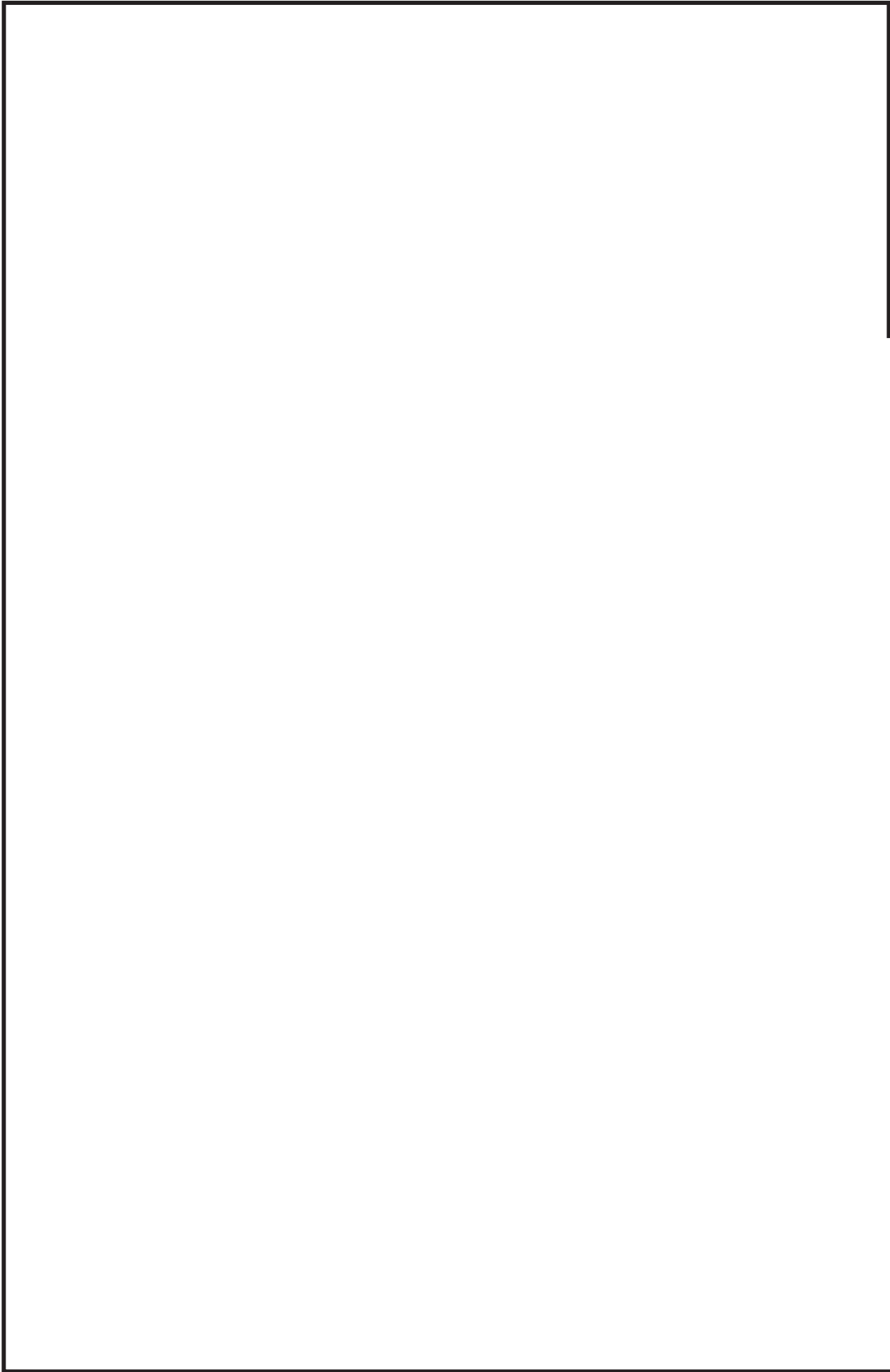


高压窒素ガス供給系概略系統図(その7)

2.2
鳥瞰図

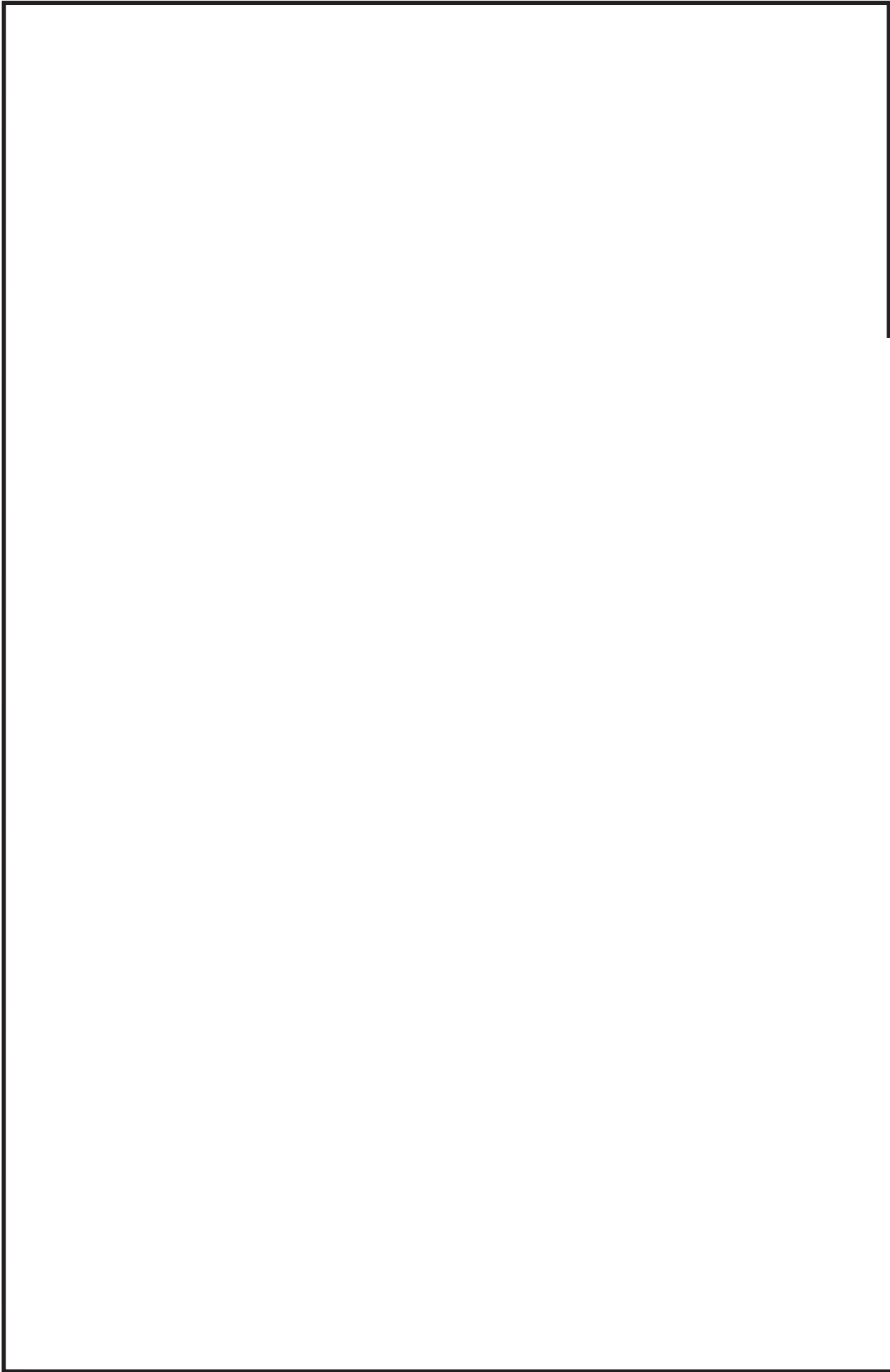
鳥瞰図記号凡例

| 記号                                                                                  | 内容                                                                                                                                                                                      |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                                                                |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                                                                |
|    | 質点                                                                                                                                                                                      |
|  | アンカ                                                                                                                                                                                     |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                                                              |
|  | スナッパ                                                                                                                                                                                    |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(＊は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、 <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> 内に<br>変位量を記載する。) |



鳥瞰図 HPIN-006-1/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-006-2/4 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006-3/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-006-4/4

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図

HPIN-08A<1/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図

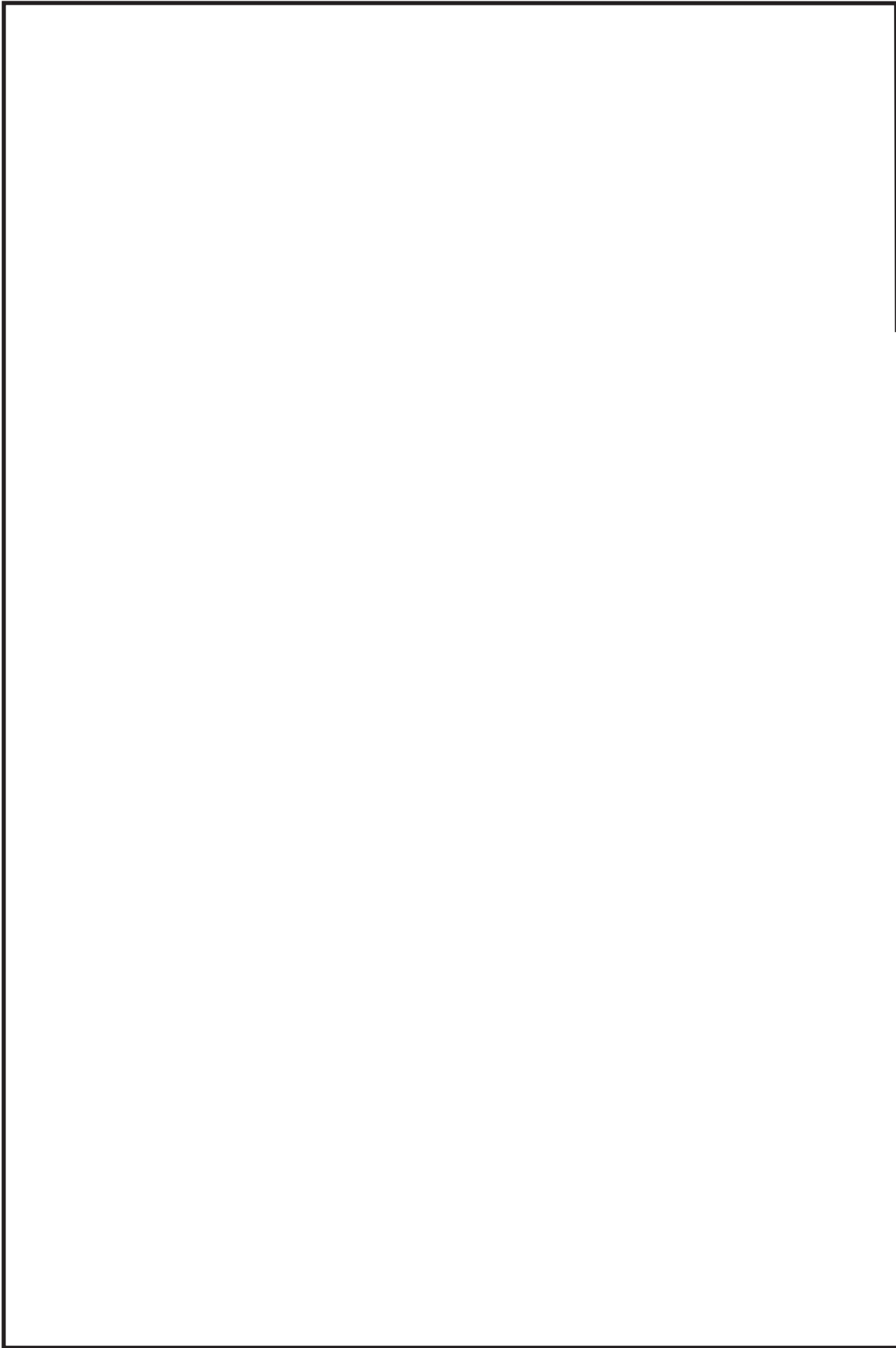
HPIN-08A(2/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図

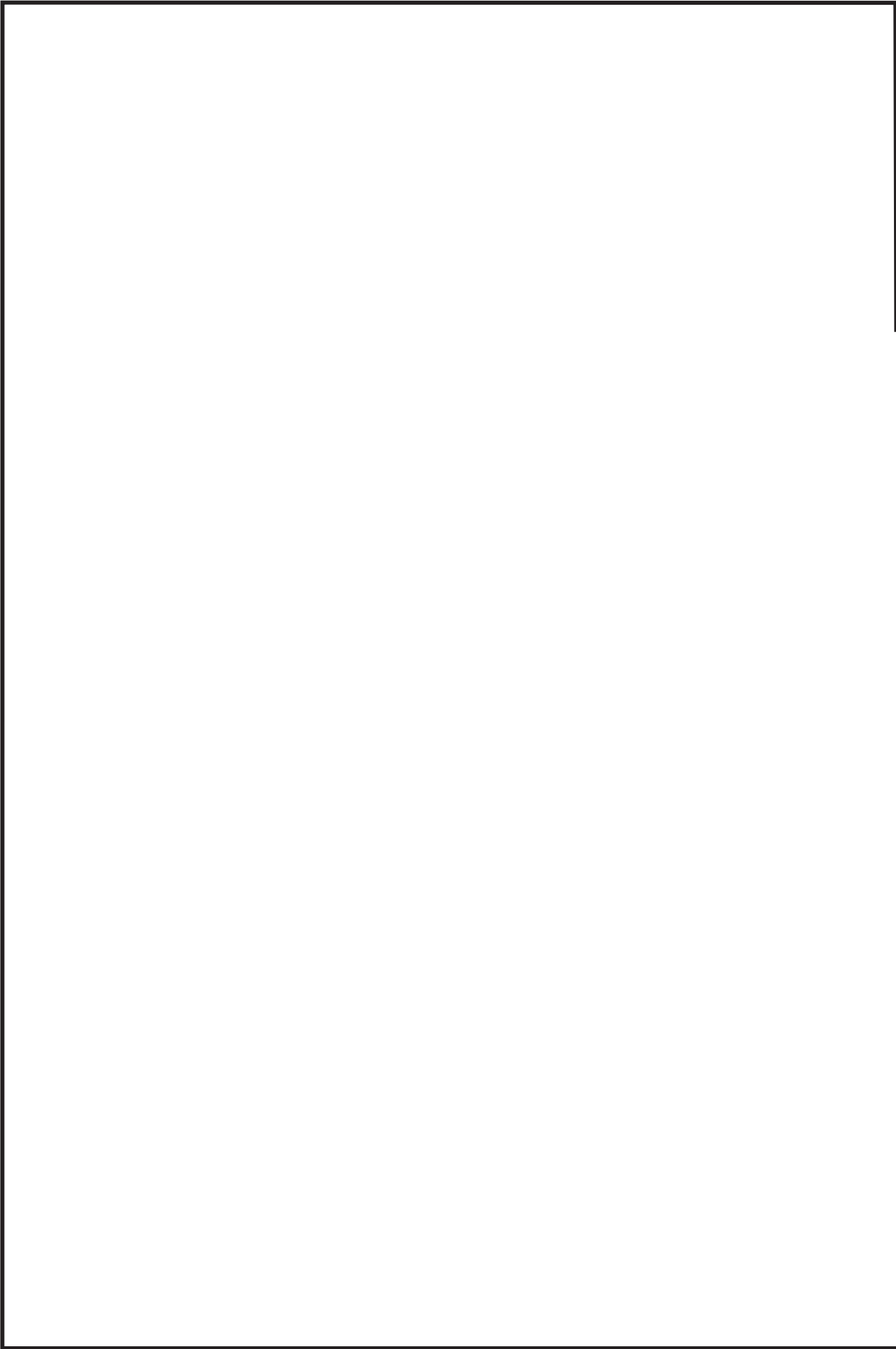
HPIN-08A(3/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<4/13> |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



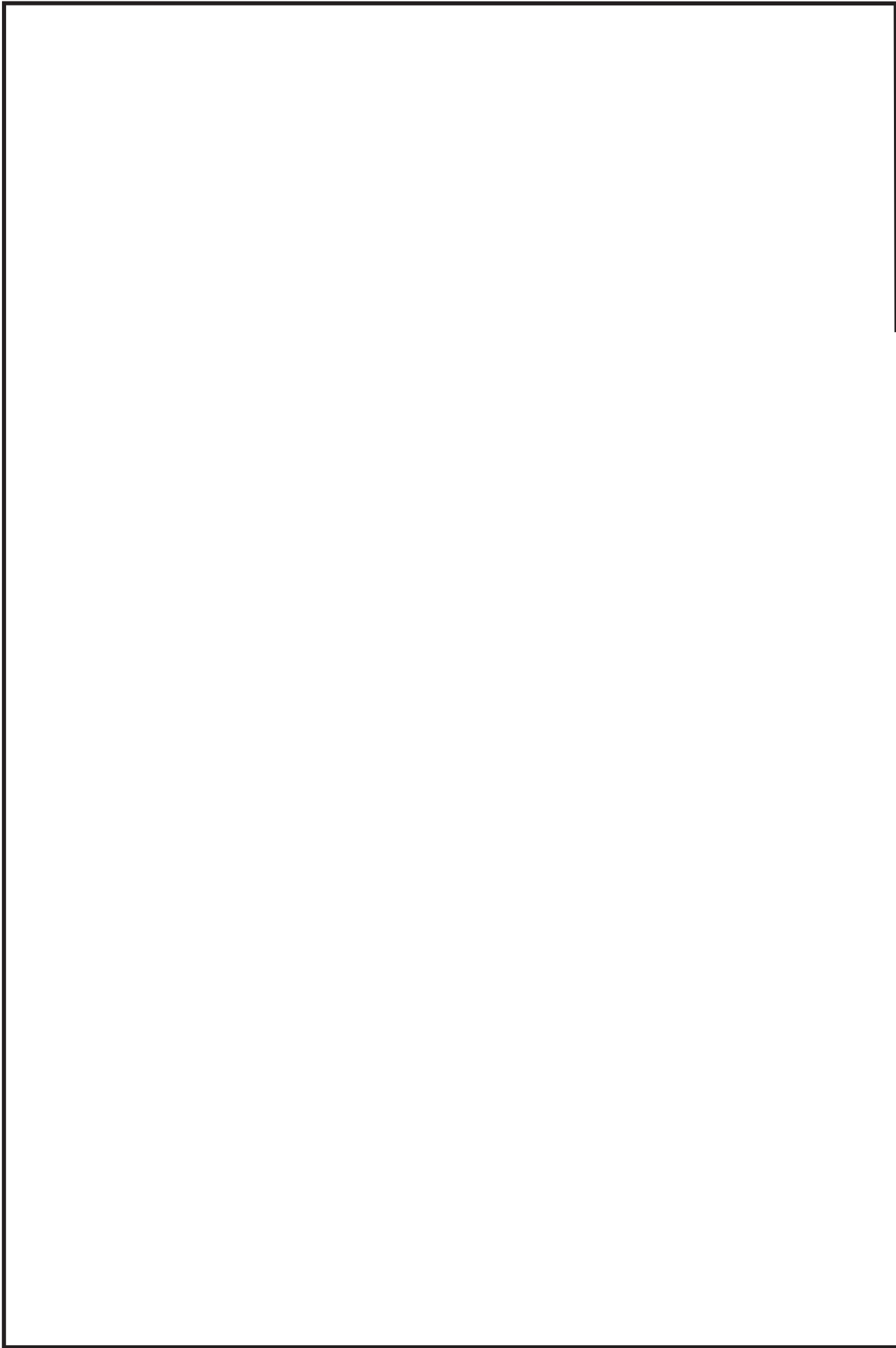
|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<5/13> |
|-----|----------------|

枠組みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図

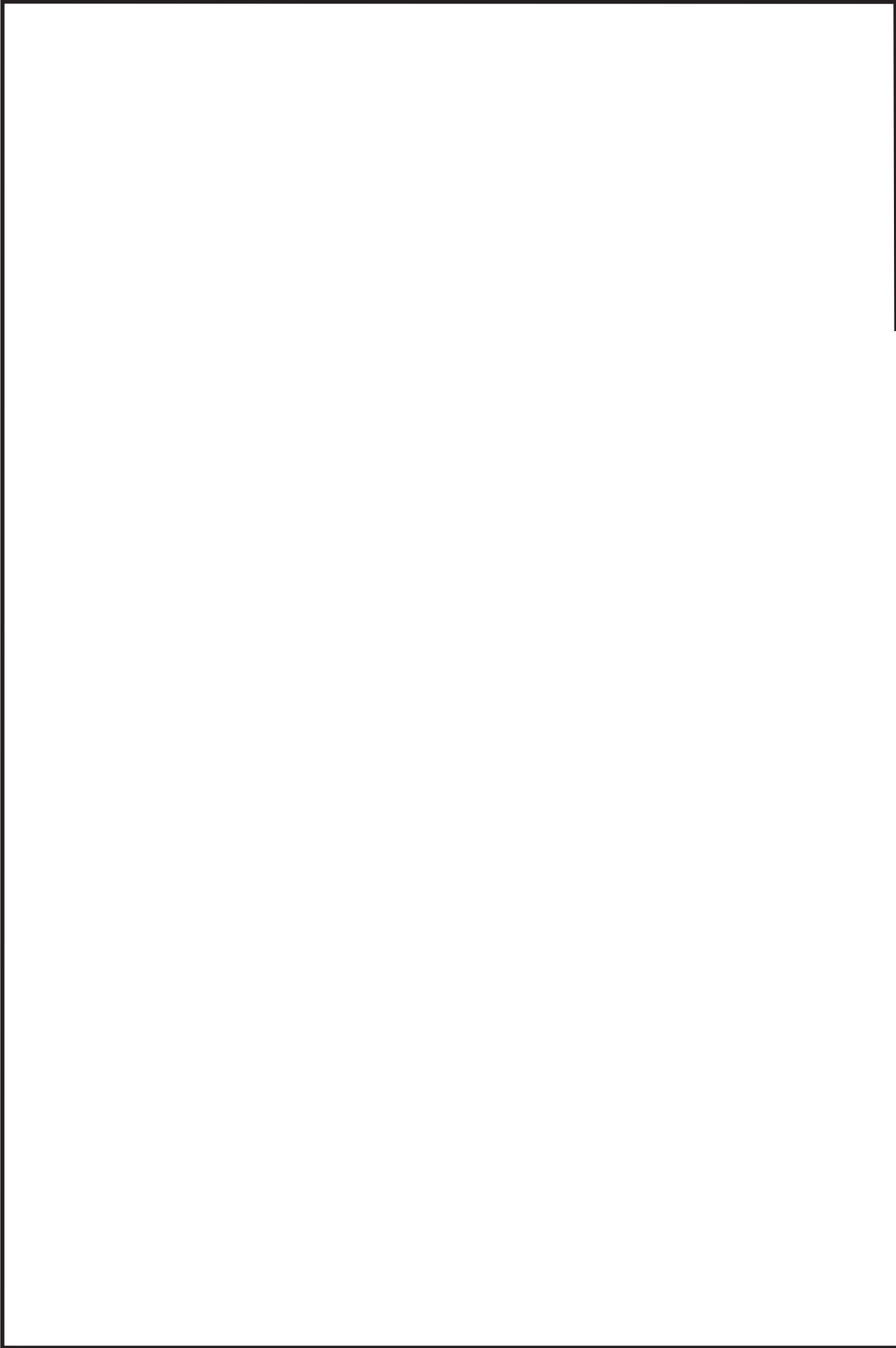
HPIN-08A(6/13)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<7/13> |
|-----|----------------|

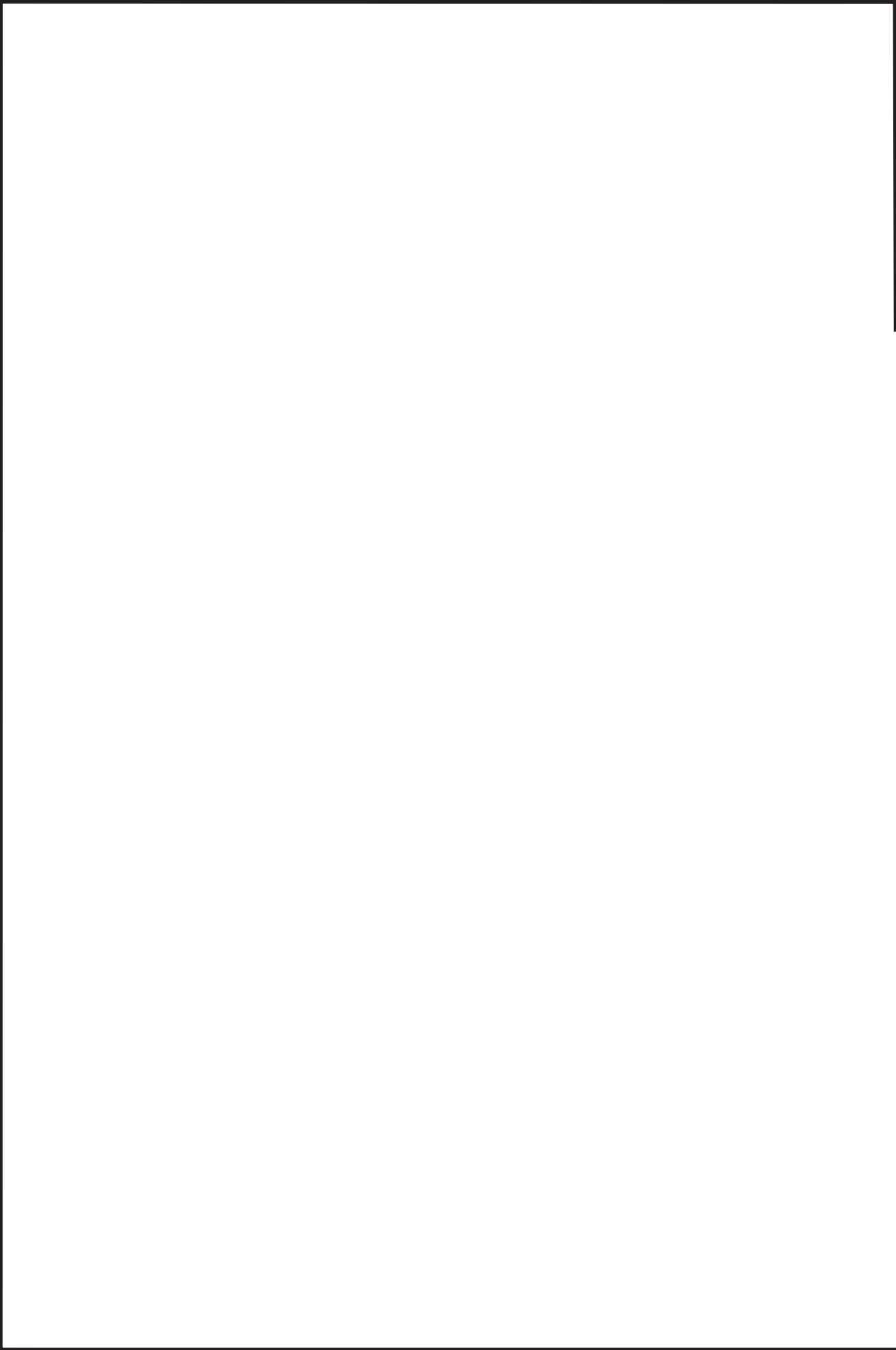
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<8/13> |
|-----|----------------|

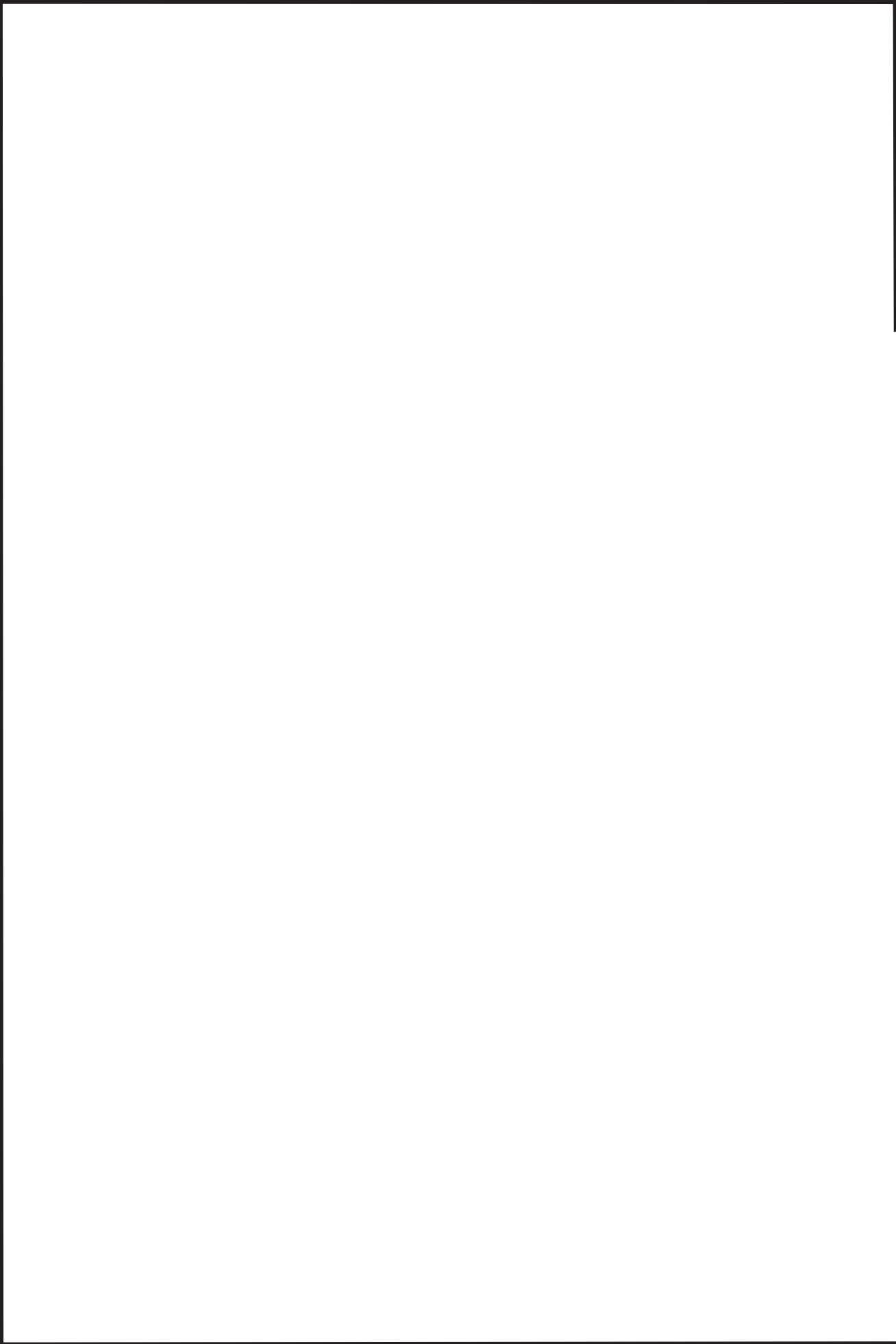
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





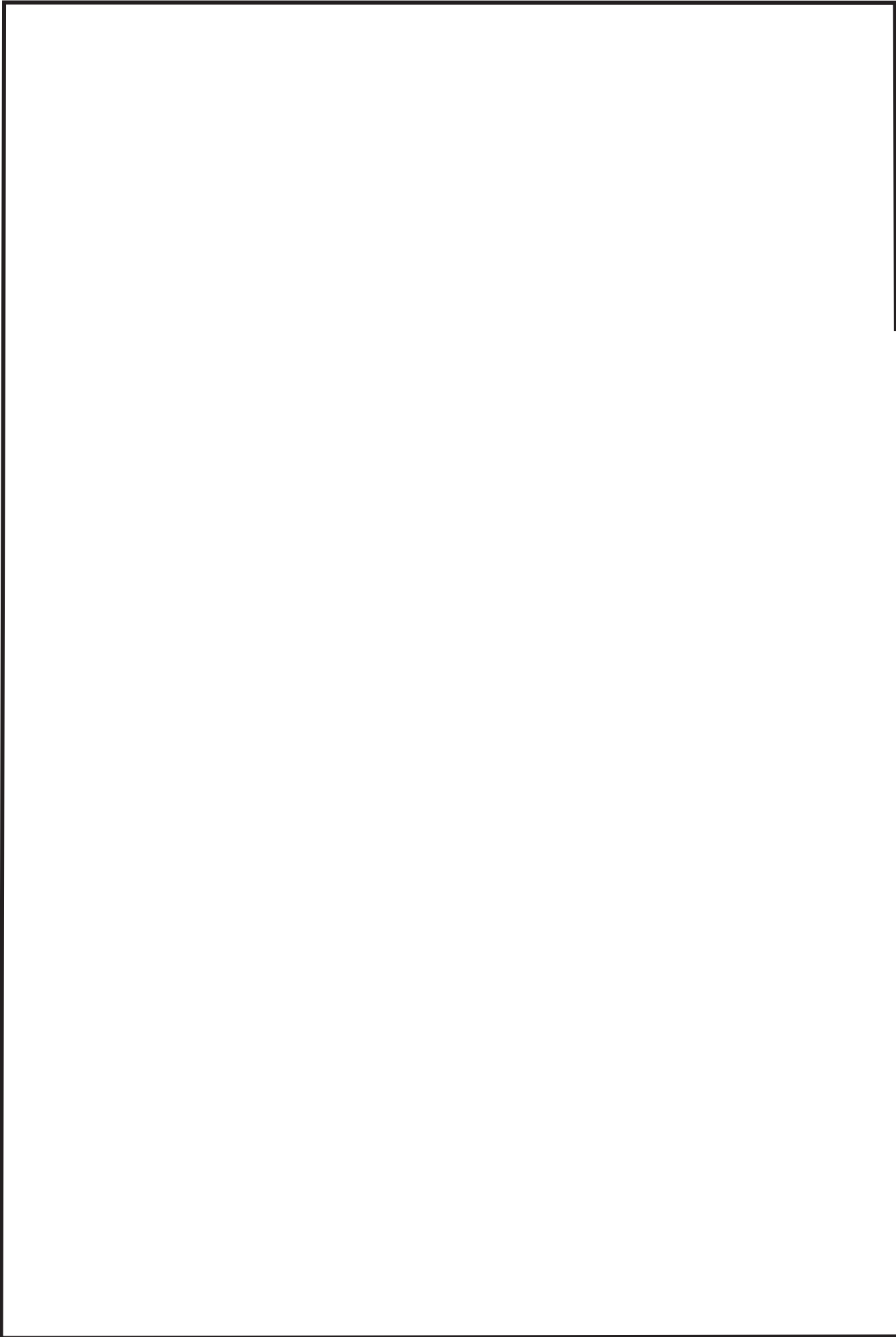
|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A(9/13) |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



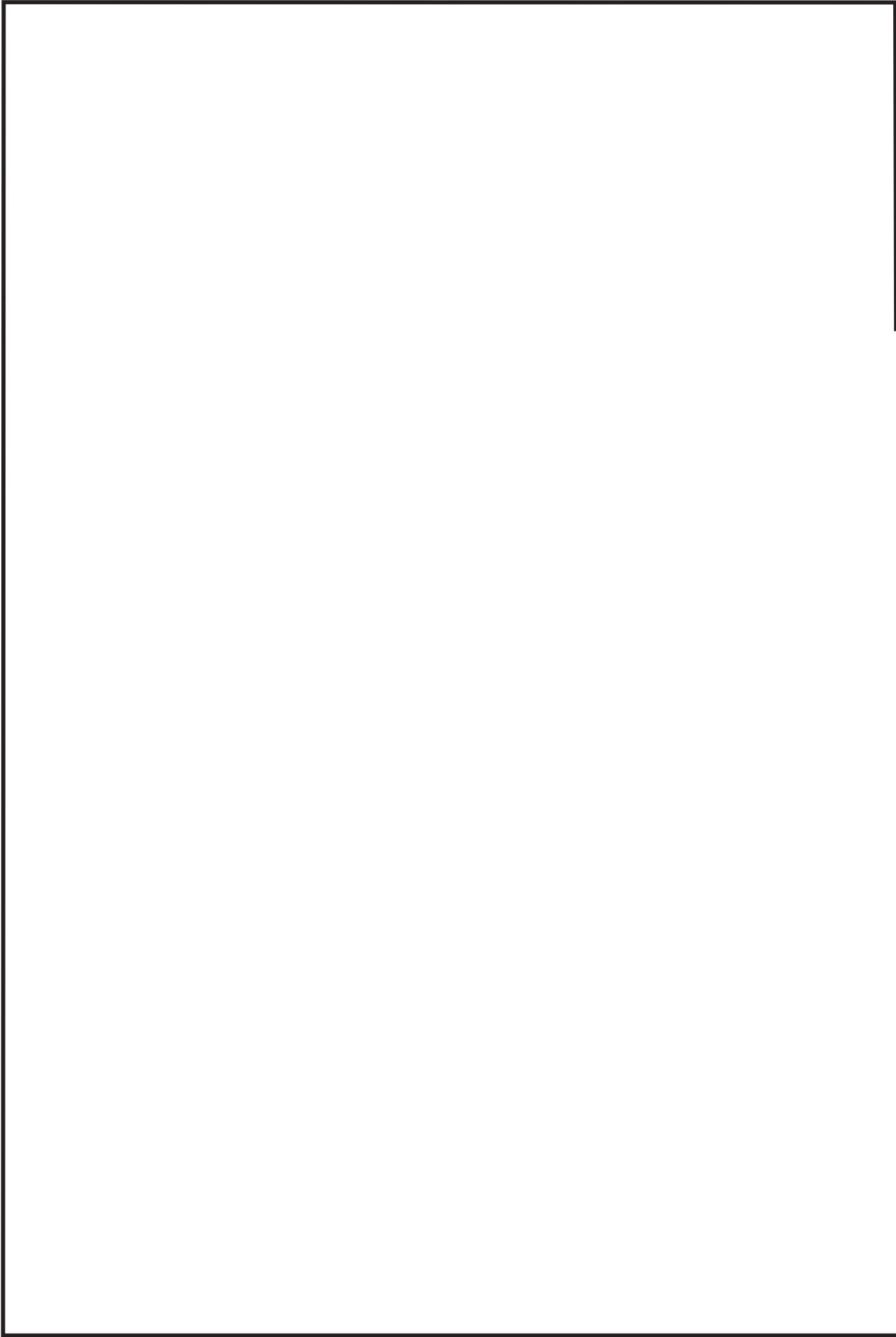
|     |                 |
|-----|-----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<10/13> |
|-----|-----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



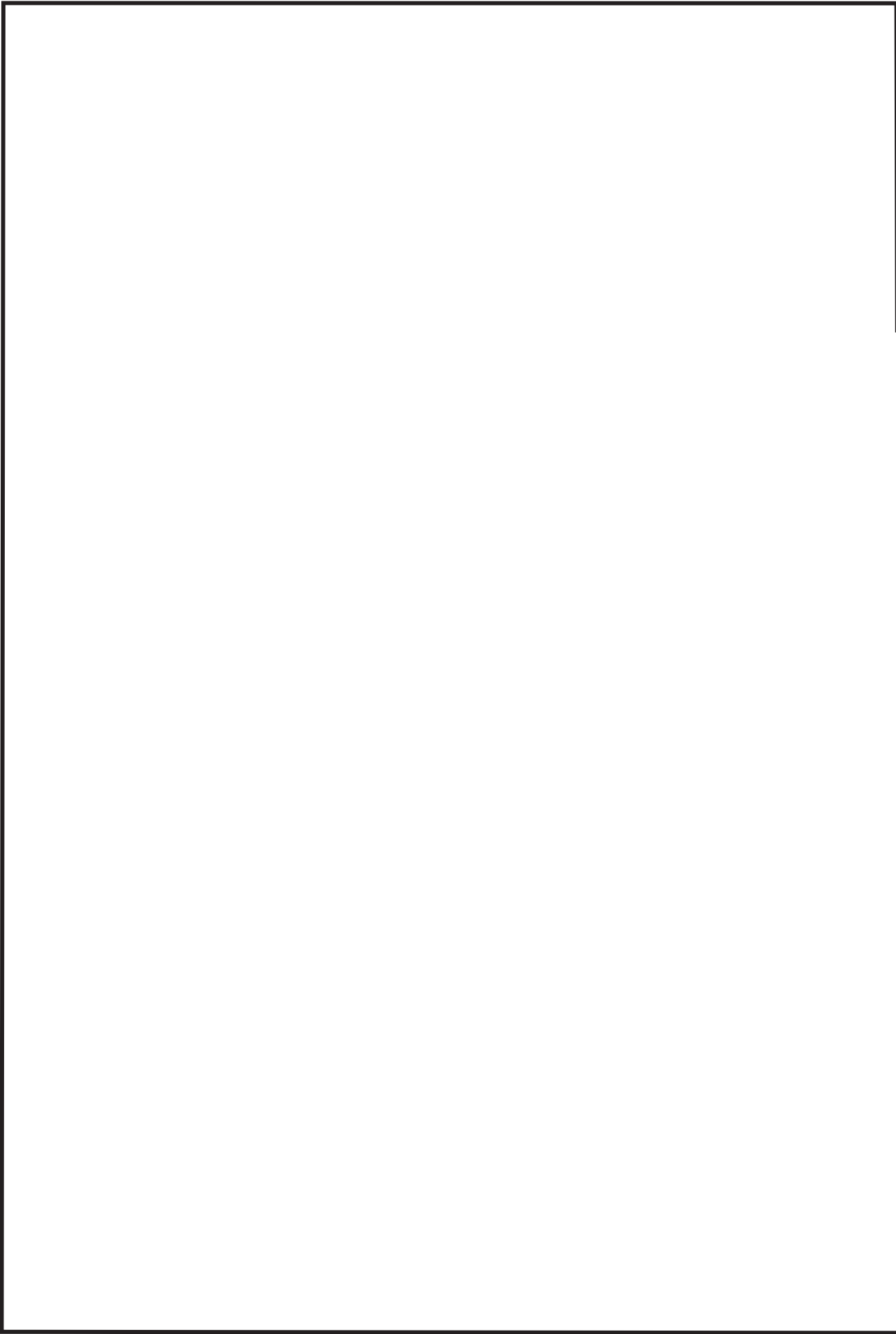
|     |                 |
|-----|-----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<11/13> |
|-----|-----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                 |
|-----|-----------------|
| 鳥瞰図 | HPIN-08A<12/13> |
|-----|-----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図

HPIN-08A<13/13>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称      | 設備名称        | 系統名称        | 施設分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 <sup>*2</sup> | 機器等の区分     | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup> | 許容応力状態 <sup>*5</sup> |
|-----------|-------------|-------------|--------------------|--------------------|------------|---------|--------------------------|----------------------|
| 計測制御系統施設  | 制御用空気設備     | 高圧窒素ガス供給系   | S A                | 常設耐震／防止            | 重大事故等クラス2管 | —       | $V_L + S_s$              | $V_{AS}$             |
| 計測制御系統施設  | 制御用空気設備     | 代替高圧窒素ガス供給系 | S A                | 常設耐震／防止            | 重大事故等クラス2管 | —       | $V_L + S_s$              | $V_{AS}$             |
| 原子炉冷却系統施設 | 原子炉冷却材の循環設備 | 主蒸気系        | S A                | 常設耐震／防止<br>常設／緩和   | 重大事故等クラス2管 | —       | $V_L + S_s$              | $V_{AS}$             |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_{AS}$ は許容応力状態 $IV_{AS}$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_{AS}$ として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      H P I N - 0 0 6

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 2.06            | 66            | 34.0       | 3.4        | SUS304TP | —           | 191720         |
| 2   | 2.06            | 200           | 34.0       | 3.4        | SUS304TP | —           | 183000         |
| 3   | 2.06            | 200           | 60.5       | 3.9        | SUS304TP | —           | 183000         |



評価点の位置は鳥瞰図に示す。

HP IN-006

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
|     | 14      | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  |     |     |     |     |     |     |     |
| 2   | 21      | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 32  | 33  | 34  |
|     | 35      | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  |
|     | 81      | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  |     |     |     |     |
| 3   | 47      | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  |
|     | 60      | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  |
|     | 74      | 75  | 76  | 77  | 78  | 79  | 80  | 89  | 90  | 91  | 92  | 93  | 94  |
|     | 95      | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | 107 | 108 |
|     | 109     | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図                      H P I N－0 0 6

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 28  |        | 52  |        | 76  |        | 97  |        |
| 2   |        | 29  |        | 53  |        | 77  |        | 98  |        |
| 3   |        | 33  |        | 54  |        | 78  |        | 99  |        |
| 4   |        | 34  |        | 55  |        | 79  |        | 100 |        |
| 5   |        | 35  |        | 56  |        | 80  |        | 101 |        |
| 6   |        | 36  |        | 57  |        | 81  |        | 102 |        |
| 7   |        | 37  |        | 58  |        | 82  |        | 103 |        |
| 8   |        | 38  |        | 59  |        | 83  |        | 104 |        |
| 9   |        | 39  |        | 60  |        | 84  |        | 108 |        |
| 10  |        | 40  |        | 61  |        | 85  |        | 109 |        |
| 11  |        | 41  |        | 62  |        | 86  |        | 110 |        |
| 12  |        | 42  |        | 63  |        | 87  |        | 111 |        |
| 13  |        | 43  |        | 64  |        | 88  |        | 112 |        |
| 14  |        | 44  |        | 65  |        | 89  |        | 113 |        |
| 18  |        | 45  |        | 66  |        | 90  |        | 114 |        |
| 22  |        | 46  |        | 70  |        | 91  |        | 115 |        |
| 23  |        | 47  |        | 71  |        | 92  |        | 116 |        |
| 24  |        | 48  |        | 72  |        | 93  |        | 117 |        |
| 25  |        | 49  |        | 73  |        | 94  |        | 118 |        |
| 26  |        | 50  |        | 74  |        | 95  |        | 119 |        |
| 27  |        | 51  |        | 75  |        | 96  |        | 120 |        |

弁部の質量を下表に示す。

| 弁 1 |        | 弁 2 |        | 弁 3 |        | 弁 4 |        | 弁 5 |        |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
| 15  |        | 19  |        | 30  |        | 67  |        | 105 |        |
| 16  |        | 20  |        | 31  |        | 68  |        | 106 |        |
| 17  |        | 21  |        | 32  |        | 69  |        | 107 |        |
|     |        |     |        | 129 |        | 131 |        | 133 |        |
|     |        |     |        | 130 |        | 132 |        | 134 |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁 1  | 16  |        |        |        |
| 弁 2  | 20  |        |        |        |
| 弁 3  | 31  |        |        |        |
| 弁 4  | 68  |        |        |        |
| 弁 5  | 106 |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    H P I N－0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1         |                 |   |   |                       |   |   |
| 4         |                 |   |   |                       |   |   |
| 7         |                 |   |   |                       |   |   |
| 9         |                 |   |   |                       |   |   |
| 11        |                 |   |   |                       |   |   |
| 18        |                 |   |   |                       |   |   |
| 26        |                 |   |   |                       |   |   |
| 29        |                 |   |   |                       |   |   |
| 33        |                 |   |   |                       |   |   |
| 36        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 36 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 60        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 63 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 66        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 66 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 70        |                 |   |   |                       |   |   |
| 104       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 104 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 108       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 130 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 132       |                 |   |   |                       |   |   |
|           |                 |   |   |                       |   |   |

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 134       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 214 ** |                 |   |   |                       |   |   |
|           |                 |   |   |                       |   |   |

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      H P I N - 0 8 A

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 19.61           | 66            | 34.0       | 6.4        | SUS304TP | —           | 191720         |
| 2   | 19.61           | 66            | 60.5       | 8.7        | SUS304TP | —           | 191720         |
| 3   | 1.77            | 66            | 60.5       | 3.9        | SUS304TP | —           | 191720         |
| 4   | 19.61           | 66            | 34.0       | 6.4        | SUS304TP | —           | 191720         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      H P I N - 0 8 A

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 14  |
|     | 15      | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 23  | 24  | 25  | 27  | 28  | 29  |
|     | 30      |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 2   | 30      | 31  | 32  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3   | 34      | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  |
|     | 47      | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 54  | 55  | 57  | 58  | 59  | 60  | 62  |
|     | 63      | 64  | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 |
|     | 130     | 131 | 132 | 133 | 134 | 135 | 136 | 137 | 138 | 139 | 140 | 141 | 142 |
|     | 143     | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 | 153 | 154 | 155 |
|     | 156     | 157 | 158 | 159 | 160 | 161 | 162 | 163 | 164 | 165 | 166 | 167 | 168 |
|     | 169     | 170 | 171 | 172 | 173 | 174 | 175 | 176 | 177 | 178 | 179 | 180 | 181 |
|     | 182     | 183 | 184 | 185 | 186 | 187 | 188 | 189 | 190 | 191 | 192 | 193 | 194 |
|     | 195     | 196 | 197 | 198 | 199 | 200 | 201 | 202 | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 |
|     | 208     | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 | 220 |
|     | 221     | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 |
|     | 234     | 235 | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 |
|     | 247     | 248 | 249 | 250 | 251 | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 |
|     | 260     | 261 | 262 | 263 | 264 | 265 | 266 |     |     |     |     |     |     |
| 4   | 292     | 293 | 294 | 295 | 296 | 297 | 298 | 299 | 300 | 301 | 302 | 303 | 304 |
|     | 305     | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 | 312 | 313 | 315 | 316 | 317 | 318 |
|     | 319     | 320 | 321 | 1   | 322 | 323 | 324 | 325 | 326 | 327 | 328 | 329 | 330 |
|     | 331     | 332 | 333 | 334 | 335 | 336 | 337 | 338 | 339 | 341 | 342 | 343 | 344 |
|     | 345     | 346 | 349 | 350 | 353 | 354 | 357 | 358 | 361 | 362 | 365 | 366 | 369 |
|     | 370     | 373 | 374 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     |         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図                      H P I N－0 8 A

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 47  |        | 141 |        | 175 |        | 209 |        |
| 2   |        | 48  |        | 142 |        | 176 |        | 210 |        |
| 3   |        | 49  |        | 143 |        | 177 |        | 211 |        |
| 4   |        | 50  |        | 144 |        | 178 |        | 212 |        |
| 5   |        | 51  |        | 145 |        | 179 |        | 213 |        |
| 6   |        | 55  |        | 146 |        | 180 |        | 214 |        |
| 7   |        | 56  |        | 147 |        | 181 |        | 215 |        |
| 8   |        | 57  |        | 148 |        | 182 |        | 216 |        |
| 9   |        | 58  |        | 149 |        | 183 |        | 217 |        |
| 10  |        | 59  |        | 150 |        | 184 |        | 218 |        |
| 11  |        | 63  |        | 151 |        | 185 |        | 219 |        |
| 15  |        | 64  |        | 152 |        | 186 |        | 220 |        |
| 16  |        | 119 |        | 153 |        | 187 |        | 221 |        |
| 17  |        | 120 |        | 154 |        | 188 |        | 222 |        |
| 18  |        | 121 |        | 155 |        | 189 |        | 223 |        |
| 19  |        | 122 |        | 156 |        | 190 |        | 224 |        |
| 20  |        | 123 |        | 157 |        | 191 |        | 225 |        |
| 24  |        | 124 |        | 158 |        | 192 |        | 226 |        |
| 28  |        | 125 |        | 159 |        | 193 |        | 227 |        |
| 29  |        | 126 |        | 160 |        | 194 |        | 228 |        |
| 30  |        | 127 |        | 161 |        | 195 |        | 229 |        |
| 31  |        | 128 |        | 162 |        | 196 |        | 230 |        |
| 35  |        | 129 |        | 163 |        | 197 |        | 231 |        |
| 36  |        | 130 |        | 164 |        | 198 |        | 232 |        |
| 37  |        | 131 |        | 165 |        | 199 |        | 233 |        |
| 38  |        | 132 |        | 166 |        | 200 |        | 234 |        |
| 39  |        | 133 |        | 167 |        | 201 |        | 235 |        |
| 40  |        | 134 |        | 168 |        | 202 |        | 236 |        |
| 41  |        | 135 |        | 169 |        | 203 |        | 237 |        |
| 42  |        | 136 |        | 170 |        | 204 |        | 238 |        |
| 43  |        | 137 |        | 171 |        | 205 |        | 239 |        |
| 44  |        | 138 |        | 172 |        | 206 |        | 240 |        |
| 45  |        | 139 |        | 173 |        | 207 |        | 241 |        |
| 46  |        | 140 |        | 174 |        | 208 |        | 242 |        |



| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 243 |        | 259 |        | 300 |        | 319 |        | 335 |        |
| 244 |        | 260 |        | 301 |        | 320 |        | 336 |        |
| 245 |        | 261 |        | 302 |        | 321 |        | 337 |        |
| 246 |        | 262 |        | 303 |        | 322 |        | 338 |        |
| 247 |        | 263 |        | 304 |        | 323 |        | 342 |        |
| 248 |        | 264 |        | 305 |        | 324 |        | 343 |        |
| 249 |        | 265 |        | 306 |        | 325 |        | 344 |        |
| 250 |        | 266 |        | 307 |        | 326 |        | 345 |        |
| 251 |        | 292 |        | 308 |        | 327 |        | 349 |        |
| 252 |        | 293 |        | 309 |        | 328 |        | 353 |        |
| 253 |        | 294 |        | 310 |        | 329 |        | 357 |        |
| 254 |        | 295 |        | 311 |        | 330 |        | 361 |        |
| 255 |        | 296 |        | 312 |        | 331 |        | 365 |        |
| 256 |        | 297 |        | 316 |        | 332 |        | 369 |        |
| 257 |        | 298 |        | 317 |        | 333 |        | 373 |        |
| 258 |        | 299 |        | 318 |        | 334 |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 12  |        |
| 13  |        |
| 14  |        |
| 73  |        |
| 75  |        |

弁 2

弁 3

弁 4

弁 5

弁 6

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 21  |        | 25  |        | 32  |        | 52  |        | 60  |        |
| 22  |        | 26  |        | 33  |        | 53  |        | 61  |        |
| 23  |        | 27  |        | 34  |        | 54  |        | 62  |        |

弁 7

弁 8

弁 9

弁 1 0

弁 1 1

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 313 |        | 346 |        | 350 |        | 354 |        | 358 |        |
| 314 |        | 347 |        | 351 |        | 355 |        | 359 |        |
| 315 |        | 348 |        | 352 |        | 356 |        | 360 |        |

弁 1 2

弁 1 3

弁 1 4

弁 1 5

弁 1 6

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 339 |        | 362 |        | 366 |        | 370 |        | 374 |        |
| 340 |        | 363 |        | 367 |        | 371 |        | 375 |        |
| 341 |        | 364 |        | 368 |        | 372 |        | 376 |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁N0.  | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|-------|-----|--------|--------|--------|
| 弁 1   | 13  |        |        |        |
| 弁 2   | 22  |        |        |        |
| 弁 3   | 26  |        |        |        |
| 弁 4   | 33  |        |        |        |
| 弁 5   | 53  |        |        |        |
| 弁 6   | 61  |        |        |        |
| 弁 7   | 314 |        |        |        |
| 弁 8   | 347 |        |        |        |
| 弁 9   | 351 |        |        |        |
| 弁 1 0 | 355 |        |        |        |
| 弁 1 1 | 359 |        |        |        |
| 弁 1 2 | 340 |        |        |        |
| 弁 1 3 | 363 |        |        |        |
| 弁 1 4 | 367 |        |        |        |
| 弁 1 5 | 371 |        |        |        |
| 弁 1 6 | 375 |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                      H P I N－0 8 A

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 2     |                 |   |   |                       |   |   |
| 4     |                 |   |   |                       |   |   |
| 9     |                 |   |   |                       |   |   |
| 11    |                 |   |   |                       |   |   |
| 15    |                 |   |   |                       |   |   |
| 20    |                 |   |   |                       |   |   |
| 28    |                 |   |   |                       |   |   |
| 42    |                 |   |   |                       |   |   |
| 46    |                 |   |   |                       |   |   |
| 51    |                 |   |   |                       |   |   |
| 58    |                 |   |   |                       |   |   |
| 74    |                 |   |   |                       |   |   |
| 121   |                 |   |   |                       |   |   |
| 123   |                 |   |   |                       |   |   |
| 130   |                 |   |   |                       |   |   |
| 133   |                 |   |   |                       |   |   |
| 137   |                 |   |   |                       |   |   |
| 141   |                 |   |   |                       |   |   |
| 146   |                 |   |   |                       |   |   |
| 150   |                 |   |   |                       |   |   |
| 155   |                 |   |   |                       |   |   |
| 159   |                 |   |   |                       |   |   |
| 161   |                 |   |   |                       |   |   |
| 167   |                 |   |   |                       |   |   |
| 169   |                 |   |   |                       |   |   |
| 171   |                 |   |   |                       |   |   |
| 175   |                 |   |   |                       |   |   |
| 179   |                 |   |   |                       |   |   |
| 182   |                 |   |   |                       |   |   |
| 184   |                 |   |   |                       |   |   |

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 189   |                 |   |   |                       |   |   |
| 191   |                 |   |   |                       |   |   |
| 194   |                 |   |   |                       |   |   |
| 198   |                 |   |   |                       |   |   |
| 201   |                 |   |   |                       |   |   |
| 205   |                 |   |   |                       |   |   |
| 209   |                 |   |   |                       |   |   |
| 211   |                 |   |   |                       |   |   |
| 213   |                 |   |   |                       |   |   |
| 216   |                 |   |   |                       |   |   |
| 218   |                 |   |   |                       |   |   |
| 222   |                 |   |   |                       |   |   |
| 225   |                 |   |   |                       |   |   |
| 232   |                 |   |   |                       |   |   |
| 238   |                 |   |   |                       |   |   |
| 242   |                 |   |   |                       |   |   |
| 245   |                 |   |   |                       |   |   |
| 247   |                 |   |   |                       |   |   |
| 252   |                 |   |   |                       |   |   |
| 256   |                 |   |   |                       |   |   |
| 266   |                 |   |   |                       |   |   |
| 267   |                 |   |   |                       |   |   |
| 296   |                 |   |   |                       |   |   |
| 300   |                 |   |   |                       |   |   |
| 304   |                 |   |   |                       |   |   |
| 310   |                 |   |   |                       |   |   |
| 312   |                 |   |   |                       |   |   |
| 317   |                 |   |   |                       |   |   |
| 326   |                 |   |   |                       |   |   |
| 330   |                 |   |   |                       |   |   |

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 334   |                 |   |   |                       |   |   |
| 338   |                 |   |   |                       |   |   |

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材 料      | 最 高 使 用 温 度<br>(℃) | 許 容 応 力 (MPa) |     |     |
|----------|--------------------|---------------|-----|-----|
|          |                    | S y           | S u | S h |
| SUS304TP | 66                 | 188           | 479 | 126 |
|          | 200                | 144           | 402 | —   |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図           | 建物・構築物  | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------------|---------|----------------|----------|
| H P I N－0 0 6 | 原子炉格納容器 |                |          |
|               | 原子炉建屋   |                |          |



設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図          | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|--------------|--------|----------------|----------|
| HP I N－0 8 A | 原子炉建屋  |                |          |

4. 解析結果及び評価  
4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|          |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次*2    |               |            |       |          |          |       |          |
| 動的震度*3   |               |            |       |          |          |       |          |
| 静的震度*4   |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。  
\*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 H P I N - 0 0 6

| モード | 固 有 周 期<br>( s ) | 刺 激 係 数* |       |       |
|-----|------------------|----------|-------|-------|
|     |                  | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次 |                  |          |       |       |
| 2 次 |                  |          |       |       |
| 3 次 |                  |          |       |       |
| 4 次 |                  |          |       |       |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 H P I N - 0 8 A

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|          |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 6 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 7 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 8 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 15 次     |               |            |       |          |          |       |          |
| 16 次*2   |               |            |       |          |          |       |          |
| 動的震度*3   |               |            |       |          |          |       |          |
| 静的震度*4   |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。  
\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数  
鳥 瞰 図      H P I N - 0 8 A

| モード  | 固 有 周 期<br>( s ) | 刺 激 係 数* |       |       |
|------|------------------|----------|-------|-------|
|      |                  | X 方 向    | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |                  |          |       |       |
| 2 次  |                  |          |       |       |
| 3 次  |                  |          |       |       |
| 4 次  |                  |          |       |       |
| 5 次  |                  |          |       |       |
| 6 次  |                  |          |       |       |
| 7 次  |                  |          |       |       |
| 8 次  |                  |          |       |       |
| 15 次 |                  |          |       |       |

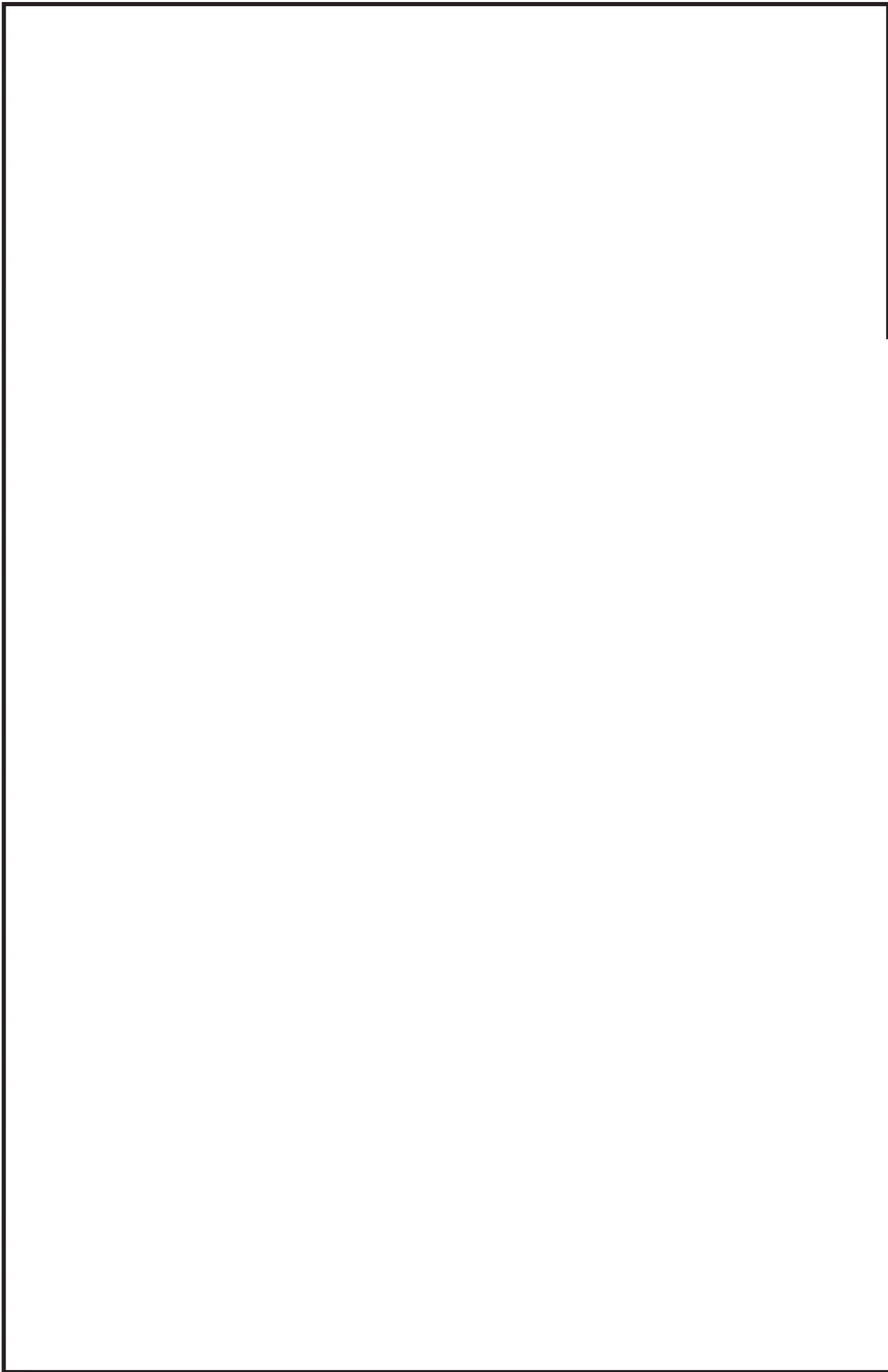
注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

鳥瞰図 HPIN-006

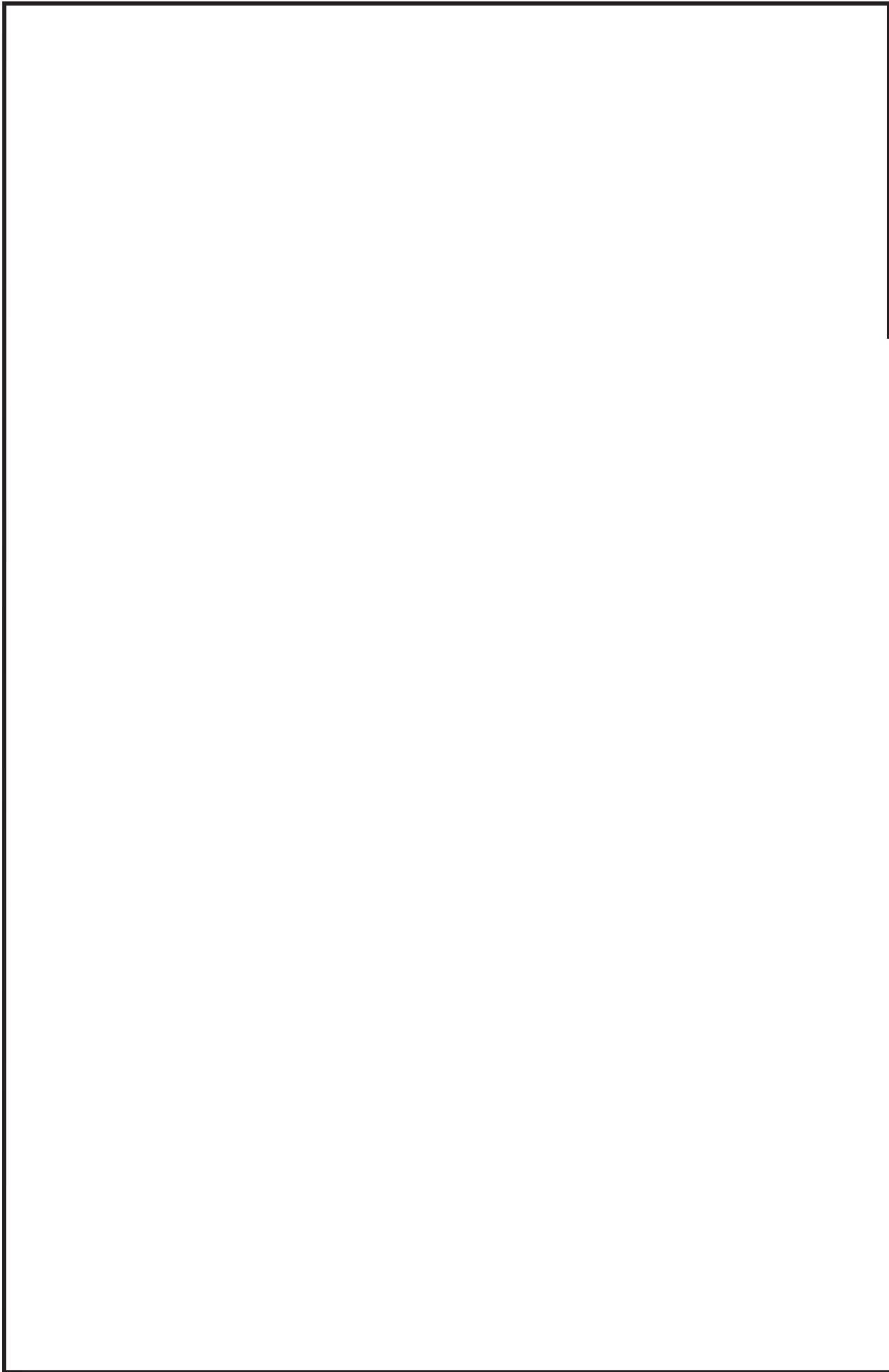
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPIN-006

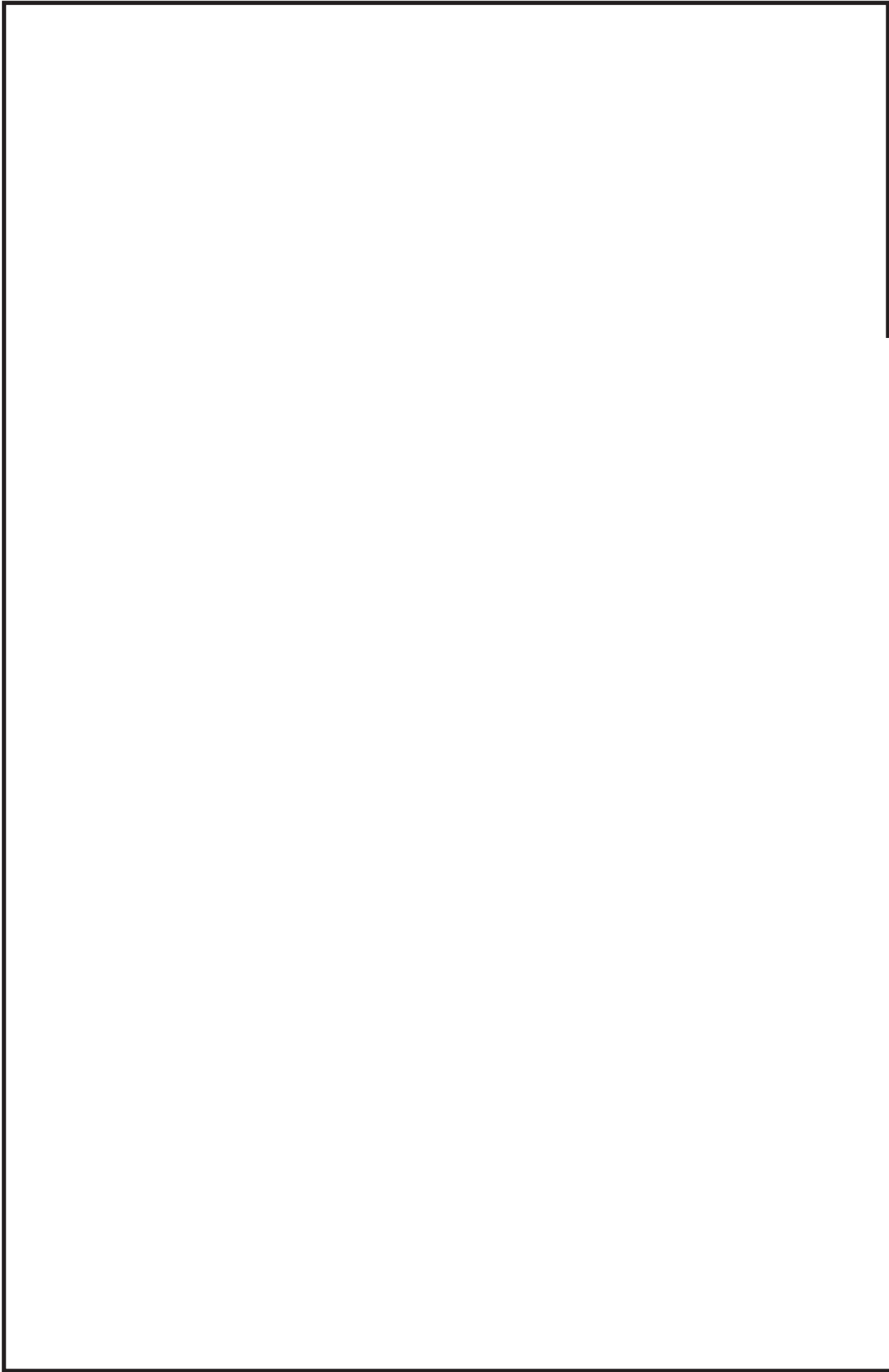
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





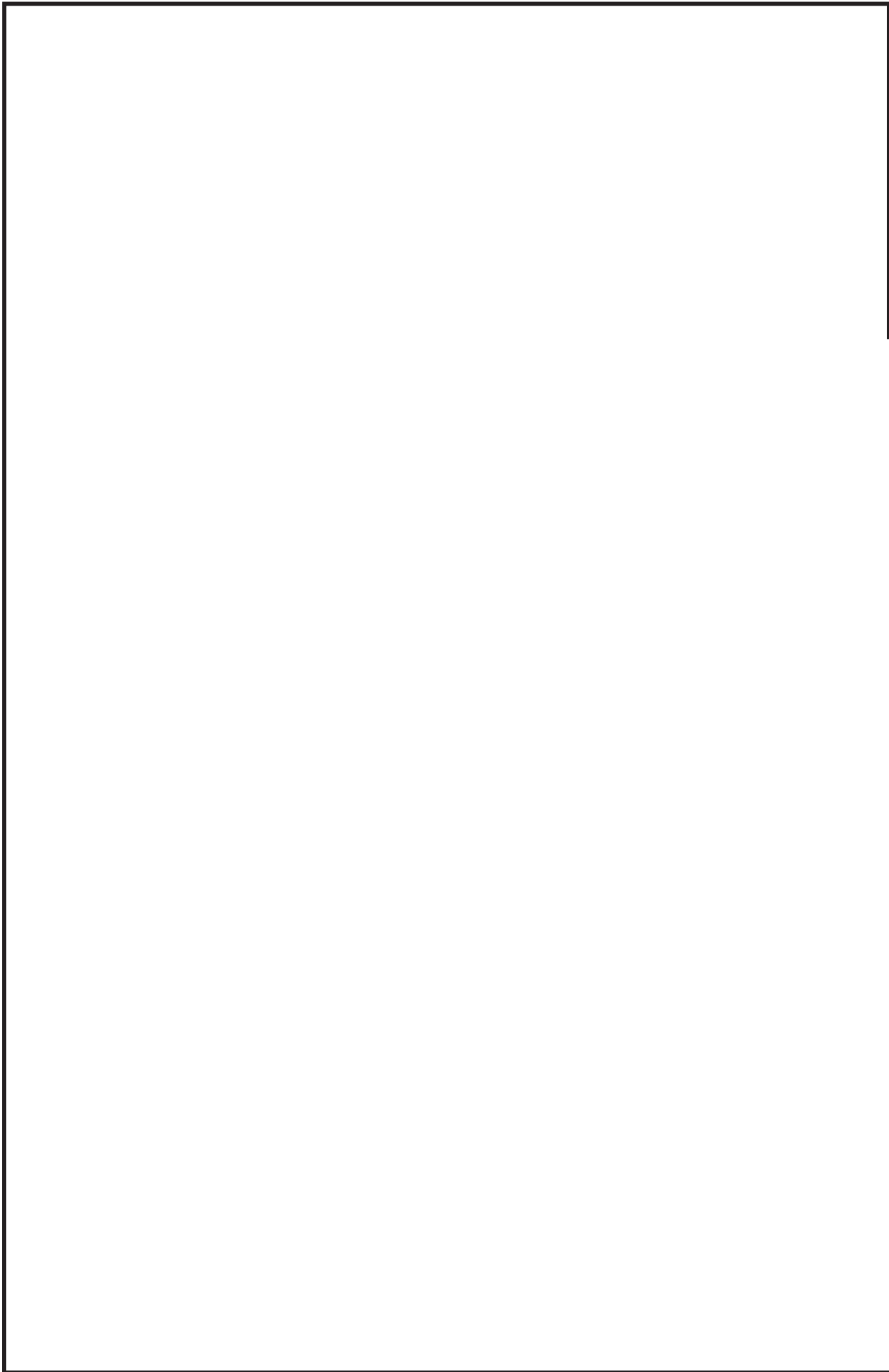
鳥瞰図 HPIN-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



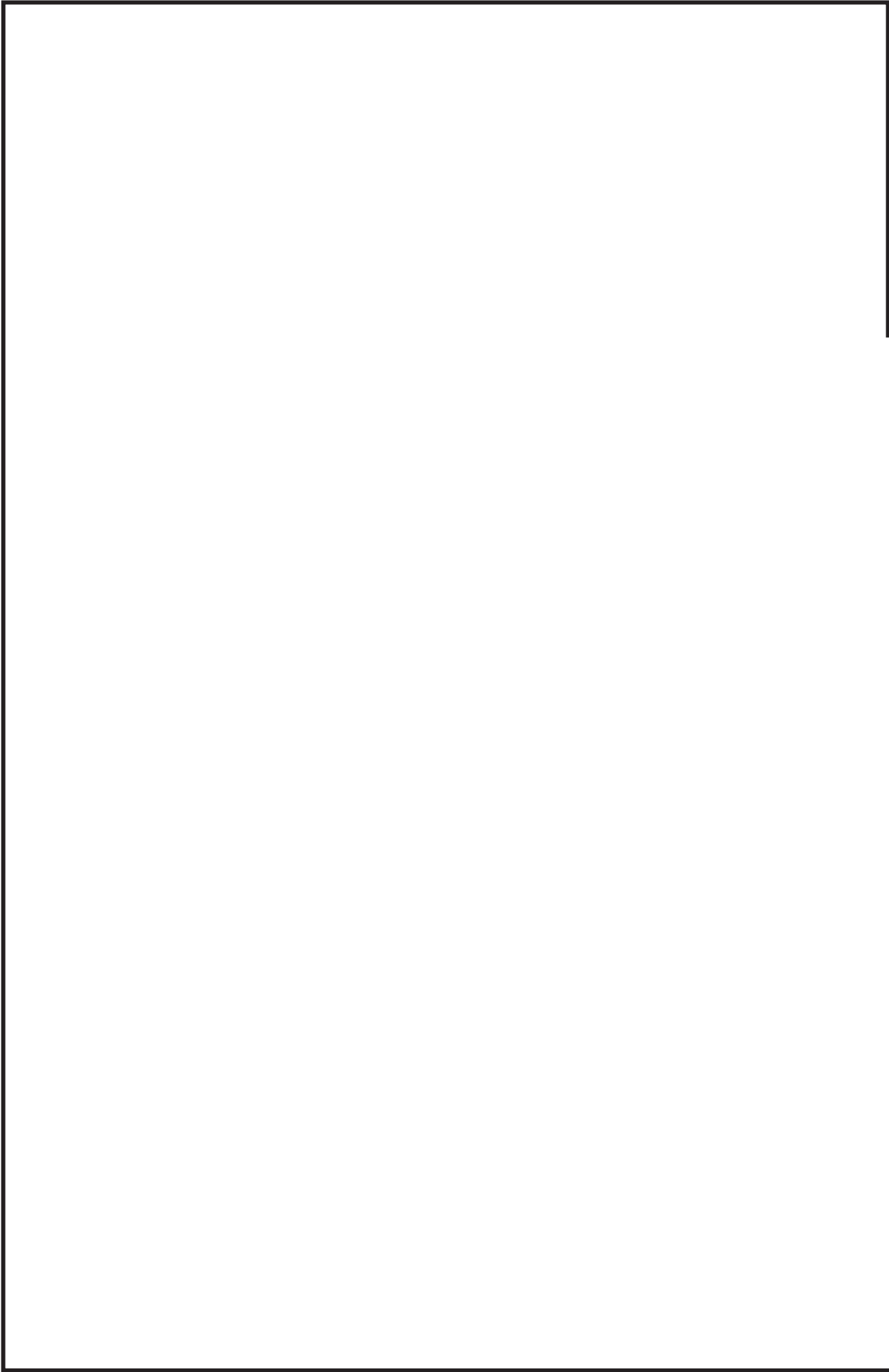
鳥瞰図 HPIN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPIN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPIN-08A

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図          | 許容応力<br>状態                           | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                 | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |               | 疲労評価<br><br>疲労累積係数<br>U S s |
|--------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------------------------|
|              |                                      |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0.9 S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 S y |                             |
| HP I N－0 0 6 | V <sub>A</sub> S<br>V <sub>A</sub> S | 65<br>120   | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 128<br>—                | 361<br>—        | —<br>276            | —<br>288      | —<br>—                      |

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図          | 許容応力<br>状態                           | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                 | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |               | 疲労評価<br><br>疲労累積係数<br>U S s |
|--------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------|-----------------------------|
|              |                                      |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0.9 S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 S y |                             |
| HP I N－0 8 A | V <sub>A</sub> S<br>V <sub>A</sub> S | 14<br>14    | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 184<br>—                | 431<br>—        | —<br>285            | —<br>376      | —<br>—                      |

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号    | 種類        | 型式         | 材質                                     | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|----------------|-----------|------------|----------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|                |           |            |                                        |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| HPIN-003-135SA | メカニカルスナッパ | SMS-06-100 | 添付書類「IV-2-1-12-1 配管及び支持構造物の耐震計算について」参照 |           | 4                | 18               |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式 | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|-------------|---------|----|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|             |         |    |        |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |    |        |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
| X140-163-01 | レストレイント | ラグ | SUS304 | 66        | 1              | 1              | 5              | —              | —              | —              | 組合せ      | 81                | 118               |
| R110-044-01 | アンカ     | ラグ | SUS304 | 66        | 2              | 5              | 4              | 1              | 1              | 1              | 組合せ      | 74                | 205               |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 型式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|----------------------------------------------|----|--------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                           | 鉛直 | 水平                                         | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                            | —  | —                                          | —  | —                 | —    |



4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

| No. | 配管モデル    | 許容応力状態 V <sub>A</sub> S |                   |                   |       |        |     |                   |                   |      |        |             |                            |        |
|-----|----------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------|--------|-----|-------------------|-------------------|------|--------|-------------|----------------------------|--------|
|     |          | 一次応力                    |                   |                   |       |        |     | 一次＋二次応力           |                   |      |        |             | 疲労評価                       |        |
|     |          | 評価点                     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代<br>表 | 評価点 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表 | 評<br>価<br>点 | 疲<br>勞<br>累<br>積<br>係<br>数 | 代<br>表 |
| 1   | HPIN-003 | 80                      | 106               | 361               | 3.40  | —      | 80  | 206               | 288               | 1.39 | —      | —           | —                          |        |
| 2   | HPIN-006 | 65                      | 128               | 361               | 2.82  | —      | 120 | 276               | 288               | 1.04 | ○      | —           | —                          |        |
| 3   | HPIN-007 | 9                       | 25                | 371               | 14.84 | —      | 9   | 100               | 300               | 3.00 | —      | —           | —                          |        |
| 4   | HPIN-008 | 8                       | 22                | 371               | 16.86 | —      | 8   | 61                | 300               | 4.91 | —      | —           | —                          |        |
| 5   | HPIN-009 | 8                       | 21                | 371               | 17.66 | —      | 6   | 60                | 300               | 5.00 | —      | —           | —                          |        |
| 6   | HPIN-010 | 9                       | 22                | 371               | 16.86 | —      | 7   | 47                | 300               | 6.38 | —      | —           | —                          |        |
| 7   | HPIN-01A | 81                      | 118               | 371               | 3.14  | —      | 81  | 218               | 300               | 1.37 | —      | —           | —                          |        |
| 8   | HPIN-02A | 62                      | 58                | 371               | 6.39  | —      | 131 | 147               | 300               | 2.04 | —      | —           | —                          |        |

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

| No. | 配管モデル      | 許容応力状態 V <sub>A</sub> S |                   |                   |       |    |     |                   |                   |      |    |                |     |    |
|-----|------------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------|----|-----|-------------------|-------------------|------|----|----------------|-----|----|
|     |            | 一次応力                    |                   |                   |       |    |     | 一次＋二次応力           |                   |      |    |                |     |    |
|     |            | 評価点                     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 疲労<br>累積<br>係数 | 評価点 | 代表 |
| 9   | HPIN-03A   | 82                      | 113               | 371               | 3.28  | —  | 77  | 211               | 300               | 1.42 | —  | —              | —   | —  |
| 10  | HPIN-04A   | 126                     | 46                | 371               | 8.06  | —  | 40  | 168               | 300               | 1.78 | —  | —              | —   | —  |
| 11  | HPIN-04A-1 | 1                       | 48                | 371               | 7.72  | —  | 1   | 80                | 300               | 3.75 | —  | —              | —   | —  |
| 12  | HPIN-05A   | 12                      | 105               | 371               | 3.53  | —  | 25  | 206               | 300               | 1.45 | —  | —              | —   | —  |
| 13  | HPIN-06A   | 1                       | 81                | 371               | 4.58  | —  | 1   | 132               | 300               | 2.27 | —  | —              | —   | —  |
| 14  | HPIN-07A   | 14                      | 181               | 431               | 2.38  | —  | 14  | 275               | 376               | 1.36 | —  | —              | —   | —  |
| 15  | HPIN-08A   | 14                      | 184               | 431               | 2.34  | ○  | 14  | 285               | 376               | 1.31 | —  | —              | —   | —  |
| 16  | HPIN1014   | 19                      | 57                | 371               | 6.50  | —  | 19  | 94                | 300               | 3.19 | —  | —              | —   | —  |
| 17  | HPIN1033   | 81                      | 71                | 371               | 5.22  | —  | 81  | 127               | 300               | 2.36 | —  | —              | —   | —  |
| 18  | HPIN2014   | 36                      | 36                | 371               | 10.30 | —  | 1   | 89                | 300               | 3.37 | —  | —              | —   | —  |

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

| 許容応力状態 V <sub>A</sub> S |           |             |                           |                           |        |        |             |                           |                           |        |        |             |                            |        |
|-------------------------|-----------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------|--------|-------------|---------------------------|---------------------------|--------|--------|-------------|----------------------------|--------|
| No.                     | 配管モデル     | 一次応力        |                           |                           |        |        | 一次＋二次応力     |                           |                           |        |        | 疲労評価        |                            |        |
|                         |           | 評<br>価<br>点 | 計<br>算<br>応<br>力<br>(MPa) | 許<br>容<br>応<br>力<br>(MPa) | 裕<br>度 | 代<br>表 | 評<br>価<br>点 | 計<br>算<br>応<br>力<br>(MPa) | 許<br>容<br>応<br>力<br>(MPa) | 裕<br>度 | 代<br>表 | 評<br>価<br>点 | 疲<br>勞<br>果<br>績<br>係<br>数 | 代<br>表 |
|                         |           |             |                           |                           |        |        |             |                           |                           |        |        |             |                            |        |
| 19                      | HPIN2033  | 19          | 66                        | 371                       | 5.62   | —      | 17          | 120                       | 300                       | 2.50   | —      | —           | —                          | —      |
| 20                      | KHPIN-101 | 301         | 86                        | 431                       | 5.01   | —      | 11          | 226                       | 240                       | 1.06   | —      | —           | —                          | —      |
| 21                      | KHPIN-103 | 12          | 74                        | 431                       | 5.82   | —      | 12          | 169                       | 376                       | 2.22   | —      | —           | —                          | —      |
| 23                      | KHPIN-104 | 6           | 6                         | 371                       | 61.83  | —      | 6           | 0                         | 300                       | —      | —      | —           | —                          | —      |
| 24                      | KHPIN-105 | 6           | 6                         | 371                       | 61.83  | —      | 6           | 0                         | 300                       | —      | —      | —           | —                          | —      |
| 25                      | KHPIN-106 | 6           | 6                         | 371                       | 61.83  | —      | 6           | 0                         | 300                       | —      | —      | —           | —                          | —      |
| 26                      | KHPIN-107 | 6           | 6                         | 371                       | 61.83  | —      | 6           | 0                         | 300                       | —      | —      | —           | —                          | —      |

## VI-2-6-6-2 代替高圧窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

## 目 次

VI-2-6-6-2-1 管の耐震性についての計算書（代替高圧窒素ガス供給系）

VI-2-6-6-2-1 管の耐震性についての計算書  
(代替高圧窒素ガス供給系)

## 重大事故等対処設備

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 4  |
| 3. 計算条件 .....                     | 8  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 8  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 9  |
| 3.3 設計条件 .....                    | 10 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 16 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 17 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 19 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 19 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 31 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 31 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 33 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 34 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 35 |



## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、代替高圧窒素ガス供給系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

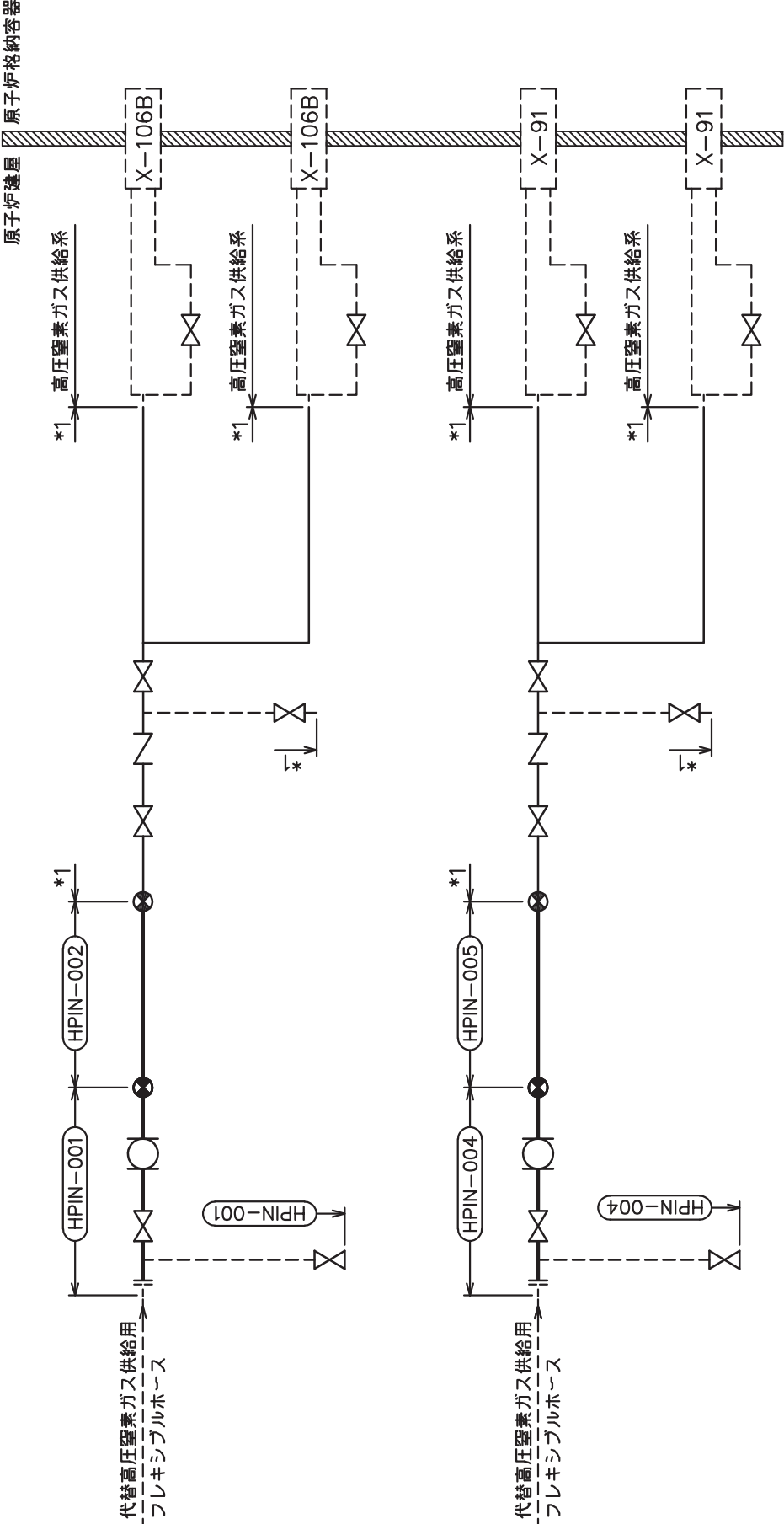
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |

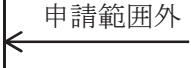
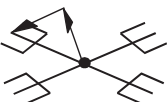
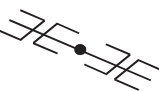
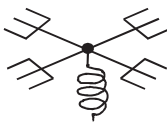
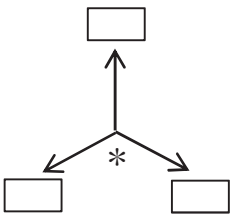


注記
 \*1
 ：
 解析モデル上  
 高圧窒素ガス供給系に含める。

代替高圧窒素ガス供給系概略系統図

## 2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                           |
|  | スナッパ                                                                                                                                                 |
|  | ハンガ                                                                                                                                                  |
|  | ガイド                                                                                                                                                  |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(＊は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，  内に<br>変位量を記載する。) |

鳥瞰図 HPIN-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-005-1/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-005-2/2

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称     | 設備名称    | 系統名称        | 施設分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 <sup>*2</sup> | 機器等の区分     | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup> | 許容応力状態 <sup>*5</sup> |
|----------|---------|-------------|--------------------|--------------------|------------|---------|--------------------------|----------------------|
| 計測制御系統施設 | 制御用空気設備 | 代替高压室素ガス供給系 | S A                | 常設耐震／防止            | 重大事故等クラス2管 | —       | $V_L + S_S$              | $V_A S$              |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    H P I N－0 0 2

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 2.06            | 66            | 34.0       | 3.4        | SUS304TP | —           | 191720         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                    H P I N－0 0 2

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1   | 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|     | 16            | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|     | 31            | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 |    |    |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 10  |        | 19  |        | 28  |        | 37  |        |
| 2   |        | 11  |        | 20  |        | 29  |        | 38  |        |
| 3   |        | 12  |        | 21  |        | 30  |        | 39  |        |
| 4   |        | 13  |        | 22  |        | 31  |        | 40  |        |
| 5   |        | 14  |        | 23  |        | 32  |        | 41  |        |
| 6   |        | 15  |        | 24  |        | 33  |        | 42  |        |
| 7   |        | 16  |        | 25  |        | 34  |        | 43  |        |
| 8   |        | 17  |        | 26  |        | 35  |        |     |        |
| 9   |        | 18  |        | 27  |        | 36  |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            H P I N－0 0 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 3     |                 |   |   |                       |   |   |
| 6     |                 |   |   |                       |   |   |
| 8     |                 |   |   |                       |   |   |
| 11    |                 |   |   |                       |   |   |
| 15    |                 |   |   |                       |   |   |
| 17    |                 |   |   |                       |   |   |
| 20    |                 |   |   |                       |   |   |
| 23    |                 |   |   |                       |   |   |
| 26    |                 |   |   |                       |   |   |
| 29    |                 |   |   |                       |   |   |
| 32    |                 |   |   |                       |   |   |
| 34    |                 |   |   |                       |   |   |
| 37    |                 |   |   |                       |   |   |
| 40    |                 |   |   |                       |   |   |
| 42    |                 |   |   |                       |   |   |

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    H P I N－0 0 5

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 2.06            | 66            | 34.0       | 3.4        | SUS304TP | —           | 191720         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                    H P I N－0 0 5

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1   | 1             | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 |
|     | 16            | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 |
|     | 31            | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 |
|     | 46            | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
|     | 61            | 62 | 63 | 64 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 14  |        | 27  |        | 40  |        | 53  |        |
| 2   |        | 15  |        | 28  |        | 41  |        | 54  |        |
| 3   |        | 16  |        | 29  |        | 42  |        | 55  |        |
| 4   |        | 17  |        | 30  |        | 43  |        | 56  |        |
| 5   |        | 18  |        | 31  |        | 44  |        | 57  |        |
| 6   |        | 19  |        | 32  |        | 45  |        | 58  |        |
| 7   |        | 20  |        | 33  |        | 46  |        | 59  |        |
| 8   |        | 21  |        | 34  |        | 47  |        | 60  |        |
| 9   |        | 22  |        | 35  |        | 48  |        | 61  |        |
| 10  |        | 23  |        | 36  |        | 49  |        | 62  |        |
| 11  |        | 24  |        | 37  |        | 50  |        | 63  |        |
| 12  |        | 25  |        | 38  |        | 51  |        | 64  |        |
| 13  |        | 26  |        | 39  |        | 52  |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            H P I N－0 0 5

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号    | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|          | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1        |                 |   |   |                       |   |   |
| 3        |                 |   |   |                       |   |   |
| 5        |                 |   |   |                       |   |   |
| 7        |                 |   |   |                       |   |   |
| 10       |                 |   |   |                       |   |   |
| 13       |                 |   |   |                       |   |   |
| 15       |                 |   |   |                       |   |   |
| 19       |                 |   |   |                       |   |   |
| 21       |                 |   |   |                       |   |   |
| 24       |                 |   |   |                       |   |   |
| 27       |                 |   |   |                       |   |   |
| 29       |                 |   |   |                       |   |   |
| 31       |                 |   |   |                       |   |   |
| 33       |                 |   |   |                       |   |   |
| 35       |                 |   |   |                       |   |   |
| 37       |                 |   |   |                       |   |   |
| 40       |                 |   |   |                       |   |   |
| 42       |                 |   |   |                       |   |   |
| 44       |                 |   |   |                       |   |   |
| 46       |                 |   |   |                       |   |   |
| 48       |                 |   |   |                       |   |   |
| 51       |                 |   |   |                       |   |   |
| 53       |                 |   |   |                       |   |   |
| 55       |                 |   |   |                       |   |   |
| 58       |                 |   |   |                       |   |   |
| 60       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 60 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 62       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 62 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 64       |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料       | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|----------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|          |                | S m        | S y | S u | S h |
| SUS304TP | 66             | —          | 188 | 479 | —   |



3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
 策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
 に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図           | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|--------|----------------|----------|
| H P I N - 0 0 2 | 原子炉建屋  |                |          |

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
 なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
 策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
 に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図           | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|--------|----------------|----------|
| H P I N - 0 0 5 | 原子炉建屋  |                |          |

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 HPIN-002

| 適用する地震動等  |               | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|-----------|---------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード       | 固有周期<br>( s ) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|           |               | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次*2     |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 動 的 震 度*3 |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 静 的 震 度*4 |               |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
\*3：Sd又はSs地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

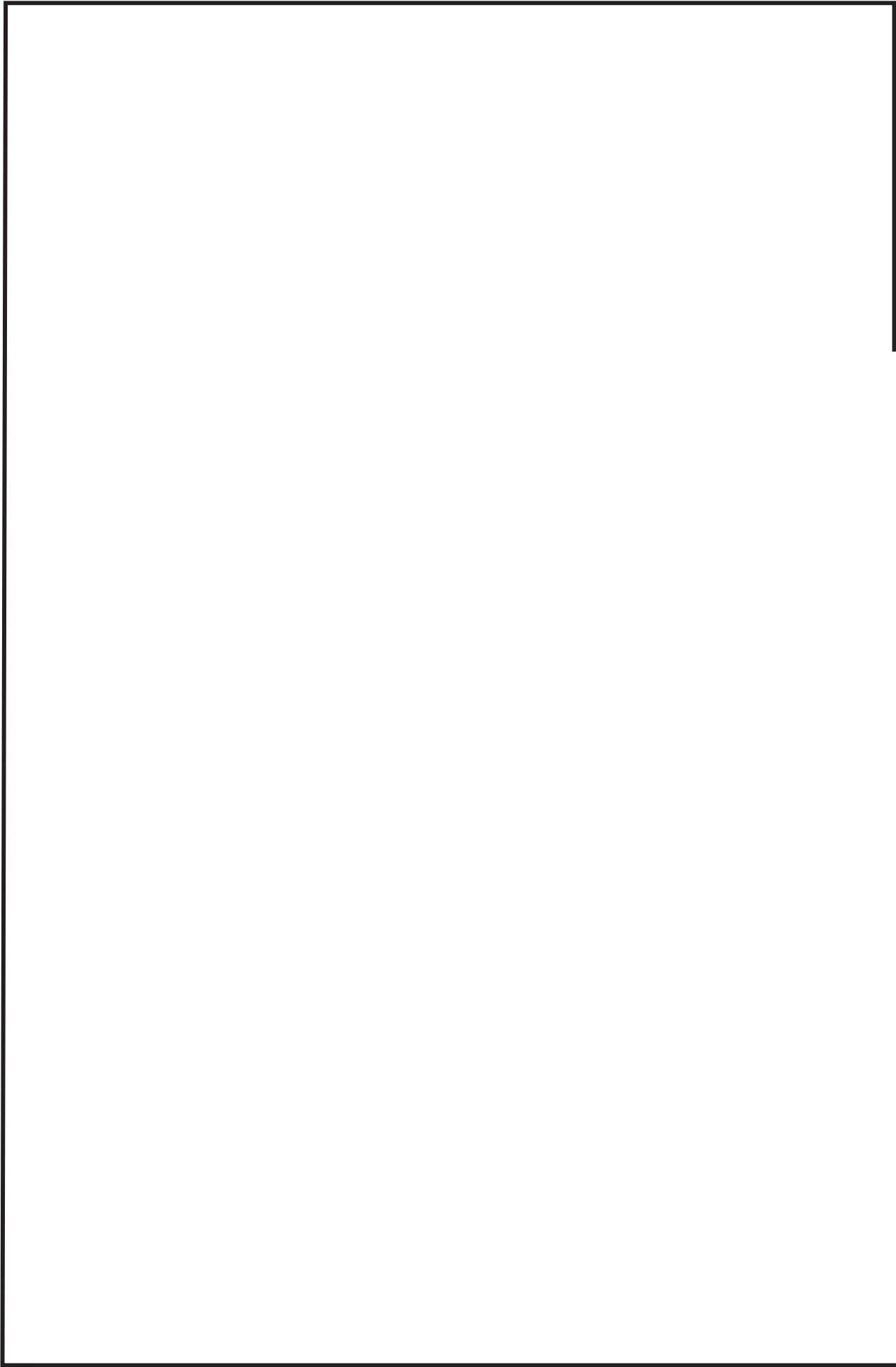
鳥 瞰 図      H P I N - 0 0 2

| モード | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-----|-------------|-------|------|------|
|     |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次 |             |       |      |      |
| 2 次 |             |       |      |      |
| 3 次 |             |       |      |      |
| 4 次 |             |       |      |      |
| 5 次 |             |       |      |      |
| 6 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

### 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図 HPIN-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      H P I N - 0 0 5

| 適用する地震動等  |             | S d 及び静的震度     |       |           |                | S s   |           |
|-----------|-------------|----------------|-------|-----------|----------------|-------|-----------|
| モード       | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度**1 |       | 応答鉛直震度**1 | 応 答 水 平 震 度**1 |       | 応答鉛直震度**1 |
|           |             | X 方 向          | Z 方 向 | Y 方 向     | 応 答 水 平 震 度**1 | X 方 向 | Y 方 向     |
| 1 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 2 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 3 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 4 次       |             |                |       |           |                |       |           |
| 5 次*2     |             |                |       |           |                |       |           |
| 動的 震 度**3 |             |                |       |           |                |       |           |
| 静的 震 度**4 |             |                |       |           |                |       |           |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
 \*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
 \*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*4：3.6C<sub>I</sub>及び1.2C<sub>V</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数  
 鳥 瞰 図      H P I N - 0 0 5

| モード | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-----|-------------|-------|------|------|
|     |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次 |             |       |      |      |
| 2 次 |             |       |      |      |
| 3 次 |             |       |      |      |
| 4 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

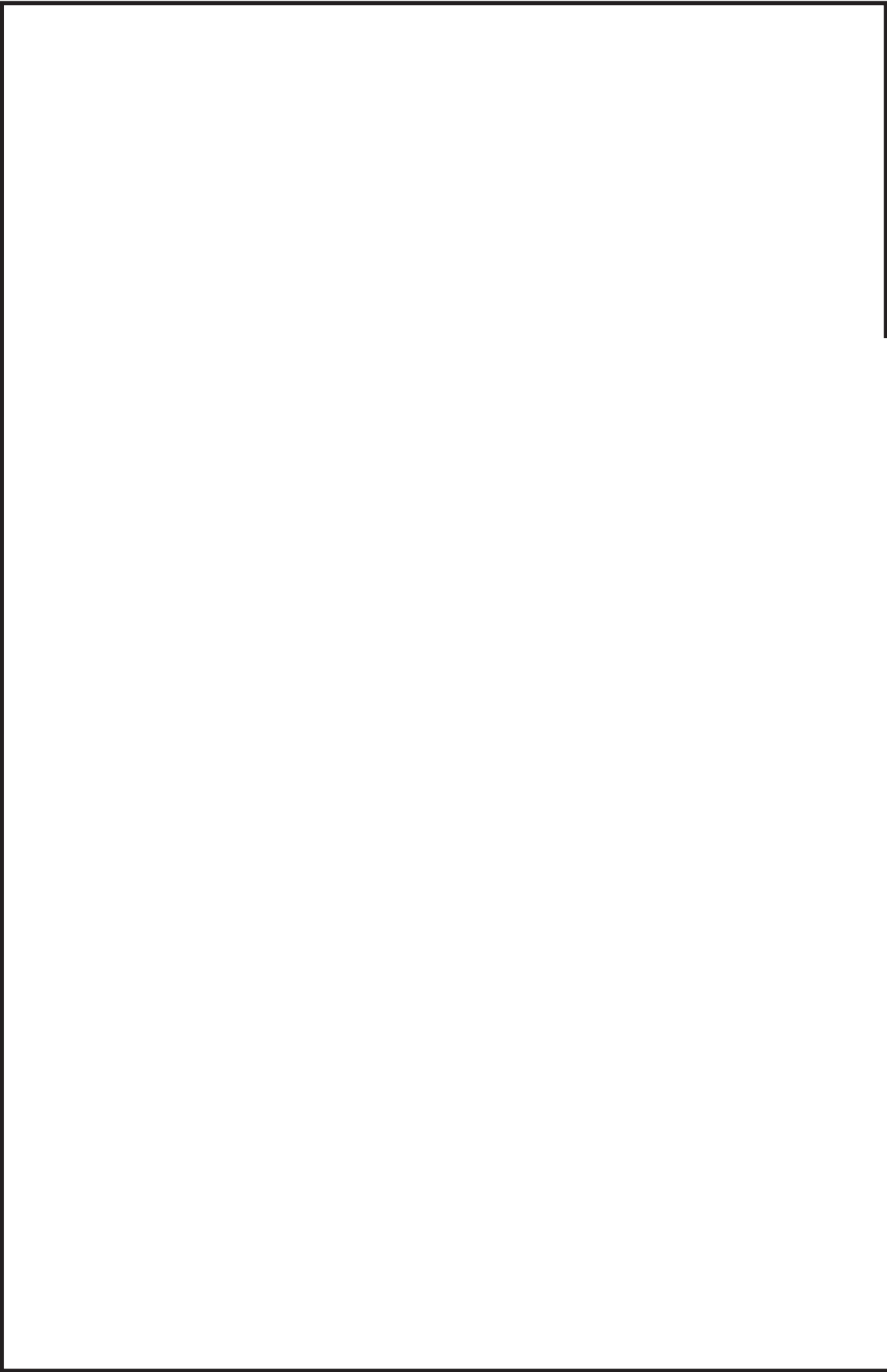
振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

鳥瞰図 HPIN-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 HPIN-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 HPIN-005

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図            | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                     | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |                 | 疲労評価                |
|----------------|------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|---------------------|
|                |                  |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 ・ S y |                     |
| HP I N - 0 0 2 | V <sub>A</sub> S | 1           | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 75                      | 431                 | —                   | —               | U S s<br><br>—<br>— |
|                | V <sub>A</sub> S | 1           |                                | —                       | —                   | 202                 | 376             |                     |

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図            | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                     | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |                 | 疲労評価 |
|----------------|------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|------|
|                |                  |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 ・ S y |      |
| HP I N - 0 0 5 | V <sub>A</sub> S | 26          | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 83                      | 431                 | —                   | —               | —    |
|                | V <sub>A</sub> S | 26          |                                | —                       | —                   | 151                 | 376             | —    |



4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|-------------|----|----|----|-----------|------------------|------------------|
|             |    |    |    |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| —           | —  | —  | —  | —         | —                | —                |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類      | 型式 | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|---------------|---------|----|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|               |         |    |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|               |         |    |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
| HPIN-004-084R | レストレイント | 架構 | STKR400 | 40        | 2842N          | 0              | 3320N          | —              | —              | —              | 曲げ       | 81                | 490               |
| HPIN-001-089A | アンカ     | ラゲ | SUS304  | 66        | 572N           | 722N           | 382N           | 266N・m         | 56N・m          | 300N・m         | 曲げ       | 95                | 473               |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

| No. | 配管モデル    | 許容応力状態 $V_A S$ |                   |                   |      |    |         |                   |                   |      |    |
|-----|----------|----------------|-------------------|-------------------|------|----|---------|-------------------|-------------------|------|----|
|     |          | 一次応力           |                   |                   |      |    | 一次＋二次応力 |                   |                   |      |    |
|     |          | 評価点            | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 |
| 1   | HPIN-001 | 36             | 77                | 431               | 5.59 | —  | 36      | 150               | 376               | 2.50 | —  |
| 2   | HPIN-002 | 1              | 75                | 431               | 5.74 | —  | 1       | 202               | 376               | 1.86 | ○  |
| 3   | HPIN-004 | 16             | 62                | 431               | 6.95 | —  | 14      | 131               | 376               | 2.87 | —  |
| 4   | HPIN-005 | 26             | 83                | 431               | 5.19 | ○  | 26      | 151               | 376               | 2.49 | —  |

## VI-2-9 原子炉格納施設の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-9-1 原子炉格納施設の耐震性についての計算結果
- VI-2-9-2 原子炉格納容器の耐震性についての計算書
- VI-2-9-3 原子炉建屋の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4 圧力低減設備その他の安全設備の耐震性についての計算書

## VI-2-9-2 原子炉格納容器の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書
- VI-2-9-2-2 機器搬出入口の耐震性についての計算書
- VI-2-9-2-3 エアロックの耐震性についての計算書
- VI-2-9-2-4 原子炉格納容器配管貫通部及び電気配線貫通部の耐震性についての計算書

## VI-2-9-2-1 原子炉格納容器本体の耐震性についての計算書



## 目 次

- VI-2-9-2-1-1 ドライウエルの耐震性についての計算書
- VI-2-9-2-1-2 サプレッションチェンバの耐震性についての計算書
- VI-2-9-2-1-3 原子炉格納容器シヤラグの耐震性についての計算書
- VI-2-9-2-1-4 ドライウエルベント開口部の耐震性についての計算書
- VI-2-9-2-1-5 ボックスサポートの耐震性についての計算書

VI-2-9-2-1-4 ドライウェルベント開口部の耐震性についての計算書

# 目次

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 1.    | 概要                | 1  |
| 2.    | 一般事項              | 1  |
| 2.1   | 構造計画              | 1  |
| 2.2   | 評価方針              | 3  |
| 2.3   | 適用規格・基準等          | 3  |
| 2.4   | 記号の説明             | 4  |
| 2.5   | 計算精度と数値の丸め方       | 5  |
| 3.    | 評価部位              | 6  |
| 4.    | 地震応答解析及び構造強度評価    | 8  |
| 4.1   | 地震応答解析及び構造強度評価方法  | 8  |
| 4.2   | 荷重の組合せ及び許容応力      | 8  |
| 4.2.1 | 荷重の組合せ及び許容応力状態    | 8  |
| 4.2.2 | 許容応力              | 8  |
| 4.2.3 | 使用材料の許容応力評価条件     | 8  |
| 4.2.4 | 設計荷重              | 12 |
| 4.3   | 解析モデル及び諸元         | 14 |
| 4.4   | 固有周期              | 19 |
| 4.5   | 設計用地震力            | 20 |
| 4.6   | 計算方法              | 23 |
| 4.6.1 | 応力評価点             | 23 |
| 4.6.2 | 応力計算方法            | 24 |
| 4.7   | 計算条件              | 24 |
| 4.8   | 応力の評価             | 24 |
| 5.    | 評価結果              | 25 |
| 5.1   | 設計基準対象施設としての評価結果  | 25 |
| 5.2   | 重大事故等対処設備としての評価結果 | 29 |
| 6.    | 参照図書              | 32 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ドライウェルベント開口部が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ドライウェルベント開口部は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力による荷重及び重大事故等時の荷重に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるドライウェルベント開口部の評価は、平成 2 年 5 月 24 日付け元資庁第 14466 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による。（以下「既工認」という。）

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

ドライウェルベント開口部の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1
 構造計画

| 計画の概要                                                                                                                        |                                                                                                                                                                        | 概略構造図                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                                                                                                      | 主体構造                                                                                                                                                                   |                                                          |
| <p>ドライウエルベント開口部を構成するベントノズルは、ドライウエルに支持される。</p> <p>ドライウエルベント開口部は、原子炉格納容器と一体構造となっており、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、ドライウエルを介して原子炉建屋に伝達される。</p> | <p>ドライウエルベント開口部を構成するベントノズルは内径 <input type="text"/> mm 及び板厚 <input type="text"/> mm の円筒に小径側内径 <input type="text"/> mm 及び板厚 <input type="text"/> mm の円すいを接続した構造物である。</p> | <p>概略構造図</p> <p>原子炉格納容器断面図</p> <p>A部詳細（ドライウエルベント開口部）</p> |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 2.2 評価方針

ドライウェルベント開口部の応力評価は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ドライウェルベント開口部の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

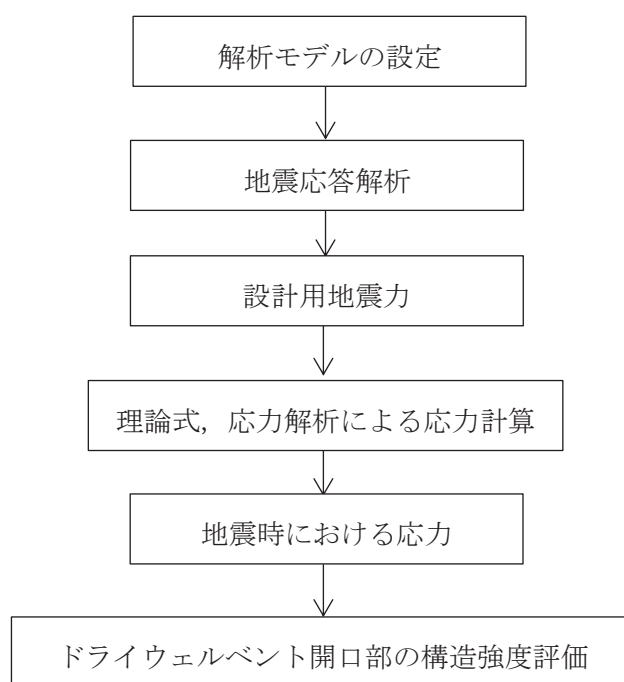


図 2-1 ドライウェルベント開口部の耐震評価フロー

## 2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補－1984）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）
- (4) J S M E S N C 1－2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下「設計・建設規格」という。）

## 2.4 記号の説明

| 記号         | 記号の説明                           | 単位   |
|------------|---------------------------------|------|
| $C_v$      | 鉛直方向設計震度                        | —    |
| $D$        | 死荷重                             | —    |
| $D_i$      | 直径 ( $i = 1, 2, 3 \dots$ )      | mm   |
| $E$        | 縦弾性係数                           | MPa  |
| $\ell_i$   | 長さ ( $i = 1, 2, 3$ )            | mm   |
| $M$        | 機械的荷重                           | —    |
| $M_i$      | 曲げモーメント ( $i = 1, 2$ )          | N・mm |
| $M_L$      | 地震と組み合わせる機械的荷重                  | —    |
| $M_{SAL}$  | 機械的荷重 (SA 後長期 (L) 機械的荷重)        | —    |
| $M_{SALL}$ | 機械的荷重 (SA 後長期 (LL) 機械的荷重)       | —    |
| $P$        | 圧力, 軸力                          | —, N |
| $P_L$      | 地震と組み合わせる圧力                     | —    |
| $P_{SAL}$  | 圧力 (SA 後長期 (L) 圧力)              | kPa  |
| $P_{SALL}$ | 圧力 (SA 後長期 (LL) 圧力)             | kPa  |
| $R$        | 半径                              | mm   |
| $S$        | 許容引張応力                          | MPa  |
| $S_d$      | 弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力        | —    |
| $S_d^*$    | 弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力又は静的地震力 | —    |
| $S_s$      | 基準地震動 $S_s$ により定まる地震力           | —    |
| $S_u$      | 設計引張強さ                          | MPa  |
| $S_y$      | 設計降伏点                           | MPa  |
| $S_y (RT)$ | 40℃における設計降伏点                    | MPa  |
| $t_i$      | 厚さ ( $i = 1, 2, 3 \dots$ )      | mm   |
| $T$        | 温度                              | ℃    |
| $T_{SAL}$  | 温度 (SA 後長期 (L) 温度)              | ℃    |
| $T_{SALL}$ | 温度 (SA 後長期 (LL) 温度)             | ℃    |
| $\nu$      | ポアソン比                           | —    |
| ASS        | オーステナイト系ステンレス鋼                  | —    |
| HNA        | 高ニッケル合金                         | —    |

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類              | 単位  | 処理桁      | 処理方法 | 表示桁               |
|--------------------|-----|----------|------|-------------------|
| 最高使用圧力             | kPa | —        | —    | 整数位 <sup>*1</sup> |
| 温度                 | ℃   | —        | —    | 整数位 <sup>*1</sup> |
| 許容応力 <sup>*2</sup> | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て  | 整数位               |
| 算出応力               | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ  | 整数位               |
| 長さ                 | mm  | —        | —    | 整数位 <sup>*1</sup> |
| 固有周期               | s   | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位          |

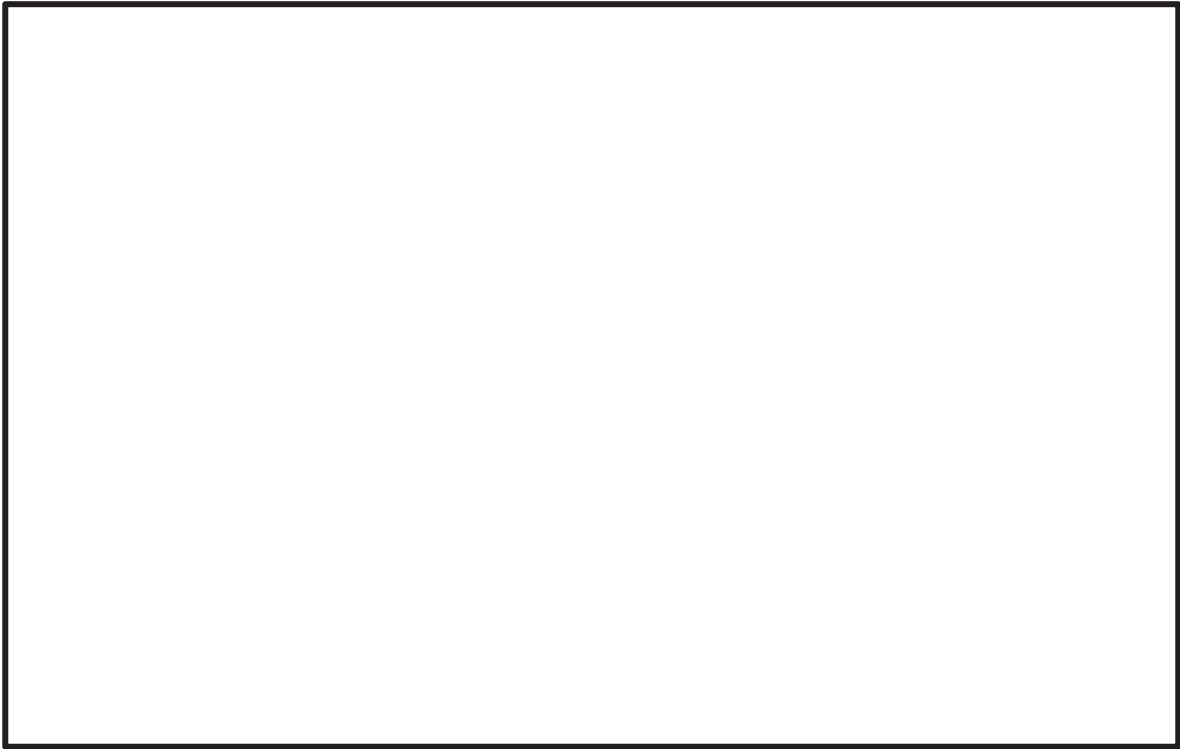
注記\*1：設計上定める値が小数点以下第1位の場合は、小数点以下第1位表示とする。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。



3. 評価部位

ドライウェルベント開口部の形状及び主要寸法を図 3-1 に，使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



- ① ベントノズル部

③ ベント管

⑤ ジェットデフレクタ

⑦ 補強リブ
- ② ベントノズル円すい部

④ 補強板

⑥ リブ

$D_1 =$

$\ell_1 =$

$t_1 =$

$t_5 =$

球 R =

$D_2 =$

$\ell_2 =$

$t_2 =$

$t_6 =$

$D_3 =$

$\ell_3 =$

$t_3 =$

$t_7 =$

$D_4 =$

$t_4 =$

(単位：mm)

図 3-1   ドライウェルベント開口部の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

| 使用部位   | 使用材料 |  |
|--------|------|--|
| ベントノズル |      |  |
| 補強板    |      |  |

#### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

##### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ドライウェルベント開口部は、ベントノズル円すい部が原子炉格納容器に支持された構造であり、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、ドライウェルを介して原子炉建屋に伝達される。

ドライウェルベント開口部に作用する地震力は、水平及び鉛直の固有周期に応じた応答加速度に基づき算出する。ドライウェルベント開口部の耐震評価として、上記の応答解析に基づき算出した地震力を用いて、構造強度評価を行う。

- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ドライウェルベント開口部の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

###### 4.2.2 許容応力

ドライウェルベント開口部の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示すとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ドライウェルベント開口部の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分    | 機器名称    | 耐震重要度分類 | 機器等の区分  | 荷重の組合せ <sup>*1</sup>                                   | 許容応力状態                                                                |
|---------|---------|---------|---------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| 原子炉格納施設 | 原子炉格納容器 | S       | クラスMC容器 | D + P + M + S d <sup>*</sup>                           | (9)<br>(10) <sup>*2</sup><br>(13) <sup>*2</sup><br>(15) <sup>*3</sup> |
|         |         |         |         | D + P + M + S s                                        | (11)<br>(12) <sup>*2</sup><br>(14)                                    |
|         |         |         |         | D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S d <sup>*</sup> | (16) <sup>*4</sup>                                                    |
|         |         |         |         |                                                        | IV <sub>A</sub> S                                                     |

㊦

注記\*1：（ ）は添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」における表3-6の荷重の組合せのNo.を示す。

\*2：逃がし安全弁作動時荷重はドライウエルベント開口部に作用しないことから荷重の組合せとして考慮せず評価しない。

\*3：冷却材喪失事故後10<sup>-1</sup>年後の圧力を考慮する。

\*4：冷却材喪失事故時の最大内圧を考慮する。

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分    | 機器名称         | 設備分類 <sup>*1</sup> | 機器等の区分          | 荷重の組合せ <sup>*2</sup>                            | 許容応力状態                                           |
|---------|--------------|--------------------|-----------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 原子炉格納施設 | ドライウエルベント開口部 | 常設耐震／防止<br>常設／緩和   | 重大事故等<br>クラス2容器 | D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S d   | (V (L)-1)<br><br>V <sub>A</sub> S <sup>*3</sup>  |
|         |              |                    |                 | D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S s | (V (LL)-1)<br><br>V <sub>A</sub> S <sup>*3</sup> |

注記\*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：（ ）は添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」における表 3-7 の荷重の組合せの No. を示す。

\*3：V<sub>A</sub>SとしてIV<sub>A</sub>Sの許容限界を用いる。

表4-3 クラスMC容器及び重大事故等クラス2容器の許容応力

| 許容<br>応力状態 | 応力分類                           | 一次一般膜応力                                                                                                                                                 | 一次膜応力＋一次曲げ応力            | 一次＋二次応力                                                                                                                                                                                  | 一次＋二次＋ピーク応力                                                                                                                          |
|------------|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|            | III <sub>A</sub> S             | S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方。ただし、ASS及びHNAについては、1.2・Sとする。                                                                                    | 左欄の1.5倍の値 <sup>*4</sup> |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                      |
|            | IV <sub>A</sub> S              | 構造上の連続な部分は0.6・S <sub>u</sub> 、不連続な部分はS <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方。ただし、ASS及びHNAについては、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S <sub>u</sub> の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。 | 左欄の1.5倍の値 <sup>*4</sup> | <div style="text-align: center;"> <math>3 \cdot S^{*1}</math> </div> <div style="text-align: center;"> <math>\left( S_d \text{又は} S_s \text{地震動のみによる応力振幅について評価する。} \right)</math> </div> | S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、運転状態Ⅰ，Ⅱにおける疲労累積係数との和が1.0以下であること。<br><br><div style="text-align: right;">*2, *3</div> |
|            | V <sub>A</sub> S <sup>*5</sup> |                                                                                                                                                         |                         |                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                      |

注記\*1:3・Sを超えるときは弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。S<sub>m</sub>はSと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

\*2: 設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S<sub>d</sub>又はS<sub>s</sub>地震動による応力の全振幅」と読み替える。

\*3: 運転状態Ⅰ, Ⅱにおいて疲労解析を要しない場合は, 地震動のみによる疲労累積係数を1.0以下とする。

※4：設計・建設規格 PVB-3111に準じる場合は，純曲げによる全断面降伏荷重の比または1.5のいずれか小さい方の値（ $\alpha$ ）を用いる。

\*5:  $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限界を用いる。

表 4-4
 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材   | 材料 | 温度条件<br>(℃) |     | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|--------|----|-------------|-----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| ベントノズル |    | 周囲環境<br>温度  | 171 |            |                         |                         |                               |
| 補強板    |    | 周囲環境<br>温度  | 171 |            |                         |                         |                               |

表 4-5
 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材   | 材料 | 温度条件<br>(℃) |                       | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|--------|----|-------------|-----------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| ベントノズル |    | 周囲環境<br>温度  | 178/111<br>*<br>(200) |            |                         |                         |                               |
| 補強板    |    | 周囲環境<br>温度  | 178/111<br>*<br>(200) |            |                         |                         |                               |

注記＊：重大事故等時の評価温度として、保守的に限界温度を適用する。

#### 4.2.4 設計荷重

##### (1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，最高使用圧力，最高使用温度及び死荷重は，既工認（参照図書（1））からの変更はなく，次のとおりである。

##### a. 最高使用圧力及び最高使用温度

|    |         |
|----|---------|
| 内圧 | 427kPa  |
| 外圧 | 13.7kPa |
| 温度 | 171℃    |

##### b. 死荷重

ドライウエルベント開口部の応力評価点より上部のドライウエル及び付属物の自重を死荷重とする。

##### c. 冷却材喪失事故時荷重

事故時圧力は，冷却材喪失事故後の最大内圧とする。

|                      |        |
|----------------------|--------|
| サブプレッションチェンバ内のベント管内圧 | 157kPa |
| サブプレッションチェンバ外のベント管内圧 | 324kPa |

##### d. ベント系から加わる荷重

ベント系からドライウエルベント開口部に加わる荷重は，添付書類「VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書」の解析に基づき設定する。

ベント系からドライウエルベント開口部に加わる荷重を表 4-6 に示す。

##### (2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

##### a. 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

|               |                      |
|---------------|----------------------|
| 内圧 $P_{SAL}$  | 640kPa (SA 後長期 (L))  |
| 内圧 $P_{SALL}$ | 427kPa (SA 後長期 (LL)) |
| 温度 $T_{SAL}$  | 178℃ (SA 後長期 (L))    |
| 温度 $T_{SALL}$ | 111℃ (SA 後長期 (LL))   |

##### b. 死荷重

ドライウエルベント開口部の応力評価点より上部のドライウエル及び付属物の自重を死荷重とする。

c. ベント系から加わる荷重

ベント系からドライウェルベント開口部に加わる荷重は、添付書類「VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書」の解析に基づき設定する。

ベント系からドライウェルベント開口部に加わる荷重を表 4-7 に示す。

表 4-6 ベント系からドライウェルベント開口部に加わる荷重（設計基準対象施設）

| 荷重*1*2     | 軸力<br>P (N)          | 曲げモーメント<br>M <sub>1</sub> (N・mm) | 曲げモーメント<br>M <sub>2</sub> (N・mm) |
|------------|----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 最高使用圧力（外圧） | $-3.120 \times 10^4$ | $-3.428 \times 10^3$             | $4.504 \times 10^6$              |
| ベント系死荷重    | $3.577 \times 10^4$  | $2.361 \times 10^4$              | $4.330 \times 10^7$              |
| 事故時圧力      | $4.726 \times 10^5$  | $3.834 \times 10^4$              | $-5.177 \times 10^7$             |

注記\*1：軸力の符号は、ドライウェル側からベント管側へ作用する荷重を正符号とし、その逆方向を負符号とする。荷重の方向を図 4-2 に示す。

\*2：地震荷重によりベント系からドライウェルベント開口部に加わる荷重を表 4-13 に示す。

表 4-7 ベント系からドライウェルベント開口部に加わる荷重（重大事故等対処設備）

| 荷重*1*2                 | 軸力<br>P (N)         | 曲げモーメント<br>M <sub>1</sub> (N・mm) | 曲げモーメント<br>M <sub>2</sub> (N・mm) |
|------------------------|---------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ベント系圧力<br>（SA 後長期（L））  | $4.966 \times 10^5$ | $5.319 \times 10^3$              | $-1.207 \times 10^7$             |
| ベント系圧力<br>（SA 後長期（LL）） | $3.498 \times 10^5$ | $6.530 \times 10^3$              | $-1.187 \times 10^7$             |
| ベント系死荷重                | $3.577 \times 10^4$ | $2.361 \times 10^4$              | $4.330 \times 10^7$              |

注記\*1：軸力の符号は、ドライウェル側からベント管側へ作用する荷重を正符号とし、その逆方向を負符号とする。荷重の方向を図 4-2 に示す。

\*2：地震荷重によりベント系からドライウェルベント開口部に加わる荷重を表 4-14 に示す。



#### 4.3 解析モデル及び諸元

##### (1) ドライウェルベント開口部

ドライウェルベント開口部に対する設計基準対象施設としての評価及び重大事故等対処設備としての評価は、ベント系から加わる荷重を考慮して応力解析を行う。応力解析に対してはシェルモデルを用いる。なお、設計基準対象施設としての評価及び重大事故等対処設備としての評価に用いる解析モデルは、表 4-8 に示す機器諸元が異なるのみで、形状、拘束条件及び境界条件の違いはない。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. ドライウェルベント開口部は、ベント系フルシェルモデルからの反力を精緻に評価するため、3次元シェル要素による有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図 4-1～図 4-4 に、機器の諸元について表 4-8 に示す。
- b. モデル化の範囲は、作用する荷重を考慮し構造的に対称となる全体の 1/2 とし、上端はドライウェルベント開口部より十分離れたドライウェル円筒部上端、下端はコンクリート埋設境界となるサンドクッション下端とする。ベント系から加わる荷重によってドライウェルベント開口部に生じる応力への影響の観点から、ドライウェルベント開口部近傍のジェットデフレクタ、リブ及び補強リブもモデル化する。
- c. 拘束条件は、
- d. 荷重の作用点は、  
で結合する。
- e. 解析コードは「MSC NASTRAN」及び「ANSYS」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### (2) ベントノズル

ベントノズルに対する設計基準対象施設としての評価及び重大事故等対処設備としての評価は、添付書類「VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書」に示すベント管、ベントヘッダ及びダウンカマの解析モデルにより応力解析を行う。

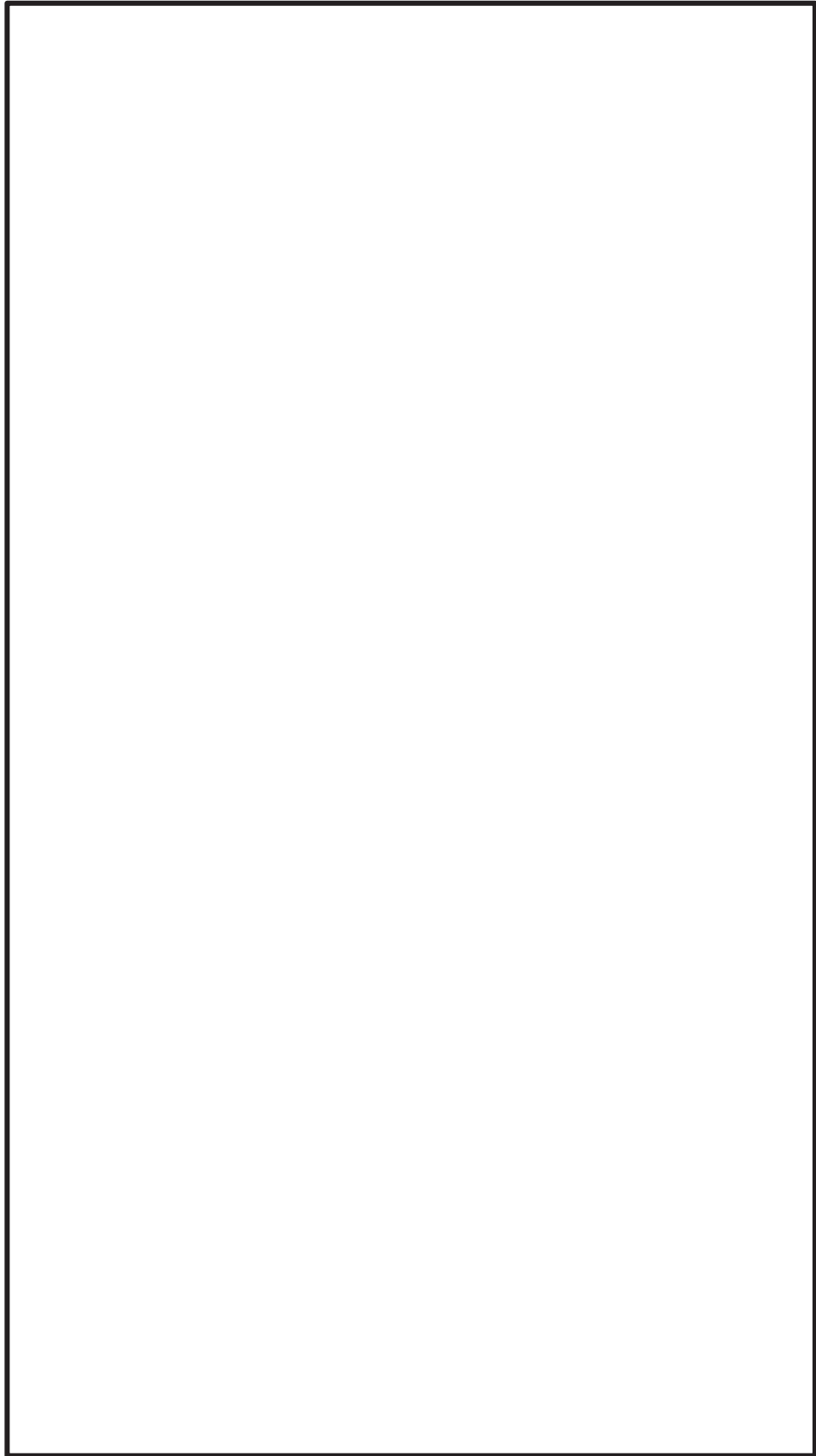


図 4-1 解析モデル ドライウェルベント開口部シェルモデル（全体）

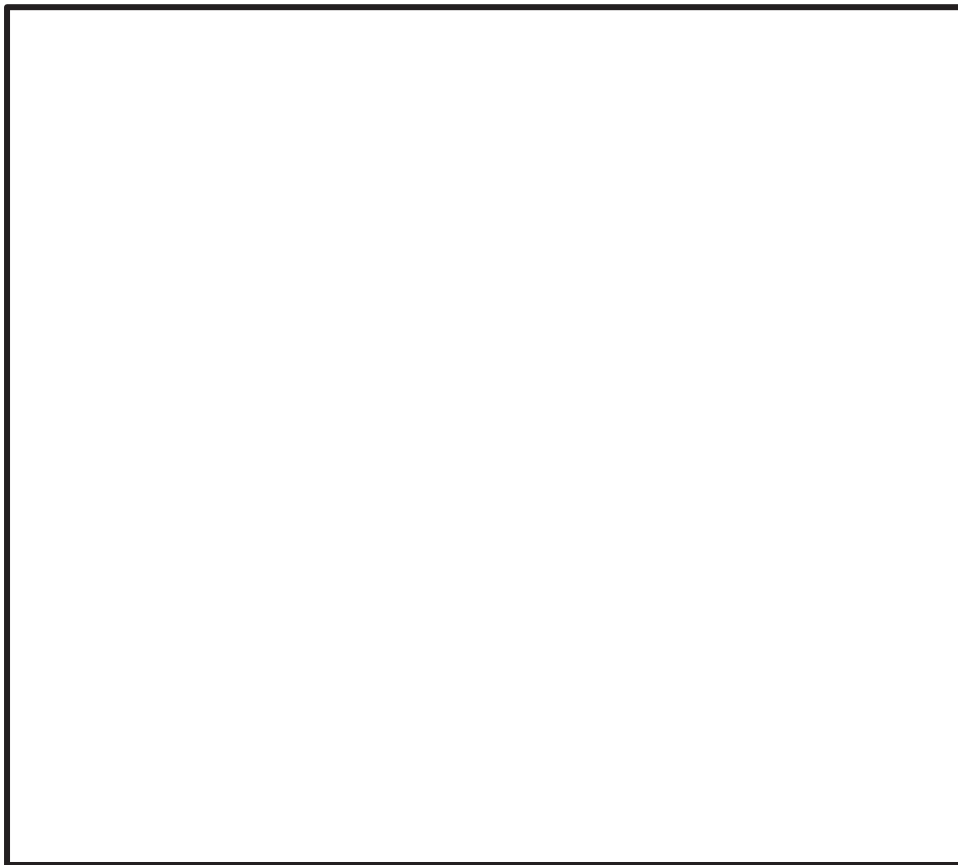


図 4-2 解析モデル ドライウェルベント開口部シェルモデル（A部拡大）



図 4-3 解析モデル ドライウェルベント開口部シェルモデル（B部拡大）

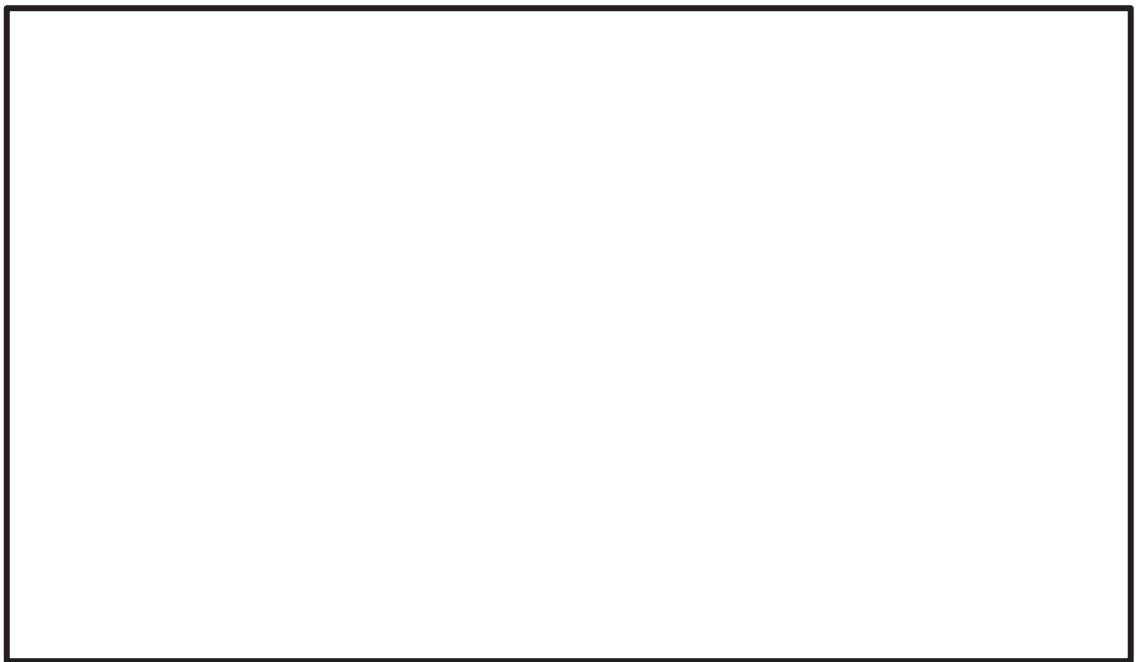


図 4-4 解析モデル ドライウェルベント開口部シェルモデル（Cから見る）

表 4-8 機器諸元

| 項目    |           | 記号    | 単位  | 入力値      |           |
|-------|-----------|-------|-----|----------|-----------|
|       |           |       |     | 設計基準対象施設 | 重大事故等対処設備 |
| 材質    | 補強板       | —     | —   |          |           |
|       | ベントノズル    | —     | —   |          |           |
|       | リブ        | —     | —   |          |           |
|       | ジェットデフレクタ | —     | —   |          |           |
|       | 補強リブ      | —     | —   |          |           |
| 機器質量* |           | —     | kg  |          |           |
| 温度条件  |           | T     | ℃   |          |           |
| 縦弾性係数 |           | E     | MPa |          |           |
| ポアソン比 |           | $\nu$ | —   |          |           |
| 要素数   |           | —     | —   |          |           |
| 節点数   |           | —     | —   |          |           |

注記＊：ベント系全体の機器重量を示す。

#### 4.4 固有周期

ドライウェルベント開口部は、ベントノズル円すい部がドライウェルに支持された構造であり、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、ドライウェルを介して原子炉建屋に伝達される。

ドライウェルベント開口部の耐震評価として、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」にて計算したドライウェルの設計用地震力を用いて評価することとし，固有周期の計算は省略する。

ベントノズルの固有周期は，添付書類「VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書」に示すとおりである。

#### 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-9～表 4-12 に示す。

ドライウェルベント開口部に対する「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」及び「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。

また，添付書類「VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書」に示すベント管，ベントヘッダ及びダウンカマの地震応答解析で計算された，ベント系からドライウェルベント開口部 1 箇所当たりに作用する設計用地震力を表 4-13 及び表 4-14 に示す。

なお，ベントノズルに対する「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は，添付書類「VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書」に示すとおりである。

表 4-9 ドライウェルベント開口部に対する設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所<br>及び<br>設置高さ<br>(m)      | 固有周期<br>(s) |          | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|--------------------------------|-------------|----------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                | 水平<br>方向    | 鉛直<br>方向 | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 原子炉<br>格納容器<br><br>O.P.<br>2.6 | —           | —        | —                        | $C_v=0.57$   | —            | $C_v=0.98$   |

表 4-10 ドライウェルベント開口部に対する設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 据付場所<br>及び<br>設置高さ<br>(m)      | 固有周期<br>(s) |          | 弾性設計用地震動 $S_d$ |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|--------------------------------|-------------|----------|----------------|--------------|--------------|--------------|
|                                | 水平<br>方向    | 鉛直<br>方向 | 水平方向<br>設計震度   | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 原子炉<br>格納容器<br><br>O.P.<br>2.6 | —           | —        | —              | $C_v=0.57$   | —            | $C_v=0.98$   |

表 4-11 ドライウェルベント開口部に対する設計用地震力（設計基準対象施設）

| 応力評価点 <sup>*</sup> |      | 水平荷重 S d <sup>*</sup>      |                                | 水平荷重 S s                   |                                |
|--------------------|------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|                    |      | せん断力<br>( $\times 10^3$ N) | モーメント<br>( $\times 10^6$ N・mm) | せん断力<br>( $\times 10^3$ N) | モーメント<br>( $\times 10^6$ N・mm) |
| P2                 | (P7) | 24120                      | 452200                         | 39900                      | 742900                         |
|                    | (P8) | 23440                      | 402100                         | 38500                      | 660300                         |
|                    | (P9) | 24120                      | 427600                         | 39900                      | 702000                         |

注記＊：応力評価点の位置は，図 4-5 参照のこと。

括弧内は既工認の応力評価点を示す。

表 4-12 ドライウェルベント開口部に対する設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 応力評価点 <sup>*</sup> |      | 水平荷重 S d                   |                                | 水平荷重 S s                   |                                |
|--------------------|------|----------------------------|--------------------------------|----------------------------|--------------------------------|
|                    |      | せん断力<br>( $\times 10^3$ N) | モーメント<br>( $\times 10^6$ N・mm) | せん断力<br>( $\times 10^3$ N) | モーメント<br>( $\times 10^6$ N・mm) |
| P2                 | (P7) | 16800                      | 317200                         | 39900                      | 742900                         |
|                    | (P8) | 16400                      | 282100                         | 38500                      | 660300                         |
|                    | (P9) | 16800                      | 300000                         | 39900                      | 702000                         |

注記＊：応力評価点の位置は，図 4-5 参照のこと。

括弧内は既工認の応力評価点を示す。



表 4-13 ベント系からドライウェルベント開口部 1 箇所当たりに作用する  
設計用地震力（設計基準対象施設）

| 荷重 <sup>*1</sup>                      | 軸力<br>P (N)           | 曲げモーメント<br>M <sub>1</sub> (N・mm) | 曲げモーメント<br>M <sub>2</sub> (N・mm) |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ベント系地震荷重 S <sub>d</sub> <sup>*2</sup> | 1.254×10 <sup>6</sup> | 8.413×10 <sup>8</sup>            | 1.609×10 <sup>8</sup>            |
| ベント系地震荷重 S <sub>s</sub> <sup>*2</sup> | 9.826×10 <sup>5</sup> | 6.576×10 <sup>8</sup>            | 1.984×10 <sup>8</sup>            |

注記\*1：荷重の方向を図 4-2 に示す。

\*2：鉛直方向及び水平 2 方向の地震荷重によってベント系から加わる荷重を、2 乗和平方根により組み合わせた値を示す。

表 4-14 ベント系からドライウェルベント開口部 1 箇所当たりに作用する  
設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 荷重 <sup>*1</sup>                      | 軸力<br>P (N)           | 曲げモーメント<br>M <sub>1</sub> (N・mm) | 曲げモーメント<br>M <sub>2</sub> (N・mm) |
|---------------------------------------|-----------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| ベント系地震荷重 S <sub>d</sub> <sup>*2</sup> | 1.850×10 <sup>6</sup> | 1.246×10 <sup>9</sup>            | 2.577×10 <sup>8</sup>            |
| ベント系地震荷重 S <sub>s</sub> <sup>*2</sup> | 2.110×10 <sup>6</sup> | 1.414×10 <sup>9</sup>            | 4.018×10 <sup>8</sup>            |

注記\*1：荷重の方向を図 4-2 に示す。

\*2：鉛直方向及び水平 2 方向の地震荷重によってベント系から加わる荷重を、2 乗和平方根により組み合わせた値を示す。

4.6 計算方法

4.6.1 応力評価点

ドライウェルベント開口部の応力評価点は、ドライウェルベント開口部を構成する各部材において、発生応力が最も大きくなる箇所とする。選定した応力評価点を表 4-15 及び図 4-5 に示す。

表 4-15 応力評価点

| 応力評価点番号          | 応力評価点        |
|------------------|--------------|
| P1 <sup>*1</sup> | ベントノズル円すい部   |
| P2 <sup>*2</sup> | ドライウェルベント開口部 |

注記\*1：ベントノズル円すい部全域のうち応力が最大となる応力評価点を示す。既工認の応力評価点 P1～P6 を包絡する。

\*2：ベントノズル近傍の補強板のうち応力が最大となる応力評価点を示す。既工認の応力評価点 P7～P9 を包絡する。

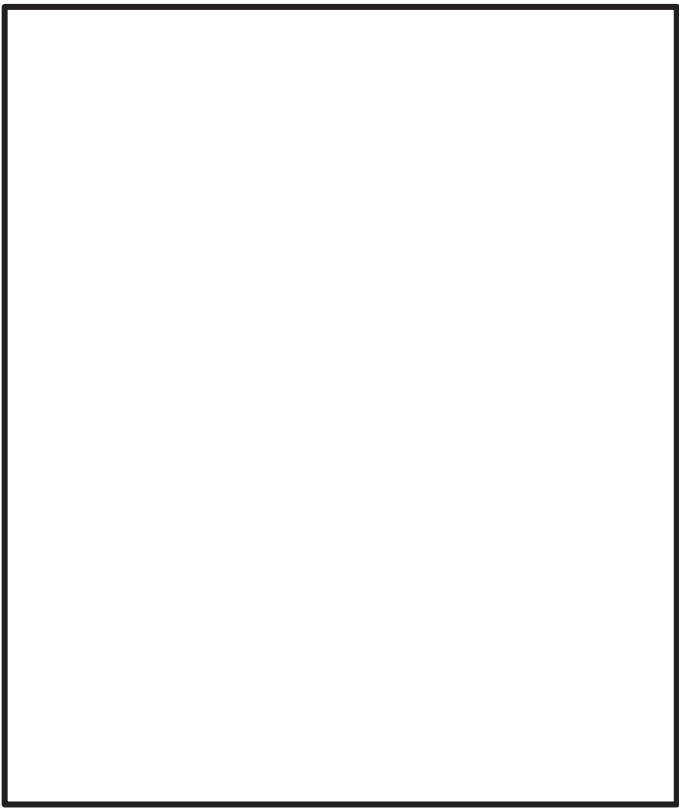


図 4-5 ドライウェルベント開口部の応力評価点

#### 4.6.2 応力計算方法

ドライウェルベント開口部の応力計算方法について以下に示す。

##### (1) 設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての応力計算

応力評価点 P1 の設計基準対象施設及び重大事故等対処設備における応力は、添付書類「VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書」に示すベント管、ベントヘッダ及びダウンカマの解析モデルにより算出する。応力評価点 P1 の水平 2 方向及び鉛直方向の設計用地震力による応力は、二乗和平方根により組み合わせる。

応力評価点 P2 の設計基準対象施設及び重大事故等対処設備におけるベント系から加わる荷重による応力は、「4.3 解析モデル及び諸元」に示すドライウェルベント開口部シェルモデルにより算出する。応力評価点 P2 の原子炉格納容器荷重による応力は、既工認の各荷重による応力を比倍（圧力比等）し評価する。

#### 4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

#### 4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた各応力が、表 4-3 に示す許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。S<sub>m</sub>はSと読み替える。）に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ドライウェルベント開口部の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1～表 5-3 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には，添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 3-6 の荷重の組合せの No. を記載する。

なお，添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 3.1.23 項にて，設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため，一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

表 5-1
 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に対する評価結果 (D + P + M + S d<sup>\*</sup>)

| 評価対象設備           | 評価部位 | 応力分類       | Ⅲ <sub>A</sub> S |            | 判定 | 荷重の<br>組合せ | 備考 |
|------------------|------|------------|------------------|------------|----|------------|----|
|                  |      |            | 算出応力             | 許容応力       |    |            |    |
|                  |      |            | MPa              | MPa        |    |            |    |
| ドライウエル<br>ベント開口部 | P1   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 40               | [Redacted] | ○  | (9)        |    |
|                  |      | 一次＋二次応力    | 120              |            | ○  | (9)        |    |
|                  | P2   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 111              |            | ○  | (10)       |    |
|                  |      | 一次＋二次応力    | 300              |            | ○  | (10)       |    |

表 5-2
 許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub>に対する評価結果 (D + P + M + S s)

| 評価対象設備           | 評価部位 |              | 応力分類       | IV <sub>AS</sub> |             |     | 判定 | 荷重の<br>組合せ | 備考 |
|------------------|------|--------------|------------|------------------|-------------|-----|----|------------|----|
|                  |      |              |            | 算出応力             | 許容応力        |     |    |            |    |
|                  |      |              |            |                  | MPa         | MPa |    |            |    |
| ドライウエル<br>ベント開口部 | P1   | ベントノズル円すい部   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 59               | <div></div> |     | ○  | (11)       |    |
|                  |      |              | 一次＋二次応力    | 178              |             |     | ○  | (11)       |    |
|                  | P2   | ドライウエルベント開口部 | 一次膜＋一次曲げ応力 | 141              |             |     | ○  | (12)       |    |
|                  |      |              | 一次＋二次応力    | 342              |             |     | ○  | (12)       |    |

表 5-3
 許容応力状態 $IV_{AS}$ に対する評価結果 ( $D + P_L + M_L + S d^*$ )

| 評価対象設備           | 評価部位 |              | 応力分類       | IV <sub>AS</sub> |             |  | 判定 | 荷重の<br>組合せ | 備考 |
|------------------|------|--------------|------------|------------------|-------------|--|----|------------|----|
|                  |      |              |            | 算出応力<br>MPa      | 許容応力        |  |    |            |    |
|                  |      |              |            |                  | MPa         |  |    |            |    |
| ドライウエル<br>ベント開口部 | P1   | ベントノズル円すい部   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 60               | <div></div> |  | ○  | (16)       |    |
|                  |      |              | 一次＋二次応力    | 120              |             |  | ○  | (16)       |    |
|                  | P2   | ドライウエルベント開口部 | 一次膜＋一次曲げ応力 | 170              |             |  | ○  | (16)       |    |
|                  |      |              | 一次＋二次応力    | 296              |             |  | ○  | (16)       |    |

## 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ドライウェルベント開口部の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-4 及び表 5-5 に示す。

なお，添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 3.1.23 項にて，設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たしていることから，一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。



表 5-4 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果 ( $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ )

| 評価対象設備       | 評価部位 | 応力分類         | IV <sub>AS</sub> |            | 判定 | 備考 |
|--------------|------|--------------|------------------|------------|----|----|
|              |      |              | 算出応力             | 許容応力       |    |    |
|              |      |              | MPa              | MPa        |    |    |
| ドライウエルベント開口部 | P1   | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 81               | [REDACTED] | ○  |    |
|              |      | 一次＋二次応力      | 95               |            | ○  |    |
|              | P2   | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 255              |            | ○  |    |
|              |      | 一次＋二次応力      | 354              |            | ○  |    |

表 5-5 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果 ( $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$ )

| 評価対象設備       | 評価部位 |              | 応力分類         | V <sub>AS</sub> |      |     | 判定 | 備考 |
|--------------|------|--------------|--------------|-----------------|------|-----|----|----|
|              |      |              |              | 算出応力            | 許容応力 |     |    |    |
|              |      |              |              |                 | MPa  | MPa |    |    |
| ドライウエルベント開口部 | P1   | ベントノズル円すい部   | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 92              |      |     | ○  |    |
|              |      |              | 一次＋二次応力      | 204             |      |     | ○  |    |
|              | P2   | ドライウエルベント開口部 | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 260             |      |     | ○  |    |
|              |      |              | 一次＋二次応力      | 492             |      |     | ○  |    |

6. 参照図書

(1) 女川原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書

添付書類「IV-3-1-1-10 ドライウェルベント開口部の強度計算書」

## VI-2-9-3 原子炉建屋の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書
- VI-2-9-3-2 原子炉建屋大物搬入口の耐震性についての計算書
- VI-2-9-3-3 原子炉建屋エアロックの耐震性についての計算書
- VI-2-9-3-4 原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書

VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性  
についての計算書

## 目 次

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 1. 概要 .....              | 1  |
| 2. 基本方針 .....            | 2  |
| 2.1 位置 .....             | 2  |
| 2.2 構造概要 .....           | 3  |
| 2.3 評価方針 .....           | 14 |
| 2.4 適用規格・基準等 .....       | 18 |
| 3. 地震応答解析による評価方法 .....   | 19 |
| 4. 応力解析による評価方法 .....     | 21 |
| 4.1 評価対象部位及び評価方針.....    | 21 |
| 4.1.1 屋根スラブ及び床スラブ.....   | 21 |
| 4.1.2 屋根トラス .....        | 23 |
| 4.2 荷重及び荷重の組合せ .....     | 25 |
| 4.2.1 屋根スラブ .....        | 25 |
| 4.2.2 床スラブ .....         | 26 |
| 4.2.3 屋根トラス .....        | 27 |
| 4.3 許容限界 .....           | 36 |
| 4.3.1 屋根スラブ及び床スラブ.....   | 36 |
| 4.3.2 屋根トラス .....        | 39 |
| 4.4 解析モデル化方針 .....       | 41 |
| 4.4.1 屋根スラブ .....        | 41 |
| 4.4.2 床スラブ .....         | 41 |
| 4.4.3 屋根トラス .....        | 42 |
| 4.5 応力評価方法 .....         | 48 |
| 4.5.1 屋根スラブ .....        | 48 |
| 4.5.2 床スラブ .....         | 50 |
| 4.5.3 屋根トラス .....        | 53 |
| 4.6 断面の評価方法 .....        | 54 |
| 4.6.1 屋根スラブ .....        | 54 |
| 4.6.2 床スラブ .....         | 55 |
| 4.6.3 屋根トラス .....        | 57 |
| 5. 地震応答解析による評価結果 .....   | 58 |
| 5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果..... | 58 |
| 6. 応力解析による評価結果 .....     | 62 |
| 6.1 屋根スラブの評価結果 .....     | 62 |

|                      |    |
|----------------------|----|
| 6.2 床スラブの評価結果 .....  | 64 |
| 6.3 屋根トラスの評価結果 ..... | 66 |
| 6.3.1 固有値解析結果 .....  | 66 |
| 6.3.2 断面の評価結果 .....  | 70 |
| 7. 引用文献 .....        | 79 |

別紙1 大物搬入口躯体の耐震性についての計算書

別紙2 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の気密性についての計算書



## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋のうち、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）、2次しゃへい壁及び補助しゃへいの地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価に基づき行う。

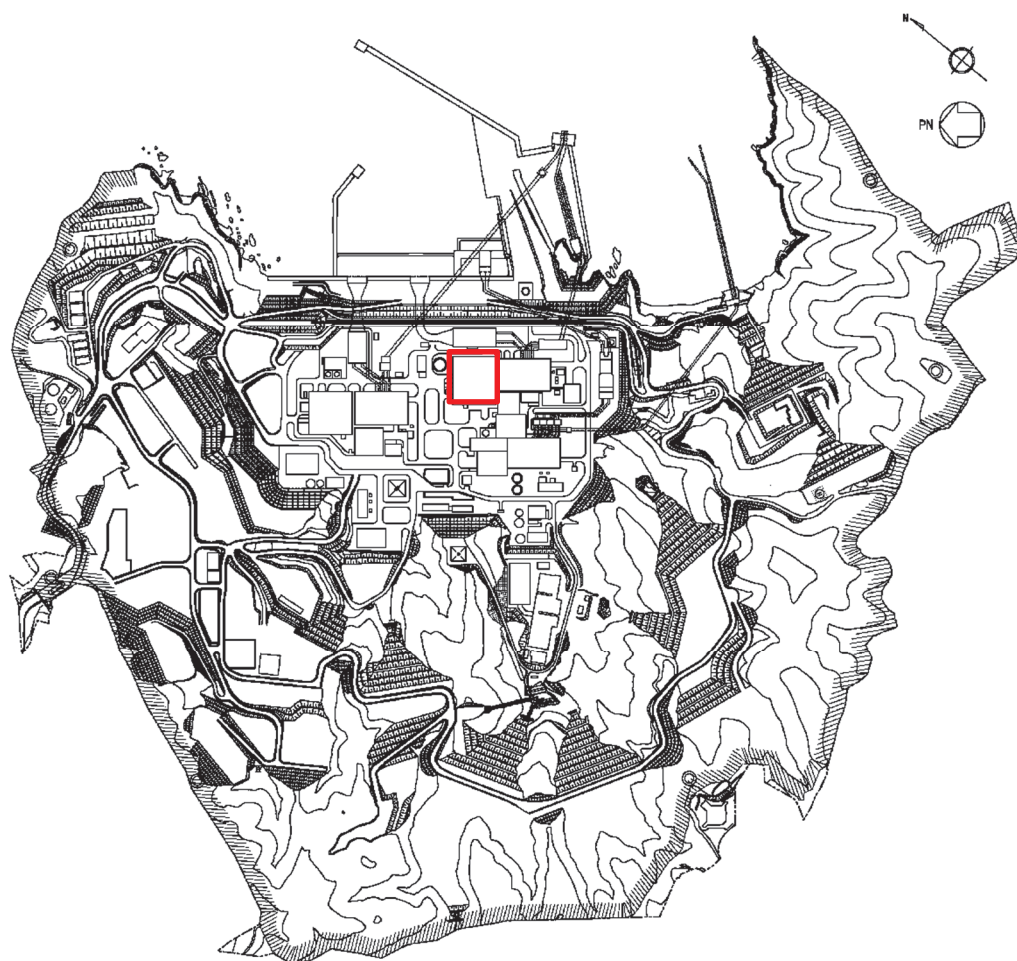
原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、原子炉建屋を構成する壁及びスラブの一部は、原子炉建屋の2次しゃへい壁及び補助しゃへいに該当し、その2次しゃへい壁及び補助しゃへいは、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の「Sクラスの施設」及び「常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価並びに2次しゃへい壁及び補助しゃへいの「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）は原子炉建屋の一部を構成している。原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に示す。



 原子炉建屋

図 2-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建屋の設置位置

## 2.2 構造概要

原子炉建屋は、地下 3 階、地上 3 階建で、基礎底面からの高さは 64.6m であり、平面は下部で 77.0m(NS 方向)×84.0m(EW 方向)\* のほぼ正方形である。建屋の構造は鉄筋コンクリート造(一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造)である。

原子炉建屋の中央部には、平面が 66.0m×53.0m\*(最下階)で地下 3 階、地上 3 階建の原子炉建屋原子炉棟(以下「原子炉棟」という。)があり、その周囲には地下 3 階、地上 2 階建の原子炉建屋付属棟(以下「付属棟」という。)が配置され、これらは同一基礎版上に設置された一体構造である。なお、原子炉建屋 1 階の北側には大物搬入口躯体が位置しており、大物搬入口躯体の基礎は、厚さ 2.0m のべた基礎で、原子炉建屋の支持地盤上に配置されたマンメイドロック上に設置されており、原子炉建屋と一体化している。また、大物搬入口躯体の耐震壁は原子炉建屋とエキスパンションジョイント(以下「EXP.J」という。)を介して接続している。

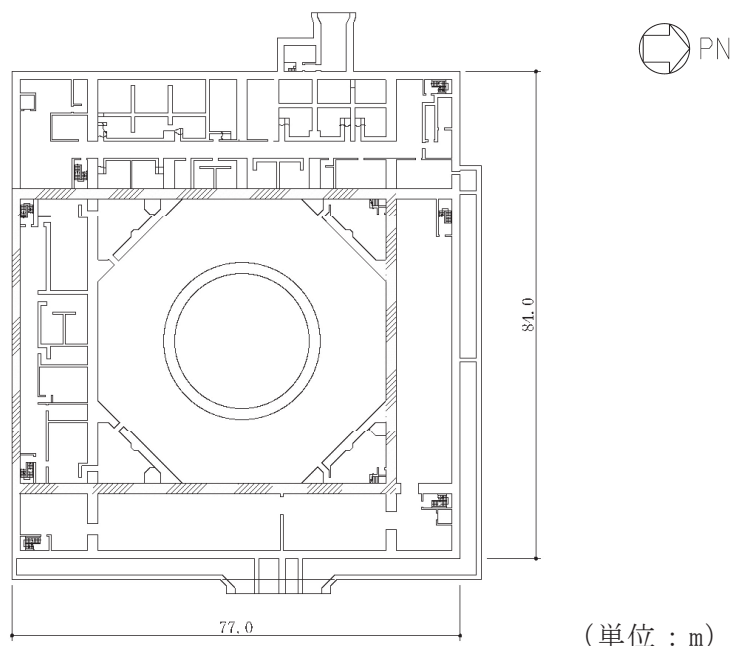
原子炉建屋最上部に位置する鉄骨フレーム(以下「屋根トラス」という。)の平面は、40.6m(NS 方向)×53.0m(EW 方向)\* の長方形をなしており、燃料取替床レベルからの高さは 17.3m である。

原子炉建屋の基礎は、厚さ 6.0m のべた基礎で、支持地盤である砂岩及び頁岩上に設置されている。

原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)は、基礎スラブから屋根面まで連続した壁、床スラブ、屋根トラスに支持される屋根スラブから構成されている。

原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の範囲の平面図及び断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。また、2 次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図及び断面図を図 2-4 及び図 2-5 に示す。

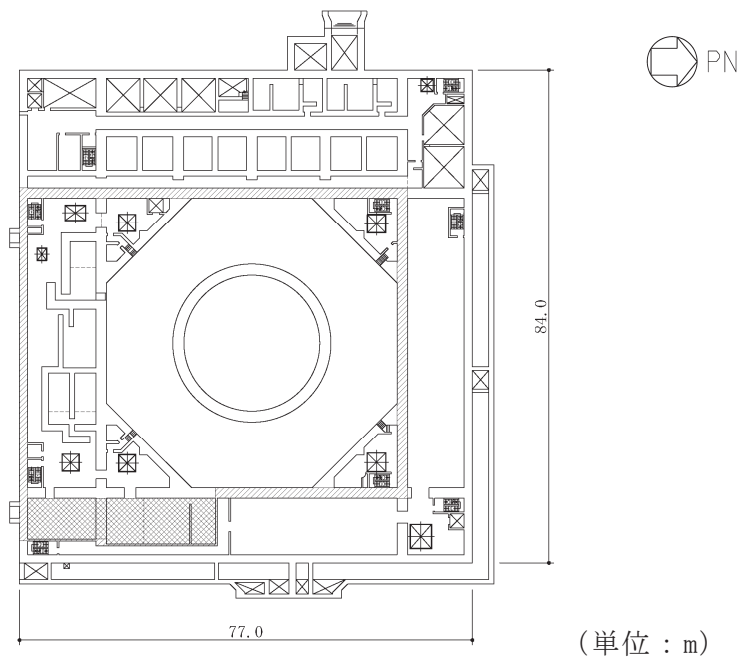
注記\* : 建屋寸法は壁外面押えとする。



-  二次格納施設バウンダリ(壁)を示す。
-  二次格納施設バウンダリ(床)を示す。

注：0. P. は女川原子力発電所工事用基準面であり，  
東京湾平均海面（T. P.）-0.74mである。

図 2-2(1) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(B3F, 0. P. -8.1m)



-  二次格納施設バウンダリ(壁)を示す。
-  二次格納施設バウンダリ(床)を示す。

図 2-2(2) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(B2F, 0. P. -0.8m)

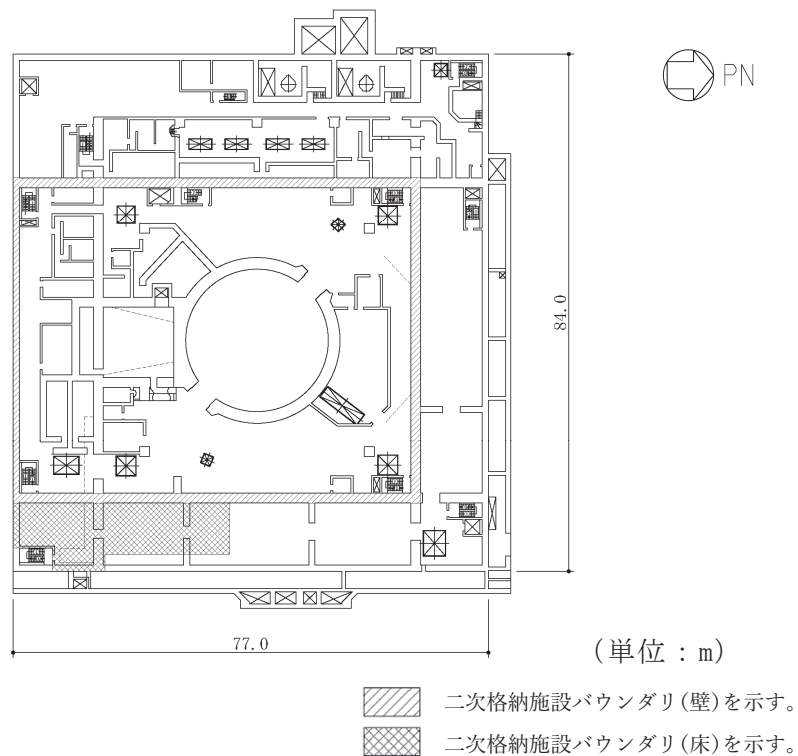


図 2-2(3) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(B1F, O.P. 6.0m)

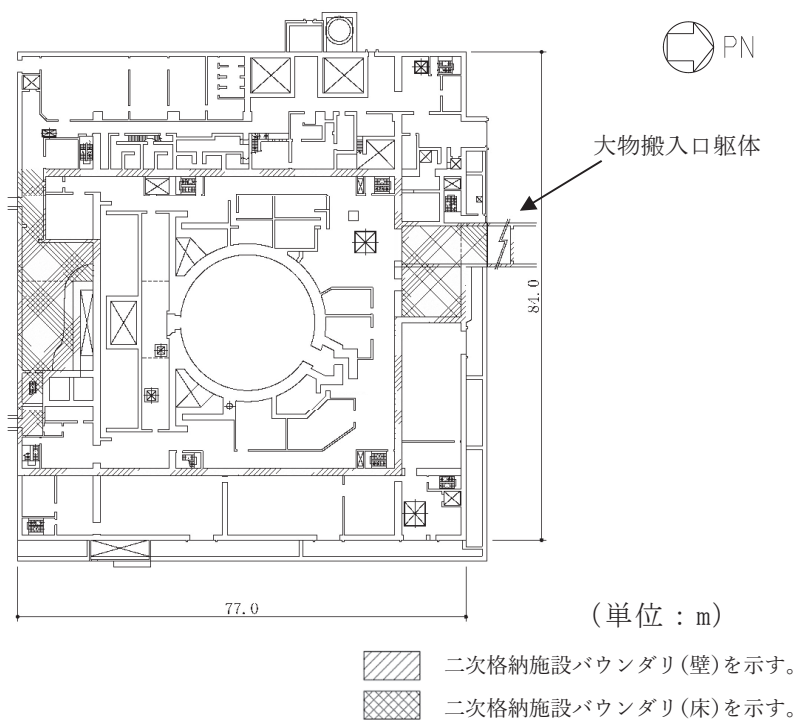


図 2-2(4) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(1F, O.P. 15.0m)

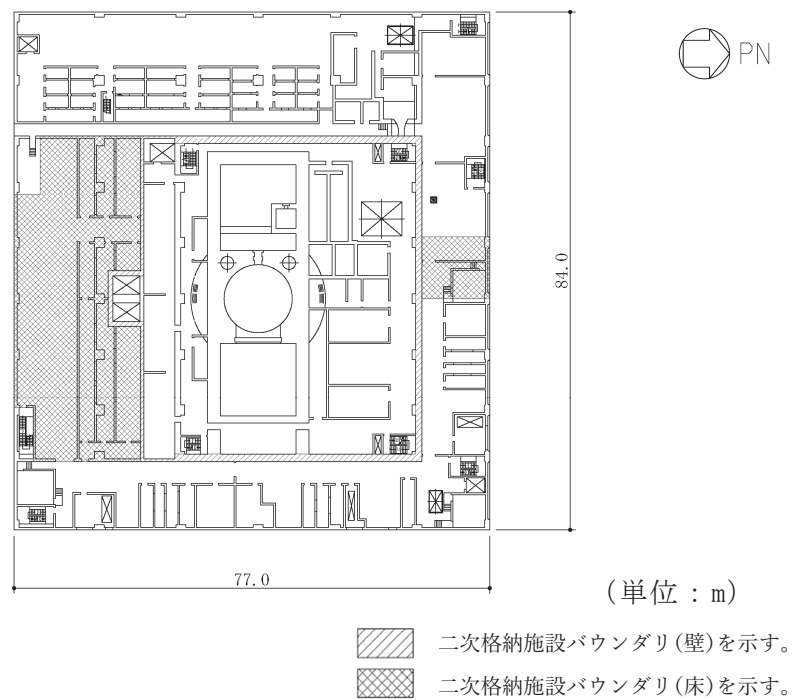


図 2-2(5) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(2F, O.P. 22.5m)

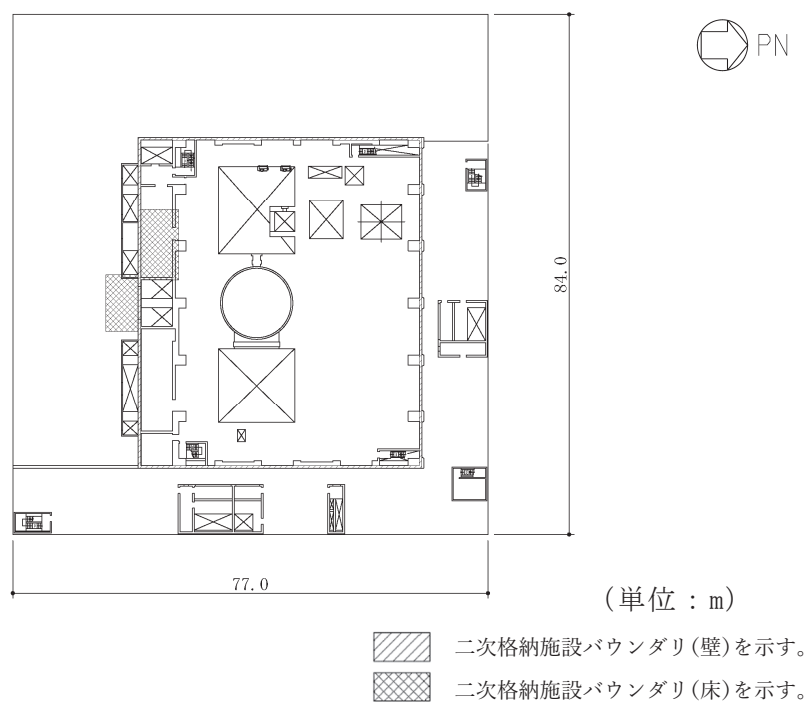
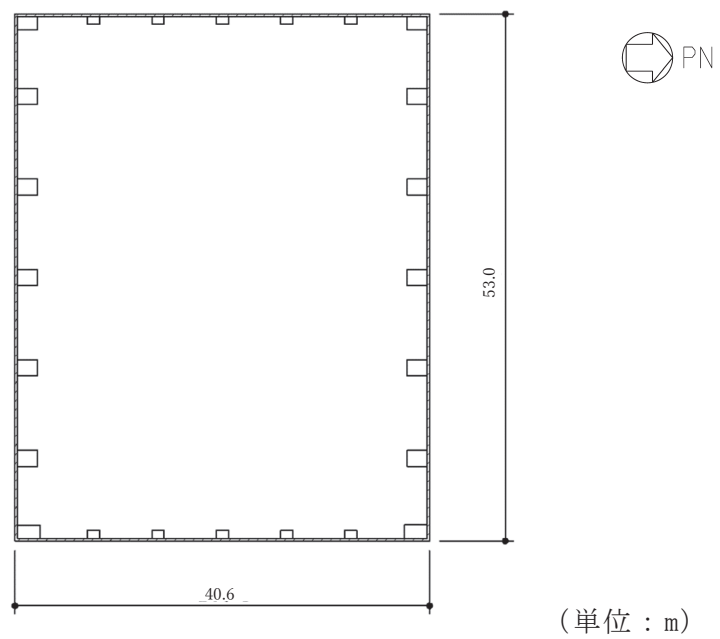
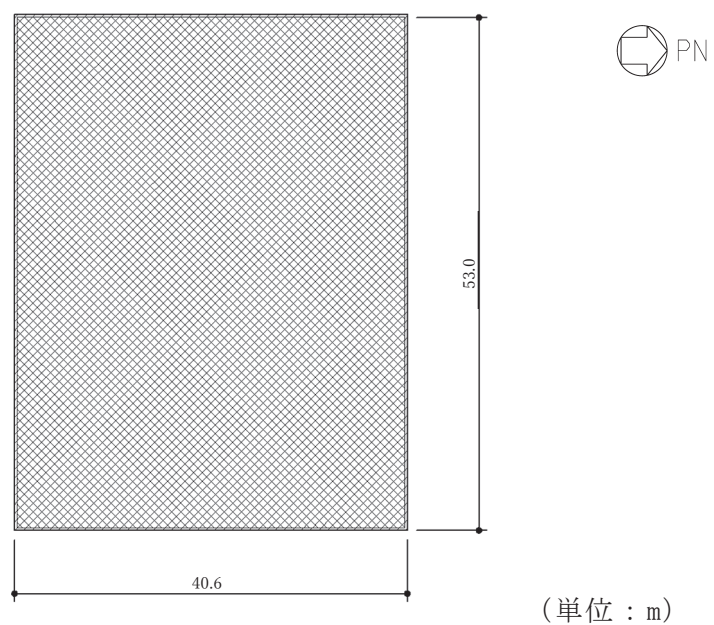


図 2-2(6) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(3F, O.P. 33.2m)



-  二次格納施設バウンダリ(壁)を示す。
-  二次格納施設バウンダリ(床)を示す。

図 2-2(7) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(CRF, O. P. 41.2m)



-  二次格納施設バウンダリ(壁)を示す。
-  二次格納施設バウンダリ(床)を示す。

図 2-2(8) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(RF, O. P. 50.5m)

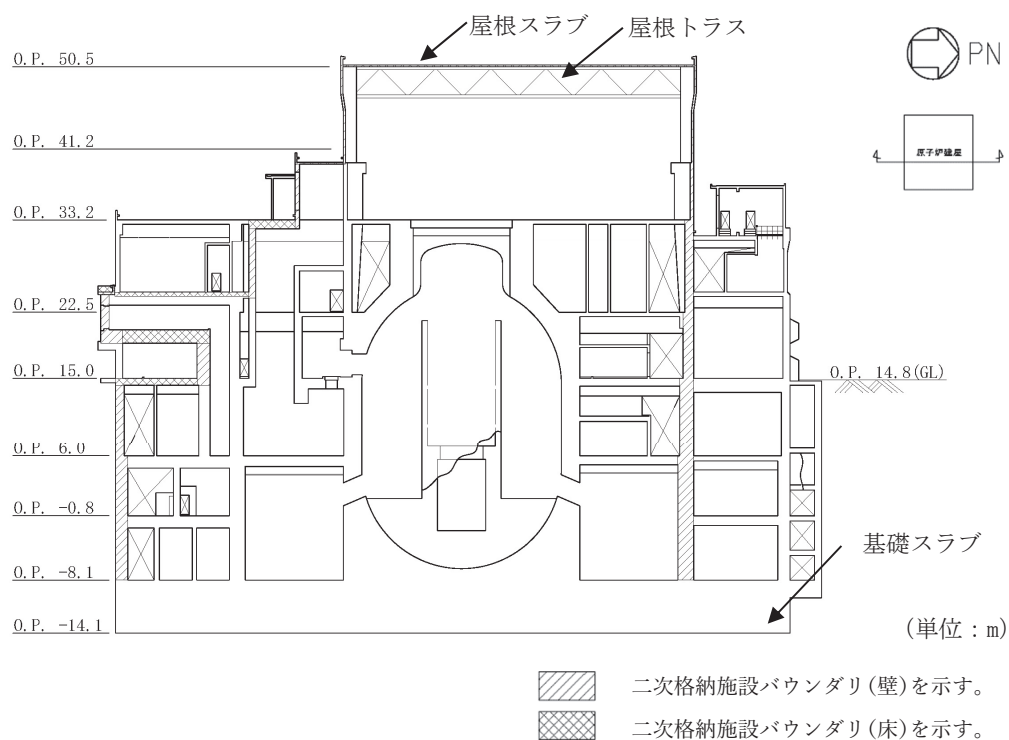


図 2-3(1) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の断面図  
(NS 方向)

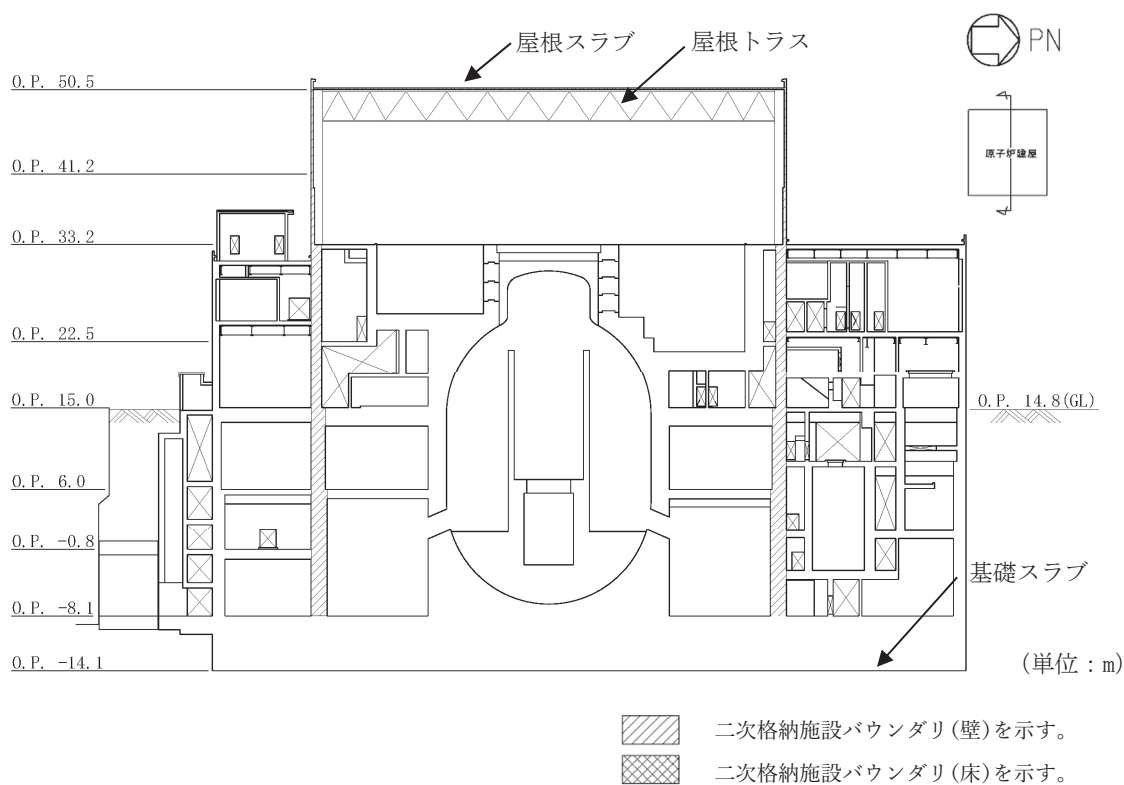


図 2-3(2) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の断面図  
(EW 方向)



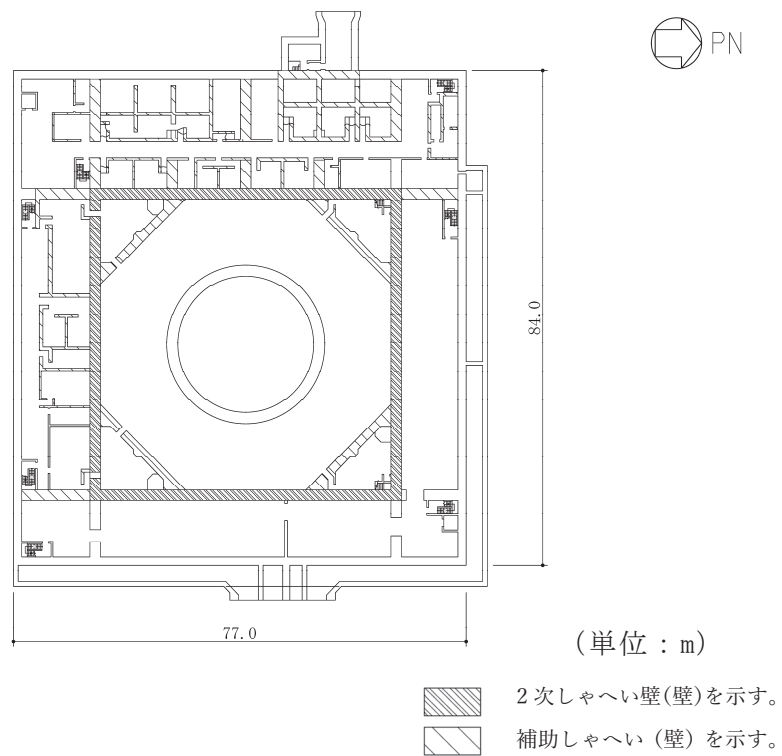


図 2-4(1) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図  
(B3F, O.P. -8.1m)

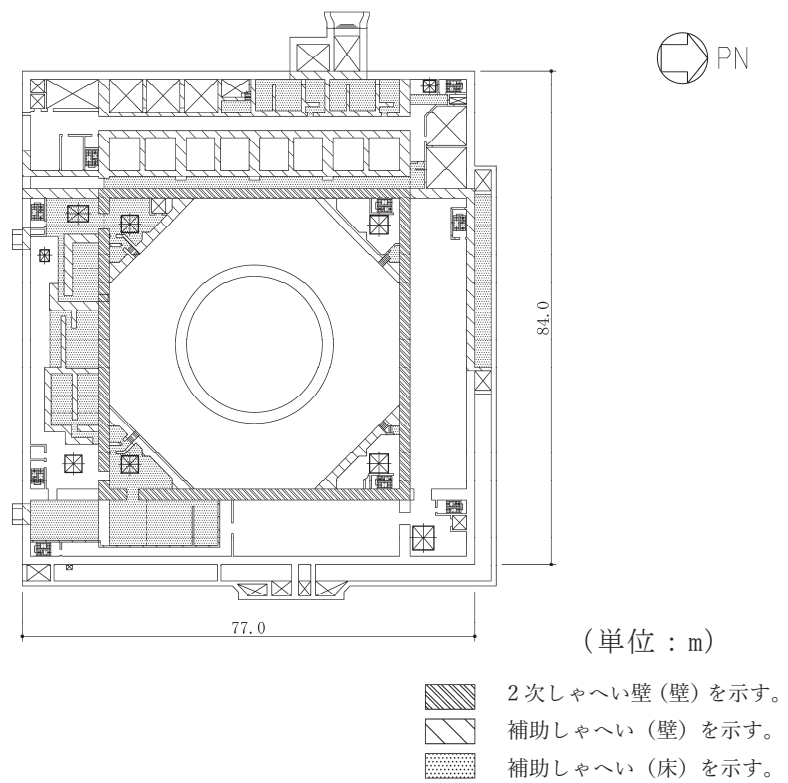


図 2-4(2) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図  
(B2F, O.P. -0.8m)

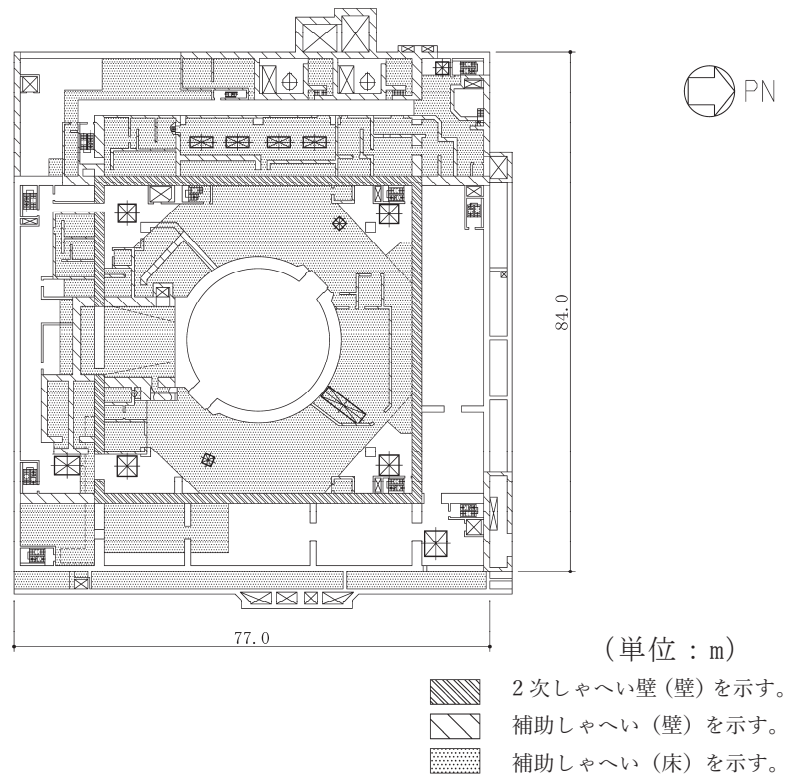


図 2-4(3) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図  
(B1F, O.P. 6.0m)

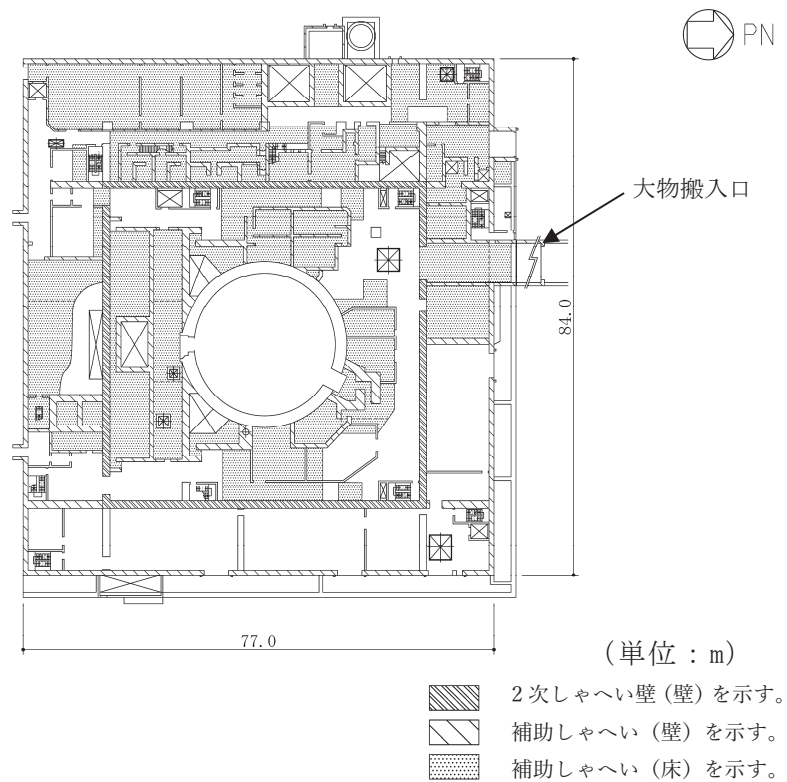


図 2-4(4) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図  
(1F, O.P. 15.0m)

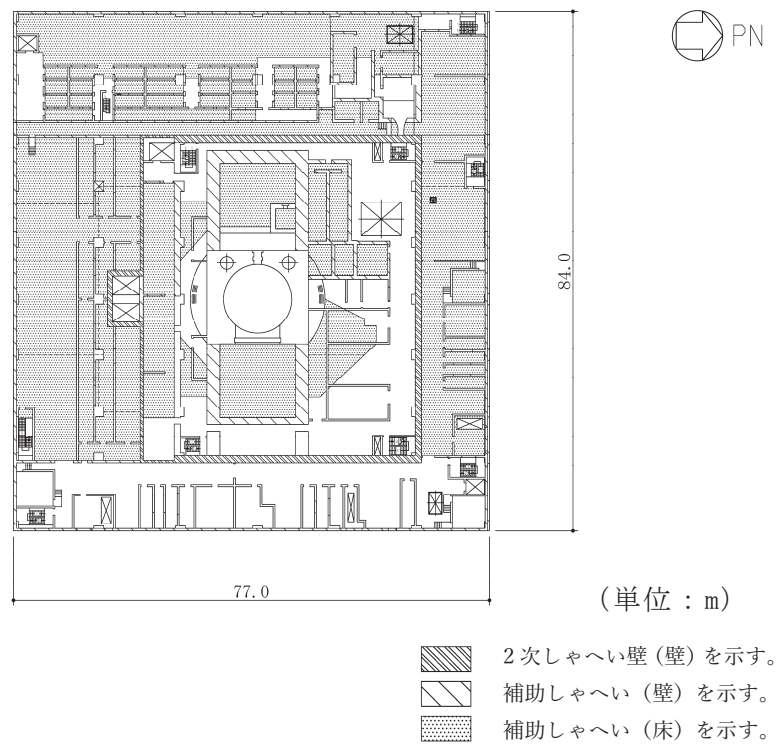


図 2-4(5) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図  
(2F, O.P. 22.5m)

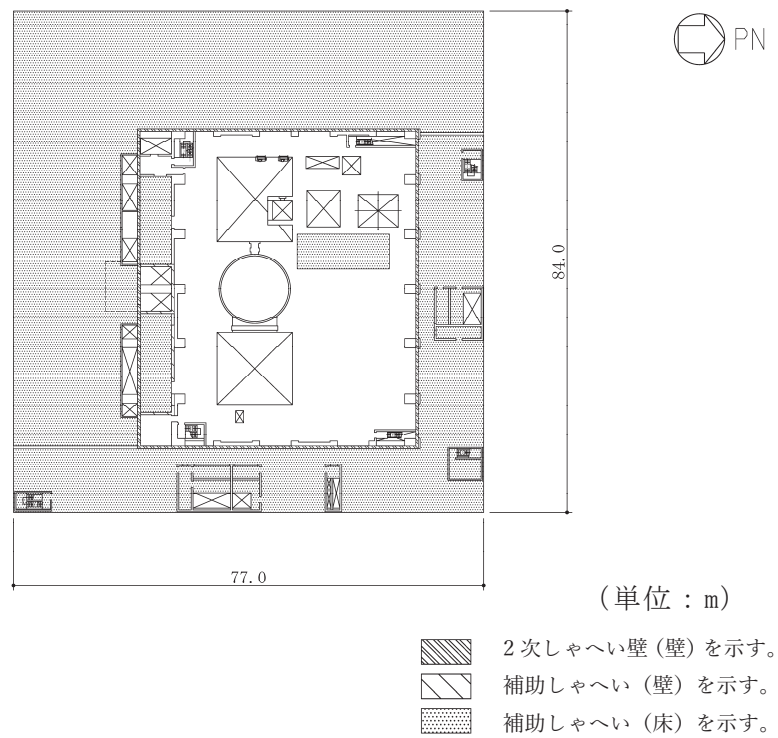


図 2-4(6) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図  
(3F, O.P. 33.2m)

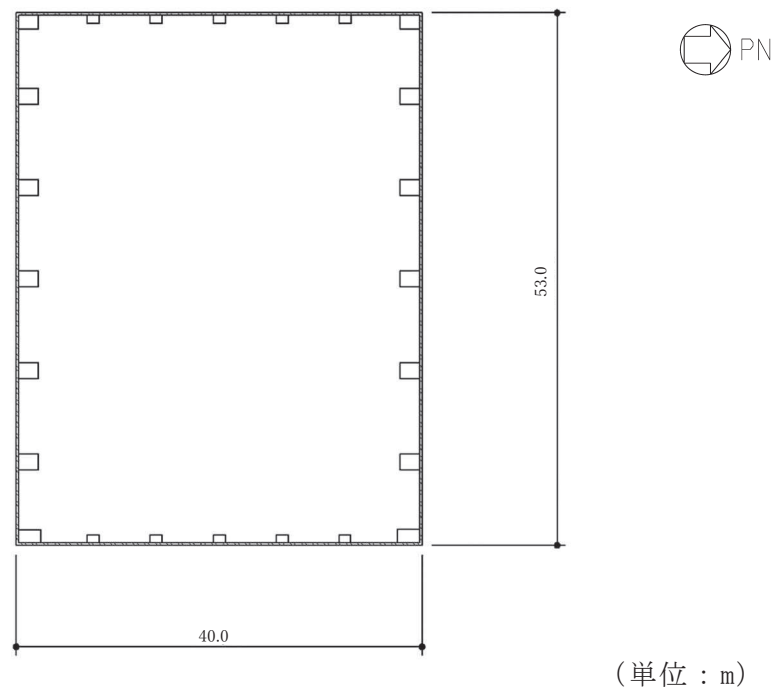


図 2-4(7) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図  
(CRF, O.P. 41.2m)

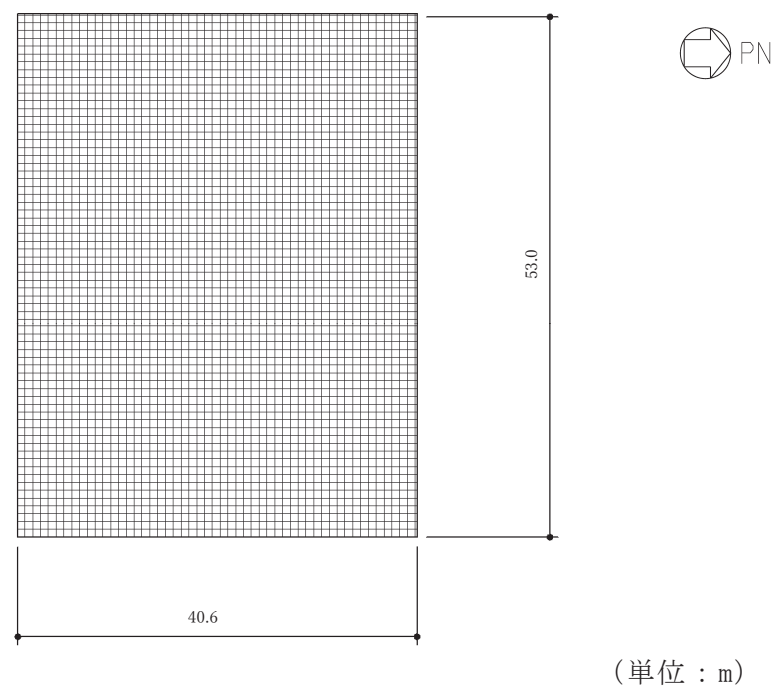


図 2-4(8) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の平面図  
(RF, O.P. 50.5m)

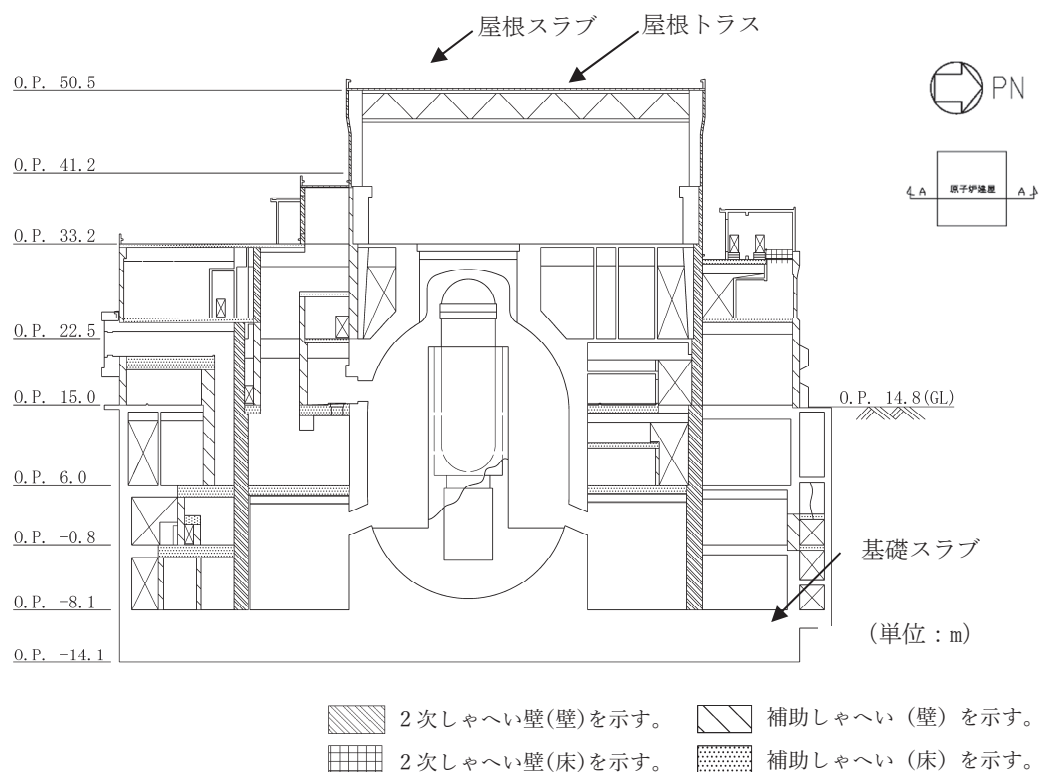


図 2-5(1) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の断面図  
(NS 方向)

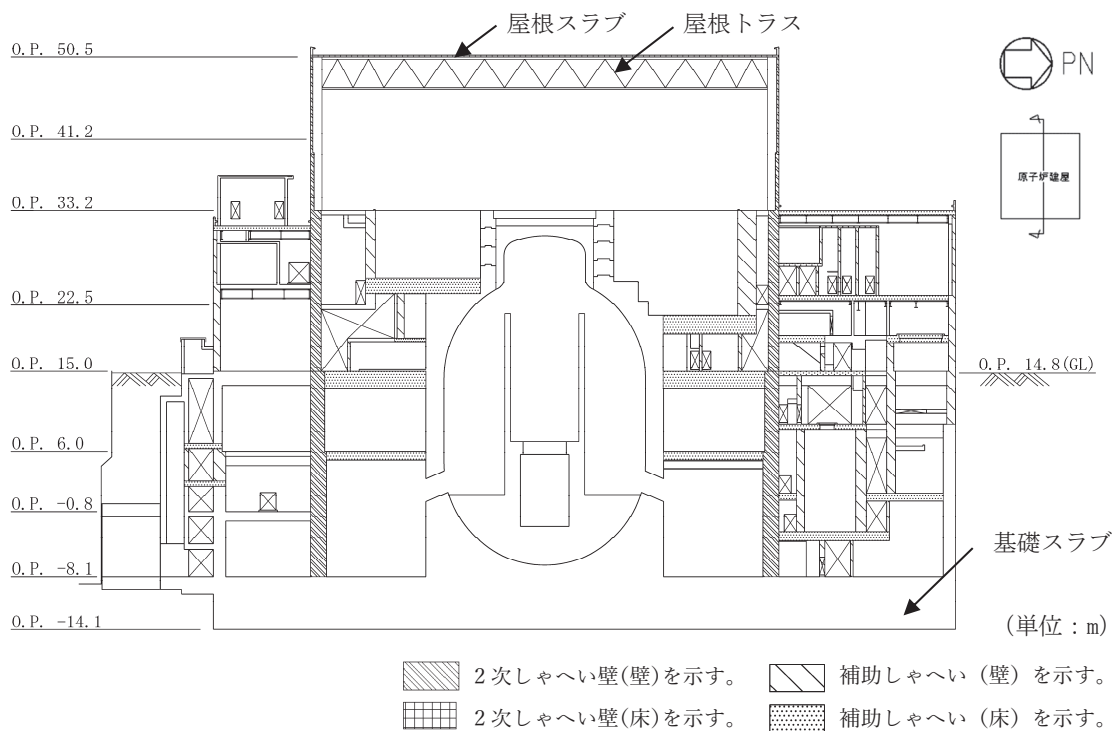


図 2-5(2) 2次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の断面図  
(EW 方向)

### 2.3 評価方針

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、原子炉建屋を構成する壁及びスラブの一部は、原子炉建屋の2次しゃへい壁及び補助しゃへいに該当し、その2次しゃへい壁及び補助しゃへいは、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）及び基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行う。

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては、耐震壁のせん断ひずみ及び保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。

それぞれの評価は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。評価にあたっては、材料物性の不確かさを考慮する。表2-1に原子炉建屋の材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

静的地震力に対する評価については、平成元年6月8日付け元資庁第2015号にて認可された工事計画の添付資料「IV-2-6-1 原子炉建屋の耐震性についての計算書」（以下「既工認」という。）にて実施しているため、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価は、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力に対する評価を行うこととする。

なお、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の地震時の構造強度及び機能維持の確認には、地震応答解析による評価において保有水平耐力の評価及び支持機能の確認が必要であるが、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）が原子炉建屋の一部であることを踏まえ、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）を含む原子炉建屋全体としての評価結果を添付書類「VI-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書」に示す。

また、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）、2次しゃへい壁及び補助しゃへいの重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで、原子炉建屋は使用済燃料プールにおいて、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態で温度の条件が異なるが、コンクリートの温度が上昇した場合においても、コンクリートの圧縮強度の低下は認められず、剛性低下は認められるが、その影響は小さいと考えられるこ

と、また、「J S M E S N E 1 -2003 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」では要素内の温度差及び拘束力により発生する熱応力は自己拘束的な応力であり、十分な塑性変形能力がある場合は終局耐力に影響しないとされていることから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

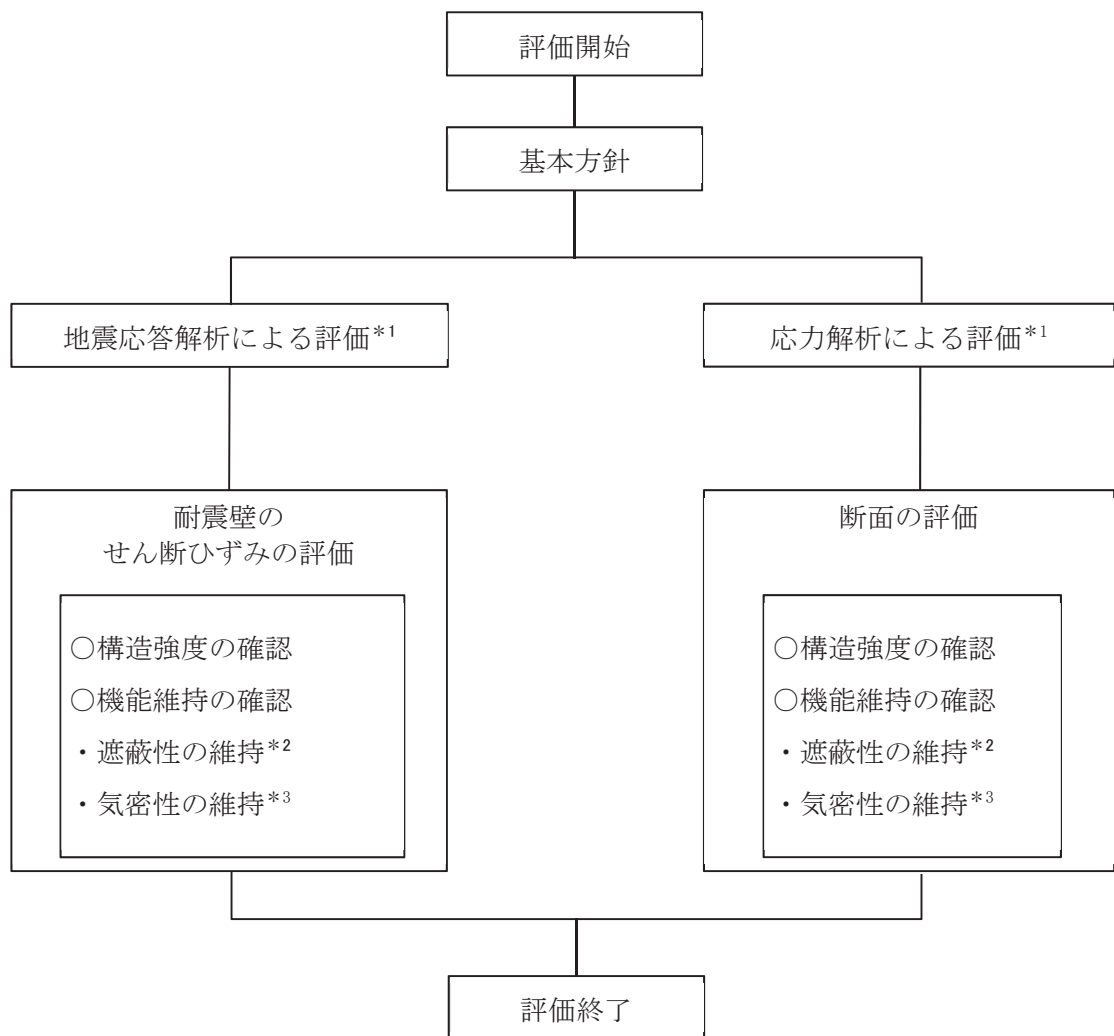
図 2-6 に原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）、2 次しゃへい壁及び補助しゃへいの評価フローを示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

| 対象地震動               | ケース名            | スケルトンカーブ                                     |                   | 建屋材料減衰 | 地盤物性                                          |                |
|---------------------|-----------------|----------------------------------------------|-------------------|--------|-----------------------------------------------|----------------|
|                     |                 | 初期剛性                                         | 終局耐力              |        | 入力地震動                                         | 底面地盤ばね         |
| 基準地震動 $S_s$<br>(水平) | ケース1<br>(基本ケース) | 2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により補正 | 設計基準強度を用い、JAG式で評価 | 5%     | 表層上部：非線形性を考慮、<br>表層下部： $V_s900\text{m/s}$     | 標準地盤           |
|                     | ケース2            | 同上                                           | 同上                | 同上     | 表層上部：非線形性を考慮、<br>表層下部： $V_s900+100\text{m/s}$ | 標準地盤 $+\sigma$ |
|                     | ケース3            | 同上                                           | 同上                | 同上     | 表層上部：非線形性を考慮、<br>表層下部： $V_s900-100\text{m/s}$ | 標準地盤 $-\sigma$ |
|                     | ケース4            | 同上                                           | 同上                | 同上     | 表層上部：非線形性を考慮、<br>表層下部： $V_s900\text{m/s}$     | 標準地盤           |
|                     | ケース5            | 基本ケースの0.78倍*                                 | 同上                | 同上     | 表層上部：非線形性を考慮、<br>表層下部： $V_s900+100\text{m/s}$ | 標準地盤 $+\sigma$ |
|                     | ケース6            | 同上                                           | 同上                | 同上     | 表層上部：非線形性を考慮、<br>表層下部： $V_s900-100\text{m/s}$ | 標準地盤 $-\sigma$ |
| 基準地震動 $S_s$<br>(鉛直) | ケース1<br>(基本ケース) | 設計剛性                                         | —                 | 5%     | 直接入力                                          | 標準地盤           |
|                     | ケース2            | 同上                                           | —                 | 同上     | 同上                                            | 標準地盤 $+\sigma$ |
|                     | ケース3            | 同上                                           | —                 | 同上     | 同上                                            | 標準地盤 $-\sigma$ |

注記＊：建屋剛性（初期剛性）の不確かさについて、基準地震動 $S_s$ 入力後の建屋全体の平均的な剛性低下を全ての基準地震動 $S_s$ について評価し、最も剛性低下するケースの低下後の剛性を初期剛性の不確かさとして考慮する。具体的には、基準地震動 $S_s$ 入力前後の1次固有振動数の比（ $f_{Ss\text{入力後}}/f_{Ss\text{入力前}}$ ）を基本ケースの初期剛性に掛けることによって算定する。





注記\*1: 添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

\*2: 2次しゃへい壁及び補助しゃへいについて実施する。

\*3: 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）について実施する。

図 2-6 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設），2次しゃへい壁及び  
補助しゃへいの評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ― 許容応力度設計法 ―
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下「RC-N 規準」という。）
- ・ 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 ― 許容応力度設計法 ―
- ・ 日本建築学会 2001 年 鉄骨鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 ― 許容応力度設計と保有水平耐力 ―
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補－1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）（以下「技術基準解説書」という。）

### 3. 地震応答解析による評価方法

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）、2次しゃへい壁及び補助しゃへいの構造強度については、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

また、遮蔽性及び気密性の維持については、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）、2次しゃへい壁及び補助しゃへいの許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持方針に基づき、表 3-1 及び表 3-2 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標            | 地震力                     | 部位                                           | 機能維持のための考え方                           | 許容限界(評価基準値)                                  |
|------|-----------------------|-------------------------|----------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|
| —    | 構造強度を有すること            | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁 <sup>*1</sup>                            | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$               |
| 気密性  | 換気性能とあいまって気密機能を維持すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁 <sup>*1</sup><br>(原子炉建屋<br>原子炉棟（二次格納施設）) | 最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$ <sup>*2</sup> |

注記\*1： 建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、はり、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられるため、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2： 事故時においては、PCV から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できるように気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。気密性に対する許容限界の適用性は、「別紙 2 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の気密性に関する計算書」に示す。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標            | 地震力                     | 部位                                            | 機能維持のための考え方                           | 許容限界<br>(評価基準値)                              |
|------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------------|
| —    | 構造強度を有すること            | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁 <sup>*1</sup>                             | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$               |
| 遮蔽性  | 遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと  | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁 <sup>*1</sup><br>(2 次しゃへい壁及び補助しゃへい)       | 最大応答せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$               |
| 気密性  | 換気性能とあいまって気密機能を維持すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁 <sup>*1</sup><br>(原子炉建屋<br>原子炉棟 (二次格納施設)) | 最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$ <sup>*2</sup> |

注記\*1： 建屋全体としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、はり、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従すること、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの変形が抑えられるため、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2： 事故時においては、PCV から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できるように気密性を有する設計とし、地震時においてもその機能を維持できる設計とする。気密性に対する許容限界の適用性は、「別紙 2 原子炉建屋原子炉棟 (二次格納施設) の気密性に関する計算書」に示す。

#### 4. 応力解析による評価方法

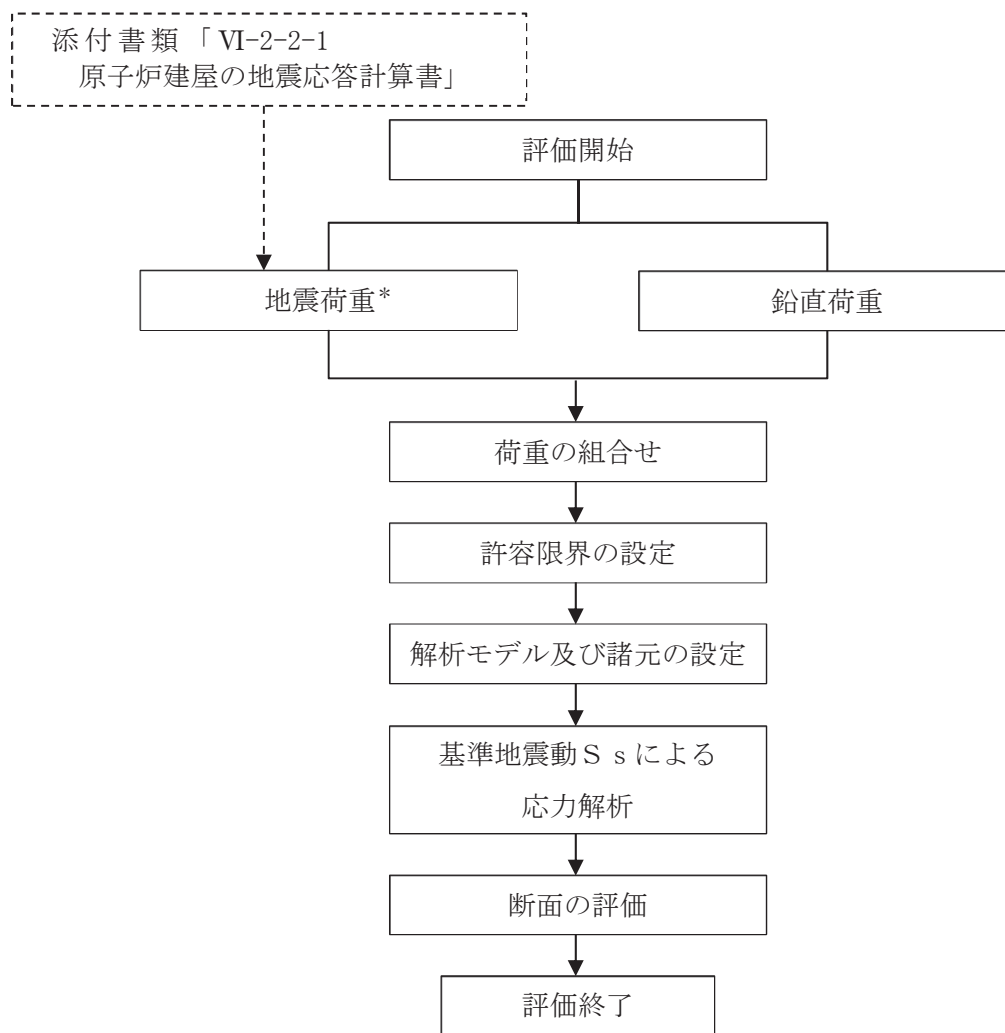
##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）、2次しゃへい壁及び補助しゃへいの応力解析による評価対象部位は、屋根スラブ、床スラブ及び屋根トラスとする。

##### 4.1.1 屋根スラブ及び床スラブ

屋根スラブ及び床スラブについては、鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられる。したがって、 $S_s$ 地震時に対する評価は、基準地震動  $S_s$  による鉛直震度を考慮した応力解析モデルを用いて、各部材の断面評価を行う。鉛直震度については、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」により得られた基準地震動  $S_s$  による結果を用いる。許容限界については、屋根スラブ及び床スラブは、「RC-N規準」に基づき設定する。 $S_d$ 地震時に対する評価については、上記のとおり基準地震動  $S_s$  で評価するため新たな検討は行わない。

図 4-1 に応力解析による評価フローを示す。



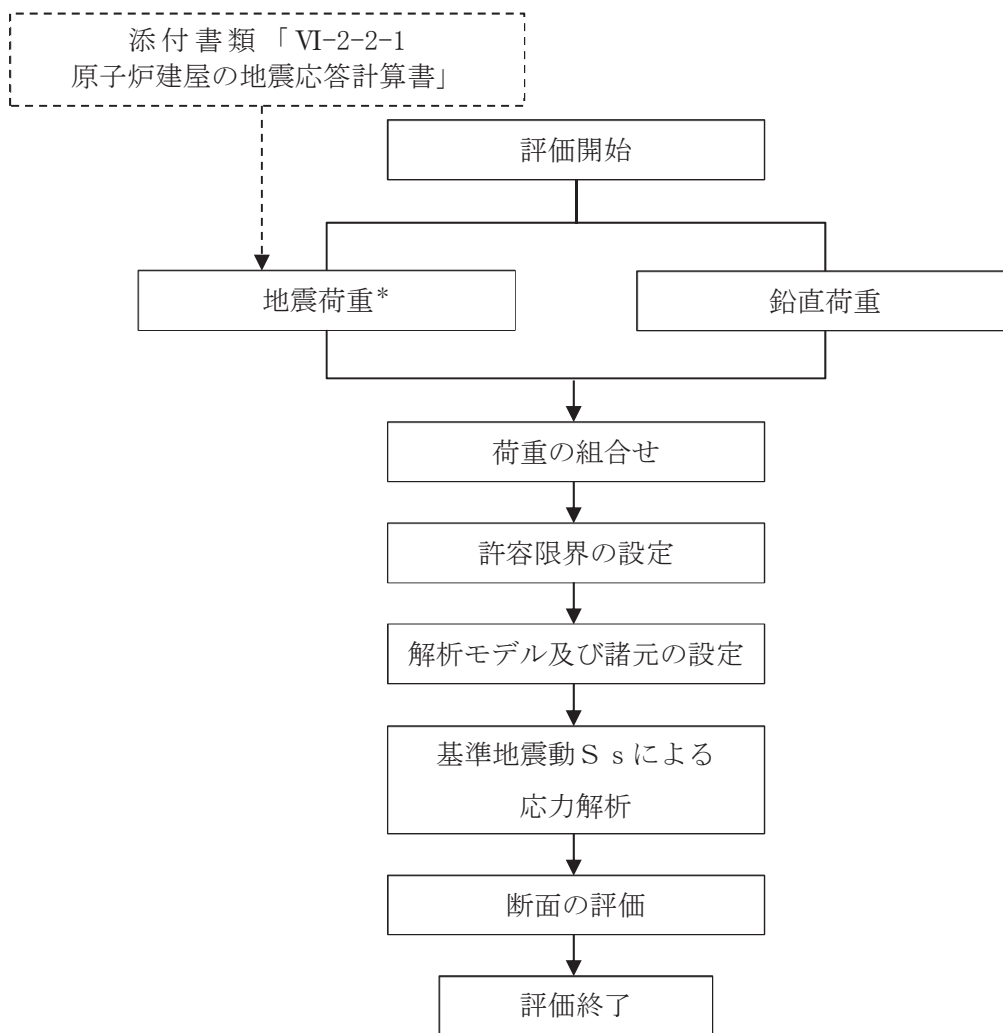
注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-1 屋根スラブ及び床スラブの応力解析による評価フロー

#### 4.1.2 屋根トラス

屋根トラスについては，水平方向の地震動に加え，鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられる。したがって，水平方向と鉛直方向地震力の同時入力による評価を行うために，3次元 FEM モデルを用いた地震応答解析により生じた応力を用いて，各部材の断面の評価を行う。S<sub>s</sub>地震時に対する評価については，添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」により得られた基準地震動 S<sub>s</sub> による結果を用いる。許容限界については，「技術基準解説書」に基づき F 値に 1.1 倍の割増しを考慮した弾性限強度とする。なお，弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> の応答加速度が基準地震動 S<sub>s</sub> の 0.5 倍又は 0.58 倍であり，許容限界が基準地震動 S<sub>s</sub> の 1/1.1 倍であることから，基準地震動 S<sub>s</sub> により生じる各部材の断面の応力が弾性限強度を超えないことを確認することで，屋根トラスの S<sub>d</sub> 地震時に対する評価については，行わないこととする。

図 4-2 に応力解析による評価フローを示す。



注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-2 屋根トラスの応力解析による評価フロー



## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

### 4.2.1 屋根スラブ

#### (1) 荷重

##### a. 鉛直荷重

固定荷重 ( $G$ )、積載荷重 ( $P$ ) は「既工認」に基づき設定する。ただし、屋根スラブの固定重量の低減を図り、ルーフブロック等を撤去したため、その重量も反映する。

##### b. 地震荷重

地震荷重 ( $S_s$ ) は、基準地震動  $S_s$  に対する質点系モデルの屋根トラス部の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

#### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

| 外力の状態     | 荷重の組合せ        |
|-----------|---------------|
| $S_s$ 地震時 | $G + P + S_s$ |

#### 4.2.2 床スラブ

##### (1) 荷重

###### a. 鉛直荷重

固定荷重（ $G$ ），積載荷重（ $P$ ）は「既工認」に基づき設定する。

###### b. 地震荷重

地震荷重（ $S_s$ ）は，基準地震動  $S_s$  に対する質点系モデルの各層の鉛直方向最大応答加速度より鉛直震度を算定する。なお，鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

##### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-2 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ

| 外力の状態     | 荷重の組合せ        |
|-----------|---------------|
| $S_s$ 地震時 | $G + P + S_s$ |

#### 4.2.3 屋根トラス

##### (1) 荷重

###### a. 鉛直荷重

表 4-3 に荷重の一覧を示す。固定荷重（G）は「既工認」に基づき設定する。ただし，屋根トラスは裕度向上を目的として，耐震補強工事を実施しており，その際に屋根スラブの固定重量の低減を図り，ルーフブロック等を撤去したため，その重量も反映する。なお，原子炉建屋内は負圧となっており，屋根スラブに鉛直下向きの圧力荷重が作用しているが，鉛直荷重と比較して  $6.28 \times 10^{-2} \text{ kN/m}^2$  と非常に軽微なため考慮しない。

表 4-3 荷重一覧

|             |        |                       |
|-------------|--------|-----------------------|
| 固定荷重<br>(G) | 屋根スラブ  | 4.41 $\text{kN/m}^2$  |
|             | トラス鋼材  | 77.0 $\text{kN/m}^3$  |
|             | クレーン荷重 | 3270 $\text{kN}$      |
| 積載荷重（P）     |        | 0.294 $\text{kN/m}^2$ |

###### b. 地震荷重

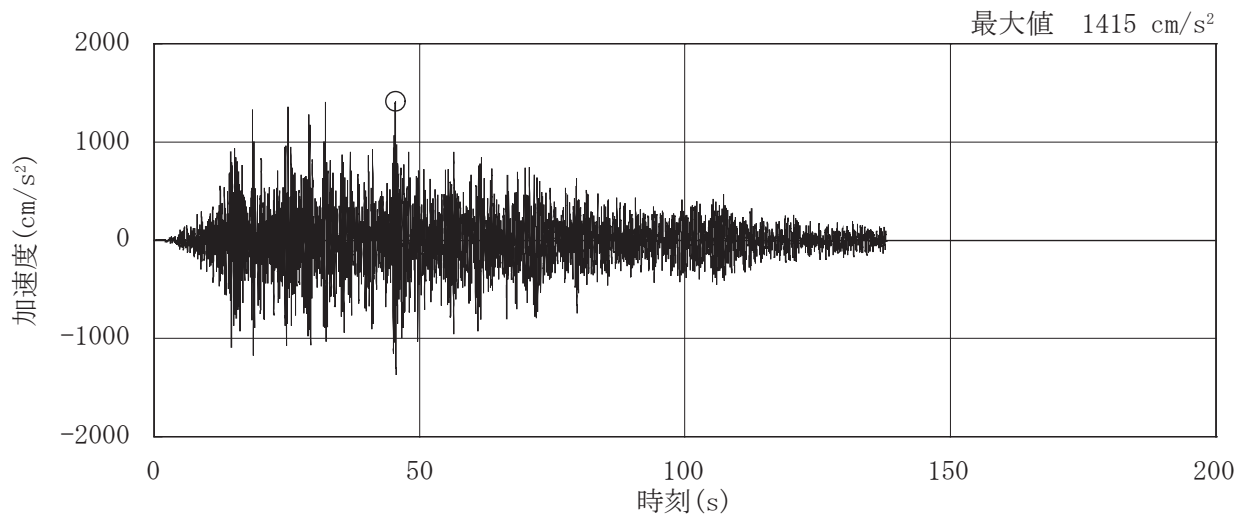
地震荷重（ $S_s$ ）は，添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」から得られる燃料取替床レベル（3F，O.P. 33.2m）の  $S_s$  地震時の水平及び鉛直方向の時刻歴応答加速度とし，「2.3 評価方針」に示したとおり，材料物性の不確かさを考慮する。これらの中で屋根トラスの振動特性を踏まえ影響が大きいと考えられるケース 2 の  $S_s - D1$ ， $S_s - D2$ ，及び  $S_s - F3$  の水平 2 成分，鉛直成分及び回転 2 成分の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 4-3～図 4-10 に示す。

##### (2) 荷重の組合せ

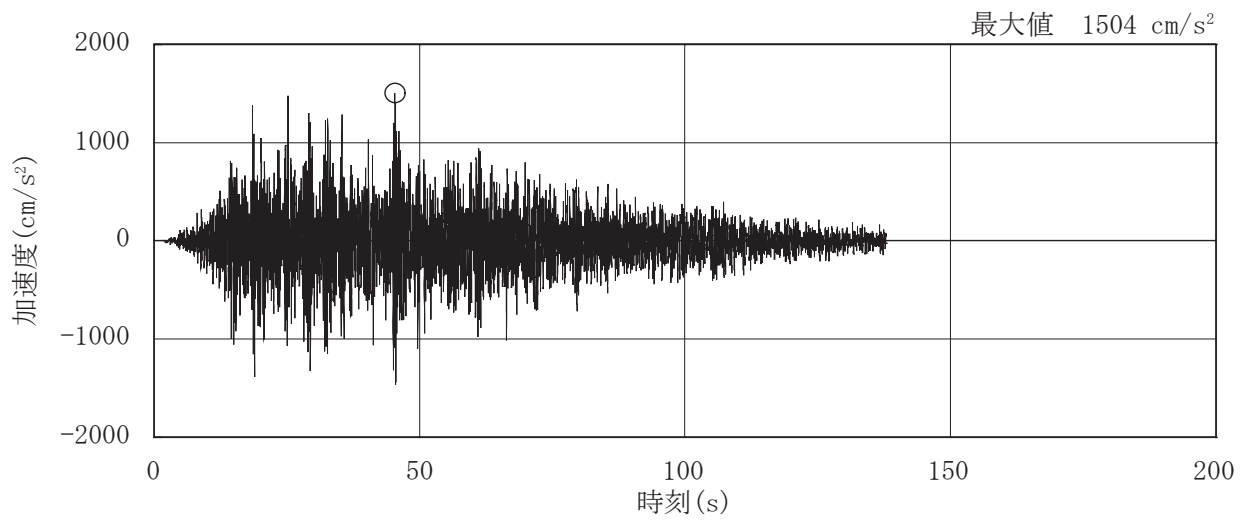
荷重の組合せを表 4-4 に示す。

表 4-4 荷重の組合せ

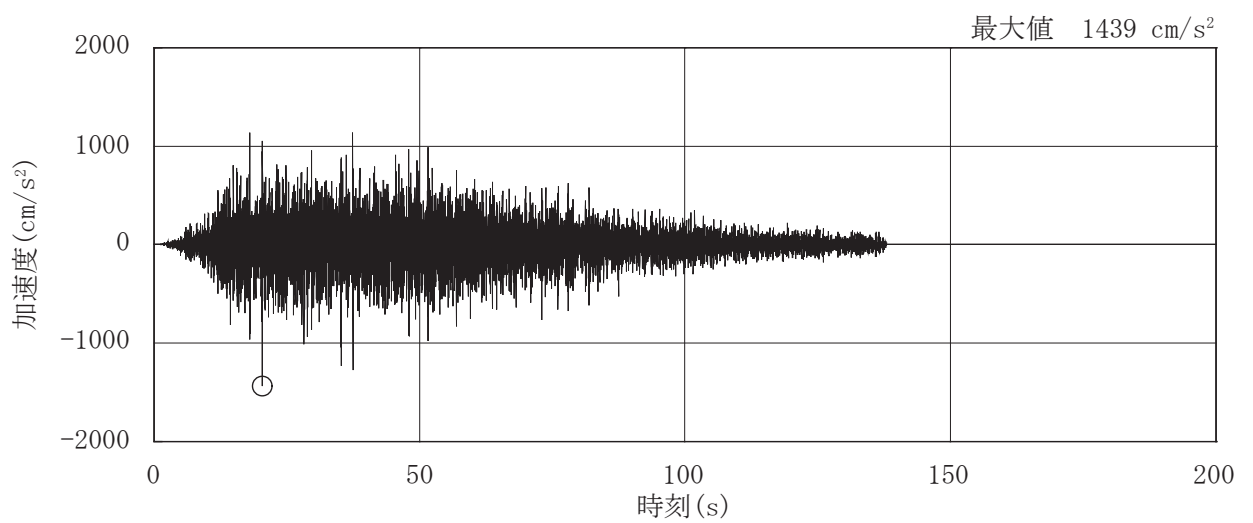
|           |               |
|-----------|---------------|
| 外力の状態     | 荷重の組合せ        |
| $S_s$ 地震時 | $G + P + S_s$ |



(a) NS 方向

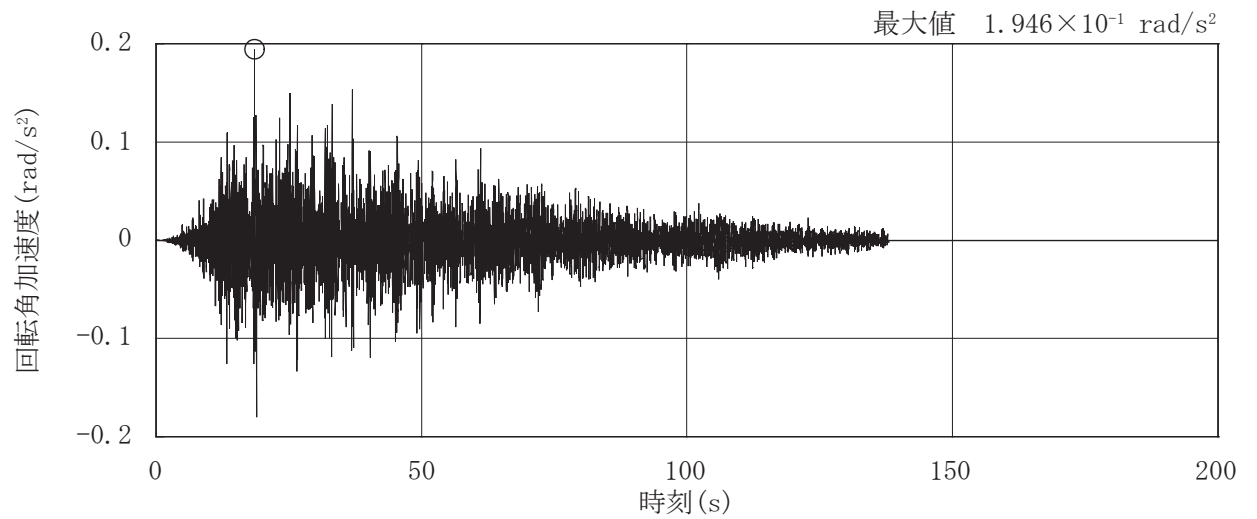


(b) EW 方向

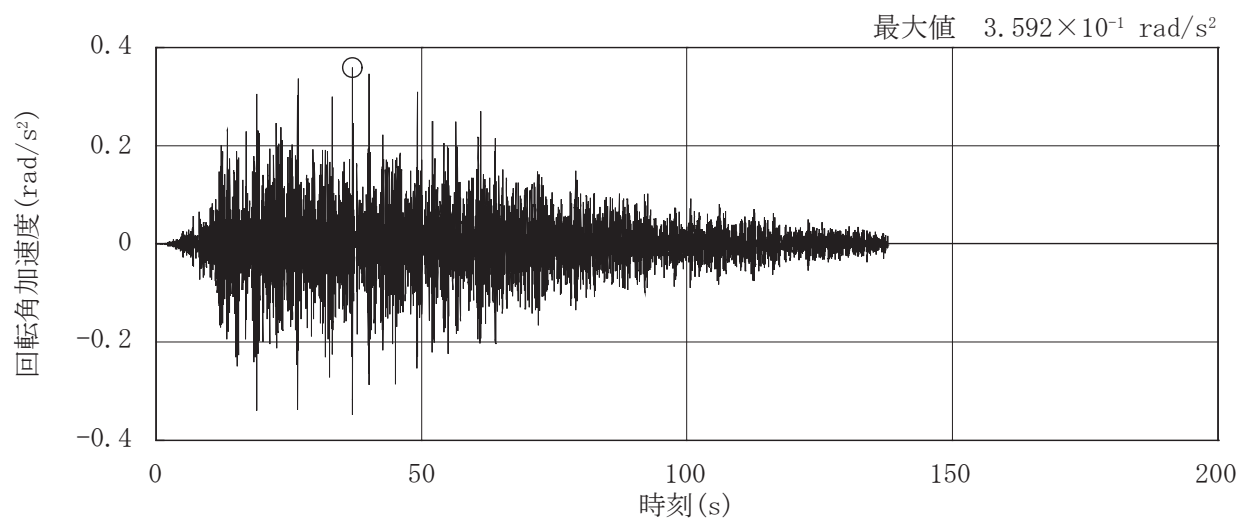


(c) UD 方向

図 4-3 燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D 1, ケース 2, 水平, 鉛直成分)

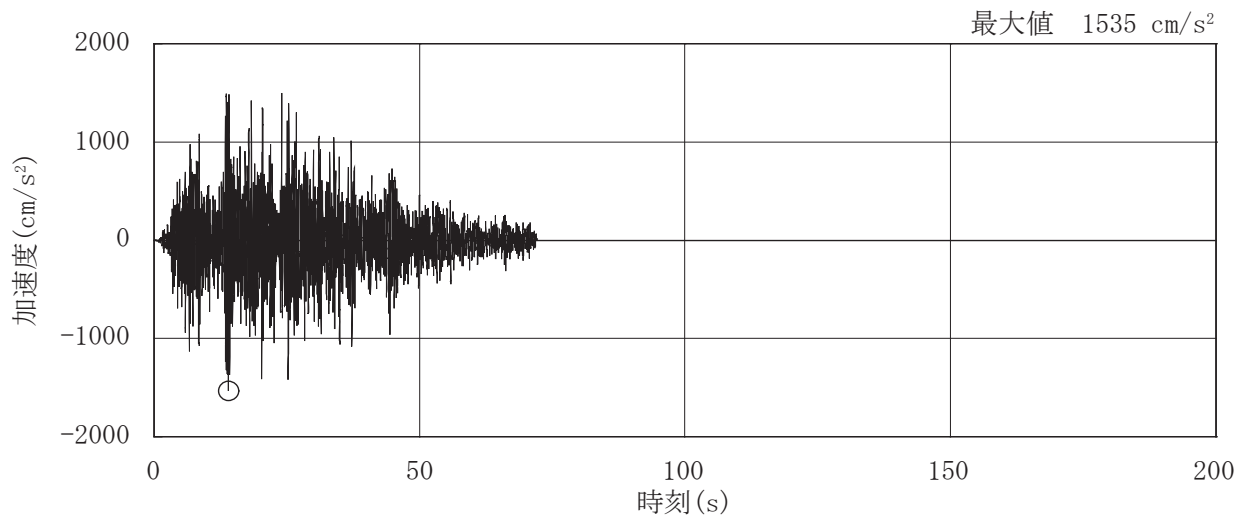


(a) NS 方向

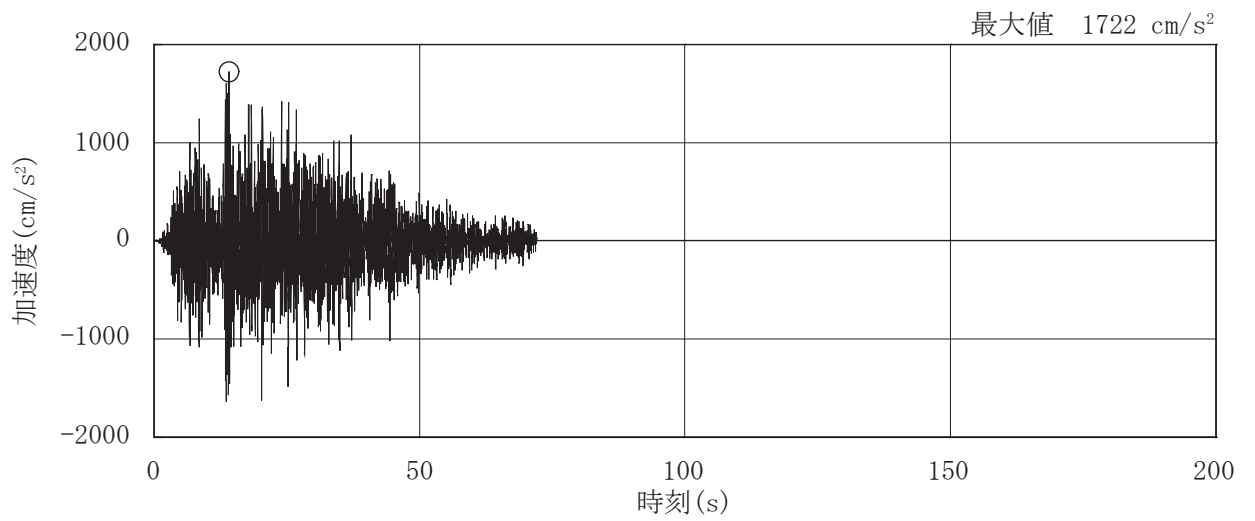


(b) EW 方向

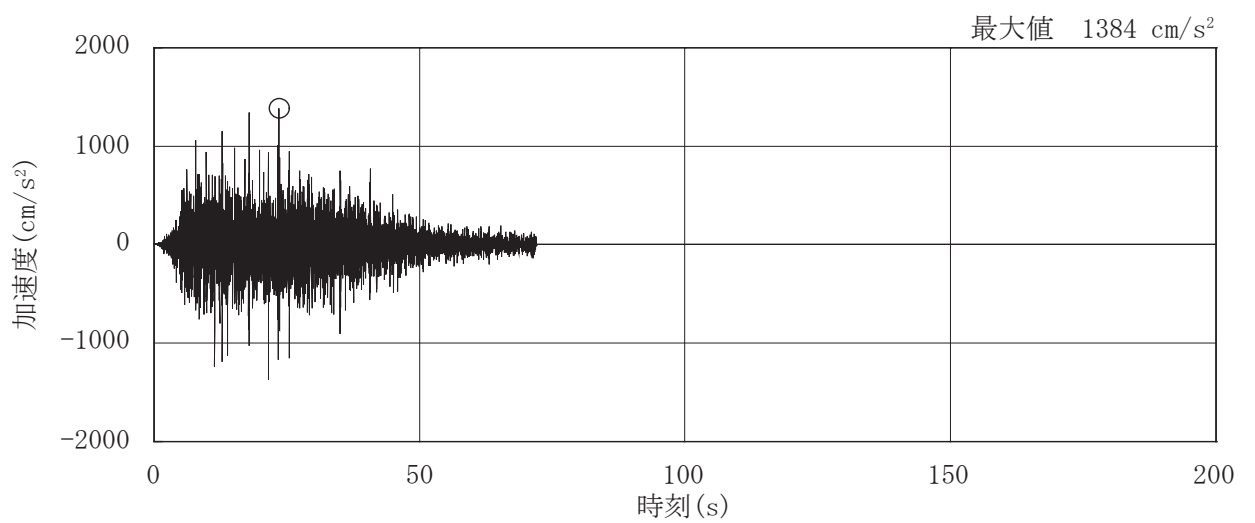
図 4-4 燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D 1, ケース 2, 回転成分)



(a) NS 方向

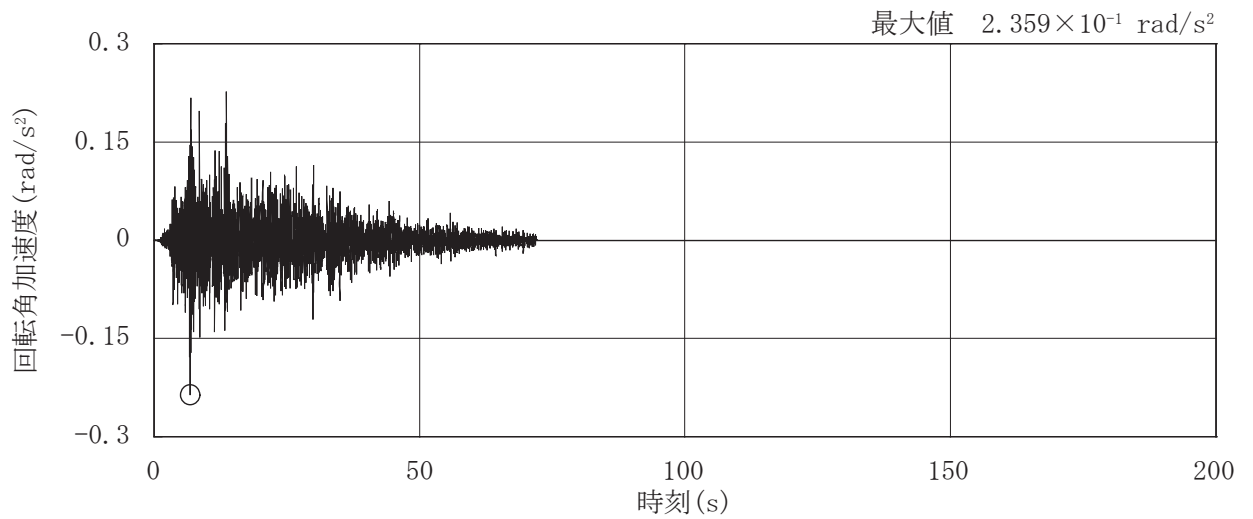


(b) EW 方向

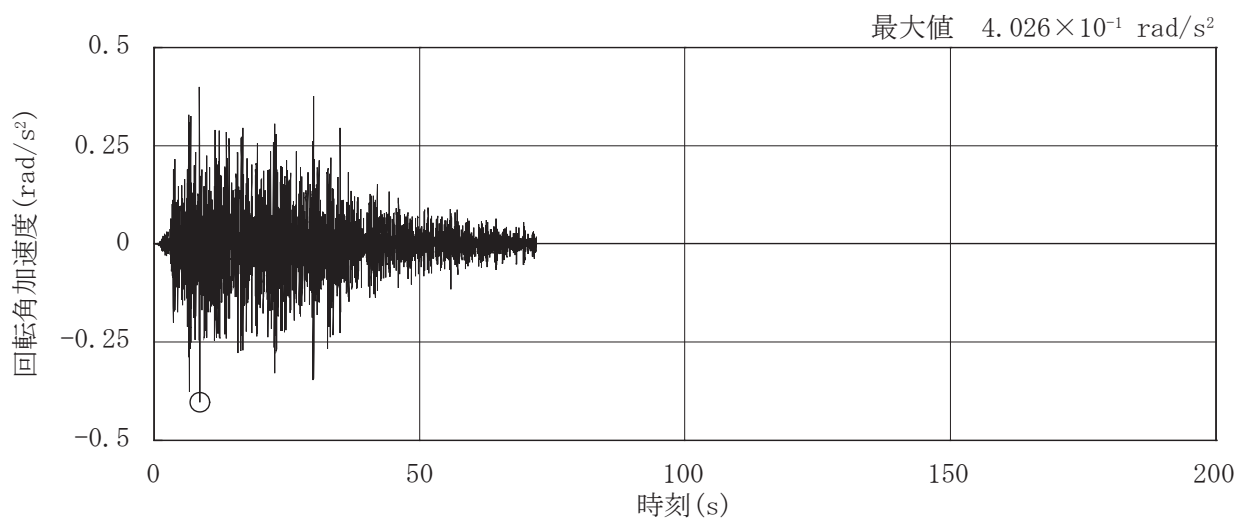


(c) UD 方向

図 4-5 燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m) の加速度時刻歴波形  
(S s - D 2, ケース 2, 水平, 鉛直成分)

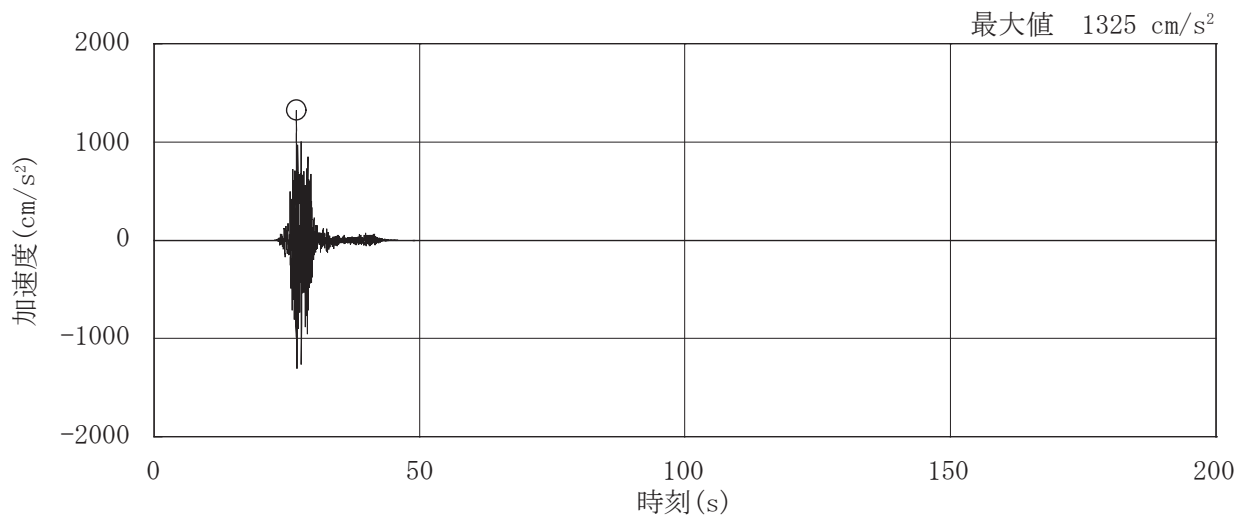


(a) NS 方向

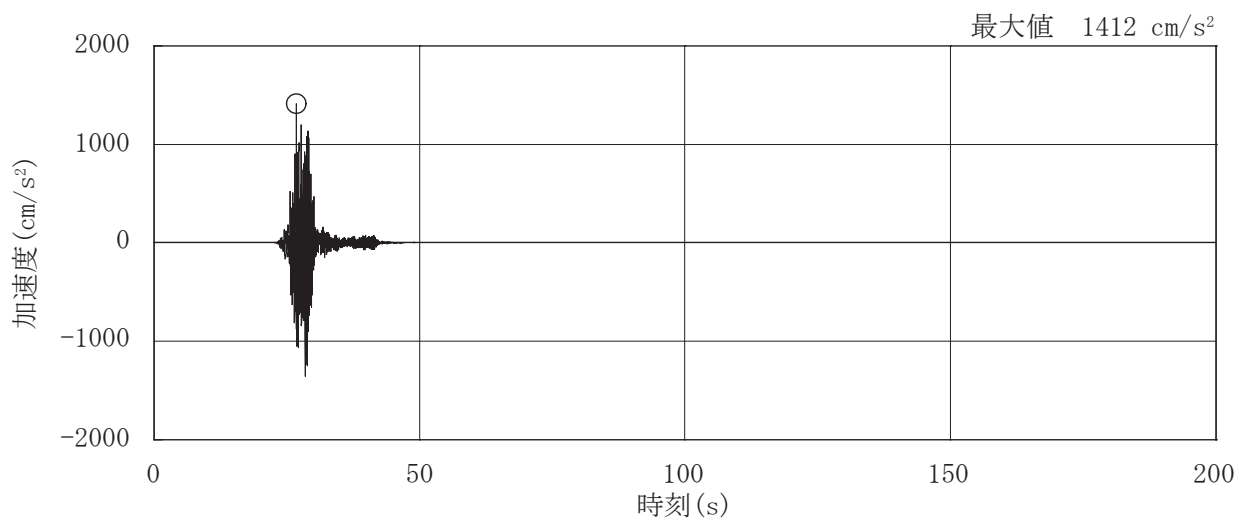


(b) EW 方向

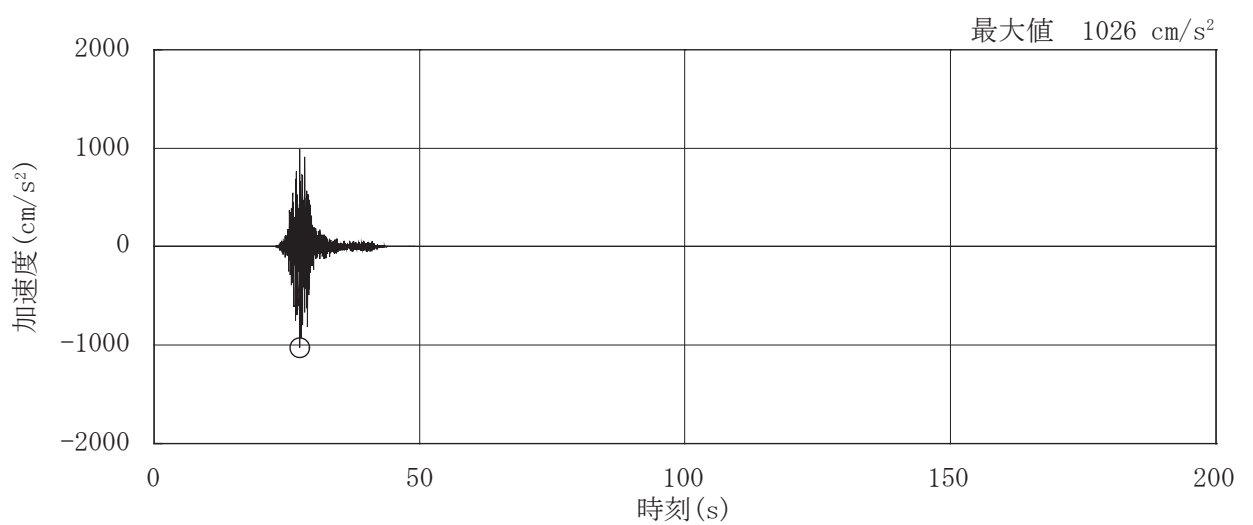
図 4-6 燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m) の加速度時刻歴波形  
(S s-D 2, ケース 2, 回転成分)



(a) NS 方向



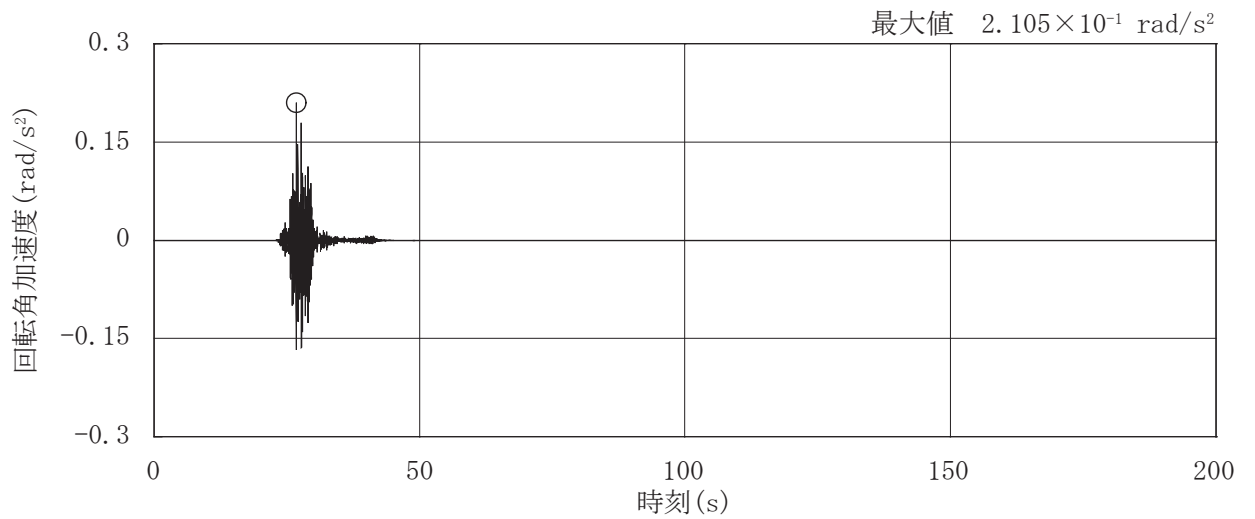
(b) EW 方向



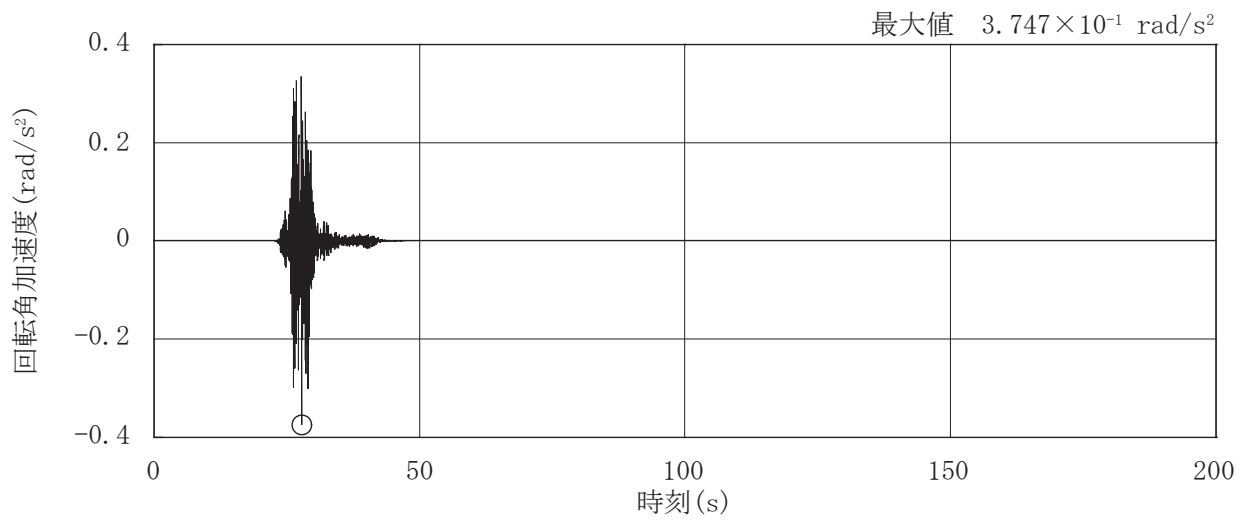
(c) UD 方向

図 4-7 燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 3, ケース 2, 水平, 鉛直成分)



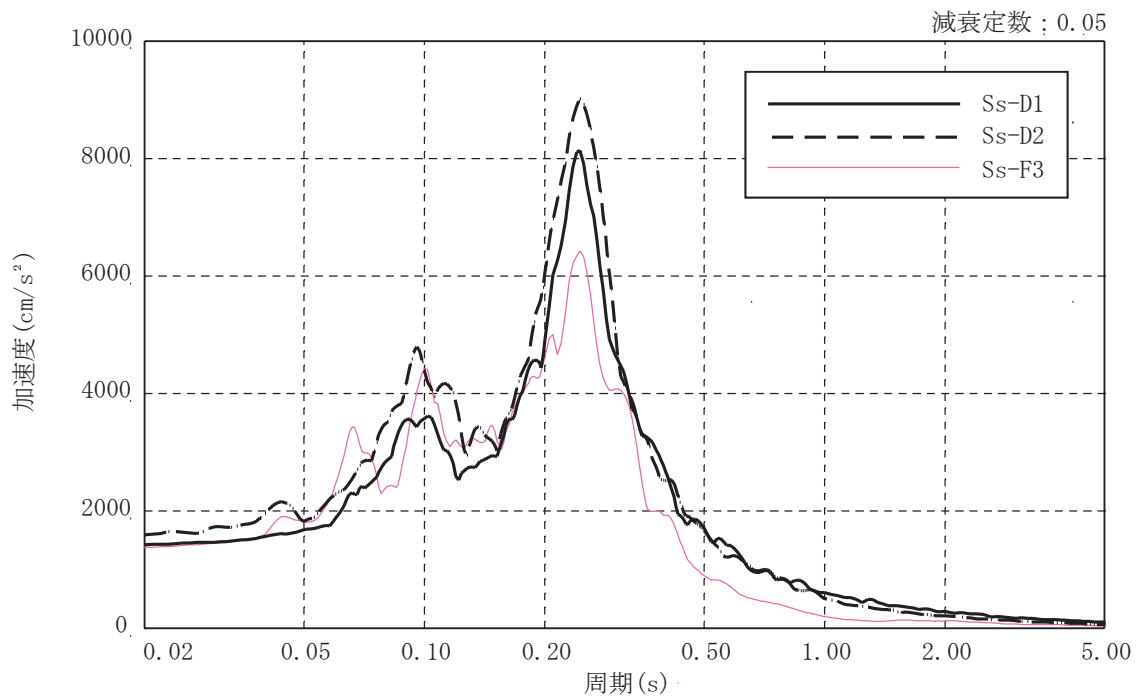


(a) NS 方向

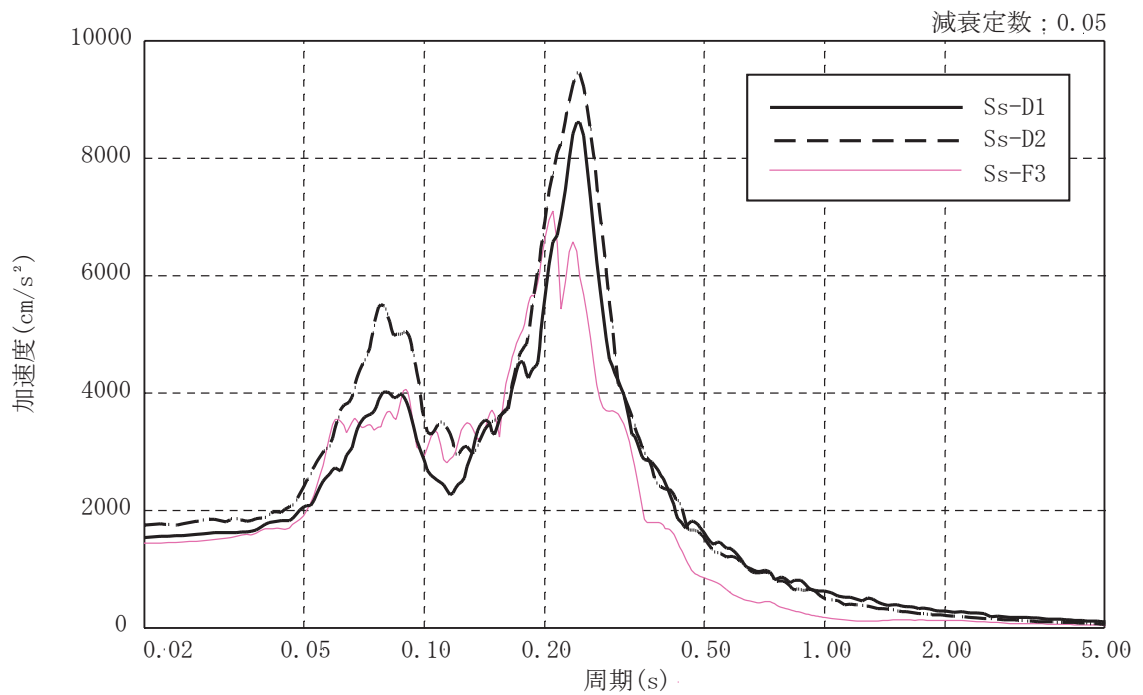


(b) EW 方向

図 4-8 燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m) の加速度時刻歴波形  
(S s - F 3, ケース 2, 回転成分)



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 4-9 水平成分の加速度応答スペクトル  
(燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m), ケース 2)

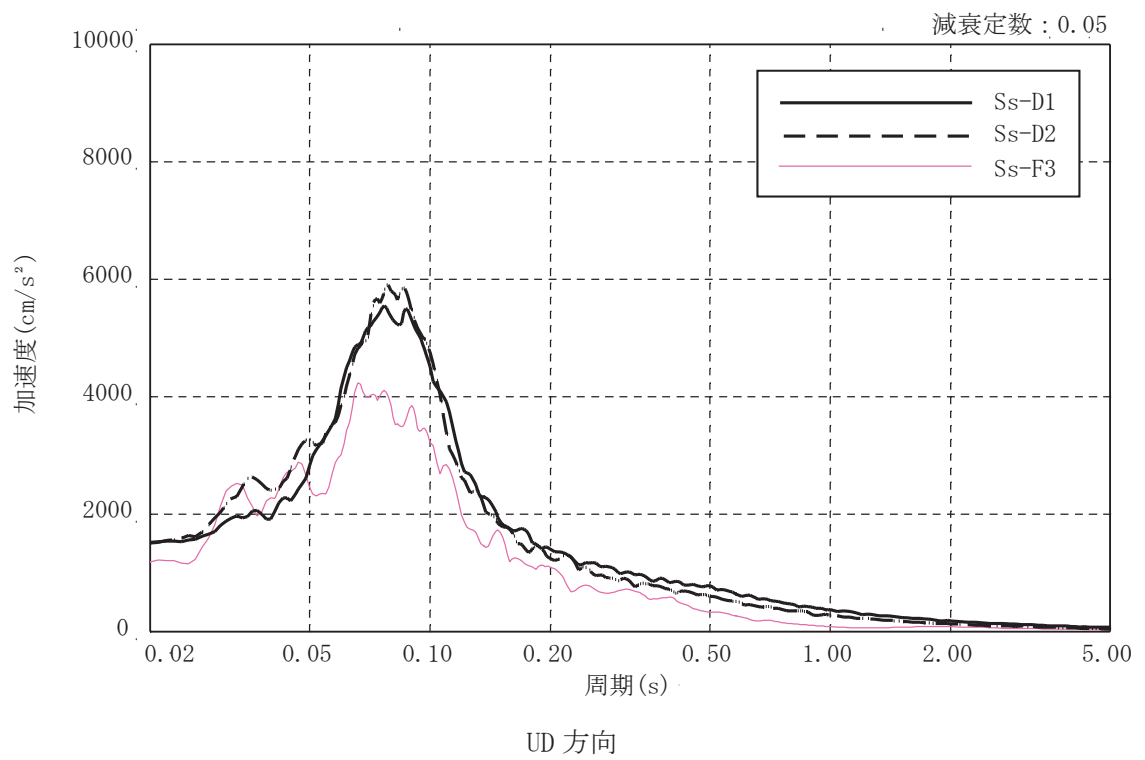


図 4-10 鉛直成分の加速度応答スペクトル  
(燃料取替床レベル (3F, 0.P. 33.2m), ケース 2)

### 4.3 許容限界

#### 4.3.1 屋根スラブ及び床スラブ

応力解析による評価における屋根スラブ及び床スラブの許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 4-5 及び表 4-6 のとおり設定する。また、表 4-7 及び表 4-8 にコンクリート及び鉄筋の短期許容応力度を示す。

表 4-5 応力解析による評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標           | 地震力                     | 部位                  | 機能維持のための考え方                         | 許容限界（評価基準値）           |
|------|----------------------|-------------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| —    | 構造強度を有すること           | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の床 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N 規準」に基づく終局強度     |
| 気密性  | 換気性能とあいまって気密機能を有すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の床 | 部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | 「RC-N 規準」に基づく短期許容応力度* |

注記＊：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。評価部位のうち屋根スラブについては、屋根スラブを支持する屋根トラスが、応力解析による評価において許容限界を満足していれば、屋根スラブに要求される機能は維持される。

表 4-6 応力解析による評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標           | 地震力                     | 部位                                         | 機能維持のための考え方                         | 許容限界（評価基準値）                       |
|------|----------------------|-------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| —    | 構造強度を有すること           | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の床, 2次しゃへい壁（床）及び補助しゃへい（床） | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく終局強度                  |
| 遮蔽性  | 遮蔽体の損傷により遮蔽性を損なわないこと | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 2次しゃへい壁（床）及び補助しゃへい（床）                      | 部材に生じる応力が遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度* <sup>2</sup> |
| 気密性  | 換気性能とあいまって気密機能を有すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の床                        | 部材に生じる応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度* <sup>1</sup> |

注記\*1：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。評価部位のうち屋根スラブについては、屋根スラブを支持する屋根トラスが、応力解析による評価において許容限界を満足していれば、屋根スラブに要求される機能は維持される。

\*2：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。評価部位のうち屋根スラブについては、屋根スラブを支持する屋根トラスが、応力解析による評価において許容限界を満足していれば、屋根スラブに要求される機能は維持される。

表 4-7 コンクリートの短期許容応力度

(a) 屋根スラブ

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 設計基準強度<br>F <sub>c</sub> | 圧縮   | せん断  |
|--------------------------|------|------|
| 32.4                     | 21.6 | 1.21 |

(b) 床スラブ

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 設計基準強度<br>F <sub>c</sub> | 圧縮   | せん断  |
|--------------------------|------|------|
| 32.4                     | 21.6 | 1.21 |

表 4－8 鉄筋の短期許容応力度（屋根スラブ及び床スラブ）

（単位：N/mm<sup>2</sup>）

| 種別                 | 引張及び圧縮 | せん断 |
|--------------------|--------|-----|
| SD35<br>(SD345 相当) | 345    | 345 |

#### 4.3.2 屋根トラス

応力解析による評価における屋根トラスの許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 4-9 及び表 4-10 のとおり設定する。また、表 4-11 に鉄骨の弾性限強度を示す。

表 4-9 応力解析による評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標           | 地震力                     | 部位                        | 機能維持のための考え方             | 許容限界（評価基準値） |
|------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|
| —    | 構造強度を有すること           | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 主トラス<br>サブトラス<br>母屋<br>方杖 | 部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認 | 弾性限強度*      |
| 支持機能 | 屋根スラブを支持する機能をこなわないこと | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 主トラス<br>サブトラス<br>母屋<br>方杖 | 部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認 | 弾性限強度*      |

注記＊：「技術基準解説書」に基づき、F 値に 1.1 倍の割増しを考慮する。

表 4-10 応力解析による評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力                     | 部位                        | 機能維持のための考え方             | 許容限界（評価基準値） |
|------|------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|-------------|
| —    | 構造強度を有すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 主トラス<br>サブトラス<br>母屋<br>方杖 | 部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認 | 弾性限強度*      |

注記＊：「技術基準解説書」に基づき、F 値に 1.1 倍の割増しを考慮する。

表 4－11 鉄骨の弾性限強度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 材 料                        | 板 厚                  | F 値 | 弾性限強度 |            |     |
|----------------------------|----------------------|-----|-------|------------|-----|
|                            |                      |     | 引張    | 圧縮及び<br>曲げ | せん断 |
| SS400<br>SN400B            | $t \leq 40\text{mm}$ | 235 | 235   | 235*       | 135 |
| SM490A<br>SN490B<br>SN490C | $t \leq 40\text{mm}$ | 325 | 325   | 325*       | 187 |

注記＊：圧縮及び曲げの弾性限強度に対しては上限値であり，座屈長さ等を勘案して設定する。



#### 4.4 解析モデル化方針

##### 4.4.1 屋根スラブ

屋根スラブは，1 方向スラブとしてモデル化し，スパンがほぼ均等なスラブの外端がスラブに比べて十分剛性の大きい RC 壁と連続していることから，両端固定はりとして評価する。

##### 4.4.2 床スラブ

床スラブは，床スラブ周囲の境界条件を考慮して両端固定はり，三辺固定・一辺自由版，四辺固定版又は FEM 解析により評価する。FEM 解析により評価した 1 階（O.P. 15.0m）の評価対象箇所の解析モデル図を図 4-11 に示す。FEM 解析では，床スラブをシェル要素でモデル化し，下階から壁で支持されている位置を固定として評価する。

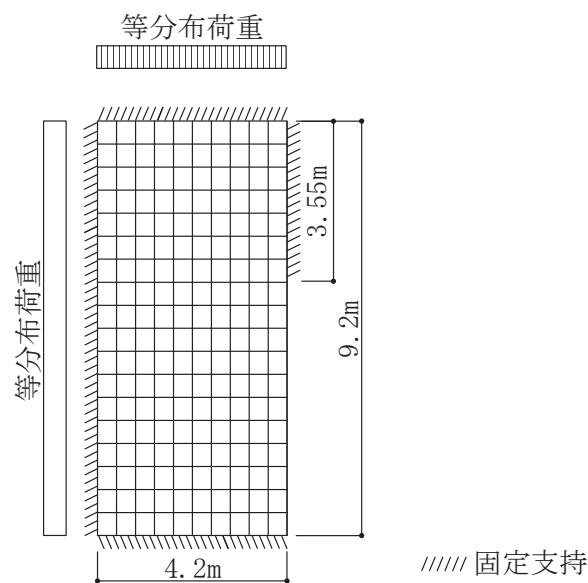


図 4-11 解析モデル

#### 4.4.3 屋根トラス

屋根トラスの評価に用いる応力は、地震応答解析により評価する。屋根トラスの地震応答解析モデルは、燃料取替床レベル（3F, 0.P.33.2m）より上部の鉄骨鉄筋コンクリート造の柱，はり，壁，鉄骨造の屋根トラス等を線材及び面材により立体的にモデル化した 3 次元 FEM モデルとする。

屋根トラスは、主トラス，サブトラス，母屋及び方杖をモデル化する。各鉄骨部材は軸，曲げ変形を考慮したはり要素（トラスの上下弦材及び母屋）と軸変形のみを考慮したトラス要素（トラスの斜材，束材及び方杖）としてモデル化し，減衰を剛性比例型減衰として設定する。耐震壁及び外周はりには各々シェル要素及び軸，曲げ変形を考慮したはり要素としてモデル化し，耐震壁の開口部についても考慮する。柱脚の条件は固定とする。解析モデルの節点数は 1424，要素数は 2582 である。

解析モデルの概要を図 4-12 に，部材リストを表 4-12 に示す。

なお，平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震等の地震やコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ等に伴う初期剛性の低下については，観測記録や試験データなどから適切に地震応答解析モデルへ反映し，保守性を確認した上で適用する。耐震壁の初期剛性の設計値に対する補正係数は，添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」における質点系モデルの地上 3 階及びクレーン階の値を採用し，NS 方向で 0.30，EW 方向で 0.50 とする。

また，耐震補強工事で追設した部材として，内部ボックス壁と同じ構面において 3 階（0.P.33.2m～0.P.41.2m）には耐震壁を，クレーン階（0.P.41.2m～0.P.50.5m）には鉄骨ブレースを地震応答解析モデルに反映している。

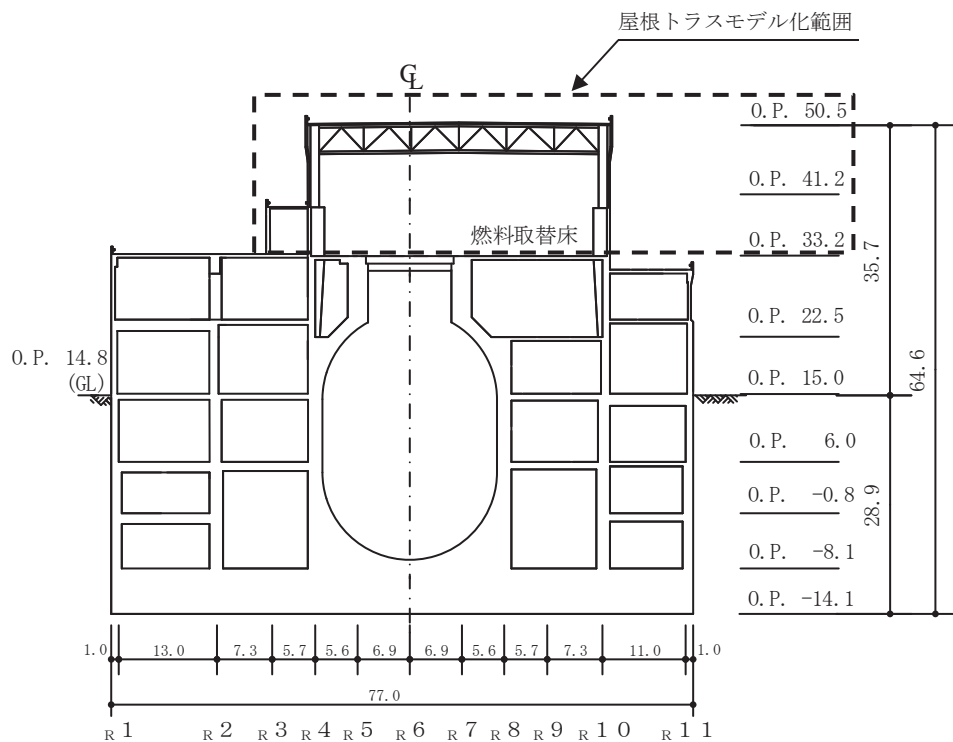
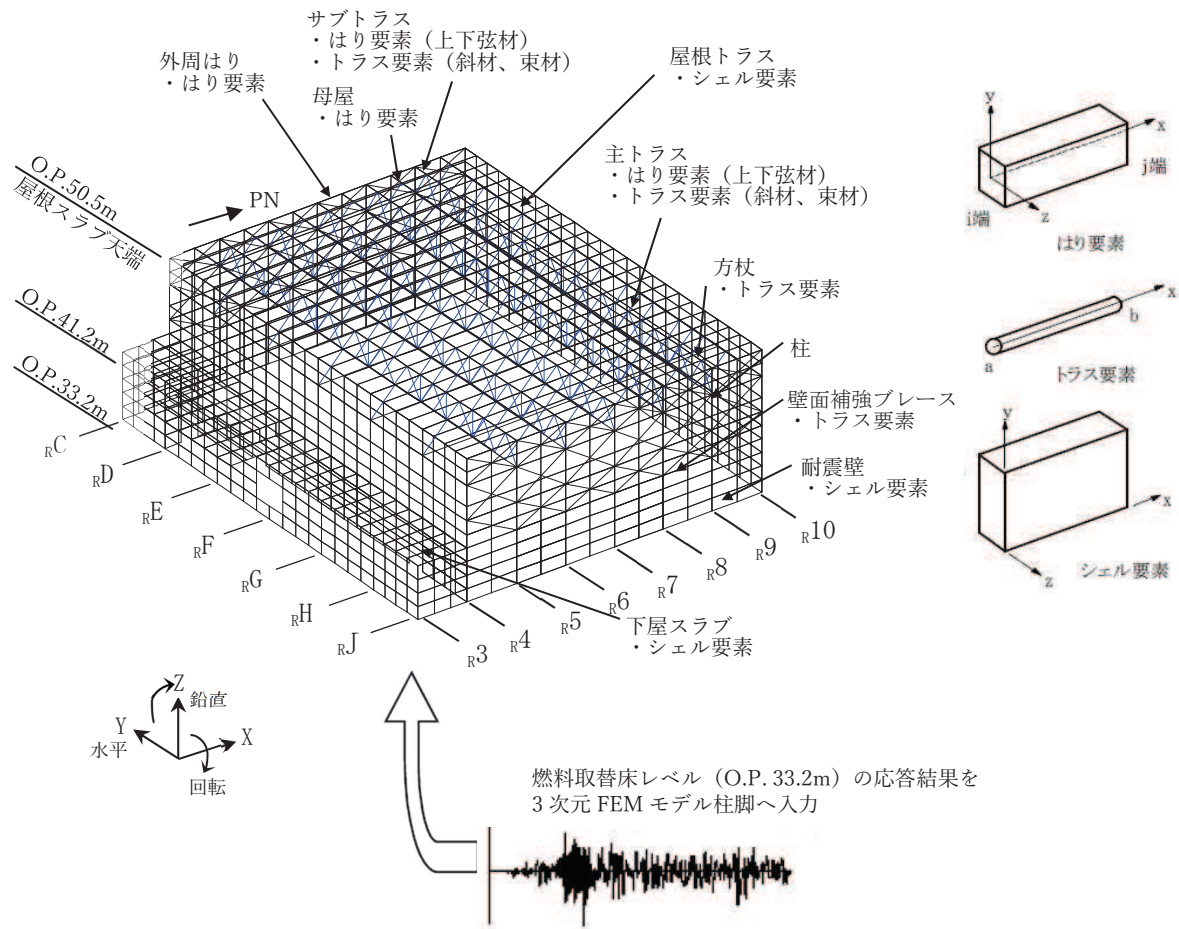
基準地震動  $S_s$  に対する評価を実施する際，屋根トラスを構成する部材の一部が弾性範囲を超える場合には，屋根トラスを構成する部材の一部に対して弾塑性特性として修正若林モデル（引用文献(1)参照）を適用する。修正若林モデルの弾塑性特性を図 4-14 に示す。修正若林モデルは，繰返し载荷による初期座屈以降の耐力低下を累積塑性ひずみの関数で表現し，実験との対応度を向上させた手法である。屋根トラス部材の弾塑性特性について表 4-13 に，使用材料の物性値を表 4-14 に示す。

解析モデルへの入力は，原子炉建屋全体の地震応答解析から得られる燃料取替床レベル（3F, 0.P. 33.2m）の応答結果を用いることとし，燃料取替床位置を固定として水平方向（並進・回転）と鉛直方向の 3 成分同時入力とする。

また，原子炉建屋全体の地震応答解析では，接地率が 65% 未満となるケ

ースについては誘発上下動を考慮しており，屋根トラスについても当該ケースについては誘発上下動を考慮した応答を用いるものとする。

解析には，解析コード「fappase」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



(単位 : m)

図 4-12 屋根トラス (燃料取替床上部フレーム) の解析モデル図と入力概要

表 4-12 部材リスト

| 部位        |     | 使用部材                                                                                                                                 | 材質                          | 断面積<br>( $\times 10^2 \text{mm}^2$ ) | 断面二次<br>モーメント<br>( $\times 10^4 \text{mm}^4$ ) |
|-----------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------------|
| 主トラス      | 上弦材 | H-350 $\times$ 350 $\times$ 12 $\times$ 19                                                                                           | SM50A<br>(SM490A相当)         | 173.9                                | 40300                                          |
|           | 下弦材 | H-350 $\times$ 350 $\times$ 12 $\times$ 19                                                                                           | SM50A<br>(SM490A相当)         | 173.9                                | 40300                                          |
|           | 斜材  | 2CTs-175 $\times$ 350 $\times$ 12 $\times$ 19<br>2CTs-150 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 15                                       | SM50A<br>(SM490A相当)         | 173.9<br>119.8                       | —                                              |
|           | 束材  | 2CTs-100 $\times$ 200 $\times$ 8 $\times$ 12                                                                                         | SM50A<br>(SM490A相当)         | 63.54                                | —                                              |
| サブ<br>トラス | 上弦材 | H-250 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14                                                                                            | SS41<br>(SS400相当)           | 92.18                                | 10800                                          |
|           | 下弦材 | (d1) PL-19 $\times$ 601+PL-25 $\times$ 550<br>+2PLs-16 $\times$ 344                                                                  | SN490B                      | 361.8                                | 94790                                          |
|           |     | (d2) PL-19 $\times$ 601+PL-25 $\times$ 550<br>+2PLs-19 $\times$ 344<br>(図4-13参照)                                                     |                             | 382.4                                | 96860                                          |
|           | 斜材  | (d3) CT-170 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 14<br>+BT-280 $\times$ 250 $\times$ 9 $\times$ 12<br>+2PLs-16 $\times$ 350<br>(図4-13参照) | SS41<br>(SS400相当)<br>SN400B | 216.9                                | 48830                                          |
|           |     | 2Ls-130 $\times$ 130 $\times$ 9<br>+2Ls-150 $\times$ 90 $\times$ 12                                                                  | SS41<br>(SS400相当)           | 100.2                                | —                                              |
|           |     | 2Ls-130 $\times$ 130 $\times$ 9<br>+2Ls-150 $\times$ 150 $\times$ 15                                                                 |                             | 131.0                                |                                                |
|           |     | 2Ls-130 $\times$ 130 $\times$ 9<br>+2Ls-250 $\times$ 90 $\times$ 12 $\times$ 16                                                      |                             | 131.4                                |                                                |
|           | 束材  | 2Ls-90 $\times$ 90 $\times$ 10<br>+2Ls-250 $\times$ 90 $\times$ 10 $\times$ 15                                                       | SS400                       | 108.9                                | —                                              |
|           |     | 2Ls-90 $\times$ 90 $\times$ 10<br>+2Ls-300 $\times$ 90 $\times$ 11 $\times$ 16                                                       |                             | 126.4                                |                                                |
| 母屋        | 上弦面 | H-390 $\times$ 300 $\times$ 10 $\times$ 16                                                                                           | SS41<br>(SS400相当)           | 136.0                                | 38700                                          |
| 方杖        | —   | 2Ls-130 $\times$ 130 $\times$ 9<br>2Ls-90 $\times$ 90 $\times$ 10                                                                    | SS400                       | 45.48<br>34.00                       | —                                              |

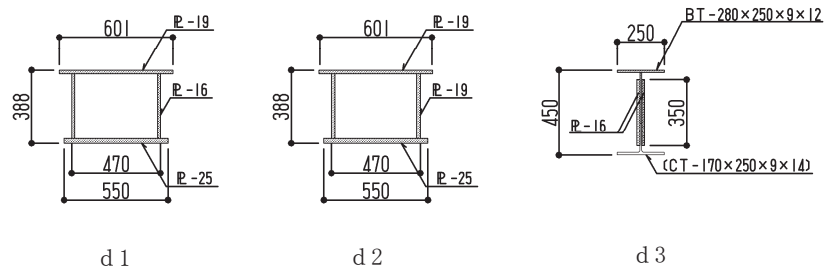


図 4-13 サブトラス下弦材断面

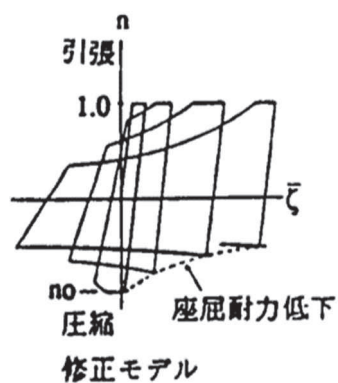


図 4-14 修正若林モデルの弾塑性特性

表 4-13 屋根トラス部材の弾塑性特性について

| 部位    |     | モデル要素 | 弾塑性特性        |
|-------|-----|-------|--------------|
| 主トラス  | 上弦材 | はり要素  | 考慮しない（弾性）    |
|       | 下弦材 |       | 考慮しない（弾性）    |
|       | 斜材  | トラス要素 | 弾塑性（修正若林モデル） |
|       | 束材  |       |              |
| サブトラス | 上弦材 | はり要素  | 考慮しない（弾性）    |
|       | 下弦材 |       | 考慮しない（弾性）    |
|       | 斜材  | トラス要素 | 弾塑性（修正若林モデル） |
|       | 束材  |       |              |
| 母屋    | 上弦面 | はり要素  | 考慮しない（弾性）    |
| 方杖    | —   | トラス要素 | 弾塑性（修正若林モデル） |

表 4-14 使用材料の物性値

| 使用材料                                                                                                                                           | ヤング係数<br>E<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | せん断<br>弾性係数<br>G<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 減衰定数<br>h<br>(%) | 備考     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|------------------|--------|
| 鉄筋コンクリート<br>コンクリート :<br>F <sub>c</sub> = 32.4 (N/mm <sup>2</sup> )<br>(F <sub>c</sub> = 330 (kgf/cm <sup>2</sup> ))<br>鉄筋 : SD35<br>(SD345 相当) | 2.65 × 10 <sup>4</sup>             | 1.14 × 10 <sup>4</sup>                   | 5                | 既設部    |
| 鉄筋コンクリート<br>コンクリート :<br>F <sub>c</sub> = 33 (N/mm <sup>2</sup> )<br>鉄筋 : SD345                                                                 | 2.52 × 10 <sup>4</sup>             | 1.05 × 10 <sup>4</sup>                   | 5                | 追設部    |
| 鉄骨 : SS41 (SS400 相当)<br>SM50A (SM490A 相当)                                                                                                      | 2.05 × 10 <sup>5</sup>             | 7.90 × 10 <sup>4</sup>                   | 2                | 屋根トラス  |
| 鉄骨 : SN400B<br>SN490B<br>BCR295                                                                                                                | 2.05 × 10 <sup>5</sup>             | 7.90 × 10 <sup>4</sup>                   | 2                | 追設ブレース |

#### 4.5 応力評価方法

##### 4.5.1 屋根スラブ

###### a. 荷重ケース

S<sub>s</sub>地震時の応力は，単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大応答鉛直加速度は，質点系モデルにより得られた屋根面の加速度のうち，最大の加速度を採用する。なお，対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから，共振は考慮しない。最大鉛直加速度及び鉛直震度を表 4-15 に示す。

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S<sub>SUD</sub> : S<sub>s</sub>地震荷重（鉛直方向）

表 4-15 最大鉛直加速度及び鉛直震度

| O. P.<br>(m) | 階  | ケース                       | 最大応答<br>鉛直加速度<br>(m/s <sup>2</sup> ) | 鉛直震度 |
|--------------|----|---------------------------|--------------------------------------|------|
| 50.5         | RF | S <sub>s</sub> -D 2 ケース 2 | 39.6                                 | 4.04 |

###### b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-16 に示す。

鉛直地震力は，固定荷重及び積載荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表 4-16 荷重の組合せケース（屋根スラブ）

| 外力の状態              | 荷重の組合せ                       |
|--------------------|------------------------------|
| S <sub>s</sub> 地震時 | G + P + 1.0 S <sub>SUD</sub> |



c. 応力算出方法

等分布荷重を受ける両端固定はりの曲げモーメント及びせん断力は下式より求める。

(端部曲げモーメント)

$$M = \frac{1}{12} \cdot w \cdot \ell^2$$

ここで,

w : 等分布荷重 (N/m)

$\ell$  : スパン (m)

(端部せん断力)

$$Q = \frac{1}{2} \cdot w \cdot \ell$$

ここで,

w : 等分布荷重 (N/m)

$\ell$  : スパン (m)

#### 4.5.2 床スラブ

##### a. 荷重ケース

S<sub>s</sub>地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。

単独荷重の記号を以下に示す。鉛直震度算定のための最大鉛直加速度は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」による。なお、対象とするスラブで固有振動数が20Hzを下回る部分については、共振を考慮する。共振を考慮しない場合の鉛直震度を表4-17に示す。

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S<sub>sUD</sub> : S<sub>s</sub>地震荷重（鉛直方向）

表4-17 最大鉛直加速度及び鉛直震度

| 0.P.<br>(m) | 階   | ケース                     | 最大鉛直加速度<br>(m/s <sup>2</sup> ) | 鉛直震度 |
|-------------|-----|-------------------------|--------------------------------|------|
| 41.2        | CRF | S <sub>s</sub> -D3 ケース2 | 15.40                          | 1.58 |
| 33.2        | 3F  | S <sub>s</sub> -D1 ケース2 | 14.39                          | 1.47 |
| 22.5        | 2F  | S <sub>s</sub> -D1 ケース2 | 12.69                          | 1.30 |
| 15.0        | 1F  | S <sub>s</sub> -D1 ケース2 | 11.18                          | 1.15 |
| 6.0         | B1F | S <sub>s</sub> -D1 ケース2 | 8.84                           | 0.91 |
| -0.8        | B2F | S <sub>s</sub> -D1 ケース2 | 7.12                           | 0.73 |

##### b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表4-18に示す。

鉛直地震力は、固定荷重と同じ載荷方向となる下向き方向に作用させるものとする。

表4-18 荷重の組合せケース（床スラブ）

| 外力の状態              | 荷重の組合せ                       |
|--------------------|------------------------------|
| S <sub>s</sub> 地震時 | G + P + 1.0 S <sub>sUD</sub> |

c. 応力算出方法

等分布荷重を受ける両端固定はり，四辺固定版の曲げモーメント及びせん断力は下式より求める。また，等分布荷重を受ける三辺固定・一边自由版の曲げモーメント及びせん断力は，計算図表（引用文献(2)参照）を用いて求める。FEM 解析を実施した箇所では，対象スラブ範囲で発生した各要素ごとの最大応力を用いて評価する。

（両端固定はり）

- ・ 端部曲げモーメント ( $M_E$ )

$$M_E = -\frac{1}{12} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 中央部曲げモーメント ( $M_C$ )

$$M_C = \frac{1}{24} \cdot w \cdot l^2$$

- ・ 端部せん断力 ( $Q_E$ )

$$Q_E = 0.5 \cdot w \cdot l$$

ここで，

$l$  : 有効スパン (m)

$w$  : 等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

（四辺固定版）

- ・ 短辺の端部曲げモーメント ( $M_{X1}$ )

$$M_{X1} = -\frac{1}{12} \cdot w_x \cdot l_x^2$$

- ・ 短辺の中央部曲げモーメント ( $M_{X2}$ )

$$M_{X2} = \frac{1}{18} \cdot w_x \cdot l_x^2$$

- ・ 短辺のせん断力 ( $Q_X$ )

$$Q_X = 0.52 \cdot w \cdot l_x$$

- ・ 長辺の端部曲げモーメント ( $M_{Y1}$ )

$$M_{Y1} = -\frac{1}{24} \cdot w \cdot l_x^2$$

- ・ 長辺の中央部曲げモーメント ( $M_{Y2}$ )

$$M_{Y2} = \frac{1}{36} \cdot w \cdot l_x^2$$

・長辺のせん断力 ( $Q_Y$ )

$$Q_Y = 0.46 \cdot w \cdot l_x$$

ここで,

$l_x$  : 短辺有効スパン (m)

$l_y$  : 長辺有効スパン (m)

$w$  : 等分布荷重 (kN/m<sup>2</sup>)

$$w_x = \frac{l_y^4}{l_x^4 + l_y^4} w$$

#### 4.5.3 屋根トラス

屋根トラスについては、3次元 FEM モデルを用いた地震応答解析により得られた各部材の応力を評価する。

##### a. 荷重ケース

S s 地震時の応力は、次の荷重を 3 次元 FEM モデルに入力して求める。

荷重の記号を以下に示す。

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S s : S s 地震荷重 (燃料取替床レベルの S s 地震時の水平及び鉛直方向の時刻歴応答加速度)

##### b. 荷重の組合せケース

水平地震荷重と鉛直地震荷重は、加速度時刻歴波形を同時に入力して組み合わせる。

##### c. 荷重の入力方法

屋根面の固定荷重は面荷重として、天井クレーンは待機位置 (RJ 通り側) にあるものとし、その重量は対応する節点に集中荷重として入力する。

地震荷重は、図 4-3～図 4-8 に示した加速度時刻歴波形を 3 次元 FEM モデルの脚部に入力する。

## 4.6 断面の評価方法

### 4.6.1 屋根スラブ

断面の評価は以下の方法で行う。

屋根スラブについては，曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し，各許容限界を超えないことを確認する。

#### a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は，「RC-N規準」に基づき，次式をもとに計算した評価対象箇所に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が，許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで，

$\sigma_t$  : 鉄筋の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

$j$  : 断面の応力中心距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

#### b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は，「RC-N規準」に基づき，評価対象箇所に生じる面外せん断力が，次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w_f \cdot f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで，

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2，1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

ここで，

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

- $f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で, 表 4-7 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 ${}_w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で, 表 4-8 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_w$  : せん断補強筋比で, 次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については, 第 2 項を 0 とする。

(なお, 屋根スラブには, 面外せん断補強筋は入っていない。)

#### 4.6.2 床スラブ

床スラブの評価対象箇所は, 原子炉建屋原子炉棟 (二次格納施設), 2 次しゃへい壁及び補助しゃへいの範囲の床スラブとし, 断面の評価は以下の方法で行う。

曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し, 各許容限界を超えないことを確認する。

##### a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は, 「RC-N 規準」に基づき, 次式をもとに計算した評価対象箇所に生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が, 許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで,

$\sigma_t$  : 鉄筋の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

$j$  : 断面の応力中心距離で, 断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

##### b. 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は, 「RC-N 規準」に基づき, 評価対象箇所に生じる面外せん断力が, 次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot {}_w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで,

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

- b : 断面の幅 (mm)  
 j : 断面の応力中心距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)  
 α : 許容せん断力の割増し係数  
 (2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

- M : 曲げモーメント (N・mm)  
 Q : せん断力 (N)  
 d : 断面の有効せい (mm)  
 f<sub>s</sub> : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-7 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 f<sub>tw</sub> : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-8 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 p<sub>w</sub> : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a<sub>w</sub> : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

(なお、床スラブには、面外せん断補強筋は入っていない。)



#### 4.6.3 屋根トラス

断面の評価は以下の方法で行う。

3次元 FEM モデルの時刻歴地震応答解析により各部材に生じる応力が許容限界を超えないことを確認する。

地震時に生じる軸力及び曲げモーメントに対する断面検定について、下式を用いて行う。ただし、主トラス、サブトラスの斜材、束材及び方杖は軸応力度のみ評価する。なお、主トラス上下弦材の弱軸周りの曲げモーメントはサブトラスが直交方向の変形を拘束しているため考慮しない。

(圧縮)

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

ここに、 $\sigma_c$ ：地震時における部材の軸応力度

$\sigma_b$ ：地震時における部材の曲げ応力度

$f_c$ ：圧縮応力度に対する許容値\*

$f_b$ ：曲げ応力度に対する許容値\*

(引張)

$$\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1.0$$

ここに、 $\sigma_t$ ：地震時における部材の軸応力度

$\sigma_b$ ：地震時における部材の曲げ応力度

$f_t$ ：引張応力度に対する許容値\*

$f_b$ ：曲げ応力度に対する許容値\*

注記\*：技術基準解説書に基づく鋼材の材料強度（F 値の 1.1 倍）による。

## 5. 地震応答解析による評価結果

### 5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、 $S_s$ 地震時の各層の最大応答せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは  $1.62 \times 10^{-3}$  (NS 方向, IW-J 部,  $S_s - F3$ , ケース 5) であり, 許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。各階の耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 5-1 及び表 5-2 に示す。各表において, 最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について, せん断スケルトンカーブ上にプロットした図を図 5-1 及び図 5-2 に示す。

表 5-1(1) 最大応答せん断ひずみ (NS 方向)

| 要素番号 | 最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> ) | 許容限界 (×10 <sup>-3</sup> ) | 要素番号 | 最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> ) | 許容限界 (×10 <sup>-3</sup> ) |
|------|---------------------------------|---------------------------|------|---------------------------------|---------------------------|
| (1)  | 0.59                            | 2.0                       | (17) | 0.40                            | 2.0                       |
| (2)  | 0.74                            |                           | (18) | 1.48                            |                           |
| (3)  | 0.68                            |                           | (19) | 1.51                            |                           |
| (4)  | 0.49                            |                           | (20) | 0.74                            |                           |
| (5)  | 0.65                            |                           | (21) | 0.96                            |                           |
| (6)  | 1.33                            |                           | (22) | 0.77                            |                           |
| (7)  | 1.62                            |                           | (23) | 0.52                            |                           |
| (8)  | 0.59                            |                           | (24) | 0.88                            |                           |
| (9)  | 0.78                            |                           | (25) | 0.72                            |                           |
| (10) | 0.76                            |                           | (26) | 0.83                            |                           |
| (11) | 0.55                            |                           | (27) | 0.77                            |                           |
| (12) | 0.68                            |                           | (28) | 0.52                            |                           |
| (13) | 0.16                            |                           | (29) | 0.79                            |                           |
| (14) | 0.38                            |                           | (32) | 1.54                            |                           |
| (15) | 0.41                            |                           | (34) | 1.43                            |                           |
| (16) | 0.76                            |                           |      |                                 |                           |

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示

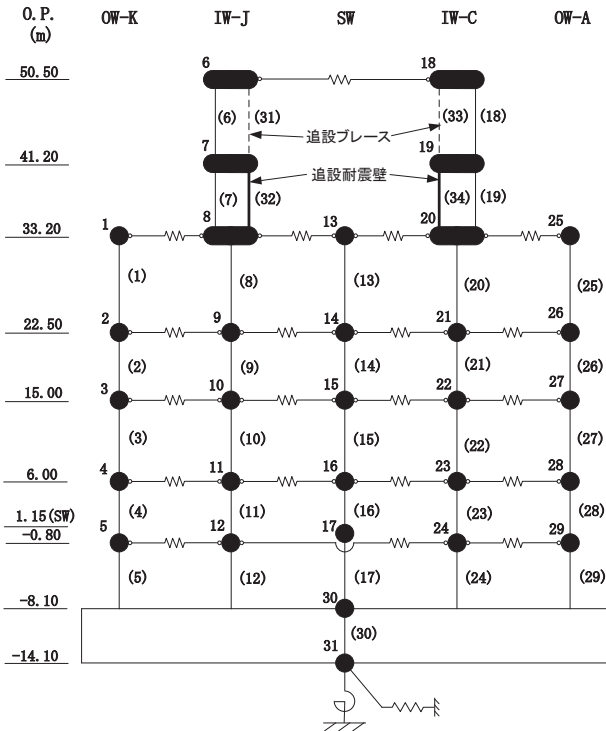
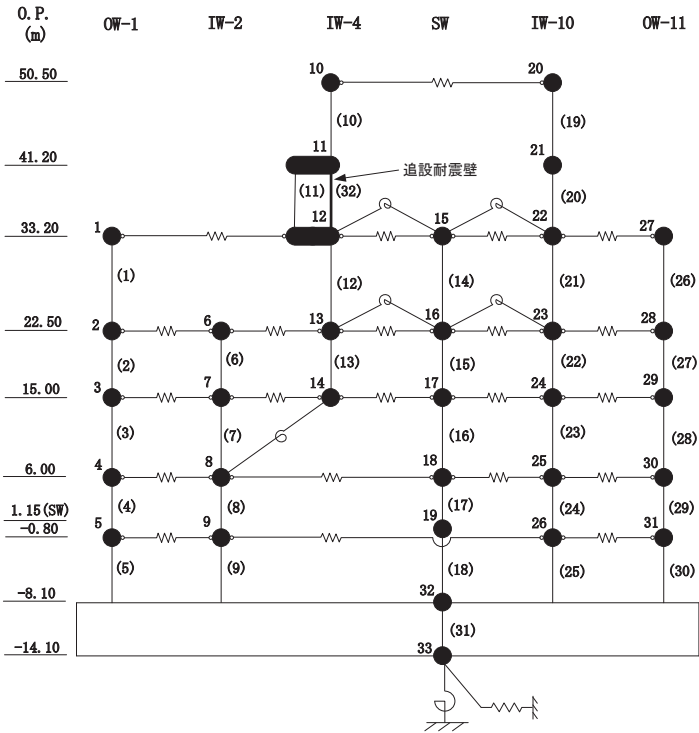
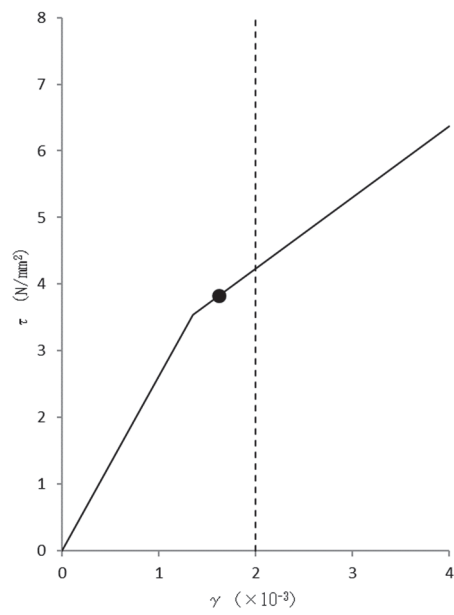


表 5-1(2) 最大応答せん断ひずみ (EW 方向)

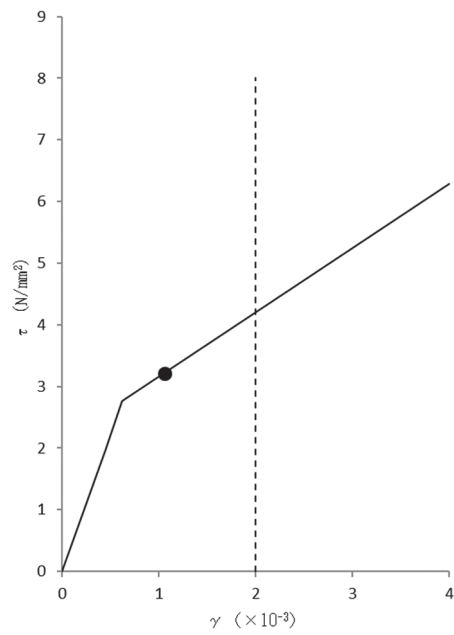
| 要素番号 | 最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> ) | 許容限界 (×10 <sup>-3</sup> ) | 要素番号 | 最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> ) | 許容限界 (×10 <sup>-3</sup> ) |
|------|---------------------------------|---------------------------|------|---------------------------------|---------------------------|
| (1)  | 0.57                            | 2.0                       | (17) | 0.78                            | 2.0                       |
| (2)  | 0.56                            |                           | (18) | 0.41                            |                           |
| (3)  | 0.71                            |                           | (19) | 1.06                            |                           |
| (4)  | 0.50                            |                           | (20) | 0.97                            |                           |
| (5)  | 0.64                            |                           | (21) | 0.51                            |                           |
| (6)  | 0.44                            |                           | (22) | 0.77                            |                           |
| (7)  | 0.77                            |                           | (23) | 0.66                            |                           |
| (8)  | 0.52                            |                           | (24) | 0.50                            |                           |
| (9)  | 0.68                            |                           | (25) | 0.72                            |                           |
| (10) | 0.87                            |                           | (26) | 0.56                            |                           |
| (11) | 0.98                            |                           | (27) | 0.77                            |                           |
| (12) | 0.42                            |                           | (28) | 0.60                            |                           |
| (13) | 0.50                            |                           | (29) | 0.52                            |                           |
| (14) | 0.21                            |                           | (30) | 0.67                            |                           |
| (15) | 0.39                            |                           | (32) | 0.97                            |                           |
| (16) | 0.61                            |                           |      |                                 |                           |

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を表示





(a) NS 方向 (S s - F 3, ケース 5, 要素番号(7))



(b) EW 方向 (S s - F 3, ケース 5, 要素番号(19))

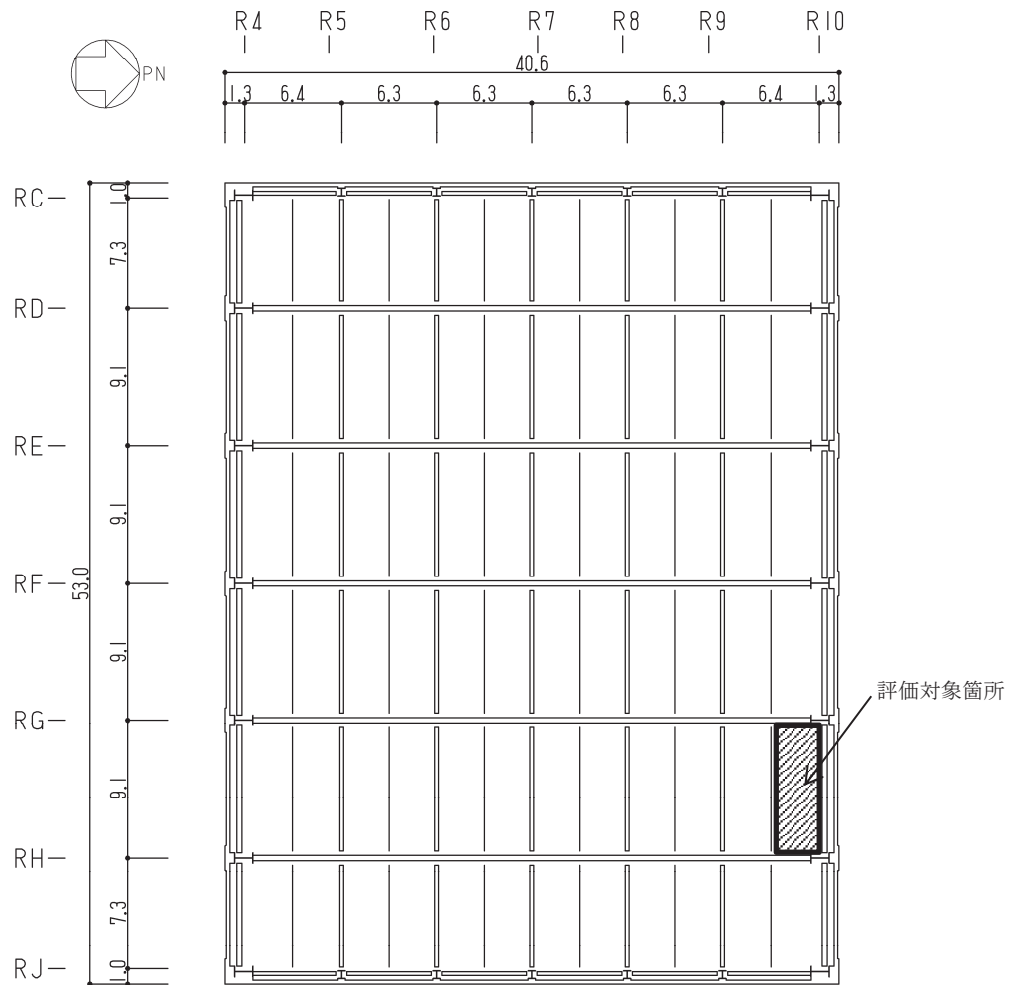
図 5-1 セン断スケルトンカーブ上の最大応答せん断ひずみ

6. 応力解析による評価結果

6.1 屋根スラブの評価結果

屋根スラブの評価対象箇所は、各断面の検定値が最も大きい箇所とし、図 6-1 に示す。また、評価結果を表 6-1 に示す。

屋根スラブについては、 $S_s$  地震時において、曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。



(単位：m)

RF, O.P. 50.5m

図 6-1 評価対象箇所（屋根スラブ）

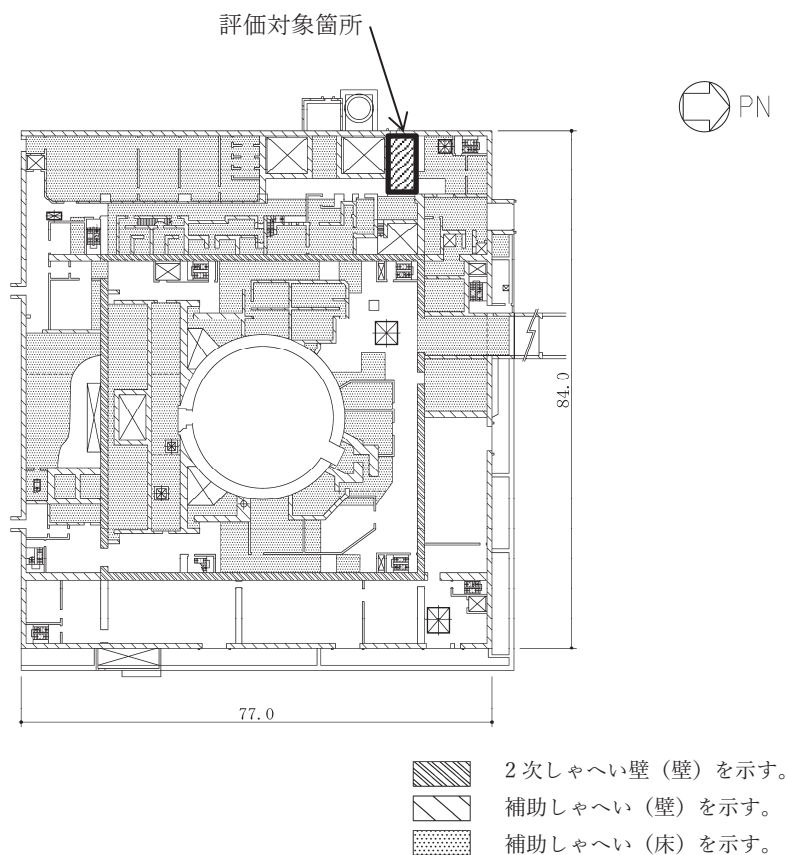
表 6-1 評価結果（屋根スラブ）

|                        |                                          |                                    |
|------------------------|------------------------------------------|------------------------------------|
| O.P. (m)               |                                          | 50.5                               |
| 厚さ t (mm)              |                                          | 170                                |
| 有効せい d (mm)            |                                          | 106                                |
| 配 筋<br>(鉄筋断面積)         |                                          | D16@200<br>(995mm <sup>2</sup> /m) |
| 曲<br>げ<br>モー<br>メント    | 発生曲げモーメント<br>M (kN・m/m)                  | 25.1                               |
|                        | 鉄筋応力度<br>$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 272                                |
|                        | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> )             | 345                                |
|                        | 検定値                                      | 0.79                               |
| 面<br>外<br>せん<br>断<br>力 | 発生せん断力<br>Q (kN/m)                       | 42.6                               |
|                        | せん断スパン比による<br>割増し係数 $\alpha$             | 1.00                               |
|                        | 許容限界<br>(kN/m)                           | 112.2                              |
|                        | 検定値                                      | 0.38                               |
| 判 定                    |                                          | 可                                  |

## 6.2 床スラブの評価結果

床スラブの評価対象箇所は，各断面の検定値が最も大きい箇所とし，図 6-2 に示す。また，評価結果を表 6-2 に示す。

S s 地震時において，曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。



1F, O.P. 15.0m

図 6-2 評価対象箇所（床スラブ）



表 6-2 評価結果（床スラブ）

|                        |                                          |                                     |
|------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------|
| O.P. (m)               |                                          | 15.0                                |
| 厚さ t (mm)              |                                          | 500                                 |
| 有効せい d (mm)            |                                          | 431                                 |
| 配 筋<br>(鉄筋断面積)         | 上ば筋                                      | D19@200<br>(1435mm <sup>2</sup> /m) |
|                        | 下ば筋                                      | D19@200<br>(1435mm <sup>2</sup> /m) |
| 曲<br>げ<br>モー<br>メント    | 発生曲げモーメント<br>M (kN・m/m)                  | 132                                 |
|                        | 鉄筋応力度<br>$\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 244                                 |
|                        | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> )             | 345                                 |
|                        | 検定値                                      | 0.71                                |
| 面<br>外<br>せん<br>断<br>力 | 発生せん断力<br>Q (kN/m)                       | 322                                 |
|                        | せん断スパン比による<br>割増し係数 $\alpha$             | 2.00                                |
|                        | 許容限界<br>(kN/m)                           | 912                                 |
|                        | 検定値                                      | 0.36                                |
| 判 定                    |                                          | 可                                   |

## 6.3 屋根トラスの評価結果

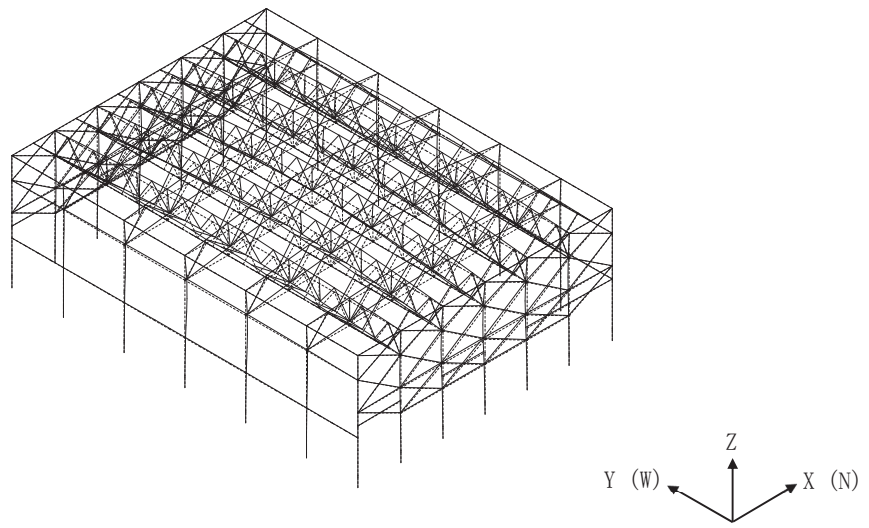
### 6.3.1 固有値解析結果

屋根トラスの固有値解析結果を表 6-3 及び図 6-3 に示す。

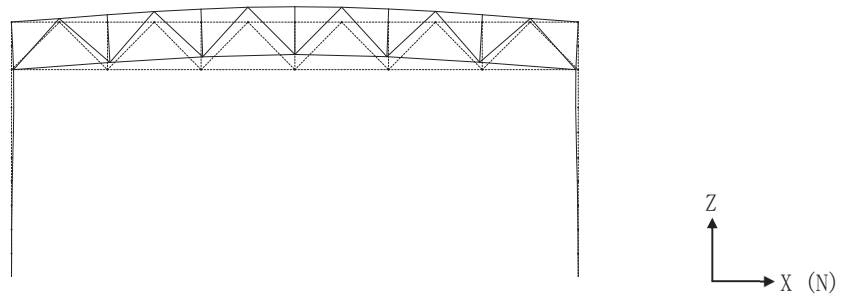
1 次固有振動数は鉛直方向で 3.60Hz, 水平方向で 6.16Hz (EW 方向), 6.64Hz (NS 方向) となる。

表 6-3 固有値解析結果

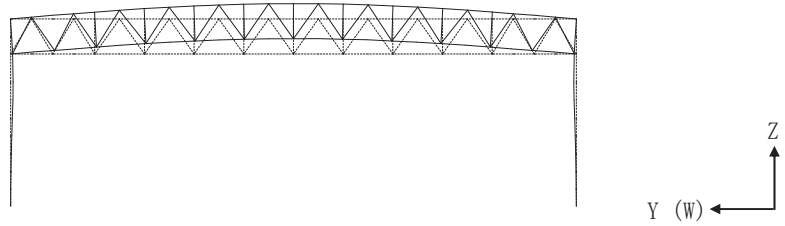
| 次数 | 振動数<br>(Hz) | 周期<br>(s) | 刺激係数         |              |              | 備考     |
|----|-------------|-----------|--------------|--------------|--------------|--------|
|    |             |           | 水平方向<br>(NS) | 水平方向<br>(EW) | 鉛直方向<br>(UD) |        |
| 1  | 3.60        | 0.278     | 0.011        | 0.005        | 1.567        | 鉛直方向1次 |
| 2  | 5.65        | 0.177     | 0.101        | -0.148       | 0.005        |        |
| 3  | 6.07        | 0.165     | 0.953        | -0.008       | 0.028        |        |
| 4  | 6.16        | 0.162     | -0.055       | -1.527       | 0.012        | EW方向1次 |
| 5  | 6.40        | 0.156     | -0.150       | -0.366       | -0.051       |        |
| 6  | 6.43        | 0.156     | -0.096       | -0.023       | 0.151        |        |
| 7  | 6.58        | 0.152     | 0.458        | -1.190       | -0.016       |        |
| 8  | 6.61        | 0.151     | -1.606       | -0.733       | -0.042       |        |
| 9  | 6.64        | 0.151     | -3.310       | 0.227        | -0.036       | NS方向1次 |
| 10 | 6.71        | 0.149     | -1.515       | -0.121       | -0.019       |        |



(a) 鳥瞰図

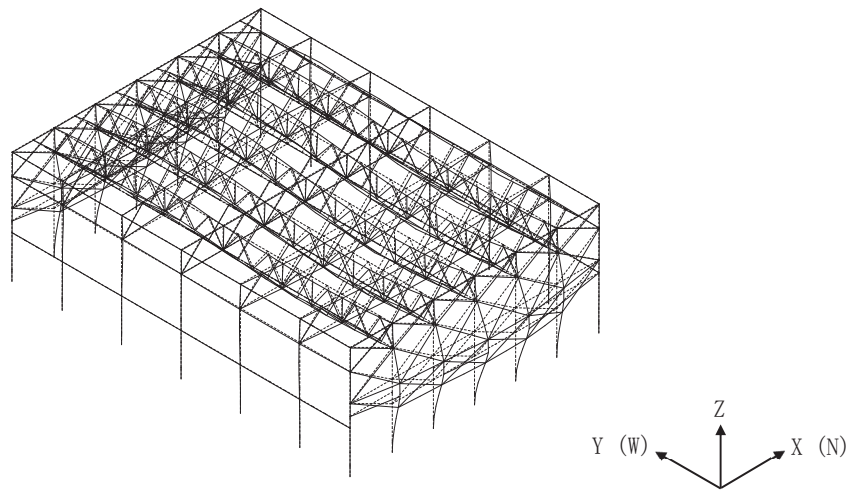


(b) XZ 面

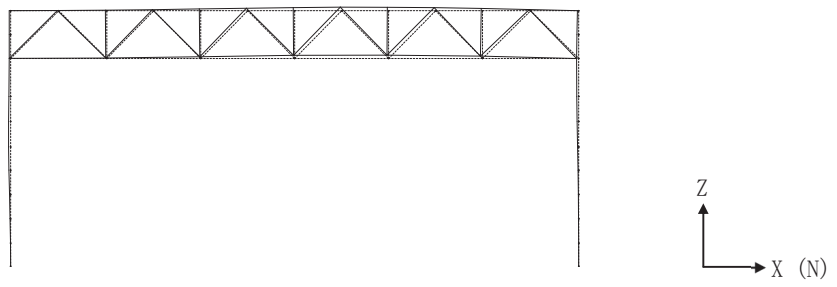


(c) YZ 面

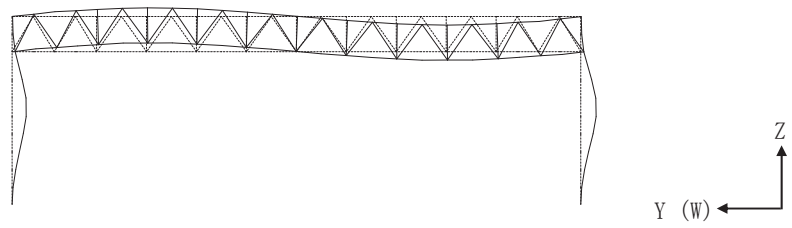
図 6-3(1) 固有モード図  
(鉛直方向 1 次)



(a) 鳥瞰図

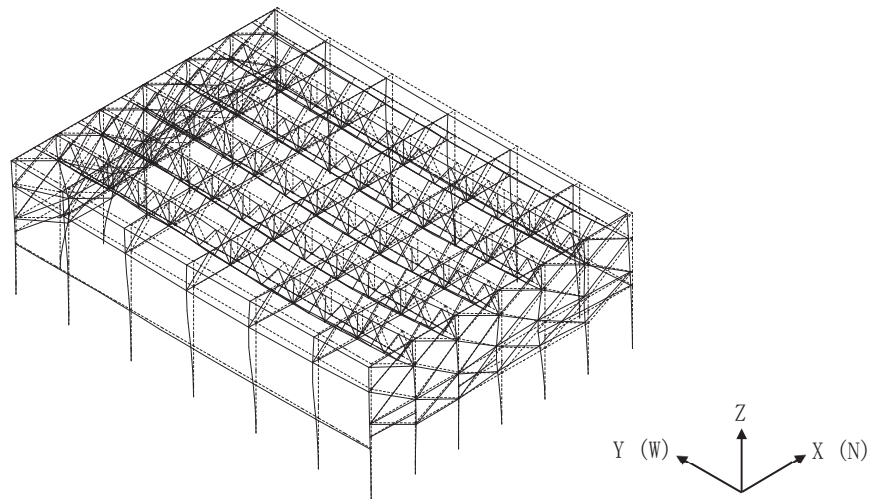


(b) XZ 面

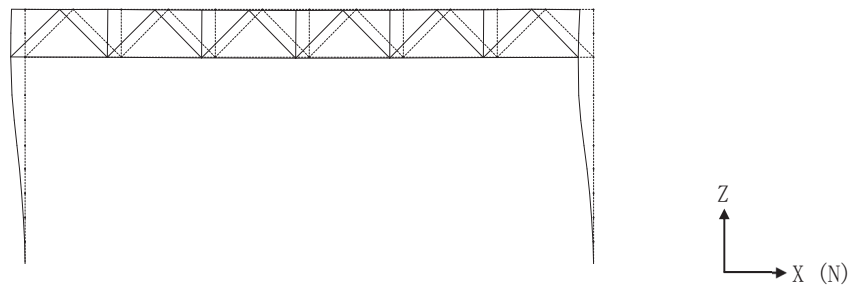


(c) YZ 面

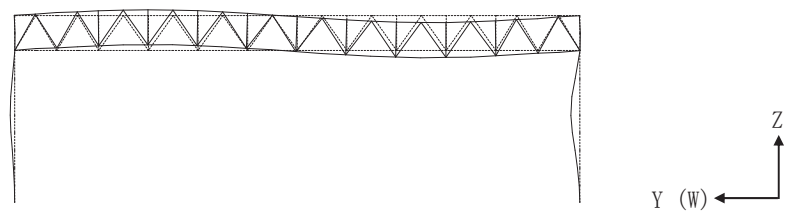
図 6-3(2) 固有モード図  
(EW 方向 1 次)



(a) 鳥瞰図



(b) XZ 面



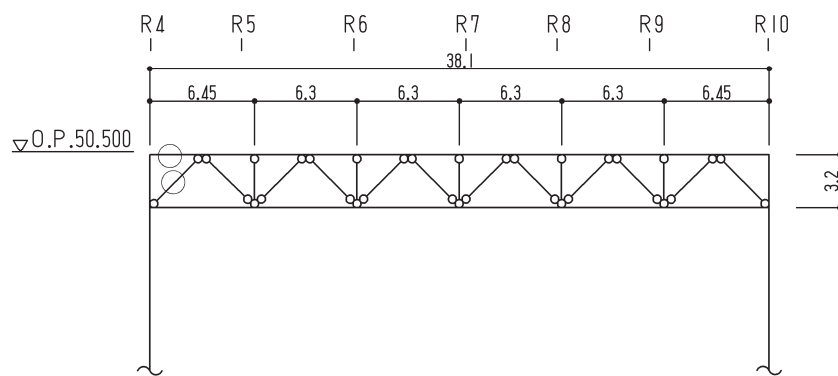
(c) YZ 面

図 6-3(3) 固有モード図  
(NS 方向 1 次)

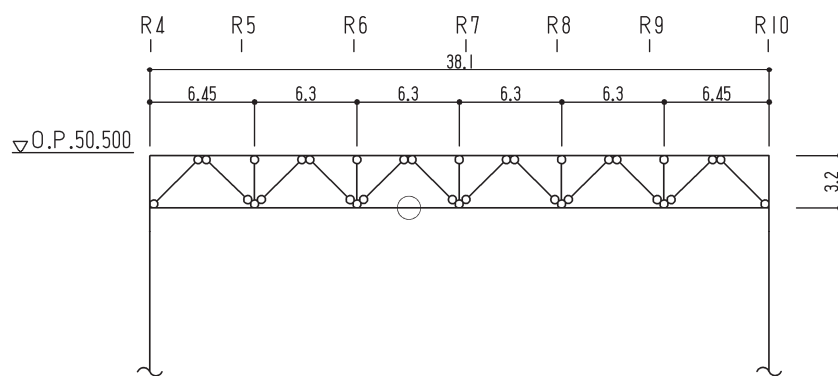
### 6.3.2 断面の評価結果

評価対象箇所は，各部材の検定値が最も大きい箇所とし，図 6-4～図 6-7 に示す。また，断面算定結果を表 6-4～表 6-7 に示す。

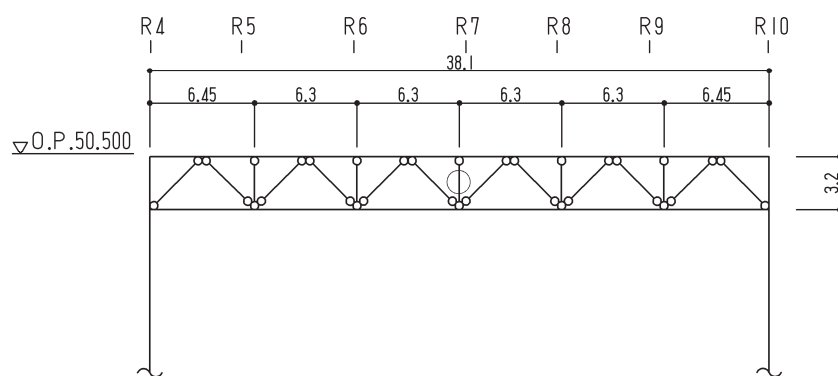
屋根トラスの各部材における発生応力度が許容限界を超えないことを確認した。



(a) 主トラス： $R_E$  通り



(b) 主トラス： $R_F$  通り



(c) 主トラス： $R_G$  通り

○：最大応力発生箇所を示す。

(単位：m)

図 6-4 評価対象箇所（主トラス）

表 6-4(1) 断面算定結果（主トラス：<sub>R</sub>E 通り）

| 部材（種類）  |                                               | 上弦材                        |            |
|---------|-----------------------------------------------|----------------------------|------------|
| 位置      |                                               | 図 6-4 参照                   |            |
| ケース     |                                               | S <sub>s</sub> -D 2, ケース 2 |            |
| 鉄骨断面    | 部材                                            | H-350×350×12×19            |            |
|         | 種別                                            | SM50A（SM490A 相当）           |            |
| 応力状態    |                                               | 引張                         | 圧縮         |
| N（kN）   |                                               | 765                        | 78.7       |
| M（kN・m） |                                               | 120                        | 120        |
| 断面算定    | $\sigma_t$ （N/mm <sup>2</sup> ）               | 44.0                       | —          |
|         | $\sigma_c$ （N/mm <sup>2</sup> ）               | —                          | 4.53       |
|         | $\sigma_b$ （N/mm <sup>2</sup> ）               | 52.2                       | 52.2       |
|         | $f_t$ （N/mm <sup>2</sup> ）                    | 357                        | —          |
|         | $f_c$ （N/mm <sup>2</sup> ）                    | —                          | 357        |
|         | $f_b$ （N/mm <sup>2</sup> ）                    | 357                        | 357        |
|         | $\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.28（＜1.0）                 | —          |
|         | $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | —                          | 0.17（＜1.0） |
| 判定      |                                               | 可                          | 可          |

表 6-4(2) 断面算定結果（主トラス：<sub>R</sub>F 通り）

| 部材（種類）  |                                               | 下弦材                        |            |
|---------|-----------------------------------------------|----------------------------|------------|
| 位置      |                                               | 図 6-4 参照                   |            |
| ケース     |                                               | S <sub>s</sub> -D 2, ケース 2 |            |
| 鉄骨断面    | 部材                                            | H-350×350×12×19            |            |
|         | 種別                                            | SM50A（SM490A 相当）           |            |
| 応力状態    |                                               | 引張                         | 圧縮         |
| N（kN）   |                                               | 4350                       | 981        |
| M（kN・m） |                                               | 58.2                       | 58.2       |
| 断面算定    | $\sigma_t$ （N/mm <sup>2</sup> ）               | 250                        | —          |
|         | $\sigma_c$ （N/mm <sup>2</sup> ）               | —                          | 56.4       |
|         | $\sigma_b$ （N/mm <sup>2</sup> ）               | 25.3                       | 25.3       |
|         | $f_t$ （N/mm <sup>2</sup> ）                    | 357                        | —          |
|         | $f_c$ （N/mm <sup>2</sup> ）                    | —                          | 280        |
|         | $f_b$ （N/mm <sup>2</sup> ）                    | 357                        | 357        |
|         | $\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.79（＜1.0）                 | —          |
|         | $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | —                          | 0.29（＜1.0） |
| 判定      |                                               | 可                          | 可          |

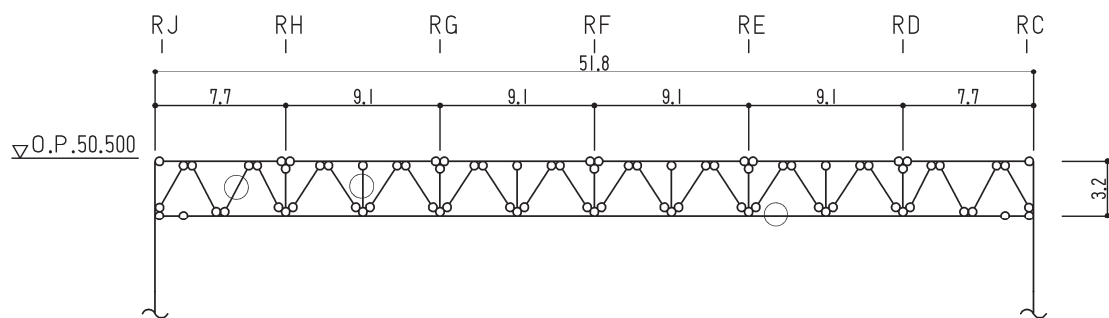
表 6-4(3) 断面算定結果（主トラス：<sub>R</sub>E 通り）

| 部材（種類） |                                 | 斜材                              |            |
|--------|---------------------------------|---------------------------------|------------|
| 位置     |                                 | 図 6-4 参照                        |            |
| ケース    |                                 | S <sub>s</sub> -D 2, ケース 2      |            |
| 鉄骨断面   | 部材                              | 2CT <sub>s</sub> -175×350×12×19 |            |
|        | 種別                              | SM50A（SM490A 相当）                |            |
| 応力状態   |                                 | 引張                              | 圧縮         |
| N（kN）  |                                 | 126                             | 3170       |
| 断面算定   | $\sigma_t$ （N/mm <sup>2</sup> ） | 7.25                            | —          |
|        | $\sigma_c$ （N/mm <sup>2</sup> ） | —                               | 182        |
|        | $f_t$ （N/mm <sup>2</sup> ）      | 357                             | —          |
|        | $f_c$ （N/mm <sup>2</sup> ）      | —                               | 300        |
|        | $\frac{\sigma_t}{f_t}$          | 0.03（＜1.0）                      | —          |
|        | $\frac{\sigma_c}{f_c}$          | —                               | 0.61（＜1.0） |
| 判定     |                                 | 可                               | 可          |

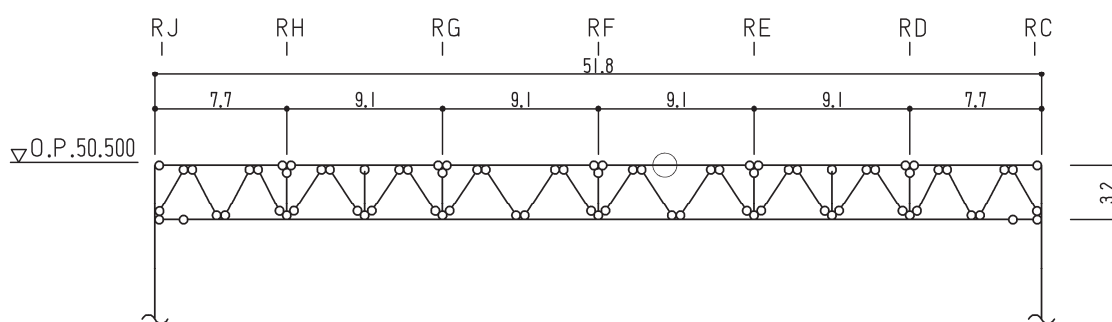
表 6-4(4) 断面算定結果（主トラス：<sub>R</sub>G 通り）

| 部材（種類） |                                 | 束材                             |            |
|--------|---------------------------------|--------------------------------|------------|
| 位置     |                                 | 図 6-4 参照                       |            |
| ケース    |                                 | S <sub>s</sub> -D 2, ケース 2     |            |
| 鉄骨断面   | 部材                              | 2CT <sub>s</sub> -100×200×8×12 |            |
|        | 種別                              | SM50A（SM490A 相当）               |            |
| 応力状態   |                                 | 引張                             | 圧縮         |
| N（kN）  |                                 | 132                            | 290        |
| 断面算定   | $\sigma_t$ （N/mm <sup>2</sup> ） | 20.8                           | —          |
|        | $\sigma_c$ （N/mm <sup>2</sup> ） | —                              | 45.6       |
|        | $f_t$ （N/mm <sup>2</sup> ）      | 357                            | —          |
|        | $f_c$ （N/mm <sup>2</sup> ）      | —                              | 262        |
|        | $\frac{\sigma_t}{f_t}$          | 0.06（＜1.0）                     | —          |
|        | $\frac{\sigma_c}{f_c}$          | —                              | 0.18（＜1.0） |
| 判定     |                                 | 可                              | 可          |





(a) サブトラス： $R_6$  通り  $R_7$  通り間



(b) サブトラス： $R_9$  通り  $R_{10}$  通り間

○：最大応力発生箇所を示す。

(単位：m)

図 6-5 評価対象箇所 (サブトラス)

表 6-5(1) 断面算定結果（サブトラス：<sub>R</sub>9 通り <sub>R</sub>10 通り間）

| 部材（種類）   |                                               | 上弦材                    |             |
|----------|-----------------------------------------------|------------------------|-------------|
| 位置       |                                               | 図 6-5 参照               |             |
| ケース      |                                               | S s - D 2 , ケース 2      |             |
| 鉄骨断面     | 部材                                            | H - 250 × 250 × 9 × 14 |             |
|          | 種別                                            | SS41 (SS400 相当)        |             |
| 応力状態     |                                               | 引張                     | 圧縮          |
| N (kN)   |                                               | 35.9                   | 174         |
| M (kN・m) |                                               | 117                    | 117         |
| 断面算定     | $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )               | 3.89                   | —           |
|          | $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )               | —                      | 18.9        |
|          | $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )               | 135                    | 135         |
|          | $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | 258                    | —           |
|          | $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | —                      | 258         |
|          | $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | 258                    | 258         |
|          | $\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.55 (<1.0)            | —           |
|          | $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | —                      | 0.61 (<1.0) |
| 判定       |                                               | 可                      | 可           |

表 6-5(2) 断面算定結果（サブトラス：<sub>R</sub>6 通り <sub>R</sub>7 通り間）

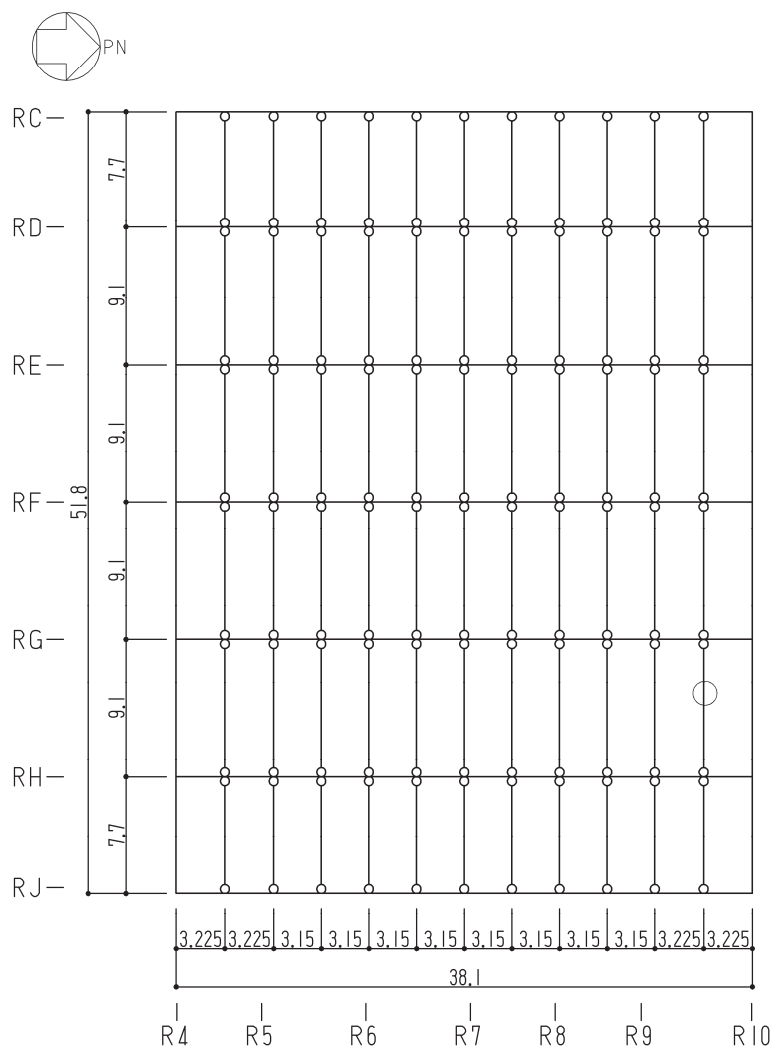
| 部材（種類）   |                                               | 下弦材                                            |             |
|----------|-----------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| 位置       |                                               | 図 6-5 参照                                       |             |
| ケース      |                                               | S s - D 2 , ケース 2                              |             |
| 鉄骨断面     | 部材                                            | PL - 19 × 601 + PL - 25 × 550 + 2PL - 19 × 344 |             |
|          | 種別                                            | SN490B                                         |             |
| 応力状態     |                                               | 引張                                             | 圧縮          |
| N (kN)   |                                               | 6170                                           | 2350        |
| M (kN・m) |                                               | 341                                            | 341         |
| 断面算定     | $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )               | 180                                            | —           |
|          | $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )               | —                                              | 68.6        |
|          | $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )               | 84.6                                           | 84.6        |
|          | $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | 357                                            | —           |
|          | $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | —                                              | 353         |
|          | $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | 357                                            | 357         |
|          | $\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.75 (<1.0)                                    | —           |
|          | $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | —                                              | 0.44 (<1.0) |
| 判定       |                                               | 可                                              | 可           |

表 6-5(3) 断面算定結果 (サブトラス :  $R_6$  通り  $R_7$  通り間)

| 部材 (種類) |                                 | 斜材                                                                         |             |
|---------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 位置      |                                 | 図 6-5 参照                                                                   |             |
| ケース     |                                 | $S_s - D_2$ , ケース 2                                                        |             |
| 鉄骨断面    | 部材                              | $2L_s - 90 \times 90 \times 10 + 2L_s - 250 \times 90 \times 10 \times 15$ |             |
|         | 種別                              | SS41 (SS400 相当)                                                            |             |
| 応力状態    |                                 | 引張                                                                         | 圧縮          |
| N (kN)  |                                 | 577                                                                        | 1950        |
| 断面算定    | $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 53.0                                                                       | —           |
|         | $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> ) | —                                                                          | 179         |
|         | $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )      | 258                                                                        | —           |
|         | $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )      | —                                                                          | 226         |
|         | $\frac{\sigma_t}{f_t}$          | 0.21 (<1.0)                                                                | —           |
|         | $\frac{\sigma_c}{f_c}$          | —                                                                          | 0.80 (<1.0) |
| 判定      |                                 | 可                                                                          | 可           |

表 6-5(4) 断面算定結果 (サブトラス :  $R_6$  通り  $R_7$  通り間)

| 部材 (種類) |                                 | 束材                             |             |
|---------|---------------------------------|--------------------------------|-------------|
| 位置      |                                 | 図 6-5 参照                       |             |
| ケース     |                                 | $S_s - D_2$ , ケース 2            |             |
| 鉄骨断面    | 部材                              | $4L_s - 90 \times 90 \times 6$ |             |
|         | 種別                              | SS400                          |             |
| 応力状態    |                                 | 引張                             | 圧縮          |
| N (kN)  |                                 | 117                            | 209         |
| 断面算定    | $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 27.7                           | —           |
|         | $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> ) | —                              | 49.5        |
|         | $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )      | 258                            | —           |
|         | $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )      | —                              | 219         |
|         | $\frac{\sigma_t}{f_t}$          | 0.11 (<1.0)                    | —           |
|         | $\frac{\sigma_c}{f_c}$          | —                              | 0.23 (<1.0) |
| 判定      |                                 | 可                              | 可           |

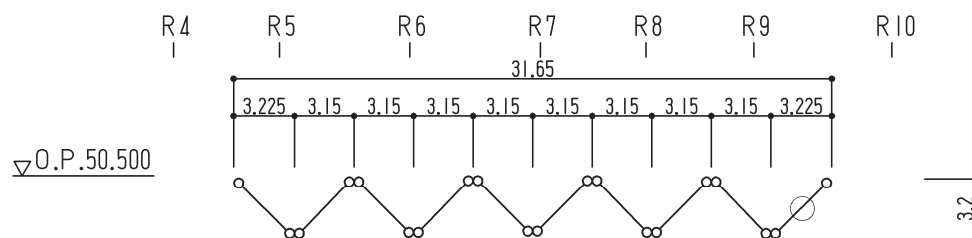


○：最大応力発生箇所を示す。  
(単位：m)

図 6－6 評価対象箇所（母屋：O.P. 50.5m）

表 6-6 断面算定結果（母屋）

| 部材（種類）   |                                               | 母屋               |              |
|----------|-----------------------------------------------|------------------|--------------|
| 位置       |                                               | 図 6-6 参照         |              |
| ケース      |                                               | S s - D 1, ケース 2 |              |
| 鉄骨断面     | 部材                                            | H-390×300×10×16  |              |
|          | 種別                                            | SS41 (SS400 相当)  |              |
| 応力状態     |                                               | 引張               | 圧縮           |
| N (kN)   |                                               | 46.3             | 99.9         |
| M (kN・m) |                                               | 350              | 350          |
| 断面算定     | $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )               | 3.40             | —            |
|          | $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )               | —                | 7.35         |
|          | $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )               | 177              | 177          |
|          | $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | 258              | —            |
|          | $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | —                | 258          |
|          | $f_b$ (N/mm <sup>2</sup> )                    | 258              | 258          |
|          | $\frac{\sigma_t}{f_t} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | 0.71 (< 1.0)     | —            |
|          | $\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b}$ | —                | 0.72 (< 1.0) |
| 判定       |                                               | 可                | 可            |



○：最大応力発生箇所を示す。

（単位：m）

図 6-7 評価対象箇所（方杖：<sub>R</sub>H 通り <sub>R</sub>J 通り間）

表 6-7 断面算定結果（方杖）

| 部材（種類） |                                 | 方杖                  |              |
|--------|---------------------------------|---------------------|--------------|
| 位置     |                                 | 図 6-7 参照            |              |
| ケース    |                                 | S s - D 2 , ケース 2   |              |
| 鉄骨断面   | 部材                              | 2Ls - 130 × 130 × 9 |              |
|        | 種別                              | SS400               |              |
| 応力状態   |                                 | 引張                  | 圧縮           |
| N (kN) |                                 | 274                 | 472          |
| 断面算定   | $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 60.2                | —            |
|        | $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> ) | —                   | 104          |
|        | $f_t$ (N/mm <sup>2</sup> )      | 258                 | —            |
|        | $f_c$ (N/mm <sup>2</sup> )      | —                   | 156          |
|        | $\frac{\sigma_t}{f_t}$          | 0.24 (< 1.0)        | —            |
|        | $\frac{\sigma_c}{f_c}$          | —                   | 0.67 (< 1.0) |
| 判定     |                                 | 可                   | 可            |

## 7. 引用文献

- (1) 谷口ほか「鉄骨 X 型ブレース架構の復元力特性に関する研究」(日本建築学会構造工学論文集, Vol. 37B 号, 1991 年 3 月, pp303-316)
- (2) 「鉄筋コンクリート構造計算用資料集」( (社)日本建築学会, 2002 年)

## 別紙 1 大物搬入口躯体の耐震性についての計算書



## 目 次

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| (I) 大物搬入口躯体の地震応答計算書..... | 別紙 1- 1 |
| 1. 概要.....               | 別紙 1- 2 |
| 2. 基本方針.....             | 別紙 1- 3 |
| 2.1 位置.....              | 別紙 1- 3 |
| 2.2 構造概要.....            | 別紙 1- 5 |
| 2.3 評価方針.....            | 別紙 1- 8 |
| 2.4 適用規格・基準等.....        | 別紙 1-10 |
| 3. 解析方法.....             | 別紙 1-11 |
| 3.1 設計に用いる地震波.....       | 別紙 1-11 |
| 3.2 地震応答解析モデル.....       | 別紙 1-12 |
| 3.3 入力地震動.....           | 別紙 1-16 |
| 3.4 解析方法.....            | 別紙 1-39 |
| 3.4.1 動的解析.....          | 別紙 1-39 |
| 3.4.2 静的解析.....          | 別紙 1-39 |
| 3.4.3 必要保有水平耐力.....      | 別紙 1-40 |
| 3.5 解析条件.....            | 別紙 1-41 |
| 3.5.1 建物・構築物の復元力特性.....  | 別紙 1-41 |
| 3.5.2 材料物性の不確かさ.....     | 別紙 1-49 |
| 4. 解析結果.....             | 別紙 1-52 |
| 4.1 動的解析.....            | 別紙 1-52 |
| 4.1.1 固有値解析結果.....       | 別紙 1-52 |
| 4.1.2 応答解析結果.....        | 別紙 1-52 |
| 4.2 静的解析.....            | 別紙 1-63 |
| 4.3 必要保有水平耐力.....        | 別紙 1-64 |

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| (Ⅱ) 大物搬入口躯体の耐震性についての計算書..... | 別紙 1- 65 |
| 1. 概要.....                   | 別紙 1- 66 |
| 2. 基本方針.....                 | 別紙 1- 67 |
| 2.1 位置.....                  | 別紙 1- 67 |
| 2.2 構造概要.....                | 別紙 1- 69 |
| 2.3 評価方針.....                | 別紙 1- 76 |
| 2.4 適用規格・基準等.....            | 別紙 1- 80 |
| 3. 地震応答解析による評価方法.....        | 別紙 1- 81 |
| 4. 応力解析による評価方法.....          | 別紙 1- 84 |
| 4.1 評価対象部位及び評価方針.....        | 別紙 1- 84 |
| 4.1.1 耐震壁.....               | 別紙 1- 85 |
| 4.1.2 屋根スラブ.....             | 別紙 1- 86 |
| 4.1.3 フレーム構造部（扉部）.....       | 別紙 1- 87 |
| 4.2 荷重及び荷重の組合せ.....          | 別紙 1- 88 |
| 4.2.1 耐震壁.....               | 別紙 1- 88 |
| 4.2.2 屋根スラブ.....             | 別紙 1- 89 |
| 4.2.3 フレーム構造部（扉部）.....       | 別紙 1- 90 |
| 4.3 許容限界.....                | 別紙 1- 91 |
| 4.4 解析モデル及び諸元.....           | 別紙 1- 94 |
| 4.4.1 耐震壁.....               | 別紙 1- 94 |
| 4.4.2 屋根スラブ.....             | 別紙 1- 96 |
| 4.4.3 フレーム構造部（扉部）.....       | 別紙 1- 97 |
| 4.5 評価方法.....                | 別紙 1- 99 |
| 4.5.1 応力解析方法.....            | 別紙 1- 99 |
| 4.5.2 断面の評価方法.....           | 別紙 1-105 |
| 5. 地震応答解析による評価結果.....        | 別紙 1-108 |
| 5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果.....     | 別紙 1-108 |
| 5.1.1 S s 地震時.....           | 別紙 1-108 |
| 5.2 フレーム構造部（一般部）.....        | 別紙 1-109 |
| 5.2.1 S s 地震時.....           | 別紙 1-109 |
| 5.3 保有水平耐力.....              | 別紙 1-110 |
| 6. 応力解析による評価結果.....          | 別紙 1-111 |
| 6.1 耐震壁の評価結果.....            | 別紙 1-111 |
| 6.2 屋根スラブの評価結果.....          | 別紙 1-114 |
| 6.3 フレーム構造部（扉部）の評価結果.....    | 別紙 1-116 |

( I ) 大物搬入口躯体の地震応答計算書

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」及び添付書類「VI-1-1-2 発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうち添付書類「VI-1-1-2-1-1 発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づく大物搬入口躯体の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値及び静的地震力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物の設計用地震力として用いる。また、必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

大物搬入口躯体は、原子炉建屋の一部を構成している。大物搬入口躯体を含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に、原子炉建屋における大物搬入口躯体の設置位置を図 2-2 に示す。

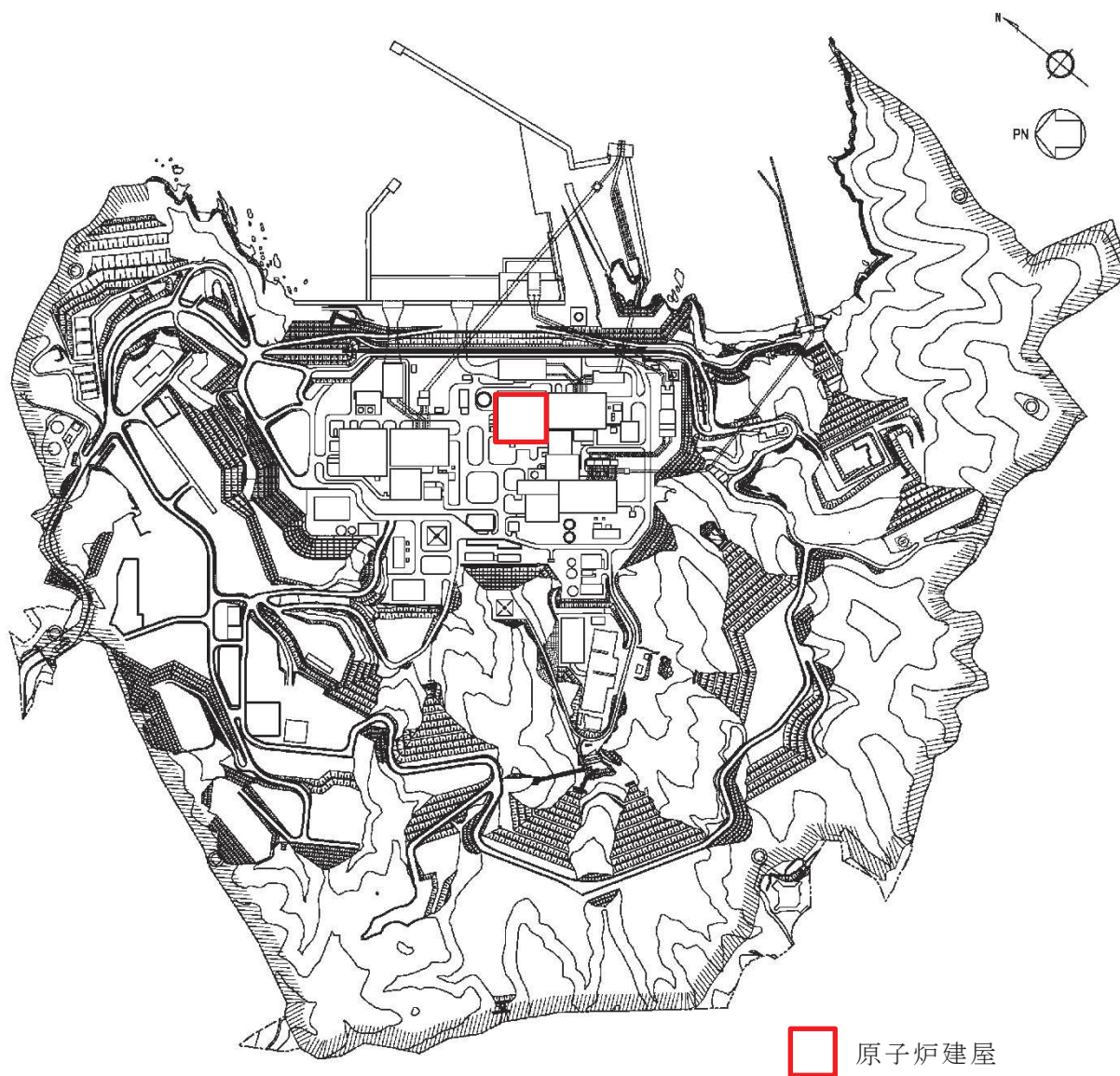


図 2-1 原子炉建屋の設置位置

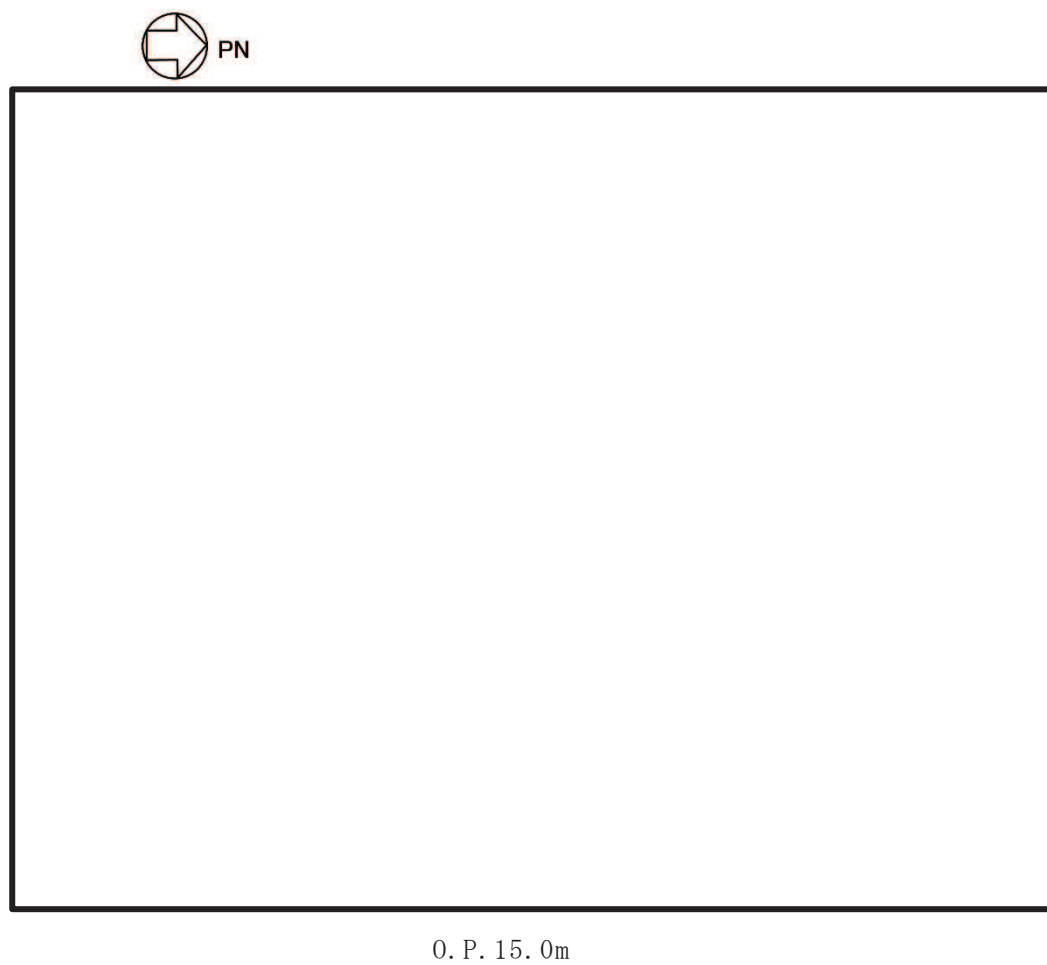


図 2-2 大物搬入口躯体の設置位置

## 2.2 構造概要

大物搬入口躯体は、原子炉建屋 1 階の北側に位置し、基礎スラブ、耐震壁及び屋根スラブからなる箱型の鉄筋コンクリート構造物である。地上高さは 8.1m であり、平面は長さ 12.2m (NS 方向) × 幅 11.5m (EW 方向)\* である。

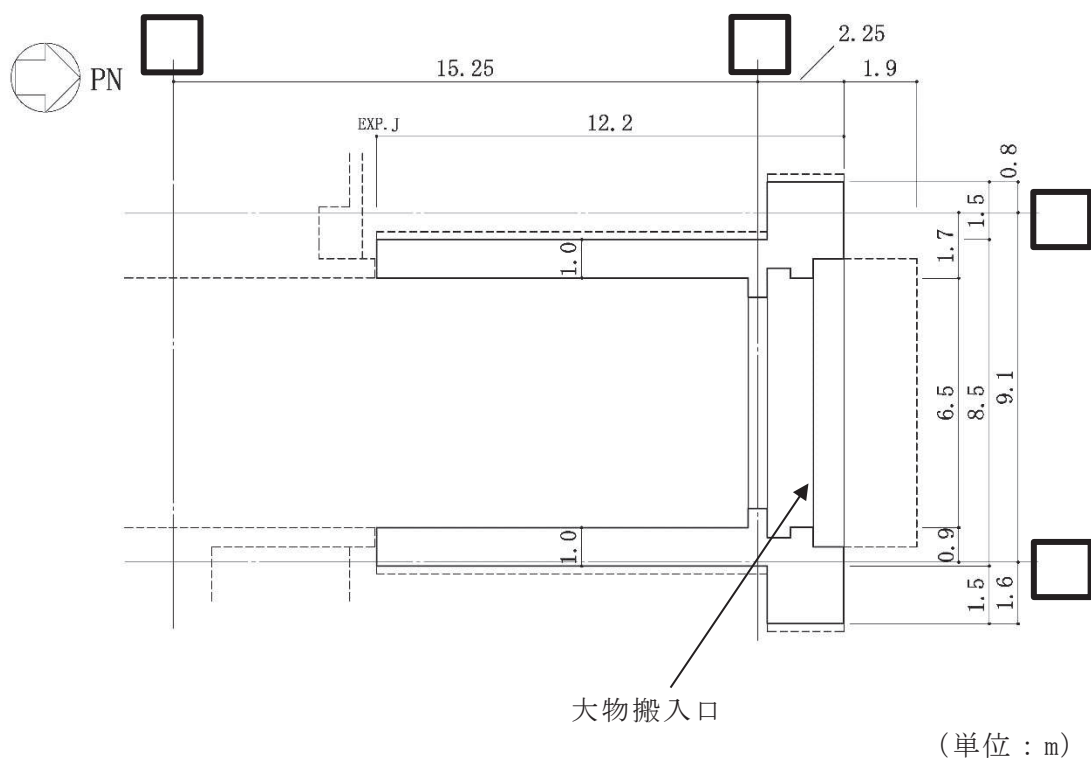
建屋の構造は鉄筋コンクリート造であり、その主たる耐震要素は耐震壁である。

大物搬入口躯体の基礎は、厚さ 2.0m のべた基礎で、原子炉建屋の支持地盤上に配置されたマンメイドロック上に設置されており、原子炉建屋と一体化している。また、耐震壁及び屋根スラブは原子炉建屋とエキスパンションジョイント（以下「EXP. J」という。）を介して接続しており、構造的に分離している。なお、大物搬入口躯体については、耐震性向上の観点から、耐震補強を行うこととし、耐震補強を考慮した評価を行う。耐震補強は、既存耐震壁及び屋根スラブの増厚、大物搬入口周囲の柱・はりフレームの構築により行う。

地震力に対しては、NS 方向では東西に設置されている耐震壁（面内方向）を主な耐震要素として、EW 方向では同耐震壁（面外方向）及び屋根スラブで構成されるフレームを主な耐震要素として設計している。また、大物搬入口取付部は、柱及びはりによるフレーム構造としている。

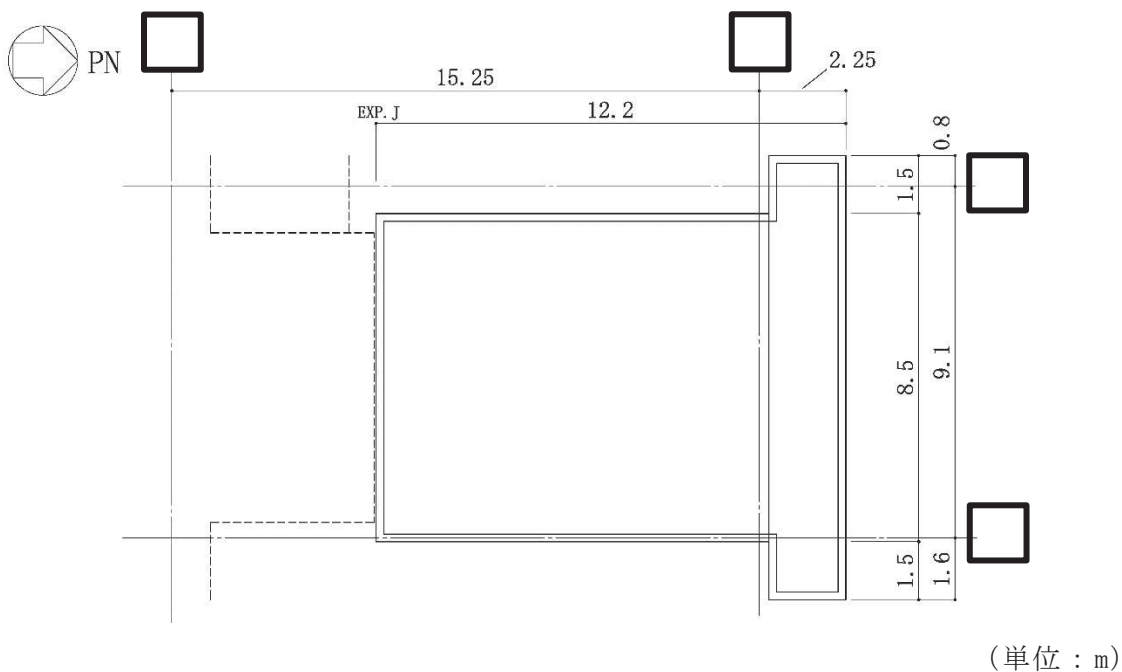
大物搬入口躯体の概略平面図及び概略断面図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。

注記＊ ： 寸法は壁外面押えとする。



注：破線は基礎スラブ及び原子炉建屋の外形を示す。

図 2-3(1) 大物搬入口躯体の概略平面図 (1F, O.P. \* 15.0m)



注：破線は基礎スラブ及び原子炉建屋の外形を示す。

図 2-3(2) 大物搬入口躯体の概略平面図 (RF, O.P. \* 22.6m)

注記＊：O.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり，東京湾平均海面 (T.P.)-0.74m である。

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



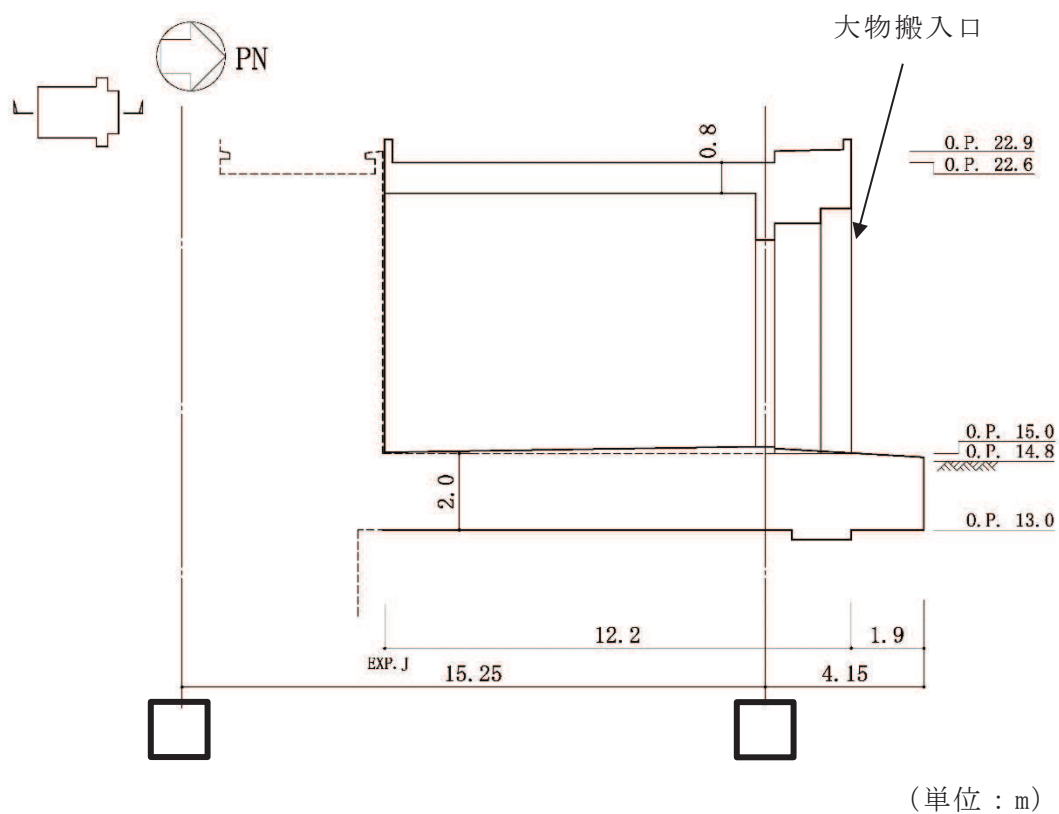


図 2-4(1) 大物搬入口躯体の概略断面図 (NS 方向)

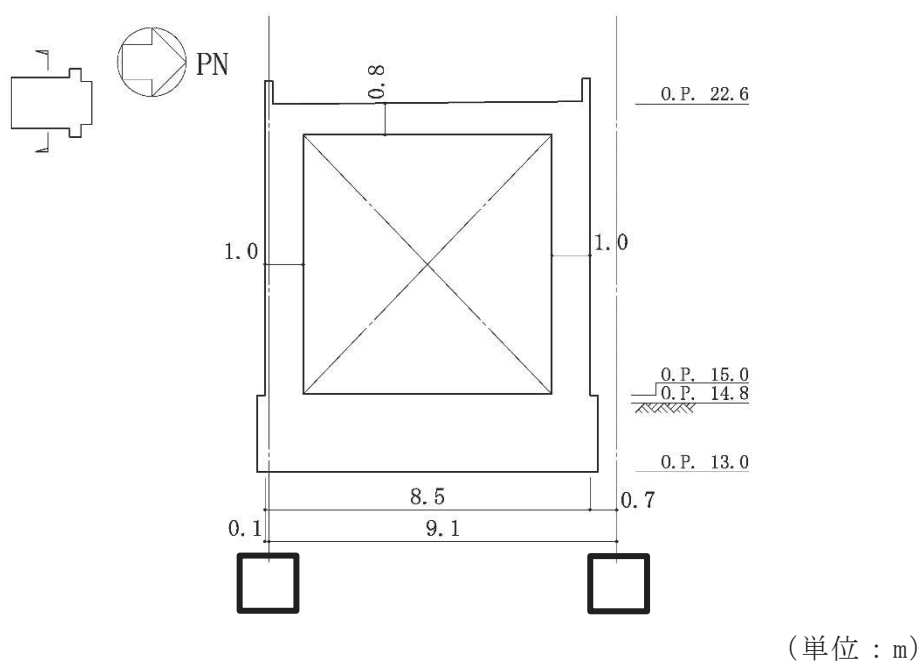


図 2-4(2) 大物搬入口躯体の概略断面図 (EW 方向)

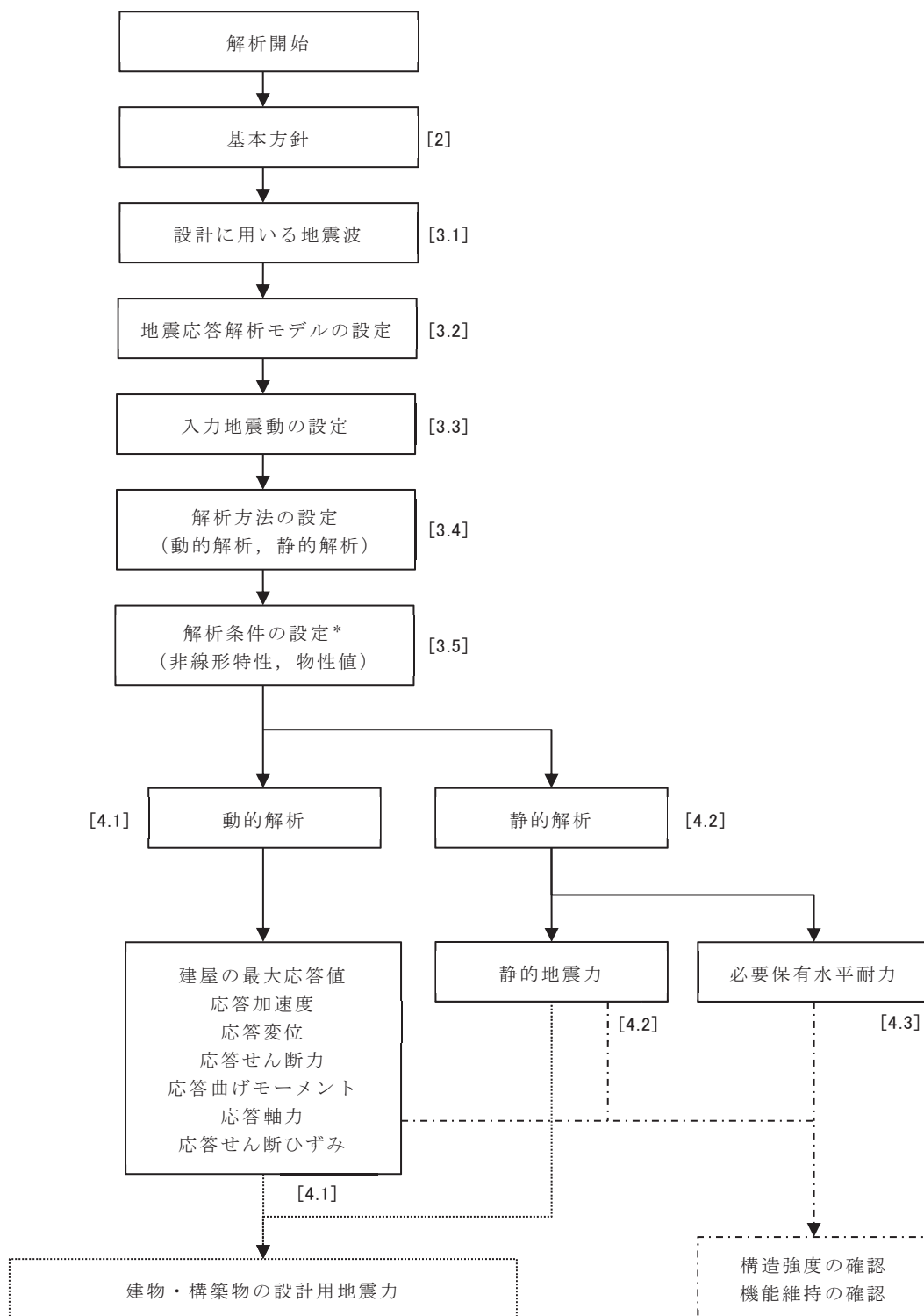
## 2.3 評価方針

大物搬入口躯体の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

地震応答解析フローを図 2-5 に示す。

地震応答解析は、「3.1 設計に用いる地震波」及び「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデルと「3.3 入力地震動」において設定した入力地震動を用いて実施することとし、「3.4 解析方法」及び「3.5 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては、材料物性の不確かさを考慮した建屋の各種応答値を算出する。

「4.2 静的解析」においては静的地震力を、「4.3 必要保有水平耐力」においては必要保有水平耐力を算出する。



注 : [ ]内は, 本資料における章番号を示す。

注記\* : 材料物性の不確かさを考慮する。

図 2-5 地震応答解析フロー

## 2.4 適用規格・基準等

大物搬入口躯体の地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1988 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）
- ・ 2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）（以下「技術基準解説書」という。）

### 3. 解析方法

#### 3.1 設計に用いる地震波

大物搬入口躯体の地震応答解析モデルは、大物搬入口躯体の基礎版が原子炉建屋の1階床スラブと一体となっていることから、基礎版上端（O.P.15.0m）を固定とする基礎固定モデルとする。このモデルへの入力地震動は、添付書類「VI-2-1-2 基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」に示す基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  を用いた原子炉建屋の地震応答解析結果のうち、原子炉建屋1階の床応答波形を用いる。基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  として作成した地震波の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルは、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」と同一である。

### 3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、水平方向及び鉛直方向それぞれについて設定する。

地震応答解析モデルの設定に用いた建物・構築物の物性値を表 3-1 に示す。大物搬入口躯体は既設部と新設部が一体となった構造であることを踏まえ、基本ケースでは新設部の物性値とする。

表 3-1 建物・構築物の物性値

| 使用材料                                                                               | ヤング係数<br>E<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | せん断<br>弾性係数<br>G<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 減衰定数<br>h<br>(%) | 備考      |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------|------------------|---------|
| 鉄筋コンクリート<br>コンクリート：<br>F <sub>c</sub> = 33 (N/mm <sup>2</sup> )<br>鉄筋：SD345, SD490 | 2.52 × 10 <sup>4</sup>             | 1.05 × 10 <sup>4</sup>                   | 5                | 新設部の設計値 |

注：既設部のコンクリートの設計基準強度 F<sub>c</sub> は 32.4N/mm<sup>2</sup> (330kgf/cm<sup>2</sup>) である。

(1) NS 方向

NS 方向の地震応答解析モデルは、大物搬入口躯体の基礎版が原子炉建屋の 1 階床スラブと一体となっていることから、基礎版上端 (O.P. 15.0m) を固定とする基礎固定モデルとする。質点位置は屋根スラブ上面 (O.P. 22.6m) とし、基礎版上面と屋根スラブ上面の中間高さより上部の重量を質点重量とする。曲げせん断要素の断面は耐震壁部分のみを考慮する。質点重量には扉を支持するフレームの柱、はりと重量評価高さ範囲の扉本体の重量を考慮する。

NS 方向の地震応答解析モデルを図 3-1 に、NS 方向の地震応答解析モデルの諸元を表 3-2 に示す。

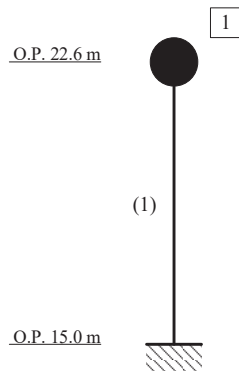


図 3-1 地震応答解析モデル (NS 方向)

表 3-2 地震応答解析モデルの諸元 (NS 方向)

| 質点<br>番号 | 質点重量<br>W<br>(kN) | 回転慣性重量<br>I <sub>G</sub><br>(×10 <sup>3</sup> kN・m <sup>2</sup> ) | 要素<br>番号 | せん断<br>断面積<br>A <sub>S</sub> (m <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>I (m <sup>4</sup> ) |
|----------|-------------------|-------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1        | 5630              | 72.4                                                              | (1)      | 20.4                                           | 176.8                                |
|          |                   |                                                                   |          |                                                |                                      |
| 合計       | 5630              |                                                                   |          |                                                |                                      |

(2) EW 方向

EW 方向の地震応答解析モデルは、大物搬入口躯体の基礎版が原子炉建屋の 1 階床スラブと一体となっていることから、基礎版上端 (O.P. 15.0m) を固定とする基礎固定モデルとする。上部構造部 (耐震壁及び屋根スラブ) は、単位幅のフレームを質点系モデルとしてモデル化し、基礎版上端より上側のフレーム部の非線形特性は、静的荷重漸増解析モデルにより求まる水平方向の荷重－変位曲線から設定した等価せん断要素としてモデル化する。質点位置は、等価せん断要素の部材長さが静的荷重増分解析のフレームモデルの高さに合うように、屋根スラブ中心 (O.P. 22.2m) とする。基礎版上端と屋根スラブ中心の中間高さより上部の重量を質点重量とする。

EW 方向の地震応答解析モデルを図 3-2 に、EW 方向の地震応答解析モデルの諸元を表 3-3 に示す。

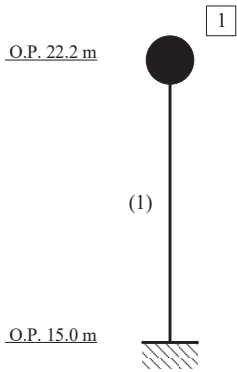


図 3-2 地震応答解析モデル (EW 方向)

表 3-3 地震応答解析モデルの諸元 (EW 方向)

| 質点<br>番号 | 質点重量<br>W<br>(kN) | 回転慣性重量<br>I <sub>G</sub><br>(×10 <sup>3</sup> kN・m <sup>2</sup> ) | 要素<br>番号 | 等価せん断<br>断面積<br>A <sub>S</sub> (m <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>I (m <sup>4</sup> ) |
|----------|-------------------|-------------------------------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1        | 370               | —                                                                 | (1)      | 0.0503                                           | —                                    |
|          |                   |                                                                   |          |                                                  |                                      |
| 合計       | 370               |                                                                   |          |                                                  |                                      |



(3) UD 方向

UD 方向の地震応答解析モデルは、大物搬入口躯体の基礎版が原子炉建屋の 1 階床スラブと一体となっていることから、基礎版上端 (O.P. 15.0m) を固定とする基礎固定モデルとする。質点位置は屋根スラブ上面 (O.P. 22.6m) とし、基礎版上面と屋根スラブ上面の中間高さより上部の重量を質点重量とする。軸断面には耐震壁及び柱部分を考慮する。質点重量には扉を支持するフレームの柱、はりと重量評価高さ範囲の扉本体の重量を考慮する。

UD 方向の地震応答解析モデルを図 3-3 に、UD 方向の地震応答解析モデルの諸元を表 3-4 に示す。

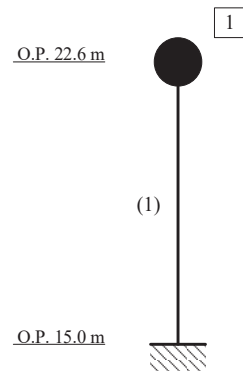


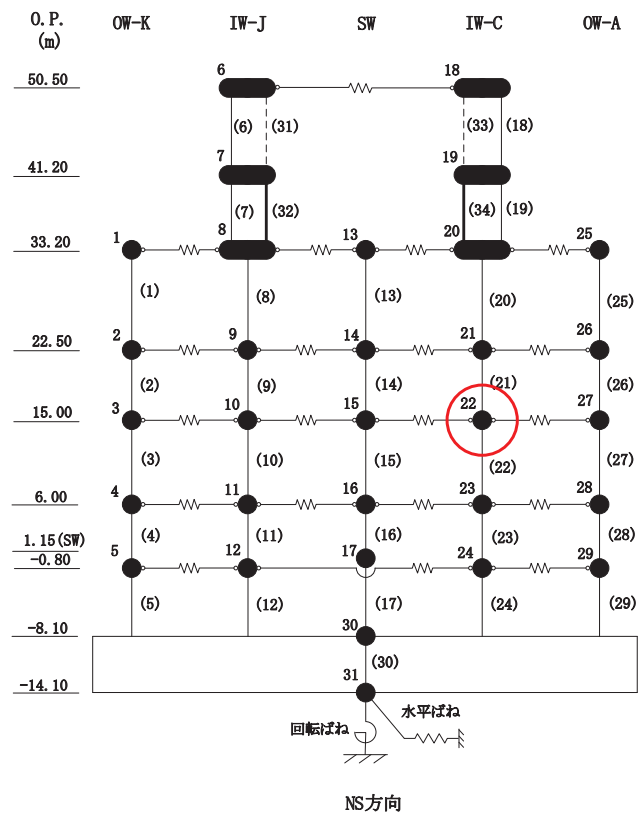
図 3-3 地震応答解析モデル (UD 方向)

表 3-4 地震応答解析モデルの諸元 (UD 方向)

| 質点<br>番号 | 質点重量<br>W<br>(kN) | 要素<br>番号 | 軸断面積<br>A <sub>N</sub> (m <sup>2</sup> ) |
|----------|-------------------|----------|------------------------------------------|
| 1        | 5630              | (1)      | 28.4                                     |
|          |                   |          |                                          |
| 合計       | 5630              |          |                                          |

### 3.3 入力地震動

大物搬入口躯体の地震応答解析に用いる入力地震動は、原子炉建屋の地震応答解析における基本ケースの大物搬入口躯体位置に対応する質点（NS 方向：質点 22，EW 方向：質点 29，UD 方向：質点 8）の床応答とする。床応答を採用した質点位置を図 3－4 に示す。地震応答解析に用いる入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3－5 及び図 3－6 に示す。



○ : 床応答を採用した質点

図 3－4(1) NS 方向の入力地震動として床応答を採用した質点位置

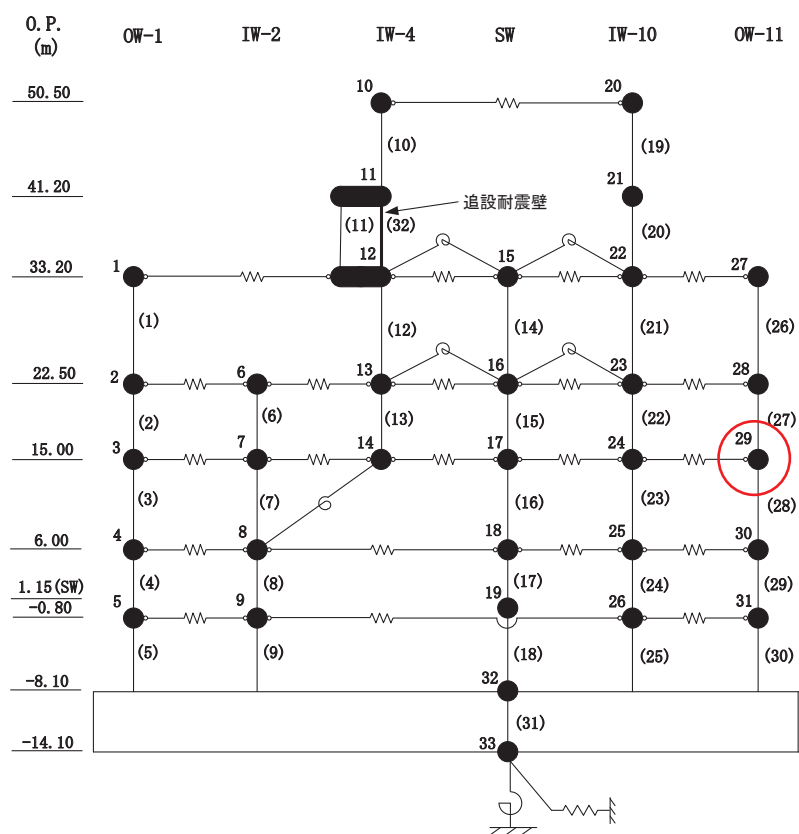
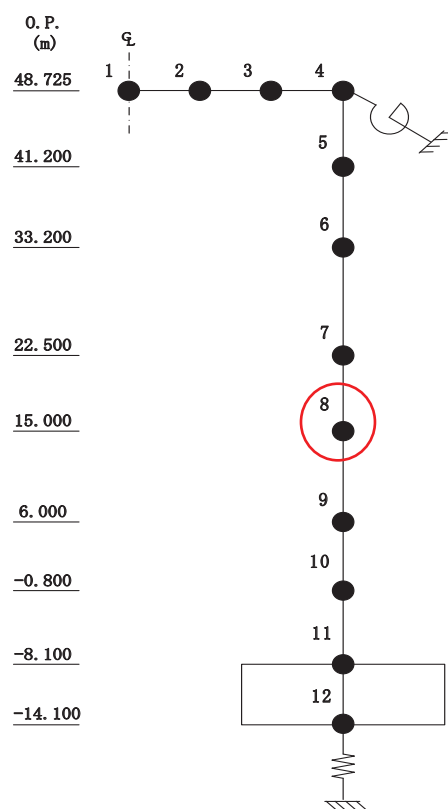
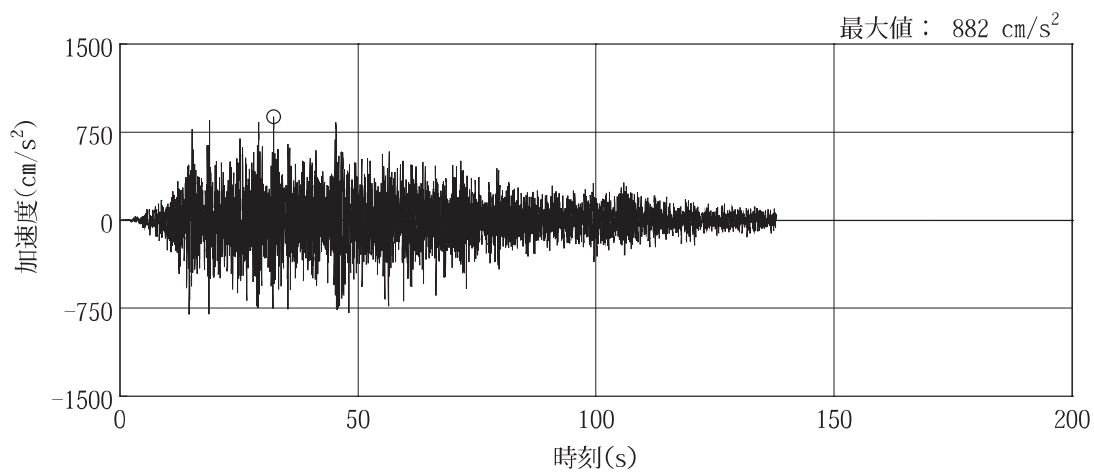


図 3-4(2) EW 方向の入力地震動として床応答を採用した質点位置

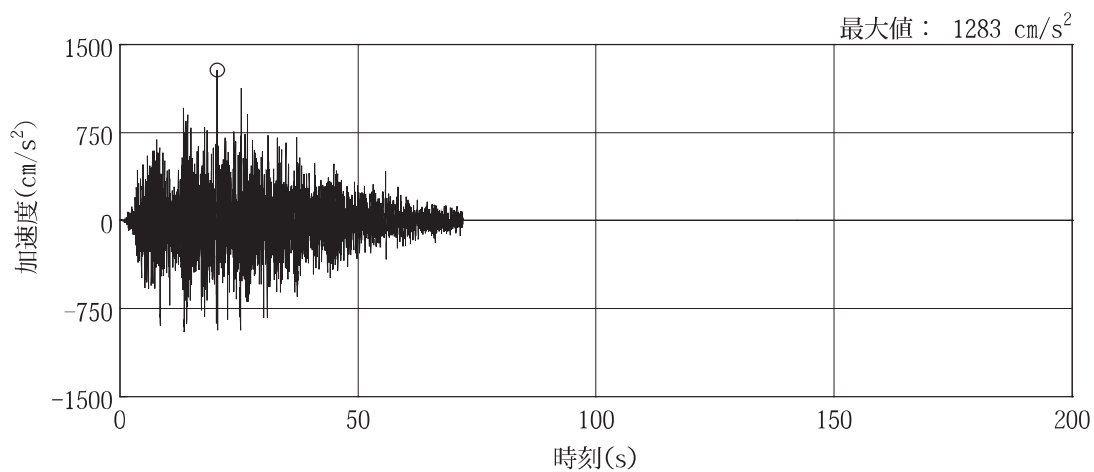


○ : 床応答を採用した質点

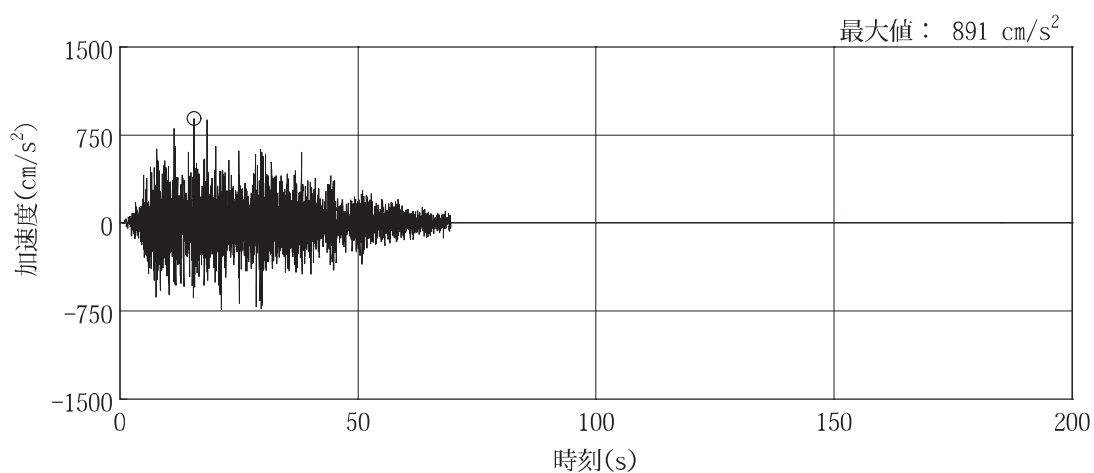
図 3-4(3) UD 方向の入力地震動として床応答を採用した質点位置



(a) S s - D 1

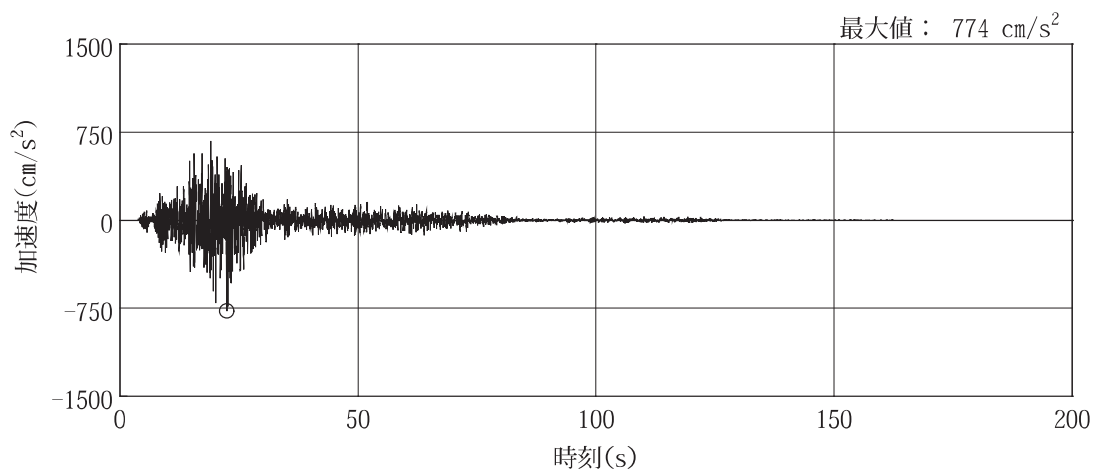


(b) S s - D 2

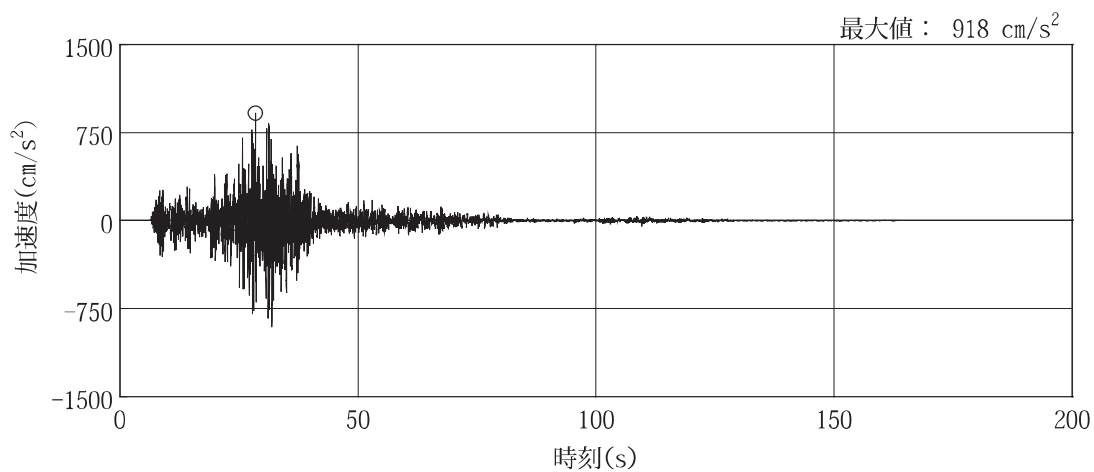


(c) S s - D 3

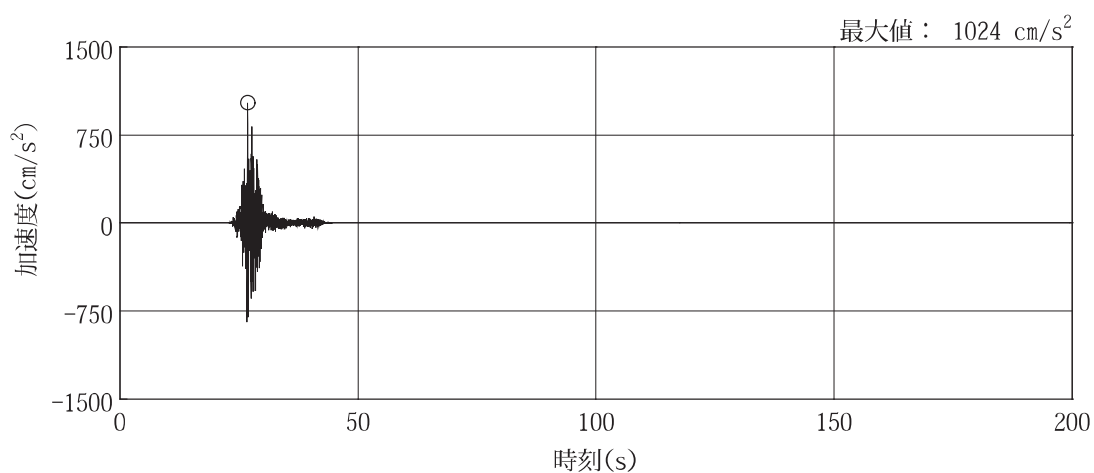
図 3-5(1) NS 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S s）（1/3）



(d) S s - F 1



(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

図 3-5(2) NS 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S s）(2/3)

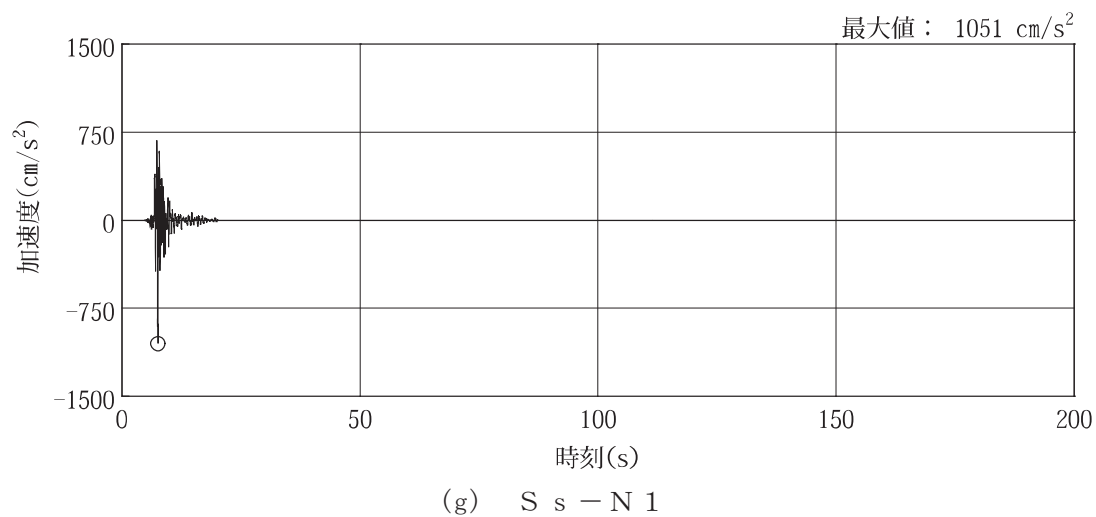
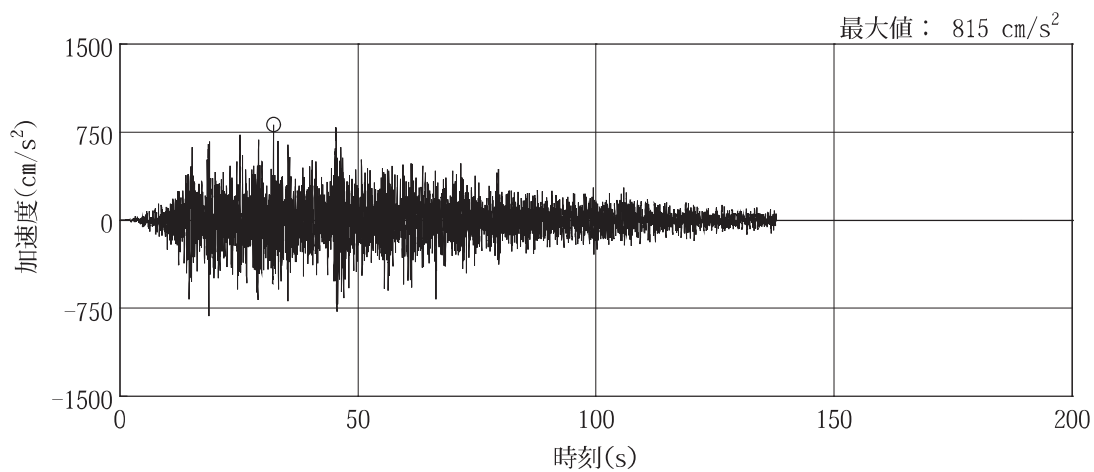
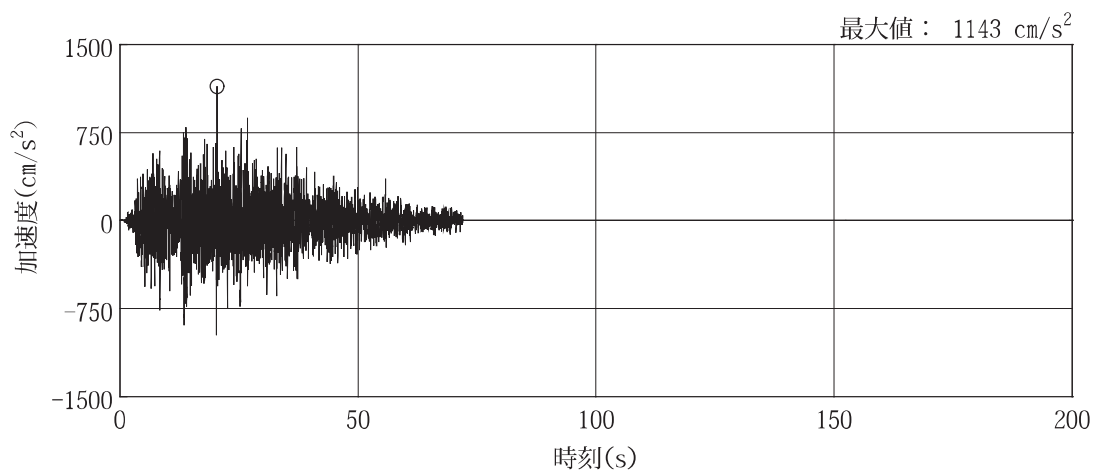


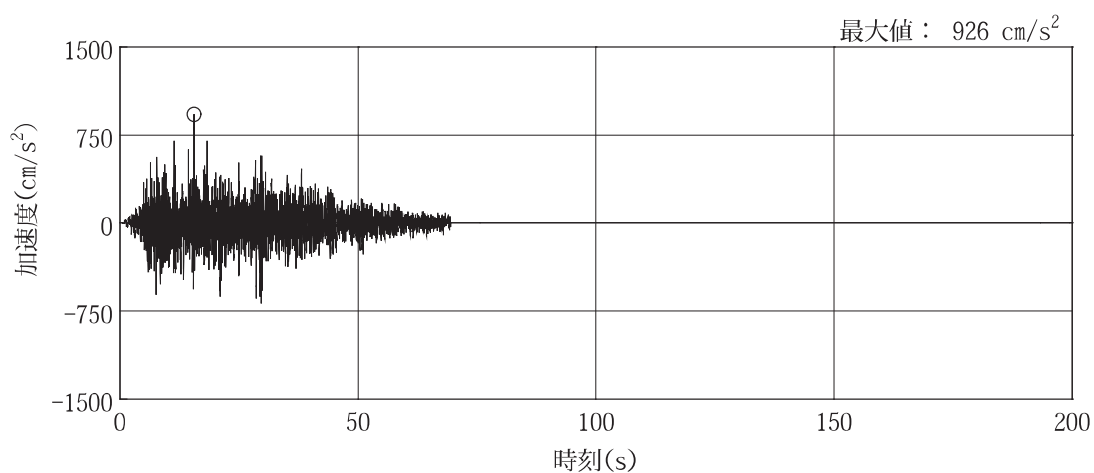
図 3-5(3) NS 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S s）（3/3）



(a) S s - D 1



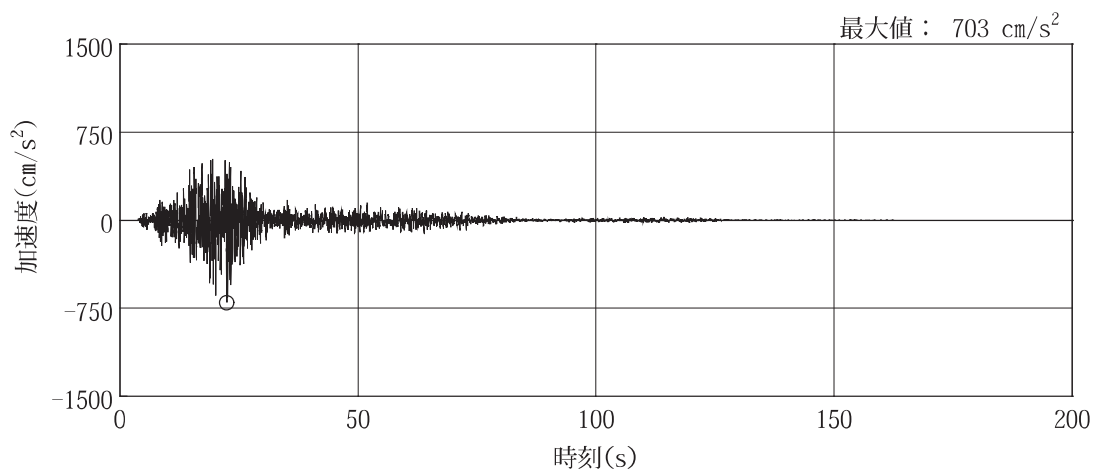
(b) S s - D 2



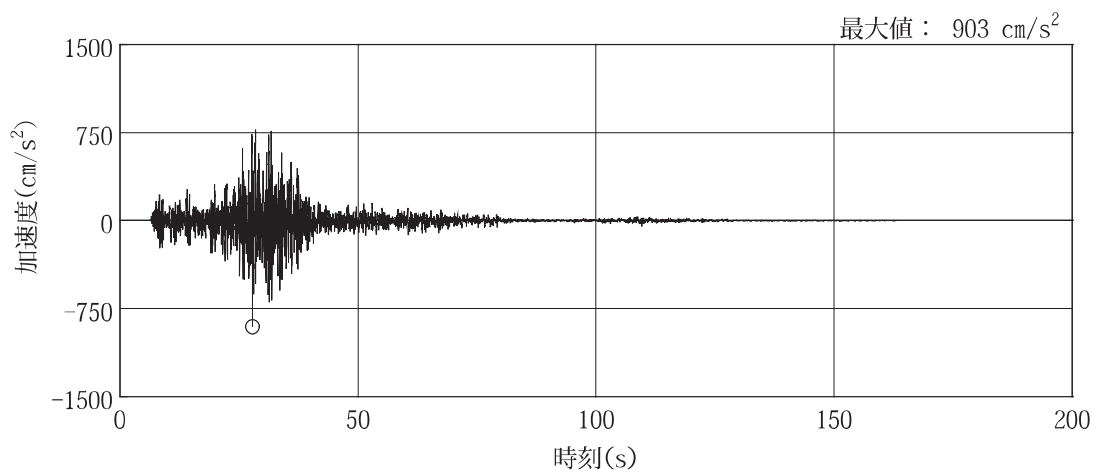
(c) S s - D 3

図 3-5(4) EW 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S s）（1/3）

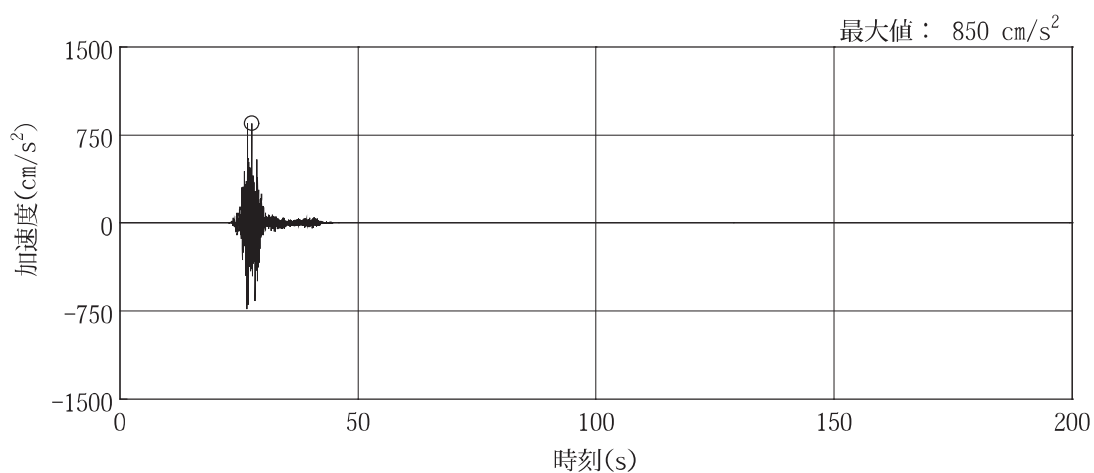




(d) S s - F 1



(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

図 3-5(5) EW 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S s）(2/3)

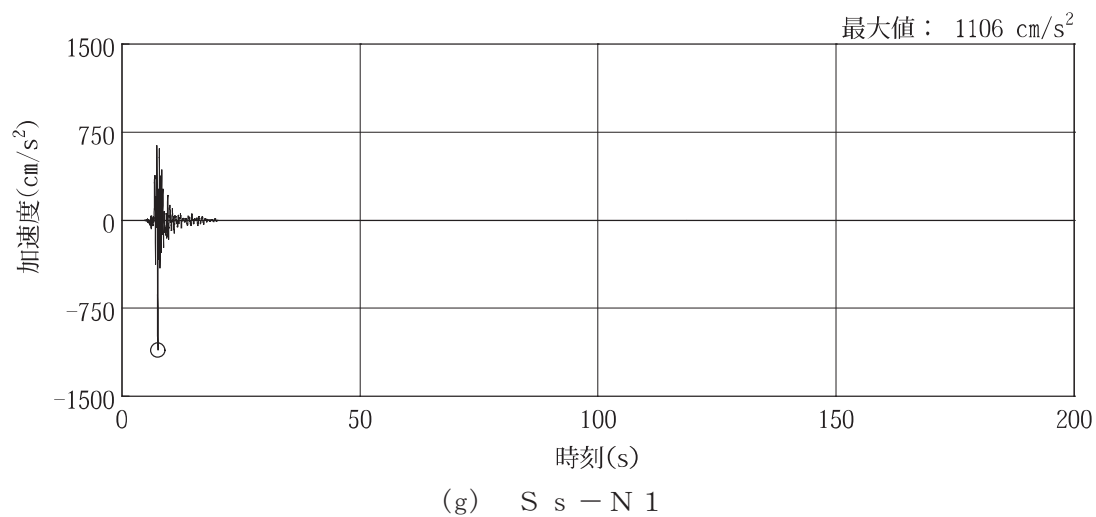
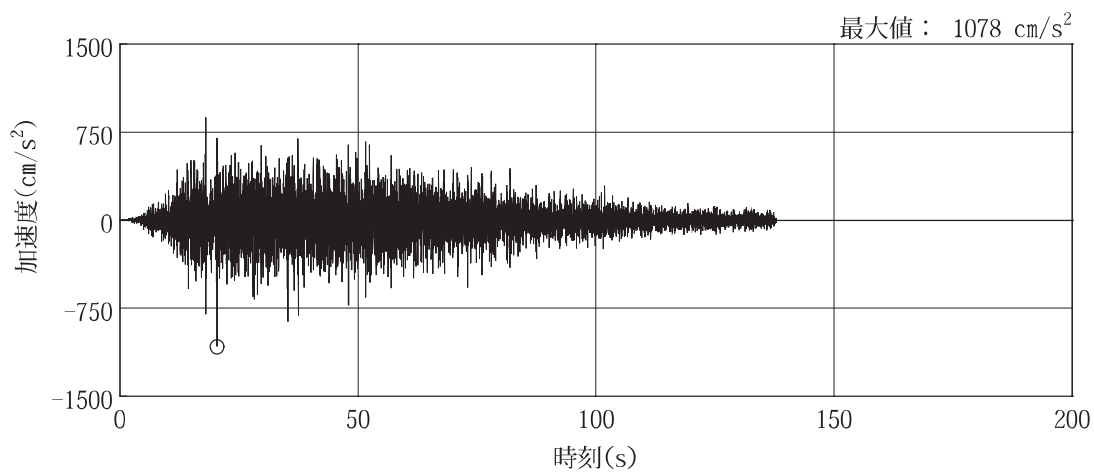
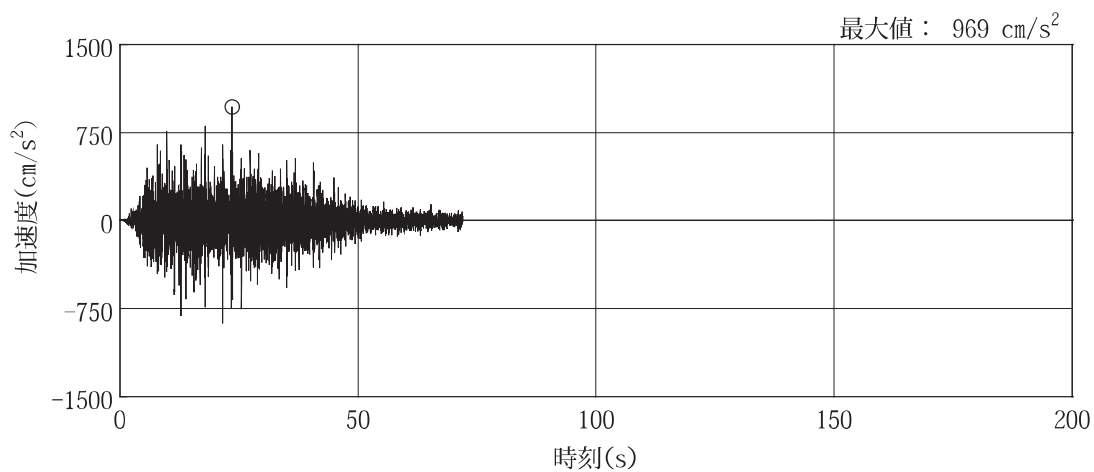


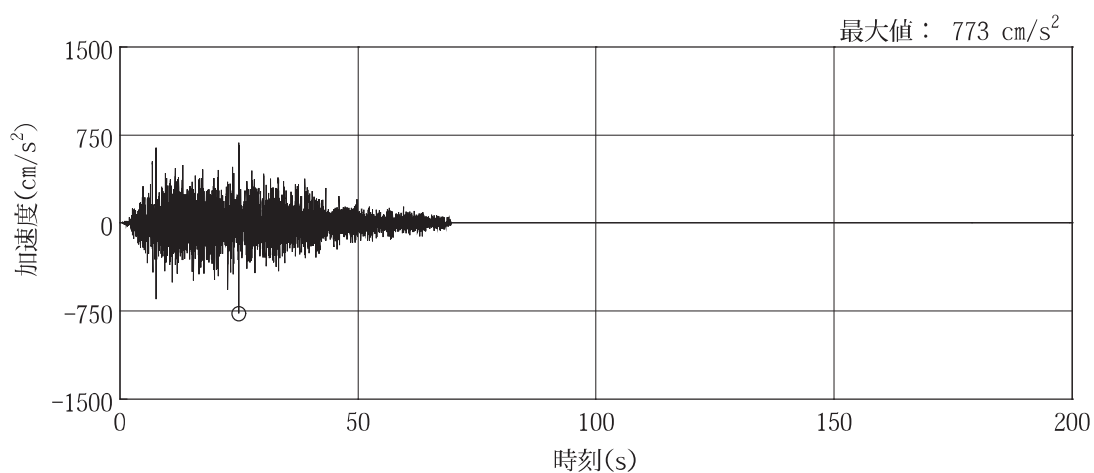
図 3-5(6) EW 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形 (基準地震動 S<sub>s</sub>) (3/3)



(a) S s - D 1

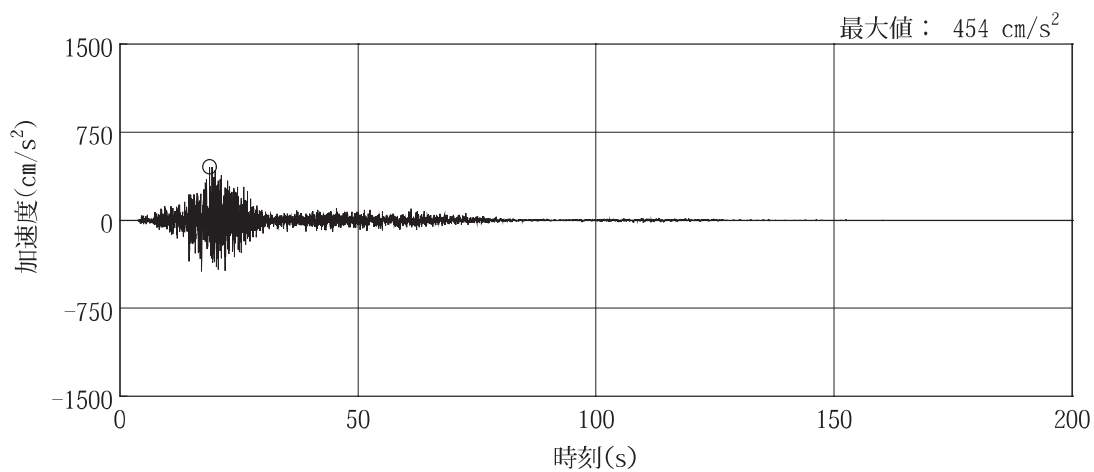


(b) S s - D 2

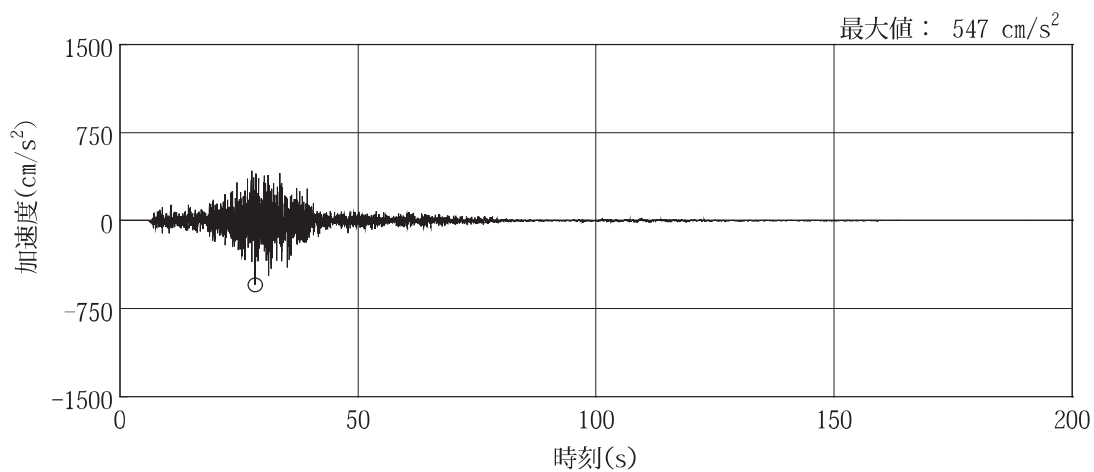


(c) S s - D 3

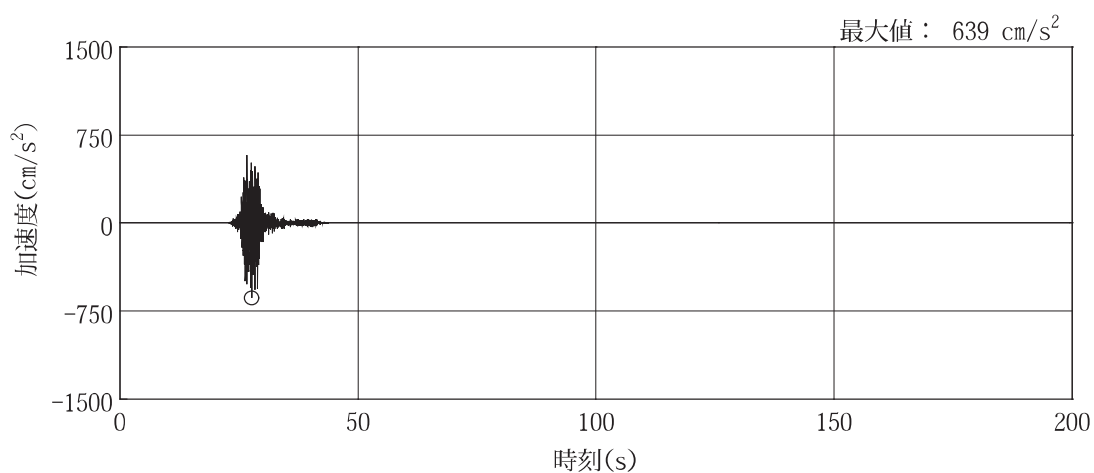
図 3-5(7) UD 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S s）（1/3）



(d) S s - F 1



(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

図 3-5(8) UD 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S s）(2/3)

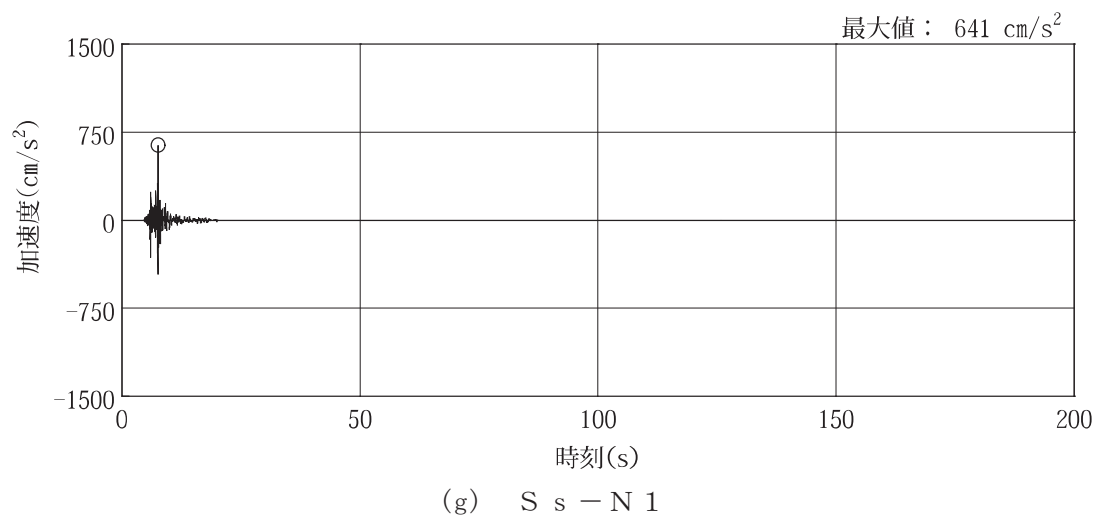
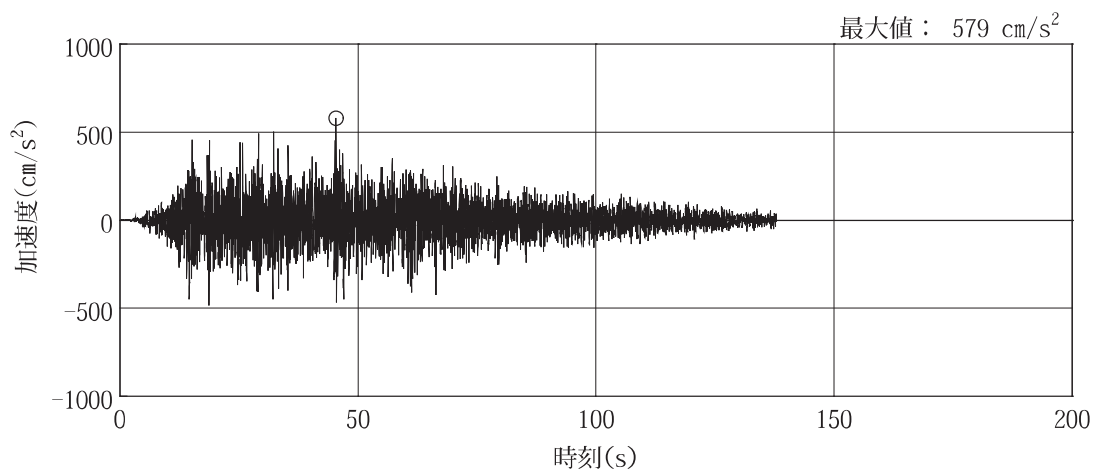
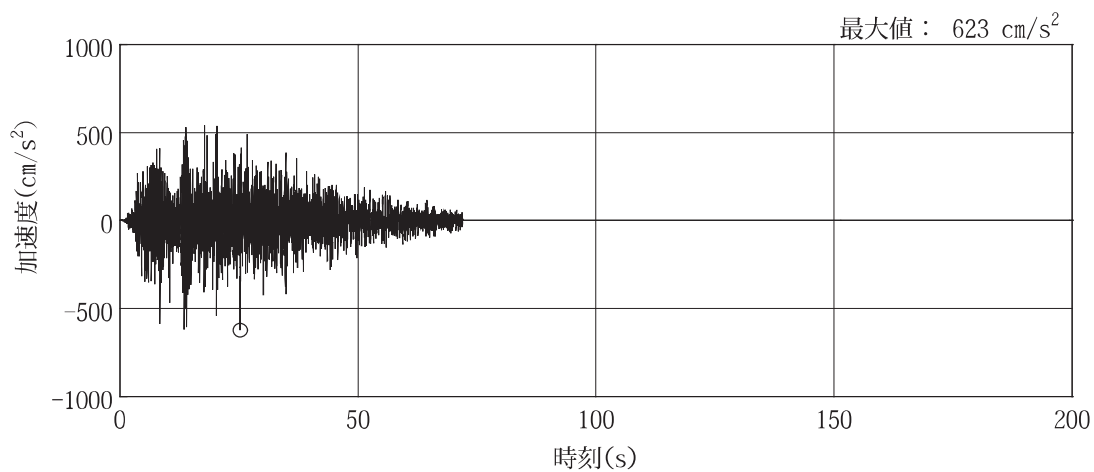


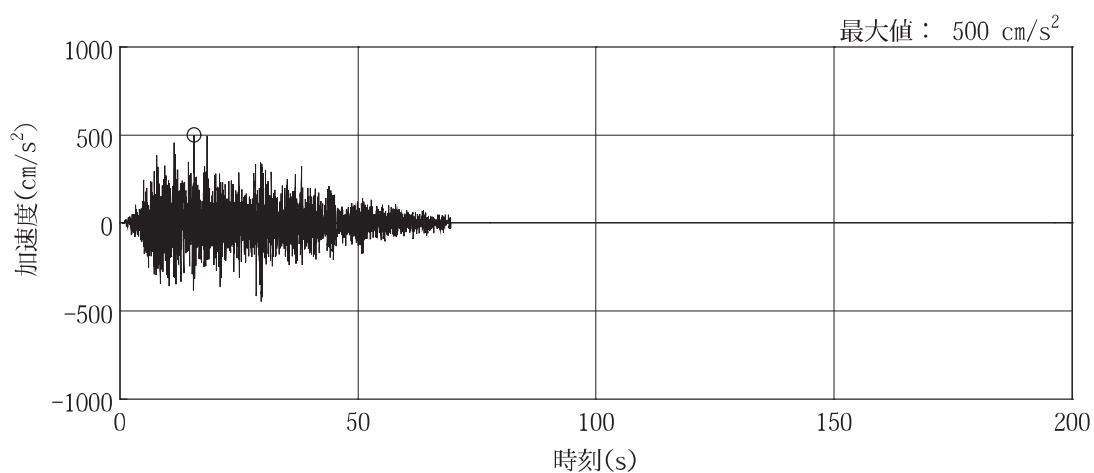
図 3-5(9) UD 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（基準地震動 S s）（3/3）



(a) S d - D 1

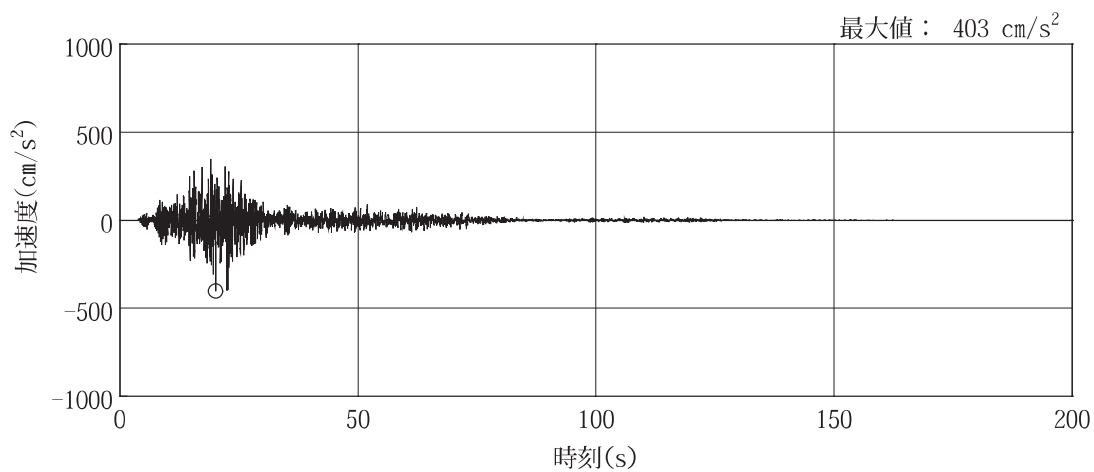


(b) S d - D 2

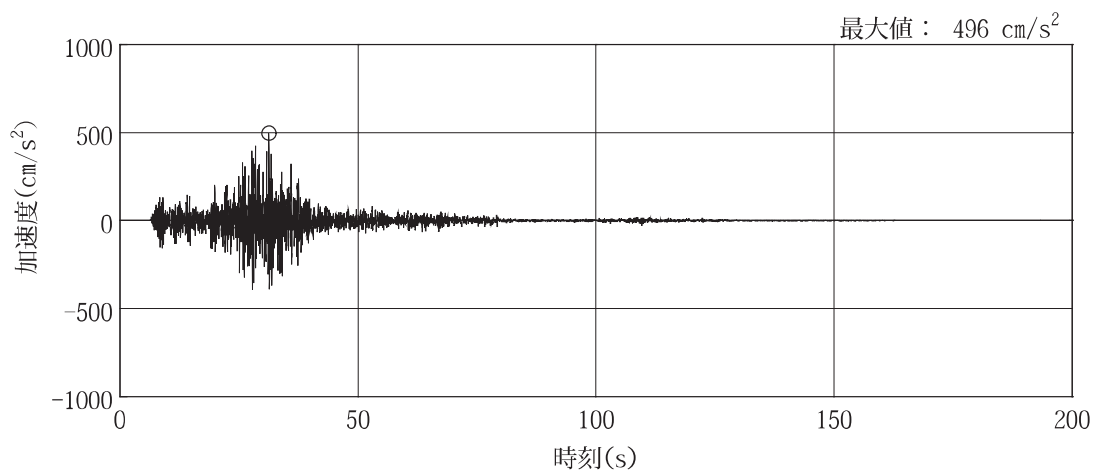


(c) S d - D 3

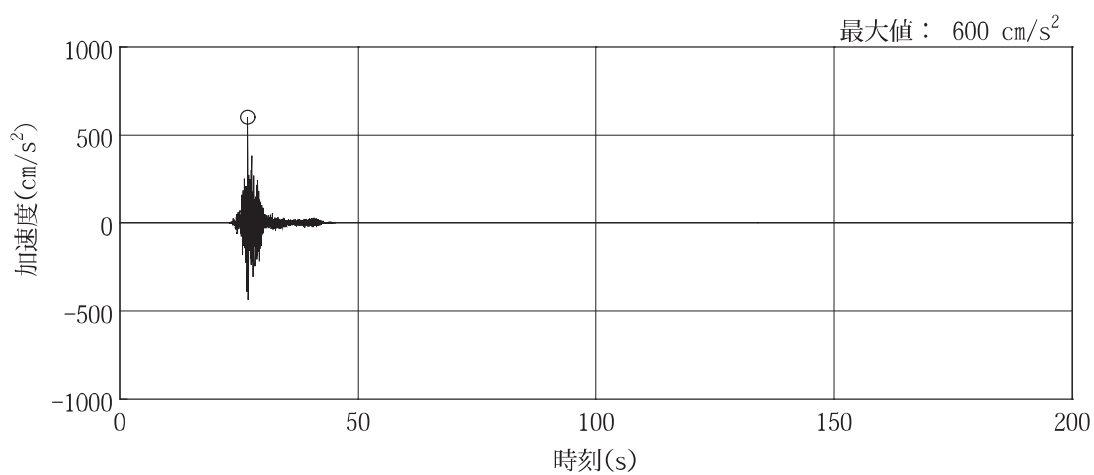
図 3-5(10) NS 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（弾性設計用地震動 S d）（1/3）



(d) S d - F 1



(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

図 3-5(11) NS 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（弾性設計用地震動 S d）（2/3）

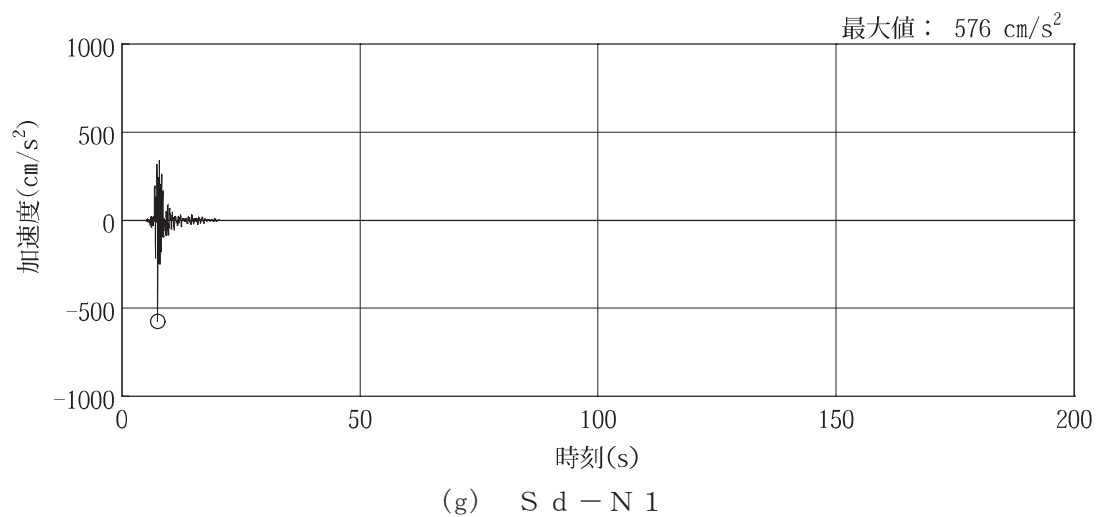
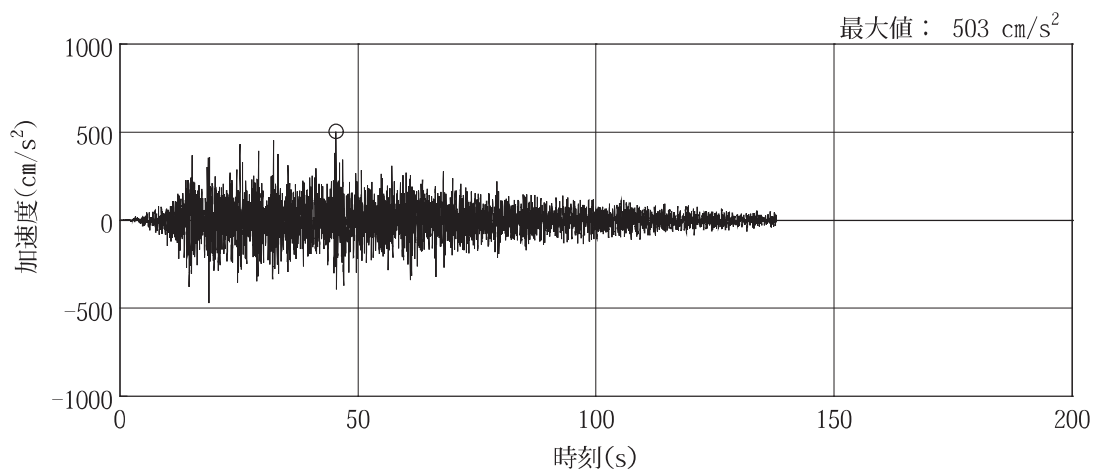
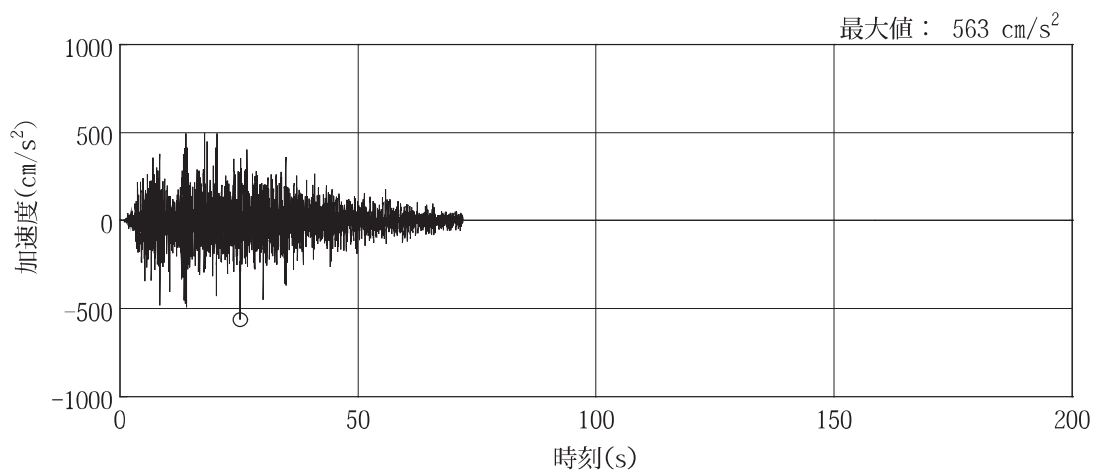


図 3-5(12) NS 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（弾性設計用地震動 S d）（3/3）

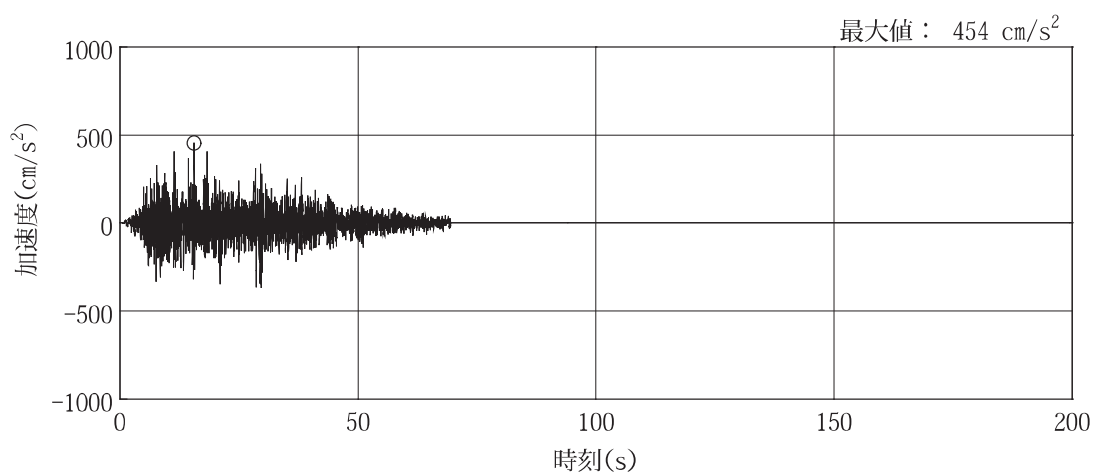




(a) S d - D 1

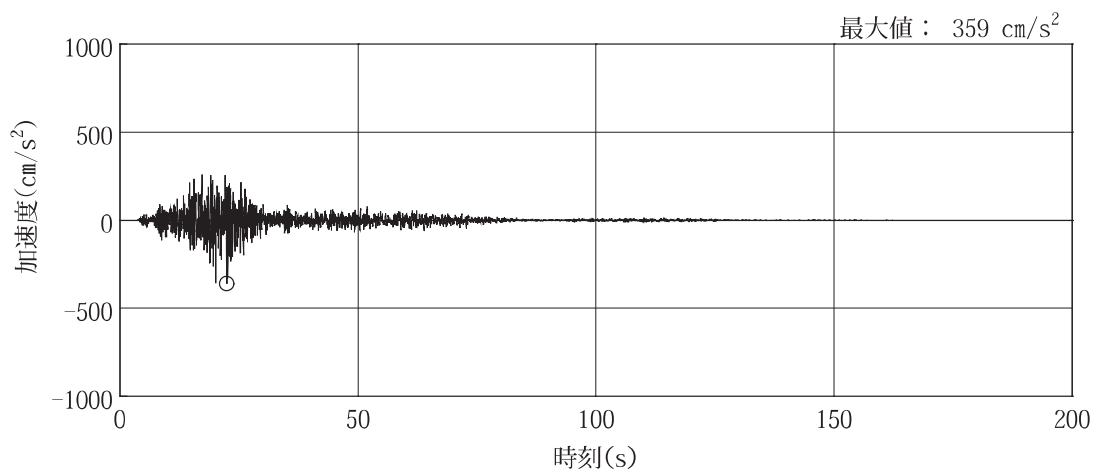


(b) S d - D 2

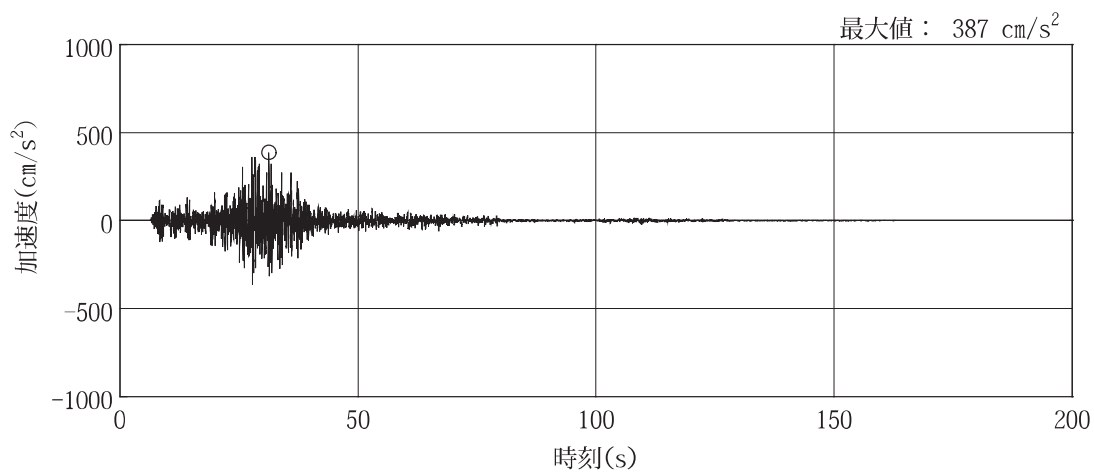


(c) S d - D 3

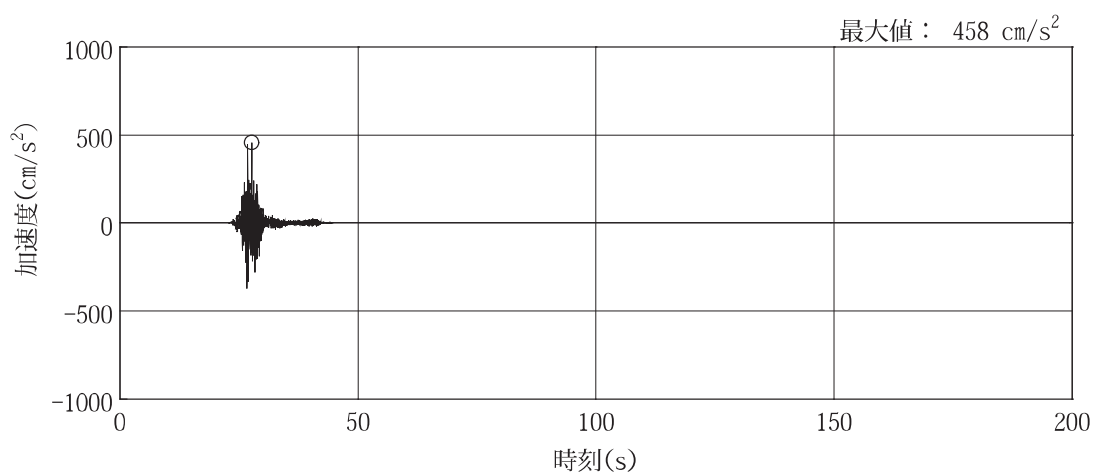
図 3-5(13) EW 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（弾性設計用地震動 S d）（1/3）



(d) S d - F 1



(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

図 3-5(14) EW 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（弾性設計用地震動 S d）（2/3）

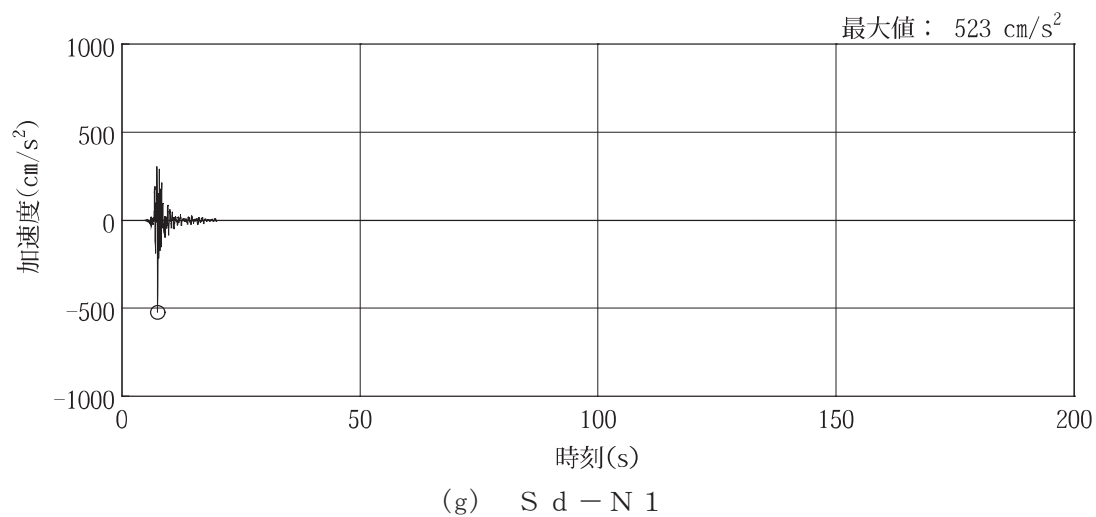
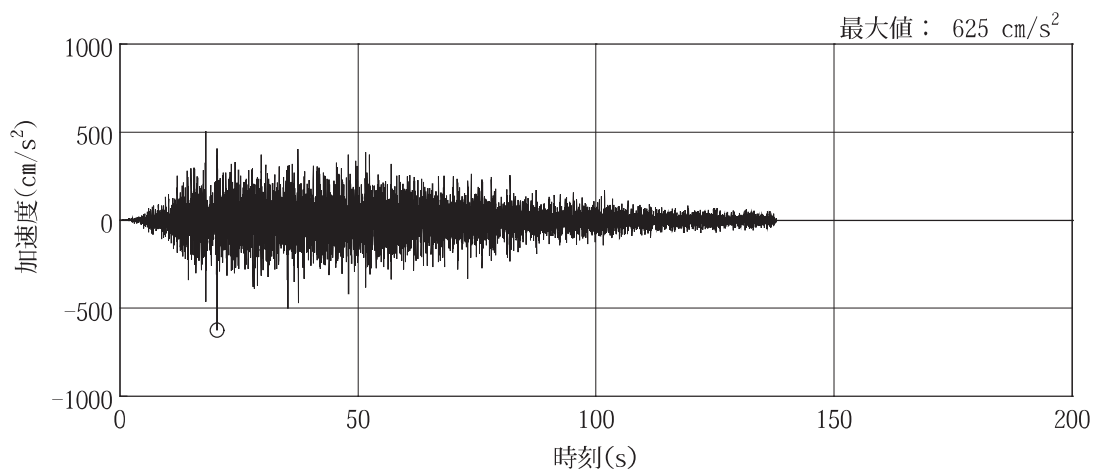
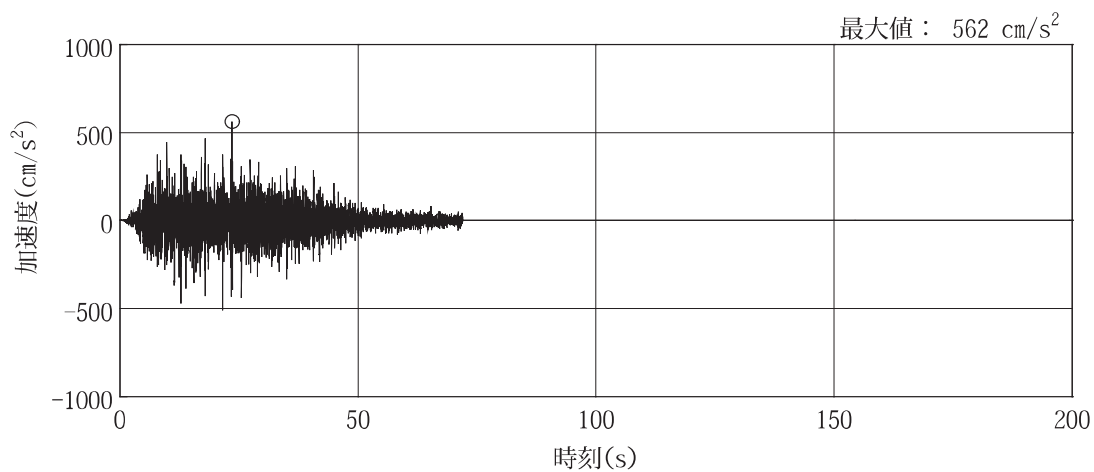


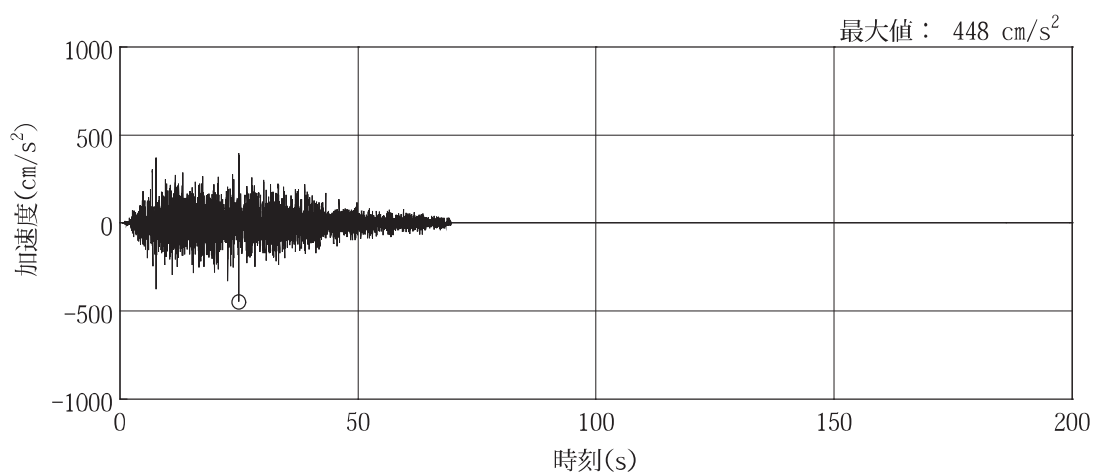
図 3-5(15) EW 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（弾性設計用地震動 S d）(3/3)



(a) S d - D 1

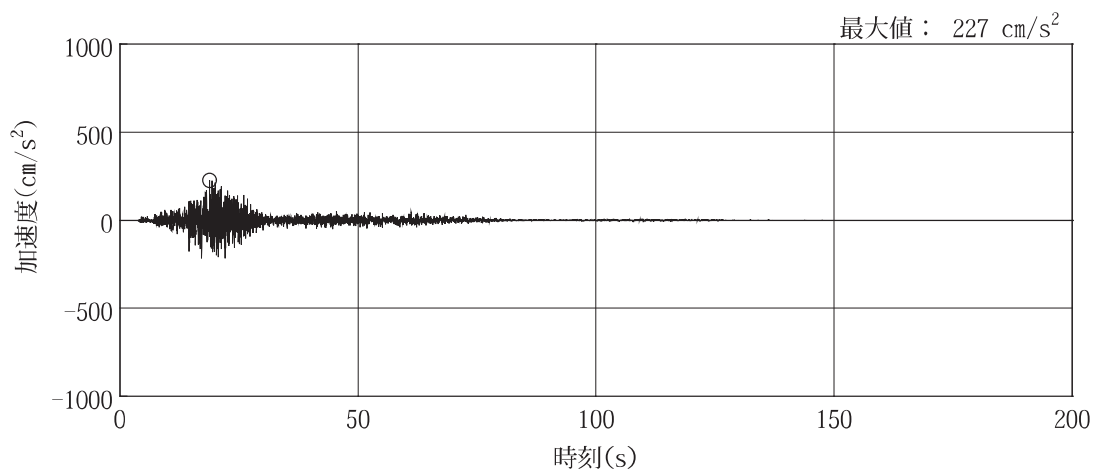


(b) S d - D 2

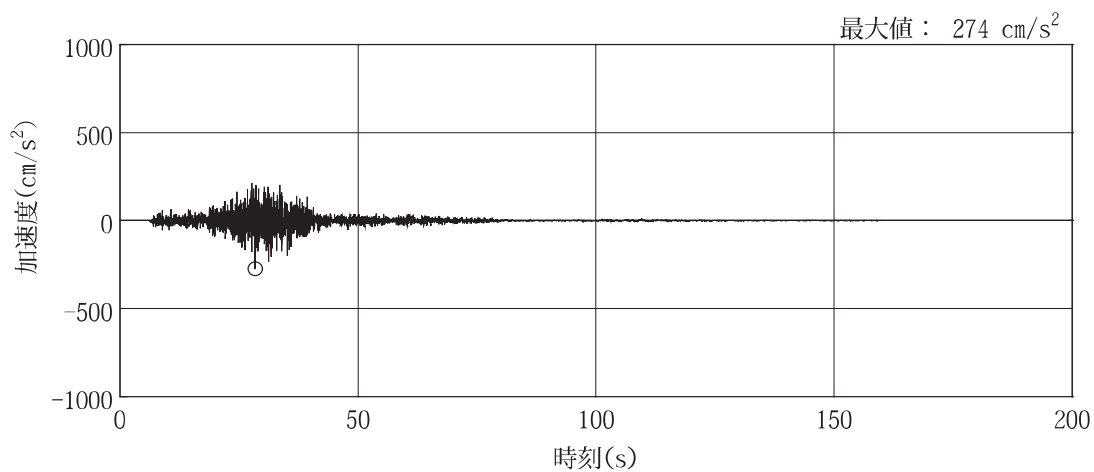


(c) S d - D 3

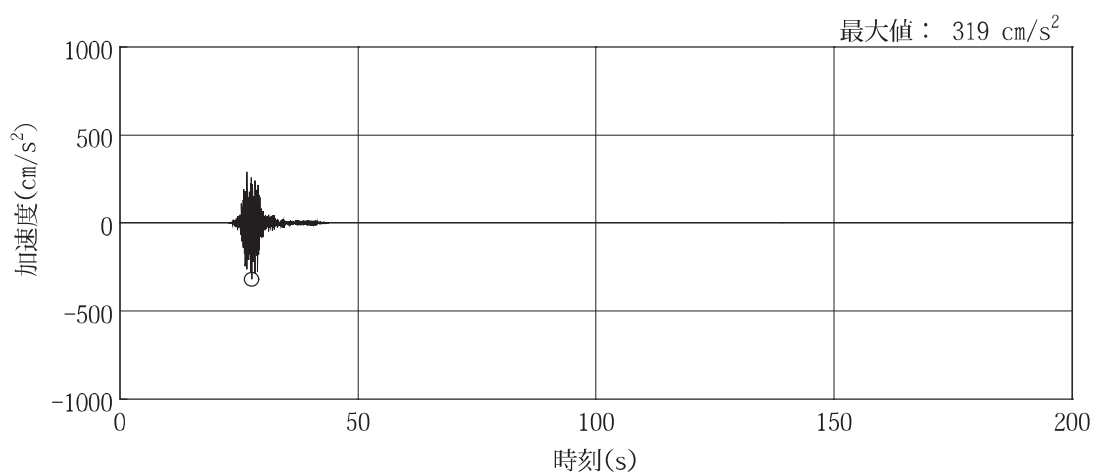
図 3-5(16) UD 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（弾性設計用地震動 S d）（1/3）



(d) S d - F 1



(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

図 3-5(17) UD 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形 (弾性設計用地震動 S d) (2/3)

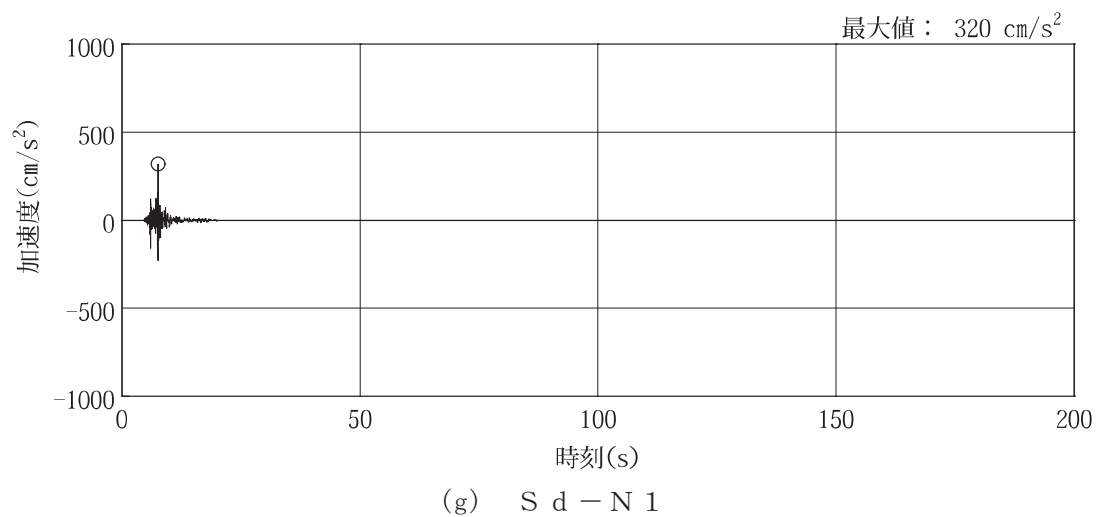


図 3-5(18) UD 方向の入力地震動の加速度時刻歴波形（弾性設計用地震動 S d）（3/3）

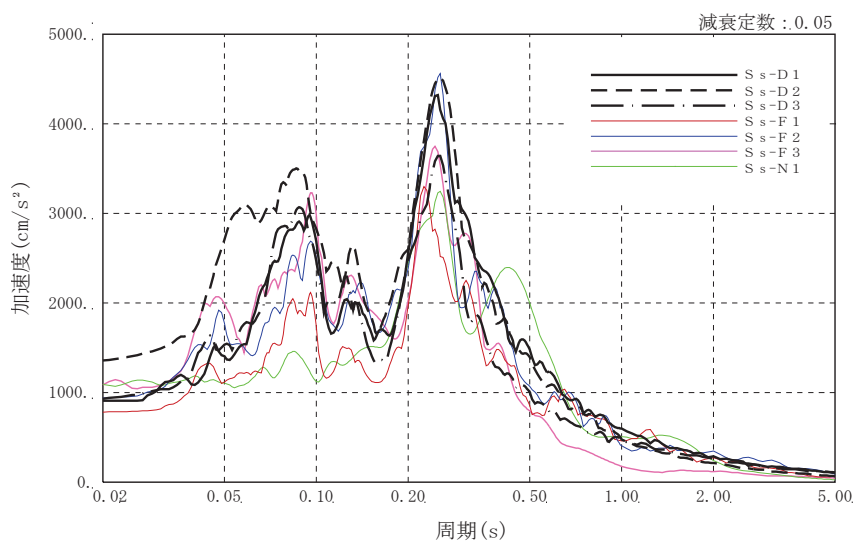


図 3-6(1) NS 方向の入力地震動の加速度応答スペクトル（基準地震動  $S_s$ ）

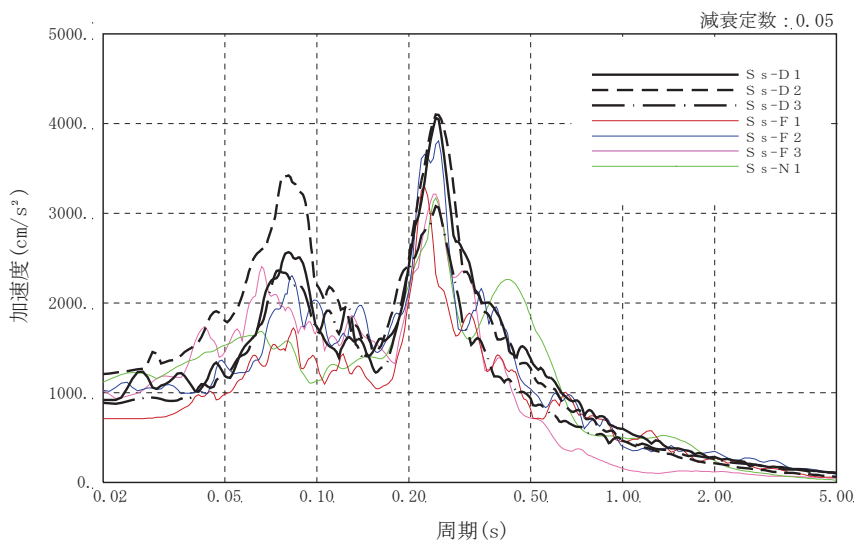


図 3-6(2) EW 方向の入力地震動の加速度応答スペクトル（基準地震動  $S_s$ ）

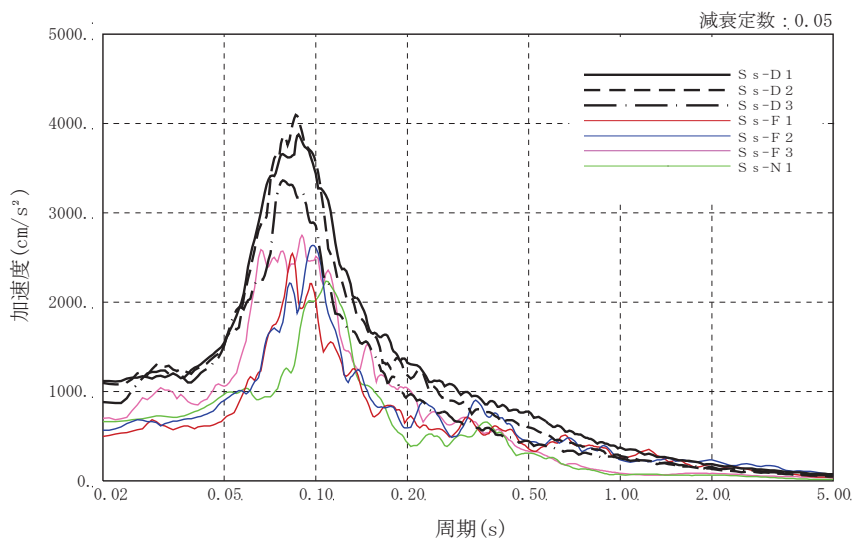


図 3-6(3) UD 方向の入力地震動の加速度応答スペクトル（基準地震動  $S_s$ ）

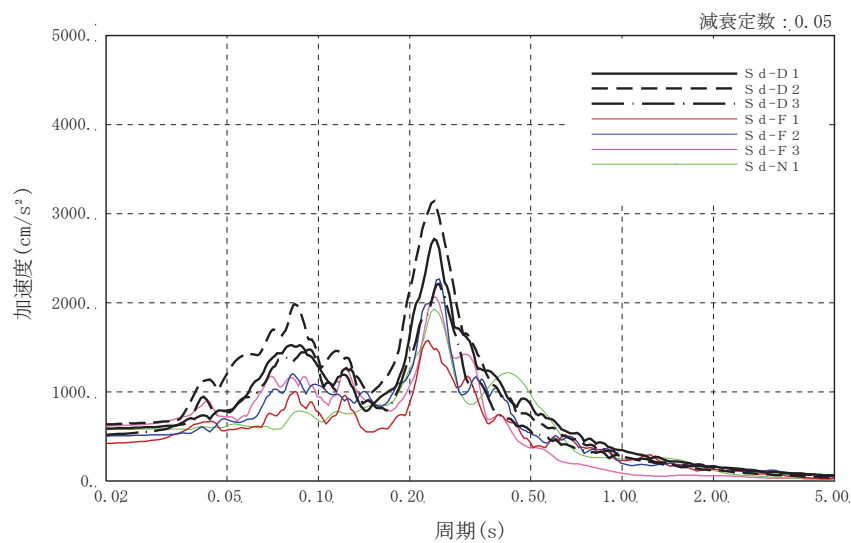


図 3-6(4) NS 方向の入力地震動の加速度応答スペクトル（弾性設計用地震動 S d）

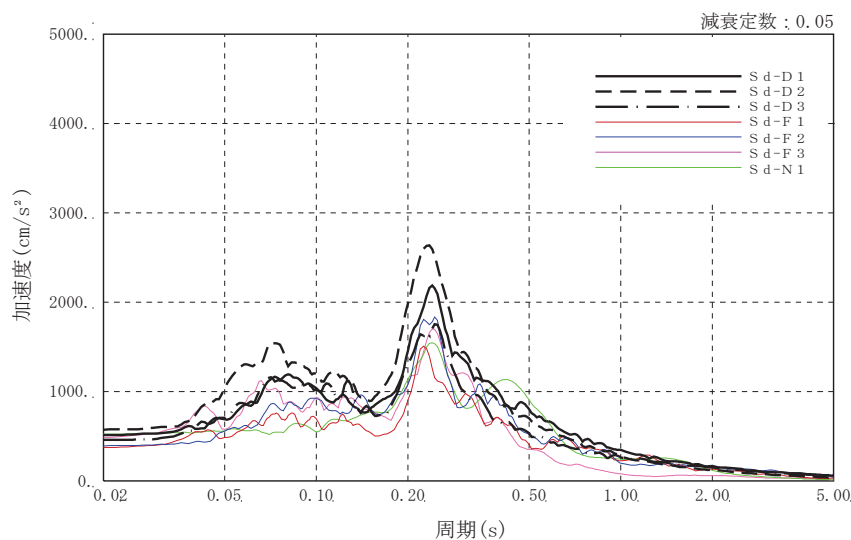


図 3-6(5) EW 方向の入力地震動の加速度応答スペクトル（弾性設計用地震動 S d）

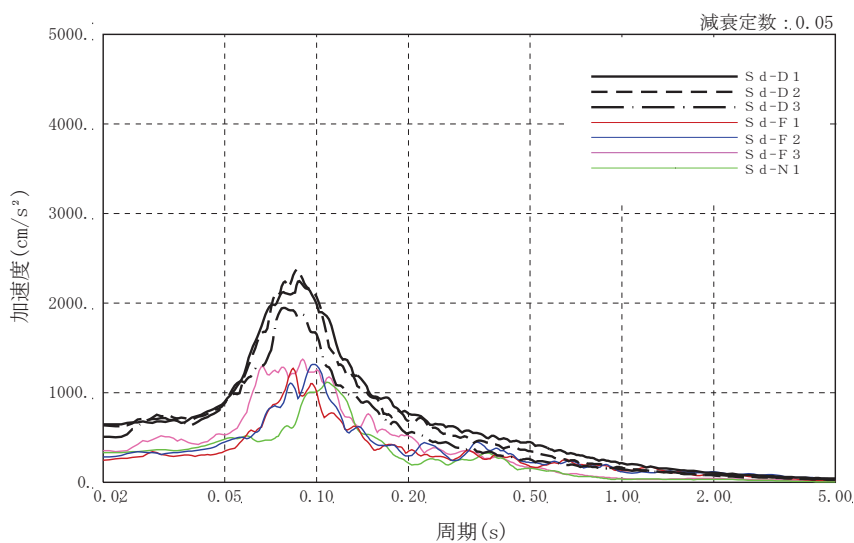


図 3-6(6) UD 方向の入力地震動の加速度応答スペクトル（弾性設計用地震動 S d）



### 3.4 解析方法

大物搬入口躯体の地震応答解析には、解析コード「NUPP4」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.4.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、時刻歴応答解析により実施する。動的解析により建屋の応答値を算出する。

#### 3.4.2 静的解析

##### (1) 水平地震力

水平地震力算定用の基準面は基礎スラブ上端位置（0.P.15.0m）とし、基準面より上の部分の地震力は、地震層せん断力係数を用いた次式にて算定する。

$$Q_i = n \cdot Z \cdot C_i \cdot W_i \quad (3.4)$$

$$C_i = R_t \cdot A_i \cdot C_0 \quad (3.5)$$

ここで、

$Q_i$  : 第  $i$  層に生じる水平地震力

$n$  : 施設の重要度分類に応じた係数 (3.0)

$Z$  : 地震地域係数 (1.0)

$C_i$  : 第  $i$  層の地震層せん断力係数

$W_i$  : 第  $i$  層が支える重量

$R_t$  : 振動特性係数 (0.8)

$A_i$  : 第  $i$  層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数 (0.2)

### 3.4.3 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 $Q_{un}$ は、次式により算出する。

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud} \quad (3.8)$$

ここで、

$D_s$  : 各層の構造特性係数

$F_{es}$  : 各層の形状特性係数

$$F_{es} = F_s \cdot F_e$$

$F_s$  : 剛性率に応じた数値

$F_e$  : 偏心率に応じた数値

地震力によって各層に生じる水平力 $Q_{ud}$ は、次式により算出する。

$$Q_{ud} = n \cdot C_i \cdot W_i \quad (3.9)$$

ここで、

$n$  : 施設の重要度分類に応じた係数 (1.0)

$C_i$  : 第  $i$  層の地震層せん断力係数

$W_i$  : 第  $i$  層が支える重量

地震層せん断力係数 $C_i$ は、次式により算出する。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0 \quad (3.10)$$

ここで、

$Z$  : 地震地域係数 (1.0)

$R_t$  : 振動特性係数 (0.8)

$A_i$  : 第  $i$  層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

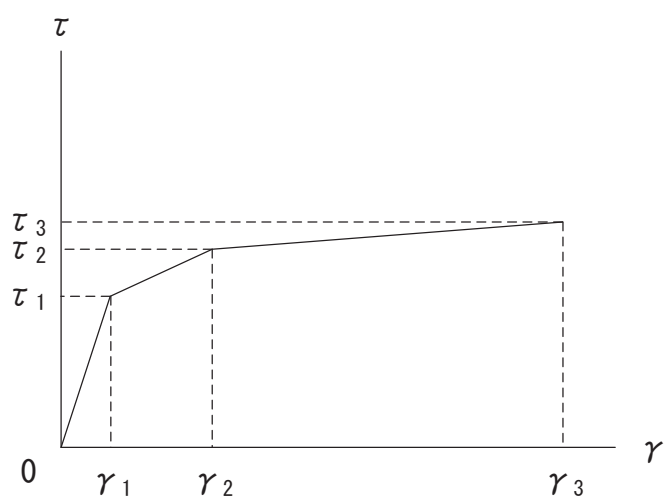
$C_0$  : 標準せん断力係数 (1.0)

### 3.5 解析条件

#### 3.5.1 建物・構築物の復元力特性

##### (1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

NS 方向モデルの耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）は，「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき，トリリニア型スケルトンカーブとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図 3-7 に示す。

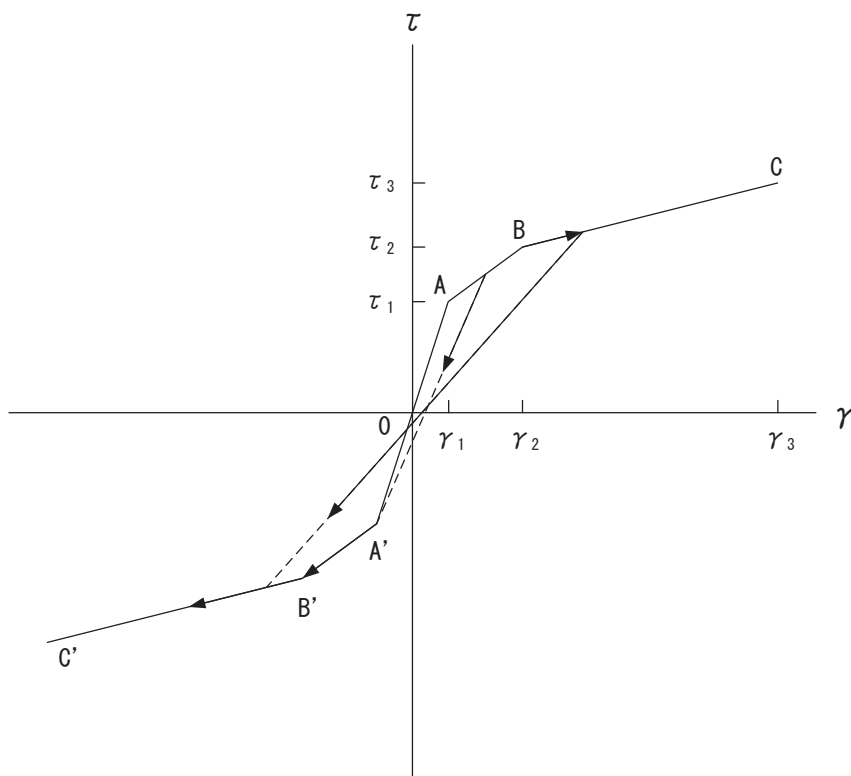


- $\tau_1$  : 第 1 折点のせん断応力度
- $\tau_2$  : 第 2 折点のせん断応力度
- $\tau_3$  : 終局点のせん断応力度
- $\gamma_1$  : 第 1 折点のせん断ひずみ
- $\gamma_2$  : 第 2 折点のせん断ひずみ
- $\gamma_3$  : 終局点のせん断ひずみ ( $=4.0 \times 10^{-3}$ )

図 3-7 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

NS 方向モデルの耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は，「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき，最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を図 3-8 に示す。

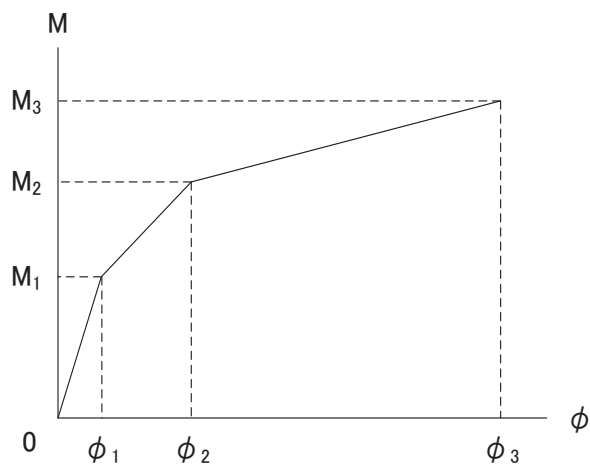


- 0-A 間：弾性範囲
- A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし，負側最大点が高第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- B-C 間：負側最大点指向
- 各最大点は，スケルトン上を移動することにより更新される。
- 安定ループは面積を持たない。

図 3-8 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 ( $M-\phi$  関係)

NS 方向モデルの耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 ( $M-\phi$  関係) は, 「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき, トリリニア型スケルトンカーブとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を図 3-9 に示す。



$M_1$  : 第 1 折点の曲げモーメント

$M_2$  : 第 2 折点の曲げモーメント

$M_3$  : 終局点の曲げモーメント

$\phi_1$  : 第 1 折点の曲率

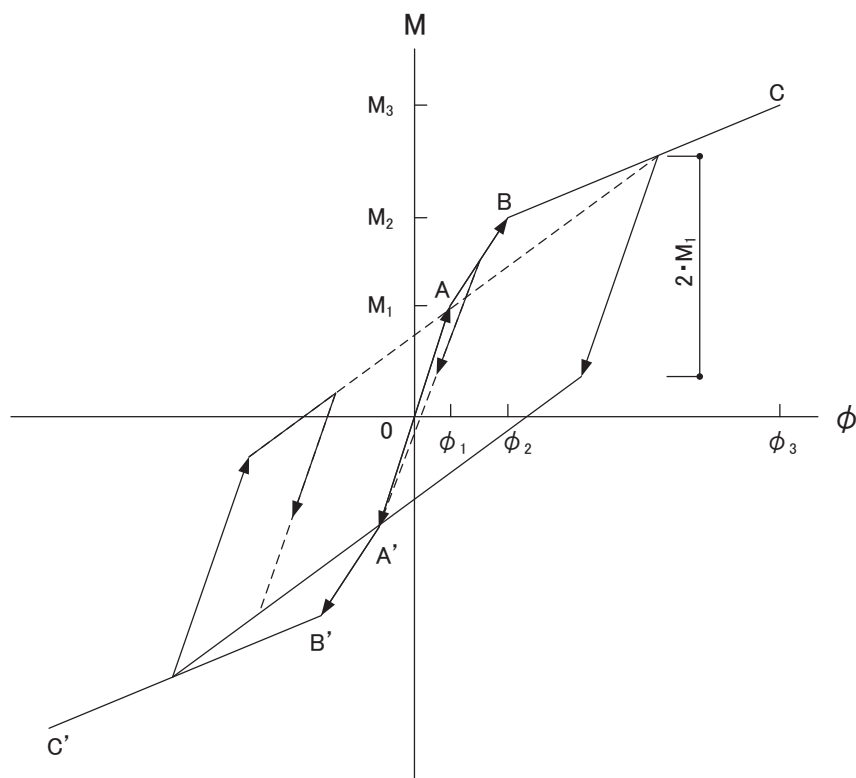
$\phi_2$  : 第 2 折点の曲率

$\phi_3$  : 終局点の曲率

図 3-9 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

NS 方向モデルの耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を図 3-10 に示す。



- 0-A 間：弾性範囲
- A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- B-C 間：最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は最大値から  $2 \cdot M_1$  を減じた点とする。ただし、負側最大点が第 2 折点を越えていなければ、負側第 2 折点を最大点とする安定ループを形成する。また、安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。
- 各最大点はスケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-10 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) EW 方向フレーム構造部のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ ）関係

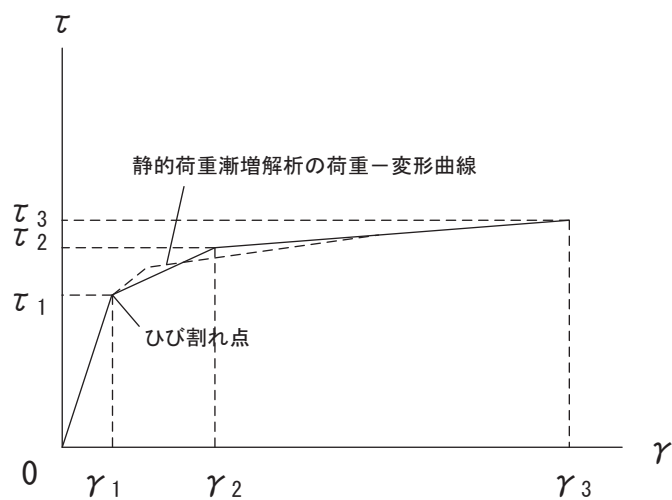
フレーム構造部のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）は，耐震壁及び屋根スラブを単位幅で切り出し柱脚固定としたフレームモデルを用い，せん断変形及び曲げ変形を考慮した静的荷重漸増解析に基づき設定する。大物搬入口躯体の静的荷重増分解析には，解析コード「fappase」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

以下に静的荷重漸増解析の条件を示す。

- ・外力分布は，1 層モデルのため屋根面のみに外力を考慮する。
- ・解析モデルは対称モデルであり，加力方向による違いは生じないため，正方向のみの加力を行う。
- ・加力方向における最大層間変形角が  $1/150$  を上回る変形角となるように外力の最大値を設定する。

以上の静的荷重漸増解析より求まる荷重－変形曲線にフィッティングするトリニア型のスケルトンカーブでフレーム構造部の非線形特性を評価する。第 1 折れ点はひび割れモーメント発生時，第 3 剛性は層間変形角  $1/150$  の増分解析時の接線剛性とし，第 1 折れ点から層間変形角  $1/150$  の範囲でエネルギー等価となるように設定する。

フレーム構造部のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図 3-11 に示す。



- $\tau_1$  : 第1折点のせん断応力度
- $\tau_2$  : 第2折点のせん断応力度
- $\tau_3$  : 終局点のせん断応力度
- $\gamma_1$  : 第1折点のせん断ひずみ
- $\gamma_2$  : 第2折点のせん断ひずみ
- $\gamma_3$  : 層間変形角 1/150 のせん断ひずみ

注：静的荷重漸増解析の荷重－変形曲線に基づき設定しており，曲げ成分を含んだ等価な履歴特性として設定

図 3-11 フレーム構造部のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性





## (7) スケルトンカーブの諸数値

大物搬入口躯体の耐震壁（NS 方向）及びフレーム構造部（EW 方向）について算出したせん断力及び曲げモーメントのスケルトンカーブの諸数値を表 3-5～表 3-7 に示す。

表 3-5 せん断力のスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$  関係）

NS 方向

| 階   | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 階 | 1.87                             | 2.53                             | 3.26                             | 0.178                              | 0.535                              | 4.00                               |

表 3-6 曲げモーメントのスケルトンカーブ（ $M - \phi$  関係）

NS 方向

| 階   | $M_1$<br>( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) | $M_2$<br>( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) | $M_3$<br>( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) | $\phi_1$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_2$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_3$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) |
|-----|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1 階 | 0.0891                                              | 0.248                                               | 0.394                                               | 2.00                                      | 23.2                                      | 331                                       |

表 3-7 せん断力のスケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$  関係）

EW 方向

| 階   | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 階 | 5.37                             | 11.1                             | 12.9                             | 0.512                              | 4.26                               | 6.67                               |

注：静的荷重漸増解析の荷重－変形曲線に基づき設定しており，曲げ成分を含んだ等価な履歴特性として設定していることから，曲げモーメントのスケルトンカーブは設定されない。

### 3.5.2 材料物性の不確かさ

解析においては、「3.2 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性の不確かさを考慮する。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は、基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  について、全ての地震動に対して実施する。

地盤剛性については、基礎固定としてモデルとしていることから不確かさを考慮しない。ただし、不確かさケースに用いる入力地震動について、原子炉建屋の地震応答解析における不確かさケースの1階床応答を用いることで地盤剛性の不確かさを考慮する。

建屋剛性については、原子炉建屋の地震応答解析と同様に建屋剛性の低下に関する不確かさを考慮するものとし、入力する地震動に対して最も剛性が低下するケースを考慮する。基準地震動  $S_s$  入力時は原子炉建屋の地震応答解析モデルで考慮している、基準地震動  $S_s$  入力後のさらなる剛性低下を考慮したケースについて検討する。弾性設計用地震動  $S_d$  入力に対しては、原子炉建屋の2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により設定した剛性補正係数による剛性低下を考慮したケースについて検討する。なお、建屋剛性の不確かさを考慮するケースにおけるコンクリート物性値は、原子炉建屋の地震応答解析における建屋剛性の不確かさを考慮するケースでの物性値と同一とする。

材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを表3-8に示す。

表 3－8(1) 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース（水平方向）

| 対象地震動        | ケース名             | スケルトンカーブ                            |                                                                | 建屋材料減衰 | 入力地震動（原子炉建屋 1 階床応答）を算定する原子炉建屋の地震応答解析ケース |
|--------------|------------------|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------|
|              |                  | 初期剛性                                | 終局耐力                                                           |        |                                         |
| 基準地震動 S s    | ケース 1<br>(基本ケース) | 設計剛性*1                              | 設計基準強度*1を用いて方向別に設定<br>NS 方向：JEAG 式で評価*5<br>EW 方向：静的荷重漸増解析で評価*6 | 5%     | ケース 1（基本ケース）                            |
|              | ケース 2            | 同上                                  | 同上                                                             | 同上     | ケース 2（地盤物性＋σ）                           |
|              | ケース 3            |                                     |                                                                |        | ケース 3（地盤物性－σ）                           |
|              | ケース 4            |                                     |                                                                |        | ケース 4（建屋剛性考慮）                           |
|              | ケース 5            | 剛性低下考慮*3<br>(原子炉建屋のケース 4～ケース 6 に相当) | 設計基準強度*2を用いて方向別に設定<br>NS 方向：JEAG 式で評価*5<br>EW 方向：静的荷重漸増解析で評価*6 | 同上     | ケース 5（建屋剛性考慮、地盤物性＋σ）                    |
|              | ケース 6            |                                     |                                                                |        | ケース 6（建屋剛性考慮、地盤物性－σ）                    |
| 弾性設計用地震動 S d | ケース 1<br>(基本ケース) | 設計剛性*1                              | 設計基準強度*1を用いて方向別に設定<br>NS 方向：JEAG 式で評価*5<br>EW 方向：静的荷重漸増解析で評価*6 | 5%     | ケース 1（基本ケース）                            |
|              | ケース 2            | 同上                                  | 同上                                                             | 同上     | ケース 2（地盤物性＋σ）                           |
|              | ケース 3            |                                     |                                                                |        | ケース 3（地盤物性－σ）                           |
|              | ケース 4            |                                     |                                                                |        | ケース 1（基本ケース）                            |
|              | ケース 5            | 剛性低下考慮*4<br>(原子炉建屋のケース 1～ケース 3 に相当) | 設計基準強度*2を用いて方向別に設定<br>NS 方向：JEAG 式で評価*5<br>EW 方向：静的荷重漸増解析で評価*6 | 同上     | ケース 2（地盤物性＋σ）                           |
|              | ケース 6            |                                     |                                                                |        | ケース 3（地盤物性－σ）                           |

表 3－8(2)
 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース（鉛直方向）

| 対象地震動                           | ケース名             | スケルトンカーブ |      |  | 建屋材料減衰 | 入力地震動（原子炉建屋 1 階床応答）を算定する原子炉建屋の地震応答解析ケース |
|---------------------------------|------------------|----------|------|--|--------|-----------------------------------------|
|                                 |                  | 初期剛性     | 終局耐力 |  |        |                                         |
| 基準地震動 S s<br>及び<br>弾性設計用地震動 S d | ケース 1<br>（基本ケース） | 設計剛性*    | —    |  | 5%     | ケース 1（基本ケース）                            |
|                                 | ケース 2            | 同上       | —    |  | 同上     | ケース 2（地盤物性＋σ）                           |
|                                 | ケース 3            |          |      |  |        | ケース 3（地盤物性－σ）                           |

注記＊：新設部の設計基準強度  $F_c=33\text{N/mm}^2$  より算定する。

#### 4. 解析結果

##### 4.1 動的解析

本資料においては、代表として基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の基本ケースの地震応答解析結果を示す。

##### 4.1.1 固有値解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有値及び固有振動数）を表 4-1～表 4-3 に示す。固有振動モードを図 4-1～図 4-3 に示す。

##### 4.1.2 応答解析結果

基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の基本ケースの地震応答解析結果を図 4-4～図 4-19 に示す。

表 4-1 固有値解析結果（NS 方向）

| 次数 | 固有周期<br>(s) | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数  |
|----|-------------|---------------|-------|
| 1  | 0.042       | 23.78         | 0.859 |

表 4-2 固有値解析結果（EW 方向）

| 次数 | 固有周期<br>(s) | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数  |
|----|-------------|---------------|-------|
| 1  | 0.142       | 7.02          | 1.204 |

表 4-3 固有値解析結果（UD 方向）

| 次数 | 固有周期<br>(s) | 固有振動数<br>(Hz) | 刺激係数  |
|----|-------------|---------------|-------|
| 1  | 0.016       | 64.45         | 1.012 |

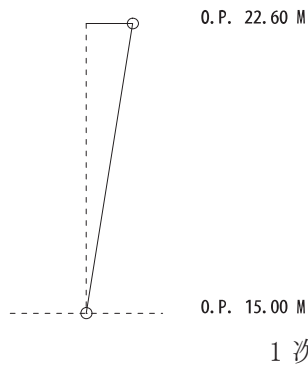


図 4－1 固有振動モード (NS 方向)

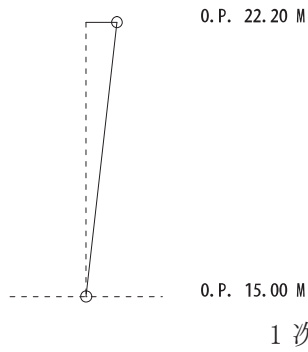


図 4－2 固有振動モード (EW 方向)

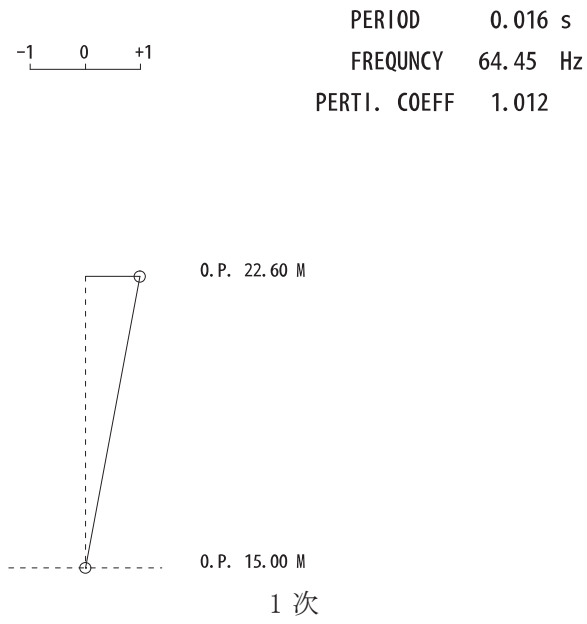
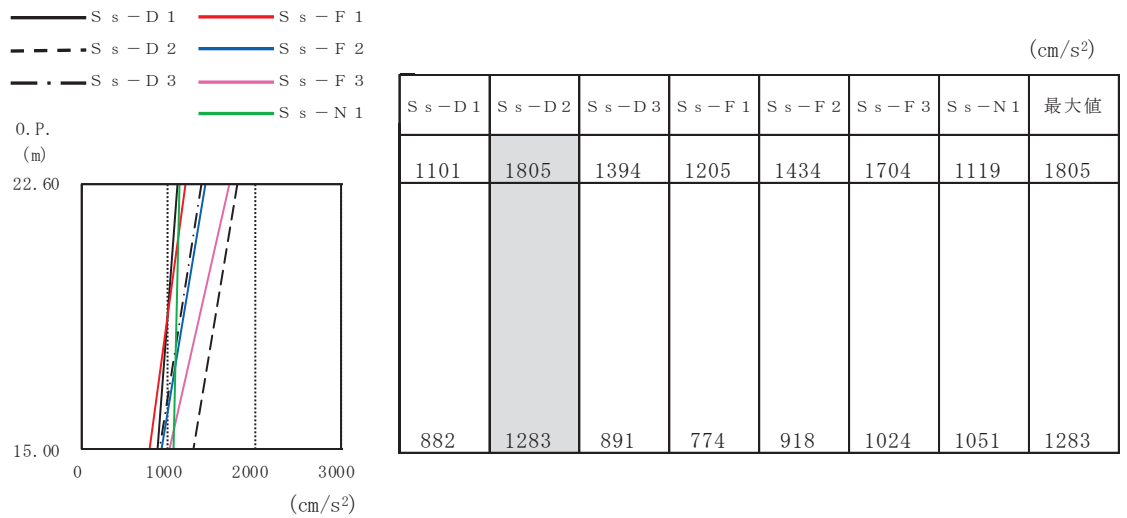


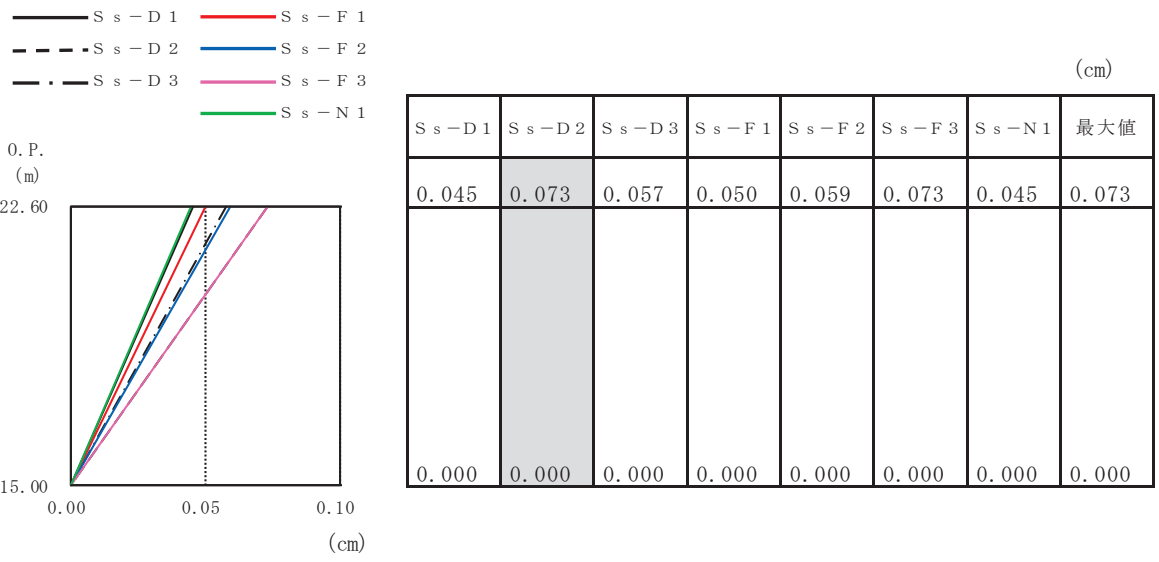
図 4－3 固有振動モード (UD 方向)





注：ハッチングは S s 7 波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

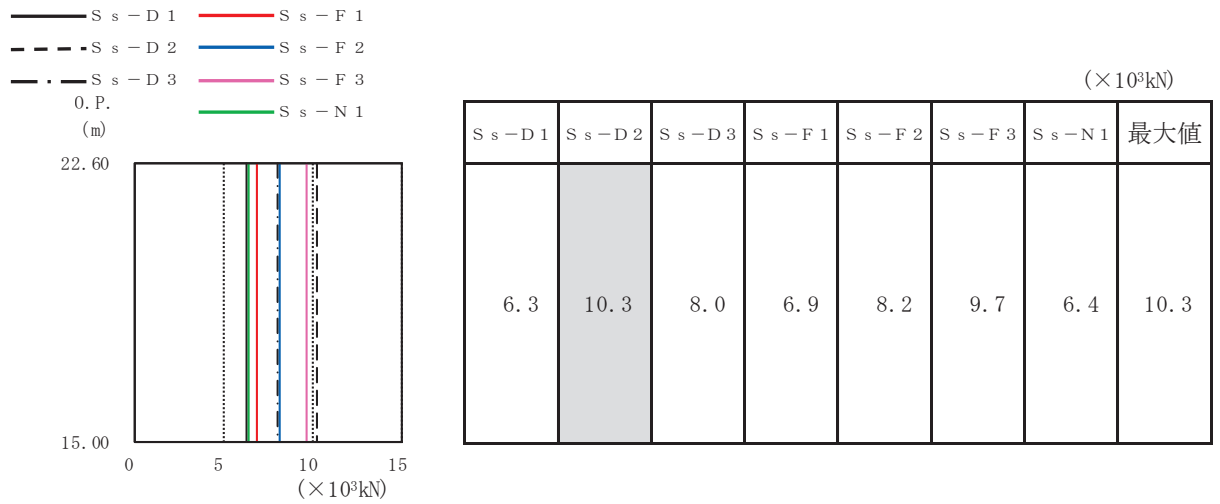
図 4-4 最大応答加速度（基準地震動 S s ， NS 方向）



注 1：ハッチングは S s 7 波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

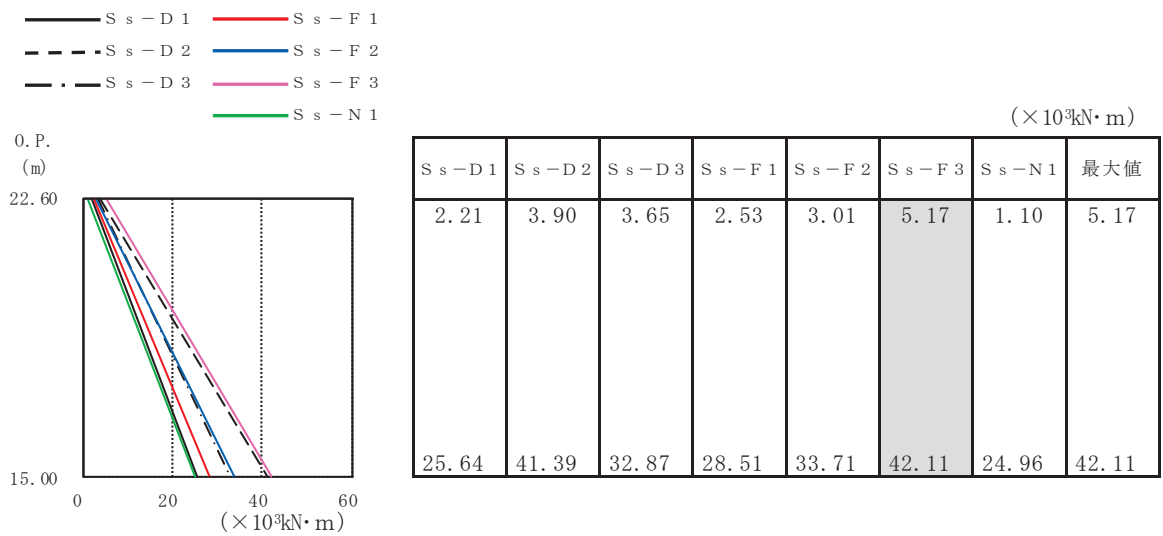
注 2：基礎固定モデルのため 0. P. 15. 0m に対する相対変位を表示。

図 4-5 最大応答変位（基準地震動 S s ， NS 方向）



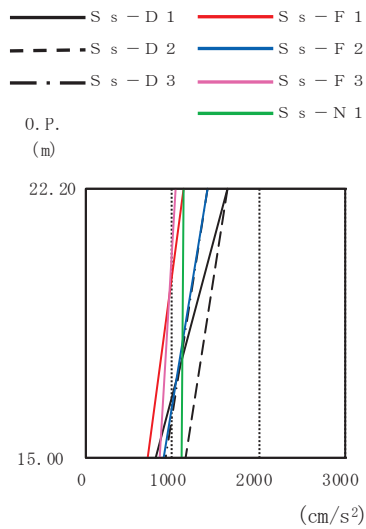
注：ハッチングはS<sub>s</sub>7波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

図 4-6 最大応答せん断力（基準地震動 S<sub>s</sub>，NS 方向）



注：ハッチングはS<sub>s</sub>7波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

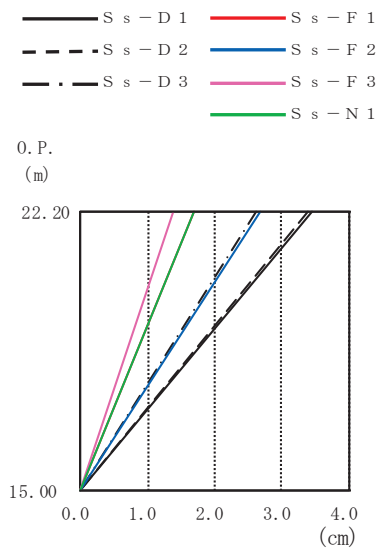
図 4-7 最大応答曲げモーメント（基準地震動 S<sub>s</sub>，NS 方向）



| (cm/s <sup>2</sup> ) |                    |                    |                    |                    |                    |                    |      |
|----------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------|
| S <sub>s</sub> -D1   | S <sub>s</sub> -D2 | S <sub>s</sub> -D3 | S <sub>s</sub> -F1 | S <sub>s</sub> -F2 | S <sub>s</sub> -F3 | S <sub>s</sub> -N1 | 最大値  |
| 1628                 | 1628               | 1400               | 1124               | 1417               | 1040               | 1116               | 1628 |
| 815                  | 1143               | 926                | 703                | 903                | 850                | 1106               | 1143 |

注：ハッチングはS<sub>s</sub>7波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

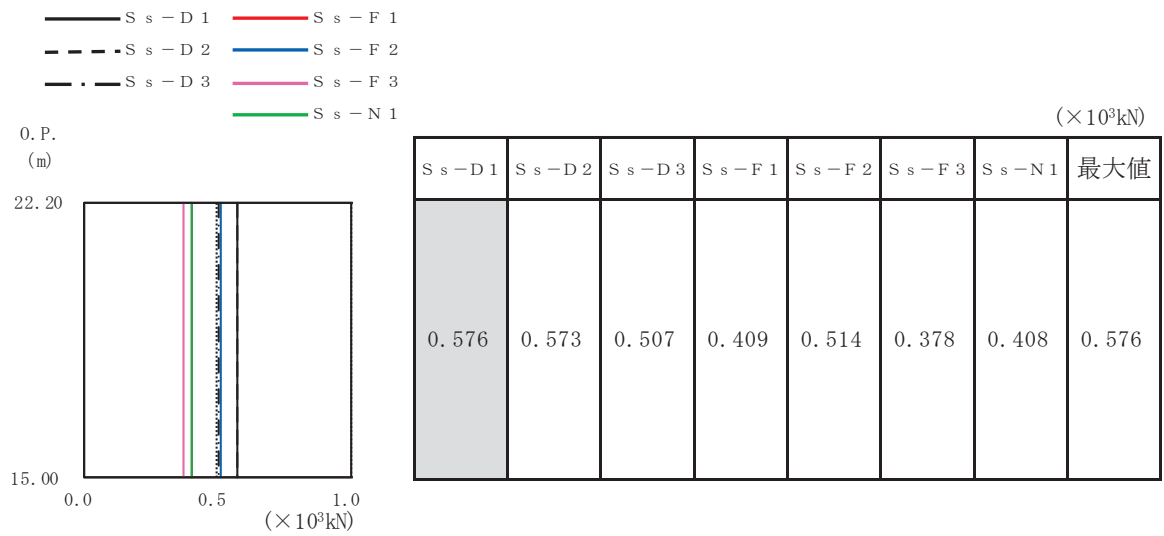
図 4-8 最大応答加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>，EW 方向）



| (cm)               |                    |                    |                    |                    |                    |                    |       |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|
| S <sub>s</sub> -D1 | S <sub>s</sub> -D2 | S <sub>s</sub> -D3 | S <sub>s</sub> -F1 | S <sub>s</sub> -F2 | S <sub>s</sub> -F3 | S <sub>s</sub> -N1 | 最大値   |
| 3.440              | 3.391              | 2.611              | 1.688              | 2.676              | 1.387              | 1.678              | 3.440 |
| 0.000              | 0.000              | 0.000              | 0.000              | 0.000              | 0.000              | 0.000              | 0.000 |

注：ハッチングはS<sub>s</sub>7波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

図 4-9 最大応答変位（基準地震動 S<sub>s</sub>，EW 方向）



注：ハッチングは $S_s7$ 波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

図4-10 最大応答せん断力（基準地震動 $S_s$ ，EW方向）

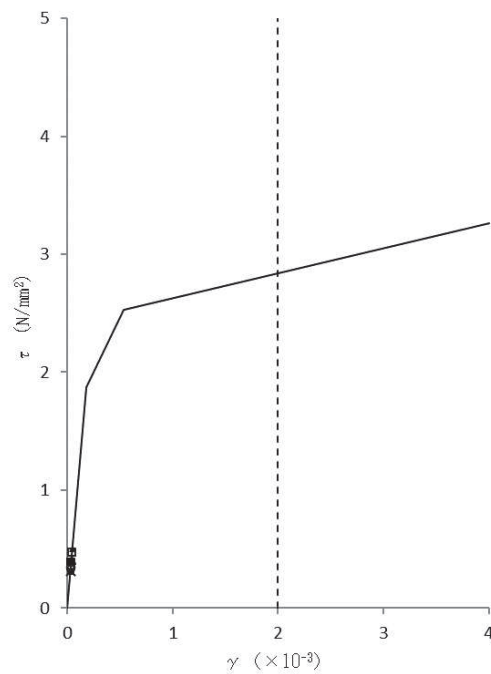
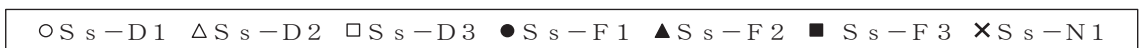
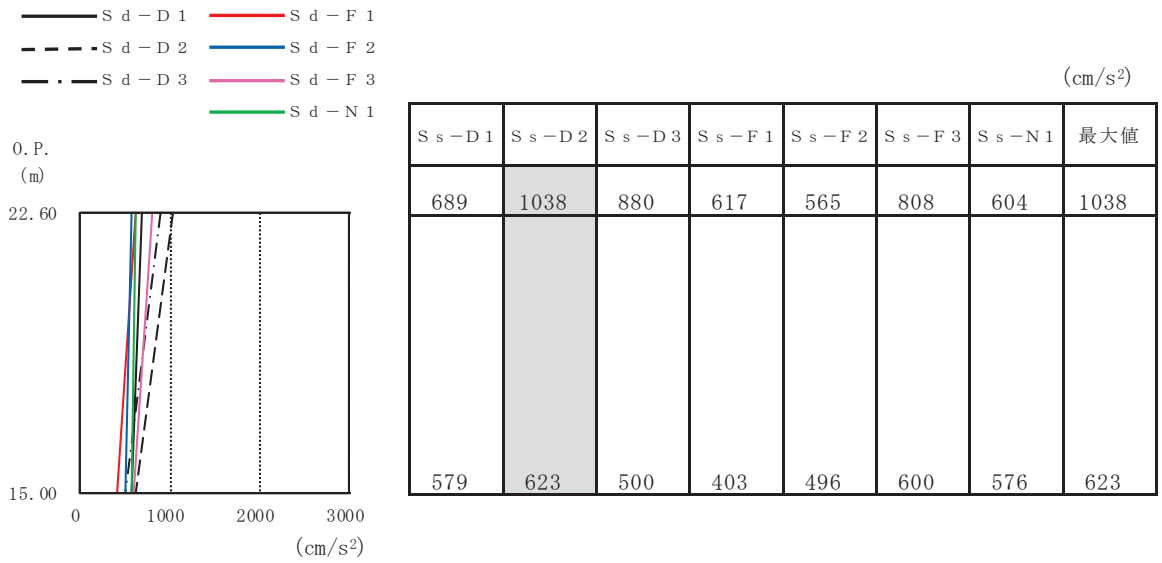
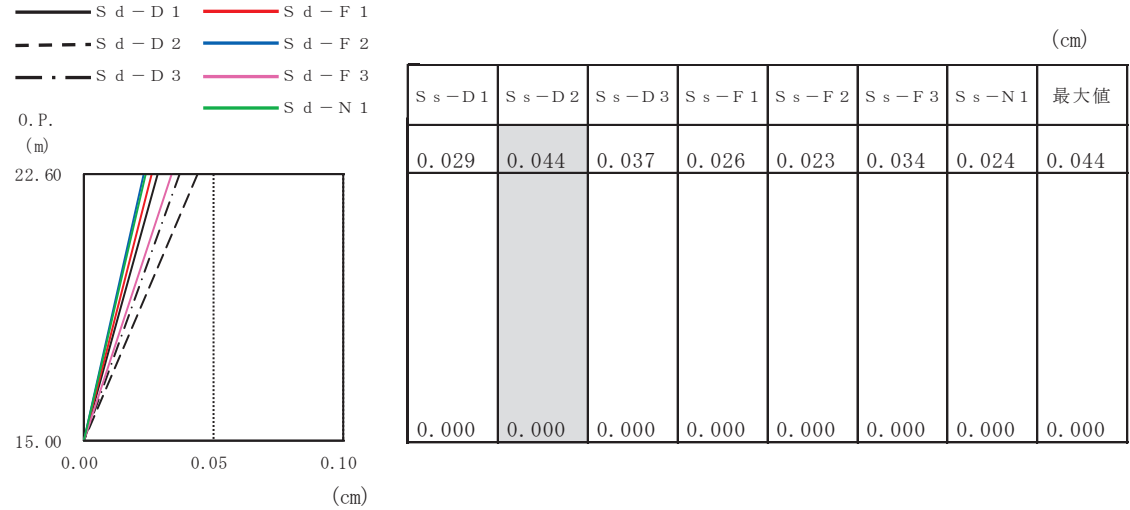


図4-11 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（基準地震動 $S_s$ ，NS方向）



注：ハッチングは S d 7 波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

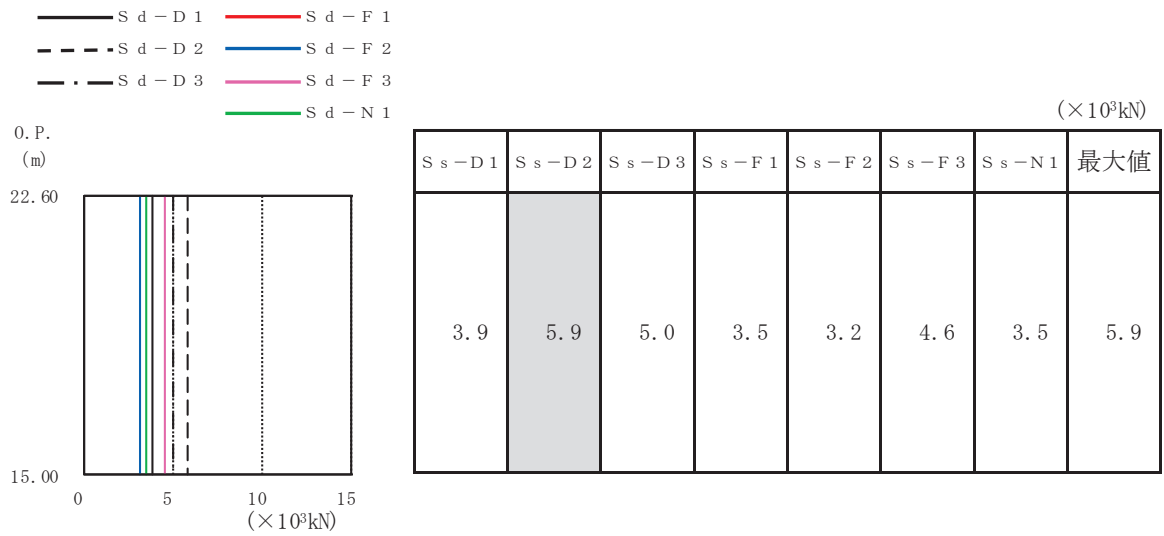
図 4-12 最大応答加速度（弾性設計用地震動 S d，NS 方向）



注 1：ハッチングは S d 7 波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

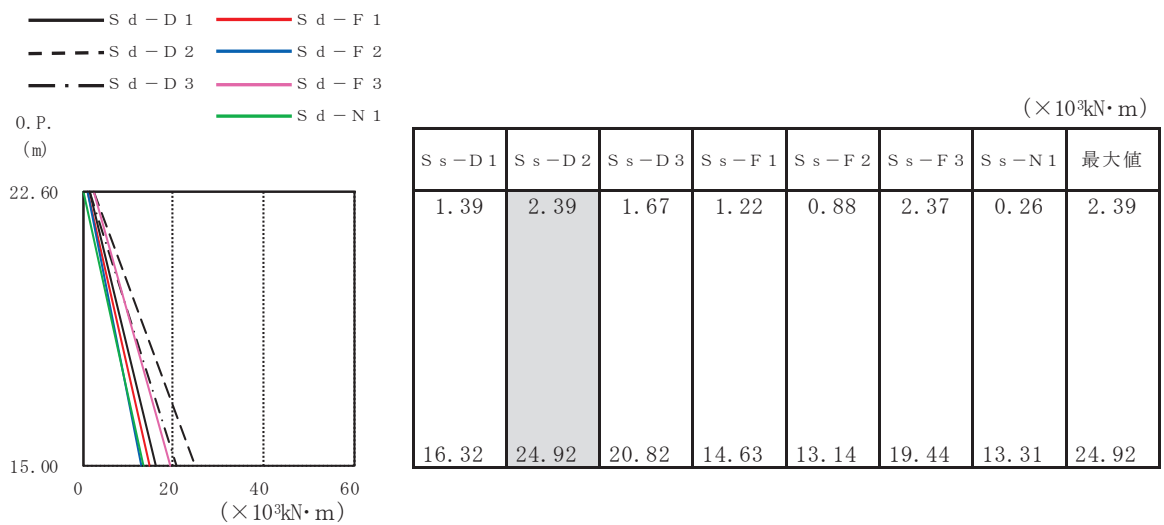
注 2：基礎固定モデルのため 0. P. 15. 0m に対する相対変位を表示。

図 4-13 最大応答変位（弾性設計用地震動 S d，NS 方向）



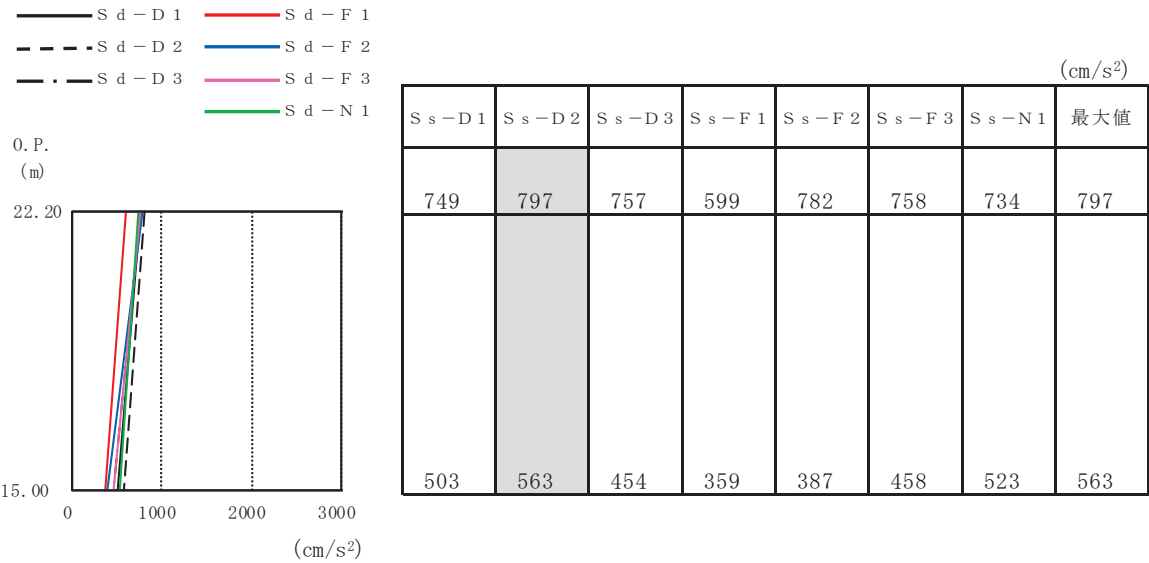
注：ハッチングはS<sub>d</sub>7波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

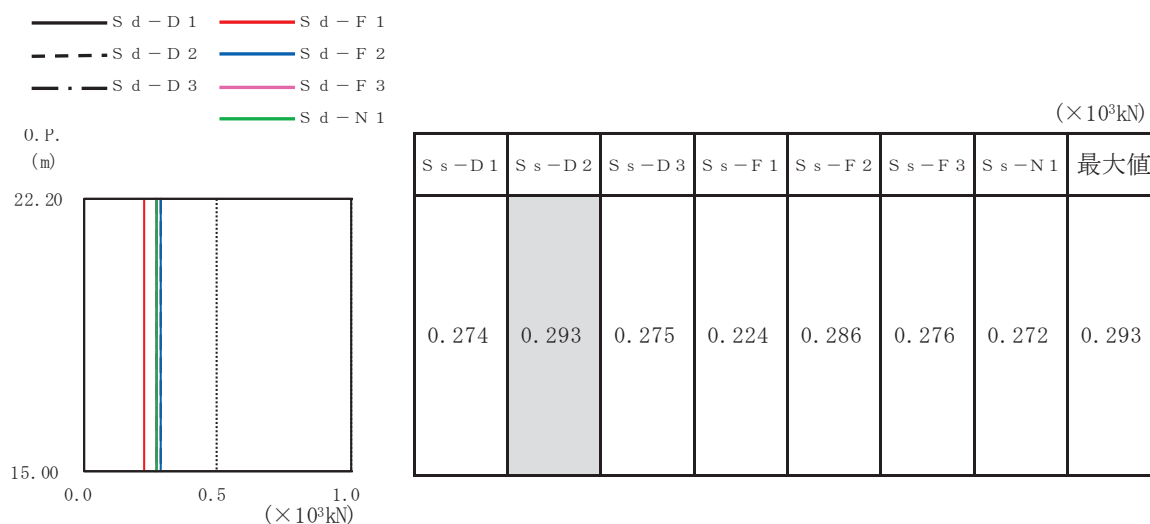
図 4-14 最大応答せん断力（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>，NS 方向）



注：ハッチングはS<sub>d</sub>7波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

図 4-15 最大応答曲げモーメント（弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>，NS 方向）





注：ハッチングはS d 7 波の最大応答値のうち最も大きい値を表示。

図 4-18 最大応答せん断力（弾性設計用地震動 S d，EW 方向）

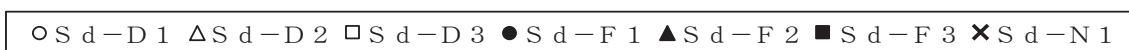


図 4-19 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値（弾性設計用地震動 S d，NS 方向）



#### 4.2 静的解析

静的地震力については、「3.4 解析方法」に示す方法にて算出する。地震層せん断力係数 3.0 C i 及び静的地震力（水平地震力）を表 4-4 及び表 4-5 に示す。EW 方向については単位幅の値を示す。

表 4-4 地震層せん断力係数（3.0 C i）及び水平地震力（NS 方向）

| O. P.<br>(m) | 層せん断力係数 | 水平地震力<br>( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |
|--------------|---------|--------------------------------------|
| 15.0 ～ 22.6  | 0.48    | 2.71                                 |

表 4-5 地震層せん断力係数（3.0 C i）及び水平地震力（EW 方向）

| O. P.<br>(m) | 層せん断力係数 | 水平地震力<br>( $\times 10^3 \text{kN/m}$ ) |
|--------------|---------|----------------------------------------|
| 15.0 ～ 22.2  | 0.48    | 0.18                                   |

#### 4.3 必要保有水平耐力

必要保有水平耐力については、「3.4 解析方法」に示す方法にて算出する。必要保有水平耐力  $Q_{un}$  を表 4-6 及び表 4-7 に示す。

表 4-6 必要保有水平耐力  $Q_{un}$  (NS 方向)

| O. P.<br>(m) | 構造特性係数<br>$D_s$ | 形状特性係数<br>$F_{es}$ | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un} (\times 10^3 \text{kN})$ |
|--------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------------|
| 15.0 ~ 22.6  | 0.55            | 1.00               | 2.48                                         |

表 4-7 必要保有水平耐力  $Q_{un}$  (EW 方向)

| O. P.<br>(m) | 構造特性係数<br>$D_s$ | 形状特性係数<br>$F_{es}$ | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un} (\times 10^3 \text{kN})$ |
|--------------|-----------------|--------------------|----------------------------------------------|
| 15.0 ~ 22.2  | 0.45            | 1.50               | 3.04                                         |

(Ⅱ) 大物搬入口躯体の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋の一部を構成する大物搬入口躯体の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

大物搬入口躯体のうち、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、大物搬入口躯体を構成する壁は2次しゃへい壁に該当し、その2次しゃへい壁は、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、大物搬入口躯体のうち、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の「Sクラスの施設」及び「常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価並びに2次しゃへい壁の「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

大物搬入口躯体は、原子炉建屋の一部を構成している。大物搬入口躯体を含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に、原子炉建屋における大物搬入口躯体の設置位置を図 2-2 に示す。

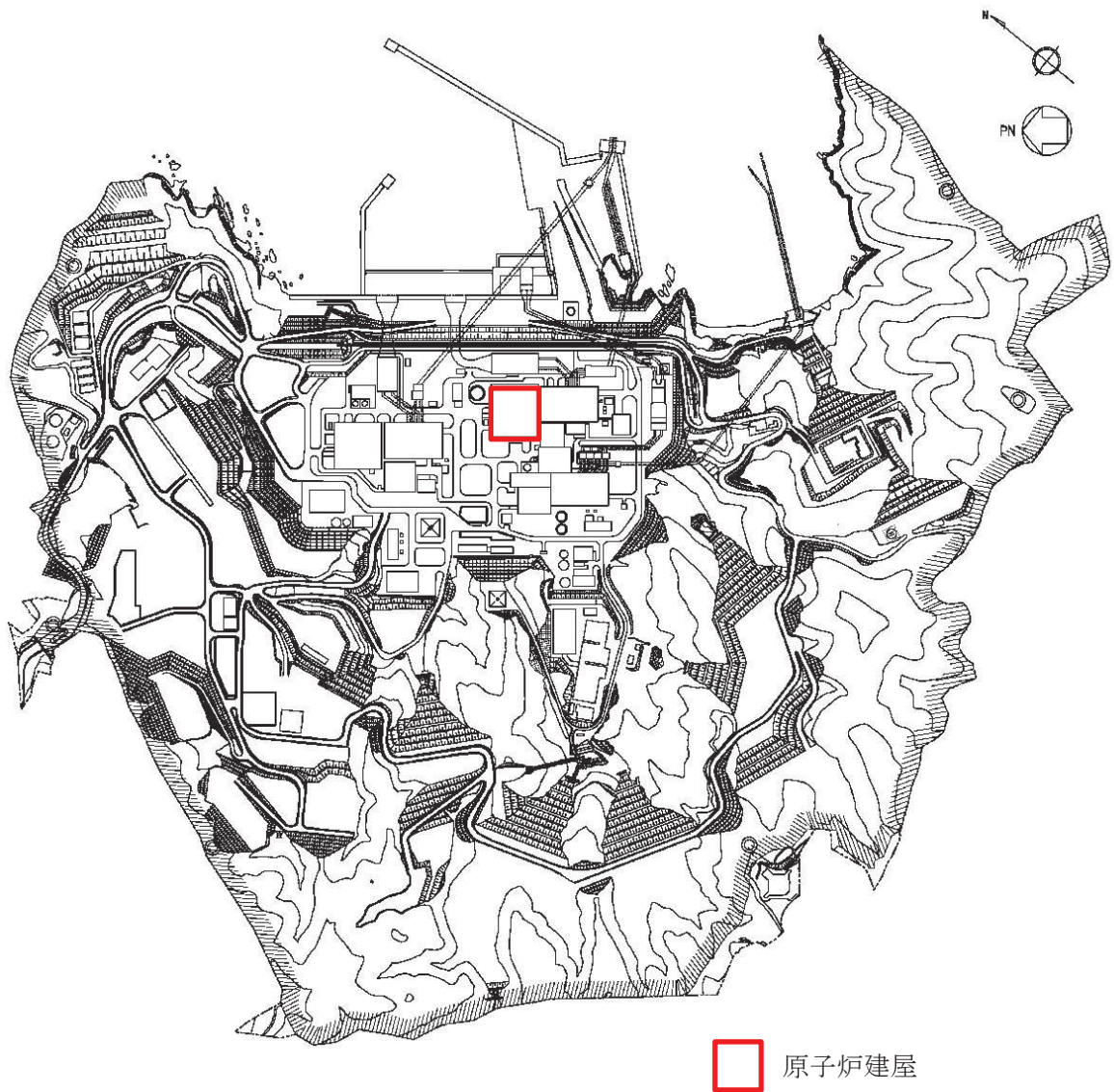
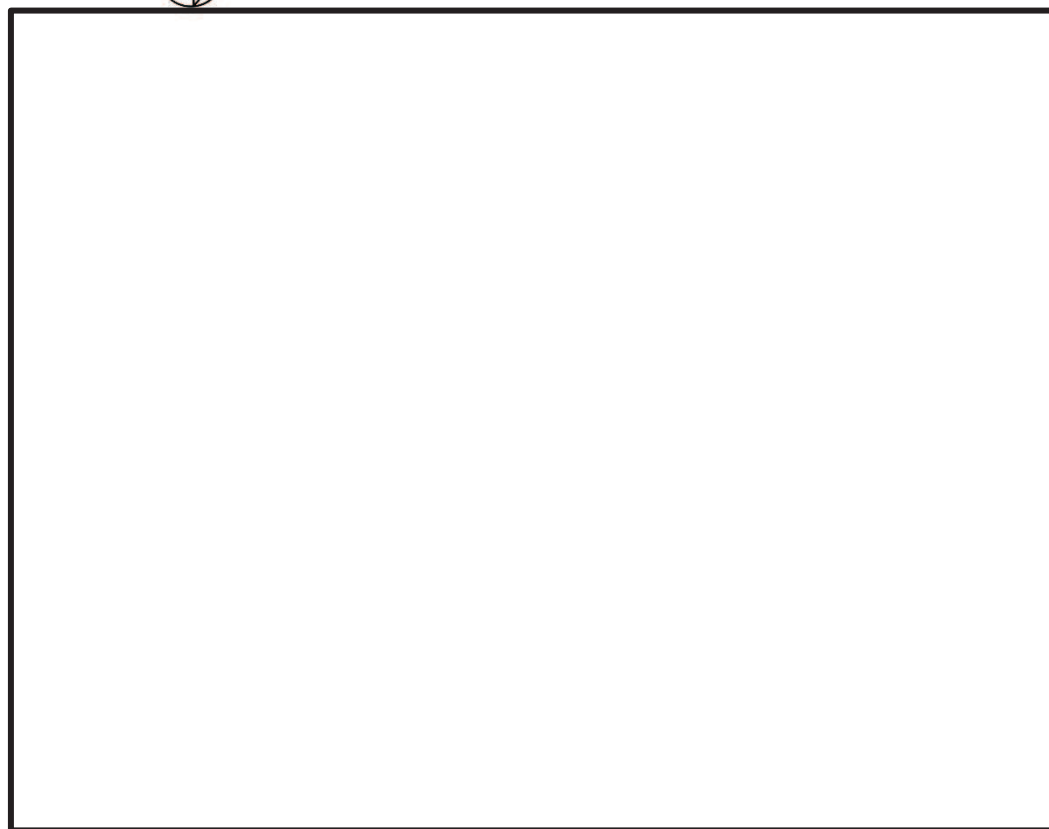


図 2-1 原子炉建屋の設置位置



O. P. 15. 0m

図 2-2 大物搬入口躯体の設置位置

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

## 2.2 構造概要

大物搬入口躯体は、原子炉建屋1階の北側に位置し、基礎スラブ、耐震壁及び屋根スラブからなる箱型の鉄筋コンクリート構造物である。地上高さは8.1mであり、平面は長さ12.2m（NS方向）×幅11.5m（EW方向）\*である。

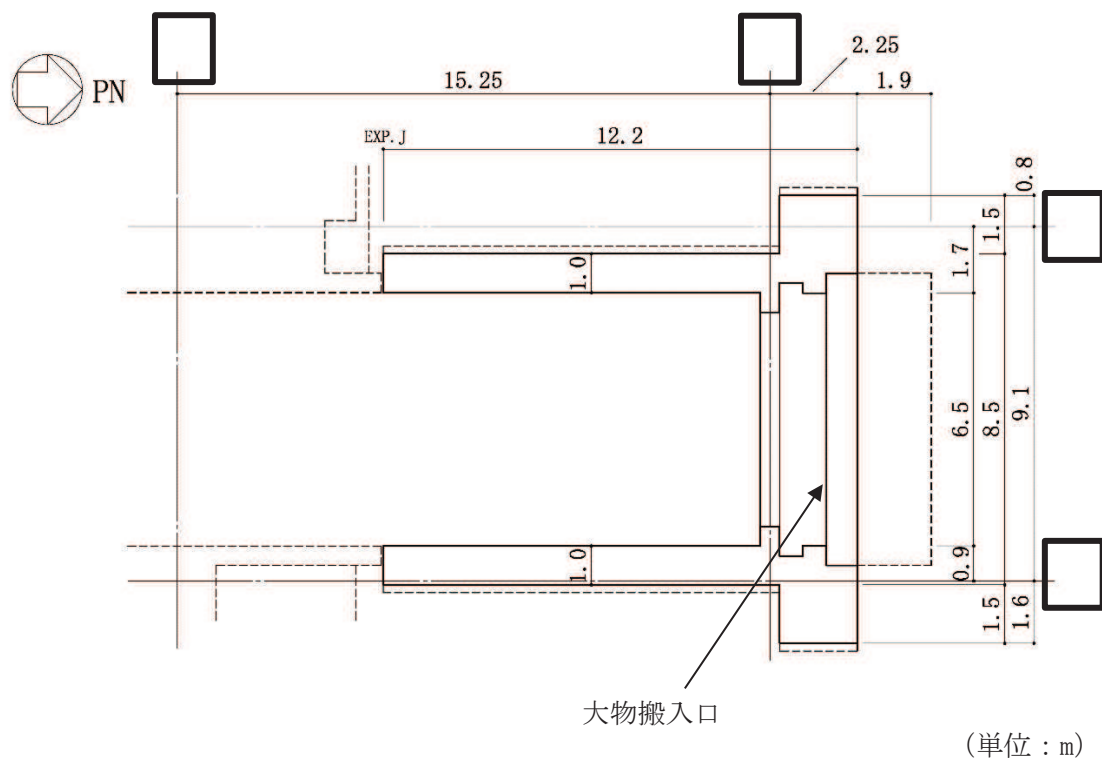
建屋の構造は鉄筋コンクリート造であり、その主たる耐震要素は耐震壁である。

大物搬入口躯体の基礎は、厚さ2.0mのべた基礎で、原子炉建屋の支持地盤上に配置されたマンメイドロック上に設置されており、原子炉建屋と一体化している。また、耐震壁及び屋根スラブは原子炉建屋とエキスパンションジョイント（以下「EXP.J」という。）を介して接続しており、構造的に分離している。なお、大物搬入口躯体については、耐震性向上の観点から、耐震補強を行うこととし、耐震補強を考慮した評価を行う。耐震補強は、既存耐震壁及び屋根スラブの増厚、大物搬入口周囲の柱・はりフレームの構築により行う。

地震力に対しては、NS方向では東西に設置されている耐震壁（面内方向）を主な耐震要素として、EW方向では同耐震壁（面外方向）及び屋根スラブで構成されるフレームを主な耐震要素として設計している。また、大物搬入口取付部は、柱及びはりによるフレーム構造としている。（以下、耐震壁と屋根スラブで構成されるEW方向のフレームを「フレーム構造部（一般部）」、大物搬入口が取付く柱及びはりによるフレームを「フレーム構造部（扉部）」という。）

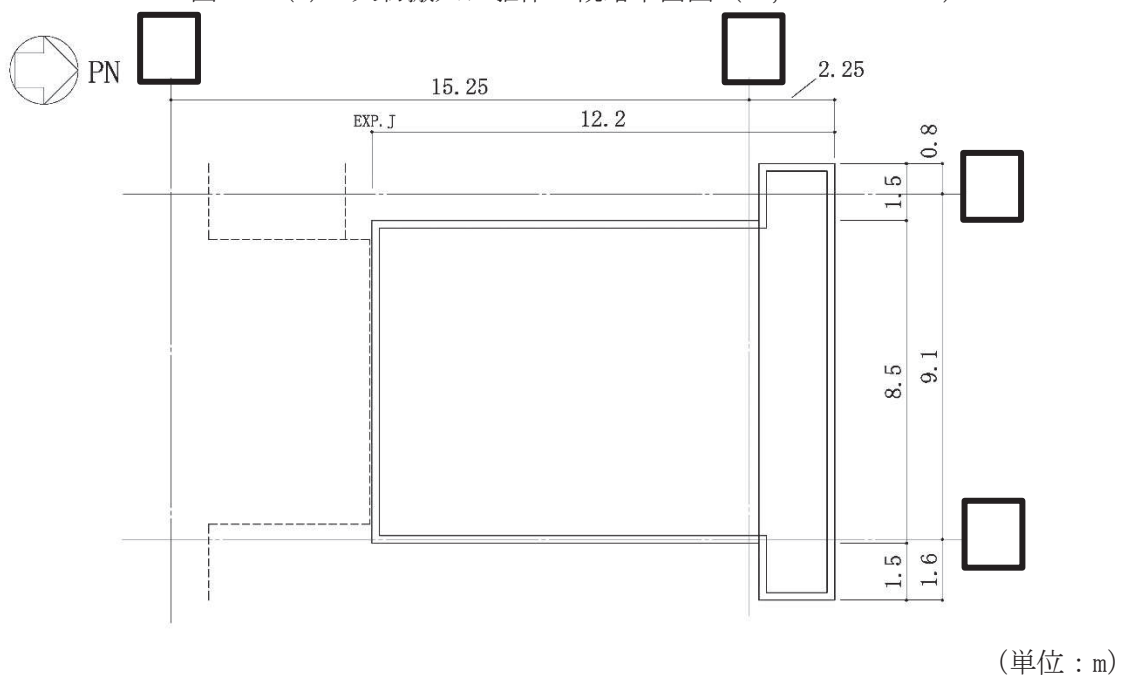
大物搬入口躯体の概略平面図及び概略断面図を図2-3及び図2-4に、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図及び断面図を図2-5及び図2-6に示す。また、2次しゃへい壁の範囲の平面図及び断面図を図2-7及び図2-8に示す。

注記\* ：建屋寸法は壁外面押えとする。



注：破線は基礎スラブ及び原子炉建屋の外形を示す。

図 2-3(1) 大物搬入口躯体の概略平面図 (1F, 0.P. \* 15.0m)



注：破線は基礎スラブ及び原子炉建屋の外形を示す。

図 2-3(2) 大物搬入口躯体の概略平面図 (RF, 0.P. \* 22.6m)

注記\* : 0.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり，東京湾平均海面(T.P.)-0.74mである。



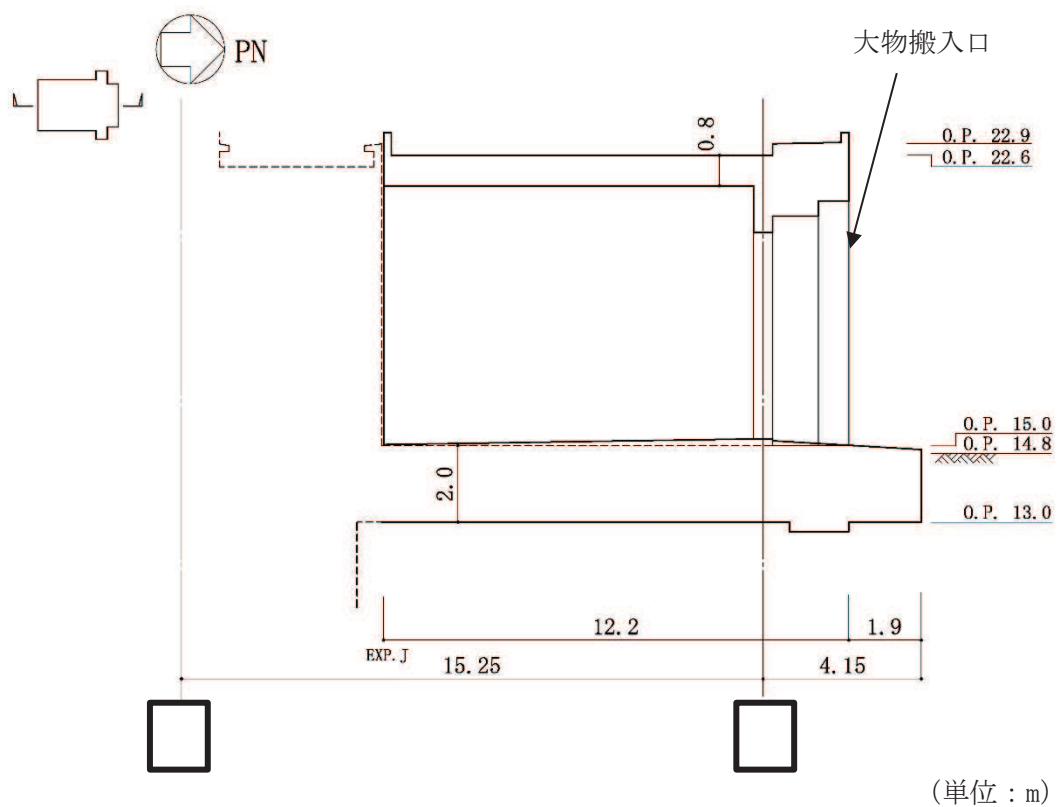


図 2-4(1) 大物搬入口躯体の概略断面図 (NS 方向)

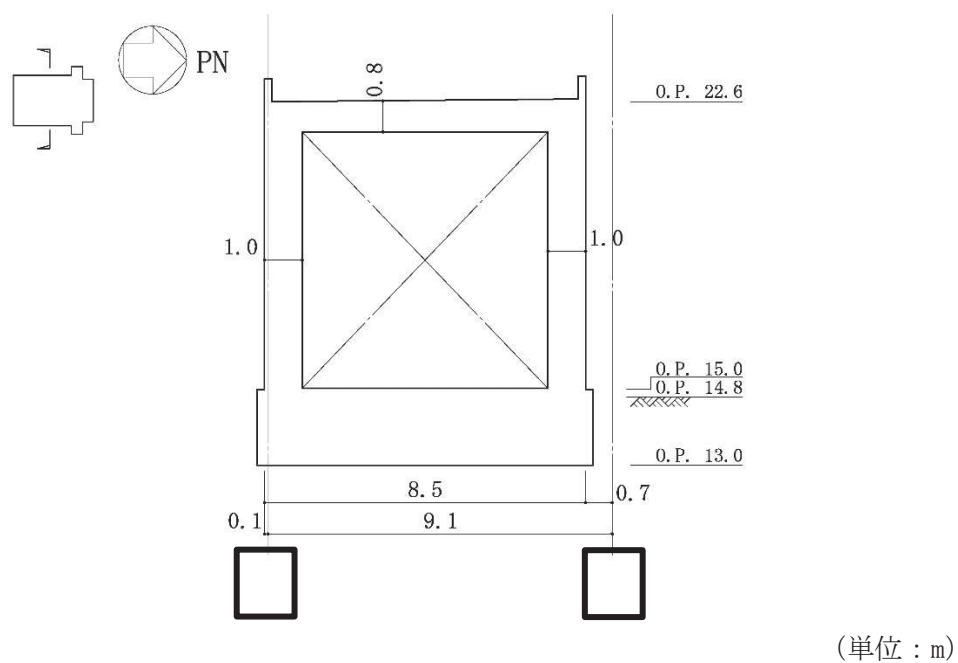
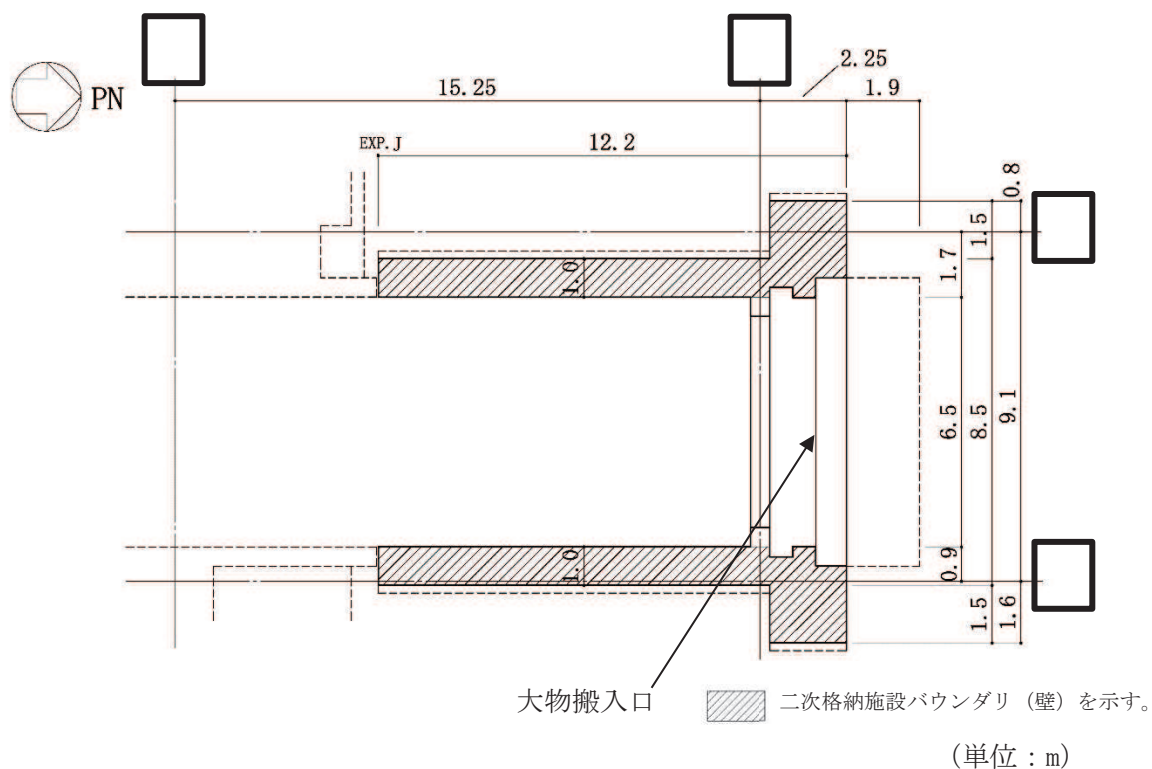


図 2-4(2) 大物搬入口躯体の概略断面図 (EW 方向)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



注：破線は基礎スラブ及び原子炉建屋の外形を示す。

図 2-5(1) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(1F, O. P. 15.0m) (1/2)

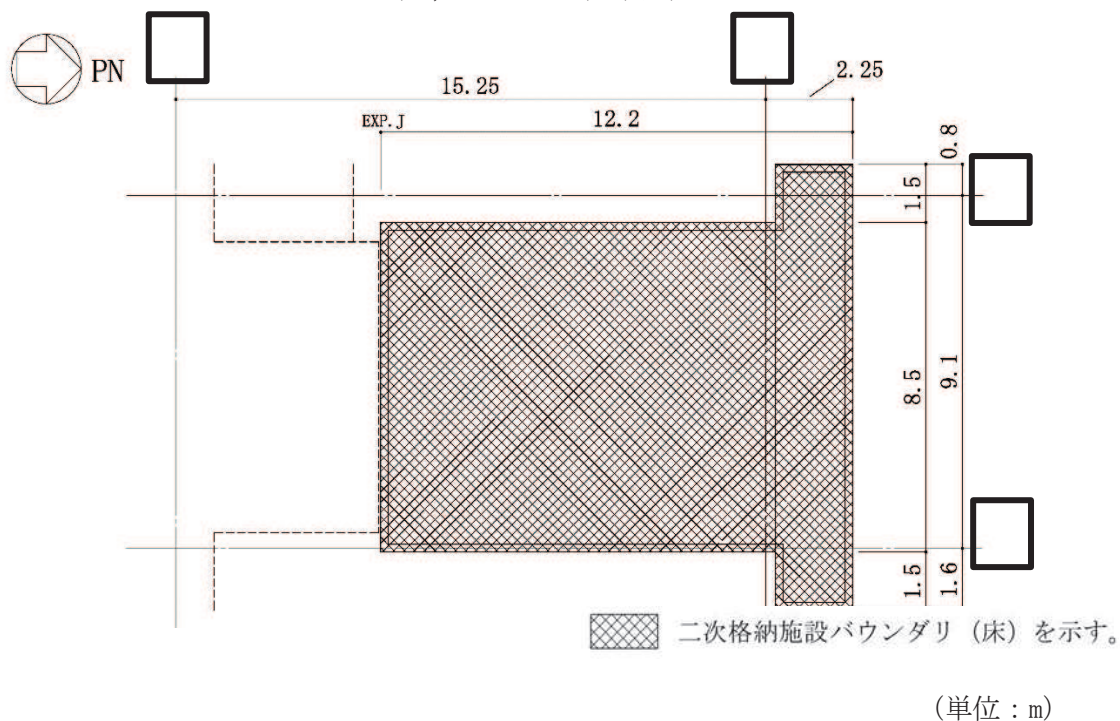
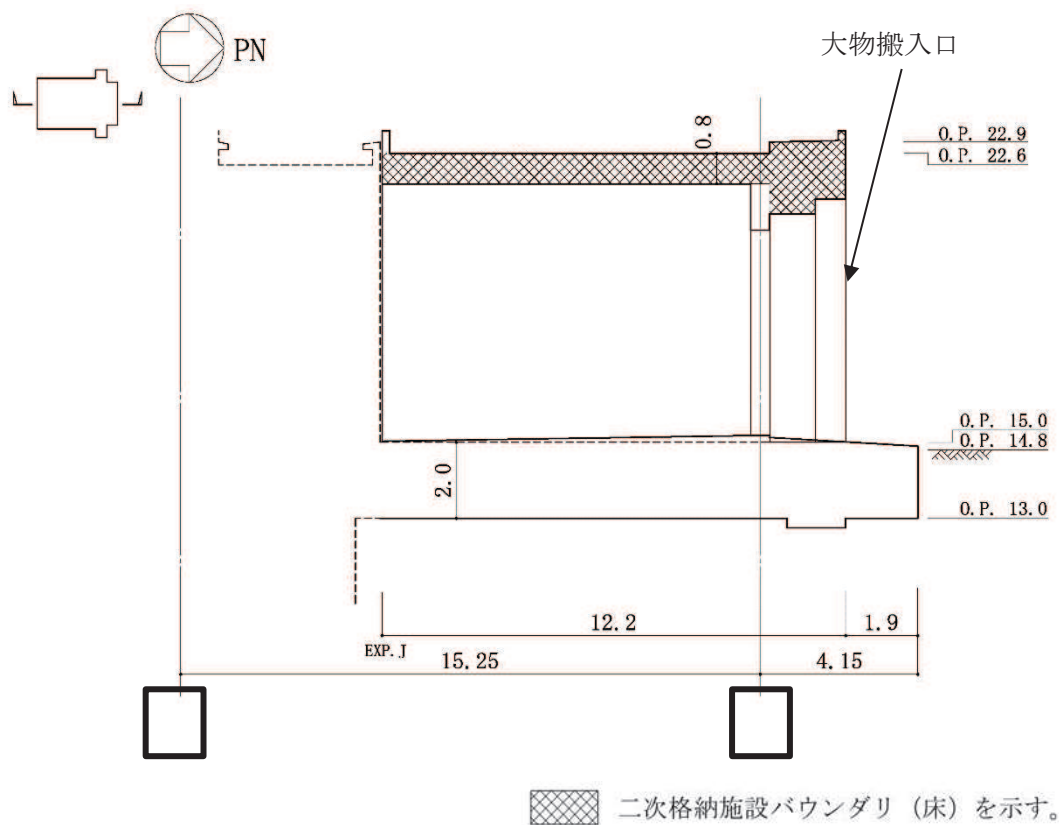


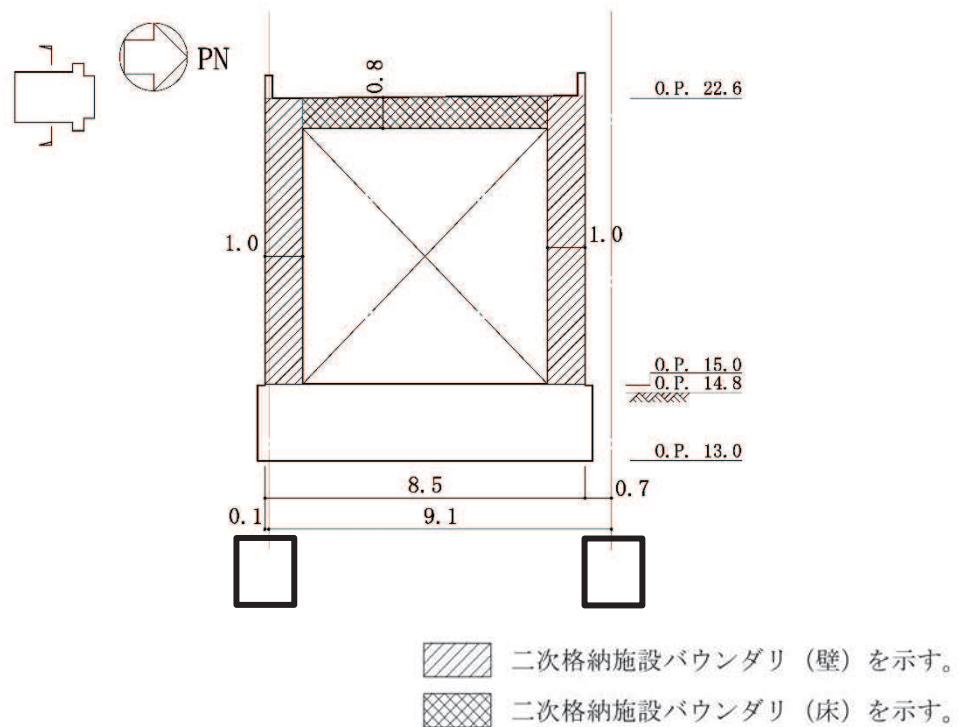
図 2-5(2) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の平面図  
(RF, O. P. 22.6m) (2/2)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



(単位：m)

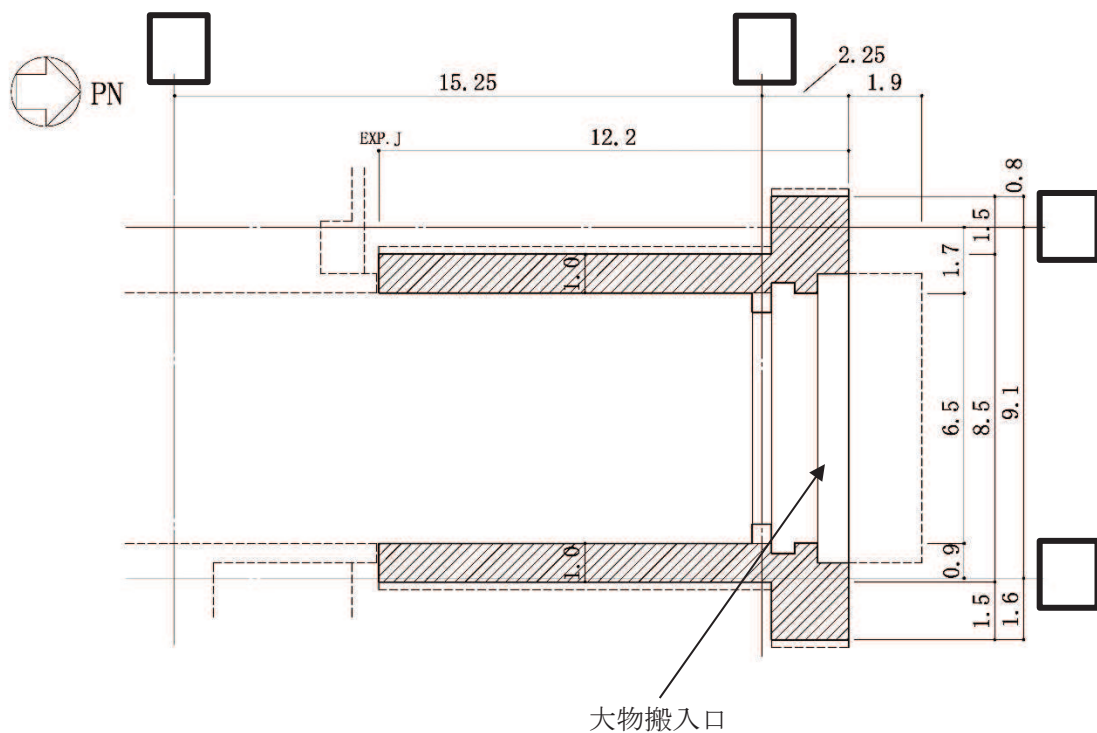
図 2-6(1) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の断面図（NS 方向）



(単位：m)

図 2-6(2) 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の範囲の断面図（EW 方向）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

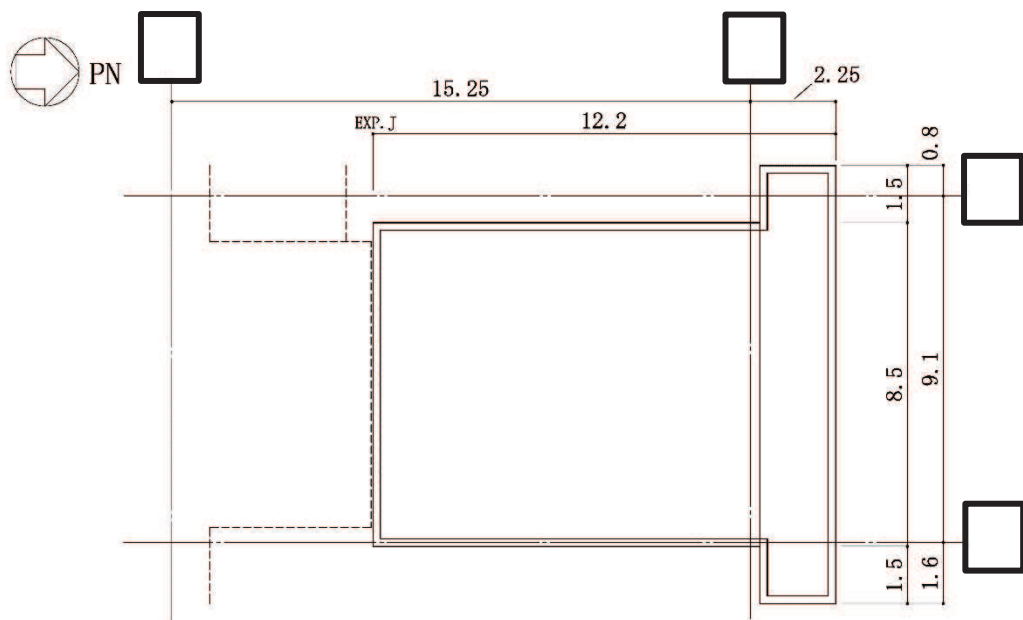


2次しゃへい壁（壁）を示す。

（単位：m）

注：破線は基礎スラブを示す。

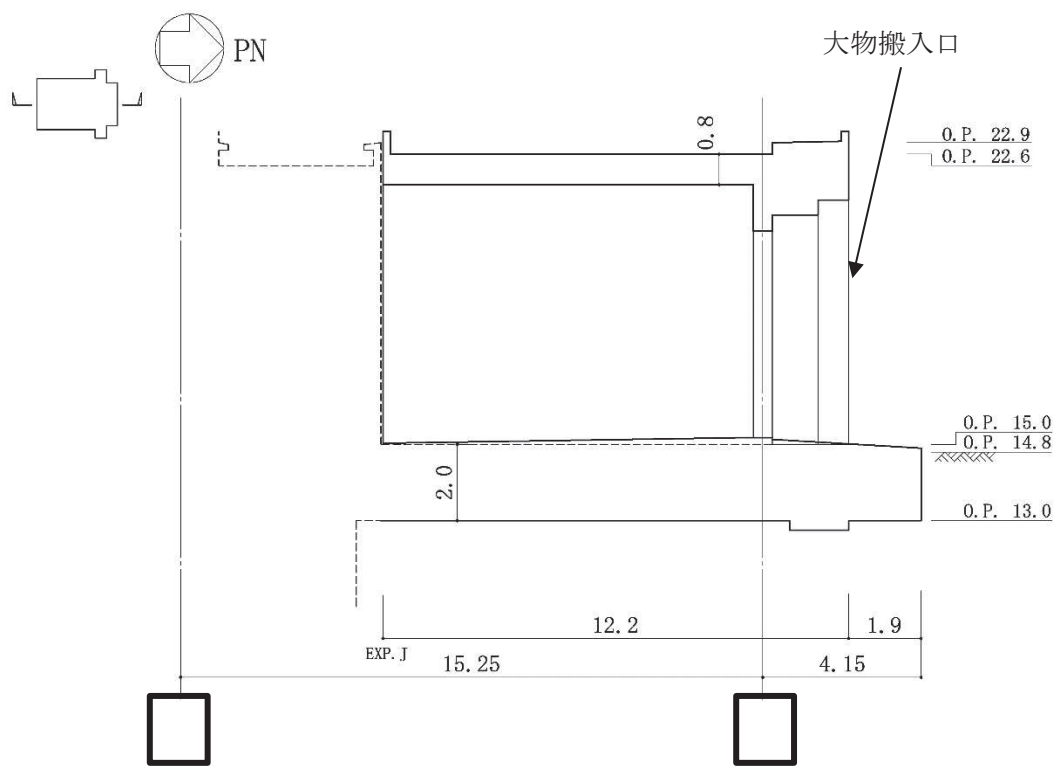
図 2-7(1) 2次しゃへい壁の範囲の平面図（1F, 0.P. 15.0m）



（単位：m）

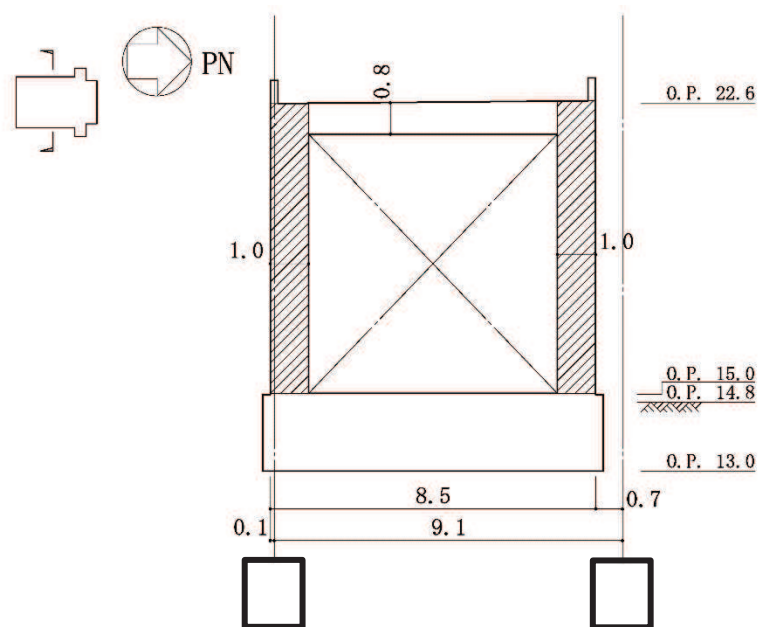
図 2-7(2) 2次しゃへい壁の範囲の平面図（RF, 0.P. 22.6m）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



注：屋根面及び床面には遮蔽要求無し  
(単位：m)

図2-8(1) 2次しゃへい壁の範囲の断面図 (NS 方向)



2次しゃへい壁 (壁) を示す。

(単位：m)

図2-8(2) 2次しゃへい壁の範囲の断面図 (EW 方向)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

### 2.3 評価方針

大物搬入口躯体のうち、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設」に、重大事故等対処施設においては「常設重大事故緩和設備」に分類される。また、大物搬入口躯体を構成する壁の一部は、2次しゃへい壁に該当し、その2次しゃへい壁は、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備」に分類される。

大物搬入口躯体の設計基準対象施設としての評価においては、弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力又は静的地震力のいずれか大きい方の地震力に対する評価（以下「 $S_d$ 地震時に対する評価」という。）、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は「(I) 大物搬入口躯体の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。大物搬入口躯体の評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては耐震壁のせん断ひずみ、フレーム構造部（一般部）の層間変形角及び保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては断面の評価を行うことで、大物搬入口躯体の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表2-1に大物搬入口躯体の材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

また、重大事故等対処施設としての評価においては、 $S_s$ 地震時に対する評価及び保有水平耐力の評価を行う。ここで、大物搬入口躯体では、運転時、設計基準事故時及び重大事故等時の状態において、圧力、温度等の条件について有意な差異がないことから、重大事故等対処施設としての評価は、設計基準対象施設としての評価と同一となる。

大物搬入口躯体の評価フローを図2-9に示す。

表 2-1(1) 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース (水平方向)

| 対象地震動           | ケース名             | スケルトンカーブ                    |                                                                                                       | 建屋材料減衰 | 入力地震動 (原子炉建屋 1 階床応答) を算定する原子炉建屋の地震応答解析ケース |
|-----------------|------------------|-----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------|
|                 |                  | 初期剛性                        | 終局耐力                                                                                                  |        |                                           |
| 基準地震動 S s       | ケース 1<br>(基本ケース) | 設計剛性 <sup>*1</sup>          | 設計基準強度 <sup>*1</sup> を用いて方向別に設定<br>NS 方向: JEAG 式で評価 <sup>*5</sup><br>EW 方向: 静的荷重漸増解析で評価 <sup>*6</sup> | 5%     | ケース 1 (基本ケース)                             |
|                 | ケース 2            | 同上                          | 同上                                                                                                    | 同上     | ケース 2 (地盤物性+σ)                            |
|                 | ケース 3            | 同上                          | 同上                                                                                                    | 同上     | ケース 3 (地盤物性-σ)                            |
|                 | ケース 4            | 剛性低下考慮 <sup>*3</sup>        | 設計基準強度 <sup>*2</sup> を用いて方向別に設定<br>NS 方向: JEAG 式で評価 <sup>*5</sup><br>EW 方向: 静的荷重漸増解析で評価 <sup>*6</sup> | 同上     | ケース 4 (建屋剛性考慮)                            |
|                 | ケース 5            | (原子炉建屋のケース 4<br>~ケース 6 に相当) |                                                                                                       | 同上     | ケース 5 (建屋剛性考慮, 地盤物性+σ)                    |
|                 | ケース 6            |                             |                                                                                                       | 同上     | ケース 6 (建屋剛性考慮, 地盤物性-σ)                    |
| 弾性設計用地震動<br>S d | ケース 1<br>(基本ケース) | 設計剛性 <sup>*1</sup>          | 設計基準強度 <sup>*1</sup> を用いて方向別に設定<br>NS 方向: JEAG 式で評価 <sup>*5</sup><br>EW 方向: 静的荷重漸増解析で評価 <sup>*6</sup> | 5%     | ケース 1 (基本ケース)                             |
|                 | ケース 2            | 同上                          | 同上                                                                                                    | 同上     | ケース 2 (地盤物性+σ)                            |
|                 | ケース 3            | 同上                          | 同上                                                                                                    | 同上     | ケース 3 (地盤物性-σ)                            |
|                 | ケース 4            | 剛性低下考慮 <sup>*4</sup>        | 設計基準強度 <sup>*2</sup> を用いて方向別に設定<br>NS 方向: JEAG 式で評価 <sup>*5</sup><br>EW 方向: 静的荷重漸増解析で評価 <sup>*6</sup> | 同上     | ケース 1 (基本ケース)                             |
|                 | ケース 5            | (原子炉建屋のケース 1<br>~ケース 3 に相当) |                                                                                                       | 同上     | ケース 2 (地盤物性+σ)                            |
|                 | ケース 6            |                             |                                                                                                       | 同上     | ケース 3 (地盤物性-σ)                            |

注記\*1 : 新設部の設計基準強度  $F_c=33\text{N/mm}^2$  より算定する。

\*2 : 原子炉建屋の剛性を適用していることを踏まえ, 既設部の設計基準強度  $F_c=32.4\text{N/mm}^2$  ( $330\text{ kg/cm}^2$ ) より算定する。

\*3 : 原子炉建屋の建屋剛性の不確かさをケースの剛性を適用する。

\*4 : 原子炉建屋の基本ケース (2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により設定した剛性補正係数による剛性低下を考慮したケース) の物性値を適用する。

\*5 : せん断終局耐力については, 耐震壁がボックス壁ではないことから, 「技術基準解説書」を参考に算出する。

\*6 : 静的荷重漸増解析により求まる荷重-変形関係の層間変形角 1/150 時点での耐力を終局耐力として設定する。

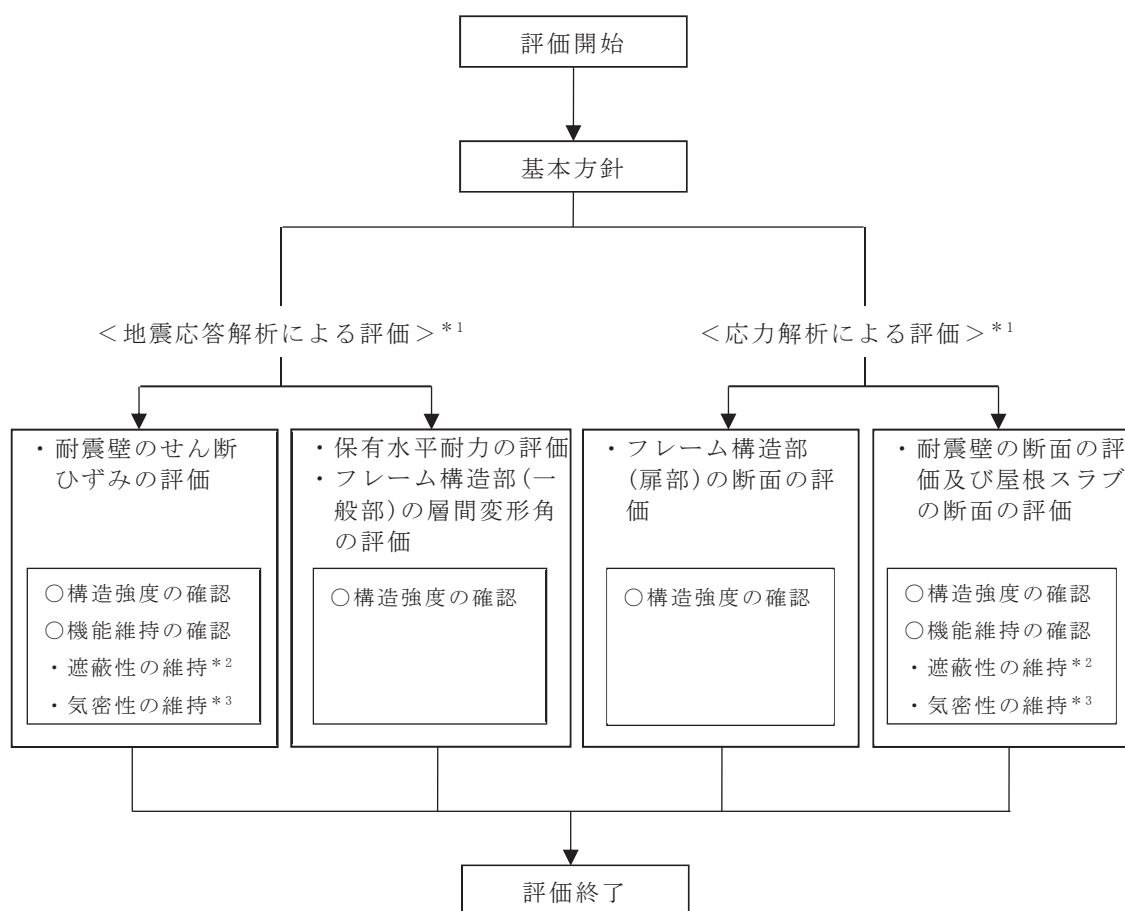


表 2-1 (2) 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース (鉛直方向)

| 対象地震動                           | ケース名             | スケルトンカーブ |      | 建築物材料減衰 | 入力地震動 (原子炉建屋 1 階床応答) を算定する原子炉建屋の地震応答解析ケース |
|---------------------------------|------------------|----------|------|---------|-------------------------------------------|
|                                 |                  | 初期剛性     | 終局耐力 |         |                                           |
| 基準地震動 S s<br>及び<br>弾性設計用地震動 S d | ケース 1<br>(基本ケース) | 設計剛性*    | —    | 5%      | ケース 1 (基本ケース)                             |
|                                 | ケース 2            | 同上       | —    | 同上      | ケース 2 (地震物性 + σ)                          |
|                                 | ケース 3            |          |      |         | ケース 3 (地震物性 - σ)                          |

注記 \* : 新設部の設計基準強度  $F_c=33\text{N/mm}^2$  より算定する。





注記\*1：「(I) 大物搬入口躯体の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

\*2：2次しゃへい壁について実施する。

\*3：原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）について実施する。

図 2-9 大物搬入口躯体の評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

大物搬入口躯体の評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1988 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下「RC-N規準」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）
- ・ 2015 年版建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）（以下「技術基準解説書」という。）

### 3. 地震応答解析による評価方法

大物搬入口躯体の構造強度については、「( I ) 大物搬入口躯体の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみ、フレーム構造部（一般部）の最大層間変形角\*が許容限界を超えないこと及び保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また、遮蔽性及び気密性の維持については、「( I ) 大物搬入口躯体の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における大物搬入口躯体の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持方針に基づき、表 3-1 及び表 3-2 のとおり設定する。

注記＊ : EW 方向の地震応答解析により算出した最大応答せん断ひずみ（曲げ変形成分を含む等価なせん断ひずみ）

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標            | 地震力                     | 部位                         | 機能維持のための考え方                           | 許容限界<br>(評価基準値)                     |
|------|-----------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| —    | 構造強度を有すること            | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁                        | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$      |
|      |                       |                         | フレーム構造部<br>(一般部)           | 最大層間変形角が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認    | 層間変形角<br>$1/120^{*1}$               |
|      |                       | 保有水平耐力                  | 構造物全体                      | 保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認   | 必要保有水平耐力                            |
| 気密性  | 換気性能とあいまって気密機能を維持すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁<br>(原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)) | 最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}^{*2}$ |

注記\*1:「技術基準解説書」により設定。

\*2: 気密性に対する許容限界の適用性は、添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の耐震性についての計算書 別紙2 原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の気密性についての計算書」に示す。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標            | 地震力            | 部位                         | 機能維持のための考え方                           | 許容限界<br>(評価基準値)                     |
|------|-----------------------|----------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| —    | 構造強度を有すること            | 基準地震動<br>$S_s$ | 耐震壁                        | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$      |
|      |                       |                | フレーム構造部<br>(一般部)           | 最大層間変形角が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認    | 層間変形角<br>$1/120^{*1}$               |
|      |                       | 保有水平耐力         | 構造物全体                      | 保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認   | 必要保有水平耐力                            |
| 遮蔽性  | 遮蔽体の損傷により遮蔽性を損わないこと   | 基準地震動<br>$S_s$ | 耐震壁<br>(2次しゃへい壁)           | 最大応答せん断ひずみが遮蔽性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}$      |
| 気密性  | 換気性能とあいまって気密機能を維持すること | 基準地震動<br>$S_s$ | 耐震壁<br>(原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)) | 最大応答せん断ひずみが気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | せん断ひずみ<br>$2.0 \times 10^{-3}^{*2}$ |

注記\*1:「技術基準解説書」により設定。

\*2: 気密性に対する許容限界の適用性は、添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の耐震性についての計算書 別紙2 原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の気密性についての計算書」に示す。

#### 4. 応力解析による評価方法

##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

大物搬入口躯体の応力解析による評価対象部位は、耐震壁、屋根スラブ及びフレーム構造部（扉部）とし、応力解析により評価を行う。応力解析にあたっては、添付書類「（Ⅰ）大物搬入口躯体の地震応答計算書」による結果を用いて、荷重の組合せを行う。

弾性設計用の水平地震荷重は、弾性設計用地震動  $S_d$  による地震応答解析により算定される動的地震力又は層せん断係数  $3.0C_i$  より算定される静的地震力より設定する。なお、水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとす。表 4-1 に水平地震荷重を示す。

弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力は静的地震力を上回るため、弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力により評価を行う。

表 4-1 水平地震荷重（弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力及び静的地震力）

| O. P.<br>(m) | NS 方向                                                |                                      | EW 方向                                                  |                                        |
|--------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|              | 弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力<br>( $\times 10^3 \text{kN}$ ) | 静的地震力<br>( $\times 10^3 \text{kN}$ ) | 弾性設計用地震動 $S_d$ による地震力<br>( $\times 10^3 \text{kN/m}$ ) | 静的地震力<br>( $\times 10^3 \text{kN/m}$ ) |
| 22.6～15.0    | 6.39                                                 | 2.71                                 | 0.31                                                   | 0.18                                   |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

弾性設計用の鉛直地震荷重は、弾性設計用地震動  $S_d$  による地震応答解析により算定される動的地震力又は鉛直震度 0.3 より算定される静的地震力より設定する。なお、鉛直地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとす。表 4-2 に鉛直地震荷重を示す。

弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力は静的地震力を上回るため、弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力により評価を行う。

表 4-2 鉛直地震荷重（弾性設計用地震動  $S_d$  による地震力及び静的地震力）

| O. P.<br>(m) | UD 方向                  |              |
|--------------|------------------------|--------------|
|              | 弾性設計用地震動 $S_d$ による鉛直震度 | 静的地震力による鉛直震度 |
| 22.6         | 0.69                   | 0.24         |
| 15.0         | 0.67                   | 0.24         |

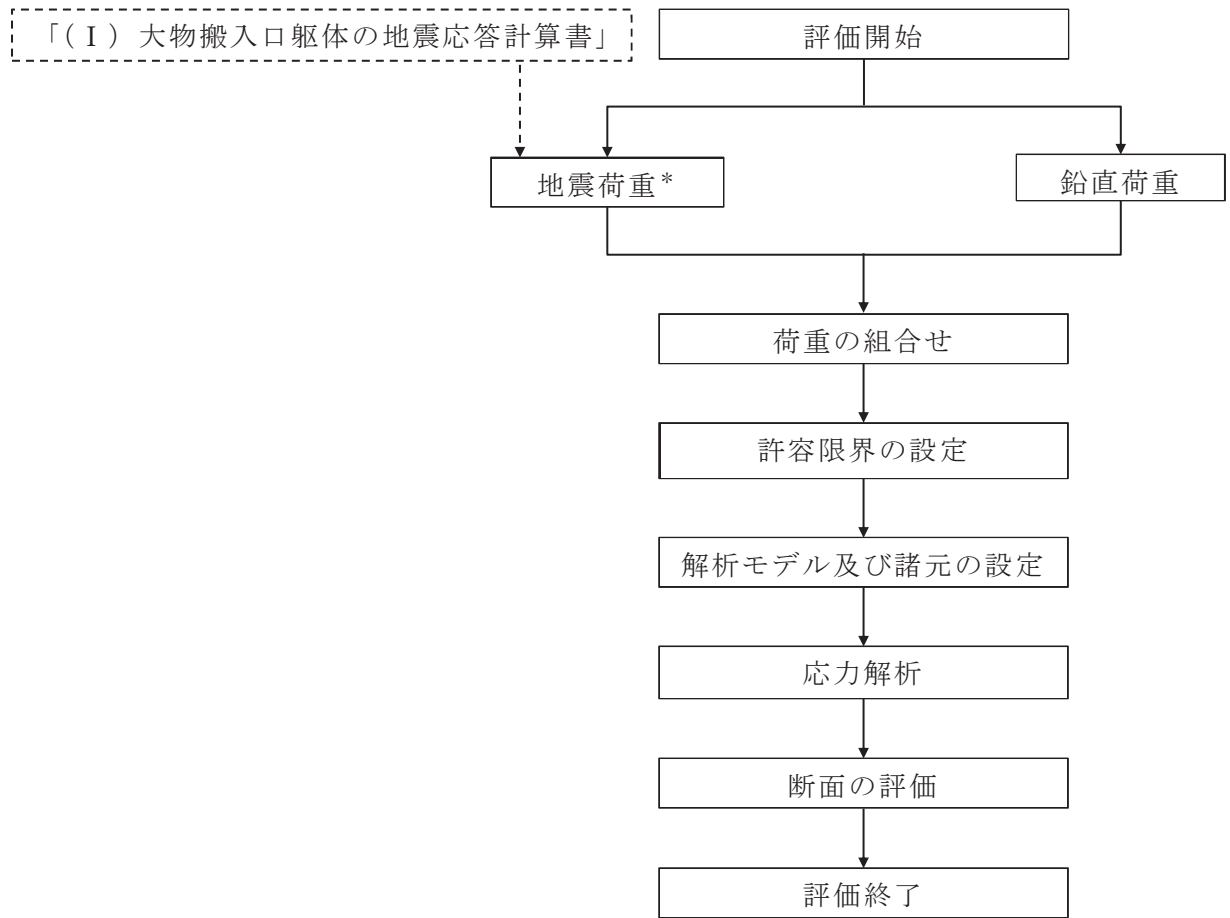
注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

#### 4.1.1 耐震壁

##### (1) S d 地震時に対する評価

耐震壁の S d 地震時に対する評価は，材料物性の不確かさを考慮した地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が，「R C - N 規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

図 4-1 に耐震壁の応力解析による評価フローを示す。



注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-1 耐震壁の応力解析によるフロー

#### 4.1.2 屋根スラブ

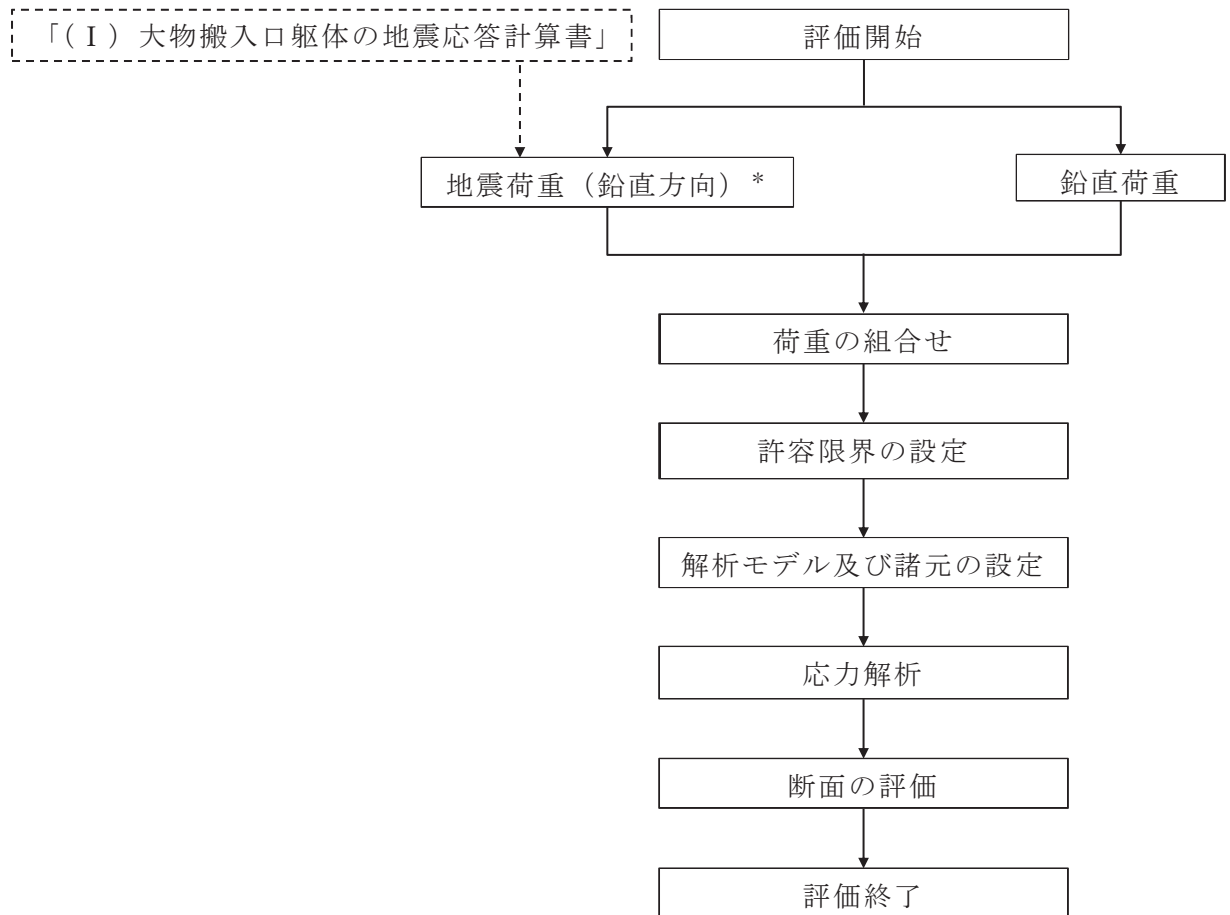
##### (1) S d 地震時に対する評価

屋根スラブの S d 地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「R C - N 規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

##### (2) S s 地震時に対する評価

屋根スラブの S s 地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した鉛直方向の地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力が「R C - N 規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

図 4-2 に屋根スラブの応力解析による評価フローを示す。



注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-2 屋根スラブの応力解析による評価フロー

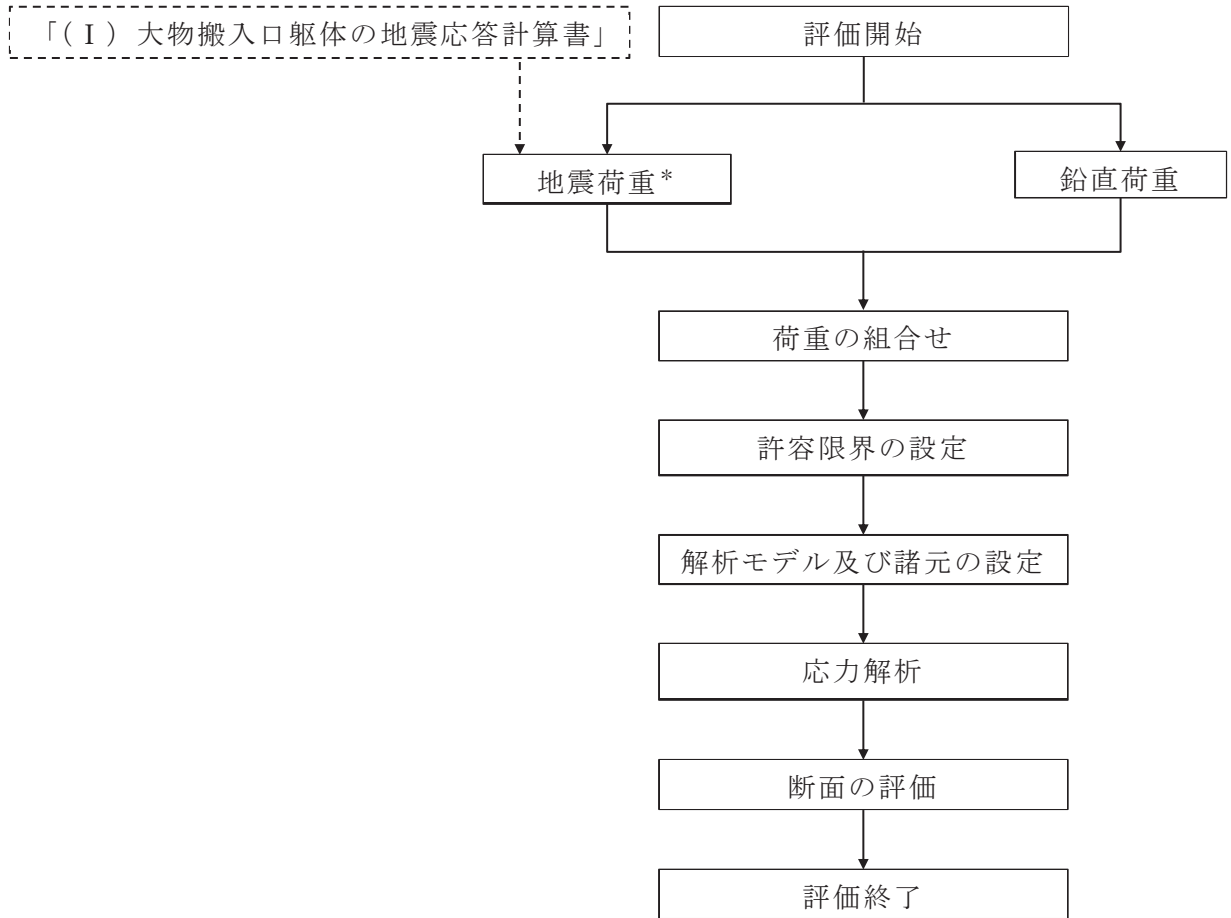


#### 4.1.3 フレーム構造部（扉部）

##### (1) S d 地震時に対する評価

フレーム構造部（扉部）のS d 地震時に対する評価は，材料物性の不確かさを考慮した地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が「R C - N 規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

図 4-3 にフレーム構造部（扉部）の応力解析による評価フローを示す。



注記＊：材料物性の不確かさを考慮する。

図 4-3 フレーム構造部（扉部）の応力解析によるフロー

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

### 4.2.1 耐震壁

#### (1) 荷重

##### a. 鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重及び積載荷重とする。

##### b. 水平地震荷重

水平地震荷重は，弾性設計用地震動  $S_d$  による地震応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお，水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

##### c. 鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は，弾性設計用地震動  $S_d$  による地震応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお，鉛直地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

#### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-3 に示す。

表 4-3 荷重の組合せ

| 外力の状態     | 荷重の組合せ        |
|-----------|---------------|
| $S_d$ 地震時 | $G + P + S_d$ |

$G$  : 固定荷重

$P$  : 積載荷重

$S_d$  :  $S_d$  地震荷重

#### 4.2.2 屋根スラブ

##### (1) 荷重

###### a. 鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重及び積載荷重とする。

###### b. 地震荷重

鉛直地震荷重は，弾性設計用地震動  $S_d$  及び基準地震動  $S_s$  による地震応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお，鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

##### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-4 に示す。

表 4-4 荷重の組合せ

| 外力の状態     | 荷重の組合せ        |
|-----------|---------------|
| $S_d$ 地震時 | $G + P + S_d$ |
| $S_s$ 地震時 | $G + P + S_s$ |

$G$  : 固定荷重

$P$  : 積載荷重

$S_d$  :  $S_d$  地震荷重（鉛直）

$S_s$  :  $S_s$  地震荷重（鉛直）

#### 4.2.3 フレーム構造部（扉部）

##### (1) 荷重

###### a. 鉛直荷重

鉛直荷重は固定荷重及び積載荷重とする。

###### b. 水平地震荷重

水平地震荷重は，弾性設計用地震動  $S_d$  による地震応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお，水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

###### c. 鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は，弾性設計用地震動  $S_d$  による地震応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお，鉛直地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

##### (2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

| 外力の状態     | 荷重の組合せ        |
|-----------|---------------|
| $S_d$ 地震時 | $G + P + S_d$ |

$G$  : 固定荷重

$P$  : 積載荷重

$S_d$  :  $S_d$  地震荷重（水平・鉛直）

### 4.3 許容限界

応力解析による評価における大物搬入口躯体の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の基本方針に基づき、表 4-6 及び表 4-7 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-8 及び表 4-9 に示す。

表 4-6 応力解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標              | 地震力                               | 部位                                     | 機能維持のための考え方                             | 許容限界<br>(評価基準値)               |
|------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------------|
| —    | 構造強度を有すること              | 弾性設計用<br>地震動 $S_d$<br>又は<br>静的地震力 | 耐震壁                                    | 部材に生じる<br>応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N 規準」<br>に基づく<br>短期許容応力度  |
|      |                         |                                   | 屋根スラブ                                  |                                         |                               |
|      |                         |                                   | フレーム<br>構造部<br>(扉部)                    |                                         |                               |
|      |                         | 基準地震動<br>$S_s$                    | 屋根スラブ                                  |                                         | 「RC-N 規準」<br>に基づく<br>終局強度     |
| 気密性  | 換気性能とあわせて<br>気密性能を有すること | 弾性設計用<br>地震動 $S_d$<br>又は<br>静的地震力 | 屋根スラブ<br>(原子炉建屋<br>原子炉棟<br>(二次格納施設)の床) | 部材に生じる<br>応力が気密性を維持するための許容限界を超えないことを確認  | 「RC-N 規準」<br>に基づく<br>短期許容応力度* |
|      |                         | 基準地震動<br>$S_s$                    |                                        |                                         |                               |

注記＊：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4-7 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求<br>機能 | 機能設計上<br>の性能目標                   | 地震力                     | 部位                                         | 機能維持のた<br>めの考え方                                         | 許容限界<br>(評価基準値)                           |
|----------|----------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| —        | 構造強度を<br>有すること                   | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 屋根スラブ                                      | 部材に生じる<br>応力が構造強<br>度を確保する<br>ための許容限<br>界を超えない<br>ことを確認 | 「RC-N規準」<br>に基づく<br>終局強度                  |
| 遮蔽性      | 遮蔽体の損<br>傷により遮<br>蔽性を損な<br>わないこと | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 屋根スラブ<br>(2次しゃへ<br>い壁の床)                   | 部材に生じる<br>応力が遮蔽性<br>を維持するた<br>めの許容限<br>界を超えないこ<br>とを確認  | 「RC-N規準」<br>に基づく<br>短期許容応力度* <sup>1</sup> |
| 気密性      | 換気性能と<br>あいまって<br>気密性能を<br>有すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 屋根スラブ<br>(原子炉建屋<br>原子炉棟<br>(二次格納施<br>設)の床) | 部材に生じる<br>応力が気密性<br>を維持するた<br>めの許容限<br>界を超えないこ<br>とを確認  | 「RC-N規準」<br>に基づく<br>短期許容応力度* <sup>2</sup> |

注記\*1：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

\*2：地震時に生じる応力に対して許容応力度設計とし、地震時及び地震後においても気密性を維持できる設計とする。

表 4-8 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 部位              | 設計基準強度<br>F <sub>c</sub> | 短期    |       |
|-----------------|--------------------------|-------|-------|
|                 |                          | 圧縮    | せん断   |
| 屋根スラブ<br>耐震壁    | 32.4*                    | 21.6* | 1.21* |
| フレーム構造部<br>(扉部) | 33                       | 22.0  | 1.23  |

注記＊：既設部と新設部が混在するが保守的に既設部の値とする。

表 4-9 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 部位                                                | 種別                 | 短期     |     |
|---------------------------------------------------|--------------------|--------|-----|
|                                                   |                    | 引張及び圧縮 | せん断 |
| 屋根スラブ<br>耐震壁<br>(既設部)                             | SD35<br>(SD345 相当) | 345    | 345 |
| 屋根スラブ<br>耐震壁<br>(新設脚部以外)<br>フレーム構造部<br>(扉部) (新設部) | SD345              | 345    | 345 |
| 耐震壁<br>(新設脚部)                                     | SD490              | 490    | 490 |

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 耐震壁

###### (1) モデル化の基本方針

耐震壁の応力は、NS 方向は「( I ) 大物搬入口躯体の地震応答計算書」に基づき評価する。

EW 方向は耐震壁及び屋根スラブの 2 次元フレームとしてモデル化して評価する。

2 次元フレームモデルは耐震壁及び屋根スラブを単位幅で切り出し、部材芯でモデル化するものとし、耐震壁及び屋根スラブは線材でモデル化する。フレーム脚部については固定とする。

解析には、解析コード「KANSAS」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

耐震壁及び屋根スラブのモデル図を図 4-4 に示す。

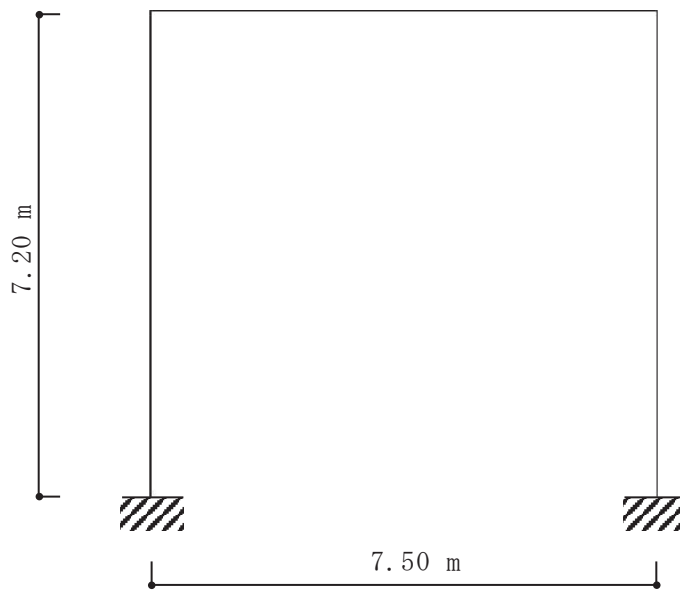


図 4-4 耐震壁及び屋根スラブのモデル図



(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

表 4-10 コンクリートの物性値

| 諸元    | 物性値                               |
|-------|-----------------------------------|
| ヤング係数 | $2.52 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ |
| ポアソン比 | 0.2                               |

注：剛性は新設部のコンクリートの設計基準強度（ $33.0 \text{ N/mm}^2$ ）に基づく。

表 4-11 鉄筋の物性値

| 諸元    | 物性値                               |
|-------|-----------------------------------|
| 鋼材種   | SD35（SD345 相当）                    |
|       | SD345                             |
|       | SD490                             |
| ヤング係数 | $2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ |

#### 4.4.2 屋根スラブ

##### (1) モデル化の基本方針

屋根スラブは、4.4.1(1)の耐震壁及び屋根スラブの 2 次元フレームモデルにより評価する。

#### 4.4.3 フレーム構造部（扉部）

##### (1) モデル化の基本方針

フレーム構造部（扉部）の応力は 2 次元フレームモデルを用いて評価する。

2 次元フレームモデルは部材芯でモデル化するものとし，はり及び柱は線材でモデル化する。フレーム脚部についてはピン支持とし浮上りは考慮しない。基礎スラブは仮想はりとしてモデル化する。

解析には，解析コード「KANSAS」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

フレーム構造部（扉部）のモデル図を図 4-5 に示す。

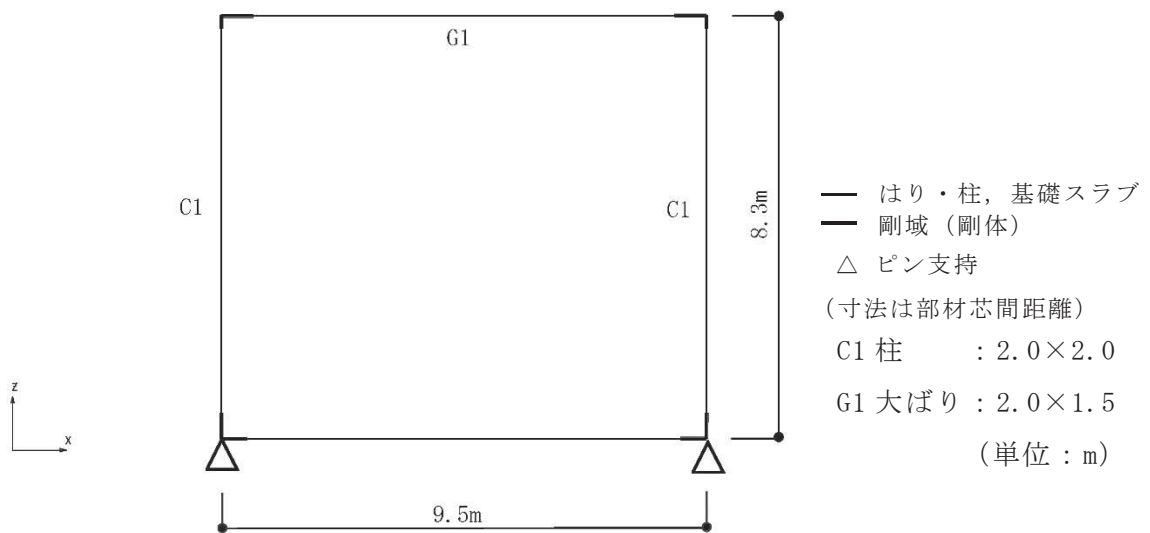


図 4-5 フレーム構造部（扉部）の解析モデル図

## (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-12 及び表 4-13 に示す。

表 4-12 コンクリートの物性値

| 諸元    | 物性値                               |
|-------|-----------------------------------|
| ヤング係数 | $2.52 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ |
| ポアソン比 | 0.2                               |

注：剛性はコンクリートの設計基準強度（ $33.0 \text{ N/mm}^2$ ）に基づく。

表 4-13 鉄筋の物性値

| 諸元    | 物性値                               |
|-------|-----------------------------------|
| 鋼材種   | SD345                             |
| ヤング係数 | $2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ |

## 4.5 評価方法

### 4.5.1 応力解析方法

#### (1) 耐震壁

##### a. 荷重ケース

S d 地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。単独荷重の記号を以下に示す。

- G : 固定荷重  
 P : 積載荷重  
 S d<sub>NS</sub> : S d 地震荷重 (N→S 入力, NS 方向)  
 S d<sub>EW</sub> : S d 地震荷重 (E→W 入力, EW 方向)  
 K v<sub>d</sub> : 鉛直震度 (S d 地震時)

表 4-14 及び表 4-15 に S d 地震時の水平地震荷重及び鉛直地震荷重を示す。

表 4-14 水平地震荷重 (S d 地震時)

(a) NS 方向

| O. P.<br>(m) | 方向 | 層せん断力<br>( $\times 10^2$ kN) |
|--------------|----|------------------------------|
| 22.6~15.0    | NS | 63.9                         |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

(b) EW 方向

| O. P.<br>(m) | 方向 | 震度   |
|--------------|----|------|
| 22.2~15.0    | EW | 1.06 |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

表 4-15 鉛直地震荷重 (S d 地震時)

| O. P.<br>(m) | 方向 | 震度   |
|--------------|----|------|
| 22.6         | UD | 0.69 |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

## b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-16 及び表 4-17 に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 -2015）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いるものとする。

表 4-16 荷重の組合せケース（S d 地震時 NS 方向）

| ケース<br>No. | 水平：鉛直     | 鉛直震度 | 荷重の組合せケース                            |
|------------|-----------|------|--------------------------------------|
| 1-1        | 1.0 : 0.4 | 下向き  | $(1.0 + 0.4K_{vd})(G + P) + S_{dNS}$ |
| 1-2        |           |      | $(1.0 + 0.4K_{vd})(G + P) - S_{dNS}$ |
| 1-3        |           | 上向き  | $(1.0 - 0.4K_{vd})(G + P) + S_{dNS}$ |
| 1-4        |           |      | $(1.0 - 0.4K_{vd})(G + P) - S_{dNS}$ |

表 4-17 荷重の組合せケース（S d 地震時 EW 方向）

| ケース<br>No. | 水平：鉛直     | 鉛直震度 | 荷重の組合せケース                               |
|------------|-----------|------|-----------------------------------------|
| 2-1        | 1.0 : 0.4 | 下向き  | $(1.0 + 0.4K_{vd})(G + P) + S_{dEW}$    |
| 2-2        |           |      | $(1.0 + 0.4K_{vd})(G + P) - S_{dEW}$    |
| 2-3        |           | 上向き  | $(1.0 - 0.4K_{vd})(G + P) + S_{dEW}$    |
| 2-4        |           |      | $(1.0 - 0.4K_{vd})(G + P) - S_{dEW}$    |
| 2-5        | 0.4 : 1.0 | 下向き  | $(1.0 + 1.0K_{vd})(G + P) + 0.4S_{dEW}$ |
| 2-6        |           |      | $(1.0 + 1.0K_{vd})(G + P) - 0.4S_{dEW}$ |
| 2-7        |           | 上向き  | $(1.0 - 1.0K_{vd})(G + P) + 0.4S_{dEW}$ |
| 2-8        |           |      | $(1.0 - 1.0K_{vd})(G + P) - 0.4S_{dEW}$ |

## (2) 屋根スラブ

## a. 荷重ケース

S d 地震時及びS s 地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。単独荷重の記号を以下に示す。S d 地震時及びS s 地震時の鉛直地震荷重を表 4－18 及び表 4－19 示す。

- G : 固定荷重  
 P : 積載荷重  
 K v d : 鉛直震度 (S d 地震時)  
 K v s : 鉛直震度 (S s 地震時)

表 4－18 鉛直地震荷重 (S d 地震時)

| O. P.<br>(m) | 鉛直震度  |
|--------------|-------|
| 22. 6        | 0. 69 |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

表 4－19 鉛直地震荷重 (S s 地震時)

| O. P.<br>(m) | 鉛直震度  |
|--------------|-------|
| 22. 6        | 1. 18 |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-20 及び表 4-21 に示す。

表 4-20 荷重の組合せケース (S<sub>d</sub> 地震時)

| ケース<br>No. | 鉛直  | 鉛直震度 | 荷重の組合せケース                |
|------------|-----|------|--------------------------|
| 1-1        | 1.0 | 下向き  | $(1.0 + K_{v_d})(G + P)$ |
| 1-2        |     | 上向き  | $(1.0 - K_{v_d})(G + P)$ |

表 4-21 荷重の組合せケース (S<sub>s</sub> 地震時)

| ケース<br>No. | 鉛直  | 鉛直震度 | 荷重の組合せケース                |
|------------|-----|------|--------------------------|
| 2-1        | 1.0 | 下向き  | $(1.0 + K_{v_s})(G + P)$ |
| 2-2        |     | 上向き  | $(1.0 - K_{v_s})(G + P)$ |



## (3) フレーム構造部（扉部）

## a. 荷重ケース

S d 地震時の応力は、単独荷重による応力を組み合わせて求める。単独荷重の記号を以下に示す。

G : 固定荷重（扉重量を含む）

P : 積載荷重

S d<sub>EW</sub> : E→W 方向 S d 地震荷重（扉の慣性力を含む）

K v<sub>d</sub> : 鉛直震度（S d 地震時）

表 4-22 及び表 4-23 に S d 地震時の水平地震荷重及び鉛直地震荷重を示す。

表 4-22 水平地震荷重（S d 地震時）

| O. P.<br>(m) | EW 方向震度 |
|--------------|---------|
| 22. 2        | 1. 06   |
| 15. 0        | 0. 59   |

表 4-23 鉛直地震荷重（S d 地震時）

| O. P.<br>(m) | 鉛直震度  |
|--------------|-------|
| 22. 6        | 0. 69 |
| 15. 0        | 0. 67 |

注：表中の値は材料物性の不確かさを考慮した包絡値を示す。

## b. 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-24 に示す。

水平方向と鉛直方向の荷重の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1-2015）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いるものとする。

表 4-24 荷重の組合せケース（S d 地震時）

| ケース<br>No. | 水平：鉛直     | 鉛直震度 | 荷重の組合せケース                                |
|------------|-----------|------|------------------------------------------|
| 1-1        | 1.0 : 0.4 | 下向き  | $(1.0 + 0.4K_{vd})(G + P) + S d_{EW}$    |
| 1-2        |           |      | $(1.0 + 0.4K_{vd})(G + P) - S d_{EW}$    |
| 1-3        |           | 上向き  | $(1.0 - 0.4K_{vd})(G + P) + S d_{EW}$    |
| 1-4        |           |      | $(1.0 - 0.4K_{vd})(G + P) - S d_{EW}$    |
| 1-5        | 0.4 : 1.0 | 下向き  | $(1.0 + 1.0K_{vd})(G + P) + 0.4S d_{EW}$ |
| 1-6        |           |      | $(1.0 + 1.0K_{vd})(G + P) - 0.4S d_{EW}$ |
| 1-7        |           | 上向き  | $(1.0 - 1.0K_{vd})(G + P) + 0.4S d_{EW}$ |
| 1-8        |           |      | $(1.0 - 1.0K_{vd})(G + P) - 0.4S d_{EW}$ |

#### 4.5.2 断面の評価方法

##### (1) 耐震壁

###### a. NS 方向に対する断面の評価方法

S d 地震時について、せん断力による応力は全て鉄筋で負担し、また、曲げモーメントにより生じる引張応力についても、鉄筋で負担することとし、必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えないことを確認する。

###### b. EW 方向に対する断面の評価方法

EW 方向については、軸力及び曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外せん断力を算定し、各許容限界を超えないことを確認する。

##### ① 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

S d 地震時において、軸力及び曲げモーメントに対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。

##### ② 面外せん断力に対する断面評価方法

断面の評価は、「R C - N 規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$  : セン断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$x$  : セン断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : セン断補強筋がない領域については、第2項を0とする。

(なお、耐震壁には、面外セン断補強筋は入っていない。)

## (2) 屋根スラブ

屋根スラブの評価は以下の方法で行う。

屋根スラブについては、曲げモーメントによる鉄筋応力度及び面外セン断力を算定し、各許容限界を超えないことを確認する。

### a. 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、次式をもとに計算した評価対象箇所が生じる曲げモーメントによる鉄筋応力度が、許容限界を超えないことを確認する。

$$\sigma_t = \frac{M}{a_t \cdot j}$$

ここで、

$\sigma_t$  : 鉄筋の引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

$j$  : 断面の応力中心距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

### b. 面外セン断力に対する断面評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外セン断力が、次式をもとに計算した許容面外セン断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外セン断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容セン断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f<sub>s</sub> : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

w f<sub>t</sub> : せん断補強筋の短期許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

p<sub>w</sub> : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a<sub>w</sub> : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

(なお、屋根スラブには、面外せん断補強筋は入っていない。)

(3) フレーム構造部 (扉部)

フレーム構造部 (扉部) の評価は以下の方法で行う。

フレーム構造部 (扉部) については、S d 地震時について、発生応力に対する必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認する。

## 5. 地震応答解析による評価結果

### 5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果

#### 5.1.1 S s 地震時

鉄筋コンクリート造耐震壁について，S s 地震時の最大応答せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した S s 地震時の最大応答せん断ひずみは， $0.111 \times 10^{-3}$ （要素番号(1)，NS 方向，S s - D 2，ケース 5）であり，許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。耐震壁の最大応答せん断ひずみをせん断スケルトンカーブにプロットした図を図 5-1 に示す。

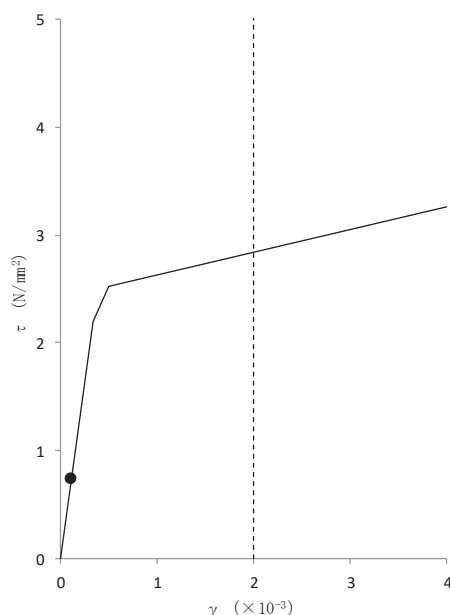


図 5-1 せん断スケルトンカーブ上の最大応答せん断ひずみ  
(NS 方向，S s - D 2，ケース 5)

## 5.2 フレーム構造部（一般部）

### 5.2.1 S s 地震時

フレーム構造部（一般部）について、S s 地震時の最大層間変形角が許容限界（1/120）を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した S s 地震時の最大層間変形角は、1/172 (EW 方向, S s - D 1, ケース 5) であり、許容限界（1/120）を超えないことを確認した。

### 5.3 保有水平耐力

必要保有水平耐力  $Q_{un}$  と保有水平耐力  $Q_u$  の比較結果を表5-1及び表5-2に示す。EW方向については単位幅の値を示す。保有水平耐力  $Q_u$  が必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対して妥当な安全余裕を有していることを確認した。

なお、必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対する保有水平耐力  $Q_u$  の比は最小で2.18である。

表 5-1 必要保有水平耐力  $Q_{un}$  と保有水平耐力  $Q_u$  の比較結果 (NS 方向)

| O. P.<br>(m) | $Q_{un}$<br>( $\times 10^3$ kN) | $Q_u$<br>( $\times 10^3$ kN) | $Q_u / Q_{un}$ |
|--------------|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| 15.0～22.6    | 2.48                            | 52.3                         | 21.1           |

表 5-2 必要保有水平耐力  $Q_{un}$  と保有水平耐力  $Q_u$  の比較結果 (EW 方向)

| O. P.<br>(m) | $Q_{un}$<br>( $\times 10^3$ kN) | $Q_u$<br>( $\times 10^3$ kN) | $Q_u / Q_{un}$ |
|--------------|---------------------------------|------------------------------|----------------|
| 15.0～22.2    | 3.04                            | 6.63                         | 2.18           |



## 6. 応力解析による評価結果

### 6.1 耐震壁の評価結果

評価対象とする耐震壁を示したものを図 6-1 に示す。また、「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を表 6-1 及び表 6-2 に示す。

S d 地震時において、必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えないことを確認した。

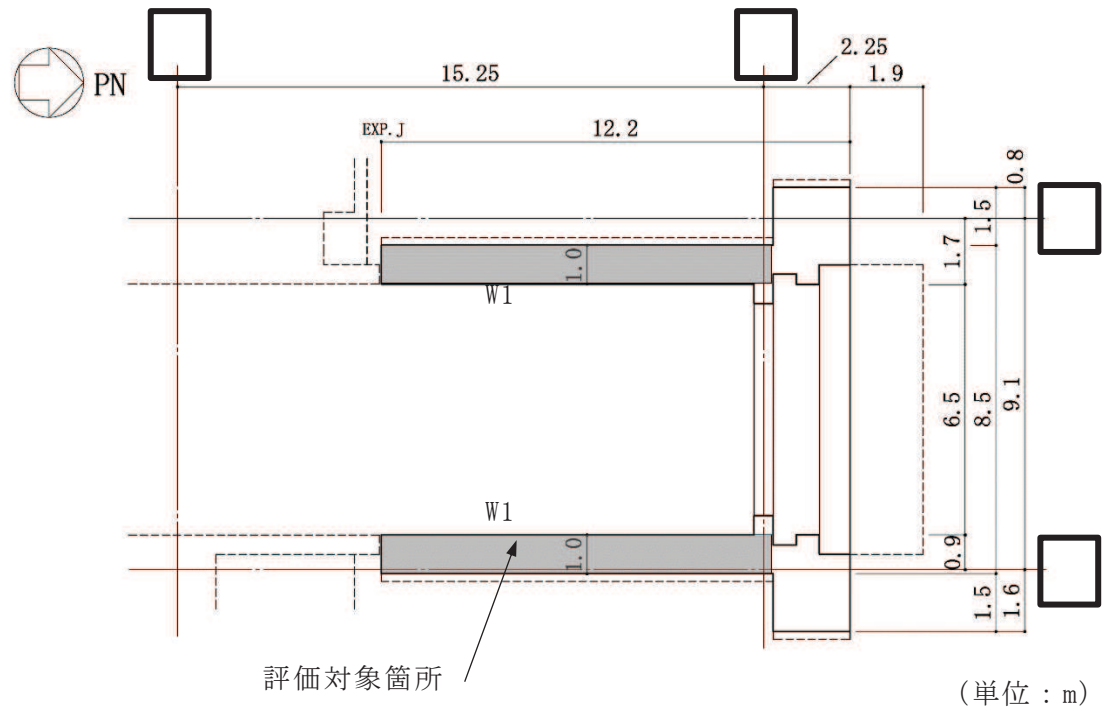


図 6-1 評価対象とする耐震壁 (1F, O.P. 15.0m)

表 6-1 耐震壁の評価結果 (S d 地震時 NS 方向)

| O. P. (m)                |                                       | 15.0~22.6                                                                                     |      |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 壁位置<br>(通り)              |                                       | RE                                                                                            | RD   |
| 壁記号                      |                                       | W1                                                                                            | W1   |
| 断面積 (m <sup>2</sup> )    |                                       | 10.2                                                                                          | 10.2 |
| 壁厚 (mm)                  |                                       | 1000                                                                                          | 1000 |
| 配筋                       | 縦筋配筋                                  | 外側 (新設) : D32@200 (SD345) (上部) / D41@200 (SD490) (下部)<br>内側 (既設) : 2-D32@200 (SD345) (上部・下部共) |      |
|                          | 縦筋<br>設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)              | 1.19                                                                                          | 1.19 |
|                          | 横筋配筋                                  | 外側 (新設) : D16@200 (SD345) (上部・下部共)<br>内側 (既設) : 2-D25@200 (SD345) (上部・下部共)                    |      |
|                          | 横筋<br>設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)              | 0.61                                                                                          | 0.61 |
| せん断に対する検討                | せん断力<br>$Q$ ( $\times 10^3$ kN)       | 6.39                                                                                          | 6.39 |
|                          | せん断応力度<br>$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 0.63                                                                                          | 0.63 |
|                          | 必要鉄筋比<br>$P_Q$ (%)                    | 0.18                                                                                          | 0.18 |
| 曲げモーメントに対する検討            | 曲げモーメント<br>$M$ ( $\times 10^3$ kN・m)  | 2.86                                                                                          | 2.86 |
|                          | 軸力<br>$N$ ( $\times 10^3$ kN)         | 1.31                                                                                          | 1.31 |
|                          |                                       | 2.46                                                                                          | 2.46 |
|                          | 必要鉄筋比<br>$P_M$ (%)                    | 0.01                                                                                          | 0.01 |
| 縦筋 : $(P_Q + P_M) / P_g$ |                                       | 0.16                                                                                          | 0.16 |
| 横筋 : $P_Q / P_g$         |                                       | 0.30                                                                                          | 0.30 |

表 6-2 耐震壁の評価結果 (S d 地震時 EW 方向)

|                    |                                   |                                             |
|--------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
| O. P. (m)          |                                   | 15.0~22.2                                   |
| 厚さ t (mm)          |                                   | 1000                                        |
| 有効せい d (mm)        |                                   | 909                                         |
| 配筋<br>(鉄筋断面積)      | 縦筋<br>配筋                          | D32@200 (SD345)<br>(3970mm <sup>2</sup> /m) |
|                    | 縦筋<br>設計鉄筋比<br>P <sub>t</sub> (%) | 0.40                                        |
| 軸力・<br>曲げモー<br>メント | 発生曲げモーメント<br>M (kN・m/m)           | 1046.4                                      |
|                    | 発生軸力<br>N (kN/m)                  | 260.3                                       |
|                    | 必要鉄筋比<br>P <sub>M</sub> (%)       | 0.33                                        |
|                    | P <sub>M</sub> /P <sub>t</sub>    | 0.83                                        |
| 面外<br>せん断力         | 発生せん断力 Q (kN/m)                   | 325.7                                       |
|                    | せん断スパン比による<br>割増し係数 α             | 1.00                                        |
|                    | 許容限界 Q <sub>A</sub> (kN/m)        | 962                                         |
|                    | 検定値 Q/Q <sub>A</sub>              | 0.34                                        |

## 6.2 屋根スラブの評価結果

屋根スラブの評価対象箇所は、各断面の検定値が最も大きい箇所とし、図 6-4 に示す。また、「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を表 6-3 に示す。なお、対象とするスラブは十分な剛性（固有振動数 20Hz 以上）を有していることから、共振は考慮しない。

S<sub>d</sub> 地震時及び S<sub>s</sub> 地震時において、曲げモーメントに対する鉄筋応力度が許容限界を超えないこと及び発生する面外せん断力が許容限界を超えないことを確認した。なお、基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力は弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> による地震力を上回るため、基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力により屋根スラブの評価を行う。

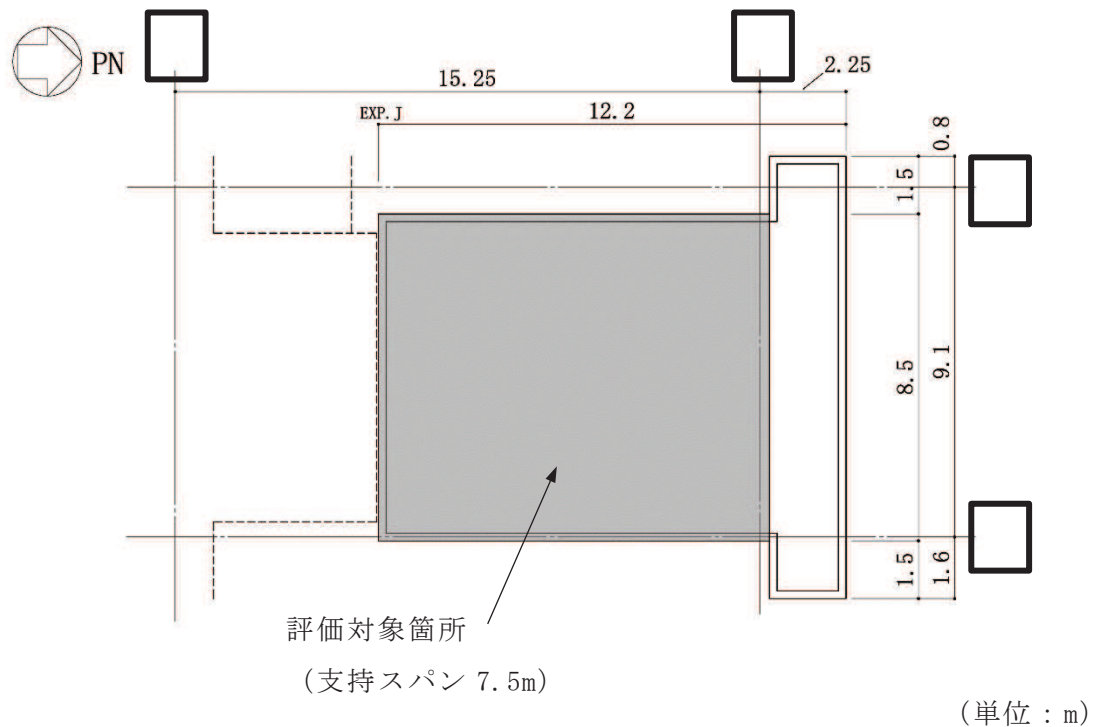


図 6-4 屋根スラブの評価対象箇所 (RF, 0.P. 22.6m)

表 6-3 屋根スラブの評価結果 (S s 地震時)

|                        |                                            |                                     |
|------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
| O.P. (m)               |                                            | 22.6                                |
| 厚さ t (mm)              |                                            | 800                                 |
| 有効せい d (mm)            |                                            | 734                                 |
| 配 筋<br>(鉄筋断面積)         | 上ば筋                                        | D32@200<br>(3970mm <sup>2</sup> /m) |
|                        | 下ば筋                                        | D32@200<br>(3970mm <sup>2</sup> /m) |
| 曲<br>げ<br>モー<br>メント    | 発生曲げモーメント<br>M (kN・m/m)                    | 213.9                               |
|                        | 鉄筋の引張応力度<br>$\sigma_t$ (N/m <sup>2</sup> ) | 84                                  |
|                        | 鉄筋の許容引張応力度<br>$f_t$ (N/m <sup>2</sup> )    | 345                                 |
|                        | 検定値 $\sigma_t / f_t$                       | 0.25                                |
| 面<br>外<br>せん<br>断<br>力 | 発生せん断力 Q (kN/m)                            | 215.3                               |
|                        | せん断スパン比による割<br>増し係数 $\alpha$               | 1.70                                |
|                        | 許容限界 $Q_A$ (kN/m)                          | 1320                                |
|                        | 検定値 $Q / Q_A$                              | 0.17                                |

### 6.3 フレーム構造部（扉部）の評価結果

フレーム構造部（扉部）の評価対象箇所を図 6-5 に示す。また評価結果を表 6-4 及び表 6-5 に示す。

フレーム構造部（扉部）については，S d 地震時において，柱及びはりの必要鉄筋量が設計配筋量を超えないことを確認した。

柱及びはりの各断面の検定に用いる記号の説明

- b : 断面の幅 (mm)
- D : 断面のせい (mm)
- d : 断面の有効せい (mm)
- j : 断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)
- M : 曲げモーメント (N・mm)
- N : 軸力 (N)
- Q : せん断力 (N)
- $p_t$  : 引張鉄筋比 (%)
- $a_t$  : 引張鉄筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)
- $p_w$  : 必要あばら筋比又は帯筋比 (%)
- $f_t$  : 鉄筋の許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $f_s$  : コンクリートの許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)
- $\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2，1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

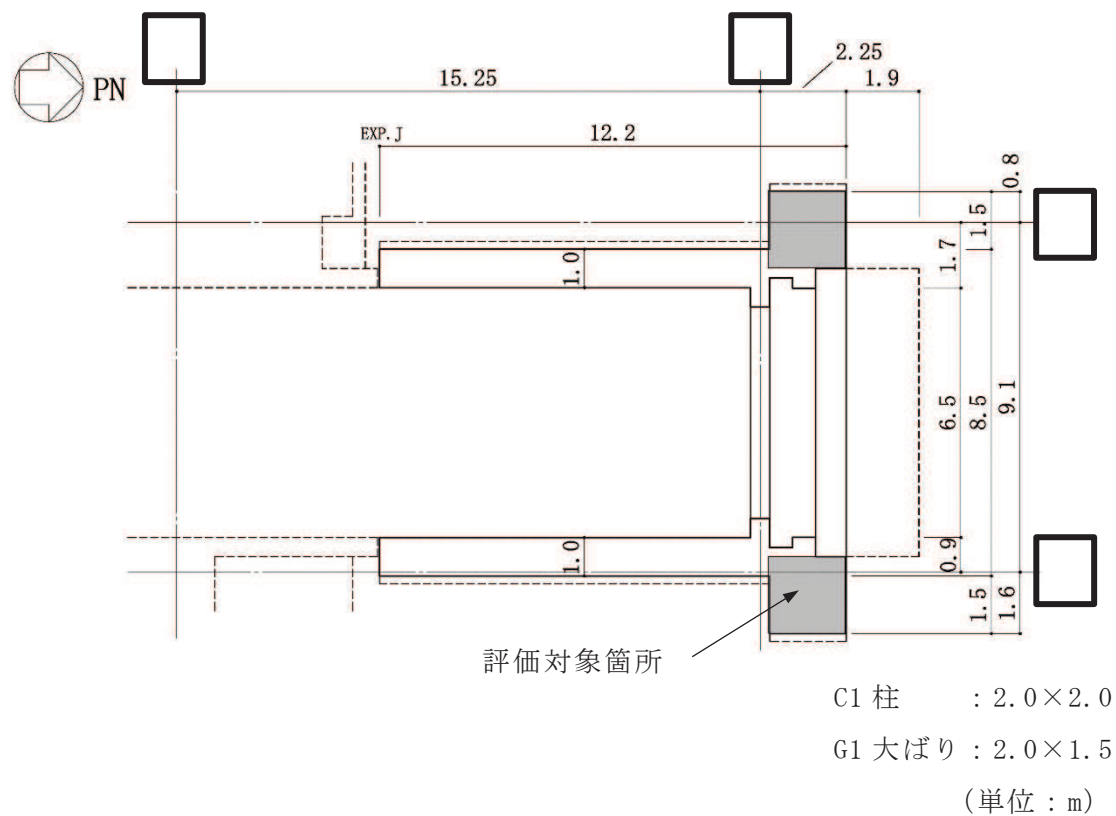


図 6-5(1) フレーム構造部（扉部）の評価対象箇所（1F, O.P. 15.0m）

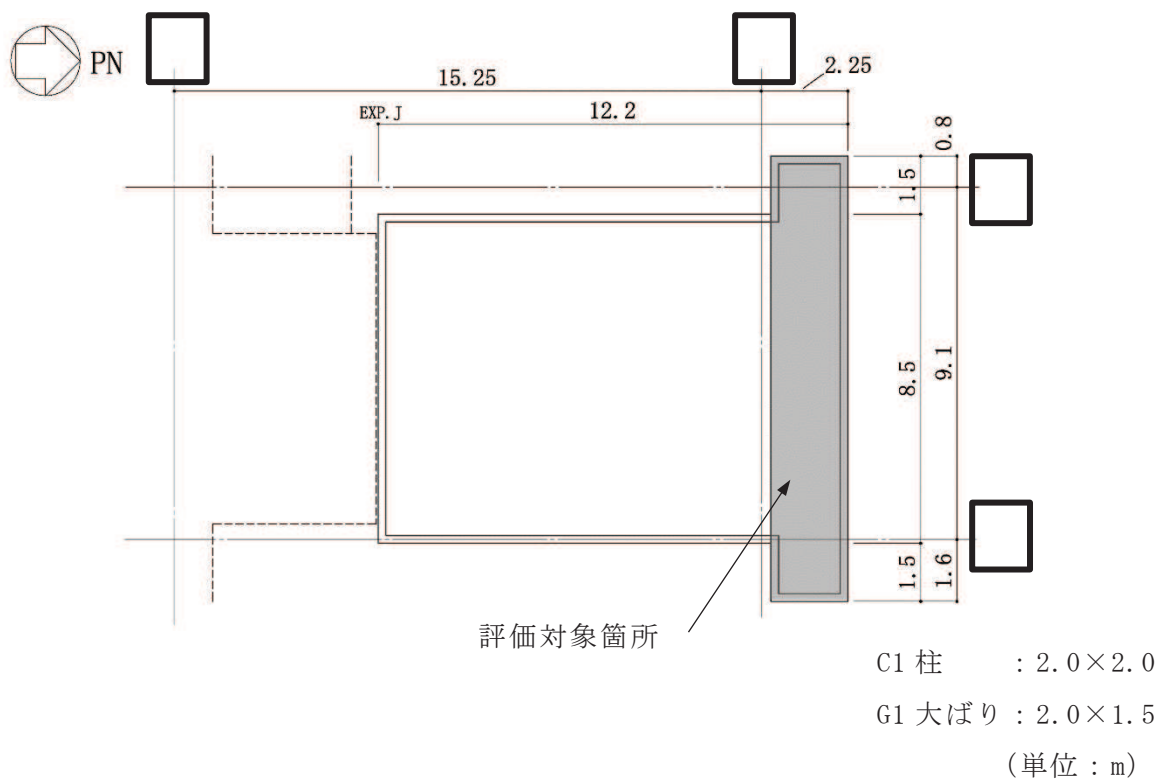
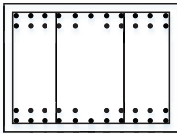
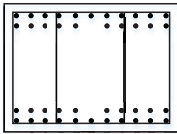
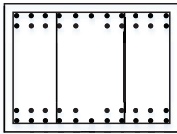


図 6-5(2) フレーム構造部（扉部）の評価対象箇所（RF, O.P. 22.9m）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

表 6-4 はりの評価結果 (S d 地震時)

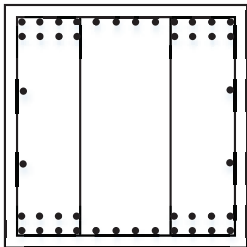
|                                                       |                                                 |          |                                                                                                                      |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| O. P. (m)                                             |                                                 |          | 22.9                                                                                                                 |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
| 通り記号                                                  |                                                 |          | R12                                                                                                                  |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
| はり記号                                                  |                                                 |          | G1                                                                                                                   |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
| 位 置                                                   |                                                 |          | RE 端                                                                                                                 | 中央                                                                                                                    | RD 端                                                                                                                   |
| 断面形状                                                  | b × D (mm)                                      |          | 2000 × 1500                                                                                                          |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|                                                       | d (mm)                                          |          | 1350                                                                                                                 |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|                                                       | j (mm)                                          |          | 1181                                                                                                                 |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
| 設計応力                                                  | 長期                                              | M (kN・m) | 125                                                                                                                  | 380                                                                                                                   | 856                                                                                                                    |
|                                                       |                                                 | Q (kN)   | 365                                                                                                                  | 89                                                                                                                    | 543                                                                                                                    |
|                                                       | 短期                                              | M (kN・m) | 2806                                                                                                                 | 654                                                                                                                   | 3789                                                                                                                   |
|                                                       |                                                 | 荷重ケース    | 1-2                                                                                                                  | 1-6                                                                                                                   | 1-1                                                                                                                    |
|                                                       |                                                 | Q (kN)   | 1114                                                                                                                 | 760                                                                                                                   | 1340                                                                                                                   |
|                                                       |                                                 | 荷重ケース    | 1-2                                                                                                                  | 1-1                                                                                                                   | 1-1                                                                                                                    |
| 長期                                                    | M / ( b ・ d <sup>2</sup> ) (N/mm <sup>2</sup> ) | 0.03     | 0.10                                                                                                                 | 0.23                                                                                                                  |                                                                                                                        |
|                                                       | p <sub>t</sub> <sup>*1</sup> (%)                | 0.03     | 0.07                                                                                                                 | 0.14                                                                                                                  |                                                                                                                        |
| 短期                                                    | M / ( b ・ d <sup>2</sup> ) (N/mm <sup>2</sup> ) | 0.77     | 0.18                                                                                                                 | 1.04                                                                                                                  |                                                                                                                        |
|                                                       | p <sub>t</sub> <sup>*1</sup> (%)                | 0.26     | 0.06                                                                                                                 | 0.35                                                                                                                  |                                                                                                                        |
| 必要鉄筋量 a <sub>t</sub> <sup>*1</sup> (mm <sup>2</sup> ) |                                                 |          | 7020                                                                                                                 | 1620                                                                                                                  | 9450                                                                                                                   |
| 設計配筋                                                  | 上ば筋                                             |          | 21-D38                                                                                                               |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|                                                       | 下ば筋                                             |          | 21-D38                                                                                                               |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|                                                       | 断面積*2 (mm <sup>2</sup> )                        |          | 23940                                                                                                                |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
| せん断力検討に討                                              | α                                               |          | 1.29                                                                                                                 |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|                                                       | 許容せん断力<br>α ・ f <sub>s</sub> ・ b ・ j (kN)       |          | 3747                                                                                                                 | 3747                                                                                                                  | 3747                                                                                                                   |
|                                                       | p <sub>w</sub> <sup>*1</sup> (%)                |          | 0.20                                                                                                                 | 0.20                                                                                                                  | 0.20                                                                                                                   |
|                                                       | あばら筋                                            |          | 4-D13@100                                                                                                            |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
|                                                       | あばら筋比*2 (%)                                     |          | 0.25                                                                                                                 |                                                                                                                       |                                                                                                                        |
| 配筋図                                                   |                                                 |          | RE 端                                                                                                                 | 中央                                                                                                                    | RD 端                                                                                                                   |
|                                                       |                                                 |          | <div>21-D38<br/><br/>21-D38</div> | <div>21-D38<br/><br/>21-D38</div> | <div>21-D38<br/><br/>21-D38</div> |

注記\*1：応力から決められる必要鉄筋断面積，必要鉄筋比。

\*2：設計配筋の鉄筋断面積，鉄筋比。



表 6-5 柱の評価結果 (S d 地震時)

|                                                       |                                               |          |                                                                                                                          |        |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| O. P. (m)                                             |                                               |          | 15. 0～22. 9                                                                                                              |        |
| 通り記号                                                  |                                               |          | R12                                                                                                                      |        |
| 柱記号                                                   |                                               |          | C1                                                                                                                       |        |
| 位置                                                    |                                               |          | 柱脚                                                                                                                       | 柱頭     |
| 断面形状                                                  | b × D (mm)                                    |          | 2000 × 2000                                                                                                              |        |
|                                                       | d (mm)                                        |          | 1800                                                                                                                     |        |
|                                                       | j (mm)                                        |          | 1575                                                                                                                     |        |
| 設計応力                                                  | 長期                                            | N (kN)   | 575                                                                                                                      | 575    |
|                                                       |                                               | M (kN・m) | 1187                                                                                                                     | 1117   |
|                                                       |                                               | Q (kN)   | 311                                                                                                                      | 311    |
|                                                       | 短期                                            | N (kN)   | 1380                                                                                                                     | 1380   |
|                                                       |                                               | M (kN・m) | 5655                                                                                                                     | 4290   |
|                                                       |                                               | 荷重ケース    | 1-1                                                                                                                      | 1-1    |
|                                                       |                                               | Q (kN)   | 1344                                                                                                                     | 1344   |
|                                                       |                                               | 荷重ケース    | 1-1                                                                                                                      | 1-1    |
| 長期                                                    | N／( b ・ D ) (N/mm <sup>2</sup> )              |          | 0. 14                                                                                                                    | 0. 14  |
|                                                       | M／( b ・ D <sup>2</sup> ) (N/mm <sup>2</sup> ) |          | 0. 15                                                                                                                    | 0. 14  |
|                                                       | p <sub>t</sub> <sup>*1</sup> (%)              |          | 0. 06                                                                                                                    | 0. 05  |
| 短期                                                    | N／( b ・ D ) (N/mm <sup>2</sup> )              |          | 0. 35                                                                                                                    | 0. 35  |
|                                                       | M／( b ・ D <sup>2</sup> ) (N/mm <sup>2</sup> ) |          | 0. 71                                                                                                                    | 0. 54  |
|                                                       | p <sub>t</sub> <sup>*1</sup> (%)              |          | 0. 20                                                                                                                    | 0. 14  |
| 必要鉄筋量 a <sub>t</sub> <sup>*1</sup> (mm <sup>2</sup> ) |                                               |          | 8000                                                                                                                     | 5600   |
| 設計配筋                                                  | 引張側鉄筋                                         |          | 20-D38                                                                                                                   | 20-D38 |
|                                                       | 断面積*2 (mm <sup>2</sup> )                      |          | 22800                                                                                                                    | 22800  |
| せん断力検討に對する                                            | α                                             |          | 1. 00                                                                                                                    | 1. 00  |
|                                                       | 許容せん断力<br>α ・ f <sub>s</sub> ・ b ・ j (kN)     |          | 3874                                                                                                                     | 3874   |
|                                                       | p <sub>w</sub> <sup>*1</sup> (%)              |          | 0. 20                                                                                                                    | 0. 20  |
|                                                       | 帯筋                                            |          | 4-D13@100                                                                                                                |        |
|                                                       | 帯筋比*2 (%)                                     |          | 0. 25                                                                                                                    |        |
| 配筋図                                                   |                                               |          | <div>20-D38</div>  <div>20-D38</div> |        |

注記\*1：応力から決められる必要鉄筋断面積，必要鉄筋比。

\*2：設計配筋の鉄筋断面積，鉄筋比。

別紙 2 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の気密性についての計算書

## 目 次

|                                             |         |
|---------------------------------------------|---------|
| 1. 概要 .....                                 | 別紙 2- 1 |
| 2. 既往の知見等の整理 .....                          | 別紙 2- 1 |
| 3. 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響検討..... | 別紙 2- 3 |
| 3.1 検討方針 .....                              | 別紙 2- 3 |
| 3.2 空気漏えい量の算定結果 .....                       | 別紙 2- 8 |
| 3.2.1 壁面からの漏えい量 .....                       | 別紙 2- 8 |
| 3.3 総漏えい量と非常用ガス処理設備放出流量の比較.....             | 別紙 2-10 |
| 3.4 検討結果 .....                              | 別紙 2-10 |
| 4. まとめ .....                                | 別紙 2-10 |

## 1. 概要

「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」（昭和 53 年 9 月制定）における A クラスの施設の気密性について、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）（以下「J E A G 4 6 0 1 -1987」という。）では、S 1 地震動に対し弾性範囲であることを確認することで、機能が維持されるとしている。

添付書類「VI-2-1-9 機能維持の検討方針」の機能維持の設計方針では、耐震壁のせん断ひずみがおおむね弾性状態にとどまることを基本としたうえで、おおむね弾性状態を超える場合は、地震応答解析による耐震壁のせん断ひずみから算定した空気漏えい量が、設置する換気設備の性能を下回ること必要な気密性を維持する設計としている。その場合、気密性を要求される施設に対し、基準地震動  $S_s$  による鉄筋コンクリート造耐震壁の許容限界をせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  としている。

二次格納施設の気密バウンダリを構成する原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の地震応答解析による評価において、耐震壁の許容限界として設定したせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  の適用性について確認するために、耐震壁のせん断ひび割れと空気漏えい量の関係に係る既往の知見を整理するとともに、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響を評価する。

## 2. 既往の知見等の整理

（財）原子力発電技術機構は、「原子力発電施設耐震信頼性実証試験に関する報告書\*<sup>1</sup>」において、「J E A G 4 6 0 1 -1987」による許容限界の目安値（S 2 地震時に対してせん断変形角  $2/1000\text{rad}$ 、静的地震力に対して  $\tau = \tau_u/1.5$ ）において想定されるひび割れを残留ひび割れと仮定した場合の外気侵入量を算出し、気圧差維持のためのファン容量と比較することで、空気漏えい量に対する評価を実施している。その結果「残留ひび割れからの外気侵入量は、ファン容量に比較すると無視できるほど小さいことが明らかになった」としている。

また、（財）原子力発電技術機構は、「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書\*<sup>2</sup>」において、耐震壁の残留ひび割れからの通気量の評価式が、十分に実機への適用性があることを確認している。更に、開口部の存在による通気量割増率の評価式も示されており、「開口部の残留ひび割れ幅の割増率がおおよそ推定できる」としている。

したがって、二次格納施設の気密バウンダリとなる原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の壁が鉄筋コンクリート造であり、壁厚も「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に示される壁厚と同程度であることから、同文献にて提案されている各評価式を用い、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量の算出を行う。以下に評価式を示す。

$$Q = C \cdot \gamma^{2.57} \cdot \Delta P / T \dots\dots\dots (2. 1)$$

ここで,

Q : 単位面積あたりの流量 (L/min/m<sup>2</sup>)

C : 定数

(中央値は  $2.24 \times 10^6$ , 95%非超過値は  $1.18 \times 10^7$ , 5%非超過値は  $4.21 \times 10^5$ )

$\gamma$  : 最大応答せん断ひずみ

$\Delta P$  : 差圧 (mmAq)

T : 壁厚 (cm)

$$\Delta_Q = \left\{ (\alpha^{2-1}) \cdot \left( \frac{Q'}{Q_0} - 1 \right) - 1 \right\} \cdot \beta + 1 \dots\dots\dots (2. 2)$$

ここで,

$\Delta_Q$  : 通気量割増率

$\alpha$  : 通気量割増範囲 (=3)

$\frac{Q'}{Q_0}$  : 定数

(中央値とみなされる評価法では 1.81, 安全側とみなされる評価法では 7.41)

$\beta$  : 壁の見付け面積に対する開口の総面積

注記\*1: 財団法人原子力発電技術機構「原子力発電施設耐震信頼性実証試験 原子炉建屋総合評価 建屋基礎地盤系評価に関する報告書 (その2) 平成8年度」

\*2: 財団法人原子力発電技術機構「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書 平成5年度」

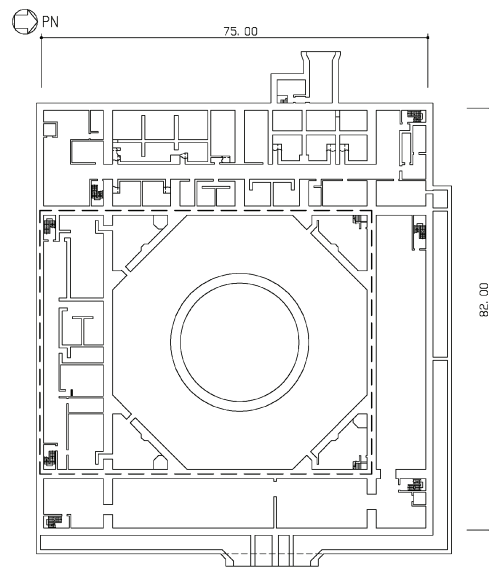
### 3. 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）における空気漏えい量に対する影響検討

#### 3.1 検討方針

「原子炉建屋の弾塑性試験に関する報告書」に基づき，式（2. 1）及び式（2. 2）により気密バウンダリを構成する壁の最大応答せん断ひずみが許容限界（ $2.0 \times 10^{-3}$ ）に達したときの空気漏えい量を算定し，非常用ガス処理設備放出流量以下となっていることを確認する。

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の概略図を図 3-1 に示す。原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）（O. P. -8. 1m～O. P. 50. 5m）を構成する壁の壁厚は約  cm から約  cm である。

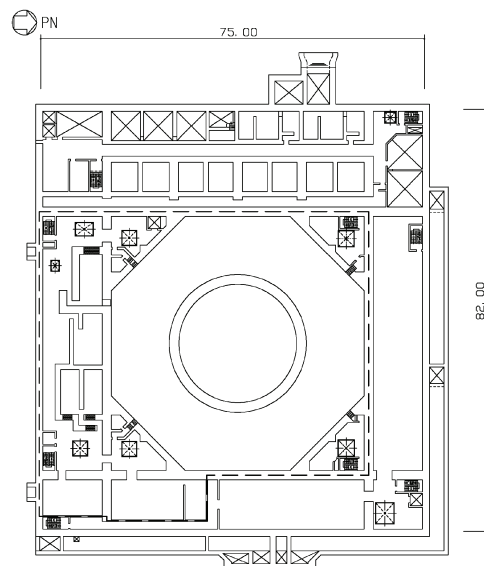
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



----- : 気密バウンダリ

(単位 : m)

(a) 平面図 (O.P. -8.1m)

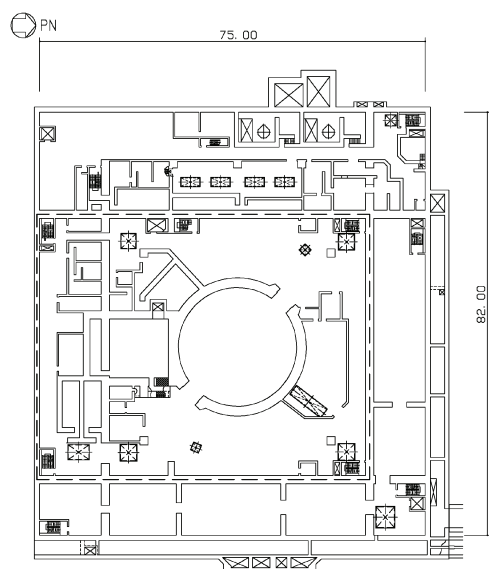


----- : 気密バウンダリ

(単位 : m)

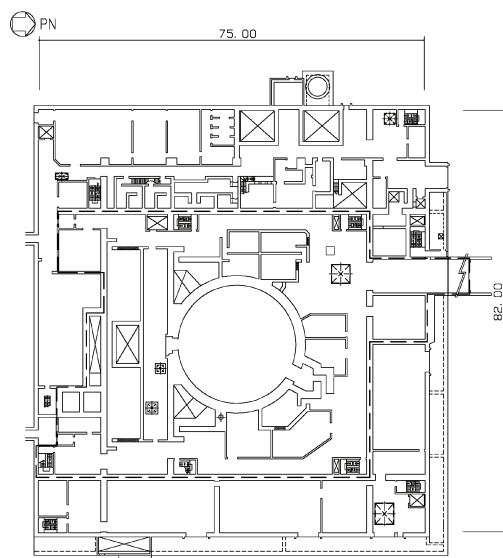
(b) 平面図 (O.P. -0.8m)

図 3-1(1) 原子炉建屋原子炉棟 (二次格納施設) の概略図 (1/4)



----- : 気密バウンダリ  
(単位 : m)

(c) 平面図 (O.P. 6.0m)

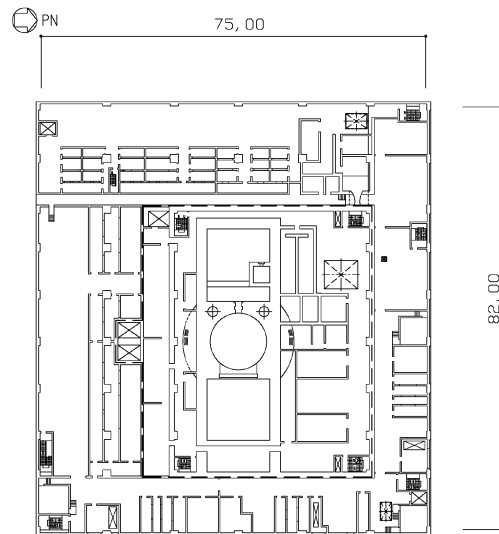


----- : 気密バウンダリ  
(単位 : m)

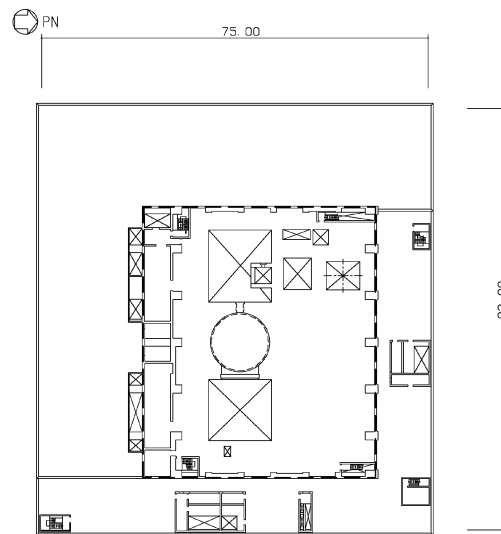
(d) 平面図 (O.P. 15.0m)

図 3-1(2) 原子炉建屋原子炉棟 (二次格納施設) の概略図 (2/4)



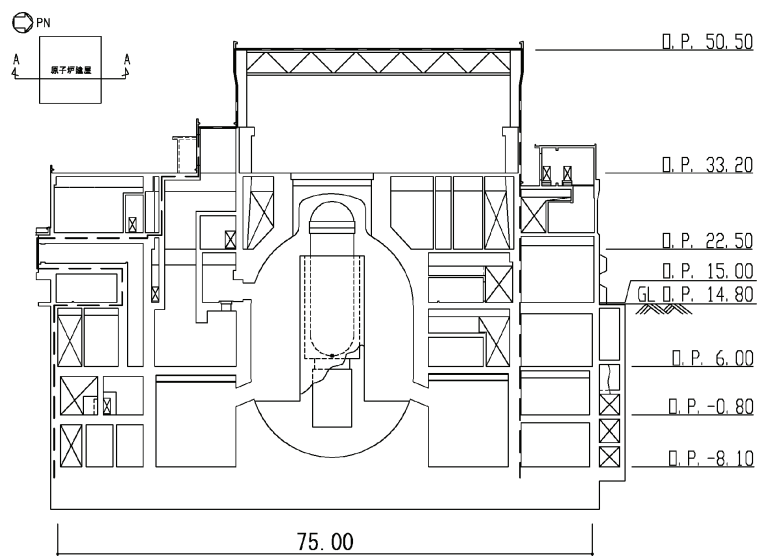


----- : 気密バウンダリ  
(単位 : m)  
(e) 平面図 (O.P. 22.5m)



----- : 気密バウンダリ  
(単位 : m)  
(f) 平面図 (O.P. 33.2m)

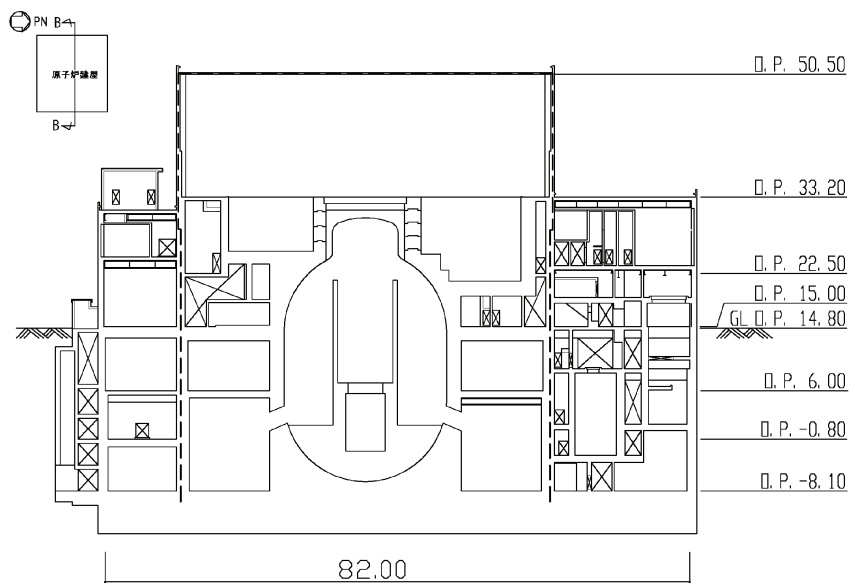
図 3-1(3) 原子炉建屋原子炉棟 (二次格納施設) の概略図 (3/4)



----- : 気密バウンダリ

(単位 : m)

(g) 断面図 (A-A 断面 NS 方向)



----- : 気密バウンダリ

(単位 : m)

(h) 断面図 (B-B 断面 EW 方向)

図 3-1(4) 原子炉建屋原子炉棟 (二次格納施設) の概略図 (4/4)

### 3.2 空気漏えい量の算定結果

#### 3.2.1 壁面からの漏えい量

原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設)の壁厚ごとに空気漏えい量を算定した。本検討は、地震応答解析における耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  を用いることの適用性を確認することが目的であることから、評価式における定数について、安全側の値を用いた。算定結果を表 3-1 に示す。

表 3-1(1) 算定結果(原子炉建屋原子炉棟(二次格納施設))(1/2)

| O. P.<br>(m) | 壁厚 T<br>(cm) |  | 定数                     |            | *1<br>最大応答<br>せん断<br>ひずみ<br>$\gamma$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | *2<br>差圧<br>$\Delta P$<br>(mmAq) | *3<br>壁の<br>面積<br>A<br>( $m^2$ ) | 漏えい量<br>Q<br>(l/min/ $m^2$ ) | 壁の見付面積<br>に対する開口<br>総面積の比<br>$\beta$ | 通気量<br>割増率<br>$\Delta Q$ | 総漏えい<br>量<br>$Q \times A \times \Delta Q$<br>(l/min) |
|--------------|--------------|--|------------------------|------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|
|              |              |  | C<br>( $\times 10^7$ ) | $Q' / Q_0$ |                                                              |                                  |                                  |                              |                                      |                          |                                                      |
| 33. 2        | NS           |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 871                              | 0. 35                        | 0. 000                               | 1. 00                    | 304                                                  |
|              |              |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 583                              | 0. 22                        | 0. 000                               | 1. 00                    | 127                                                  |
|              | EW           |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 1140                             | 0. 35                        | 0. 000                               | 1. 00                    | 399                                                  |
|              |              |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 512                              | 0. 22                        | 0. 000                               | 1. 00                    | 112                                                  |
|              |              |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 188                              | 0. 17                        | 0. 107                               | 6. 36                    | 209                                                  |
| 22. 5        | NS           |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 96                               | 0. 22                        | 0. 000                               | 1. 00                    | 21                                                   |
|              |              |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 25                               | 0. 17                        | 0. 002                               | 1. 08                    | 5                                                    |
|              |              |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 102                              | 0. 11                        | 0. 000                               | 1. 00                    | 11                                                   |
|              |              |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 745                              | 0. 07                        | 0. 007                               | 1. 34                    | 73                                                   |
|              | EW           |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 391                              | 0. 17                        | 0. 000                               | 1. 01                    | 69                                                   |
|              |              |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 57                               | 0. 11                        | 0. 000                               | 1. 00                    | 6                                                    |
|              |              |  | 1. 18                  | 7. 41      | 2. 00                                                        | 6. 40                            | 469                              | 0. 09                        | 0. 011                               | 1. 54                    | 63                                                   |

注記\*1：保守的に各壁の最大応答せん断ひずみが同時に許容限界となることを想定し、評価する。

\*2：設計気密度の差圧条件とする。

\*3：気密バウンダリを構成する壁の総面積を用いる。

表 3-1(2) 算定結果 (原子炉建屋原子炉棟 (二次格納施設)) (2/2)

| O. P.<br>(m) | 壁厚<br>T<br>(cm) | 定数                     |            | *1<br>最大応答<br>せん断<br>ひずみ<br>$\gamma$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | *2<br>差圧<br>$\Delta P$<br>(mmAq) | *3<br>壁の<br>面積<br>A<br>( $m^2$ ) | 漏えい量<br>Q<br>(l/min/ $m^2$ ) | 壁の見付面積<br>に対する開口<br>総面積の比<br>$\beta$ | 通気量<br>割増率<br>$\Delta Q$ | 総漏えい量<br>$Q \times A \times \Delta Q$<br>(l/min) |        |
|--------------|-----------------|------------------------|------------|--------------------------------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------|--------|
|              |                 | C<br>( $\times 10^7$ ) | $Q' / Q_0$ |                                                              |                                  |                                  |                              |                                      |                          |                                                  |        |
| 15. 0        | NS              |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 7                            | 0. 29                                | 0. 000                   | 1. 00                                            | 2      |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 340                          | 0. 17                                | 0. 005                   | 1. 27                                            | 75     |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 95                           | 0. 09                                | 0. 001                   | 1. 04                                            | 9      |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 991                          | 0. 07                                | 0. 007                   | 1. 37                                            | 99     |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 9                            | 0. 06                                | 0. 000                   | 1. 00                                            | 1      |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 7                            | 0. 05                                | 0. 000                   | 1. 00                                            | 0      |
|              | EW              |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 152                          | 0. 29                                | 0. 033                   | 2. 66                                            | 118    |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 9                            | 0. 22                                | 0. 000                   | 1. 00                                            | 2      |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 40                           | 0. 17                                | 0. 000                   | 1. 00                                            | 7      |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 20                           | 0. 15                                | 0. 921                   | 47. 29                                           | 140    |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 129                          | 0. 11                                | 0. 302                   | 16. 19                                           | 229    |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 359                          | 0. 07                                | 0. 001                   | 1. 06                                            | 28     |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 92                           | 0. 06                                | 0. 000                   | 1. 00                                            | 5      |
|              |                 |                        | 6. 0       | NS                                                           | 1. 18                            | 7. 41                            | 2. 00                        | 6. 40                                | 1110                     | 0. 05                                            | 0. 005 |
| EW           | 1. 18           |                        |            | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 448                          | 0. 09                                | 0. 001                   | 1. 04                                            | 41     |
|              | 1. 18           |                        |            | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 423                          | 0. 05                                | 0. 009                   | 1. 44                                            | 33     |
| -0. 8        | NS              |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 161                          | 0. 29                                | 0. 053                   | 3. 68                                            | 173    |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 26                           | 0. 06                                | 0. 034                   | 2. 71                                            | 4      |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 617                          | 0. 05                                | 0. 007                   | 1. 35                                            | 41     |
|              | EW              |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 57                           | 0. 29                                | 0. 042                   | 3. 10                                            | 52     |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 395                          | 0. 06                                | 0. 002                   | 1. 09                                            | 27     |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 308                          | 0. 05                                | 0. 013                   | 1. 66                                            | 25     |
| -8. 1        | NS              |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 854                          | 0. 05                                | 0. 004                   | 1. 19                                            | 49     |
|              | EW              |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 361                          | 0. 06                                | 0. 022                   | 2. 09                                            | 47     |
|              |                 |                        | 1. 18      | 7. 41                                                        | 2. 00                            | 6. 40                            | 311                          | 0. 05                                | 0. 007                   | 1. 36                                            | 21     |
|              |                 |                        |            |                                                              |                                  |                                  |                              |                                      | 合計                       | 2701                                             |        |

注記\*1：保守的に各壁の最大応答せん断ひずみが同時に許容限界となることを想定し、評価する。

\*2：設計気密度の差圧条件とする。

\*3：気密バウンダリを構成する壁の総面積を用いる。

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

### 3.3 総漏えい量と非常用ガス処理設備放出流量の比較

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の総漏えい量と空気流入率を表 3-2 に示す。

表 3-2 総漏えい量と空気流入率の比較

| 総漏えい量<br>( $\text{m}^3/\text{min}$ ) | 非常用ガス処理設備放出流量<br>( $\text{m}^3/\text{min}$ ) |
|--------------------------------------|----------------------------------------------|
| 2.8                                  | 41.6*                                        |

注記\*：非常用ガス処理設備容量とする。

### 3.4 検討結果

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）について総漏えい量は非常用ガス処理設備放出流量以下となっていることを確認した。

よって、原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）は、耐震壁の許容限界をせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  とした場合において、換気設備とあいまって機能を維持できる気密性を有している。

## 4. まとめ

原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）は、耐震壁の許容限界としてせん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  を適用した場合において、原子炉格納容器から漏えいした空気を非常用ガス処理設備で処理できる気密性を有していることを確認した。

以上より、原子炉建屋の地震応答解析による評価において、換気設備とあいまって気密性を維持するために設定する許容限界として、せん断ひずみ  $2.0 \times 10^{-3}$  を用いることの適用性を確認した。

## VI-2-9-3-2 原子炉建屋大物搬入口の耐震性についての計算書

## 目 次

|                   |    |
|-------------------|----|
| 1. 概要             | 1  |
| 2. 一般事項           | 2  |
| 2.1 配置概要          | 2  |
| 2.2 構造概要          | 3  |
| 2.3 評価方針          | 4  |
| 2.4 適用規格・基準等      | 5  |
| 2.5 記号の説明         | 6  |
| 3. 固有周期           | 8  |
| 3.1 固有周期の計算方法     | 8  |
| 3.1.1 水平方向        | 8  |
| 3.1.2 鉛直方向        | 9  |
| 3.2 固有周期の計算条件     | 10 |
| 3.3 固有周期の計算結果     | 11 |
| 4. 構造強度評価         | 12 |
| 4.1 評価対象部位        | 12 |
| 4.2 荷重及び荷重の組合せ    | 15 |
| 4.2.1 耐震評価上考慮する荷重 | 15 |
| 4.2.2 荷重の設定       | 16 |
| 4.3 許容限界          | 18 |
| 4.3.1 使用材料        | 18 |
| 4.3.2 許容限界        | 19 |
| 4.4 計算方法          | 20 |
| 4.4.1 荷重計算方法      | 20 |
| 4.4.2 応力評価        | 32 |
| 4.5 計算条件          | 34 |
| 5. 評価結果           | 35 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、原子炉建屋大物搬入口（以下「大物搬入口」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

大物搬入口は原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の一部施設として扱うため、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。

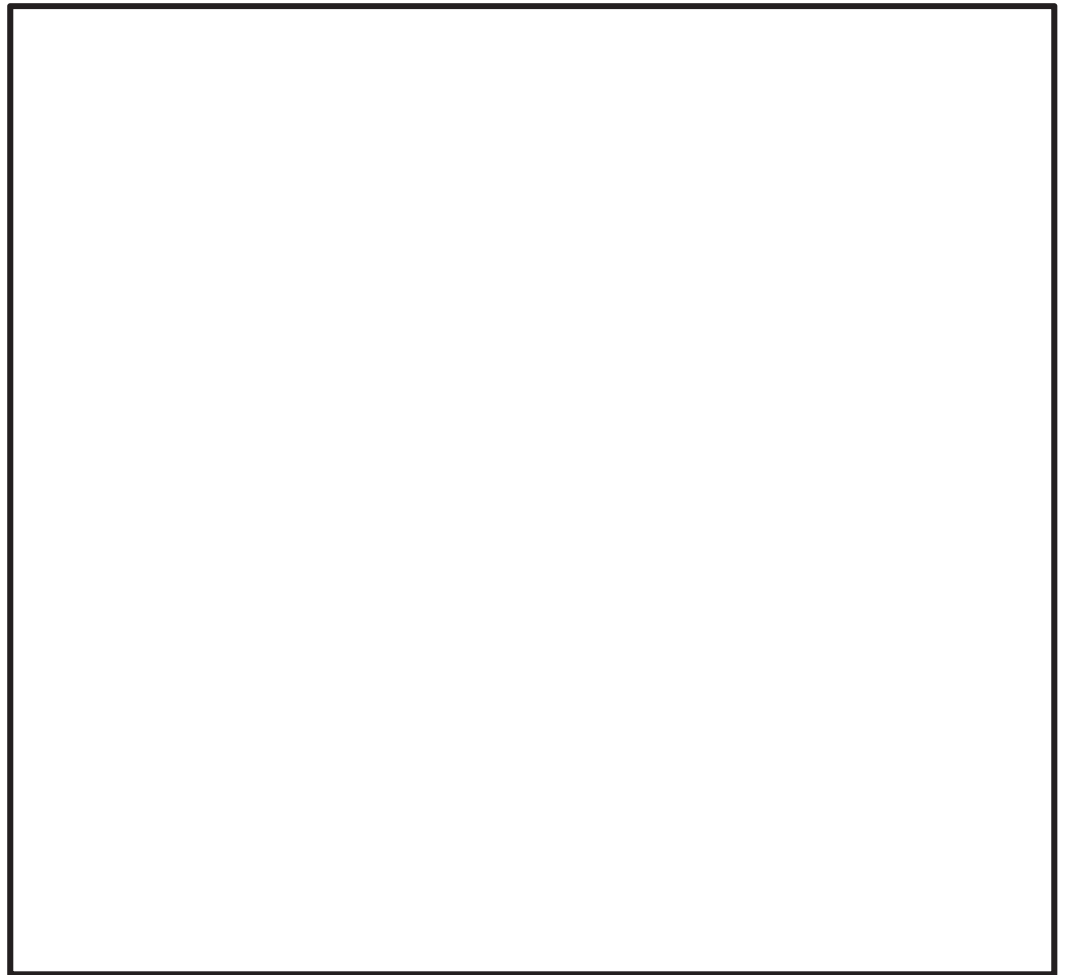
以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備として構造強度評価を示す。



## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

大物搬入口の設置位置を図 2-1 に示す。



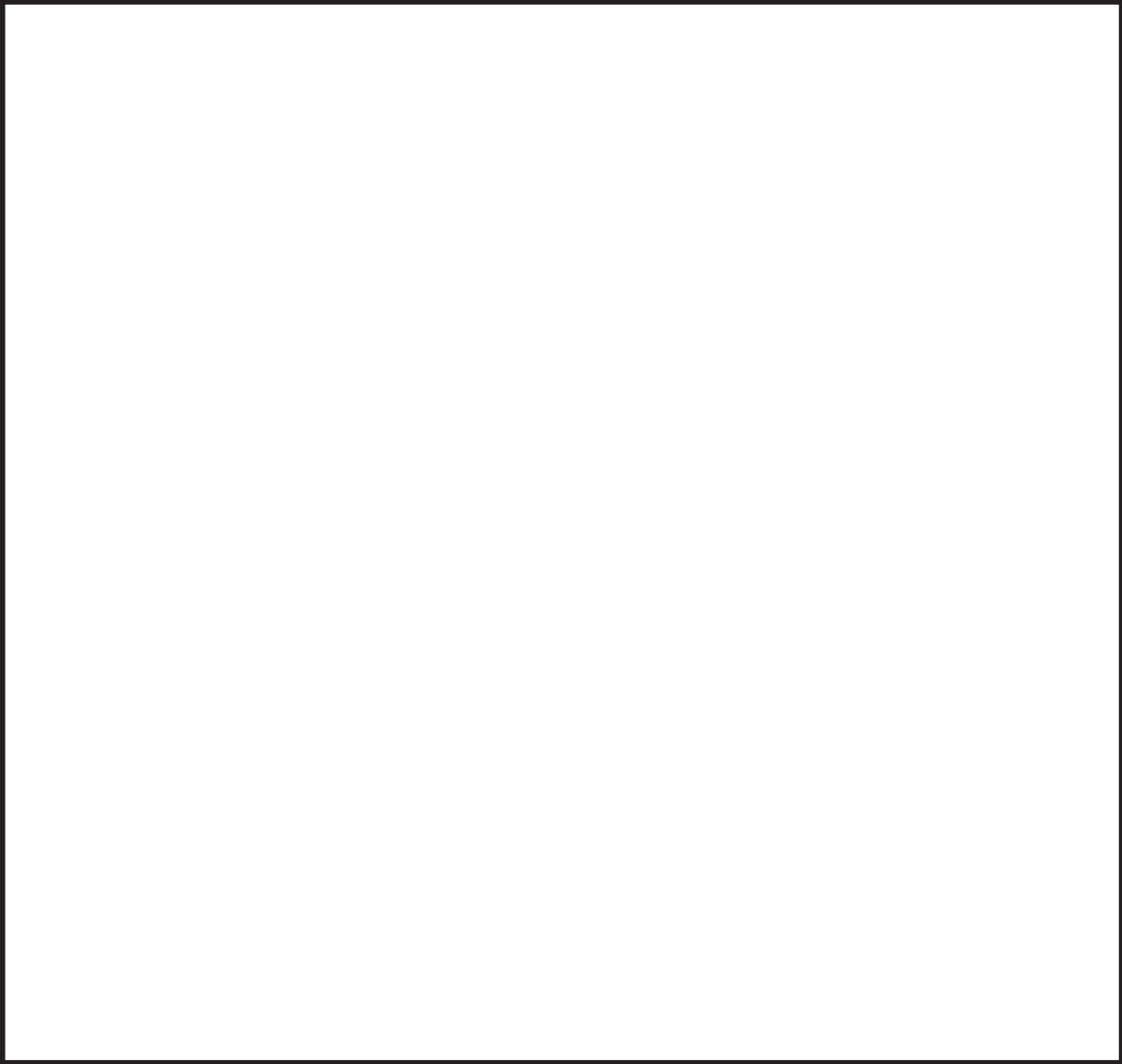
O. P. 15. 0m

図 2-1 設置位置図

2.2 構造概要

大物搬入口の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

| 計画構造                                                                                                       |                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 支持構造                                                                                                       | 主体構造                                                                                     |
| 扉開放時は、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、扉に配したカンヌキを扉枠内のカンヌキ受けに差し込み、扉と扉枠を一体化する構造とする。また、扉枠は周辺躯体に埋設した金物にボルトで固定する構造とする。 | 片開型の鋼製扉とし、扉板に芯材を取り付け、扉に配したカンヌキを扉枠内のカンヌキ受けに差し込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。また、扉と扉枠の接続はヒンジを介する構造とする。 |
| 概略構造図                                                                                                      |                                                                                          |
|                         |                                                                                          |
| 枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。                                                                                   |                                                                                          |

### 2.3 評価方針

大物搬入口の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき「2.2 構造概要」にて示す大物搬入口の部位を踏まえ、「4.1 評価対象部位」にて設定する部位において、設計用地震力により生じる応力度が許容限界内に収まることを「4. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。

大物搬入口の耐震評価は、添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書 別紙 1 大物搬入口躯体の耐震性についての計算書」の結果を踏まえたものとする。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。

大物搬入口の耐震評価フローを図 2-2 に示す。

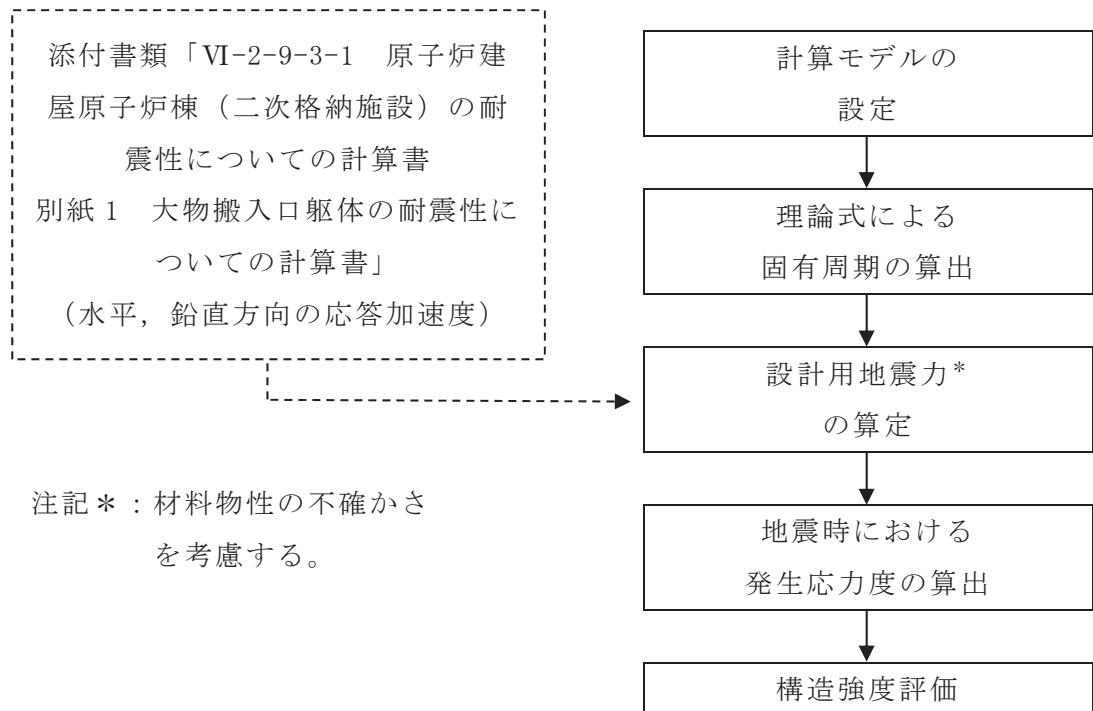


図 2-2 耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）  
建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説
- ・ 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-（以下「S 規準」という。）
- ・ J I S G 3 1 0 1-2015 一般構造用圧延鋼材
- ・ J I S G 4 0 5 1-2016 機械構造用炭素鋼鋼材
- ・ J I S G 4 0 5 3-2016 機械構造用合金鋼鋼材
- ・ J I S G 4 3 0 3-2012 ステンレス鋼棒
- ・ J I S B 1 0 5 1-2014 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質-強度区分を規定したボルト，小ねじ及び植込みボルト-並目ねじ及び細目ねじ

## 2.5 記号の説明

大物搬入口の耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 耐震評価に用いる記号 (1/2)

| 項目   |      | 記号              | 定義                   | 単位                |
|------|------|-----------------|----------------------|-------------------|
| 共通   |      | E               | ヤング率                 | N/m <sup>2</sup>  |
|      |      | F <sub>H</sub>  | 水平地震力                | N                 |
|      |      | F <sub>V</sub>  | 鉛直地震力                | N                 |
|      |      | f               | 大物搬入口の 1 次固有振動数      | Hz                |
|      |      | I               | 断面二次モーメント            | mm <sup>4</sup>   |
|      |      | ℓ               | モデル化に用いる芯材の長さ        | mm                |
|      |      | m               | 質量分布                 | kg/m              |
|      |      | C <sub>H</sub>  | 水平震度                 | —                 |
|      |      | C <sub>V</sub>  | 鉛直震度                 | —                 |
|      |      | W <sub>x</sub>  | 扉体自重                 | kN                |
|      |      | W <sub>1</sub>  | 扉体幅                  | mm                |
|      |      | H <sub>1</sub>  | 扉体高                  | mm                |
|      |      | P <sub>1</sub>  | 圧力荷重 (内圧)            | kN/m <sup>2</sup> |
|      |      | P <sub>2</sub>  | 圧力荷重 (外圧)            | kN/m <sup>2</sup> |
| ヒンジ部 | 共通   | L <sub>j</sub>  | ヒンジ間距離               | mm                |
|      |      | L <sub>r</sub>  | 扉体重心～ヒンジ芯間距離 (扉体幅方向) | mm                |
|      |      | L <sub>t</sub>  | 扉体重心～ヒンジ芯間距離 (扉体厚方向) | mm                |
|      |      | R <sub>r</sub>  | 扉体幅方向自重反力            | N                 |
|      |      | R <sub>t</sub>  | 扉体厚方向自重反力            | N                 |
|      | ヒンジ板 | A <sub>1</sub>  | ヒンジ板の断面積             | mm <sup>2</sup>   |
|      |      | T <sub>1</sub>  | ヒンジ板の引張力             | N                 |
|      |      | L <sub>1</sub>  | ヒンジ板の作用点間距離          | mm                |
|      |      | M <sub>1</sub>  | ヒンジ板の曲げモーメント         | N・mm              |
|      |      | Q <sub>1</sub>  | ヒンジ板のせん断力            | N                 |
|      |      | Z <sub>1</sub>  | ヒンジ板の断面係数            | mm <sup>3</sup>   |
|      |      | σ <sub>t1</sub> | ヒンジ板の引張応力度           | N/mm <sup>2</sup> |
|      |      | σ <sub>b1</sub> | ヒンジ板の曲げ応力度           | N/mm <sup>2</sup> |
|      |      | σ <sub>x1</sub> | ヒンジ板の組合せ応力度          | N/mm <sup>2</sup> |
|      |      | τ <sub>1</sub>  | ヒンジ板のせん断応力度          | N/mm <sup>2</sup> |

表 2-2 耐震評価に用いる記号 (2/2)

| 項目    |          | 記号            | 定義               | 単位                       |
|-------|----------|---------------|------------------|--------------------------|
| ヒンジ部  | ヒンジピン    | $A_2$         | ヒンジピンの断面積        | $\text{mm}^2$            |
|       |          | $A_2'$        | ヒンジピンの受圧面積       | $\text{mm}^2$            |
|       |          | $L_2$         | ヒンジピンの軸支持間距離     | mm                       |
|       |          | $M_2$         | ヒンジピンの曲げモーメント    | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
|       |          | $N_2$         | ヒンジピンの圧縮力        | N                        |
|       |          | $Q_2$         | ヒンジピンのせん断力       | N                        |
|       |          | $Z_2$         | ヒンジピンの断面係数       | $\text{mm}^3$            |
|       |          | $\sigma_{c2}$ | ヒンジピンの圧縮応力度      | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       |          | $\sigma_{b2}$ | ヒンジピンの曲げ応力度      | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       |          | $\sigma_{x2}$ | ヒンジピンの組合せ応力度     | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       |          | $\tau_2$      | ヒンジピンのせん断応力度     | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       | ヒンジボルト   | $A_{b3}$      | ヒンジボルトの断面積       | $\text{mm}^2$            |
|       |          | $n_{b3}$      | ヒンジボルトの本数        | 本                        |
|       |          | $Q_3$         | ヒンジボルトのせん断力      | N                        |
|       |          | $T_3$         | ヒンジボルトの引張力       | N                        |
|       |          | $\sigma_{t3}$ | ヒンジボルトの引張応力度     | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       |          | $\tau_3$      | ヒンジボルトのせん断応力度    | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
| カンヌキ部 | 共通       | $F_H'$        | 水平面外方向の慣性力       | N                        |
|       | カンヌキ     | $A_4$         | カンヌキの断面積         | $\text{mm}^2$            |
|       |          | $L_4$         | カンヌキの作用点間距離      | mm                       |
|       |          | $M_4$         | カンヌキの曲げモーメント     | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
|       |          | $n$           | カンヌキの本数          | 本                        |
|       |          | $Q_4$         | カンヌキのせん断力        | N                        |
|       |          | $Z_4$         | カンヌキの断面係数        | $\text{mm}^3$            |
|       |          | $\sigma_{b4}$ | カンヌキの曲げ応力度       | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       |          | $\sigma_{x4}$ | カンヌキの組合せ応力度      | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       |          | $\tau_4$      | カンヌキのせん断応力度      | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       | カンヌキ受けピン | $A_5$         | カンヌキ受けピンの断面積     | $\text{mm}^2$            |
|       |          | $L_5$         | カンヌキ受けピンの作用点間距離  | mm                       |
|       |          | $M_5$         | カンヌキ受けピンの曲げモーメント | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
|       |          | $Q_5$         | カンヌキ受けピンのせん断力    | N                        |
|       |          | $Z_5$         | カンヌキ受けピンの断面係数    | $\text{mm}^3$            |
|       |          | $\sigma_{b5}$ | カンヌキ受けピンの曲げ応力度   | $\text{N}/\text{mm}^2$   |
|       |          | $\tau_5$      | カンヌキ受けピンのせん断応力度  | $\text{N}/\text{mm}^2$   |

### 3. 固有周期

#### 3.1 固有周期の計算方法

固有周期は、扉閉止時及び扉開放時について、図 3-1 及び図 3-2 に示すはりモデルとして、「土木学会 構造力学公式集」に基づき計算する。

大物搬入口は、カンヌキにより扉枠に固定される構造であることから、端部の境界条件を扉閉止時は両端固定ばりとして、扉開放時は片側ヒンジ、片側自由端のばりとしてモデル化する。

また、モデル化に用いる芯材の長さは扉幅とする。

##### 3.1.1 水平方向

###### (1) 扉閉止時

扉閉止時の水平方向の固有周期は、図 3-1 に示す固有値計算モデルにより、扉体面外方向について算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

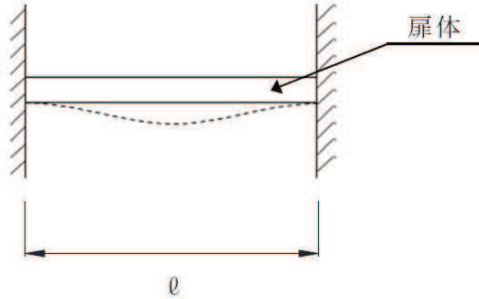
$$f = \frac{4.7300^2}{2 \cdot \pi \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$


図 3-1 固有値計算モデル（扉閉止時）

###### (2) 扉開放時

扉開放時の水平方向の固有周期は、図 3-2 に示す固有値計算モデルにより、扉体面外方向について算出する。

$$T = \frac{1}{f}$$

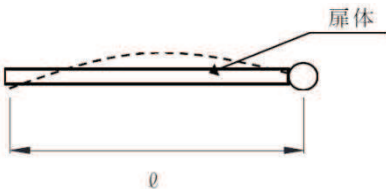
$$f = \frac{3.9266^2}{2 \cdot \pi \cdot l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m}}$$


図 3-2 固有値計算モデル（扉開放時）

### 3.1.2 鉛直方向

鉛直方向については，扉に配された鉛直方向の芯材等の軸剛性が「3.1.1 水平方向」で検討した面外方向の剛性に比べて十分に大きいことから，固有周期の計算を省略する。



### 3.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる数値を表 3-1 に示す。

表 3-1 固有周期の計算条件

| 項目            | 記号     | 単位               | 数値                    |
|---------------|--------|------------------|-----------------------|
| モデル化に用いる芯材の長さ | $\ell$ | mm               | 6920                  |
| ヤング率          | E      | N/m <sup>2</sup> | $2.05 \times 10^{11}$ |
| 断面二次モーメント     | I      | mm <sup>4</sup>  | $2.027 \times 10^9$   |
| 質量分布          | m      | kg/m             | 963                   |

### 3.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 3-2 に示す。計算結果より，剛であることを確認した。

表 3-2 固有周期

| 扉名称   | 扉の開閉状況 | 固有振動数 (Hz) | 固有周期 (s) |
|-------|--------|------------|----------|
| 大物搬入口 | 閉止時    | 48.84      | 0.02     |
|       | 開放時    | 33.65      | 0.03     |

#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 評価対象部位

大物搬入口の評価対象部位は、「2.2 構造概要」に示す大物搬入口の構造を踏まえ、大物搬入口に作用する荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し、設定する。

大物搬入口に生じる地震力及び圧力荷重は、ヒンジ部（ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルト）及びカンヌキ部（カンヌキ、カンヌキ受けピン）から扉枠に伝達しているため、評価部位をヒンジ部及びカンヌキ部とする。

なお、扉枠についてはボルト、アンカーボルトの大半が損傷しない限り転倒・脱落は生じないことから評価対象としないこととする。

大物搬入口の地震荷重の作用イメージと評価部位を図 4-1 及び図 4-2 に示す。

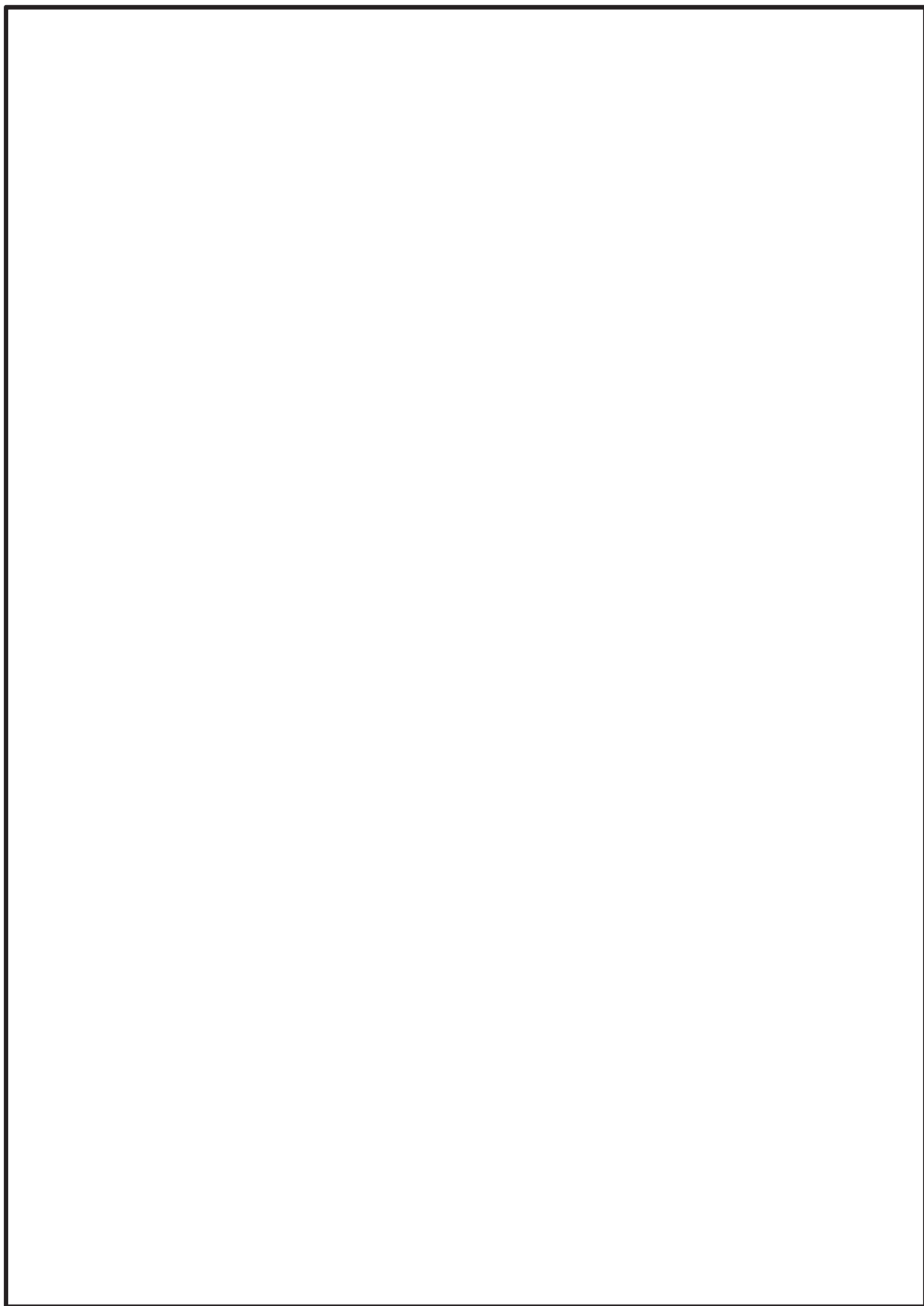


図 4-1 扉閉止時の地震荷重の作用イメージと評価部位

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

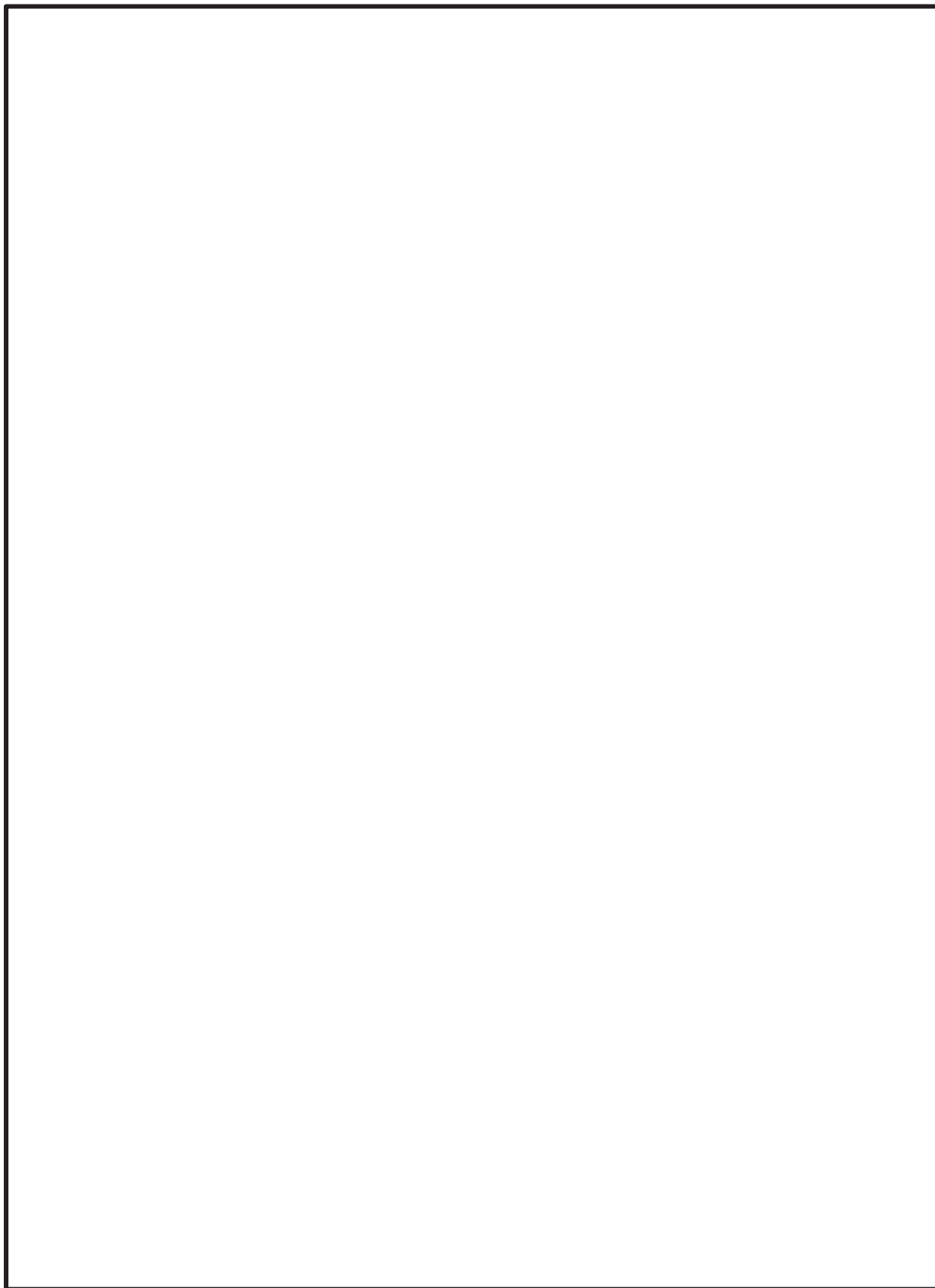


図 4-2 扉開放時の地震荷重の作用イメージと評価部位

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定している荷重の組合せに基づき設定する。

添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」にて設定している荷重の組合せを以下に示す。なお、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」の「3.1 構造強度上の制限」に従い、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の評価に用いる荷重の組合せは同一とする。

なお、本資料において基準地震動  $S_s$  による評価として短期許容応力度を超えないことを確認するため、弾性設計用地震動  $S_d$  による評価は行わないこととする。

$$G + P + S_s$$

##### 4.2.1 耐震評価上考慮する荷重

大物搬入口の耐震評価に用いる荷重を以下に示す。

- G : 扉の固定荷重
- P : 通常時の圧力荷重
- $S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震力

#### 4.2.2 荷重の設定

##### (1) 固定荷重 (G)

大物搬入口の固定荷重を表 4-1 に示す。

表 4-1 固定荷重

| 扉 名 称 | 固定荷重 (kN) |
|-------|-----------|
| 大物搬入口 | 588.4     |

##### (2) 圧力荷重 (P)

大物搬入口に作用する圧力荷重を表 4-2 に示す。ここで、圧力荷重は大物搬入口の建設時に設定した設計条件を基に設定するものであり、外圧（負圧）は大物搬入口に対し外側から内側へ作用するものとする。

表 4-2 圧力荷重

| 種 類    | 圧力荷重 (kN/m <sup>2</sup> ) |
|--------|---------------------------|
| 内圧（正圧） | 0.000                     |
| 外圧（負圧） | 0.295                     |

##### (3) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

基準地震動 S<sub>s</sub> による荷重は、表 4-3 で示した設計震度を用いて、次式により算定する。ただし、耐震評価に用いる震度は、材料物性の不確かさを考慮したものとして添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書 別紙 1 大物搬入口躯体の耐震性についての計算書」によることとし、大物搬入口の屋根スラブ位置の値とする。

$$S_s = G \cdot K$$

ここで、 S<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力 (kN)

G : 固定荷重 (kN)

K : 設計震度

表 4－3 設計震度

| 扉 名 称 | 設置場所<br>(抽出位置)                 | 設計震度  |       |
|-------|--------------------------------|-------|-------|
|       |                                | 水平方向  | 鉛直方向  |
| 大物搬入口 | O. P. 15. 0m<br>(O. P. 22. 6m) | 2. 72 | 1. 18 |



#### 4.3 許容限界

許容限界は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

##### 4.3.1 使用材料

大物搬入口を構成するヒンジ部，カンヌキ部の使用材料を表 4-4 に示す。

表 4-4 使用材料

| 部位    |          | 材質                    | 仕様      |
|-------|----------|-----------------------|---------|
| ヒンジ部  | ヒンジ板     | SS400                 | 250×560 |
|       | ヒンジピン    | SCM440                | φ 240   |
|       | ヒンジボルト   | 強度区分 10.9<br>(SCM435) | M42     |
| カンヌキ部 | カンヌキ     | SUS304N2              | φ 120   |
|       | カンヌキ受けピン | S45C                  | φ 70    |

#### 4.3.2 許容限界

ヒンジ部及びカンヌキ部を構成する部材の許容限界は、「S 規準」及び J I S 規格に基づき設定する。各部材の許容限界を表 4-5 に示す。

表 4-5 ヒンジ部及びカンヌキ部の許容限界

| 材質                 | 許容限界 (N/mm <sup>2</sup> ) |     |     |
|--------------------|---------------------------|-----|-----|
|                    | 曲げ                        | 引張  | せん断 |
| SS400              | 205                       | 205 | 118 |
| SCM440             | 686                       | 686 | 396 |
| SUS304N2           | 345                       | 345 | 199 |
| S45C               | 345                       | 345 | 199 |
| 強度区分 10.9 (SCM435) | —                         | 728 | 420 |

#### 4.4 計算方法

大物搬入口の耐震評価は，地震により生じる応力度が，「4.3 許容限界」で設定した許容限界を超えないことを確認する。

##### 4.4.1 荷重計算方法

###### (1) ヒンジ部

ヒンジ部は，ヒンジ板，ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており，次式により算定する水平地震力及び扉体自重反力（鉛直地震力を含む）から，各部材に発生する応力度を算定する。なお，圧力荷重はヒンジ部に作用しない構造である。ヒンジ部に生じる荷重を図 4-3 に示す。

$$F_H = W_X \cdot C_H$$

$$F_V = W_X \cdot C_V$$

$$R_r = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_r}{L_j}$$

$$R_t = (W_X + F_V) \cdot \frac{L_t}{L_j}$$

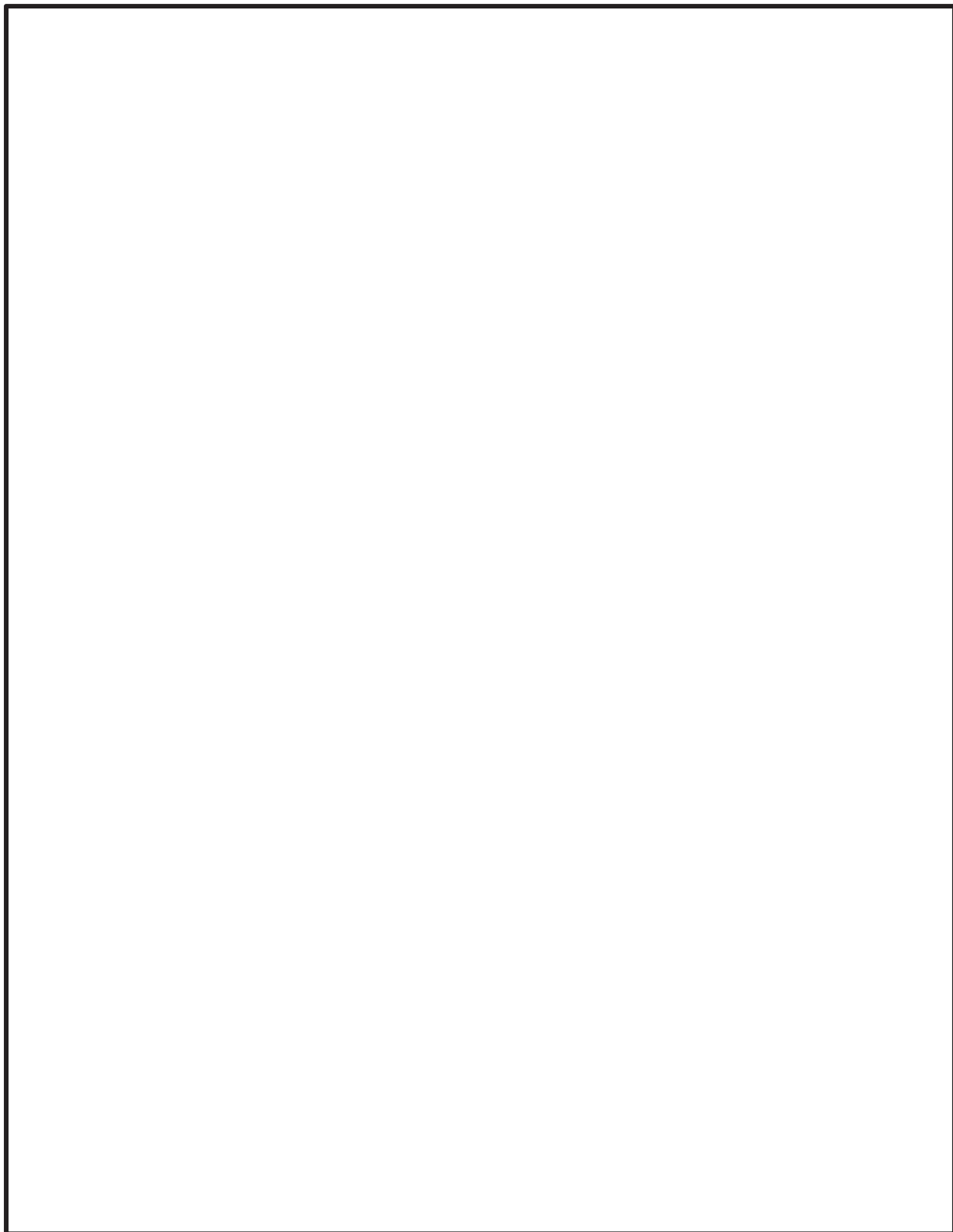


図 4-3 ヒンジ部に生じる荷重

a. ヒンジ板

ヒンジ板は、引張応力度及び曲げ応力度とせん断応力度の組合せについて評価する。図 4-4 にヒンジ板に生じる荷重を示す。

(a) 引張力

ヒンジ板に生じる引張力及び引張応力度を次式により算定する。

$$T_1 = R_r$$

$$\sigma_{t1} = \frac{T_1}{A_1}$$

(b) 曲げモーメント

ヒンジ板に生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_1 = (W_x + F_v) \cdot L_1$$

$$\sigma_{b1} = \frac{M_1}{Z_1}$$

(c) せん断力

ヒンジ板に生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_1 = W_x + F_v$$

$$\tau_1 = \frac{Q_1}{A_1}$$

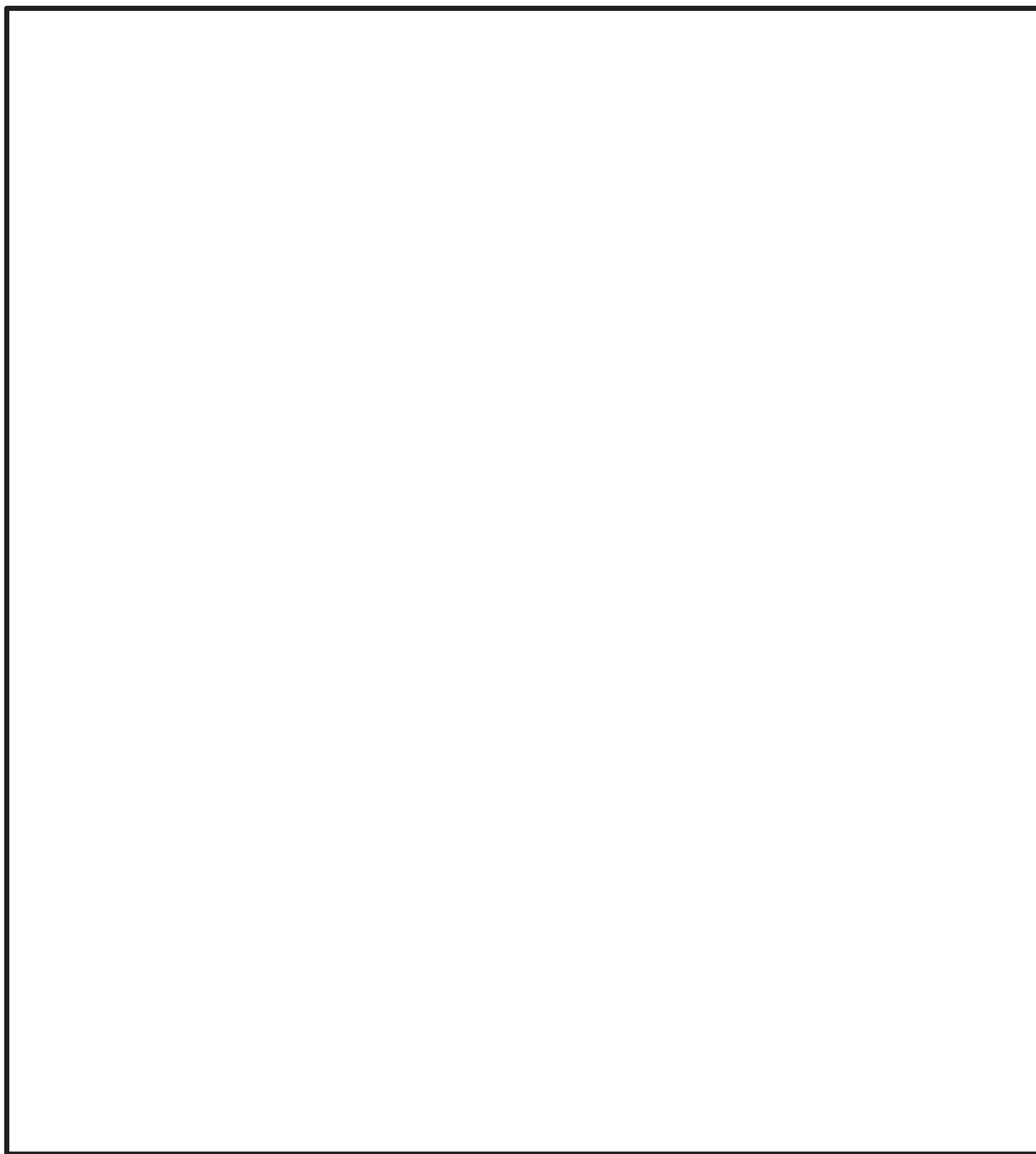


図 4-4 ヒンジ板に生じる荷重

b. ヒンジピン

ヒンジピンは、圧縮応力度及び曲げ応力度とせん断応力度の組合せについて評価する。図 4-5 にヒンジピンに生じる荷重を示す。

(a) 圧縮力

ヒンジピンに生じる圧縮力及び圧縮応力度を次式により算定する。

$$N_2 = W_x + F_v$$

$$\sigma_{c2} = \frac{N_2}{A_2}$$

(b) 曲げモーメント

ヒンジピンに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_2 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2} \cdot L_2$$

$$\sigma_{b2} = \frac{M_2}{Z_2}$$

(c) せん断力

ヒンジピンに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_2 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + R_t^2}$$

$$\tau_2 = \frac{Q_2}{A_2}$$

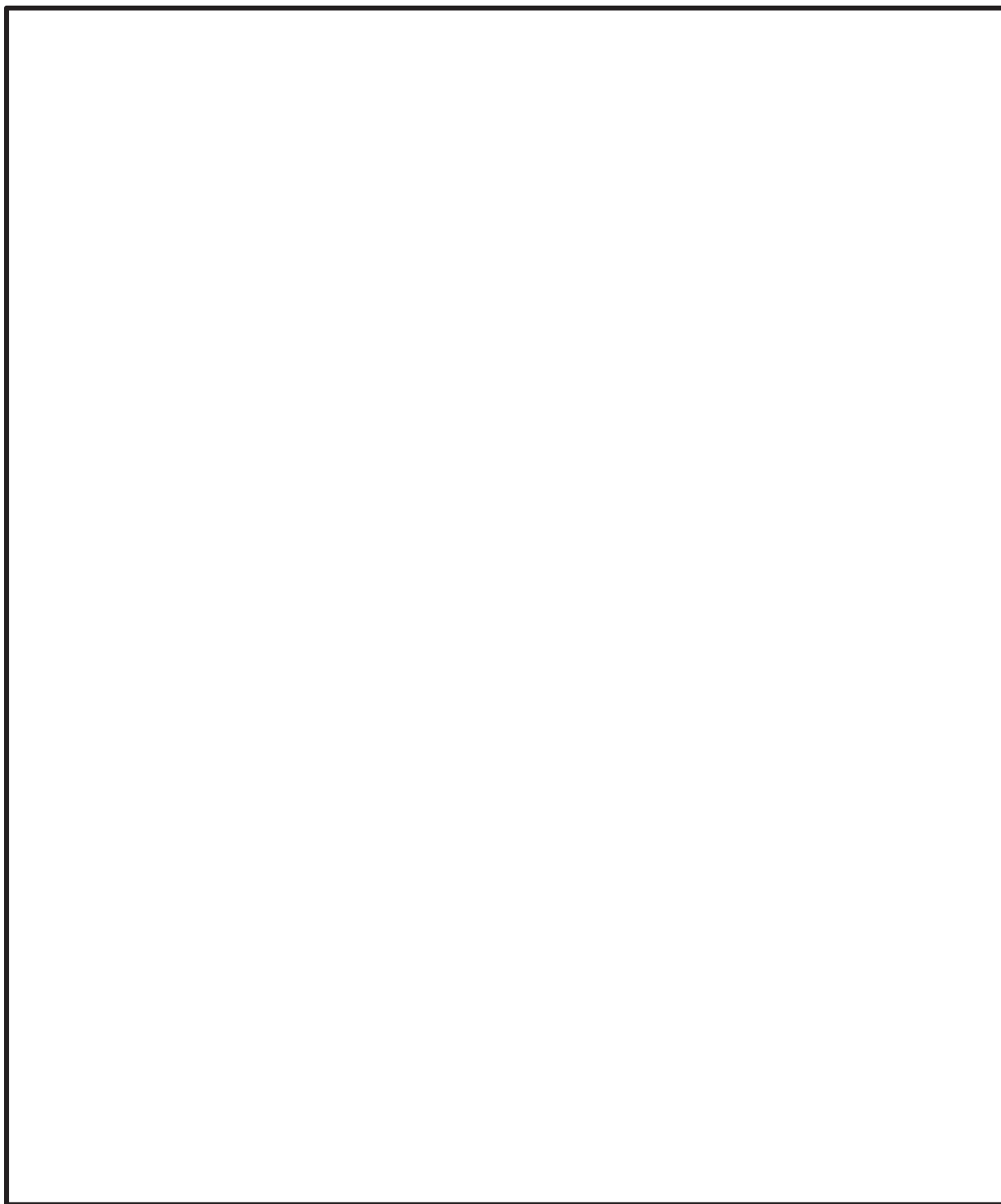


図 4-5 ヒンジピンに生じる荷重



## c. ヒンジボルト

ヒンジボルトは、引張応力度及びせん断応力度について評価する。なお、扉付ヒンジボルトと枠付ヒンジボルトの呼び径は同じであることから、保守的に枠付ヒンジボルトについて評価する。ヒンジボルトに生じる荷重は、扉の開放角度が  $90^\circ$  の時には引張力として作用し、扉の開放角度が  $0^\circ$  の時には、せん断力として作用することから次式により算定する。なお、 $45^\circ$  や  $135^\circ$  等の上記以外の開放状況下においては、ヒンジボルトに生じる引張力とせん断力はそれぞれ  $90^\circ$  開放時の引張力、 $0^\circ$  開放時のせん断力に包絡されるため開放状況は  $90^\circ$  と  $0^\circ$  を想定するものとする。また、2 か所設置しているヒンジ部のうち、上部のヒンジ部は水平方向の荷重のみ負担するのに対して、下部のヒンジ部は鉛直方向の荷重と水平方向の荷重を負担することから、下部のヒンジボルトを対象に評価する。図 4-6 にヒンジボルトに生じる荷重を示す。

$$T_3 = Q_3 = \sqrt{\left(R_r + \frac{F_H}{2}\right)^2 + (W_X + F_V)^2}$$

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

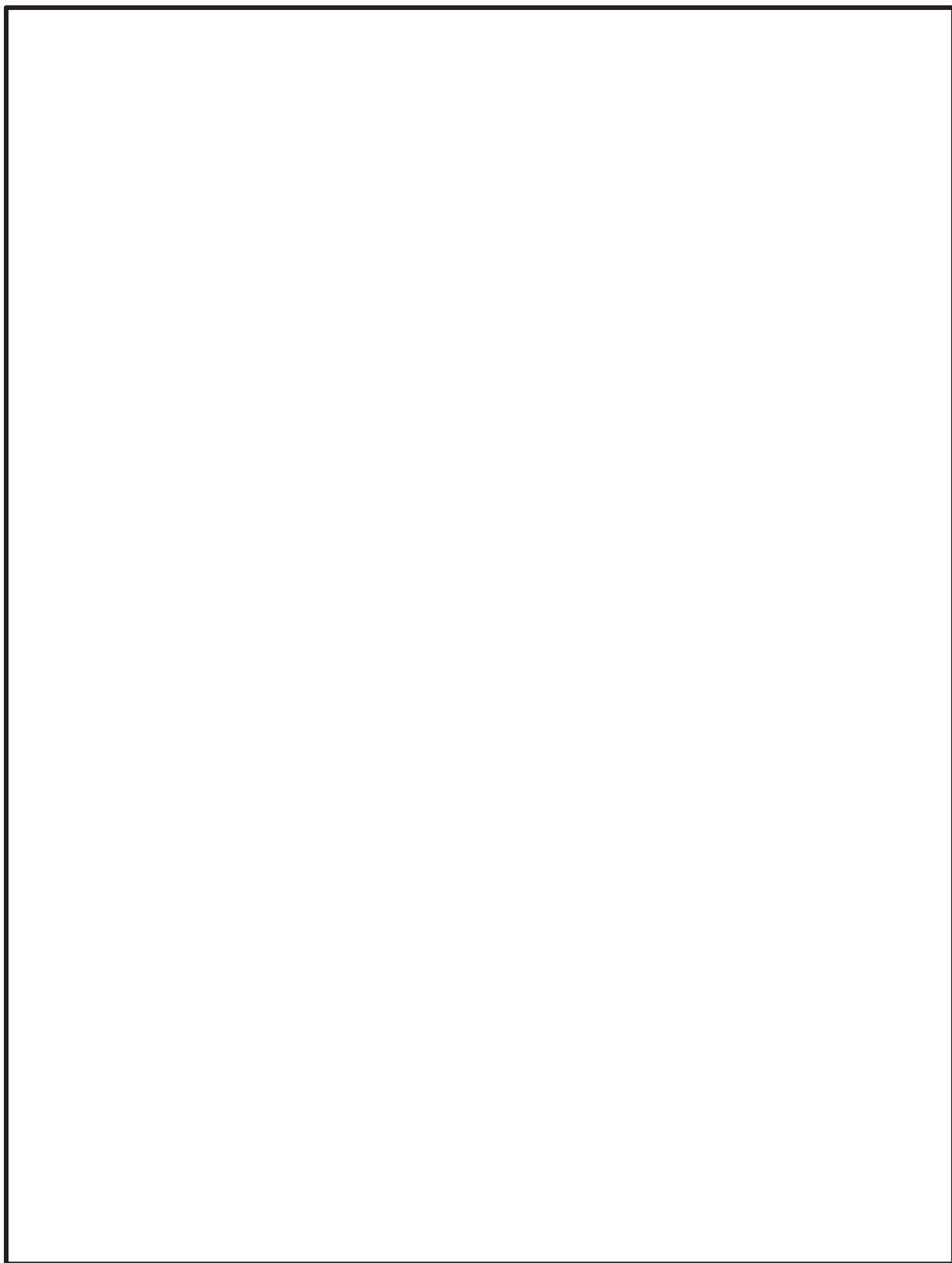


図 4-6 ヒンジボルトに生じる荷重

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピンで構成されており、次式により算定する水平地震力及び圧力荷重（内圧）から、各部材に発生する荷重を算定する。扉体に生じる荷重を図 4-7 に、カンヌキ部に生じる荷重を図 4-8 に示す。なお、圧力荷重（外圧）は扉体から扉枠に直接伝達され、カンヌキ部には作用しない構造である。

$$F_H' = W_x \cdot C_H + P_N \cdot W_1 \cdot H_1$$

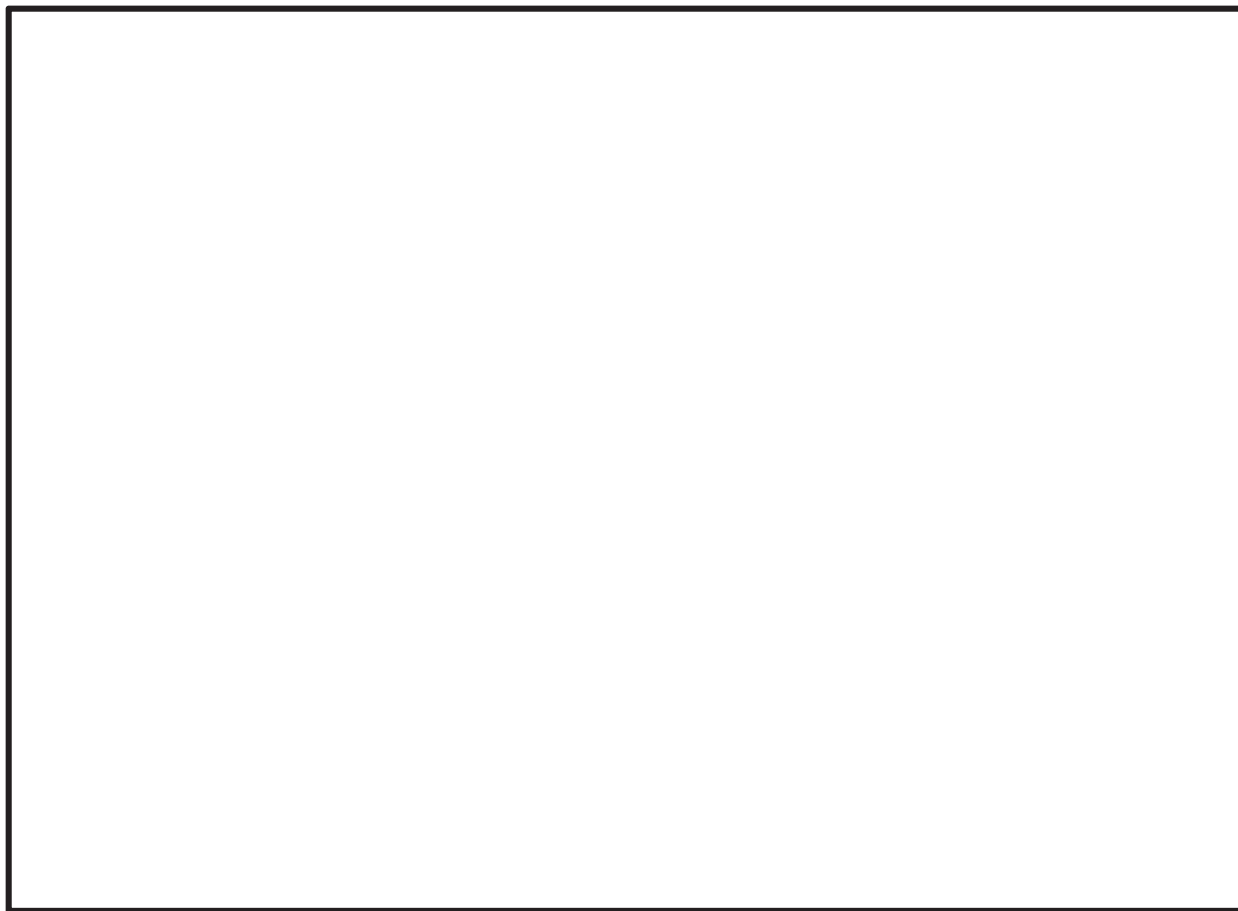


図 4-7 扉体に生じる荷重



図 4-8 カンヌキ部に生じる荷重

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## a. カンヌキ

カンヌキは、曲げ応力度及びせん断応力度の組合せについて評価する。

## (a) 曲げモーメント

カンヌキに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_4 = \frac{F_H'}{n} \cdot L_4$$

$$\sigma_{b4} = \frac{M_4}{Z_4}$$

## (b) せん断力

カンヌキに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_4 = \frac{F_H'}{n}$$

$$\tau_4 = \frac{Q_4}{A_4}$$

## b. カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンは、曲げ応力度及びせん断応力度について評価する。なお、端部を単純支持として評価するため、曲げとせん断の組合せについては評価を行わないものとする。

## (a) 曲げモーメント

カンヌキ受けピンに生じる曲げモーメント及び曲げ応力度を次式により算定する。

$$M_5 = \frac{1}{4} \cdot \frac{F_H'}{n} \cdot L_5$$

$$\sigma_{b5} = \frac{M_5}{Z_5}$$

## (b) せん断力

カンヌキ受けピンに生じるせん断力及びせん断応力度を次式により算定する。

$$Q_5 = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_H'}{n}$$

$$\tau_5 = \frac{Q_5}{A_5}$$

#### 4.4.2 応力評価

各部材に生じる応力度等が，許容限界以下であることを確認する。

なお，異なる荷重が同時に作用する部材については，荷重の組合せを考慮する。

##### (1) ヒンジ部

###### a. ヒンジ板

ヒンジ板に生じる引張応力度，曲げ応力度及びせん断応力度から組合せ応力度を次式により算定し，ヒンジ板に生じる引張応力度及び組合せ応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t1} = \frac{T_1}{A_1}$$

$$\sigma_{x1} = \sqrt{\left(\frac{M_1}{Z_1}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_1}{A_1}\right)^2}$$

###### b. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる圧縮応力度，曲げ応力度及びせん断応力度から組合せ応力度を次式により算定し，ヒンジピンに生じる圧縮応力度及び組合せ応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{c2} = \frac{N_2}{A_2}$$

$$\sigma_{x2} = \sqrt{\left(\frac{M_2}{Z_2}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_2}{A_2}\right)^2}$$

###### c. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる引張応力度及びせん断応力度を次式により算定し，ヒンジボルトの許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{t3} = \frac{T_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

$$\tau_3 = \frac{Q_3}{n_{b3} \cdot A_{b3}}$$

## (2) カンヌキ部

## a. カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を次式により算定し，カンヌキに生じる組合せ応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{x4} = \sqrt{\left(\frac{M_4}{Z_4}\right)^2 + 3 \cdot \left(\frac{Q_4}{A_4}\right)^2}$$

## b. カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し，カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_{b5} = \frac{M_5}{Z_5}$$

$$\tau_5 = \frac{Q_5}{A_5}$$



#### 4.5 計算条件

「4.4 計算方法」に用いる計算条件を表 4-6 に示す。

表 4-6 耐震評価に用いる計算条件

| 評価部位  |          | 記号       | 単位                | 定義                   | 数値       |
|-------|----------|----------|-------------------|----------------------|----------|
| 共通    |          | $C_H$    | —                 | 水平震度                 | 2.72     |
|       |          | $C_V$    | —                 | 鉛直震度                 | 1.18     |
|       |          | $W_X$    | kN                | 扉体自重                 | 588.4    |
|       |          | $W_1$    | mm                | 扉体幅                  | 6920     |
|       |          | $H_1$    | mm                | 扉体高                  | 6230     |
|       |          | $P_1$    | kN/m <sup>2</sup> | 圧力荷重(内圧)             | 0.000    |
|       |          | $P_2$    | kN/m <sup>2</sup> | 圧力荷重(外圧)             | 0.295    |
| ヒンジ部  | 共通       | $L_j$    | mm                | ヒンジ中心間距離             | 5198     |
|       |          | $L_r$    | mm                | 扉体重心～ヒンジ芯間距離（扉体幅方向）  | 4160     |
|       |          | $L_t$    | mm                | 扉体重心～ヒンジ芯間距離（扉体厚さ方向） | 780      |
|       | ヒンジ板     | $A_1$    | mm <sup>2</sup>   | 断面積                  | 140000   |
|       |          | $L_1$    | mm                | 作用点間距離               | 796      |
|       |          | $Z_1$    | mm <sup>3</sup>   | 断面係数                 | 13070000 |
|       | ヒンジピン    | $A_2$    | mm <sup>2</sup>   | 断面積                  | 45240    |
|       |          | $A_{2'}$ | mm <sup>2</sup>   | 受圧面積                 | 33930    |
|       |          | $L_2$    | mm                | 軸支持間距離               | 129      |
|       |          | $Z_2$    | mm <sup>3</sup>   | 断面係数                 | 1357000  |
|       | ヒンジボルト   | $A_{b3}$ | mm <sup>2</sup>   | 断面積                  | 1120     |
|       |          | $n_{b3}$ | 本                 | 本数                   | 10       |
| カンヌキ部 | カンヌキ     | $A_4$    | mm <sup>2</sup>   | 断面積                  | 11310    |
|       |          | $L_4$    | mm                | 作用点間距離               | 195      |
|       |          | $n$      | 本                 | 本数                   | 14       |
|       |          | $Z_4$    | mm <sup>3</sup>   | 断面係数                 | 169600   |
|       | カンヌキ受けピン | $A_5$    | mm <sup>2</sup>   | 断面積                  | 3848     |
|       |          | $L_5$    | mm                | 作用点間距離               | 162      |
|       |          | $Z_5$    | mm <sup>3</sup>   | 断面係数                 | 33670    |

## 5. 評価結果

大物搬入口の評価結果を表 5-1 に示す。発生値は許容限界を下回っており，設計用地震力に対して十分な耐震性を有していることを確認した。

表 5-1 耐震評価結果

| 評価部位  |          | 分類  | 発生値<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 判定 |
|-------|----------|-----|-----------------------------|------------------------------|----|
| ヒンジ部  | ヒンジ板     | 引張  | 8                           | 205                          | OK |
|       |          | 曲げ  | 79                          | 205                          | OK |
|       |          | せん断 | 10                          | 118                          | OK |
|       |          | 組合せ | 81                          | 205                          | OK |
|       | ヒンジピン    | 圧縮  | 38                          | 686                          | OK |
|       |          | 曲げ  | 175                         | 686                          | OK |
|       |          | せん断 | 41                          | 396                          | OK |
|       |          | 組合せ | 189                         | 686                          | OK |
|       | ヒンジボルト   | 引張  | 200                         | 728                          | OK |
|       |          | せん断 | 200                         | 420                          | OK |
| カンヌキ部 | カンヌキ     | 曲げ  | 132                         | 345                          | OK |
|       |          | せん断 | 11                          | 199                          | OK |
|       |          | 組合せ | 134                         | 345                          | OK |
|       | カンヌキ受けピン | 曲げ  | 138                         | 345                          | OK |
|       |          | せん断 | 15                          | 199                          | OK |

VI-2-9-3-4 原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書

## 目 次

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1. 概要.....             | 1  |
| 2. 基本方針.....           | 2  |
| 2.1 位置.....            | 2  |
| 2.2 構造概要.....          | 3  |
| 2.3 評価方針.....          | 6  |
| 2.4 適用規格・基準等.....      | 9  |
| 3. 地震応答解析による評価方法.....  | 10 |
| 4. 応力解析による評価方法.....    | 11 |
| 4.1 評価方針.....          | 11 |
| 4.2 荷重及び荷重の組合せ.....    | 13 |
| 4.2.1 荷重.....          | 13 |
| 4.2.2 荷重の組合せ.....      | 19 |
| 4.3 許容限界.....          | 20 |
| 4.4 解析モデル及び諸元.....     | 23 |
| 4.4.1 モデル化の基本方針.....   | 23 |
| 4.4.2 解析諸元.....        | 23 |
| 4.4.3 材料構成則.....       | 26 |
| 4.5 評価方法.....          | 28 |
| 4.5.1 応力解析方法.....      | 28 |
| 4.5.2 断面の評価方法.....     | 31 |
| 5. 評価結果.....           | 33 |
| 5.1 地震応答解析による評価結果..... | 33 |
| 5.2 応力解析による評価結果.....   | 35 |
| 6. 引用文献.....           | 40 |

## 1. 概要

原子炉建屋基礎版は、二次格納施設にあたる原子炉建屋原子炉棟の基礎（以下「原子炉棟基礎」という。）及び原子炉建屋附属棟の基礎（以下「附属棟基礎」という。）で構成される。

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、原子炉建屋基礎版の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価により行う。

原子炉建屋基礎版は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

原子炉建屋基礎版を含む原子炉建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

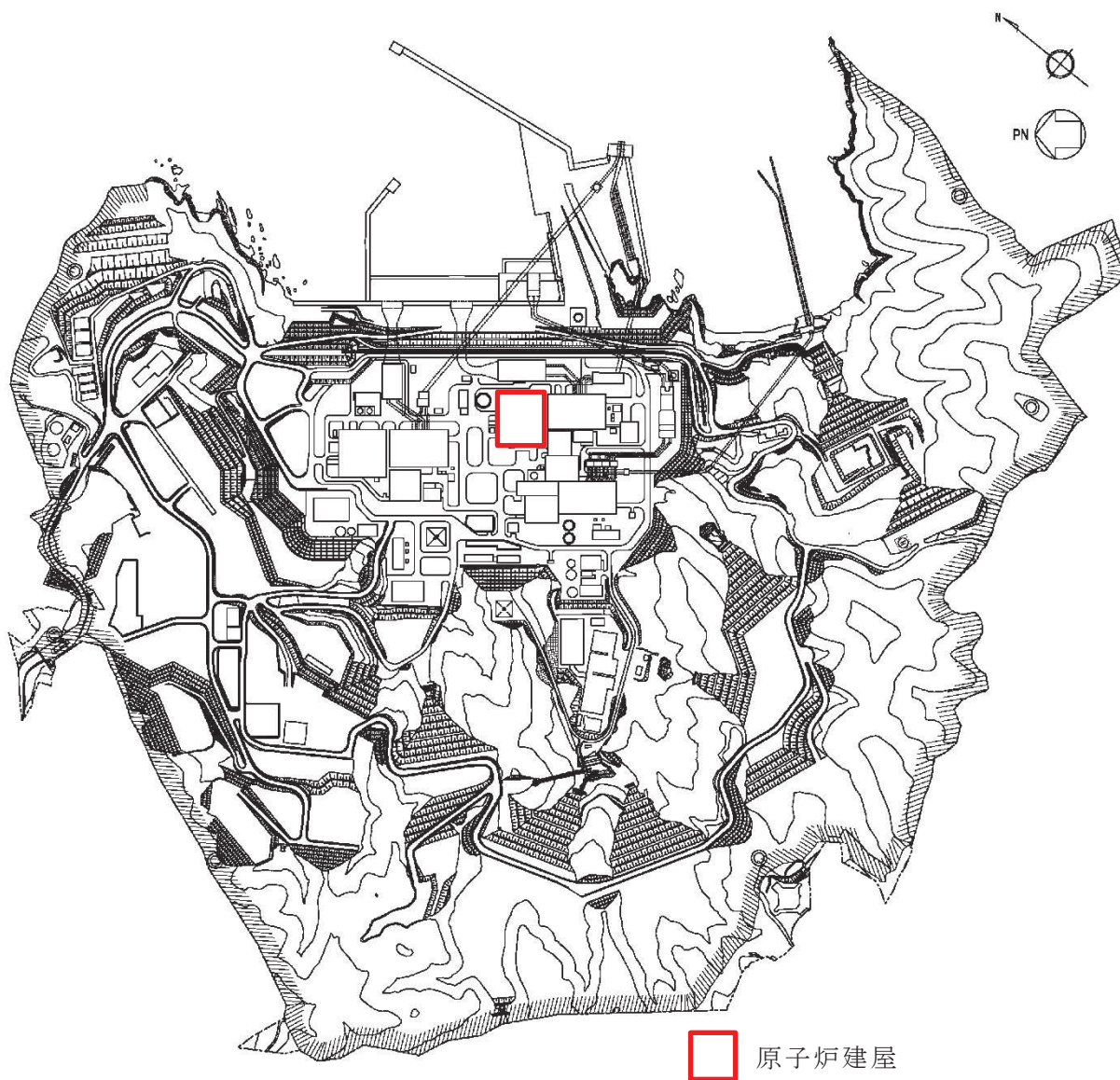


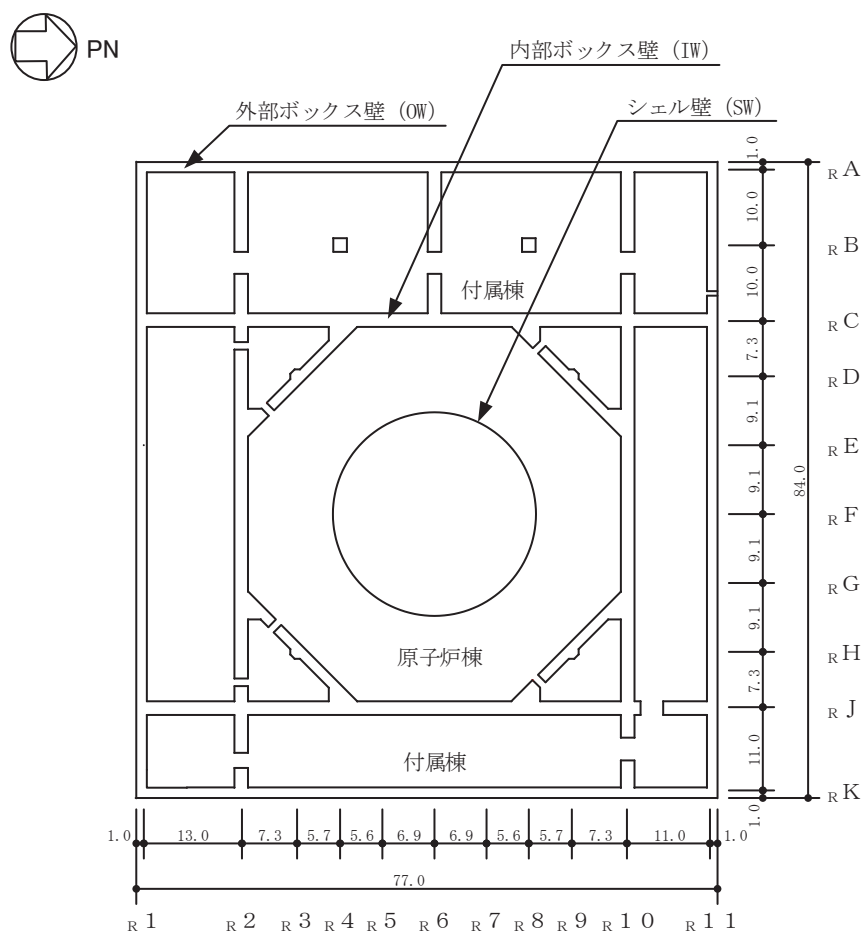
図 2-1 原子炉建屋基礎版を含む原子炉建屋の設置位置

## 2.2 構造概要

原子炉建屋基礎版は、その上部構造である原子炉本体の基礎（以下「RPV 基礎」という。）、原子炉格納容器（以下「PCV」という。）、その周囲の壁（以下「シェル壁：SW」という。）、原子炉棟の外壁（以下「内部ボックス壁：IW」という。）及び付属棟の外壁（以下「外部ボックス壁：OW」という。）を支持する鉄筋コンクリート造の基礎版である。

原子炉建屋基礎版の平面規模は、南北方向 77.0 m、東西方向 84.0 m、厚さは 6.0 m で、支持地盤である砂岩及び頁岩上に設置されている。

原子炉建屋基礎版の概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

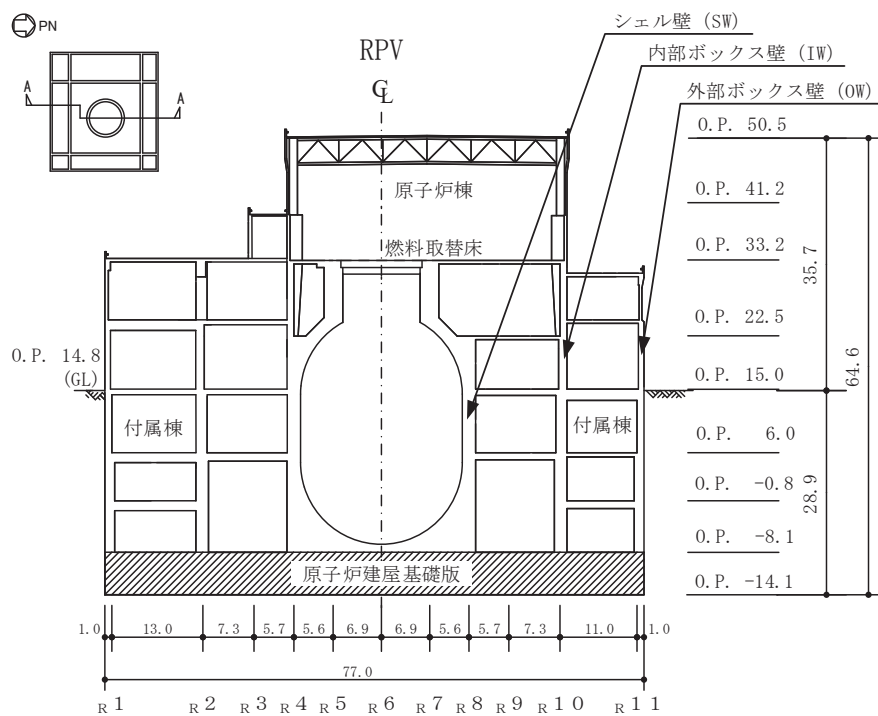


(単位 : m)

図 2-2 原子炉建屋基礎版の概略平面図 (O.P.\*-8.1 m)

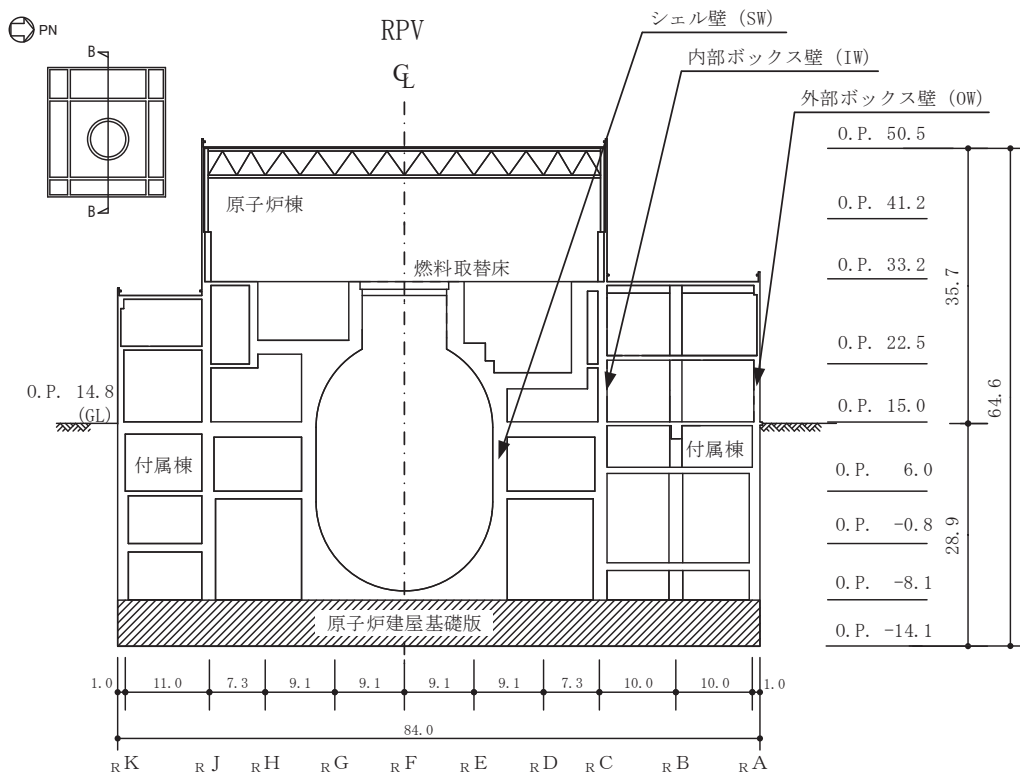
注記\* : O.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり, 東京湾平均海面 (T.P.)-0.74m である。





(単位 : m)

図 2-3(1) 原子炉建屋基礎版の概略断面図 (A-A 断面 NS 方向)



(単位 : m)

図 2-3(2) 原子炉建屋基礎版の概略断面図 (B-B 断面 EW 方向)

### 2.3 評価方針

原子炉建屋基礎版は，設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

原子炉建屋基礎版の設計基準対象施設としての評価においては，基準地震動  $S_s$  による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）を行うこととし，評価は添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。

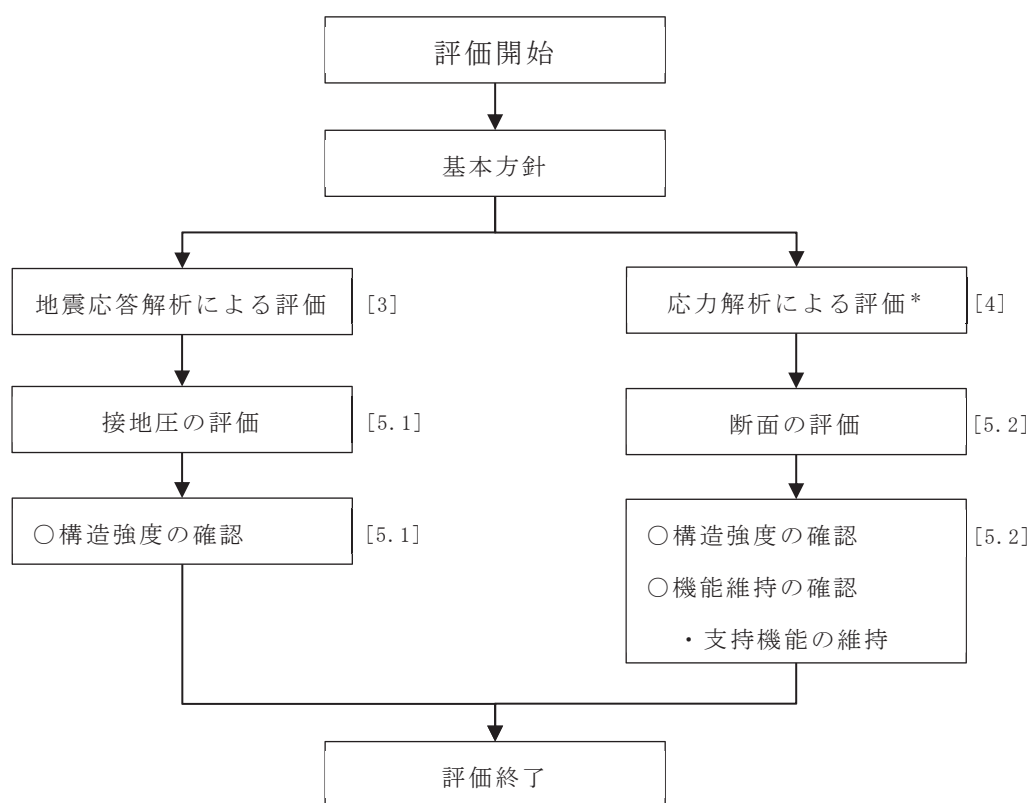
原子炉建屋基礎版の評価は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，地震応答解析による評価においては接地圧の評価を，応力解析による評価においては断面の評価を行うことで，原子炉建屋基礎版の地震時の構造強度及び支持機能の確認を行う。評価にあたっては，添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」による材料物性の不確かさを考慮する。表 2-1 に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

また，重大事故等対処施設としての評価においては， $S_s$ 地震時に対する評価を行うこととする。ここで，原子炉建屋基礎版では，運転時，設計基準事故時及び重大事故等時の状態において，圧力，温度等の条件について有意な差異がないことから，重大事故等対処施設としての評価は，設計基準対象施設と同一となる。

原子炉建屋基礎版の評価フローを図 2-4 に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

| 対象地震動             | ケース名             | スケルトンカーブ                                          |                      | 建屋材料減衰 | 地盤物性                              |                 |
|-------------------|------------------|---------------------------------------------------|----------------------|--------|-----------------------------------|-----------------|
|                   |                  | 初期剛性                                              | 終局耐力                 |        | 入力地震動                             | 底面地盤ばね          |
| 基準地震動 S s<br>(水平) | ケース 1<br>(基本ケース) | 2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により補正 | 設計基準強度を用い JEA G 式で評価 | 5%     | 表層上部：非線形性を考慮<br>表層下部：Vs900m/s     | 標準地盤            |
|                   | ケース 2            | 同上                                                | 同上                   | 同上     | 表層上部：非線形性を考慮<br>表層下部：Vs900+100m/s | 標準地盤 + $\sigma$ |
|                   | ケース 3            |                                                   |                      |        | 表層上部：非線形性を考慮<br>表層下部：Vs900-100m/s | 標準地盤 - $\sigma$ |
|                   | ケース 4            | 基本ケースの 0.78 倍                                     | 同上                   | 同上     | 表層上部：非線形性を考慮<br>表層下部：Vs900m/s     | 標準地盤            |
|                   | ケース 5            |                                                   |                      |        | 表層上部：非線形性を考慮<br>表層下部：Vs900+100m/s | 標準地盤 + $\sigma$ |
|                   | ケース 6            |                                                   |                      |        | 表層上部：非線形性を考慮<br>表層下部：Vs900-100m/s | 標準地盤 - $\sigma$ |
| 基準地震動 S s<br>(鉛直) | ケース 1<br>(基本ケース) | 設計剛性                                              | —                    | 5%     | 直接入力                              | 標準地盤            |
|                   | ケース 2            | 同上                                                | —                    | 同上     | 同上                                | 標準地盤 + $\sigma$ |
|                   | ケース 3            |                                                   |                      |        |                                   | 標準地盤 - $\sigma$ |



注：[ ]内は、本資料における章番号を示す。

注記＊：添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 原子炉建屋基礎版の評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

原子炉建屋基礎版の評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）  
建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ J S M E S N E 1 -2003 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（以下「C C V 規格」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-（以下「R C 規準」という。）
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下「R C - N 規準」という。）
- ・ 2015 年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）（以下「技術基準解説書」という。）

### 3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において，原子炉建屋基礎版の構造強度については，添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき，最大接地圧が許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における原子炉建屋基礎版の許容限界は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，表 3-1 及び表 3-2 とおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力                     | 部位   | 機能維持のための考え方             | 許容限界                              |
|------|------------|-------------------------|------|-------------------------|-----------------------------------|
| —    | 構造強度を有すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 基礎地盤 | 最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認 | 極限支持力度*<br>13700kN/m <sup>2</sup> |

注記＊：添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標 | 地震力                     | 部位   | 機能維持のための考え方             | 許容限界                              |
|------|------------|-------------------------|------|-------------------------|-----------------------------------|
| —    | 構造強度を有すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 基礎地盤 | 最大接地圧が地盤の支持力度を超えないことを確認 | 極限支持力度*<br>13700kN/m <sup>2</sup> |

注記＊：添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づく。

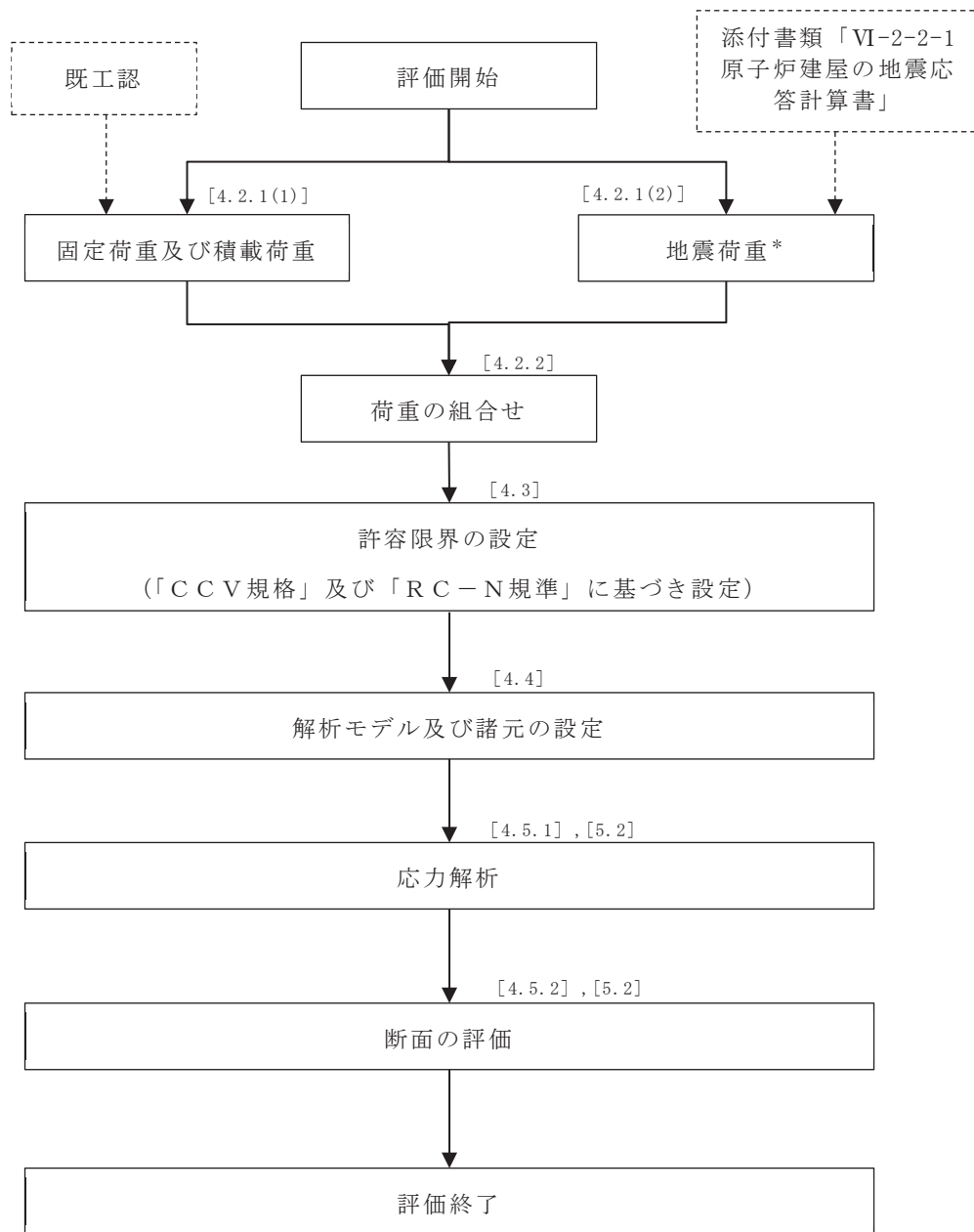
#### 4. 応力解析による評価方法

##### 4.1 評価方針

原子炉建屋基礎版の応力解析による評価は、3次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析により評価を行う。3次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析に当たっては、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」及び平成元年6月8日付け元資庁第2015号にて認可された工事計画の添付書類「IV-1-4 原子炉格納施設の基礎に関する説明書」（以下「既工認」という。）による荷重を用いて、荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを図4-1に示す。

S s 地震時に対する評価は、地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果、発生する応力又はひずみが、「CCV規格」又は「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

なお、断面の評価については、材料物性の不確かさを考慮した断面力に対して行うこととする。



注：[ ]内は、本資料における章番号を示す。

注記＊：材料物性の不確かさについては、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき設定する。

図 4-1 応力解析による評価フロー



#### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

##### 4.2.1 荷重

###### (1) 固定荷重及び積載荷重

固定荷重及び積載荷重は，既工認に基づき，次のものを考慮する。

- ・鉄筋コンクリート構造体の自重・・・・・ $24\text{kN/m}^3$
- ・ボックス壁，シェル壁，柱等から作用する上部構造物の自重並びに機器及び配管の重量
- ・基礎版上の機器，配管等の重量
- ・逃がし安全弁作動時荷重  
逃がし安全弁作動時において，サプレッションチェンバを支持するトーラスサポートから基礎版に伝わる1脚当たりの荷重で，次の値とする。  
・・・・・ $1295\text{kN}$ （最大上向き）， $1647\text{kN}$ （最大下向き）
- ・浮力・・・・・ $29.4\text{kN/m}^2$

(2) 地震荷重

a. 地震荷重

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析より算定される動的地震力及び軸力係数より設定する。このとき、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析より算定される動的地震力は、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮して設定する。

地震荷重を表 4-1～表 4-3 に示す。

表 4-1 地震荷重（せん断力）

(a) NS 方向

| 部 位                    | せん断力（ $\times 10^3 \text{kN}$ ） |
|------------------------|---------------------------------|
|                        | S s                             |
| OW（ <sub>R</sub> A 通り） | 365                             |
| OW（ <sub>R</sub> K 通り） | 354                             |
| IW（ <sub>R</sub> C 通り） | 587                             |
| IW（ <sub>R</sub> J 通り） | 526                             |
| SW                     | 315                             |

(b) EW 方向

| 部 位                     | せん断力（ $\times 10^3 \text{kN}$ ） |
|-------------------------|---------------------------------|
|                         | S s                             |
| OW（ <sub>R</sub> 1 通り）  | 382                             |
| OW（ <sub>R</sub> 11 通り） | 387                             |
| IW（ <sub>R</sub> 2 通り）  | 565                             |
| IW（ <sub>R</sub> 10 通り） | 557                             |
| SW                      | 312                             |

表 4-2 地震荷重（曲げモーメント）

(a) NS 方向

| 部 位                    | 曲げモーメント（ $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ） |
|------------------------|-------------------------------------------------|
|                        | S s                                             |
| OW（ <sub>R</sub> A 通り） | 1008.3                                          |
| OW（ <sub>R</sub> K 通り） | 924.8                                           |
| IW（ <sub>R</sub> C 通り） | 1938.4                                          |
| IW（ <sub>R</sub> J 通り） | 1733.6                                          |
| SW                     | 757.2                                           |

(b) EW 方向

| 部 位                     | 曲げモーメント（ $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ） |
|-------------------------|-------------------------------------------------|
|                         | S s                                             |
| OW（ <sub>R</sub> 1 通り）  | 1066.6                                          |
| OW（ <sub>R</sub> 11 通り） | 972.9                                           |
| IW（ <sub>R</sub> 2 通り）  | 2011.9                                          |
| IW（ <sub>R</sub> 10 通り） | 2090.2                                          |
| SW                      | 681.7                                           |

表 4－3 地震荷重（軸力係数）

| 部 位   | 軸力係数  |
|-------|-------|
|       | S s   |
| 上部構造物 | 1.064 |
| 基礎版   | 0.380 |

b. 地震時土圧荷重

地震時土圧荷重は、地震時土圧により地下外壁を介して作用する荷重として、「J E A G 4 6 0 1－1991 追補版」に基づき有限要素モデルより算出し、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算定した地震時土圧を設定する。地震時土圧荷重を表 4－4 に、地震時土圧による荷重分布を図 4－2 に示す。なお、南側はタービン建屋及び制御建屋が隣接しているため、地震時土圧荷重を考慮しない。

表 4－4 地震時土圧荷重

| O. P.<br>(m) | 地震時土圧荷重<br>(kN/m <sup>2</sup> ) |     |     |
|--------------|---------------------------------|-----|-----|
|              | 東側                              | 西側  | 北側  |
| 14.8         | 125                             | 117 | 133 |
| 10.5         | 165                             | 157 | 173 |
| 10.5         | 290                             | 174 | 229 |
| 2.6          | 363                             | 247 | 303 |
| 2.6          | 479                             | 254 | 277 |
| -4.45        | 544                             | 320 | 343 |
| -4.45        | 830                             | 488 | 517 |
| -8.1         | 864                             | 522 | 551 |

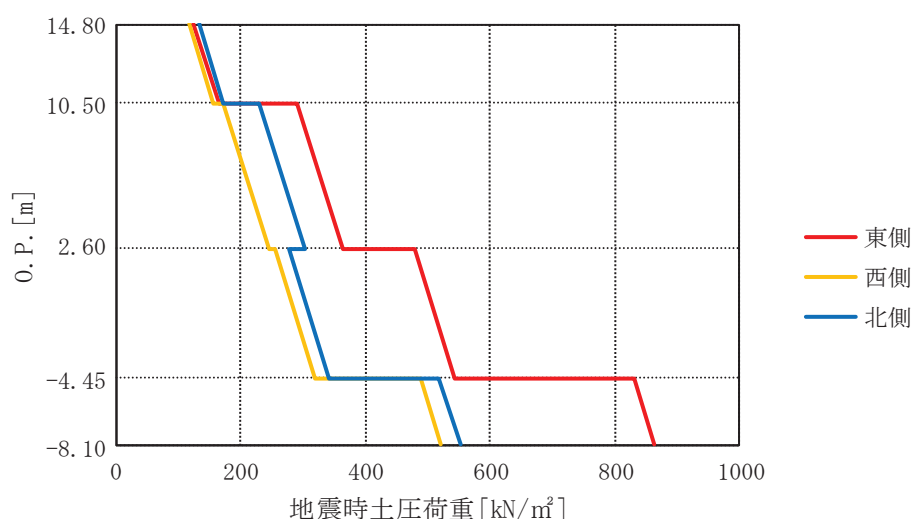


図 4－2 地震時土圧による荷重分布

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

| 外力の状態              | 荷重の組合せ                 |
|--------------------|------------------------|
| S <sub>s</sub> 地震時 | G + P + S <sub>s</sub> |

- G       ： 固定荷重
- P       ： 積載荷重（常時土圧を含む）
- S<sub>s</sub>     ： 地震荷重（地震時土圧荷重を含む）

### 4.3 許容限界

応力解析による評価における原子炉建屋基礎版の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表 4-6 及び表 4-7 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-8 及び表 4-9 に、コンクリート及び鉄筋の許容ひずみを表 4-10 に示す。

表 4-6 応力解析による評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能               | 機能設計上の性能目標                | 地震力         | 部位       | 機能維持のための考え方                              | 許容限界                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------|---------------------------|-------------|----------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| —                  | 構造強度を有すること                | 基準地震動 $S_s$ | 原子炉建屋基礎版 | 部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひずみ<sup>*1</sup><br/>コンクリート <math>3.0 \times 10^{-3}</math>（圧縮）<br/>鉄筋 <math>5.0 \times 10^{-3}</math></li> <li>・面外せん断力<sup>*2</sup><br/>短期許容せん断力<sup>*3</sup></li> </ul> |
| 支持機能 <sup>*4</sup> | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動 $S_s$ | 原子炉建屋基礎版 | 部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひずみ<sup>*1</sup><br/>コンクリート <math>3.0 \times 10^{-3}</math>（圧縮）<br/>鉄筋 <math>5.0 \times 10^{-3}</math></li> <li>・面外せん断力<sup>*2</sup><br/>短期許容せん断力<sup>*3</sup></li> </ul> |

注記\*1：「CCV規格」に基づく。

\*2：「RC-N規準」に基づく。

\*3：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものととして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容せん断力とする。

\*4：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。



表 4-7 応力解析による評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能               | 機能設計上の性能目標               | 地震力          | 部位           | 機能維持のための考え方                              | 許容限界                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------|--------------------------|--------------|--------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| —                  | 構造強度を有すること               | 基準地震動<br>S s | 原子炉建屋<br>基礎版 | 部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひずみ<sup>*1</sup><br/>コンクリート<br/><math>3.0 \times 10^{-3}</math>（圧縮）<br/>鉄筋<br/><math>5.0 \times 10^{-3}</math></li> <li>・面外せん断力<sup>*2</sup><br/>短期許容せん断力<sup>*3</sup></li> </ul> |
| 支持機能 <sup>*4</sup> | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損わないこと | 基準地震動<br>S s | 原子炉建屋<br>基礎版 | 部材に生じる応力及びひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ひずみ<sup>*1</sup><br/>コンクリート<br/><math>3.0 \times 10^{-3}</math>（圧縮）<br/>鉄筋<br/><math>5.0 \times 10^{-3}</math></li> <li>・面外せん断力<sup>*2</sup><br/>短期許容せん断力<sup>*3</sup></li> </ul> |

注記\*1：「CCV規格」に基づく。

\*2：「RC-N規準」に基づく。

\*3：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容せん断力とする。

\*4：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 4-8 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 外力の状態   | 設計基準強度 $F_c = 32.4$ |
|---------|---------------------|
|         | せん断                 |
| S s 地震時 | 1.21                |

表 4-9 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 外力の状態   | 面外せん断補強            |
|---------|--------------------|
|         | SD35<br>(SD345 相当) |
| S s 地震時 | 345                |

表 4-10 コンクリート及び鉄筋の許容ひずみ

| 外力の状態   | コンクリート<br>(圧縮ひずみ) | 鉄筋<br>(圧縮ひずみ及び引張ひずみ) |
|---------|-------------------|----------------------|
| S s 地震時 | 0.003             | 0.005                |

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 モデル化の基本方針

###### (1) 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。解析には、解析コード「ABAQUS」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

基礎版については、O.P. -14.1m～O.P. -8.1m をモデル化する。上部構造については、O.P. -8.1m～O.P. 33.2m をモデル化し、剛性を考慮する。応力解析における評価対象部位は、基礎版であるが、各部の荷重伝達を考慮するために周辺部を含むモデルを用いることとした。解析モデルを図 4-3 に示す。

###### (2) 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、基礎版については積層シェル要素とする。上部構造として、基礎版より立ち上がっている耐震壁については、O.P. -8.1m～O.P. 15.0m を積層シェル要素、O.P. 15.0m～O.P. 33.2m をはり要素として剛性を考慮する。また、O.P. -0.8m 及び O.P. 6.0m の床スラブについては、積層シェル要素として剛性を考慮する。積層シェル要素は、鉄筋層をモデル化した異方性材料による要素である。

各要素には、板の曲げと軸力を同時に考えるが、板の曲げには面外せん断変形の影響も考慮する。

解析モデルの節点数は 6642、要素数は 7080 である。

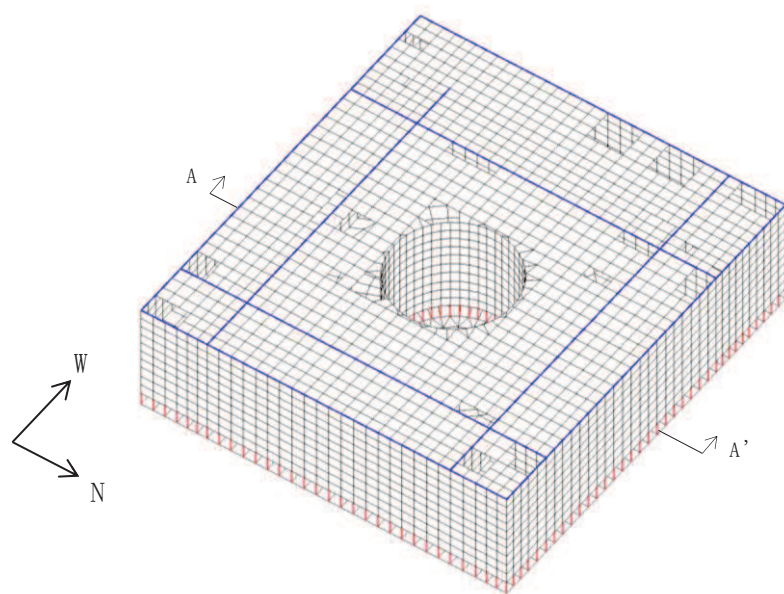
###### (3) 境界条件

3次元 FEM モデルの基礎版底面に、添付書類「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3次元 FEM モデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。

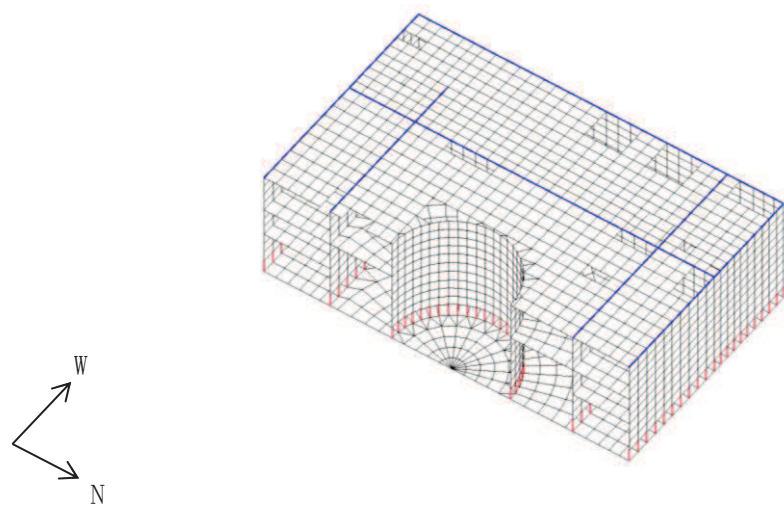
なお、基礎版底面の地盤ばねについては、引張力が発生したときに浮上りを考慮する。

##### 4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-11 及び表 4-12 に示す。

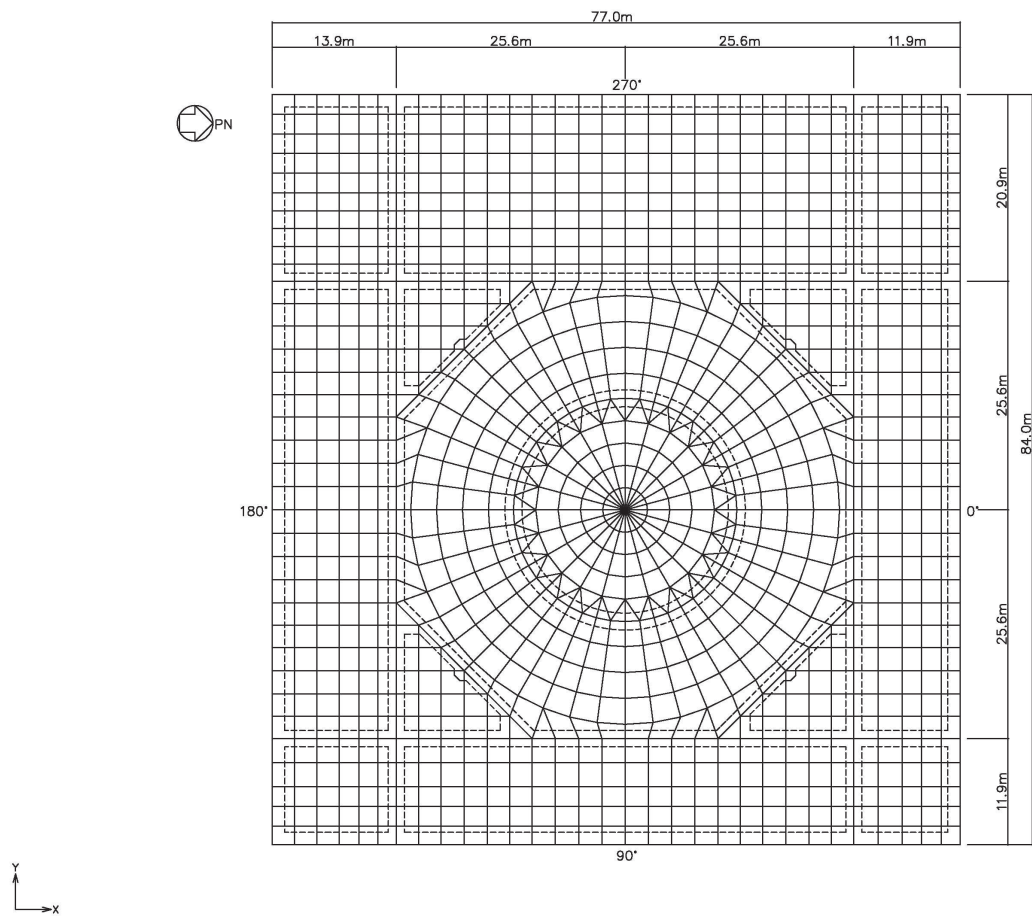


(a) 全体鳥瞰図



(b) 全体鳥瞰断面図 (A-A' 断面)

図 4-3(1) 解析モデル 1 (1/2)



(c) 基礎版要素分割図

図 4-3(2) 解析モデル (2/2)

表 4-11 コンクリートの物性値

| 部 位         | 設計基準強度<br>$F_c$ ( $N/mm^2$ ) | ヤング係数<br>$E$ ( $N/mm^2$ ) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|-------------|------------------------------|---------------------------|----------------|
| 基礎版・床スラブ    | 32.4                         | $2.51 \times 10^4$        | 0.2            |
| 耐震壁 (NS 方向) |                              | $1.88 \times 10^4$        |                |
| 耐震壁 (EW 方向) |                              | $2.01 \times 10^4$        |                |
| 耐震壁 (シェル壁)  |                              | $1.945 \times 10^4$       |                |

表 4-12 鉄筋の物性値

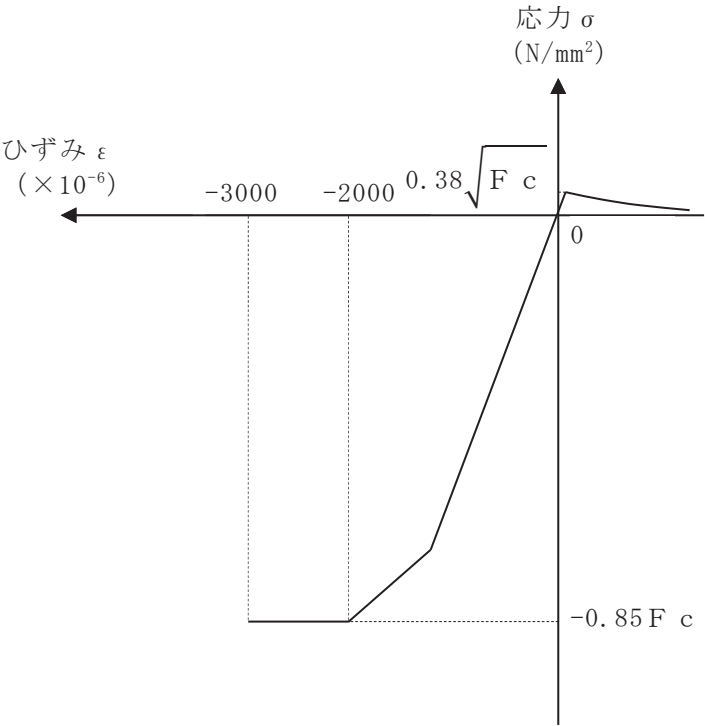
| 部 位          | 鉄筋の種類              | 降伏強度<br>$\sigma_y$ ( $N/mm^2$ ) | ヤング係数<br>$E$ ( $N/mm^2$ ) |
|--------------|--------------------|---------------------------------|---------------------------|
| 基礎版・耐震壁・床スラブ | SD35<br>(SD345 相当) | 379*                            | $2.05 \times 10^5$        |

注記＊：「技術基準解説書」に基づき、引張及び圧縮に対する許容応力度を 1.1 倍する。

#### 4.4.3 材料構成則

材料構成則を図 4-4 に示す。

コンクリートのヤング係数については、設計基準強度に基づき算定した値とする。なお、耐震壁部分の初期剛性低下については、地震応答解析モデルと同様に地震観測記録の分析等を踏まえて、その影響を考慮する。コンクリートの圧縮強度は設計基準強度に基づく値とする。



$F_c$  : コンクリートの設計基準強度

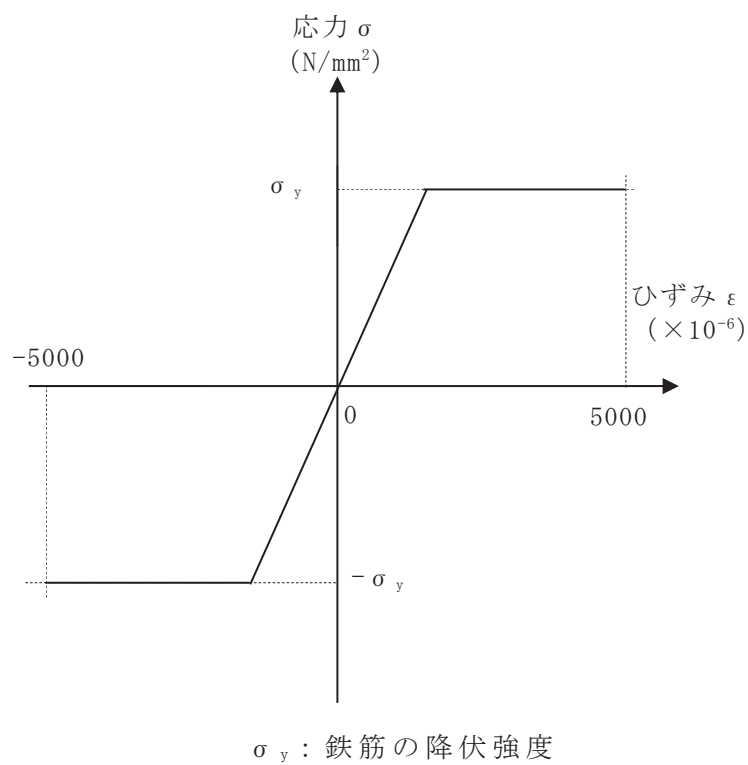
| 項目             | 設定                                          |
|----------------|---------------------------------------------|
| 圧縮強度           | $-0.85 F_c$ (「CCV規格」)                       |
| 終局圧縮ひずみ        | $-3000 \times 10^{-6}$ (「CCV規格」)            |
| 圧縮側のコンクリート構成則  | CEB-FIP Model code に基づき設定<br>(引用文献(1)参照)    |
| ひび割れ発生後の引張軟化曲線 | 出雲ほか(1987)による式<br>( $c = 0.4$ ) (引用文献(2)参照) |
| 引張強度           | $\sigma_t = 0.38 \sqrt{F_c}$ (「RC規準」)       |

注：引張方向の符号を正とする。

(a) コンクリートの応力－ひずみ関係

図 4-4(1) 材料構成則 (1/2)

- ・鉄筋の構成則：バイリニア型
- ・終局ひずみ： $\pm 5000 \times 10^{-6}$ （「CCV規格」）



注：引張方向の符号を正とする。

(b) 鉄筋の応力－ひずみ関係

図 4－4(2) 材料構成則 (2/2)

#### 4.5 評価方法

##### 4.5.1 応力解析方法

原子炉建屋基礎版について、 $S_s$ 地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾塑性応力解析を実施する。

##### (1) 荷重ケース

$S_s$ 地震時の応力は、次の荷重を組み合わせて求める。

|             |                               |
|-------------|-------------------------------|
| $G$         | : 固定荷重                        |
| $P$         | : 積載荷重                        |
| $S_{s\ SN}$ | : S→N 方向 $S_s$ 地震荷重（地震時土圧を含む） |
| $S_{s\ NS}$ | : N→S 方向 $S_s$ 地震荷重（地震時土圧を含む） |
| $S_{s\ EW}$ | : E→W 方向 $S_s$ 地震荷重（地震時土圧を含む） |
| $S_{s\ WE}$ | : W→E 方向 $S_s$ 地震荷重（地震時土圧を含む） |
| $S_{s\ UD}$ | : 鉛直方向（下向き） $S_s$ 地震荷重        |
| $S_{s\ DU}$ | : 鉛直方向（上向き） $S_s$ 地震荷重        |

注記＊：計算上の座標軸を基準として、NS方向はS→N方向の加力、EW方向はE→W方向の加力、鉛直方向は下向きの加力を記載している。



## (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-13 に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 - 2015）」を参考に，組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いるものとする。

表 4-13 荷重の組合せケース

| 外力の状態   | ケース No. | 荷重の組合せ                                    |
|---------|---------|-------------------------------------------|
| S s 地震時 | 1       | $G + P + 1.0 S_{s_{SN}} + 0.4 S_{s_{UD}}$ |
|         | 2       | $G + P + 1.0 S_{s_{SN}} + 0.4 S_{s_{DU}}$ |
|         | 3       | $G + P + 1.0 S_{s_{NS}} + 0.4 S_{s_{UD}}$ |
|         | 4       | $G + P + 1.0 S_{s_{NS}} + 0.4 S_{s_{DU}}$ |
|         | 5       | $G + P + 1.0 S_{s_{EW}} + 0.4 S_{s_{UD}}$ |
|         | 6       | $G + P + 1.0 S_{s_{EW}} + 0.4 S_{s_{DU}}$ |
|         | 7       | $G + P + 1.0 S_{s_{WE}} + 0.4 S_{s_{UD}}$ |
|         | 8       | $G + P + 1.0 S_{s_{WE}} + 0.4 S_{s_{DU}}$ |
|         | 9       | $G + P + 0.4 S_{s_{SN}} + 1.0 S_{s_{UD}}$ |
|         | 10      | $G + P + 0.4 S_{s_{SN}} + 1.0 S_{s_{DU}}$ |
|         | 11      | $G + P + 0.4 S_{s_{NS}} + 1.0 S_{s_{UD}}$ |
|         | 12      | $G + P + 0.4 S_{s_{NS}} + 1.0 S_{s_{DU}}$ |
|         | 13      | $G + P + 0.4 S_{s_{EW}} + 1.0 S_{s_{UD}}$ |
|         | 14      | $G + P + 0.4 S_{s_{EW}} + 1.0 S_{s_{DU}}$ |
|         | 15      | $G + P + 0.4 S_{s_{WE}} + 1.0 S_{s_{UD}}$ |
|         | 16      | $G + P + 0.4 S_{s_{WE}} + 1.0 S_{s_{DU}}$ |

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

基礎版に上部構造物から作用する水平地震力については，上部構造物からのせん断力及び曲げモーメントを基礎版の当該位置の節点に離散化して節点荷重として入力する。

基礎版に上部構造物から作用する鉛直地震力については，上部構造物からの軸力とし，鉛直力に置換し，モデル上の各節点における支配面積に応じた節点荷重として入力する。

基礎版内に作用する荷重については，地震時の上部構造物からの入力荷重と基礎版底面及び側面に発生する荷重の差を FEM モデルの各要素の大きさに応じて分配し，節点荷重として入力する。

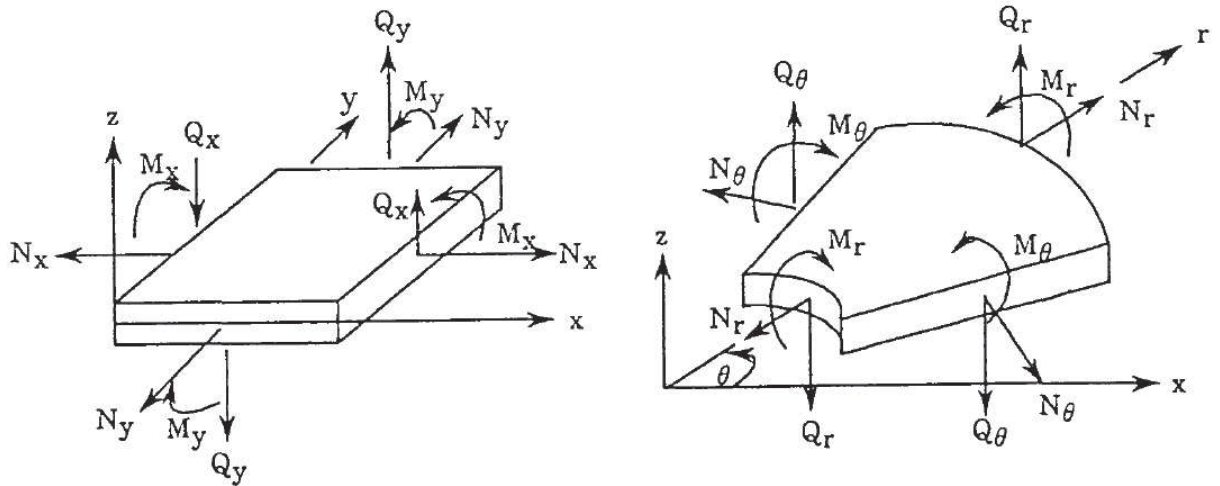
b. 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については，FEM モデルの各節点又は各要素に，集中荷重又は分布荷重として入力する。

#### 4.5.2 断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認する。断面力成分を図4-5に示す。

なお、3次元FEMモデルを用いた応力の算定において、FEM要素に応力集中等が見られる場合については、「RC-N規準」に基づき、応力の再配分等を考慮してある一定の領域の応力を平均化したうえで断面の評価を行う。



|                      |                              |                           |                              |
|----------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| $M_x, M_y$ : 曲げモーメント | $\text{kN} \cdot \text{m/m}$ | $M_r, M_\theta$ : 曲げモーメント | $\text{kN} \cdot \text{m/m}$ |
| $Q_x, Q_y$ : せん断力    | $\text{kN/m}$                | $Q_r, Q_\theta$ : せん断力    | $\text{kN/m}$                |
| $N_x, N_y$ : 軸力      | $\text{kN/m}$                | $N_r, N_\theta$ : 軸力      | $\text{kN/m}$                |
| 応力の符号 (矢印の方向を正とする。)  |                              |                           |                              |

図4-5 断面力成分

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力及び曲げモーメントを受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみが、「C C V規格」に基づき、表 4-10 に示す許容ひずみを超えないことを確認する。

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「R C - N 規 準」に基づき行う。

面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

- $Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)  
 $b$  : 断面の幅 (mm)  
 $j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)  
 $\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数  
 (2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

- $M$  : 曲げモーメント (N・mm)  
 $Q$  : せん断力 (N)  
 $d$  : 断面の有効せい (mm)

- $f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-8 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-9 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)  
 $p_w$  : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

- $a_w$  : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)  
 $x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

## 5. 評価結果

### 5.1 地震応答解析による評価結果

地震時の最大接地圧が，地盤の許容限界を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した地震時の最大接地圧が  $3500\text{kN/m}^2$ （S s - D 1，NS 方向）以下であることから，地盤の極限支持力度（ $13700\text{kN/m}^2$ ）を超えないことを確認した。

S s 地震時の最大接地圧を表 5-1 に示す。

表 5-1 S s 地震時の最大接地圧

|                                       | NS 方向             | EW 方向             |
|---------------------------------------|-------------------|-------------------|
| 検討ケース                                 | S s - D 1 , ケース 5 | S s - D 1 , ケース 2 |
| 鉛直力<br>N ( $\times 10^5$ kN )         | 29.1              | 29.1              |
| 転倒モーメント<br>M ( $\times 10^6$ kN ・ m ) | 75.1              | 78.6              |
| 最大接地圧<br>( kN/m <sup>2</sup> )        | 3500              | 2770              |

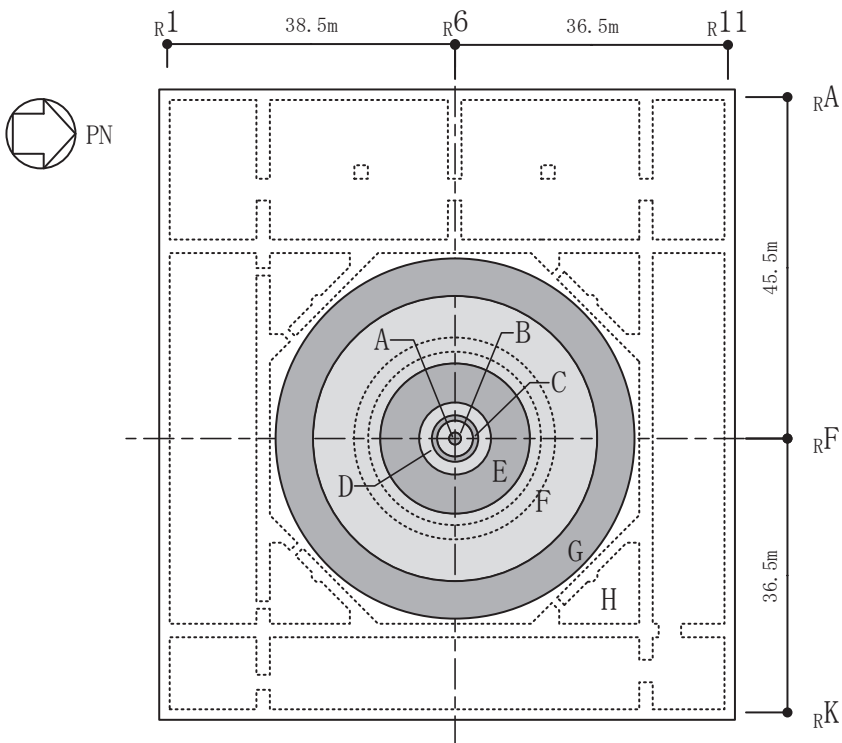
## 5.2 応力解析による評価結果

「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また，3次元FEMモデルの配筋領域図を図5-1に，配筋一覧を表5-2に示す。

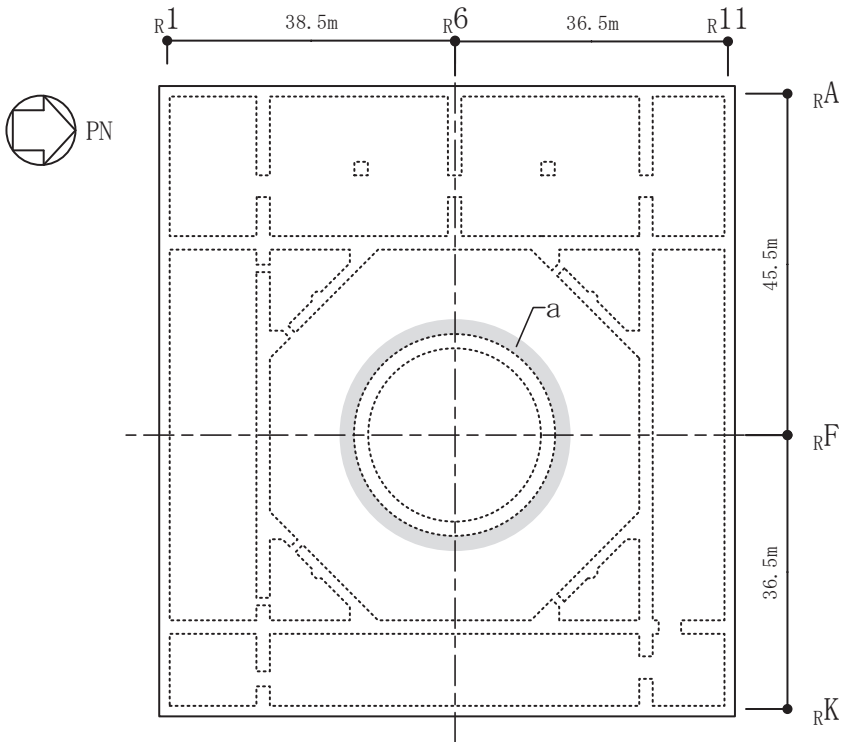
断面の評価結果を記載する要素は，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力に対する評価において，発生値に対する許容値の割合が最小となる要素とする。

選定した要素の位置を図5-2に，評価結果を表5-3に示す。

S s 地震時において，軸力及び曲げモーメントによる鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が，各許容値を超えないことを確認した。



(a) 主筋



(b) せん断補強筋

図 5-1 配筋領域図



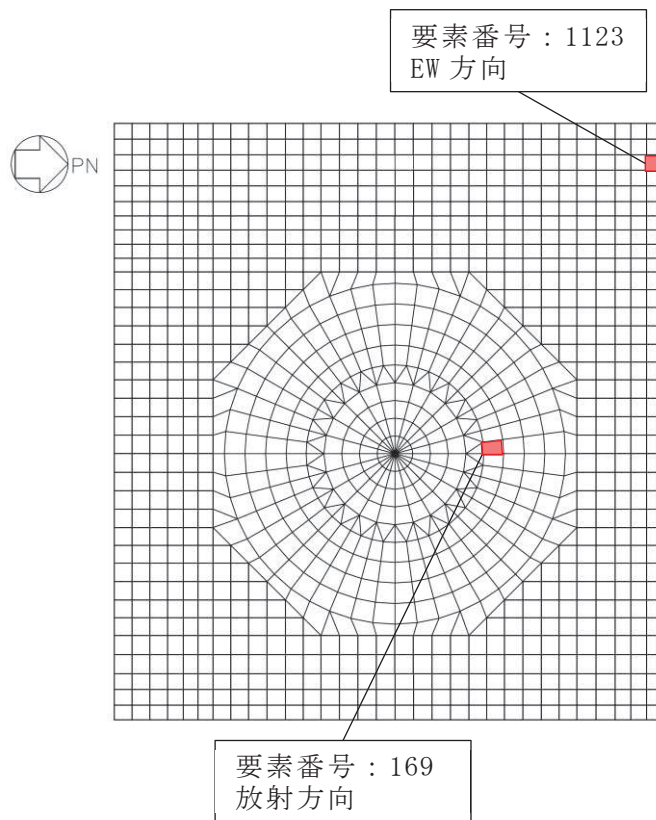
表 5-2 配筋一覧

(a) 主筋

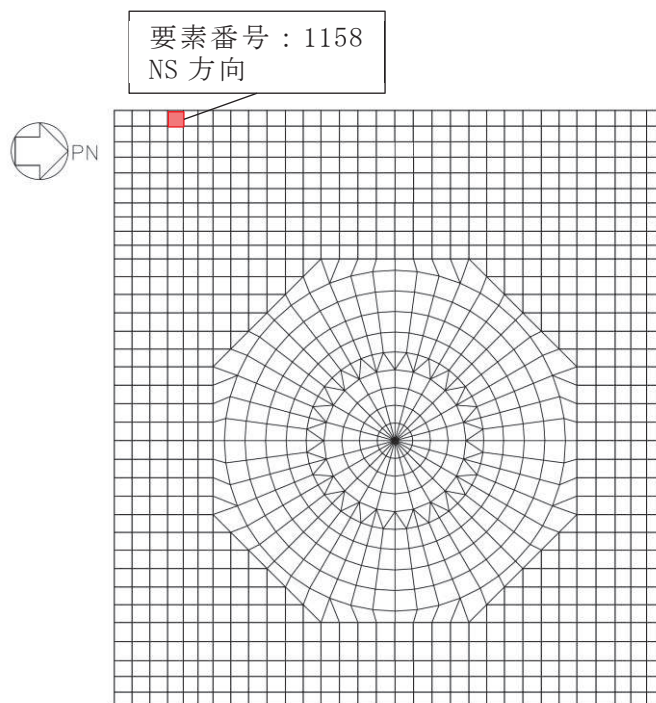
| 領域 | 上ば筋 |                     | 下ば筋 |                       |
|----|-----|---------------------|-----|-----------------------|
|    | 方向  | 配筋                  | 方向  | 配筋                    |
| A  | NS  | 2-D38@200           | NS  | 2-D38@200             |
|    | EW  | 2-D38@200           | EW  | 2-D38@200             |
| B  | NS  | 2-D38@200           | NS  | 2-D38@200             |
|    | EW  | 2-D38@200           | EW  | 2-D38@200             |
|    | 放射  | 3×54-D38            | 放射  | 5×54-D38              |
| C  | 放射  | 3×54-D38            | 放射  | 5×54-D38              |
|    | 円周  | 2-D38@200 + D38@400 | 円周  | 2-D38@200 + 3-D38@400 |
| D  | 放射  | 3×108-D38           | 放射  | 5×108-D38             |
|    | 円周  | 2-D38@200 + D38@400 | 円周  | 2-D38@200 + 3-D38@400 |
| E  | 放射  | 3×216-D38           | 放射  | 5×216-D38             |
|    | 円周  | 2-D38@200 + D38@400 | 円周  | 2-D38@200 + 3-D38@400 |
| F  | 放射  | 3×432-D38           | 放射  | 5×432-D38             |
|    | 円周  | 2-D38@200 + D38@400 | 円周  | 2-D38@200 + 3-D38@400 |
| G  | 放射  | 3×864-D38           | 放射  | 5×864-D38             |
|    | 円周  | 2-D38@200 + D38@400 | 円周  | 2-D38@200 + 3-D38@400 |
| H  | NS  | 2-D38@200           | NS  | 3-D38@200 + D38@400   |
|    | EW  | 2-D38@200           | EW  | 3-D38@200 + D38@400   |

(b) せん断補強筋

| 領域 | 配筋            |
|----|---------------|
| a  | D32@400×108／周 |



(a) 軸力+曲げモーメント



(b) 面外せん断力

図 5-2 設定した要素の位置

表 5-3 評価結果

| 評価項目               |                                        | 方向 | 要素<br>番号 | 組合せ<br>ケース | 発生値   | 許容値  |
|--------------------|----------------------------------------|----|----------|------------|-------|------|
| 軸力<br>＋<br>曲げモーメント | コンクリート圧縮ひずみ<br>( $\times 10^{-3}$ )    | EW | 1123     | 6          | 0.766 | 3.00 |
|                    | 鉄筋圧縮ひずみ<br>( $\times 10^{-3}$ )        | 放射 | 169      | 2          | 0.488 | 5.00 |
| 面外せん断力             | 面外せん断応力度<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | NS | 1158     | 4          | 2.36  | 2.42 |

## 6. 引用文献

- (1) Comite Euro-International du Beton : CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE), 1993
- (2) 出雲淳一, 島弘, 岡村甫 : 面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル, コンクリート工学, Vol.25, No.9, 1987.9

VI-2-9-4 圧力低減設備その他の安全設備の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-9-4-1 ダウンカマの耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-3 原子炉格納容器安全設備の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-4 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに格納容器再循環設備の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-5 原子炉格納容器調気設備の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-6 圧力逃がし装置の耐震性についての計算書

# VI-2-9-4-1 ダウンカマの耐震性についての計算書

目次

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. 概要                 | 1  |
| 2. 一般事項               | 1  |
| 2.1 構造計画              | 1  |
| 2.2 評価方針              | 3  |
| 2.3 適用規格・基準等          | 3  |
| 2.4 記号の説明             | 4  |
| 2.5 計算精度と数値の丸め方       | 5  |
| 3. 評価部位               | 6  |
| 4. 地震応答解析及び構造強度評価     | 11 |
| 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法  | 11 |
| 4.2 荷重の組合せ及び許容応力      | 11 |
| 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態  | 11 |
| 4.2.2 許容応力            | 11 |
| 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件   | 11 |
| 4.2.4 設計荷重            | 20 |
| 4.3 解析モデル及び諸元         | 23 |
| 4.4 固有周期              | 26 |
| 4.5 設計用地震力            | 43 |
| 4.6 計算方法              | 63 |
| 4.6.1 応力評価点           | 63 |
| 4.6.2 応力計算方法          | 66 |
| 4.7 計算条件              | 67 |
| 4.8 応力の評価             | 67 |
| 5. 評価結果               | 68 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果  | 68 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 | 74 |
| 6. 参照図書               | 80 |



## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ダウンカマ及びベントヘッダが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ダウンカマ及びベントヘッダは、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力による荷重及び重大事故等時の荷重に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるダウンカマ及びベントヘッダの評価は、平成 2 年 5 月 24 日付け元資庁第 14466 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)及び(2)）による。（以下「既工認」という。）

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

ダウンカマ及びベントヘッダの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1
 構造計画

| 計画の概要                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                              | 概略構造図                                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                                                                                                                                                                   | 主体構造                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                              |
| <p>                         ダウンカマ及びベントヘッドは、サブレーションベント管及びベントノズルを介してドライウエルに支持される。<br/>                         鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、ベント管、ベントノズル及びドライウエルを介して原子炉建屋に伝達される。                     </p> | <p>                         ダウンカマは外径<math>\square</math>mm、板厚<math>\square</math>mmの鋼製管状構造物であり、ベントヘッドに接続する。<br/>                         ベントヘッドは内径<math>\square</math>mm、板厚<math>\square</math>mmの鋼製円筒構造物を円環状に16本接合した構造物である。各接合部近傍にはベントヘッドサポートを備える。                     </p> | <p>                         (単位：mm)                     </p> |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 2.2 評価方針

ダウンカマ及びベントヘッダの応力評価は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ダウンカマ及びベントヘッダの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

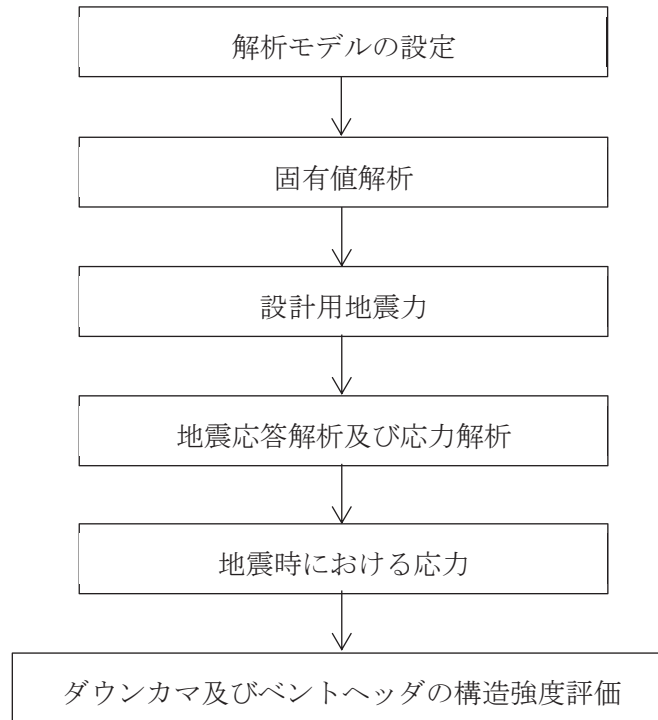


図 2-1 ダウンカマ及びベントヘッダの耐震評価フロー

## 2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補－1984）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）
- (4) J S M E S N C 1－2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下「設計・建設規格」という。）
- (5) 鋼構造設計規準（日本建築学会 2005 改定）

## 2.4 記号の説明

| 記号         | 記号の説明                           | 単位      |
|------------|---------------------------------|---------|
| $C_i$      | 地震層せん断力係数                       | —       |
| $C_v$      | 鉛直方向設計震度                        | —       |
| $D$        | 死荷重                             | —       |
| $D_i$      | 直径 ( $i = 1, 2, 3 \dots$ )      | mm      |
| $E$        | 縦弾性係数                           | MPa     |
| $f_b$      | 許容曲げ応力度                         | MPa     |
| $f_c$      | 許容圧縮応力度                         | MPa     |
| $f_p$      | 許容支圧応力度                         | MPa     |
| $f_s$      | 許容せん断応力度                        | MPa     |
| $f_t$      | 許容引張応力度                         | MPa     |
| $F$        | 許容応力度の基準値                       | MPa     |
| $K_e$      | 弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数        | —       |
| $\ell_i$   | 長さ ( $i = 1, 2, 3 \dots$ )      | mm      |
| $M$        | 機械的荷重, 曲げモーメント                  | —, N・mm |
| $M_{SAL}$  | 機械的荷重 (SA 後長期 (L) 機械的荷重)        | —       |
| $M_{SALL}$ | 機械的荷重 (SA 後長期 (LL) 機械的荷重)       | —       |
| $N_a$      | 地震時の許容繰返し回数                     | —       |
| $N_c$      | 地震時の実際の繰返し回数                    | —       |
| $P$        | 圧力, 軸力                          | —, N    |
| $P_{SAL}$  | 圧力 (SA 後長期 (L) 圧力)              | kPa     |
| $P_{SALL}$ | 圧力 (SA 後長期 (LL) 圧力)             | kPa     |
| $S$        | 許容引張応力                          | MPa     |
| $S_d$      | 弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力        | —       |
| $S_d^*$    | 弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力又は静的地震力 | —       |
| $S_\ell$   | 繰返しピーク応力強さ                      | MPa     |
| $S'_\ell$  | 補正繰返しピーク応力強さ                    | MPa     |
| $S_m$      | 設計応力強さ                          | MPa     |
| $S_n$      | 地震動による応力振幅                      | MPa     |
| $S_p$      | 地震荷重のみにおける一次+二次+ピーク応力の応力差範囲     | MPa     |
| $S_s$      | 基準地震動 $S_s$ により定まる地震力           | —       |
| $S_u$      | 設計引張強さ                          | MPa     |
| $S_y$      | 設計降伏点                           | MPa     |
| $S_y (RT)$ | 40℃における設計降伏点                    | MPa     |
| $t_i$      | 厚さ ( $i = 1, 2, 3 \dots$ )      | mm      |
| $T$        | 温度                              | ℃       |

| 記号         | 記号の説明               | 単位 |
|------------|---------------------|----|
| $T_{SAL}$  | 温度 (SA 後長期 (L) 温度)  | ℃  |
| $T_{SALL}$ | 温度 (SA 後長期 (LL) 温度) | ℃  |
| $\nu$      | ポアソン比               | —  |
| ASS        | オーステナイト系ステンレス鋼      | —  |
| HNA        | 高ニッケル合金             | —  |

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字6桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表2-2に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

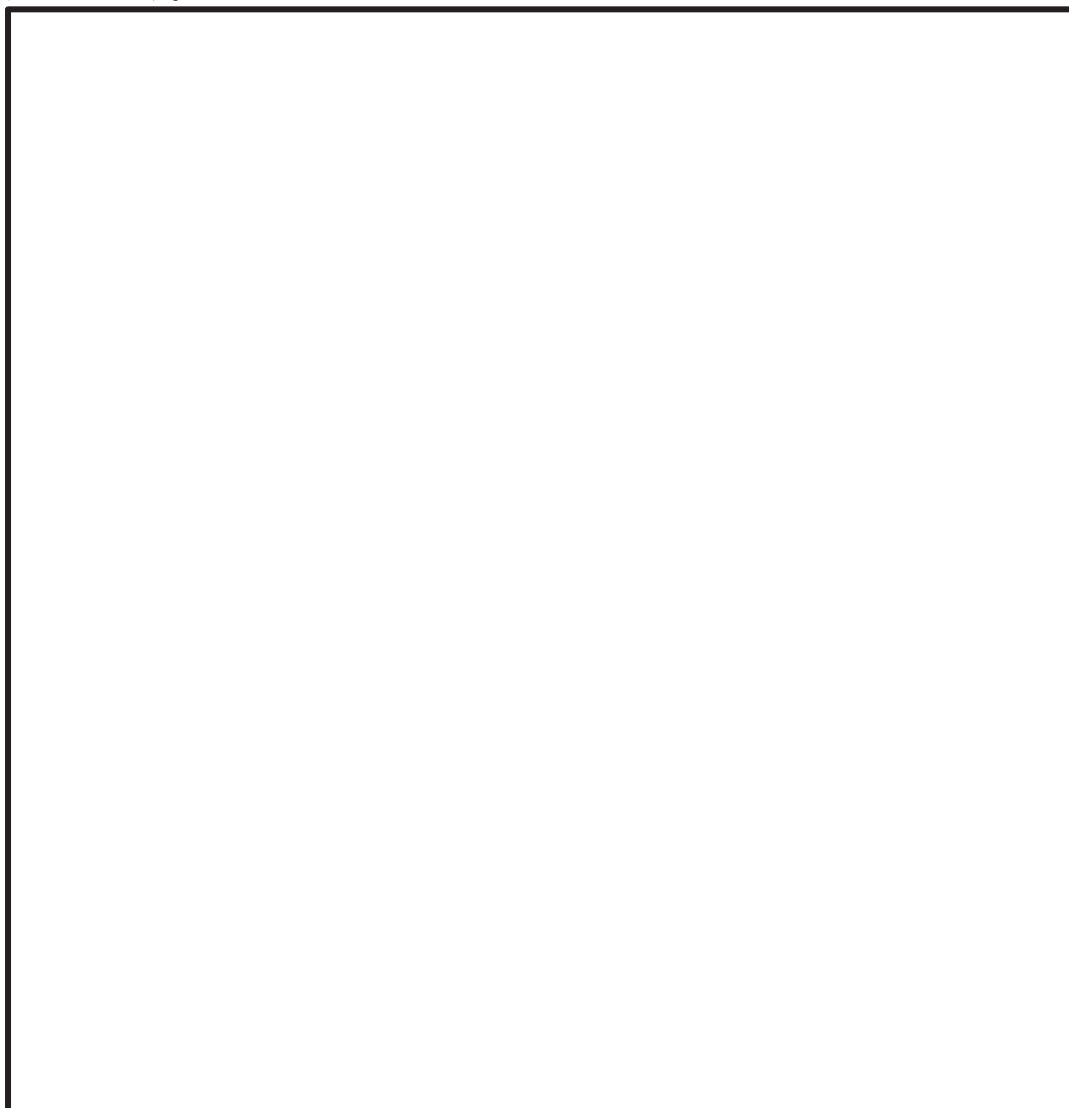
| 数値の種類              | 単位  | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁               |
|--------------------|-----|------------|------|-------------------|
| 最高使用圧力             | kPa | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup> |
| 温度                 | ℃   | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup> |
| 許容応力 <sup>*2</sup> | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位               |
| 算出応力               | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位               |
| 長さ                 | mm  | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup> |
| 固有周期               | s   | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位        |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

ダウンカマ及びベントヘッダの形状及び主要寸法を図 3-1～図 3-4 に，使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。



① ダウンカマ

② ベントヘッダ

③ ベントヘッダリング

④ ダウンカマリング

$D_1 =$

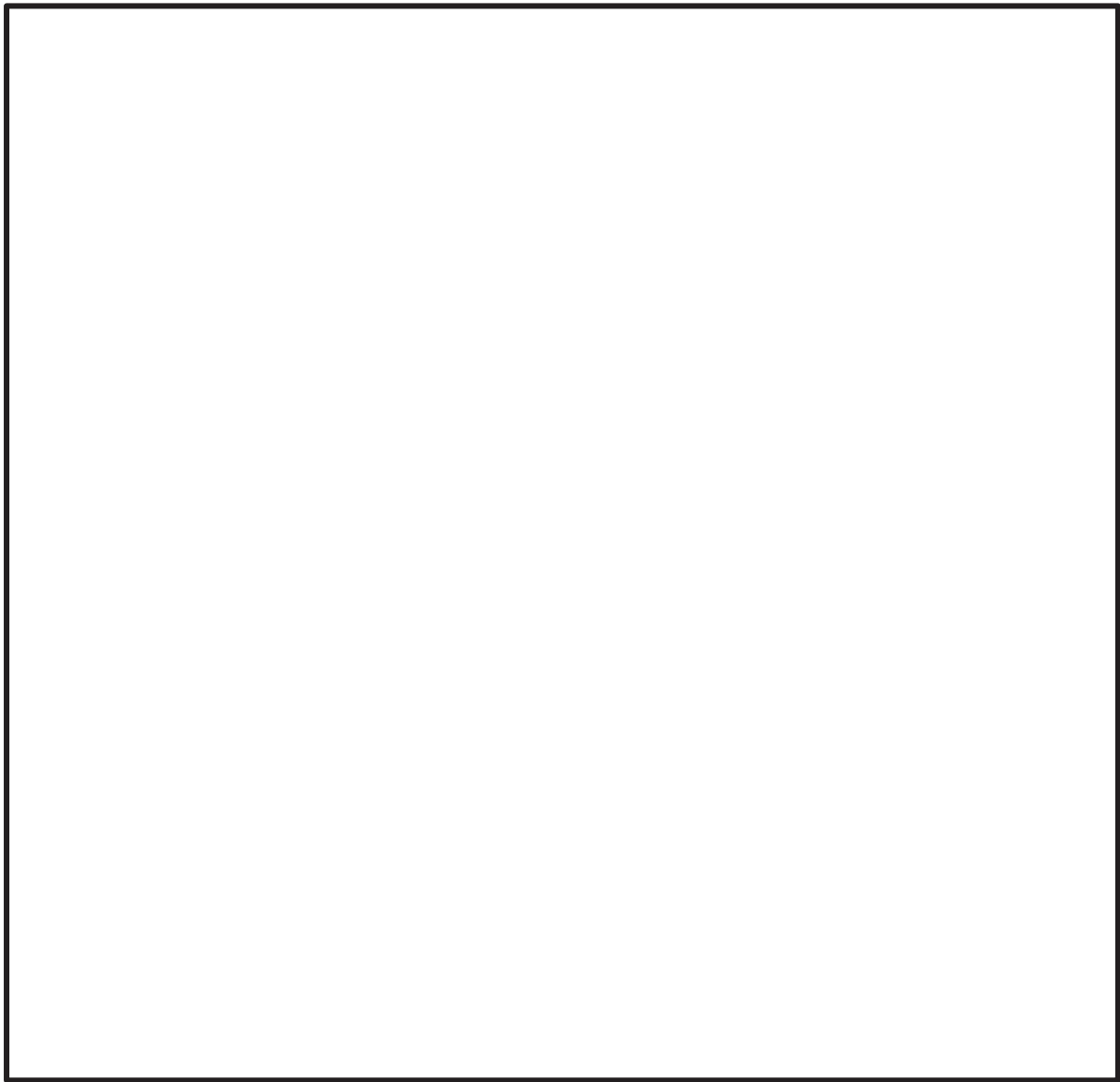
$t_1 =$

$\ell_1 =$

$\ell_2 =$

(単位：mm)

図 3-1 ダウンカマの形状及び主要寸法



$D_2 =$

$t_2 =$

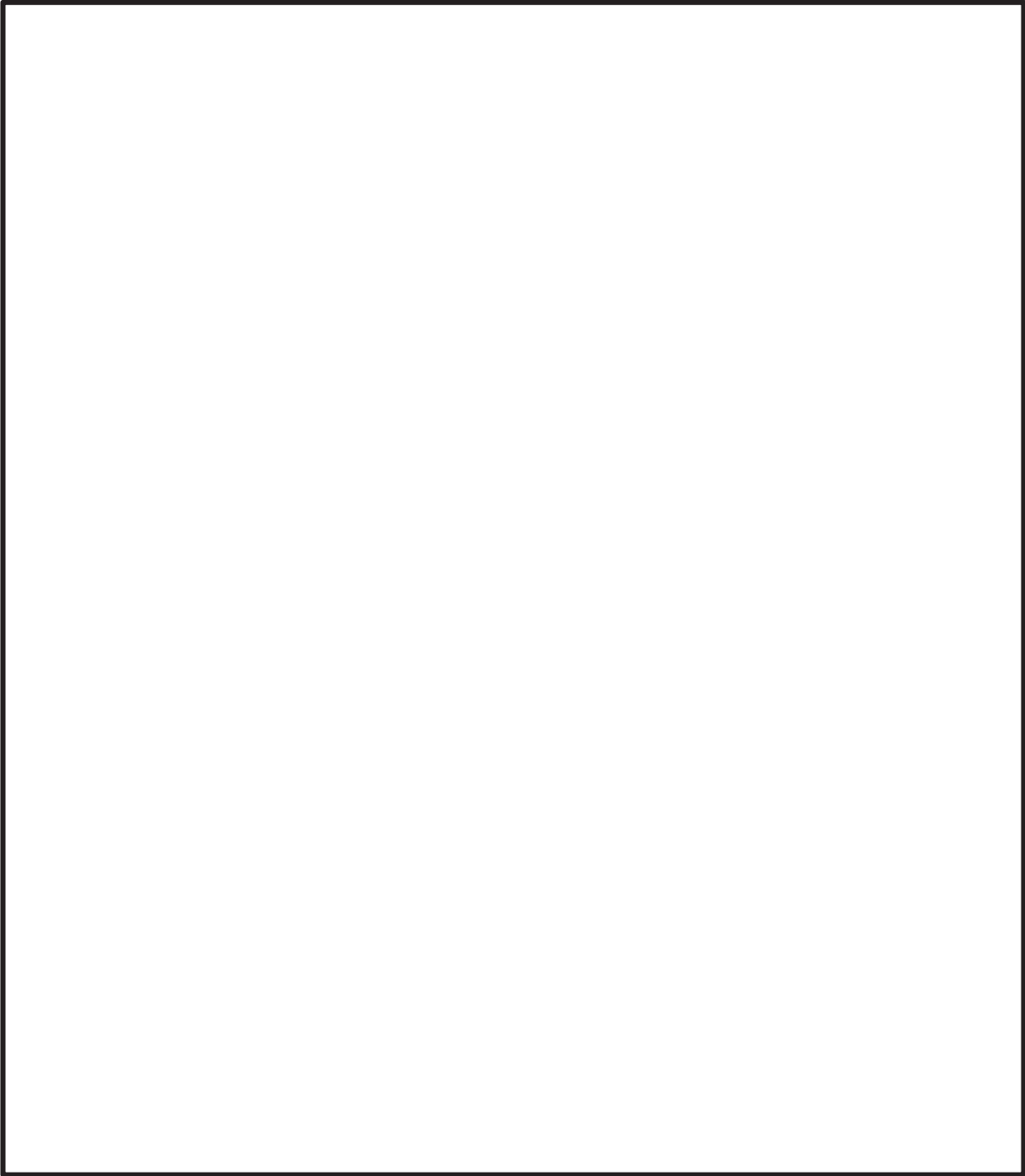
$\ell_3 =$

$\ell_4 =$

$\ell_5 =$

(単位：mm)

図 3-2 ベントヘッダの形状及び主要寸法



$D_3 =$

$t_3 =$

$l_6 =$   
 $l_7 =$   
 $l_8 =$   
 $l_{14} =$   
 $l_{15} =$

(単位：mm)

図 3-3 ベントヘッダサポートの形状及び主要寸法



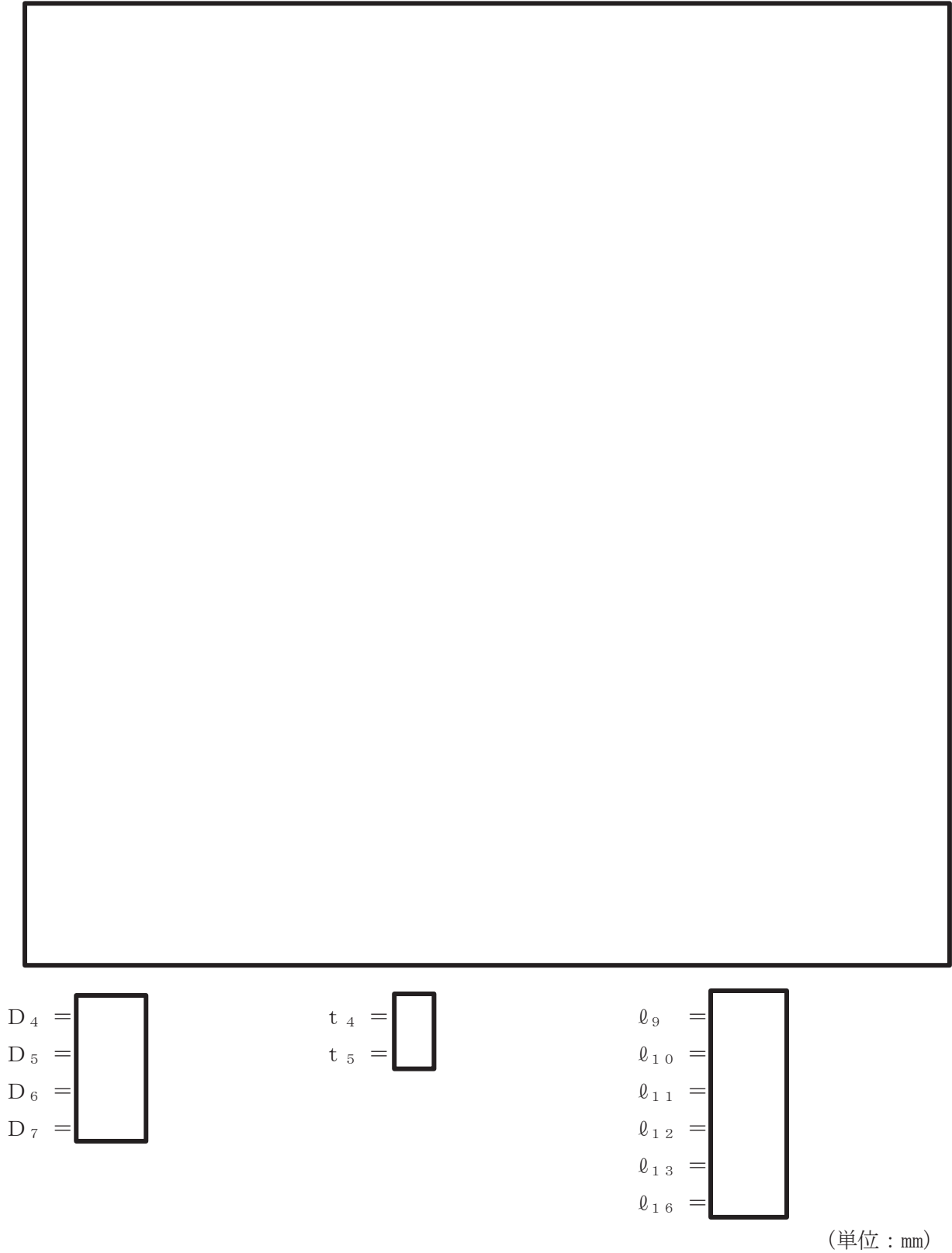


図 3-4 ベントヘッダサポートのピン及びエンドプレートの形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

| 使用部位           | 使用材料   |
|----------------|--------|
| ダウンカメラ         | SGV480 |
| ベントヘッダ         | SGV480 |
| ベントヘッダサポート（下側） |        |
| ベントヘッダサポート（上側） |        |
| ピン（下側）         |        |
| ピン（上側）         |        |
| エンドプレート（下側）    |        |
| エンドプレート（上側）    |        |

#### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

##### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ダウンカマ及びベントヘッダは、サプレッションチェンバ内に設置され、ベント管及びベントノズルを介してドライウェルに支持された構造であり、鉛直方向荷重及び水平方向荷重はベント管、ベントノズル及びドライウェルを介して原子炉建屋に伝達される。

ダウンカマ及びベントヘッダの耐震評価として、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」の応答解析に基づき算出した地震力を用いて，構造強度評価を行う。

- (2) 構造強度評価に用いる寸法は，公称値を用いる。
- (3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ダウンカマ及びベントヘッダの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは，添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い，対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお，考慮する荷重の組合せは，組み合わせる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

###### 4.2.2 許容応力

ダウンカマ及びベントヘッダの許容応力は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3～表 4-5 に示すとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ダウンカマ及びベントヘッダの使用材料の許容応力評価条件のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-6 及び表 4-7 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-8 及び表 4-9 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分        | 機器名称                    | 耐震重要度分類         | 機器等の区分 | 荷重の組合せ <sup>*1</sup>    | 許容応力状態                                |
|-------------|-------------------------|-----------------|--------|-------------------------|---------------------------------------|
| 原子炉格納<br>施設 | ダウンカマ                   | S               | クラス2管  | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ <sub>AS</sub>                       |
|             |                         |                 |        |                         |                                       |
|             | ベントヘッド                  | S               | クラス2容器 | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ <sub>AS</sub>                       |
|             |                         |                 |        |                         |                                       |
|             | ベントヘッドサポーター、ピン及びエントプレート | — <sup>*3</sup> | 建物・構築物 | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ <sub>AS</sub> <sup>*4</sup><br><短期> |
|             |                         |                 |        |                         |                                       |

注記\*1：( ) は添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 3-6 の荷重の組合せの No. を示す。

\*2：運転状態 I による燃料交換時の活荷重はダウンカマ及びベントヘッドに作用しないことから、荷重の組合せとして考慮せず評価しない。

\*3：S クラス相当として評価する。

\*4：鋼構造設計規準によるため、＜ ＞内の許容応力状態を適用する。

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分    | 機器名称                           | 設備分類 <sup>*1</sup> | 機器等の区分          | 荷重の組合せ <sup>*2</sup>                                       |                            | 許容応力状態                                              |
|---------|--------------------------------|--------------------|-----------------|------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------------------|
|         |                                |                    |                 |                                                            |                            |                                                     |
| 原子炉格納施設 | ダウンカマ                          | 常設耐震／防止<br>常設／緩和   | 重大事故等<br>クラス2管  | D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S <sub>d</sub>   | (V (L) -1 <sup>*4</sup> )  | V <sub>AS</sub> <sup>*3</sup>                       |
|         |                                |                    |                 | D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S <sub>s</sub> | (V (LL) -1 <sup>*5</sup> ) | V <sub>AS</sub> <sup>*3</sup>                       |
|         | ベントヘッド                         | 常設耐震／防止<br>常設／緩和   | 重大事故等<br>クラス2容器 | D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S <sub>d</sub>   | (V (L) -1 <sup>*4</sup> )  | V <sub>AS</sub> <sup>*3</sup>                       |
|         |                                |                    |                 | D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S <sub>s</sub> | (V (LL) -1 <sup>*5</sup> ) | V <sub>AS</sub> <sup>*3</sup>                       |
|         | ベントヘッドサポ<br>ート，ピン及びエ<br>ンドプレート | — <sup>*6</sup>    | 建物・<br>構築物      | D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S <sub>d</sub>   | (V (L) -1 <sup>*4</sup> )  | V <sub>AS</sub> <sup>*3</sup><br><短期> <sup>*7</sup> |
|         |                                |                    |                 | D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S <sub>s</sub> | (V (LL) -1 <sup>*5</sup> ) | V <sub>AS</sub> <sup>*3</sup><br><短期> <sup>*7</sup> |

注記\*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：（ ）内は添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」における表 3-7 の荷重の組合せの No. を示す。

\*3：V<sub>AS</sub> としてV<sub>AS</sub>の許容限界を用いる。

\*4：SA 後長期 (L) の最高内圧 (差圧) との組合せを考慮する。

\*5：SA 後長期 (LL) の内圧 (差圧) との組合せを考慮する。

\*6：S クラス相当として評価する。

\*7：鋼構造設計規程によるため，< >内の許容応力状態を適用する。

表4-3 クラス2管及び重大事故等クラス2管の許容応力

| 応力分類<br>許容<br>応力状態            |  | 一次一般膜応力                                                                                           | 一次応力<br>(曲げ応力を含む)                                            | 一次＋二次応力                                                                                                                       | 一次＋二次＋ピーク応力 |
|-------------------------------|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Ⅲ <sub>AS</sub>               |  | S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方。 <sup>*1</sup><br>ただし、ASS及びHNAについては上記の値と1.2・Sのうち大きい方とする。 | S <sub>y</sub><br><br>ただし、ASS及びHNAについては上記の値と1.2・Sのうち大きい方とする。 | S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。<br>ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が2・S <sub>y</sub> 以下であれば疲労解析は不要。 | *2          |
| Ⅳ <sub>AS</sub>               |  | 0.6・S <sub>u</sub> <sup>*1</sup>                                                                  | 左欄の1.5倍の値                                                    |                                                                                                                               |             |
| V <sub>AS</sub> <sup>*3</sup> |  |                                                                                                   |                                                              |                                                                                                                               |             |

15

注記\*1：軸力による全断面平均応力については，許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>の一次一般膜応力の許容値（ $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。ただし， $AS S$ 及び $HNA$ については上記値と $1.2 \cdot S_h$ との大きい方）の0.8倍の値とする。  
 \*2： $2 \cdot S_y$ を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合，設計・建設規格 PVB-3536(1)，(2)，(4)及び(5)（ただし， $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。  
 \*3： $V_{AS}$ としてⅣ<sub>AS</sub>の許容限界を用いる。

表4-4 クラス2容器及び重大事故等クラス2容器の許容応力

| <div> <div>応力分類</div> <div>許容</div> </div> <div> <div>応力状態</div> </div> | 一次一般膜応力                                                                                           | 一次膜応力＋一次曲げ応力 | 一次＋二次応力                                                                                                    | 一次＋二次＋ピーク応力 |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Ⅲ <sub>AS</sub>                                                         | $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方。<br>ただし、 $AS$ 及び $HNA$ に<br>ついては上記の値と $1.2 \cdot S$ の<br>うち大きい方とする。 | 左欄の1.5倍の値    | $S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が1.0以下であること。<br>ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。 |             |
| Ⅳ <sub>AS</sub>                                                         | $0.6 \cdot S_u$                                                                                   | 左欄の1.5倍の値    |                                                                                                            |             |
| $V_{AS}^{*2}$                                                           |                                                                                                   |              |                                                                                                            |             |

16

注記\*1： $2 \cdot S_y$  を超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313を除く。 $S_m$ は $2/3 \cdot S_y$ と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

\*2： $V_{AS}$ としてⅣ<sub>AS</sub>の許容限界を用いる。



表4-5 ベントヘッドサポート、ピン及びエンドプレートの許容応力度

| 許容応力状態 | 引張／<br>組合せ      | せん断             | 圧縮              | 曲げ              | 支圧              |
|--------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 短期     | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ | $1.5 \cdot f_c$ | $1.5 \cdot f_b$ | $1.5 \cdot f_p$ |

表 4-6    ダウンカメラ及びペントヘッドの使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材   | 材料     | 温度条件<br>(℃) | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|--------|--------|-------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| ダウンカメラ | SGV480 | 周囲環境<br>温度  | 171        | 229                     | 423                     | —                             |
| ペントヘッド | SGV480 | 周囲環境<br>温度  | 171        | 229                     | 423                     | —                             |

表 4-7    ペントヘッドサポート、ピン及びエンドプレートの使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材       | 材料 | F<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) |
|------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|
| ペントヘッドサポート |    |            |                         |                         |
| ピン         |    |            |                         |                         |
| エンドプレート    |    |            |                         |                         |

表 4-8 ダウンカメラ及びベントヘッド使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材   | 材料     | 温度条件<br>(℃) |                   | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|--------|--------|-------------|-------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|        |        | 周囲環境<br>温度  | 178 <sup>*1</sup> |            |                         |                         |                               |
| ダウンカメラ | SGV480 | 周囲環境<br>温度  | 111 <sup>*2</sup> | —          | 236                     | 429                     | —                             |
|        |        | 周囲環境<br>温度  | 178 <sup>*1</sup> | —          | 228                     | 422                     | —                             |
| ベントヘッド | SGV480 | 周囲環境<br>温度  | 111 <sup>*2</sup> | —          | 236                     | 429                     | —                             |
|        |        | 周囲環境<br>温度  | 178 <sup>*1</sup> | —          | 228                     | 422                     | —                             |

注記\*1：SA 後長期（L）のドライウエル温度を考慮する。

\*2：SA 後長期（LL）のドライウエル温度を考慮する。

表 4-9 ベントヘッドサポート、ピン及びエンドプレートの使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材       | 材料 | F<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) |
|------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|
| ベントヘッドサポート |    |            |                         |                         |
| ピン         |    |            |                         |                         |
| エンドプレート    |    |            |                         |                         |

#### 4.2.4 設計荷重

##### (1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，最高使用圧力及び最高使用温度は，既工認（参照図書(1)及び(2)）からの変更はなく，次のとおりである。

また，ベントヘッドサポート反力を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

##### a. 最高使用圧力及び最高使用温度

|    |         |
|----|---------|
| 内圧 | 427kPa  |
| 外圧 | 13.7kPa |
| 温度 | 171℃    |

##### b. 死荷重

ベント管，ベントヘッド，ダウンコマ及び真空破壊装置等の自重を死荷重とする。

死荷重   N

##### c. 水力学的動荷重

チャギング荷重は次のとおりである。

横方向荷重   N

##### (2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

##### a. 重大事故等対処設備としての評価圧力及び温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は，以下のとおりとする。

|                   |                   |
|-------------------|-------------------|
| 内圧（差圧） $P_{SAL}$  | 35kPa（SA 後長期（L））  |
| 内圧（差圧） $P_{SALL}$ | 35kPa（SA 後長期（LL）） |
| 温度 $T_{SAL}$      | 178℃（SA 後長期（L））   |
| 温度 $T_{SALL}$     | 111℃（SA 後長期（LL））  |

##### b. 水力学的動荷重

重大事故等対処設備としてのチャギング荷重は   N となり，設計基準対象施設としての荷重に包絡されるため，(1)の値とする。

##### c. ベントヘッドサポート反力

重大事故等対処設備としてのベントヘッドサポート反力を表 4-12 及び表 4-13 に示す。

表 4-10 ベントヘッダサポート（下側）反力（設計基準対象施設）

| 荷重名称 \ 成分         | 軸力*<br>$P (\times 10^5 \text{N})$ | 曲げモーメント<br>$M (\times 10^5 \text{N}\cdot\text{mm})$ |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 最高使用圧力（内圧）        | 1.187                             | 0.1120                                              |
| ベント系死荷重           | -0.2931                           | 0.03929                                             |
| ベント系 $S_d^*$ 地震荷重 | $\pm 1.825$                       | 18.57                                               |
| ベント系 $S_s$ 地震荷重   | $\pm 1.651$                       | 14.48                                               |

注記\*：正符号は引張，負符号は圧縮荷重とする。

表 4-11 ベントヘッダサポート（上側）反力（設計基準対象施設）

| 荷重名称 \ 成分         | 軸力*<br>$P (\times 10^5 \text{N})$ | 曲げモーメント<br>$M (\times 10^5 \text{N}\cdot\text{mm})$ |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 最高使用圧力（内圧）        | -1.040                            | 0.9815                                              |
| ベント系死荷重           | 0.2450                            | 0.1518                                              |
| ベント系 $S_d^*$ 地震荷重 | $\pm 1.565$                       | 50.88                                               |
| ベント系 $S_s$ 地震荷重   | $\pm 1.403$                       | 39.54                                               |

注記\*：正符号は引張，負符号は圧縮荷重とする。

表 4-12 ベントヘッダサポート（下側）反力（重大事故等対処設備）

| 荷重名称                      | 成分 | 軸力*<br>$P (\times 10^5 \text{N})$ | 曲げモーメント<br>$M (\times 10^5 \text{N} \cdot \text{mm})$ |
|---------------------------|----|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 内圧（差圧）（SA 後長期（L））         |    | 0.09186                           | 0.01180                                               |
| 内圧（差圧）（SA 後長期（LL））        |    | 0.09379                           | 0.01088                                               |
| ベント系死荷重（SA 後長期（L）及び（LL））  |    | -0.2931                           | 0.03929                                               |
| ベント系 S d 地震荷重（SA 後長期（L））  |    | $\pm 2.688$                       | 29.41                                                 |
| ベント系 S s 地震荷重（SA 後長期（LL）） |    | $\pm 3.394$                       | 30.06                                                 |
| チャギング荷重（SA 後長期（L））        |    | $\pm 0.07218$                     | 3.025                                                 |

注記\*：正符号は引張，負符号は圧縮荷重とする。

表 4-13 ベントヘッダサポート（上側）反力（重大事故等対処設備）

| 荷重名称                      | 成分 | 軸力*<br>$P (\times 10^5 \text{N})$ | 曲げモーメント<br>$M (\times 10^5 \text{N} \cdot \text{mm})$ |
|---------------------------|----|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 内圧（差圧）（SA 後長期（L））         |    | -0.08042                          | 0.1276                                                |
| 内圧（差圧）（SA 後長期（LL））        |    | -0.08211                          | 0.1110                                                |
| ベント系死荷重（SA 後長期（L）及び（LL））  |    | 0.2450                            | 0.1518                                                |
| ベント系 S d 地震荷重（SA 後長期（L））  |    | $\pm 2.306$                       | 75.39                                                 |
| ベント系 S s 地震荷重（SA 後長期（LL）） |    | $\pm 2.885$                       | 84.96                                                 |
| チャギング荷重（SA 後長期（L））        |    | $\pm 0.06181$                     | 15.75                                                 |

注記\*：正符号は引張，負符号は圧縮荷重とする。

### 4.3 解析モデル及び諸元

(1) 設計基準対象施設としての解析モデル及び諸元

設計基準対象施設としての評価は、ベント管、ベントヘッダ及びダウンコマ質量並びにサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮して固有値解析及び地震による応力解析（スペクトルモーダル解析）を実施する。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. ベント管、ベントヘッダ及びダウンカマは、その径に対して板厚が比較的薄く、また、各機器の挙動が相互に影響し合うことを考慮し、各部位の発生応力を詳細にみるため、ベント系全体をシェル要素でモデル化した FEM モデルを用いる。また、各所の補強部材のうち、ベント管ガセット、ベントヘッダリング及びダウンカマリング等の板材はシェル要素によりモデル化し、筋交い、下部支持サポート及びベントヘッダサポート等の棒材は、はり要素によりモデル化する。解析モデルを図 4-1 に、機器の諸元を表 4-14 に示す。
- b. 拘束条件は、ベントヘッダサポートとサブプレッションチェンバ強め輪の結合部の [redacted] 。
- [redacted] なお、ベントヘッダサポートとサブプレッションチェンバ強め輪は [redacted] また、ベント管とドライウェルの結合部の [redacted] 。
- [redacted] 各結合部のばね定数は、結合部の形状に応じて算出する。
- c. サプレッションチェンバ内部水の影響を考慮するため、ダウンカマの内包する水の質量及び水中振動に伴い各部に作用する付加質量を没水部範囲に付加する。水中振動に伴い各部に作用する付加質量は、没水する各部の形状を考慮して算出する。
- d. 解析コードは「ANSYS」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(2) 重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元

重大事故等対処設備としての評価は、ベント管、ベントヘッダ及びダウンカマ質量並びにサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮して固有値解析及び地震による応力解析（スペクトルモーダル解析）を実施する。重大事故等時の解析モデルは、設計基準対象施設と同じとする。機器の諸元を表 4-14 に示す。

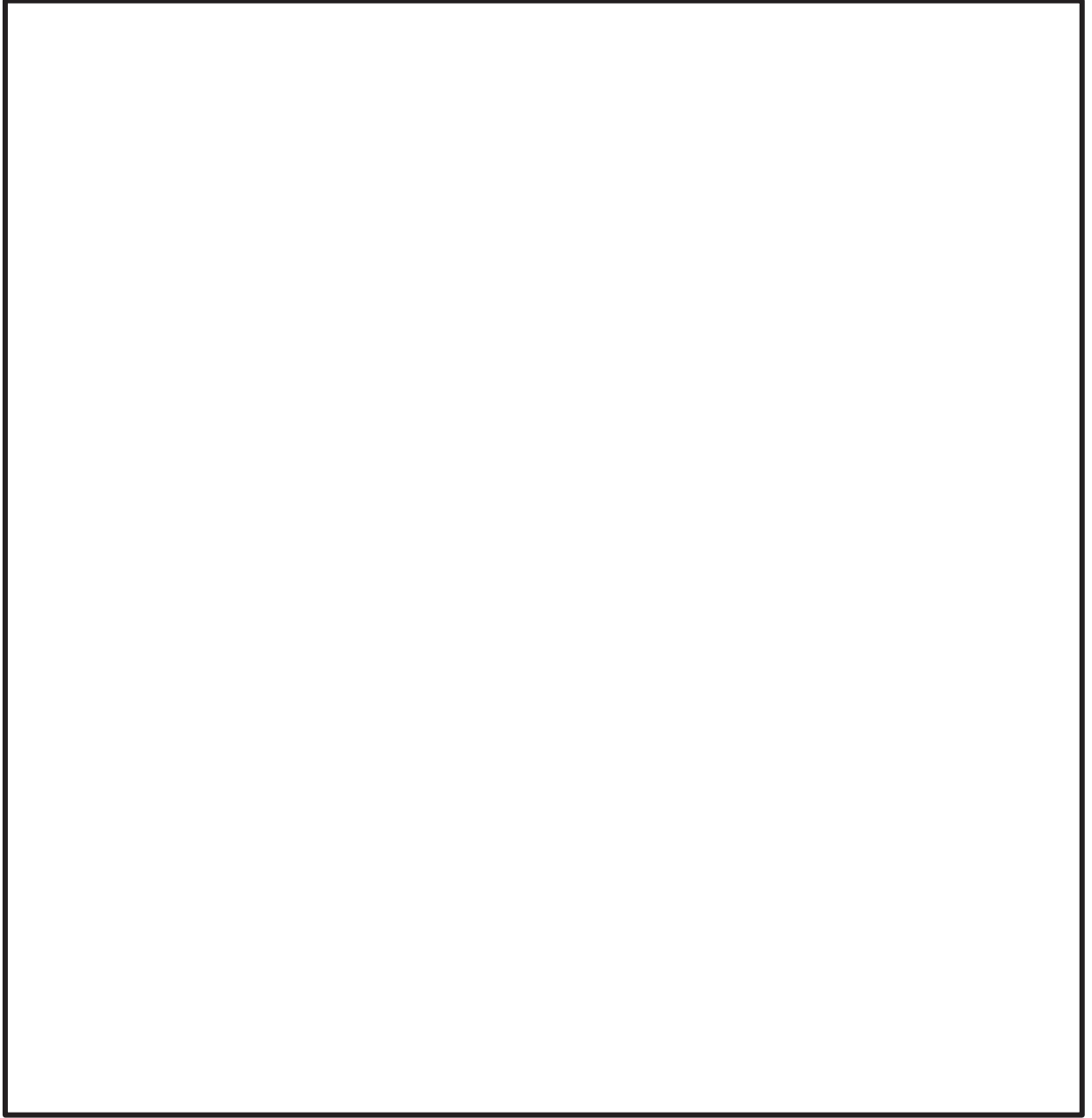


図 4-1 解析モデル



表 4-14 機器諸元

| 項目    | 記号 | 単位                 | 入力値         |             |
|-------|----|--------------------|-------------|-------------|
|       |    |                    | 設計基準対象施設    | 重大事故等対処設備   |
| 材質    | —  | —                  | SGV480      |             |
| 機器質量  | —  | kg                 |             |             |
| 水密度   | —  | ton/m <sup>3</sup> |             |             |
| 水位    | —  | mm                 | 0. P. -3800 | 0. P. -1514 |
| 温度条件  | T  | ℃                  |             |             |
| 縦弾性係数 | E  | MPa                |             |             |
| ポアソン比 | ν  | —                  |             |             |
| 要素数   | —  | —                  |             |             |
| 節点数   | —  | —                  |             |             |

4.4 固有周期

(1) 設計基準対象施設としての固有周期

設計基準対象施設の固有周期は、「4.2.4 設計荷重」に示す最高使用温度及びサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮し、図 4-1 に示す解析モデルにより算出する。固有周期を表 4-15 に、振動モード図を 3 次まで代表して図 4-2 にそれぞれ示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。

表 4-15 固有周期（設計基準対象施設）（その 1）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 9 次  |             |       |      |      |
| 10 次 |             |       |      |      |
| 11 次 |             |       |      |      |
| 12 次 |             |       |      |      |
| 13 次 |             |       |      |      |
| 14 次 |             |       |      |      |
| 15 次 |             |       |      |      |
| 16 次 |             |       |      |      |
| 17 次 |             |       |      |      |
| 18 次 |             |       |      |      |
| 19 次 |             |       |      |      |
| 20 次 |             |       |      |      |
| 21 次 |             |       |      |      |
| 22 次 |             |       |      |      |
| 23 次 |             |       |      |      |
| 24 次 |             |       |      |      |
| 25 次 |             |       |      |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-15 固有周期（設計基準対象施設）（その2）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |     |     |
|------|-------------|-------|-----|-----|
|      |             | X方向   | Y方向 | Z方向 |
| 26 次 |             |       |     |     |
| 27 次 |             |       |     |     |
| 28 次 |             |       |     |     |
| 29 次 |             |       |     |     |
| 30 次 |             |       |     |     |
| 31 次 |             |       |     |     |
| 32 次 |             |       |     |     |
| 33 次 |             |       |     |     |
| 34 次 |             |       |     |     |
| 35 次 |             |       |     |     |
| 36 次 |             |       |     |     |
| 37 次 |             |       |     |     |
| 38 次 |             |       |     |     |
| 39 次 |             |       |     |     |
| 40 次 |             |       |     |     |
| 41 次 |             |       |     |     |
| 42 次 |             |       |     |     |
| 43 次 |             |       |     |     |
| 44 次 |             |       |     |     |
| 45 次 |             |       |     |     |
| 46 次 |             |       |     |     |
| 47 次 |             |       |     |     |
| 48 次 |             |       |     |     |
| 49 次 |             |       |     |     |
| 50 次 |             |       |     |     |
| 51 次 |             |       |     |     |
| 52 次 |             |       |     |     |
| 53 次 |             |       |     |     |
| 54 次 |             |       |     |     |
| 55 次 |             |       |     |     |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-15 固有周期（設計基準対象施設）（その 3）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|------|-------------|-------------------|------|------|
|      |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 56 次 |             |                   |      |      |
| 57 次 |             |                   |      |      |
| 58 次 |             |                   |      |      |
| 59 次 |             |                   |      |      |
| 60 次 |             |                   |      |      |
| 61 次 |             |                   |      |      |
| 62 次 |             |                   |      |      |
| 63 次 |             |                   |      |      |
| 64 次 |             |                   |      |      |
| 65 次 |             |                   |      |      |
| 66 次 |             |                   |      |      |
| 67 次 |             |                   |      |      |
| 68 次 |             |                   |      |      |
| 69 次 |             |                   |      |      |
| 70 次 |             |                   |      |      |
| 71 次 |             |                   |      |      |
| 72 次 |             |                   |      |      |
| 73 次 |             |                   |      |      |
| 74 次 |             |                   |      |      |
| 75 次 |             |                   |      |      |
| 76 次 |             |                   |      |      |
| 77 次 |             |                   |      |      |
| 78 次 |             |                   |      |      |
| 79 次 |             |                   |      |      |
| 80 次 |             |                   |      |      |
| 81 次 |             |                   |      |      |
| 82 次 |             |                   |      |      |
| 83 次 |             |                   |      |      |
| 84 次 |             |                   |      |      |
| 85 次 |             |                   |      |      |

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-15 固有周期（設計基準対象施設）（その 4）

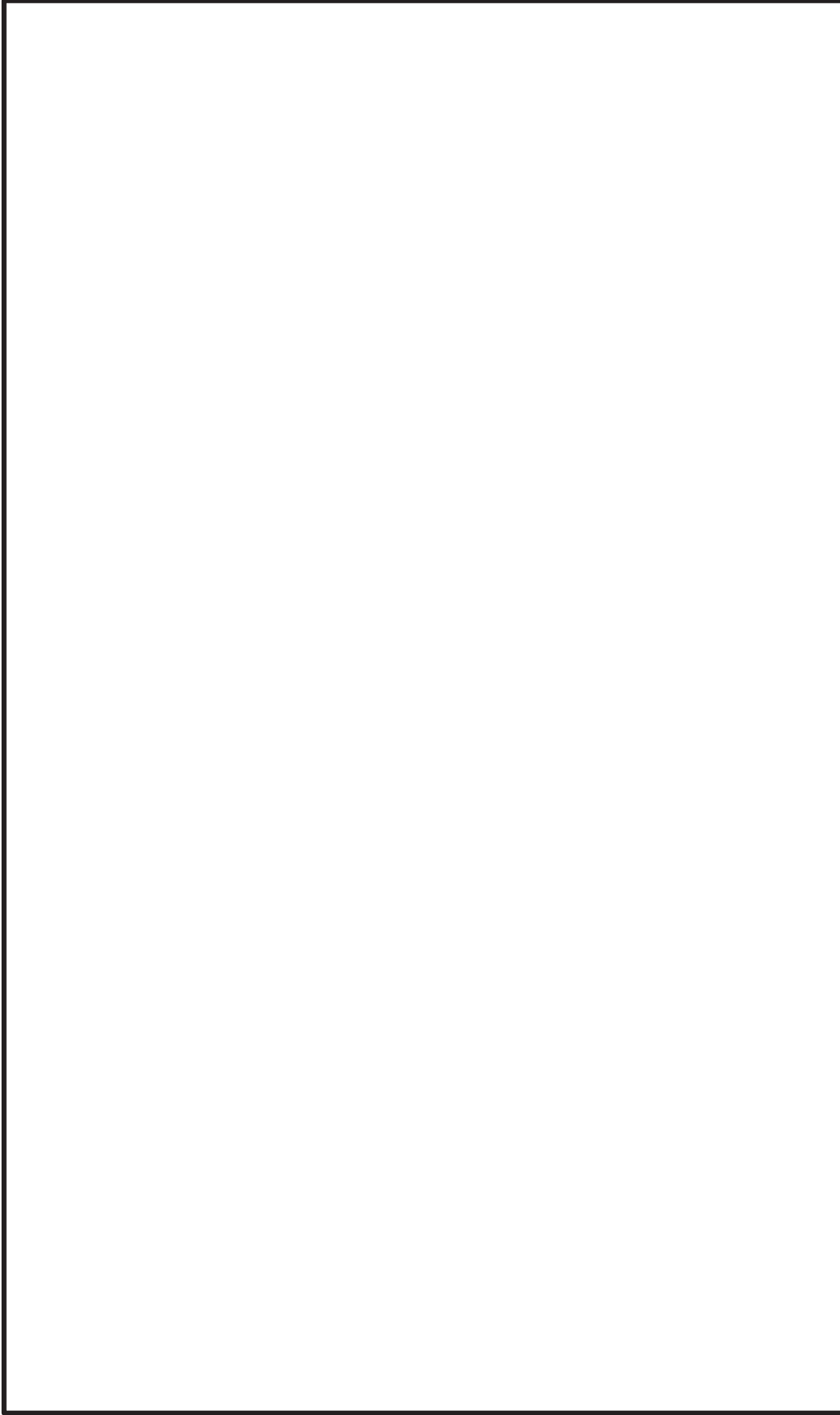
| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-------|-------------|-------|------|------|
|       |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 86 次  |             |       |      |      |
| 87 次  |             |       |      |      |
| 88 次  |             |       |      |      |
| 89 次  |             |       |      |      |
| 90 次  |             |       |      |      |
| 91 次  |             |       |      |      |
| 92 次  |             |       |      |      |
| 93 次  |             |       |      |      |
| 94 次  |             |       |      |      |
| 95 次  |             |       |      |      |
| 96 次  |             |       |      |      |
| 97 次  |             |       |      |      |
| 98 次  |             |       |      |      |
| 99 次  |             |       |      |      |
| 100 次 |             |       |      |      |
| 101 次 |             |       |      |      |
| 102 次 |             |       |      |      |
| 103 次 |             |       |      |      |
| 104 次 |             |       |      |      |
| 105 次 |             |       |      |      |
| 106 次 |             |       |      |      |
| 107 次 |             |       |      |      |
| 108 次 |             |       |      |      |
| 109 次 |             |       |      |      |
| 110 次 |             |       |      |      |
| 111 次 |             |       |      |      |
| 112 次 |             |       |      |      |
| 113 次 |             |       |      |      |
| 114 次 |             |       |      |      |
| 115 次 |             |       |      |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-15 固有周期（設計基準対象施設）（その 5）

| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-------|-------------|-------|------|------|
|       |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 116 次 |             |       |      |      |
| 117 次 |             |       |      |      |
| 118 次 |             |       |      |      |
| 119 次 |             |       |      |      |
| 120 次 |             |       |      |      |
| 121 次 |             |       |      |      |
| 122 次 |             |       |      |      |
| 123 次 |             |       |      |      |
| 124 次 |             |       |      |      |
| 125 次 |             |       |      |      |
| 126 次 |             |       |      |      |
| 127 次 |             |       |      |      |
| 128 次 |             |       |      |      |
| 129 次 |             |       |      |      |
| 130 次 |             |       |      |      |
| 131 次 |             |       |      |      |
| 132 次 |             |       |      |      |
| 133 次 |             |       |      |      |
| 134 次 |             |       |      |      |
| 135 次 |             |       |      |      |
| 136 次 |             |       |      |      |

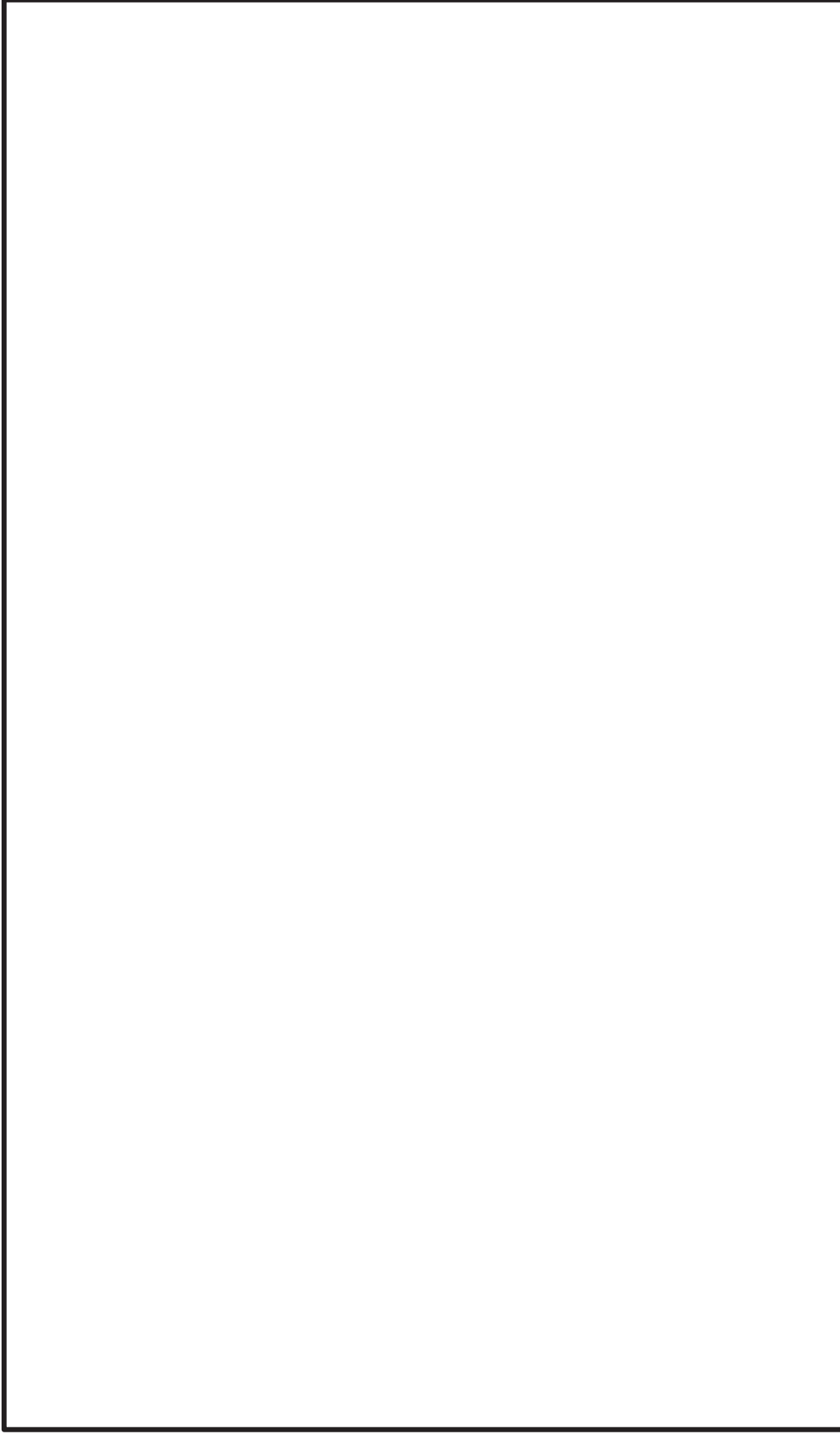
注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。



1 次モード

図 4-2 振動モード図（設計基準対象施設）（その 1）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

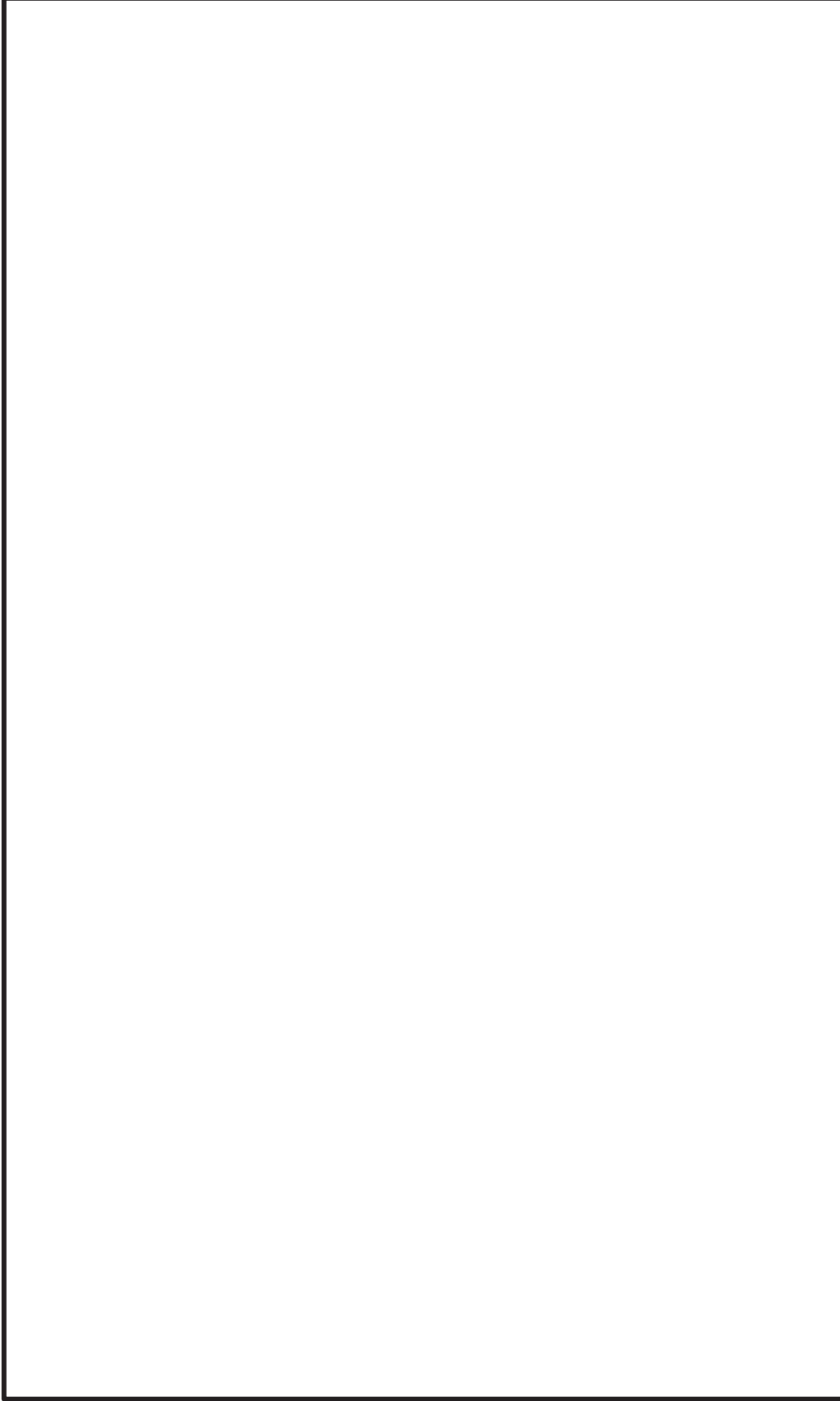


2 次モード

図 4-2 振動モード図（設計基準対象施設）（その 2）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





3 次モード

図 4-2 振動モード図（設計基準対象施設）（その 3）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 重大事故等対処設備としての固有周期

重大事故等対処設備の固有周期は、「4.2.4 設計荷重」に示す評価温度及びサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮し、図 4-1 に示す解析モデルにより算出する。固有周期を表 4-16 に、振動モード図を 3 次まで代表して図 4-3 にそれぞれ示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。

表 4-16 固有周期（重大事故等対処設備）（その 1）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|------|-------------|-------------------|------|------|
|      |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |                   |      |      |
| 2 次  |             |                   |      |      |
| 3 次  |             |                   |      |      |
| 4 次  |             |                   |      |      |
| 5 次  |             |                   |      |      |
| 6 次  |             |                   |      |      |
| 7 次  |             |                   |      |      |
| 8 次  |             |                   |      |      |
| 9 次  |             |                   |      |      |
| 10 次 |             |                   |      |      |
| 11 次 |             |                   |      |      |
| 12 次 |             |                   |      |      |
| 13 次 |             |                   |      |      |
| 14 次 |             |                   |      |      |
| 15 次 |             |                   |      |      |
| 16 次 |             |                   |      |      |
| 17 次 |             |                   |      |      |
| 18 次 |             |                   |      |      |
| 19 次 |             |                   |      |      |
| 20 次 |             |                   |      |      |
| 21 次 |             |                   |      |      |
| 22 次 |             |                   |      |      |
| 23 次 |             |                   |      |      |
| 24 次 |             |                   |      |      |
| 25 次 |             |                   |      |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-16 固有周期（重大事故等対処設備）（その 2）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|------|-------------|-------------------|------|------|
|      |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 26 次 |             |                   |      |      |
| 27 次 |             |                   |      |      |
| 28 次 |             |                   |      |      |
| 29 次 |             |                   |      |      |
| 30 次 |             |                   |      |      |
| 31 次 |             |                   |      |      |
| 32 次 |             |                   |      |      |
| 33 次 |             |                   |      |      |
| 34 次 |             |                   |      |      |
| 35 次 |             |                   |      |      |
| 36 次 |             |                   |      |      |
| 37 次 |             |                   |      |      |
| 38 次 |             |                   |      |      |
| 39 次 |             |                   |      |      |
| 40 次 |             |                   |      |      |
| 41 次 |             |                   |      |      |
| 42 次 |             |                   |      |      |
| 43 次 |             |                   |      |      |
| 44 次 |             |                   |      |      |
| 45 次 |             |                   |      |      |
| 46 次 |             |                   |      |      |
| 47 次 |             |                   |      |      |
| 48 次 |             |                   |      |      |
| 49 次 |             |                   |      |      |
| 50 次 |             |                   |      |      |
| 51 次 |             |                   |      |      |
| 52 次 |             |                   |      |      |
| 53 次 |             |                   |      |      |
| 54 次 |             |                   |      |      |
| 55 次 |             |                   |      |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-16 固有周期（重大事故等対処設備）（その 3）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|------|-------------|-------------------|------|------|
|      |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 56 次 |             |                   |      |      |
| 57 次 |             |                   |      |      |
| 58 次 |             |                   |      |      |
| 59 次 |             |                   |      |      |
| 60 次 |             |                   |      |      |
| 61 次 |             |                   |      |      |
| 62 次 |             |                   |      |      |
| 63 次 |             |                   |      |      |
| 64 次 |             |                   |      |      |
| 65 次 |             |                   |      |      |
| 66 次 |             |                   |      |      |
| 67 次 |             |                   |      |      |
| 68 次 |             |                   |      |      |
| 69 次 |             |                   |      |      |
| 70 次 |             |                   |      |      |
| 71 次 |             |                   |      |      |
| 72 次 |             |                   |      |      |
| 73 次 |             |                   |      |      |
| 74 次 |             |                   |      |      |
| 75 次 |             |                   |      |      |
| 76 次 |             |                   |      |      |
| 77 次 |             |                   |      |      |
| 78 次 |             |                   |      |      |
| 79 次 |             |                   |      |      |
| 80 次 |             |                   |      |      |
| 81 次 |             |                   |      |      |
| 82 次 |             |                   |      |      |
| 83 次 |             |                   |      |      |
| 84 次 |             |                   |      |      |
| 85 次 |             |                   |      |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-16 固有周期（重大事故等対処設備）（その 4）

| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-------|-------------|-------|------|------|
|       |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 86 次  |             |       |      |      |
| 87 次  |             |       |      |      |
| 88 次  |             |       |      |      |
| 89 次  |             |       |      |      |
| 90 次  |             |       |      |      |
| 91 次  |             |       |      |      |
| 92 次  |             |       |      |      |
| 93 次  |             |       |      |      |
| 94 次  |             |       |      |      |
| 95 次  |             |       |      |      |
| 96 次  |             |       |      |      |
| 97 次  |             |       |      |      |
| 98 次  |             |       |      |      |
| 99 次  |             |       |      |      |
| 100 次 |             |       |      |      |
| 101 次 |             |       |      |      |
| 102 次 |             |       |      |      |
| 103 次 |             |       |      |      |
| 104 次 |             |       |      |      |
| 105 次 |             |       |      |      |
| 106 次 |             |       |      |      |
| 107 次 |             |       |      |      |
| 108 次 |             |       |      |      |
| 109 次 |             |       |      |      |
| 110 次 |             |       |      |      |
| 111 次 |             |       |      |      |
| 112 次 |             |       |      |      |
| 113 次 |             |       |      |      |
| 114 次 |             |       |      |      |
| 115 次 |             |       |      |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-16 固有周期（重大事故等対処設備）（その 5）

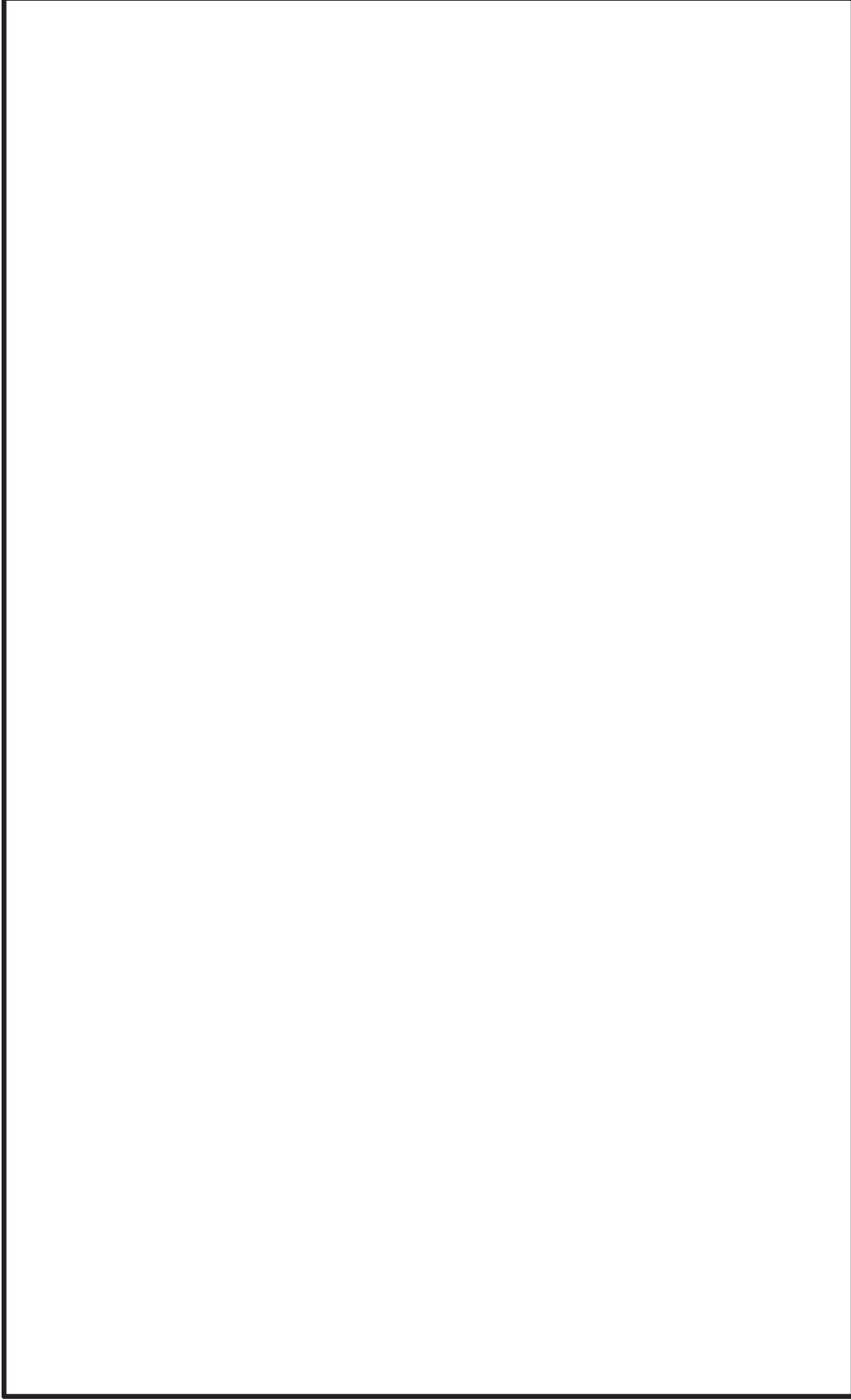
| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|-------|-------------|-------------------|------|------|
|       |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 116 次 |             |                   |      |      |
| 117 次 |             |                   |      |      |
| 118 次 |             |                   |      |      |
| 119 次 |             |                   |      |      |
| 120 次 |             |                   |      |      |
| 121 次 |             |                   |      |      |
| 122 次 |             |                   |      |      |
| 123 次 |             |                   |      |      |
| 124 次 |             |                   |      |      |
| 125 次 |             |                   |      |      |
| 126 次 |             |                   |      |      |
| 127 次 |             |                   |      |      |
| 128 次 |             |                   |      |      |
| 129 次 |             |                   |      |      |
| 130 次 |             |                   |      |      |
| 131 次 |             |                   |      |      |
| 132 次 |             |                   |      |      |
| 133 次 |             |                   |      |      |
| 134 次 |             |                   |      |      |
| 135 次 |             |                   |      |      |
| 136 次 |             |                   |      |      |
| 137 次 |             |                   |      |      |
| 138 次 |             |                   |      |      |
| 139 次 |             |                   |      |      |
| 140 次 |             |                   |      |      |
| 141 次 |             |                   |      |      |
| 142 次 |             |                   |      |      |
| 143 次 |             |                   |      |      |
| 144 次 |             |                   |      |      |
| 145 次 |             |                   |      |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-16 固有周期（重大事故等対処設備）（その 6）

| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-------|-------------|-------|------|------|
|       |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 146 次 |             |       |      |      |
| 147 次 |             |       |      |      |
| 148 次 |             |       |      |      |
| 149 次 |             |       |      |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

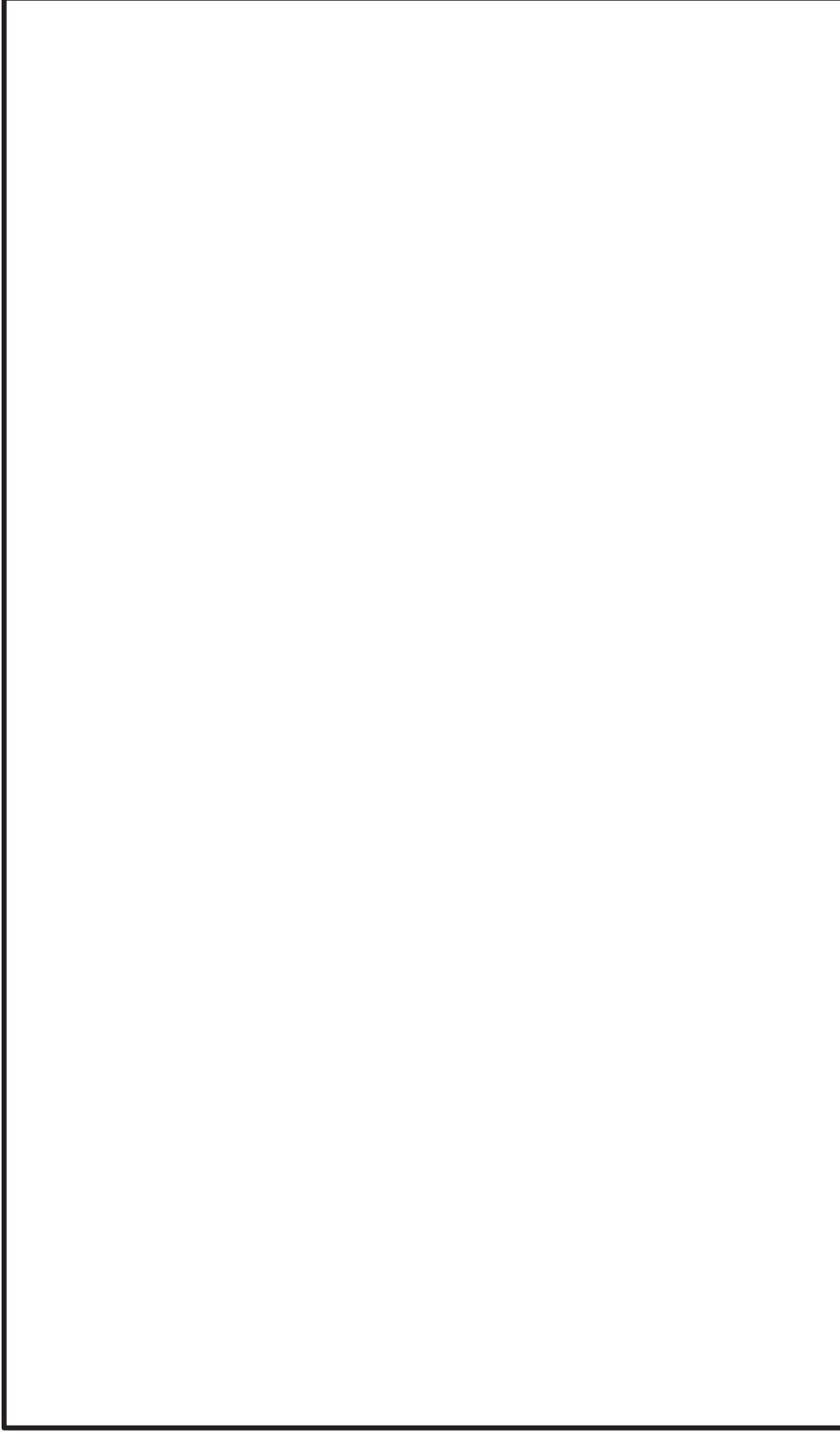


1 次モード

図 4-3 振動モード図（重大事故等対処設備）（その 1）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

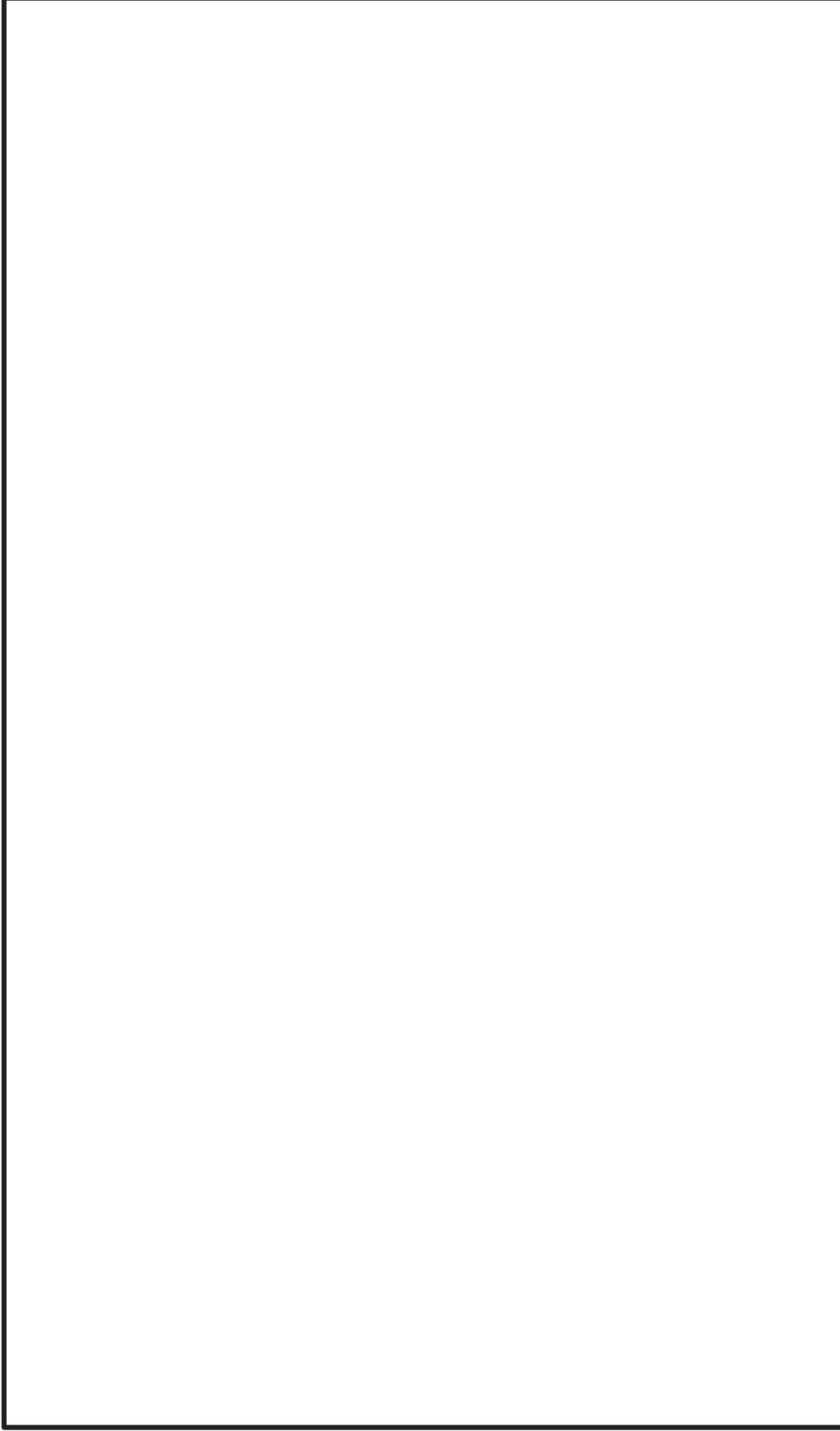




2 次モード

図 4-3 振動モード図（重大事故等対処設備）（その 2）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



3 次モード

図 4-3 振動モード図（重大事故等対処設備）（その 3）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-17 及び表 4-18 に示す。

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。また，減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 1）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 1 次                | 0.293       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 2 次                | 0.144       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 3 次                | 0.144       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 4 次                | 0.131       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 5 次                | 0.131       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 6 次                | 0.124       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 7 次                | 0.124       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 8 次                | 0.119       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 9 次                | 0.113       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 10 次               | 0.097       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 11 次               | 0.089       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 12 次               | 0.089       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 13 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 14 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 15 次               | 0.080       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1 : ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2 : ベント管, ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため, 添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3 : 各モードの固有周期に対し, 設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 2）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 16 次               | 0.080       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 17 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 18 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 19 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 20 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 21 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 22 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 23 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 24 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 25 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 26 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 27 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 28 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 29 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 30 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 3）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 31 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 32 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 33 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 34 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 35 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 36 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 37 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 38 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 39 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 40 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 41 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 42 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 43 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 44 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 45 次               | 0.078       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 4）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 46 次               | 0.078       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 47 次               | 0.077       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 48 次               | 0.077       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 49 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 50 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 51 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 52 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 53 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 54 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 55 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 56 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 57 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 58 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 59 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 60 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 5）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 61 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 62 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 63 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 64 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 65 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 66 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 67 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 68 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 69 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 70 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 71 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 72 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 73 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 74 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 75 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。



表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 6）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>            |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|---------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度           |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                        |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                        | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 76 次               | 0.074       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 77 次               | 0.074       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 78 次               | 0.073       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 79 次               | 0.073       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 80 次               | 0.073       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 81 次               | 0.070       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 82 次               | 0.070       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 83 次               | 0.068       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 84 次               | 0.064       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 85 次               | 0.064       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 86 次               | 0.064       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 87 次               | 0.064       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 88 次               | 0.064       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 89 次               | 0.064       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 90 次               | 0.064       |                                             |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 7）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 91 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 92 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 93 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 94 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 95 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 96 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 97 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 98 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 99 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 100 次              | 0.063       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 101 次              | 0.063       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 102 次              | 0.063       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 103 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 104 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 105 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 8）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 106 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 107 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 108 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 109 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 110 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 111 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 112 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 113 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 114 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 115 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 116 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 117 次              | 0.060       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 118 次              | 0.058       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 119 次              | 0.058       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 120 次              | 0.058       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-17 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 9）

|                     |             |                                             |     |                          |                      |     |                          |
|---------------------|-------------|---------------------------------------------|-----|--------------------------|----------------------|-----|--------------------------|
| 据付場所及び<br>設置高さ(m)   |             | 原子炉格納容器 0.P.2.60 <sup>*1</sup>              |     |                          |                      |     |                          |
| 減衰定数(%)             |             | 水平： 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1.0 <sup>*2</sup> |     |                          |                      |     |                          |
| 地震力                 |             | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度                      |     |                          | 基準地震動 S s            |     |                          |
| モード                 | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                        |     | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |     | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                     |             | X方向                                         | Y方向 | Z方向                      | X方向                  | Y方向 | Z方向                      |
| 121 次               | 0.058       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 122 次               | 0.058       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 123 次               | 0.058       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 124 次               | 0.058       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 125 次               | 0.058       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 126 次               | 0.057       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 127 次               | 0.057       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 128 次               | 0.057       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 129 次               | 0.056       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 130 次               | 0.056       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 131 次               | 0.054       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 132 次               | 0.054       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 133 次               | 0.053       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 134 次               | 0.052       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 135 次               | 0.052       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 136 次 <sup>*4</sup> | 0.049       |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 動的地震力 <sup>*5</sup> |             |                                             |     |                          |                      |     |                          |
| 静的地震力 <sup>*6</sup> |             |                                             |     |                          |                      |     |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P.2.60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管、ベントヘッダ及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し、設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

\*4：135 次までは固有周期が 0.050s より長いモード、136 次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

\*5：S<sub>d</sub> 又は S<sub>s</sub> 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$  及び  $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 1）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 1 次                | 0. 364      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 2 次                | 0. 172      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 3 次                | 0. 172      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 4 次                | 0. 154      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 5 次                | 0. 154      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 6 次                | 0. 147      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 7 次                | 0. 147      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 8 次                | 0. 142      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 9 次                | 0. 125      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 10 次               | 0. 111      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 11 次               | 0. 103      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 12 次               | 0. 103      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 13 次               | 0. 098      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 14 次               | 0. 098      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 15 次               | 0. 090      |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 2）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 16 次               | 0.090       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 17 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 18 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 19 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 20 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 21 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 22 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 23 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 24 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 25 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 26 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 27 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 28 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 29 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 30 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 3）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 31 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 32 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 33 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 34 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 35 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 36 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 37 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 38 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 39 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 40 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 41 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 42 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 43 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 44 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 45 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 4）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |     |                          |                      |     |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|-----|--------------------------|----------------------|-----|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |     |                          |                      |     |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |     |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |     |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |     | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |     | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X方向                                           | Y方向 | Z方向                      | X方向                  | Y方向 | Z方向                      |
| 46 次               | 0.085       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 47 次               | 0.085       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 48 次               | 0.085       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 49 次               | 0.081       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 50 次               | 0.081       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 51 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 52 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 53 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 54 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 55 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 56 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 57 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 58 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 59 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |
| 60 次               | 0.080       |                                               |     |                          |                      |     |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。



表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 5）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>            |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|---------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度           |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                        |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                        | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 61 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 62 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 63 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 64 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 65 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 66 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 67 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 68 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 69 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 70 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 71 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 72 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 73 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 74 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 75 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 6）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>         |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平：1.0 <sup>*2</sup> 鉛直：1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度         |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                      |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                      | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 76 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 77 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 78 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 79 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 80 次               | 0.079       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 81 次               | 0.079       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 82 次               | 0.079       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 83 次               | 0.079       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 84 次               | 0.074       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 85 次               | 0.074       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 86 次               | 0.074       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 87 次               | 0.074       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 88 次               | 0.074       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 89 次               | 0.074       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 90 次               | 0.074       |                                           |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 7）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 91 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 92 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 93 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 94 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 95 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 96 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 97 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 98 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 99 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 100 次              | 0. 073      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 101 次              | 0. 073      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 102 次              | 0. 072      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 103 次              | 0. 072      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 104 次              | 0. 072      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 105 次              | 0. 072      |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 8）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 106 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 107 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 108 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 109 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 110 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 111 次              | 0.071       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 112 次              | 0.071       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 113 次              | 0.071       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 114 次              | 0.071       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 115 次              | 0.070       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 116 次              | 0.070       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 117 次              | 0.070       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 118 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 119 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 120 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 9）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 121 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 122 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 123 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 124 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 125 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 126 次              | 0.066       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 127 次              | 0.066       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 128 次              | 0.066       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 129 次              | 0.066       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 130 次              | 0.066       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 131 次              | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 132 次              | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 133 次              | 0.063       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 134 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 135 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-18 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 10）

|                     |             |                                           |      |                          |                      |      |                          |
|---------------------|-------------|-------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 据付場所及び<br>設置高さ(m)   |             | 原子炉格納容器 0.P.2.60 <sup>*1</sup>            |      |                          |                      |      |                          |
| 減衰定数(%)             |             | 水平：1.0 <sup>*2</sup> 鉛直：1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                 |             | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度                    |      |                          | 基準地震動 S s            |      |                          |
| モード                 | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                      |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                     |             | X 方向                                      | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 136 次               | 0.059       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 137 次               | 0.058       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 138 次               | 0.057       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 139 次               | 0.057       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 140 次               | 0.055       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 141 次               | 0.055       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 142 次               | 0.054       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 143 次               | 0.054       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 144 次               | 0.054       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 145 次               | 0.052       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 146 次               | 0.051       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 147 次               | 0.051       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 148 次               | 0.050       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 149 次 <sup>*4</sup> | 0.049       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 動的地震力 <sup>*5</sup> |             |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 静的地震力 <sup>*6</sup> |             |                                           |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッダ及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

\*4：148 次までは固有周期が 0. 050s より長いモード，149 次は固有周期 0. 050s 以下のモードを示す。

\*5：S<sub>d</sub> 又は S<sub>s</sub> 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*6：静的震度（ $3.6 \cdot C_i$  及び  $1.2 \cdot C_v$ ）を示す。

## 4.6 計算方法

### 4.6.1 応力評価点

ダウンカマ及びベントヘッダの応力評価点を表 4-19、図 4-4 及び図 4-5 に示す。応力評価点 P1～P4 の応力は、図 4-1 に示す解析モデルを用いて計算する。応力評価点 P5～P10 の応力は、ベントヘッダサポートを構成する部材の形状及び応力レベルを考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。

表 4-19 応力評価点

| 応力評価点番号          | 応力評価点          |
|------------------|----------------|
| P1               | ダウンカマ（一般部）     |
| P2 <sup>*1</sup> | ダウンカマ（一般部以外）   |
| P3               | ベントヘッダ（一般部）    |
| P4 <sup>*2</sup> | ベントヘッダ（一般部以外）  |
| P5               | ベントヘッダサポート（下側） |
| P6               | ピン（下側）         |
| P7               | エンドプレート（下側）    |
| P8               | ベントヘッダサポート（上側） |
| P9               | ピン（上側）         |
| P10              | エンドプレート（上側）    |

注記\*1：既工認（参照図書（1））の応力評価点 P1～P3 を包絡する。ベントヘッダとダウンカマの接続部及びダウンカマとダウンカマリングの接続部を含む範囲の最大応力を評価する。

\*2：既工認（参照図書（2））の応力評価点 P2～P5 を包絡する。ベントヘッダとダウンカマの接続部、ベントヘッダとベントヘッダサポートリングの接続部及びベントヘッダとベントヘッダリングの接続部を含む範囲の最大応力を評価する。

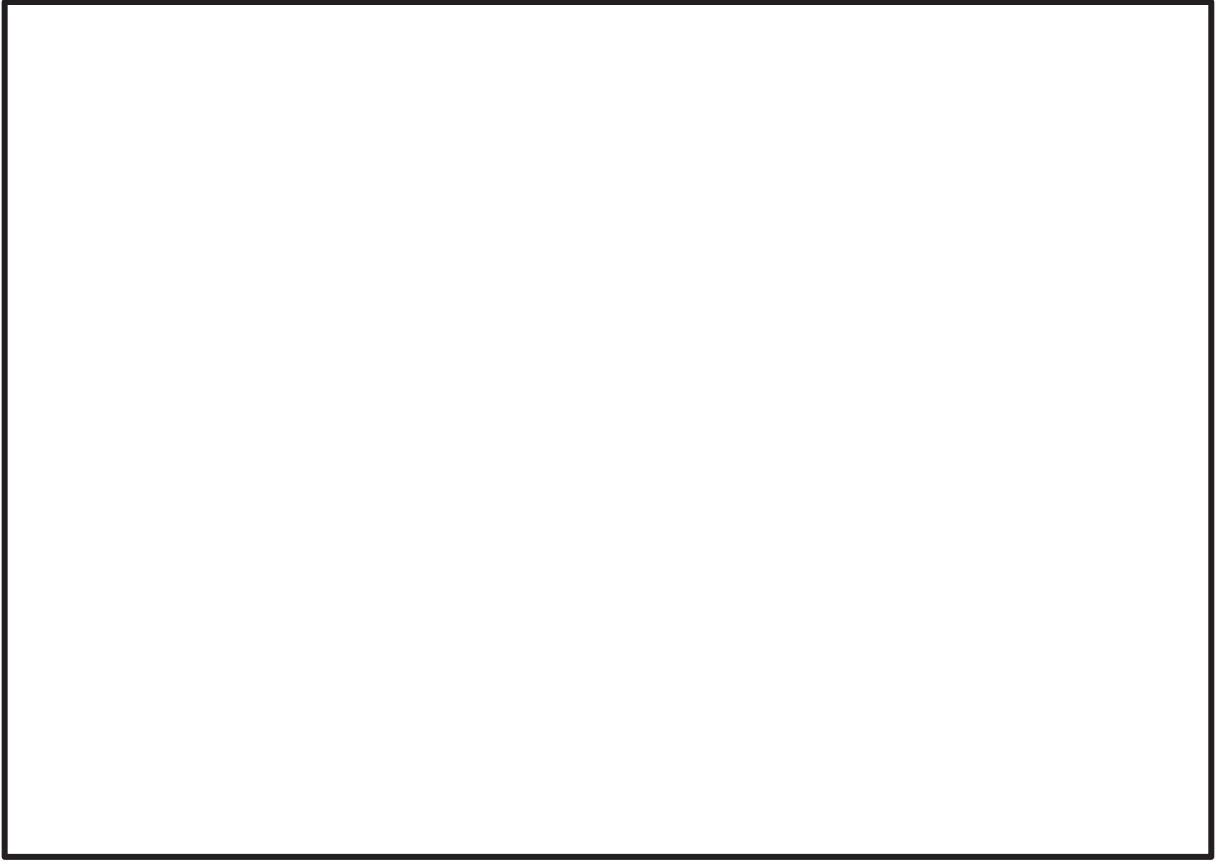


図 4-4 ダウンカマの応力評価点



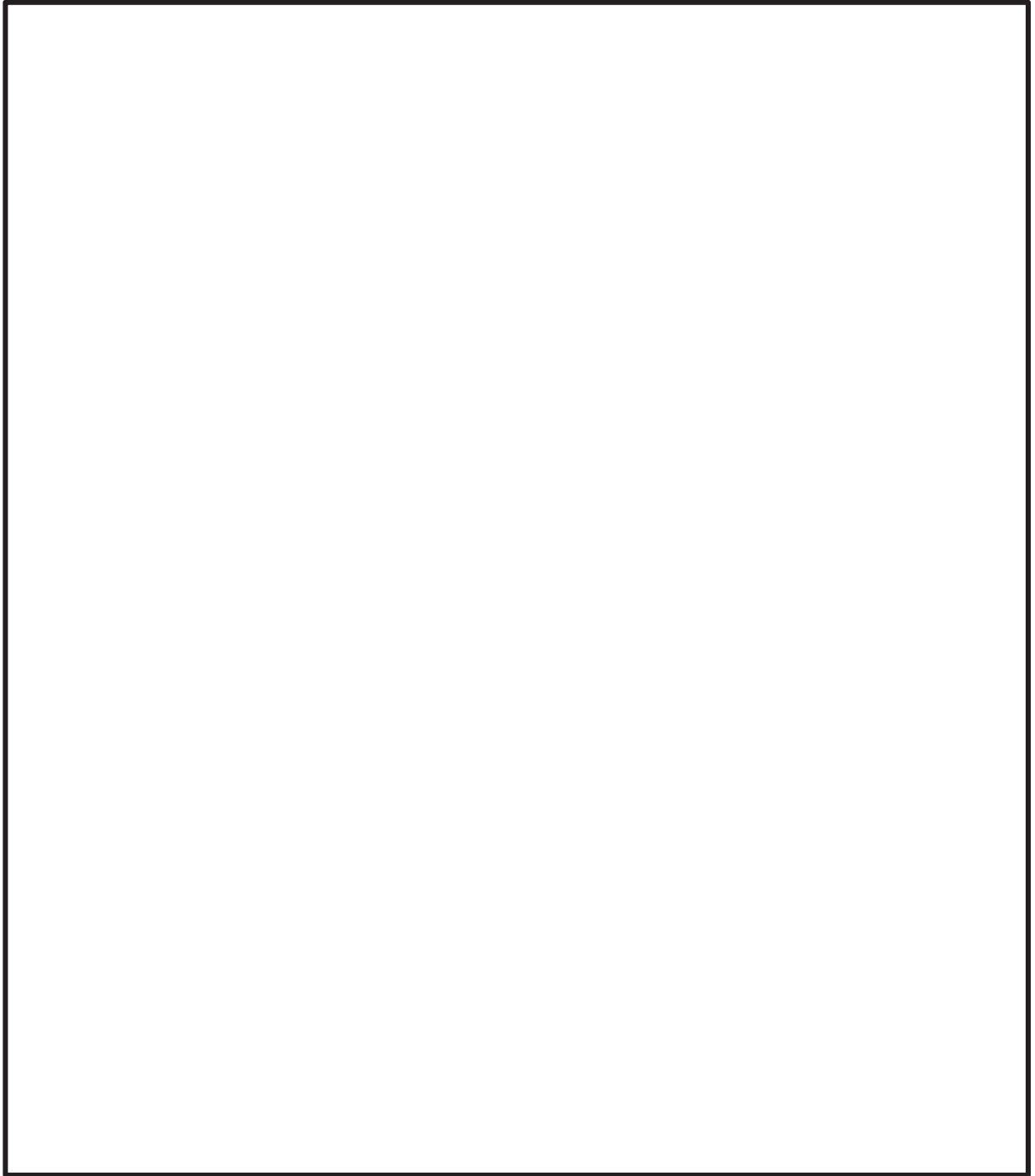


図 4-5 ベントヘッダ及びベントヘッダサポートの応力評価点

#### 4.6.2 応力計算方法

ダウンカム及びベントヘッダの応力計算方法について以下に示す。

##### (1) 設計基準対象施設としての応力計算

設計基準対象施設としての応力評価の概要を以下に示す。

###### a. 応力評価点 P1～P4

応力評価点 P1～P4 の応力は、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルにより算出する。

###### b. 応力評価点 P5～P7

応力評価点 P5～P7 の応力計算方法は、既工認から変更はなく、参照図書(2)に示すとおりである。各荷重による応力は、ベントヘッダサポート（下側）、ピン（下側）及びエンドプレート（下側）の断面性能より評価する。ただし、応力計算に用いる寸法は、図 3-3 及び図 3-4 に示す寸法とする。

###### b. 応力評価点 P8～10

応力評価点 P8～P10 の応力計算方法は、応力評価点 P5～P7 と同じとする。各荷重による応力は、ベントヘッダサポート（上側）、ピン（上側）及びエンドプレート（上側）の断面性能より評価する。ただし、応力計算に用いる寸法は、図 3-3 及び図 3-4 に示す寸法とする。

##### (2) 重大事故等対処設備としての応力計算

重大事故等対処設備としての応力評価の概要を以下に示す。

###### a. 応力評価点 P1～P4

応力評価点 P1～P4 の応力は、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルにより算出する。

###### b. 応力評価点 P5～P7

応力評価点 P5～P7 の応力計算方法は、既工認から変更はなく、参照図書(2)に示すとおりである。各荷重による応力は、ベントヘッダサポート（下側）、ピン（下側）及びエンドプレート（下側）の断面性能より評価する。ただし、応力計算に用いる寸法は、図 3-3 及び図 3-4 に示す寸法とする。

###### b. 応力評価点 P8～10

応力評価点 P8～P10 の応力計算方法は、応力評価点 P5～P7 と同じとする。各荷重による応力は、ベントヘッダサポート（上側）、ピン（上側）及びエンドプレート（上側）の断面性能より評価する。ただし、応力計算に用いる寸法は、図 3-3 及び図 3-4 に示す寸法とする。

#### 4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

#### 4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた各応力が、表 4-3～表 4-5 で定める許容応力以下であること。  
ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PPB-3536 または PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ダウンカマ及びベントヘッダの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

#### (2) 疲労評価結果

疲労評価結果を表 5-3 に示す。

表 5-1 許容応力状態Ⅲ<sub>AS</sub>に対する評価結果 (D + P<sub>D</sub> + M<sub>D</sub> + S d<sup>\*</sup>) (その 1)

| 評価対象設備                | 評価部位 | 応力分類       | Ⅲ <sub>AS</sub> |      | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|-----------------------|------|------------|-----------------|------|----|--------|----|
|                       |      |            | 算出応力            | 許容応力 |    |        |    |
|                       |      |            | MPa             | MPa  |    |        |    |
| ダウンカマ<br>及びベント<br>ヘッド | P1   | 一次一般膜応力    | 68              | 229  | ○  | (9)    |    |
|                       |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 68              | 229  | ○  | (9)    |    |
|                       |      | 一次＋二次応力    | 124             | 458  | ○  | (9)    |    |
|                       | P2   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 130             | 229  | ○  | (9)    |    |
|                       |      | 一次＋二次応力    | 309             | 458  | ○  | (9)    |    |
|                       |      | 一次一般膜応力    | 149             | 229  | ○  | (9)    |    |
|                       | P3   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 149             | 344  | ○  | (9)    |    |
|                       |      | 一次＋二次応力    | 224             | 458  | ○  | (9)    |    |
|                       |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 168             | 344  | ○  | (9)    |    |
|                       | P4   | 一次＋二次応力    | 348             | 458  | ○  | (9)    |    |

表 5-1 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に対する評価結果 (D + P<sub>D</sub> + M<sub>D</sub> + S d<sup>\*</sup>) (その 2)

| 評価対象設備 | 評価部位 |                | 応力分類   | Ⅲ <sub>A</sub> S |      |     | 判定 | 荷重の組合せ | 備考  |  |
|--------|------|----------------|--------|------------------|------|-----|----|--------|-----|--|
|        |      |                |        | 算出応力             | 許容応力 |     |    |        |     |  |
|        |      |                |        |                  | MPa  | MPa |    |        |     |  |
| ベントヘッド | P5   | ベントヘッドサポート（下側） | 組合せ応力度 | 68               |      |     |    | ○      | (9) |  |
|        | P6   | ピン（下側）         | 組合せ応力度 | 112              |      |     |    | ○      | (9) |  |
|        | P7   | エンドプレート（下側）    | 組合せ応力度 | 150              |      |     |    | ○      | (9) |  |
|        | P8   | ベントヘッドサポート（上側） | 組合せ応力度 | 78               |      |     |    | ○      | (9) |  |
|        | P9   | ピン（上側）         | 組合せ応力度 | 97               |      |     |    | ○      | (9) |  |
|        | P10  | エンドプレート（上側）    | 組合せ応力度 | 181              |      |     |    | ○      | (9) |  |

表 5-2 許容応力状態Ⅳ<sub>AS</sub>に対する評価結果 (D + P<sub>D</sub> + M<sub>D</sub> + S<sub>s</sub>) (その 1)

| 評価対象設備        | 評価部位 | 応力分類       | Ⅳ <sub>AS</sub> |      | 判定             | 荷重の組合せ | 備考 |
|---------------|------|------------|-----------------|------|----------------|--------|----|
|               |      |            | 算出応力            | 許容応力 |                |        |    |
|               |      |            | MPa             | MPa  |                |        |    |
| ダウンカマ及びベントヘッド | P1   | 一次一般膜応力    | 92              | 253  | ○              | (11)   |    |
|               |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 92              | 380  | ○              | (11)   |    |
|               |      | 一次＋二次応力    | 82              | 458  | ○              | (11)   |    |
|               | P2   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 178             | 380  | ○              | (11)   |    |
|               |      | 一次＋二次応力    | 457             | 458  | ○              | (11)   |    |
|               | P3   | 一次一般膜応力    | 201             | 253  | ○              | (11)   |    |
|               |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 201             | 380  | ○              | (11)   |    |
|               |      | 一次＋二次応力    | 177             | 458  | ○              | (11)   |    |
|               | P4   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 230             | 380  | ○              | (11)   |    |
|               |      | 一次＋二次応力    | 516             | 458  | × <sup>*</sup> | (11)   |    |

注記\* : P4 の一次＋二次応力評価は許容値を満足しないが, 設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い, 十分な構造強度を有していることを確認した。

表 5-2 許容応力状態 $IV_{AS}$ に対する評価結果 ( $D + P_D + M_D + S_s$ ) (その 2)

| 評価対象設備 | 評価部位 | 応力分類           | IV <sub>AS</sub> |      |     | 判定 | 荷重の組合せ | 備考 |
|--------|------|----------------|------------------|------|-----|----|--------|----|
|        |      |                | 算出応力             | 許容応力 |     |    |        |    |
|        |      |                |                  | MPa  | MPa |    |        |    |
| ベントヘッド | P5   | ベントヘッドサポート（下側） | 62               |      |     | ○  | (11)   |    |
|        | P6   | ピン（下側）         | 106              |      |     | ○  | (11)   |    |
|        | P7   | エンドプレート（下側）    | 137              |      |     | ○  | (11)   |    |
|        | P8   | ベントヘッドサポート（上側） | 69               |      |     | ○  | (11)   |    |
|        | P9   | ピン（上側）         | 91               |      |     | ○  | (11)   |    |
|        | P10  | エンドプレート（上側）    | 157              |      |     | ○  | (11)   |    |



表 5-3 許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S に対する疲労評価結果

| 評価部位 | S <sub>n</sub><br>(MPa) | K <sub>e</sub> | S <sub>p</sub><br>(MPa) | S <sub>σ</sub><br>(MPa) | S <sub>σ</sub> ' <sup>*</sup><br>(MPa) | N <sub>a</sub><br>(回) | N <sub>c</sub><br>(回) | 疲労累積係数<br>N <sub>c</sub> /N <sub>a</sub> |
|------|-------------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------------------------|
| P4   | 516                     | 1.31           | 774                     | 507                     | 534                                    | 1201                  | 340                   | 0.284                                    |

注記\* : S<sub>σ</sub>に ( 2.07×10<sup>5</sup> /E ) を乗じた値である。

E = 1.97×10<sup>5</sup> MPa

## 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ダウンカム及びベントヘッダの重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-4 及び表 5-5 に示す。

### (2) 疲労評価結果

疲労評価結果を表 5-6 に示す。

表 5-4 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果 ( $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ ) (その 1)

| 評価対象設備                | 評価部位 |               | 応力分類       | V <sub>AS</sub> |      | 判定 | 備考 |
|-----------------------|------|---------------|------------|-----------------|------|----|----|
|                       |      |               |            | 算出応力            | 許容応力 |    |    |
|                       |      |               |            |                 | MPa  |    |    |
| ダウンカマ<br>及びベント<br>ヘッド | P1   | ダウンカマ（一般部）    | 一次一般膜応力    | 37              | 253  | ○  |    |
|                       |      |               | 一次膜＋一次曲げ応力 | 37              | 380  | ○  |    |
|                       |      |               | 一次＋二次応力    | 184             | 457  | ○  |    |
|                       | P2   | ダウンカマ（一般部以外）  | 一次膜＋一次曲げ応力 | 82              | 380  | ○  |    |
|                       |      |               | 一次＋二次応力    | 224             | 457  | ○  |    |
|                       |      |               | 一次一般膜応力    | 89              | 253  | ○  |    |
|                       | P3   | ベントヘッド（一般部）   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 89              | 380  | ○  |    |
|                       |      |               | 一次＋二次応力    | 331             | 457  | ○  |    |
|                       |      |               | 一次膜＋一次曲げ応力 | 112             | 380  | ○  |    |
|                       | P4   | ベントヘッド（一般部以外） | 一次＋二次応力    | 276             | 457  | ○  |    |

表 5-4
 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果
 ( $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ )
 (その 2)

| 評価対象設備     | 評価部位                  | 応力分類   | $V_{AS}$ |      | 判定 | 備考 |
|------------|-----------------------|--------|----------|------|----|----|
|            |                       |        | 算出応力     | 許容応力 |    |    |
|            |                       |        | MPa      | MPa  |    |    |
| ベント<br>ヘッド | P5<br>ベントヘッドサポート (下側) | 組合せ応力度 | 77       |      | ○  |    |
|            | P6<br>ピン (下側)         | 組合せ応力度 | 107      |      | ○  |    |
|            | P7<br>エンドプレート (下側)    | 組合せ応力度 | 169      |      | ○  |    |
|            | P8<br>ベントヘッドサポート (上側) | 組合せ応力度 | 100      |      | ○  |    |
|            | P9<br>ピン (上側)         | 組合せ応力度 | 92       |      | ○  |    |
|            | P10<br>エンドプレート (上側)   | 組合せ応力度 | 257      |      | ○  |    |

表 5-5
 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果
 ( $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_S$ )
 (その 1)

| 評価対象設備        | 評価部位 | 応力分類       | $V_{AS}$ |      | 判定 | 備考 |
|---------------|------|------------|----------|------|----|----|
|               |      |            | 算出応力     | 許容応力 |    |    |
|               |      |            | MPa      | MPa  |    |    |
| ダウンカマ及びベントヘッド | P1   | 一次一般膜応力    | 72       | 257  | ○  |    |
|               |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 72       | 386  | ○  |    |
|               |      | 一次＋二次応力    | 176      | 473  | ○  |    |
|               | P2   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 159      | 386  | ○  |    |
|               |      | 一次＋二次応力    | 481      | 473  | ×  | *  |
|               | P3   | 一次一般膜応力    | 187      | 257  | ○  |    |
|               |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 187      | 386  | ○  |    |
|               |      | 一次＋二次応力    | 379      | 473  | ○  |    |
|               | P4   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 226      | 386  | ○  |    |
|               |      | 一次＋二次応力    | 592      | 473  | ×  | *  |

注記＊：P2 及び P4 の一次＋二次応力評価は許容値を満足しないが，設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い，十分な構造強度を有していることを確認した。

表 5-5
 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果  $(D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_S)$  (その 2)

| 評価対象設備 | 評価部位                  | 応力分類   | $V_{AS}$ |      | 判定 | 備考 |
|--------|-----------------------|--------|----------|------|----|----|
|        |                       |        | 算出応力     | 許容応力 |    |    |
|        |                       |        | MPa      | MPa  |    |    |
| ベントヘッド | P5<br>ベントヘッドサポート (下側) | 組合せ応力度 | 86       |      | ○  |    |
|        | P6<br>ピン (下側)         | 組合せ応力度 | 128      |      | ○  |    |
|        | P7<br>エンドプレート (下側)    | 組合せ応力度 | 184      |      | ○  |    |
|        | P8<br>ベントヘッドサポート (上側) | 組合せ応力度 | 104      |      | ○  |    |
|        | P9<br>ピン (上側)         | 組合せ応力度 | 109      |      | ○  |    |
|        | P10<br>エンドプレート (上側)   | 組合せ応力度 | 256      |      | ○  |    |

表 5-6 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する疲労評価結果

| 評価部位 | $S_n$<br>(MPa) | $K_e$ | $S_p$<br>(MPa) | $S_\theta$<br>(MPa) | $S_\theta^*$<br>(MPa) | $N_a$<br>(回) | $N_c$<br>(回) | 疲労累積係数<br>$N_c/N_a$ |
|------|----------------|-------|----------------|---------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------------|
| P2   | 481            | 1.29  | 818            | 528                 | 559                   | 1063         | 340          | 0.320               |
| P4   | 592            | 1.43  | 888            | 635                 | 672                   | 622          | 340          | 0.547               |

注記\* :  $S_\theta$  に  $(2.07 \times 10^5 / E)$  を乗じた値である。

$$E = 1.96 \times 10^5 \text{ MPa}$$

6. 参照図書

- (1) 女川原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書  
添付書類「IV-3-1-3-5 ダウンカマの強度計算書」
- (2) 女川原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書  
添付書類「IV-3-1-3-4 ベントヘッダの強度計算書」



## VI-2-9-4-2 ベント管の耐震性についての計算書

目次

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. 概要                 | 1  |
| 2. 一般事項               | 1  |
| 2.1 構造計画              | 1  |
| 2.2 評価方針              | 3  |
| 2.3 適用規格・基準等          | 3  |
| 2.4 記号の説明             | 4  |
| 2.5 計算精度と数値の丸め方       | 5  |
| 3. 評価部位               | 6  |
| 4. 地震応答解析及び構造強度評価     | 7  |
| 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法  | 7  |
| 4.2 荷重の組合せ及び許容応力      | 7  |
| 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態  | 7  |
| 4.2.2 許容応力            | 7  |
| 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件   | 7  |
| 4.2.4 設計荷重            | 12 |
| 4.3 解析モデル及び諸元         | 14 |
| 4.4 固有周期              | 17 |
| 4.5 設計用地震力            | 34 |
| 4.6 計算方法              | 54 |
| 4.6.1 応力評価点           | 54 |
| 4.6.2 応力計算方法          | 55 |
| 4.7 計算条件              | 55 |
| 4.8 応力の評価             | 55 |
| 5. 評価結果               | 56 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果  | 56 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 | 60 |
| 6. 参照図書               | 64 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、ベント管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ベント管は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、本計算書においては、新規制対応工認対象となる設計用地震力による荷重及び重大事故等時の荷重に対する評価について記載するものとし、前述の荷重を除く荷重によるベント管の評価は、平成 2 年 5 月 24 日付け元資庁第 14466 号にて認可された工事計画の添付書類（参照図書(1)）による。（以下「既工認」という。）

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

ベント管の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

| 計画の概要                                                                              |                                                                                                      | 概略構造図                                                                              |
|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                                                            | 主体構造                                                                                                 |                                                                                    |
| <p>ベント管は、ベントノズルを介してドライウエルに支持される。</p> <p>鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、ドライウエルを介して原子炉建屋に伝達される。</p> | <p>内径 <input type="text"/> mm、板厚 <input type="text"/> mm 及び <input type="text"/> mm の鋼製円筒構造物である。</p> |  |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 2.2 評価方針

ベント管の応力評価は、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及び「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所に作用する設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することを実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

ベント管の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

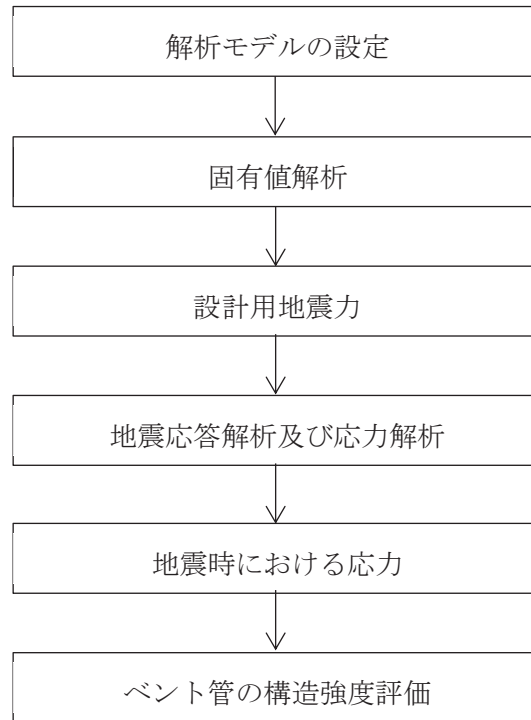


図 2-1 ベント管の耐震評価フロー

## 2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補－1984）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）
- (4) J S M E S N C 1－2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下「設計・建設規格」という。）

## 2.4 記号の説明

| 記号          | 記号の説明                           | 単位  |
|-------------|---------------------------------|-----|
| $C_i$       | 地震層せん断力係数                       | —   |
| $C_v$       | 鉛直方向設計震度                        | —   |
| $D$         | 死荷重                             | —   |
| $D_i$       | 直径 ( $i = 1, 2, 3$ )            | mm  |
| $E$         | 縦弾性係数                           | MPa |
| $K_e$       | 弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数        | —   |
| $M$         | 機械的荷重                           | —   |
| $M_L$       | 地震と組み合わせる機械的荷重                  | —   |
| $M_{SAL}$   | 機械的荷重 (SA 後長期 (L) 機械的荷重)        | —   |
| $M_{SALL}$  | 機械的荷重 (SA 後長期 (LL) 機械的荷重)       | —   |
| $N_a$       | 地震時の許容繰返し回数                     | —   |
| $N_c$       | 地震時の実際の繰返し回数                    | —   |
| $P$         | 圧力                              | —   |
| $P_L$       | 地震と組み合わせる圧力                     | —   |
| $P_{SAL}$   | 圧力 (SA 後長期 (L) 圧力)              | kPa |
| $P_{SALL}$  | 圧力 (SA 後長期 (LL) 圧力)             | kPa |
| $S$         | 許容引張応力                          | MPa |
| $S_d$       | 弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力        | —   |
| $S_d^*$     | 弾性設計用地震動 $S_d$ により定まる地震力又は静的地震力 | —   |
| $S_\ell$    | 繰返しピーク応力強さ                      | MPa |
| $S_{\ell'}$ | 補正繰返しピーク応力強さ                    | MPa |
| $S_m$       | 設計応力強さ                          | MPa |
| $S_n$       | 地震動による応力振幅                      | MPa |
| $S_p$       | 地震荷重のみにおける一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲     | MPa |
| $S_s$       | 基準地震動 $S_s$ により定まる地震力           | —   |
| $S_u$       | 設計引張強さ                          | MPa |
| $S_y$       | 設計降伏点                           | MPa |
| $S_y (RT)$  | 40℃における設計降伏点                    | MPa |
| $t_i$       | 厚さ ( $i = 1, 2, 3$ )            | mm  |
| $T$         | 温度                              | ℃   |
| $T_{SAL}$   | 温度 (SA 後長期 (L) 温度)              | ℃   |
| $T_{SALL}$  | 温度 (SA 後長期 (LL) 温度)             | ℃   |
| $\nu$       | ポアソン比                           | —   |
| $ASS$       | オーステナイト系ステンレス鋼                  | —   |
| $HNA$       | 高ニッケル合金                         | —   |

## 2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類              | 単位  | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁               |
|--------------------|-----|------------|------|-------------------|
| 最高使用圧力             | kPa | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup> |
| 温度                 | ℃   | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup> |
| 許容応力 <sup>*2</sup> | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位               |
| 算出応力               | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位               |
| 長さ                 | mm  | —          | —    | 整数位               |
| 固有周期               | s   | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位        |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

3. 評価部位

ベント管の形状及び主要寸法を図 3-1 に，使用材料及び使用部位を表 3-1 に示す。

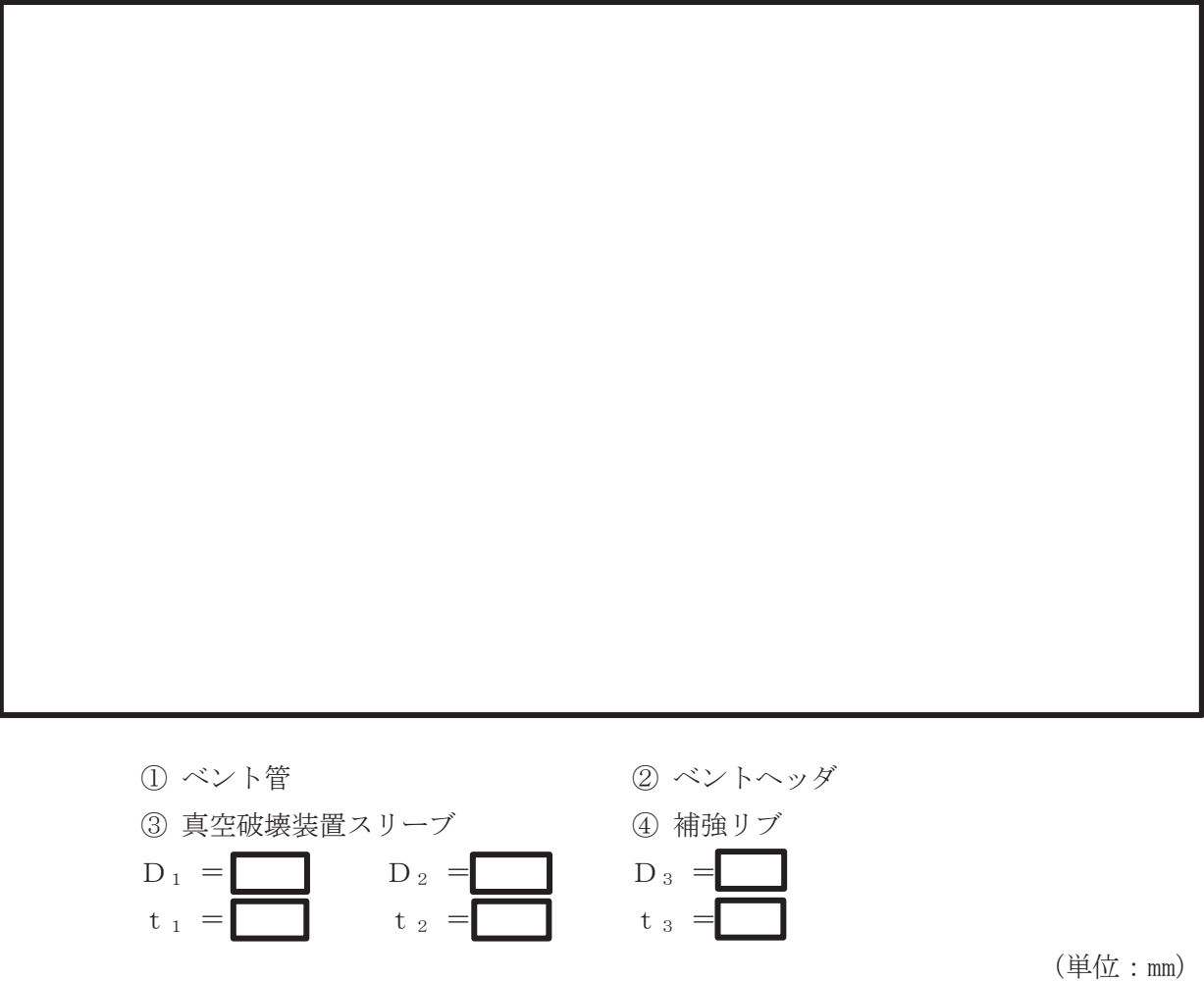


図 3-1 ベント管の形状及び主要寸法

表 3-1 使用材料表

| 使用部位               | 使用材料   |
|--------------------|--------|
| ベント管<br>真空破壊装置スリーブ | SGV480 |



#### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

##### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ベント管は、ベントノズルを介してドライウエルに支持された構造であり、鉛直方向荷重及び水平方向荷重は、ドライウエルを介して原子炉建屋に伝達される。

ベント管に作用する地震力は、水平及び鉛直の固有周期に応じた応答加速度に基づき算出する。ベント管の耐震評価として、上記の応答解析に基づき算出した地震力を用いて、構造強度評価を行う。

- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。  
(3) 概略構造図を表 2-1 に示す。

##### 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ベント管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

詳細な荷重の組合せは、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。なお、考慮する荷重の組合せは、組み合わせる荷重の大きさを踏まえ、評価上厳しくなる組合せを選定する。

###### 4.2.2 許容応力

ベント管の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示すとおりとする。

###### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ベント管の使用材料の許容応力評価条件のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-5 に示す。

表4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態 (設計基準対象施設)

| 施設区分    | 機器名称           | 耐震重要度分類 | 機器等の区分      | 荷重の組合せ <sup>*1</sup>                                   | 許容応力状態           |
|---------|----------------|---------|-------------|--------------------------------------------------------|------------------|
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備その他の安全設備 | S       | クラスMC<br>容器 | D + P + M + S d <sup>*</sup>                           | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|         |                |         |             |                                                        |                  |
|         |                |         |             | D + P + M + S s                                        | Ⅳ <sub>A</sub> S |
|         |                |         |             | D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S d <sup>*</sup> | Ⅳ <sub>A</sub> S |

注記\*1: ( ) は添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」における表3-6の荷重の組合せのNo.を示す。

\*2: 運転状態Ⅰによる燃料交換時の活荷重は、ベント管に作用しないことから、荷重の組合せとして考慮せず評価しない。

\*3：冷却材喪失事故後の最大内圧を考慮する。

表4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分    | 機器名称           | 設備分類 <sup>*1</sup> | 機器等の区分          | 荷重の組合せ <sup>*2</sup>                                                   |  | 許容応力状態                        |
|---------|----------------|--------------------|-----------------|------------------------------------------------------------------------|--|-------------------------------|
|         |                |                    |                 |                                                                        |  |                               |
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備その他の安全設備 | 常設耐震／防止<br>常設／緩和   | 重大事故等<br>クラス2容器 | D + P <sub>SAL</sub> + M <sub>SAL</sub> + S <sub>d</sub> <sup>*3</sup> |  | V <sub>AS</sub> <sup>*4</sup> |
|         |                |                    |                 | D + P <sub>SALL</sub> + M <sub>SALL</sub> + S <sub>s</sub>             |  | V <sub>AS</sub> <sup>*4</sup> |

注記\*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*2：( ) は添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」における表 3-7 の荷重の組合せの No. を示す。

\*3：重大事故等後の最高内圧及び最高温度との組合せを考慮する。

\*4：V<sub>AS</sub> としてV<sub>AS</sub> の許容限界を用いる。

表4-3 クラスMC容器及び重大事故等クラス2容器の許容応力

| 応力分類<br>許容<br>応力状態            | 一次一般膜応力                                                                                                                                                 | 一次膜応力＋一次曲げ応力            | 一次＋二次応力                                                                   | 一次＋二次＋ピーク応力                                                                                           |
|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Ⅲ <sub>AS</sub>               | S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方。ただし、ASS及びHNAについては、1.2・Sとする。                                                                                    | 左欄の1.5倍の値 <sup>*4</sup> |                                                                           |                                                                                                       |
| Ⅳ <sub>AS</sub>               | 構造上の連続な部分は0.6・S <sub>u</sub> 、不連続な部分はS <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方。ただし、ASS及びHNAについては、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S <sub>u</sub> の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。 |                         | $3 \cdot S^{*1}$<br>S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる応力振幅について評価する。 | S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、運転状態Ⅰ、Ⅱにおける疲労累積係数との和が1.0以下であること。<br><sup>*2, *3</sup> |
| V <sub>AS</sub> <sup>*5</sup> |                                                                                                                                                         |                         |                                                                           |                                                                                                       |

注記\*1:3・Sを超えるときは弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。また、S<sub>m</sub>はSと読み替える。)の簡易弾塑性解析を用いる。

\*2: 設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。

ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「Sd又はSs地震動による応力の全振幅」と読み替える。

\*3: 運転状態Ⅰ，Ⅱにおいて，疲労解析を要しない場合は，地震動のみによる疲労累積係数を1.0以下とする。

\*4：設計・建設規格 PVB-3111に準じる場合は，純曲げによる全断面降伏荷重の比または1.5のいずれか小さい方の値（ $\alpha$ ）を用いる。

\*5:  $V_A S$ として $IV_A S$ の許容限界を用いる。

表 4-4 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

| 評価部材 | 材料     | 温度条件<br>(°C) |     | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|------|--------|--------------|-----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|      |        | 周囲環境<br>温度   | 171 |            |                         |                         |                               |
| ベント管 | SGV480 |              |     | —          | 229                     | 423                     | —                             |

表 4-5 使用材料の許容応力評価条件 (重大事故等対処設備)

| 評価部材 | 材料     | 温度条件<br>(°C) |                   | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|------|--------|--------------|-------------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|      |        | 周囲環境<br>温度   | 178 <sup>*1</sup> |            |                         |                         |                               |
| ベント管 | SGV480 | 周囲環境<br>温度   | 111 <sup>*2</sup> | —          | 236                     | 429                     | —                             |

注記\*1：SA 後長期 (L) のドライウエル温度を考慮する。

\*2：SA 後長期 (LL) のドライウエル温度を考慮する。

4.2.4 設計荷重

(1) 設計基準対象施設としての設計荷重

設計基準対象施設としての設計荷重である，最高使用圧力及び最高使用温度，既工認（参照図書(1)）からの変更はなく，次のとおりである。

a. 最高使用圧力及び最高使用温度

|    |         |
|----|---------|
| 内圧 | 427kPa  |
| 外圧 | 13.7kPa |
| 温度 | 171℃    |

b. 死荷重

ベント管，ベントヘッダ，ダウンカマ及び真空破壊装置等の自重を死荷重とする。

死荷重  N

c. ベント管ベローズ反力

ベント管ベローズ反力は微少なため無視する。

d. 冷却材喪失事故時荷重

(a) 事故時圧力

事故時圧力は，冷却材喪失事故後の最大内圧とする。

|                     |        |
|---------------------|--------|
| サプレッションチェンバ内のベント管内圧 | 157kPa |
| サプレッションチェンバ外のベント管内圧 | 324kPa |

e. 水位

水位 O.P. -3800mm

(2) 重大事故等対処設備としての設計荷重

a. 重大事故対処設備としての評価圧力及び温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

|                    |                      |
|--------------------|----------------------|
| 内圧 $P_{SAL}$       | 640kPa (SA 後長期 (L))  |
| 内圧 $P_{SALL}$      | 427kPa (SA 後長期 (LL)) |
| 内圧 (差圧) $P_{SAL}$  | 35kPa (SA 後長期 (L))   |
| 内圧 (差圧) $P_{SALL}$ | 35kPa (SA 後長期 (LL))  |
| 温度 $T_{SAL}$       | 178℃ (SA 後長期 (L))    |
| 温度 $T_{SALL}$      | 111℃ (SA 後長期 (LL))   |

b. 水位

重大事故等対処設備における水位は、以下のとおりとする。

|    |                   |
|----|-------------------|
| 水位 | O. P.     -1514mm |
|----|-------------------|

### 4.3 解析モデル及び諸元

(1) 設計基準対象施設としての解析モデル及び諸元

設計基準対象施設としての評価は、ベント管、ベントヘッダ及びダウンコマ質量並びにサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮して固有値解析及び地震による応力解析（スペクトルモーダル解析）を実施する。

解析モデルの概要を以下に示す。

- a. ベント管、ベントヘッダ及びダウンカマは、その径に対して板厚が比較的薄く、また、各機器の挙動が相互に影響し合うことを考慮し、各部位の発生応力を詳細にみるため、ベント系全体をシェル要素でモデル化した FEM モデルを用いる。また、各所の補強部材のうち、ベント管ガセット、ベントヘッダリング及びダウンカマリング等の板材はシェル要素によりモデル化し、筋交い、下部支持サポート及びベントヘッダサポート等の棒材は、はり要素によりモデル化する。解析モデルを図 4-1 に、機器の諸元を表 4-6 に示す。
- b. 拘束条件は、ベントヘッダサポートとサプレッションチェンバ強め輪の結合部の [REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED] なお、ベントヘッダサポートとサプレッションチェンバ強め輪は [REDACTED] また、ベント管とドライウエルの結合部の [REDACTED]  
[REDACTED]  
[REDACTED] 各結合部のばね定数は、結合部の形状に応じて算出する。
- c. サプレッションチェンバ内部水の影響を考慮するため、ダウンカマの内包する水の質量及び水中振動に伴い各部に作用する付加質量を没水部範囲に付加する。水中振動に伴い各部に作用する付加質量は、没水する各部の形状を考慮して算出する。
- d. 解析コードは「ANSYS」を使用する。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(2) 重大事故等対処設備としての解析モデル及び諸元

重大事故等対処設備としての評価は、ベント管、ベントヘッダ及びダウンカマ質量並びにサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮して固有値解析及び地震による応力解析（スペクトルモーダル解析）を実施する。重大事故等時の解析モデルは、設計基準対象施設と同じとする。機器の諸元を表 4-6 に示す。



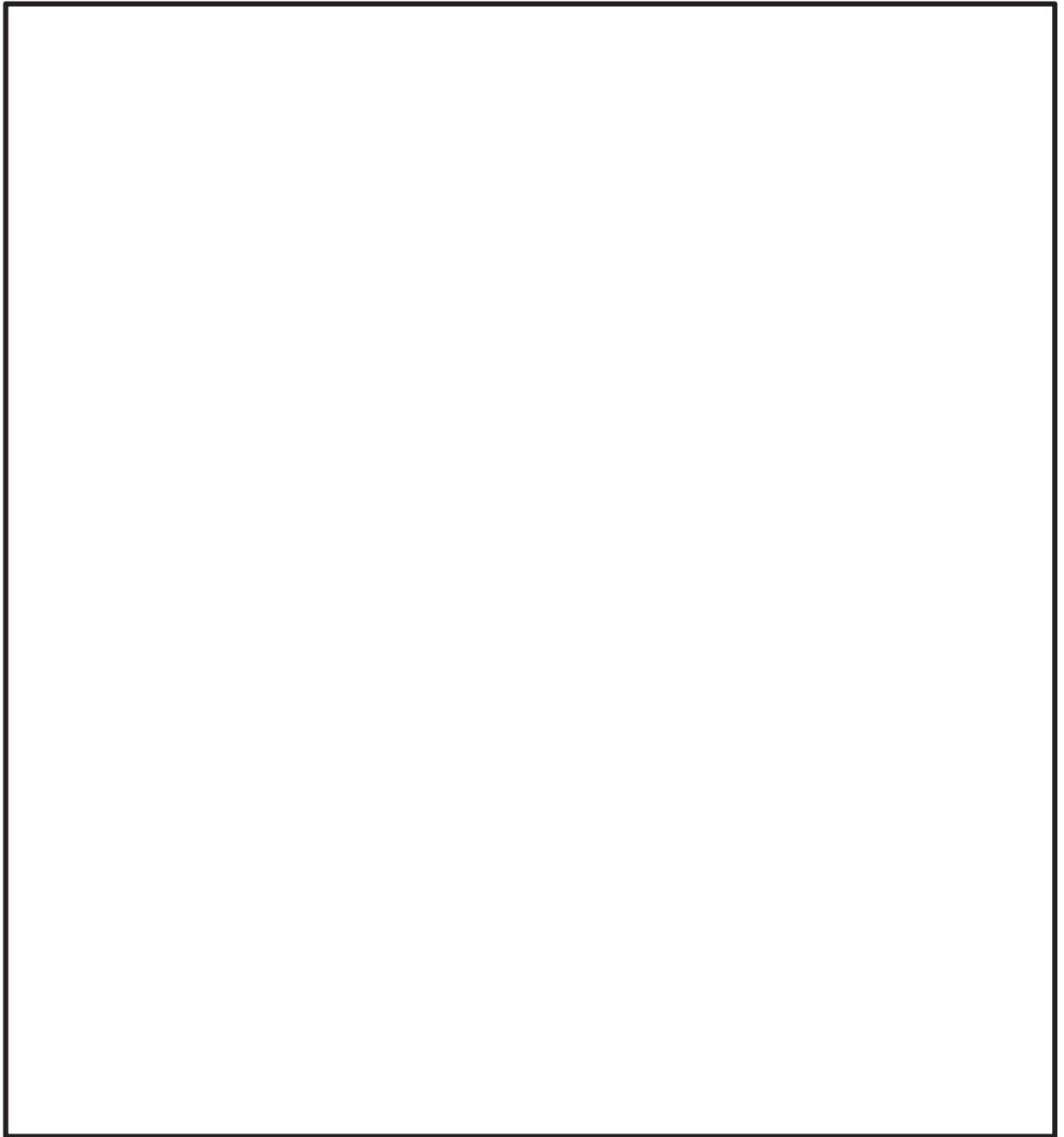


図 4-1 解析モデル

表 4-6 機器諸元

| 項目    | 記号 | 単位                 | 入力値         |             |
|-------|----|--------------------|-------------|-------------|
|       |    |                    | 設計基準対象施設    | 重大事故等対処設備   |
| 材質    | —  | —                  | SGV480      |             |
| 機器質量  | —  | kg                 |             |             |
| 水密度   | —  | ton/m <sup>3</sup> |             |             |
| 水位    | —  | mm                 | 0. P. -3800 | 0. P. -1514 |
| 温度条件  | T  | ℃                  |             |             |
| 縦弾性係数 | E  | MPa                |             |             |
| ポアソン比 | ν  | —                  |             |             |
| 要素数   | —  | —                  |             |             |
| 節点数   | —  | —                  |             |             |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.4 固有周期

##### (1) 設計基準対象施設としての固有周期

設計基準対象施設の固有周期は、「4.2.4 評価荷重」に示す最高使用温度及びサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮し、図 4-1 に示す解析モデルにより算出する。固有周期を表 4-7 に、振動モード図を 3 次まで代表して図 4-3 にそれぞれ示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。

表 4-7 固有周期（設計基準対象施設）（その 1）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 9 次  |             |       |      |      |
| 10 次 |             |       |      |      |
| 11 次 |             |       |      |      |
| 12 次 |             |       |      |      |
| 13 次 |             |       |      |      |
| 14 次 |             |       |      |      |
| 15 次 |             |       |      |      |
| 16 次 |             |       |      |      |
| 17 次 |             |       |      |      |
| 18 次 |             |       |      |      |
| 19 次 |             |       |      |      |
| 20 次 |             |       |      |      |
| 21 次 |             |       |      |      |
| 22 次 |             |       |      |      |
| 23 次 |             |       |      |      |
| 24 次 |             |       |      |      |
| 25 次 |             |       |      |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-7 固有周期（設計基準対象施設）（その 2）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|------|-------------|-------------------|------|------|
|      |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 26 次 |             |                   |      |      |
| 27 次 |             |                   |      |      |
| 28 次 |             |                   |      |      |
| 29 次 |             |                   |      |      |
| 30 次 |             |                   |      |      |
| 31 次 |             |                   |      |      |
| 32 次 |             |                   |      |      |
| 33 次 |             |                   |      |      |
| 34 次 |             |                   |      |      |
| 35 次 |             |                   |      |      |
| 36 次 |             |                   |      |      |
| 37 次 |             |                   |      |      |
| 38 次 |             |                   |      |      |
| 39 次 |             |                   |      |      |
| 40 次 |             |                   |      |      |
| 41 次 |             |                   |      |      |
| 42 次 |             |                   |      |      |
| 43 次 |             |                   |      |      |
| 44 次 |             |                   |      |      |
| 45 次 |             |                   |      |      |
| 46 次 |             |                   |      |      |
| 47 次 |             |                   |      |      |
| 48 次 |             |                   |      |      |
| 49 次 |             |                   |      |      |
| 50 次 |             |                   |      |      |
| 51 次 |             |                   |      |      |
| 52 次 |             |                   |      |      |
| 53 次 |             |                   |      |      |
| 54 次 |             |                   |      |      |
| 55 次 |             |                   |      |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-7 固有周期（設計基準対象施設）（その 3）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 56 次 |             |       |      |      |
| 57 次 |             |       |      |      |
| 58 次 |             |       |      |      |
| 59 次 |             |       |      |      |
| 60 次 |             |       |      |      |
| 61 次 |             |       |      |      |
| 62 次 |             |       |      |      |
| 63 次 |             |       |      |      |
| 64 次 |             |       |      |      |
| 65 次 |             |       |      |      |
| 66 次 |             |       |      |      |
| 67 次 |             |       |      |      |
| 68 次 |             |       |      |      |
| 69 次 |             |       |      |      |
| 70 次 |             |       |      |      |
| 71 次 |             |       |      |      |
| 72 次 |             |       |      |      |
| 73 次 |             |       |      |      |
| 74 次 |             |       |      |      |
| 75 次 |             |       |      |      |
| 76 次 |             |       |      |      |
| 77 次 |             |       |      |      |
| 78 次 |             |       |      |      |
| 79 次 |             |       |      |      |
| 80 次 |             |       |      |      |
| 81 次 |             |       |      |      |
| 82 次 |             |       |      |      |
| 83 次 |             |       |      |      |
| 84 次 |             |       |      |      |
| 85 次 |             |       |      |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-7 固有周期（設計基準対象施設）（その 4）

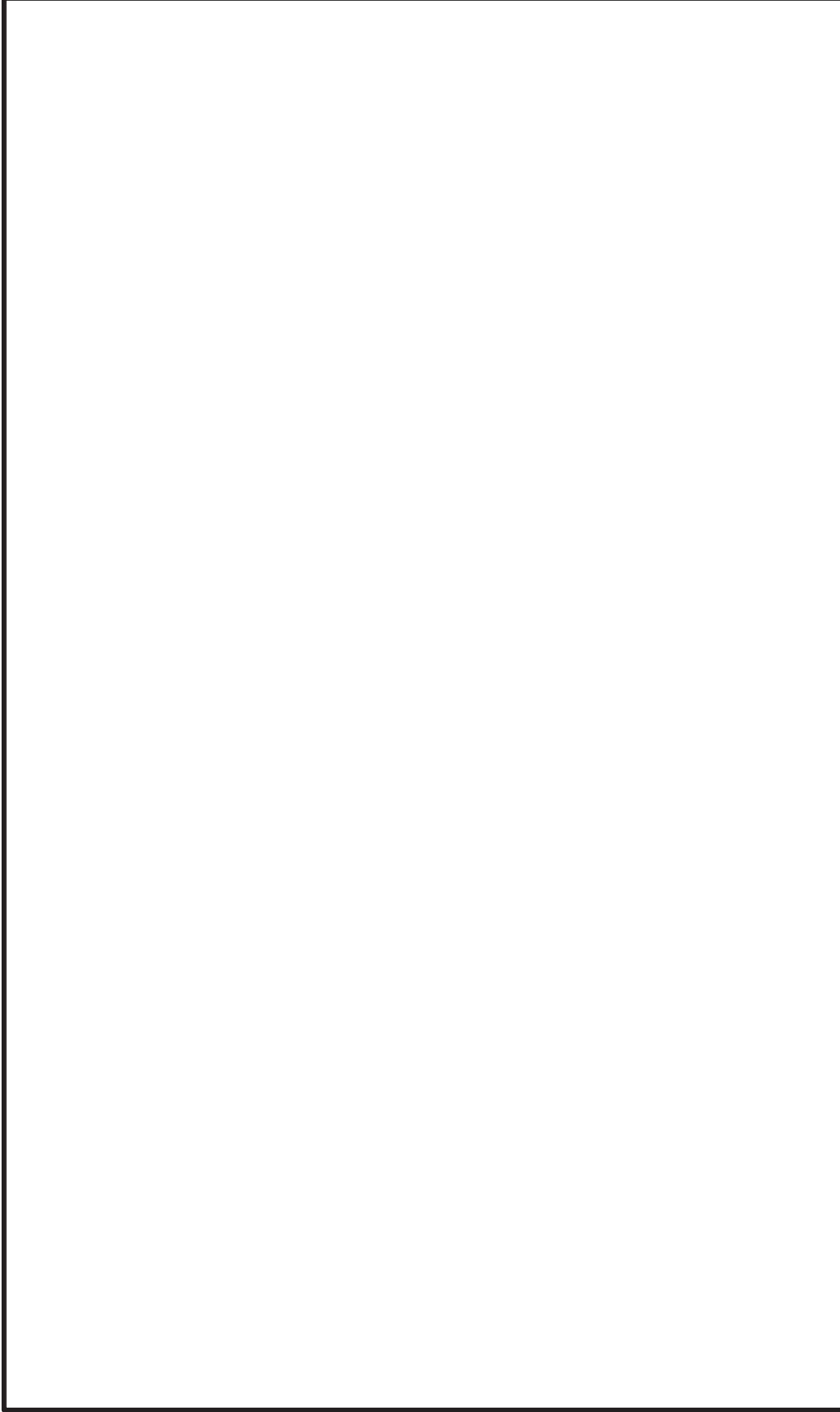
| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|-------|-------------|-------------------|------|------|
|       |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 86 次  |             |                   |      |      |
| 87 次  |             |                   |      |      |
| 88 次  |             |                   |      |      |
| 89 次  |             |                   |      |      |
| 90 次  |             |                   |      |      |
| 91 次  |             |                   |      |      |
| 92 次  |             |                   |      |      |
| 93 次  |             |                   |      |      |
| 94 次  |             |                   |      |      |
| 95 次  |             |                   |      |      |
| 96 次  |             |                   |      |      |
| 97 次  |             |                   |      |      |
| 98 次  |             |                   |      |      |
| 99 次  |             |                   |      |      |
| 100 次 |             |                   |      |      |
| 101 次 |             |                   |      |      |
| 102 次 |             |                   |      |      |
| 103 次 |             |                   |      |      |
| 104 次 |             |                   |      |      |
| 105 次 |             |                   |      |      |
| 106 次 |             |                   |      |      |
| 107 次 |             |                   |      |      |
| 108 次 |             |                   |      |      |
| 109 次 |             |                   |      |      |
| 110 次 |             |                   |      |      |
| 111 次 |             |                   |      |      |
| 112 次 |             |                   |      |      |
| 113 次 |             |                   |      |      |
| 114 次 |             |                   |      |      |
| 115 次 |             |                   |      |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-7 固有周期（設計基準対象施設）（その 5）

| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|-------|-------------|-------------------|------|------|
|       |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 116 次 |             |                   |      |      |
| 117 次 |             |                   |      |      |
| 118 次 |             |                   |      |      |
| 119 次 |             |                   |      |      |
| 120 次 |             |                   |      |      |
| 121 次 |             |                   |      |      |
| 122 次 |             |                   |      |      |
| 123 次 |             |                   |      |      |
| 124 次 |             |                   |      |      |
| 125 次 |             |                   |      |      |
| 126 次 |             |                   |      |      |
| 127 次 |             |                   |      |      |
| 128 次 |             |                   |      |      |
| 129 次 |             |                   |      |      |
| 130 次 |             |                   |      |      |
| 131 次 |             |                   |      |      |
| 132 次 |             |                   |      |      |
| 133 次 |             |                   |      |      |
| 134 次 |             |                   |      |      |
| 135 次 |             |                   |      |      |
| 136 次 |             |                   |      |      |

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

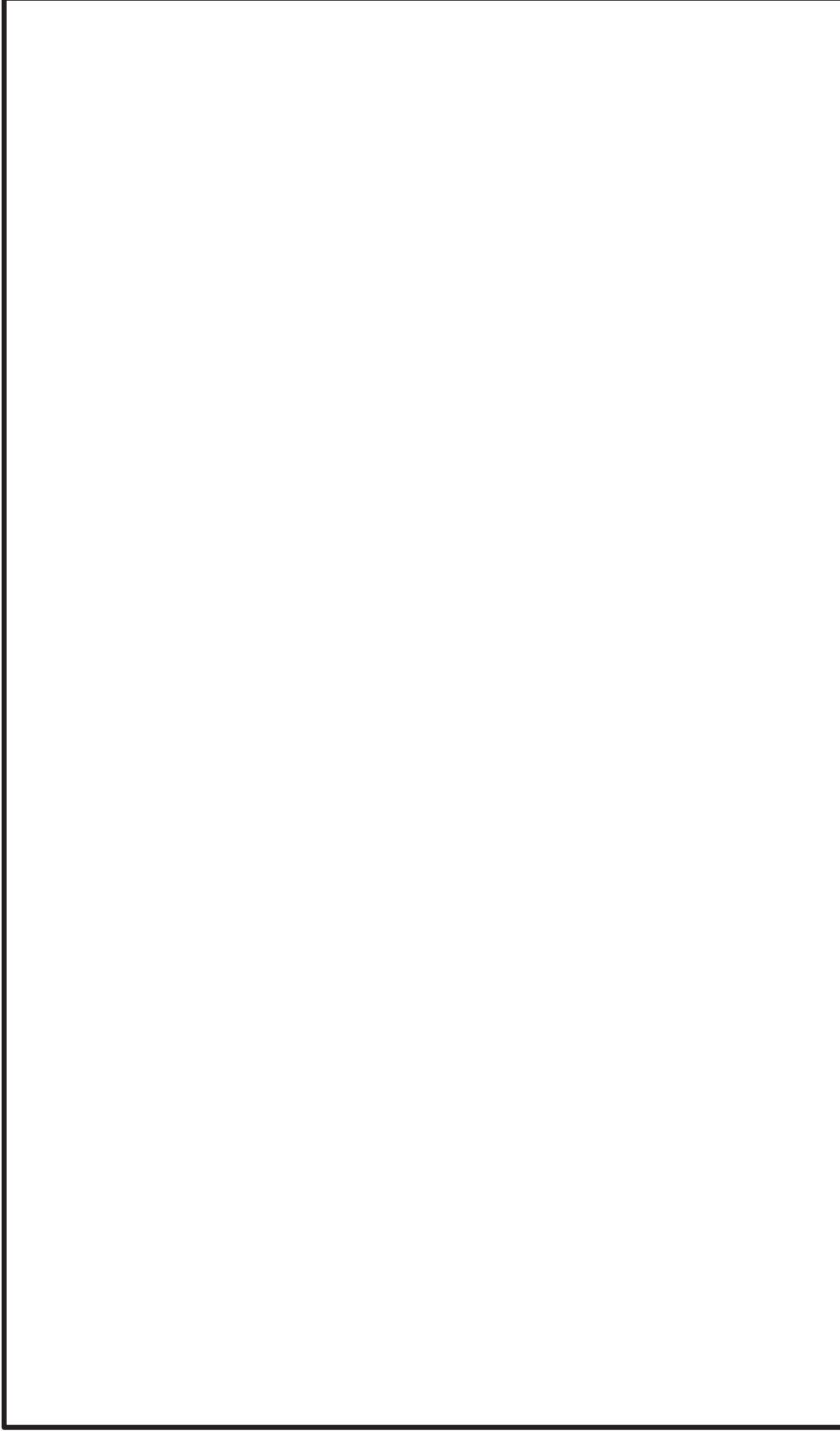


1 次モード

図 4-2 振動モード図 (設計基準対象施設) (その 1)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

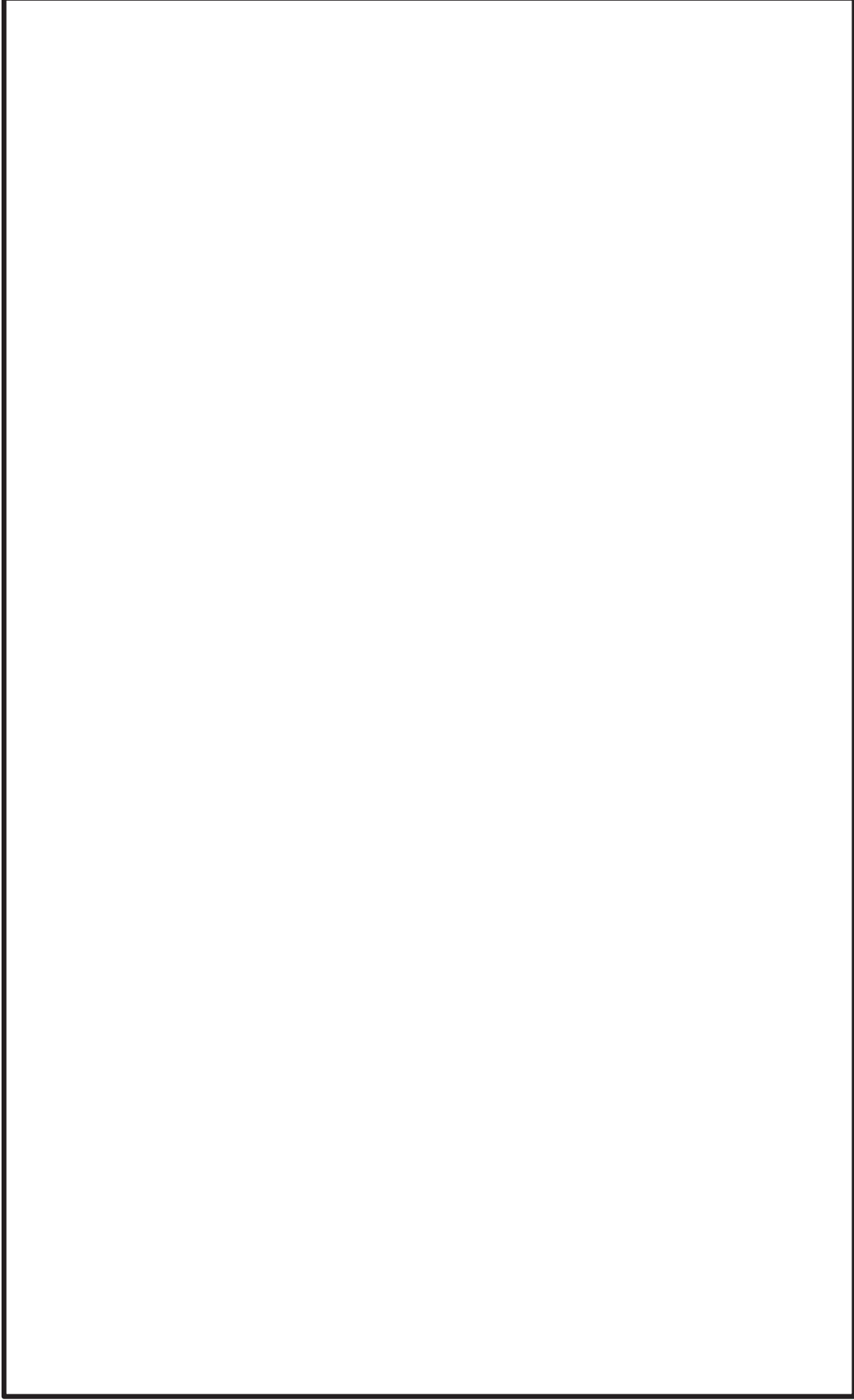




2 次モード

図 4-2 振動モード図（設計基準対象施設）（その 2）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



3 次モード

図 4-2 振動モード図 (設計基準対象施設) (その 3)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) 重大事故等対処設備としての固有周期

重大事故等対処設備の固有周期は、「4.2.4 評価荷重」に示す評価温度及びサプレッションチェンバ内部水の影響を考慮し、図 4-1 に示す解析モデルにより算出する。固有周期を表 4-8 に、振動モード図を 3 次まで代表して図 4-3 にそれぞれ示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。

表 4-8 固有周期（重大事故等対処設備）（その 1）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |     |     |
|------|-------------|-------------------|-----|-----|
|      |             | X方向               | Y方向 | Z方向 |
| 1 次  |             |                   |     |     |
| 2 次  |             |                   |     |     |
| 3 次  |             |                   |     |     |
| 4 次  |             |                   |     |     |
| 5 次  |             |                   |     |     |
| 6 次  |             |                   |     |     |
| 7 次  |             |                   |     |     |
| 8 次  |             |                   |     |     |
| 9 次  |             |                   |     |     |
| 10 次 |             |                   |     |     |
| 11 次 |             |                   |     |     |
| 12 次 |             |                   |     |     |
| 13 次 |             |                   |     |     |
| 14 次 |             |                   |     |     |
| 15 次 |             |                   |     |     |
| 16 次 |             |                   |     |     |
| 17 次 |             |                   |     |     |
| 18 次 |             |                   |     |     |
| 19 次 |             |                   |     |     |
| 20 次 |             |                   |     |     |
| 21 次 |             |                   |     |     |
| 22 次 |             |                   |     |     |
| 23 次 |             |                   |     |     |
| 24 次 |             |                   |     |     |
| 25 次 |             |                   |     |     |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-8 固有周期（重大事故等対処設備）（その 2）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 26 次 |             |       |      |      |
| 27 次 |             |       |      |      |
| 28 次 |             |       |      |      |
| 29 次 |             |       |      |      |
| 30 次 |             |       |      |      |
| 31 次 |             |       |      |      |
| 32 次 |             |       |      |      |
| 33 次 |             |       |      |      |
| 34 次 |             |       |      |      |
| 35 次 |             |       |      |      |
| 36 次 |             |       |      |      |
| 37 次 |             |       |      |      |
| 38 次 |             |       |      |      |
| 39 次 |             |       |      |      |
| 40 次 |             |       |      |      |
| 41 次 |             |       |      |      |
| 42 次 |             |       |      |      |
| 43 次 |             |       |      |      |
| 44 次 |             |       |      |      |
| 45 次 |             |       |      |      |
| 46 次 |             |       |      |      |
| 47 次 |             |       |      |      |
| 48 次 |             |       |      |      |
| 49 次 |             |       |      |      |
| 50 次 |             |       |      |      |
| 51 次 |             |       |      |      |
| 52 次 |             |       |      |      |
| 53 次 |             |       |      |      |
| 54 次 |             |       |      |      |
| 55 次 |             |       |      |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-8 固有周期（重大事故等対処設備）（その 3）

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|------|-------------|-------------------|------|------|
|      |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 56 次 |             |                   |      |      |
| 57 次 |             |                   |      |      |
| 58 次 |             |                   |      |      |
| 59 次 |             |                   |      |      |
| 60 次 |             |                   |      |      |
| 61 次 |             |                   |      |      |
| 62 次 |             |                   |      |      |
| 63 次 |             |                   |      |      |
| 64 次 |             |                   |      |      |
| 65 次 |             |                   |      |      |
| 66 次 |             |                   |      |      |
| 67 次 |             |                   |      |      |
| 68 次 |             |                   |      |      |
| 69 次 |             |                   |      |      |
| 70 次 |             |                   |      |      |
| 71 次 |             |                   |      |      |
| 72 次 |             |                   |      |      |
| 73 次 |             |                   |      |      |
| 74 次 |             |                   |      |      |
| 75 次 |             |                   |      |      |
| 76 次 |             |                   |      |      |
| 77 次 |             |                   |      |      |
| 78 次 |             |                   |      |      |
| 79 次 |             |                   |      |      |
| 80 次 |             |                   |      |      |
| 81 次 |             |                   |      |      |
| 82 次 |             |                   |      |      |
| 83 次 |             |                   |      |      |
| 84 次 |             |                   |      |      |
| 85 次 |             |                   |      |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-8 固有周期（重大事故等対処設備）（その 4）

| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数 <sup>*</sup> |      |      |
|-------|-------------|-------------------|------|------|
|       |             | X 方向              | Y 方向 | Z 方向 |
| 86 次  |             |                   |      |      |
| 87 次  |             |                   |      |      |
| 88 次  |             |                   |      |      |
| 89 次  |             |                   |      |      |
| 90 次  |             |                   |      |      |
| 91 次  |             |                   |      |      |
| 92 次  |             |                   |      |      |
| 93 次  |             |                   |      |      |
| 94 次  |             |                   |      |      |
| 95 次  |             |                   |      |      |
| 96 次  |             |                   |      |      |
| 97 次  |             |                   |      |      |
| 98 次  |             |                   |      |      |
| 99 次  |             |                   |      |      |
| 100 次 |             |                   |      |      |
| 101 次 |             |                   |      |      |
| 102 次 |             |                   |      |      |
| 103 次 |             |                   |      |      |
| 104 次 |             |                   |      |      |
| 105 次 |             |                   |      |      |
| 106 次 |             |                   |      |      |
| 107 次 |             |                   |      |      |
| 108 次 |             |                   |      |      |
| 109 次 |             |                   |      |      |
| 110 次 |             |                   |      |      |
| 111 次 |             |                   |      |      |
| 112 次 |             |                   |      |      |
| 113 次 |             |                   |      |      |
| 114 次 |             |                   |      |      |
| 115 次 |             |                   |      |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-8 固有周期（重大事故等対処設備）（その 5）

| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-------|-------------|-------|------|------|
|       |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 116 次 |             |       |      |      |
| 117 次 |             |       |      |      |
| 118 次 |             |       |      |      |
| 119 次 |             |       |      |      |
| 120 次 |             |       |      |      |
| 121 次 |             |       |      |      |
| 122 次 |             |       |      |      |
| 123 次 |             |       |      |      |
| 124 次 |             |       |      |      |
| 125 次 |             |       |      |      |
| 126 次 |             |       |      |      |
| 127 次 |             |       |      |      |
| 128 次 |             |       |      |      |
| 129 次 |             |       |      |      |
| 130 次 |             |       |      |      |
| 131 次 |             |       |      |      |
| 132 次 |             |       |      |      |
| 133 次 |             |       |      |      |
| 134 次 |             |       |      |      |
| 135 次 |             |       |      |      |
| 136 次 |             |       |      |      |
| 137 次 |             |       |      |      |
| 138 次 |             |       |      |      |
| 139 次 |             |       |      |      |
| 140 次 |             |       |      |      |
| 141 次 |             |       |      |      |
| 142 次 |             |       |      |      |
| 143 次 |             |       |      |      |
| 144 次 |             |       |      |      |
| 145 次 |             |       |      |      |

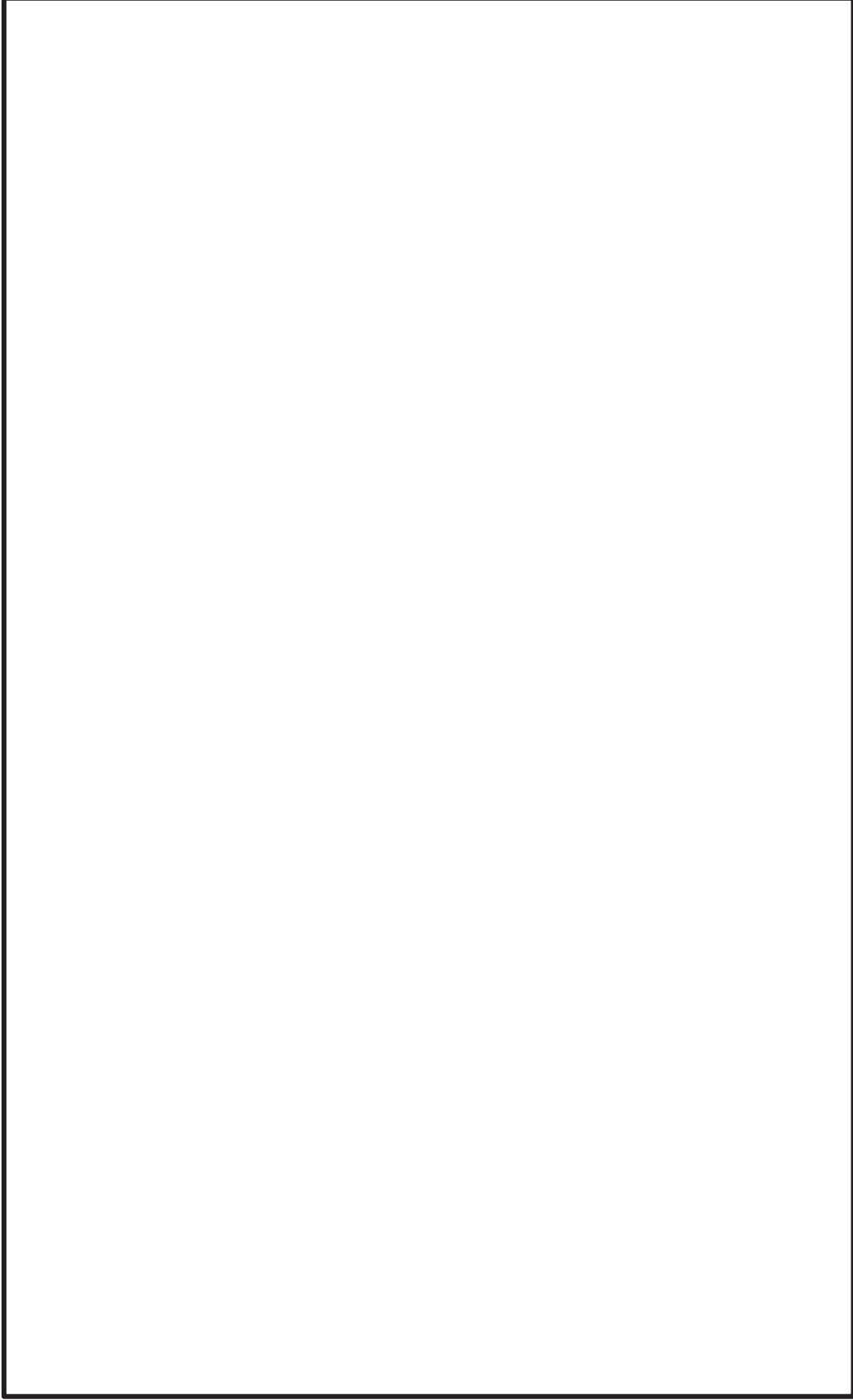
注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-8 固有周期（重大事故等対処設備）（その 6）

| モード   | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-------|-------------|-------|------|------|
|       |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 146 次 |             |       |      |      |
| 147 次 |             |       |      |      |
| 148 次 |             |       |      |      |
| 149 次 |             |       |      |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

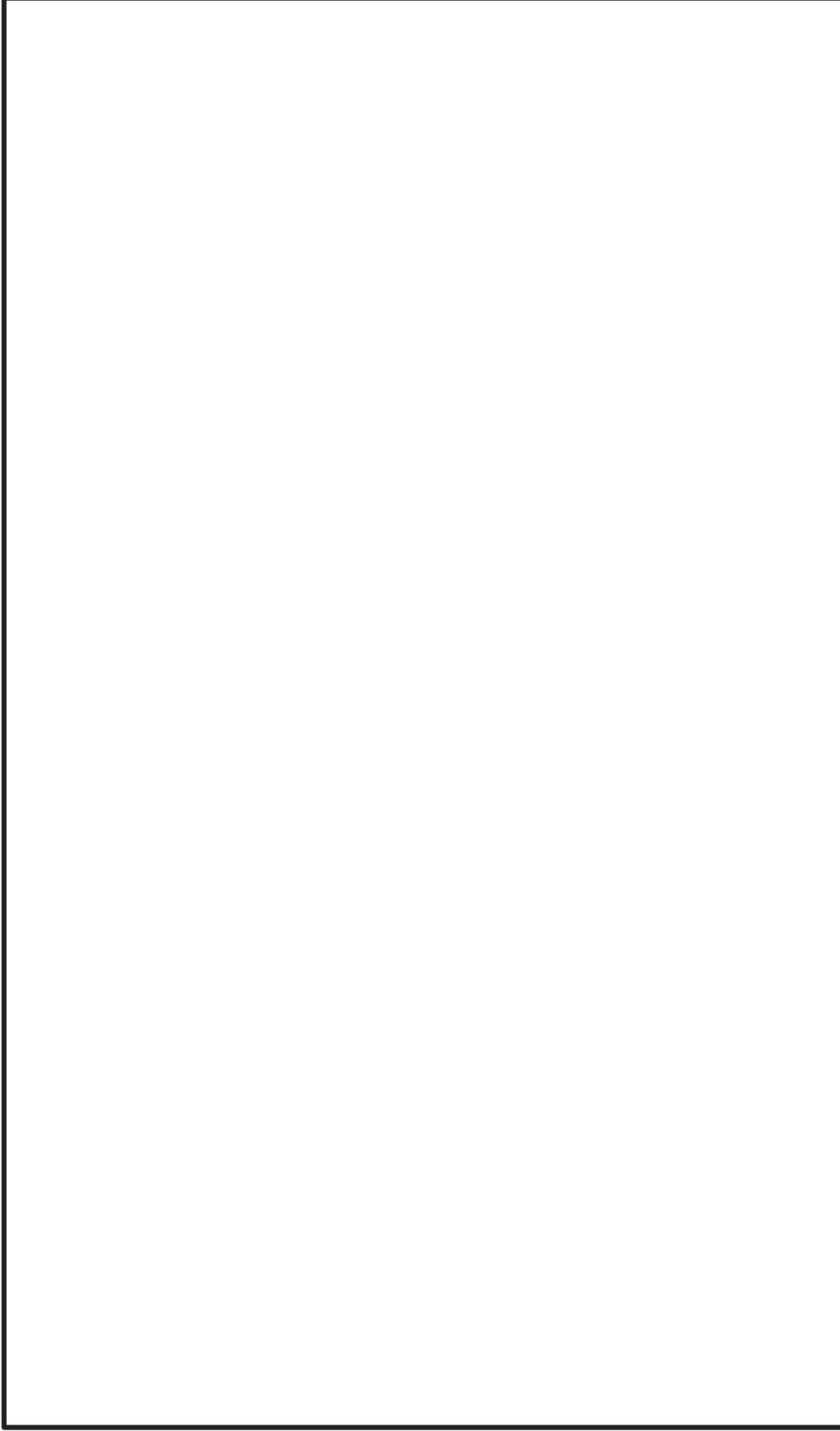




1 次モード

図 4-3 振動モード図（重大事故等対処設備）（その 1）

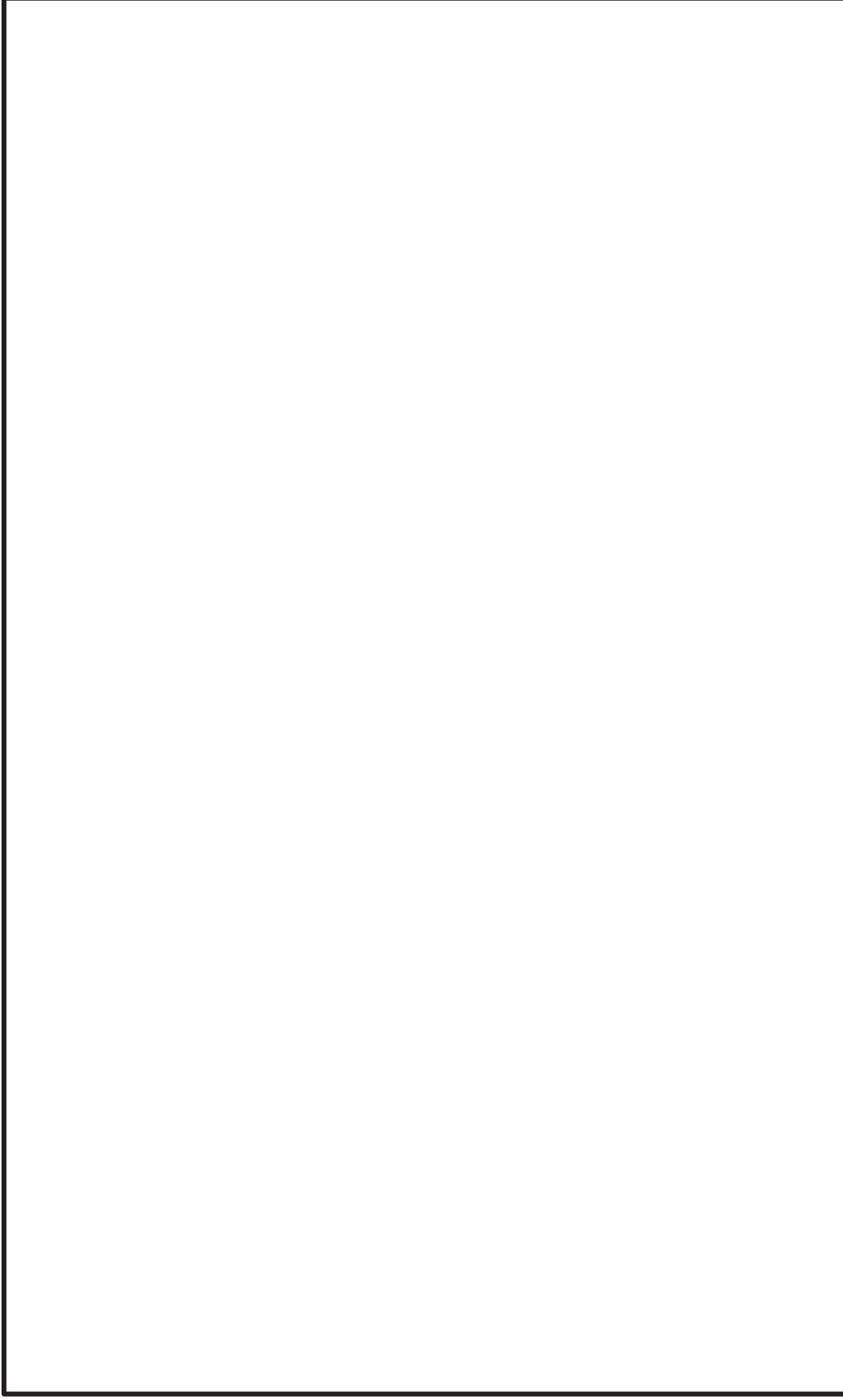
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



2 次モード

図 4-3 振動モード図（重大事故等対処設備）（その 2）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



3 次モード

図 4-3 振動モード図 (重大事故等対処設備) (その 3)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-9 及び表 4-10 に示す。

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。また，減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 1）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 1 次                | 0.293       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 2 次                | 0.144       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 3 次                | 0.144       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 4 次                | 0.131       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 5 次                | 0.131       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 6 次                | 0.124       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 7 次                | 0.124       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 8 次                | 0.119       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 9 次                | 0.113       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 10 次               | 0.097       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 11 次               | 0.089       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 12 次               | 0.089       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 13 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 14 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 15 次               | 0.080       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 2）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 16 次               | 0.080       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 17 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 18 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 19 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 20 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 21 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 22 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 23 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 24 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 25 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 26 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 27 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 28 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 29 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 30 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 3）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 31 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 32 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 33 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 34 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 35 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 36 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 37 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 38 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 39 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 40 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 41 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 42 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 43 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 44 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 45 次               | 0.078       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 4）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 46 次               | 0.078       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 47 次               | 0.077       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 48 次               | 0.077       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 49 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 50 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 51 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 52 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 53 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 54 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 55 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 56 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 57 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 58 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 59 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 60 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。



表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 5）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>               |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-------------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度               |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                            |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                            | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 61 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 62 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 63 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 64 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 65 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 66 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 67 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 68 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 69 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 70 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 71 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 72 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 73 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 74 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |
| 75 次               | 0. 074      |                                                 |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1 : ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2 : ベント管, ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため, 添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3 : 各モードの固有周期に対し, 設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 6）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 76 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 77 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 78 次               | 0.073       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 79 次               | 0.073       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 80 次               | 0.073       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 81 次               | 0.070       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 82 次               | 0.070       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 83 次               | 0.068       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 84 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 85 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 86 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 87 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 88 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 89 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 90 次               | 0.064       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 7）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 91 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 92 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 93 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 94 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 95 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 96 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 97 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 98 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 99 次               | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 100 次              | 0. 063      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 101 次              | 0. 063      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 102 次              | 0. 063      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 103 次              | 0. 062      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 104 次              | 0. 062      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 105 次              | 0. 062      |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 8）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 106 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 107 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 108 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 109 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 110 次              | 0.062       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 111 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 112 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 113 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 114 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 115 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 116 次              | 0.061       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 117 次              | 0.060       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 118 次              | 0.058       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 119 次              | 0.058       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 120 次              | 0.058       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-9 設計用地震力（設計基準対象施設）（その 9）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m)  |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|---------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)            |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                 |             | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度                        |      |                          | 基準地震動 S s            |      |                          |
| モード                 | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                     |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 121 次               | 0. 058      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 122 次               | 0. 058      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 123 次               | 0. 058      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 124 次               | 0. 058      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 125 次               | 0. 058      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 126 次               | 0. 057      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 127 次               | 0. 057      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 128 次               | 0. 057      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 129 次               | 0. 056      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 130 次               | 0. 056      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 131 次               | 0. 054      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 132 次               | 0. 054      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 133 次               | 0. 053      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 134 次               | 0. 052      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 135 次               | 0. 052      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 136 次 <sup>*4</sup> | 0. 049      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 動的地震力 <sup>*5</sup> |             |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 静的地震力 <sup>*6</sup> |             |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1 : ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2 : ベント管、ベントヘッダ及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3 : 各モードの固有周期に対し、設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

\*4 : 135 次までは固有周期が 0.050s より長いモード、136 次は固有周期 0.050s 以下のモードを示す。

\*5 : S<sub>d</sub> 又は S<sub>s</sub> 地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*6 : 静的震度 (3.6・C<sub>i</sub> 及び 1.2・C<sub>v</sub>) を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 1）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 1 次                | 0. 364      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 2 次                | 0. 172      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 3 次                | 0. 172      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 4 次                | 0. 154      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 5 次                | 0. 154      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 6 次                | 0. 147      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 7 次                | 0. 147      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 8 次                | 0. 142      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 9 次                | 0. 125      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 10 次               | 0. 111      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 11 次               | 0. 103      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 12 次               | 0. 103      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 13 次               | 0. 098      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 14 次               | 0. 098      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 15 次               | 0. 090      |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 2）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 16 次               | 0.090       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 17 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 18 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 19 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 20 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 21 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 22 次               | 0.086       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 23 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 24 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 25 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 26 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 27 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 28 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 29 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 30 次               | 0.085       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 3）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 31 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 32 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 33 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 34 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 35 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 36 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 37 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 38 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 39 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 40 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 41 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 42 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 43 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 44 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 45 次               | 0. 085      |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。



表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 4）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>          |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平：1.0 <sup>*2</sup> 鉛直：1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度         |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                      |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                      | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 46 次               | 0.085       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 47 次               | 0.085       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 48 次               | 0.085       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 49 次               | 0.081       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 50 次               | 0.081       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 51 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 52 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 53 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 54 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 55 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 56 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 57 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 58 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 59 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |
| 60 次               | 0.080       |                                           |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 5）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>            |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|---------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度           |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                        |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                        | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 61 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 62 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 63 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 64 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 65 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 66 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 67 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 68 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 69 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 70 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 71 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 72 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 73 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 74 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 75 次               | 0.080       |                                             |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 6）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0.P. 2. 60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 76 次               | 0.080       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 77 次               | 0.080       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 78 次               | 0.080       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 79 次               | 0.080       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 80 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 81 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 82 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 83 次               | 0.079       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 84 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 85 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 86 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 87 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 88 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 89 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 90 次               | 0.074       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0.P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 7）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 91 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 92 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 93 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 94 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 95 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 96 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 97 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 98 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 99 次               | 0. 074      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 100 次              | 0. 073      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 101 次              | 0. 073      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 102 次              | 0. 072      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 103 次              | 0. 072      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 104 次              | 0. 072      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 105 次              | 0. 072      |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 8）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直 : 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 106 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 107 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 108 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 109 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 110 次              | 0.072       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 111 次              | 0.071       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 112 次              | 0.071       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 113 次              | 0.071       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 114 次              | 0.071       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 115 次              | 0.070       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 116 次              | 0.070       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 117 次              | 0.070       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 118 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 119 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 120 次              | 0.067       |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 9）

| 据付場所及び<br>設置高さ (m) |             | 原子炉格納容器 0. P. 2. 60 <sup>*1</sup>             |      |                          |                      |      |                          |
|--------------------|-------------|-----------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 減衰定数 (%)           |             | 水平： 1. 0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1. 0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                |             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度             |      |                          | 基準地震動 S <sub>s</sub> |      |                          |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                          |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                    |             | X 方向                                          | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 121 次              | 0. 067      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 122 次              | 0. 067      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 123 次              | 0. 067      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 124 次              | 0. 067      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 125 次              | 0. 067      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 126 次              | 0. 066      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 127 次              | 0. 066      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 128 次              | 0. 066      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 129 次              | 0. 066      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 130 次              | 0. 066      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 131 次              | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 132 次              | 0. 064      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 133 次              | 0. 063      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 134 次              | 0. 062      |                                               |      |                          |                      |      |                          |
| 135 次              | 0. 062      |                                               |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッド及びダウンカムは溶接構造物に区分されるため，添付書類

「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

表 4-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）（その 10）

|                     |             |                                             |      |                          |                      |      |                          |
|---------------------|-------------|---------------------------------------------|------|--------------------------|----------------------|------|--------------------------|
| 据付場所及び<br>設置高さ(m)   |             | 原子炉格納容器 0.P.2.60 <sup>*1</sup>              |      |                          |                      |      |                          |
| 減衰定数(%)             |             | 水平： 1.0 <sup>*2</sup> 鉛直： 1.0 <sup>*2</sup> |      |                          |                      |      |                          |
| 地震力                 |             | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度                      |      |                          | 基準地震動 S s            |      |                          |
| モード                 | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup>                        |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |      | 応答鉛直<br>震度 <sup>*3</sup> |
|                     |             | X 方向                                        | Y 方向 | Z 方向                     | X 方向                 | Y 方向 | Z 方向                     |
| 136 次               | 0.059       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 137 次               | 0.058       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 138 次               | 0.057       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 139 次               | 0.057       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 140 次               | 0.055       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 141 次               | 0.055       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 142 次               | 0.054       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 143 次               | 0.054       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 144 次               | 0.054       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 145 次               | 0.052       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 146 次               | 0.051       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 147 次               | 0.051       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 148 次               | 0.050       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 149 次 <sup>*4</sup> | 0.049       |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 動的地震力 <sup>*5</sup> |             |                                             |      |                          |                      |      |                          |
| 静的地震力 <sup>*6</sup> |             |                                             |      |                          |                      |      |                          |

注記\*1：ベント管が設置される原子炉格納容器 0. P. 2. 60m の床応答スペクトルを適用する。

\*2：ベント管，ベントヘッダ及びダウンカマは溶接構造物に区分されるため，添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の溶接構造物の減衰定数を用いる。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答スペクトルより得られる震度を示す。

\*4：148 次までは固有周期が 0. 050s より長いモード，149 次は固有周期 0. 050s 以下のモードを示す。

\*5：S<sub>d</sub>又はS<sub>s</sub>地震動に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度を示す。

\*6：静的震度（3. 6・C<sub>i</sub>及び1. 2・C<sub>v</sub>）を示す。

4.6 計算方法

4.6.1 応力評価点

ベント管の応力評価点を表 4-11 及び図 4-4 に示す。各応力評価点の応力は、図 4-1 に示す解析モデルを用いて計算する。

表 4-11 応力評価点

| 応力評価点番号         | 応力評価点       |
|-----------------|-------------|
| P1              | ベント管（一般部）   |
| P2 <sup>*</sup> | ベント管（一般部以外） |
| P3              | 真空破壊装置スリーブ  |

注記＊：既工認の応力評価点 P1～P10 を包絡する。ベント管頂部，ベント管底部，ベント管 T 継手部，ベント管とベントヘッダの接続部，ベント管と真空破壊装置の接続部及びベント管と補強リブの接続部を含む範囲の最大応力を評価する。



図 4-4 ベント管の応力評価点



#### 4.6.2 応力計算方法

ベント管の応力計算方法について以下に示す。

##### (1) 設計基準対象施設としての応力計算

設計基準対象施設としての応力は、応力評価点 P1～P3 に対し、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルにより算出する。

##### (2) 重大事故等対処設備としての応力計算

重大事故等対処設備としての応力は、応力評価点 P1～P3 に対し、「4.3 解析モデル及び諸元」に示す解析モデルにより算出する。

#### 4.7 計算条件

応力解析に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」及び「4.5 設計用地震力」に示す。

#### 4.8 応力の評価

「4.6 計算方法」で求めた各応力が、表 4-3 で定める許容応力以下であること。ただし、一次＋二次応力が許容値を満足しない場合は、設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313 を除く。また、 $S_m$ はSと読み替える。）に基づいて疲労評価を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ベント管の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-1 から表 5-3 に示す。

表中の「荷重の組合せ」欄には、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 3-6 の荷重の組合せの No. を記載する。

なお、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 3.1.23 項にて、設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため、一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

表 5-1 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に対する評価結果 (D + P + M + S d<sup>\*</sup>)

| 評価対象<br>設備 | 評価部位 | 応力分類       | Ⅲ <sub>A</sub> S |      | 判定 | 荷重の<br>組合せ | 備考 |
|------------|------|------------|------------------|------|----|------------|----|
|            |      |            | 算出応力             | 許容応力 |    |            |    |
|            |      |            | MPa              | MPa  |    |            |    |
| ベント管       | P1   | 一次一般膜応力    | 76               | 229  | ○  | (9)        |    |
|            |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 76               | 344  | ○  | (9)        |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 158              | 393  | ○  | (9)        |    |
|            | P2   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 117              | 344  | ○  | (9)        |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 251              | 393  | ○  | (9)        |    |
|            | P3   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 44               | 344  | ○  | (9)        |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 187              | 393  | ○  | (9)        |    |

表 5-2 許容応力状態IV<sub>A</sub>S に対する評価結果 (D + P + M + S<sub>s</sub>)

| 評価対象<br>設備 | 評価部位 | 応力分類       | IV <sub>A</sub> S |      | 判定 | 荷重の<br>組合せ | 備考 |
|------------|------|------------|-------------------|------|----|------------|----|
|            |      |            | 算出応力              | 許容応力 |    |            |    |
|            |      |            | MPa               | MPa  |    |            |    |
| ベント管       | P1   | 一次一般膜応力    | 111               | 253  | ○  | (11)       |    |
|            |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 111               | 380  | ○  | (11)       |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 124               | 393  | ○  | (11)       |    |
|            | P2   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 172               | 380  | ○  | (11)       |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 371               | 393  | ○  | (11)       |    |
|            | P3   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 64                | 380  | ○  | (11)       |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 275               | 393  | ○  | (11)       |    |

表 5-3
 許容応力状態IV<sub>AS</sub>に対する評価結果 (D + P<sub>L</sub> + M<sub>L</sub> + S<sub>d</sub><sup>\*</sup>)

| 評価対象<br>設備 | 評価部位 | 応力分類       | IV <sub>AS</sub> |      | 判定 | 荷重の<br>組合せ | 備考 |
|------------|------|------------|------------------|------|----|------------|----|
|            |      |            | 算出応力             | 許容応力 |    |            |    |
|            |      |            | MPa              | MPa  |    |            |    |
| ベント管       | P1   | 一次一般膜応力    | 92               | 253  | ○  | (16)       |    |
|            |      | 一次膜＋一次曲げ応力 | 92               | 380  | ○  | (16)       |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 158              | 393  | ○  | (16)       |    |
|            | P2   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 127              | 380  | ○  | (16)       |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 251              | 393  | ○  | (16)       |    |
|            | P3   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 55               | 380  | ○  | (16)       |    |
|            |      | 一次＋二次応力    | 187              | 393  | ○  | (16)       |    |

## 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ベント管の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を表 5-4 及び表 5-5 に示す。

なお、添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」の 3.1.23 項にて、設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすことを確認しているため、一次＋二次＋ピーク応力強さの評価は不要である。

### (2) 疲労評価結果

疲労評価結果を表 5-6 に示す。

表 5-4
 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果
 ( $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ )

| 評価対象<br>設備 | 評価部位              | 応力分類       | $V_{AS}$ |      | 判定 | 備考 |
|------------|-------------------|------------|----------|------|----|----|
|            |                   |            | 算出応力     | 許容応力 |    |    |
|            |                   |            | MPa      | MPa  |    |    |
| ベント管       | P1<br>ベント管（一般部）   | 一次一般膜応力    | 66       | 253  | ○  |    |
|            |                   | 一次膜＋一次曲げ応力 | 66       | 380  | ○  |    |
|            |                   | 一次＋二次応力    | 233      | 393  | ○  |    |
|            | P2<br>ベント管（一般部以外） | 一次膜＋一次曲げ応力 | 144      | 380  | ○  |    |
|            |                   | 一次＋二次応力    | 195      | 393  | ○  |    |
|            | P3<br>真空破壊装置スリーブ  | 一次膜＋一次曲げ応力 | 35       | 380  | ○  |    |
|            |                   | 一次＋二次応力    | 144      | 393  | ○  |    |

表 5-5 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果 ( $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_S$ )

| 評価対象<br>設備 | 評価部位       | 応力分類       | $V_{AS}$ |      | 判定 | 備考 |
|------------|------------|------------|----------|------|----|----|
|            |            |            | 算出応力     | 許容応力 |    |    |
|            |            |            | MPa      | MPa  |    |    |
| ベント管       | P1         | 一次一般膜応力    | 128      | 257  | ○  |    |
|            |            | 一次膜＋一次曲げ応力 | 128      | 386  | ○  |    |
|            |            | 一次＋二次応力    | 266      | 393  | ○  |    |
|            | P2         | 一次膜＋一次曲げ応力 | 193      | 386  | ○  |    |
|            |            | 一次＋二次応力    | 418      | 393  | ×* |    |
|            | P3         | 一次膜＋一次曲げ応力 | 72       | 386  | ○  |    |
|            |            | 一次＋二次応力    | 309      | 393  | ○  |    |
|            | 真空破壊装置スリーブ |            |          |      |    |    |
|            |            |            |          |      |    |    |

注記＊：P2 の一次＋二次応力評価は許容値を満足しないが，設計・建設規格 PVB-3300 に基づいて疲労評価を行い，十分な構造強度を有していることを確認した。



表 5－6 許容応力状態  $V_A S$  に対する疲労評価結果

| 評価部位 | $S_n$<br>(MPa) | $K_e$ | $S_p$<br>(MPa) | $S_\theta$<br>(MPa) | $S_\theta^*$<br>(MPa) | $N_a$<br>(回) | $N_c$<br>(回) | 疲労累積係数<br>$N_c/N_a$ |
|------|----------------|-------|----------------|---------------------|-----------------------|--------------|--------------|---------------------|
| P2   | 418            | 1.39  | 878            | 611                 | 647                   | 696          | 340          | 0.489               |

注記\* :  $S_\theta$  に  $(2.07 \times 10^5 / E)$  を乗じた値である。

$$E = 1.96 \times 10^5 \text{ MPa}$$

6. 参照図書

- (1) 女川原子力発電所第 2 号機 第 2 回工事計画認可申請書  
添付書類「IV-3-1-1-14 ベント管の強度計算書」

VI-2-9-4-4 放射性物質濃度制御設備及び可燃性ガス濃度制御設備並びに  
格納容器再循環設備の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-9-4-4-1 非常用ガス処理系の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-4-2 可燃性ガス濃度制御系の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-4-3 原子炉建屋水素濃度制御系の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-4-4 可搬型窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

# VI-2-9-4-4-1 非常用ガス処理系の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-9-4-4-1-1 非常用ガス処理系空気乾燥装置の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-4-1-2 管の耐震性についての計算書（非常用ガス処理系）
- VI-2-9-4-4-1-3 非常用ガス処理系排風機の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-4-1-4 非常用ガス処理系フィルタ装置の耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-4-1-5 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-4-1-2 管の耐震性についての計算書  
(非常用ガス処理系)

## 設計基準対象施設



## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 4  |
| 3. 計算条件 .....                     | 8  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 8  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 9  |
| 3.3 設計条件 .....                    | 10 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 15 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 16 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 17 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 17 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 23 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 23 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 24 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 25 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 26 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、非常用ガス処理系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

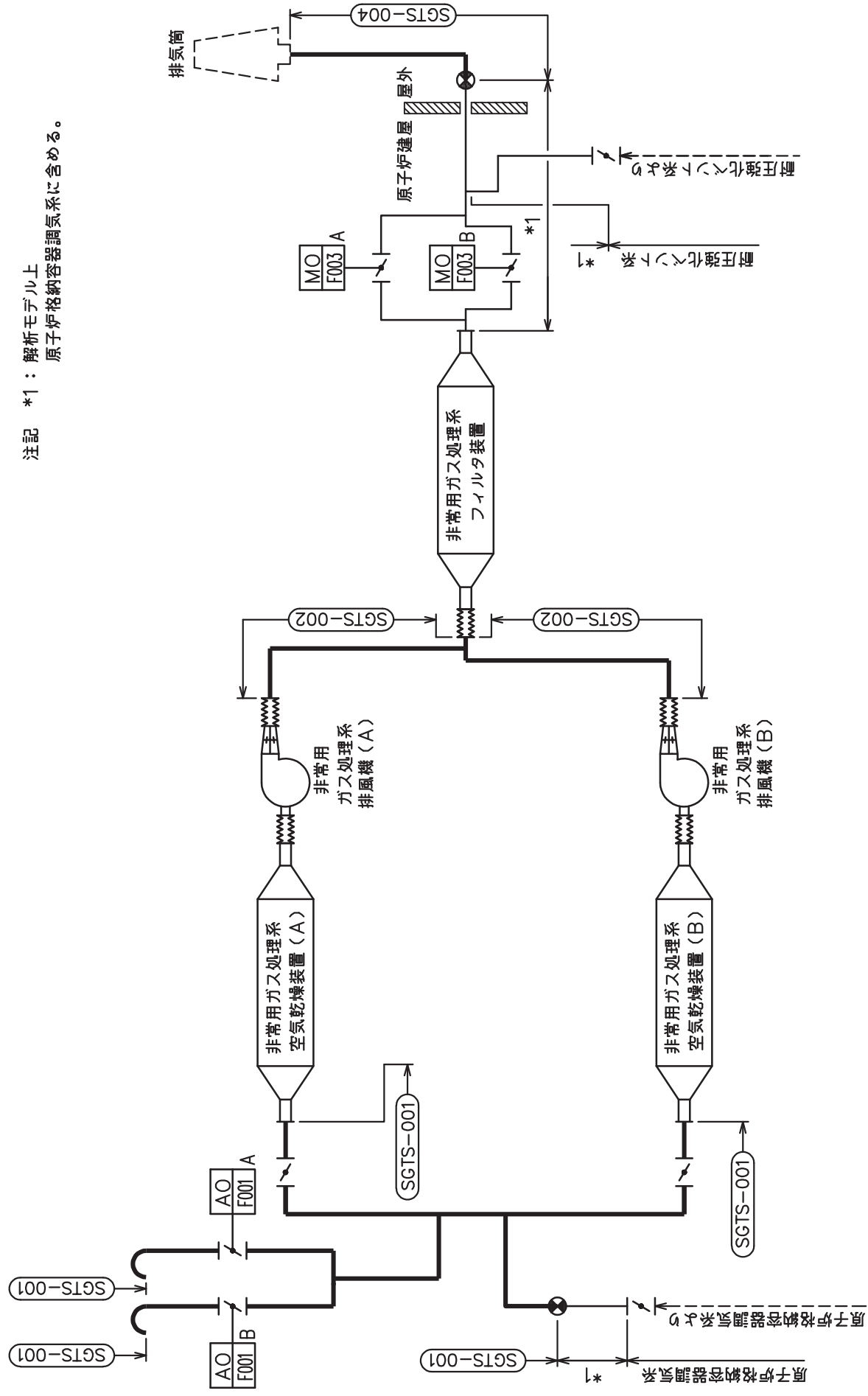
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

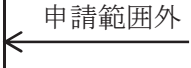
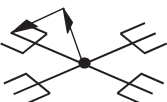
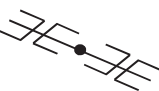
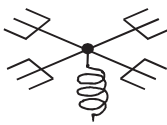
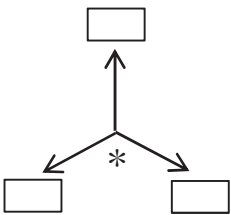
| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |

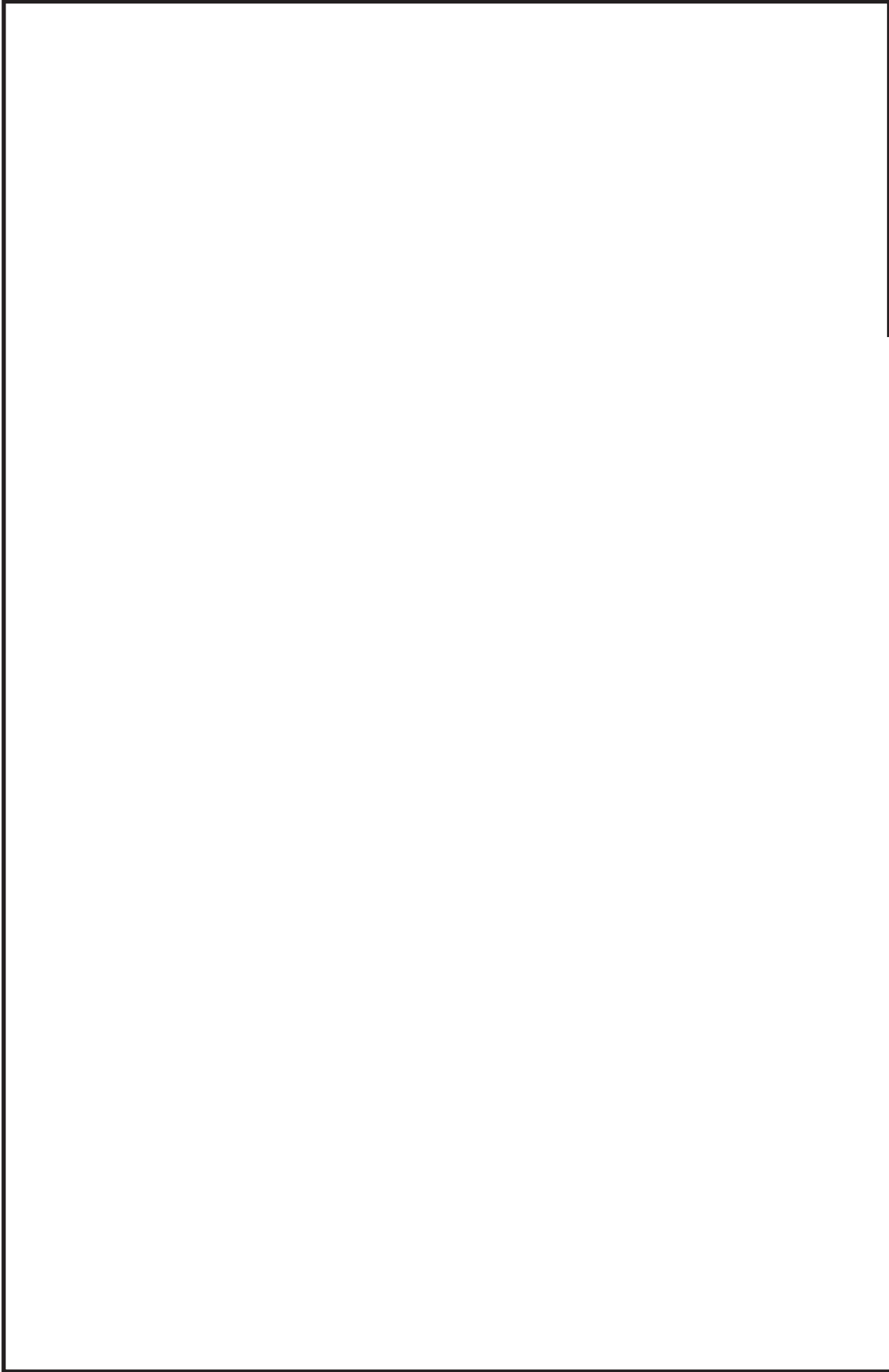


非常用力又处理系统图

## 2.2 鳥瞰図

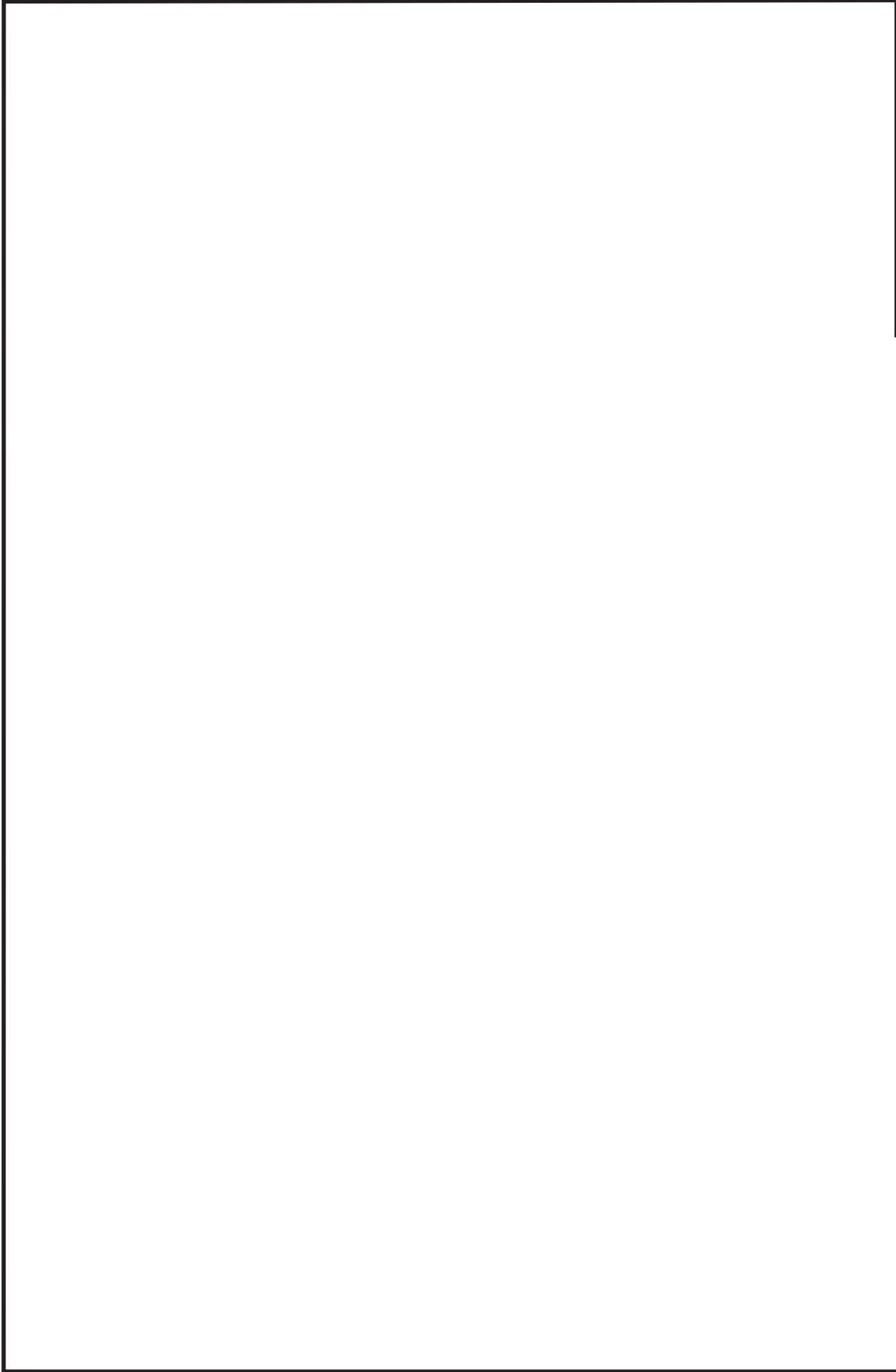
鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                       |
|  | スナッパ                                                                                                                                             |
|  | ハンガ                                                                                                                                              |
|  | ガイド                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。) |



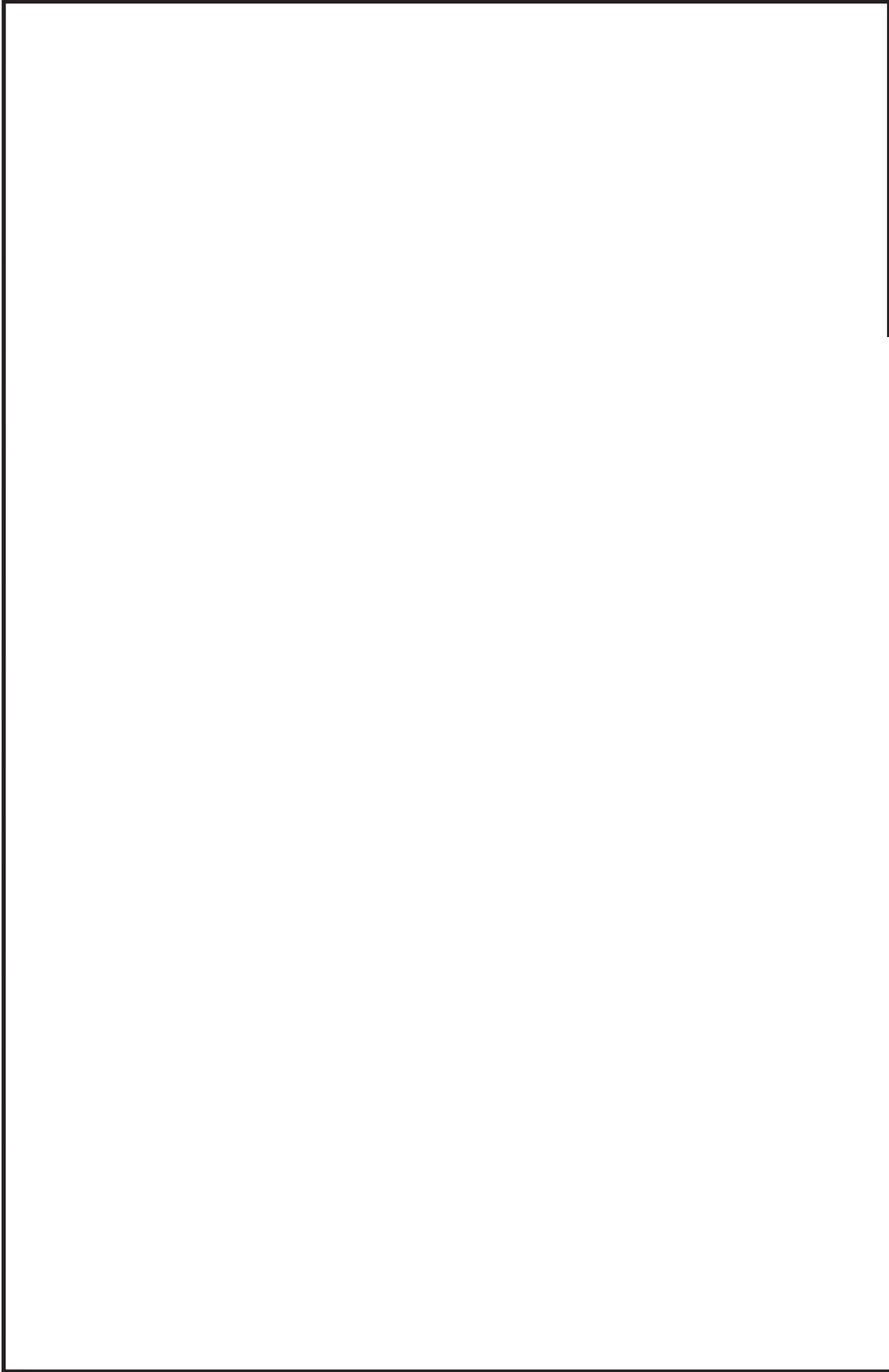
|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | SGTS-004-1/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | SGTS-004-2/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | SGTS-004-3/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称        | 設備名称               | 系統名称     | 施設<br>分類*1 | 設備分類 | 機器等<br>の区分 | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*2, *3         | 許容応力<br>状態       |
|-------------|--------------------|----------|------------|------|------------|-------------|----------------------|------------------|
| 原子炉格納<br>施設 | 圧力低減設備その他の<br>安全設備 | 非常用ガス処理系 | D B        | —    | クラス 4 管    | S           | I <sub>L</sub> + S d | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|             |                    |          |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d |                  |
|             |                    |          |            |      |            |             | I <sub>L</sub> + S s | Ⅳ <sub>A</sub> S |
|             |                    |          |            |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s |                  |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字 L は荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    S G T S－0 0 4

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa)        | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|------------------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 23.5kPa<br>(0.0235MPa) | 140           | 318.5      | 10.3       | STS410 | S           | 195400         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 S G T S - 0 0 4

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
|     | 16            | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |
|     | 31            | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  |
|     | 46            | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  |
|     | 61            | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  |
|     | 76            | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  |
|     | 91            | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 |
|     | 106           | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
|     | 121           | 122 | 123 | 300 | 301 | 800 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 28  |        | 55  |        | 82  |        | 109 |        |
| 2   |        | 29  |        | 56  |        | 83  |        | 110 |        |
| 3   |        | 30  |        | 57  |        | 84  |        | 111 |        |
| 4   |        | 31  |        | 58  |        | 85  |        | 112 |        |
| 5   |        | 32  |        | 59  |        | 86  |        | 113 |        |
| 6   |        | 33  |        | 60  |        | 87  |        | 114 |        |
| 7   |        | 34  |        | 61  |        | 88  |        | 115 |        |
| 8   |        | 35  |        | 62  |        | 89  |        | 116 |        |
| 9   |        | 36  |        | 63  |        | 90  |        | 117 |        |
| 10  |        | 37  |        | 64  |        | 91  |        | 118 |        |
| 11  |        | 38  |        | 65  |        | 92  |        | 119 |        |
| 12  |        | 39  |        | 66  |        | 93  |        | 120 |        |
| 13  |        | 40  |        | 67  |        | 94  |        | 121 |        |
| 14  |        | 41  |        | 68  |        | 95  |        | 122 |        |
| 15  |        | 42  |        | 69  |        | 96  |        | 123 |        |
| 16  |        | 43  |        | 70  |        | 97  |        | 300 |        |
| 17  |        | 44  |        | 71  |        | 98  |        | 301 |        |
| 18  |        | 45  |        | 72  |        | 99  |        | 800 |        |
| 19  |        | 46  |        | 73  |        | 100 |        | 901 |        |
| 20  |        | 47  |        | 74  |        | 101 |        | 902 |        |
| 21  |        | 48  |        | 75  |        | 102 |        | 903 |        |
| 22  |        | 49  |        | 76  |        | 103 |        | 904 |        |
| 23  |        | 50  |        | 77  |        | 104 |        | 905 |        |
| 24  |        | 51  |        | 78  |        | 105 |        | 906 |        |
| 25  |        | 52  |        | 79  |        | 106 |        |     |        |
| 26  |        | 53  |        | 80  |        | 107 |        |     |        |
| 27  |        | 54  |        | 81  |        | 108 |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S G T S - 0 0 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号    | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|          | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1        |                 |   |   |                       |   |   |
| 5        |                 |   |   |                       |   |   |
| 8        |                 |   |   |                       |   |   |
| 13       |                 |   |   |                       |   |   |
| 16       |                 |   |   |                       |   |   |
| 20       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 27 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 28       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 33 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 34       |                 |   |   |                       |   |   |
| 37       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 37 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 41       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 41 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 46 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 53 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 57 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 61 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 65 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 69 ** |                 |   |   |                       |   |   |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S G T S - 0 0 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| ** 73 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 77 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 81 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 84 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 87 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 89 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 91 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 93 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 95 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 103       |                 |   |   |                       |   |   |
| 107       |                 |   |   |                       |   |   |
| 111       |                 |   |   |                       |   |   |
| 114       |                 |   |   |                       |   |   |
| 119       |                 |   |   |                       |   |   |
| 122       |                 |   |   |                       |   |   |
| 901       |                 |   |   |                       |   |   |
| 902       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 903 ** |                 |   |   |                       |   |   |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    S G T S - 0 0 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 904       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 904 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 905       |                 |   |   |                       |   |   |
| 906       |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料     | 最高使用温度<br>(℃) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|--------|---------------|------------|-----|-----|-----|
|        |               | S m        | S y | S u | S h |
| STS410 | 140           | —          | 215 | 404 | —   |



3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図           | 建物・構築物   | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|----------|----------------|----------|
| S G T S - 0 0 4 | 原子炉建屋    |                |          |
|                 | 排気筒連絡ダクト |                |          |
|                 | 排気筒基礎    |                |          |

02 ⑤ VI-2-9-4-4-1-2 (設) R0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 SGT S-004

| 適用する地震動等  |             | S d 及び静的震度    |       |          | S s           |       |          |
|-----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|
| モード       | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|           |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 2 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 3 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 4 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 5 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 6 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 7 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 8 次       |             |               |       |          |               |       |          |
| 49 次      |             |               |       |          |               |       |          |
| 50 次*2    |             |               |       |          |               |       |          |
| 動 的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |
| 静 的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
 \*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
 \*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*4：3.6C<sub>I</sub>及び1.2C<sub>V</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

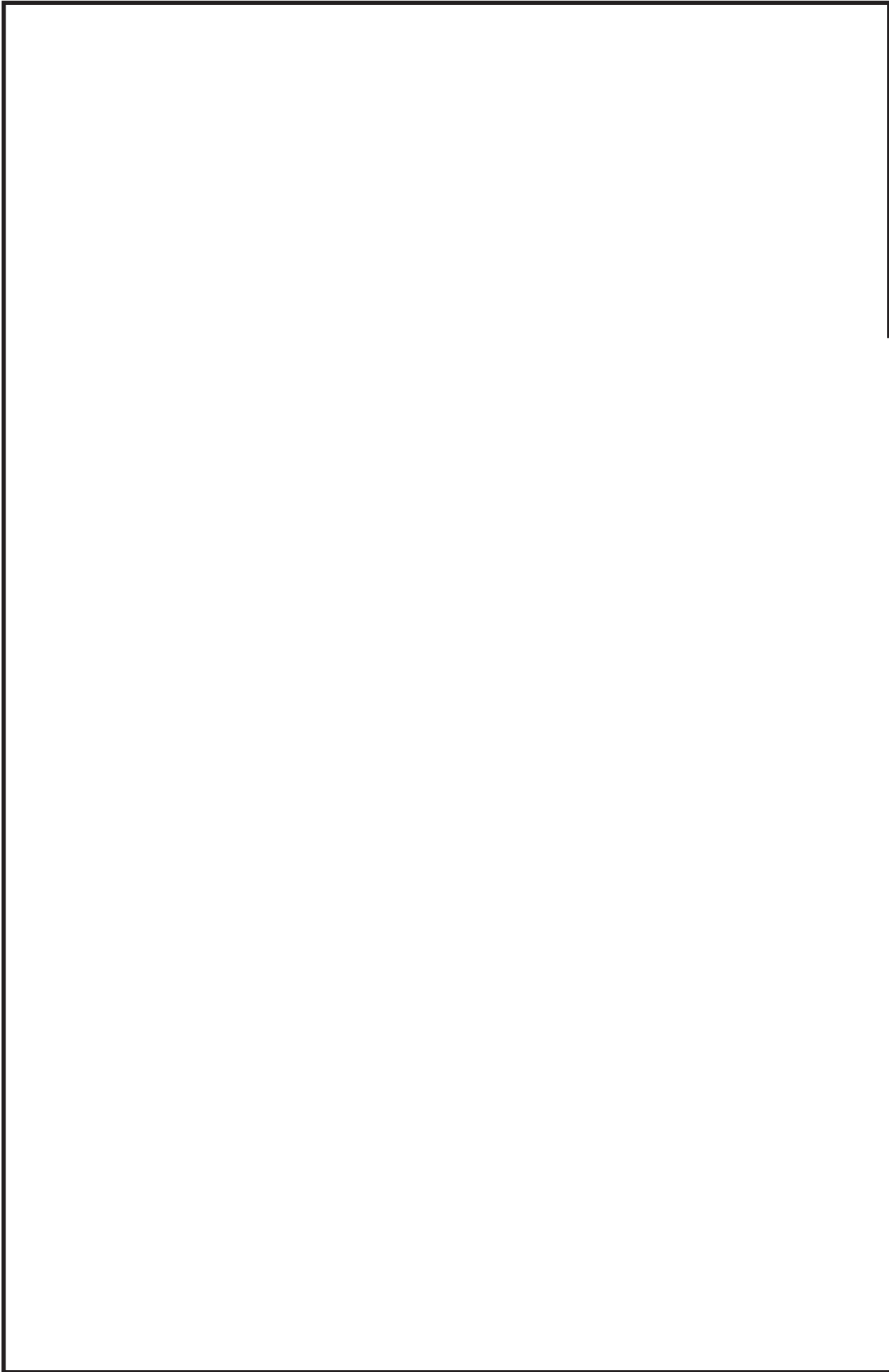
鳥 瞰 図      SGT S-004

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 49 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

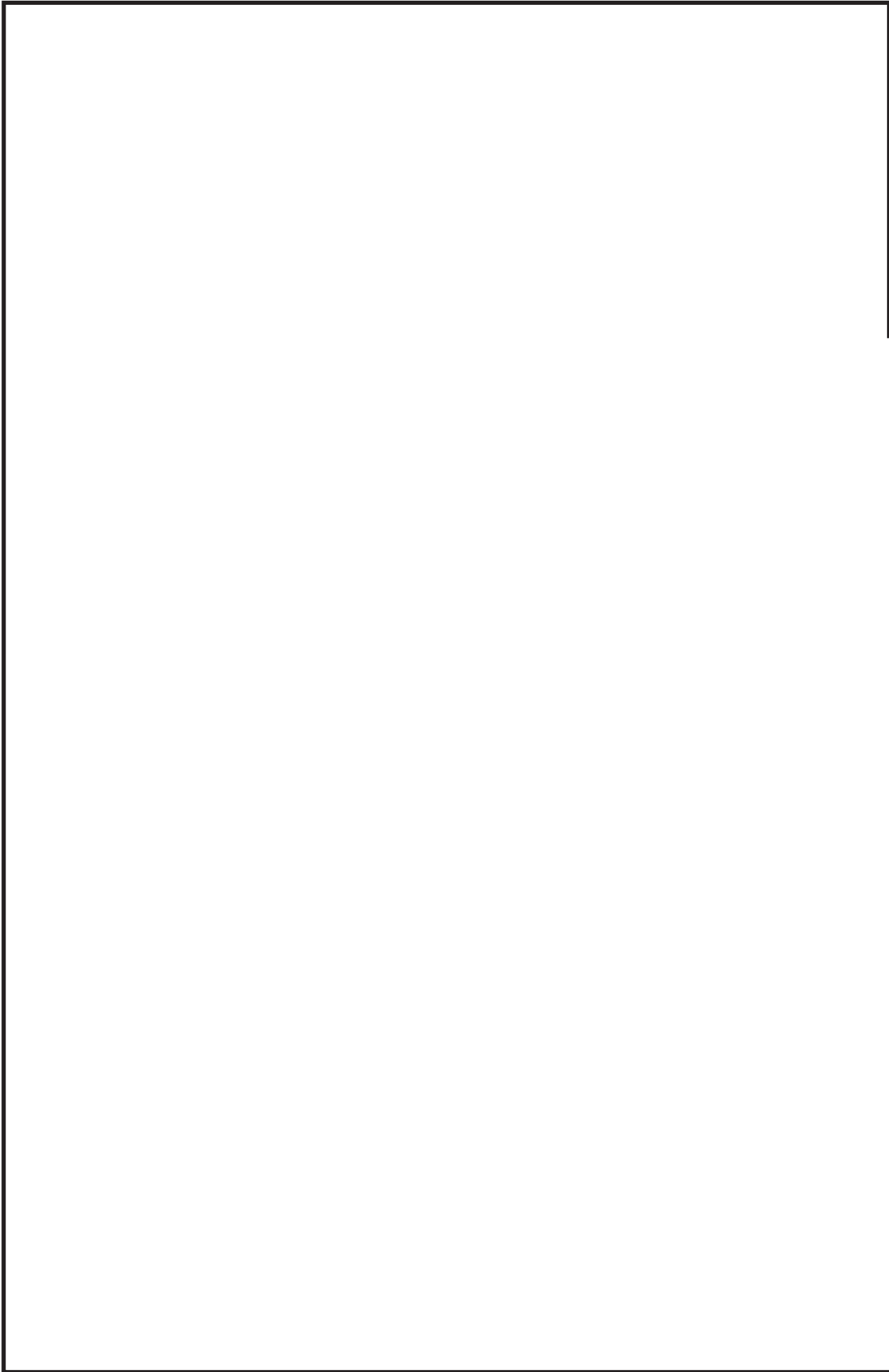
## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



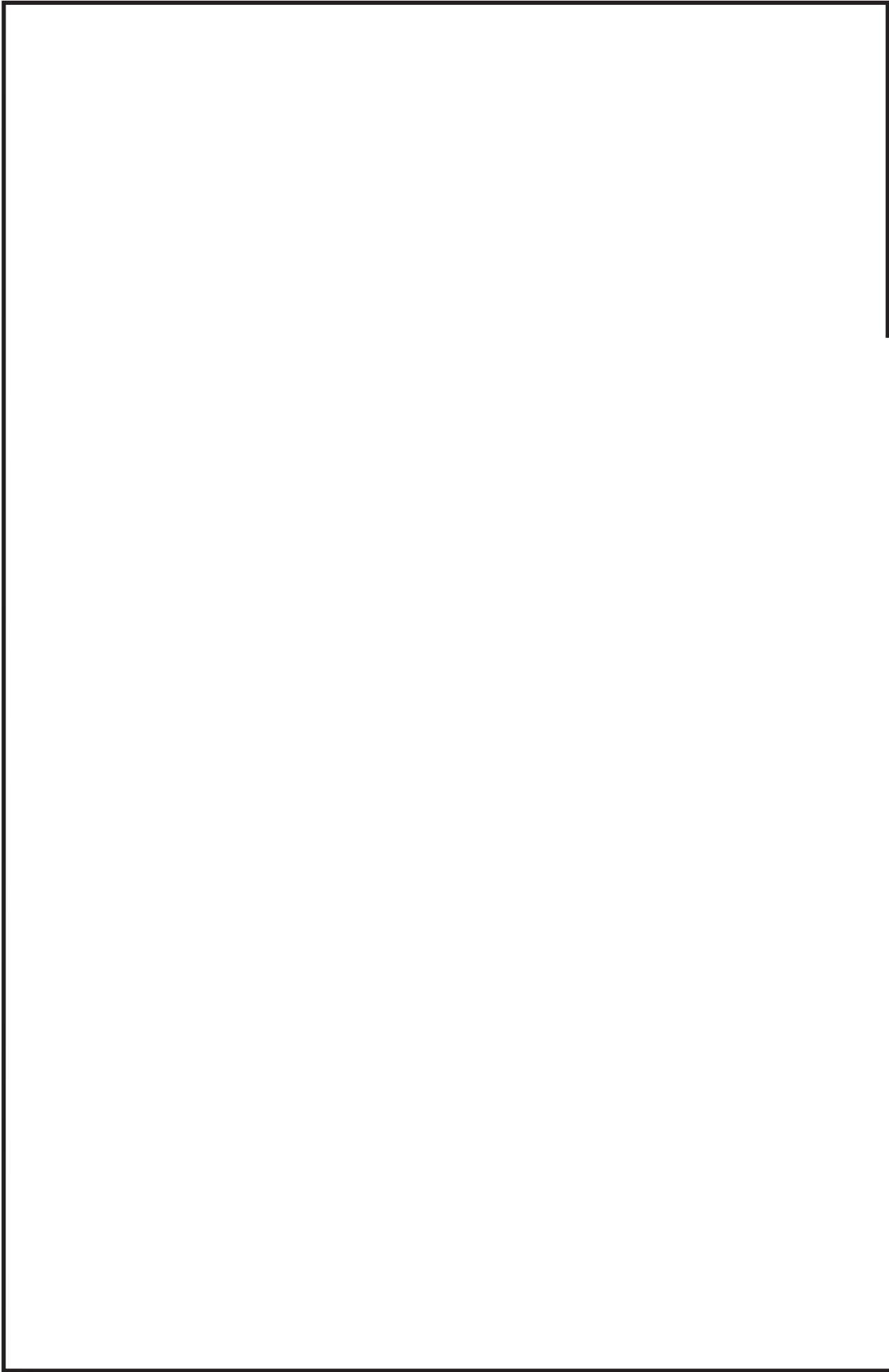
鳥瞰図 SGT S-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SGT S-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SGT S-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図             | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                               | 一次＋二次応力評価<br>(MPa) |                 | 疲労評価 |
|-----------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|-------------------------------|--------------------|-----------------|------|
|                 |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n (S s)  | 許容応力<br>2 ・ S y |      |
| S G T S - 0 0 4 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 30          | S p r m (S d) | 105                                    | 215                           | —                  | —               | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 30          | S p r m (S s) | 168                                    | 363                           | —                  | —               | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 30          | S n (S s)     | —                                      | —                             | 373                | 430             | —    |

注記
＊1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と1．2 ・ S hのうち大きい方とする。



4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類         | 型式        | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|---------------|------------|-----------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|               |            |           |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| SGTS-002-012B | ロッドレストレイント | RST-2     | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 33               | 56               |
| SGTS-004-033S | メカニカルスナッパ  | SMS-6-250 |                                               |           | 110              | 114              |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類      | 型式 | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|---------------|---------|----|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|               |         |    |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|               |         |    |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
|               |         |    |         |           |                |                |                |                |                |                |          |                   |                   |
| SGTS-004-903R | レストレイント | 架構 | STKR400 | 40        | 917            | 85             | 608            | —              | —              | —              | 曲げ       | 343               | 490               |
| SGTS-004-001A | アンカ     | 架構 | STKR400 | 40        | 38             | 207            | 37             | 84             | 16             | 85             | 曲げ       | 194               | 490               |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号       | 形式     | 要求機能          | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |     | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |     | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----------|--------|---------------|--------------------------------------------|-----|------------------------------------------|-----|-------------------|------|
|           |        |               | 水平                                         | 鉛直  | 水平                                       | 鉛直  | 計算応力              | 許容応力 |
| T46-F001A | バタフライ弁 | $\beta$ (S d) | 5.2                                        | 5.5 | 6.0                                      | 6.0 | —                 | —    |

＊ 応答加速度は、打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

| No. | 配管モデル    | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |                   |                   |      |        | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S |                   |                   |      |        |          |                   |                   |      |        |                |                       |
|-----|----------|------------------------|-------------------|-------------------|------|--------|------------------------|-------------------|-------------------|------|--------|----------|-------------------|-------------------|------|--------|----------------|-----------------------|
|     |          | 一次応力                   |                   |                   |      |        | 一次応力                   |                   |                   |      |        | 一次＋二次応力* |                   |                   |      |        |                |                       |
|     |          | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表 | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表 | 評価点      | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表 | 疲労<br>累積<br>係数 | 疲<br>勞<br>評<br>価<br>点 |
| 1   | SGTS-001 | 12                     | 70                | 220               | 3.14 | —      | 12                     | 109               | 364               | 3.33 | —      | 12       | 192               | 440               | 2.29 | —      | —              | —                     |
| 2   | SGTS-002 | 9                      | 42                | 215               | 5.11 | —      | 9                      | 69                | 363               | 5.26 | —      | 10       | 140               | 430               | 3.07 | —      | —              | —                     |
| 3   | SGTS-004 | 30                     | 105               | 215               | 2.04 | ○      | 30                     | 168               | 363               | 2.16 | ○      | 30       | 373               | 430               | 1.15 | ○      | —              | —                     |

注記＊：III<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はIV<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

## 重大事故等対処設備

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 4  |
| 3. 計算条件 .....                     | 8  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 8  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 9  |
| 3.3 設計条件 .....                    | 10 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 15 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 16 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 17 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 17 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 23 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 23 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 24 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 25 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 26 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、非常用ガス処理系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全3モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

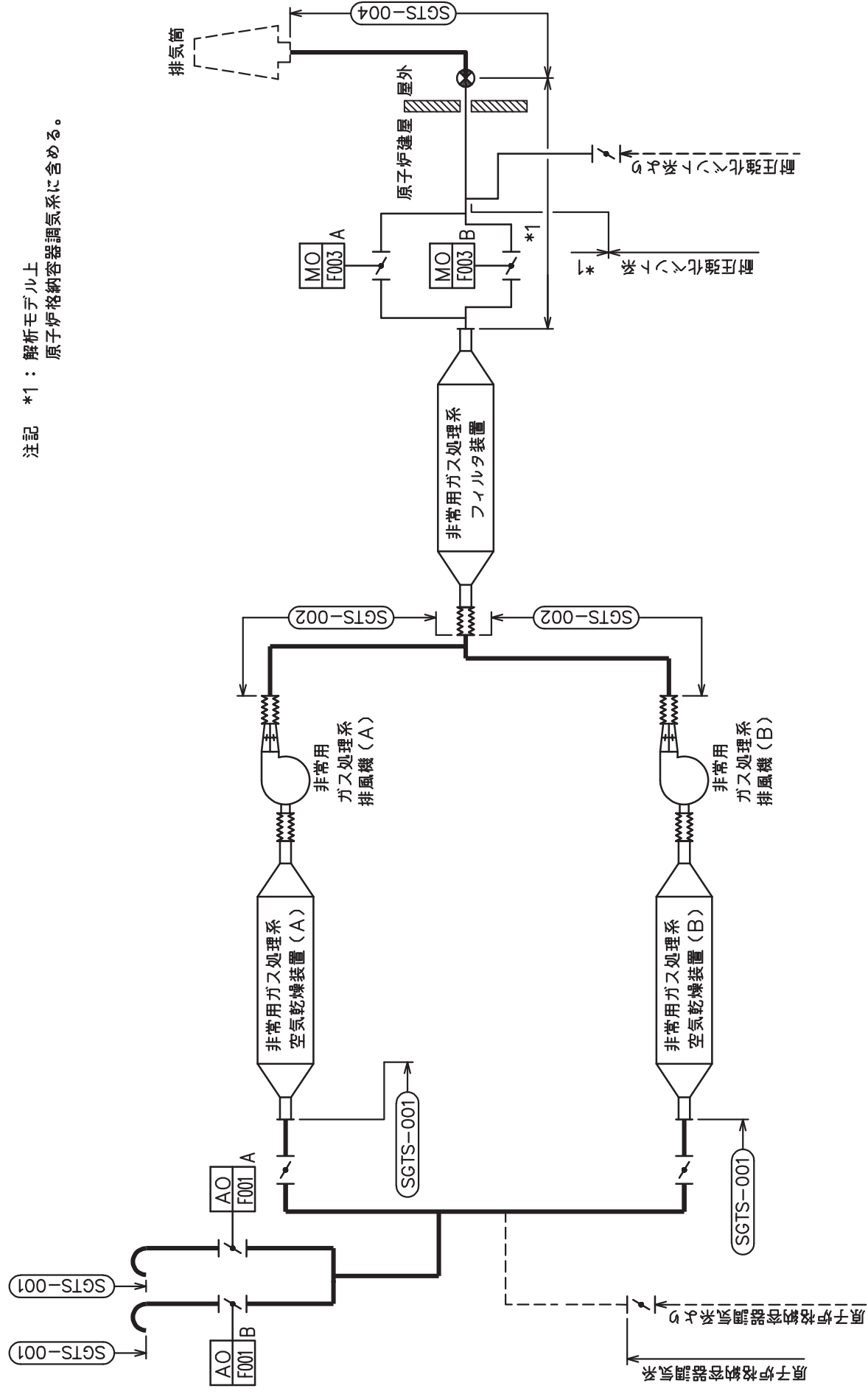
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



注記 \*1：解析モデル上

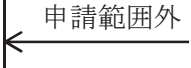
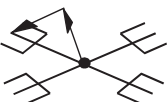
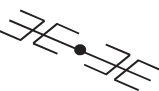
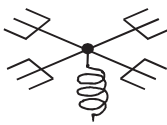
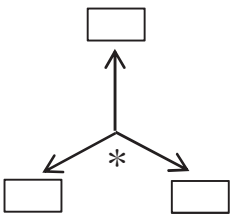
原子炉格納容器調気系に含める。

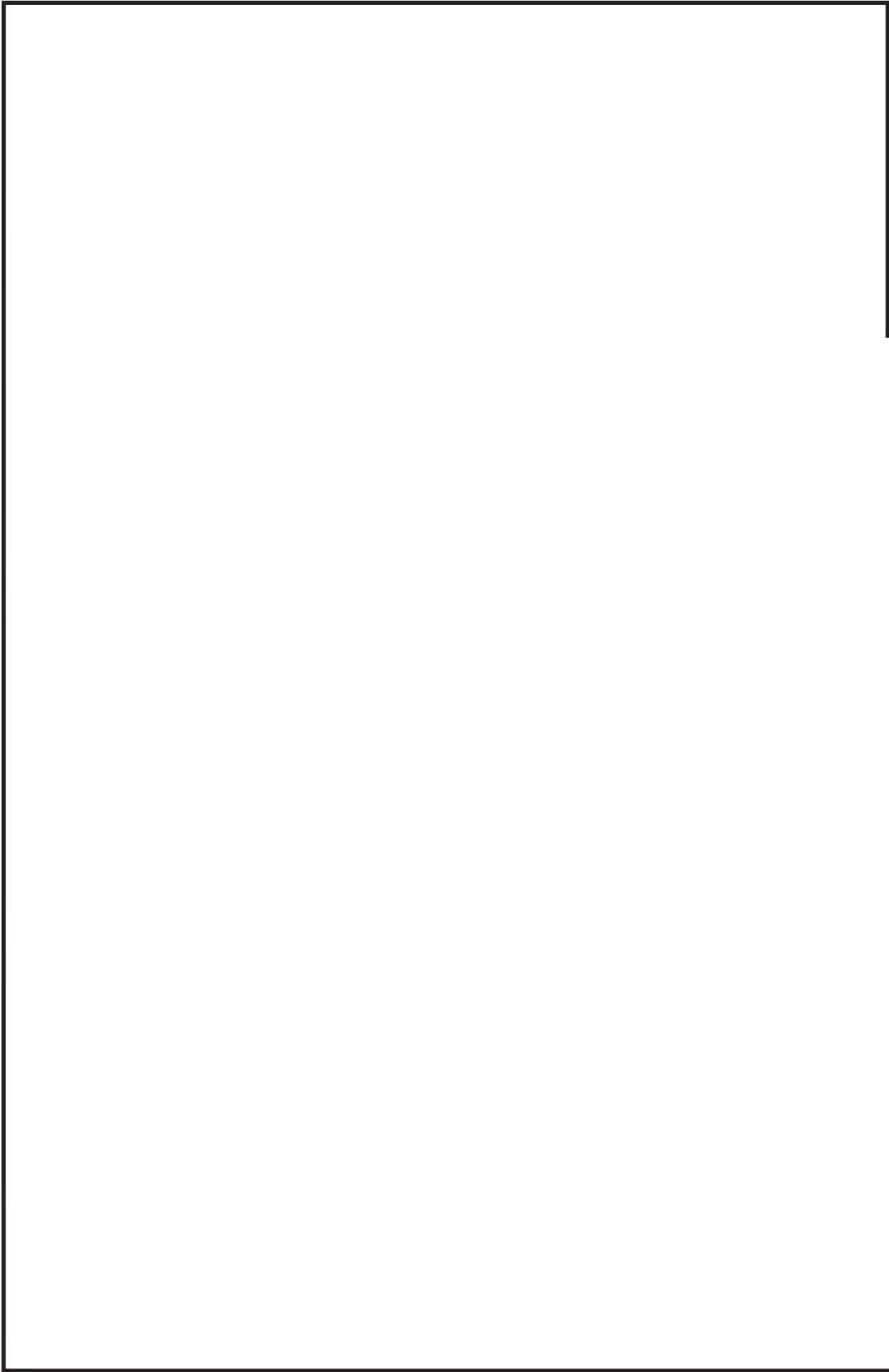
非常用力又处理系统图



## 2.2 鳥瞰図

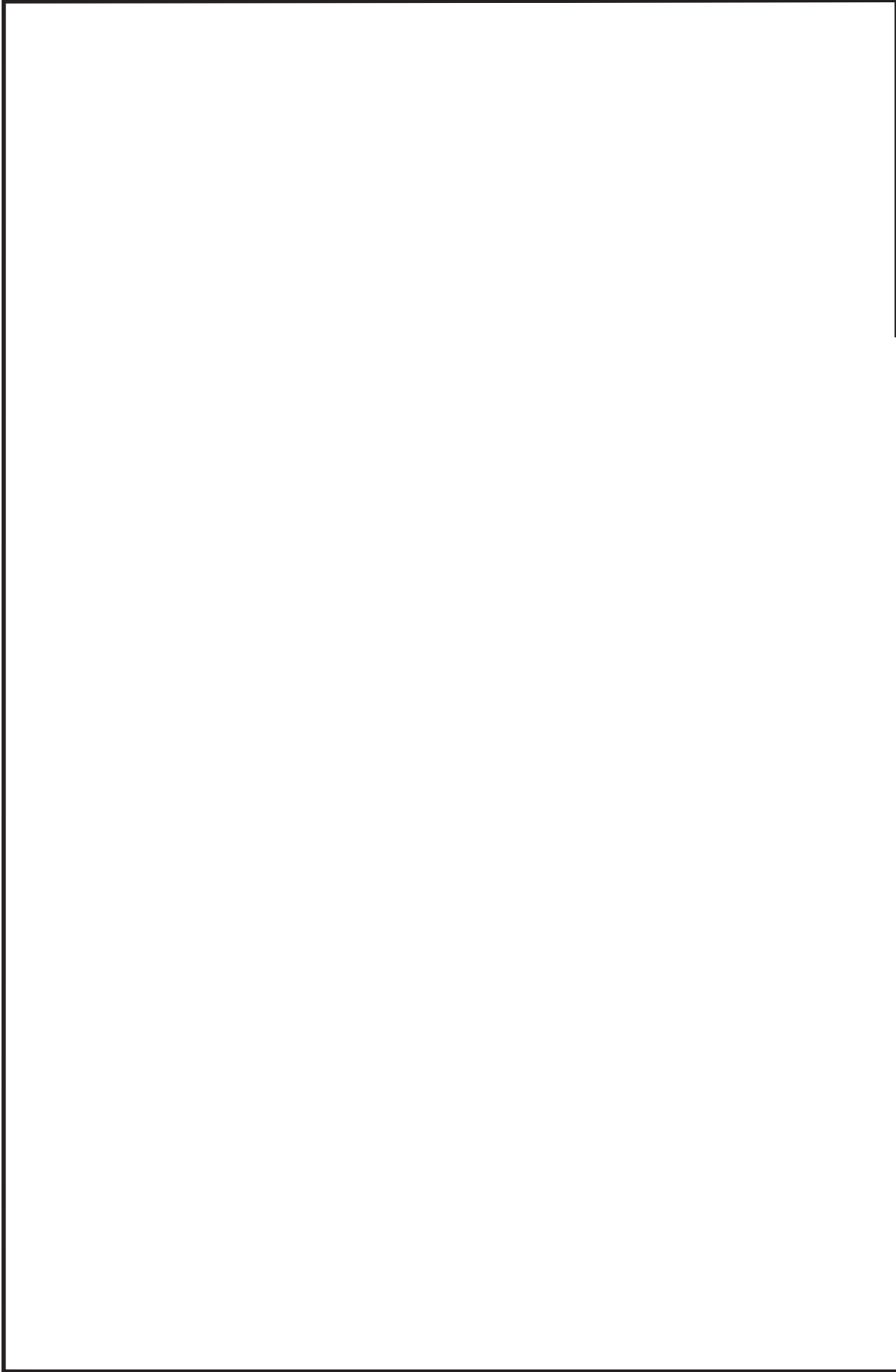
### 鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                       |
|  | スナッパ                                                                                                                                             |
|  | ハンガ                                                                                                                                              |
|  | ガイド                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。) |



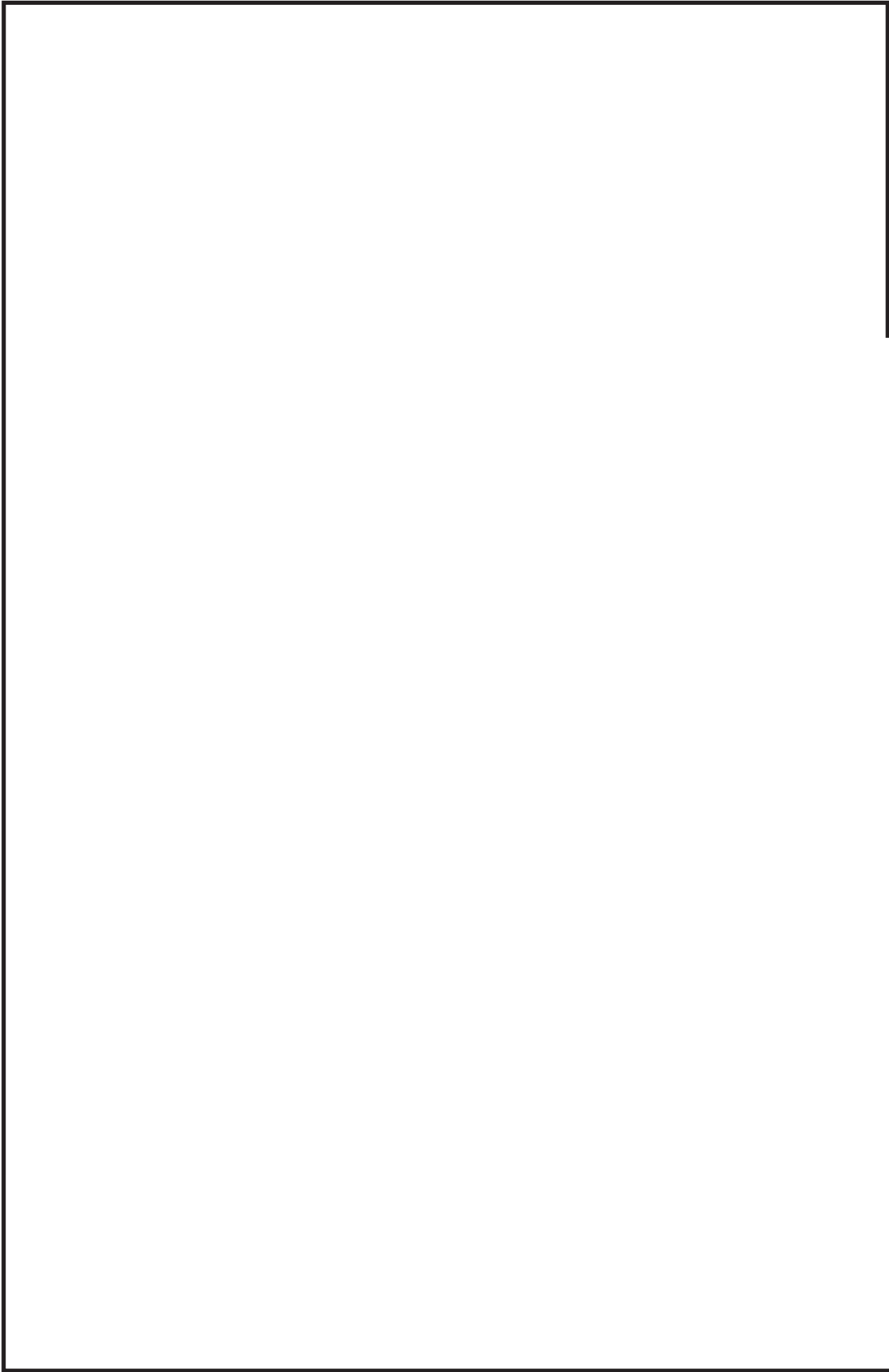
|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | SGTS-004-1/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |              |
|-----|--------------|
| 鳥瞰図 | SGTS-004-2/3 |
|-----|--------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SGTIS-004-3/3

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称               | 系統名称     | 施設<br>分類*1 | 設備分類*2  | 機器等<br>の区分      | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*3, *4 | 許容応力<br>状態*5 |
|---------------|--------------------|----------|------------|---------|-----------------|-------------|--------------|--------------|
| 原子炉格納<br>施設   | 圧力低減設備その他の<br>安全設備 | 非常用ガス処理系 | S A        | 常設／緩和   | 重大事故等ク<br>ラス2 管 | —           | $V_L + S_S$  | $V_A S$      |
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 残留熱除去設備            | 耐圧強化ベント系 | S A        | 常設耐震／防止 | 重大事故等ク<br>ラス2 管 | —           | $V_L + S_S$  | $V_A S$      |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    S G T S－0 0 4

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa)      | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|----------------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 854kPa<br>(0.854MPa) | 171           | 318.5      | 10.3       | STS410 | —           | 193320         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                    S G T S - 0 0 4

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
|     | 16            | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |
|     | 31            | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  |
|     | 46            | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  |
|     | 61            | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  |
|     | 76            | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  |
|     | 91            | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 |
|     | 106           | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 |
|     | 121           | 122 | 123 | 300 | 301 | 800 | 901 | 902 | 903 | 904 | 905 | 906 |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 28  |        | 55  |        | 82  |        | 109 |        |
| 2   |        | 29  |        | 56  |        | 83  |        | 110 |        |
| 3   |        | 30  |        | 57  |        | 84  |        | 111 |        |
| 4   |        | 31  |        | 58  |        | 85  |        | 112 |        |
| 5   |        | 32  |        | 59  |        | 86  |        | 113 |        |
| 6   |        | 33  |        | 60  |        | 87  |        | 114 |        |
| 7   |        | 34  |        | 61  |        | 88  |        | 115 |        |
| 8   |        | 35  |        | 62  |        | 89  |        | 116 |        |
| 9   |        | 36  |        | 63  |        | 90  |        | 117 |        |
| 10  |        | 37  |        | 64  |        | 91  |        | 118 |        |
| 11  |        | 38  |        | 65  |        | 92  |        | 119 |        |
| 12  |        | 39  |        | 66  |        | 93  |        | 120 |        |
| 13  |        | 40  |        | 67  |        | 94  |        | 121 |        |
| 14  |        | 41  |        | 68  |        | 95  |        | 122 |        |
| 15  |        | 42  |        | 69  |        | 96  |        | 123 |        |
| 16  |        | 43  |        | 70  |        | 97  |        | 300 |        |
| 17  |        | 44  |        | 71  |        | 98  |        | 301 |        |
| 18  |        | 45  |        | 72  |        | 99  |        | 800 |        |
| 19  |        | 46  |        | 73  |        | 100 |        | 901 |        |
| 20  |        | 47  |        | 74  |        | 101 |        | 902 |        |
| 21  |        | 48  |        | 75  |        | 102 |        | 903 |        |
| 22  |        | 49  |        | 76  |        | 103 |        | 904 |        |
| 23  |        | 50  |        | 77  |        | 104 |        | 905 |        |
| 24  |        | 51  |        | 78  |        | 105 |        | 906 |        |
| 25  |        | 52  |        | 79  |        | 106 |        |     |        |
| 26  |        | 53  |        | 80  |        | 107 |        |     |        |
| 27  |        | 54  |        | 81  |        | 108 |        |     |        |



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    S G T S - 0 0 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号    | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|          | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1        |                 |   |   |                       |   |   |
| 5        |                 |   |   |                       |   |   |
| 8        |                 |   |   |                       |   |   |
| 13       |                 |   |   |                       |   |   |
| 16       |                 |   |   |                       |   |   |
| 20       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 27 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 28       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 33 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 34       |                 |   |   |                       |   |   |
| 37       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 37 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 41       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 41 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 46 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 53 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 57 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 61 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 65 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 69 ** |                 |   |   |                       |   |   |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    S G T S - 0 0 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| ** 73 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 77 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 81 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 84 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 87 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 89 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 91 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 93 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 95 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 103       |                 |   |   |                       |   |   |
| 107       |                 |   |   |                       |   |   |
| 111       |                 |   |   |                       |   |   |
| 114       |                 |   |   |                       |   |   |
| 119       |                 |   |   |                       |   |   |
| 122       |                 |   |   |                       |   |   |
| 901       |                 |   |   |                       |   |   |
| 902       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 903 ** |                 |   |   |                       |   |   |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    S G T S - 0 0 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 904       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 904 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 905       |                 |   |   |                       |   |   |
| 906       |                 |   |   |                       |   |   |

|  |
|--|
|  |
|--|

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料     | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|--------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|        |                | S m        | S y | S u | S h |
| STS410 | 171            | —          | 211 | 404 | —   |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図           | 建物・構築物   | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------------|----------|----------------|----------|
| S G T S - 0 0 4 | 原子炉建屋    |                |          |
|                 | 排気筒連絡ダクト |                |          |
|                 | 排気筒基礎    |                |          |

⑤ R O 2 (重) VI-2-9-4-4-1-2

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図SGTS-004

| 適用する地震動等  |               | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|-----------|---------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード       | 固有周期<br>( s ) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|           |               | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 8 次       |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 49 次      |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 50 次*2    |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 動 的 震 度*3 |               |               |       |          |               |       |          |  |
| 静 的 震 度*4 |               |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
 \*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
 \*3：Sd又はSs地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図      S G T S - 0 0 4

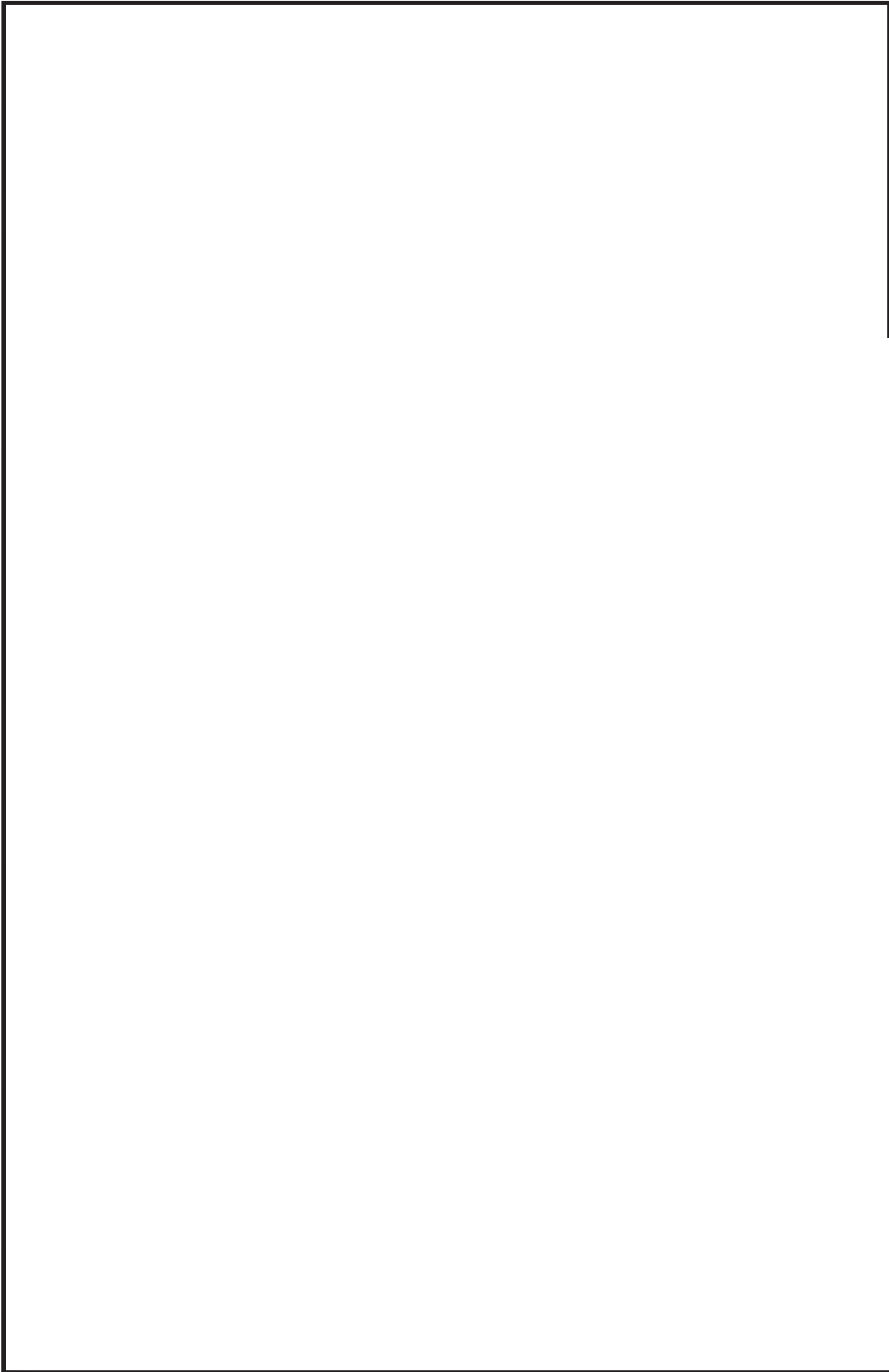
| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 49 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

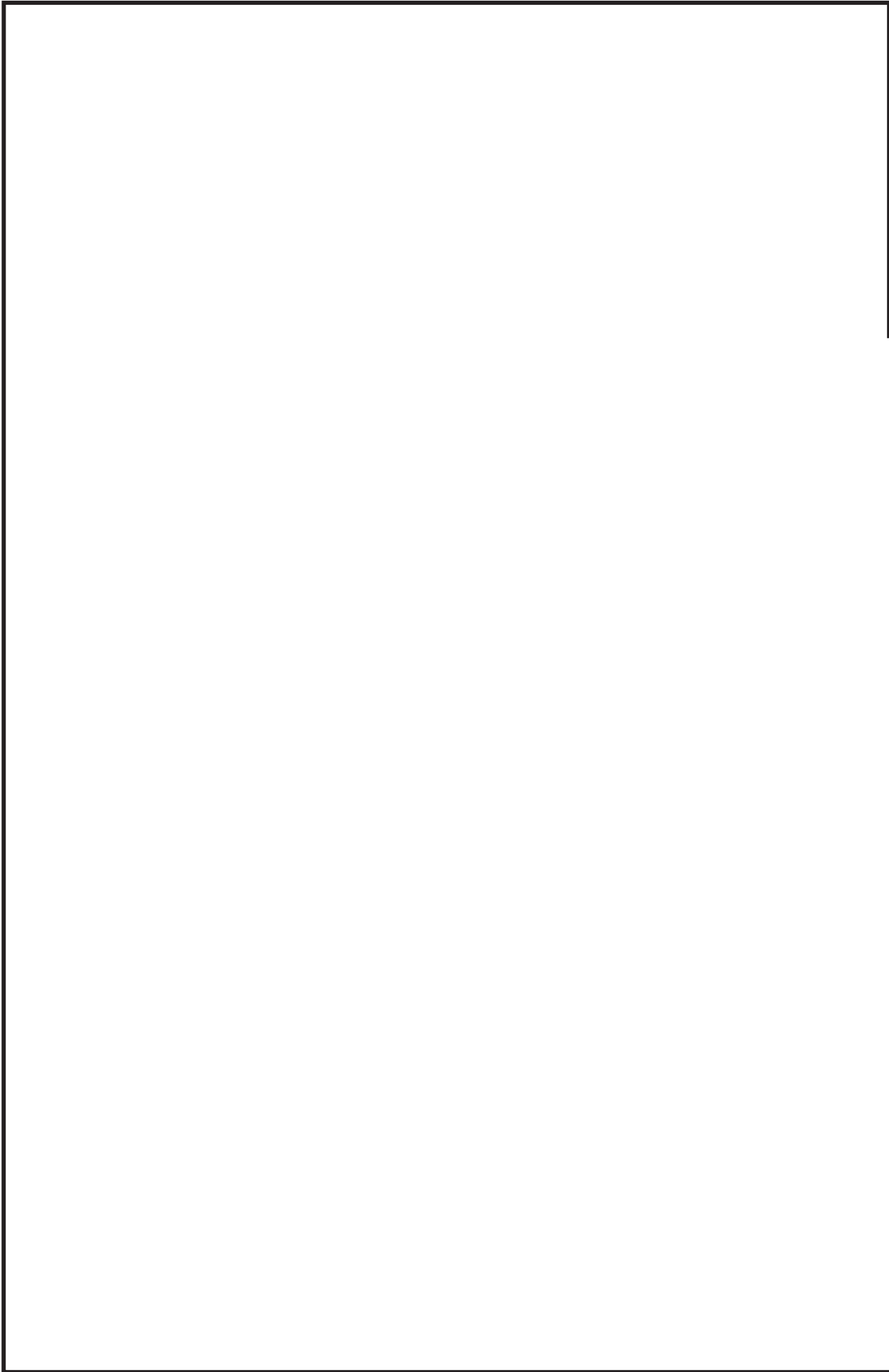
振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。





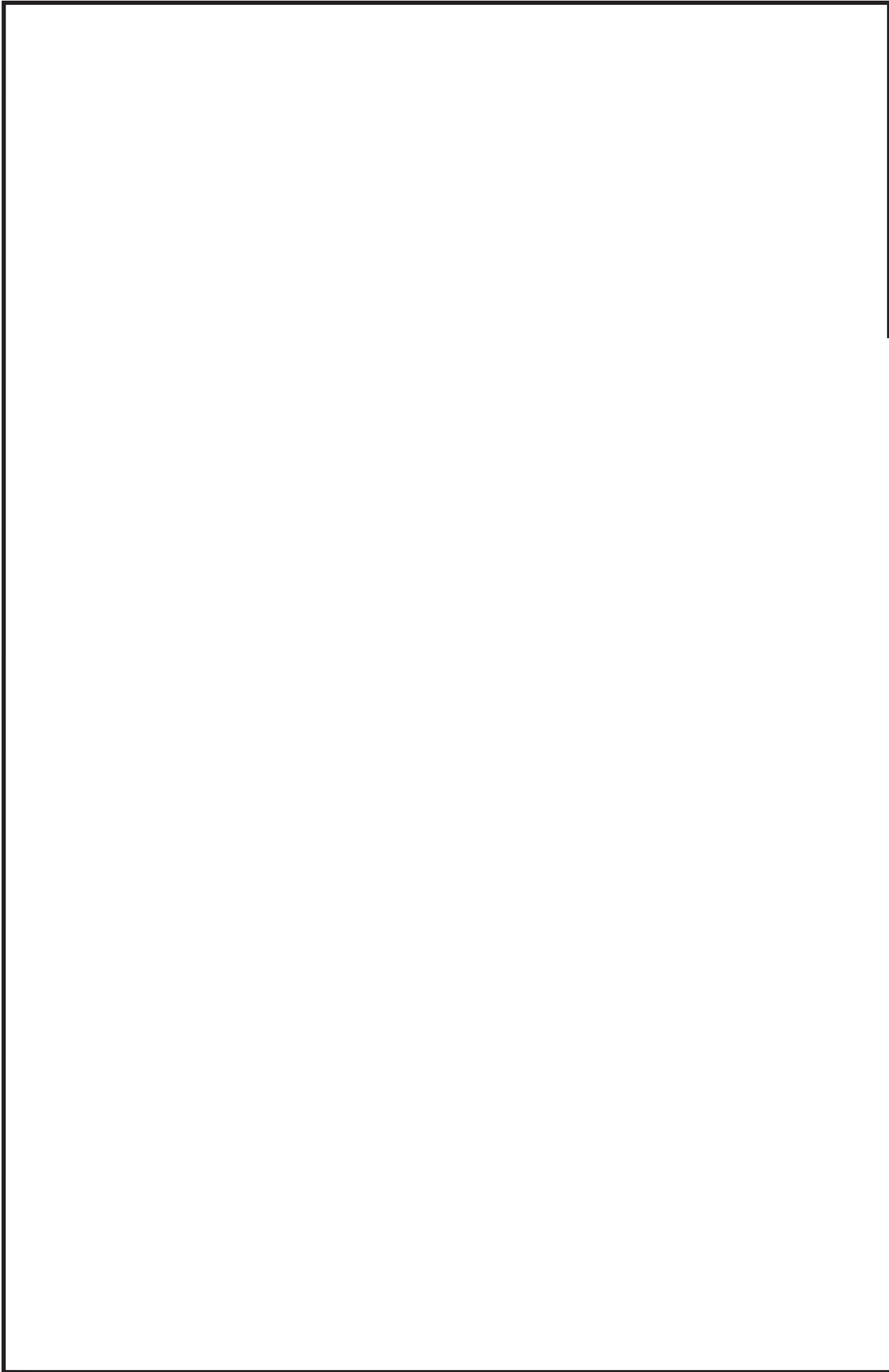
鳥瞰図 SGT S-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SGT S-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 SGT S-004

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図             | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                     | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |                 | 疲労評価           |
|-----------------|------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|
|                 |                  |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 ・ S y |                |
| S G T S - 0 0 4 | V <sub>A</sub> S | 30          | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 174                     | 363                 | —                   | —               | U S s<br><br>— |
|                 | V <sub>A</sub> S | 30          |                                | —                       | —                   | 373                 | 422             |                |

4. 2. 2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類         | 型式        | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|---------------|------------|-----------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|               |            |           |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| SGTS-002-012B | ロッドレストレイント | RST-2     | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 33               | 56               |
| SGTS-004-033S | メカニカルスナッパ  | SMS-6-250 |                                               |           | 110              | 114              |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号   | 種類      | 型式 | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                |  | 評価結果     |                   |                   |
|---------------|---------|----|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|----------|-------------------|-------------------|
|               |         |    |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                |  | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|               |         |    |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |  |          |                   |                   |
| SGTS-004-903R | レストレイント | 架構 | STKR400 | 40        | 913            | 85             | 605            | —              | —              | —              |  | 曲げ       | 342               | 490               |
| SGTS-004-001A | アンカ     | 架構 | STKR400 | 40        | 38             | 202            | 37             | 84             | 16             | 85             |  | 曲げ       | 214               | 490               |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |



## VI-2-9-4-4-2 可燃性ガス濃度制御系の耐震性についての計算書



## 目 次

- VI-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書（可燃性ガス濃度制御系）
- VI-2-9-4-4-2-2 可燃性ガス濃度制御系再結合装置ブロワの耐震性についての計算書
- VI-2-9-4-4-2-3 可燃性ガス濃度制御系再結合装置の耐震性についての計算書

VI-2-9-4-4-2-1 管の耐震性についての計算書  
(可燃性ガス濃度制御系)

## 設計基準対象施設

## 目次

|                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1. 概要                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図               | 2  |
| 2.1 概略系統図                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図                     | 5  |
| 3. 計算条件                     | 7  |
| 3.1 計算方法                    | 7  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態          | 8  |
| 3.3 設計条件                    | 9  |
| 3.4 材料及び許容応力                | 13 |
| 3.5 設計用地震力                  | 14 |
| 4. 解析結果及び評価                 | 15 |
| 4.1 固有周期及び設計震度              | 15 |
| 4.2 評価結果                    | 21 |
| 4.2.1 管の応力評価結果              | 21 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果             | 22 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果          | 23 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 | 24 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全6モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

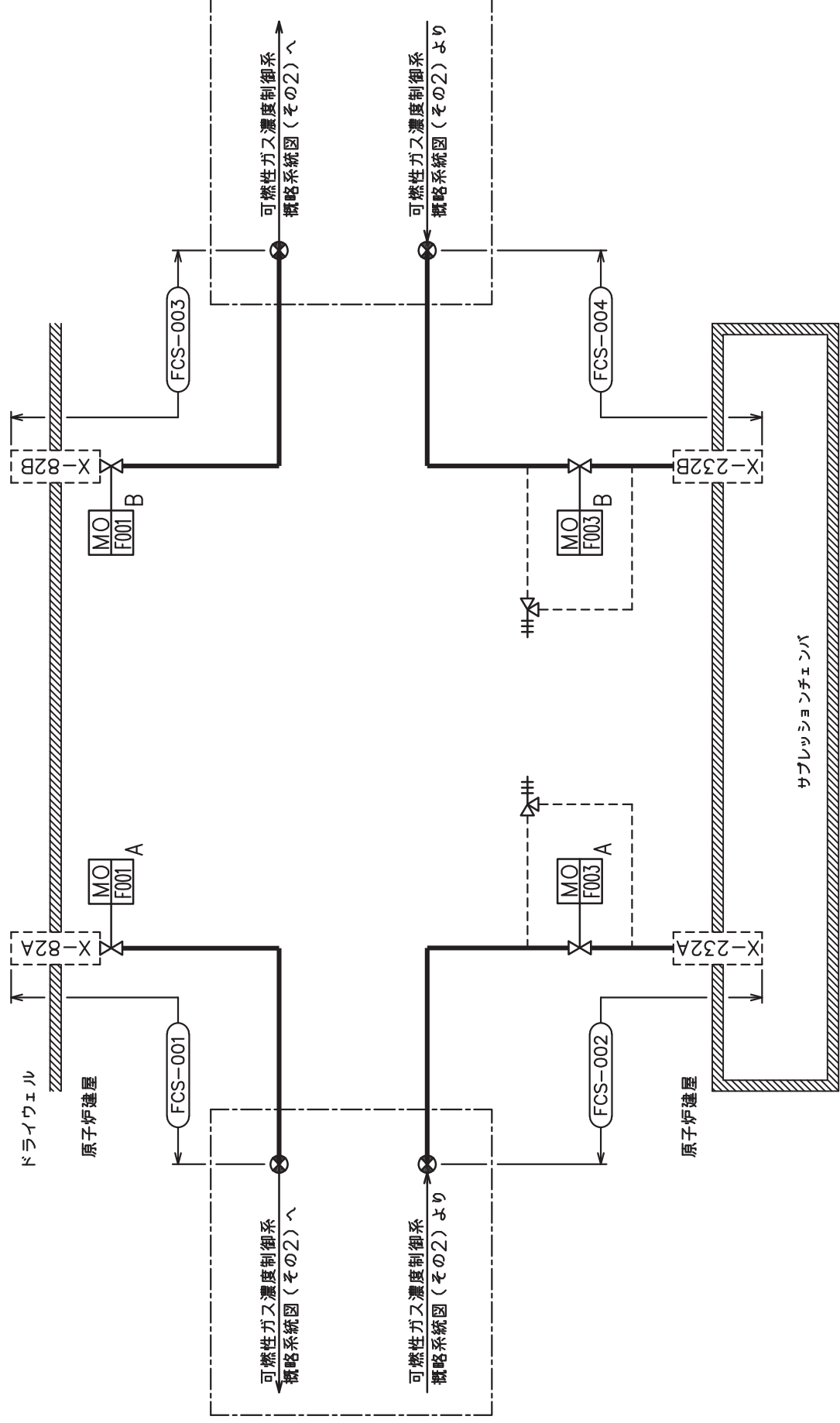
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

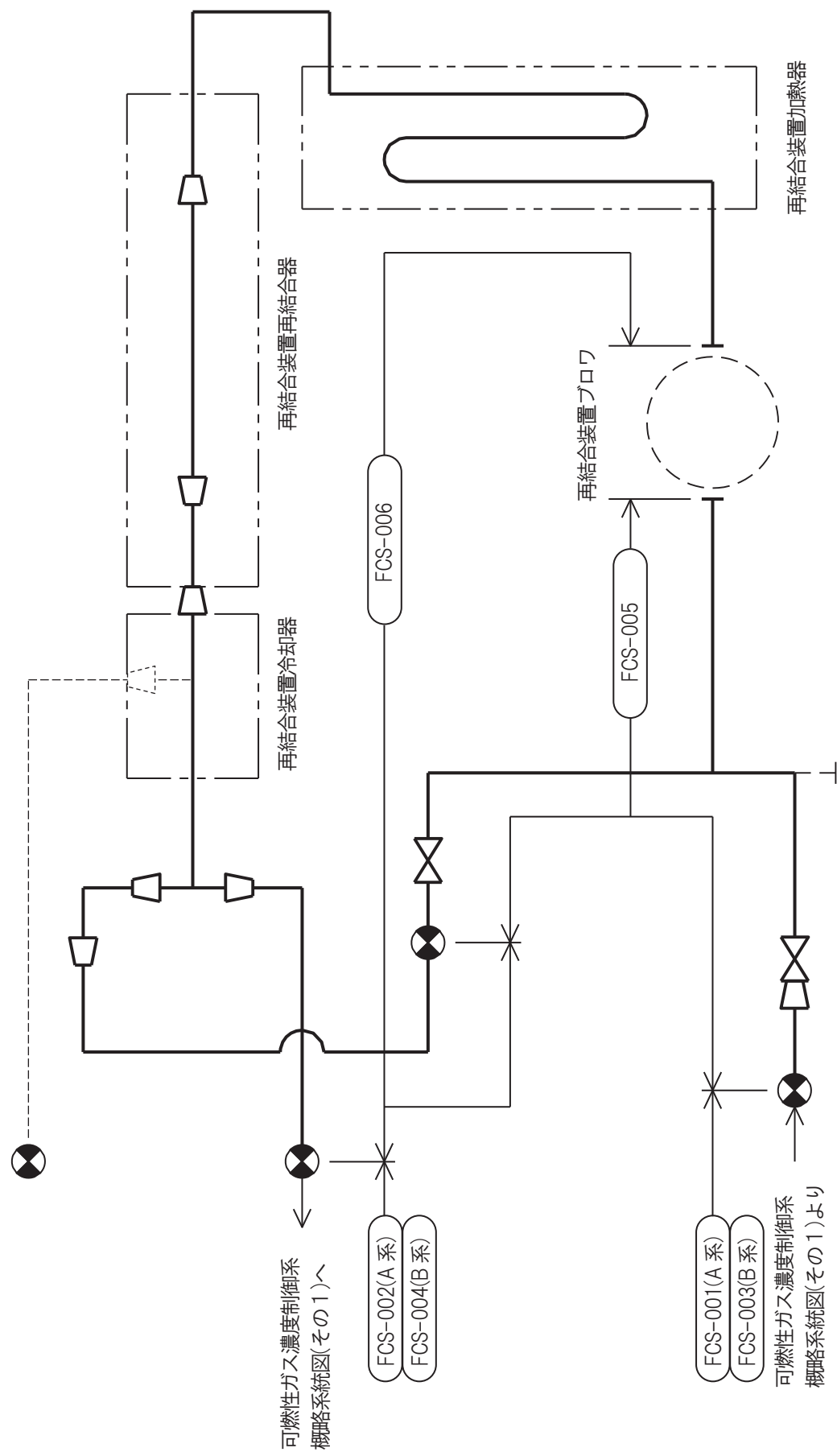
2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



可燃性ガス濃度制御系概略系統図 (その1)

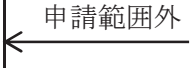
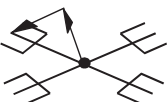
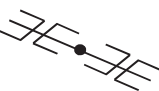
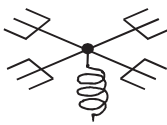
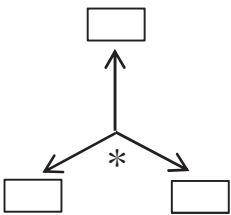


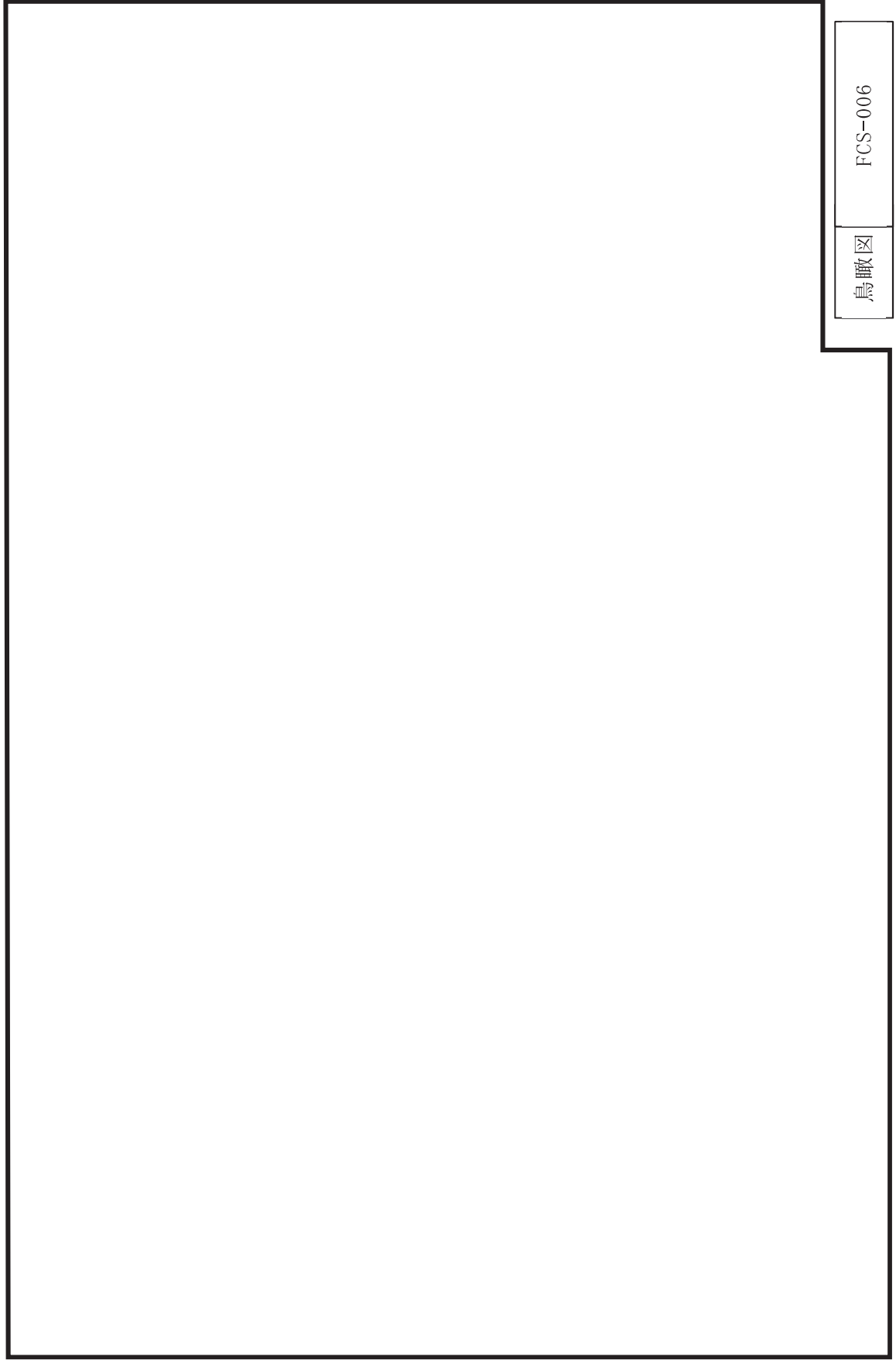
可燃性ガス濃度制御系概略系統図 (その2)



## 2.2 鳥瞰図

### 鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                           |
|  | スナッパ                                                                                                                                                 |
|  | ハンガ                                                                                                                                                  |
|  | ガイド                                                                                                                                                  |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号，矢印は拘束方向を示す。また，  内に<br>変位量を記載する。) |



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」及び「K S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2
荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称    | 設備名称               | 系統名称           | 施設分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 | 機器等の区分  | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup>        | 許容応力状態           |
|---------|--------------------|----------------|--------------------|------|---------|---------|---------------------------------|------------------|
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備<br>その他の安全設備 | 可燃性ガス濃度<br>制御系 | D B                | —    | クラス 3 管 | S       | I <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|         |                    |                |                    |      |         |         | Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> |                  |
|         |                    |                |                    |      |         |         | I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> |                  |
|         |                    |                |                    |      |         |         | Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> | Ⅳ <sub>A</sub> S |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字 Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 FCS－006

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 0.427           | 171           | 89.1       | 5.5        | SUSF304  | S           | 184320         |
| 2   | 0.427           | 777           | 89.1       | 5.5        | SUS304TP | S           | 130680         |
| 3   | 0.427           | 777           | 89.1       | 6.5        | SUS304TP | S           | 130680         |
| 4   | 0.427           | 777           | 406.4      | 8.0        | SUSF304  | S           | 130680         |
| 5   | 0.427           | 777           | 114.3      | 6.0        | SUS304TP | S           | 130680         |
| 6   | 0.427           | 777           | 165.2      | 7.1        | SUS304TP | S           | 130680         |
| 7   | 0.427           | 171           | 165.2      | 7.1        | SUSF304  | S           | 184320         |
| 8   | 0.427           | 171           | 165.2      | 7.1        | SUS304TP | S           | 184320         |
| 9   | 0.427           | 171           | 267.4      | 9.3        | SUS304TP | S           | 184320         |
| 10  | 0.427           | 171           | 114.3      | 6.0        | SUS304TP | S           | 184320         |
| 11  | 0.427           | 171           | 89.1       | 5.5        | SUS304TP | S           | 184320         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 FCS-006

| 管名称 | 対応する評価点 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
|-----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 1   | 1       | 2  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 2   | 2       | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |  |
|     | 15      | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 |  |
|     | 28      | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 |  |
|     | 41      | 42 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 3   | 42      | 43 | 44 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 4   | 46      | 47 | 48 | 49 | 50 |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 5   | 52      | 53 | 54 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 6   | 56      | 57 | 75 | 76 | 77 |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 7   | 77      | 78 | 79 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 8   | 79      | 80 | 93 | 94 | 95 | 96 |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 9   | 80      | 81 | 92 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 10  | 82      | 83 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 11  | 84      | 85 | 86 | 87 | 88 | 89 | 90 | 91 |    |    |    |    |    |  |

配管の質量（付加質量含む）

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 23  |        | 46  |        | 87  |        |
| 2   |        | 24  |        | 47  |        | 88  |        |
| 3   |        | 25  |        | 48  |        | 89  |        |
| 4   |        | 26  |        | 49  |        | 90  |        |
| 5   |        | 27  |        | 50  |        | 91  |        |
| 6   |        | 28  |        | 52  |        | 92  |        |
| 7   |        | 29  |        | 53  |        | 93  |        |
| 8   |        | 30  |        | 54  |        | 94  |        |
| 9   |        | 31  |        | 56  |        | 95  |        |
| 10  |        | 32  |        | 57  |        | 96  |        |
| 11  |        | 33  |        | 75  |        |     |        |
| 12  |        | 34  |        | 76  |        |     |        |
| 13  |        | 35  |        | 77  |        |     |        |
| 14  |        | 36  |        | 78  |        |     |        |
| 15  |        | 37  |        | 79  |        |     |        |
| 16  |        | 38  |        | 80  |        |     |        |
| 17  |        | 39  |        | 81  |        |     |        |
| 18  |        | 40  |        | 82  |        |     |        |
| 19  |        | 41  |        | 83  |        |     |        |
| 20  |        | 42  |        | 84  |        |     |        |
| 21  |        | 43  |        | 85  |        |     |        |
| 22  |        | 44  |        | 86  |        |     |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 FCS－006

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号      | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|------------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|            | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1          |                 |   |   |                       |   |   |
| 12, 16, 20 |                 |   |   |                       |   |   |
| 24, 28, 32 |                 |   |   |                       |   |   |
| 13, 17, 21 |                 |   |   |                       |   |   |
| 25, 29, 33 |                 |   |   |                       |   |   |
| 14, 18, 22 |                 |   |   |                       |   |   |
| 26, 30, 34 |                 |   |   |                       |   |   |
| 15, 19, 23 |                 |   |   |                       |   |   |
| 27, 31, 35 |                 |   |   |                       |   |   |
| 43         |                 |   |   |                       |   |   |
| 53         |                 |   |   |                       |   |   |
| 77         |                 |   |   |                       |   |   |
| 91         |                 |   |   |                       |   |   |
| 93         |                 |   |   |                       |   |   |
| 96         |                 |   |   |                       |   |   |
|            |                 |   |   |                       |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料       | 最高使用温度<br>(℃) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|----------|---------------|------------|-----|-----|-----|
|          |               | S m        | S y | S u | S h |
| SUS304TP | 171           | —          | 150 | 413 | —   |
| SUSF304  | 777           | —          | 75  | 182 | —   |

### 3.5 設計用地震力

本計画書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお，設計用床応答曲線は，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また，減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図     | 建物・構築物 | 標高 (O.P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------|--------|---------------|----------|
| FCS-006 | 原子炉建屋  |               |          |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 FCS-006

| 適用する地震動等 |             | S d 及び静的震度 |      |          | S s      |      |          |
|----------|-------------|------------|------|----------|----------|------|----------|
| モード      | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度*1   |      | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |      | 応答鉛直震度*1 |
|          |             | X 方向       | Z 方向 | Y 方向     | X 方向     | Z 方向 | Y 方向     |
| 1 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 2 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 3 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 4 次*2    |             |            |      |          |          |      |          |
| 動的震度*3   |             |            |      |          |          |      |          |
| 静的震度*4   |             |            |      |          |          |      |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2：固有周期が 0.050s 以下であることを示す。

\*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥瞰図 FCS-006

| モード | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |     |     |
|-----|-------------|-------|-----|-----|
|     |             | X方向   | Y方向 | Z方向 |
| 1次  |             |       |     |     |
| 2次  |             |       |     |     |
| 3次  |             |       |     |     |

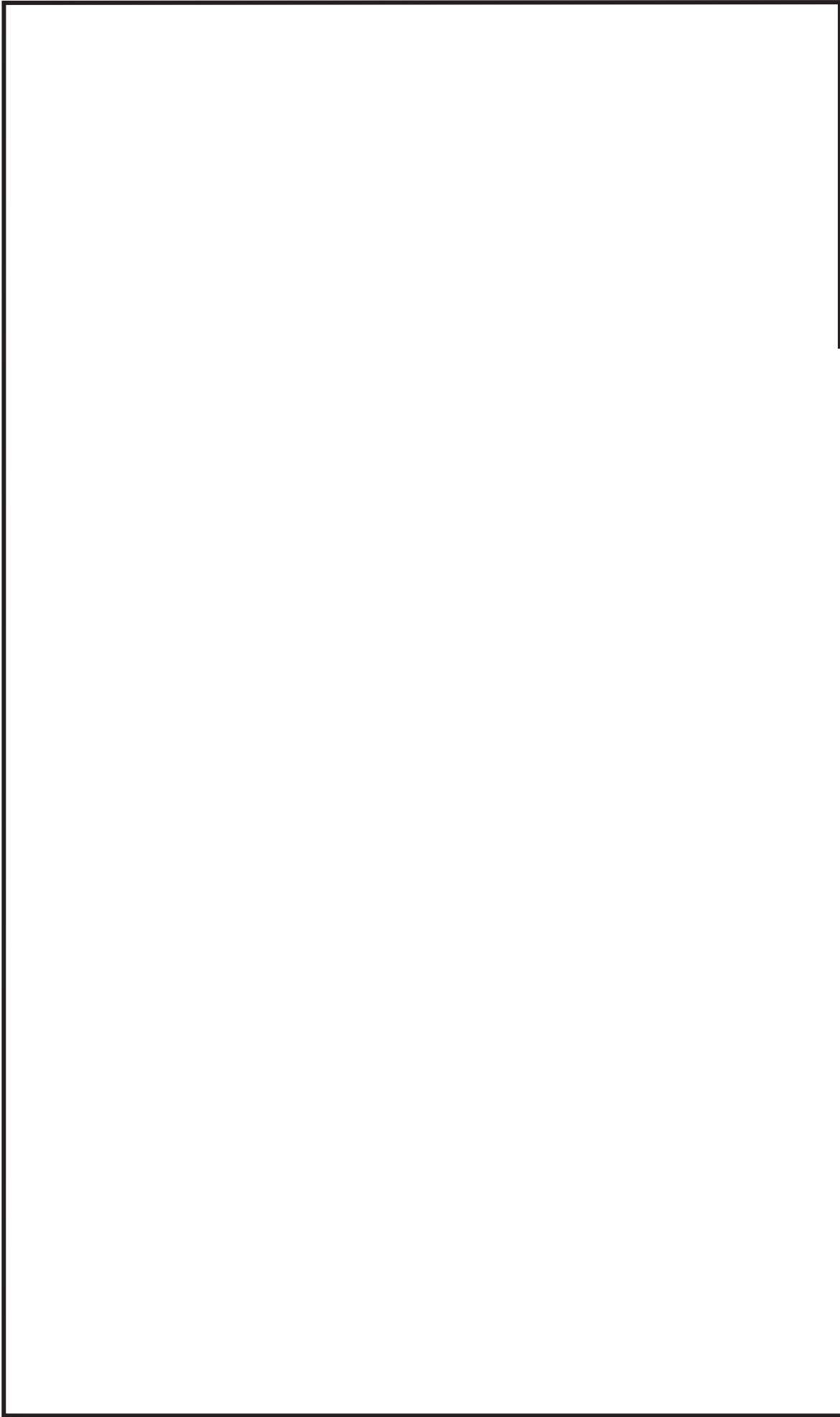
注記＊：刺激係数は、モード質量で正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

鳥瞰図 FCS-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 FCS-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 FCS-006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



#### 4.2 評価結果

##### 4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 3 管

| 鳥瞰図     | 許容<br>応力<br>状態   | 最大<br>応力<br>評価点 | 最大<br>応力<br>区分   | 一次応力評価 (MPa)                         |                               | 一次＋二次応力評価 (MPa)            |                                | 疲労評価                                 |
|---------|------------------|-----------------|------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
|         |                  |                 |                  | 計算応力                                 | 許容応力                          | 計算応力                       | 許容応力                           |                                      |
|         |                  |                 |                  | $S_{pr m} (S d)$<br>$S_{pr m} (S s)$ | $S_y^{*1}$<br>$0.9 \cdot S_u$ | $S_n (S d)$<br>$S_n (S s)$ | $2 \cdot S_y$<br>$2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数<br><br>$U S d$<br><br>$U S s$ |
| FCS-006 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 11              | $S_{pr m} (S d)$ | 52                                   | 75                            | —                          | —                              | —                                    |
|         | Ⅲ <sub>A</sub> S | 11              | $S_n (S d)$      | —                                    | —                             | 96                         | 150                            | —                                    |
|         | Ⅳ <sub>A</sub> S | 11              | $S_{pr m} (S s)$ | 104                                  | 163                           | —                          | —                              | —                                    |
|         | Ⅳ <sub>A</sub> S | 11              | $S_n (S s)$      | —                                    | —                             | 200 **                     | 150                            | 0.5717                               |

\*\*印は一次＋二次応力が許容応力を超えていることを示し、簡易弾塑性解析を行い疲労評価の結果疲労累積係数が 1 以下であり許容値を満足している。

注記\*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、 $S_y$ と $1.2 \cdot S_h$ のうち大きい方とする。

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類         | 型式        | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|--------------|------------|-----------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|              |            |           |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| FCS-002-902S | メカニカルスナッパ  | SMS-1-100 | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 5                |                  |
| FCS-003-026B | ロッドレストレイント | RST-S1    |                                               |           | 7                |                  |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類      | 型式 | 材質 | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                |          |                   | 評価結果              |  |  |
|--------------|---------|----|----|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|--|--|
|              |         |    |    |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |  |  |
|              |         |    |    |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |  |  |
| FCS-002-022R | レストレイント | 架構 |    | 40        | 4              | 18             | 0              | —              | —              | —              | 組合せ      | 130               |                   |  |  |
| FCS-002-073R | レストレイント | 架構 |    | 40        | 5              | 0              | 34             | —              | —              | —              | 曲げ       | 371               |                   |  |  |
| FCS-006-S-7  | アンカ     | —  |    | 171       | 9              | 9              | 9              | 5              | 7              | 4              | 組合せ      | 57                |                   |  |  |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号       | 形式     | 要求機能          | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |     | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |      | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----------|--------|---------------|--------------------------------------------|-----|------------------------------------------|------|-------------------|------|
|           |        |               | 水平                                         | 鉛直  | 水平                                       | 鉛直   | 計算応力              | 許容応力 |
| T49-F001B | 電動ゲート弁 | $\beta$ (S d) | 4.8                                        | 6.1 | 20.0                                     | 20.0 | 196               | 367  |

\* 応答加速度は、打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

| No. | 配管モデル   | 許容応力状態 III <sub>A</sub> S |           |           |      |    | 許容応力状態 IV <sub>A</sub> S |           |           |      |    |     |        |
|-----|---------|---------------------------|-----------|-----------|------|----|--------------------------|-----------|-----------|------|----|-----|--------|
|     |         | 一次応力                      |           |           |      |    | 一次+二次応力*                 |           |           |      |    |     |        |
|     |         | 評価点                       | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点                      | 計算応力(MPa) | 許容応力(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 疲労係数   |
| 1   | FCS-001 | 18                        | 73        | 211       | 2.89 | —  | 18                       | 102       | 363       | 3.55 | —  | 18  | —      |
| 2   | FCS-002 | 801                       | 44        | 211       | 4.79 | —  | 801                      | 75        | 363       | 4.84 | —  | 23  | —      |
| 3   | FCS-003 | 7                         | 77        | 211       | 2.74 | —  | 7                        | 123       | 363       | 2.95 | —  | 7   | —      |
| 4   | FCS-004 | 28                        | 34        | 211       | 6.20 | —  | 28                       | 52        | 363       | 6.98 | —  | 67  | —      |
| 5   | FCS-005 | 61                        | 46        | 150       | 3.26 | —  | 61                       | 69        | 371       | 5.38 | —  | 61  | —      |
| 6   | FCS-006 | 11                        | 52        | 75        | 1.44 | ○  | 11                       | 104       | 163       | 1.57 | ○  | 11  | 0.5717 |

注記\*：III<sub>A</sub>Sの一次+二次応力の許容値はIV<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub>Sの一次+二次応力裕度最小を代表とする。

## VI-2-9-4-4-4 可搬型窒素ガス供給系の耐震性についての計算書

## 目 次

VI-2-9-4-4-4-1 管の耐震性についての計算書（可搬型窒素ガス供給系）

VI-2-9-4-4-4-1 管の耐震性についての計算書  
(可搬型窒素ガス供給系)

## 重大事故等対処設備



## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 4  |
| 3. 計算条件 .....                     | 8  |
| 3.1 計算方法 .....                    | 8  |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 9  |
| 3.3 設計条件 .....                    | 10 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 18 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 19 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 20 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 20 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 26 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 26 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 27 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 28 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 29 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、可搬型窒素ガス供給系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全4モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

### (3) 弁

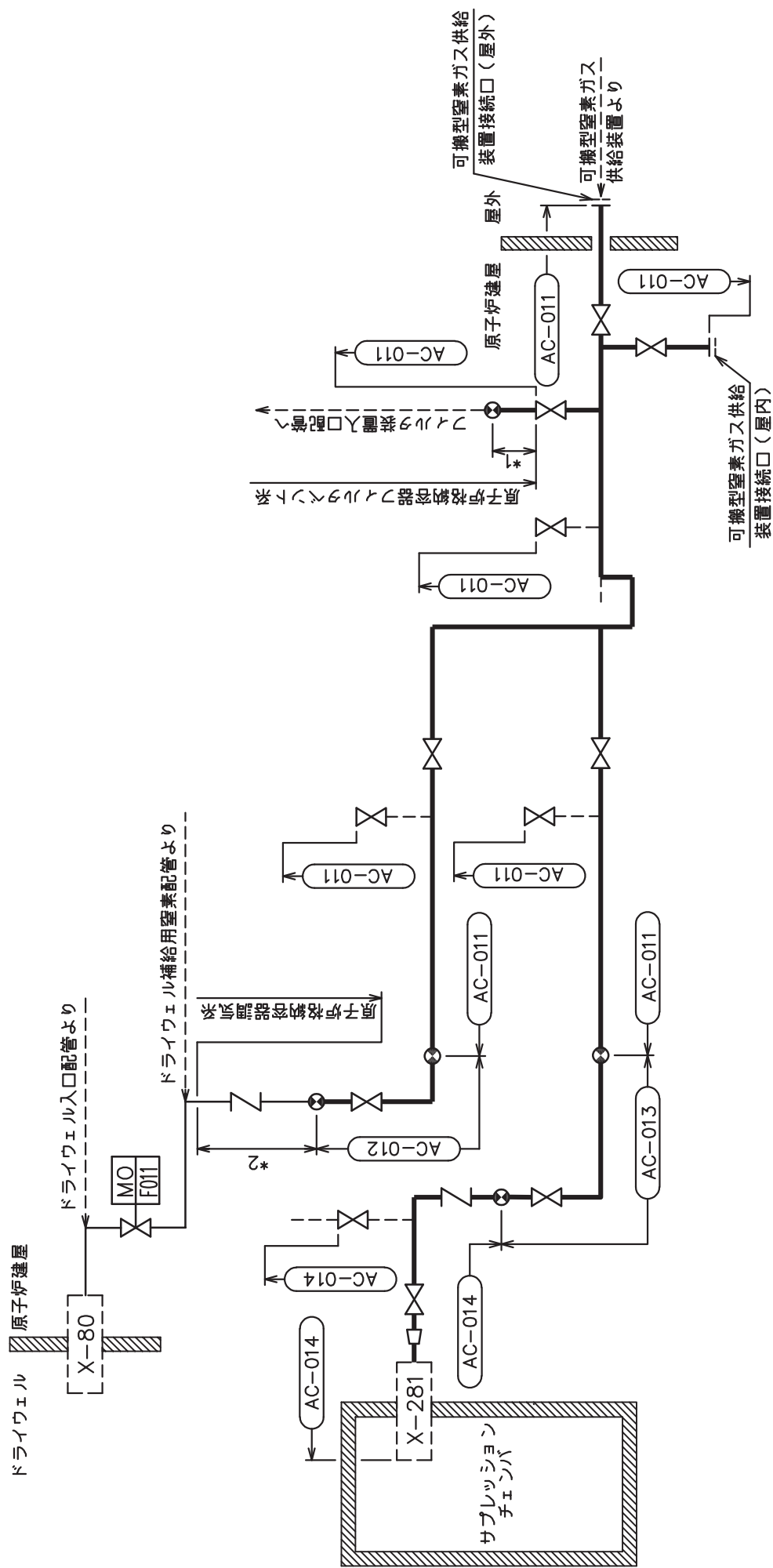
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

### 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |

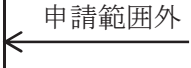
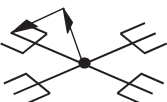
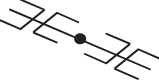
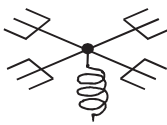
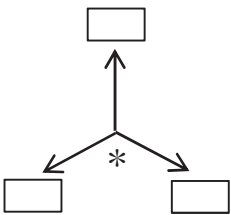


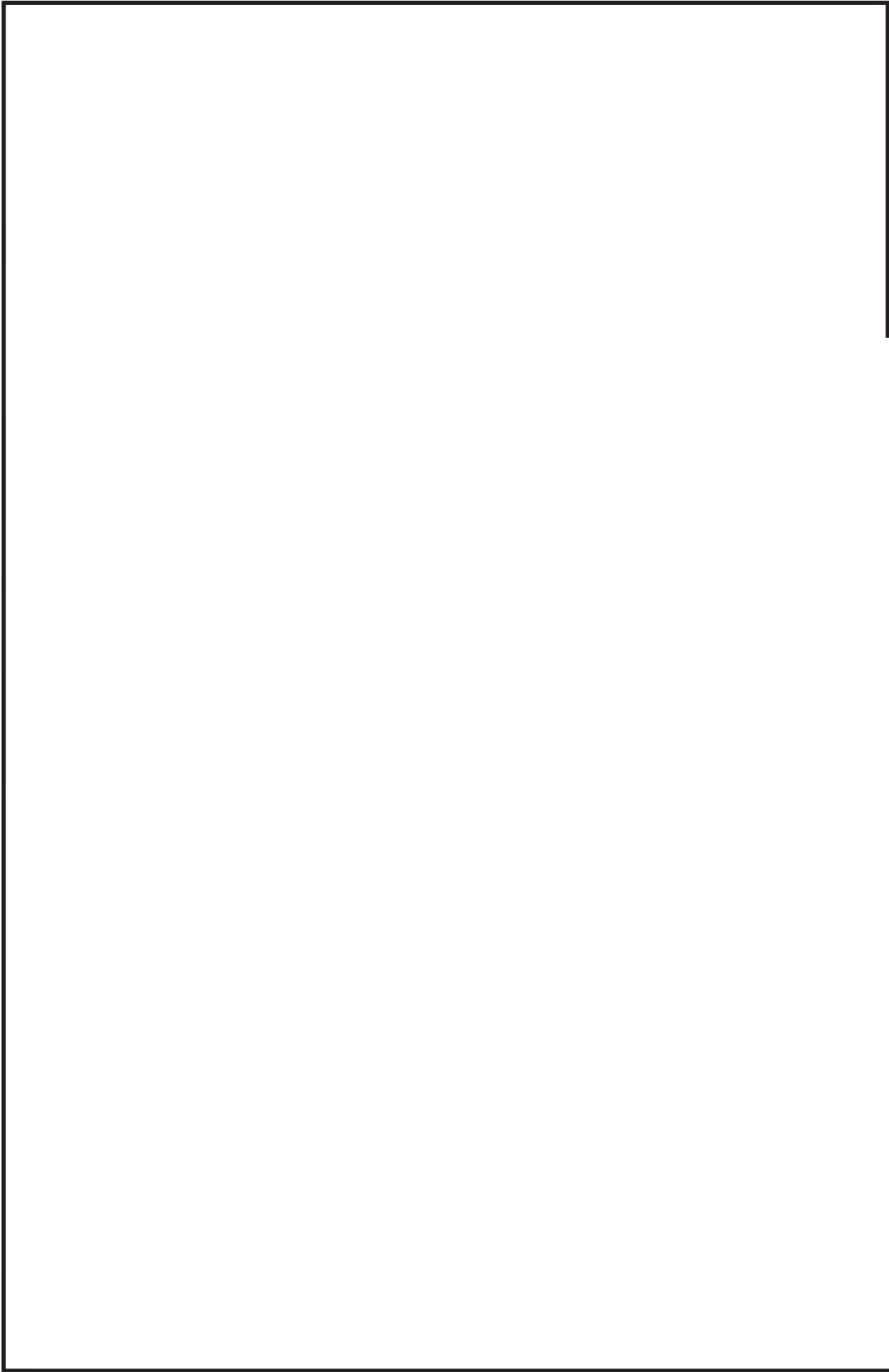
注記 \*1：原子炉格納容器フィルタベント系  
解析モデル上本系統に含める。  
\*2：解析モデル上  
原子炉格納容器調気系に含める。

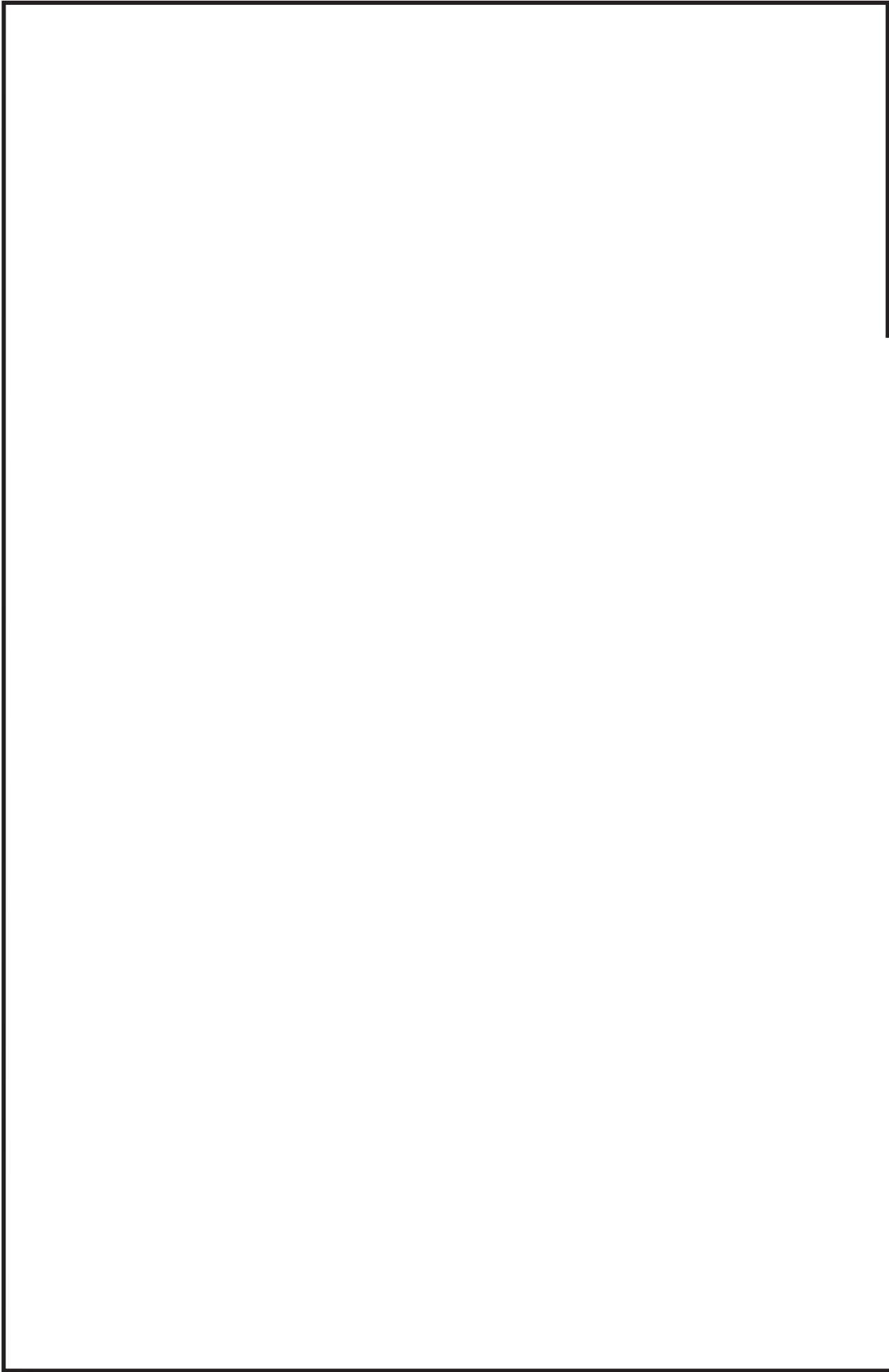
可搬型窒素ガス供給系概略系統図

## 2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

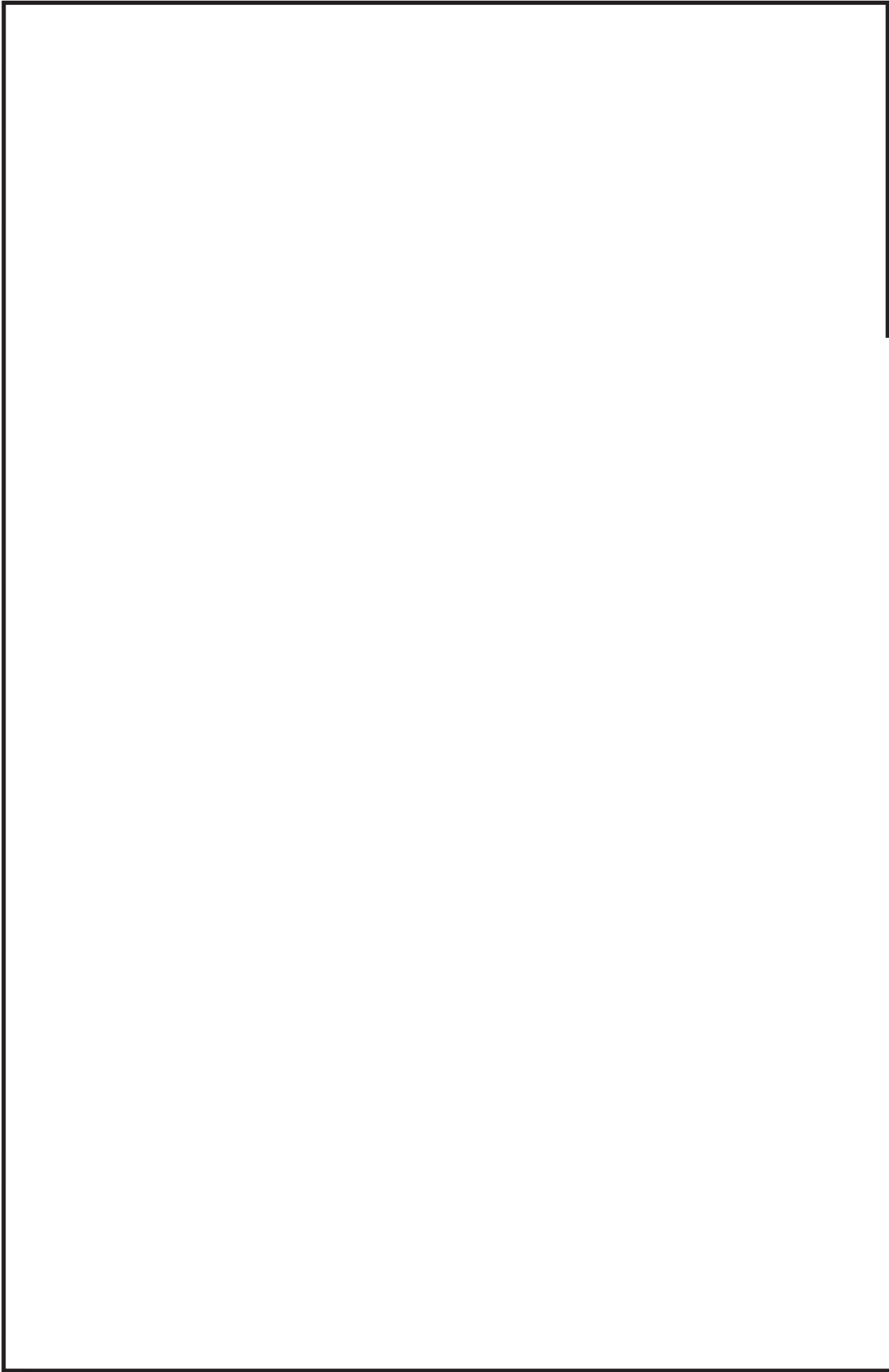
| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                                                           |
|  | スナッパ                                                                                                                                                                                 |
|  | ハンガ                                                                                                                                                                                  |
|  | ガイド                                                                                                                                                                                  |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> 内に変位量を記載する。) |





|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-014-2/3 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-014-3/3 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称                                             | 系統名称                    | 施設<br>分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 <sup>*2</sup>   | 機器等<br>の区分       | 耐震重要<br>度分類 | 荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup> | 許容応力<br>状態 <sup>*5</sup> |
|---------------|--------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|----------------------|------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 原子炉格納<br>施設   | 圧力低減設備<br>その他の安全設備                               | 可搬型窒素ガス<br>供給系          | S A                    | 常設／緩和                | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S_d$           | $V_A S$                  |
|               |                                                  |                         |                        |                      |                  |             | $V_L(LL) + S_s$          |                          |
|               |                                                  |                         |                        |                      |                  |             | $V_L + S_s$              |                          |
| 原子炉格納<br>施設   | 放射性物質濃度制御設備<br>及び可燃性ガス濃度制御<br>設備並びに格納容器再循<br>環設備 | 原子炉格納容器<br>フィルタベント<br>系 | S A                    | 常設／緩和                | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S_d$           | $V_A S$                  |
|               |                                                  |                         |                        |                      |                  |             | $V_L(LL) + S_s$          |                          |
|               |                                                  |                         |                        |                      |                  |             | $V_L + S_s$              |                          |
| 原子炉格納<br>施設   | 圧力逃がし装置                                          | 原子炉格納容器<br>フィルタベント<br>系 | S A                    | 常設耐震/<br>防止<br>常設／緩和 | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S_d$           | $V_A S$                  |
|               |                                                  |                         |                        |                      |                  |             | $V_L(LL) + S_s$          |                          |
|               |                                                  |                         |                        |                      |                  |             | $V_L + S_s$              |                          |
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 残留熱除去設備                                          | 原子炉格納容器<br>フィルタベント<br>系 | S A                    | 常設耐震/<br>防止          | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S_d$           | $V_A S$                  |
|               |                                                  |                         |                        |                      |                  |             | $V_L(LL) + S_s$          |                          |
|               |                                                  |                         |                        |                      |                  |             | $V_L + S_s$              |                          |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

\*3：運転状態の添字 L は荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態，(LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      A C - 0 1 4

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa)      | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料        | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|----------------------|---------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1   | 854kPa<br>(0.854MPa) | 66            | 60.5       | 5.5        | STS410    | —           | 200360         |
| 2   | 854kPa<br>(0.854MPa) | 200           | 60.5       | 5.5        | STS410    | —           | 191000         |
| 3   | 854kPa<br>(0.854MPa) | 200           | 34.0       | 4.5        | STS410    | —           | 191000         |
| 4   | 854kPa<br>(0.854MPa) | 200           | 34.0       | 3.4        | SUS316LTP | —           | 183000         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      A C - 0 1 4

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1             | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  |
|     | 16            | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | 30  |
|     | 31            | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  |
|     | 46            | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  | 53  | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  |
|     | 61            | 62  | 63  | 64  | 65  | 66  | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  |
|     | 76            | 77  | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  |
|     | 91            | 92  | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 |
| 2   | 143           |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 107           | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 114 | 115 | 116 | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 |
| 3   | 123           | 124 | 125 | 142 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|     | 125           | 126 | 127 | 128 | 129 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4   | 129           | 130 | 131 | 132 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図                      A C - 0 1 4

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 27  |        | 53  |        | 79  |        | 108 |        |
| 2   |        | 28  |        | 54  |        | 80  |        | 109 |        |
| 3   |        | 29  |        | 55  |        | 81  |        | 110 |        |
| 4   |        | 30  |        | 56  |        | 82  |        | 111 |        |
| 5   |        | 31  |        | 57  |        | 83  |        | 115 |        |
| 6   |        | 32  |        | 58  |        | 84  |        | 116 |        |
| 7   |        | 33  |        | 59  |        | 85  |        | 117 |        |
| 8   |        | 34  |        | 60  |        | 86  |        | 118 |        |
| 9   |        | 35  |        | 61  |        | 87  |        | 119 |        |
| 10  |        | 36  |        | 62  |        | 88  |        | 120 |        |
| 11  |        | 37  |        | 63  |        | 89  |        | 121 |        |
| 12  |        | 38  |        | 64  |        | 90  |        | 122 |        |
| 13  |        | 39  |        | 65  |        | 91  |        | 123 |        |
| 14  |        | 40  |        | 66  |        | 92  |        | 124 |        |
| 15  |        | 41  |        | 67  |        | 93  |        | 125 |        |
| 16  |        | 42  |        | 68  |        | 94  |        | 126 |        |
| 17  |        | 43  |        | 69  |        | 95  |        | 127 |        |
| 18  |        | 44  |        | 70  |        | 96  |        | 128 |        |
| 19  |        | 45  |        | 71  |        | 97  |        | 129 |        |
| 20  |        | 46  |        | 72  |        | 98  |        | 130 |        |
| 21  |        | 47  |        | 73  |        | 99  |        | 131 |        |
| 22  |        | 48  |        | 74  |        | 100 |        | 132 |        |
| 23  |        | 49  |        | 75  |        | 101 |        | 142 |        |
| 24  |        | 50  |        | 76  |        | 102 |        | 143 |        |
| 25  |        | 51  |        | 77  |        | 103 |        |     |        |
| 26  |        | 52  |        | 78  |        | 104 |        |     |        |

鳥 瞰 図                    A C - 0 1 4

弁部の質量を下表に示す。

| 弁 1 |        | 弁 2 |        |
|-----|--------|-----|--------|
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
| 105 |        | 112 |        |
| 106 |        | 113 |        |
| 107 |        | 114 |        |
|     |        | 135 |        |
|     |        | 136 |        |

鳥 瞰 図                    A C - 0 1 4

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 長さ (mm) |
|------|-----|---------|---------|---------|
| 弁1   | 106 |         |         |         |
| 弁2   | 113 |         |         |         |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            A C - 0 1 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号    | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|          | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1        |                 |   |   |                       |   |   |
| 8        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 8 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 10       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 10 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 12       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 12 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 17       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 17 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 24       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 24 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 31       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 31 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 33       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 33 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 35       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 35 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 44       |                 |   |   |                       |   |   |
| 46       |                 |   |   |                       |   |   |
| 48       |                 |   |   |                       |   |   |
| 50       |                 |   |   |                       |   |   |
| 53       |                 |   |   |                       |   |   |
| 62       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 62 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 64       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 64 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 66       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 66 ** |                 |   |   |                       |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            A C - 0 1 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| ** 69 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 76        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 76 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 78        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 78 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 80        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 80 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 82        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 82 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 89 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 92        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 92 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 94        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 94 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 96 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 111       |                 |   |   |                       |   |   |
| 115       |                 |   |   |                       |   |   |
| 120       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 120 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 122       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 122 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 133 ** |                 |   |   |                       |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            A C - 0 1 4

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 136   |                 |   |   |                       |   |   |
| 142   |                 |   |   |                       |   |   |
| 143   |                 |   |   |                       |   |   |

|  |
|--|
|  |
|--|

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料        | 最高使用温度<br>(℃) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|-----------|---------------|------------|-----|-----|-----|
|           |               | S m        | S y | S u | S h |
| STS410    | 66            | —          | 231 | 407 | —   |
| STS410    | 200           | —          | 207 | 404 | —   |
| SUS316LTP | 200           | —          | 120 | 407 | —   |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図       | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-------------|--------|----------------|----------|
| A C - 0 1 4 | 原子炉建屋  |                |          |

02 ⑤ VI-2-9-4-4-4-1 (重) R0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      A C - 0 1 4

| 適用する地震動等 |             | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |       |
|----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|-------|
| モード      | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |       |
|          |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | 応 答 水 平 震 度*1 | X 方 向 | Z 方 向    | Y 方 向 |
| 1 次      |             |               |       |          |               |       |          |       |
| 2 次      |             |               |       |          |               |       |          |       |
| 3 次      |             |               |       |          |               |       |          |       |
| 4 次      |             |               |       |          |               |       |          |       |
| 5 次      |             |               |       |          |               |       |          |       |
| 6 次*2    |             |               |       |          |               |       |          |       |
| 動的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |       |
| 静的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |       |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
 \*2：固有周期が0.050s以下であることを示す。  
 \*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*4：3.6C<sub>I</sub>及び1.2C<sub>V</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図      A C - 0 1 4

| モード | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-----|-------------|-------|------|------|
|     |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次 |             |       |      |      |
| 2 次 |             |       |      |      |
| 3 次 |             |       |      |      |
| 4 次 |             |       |      |      |
| 5 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は，モード質量を正規化し，固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

鳥瞰図 AC-014

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 AC-014

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 AC-014

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図         | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                     | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |                 | 疲労評価           |
|-------------|------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|
|             |                  |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 ・ S y |                |
| A C - 0 1 4 | V <sub>A</sub> S | 40          | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 146                     | 366                 | —                   | —               | U S s<br><br>— |
|             | V <sub>A</sub> S | 40          |                                | —                       | —                   | 291                 | 462             |                |

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類         | 型式         | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|--------------|------------|------------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|              |            |            |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| AC-011-051B  | ロッドレストレイント | RTS-06     | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 2                | 9                |
| AC-014-136SA | メカニカルスナッパ  | SMS-06-100 |                                               |           | 2                | 18               |
| AC-014-136SB | メカニカルスナッパ  | SMS-06-100 |                                               |           | 3                | 18               |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式   | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|-------------|---------|------|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|             |         |      |        |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |      |        |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
|             |         |      |        |           |                |                |                |                |                |                |          |                   |                   |
| AC-013-070A | アソカ     | ラダ   | SGV410 | 66        | 4              | 5              | 11             | 2              | 2              | 1              | 曲げ       | 154               | 490               |
| AC-014-053R | レストレイント | Uボルト | SS400  | 130       | 2              | 0              | 5              | —              | —              | —              | せん断      | 77                | 147               |

4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 形式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|--------------------------------------------|----|------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                         | 鉛直 | 水平                                       | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                          | —  | —                                        | —  | —                 | —    |

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管)

| No. | 配管モデル  | 許容応力状態 V A S |                   |                   |       |    |         |                   |                   |      |    |      |                |    |
|-----|--------|--------------|-------------------|-------------------|-------|----|---------|-------------------|-------------------|------|----|------|----------------|----|
|     |        | 一次応力         |                   |                   |       |    | 一次＋二次応力 |                   |                   |      |    | 疲労評価 |                |    |
|     |        | 評価点          | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点  | 疲労<br>累積<br>係数 | 代表 |
| 1   | AC-011 | 134          | 82                | 366               | 4.46  | —  | 134     | 179               | 462               | 2.58 | —  | —    | —              | —  |
| 2   | AC-012 | 71           | 26                | 366               | 14.07 | —  | 1       | 101               | 462               | 4.57 | —  | —    | —              | —  |
| 3   | AC-013 | 13           | 29                | 366               | 12.62 | —  | 11      | 71                | 462               | 6.50 | —  | —    | —              | —  |
| 4   | AC-014 | 40           | 146               | 366               | 2.50  | ○  | 40      | 291               | 462               | 1.58 | ○  | —    | —              | —  |

VI-2-9-4-5 原子炉格納容器調気設備の耐震性についての計算書

## 目 次

VI-2-9-4-5-1 原子炉格納容器調気系の耐震性についての計算書



VI-2-9-4-5-1 原子炉格納容器調気系の耐震性についての計算書

## 目 次

VI-2-9-4-5-1-1 管の耐震性についての計算書（原子炉格納容器調気系）

VI-2-9-4-5-1-1 管の耐震性についての計算書  
(原子炉格納容器調気系)

## 設計基準対象施設

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 5  |
| 3. 計算条件 .....                     | 12 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 12 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 13 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 14 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 23 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 24 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 25 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 25 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 31 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 31 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 32 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 33 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 34 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉格納容器調気系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

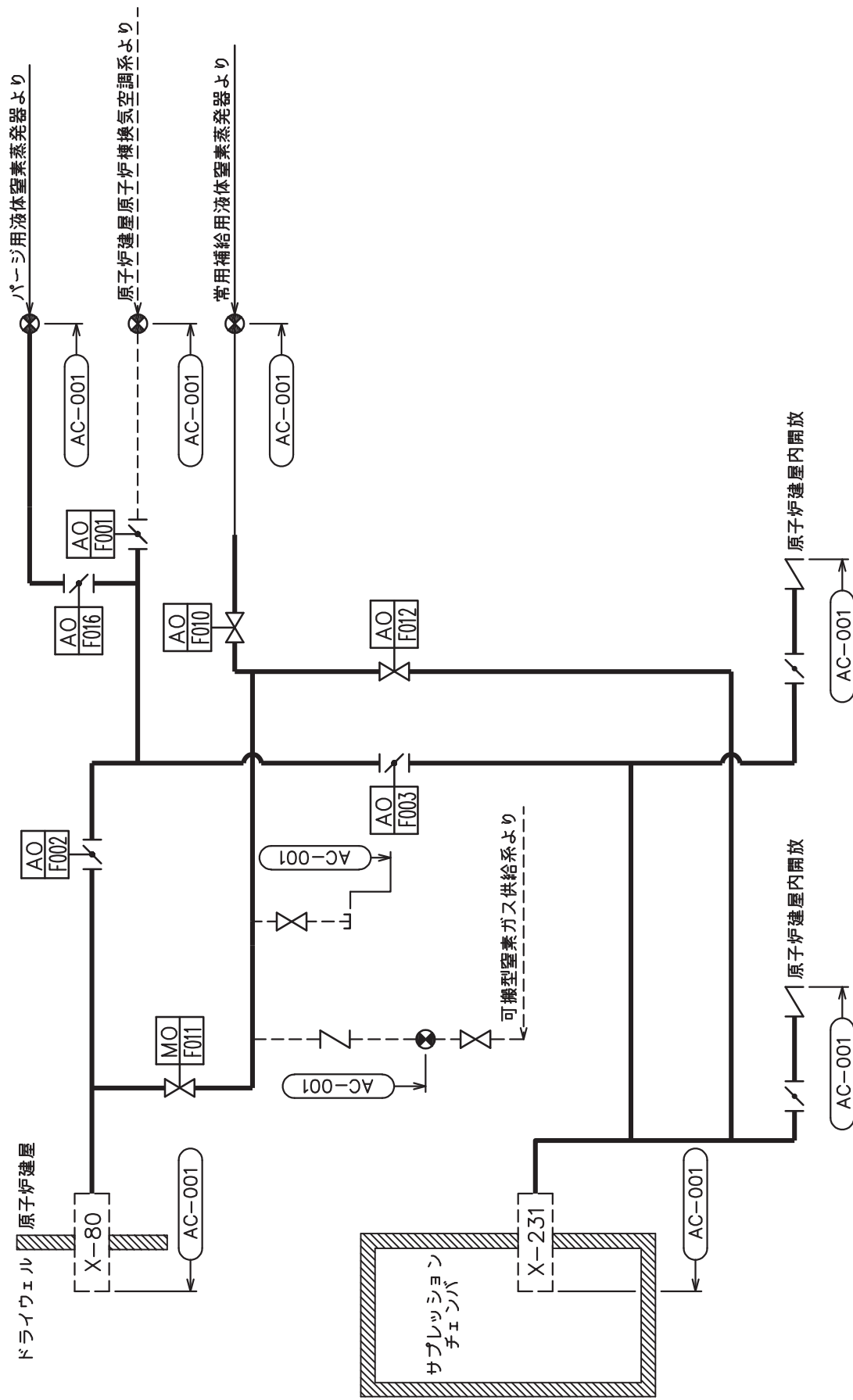
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

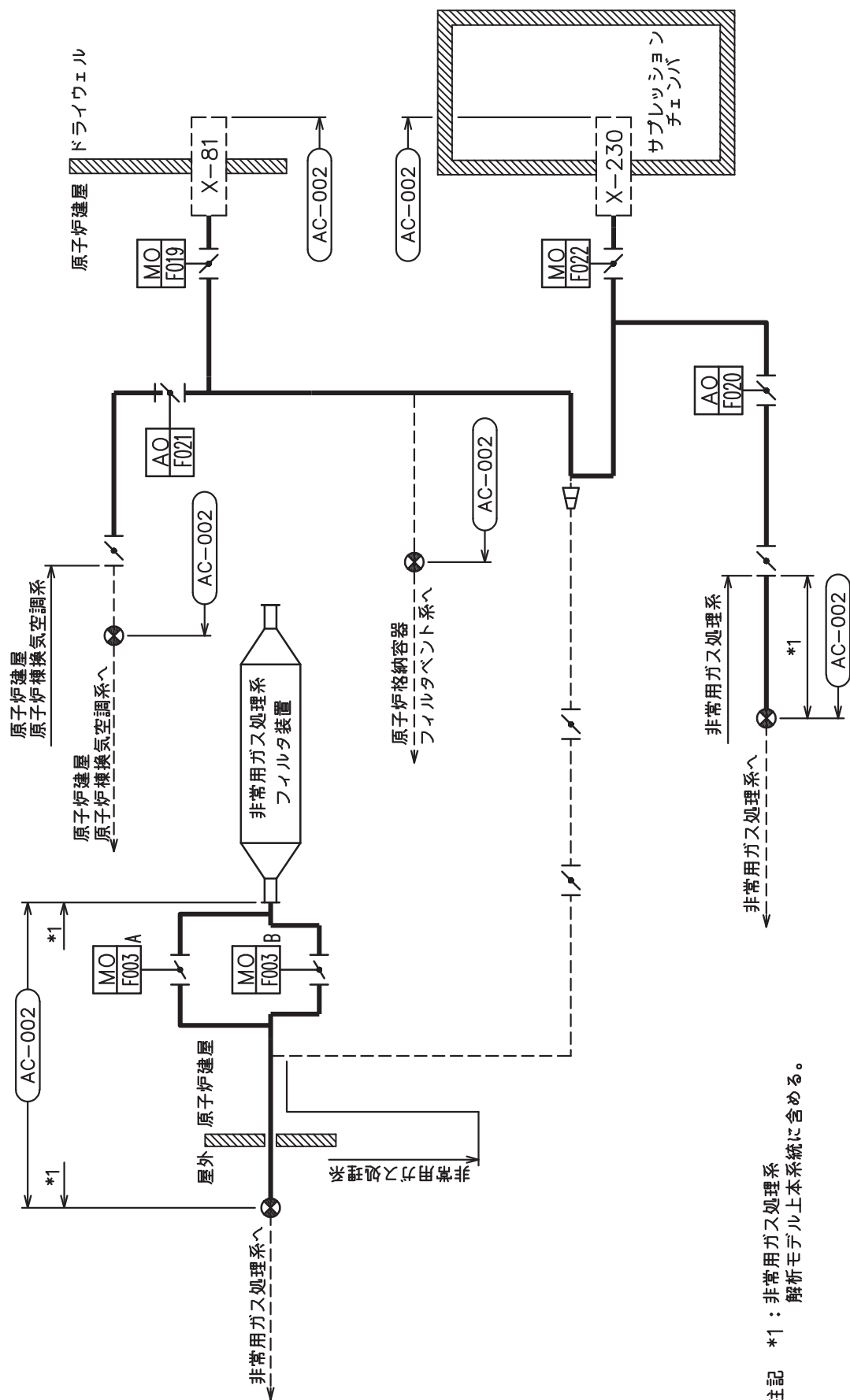
概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



原子炉格納容器調気系統概略系統図（その1）



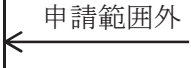
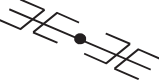
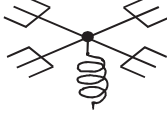
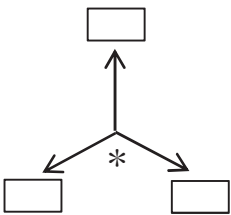


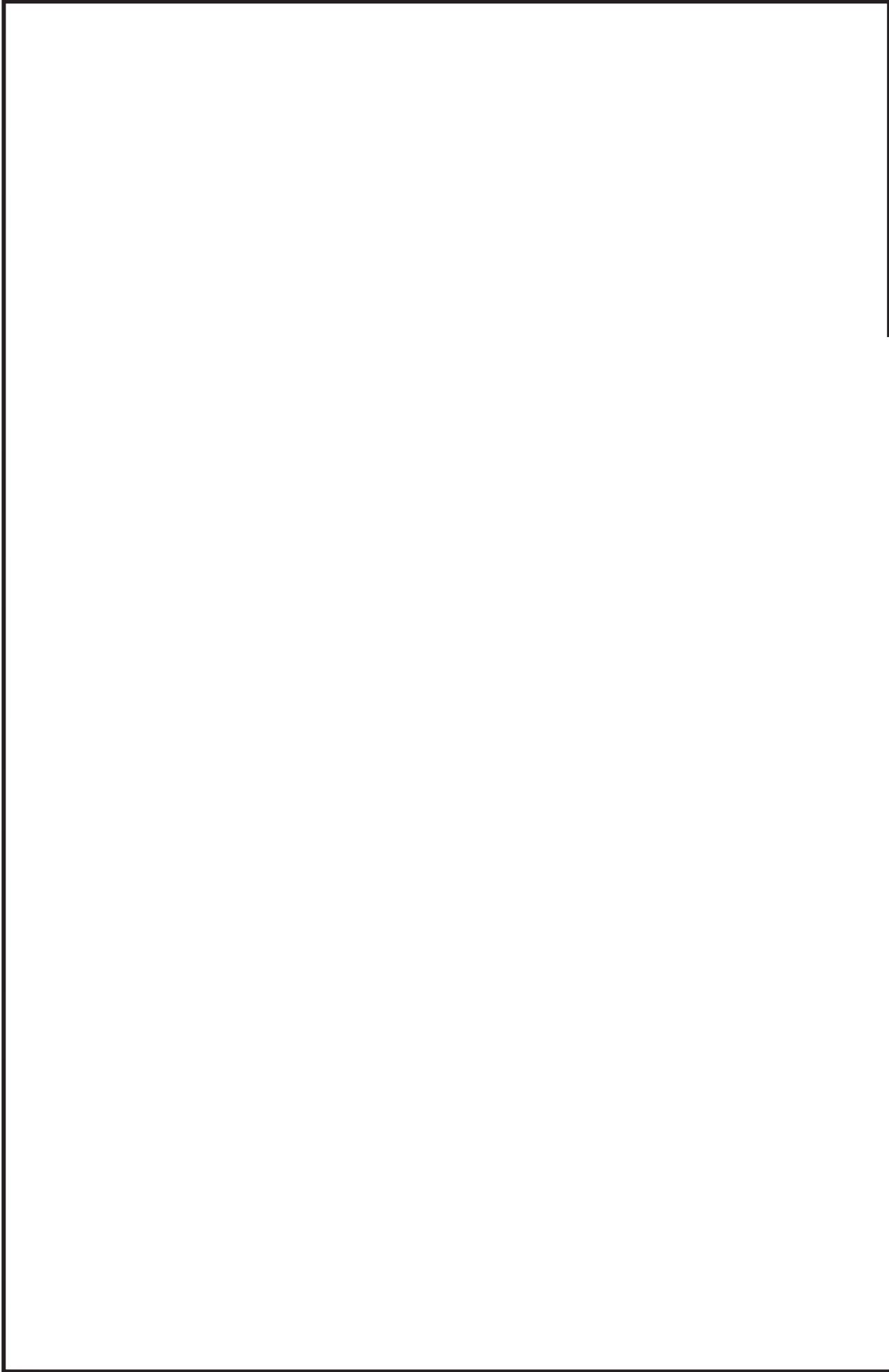
注記 \*1：非常用ガス処理系  
解析モデル上本系統に含める。

原子炉格納容器調気系概略系統図（その2）

## 2.2 鳥瞰図

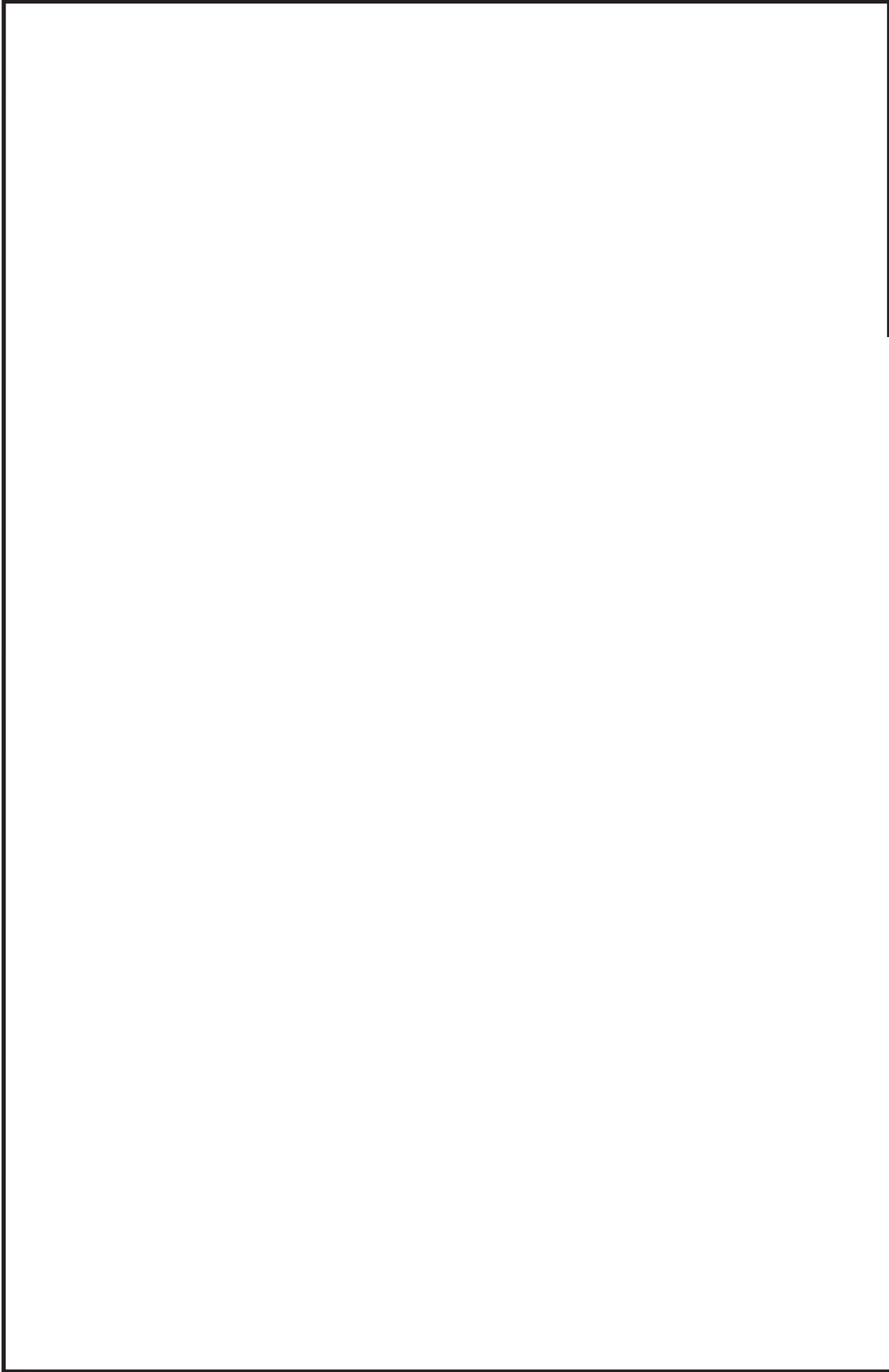
鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                           |
|  | スナッパ                                                                                                                                                 |
|  | ハンガ                                                                                                                                                  |
|  | ガイド                                                                                                                                                  |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に<br>変位量を記載する。) |



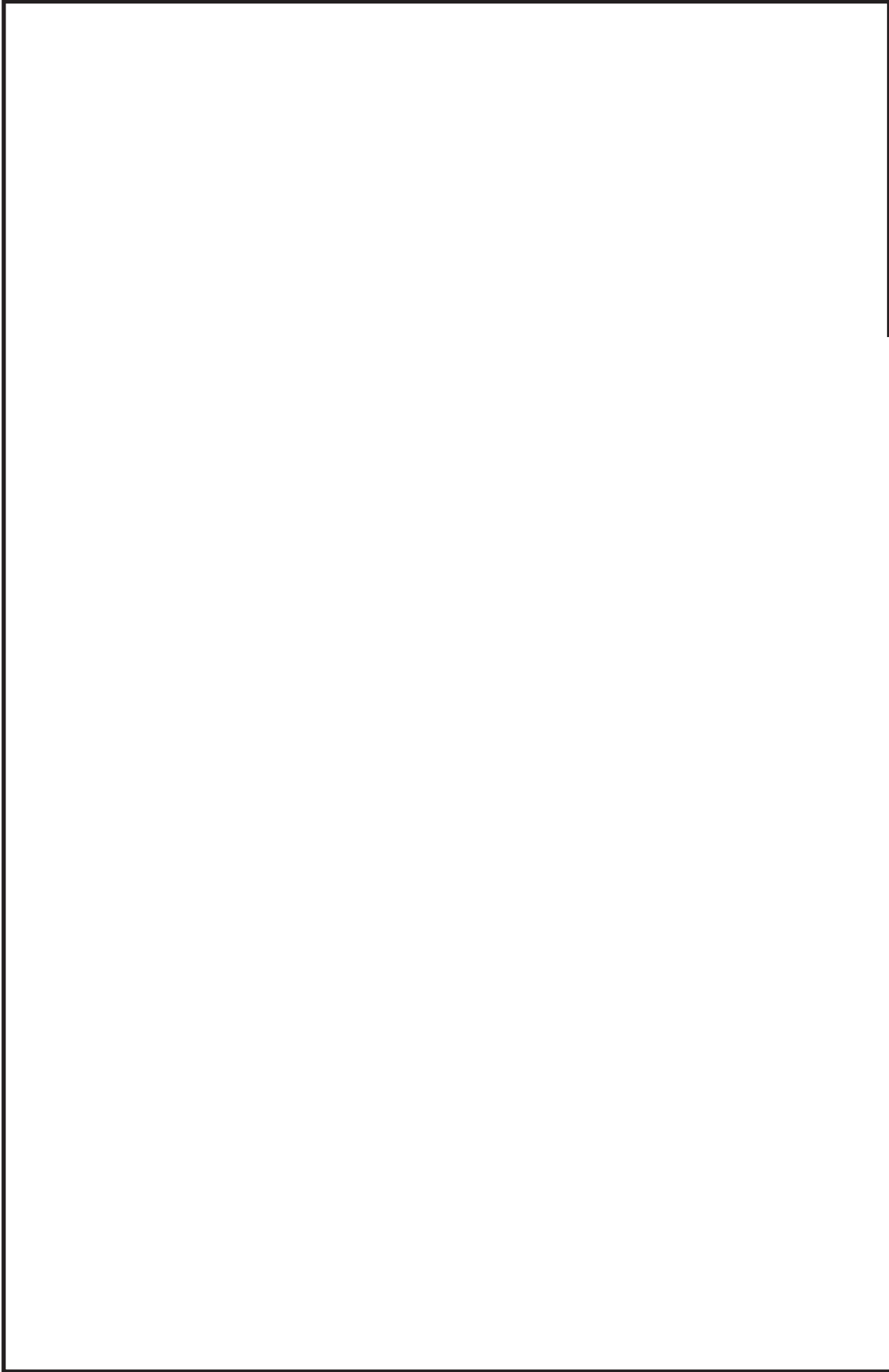
|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-001-1/6 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



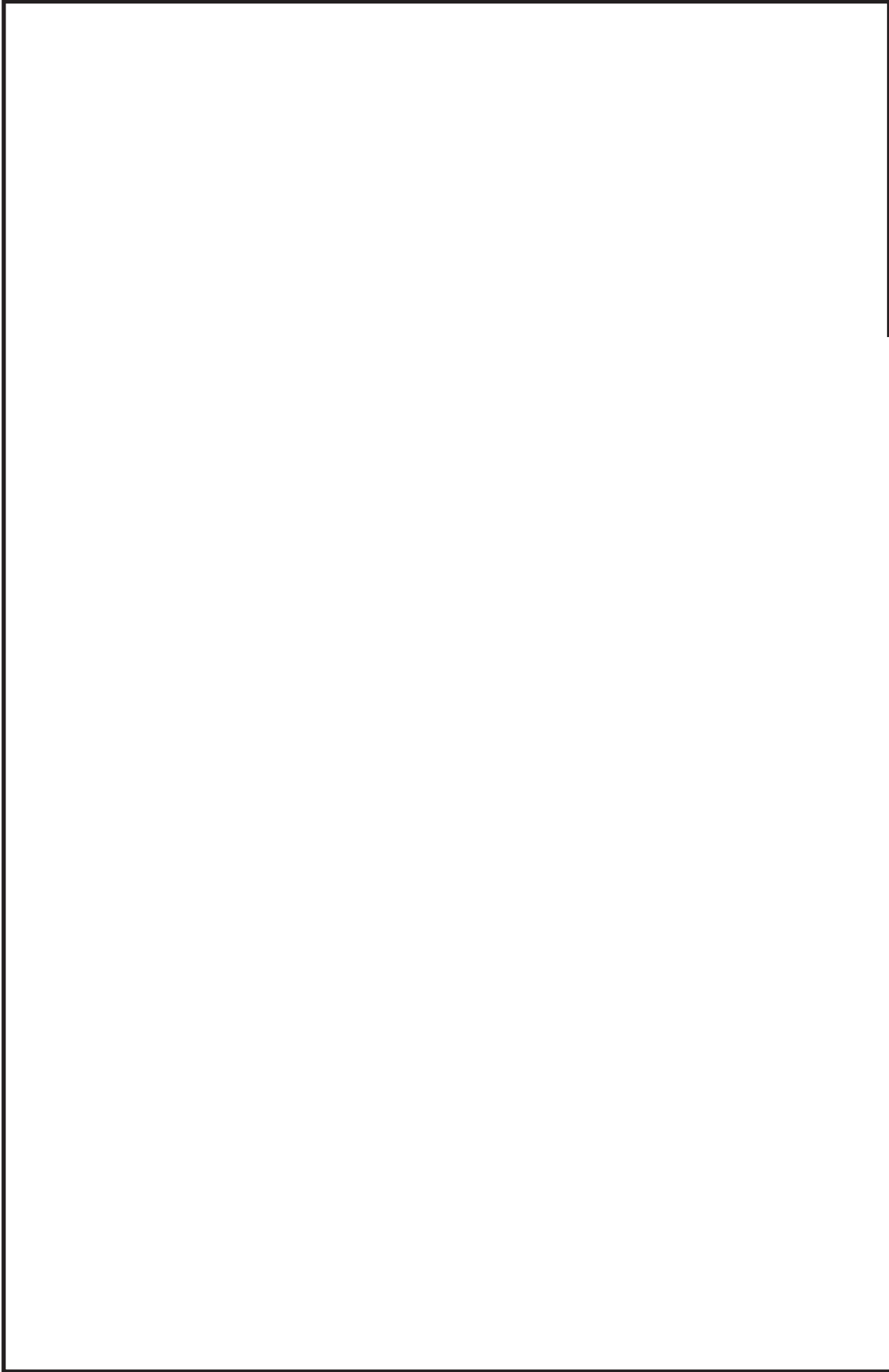
|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-001-2/6 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



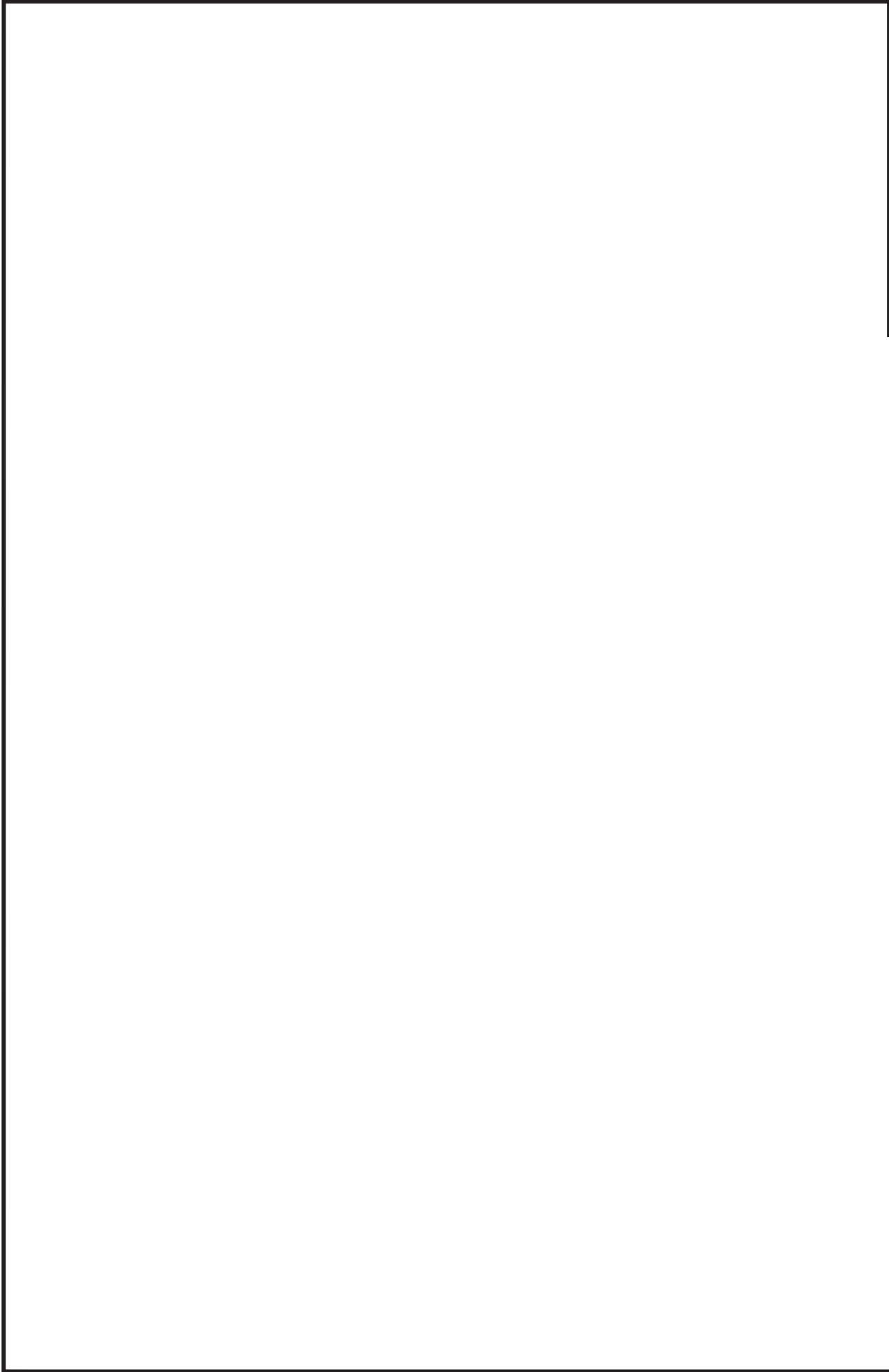
|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-001-3/6 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-001-4/6 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-001-5/6 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-001-6/6 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称    | 設備名称               | 系統名称           | 施設<br>分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 | 機器等<br>の区分 | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup> | 許容応力状<br>態       |
|---------|--------------------|----------------|------------------------|------|------------|-------------|--------------------------|------------------|
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備そ<br>の他の安全設備 | 原子炉格納容器調<br>気系 | D B                    | —    | クラス 2 管    | S           | I <sub>L</sub> + S d     | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|         |                    |                |                        |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d     |                  |
|         |                    |                |                        |      |            |             | I <sub>L</sub> + S s     |                  |
|         |                    |                |                        |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s     | Ⅳ <sub>A</sub> S |
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備そ<br>の他の安全設備 | 非常用ガス処理系       | D B                    | —    | クラス 4 管    | S           | I <sub>L</sub> + S d     | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|         |                    |                |                        |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d     |                  |
|         |                    |                |                        |      |            |             | I <sub>L</sub> + S s     |                  |
|         |                    |                |                        |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s     | Ⅳ <sub>A</sub> S |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      A C - 0 0 1

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa)      | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|----------------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 171           | 609.6      | 9.5        | SM400C  | S           | 193320         |
| 2   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 66            | 457.2      | 9.5        | SM400C  | S           | 200360         |
| 3   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 171           | 457.2      | 9.5        | SM400C  | S           | 193320         |
| 4   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 171           | 60.5       | 5.5        | S25C    | S           | 193320         |
| 5   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 104           | 609.6      | 31.0       | SM400C  | S           | 197680         |
| 6   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 104           | 609.6      | 9.5        | SM400C  | S           | 197680         |
| 7   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 66            | 60.5       | 5.5        | STPT370 | S           | 200360         |
| 8   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 171           | 60.5       | 5.5        | STS410  | S           | 193320         |
| 9   | 427kPa<br>(0.427MPa) | 104           | 60.5       | 5.5        | STS410  | S           | 197680         |

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    A C - 0 0 1

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa)      | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料   | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|----------------------|---------------|------------|------------|------|-------------|----------------|
| 10  | 427kPa<br>(0.427MPa) | 104           | 60.5       | 5.5        | S25C | S           | 197680         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
 評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                    A C - 0 0 1

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 3             | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  |
|     | 18            | 20  | 21  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 120 | 150 | 151 | 159 | 160 | 167 |
|     | 801           | 802 | 806 | 807 | 905 | 906 | 915 | 917 | 918 | 930 |     |     |     |     |     |
| 2   | 23            | 24  | 168 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 3   | 4             | 26  | 27  | 28  | 808 | 937 | 938 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 4   | 154           | 157 | 167 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 5   | 36            | 37  | 38  | 39  | 40  | 41  | 49  | 56  | 69  | 108 | 155 | 156 | 161 | 162 | 163 |
|     | 501           | 521 | 541 | 551 | 561 | 641 | 901 | 919 | 964 |     |     |     |     |     |     |
| 6   | 45            | 46  | 47  | 52  | 53  | 54  | 803 | 804 | 904 |     |     |     |     |     |     |
| 7   | 75            | 965 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 8   | 77            | 78  | 79  | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  |
|     | 104           | 154 | 415 | 416 | 417 | 418 | 419 | 420 | 421 | 422 | 423 | 424 | 425 | 426 | 427 |
|     | 428           | 429 | 430 | 431 | 432 | 433 | 434 | 435 | 436 | 437 | 439 | 440 | 441 | 442 | 443 |
|     | 444           | 445 | 903 | 907 | 908 | 910 | 911 | 912 | 913 |     |     |     |     |     |     |
| 9   | 106           | 107 | 158 | 177 | 933 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 10  | 108           | 158 | 202 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図                      A C - 0 0 1

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 4   |        | 40  |        | 156 |        | 429 |        | 808 |        |
| 5   |        | 41  |        | 157 |        | 430 |        | 901 |        |
| 6   |        | 46  |        | 158 |        | 431 |        | 903 |        |
| 7   |        | 53  |        | 159 |        | 432 |        | 904 |        |
| 8   |        | 69  |        | 160 |        | 433 |        | 905 |        |
| 9   |        | 78  |        | 161 |        | 434 |        | 906 |        |
| 10  |        | 79  |        | 162 |        | 435 |        | 907 |        |
| 11  |        | 80  |        | 163 |        | 436 |        | 908 |        |
| 12  |        | 81  |        | 167 |        | 440 |        | 910 |        |
| 13  |        | 82  |        | 168 |        | 441 |        | 911 |        |
| 14  |        | 83  |        | 177 |        | 442 |        | 912 |        |
| 15  |        | 84  |        | 202 |        | 443 |        | 913 |        |
| 16  |        | 85  |        | 415 |        | 444 |        | 915 |        |
| 17  |        | 86  |        | 416 |        | 445 |        | 917 |        |
| 21  |        | 87  |        | 417 |        | 501 |        | 918 |        |
| 23  |        | 88  |        | 418 |        | 521 |        | 919 |        |
| 27  |        | 89  |        | 419 |        | 541 |        | 930 |        |
| 28  |        | 90  |        | 420 |        | 551 |        | 933 |        |
| 29  |        | 91  |        | 421 |        | 561 |        | 937 |        |
| 30  |        | 107 |        | 422 |        | 641 |        | 938 |        |
| 31  |        | 108 |        | 423 |        | 801 |        | 964 |        |
| 32  |        | 120 |        | 424 |        | 802 |        | 965 |        |
| 33  |        | 150 |        | 425 |        | 803 |        |     |        |
| 37  |        | 151 |        | 426 |        | 804 |        |     |        |
| 38  |        | 154 |        | 427 |        | 806 |        |     |        |
| 39  |        | 155 |        | 428 |        | 807 |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

| 弁 1 |        | 弁 2 |        | 弁 3 |        | 弁 4 |        | 弁 5 |        |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
| 1   |        | 18  |        | 75  |        | 34  |        | 24  |        |
| 2   |        | 19  |        | 76  |        | 35  |        | 25  |        |
| 3   |        | 20  |        | 77  |        | 36  |        | 26  |        |
| 57  |        | 59  |        | 109 |        | 63  |        | 61  |        |
| 121 |        | 124 |        | 110 |        | 127 |        | 136 |        |
| 58  |        | 60  |        |     |        | 64  |        | 62  |        |
| 122 |        | 125 |        |     |        | 128 |        | 137 |        |
| 123 |        | 126 |        |     |        | 129 |        | 138 |        |

| 弁 6 |        | 弁 7 |        | 弁 8 |        | 弁 9 |        | 弁 1 0 |        |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-------|--------|
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点   | 質量(kg) |
| 104 |        | 43  |        | 47  |        | 50  |        | 54    |        |
| 105 |        | 44  |        | 48  |        | 51  |        | 55    |        |
| 106 |        | 45  |        | 49  |        | 52  |        | 56    |        |
| 113 |        |     |        | 65  |        |     |        | 67    |        |
| 114 |        |     |        | 130 |        |     |        | 133   |        |
|     |        |     |        | 66  |        |     |        | 68    |        |
|     |        |     |        | 131 |        |     |        | 134   |        |
|     |        |     |        | 132 |        |     |        | 135   |        |

| 弁 1 1 |        |
|-------|--------|
| 評価点   | 質量(kg) |
| 437   |        |
| 438   |        |
| 439   |        |
| 446   |        |
| 447   |        |

鳥 瞰 図            A C - 0 0 1

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 長さ (mm) |
|------|-----|---------|---------|---------|
| 弁1   | 2   |         |         |         |
| 弁2   | 19  |         |         |         |
| 弁3   | 76  |         |         |         |
| 弁4   | 35  |         |         |         |
| 弁5   | 25  |         |         |         |
| 弁6   | 105 |         |         |         |
| 弁7   | 44  |         |         |         |
| 弁8   | 48  |         |         |         |
| 弁9   | 51  |         |         |         |
| 弁10  | 55  |         |         |         |
| 弁11  | 438 |         |         |         |



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            A C - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 9         |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 9 **   |                 |   |   |                       |   |   |
| 17        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 17 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 22 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 23        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 33 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 42 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 46        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 46 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 53        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 53 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 85        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 85 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 91        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 91 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 120 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 420 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 427       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 427 ** |                 |   |   |                       |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            A C - 0 0 1

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 431       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 431 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 436       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 436 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 441       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 441 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 447       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 901 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 903 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 904 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 905 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 906       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 913 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 915       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 917 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 918       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 919 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 930 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 937 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 938 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 964 ** |                 |   |   |                       |   |   |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 AC-001

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 78        |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 78 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 102       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 102 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 110       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 110 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 114       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 114 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 933       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 933 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 965       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 965 ** |                 |   |   |                       |   |   |
|           |                 |   |   |                       |   |   |
|           |                 |   |   |                       |   |   |
|           |                 |   |   |                       |   |   |
|           |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料       | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|----------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|          |                | S m        | S y | S u | S h |
| S25C     | 104            | —          | 242 | 406 | —   |
|          | 171            | —          | 224 | 406 | —   |
| SM400C*1 | 66             | —          | 234 | 385 | —   |
|          | 104            | —          | 219 | 373 | —   |
|          | 171            | —          | 201 | 373 | —   |
| SM400C*2 | 104            | —          | 210 | 373 | —   |
| STPT370  | 66             | —          | 199 | 360 | —   |
| STS410   | 104            | —          | 219 | 404 | —   |
|          | 171            | —          | 211 | 404 | —   |

\*1：板厚が 16mm以下

\*2：板厚が 16mmを超えかつ 40mm以下

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図       | 建物・構築物  | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-------------|---------|----------------|----------|
| A C - 0 0 1 | 原子炉格納容器 |                |          |
|             | 原子炉建屋   |                |          |

02 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1 (設) R0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      A C - 0 0 1

| 適用する地震動等 |             | S d 及び静的震度    |       |          |               | S s   |          |  |
|----------|-------------|---------------|-------|----------|---------------|-------|----------|--|
| モード      | 固有周期<br>(s) | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 | 応 答 水 平 震 度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|          |             | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向         | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 2 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 3 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 4 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 5 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 6 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 7 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 8 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 9 次      |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 10 次*2   |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 動的 震 度*3 |             |               |       |          |               |       |          |  |
| 静的 震 度*4 |             |               |       |          |               |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
 \*2：固有周期が0.050 s以下であることを示す。  
 \*3：S d又はS s地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図      A C - 0 0 1

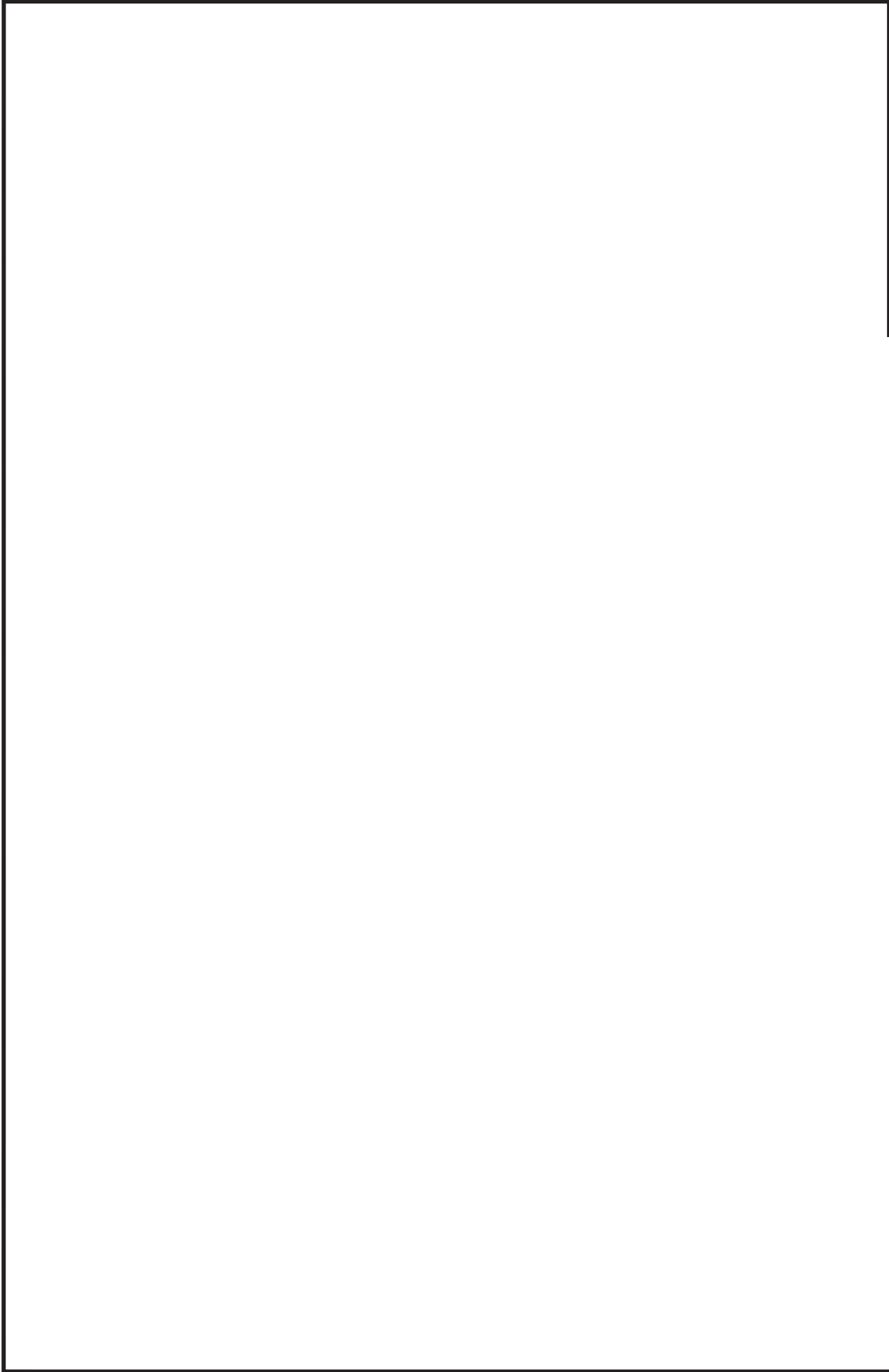
| モード | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|-----|-------------|-------|------|------|
|     |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次 |             |       |      |      |
| 2 次 |             |       |      |      |
| 3 次 |             |       |      |      |
| 4 次 |             |       |      |      |
| 5 次 |             |       |      |      |
| 6 次 |             |       |      |      |
| 7 次 |             |       |      |      |
| 8 次 |             |       |      |      |
| 9 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

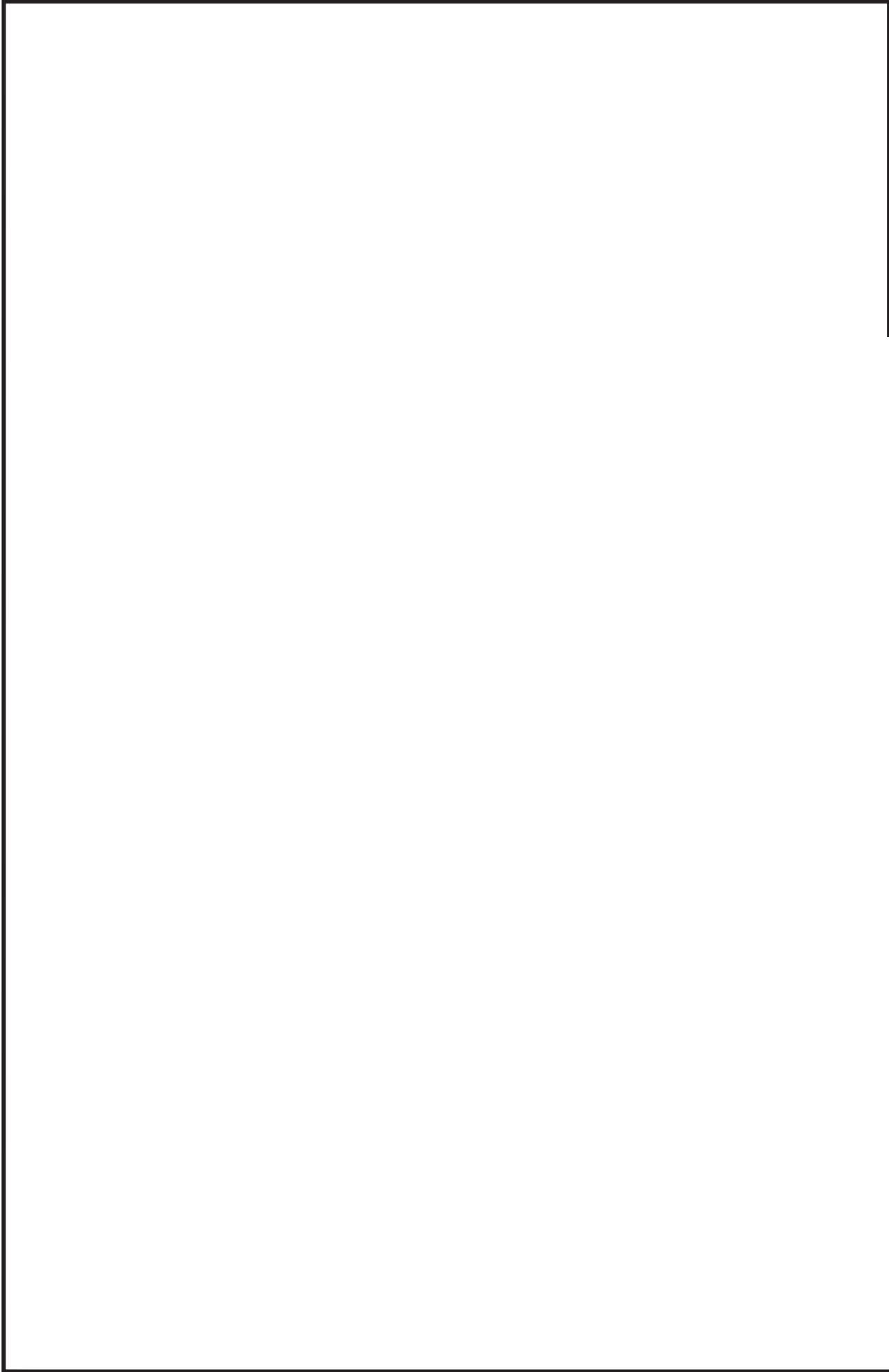
振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。





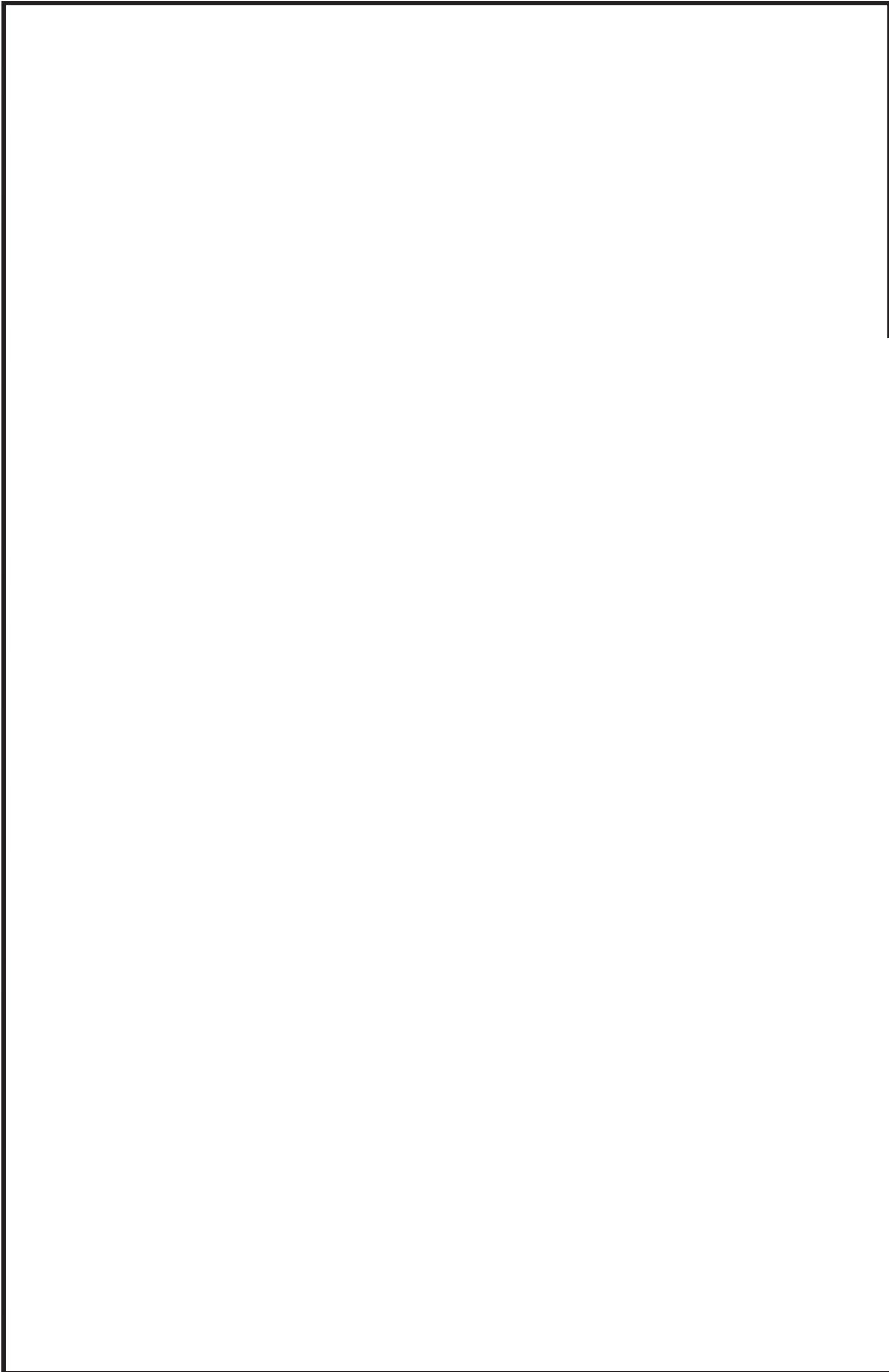
鳥瞰図 AC-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 AC-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 AC-001

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2 評価結果

4.2.1 管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図       | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                              | 一次＋二次応力評価<br>(MPa) |                 | 疲労評価 |
|-----------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|------------------------------|--------------------|-----------------|------|
|           |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0. 9 ・ S u | 計算応力<br>S n (S s)  | 許容応力<br>2 ・ S y |      |
| A C－0 0 1 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 13          | S p r m (S d) | 69                                     | 201                          | —                  | —               | —    |
|           | Ⅳ <sub>A</sub> S | 13          | S p r m (S s) | 107                                    | 335                          | —                  | —               | —    |
|           | Ⅳ <sub>A</sub> S | 34          | S n (S s)     | —                                      | —                            | 242                | 402             | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金については、S y と1. 2 ・ S hのうち大きい方とする。

4.2.2 支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類         | 型式         | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|--------------|------------|------------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|              |            |            |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| AC-001-046BA | ロッドレストレイント | RST-5      | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 178              | 235              |
| AC-002-924SA | メカニカルスナッパ  | SMS-25-100 |                                               |           | 195              | 525              |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式 | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|-------------|---------|----|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|             |         |    |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |    |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
|             |         |    |         |           |                |                |                |                |                |                |          |                   |                   |
| AC-002-028R | レストレイント | 架構 | STKR400 | 40        | 199            | 155            | 199            | -              | -              | -              | 曲げ       | 115               | 490               |
| AC-002-253A | アンカ     | 架構 | STKR400 | 40        | 38             | 198            | 37             | 84             | 12             | 85             | 曲げ       | 194               | 490               |

#### 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号      | 形式     | 要求機能          | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |     | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |      | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|----------|--------|---------------|--------------------------------------------|-----|------------------------------------------|------|-------------------|------|
|          |        |               | 水平                                         | 鉛直  | 水平                                       | 鉛直   | 計算応力              | 許容応力 |
| T48-F012 | グローブ弁  | $\beta$ (S d) | 10.6                                       | 7.0 | 15.0                                     | 15.0 | 235               | 420  |
| T48-F022 | バタフライ弁 | $\beta$ (S d) | 7.1                                        | 5.9 | 20.0                                     | 20.0 | 115               | 352  |

\* 応答加速度は、打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果(クラス2以下の管)

| No. | 配管モデル  | 許容応力状態 III <sub>A</sub> S |                   |                   |      |        | 許容応力状態 IV <sub>A</sub> S |                   |                   |      |          |     |                   |                   |      |        |                |        |
|-----|--------|---------------------------|-------------------|-------------------|------|--------|--------------------------|-------------------|-------------------|------|----------|-----|-------------------|-------------------|------|--------|----------------|--------|
|     |        | 一次応力                      |                   |                   |      |        | 一次応力                     |                   |                   |      | 一次＋二次応力* |     |                   |                   | 疲労評価 |        |                |        |
|     |        | 評価点                       | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表 | 評価点                      | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表   | 評価点 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表 | 疲労<br>累積<br>係数 | 代<br>表 |
| 1   | AC-001 | 13                        | 69                | 201               | 2.91 | ○      | 13                       | 107               | 335               | 3.13 | ○        | 34  | 242               | 402               | 1.66 | ○      | —              | —      |
| 2   | AC-002 | 15                        | 66                | 201               | 3.04 | —      | 221                      | 115               | 363               | 3.15 | —        | 33  | 230               | 402               | 1.74 | —      | —              | —      |

注記＊：III<sub>A</sub> Sの一次＋二次応力の許容値はIV<sub>A</sub> Sと同様であることから、地震荷重が大きいIV<sub>A</sub> Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

## 重大事故等対処設備



## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 5  |
| 3. 計算条件 .....                     | 15 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 15 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 16 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 18 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 26 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 27 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 28 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 28 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 34 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 34 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 35 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 36 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 37 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、原子炉格納容器調気系の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

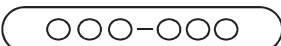
### (3) 弁

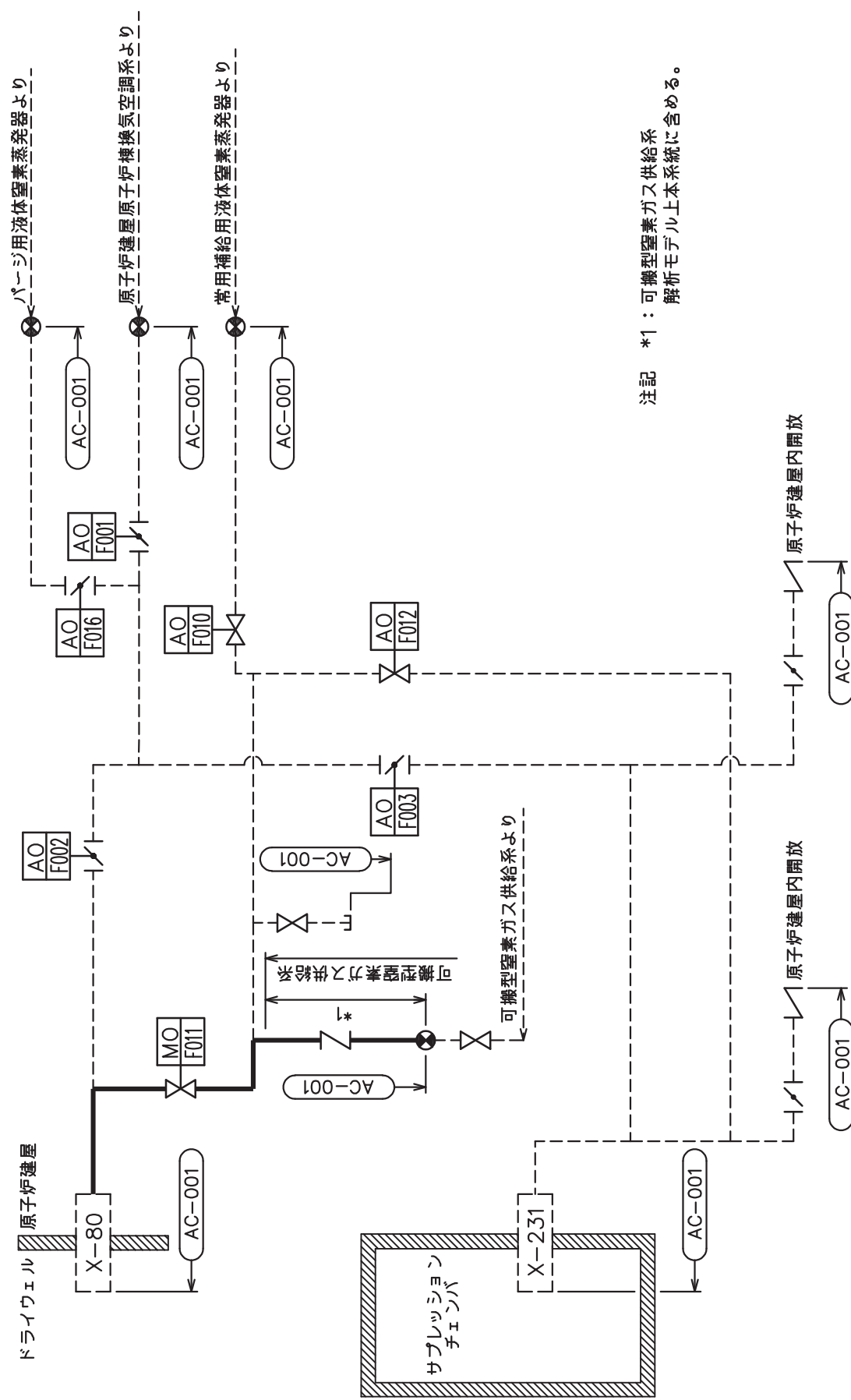
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

## 2. 概略系統図及び鳥瞰図

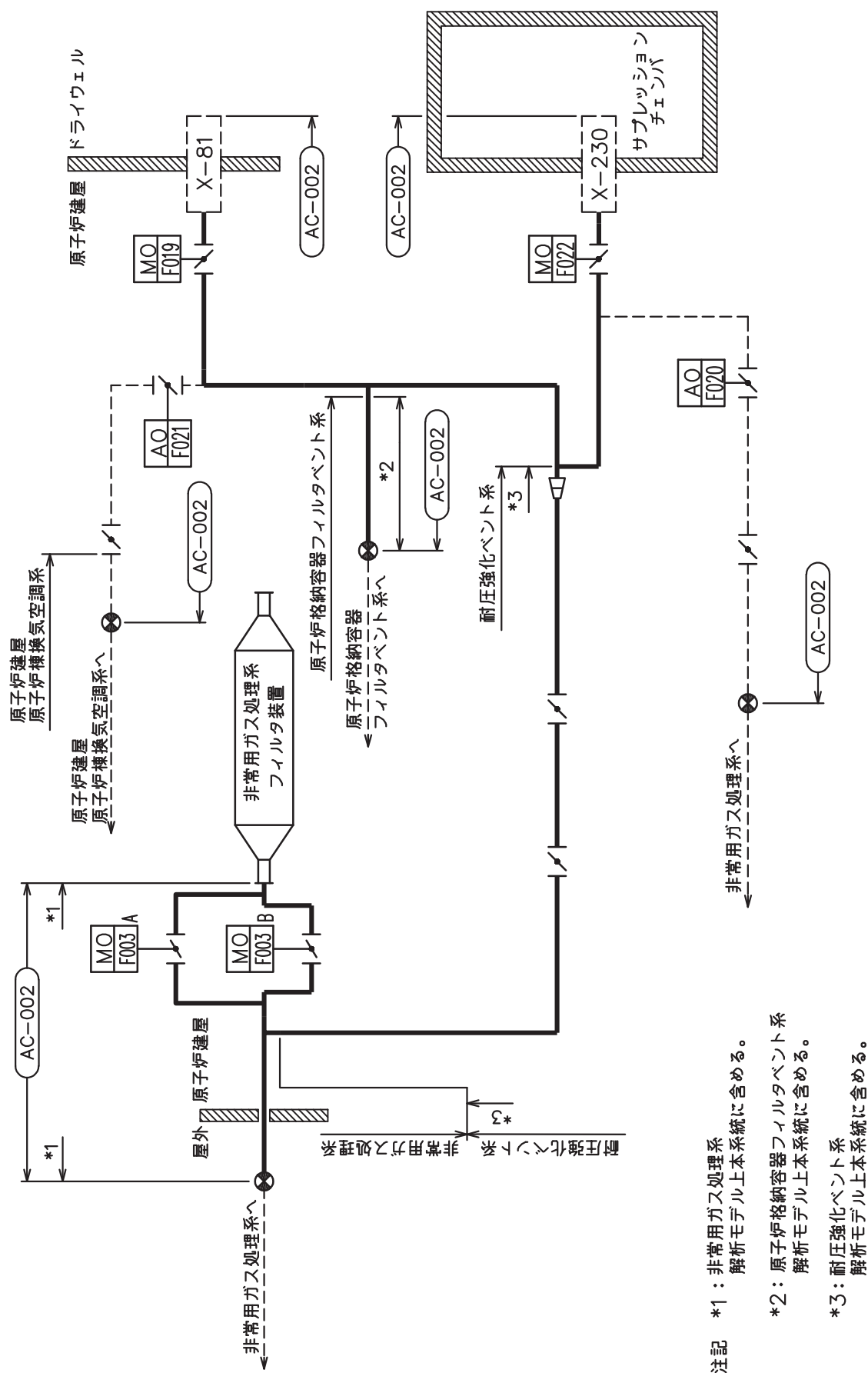
### 2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



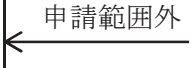
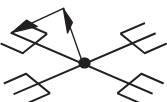
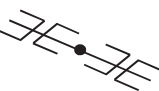
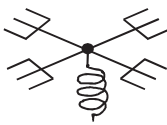
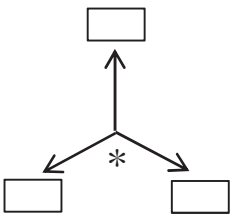
注記 \*1：可搬型窒素ガス供給系  
解析モデル上本系統に含める。

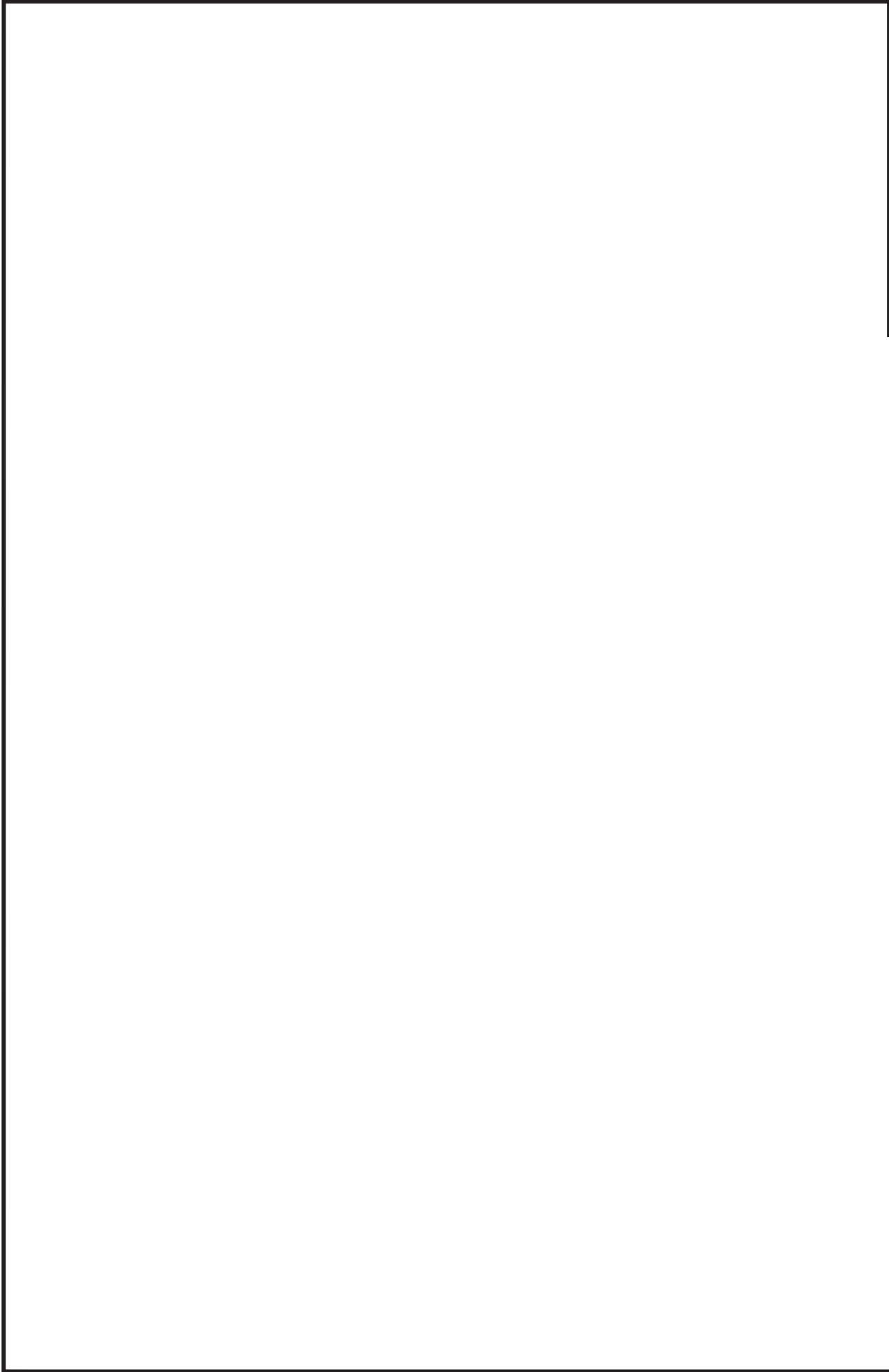


原子炉格納容器調気系統図(その2)

## 2.2 鳥瞰図

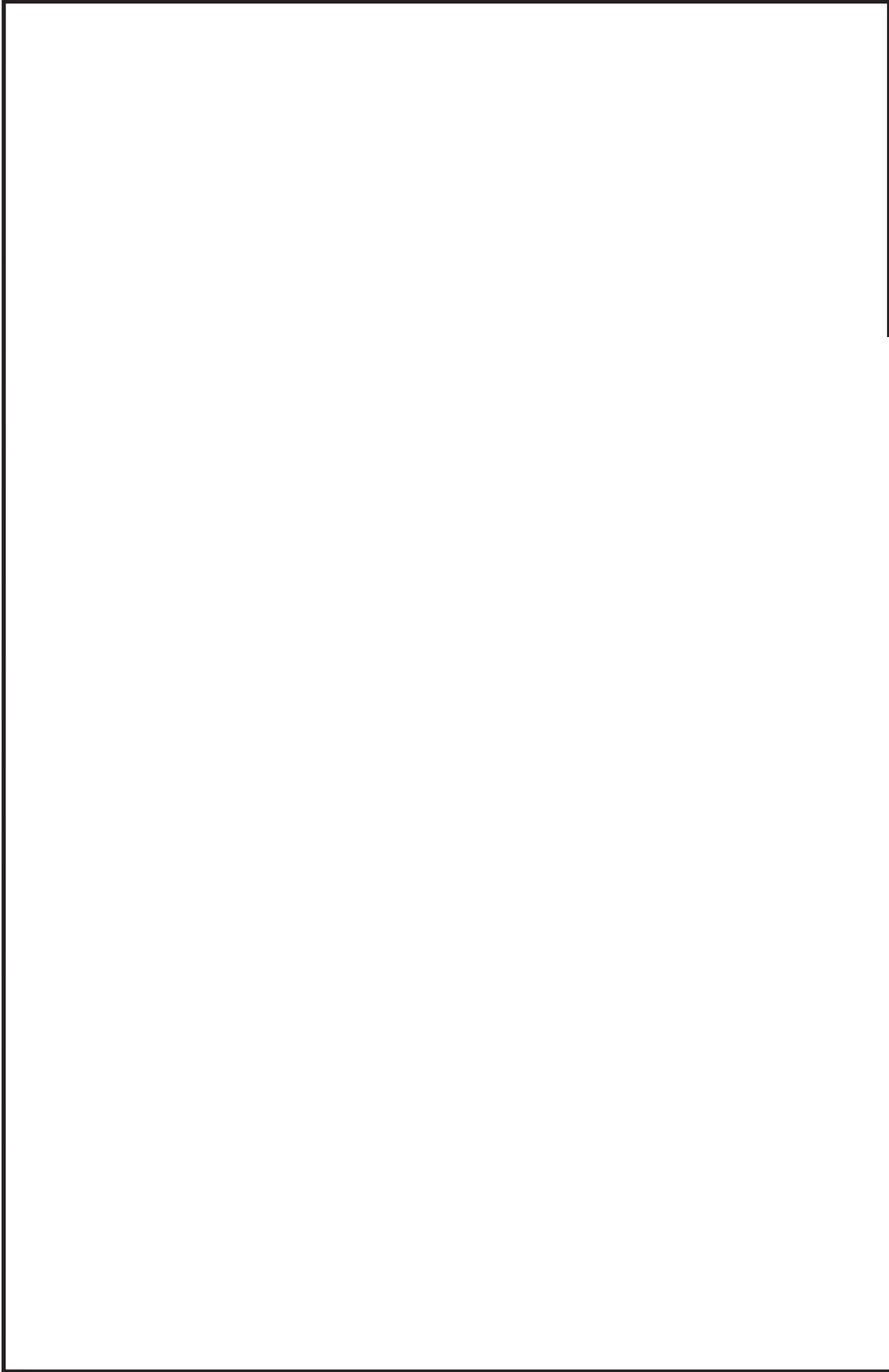
鳥瞰図記号凡例

| 記 号                                                                                 | 内 容                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナッパについても同様とする。)                                                                                       |
|  | スナッパ                                                                                                                                             |
|  | ハンガ                                                                                                                                              |
|  | ガイド                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。) |



|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-002-1/9 |
|-----|------------|

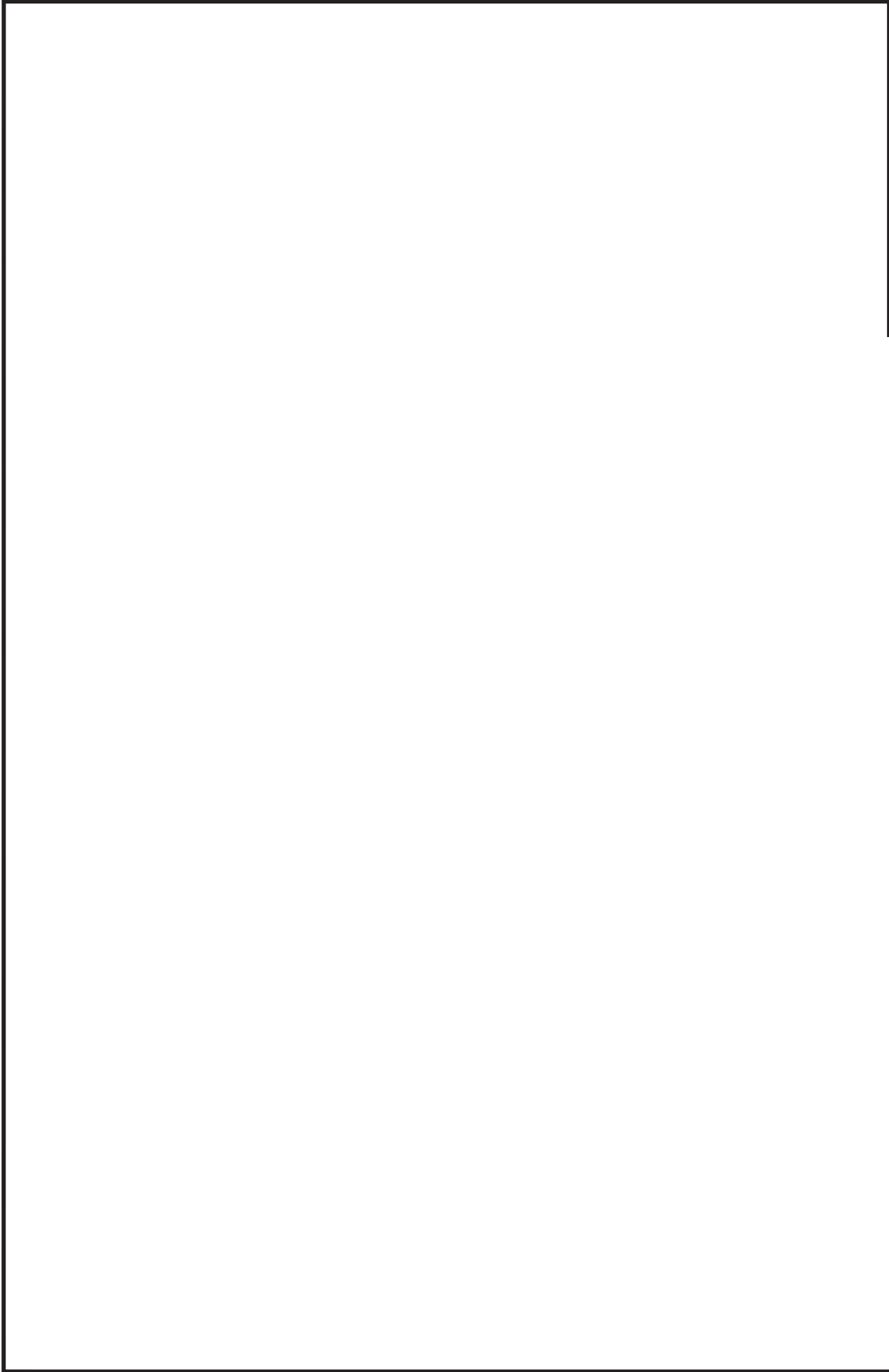
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 AC-002-2/9

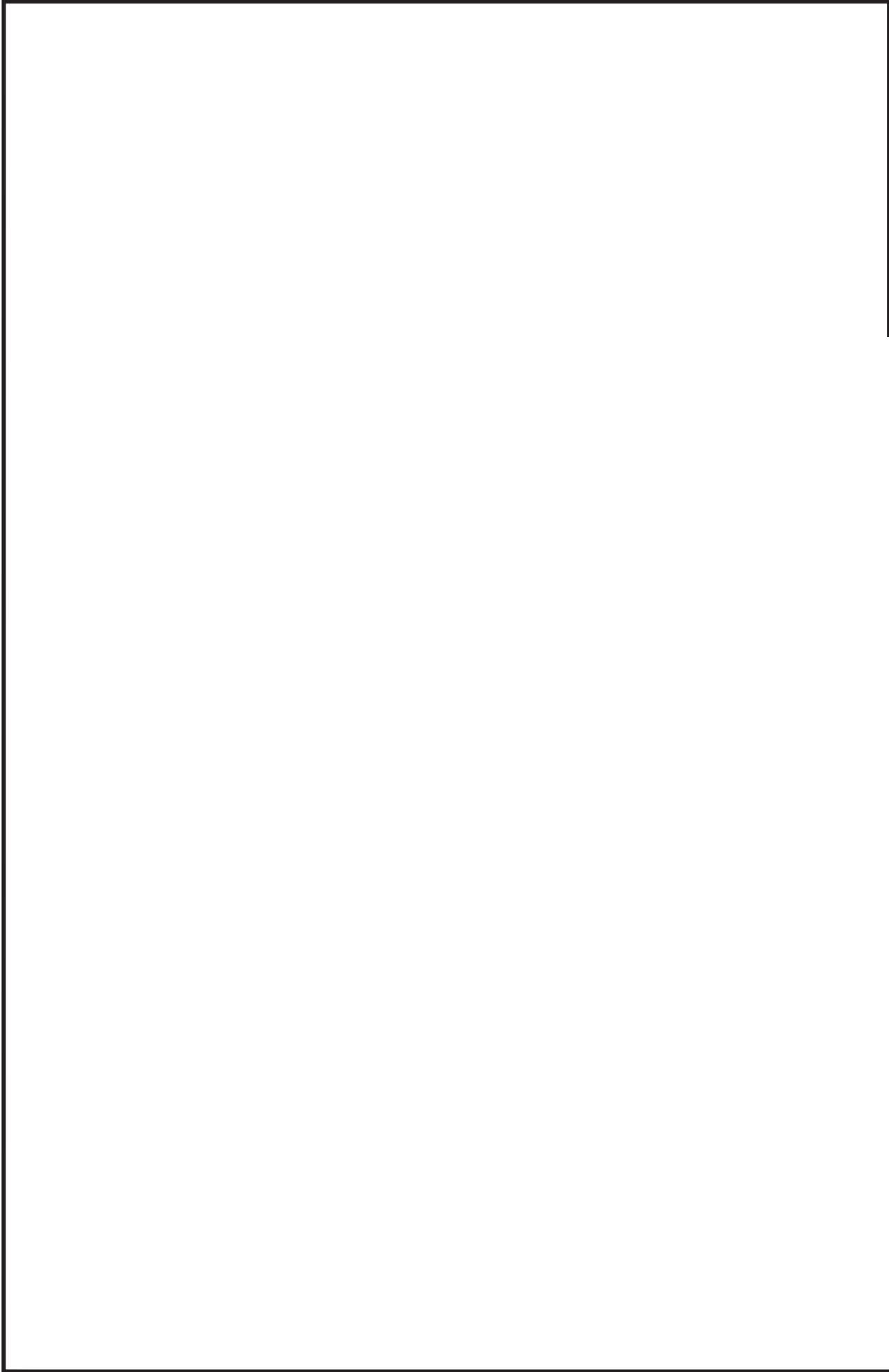
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-002-3/9 |
|-----|------------|

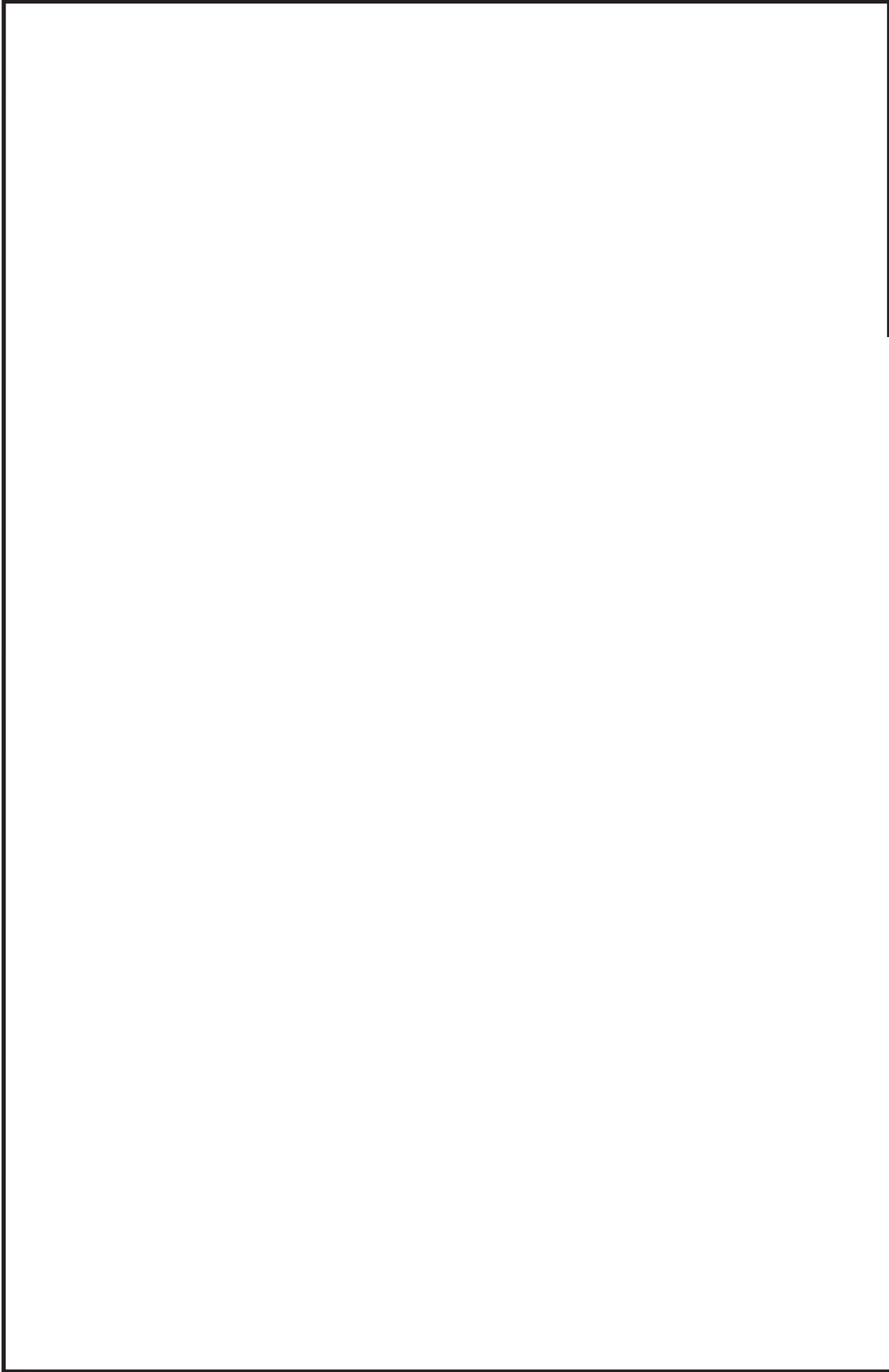
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図

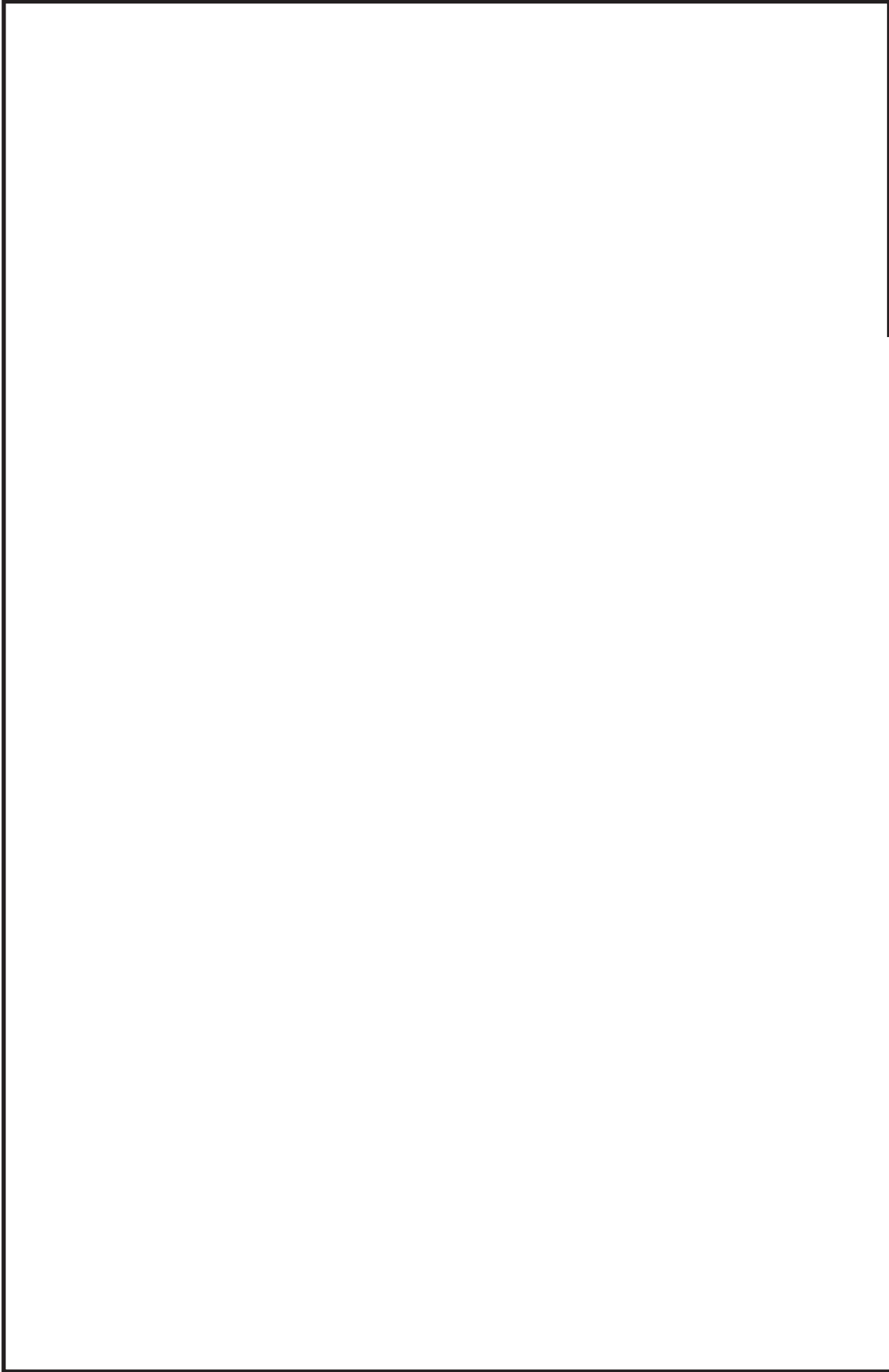
AC-002-5/9

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



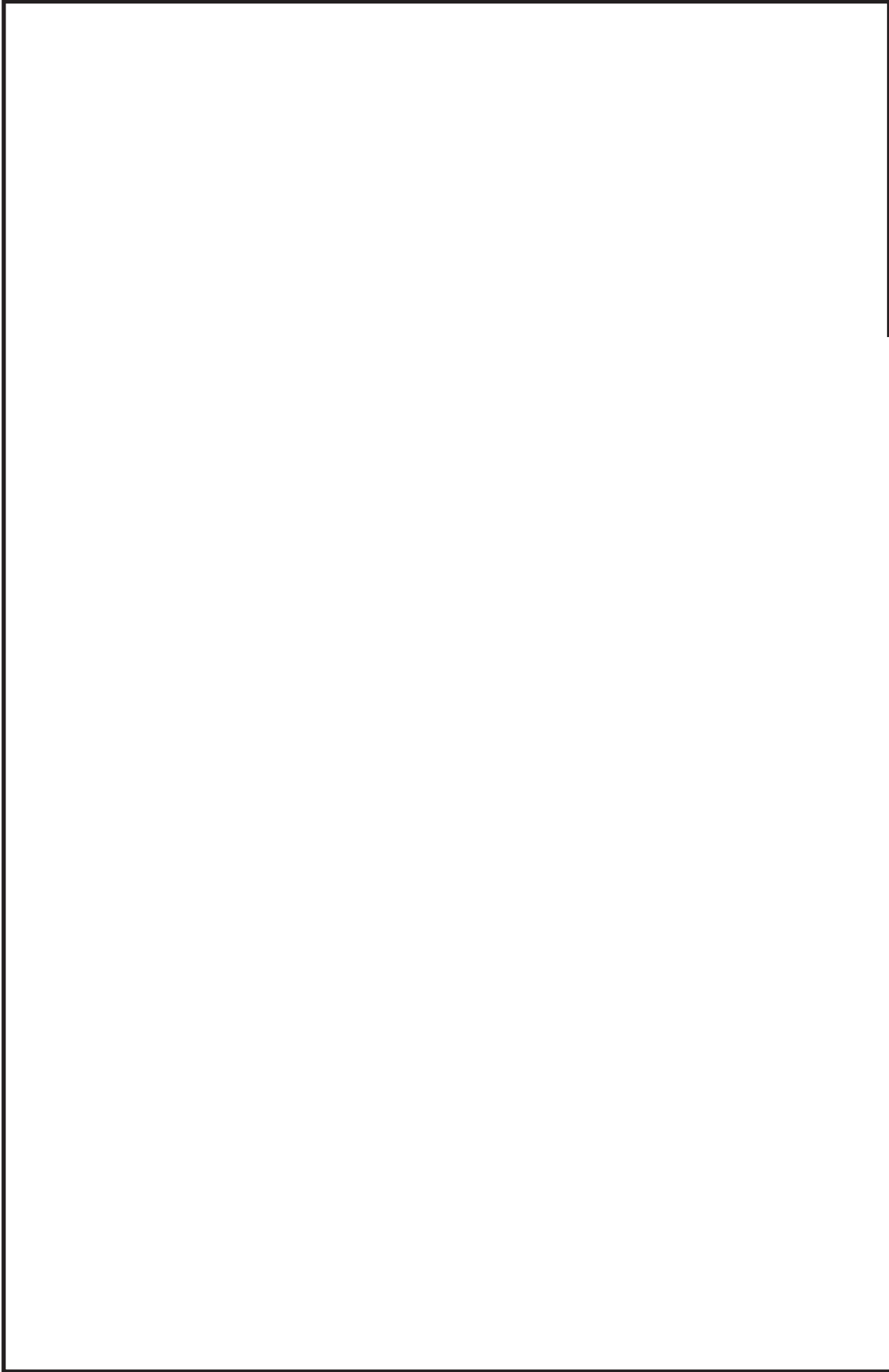
|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-002-6/9 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



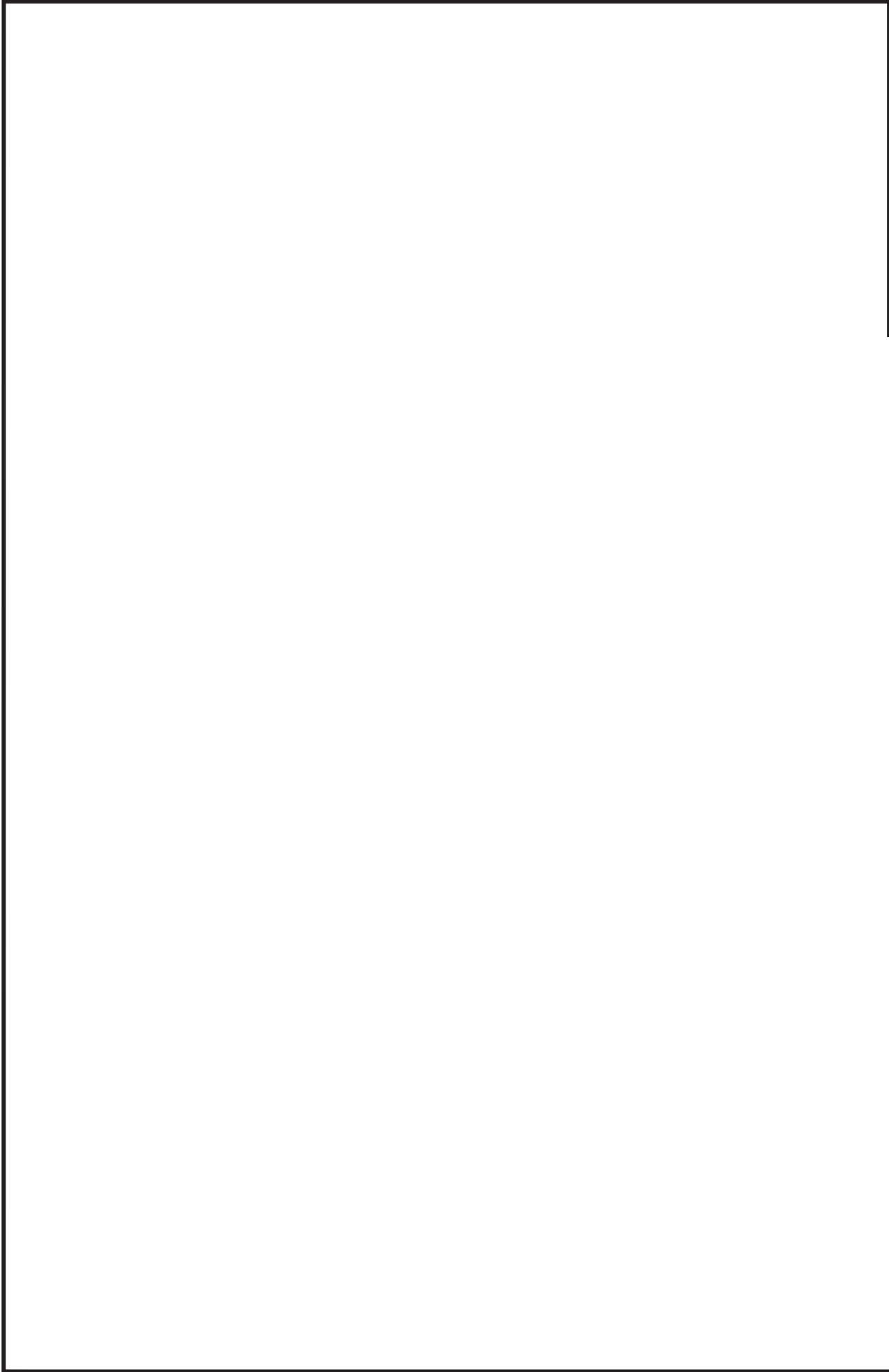
|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-002-7/9 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-002-8/9 |
|-----|------------|

特許の内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |            |
|-----|------------|
| 鳥瞰図 | AC-002-9/9 |
|-----|------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「I S A P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



### 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称          | 設備名称                                             | 系統名称                    | 施設<br>分類*1 | 設備分類*2  | 機器等<br>の区分       | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ*3, *4    | 許容応力<br>状態*5 |
|---------------|--------------------------------------------------|-------------------------|------------|---------|------------------|-------------|-----------------|--------------|
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 残留熱除去設備                                          | 原子炉格納容器<br>フィルタベント<br>系 | S A        | 常設耐震／防止 | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S d$  | $V_A S$      |
|               |                                                  |                         |            |         |                  |             | $V_L(LL) + S s$ |              |
|               |                                                  |                         |            |         |                  |             | $V_L + S s$     |              |
| 原子炉冷却<br>系統施設 | 残留熱除去設備                                          | 耐圧強化ベント<br>系            | S A        | 常設耐震／防止 | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S d$  | $V_A S$      |
|               |                                                  |                         |            |         |                  |             | $V_L(LL) + S s$ |              |
|               |                                                  |                         |            |         |                  |             | $V_L + S s$     |              |
| 原子炉格納<br>施設   | 圧力低減設備その他の<br>安全設備                               | 非常用ガス処理<br>系            | S A        | 常設／緩和   | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S d$  | $V_A S$      |
|               |                                                  |                         |            |         |                  |             | $V_L(LL) + S s$ |              |
|               |                                                  |                         |            |         |                  |             | $V_L + S s$     |              |
| 原子炉格納<br>施設   | 放射性物質濃度制御設<br>備及び可燃性ガス濃度<br>制御設備並びに格納容<br>器再循環設備 | 原子炉格納容器<br>フィルタベント<br>系 | S A        | 常設／緩和   | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S d$  | $V_A S$      |
|               |                                                  |                         |            |         |                  |             | $V_L(LL) + S s$ |              |
|               |                                                  |                         |            |         |                  |             | $V_L + S s$     |              |

| 施設名称        | 設備名称    | 系統名称                    | 施設<br>分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 <sup>*2</sup> | 機器等<br>の区分       | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup> | 許容応力<br>状態 <sup>*5</sup> |
|-------------|---------|-------------------------|------------------------|--------------------|------------------|-------------|--------------------------|--------------------------|
| 原子炉格納<br>施設 | 圧力逃がし装置 | 原子炉格納容器<br>フィルタベント<br>系 | S A                    | 常設耐震／防止<br>常設／緩和   | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —           | $V_L(L) + S d$           | $V_A S$                  |
|             |         |                         |                        |                    |                  |             | $V_L(LL) + S s$          |                          |
|             |         |                         |                        |                    |                  |             | $V_L + S s$              |                          |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重，(L)は荷重が長期間作用している状態，(LL)は(L)より更に長期的に荷重が作用している状態を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態 $V_A S$ は許容応力状態 $IV_A S$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_A S$ として評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      A C - 0 0 2

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa)        | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|------------------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 1   | 23.5kPa<br>(0.0235MPa) | 140           | 318.5      | 10.3       | STS410 | —           | 195400         |
| 2   | 854kPa<br>(0.854MPa)   | 171           | 318.5      | 10.3       | STS410 | —           | 193320         |
| 3   | 854kPa<br>(0.854MPa)   | 200           | 609.6      | 31.0       | SM400C | —           | 191000         |
| 4   | 854kPa<br>(0.854MPa)   | 200           | 609.6      | 17.5       | SM400C | —           | 191000         |
| 5   | 854kPa<br>(0.854MPa)   | 200           | 609.6      | 9.5        | SM400C | —           | 191000         |
| 6   | 854kPa<br>(0.854MPa)   | 200           | 457.2      | 9.5        | SM400C | —           | 191000         |
| 7   | 854kPa<br>(0.854MPa)   | 200           | 457.2      | 14.3       | STS410 | —           | 191000         |
| 8   | 854kPa<br>(0.854MPa)   | 200           | 318.5      | 10.3       | STS410 | —           | 191000         |
| 9   | 854kPa<br>(0.854MPa)   | 200           | 318.5      | 10.3       | STS410 | —           | 191000         |

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      A C - 0 0 2

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa)      | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料     | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|----------------------|---------------|------------|------------|--------|-------------|----------------|
| 10  | 854kPa<br>(0.854MPa) | 171           | 318.5      | 10.3       | STS410 | —           | 193320         |
| 11  | 854kPa<br>(0.854MPa) | 200           | 609.6      | 17.5       | STS410 | —           | 191000         |
| 12  | 854kPa<br>(0.854MPa) | 200           | 406.4      | 12.7       | STS410 | —           | 191000         |
| 13  | 854kPa<br>(0.854MPa) | 200           | 406.4      | 12.7       | STS410 | —           | 191000         |
| 14  | 854kPa<br>(0.854MPa) | 200           | 406.4      | 21.4       | SF490A | —           | 191000         |

設計条件

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                      A C - 0 0 2

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 201           | 202 | 203 | 204 | 205 | 261 | 312 | 313 | 314 |     |     |     |     |     |     |
| 2   | 138           | 139 | 140 | 141 | 142 | 143 | 144 | 145 | 146 | 147 | 148 | 149 | 150 | 151 | 152 |
|     | 153           | 154 | 207 | 208 | 209 | 210 | 211 | 212 | 213 | 214 | 215 | 216 | 217 | 218 | 219 |
|     | 220           | 221 | 222 | 223 | 224 | 225 | 226 | 227 | 228 | 229 | 230 | 231 | 232 | 233 | 234 |
|     | 235           | 236 | 237 | 238 | 239 | 240 | 241 | 242 | 243 | 244 | 245 | 246 | 247 | 248 | 249 |
|     | 250           | 252 | 253 | 254 | 255 | 256 | 257 | 258 | 259 | 306 | 307 | 308 | 309 | 310 | 311 |
|     | 350           | 351 | 352 | 801 | 802 | 810 | 823 | 824 | 825 | 900 | 904 | 920 |     |     |     |
| 3   | 20            | 21  | 22  | 24  | 25  | 804 | 805 | 808 | 902 | 903 | 924 |     |     |     |     |
| 4   | 25            | 26  | 27  | 28  | 39  | 323 | 324 | 826 |     |     |     |     |     |     |     |
| 5   | 2             | 3   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | 29  | 30  |
|     | 31            | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 40  | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  |
|     | 47            | 48  | 100 | 315 | 318 | 319 | 320 | 322 | 323 | 324 | 439 | 803 | 806 | 807 | 809 |
|     | 811           | 812 | 815 | 826 | 901 | 905 | 908 | 916 | 918 |     |     |     |     |     |     |
| 6   | 100           | 316 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 7   | 101           | 316 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 8   | 101           | 102 | 103 | 104 | 105 | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 |
|     | 116           | 117 | 118 | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
|     | 317           | 354 | 355 | 356 | 357 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 9   | 132           | 133 | 414 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 10  | 136           | 137 | 353 | 416 | 900 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 11  | 48            | 438 | 439 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 12  | 438           | 440 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
| 13  | 440           | 441 | 442 | 443 | 444 | 445 | 446 | 447 | 448 | 449 | 450 | 451 | 452 | 453 | 454 |
|     | 455           | 456 | 457 | 458 | 459 | 460 | 814 | 817 |     |     |     |     |     |     |     |
| 14  | 460           | 461 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図                      A C - 0 0 2

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 2   |        | 108 |        | 204 |        | 253 |        | 451 |        |
| 6   |        | 109 |        | 208 |        | 254 |        | 452 |        |
| 7   |        | 110 |        | 209 |        | 255 |        | 453 |        |
| 8   |        | 111 |        | 210 |        | 256 |        | 454 |        |
| 9   |        | 112 |        | 211 |        | 257 |        | 455 |        |
| 10  |        | 113 |        | 212 |        | 258 |        | 456 |        |
| 11  |        | 114 |        | 213 |        | 306 |        | 457 |        |
| 12  |        | 115 |        | 214 |        | 307 |        | 458 |        |
| 13  |        | 116 |        | 215 |        | 308 |        | 459 |        |
| 14  |        | 117 |        | 216 |        | 309 |        | 460 |        |
| 15  |        | 118 |        | 217 |        | 310 |        | 461 |        |
| 20  |        | 119 |        | 218 |        | 311 |        | 801 |        |
| 21  |        | 120 |        | 219 |        | 312 |        | 802 |        |
| 25  |        | 121 |        | 220 |        | 313 |        | 803 |        |
| 26  |        | 122 |        | 221 |        | 314 |        | 804 |        |
| 27  |        | 123 |        | 222 |        | 315 |        | 805 |        |
| 28  |        | 124 |        | 223 |        | 316 |        | 806 |        |
| 29  |        | 125 |        | 224 |        | 317 |        | 807 |        |
| 30  |        | 126 |        | 225 |        | 318 |        | 808 |        |
| 31  |        | 127 |        | 226 |        | 319 |        | 809 |        |
| 32  |        | 128 |        | 227 |        | 320 |        | 810 |        |
| 33  |        | 129 |        | 228 |        | 322 |        | 811 |        |
| 34  |        | 133 |        | 229 |        | 323 |        | 812 |        |
| 35  |        | 136 |        | 230 |        | 324 |        | 814 |        |
| 36  |        | 137 |        | 231 |        | 350 |        | 815 |        |
| 37  |        | 138 |        | 232 |        | 351 |        | 817 |        |
| 38  |        | 139 |        | 233 |        | 352 |        | 823 |        |
| 39  |        | 140 |        | 234 |        | 353 |        | 824 |        |
| 40  |        | 141 |        | 235 |        | 354 |        | 825 |        |
| 41  |        | 142 |        | 236 |        | 355 |        | 826 |        |
| 42  |        | 143 |        | 237 |        | 356 |        | 900 |        |
| 43  |        | 144 |        | 238 |        | 357 |        | 901 |        |
| 44  |        | 145 |        | 239 |        | 438 |        | 902 |        |
| 45  |        | 146 |        | 240 |        | 439 |        | 903 |        |
| 46  |        | 147 |        | 241 |        | 440 |        | 904 |        |
| 47  |        | 148 |        | 242 |        | 441 |        | 905 |        |
| 48  |        | 149 |        | 243 |        | 442 |        | 908 |        |
| 100 |        | 150 |        | 244 |        | 443 |        | 916 |        |
| 101 |        | 151 |        | 245 |        | 444 |        | 918 |        |
| 102 |        | 152 |        | 246 |        | 445 |        | 920 |        |
| 103 |        | 153 |        | 247 |        | 446 |        | 924 |        |
| 104 |        | 154 |        | 248 |        | 447 |        |     |        |
| 105 |        | 201 |        | 249 |        | 448 |        |     |        |
| 106 |        | 202 |        | 250 |        | 449 |        |     |        |
| 107 |        | 203 |        | 252 |        | 450 |        |     |        |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥 瞰 図                      A C - 0 0 2

弁部の質量を下表に示す。

| 弁 1 |        | 弁 2 |        | 弁 3 |        | 弁 4 |        | 弁 5 |        |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
| 130 |        | 414 |        | 205 |        | 261 |        | 3   |        |
| 131 |        | 415 |        | 206 |        | 260 |        | 4   |        |
| 132 |        | 416 |        | 207 |        | 259 |        | 5   |        |
| 303 |        | 417 |        | 262 |        | 264 |        | 56  |        |
| 304 |        | 418 |        | 301 |        | 302 |        | 57  |        |
| 305 |        | 419 |        | 263 |        | 265 |        | 71  |        |

弁 6

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 22  |        |
| 23  |        |
| 24  |        |
| 60  |        |
| 61  |        |
| 77  |        |

鳥 瞰 図                    A C - 0 0 2

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 長さ (mm) |
|------|-----|---------|---------|---------|
| 弁1   | 131 |         |         |         |
| 弁2   | 415 |         |         |         |
| 弁3   | 206 |         |         |         |
| 弁4   | 260 |         |         |         |
| 弁5   | 4   |         |         |         |
| 弁6   | 23  |         |         |         |



支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            A C - 0 0 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号    | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|          | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| ** 1 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 6 **  |                 |   |   |                       |   |   |
| 11       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 19 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 28       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 28 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 33 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 36       |                 |   |   |                       |   |   |
| 44       |                 |   |   |                       |   |   |
| 103      |                 |   |   |                       |   |   |
| 105      |                 |   |   |                       |   |   |
| 113      |                 |   |   |                       |   |   |
| 122      |                 |   |   |                       |   |   |
| 126      |                 |   |   |                       |   |   |
| 133      |                 |   |   |                       |   |   |
| 140      |                 |   |   |                       |   |   |
| 147      |                 |   |   |                       |   |   |
| 153      |                 |   |   |                       |   |   |
| 201      |                 |   |   |                       |   |   |
| 208      |                 |   |   |                       |   |   |
| 213      |                 |   |   |                       |   |   |
| 217      |                 |   |   |                       |   |   |
| 221      |                 |   |   |                       |   |   |
| 224      |                 |   |   |                       |   |   |
| 228      |                 |   |   |                       |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図            A C - 0 0 2

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号     | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-----------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|           | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 234       |                 |   |   |                       |   |   |
| 238       |                 |   |   |                       |   |   |
| 242       |                 |   |   |                       |   |   |
| 246       |                 |   |   |                       |   |   |
| 249       |                 |   |   |                       |   |   |
| 253       |                 |   |   |                       |   |   |
| 258       |                 |   |   |                       |   |   |
| 443       |                 |   |   |                       |   |   |
| 446       |                 |   |   |                       |   |   |
| 450       |                 |   |   |                       |   |   |
| 455       |                 |   |   |                       |   |   |
| 461       |                 |   |   |                       |   |   |
| 900       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 901 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 902 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 903 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 904       |                 |   |   |                       |   |   |
| 905       |                 |   |   |                       |   |   |
| 908       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 916 ** |                 |   |   |                       |   |   |
| 918       |                 |   |   |                       |   |   |
| 920       |                 |   |   |                       |   |   |
| ** 924 ** |                 |   |   |                       |   |   |

### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材料                   | 最高使用温度<br>(°C) | 許容応力 (MPa) |     |     |     |
|----------------------|----------------|------------|-----|-----|-----|
|                      |                | S m        | S y | S u | S h |
| SF490A               | 200            | —          | 213 | 438 | —   |
| SM400C <sup>*1</sup> | 200            | —          | 193 | 373 | —   |
| SM400C <sup>*2</sup> | 200            | —          | 185 | 373 | —   |
| STS410               | 140            | —          | 215 | 404 | —   |
|                      | 171            | —          | 211 | 404 | —   |
|                      | 200            | —          | 207 | 404 | —   |

\*1：板厚が 16mm以下

\*2：板厚が 16mmを超えかつ 40mm以下

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。  
なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき  
策定したものをを用いる。また、減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」  
に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥 瞰 図       | 建物・構築物  | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-------------|---------|----------------|----------|
| A C - 0 0 2 | 原子炉格納容器 |                |          |
|             | 原子炉建屋   |                |          |

02 ⑤ VI-2-9-4-5-1-1 (重) R0

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥瞰図 AC-002

| 適用する地震動等 |             | S d 及び静的震度 |      |          | S s      |      |          |
|----------|-------------|------------|------|----------|----------|------|----------|
| モード      | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度*1   |      | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |      | 応答鉛直震度*1 |
|          |             | X 方向       | Z 方向 | Y 方向     | X 方向     | Z 方向 | Y 方向     |
| 1 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 2 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 3 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 4 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 5 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 6 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 7 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 8 次      |             |            |      |          |          |      |          |
| 19 次     |             |            |      |          |          |      |          |
| 20 次*2   |             |            |      |          |          |      |          |
| 動的震度*3   |             |            |      |          |          |      |          |
| 静的震度*4   |             |            |      |          |          |      |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
 \*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。  
 \*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
 \*4：3.6C<sub>1</sub> 及び1.2C<sub>v</sub> より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図      A C - 0 0 2

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 19 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

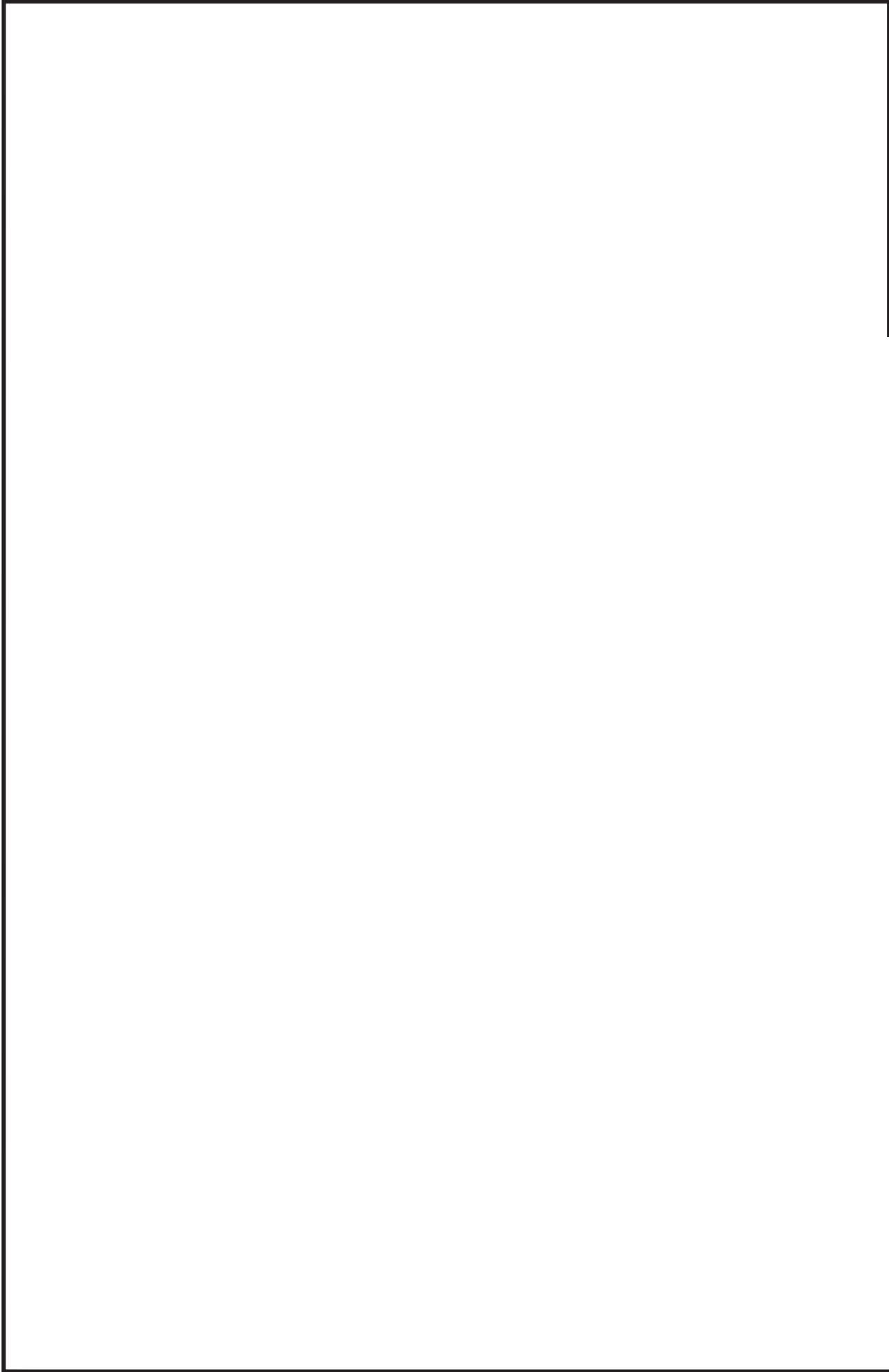
鳥瞰図 AC-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 AC-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 AC-002

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図         | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                     | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |                 | 疲労評価           |
|-------------|------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------|----------------|
|             |                  |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0 . 9 ・ S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 ・ S y |                |
| A C - 0 0 2 | V <sub>A</sub> S | 221         | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 122                     | 363                 | —                   | —               | U S s<br><br>— |
|             | V <sub>A</sub> S | 33          |                                | —                       | —                   | 280                 | 386             |                |

4. 2. 2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類         | 型式         | 材質                                            | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|--------------|------------|------------|-----------------------------------------------|-----------|------------------|------------------|
|              |            |            |                                               |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| AC-002-924SA | メカニカルスナッパ  | SMS-25-100 | 添付書類「VI-2-1-12-1<br>配管及び支持構造物の耐<br>震計算について」参照 |           | 231              | 525              |
| AC-002-033BA | ロッドレストレイント | RSA-25     |                                               |           | 54               | 375              |
| AC-002-033BB | ロッドレストレイント | RSA-16     |                                               |           | 76               | 240              |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式 | 材質      | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|-------------|---------|----|---------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|             |         |    |         |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |    |         |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
| AC-002-028R | レストレイント | 架構 | STKR400 | 130       | 256            | 193            | 256            | -              | -              | -              | 曲げ       | 147               | 375               |
| AC-002-461A | アンカ     | 架構 | STKR400 | 66        | 106            | 78             | 342            | 106            | 130            | 66             | せん断      | 52                | 250               |

#### 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号      | 形式     | 要求機能          | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |     | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |      | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|----------|--------|---------------|--------------------------------------------|-----|------------------------------------------|------|-------------------|------|
|          |        |               | 水平                                         | 鉛直  | 水平                                       | 鉛直   | 計算応力              | 許容応力 |
| T48-F022 | バタフライ弁 | $\beta$ (S d) | 7.1                                        | 5.9 | 20.0                                     | 20.0 | 115               | 352  |

\* 応答加速度は、打ち切り振動数を 50Hz として計算した結果を示す。

#### 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (重大事故等クラス 2 管であってクラス 2 以下の管)

| No. | 配管モデル  | 許容応力状態 V <sub>A</sub> S |                   |                   |      |    |         |                   |                   |      |    |
|-----|--------|-------------------------|-------------------|-------------------|------|----|---------|-------------------|-------------------|------|----|
|     |        | 一次応力                    |                   |                   |      |    | 一次＋二次応力 |                   |                   |      |    |
|     |        | 評価点                     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 |
| 1   | AC-001 | 437                     | 78                | 363               | 4.65 | —  | 437     | 175               | 414               | 2.36 | —  |
| 2   | AC-002 | 221                     | 122               | 363               | 2.97 | ○  | 33      | 280               | 386               | 1.37 | ○  |

VI-2-10 その他発電用原子炉の附属施設の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-10-1 非常用電源設備の耐震性についての計算書
- VI-2-10-2 浸水防護施設の耐震性についての計算書
- VI-2-10-3 補機駆動用燃料設備の耐震性についての計算書
- VI-2-10-4 非常用取水設備の耐震性についての計算書
- VI-2-10-5 緊急時対策所の耐震性についての計算書



## VI-2-10-1 非常用電源設備の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-10-1-1 非常用電源設備の耐震性についての計算結果
- VI-2-10-1-2 非常用電源装置の耐震性についての計算書
- VI-2-10-1-3 その他の電源装置の耐震性についての計算書
- VI-2-10-1-4 その他の非常用電源設備の耐震性についての計算書

## VI-2-10-1-2 非常用電源装置の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-10-1-2-1 非常用ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書
- VI-2-10-1-2-2 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書
- VI-2-10-1-2-3 ガスタービン発電設備の耐震性についての計算書
- VI-2-10-1-2-4 緊急時対策所ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書

## VI-2-10-1-2-1 非常用ディーゼル発電設備の耐震性についての計算書

## 目 次

|                 |                                   |
|-----------------|-----------------------------------|
| VI-2-10-1-2-1-1 | 非常用ディーゼル発電設備 機関・発電機の耐震性についての計算書   |
| VI-2-10-1-2-1-2 | 非常用ディーゼル発電設備 空気だめの耐震性についての計算書     |
| VI-2-10-1-2-1-3 | 非常用ディーゼル発電設備 燃料デイトankの耐震性についての計算書 |
| VI-2-10-1-2-1-4 | 非常用ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプの耐震性についての計算書  |
| VI-2-10-1-2-1-5 | 非常用ディーゼル発電設備 軽油タンクの耐震性についての計算書    |
| VI-2-10-1-2-1-6 | 非常用ディーゼル発電設備 管の耐震性についての計算書        |
| VI-2-10-1-2-1-7 | 非常用ディーゼル発電設備 制御盤の耐震性についての計算書      |

VI-2-10-1-2-1-1 非常用ディーゼル発電設備  
機関・発電機の耐震性についての計算書

## 目次

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 1.    | 非常用ディーゼル機関        | 1  |
| 1.1   | 概要                | 1  |
| 1.2   | 一般事項              | 1  |
| 1.2.1 | 構造計画              | 1  |
| 1.2.2 | 評価方針              | 3  |
| 1.2.3 | 適用規格・基準等          | 4  |
| 1.2.4 | 記号の説明             | 5  |
| 1.2.5 | 計算精度と数値の丸め方       | 7  |
| 1.3   | 評価部位              | 8  |
| 1.4   | 固有周期              | 9  |
| 1.4.1 | 固有周期の計算方法         | 9  |
| 1.4.2 | 固有周期の計算条件         | 9  |
| 1.4.3 | 固有周期の計算結果         | 10 |
| 1.5   | 構造強度評価            | 10 |
| 1.5.1 | 構造強度評価方法          | 10 |
| 1.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力      | 10 |
| 1.5.3 | 設計用地震力            | 14 |
| 1.5.4 | 計算方法              | 15 |
| 1.5.5 | 計算条件              | 20 |
| 1.5.6 | 応力の評価             | 20 |
| 1.6   | 機能維持評価            | 21 |
| 1.6.1 | 基本方針              | 21 |
| 1.6.2 | 動的機能維持評価          | 22 |
| 1.6.3 | 引用文献              | 25 |
| 1.7   | 評価結果              | 26 |
| 1.7.1 | 設計基準対象施設としての評価結果  | 26 |
| 1.7.2 | 重大事故等対処設備としての評価結果 | 26 |
| 2.    | 非常用ディーゼル発電機       | 38 |
| 2.1   | 概要                | 38 |
| 2.2   | 一般事項              | 38 |
| 2.2.1 | 構造計画              | 38 |
| 2.2.2 | 評価方針              | 40 |
| 2.2.3 | 適用規格・基準等          | 41 |
| 2.2.4 | 記号の説明             | 42 |



|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 2.2.5 | 計算精度と数値の丸め方       | 44 |
| 2.3   | 評価部位              | 45 |
| 2.4   | 固有周期              | 46 |
| 2.4.1 | 固有周期の計算方法         | 46 |
| 2.4.2 | 固有周期の計算条件         | 46 |
| 2.4.3 | 固有周期の計算結果         | 47 |
| 2.5   | 構造強度評価            | 47 |
| 2.5.1 | 構造強度評価方法          | 47 |
| 2.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力      | 47 |
| 2.5.3 | 設計用地震力            | 51 |
| 2.5.4 | 計算方法              | 52 |
| 2.5.5 | 計算条件              | 64 |
| 2.5.6 | 応力の評価             | 65 |
| 2.6   | 機能維持評価            | 66 |
| 2.6.1 | 基本方針              | 66 |
| 2.6.2 | 動的機能維持評価          | 67 |
| 2.7   | 評価結果              | 75 |
| 2.7.1 | 設計基準対象施設としての評価結果  | 75 |
| 2.7.2 | 重大事故等対処設備としての評価結果 | 75 |

## 1. 非常用ディーゼル機関

### 1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、非常用ディーゼル機関が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

非常用ディーゼル機関は、設計基準対象施設においては S クラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

### 1.2 一般事項

#### 1.2.1 構造計画

非常用ディーゼル機関の構造計画を表 1-1 に示す。

表 1-1
 構造計画

| 計画の概要                                 |                                            | 概略構造図 |
|---------------------------------------|--------------------------------------------|-------|
| 基礎・支持構造                               | 主体構造                                       |       |
| <p>ディーゼル機関は据付台床を介して基礎ボルトで基礎に据付ける。</p> | <p>4 サイクルたて形<br/>気筒ディーゼル機関</p> <div></div> |       |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 1.2.2 評価方針

非常用ディーゼル機関の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示す非常用ディーゼル機関の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、非常用ディーゼル機関の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の中速形ディーゼル機関であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

非常用ディーゼル機関の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

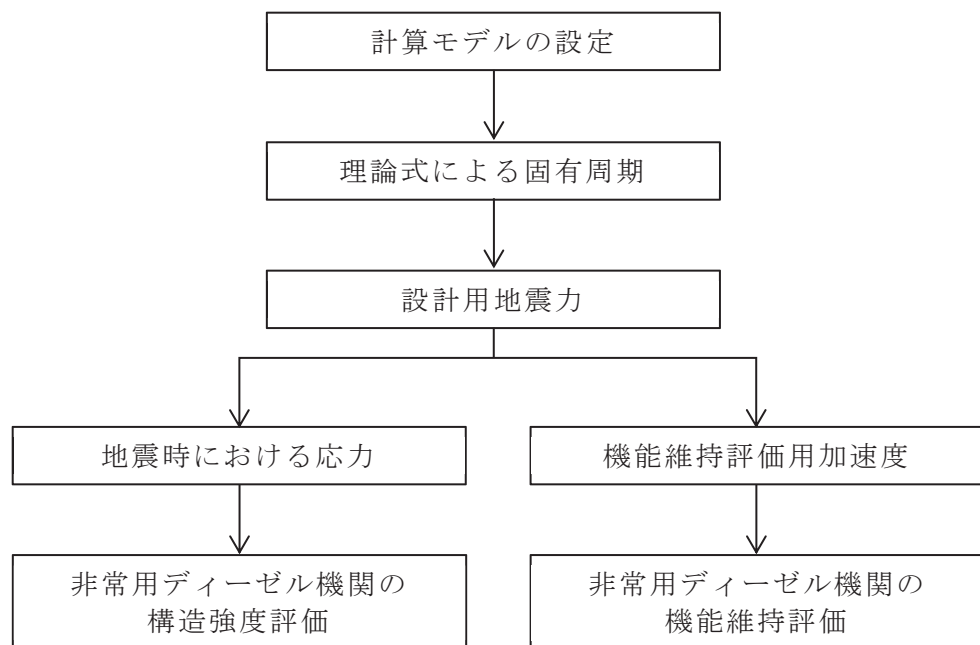


図 1-1 非常用ディーゼル機関の耐震評価フロー

### 1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下「設計・建設規格」という。)

#### 1.2.4 記号の説明

| 記号                          | 記号の説明                                                  | 単位                |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|
| A                           | 最小断面積                                                  | mm <sup>2</sup>   |
| A <sub>bi</sub>             | ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>                                 | mm <sup>2</sup>   |
| A <sub>s</sub>              | 最小有効せん断断面積                                             | mm <sup>2</sup>   |
| C <sub>EH</sub>             | ディーゼル機関往復運動による水平方向設計震度                                 | —                 |
| C <sub>EV</sub>             | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向設計震度                                 | —                 |
| C <sub>H</sub>              | 水平方向設計震度                                               | —                 |
| C <sub>V</sub>              | 鉛直方向設計震度                                               | —                 |
| d <sub>i</sub>              | ボルトの呼び径* <sup>1</sup>                                  | mm                |
| E                           | 縦弾性係数                                                  | MPa               |
| F <sub>i</sub>              | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>               | MPa               |
| F <sub>i</sub> <sup>*</sup> | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>                   | MPa               |
| F <sub>bij</sub>            | ボルトに作用する引張力（1本当たり）* <sup>1</sup>                       | N                 |
| f <sub>sbi</sub>            | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>                    | MPa               |
| f <sub>toi</sub>            | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>                      | MPa               |
| f <sub>t si</sub>           | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>                | MPa               |
| G                           | せん断弾性係数                                                | MPa               |
| g                           | 重力加速度（=9.80665）                                        | m/s <sup>2</sup>  |
| h <sub>i</sub>              | 据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>                        | mm                |
| I                           | 断面二次モーメント                                              | mm <sup>4</sup>   |
| L <sub>ij</sub>             | 転倒支点となるボルトと評価対象となるボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>            | mm                |
| ℓ <sub>1i</sub>             | 重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>          | mm                |
| ℓ <sub>2i</sub>             | 重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>          | mm                |
| M <sub>Ei</sub>             | ディーゼル機関回転により作用するモーメント* <sup>1</sup>                    | N・mm              |
| m <sub>i</sub>              | 運転時質量* <sup>2</sup>                                    | kg                |
| N                           | 回転速度（ディーゼル機関の定格回転速度）                                   | min <sup>-1</sup> |
| n <sub>i</sub>              | ボルトの本数* <sup>1</sup>                                   | —                 |
| n <sub>fij</sub>            | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>                  | —                 |
| P                           | ディーゼル機関出力                                              | kW                |
| Q <sub>bi</sub>             | ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>                             | N                 |
| S <sub>ui</sub>             | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>           | MPa               |
| S <sub>yi</sub>             | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>           | MPa               |
| S <sub>yi</sub> (RT)        | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup> | MPa               |

| 記号            | 記号の説明                      | 単位  |
|---------------|----------------------------|-----|
| $T_H$         | 水平方向固有周期                   | s   |
| $T_V$         | 鉛直方向固有周期                   | s   |
| $\pi$         | 円周率                        | —   |
| $\sigma_{bi}$ | ボルトに生じる引張応力 <sup>*1</sup>  | MPa |
| $\tau_{bi}$   | ボルトに生じるせん断応力 <sup>*1</sup> | MPa |

注記\*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bij}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $L_{ij}$ ,  $\ell_{1i}$ ,  $\ell_{2i}$ ,  $M_{Ei}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fij}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  及び  $j$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 基礎ボルト

$j = 1 \sim 20$ : 評価対象となるボルト列

\*2:  $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 据付面

\*3:  $\ell_{1i} \leq \ell_{2i}$

### 1.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 1-2 に示すとおりである。

表 1-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期  | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度    | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度    | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量    | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ    | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積    | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント | N・mm            | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力     | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>      |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。



### 1.3 評価部位

非常用ディーゼル機関の耐震評価は、「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて評価を実施する。

非常用ディーゼル機関の耐震評価部位については、表 1-1 の概略構造図に示す。

## 1.4 固有周期

### 1.4.1 固有周期の計算方法

非常用ディーゼル機関の固有周期の計算方法を以下に示す。

#### (1) 計算モデル

- a. ディーゼル機関の質量は，重心に集中するものとする。
- b. ディーゼル機関は据付台床上にあり，ディーゼル機関と据付台床は一体で基礎ボルトで基礎に固定された固定端とする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は，公称値を使用する。

ディーゼル機関は，図 1-2 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

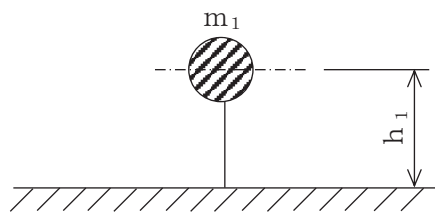


図 1-2 固有周期の計算モデル

#### (2) 水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \left( \frac{h_1^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \dots\dots\dots (1.4.1.1)$$

#### (3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \frac{h_1}{A \cdot E}} \quad \dots\dots\dots (1.4.1.2)$$

### 1.4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は，本計算書の【非常用ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

### 1.4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 1-3 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 1-3 固有周期 (単位：s)

|      |  |  |  |
|------|--|--|--|
| 水平方向 |  |  |  |
| 鉛直方向 |  |  |  |

## 1.5 構造強度評価

### 1.5.1 構造強度評価方法

1.4.1 項(1)a.～c.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力はディーゼル機関に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 転倒方向は図 1-3 及び図 1-4 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

### 1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ディーゼル機関の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-5 に示す。

#### 1.5.2.2 許容応力

非常用ディーゼル機関の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-6 のとおりとする。

#### 1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ディーゼル機関の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-7 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-8 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 1-4
 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分               | 機器名称             | 耐震重要度分類 | 機器等の区分         | 荷重の組合せ                    | 許容応力状態          |
|--------------------|------------------|---------|----------------|---------------------------|-----------------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 非常用ディーゼル機関<br>設備 | S       | — <sup>*</sup> | $D + P_D + M_D + S_d^{*}$ | Ⅲ <sub>AS</sub> |
|                    |                  |         |                | $D + P_D + M_D + S_s$     | Ⅳ <sub>AS</sub> |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 1-5
 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分               | 機器名称             | 設備分類 <sup>*1</sup>                   | 機器等の区分          | 荷重の組合せ                        | 許容応力状態                                                             |
|--------------------|------------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 非常用ディーゼル機関<br>設備 | 常設／防止<br>(DB 拡張)<br>常設／緩和<br>(DB 拡張) | — <sup>*2</sup> | $D + P_D + M_D + S_s^{*3}$    | Ⅳ <sub>AS</sub>                                                    |
|                    |                  |                                      |                 | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V <sub>AS</sub><br>(V <sub>AS</sub> としてⅣ <sub>AS</sub> の許容限界を用いる。) |

注記＊1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（DB 拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 1-6
 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態                                                               | 許容限界 * 1, * 2<br>(ボルト等)                                                |                    |
|----------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|--------------------|
|                                                                      | 一次応力                                                                   |                    |
|                                                                      | 引張り                                                                    | せん断                |
|                                                                      | III <sub>A</sub> S                                                     | 1.5・f <sub>t</sub> |
| IV <sub>A</sub> S                                                    | 1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup><br><br>1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup> |                    |
| V <sub>A</sub> S<br>(V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。) |                                                                        |                    |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 1-7 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材  | 材料                     | 温度条件<br>(°C) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|-------|------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 基礎ボルト | S45C<br>(40mm<径≤100mm) | 周囲環境温度<br>50 | 339                     | 556                     | —                             |

表 1-8 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材  | 材料                     | 温度条件<br>(°C) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|-------|------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| 基礎ボルト | S45C<br>(40mm<径≤100mm) | 周囲環境温度<br>50 | 339                     | 556                     | —                             |

### 1.5.3 設計用地震力

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 1-9 及び表 1-10 に示す。

表 1-9 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)                         | 固有周期 (s)   |      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 |                 | 基準地震動 $S_s$  |              |
|---------------------------------------------------|------------|------|--------------------------|-----------------|--------------|--------------|
|                                                   | 水平方向       | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度    | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 原子炉建屋<br>O.P. 15.00* <sup>1</sup><br>(O.P. 15.88) | [Redacted] |      | —* <sup>2</sup>          | —* <sup>2</sup> | $C_H = 1.99$ | $C_V = 1.40$ |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：Ⅲ<sub>A</sub>Sについては、基準地震動  $S_s$  で評価する。

表 1-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)            | 固有周期 (s)   |      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|--------------------------------------|------------|------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                      | 水平方向       | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 原子炉建屋<br>O.P. 15.00*<br>(O.P. 15.88) | [Redacted] |      | —                        | —            | $C_H = 1.99$ | $C_V = 1.40$ |

注記\*：基準床レベルを示す。

#### 1.5.4 計算方法

##### 1.5.4.1 応力の計算方法

##### 1.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度，ディーゼル機関の往復運動による震度及びディーゼル機関回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

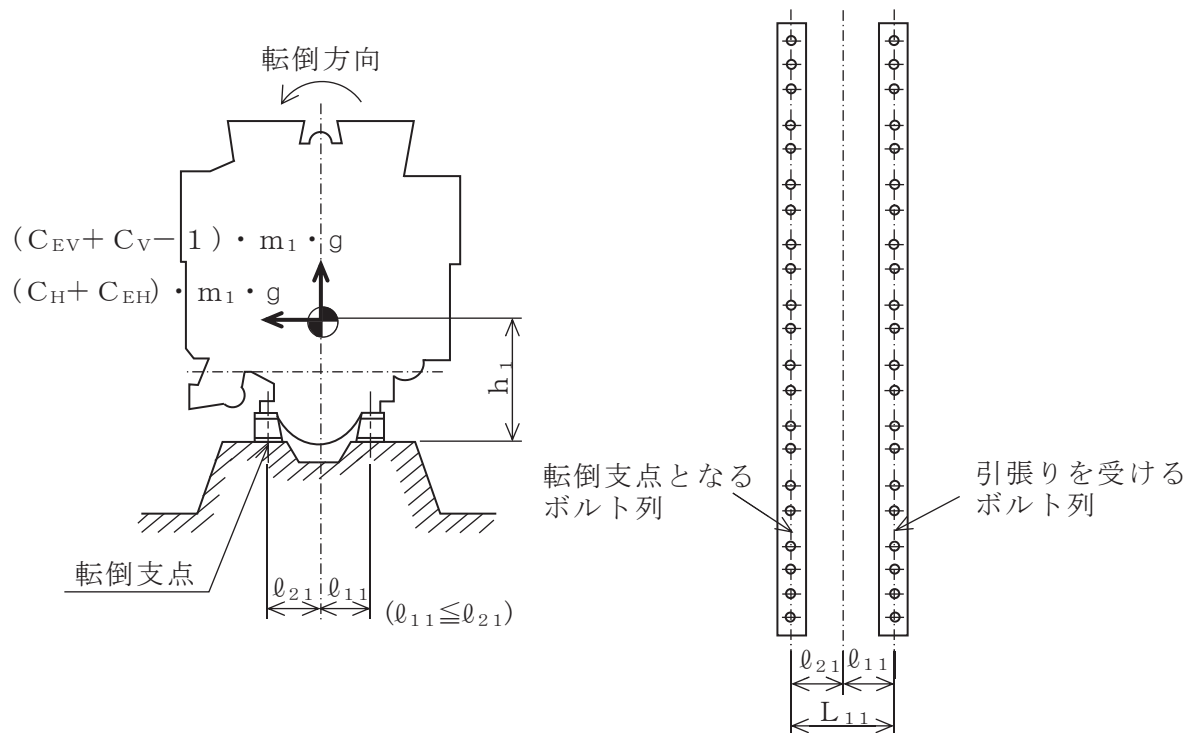


図 1-3 計算モデル（軸直角方向転倒）



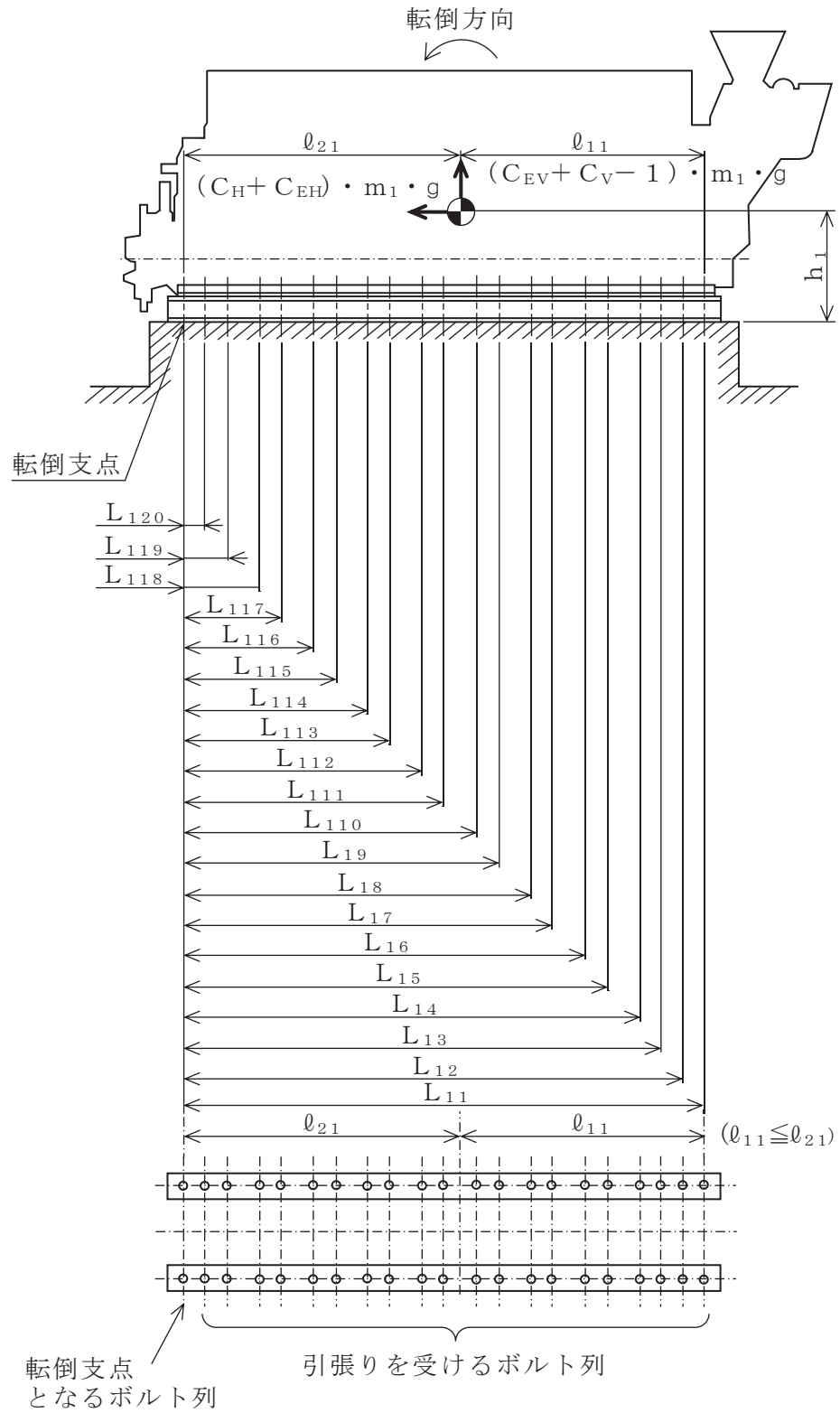


図 1-4 計算モデル（軸方向転倒）

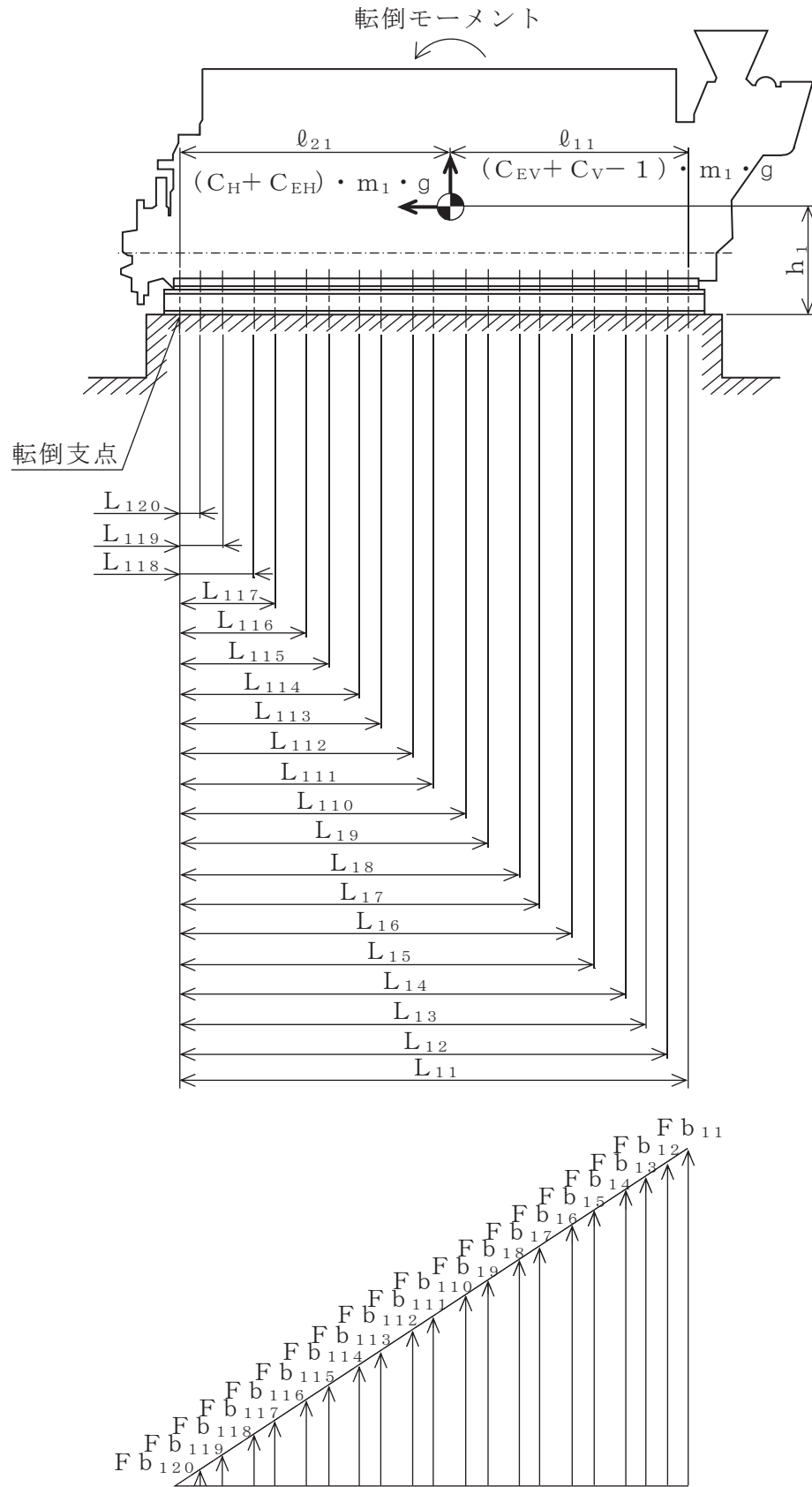


図 1-5 基礎ボルトの応力（軸方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図 1-3 及び図 1-4 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを転倒支点となるボルト列を除く列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

なお、図 1-4 の場合は、ディーゼル機関回転によるモーメント<sup>\*1</sup>は作用しない。

a. 軸直角方向転倒の計算方法

引張力

$$F_{b11} = \frac{(C_H + C_{EH}) \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 + M_{E1}^{*1}}{n_{f11} \cdot L_{11}} - \frac{(1 - C_V - C_{EV}) \cdot m_1 \cdot g \cdot \ell_{21}^{*2}}{n_{f11} \cdot L_{11}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

ここで、 $C_{EH}$ 及び $C_{EV}$ はディーゼル機関の往復運動による起振力及びディーゼル機関の回転速度を考慮して定める値である。

注記\*1：ディーゼル機関回転によるモーメント $M_{E1}$ は次式により求める。

$$M_{E1} = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad (1kW = 10^6 N \cdot mm / s)$$

\*2： $(1 - C_V - C_{EV}) \geq 0$  の場合は、 $\ell_{11}$ とする。

$(1 - C_V - C_{EV}) < 0$  の場合は、 $\ell_{21}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b11}}{A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式より求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

ただし、 $F_{b11}$ が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

b. 軸方向転倒の計算方法

軸方向転倒においては、地震時にディーゼル機関に作用する転倒モーメントによる引張力が図 1-5 に示すように基礎ボルトに負荷されるものとして応力を計算する。

### 引張力

図 1-5 において転倒支点まわりのモーメントの釣合いにより基礎ボルト 1 本当たりの引張力  $F_{bij}$  を計算する。引張力  $F_{bij}$  は、転倒支点から各ボルト列までの距離に比例するので、最も距離が長いボルト列の  $F_{b11}$  のみを計算する。

$$F_{b11} = \frac{L_{11} \cdot \{(C_H + C_{EH}) \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 - (1 - C_V - C_{EV}) \cdot m_1 \cdot g \cdot \ell_{21}\}}{\sum_{j=1}^{20} n_{f1j} \cdot L_{1j}^2} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

### 引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b11}}{A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

### せん断力

$$Q_{b1} = (C_H + C_{EH}) \cdot m_1 \cdot g \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

### せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.7)$$

### 1.5.5 計算条件

基礎ボルトの応力の計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 1.5.6 応力の評価

#### 1.5.6.1 ボルトの応力評価

1.5.4.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_{bi}$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{tsi}$  以下であること。

ただし、 $f_{toi}$  は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$  はせん断力のみ受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$  以下であること。

ただし、 $f_{sbi}$  は下表による。

|                      | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合    | 基準地震動 S s による<br>荷重との組合せの場合                  |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_{toi}$  | $\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$                  | $\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sbi}$ | $\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

## 1.6 機能維持評価

### 1.6.1 基本方針

非常用ディーゼル機関は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の中速形ディーゼル機関であり，機能維持評価において機能維持評価用加速度が表 1-11 に示す機能確認済加速度を上回ることから，J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動  $S_s$  により定まる設計用最大応答加速度（1.0ZPA）を設定する。

表 1-11 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

| 評価部位 | 形式         | 方向   | 機能確認済加速度 |
|------|------------|------|----------|
| 機関   | 中速形ディーゼル機関 | 水平方向 | 1.1      |
|      |            | 鉛直方向 | 1.0      |
| ガバナ  |            | 水平方向 | 1.8      |
|      |            | 鉛直方向 | 1.0      |

## 1.6.2 動的機能維持評価

### 1.6.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の非常用ディーゼル発電機の動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

非常用ディーゼル発電機の発電機ロータの機関側の荷重は、非常用ディーゼル機関の基準軸受部のラジアル軸受（以下、「発電機軸受（機関側）」という。）で支持されるため機関で評価する。

- a. 基礎ボルト
- b. ガバナ
- c. 排気管ベローズ
- d. 潤滑油サンプタンク
- e. 発電機軸受（機関側）
- f. 基準軸受
- g. カム軸
- h. ピストン，クランク軸，連結棒
- i. ギアリング
- j. 動弁装置
- k. 始動弁
- l. ガバナリンク
- m. 機械式オーバースピードトリップ装置
- n. 燃料噴射ポンプ
- o. 冷却水ポンプ
- p. 潤滑油ポンプ
- q. 過給機

このうち、「a. 基礎ボルト」については、「1.5 構造強度評価」に従い評価を行った「1.7 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

また、「g. カム軸」～「q. 過給機」については、既往の研究（（財）原子力工学試験センター原子力発電耐震信頼性実証試験）で評価した限界加速度が機能維持評価用加速度に対して十分な裕度があることから、計算書の評価対象外とする。

### 1.6.2.2 評価基準値

ガバナは、既往の研究（独立行政法人 原子力安全基盤機構 耐震安全部「平成 22 年度耐震機能限界試験（非常用ディーゼル発電機）ガバナ振動台加振試験 J N E S - S S レポート」）で確認された同形式のガバナの機能確認済加速度を評価基準値として設定する。排気管ベローズ及び潤滑油サンプタンクは変位可能寸法を評価基準値として設定する。発電機軸受（機関側）の面圧は、メーカ規定の許容面圧を評価基準値として設定する。基準軸受の隔壁強度は、クラス 2 ポンプの評価応力状態Ⅲ<sub>S</sub>を準用し設定する。また、基準軸受（スラスト）面圧は既往の研究（（財）原子力工学試験センター原子力発電耐震信頼性実証試験）で確認されている許容面圧を評価基準値として設定する。

### 1.6.2.3 記号の説明

非常用ディーゼル機関の動的機能維持評価に使用する記号を表 1-12 に示す。

表 1-12 記号の説明

| 記号            | 記号の説明                       | 単位             |
|---------------|-----------------------------|----------------|
| $A_{DG}$      | 発電機軸受の受圧面積                  | $\text{mm}^2$  |
| $A_{TH}$      | 基準軸受（スラスト）の等価受圧面積           | $\text{mm}^2$  |
| $C_{DP}$      | 基準軸受隔壁応力の補正係数               | MPa/N          |
| $C_{EH}$      | ディーゼル機関往復運動による水平方向設計震度      | —              |
| $C_{EV}$      | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向設計震度      | —              |
| $C_H$         | 水平方向設計震度                    | —              |
| $C_V$         | 鉛直方向設計震度                    | —              |
| $g$           | 重力加速度（=9.80665）             | $\text{m/s}^2$ |
| $K_B$         | 排気管ベローズのばね定数                | N/m            |
| $\ell_1$      | 発電機軸受（機関側）中心から発電機ロータ重心までの距離 | mm             |
| $\ell_2$      | 発電機ロータを支持する軸受間の距離           | mm             |
| $m_B$         | 排気管ベローズの質量                  | kg             |
| $m_D$         | 発電機軸受で支持するディーゼル機関クランク軸質量    | kg             |
| $m_G$         | 発電機ロータ質量                    | kg             |
| $P_J$         | 発電機軸受面圧                     | MPa            |
| $P_T$         | 基準軸受（スラスト）面圧                | MPa            |
| $W_T$         | 基準軸受のスラスト荷重                 | N              |
| $\sigma_{DP}$ | 隔壁応力                        | MPa            |
| $\delta_S$    | 排気管ベローズの伸び量                 | mm             |



#### 1.6.2.4 評価方法

##### (1) ガバナ

機能維持評価用加速度と既往の研究（独立行政法人 原子力安全基盤機構 耐震安全部「平成 22 年度耐震機能限界試験（非常用ディーゼル発電機）ガバナ振動台加振試験 J N E S - S S レポート」）で得られた同型式のガバナの機能確認済加速度を比較する。

##### (2) 排気管ベローズ

地震慣性力による排気管ベローズの伸び量を次式により算出する。

$$\delta_s = \frac{m_B \cdot g \cdot C_V}{2 \cdot K_B} \dots\dots\dots (1.6.2.4.1)$$

##### (3) 潤滑油サンプタンク

スロッシングによる液面変位は 3 次元流動解析により評価し、スロッシングによる液面変位を算出する。解析コードは「Fluent ver. 19.1」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### (4) 発電機軸受（機関側）

発電機回転子および非常用ディーゼル機関クランク軸のうち、発電機軸受（機関側）で支持する軸受面圧を次式により算出する。

$$P_J = \frac{\sqrt{(1 + C_V + C_{EV})^2 + (C_H + C_{EH})^2} \cdot (m_G + m_D) \cdot g \cdot (\ell_2 - \ell_1)}{\ell_2 \cdot A_{DG}} \dots\dots\dots (1.6.2.4.2)$$

##### (5) 基準軸受隔壁

地震時の基準軸受のスラスト荷重による隔壁応力を次式により算出する。

$$\sigma_{DP} = C_{DP} \cdot W_T \dots\dots\dots (1.6.2.4.3)$$

##### (6) 基準軸受面圧（スラスト）

地震時の基準軸受のスラスト荷重による軸受面圧（スラスト）を次式により算出する。

$$P_T = \frac{W_T}{A_{TH}} \dots\dots\dots (1.6.2.4.4)$$

### 1.6.3 引用文献

本評価において適用する文献を以下に示す。

- (1) (財)原子力工学試験センター原子力発電耐震信頼性実証試験
- (2) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 耐震安全部「平成 22 年度耐震機能限界試験（非常用ディーゼル発電機）ガバナ振動台加振試験 JNES-SSレポート」

## 1.7 評価結果

### 1.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル機関の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。  
発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，弾性設計用地震動  $S_d$  及び静的震度は基準地震動  $S_s$  を下回っており，基準地震動  $S_s$  による発生値が，弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度による発生値の算出を省略した。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 1.7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ディーゼル機関の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

| 機器名称       | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ(m)                       | 固有周期(s) |      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |          | 基準地震動S <sub>s</sub>  |                      | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度  | ディーゼル機関往復運動による水平方向震度  | 最高使用温度(℃) | 周囲環境温度(℃) |
|------------|---------|-------------------------------------|---------|------|-------------------------------|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------|
|            |         |                                     | 水平方向    | 鉛直方向 | 水平方向設計震度                      | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度             | 鉛直方向設計震度             |                       |                       |           |           |
| 非常用ディーゼル機関 | S       | 原子炉建屋<br>O.P.15.00*1<br>(O.P.15.88) |         |      | —*2                           | —*2      | C <sub>H</sub> =1.99 | C <sub>V</sub> =1.40 | C <sub>EV</sub> =0.07 | C <sub>EH</sub> =0.06 | 70*3      | 50        |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：ⅢSについては、基準地震動S<sub>s</sub>で評価する。

\*3：機関冷却水最高運転温度。

1.1.2 機器要目

| 部 材              | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | L <sub>i,j</sub> *<br>(mm) | ℓ <sub>1,i</sub> *<br>(mm) | ℓ <sub>2,i</sub> *<br>(mm) | n <sub>1</sub> | n <sub>f i j</sub> * |
|------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1) |                        | 1575                   | 1270                       | 635                        | 635                        | 42             | 21                   |
|                  |                        |                        | 下表に示す                      | 3397                       | 3707                       |                | 下表に示す                |

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

|                  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |                    |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1) | L <sub>11</sub>   | L <sub>12</sub>   | L <sub>13</sub>   | L <sub>14</sub>   | L <sub>15</sub>   | L <sub>16</sub>   | L <sub>17</sub>   | L <sub>18</sub>   | L <sub>19</sub>   | L <sub>110</sub>   | L <sub>111</sub>   | L <sub>112</sub>   | L <sub>113</sub>   | L <sub>114</sub>   | L <sub>115</sub>   | L <sub>116</sub>   | L <sub>117</sub>   | L <sub>118</sub>   | L <sub>119</sub>   | L <sub>120</sub>   |
|                  | 7104              | 6808              | 6512              | 6216              | 5772              | 5476              | 5032              | 4736              | 4292              | 3996               | 3552               | 3256               | 2812               | 2516               | 2072               | 1776               | 1332               | 1036               | 592                | 296                |
|                  | n <sub>f 11</sub> | n <sub>f 12</sub> | n <sub>f 13</sub> | n <sub>f 14</sub> | n <sub>f 15</sub> | n <sub>f 16</sub> | n <sub>f 17</sub> | n <sub>f 18</sub> | n <sub>f 19</sub> | n <sub>f 110</sub> | n <sub>f 111</sub> | n <sub>f 112</sub> | n <sub>f 113</sub> | n <sub>f 114</sub> | n <sub>f 115</sub> | n <sub>f 116</sub> | n <sub>f 117</sub> | n <sub>f 118</sub> | n <sub>f 119</sub> | n <sub>f 120</sub> |
|                  | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  | 2                  |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| 部 材              | A <sub>bi</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | S <sub>yi</sub><br>(MPa) | S <sub>ui</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa)       | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                                          |                         | M <sub>E1</sub><br>(N・mm) |
|------------------|---------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                  |                                       |                          |                          |                               |                                      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub>                        | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |                           |
| 基礎ボルト<br>(i = 1) | 962. 1<br>(逃げ溝 φ 35)                  | 339*1<br>(40mm<径≦100mm)  | 556*1<br>(40mm<径≦100mm)  | 339                           | 389                                  | 又は静的震度<br>—                                   | 軸直角                     | 1. 229×10 <sup>8</sup>    |
| 機関出力<br>P (kW)   | 回転速度<br>N (min <sup>-1</sup> )        | 絶対弾性係数<br>E (MPa)        | せん断弾性係数<br>G (MPa)       | 最小断面積<br>A (mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (mm <sup>4</sup> )    | 有効せん断断面積<br>A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> ) |                         |                           |
| 6435             | 500                                   | 200000*2                 | 77000*2                  | 2. 322×10 <sup>5</sup>        | 6. 540×10 <sup>10</sup>              | 5. 538×10 <sup>4</sup>                        |                         |                           |

注記\*1：周囲環境温度で算出。

\*2: 最高使用温度で算出。

### 1.1.3 計算数值

### 1.1.3.1 ボルトに作用する力

(单位: N)

| 部 材              | F <sub>bi</sub>                  |                                                                                          | Q <sub>bi</sub>                  |                                                                                          |
|------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub>                                                                      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub>                                                                      |
| 基礎ボルト<br>(i = 1) | — *                              | <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> | — *                              | <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 40px; margin: 0 auto;"></div> |

注記\*：Ⅲ<sub>A</sub>Sについては、基準地震動S<sub>s</sub>で評価する。

1.1.4
結 論

1.1.4.1
ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材              | 材 料  | 応 力 | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |                      | 基準地震動S <sub>s</sub>      |                      |
|------------------|------|-----|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|                  |      |     | 算出応力                          | 許容応力                 | 算出応力                     | 許容応力                 |
| 基礎ボルト<br>(i = 1) | S45C | 引張り | $\sigma_{b1} = 147^{*2}$      | $f_{ts1} = 254^{*1}$ | $\sigma_{b1} = 147^{*2}$ | $f_{ts1} = 292^{*1}$ |
|                  |      | せん断 | $\tau_{b1} = 53^{*2}$         | $f_{tb1} = 195$      | $\tau_{b1} = 53^{*2}$    | $f_{tb1} = 225$      |

注記\*1：
 $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

注記\*2：
基準地震動S<sub>s</sub>による評価値  
すべて許容応力以下である。

1.2
動的機能維持評価

1.2.1
設計条件

| 機器名称       | 而震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ(m)                         | 固有周期(s)      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub>  | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度                         | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度                           | 最高使用温度(℃) | 周囲環境温度(℃) |
|------------|---------|---------------------------------------|--------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------|-----------|
| 非常用ディーゼル機関 | S       | 原子炉建屋<br>O.P. 15.00*1<br>(O.P. 15.88) | 水平方向<br>鉛直方向 | 水平方向<br>鉛直方向<br>設計震度          | 水平方向<br>鉛直方向<br>設計震度 | C <sub>H</sub> =1.67<br>C <sub>V</sub> =1.17 | C <sub>EH</sub> =0.06<br>C <sub>EV</sub> =0.07 | 70*2      | 50        |

注記\*1：基準床レベルを示す。  
\*2：機関冷却水最高運転温度。

1.2.2
機器要目

(1)
排気管ペローズ

| 部材      | m <sub>B</sub><br>(kg) | K <sub>B</sub><br>(N/mm) |
|---------|------------------------|--------------------------|
| 排気管ペローズ |                        |                          |

(2)
発電機軸受 (機関側)

| 部材          | m <sub>G</sub><br>(kg) | m <sub>D</sub><br>(kg) | ℓ <sub>1</sub><br>(mm) | ℓ <sub>2</sub><br>(mm) | A <sub>DG</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) |
|-------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 発電機軸受 (機関側) |                        |                        |                        |                        |                                       |

(3)
基準軸受

| 部材   | C <sub>DP</sub><br>(MPa/N) | W <sub>T</sub><br>(N) | A <sub>TH</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| 基準軸受 |                            |                       |                                       |

1.2.3
結論

1.2.3.1
機能確認応答加速度との比較

|     | 機能維持評価用加速度* | 機能確認応答加速度<br>(×9.8m/s <sup>2</sup> ) |
|-----|-------------|--------------------------------------|
| 機 関 | 水平方向        | 1.67                                 |
|     | 鉛直方向        | 1.17                                 |
| ガバナ | 水平方向        | 1.67                                 |
|     | 鉛直方向        | 1.17                                 |

注記\*：基準地震動S<sub>s</sub>により定まる応答加速度とする。  
機関は、水平、鉛直方向ともに機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。  
ガバナは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

- 1.2.3.2
非常用ディレーザル機関の動的機能維持評価
- 1.2.3.2.1
代表評価項目の評価
- 基礎ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力を有しているため、計算は省略する。

| 1.2.3.2.1.1 ガバナ |      | (×9.8m/s <sup>2</sup> ) |          |
|-----------------|------|-------------------------|----------|
| 評価部位            | 方向   | 機能維持評価用加速度              | 機能確認済加速度 |
| ガバナ             | 水平方向 | 1.67                    | 4.0      |
|                 | 鉛直方向 | 1.17                    | 2.0      |

すべて機能確認済加速度以下である。

| 1.2.3.2.1.2 排気管ベローズ |     | (単位：mm) |       |
|---------------------|-----|---------|-------|
| 評価部位                | 変位量 |         | 許容変位量 |
| 排気管ベローズ             |     |         |       |

許容変位量以下である。

| 1.2.3.2.1.3 潤滑油サンプタンク |     | (単位：mm) |       |
|-----------------------|-----|---------|-------|
| 評価部位                  | 変位量 |         | 許容変位量 |
| 潤滑油サンプタンク             |     |         |       |

許容変位量以下である。

| 1.2.3.2.1.4 発電機軸受（機関側） |      | (単位：MPa) |      |
|------------------------|------|----------|------|
| 評価部位                   | 算出面圧 |          | 許容面圧 |
| 発電機軸受（機関側）             |      |          |      |

許容面圧以下である。

1.2.3.2.2
上記以外の基本評価項目の評価

| 1.2.3.2.2.1 基準軸受 |      | (単位：MPa) |      |
|------------------|------|----------|------|
| 評価部位             | 算出応力 |          | 許容応力 |
| 隔壁強度             |      |          |      |

許容応力以下である。

|            |      | (単位：MPa) |      |
|------------|------|----------|------|
| 評価部位       | 算出面圧 |          | 許容面圧 |
| 軸受面圧（スラスト） |      |          |      |

許容面圧以下である。



【非常用ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

| 機器名称       | 設備分類                         | 据付場所及び床面高さ(m)                         | 固有周期(s) |      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |          | 基準地震動S <sub>s</sub>  |                      | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度  | ディーゼル機関往復運動による水平方向震度  | 最高使用温度(℃) | 周囲環境温度(℃) |
|------------|------------------------------|---------------------------------------|---------|------|-------------------------------|----------|----------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------|
|            |                              |                                       | 水平方向    | 鉛直方向 | 水平方向設計震度                      | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度             | 鉛直方向設計震度             |                       |                       |           |           |
| 非常用ディーゼル機関 | 常設／防振(DB 拡張)<br>常設／緩和(DB 拡張) | 原子炉建屋<br>O.P. 15.00*1<br>(O.P. 15.88) |         |      | —                             | —        | C <sub>H</sub> =1.99 | C <sub>V</sub> =1.40 | C <sub>EV</sub> =0.07 | C <sub>EH</sub> =0.06 | 70*2      | 50        |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：機関冷却水最高運転温度。

2.1.2 機器要目

| 部 材             | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | L <sub>i,j</sub> *<br>(mm) | ℓ <sub>1,i</sub> *<br>(mm) | ℓ <sub>2,i</sub> *<br>(mm) | n <sub>1</sub> | n <sub>f1,j</sub> * |
|-----------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|---------------------|
| 基礎ボルト<br>(i =1) |                        | 1575                   | 1270                       | 635                        | 635                        | 42             | 21                  |
|                 |                        |                        | 下表に示す                      | 3397                       | 3707                       |                | 下表に示す               |

注記\*：基礎ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

| 基礎ボルト<br>(i =1) | L <sub>11</sub>  | L <sub>12</sub>  | L <sub>13</sub>  | L <sub>14</sub>  | L <sub>15</sub>  | L <sub>16</sub>  | L <sub>17</sub>  | L <sub>18</sub>  | L <sub>19</sub>  | L <sub>110</sub>  | L <sub>111</sub>  | L <sub>112</sub>  | L <sub>113</sub>  | L <sub>114</sub>  | L <sub>115</sub>  | L <sub>116</sub>  | L <sub>117</sub>  | L <sub>118</sub>  | L <sub>119</sub>  | L <sub>120</sub>  |
|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                 | 7104             | 6808             | 6512             | 6216             | 5772             | 5476             | 5032             | 4736             | 4292             | 3996              | 3552              | 3256              | 2812              | 2516              | 2072              | 1776              | 1332              | 1036              | 592               | 296               |
|                 | n <sub>f11</sub> | n <sub>f12</sub> | n <sub>f13</sub> | n <sub>f14</sub> | n <sub>f15</sub> | n <sub>f16</sub> | n <sub>f17</sub> | n <sub>f18</sub> | n <sub>f19</sub> | n <sub>f110</sub> | n <sub>f111</sub> | n <sub>f112</sub> | n <sub>f113</sub> | n <sub>f114</sub> | n <sub>f115</sub> | n <sub>f116</sub> | n <sub>f117</sub> | n <sub>f118</sub> | n <sub>f119</sub> | n <sub>f120</sub> |
|                 | 2                | 2                | 2                | 2                | 2                | 2                | 2                | 2                | 2                | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| 部 材              | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | S <sub>y i</sub><br>(MPa)           | S <sub>u i</sub><br>(MPa)           | F <sub>i</sub><br>(MPa)       | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                                          |                         | M <sub>Ei</sub><br>(N・mm) |
|------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                  |                                        |                                     |                                     |                               |                                      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度              | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |                           |
| 基礎ボルト<br>( i =1) | 962.1<br>(逃げ溝φ35)                      | 339 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≤100mm) | 556 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≤100mm) | —                             | 389                                  | —                                             | 軸直角                     | 1.229×10 <sup>8</sup>     |
| 機関出力<br>P (kW)   | 回転速度<br>N (min <sup>-1</sup> )         | 絶対弾性係数<br>E (MPa)                   | せん断弾性係数<br>G (MPa)                  | 最小断面積<br>A (mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (mm <sup>4</sup> )    | 有効せん断断面積<br>A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> ) |                         |                           |
| 6435             | 500                                    | 200000 <sup>*2</sup>                | 77000 <sup>*2</sup>                 | 2.322×10 <sup>5</sup>         | 6.540×10 <sup>10</sup>               | 5.538×10 <sup>4</sup>                         |                         |                           |

注記\*1：周囲環境温度で算出。  
\*2：最高使用温度で算出。

2.1.3 計算数値

2.1.3.1 ボルトに作用する力
(単位：N)

| 部 材              | F <sub>b i</sub>                 |                     | Q <sub>b i</sub>                 |                     |
|------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
|                  | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1) | —                                | <div></div>         | —                                | <div></div>         |

## 2.1.4 結論

#### 2.1.4.1 ボルトの応力

| 2.1.4.1 ボルトの応力   | (単位：MPa) |     |                     |           |                   |                 |
|------------------|----------|-----|---------------------|-----------|-------------------|-----------------|
| 部 材              | 材 料      | 応 力 | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 | 基準地震動 S s |                   |                 |
|                  |          |     | 算出応力                | 許容応力      | 算出応力              | 許容応力            |
| 基礎ボルト<br>( i =1) | S45C     | 引張り | —                   | —         | $\sigma_{b1}=147$ | $f_{ts1}=292^*$ |
|                  |          | せん断 | —                   | —         | $\tau_{b1}=53$    | $f_{tb1}=225$   |

注記\* :  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$   
 すべて許容応力以下である。

2.2
動的機能維持評価

2.2.1
設計条件

| 機器名称       | 設備分類                                 | 据付場所及び床面高さ(m)                             | 固有周期(s)  |          | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 |              | 基準地震動S <sub>s</sub>   |                       | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>鉛直方向震度                     | 最高<br>使用温度<br>(℃) | 周囲<br>環境温度<br>(℃) |
|------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|----------|----------|----------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------------------|-------------------|-------------------|
|            |                                      |                                           | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向 | 水平方向<br>設計震度                     | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                                                  |                   |                   |
| 非常用ディーゼル機関 | 常設/防止<br>(DB 拡張)<br>常設/緩和<br>(DB 拡張) | 原子炉建屋<br>O. P. 15. 00*1<br>(O. P. 15. 88) |          |          | —                                | —            | C <sub>H</sub> =1. 67 | C <sub>V</sub> =1. 17 | C <sub>EH</sub> =0. 06<br>C <sub>EV</sub> =0. 07 | 70*2              | 50                |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：機関冷却水最高運転温度。

2.2.2
機器要目

(1)
排気管バロージズ

| 部材       | m <sub>B</sub><br>(kg) | K <sub>B</sub><br>(N/mm) |
|----------|------------------------|--------------------------|
| 排気管バロージズ |                        |                          |

(2)
発電機軸受（機関側）

| 部材         | m <sub>G</sub><br>(kg) | m <sub>D</sub><br>(kg) | ℓ <sub>1</sub><br>(mm) | ℓ <sub>2</sub><br>(mm) | A <sub>DG</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) |
|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|
| 発電機軸受（機関側） |                        |                        |                        |                        |                                       |

(3)
基準軸受

| 部材   | C <sub>DP</sub><br>(MPa/N) | W <sub>T</sub><br>(N) | A <sub>TH</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) |
|------|----------------------------|-----------------------|---------------------------------------|
| 基準軸受 |                            |                       |                                       |

2.2.3
結論

2.2.3.1
機能確認応答加速度との比較

(×9. 8m/s<sup>2</sup>)

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認応答加速度 |
|-----|------|-------------|-----------|
| 機 関 | 水平方向 | 1. 67       | 1. 1      |
|     | 鉛直方向 | 1. 17       | 1. 0      |
| ガバナ | 水平方向 | 1. 67       | 1. 8      |
|     | 鉛直方向 | 1. 17       | 1. 0      |

注記\*：基準地震動S<sub>s</sub>により定まる応答加速度とする。  
機関は、水平、鉛直方向ともに機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。  
ガバナは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

- 2.2.3.2
非常用ディレーザル機関の動的機能維持評価
- 2.2.3.2.1
代表評価項目の評価
- 基礎ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力を有しているため、計算は省略する。

| 2.2.3.2.1.1 ガバナ |      | (×9.8m/s <sup>2</sup> ) |          |
|-----------------|------|-------------------------|----------|
| 評価部位            | 方向   | 機能維持評価用加速度              | 機能確認済加速度 |
| ガバナ             | 水平方向 | 1.67                    | 4.0      |
|                 | 鉛直方向 | 1.17                    | 2.0      |

すべて機能確認済加速度以下である。

| 2.2.3.2.1.2 排気管ベローズ |     | (単位：mm) |       |
|---------------------|-----|---------|-------|
| 評価部位                | 変位量 |         | 許容変位量 |
| 排気管ベローズ             |     |         |       |

許容変位量以下である。

| 2.2.3.2.1.3 潤滑油サンプタンク |     | (単位：mm) |       |
|-----------------------|-----|---------|-------|
| 評価部位                  | 変位量 |         | 許容変位量 |
| 潤滑油サンプタンク             |     |         |       |

許容変位量以下である。

| 2.2.3.2.1.4 発電機軸受（機関側） |      | (単位：MPa) |      |
|------------------------|------|----------|------|
| 評価部位                   | 算出面圧 |          | 許容面圧 |
| 発電機軸受（機関側）             |      |          |      |

許容面圧以下である。

2.2.3.2.2
上記以外の基本評価項目の評価

| 2.2.3.2.2.1 基準軸受 |      | (単位：MPa) |      |
|------------------|------|----------|------|
| 評価部位             | 算出応力 |          | 許容応力 |
| 隔壁強度             |      |          |      |

許容応力以下である。

| 2.2.3.2.2.2 基準軸受 |      | (単位：MPa) |      |
|------------------|------|----------|------|
| 評価部位             | 算出面圧 |          | 許容面圧 |
| 軸受面圧（スラスト）       |      |          |      |

許容面圧以下である。



## 2. 非常用ディーゼル発電機

### 2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、非常用ディーゼル発電機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

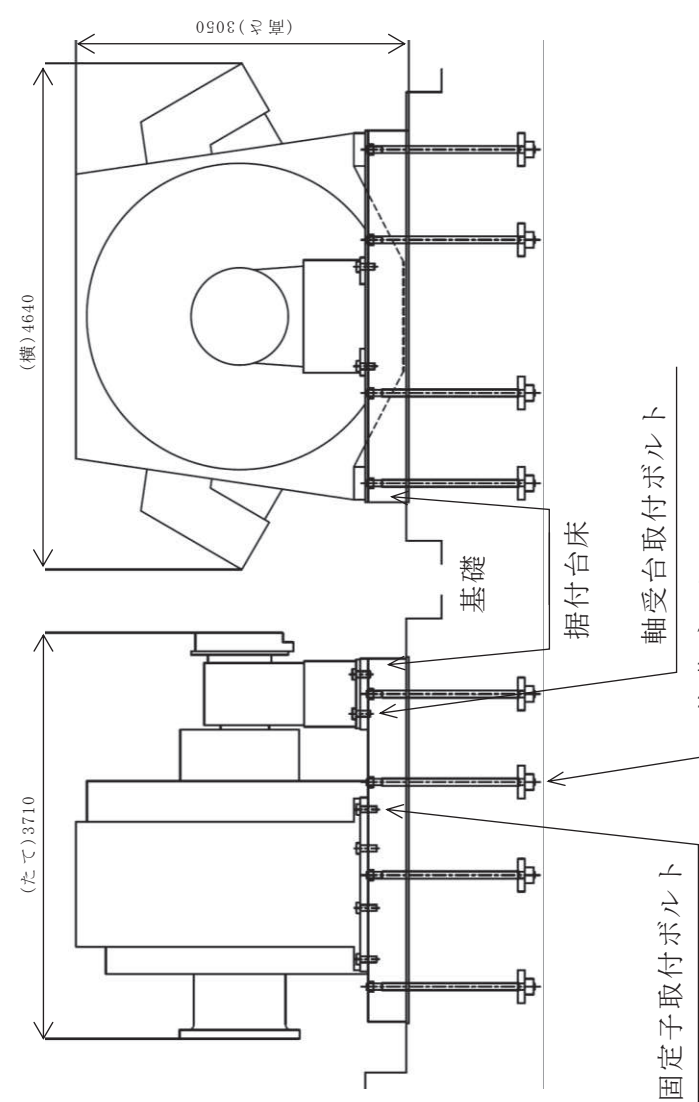
非常用ディーゼル発電機は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）及び常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

非常用ディーゼル発電機の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1
構造計画

| 計画の概要                                                           |                                    | 概略構造図                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                                         | 主体構造                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| <p>発電機は軸受台取付ボルト及び固定子取付ボルトで直接据付台床に取り付ける。据付台床は基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p> | <p>軸受台部及び固定子部からなる横軸回転界磁三相交流発電機</p> |  <p>The diagram illustrates the structural layout of a generator. It shows a large circular component (the generator body) mounted on a rectangular support bed (据付台床). The support bed is secured to a foundation (基礎) using several vertical bolts (基礎ボルト). The generator body is also mounted on the support bed using horizontal bolts (固定子取付ボルト). The diagram includes dimensions: a width of 4640 mm (横) and a height of 3050 mm (高さ). Labels indicate the foundation (基礎), support bed (据付台床), and the bolts used for mounting (固定子取付ボルト, 軸受台取付ボルト, 基礎ボルト).</p> <p>(単位：mm)</p> |



### 2.2.2 評価方針

非常用ディーゼル発電機の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す非常用ディーゼル発電機の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、非常用ディーゼル発電機の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の横形すべり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

非常用ディーゼル発電機の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

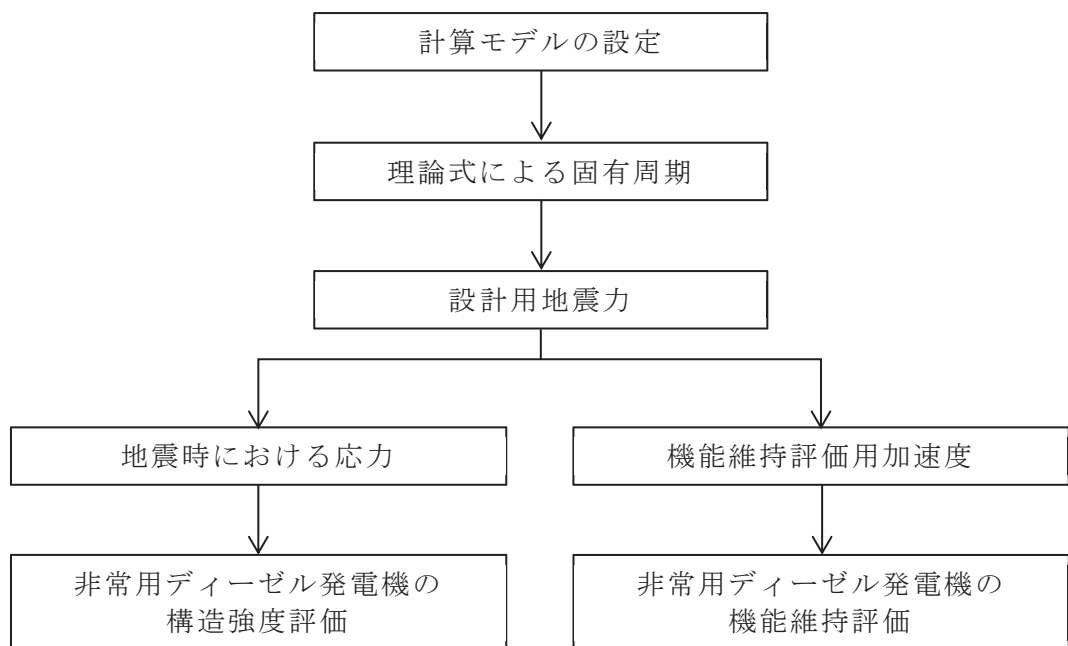


図 2-1 非常用ディーゼル発電機の耐震評価フロー

### 2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下「設計・建設規格」という。)

## 2.2.4 記号の説明

| 記号                   | 記号の説明                                                  | 単位                |
|----------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|
| A                    | 最小断面積                                                  | mm <sup>2</sup>   |
| A <sub>bi</sub>      | ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>                                 | mm <sup>2</sup>   |
| A <sub>s</sub>       | 最小有効せん断断面積                                             | mm <sup>2</sup>   |
| C <sub>P</sub>       | 機器振動による震度                                              | —                 |
| C <sub>H</sub>       | 水平方向設計震度                                               | —                 |
| C <sub>V</sub>       | 鉛直方向設計震度                                               | —                 |
| d <sub>i</sub>       | ボルトの呼び径* <sup>1</sup>                                  | mm                |
| E                    | 縦弾性係数                                                  | MPa               |
| F <sub>i</sub>       | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>               | MPa               |
| F <sub>i</sub> *     | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>                   | MPa               |
| F <sub>bi</sub>      | ボルトに作用する引張力（1本当たり）* <sup>1</sup>                       | N                 |
| f <sub>sbi</sub>     | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>                    | MPa               |
| f <sub>toi</sub>     | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>                      | MPa               |
| f <sub>t si</sub>    | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>                | MPa               |
| G                    | せん断弾性係数                                                | MPa               |
| g                    | 重力加速度（=9.80665）                                        | m/s <sup>2</sup>  |
| h <sub>i</sub>       | 据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>                        | mm                |
| I                    | 断面二次モーメント                                              | mm <sup>4</sup>   |
| L <sub>i</sub>       | 転倒支点となるボルトと評価対象となるボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>            | mm                |
| ℓ <sub>1i</sub>      | 重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>          | mm                |
| ℓ <sub>2i</sub>      | 重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>          | mm                |
| M <sub>Gi</sub>      | 発電機回転により作用するモーメント* <sup>1</sup>                        | N・mm              |
| m <sub>i</sub>       | 運転時質量* <sup>2</sup>                                    | kg                |
| N                    | 回転速度（発電機の定格回転速度）                                       | min <sup>-1</sup> |
| n <sub>i</sub>       | ボルトの本数* <sup>1</sup>                                   | —                 |
| n <sub>fi</sub>      | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>                  | —                 |
| P                    | 発電機出力                                                  | kW                |
| Q <sub>bi</sub>      | ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>                             | N                 |
| S <sub>ui</sub>      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>           | MPa               |
| S <sub>yi</sub>      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>           | MPa               |
| S <sub>yi</sub> (RT) | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup> | MPa               |

| 記号            | 記号の説明          | 単位  |
|---------------|----------------|-----|
| $T_H$         | 水平方向固有周期       | s   |
| $T_V$         | 鉛直方向固有周期       | s   |
| $\pi$         | 円周率            | —   |
| $\sigma_{bi}$ | ボルトに生じる引張応力*1  | MPa |
| $\tau_{bi}$   | ボルトに生じるせん断応力*1 | MPa |

注記\*1： $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $L_i$ ,  $\ell_{1i}$ ,  $\ell_{2i}$ ,  $M_{Gi}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}$  (RT),  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 基礎ボルト

$i = 2$  : 固定子取付ボルト

$i = 3$  : 軸受台取付ボルト

\*2： $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 据付面

$i = 2$  : 固定子取付面

$i = 3$  : 軸受台取付面

\*3： $\ell_{1i} \leq \ell_{2i}$

### 2.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期  | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度    | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度    | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量    | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ    | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積    | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント | N・mm            | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力     | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>      |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 2.3 評価部位

非常用ディーゼル発電機の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて評価を実施する。

非常用ディーゼル発電機の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

## 2.4 固有周期

### 2.4.1 固有周期の計算方法

非常用ディーゼル発電機の固有周期の計算方法を以下に示す。

#### (1) 計算モデル

- a. 発電機の質量は、重心に集中するものとする。
- b. 発電機は据付台床上にあり、据付台床は基礎ボルトで基礎に固定されるものとする。また、軸受台及び固定子は、据付台床上に取付ボルトで固定されるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

発電機は、図 2-2 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

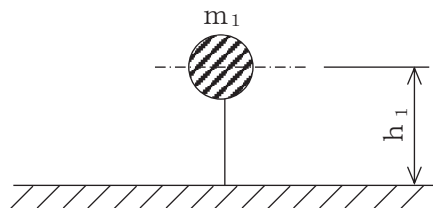


図 2-2 固有周期の計算モデル

#### (2) 水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \left( \frac{h_1^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.4.1.1)$$

#### (3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \frac{h_1}{A \cdot E}} \quad \dots\dots\dots (2.4.1.2)$$

### 2.4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

### 2.4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 2-3 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 2-3 固有周期 (単位：s)

|      |  |  |  |
|------|--|--|--|
| 水平方向 |  |  |  |
| 鉛直方向 |  |  |  |

## 2.5 構造強度評価

### 2.5.1 構造強度評価方法

2.4.1 項(1)a.～c.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は発電機に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 転倒方向は図 2-3～図 2-8 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

### 2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

非常用ディーゼル発電機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

#### 2.5.2.2 許容応力

非常用ディーゼル発電機の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-6 のとおりとする。

#### 2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

非常用ディーゼル発電機の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-7 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-8 に示す。



表 2-4
 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分               | 機器名称        | 耐震重要度分類 | 機器等の区分         | 荷重の組合せ                    | 許容応力状態           |
|--------------------|-------------|---------|----------------|---------------------------|------------------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 非常用ディーゼル発電機 | S       | — <sup>*</sup> | $D + P_D + M_D + S_d^{*}$ | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|                    |             |         |                | $D + P_D + M_D + S_s$     | Ⅳ <sub>A</sub> S |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 2-5
 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分               | 機器名称        | 設備分類 <sup>*1</sup>                   | 機器等の区分          | 荷重の組合せ                        | 許容応力状態                                                               |
|--------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 非常用ディーゼル発電機 | 常設／防止<br>(DB 拡張)<br>常設／緩和<br>(DB 拡張) | — <sup>*2</sup> | $D + P_D + M_D + S_s^{*3}$    | Ⅳ <sub>A</sub> S                                                     |
|                    |             |                                      |                 | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V <sub>A</sub> S<br>(V <sub>A</sub> S としてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。) |

注記＊1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張），「常設／緩和（DB 拡張）」は常設重大事故緩和設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 2-6
 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態                                                              | 許容限界*1, *2<br>(ボルト等) |                   |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|
|                                                                     | 一次応力                 |                   |
|                                                                     | 引張り                  | せん断               |
| Ⅲ <sub>A</sub> S                                                    | $1.5 \cdot f_t$      | $1.5 \cdot f_s$   |
| Ⅳ <sub>A</sub> S                                                    | $1.5 \cdot f_t^*$    | $1.5 \cdot f_s^*$ |
| V <sub>A</sub> S<br>(V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。) |                      |                   |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-7
 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材     | 材料 | 温度条件<br>(°C) |    | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (RT)<br>(MPa) |
|----------|----|--------------|----|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 基礎ボルト    |    | 周囲環境温度       | 50 | 339                     | 556                     | —                            |
| 固定子取付ボルト |    | 周囲環境温度       | 50 | 241                     | 391                     | —                            |
| 軸受台取付ボルト |    | 周囲環境温度       | 50 | 241                     | 391                     | —                            |

表 2-8
 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材     | 材料 | 温度条件<br>(°C) |    | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (RT)<br>(MPa) |
|----------|----|--------------|----|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 基礎ボルト    |    | 周囲環境温度       | 50 | 339                     | 556                     | —                            |
| 固定子取付ボルト |    | 周囲環境温度       | 50 | 241                     | 391                     | —                            |
| 軸受台取付ボルト |    | 周囲環境温度       | 50 | 241                     | 391                     | —                            |

### 2.5.3 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 又は静的震度」及び「基準地震動 S<sub>s</sub>」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 2-9 及び表 2-10 に示す。

表 2-9 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)             | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 |                      | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                      |
|---------------------------------------|----------|------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
|                                       | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度                      | 鉛直方向<br>設計震度         | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |
| 原子炉建屋<br>O.P. 15.00*<br>(O.P. 15.125) |          |      | C <sub>H</sub> =0.96              | C <sub>V</sub> =0.80 | C <sub>H</sub> =1.97 | C <sub>V</sub> =1.37 |

注記＊：基準床レベルを示す。

表 2-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)             | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                      |
|---------------------------------------|----------|------|-----------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|                                       | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度                      | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |
| 原子炉建屋<br>O.P. 15.00*<br>(O.P. 15.125) |          |      | —                                 | —            | C <sub>H</sub> =1.97 | C <sub>V</sub> =1.37 |

注記＊：基準床レベルを示す。

## 2.5.4 計算方法

### 2.5.4.1 応力の計算方法

#### 2.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度，機器振動による震度及び発電機回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

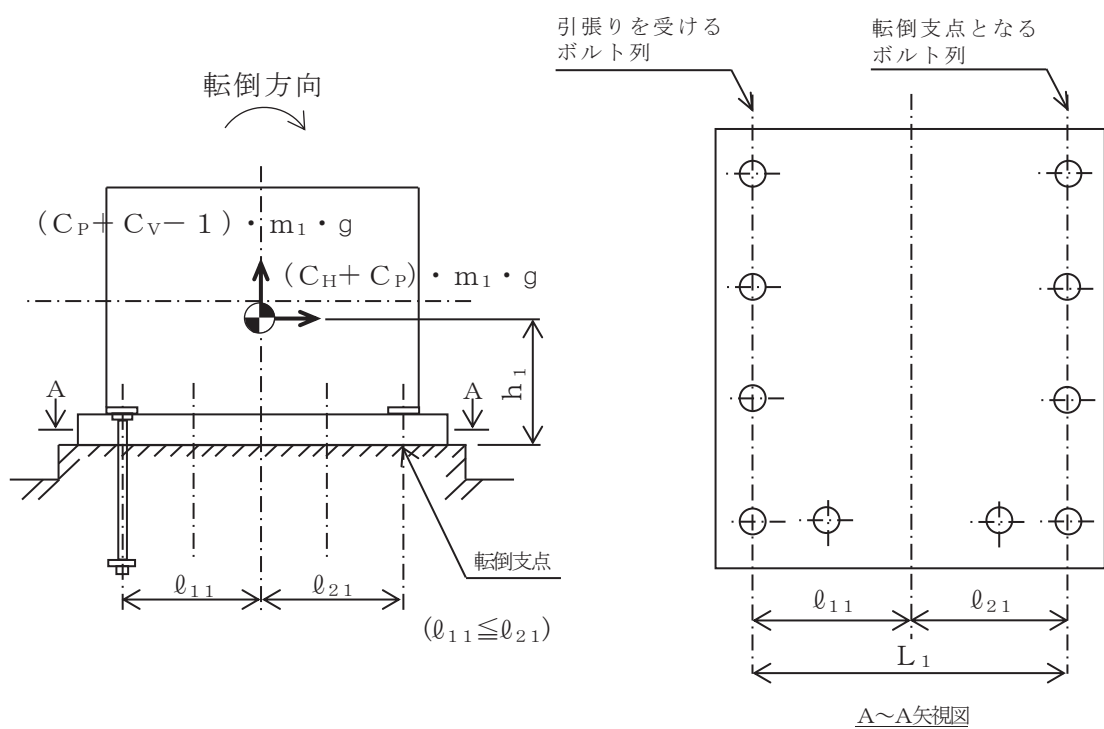


図 2-3 計算モデル（軸直角方向転倒）

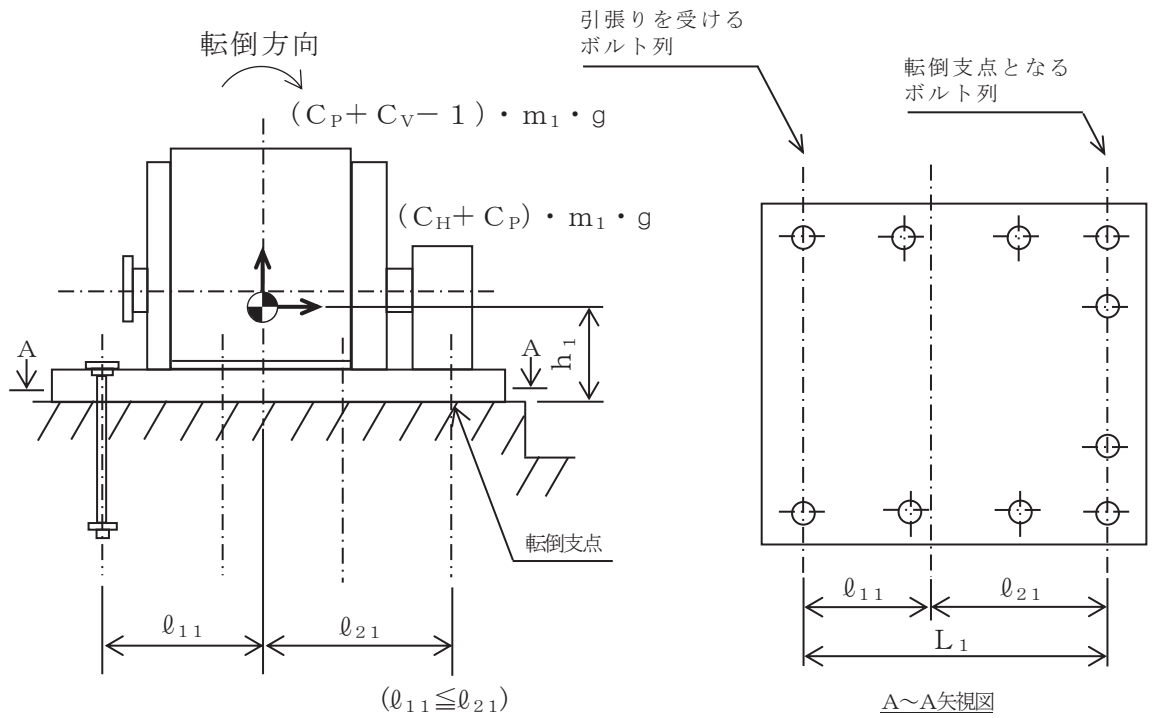


図 2-4 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図 2-3 及び図 2-4 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

なお、図 2-4 の場合は、発電機回転によるモーメント\*1は作用しない。

引張力

$$F_{b1} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 + M_{G1}^{*1}}{n_{f1} \cdot L_1} - \frac{(1 - C_V - C_P) \cdot m_1 \cdot g \cdot \ell_{21}^{*2}}{n_{f1} \cdot L_1} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

ここで、 $C_P$ は発電機の回転による機器振動を考慮して定める値である。

注記\*1：発電機回転によるモーメント $M_{G1}$ は次式により求める。

$$M_{G1} = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad (1kW = 10^6 N \cdot mm / s)$$

\*2： $(1 - C_V - C_P) \geq 0$  の場合は、 $\ell_{11}$ とする。

$(1 - C_V - C_P) < 0$  の場合は、 $\ell_{21}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式より求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

ただし、 $F_{b1}$ が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = (C_H + C_P) \cdot m_1 \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$



#### 2.5.4.1.2 固定子取付ボルトの計算方法

固定子取付ボルトの応力は地震による震度、機器振動による震度及び発電機回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

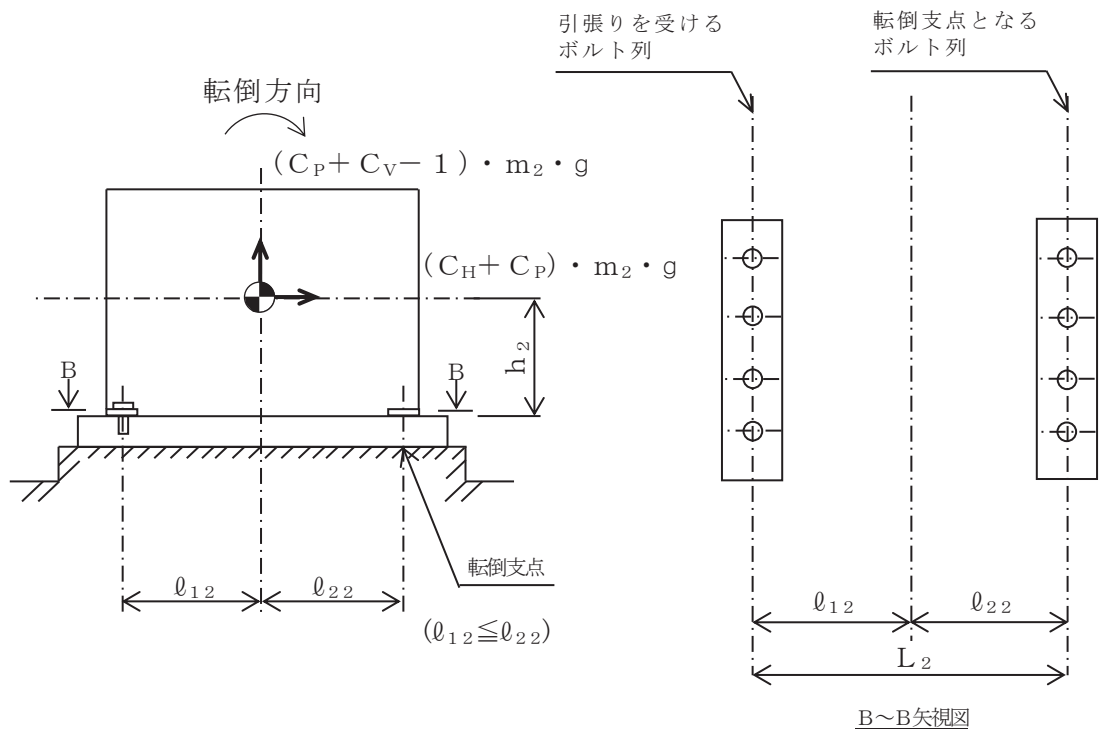


図 2-5 計算モデル（軸直角方向転倒）

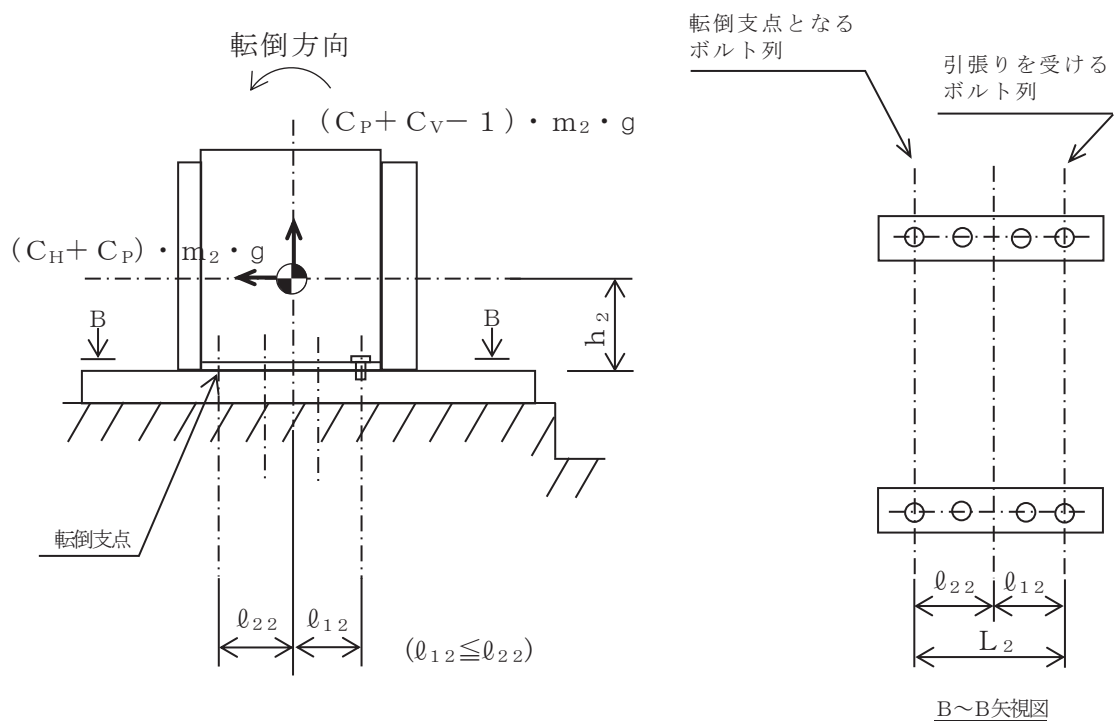


図 2-6 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

固定子取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 2-5 及び図 2-6 で固定子取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の固定子取付ボルトで受けるものとして計算する。

なお、図 2-6 の場合は、発電機回転によるモーメント<sup>\*1</sup>は作用しない。

引張力

$$F_{b2} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m_2 \cdot g \cdot h_2 + M_{G2}^{*1}}{n_{f2} \cdot L_2} - \frac{(1 - C_V - C_P) \cdot m_2 \cdot g \cdot \ell_{22}^{*2}}{n_{f2} \cdot L_2} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.1)$$

ここで、 $C_P$ は発電機の回転による機器振動を考慮して定める値である。

注記\*1：発電機回転によるモーメント $M_{G2}$ は次式により求める。

$$M_{G2} = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad (1kW = 10^6 N \cdot mm / s)$$

\*2： $(1 - C_V - C_P) \geq 0$  の場合は、 $\ell_{12}$ とする。

$(1 - C_V - C_P) < 0$  の場合は、 $\ell_{22}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.2)$$

ここで、固定子取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式より求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.3)$$

ただし、 $F_{b2}$ が負のとき固定子取付ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

固定子取付ボルトに対するせん断力は固定子取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = (C_H + C_P) \cdot m_2 \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.5)$$

### 2.5.4.1.3 軸受台取付ボルトの計算方法

軸受台取付ボルトの応力は地震による震度，機器振動による震度によって生じる引張力とせん断力について計算する。

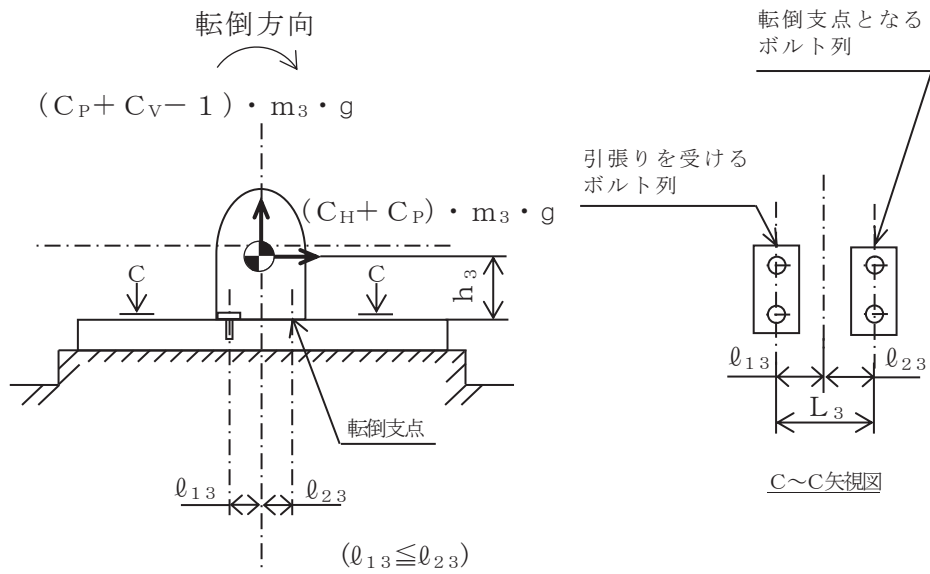


図 2-7 計算モデル（軸直角方向転倒）

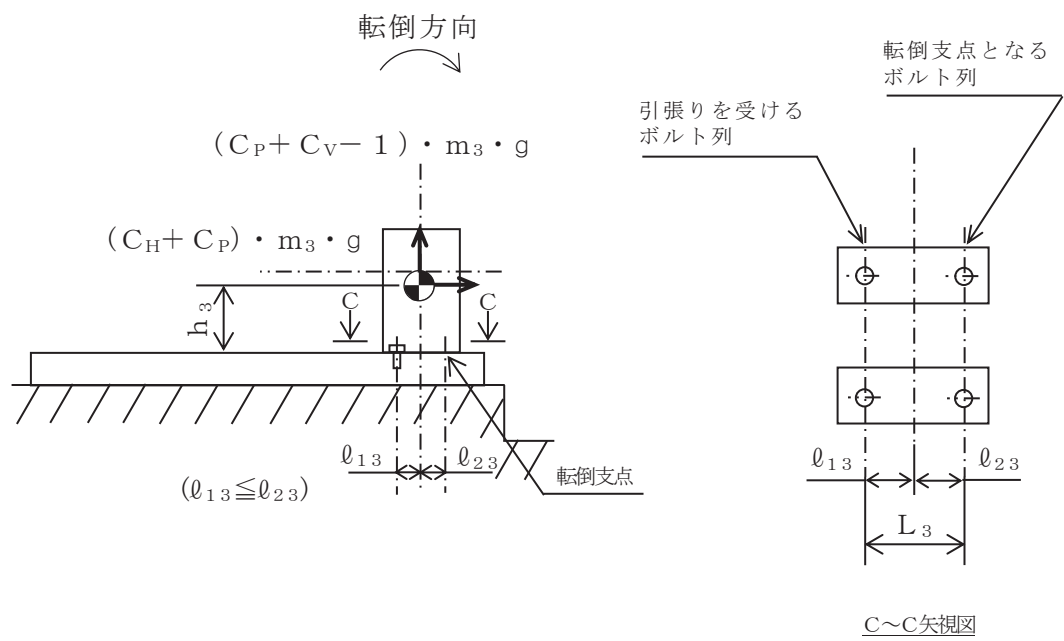


図 2-8 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

軸受台取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 2-7 及び図 2-8 で軸受台取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の軸受台取付ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b3} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m_3 \cdot g \cdot h_3}{n_{f3} \cdot L_3} - \frac{(1 - C_V - C_P) \cdot m_3 \cdot g \cdot \ell_{23}^*}{n_{f3} \cdot L_3} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.1)$$

ここで、 $C_P$ は発電機の回転による機器振動を考慮して定める値である。

注記\*：  $(1 - C_V - C_P) \geq 0$  の場合は、 $\ell_{13}$ とする。

$(1 - C_V - C_P) < 0$  の場合は、 $\ell_{23}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b3} = \frac{F_{b3}}{A_{b3}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.2)$$

ここで、軸受台取付ボルトの軸断面積 $A_{b3}$ は次式より求める。

$$A_{b3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_3^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.3)$$

ただし、 $F_{b3}$ が負のとき軸受台取付ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

軸受台取付ボルトに対するせん断力は軸受台取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b3} = (C_H + C_P) \cdot m_3 \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b3} = \frac{Q_{b3}}{n_3 \cdot A_{b3}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.5)$$



## 2.5.5 計算条件

### 2.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 2.5.5.2 固定子取付ボルトの応力計算条件

固定子取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 2.5.5.3 軸受台取付ボルトの応力計算条件

軸受台取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【非常用ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

## 2.5.6 応力の評価

### 2.5.6.1 ボルトの応力評価

2.5.4.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_{bi}$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{tsi}$  以下であること。

ただし、 $f_{toi}$  は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$  はせん断力のみ受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$  以下であること。

ただし、 $f_{sbi}$  は下表による。

|                      | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合    | 基準地震動 S s による<br>荷重との組合せの場合                  |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_{toi}$  | $\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$                  | $\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sbi}$ | $\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

## 2.6 機能維持評価

### 2.6.1 基本方針

非常用ディーゼル発電機は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の横形すべり軸受電動機と同等の構造であり，機能維持評価において機能維持評価用加速度が表 2-11 に示す機能確認済加速度を上回ることから，J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき，基準地震動  $S_s$  により定まる設計用最大応答加速度（1.0ZPA）を設定する。

表 2-11 機能確認済加速度  $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

| 評価部位 | 形式      | 方向   | 機能確認済加速度 |
|------|---------|------|----------|
| 発電機  | 横形すべり軸受 | 水平方向 | 2.6      |
|      |         | 鉛直方向 | 1.0      |

## 2.6.2 動的機能維持評価

### 2.6.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の電動機の動的機能維持評価に従い，以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト，取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子のクリアランス
- g. フレーム
- h. 軸継手

このうち「a. 基礎ボルト，取付ボルト」については，「2.5 構造強度評価」に従って評価を行った「2.7 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

また，「h. 軸継手」は機関軸と発電機軸をリジットに接続するタイプであり，相対変位が発生しないこと，および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力が発生しないことから，計算書の評価対象外とする。

### 2.6.2.2 評価基準値

軸（回転子）及びフレームの許容応力は，クラス 2 ポンプの許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。固定子の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。端子箱の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。また軸受については，軸受の許容面圧荷重を，固定子と回転子間のクリアランスは，変位可能寸法を評価基準値として設定する。

## 2.6.2.3 記号の説明

非常用ディーゼル発電機の動的機能維持評価に使用する記号を表 2-12 に示す。

表 2-12 記号の説明

| 記号         | 記号の説明                                                | 単位                       |
|------------|------------------------------------------------------|--------------------------|
| $A_{bti}$  | 端子箱取付ボルトの断面積 <sup>*1</sup>                           | $\text{mm}^2$            |
| $A_{kp}$   | 固定子固定ピンの断面積                                          | $\text{mm}^2$            |
| $C_{EH}$   | ディーゼル機関往復運動による水平方向設計震度                               | —                        |
| $C_{EV}$   | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向設計震度                               | —                        |
| $C_H$      | 水平方向設計震度                                             | —                        |
| $C_V$      | 鉛直方向設計震度                                             | —                        |
| $D$        | 軸中心から固定子固定面までの距離                                     | mm                       |
| $d_s$      | 軸の径                                                  | mm                       |
| $F_{bti}$  | 端子箱取付ボルトに作用する引張力 <sup>*1</sup>                       | N                        |
| $F_k$      | 固定子に生じる組合せ荷重                                         | N                        |
| $F_{kg}$   | 水平方向地震力により固定子に生じる荷重                                  | N                        |
| $F_{kt}$   | 発電機の回転により固定子に生じる荷重                                   | N                        |
| $F_{kf}$   | 固定子取付ボルトに作用する引張力                                     | N                        |
| $F_{bi}$   | 軸受に生じる荷重 <sup>*2</sup>                               | N                        |
| $F_s$      | 軸の重心位置に生じる荷重                                         | N                        |
| $Q_{kf}$   | 固定子取付ボルトに作用するせん断力                                    | N                        |
| $Q_{bti}$  | 端子箱取付ボルトに作用するせん断力 <sup>*1</sup>                      | N                        |
| $Q_{bt1i}$ | 水平方向地震力により端子箱取付ボルトに作用するせん断力 <sup>*1</sup>            | N                        |
| $Q_{bt2i}$ | 鉛直方向地震力により端子箱取付ボルトに作用するせん断力 <sup>*1</sup>            | N                        |
| $g$        | 重力加速度 (=9.80665)                                     | $\text{m/s}^2$           |
| $M_f$      | フレーム取付脚に作用する曲げモーメント                                  | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_s$      | 軸に作用する曲げモーメント                                        | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_t$      | 軸に作用するねじりモーメント                                       | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $N$        | 回転速度 (発電機の定格回転速度)                                    | $\text{min}^{-1}$        |
| $n_k$      | 固定子取付ボルトの本数                                          | —                        |
| $n_{kf}$   | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (フレーム)                       | —                        |
| $n_{kp}$   | 固定子固定ピンの本数                                           | —                        |
| $n_{bti}$  | 端子箱取付ボルトの本数 <sup>*1</sup>                            | —                        |
| $n_{btHi}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 <sup>*1</sup><br>(水平方向)(端子箱) | —                        |
| $n_{btVi}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 <sup>*1</sup><br>(鉛直方向)(端子箱) | —                        |
| $P$        | 発電機出力                                                | kW                       |
| $S_{bi}$   | 軸受の投影面積 <sup>*2</sup>                                | $\text{mm}^2$            |

| 記号             | 記号の説明                                  | 単位              |
|----------------|----------------------------------------|-----------------|
| $T_m$          | 発電機の回転による発生トルク                         | N・mm            |
| $W_{bti}$      | 端子箱の質量 <sup>*1</sup>                   | kg              |
| $W_k$          | 固定子の質量                                 | kg              |
| $W_s$          | 軸の質量                                   | kg              |
| $E$            | 軸の縦弾性係数                                | MPa             |
| $Z_s$          | 軸の断面係数                                 | mm <sup>3</sup> |
| $I_s$          | 軸の断面二次モーメント                            | mm <sup>4</sup> |
| $Z_f$          | フレーム取付脚の断面係数                           | mm <sup>3</sup> |
| $J$            | フレーム取付脚の長さ                             | mm              |
| $K$            | フレーム取付脚の厚さ                             | mm              |
| $L$            | 軸受間の距離                                 | mm              |
| $L_i$          | 軸受から軸重心までの距離 <sup>*3</sup>             | mm              |
| $\ell_{f1}$    | 重心とボルト間の水平方向距離（フレーム） <sup>*4</sup>     | mm              |
| $\ell_{f2}$    | 重心とボルト間の水平方向距離（フレーム） <sup>*4</sup>     | mm              |
| $\ell_{ft}$    | フレーム取付脚棚板から固定子取付ボルトまでの距離               | mm              |
| $h_k$          | 固定子取付面から重心までの距離                        | mm              |
| $h_i$          | 端子箱取付面から重心までの距離 <sup>*1</sup>          | mm              |
| $\ell_{bti}$   | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離(端子箱) <sup>*1</sup>    | mm              |
| $\ell_{bt2i}$  | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離(端子箱) <sup>*1</sup> | mm              |
| $\ell_{bt3i}$  | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離(端子箱) <sup>*1</sup> | mm              |
| $\sigma_{bti}$ | 端子箱取付ボルトに生じる引張応力 <sup>*1</sup>         | MPa             |
| $\sigma_{bi}$  | 軸受に生じる面圧 <sup>*2</sup>                 | MPa             |
| $\sigma_{fm}$  | フレーム取付脚に生じる組合せ応力                       | MPa             |
| $\sigma_f$     | フレーム取付脚に生じる曲げ応力                        | MPa             |
| $\sigma_{sm}$  | 軸に生じる組合せ応力                             | MPa             |
| $\sigma_s$     | 軸に生じる曲げ応力                              | MPa             |
| $\tau_{bti}$   | 端子箱取付ボルトに生じるせん断応力 <sup>*1</sup>        | MPa             |
| $\tau_f$       | フレーム取付脚に生じるせん断応力                       | MPa             |
| $\tau_k$       | 固定子に生じるせん断応力                           | MPa             |
| $\tau_s$       | 発電機の回転によるねじり応力                         | MPa             |
| $t$            | 軸の最大変位量                                | mm              |

注記\*1:  $A_{bti}$ ,  $F_{bti}$ ,  $Q_{bti}$ ,  $Q_{bt1i}$ ,  $Q_{bt2i}$ ,  $n_{bti}$ ,  $n_{btHi}$ ,  $n_{btVi}$ ,  $W_{bti}$ ,  $h_i$ ,  $\ell_{bt1i}$ ,  $\ell_{bt2i}$ ,  $\ell_{bt3i}$ ,  $\sigma_{bti}$ 及び $\tau_{bti}$ の添字  $i$  の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$ : 界磁用端子箱取付ボルト

$i = 2$ : 線路用端子箱取付ボルト

$i = 3$ : 中性点用端子箱取付ボルト

$i = 4$ : 速度検出器用端子箱取付ボルト

\*2:  $F_{bi}$ ,  $S_{bi}$  及び  $\sigma_{bi}$  の添字  $i$  の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$ : 直結側軸受

$i = 2$ : 反直結側軸受

\*3:  $L_i$  の添字  $i$  の意味は, 以下のとおりとする。

$i = 1$ : 直結側軸受から軸重心までの距離

$i = 2$ : 反直結側軸受から軸重心までの距離

\*4:  $\ell_{f1} \leq \ell_{f2}$

#### 2.6.2.4 評価方法

##### (1) 固定子

発電機の回転によるトルクは次式で求める。

$$T_m = \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot 10^6 \cdot P \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.1)$$

発電機の回転による荷重は次式で求める。

$$F_{kt} = \frac{T_m}{D} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.2)$$

水平方向地震力により発生する荷重は次式で求める。

$$F_{kg} = W_k \cdot g \cdot (C_H + C_{EH}) \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.3)$$

せん断応力は次式で求める。

$$F_k = \sqrt{F_{kt}^2 + F_{kg}^2} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.4)$$

$$\tau_k = \frac{F_k}{n_{kp} \cdot A_{kp}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.5)$$

##### (2) 軸（回転子）

軸の重心位置に生じる荷重を次式で求める。

$$F_s = W_s \cdot g \cdot \sqrt{(C_H + C_{EH})^2 + (1 + C_V + C_{EV})^2} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.6)$$

軸に生じる最大曲げモーメントは次式で求める。

$$M_s = \frac{F_s \cdot L_1 \cdot L_2}{L} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.7)$$

軸の断面係数を次式で求める。

$$Z_s = \frac{\pi \cdot d_s^3}{32} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.8)$$



軸に生じる曲げ応力を次式で求める。

$$\sigma_s = \frac{M_s}{Z_s} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.9)$$

軸の回転によるねじりモーメントは次式で求める。

$$M_t = \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot 10^6 \cdot P \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.10)$$

軸に生じるねじり応力を次式で求める。

$$\tau_s = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot d_s^3} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.11)$$

軸に生じる組合せ応力を次式で求める。

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_s + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_s^2 + 4 \cdot \tau_s^2} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.12)$$

### (3) 端子箱

端子箱取付ボルトに生じる引張力は、次式のうち評価上より厳しい条件となる値を採用する。

$$F_{bti} = \frac{W_{bti} \cdot (1 + C_V + C_{EV}) \cdot h_i \cdot g}{n_{btVi} \cdot \ell_{bt2i}} + \frac{W_{bti} \cdot (C_H + C_{EH}) \cdot h_i \cdot g}{n_{btHi} \cdot \ell_{bt3i}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.13)$$

$$F_{bti} = \frac{W_{bti} \cdot (1 + C_V + C_{EV}) \cdot h_i \cdot g}{n_{btVi} \cdot \ell_{bt2i}} + \frac{W_{bti} \cdot (C_H + C_{EH}) \cdot \ell_{bt1i} \cdot g}{n_{btVi} \cdot \ell_{bt2i}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.14)$$

端子箱取付ボルトに生じる引張応力を次式で求める。

$$\sigma_{bti} = \frac{F_{bti}}{A_{bti}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.15)$$

端子箱取付ボルトに生じるせん断力を次式で求める。

$$Q_{bt1i} = W_{bti} \cdot (C_H + C_{EH}) \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.16)$$

$$Q_{bt2i} = W_{bti} \cdot (1 + C_V + C_{EV}) \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.17)$$

$$Q_{bti} = \sqrt{Q_{bt1i}^2 + Q_{bt2i}^2} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.18)$$

端子箱取付ボルトに生じるせん断応力を次式で求める。

$$\tau_{bti} = \frac{Q_{bti}}{n_{bti} \cdot A_{bti}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.19)$$

#### (4) 軸受

軸受に生じる荷重を次式で求める。

$$F_{bi} = F_s \cdot \frac{L - L_i}{L} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.20)$$

軸受に生じる面圧を次式で求める。

$$\sigma_{bi} = \frac{F_{bi}}{S_{bi}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.21)$$

#### (5) 固定子と回転子のクリアランス

軸の断面二次モーメントを次式で求める。

$$I_s = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.22)$$

軸の最大変位量を次式で求める。

$$t = \frac{F_s \cdot L_2 \cdot \{L^2 - L_2^2\}^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I_s \cdot L} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.23)$$

(6) フレーム

固定子取付ボルトに生じる引張力を次式で求める。

$$F_{k f} = \frac{W_k \cdot g \cdot (C_H + C_{EH}) \cdot h_k - W_k \cdot g \cdot (1 - C_{EV} - C_V) \cdot \ell_{f 2}}{n_{k f} \cdot (\ell_{f 1} + \ell_{f 2})} \quad (2.6.2.4.24)$$

フレーム取付脚に生じる曲げモーメントを次式で求める。

$$M_f = F_{k f} \cdot \ell_{f t} \quad (2.6.2.4.25)$$

フレーム取付脚の断面係数を次式で求める。

$$Z_f = \frac{J \cdot K^2}{6} \quad (2.6.2.4.26)$$

フレーム取付脚に生じる曲げ応力を次式で求める。

$$\sigma_f = \frac{M_f}{Z_f} \quad (2.6.2.4.27)$$

固定子取付ボルトに生じるせん断力を次式で求める。

$$Q_{k f} = W_k \cdot \sqrt{(C_H + C_{EH})^2 + (1 + C_{EV} + C_V)^2} \cdot g \quad (2.6.2.4.28)$$

フレーム取付脚に生じるせん断応力を次式で求める。

$$\tau_f = \frac{Q_{k f}}{n_k \cdot J \cdot K} \quad (2.6.2.4.29)$$

フレーム取付脚に生じる組合せ応力を次式で求める。

$$\sigma_{f m} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_f + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_f^2 + 4 \cdot \tau_f^2} \quad (2.6.2.4.30)$$

## 2.7 評価結果

### 2.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

非常用ディーゼル発電機の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有することを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 2.7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

非常用ディーゼル発電機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有することを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【非常用ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1. 構造強度評価

1.1.1 設計条件

| 機器名称        | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m)                        | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 |              | 基準地震動 S s    |              | 機器振動による震度 | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|-------------|---------|---------------------------------------|----------|------|---------------------|--------------|--------------|--------------|-----------|------------|------------|
| 非常用ディーゼル発電機 | S       | 原子力建屋<br>O.P. 15.00*<br>(O.P. 15.125) | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度        | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |           | —          | 50         |

注記＊：基準レベルを示す。

1.1.2 機器要目

| 部 材                     | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | θ <sub>1 i</sub> ＊<br>(mm) |           | θ <sub>2 i</sub> ＊<br>(mm) |           | n <sub>i</sub>             |           | n <sub>f i</sub> ＊ |
|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|--------------------|
|                         |                        |                        | 弾性設計用<br>地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計用<br>地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計用<br>地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |                    |
| 基礎ボルト<br>( i =1)        |                        |                        |                            |           |                            |           |                            |           |                    |
| 固定子取付<br>ボルト<br>( i =2) |                        |                        |                            |           |                            |           |                            |           |                    |
| 軸受台取付<br>ボルト<br>( i =3) |                        |                        |                            |           |                            |           |                            |           |                    |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

| 部 材                 | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa)              | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                                 |                     | M <sub>G i</sub><br>(N・mm)           |                     |
|---------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
|                     |                                        |                           |                           | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub>                  | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                                        | 339 <sup>*1</sup>         | 556 <sup>*1</sup>         | 339                                  | 389                                  | 軸直角                                  | 軸                   |                                      | —                   |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2) |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | 241                                  | 273                                  | 軸                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 軸受台取付ボルト<br>( i =3) |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | 241                                  | 273                                  | 軸                                    | 軸                   | —                                    | —                   |

| 発電機出力<br>P (kW) | 回転速度<br>N (min <sup>-1</sup> ) | 総弾性係数<br>E (MPa) | せん断弾性係数<br>G (MPa) | 最小断面積<br>A (mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (mm <sup>4</sup> ) | 有効せん断断面積<br>A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 6100            | 500                            |                  |                    |                               |                                   |                                               |

注記\*1：周囲環境温度で算出。

1.1.3 計算数値
1.1.3.1 ボルトに作用する力
(単位：N)

| 部 材                 | F <sub>b i</sub>                 |                     |                                  | Q <sub>b i</sub>    |  |
|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|--|
|                     | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |  |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                                  |                     |                                  |                     |  |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2) |                                  |                     |                                  |                     |  |
| 軸受台取付ボルト<br>( i =3) |                                  |                     |                                  |                     |  |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.1.4 結 論  
1.1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材                 | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d又は静的震度 |                 | 基準地震動S s          |                 |
|---------------------|-----|-----|-------------------|-----------------|-------------------|-----------------|
|                     |     |     | 算出応力              | 許容応力            | 算出応力              | 許容応力            |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |     | 引張り | $\sigma_{b1}=16$  | $f_{ts1}=254^*$ | $\sigma_{b1}=90$  | $f_{ts1}=291^*$ |
|                     |     | せん断 | $\tau_{b1}=15$    | $f_{sb1}=195$   | $\tau_{b1}=30$    | $f_{sb1}=224$   |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2) |     | 引張り | $\sigma_{b2}=22$  | $f_{ts2}=180^*$ | $\sigma_{b2}=57$  | $f_{ts2}=204^*$ |
|                     |     | せん断 | $\tau_{b2}=8$     | $f_{sb2}=139$   | $\tau_{b2}=16$    | $f_{sb2}=157$   |
| 軸受台取付ボルト<br>( i =3) |     | 引張り | $\sigma_{b3}=63$  | $f_{ts3}=180^*$ | $\sigma_{b3}=136$ | $f_{ts3}=204^*$ |
|                     |     | せん断 | $\tau_{b3}=12$    | $f_{sb3}=139$   | $\tau_{b3}=23$    | $f_{sb3}=157$   |

注記＊：  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$   
 すべて許容応力以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.2
動的機能維持評価

1.2.1
設計条件

| 機器名称        | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ(m)                         | 固有周期(s) |      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |          | 基準地震動S <sub>s</sub> |          | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度  | ディーゼル機関往復運動による水平方向震度  | 最高使用温度(℃) | 周囲環境温度(℃) |
|-------------|---------|---------------------------------------|---------|------|-------------------------------|----------|---------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------|-----------|
| 非常用ディーゼル発電機 | S       | 原子力建屋<br>O.P. 15.00*<br>(O.P. 15.125) | 水平方向    | 鉛直方向 | 水平方向設計震度                      | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度            | 鉛直方向設計震度 | C <sub>EH</sub> =1.67 | C <sub>EV</sub> =0.07 | —         | 50        |

注記＊：基準未レベルを示す。

1.2.2
機器要目

(1)
固定子

| 部材  | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | T <sub>m</sub><br>(N・mm) | D<br>(mm) | W <sub>k</sub><br>(kg) | n <sub>k p</sub> | A <sub>k p</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | P<br>(kW) |
|-----|---------------------------|--------------------------|-----------|------------------------|------------------|----------------------------------------|-----------|
| 固定子 | 500                       |                          |           |                        |                  |                                        | 6100      |

(2)
軸

| 部材 | M <sub>s</sub><br>(N・mm) | M <sub>t</sub><br>(N・mm) | Z <sub>s</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>s</sub><br>(kg) | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | d <sub>s</sub><br>(mm) | P<br>(kW) | L<br>(mm) | L <sub>1</sub><br>(mm) | L <sub>2</sub><br>(mm) | E<br>(MPa) | I <sub>s</sub><br>(mm <sup>4</sup> ) |
|----|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------|--------------------------------------|
| 軸  |                          |                          |                                      |                        | 500                       |                        | 6100      |           |                        |                        |            |                                      |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



(3) 端子箱

| 部 材    | $W_{b\ t\ 1}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 1}$ | $n_{b\ t\ H1}$ | $n_{b\ t\ V1}$ | $\varnothing_{b\ t\ 11}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 21}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 31}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 1}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_1$<br>(mm) |
|--------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 界磁用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材    | $W_{b\ t\ 2}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 2}$ | $n_{b\ t\ H2}$ | $n_{b\ t\ V2}$ | $\varnothing_{b\ t\ 12}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 22}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 32}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_2$<br>(mm) |
|--------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 線路用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材     | $W_{b\ t\ 3}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 3}$ | $n_{b\ t\ H3}$ | $n_{b\ t\ V3}$ | $\varnothing_{b\ t\ 13}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 23}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 33}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 3}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_3$<br>(mm) |
|---------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 中性点用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材       | $W_{b\ t\ 4}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 4}$ | $n_{b\ t\ H4}$ | $n_{b\ t\ V4}$ | $\varnothing_{b\ t\ 14}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 24}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 34}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 4}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_4$<br>(mm) |
|-----------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 速度検出器用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

(4) 軸受

| 部 材 | $S_{b\ 2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|-----|----------------------------------|
| 軸受  |                                  |

(5) フレーム

| 部 材  | $M_f$<br>(N・mm) | $Z_f$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $W_k$<br>(kg) | $h_k$<br>(mm) | $n_k$ | $n_{k\ f}$ | $\varnothing_{f1}$<br>(mm) | $\varnothing_{f2}$<br>(mm) | $\varnothing_{ft}$<br>(mm) | J<br>(mm) | K<br>(mm) |
|------|-----------------|-----------------------------|---------------|---------------|-------|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| フレーム |                 |                             |               |               |       |            |                            |                            |                            |           |           |

1.2.3 結論

1.2.3.1 機能確認済加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度<br>(×9.8m/s <sup>2</sup> ) |
|-----|------|-------------|-------------------------------------|
| 発電機 | 水平方向 | 1.67        | 2.6                                 |
|     | 鉛直方向 | 1.17        | 1.0                                 |

注記＊：基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

発電機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

1.2.3.2 非常用ディーゼル発電機の動的機能維持評価

1.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト及び取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1 固定子の評価

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 固定子  | せん断 | 14   | 172  |

(単位：MPa)

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2 軸（回転子）の評価

| 評価部位   | 発生応力 | 許容応力 |
|--------|------|------|
| 軸（回転子） | 155  | 316  |

(単位：MPa)

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.3 端子箱の評価

| 評価部位      | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|-----------|-----|------|------|
| 界磁用端子箱    | 引張り | 2    | 189  |
|           | せん断 | 1    | 146  |
| 線路用端子箱    | 引張り | 18   | 189  |
|           | せん断 | 3    | 146  |
| 中性点用端子箱   | 引張り | 18   | 189  |
|           | せん断 | 3    | 146  |
| 速度検出器用端子箱 | 引張り | 2    | 189  |
|           | せん断 | 1    | 146  |

(単位：MPa)

すべて許容応力以下である。

1. 2. 3. 3. 2. 2. 4 軸受の評価

(単位：MPa)

| 評価部位     | 発生面圧 | 許容面圧 |
|----------|------|------|
| 軸受（反直結側） | 3    | 5    |

すべて許容面圧以下である。

1. 2. 3. 3. 2. 2. 5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位：mm)

| 評価部位           | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|----------------|---------|-------|
| 固定子と回転子のクリアランス | 5.11    |       |

すべて許容変位量以下である。

1. 2. 3. 3. 2. 2. 6 フレームの評価

(単位：MPa)

| 評価部位 | 発生応力 | 許容応力 |
|------|------|------|
| フレーム | 90   | 316  |

すべて許容応力以下である。

【非常用ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

| 機器名称        | 設備分類                           | 据付場所及び床面高さ (m)                            | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動S <sub>s</sub> |              | 機器振動による震度 | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------|--------------------------------|-------------------------------------------|----------|------|-------------------------------|--------------|---------------------|--------------|-----------|-------------|-------------|
| 非常用ディーゼル発電機 | 常設/防止 (DB 拡張)<br>常設/緩和 (DB 拡張) | 原子力建屋<br>0. P. 15. 00*<br>(0. P. 15. 125) | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度                  | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度        | 鉛直方向<br>設計震度 |           | —           | 50          |

注記＊：基準未レベルを示す。

2.1.2 機器要目

| 部 材                     | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*</sup><br>(mm) |                     | ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*</sup><br>(mm) |                     | n <sub>i</sub> | n <sub>fi</sub> <sup>*</sup>         |                     |
|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|---------------------|----------------|--------------------------------------|---------------------|
|                         |                        |                        | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度  | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度  | 基準地震動S <sub>s</sub> |                | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)        |                        |                        |                                       |                     |                                       |                     |                |                                      |                     |
| 固定子取付<br>ボルト<br>( i =2) |                        |                        |                                       |                     |                                       |                     |                |                                      |                     |
| 軸受台取付<br>ボルト<br>( i =3) |                        |                        |                                       |                     |                                       |                     |                |                                      |                     |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

| 部 材                 | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa)              | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                                 |                     | M <sub>G i</sub><br>(N・mm)           |                     |
|---------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
|                     |                                        |                           |                           | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub>                  | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                                        | 339 <sup>*1</sup>         | 556 <sup>*1</sup>         | —                                    | 389                                  | —                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2) |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | —                                    | 273                                  | —                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 軸受台取付ボルト<br>( i =3) |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | —                                    | 273                                  | —                                    | 軸                   | —                                    | —                   |

| 発電機出力<br>P (kW) | 回転速度<br>N (min <sup>-1</sup> ) | 総弾性係数<br>E (MPa) | せん断弾性係数<br>G (MPa) | 最小断面積<br>A (mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (mm <sup>4</sup> ) | 有効せん断断面積<br>A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------------------------------|------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 6100            | 500                            |                  |                    |                               |                                   |                                               |

注記\*1：周囲環境温度で算出。

2.1.3 計算数値

2.1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部 材                 | F <sub>b i</sub>                 |                     |                                  | Q <sub>b i</sub>    |  |
|---------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|--|
|                     | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |  |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |                                  |                     |                                  |                     |  |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2) |                                  |                     |                                  |                     |  |
| 軸受台取付ボルト<br>( i =3) |                                  |                     |                                  |                     |  |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2.1.4
結論
2.1.4.1
ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材                 | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d又は静的震度 |      | 基準地震動S s          |                 |
|---------------------|-----|-----|-------------------|------|-------------------|-----------------|
|                     |     |     | 算出応力              | 許容応力 | 算出応力              | 許容応力            |
| 基礎ボルト<br>( i =1)    |     | 引張り | —                 | —    | $\sigma_{b1}=90$  | $f_{ts1}=291^*$ |
|                     |     | せん断 | —                 | —    | $\tau_{b1}=30$    | $f_{sb1}=224$   |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2) |     | 引張り | —                 | —    | $\sigma_{b2}=57$  | $f_{ts2}=204^*$ |
|                     |     | せん断 | —                 | —    | $\tau_{b2}=16$    | $f_{sb2}=157$   |
| 軸受台取付ボルト<br>( i =3) |     | 引張り | —                 | —    | $\sigma_{b3}=136$ | $f_{ts3}=204^*$ |
|                     |     | せん断 | —                 | —    | $\tau_{b3}=23$    | $f_{sb3}=157$   |

注記＊：  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$   
すべて許容応力以下である。

2.2 動的機能維持評価

2.2.1 設計条件

| 機器名称        | 設備分類                                 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                         | 固有周期(s)                                      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 |              | 基準地震動S <sub>s</sub> |              | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>鉛直方向震度 | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>水平方向震度 | 最<br>高<br>使用温度<br>(°C) | 周<br>囲<br>環境温度<br>(°C) |
|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|----------------------------------|--------------|---------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|------------------------|------------------------|
| 非常用ディーゼル発電機 | 常設／防止<br>(DB 拡張)<br>常設／緩和<br>(DB 拡張) | 原子力建屋<br>0. P. 15. 00*<br>(0. P. 15. 125) | <div> <div>水平方向</div> <div>鉛直方向</div> </div> | 水平方向<br>設計震度                     | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度        | 鉛直方向<br>設計震度 | C <sub>EH</sub> =0.06        | C <sub>EV</sub> =0.07        | —                      | 50                     |

注記＊：基準未レベルを示す。

2.2.2 機器要目

(1) 固定子

| 部 材 | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | T <sub>m</sub><br>(N・mm) | D<br>(mm) | W <sub>k</sub><br>(kg) | n <sub>k p</sub> | A <sub>k p</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | P<br>(kW) |
|-----|---------------------------|--------------------------|-----------|------------------------|------------------|----------------------------------------|-----------|
| 固定子 | 500                       |                          |           |                        |                  |                                        | 6100      |

(2) 軸

| 部 材 | M <sub>s</sub><br>(N・mm) | M <sub>t</sub><br>(N・mm) | Z <sub>s</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>s</sub><br>(kg) | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | d <sub>s</sub><br>(mm) | P<br>(kW) | L<br>(mm) | L <sub>1</sub><br>(mm) | L <sub>2</sub><br>(mm) | E<br>(MPa) | I <sub>s</sub><br>(mm <sup>4</sup> ) |
|-----|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------|--------------------------------------|
| 軸   |                          |                          |                                      |                        | 500                       |                        | 6100      |           |                        |                        |            |                                      |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 端子箱

| 部 材    | $W_{bt1}$<br>(kg) | $n_{bt1}$ | $n_{btH1}$ | $n_{btV1}$ | $\varnothing_{bt11}$<br>(mm) | $\varnothing_{bt21}$<br>(mm) | $\varnothing_{bt31}$<br>(mm) | $A_{bt1}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_1$<br>(mm) |
|--------|-------------------|-----------|------------|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------|
| 界磁用端子箱 |                   |           |            |            |                              |                              |                              |                                 |               |

| 部 材    | $W_{bt2}$<br>(kg) | $n_{bt2}$ | $n_{btH2}$ | $n_{btV2}$ | $\varnothing_{bt12}$<br>(mm) | $\varnothing_{bt22}$<br>(mm) | $\varnothing_{bt32}$<br>(mm) | $A_{bt2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_2$<br>(mm) |
|--------|-------------------|-----------|------------|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------|
| 線路用端子箱 |                   |           |            |            |                              |                              |                              |                                 |               |

| 部 材         | $W_{bt3}$<br>(kg) | $n_{bt3}$ | $n_{btH3}$ | $n_{btV3}$ | $\varnothing_{bt13}$<br>(mm) | $\varnothing_{bt23}$<br>(mm) | $\varnothing_{bt33}$<br>(mm) | $A_{bt3}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_3$<br>(mm) |
|-------------|-------------------|-----------|------------|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------|
| 中性点用<br>端子箱 |                   |           |            |            |                              |                              |                              |                                 |               |

| 部 材           | $W_{bt4}$<br>(kg) | $n_{bt4}$ | $n_{btH4}$ | $n_{btV4}$ | $\varnothing_{bt14}$<br>(mm) | $\varnothing_{bt24}$<br>(mm) | $\varnothing_{bt34}$<br>(mm) | $A_{bt4}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_4$<br>(mm) |
|---------------|-------------------|-----------|------------|------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---------------|
| 速度検出器用<br>端子箱 |                   |           |            |            |                              |                              |                              |                                 |               |

(4) 軸受

| 部 材 | $S_{b2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------------------------|
| 軸受  |                                |

(5) フレーム

| 部 材  | $M_f$<br>(N・mm) | $Z_f$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $W_k$<br>(kg) | $h_k$<br>(mm) | $n_k$ | $n_{kf}$ | $\varnothing_{f1}$<br>(mm) | $\varnothing_{f2}$<br>(mm) | $\varnothing_{ft}$<br>(mm) | J<br>(mm) | K<br>(mm) |
|------|-----------------|-----------------------------|---------------|---------------|-------|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| フレーム |                 |                             |               |               |       |          |                            |                            |                            |           |           |



2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認応答加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認応答加速度<br>(×9.8m/s <sup>2</sup> ) |
|-----|------|-------------|--------------------------------------|
| 発電機 | 水平方向 | 1.67        | 2.6                                  |
|     | 鉛直方向 | 1.17        | 1.0                                  |

注記＊：基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

発電機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

2.2.3.2 発電機の動的機能維持評価

2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト及び取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

| 2.2.3.2.2.1 固定子の評価<br>(単位：MPa) |     |      |      |
|--------------------------------|-----|------|------|
| 評価部位                           | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
| 固定子                            | せん断 | 14   | 172  |

すべて許容応力以下である。

| 2.2.3.2.2.2 軸（回転云）の評価<br>(単位：MPa) |      |  |      |
|-----------------------------------|------|--|------|
| 評価部位                              | 発生応力 |  | 許容応力 |
| 軸（回転子）                            | 155  |  | 316  |

すべて許容応力以下である。

| 2.2.3.2.2.3 端子箱の評価<br>(単位：MPa) |     |      |      |
|--------------------------------|-----|------|------|
| 評価部位                           | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
| 界磁用端子箱                         | 引張り | 2    | 189  |
|                                | せん断 | 1    | 146  |
| 線路用端子箱                         | 引張り | 18   | 189  |
|                                | せん断 | 3    | 146  |
| 中性点用端子箱                        | 引張り | 18   | 189  |
|                                | せん断 | 3    | 146  |
| 速度検出器用端子箱                      | 引張り | 2    | 189  |
|                                | せん断 | 1    | 146  |

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.4 軸受の評価

(単位：MPa)

| 評価部位     | 発生面圧 | 許容面圧 |
|----------|------|------|
| 軸受（反直結側） | 3    | 5    |

すべて許容面圧以下である

2.2.3.2.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位：mm)

| 評価部位           | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|----------------|---------|-------|
| 固定子と回転子のクリアランス | 5.11    |       |

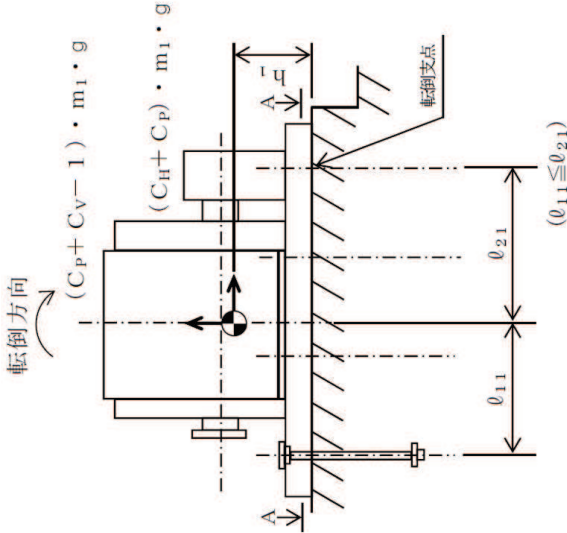
すべて許容変位量以下である。

2.2.3.2.2.6 フレームの評価

(単位：MPa)

| 評価部位 | 発生応力 | 許容応力 |
|------|------|------|
| フレーム | 90   | 316  |

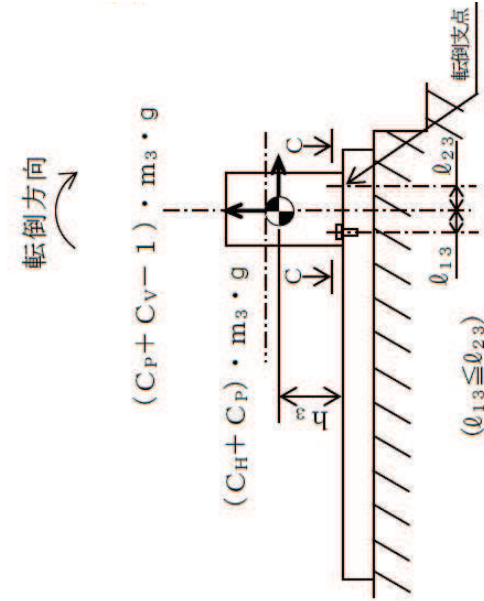
すべて許容応力以下である。



基礎ボルト

固定子取付ボルト

軸受台取付ボルト



VI-2-10-1-2-1-6 非常用ディーゼル発電設備  
管の耐震性についての計算書

## 設計基準対象施設

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 7  |
| 3. 計算条件 .....                     | 18 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 18 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 19 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 20 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 29 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 30 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 32 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 32 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 43 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 43 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 45 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 46 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 47 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、非常用ディーゼル発電設備の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全21モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

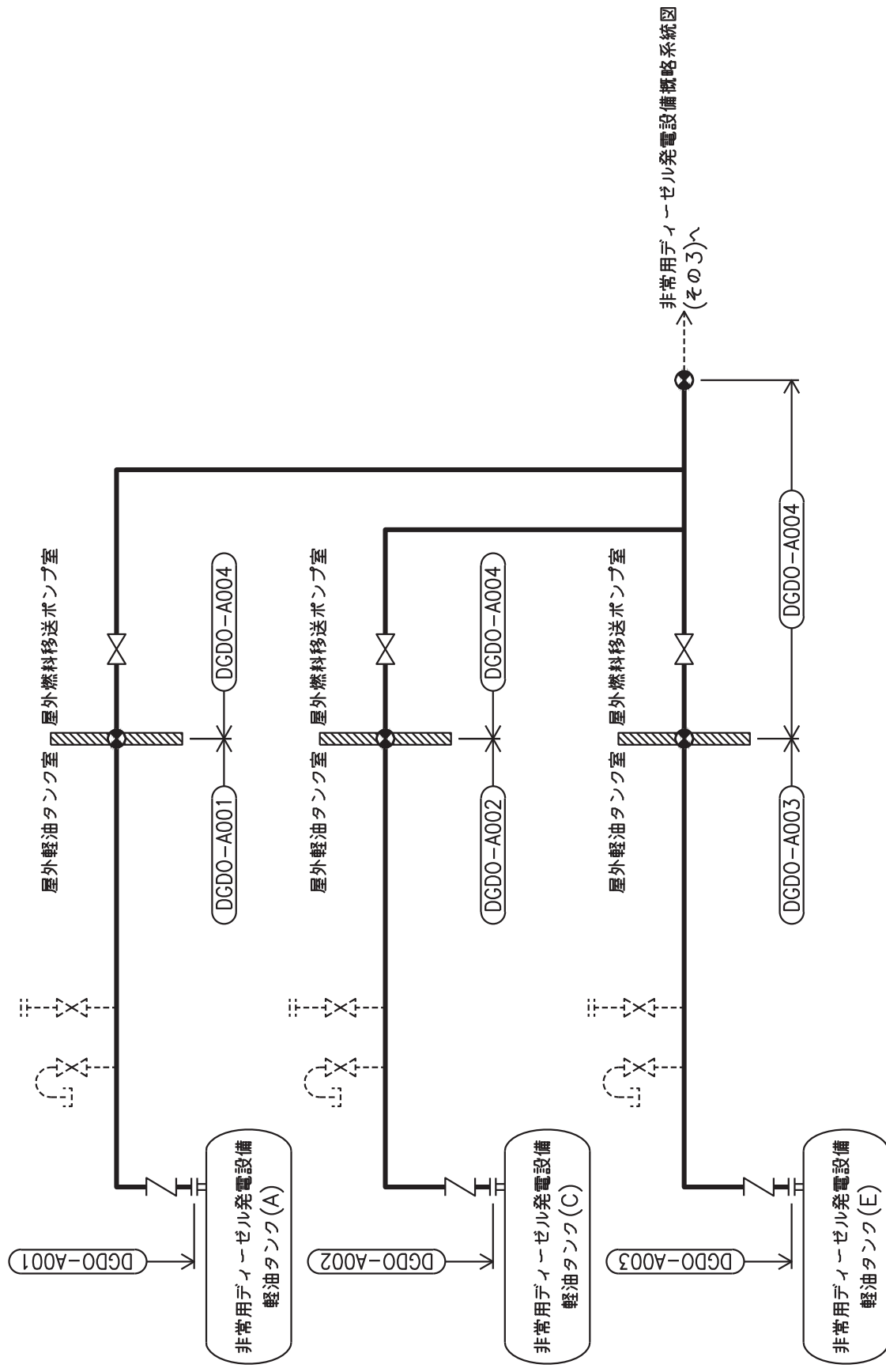
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

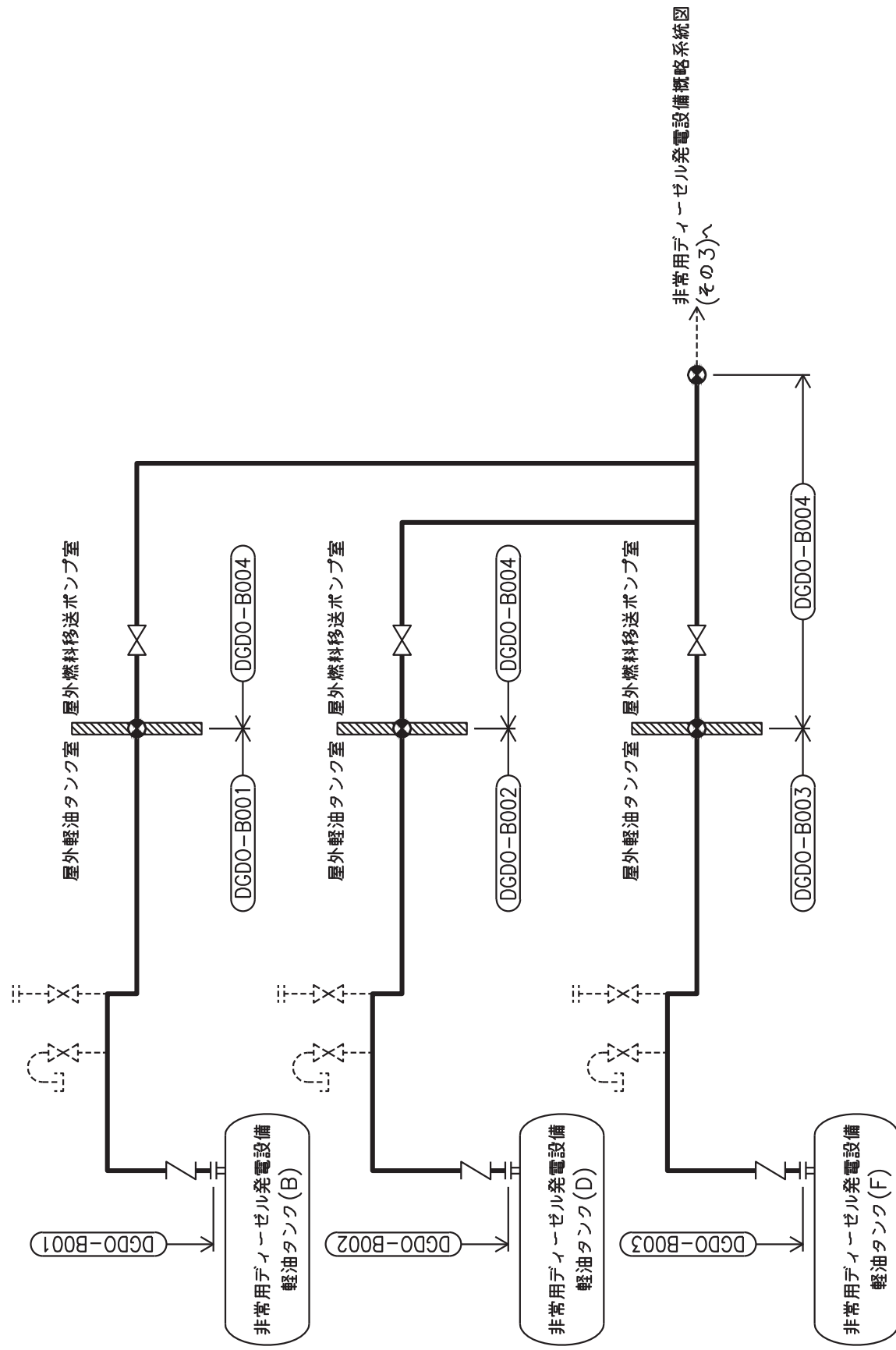
概略系統図記号凡例

| 記号                                                                                                               | 内容                                                   |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <div>  <span>(太線)</span> </div> | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
| <div>  <span>(細線)</span> </div> | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
| <div>  <span>(破線)</span> </div> | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
| <div>  </div>                 | 鳥瞰図番号                                                |
| <div>  </div>                 | アンカ                                                  |

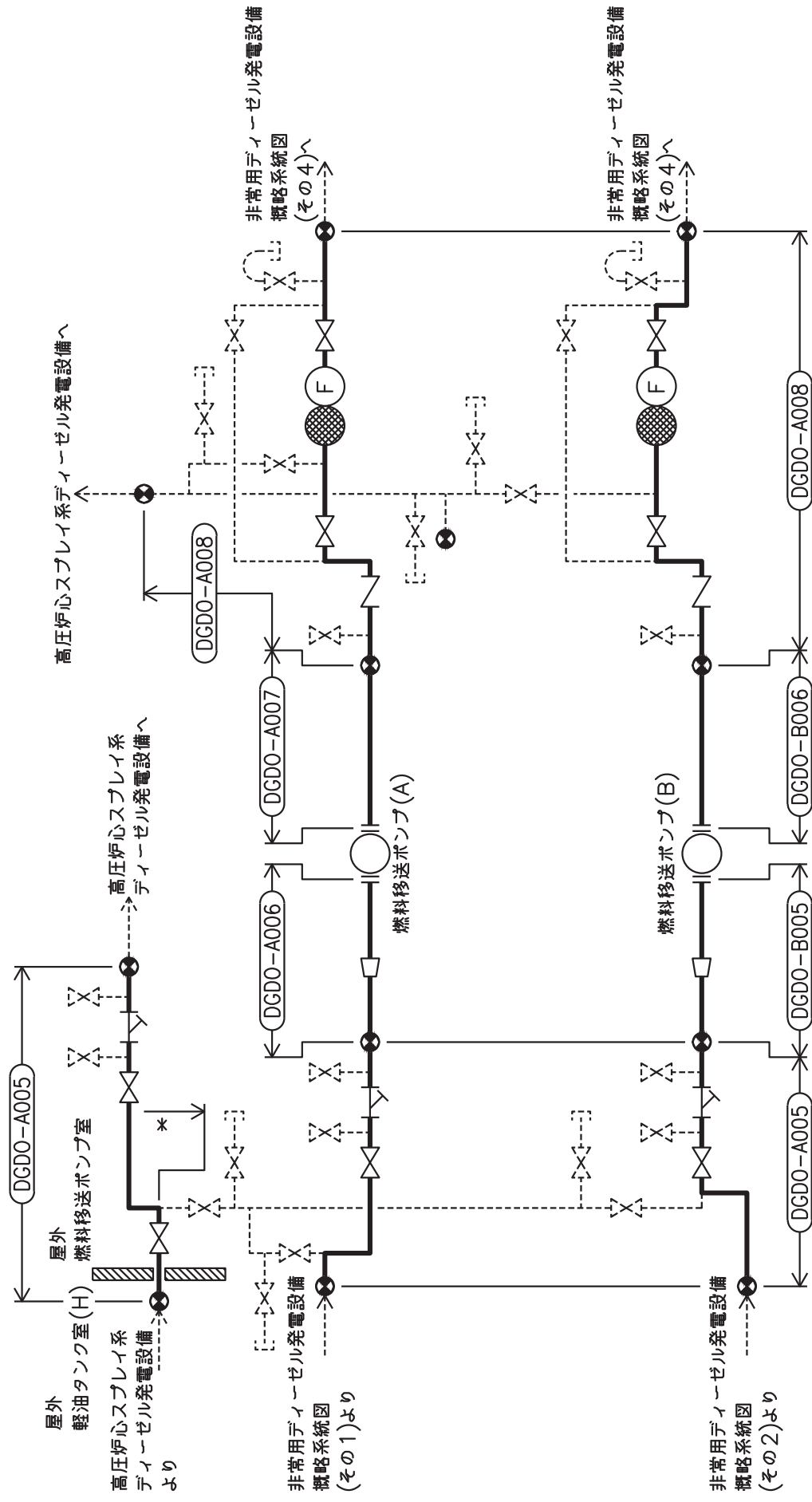




非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その1)

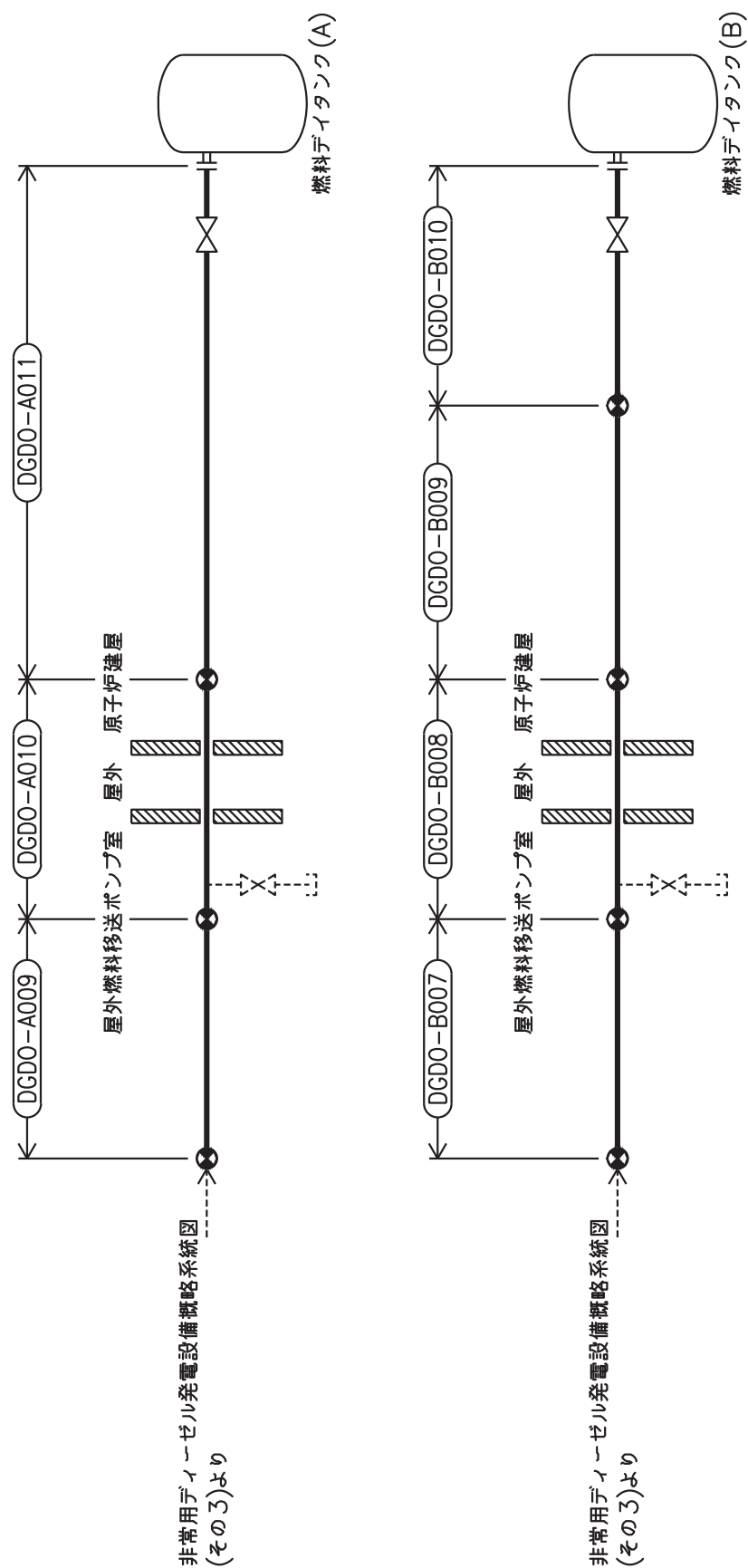


非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その2)



注記＊：高圧炉心スプレイス系 ディーゼル発電設備  
解析モデル上本系統に含める

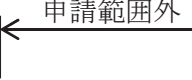
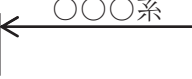
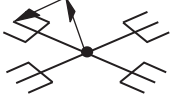
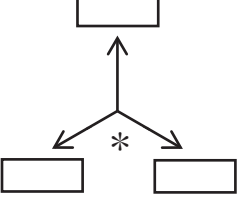
非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その3)



非常用ディーゼル発電設備概略系統図（その4）

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

| 記号                                                                                  | 内容                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)                                                                                                          |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に<br>変位量を記載する。) |

鳥瞰図 DGD□-B008<1/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-B008<2/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





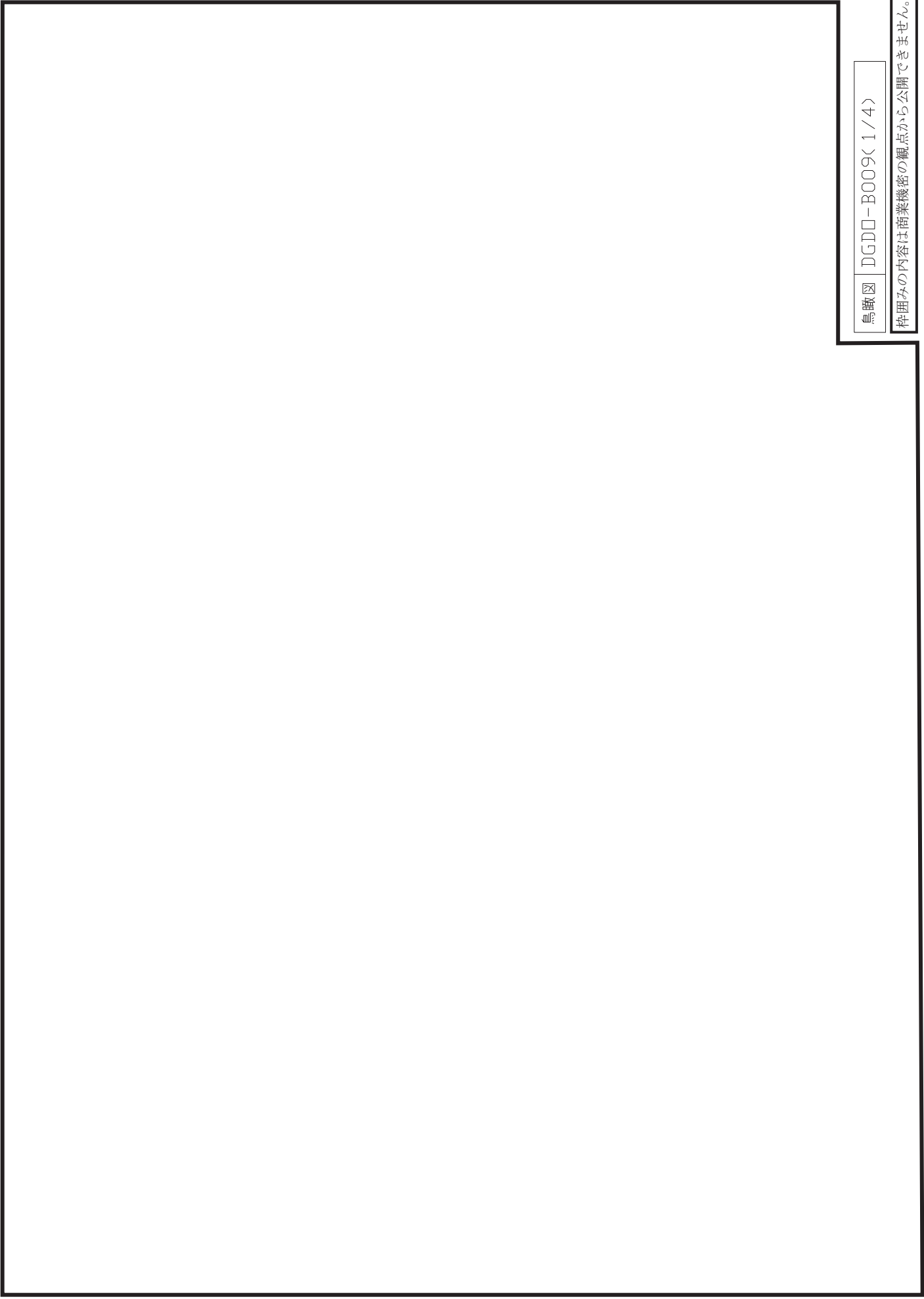


鳥瞰図 DGD0-B008<5/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-B008<6/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009< 1 / 4 >

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009(2/4)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



3.2
荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称               | 設備名称    | 系統名称             | 施設分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 | 機器等の区分 | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup>        | 許容応力状態          |
|--------------------|---------|------------------|--------------------|------|--------|---------|---------------------------------|-----------------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 非常用発電装置 | 非常用ディーゼル<br>発電設備 | D B                | —    | クラス3管  | S       | I <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> | Ⅲ <sub>AS</sub> |
|                    |         |                  |                    |      |        |         | Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> |                 |
|                    |         |                  |                    |      |        |         | I <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> | Ⅳ <sub>AS</sub> |
|                    |         |                  |                    |      |        |         | Ⅱ <sub>L</sub> + S <sub>s</sub> |                 |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

### 3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 8

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 0.98            | 66            | 60.5       | 5.5        | STPT370 | S           | 200360         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図
D G D O − B 0 0 8

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
|     | 14      | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  |
|     | 27      | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  |
|     | 40      | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  |
|     | 53      | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  |
|     | 66      | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  |
|     | 79      | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  |
|     | 92      | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 |
|     | 105     | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 |
|     | 118     | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
|     | 131     | 132 | 133 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 8

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 28  |        | 55  |        | 82  |        | 109 |        |
| 2   |        | 29  |        | 56  |        | 83  |        | 110 |        |
| 3   |        | 30  |        | 57  |        | 84  |        | 111 |        |
| 4   |        | 31  |        | 58  |        | 85  |        | 112 |        |
| 5   |        | 32  |        | 59  |        | 86  |        | 113 |        |
| 6   |        | 33  |        | 60  |        | 87  |        | 114 |        |
| 7   |        | 34  |        | 61  |        | 88  |        | 115 |        |
| 8   |        | 35  |        | 62  |        | 89  |        | 116 |        |
| 9   |        | 36  |        | 63  |        | 90  |        | 117 |        |
| 10  |        | 37  |        | 64  |        | 91  |        | 118 |        |
| 11  |        | 38  |        | 65  |        | 92  |        | 119 |        |
| 12  |        | 39  |        | 66  |        | 93  |        | 120 |        |
| 13  |        | 40  |        | 67  |        | 94  |        | 121 |        |
| 14  |        | 41  |        | 68  |        | 95  |        | 122 |        |
| 15  |        | 42  |        | 69  |        | 96  |        | 123 |        |
| 16  |        | 43  |        | 70  |        | 97  |        | 124 |        |
| 17  |        | 44  |        | 71  |        | 98  |        | 125 |        |
| 18  |        | 45  |        | 72  |        | 99  |        | 126 |        |
| 19  |        | 46  |        | 73  |        | 100 |        | 127 |        |
| 20  |        | 47  |        | 74  |        | 101 |        | 128 |        |
| 21  |        | 48  |        | 75  |        | 102 |        | 129 |        |
| 22  |        | 49  |        | 76  |        | 103 |        | 130 |        |
| 23  |        | 50  |        | 77  |        | 104 |        | 131 |        |
| 24  |        | 51  |        | 78  |        | 105 |        | 132 |        |
| 25  |        | 52  |        | 79  |        | 106 |        | 133 |        |
| 26  |        | 53  |        | 80  |        | 107 |        |     |        |
| 27  |        | 54  |        | 81  |        | 108 |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    D G D O - B 0 0 8

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 6     |                 |   |   |                       |   |   |
| 10    |                 |   |   |                       |   |   |
| 12    |                 |   |   |                       |   |   |
| 17    |                 |   |   |                       |   |   |
| 22    |                 |   |   |                       |   |   |
| 24    |                 |   |   |                       |   |   |
| 28    |                 |   |   |                       |   |   |
| 31    |                 |   |   |                       |   |   |
| 35    |                 |   |   |                       |   |   |
| 40    |                 |   |   |                       |   |   |
| 44    |                 |   |   |                       |   |   |
| 49    |                 |   |   |                       |   |   |
| 53    |                 |   |   |                       |   |   |
| 58    |                 |   |   |                       |   |   |
| 60    |                 |   |   |                       |   |   |
| 64    |                 |   |   |                       |   |   |
| 66    |                 |   |   |                       |   |   |
| 71    |                 |   |   |                       |   |   |
| 75    |                 |   |   |                       |   |   |
| 78    |                 |   |   |                       |   |   |
| 80    |                 |   |   |                       |   |   |
| 82    |                 |   |   |                       |   |   |
| 84    |                 |   |   |                       |   |   |
| 89    |                 |   |   |                       |   |   |
| 93    |                 |   |   |                       |   |   |
| 98    |                 |   |   |                       |   |   |
| 102   |                 |   |   |                       |   |   |
| 107   |                 |   |   |                       |   |   |
| 111   |                 |   |   |                       |   |   |

0 2    ⑤    VI-2-10-1-2-1-6 (設)    R 0

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 113   |                 |   |   |                       |   |   |
| 115   |                 |   |   |                       |   |   |
| 117   |                 |   |   |                       |   |   |
| 119   |                 |   |   |                       |   |   |
| 124   |                 |   |   |                       |   |   |
| 129   |                 |   |   |                       |   |   |
| 133   |                 |   |   |                       |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                    D G D O - B 0 0 9

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 0.98            | 66            | 60.5       | 5.5        | STPT370 | S           | 200360         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図                    D G D O − B 0 0 9

| 管名称 | 対応する評価点 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1   | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|     | 14      | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|     | 27      | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
|     | 40      | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 |
|     | 53      | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 |
|     | 66      | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 |
|     | 79      | 80 | 81 | 82 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |



配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 D G D O－B 0 0 9

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 18  |        | 35  |        | 52  |        | 69  |        |
| 2   |        | 19  |        | 36  |        | 53  |        | 70  |        |
| 3   |        | 20  |        | 37  |        | 54  |        | 71  |        |
| 4   |        | 21  |        | 38  |        | 55  |        | 72  |        |
| 5   |        | 22  |        | 39  |        | 56  |        | 73  |        |
| 6   |        | 23  |        | 40  |        | 57  |        | 74  |        |
| 7   |        | 24  |        | 41  |        | 58  |        | 75  |        |
| 8   |        | 25  |        | 42  |        | 59  |        | 76  |        |
| 9   |        | 26  |        | 43  |        | 60  |        | 77  |        |
| 10  |        | 27  |        | 44  |        | 61  |        | 78  |        |
| 11  |        | 28  |        | 45  |        | 62  |        | 79  |        |
| 12  |        | 29  |        | 46  |        | 63  |        | 80  |        |
| 13  |        | 30  |        | 47  |        | 64  |        | 81  |        |
| 14  |        | 31  |        | 48  |        | 65  |        | 82  |        |
| 15  |        | 32  |        | 49  |        | 66  |        |     |        |
| 16  |        | 33  |        | 50  |        | 67  |        |     |        |
| 17  |        | 34  |        | 51  |        | 68  |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    D G D O - B 0 0 9

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 6     |                 |   |   |                       |   |   |
| 10    |                 |   |   |                       |   |   |
| 14    |                 |   |   |                       |   |   |
| 18    |                 |   |   |                       |   |   |
| 21    |                 |   |   |                       |   |   |
| 25    |                 |   |   |                       |   |   |
| 31    |                 |   |   |                       |   |   |
| 35    |                 |   |   |                       |   |   |
| 38    |                 |   |   |                       |   |   |
| 42    |                 |   |   |                       |   |   |
| 47    |                 |   |   |                       |   |   |
| 52    |                 |   |   |                       |   |   |
| 57    |                 |   |   |                       |   |   |
| 59    |                 |   |   |                       |   |   |
| 62    |                 |   |   |                       |   |   |
| 66    |                 |   |   |                       |   |   |
| 69    |                 |   |   |                       |   |   |
| 71    |                 |   |   |                       |   |   |
| 74    |                 |   |   |                       |   |   |
| 76    |                 |   |   |                       |   |   |
| 82    |                 |   |   |                       |   |   |

02 ⑤ VI-2-10-1-2-1-6 (設) R0

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材 料     | 最 高 使 用 温 度<br>(℃) | 許 容 応 力 (MPa) |     |     |
|---------|--------------------|---------------|-----|-----|
|         |                    | S y           | S u | S h |
| STPT370 | 66                 | 199           | 360 | 93  |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図       | 建物・構築物          | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------|-----------------|----------------|----------|
| DGDO-B008 | 軽油タンク室<br>連絡ダクト |                |          |
|           | 原子炉建屋           |                |          |

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図               | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-------------------|--------|----------------|----------|
| D G D O - B 0 0 9 | 原子炉建屋  |                |          |

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 8

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度 |       |          |          | S s   |          |  |
|----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|--|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |
|          |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |  |
| 1 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 2 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 3 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 4 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 5 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 6 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 7 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 8 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 28 次     |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 29 次*2   |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 動的震度*3   |               |            |       |          |          |       |          |  |
| 静的震度*4   |               |            |       |          |          |       |          |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 8

| モード  | 固有周期<br>( s ) | 刺激係数* |       |       |
|------|---------------|-------|-------|-------|
|      |               | X 方 向 | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |               |       |       |       |
| 2 次  |               |       |       |       |
| 3 次  |               |       |       |       |
| 4 次  |               |       |       |       |
| 5 次  |               |       |       |       |
| 6 次  |               |       |       |       |
| 7 次  |               |       |       |       |
| 8 次  |               |       |       |       |
| 28 次 |               |       |       |       |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      D G D O - B 0 0 9

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|          |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 6 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 7 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 8 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 16 次     |               |            |       |          |          |       |          |
| 17 次*2   |               |            |       |          |          |       |          |
| 動的震度*3   |               |            |       |          |          |       |          |
| 静的震度*4   |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 D G D O - B 0 0 9

| モード  | 固有周期<br>( s ) | 刺激係数* |       |       |
|------|---------------|-------|-------|-------|
|      |               | X 方 向 | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |               |       |       |       |
| 2 次  |               |       |       |       |
| 3 次  |               |       |       |       |
| 4 次  |               |       |       |       |
| 5 次  |               |       |       |       |
| 6 次  |               |       |       |       |
| 7 次  |               |       |       |       |
| 8 次  |               |       |       |       |
| 16 次 |               |       |       |       |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

### 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。



鳥瞰図 DGD□-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD□-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD□-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。







4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図             | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                          | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)             |                      | 疲労評価   |
|-----------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|--------|
|                 |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0.9S u | 計算応力<br>S n (S d)<br>S n (S s) | 許容応力<br>2S y<br>2S y |        |
| D G D O－B 0 0 8 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 15          | S p r m (S d) | 59                                     | 199                      | —                              | —                    | —      |
|                 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 61          | S n (S d)     | —                                      | —                        | 228                            | 398                  | —      |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 19          | S p r m (S s) | 94                                     | 324                      | —                              | —                    | —      |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 77          | S n (S s)     | —                                      | —                        | 439                            | 398                  | 0.3147 |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図             | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                          | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)             |                      | 疲労評価 |
|-----------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|------|
|                 |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0.9S u | 計算応力<br>S n (S d)<br>S n (S s) | 許容応力<br>2S y<br>2S y |      |
| D G D O－B 0 0 9 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 47          | S p r m (S d) | 81                                     | 199                      | —                              | —                    | —    |
|                 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 47          | S n (S d)     | —                                      | —                        | 129                            | 398                  | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 47          | S p r m (S s) | 125                                    | 324                      | —                              | —                    | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 47          | S n (S s)     | —                                      | —                        | 217                            | 398                  | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|-------------|----|----|----|-----------|------------------|------------------|
|             |    |    |    |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| —           | —  | —  | —  | —         | —                | —                |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式 | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重   |     |     |              |     |     | 評価結果     |                   |                   |
|-------------|---------|----|--------|-----------|---------|-----|-----|--------------|-----|-----|----------|-------------------|-------------------|
|             |         |    |        |           | 反力 (kN) |     |     | モーメント (kN・m) |     |     | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |    |        |           | F x     | F y | F z | M x          | M y | M z |          |                   |                   |
| 2T2C-014-01 | レストレイント | ラダ | SM400B | 50        | 3       | 2   | 11  | —            | —   | —   | 組合せ      | 101               | 121               |
| TH-006-01   | アンカ     | ラダ | SM400B | 50        | 15      | 1   | 3   | 1            | 2   | 1   | 組合せ      | 100               | 133               |

4.2.3
弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 型式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|----------------------------------------------|----|--------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                           | 鉛直 | 水平                                         | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                            | —  | —                                          | —  | —                 | —    |

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2以下の管）

| No. | 配管モデル     | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |                   |                   |       |        |  | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S |                   |                   |       |        |  |          |                   |                   |        |        |                |             |                |        |
|-----|-----------|------------------------|-------------------|-------------------|-------|--------|--|------------------------|-------------------|-------------------|-------|--------|--|----------|-------------------|-------------------|--------|--------|----------------|-------------|----------------|--------|
|     |           | 一次応力                   |                   |                   |       |        |  | 一次応力                   |                   |                   |       |        |  | 一次＋二次応力* |                   |                   |        |        |                |             |                |        |
|     |           | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代<br>表 |  | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代<br>表 |  | 評価点      | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度     | 代<br>表 | 疲勞<br>果積<br>係数 | 評<br>価<br>点 | 疲勞<br>果積<br>係数 | 代<br>表 |
| 1   | DGDO-A001 | 29                     | 44                | 231               | 5.25  | —      |  | 29                     | 76                | 366               | 4.81  | —      |  | 29       | 149               | 462               | 3.10   | —      |                | —           | —              | —      |
| 2   | DGDO-A002 | 12                     | 29                | 231               | 7.96  | —      |  | 12                     | 38                | 366               | 9.63  | —      |  | 12       | 45                | 462               | 10.26  | —      |                | —           | —              | —      |
| 3   | DGDO-A003 | 12                     | 29                | 231               | 7.96  | —      |  | 12                     | 38                | 366               | 9.63  | —      |  | 12       | 45                | 462               | 10.26  | —      |                | —           | —              | —      |
| 4   | DGDO-A004 | 12                     | 19                | 231               | 12.15 | —      |  | 12                     | 23                | 366               | 15.91 | —      |  | 36       | 33                | 398               | 12.06  | —      |                | —           | —              | —      |
| 5   | DGDO-A005 | 65                     | 30                | 199               | 6.63  | —      |  | 65                     | 46                | 324               | 7.04  | —      |  | 190      | 386               | 462               | 1.19   | —      |                | —           | —              | —      |
| 6   | DGDO-A006 | 6                      | 6                 | 199               | 33.16 | —      |  | 6                      | 6                 | 324               | 54.00 | —      |  | 6        | 2                 | 398               | 199.00 | —      |                | —           | —              | —      |
| 7   | DGDO-A007 | 1                      | 5                 | 199               | 39.80 | —      |  | 1                      | 5                 | 324               | 64.80 | —      |  | 1        | 2                 | 398               | 199.00 | —      |                | —           | —              | —      |
| 8   | DGDO-A008 | 83                     | 49                | 199               | 4.06  | —      |  | 83                     | 85                | 324               | 3.81  | —      |  | 83       | 163               | 398               | 2.44   | —      |                | —           | —              | —      |

注記＊：Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 (クラス2以下の管)

| No. | 配管モデル     | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |                   |                   |       |    |     | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S |                   |       |    |     |                   |                   |       |    |     |                |    |
|-----|-----------|------------------------|-------------------|-------------------|-------|----|-----|------------------------|-------------------|-------|----|-----|-------------------|-------------------|-------|----|-----|----------------|----|
|     |           | 一次応力                   |                   |                   |       |    |     | 一次応力                   |                   |       |    |     |                   | 一次＋二次応力*          |       |    |     | 疲労評価           |    |
|     |           | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 計算<br>応力<br>(MPa)      | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 疲労<br>累積<br>係数 | 代表 |
| 9   | DGDO-A009 | 21                     | 28                | 199               | 7.10  | —  | 21  | 37                     | 324               | 8.75  | —  | 7   | 160               | 398               | 2.48  | —  | —   | —              |    |
| 10  | DGDO-A010 | 34                     | 66                | 199               | 3.01  | —  | 34  | 115                    | 324               | 2.81  | —  | 76  | 285               | 398               | 1.39  | —  | —   | —              |    |
| 11  | DGDO-A011 | 13                     | 24                | 199               | 8.29  | —  | 13  | 35                     | 324               | 9.25  | —  | 12  | 88                | 398               | 4.52  | —  | —   | —              |    |
| 12  | DGDO-B001 | 9                      | 23                | 231               | 10.04 | —  | 1   | 32                     | 366               | 11.43 | —  | 1   | 44                | 462               | 10.50 | —  | —   | —              |    |
| 13  | DGDO-B002 | 1                      | 24                | 231               | 9.62  | —  | 1   | 33                     | 366               | 11.09 | —  | 1   | 47                | 462               | 9.82  | —  | —   | —              |    |
| 14  | DGDO-B003 | 9                      | 24                | 231               | 9.62  | —  | 31  | 33                     | 366               | 11.09 | —  | 31  | 58                | 462               | 7.96  | —  | —   | —              |    |
| 15  | DGDO-B004 | 40                     | 17                | 199               | 11.70 | —  | 40  | 21                     | 324               | 15.42 | —  | 40  | 37                | 398               | 10.75 | —  | —   | —              |    |
| 16  | DGDO-B005 | 6                      | 6                 | 199               | 33.16 | —  | 6   | 6                      | 324               | 54.00 | —  | 6   | 2                 | 398               | 199.0 | —  | —   | —              |    |
| 17  | DGDO-B006 | 1                      | 5                 | 199               | 39.80 | —  | 1   | 5                      | 324               | 64.80 | —  | 1   | 2                 | 398               | 199.0 | —  | —   | —              |    |

注記\* : Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2以下の管）

| No. | 配管モデル     | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |                   |                   |      |    |     | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S |                   |      |    |     |                   |                   |      |    |        |      |  |
|-----|-----------|------------------------|-------------------|-------------------|------|----|-----|------------------------|-------------------|------|----|-----|-------------------|-------------------|------|----|--------|------|--|
|     |           | 一次応力                   |                   |                   |      |    |     | 一次応力                   |                   |      |    |     |                   | 一次＋二次応力*          |      |    |        | 疲労評価 |  |
|     |           | 評価点                    | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 計算<br>応力<br>(MPa)      | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代表 |        |      |  |
| 18  | DGD0-B007 | 1                      | 39                | 199               | 5.10 | —  | 1   | 56                     | 324               | 5.78 | —  | 9   | 138               | 398               | 2.88 | —  | —      |      |  |
| 19  | DGD0-B008 | 15                     | 59                | 199               | 3.37 | —  | 19  | 94                     | 324               | 3.44 | —  | 77  | 439               | 398               | 0.90 | ○  | 0.4004 |      |  |
| 20  | DGD0-B009 | 47                     | 81                | 199               | 2.45 | ○  | 47  | 125                    | 324               | 2.59 | ○  | 47  | 217               | 398               | 1.83 | —  | —      |      |  |
| 21  | DGD0-B010 | 18                     | 32                | 199               | 6.21 | —  | 18  | 43                     | 324               | 7.53 | —  | 18  | 79                | 398               | 5.03 | —  | —      |      |  |

注記＊：Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから，地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

## 重大事故等対処設備



## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 7  |
| 3. 計算条件 .....                     | 18 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 18 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 19 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 20 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 29 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 30 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 32 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 32 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 43 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 43 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 45 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 46 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 47 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、非常用ディーゼル発電設備の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全21モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

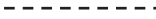
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

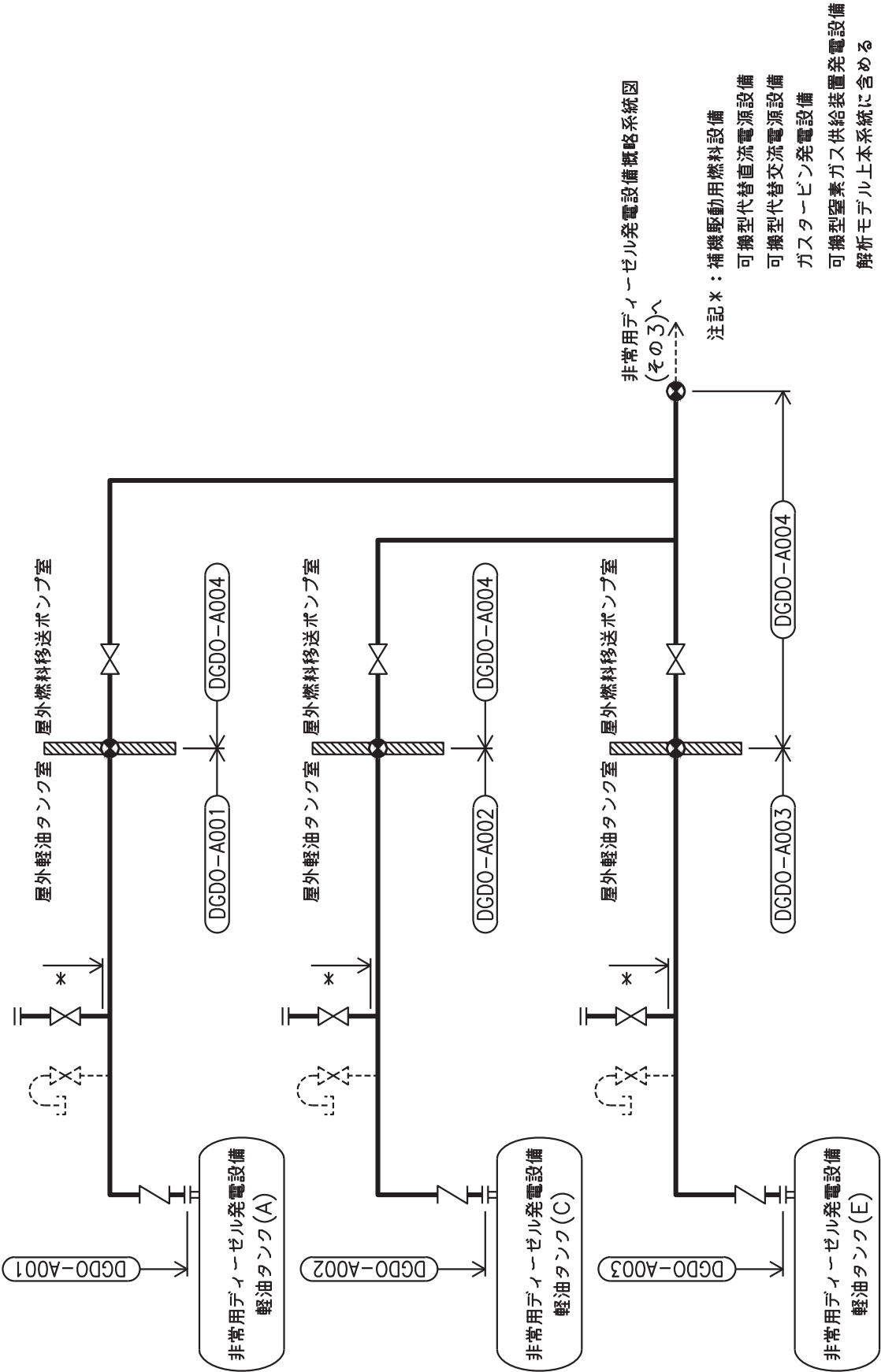
### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

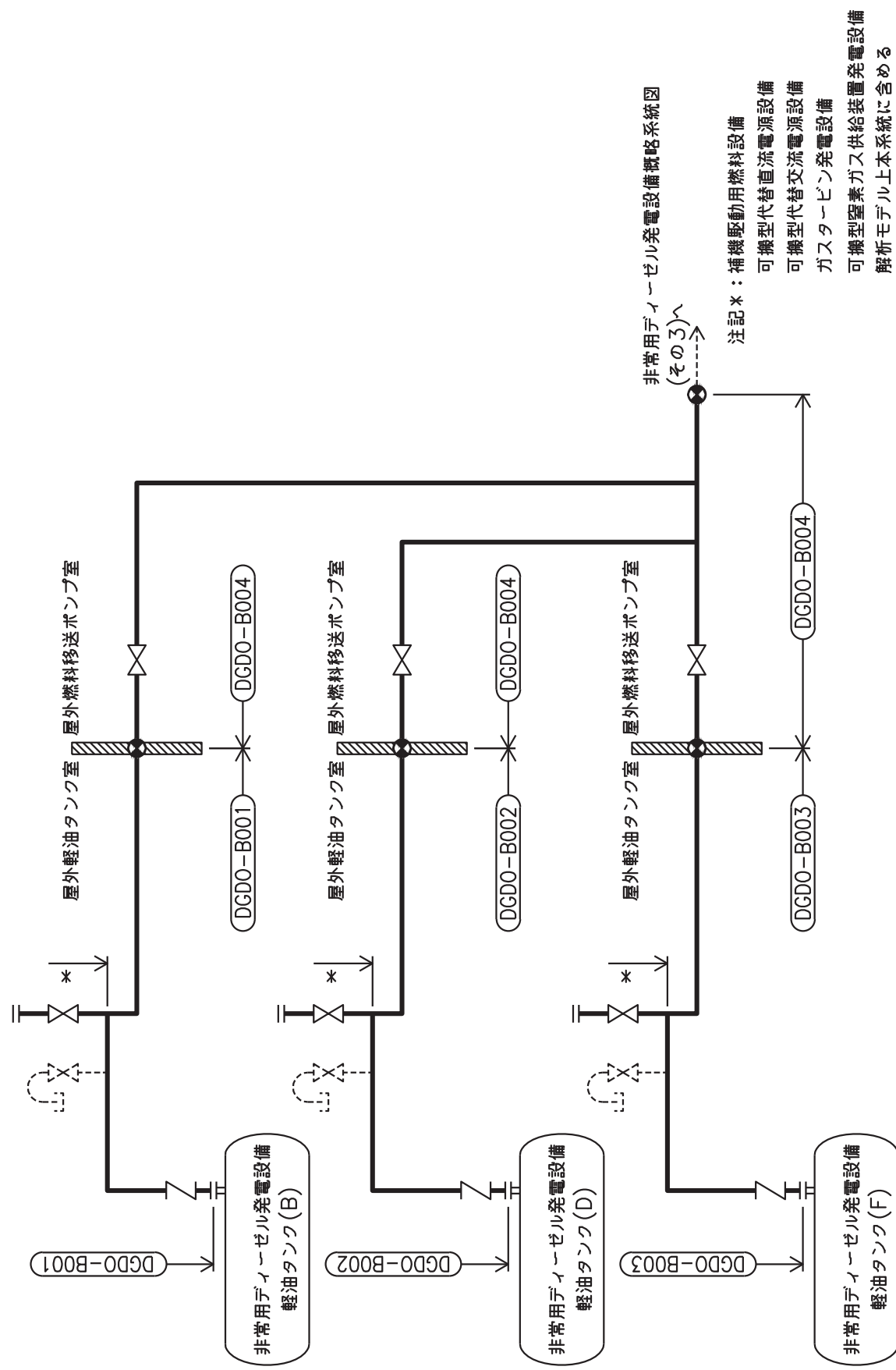
2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

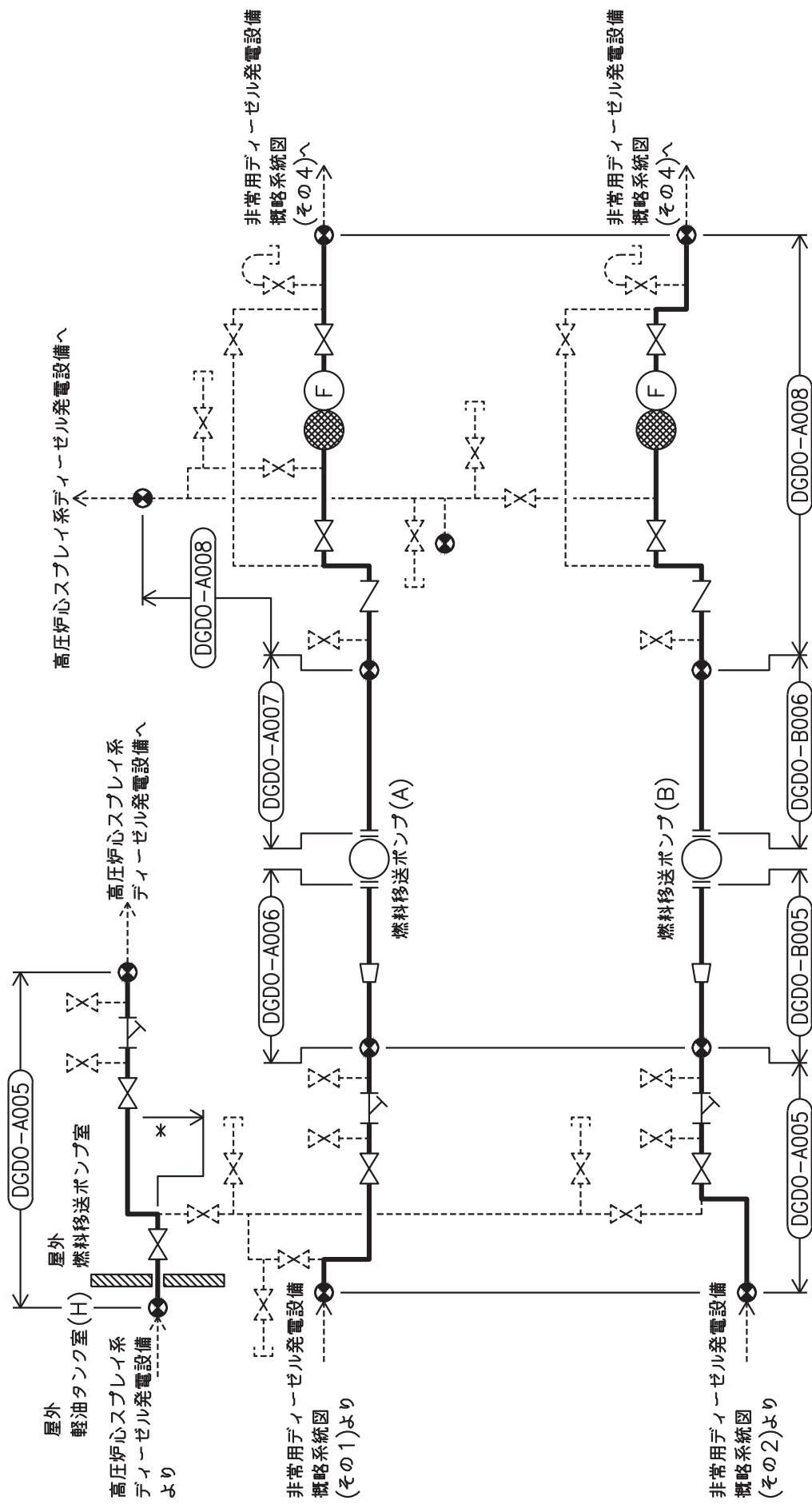
| 記号                                                                                     | 内容                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その1)

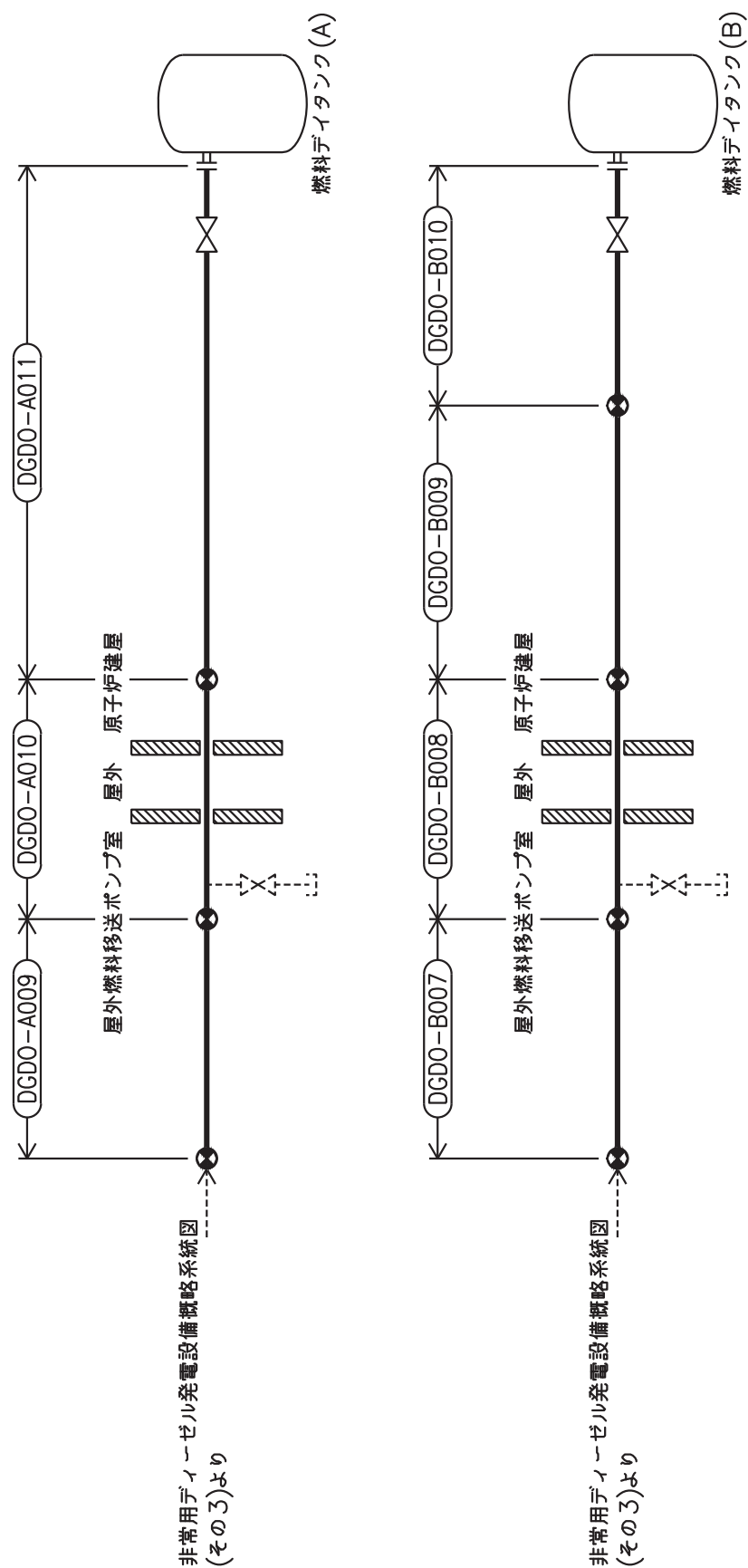


## 非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その2)



注記＊：高圧炉心スプレイスディーゼル発電設備  
解析モデル上本系統に含める

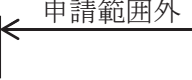
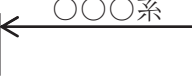
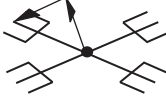
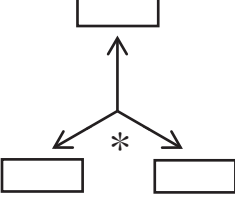
非常用ディーゼル発電設備概略系統図(その3)



非常用ディーゼル発電設備概略系統図 (その4)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

| 記号                                                                                  | 内容                                                                                                                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                                                                 |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                                                              |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                                                                 |
|    | 質点                                                                                                                                                                                       |
|  | アンカ                                                                                                                                                                                      |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)                                                                                                                                              |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <span style="border: 1px solid black; display: inline-block; width: 40px; height: 15px; vertical-align: middle;"></span> 内に<br>変位量を記載する。) |





|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | DGDD-B008<1/6> |
|-----|----------------|

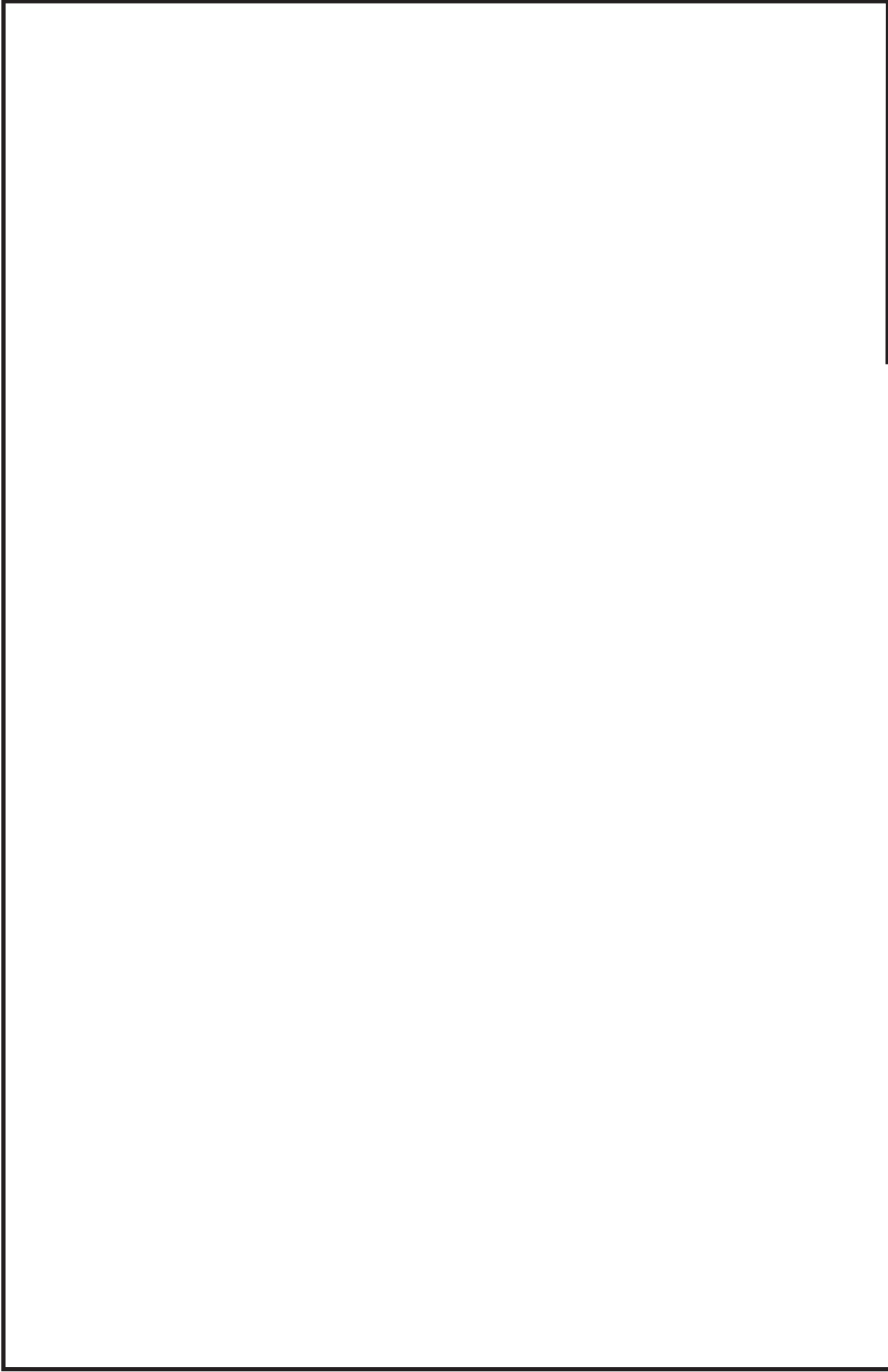
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-B008<2/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

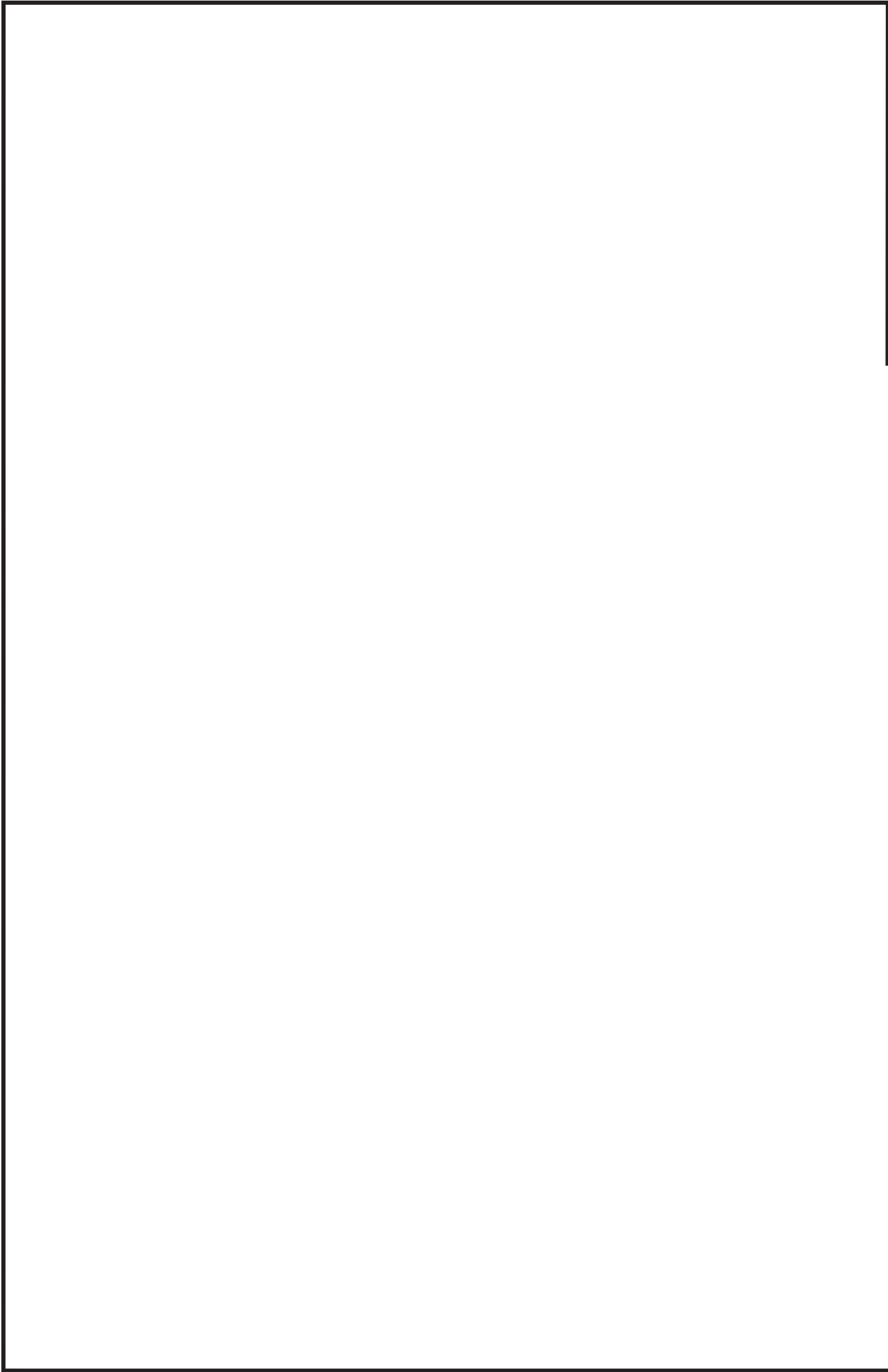
鳥瞰図 DGD0-B008<3/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



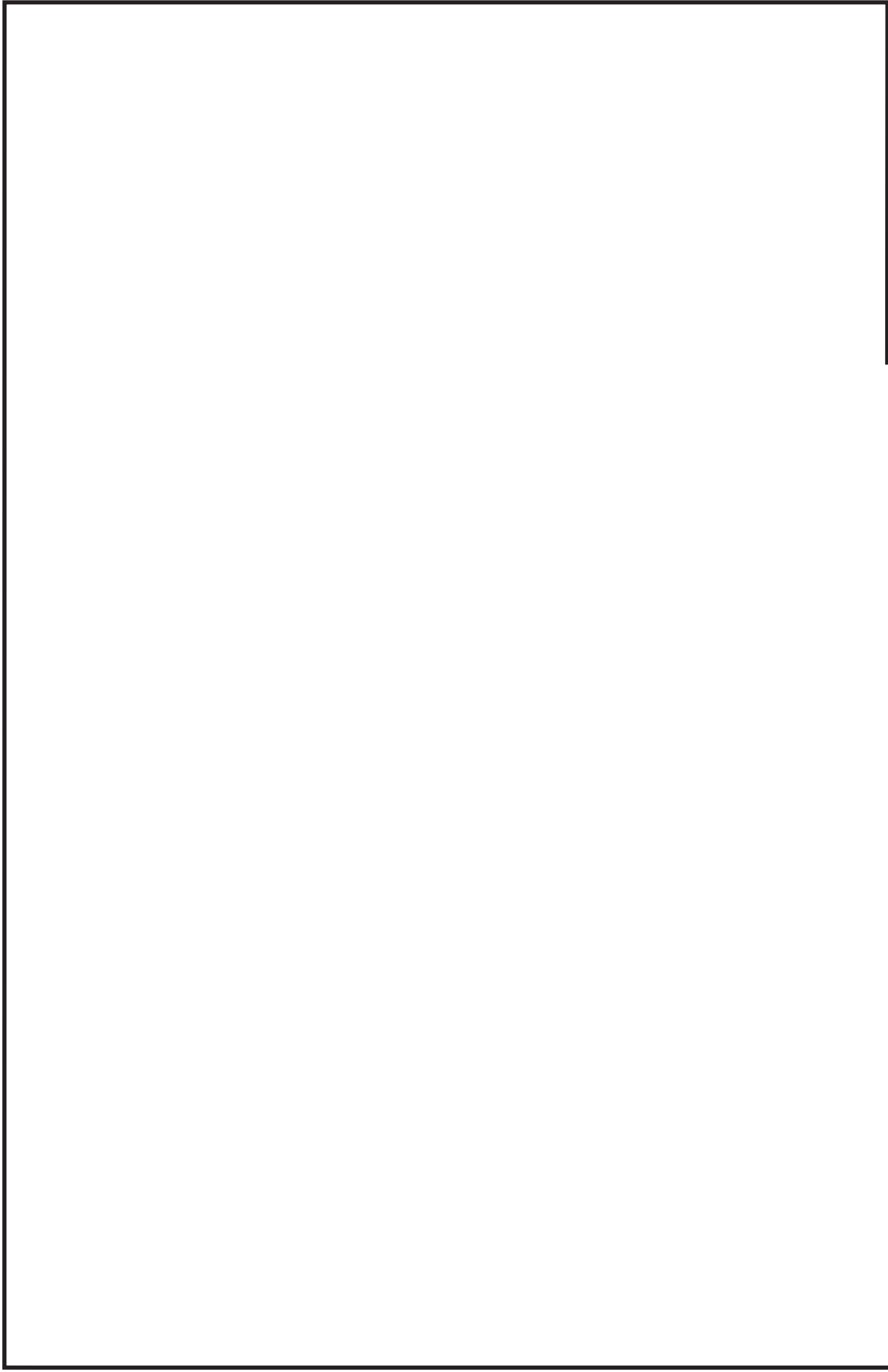
|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | DGDD-B008<4/6> |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



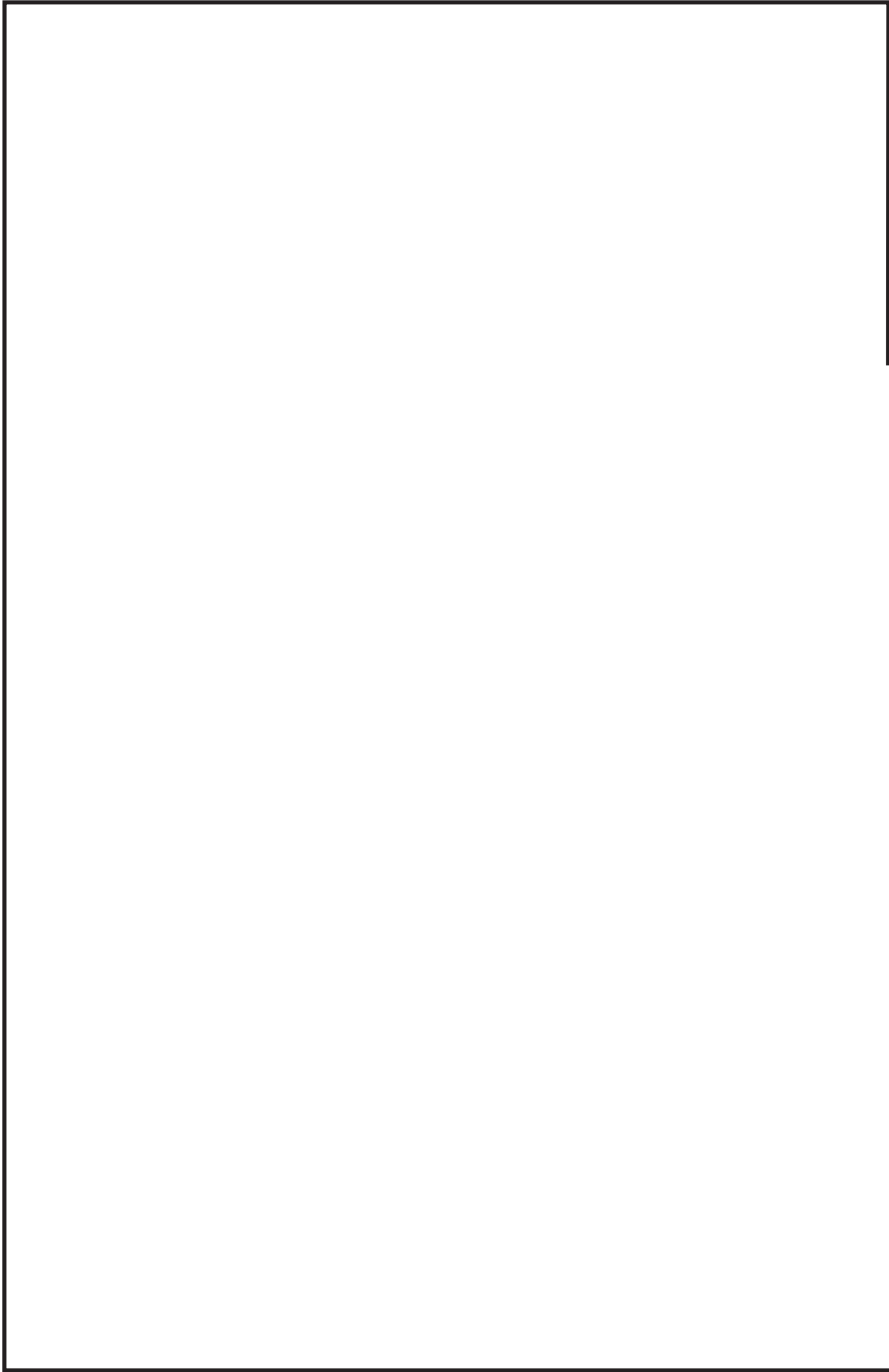
|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | DGDD-B008<5/6> |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | DGDD-B008<6/6> |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                    |
|-----|--------------------|
| 鳥瞰図 | DGDD-B009< 1 / 4 > |
|-----|--------------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図

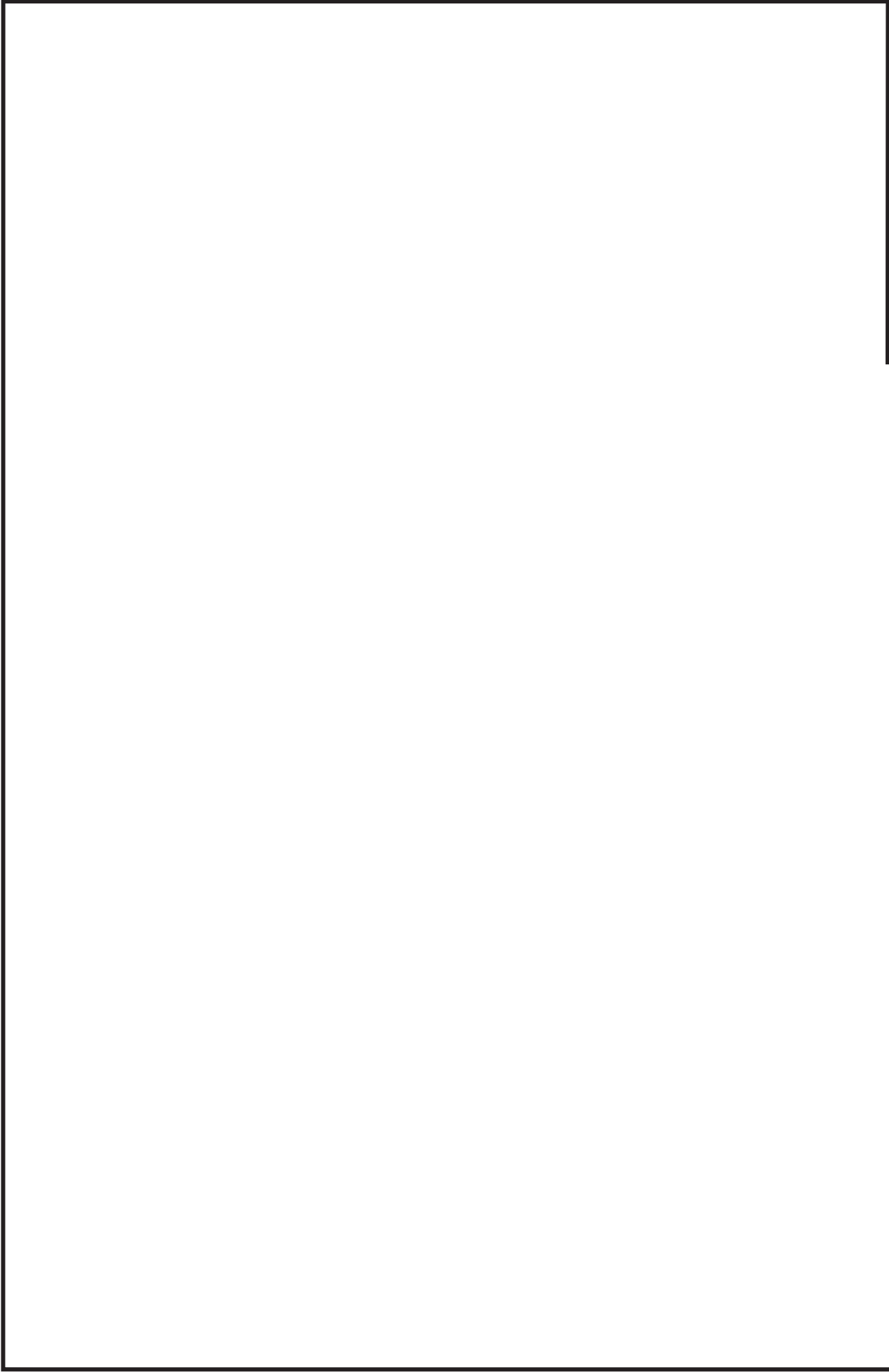
DGDD-B009<2/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-B009<3/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | DGDD-B009<4/4> |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2
荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称               | 設備名称    | 系統名称             | 施設分類*1 | 設備分類*2                                       | 機器等の区分           | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ*3, *4 | 許容応力状態*5 |
|--------------------|---------|------------------|--------|----------------------------------------------|------------------|---------|--------------|----------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 非常用発電装置 | 非常用ディーゼル<br>発電設備 | S A    | 常設耐震／防止<br>常設／緩和<br>常設／防止 (拡張)<br>常設／緩和 (拡張) | 重大事故等<br>クラス 2 管 | —       | $V_L + S_s$  | $V_{AS}$ |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止 (拡張)」は常設重大事故防止設備 (設計基準拡張)，「常設／緩和 (拡張)」は常設重大事故緩和設備 (設計基準拡張) を示す。

\*3：運転状態の添字 L は荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態  $V_{AS}$  は許容応力状態  $IV_{AS}$  の許容限界を使用し，許容応力状態  $IV_{AS}$  として評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し、管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      D G D O - B 0 0 8

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 0.98            | 66            | 60.5       | 5.5        | STPT370 | —           | 200360         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 D G D O－B 0 0 8

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
|     | 14      | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  |
|     | 27      | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  |
|     | 40      | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  |
|     | 53      | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  |
|     | 66      | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  |
|     | 79      | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  |
|     | 92      | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 |
|     | 105     | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 |
|     | 118     | 119 | 120 | 121 | 122 | 123 | 124 | 125 | 126 | 127 | 128 | 129 | 130 |
|     | 131     | 132 | 133 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 D G D O－B 0 0 8

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 28  |        | 55  |        | 82  |        | 109 |        |
| 2   |        | 29  |        | 56  |        | 83  |        | 110 |        |
| 3   |        | 30  |        | 57  |        | 84  |        | 111 |        |
| 4   |        | 31  |        | 58  |        | 85  |        | 112 |        |
| 5   |        | 32  |        | 59  |        | 86  |        | 113 |        |
| 6   |        | 33  |        | 60  |        | 87  |        | 114 |        |
| 7   |        | 34  |        | 61  |        | 88  |        | 115 |        |
| 8   |        | 35  |        | 62  |        | 89  |        | 116 |        |
| 9   |        | 36  |        | 63  |        | 90  |        | 117 |        |
| 10  |        | 37  |        | 64  |        | 91  |        | 118 |        |
| 11  |        | 38  |        | 65  |        | 92  |        | 119 |        |
| 12  |        | 39  |        | 66  |        | 93  |        | 120 |        |
| 13  |        | 40  |        | 67  |        | 94  |        | 121 |        |
| 14  |        | 41  |        | 68  |        | 95  |        | 122 |        |
| 15  |        | 42  |        | 69  |        | 96  |        | 123 |        |
| 16  |        | 43  |        | 70  |        | 97  |        | 124 |        |
| 17  |        | 44  |        | 71  |        | 98  |        | 125 |        |
| 18  |        | 45  |        | 72  |        | 99  |        | 126 |        |
| 19  |        | 46  |        | 73  |        | 100 |        | 127 |        |
| 20  |        | 47  |        | 74  |        | 101 |        | 128 |        |
| 21  |        | 48  |        | 75  |        | 102 |        | 129 |        |
| 22  |        | 49  |        | 76  |        | 103 |        | 130 |        |
| 23  |        | 50  |        | 77  |        | 104 |        | 131 |        |
| 24  |        | 51  |        | 78  |        | 105 |        | 132 |        |
| 25  |        | 52  |        | 79  |        | 106 |        | 133 |        |
| 26  |        | 53  |        | 80  |        | 107 |        |     |        |
| 27  |        | 54  |        | 81  |        | 108 |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    D G D O - B 0 0 8

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 6     |                 |   |   |                       |   |   |
| 10    |                 |   |   |                       |   |   |
| 12    |                 |   |   |                       |   |   |
| 17    |                 |   |   |                       |   |   |
| 22    |                 |   |   |                       |   |   |
| 24    |                 |   |   |                       |   |   |
| 28    |                 |   |   |                       |   |   |
| 31    |                 |   |   |                       |   |   |
| 35    |                 |   |   |                       |   |   |
| 40    |                 |   |   |                       |   |   |
| 44    |                 |   |   |                       |   |   |
| 49    |                 |   |   |                       |   |   |
| 53    |                 |   |   |                       |   |   |
| 58    |                 |   |   |                       |   |   |
| 60    |                 |   |   |                       |   |   |
| 64    |                 |   |   |                       |   |   |
| 66    |                 |   |   |                       |   |   |
| 71    |                 |   |   |                       |   |   |
| 75    |                 |   |   |                       |   |   |
| 78    |                 |   |   |                       |   |   |
| 80    |                 |   |   |                       |   |   |
| 82    |                 |   |   |                       |   |   |
| 84    |                 |   |   |                       |   |   |
| 89    |                 |   |   |                       |   |   |
| 93    |                 |   |   |                       |   |   |
| 98    |                 |   |   |                       |   |   |
| 102   |                 |   |   |                       |   |   |
| 107   |                 |   |   |                       |   |   |
| 111   |                 |   |   |                       |   |   |

0 2    ⑤    VI-2-10-1-2-1-6 (重)    R 0



| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 113   |                 |   |   |                       |   |   |
| 115   |                 |   |   |                       |   |   |
| 117   |                 |   |   |                       |   |   |
| 119   |                 |   |   |                       |   |   |
| 124   |                 |   |   |                       |   |   |
| 129   |                 |   |   |                       |   |   |
| 133   |                 |   |   |                       |   |   |

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      D G D O - B 0 0 9

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 0.98            | 66            | 60.5       | 5.5        | STPT370 | —           | 200360         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 D G D O－B 0 0 9

| 管名称 | 対応する評価点 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1   | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|     | 14      | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|     | 27      | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 |
|     | 40      | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 |
|     | 53      | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 |
|     | 66      | 67 | 68 | 69 | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 |
|     | 79      | 80 | 81 | 82 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 D G D O－B 0 0 9

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 18  |        | 35  |        | 52  |        | 69  |        |
| 2   |        | 19  |        | 36  |        | 53  |        | 70  |        |
| 3   |        | 20  |        | 37  |        | 54  |        | 71  |        |
| 4   |        | 21  |        | 38  |        | 55  |        | 72  |        |
| 5   |        | 22  |        | 39  |        | 56  |        | 73  |        |
| 6   |        | 23  |        | 40  |        | 57  |        | 74  |        |
| 7   |        | 24  |        | 41  |        | 58  |        | 75  |        |
| 8   |        | 25  |        | 42  |        | 59  |        | 76  |        |
| 9   |        | 26  |        | 43  |        | 60  |        | 77  |        |
| 10  |        | 27  |        | 44  |        | 61  |        | 78  |        |
| 11  |        | 28  |        | 45  |        | 62  |        | 79  |        |
| 12  |        | 29  |        | 46  |        | 63  |        | 80  |        |
| 13  |        | 30  |        | 47  |        | 64  |        | 81  |        |
| 14  |        | 31  |        | 48  |        | 65  |        | 82  |        |
| 15  |        | 32  |        | 49  |        | 66  |        |     |        |
| 16  |        | 33  |        | 50  |        | 67  |        |     |        |
| 17  |        | 34  |        | 51  |        | 68  |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    D G D O - B 0 0 9

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 6     |                 |   |   |                       |   |   |
| 10    |                 |   |   |                       |   |   |
| 14    |                 |   |   |                       |   |   |
| 18    |                 |   |   |                       |   |   |
| 21    |                 |   |   |                       |   |   |
| 25    |                 |   |   |                       |   |   |
| 31    |                 |   |   |                       |   |   |
| 35    |                 |   |   |                       |   |   |
| 38    |                 |   |   |                       |   |   |
| 42    |                 |   |   |                       |   |   |
| 47    |                 |   |   |                       |   |   |
| 52    |                 |   |   |                       |   |   |
| 57    |                 |   |   |                       |   |   |
| 59    |                 |   |   |                       |   |   |
| 62    |                 |   |   |                       |   |   |
| 66    |                 |   |   |                       |   |   |
| 69    |                 |   |   |                       |   |   |
| 71    |                 |   |   |                       |   |   |
| 74    |                 |   |   |                       |   |   |
| 76    |                 |   |   |                       |   |   |
| 82    |                 |   |   |                       |   |   |

3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材 料     | 最 高 使 用 温 度<br>(℃) | 許 容 応 力 (MPa) |     |     |
|---------|--------------------|---------------|-----|-----|
|         |                    | S y           | S u | S h |
| STPT370 | 66                 | 199           | 360 | 93  |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図       | 建物・構築物          | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------|-----------------|----------------|----------|
| DGDO-B008 | 軽油タンク室<br>連絡ダクト |                |          |
|           | 原子炉建屋           |                |          |

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図               | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-------------------|--------|----------------|----------|
| D G D O - B 0 0 9 | 原子炉建屋  |                |          |



4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      D G D O - B 0 0 8

| 適用する地震動等  |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|-----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード       | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|           |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 6 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 7 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 8 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 28 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 29 次*2    |               |            |       |          |          |       |          |
| 動 的 震 度*3 |               |            |       |          |          |       |          |
| 静 的 震 度*4 |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図      DGDO-B008

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 28 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

解析結果及び評価

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      D G D O - B 0 0 9

| 適用する地震動等  |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|-----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード       | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|           |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 6 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 7 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 8 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 16 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 17 次*2    |               |            |       |          |          |       |          |
| 動 的 震 度*3 |               |            |       |          |          |       |          |
| 静 的 震 度*4 |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図      DGDO-B009

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 16 次 |             |       |      |      |

注記\*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

## 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

鳥瞰図 DGD□-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD□-B008

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





鳥瞰図 DGD0-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD□-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-B009

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図               | 許容応力<br>状態                           | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                 | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |               | 疲労評価                          |
|-------------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------|-------------------------------|
|                   |                                      |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0.9 S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 S y |                               |
| D G D O - B 0 0 8 | V <sub>A</sub> S<br>V <sub>A</sub> S | 19<br>77    | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 94<br>—                 | 324<br>—        | —<br>439            | —<br>398      | 疲労累積係数<br>U S s<br><br>0.3147 |

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図             | 許容応力<br>状態                           | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                 | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |               | 疲労評価                      |
|-----------------|--------------------------------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|
|                 |                                      |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0.9 S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 S y |                           |
| D G D O－B 0 0 9 | V <sub>A</sub> S<br>V <sub>A</sub> S | 47<br>47    | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 125<br>—                | 324<br>—        | —<br>217            | —<br>398      | 疲労累積係数<br>U S s<br>—<br>— |

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|-------------|----|----|----|-----------|------------------|------------------|
|             |    |    |    |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| —           | —  | —  | —  | —         | —                | —                |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式 | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重   |     |     |              |     |     | 評価結果     |                   |                   |
|-------------|---------|----|--------|-----------|---------|-----|-----|--------------|-----|-----|----------|-------------------|-------------------|
|             |         |    |        |           | 反力 (kN) |     |     | モーメント (kN・m) |     |     | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |    |        |           | F x     | F y | F z | M x          | M y | M z |          |                   |                   |
| 2T2C-014-01 | レストレイント | ラダ | SM400B | 50        | 3       | 2   | 11  | —            | —   | —   | 組合せ      | 101               | 121               |
| TH-006-01   | アンカ     | ラダ | SM400B | 50        | 15      | 1   | 3   | 1            | 2   | 1   | 組合せ      | 100               | 133               |

4.2.3
弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 型式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|----------------------------------------------|----|--------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                           | 鉛直 | 水平                                         | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                            | —  | —                                          | —  | —                 | —    |

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

| No. | 配管モデル     | 許容応力状態 V <sub>A</sub> S |            |            |       |    |     |            |            |        |    |      |    |
|-----|-----------|-------------------------|------------|------------|-------|----|-----|------------|------------|--------|----|------|----|
|     |           | 一次応力                    |            |            |       |    |     | 一次＋二次応力    |            |        |    |      |    |
|     |           | 評価点                     | 計算応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 計算応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度     | 代表 | 疲労係数 | 代表 |
| 1   | DGD0-A001 | 29                      | 76         | 366        | 4.81  | —  | 29  | 149        | 462        | 3.10   | —  | —    | —  |
| 2   | DGD0-A002 | 46                      | 66         | 366        | 5.54  | —  | 46  | 129        | 462        | 3.58   | —  | —    | —  |
| 3   | DGD0-A003 | 40                      | 51         | 366        | 7.17  | —  | 40  | 90         | 462        | 5.13   | —  | —    | —  |
| 4   | DGD0-A004 | 12                      | 23         | 366        | 15.91 | —  | 36  | 33         | 398        | 12.06  | —  | —    | —  |
| 5   | DGD0-A005 | 65                      | 46         | 324        | 7.04  | —  | 190 | 386        | 462        | 1.19   | —  | —    | —  |
| 6   | DGD0-A006 | 6                       | 6          | 324        | 54.00 | —  | 6   | 2          | 398        | 199.00 | —  | —    | —  |
| 7   | DGD0-A007 | 1                       | 5          | 324        | 64.80 | —  | 1   | 2          | 398        | 199.00 | —  | —    | —  |
| 8   | DGD0-A008 | 83                      | 85         | 324        | 3.81  | —  | 83  | 163        | 398        | 2.44   | —  | —    | —  |



代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

| No. | 配管モデル     | 許容応力状態 V <sub>A</sub> S |            |            |       |    |         |            |            |       |    |      |        |    |
|-----|-----------|-------------------------|------------|------------|-------|----|---------|------------|------------|-------|----|------|--------|----|
|     |           | 一次応力                    |            |            |       |    | 一次＋二次応力 |            |            |       |    | 疲労評価 |        |    |
|     |           | 評価点                     | 計算応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点     | 計算応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点  | 疲労累積係数 | 代表 |
| 9   | DGD0-A009 | 21                      | 37         | 324        | 8.75  | —  | 7       | 160        | 398        | 2.48  | —  | —    | —      | —  |
| 10  | DGD0-A010 | 34                      | 115        | 324        | 2.81  | —  | 76      | 285        | 398        | 1.39  | —  | —    | —      | —  |
| 11  | DGD0-A011 | 13                      | 35         | 324        | 9.25  | —  | 12      | 88         | 398        | 4.52  | —  | —    | —      | —  |
| 12  | DGD0-B001 | 36                      | 54         | 366        | 6.77  | —  | 36      | 96         | 462        | 4.81  | —  | —    | —      | —  |
| 13  | DGD0-B002 | 39                      | 51         | 366        | 7.17  | —  | 39      | 90         | 462        | 5.13  | —  | —    | —      | —  |
| 14  | DGD0-B003 | 49                      | 65         | 366        | 5.63  | —  | 49      | 127        | 462        | 3.63  | —  | —    | —      | —  |
| 15  | DGD0-B004 | 40                      | 21         | 324        | 15.42 | —  | 40      | 37         | 398        | 10.75 | —  | —    | —      | —  |
| 16  | DGD0-B005 | 6                       | 6          | 324        | 54.00 | —  | 6       | 2          | 398        | 199.0 | —  | —    | —      | —  |
| 17  | DGD0-B006 | 1                       | 5          | 324        | 64.80 | —  | 1       | 2          | 398        | 199.0 | —  | —    | —      | —  |

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

| No. | 配管モデル     | 許容応力状態 V <sub>A</sub> S |            |            |      |    |     |            |            |      |    |     |        |
|-----|-----------|-------------------------|------------|------------|------|----|-----|------------|------------|------|----|-----|--------|
|     |           | 一次応力                    |            |            |      |    |     | 一次＋二次応力    |            |      |    |     |        |
|     |           | 評価点                     | 計算応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 計算応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度   | 代表 | 評価点 | 疲労評価   |
| 18  | DGD0-B007 | 1                       | 56         | 324        | 5.78 | —  | 9   | 138        | 398        | 2.88 | —  | —   | —      |
| 19  | DGD0-B008 | 19                      | 94         | 324        | 3.44 | —  | 77  | 439        | 398        | 0.90 | ○  | 61  | 0.4004 |
| 20  | DGD0-B009 | 47                      | 125        | 324        | 2.59 | ○  | 47  | 217        | 398        | 1.83 | —  | —   | —      |
| 21  | DGD0-B010 | 18                      | 43         | 324        | 7.53 | —  | 18  | 79         | 398        | 5.03 | —  | —   | —      |

VI-2-10-1-2-2 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の耐震性について  
の計算書

## 目 次

- VI-2-10-1-2-2-1 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 機関・発電機の耐震性についての  
計算書
- VI-2-10-1-2-2-2 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 空気だめの耐震性についての計算書
- VI-2-10-1-2-2-3 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料デイトンクの耐震性についての  
計算書
- VI-2-10-1-2-2-4 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料移送ポンプの耐震性についての  
計算書
- VI-2-10-1-2-2-5 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 軽油タンクの耐震性についての計算書
- VI-2-10-1-2-2-6 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 管の耐震性についての計算書
- VI-2-10-1-2-2-7 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 制御盤の耐震性についての計算書

VI-2-10-1-2-2-1 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備  
機関・発電機の耐震性についての計算書

## 目次

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 1.    | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関  | 1  |
| 1.1   | 概要                | 1  |
| 1.2   | 一般事項              | 1  |
| 1.2.1 | 構造計画              | 1  |
| 1.2.2 | 評価方針              | 3  |
| 1.2.3 | 適用規格・基準等          | 4  |
| 1.2.4 | 記号の説明             | 5  |
| 1.2.5 | 計算精度と数値の丸め方       | 7  |
| 1.3   | 評価部位              | 8  |
| 1.4   | 固有周期              | 9  |
| 1.4.1 | 固有周期の計算方法         | 9  |
| 1.4.2 | 固有周期の計算条件         | 9  |
| 1.4.3 | 固有周期の計算結果         | 10 |
| 1.5   | 構造強度評価            | 10 |
| 1.5.1 | 構造強度評価方法          | 10 |
| 1.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力      | 10 |
| 1.5.3 | 設計用地震力            | 14 |
| 1.5.4 | 計算方法              | 15 |
| 1.5.5 | 計算条件              | 24 |
| 1.5.6 | 応力の評価             | 24 |
| 1.6   | 機能維持評価            | 25 |
| 1.6.1 | 基本方針              | 25 |
| 1.6.2 | 動的機能維持評価          | 26 |
| 1.6.3 | 引用文献              | 28 |
| 1.7   | 評価結果              | 29 |
| 1.7.1 | 設計基準対象施設としての評価結果  | 29 |
| 1.7.2 | 重大事故等対処設備としての評価結果 | 29 |
| 2.    | 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 | 41 |
| 2.1   | 概要                | 41 |
| 2.2   | 一般事項              | 41 |
| 2.2.1 | 構造計画              | 41 |
| 2.2.2 | 評価方針              | 43 |
| 2.2.3 | 適用規格・基準等          | 44 |
| 2.2.4 | 記号の説明             | 45 |

|       |                   |    |
|-------|-------------------|----|
| 2.2.5 | 計算精度と数値の丸め方       | 47 |
| 2.3   | 評価部位              | 48 |
| 2.4   | 固有周期              | 49 |
| 2.4.1 | 固有周期の計算方法         | 49 |
| 2.4.2 | 固有周期の計算条件         | 49 |
| 2.4.3 | 固有周期の計算結果         | 50 |
| 2.5   | 構造強度評価            | 50 |
| 2.5.1 | 構造強度評価方法          | 50 |
| 2.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力      | 50 |
| 2.5.3 | 設計用地震力            | 55 |
| 2.5.4 | 計算方法              | 56 |
| 2.5.5 | 計算条件              | 72 |
| 2.5.6 | 応力の評価             | 73 |
| 2.6   | 機能維持評価            | 74 |
| 2.6.1 | 基本方針              | 74 |
| 2.6.2 | 動的機能維持評価          | 75 |
| 2.7   | 評価結果              | 83 |
| 2.7.1 | 設計基準対象施設としての評価結果  | 83 |
| 2.7.2 | 重大事故等対処設備としての評価結果 | 83 |

## 1. 高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関

### 1.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

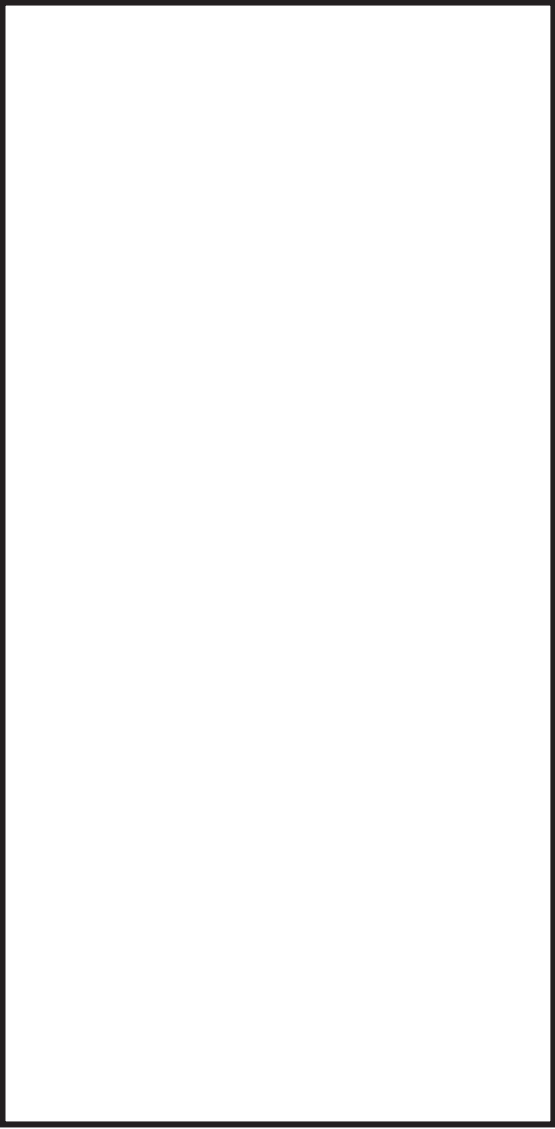
### 1.2 一般事項

#### 1.2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の構造計画を表 1-1 に示す。



表 1-1
 構造計画

| 計画の概要                                        |                                                                                 | 概略構造図                                                                               |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                      | 主体構造                                                                            |                                                                                     |
| デイゼル機関は機関取付ボルトで据付台床に取り付ける。据付台床は基礎ボルト基礎に据付ける。 | <div> <div></div>                     4 サイクルたて形気筒ディーゼル機関                 </div> |  |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 1.2.2 評価方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「1.2.1 構造計画」にて示す高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを、「1.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することによって実施する。また、高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の高速形ディーゼル機関であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1」という。）に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。確認結果を「1.7 評価結果」に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の耐震評価フローを図 1-1 に示す。

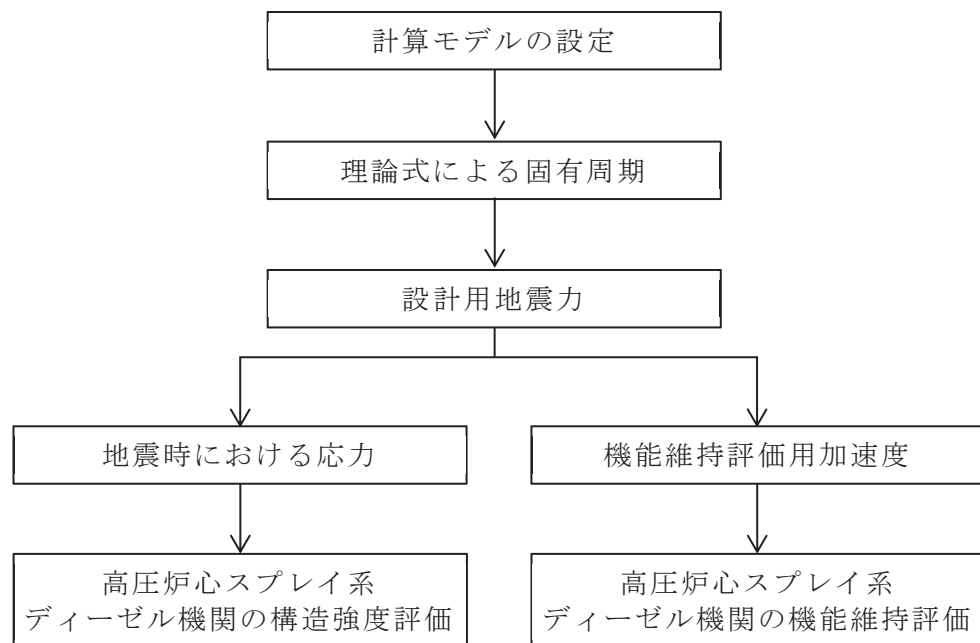


図 1-1 高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の耐震評価フロー

### 1.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下「設計・建設規格」という。)

#### 1.2.4 記号の説明

| 記号                          | 記号の説明                                                  | 単位                |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|
| A                           | 最小断面積                                                  | mm <sup>2</sup>   |
| A <sub>bi</sub>             | ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>                                 | mm <sup>2</sup>   |
| A <sub>s</sub>              | 最小有効せん断断面積                                             | mm <sup>2</sup>   |
| C <sub>EH</sub>             | ディーゼル機関往復運動による水平方向設計震度                                 | —                 |
| C <sub>EV</sub>             | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向設計震度                                 | —                 |
| C <sub>H</sub>              | 水平方向設計震度                                               | —                 |
| C <sub>V</sub>              | 鉛直方向設計震度                                               | —                 |
| d <sub>i</sub>              | ボルトの呼び径* <sup>1</sup>                                  | mm                |
| E                           | 縦弾性係数                                                  | MPa               |
| F <sub>i</sub>              | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>               | MPa               |
| F <sub>i</sub> <sup>*</sup> | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>                   | MPa               |
| F <sub>bij</sub>            | ボルトに作用する引張力（1本当たり）* <sup>1</sup>                       | N                 |
| f <sub>sbi</sub>            | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>                    | MPa               |
| f <sub>toi</sub>            | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>                      | MPa               |
| f <sub>t si</sub>           | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>                | MPa               |
| G                           | せん断弾性係数                                                | MPa               |
| g                           | 重力加速度（=9.80665）                                        | m/s <sup>2</sup>  |
| h <sub>i</sub>              | 据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>                        | mm                |
| I                           | 断面二次モーメント                                              | mm <sup>4</sup>   |
| L <sub>ij</sub>             | 転倒支点となるボルトと評価対象となるボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>            | mm                |
| ℓ <sub>1i</sub>             | 重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>          | mm                |
| ℓ <sub>2i</sub>             | 重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>          | mm                |
| M <sub>Ei</sub>             | ディーゼル機関回転により作用するモーメント* <sup>1</sup>                    | N・mm              |
| m <sub>i</sub>              | 運転時質量* <sup>2</sup>                                    | kg                |
| N                           | 回転速度（ディーゼル機関の定格回転速度）                                   | min <sup>-1</sup> |
| n <sub>i</sub>              | ボルトの本数* <sup>1</sup>                                   | —                 |
| n <sub>fij</sub>            | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>                  | —                 |
| P                           | ディーゼル機関出力                                              | kW                |
| Q <sub>bi</sub>             | ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>                             | N                 |
| S <sub>ui</sub>             | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>           | MPa               |
| S <sub>yi</sub>             | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>           | MPa               |
| S <sub>yi</sub> (RT)        | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup> | MPa               |

| 記号            | 記号の説明          | 単位  |
|---------------|----------------|-----|
| $T_H$         | 水平方向固有周期       | s   |
| $T_V$         | 鉛直方向固有周期       | s   |
| $\pi$         | 円周率            | —   |
| $\sigma_{bi}$ | ボルトに生じる引張応力*1  | MPa |
| $\tau_{bi}$   | ボルトに生じるせん断応力*1 | MPa |

注記\*1： $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bij}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $L_{ij}$ ,  $\ell_{1i}$ ,  $\ell_{2i}$ ,  $M_{Ei}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fij}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  及び  $j$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 基礎ボルト

$i = 2$  : 機関取付ボルト

$j = 1 \sim 9$  : 評価対象となるボルト列

\*2： $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 据付面

$i = 2$  : 機関取付面

\*3： $\ell_{1i} \leq \ell_{2i}$

### 1.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 1-2 に示すとおりである。

表 1-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期  | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度    | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度    | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量    | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ    | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積    | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント | N・mm            | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力     | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>      |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 1.3 評価部位

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の耐震評価は、「1.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び機関取付ボルトについて評価を実施する。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の耐震評価部位については、表 1-1 の概略構造図に示す。

## 1.4 固有周期

### 1.4.1 固有周期の計算方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の固有周期の計算方法を以下に示す。

#### (1) 計算モデル

- a. ディーゼル機関の質量は、重心に集中するものとする。
- b. ディーゼル機関は据付台床上にあり、据付台床は基礎ボルトで基礎に固定されており、固定端とする。また、ディーゼル機関は、据付台床上に機関取付ボルトで固定されるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

ディーゼル機関は、図 1-2 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

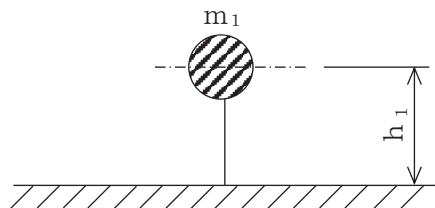


図 1-2 固有周期の計算モデル

#### (2) 水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \left( \frac{h_1^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \dots\dots\dots (1.4.1.1)$$

#### (3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \frac{h_1}{A \cdot E}} \quad \dots\dots\dots (1.4.1.2)$$

### 1.4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。



### 1.4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 1-3 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 1-3 固有周期 (単位：s)

|      |  |  |  |
|------|--|--|--|
| 水平方向 |  |  |  |
| 鉛直方向 |  |  |  |

## 1.5 構造強度評価

### 1.5.1 構造強度評価方法

1.4.1 項(1)a.～c.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力はディーゼル機関に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 転倒方向は図 1-3、図 1-4、図 1-6 及び図 1-7 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

### 1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 1.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-5 に示す。

#### 1.5.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 1-6 のとおりとする。

#### 1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 1-7 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 1-8 に示す。

表 1-4
 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分              | 機器名称                 | 耐震重要度分類 | 機器等の区分         | 荷重の組合せ                    | 許容応力状態             |
|-------------------|----------------------|---------|----------------|---------------------------|--------------------|
| その他発電<br>原子炉の附属施設 | 高圧炉心スプレイ系<br>ディーゼル機関 | S       | — <sup>*</sup> | $D + P_D + M_D + S_d^{*}$ | III <sub>A</sub> S |
|                   |                      |         |                | $D + P_D + M_D + S_s$     | IV <sub>A</sub> S  |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 1-5
 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分              | 機器名称                 | 設備分類 <sup>*1</sup> | 機器等の区分          | 荷重の組合せ                        | 許容応力状態                                                                           |
|-------------------|----------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| その他発電<br>原子炉の附属施設 | 高圧炉心スプレイ系<br>ディーゼル機関 | 常設／防止<br>(DB 拡張)   | — <sup>*2</sup> | $D + P_D + M_D + S_s^{*3}$    | IV <sub>A</sub> S                                                                |
|                   |                      |                    |                 | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V <sub>A</sub> S<br>(V <sub>A</sub> Sとして<br>IV <sub>A</sub> Sの許<br>容限界を用<br>いる。) |

注記＊1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 1-6
 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態                                                              | 許容限界*1, *2<br>(ボルト等) |                   |
|---------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|
|                                                                     | 一次応力                 |                   |
|                                                                     | 引張り                  | せん断               |
| Ⅲ <sub>A</sub> S                                                    | $1.5 \cdot f_t$      | $1.5 \cdot f_s$   |
| Ⅳ <sub>A</sub> S                                                    | $1.5 \cdot f_t^*$    | $1.5 \cdot f_s^*$ |
| V <sub>A</sub> S<br>(V <sub>A</sub> SとしてⅣ <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。) |                      |                   |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 1-7 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材    | 材料                     | 温度条件<br>(°C) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (RT)<br>(MPa) |
|---------|------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 基礎ボルト   | S45C<br>(40mm<径≤100mm) | 周囲環境温度<br>50 | 339                     | 556                     | —                            |
| 機関取付ボルト | S45C<br>(40mm<径≤100mm) | 周囲環境温度<br>50 | 339                     | 556                     | —                            |

表 1-8 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材    | 材料                     | 温度条件<br>(°C) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (RT)<br>(MPa) |
|---------|------------------------|--------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 基礎ボルト   | S45C<br>(40mm<径≤100mm) | 周囲環境温度<br>50 | 339                     | 556                     | —                            |
| 機関取付ボルト | S45C<br>(40mm<径≤100mm) | 周囲環境温度<br>50 | 339                     | 556                     | —                            |

### 1.5.3 設計用地震力

「弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> 又は静的震度」及び「基準地震動 S<sub>s</sub>」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 1-9 及び表 1-10 に示す。

表 1-9 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)                         | 固有周期(s) |      | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 |                 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                      |
|---------------------------------------------------|---------|------|-----------------------------------|-----------------|----------------------|----------------------|
|                                                   | 水平方向    | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度                      | 鉛直方向<br>設計震度    | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |
| 原子炉建屋<br>O.P. 15.00 <sup>*1</sup><br>(O.P. 16.03) |         |      | — <sup>*2</sup>                   | — <sup>*2</sup> | C <sub>H</sub> =1.99 | C <sub>V</sub> =1.40 |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：Ⅲ<sub>A</sub>Sについては、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

表 1-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)                        | 固有周期(s) |      | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub> |                      |
|--------------------------------------------------|---------|------|-----------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|
|                                                  | 水平方向    | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度                      | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度         |
| 原子炉建屋<br>O.P. 15.00 <sup>*</sup><br>(O.P. 16.03) |         |      | —                                 | —            | C <sub>H</sub> =1.99 | C <sub>V</sub> =1.40 |

注記\*：基準床レベルを示す。

#### 1.5.4 計算方法

##### 1.5.4.1 応力の計算方法

##### 1.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度，ディーゼル機関の往復運動による震度及びディーゼル機関回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

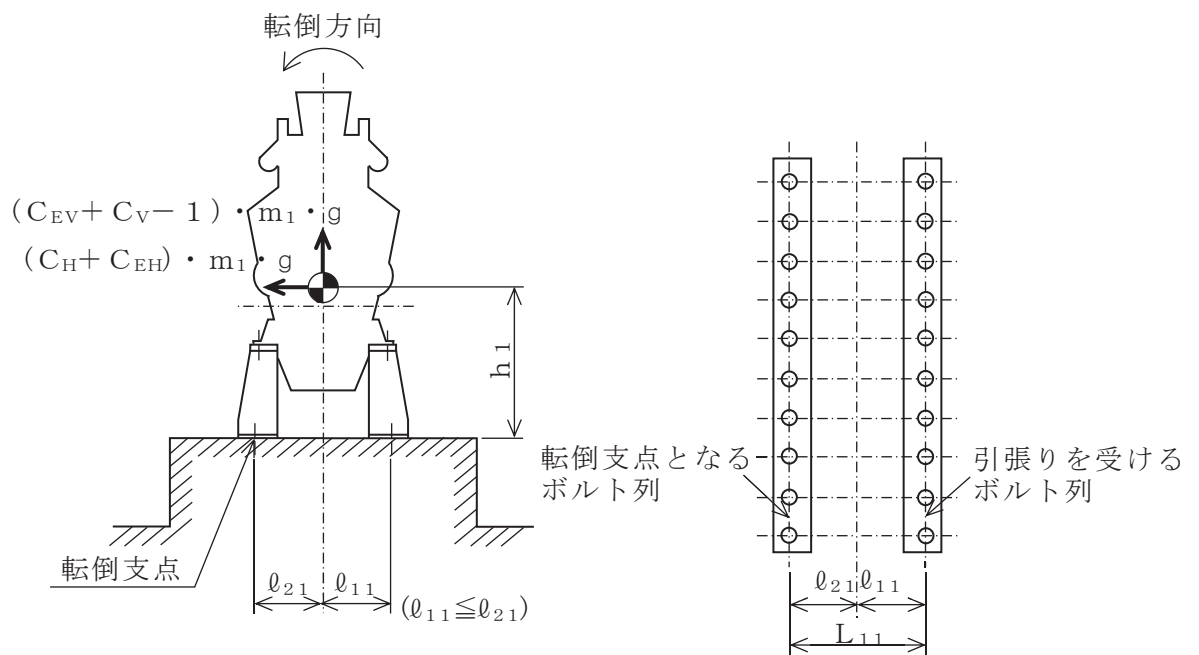


図 1-3 計算モデル（軸直角方向転倒）

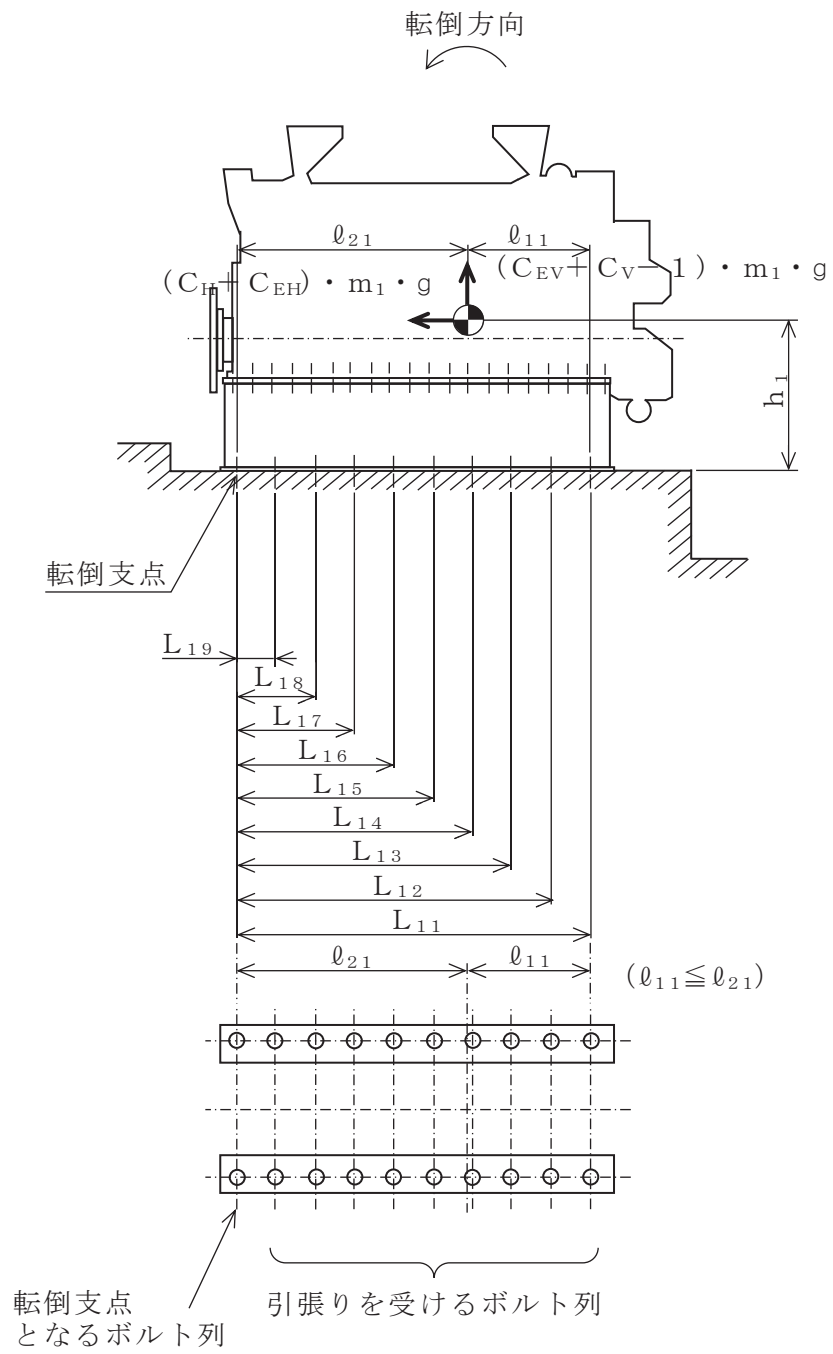


図 1-4 計算モデル（軸方向転倒）

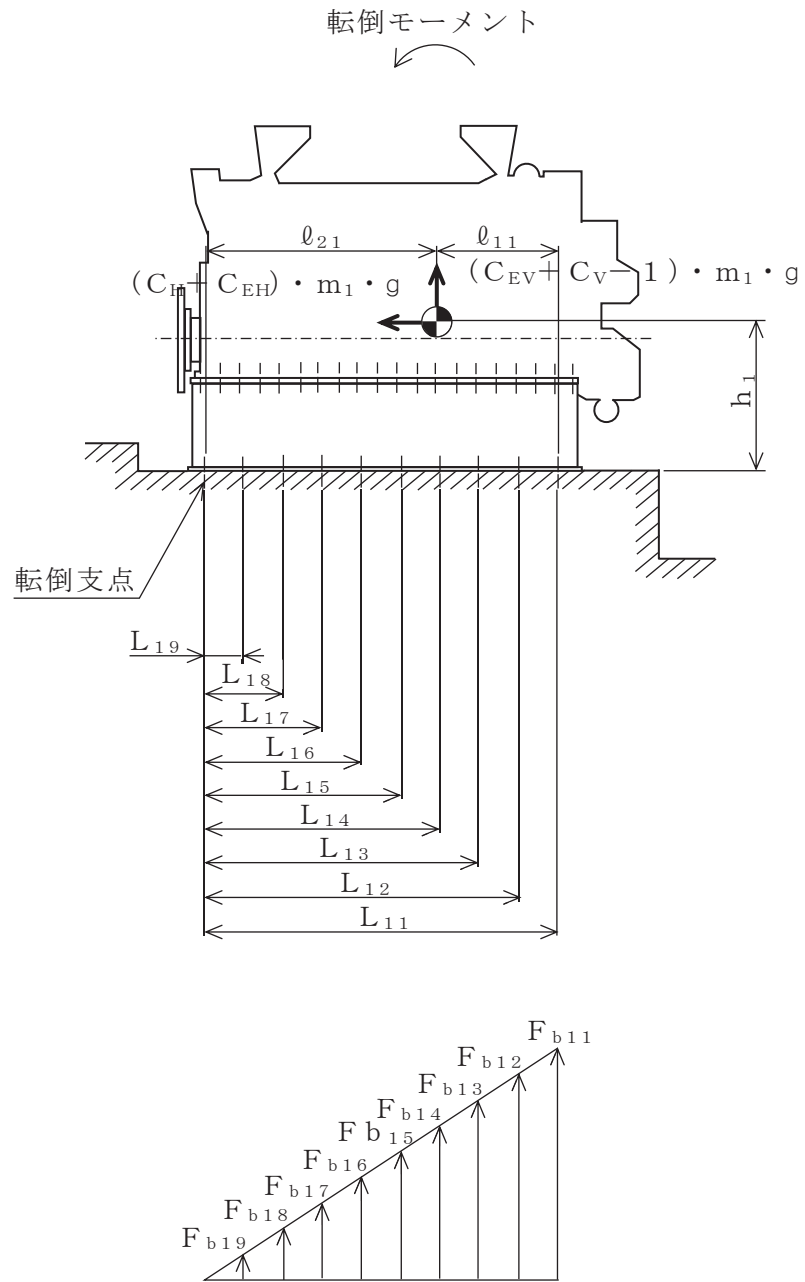


図 1-5 基礎ボルトの応力（軸方向転倒）



(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図 1-3 及び図 1-4 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを転倒支点となるボルト列を除く列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

なお、図 1-4 の場合は、ディーゼル機関回転によるモーメント<sup>\*1</sup>は作用しない。

a. 軸直角方向転倒の計算方法

引張力

$$F_{b11} = \frac{(C_H + C_{EH}) \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 + M_{E1}^{*1}}{n_{f11} \cdot L_{11}} - \frac{(1 - C_V - C_{EV}) \cdot m_1 \cdot g \cdot \ell_{21}^{*2}}{n_{f11} \cdot L_{11}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

ここで、 $C_{EH}$ 及び $C_{EV}$ はディーゼル機関の往復運動による起振力及びディーゼル機関の回転速度を考慮して定める値である。

注記\*1：ディーゼル機関回転によるモーメント $M_{E1}$ は次式により求める。

$$M_{E1} = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad (1kW = 10^6 N \cdot mm / s)$$

\*2： $(1 - C_V - C_{EV}) \geq 0$  の場合は、 $\ell_{11}$ とする。

$(1 - C_V - C_{EV}) < 0$  の場合は、 $\ell_{21}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b11}}{A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式より求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

ただし、 $F_{b11}$ が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

b. 軸方向転倒の計算方法

軸方向転倒においては、地震時にディーゼル機関に作用する転倒モーメントによる引張力が図 1-5 に示すように基礎ボルトに負荷されるものとして応力を計算する。

### 引張力

図 1-5 において転倒支点まわりのモーメントの釣合いにより基礎ボルト 1 本当たりの引張力  $F_{bij}$  を計算する。引張力  $F_{bij}$  は、転倒支点から各ボルト列までの距離に比例するので、最も距離が長いボルト列の  $F_{b11}$  のみを計算する。

$$F_{b11} = \frac{L_{11} \cdot \{(C_H + C_{EH}) \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 - (1 - C_V - C_{EV}) \cdot m_1 \cdot g \cdot \ell_{21}\}}{\sum_{j=1}^9 n_{f1j} \cdot L_{1j}^2} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

### 引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b11}}{A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

## (2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

### せん断力

$$Q_{b1} = (C_H + C_{EH}) \cdot m_1 \cdot g \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

### せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.7)$$

#### 1.5.4.1.2 機関取付ボルトの計算方法

機関取付ボルトの応力は地震による震度、ディーゼル機関の往復運動による震度及びディーゼル機関回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

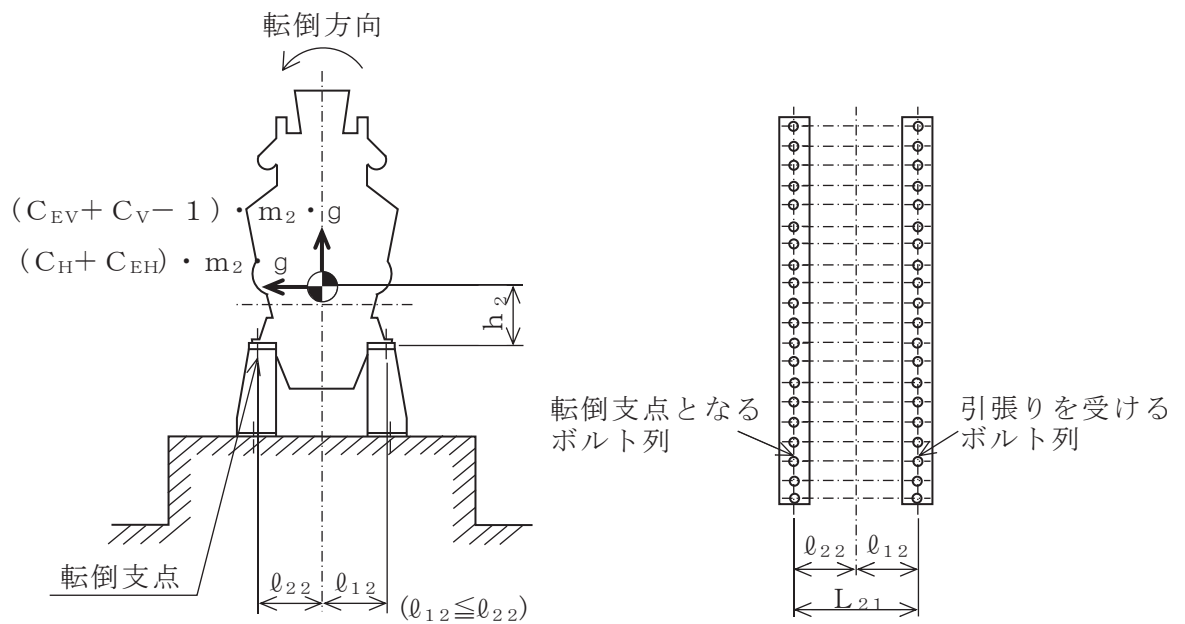


図 1-6 計算モデル（軸直角方向転倒）

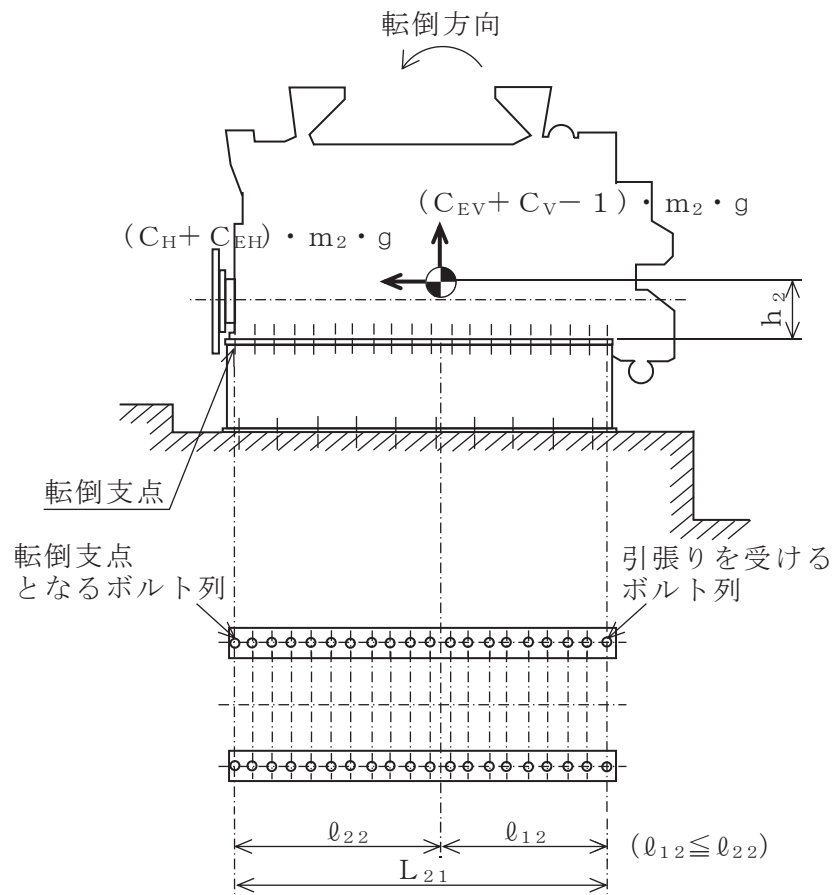


図 1-7 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

機関取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 1-6 及び図 1-7 で機関取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを転倒支点となるボルト列を除く列の機関取付ボルトで受けるものとして計算する。

なお、図 1-7 の場合は、ディーゼル機関回転によるモーメント<sup>\*1</sup>は作用しない。

引張力

$$F_{b21} = \frac{(C_H + C_{EH}) \cdot m_2 \cdot g \cdot h_2 + M_{E2}^{*1}}{n_{f21} \cdot L_{21}} - \frac{(1 - C_V - C_{EV}) \cdot m_2 \cdot g \cdot \ell_{22}^{*2}}{n_{f21} \cdot L_{21}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.2.1)$$

ここで、 $C_{EH}$ 及び $C_{EV}$ はディーゼル機関の往復運動による起振力及びディーゼル機関の回転速度を考慮して定める値である。

注記\*1：ディーゼル機関回転によるモーメント $M_{E2}$ は次式により求める。

$$M_{E2} = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad (1kW = 10^6 N \cdot mm / s)$$

\*2： $(1 - C_V - C_{EV}) \geq 0$  の場合は、 $\ell_{12}$ とする。

$(1 - C_V - C_{EV}) < 0$  の場合は、 $\ell_{22}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b21}}{A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.2.2)$$

ここで、機関取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式より求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.2.3)$$

ただし、 $F_{b21}$ が負のとき機関取付ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

機関取付ボルトに対するせん断力は機関取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = (C_H + C_{EH}) \cdot m_2 \cdot g \quad \dots\dots\dots (1.5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \dots\dots\dots (1.5.4.1.2.5)$$

### 1.5.5 計算条件

#### 1.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

#### 1.5.5.2 機関取付ボルトの応力計算条件

機関取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 1.5.6 応力の評価

#### 1.5.6.1 ボルトの応力評価

1.5.4.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_{bi}$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{tsi}$  以下であること。

ただし、 $f_{toi}$  は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (1.5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$  はせん断力のみ受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$  以下であること。

ただし、 $f_{sbi}$  は下表による。

|                      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合  | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合                |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_{toi}$  | $\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$                  | $\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sbi}$ | $\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

## 1.6 機能維持評価

### 1.6.1 基本方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の高速形ディーゼル機関であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が表 1-11 に示す機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる設計用最大応答加速度（1.0ZPA）を設定する。

表 1-11 機能確認済加速度 (×9.8m/s<sup>2</sup>)

| 評価部位 | 形式         | 方向   | 機能確認済加速度 |
|------|------------|------|----------|
| 機関   | 高速形ディーゼル機関 | 水平方向 | 1.1      |
|      |            | 鉛直方向 | 1.0      |
| ガバナ  |            | 水平方向 | 1.8      |
|      |            | 鉛直方向 | 1.0      |



## 1.6.2 動的機能維持評価

### 1.6.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の非常用ディーゼル発電機の動的機能維持評価に従い、以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト，機関取付ボルト
- b. ガバナ
- c. 排気管ベローズ
- d. 潤滑油オイルパン
- e. 基準軸受
- f. カム軸
- g. ピストン，クランク軸，連結棒
- h. ギアリング
- i. 動弁装置
- j. 始動弁
- k. ガバナリンク
- l. 機械式オーバースピードトリップ装置
- m. 燃料噴射ポンプ
- n. 冷却水ポンプ
- o. 潤滑油ポンプ
- p. 過給機

このうち、「a. 基礎ボルト，機関取付ボルト」については、「1.5 構造強度評価」に従って評価を行った「1.7 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

また、高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の潤滑油吸込み口は、機関下部に配置されている「d. 潤滑油オイルパン」内部に設置されていることから、潤滑油サンプタンクと同様の評価を行う。

なお、「f. カム軸」～「p. 過給機」については、既往の研究（（財）原子力工学試験センター原子力発電耐震信頼性実証試験）で評価した限界加速度が機能維持評価用加速度に対して十分な裕度があることから、計算書の評価対象外とする。

#### 1.6.2.2 評価基準値

ガバナは，既往の研究（独立行政法人 原子力安全基盤機構 耐震安全部「平成 22 年度耐震機能限界試験（非常用ディーゼル発電機）ガバナ振動台加振試験 J N E S - S S レポート」）で確認された同形式のガバナの機能確認済加速度を評価基準値として設定する。排気管ベローズ及び潤滑油オイルパンは変位可能寸法を評価基準値として設定する。基準軸受は，既往の研究（（財）原子力工学試験センター原子力発電耐震信頼性実証試験）で確認された同形式の基準軸受の機能確認済加速度を評価基準値として設定する。

#### 1.6.2.3 記号の説明

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の動的機能維持評価に使用する記号を表 1-12 に示す。

表 1-12 記号の説明

| 記号         | 記号の説明           | 単位      |
|------------|-----------------|---------|
| $C_v$      | 鉛直方向設計震度        | —       |
| $g$        | 重力加速度（=9.80665） | $m/s^2$ |
| $K_B$      | 排気管ベローズのばね定数    | N/m     |
| $m_B$      | 排気管ベローズの質量      | kg      |
| $\delta_s$ | 排気管ベローズの伸び量     | mm      |

#### 1.6.2.4 評価方法

##### (1) ガバナ

機能維持評価用加速度と既往の研究（独立行政法人 原子力安全基盤機構 耐震安全部「平成 22 年度耐震機能限界試験（非常用ディーゼル発電機）ガバナ振動台加振試験 J N E S - S S レポート」）で得られた同型式のガバナの機能確認済加速度を比較する。

##### (2) 排気管ベローズ

地震慣性力による排気管ベローズの伸び量を次式により算出する。

$$\delta_s = \frac{m_B \cdot g \cdot C_V}{2 \cdot K_B} \dots\dots\dots (1.6.2.4.1)$$

##### (3) 潤滑油オイルパン

スロッシングによる液面変位は 3 次元流動解析により評価し，スロッシングによる液面変位を算出する。解析コードは「Fluent ver. 19.1」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

##### (4) 基準軸受

機能維持評価用加速度と既往の研究（（財）原子力工学試験センター原子力発電耐震信頼性実証試験）で得られた同型機関の水平方向（スラスト方向）の機能確認済加速度を比較する。

#### 1.6.3 引用文献

本評価において適用する文献を以下に示す。

- (1) （財）原子力工学試験センター原子力発電耐震信頼性実証試験
- (2) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 耐震安全部「平成 22 年度耐震機能限界試験（非常用ディーゼル発電機）ガバナ振動台加振試験 J N E S - S S レポート」

## 1.7 評価結果

### 1.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

なお，弾性設計用地震動  $S_d$  及び静的震度は基準地震動  $S_s$  を下回っており，基準地震動  $S_s$  による発生値が，弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度に対する評価における許容限界を満足するため，弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度による発生値の算出を省略した。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 1.7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル機関の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイスライ系ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

| 機器名称                | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m)                            | 固有周期 (s) |          | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub> |              | ディーゼル機関往復運動による鉛直方向震度                             | 最 高 使用温度 (℃) | 周 囲 環境温度 (℃) |
|---------------------|---------|-------------------------------------------|----------|----------|--------------------------------|--------------|----------------------|--------------|--------------------------------------------------|--------------|--------------|
| 高圧炉心スプレイスライ系ディーゼル機関 | S       | 原子炉建屋<br>0. P. 15. 00*1<br>(0. P. 16. 03) | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向 | 水平方向<br>設計震度                   | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度         | 鉛直方向<br>設計震度 | C <sub>EH</sub> =0. 12<br>C <sub>EV</sub> =0. 13 | 85*3         | 50           |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：ⅢSについては、基準地震動 S<sub>s</sub> で評価する。

\*3：機関冷却水最高運転温度。

1.1.2 機器要目

| 部 材                | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | L <sub>i,j</sub> *<br>(mm) | ℓ <sub>1,i</sub> *<br>(mm) | ℓ <sub>2,i</sub> *<br>(mm) | n <sub>1</sub> | n <sub>f i j</sub> * |
|--------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1)   |                        | 1660                   | 1600                       | 800                        | 800                        | 20             | 10                   |
|                    |                        |                        | 下表に示す                      | 1424                       | 2716                       |                | 下表に示す                |
| 機関取付ボルト<br>( i =2) |                        | 560                    | 1374                       | 687                        | 687                        | 40             | 20                   |
|                    |                        |                        | 4340                       | 1980                       | 2360                       |                | 2                    |

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

|                  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1) | L <sub>11</sub>   | L <sub>12</sub>   | L <sub>13</sub>   | L <sub>14</sub>   | L <sub>15</sub>   | L <sub>16</sub>   | L <sub>17</sub>   | L <sub>18</sub>   | L <sub>19</sub>   |
|                  | 4140              | 3680              | 3220              | 2760              | 2300              | 1840              | 1380              | 920               | 460               |
|                  | n <sub>f 11</sub> | n <sub>f 12</sub> | n <sub>f 13</sub> | n <sub>f 14</sub> | n <sub>f 15</sub> | n <sub>f 16</sub> | n <sub>f 17</sub> | n <sub>f 18</sub> | n <sub>f 19</sub> |
|                  | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 |

| 部 材                | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | S <sub>y i</sub><br>(MPa)           | S <sub>u i</sub><br>(MPa)           | F <sub>i</sub><br>(MPa) | F <sub>t</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                             |                         | M <sub>Ei</sub><br>(N・mm) |
|--------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                    |                                        |                                     |                                     |                         |                                      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |                           |
| 基礎ボルト<br>( i =1)   | 962. 1<br>(逃げ溝φ 35)                    | 339 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≦100mm) | 556 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≦100mm) | 339                     | 389                                  | —                                | 軸直角                     | 3. 090×10 <sup>7</sup>    |
| 機関取付ボルト<br>( i =2) | 452. 4<br>(M24)                        | 339 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≦100mm) | 556 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≦100mm) | 339                     | 389                                  | —                                | 軸                       | 3. 090×10 <sup>7</sup>    |

| 機関出力<br>P (kW) | 回転速度<br>N (min <sup>-1</sup> ) | 絶対単生係数<br>E (MPa)    | せん断単生係数<br>G (MPa)  | 最小断面積<br>A (mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (mm <sup>4</sup> ) | 有効せん断断面積<br>A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> ) |
|----------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 3236           | 1000                           | 172000 <sup>*2</sup> | 66000 <sup>*2</sup> | 2. 148×10 <sup>5</sup>        | 5. 606×10 <sup>10</sup>           | 3. 685×10 <sup>4</sup>                        |

注記\*1：周囲環境温度で算出。  
\*2：最高使用温度で算出。

1. 1. 3 計算数値  
1. 1. 3. 1 ボルトに作用する力
(単位：N)

| 部 材                | F <sub>b i</sub>                 |                     | Q <sub>b i</sub>                 |                     |
|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
|                    | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)   | —*                               |                     | —*                               |                     |
| 機関取付ボルト<br>( i =2) | —*                               |                     | —*                               |                     |

注記\*：Ⅲ<sub>LS</sub>については、基準地震動S<sub>s</sub>で評価する。

1.1.4 結 論  
1.1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材                | 材 料  | 応 力 | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |                      | 基準地震動S <sub>s</sub>      |                      |
|--------------------|------|-----|-------------------------------|----------------------|--------------------------|----------------------|
|                    |      |     | 算出応力                          | 許容応力                 | 算出応力                     | 許容応力                 |
| 基礎ボルト<br>(i = 1)   | S45C | 引張り | $\sigma_{b1} = 156^{*2}$      | $f_{ts1} = 249^{*1}$ | $\sigma_{b1} = 156^{*2}$ | $f_{ts1} = 292^{*1}$ |
|                    |      | せん断 | $\tau_{b1} = 67^{*2}$         | $f_{tb1} = 195$      | $\tau_{b1} = 67^{*2}$    | $f_{tb1} = 225$      |
| 機関取付ボルト<br>(i = 2) | S45C | 引張り | $\sigma_{b2} = 213^{*2}$      | $f_{ts2} = 254^{*1}$ | $\sigma_{b2} = 213^{*2}$ | $f_{ts2} = 292^{*1}$ |
|                    |      | せん断 | $\tau_{b2} = 40^{*2}$         | $f_{tb2} = 195$      | $\tau_{b2} = 40^{*2}$    | $f_{tb2} = 225$      |

注記\*1： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

注記\*2：基準地震動S<sub>s</sub>による評価値  
すべて許容応力以下である。

1.2
動的機能維持評価

1.2.1
設計条件

| 機器名称                 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ(m)                             | 固有周期(s)                                         | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度   | 基準地震動S <sub>s</sub>                                                        | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>鉛直方向震度 | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>水平方向震度 | 最 高<br>使用温度<br>(℃) | 周 囲<br>環境温度<br>(℃) |
|----------------------|---------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|
| 高圧炉心スプレイス<br>ディーゼル機関 | S       | 原子炉建屋<br>0. P. 15. 00*1<br>(0. P. 16. 03) | 水平<br>方向<br><div></div> 鉛直<br>方向<br><div></div> | 水平方向<br>設計震度<br>—鉛直方向<br>設計震度<br>— | 水平方向<br>設計震度<br>C <sub>H</sub> =1. 67鉛直方向<br>設計震度<br>C <sub>V</sub> =1. 17 | C <sub>EV</sub> =0. 13       | C <sub>EH</sub> =0. 12       | 85*2               | 50                 |

注記\*1：基準レベルを示す。  
\*2：機関冷却水最高運転温度。

1.2.2
機器要目

(1)
排気管ベローズ

| 部材          | m <sub>B</sub><br>(kg) | K <sub>B</sub><br>(N/mm) |
|-------------|------------------------|--------------------------|
| 排気管<br>ベローズ | <div></div>            | <div></div>              |

1.2.3
結論

1.2.3.1
機能確認済加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度*<br>(×9. 8m/s <sup>2</sup> ) | 機能確認済加速度 |
|-----|------|-----------------------------------------|----------|
| 機 関 | 水平方向 | 1. 67                                   | 1. 1     |
|     | 鉛直方向 | 1. 17                                   | 1. 0     |
| ガバナ | 水平方向 | 1. 67                                   | 1. 8     |
|     | 鉛直方向 | 1. 17                                   | 1. 0     |

注記\*：基準地震動S<sub>s</sub>により定まる応答加速度とする。  
機関は、水平、鉛直方向ともに機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。  
ガバナは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を超えるため、以下の項目について評価する。



- 1.2.3.2
高圧炉心スプレイズレイ系ディージェル機関の動的機能維持評価
- 1.2.3.2.1
代表評価項目の評価
- 基礎ボルト及び機関取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

| 1.2.3.2.1.1 ガバナ |      | (×9.8m/s <sup>2</sup> ) |          |
|-----------------|------|-------------------------|----------|
| 評価部位            | 方向   | 機能維持評価用加速度              | 機能確認済加速度 |
| ガバナ             | 水平方向 | 1.67                    | 4.0      |
|                 | 鉛直方向 | 1.17                    | 2.0      |

すべて機能確認済加速度以下である。

| 1.2.3.2.1.2 排気管ベローズ |     | (単位：mm) |  |
|---------------------|-----|---------|--|
| 評価部位                | 変位量 | 許容変位量   |  |
| 排気管ベローズ             |     |         |  |

許容変位量以下である。

| 1.2.3.2.1.3 潤滑油オイルパン |     | (単位：mm) |  |
|----------------------|-----|---------|--|
| 評価部位                 | 変位量 | 許容変位量   |  |
| 潤滑油オイルパン             |     |         |  |

許容変位量以下である。

- 1.2.3.2.2
上記以外の基本評価項目の評価

- 1.2.3.2.2.1
基準軸受

| 1.2.3.2.2.1 基準軸受 |                  | (×9.8m/s <sup>2</sup> ) |          |
|------------------|------------------|-------------------------|----------|
| 評価部位             | 方向               | 機能維持評価用加速度              | 機能確認済加速度 |
| 基準軸受             | 水平方向<br>(スラスト方向) | 1.67                    | 1.8      |

機能確認済加速度以下である。

【高圧炉心スプレイスレイ系ディーゼル機関の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

| 機器名称                    | 設備分類                 | 据付場所及び床面高さ(m)                             | 固有周期(s)  |          | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 |              | 基準地震動S <sub>s</sub> |              | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>鉛直方向震度 | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>水平方向震度 | 最<br>高<br>使用温度<br>(℃) | 周<br>囲<br>環境温度<br>(℃) |
|-------------------------|----------------------|-------------------------------------------|----------|----------|----------------------------------|--------------|---------------------|--------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------|-----------------------|
|                         |                      |                                           |          |          |                                  |              |                     |              |                              |                              |                       |                       |
| 高圧炉心スプレイスレイ系<br>ディーゼル機関 | 常設/防<br>止<br>(DB 拡張) | 原子炉建屋<br>O. P. 15. 00*1<br>(O. P. 16. 03) | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向 | 水平方向<br>設計震度                     | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度        | 鉛直方向<br>設計震度 | C <sub>EH</sub> =0. 12       | C <sub>EV</sub> =0. 13       | 85*2                  | 50                    |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：機関冷却水最高運転温度。

2.1.2 機器要目

| 部 材                | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | L <sub>i,j</sub> *<br>(mm) | ℓ <sub>1,i</sub> *<br>(mm) | ℓ <sub>2,i</sub> *<br>(mm) | n <sub>1</sub> | n <sub>f i j</sub> * |
|--------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------|----------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1)   |                        | 1660                   | 1600                       | 800                        | 800                        | 20             | 10                   |
|                    |                        |                        | 下表に示す                      | 1424                       | 2716                       |                | 下表に示す                |
| 機関取付ボルト<br>( i =2) |                        | 560                    | 1374                       | 687                        | 687                        | 40             | 20                   |
|                    |                        |                        | 4340                       | 1980                       | 2360                       |                | 2                    |

注記\*：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

|                  |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |
|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1) | L <sub>11</sub>   | L <sub>12</sub>   | L <sub>13</sub>   | L <sub>14</sub>   | L <sub>15</sub>   | L <sub>16</sub>   | L <sub>17</sub>   | L <sub>18</sub>   | L <sub>19</sub>   |
|                  | 4140              | 3680              | 3220              | 2760              | 2300              | 1840              | 1380              | 920               | 460               |
|                  | n <sub>f 11</sub> | n <sub>f 12</sub> | n <sub>f 13</sub> | n <sub>f 14</sub> | n <sub>f 15</sub> | n <sub>f 16</sub> | n <sub>f 17</sub> | n <sub>f 18</sub> | n <sub>f 19</sub> |
|                  | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 | 2                 |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| 部 材                | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | S <sub>y i</sub><br>(MPa)           | S <sub>u i</sub><br>(MPa)           | F <sub>i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                             |                         | M <sub>E1</sub><br>(N・mm) |
|--------------------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                    |                                        |                                     |                                     |                         |                                      | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |                           |
| 基礎ボルト<br>( i =1)   | 962. 1<br>(逃げ溝 φ 35)                   | 339 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≦100mm) | 556 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≦100mm) | —                       | 389                                  | —                                | 軸直角                     | 3. 090×10 <sup>7</sup>    |
| 機関取付ボルト<br>( i =2) | 452. 4<br>(M24)                        | 339 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≦100mm) | 556 <sup>*1</sup><br>(40mm<径≦100mm) | —                       | 389                                  | —                                | 軸                       | 3. 090×10 <sup>7</sup>    |

| 機関出力<br>P (kW) | 回転速度<br>N (min <sup>-1</sup> ) | 絶対弾性係数<br>E (MPa)    | せん断弾性係数<br>G (MPa)  | 最小断面積<br>A (mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (mm <sup>4</sup> ) | 有効せん断断面積<br>A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> ) |
|----------------|--------------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 3236           | 1000                           | 172000 <sup>*2</sup> | 66000 <sup>*2</sup> | 2. 148×10 <sup>5</sup>        | 5. 606×10 <sup>10</sup>           | 3. 685×10 <sup>4</sup>                        |

注記\*1：周囲環境温度で算出。

\*2：最高使用温度で算出。

2. 1. 3 計算数値

2. 1. 3. 1 ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部 材                | F <sub>b i</sub>                 |                     | Q <sub>b i</sub>                 |                     |
|--------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
|                    | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)   | —                                | <div></div>         | —                                | <div></div>         |
| 機関取付ボルト<br>( i =2) | —                                | <div></div>         | —                                | <div></div>         |

2.1.4 結 論

2.1.4.1 ボルトの応力

部 材

材 料

応 力

弾性設計用地震動S<sub>d</sub>又は静的震度

算出応力

許容応力

基準地震動S<sub>s</sub>

算出応力

許容応力

基礎ボルト  
(i = 1)

S45C

引張り

—

—

σ<sub>b1</sub> = 156

f<sub>ts1</sub> = 292\*

機関取付ボルト  
(i = 2)

S45C

せん断

—

—

τ<sub>b1</sub> = 67

f<sub>tb1</sub> = 225

引張り

—

—

σ<sub>b2</sub> = 213

f<sub>ts2</sub> = 292\*

せん断

—

—

τ<sub>b2</sub> = 40

f<sub>tb2</sub> = 225

(単位: MPa)

注記\*:  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

2.2
動的機能維持評価

2.2.1
設計条件

| 機器名称                 | 設備分類             | 据付場所及び床面高さ(m)                             | 固有周期(s)                                         | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度   | 基準地震動S <sub>s</sub>                                                        | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>鉛直方向震度 | ディーゼル機関<br>往復運動による<br>水平方向震度 | 最 高<br>使用温度<br>(℃) | 周 囲<br>環境温度<br>(℃) |
|----------------------|------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------|
| 高圧炉心スプレイス<br>ディーゼル機関 | 常設/防止<br>(DB 拡張) | 原子炉建屋<br>O. P. 15. 00*1<br>(O. P. 16. 03) | 水平<br>方向<br><div></div> 鉛直<br>方向<br><div></div> | 水平方向<br>設計震度<br>—鉛直方向<br>設計震度<br>— | 水平方向<br>設計震度<br>C <sub>H</sub> =1. 67鉛直方向<br>設計震度<br>C <sub>V</sub> =1. 17 | C <sub>EV</sub> =0. 13       | C <sub>EH</sub> =0. 12       | 85*2               | 50                 |

注記\*1：基準床レベルを示す。  
\*2：機関冷却水最高運転温度。

2.2.2
機器要目

(1)
排気管ベローズ

| 部材          | m <sub>B</sub><br>(kg) | K <sub>B</sub><br>(N/mm) |
|-------------|------------------------|--------------------------|
| 排気管<br>ベローズ | <div></div>            | <div></div>              |

2.2.3
結論

2.2.3.1
機能確認応答加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度*<br>(×9. 8m/s <sup>2</sup> ) | 機能確認応答加速度 |
|-----|------|-----------------------------------------|-----------|
| 機 関 | 水平方向 | 1. 67                                   | 1. 1      |
|     | 鉛直方向 | 1. 17                                   | 1. 0      |
| ガバナ | 水平方向 | 1. 67                                   | 1. 8      |
|     | 鉛直方向 | 1. 17                                   | 1. 0      |

注記\*：基準地震動S<sub>s</sub>により定まる応答加速度とする。  
機関は、水平、鉛直方向ともに機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。  
ガバナは、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

2.2.3.2 高圧炉心スプレイズレイ系ディージェル機関の動的機能維持評価

2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト及び機関取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

| 2.2.3.2.1.1 ガバナ |      | (×9.8m/s <sup>2</sup> ) |          |
|-----------------|------|-------------------------|----------|
| 評価部位            | 方向   | 機能維持評価用加速度              | 機能確認済加速度 |
| ガバナ             | 水平方向 | 1.67                    | 4.0      |
|                 | 鉛直方向 | 1.17                    | 2.0      |

すべて機能確認済加速度以下である。

| 2.2.3.2.1.2 排気管ベローズ |     | (単位：mm) |  |
|---------------------|-----|---------|--|
| 評価部位                | 変位量 | 許容変位量   |  |
| 排気管ベローズ             |     |         |  |

許容変位量以下である。

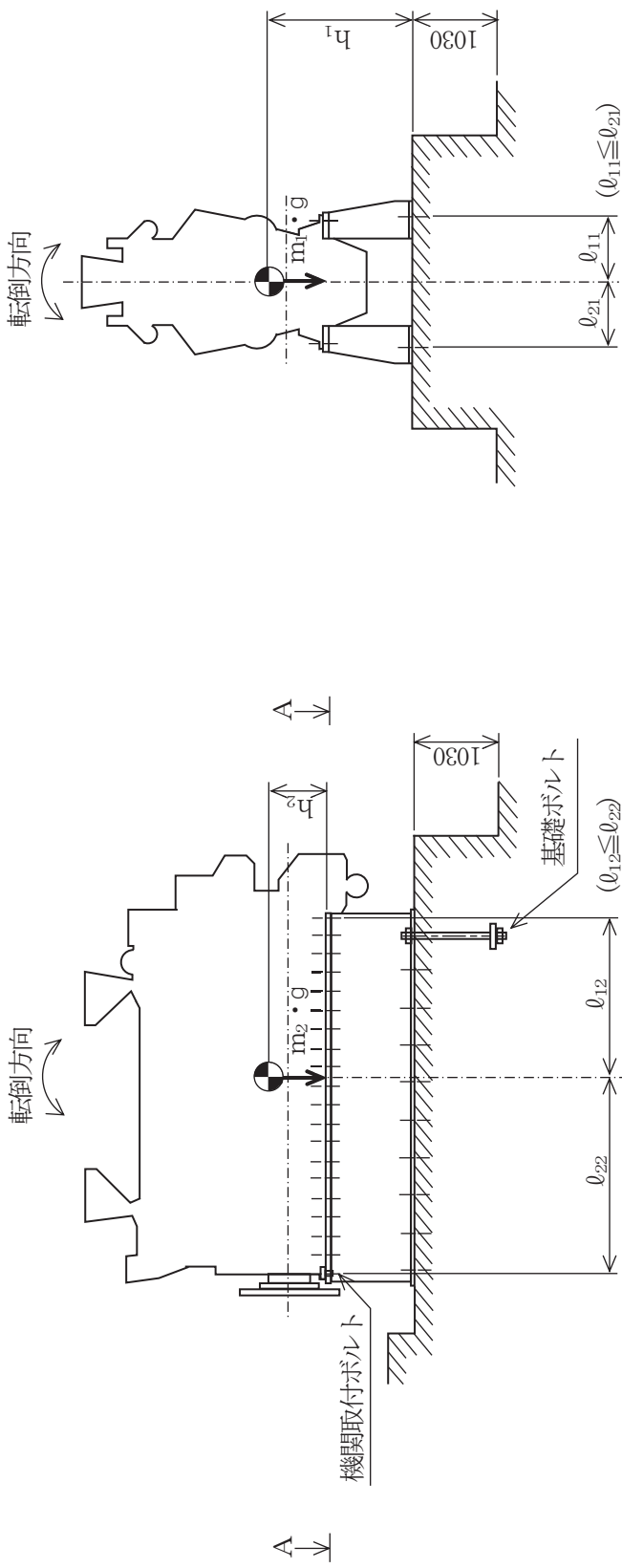
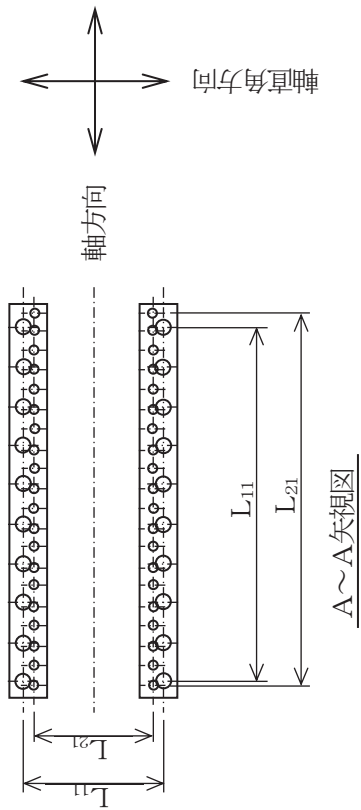
| 2.2.3.2.1.3 潤滑油オイルパン |     | (単位：mm) |  |
|----------------------|-----|---------|--|
| 評価部位                 | 変位量 | 許容変位量   |  |
| 潤滑油オイルパン             |     |         |  |

許容変位量以下である。

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

| 2.2.3.2.2.1 基準軸受 |                  | (×9.8m/s <sup>2</sup> ) |          |
|------------------|------------------|-------------------------|----------|
| 評価部位             | 方向               | 機能維持評価用加速度              | 機能確認済加速度 |
| 基準軸受             | 水平方向<br>(スラスト方向) | 1.67                    | 1.8      |

機能確認済加速度以下である。



## 2. 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機

### 2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の構造計画を表 2-1 に示す。



表 2-1
 構造計画

| 計画の概要                                                                            |                                                | 概略構造図          |
|----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|----------------|
| 基礎・支持構造                                                                          | 主体構造                                           |                |
| <p>発電機は直結側軸受台取付ボルト、反直結側軸受台取付ボルト及び固定子取り付ボルトで直接据付台床に取り付ける。据付台床は基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p> | <p>直結側軸受台部、反直結側軸受台部及び固定子部からなる横軸回転界磁三相交流発電機</p> | <p>(単位：mm)</p> |

### 2.2.2 評価方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」のうち「3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」にて算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の横形すべり軸受電動機であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

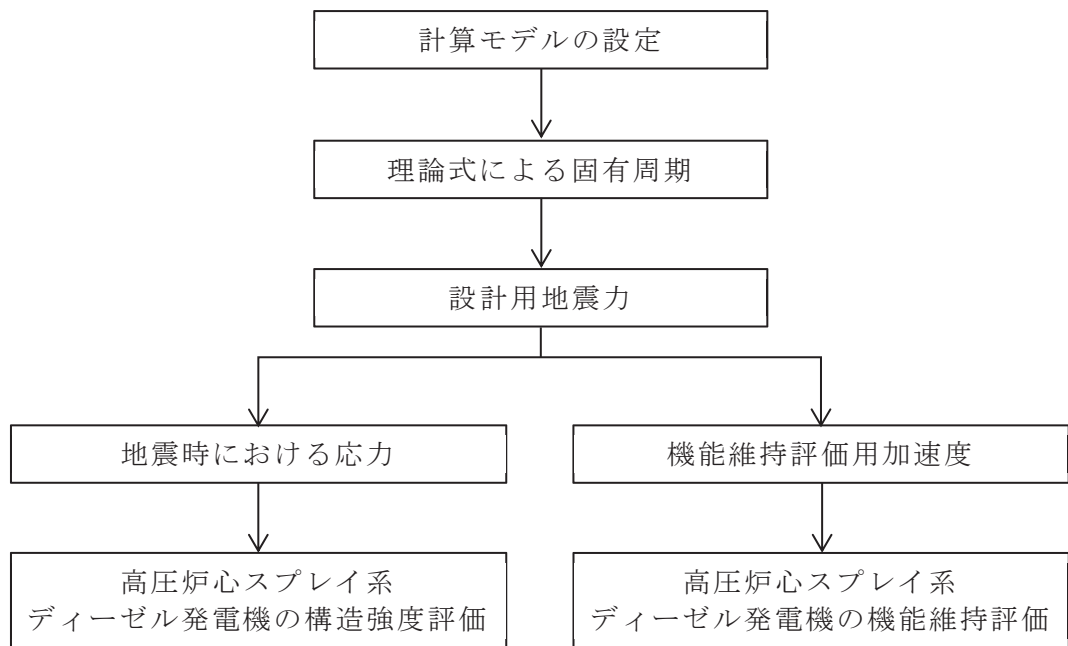


図 2-1 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震評価フロー

### 2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・補-1984)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下「設計・建設規格」という。)

#### 2.2.4 記号の説明

| 記号                   | 記号の説明                                                  | 単位                |
|----------------------|--------------------------------------------------------|-------------------|
| A                    | 最小断面積                                                  | mm <sup>2</sup>   |
| A <sub>bi</sub>      | ボルトの軸断面積* <sup>1</sup>                                 | mm <sup>2</sup>   |
| A <sub>s</sub>       | 最小有効せん断断面積                                             | mm <sup>2</sup>   |
| C <sub>P</sub>       | 機器振動による震度                                              | —                 |
| C <sub>H</sub>       | 水平方向設計震度                                               | —                 |
| C <sub>V</sub>       | 鉛直方向設計震度                                               | —                 |
| d <sub>i</sub>       | ボルトの呼び径* <sup>1</sup>                                  | mm                |
| E                    | 縦弾性係数                                                  | MPa               |
| F <sub>i</sub>       | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値* <sup>1</sup>               | MPa               |
| F <sub>i</sub> *     | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値* <sup>1</sup>                   | MPa               |
| F <sub>bi</sub>      | ボルトに作用する引張力（1本当たり）* <sup>1</sup>                       | N                 |
| f <sub>sbi</sub>     | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力* <sup>1</sup>                    | MPa               |
| f <sub>toi</sub>     | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>                      | MPa               |
| f <sub>t si</sub>    | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力* <sup>1</sup>                | MPa               |
| G                    | せん断弾性係数                                                | MPa               |
| g                    | 重力加速度（=9.80665）                                        | m/s <sup>2</sup>  |
| h <sub>i</sub>       | 据付面又は取付面から重心までの距離* <sup>2</sup>                        | mm                |
| I                    | 断面二次モーメント                                              | mm <sup>4</sup>   |
| L <sub>i</sub>       | 転倒支点となるボルトと評価対象となるボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup>            | mm                |
| ℓ <sub>1i</sub>      | 重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>          | mm                |
| ℓ <sub>2i</sub>      | 重心とボルト間の水平方向距離* <sup>1</sup> , * <sup>3</sup>          | mm                |
| M <sub>Gi</sub>      | 発電機回転により作用するモーメント* <sup>1</sup>                        | N・mm              |
| m <sub>i</sub>       | 運転時質量* <sup>2</sup>                                    | kg                |
| N                    | 回転速度（発電機の定格回転速度）                                       | min <sup>-1</sup> |
| n <sub>i</sub>       | ボルトの本数* <sup>1</sup>                                   | —                 |
| n <sub>fi</sub>      | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数* <sup>1</sup>                  | —                 |
| P                    | 発電機出力                                                  | kW                |
| Q <sub>bi</sub>      | ボルトに作用するせん断力* <sup>1</sup>                             | N                 |
| S <sub>ui</sub>      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値* <sup>1</sup>           | MPa               |
| S <sub>yi</sub>      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値* <sup>1</sup>           | MPa               |
| S <sub>yi</sub> (RT) | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の40℃における値* <sup>1</sup> | MPa               |

| 記号            | 記号の説明          | 単位  |
|---------------|----------------|-----|
| $T_H$         | 水平方向固有周期       | s   |
| $T_V$         | 鉛直方向固有周期       | s   |
| $\pi$         | 円周率            | —   |
| $\sigma_{bi}$ | ボルトに生じる引張応力*1  | MPa |
| $\tau_{bi}$   | ボルトに生じるせん断応力*1 | MPa |

注記\*1： $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  $f_{tsi}$ ,  $L_i$ ,  $\ell_{1i}$ ,  $\ell_{2i}$ ,  $M_{Gi}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}$  (RT),  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 基礎ボルト

$i = 2$  : 固定子取付ボルト

$i = 3$  : 直結側軸受台取付ボルト

$i = 4$  : 反直結側軸受台取付ボルト

\*2： $h_i$ 及び $m_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$  : 据付面

$i = 2$  : 固定子取付面

$i = 3$  : 直結側軸受台取付面

$i = 4$  : 反直結側軸受台取付面

\*3： $\ell_{1i} \leq \ell_{2i}$

### 2.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期  | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度    | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度    | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量    | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ    | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積    | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント | N・mm            | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力     | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>      |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 2.3 評価部位

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて評価を実施する。

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

## 2.4 固有周期

### 2.4.1 固有周期の計算方法

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の固有周期の計算方法を以下に示す。

#### (1) 計算モデル

- a. 発電機の質量は、重心に集中するものとする。
- b. 発電機は据付台床上にあり、据付台床は基礎ボルトで基礎に固定されるものとする。また、直結側軸受台、反直結側軸受台及び固定子は、据付台床上に取付ボルトで固定されるものとする。
- c. 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

発電機は、図 2-2 に示す下端固定の 1 質点系振動モデルとして考える。

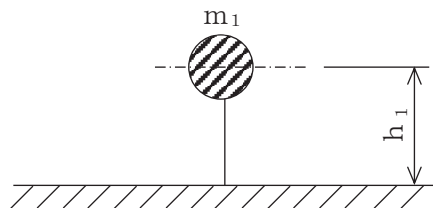


図 2-2 固有周期の計算モデル

#### (2) 水平方向固有周期

水平方向固有周期は次式で求める。

$$T_H = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \left( \frac{h_1^3}{3 \cdot E \cdot I} + \frac{h_1}{A_s \cdot G} \right)} \quad \dots\dots\dots (2.4.1.1)$$

#### (3) 鉛直方向固有周期

鉛直方向固有周期は次式で求める。

$$T_V = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{m_1}{1000} \cdot \frac{h_1}{A \cdot E}} \quad \dots\dots\dots (2.4.1.2)$$

### 2.4.2 固有周期の計算条件

固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。



### 2.4.3 固有周期の計算結果

固有周期の計算結果を表 2-3 に示す。計算の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 2-3 固有周期 (単位：s)

|      |  |  |  |
|------|--|--|--|
| 水平方向 |  |  |  |
| 鉛直方向 |  |  |  |

## 2.5 構造強度評価

### 2.5.1 構造強度評価方法

2.4.1 項(1)a.～c.のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は発電機に対して水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 転倒方向は図 2-3～図 2-10 における軸直角方向及び軸方向について検討し、計算書には計算結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。

### 2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

#### 2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

#### 2.5.2.2 許容応力

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-6 のとおりとする。

#### 2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-7 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 2-8 に示す。

表 2-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分               | 機器名称                  | 耐震重要度分類 | 機器等の区分         | 荷重の組合せ                    | 許容応力状態          |
|--------------------|-----------------------|---------|----------------|---------------------------|-----------------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 高圧炉心スプレイス<br>ディーゼル発電機 | S       | — <sup>*</sup> | $D + P_D + M_D + S_d^{*}$ | Ⅲ <sub>AS</sub> |
|                    |                       |         |                | $D + P_D + M_D + S_s$     | Ⅳ <sub>AS</sub> |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 2-5 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分               | 機器名称                  | 設備分類 <sup>*1</sup> | 機器等の区分          | 荷重の組合せ                        | 許容応力状態                                                             |
|--------------------|-----------------------|--------------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 高圧炉心スプレイス<br>ディーゼル発電機 | 常設／防止<br>(DB 拡張)   | — <sup>*2</sup> | $D + P_D + M_D + S_s^{*3}$    | Ⅳ <sub>AS</sub>                                                    |
|                    |                       |                    |                 | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V <sub>AS</sub><br>(V <sub>AS</sub> としてⅣ <sub>AS</sub> の許容限界を用いる。) |

注記＊1：「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

＊2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

＊3：「 $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ 」の評価に包絡されるため，評価結果の記載を省略する。

表 2-6
 許容応力（その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態                                                             | 許容限界*1, *2<br>(ボルト等) |                   |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------|-------------------|
|                                                                    | 一次応力                 |                   |
|                                                                    | 引張り                  | せん断               |
|                                                                    | $1.5 \cdot f_t$      | $1.5 \cdot f_s$   |
| Ⅲ <sub>AS</sub>                                                    |                      |                   |
| Ⅳ <sub>AS</sub>                                                    |                      |                   |
| V <sub>AS</sub><br>(V <sub>AS</sub> としてⅣ <sub>AS</sub> の許容限界を用いる。) | $1.5 \cdot f_t^*$    | $1.5 \cdot f_s^*$ |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-7
 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材             | 材料 | 温度条件<br>(℃) |    | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (RT)<br>(MPa) |
|------------------|----|-------------|----|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 基礎ボルト            |    | 周囲環境温度      | 50 | 339                     | 556                     | —                            |
| 固定子取付ボルト         |    | 周囲環境温度      | 50 | 241                     | 391                     | —                            |
| 直結側軸受台<br>取付ボルト  |    | 周囲環境温度      | 50 | 241                     | 391                     | —                            |
| 反直結側軸受台<br>取付ボルト |    | 周囲環境温度      | 50 | 241                     | 391                     | —                            |

表 2-8
 使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

| 評価部材             | 材料 | 温度条件<br>(℃) |    | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (RT)<br>(MPa) |
|------------------|----|-------------|----|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| 基礎ボルト            |    | 周囲環境温度      | 50 | 339                     | 556                     | —                            |
| 固定子取付ボルト         |    | 周囲環境温度      | 50 | 241                     | 391                     | —                            |
| 直結側軸受台<br>取付ボルト  |    | 周囲環境温度      | 50 | 241                     | 391                     | —                            |
| 反直結側軸受台<br>取付ボルト |    | 周囲環境温度      | 50 | 241                     | 391                     | —                            |

### 2.5.3 設計用地震力

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

評価に用いる設計用地震力を表 2-9 及び表 2-10 に示す。

表 2-9 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)             | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|---------------------------------------|----------|------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                       | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 原子炉建屋<br>O.P. 15.00*<br>(O.P. 16.245) |          |      | $C_H=0.99$               | $C_V=0.82$   | $C_H=2.00$   | $C_V=1.41$   |

注記＊：基準床レベルを示す。

表 2-10 設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)             | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|---------------------------------------|----------|------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                       | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 原子炉建屋<br>O.P. 15.00*<br>(O.P. 16.245) |          |      | —                        | —            | $C_H=2.00$   | $C_V=1.41$   |

注記＊：基準床レベルを示す。

## 2.5.4 計算方法

### 2.5.4.1 応力の計算方法

#### 2.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は地震による震度，機器振動による震度及び発電機回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

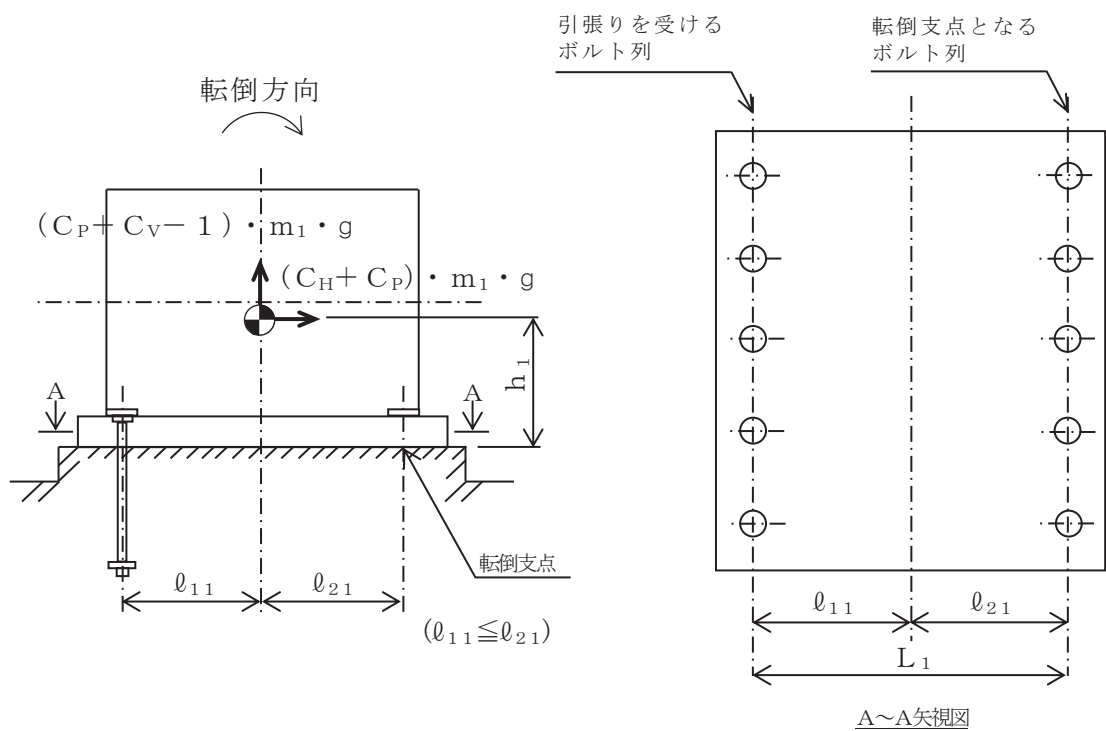


図 2-3 計算モデル（軸直角方向転倒）

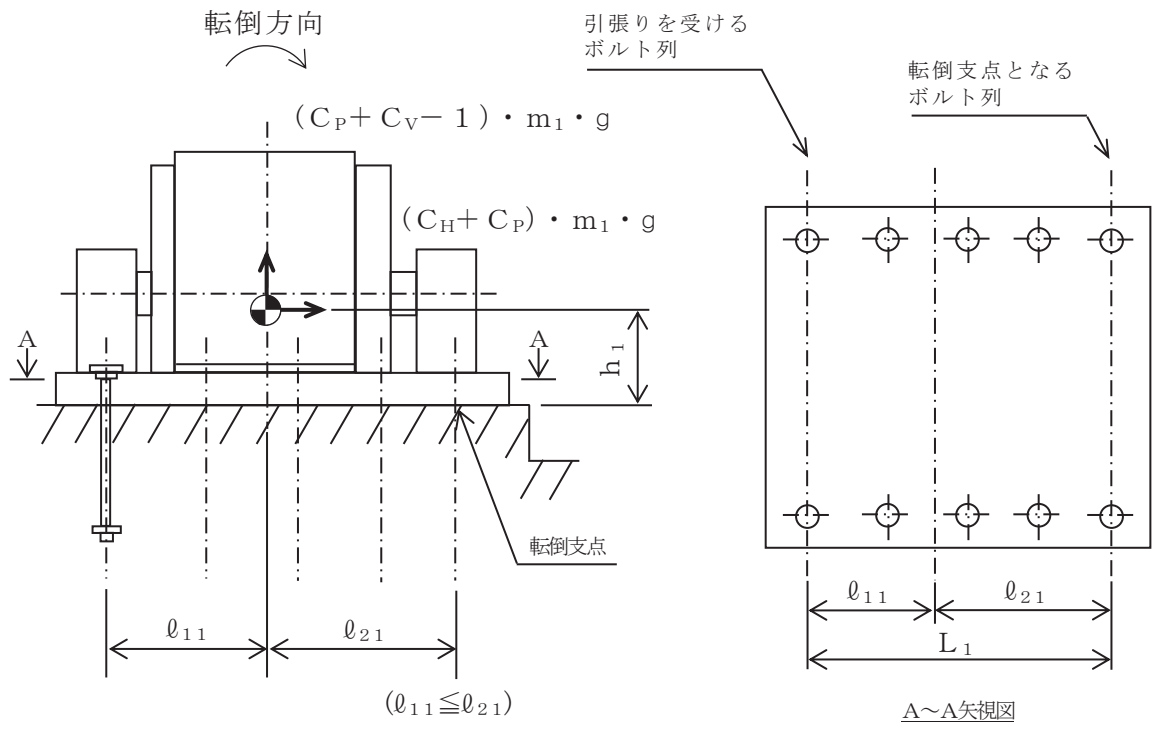


図 2-4 計算モデル（軸方向転倒）



(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図 2-3 及び図 2-4 で基礎ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の基礎ボルトで受けるものとして計算する。

なお、図 2-4 の場合は、発電機回転によるモーメント<sup>\*1</sup>は作用しない。

引張力

$$F_{b1} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m_1 \cdot g \cdot h_1 + M_{G1}^{*1}}{n_{f1} \cdot L_1} - \frac{(1 - C_V - C_P) \cdot m_1 \cdot g \cdot \ell_{21}^{*2}}{n_{f1} \cdot L_1} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.1)$$

ここで、 $C_P$ は発電機の回転による機器振動を考慮して定める値である。

注記\*1：発電機回転によるモーメント $M_{G1}$ は次式により求める。

$$M_{G1} = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad (1kW = 10^6 N \cdot mm / s)$$

\*2： $(1 - C_V - C_P) \geq 0$  の場合は、 $\ell_{11}$ とする。

$(1 - C_V - C_P) < 0$  の場合は、 $\ell_{21}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b1} = \frac{F_{b1}}{A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.2)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 $A_{b1}$ は次式より求める。

$$A_{b1} = \frac{\pi}{4} \cdot d_1^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.3)$$

ただし、 $F_{b1}$ が負のとき基礎ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は基礎ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b1} = (C_H + C_P) \cdot m_1 \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{Q_{b1}}{n_1 \cdot A_{b1}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.1.5)$$

#### 2.5.4.1.2 固定子取付ボルトの計算方法

固定子取付ボルトの応力は地震による震度、機器振動による震度及び発電機回転により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

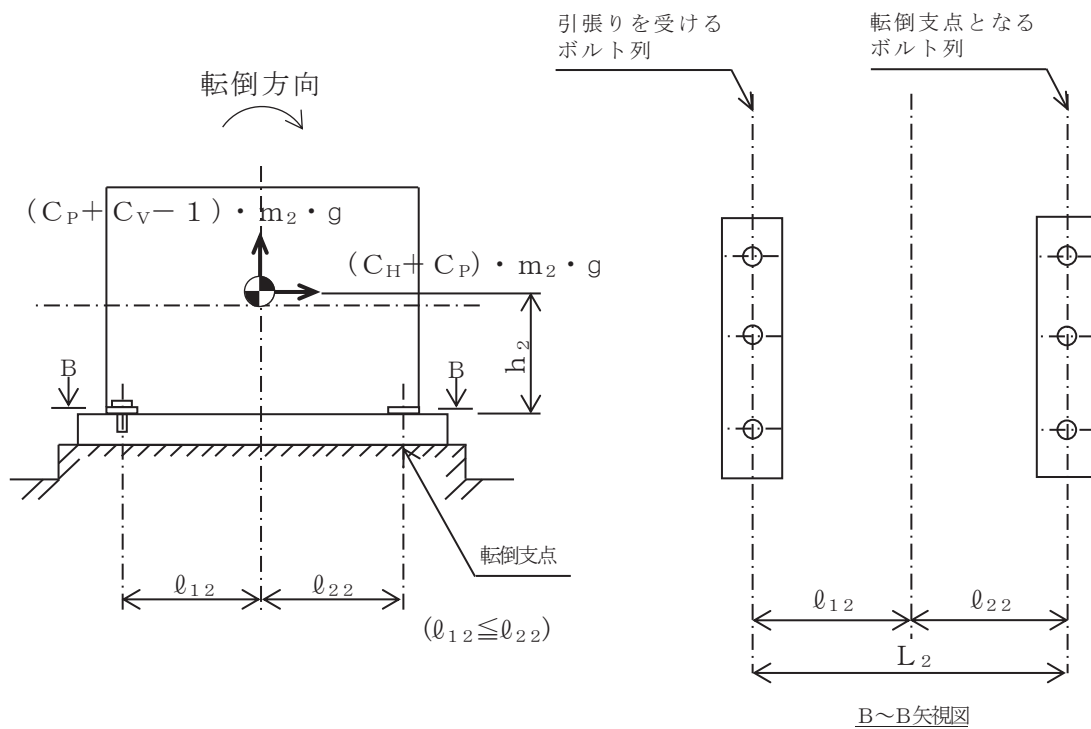


図 2-5 計算モデル（軸直角方向転倒）

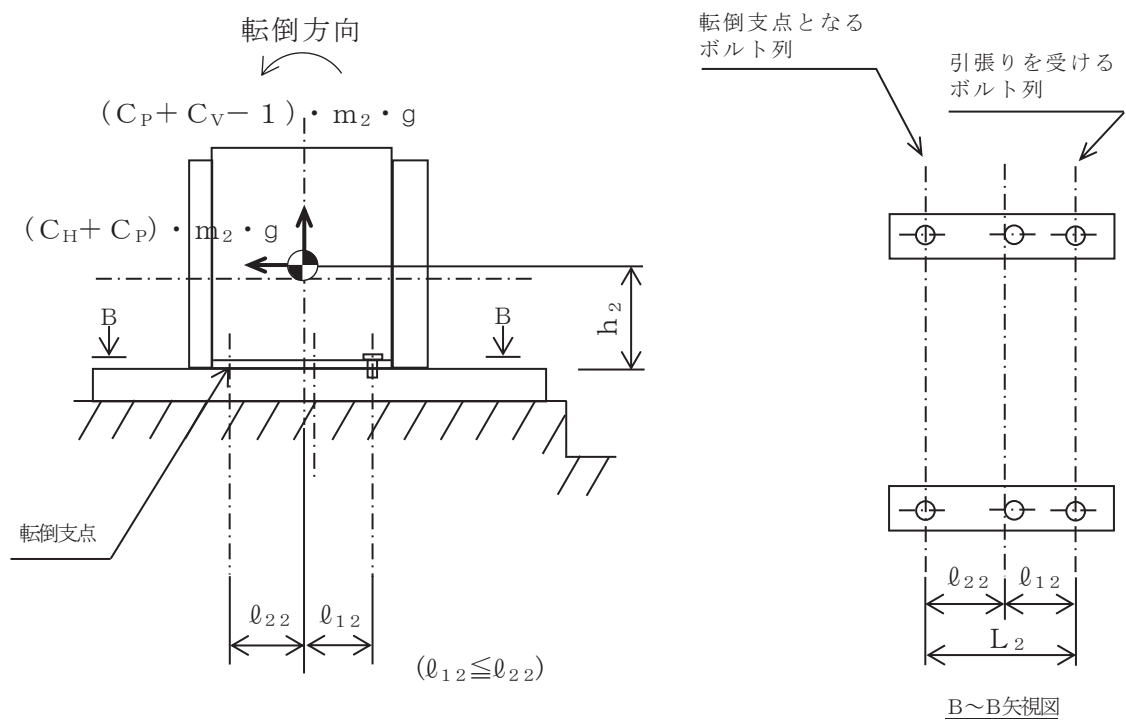


図 2-6 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

固定子取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として、図 2-5 及び図 2-6 で固定子取付ボルトを支点とする転倒を考え、これを片側の列の固定子取付ボルトで受けるものとして計算する。

なお、図 2-6 の場合は、発電機回転によるモーメント<sup>\*1</sup>は作用しない。

引張力

$$F_{b2} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m_2 \cdot g \cdot h_2 + M_{G2}^{*1}}{n_{f2} \cdot L_2} - \frac{(1 - C_V - C_P) \cdot m_2 \cdot g \cdot \ell_{22}^{*2}}{n_{f2} \cdot L_2} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.1)$$

ここで、 $C_P$ は発電機の回転による機器振動を考慮して定める値である。

注記\*1：発電機回転によるモーメント $M_{G2}$ は次式により求める。

$$M_{G2} = \left( \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \right) \cdot 10^6 \cdot P \quad (1kW = 10^6 N \cdot mm / s)$$

\*2： $(1 - C_V - C_P) \geq 0$  の場合は、 $\ell_{12}$ とする。

$(1 - C_V - C_P) < 0$  の場合は、 $\ell_{22}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b2} = \frac{F_{b2}}{A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.2)$$

ここで、固定子取付ボルトの軸断面積 $A_{b2}$ は次式より求める。

$$A_{b2} = \frac{\pi}{4} \cdot d_2^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.3)$$

ただし、 $F_{b2}$ が負のとき固定子取付ボルトには引張力が生じないので、引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

固定子取付ボルトに対するせん断力は固定子取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b2} = (C_H + C_P) \cdot m_2 \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_{b2}}{n_2 \cdot A_{b2}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.2.5)$$

### 2.5.4.1.3 直結側軸受台取付ボルトの計算方法

直結側軸受台取付ボルトの応力は地震による震度、機器振動による震度によって生じる引張力とせん断力について計算する。

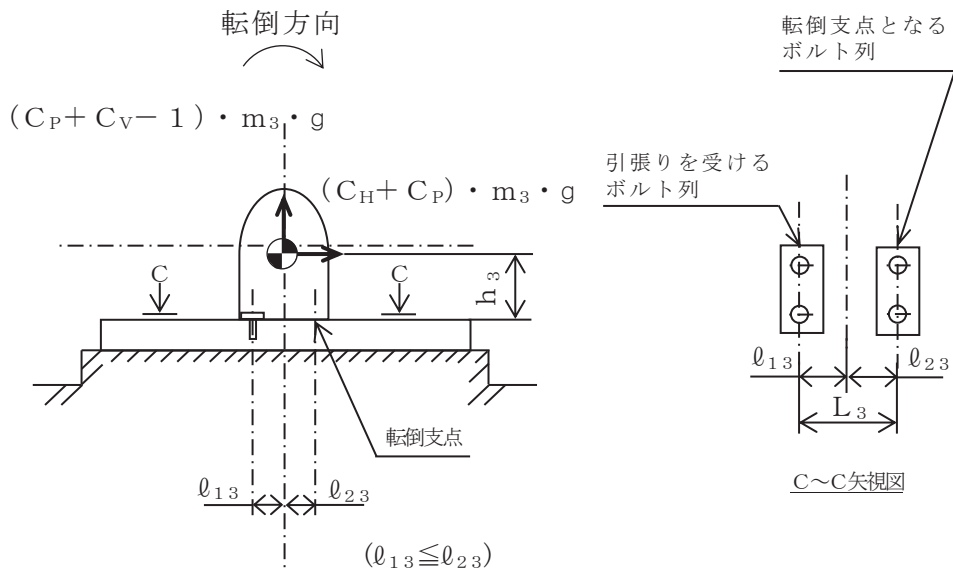


図 2-7 計算モデル（軸直角方向転倒）

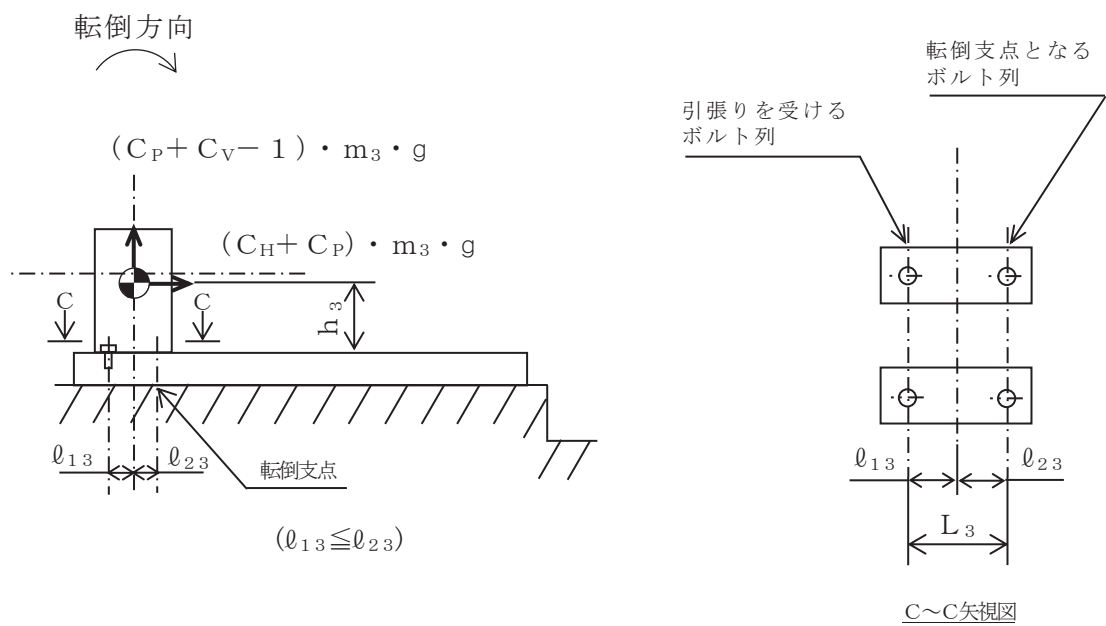


図 2-8 計算モデル（軸方向転倒）



(1) 引張応力

直結側軸受台取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として，図 2-7 及び図 2-8 で直結側軸受台取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の列の直結側軸受台取付ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b3} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m_3 \cdot g \cdot h_3}{n_{f3} \cdot L_3} - \frac{(1 - C_V - C_P) \cdot m_3 \cdot g \cdot \ell_{23}^*}{n_{f3} \cdot L_3} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.1)$$

ここで， $C_P$ は発電機の回転による機器振動を考慮して定める値である。

注記\*：  $(1 - C_V - C_P) \geq 0$  の場合は， $\ell_{13}$ とする。

$(1 - C_V - C_P) < 0$  の場合は， $\ell_{23}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b3} = \frac{F_{b3}}{A_{b3}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.2)$$

ここで，直結側軸受台取付ボルトの軸断面積  $A_{b3}$  は次式より求める。

$$A_{b3} = \frac{\pi}{4} \cdot d_3^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.3)$$

ただし， $F_{b3}$ が負のとき直結側軸受台取付ボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

直結側軸受台取付ボルトに対するせん断力は直結側軸受台取付ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b3} = (C_H + C_P) \cdot m_3 \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b3} = \frac{Q_{b3}}{n_3 \cdot A_{b3}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.3.5)$$

#### 2.5.4.1.4 反直結側軸受台取付ボルトの計算方法

反直結側軸受台取付ボルトの応力は地震による震度，機器振動による震度によって生じる引張力とせん断力について計算する。

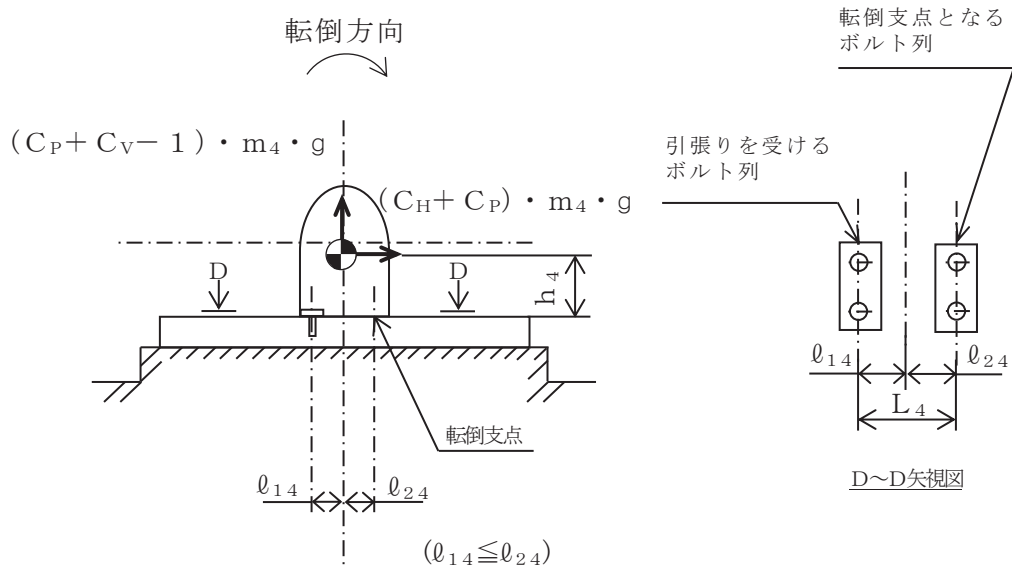


図 2-9 計算モデル（軸直角方向転倒）

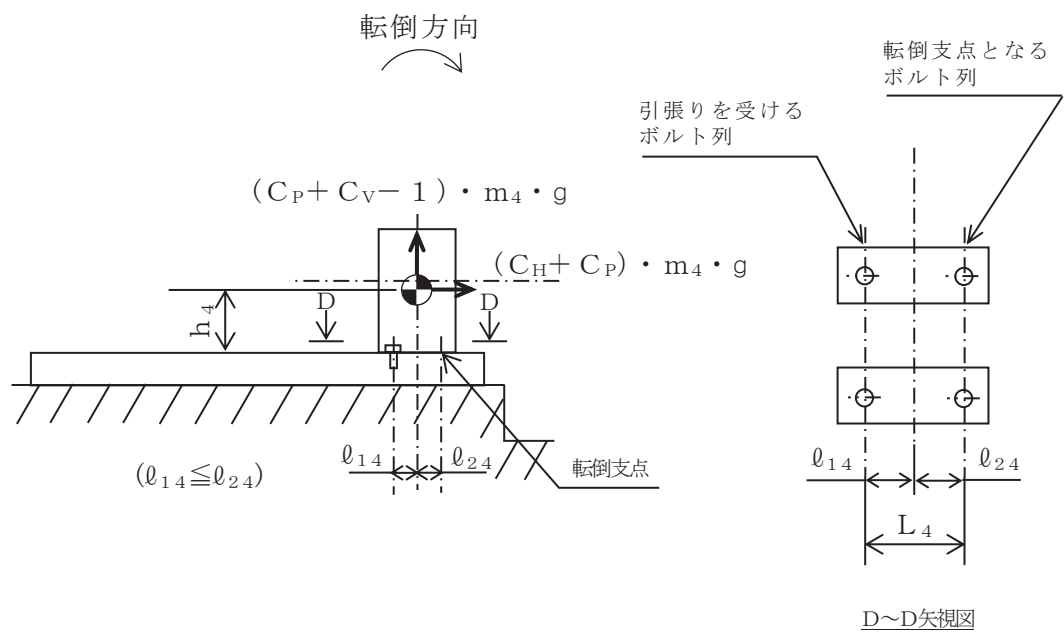


図 2-10 計算モデル（軸方向転倒）

(1) 引張応力

反直結側軸受台取付ボルトに対する引張力は最も厳しい条件として，図 2-9 及び図 2-10 で反直結側軸受台取付ボルトを支点とする転倒を考え，これを片側の列の反直結側軸受台取付ボルトで受けるものとして計算する。

引張力

$$F_{b4} = \frac{(C_H + C_P) \cdot m_4 \cdot g \cdot h_4}{n_{f4} \cdot L_{14}} - \frac{(1 - C_V - C_P) \cdot m_4 \cdot g \cdot \ell_{24}^*}{n_{f4} \cdot L_4} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.4.1)$$

ここで， $C_P$ は発電機の回転による機器振動を考慮して定める値である。

注記\*：  $(1 - C_V - C_P) \geq 0$  の場合は， $\ell_{14}$ とする。

$(1 - C_V - C_P) < 0$  の場合は， $\ell_{24}$ とする。

引張応力

$$\sigma_{b4} = \frac{F_{b4}}{A_{b4}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.4.2)$$

ここで，反直結側軸受台取付ボルトの軸断面積  $A_{b4}$  は次式より求める。

$$A_{b4} = \frac{\pi}{4} \cdot d_4^2 \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.4.3)$$

ただし， $F_{b4}$ が負のとき反直結側軸受台取付ボルトには引張力が生じないので，引張応力の計算は行わない。

(2) せん断応力

反直結側軸受台取付ボルトに対するせん断力は反直結側軸受台取付ボルト全  
本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{b4} = (C_H + C_P) \cdot m_4 \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.4.4)$$

せん断応力

$$\tau_{b4} = \frac{Q_{b4}}{n_4 \cdot A_{b4}} \quad \dots\dots\dots (2.5.4.1.4.5)$$

## 2.5.5 計算条件

### 2.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

基礎ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 2.5.5.2 固定子取付ボルトの応力計算条件

固定子取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 2.5.5.3 直結側軸受台取付ボルトの応力計算条件

直結側軸受台取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 2.5.5.4 反直結側軸受台取付ボルトの応力計算条件

反直結側軸受台取付ボルトの応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

## 2.5.6 応力の評価

### 2.5.6.1 ボルトの応力評価

2.5.4.1 項で求めたボルトの引張応力  $\sigma_{bi}$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{tsi}$  以下であること。

ただし、 $f_{toi}$  は下表による。

$$f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}] \quad \dots\dots\dots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_{bi}$  はせん断力のみ受けるボルトの許容せん断応力  $f_{sbi}$  以下であること。

ただし、 $f_{sbi}$  は下表による。

|                      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度による<br>荷重との組合せの場合  | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合                |
|----------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_{toi}$  | $\frac{F_i}{2} \cdot 1.5$                  | $\frac{F_i^*}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sbi}$ | $\frac{F_i}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F_i^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |



## 2.6 機能維持評価

### 2.6.1 基本方針

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の横形すべり軸受電動機と同等の構造であり、機能維持評価において機能維持評価用加速度が表 2-11 に示す機能確認済加速度を上回ることから、J E A G 4 6 0 1 に定められた評価部位の健全性を詳細評価することで動的機能維持の確認を行う。

詳細評価に用いる機能維持評価用加速度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき、基準地震動  $S_s$  により定まる設計用最大応答加速度（1.0ZPA）を設定する。

表 2-11 機能確認済加速度  $(\times 9.8\text{m/s}^2)$

| 評価部位 | 形式      | 方向   | 機能確認済加速度 |
|------|---------|------|----------|
| 発電機  | 横形すべり軸受 | 水平方向 | 2.6      |
|      |         | 鉛直方向 | 1.0      |

## 2.6.2 動的機能維持評価

### 2.6.2.1 評価対象部位

J E A G 4 6 0 1 の電動機の動的機能維持評価に従い，以下の部位について評価を実施する。

- a. 基礎ボルト，取付ボルト
- b. 固定子
- c. 軸（回転子）
- d. 端子箱
- e. 軸受
- f. 固定子と回転子のクリアランス
- g. フレーム
- h. 軸継手

このうち，「a. 基礎ボルト，取付ボルト」については，「2.5 構造強度評価」に従って評価を行った「2.7 評価結果」にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認している。

また，「h. 軸継手」は機関軸と発電機軸をリジットに接続するタイプであり，相対変位が発生しないこと，および地震荷重については軸受で負担するため軸継手部には有意な応力が発生しないことから，計算書の評価対象外とする。

### 2.6.2.2 評価基準値

軸（回転子）及びフレームの許容応力は，クラス 2 ポンプの許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。固定子の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。端子箱の許容応力はクラス 2 支持構造物の許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S に準拠し設定する。また軸受については，軸受の許容面圧荷重を，固定子と回転子間のクリアランスは，変位可能寸法を評価基準値として設定する。

## 2.6.2.3 記号の説明

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の動的機能維持評価に使用する記号を表 2-12 に示す。

表 2-12 記号の説明

| 記号         | 記号の説明                                                | 単位                       |
|------------|------------------------------------------------------|--------------------------|
| $A_{bti}$  | 端子箱取付ボルトの断面積 <sup>*1</sup>                           | $\text{mm}^2$            |
| $C_P$      | 機器振動による震度                                            | —                        |
| $C_H$      | 水平方向設計震度                                             | —                        |
| $C_V$      | 鉛直方向設計震度                                             | —                        |
| $D$        | 固定子の外径                                               | mm                       |
| $d_s$      | 軸の径                                                  | mm                       |
| $F_{bti}$  | 端子箱取付ボルトに作用する引張力 <sup>*1</sup>                       | N                        |
| $F_k$      | 固定子に生じる組合せ荷重                                         | N                        |
| $F_{kg}$   | 水平方向地震力により固定子に生じる荷重                                  | N                        |
| $F_{kt}$   | 発電機の回転により固定子に生じる荷重                                   | N                        |
| $F_{kf}$   | 固定子取付ボルトに作用する引張力                                     | N                        |
| $F_{bi}$   | 軸受に生じる荷重 <sup>*2</sup>                               | N                        |
| $F_s$      | 軸の重心位置に生じる荷重                                         | N                        |
| $Q_{kf}$   | 固定子取付ボルトに作用するせん断力                                    | N                        |
| $Q_{bti}$  | 端子箱取付ボルトに作用するせん断力 <sup>*1</sup>                      | N                        |
| $Q_{bt1i}$ | 水平方向地震力により端子箱取付ボルトに作用するせん断力 <sup>*1</sup>            | N                        |
| $Q_{bt2i}$ | 鉛直方向地震力により端子箱取付ボルトに作用するせん断力 <sup>*1</sup>            | N                        |
| $g$        | 重力加速度 (=9.80665)                                     | $\text{m/s}^2$           |
| $\ell$     | 固定子の溶接長さ                                             | mm                       |
| $s$        | 固定子のすみ肉脚長                                            | mm                       |
| $M_f$      | フレーム取付脚に作用する曲げモーメント                                  | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_s$      | 軸に作用する曲げモーメント                                        | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_t$      | 軸に作用するねじりモーメント                                       | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $N$        | 回転速度 (発電機の定格回転速度)                                    | $\text{min}^{-1}$        |
| $n_k$      | 固定子取付ボルトの本数                                          | —                        |
| $n_{kf}$   | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 (フレーム)                       | —                        |
| $n_w$      | 固定子の溶接数                                              | —                        |
| $n_{bti}$  | 端子箱取付ボルトの本数 <sup>*1</sup>                            | —                        |
| $n_{btHi}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 <sup>*1</sup><br>(水平方向)(端子箱) | —                        |
| $n_{btVi}$ | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 <sup>*1</sup><br>(鉛直方向)(端子箱) | —                        |
| $P$        | 発電機出力                                                | kW                       |
| $S_{bi}$   | 軸受の投影面積 <sup>*2</sup>                                | $\text{mm}^2$            |

| 記号             | 記号の説明                                  | 単位              |
|----------------|----------------------------------------|-----------------|
| $T_m$          | 発電機の回転による発生トルク                         | N・mm            |
| $W_{bti}$      | 端子箱の質量 <sup>*1</sup>                   | kg              |
| $W_k$          | 固定子の質量                                 | kg              |
| $W_s$          | 軸の質量                                   | kg              |
| $E$            | 軸の縦弾性係数                                | MPa             |
| $Z_s$          | 軸の断面係数                                 | mm <sup>3</sup> |
| $I_s$          | 軸の断面二次モーメント                            | mm <sup>4</sup> |
| $Z_f$          | フレーム取付脚の断面係数                           | mm <sup>3</sup> |
| $J$            | フレーム取付脚の長さ                             | mm              |
| $K$            | フレーム取付脚の厚さ                             | mm              |
| $L$            | 軸受間の距離                                 | mm              |
| $L_i$          | 軸受から軸重心までの距離 <sup>*3</sup>             | mm              |
| $\ell_{f1}$    | 重心とボルト間の水平方向距離（フレーム） <sup>*4</sup>     | mm              |
| $\ell_{f2}$    | 重心とボルト間の水平方向距離（フレーム） <sup>*4</sup>     | mm              |
| $\ell_{ft}$    | フレーム取付脚棚板から固定子取付ボルトまでの距離               | mm              |
| $h_k$          | 固定子取付面から重心までの距離                        | mm              |
| $h_i$          | 端子箱取付面から重心までの距離 <sup>*1</sup>          | mm              |
| $\ell_{bt1i}$  | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離(端子箱) <sup>*1</sup>    | mm              |
| $\ell_{bt2i}$  | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離(端子箱) <sup>*1</sup> | mm              |
| $\ell_{bt3i}$  | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離(端子箱) <sup>*1</sup> | mm              |
| $\sigma_{bti}$ | 端子箱取付ボルトに生じる引張応力 <sup>*1</sup>         | MPa             |
| $\sigma_{bi}$  | 軸受に生じる面圧 <sup>*2</sup>                 | MPa             |
| $\sigma_{fm}$  | フレーム取付脚に生じる組合せ応力                       | MPa             |
| $\sigma_f$     | フレーム取付脚に生じる曲げ応力                        | MPa             |
| $\sigma_{sm}$  | 軸に生じる組合せ応力                             | MPa             |
| $\sigma_s$     | 軸に生じる曲げ応力                              | MPa             |
| $\tau_{bti}$   | 端子箱取付ボルトに生じるせん断応力 <sup>*1</sup>        | MPa             |
| $\tau_f$       | フレーム取付脚に生じるせん断応力                       | MPa             |
| $\tau_k$       | 固定子に生じるせん断応力                           | MPa             |
| $\tau_s$       | 発電機の回転によるねじり応力                         | MPa             |
| $t$            | 軸の最大変位量                                | mm              |

注記\*1:  $A_{bti}$ ,  $F_{bti}$ ,  $Q_{bti}$ ,  $Q_{bt1i}$ ,  $Q_{bt2i}$ ,  $n_{bti}$ ,  $n_{btHi}$ ,  $n_{btVi}$ ,  $W_{bti}$ ,  $h_i$ ,  $\ell_{bt1i}$ ,  $\ell_{bt2i}$ ,  $\ell_{bt3i}$ ,  $\sigma_{bti}$ 及び $\tau_{bti}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 界磁用端子箱取付ボルト

$i = 2$ : 線路用端子箱取付ボルト

$i = 3$ : 中性点用端子箱取付ボルト

$i = 4$ : 速度検出器用端子箱取付ボルト

\*2:  $F_{bi}$ ,  $S_{bi}$ 及び $\sigma_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 直結側軸受

$i = 2$ : 反直結側軸受

\*3:  $L_i$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i = 1$ : 直結側軸受から軸重心までの距離

$i = 2$ : 反直結側軸受から軸重心までの距離

\*4:  $\ell_{f1} \leq \ell_{f2}$

#### 2.6.2.4 評価方法

##### (1) 固定子

発電機の回転によるトルクは次式で求める。

$$T_m = \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot 10^6 \cdot P \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.1)$$

発電機の回転による荷重は次式で求める。

$$F_{kt} = \frac{T_m}{1/2 \cdot D} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.2)$$

水平方向地震力により発生する荷重は次式で求める。

$$F_{kg} = W_k \cdot g \cdot (C_H + C_P) \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.3)$$

せん断応力は次式で求める。

$$F_k = \sqrt{F_{kt}^2 + F_{kg}^2} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.4)$$

$$\tau_k = \frac{F_k}{0.7 \cdot s \cdot \ell \cdot n_w} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.5)$$

##### (2) 軸（回転子）

軸の重心位置に生じる荷重を次式で求める。

$$F_s = W_s \cdot g \cdot \sqrt{(C_H + C_P)^2 + (1 + C_V + C_P)^2} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.6)$$

軸に生じる最大曲げモーメントは次式で求める。

$$M_s = \frac{F_s \cdot L_1 \cdot L_2}{L} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.7)$$

軸の断面係数を次式で求める。

$$Z_s = \frac{\pi \cdot d_s^3}{32} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.8)$$

軸に生じる曲げ応力を次式で求める。

$$\sigma_s = \frac{M_s}{Z_s} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.9)$$

軸の回転によるねじりモーメントは次式で求める。

$$M_t = \frac{60}{2 \cdot \pi \cdot N} \cdot 10^6 \cdot P \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.10)$$

軸に生じるねじり応力を次式で求める。

$$\tau_s = \frac{16 \cdot M_t}{\pi \cdot d_s^3} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.11)$$

軸に生じる組合せ応力を次式で求める。

$$\sigma_{sm} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_s + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_s^2 + 4 \cdot \tau_s^2} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.12)$$

### (3) 端子箱

端子箱取付ボルトに生じる引張力は、次式のうち評価上より厳しい条件となる値を採用する。

$$F_{bti} = \frac{W_{bti} \cdot (1 + C_v + C_p) \cdot h_i \cdot g}{n_{btvi} \cdot \ell_{bt2i}} + \frac{W_{bti} \cdot (C_H + C_P) \cdot h_i \cdot g}{n_{bthi} \cdot \ell_{bt3i}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.13)$$

$$F_{bti} = \frac{W_{bti} \cdot (1 + C_v + C_p) \cdot h_i \cdot g}{n_{btvi} \cdot \ell_{bt2i}} + \frac{W_{bti} \cdot (C_H + C_P) \cdot \ell_{bt1i} \cdot g}{n_{btvi} \cdot \ell_{bt2i}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.14)$$

端子箱取付ボルトに生じる引張応力を次式で求める。

$$\sigma_{bti} = \frac{F_{bti}}{A_{bti}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.15)$$

端子箱取付ボルトに生じるせん断力を次式で求める。

$$Q_{b\ t\ 1\ i} = W_{b\ t\ i} \cdot (C_H + C_P) \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.16)$$

$$Q_{b\ t\ 2\ i} = W_{b\ t\ i} \cdot (1 + C_V + C_P) \cdot g \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.17)$$

$$Q_{b\ t\ i} = \sqrt{Q_{b\ t\ 1\ i}^2 + Q_{b\ t\ 2\ i}^2} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.18)$$

端子箱取付ボルトに生じるせん断応力を次式で求める。

$$\tau_{b\ t\ i} = \frac{Q_{b\ t\ i}}{n_{b\ t\ i} \cdot A_{b\ t\ i}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.19)$$

(4) 軸受

軸受に生じる荷重を次式で求める。

$$F_{b\ i} = F_s \cdot \frac{L - L_i}{L} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.20)$$

軸受に生じる面圧を次式で求める。

$$\sigma_{b\ i} = \frac{F_{b\ i}}{S_{b\ i}} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.21)$$

(5) 固定子と回転子のクリアランス

軸の断面二次モーメントを次式で求める。

$$I_s = \frac{\pi \cdot d_s^4}{64} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.22)$$

軸の最大変位量を次式で求める。

$$t = \frac{F_s \cdot L_1 \cdot \{L^2 - L_1^2\}^{3/2}}{9 \cdot \sqrt{3} \cdot E \cdot I_s \cdot L} \quad \dots\dots\dots (2.6.2.4.23)$$



(6) フレーム

固定子取付ボルトに生じる引張力を次式で求める。

$$F_{k f} = \frac{W_k \cdot g \cdot (C_H + C_P) \cdot h_k - W_k \cdot g \cdot (1 - C_P - C_V) \cdot \ell_{f 2}}{n_{k f} \cdot (\ell_{f 1} + \ell_{f 2})} \dots\dots\dots (2.6.2.4.24)$$

フレーム取付脚に生じる曲げモーメントを次式で求める。

$$M_f = F_{k f} \cdot \ell_{f t} \dots\dots\dots (2.6.2.4.25)$$

フレーム取付脚の断面係数を次式で求める。

$$Z_f = \frac{J \cdot K^2}{6} \dots\dots\dots (2.6.2.4.26)$$

フレーム取付脚に生じる曲げ応力を次式で求める。

$$\sigma_f = \frac{M_f}{Z_f} \dots\dots\dots (2.6.2.4.27)$$

固定子取付ボルトに生じるせん断力を次式で求める。

$$Q_{k f} = W_k \cdot \sqrt{(C_H + C_P)^2 + (1 + C_P + C_V)^2} \cdot g \dots\dots\dots (2.6.2.4.28)$$

フレーム取付脚に生じるせん断応力を次式で求める。

$$\tau_f = \frac{Q_{k f}}{n_k \cdot J \cdot K} \dots\dots\dots (2.6.2.4.29)$$

フレーム取付脚に生じる組合せ応力を次式で求める。

$$\sigma_{f m} = \frac{1}{2} \cdot \sigma_f + \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\sigma_f^2 + 4 \cdot \tau_f^2} \dots\dots\dots (2.6.2.4.30)$$

## 2.7 評価結果

### 2.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有することを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 2.7.2 重大事故等対処設備としての評価結果

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の重大事故等時の状態を考慮した場合の耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有することを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

動的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【高圧炉心スプレイスレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 構造強度評価

1.1.1 設計条件

| 機器名称                 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m)                            | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 |                       | 基準地震動 S s             |                       | 機器振動による震度 | 最高使用温度 (℃) | 周囲環境温度 (℃) |
|----------------------|---------|-------------------------------------------|----------|------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|------------|------------|
| 高圧炉心スプレイスレイ系ディーゼル発電機 | S       | 原子炉建屋<br>0. P. 15. 00*<br>(0. P. 16. 245) | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向設計震度               | 鉛直方向設計震度              | 水平方向設計震度              | 鉛直方向設計震度              |           | —          | 50         |
|                      |         |                                           |          |      | C <sub>H</sub> =0. 99  | C <sub>V</sub> =0. 82 | C <sub>H</sub> =2. 00 | C <sub>V</sub> =1. 41 |           |            |            |

注記＊：基準レベルを示す。

1.1.2 機器要目

| 部 材                     | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | θ <sub>1 i</sub> <sup>*</sup><br>(mm) |           | ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*</sup><br>(mm) |           | n <sub>i</sub>         |           | n <sub>f i</sub> <sup>*</sup> |
|-------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------------------|-----------|---------------------------------------|-----------|------------------------|-----------|-------------------------------|
|                         |                        |                        | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度                | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度                | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d<br>又は静的震度 | 基準地震動 S s |                               |
| 基礎ボルト<br>( i =1)        |                        |                        |                                       |           |                                       |           |                        |           |                               |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2)     |                        |                        |                                       |           |                                       |           |                        |           |                               |
| 直結側軸受台取付ボルト<br>( i =3)  |                        |                        |                                       |           |                                       |           |                        |           |                               |
| 反直結側軸受台取付ボルト<br>( i =4) |                        |                        |                                       |           |                                       |           |                        |           |                               |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

| 部 材                         | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa)              | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                                 |                     | M <sub>G i</sub><br>(N・mm)           |                     |
|-----------------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
|                             |                                        |                           |                           | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub>                  | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)            |                                        | 339 <sup>*1</sup>         | 556 <sup>*1</sup>         | 339                                  | 389                                  | 軸                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2)         |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | 241                                  | 273                                  | 軸                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =3)  |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | 241                                  | 273                                  | 軸                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 反直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =4) |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | 241                                  | 273                                  | 軸                                    | 軸                   | —                                    | —                   |

| 発電機出力<br>P (kW) | 回転速度<br>N (min <sup>-1</sup> ) | 絶対単性係数<br>E (MPa) | せん断単性係数<br>G (MPa) | 最小断面積<br>A (mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (mm <sup>4</sup> ) | 有効せん断断面積<br>A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 3000            | 1000                           |                   |                    |                               |                                   |                                               |

注記\*1：周囲環境温度で算出。

### 1.1.3 計算数值

### 1.1.3.1 ボルトに作用する力

(単位:N)

| 部 材                         | F <sub>b i</sub>                  |                      | Q <sub>b i</sub>                  |                      |
|-----------------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
|                             | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)            |                                   |                      |                                   |                      |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2)         |                                   |                      |                                   |                      |
| 直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =3)  |                                   |                      |                                   |                      |
| 反直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =4) |                                   |                      |                                   |                      |

1.1.4 結 論  
1.1.4.1 ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材                         | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d又は静的震度 |                 | 基準地震動S s         |                 |
|-----------------------------|-----|-----|-------------------|-----------------|------------------|-----------------|
|                             |     |     | 算出応力              | 許容応力            | 算出応力             | 許容応力            |
| 基礎ボルト<br>( i =1)            |     | 引張り | $\sigma_{b1}=20$  | $f_{ts1}=254^*$ | $\sigma_{b1}=69$ | $f_{ts1}=291^*$ |
|                             |     | せん断 | $\tau_{b1}=17$    | $f_{sb1}=195$   | $\tau_{b1}=33$   | $f_{sb1}=224$   |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2)         |     | 引張り | $\sigma_{b2}=12$  | $f_{ts2}=180^*$ | $\sigma_{b2}=33$ | $f_{ts2}=204^*$ |
|                             |     | せん断 | $\tau_{b2}=9$     | $f_{sb2}=139$   | $\tau_{b2}=18$   | $f_{sb2}=157$   |
| 直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =3)  |     | 引張り | $\sigma_{b3}=36$  | $f_{ts3}=180^*$ | $\sigma_{b3}=78$ | $f_{ts3}=204^*$ |
|                             |     | せん断 | $\tau_{b3}=12$    | $f_{sb3}=139$   | $\tau_{b3}=23$   | $f_{sb3}=157$   |
| 反直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =4) |     | 引張り | $\sigma_{b4}=37$  | $f_{ts4}=180^*$ | $\sigma_{b4}=79$ | $f_{ts4}=204^*$ |
|                             |     | せん断 | $\tau_{b4}=10$    | $f_{sb4}=139$   | $\tau_{b4}=20$   | $f_{sb4}=157$   |

注記\*：  $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

1.2 動的機能維持評価

1.2.1 設計条件

| 機器名称                  | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                         | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 |          | 基準地震動 S <sub>s</sub>  |                       | 機器振動による震度 | 最高使用温度<br>(℃) | 周囲環境温度<br>(℃) |
|-----------------------|---------|-------------------------------------------|----------|------|-----------------------------------|----------|-----------------------|-----------------------|-----------|---------------|---------------|
|                       |         |                                           | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向設計震度                          | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度              | 鉛直方向設計震度              |           |               |               |
| 高圧炉心スプレイス<br>ダイーゼル発電機 | S       | 原子炉建屋<br>0. P. 15. 00*<br>(0. P. 16. 245) |          |      | —                                 | —        | C <sub>H</sub> =1. 67 | C <sub>V</sub> =1. 18 |           | —             | 50            |

注記＊：基準未レベルを示す。

1.2.2 機器要目

(1) 固定子

| 部 材 | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | T <sub>m</sub><br>(N・mm) | D<br>(mm) | ∅<br>(mm) | s<br>(mm) | W <sub>k</sub><br>(kg) | n <sub>w</sub> | P<br>(kW) |
|-----|---------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|----------------|-----------|
| 固定子 | 1000                      |                          |           |           |           |                        |                | 3000      |

(2) 軸

| 部 材 | M <sub>s</sub><br>(N・mm) | M <sub>t</sub><br>(N・mm) | Z <sub>s</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>s</sub><br>(kg) | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | d <sub>s</sub><br>(mm) | P<br>(kW) | L<br>(mm) | L <sub>1</sub><br>(mm) | L <sub>2</sub><br>(mm) | E<br>(MPa) | I <sub>s</sub><br>(mm <sup>4</sup> ) |
|-----|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------|--------------------------------------|
| 軸   |                          |                          |                                      |                        | 1000                      |                        | 3000      |           |                        |                        |            |                                      |

(3) 端子箱

| 部 材    | $W_{b\ t\ 1}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 1}$ | $n_{b\ t\ H1}$ | $n_{b\ t\ V1}$ | $\varnothing_{b\ t\ 11}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 21}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 31}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 1}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_1$<br>(mm) |
|--------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 界磁用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材    | $W_{b\ t\ 2}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 2}$ | $n_{b\ t\ H2}$ | $n_{b\ t\ V2}$ | $\varnothing_{b\ t\ 12}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 22}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 32}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_2$<br>(mm) |
|--------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 線路用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材     | $W_{b\ t\ 3}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 3}$ | $n_{b\ t\ H3}$ | $n_{b\ t\ V3}$ | $\varnothing_{b\ t\ 13}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 23}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 33}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 3}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_3$<br>(mm) |
|---------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 中性点用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材       | $W_{b\ t\ 4}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 4}$ | $n_{b\ t\ H4}$ | $n_{b\ t\ V4}$ | $\varnothing_{b\ t\ 14}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 24}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 34}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 4}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_4$<br>(mm) |
|-----------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 速度検出器用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

(4) 軸受

| 部 材 | $S_{b\ 1}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $S_{b\ 2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|
| 軸受  |                                  |                                  |

(5) フレーム

| 部 材  | $M_f$<br>(N・mm) | $Z_f$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $W_k$<br>(kg) | $h_k$<br>(mm) | $n_k$ | $n_{k\ f}$ | $\varnothing_{f1}$<br>(mm) | $\varnothing_{f2}$<br>(mm) | $\varnothing_{ft}$<br>(mm) | J<br>(mm) | K<br>(mm) |
|------|-----------------|-----------------------------|---------------|---------------|-------|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| フレーム |                 |                             |               |               |       |            |                            |                            |                            |           |           |



1.2.3
結論

1.2.3.1
機能確認応答加速度との比較

( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認応答加速度 |
|-----|------|-------------|-----------|
| 発電機 | 水平方向 | 1.67        | 2.6       |
|     | 鉛直方向 | 1.18        | 1.0       |

注記＊：基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。

発電機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

1.2.3.2
高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電機の動的機能維持評価

1.2.3.2.1
代表評価項目の評価

基礎ボルト及び取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

1.2.3.2.2
上記以外の基本評価項目の評価

1.2.3.2.2.1
固定子の評価

(単位：MPa)

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 固定子  | せん断 | 3    | 54   |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.2
軸（回転子）の評価

(単位：MPa)

| 評価部位   | 発生応力 | 許容応力 |
|--------|------|------|
| 軸（回転子） | 131  | 361  |

すべて許容応力以下である。

1.2.3.2.2.3
端子箱の評価

(単位：MPa)

| 評価部位      | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|-----------|-----|------|------|
| 界磁用端子箱    | 引張り | 2    | 189  |
|           | せん断 | 1    | 146  |
| 線路用端子箱    | 引張り | 18   | 189  |
|           | せん断 | 3    | 146  |
| 中性点用端子箱   | 引張り | 18   | 189  |
|           | せん断 | 3    | 146  |
| 速度検出器用端子箱 | 引張り | 2    | 189  |
|           | せん断 | 1    | 146  |

すべて許容応力以下である。

1. 2. 3. 2. 2. 4 軸受の評価

(単位：MPa)

| 評価部位      | 発生面圧 | 許容面圧 |
|-----------|------|------|
| 軸受 (直結側)  | 2    | 5    |
| 軸受 (反直結側) | 2    | 5    |

すべて許容面圧以下である。

1. 2. 3. 2. 2. 5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(単位：mm)

| 評価部位           | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|----------------|---------|-------|
| 固定子と回転子のクリアランス | 4. 41   |       |

すべて許容変位量以下である。

1. 2. 3. 2. 2. 6 フレームの評価

(単位：MPa)

| 評価部位 | 発生応力 | 許容応力 |
|------|------|------|
| フレーム | 113  | 316  |

すべて許容応力以下である。

【高圧炉心スプレイスレイ系ディーゼル発電機の耐震性についての計算結果】

2. 重大事故等対処設備

2.1 構造強度評価

2.1.1 設計条件

| 機器名称                 | 設備分類          | 据付場所及び床面高さ (m)                             | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 |          | 基準地震動 S s |          | 機器振動による震度 | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------------|--------------------------------------------|----------|------|---------------------|----------|-----------|----------|-----------|-------------|-------------|
| 高圧炉心スプレイスレイ系ディーゼル発電機 | 常設／防振 (DB 拡張) | 原子炉建屋<br>0. P. 15. 00 *<br>(0. P. 16. 245) | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向設計震度            | 鉛直方向設計震度 | 水平方向設計震度  | 鉛直方向設計震度 |           | —           | 50          |

注記＊：基準未レベルを示す。

2.1.2 機器要目

| 部 材                     | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | θ <sub>1 i</sub> *<br>(mm) |           | θ <sub>2 i</sub> *<br>(mm) |           | n <sub>i</sub>      |           | n <sub>f i</sub> *  |           |
|-------------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|-----------|----------------------------|-----------|---------------------|-----------|---------------------|-----------|
|                         |                        |                        | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度        | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度        | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 | 基準地震動 S s | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 | 基準地震動 S s |
| 基礎ボルト<br>( i =1)        |                        |                        |                            |           |                            |           |                     |           |                     |           |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2)     |                        |                        |                            |           |                            |           |                     |           |                     |           |
| 直結側軸受台取付ボルト<br>( i =3)  |                        |                        |                            |           |                            |           |                     |           |                     |           |
| 反直結側軸受台取付ボルト<br>( i =4) |                        |                        |                            |           |                            |           |                     |           |                     |           |

注記＊：各ボルトの機器要目における上段は軸直角方向転倒に対する評価時の要目を示し、下段は軸方向転倒に対する評価時の要目を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

| 部 材                         | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa)              | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                                 |                     | M <sub>G i</sub><br>(N・mm)           |                     |
|-----------------------------|----------------------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|--------------------------------------|---------------------|
|                             |                                        |                           |                           | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub>                  | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>( i =1)            | <div></div>                            | 339 <sup>*1</sup>         | 556 <sup>*1</sup>         | —                                    | 389                                  | —                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2)         |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | —                                    | 273                                  | —                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =3)  |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | —                                    | 273                                  | —                                    | 軸                   | —                                    | —                   |
| 反直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =4) |                                        | 241 <sup>*1</sup>         | 391 <sup>*1</sup>         | —                                    | 273                                  | —                                    | 軸                   | —                                    | —                   |

| 発電機出力<br>P (kW) | 回転速度<br>N (min <sup>-1</sup> ) | 絶対単生係数<br>E (MPa) | せん断単生係数<br>G (MPa) | 最小断面積<br>A (mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (mm <sup>4</sup> ) | 有効せん断断面積<br>A <sub>s</sub> (mm <sup>2</sup> ) |
|-----------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|
| 3000            | 1000                           | <div></div>       |                    |                               |                                   |                                               |

注記\*1：周囲環境温度で算出。

### 2.1.3 計算数值

### 2.1.3.1 ボルトに作用する力

(单位:N)

| 部 材                         | F <sub>bi</sub>                  |                     | Q <sub>bi</sub>                  |                     |
|-----------------------------|----------------------------------|---------------------|----------------------------------|---------------------|
|                             | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>(i = 1)            |                                  |                     |                                  |                     |
| 固定子取付ボルト<br>(i = 2)         |                                  |                     |                                  |                     |
| 直結側軸受台<br>取付ボルト<br>(i = 3)  |                                  |                     |                                  |                     |
| 反直結側軸受台<br>取付ボルト<br>(i = 4) |                                  |                     |                                  |                     |

2.1.4
結論
2.1.4.1
ボルトの応力

(単位：MPa)

| 部 材                         | 材 料 | 応 力 | 弾性設計用地震動S d又は静的震度 |      | 基準地震動S s         |                 |
|-----------------------------|-----|-----|-------------------|------|------------------|-----------------|
|                             |     |     | 算出応力              | 許容応力 | 算出応力             | 許容応力            |
| 基礎ボルト<br>( i =1)            |     | 引張り | —                 | —    | $\sigma_{b1}=69$ | $f_{ts1}=291^*$ |
|                             |     | せん断 | —                 | —    | $\tau_{b1}=33$   | $f_{sb1}=224$   |
| 固定子取付ボルト<br>( i =2)         |     | 引張り | —                 | —    | $\sigma_{b2}=33$ | $f_{ts2}=204^*$ |
|                             |     | せん断 | —                 | —    | $\tau_{b2}=18$   | $f_{sb2}=157$   |
| 直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =3)  |     | 引張り | —                 | —    | $\sigma_{b3}=78$ | $f_{ts3}=204^*$ |
|                             |     | せん断 | —                 | —    | $\tau_{b3}=23$   | $f_{sb3}=157$   |
| 反直結側軸受台<br>取付ボルト<br>( i =4) |     | 引張り | —                 | —    | $\sigma_{b4}=79$ | $f_{ts4}=204^*$ |
|                             |     | せん断 | —                 | —    | $\tau_{b4}=20$   | $f_{sb4}=157$   |

注記\*：
 $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

すべて許容応力以下である。

2.2
動的機能維持評価

2.2.1
設計条件

| 機器名称                  | 設備分類             | 据付場所及び床面高さ(m)                              | 固有周期(s)  |          | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動S <sub>s</sub> |              | 機器振動による震度 | 最高使用温度(℃) | 周囲環境温度(℃) |
|-----------------------|------------------|--------------------------------------------|----------|----------|-------------------------------|--------------|---------------------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| 高圧炉心スプレイス<br>ダイーゼル発電機 | 常設/防止<br>(DB 拡張) | 原子炉建屋<br>0. P. 15. 00 *<br>(0. P. 16. 245) | 水平<br>方向 | 鉛直<br>方向 | 水平方向<br>設計震度                  | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度        | 鉛直方向<br>設計震度 |           | —         | 50        |

注記\*：基準未レベルを示す。

2.2.2
機器要目

(1)
固定子

| 部 材 | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | T <sub>m</sub><br>(N・mm) | D<br>(mm) | φ<br>(mm) | s<br>(mm) | W <sub>k</sub><br>(kg) | n <sub>w</sub> | P<br>(kW) |
|-----|---------------------------|--------------------------|-----------|-----------|-----------|------------------------|----------------|-----------|
| 固定子 | 1000                      |                          |           |           |           |                        |                | 3000      |

(2)
軸

| 部 材 | M <sub>s</sub><br>(N・mm) | M <sub>t</sub><br>(N・mm) | Z <sub>s</sub><br>(mm <sup>3</sup> ) | W <sub>s</sub><br>(kg) | N<br>(min <sup>-1</sup> ) | d <sub>s</sub><br>(mm) | P<br>(kW) | L<br>(mm) | L <sub>1</sub><br>(mm) | L <sub>2</sub><br>(mm) | E<br>(MPa) | I <sub>s</sub><br>(mm <sup>4</sup> ) |
|-----|--------------------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------------|---------------------------|------------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|------------|--------------------------------------|
| 軸   |                          |                          |                                      |                        | 1000                      |                        | 3000      |           |                        |                        |            |                                      |

(3) 端子箱

| 部 材    | $W_{b\ t\ 1}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 1}$ | $n_{b\ t\ H1}$ | $n_{b\ t\ V1}$ | $\varnothing_{b\ t\ 11}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 21}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 31}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 1}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_1$<br>(mm) |
|--------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 界磁用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材    | $W_{b\ t\ 2}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 2}$ | $n_{b\ t\ H2}$ | $n_{b\ t\ V2}$ | $\varnothing_{b\ t\ 12}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 22}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 32}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_2$<br>(mm) |
|--------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 線路用端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材         | $W_{b\ t\ 3}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 3}$ | $n_{b\ t\ H3}$ | $n_{b\ t\ V3}$ | $\varnothing_{b\ t\ 13}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 23}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 33}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 3}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_3$<br>(mm) |
|-------------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 中性点用<br>端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

| 部 材           | $W_{b\ t\ 4}$<br>(kg) | $n_{b\ t\ 4}$ | $n_{b\ t\ H4}$ | $n_{b\ t\ V4}$ | $\varnothing_{b\ t\ 14}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 24}$<br>(mm) | $\varnothing_{b\ t\ 34}$<br>(mm) | $A_{b\ t\ 4}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $h_4$<br>(mm) |
|---------------|-----------------------|---------------|----------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|---------------|
| 速度検出器用<br>端子箱 |                       |               |                |                |                                  |                                  |                                  |                                     |               |

(4) 軸受

| 部 材 | $S_{b\ 1}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $S_{b\ 2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|-----|----------------------------------|----------------------------------|
| 軸受  |                                  |                                  |

(5) フレーム

| 部 材  | $M_f$<br>(N・mm) | $Z_f$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $W_k$<br>(kg) | $h_k$<br>(mm) | $n_k$ | $n_{k\ f}$ | $\varnothing_{f1}$<br>(mm) | $\varnothing_{f2}$<br>(mm) | $\varnothing_{ft}$<br>(mm) | J<br>(mm) | K<br>(mm) |
|------|-----------------|-----------------------------|---------------|---------------|-------|------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------|-----------|
| フレーム |                 |                             |               |               |       |            |                            |                            |                            |           |           |



2.2.3 結論

2.2.3.1 機能確認応答加速度との比較

|     |      | 機能維持評価用加速度* | 機能確認応答加速度<br>(×9.8m/s <sup>2</sup> ) |
|-----|------|-------------|--------------------------------------|
| 発電機 | 水平方向 | 1.67        | 2.6                                  |
|     | 鉛直方向 | 1.18        | 1.0                                  |

注記＊：基準地震動Ssにより定まる応答加速度とする。  
 発電機は、鉛直方向の機能維持評価用加速度が機能確認応答加速度を超えるため、以下の項目について評価する。

2.2.3.2 高圧・高圧スプレイ系ディーゼル発電機の動的機能維持評価

2.2.3.2.1 代表評価項目の評価

基礎ボルト及び取付ボルトについては、構造強度評価にて設計用地震力に対して十分な構造強度を有しているため、計算は省略する。

2.2.3.2.2 上記以外の基本評価項目の評価

2.2.3.2.2.1 固定子の評価

| 評価部位 | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|------|-----|------|------|
| 固定子  | せん断 | 3    | 54   |

(単位：MPa)

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.2 軸（回転子）の評価

| 評価部位   | 発生応力 | 許容応力 |
|--------|------|------|
| 軸（回転子） | 131  | 361  |

(単位：MPa)

すべて許容応力以下である。

2.2.3.2.2.3 端子箱の評価

| 評価部位      | 応力  | 発生応力 | 許容応力 |
|-----------|-----|------|------|
| 界磁用端子箱    | 引張り | 2    | 189  |
|           | せん断 | 1    | 146  |
| 線路用端子箱    | 引張り | 18   | 189  |
|           | せん断 | 3    | 146  |
| 中性点用端子箱   | 引張り | 18   | 189  |
|           | せん断 | 3    | 146  |
| 速度検出器用端子箱 | 引張り | 2    | 189  |
|           | せん断 | 1    | 146  |

(単位：MPa)

すべて許容応力以下である。

#### 2.2.3.2.2.4 軸受の評価

(单位:N)

| 評価部位      | 発生面圧 | 許容面圧 |
|-----------|------|------|
| 軸受 (直結側)  | 2    | 5    |
| 軸受 (反直結側) | 2    | 5    |

すべて許容面圧以下である。

### 2.2.3.2.2.5 固定子と回転子のクリアランスの評価

(单位: mm)

| 評価部位           | 回転子のたわみ | 許容変位量 |
|----------------|---------|-------|
| 固定子と回転子のクリアランス | 4. 41   |       |

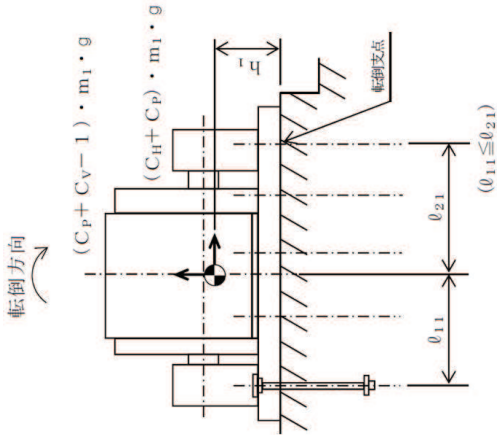
すべて許容変位量以下である。

### 2.2.3.2.2.6 フレームの評価

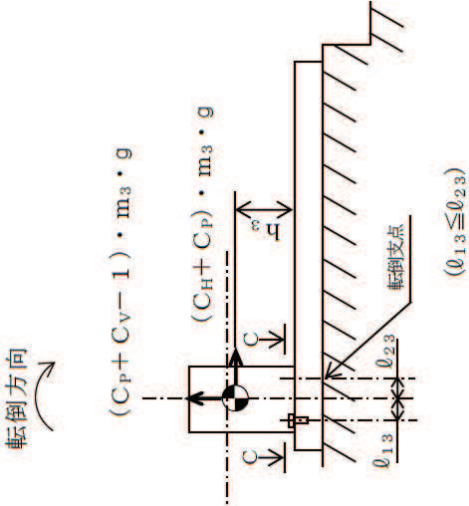
(单位: MPa)

|      |      |      |
|------|------|------|
| 評価部位 | 発生心力 | 許容心力 |
| フレーム | 113  | 316  |

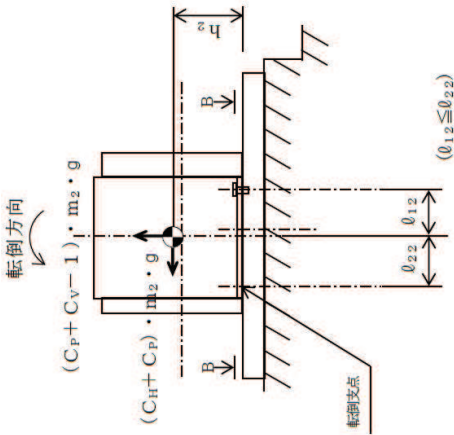
すべて許容応力以下である。



固定子取付ボルト



反直結側軸受台取付ボルト



VI-2-10-1-2-2-6 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備  
管の耐震性についての計算書

## 設計基準対象施設

目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 5  |
| 3. 計算条件 .....                     | 12 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 12 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 13 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 14 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 19 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 20 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 21 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 21 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 27 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 27 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 28 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 29 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 30 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全7モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

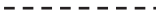
工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

### (3) 弁

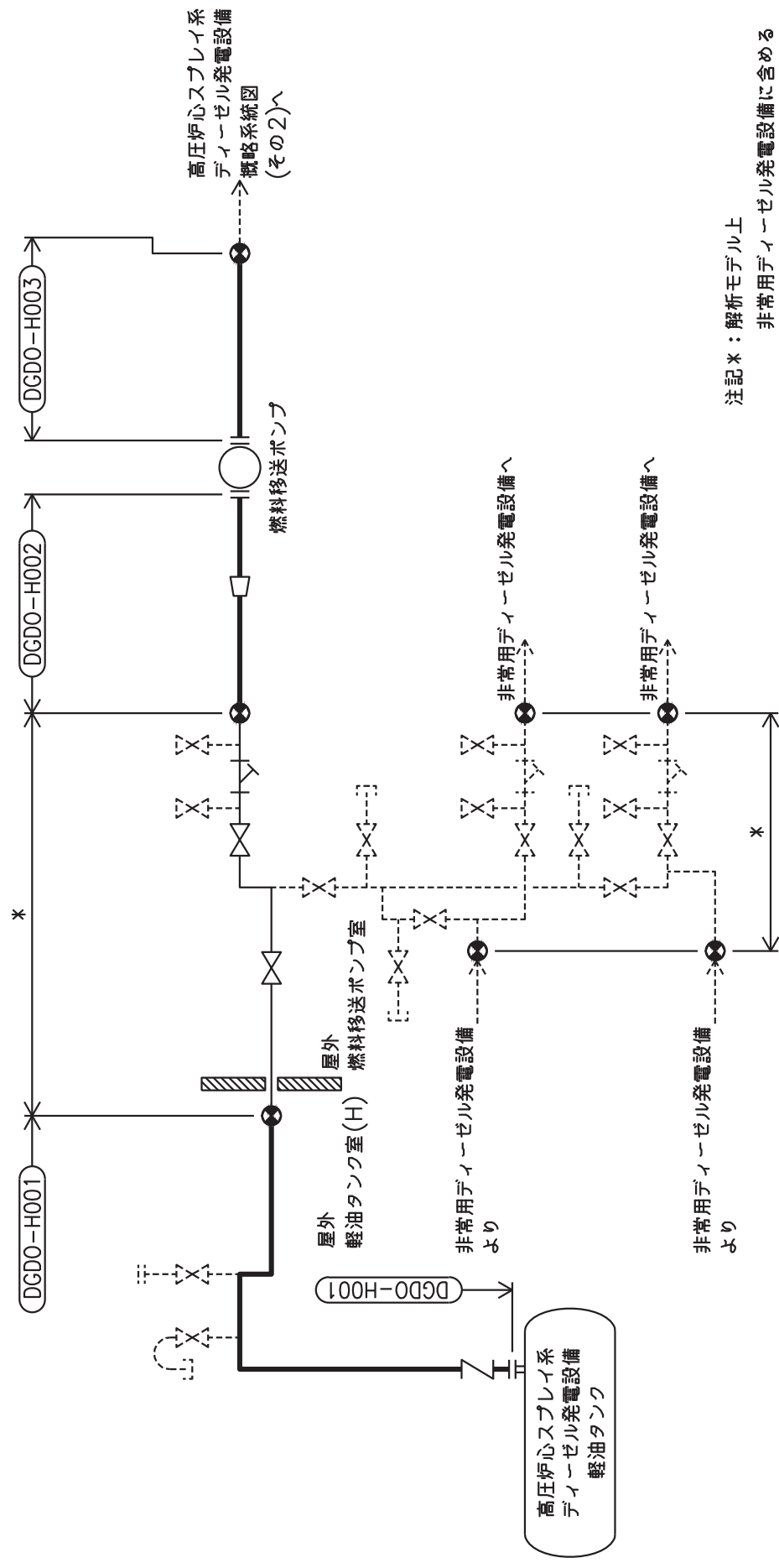
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図及び鳥瞰図  
2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記号                                                                                     | 内容                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |

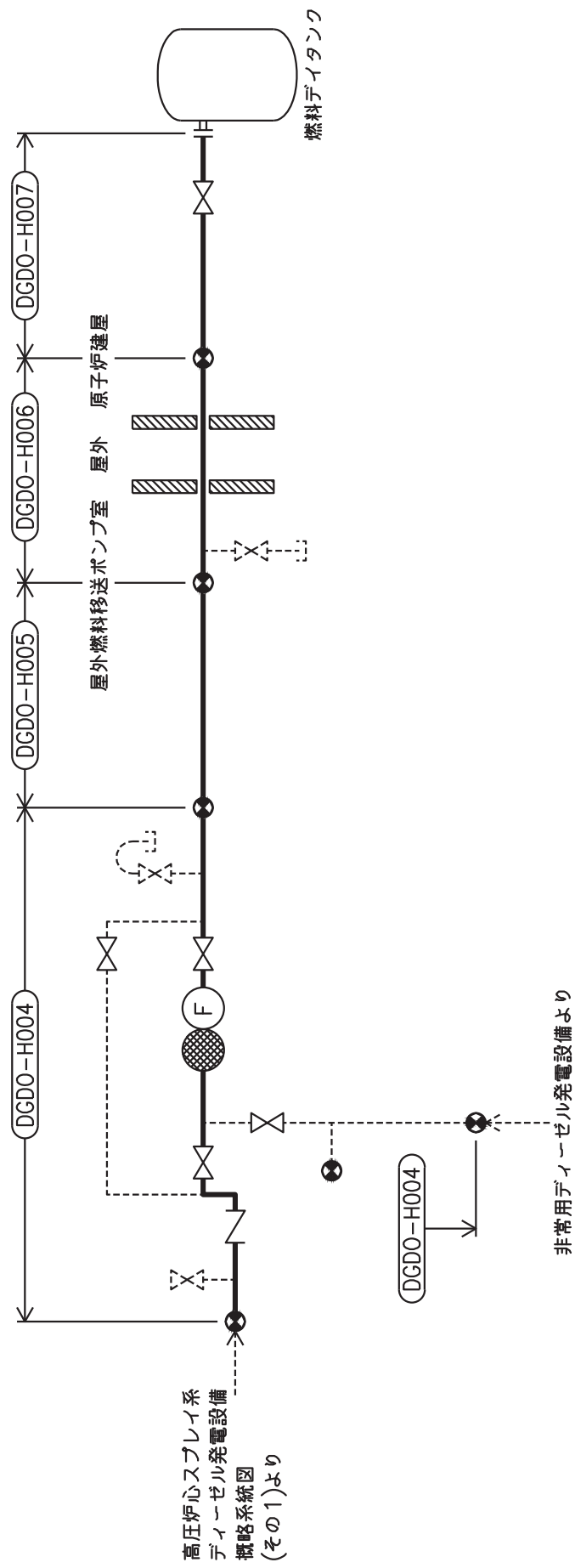




注記＊：解析モデル上

非常用ディーゼル発電設備に含める

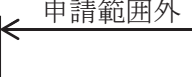
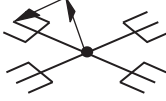
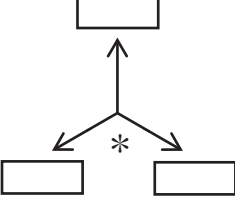
高圧炉心スプレィ系ディーゼル発電設備概略系統図(その1)

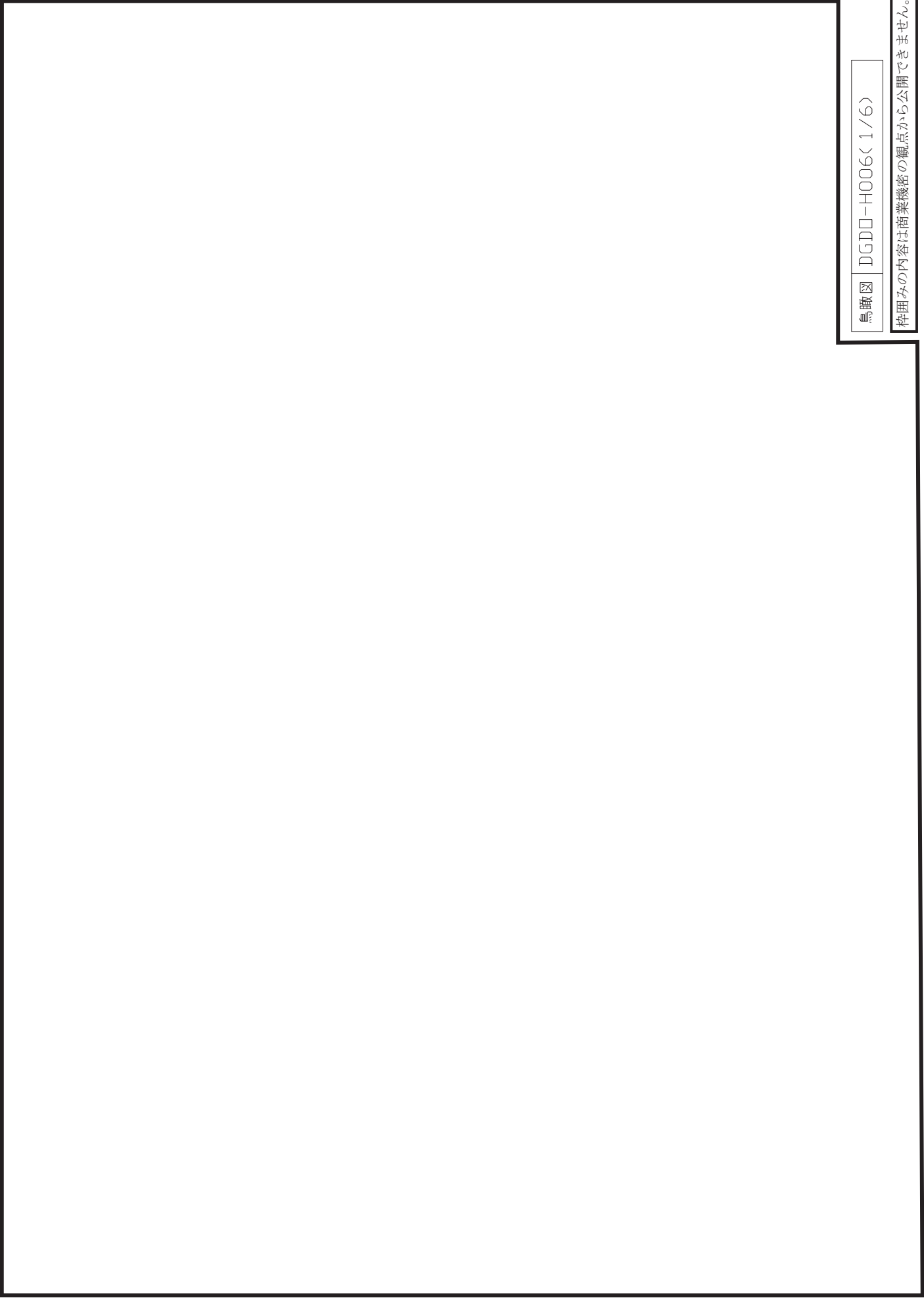


高圧炉心スプレーシステムディーゼル発電設備概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

| 記号                                                                                  | 内容                                                                                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                         |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                      |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                         |
|    | 質点                                                                                                                                               |
|  | アンカ                                                                                                                                              |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)                                                                                                      |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(＊は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に変位量を記載する。) |



鳥瞰図 DGD0-H006<1/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-H006く2/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-H006<3/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-H006く4/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-H006く5/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-H006く6/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2
荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称               | 設備名称    | 系統名称                   | 施設<br>分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 | 機器等<br>の区分 | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup> | 許容応力<br>状態       |
|--------------------|---------|------------------------|------------------------|------|------------|-------------|--------------------------|------------------|
| その他発電用<br>原子炉の附属施設 | 非常用発電装置 | 高圧炉心スプレイ系<br>ディーゼル発電設備 | D B                    | —    | クラス3管      | S           | I <sub>L</sub> + S d     | Ⅲ <sub>A</sub> S |
|                    |         |                        |                        |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S d     |                  |
|                    |         |                        |                        |      |            |             | I <sub>L</sub> + S s     | Ⅳ <sub>A</sub> S |
|                    |         |                        |                        |      |            |             | Ⅱ <sub>L</sub> + S s     |                  |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      D G D O - H 0 0 6

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 0.98            | 66            | 60.5       | 5.5        | STPT370 | S           | 200360         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 D G D O - H 0 0 6

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
|     | 14      | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  |
|     | 27      | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  |
|     | 40      | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  |
|     | 53      | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  |
|     | 66      | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  |
|     | 79      | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  |
|     | 92      | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 |
|     | 105     | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 |
|     | 118     | 119 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 D G D O - H 0 0 6

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 25  |        | 49  |        | 73  |        | 97  |        |
| 2   |        | 26  |        | 50  |        | 74  |        | 98  |        |
| 3   |        | 27  |        | 51  |        | 75  |        | 99  |        |
| 4   |        | 28  |        | 52  |        | 76  |        | 100 |        |
| 5   |        | 29  |        | 53  |        | 77  |        | 101 |        |
| 6   |        | 30  |        | 54  |        | 78  |        | 102 |        |
| 7   |        | 31  |        | 55  |        | 79  |        | 103 |        |
| 8   |        | 32  |        | 56  |        | 80  |        | 104 |        |
| 9   |        | 33  |        | 57  |        | 81  |        | 105 |        |
| 10  |        | 34  |        | 58  |        | 82  |        | 106 |        |
| 11  |        | 35  |        | 59  |        | 83  |        | 107 |        |
| 12  |        | 36  |        | 60  |        | 84  |        | 108 |        |
| 13  |        | 37  |        | 61  |        | 85  |        | 109 |        |
| 14  |        | 38  |        | 62  |        | 86  |        | 110 |        |
| 15  |        | 39  |        | 63  |        | 87  |        | 111 |        |
| 16  |        | 40  |        | 64  |        | 88  |        | 112 |        |
| 17  |        | 41  |        | 65  |        | 89  |        | 113 |        |
| 18  |        | 42  |        | 66  |        | 90  |        | 114 |        |
| 19  |        | 43  |        | 67  |        | 91  |        | 115 |        |
| 20  |        | 44  |        | 68  |        | 92  |        | 116 |        |
| 21  |        | 45  |        | 69  |        | 93  |        | 117 |        |
| 22  |        | 46  |        | 70  |        | 94  |        | 118 |        |
| 23  |        | 47  |        | 71  |        | 95  |        | 119 |        |
| 24  |        | 48  |        | 72  |        | 96  |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    D G D O - H 0 0 6

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 5     |                 |   |   |                       |   |   |
| 10    |                 |   |   |                       |   |   |
| 13    |                 |   |   |                       |   |   |
| 17    |                 |   |   |                       |   |   |
| 22    |                 |   |   |                       |   |   |
| 26    |                 |   |   |                       |   |   |
| 30    |                 |   |   |                       |   |   |
| 33    |                 |   |   |                       |   |   |
| 37    |                 |   |   |                       |   |   |
| 39    |                 |   |   |                       |   |   |
| 43    |                 |   |   |                       |   |   |
| 48    |                 |   |   |                       |   |   |
| 52    |                 |   |   |                       |   |   |
| 54    |                 |   |   |                       |   |   |
| 58    |                 |   |   |                       |   |   |
| 61    |                 |   |   |                       |   |   |
| 65    |                 |   |   |                       |   |   |
| 69    |                 |   |   |                       |   |   |
| 73    |                 |   |   |                       |   |   |
| 76    |                 |   |   |                       |   |   |
| 79    |                 |   |   |                       |   |   |
| 84    |                 |   |   |                       |   |   |
| 88    |                 |   |   |                       |   |   |
| 92    |                 |   |   |                       |   |   |
| 97    |                 |   |   |                       |   |   |
| 101   |                 |   |   |                       |   |   |
| 105   |                 |   |   |                       |   |   |
| 109   |                 |   |   |                       |   |   |
| 111   |                 |   |   |                       |   |   |

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 114   |                 |   |   |                       |   |   |
| 119   |                 |   |   |                       |   |   |



3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材 料     | 最 高 使 用 温 度<br>(℃) | 許 容 応 力 (MPa) |     |     |
|---------|--------------------|---------------|-----|-----|
|         |                    | S y           | S u | S h |
| STPT370 | 66                 | 199           | 360 | 93  |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図       | 建物・構築物          | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------|-----------------|----------------|----------|
| DGDO-H006 | 軽油タンク室<br>連絡ダクト |                |          |
|           | 原子炉建屋           |                |          |

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      DGDO-H006

| 適用する地震動等  |               | S d 及び静的震度 |       |          | S s      |       |          |
|-----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|
| モード       | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |
|           |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |
| 1 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 2 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 3 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 4 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 5 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 6 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 7 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 8 次       |               |            |       |          |          |       |          |
| 20 次      |               |            |       |          |          |       |          |
| 21 次*2    |               |            |       |          |          |       |          |
| 動 的 震 度*3 |               |            |       |          |          |       |          |
| 静 的 震 度*4 |               |            |       |          |          |       |          |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 D G D O - H 0 0 6

| モード  | 固有周期<br>( s ) | 刺激係数* |       |       |
|------|---------------|-------|-------|-------|
|      |               | X 方 向 | Y 方 向 | Z 方 向 |
| 1 次  |               |       |       |       |
| 2 次  |               |       |       |       |
| 3 次  |               |       |       |       |
| 4 次  |               |       |       |       |
| 5 次  |               |       |       |       |
| 6 次  |               |       |       |       |
| 7 次  |               |       |       |       |
| 8 次  |               |       |       |       |
| 20 次 |               |       |       |       |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

### 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

鳥瞰図 DGD0-H006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-H006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-H006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図             | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分    | 一次応力評価<br>(MPa)                        |                          | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)             |                      | 疲労評価 |
|-----------------|------------------|-------------|---------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------------|------|
|                 |                  |             |               | 計算応力<br>S p r m (S d)<br>S p r m (S s) | 許容応力<br>S y *1<br>0.9S u | 計算応力<br>S n (S d)<br>S n (S s) | 許容応力<br>2S y<br>2S y |      |
| D G D O－H 0 0 6 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 34          | S p r m (S d) | 64                                     | 199                      | —                              | —                    | —    |
|                 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 77          | S n (S d)     | —                                      | —                        | 186                            | 398                  | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 34          | S p r m (S s) | 113                                    | 324                      | —                              | —                    | —    |
|                 | Ⅳ <sub>A</sub> S | 77          | S n (S s)     | —                                      | —                        | 380                            | 398                  | —    |

注記 \*1：オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|-------------|----|----|----|-----------|------------------|------------------|
|             |    |    |    |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| —           | —  | —  | —  | —         | —                | —                |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式    | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                | 評価結果           |                   |                   |
|-------------|---------|-------|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|
|             |         |       |        |           | 反力 (kN)        |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類       | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |       |        |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |                   |                   |
| 2T9-022c-01 | レストレイント | U ボルト | SS400  | 50        | —              | 1              | 9              | —              | —              | —              | 108               | 139               |
| TH-006-01   | アンカ     | ラグ    | SM400B | 50        | 15             | 1              | 3              | 1              | 2              | 1              | 100               | 133               |

4.2.3
弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 型式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|----------------------------------------------|----|--------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                           | 鉛直 | 水平                                         | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                            | —  | —                                          | —  | —                 | —    |

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（クラス2以下の管）

| No. |  | 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |    |      |                   |                   |    |        |      |                   |                   | 許容応力状態Ⅳ <sub>A</sub> S |        |          |                   |                   |    |        |      |  |  |
|-----|--|------------------------|----|------|-------------------|-------------------|----|--------|------|-------------------|-------------------|------------------------|--------|----------|-------------------|-------------------|----|--------|------|--|--|
|     |  | 配管モデル                  |    | 一次応力 |                   |                   |    |        | 一次応力 |                   |                   |                        |        | 一次＋二次応力* |                   |                   |    |        | 疲労評価 |  |  |
|     |  |                        |    | 評価点  | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度 | 代<br>表 | 評価点  | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度                     | 代<br>表 | 評価点      | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度 | 代<br>表 |      |  |  |
| 1   |  | DGD0-H001              | 22 | 66   | 231               | 3.50              | —  | 22     | 111  | 366               | 3.29              | —                      | 22     | 218      | 462               | 2.11              | —  | —      | —    |  |  |
| 2   |  | DGD0-H002              | 6  | 6    | 199               | 33.16             | —  | 6      | 6    | 324               | 54.00             | —                      | 6      | 2        | 398               | 199.00            | —  | —      | —    |  |  |
| 3   |  | DGD0-H003              | 1  | 5    | 199               | 39.80             | —  | 1      | 5    | 324               | 64.80             | —                      | 1      | 2        | 398               | 199.00            | —  | —      | —    |  |  |
| 4   |  | DGD0-H004              | 1  | 24   | 199               | 8.29              | —  | 1      | 34   | 324               | 9.52              | —                      | 1      | 54       | 398               | 7.37              | —  | —      | —    |  |  |
| 5   |  | DGD0-H005              | 20 | 30   | 199               | 6.63              | —  | 20     | 39   | 324               | 8.30              | —                      | 7      | 224      | 398               | 1.77              | —  | —      | —    |  |  |
| 6   |  | DGD0-H006              | 34 | 64   | 199               | 3.10              | ○  | 34     | 113  | 324               | 2.86              | ○                      | 77     | 380      | 398               | 1.04              | ○  | —      | —    |  |  |
| 7   |  | DGD0-H007              | 15 | 32   | 199               | 6.21              | —  | 15     | 46   | 324               | 7.04              | —                      | 15     | 128      | 398               | 3.10              | —  | —      | —    |  |  |

注記＊：Ⅲ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力の許容値はⅣ<sub>A</sub>Sと同様であることから、地震荷重が大きいⅣ<sub>A</sub>Sの一次＋二次応力裕度最小を代表とする。

## 重大事故等対処設備

## 目次

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 1. 概要 .....                       | 1  |
| 2. 概略系統図及び鳥瞰図 .....               | 2  |
| 2.1 概略系統図 .....                   | 2  |
| 2.2 鳥瞰図 .....                     | 5  |
| 3. 計算条件 .....                     | 12 |
| 3.1 計算方法 .....                    | 12 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力状態 .....          | 13 |
| 3.3 設計条件 .....                    | 14 |
| 3.4 材料及び許容応力 .....                | 19 |
| 3.5 設計用地震力 .....                  | 20 |
| 4. 解析結果及び評価 .....                 | 21 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 .....              | 21 |
| 4.2 評価結果 .....                    | 27 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 .....              | 27 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 .....             | 28 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 .....          | 29 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 ..... | 30 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」(以下「基本方針」という。)に基づき、高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全7モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値(以下「裕度」という。)が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

### (3) 弁

機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

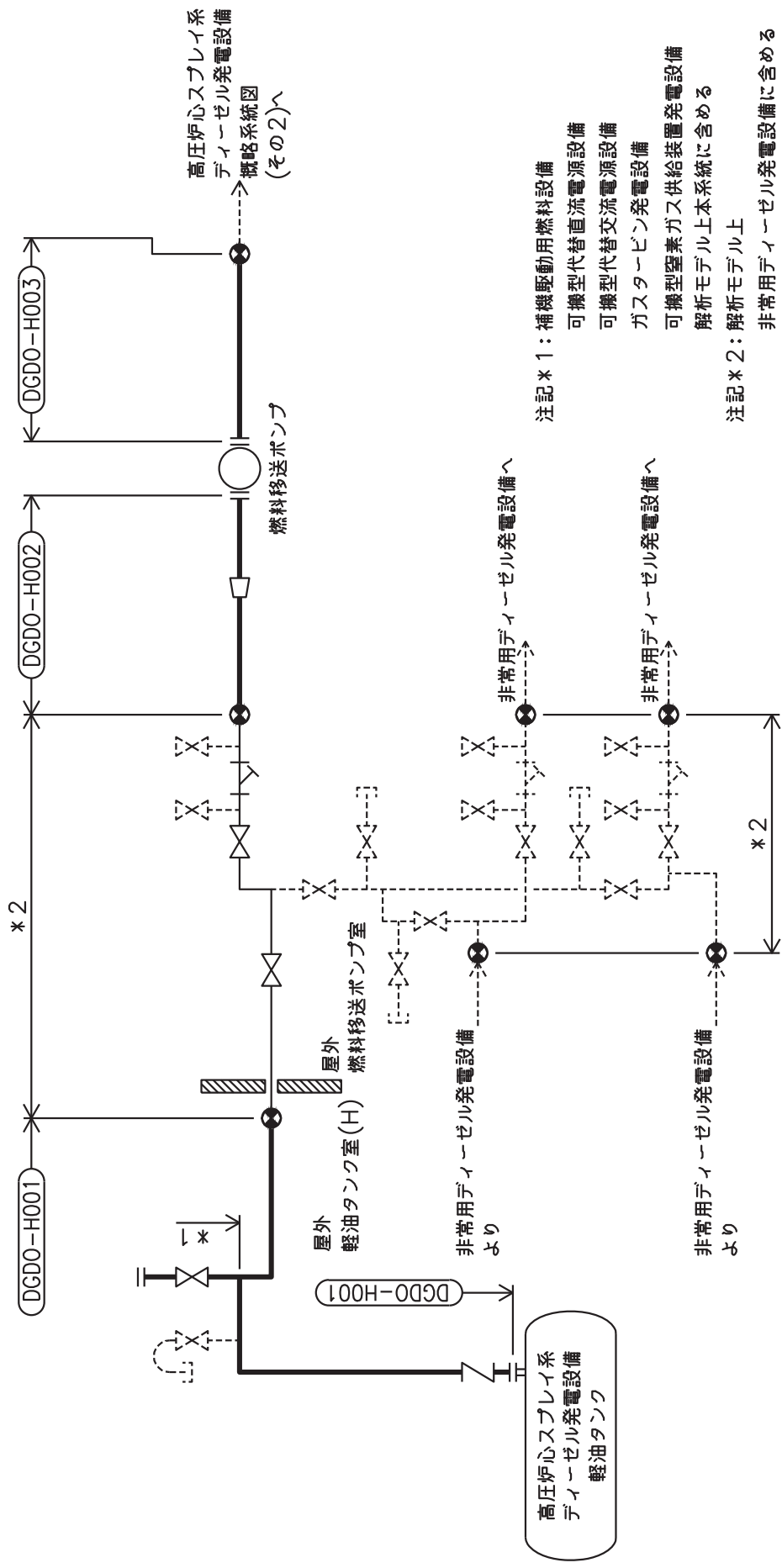
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

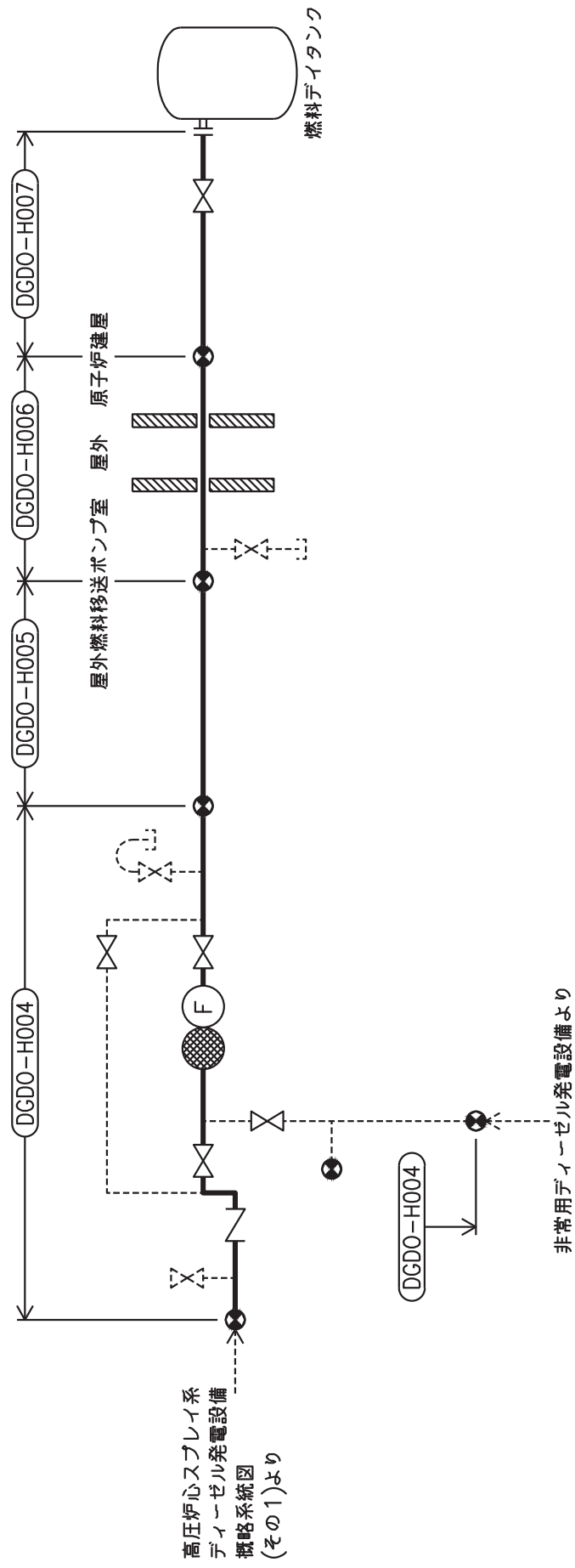
概略系統図記号凡例

| 記号                                                                                                                                      | 内容                                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| <div>                      (太線)                 </div> | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
| <div>                      (細線)                 </div> | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
| <div>                      (破線)                 </div> | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
| <div>  </div>                                        | 鳥瞰図番号                                                |
| <div>  </div>                                        | アンカ                                                  |





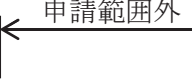
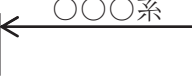
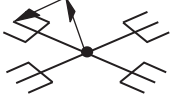
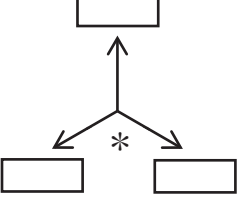
高圧炉心スプレー系ディーゼル発電設備概略系統図(その1)



高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備概略系統図(その2)

2.2 鳥瞰図

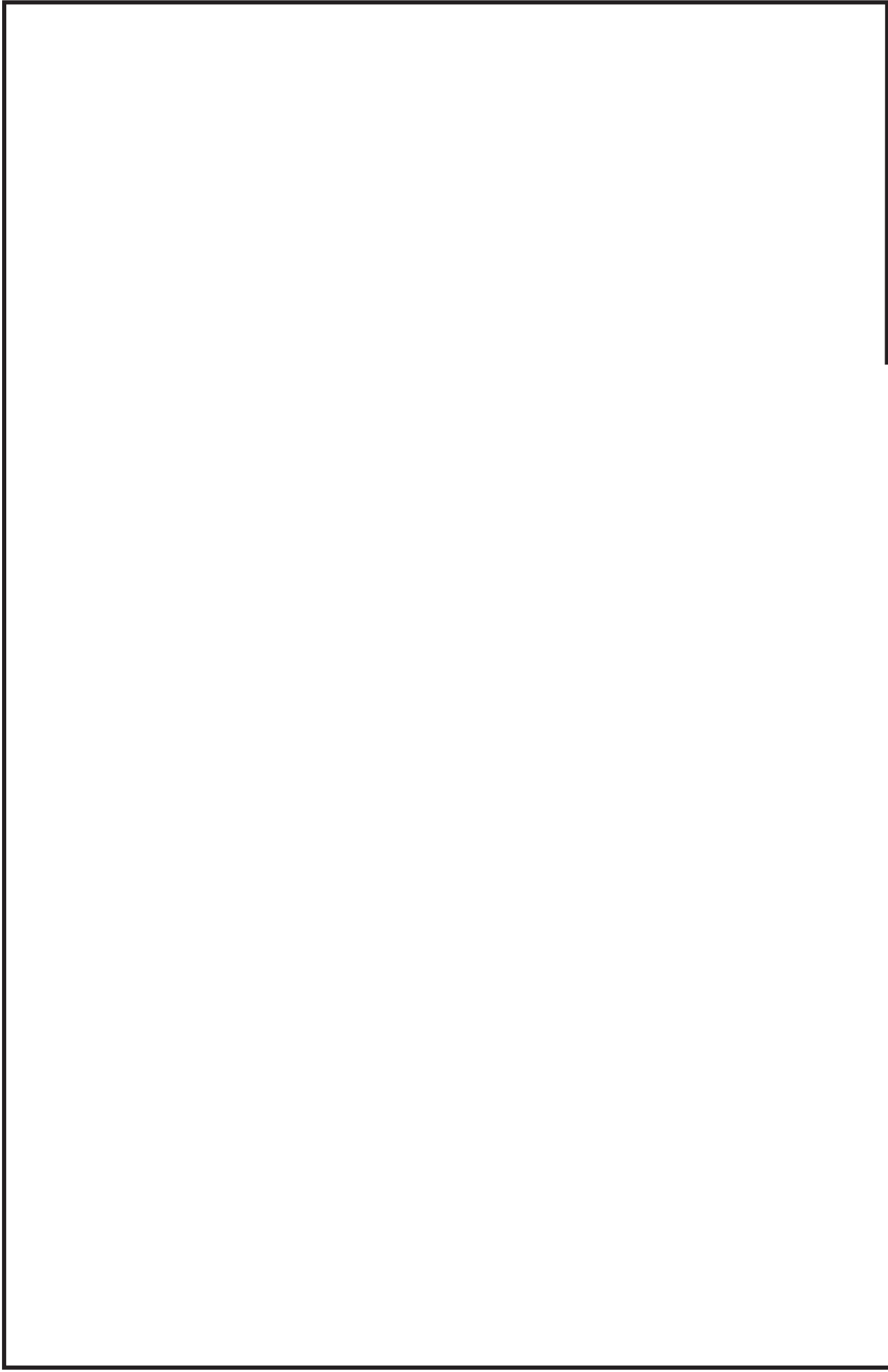
鳥瞰図記号凡例

| 記号                                                                                  | 内容                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|  | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)                                                                                                          |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に<br>変位量を記載する。) |



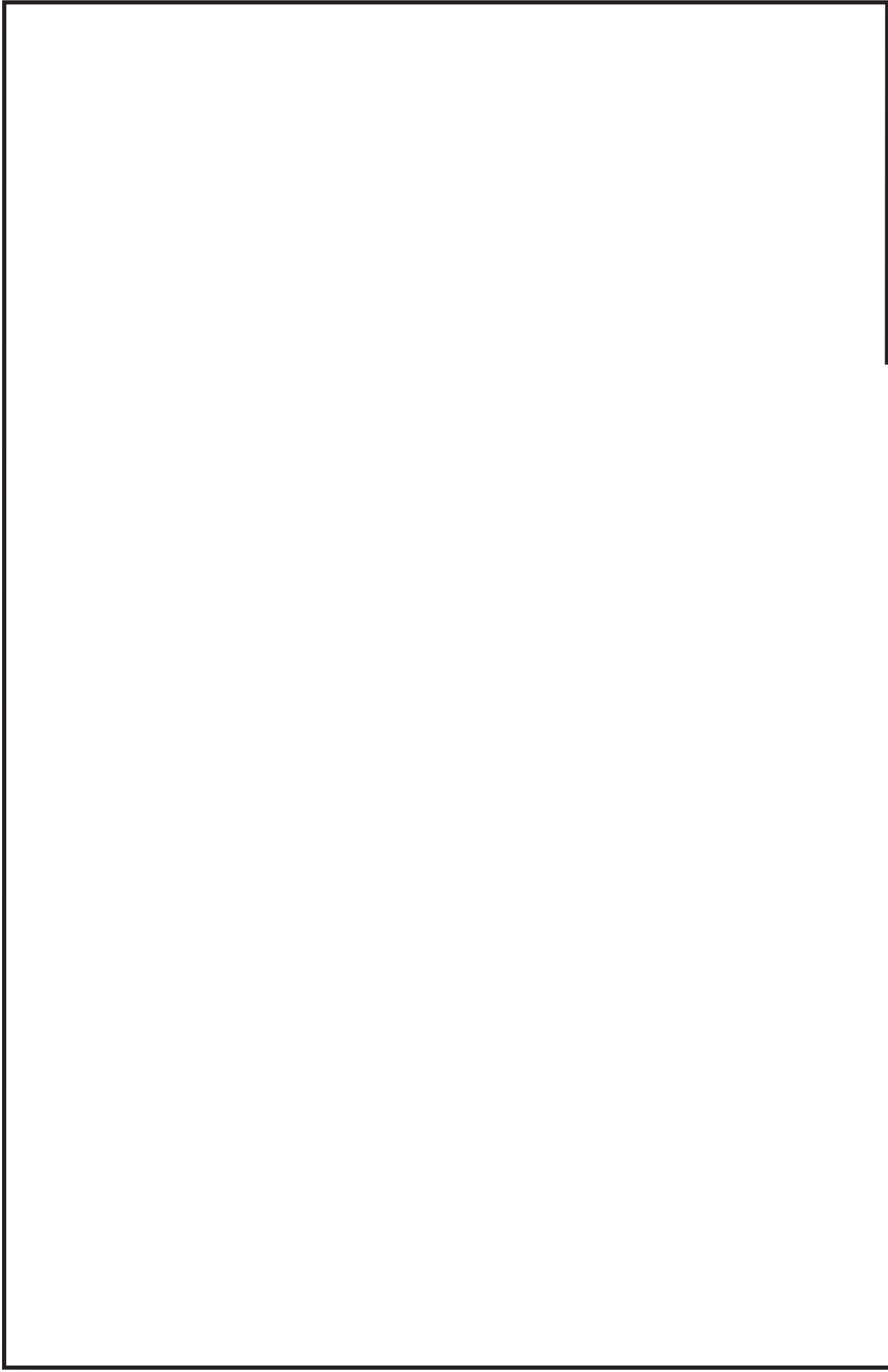
鳥瞰図 DGD0-H006<2/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |                |
|-----|----------------|
| 鳥瞰図 | DGDD-H006<3/6> |
|-----|----------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |               |
|-----|---------------|
| 鳥瞰図 | DGDD-H006く4/6 |
|-----|---------------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-H006<5/6>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



鳥瞰図 DGD0-H006く6/6

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3. 計算条件

#### 3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「S O L V E R」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2
荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称           | 設備名称    | 系統名称                   | 施設分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 <sup>*2</sup>            | 機器等の区分          | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup>        | 許容応力状態 <sup>*5</sup> |
|----------------|---------|------------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------|---------|---------------------------------|----------------------|
| その他発電用原子炉の附属施設 | 非常用発電装置 | 高圧炉心スプレイス<br>ディーゼル発電設備 | S A                | 常設耐震／防止<br>常設／緩和<br>常設／防止（拡張） | 重大事故等<br>クラス2 管 | —       | V <sub>L</sub> + S <sub>S</sub> | V <sub>A</sub> S     |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態V<sub>A</sub>Sは許容応力状態IV<sub>A</sub>Sの許容限界を使用し，許容応力状態IV<sub>A</sub>Sとして評価を実施する。

3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図                      D G D O - H 0 0 6

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料      | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|---------|-------------|----------------|
| 1   | 0.98            | 66            | 60.5       | 5.5        | STPT370 | —           | 200360         |

設計条件

管名称と対応する評価点

評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 D G D O - H 0 0 6

| 管名称 | 対応する評価点 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-----|---------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1   | 1       | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  | 11  | 12  | 13  |
|     | 14      | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | 23  | 24  | 25  | 26  |
|     | 27      | 28  | 29  | 30  | 31  | 32  | 33  | 34  | 35  | 36  | 37  | 38  | 39  |
|     | 40      | 41  | 42  | 43  | 44  | 45  | 46  | 47  | 48  | 49  | 50  | 51  | 52  |
|     | 53      | 54  | 55  | 56  | 57  | 58  | 59  | 60  | 61  | 62  | 63  | 64  | 65  |
|     | 66      | 67  | 68  | 69  | 70  | 71  | 72  | 73  | 74  | 75  | 76  | 77  | 78  |
|     | 79      | 80  | 81  | 82  | 83  | 84  | 85  | 86  | 87  | 88  | 89  | 90  | 91  |
|     | 92      | 93  | 94  | 95  | 96  | 97  | 98  | 99  | 100 | 101 | 102 | 103 | 104 |
|     | 105     | 106 | 107 | 108 | 109 | 110 | 111 | 112 | 113 | 114 | 115 | 116 | 117 |
|     | 118     | 119 |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |

配管の質量（付加質量含む）

鳥 瞰 図 D G D O－H 0 0 6

評価点の質量を下表に示す。

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 25  |        | 49  |        | 73  |        | 97  |        |
| 2   |        | 26  |        | 50  |        | 74  |        | 98  |        |
| 3   |        | 27  |        | 51  |        | 75  |        | 99  |        |
| 4   |        | 28  |        | 52  |        | 76  |        | 100 |        |
| 5   |        | 29  |        | 53  |        | 77  |        | 101 |        |
| 6   |        | 30  |        | 54  |        | 78  |        | 102 |        |
| 7   |        | 31  |        | 55  |        | 79  |        | 103 |        |
| 8   |        | 32  |        | 56  |        | 80  |        | 104 |        |
| 9   |        | 33  |        | 57  |        | 81  |        | 105 |        |
| 10  |        | 34  |        | 58  |        | 82  |        | 106 |        |
| 11  |        | 35  |        | 59  |        | 83  |        | 107 |        |
| 12  |        | 36  |        | 60  |        | 84  |        | 108 |        |
| 13  |        | 37  |        | 61  |        | 85  |        | 109 |        |
| 14  |        | 38  |        | 62  |        | 86  |        | 110 |        |
| 15  |        | 39  |        | 63  |        | 87  |        | 111 |        |
| 16  |        | 40  |        | 64  |        | 88  |        | 112 |        |
| 17  |        | 41  |        | 65  |        | 89  |        | 113 |        |
| 18  |        | 42  |        | 66  |        | 90  |        | 114 |        |
| 19  |        | 43  |        | 67  |        | 91  |        | 115 |        |
| 20  |        | 44  |        | 68  |        | 92  |        | 116 |        |
| 21  |        | 45  |        | 69  |        | 93  |        | 117 |        |
| 22  |        | 46  |        | 70  |        | 94  |        | 118 |        |
| 23  |        | 47  |        | 71  |        | 95  |        | 119 |        |
| 24  |        | 48  |        | 72  |        | 96  |        |     |        |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図                    DGDO-H006

支持点部のばね定数を下表に示す。

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 1     |                 |   |   |                       |   |   |
| 5     |                 |   |   |                       |   |   |
| 10    |                 |   |   |                       |   |   |
| 13    |                 |   |   |                       |   |   |
| 17    |                 |   |   |                       |   |   |
| 22    |                 |   |   |                       |   |   |
| 26    |                 |   |   |                       |   |   |
| 30    |                 |   |   |                       |   |   |
| 33    |                 |   |   |                       |   |   |
| 37    |                 |   |   |                       |   |   |
| 39    |                 |   |   |                       |   |   |
| 43    |                 |   |   |                       |   |   |
| 48    |                 |   |   |                       |   |   |
| 52    |                 |   |   |                       |   |   |
| 54    |                 |   |   |                       |   |   |
| 58    |                 |   |   |                       |   |   |
| 61    |                 |   |   |                       |   |   |
| 65    |                 |   |   |                       |   |   |
| 69    |                 |   |   |                       |   |   |
| 73    |                 |   |   |                       |   |   |
| 76    |                 |   |   |                       |   |   |
| 79    |                 |   |   |                       |   |   |
| 84    |                 |   |   |                       |   |   |
| 88    |                 |   |   |                       |   |   |
| 92    |                 |   |   |                       |   |   |
| 97    |                 |   |   |                       |   |   |
| 101   |                 |   |   |                       |   |   |
| 105   |                 |   |   |                       |   |   |
| 109   |                 |   |   |                       |   |   |
| 111   |                 |   |   |                       |   |   |

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 114   |                 |   |   |                       |   |   |
| 119   |                 |   |   |                       |   |   |



### 3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材 料     | 最 高 使 用 温 度<br>(℃) | 許 容 応 力 (MPa) |     |     |
|---------|--------------------|---------------|-----|-----|
|         |                    | S y           | S u | S h |
| STPT370 | 66                 | 199           | 360 | 93  |

3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図       | 建物・構築物          | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|-----------|-----------------|----------------|----------|
| DGDO-H006 | 軽油タンク室<br>連絡ダクト |                |          |
|           | 原子炉建屋           |                |          |

4. 解析結果及び評価

4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図      DGDO-H006

| 適用する地震動等  |               | S d 及び静的震度 |       |          |          |       | S s      |  |  |
|-----------|---------------|------------|-------|----------|----------|-------|----------|--|--|
| モード       | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 | 応答水平震度*1 |       | 応答鉛直震度*1 |  |  |
|           |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | X 方 向    | Z 方 向 | Y 方 向    |  |  |
| 1 次       |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 2 次       |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 3 次       |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 4 次       |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 5 次       |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 6 次       |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 7 次       |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 8 次       |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 20 次      |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 21 次*2    |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 動的 震 度*3  |               |            |       |          |          |       |          |  |  |
| 静 的 震 度*4 |               |            |       |          |          |       |          |  |  |

注記\*1：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。

\*2：固有周期が0.050 s 以下であることを示す。

\*3：S d 又はS s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。

\*4：3.6C<sub>1</sub>及び1.2C<sub>v</sub>より定めた震度を示す。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 D G D O - H 0 0 6

| モード  | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |      |      |
|------|-------------|-------|------|------|
|      |             | X 方向  | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次  |             |       |      |      |
| 2 次  |             |       |      |      |
| 3 次  |             |       |      |      |
| 4 次  |             |       |      |      |
| 5 次  |             |       |      |      |
| 6 次  |             |       |      |      |
| 7 次  |             |       |      |      |
| 8 次  |             |       |      |      |
| 20 次 |             |       |      |      |

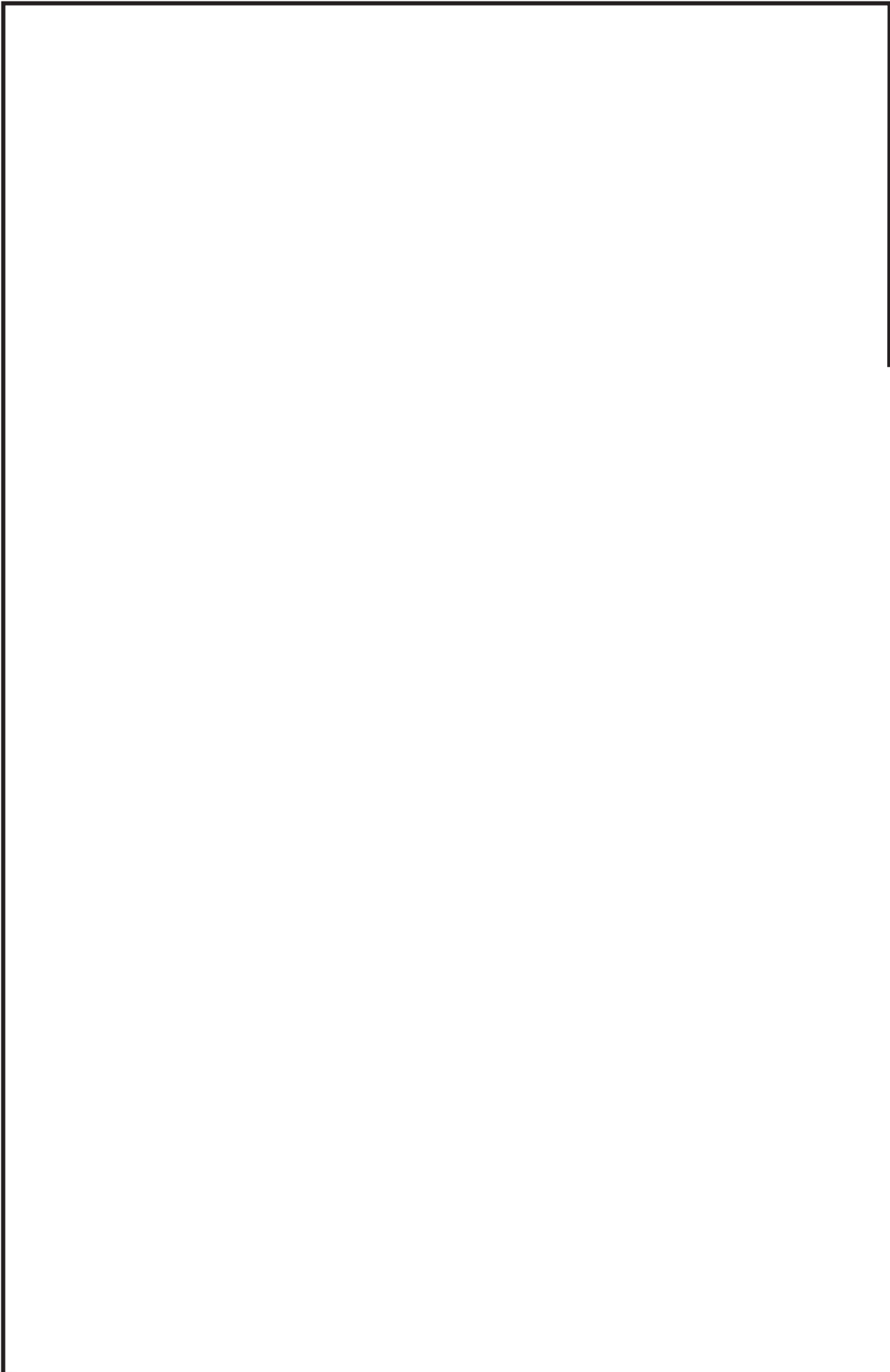
注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

### 代表的振動モード図

振動モード図は、3 次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

鳥瞰図 DGD0-H006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



|     |           |
|-----|-----------|
| 鳥瞰図 | DGDD-H006 |
|-----|-----------|

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

鳥瞰図 DGD0-H006

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



4.2
評価結果

4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管

| 鳥瞰図               | 許容応力<br>状態     | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分                     | 一次応力評価<br>(MPa)         |                 | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |               | 疲労評価                      |
|-------------------|----------------|-------------|--------------------------------|-------------------------|-----------------|---------------------|---------------|---------------------------|
|                   |                |             |                                | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>0.9 S u | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 S y |                           |
| D G D O - H 0 0 6 | V A S<br>V A S | 34<br>77    | S p r m ( S s )<br>S n ( S s ) | 113<br>—                | 324<br>—        | —<br>380            | —<br>398      | 疲労累積係数<br>U S s<br>—<br>— |

4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|-------------|----|----|----|-----------|------------------|------------------|
|             |    |    |    |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| —           | —  | —  | —  | —         | —                | —                |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類      | 型式    | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|-------------|---------|-------|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|             |         |       |        |           | 反力 (kN)        |                |                | モーメント (kN・m)   |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|             |         |       |        |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
| 2T9-022c-01 | レストレイント | U ボルト | SS400  | 50        | —              | 1              | 9              | —              | —              | —              | せん断      | 108               | 139               |
| TH-006-01   | アンカ     | ラグ    | SM400B | 50        | 15             | 1              | 3              | 1              | 2              | 1              | 組合せ      | 100               | 133               |

4.2.3
弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 型式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|----------------------------------------------|----|--------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                           | 鉛直 | 水平                                         | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                            | —  | —                                          | —  | —                 | —    |

4.2.4
代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果（重大事故等クラス2管であってクラス2以下の管）

| 許容応力状態 V <sub>A</sub> S |           |      |                   |                   |       |    |     |                   |                   |        |    |     |                |    |
|-------------------------|-----------|------|-------------------|-------------------|-------|----|-----|-------------------|-------------------|--------|----|-----|----------------|----|
| No.                     | 配管モデル     | 一次応力 |                   |                   |       |    |     | 一次＋二次応力           |                   |        |    |     | 疲労評価           |    |
|                         |           | 評価点  | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度    | 代表 | 評価点 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度     | 代表 | 評価点 | 疲労<br>累積<br>係数 | 代表 |
|                         |           |      |                   |                   |       |    |     |                   |                   |        |    |     |                |    |
| 1                       | DGD0-H001 | 22   | 111               | 366               | 3.29  | —  | 22  | 218               | 462               | 2.11   | —  | —   | —              | —  |
| 2                       | DGD0-H002 | 6    | 6                 | 324               | 54.00 | —  | 6   | 2                 | 398               | 199.00 | —  | —   | —              | —  |
| 3                       | DGD0-H003 | 1    | 5                 | 324               | 64.80 | —  | 1   | 2                 | 398               | 199.00 | —  | —   | —              | —  |
| 4                       | DGD0-H004 | 1    | 34                | 324               | 9.52  | —  | 1   | 54                | 398               | 7.37   | —  | —   | —              | —  |
| 5                       | DGD0-H005 | 20   | 39                | 324               | 8.30  | —  | 7   | 224               | 398               | 1.77   | —  | —   | —              | —  |
| 6                       | DGD0-H006 | 34   | 113               | 324               | 2.86  | ○  | 77  | 380               | 398               | 1.04   | ○  | —   | —              | —  |
| 7                       | DGD0-H007 | 15   | 46                | 324               | 7.04  | —  | 15  | 128               | 398               | 3.10   | —  | —   | —              | —  |

## VI-2-10-2 浸水防護施設の耐震性についての計算書

## 目 次

|              |                       |
|--------------|-----------------------|
| VI-2-10-2-1  | 浸水防護施設の耐震性についての計算結果   |
| VI-2-10-2-2  | 防潮堤の耐震性についての計算書       |
| VI-2-10-2-3  | 防潮壁の耐震性についての計算書       |
| VI-2-10-2-4  | 取放水路流路縮小工の耐震性についての計算書 |
| VI-2-10-2-5  | 貯留堰の耐震性についての計算書       |
| VI-2-10-2-6  | 逆流防止設備の耐震性についての計算書    |
| VI-2-10-2-7  | 水密扉の耐震性についての計算書       |
| VI-2-10-2-8  | 浸水防止蓋の耐震性についての計算書     |
| VI-2-10-2-9  | 浸水防止壁の耐震性についての計算書     |
| VI-2-10-2-10 | 逆止弁付ファンネルの耐震性についての計算書 |
| VI-2-10-2-11 | 貫通部止水処置の耐震性についての計算書   |
| VI-2-10-2-12 | 堰の耐震性についての計算書         |
| VI-2-10-2-13 | 津波監視設備の耐震性についての計算書    |

## VI-2-10-2-3 防潮壁の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-10-2-3-1 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼板）の耐震性についての計算書
- VI-2-10-2-3-2 杭基礎構造防潮壁 鋼製遮水壁（鋼桁）の耐震性についての計算書
- VI-2-10-2-3-3 杭基礎構造防潮壁 鋼製扉の耐震性についての計算書
- VI-2-10-2-3-4 防潮壁（第 3 号機海水熱交換器建屋）の耐震性についての計算書



VI-2-10-2-3-4 防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）の  
耐震性についての計算書

## 目 次

|                      |    |
|----------------------|----|
| 1. 概要 .....          | 1  |
| 2. 一般事項 .....        | 2  |
| 2.1 配置概要 .....       | 2  |
| 2.2 構造計画 .....       | 3  |
| 2.3 評価方針 .....       | 4  |
| 2.4 適用規格・基準等 .....   | 5  |
| 2.5 記号の説明 .....      | 6  |
| 3. 評価対象部位 .....      | 8  |
| 4. 固有値解析 .....       | 9  |
| 4.1 固有振動数の計算方法 ..... | 9  |
| 4.2 固有振動数の計算条件 ..... | 10 |
| 4.3 固有振動数の計算結果 ..... | 10 |
| 5. 構造強度評価 .....      | 11 |
| 5.1 構造強度評価方法 .....   | 11 |
| 5.2 荷重及び荷重の組合せ ..... | 11 |
| 5.3 許容限界 .....       | 12 |
| 5.4 設計用地震力 .....     | 13 |
| 5.5 解析モデル及び諸元 .....  | 14 |
| 5.6 評価方法 .....       | 17 |
| 6. 評価結果 .....        | 22 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防潮壁（第3号機海水熱交換器建屋）（以下、「防潮壁」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度及び止水機能を有していることを確認するものである。

防潮壁に要求される機能の維持を確認するに当たっては、固有値解析及び応力評価により行う。

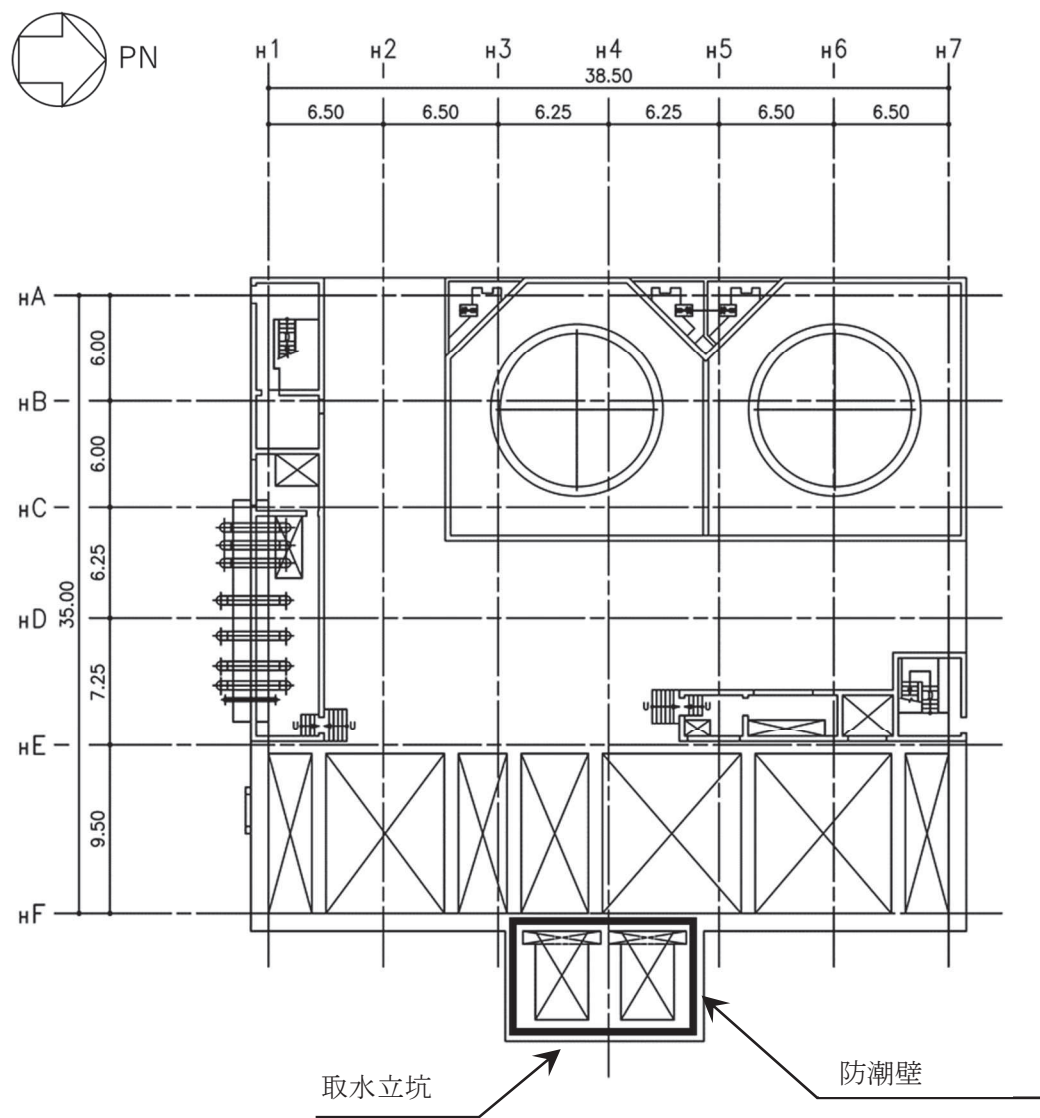
なお、防潮壁の耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

防潮壁は、第3号機海水熱交換器建屋取水立坑上に設置する。

防潮壁の設置位置図を図2-1に示す。



第3号機海水熱交換器建屋 O.P. 14.00

図2-1 防潮壁の設置位置図 (単位: m)

## 2.2 構造計画

防潮壁は、第3号機海水熱交換器建屋取水立坑上に上部工をアンカーボルトにより設置する。

上部工は、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製柱、鋼製梁及び鋼製ブレースで構成する。防潮壁の構造計画を表2-1に示す。

また、設計津波水位及び防潮壁の天端高さを表2-2に示す。

表2-1 防潮壁の構造計画

| 計画の概要                                 |                                      | 概略構造図 |
|---------------------------------------|--------------------------------------|-------|
| 基礎・支持構造                               | 主体構造                                 |       |
| 第3号機海水熱交換器建屋取水立坑上に上部工をアンカーボルトにより設置する。 | 上部工は、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製柱、鋼製梁及び鋼製ブレースで構成する。 |       |

表2-2 設計津波水位及び防潮壁の天端高さ

| 設置場所<br>(m)  | 設計津波水位<br>(入力津波水位)<br>(m)      | 防潮壁の天端高さ<br>(m) |
|--------------|--------------------------------|-----------------|
| O. P. 14. 00 | O. P. 19. 50<br>(O. P. 19. 00) | O. P. 20. 00    |

### 2.3 評価方針

防潮壁の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」に示す防潮壁の構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、「4. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「5. 構造強度評価」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「6. 評価結果」にて確認する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

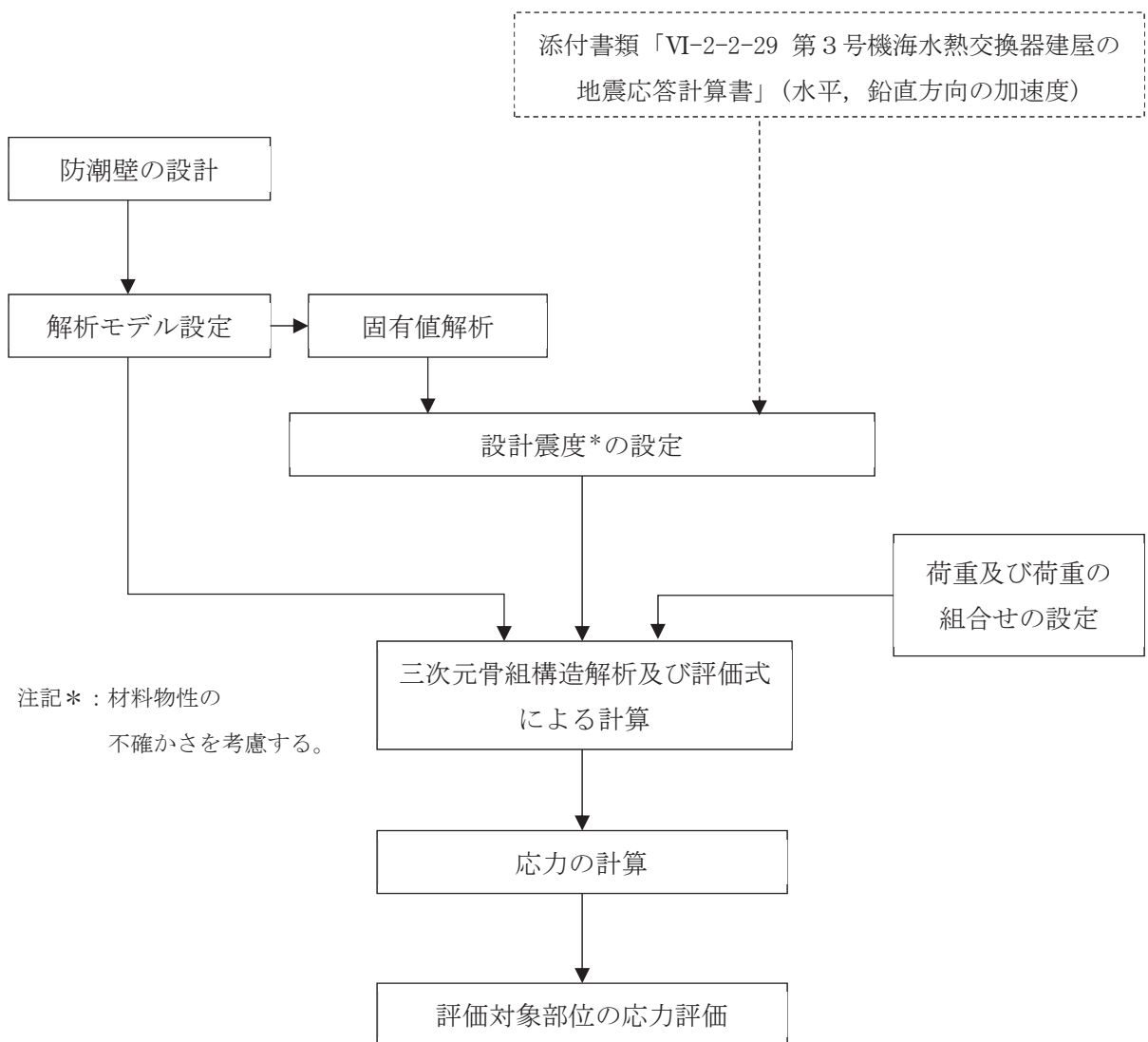


図 2-2 耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）
- ・ 日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説
- ・ 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-
- ・ 日本機械学会 2005 年 機械工学便覧

## 2.5 記号の説明

防潮壁の耐震評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-3 耐震評価に用いる記号 (1/2)

| 記号       | 単位                 | 定義                        |
|----------|--------------------|---------------------------|
| $S_s$    | kN                 | 基準地震動 $S_s$ による地震荷重       |
| $G$      | kN                 | 固定荷重                      |
| $P_s$    | kN                 | 積雪荷重                      |
| $P_k$    | kN                 | 風荷重                       |
| $P_w$    | N/mm               | 鋼製遮水壁（鋼板）の評価高さ当りに作用する水平荷重 |
| $A$      | mm <sup>2</sup>    | 全断面積                      |
| $A_N$    | mm <sup>2</sup>    | 有効断面積                     |
| $A_s$    | mm <sup>2</sup>    | せん断断面積                    |
| $A_{sy}$ | mm <sup>2</sup>    | y 軸方向のせん断断面積              |
| $A_{sz}$ | mm <sup>2</sup>    | z 軸方向のせん断断面積              |
| $E$      | N/mm <sup>2</sup>  | 縦弾性係数                     |
| $\nu$    | —                  | ポアソン比                     |
| $K_{NS}$ | —                  | 基準地震動 $S_s$ の NS 方向設計震度   |
| $K_{EW}$ | —                  | 基準地震動 $S_s$ の EW 方向設計震度   |
| $K_H$    | —                  | 基準地震動 $S_s$ の水平方向設計震度     |
| $K_V$    | —                  | 基準地震動 $S_s$ の UD 方向設計震度   |
| $f_c$    | N/mm <sup>2</sup>  | 許容圧縮応力度                   |
| $f_t$    | N/mm <sup>2</sup>  | 許容引張応力度                   |
| $f_b$    | N/mm <sup>2</sup>  | 許容曲げ応力度                   |
| $\rho_w$ | kg/mm <sup>3</sup> | 鋼製遮水壁（鋼板）の密度              |
| $g$      | m/s <sup>2</sup>   | 重力加速度（=9.80665）           |
| $t$      | mm                 | 鋼製遮水壁（鋼板）の板厚              |
| $L$      | mm                 | 鋼製遮水壁（鋼板）の支点間長さ           |
| $b$      | mm                 | 鋼製遮水壁（鋼板）の評価高さ            |
| $M$      | N・mm               | 曲げモーメント                   |
| $Q$      | N                  | せん断応力                     |
| $T$      | N                  | 引張応力                      |
| $I_y$    | mm <sup>4</sup>    | y 軸まわりの断面二次モーメント          |
| $I_z$    | mm <sup>4</sup>    | z 軸まわりの断面二次モーメント          |
| $Z_y$    | mm <sup>3</sup>    | y 軸まわりの断面係数               |
| $Z_z$    | mm <sup>3</sup>    | z 軸まわりの断面係数               |
| $Z$      | mm <sup>3</sup>    | 断面係数                      |



表 2-3 耐震評価に用いる記号 (2/2)

| 記号             | 単位                | 定義                     |
|----------------|-------------------|------------------------|
| $\sigma_t$     | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度                  |
| $\sigma_c$     | N/mm <sup>2</sup> | 圧縮応力度                  |
| $\sigma_b$     | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度                  |
| $\sigma_{bx}$  | N/mm <sup>2</sup> | X軸まわりの曲げ応力度            |
| $\sigma_{by}$  | N/mm <sup>2</sup> | Y軸まわりの曲げ応力度            |
| ${}_c\sigma_b$ | N/mm <sup>2</sup> | 圧縮側曲げ応力度               |
| ${}_t\sigma_b$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張側曲げ応力度               |
| $\tau$         | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度                 |
| $f_{bx}$       | N/mm <sup>2</sup> | X軸まわりの許容曲げ応力度          |
| $f_{by}$       | N/mm <sup>2</sup> | Y軸まわりの許容曲げ応力度          |
| N              | N                 | 圧縮応力                   |
| $T_d$          | kN                | アンカーボルト 1 本当りに作用する引張力  |
| q              | kN                | アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 |
| $T_a$          | kN                | アンカーボルトの短期許容引張荷重       |
| $q_a$          | kN                | アンカーボルトの短期許容せん断荷重      |
| $\ell$         | m                 | 防潮壁高さ                  |
| k              | N/m               | 防潮壁の剛性                 |
| m              | kg                | 防潮壁の質量                 |
| f              | Hz                | 固有振動数                  |

### 3. 評価対象部位

評価対象部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造を踏まえて、地震に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

評価対象部位は、地震に伴う慣性力が防潮壁の鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製梁、鋼製柱及び鋼製ブレースに伝わり、上部工を固定するアンカーボルトを介して躯体に伝達されることから、評価対象部位は、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製梁、鋼製柱、鋼製ブレース及びアンカーボルトとする。評価対象部位を図3-1に示す。

なお、鋼製梁、鋼製柱、鋼製ブレース及びアンカーボルトについては、水平2方向及び鉛直方向地震力を組合せ係数法により組合せて評価を実施する。

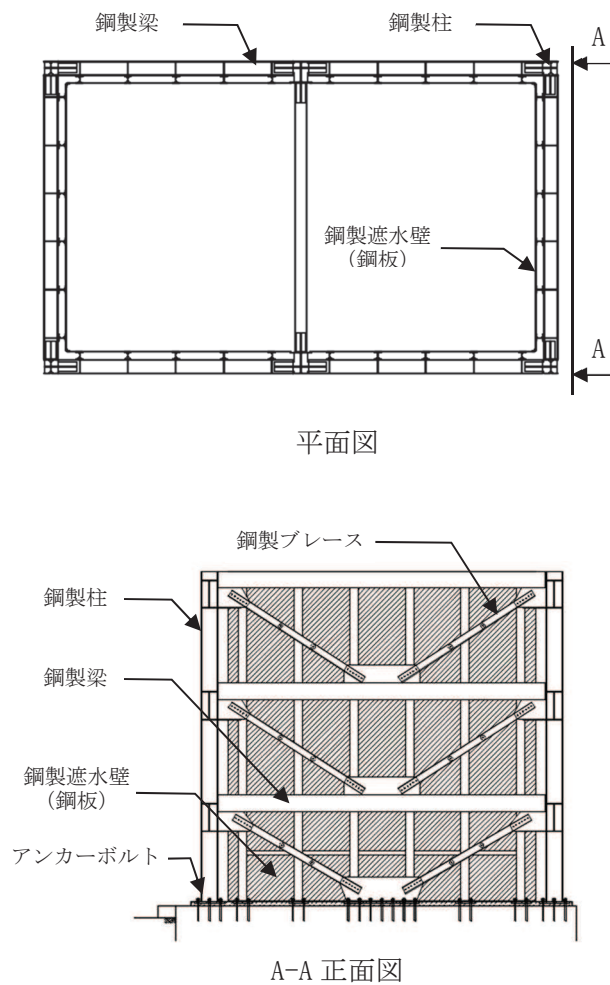


図3-1 評価対象部位

#### 4. 固有値解析

##### 4.1 固有振動数の計算方法

防潮壁の構造に応じて解析モデルを設定し、固有振動数を求める。

##### 4.1.1 解析モデルの設定

各部位の寸法や形状を踏まえ片持ち梁に単純化したモデルとする。防潮壁の評価モデル図を図4-1に示す。

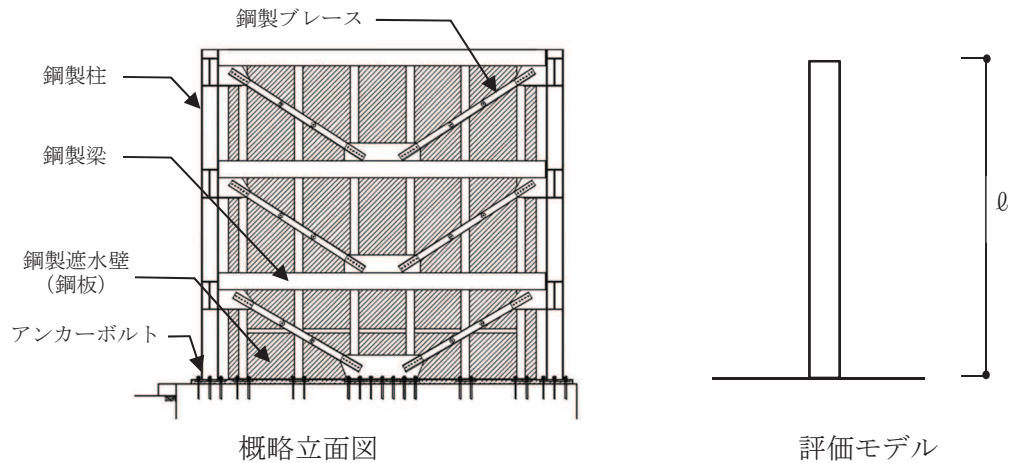


図4-1 防潮壁の評価モデル図

##### 4.1.2 記号の説明

固有振動数算出に用いる記号を表4-1に示す。

表4-1 固有振動数算出に用いる記号

| 記号 | 単位  | 定義     |
|----|-----|--------|
| f  | Hz  | 固有振動数  |
| ℓ  | m   | 防潮壁高さ  |
| m  | kg  | 防潮壁の質量 |
| k  | N/m | 防潮壁の剛性 |

##### 4.1.3 固有振動数の算出方法

固有振動数 f を「日本機械学会 2005 年 機械工学便覧」に基づき以下の式より算出する。

$$f = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

#### 4.2 固有振動数の計算条件

固有振動数の計算条件を表 4-2 に示す。剛性は、原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）に示される K 型ブレースの復元力特性の初期剛性を設定する。

表 4-2 固有振動数の計算条件

| 防潮壁高さ $\ell$<br>(m) | 剛性 k<br>(N/m)      | 質量 m<br>(kg)       |
|---------------------|--------------------|--------------------|
| 6.0                 | $2.20 \times 10^6$ | $5.09 \times 10^4$ |

#### 4.3 固有振動数の計算結果

固有振動数の計算結果を表 4-3 に示す。計算結果より、剛であることを確認した。

表 4-3 固有振動数の計算結果

| 固有振動数 f<br>(Hz) |
|-----------------|
| 52.02           |

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に生じる応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

### 5.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 5.2.1 荷重

防潮壁の耐震評価において、考慮する荷重を以下に示す。

##### (1) 固定荷重( $G$ )

固定荷重として、自重を考慮する。

##### (2) 地震荷重( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

##### (3) 積雪荷重( $P_s$ )

積雪荷重については、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である 43cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第 86 条第 2 項により、積雪量 1cm ごとに  $20\text{N/m}^2$  の積雪荷重が作用することを考慮し、 $0.301\text{kN/m}^2$  を考慮する。

##### (4) 風荷重( $P_k$ )

風荷重については、設計基準風速を  $30\text{m/s}$  とし、建築基準法に基づき算定する。

#### 5.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ

| 外力の状態         | 荷重の組合せ                |
|---------------|-----------------------|
| 地震時 ( $S_s$ ) | $G + P_s + P_k + S_s$ |

$G$  : 固定荷重

$P_s$  : 積雪荷重

$P_k$  : 風荷重

$S_s$  : 地震荷重

### 5.3 許容限界

許容限界は、「3. 評価対象部位」にて設定している評価対象部位ごとに機能損傷モードを考慮し、短期許容応力度又は短期許容荷重とする。

#### 5.3.1 鋼板及び鉄骨材

「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-」に基づき算定した鋼板及び鉄骨材の短期許容応力度を表 5-2 に示す。

表 5-2 鋼板及び鉄骨材の短期許容応力度

| 材料              | 短期許容応力度                    |                             |                              |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
|                 | 曲げ<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | せん断<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 組合せ*<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
| SS400<br>SM400A | 235                        | 135                         | 235                          |
| SM490A          | 325                        | 187                         | 325                          |

注記\*：短期許容引張応力度の値を示す。

#### 5.3.2 アンカーボルト

「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算出したアンカーボルトの短期許容荷重を表 5-3 に示す。

なお、引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる許容荷重及び定着したコンクリート躯体の付着力により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、せん断力を受ける場合においては、アンカーボルト母材のせん断強度により決まる許容荷重、定着したコンクリート躯体の支圧強度及びコーン状破壊により決まる許容荷重を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 5-3 アンカーボルトの短期許容荷重

| 材料    | 短期許容荷重<br>(kN/本) |      |
|-------|------------------|------|
|       | 引張               | せん断  |
| SS400 | 57.8             | 44.8 |

#### 5.4 設計用地震力

「4.3 固有振動数の計算結果」に示したとおり固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、耐震評価に用いる設計震度は材料物性の不確かさを考慮したものとして添付書類「VI-2-2-29 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」の地震応答解析結果を用いる。評価で用いる設計震度を表 5-4 に示す。

表 5-4 設計震度

| 設置場所<br>(m)  | 基準地震動 $S_s$   |               |               |
|--------------|---------------|---------------|---------------|
|              | NS 方向<br>設計震度 | EW 方向<br>設計震度 | UD 方向<br>設計震度 |
| O. P. 14. 00 | $K_{NS}=2.46$ | $K_{EW}=2.07$ | $K_V=1.27$    |

## 5.5 解析モデル及び諸元

### 5.5.1 鋼製柱、鋼製梁及び鋼製ブレースの解析モデルおよび諸元

鋼製柱、鋼製梁及び鋼製ブレースの解析モデルを図 5-1 に示す。

- (1) 解析モデルの諸元及び部材の断面性能を表 5-5 及び表 5-6 に示す。
- (2) 解析モデルは、各部材を表 5-7 に示す要素を用いてモデル化する。なお、アンカーボルトを固定する脚部はピン支持とし、モデル化は基本部材の軸心で行うものとする。
- (3) 解析コードは「KANSAS2」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5-64 計算機プログラム（解析コード）の概要・KANSAS2」に示す。

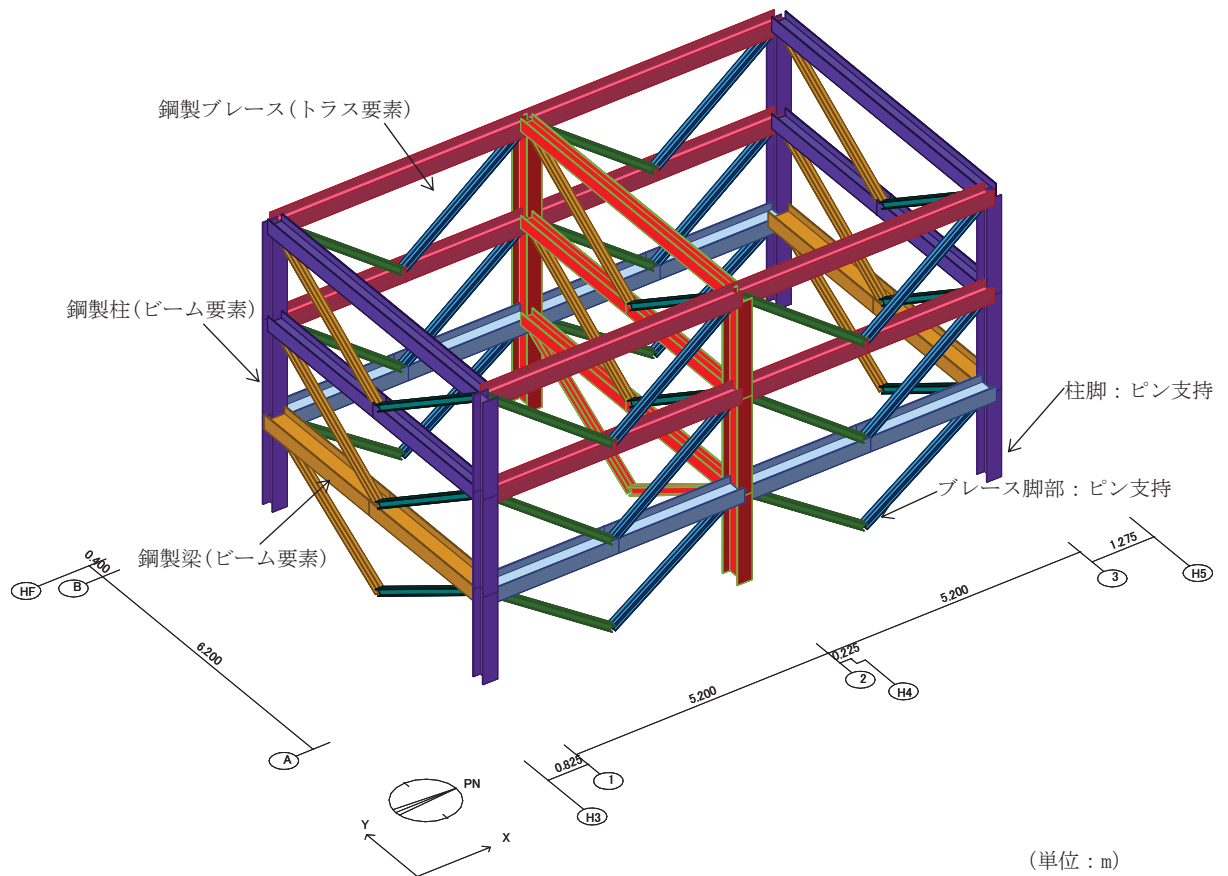


図 5-1 鋼製柱、鋼製梁及び鋼製ブレースの解析モデル



表 5-5 解析モデルの諸元

| 項目    | 記号    | 単位                | 入力値                       |
|-------|-------|-------------------|---------------------------|
| 材質    | —     | —                 | SS400<br>SM400A<br>SM490A |
| 縦弾性係数 | E     | N/mm <sup>2</sup> | 205000                    |
| ポアソン比 | $\nu$ | —                 | 0.3                       |

表 5-6 断面性能

| 部材          | 断面積<br>A[mm <sup>2</sup> ] | せん断断面積                                |                                       | 断面二次モーメント                            |                                      | 断面係数                                 |                                      |
|-------------|----------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
|             |                            | A <sub>sy</sub><br>[mm <sup>2</sup> ] | A <sub>sz</sub><br>[mm <sup>2</sup> ] | I <sub>y</sub><br>[mm <sup>4</sup> ] | I <sub>z</sub><br>[mm <sup>4</sup> ] | Z <sub>y</sub><br>[mm <sup>3</sup> ] | Z <sub>z</sub><br>[mm <sup>3</sup> ] |
| 鋼製柱         | 14620                      | 9600                                  | 5016                                  | 52500×10 <sup>4</sup>                | 7210×10 <sup>4</sup>                 | 2010×10 <sup>3</sup>                 | 480×10 <sup>3</sup>                  |
| 鋼製梁<br>①    | 21150                      | 6000                                  | 15000                                 | 11300×10 <sup>4</sup>                | 117000×10 <sup>4</sup>               | 750×10 <sup>3</sup>                  | 3760×10 <sup>3</sup>                 |
| 鋼製梁<br>②    | 15390                      | 4444                                  | 10800                                 | 8110×10 <sup>4</sup>                 | 54700×10 <sup>4</sup>                | 540×10 <sup>3</sup>                  | 2190×10 <sup>3</sup>                 |
| 鋼製梁<br>③    | 11850                      | 2700                                  | 9000                                  | 6750×10 <sup>4</sup>                 | 20200×10 <sup>4</sup>                | 450×10 <sup>3</sup>                  | 1220×10 <sup>3</sup>                 |
| 鋼製梁<br>④    | 9143                       | 1998                                  | 7000                                  | 3650×10 <sup>4</sup>                 | 10700×10 <sup>4</sup>                | 292×10 <sup>3</sup>                  | 781×10 <sup>3</sup>                  |
| 鋼製ブレース<br>① | 6118                       | —                                     | —                                     | —                                    | —                                    | —                                    | —                                    |
| 鋼製ブレース<br>② | 4742                       | —                                     | —                                     | —                                    | —                                    | —                                    | —                                    |
| 鋼製ブレース<br>③ | 3422                       | —                                     | —                                     | —                                    | —                                    | —                                    | —                                    |

表 5-7 使用要素

| 部材     | 使用要素  | 使用材料   | 使用断面                                                                            |
|--------|-------|--------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 鋼製柱    | ビーム要素 | SM400A | BH-450×300×12×16                                                                |
| 鋼製梁    | ビーム要素 | SM490A | ① H-550×300×12×25<br>② H-440×300×11×18<br>③ H-300×300×10×15<br>④ H-250×250×9×14 |
| 鋼製ブレース | トラス要素 | SS400  | ① 2[-150×75×9×12.5<br>② 2[-150×75×6.5×10<br>③ 2[-125×65×6×8                     |

## 5.5.2 鋼製遮水壁（鋼板）の諸元

鋼製遮水壁（鋼板）の諸元を表 5-8 に示す。

表 5-8 鋼製遮水壁（鋼板）の諸元

| 部材            | 使用材料   | 使用断面                      |
|---------------|--------|---------------------------|
| 鋼製遮水壁<br>（鋼板） | SM490A | P L-16<br>P L-12<br>P L-9 |

## 5.6 評価方法

「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-」に基づき、鉄骨及び鋼板の断面に生じる軸力及び曲げモーメント並びにせん断応力が短期許容応力度に基づく許容値を超えないことを確認する。

また、アンカーボルトに生じる引張力及びせん断力が短期許容荷重を超えないことを確認する。

### 5.6.1 鋼製柱、鋼製梁及び鋼製ブレースの評価方法

#### (1) 圧縮応力に対する断面の評価方法

圧縮応力が生じる部材は、座屈を考慮し、部材に生じる圧縮応力度が許容圧縮応力度を超えないことを確認する。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} \leq 1$$

ここで、

$\sigma_c$  : 圧縮応力度(=N/A) (N/mm<sup>2</sup>)

N : 圧縮応力(N)

A : 全断面積(mm<sup>2</sup>)

$f_c$  : 許容圧縮応力度(N/mm<sup>2</sup>)

#### (2) 引張応力に対する断面の評価方法

引張応力が生じる部材は、部材に生じる引張応力度が許容引張応力度を超えないことを確認する。

$$\frac{\sigma_t}{f_t} \leq 1$$

ここで、

$\sigma_t$  : 引張応力度(=T/A<sub>N</sub>) (N/mm<sup>2</sup>)

T : 引張応力(N)

A<sub>N</sub> : 有効断面積(mm<sup>2</sup>)

$f_t$  : 許容引張応力度(N/mm<sup>2</sup>)

(3) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

曲げモーメントが生じる部材は，座屈長を考慮し，部材に生じる最大曲げ応力度が許容曲げ応力度を超えないことを確認する。曲げ応力は，面内方向及び面外方向ともに考慮する。

$$\frac{\sigma_{bX}}{f_{bX}} + \frac{\sigma_{bY}}{f_{bY}} \leq 1$$

ここで，

$\sigma_{bX}, \sigma_{bY}$  : X軸まわり及びY軸まわりの曲げ応力度(=M/Z) (N/mm<sup>2</sup>)

M : 曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$f_{bX}, f_{bY}$  : X軸まわり及びY軸まわりの許容曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

(4) 曲げモーメント及びせん断応力の組合せ評価方法

曲げモーメント及びせん断応力が生じる部材は，部材に生じる組合せ応力度が許容引張応力度を超えないことを確認する。

$$\frac{\sqrt{\sigma_b^2 + 3 \cdot \tau^2}}{f_t} \leq 1$$

ここで，

$\sigma_b$  : 曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : せん断応力度(=Q/A<sub>s</sub>) (N/mm<sup>2</sup>)

Q : せん断応力 (N)

A<sub>s</sub> : せん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

(5) 引張応力，曲げモーメント及びせん断応力の組合せ評価方法

引張応力，曲げモーメント及びせん断応力が生じる部材は，座屈長を考慮し，部材に生じる組合せ応力度が許容引張応力度を超えないことを確認する。曲げ応力は，面内方向及び面外方向ともに考慮する。

$$\frac{\sqrt{(\sigma_t + \sigma_{bX} + \sigma_{bY})^2 + 3 \cdot \tau^2}}{f_t} \leq 1$$

(6) 圧縮応力及び曲げモーメントの組合せ評価方法

圧縮応力及び曲げモーメントが生じる部材は、座屈長を考慮し、部材に生じる組合せ応力度を下式により考慮する。

$$\frac{\sigma_c}{f_c} + \frac{\sigma_b}{f_b} \leq 1 \quad \text{かつ} \quad \frac{\sigma_b - \sigma_c}{f_c} \leq 1$$

ここで、

$\sigma_b, \sigma_c$  : 圧縮側及び引張側の曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$f_b$  : 許容曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

### 5.6.2 アンカーボルトの評価方法

#### (1) 引張力に対する評価方法

アンカーボルトに作用する引張力を算出し、アンカーボルトの短期許容引張荷重を下回ることを確認する。

$$T_d / T_a \leq 1$$

ここで、

$T_d$  : アンカーボルト 1 本当りに作用する引張力 (kN)

$T_a$  : アンカーボルトの短期許容引張荷重 (kN)

#### (2) せん断力に対する評価方法

アンカーボルトに作用するせん断力を算出し、アンカーボルトの短期許容せん断荷重を下回ることを確認する。

$$q / q_a \leq 1$$

ここで、

$q$  : アンカーボルト 1 本当りに作用するせん断力 (kN)

$q_a$  : アンカーボルトの短期許容せん断荷重 (kN)

#### (3) 組合せ評価方法

組合せによる評価を「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式により算出し、1 以下であることを確認する。

$$(T_d / T_a)^2 + (q / q_a)^2 \leq 1$$

### 5.6.3 鋼製遮水壁（鋼板）の評価方法

#### (1) 鋼製遮水壁（鋼板）の評価モデル

鋼製遮水壁（鋼板）の評価モデルを図 5-2 に示す。

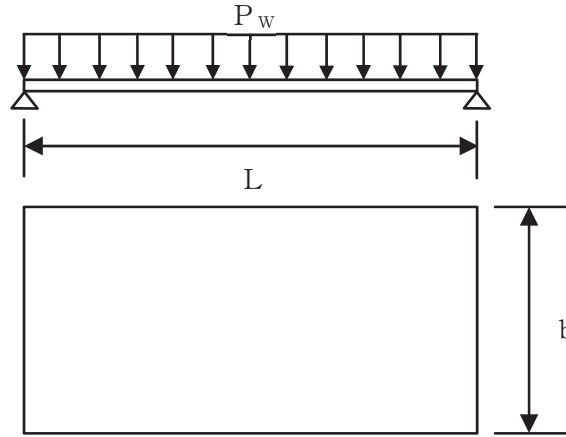


図 5-2 鋼製遮水壁（鋼板）の評価モデル図

鋼製遮水壁（鋼板）に作用する荷重は，次式より算出する。

$$P_w = K_H \cdot \rho_w \cdot t \cdot g \cdot b$$

ここで，

$P_w$ ：鋼製遮水壁（鋼板）の評価高さ当りに作用する水平荷重（N/mm）

$K_H$ ：基準地震動  $S_s$  の水平方向設計震度（ $K_{NS}$ または $K_{EW}$ ）

$\rho_w$ ：鋼製遮水壁（鋼板）の密度（kg/mm<sup>3</sup>）

$t$ ：鋼製遮水壁（鋼板）の板厚（mm）

$g$ ：重力加速度（m/s<sup>2</sup>）

$b$ ：鋼製遮水壁（鋼板）の評価高さ（mm）

鋼製遮水壁（鋼板）に発生する応力は，次式より算出する。

$$M = P_w \cdot L^2 / 8$$

$$Q = P_w \cdot L / 2$$

ここで，

$M$ ：曲げモーメント（N・mm）

$Q$ ：せん断力（N）

$L$ ：鋼製遮水壁（鋼板）の支点間長さ（mm）

## 6. 評価結果

防潮壁の耐震評価結果を表 6-1 に示す。各部材の断面検定を行った結果、全ての部材において発生応力度又は荷重が許容限界以下であることを確認した。

表 6-1 防潮壁の耐震評価結果

| 評価対象部位        |     | 発生値<br>(発生応力度又は荷重) |                   | 許容限界 |                   | 検定値    |
|---------------|-----|--------------------|-------------------|------|-------------------|--------|
| 鋼製遮水壁<br>(鋼板) | 曲げ  | 16                 | N/mm <sup>2</sup> | 325  | N/mm <sup>2</sup> | 0.05<1 |
|               | せん断 | 1                  | N/mm <sup>2</sup> | 187  | N/mm <sup>2</sup> | 0.01<1 |
|               | 組合せ | 17                 | N/mm <sup>2</sup> | 325  | N/mm <sup>2</sup> | 0.06<1 |
| 鋼製柱           | 曲げ  | 7                  | N/mm <sup>2</sup> | 235  | N/mm <sup>2</sup> | 0.03<1 |
|               | せん断 | 3                  | N/mm <sup>2</sup> | 135  | N/mm <sup>2</sup> | 0.03<1 |
|               | 組合せ | 27                 | N/mm <sup>2</sup> | 235  | N/mm <sup>2</sup> | 0.12<1 |
| 鋼製梁           | 曲げ  | 57                 | N/mm <sup>2</sup> | 325  | N/mm <sup>2</sup> | 0.18<1 |
|               | せん断 | 9                  | N/mm <sup>2</sup> | 187  | N/mm <sup>2</sup> | 0.05<1 |
|               | 組合せ | 69                 | N/mm <sup>2</sup> | 325  | N/mm <sup>2</sup> | 0.22<1 |
| 鋼製<br>ブレース    | 圧縮  | 42                 | N/mm <sup>2</sup> | 132  | N/mm <sup>2</sup> | 0.32<1 |
|               | 引張  | 44                 | N/mm <sup>2</sup> | 235  | N/mm <sup>2</sup> | 0.19<1 |
| アンカー<br>ボルト   | 引張  | 21.0               | kN                | 57.8 | kN                | 0.37<1 |
|               | せん断 | 14.8               | kN                | 44.8 | kN                | 0.34<1 |
|               | 組合せ | —                  |                   | —    |                   | 0.14<1 |



## VI-2-10-2-7 水密扉の耐震性についての計算書

## 目 次

VI-2-10-2-7-1 水密扉（浸水防止設備）の耐震性についての計算書

VI-2-10-2-7-2 水密扉（溢水防護設備）の耐震性についての計算書

VI-2-10-2-7-1 水密扉（浸水防止設備）の耐震性についての計算書

## 目 次

|                  |    |
|------------------|----|
| 1. 概要            | 1  |
| 2. 一般事項          | 2  |
| 2.1 検討対象水密扉一覧    | 2  |
| 2.2 配置概要         | 3  |
| 2.3 構造計画         | 10 |
| 2.4 評価方針         | 11 |
| 2.5 適用規格・基準等     | 13 |
| 2.6 記号の説明        | 14 |
| 3. 固有値解析         | 16 |
| 3.1 固有振動数の算出方法   | 16 |
| 3.1.1 解析モデルの設定   | 16 |
| 3.2 固有振動数の算出条件等  | 17 |
| 3.2.1 記号の説明      | 17 |
| 3.2.2 固有振動数の算出方法 | 17 |
| 3.2.3 固有振動数の算出条件 | 19 |
| 3.3 固有振動数の算出結果   | 21 |
| 4. 耐震評価          | 22 |
| 4.1 評価対象部位       | 22 |
| 4.2 荷重及び荷重の組合せ   | 25 |
| 4.2.1 荷重の組合せ     | 25 |
| 4.2.2 荷重         | 25 |
| 4.3 許容限界         | 26 |
| 4.3.1 使用材料       | 26 |
| 4.3.2 許容限界       | 27 |
| 4.4 設計用地震力       | 29 |
| 4.5 評価方法         | 30 |
| 4.5.1 応力算定       | 30 |
| 4.5.2 断面検定       | 44 |
| 4.6 評価条件         | 49 |
| 5. 評価結果          | 57 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、浸水防止設備である第3号機海水熱交換器建屋の水密扉、原子炉建屋の水密扉及び制御建屋の水密扉（以下「水密扉」という。）が、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

その耐震評価は、水密扉に要求される機能の維持を確認するために、応力評価に基づく、構造部材の健全性評価により行う。

水密扉は、設計基準対象施設においては浸水防止設備に分類される。以下に設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、水密扉の耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

## 2. 一般事項

### 2.1 検討対象水密扉一覧

検討対象の水密扉を表 2-1 に示す。

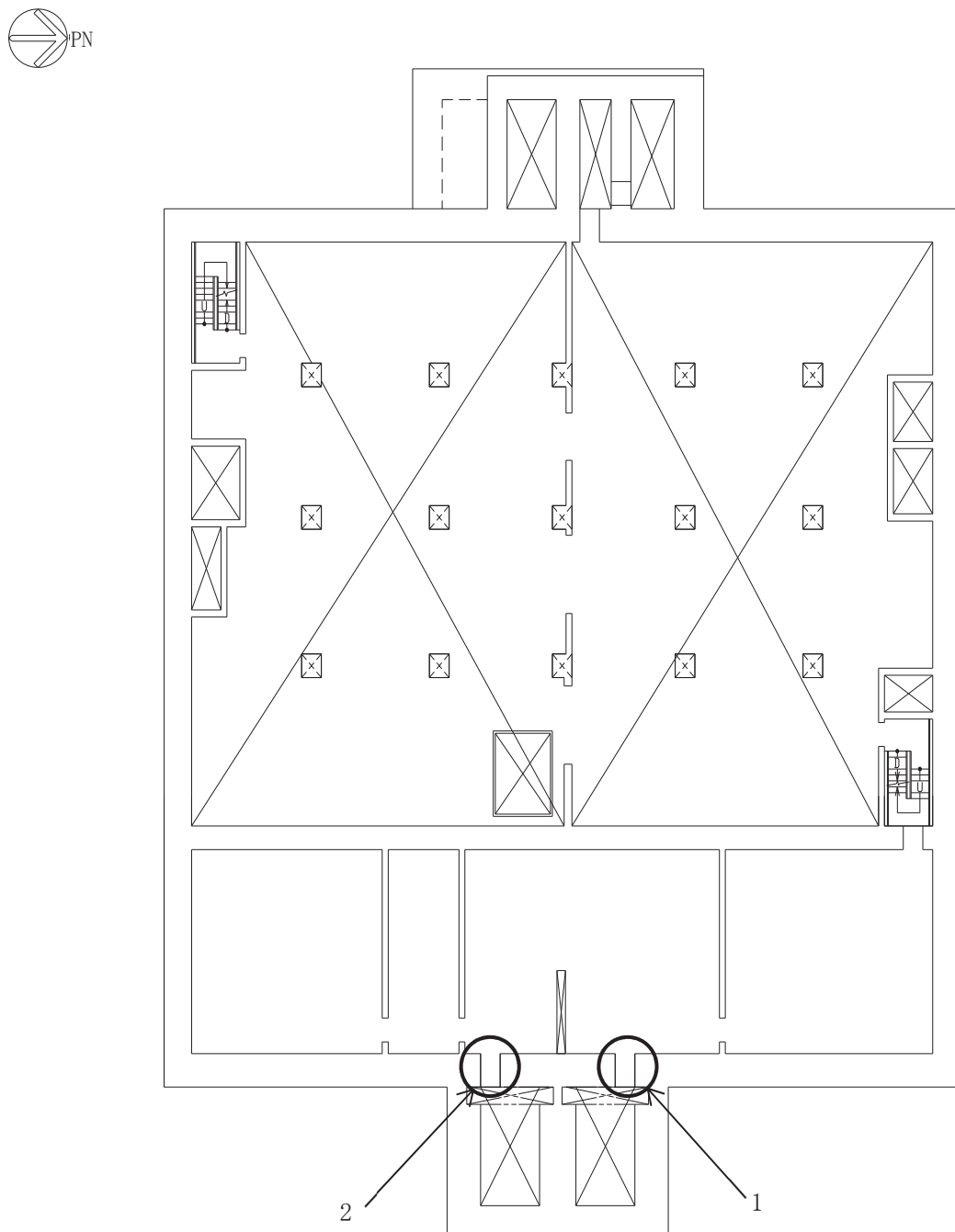
表 2-1 検討対象水密扉一覧

| 水密扉<br>No. | 扉名称                                  | 設置高さ<br>O.P. * |
|------------|--------------------------------------|----------------|
| 1          | 水密扉（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1) | 2.00m          |
| 2          | 水密扉（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 2) | 2.00m          |
| 3          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)                 | 14.00m         |
| 4          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)                 | 14.00m         |
| 5          | 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉                | 0.50m          |
| 6          | 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉                | 0.50m          |
| 7          | 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)          | 7.00m          |
| 8          | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)                  | 18.50m         |
| 9          | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)                  | 14.00m         |
| 10         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)                  | 14.00m         |
| 11         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)                  | 14.00m         |
| 12         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)                  | 14.00m         |
| 13         | 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉                   | 22.50m         |

注記\*：平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い，牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生していることを考慮した設計とし，地盤沈下量を考慮した高さを示す。

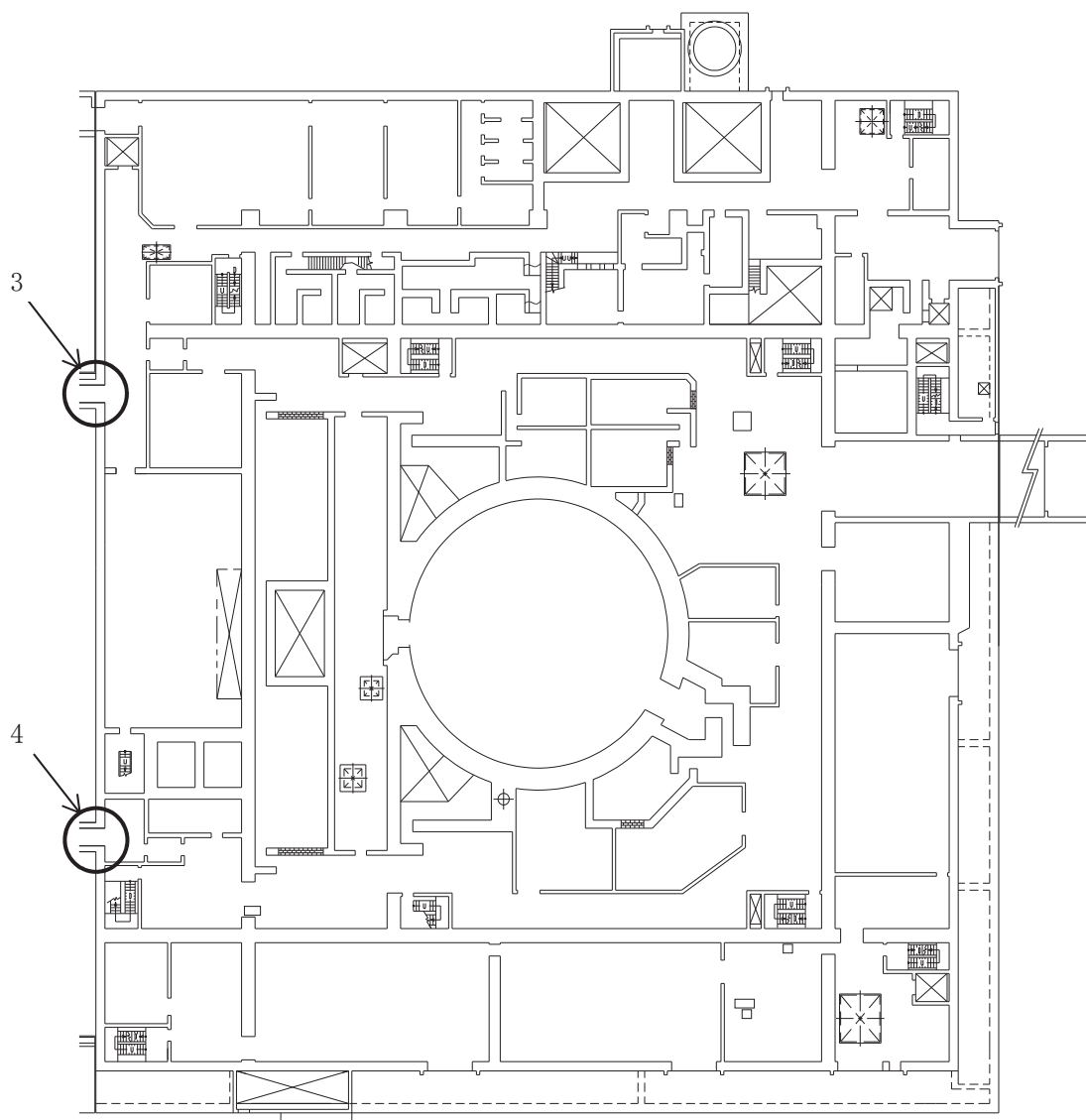
## 2.2 配置概要

第3号機海水熱交換器建屋の水密扉の設置位置図を図2-1に、原子炉建屋の水密扉の設置位置図を図2-2に、制御建屋の水密扉の設置位置図を図2-3に示す。



|   |                                    |
|---|------------------------------------|
| 1 | 水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No. 1） |
| 2 | 水密扉（第3号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）（No. 2） |

図2-1 第3号機海水熱交換器建屋の水密扉の設置位置図 O.P. 2.00m



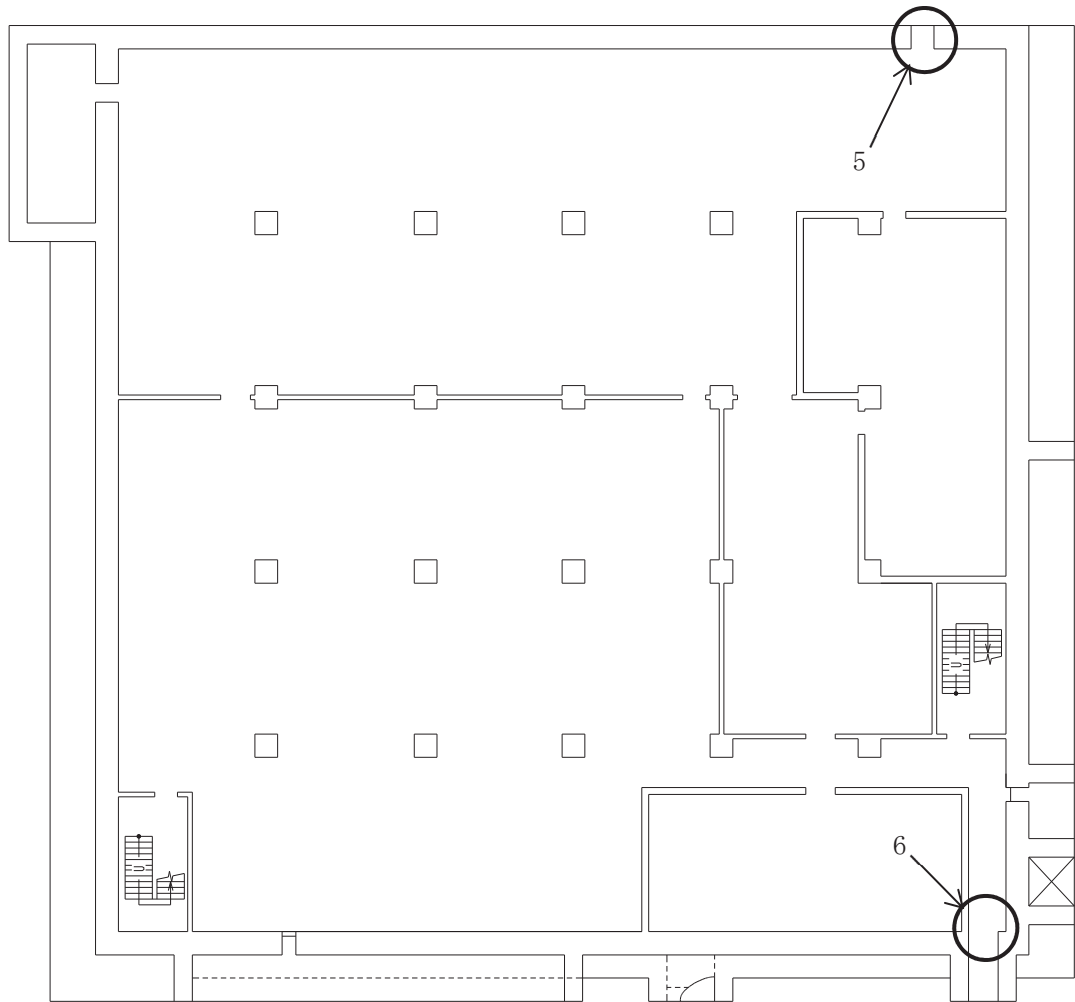
|   |                      |
|---|----------------------|
| 3 | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1) |
| 4 | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2) |

図 2-2 原子炉建屋の水密扉の設置位置図 0. P. 14. 00m



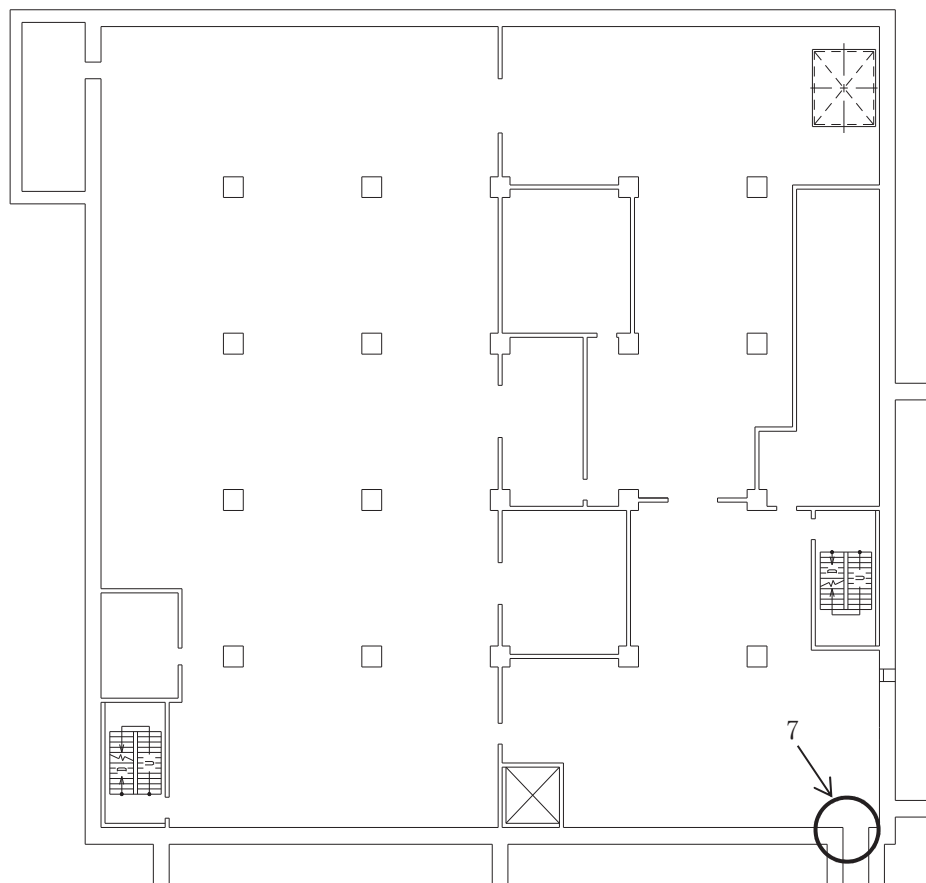


02 ⑤ VI-2-10-2-7-1 R0



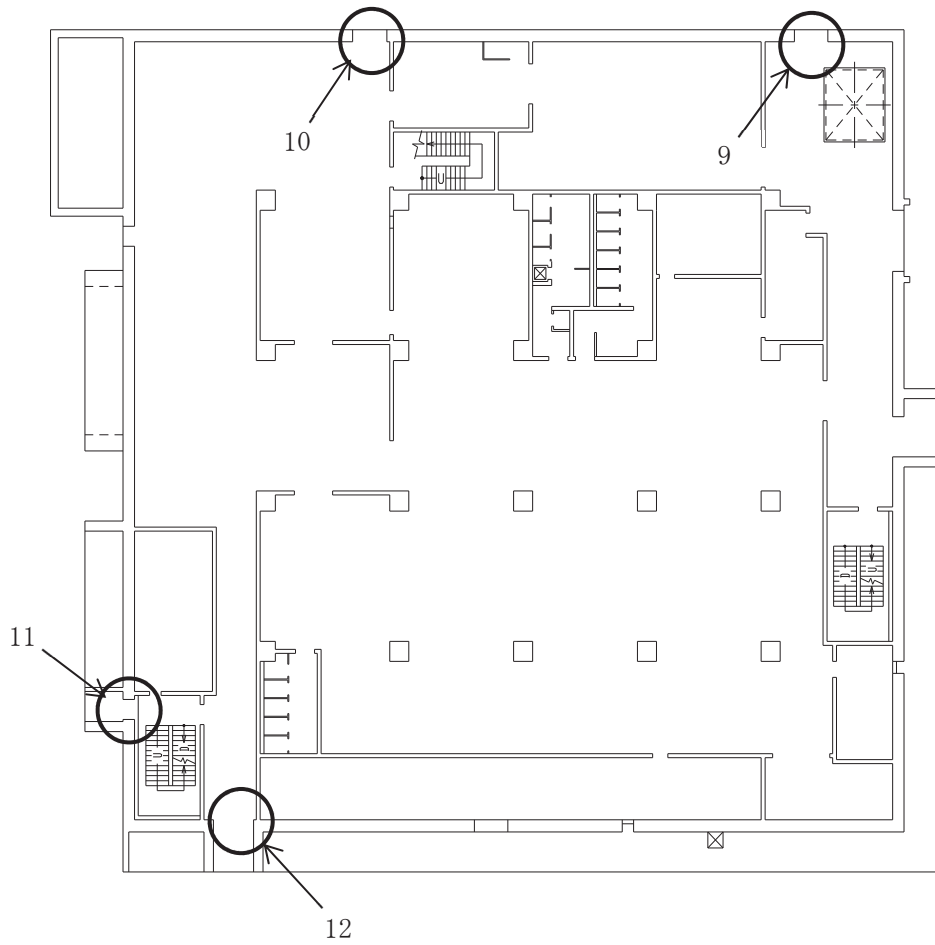
|   |                     |
|---|---------------------|
| 5 | 制御建屋空調機械(A)室浸水防止水密扉 |
| 6 | 制御建屋空調機械(B)室浸水防止水密扉 |

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図(1/5) 0.P.0.50m



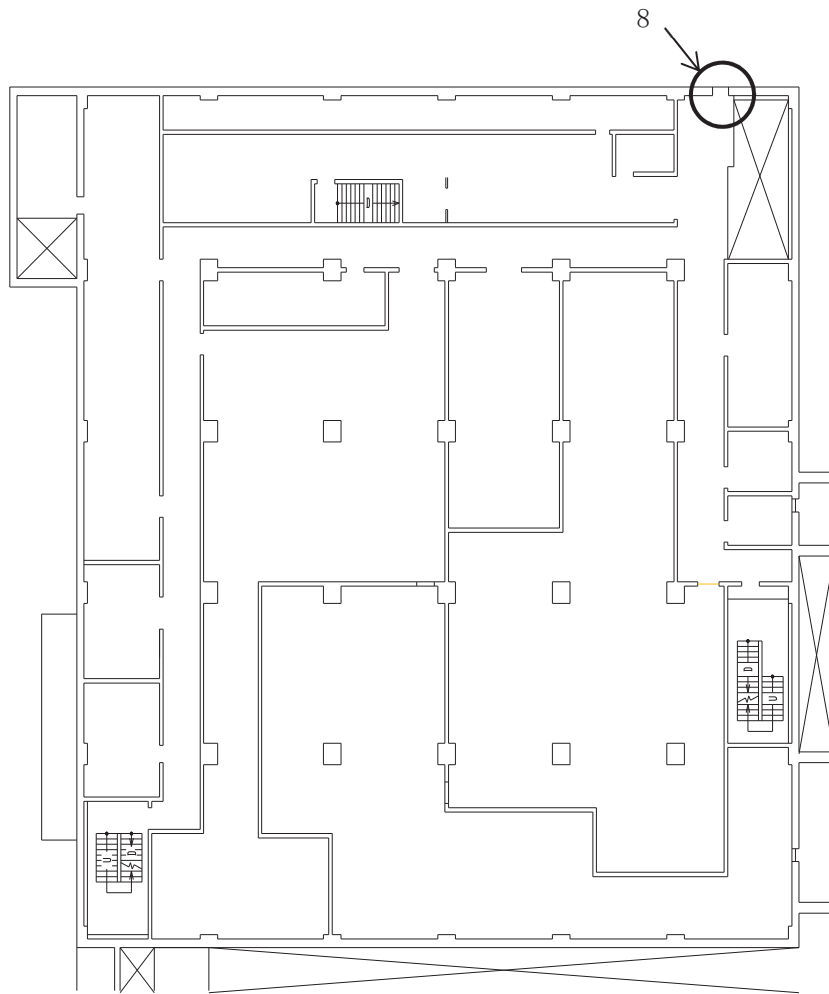
|   |                          |
|---|--------------------------|
| 7 | 計測制御電源室(B)浸水防止水密扉(No. 3) |
|---|--------------------------|

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図(2/5) 0.P. 7.00m



|    |                     |
|----|---------------------|
| 9  | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2) |
| 10 | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3) |
| 11 | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4) |
| 12 | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5) |

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図 (3/5) O.P. 14.00m



|   |                     |
|---|---------------------|
| 8 | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1) |
|---|---------------------|

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図 (4/5) 0. P. 18. 50m



02 ⑤ VI-2-10-2-7-1 R0



|    |                  |
|----|------------------|
| 13 | 第2号機 MCR 浸水防止水密扉 |
|----|------------------|

図 2-3 制御建屋の水密扉の設置位置図(5/5) O.P. 22.50m

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

### 2.3 構造計画

水密扉は、片開型の鋼製扉とし扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉止状態において、カンヌキ及びカンヌキ受けにより固定され止水性を確保しており、アンカーボルトによって建屋躯体に固定された扉枠にて支持する構造とする。水密扉の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画

| 計画の概要                                                                                                   |                                                                                                          | 説明図 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 基礎・支持構造                                                                                                 | 主体構造                                                                                                     |     |
| <p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、カンヌキにより、扉と扉枠を一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。</p> | <p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p> |     |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 2.4 評価方針

水密扉の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造を踏まえ、「4.1 評価対象部位」にて設定する評価部位において、「3. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「5. 評価結果」にて確認する。

耐震評価フローを図 2-4 に示す。水密扉の耐震評価においては、その構造を踏まえ、基準地震動  $S_s$  による地震荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し、評価対象部位を設定する。

耐震評価においては、荷重を静的に作用させることにより、ヒンジ部(ヒンジ板, ヒンジピン, ヒンジボルト), カンヌキ部(カンヌキ, カンヌキ受けピン, カンヌキ受けボルト) 及び扉固定部(扉付固定ボルト, 枠付固定ボルト) の発生応力並びにアンカーボルトの発生荷重を算定し、許容限界との比較を行う。

なお、扉付固定ボルト及び枠付固定ボルトはカンヌキ受けボルトと同じ評価方法とする。

アンカーボルトは壁に埋め込まれた方向によって下記のとおりと呼ぶこととする。

- ・  $0^\circ$  方向配置：アンカーボルトが壁の厚さの直交方向に配置されている場合
- ・  $90^\circ$  方向配置：アンカーボルトが壁の厚さの方向に配置されている場合

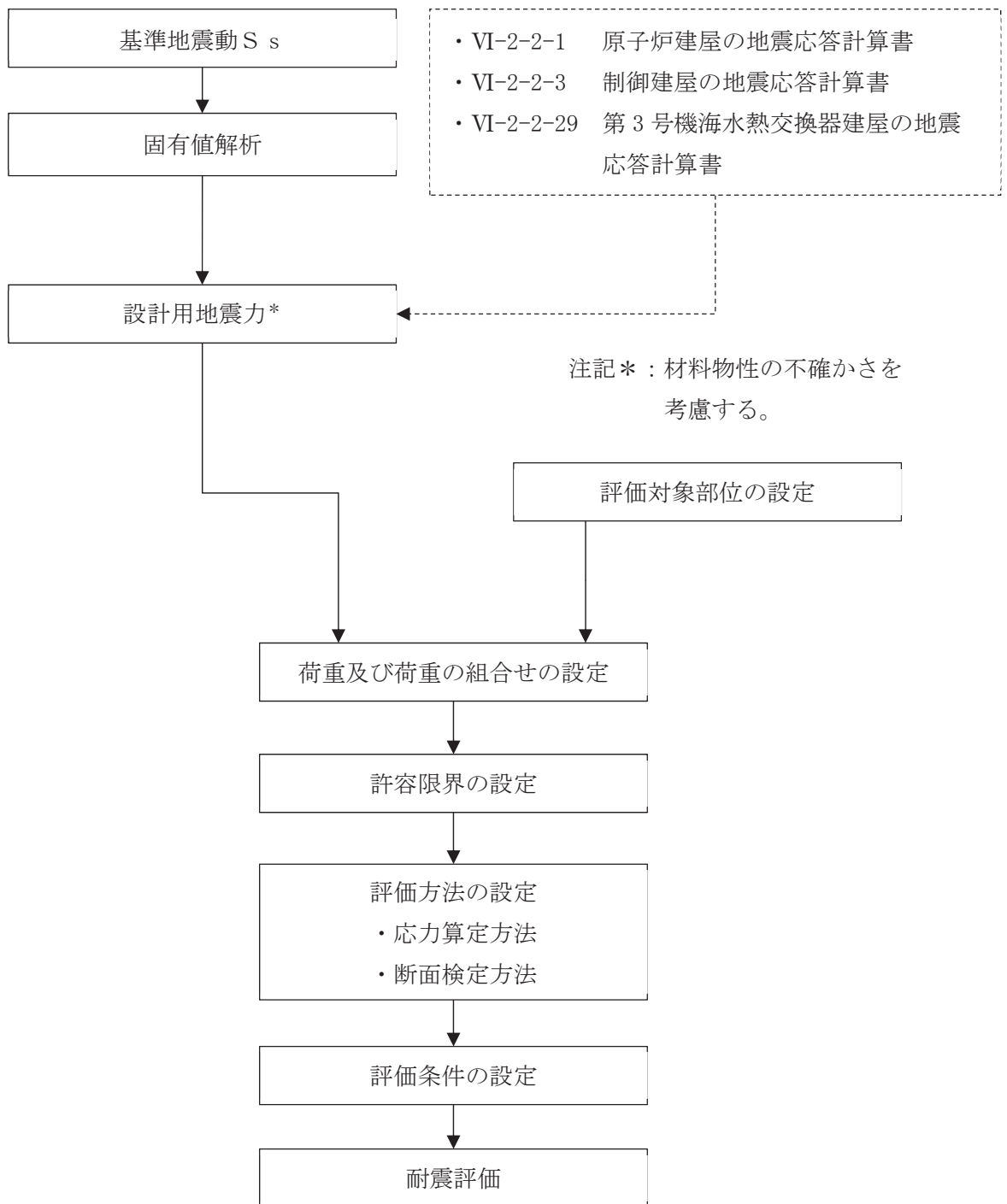


図 2-4 水密扉の耐震評価フロー



## 2.5 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一
- ・ 日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説
- ・ 日本機械学会 機械工学便覧

## 2.6 記号の説明

水密扉の耐震評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-3 耐震評価に用いる記号(1/2)

| 記号         | 単位                | 定義                |
|------------|-------------------|-------------------|
| $W_1$      | kN                | スラスト荷重            |
| $G$        | kN                | 扉重量               |
| $k_H$      | —                 | 水平震度              |
| $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度              |
| $F_1$      | N                 | 転倒力               |
| $F_{1a}$   | N                 | 扉と扉枠の重量を含んだ転倒力    |
| $R_1$      | N                 | 地震力に伴う荷重の反力       |
| $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離       |
| $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離           |
| $L_3$      | mm                | ヒンジ板の 2 軸間距離      |
| $L_4$      | mm                | ヒンジ板と受材間距離        |
| $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ         |
| $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離   |
| $L_D$      | mm                | 扉の幅               |
| $H_D$      | mm                | 扉の高さ              |
| $M$        | N・mm              | 曲げモーメント           |
| $T$        | N                 | 引張力               |
| $Q$        | N                 | せん断力              |
| $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数         |
| $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数           |
| $n_3$      | 本                 | ヒンジ側アンカーボルトの本数    |
| $n_b$      | 本                 | ボルトの本数            |
| $g$        | m/s <sup>2</sup>  | 重力加速度             |
| $w_a$      | kN                | 扉枠の重量             |
| $w_{1a}$   | N                 | 扉と扉枠の重量を含んだスラスト荷重 |
| $w_D$      | N/mm <sup>2</sup> | 扉下端に作用する静水圧荷重     |
| $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度             |
| $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度             |
| $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度            |
| $\chi$     | N/mm <sup>2</sup> | 組合せ応力度            |
| $H_1$      | mm                | ヒンジ板の高さ           |

表 2-3 耐震評価に用いる記号(2/2)

| 記号    | 単位            | 定義                      |
|-------|---------------|-------------------------|
| $T_1$ | mm            | ヒンジ板の厚さ                 |
| $d_3$ | mm            | ヒンジピンの径                 |
| $Z$   | $\text{mm}^3$ | 断面係数                    |
| $A$   | $\text{mm}^2$ | 断面積                     |
| $A_s$ | $\text{mm}^2$ | せん断断面積                  |
| $T_d$ | N             | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力   |
| $Q_d$ | N             | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力  |
| $T_a$ | N             | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力  |
| $Q_a$ | N             | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 |

### 3. 固有値解析

#### 3.1 固有振動数の算出方法

水密扉の構造に応じて解析モデルを設定し，1次固有振動数を算出する。

##### 3.1.1 解析モデルの設定

水密扉は，ヒンジ及びカンヌキにより扉と扉枠を支持する構造であることから，扉閉止時については両端ヒンジ梁又は四辺支持の長方形板に，扉開放時についてはヒンジ，自由端梁に単純化したモデルとし，モデル化に用いる芯材又は扉板の長さは保守的に扉幅とする。解析モデル図を図3-1に示す。

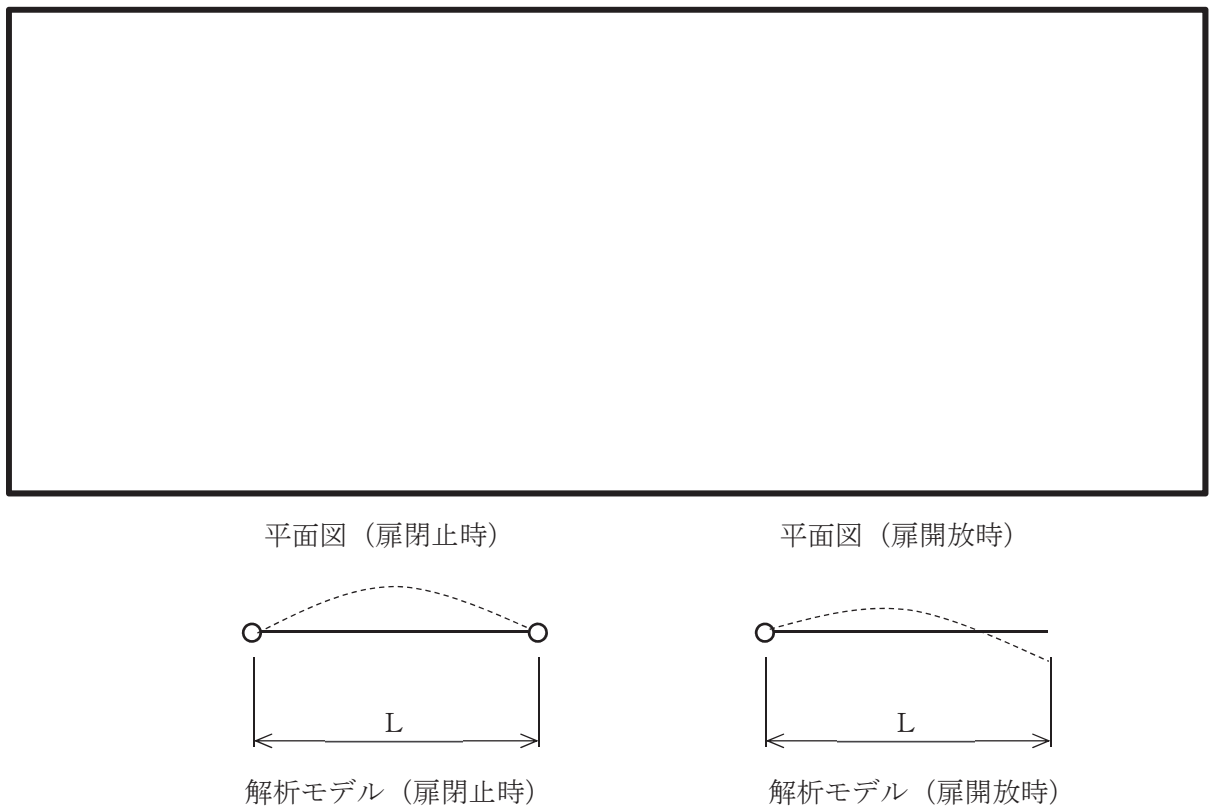


図3-1 水密扉の固有値解析モデル図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3.2 固有振動数の算出条件等

#### 3.2.1 記号の説明

水密扉の固有振動数算出に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 水密扉の固有振動数に用いる記号

| 記号         | 単位                  | 定義              |
|------------|---------------------|-----------------|
| f          | Hz                  | 水密扉の 1 次固有振動数   |
| L          | cm                  | モデル化に用いる芯材の長さ   |
| E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率            |
| I          | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント       |
| $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布            |
| t          | cm                  | 扉板の板厚           |
| a          | cm                  | 2 隣辺の長さ（扉の幅）    |
| b          | cm                  | 2 隣辺の長さ（扉の高さ）   |
| $\nu$      | —                   | ポアソン比           |
| m          | —                   | 辺 a に平行な節線の数(1) |
| n          | —                   | 辺 b に平行な節線の数(1) |
| $\gamma$   | kgf/cm <sup>3</sup> | 単位体積の重さ         |
| g          | cm/s <sup>2</sup>   | 重力加速度           |

#### 3.2.2 固有振動数の算出方法

1 次固有振動数 f を「日本機械学会 機械工学便覧」に基づき以下の式より計算する。  
ここで、固有振動数は水平方向（扉体面外方向）について算出するものとし、鉛直方向（扉体面内方向）については、扉に配された鉛直方向の芯材等の軸剛性が、面外方向の剛性に比べて十分に大きいため、固有振動数の算出を省略する。

モデル化の対象は、扉板及び芯材の組合せによる断面を有する水密扉については芯材を、芯材がなく扉板そのものにより断面を構成する水密扉については扉板とする。

##### (1) 扉閉止時

###### a. 両端ヒンジ梁モデル（芯材をモデル化）

$$f = \frac{\pi^2}{2 \cdot \pi \cdot L^2} \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{\gamma_m}}$$

###### b. 四辺支持の長方形板モデル（扉板をモデル化）

$$f = \frac{\pi^2 \cdot t}{2} \cdot \left( \frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot (1 \cdot \nu^2) \cdot \gamma}}$$

(2) 扉開放時

扉開放時において水密扉は、面外方向については剛体モード（固有振動数がほぼゼロ）となり、これに伴う荷重の増幅は生じないことから、本評価においては芯材又は扉板が自由振動するものとして、下記の評価式にて固有振動数を算出することとした。

ヒンジ，自由端梁モデル

$$f = \frac{3.927^2}{2 \cdot \pi \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{\gamma_m}}$$

### 3.2.3 固有振動数の算出条件

水密扉の固有振動数の算出条件のうち、芯材をモデル化した場合の算出条件を表 3-2 に、扉板をモデル化した場合の算出条件を表 3-3 及び表 3-4 に示す。

表 3-2 芯材をモデル化した場合の算出条件（扉閉止時及び扉開放時）

| 水密扉<br>No. | 扉名称                                  | 梁長さ<br>L<br>(cm) | ヤング率<br>E<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>I<br>(cm <sup>4</sup> ) | 質量分布<br>$\gamma_m$<br>(kg/cm) |
|------------|--------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| 1          | 水密扉（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1) | 90.0             | $1.97 \times 10^6$                  | 2310                                     | 1.90                          |
| 2          | 水密扉（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 2) | 90.0             | $1.97 \times 10^6$                  | 2310                                     | 1.90                          |
| 3          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)                 | 135.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 2533                                     | 1.98                          |
| 4          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)                 | 135.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 2533                                     | 1.98                          |
| 5          | 制御建屋空調機械 (A) 室<br>浸水防止水密扉            | 101.7            | $2.09 \times 10^6$                  | 4180                                     | 4.06                          |
| 6          | 制御建屋空調機械 (B) 室<br>浸水防止水密扉            | 108.6            | $2.09 \times 10^6$                  | 4180                                     | 4.07                          |
| 7          | 計測制御電源室 (B)<br>浸水防止水密扉 (No. 3)       | 145.9            | $2.09 \times 10^6$                  | 6440                                     | 5.16                          |
| 8          | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)                  | 140.6            | $2.09 \times 10^6$                  | 1380                                     | 3.20                          |
| 9          | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)                  | 140.2            | $2.09 \times 10^6$                  | 1380                                     | 2.91                          |
| 10         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)                  | 170.2            | $2.09 \times 10^6$                  | 4180                                     | 3.58                          |
| 11         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)                  | 94.5             | $2.09 \times 10^6$                  | 1380                                     | 2.62                          |
| 12         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)                  | 196.2            | $2.09 \times 10^6$                  | 4180                                     | 2.85                          |

表 3-3 扉板をモデル化した場合の算出条件（扉閉止時）

| 水密扉<br>No. | 扉名称                          | 板厚<br>t<br>(cm) | ヤング<br>率<br>E<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 幅<br>a<br>(cm) | 高さ<br>b<br>(cm) | ポア<br>ソン<br>比<br>ν<br>(—) | 単位<br>体積<br>の重さ<br>γ<br>(kg/cm <sup>3</sup> ) |
|------------|------------------------------|-----------------|-----------------------------------------|----------------|-----------------|---------------------------|-----------------------------------------------|
| 13         | 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉<br>(くぐり戸) | 11.5            | 2.09×10 <sup>6</sup>                    | 103.0          | 220.0           | 0.3                       | 0.010                                         |
|            | 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉<br>(大扉)   | 11.5            | 2.09×10 <sup>6</sup>                    | 203.0          | 260.0           | 0.3                       | 0.013                                         |

表 3-4 扉板をモデル化した場合の算出条件（扉開放時）

| 水密扉<br>No. | 扉名称                          | 梁長さ<br>L<br>(cm) | ヤング率<br>E<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>I<br>(cm <sup>4</sup> ) | 質量分布<br>γ <sub>m</sub><br>(kg/cm) |
|------------|------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|
| 13         | 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉<br>(くぐり戸) | 103.0            | 2.09×10 <sup>6</sup>                | 27880                                    | 11.60                             |
|            | 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉<br>(大扉)   | 203.0            | 2.09×10 <sup>6</sup>                | 32950                                    | 31.15                             |



### 3.3 固有振動数の算出結果

水密扉の固有振動数の算出結果を表3-5に示す。各水密扉の固有振動数は20Hz以上であり、剛構造であることを確認した。

表 3-5 固有振動数の算出結果

| 水密扉<br>No. | 扉名称                                  | 固有振動数<br>f   |              |
|------------|--------------------------------------|--------------|--------------|
|            |                                      | 扉閉止時<br>(Hz) | 扉開放時<br>(Hz) |
| 1          | 水密扉（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 1) | 297.06       | 464.15       |
| 2          | 水密扉（第 3 号機海水熱交換器建屋海水ポンプ設置エリア）(No. 2) | 297.06       | 464.15       |
| 3          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 1)                 | 139.56       | 218.07       |
| 4          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 2)                 | 139.56       | 218.07       |
| 5          | 制御建屋空調機械 (A) 室浸水防止水密扉                | 220.62       | 344.71       |
| 6          | 制御建屋空調機械 (B) 室浸水防止水密扉                | 193.23       | 301.93       |
| 7          | 計測制御電源室 (B) 浸水防止水密扉 (No. 3)          | 118.02       | 184.41       |
| 8          | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 1)                  | 74.70        | 116.73       |
| 9          | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 2)                  | 78.79        | 123.10       |
| 10         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 3)                  | 83.88        | 131.07       |
| 11         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 4)                  | 182.76       | 285.56       |
| 12         | 制御建屋浸水防止水密扉 (No. 5)                  | 70.75        | 110.55       |
| 13         | 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉（くぐり戸）             | 1786.97      | 513.47       |
|            | 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉（大扉）               | 532.69       | 87.70        |

#### 4. 耐震評価

##### 4.1 評価対象部位

評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

基準地震動  $S_s$  による地震荷重により水密扉に作用する慣性力は、ヒンジ部（ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルト）、カンヌキ部（カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト）及び扉固定部（扉付固定ボルト、枠付固定ボルト）から扉枠に伝わり、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周辺の建屋躯体に伝達されることから、評価対象部位をヒンジ部、カンヌキ部及び扉固定部並びにアンカーボルトとする。また、アンカーボルトに生じる応力が最大となる状態で評価を行うことを考慮し、扉が  $0^\circ$ 、 $90^\circ$  又は  $180^\circ$  の開閉状態における評価を行うとともに、地震荷重の作用により応力が集中する扉の状態を踏まえ、ヒンジ側アンカーボルトを評価対象とする。

また、評価結果が厳しい評価対象部位を有する水密扉を代表として評価するものとし、水密扉 No. 6, 11, 12 及び 13 を抽出した。

水密扉閉止時に水密扉に作用する荷重の作用図を図 4-1 に、水密扉開放時に水密扉に作用する荷重の作用図を図 4-2 に示す。

←----- : 評価対象部位に作用する荷重  
[-----] : 評価対象部位

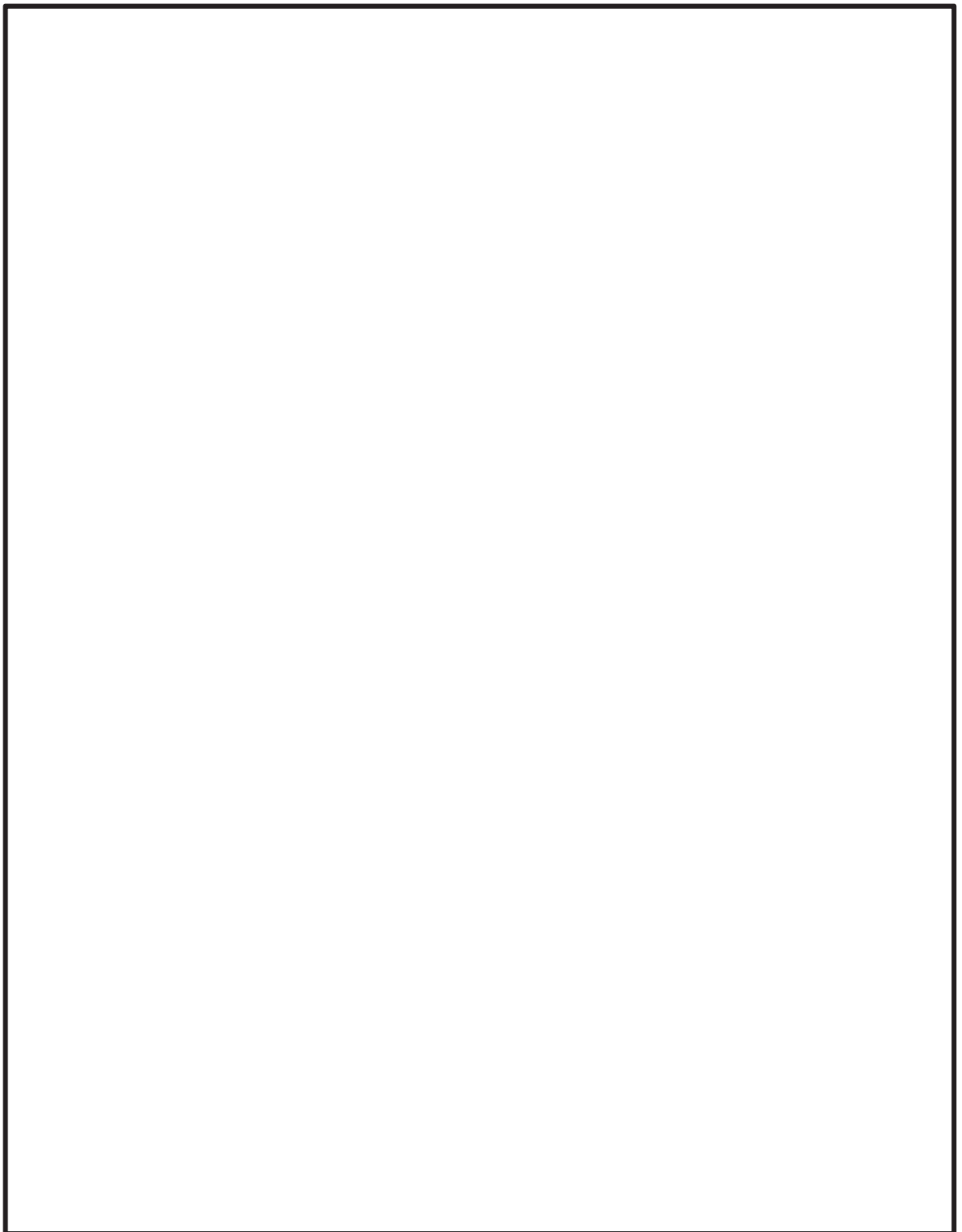


図 4-1 水密扉に作用する荷重の作用図（水密扉閉止時）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

←----- : 評価対象部位に作用する荷重  
----- : 評価対象部位

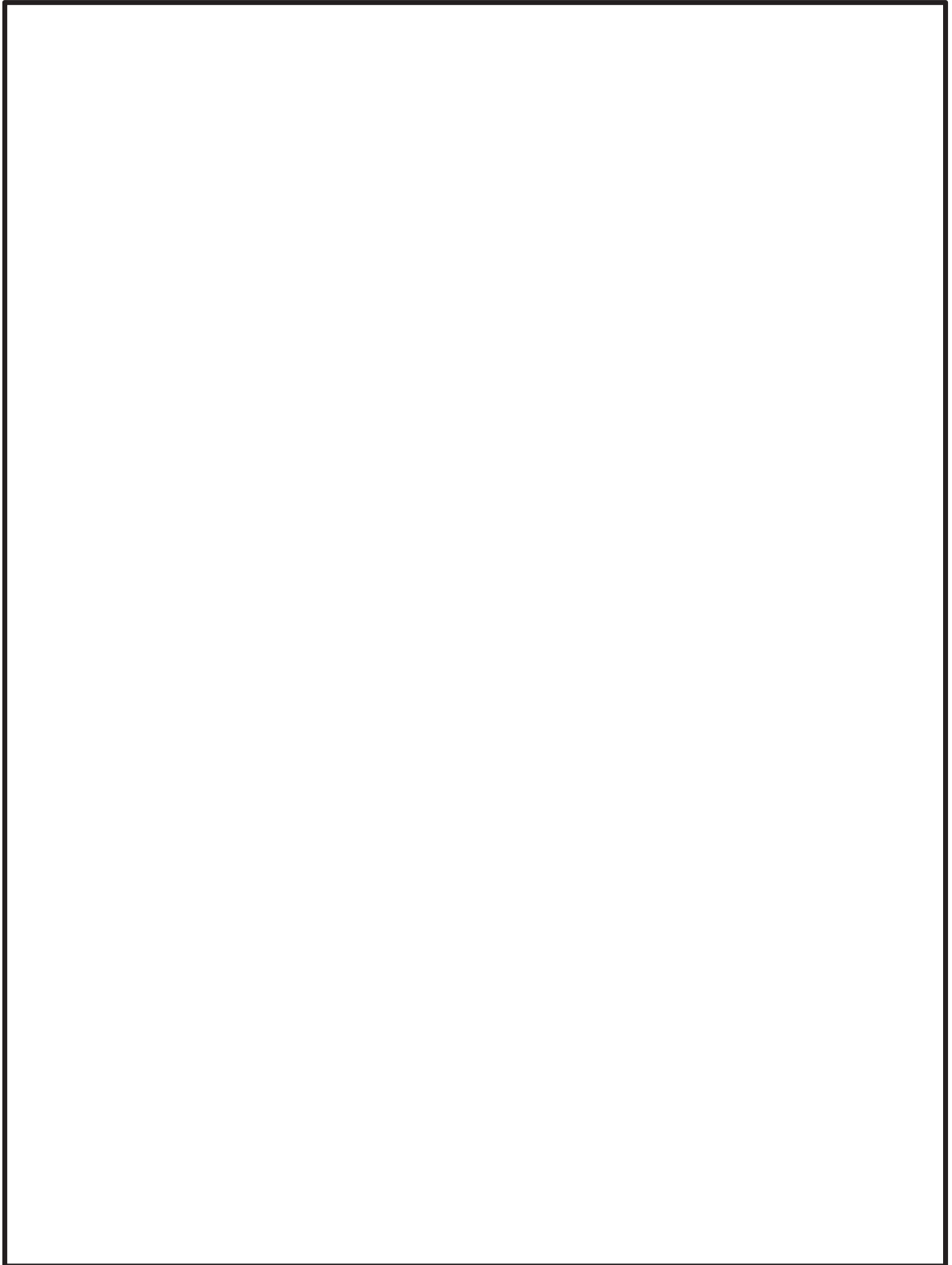


図 4-2 水密扉に作用する荷重の作用図（水密扉開放時）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

### 4.2.1 荷重の組合せ

水密扉の評価に用いる荷重の組合せを以下に示す。

$$G + S_s$$

ここで、

$G$  : 固定荷重(kN)

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震荷重(kN)

水密扉は、上載物の荷重を負担する又は、影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

### 4.2.2 荷重

#### (1) 固定荷重 ( $G$ )

固定荷重として水密扉の自重を考慮する。自重は「4.6 評価条件」に示す。

#### (2) 地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。「4.4 設計用地震力」で設定した設計震度を用いて、次式により算定する。

$$S_s = G \cdot k$$

ここで、

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震荷重(kN)

$G$  : 固定荷重(kN)

$k$  : 設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして評価する。

#### 4.3 許容限界

許容限界は、「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

##### 4.3.1 使用材料

水密扉を構成するヒンジ部，カンヌキ部，扉固定部及びアンカーボルトの使用材料を表4-1に示す。

表 4-1 使用材料

| 評価対象部位  |           | 材質                           | 仕様                                                                                      |
|---------|-----------|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| ヒンジ部    | ヒンジ板      | SS400                        | 高さ (mm)<br>85, 100, 120, 150, 250<br>厚さ (mm)<br>40, 50, 60, 75, 80, 95, 120<br>100, 130 |
|         | ヒンジピン     | S45C<br>SCM440<br>SCM440H    | 径 (mm)<br>45, 50, 55, 60, 110                                                           |
|         | ヒンジボルト    | 10.9 (SCM435)                | M16, M20, M24, M30                                                                      |
| カンヌキ部   | カンヌキ      | SUS304N2<br>SCM440<br>SUS304 | 径 (mm)<br>50, 60, 65, 90                                                                |
|         | カンヌキ受けピン  | SUS304N2<br>SCM435           | 径 (mm)<br>30, 40, 60                                                                    |
|         | カンヌキ受けボルト | 10.9<br>(SCM435, SCM440)     | M16, M20                                                                                |
| 扉固定部    | 扉付固定ボルト   | 10.9 (SCM435)                | M20                                                                                     |
|         | 枠付固定ボルト   | 10.9 (SCM435)                | M20                                                                                     |
| アンカーボルト |           | SS400<br>SUS304              | M16, M20, M24                                                                           |

#### 4.3.2 許容限界

##### (1) 鋼材の許容応力度

鋼材の許容応力度は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー」を踏まえて表 4-2 の値とする。

表 4-2 鋼材の許容限界

| 材質・強度区分 <sup>*1</sup>                | 短期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> ) |     |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----|
|                                      | 曲げ・引張                       | せん断 |
| SS400 ( t ≤ 40 ) <sup>*2</sup>       | 235                         | 135 |
| SS400 ( 40 < t ≤ 100 ) <sup>*2</sup> | 215                         | 124 |
| SS400 ( 100 < t ) <sup>*2</sup>      | 205                         | 118 |
| SUS304                               | 205                         | 118 |
| SUS304N2                             | 345                         | 199 |
| S45C                                 | 345                         | 199 |
| SCM435                               | 651                         | 375 |
| SCM440                               | 686                         | 396 |
| SCM440H                              | 686                         | 396 |
| 10.9 (SCM435, SCM440)                | 728                         | 420 |

注記\*1：許容応力度を決定する基準値Fは、J I Sに基づく。

\*2：tは板厚(mm)を示す。

##### (2) アンカーボルトの許容限界の算定値

アンカーボルトの許容限界は、「4.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定する。

地震荷重を考慮する場合のアンカーボルトの許容限界を表 4-3 に示す。

なお、評価対象部位のアンカーボルトが引張力を受ける場合においては、アンカーボルトの降伏により決まる許容応力、付着力により決まる許容応力を比較して、いずれか小さい値を採用する。また、評価対象部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては、アンカーボルトのせん断強度により決まる許容応力、定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる許容応力及びコーン状破壊により決まる許容応力を比較して、いずれか小さい値を採用する。

表 4-3 アンカーボルトの許容限界

| 水密扉<br>No. | 扉名称                 | 許容耐力* (N/本) |       |
|------------|---------------------|-------------|-------|
|            |                     | 引張          | せん断   |
| 6          | 制御建屋空調機械(B)室浸水防止水密扉 | 67315       | 58068 |
| 11         | 制御建屋浸水防止水密扉(No. 4)  | 34073       | 25826 |
| 12         | 制御建屋浸水防止水密扉(No. 5)  | 67315       | 58068 |
| 13         | 第 2 号機 MCR 浸水防止水密扉  | 57575       | 40302 |

注記\*：扉が開放状態のとき，地震力による応力がヒンジ側に集中する扉の構造を考慮し，  
ヒンジ側アンカーボルトのみ選定した。



#### 4.4 設計用地震力

「3. 固有値解析」に示したとおり，水密扉の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，水密扉の耐震評価で用いる設計震度は，材料物性の不確かさを考慮したものとして「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」，「VI-2-2-3 制御建屋の地震応答計算書」及び「VI-2-2-29 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」によることとし，建屋の階ごとの設計震度を表 4-4 に示す。

ここで，最大応答加速度を保守的に評価するために，最大応答加速度の抽出位置は水密扉設置階の上階の値とする。

表 4-4 設計震度

| 建屋             | 階   | O. P. * | 設計震度       |               |
|----------------|-----|---------|------------|---------------|
|                |     |         | 水平方向 $k_H$ | 鉛直方向 $k_{UD}$ |
| 原子炉建屋          | CRF | 41.20m  | 2.86       | 1.58          |
|                | 3F  | 33.20m  | 2.21       | 1.47          |
|                | 2F  | 22.50m  | 1.77       | 1.30          |
|                | 1F  | 15.00m  | 1.65       | 1.15          |
|                | B1F | 6.00m   | 1.31       | 0.91          |
|                | B2F | -0.80m  | 1.11       | 0.73          |
|                | B3F | -8.10m  | 0.82       | 0.57          |
| 制御建屋           | RF  | 29.15m  | 2.42       | 1.75          |
|                | 3F  | 22.95m  | 2.32       | 1.54          |
|                | 2F  | 19.50m  | 1.90       | 1.34          |
|                | 1F  | 15.00m  | 1.87       | 1.09          |
|                | B1F | 8.00m   | 1.62       | 0.79          |
|                | B2F | 1.50m   | 1.13       | 0.60          |
| 第 3 号機海水熱交換器建屋 | B1F | 8.00m   | 1.87       | 1.11          |

注記\*：各建屋の地震応答計算書における O. P. を示す。

## 4.5 評価方法

### 4.5.1 応力算定

#### (1) ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定するスラスト荷重（回転軸線方向荷重）及び転倒力から、各部材に発生する応力を算定する。ここで、扉の重量は2箇所ของヒンジで支持することから、ヒンジ部に作用する転倒力には、扉上半分の重量を慣性力として作用させるものとする。ヒンジ部に作用する荷重の例を図4-3に示す。

$$W_1 = G \cdot 10^3 + k_{UD} \cdot G \cdot 10^3$$

$$F_1 = W_1 \cdot \frac{L_1}{L_2} + \frac{k_H \cdot G \cdot 10^3}{2}$$

ここで、

$W_1$  : スラスト荷重(N)

$G$  : 扉重量(kN)

$k_H$  : 水平震度

$k_{UD}$  : 鉛直震度

$F_1$  : 転倒力(N)

$L_1$  : 扉重心とヒンジ芯間距離(mm)

$L_2$  : ヒンジ芯間距離(mm)

◀----- : 評価対象部位に作用する荷重  
[-----] : 評価対象部位

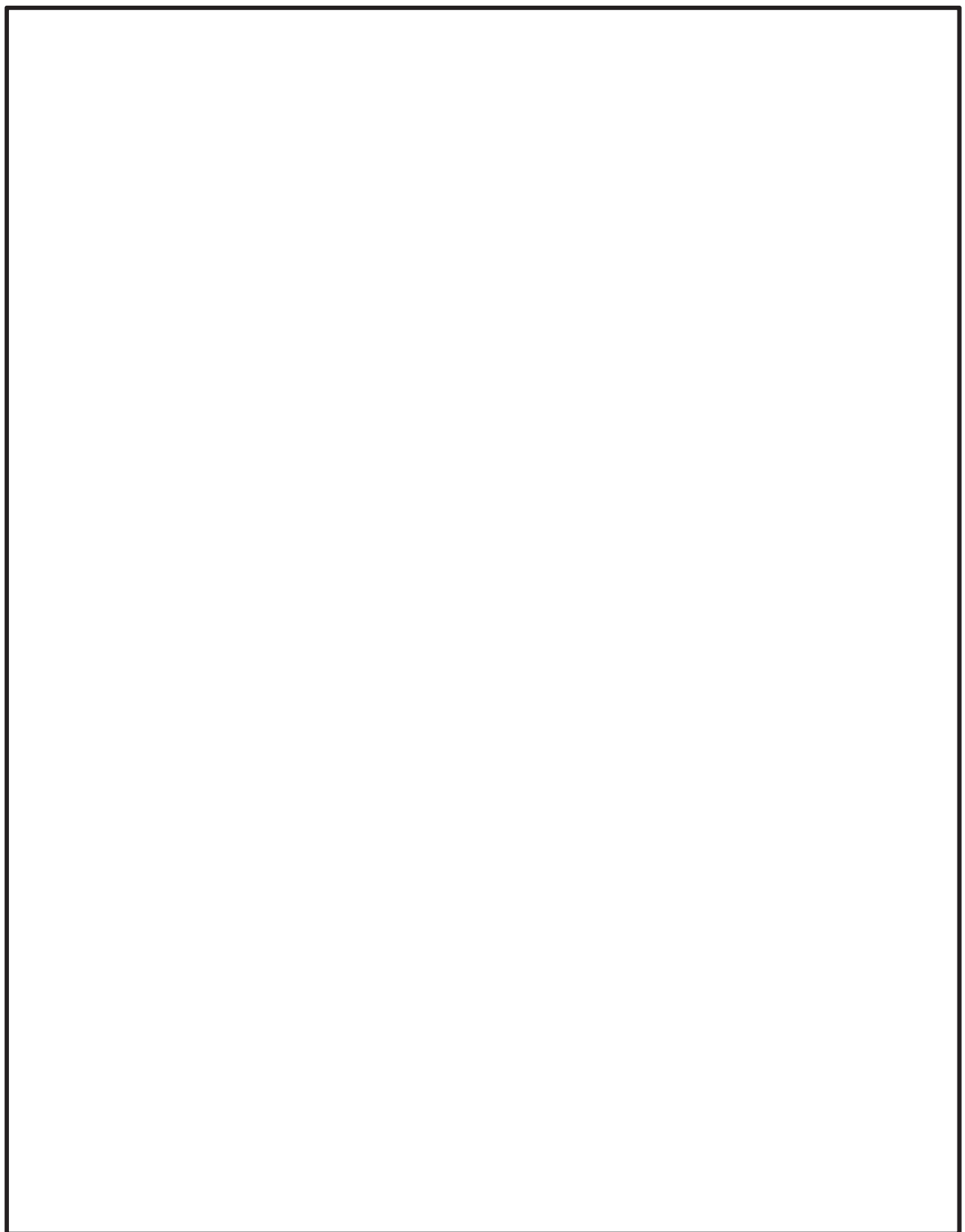


図 4-3 ヒンジ部に作用する荷重

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

a. ヒンジ板

ヒンジ板に生じる応力は、次式により算定する。ヒンジ板に作用する荷重の例を図4-4に示す。

$$M = W_1 \cdot L_3$$

$$Q = W_1$$

ここで、

$M$  : ヒンジ板に生じる曲げモーメント (N・mm)

$W_1$  : スラスト荷重 (N)

$L_3$  : ヒンジ板の2軸間距離 (mm)

$Q$  : ヒンジ板に生じるせん断力 (N)

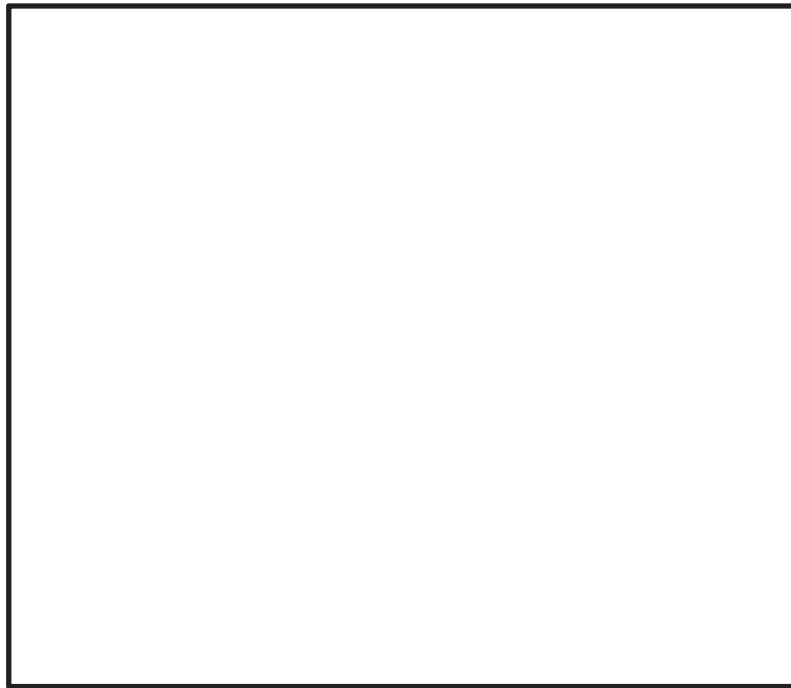


図4-4 ヒンジ板に作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

b. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる応力は、次式により算定する。ヒンジピンに作用する荷重の例を図 4-5 に示す。

(a) 受材が 1 箇所の場合

$$M = F_1 \cdot L_4$$

$$Q = F_1$$

(b) 受材が 2 箇所の場合

$$M = F_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot L_4$$

$$Q = F_1 \cdot \frac{1}{2}$$

ここで、

$M$  : ヒンジピンに生じる曲げモーメント (N・mm)

$F_1$  : 転倒力 (N)

$L_4$  : ヒンジ板と受材間距離 (mm)

$Q$  : ヒンジピンに生じるせん断力 (N)

(受材が 1 箇所の場合)

(受材が 2 箇所の場合)



図 4-5 ヒンジピンに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

c. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる応力は、次式により算定する。ヒンジボルトに作用する荷重の例を図 4-6 に示す。

(a) 受材が 1 箇所の場合

$$Q = \sqrt{(W_1 / n_1)^2 + (F_1 / n_1)^2}$$

(b) 受材が 2 箇所の場合

$$Q = \sqrt{(W_1 / n_1)^2 + (F_1 \cdot \frac{1}{2 \cdot n_1})^2}$$

ここで、

Q : ヒンジボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (N)

W<sub>1</sub> : スラスト荷重 (N)

F<sub>1</sub> : 転倒力 (N)

n<sub>1</sub> : ヒンジボルトの本数

(受材が 1 箇所の場合)

(受材が 2 箇所の場合)



図 4-6 ヒンジボルトに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成されており、カンヌキ部に生じる応力は、次式により算定する。カンヌキ部に作用する荷重の例を図 4-7 に示す。

$$R_1 = k_H \cdot G \cdot 10^3 / n_2$$

ここで、

$R_1$  : 地震力に伴う荷重の反力 (N)

$n_2$  : カンヌキの本数

$k_H$  : 水平震度

$G$  : 扉重量 (kN)

←----- : 評価対象部位に作用する荷重  
[-----] : 評価対象部位

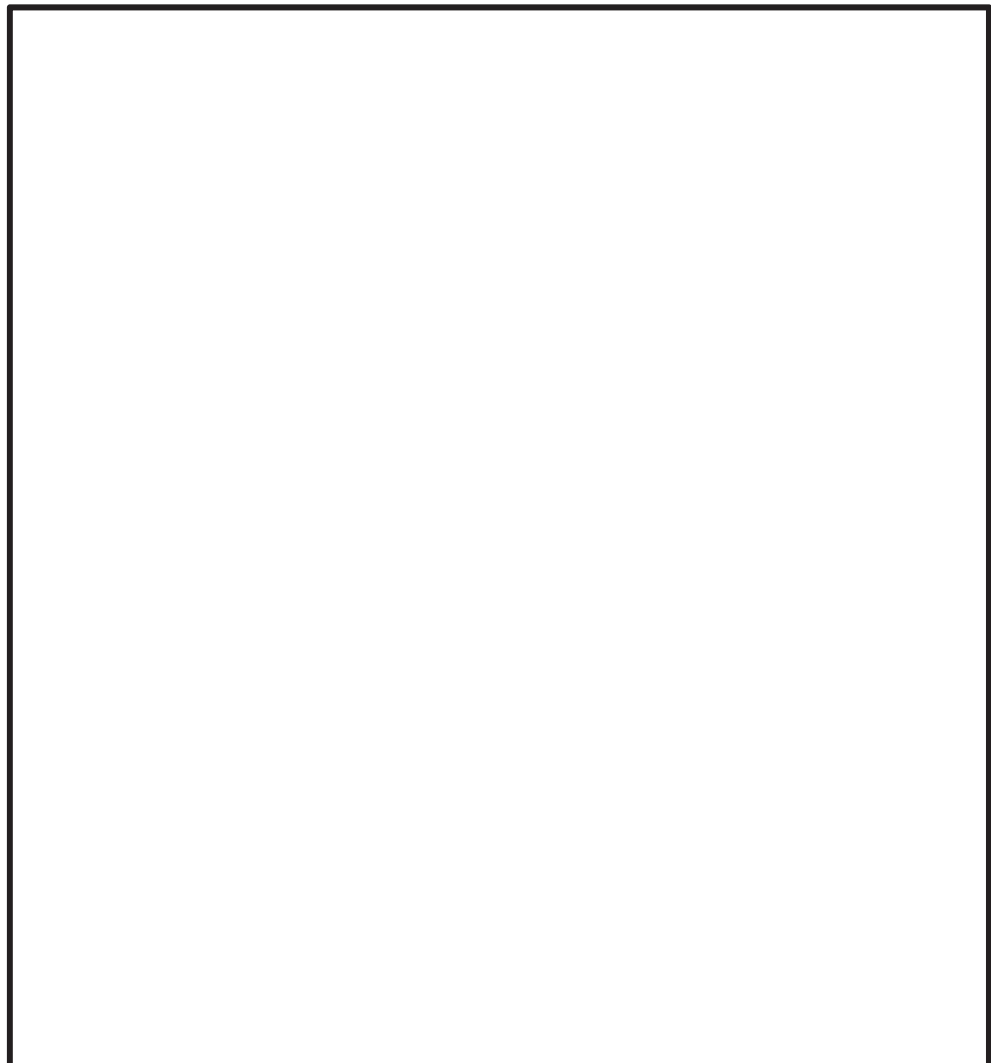


図 4-7 カンヌキ部に作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## a. カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。なお、算定にあたっては、カンヌキ受けピン中心位置を固定端とした片持ち梁として評価し、カンヌキの取付部位に応じて作用する応力を考慮する。カンヌキに作用する荷重の例を図 4-8 に示す。

$$M = R_1 \cdot L_5$$

$$Q = R_1$$

ここで、

$M$  : カンヌキに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

$R_1$  : 地震力に伴う荷重の反力 (N)

$L_5$  : カンヌキの突出長さ (mm)

$Q$  : カンヌキに生じる最大せん断力 (N)

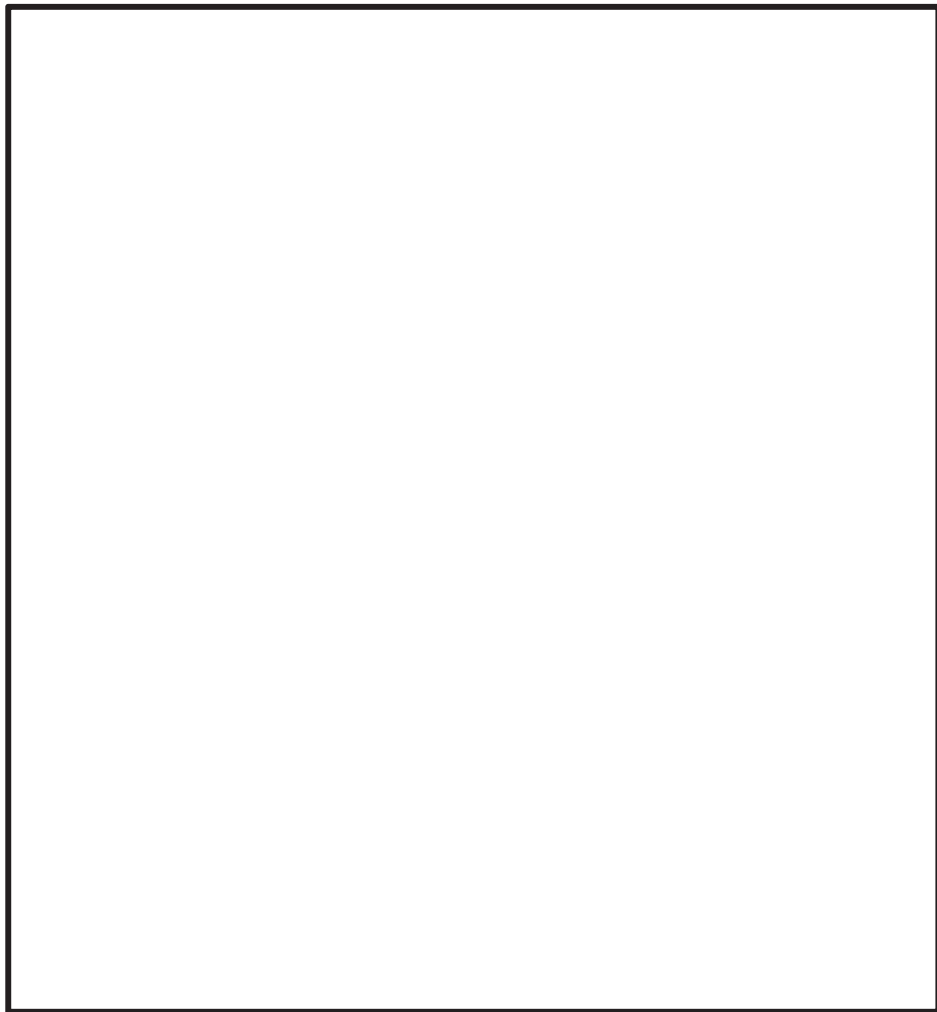


図 4-8 カンヌキに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



b. カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる応力は、カンヌキ受けピンを集中荷重が作用する単純梁とみなし、次式により算定する。カンヌキ受けピンに作用する荷重の例を図4-9に示す。

$$M = R_1 \cdot L_p \cdot \frac{1}{4}$$

$$Q = R_1 \cdot \frac{1}{2}$$

ここで、

$M$  : カンヌキ受けピンに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

$R_1$  : 地震力に伴う荷重の反力 (N)

$L_p$  : カンヌキ受けピンの軸支持間距離 (mm)

$Q$  : カンヌキ受けピンに生じる最大せん断力 (N)

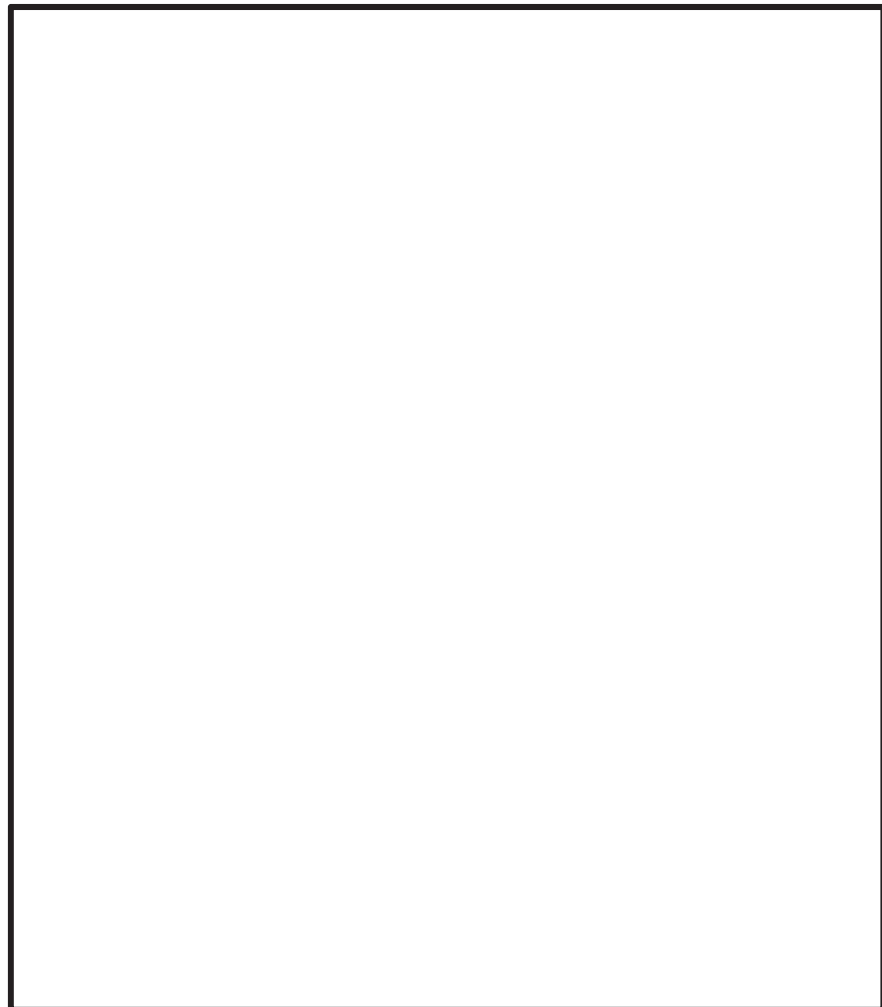


図4-9 カンヌキ受けピンに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

c. カンヌキ受けボルト，扉付固定ボルト及び枠付固定ボルト

カンヌキ受けボルト，扉付固定ボルト及び枠付固定ボルトに生じる応力は，次式により算定する。カンヌキ受けボルトに作用する荷重の例を図4-10に，扉付固定ボルト及び枠付固定ボルトに作用する荷重の例を図4-11に示す。

$$T = \frac{R_1}{n_b}$$

$$Q = \frac{L_D \cdot H_D \cdot w_D}{n_b}$$

ここで，

$T$  : ボルトに生じる最大引張力(N)

$R_1$  : ボルトの地震力に伴う荷重の反力(N)

$n_b$  : ボルトの本数

$Q$  : ボルトに生じる最大せん断力(N)

$L_D$  : 扉の幅(mm)

$H_D$  : 扉の高さ(mm)

$w_D$  : 扉下端に作用する静水圧荷重(N/mm<sup>2</sup>)

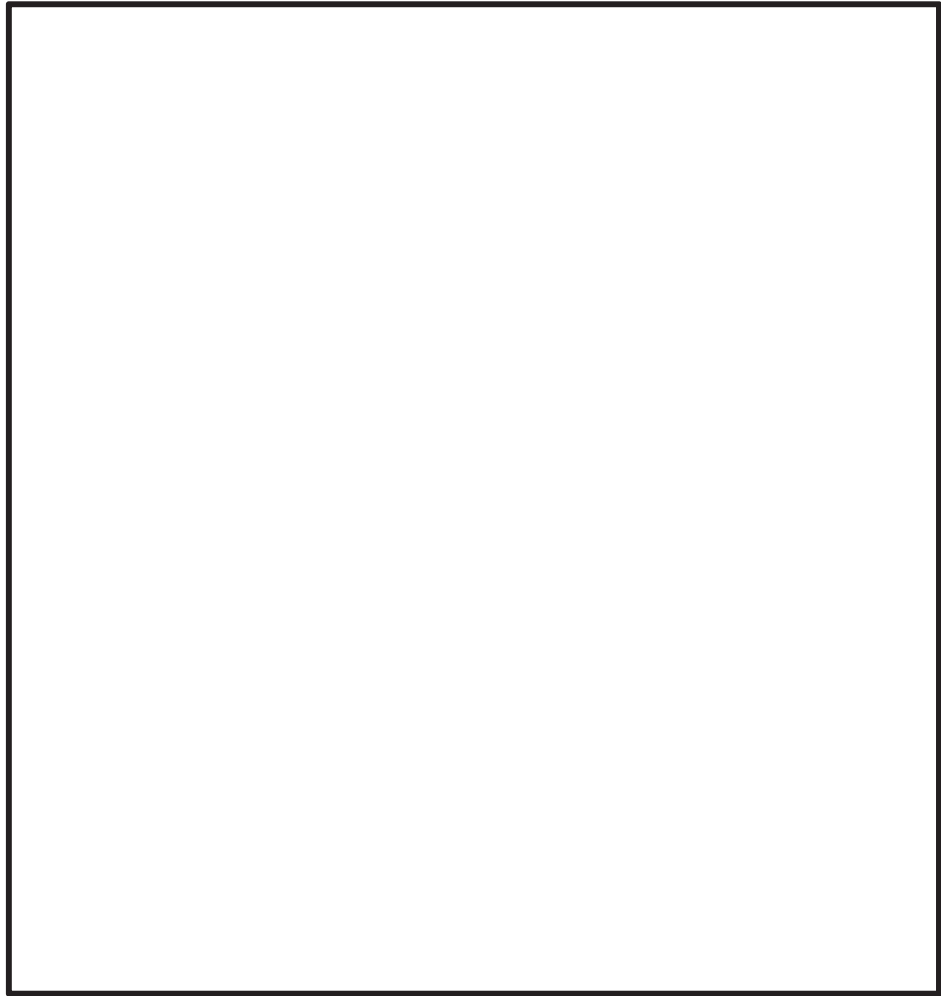


図 4-10 カンヌキ受けボルトに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

←----- : 評価対象部位に作用する荷重  
[-----] : 評価対象部位

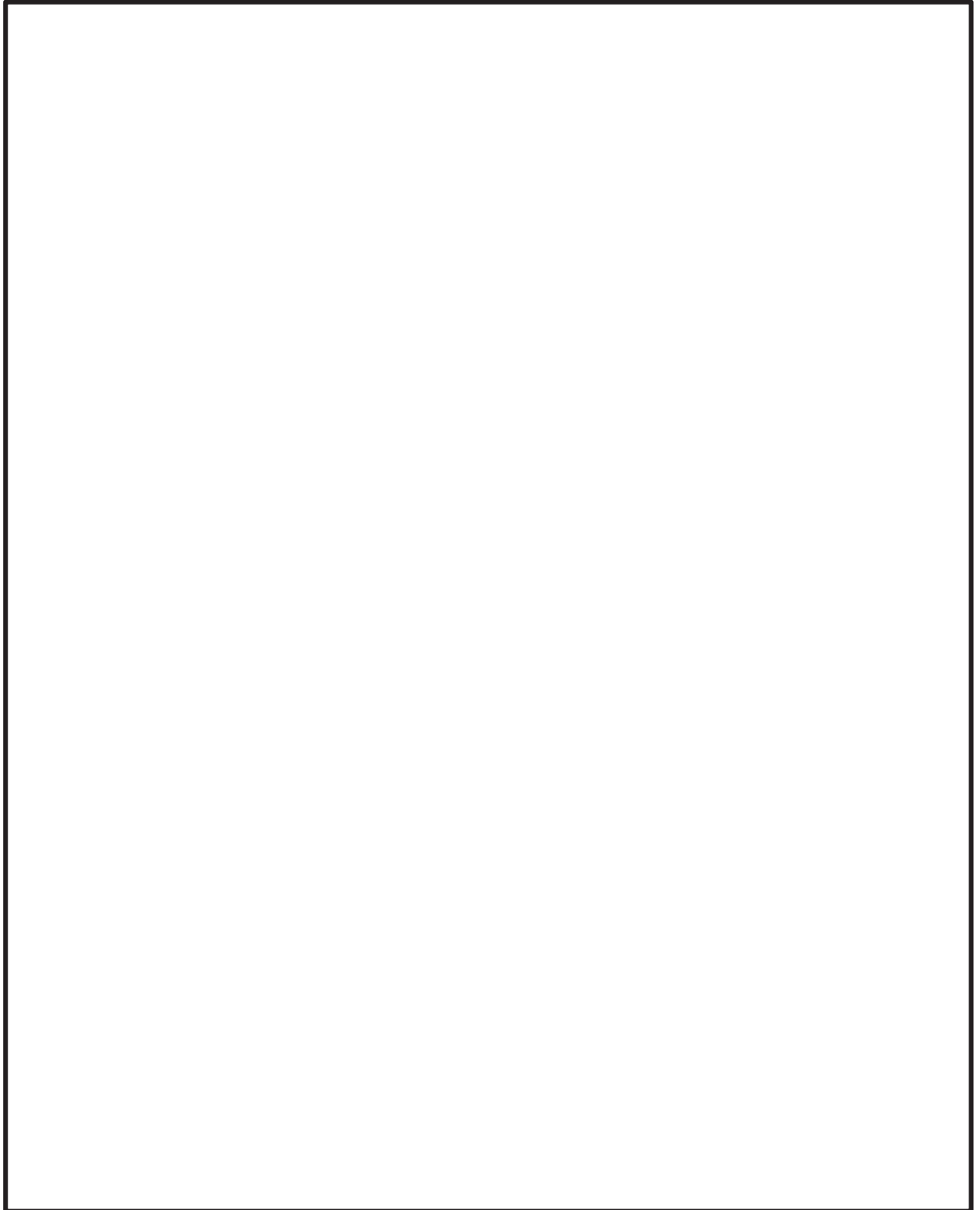


図 4-11 扉付固定ボルト及び枠付固定ボルトに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる応力は、「4.1 評価対象部位」に基づき、地震荷重を考慮する場合はヒンジ側のアンカーボルトで荷重を負担するものとして算出する。ここで、アンカーボルトに作用する荷重は、引張力又はせん断力として作用する。評価対象のアンカーボルトの範囲の例は図 4-12 に示すとおり、転倒力が作用するヒンジ付近に限定し、枠の慣性力は枠全体の重量の 1/2 を評価において保守的に考慮する。また、扉体の開放角度ごとの荷重の作用状況を図 4-13 に示す。

$$F_{1a} = F_1 + k_H \cdot w_a \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2}$$

$$W_{1a} = W_1 + (k_{UD} \cdot w_a + w_a) \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2}$$

ここで、

$F_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだ転倒力(N)

$F_1$  : 転倒力(N)

$W_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだスラスト荷重(N)

$W_1$  : スラスト荷重(N)

$k_H$  : 水平震度

$k_{UD}$  : 鉛直震度

$w_a$  : 扉枠の重量(kN)

←----- : 評価対象部位に作用する荷重  
[-----] : 評価対象部位

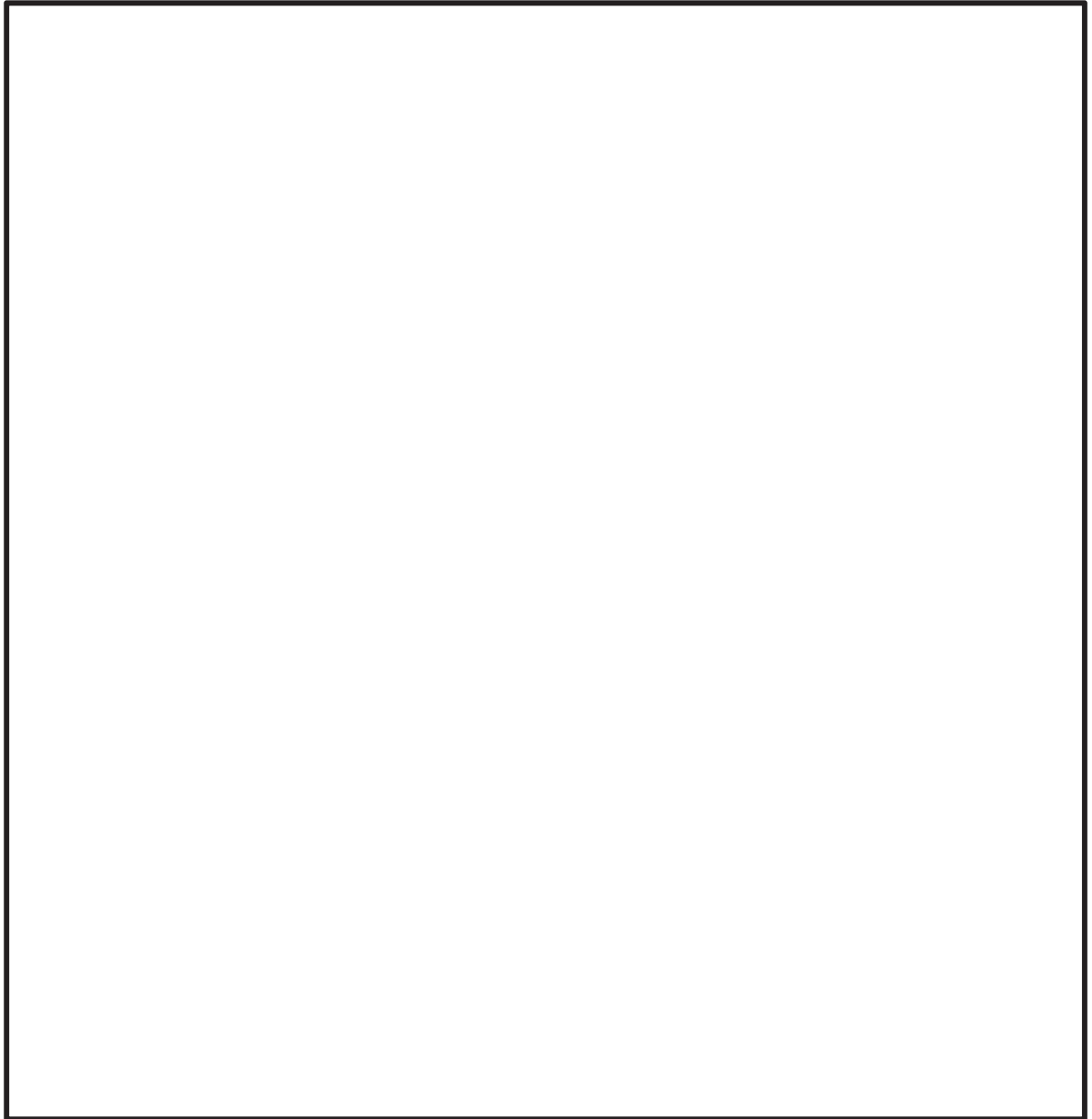


図 4-12 評価対象のアンカーボルトの範囲の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

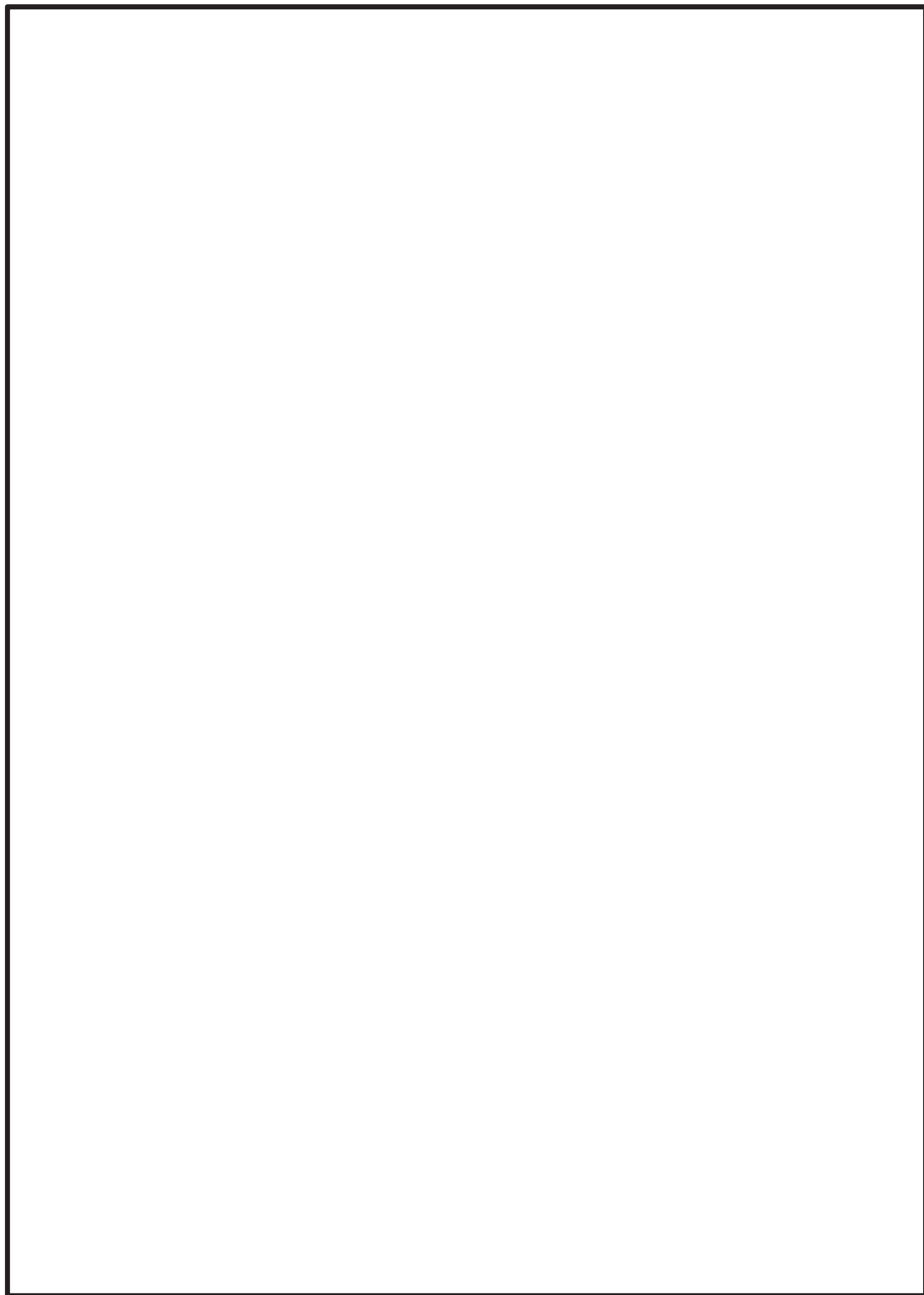


図 4－13 扉の開放角度別の荷重の作用状況

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5.2 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が，許容限界値を下回ることを確認する。なお，異なる荷重が同時に作用する部材については，組合せを考慮する。

##### (1) ヒンジ部

###### a. ヒンジ板

ヒンジ板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一」に基づく次式により算定し，ヒンジ板の短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで，

$$\sigma = M / Z$$

$x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : ヒンジ板に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : ヒンジ板に生じる曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : ヒンジ板の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = Q / A_s$$

$\tau$  : ヒンジ板に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : ヒンジ板に生じるせん断力 (N)

$A_s$  : ヒンジ板のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)



## b. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー」に基づく次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで、

$$\sigma = M / Z$$

$x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : ヒンジピンに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : ヒンジピンに生じる曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : ヒンジピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = Q / A_s$$

$\tau$  : ヒンジピンに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : ヒンジピンに生じるせん断力 (N)

$A_s$  : ヒンジピンのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## c. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$\tau = Q / A_s$$

ここで、

$\tau$  : ヒンジボルトに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : ヒンジボルトに生じる最大せん断力 (N)

$A_s$  : ヒンジボルトのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

(2) カンヌキ部

a. カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一」に基づく次式により算定し、カンヌキの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで、

$$\sigma = M / Z$$

x : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

σ : カンヌキに生じる最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : カンヌキに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

Z : カンヌキの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = Q / A_s$$

τ : カンヌキに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

Q : カンヌキに生じる最大せん断力 (N)

A<sub>s</sub> : カンヌキのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

b. カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し、カンヌキ受けピンの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

ここで、

σ : カンヌキ受けピンに生じる最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : カンヌキ受けピンに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

Z : カンヌキ受けピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

τ : カンヌキ受けピンに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

Q : カンヌキ受けピンに生じる最大せん断力 (N)

A<sub>s</sub> : カンヌキ受けピンのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

c. カンヌキ受けボルト，扉付固定ボルト及び枠付固定ボルト

カンヌキ受けボルト，扉付固定ボルト及び枠付固定ボルトに生じる引張応力度又はせん断応力度を次式により算定し，カンヌキ受けボルト，扉付固定ボルト及び枠付固定ボルトの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_t = T / A$$

$$\tau = Q / A_s$$

ここで，

$\sigma_t$  : ボルトに生じる最大引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$T$  : ボルトに生じる最大引張力 (N)

$A$  : ボルトの断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\tau$  : ボルトに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : ボルトに生じる最大せん断力 (N)

$A_s$  : ボルトのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

(3) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力及びせん断力を次式により算定し、アンカーボルトの許容荷重を下回ることを確認する。また、引張力とせん断力が同時に作用する場合は、組合せ応力を「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式により算定し、アンカーボルトの許容荷重を下回ることを確認する。

$$(Q_d / Q_a) \leq 1.0$$

$$(T_d / T_a)^2 + (Q_d / Q_a)^2 \leq 1.0$$

ここで、

$$T_d = F_{1a} / (n_{b3} / 2)$$

$T_d$  : 転倒力によるアンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力(N)

$F_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだ転倒力(N)

$n_{b3}$  : ヒンジ側アンカーボルトの本数

$$Q_{d1} = F_{1a} / (n_{b3} / 2)$$

$Q_{d1}$  : 転倒力によるアンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力(N)

$$Q_{d2} = W_{1a} / n_{b3}$$

$Q_{d2}$  : スラスト荷重によるアンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力(N)

$W_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだスラスト荷重(N)

$$Q_d = \sqrt{(Q_{d1}^2 + Q_{d2}^2)}$$

$Q_d$  : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力(N)

$T_a$  : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力(N)

$Q_a$  : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力(N)

#### 4.6 評価条件

「4.5 評価方法」に用いる評価条件を表 4-5 に示す。

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(1/8)

| 対象部位  |           | 記号         | 単位                | 定義              | 水密扉 No. |
|-------|-----------|------------|-------------------|-----------------|---------|
|       |           |            |                   |                 | 6       |
| 共通    |           | G          | kN                | 扉重量             | 14.12   |
|       |           | $k_H$      | —                 | 水平震度            | 1.62    |
|       |           | $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度            | 0.79    |
|       |           | $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離     | 837.5   |
|       |           | $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離         | 1226    |
|       |           | $W_1$      | N                 | スラスト荷重          | 25270   |
|       |           | $F_1$      | N                 | 転倒力             | 28700   |
| ヒンジ部  | ヒンジ板      | $L_3$      | mm                | ヒンジ板の 2 軸間距離    | 570     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 109     |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 4       |
|       | ヒンジピン     | $L_4$      | mm                | ヒンジピンの作用点間距離    | 33.5    |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 108     |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 19      |
|       | ヒンジボルト    | $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数       | 4       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 61      |
| カンヌキ部 | 共通        | $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数         | 6       |
|       | カンヌキ      | $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ       | 105     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 6       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 1       |
|       | カンヌキ受けピン  | $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離 | 110     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 5       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 1       |
|       | カンヌキ受けボルト | $n_b$      | 本                 | カンヌキ受けボルトの本数    | 4       |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | 7       |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件 (2/8)

| 対象部位      |    | 記号         | 単位                  | 定義                           | 水密扉 No.            |
|-----------|----|------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
|           |    |            |                     |                              | 6                  |
| アンカーボルト   |    | $w_a$      | kN                  | 扉枠の重量                        | 14.32              |
|           |    | $n_3$      | 本                   | ヒンジ側アンカーボルトの本数               | 3                  |
|           |    | $T_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本当たりに生じる引張力        | 26870              |
|           |    | $Q_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本当たりに生じるせん断力       | 29720              |
|           |    | $T_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本当たりの<br>短期許容引張耐力  | 67315              |
|           |    | $Q_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本当たりの<br>短期許容せん断耐力 | 58068              |
| 固有<br>振動数 | 芯材 | L          | cm                  | 梁長さ                          | 108.6              |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                         | $2.09 \times 10^6$ |
|           |    | I          | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント                    | 4180               |
|           |    | $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布                         | 4.07               |
|           | 扉板 | t          | cm                  | 扉板厚さ                         | —                  |
|           |    | a          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の幅)                | —                  |
|           |    | b          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の高さ)               | —                  |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                         | —                  |
|           |    | $\gamma$   | kg/cm <sup>3</sup>  | 単位体積の重さ                      | —                  |
|           |    | $\nu$      | —                   | ポアソン比                        | —                  |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(3/8)

| 対象部位  |           | 記号         | 単位                | 定義              | 水密扉 No. |
|-------|-----------|------------|-------------------|-----------------|---------|
|       |           |            |                   |                 | 11      |
| 共通    |           | G          | kN                | 扉重量             | 7.65    |
|       |           | $k_H$      | —                 | 水平震度            | 1.90    |
|       |           | $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度            | 1.34    |
|       |           | $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離     | 592.5   |
|       |           | $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離         | 1677    |
|       |           | $W_1$      | N                 | スラスト荷重          | 17900   |
|       |           | $F_1$      | N                 | 転倒力             | 13590   |
| ヒンジ部  | ヒンジ板      | $L_3$      | mm                | ヒンジ板の2軸間距離      | 320     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 86      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 5       |
|       | ヒンジピン     | $L_4$      | mm                | ヒンジピンの作用点間距離    | 33.5    |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 51      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 9       |
|       | ヒンジボルト    | $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数       | 4       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 36      |
| カンヌキ部 | 共通        | $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数         | 2       |
|       | カンヌキ      | $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ       | 61.5    |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 37      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 4       |
|       | カンヌキ受けピン  | $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離 | 72      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 50      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 6       |
|       | カンヌキ受けボルト | $n_b$      | 本                 | カンヌキ受けボルトの本数    | 2       |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | 24      |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(4/8)

| 対象部位      |    | 記号         | 単位                  | 定義                           | 水密扉 No.            |
|-----------|----|------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
|           |    |            |                     |                              | 11                 |
| アンカーボルト   |    | $w_a$      | kN                  | 扉枠の重量                        | 6.18               |
|           |    | $n_3$      | 本                   | ヒンジ側アンカーボルトの本数               | 8                  |
|           |    | $T_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力        | 4865               |
|           |    | $Q_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力       | 5791               |
|           |    | $T_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの<br>短期許容引張耐力  | 34073              |
|           |    | $Q_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの<br>短期許容せん断耐力 | 25826              |
| 固有<br>振動数 | 芯材 | L          | cm                  | 梁長さ                          | 94.5               |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                         | $2.09 \times 10^6$ |
|           |    | I          | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント                    | 1380               |
|           |    | $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布                         | 2.62               |
|           | 扉板 | t          | cm                  | 扉板厚さ                         | —                  |
|           |    | a          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の幅)                | —                  |
|           |    | b          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の高さ)               | —                  |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                         | —                  |
|           |    | $\gamma$   | kg/cm <sup>3</sup>  | 単位体積の重さ                      | —                  |
|           |    | $\nu$      | —                   | ポアソン比                        | —                  |



表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(5/8)

| 対象部位  |           | 記号         | 単位                | 定義              | 水密扉 No. |
|-------|-----------|------------|-------------------|-----------------|---------|
|       |           |            |                   |                 | 12      |
| 共通    |           | G          | kN                | 扉重量             | 17.85   |
|       |           | $k_H$      | —                 | 水平震度            | 1.90    |
|       |           | $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度            | 1.34    |
|       |           | $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離     | 1197.5  |
|       |           | $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離         | 1226    |
|       |           | $W_1$      | N                 | スラスト荷重          | 41770   |
|       |           | $F_1$      | N                 | 転倒力             | 57760   |
| ヒンジ部  | ヒンジ板      | $L_3$      | mm                | ヒンジ板の2軸間距離      | 480     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 84      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 4       |
|       | ヒンジピン     | $L_4$      | mm                | ヒンジピンの作用点間距離    | 36.5    |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 236     |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 37      |
|       | ヒンジボルト    | $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数       | 4       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 114     |
| カンヌキ部 | 共通        | $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数         | 6       |
|       | カンヌキ      | $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ       | 96.1    |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 8       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 1       |
|       | カンヌキ受けピン  | $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離 | 110     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 8       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 1       |
|       | カンヌキ受けボルト | $n_b$      | 本                 | カンヌキ受けボルトの本数    | 4       |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | 9       |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(6/8)

| 対象部位      |    | 記号         | 単位                  | 定義                           | 水密扉 No.            |
|-----------|----|------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
|           |    |            |                     |                              | 12                 |
| アンカーボルト   |    | $w_a$      | kN                  | 扉枠の重量                        | 15.69              |
|           |    | $n_3$      | 本                   | ヒンジ側アンカーボルトの本数               | 7                  |
|           |    | $T_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力        | 20760              |
|           |    | $Q_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力       | 22470              |
|           |    | $T_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの<br>短期許容引張耐力  | 67315              |
|           |    | $Q_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの<br>短期許容せん断耐力 | 58068              |
| 固有<br>振動数 | 芯材 | L          | cm                  | 梁長さ                          | 196.2              |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                         | $2.09 \times 10^6$ |
|           |    | I          | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント                    | 4180               |
|           |    | $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布                         | 2.85               |
|           | 扉板 | t          | cm                  | 扉板厚さ                         | —                  |
|           |    | a          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の幅)                | —                  |
|           |    | b          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の高さ)               | —                  |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                         | —                  |
|           |    | $\gamma$   | kg/cm <sup>3</sup>  | 単位体積の重さ                      | —                  |
|           |    | $\nu$      | —                   | ポアソン比                        | —                  |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(7/8)

| 対象部位  |           | 記号         | 単位                | 定義              | 水密扉 No. |
|-------|-----------|------------|-------------------|-----------------|---------|
|       |           |            |                   |                 | 13      |
| 共通    |           | G          | kN                | 扉重量             | 79.43   |
|       |           | $k_H$      | —                 | 水平震度            | 2.42    |
|       |           | $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度            | 1.75    |
|       |           | $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離     | 1273    |
|       |           | $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離         | 1992    |
|       |           | $W_1$      | N                 | スラスト荷重          | 218400  |
|       |           | $F_1$      | N                 | 転倒力             | 235700  |
| ヒンジ部  | ヒンジ板      | $L_3$      | mm                | ヒンジ板の2軸間距離      | 600     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 97      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 7       |
|       | ヒンジピン     | $L_4$      | mm                | ヒンジピンの作用点間距離    | 61      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 111     |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 25      |
|       | ヒンジボルト    | $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数       | 8       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 72      |
| カンヌキ部 | 共通        | $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数         | —       |
|       | カンヌキ      | $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ       | —       |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | —       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | —       |
|       | カンヌキ受けピン  | $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離 | —       |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | —       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | —       |
|       | カンヌキ受けボルト | $n_b$      | 本                 | カンヌキ受けボルトの本数    | —       |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | —       |
| 扉固定部  | 扉付固定ボルト   | $n_b$      | 本                 | 扉付固定ボルトの本数      | 11      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 72      |
|       | 枠付固定ボルト   | A          | mm <sup>2</sup>   | 枠付固定ボルトの断面積     | 245     |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | 72      |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(8/8)

| 対象部位      |    | 記号         | 単位                  | 定義                           | 水密扉 No.            |
|-----------|----|------------|---------------------|------------------------------|--------------------|
|           |    |            |                     |                              | 13                 |
| アンカーボルト   |    | $w_a$      | kN                  | 扉枠の重量                        | 24.03              |
|           |    | $n_3$      | 本                   | ヒンジ側アンカーボルトの本数               | 29                 |
|           |    | $T_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力        | 18260              |
|           |    | $Q_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力       | 20210              |
|           |    | $T_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの<br>短期許容引張耐力  | 57575              |
|           |    | $Q_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの<br>短期許容せん断耐力 | 40302              |
| 固有<br>振動数 | 芯材 | L          | cm                  | 梁長さ                          | 203.0              |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                         | $2.09 \times 10^6$ |
|           |    | I          | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント                    | 32950              |
|           |    | $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布                         | 31.15              |
|           | 扉板 | t          | cm                  | 扉板厚さ                         | 11.5               |
|           |    | a          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の幅)                | 203.0              |
|           |    | b          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の高さ)               | 260.0              |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                         | $2.09 \times 10^6$ |
|           |    | $\gamma$   | kg/cm <sup>3</sup>  | 単位体積の重さ                      | 0.013              |
|           |    | $\nu$      | —                   | ポアソン比                        | 0.3                |

## 5. 評価結果

水密扉の評価結果を表 5-1 に示す。各部材の断面検定を行った結果、すべての水密扉において、発生応力度又は荷重が許容限界値を下回る。

表 5-1 評価結果(1/2)

| 水密扉<br>No. | 評価対象部位                |                        | 発生値<br>(応力度, 荷重)<br>(N/mm <sup>2</sup> , N) | 許容限界値<br>(N/mm <sup>2</sup> , N) | 発生値/<br>許容限界値 | 備考  |
|------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----|
| 6          | ヒンジ<br>部              | ヒンジ板* <sup>1</sup>     | 110                                         | 215                              | 0.52          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジピン* <sup>1</sup>    | 113                                         | 345                              | 0.33          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジボルト                 | 61                                          | 420                              | 0.15          | せん断 |
|            | カン<br>ヌキ部             | カンヌキ* <sup>1</sup>     | 7                                           | 345                              | 0.03          | 組合せ |
|            |                       | カンヌキ受けピン* <sup>2</sup> | 5                                           | 345                              | 0.02          | 曲げ  |
|            |                       | カンヌキ受けボルト              | 7                                           | 728                              | 0.01          | 引張  |
|            | アンカーボルト* <sup>3</sup> |                        | 29720                                       | 58068                            | 0.52          | せん断 |
| 11         | ヒンジ<br>部              | ヒンジ板* <sup>1</sup>     | 87                                          | 235                              | 0.38          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジピン* <sup>1</sup>    | 54                                          | 345                              | 0.16          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジボルト                 | 36                                          | 420                              | 0.09          | せん断 |
|            | カン<br>ヌキ部             | カンヌキ* <sup>1</sup>     | 38                                          | 205                              | 0.19          | 組合せ |
|            |                       | カンヌキ受けピン* <sup>2</sup> | 50                                          | 345                              | 0.15          | 曲げ  |
|            |                       | カンヌキ受けボルト              | 24                                          | 728                              | 0.04          | 引張  |
|            | アンカーボルト* <sup>3</sup> |                        | 5791                                        | 25826                            | 0.23          | せん断 |

注記\*1：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

\*2：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

\*3：引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 5-1 評価結果(2/2)

| 水密扉<br>No. | 評価対象部位                |                        | 発生値<br>(応力度, 荷重)<br>(N/mm <sup>2</sup> , N) | 許容限界値<br>(N/mm <sup>2</sup> , N) | 発生値/<br>許容限界値 | 備考  |
|------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----|
| 12         | ヒンジ<br>部              | ヒンジ板* <sup>1</sup>     | 85                                          | 215                              | 0.40          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジピン* <sup>1</sup>    | 245                                         | 345                              | 0.72          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジボルト                 | 114                                         | 420                              | 0.28          | せん断 |
|            | カン<br>ヌキ部             | カンヌキ* <sup>1</sup>     | 9                                           | 205                              | 0.05          | 組合せ |
|            |                       | カンヌキ受けピン* <sup>2</sup> | 8                                           | 345                              | 0.03          | 曲げ  |
|            |                       | カンヌキ受けボルト              | 9                                           | 728                              | 0.02          | 引張  |
|            | アンカーボルト* <sup>3</sup> |                        | 22470                                       | 58068                            | 0.39          | せん断 |
| 13         | ヒンジ<br>部              | ヒンジ板* <sup>1</sup>     | 98                                          | 215                              | 0.46          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジピン* <sup>1</sup>    | 120                                         | 345                              | 0.35          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジボルト                 | 72                                          | 420                              | 0.18          | せん断 |
|            | カン<br>ヌキ部             | カンヌキ* <sup>1</sup>     | —                                           | —                                | —             | —   |
|            |                       | カンヌキ受けピン* <sup>2</sup> | —                                           | —                                | —             | —   |
|            |                       | カンヌキ受けボルト              | —                                           | —                                | —             | —   |
|            | 扉固定<br>部              | 扉付固定ボルト                | 72                                          | 420                              | 0.18          | せん断 |
|            |                       | 枠付固定ボルト                | 72                                          | 728                              | 0.10          | 引張  |
|            | アンカーボルト* <sup>3</sup> |                        | 20210                                       | 40302                            | 0.51          | せん断 |

注記\*1：曲げ，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

\*2：曲げ及びせん断のうち，評価結果が厳しい方の値を記載する。

\*3：引張，せん断及び組合せのうち，評価結果が最も厳しい値を記載する。

VI-2-10-2-7-2 水密扉（溢水防護設備）の耐震性についての計算書

## 目 次

|       |             |    |
|-------|-------------|----|
| 1.    | 概要          | 1  |
| 2.    | 一般事項        | 2  |
| 2.1   | 検討対象水密扉一覧   | 2  |
| 2.2   | 配置概要        | 3  |
| 2.3   | 構造計画        | 7  |
| 2.4   | 評価方針        | 8  |
| 2.5   | 適用規格・基準等    | 10 |
| 2.6   | 記号の説明       | 11 |
| 3.    | 固有値解析       | 13 |
| 3.1   | 固有振動数の算出方法  | 13 |
| 3.1.1 | 解析モデルの設定    | 13 |
| 3.2   | 固有振動数の算出条件等 | 14 |
| 3.2.1 | 記号の説明       | 14 |
| 3.2.2 | 固有振動数の算出方法  | 14 |
| 3.2.3 | 固有振動数の算出条件  | 16 |
| 3.3   | 固有振動数の算出結果  | 19 |
| 4.    | 耐震評価        | 21 |
| 4.1   | 評価対象部位      | 21 |
| 4.2   | 荷重及び荷重の組合せ  | 24 |
| 4.2.1 | 荷重の組合せ      | 24 |
| 4.2.2 | 荷重          | 24 |
| 4.3   | 許容限界        | 25 |
| 4.3.1 | 使用材料        | 25 |
| 4.3.2 | 許容限界        | 27 |
| 4.4   | 設計用地震力      | 29 |
| 4.5   | 評価方法        | 30 |
| 4.5.1 | 応力算定        | 30 |
| 4.5.2 | 断面検定        | 47 |
| 4.6   | 評価条件        | 52 |
| 5.    | 評価結果        | 60 |



## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、溢水防護設備である原子炉建屋の水密扉及びタービン建屋の水密扉（以下「水密扉」という。）が、設計用地震力に対して十分な構造強度有していることを説明するものである。

その耐震評価は、水密扉に要求される機能の維持を確認するために、応力評価に基づく、構造部材の健全性評価により行う。

水密扉は、設計基準対象施設においては溢水防護設備に分類される。以下に設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

## 2. 一般事項

### 2.1 検討対象水密扉一覧

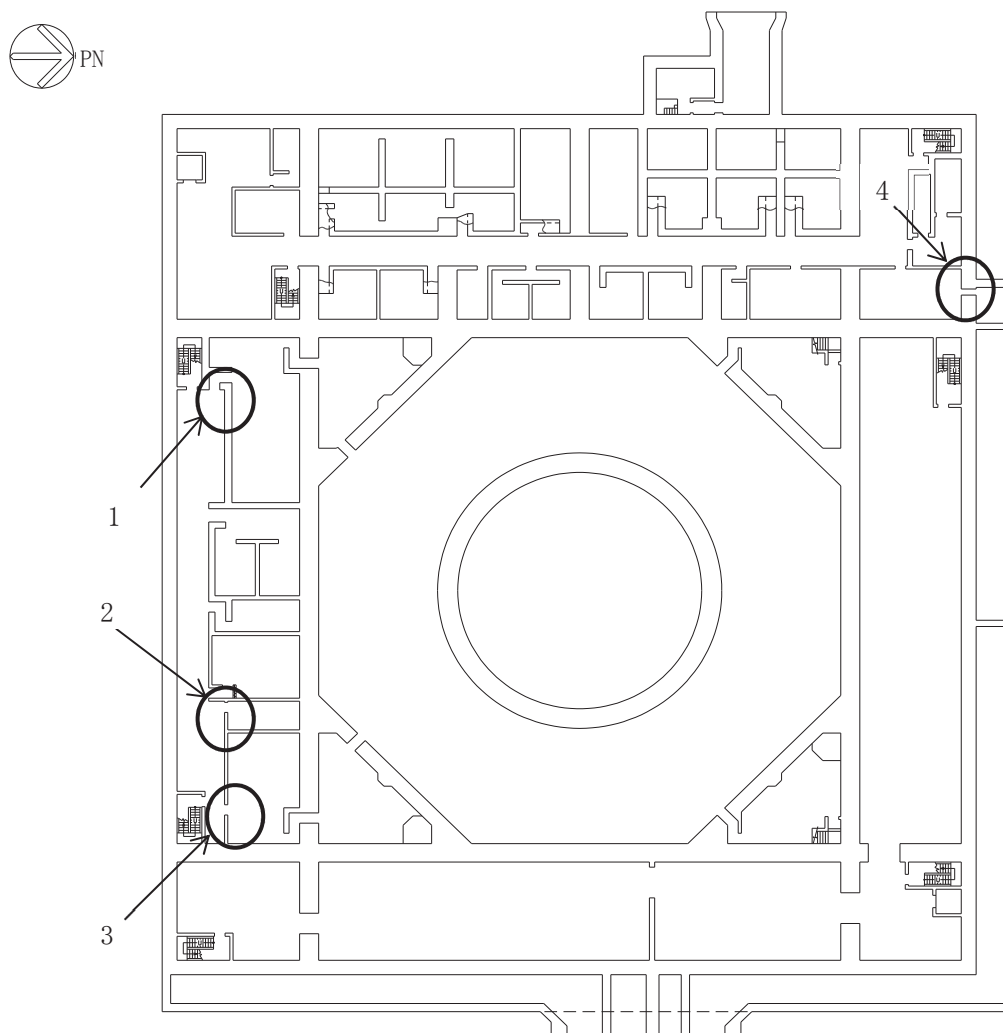
検討対象の水密扉を表 2-1 に示す。

表 2-1 検討対象水密扉一覧

| 水密扉<br>No. | 扉名称                              | 設置高さ<br>O. P. |
|------------|----------------------------------|---------------|
| 1          | RCIC タービンポンプ室-共通通路浸水防止水密扉        | -8.10m        |
| 2          | FPMUW ポンプ室浸水防止水密扉                | -8.10m        |
| 3          | RHR ポンプ(C)室-共通通路浸水防止水密扉          | -8.10m        |
| 4          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 3)             | -8.10m        |
| 5          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 4)             | 2.00m         |
| 6          | RHR Hx (A) 室-RHR Hx (B) 室浸水防止水密扉 | 15.00m        |
| 7          | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉 (No. 3)        | 15.00m        |
| 8          | 主排気ダクト連絡トレンチ (2T-5) 管理区域外伝播防止水密扉 | 15.00m        |
| 9          | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉 (No. 1)        | 15.00m        |
| 10         | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉 (No. 2)        | 15.00m        |
| 11         | 北西階段室管理区域外伝播防止水密扉                | 15.00m        |
| 12         | Rw 制御室管理区域外伝播防止水密扉               | 15.00m        |
| 13         | 原子炉建屋大物搬入口                       | 15.00m        |
| 14         | タービン建屋管理区域外伝播防止水密扉               | 0.80m         |

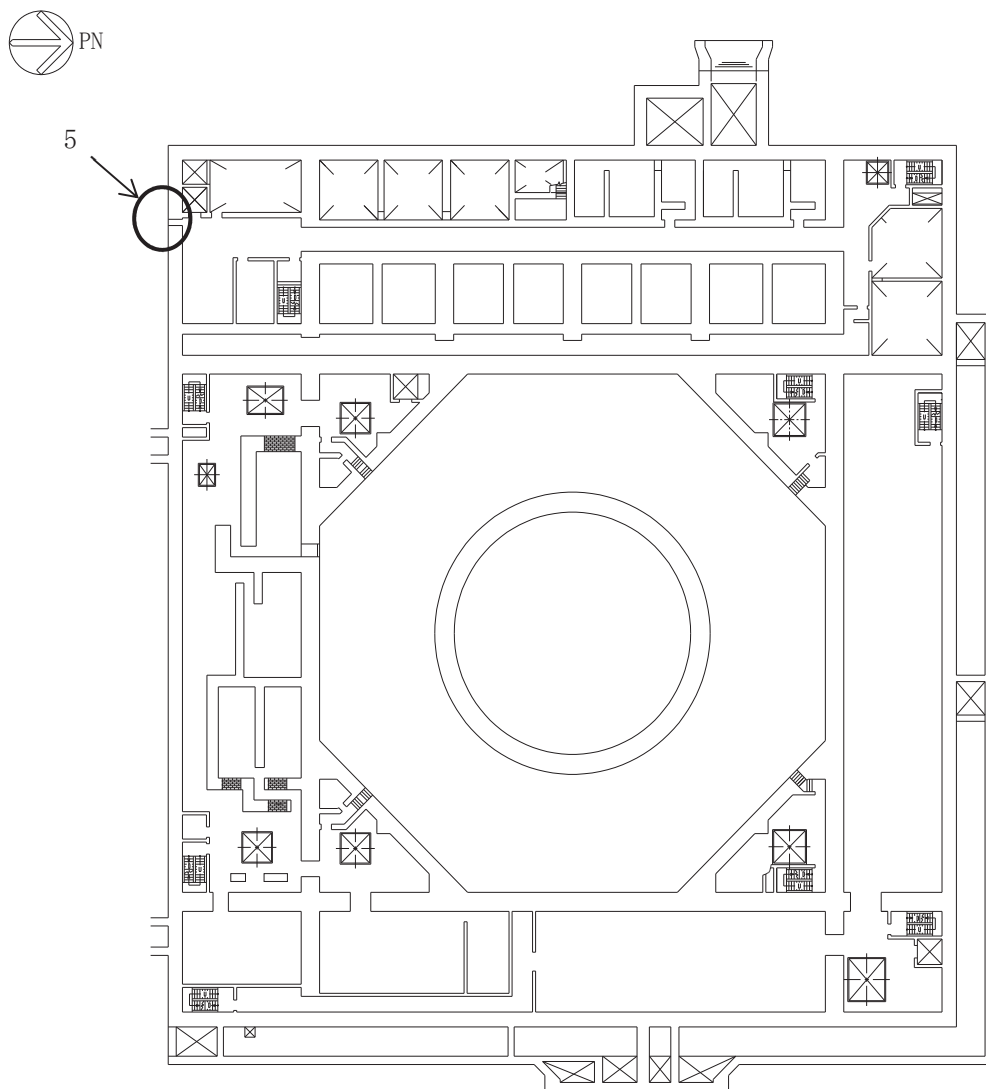
## 2.2 配置概要

原子炉建屋の水密扉の設置位置図を図 2-1 に、タービン建屋の水密扉の設置位置図を図 2-2 に示す。



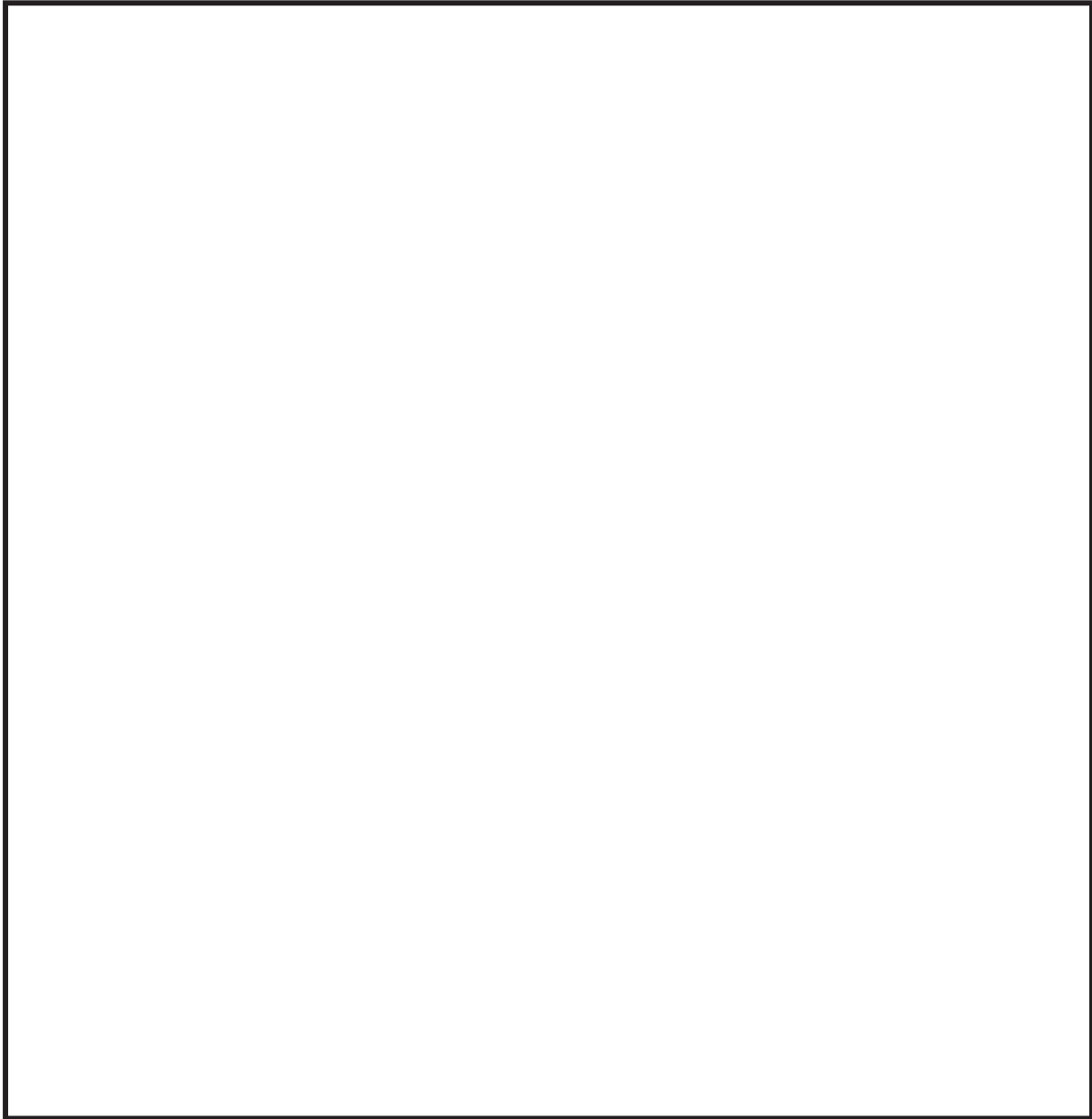
|   |                           |
|---|---------------------------|
| 1 | RCIC タービンポンプ室-共通通路浸水防止水密扉 |
| 2 | FPMUW ポンプ室浸水防止水密扉         |
| 3 | RHR ポンプ (C) 室-共通通路浸水防止水密扉 |
| 4 | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 3)      |

図 2-1 原子炉建屋の水密扉の設置位置図 (1/3) O. P. -8. 10m



|   |                      |
|---|----------------------|
| 5 | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 4) |
|---|----------------------|

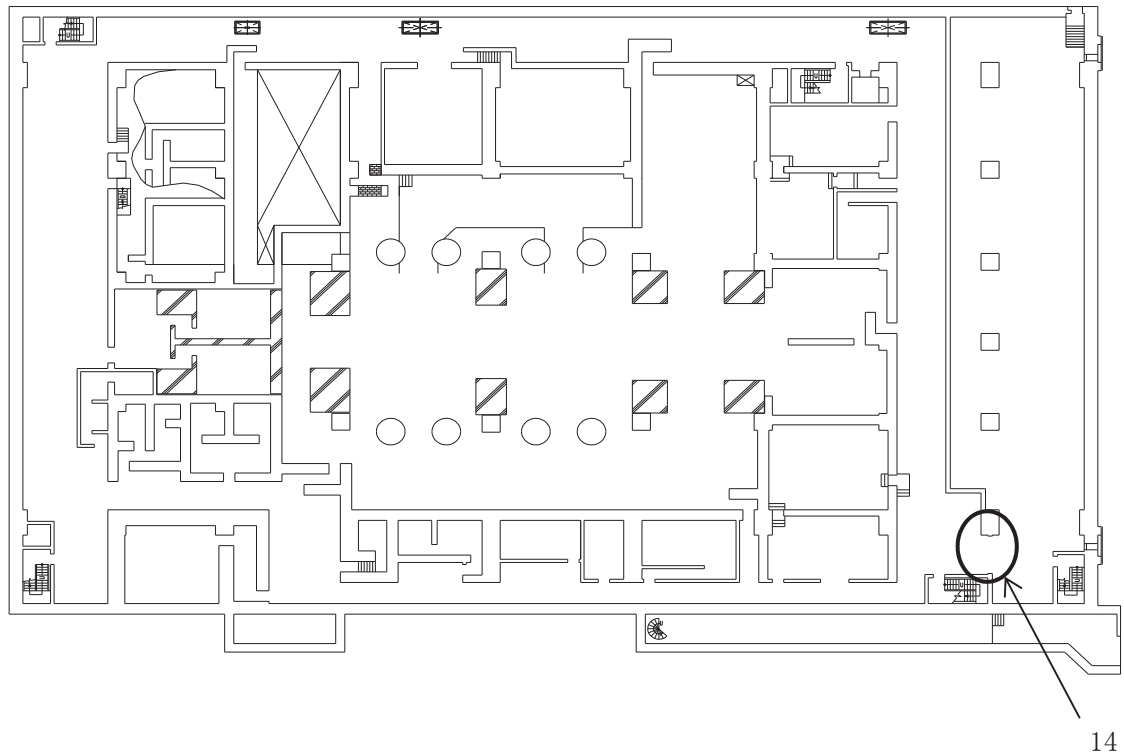
図 2-1 原子炉建屋の水密扉の設置位置図 (2/3) 0. P. 2. 00m (0. P. -0. 80m)



|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| 6  | RHR Hx (A) 室-RHR Hx (B) 室浸水防止水密扉 |
| 7  | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉 (No. 3)        |
| 8  | 主排気ダクト連絡トレンチ (2T-5) 管理区域外伝播防止水密扉 |
| 9  | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉 (No. 1)        |
| 10 | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉 (No. 2)        |
| 11 | 北西階段室管理区域外伝播防止水密扉                |
| 12 | Rw 制御室管理区域外伝播防止水密扉               |
| 13 | 原子炉建屋大物搬入口                       |

図 2－1 原子炉建屋の水密扉の設置位置図 (3/3) O. P. 15. 00m

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。



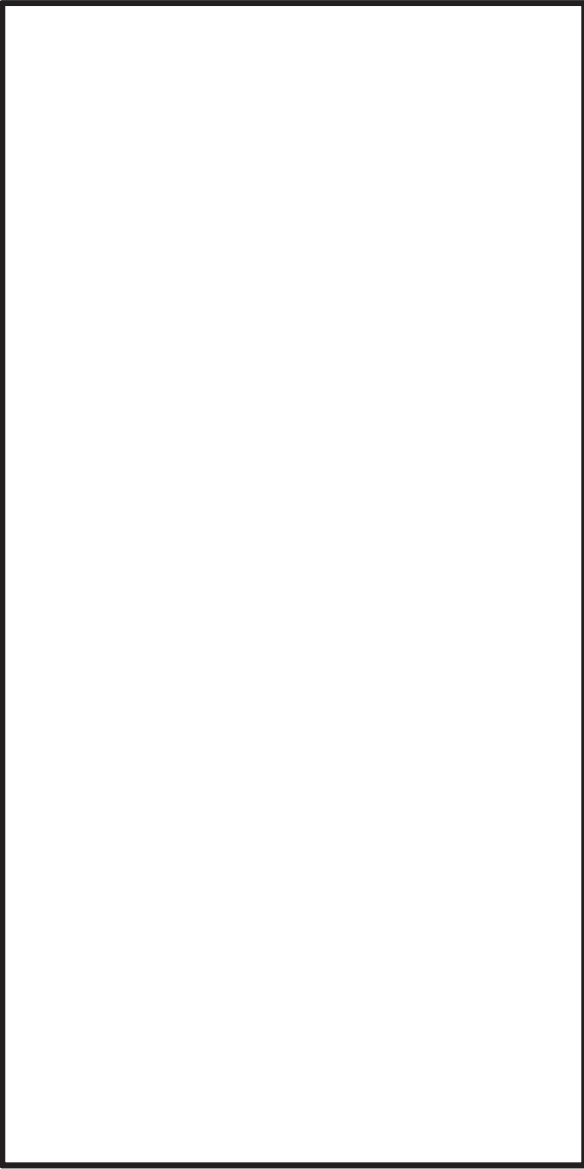
|    |                    |
|----|--------------------|
| 14 | タービン建屋管理区域外伝播防止水密扉 |
|----|--------------------|

図 2-2 タービン建屋の水密扉の設置位置図 O.P. 0.80m

2.3 構造計画

水密扉は、片開型の鋼製扉とし、扉板の背面に芯材を配した構造である。また、閉止状態において、カンヌキ及びカンヌキ受けにより固定され止水性を確保しており、アンカーボルトによって建屋躯体に固定された扉枠にて支持する構造とする。水密扉の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 水密扉の構造計画

| 計画の概要                                                                                         |                                                                                              | 説明図                                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| 主体構造                                                                                          | 支持構造                                                                                         |                                                                                     |
| 片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉体と扉枠を一体化させる構造とする。<br>また、扉と建屋躯体の接続はヒンジを介する構造とする。 | 扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、カンヌキにより、扉と扉枠を一体化する構造とする。<br>扉枠はアンカーボルトにより建屋躯体へ固定する構造とする。 |  |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 2.4 評価方針

水密扉の耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造を踏まえ、「4.1 評価対象部位」にて設定する評価部位において、「3. 固有値解析」で算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを、「4.5 評価方法」に示す方法にて確認する。応力評価の確認結果を「5. 評価結果」にて確認する。

耐震評価フローを図 2-3 に示す。水密扉の耐震評価においては、その構造を踏まえ、基準地震動  $S_s$  による地震荷重の作用方向及び伝達経路を考慮し、評価対象部位を設定する。

耐震評価においては、荷重を静的に作用させることにより、ヒンジ部(ヒンジ板, ヒンジピン, ヒンジボルト), カンヌキ部 (カンヌキ, カンヌキ受けピン, カンヌキ受けボルト), 方立, マグサ及びパネル取付ボルトの発生応力並びにアンカーボルトの発生荷重を算定し、許容限界との比較を行う。

なお、パネル取付ボルトはカンヌキ受けボルトと同じ評価方法とする。

アンカーボルトは壁に埋め込まれた方向によって下記のとおりと呼ぶこととする。

- ・  $0^\circ$  方向配置：アンカーボルトが壁の厚さの直交方向に配置されている場合
- ・  $45^\circ$  方向配置：アンカーボルトが壁の厚さの方向から  $45^\circ$  傾斜して配置されている場合
- ・  $90^\circ$  方向配置：アンカーボルトが壁の厚さの方向に配置されている場合



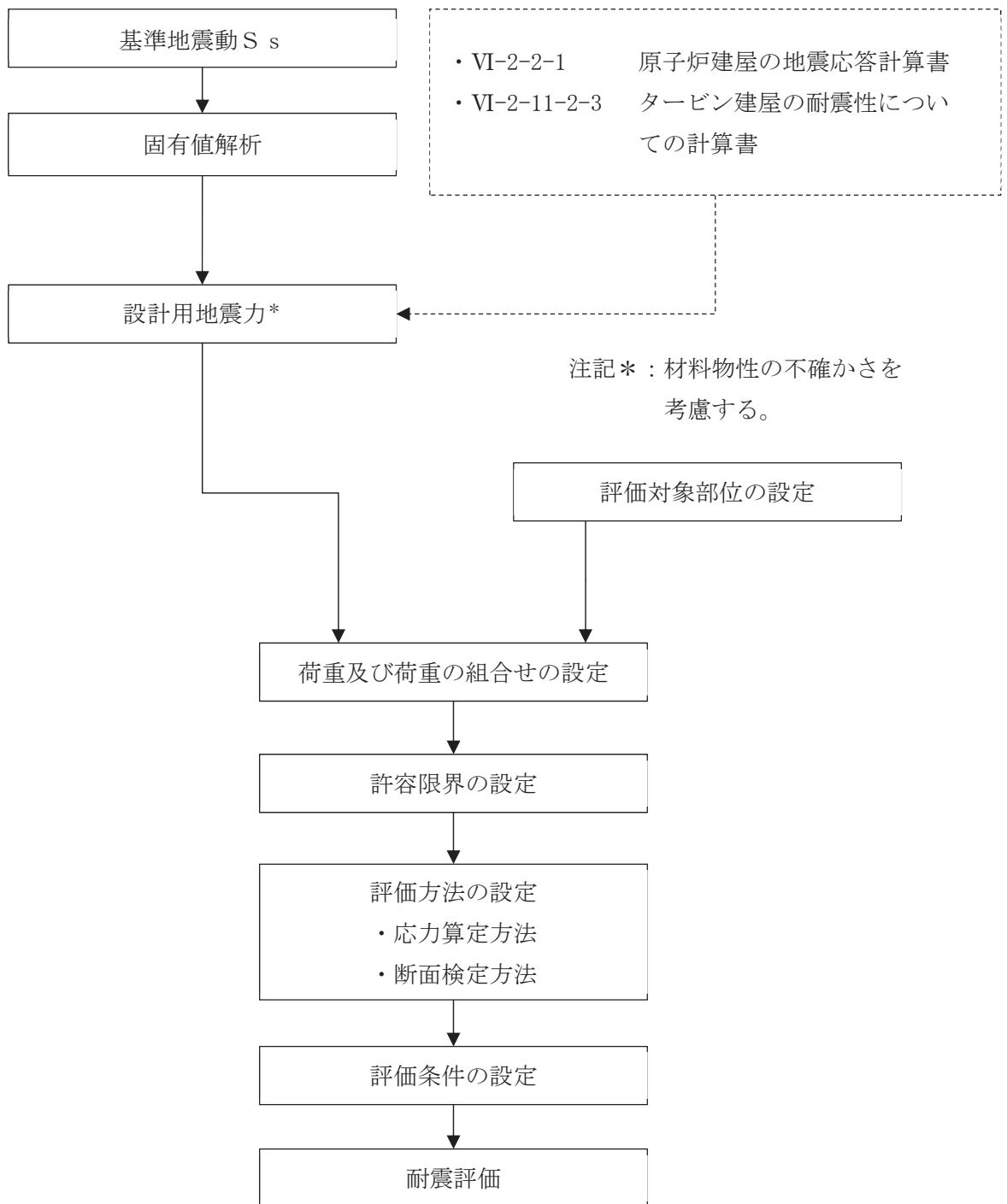


図 2-3 水密扉の耐震評価フロー

## 2.5 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一
- ・ 日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説
- ・ 日本機械学会 機械工学便覧

## 2.6 記号の説明

水密扉の耐震評価に用いる記号を表 2-3 に示す。

表 2-3 耐震評価に用いる記号(1/2)

| 記号         | 単位       | 定義                     |
|------------|----------|------------------------|
| $W_1$      | kN       | スラスト荷重                 |
| $G$        | kN       | 扉重量                    |
| $W_p$      | kN       | パネル重量                  |
| $k_H$      | —        | 水平震度                   |
| $k_{UD}$   | —        | 鉛直震度                   |
| $F_1$      | N        | 転倒力                    |
| $F_{1a}$   | N        | 扉と扉枠の重量を含んだ転倒力         |
| $R_1$      | N        | 地震力に伴う荷重の反力            |
| $L_1$      | mm       | 扉重心とヒンジ芯間距離            |
| $L_2$      | mm       | ヒンジ芯間距離                |
| $L_3$      | mm       | ヒンジ板の 2 軸間距離           |
| $L_4$      | mm       | ヒンジ板と受板間距離             |
| $L_5$      | mm       | カンヌキの突出長さ              |
| $L_6$      | mm       | 方立の支持間距離               |
| $L_7$      | mm       | マグサの支持間距離              |
| $L_p$      | mm       | カンヌキ受けピンの軸支持間距離        |
| $M$        | N・mm     | 曲げモーメント                |
| $T$        | N        | 引張力                    |
| $Q$        | N        | せん断力                   |
| $n_1$      | 本        | ヒンジボルトの本数              |
| $n_2$      | 本        | カンヌキの本数                |
| $n_3$      | 本        | ヒンジ側アンカーボルトの本数         |
| $n_b$      | 本        | カンヌキ受けボルト又はパネル取付ボルトの本数 |
| $g$        | $m/s^2$  | 重力加速度                  |
| $w_a$      | kN       | 扉枠の重量                  |
| $W_{1a}$   | N        | 扉と扉枠の重量を含んだスラスト荷重      |
| $\sigma$   | $N/mm^2$ | 曲げ応力度                  |
| $\sigma_t$ | $N/mm^2$ | 引張応力度                  |
| $\tau$     | $N/mm^2$ | せん断応力度                 |
| $x$        | $N/mm^2$ | 組合せ応力度                 |
| $Z$        | $mm^3$   | 断面係数                   |
| $A$        | $mm^2$   | 断面積                    |

表 2-3 耐震評価に用いる記号(2/2)

| 記号    | 単位            | 定義                      |
|-------|---------------|-------------------------|
| $A_s$ | $\text{mm}^2$ | せん断断面積                  |
| $T_d$ | N             | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力   |
| $H_1$ | mm            | ヒンジ板の高さ                 |
| $T_1$ | mm            | ヒンジ板の厚さ                 |
| $d_3$ | mm            | ヒンジピンの径                 |
| $Q_d$ | N             | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力  |
| $T_a$ | N             | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力  |
| $Q_a$ | N             | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 |

### 3. 固有値解析

#### 3.1 固有振動数の算出方法

水密扉の構造に応じて解析モデルを設定し，1次固有振動数を算出する。

##### 3.1.1 解析モデルの設定

水密扉は，ヒンジ及びカンヌキにより扉と扉枠を支持する構造であることから，扉閉止時については両端ヒンジ梁又は四辺支持の長方形板に，扉開放時についてはヒンジ，自由端梁に単純化したモデルとし，モデル化に用いる水平方向に配している芯材又は扉板の長さは保守的に扉幅とし，鉛直方向に配している芯材は扉閉止時については扉高さ，扉開放時については扉幅の保守的な値とした。解析モデル図を図3-1に示す。

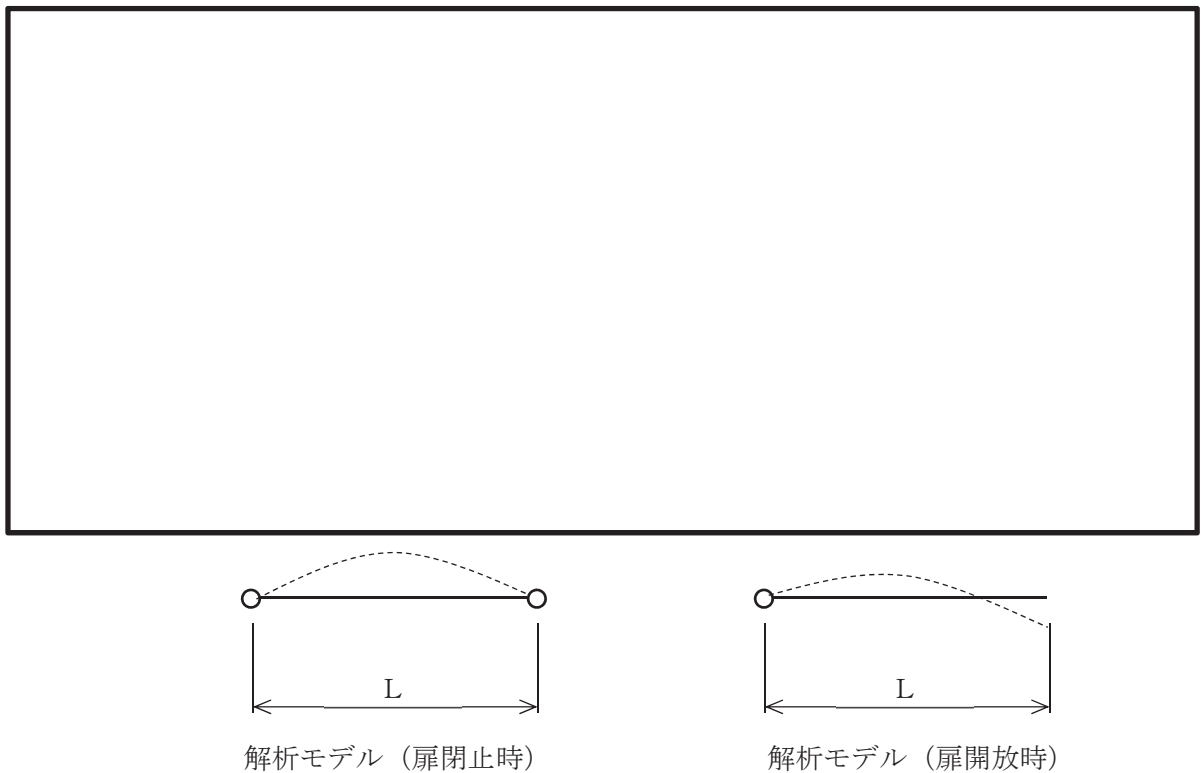


図3-1 水密扉の固有値解析モデル図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 3.2 固有振動数の算出条件等

#### 3.2.1 記号の説明

水密扉の固有振動数算出に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 水密扉の固有振動数に用いる記号

| 記号         | 単位                  | 定義              |
|------------|---------------------|-----------------|
| f          | Hz                  | 水密扉の 1 次固有振動数   |
| L          | cm                  | モデル化に用いる芯材の長さ   |
| E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率            |
| I          | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント       |
| $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布            |
| t          | cm                  | 扉板の板厚           |
| a          | cm                  | 2 隣辺の長さ（扉の幅）    |
| b          | cm                  | 2 隣辺の長さ（扉の高さ）   |
| $\nu$      | —                   | ポアソン比           |
| m          | —                   | 辺 a に平行な節線の数(1) |
| n          | —                   | 辺 b に平行な節線の数(1) |
| $\gamma$   | kgf/cm <sup>3</sup> | 単位体積の重さ         |
| g          | cm/s <sup>2</sup>   | 重力加速度           |

#### 3.2.2 固有振動数の算出方法

1 次固有振動数 f を「日本機械学会編 機械工学便覧」に基づき以下の式より計算する。  
ここで、固有振動数は水平方向（扉体面外方向）について算出するものとし、鉛直方向（扉体面内方向）については、扉に配された鉛直方向の芯材等の軸剛性が、面外方向の剛性に比べて十分に大きいため、固有振動数の算出を省略する。

モデル化の対象は、扉板及び芯材の組合せによる断面を有する水密扉については芯材を、芯材がなく扉板そのものにより断面を構成する水密扉については扉板とする。

##### (1) 扉閉止時

##### a. 両端ヒンジ梁モデル（芯材をモデル化）

$$f = \frac{\pi^2}{2 \cdot \pi \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{\gamma_m}}$$

##### b. 四辺支持の長方形板モデル（扉板をモデル化）

$$f = \frac{\pi^2 \cdot t}{2} \cdot \left( \frac{m^2}{a^2} + \frac{n^2}{b^2} \right) \cdot \sqrt{\frac{E \cdot g}{3 \cdot (1 - \nu^2) \cdot \gamma}}$$

(2) 扉開放時

扉開放時において水密扉は、面外方向については剛体モード（固有振動数がほぼゼロ）となり、これに伴う荷重の増幅は生じないことから、本評価においては芯材又は扉板が自由振動するものとして、下記の評価式にて固有振動数を算出することとした。

ヒンジ，自由端梁モデル

$$f = \frac{3.927^2}{2 \cdot \pi \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I \cdot g}{\gamma_m}}$$

### 3.2.3 固有振動数の算出条件

水密扉の固有振動数の算出条件のうち、芯材をモデル化した場合の算出条件を表 3-2 に、扉板をモデル化した場合の算出条件を表 3-3 及び表 3-4 に示す。

表 3-2 芯材をモデル化した場合の算出条件（扉閉止時及び扉開放時）

| 水密扉<br>No. | 扉名称                                    | 梁長さ<br>L<br>(cm) | ヤング率<br>E<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>I<br>(cm <sup>4</sup> ) | 質量分布<br>$\gamma_m$<br>(kg/cm) |
|------------|----------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| 1          | RCIC タービンポンプ室-共通通路<br>浸水防止水密扉          | 106.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 1380                                     | 2.48                          |
| 3          | RHR ポンプ(C)室-共通通路<br>浸水防止水密扉            | 118.6            | $2.09 \times 10^6$                  | 1380                                     | 2.61                          |
| 8          | 主排気ダクト連絡トレンチ(2T-5)<br>管理区域外伝播防止水密扉     | 134.5            | $2.09 \times 10^6$                  | 618.5                                    | 1.55                          |
| 9          | 原子炉建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉(No. 1)           | 134.5            | $2.09 \times 10^6$                  | 618.5                                    | 1.62                          |
| 10         | 原子炉建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉(No. 2) (くぐり戸)    | 112.9            | $2.09 \times 10^6$                  | 2490                                     | 3.91                          |
|            | 原子炉建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉(No. 2) (大扉・扉閉止時) | 460.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 119000                                   | 17.50                         |
|            | 原子炉建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉(No. 2) (大扉・扉開放時) | 495.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 62610                                    | 26.70                         |
| 13         | 原子炉建屋大物搬入口                             | 692.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 202700                                   | 9.63                          |
| 14         | タービン建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉 (扉)             | 100.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 1380                                     | 1.69                          |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉 (パネル①)          | 109.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 188.0                                    | 0.54                          |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉 (パネル②)          | 109.5            | $2.09 \times 10^6$                  | 188.0                                    | 0.77                          |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉 (パネル③)          | 101.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 188.0                                    | 0.79                          |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉 (パネル④)          | 109.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 188.0                                    | 0.37                          |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉 (パネル⑤)          | 109.5            | $2.09 \times 10^6$                  | 188.0                                    | 0.78                          |



表 3-3 扉板をモデル化した場合の算出条件（扉閉止時）

| 水密扉<br>No. | 扉名称                                       | 板厚<br><br>t<br>(cm) | ヤング<br>率<br><br>E<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 幅<br><br>a<br>(cm) | 高さ<br><br>b<br>(cm) | ポア<br>ソン<br>比<br><br>$\nu$<br>(—) | 単位<br>体積<br>の重さ<br><br>$\gamma$<br>(kg/cm <sup>3</sup> ) |
|------------|-------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------|--------------------|---------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 2          | FPMUW ポンプ室<br>浸水防止水密扉                     | 3.2                 | $2.09 \times 10^6$                          | 105.0              | 204.0               | 0.3                               | 0.012                                                    |
| 4          | 原子炉建屋<br>浸水防止水密扉 (No. 3)                  | 6.0                 | $2.09 \times 10^6$                          | 92.5               | 136.0               | 0.3                               | 0.016                                                    |
| 5          | 原子炉建屋<br>浸水防止水密扉 (No. 4)                  | 6.0                 | $2.09 \times 10^6$                          | 92.5               | 136.0               | 0.3                               | 0.016                                                    |
| 6          | RHR Hx (A) 室-RHR Hx (B) 室<br>浸水防止水密扉（扉）   | 3.2                 | $2.09 \times 10^6$                          | 95.0               | 209.0               | 0.3                               | 0.012                                                    |
|            | RHR Hx (A) 室-RHR Hx (B) 室<br>浸水防止水密扉（パネル） | 3.2                 | $2.09 \times 10^6$                          | 102.0              | 217.2               | 0.3                               | 0.008                                                    |
| 7          | 原子炉建屋管理区域外伝播<br>防止水密扉 (No. 3)             | 3.2                 | $2.09 \times 10^6$                          | 130.0              | 197.0               | 0.3                               | 0.013                                                    |
| 11         | 北西階段室管理区域外伝播<br>防止水密扉                     | 3.2                 | $2.09 \times 10^6$                          | 90.0               | 134.0               | 0.3                               | 0.016                                                    |
| 12         | Rw 制御室管理区域外伝播<br>防止水密扉（扉）                 | 3.2                 | $2.09 \times 10^6$                          | 105.0              | 204.0               | 0.3                               | 0.012                                                    |
|            | Rw 制御室管理区域外伝播<br>防止水密扉（パネル①）              | 0.6                 | $2.09 \times 10^6$                          | 71.6               | 207.8               | 0.3                               | 0.010                                                    |
|            | Rw 制御室管理区域外伝播<br>防止水密扉（パネル②）              | 0.6                 | $2.09 \times 10^6$                          | 86.3               | 182.2               | 0.3                               | 0.011                                                    |

表 3-4 扉板をモデル化した場合の算出条件（扉開放時）

| 水密扉<br>No. | 扉名称                                  | 梁長さ<br>L<br>(cm) | ヤング率<br>E<br>(kgf/cm <sup>2</sup> ) | 断面二次<br>モーメント<br>I<br>(cm <sup>4</sup> ) | 質量分布<br>$\gamma_m$<br>(kg/cm) |
|------------|--------------------------------------|------------------|-------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|
| 2          | FPMUW ポンプ室浸水防止水密扉                    | 105.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 557.1                                    | 8.10                          |
| 4          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 3)                 | 92.5             | $2.09 \times 10^6$                  | 2448                                     | 12.97                         |
| 5          | 原子炉建屋浸水防止水密扉 (No. 4)                 | 92.5             | $2.09 \times 10^6$                  | 2448                                     | 12.97                         |
| 6          | RHR Hx (A) 室-RHR Hx (B) 室<br>浸水防止水密扉 | 95.0             | $2.09 \times 10^6$                  | 570.7                                    | 7.89                          |
| 7          | 原子炉建屋管理区域外伝播防止<br>水密扉 (No. 3)        | 130.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 537.9                                    | 8.46                          |
| 11         | 北西階段室管理区域外伝播防止<br>水密扉                | 90.0             | $2.09 \times 10^6$                  | 365.9                                    | 6.67                          |
| 12         | Rw 制御室管理区域外伝播防止<br>水密扉（扉）            | 105.0            | $2.09 \times 10^6$                  | 557.1                                    | 8.10                          |

### 3.3 固有振動数の算出結果

水密扉の固有振動数の算出結果を表3-5に示す。各水密扉の固有振動数は20Hz以上であり、剛構造であることを確認した。

表 3-5 固有振動数の算出結果(1/2)

| 水密扉<br>No. | 扉名称                                   | 固有振動数<br>f   |              |
|------------|---------------------------------------|--------------|--------------|
|            |                                       | 扉閉止時<br>(Hz) | 扉開放時<br>(Hz) |
| 1          | RCIC タービンポンプ室-共通通路<br>浸水防止水密扉         | 149.30       | 232.28       |
| 2          | FPMUW ポンプ室浸水防止水密扉                     | 144.25       | 83.58        |
| 3          | RHR ポンプ(C)室-共通通路<br>浸水防止水密扉           | 116.25       | 181.65       |
| 4          | 原子炉建屋浸水防止水密扉(No. 3)                   | 348.98       | 178.41       |
| 5          | 原子炉建屋浸水防止水密扉(No. 4)                   | 348.98       | 178.41       |
| 6          | RHR Hx(A)室-RHR Hx(B)室<br>浸水防止水密扉(扉)   | 168.09       | 104.71       |
|            | RHR Hx(A)室-RHR Hx(B)室<br>浸水防止水密扉(パネル) | 180.65       | —            |
| 7          | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(No. 3)          | 102.60       | 52.43        |
| 8          | 主排気ダクト連絡トレンチ(2T-5)<br>管理区域外伝播防止水密扉    | 78.53        | 122.70       |
| 9          | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(No. 1)          | 76.81        | 120.02       |
| 10         | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(No. 2)(くぐり戸)    | 140.79       | 219.99       |
|            | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(No. 2)(大扉)      | 27.71        | 21.96        |
| 11         | 北西階段室管理区域外伝播防止水密扉                     | 195.06       | 101.60       |

表 3-5 固有振動数の算出結果 (2/2)

| 水密扉<br>No. | 扉名称                          | 固有振動数<br>f   |              |
|------------|------------------------------|--------------|--------------|
|            |                              | 扉閉止時<br>(Hz) | 扉開放時<br>(Hz) |
| 12         | Rw 制御室管理区域外伝播防止水密扉<br>(扉)    | 144. 25      | 83. 58       |
|            | Rw 制御室管理区域外伝播防止水密扉<br>(パネル①) | 56. 35       | —            |
|            | Rw 制御室管理区域外伝播防止水密扉<br>(パネル②) | 40. 48       | —            |
| 13         | 原子炉建屋大物搬入口                   | 21. 55       | 33. 66       |
| 14         | タービン建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(扉)    | 203. 21      | 317. 52      |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(パネル①) | 111. 78      | —            |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(パネル②) | 92. 91       | 145. 18      |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(パネル③) | 107. 33      | 167. 71      |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(パネル④) | 135. 47      | —            |
|            | タービン建屋管理区域外伝播防止水密扉<br>(パネル⑤) | 92. 25       | 144. 15      |

#### 4. 耐震評価

##### 4.1 評価対象部位

評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す水密扉の構造上の特徴を踏まえ選定する。

基準地震動  $S_s$  による地震荷重により水密扉に作用する慣性力は、ヒンジ部（ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルト）及びカンヌキ部（カンヌキ、カンヌキ受けピン、カンヌキ受けボルト）から扉枠に伝わり、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周辺の建屋躯体に伝達されることから、評価対象部位をヒンジ部及びカンヌキ部並びにアンカーボルトとする。また、アンカーボルトに生じる応力が最大となる状態で評価を行うことを考慮し、扉が  $0^\circ$ 、 $90^\circ$  又は  $180^\circ$  の開閉状態における評価を行うとともに、地震荷重の作用により応力が集中する扉の状態を踏まえ、ヒンジ側アンカーボルトを評価対象とする。

パネル付きの水密扉については、パネル板を支える方立及びマグサ並びにパネル取付ボルトを評価対象部位として選定する。

また、評価結果が厳しい評価対象部位を有する水密扉を代表として評価するものとし、水密扉 No. 1, 9, 10 及び 12 を抽出した。

水密扉閉止時に水密扉に作用する荷重の作用図を図 4-1 に、水密扉開放時に水密扉に作用する荷重の作用図を図 4-2 に示す。

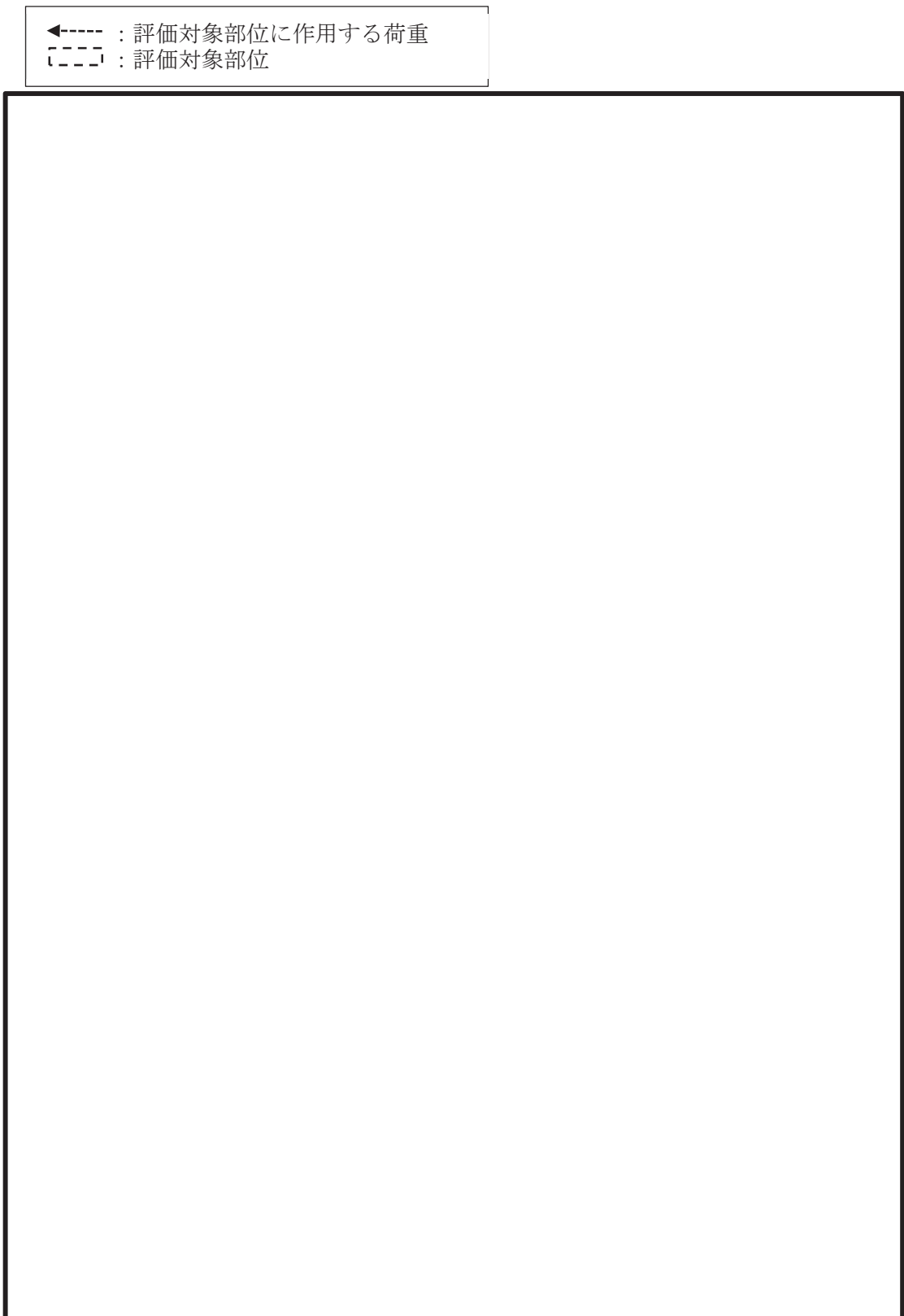


図 4-1 水密扉に作用する荷重の作用図（水密扉閉止時）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

←----- : 評価対象部位に作用する荷重  
----- : 評価対象部位

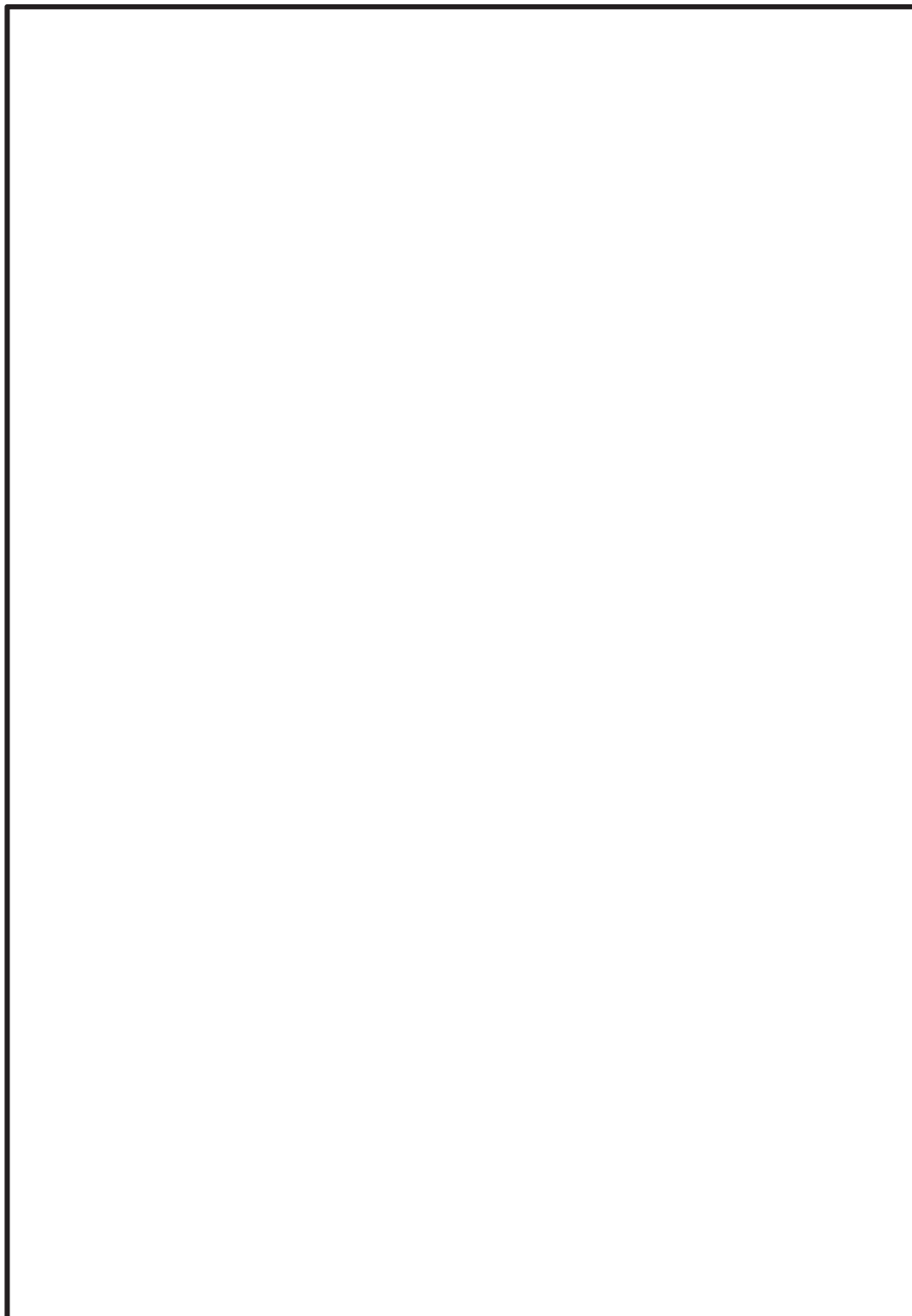


図 4-2 水密扉に作用する荷重の作用図（水密扉開放時）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

### 4.2.1 荷重の組合せ

水密扉の評価に用いる荷重の組合せを以下に示す。

$$G + S_s$$

ここで、

$G$  : 固定荷重 (kN)

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震荷重 (kN)

水密扉は、上載物の荷重を負担する又は、影響を受ける構造となっていないことから、積載荷重については考慮しない。

### 4.2.2 荷重

#### (1) 固定荷重 ( $G$ )

固定荷重として水密扉の自重を考慮する。自重は「4.6 評価条件」に示す。

#### (2) 地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。「4.4 設計用地震力」で設定した設計震度を用いて、次式により算定する。

$$S_s = G \cdot k$$

ここで、

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  による地震荷重 (kN)

$G$  : 固定荷重 (kN)

$k$  : 設計震度

なお、水平及び鉛直地震力による組合せ応力が作用する部位の評価は、水平方向と鉛直方向の地震力が同時に作用するものとして評価する。



#### 4.3 許容限界

許容限界は、「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

##### 4.3.1 使用材料

水密扉を構成するヒンジ部，カンヌキ部，パネル取付ボルト，方立，マグサ及び及びアンカーボルトの使用材料を表 4-1 に示す。

表 4-1 使用材料

| 評価対象部位   |           | 材質                                        | 仕様                                                                      |
|----------|-----------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| ヒンジ部     | ヒンジ板      | SS400                                     | 高さ (mm)<br>70, 80, 85, 100, 500, 560<br>厚さ (mm)<br>40, 70, 95, 200, 250 |
|          | ヒンジピン     | S45C<br>SCM440                            | 径 (mm)<br>25, 35, 40, 45, 55, 60, 80,<br>240                            |
|          | ヒンジボルト    | 10.9<br>(SCM435, SCM440)<br>12.9 (SCM435) | M12, M16, M24, M30, M42                                                 |
| カンヌキ部    | カンヌキ      | SUS304<br>SUS304N2<br>SCM440              | 径 (mm)<br>45, 50, 60, 90, 120                                           |
|          | カンヌキ受けピン  | SUS304N2<br>S45C<br>SCM435<br>SUS304      | 径 (mm)<br>25, 30, 40, 45, 60, 65, 70                                    |
|          | カンヌキ受けボルト | 10.9<br>(SCM435, SCM440)<br>12.9 (SCM435) | M16, M20                                                                |
| パネル取付ボルト |           | 12.9 (SCM435)                             | M10, M12                                                                |
| 方立       |           | SS400                                     | PL-9×276<br>[-250×90×11×14.5<br>H-200×200×8×12                          |
| マグサ      |           | SS400                                     | PL-9×276<br>[-250×90×11×14.5                                            |
| アンカーボルト  |           | SS400<br>SM490                            | M16, M20, M30, M36<br>φ 16                                              |

#### 4.3.2 許容限界

##### (1) 鋼材の許容応力度

鋼材の許容応力度は、「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー」を踏まえて表 4-2 の値とする。

表 4-2 鋼材の許容限界

| 材質・強度区分 <sup>*1</sup>                | 短期許容応力度(N/mm <sup>2</sup> ) |     |
|--------------------------------------|-----------------------------|-----|
|                                      | 曲げ・引張                       | せん断 |
| SS400 ( t ≤ 40 ) <sup>*2</sup>       | 235                         | 135 |
| SS400 ( 40 < t ≤ 100 ) <sup>*2</sup> | 215                         | 124 |
| SS400 ( 100 < t ) <sup>*2</sup>      | 205                         | 118 |
| SM490 ( t ≤ 16 ) <sup>*2</sup>       | 325                         | 187 |
| SM490 ( 16 < t ≤ 40 ) <sup>*2</sup>  | 315                         | 181 |
| SUS304                               | 205                         | 118 |
| SUS304N2                             | 345                         | 199 |
| S45C                                 | 345                         | 199 |
| SCM435                               | 651                         | 375 |
| SCM440                               | 686                         | 396 |
| 10.9(SCM435)                         | 728                         | 420 |
| 12.9(SCM435)                         | 854                         | 493 |

注記\*1：許容応力度を決定する基準値 F は， J I S に基づく。

\*2： t は板厚(mm)を示す。

##### (2) アンカーボルトの許容限界の算定値

アンカーボルトの許容限界は，「4.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて，「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定する。

地震荷重を考慮する場合のアンカーボルトの許容限界を表 4-3 に示す。

なお，評価対象部位のアンカーボルトが引張力を受ける場合においては，アンカーボルトの降伏により決まる許容応力，付着力により決まる許容応力を比較して，いずれか小さい値を採用する。また，評価対象部位のアンカーボルトがせん断力を受ける場合においては，アンカーボルトのせん断強度により決まる許容応力，定着したコンクリート躯体の支圧強度により決まる許容応力及びコーン状破壊により決まる許容応力を比較して，いずれか小さい値を採用する。

表 4-3 アンカーボルトの許容限界

| 水密扉<br>No. | 扉名称                       | 許容耐力* (N/本) |       |
|------------|---------------------------|-------------|-------|
|            |                           | 引張          | せん断   |
| 1          | RCIC タービンポンプ室-共通通路浸水防止水密扉 | 37957       | 12824 |
| 9          | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉 (No. 1) | 40463       | 40302 |
| 10         | 原子炉建屋管理区域外伝播防止水密扉 (No. 2) | 131835      | 92284 |
| 12         | Rw 制御室管理区域外伝播防止水密扉        | 26928       | 25826 |

注記\*：扉が開放状態のとき，地震力による応力がヒンジ側に集中する扉の構造を考慮し，  
ヒンジ側アンカーボルトのみ選定した。

#### 4.4 設計用地震力

「3. 固有値解析」に示したとおり，水密扉の固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，水密扉の耐震評価で用いる設計震度は，材料物性の不確かさを考慮したものとして「VI-2-2-1 原子炉建屋の地震応答計算書」及び「VI-2-11-2-3 タービン建屋の耐震性についての計算書」によることとし，建屋の階ごとの設計震度を表 4-4 に示す。

ここで，最大応答加速度を保守的に評価するために，最大応答加速度の抽出位置は水密扉設置階の上階の値とする。

表 4-4 設計震度

| 建屋     | 階   | O. P.  | 設計震度       |               |
|--------|-----|--------|------------|---------------|
|        |     |        | 水平方向 $k_H$ | 鉛直方向 $k_{UD}$ |
| 原子炉建屋  | CRF | 41.20m | 2.86       | 1.58          |
|        | 3F  | 33.20m | 2.21       | 1.47          |
|        | 2F  | 22.50m | 1.77       | 1.30          |
|        | 1F  | 15.00m | 1.65       | 1.15          |
|        | B1F | 6.00m  | 1.31       | 0.91          |
|        | B2F | -0.80m | 1.11       | 0.73          |
|        | B3F | -8.10m | 0.82       | 0.57          |
| タービン建屋 | B1F | 7.60m  | 1.39       | 0.75          |

## 4.5 評価方法

### 4.5.1 応力算定

#### (1) ヒンジ部

ヒンジ部は、ヒンジ板、ヒンジピン及びヒンジボルトで構成されており、次式により算定するスラスト荷重（回転軸線方向荷重）及び転倒力から、各部材に発生する応力を算定する。ここで、扉の重量は2箇所ของヒンジで支持することから、ヒンジ部に作用する転倒力には、扉上半分の重量を慣性力として作用させるものとする。ヒンジ部に作用する荷重の例を図4-3に示す。

$$W_1 = G \cdot 10^3 + k_{UD} \cdot G \cdot 10^3$$

$$F_1 = W_1 \cdot \frac{L_1}{L_2} + \frac{k_H \cdot G \cdot 10^3}{2}$$

ここで、

$W_1$  : スラスト荷重(N)

$G$  : 扉重量(kN)

$k_H$  : 水平震度

$k_{UD}$  : 鉛直震度

$F_1$  : 転倒力(N)

$L_1$  : 扉重心とヒンジ芯間距離(mm)

$L_2$  : ヒンジ芯間距離(mm)

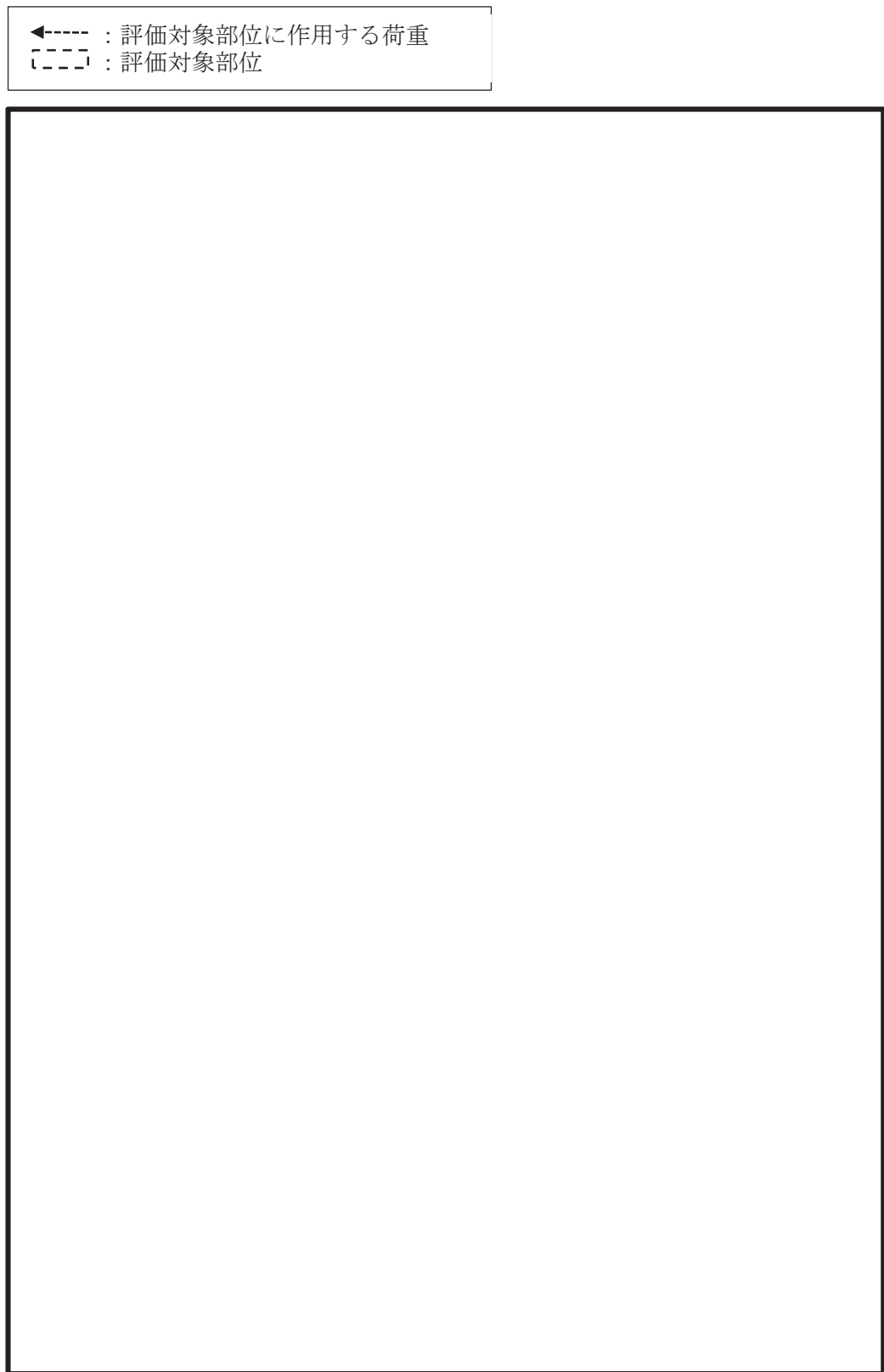


図 4-3 ヒンジ部に作用する荷重

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

a. ヒンジ板

ヒンジ板に生じる応力は，次式により算定する。ヒンジ板に作用する荷重の例を図 4-4 に示す。

$$M = W_1 \cdot L_3$$

$$Q = W_1$$

ここで，

$M$  : ヒンジ板に生じる曲げモーメント (N・mm)

$W_1$  : スラスト荷重 (N)

$L_3$  : ヒンジ板の 2 軸間距離 (mm)

$Q$  : ヒンジ板に生じるせん断力 (N)

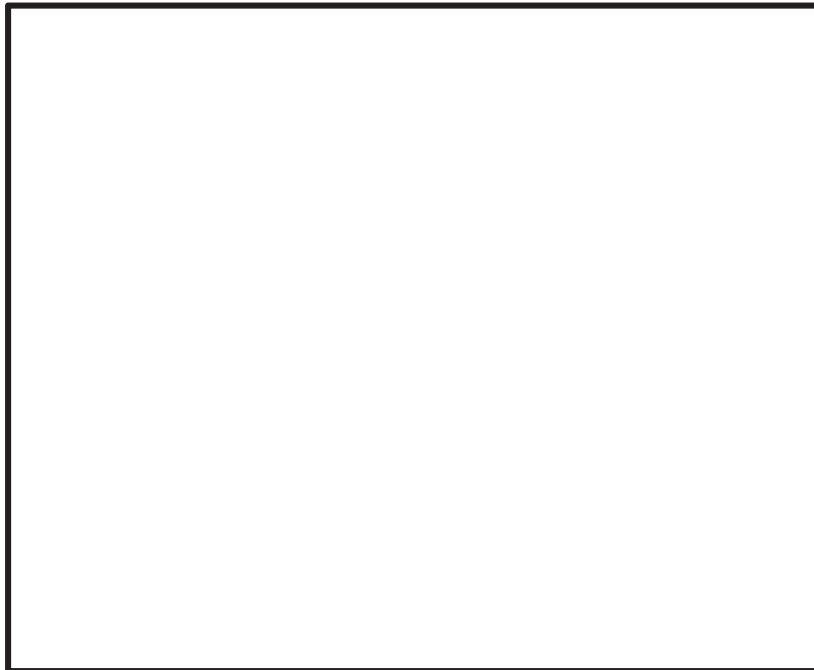


図 4-4 ヒンジ板に作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



b. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる応力は、次式により算定する。ヒンジピンに作用する荷重の例を図 4-5 に示す。

(a) 受材が 1 箇所の場合

$$M = F_1 \cdot L_4$$

$$Q = F_1$$

(b) 受材が 2 箇所の場合

$$M = F_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot L_4$$

$$Q = F_1 \cdot \frac{1}{2}$$

ここで、

$M$  : ヒンジピンに生じる曲げモーメント (N・mm)

$F_1$  : 転倒力 (N)

$L_4$  : ヒンジ板と受材間距離 (mm)

$Q$  : ヒンジピンに生じるせん断力 (N)

(受材が 1 箇所の場合)

(受材が 2 箇所の場合)



図 4-5 ヒンジピンに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

c. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じる応力は、次式により算定する。ヒンジボルトに作用する荷重の例を図 4-6 に示す。

(a) 受材が 1 箇所の場合

$$Q = \sqrt{(W_1 / n_1)^2 + (F_1 / n_1)^2}$$

(b) 受材が 2 箇所の場合

$$Q = \sqrt{(W_1 / n_1)^2 + (F_1 \cdot \frac{1}{2 \cdot n_1})^2}$$

ここで、

Q : ヒンジボルト 1 本あたりに生じるせん断力 (N)

W<sub>1</sub> : スラスト荷重 (N)

F<sub>1</sub> : 転倒力 (N)

n<sub>1</sub> : ヒンジボルトの本数

(受材が 1 箇所の場合)

(受材が 2 箇所の場合)



図 4-6 ヒンジボルトに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(2) カンヌキ部

カンヌキ部は、カンヌキ、カンヌキ受けピン及びカンヌキ受けボルトで構成されており、カンヌキ部に生じる応力は、次式により算定する。カンヌキ部に作用する荷重の例を図 4-7 に示す。

$$R_1 = k_H \cdot G \cdot 10^3 / n_2$$

ここで、

$R_1$  : カンヌキに作用する地震力に伴う荷重の反力(N)

$n_2$  : カンヌキの本数

$k_H$  : 水平震度

$G$  : 扉重量(kN)

←----- : 評価対象部位に作用する荷重  
 [-----] : 評価対象部位

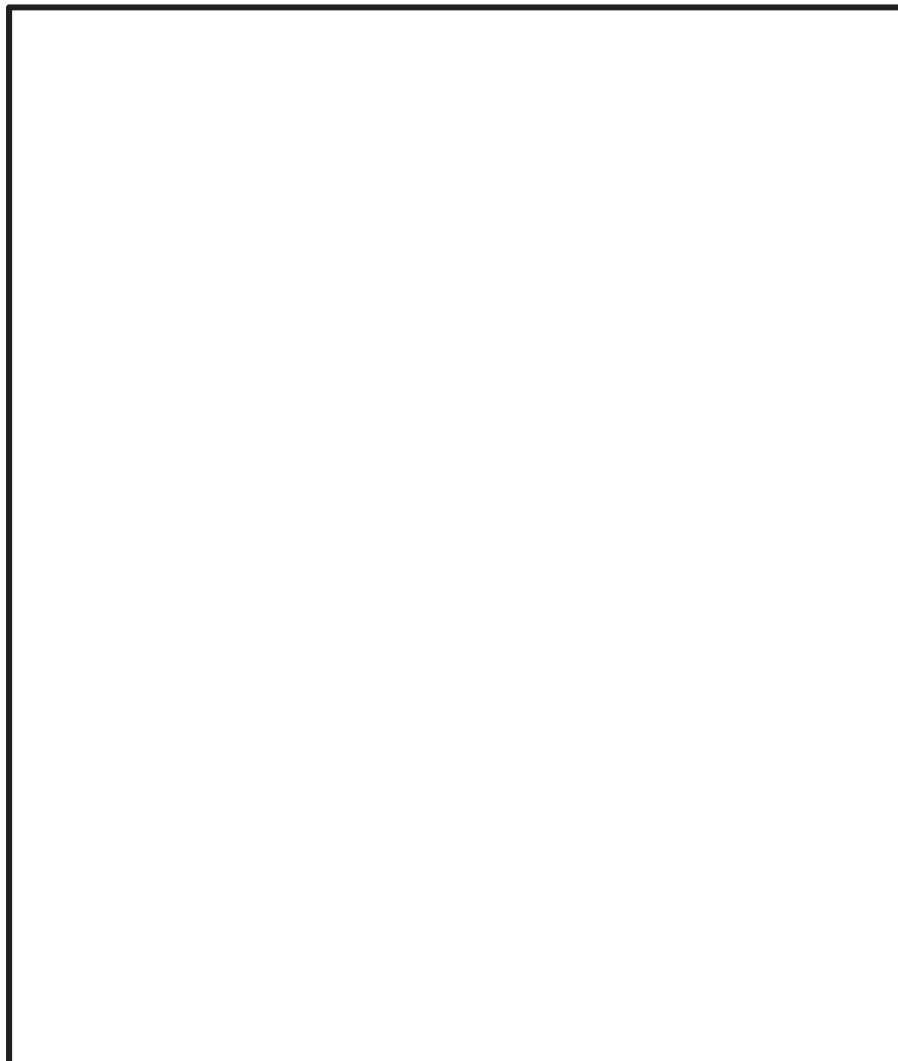


図 4-7 カンヌキ部に作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## a. カンヌキ

カンヌキに生じる応力は、次式により算定する。なお、算定にあたっては、カンヌキ受けピン中心位置を固定端とした片持ち梁として評価し、カンヌキの取付部位に応じて作用する応力を考慮する。カンヌキに作用する荷重の例を図 4-8 に示す。

$$M = R_1 \cdot L_5$$

$$Q = R_1$$

ここで、

$M$  : カンヌキに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

$R_1$  : カンヌキに作用する地震力に伴う荷重の反力 (N)

$L_5$  : カンヌキの突出長さ (mm)

$Q$  : カンヌキに生じる最大せん断力 (N)



図 4-8 カンヌキに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

b. カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる応力は、カンヌキ受けピンを集中荷重が作用する単純梁とみなし、次式により算定する。カンヌキ受けピンに作用する荷重の例を図 4-9 に示す。

$$M = R_1 \cdot L_p \cdot \frac{1}{4}$$

$$Q = R_1 \cdot \frac{1}{2}$$

ここで、

$M$  : カンヌキ受けピンに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

$R_1$  : カンヌキに作用する地震力に伴う荷重の反力 (N)

$L_p$  : カンヌキ受けピンの軸支持間距離 (mm)

$Q$  : カンヌキ受けピンに生じる最大せん断力 (N)

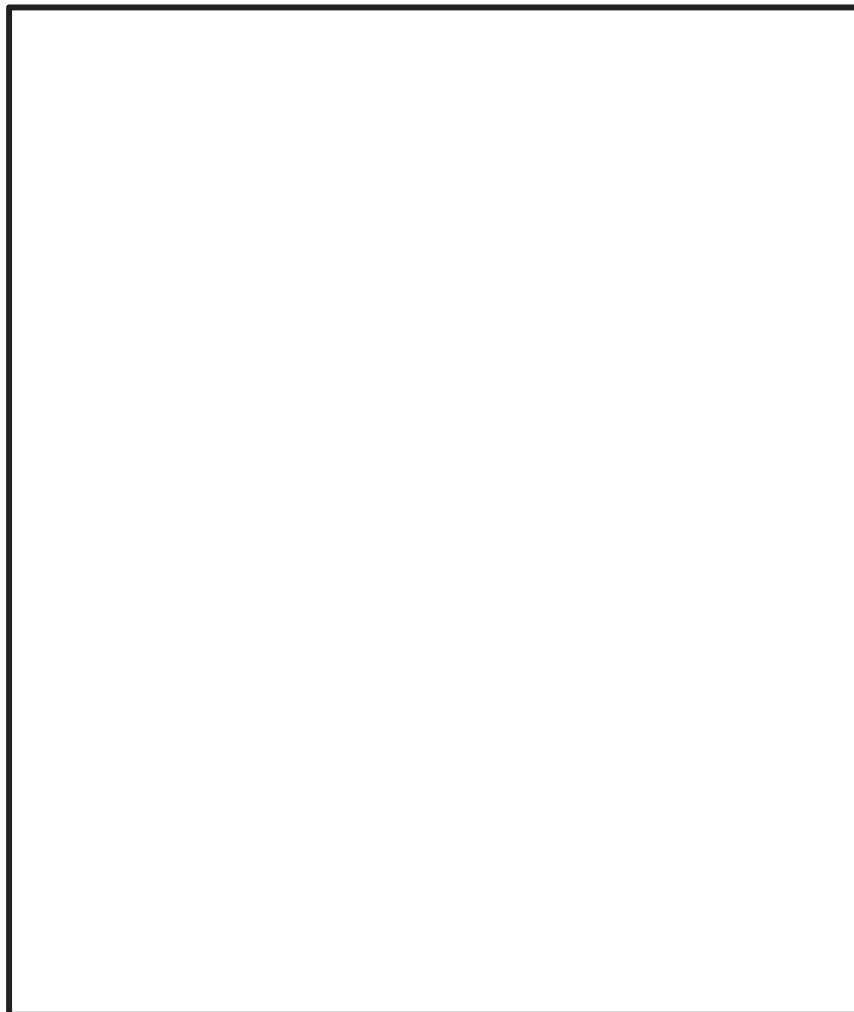


図 4-9 カンヌキ受けピンに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

c. カンヌキ受けボルト及びパネル取付ボルト

カンヌキ受けボルト及びパネル取付ボルトに生じる応力は、次式により算定する。カンヌキ受けボルトに作用する荷重の例を図 4-10 に、パネル取付ボルトに作用する荷重の例を図 4-11 示す。

$$T = \frac{R_1}{n_b}$$

ここで、

T : カンヌキ受けボルト又はパネル取付ボルトに生じる最大引張力(N)

R<sub>1</sub> : カンヌキ又はパネルに作用する地震力に伴う荷重の反力(N)

n<sub>b</sub> : カンヌキ受けボルト又はパネル取付ボルトの本数



図 4-10 カンヌキ受けボルトに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

←----- : 評価対象部位に作用する荷重  
[-----] : 評価対象部位

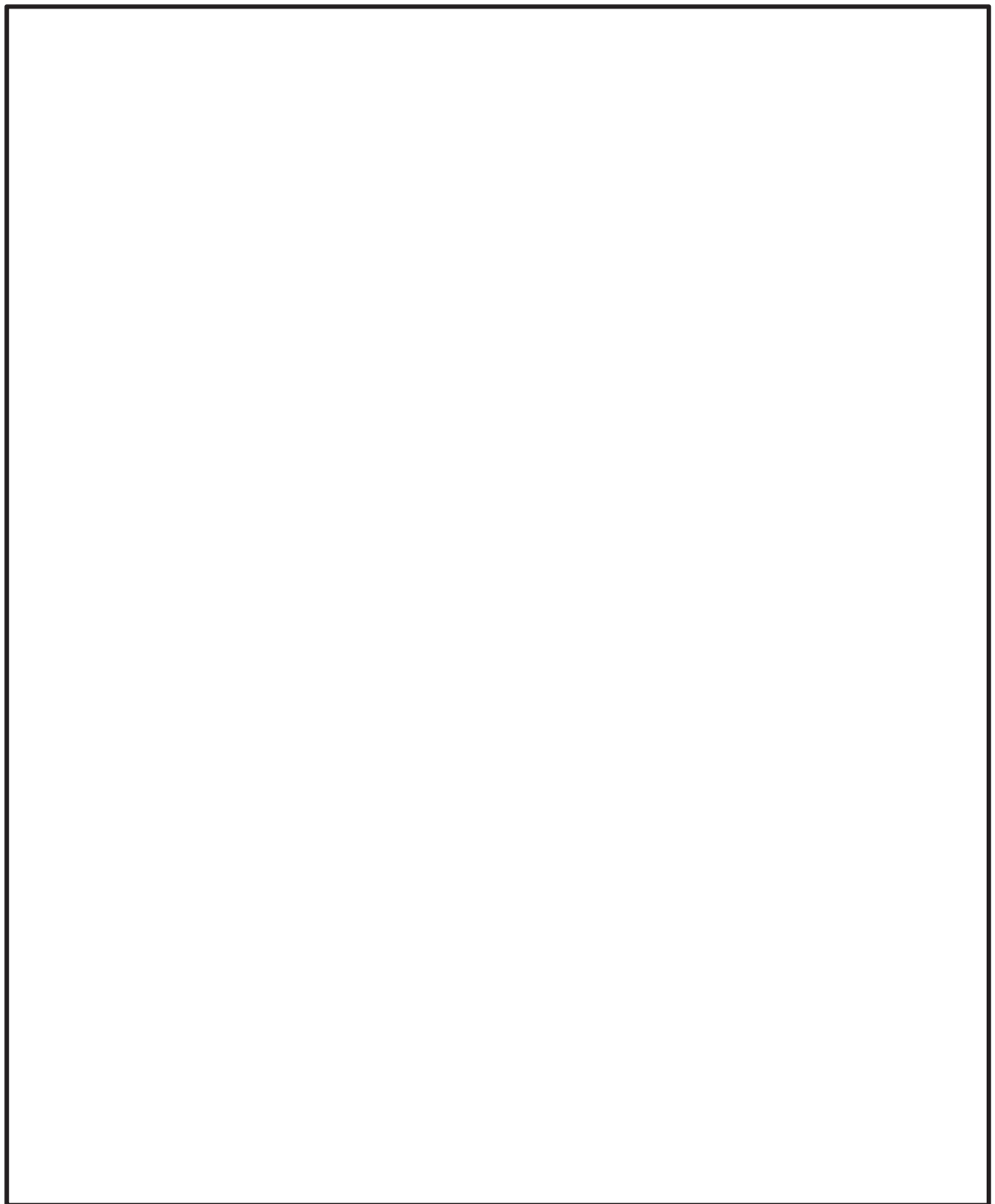


図 4-11 パネル取付ボルトに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる応力は、「4.1 評価対象部位」に基づき、地震荷重を考慮する場合はヒンジ側のアンカーボルトで荷重を負担するものとして算出する。ここで、アンカーボルトに生じる荷重は、引張力又はせん断力として作用する。評価対象のアンカーボルトの範囲の例は図 4-12 に示すとおり、転倒力が作用するヒンジ付近に限定し、枠の慣性力は枠全体の重量の 1/2 を評価において保守的に考慮する。また、扉体の開放角度ごとの荷重の作用状況を図 4-13 示す。

$$F_{1a} = F_1 + k_H \cdot w_a \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2}$$

$$W_{1a} = W_1 + (k_{UD} \cdot w_a + w_a) \cdot 10^3 \cdot \frac{1}{2}$$

ここで、

$F_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだ転倒力(N)

$F_1$  : 転倒力(N)

$W_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだスラスト荷重(N)

$W_1$  : スラスト荷重(N)

$k_H$  : 水平震度

$k_{UD}$  : 鉛直震度

$w_a$  : 扉枠の重量(kN)



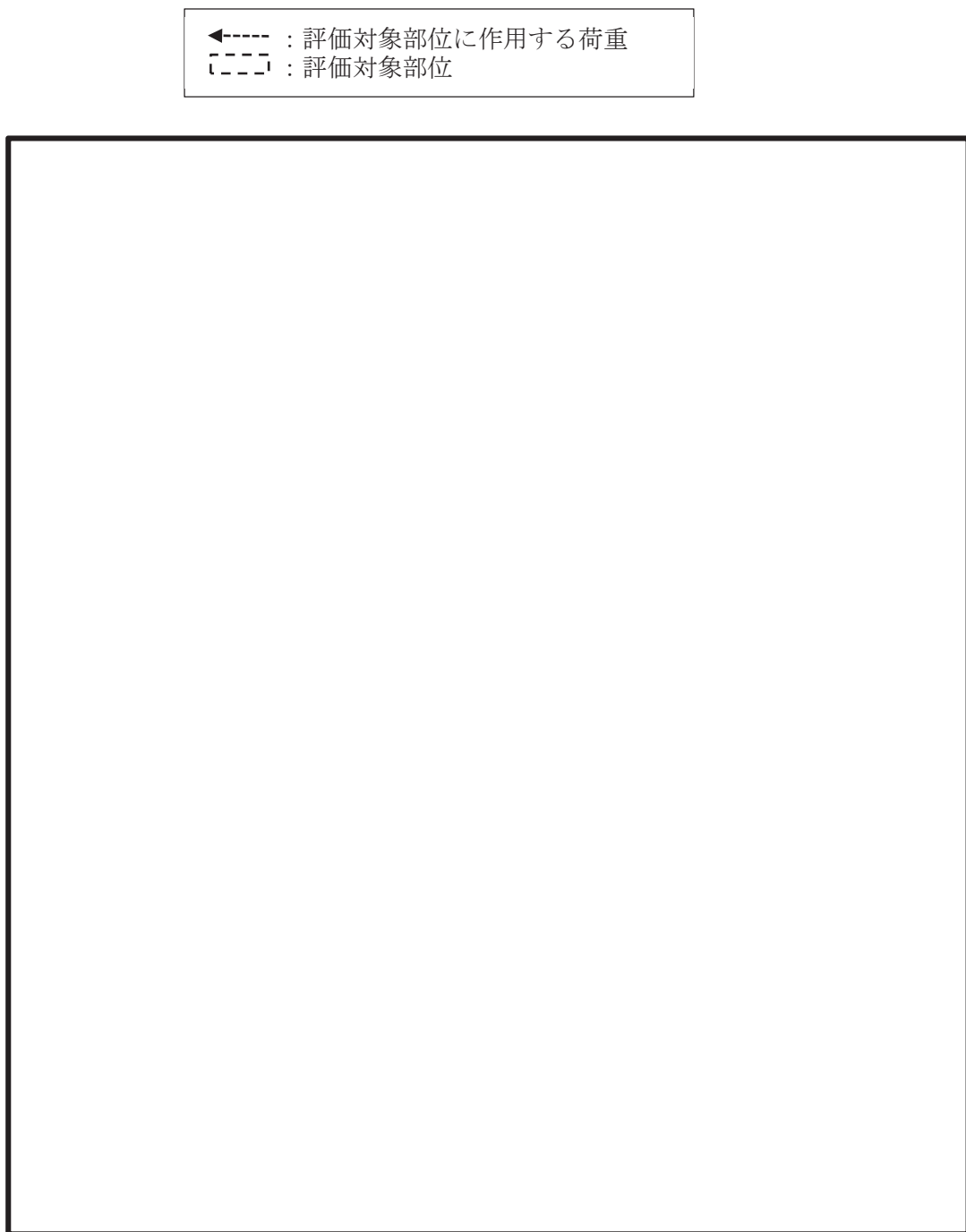


図 4-12 評価対象のアンカーボルトの範囲の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

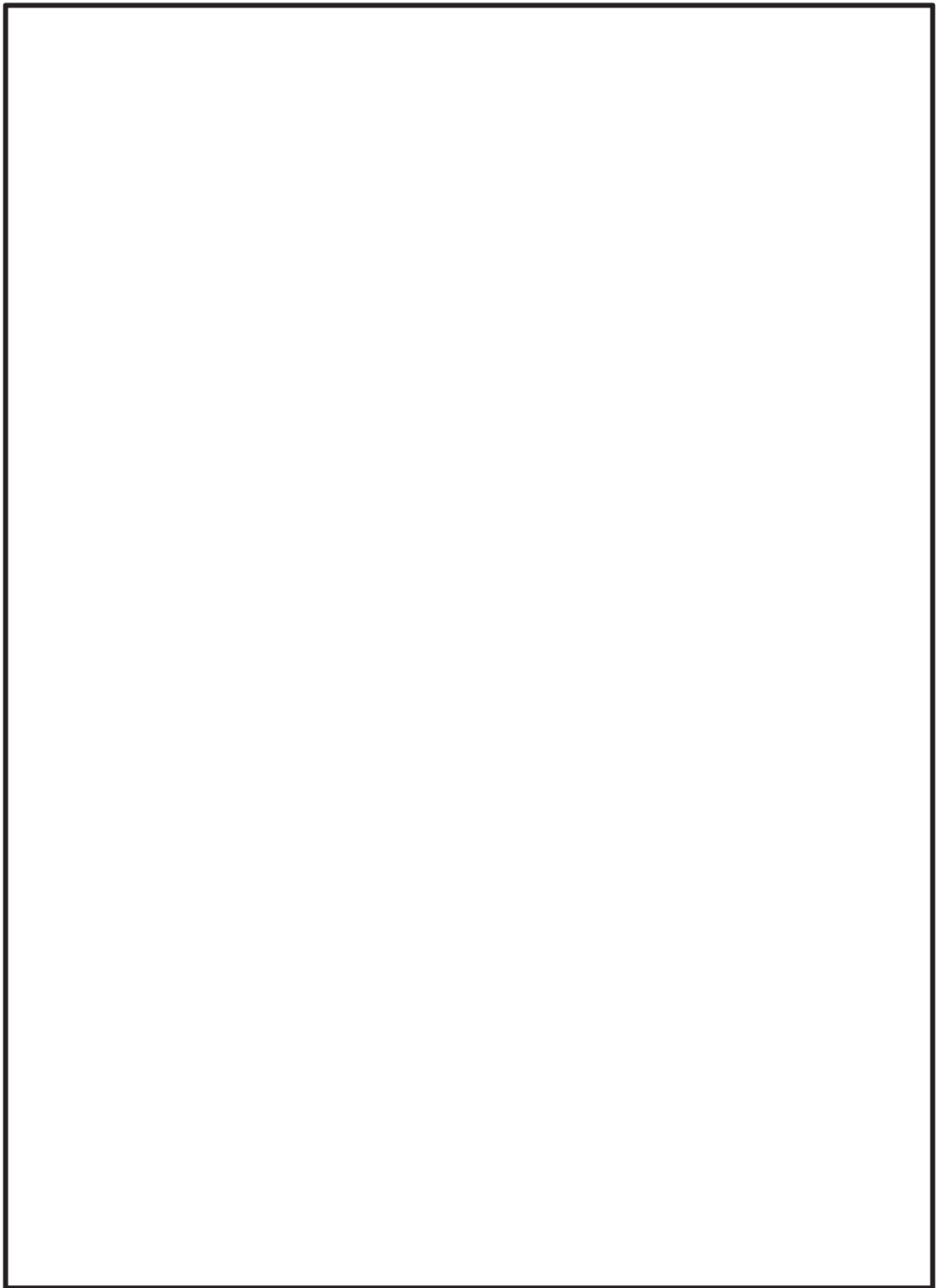


図 4－13 扉の開放角度別の荷重の作用状況

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(4) 方立

方立に生じる応力は、扉体重量及びパネル重量による地震荷重の 1/2 が方立の中心に集中荷重で方立の中央に作用するものとして保守的に算出する。方立に作用する荷重の例を図 4-14 に示す。

$$R_1 = (G + W_p) \cdot k_H \cdot \frac{1}{2}$$

$$M = R_1 \cdot L_6 \cdot \frac{1}{4}$$

$$Q = P \cdot \frac{1}{2}$$

ここで、

G : 扉重量(N)

W<sub>p</sub> : パネル重量(N)

k<sub>H</sub> : 水平震度

M : 方立に生じる最大曲げモーメント(N・mm)

R<sub>1</sub> : 地震力に伴う荷重の反力(N)

L<sub>6</sub> : 方立の支持間距離(mm)

Q : 方立に生じる最大せん断力(N)

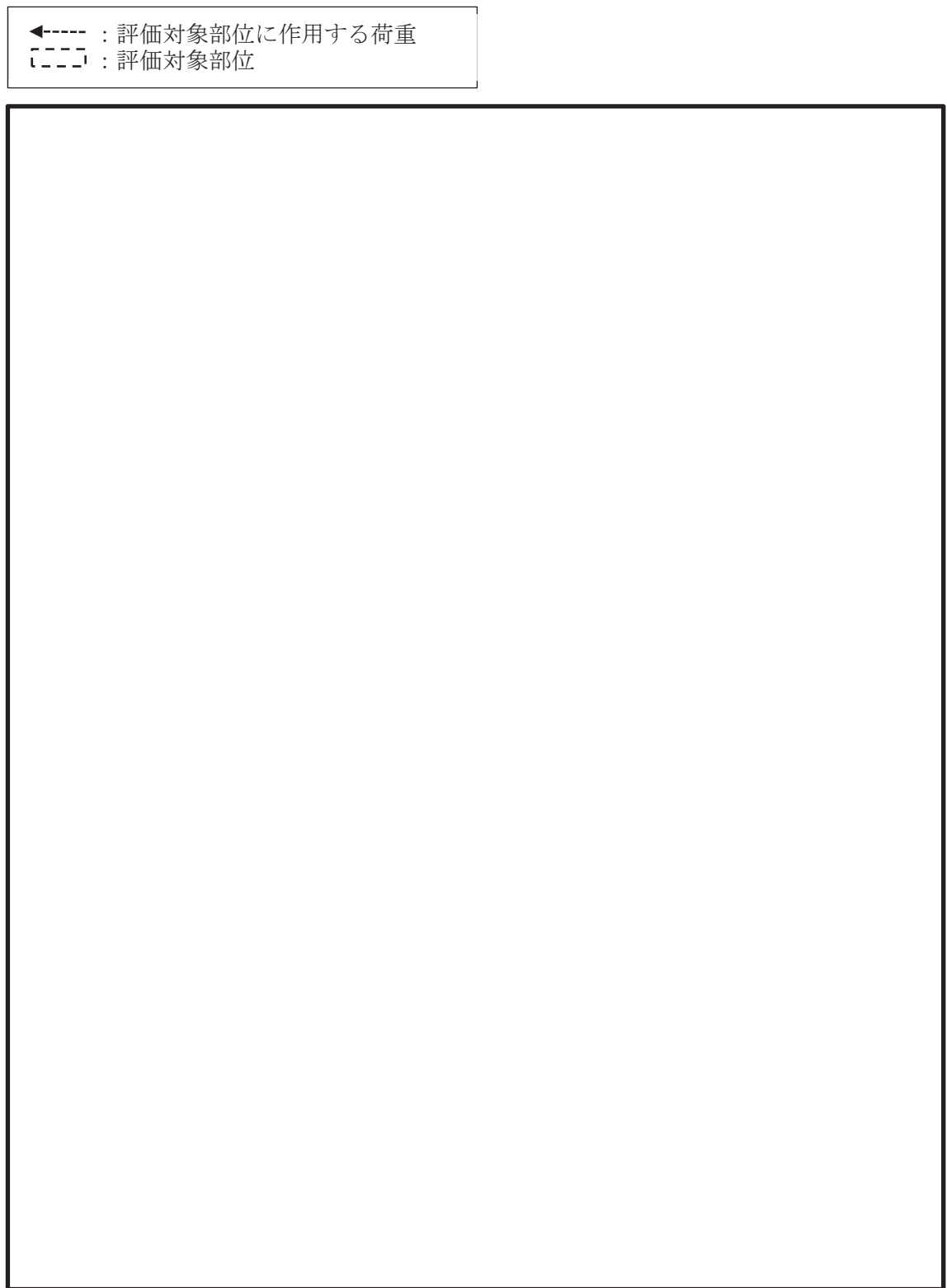


図 4-14 方立に作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(5) マグサ

マグサに生じる応力は、方立に作用する地震力に伴う荷重の反力の 1/2 がマグサの中心に集中荷重でマグサの中央に作用するものとして保守的に算出する。マグサに作用する荷重の例を図 4-15 に示す。

$$M = R_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot L_7 \cdot \frac{1}{4}$$

$$Q = R_1 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

ここで、

M : マグサに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

R<sub>1</sub> : 地震力に伴う荷重の反力 (N)

L<sub>7</sub> : マグサの支持間距離 (mm)

Q : マグサに生じる最大せん断力 (N)

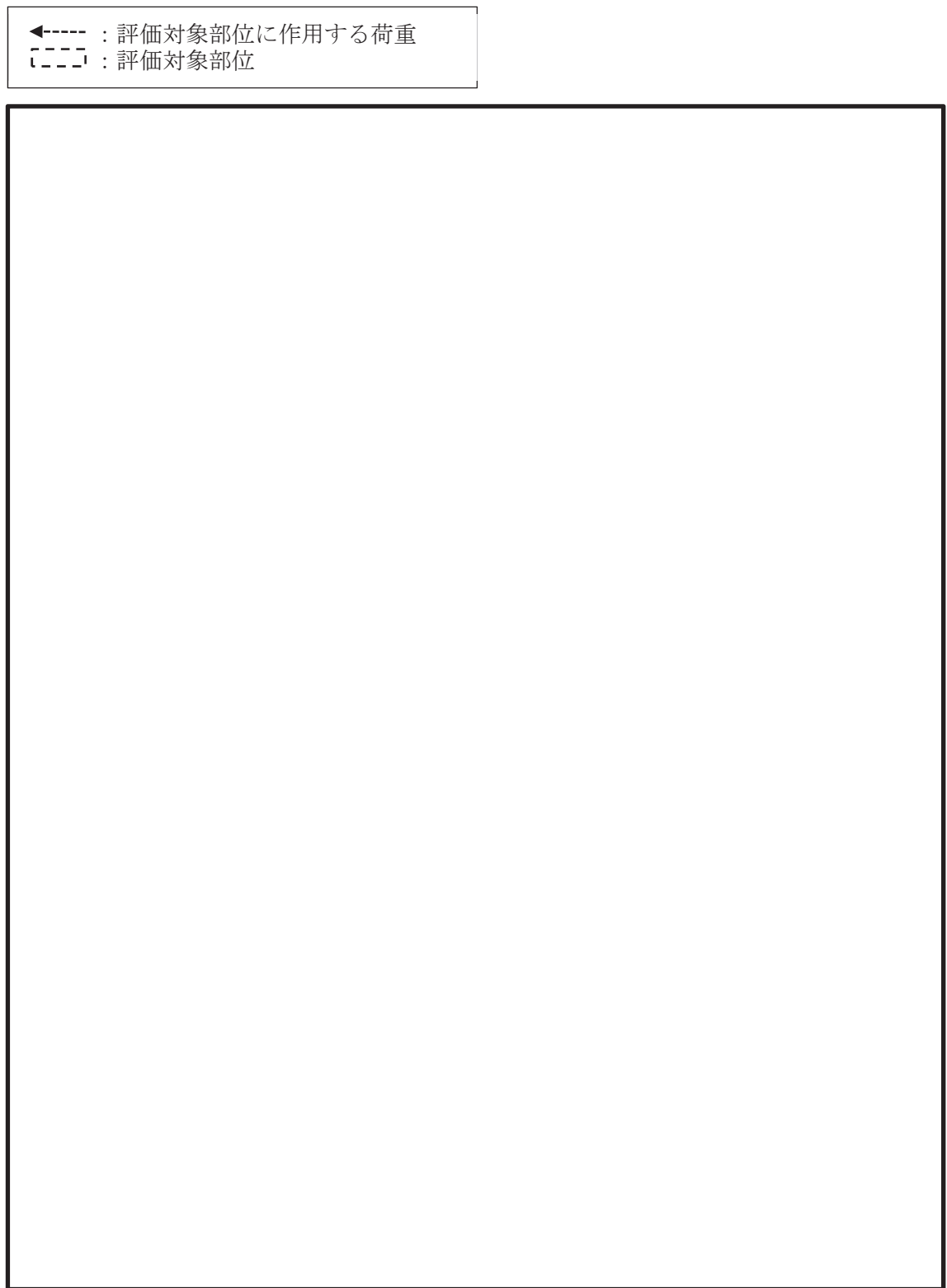


図 4-15 マグサに作用する荷重の例

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5.2 断面検定

各部材に生じる応力より算定する応力度等が，許容限界値を下回ることを確認する。なお，異なる荷重が同時に作用する部材については，組合せを考慮する。

##### (1) ヒンジ部

###### a. ヒンジ板

ヒンジ板に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー」に基づく次式により算定し，ヒンジ板の短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで，

$$\sigma = M / Z$$

$x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : ヒンジ板に生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : ヒンジ板に生じる曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : ヒンジ板の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = Q / A_s$$

$\tau$  : ヒンジ板に生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : ヒンジ板に生じるせん断力 (N)

$A_s$  : ヒンジ板のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## b. ヒンジピン

ヒンジピンに生じる曲げ応力度とせん断応力度から、組合せ応力度を「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 ー許容応力度設計法ー」に基づく次式により算定し、ヒンジピンの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで、

$$\sigma = M / Z$$

$x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : ヒンジピンに生じる曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : ヒンジピンに生じる曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : ヒンジピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = Q / A_s$$

$\tau$  : ヒンジピンに生じるせん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : ヒンジピンに生じるせん断力 (N)

$A_s$  : ヒンジピンのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## c. ヒンジボルト

ヒンジボルトに生じるせん断応力度を次式により算定し、ヒンジボルトの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$\tau = Q / A_s$$

ここで、

$\tau$  : ヒンジボルトに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : ヒンジボルトに生じる最大せん断力 (N)

$A_s$  : ヒンジボルトのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)



## (2) カンヌキ部

## a. カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 一許容応力度設計法一」に基づく次式により算定し、カンヌキの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$x = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

ここで,

$$\sigma = M / Z$$

$x$  : 組合せ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$\sigma$  : カンヌキに生じる最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : カンヌキに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : カンヌキの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$$\tau = Q / A_s$$

$\tau$  : カンヌキに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : カンヌキに生じる最大せん断力 (N)

$A_s$  : カンヌキのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## b. カンヌキ受けピン

カンヌキ受けピンに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し、カンヌキ受けピンの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

ここで,

$\sigma$  : カンヌキ受けピンに生じる最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : カンヌキ受けピンに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : カンヌキ受けピンの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau$  : カンヌキ受けピンに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : カンヌキ受けピンに生じる最大せん断力 (N)

$A_s$  : カンヌキ受けピンのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

## c. カンヌキ受けボルト及びパネル取付ボルト

カンヌキ受けボルト及びパネル取付ボルトに生じる引張応力度を次式により算定し、カンヌキ受けボルト及びパネル取付ボルトの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma_t = T / A$$

ここで、

$\sigma_t$  : カンヌキ受けボルト又はパネル取付ボルトに生じる最大引張応力度  
(N/mm<sup>2</sup>)

T : カンヌキ受けボルト又はパネル取付ボルトに生じる最大引張力(N)

A : カンヌキ受けボルト又はパネル取付ボルトの断面積(mm<sup>2</sup>)

## (3) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力及びせん断力を次式により算定し、アンカーボルトの許容荷重を下回ることを確認する。また、引張力とせん断力が同時に作用する場合は、組合せ応力を「日本建築学会 2010 年 各種合成構造設計指針・同解説」に基づく次式により算定し、アンカーボルトの許容荷重を下回ることを確認する。

$$(Q_d / Q_a) \leq 1.0$$

$$(T_d / T_a)^2 + (Q_d / Q_a)^2 \leq 1.0$$

ここで、

$$T_d = F_{1a} / (n_{b3} / 2)$$

$T_d$  : 転倒力によるアンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力(N)

$F_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだ転倒力(N)

$n_{b3}$  : ヒンジ側アンカーボルトの本数

$$Q_{d1} = F_{1a} / (n_{b3} / 2)$$

$Q_{d1}$  : 転倒力によるアンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力(N)

$$Q_{d2} = W_{1a} / n_{b3}$$

$Q_{d2}$  : スラスト荷重によるアンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力(N)

$W_{1a}$  : 扉と扉枠の重量を含んだスラスト荷重(N)

$$Q_d = \sqrt{(Q_{d1})^2 + (Q_{d2})^2}$$

$Q_d$  : アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力(N)

$T_a$  : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力(N)

$Q_a$  : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力(N)

(4) 方立

方立に生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し，方立の短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

ここで，

$\sigma$  : 方立に生じる最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 方立に生じる最大曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : 方立の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau$  : 方立に生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : 方立に生じる最大せん断力 (N)

$A_s$  : 方立のせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

(5) マグサ

マグサに生じる曲げ応力度及びせん断応力度を次式により算定し，マグサの短期許容応力度を下回ることを確認する。

$$\sigma = M / Z$$

$$\tau = Q / A_s$$

ここで，

$\sigma$  : マグサに生じる最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : マグサに生じる最大曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : マグサの断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\tau$  : マグサに生じる最大せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$Q$  : マグサに生じる最大せん断力 (N)

$A_s$  : マグサのせん断断面積 (mm<sup>2</sup>)

#### 4.6 評価条件

「4.5 評価方法」に用いる評価条件を表 4-5 に示す。

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(1/8)

| 対象部位  |           | 記号         | 単位                | 定義              | 水密扉 No. |
|-------|-----------|------------|-------------------|-----------------|---------|
|       |           |            |                   |                 | 1       |
| 共通    |           | G          | kN                | 扉重量             | 7.35    |
|       |           | $k_H$      | —                 | 水平震度            | 1.11    |
|       |           | $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度            | 0.73    |
|       |           | $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離     | 575     |
|       |           | $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離         | 1704    |
|       |           | $W_1$      | N                 | スラスト荷重          | 12720   |
|       |           | $F_1$      | N                 | 転倒力             | 8372    |
| ヒンジ部  | ヒンジ板      | $L_3$      | mm                | ヒンジ板の 2 軸間距離    | 220     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 66      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 4       |
|       | ヒンジピン     | $L_4$      | mm                | ヒンジ板と受材間距離      | 31      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 170     |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 18      |
|       | ヒンジボルト    | $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数       | 4       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 46      |
| カンヌキ部 | 共通        | $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数         | 4       |
|       | カンヌキ      | $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ       | 68.5    |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 12      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 2       |
|       | カンヌキ受けピン  | $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離 | 62      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 12      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 2       |
|       | カンヌキ受けボルト | $n_b$      | 本                 | カンヌキ受けボルトの本数    | 2       |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | 5       |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(2/8)

| 対象部位      |    | 記号         | 単位                  | 定義                      | 水密扉 No.            |
|-----------|----|------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
|           |    |            |                     |                         | 1                  |
| アンカーボルト   |    | $w_a$      | kN                  | 扉枠の重量                   | 2.45               |
|           |    | $n_3$      | 本                   | ヒンジ側アンカーボルトの本数          | 7                  |
|           |    | $T_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力   | 2781               |
|           |    | $Q_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力  | 3497               |
|           |    | $T_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力  | 37957              |
|           |    | $Q_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 | 12824              |
| 固有<br>振動数 | 芯材 | $L$        | cm                  | 梁長さ                     | 106.0              |
|           |    | $E$        | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                    | $2.09 \times 10^6$ |
|           |    | $I$        | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント               | 1380               |
|           |    | $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布                    | 2.48               |
|           | 扉板 | $t$        | cm                  | 扉板厚さ                    | —                  |
|           |    | $a$        | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の幅)           | —                  |
|           |    | $b$        | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の高さ)          | —                  |
|           |    | $E$        | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                    | —                  |
|           |    | $\gamma$   | kg/cm <sup>3</sup>  | 単位体積の重さ                 | —                  |
|           |    | $\nu$      | —                   | ポアソン比                   | —                  |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(3/8)

| 対象部位  |           | 記号         | 単位                | 定義              | 水密扉 No. |
|-------|-----------|------------|-------------------|-----------------|---------|
|       |           |            |                   |                 | 9       |
| 共通    |           | G          | kN                | 扉自重             | 23.54   |
|       |           | $k_H$      | —                 | 水平震度            | 1.77    |
|       |           | $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度            | 1.30    |
|       |           | $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離     | 762.5   |
|       |           | $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離         | 1665    |
|       |           | $W_1$      | N                 | スラスト荷重          | 54140   |
|       |           | $F_1$      | N                 | 転倒力             | 45630   |
| ヒンジ部  | ヒンジ板      | $L_3$      | mm                | ヒンジ板の2軸間距離      | 220     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 105     |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 7       |
|       | ヒンジピン     | $L_4$      | mm                | ヒンジ板と受材間距離      | 41      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 45      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 9       |
|       | ヒンジボルト    | $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数       | 4       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 42      |
| カンヌキ部 | 共通        | $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数         | 4       |
|       | カンヌキ      | $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ       | 114.5   |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 98      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 6       |
|       | カンヌキ受けピン  | $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離 | 72      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 123     |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 11      |
|       | カンヌキ受けボルト | $n_b$      | 本                 | カンヌキ受けボルトの本数    | 2       |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | 34      |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(4/8)

| 対象部位      |    | 記号         | 単位                  | 定義                      | 水密扉 No.            |
|-----------|----|------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
|           |    |            |                     |                         | 9                  |
| アンカーボルト   |    | $w_a$      | kN                  | 扉枠の重量                   | 19.61              |
|           |    | $n_3$      | 本                   | ヒンジ側アンカーボルトの本数          | 12                 |
|           |    | $T_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力   | 10500              |
|           |    | $Q_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力  | 12290              |
|           |    | $T_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力  | 40463              |
|           |    | $Q_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 | 40302              |
| 固有<br>振動数 | 芯材 | $L$        | cm                  | 梁長さ                     | 134.5              |
|           |    | $E$        | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                    | $2.09 \times 10^6$ |
|           |    | $I$        | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント               | 618.5              |
|           |    | $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布                    | 1.62               |
|           | 扉板 | $t$        | cm                  | 扉板厚さ                    | —                  |
|           |    | $a$        | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の幅)           | —                  |
|           |    | $b$        | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の高さ)          | —                  |
|           |    | $E$        | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                    | —                  |
|           |    | $\gamma$   | kg/cm <sup>3</sup>  | 単位体積の重さ                 | —                  |
|           |    | $\nu$      | —                   | ポアソン比                   | —                  |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(5/8)

| 対象部位  |           | 記号         | 単位                | 定義              | 水密扉 No. |
|-------|-----------|------------|-------------------|-----------------|---------|
|       |           |            |                   |                 | 10      |
| 共通    |           | G          | kN                | 扉自重             | 259.2   |
|       |           | $k_H$      | —                 | 水平震度            | 1.77    |
|       |           | $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度            | 1.30    |
|       |           | $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離     | 2910    |
|       |           | $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離         | 4012    |
|       |           | $W_1$      | N                 | スラスト荷重          | 596200  |
|       |           | $F_1$      | N                 | 転倒力             | 661800  |
| ヒンジ部  | ヒンジ板      | $L_3$      | mm                | ヒンジ板の2軸間距離      | 850     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 61      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 6       |
|       | ヒンジピン     | $L_4$      | mm                | ヒンジ板と受材間距離      | 69      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 80      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 27      |
|       | ヒンジボルト    | $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数       | 8       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 199     |
| カンヌキ部 | 共通        | $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数         | 8       |
|       | カンヌキ      | $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ       | 176     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 141     |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 10      |
|       | カンヌキ受けピン  | $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離 | 110     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 75      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 11      |
|       | カンヌキ受けボルト | $n_b$      | 本                 | カンヌキ受けボルトの本数    | —       |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | —       |



表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(6/8)

| 対象部位      |    | 記号         | 単位                  | 定義                      | 水密扉 No.            |
|-----------|----|------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
|           |    |            |                     |                         | 10                 |
| アンカーボルト   |    | $w_a$      | kN                  | 扉枠の重量                   | 32.36              |
|           |    | $n_3$      | 本                   | ヒンジ側アンカーボルトの本数          | 33                 |
|           |    | $T_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力   | 41840              |
|           |    | $Q_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力  | 46030              |
|           |    | $T_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力  | 131835             |
|           |    | $Q_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりの短期許容せん断力 | 92284              |
| 固有<br>振動数 | 芯材 | L          | cm                  | 梁長さ                     | 460.0              |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                    | $2.09 \times 10^6$ |
|           |    | I          | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント               | 119000             |
|           |    | $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布                    | 17.50              |
|           | 扉板 | t          | cm                  | 扉板厚さ                    | —                  |
|           |    | a          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の幅)           | —                  |
|           |    | b          | cm                  | 2 隣辺の長さ (扉の高さ)          | —                  |
|           |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                    | —                  |
|           |    | $\gamma$   | kg/cm <sup>3</sup>  | 単位体積の重さ                 | —                  |
|           |    | $\nu$      | —                   | ポアソン比                   | —                  |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(7/8)

| 対象部位  |           | 記号         | 単位                | 定義              | 水密扉 No. |
|-------|-----------|------------|-------------------|-----------------|---------|
|       |           |            |                   |                 | 12      |
| 共通    |           | G          | kN                | 扉自重             | 8.336   |
|       |           | $k_H$      | —                 | 水平震度            | 1.77    |
|       |           | $k_{UD}$   | —                 | 鉛直震度            | 1.30    |
|       |           | $L_1$      | mm                | 扉重心とヒンジ芯間距離     | 592.5   |
|       |           | $L_2$      | mm                | ヒンジ芯間距離         | 1576    |
|       |           | $W_1$      | N                 | スラスト荷重          | 19170   |
|       |           | $F_1$      | N                 | 転倒力             | 14580   |
| ヒンジ部  | ヒンジ板      | $L_3$      | mm                | ヒンジ板の2軸間距離      | 190     |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 64      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 4       |
|       | ヒンジピン     | $L_4$      | mm                | ヒンジ板と受材間距離      | 35.5    |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 62      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 8       |
|       | ヒンジボルト    | $n_1$      | 本                 | ヒンジボルトの本数       | 4       |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 33      |
| カンヌキ部 | 共通        | $n_2$      | 本                 | カンヌキの本数         | 4       |
|       | カンヌキ      | $L_5$      | mm                | カンヌキの突出長さ       | 91      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 28      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 2       |
|       | カンヌキ受けピン  | $L_p$      | mm                | カンヌキ受けピンの軸支持間距離 | 72      |
|       |           | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup> | 曲げ応力度           | 44      |
|       |           | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup> | せん断応力度          | 4       |
|       | カンヌキ受けボルト | $n_b$      | 本                 | カンヌキ受けボルトの本数    | 2       |
|       |           | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup> | 引張応力度           | 12      |

表 4-5 耐震評価に用いる評価条件(8/8)

| 対象部位         |    | 記号         | 単位                  | 定義                      | 水密扉 No.            |
|--------------|----|------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
|              |    |            |                     |                         | 12                 |
| アンカーボルト      |    | $w_a$      | kN                  | 扉枠の重量                   | 17.65              |
|              |    | $n_3$      | 本                   | ヒンジ側アンカーボルトの本数          | 12                 |
|              |    | $T_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力   | 5033               |
|              |    | $Q_d$      | N                   | アンカーボルト 1 本あたりに生じるせん断力  | 6012               |
|              |    | $T_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本当たりの短期許容引張力  | 26928              |
|              |    | $Q_a$      | N                   | アンカーボルト 1 本当たりの短期許容せん断力 | 25826              |
| パネル取付<br>ボルト |    | $n_b$      | 本                   | パネル取付ボルトの本数             | 10                 |
|              |    | $\sigma_t$ | N/mm <sup>2</sup>   | 引張応力度                   | 3                  |
| 方立           |    | L          | mm                  | 方立の支持間距離                | 2225.5             |
|              |    | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup>   | 曲げ応力度                   | 40                 |
|              |    | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup>   | せん断応力度                  | 2                  |
| マグサ          |    | L          | mm                  | マグサの支持間距離               | 2145               |
|              |    | $\sigma$   | N/mm <sup>2</sup>   | 曲げ応力度                   | 22                 |
|              |    | $\tau$     | N/mm <sup>2</sup>   | せん断応力度                  | 1                  |
| 固有振動<br>数    | 芯材 | L          | cm                  | 梁長さ                     | 105.0              |
|              |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                    | $2.09 \times 10^6$ |
|              |    | I          | cm <sup>4</sup>     | 断面二次モーメント               | 557.1              |
|              |    | $\gamma_m$ | kg/cm               | 質量分布                    | 8.10               |
|              | 扉板 | t          | cm                  | 扉板厚さ                    | 3.2                |
|              |    | a          | cm                  | 2 隣辺の長さ（扉の幅）            | 105.0              |
|              |    | b          | cm                  | 2 隣辺の長さ（扉の高さ）           | 204.0              |
|              |    | E          | kgf/cm <sup>2</sup> | ヤング率                    | $2.09 \times 10^6$ |
|              |    | $\gamma$   | kg/cm <sup>3</sup>  | 単位体積の重さ                 | 0.012              |
|              |    | $\nu$      | —                   | ポアソン比                   | 0.3                |

## 5. 評価結果

水密扉の評価結果を表 5-1 に示す。各部材の断面検定を行った結果、すべての水密扉において、発生応力度又は荷重が許容限界値を下回る。

表 5-1 評価結果(1/2)

| 水密扉<br>No. | 評価対象部位                |                        | 発生値<br>(応力度, 荷重)<br>(N/mm <sup>2</sup> , N) | 許容限界値<br>(N/mm <sup>2</sup> , N) | 発生値/<br>許容限界値 | 備考  |
|------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----|
| 1          | ヒンジ<br>部              | ヒンジ板* <sup>1</sup>     | 67                                          | 235                              | 0.29          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジピン* <sup>1</sup>    | 173                                         | 345                              | 0.51          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジボルト                 | 46                                          | 420                              | 0.11          | せん断 |
|            | カン<br>ヌキ部             | カンヌキ* <sup>1</sup>     | 13                                          | 205                              | 0.07          | 組合せ |
|            |                       | カンヌキ受けピン* <sup>2</sup> | 12                                          | 345                              | 0.04          | 曲げ  |
|            |                       | カンヌキ受けボルト              | 5                                           | 728                              | 0.01          | 引張  |
|            | アンカーボルト* <sup>3</sup> |                        | 3497                                        | 12824                            | 0.28          | せん断 |
| 9          | ヒンジ<br>部              | ヒンジ板* <sup>1</sup>     | 106                                         | 215                              | 0.50          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジピン* <sup>1</sup>    | 48                                          | 686                              | 0.07          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジボルト                 | 42                                          | 420                              | 0.10          | せん断 |
|            | カン<br>ヌキ部             | カンヌキ* <sup>1</sup>     | 99                                          | 205                              | 0.49          | 組合せ |
|            |                       | カンヌキ受けピン* <sup>2</sup> | 123                                         | 345                              | 0.36          | 曲げ  |
|            |                       | カンヌキ受けボルト              | 34                                          | 854                              | 0.04          | 引張  |
|            | アンカーボルト* <sup>3</sup> |                        | 12290                                       | 40302                            | 0.31          | せん断 |
| 10         | ヒンジ<br>部              | ヒンジ板* <sup>1</sup>     | 62                                          | 215                              | 0.29          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジピン* <sup>1</sup>    | 93                                          | 345                              | 0.27          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジボルト                 | 199                                         | 420                              | 0.48          | せん断 |
|            | カン<br>ヌキ部             | カンヌキ* <sup>1</sup>     | 143                                         | 345                              | 0.42          | 組合せ |
|            |                       | カンヌキ受けピン* <sup>2</sup> | 75                                          | 345                              | 0.22          | 曲げ  |
|            |                       | カンヌキ受けボルト              | —                                           | —                                | —             | —   |
|            | アンカーボルト* <sup>3</sup> |                        | 46030                                       | 92284                            | 0.50          | せん断 |

注記\*1：曲げ, せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

\*2：曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

\*3：引張, せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

表 5-1 評価結果 (2/2)

| 水密扉<br>No. | 評価対象部位                |                        | 発生値<br>(応力度, 荷重)<br>(N/mm <sup>2</sup> , N) | 許容限界値<br>(N/mm <sup>2</sup> , N) | 発生値/<br>許容限界値 | 備考  |
|------------|-----------------------|------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|---------------|-----|
| 12         | ヒンジ<br>部              | ヒンジ板* <sup>1</sup>     | 65                                          | 215                              | 0.31          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジピン* <sup>1</sup>    | 64                                          | 686                              | 0.10          | 組合せ |
|            |                       | ヒンジボルト                 | 33                                          | 493                              | 0.07          | せん断 |
|            | カン<br>ヌキ部             | カンヌキ* <sup>1</sup>     | 29                                          | 205                              | 0.15          | 組合せ |
|            |                       | カンヌキ受けピン* <sup>2</sup> | 44                                          | 345                              | 0.13          | 曲げ  |
|            |                       | カンヌキ受けボルト              | 12                                          | 854                              | 0.02          | 引張  |
|            | パネル取付ボルト              |                        | 3                                           | 854                              | 0.01          | 引張  |
|            | 方立                    |                        | 40                                          | 235                              | 0.18          | 曲げ  |
|            | マグサ                   |                        | 22                                          | 235                              | 0.10          | 曲げ  |
|            | アンカーボルト* <sup>3</sup> |                        | 6012                                        | 25826                            | 0.24          | せん断 |

注記\*1：曲げ、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

\*2：曲げ及びせん断のうち、評価結果が厳しい方の値を記載する。

\*3：引張、せん断及び組合せのうち、評価結果が最も厳しい値を記載する。

## VI-2-10-2-10 逆止弁付ファンネルの耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-10-2-10-1 逆止弁付ファンネル（第 2 号機）の耐震性についての計算書
- VI-2-10-2-10-2 逆止弁付ファンネル（第 3 号機）の耐震性についての計算書

VI-2-10-2-10-1 逆止弁付ファンネル（第 2 号機）の耐震性についての計算書



## 目 次

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 1.    | 概要                              | 1  |
| 2.    | 一般事項                            | 2  |
| 2.1   | 配置概要                            | 2  |
| 2.2   | 構造計画                            | 3  |
| 2.3   | 評価方針                            | 4  |
| 2.4   | 適用規格・基準等                        | 6  |
| 2.5   | 記号の説明                           | 7  |
| 3.    | 評価対象部位                          | 8  |
| 4.    | 固有値解析                           | 9  |
| 4.1   | 固有振動数の計算方法                      | 9  |
| 4.1.1 | 解析モデル                           | 9  |
| 4.1.2 | 記号の説明                           | 9  |
| 4.1.3 | 固有振動数の計算                        | 10 |
| 4.2   | 固有振動数の計算条件                      | 11 |
| 4.3   | 固有振動数の計算結果                      | 11 |
| 5.    | 構造強度評価                          | 12 |
| 5.1   | 構造強度評価方法                        | 12 |
| 5.2   | 荷重及び荷重の組合せ                      | 12 |
| 5.2.1 | 荷重の設定                           | 12 |
| 5.2.2 | 荷重の組合せ                          | 13 |
| 5.3   | 許容限界                            | 13 |
| 5.4   | 設計用地震力                          | 15 |
| 5.5   | 計算方法                            | 16 |
| 5.5.1 | 弁本体                             | 16 |
| 5.5.2 | 弁体                              | 17 |
| 5.6   | 計算条件                            | 18 |
| 6.    | 機能維持評価                          | 19 |
| 6.1   | 機能維持評価方法                        | 19 |
| 7.    | 評価結果                            | 20 |
| 7.1   | 基準地震動 $S_s$ に対する評価対象部位の応力評価     | 20 |
| 7.2   | 基準地震動 $S_s$ に対する逆止弁ファンネルの機能維持評価 | 20 |
| 7.3   | 基準地震動 $S_s$ に対する評価対象部位の構造健全性評価  | 21 |

## 1. 概要

本書類は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち逆止弁付ファンネル（第2号機）（以下、逆止弁付ファンネルという。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。耐震評価は、逆止弁付ファンネルの固有値解析、応力評価、機能維持評価及び構造健全性評価により行う。

逆止弁付ファンネルは、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価を示す。

なお、逆止弁付ファンネルの耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

逆止弁付ファンネルは、第2号機海水ポンプ室の床面に設置する。逆止弁付ファンネルの設置位置図を図2-1に示す。

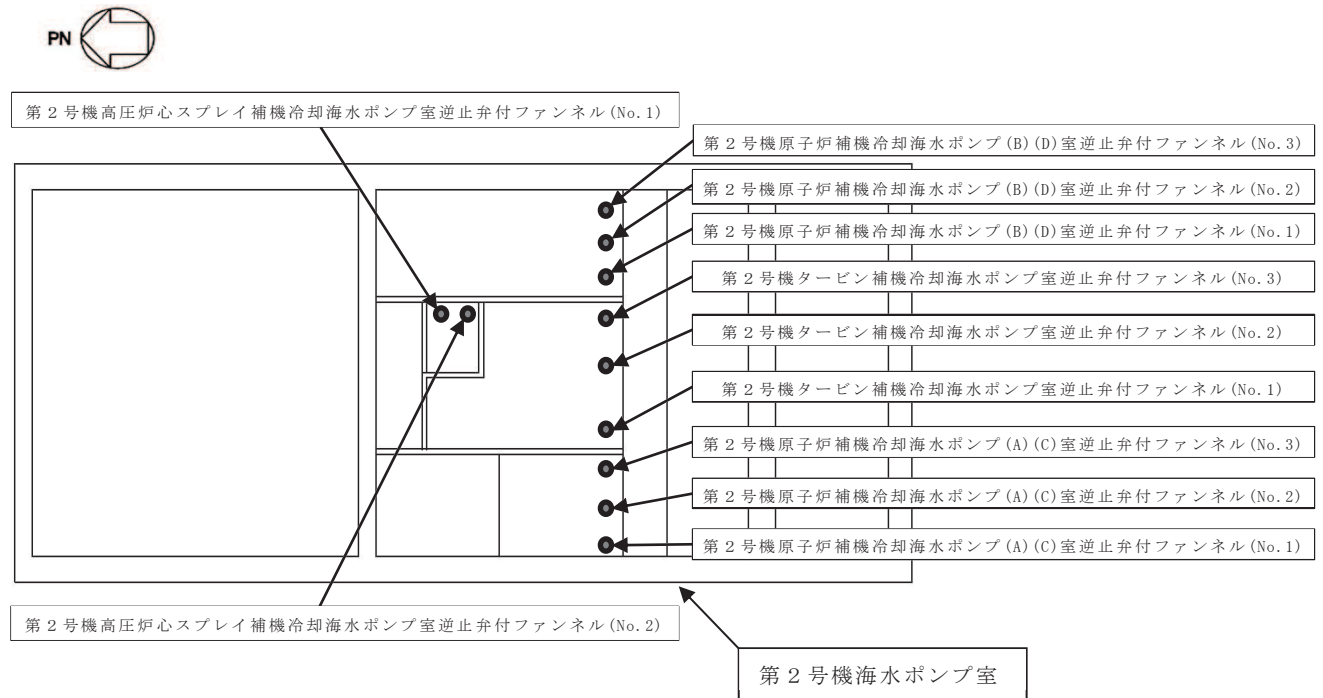


図2-1 逆止弁付ファンネルの設置位置図

2.2
構造計画

逆止弁付ファンネルは、ばね圧により常時弁体が弁座に密着している。津波の流入により弁体がさらに押上げられ、弁座により密着することで止水する。逆止弁付ファンネルの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1
 構造計画

| 計画の概要                          |                                                                           | 概略構造図       |
|--------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------|
| 基礎・支持構造                        | 主体構造                                                                      |             |
| 第 2 号機海水ポンプ室床面の配管にねじ込み継手で固定する。 | 弁座を含む弁本体及び弁体で構成する。弁体は弁本体に取付金具，取付金具ピンで取付けられる。また，弁体はサポータ，ガイド，圧縮スプリングで保持される。 | <div></div> |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 2.3 評価方針

逆止弁付ファンネルの耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」にて示す逆止弁付ファンネルの構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、「4. 固有値解析」にて算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認する。また、逆止弁付ファンネルの機能維持評価は、逆止弁付ファンネルの固有振動数を考慮して評価用加速度を設定し、設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。さらに、構造健全性評価により耐震評価を実施する評価対象部位については、逆止弁付ファンネルの機能維持評価結果に基づき構造健全性を確認することで実施する。応力評価、機能維持評価及び構造健全性評価の評価結果を「7. 評価結果」にて確認する。

なお、機能確認済加速度には、正弦波加振試験において、止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

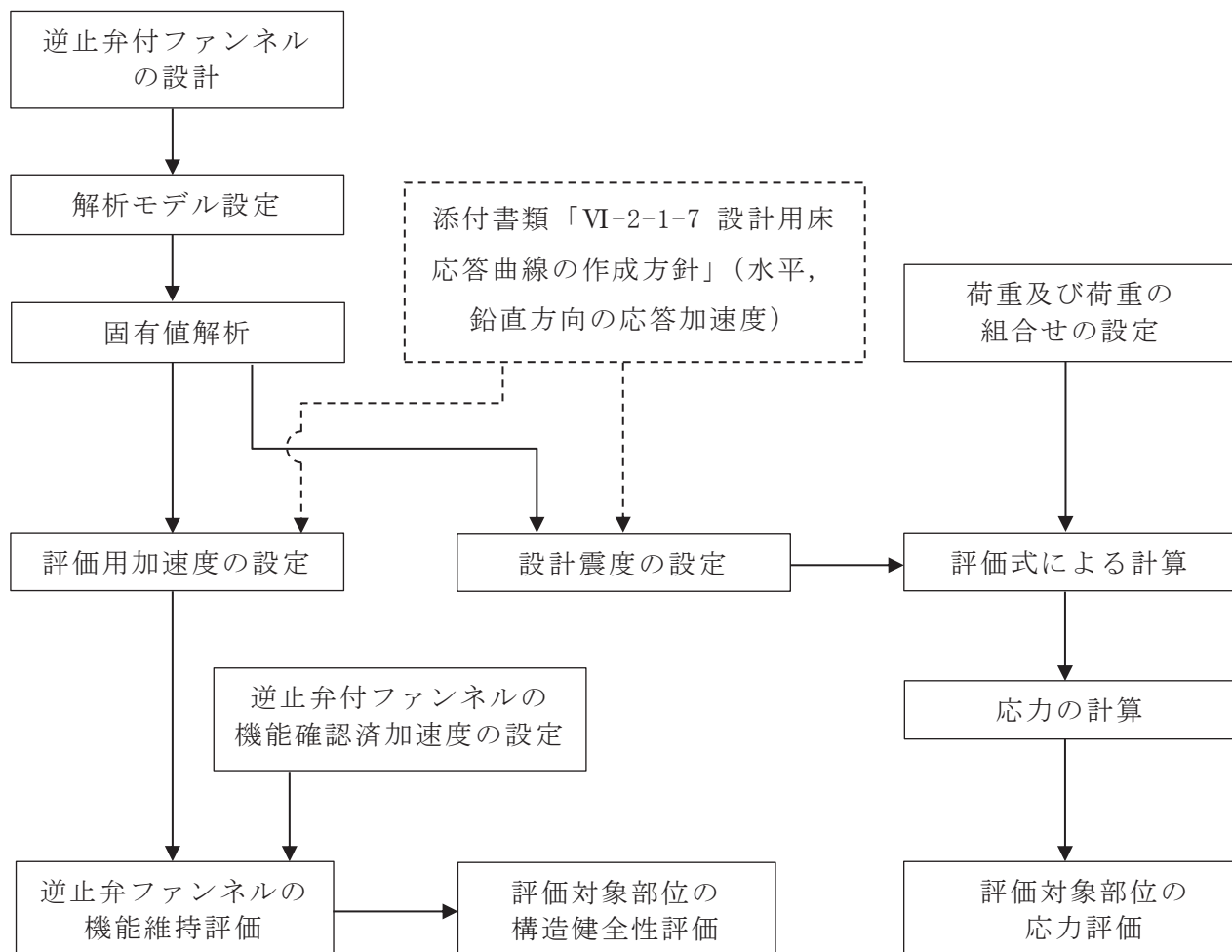


図 2-2 耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す

- (1) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下，設計・建設規格という。)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 ( J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 ( J E A G 4 6 0 1 ・補  
-1984)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 ( J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)  
(以下「 J E A G 4 6 0 1 」と記載しているものは上記 3 指針を指す。)
- (5) 機械工学便覧 (日本機械学会)

## 2.5 記号の説明

逆止弁付ファンネルの応力評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

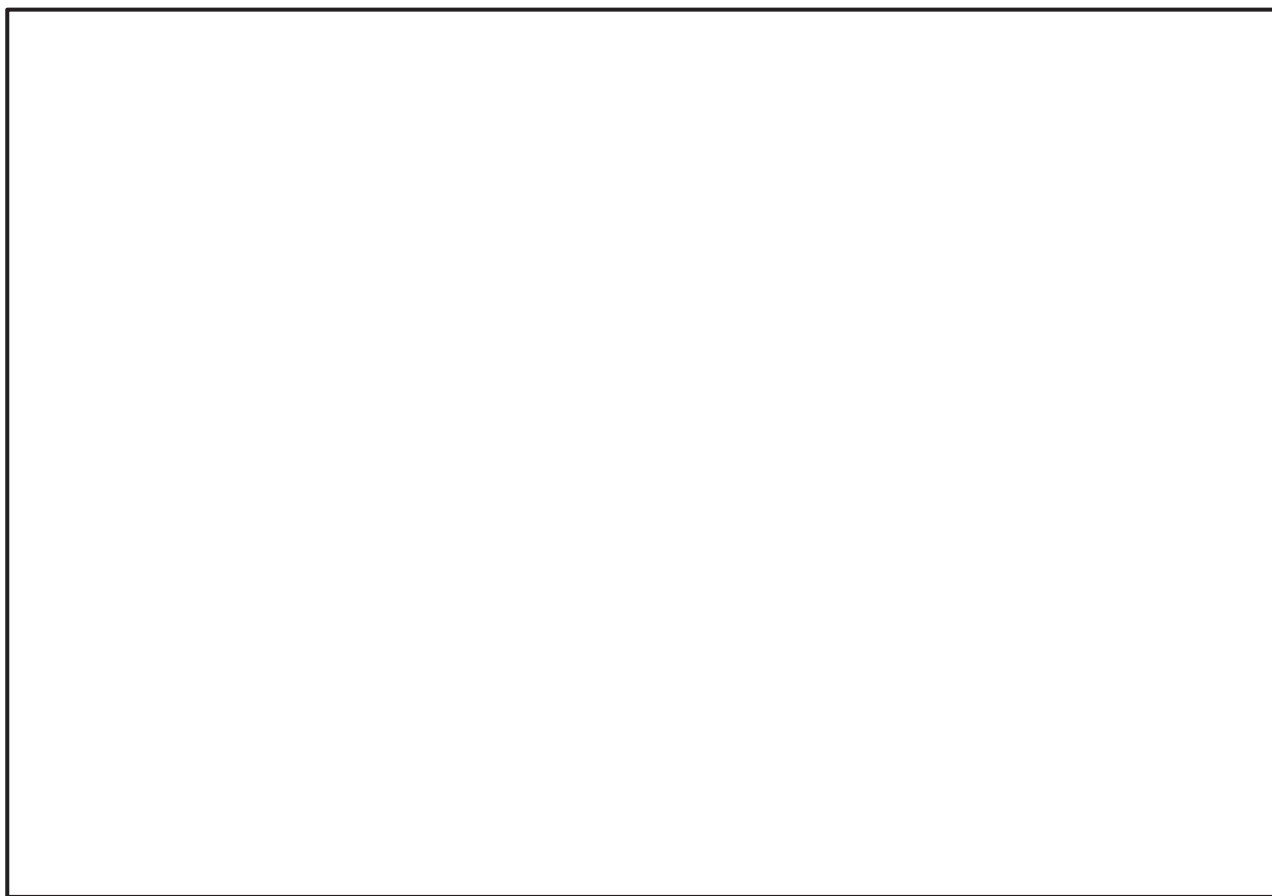
表 2-2 応力評価に用いる記号

| 記 号           | 記号の説明                                       | 単 位                        |
|---------------|---------------------------------------------|----------------------------|
| $C_H$         | 基準地震動 $S_s$ による水平方向の設計震度                    | —                          |
| $C_V$         | 基準地震動 $S_s$ による鉛直方向の設計震度                    | —                          |
| $A_1$         | 弁本体の断面積                                     | $\text{mm}^2$              |
| $A_2$         | 弁体の断面積                                      | $\text{mm}^2$              |
| $D_1$         | 弁本体の外径                                      | mm                         |
| $D_2$         | 弁体の外径                                       | mm                         |
| $d_1$         | 弁本体の内径                                      | mm                         |
| $F_{H1}$      | 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重                         | N                          |
| $F_{V1}$      | 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重                             | N                          |
| $F_{V2}$      | 弁体に加わる鉛直方向地震荷重                              | N                          |
| $g$           | 重力加速度                                       | $\text{m/s}^2$             |
| $I_1$         | 弁本体の断面二次モーメント                               | $\text{mm}^4$              |
| $L_1$         | 弁全体の長さ                                      | mm                         |
| $m_1$         | 逆止弁付ファンネルの全質量                               | kg                         |
| $m_2$         | 弁体の質量                                       | kg                         |
| $t$           | 弁体の厚さ                                       | mm                         |
| $M_1$         | 弁本体に発生する曲げモーメント                             | $\text{N} \cdot \text{mm}$ |
| $D$           | 固定荷重                                        | —                          |
| $S$           | 設計・建設規格の付録材料図表 Part5 表 5 鉄鋼材料の各温度における許容引張応力 | MPa                        |
| $W_{d1}$      | 逆止弁付ファンネルの自重                                | N                          |
| $W_{d2}$      | 弁体の自重                                       | N                          |
| $\sigma_{H1}$ | 弁本体に加わる曲げ応力                                 | MPa                        |
| $\sigma_{V1}$ | 弁本体に加わる引張応力                                 | MPa                        |
| $\sigma_{V2}$ | 弁体に加わる曲げ応力                                  | MPa                        |



### 3. 評価対象部位

逆止弁付ファンネルは、弁本体及び弁体等で構成されている。耐震評価においては、応力評価による評価対象部位として、弁本体及び弁体を選定し、構造健全性評価による評価対象部位として圧縮スプリング、ガイド、サポータ、取付金具（取付ねじ含む）、取付金具ピン及びねじ切り部を選定する。また、機能維持評価による評価対象部位として、逆止弁付ファンネルを選定する。逆止弁付ファンネルの評価対象部位について、図 3-1 に示す。



図中の①～②は応力評価による評価対象部位を、③～⑧は構造健全性評価による評価対象部位をそれぞれ示す。

図 3-1 逆止弁付ファンネルの評価対象部位

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4. 固有値解析

##### 4.1 固有振動数の計算方法

逆止弁付ファンネルの構造に応じて、保守的に固有振動数が小さく算出されるよう、より柔となるようにモデル化し、固有振動数を算出する。また、その場合においても固有振動数が 20Hz 以上であることを確認する。

##### 4.1.1 解析モデル

質量の不均一性を考慮し、一方の端を固定端、他方の端を自由端の 1 質点系モデルとして、自由端に全質量  $m$  が集中したモデルを組む。モデル化は、円筒状の弁本体の断面をもつ梁として設定する。モデル化の概略を図 4-1 に示す。



図 4-1 モデル化の概略

##### 4.1.2 記号の説明

逆止弁付ファンネルの固有振動数算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有振動数算出に用いる記号

| 記 号      | 記号の説明          | 単 位           |
|----------|----------------|---------------|
| $d_m$    | モデル化に用いる弁本体の内径 | mm            |
| $D_m$    | モデル化に用いる弁本体の外径 | mm            |
| $E$      | モデルの縦弾性係数      | MPa           |
| $f$      | モデルの一次固有振動数    | Hz            |
| $I_m$    | モデルの断面二次モーメント  | $\text{mm}^4$ |
| $k$      | モデルのばね定数       | N/m           |
| $\ell_1$ | モデル全体の長さ       | mm            |
| $m$      | モデルの全質量        | kg            |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.1.3 固有振動数の計算

固有振動数の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。固有振動数  $f$  を以下の式より算出する。

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{\ell_1^3} \times 10^3$$

モデルの断面二次モーメント  $I_m$  の算出過程を以下に示す。モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント  $I_m$  は，以下の式より算出する。

$$I_m = (D_m^4 - d_m^4) \cdot \frac{\pi}{64}$$

#### 4.2 固有振動数の計算条件

表 4-2 に固有振動数の計算条件を示す。

表 4-2 固有振動数の計算条件

| モデルの材質  | モデルの全質量<br>m (kg) | モデル化に用いる<br>弁本体の外径<br>D <sub>m</sub> (mm) | モデル化に用いる<br>弁本体の内径<br>d <sub>m</sub> (mm) |
|---------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| SUS316L | 1.2               | 73                                        | 70                                        |

| モデル全体の長さ<br>ℓ <sub>1</sub> (mm) | モデル化の<br>縦弾性係数*<br>E (MPa) |
|---------------------------------|----------------------------|
| 140                             | 1.94×10 <sup>5</sup>       |

注記\*：「5.3 許容限界」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

#### 4.3 固有振動数の計算結果

表 4-3 に固有振動数の計算結果を示す。固有振動数は、20Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-3 固有振動数の計算結果

| 機器名称      | 固有振動数<br>(Hz) |
|-----------|---------------|
| 逆止弁付ファンネル | 982           |

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

逆止弁付ファンネルの耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

### 5.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 5.2.1 荷重の設定

##### (1) 固定荷重 (D)

常時作用する荷重として、逆止弁付ファンネルの自重 $W_{d1}$ 及び弁体の自重 $W_{d2}$ を考慮し、以下の式より算出する。

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

##### (2) 基準地震動 $S_s$ による地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による地震荷重  $F_{H1}$ ,  $F_{V1}$ ,  $F_{V2}$  を考慮し、以下の式より算出する。

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_H \cdot g$$

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_V \cdot g$$

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_V \cdot g$$

### 5.2.2 荷重の組合せ

逆止弁付ファンネルの耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

| 施設区分               | 機器名称      | 耐震重要度分類 |
|--------------------|-----------|---------|
| 浸水防護施設<br>(浸水防止設備) | 逆止弁付ファンネル | S       |

| 荷重の組合せ*1*2            | 許容応力状態           |
|-----------------------|------------------|
| $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅲ <sub>A</sub> S |

注記 \*1: Dは固定荷重,  $P_D$ は最高使用圧力による荷重,  $M_D$ は機械的荷重,  $S_s$ は基準地震動  $S_s$  による地震荷重を示す。

\*2: 最高使用圧力による荷重 ( $P_D$ ), 機械的荷重 ( $M_D$ ) は荷重がかからないため考慮しない。固定荷重 (D) 及び基準地震動 ( $S_s$ ) の組合せが荷重を緩和する方向に作用する場合, 保守的にこれを組合せない評価を実施する。

### 5.3 許容限界

逆止弁付ファンネルの弁本体及び弁体の許容限界を表 5-2 に, 許容応力評価条件を表 5-3 にそれぞれ示す。また, 弁本体及び弁体の許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2 弁本体及び弁体の許容限界

| 許容応力状態              | 許容限界*1        |               |               |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
|                     | 一次応力          |               |               |
| Ⅲ <sub>A</sub> S *3 | 引張            | 曲げ            | 組合せ*2         |
|                     | $1.2 \cdot S$ | $1.2 \cdot S$ | $1.2 \cdot S$ |

注記 \*1: 引張及び曲げは, J E A G 4 6 0 1 を準用し, 「管」の許容限界のうちクラス 2, 3 配管に対する許容限界に準じて設定する。

\*2: 引張応力と曲げ応力の組合せ応力である。

\*3: 地震後, 津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し, 当該構造物全体の变形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう, 設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5－3 弁本体及び弁体の許容応力評価条件

| 評価対象部位 | 材料      | 温度条件<br>(℃) | S *<br>(MPa) |
|--------|---------|-------------|--------------|
| 弁本体    | SUS316L | 40          | 111          |
| 弁体     |         |             |              |

注記＊：鉄鋼材料（ボルト材を除く）の許容引張応力を示す。

表 5－4 弁本体及び弁体の許容応力算出結果

| 許容応力状態           | 評価対象<br>部位 | 許容限界                 |                      |                       |
|------------------|------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|                  |            | 一次応力                 |                      |                       |
|                  |            | 引張<br>1.2・S<br>(MPa) | 曲げ<br>1.2・S<br>(MPa) | 組合せ<br>1.2・S<br>(MPa) |
| Ⅲ <sub>A</sub> S | 弁本体        | 133                  | 133                  | 133                   |
|                  | 弁体         | —                    | 133                  | —                     |

#### 5.4 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示したとおり，逆止弁付ファンネルの固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，逆止弁付ファンネルの耐震計算に用いる設計震度は，添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す逆止弁付ファンネルにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。逆止弁付ファンネルの耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5 逆止弁付ファンネルの設計震度

| 地震動          | 床面高さ <sup>*1</sup><br>O. P.<br>(mm) | 場所                   | 余震による設計震度 <sup>*2</sup> |                        |
|--------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------|------------------------|
|              |                                     |                      | 水平方向<br>C <sub>H</sub>  | 鉛直方向<br>C <sub>V</sub> |
| 基準地震動<br>S s | 2250                                | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア) | 1.67                    | 1.94                   |

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2：「4. 固有値解析」より，逆止弁付ファンネルの固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，海水ポンプ室（補機ポンプエリア）の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。



## 5.5 計算方法

### 5.5.1 弁本体

弁本体の発生応力を算出する。弁本体の応力評価に用いる断面積  $A_1$  は、図 5-1 に示すとおり、弁本体のうち最も肉厚が薄い断面を適用する。



図 5-1 弁本体の構造図

#### (1) 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により、弁本体に加わる引張応力  $\sigma_{V1}$  を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V1} = \frac{W_{d1} + F_{V1}}{A_1}$$

#### (2) 水平応答加速度負荷時

弁全体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度により、弁本体に加わる曲げ応力  $\sigma_{H1}$  を以下の式より算出する。

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$I_1 = (D_1^4 - d_1^4) \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot \left( \frac{D_1}{2} \right)}{I_1}$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 5.5.2 弁体

#### (1) 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により弁体は弁座に押し付けられ曲げ応力が発生する。曲げ応力  $\sigma_{v2}$  を以下の式より算出する。ただし、弁体の自重による荷重  $W_{d2}$  は曲げ応力  $\sigma_{v2}$  を緩和する方向に作用するため考慮しない。

$$\sigma_{v2} = 1.24 \cdot \frac{\left( \frac{W_{d2} + F_{v2}}{A_2} \right)}{t^2} \cdot \left( \frac{D_2}{2} \right)^2$$

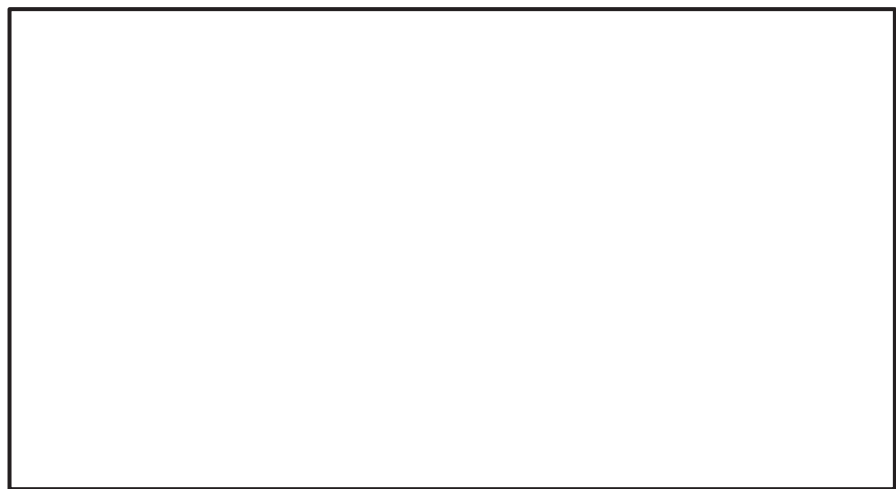


図 5-2 弁体に加わる荷重

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 5.6 計算条件

逆止弁付ファンネルの応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に示す。

表 5-6 逆止弁付ファンネルの応力評価に用いる計算条件

| 弁本体の材質  | 逆止弁付ファンネル<br>の全質量<br>$m_1$<br>(kg) | 弁全体の長さ<br>$L_1$<br>(mm) | 弁本体の外径<br>$D_1$<br>(mm) |
|---------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| SUS316L | 1.2                                | 140                     | 73                      |

| 弁本体の内径<br>$d_1$<br>(mm) | 弁本体の断面積<br>$A_1$<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|----------------------------------------|
| 70                      | 336.9                                  |

| 弁体の材質   | 弁体の質量<br>$m_2$<br>(kg) | 弁体の外径<br>$D_2$<br>(mm) | 弁体の厚さ<br>$t$<br>(mm) |
|---------|------------------------|------------------------|----------------------|
| SUS316L | 0.10                   | 61                     | 2                    |

| 弁体の断面積<br>$A_2$<br>(mm <sup>2</sup> ) | 重力加速度<br>$g$<br>(m/s <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| $2.922 \times 10^3$                   | 9.80665                             |

## 6. 機能維持評価

「3. 評価対象部位」にて評価対象部位として設定した逆止弁付ファンネルの地震時及び地震後の機能維持を確認するため、「6.1 機能維持評価方法」に示すとおり、逆止弁付ファンネルの加振試験後に逆止弁付ファンネルの漏えい試験を実施することにより逆止弁付ファンネルの機能維持評価を実施した。

### 6.1 機能維持評価方法

逆止弁付ファンネルの固有振動数を考慮して、地震時における逆止弁付ファンネルの機能維持評価用加速度を設定し、設定した機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、正弦波加振試験において、止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。逆止弁付ファンネルの機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

具体的な機能維持確認として、逆止弁付ファンネルに対して、正弦波により水平方向及び鉛直方向の加振試験を実施後、VI-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示す地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波を想定し、0.18MPa の水圧にて漏えい試験を実施し、漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。また、最大漏えい量となる水圧（0.01MPa）においても、漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。本漏えい試験の結果により、逆止弁付ファンネルの地震時及び地震後の機能維持を確認した。

なお、固有値解析結果により、逆止弁付ファンネルの固有振動数 20Hz 以上であることを確認したため、機能維持評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用する。

表 6-1 逆止弁付ファンネルの機能確認済加速度

| 評価対象部位    | 機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |      |
|-----------|---------------------------------------|------|
|           | 水平方向                                  | 鉛直方向 |
| 逆止弁付ファンネル | 6.0                                   | 6.0  |

## 7. 評価結果

### 7.1 基準地震動 $S_s$ に対する評価対象部位の応力評価

基準地震動  $S_s$  に対する評価対象部位の応力評価結果を表 7-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 基準地震動  $S_s$  に対する評価対象部位の応力評価

| 評価対象部位 | 発生応力<br>(MPa) |   | 許容応力<br>(MPa) |
|--------|---------------|---|---------------|
| 弁本体    | 引 張           | 1 | 133           |
|        | 曲 げ           | 1 | 133           |
|        | 組合せ*          | 2 | 133           |
| 弁体     | 曲 げ           | 1 | 133           |

注記 \*：引張  $\sigma_{V1}$  + 曲げ  $\sigma_{H1}$  は，  $\sigma_{V1} + \sigma_{V1} \leq 1.2S$  で評価

### 7.2 基準地震動 $S_s$ に対する逆止弁付ファンネルの機能維持評価

基準地震動  $S_s$  に対する逆止弁付ファンネルの機能維持評価結果を表 7-2 に示す。  
表 7-2 に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから逆止弁付ファンネルの機能維持を確認した。

表 7-2 逆止弁付ファンネルの機能維持評価結果

| 評価対象<br>部位    | 床面高さ<br>O. P.<br>(mm) | 場所                           | 機能確認済加速度との比較                         |              |                                      |              |
|---------------|-----------------------|------------------------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
|               |                       |                              | 水平加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |              | 鉛直加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |              |
|               |                       |                              | 機能維持<br>評価用<br>加速度*                  | 機能確認<br>済加速度 | 機能維持<br>評価用<br>加速度*                  | 機能確認<br>済加速度 |
| 逆止弁付<br>ファンネル | 2250                  | 海水ポン<br>プ室（補<br>機ポンプ<br>エリア） | 1.40                                 | 6.0          | 1.61                                 | 6.0          |

注記 \*：「4. 固有値解析」より，逆止弁付ファンネルの固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため，機能維持評価用加速度には海水ポンプ室（補機ポンプエリア）における最大応答加速度を使用した。

### 7.3 基準地震動 $S_s$ に対する評価対象部位の構造健全性評価

「7.2 基準地震動  $S_s$  に対する逆止弁付ファンネルの機能維持評価」に示したとおり、逆止弁付ファンネルの機能維持を確認したことにより、評価対象部位である圧縮スプリング、ガイド、サポータ、取付金具（取付ねじ含む）、取付金具ピン及びねじ切り部が構造健全性を有することを確認した。

VI-2-10-2-10-2 逆止弁付ファンネル（第3号機）の耐震性についての計算書

## 目 次

|       |                                 |    |
|-------|---------------------------------|----|
| 1.    | 概要                              | 1  |
| 2.    | 一般事項                            | 2  |
| 2.1   | 配置概要                            | 2  |
| 2.2   | 構造計画                            | 3  |
| 2.3   | 評価方針                            | 4  |
| 2.4   | 適用規格・基準等                        | 6  |
| 2.5   | 記号の説明                           | 7  |
| 3.    | 評価対象部位                          | 8  |
| 4.    | 固有値解析                           | 9  |
| 4.1   | 固有振動数の計算方法                      | 9  |
| 4.1.1 | 解析モデル                           | 9  |
| 4.1.2 | 記号の説明                           | 9  |
| 4.1.3 | 固有振動数の計算                        | 10 |
| 4.2   | 固有振動数の計算条件                      | 11 |
| 4.3   | 固有振動数の計算結果                      | 11 |
| 5.    | 構造強度評価                          | 12 |
| 5.1   | 構造強度評価方法                        | 12 |
| 5.2   | 荷重及び荷重の組合せ                      | 12 |
| 5.2.1 | 荷重の設定                           | 12 |
| 5.2.2 | 荷重の組合せ                          | 13 |
| 5.3   | 許容限界                            | 13 |
| 5.4   | 設計用地震力                          | 15 |
| 5.5   | 計算方法                            | 16 |
| 5.5.1 | 弁本体                             | 16 |
| 5.5.2 | 弁体                              | 17 |
| 5.6   | 計算条件                            | 18 |
| 6.    | 機能維持評価                          | 19 |
| 6.1   | 機能維持評価方法                        | 19 |
| 7.    | 評価結果                            | 20 |
| 7.1   | 基準地震動 $S_s$ に対する評価対象部位の応力評価     | 20 |
| 7.2   | 基準地震動 $S_s$ に対する逆止弁ファンネルの機能維持評価 | 20 |
| 7.3   | 基準地震動 $S_s$ に対する評価対象部位の構造健全性評価  | 21 |



## 1. 概要

本書類は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち逆止弁付ファンネル（第3号機）（以下、逆止弁付ファンネルという。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを確認するものである。耐震評価は、逆止弁付ファンネルの固有値解析、応力評価、機能維持評価及び構造健全性評価により行う。

逆止弁付ファンネルは、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての構造強度評価を示す。

なお、逆止弁付ファンネルの耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

逆止弁付ファンネルは、第3号機海水熱交換器建屋の床面に設置する。逆止弁付ファンネルの設置位置図を図2-1に示す。

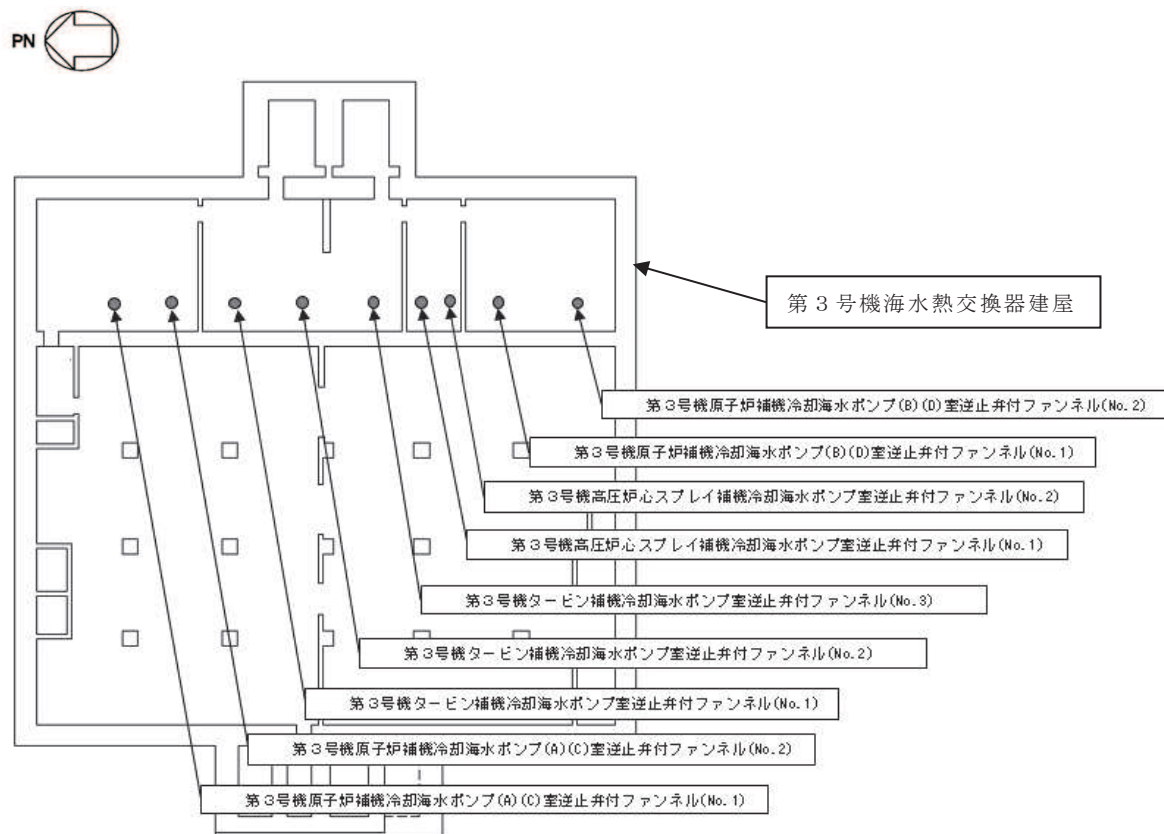


図2-1 逆止弁付ファンネルの設置位置図

2.2
構造計画

逆止弁付ファンネルは、ばね圧により常時弁体が弁座に密着している。津波の流入により弁体がさらに押上げられ、弁座により密着することで止水する。逆止弁付ファンネルの構造計画を表 2－1 に示す。

表 2－1
 構造計画

| 計画の概要                            |                                                                           | 概略構造図 |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| 基礎・支持構造                          | 主体構造                                                                      |       |
| 第 3 号機海水熱交換器建屋床面の配管にねじ込み継手で固定する。 | 弁座を含む弁本体及び弁体で構成する。弁体は弁本体に取付金具，取付金具ピンで取付けられる。また，弁体はサポータ，ガイド，圧縮スプリングで保持される。 |       |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 2.3 評価方針

逆止弁付ファンネルの耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」にて示す逆止弁付ファンネルの構造を踏まえ、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において、「4. 固有値解析」にて算出した固有振動数に基づく設計用地震力により算出した応力等が許容限界内に収まることを「5. 構造強度評価」にて示す方法にて確認する。また、逆止弁付ファンネルの機能維持評価は、逆止弁付ファンネルの固有振動数を考慮して評価用加速度を設定し、設定した評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを「6. 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。さらに、構造健全性評価により耐震評価を実施する評価対象部位については、逆止弁付ファンネルの機能維持評価結果に基づき構造健全性を確認することで実施する。応力評価、機能維持評価及び構造健全性評価の評価結果を「7. 評価結果」にて確認する。

なお、機能確認済加速度には、正弦波加振試験において、止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。

耐震評価フローを図 2-2 に示す。

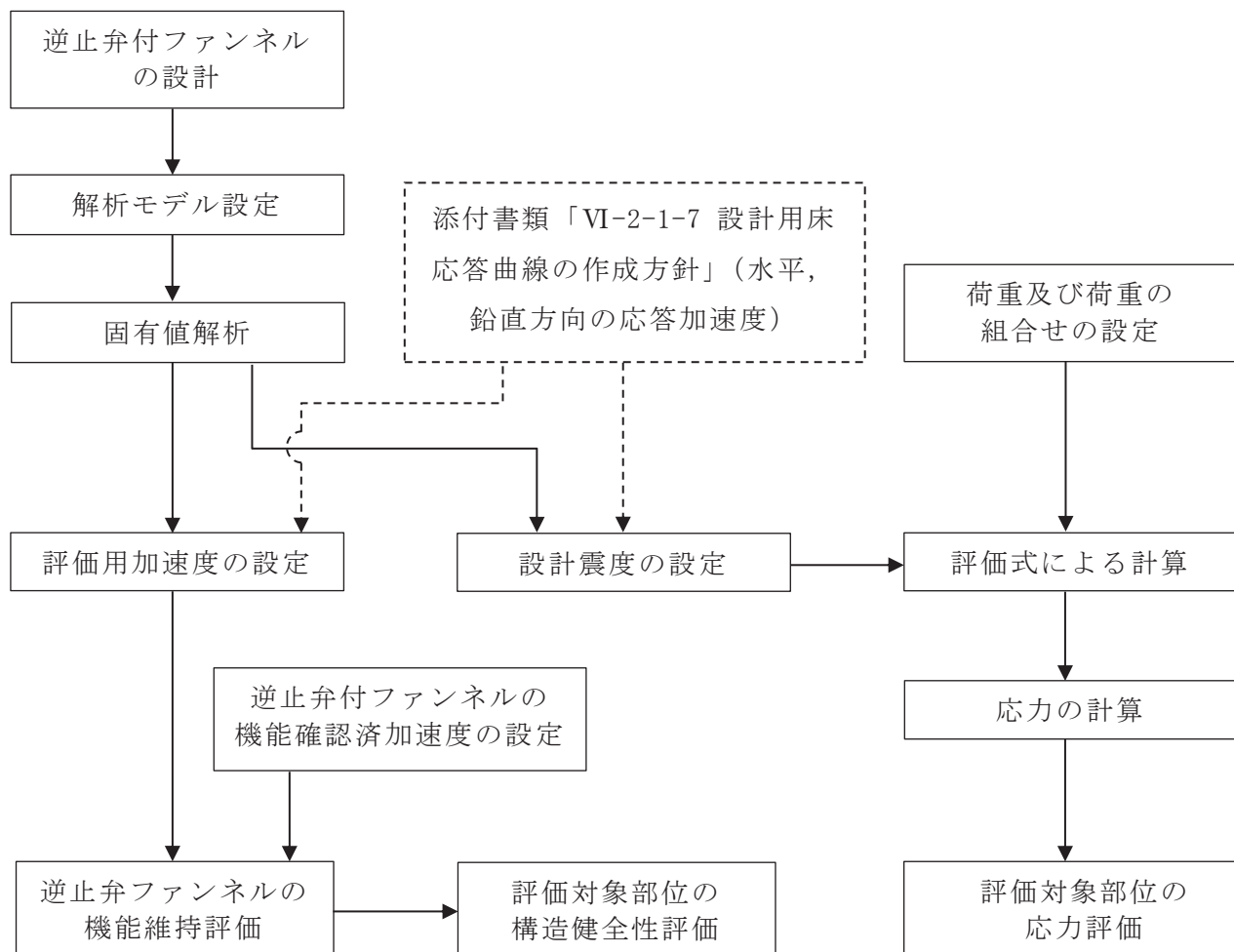


図 2-2 耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す

- (1) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下，設計・建設規格という。)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 ( J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 ( J E A G 4 6 0 1 ・補  
-1984)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 ( J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)  
(以下「 J E A G 4 6 0 1 」と記載しているものは上記 3 指針を指す。)
- (5) 機械工学便覧 (日本機械学会)

## 2.5 記号の説明

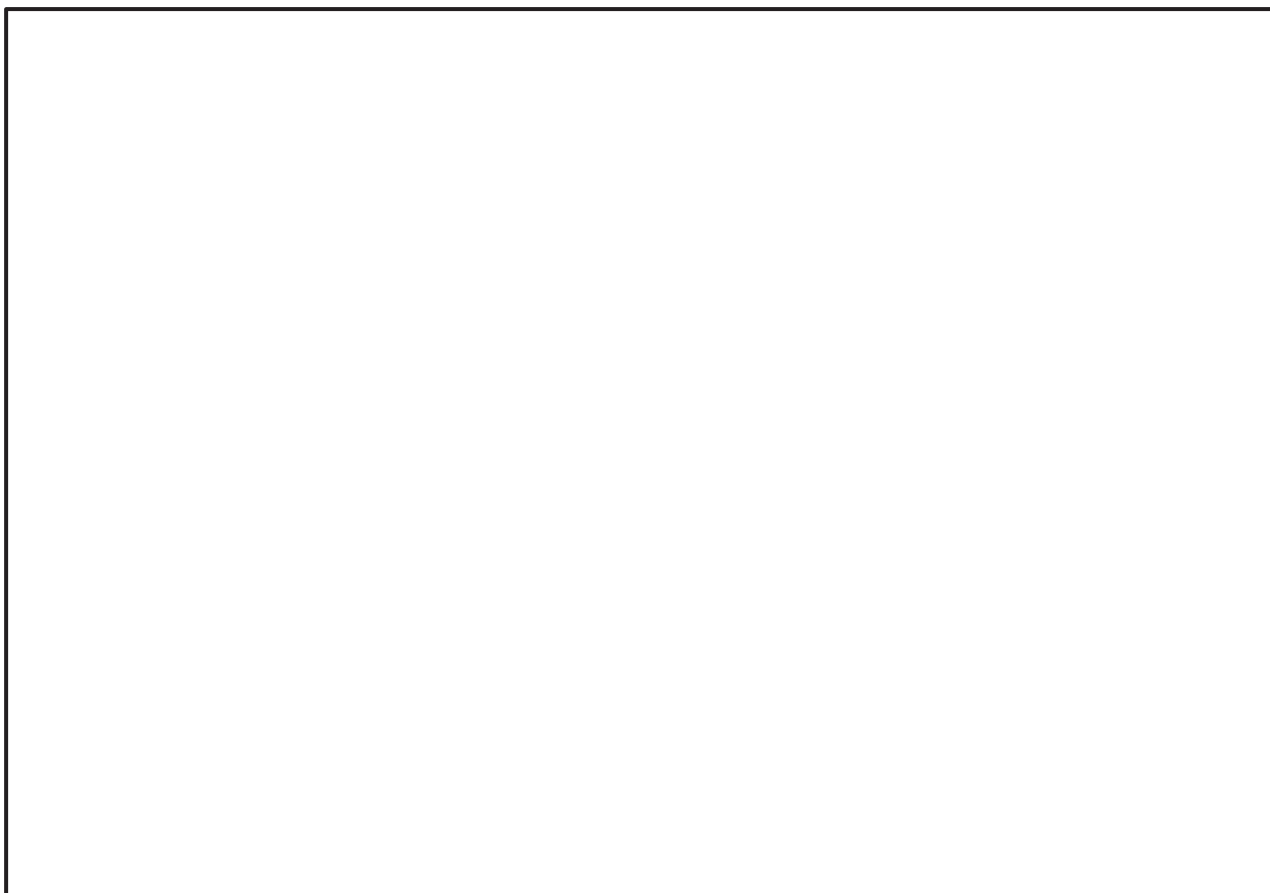
逆止弁付ファンネルの応力評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 応力評価に用いる記号

| 記 号           | 記号の説明                                       | 単 位                        |
|---------------|---------------------------------------------|----------------------------|
| $C_H$         | 基準地震動 $S_s$ による水平方向の設計震度                    | —                          |
| $C_V$         | 基準地震動 $S_s$ による鉛直方向の設計震度                    | —                          |
| $A_1$         | 弁本体の断面積                                     | $\text{mm}^2$              |
| $A_2$         | 弁体の断面積                                      | $\text{mm}^2$              |
| $D_1$         | 弁本体の外径                                      | mm                         |
| $D_2$         | 弁体の外径                                       | mm                         |
| $d_1$         | 弁本体の内径                                      | mm                         |
| $F_{H1}$      | 弁本体の最下端に加わる水平方向地震荷重                         | N                          |
| $F_{V1}$      | 弁本体に加わる鉛直方向地震荷重                             | N                          |
| $F_{V2}$      | 弁体に加わる鉛直方向地震荷重                              | N                          |
| $g$           | 重力加速度                                       | $\text{m/s}^2$             |
| $I_1$         | 弁本体の断面二次モーメント                               | $\text{mm}^4$              |
| $L_1$         | 弁全体の長さ                                      | mm                         |
| $m_1$         | 逆止弁付ファンネルの全質量                               | kg                         |
| $m_2$         | 弁体の質量                                       | kg                         |
| $t$           | 弁体の厚さ                                       | mm                         |
| $M_1$         | 弁本体に発生する曲げモーメント                             | $\text{N} \cdot \text{mm}$ |
| $D$           | 固定荷重                                        | —                          |
| $S$           | 設計・建設規格の付録材料図表 Part5 表 5 鉄鋼材料の各温度における許容引張応力 | MPa                        |
| $W_{d1}$      | 逆止弁付ファンネルの自重                                | N                          |
| $W_{d2}$      | 弁体の自重                                       | N                          |
| $\sigma_{H1}$ | 弁本体に加わる曲げ応力                                 | MPa                        |
| $\sigma_{V1}$ | 弁本体に加わる引張応力                                 | MPa                        |
| $\sigma_{V2}$ | 弁体に加わる曲げ応力                                  | MPa                        |

### 3. 評価対象部位

逆止弁付ファンネルは、弁本体及び弁体等で構成されている。耐震評価においては、応力評価による評価対象部位として、弁本体及び弁体を選定し、構造健全性評価による評価対象部位として圧縮スプリング、ガイド、サポータ、取付金具（取付ねじ含む）、取付金具ピン及びねじ切り部を選定する。また、機能維持評価による評価対象部位として、逆止弁付ファンネルを選定する。逆止弁付ファンネルの評価対象部位について、図 3-1 に示す。



図中の①～②は応力評価による評価対象部位を、③～⑧は構造健全性評価による評価対象部位をそれぞれ示す。

図 3-1 逆止弁付ファンネルの評価対象部位

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



#### 4. 固有値解析

##### 4.1 固有振動数の計算方法

逆止弁付ファンネルの構造に応じて、保守的に固有振動数が小さく算出されるよう、より柔となるようにモデル化し、固有振動数を算出する。また、その場合においても固有振動数が 20Hz 以上であることを確認する。

##### 4.1.1 解析モデル

質量の不均一性を考慮し、一方の端を固定端、他方の端を自由端の 1 質点系モデルとして、自由端に全質量  $m$  が集中したモデルを組む。モデル化は、円筒状の弁本体の断面をもつ梁として設定する。モデル化の概略を図 4-1 に示す。

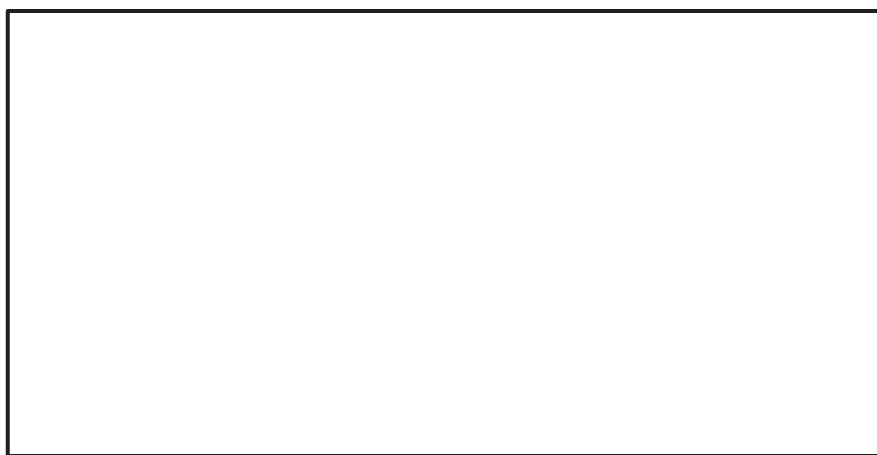


図 4-1 モデル化の概略

##### 4.1.2 記号の説明

逆止弁付ファンネルの固有振動数算出に用いる記号を表 4-1 に示す。

表 4-1 固有振動数算出に用いる記号

| 記 号      | 記号の説明          | 単 位           |
|----------|----------------|---------------|
| $d_m$    | モデル化に用いる弁本体の内径 | mm            |
| $D_m$    | モデル化に用いる弁本体の外径 | mm            |
| $E$      | モデルの縦弾性係数      | MPa           |
| $f$      | モデルの一次固有振動数    | Hz            |
| $I_m$    | モデルの断面二次モーメント  | $\text{mm}^4$ |
| $k$      | モデルのばね定数       | N/m           |
| $\ell_1$ | モデル全体の長さ       | mm            |
| $m$      | モデルの全質量        | kg            |

#### 4.1.3 固有振動数の計算

固有振動数の計算に用いる寸法は，公称値を使用する。固有振動数  $f$  を以下の式より算出する。

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$k = \frac{3 \cdot E \cdot I_m}{\ell_1^3} \times 10^3$$

モデルの断面二次モーメント  $I_m$  の算出過程を以下に示す。モデル化に用いる弁本体の断面二次モーメント  $I_m$  は，以下の式より算出する。

$$I_m = (D_m^4 - d_m^4) \cdot \frac{\pi}{64}$$

#### 4.2 固有振動数の計算条件

表 4-2 に固有振動数の計算条件を示す。

表 4-2 固有振動数の計算条件

| モデルの材質  | モデルの全質量<br>m (kg) | モデル化に用いる<br>弁本体の外径<br>D <sub>m</sub> (mm) | モデル化に用いる<br>弁本体の内径<br>d <sub>m</sub> (mm) |
|---------|-------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------|
| SUS316L | 1.2               | 73                                        | 70                                        |

| モデル全体の長さ<br>ℓ <sub>1</sub> (mm) | モデル化の<br>縦弾性係数*<br>E (MPa) |
|---------------------------------|----------------------------|
| 140                             | 1.94×10 <sup>5</sup>       |

注記\* : 「5.3 許容限界」における温度条件での縦弾性係数Eを用いる。

#### 4.3 固有振動数の計算結果

表 4-3 に固有振動数の計算結果を示す。固有振動数は、20Hz 以上であることから、剛構造である。

表 4-3 固有振動数の計算結果

| 機器名称      | 固有振動数<br>(Hz) |
|-----------|---------------|
| 逆止弁付ファンネル | 982           |

## 5. 構造強度評価

### 5.1 構造強度評価方法

逆止弁付ファンネルの耐震評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて、「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力等が「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

### 5.2 荷重及び荷重の組合せ

#### 5.2.1 荷重の設定

##### (1) 固定荷重 (D)

常時作用する荷重として、逆止弁付ファンネルの自重 $W_{d1}$ 及び弁体の自重 $W_{d2}$ を考慮し、以下の式より算出する。

$$W_{d1} = m_1 \cdot g$$

$$W_{d2} = m_2 \cdot g$$

##### (2) 基準地震動 $S_s$ による地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による地震荷重  $F_{H1}$ ,  $F_{V1}$ ,  $F_{V2}$  を考慮し、以下の式より算出する。

$$F_{H1} = m_1 \cdot C_H \cdot g$$

$$F_{V1} = m_1 \cdot C_V \cdot g$$

$$F_{V2} = m_2 \cdot C_V \cdot g$$

### 5.2.2 荷重の組合せ

逆止弁付ファンネルの耐震計算にて考慮する荷重の組合せを表 5-1 に示す。

表 5-1 荷重の組合せ及び許容応力状態

| 施設区分               | 機器名称      | 耐震重要度分類 |
|--------------------|-----------|---------|
| 浸水防護施設<br>(浸水防止設備) | 逆止弁付ファンネル | S       |

| 荷重の組合せ*1*2            | 許容応力状態           |
|-----------------------|------------------|
| $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅲ <sub>A</sub> S |

注記 \*1: Dは固定荷重,  $P_D$ は最高使用圧力による荷重,  $M_D$ は機械的荷重,  $S_s$ は基準地震動  $S_s$  による地震荷重を示す。

\*2: 最高使用圧力による荷重 ( $P_D$ ), 機械的荷重 ( $M_D$ ) は荷重がかからないため考慮しない。固定荷重 (D) 及び基準地震動 ( $S_s$ ) の組合せが荷重を緩和する方向に作用する場合, 保守的にこれを組合せない評価を実施する。

### 5.3 許容限界

逆止弁付ファンネルの弁本体及び弁体の許容限界を表 5-2 に, 許容応力評価条件を表 5-3 にそれぞれ示す。また, 弁本体及び弁体の許容応力算出結果を表 5-4 にそれぞれ示す。

表 5-2 弁本体及び弁体の許容限界

| 許容応力状態              | 許容限界*1        |               |               |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|
|                     | 一次応力          |               |               |
| Ⅲ <sub>A</sub> S *3 | 引張            | 曲げ            | 組合せ*2         |
|                     | $1.2 \cdot S$ | $1.2 \cdot S$ | $1.2 \cdot S$ |

注記 \*1: 引張及び曲げは, J E A G 4 6 0 1 を準用し, 「管」の許容限界のうちクラス 2, 3 配管に対する許容限界に準じて設定する。

\*2: 引張応力と曲げ応力の組合せ応力である。

\*3: 地震後, 津波後の再使用性や津波の繰返し作用を想定し, 当該構造物全体の变形能力に対して浸水防護機能として十分な余裕を有するよう, 設備を構成する材料が弾性域内に収まることを基本とする。

表 5－3 弁本体及び弁体の許容応力評価条件

| 評価対象部位 | 材料      | 温度条件<br>(℃) | S *<br>(MPa) |
|--------|---------|-------------|--------------|
| 弁本体    | SUS316L | 40          | 111          |
| 弁体     |         |             |              |

注記＊：鉄鋼材料（ボルト材を除く）の許容引張応力を示す。

表 5－4 弁本体及び弁体の許容応力算出結果

| 許容応力状態           | 評価対象<br>部位 | 許容限界                 |                      |                       |
|------------------|------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
|                  |            | 一次応力                 |                      |                       |
|                  |            | 引張<br>1.2・S<br>(MPa) | 曲げ<br>1.2・S<br>(MPa) | 組合せ<br>1.2・S<br>(MPa) |
| Ⅲ <sub>A</sub> S | 弁本体        | 133                  | 133                  | 133                   |
|                  | 弁体         | —                    | 133                  | —                     |

#### 5.4 設計用地震力

「4. 固有値解析」に示したとおり逆止弁付ファンネルの固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、逆止弁付ファンネルの耐震計算に用いる設計震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示す逆止弁付ファンネルにおける設置床の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮して設定する。逆止弁付ファンネルの耐震計算に用いる設計震度を表 5-5 に示す。

表 5-5 逆止弁付ファンネルの設計震度

| 地震動                     | 床面高さ <sup>*1</sup><br>O. P.<br>(mm) | 場所              | 余震による設計震度 <sup>*2</sup> |      |
|-------------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------------------|------|
|                         |                                     |                 | 水平方向<br>C <sub>H</sub>  | 2.24 |
| 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 3000                                | 3号機海水熱交換器<br>建屋 | 鉛直方向<br>C <sub>V</sub>  | 1.59 |

注記 \*1：基準床レベルを示す。

\*2：「4. 固有値解析」より、逆止弁付ファンネルの固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため、3号機海水熱交換器建屋の最大応答加速度の 1.2 倍を考慮した設計震度を設定した。

## 5.5 計算方法

### 5.5.1 弁本体

弁本体の発生応力を算出する。弁本体の応力評価に用いる断面積  $A_1$  は、図 5-1 に示すとおり、弁本体のうち最も肉厚が薄い断面を適用する。

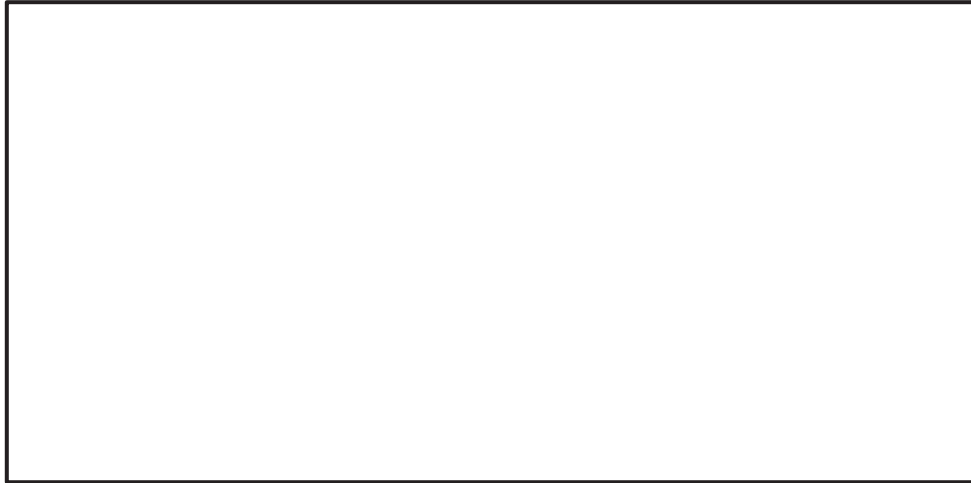


図 5-1 弁本体の構造図

#### (1) 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により、弁本体に加わる引張応力  $\sigma_{V1}$  を以下の式より算出する。

$$\sigma_{V1} = \frac{W_{d1} + F_{V1}}{A_1}$$

#### (2) 水平応答加速度負荷時

弁全体の最下端に集中荷重が負荷された片持ち梁として、水平応答加速度により、弁本体に加わる曲げ応力  $\sigma_{H1}$  を以下の式より算出する。

$$M_1 = F_{H1} \cdot L_1$$

$$I_1 = (D_1^4 - d_1^4) \cdot \frac{\pi}{64}$$

$$\sigma_{H1} = \frac{M_1 \cdot \left( \frac{D_1}{2} \right)}{I_1}$$

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 5.5.2 弁体

#### (1) 鉛直応答加速度負荷時

鉛直応答加速度により弁体は弁座に押し付けられ曲げ応力が発生する。曲げ応力  $\sigma_{v2}$  を以下の式より算出する。ただし、弁体の自重による荷重  $W_{d2}$  は曲げ応力  $\sigma_{v2}$  を緩和する方向に作用するため考慮しない。

$$\sigma_{v2} = 1.24 \cdot \frac{\left( \frac{W_{d2} + F_{v2}}{A_2} \right)}{t^2} \cdot \left( \frac{D_2}{2} \right)^2$$

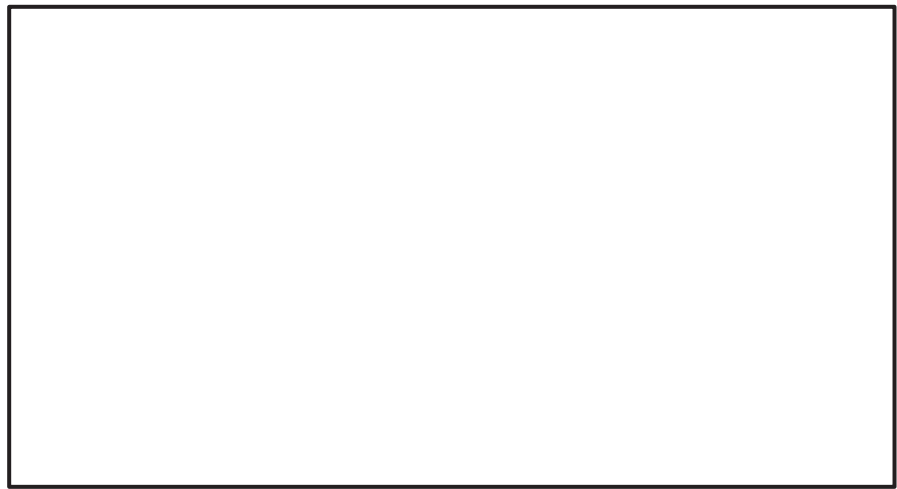


図 5-2 弁体に加わる荷重

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 5.6 計算条件

逆止弁付ファンネルの応力評価に用いる計算条件を表 5-6 に示す。

表 5-6 逆止弁付ファンネルの応力評価に用いる計算条件

| 弁本体の材質  | 逆止弁付ファンネル<br>の全質量<br>$m_1$<br>(kg) | 弁全体の長さ<br>$L_1$<br>(mm) | 弁本体の外径<br>$D_1$<br>(mm) |
|---------|------------------------------------|-------------------------|-------------------------|
| SUS316L | 1.2                                | 140                     | 73                      |

| 弁本体の内径<br>$d_1$<br>(mm) | 弁本体の断面積<br>$A_1$<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|-------------------------|----------------------------------------|
| 70                      | 336.9                                  |

| 弁体の材質   | 弁体の質量<br>$m_2$<br>(kg) | 弁体の外径<br>$D_2$<br>(mm) | 弁体の厚さ<br>$t$<br>(mm) |
|---------|------------------------|------------------------|----------------------|
| SUS316L | 0.10                   | 61                     | 2                    |

| 弁体の断面積<br>$A_2$<br>(mm <sup>2</sup> ) | 重力加速度<br>$g$<br>(m/s <sup>2</sup> ) |
|---------------------------------------|-------------------------------------|
| $2.922 \times 10^3$                   | 9.80665                             |

## 6. 機能維持評価

「3. 評価対象部位」にて評価対象部位として設定した逆止弁付ファンネルの地震時及び地震後の機能維持を確認するため、「6.1 機能維持評価方法」に示すとおり、逆止弁付ファンネルの加振試験後に逆止弁付ファンネルの漏えい試験を実施することにより逆止弁付ファンネルの機能維持評価を実施した。

### 6.1 機能維持評価方法

逆止弁付ファンネルの固有振動数を考慮して、地震時における逆止弁付ファンネルの機能維持評価用加速度を設定し、設定した機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認する。機能確認済加速度には、正弦波加振試験において、止水性の機能の健全性を確認した加振波の最大加速度を適用する。逆止弁付ファンネルの機能確認済加速度を表 6-1 に示す。

具体的な機能維持確認として、逆止弁付ファンネルに対して、正弦波により水平方向及び鉛直方向の加振試験を実施後、VI-1-1-2-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に示す地震後の繰返しの襲来を想定した経路からの津波を想定し、0.18MPa の水圧にて漏えい試験を実施し、漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。また、最大漏えい量となる水圧（0.01MPa）においても、漏えい量が許容漏えい量以下であることを確認した。本漏えい試験の結果により、逆止弁付ファンネルの地震時及び地震後の機能維持を確認した。

なお、固有値解析結果により、逆止弁付ファンネルの固有振動数 20Hz 以上であることを確認したため、機能維持評価用加速度には設置床の最大応答加速度を使用する。

表 6-1 逆止弁付ファンネルの機能確認済加速度

| 評価対象部位    | 機能確認済加速度 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ ) |      |
|-----------|---------------------------------------|------|
|           | 水平方向                                  | 鉛直方向 |
| 逆止弁付ファンネル | 6.0                                   | 6.0  |

## 7. 評価結果

### 7.1 基準地震動 $S_s$ に対する評価対象部位の応力評価

基準地震動  $S_s$  に対する評価対象部位の応力評価結果を表 7-1 に示す。発生応力が許容応力以下であることから構造部材が構造健全性を有することを確認した。

表 7-1 基準地震動  $S_s$  に対する評価対象部位の応力評価

| 評価対象部位 | 発生応力<br>(MPa) |   | 許容応力<br>(MPa) |
|--------|---------------|---|---------------|
|        | 引 張           |   |               |
| 弁本体    | 曲 げ           | 1 | 133           |
|        | 組 合 せ*        | 2 | 133           |
|        | 曲 げ           | 1 | 133           |
| 弁体     | 曲 げ           | 1 | 133           |

注記 \* : 引張  $\sigma_{V1}$  + 曲げ  $\sigma_{H1}$  は,  $\sigma_{V1} + \sigma_{V1} \leq 1.2S$  で評価

### 7.2 基準地震動 $S_s$ に対する逆止弁付ファンネルの機能維持評価

基準地震動  $S_s$  に対する逆止弁付ファンネルの機能維持評価結果を表 7-2 に示す。  
表 7-2 に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることから逆止弁付ファンネルの機能維持を確認した。

表 7-2 逆止弁付ファンネルの機能維持評価結果

| 評価対象<br>部位    | 床面高さ<br>O. P.<br>(mm) | 場所          | 機能確認済加速度との比較                         |              |                                      |              |
|---------------|-----------------------|-------------|--------------------------------------|--------------|--------------------------------------|--------------|
|               |                       |             | 水平加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |              | 鉛直加速度 ( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |              |
|               |                       |             | 機能維持<br>評価用<br>加速度*                  | 機能確認<br>済加速度 | 機能維持<br>評価用<br>加速度*                  | 機能確認<br>済加速度 |
| 逆止弁付<br>ファンネル | 3000                  | 3号機海水熱交換器建屋 | 1.87                                 | 6.0          | 1.33                                 | 6.0          |

注記 \* : 「4. 固有値解析」より, 逆止弁付ファンネルの固有振動数が 20Hz 以上であることを確認したため, 機能維持評価用加速度には 3号機海水熱交換器建屋における最大応答加速度を使用した。

### 7.3 基準地震動 $S_s$ に対する評価対象部位の構造健全性評価

「7.2 基準地震動  $S_s$  に対する逆止弁付ファンネルの機能維持評価」に示したとおり、逆止弁付ファンネルの機能維持を確認したことにより、評価対象部位である圧縮スプリング、ガイド、サポータ、取付金具（取付ねじ含む）、取付金具ピン及びねじ切り部が構造健全性を有することを確認した。

## VI-2-10-2-11 貫通部止水処置の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-10-2-11-1 貫通部止水処置（外郭防護）の耐震性についての計算書
- VI-2-10-2-11-2 貫通部止水処置（内郭防護）の耐震性についての計算書

VI-2-10-2-11-1 貫通部止水処置（外郭防護）の耐震性についての  
計算書



## 目 次

|          |    |
|----------|----|
| 1. 概要    | 1  |
| 2. 一般事項  | 2  |
| 2.1 配置概要 | 2  |
| 2.2 構造計画 | 9  |
| 2.3 評価方針 | 11 |
| 3. 評価結果  | 12 |

## 1. 概要

本書類は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち、貫通部止水処置（外郭防護）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が十分な構造健全性を有することを説明するものである。

貫通部止水処置（外郭防護）は、浸水防護施設としてSクラス施設に分類される。以下、浸水防護施設としての耐震評価を示す。

なお、貫通部止水処置（外郭防護）の耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

貫通部止水処置（外郭浸水防護設備）に該当する対象箇所を表 2-1 に、設置位置図を図 2-1 に示す。

表 2-1 貫通部止水処置（外郭浸水防護設備）対象箇所

| 設備名称    |                                     | 施設分類   |
|---------|-------------------------------------|--------|
| 貫通部止水処置 | 貫通部止水処置（第 2 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）         | 浸水防止設備 |
|         | 貫通部止水処置（第 2 号機放水立坑防潮壁横断部）           |        |
|         | 貫通部止水処置（第 3 号機海水ポンプ室防潮壁横断部）         |        |
|         | 貫通部止水処置（第 3 号機放水立坑防潮壁横断部）           |        |
|         | 貫通部止水処置（第 3 号機補機冷却海水系放水ピット浸水防止蓋貫通部） |        |

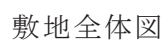
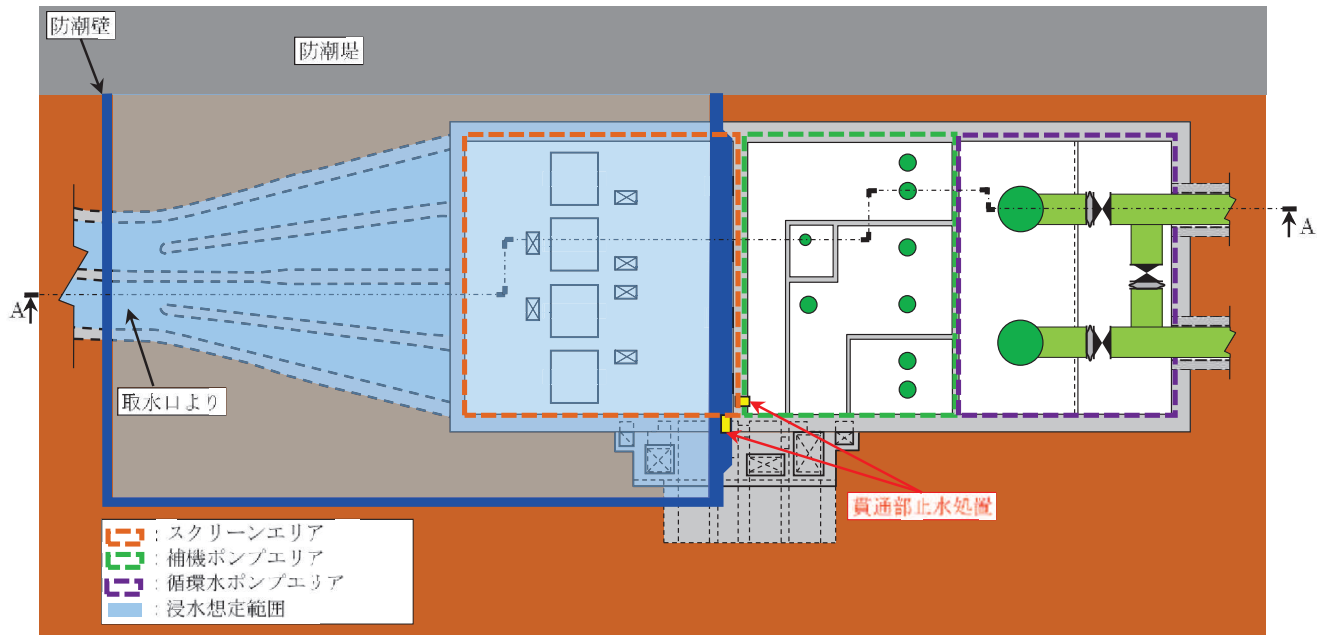
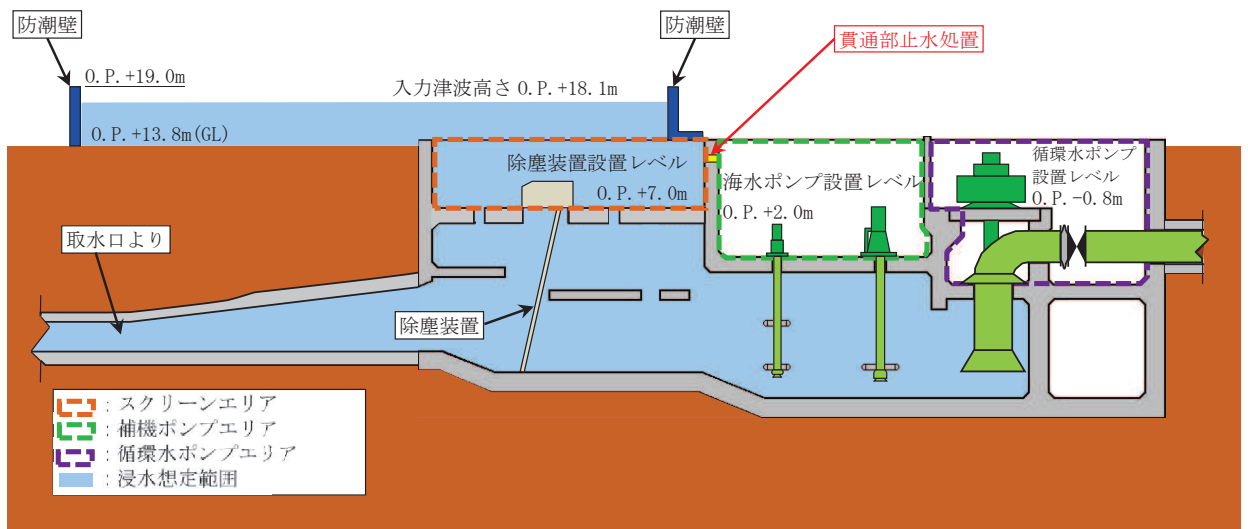


図 2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（1/11）



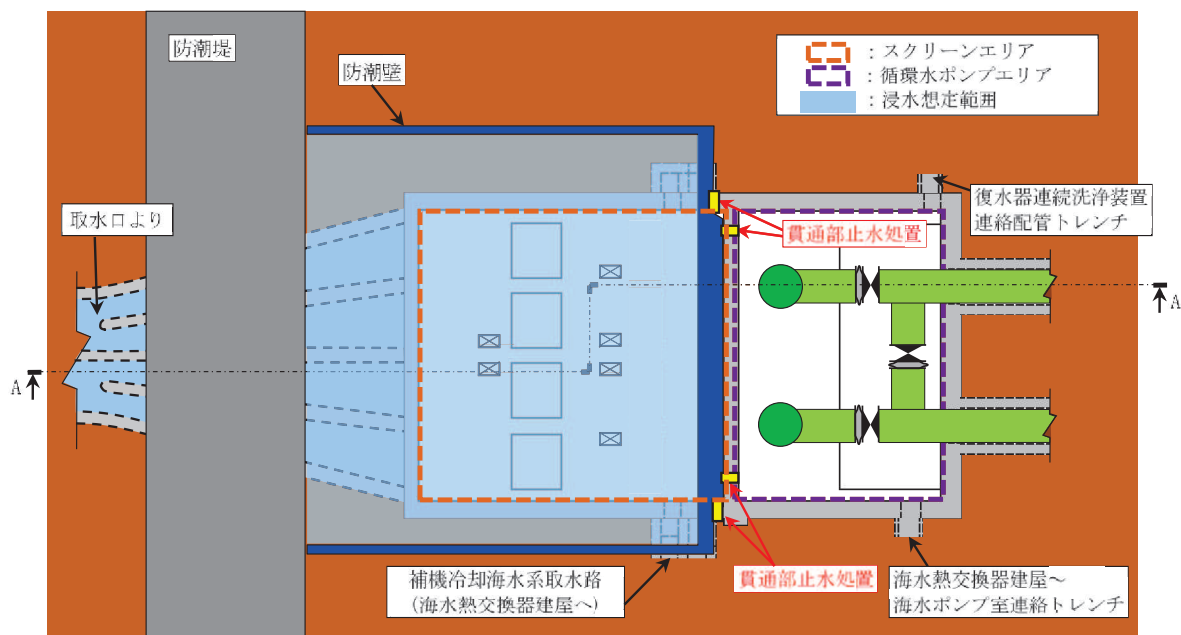
第 2 号機海水ポンプ室（平面図）

図 2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（2/11）



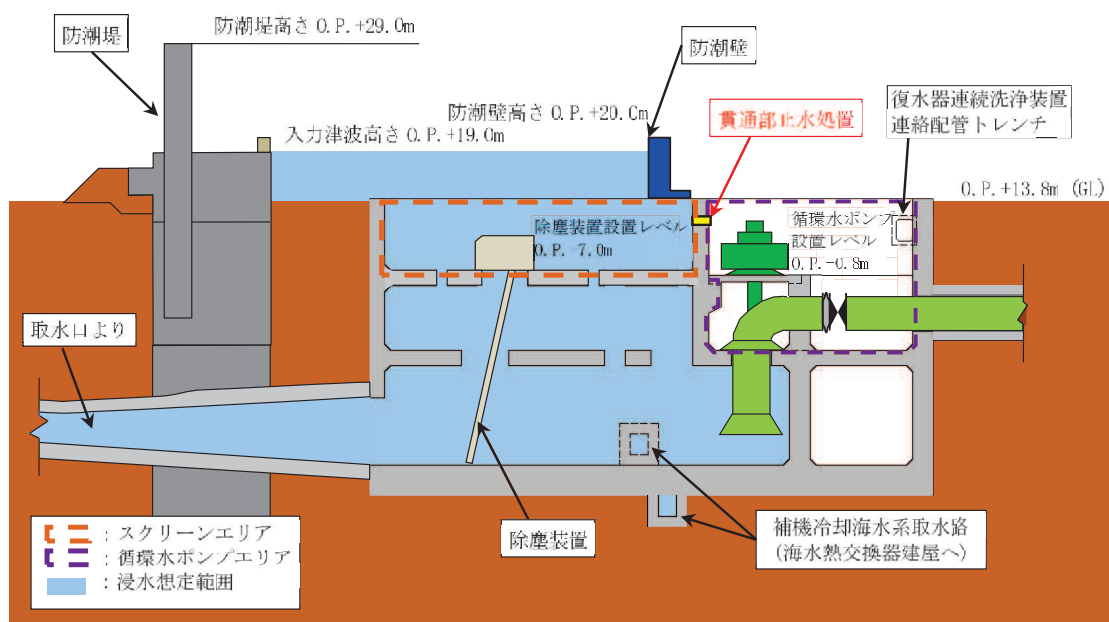
第 2 号機海水ポンプ室（A-A 断面図）

図 2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（3/11）



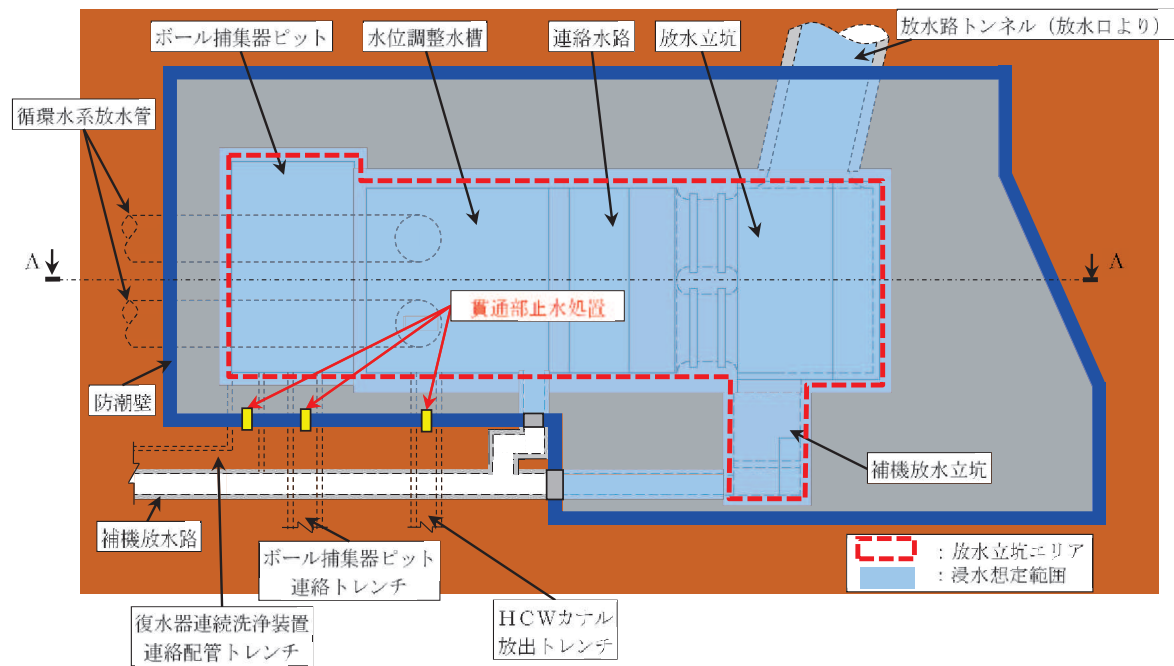
第 3 号機海水ポンプ室（平面図）

図 2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（4/11）



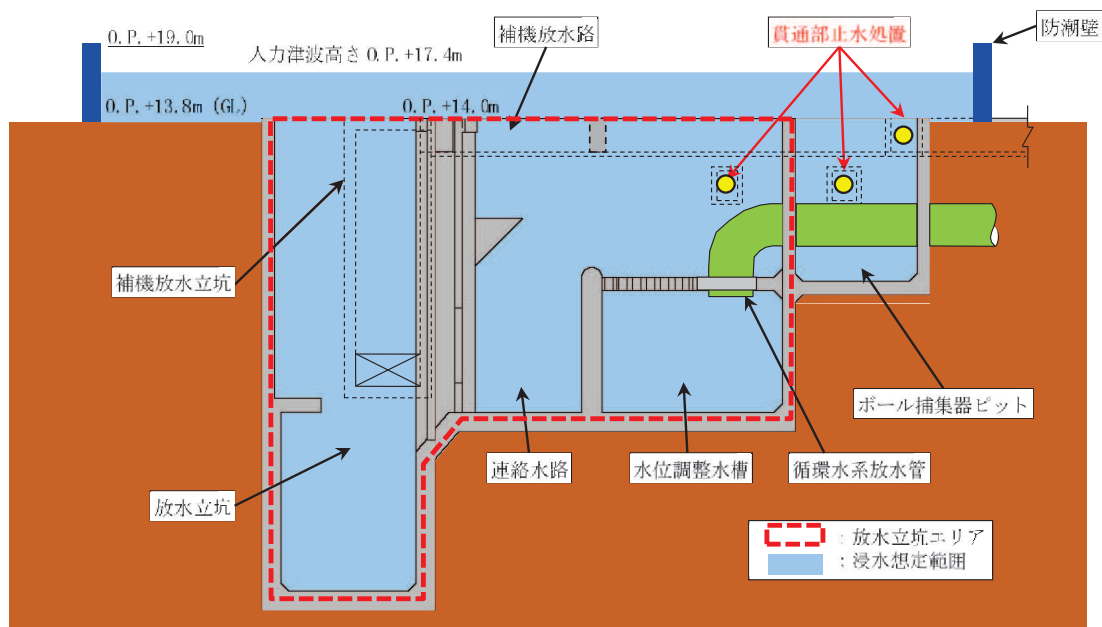
第 3 号機海水ポンプ室（A-A 断面図）

図 2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（5/11）



第2号機放水立坑（平面図）

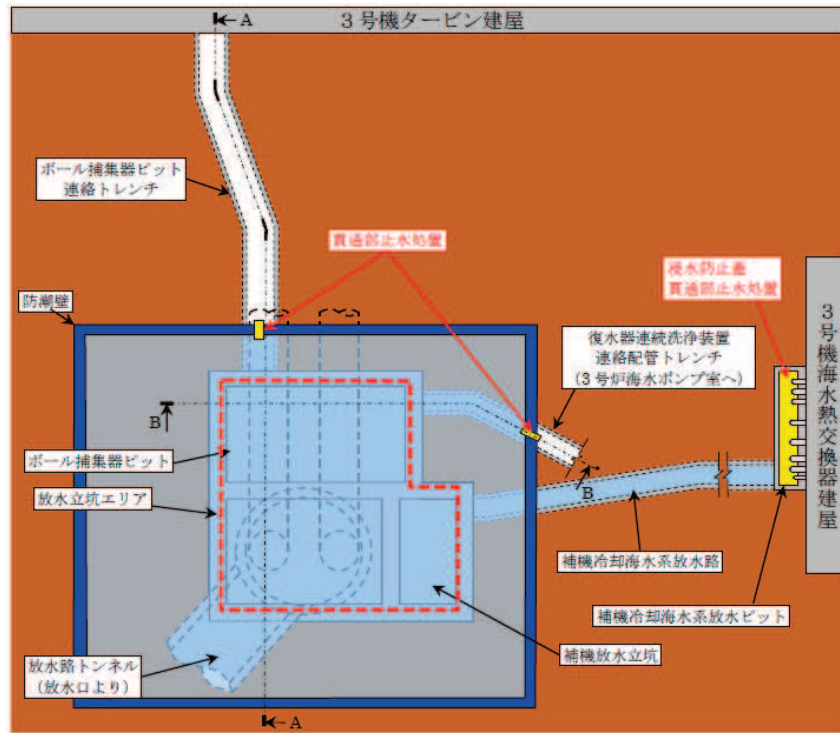
図2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（6／11）



第2号機放水立坑（A-A断面図）

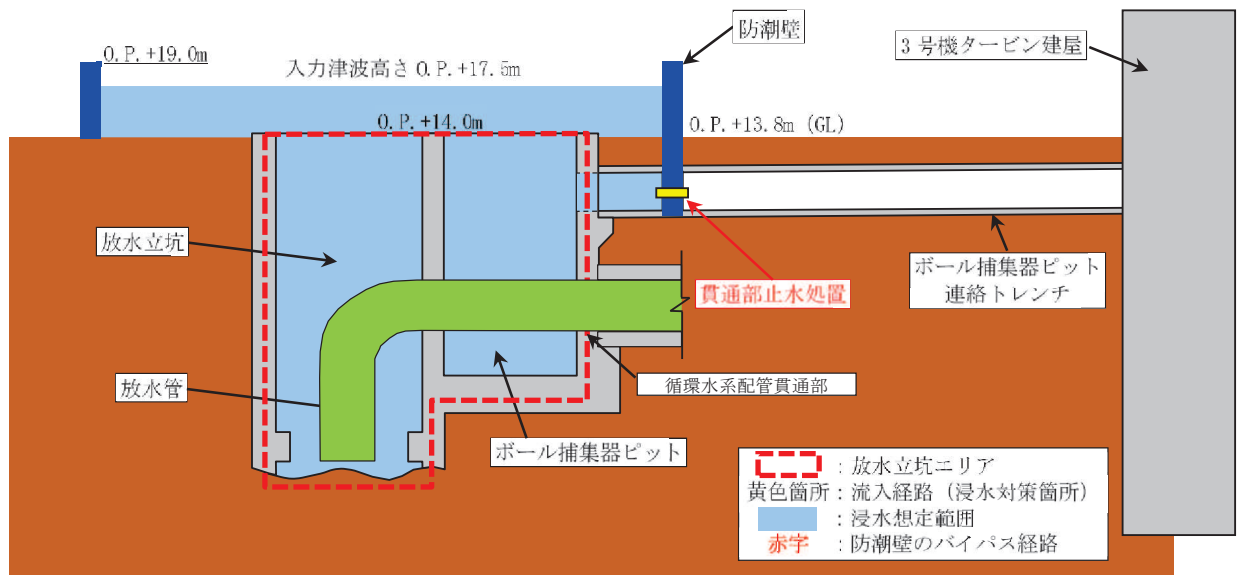
図2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（7／11）





第3号機放水立坑（平面図）

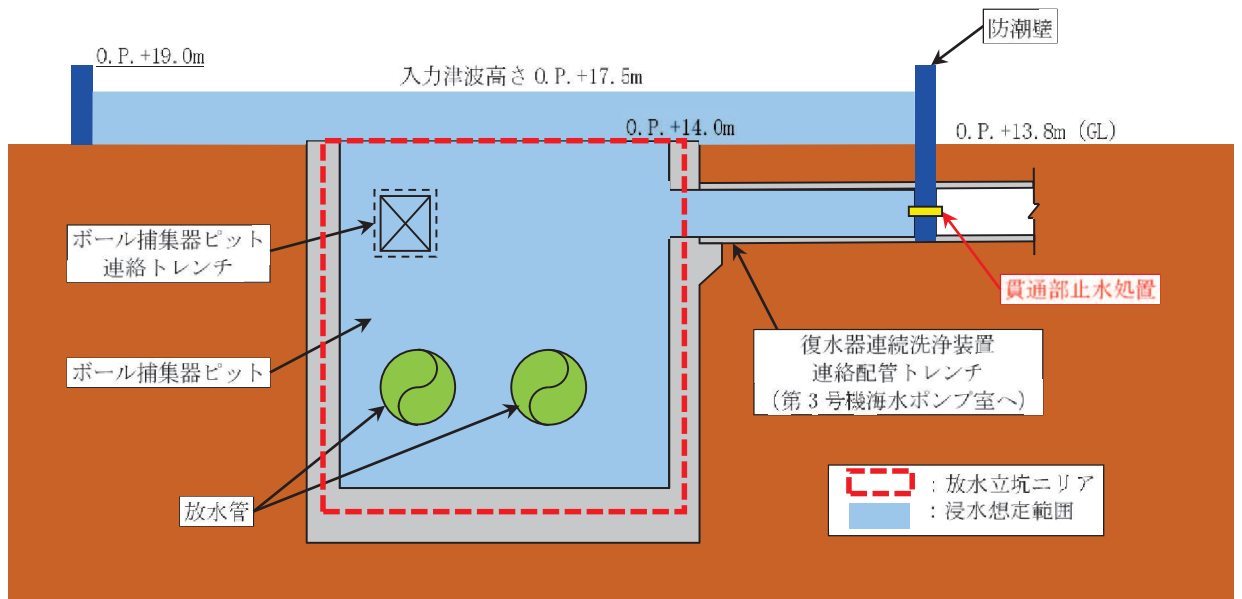
図2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（8／11）



第3号機放水立坑（A-A 断面図）

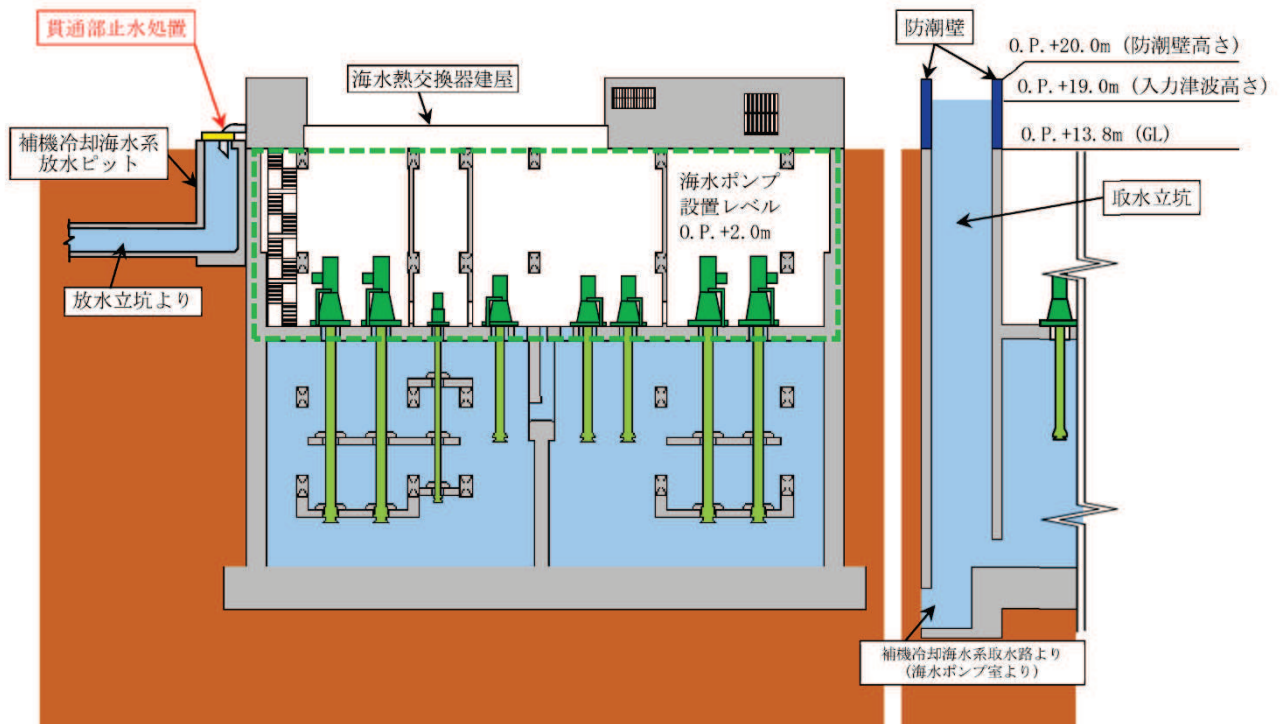
図2-1 貫通部止水処置（外郭防護）の設置位置図（9／11）





第3号機放水立坑 (B-B 断面図)

図2-1 貫通部止水処置 (外郭防護) の設置位置図 (10/11)



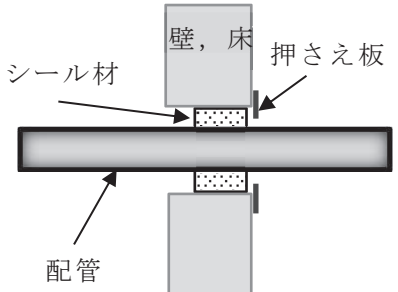
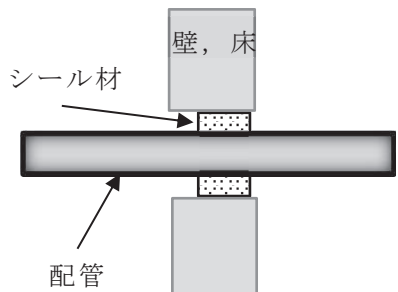
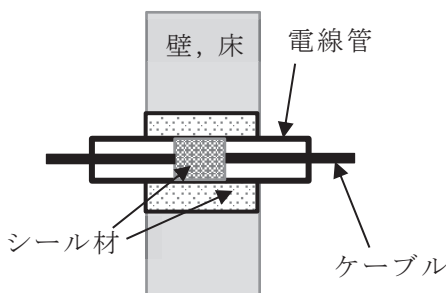
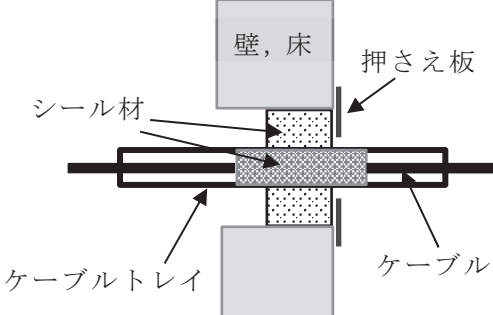
第3号機海水熱交換器建屋

図2-1 貫通部止水処置 (外郭防護) の設置位置図 (11/11)

## 2.2 構造計画

貫通部止水処置（外郭防護）は，貫通部の位置や条件に応じて，シリコンシール，  
を使用し，適用条件を考慮し施工する。シリコンシールは壁又は蓋の貫通口と貫通物  
のすき間に施工し，壁又は蓋と貫通物を接合する構造とする。なお，モルタルを適用  
している箇所はない。貫通部止水処置（外郭防護）の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2 構造計画（貫通部止水処置（外郭浸水防護設備））

| 計画の概要                                                                                    |                         | 説明図                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                                                                  | 主体構造                    |                                                                                                                    |
| 貫通部の開口部にシリコンシーリング材を充填する。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。 | 充填タイプのシリコンシーリング材にて構成する。 |  <p>シリコンシーリングの構造例（押さえ板有り）</p>    |
|                                                                                          |                         |  <p>シリコンシーリングの構造例（押さえ板無し）</p>   |
|                                                                                          |                         |  <p>シリコンシーリングの構造例（電線管）</p>     |
|                                                                                          |                         |  <p>シリコンシーリングの構造例（ケーブルトレイ）</p> |
|                                                                                          |                         |                                                                                                                    |

### 2.3 評価方針

貫通部止水処置（外郭防護）の耐震評価は、「2.2 構造計画」に示す貫通部止水処置の構造を踏まえ、地震による貫通部止水処置（外郭防護）への影響がないことを確認する。

### 3. 評価結果

貫通部止水処置（外郭浸水防護設備）の耐震評価は、「2.2 構造計画」に示す構造計画にて設定している構造に基づき、評価を実施する。

シリコンシールについては、貫通部に適用するシール材の耐震性を満足させるため、貫通部直近に支持構造物を設置する設計としており、地震時は防潮壁，第2号機海水ポンプ室壁面，第3号機海水ポンプ室壁面及び浸水防止蓋と貫通物が一体で動くことから、貫通物との相対変位の影響も軽微である。また、電線管，ケーブルトレイ内に適用するシール材は、柔軟性及び余長を有するケーブルのすき間に充填することとしており、地震時にケーブルに発生する荷重は、シール材接着部の許容荷重に対して十分に小さく地震による影響は軽微である。このため、地震によるシリコンシールへの影響は軽微であり、健全性が損なわれることはない。

なお、モルタルによる止水処置の場合には、地震時に貫通物の反力が直接作用することが考えられるが、適用箇所がないことから耐震計算による評価は不要である。

VI-2-10-2-11-2 貫通部止水処置（内郭防護）の耐震性についての  
計算書

## 目 次

|                |    |
|----------------|----|
| 1. 概要          | 1  |
| 2. 一般事項        | 2  |
| 2.1 配置概要       | 2  |
| 2.2 構造計画       | 2  |
| 2.3 評価方針       | 5  |
| 2.4 適用規格・基準等   | 7  |
| 2.5 記号の説明      | 8  |
| 3. 評価対象部位      | 9  |
| 4. 構造強度評価      | 10 |
| 4.1 構造強度評価方法   | 10 |
| 4.2 荷重及び荷重の組合せ | 10 |
| 4.2.1 荷重の設定    | 10 |
| 4.2.2 荷重の組合せ   | 11 |
| 4.3 許容限界       | 11 |
| 4.4 設計用地震力     | 13 |
| 4.5 計算方法       | 14 |
| 4.5.1 荷重計算     | 14 |
| 4.6 計算条件       | 15 |
| 5. 評価結果        | 16 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度に基づき、浸水防護施設のうち、貫通部止水処置（内郭防護）（以下、貫通部止水処置という。）が設計用地震力に対して、主要な構造部材が津波による溢水を考慮した浸水又は内部溢水の伝播を防止する機能を維持するための十分な構造健全性を有することを説明するものである。その耐震評価は貫通部止水処置の荷重又は応力評価により行う。

貫通部止水処置は、設計基準対象施設においては浸水防止設備としてSクラス及びCクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、耐津波設計による貫通部止水処置の耐震評価においては、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約1mの地盤沈下が発生したことを考慮する。



## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

貫通部止水処置は原子炉建屋，タービン建屋，制御建屋，海水ポンプ室及び軽油タンクエリアの貫通口と貫通物とのすき間に施工する。

### 2.2 構造計画

貫通部止水処置は，貫通部の位置や条件に応じて，シール材，モルタル及びブーツを使用し，各貫通部止水処置の適用条件を考慮し施工する。シール材及びモルタルは壁又は床面の貫通口と貫通物のすき間に施工し，壁又は床面と貫通部を接合する構造とする。ブーツは，伸縮性ゴムを用い，壁又は床面の貫通口スリーブと配管を締付けバンドにて固定する構造とする。貫通部止水処置の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画 (1/2)

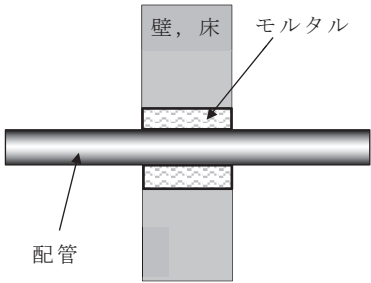
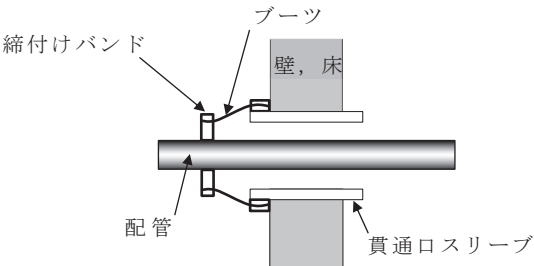
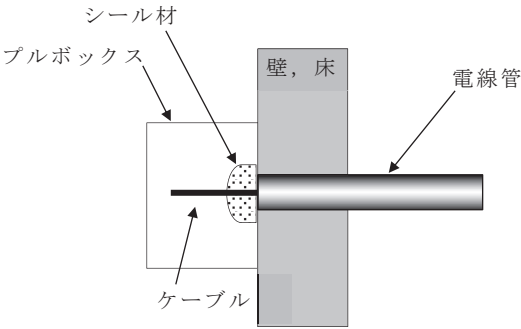
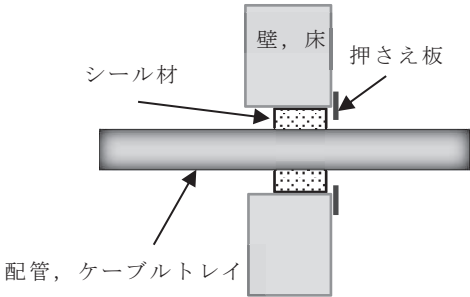
| 設備名称        | 計画の概要             |                                                                                    | 概略構造図                                                                                                                                                                                        |
|-------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 主体構造              | 支持構造                                                                               |                                                                                                                                                                                              |
| 貫通部<br>止水処置 | モルタルにて構成する。       | 貫通部の開口部にモルタルを充填し, 硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。                                 |                                                                                                           |
|             | ブーツと締付けバンドにて構成する。 | 高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるよう伸縮性ゴムを用い, 壁面又は床面の貫通口スリーブと配管を締付けバンドにて締結する。                |                                                                                                           |
|             | 充填タイプのシール材にて構成する。 | 貫通部の開口部にシール材を充填する。施工時は液状であり, 反応効果によって所定の強度を有する構造物が形成され貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。 | <br> <p>(押さえ板有り)</p> |

表 2-1 貫通部止水処置の構造計画（2/2）

| 設備名称        | 計画の概要                     |                                                                                      | 概略構造図           |
|-------------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
|             | 主体構造                      | 支持構造                                                                                 |                 |
| 貫通部<br>止水処置 | 充填タイプの<br>シール材にて<br>構成する。 | 貫通部の開口部にシール材を充填する。施工時は液状であり、反応効果によって所定の強度を有する構造物が形成され貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。    | <p>(押さえ板無し)</p> |
|             | コーキングタイプのシール材にて構成する。      | 貫通部の開口部と貫通部の隙間にコーキングする。施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、鉄板及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。 |                 |

### 2.3 評価方針

貫通部止水処置の耐震評価は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき，「2.2 構造計画」に示す貫通部止水処置の構造を踏まえ，「3. 評価対象部位」にて設定する評価対象部位において，発生する荷重が許容限界内に収まることを「4. 構造強度評価」に示す方法にて確認することで実施し，確認結果を「5. 評価結果」に示す。貫通部止水処置のうちモルタルの耐震評価フローを図 2-1 に示す。

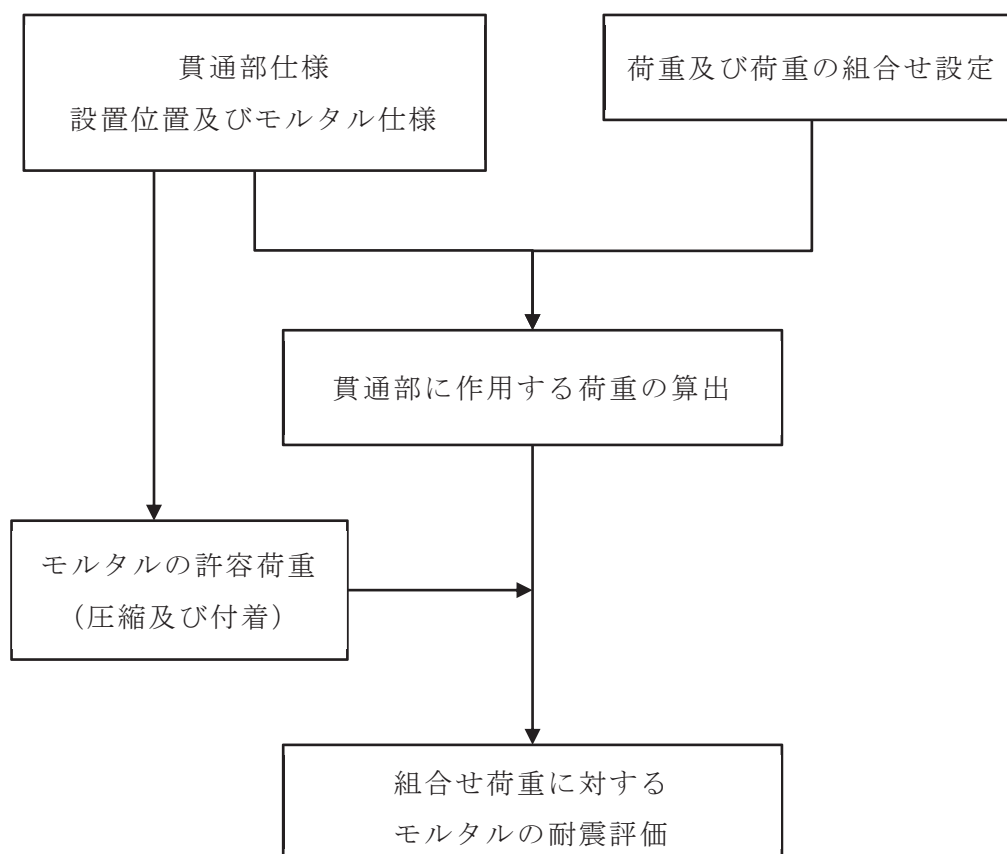


図 2-1 モルタルの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- (1) 土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・ 補  
－1984)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 －1987)
- (4) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 －1991 追補版)  
(以下「J E A G 4 6 0 1」と記載しているものは上記 3 指針を指す。)
- (5) 機械工学便覧 (日本機械学会)

## 2.5 記号の説明

モルタルの耐震評価に用いる記号を表 2-2 に示す。

表 2-2 モルタルの耐震評価に用いる記号

| 記号         | 定義                             | 単位              |
|------------|--------------------------------|-----------------|
| $A_P$      | 貫通物の投影面積                       | $\text{mm}^2$   |
| $C_H$      | 基準地震動 $S_s$ により生じる貫通物の水平方向設計震度 | —               |
| $C_V$      | 基準地震動 $S_s$ により生じる貫通物の鉛直方向設計震度 | —               |
| $f_c$      | モルタルの許容圧縮荷重                    | kN              |
| $d$        | モルタル貫通物の直径                     | mm              |
| $f_s$      | モルタルの許容付着荷重                    | kN              |
| $f'_{bok}$ | モルタル付着強度                       | $\text{N/mm}^2$ |
| $f'_{ck}$  | モルタル圧縮強度                       | $\text{N/mm}^2$ |
| $F_c$      | 貫通物反力によりモルタルに生じる圧縮荷重           | kN              |
| $F_{H1}$   | 壁貫通物の軸方向に作用する付着荷重              | N               |
| $F_{H2}$   | 床及び壁貫通物の軸直方向に作用する圧縮荷重          | N               |
| $F_{V1}$   | 床貫通物の軸方向に作用する付着荷重              | N               |
| $F_{V2}$   | 壁貫通物の軸直方向に作用する圧縮荷重             | N               |
| $g$        | 重力加速度                          | $\text{m/s}^2$  |
| $L$        | 貫通物の支持間隔                       | mm              |
| $L_w$      | モルタルの充填深さ                      | mm              |
| $S$        | 貫通物の周長                         | mm              |
| $w$        | 貫通物の支持間隔の単位長さ当たりの質量            | $\text{kg/m}$   |
| $\gamma_c$ | 材料定数                           | —               |

### 3. 評価対象部位

貫通部止水処置の評価対象部位は、「2.2 構造計画」にて設定している構造に従って、地震荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し選定する。

モルタルについては、地震時に貫通物の反力が直接作用することが考えられる。

シーリング材については、貫通部近傍に支持構造物を設置しており、地震時は建屋壁と貫通物が一体で動くことから、相対変位が軽微な箇所に設置している。また、電線管、ケーブルトレイ内に適用するシーリング材は、柔軟性及び余長を有するケーブルすき間に充填することとしており、地震時にケーブルに発生する荷重は小さく軽微である。このため、地震によるシーリング材への影響は軽微であることから評価対象部位としない。

ブーツについては、伸縮性ゴムを使用しており、配管の地震変位に対しても十分な伸縮性を有している。このため、地震による影響は軽微であることから評価対象部位としない。

以上より、貫通部止水処置のうち、モルタルを用いた貫通部を評価対象部位とする。また、モルタルに作用する荷重が最も大きい貫通部を代表として評価する。モルタルを用いた貫通部のうち、貫通物がないため埋め戻しを行っている貫通部は貫通物の追従により生じる荷重がないため、貫通物を通っている場合の評価に包絡される。

モルタルの評価対象部位を図 3-1 に示す。

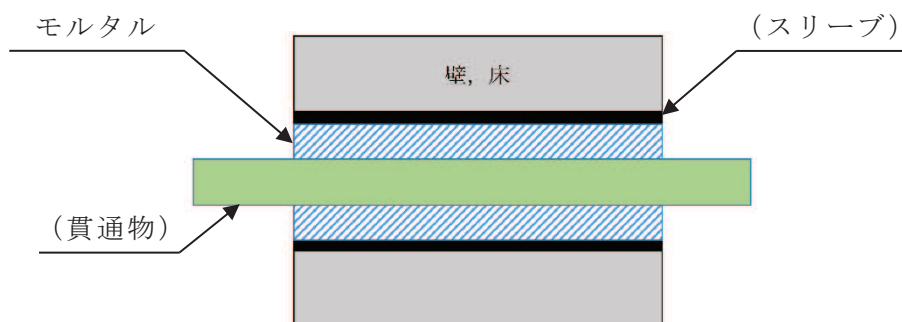


図 3-1 モルタルの評価対象部位



#### 4. 構造強度評価

##### 4.1 構造強度評価方法

- (1) 貫通部止水処置の評価対象部位の荷重評価を実施し，発生荷重を算出する。
- (2) 評価対象部位の発生荷重と許容荷重を比較し，発生荷重が許容荷重以下であることを確認する。

##### 4.2 荷重及び荷重の組合せ

耐震評価に用いる荷重及び荷重の組合せに関して以下に示す。

###### 4.2.1 荷重の設定

###### (1) モルタルに作用する地震荷重

強度評価に用いる荷重は，以下の荷重を用いる。

###### a. 固定荷重(D)

固定荷重として，貫通軸上の貫通物（配管等を示す。以下同じ。）及びその内容物の質量を考慮する。

###### b. 基準地震動 $S_s$ による地震荷重( $S_s$ )

地震荷重は，基準地震動  $S_s$  に伴う地震力とする。

モルタルに作用する荷重は，付着荷重及び圧縮荷重を考慮する。地震動により貫通物に地震荷重が発生し，その荷重がモルタルに作用するものとして算出する。

###### (a) 貫通物からモルタルに作用する地震荷重

モルタルに作用する荷重はモルタル端部とモルタルから最も近い支持構造物までの間の貫通物の固定荷重と地震荷重が作用する。評価においては，安全側の評価となる様に貫通部の両側の支持構造物間の貫通物の固定荷重及び地震力がモルタルに作用し，モルタルに反力が発生するものとして荷重を算出する。貫通物からモルタルに作用する荷重作用図を図 4-1 に示す。

また，貫通部は柔構造となる場合もあることから，貫通物の設置場所における床応答スペクトル，当該スペクトルが無い場合は上層の床応答スペクトルの最大応答加速度を用いて算出する。

(b) 評価において考慮する貫通部

評価においては、それぞれの貫通部のうち、発生する荷重が最も大きいものを算出する。

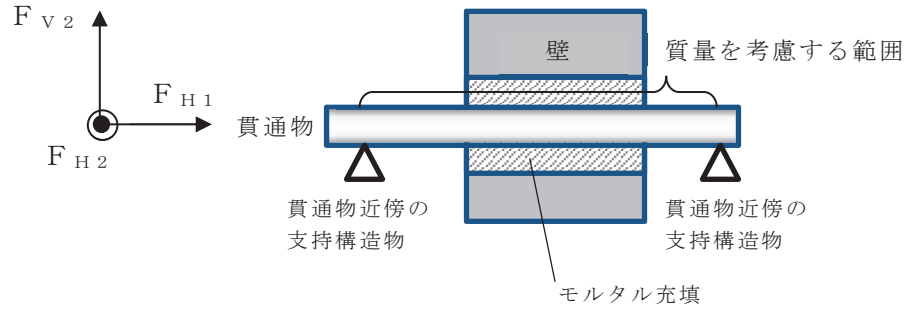


図 4-1 モルタルへの荷重作用図

4.2.2 荷重の組合せ

貫通部止水処置（モルタル）の荷重の組合せを表 4-1 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ

| 施設区分   | 機器名称              | 荷重の組合せ*   |
|--------|-------------------|-----------|
| 浸水防護施設 | 貫通部止水処置<br>(モルタル) | $D + S_s$ |

注記 \* :  $D$  は固定荷重,  $S_s$  は基準地震動  $S_s$  による地震荷重を示す。

4.3 許容限界

貫通部止水処置の許容限界に関して以下に示す。

(1) モルタル

各評価対象部位の許容値は、土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] に規定される許容限界を用いる。

貫通部止水処置の許容限界を表 4-2、貫通部止水処置の許容限界評価条件を表 4-3、貫通部止水処置の許容限界算出結果を表 4-4 に示す。

表 4-2 貫通部止水処置の設計にて考慮する許容限界（許容荷重）

| 状態 | 許容限界* |       |
|----|-------|-------|
|    | 付着荷重  | 圧縮荷重  |
| 短期 | $f_s$ | $f_c$ |

注記 \*：モルタルの許容限界は，土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]により，モルタルの許容付着荷重  $f_s$ ，モルタル付着強度  $f'_{bok}$  及びモルタルの許容圧縮荷重  $f_c$  を算出する。モルタル圧縮強度  $f'_{ck}$  は設計値を用いる。なお，同一貫通部に異なる口径の貫通物が設置されている場合，許容付着荷重の計算に使う周長  $S$  は保守的に最も口径の小さい貫通物の周長を適用し，許容圧縮荷重の計算に使う直径  $d$  も保守的に最も口径の小さい貫通物の直径を適用する。本計算書では，許容付着荷重の計算に適用する貫通物の口径 25A，許容圧縮荷重の計算に適用する貫通物の口径 25A，モルタルの充填深さ  $L_w = 300 \text{ mm}$  とする。

$$\begin{aligned} \text{許容付着荷重 } f_s &= f'_{bok} \cdot S \cdot L_w / \gamma_c \\ f'_{bok} &= 0.28 \cdot f'_{ck}{}^{2/3} \cdot 0.4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{許容圧縮荷重 } f_c &= f'_{ck} \cdot A_p / \gamma_c \\ A_p &= d \cdot L_w \end{aligned}$$

表 4-3 貫通部止水処置の許容限界評価条件

| 評価対象部位 | $f'_{ck}{}^{*1}$<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | $\gamma_c{}^{*2}$ |
|--------|-----------------------------------------|-------------------|
| モルタル   | 30                                      | 1.3               |

注記 \*1：モルタル圧縮強度

\*2：材料定数

表 4-4 貫通部止水処置の許容限界算出結果

| 状態 | 評価対象部位 | 許容限界               |                    |
|----|--------|--------------------|--------------------|
|    |        | 付着荷重 $f_s$<br>(kN) | 圧縮荷重 $f_c$<br>(kN) |
| 短期 | モルタル   | 26                 | 235                |

#### 4.4 設計用地震力

モルタルの耐震計算に用いる設計震度は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方法」における設計用地震力に基づき設計する。モルタルの耐震計算に用いる設計震度を表 4-5 に示す。

表 4-5 モルタルの耐震計算に用いる設計震度

| 地震動                     | 設置場所及び<br>床面高さ<br>(mm)                             | 地震による設計震度* <sup>1</sup> |       |
|-------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------|-------|
| 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 海水ポンプ室<br>O.P. 8400<br>(O.P. 11025* <sup>2</sup> ) | 水平方向 C <sub>H</sub>     | 26.11 |
|                         |                                                    | 鉛直方向 C <sub>V</sub>     | 24.33 |

注記 \*1：モルタルは評価対象箇所が多いことから，設計震度の算出が建屋毎に全ての対象箇所を包絡するように全周期帯の最大加速度を用いた。また，保守的な評価となるように設置場所の床応答曲線は減衰定数 0.5%を適用した。

\*2：設置場所より上層の基準床レベルを示す。

## 4.5 計算方法

### 4.5.1 荷重計算

#### (1) モルタル

固定荷重及び基準地震動  $S_s$  による貫通物の反力によりモルタルに生じる荷重を算出する。

##### a. 付着荷重

付着荷重は、貫通物の水平反力又は鉛直反力から次のとおり算出する。

##### (a) 床貫通部

$$F_{V1} = w (1 + C_V) \cdot L \cdot g$$

##### (b) 壁貫通部

$$F_{H1} = w \cdot C_H \cdot L \cdot g$$

##### b. 圧縮荷重

圧縮荷重は、貫通物の水平反力及び鉛直反力から次のとおり算出する。

##### (a) 床貫通部

床貫通部には、水平 2 方向から  $F_{H2}$  の荷重が作用するため、2 方向の合成荷重を圧縮荷重  $F_C$  とする。

$$F_{H2} = 5/8 \cdot w \cdot C_H \cdot L \cdot g$$

$$F_C = \sqrt{2 \cdot F_{H2}^2}$$

##### (b) 壁貫通部

壁貫通部には、水平方向と鉛直方向から各々  $F_{H2}$ 、 $F_{V2}$  のせん断力が圧縮荷重として作用するため、2 方向の合成荷重を圧縮荷重  $F_C$  とする。

$$F_{H2} = 5/8 \cdot w \cdot C_H \cdot L \cdot g$$

$$F_{V2} = 5/8 \cdot w (1 + C_V) \cdot L \cdot g$$

$$F_C = \sqrt{F_{H2}^2 + F_{V2}^2}$$

4.6 計算条件

(1) モルタル

貫通部止水処置（モルタル）の耐震評価に関する荷重評価条件を表 4-6 に示す。

表 4-6 モルタルの耐震評価に関する荷重評価条件

| 貫通部箇所<br>(貫通部仕様)         | モルタルの充填深さ<br>$L_w$<br>(mm) | 貫通部から近傍支持<br>点までの距離<br>$L$<br>(mm) | 貫通部から支持点ま<br>での単位長さ当たり<br>の質量<br>$w$<br>(kg/m) |
|--------------------------|----------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------|
| 海水ポンプ室<br>壁貫通部<br>(モルタル) | 300                        | 2870                               | <div></div>                                    |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

5. 評価結果

貫通部止水処置（モルタル）の耐震評価結果を表5-1に示す。貫通部止水処置の評価対象部位における発生荷重は許容荷重以下であり、構造部材が設計用地震力に対して溢水の伝播を防止する機能を維持するための十分な構造健全性を有することを確認した。

表5-1 モルタルの耐震評価結果

| 荷重   | 発生荷重<br>(kN) | 許容荷重<br>(kN) |
|------|--------------|--------------|
| 付着荷重 | <div></div>  | 26           |
| 圧縮荷重 | <div></div>  | 235          |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## VI-2-10-2-13 津波監視設備の耐震性についての計算書



## 目 次

VI-2-10-2-13-1 津波監視カメラの耐震性についての計算書

VI-2-10-2-13-2 取水ピット水位計の耐震性についての計算書

VI-2-10-2-13-2 取水ピット水位計の耐震性についての計算書

## 目次

|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| 1.    | 概要               | 1  |
| 2.    | 検出器              | 3  |
| 2.1   | 概要               | 3  |
| 2.2   | 一般事項             | 3  |
| 2.2.1 | 構造計画             | 3  |
| 2.2.2 | 評価方針             | 5  |
| 2.2.3 | 適用規格・基準等         | 5  |
| 2.2.4 | 記号の説明            | 6  |
| 2.2.5 | 計算精度と数値の丸め方      | 7  |
| 2.3   | 評価部位             | 8  |
| 2.4   | 固有周期             | 8  |
| 2.5   | 構造強度評価           | 8  |
| 2.5.1 | 構造強度評価方法         | 8  |
| 2.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力     | 8  |
| 2.6   | 機能維持評価           | 11 |
| 2.6.1 | 電氣的機能維持評価方法      | 11 |
| 2.7   | 評価結果             | 12 |
| 2.7.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 12 |
| 3.    | バブラー管            | 16 |
| 3.1   | 概要               | 16 |
| 3.2   | 一般事項             | 16 |
| 3.2.1 | 構造計画             | 16 |
| 3.2.2 | 評価方針             | 18 |
| 3.2.3 | 適用規格・基準等         | 19 |
| 3.2.4 | 記号の説明            | 20 |
| 3.2.5 | 計算精度と数値の丸め方      | 21 |
| 3.3   | 評価部位             | 22 |
| 3.4   | 固有周期             | 22 |
| 3.4.1 | 固有値解析方法          | 22 |
| 3.4.2 | 解析モデル及び諸元        | 22 |
| 3.4.3 | 固有値解析結果          | 24 |
| 3.5   | 構造強度評価           | 25 |
| 3.5.1 | 構造強度評価方法         | 25 |
| 3.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力     | 25 |

|       |                  |    |
|-------|------------------|----|
| 3.5.3 | 設計用地震力           | 28 |
| 3.5.4 | 計算方法             | 29 |
| 3.5.5 | 計算条件             | 33 |
| 3.5.6 | 応力の評価            | 33 |
| 3.6   | 評価結果             | 34 |
| 3.6.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 34 |
| 4.    | バブラー管（フランジ部）     | 39 |
| 4.1   | 概要               | 39 |
| 4.2   | 一般事項             | 39 |
| 4.2.1 | 構造計画             | 39 |
| 4.2.2 | 評価方針             | 41 |
| 4.2.3 | 適用規格・基準等         | 42 |
| 4.2.4 | 記号の説明            | 43 |
| 4.2.5 | 計算精度と数値の丸め方      | 44 |
| 4.3   | 評価部位             | 45 |
| 4.4   | 固有周期             | 45 |
| 4.4.1 | 固有値解析方法          | 45 |
| 4.4.2 | 解析モデル及び諸元        | 45 |
| 4.4.3 | 固有値解析結果          | 47 |
| 4.5   | 構造強度評価           | 48 |
| 4.5.1 | 構造強度評価方法         | 48 |
| 4.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力     | 48 |
| 4.5.3 | 設計用地震力           | 51 |
| 4.5.4 | 計算方法             | 52 |
| 4.5.5 | 計算条件             | 55 |
| 4.5.6 | 応力の評価            | 55 |
| 4.6   | 評価結果             | 56 |
| 4.6.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 56 |
| 5.    | アキュムレータ          | 61 |
| 5.1   | 概要               | 61 |
| 5.2   | 一般事項             | 61 |
| 5.2.1 | 構造計画             | 61 |
| 5.2.2 | 評価方針             | 63 |
| 5.2.3 | 適用規格・基準等         | 63 |
| 5.2.4 | 記号の説明            | 64 |
| 5.2.5 | 計算精度と数値の丸め方      | 67 |

|       |                   |     |
|-------|-------------------|-----|
| 5.3   | 評価部位              | 68  |
| 5.4   | 固有周期              | 68  |
| 5.4.1 | 固有周期の計算           | 68  |
| 5.5   | 構造強度評価            | 68  |
| 5.5.1 | 構造強度評価方法          | 68  |
| 5.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力      | 68  |
| 5.5.3 | 設計用地震力            | 73  |
| 5.5.4 | 計算方法              | 73  |
| 5.5.5 | 計算条件              | 73  |
| 5.5.6 | 応力の評価             | 74  |
| 5.6   | 評価結果              | 76  |
| 5.6.1 | 重大事故等対処設備としての評価結果 | 76  |
| 6.    | ボンベラック            | 80  |
| 6.1   | 概要                | 80  |
| 6.2   | 一般事項              | 80  |
| 6.2.1 | 構造計画              | 80  |
| 6.2.2 | 評価方針              | 82  |
| 6.2.3 | 適用規格・基準等          | 83  |
| 6.2.4 | 記号の説明             | 84  |
| 6.2.5 | 計算精度と数値の丸め方       | 85  |
| 6.3   | 評価部位              | 86  |
| 6.4   | 構造強度評価            | 86  |
| 6.4.1 | 構造強度評価方法          | 86  |
| 6.4.2 | 荷重の組合せ及び許容応力      | 86  |
| 6.4.3 | 解析モデル及び諸元         | 89  |
| 6.4.4 | 固有周期              | 94  |
| 6.4.5 | 設計用地震力            | 94  |
| 6.4.6 | 計算方法              | 95  |
| 6.4.7 | 計算条件              | 96  |
| 6.4.8 | 応力の評価             | 96  |
| 6.5   | 評価結果              | 98  |
| 6.5.1 | 設計基準対象施設としての評価結果  | 98  |
| 7.    | 管                 | 102 |
| 7.1   | 概要                | 102 |
| 7.2   | 概略系統図及び鳥瞰図        | 103 |
| 7.2.1 | 概略系統図             | 103 |

|       |                |     |
|-------|----------------|-----|
| 7.2.2 | 鳥瞰図            | 106 |
| 7.3   | 計算条件           | 115 |
| 7.3.1 | 計算方法           | 115 |
| 7.3.2 | 荷重の組合せ及び許容応力状態 | 116 |
| 7.3.3 | 設計条件           | 117 |
| 7.3.4 | 材料及び許容応力       | 127 |
| 7.3.5 | 設計用地震力         | 128 |
| 7.4   | 解析結果及び評価       | 130 |
| 7.4.1 | 固有周期及び設計震度     | 130 |
| 7.4.2 | 評価結果           | 132 |

## 1. 概要

取水ピット水位計は，設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。

以下，取水ピット水位計を構成する検出器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電気的機能を有していること，バブラー管，アキュムレータ，ポンベラック及び管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

### (1) 検出器

添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，取水ピット水位計に用いる検出器の計算結果を本計算書に記載する。

### (2) バブラー管

添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき，取水ピット水位計に使用するバブラー管の計算結果を本計算書に記載する。

### (3) アキュムレータ

添付書類「VI-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，取水ピット水位計に空気を供給するアキュムレータの計算結果を本計算書に記載する。

### (4) ポンベラック

添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している機能維持の設計方針に基づき，検出器に空気を供給するポンベラックの計算結果を本計算書に記載する。

### (5) 管

添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき，検出器に空気を供給する管の計算結果を本計算書に記載する。

取水ピット水位計構成図を図 1-1 に示す。

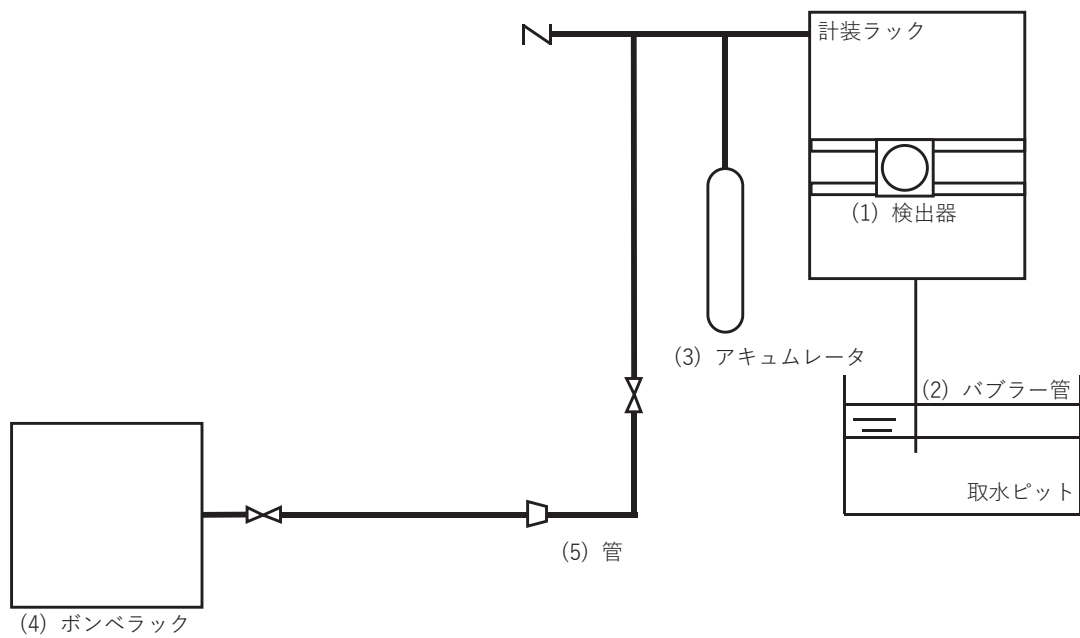


図 1-1 取水ピット水位計構成図



## 2. 検出器

### 2.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、検出器が設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを説明するものである。

検出器は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価及び電氣的機能維持評価を示す。

なお、検出器が設置される計装ラックは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載の壁掛形計装ラックであるため、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

構造強度評価については、計装ラックの取付ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。また、電氣的機能維持評価については、評価用加速度が最大となる計器について代表として評価する。電氣的機能維持評価に用いる評価用加速度は、設置床高さが同じで計装ラックが剛構造の場合は同じ加速度となることから、構造強度評価の代表として選定した検出器を代表として評価する。評価対象を表 2-1 に示す。

表 2-1 概略構造識別

| 評価部位                         | 評価方法                                 | 構造計画       |
|------------------------------|--------------------------------------|------------|
| P45-LT023A<br>P45-LT023B（代表） | VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針 | 表 2-1 構造計画 |

### 2.2 一般事項

#### 2.2.1 構造計画

検出器の構造計画を表 2-2 に示す。

表 2-2
構造計画

| 計画の概要                                                                                                                |                 | 概略構造図          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|----------------|
| 基礎・支持構造                                                                                                              | 主体構造            |                |
| <p>検出器は、計器取付ボルトにより取付板に固定され、取付板は、取付板取付ボルトにより計装ラックに固定される。</p> <p>計装ラックは、チャンネルベースに取付ボルトで固定され、チャンネルベースは壁に基礎ボルトで設置する。</p> | <p>差圧式水位検出器</p> | <p>(単位：mm)</p> |

### 2.2.2 評価方針

検出器の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2.1 構造計画」にて示す検出器の部位を踏まえ「2.3 評価部位」にて設定する箇所において、「2.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「2.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。また、検出器の機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した電氣的機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が電氣的機能確認済加速度以下であることを、「2.6 機能維持評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「2.7 評価結果」に示す。

検出器の耐震評価フローを図 2-2-1 に示す。

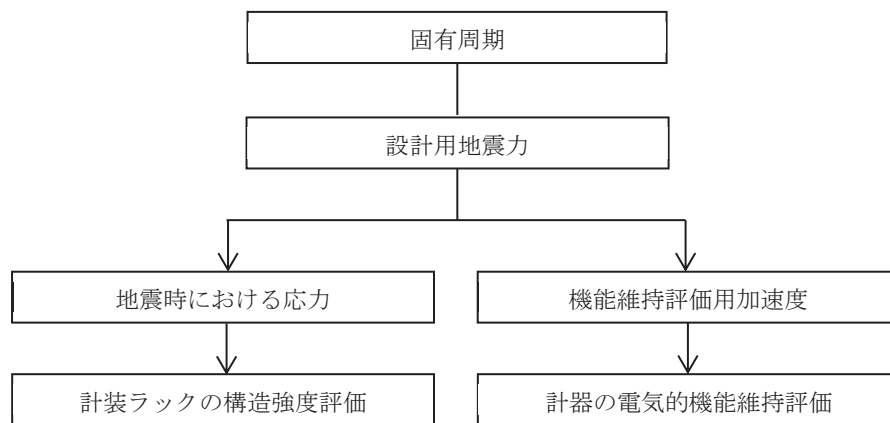


図 2-1 検出器の耐震評価フロー

### 2.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 - 1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・ 補 - 1984)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1 - 2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下「設計・建設規格」という。)

## 2.2.4 記号の説明

| 記号            | 記号の説明                                                                 | 単位             |
|---------------|-----------------------------------------------------------------------|----------------|
| $A_{bi}$      | ボルトの軸断面積 <sup>*1</sup>                                                | $\text{mm}^2$  |
| $C_H$         | 水平方向設計震度                                                              | —              |
| $C_V$         | 鉛直方向設計震度                                                              | —              |
| $d_i$         | ボルトの呼び径 <sup>*1</sup>                                                 | mm             |
| $F_i$         | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値 <sup>*1</sup>                              | MPa            |
| $F_i^*$       | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値 <sup>*1</sup>                                  | MPa            |
| $F_{bi}$      | ボルトに作用する引張力(1 本あたり) <sup>*1</sup>                                     | N              |
| $F_{b1i}$     | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し左右方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力(1 本あたり) (壁掛形) <sup>*1</sup> | N              |
| $F_{b2i}$     | 鉛直方向地震及び壁掛取付面に対し前後方向の水平方向地震によりボルトに作用する引張力(1 本あたり) (壁掛形) <sup>*1</sup> | N              |
| $f_{sbi}$     | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 <sup>*1</sup>                                   | MPa            |
| $f_{toi}$     | 引張力のみを受けるボルトの許容引張応力 <sup>*1</sup>                                     | MPa            |
| $f_{tsi}$     | 引張力とせん断力を同時に受けるボルトの許容引張応力 <sup>*1</sup>                               | MPa            |
| $g$           | 重力加速度(=9.80665)                                                       | $\text{m/s}^2$ |
| $h_i$         | 取付面から重心までの距離 <sup>*2</sup>                                            | mm             |
| $\ell_{1i}$   | 重心と下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形) <sup>*1</sup>                                   | mm             |
| $\ell_{2i}$   | 上側ボルトと下側ボルト間の鉛直方向距離(壁掛形) <sup>*1</sup>                                | mm             |
| $\ell_{3i}$   | 左側ボルトと右側ボルト間の水平方向距離(壁掛形) <sup>*1</sup>                                | mm             |
| $m_i$         | 計装ラックの質量 <sup>*2</sup>                                                | kg             |
| $n_i$         | ボルトの本数 <sup>*1</sup>                                                  | —              |
| $n_{fVi}$     | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数<br>(側面方向) (壁掛形) <sup>*1</sup>                 | —              |
| $n_{fHi}$     | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数<br>(正面方向) (壁掛形) <sup>*1</sup>                 | —              |
| $Q_{bi}$      | ボルトに作用するせん断力 <sup>*1</sup>                                            | N              |
| $Q_{b1i}$     | 水平方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形) <sup>*1</sup>                              | N              |
| $Q_{b2i}$     | 鉛直方向地震によりボルトに作用するせん断力(壁掛形) <sup>*1</sup>                              | N              |
| $S_{ui}$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 9 に定める値 <sup>*1</sup>                          | MPa            |
| $S_{yi}$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める値 <sup>*1</sup>                          | MPa            |
| $S_{yi}(RT)$  | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に定める材料の 40℃における値 <sup>*1</sup>               | MPa            |
| $\pi$         | 円周率                                                                   | —              |
| $\sigma_{bi}$ | ボルトに生じる引張応力 <sup>*1</sup>                                             | MPa            |
| $\tau_{bi}$   | ボルトに生じるせん断応力 <sup>*1</sup>                                            | MPa            |

注記 \*1:  $A_{bi}$ ,  $d_i$ ,  $F_i$ ,  $F_i^*$ ,  $F_{bi}$ ,  $F_{b1i}$ ,  $F_{b2i}$ ,  $f_{sbi}$ ,  $f_{toi}$ ,  
 $f_{tsi}$ ,  $\ell_{1i}$ ,  $\ell_{2i}$ ,  $\ell_{3i}$ ,  $n_i$ ,  $n_{fi}$ ,  $n_{fVi}$ ,  $n_{fHi}$ ,  $Q_{bi}$ ,  $Q_{b1i}$ ,  
 $Q_{b2i}$ ,  $S_{ui}$ ,  $S_{yi}$ ,  $S_{yi}(RT)$ ,  $\sigma_{bi}$ 及び $\tau_{bi}$ の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : 基礎ボルト

$i=2$ : 取付ボルト

\*2:  $h_i$  及び  $m_i$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

$i=1$ : 据付面

$i=2$ : 取付面

## 2.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 2-3 に示すとおりである。

表 2-3 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期  | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度    | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度    | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量    | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ    | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積    | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力     | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>      |

注記 \*1: 設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2: 絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3: 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 2.3 評価部位

検出器の耐震評価は「5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルト及び取付ボルトについて評価を実施する。

### 2.4 固有周期

検出器が設置される計装ラックの固有周期は、構造が同等であり、同様な振動特性を持つ計装ラックに対する振動試験（打振試験）の結果確認された固有周期を使用する。固有周期の確認結果を表 2-4 に示す。

表 2-4 固有周期 (単位：s)

| 水平方向    | 鉛直方向    |
|---------|---------|
| 0.05 以下 | 0.05 以下 |

### 2.5 構造強度評価

#### 2.5.1 構造強度評価方法

検出器の構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき行う。

#### 2.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 2.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

検出器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-5 に示す。

##### 2.5.2.2 許容応力

検出器の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 2-6 のとおりとする。

##### 2.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

検出器の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 2-7 に示す。

表 2-5 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分                   |            | 機器名称                | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                | 許容応力状態     |
|------------------------|------------|---------------------|---------|--------|-----------------------|------------|
| その他発電<br>用原子炉の<br>附属施設 | 浸水防護<br>施設 | 検出器<br>(P45-LT023B) | S       | —*     | $D + P_D + M_D + S_s$ | $III_{AS}$ |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 2-6
 許容応力（その他の支持構造物）

|                  |                      |                 |
|------------------|----------------------|-----------------|
| 許容応力状態           | 許容限界*1, *2<br>(ボルト等) |                 |
|                  | 一次応力                 |                 |
|                  | 引張り                  | せん断             |
| Ⅲ <sub>A</sub> S | $1.5 \cdot f_t$      | $1.5 \cdot f_s$ |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 2-7
 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材             | 材料     | 温度条件<br>(°C) |  | S <sub>y i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | S <sub>y i</sub> (R T)<br>(MPa) |
|------------------|--------|--------------|--|---------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 基礎ボルト<br>( i =1) | SUS304 | 周囲環境温度       |  | 205                       | 520                       | —                               |
| 取付ボルト<br>( i =2) | SUS304 | 周囲環境温度       |  | 40                        | 520                       | —                               |



2.6 機能維持評価

2.6.1 電氣的機能維持評価方法

検出器の電氣的機能維持評価は、添付書類「VI-2-1-13-8 計装ラックの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

計装ラックに設置される検出器の機能確認済加速度は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、同形式の検出器単体の正弦波加振試験において、電氣的機能の健全性を確認した評価部位の最大加速度を適用する。

機能確認済加速度を表 2-8 に示す。

| 表 2-8 機能確認済加速度 (×9.8m/s <sup>2</sup> ) |    |          |
|----------------------------------------|----|----------|
| 評価部位                                   | 方向 | 機能確認済加速度 |
| 検出器<br>(P45-LT023B)                    | 水平 |          |
|                                        | 鉛直 |          |

## 2.7 評価結果

### 2.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

検出器の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度及び電氣的機能を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

#### (2) 機能維持評価結果

電氣的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【検出器 (P45-LT023B) の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称                | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                       | 固有周期 (s) |          | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub>  |                       | 周囲環境<br>温度<br>(℃) |
|---------------------|---------|-----------------------------------------|----------|----------|-----------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
|                     |         |                                         | 水平方向     | 鉛直方向     | 水平方向<br>設計震度                      | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                   |
| 検出器<br>(P45-LT023B) | S       | 海水ポンプ室<br>0. P. 7. 25<br>(0. P. 2. 00*) | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | —                                 | —            | C <sub>H</sub> =2. 76 | C <sub>V</sub> =2. 21 | 40                |

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部 材             | m <sub>i</sub><br>(kg) | h <sub>i</sub><br>(mm) | ℓ <sub>1 i</sub> <sup>*1</sup><br>(mm) | ℓ <sub>2 i</sub> <sup>*1</sup><br>(mm) | ℓ <sub>3 i</sub> <sup>*1</sup><br>(mm) | d <sub>i</sub><br>(mm) | A <sub>b i</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n <sub>i</sub> | n <sub>f v i</sub> <sup>*1</sup> | n <sub>f H i</sub> <sup>*1</sup> |
|-----------------|------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------|------------------------|----------------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 基礎ボルト<br>(i =1) |                        |                        |                                        |                                        |                                        |                        |                                        |                |                                  |                                  |
|                 |                        |                        |                                        |                                        |                                        |                        |                                        |                |                                  |                                  |
|                 |                        |                        |                                        |                                        |                                        |                        |                                        |                |                                  |                                  |
|                 |                        |                        |                                        |                                        |                                        |                        |                                        |                |                                  |                                  |
| 取付ボルト<br>(i =2) |                        |                        |                                        |                                        |                                        |                        |                                        |                |                                  |                                  |
|                 |                        |                        |                                        |                                        |                                        |                        |                                        |                |                                  |                                  |
|                 |                        |                        |                                        |                                        |                                        |                        |                                        |                |                                  |                                  |
|                 |                        |                        |                                        |                                        |                                        |                        |                                        |                |                                  |                                  |

| 部 材             | S <sub>v i</sub><br>(MPa) | S <sub>u i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub><br>(MPa) | F <sub>i</sub> <sup>*</sup><br>(MPa) | 転倒方向                              |                         |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
|                 |                           |                           |                         |                                      | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト<br>(i =1) | 205                       | 520                       | 205                     | —                                    | —                                 | 側面方向                    |
| 取付ボルト<br>(i =2) | 205                       | 520                       | 205                     | —                                    | —                                 | 側面方向                    |

注記＊1：各ボルトの機器要目における上段は正面方向転倒に対する評価時の要目を示し，

下段は側面方向転倒に対する評価時の要目を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

| 部 材              | F <sub>b i</sub>                 |                         | Q <sub>b i</sub>                 |                         | (単位：N) |
|------------------|----------------------------------|-------------------------|----------------------------------|-------------------------|--------|
|                  | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |        |
| 基礎ボルト<br>(i = 1) | —                                | 6.982×10 <sup>3</sup>   | —                                | 1.328×10 <sup>4</sup>   |        |
| 取付ボルト<br>(i = 2) | —                                | 5.722×10 <sup>3</sup>   | —                                | 1.162×10 <sup>4</sup>   |        |

1.4 結論

1.4.1 ボルトの応力

| 部 材              | 材 料    | 応 力 | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |      | 基準地震動S <sub>s</sub> |                 | (単位：MPa) |
|------------------|--------|-----|-------------------------------|------|---------------------|-----------------|----------|
|                  |        |     | 算出応力                          | 許容応力 | 算出応力                | 許容応力            |          |
| 基礎ボルト<br>(i = 1) | SUS304 | 引張り | —                             | —    | $\sigma_{b1}=62$    | $f_{ts1}=153^*$ |          |
|                  |        | せん断 | —                             | —    | $\tau_{b1}=12$      | $f_{sb1}=118$   |          |
| 取付ボルト<br>(i = 2) | SUS304 | 引張り | —                             | —    | $\sigma_{b2}=51$    | $f_{ts2}=153^*$ |          |
|                  |        | せん断 | —                             | —    | $\tau_{b2}=13$      | $f_{sb2}=118$   |          |

注記＊： $f_{tsi}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{toi}-1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$ より算出

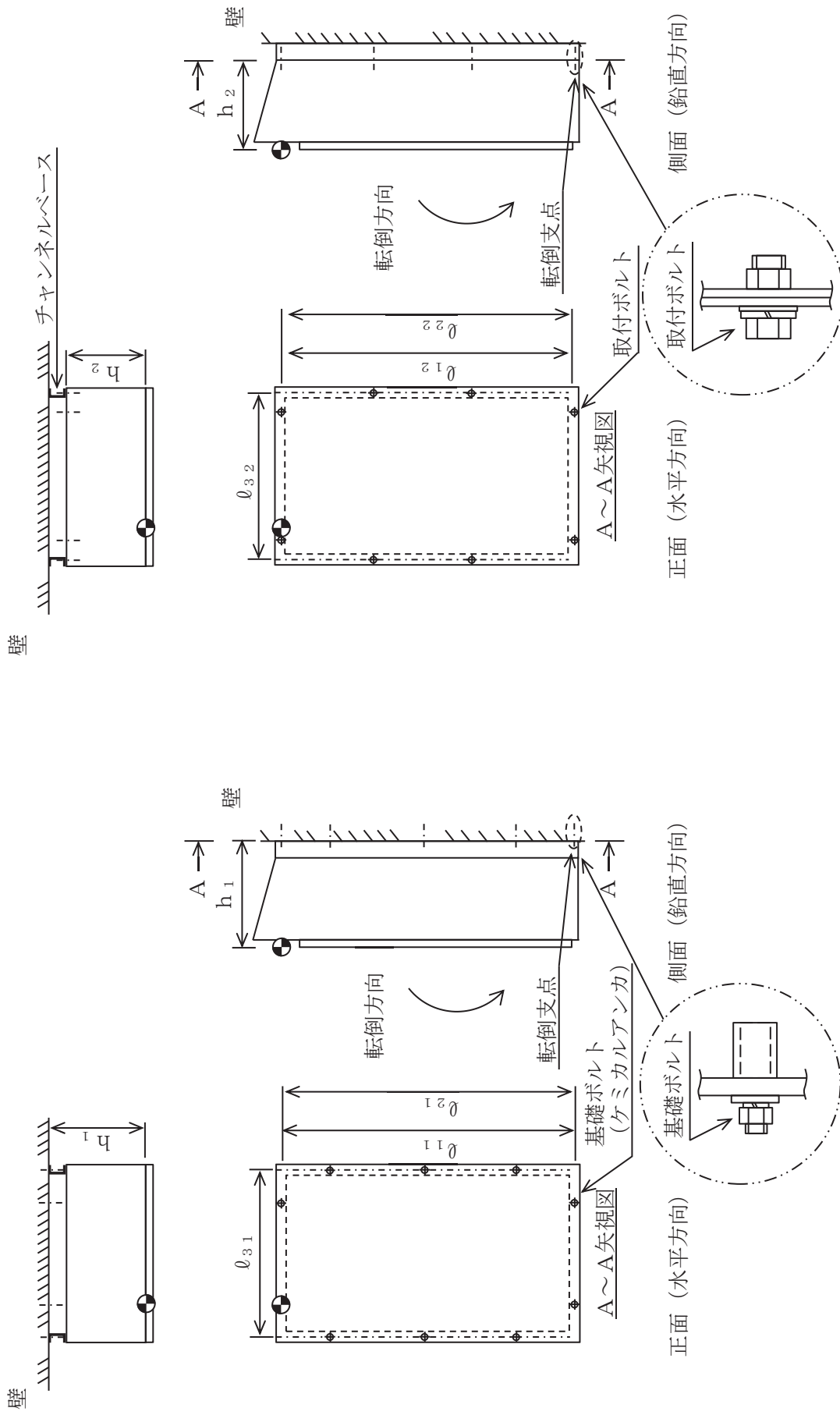
すべて許容応力以下である。

1.4.2 電氣的機能維持の評価結果

|                     |      | (×9.8m/s <sup>2</sup> ) |          |
|---------------------|------|-------------------------|----------|
| 検出器<br>(P45-LT023B) | 水平方向 | 機能維持評価用加速度*             | 機能確認済加速度 |
|                     | 鉛直方向 | 2.30<br>1.84            |          |

注記＊：基準地震動S<sub>s</sub>により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0ZPA) は、すべて機能確認済加速度以下である。



### 3. バブラー管

#### 3.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、バブラー管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

バブラー管は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

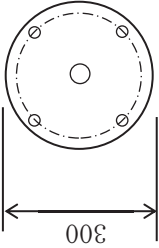
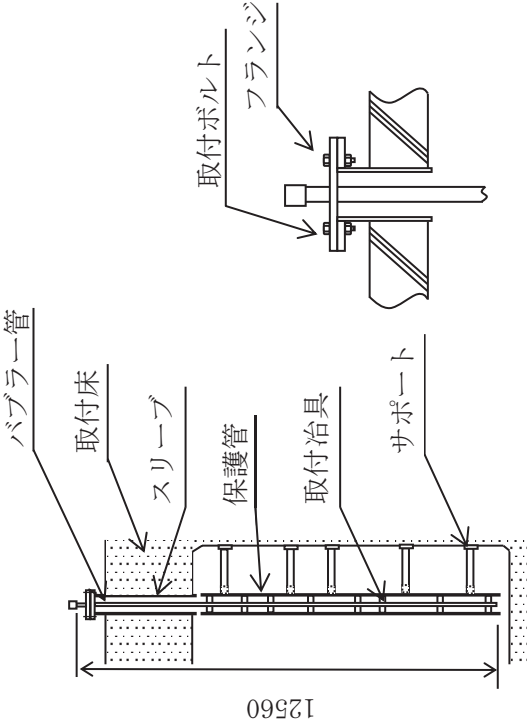
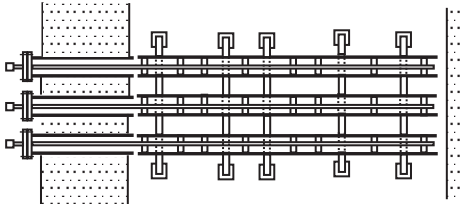
なお、構造強度評価については、サポート鋼材の基礎ボルトに作用する応力の裕度が厳しい条件（許容値／発生値の小さい方）となるものを代表として評価する。

#### 3.2 一般事項

##### 3.2.1 構造計画

バブラー管の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1
 構造計画

| 計画の概要                                             |       | 概略構造図                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |  |
|---------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| 基礎・支持構造                                           | 主体構造  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |  |
| バブラー管はフランジに固定され、バブラー管(サポート)は取水ピット内壁面に基礎ボルトで固定される。 | バブラー管 | <div> <div>  <p>300</p> </div> <div>  <p>12560</p> </div> <div>  </div> <div> <p>(単位:mm)</p> </div> </div> |  |

### 3.2.2 評価方針

バブラー管の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、バブラー管の部位を踏まえ「3.2.1 構造計画」にて示す「3.3 評価部位」にて設定する箇所において、「3.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「3.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

確認結果を「3.6 評価結果」に示す。

バブラー管の耐震評価フローを図 3-1 に示す。

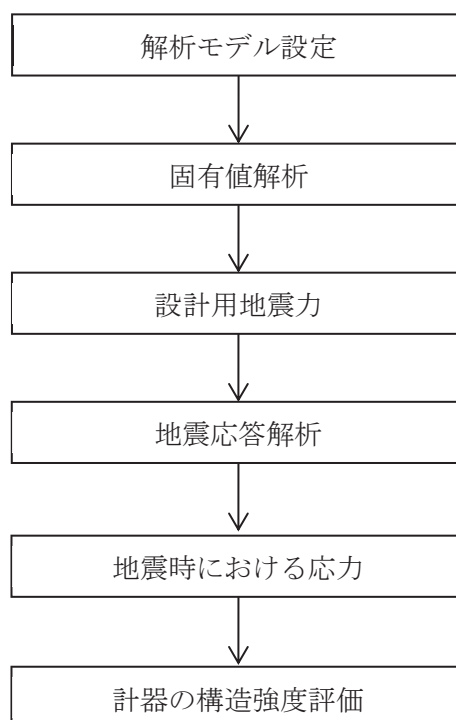


図 3-1 バブラー管の耐震評価フロー



### 3.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）
- (4) J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
（以下「設計・建設規格」という。）

## 3.2.4 記号の説明

| 記 号        | 記 号 の 説 明                              | 単 位                      |
|------------|----------------------------------------|--------------------------|
| $A_b$      | 基礎ボルトの軸断面積                             | $\text{mm}^2$            |
| $C_H$      | 水平方向設計震度                               | —                        |
| $C_V$      | 鉛直方向設計震度                               | —                        |
| $d$        | 基礎ボルトの呼び径                              | mm                       |
| $F$        | 設計・建設規格 SSB-3131 に定める値                 | MPa                      |
| $F_b$      | 基礎ボルトに作用する引張力（1本当たり）                   | N                        |
| $F_X$      | サポート基礎部に作用する力（X方向）                     | N                        |
| $F_Y$      | サポート基礎部に作用する力（Y方向）                     | N                        |
| $F_Z$      | サポート基礎部に作用する力（Z方向）                     | N                        |
| $f_{sb}$   | せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力                | MPa                      |
| $f_{to}$   | 引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力                  | MPa                      |
| $f_{ts}$   | 引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力            | MPa                      |
| $g$        | 重力加速度（=9.80665）                        | $\text{m/s}^2$           |
| $\ell_1$   | ボルトの応力計算に用いる距離（水平方向）                   | mm                       |
| $\ell_2$   | ボルトの応力計算に用いる距離（鉛直方向）                   | mm                       |
| $M_X$      | サポート基礎部に作用するモーメント（X軸周り）                | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_Y$      | サポート基礎部に作用するモーメント（Y軸周り）                | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_Z$      | サポート基礎部に作用するモーメント（Z軸周り）                | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $m$        | サポートの質量                                | kg                       |
| $n$        | 基礎ボルトの本数                               | —                        |
| $n_X$      | $M_X$ の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数                | —                        |
| $n_Z$      | $M_Z$ の引張力に耐えうる基礎ボルトの本数                | —                        |
| $Q_b$      | 基礎ボルトに作用するせん断力                         | N                        |
| $S_u$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値           | MPa                      |
| $S_y$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値           | MPa                      |
| $S_y(RT)$  | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における値 | MPa                      |
| $\pi$      | 円周率                                    | —                        |
| $\sigma_b$ | ボルトに生じる引張応力                            | MPa                      |
| $\tau_b$   | ボルトに生じるせん断応力                           | MPa                      |

### 3.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

本資料で表示する数値の丸め方は、表 3-2 に示すとおりとする。

表 3-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期  | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度    | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度    | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量    | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ    | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積    | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント | N・mm            | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力     | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>      |

注記\*1：設計上定める値が小数点第 1 位の場合は、小数点第 1 位以下表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 3.3 評価部位

バブラー管の耐震評価は、「3.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる基礎ボルトについて実施する。バブラー管の耐震評価部位については、表 3-1 の概略構造図に示す。

### 3.4 固有周期

#### 3.4.1 固有値解析方法

バブラー管の固有値解析方法を以下に示す。

#### 3.4.2 解析モデル及び諸元

バブラー管（サポート）の解析モデルを図 3-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。

また、機器の諸元を本計算書の【バブラー管の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) バブラー管の質量は、サポートの拘束部 15 点に分散しているものとする。
- (2) 拘束条件として、支持点（サポート基礎部）の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要・NX NASTRAN」に示す。

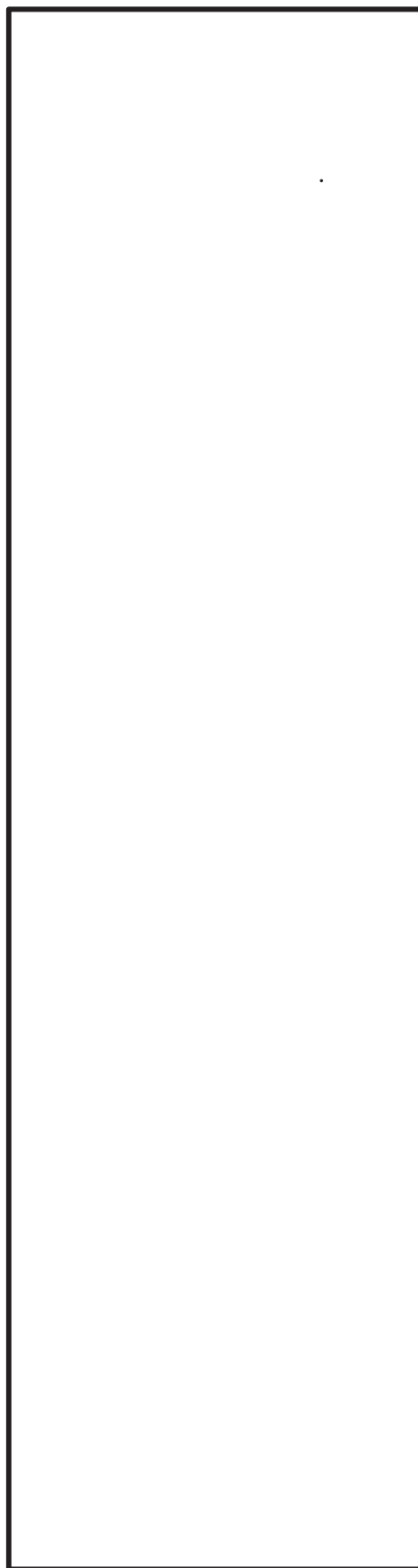
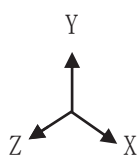


図 3-2 バブラー管（サポート）解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

3.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 3-3 に示す。

1 次モードは水平方向に卓越し、固有周期が 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。また、鉛直方向は 55 次モード以降で卓越し、固有周期は 0.05 秒以下であり剛であることを確認した。

表 3-3 固有値解析結果 (単位：s)

| モード | 卓越方向 | 固有周期 | 水平方向刺激係数 |      | 鉛直方向<br>刺激係数 |
|-----|------|------|----------|------|--------------|
|     |      |      | X 方向     | Z 方向 |              |
|     |      |      |          |      |              |

### 3.5 構造強度評価

#### 3.5.1 構造強度評価方法

3.4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、バブラー管、バブラー管（サポート）に対して、水平方向及び鉛直方向から同時に作用するものとする。
- (2) バブラー管（サポート）の質量はサポート鋼材を考慮する。
- (3) バブラー管（サポート）は、バブラー管、保護管の質量を考慮する。
- (4) バブラー管（サポート）は、基礎ボルトにより壁面に固定されるものとする。
- (5) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 3.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 3.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

バブラー管の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-4 に示す。

##### 3.5.2.2 許容応力

バブラー管の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 3-5 に示す。

##### 3.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

バブラー管の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-6 に示す。

表 3-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分                   |        | 機器名称  | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                | 許容応力状態     |
|------------------------|--------|-------|---------|--------|-----------------------|------------|
| その他発電<br>用原子炉の<br>附属施設 | 浸水防護施設 | バブラー管 | S       | —*     | $D + P_D + M_D + S_s$ | $III_{AS}$ |
|                        |        |       |         |        |                       |            |

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。



表 3-5
 許容応力（その他の支持構造物）

|        |                      |                 |
|--------|----------------------|-----------------|
| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>(ボルト等) |                 |
|        | 一次応力                 |                 |
|        | 引張り                  | せん断             |
|        | $1.5 \cdot f_t$      | $1.5 \cdot f_s$ |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 3-6
 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材  | 材料    | 温度条件<br>(℃)  | $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $S_y$ (R T)<br>(MPa) |
|-------|-------|--------------|----------------|----------------|----------------------|
| 基礎ボルト | SS400 | 周囲環境温度<br>40 | 235            | 400            | —                    |

### 3.5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-7 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 3-7 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)               | 固有周期<br>(s) |      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|-------------------------------------|-------------|------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                     | 水平方向        | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 海水ポンプ室<br>O.P. 2.25<br>(O.P. 2.00*) |             |      | —                        | —            | $C_H=1.67$   | $C_V=1.94$   |

注記＊：基準床レベルを示す。

### 3.5.4 計算方法

#### 3.5.4.1 応力の計算方法

##### 3.5.4.1.1 基礎ボルトの計算方法

基礎ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

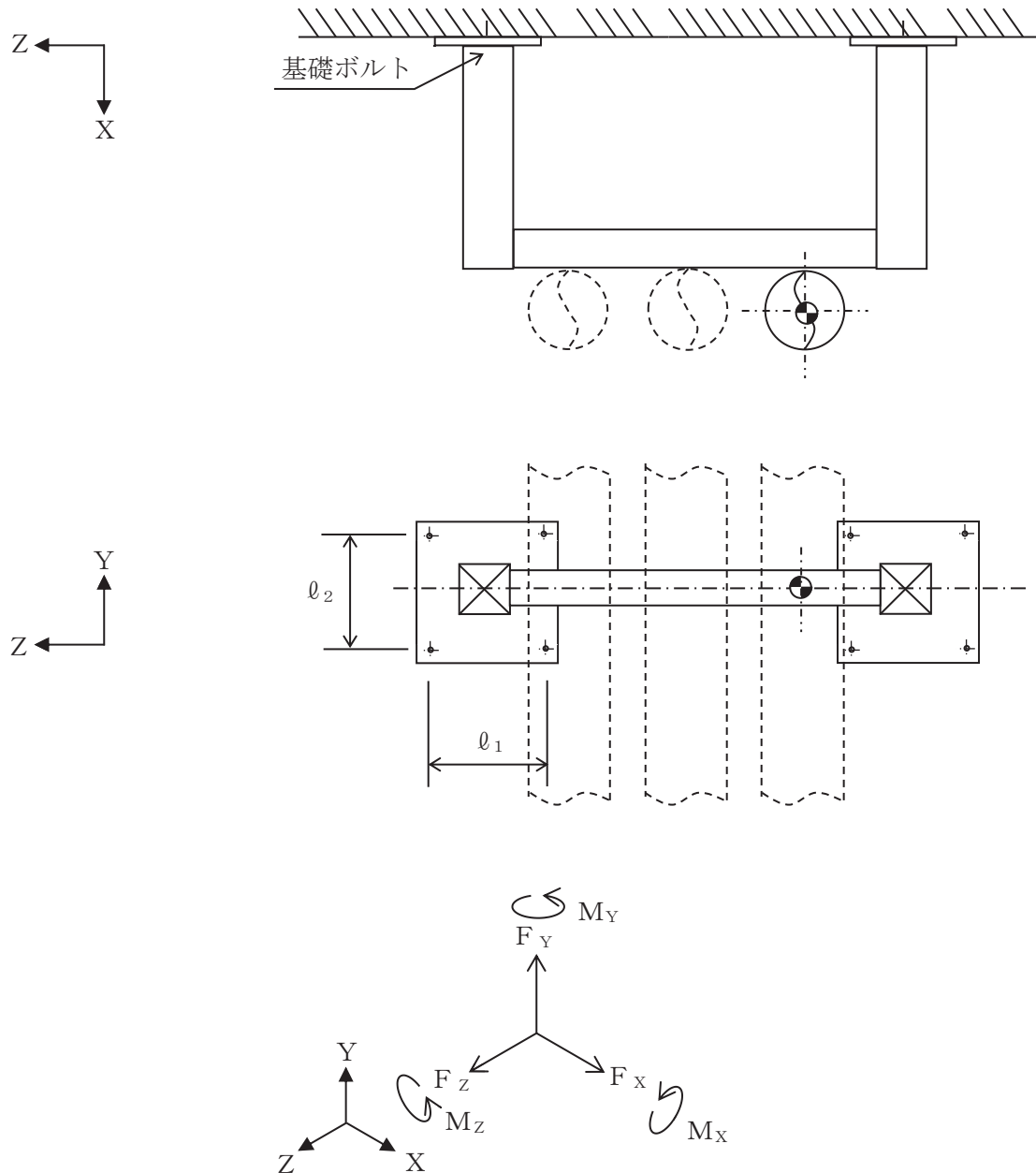


図 1-3 計算モデル（水平方向転倒）

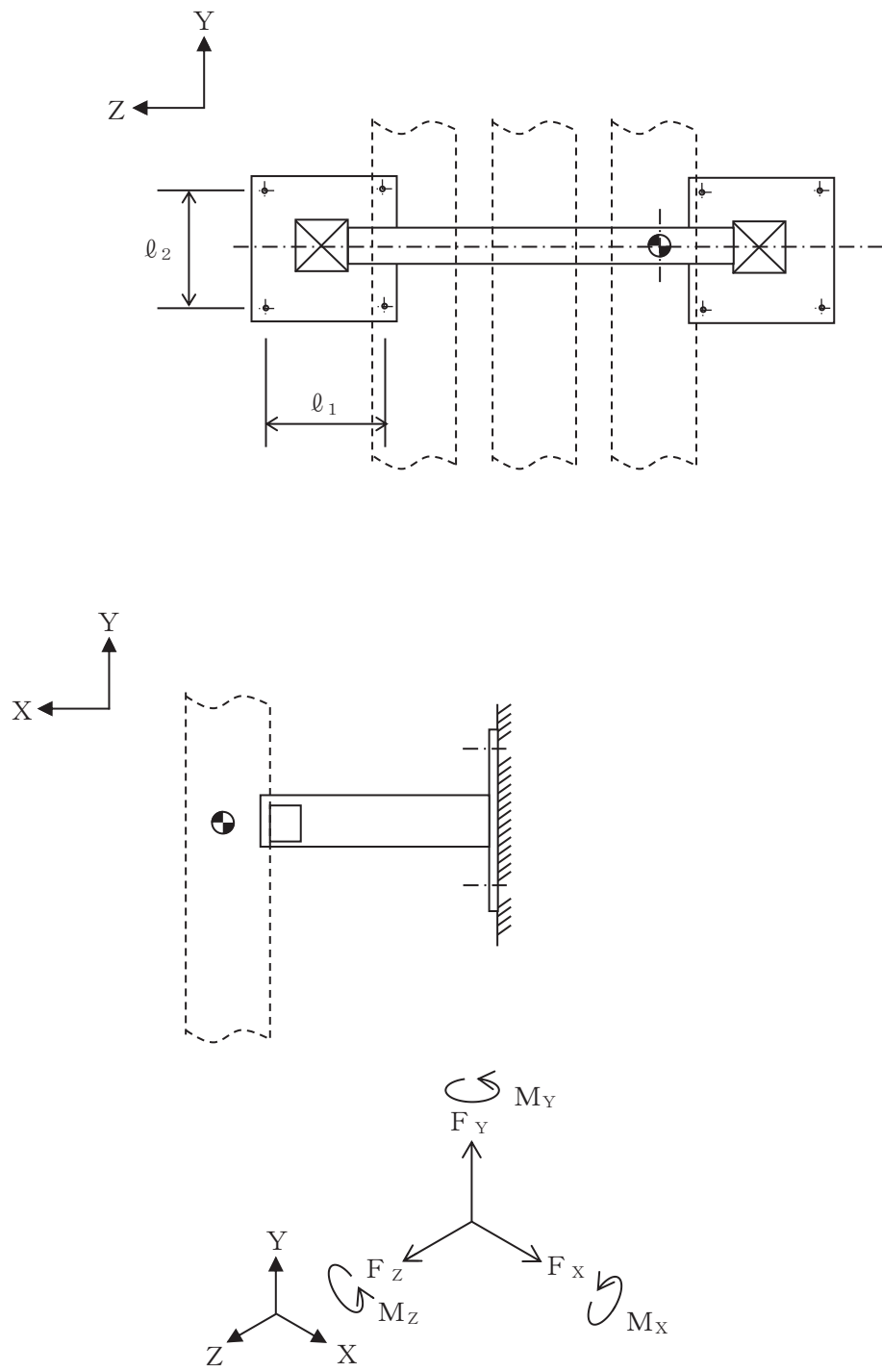


図 1-4 計算モデル（鉛直方向転倒）

地震応答解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表 3-8 に示す。

表 3-8 サポート発生反力，モーメント

| 対象計器  | 反力 (N)         |                |                | モーメント (N・mm)   |                |                |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|       | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| 基礎ボルト |                |                |                |                |                |                |

(1) 引張応力

基礎ボルト（1 本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_y}{n} + \frac{M_x}{\ell_1 \cdot n_x} + \frac{M_z}{\ell_2 \cdot n_z} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.2)$$

ここで，基礎ボルトの軸断面積 $A_b$ は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

基礎ボルト（１本当たり）に対するせん断応力は、下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_Y^2 + F_Z^2}}{n} + \frac{M_X}{\ell_3 \cdot n} \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.4)$$

ここで、ボルトの応力計算に用いる距離 $\ell_3$ は次式により求める。

$$\ell_3 = \text{Min}(\ell_1, \ell_2) \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \quad \dots\dots\dots (3.5.4.1.1.6)$$

### 3.5.5 計算条件

#### 3.5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【取水ピット水位計（バブラー管）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

### 3.5.6 応力の評価

#### 3.5.6.1 基礎ボルトの応力評価

1.5.4.1.1 項で求めた基礎ボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。ただし、 $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \cdots \cdots \cdots (3.5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_b$  はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

|                     | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合            |
|---------------------|------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_{to}$  | $\frac{F}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sb}$ | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

### 3.6 評価結果

#### 3.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

バブラー管（サポート）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度有していることを確認した。

##### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



【バブラー管の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称  | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                        | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub>  |                       | 周囲環境<br>温度<br>(℃) |
|-------|---------|------------------------------------------|----------|------|-----------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|
|       |         |                                          | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度                      | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                   |
| バブラー管 | S       | 海水ポンプ室<br>O. P. 2. 25<br>(O. P. 2. 00*1) |          |      | —                                 | —            | C <sub>H</sub> =1. 67 | C <sub>V</sub> =1. 94 | 40                |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有値解析より 0. 05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

| 部 材   | m<br>(kg) | φ <sub>1</sub><br>(mm) | φ <sub>2</sub><br>(mm) | d<br>(mm) | A <sub>b</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n | n <sub>y</sub> | n <sub>z</sub> |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|---|----------------|----------------|
| 基礎ボルト |           |                        |                        |           |                                      | 4 | 2              | 2              |

| 部 材   | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | F<br>(MPa) | F*<br>(MPa) | 転倒方向                                  |                         |
|-------|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|---------------------------------------|-------------------------|
|       |                         |                         |            |             | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub> 又は<br>静的震度 | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト | 235                     | 400                     | 280        | —           | —                                     | —                       |

1.3
計算数値

1.3.1
サポート基礎部に作用する力

| 部 材     | F <sub>x</sub>                    |                     |                                   | F <sub>y</sub>                    |                     | F <sub>z</sub>                    |                     |
|---------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|
|         | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| サポート基礎部 | —                                 |                     | —                                 |                                   |                     | —                                 |                     |

(単位：N)

1.3.2
サポート基礎部に作用するモーメント

| 部 材     | M <sub>x</sub>                    |                     | M <sub>y</sub>                    |                     | M <sub>z</sub>                    |                     |
|---------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|
|         | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| サポート基礎部 | —                                 |                     | —                                 |                     | —                                 |                     |

(単位：N・mm)

1.3.3
基礎ボルトに作用する力

| 部 材   | F <sub>b</sub>                    |                     |                                   | Q <sub>b</sub>                    |                     |
|-------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
|       | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 基礎ボルト | —                                 |                     | —                                 |                                   |                     |

(単位：N)

1.4
結論

1.4.1
基礎ボルトの応力

| 部 材   | 材 料   | 応 力 | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度 |      | 基準地震動 S s     |                |
|-------|-------|-----|---------------------|------|---------------|----------------|
|       |       |     | 算出応力                | 許容応力 | 算出応力          | 許容応力           |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張り | —                   | —    | $\sigma_b=11$ | $f_{ts}=291^*$ |
|       |       | せん断 | —                   | —    | $\tau_b=2$    | $f_{sb}=161$   |

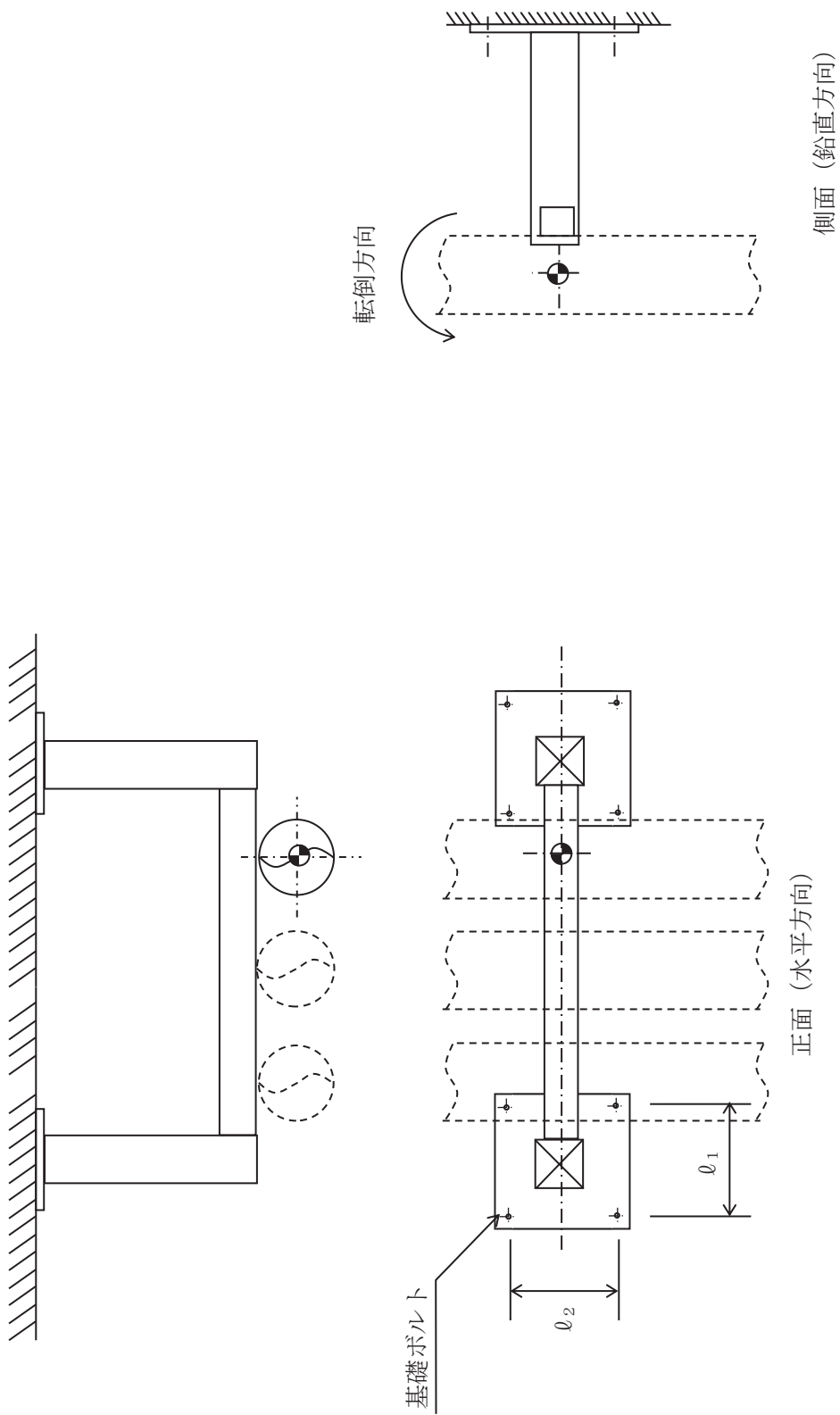
(単位：MPa)

注記＊： $f_{ts}=\text{Min}[1.4\cdot f_{to}-1.6\cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

1.5
その他の機器要目

| 項目              | 記号    | 単位  | 入力値 |
|-----------------|-------|-----|-----|
| 材質              | —     | —   |     |
| 質量              | m     | kg  |     |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T     | ℃   | 40  |
| 縦弾性係数           | E     | MPa |     |
| ポアソン比           | $\nu$ | —   |     |
| 要素数             | —     | 個   |     |
| 節点数             | —     | 個   |     |



#### 4. バブラー管（フランジ部）

##### 4.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、バブラー管が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

バブラー管は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

##### 4.2 一般事項

###### 4.2.1 構造計画

バブラー管（フランジ部）の構造計画を表 4-1 に示す。

表 4-1 構造計画

| 計画の概要                                          |       | 概略構造図                                    |
|------------------------------------------------|-------|------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                        | 主体構造  |                                          |
| バブラー管はフランジに固定されフランジは取付床に固定されたスリーブに取付ボルトで固定される。 | バブラー管 | <div>【バブラー管（フランジ部）】</div> <p>(単位：mm)</p> |

#### 4.2.2 評価方針

バブラー管（フランジ部）の応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、バブラー管の部位を踏まえ「4.2.1 構造計画」にて示す「4.3 評価部位」にて設定する箇所において、「4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「4.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。

確認結果を「4.6 評価結果」に示す。

バブラー管（フランジ部）の耐震評価フローを図 4-1 に示す。

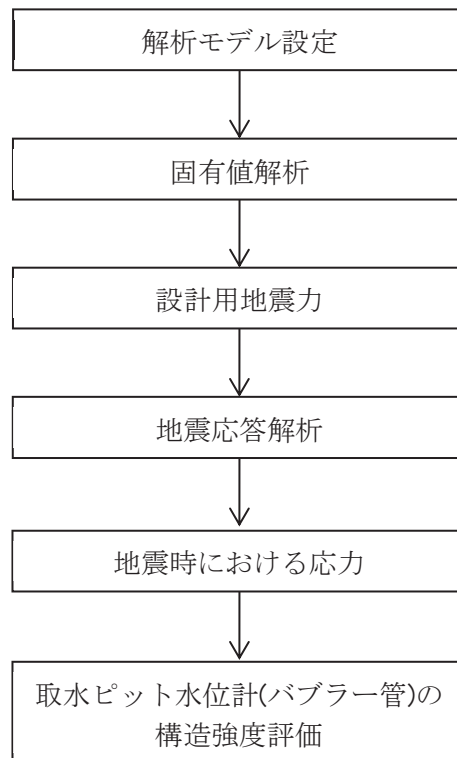


図 4-1 バブラー管（フランジ部）の耐震評価フロー

#### 4.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）
- (4) J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
（以下「設計・建設規格」という。）



## 4.2.4 記号の説明

| 記 号        | 記 号 の 説 明                                    | 単 位                      |
|------------|----------------------------------------------|--------------------------|
| $A_b$      | 取付ボルトの軸断面積                                   | $\text{mm}^2$            |
| $C_H$      | 水平方向設計震度                                     | —                        |
| $C_V$      | 鉛直方向設計震度                                     | —                        |
| $d$        | 取付ボルトの呼び径                                    | mm                       |
| $F$        | 設計・建設規格 SSB-3131 に定める値                       | MPa                      |
| $F_b$      | 取付ボルトに作用する引張力（1本当たり）                         | N                        |
| $F_X$      | フランジに作用する力（X方向）                              | N                        |
| $F_Y$      | フランジに作用する力（Y方向）                              | N                        |
| $F_Z$      | フランジに作用する力（Z方向）                              | N                        |
| $f_{sb}$   | せん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力                      | MPa                      |
| $f_{to}$   | 引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力                        | MPa                      |
| $f_{ts}$   | 引張力とせん断力を同時に受ける取付ボルトの許容引張応力                  | MPa                      |
| $g$        | 重力加速度（=9.80665）                              | $\text{m/s}^2$           |
| $\ell_1$   | $M_X$ によって取付ボルトにせん断力が発生する場合の取付ボルトとフランジ中心との距離 | mm                       |
| $\ell_2$   | $M_Z$ によって取付ボルトにせん断力が発生する場合の取付ボルトとフランジ中心との距離 | mm                       |
| $M_X$      | フランジに作用するモーメント（X軸周り）                         | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_Y$      | フランジに作用するモーメント（Y軸周り）                         | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_Z$      | フランジに作用するモーメント（Z軸周り）                         | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $m$        | バブラー管の質量                                     | kg                       |
| $n$        | 取付ボルトの本数                                     | —                        |
| $n_X$      | $M_X$ の引張力に耐えうる取付ボルトの本数                      | —                        |
| $n_Z$      | $M_Z$ の引張力に耐えうる取付ボルトの本数                      | —                        |
| $Q_b$      | 取付ボルトに作用するせん断力                               | N                        |
| $S_u$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値                 | MPa                      |
| $S_y$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値                 | MPa                      |
| $S_y(RT)$  | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40°Cにおける値      | MPa                      |
| $\pi$      | 円周率                                          | —                        |
| $\sigma_b$ | ボルトに生じる引張応力                                  | MPa                      |
| $\tau_b$   | ボルトに生じるせん断応力                                 | MPa                      |

#### 4.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

本資料で表示する数値の丸め方は、表 4-2 に示すとおりとする。

表 4-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期  | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度    | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度    | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量    | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ    | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積    | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント | N・mm            | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力     | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>      |

注記\*1：設計上定める値が小数点第 1 位以下の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

#### 4.3 評価部位

バブラー管（フランジ部）の耐震評価は、「2.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる取付ボルトについて実施する。バブラー管（フランジ部）の耐震評価部位については、表 4-1 の概略構造図に示す。

#### 4.4 固有周期

##### 4.4.1 固有値解析方法

バブラー管の固有値解析方法を以下に示す。

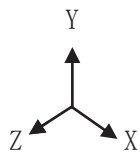
- (1) バブラー管は、「2.4.2 解析モデル及び諸元」に示す三次元はりモデルとして考える。

##### 4.4.2 解析モデル及び諸元

バブラー管の解析モデルを図 4-2 に、解析モデルの概要を以下に示す。

また、機器の諸元を本計算書の【バブラー管（フランジ部）の耐震性についての計算結果】のその他の機器要目に示す。

- (1) 図 4-2 中の△は支持点を示し、バブラー管の質量は、支持点（バブラー管支持部）に集中するものとする。
- (2) 拘束条件として、支持点（バブラー管支持部）の X Y Z 方向及び回転方向を固定する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (4) 解析コードは、「NX NASTRAN」を使用し、固有値を求める。なお、評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要・NX NASTRAN」に示す。



(単位 : mm)

図 4-2 バブラー管解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-3 に示す。

固有周期は 0.05 秒以下であり，剛であることを確認した。

表 4-3 固有值解析結果

(単位: s)

| モード | 卓越方向 | 固有周期 | 水平方向刺激係数 |      | 鉛直方向<br>刺激係数 |
|-----|------|------|----------|------|--------------|
|     |      |      | X 方向     | Z 方向 |              |
|     |      |      |          |      |              |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5 構造強度評価

##### 4.5.1 構造強度評価方法

4.4.2 項 (1) ～ (4) のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、バブラー管（フランジ部）に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 取水ピット水位計（バブラー管）は、フランジ部にて取付ボルトでスリーブに固定されるものとする。

##### 4.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

###### 4.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

バブラー管（フランジ部）の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

###### 4.5.2.2 許容応力

バブラー管（フランジ部）の許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-5 に示す。

###### 4.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

バブラー管（フランジ部）の使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-6 に示す。

表 4-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分                   |        | 機器名称             | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                | 許容応力状態     |
|------------------------|--------|------------------|---------|--------|-----------------------|------------|
| その他発電<br>用原子炉の<br>附属施設 |        | バブラー管<br>(フランジ部) | S       | —*     | $D + P_D + M_D + S_s$ | $III_{AS}$ |
|                        | 浸水防護施設 |                  |         |        |                       |            |

注記 \*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-5 許容応力（その他の支持構造物）

| 許容応力状態 | 許容限界*1, *2<br>(ボルト等) |                 |
|--------|----------------------|-----------------|
|        | 一次応力                 |                 |
|        | 引張り                  | せん断             |
|        | $1.5 \cdot f_t$      | $1.5 \cdot f_s$ |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-6 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材  | 材料     | 温度条件<br>(℃) | $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $S_y$ (R T)<br>(MPa) |
|-------|--------|-------------|----------------|----------------|----------------------|
| 取付ボルト | SUS304 | 周囲環境温度      | 40             | 520            | —                    |



4. 5. 3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-7 設計用地震力（設計基準対象設備）

| 据付場所及び<br>床面高さ<br>(m)                   | 固有周期<br>(s) |      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|-----------------------------------------|-------------|------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                         | 水平方向        | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 海水ポンプ室<br>O. P. 2. 25<br>(O. P. 2. 00*) |             |      | —                        | —            | $C_H=1.67$   | $C_V=1.94$   |

注記＊：基準床レベルを示す。

#### 4.5.4 計算方法

##### 4.5.4.1 応力の計算方法

##### 4.5.4.1.1 取付ボルトの計算方法

取付ボルトの応力は、地震による震度により作用するモーメントによって生じる引張力とせん断力について計算する。

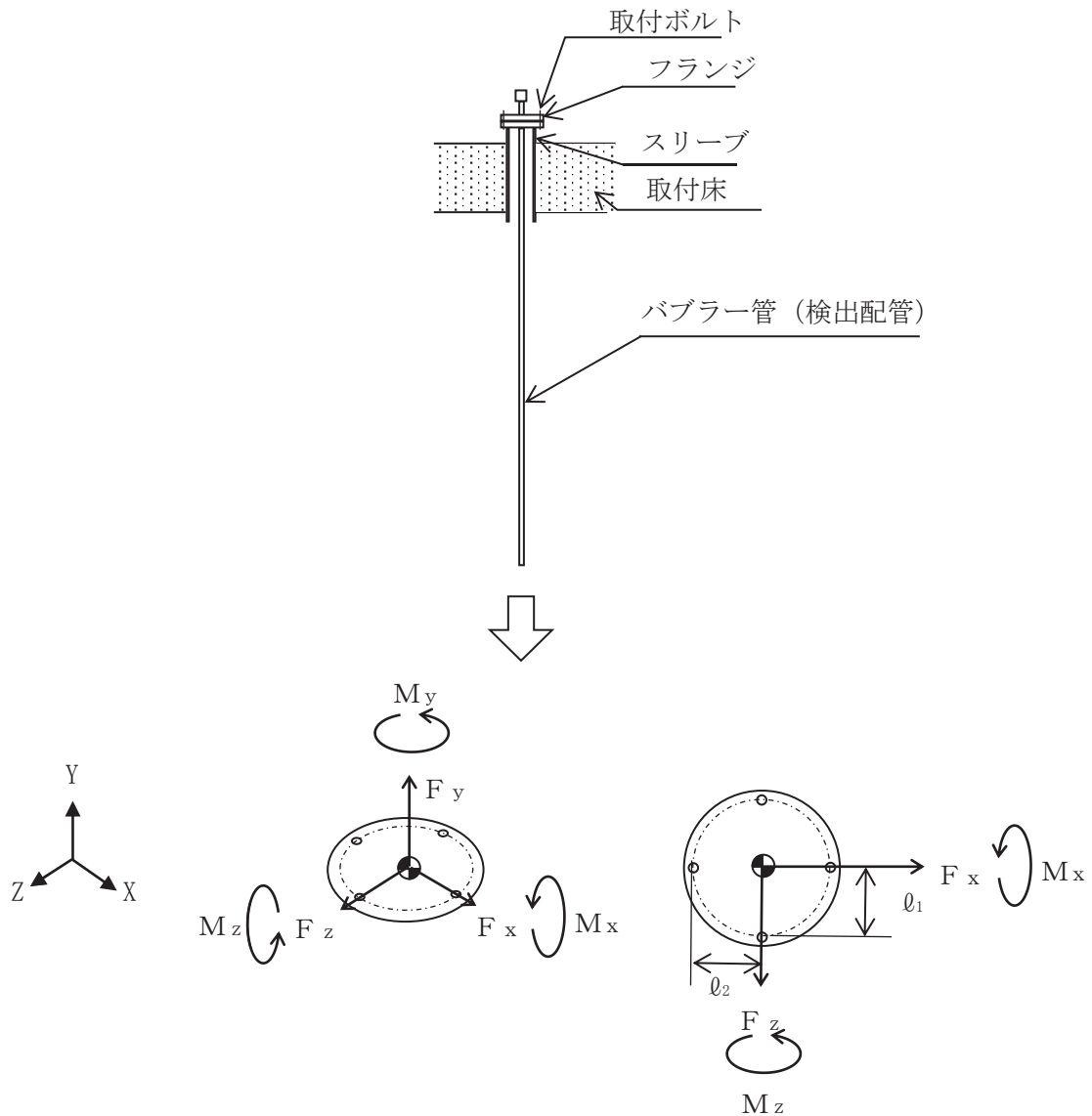


図 2-3 計算モデル（フランジ部）

地震応答解析によって得られたフランジ部の評価点の最大反力とモーメントを表 4-8 に示す。

表 4-8 フランジ部発生反力，モーメント

| 対象計器            | 反力 (N)         |                |                | モーメント (N・mm)   |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                 | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | F <sub>Z</sub> | M <sub>X</sub> | M <sub>Y</sub> | M <sub>Z</sub> |
| バブラー管<br>(フランジ) |                |                |                |                |                |                |

地震応答解析によって得られたサポート基礎部の評価点の最大反力とモーメントを表 4-9 に示す。

表 4-9 フランジ部発生反力，モーメント

| 対象計器  | 反力 (N)         |                |                | モーメント (N・mm)   |                |                |
|-------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|       | F <sub>X</sub> | F <sub>Y</sub> | F <sub>Z</sub> | M <sub>X</sub> | M <sub>Y</sub> | M <sub>Z</sub> |
| 基礎ボルト |                |                |                |                |                |                |

(1) 引張応力

取付ボルト（1 本当たり）に対する引張応力は，下式により計算する。

引張力

$$F_b = \frac{F_Y}{n} + \frac{M_X}{\ell_1 \cdot n_X} + \frac{M_Z}{\ell_2 \cdot n_Z} \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.1)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.2)$$

ここで，取付ボルトの軸断面積  $A_b$  は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルト（1 本当たり）に対するせん断応力は，下式により計算する。

せん断力

$$Q_b = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_z^2}}{n} \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.4)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{A_b} \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.5)$$

4.5.5
計算条件

4.5.5.1
取付ボルトの応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【バブラー管（フランジ部）の耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

4.5.6
応力の評価

4.5.6.1
取付ボルトの応力評価

4.5.4.1.1 項で求めた取付ボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。ただし、 $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \cdots \cdots (2.5.6.1.1)$$

せん断応力  $\tau_b$  はせん断力のみを受ける取付ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

|                     | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合            |
|---------------------|------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_{to}$  | $\frac{F}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sb}$ | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

#### 4.6 評価結果

##### 4.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

バブラー管（フランジ部）の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

##### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【バブラー管（フラランジ部）の耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称              | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                        | 固有周期 (s) |      | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 |              | 基準地震動 S <sub>s</sub>  |                       | 周囲環境<br>温度<br>(°C) |
|-------------------|---------|------------------------------------------|----------|------|-----------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
|                   |         |                                          | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度                      | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度          | 鉛直方向<br>設計震度          |                    |
| バブラー管<br>(フラランジ部) | S       | 海水ポンプ室<br>O. P. 2. 25<br>(O. P. 2. 00*1) |          |      | —                                 | —            | C <sub>H</sub> =1. 67 | C <sub>V</sub> =1. 94 | 40                 |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有値解析より 0. 05 秒以下であり剛であることを確認した。

1.2 機器要目

| 部 材   | m<br>(kg) | φ <sub>1</sub><br>(mm) | φ <sub>2</sub><br>(mm) | d<br>(mm) | A <sub>b</sub><br>(mm <sup>2</sup> ) | n | n <sub>x</sub> | n <sub>z</sub> |
|-------|-----------|------------------------|------------------------|-----------|--------------------------------------|---|----------------|----------------|
| 取付ボルト |           |                        |                        |           |                                      | 4 | 1              | 1              |

| 部 材   | S <sub>v</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | F<br>(MPa) | F*<br>(MPa) | 転倒方向                                  |                         |
|-------|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|---------------------------------------|-------------------------|
|       |                         |                         |            |             | 弾性設計用<br>地震動S <sub>d</sub> 又は<br>静的震度 | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> |
| 取付ボルト | 205                     | 520                     | 246        | —           | —                                     | —                       |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3
計算数値

1.3.1
取付ボルトに作用する力

| 部 材   | F <sub>x</sub>                    |                     | F <sub>y</sub>                    |                     | F <sub>z</sub>                    |                     |
|-------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|
|       | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 取付ボルト | —                                 |                     | —                                 |                     | —                                 |                     |

(単位：N)

1.3.2
取付ボルトに作用するモーメント

| 部 材   | M <sub>x</sub>                    |                     | M <sub>y</sub>                    |                     | M <sub>z</sub>                    |                     |
|-------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|
|       | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 取付ボルト | —                                 |                     | —                                 |                     | —                                 |                     |

(単位：N・mm)

1.3.3
取付ボルトに作用する力

| 部 材   | F <sub>b</sub>                    |                     | Q <sub>b</sub>                    |                     |
|-------|-----------------------------------|---------------------|-----------------------------------|---------------------|
|       | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> | 弾性設計用地震動<br>S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
| 取付ボルト | —                                 |                     | —                                 |                     |

(単位：N)



1.4 結論

1.4.1 取付ボルトの応力

| 部 材   | 材 料    | 材 料<br>応 力 | 弾性設計用地震動S d又は静的震度 |      | 基準地震動S s     |                |
|-------|--------|------------|-------------------|------|--------------|----------------|
|       |        |            | 算出応力              | 許容応力 | 算出応力         | 許容応力           |
| 取付ボルト | SUS304 | 引張り        | —                 | —    | $\sigma_b=1$ | $f_{ts}=258^*$ |
|       |        | せん断        | —                 | —    | $\tau_b=0$   | $f_{sb}=142$   |

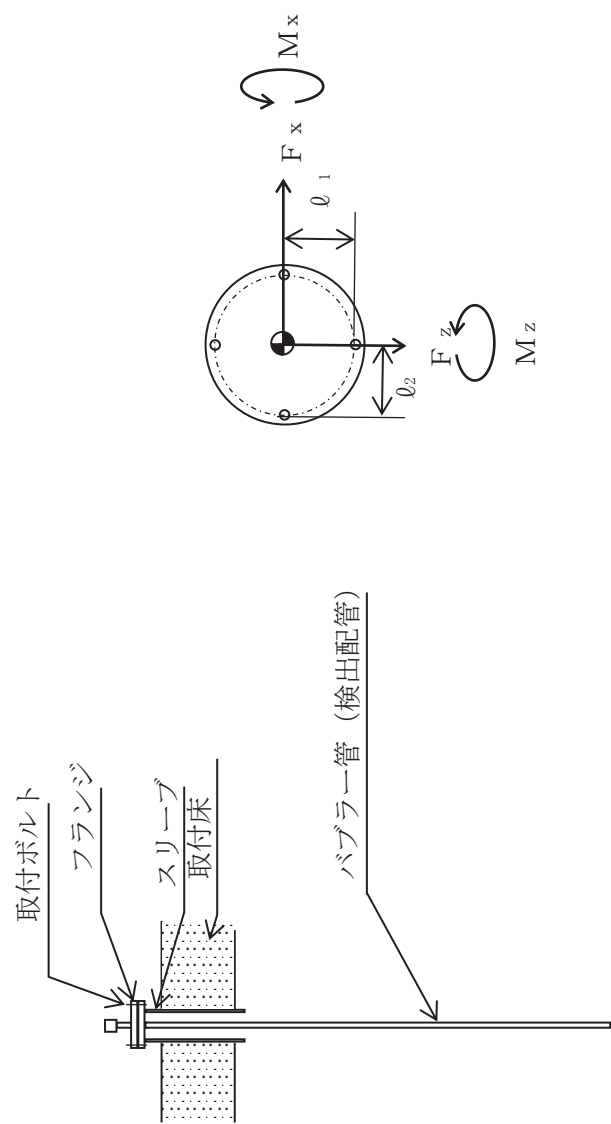
(単位：MPa)

注記＊： $f_{ts}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{to}-1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$ より算出。

すべて許容応力以下である。

1.5 その他の機器要目

| 項目              | 記号    | 単位  | 入力値 |
|-----------------|-------|-----|-----|
| 材質              | —     | —   |     |
| 質量              | $m_a$ | kg  |     |
| 温度条件<br>(雰囲気温度) | T     | °C  | 40  |
| 縦弾性係数           | E     | MPa |     |
| ポアソン比           | $\nu$ | —   |     |
| 要素数             | —     | 個   |     |
| 節点数             | —     | 個   |     |



## 5. アキュムレータ

### 5.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、アキュムレータが設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

アキュムレータは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、アキュムレータは、添付書類「VI-2-1-13 機器・配管系の計算書作成の方法」に記載のスカート支持たて置円筒形容器であるため、添付書類「VI-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

### 5.2 一般事項

#### 5.2.1 構造計画

アキュムレータの構造計画を表 5-1 に示す。

表 5-1 構造計画

| 計画の概要                           |                                  | 概略構造図                                                                     |
|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                         | 主体構造                             |                                                                           |
| 胴をスカートで支持し、スカートを基礎ボルトで床面に据え付ける。 | たて置円筒形（上下面に鏡板を有するスカート支持たて置円筒形容器） | <p>1057</p> <p>305.5</p> <p>胴板</p> <p>スカート</p> <p>基礎ボルト<br/>(ケミカルアンカ)</p> |
|                                 |                                  | (単位：mm)                                                                   |

### 5.2.2 評価方針

アキュムレータの応力評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「5.3 評価部位」にて設定する箇所において、「5.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを、「5.5 構造強度評価」にて示す方法にて確認することを実施する。確認結果を「5.6 評価結果」にて示す。

アキュムレータの耐震評価フローを図 5-1 に示す。

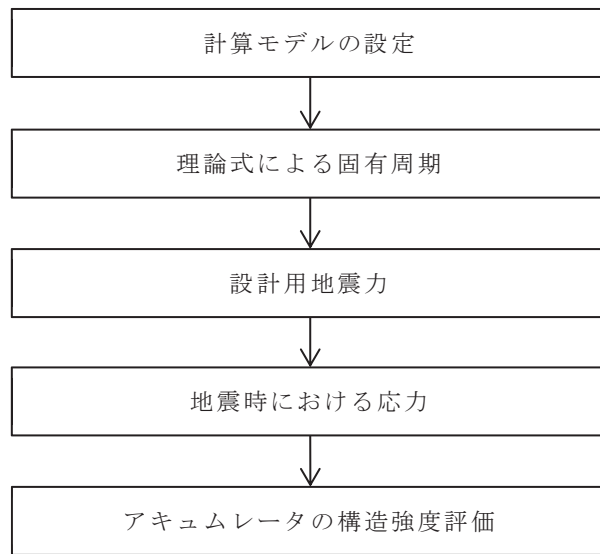


図 5-1 アキュムレータの耐震評価フロー

### 5.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1・補-1984)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1-1987)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1-1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1-2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (以下「設計・建設規格」という。)

## 5.2.4 記号の説明

| 記号               | 記号の説明                                            | 単位               |
|------------------|--------------------------------------------------|------------------|
| A                | 胴の軸断面積                                           | mm <sup>2</sup>  |
| A <sub>b</sub>   | 基礎ボルトの軸断面積                                       | mm <sup>2</sup>  |
| A <sub>e</sub>   | 胴の有効せん断断面積                                       | mm <sup>2</sup>  |
| A <sub>s</sub>   | スカートの軸断面積                                        | mm <sup>2</sup>  |
| A <sub>s e</sub> | スカートの有効せん断断面積                                    | mm <sup>2</sup>  |
| C <sub>c</sub>   | 基礎ボルト計算における係数                                    | —                |
| C <sub>H</sub>   | 水平方向設計震度                                         | —                |
| C <sub>t</sub>   | 基礎ボルト計算における係数                                    | —                |
| C <sub>V</sub>   | 鉛直方向設計震度                                         | —                |
| D <sub>b i</sub> | ベースプレートの内径                                       | mm               |
| D <sub>b o</sub> | ベースプレートの外径                                       | mm               |
| D <sub>c</sub>   | 基礎ボルトのピッチ円直径                                     | mm               |
| D <sub>i</sub>   | 胴の内径                                             | mm               |
| D <sub>j</sub>   | スカートに設けられた各開口部の穴径 (j = 1, 2, 3… j <sub>1</sub> ) | mm               |
| D <sub>s</sub>   | スカートの内径                                          | mm               |
| d                | ボルトの呼び径                                          | mm               |
| E                | 胴の縦弾性係数                                          | MPa              |
| E <sub>s</sub>   | スカートの縦弾性係数                                       | MPa              |
| e                | 基礎ボルト計算における係数                                    | —                |
| F                | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値                       | MPa              |
| F <sup>*</sup>   | 設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値                | MPa              |
| F <sub>c</sub>   | 基礎に作用する圧縮力                                       | N                |
| F <sub>t</sub>   | 基礎ボルトに作用する引張力                                    | N                |
| f <sub>b</sub>   | 曲げモーメントに対する許容座屈応力                                | MPa              |
| f <sub>c</sub>   | 軸圧縮荷重に対する許容座屈応力                                  | MPa              |
| f <sub>s b</sub> | せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力                          | MPa              |
| f <sub>t</sub>   | スカートの許容引張応力                                      | MPa              |
| f <sub>t o</sub> | 引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力                            | MPa              |
| f <sub>t s</sub> | 引張力とせん断力を同時に受ける基礎ボルトの許容引張応力                      | MPa              |
| G                | 胴のせん断弾性係数                                        | MPa              |
| G <sub>s</sub>   | スカートのせん断弾性係数                                     | MPa              |
| g                | 重力加速度 (=9.80665)                                 | m/s <sup>2</sup> |
| H                | 水頭                                               | mm               |
| I                | 胴の断面二次モーメント                                      | mm <sup>4</sup>  |

| 記号               | 記号の説明                                      | 単位                       |
|------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| $I_s$            | スカートの断面二次モーメント                             | $\text{mm}^4$            |
| $j_1$            | スカートに設けられた開口部の穴の個数                         | —                        |
| $K_H$            | 水平方向ばね定数                                   | $\text{N/m}$             |
| $K_V$            | 鉛直方向ばね定数                                   | $\text{N/m}$             |
| $k$              | 基礎ボルト計算における中立軸の荷重係数                        | —                        |
| $\ell$           | 胴のスカート接合点から重心までの距離                         | $\text{mm}$              |
| $\ell_1, \ell_2$ | 基礎ボルト計算における中立軸から荷重作用点までの距離<br>(図5-2に示す距離)  | $\text{mm}$              |
| $\ell_r$         | 容器の重心から上端支持部までの距離                          | $\text{mm}$              |
| $\ell_s$         | スカートの長さ                                    | $\text{mm}$              |
| $M_s$            | スカートに作用する転倒モーメント                           | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_{s1}$         | スカートの上端部に作用する転倒モーメント                       | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $M_{s2}$         | スカートの下端部に作用する転倒モーメント                       | $\text{N}\cdot\text{mm}$ |
| $m_0$            | 容器の運転時質量                                   | $\text{kg}$              |
| $m_e$            | 容器のスカート接合部から上部の空質量                         | $\text{kg}$              |
| $n$              | 基礎ボルトの本数                                   | —                        |
| $P_r$            | 最高使用圧力                                     | $\text{MPa}$             |
| $Q$              | 重心に作用する任意の水平力                              | $\text{N}$               |
| $Q'$             | $Q$ により上端の支持部に作用する反力                       | $\text{N}$               |
| $S$              | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表5に定める値               | $\text{MPa}$             |
| $S_a$            | 胴の許容応力                                     | $\text{MPa}$             |
| $S_u$            | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値               | $\text{MPa}$             |
| $S_y$            | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値               | $\text{MPa}$             |
| $S_{y(RT)}$      | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の<br>40℃における値 | $\text{MPa}$             |
| $s$              | 基礎ボルトと基礎の縦弾性係数比                            | —                        |
| $T_H$            | 水平方向固有周期                                   | $\text{s}$               |
| $T_V$            | 鉛直方向固有周期                                   | $\text{s}$               |
| $t$              | 胴板の厚さ                                      | $\text{mm}$              |
| $t_1$            | 基礎ボルト面積相当板幅                                | $\text{mm}$              |
| $t_2$            | 圧縮側基礎相当幅                                   | $\text{mm}$              |
| $t_s$            | スカートの厚さ                                    | $\text{mm}$              |
| $Y$              | スカート開口部の水平断面における最大円周長さ                     | $\text{mm}$              |
| $z$              | 基礎ボルト計算における係数                              | —                        |
| $\alpha$         | 基礎ボルト計算における中立軸を定める角度                       | $\text{rad}$             |

| 記号                             | 記号の説明                            | 単位                 |
|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| $\delta$                       | 荷重 $Q$ による容器の上端での変位量             | mm                 |
| $\delta'$                      | 荷重 $Q'$ による容器の上端での変位量            | mm                 |
| $\delta_0$                     | 荷重 $Q$ 、 $Q'$ による容器の重心での変位量      | mm                 |
| $\eta$                         | 座屈応力に対する安全率                      | —                  |
| $\pi$                          | 円周率                              | —                  |
| $\rho'$                        | 液体の密度（＝比重 $\times 10^{-6}$ ）     | kg/mm <sup>3</sup> |
| $\sigma_0$                     | 胴の一次一般膜応力の最大値                    | MPa                |
| $\sigma_{0c}$                  | 胴の組合せ圧縮応力                        | MPa                |
| $\sigma_{0t}$                  | 胴の組合せ引張応力                        | MPa                |
| $\sigma_2$                     | 地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値の最大値    | MPa                |
| $\sigma_{2\phi}$               | 地震動のみによる胴の周方向一次応力と二次応力の和         | MPa                |
| $\sigma_{2c}$                  | 地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値（圧縮側）   | MPa                |
| $\sigma_{2t}$                  | 地震動のみによる胴の一次応力と二次応力の和の変動値（引張側）   | MPa                |
| $\sigma_{2xc}$                 | 地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和（圧縮側）    | MPa                |
| $\sigma_{2xt}$                 | 地震動のみによる胴の軸方向一次応力と二次応力の和（引張側）    | MPa                |
| $\sigma_b$                     | 基礎ボルトに生じる引張応力                    | MPa                |
| $\sigma_c$                     | 基礎に生じる圧縮応力                       | MPa                |
| $\sigma_s$                     | スカートの組合せ応力                       | MPa                |
| $\sigma_{s1}$                  | スカートの運転時質量による軸方向応力               | MPa                |
| $\sigma_{s2}$                  | 水平方向地震によりスカートに生じる曲げモーメントによる軸方向応力 | MPa                |
| $\sigma_{s3}$                  | スカートの鉛直方向地震による軸方向応力              | MPa                |
| $\sigma_{x1}, \sigma_{\phi 1}$ | 静水頭又は内圧により胴に生じる軸方向及び周方向応力        | MPa                |
| $\sigma_{x2}$                  | 胴の運転時質量による軸方向引張応力                | MPa                |
| $\sigma_{x3}$                  | 胴の空質量による軸方向圧縮応力                  | MPa                |
| $\sigma_{x4}$                  | 水平方向地震により胴に生じる曲げモーメントによる軸方向応力    | MPa                |
| $\sigma_{x5}$                  | 胴の鉛直方向地震による軸方向引張応力               | MPa                |
| $\sigma_{x6}$                  | 胴の鉛直方向地震による軸方向圧縮応力               | MPa                |
| $\sigma_{xc}$                  | 胴の軸方向応力の和（圧縮側）                   | MPa                |
| $\sigma_{xt}$                  | 胴の軸方向応力の和（引張側）                   | MPa                |
| $\sigma_{\phi}$                | 胴の周方向応力の和                        | MPa                |
| $\sigma_{\phi 2}$              | 静水頭に鉛直方向地震が加わり胴に生じる周方向応力         | MPa                |
| $\tau$                         | 地震により胴に生じるせん断応力                  | MPa                |
| $\tau_b$                       | 基礎ボルトに生じるせん断応力                   | MPa                |



| 記号          | 記号の説明                | 単位  |
|-------------|----------------------|-----|
| $\tau_s$    | 地震によりスカートに生じるせん断応力   | MPa |
| $\phi_1(x)$ | 圧縮荷重に対する許容座屈応力の関数    | MPa |
| $\phi_2(x)$ | 曲げモーメントに対する許容座屈応力の関数 | MPa |

#### 5.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 5-2 に示すとおりである。

表 5-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類  |         | 単位              | 処理桁      | 処理方法 | 表示桁                  |
|--------|---------|-----------------|----------|------|----------------------|
| 固有周期   |         | s               | 小数点以下第4位 | 四捨五入 | 小数点以下第3位             |
| 震度     |         | —               | 小数点以下第3位 | 切上げ  | 小数点以下第2位             |
| 最高使用圧力 |         | MPa             | —        | —    | 小数点以下第2位             |
| 温度     |         | ℃               | —        | —    | 整数位                  |
| 比重     |         | —               | 小数点以下第3位 | 四捨五入 | 小数点以下第2位             |
| 質量     |         | kg              | —        | —    | 整数位                  |
| 長さ     | 下記以外の長さ | mm              | —        | —    | 整数位 <sup>*1</sup>    |
|        | 胴板の厚さ   | mm              | —        | —    | 小数点以下第1位             |
|        | スカートの厚さ | mm              | —        | —    | 小数点以下第1位             |
| 面積     |         | mm <sup>2</sup> | 有効数字5桁目  | 四捨五入 | 有効数字4桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント  |         | N・mm            | 有効数字5桁目  | 四捨五入 | 有効数字4桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力   |         | MPa             | 小数点以下第1位 | 切上げ  | 整数位                  |
| 許容応力   |         | MPa             | 小数点以下第1位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>    |

注記 \*1：設計上定める値が小数点以下の場合は、小数点以下表示とする。

\*2：絶対値が1000以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第1位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 5.3 評価部位

アキュムレータの耐震評価は「5.5.1 構造強度評価方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる胴板、スカート及び基礎ボルトについて評価を実施する。

### 5.4 固有周期

#### 5.4.1 固有周期の計算

アキュムレータ固有周期は、添付書類「VI-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の固有周期の計算方法に基づき算出する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【アキュムレータの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

計算の結果、固有周期は 0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。固有周期の計算結果を表 5-3 に示す。

表 5-3 固有周期(s)

| 水平方向 | 鉛直方向 |
|------|------|
|      |      |

### 5.5 構造強度評価

#### 5.5.1 構造強度評価方法

アキュムレータの構造強度評価は、添付書類「VI-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の耐震計算方法に基づき評価する。

#### 5.5.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 5.5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

アキュムレータの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-4 に示す。

##### 5.5.2.2 許容応力

アキュムレータの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 5-5 及び表 5-6 のとおりとする。

##### 5.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

アキュムレータの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 5-7 に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 5-4 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分                   | 機器名称                  | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                | 許容応力状態           |
|------------------------|-----------------------|---------|--------|-----------------------|------------------|
|                        |                       |         |        |                       |                  |
| その他発電<br>用原子炉の<br>附属施設 | アキュムレータ<br>浸水防護<br>施設 | S       | —*     | $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅲ <sub>A</sub> S |

注記\*：クラス 3 容器の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。また，クラス 3 容器の支持構造物を含む。

表 5-5
 許容応力（クラス 2，3 容器）

| 許容応力状態           | 許容限界*1                                                                            |                  |                                                                                                                     |
|------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                  | 一次一般膜応力                                                                           | 一次膜応力＋<br>一次曲げ応力 | 一次＋二次応力                                                                                                             |
| Ⅲ <sub>A</sub> S | $S_y$ と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方<br>ただし、ASS及びHNAについては上記の値と $1.2 \cdot S$ のうち大きい方とする。 | 左欄の 1.5 倍の値      | 一次＋二次応力<br>$S_d$ 又は $S_s$ 地震動のみによる疲労解析を行い、疲労累積係数が 1.0 以下であること。ただし、地震動のみによる一次＋二次応力の変動値が $2 \cdot S_y$ 以下であれば疲労解析は不要。 |

注記\*1：座屈に対する評価が必要な場合には，クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

\*2： $2 \cdot S_y$  を超える場合は弾塑性解析若しくは設計・建設規格 PVB-3300（PVB-3313を除く。 $S_m$ は  $2/3 \cdot S_y$  と読み替える。）の簡易弾塑性解析を用いる。

表 5-6
 許容応力 (クラス 2, 3 支持構造物)

| 許容応力状態 | 許容限界 <sup>*1, *2</sup><br>(ボルト等以外) | 許容限界 <sup>*1, *2</sup><br>(ボルト等)             |
|--------|------------------------------------|----------------------------------------------|
|        | 一次応力                               | 一次応力                                         |
|        | 引張                                 | 引張                                           |
|        | 1.5・f <sub>t</sub>                 | 1.5・f <sub>t</sub><br><br>1.5・f <sub>s</sub> |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 5-7 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

| 評価部材  | 材料       | 温度条件<br>(°C) |    | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|-------|----------|--------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
|       |          | 最高使用温度       |    |            |                         |                         |                               |
| 胴板    | SUS304TP | 66           |    | 126        | 188                     | 479                     | —                             |
| スカー ト | SUS304TP | 周囲環境温度       | 50 | —          | 198                     | 504                     | 205                           |
| 基礎ボルト | SS400    | 周囲環境温度       | 50 | —          | 211                     | 394                     | —                             |

### 5.5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-8 に示す。

「弾性設計用地震動  $S_d$  又は静的震度」及び「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 5-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)           | 固有周期<br>(s) |      | 弾性設計用地震動 $S_d$<br>又は静的震度 |              | 基準地震動 $S_s$  |              |
|-------------------------------------|-------------|------|--------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                     | 水平方向        | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度             | 鉛直方向<br>設計震度 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 海水ポンプ室<br>O.P. 7.25<br>(O.P. 2.00*) |             |      | —                        | —            | $C_H = 2.76$ | $C_V = 2.21$ |

注記 \*：基準床レベルを示す。

### 5.5.4 計算方法

アキュムレータの応力計算は添付書類「VI-2-1-13-1 スカート支持たて置円筒形容器の耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の応力の計算方法に基づき計算する。

### 5.5.5 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【アキュムレータの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 5.5.6 応力の評価

#### 5.5.6.1 胴の応力評価

5.5.4 項で求めた組合せ応力が胴の最高使用温度における許容応力  $S_a$  以下であること。ただし、 $S_a$  は下表による。

| 応力の種類       | 許容応力 $S_a$                                                                                                            |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|             | 基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合                                                                                             |
| 一次一般膜応力     | 設計降伏点 $S_y$ と設計引張強さ $S_u$ の0.6倍のいずれか小さい方の値。<br>ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金にあっては許容引張応力 $S$ の1.2倍の方が大きい場合は、この大きい方の値とする。 |
| 一次応力と二次応力の和 | 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値が設計降伏点 $S_y$ の2倍以下であれば、疲労解析は不要とする。                                                             |

一次応力の評価は算出応力が一次一般膜応力と同じ値であるので省略する。



5.5.6.2 スカートの応力評価

(1) 5.5.4 項で求めたスカートの組合せ応力が許容引張応力  $f_t$  以下であること。ただし、 $f_t$  は下表による。

|                 | 基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合 |
|-----------------|---------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_t$ | $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ |

(2) 圧縮膜応力（圧縮応力と曲げによる圧縮側応力の組合せ）は次式を満足すること。

（座屈の評価）

$$\frac{\eta \cdot (\sigma_{s1} + \sigma_{s3})}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s2}}{f_b} \leq 1$$

5.5.6.3 基礎ボルトの応力評価

5.5.4 項で求めた基礎ボルトの引張応力  $\sigma_b$  は次式より求めた許容引張応力  $f_{ts}$  以下であること。ただし  $f_{to}$  は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min} [1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力  $\tau_b$  はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力  $f_{sb}$  以下であること。ただし、 $f_{sb}$  は下表による。

|                     | 基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合                |
|---------------------|------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_{to}$  | $\frac{F}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{sb}$ | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

## 5.6 評価結果

### 5.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

アキュムレータの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

【アキュムレータの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称    | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m)                      | 固有周期 (s)     | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub> | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) |
|---------|---------|-------------------------------------|--------------|-----------------------------------|----------------------|--------------|-------------|-------------|
| アキュムレータ | S       | 海水ポンプ室<br>O.P. 7.25<br>(O.P. 2.00*) | 水平方向<br>鉛直方向 | 水平方向<br>鉛直方向<br>設計震度              | 水平方向<br>鉛直方向<br>設計震度 | 0.86         | 66          | 50          |

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| m <sub>0</sub><br>(kg) | m <sub>e</sub><br>(kg) | D <sub>i</sub><br>(mm) | t<br>(mm) | D <sub>s</sub><br>(mm) | t <sub>s</sub><br>(mm) | E<br>(MPa) | E <sub>s</sub><br>(MPa) | G<br>(MPa) | G <sub>s</sub><br>(MPa) |
|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|------------------------|------------------------|------------|-------------------------|------------|-------------------------|
|                        |                        | 305.5                  | 6.5       | 305.5                  | 6.5                    | 192000*1   | 193000*2                | 73800*1    | 74200*2                 |

| φ<br>(mm) | φ <sub>s</sub><br>(mm) | D <sub>1</sub><br>(mm) | D <sub>2</sub><br>(mm) | D <sub>3</sub><br>(mm) | s<br>(mm) | n | D <sub>c</sub><br>(mm) | D <sub>bo</sub><br>(mm) |
|-----------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|---|------------------------|-------------------------|
| 291.5     | 408.5                  | 102.3                  | 102.3                  | 25                     | 15        | 4 | 400                    | 460                     |

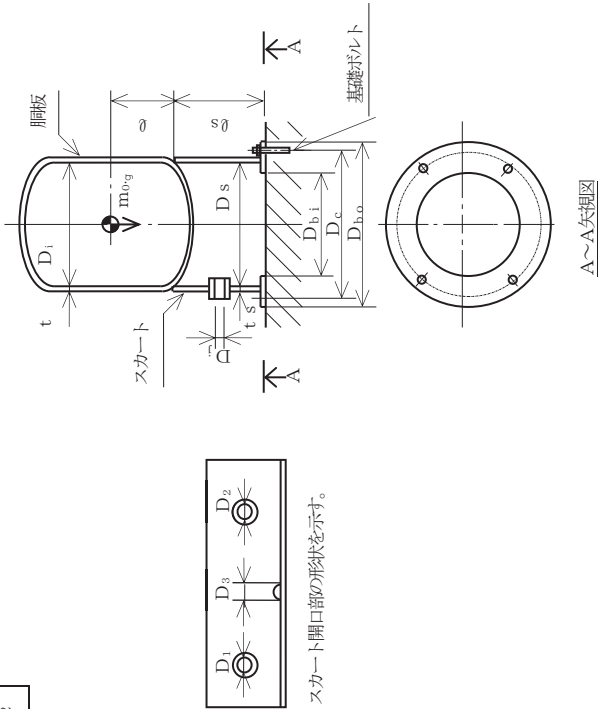
| D <sub>bi</sub><br>(mm) | d<br>(mm) | A <sub>b</sub> <sup>2</sup><br>(mm <sup>2</sup> ) | Y<br>(mm) | M <sub>s</sub> (N・mm) | 弾性設計用地震動 S <sub>d</sub><br>又は静的震度 | 基準地震動 S <sub>s</sub>  |
|-------------------------|-----------|---------------------------------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| 220                     | 16(M16)   | 201.1                                             | 233.5     | —                     | —                                 | 2.463×10 <sup>6</sup> |

| S <sub>y</sub> (同板)<br>(MPa) | S <sub>u</sub> (同板)<br>(MPa) | S<br>(同板)<br>(MPa) | S <sub>y</sub> (スカート)<br>(MPa) | S <sub>u</sub> (スカート)<br>(MPa) | F (スカート)<br>(MPa) | F* (スカート)<br>(MPa) |
|------------------------------|------------------------------|--------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------|
| 188*1                        | 479*1                        | 126*1              | 198*2                          | 504*2                          | 246*1             | —                  |

| S <sub>y</sub> (基礎ボルト)<br>(MPa) | S <sub>u</sub> (基礎ボルト)<br>(MPa) | F (基礎ボルト)<br>(MPa) | F* (基礎ボルト)<br>(MPa) |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| 211*2                           | 394*2                           | 253*2              | —                   |

注記 ＊1：最高使用温度で算出

＊2：周囲環境温度で算出



スカート開口部の形状を示す。

A～A矢視図

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

1.3 計算数値

1.3.1 胴に生じる応力

(1) 一次一般膜応力

(単位：MPa)

|               | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |       |       | 基準地震動S <sub>s</sub>  |                   |          |
|---------------|-------------------------------|-------|-------|----------------------|-------------------|----------|
|               | 周方向応力                         | 軸方向応力 | せん断応力 | 周方向応力                | 軸方向応力             | せん断応力    |
| 静水頭又は内圧による応力  | —                             | —     | —     | $\sigma_{\phi 1}=21$ | $\sigma_{x 1}=11$ | —        |
| 運転時質量による引張応力  | —                             | —     | —     | —                    | $\sigma_{x 2}=0$  | —        |
| 鉛直方向地震による引張応力 | —                             | —     | —     | $\sigma_{\phi 2}=0$  | $\sigma_{x 5}=1$  | —        |
| 空質量による圧縮応力    | —                             | —     | —     | —                    | $\sigma_{x 3}=1$  | —        |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | —                             | —     | —     | —                    | $\sigma_{x 6}=1$  | —        |
| 水平方向地震による応力   | —                             | —     | —     | —                    | $\sigma_{x 4}=2$  | $\tau=2$ |
| 応力の和          | 引張側                           | —     | —     | $\sigma_{\phi}=21$   | $\sigma_{x t}=13$ | —        |
|               | 圧縮側                           | —     | —     | $\sigma_{\phi}=-21$  | $\sigma_{x c}=-8$ | —        |
| 組合せ応力         | 引張り                           | —     | —     | $\sigma_{0 t}=21$    |                   |          |
|               | 圧縮                            | —     | —     | —                    |                   |          |

(2) 地震動のみによる一次応力と二次応力の和の変動値

(単位：MPa)

|               | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |       |       | 基準地震動S <sub>s</sub> |                   |          |
|---------------|-------------------------------|-------|-------|---------------------|-------------------|----------|
|               | 周方向応力                         | 軸方向応力 | せん断応力 | 周方向応力               | 軸方向応力             | せん断応力    |
| 鉛直方向地震による引張応力 | —                             | —     | —     | $\sigma_{\phi 2}=0$ | $\sigma_{x 5}=1$  | —        |
| 鉛直方向地震による圧縮応力 | —                             | —     | —     | —                   | $\sigma_{x 6}=1$  | —        |
| 水平方向地震による応力   | —                             | —     | —     | —                   | $\sigma_{x 4}=2$  | $\tau=2$ |
| 応力の和          | 引張側                           | —     | —     | $\sigma_{2\phi}=0$  | $\sigma_{2x t}=3$ | —        |
|               | 圧縮側                           | —     | —     | $\sigma_{2\phi}=0$  | $\sigma_{2x c}=3$ | —        |
| 組合せ応力         | —                             |       |       | $\sigma_{2 t}=6$    |                   |          |
| (変動値)         | —                             |       |       | $\sigma_{2 c}=6$    |                   |          |

1.3.2 スカートに生じる応力

(単位：MPa)

|             | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 |       | 基準地震動S <sub>s</sub> |               |
|-------------|-------------------------------|-------|---------------------|---------------|
|             | 応力                            | 組合せ応力 | 応力                  | 組合せ応力         |
| 運転時質量による応力  | —                             | —     | $\sigma_{s 1}=1$    | $\sigma_s=11$ |
| 鉛直方向地震による応力 | —                             |       | $\sigma_{s 3}=1$    |               |
| 水平方向地震      | —                             |       | $\sigma_{s 2}=10$   |               |
| による応力       | —                             | —     | $\tau_s=2$          | —             |

1.3.3 基礎ボルトに生じる応力

(単位：MPa)

|       | 弾性設計用地震動S <sub>d</sub> 又は静的震度 | 基準地震動S <sub>s</sub> |
|-------|-------------------------------|---------------------|
| 引張応力  | —                             | $\sigma_b=25$       |
| せん断応力 | —                             | $\tau_b=5$          |

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

| 方 向  | 固有周期 |
|------|------|
| 水平方向 |      |
| 鉛直方向 |      |

1.4.2 応力

(単位：MPa)

| 部 材   | 材 料      | 応 力           | 弾性設計用地震動S d又は静的震度 |      | 基準地震動S s                                                                                    |                |
|-------|----------|---------------|-------------------|------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|
|       |          |               | 算出応力              | 許容応力 | 算出応力                                                                                        | 許容応力           |
| 胴板    | SUS304TP | 一次一般膜         | —                 | —    | $\sigma_0=21$                                                                               | $S_a=287$      |
|       |          | 一次＋二次         | —                 | —    | $\sigma_2=6$                                                                                | $S_a=377$      |
|       |          | 組合せ           | —                 | —    | $\sigma_s=11$                                                                               | $f_t=246$      |
| スカート  | SUS304TP | 圧縮と曲げ<br>の組合せ | —                 | —    | $\frac{\eta \cdot (\sigma_s + \sigma_s)}{f_c} + \frac{\eta \cdot \sigma_{s,2}}{f_b} \leq 1$ |                |
|       |          | (座屈の評価)       | —                 | —    | 0.05 (無次元)                                                                                  |                |
| 基礎ボルト | SS400    | 引張り           | —                 | —    | $\sigma_b=25$                                                                               | $f_{ts}=190^*$ |
|       |          | せん断           | —                 | —    | $\tau_b=5$                                                                                  | $f_{sb}=146$   |

注記 \* :  $f_{ts}=\text{Min}[1.4 \cdot f_{to}-1.6 \cdot \tau_b, f_{td}]$

すべて許容応力以下である。

## 6. ポンベラック

### 6.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、取水ピット水位計空気ポンベラック（以下「ポンベラック」という。）が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

ポンベラックは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に分類される。以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

### 6.2 一般事項

#### 6.2.1 構造計画

ポンベラックの構造計画を表 6-1 に示す。

表 6-1 ポンベ設備の構造計画

| 計画の概要                                    |                                                                                       | 説明図 |
|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 主体構造                                     | 支持構造                                                                                  |     |
| <p>空気ポンベ及びポンベの支持構造物であるポンベラックにより構成する。</p> | <p>空気ポンベは、容器として十分な強度を有する構造とし、固定ボルトによりポンベラックに固定し、ポンベラックを躯体床及び壁に施工された後打金物に溶接し据え付ける。</p> |     |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 6.2.2 評価方針

ボンベラックの応力評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「6.2.1 構造計画」にて示すボンベラックの部位を踏まえ「6.3. 評価部位」にて設定する箇所において、「6.4.3 解析モデル及び諸元」及び「6.4.4 固有周期」で算出した固有周期に基づく設計用地震力による応力が許容限界内に収まることを、「6.4 地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「6.5 評価結果」に示す。

ボンベラックの耐震評価フローを図 6-1 に示す。

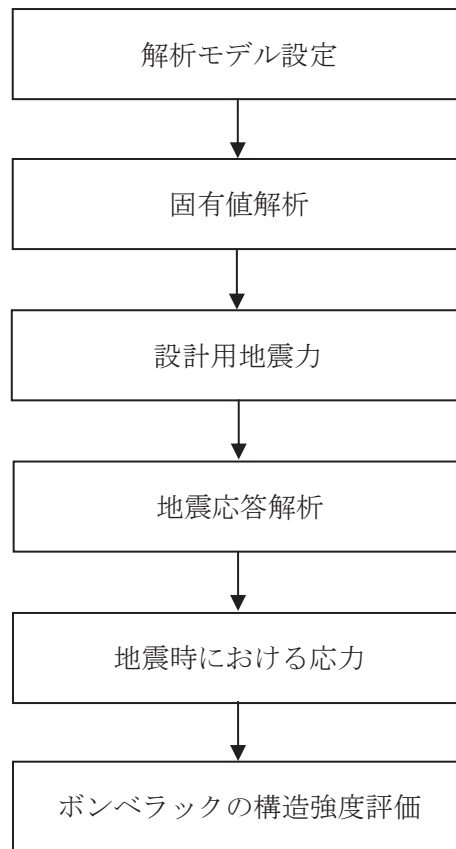


図 6-1 ボンベラックの耐震評価フロー



### 6.2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987）
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補－1984）
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991 追補版）
- (4) J S M E S N C 1－2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
（以下「設計・建設規格」という。）
- (5) 日本産業規格
- (6) 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-

#### 6.2.4 記号の説明

| 記号            | 記号の説明                  | 単位              |
|---------------|------------------------|-----------------|
| $\sigma_t$    | フレームに生じる引張応力           | MPa             |
| $\sigma_b$    | フレームに生じる曲げ応力           | MPa             |
| $\tau_s$      | フレームに生じるせん断応力          | MPa             |
| $\sigma_a$    | フレームに生じる組合せ応力          | MPa             |
| $\sigma_{bt}$ | 取付ボルトに生じる引張応力          | MPa             |
| $\tau_{bs}$   | 取付ボルトに生じるせん断応力         | MPa             |
| $A_b$         | 取付ボルトの軸断面積             | mm <sup>2</sup> |
| $F_b$         | 取付ボルトに作用する引張力(1本当たり)   | N               |
| $Q_b$         | 取付ボルトに作用するせん断力         | N               |
| $n$           | ボルトの本数                 | —               |
| $\tau_w$      | 溶接部に生じるせん断応力           | MPa             |
| $Z_{pw}$      | 溶接部のねじり断面係数            | mm <sup>3</sup> |
| $A_w$         | 溶接部の断面積                | mm <sup>2</sup> |
| $F_w$         | 溶接部に作用するせん断力           | N               |
| $M_l$         | フレームに生じる軸方向廻りのねじりモーメント | N・mm            |

### 6.2.5 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は、表 6-2 に示すとおりとする。

表 6-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類              | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|--------------------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期               | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 震度                 | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度                 | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量                 | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ                 | mm              | 小数点以下第 3 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 2 位             |
| 面積                 | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*1</sup> |
| 力                  | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*1</sup> |
| 算出応力               | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力 <sup>*2</sup> | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位                    |

注記\*1：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

### 6.3 評価部位

ボンベラックの耐震評価は、「6.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、フレーム、溶接部、取付ボルトについて実施する。

ボンベラックの耐震評価部位については、表 6-1 の概略構造図に示す。

### 6.4 地震応答解析及び構造強度評価

#### 6.4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) ボンベラックを構成する各部材をはり要素としてモデル化した多質点モデルによる地震応答解析を実施する。
- (2) ボンベラックに収納・固定されるボンベ及び配管・弁等の機器重量は、各々組込む位置に相当する各質点に付加する。
- (3) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

#### 6.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

##### 6.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

ボンベラックの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 6-3 に示す。

##### 6.4.2.2 許容応力

ボンベラックの許容応力は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 6-4 に示す。

##### 6.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ボンベラックの使用材料の許容応力評価条件のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 6-5 に示す。

表6-3 荷重の組合せ及び許容応力状態 (設計基準対象施設)

| 施設区分                | 機器名称                     | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                | 許容応力状態           |
|---------------------|--------------------------|---------|--------|-----------------------|------------------|
| その他の発電用原子<br>炉の附属施設 | 取水ピット水位<br>計空気ボンベラ<br>ック | S       | —*     | $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅲ <sub>A</sub> S |

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表6-4 許容応力 (その他の支持構造物)

| 許容応力状態           | 許容限界 <sup>*1, *2</sup><br>(フレーム) | 許容限界 <sup>*1, *2</sup><br>(溶接部) | 許容限界 <sup>*1, *2</sup><br>(取付ボルト) |
|------------------|----------------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|
|                  | 一次応力                             | 一次応力                            | 一次応力                              |
|                  | 組合せ                              | せん断                             | 引張り                               |
|                  | $1.5 \cdot f_t$                  | $1.5 \cdot f_s$                 | $1.5 \cdot f_t$                   |
| Ⅲ <sub>A</sub> S |                                  |                                 | $1.5 \cdot f_s$                   |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には、組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表6-5 使用材料の許容応力評価条件 (設計基準対象施設)

| 評価部位  | 材料                | 温度条件<br>(°C)   | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|-------|-------------------|----------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| フレーム  | SS400<br>(t ≤ 16) | 40<br>(周囲環境温度) | 245                     | 400                     | —                             |
| 溶接部   | STKR400           | 40<br>(周囲環境温度) | 245                     | 400                     | —                             |
| 取付ボルト | SS400             | 40<br>(周囲環境温度) | 215                     | 400                     | —                             |

#### 6.4.3 解析モデル及び諸元

ボンベラックの解析モデルを図 6-2 から図 6-5 に、解析モデルの諸元を表 6-6 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【ボンベラックの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) ボンベラックは構成する各部材をはり要素でモデル化する。
- (2) 拘束条件として、建屋躯体との取合い点を完全拘束として設定する。
- (3) ボンベラックの評価に用いる解析コードは、「NX NASTRAN」とする。なお、評価に用いる解析コード「NX NASTRAN」の検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5-25 計算機プログラム（解析コード）の概要・NX NASTRAN」に示す。

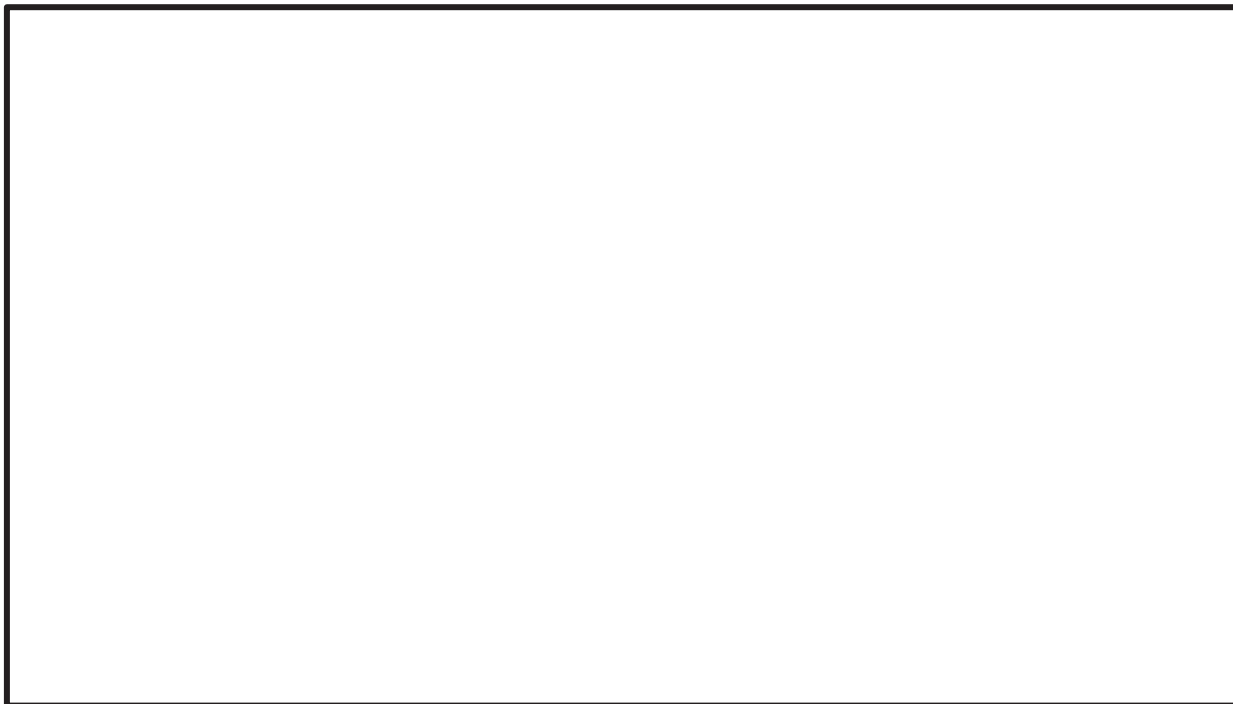


図 6-2 解析モデル(ボンベラック (A) (要素番号記載))



図 6-3 解析モデル(ボンベラック (A) (節点番号記載))

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



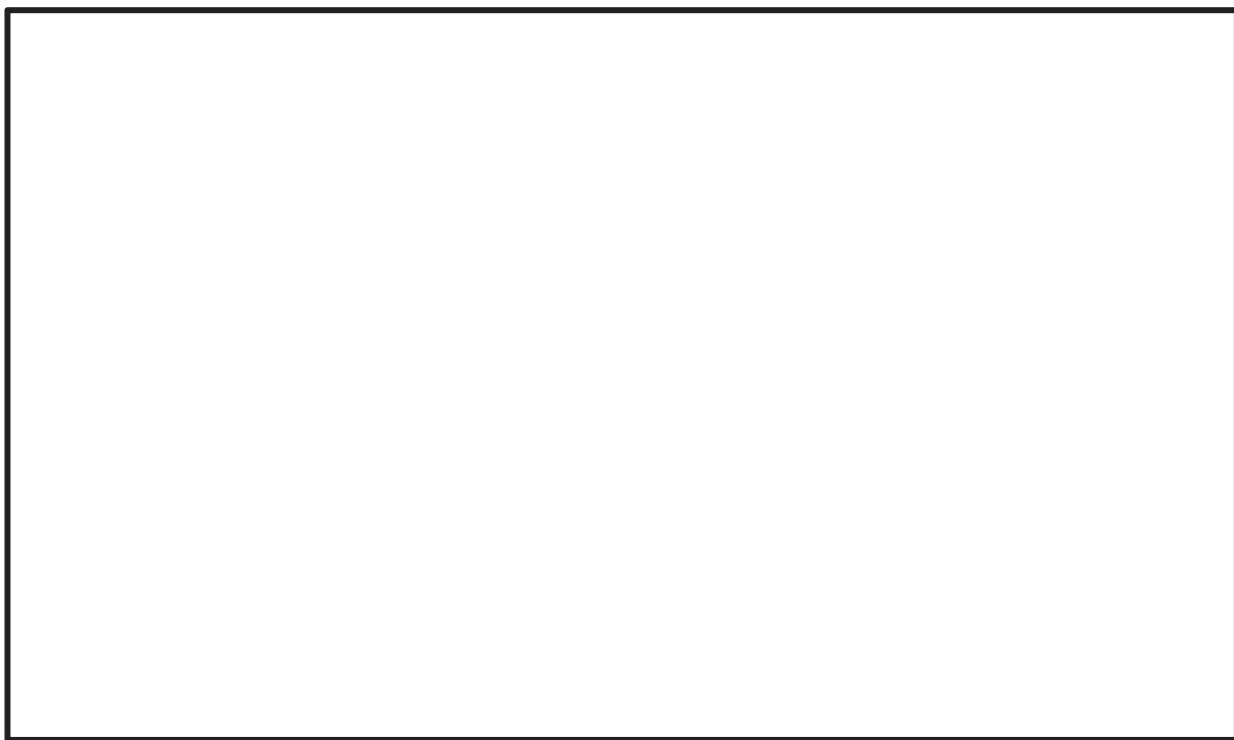


図 6-4 解析モデル(ボンベラック (B) (要素番号記載))

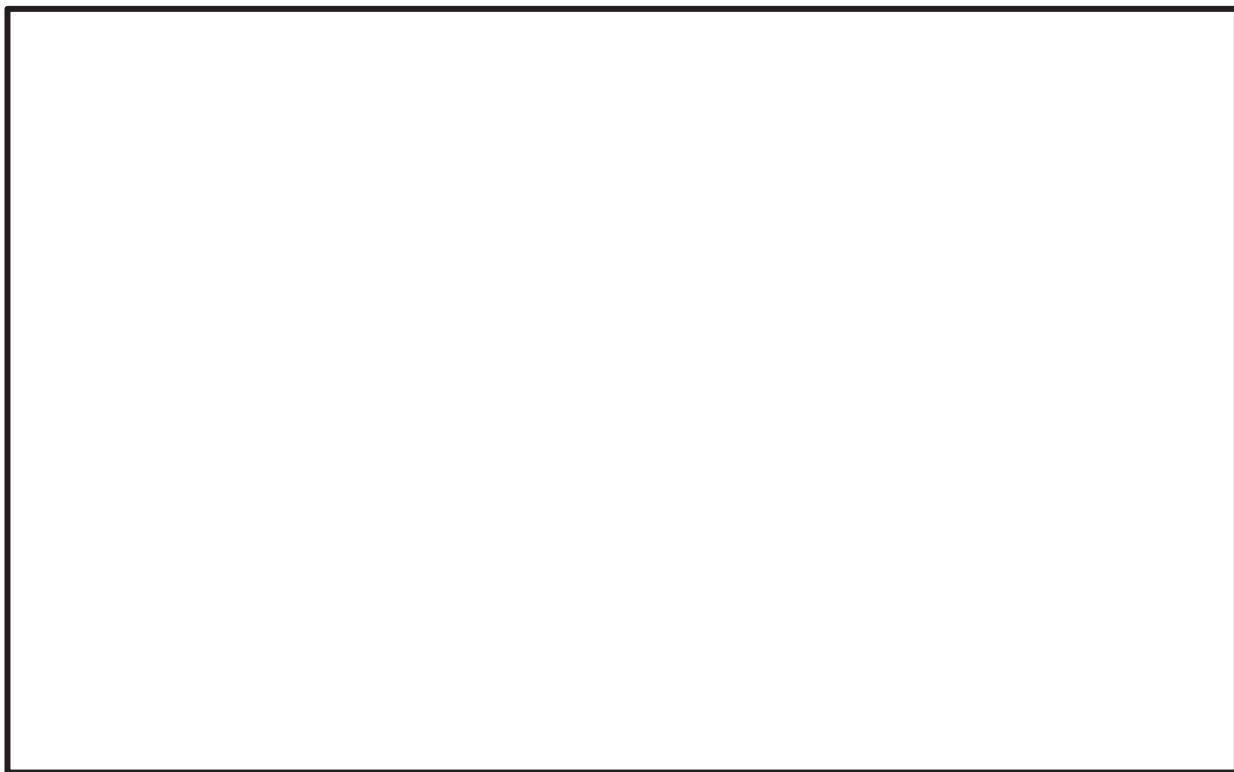


図 6-5 解析モデル(ボンベラック (B) (節点番号記載))

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-6 解析モデルの諸元 (1/2)

| 項 目         | 記 号   | 単 位 | 入力値                |
|-------------|-------|-----|--------------------|
| 材 質         | —     | —   | SS400／STKR400      |
| 温度条件(雰囲気温度) | T     | ℃   | 40                 |
| 縦弾性係数       | E     | MPa | $2.02 \times 10^5$ |
| ポアソン比       | $\nu$ | —   | 0.3                |
| 質量(ボンベ)     | W     | kg  |                    |
| 質量(フレーム)    | m     | kg  |                    |
| ボンベ数        | —     | 本／基 | 2                  |
| 寸 法         | —     | —   | 図 2-1, 2-2         |
| 要素数         | —     | 個   |                    |
| 節点数         | —     | 個   |                    |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 6-6
 解析モデルの諸元 (2/2)

| 部材   | 番号 | 要素<br>番号 | 材料      | 諸元<br>(数値)<br>(mm) | 縦弾性係数<br>(MPa)       | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント                         |                                   | 密度<br>(kg/mm <sup>3</sup> ) |
|------|----|----------|---------|--------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|
| フレーム | 1  |          | STKR400 |                    | 2.02×10 <sup>5</sup> |                           | I <sub>1</sub> (mm <sup>4</sup> ) | I <sub>2</sub> (mm <sup>4</sup> ) | 7.85×10 <sup>-6</sup>       |
|      | 2  |          | SS400   |                    | 2.02×10 <sup>5</sup> |                           |                                   |                                   | 7.85×10 <sup>-6</sup>       |
|      | 3  |          | SS400   |                    | 2.02×10 <sup>5</sup> |                           |                                   |                                   | 7.85×10 <sup>-6</sup>       |

#### 6.4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 6-7 に示す。固有周期は、0.05 秒以下であり、剛であることを確認した。

表 6-7 固有周期

| 設備名称       | モード | 卓越方向 | 固有周期 (s) |
|------------|-----|------|----------|
| ボンベラック (A) |     |      |          |
| ボンベラック (B) |     |      |          |

#### 6.4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 6-8 に示す。

基準地震動  $S_s$  による地震力は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 6-8 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)           | 設備名称          | 固有周期<br>(s) |      | 基準地震動        |              |
|-------------------------------------|---------------|-------------|------|--------------|--------------|
|                                     |               | 水平方向        | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度 | 鉛直方向<br>設計震度 |
| 海水ポンプ室<br>O.P. 7.25<br>(O.P. 2.00*) | ボンベラック<br>(A) |             |      | $C_H=2.76$   | $C_V=2.21$   |
|                                     | ボンベラック<br>(B) |             |      |              |              |

注記 \*：基準床レベルを示す。

#### 6.4.6 計算方法

##### (1) フレーム

フレームの組合せ応力を以下のとおり計算する。フレームの計算モデル例を図 6-6 に示す。

$$\sigma_a = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + 3 \cdot \tau_s^2} \quad \dots \dots \dots (6.4.6.1)$$

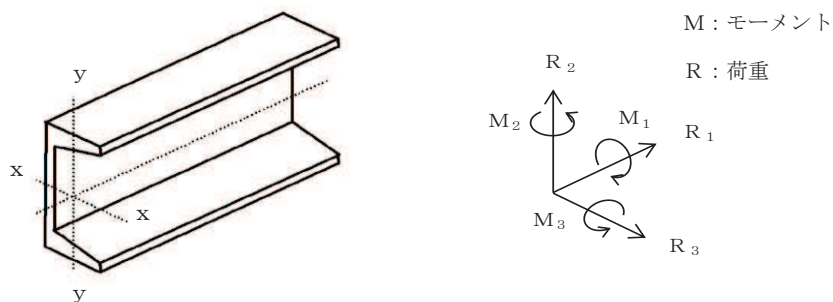


図 6-6 フレームの計算モデル例

##### (2) 溶接部

溶接部のせん断応力を以下のとおり計算する。溶接部の計算モデル例を図 6-7 に示す。

$$\tau_w = \frac{F_w}{A_w} + \frac{M_l}{Z_{pw}} \quad \dots \dots \dots (6.4.6.2)$$

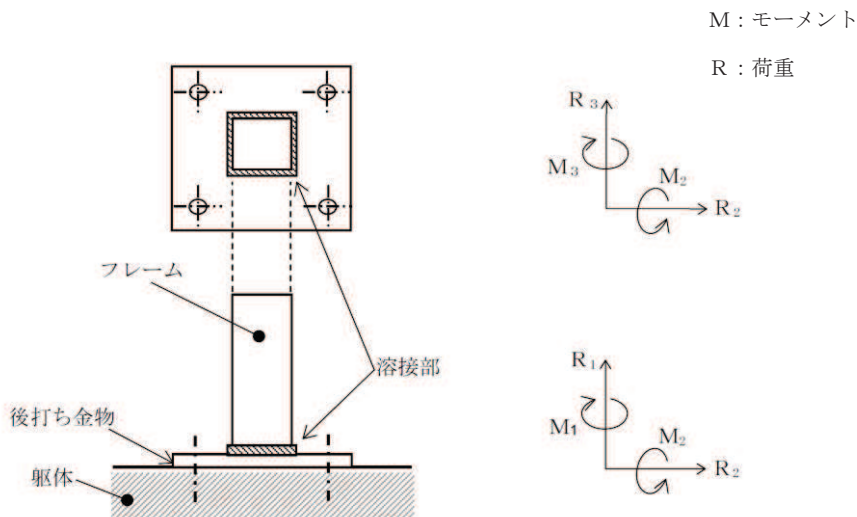


図 6-7 溶接部の計算モデル例

##### (3) 取付ボルト

取付ボルトの応力を以下のとおり計算する。取付ボルトの計算モデル例を図 6-8 に示す。

・ 引張応力

$$\sigma_{bt} = \frac{F_b}{A_b} \quad \dots \dots \dots (6.4.6.3)$$

・せん断応力

$$\tau_{bs} = \frac{Q_b}{nA_b} \cdot \dots \dots \dots (6.4.6.4)$$

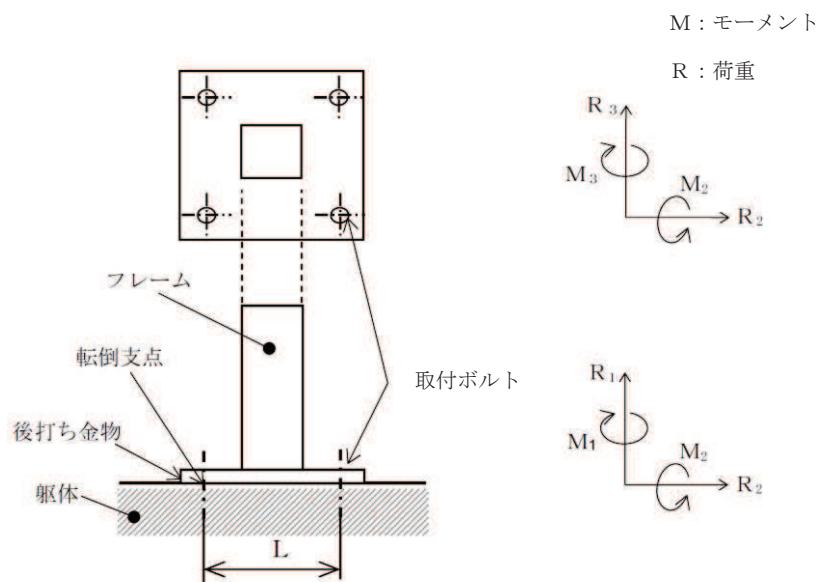


図 6-8 取付ボルトの計算モデル例

6.4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（ボンベラック）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【ボンベラックの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

6.4.8 応力の評価

6.4.8.1 ボンベラックの応力評価

6.4.6(1)項で求めたボンベラックの組合せ応力が許容応力  $f_t$  以下であること。ただし、 $f_t$  は下表による。

|                 | 基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合 |
|-----------------|---------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_t$ | $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ |

6.4.8.2 溶接部の応力評価

6.4.6(2)項で求めた溶接部のせん断応力が許容応力  $f_s$  以下であること。ただし、 $f_s$  は下表による。

|                  | 基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合                |
|------------------|------------------------------------------|
| 許容せん断応力<br>$f_s$ | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

6.4.8.3 取付ボルトの応力評価

6.4.6(3)項で求めた取付ボルトの引張応力及びせん断応力が許容応力 $f_{t o}$ 及び $f_{s b}$ 以下であること。ただし、 $f_{t o}$ 及び $f_{s b}$ は下表による。

|                      | 基準地震動 $S_s$ による荷重との組合せの場合                |
|----------------------|------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_{t o}$  | $\frac{F}{2} \cdot 1.5$                  |
| 許容せん断応力<br>$f_{s b}$ | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

## 6.5 評価結果

### 6.5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ボンベラックの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。



【ポンベラックの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称       | 耐震重要度<br>分類 | 設置場所及び床面高<br>さ (m)                      | 固有周期 (s) |      | 基準地震動 S <sub>s</sub>   |                        | 周囲環境温度<br>(℃) |
|------------|-------------|-----------------------------------------|----------|------|------------------------|------------------------|---------------|
|            |             |                                         | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向<br>設計震度           | 鉛直方向<br>設計震度           |               |
| ポンベラック (A) | S           | 海水ポンプ室<br>0. P. 7. 25<br>(0. P. 2. 00*) |          |      | C <sub>H</sub> = 2. 76 | C <sub>V</sub> = 2. 21 | 40            |
| ポンベラック (B) |             |                                         |          |      |                        |                        |               |

注記＊：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 機器名称       | フレーム質量 (kg) | 縦弾性係数 (MPa)             | ポアソン比 | ボルト本数 |
|------------|-------------|-------------------------|-------|-------|
| ポンベラック (A) | 225         | 2. 02 × 10 <sup>5</sup> | 0. 3  | 4     |
| ポンベラック (B) | 240         |                         |       |       |

| 評価対象部位 | 材料                | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | F<br>(MPa) |
|--------|-------------------|-------------------------|-------------------------|------------|
| フレーム   | SS400<br>(t ≦ 16) | 245                     | 400                     | 245        |
| 溶接部    | STKR400           | 245                     | 400                     | 245        |
| 取付ボルト  | SS400             | 215                     | 400                     | 215        |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用するせん断力

| 機器名称       | 部材  | F <sub>w</sub> (N)    |
|------------|-----|-----------------------|
| ボンベラック (A) | 溶接部 | 4.159×10 <sup>3</sup> |
| ボンベラック (B) |     | 2.876×10 <sup>3</sup> |

1.3.2 ボルトに作用する力

| 機器名称       | 部材    | F <sub>b</sub> (N)    | Q <sub>b</sub> (N)    | A <sub>b</sub> (mm <sup>2</sup> ) |
|------------|-------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| ボンベラック (A) | 取付ボルト | 4.581×10 <sup>3</sup> | 4.255×10 <sup>3</sup> | 201.1                             |
| ボンベラック (B) |       | 5.928×10 <sup>3</sup> | 3.371×10 <sup>3</sup> |                                   |

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

| 機器名称       | モード | 固有周期 | 卓越方向 |
|------------|-----|------|------|
| ボンベラック (A) | 1次  |      | 水平   |
| ボンベラック (B) | 1次  |      | 水平   |

1.4.2 応力及び許容荷重

(単位：MPa)

| 設備名称       | 評価部位  | 材料      | 応力  | 算出応力               | 許容応力             |
|------------|-------|---------|-----|--------------------|------------------|
| ボンベラック (A) | フレーム  | SS400   | 組合せ | $\sigma_a = 36$    | $f_t = 245$      |
|            | 溶接部   | STKR400 | せん断 | $\tau_w = 3$       | $f_s = 63$       |
|            | 取付ボルト | SS400   | 引張り | $\sigma_{bt} = 23$ | $f_{ts} = 161^*$ |
|            |       |         | せん断 | $\tau_{bs} = 6$    | $f_{sb} = 124$   |
| ボンベラック (B) | フレーム  | SS400   | 組合せ | $\sigma_a = 36$    | $f_t = 245$      |
|            | 溶接部   | STKR400 | せん断 | $\tau_w = 3$       | $f_s = 63$       |
|            | 取付ボルト | SS400   | 引張り | $\sigma_{bt} = 30$ | $f_{ts} = 161^*$ |
|            |       |         | せん断 | $\tau_{bs} = 5$    | $f_{sb} = 124$   |

注記 \* :  $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_{bs}, f_{to}]$ より算出

すべて許容応力以下である。

## 7. 管

### 7.1 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

#### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全2モデルのうち、各応力区分における最大応力評価点の許容値／発生値（以下「裕度」という。）が最小となる解析モデルを代表として鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載する。各応力区分における代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を4.2.4に記載する。

#### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

#### (3) 弁

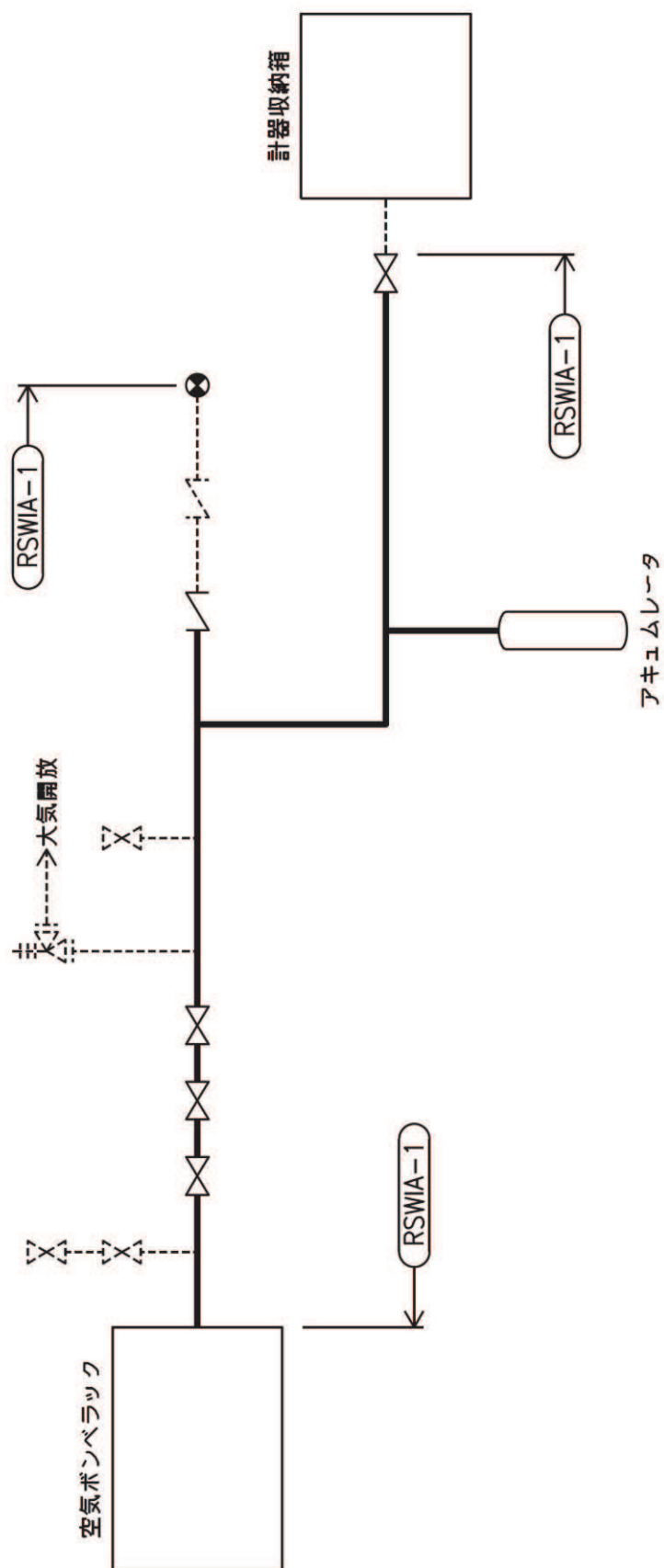
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

7.2
概略系統図及び鳥瞰図

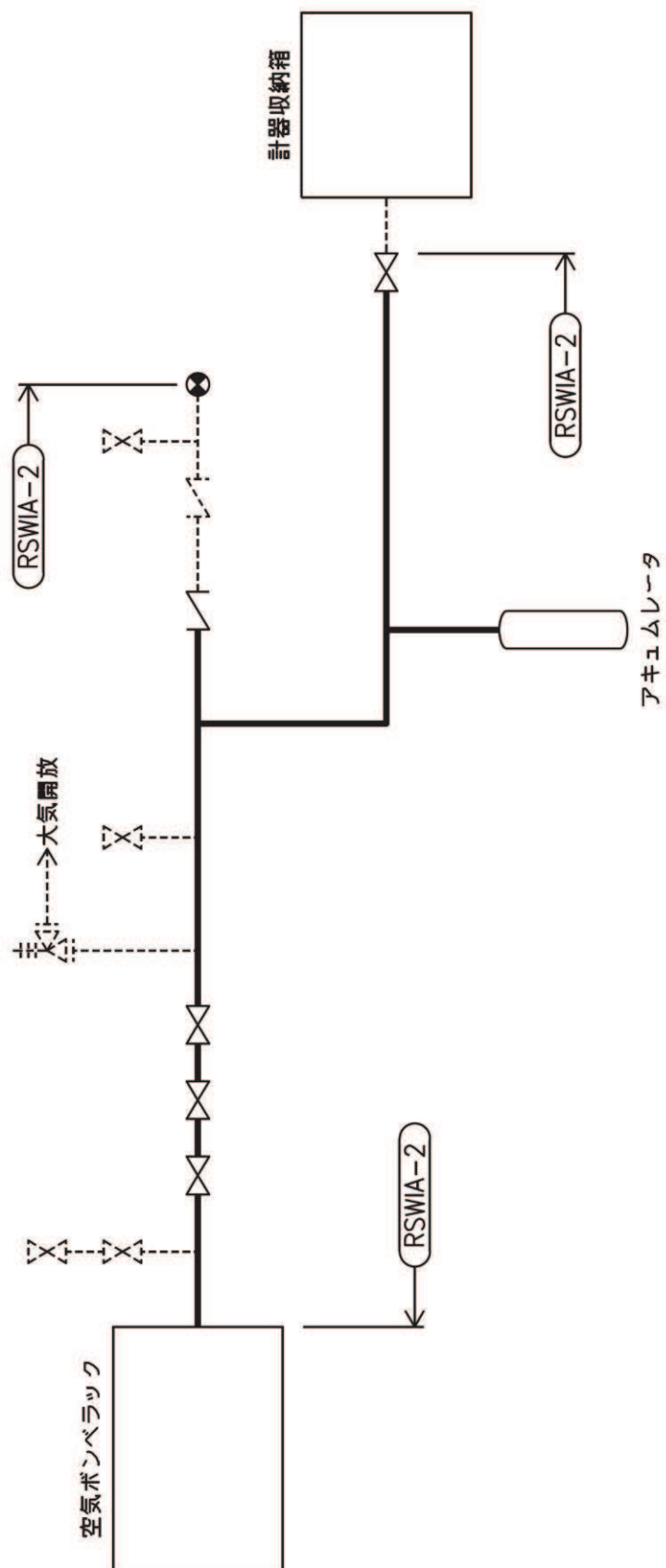
7.2.1
概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記号                                                                                     | 内容                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち，本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち，本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち，他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |



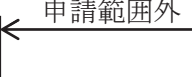
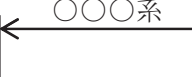
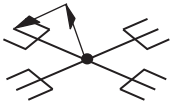
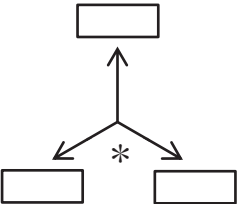
原子炉補機冷却海水系(取水位計測回り)概略系統図(その1)



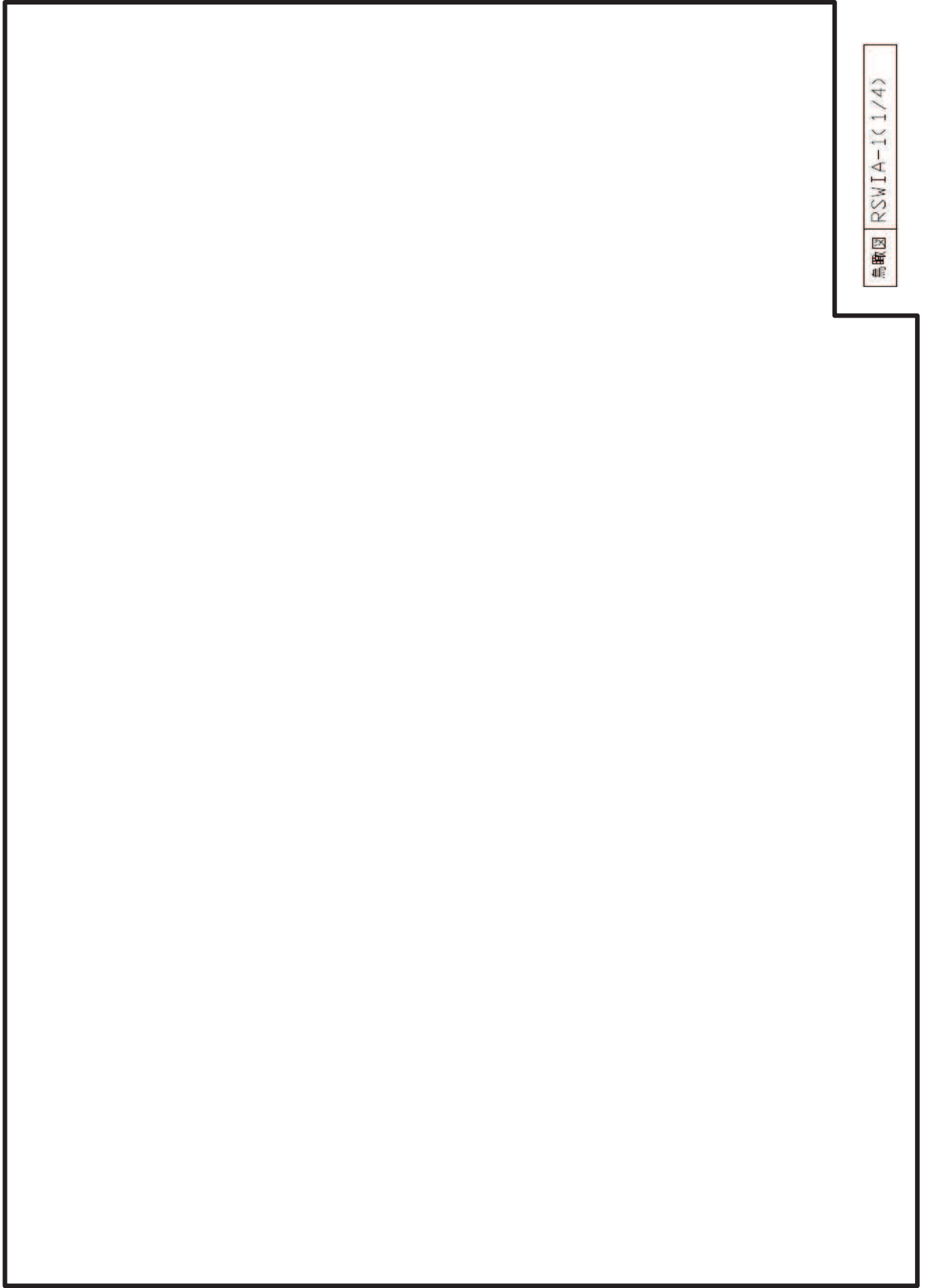
原子炉補機冷却海水系(取水位計測廻り)概略系統図(その2)

## 7.2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

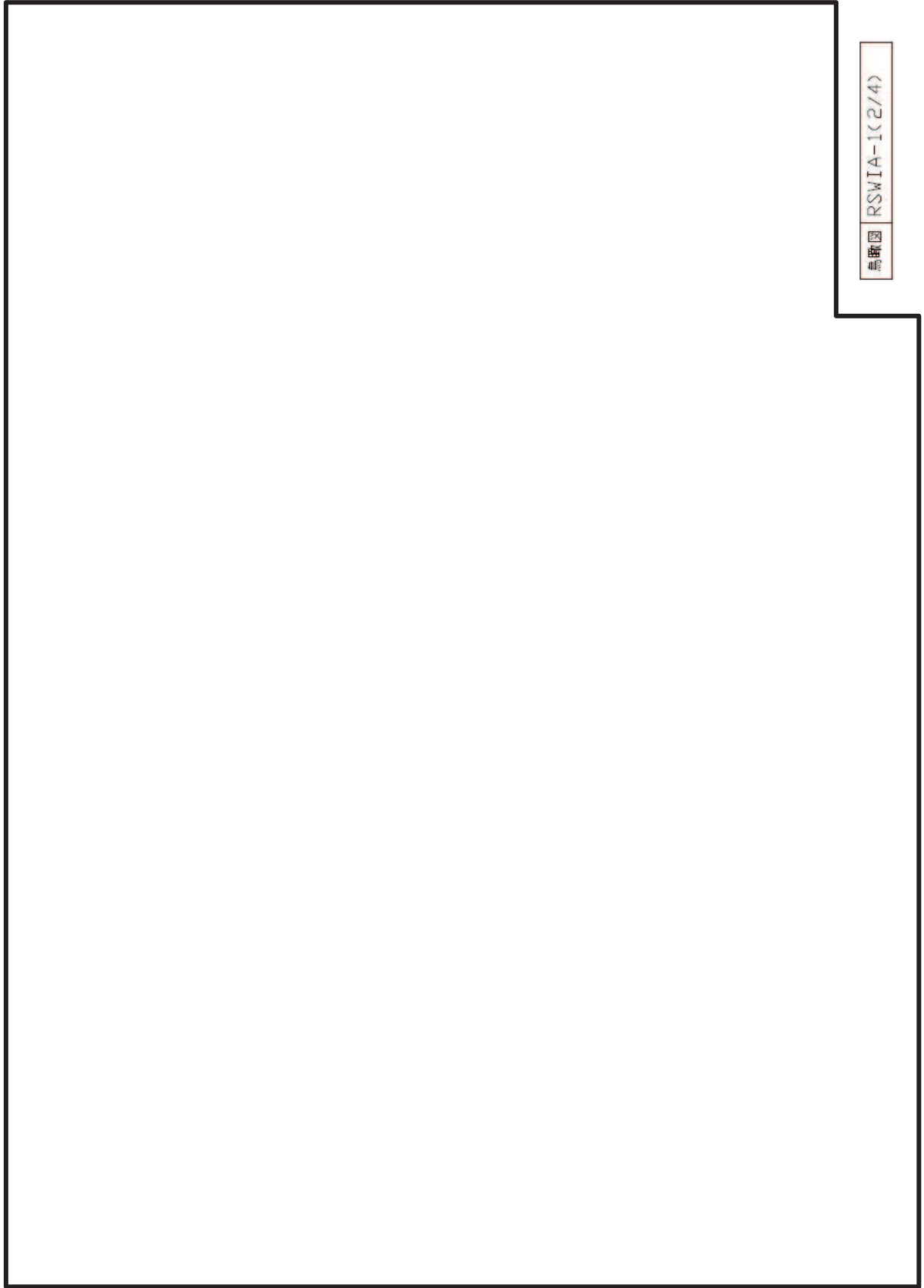
| 記号                                                                                  | 内容                                                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                                                                                                                             |
|    | 工事計画記載範囲外の管                                                                                                                                          |
|    | 工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルとして本系統に記載する管                                                                                                             |
|    | 質点                                                                                                                                                   |
|   | アンカ                                                                                                                                                  |
|  | レストレイント<br>(矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。)                                                                                                          |
|  | 拘束点の地震による相対変位量(mm)<br>(*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、  内に<br>変位量を記載する。) |





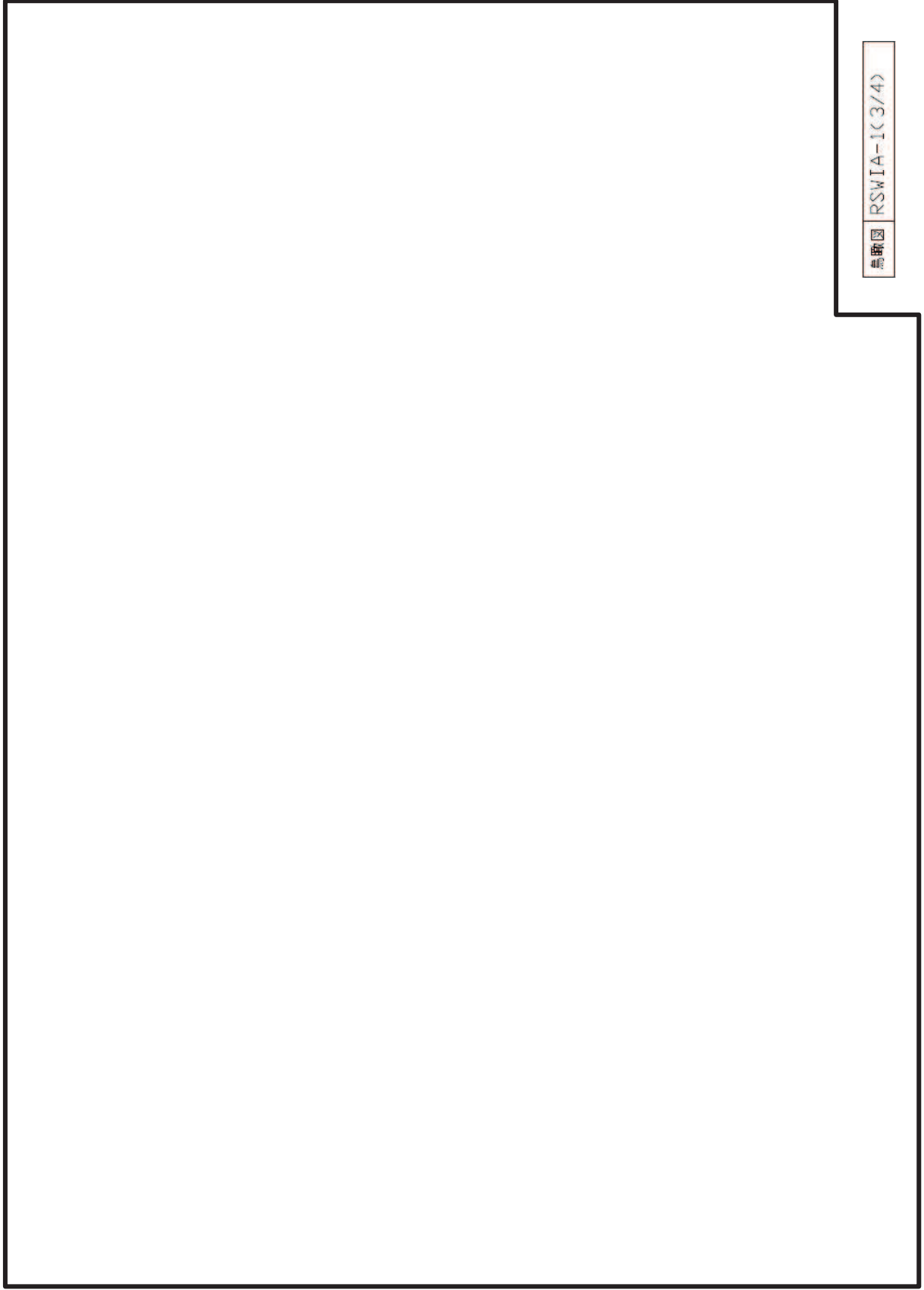
鳥瞰図 RSWIA-1<1/4>

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

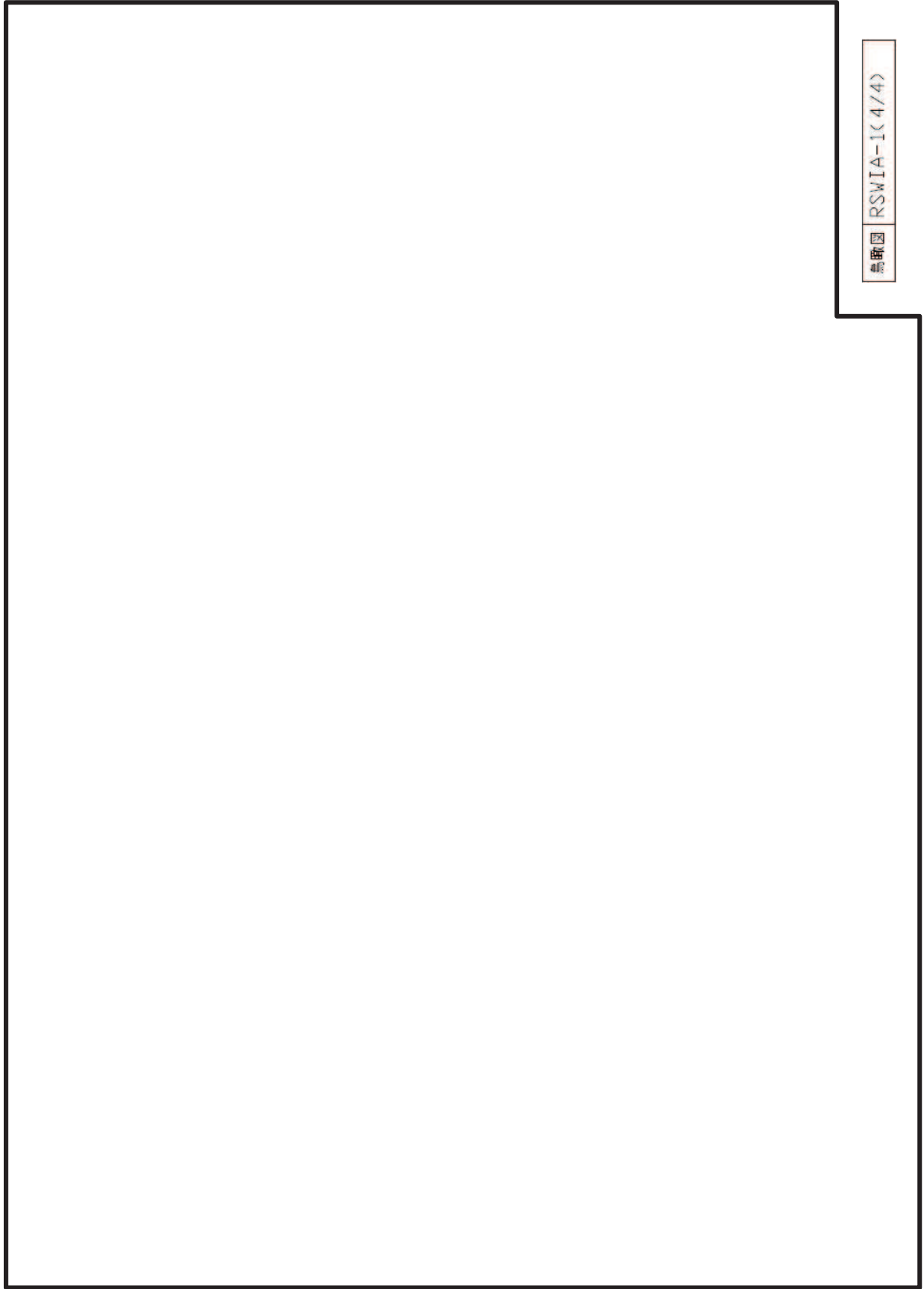


断面図 RSWIA-1(2/4)

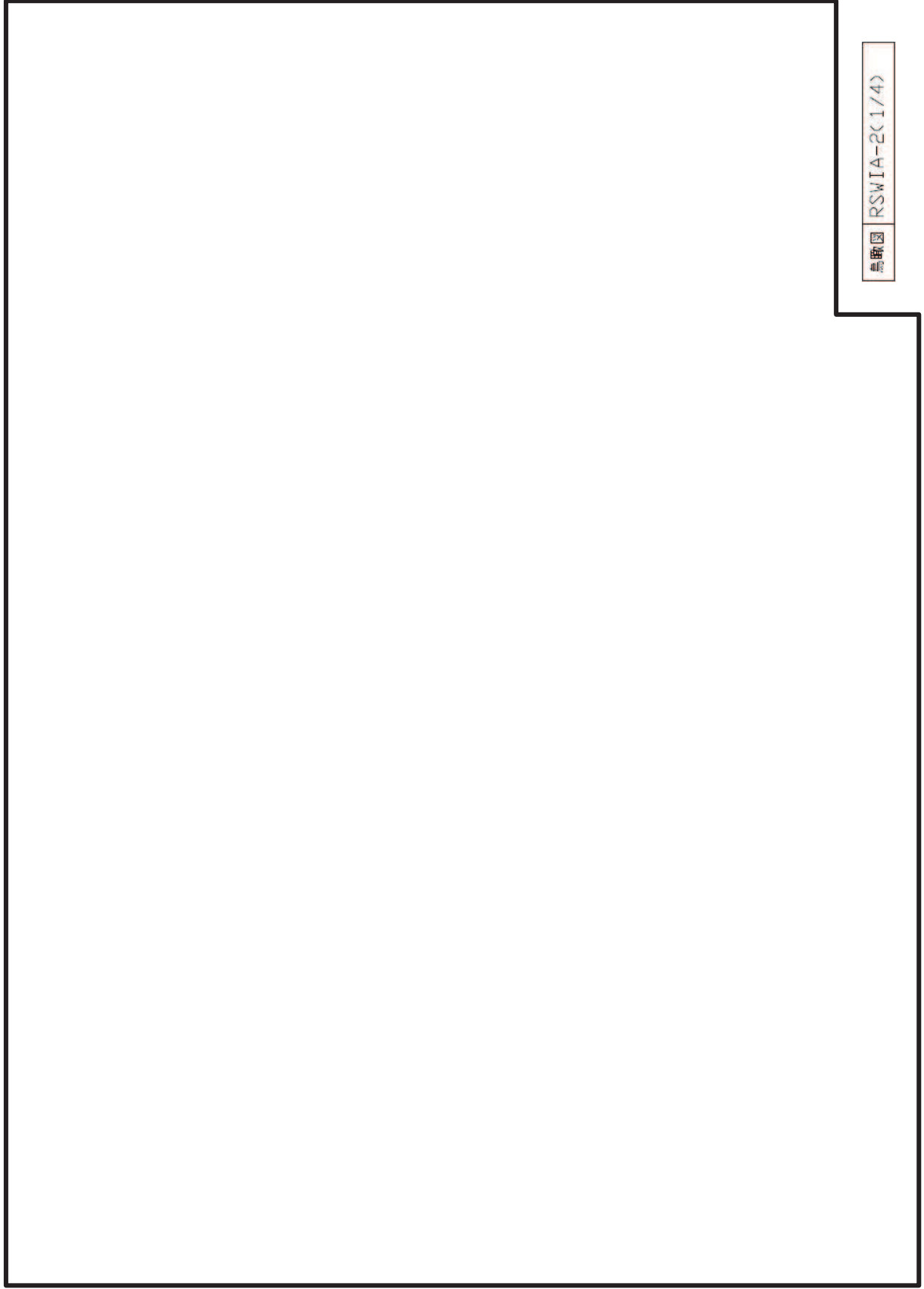
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

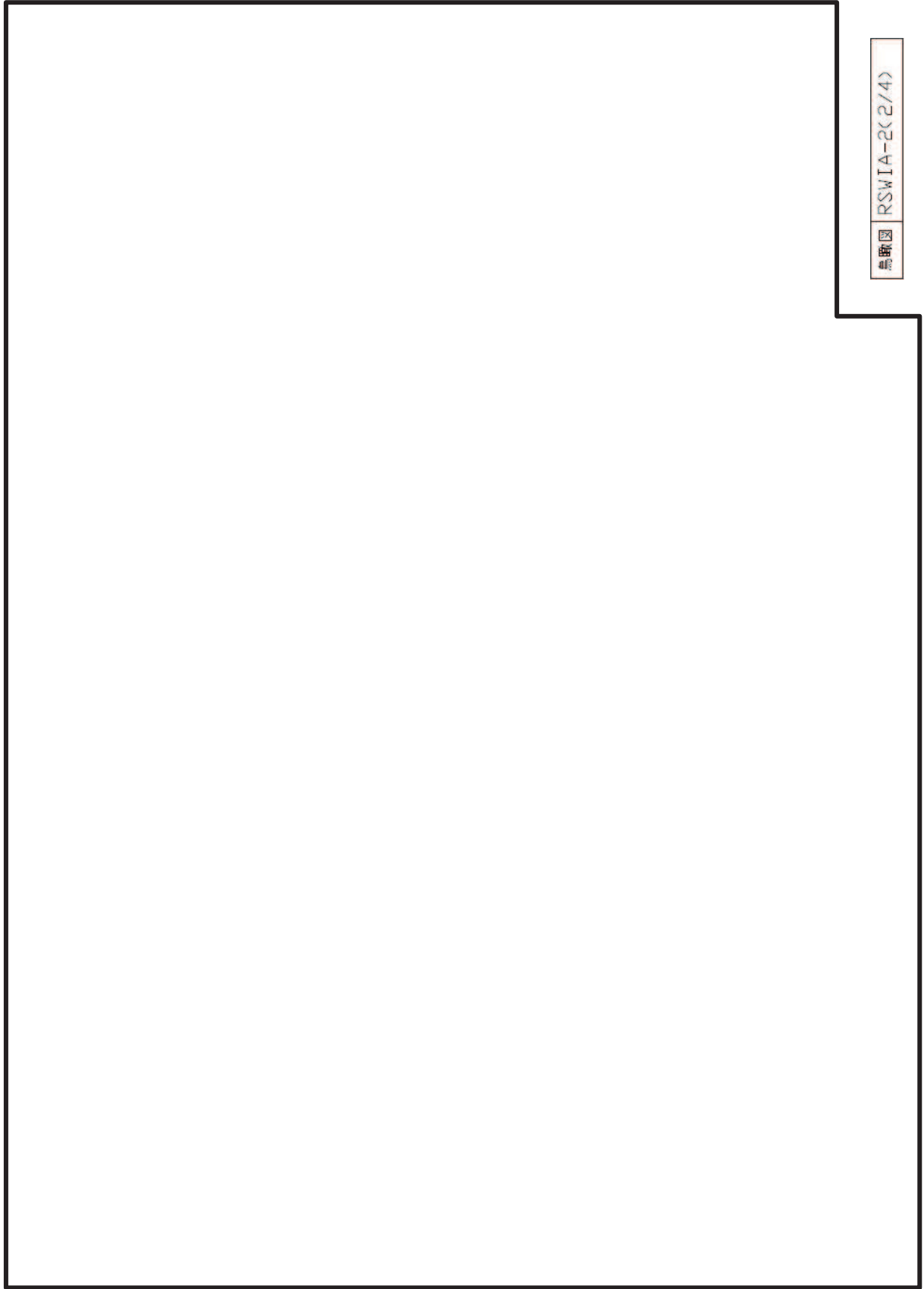


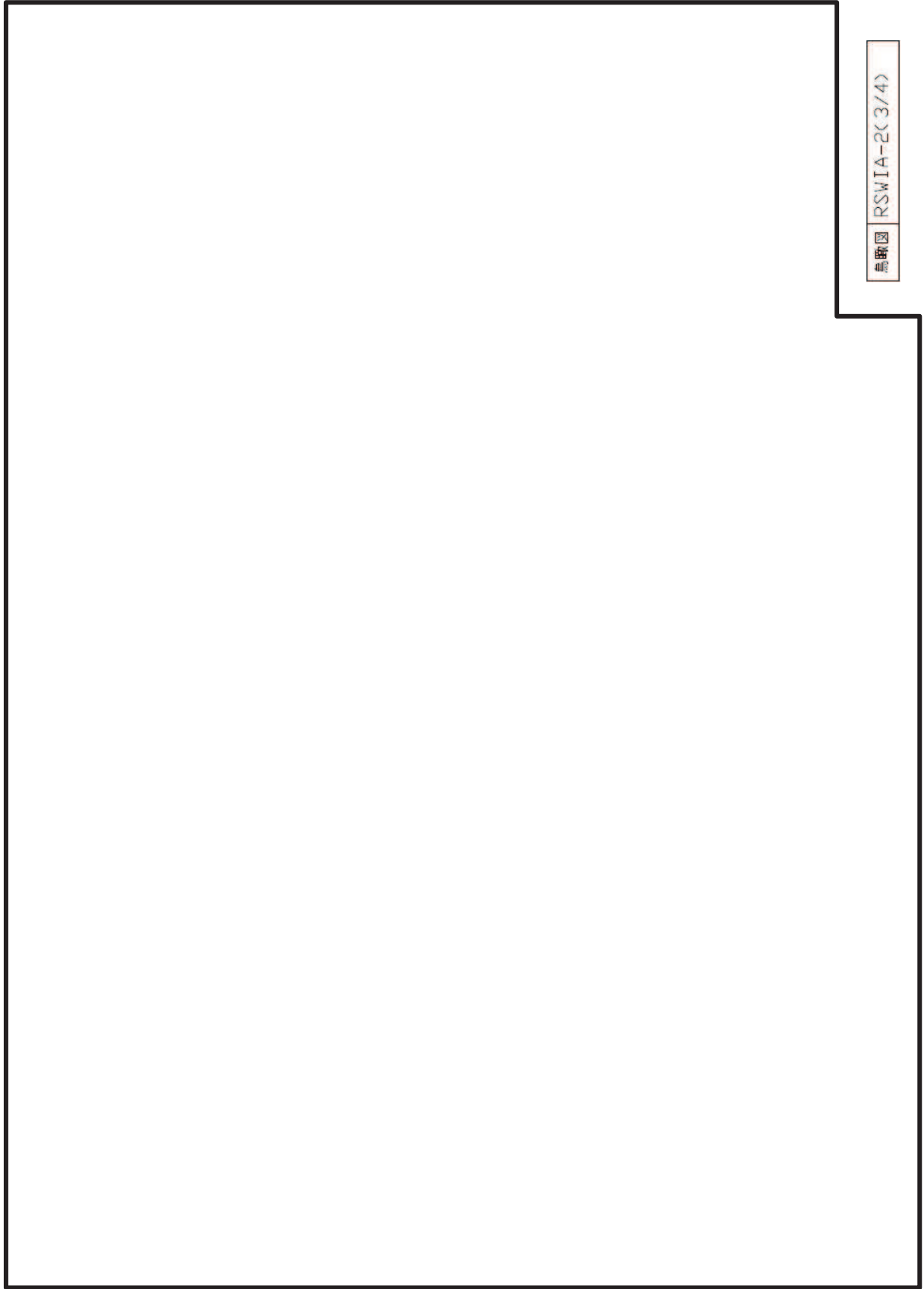
枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



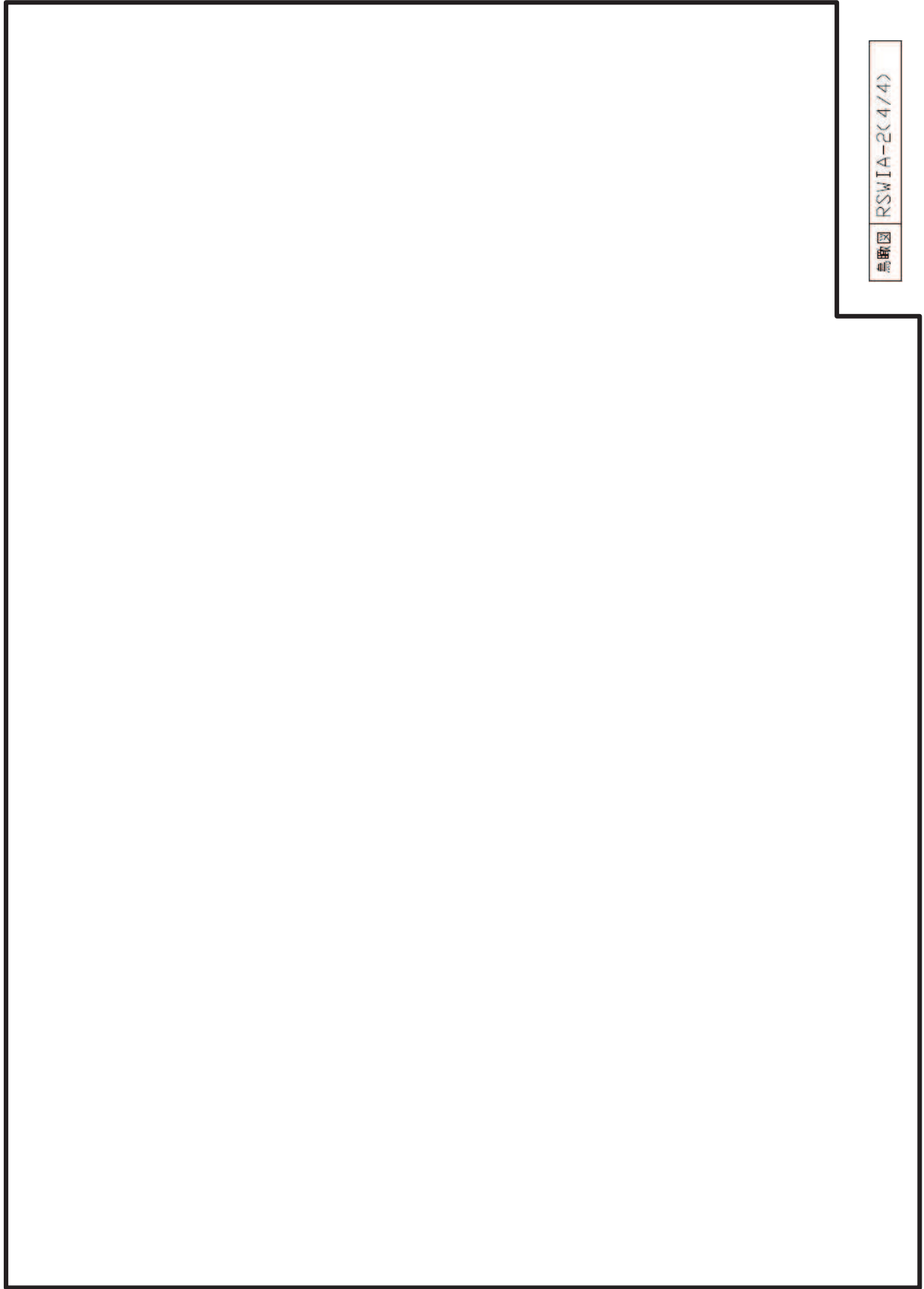
鳥瞰図 RSWIA-2(1/4)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。





枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



### 7.3 計算条件

#### 7.3.1 計算方法

管の構造強度評価は、「基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。解析コードは、「SOLVER」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

7.3.2
荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称   | 設備名称     | 系統名称       | 施設<br>分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 | 機器等<br>の区分 | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ <sup>*2, *3</sup>                                                       | 許容応力<br>状態        |
|--------|----------|------------|------------------------|------|------------|-------------|--------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 浸水防護施設 | 取水ピット水位計 | 原子炉補機冷却海水系 | D B                    | —    | クラス3管      | S           | <div>I<sub>L</sub>+S<sub>S</sub></div> <div>II<sub>L</sub>+S<sub>S</sub></div> | III <sub>AS</sub> |

注記\*1：D Bは設計基準対象施設，S Aは重大事故等対処設備を示す。

\*2：運転状態の添字 L は荷重を示す。

\*3：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

7.3.3 設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し，管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 R S W I A - 1

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 20.00           | 66            | 34.0       | 6.4        | SUS304TP | S           | 191720         |
| 2   | 0.86            | 66            | 34.0       | 3.4        | SUS304TP | S           | 191720         |

管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図 R S W I A - 1

| 管名称 | 対応する評価点 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1   | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|     | 14      | 16 | 17 | 18 | 20 | 21 | 22 |    |    |    |    |    |    |
| 2   | 24      | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
|     | 37      | 38 | 39 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 57 | 58 |
|     | 59      | 60 | 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 66 | 67 | 68 |    |    |    |

配管の質量（付加質量含む）  
評価点の質量を下表に示す。

鳥 瞰 図 R S W I A - 1

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 11  |        | 30  |        | 48  |        | 61  |        |
| 2   |        | 12  |        | 31  |        | 49  |        | 62  |        |
| 3   |        | 13  |        | 32  |        | 50  |        | 63  |        |
| 4   |        | 17  |        | 33  |        | 51  |        | 64  |        |
| 5   |        | 21  |        | 34  |        | 52  |        | 65  |        |
| 6   |        | 25  |        | 35  |        | 53  |        | 66  |        |
| 7   |        | 26  |        | 36  |        | 57  |        | 67  |        |
| 8   |        | 27  |        | 37  |        | 58  |        | 68  |        |
| 9   |        | 28  |        | 38  |        | 59  |        |     |        |
| 10  |        | 29  |        | 47  |        | 60  |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 18  |        |
| 19  |        |
| 20  |        |
| 89  |        |
| 91  |        |

弁 2

弁 3

弁 4

弁 5

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 14  |        | 22  |        | 39  |        | 54  |        |
| 15  |        | 23  |        | 40  |        | 55  |        |
| 16  |        | 24  |        | 41  |        | 56  |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁 1  | 19  |        |        |        |
| 弁 2  | 15  |        |        |        |
| 弁 3  | 23  |        |        |        |
| 弁 4  | 40  |        |        |        |
| 弁 5  | 55  |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数  
支持点部のばね定数を下表に示す。

鳥 瞰 図 R S W I A - 1

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 6     |                 |   |   |                       |   |   |
| 11    |                 |   |   |                       |   |   |
| 13    |                 |   |   |                       |   |   |
| 17    |                 |   |   |                       |   |   |
| 21    |                 |   |   |                       |   |   |
| 30    |                 |   |   |                       |   |   |
| 38    |                 |   |   |                       |   |   |
| 50    |                 |   |   |                       |   |   |
| 59    |                 |   |   |                       |   |   |
| 61    |                 |   |   |                       |   |   |
| 63    |                 |   |   |                       |   |   |
| 65    |                 |   |   |                       |   |   |
| 90    |                 |   |   |                       |   |   |
| 92    |                 |   |   |                       |   |   |

設計条件

鳥瞰図番号ごとに設計条件に対応した管名称で区分し, 管名称と対応する評価点番号を示す。

鳥 瞰 図 R S W I A - 2

| 管名称 | 最高使用圧力<br>(MPa) | 最高使用温度<br>(℃) | 外径<br>(mm) | 厚さ<br>(mm) | 材料       | 耐震<br>重要度分類 | 縦弾性係数<br>(MPa) |
|-----|-----------------|---------------|------------|------------|----------|-------------|----------------|
| 1   | 20.00           | 66            | 34.0       | 6.4        | SUS304TP | S           | 191720         |
| 2   | 0.86            | 66            | 34.0       | 3.4        | SUS304TP | S           | 191720         |



管名称と対応する評価点  
評価点の位置は鳥瞰図に示す。

鳥 瞰 図
R S W I A − 2

| 管名称 | 対応する評価点 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|-----|---------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1   | 1       | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 |
|     | 14      | 16 | 17 | 18 | 20 | 21 | 22 |    |    |    |    |    |    |
| 2   | 24      | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
|     | 37      | 38 | 39 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 61 | 62 | 63 | 64 |
|     | 65      | 66 | 67 | 68 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |

配管の質量（付加質量含む）  
評価点の質量を下表に示す。

鳥 瞰 図 R S W I A - 2

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1   |        | 10  |        | 28  |        | 37  |        | 63  |        |
| 2   |        | 11  |        | 29  |        | 38  |        | 64  |        |
| 3   |        | 12  |        | 30  |        | 53  |        | 65  |        |
| 4   |        | 13  |        | 31  |        | 54  |        | 66  |        |
| 5   |        | 17  |        | 32  |        | 55  |        | 67  |        |
| 6   |        | 21  |        | 33  |        | 56  |        | 68  |        |
| 7   |        | 25  |        | 34  |        | 57  |        |     |        |
| 8   |        | 26  |        | 35  |        | 61  |        |     |        |
| 9   |        | 27  |        | 36  |        | 62  |        |     |        |

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 18  |        |
| 19  |        |
| 20  |        |
| 82  |        |
| 84  |        |

弁 2

弁 3

弁 4

弁 5

| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 14  |        | 22  |        | 39  |        | 58  |        |
| 15  |        | 23  |        | 40  |        | 59  |        |
| 16  |        | 24  |        | 41  |        | 60  |        |

弁部の寸法を下表に示す。

| 弁NO. | 評価点 | 外径(mm) | 厚さ(mm) | 長さ(mm) |
|------|-----|--------|--------|--------|
| 弁 1  | 19  |        |        |        |
| 弁 2  | 15  |        |        |        |
| 弁 3  | 23  |        |        |        |
| 弁 4  | 40  |        |        |        |
| 弁 5  | 59  |        |        |        |

支持点及び貫通部ばね定数  
支持点部のばね定数を下表に示す。

鳥 瞰 図 R S W I A - 2

| 支持点番号 | 各軸方向ばね定数 (N/mm) |   |   | 各軸回り回転ばね定数 (N・mm/rad) |   |   |
|-------|-----------------|---|---|-----------------------|---|---|
|       | X               | Y | Z | X                     | Y | Z |
| 6     |                 |   |   |                       |   |   |
| 11    |                 |   |   |                       |   |   |
| 13    |                 |   |   |                       |   |   |
| 17    |                 |   |   |                       |   |   |
| 21    |                 |   |   |                       |   |   |
| 28    |                 |   |   |                       |   |   |
| 30    |                 |   |   |                       |   |   |
| 32    |                 |   |   |                       |   |   |
| 57    |                 |   |   |                       |   |   |
| 62    |                 |   |   |                       |   |   |
| 64    |                 |   |   |                       |   |   |
| 80    |                 |   |   |                       |   |   |
| 83    |                 |   |   |                       |   |   |
| 85    |                 |   |   |                       |   |   |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

7.3.4 材料及び許容応力

使用する材料の最高使用温度での許容応力を下表に示す。

| 材 料      | 最 高 使 用 温 度<br>(℃) | 許 容 応 力 (MPa) |     |     |
|----------|--------------------|---------------|-----|-----|
|          |                    | S y           | S u | S h |
| SUS304TP | 66                 | 188           | 479 | 126 |

### 7.3.5 設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図           | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------------|--------|----------------|----------|
| R S W I A - 1 | 海水ポンプ室 |                |          |

設計用地震力

本計算書において考慮する設計用地震力の算出に用いる設計用床応答曲線を下表に示す。

なお、設計用床応答曲線は、添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき策定したものをを用いる。また、減衰定数は添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

| 鳥瞰図           | 建物・構築物 | 標高 (O. P. (m)) | 減衰定数 (%) |
|---------------|--------|----------------|----------|
| R S W I A - 2 | 海水ポンプ室 |                |          |

7.4 解析結果及び評価  
7.4.1 固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 R S W I A - 1

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度 |       | S s      |       |
|----------|---------------|------------|-------|----------|-------|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 |       |
|          |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | Y 方 向 |
| 1 次*2    |               |            |       |          |       |
| 動的震度*3   |               |            |       |          |       |
| 静的震度*4   |               |            |       |          |       |

注記\*1：各モードが固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が 0.050 s 以下であることを示す。  
\*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>1</sub> 及び 1.2C<sub>v</sub> より定めた震度を示す。



解析結果及び評価  
固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 R S W I A - 2

| 適用する地震動等 |               | S d 及び静的震度 |       | S s      |       |
|----------|---------------|------------|-------|----------|-------|
| モード      | 固有周期<br>( s ) | 応答水平震度*1   |       | 応答鉛直震度*1 |       |
|          |               | X 方 向      | Z 方 向 | Y 方 向    | Y 方 向 |
| 1 次*2    |               |            |       |          |       |
| 動的震度*3   |               |            |       |          |       |
| 静的震度*4   |               |            |       |          |       |

注記\*1：各モードが固有周期に対し，設計用床応答曲線より得られる震度を示す。  
\*2：固有周期が 0.050 s 以下であることを示す。  
\*3：S d 又は S s 地震動に基づく設計用最大床応答加速度より定めた震度を示す。  
\*4：3.6C<sub>I</sub> 及び 1.2C<sub>V</sub> より定めた震度を示す。

7.4.2
評価結果

7.4.2.1
管の応力評価結果

下表に示すとおり 最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

| 鳥瞰図           | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分      | 一次応力評価<br>(MPa)         |               | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |               | 疲労評価<br>疲労累積係数<br>U S s |
|---------------|------------------|-------------|-----------------|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|-------------------------|
|               |                  |             |                 | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>S y * | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 S y |                         |
| R S W I A - 1 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 18          | S p r m ( S s ) | 127                     | 188           | —                   | —             | —                       |
|               | Ⅲ <sub>A</sub> S | 20          | S n ( S s )     | —                       | —             | 241                 | 376           | —                       |

注記 \*：オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

評価結果

管の応力評価結果

下表に示すとおり最大応力及び疲労累積係数はそれぞれの許容値以下である。

クラス 2 以下の管

| 鳥瞰図           | 許容応力<br>状態       | 最大応力<br>評価点 | 最大応力<br>区分      | 一次応力評価<br>(MPa)         |               | 一次＋二次応力評価<br>(MPa)  |               | 疲労評価  |
|---------------|------------------|-------------|-----------------|-------------------------|---------------|---------------------|---------------|-------|
|               |                  |             |                 | 計算応力<br>S p r m ( S s ) | 許容応力<br>S y * | 計算応力<br>S n ( S s ) | 許容応力<br>2 S y |       |
| R S W I A − 2 | Ⅲ <sub>A</sub> S | 9           | S p r m ( S s ) | 124                     | 188           | —                   | —             | U S s |
|               | Ⅲ <sub>A</sub> S | 20          | S n ( S s )     | —                       | —             | 241                 | 376           |       |

注記 \*：オーステナイト系ステンレス鋼 及び 高ニッケル合金については S y と 1.2・S h のうち大きいほうの値とする。

7.4.2.2
支持構造物評価結果

下表に示すとおり計算応力及び計算荷重はそれぞれの許容値以下である。

支持構造物評価結果（荷重評価）

| 支持構造物<br>番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度<br>(℃) | 評価結果             |                  |
|-------------|----|----|----|-----------|------------------|------------------|
|             |    |    |    |           | 計算<br>荷重<br>(kN) | 許容<br>荷重<br>(kN) |
| —           | —  | —  | —  | —         | —                | —                |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物<br>番号  | 種類      | 型式 | 材質     | 温度<br>(℃) | 支持点荷重          |                |                |                |                |                | 評価結果     |                   |                   |
|--------------|---------|----|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
|              |         |    |        |           | 反力（kN）         |                |                | モーメント（kN・m）    |                |                | 応力<br>分類 | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) |
|              |         |    |        |           | F <sub>x</sub> | F <sub>y</sub> | F <sub>z</sub> | M <sub>x</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |          |                   |                   |
| KA-20-518-01 | レストレイント | ラゲ | SUS304 | 50        | 3              | 6              | 5              | —              | —              | —              | 組合せ      | 74                | 118               |
| —            | アンカ     | —  | —      | —         | —              | —              | —              | —              | —              | —              | —        | —                 | —                 |

7.4.2.3
弁の動的機能維持評価結果

下表に示すとおり機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下又は計算応力が許容応力以下である。

| 弁番号 | 型式 | 要求機能 | 機能維持評価用加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 機能確認済加速度<br>( $\times 9.8 \text{ m/s}^2$ ) |    | 構造強度評価結果<br>(MPa) |      |
|-----|----|------|----------------------------------------------|----|--------------------------------------------|----|-------------------|------|
|     |    |      | 水平                                           | 鉛直 | 水平                                         | 鉛直 | 計算応力              | 許容応力 |
| —   | —  | —    | —                                            | —  | —                                          | —  | —                 | —    |

7.4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果

代表モデルは各モデルの最大応力点の応力と裕度を算出し、応力分類ごとに裕度が最小のモデルを選定して鳥瞰図、計算条件及び評価結果を記載している。下表に、代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果を示す。

クラス 2 以下の管

| 許容応力状態Ⅲ <sub>A</sub> S |         |      |                   |                   |      |        |         |                   |                   |      |        |             |                            |        |
|------------------------|---------|------|-------------------|-------------------|------|--------|---------|-------------------|-------------------|------|--------|-------------|----------------------------|--------|
| No.                    | 配管モデル   | 一次応力 |                   |                   |      |        | 一次＋二次応力 |                   |                   |      |        | 疲労評価        |                            |        |
|                        |         | 評価点  | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表 | 評価点     | 計算<br>応力<br>(MPa) | 許容<br>応力<br>(MPa) | 裕度   | 代<br>表 | 評<br>価<br>点 | 疲<br>勞<br>累<br>積<br>係<br>数 | 代<br>表 |
|                        |         |      |                   |                   |      |        |         |                   |                   |      |        |             |                            |        |
| 1                      | RSWIA-1 | 18   | 127               | 188               | 1.48 | ○      | 20      | 241               | 376               | 1.56 | —*     | —           | —                          | —      |
| 2                      | RSWIA-2 | 9    | 124               | 188               | 1.51 | —      | 20      | 241               | 376               | 1.56 | ○*     | —           | —                          | —      |

注記＊：RSWIA-1 と RSWIA-2 は裕度が同じであるが、端数処理前の数値を比較し、RSWIA-2 を代表としている。

### VI-2-10-3 補機駆動用燃料設備の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-10-3-1 補機駆動用燃料設備の耐震性についての計算結果
- VI-2-10-3-2 補機駆動用燃料設備 管の耐震性についての計算書



VI-2-10-3-2 補機駆動用燃料設備 管の耐震性についての計算書

## 重大事故等対処設備

目次

|                          |   |
|--------------------------|---|
| 1. 概要 .....              | 1 |
| 2. 概略系統図 .....           | 2 |
| 3. 計算条件 .....            | 7 |
| 3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 ..... | 7 |
| 4. 解析結果及び評価 .....        | 8 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-1-13-6 管の耐震性についての計算書作成の基本方針」（以下「基本方針」という。）に基づき、補機駆動用燃料設備の管、支持構造物及び弁が設計用地震力に対して十分な構造強度及び動的機能を有していることを説明するものである。

評価結果の記載方法は、以下に示すとおりである。

### (1) 管

工事計画記載範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点の評価結果を解析モデル単位に記載する。

### (2) 支持構造物

工事計画記載範囲の支持点のうち、種類及び型式単位に反力が最大となる支持点の評価結果を代表として記載する。

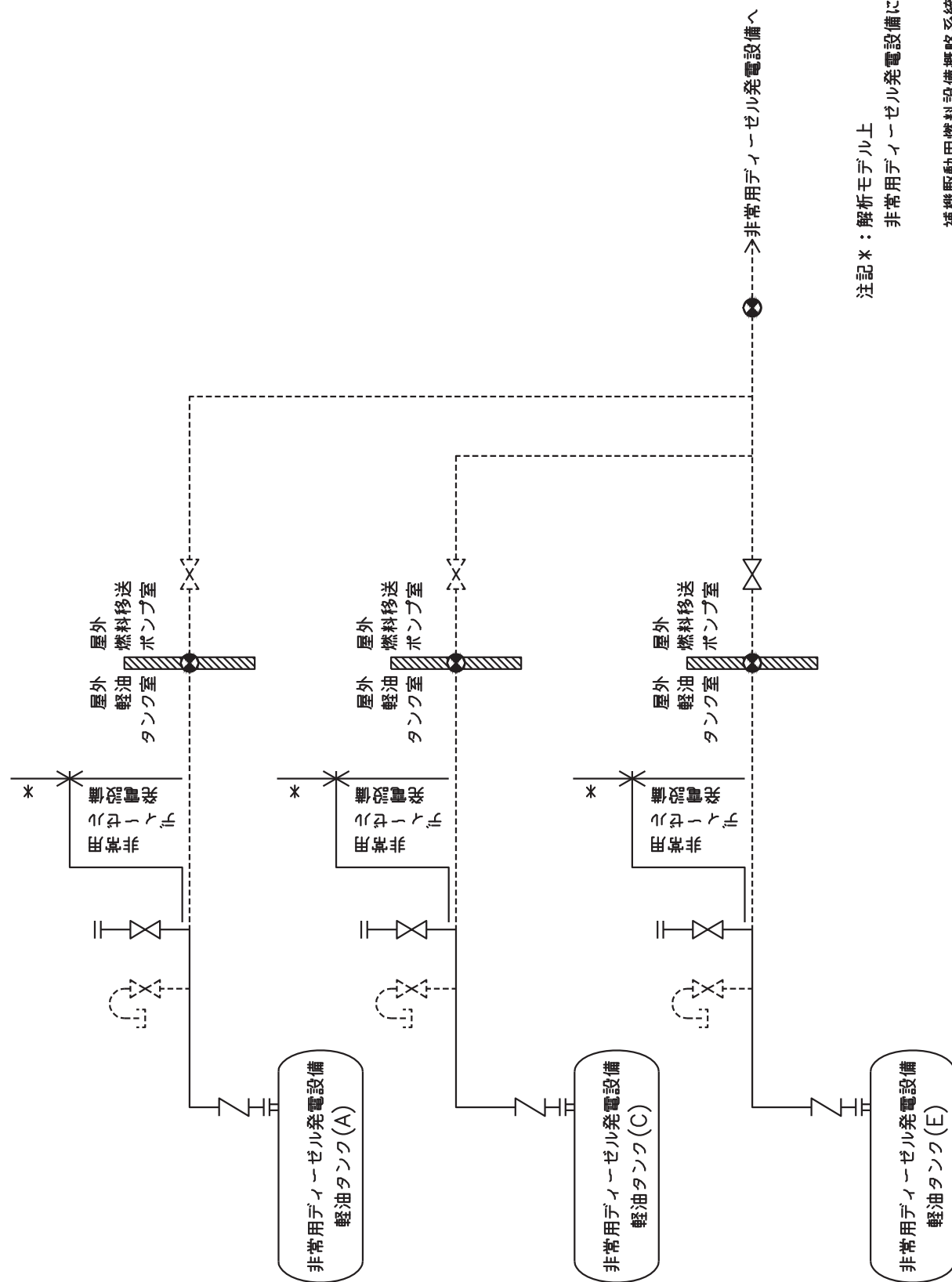
### (3) 弁

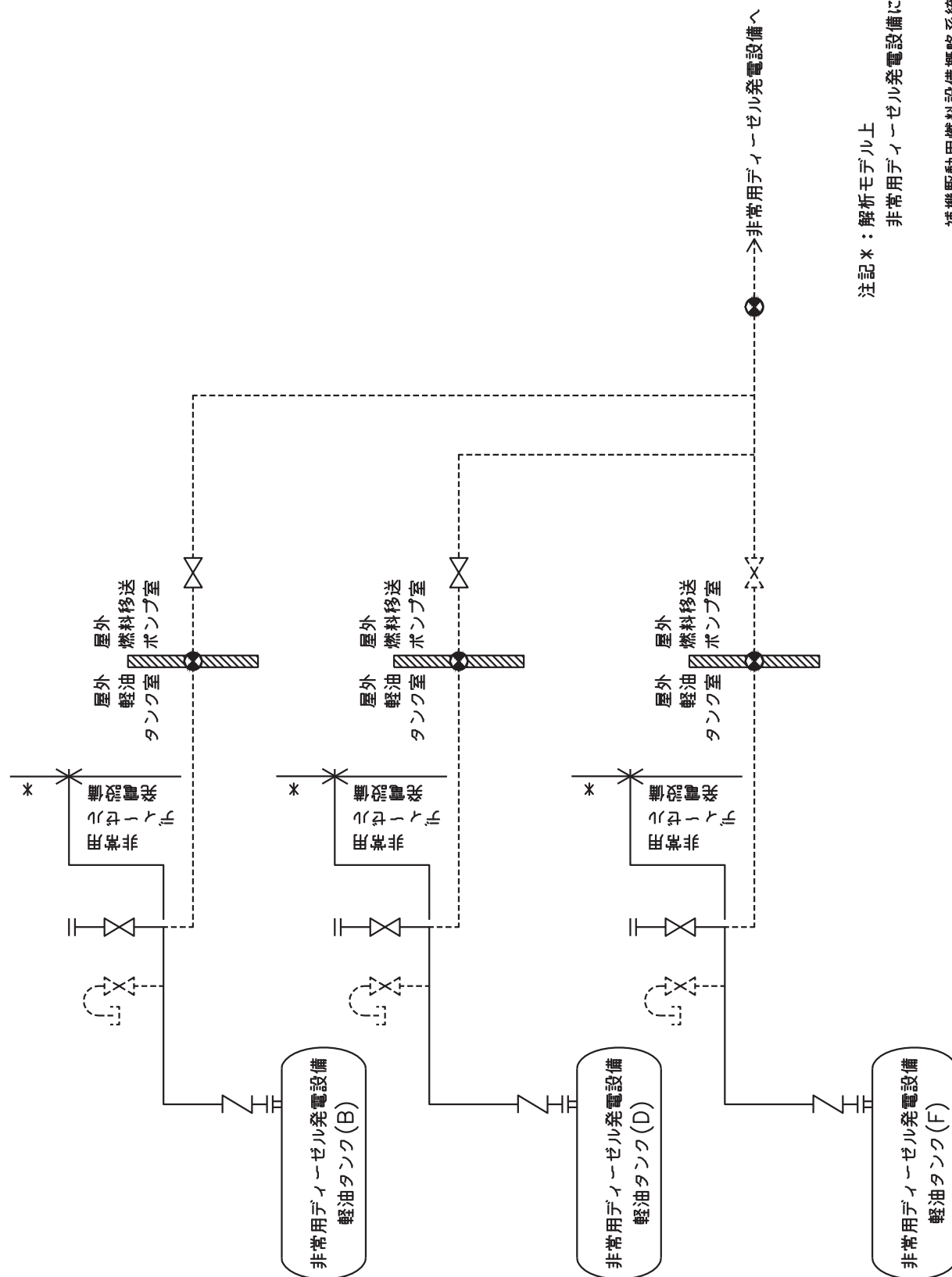
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として、評価結果を記載する。

2. 概略系統図

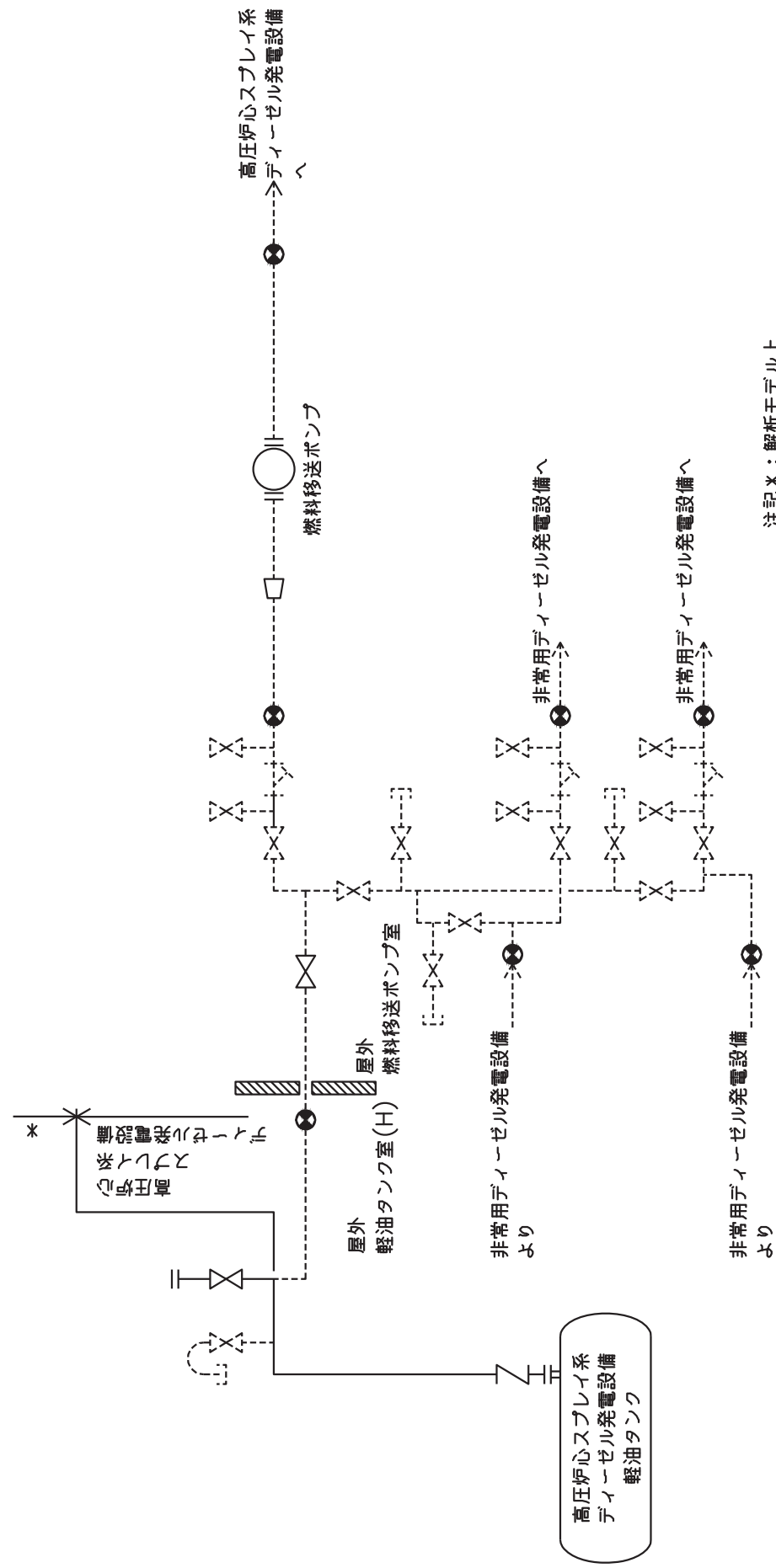
概略系統図記号凡例

| 記 号                                                                                    | 内 容                                                  |
|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
|  (太線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管                             |
|  (細線) | 工事計画記載範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管                    |
|  (破線) | 工事計画記載範囲外の管又は工事計画記載範囲の管のうち、他系統の管であって系統の概略を示すために表記する管 |
|     | 鳥瞰図番号                                                |
|     | アンカ                                                  |





注記＊：解析モデル上  
非常用ディーゼル発電設備に含める  
補機駆動用燃料設備概略系統図(その2)

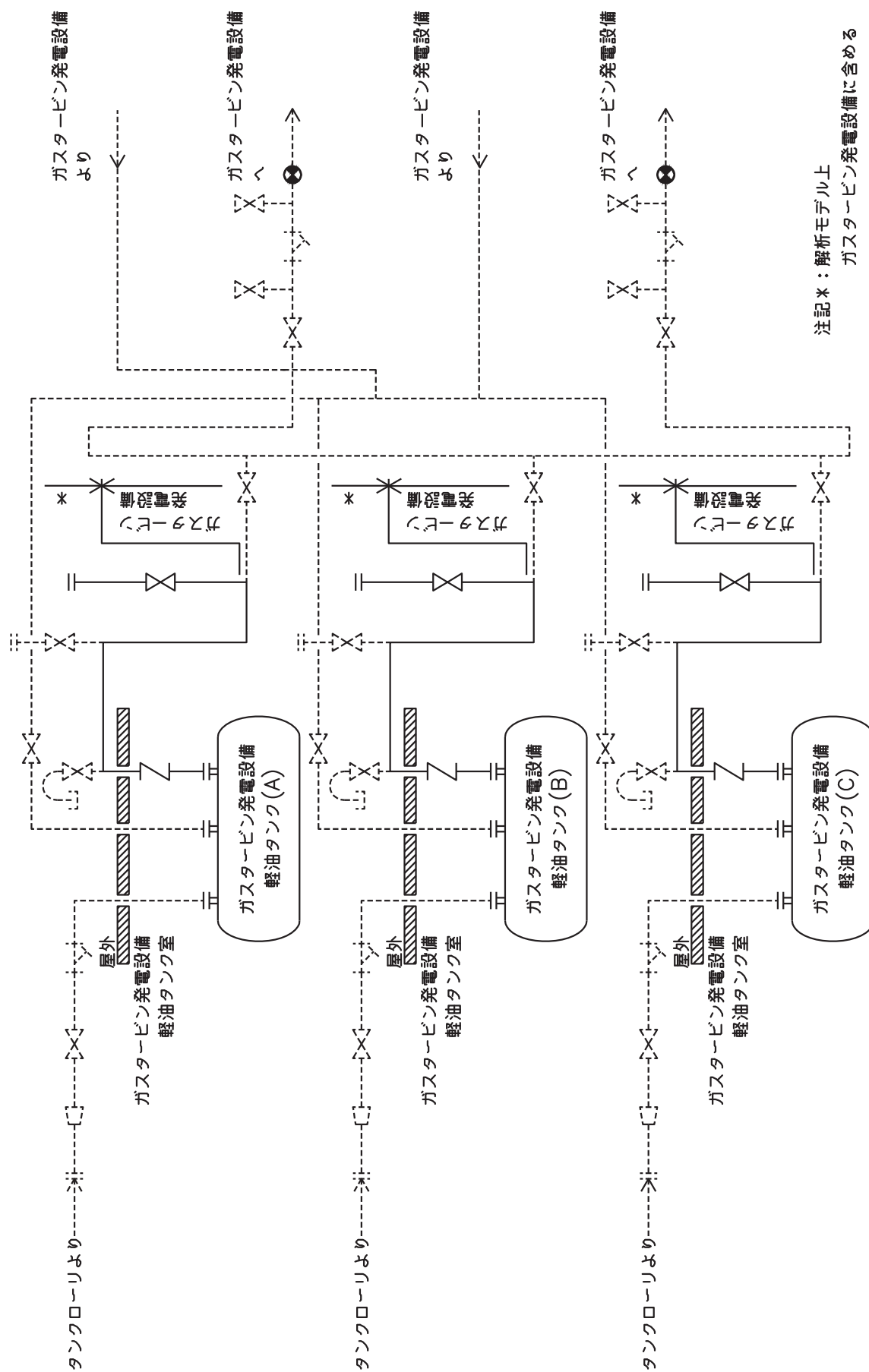


注記＊：解析モデル上

高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備に含める

補機駆動用燃料設備概略系統図(その3)





注記＊：解析モデル上  
ガスタービン発電設備に含める

補機駆動用燃料設備概略系統図(その4)

3. 計算条件

3.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

本計算書において考慮する荷重の組合せ及び許容応力状態を下表に示す。

| 施設名称                   | 設備名称          | 系統名称 | 施設<br>分類 <sup>*1</sup> | 設備分類 <sup>*2</sup> | 機器等<br>の区分      | 耐震重要度<br>分類 | 荷重の組合せ <sup>*3, *4</sup>        | 許容応力<br>状態 <sup>*5</sup> |
|------------------------|---------------|------|------------------------|--------------------|-----------------|-------------|---------------------------------|--------------------------|
| その他発電<br>用原子炉の<br>附属施設 | 補機駆動用燃料<br>設備 | —    | S A                    | 常設耐震／防止<br>常設／緩和   | 重大事故等<br>クラス2 管 | —           | V <sub>L</sub> + S <sub>S</sub> | V <sub>AS</sub>          |

注記\*1：DBは設計基準対象施設，SAは重大事故等対処設備を示す。

\*2：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備を示す。

\*3：運転状態の添字Lは荷重を示す。

\*4：許容応力状態ごとに最も厳しい条件又は包絡条件を用いて評価を実施する。

\*5：許容応力状態V<sub>AS</sub>は許容応力状態IV<sub>AS</sub>の許容限界を使用し，許容応力状態IV<sub>AS</sub>として評価を実施する。

4. 解析結果及び評価

以下の計算書の重大事故等対処設備に含まれる。

「VI-2-10-1-2-1-6 非常用ディーゼル発電設備 管の耐震性についての計算書」

「VI-2-10-1-2-2-6 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 管の耐震性についての計算書」

「VI-2-10-1-2-3-5 ガスタービン発電設備 管の耐震性についての計算書」

VI-2-11 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書

## 目 次

- VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針
- VI-2-11-2 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書

VI-2-11-2 波及的影響を及ぼすおそれのある施設の耐震性についての計算書

## 目 次

|              |                                |
|--------------|--------------------------------|
| VI-2-11-2-1  | 海水ポンプ室門型クレーンの耐震性についての計算書       |
| VI-2-11-2-2  | 竜巻防護ネットの耐震性についての計算書            |
| VI-2-11-2-3  | タービン建屋の耐震性についての計算書             |
| VI-2-11-2-4  | 補助ボイラー建屋の耐震性についての計算書           |
| VI-2-11-2-5  | 第 1 号機制御建屋の耐震性についての計算書         |
| VI-2-11-2-6  | ほう酸水注入系テストタンクの耐震性についての計算書      |
| VI-2-11-2-7  | 中央制御室天井照明の耐震性についての計算書          |
| VI-2-11-2-8  | 原子炉建屋クレーンの耐震性についての計算書          |
| VI-2-11-2-9  | 燃料交換機の耐震性についての計算書              |
| VI-2-11-2-10 | 原子炉しゃへい壁の耐震性についての計算書           |
| VI-2-11-2-11 | 原子炉ウェルカバーの耐震性についての計算書          |
| VI-2-11-2-12 | 耐火隔壁の耐震性についての計算書               |
| VI-2-11-2-13 | 制御棒貯蔵ラックの耐震性についての計算書           |
| VI-2-11-2-14 | 制御棒貯蔵ハンガの耐震性についての計算書           |
| VI-2-11-2-15 | 第 1 号機排気筒の耐震性についての計算書          |
| VI-2-11-2-16 | 前面護岸の耐震性についての計算書               |
| VI-2-11-2-17 | 第 1 号機取水路の耐震性についての計算書          |
| VI-2-11-2-18 | 第 3 号機取水路の耐震性についての計算書          |
| VI-2-11-2-19 | 北側排水路の耐震性についての計算書              |
| VI-2-11-2-20 | アクセスルート（防潮堤（盛土堤防））の耐震性についての計算書 |
| VI-2-11-2-21 | CRD 自動交換機の耐震性についての計算書          |

## VI-2-11-2-1 海水ポンプ室門型クレーンの耐震性についての計算書



## 目次

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 1. 概要                         | 1  |
| 2. 一般事項                       | 1  |
| 2.1 配置概要                      | 1  |
| 2.2 構造計画                      | 2  |
| 2.3 評価方針                      | 3  |
| 2.4 適用規格・基準等                  | 4  |
| 2.5 記号の説明                     | 5  |
| 2.6 計算精度と数値の丸め方               | 8  |
| 3. 評価部位                       | 8  |
| 4. 地震応答解析及び構造強度評価             | 9  |
| 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法          | 9  |
| 4.2 荷重の組合せ及び許容応力              | 12 |
| 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態          | 12 |
| 4.2.2 許容応力                    | 12 |
| 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件及び許容荷重評価条件 | 12 |
| 4.3 解析モデル及び諸元                 | 17 |
| 4.4 固有周期                      | 19 |
| 4.5 設計用地震力                    | 25 |
| 4.6 計算方法                      | 30 |
| 4.6.1 クレーン本体ガーダ及び脚部の応力の計算方法   | 30 |
| 4.6.2 脱輪防止装置の応力の計算方法          | 38 |
| 4.6.3 トロリストップの応力の計算方法         | 39 |
| 4.6.4 浮上り量の計算方法               | 40 |
| 4.6.5 吊具の荷重計算方法               | 40 |
| 4.7 計算条件                      | 40 |
| 4.8 応力の評価                     | 41 |
| 4.8.1 クレーン本体ガーダ及び脚部の応力評価      | 41 |
| 4.8.2 脱輪防止装置の応力評価             | 42 |
| 4.8.3 トロリストップの応力評価            | 42 |
| 4.8.4 浮上り量の評価                 | 43 |
| 4.8.5 吊具の評価                   | 43 |
| 5. 評価結果                       | 44 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果          | 44 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果         | 44 |
| 6. 引用文献                       | 44 |
| 付録 1 時刻歴解析の保守性について            | 50 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の耐震評価方針に基づき、下位クラス設備である海水ポンプ室門型クレーン（C クラス施設）が基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、下部に設置された上位クラス施設である原子炉補機冷却海水ポンプ等に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

海水ポンプ室門型クレーンは、海水ポンプ室を跨ぐ形で設置される。海水ポンプ室門型クレーンは、図 2-1 の位置関係図に示すように、上位クラス施設である原子炉補機冷却海水ポンプ等の上部に移動可能であることから、転倒又は落下により原子炉補機冷却海水ポンプ等に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

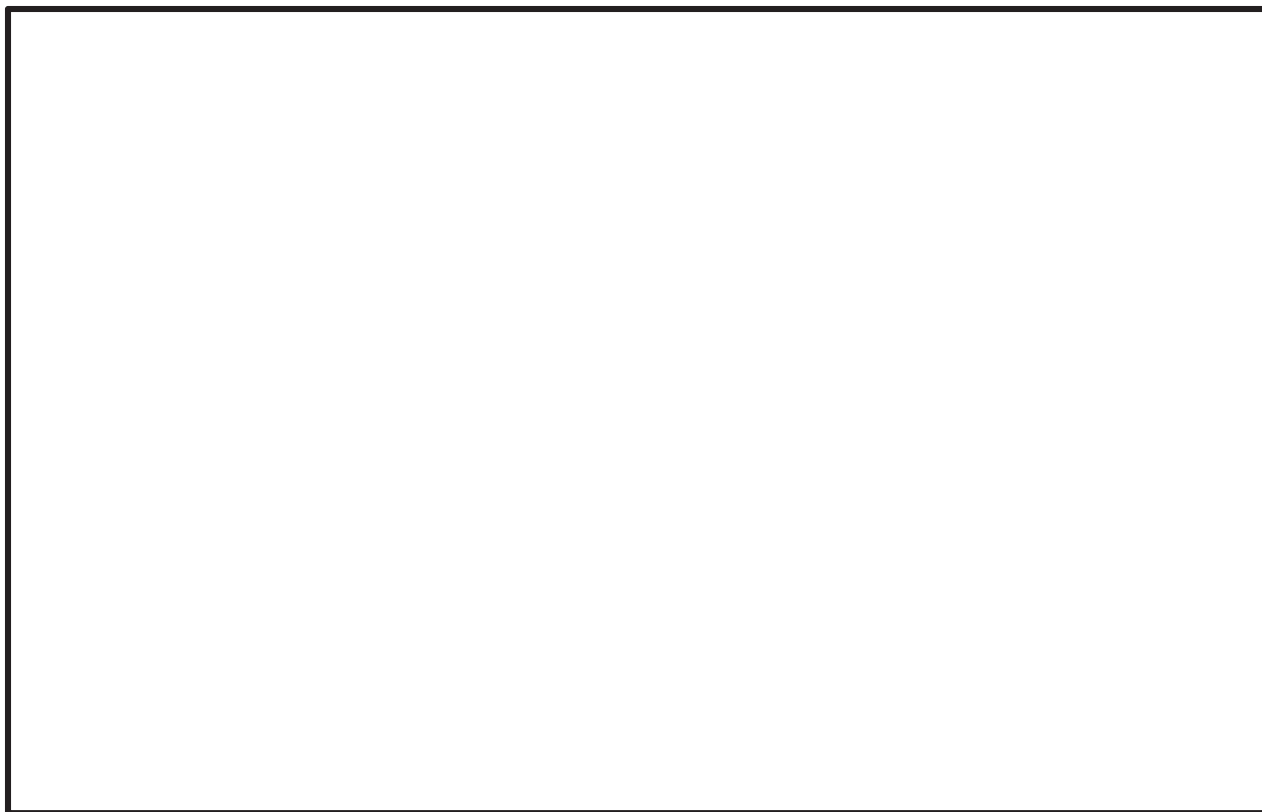


図 2-1 海水ポンプ室門型クレーンの位置関係図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.2
構造計画

海水ポンプ室門型クレーンの構造計画を表 2-1 に示す。

表2-1
構造計画

| 計画の概要                                                                                                                                                                                              |                                                | 概略構造図                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                                                                                                                                                                            | 主体構造                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <p>海水ポンプ室に設けた走行レール上を剛脚、揺脚を有するクレーン本体ガーダが走行し、クレーン本体ガーダ上部の横行レール上をトロリが横行する。剛脚、揺脚は脱輪防止装置、トロリはトロリストップパを備えており、各々浮上り代を設けた（鉛直方向の浮上りを拘束しない）構造である。</p> <p>また、吊荷はトロリに設置されたワイヤロープ及びフックを介して吊上げ・吊下げ・移動の作業を行う。</p> | <p>クレーン本体ガーダ<br/>剛脚<br/>揺脚<br/>連結構<br/>トロリ</p> | <p>The diagram illustrates the crane's structure with labels for various parts: 剛脚 (Rigid leg), 揺脚 (Swing leg), 脱輪防止装置 (Wheel guide device), ワイヤロープ (Wire rope), フック/吊荷 (Hook/Lifted load), トロリ (Trolley), 駆動輪 (Drive wheel), 従動輪 (Follow-up wheel), 横行レール (Horizontal rail), 走行レール (Travel rail), 連結構 (Connecting structure), and トロリストップパ (Trolley stopper).</p> |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 2.3 評価方針

海水ポンプ室門型クレーンの応力評価は、添付書類「VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「2.2 構造計画」にて示す海水ポンプ室門型クレーンの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 地震応答解析及び構造強度評価」により算出した基準地震動  $S_s$  による荷重に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「4.6 計算方法」にて示す方法によって確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価フローを図 2-2 に示す。

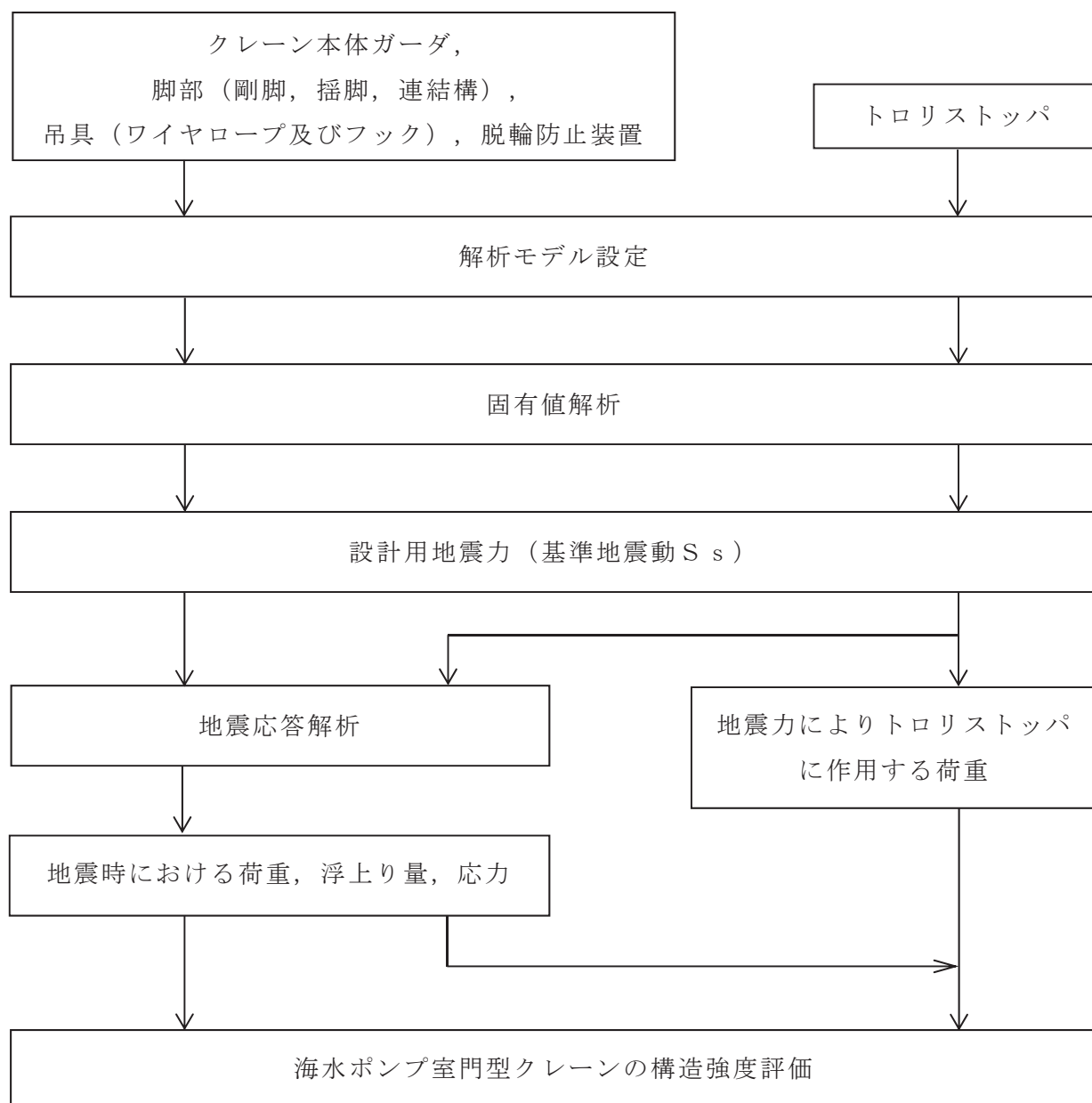


図 2-2 海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- (2) 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 (J E A G 4 6 0 1 ・  
補-1984)
- (3) 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版)
- (4) J S M E S N C 1 -2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格  
(以下「設計・建設規格」という。)
- (5) クレーン用フック規格 J C A S 1 6 0 0 -2017 (社) 日本クレーン協会

## 2.5 記号の説明

| 記号          | 記号の説明                            | 単位             |
|-------------|----------------------------------|----------------|
| $A_1$       | 脱輪防止装置の断面積                       | $\text{mm}^2$  |
| $A_2$       | トロリストッパの断面積                      | $\text{mm}^2$  |
| $A_{ci}$    | 脚部の断面積（最大圧縮応力計算断面） <sup>*1</sup> | $\text{mm}^2$  |
| $A_{Hg}$    | クレーン本体ガーダ端部の主桁及び補桁の断面積（水平）       | $\text{mm}^2$  |
| $A_{ti}$    | 脚部の断面積（最大引張応力計算断面） <sup>*1</sup> | $\text{mm}^2$  |
| $A_{Vg}$    | クレーン本体ガーダ端部の主桁及び補桁の断面積（鉛直）       | $\text{mm}^2$  |
| $C_H$       | 最大静止摩擦係数より求めた水平方向設計震度（NS 方向）     | —              |
| $E_G$       | クレーン本体ガーダの縦弾性係数                  | MPa            |
| $E_L$       | 脚部の縦弾性係数                         | MPa            |
| $E_W$       | ワイヤロープの縦弾性係数                     | MPa            |
| $F^*$       | 設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値         | MPa            |
| $F_a$       | 脱輪防止装置の部材 1 個当たりに作用する力           | N              |
| $F_t$       | トロリストッパ 1 個当たりに作用する力             | N              |
| $F_{ti}$    | 脚部の引張荷重 <sup>*1</sup>            | N              |
| $F_{ci}$    | 脚部の圧縮荷重 <sup>*1</sup>            | N              |
| $F_W$       | 走行車輪 1 個当たりの横行方向の反力              | N              |
| $f_t$       | 許容引張応力                           | MPa            |
| $f_c$       | 許容圧縮応力                           | MPa            |
| $f_s$       | 許容せん断応力                          | MPa            |
| $f_b$       | 許容曲げ応力                           | MPa            |
| $f_{w1}$    | 吊具（ワイヤロープ）の許容荷重                  | N              |
| $f_{w2}$    | 吊具（フック）の許容荷重                     | N              |
| $g$         | 重力加速度（=9.80665）                  | $\text{m/s}^2$ |
| $H_g$       | クレーン本体の許容浮上り量                    | mm             |
| $H_t$       | トロリの許容浮上り量                       | mm             |
| $h_g$       | クレーン本体の浮上り量                      | mm             |
| $h_t$       | トロリの浮上り量                         | mm             |
| $i_i$       | 脚部の断面 2 次半径 <sup>*1</sup>        | mm             |
| $\ell_1$    | 脱輪防止装置荷重点からの根元部までの長さ             | mm             |
| $\ell_2$    | 脱輪防止装置のクレーン走行方向の長さ               | mm             |
| $\ell_3$    | トロリストッパ鉛直材の長さ                    | mm             |
| $\ell_4$    | トロリストッパ水平材の長さ                    | mm             |
| $\ell_5$    | トロリストッパ当たり面拡張部材の長さ               | mm             |
| $\ell_{ki}$ | 脚部の座屈長さ <sup>*1</sup>            | mm             |

| 記号            | 記号の説明                                  | 単位              |
|---------------|----------------------------------------|-----------------|
| $M_a$         | 脱輪防止装置の曲げモーメント                         | N・mm            |
| $M_{Hg}$      | クレーン本体ガーダ中央部の水平曲げモーメント                 | N・mm            |
| $M_{Vg}$      | クレーン本体ガーダ中央部の鉛直曲げモーメント                 | N・mm            |
| $M_{Xi}$      | 脚部のX軸回りの曲げモーメント <sup>*1</sup>          | N・mm            |
| $M_{Yi}$      | 脚部のY軸回りの曲げモーメント <sup>*1</sup>          | N・mm            |
| $m_G$         | クレーン本体質量（脚部を含む。）                       | kg              |
| $m_t$         | トロリ質量（ワイヤロープ及びフック含む。）                  | kg              |
| $m_m$         | 主巻定格荷重（質量）                             | kg              |
| $\Sigma m$    | クレーン総質量（ $m_t + m_G$ ）                 | kg              |
| $P_w$         | 吊具（ワイヤロープ及びフック）に加わる荷重                  | N               |
| $Q_{Hg}$      | クレーン本体ガーダの水平せん断力                       | N               |
| $Q_{Vg}$      | クレーン本体ガーダの鉛直せん断力                       | N               |
| $S_u$         | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値           | MPa             |
| $S_y$         | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値           | MPa             |
| $t_1$         | 脱輪防止装置の板厚                              | mm              |
| $t_2$         | トロリストッパ鉛直材の板厚                          | mm              |
| $t_3$         | トロリストッパ水平材の板厚                          | mm              |
| $t_4$         | トロリストッパ当たり面拡張部材の板厚                     | mm              |
| $Z_a$         | 脱輪防止装置の断面係数                            | mm <sup>3</sup> |
| $Z_{Xg}$      | クレーン本体ガーダ中央部のX軸回りの断面係数                 | mm <sup>3</sup> |
| $Z_{Xi}$      | 脚部のX軸回りの断面係数 <sup>*1</sup>             | mm <sup>3</sup> |
| $Z_{Yg}$      | クレーン本体ガーダ中央部のY軸回りの断面係数                 | mm <sup>3</sup> |
| $Z_{Yi}$      | 脚部のY軸回りの断面係数 <sup>*1</sup>             | mm <sup>3</sup> |
| $\nu$         | ポアソン比                                  | —               |
| $\nu'_i$      | 脚部の座屈に対する安全率 <sup>*1</sup>             | —               |
| $\lambda_i$   | 脚部の有効細長比 <sup>*1</sup>                 | —               |
| $\Lambda_i$   | 脚部の限界細長比 <sup>*1</sup>                 | —               |
| $\sigma_{Xi}$ | 脚部のX軸回りの曲げモーメントによる脚部曲げ応力 <sup>*1</sup> | MPa             |
| $\sigma_{Yi}$ | 脚部のY軸回りの曲げモーメントによる脚部曲げ応力 <sup>*1</sup> | MPa             |
| $\sigma_{ba}$ | 脱輪防止装置の曲げ応力                            | MPa             |
| $\sigma_{bg}$ | クレーン本体ガーダ中央部の曲げ応力                      | MPa             |
| $\sigma_{bi}$ | 脚部の曲げ応力 <sup>*1</sup>                  | MPa             |
| $\sigma_{ti}$ | 脚部の引張応力 <sup>*1</sup>                  | MPa             |
| $\sigma_{ci}$ | 脚部の圧縮応力 <sup>*1</sup>                  | MPa             |
| $\sigma_{ct}$ | トロリストッパの圧縮応力                           | MPa             |

| 記号            | 記号の説明                         | 単位  |
|---------------|-------------------------------|-----|
| $\sigma_{Hg}$ | $M_{Hg}$ によるクレーン本体ガーダ中央部の曲げ応力 | MPa |
| $\sigma_{Vg}$ | $M_{Vg}$ によるクレーン本体ガーダ中央部の曲げ応力 | MPa |
| $\tau_a$      | 脱輪防止装置のせん断応力                  | MPa |
| $\tau_g$      | クレーン本体ガーダ端部のせん断応力             | MPa |
| $\tau_{Hg}$   | $Q_{Hg}$ によるクレーン本体ガーダ端部のせん断応力 | MPa |
| $\tau_{Vg}$   | $Q_{Vg}$ によるクレーン本体ガーダ端部のせん断応力 | MPa |

注記\*1:  $A_{ci}$ ,  $A_{ti}$ ,  $F_{ci}$ ,  $F_{ti}$ ,  $i_i$ ,  $\theta_{ki}$ ,  $M_{Xi}$ ,  $M_{Yi}$ ,  $Z_{Xi}$ ,  $Z_{Yi}$ ,  $\nu'_i$ ,  $\lambda_i$ ,

$\Lambda_i$ ,  $\sigma_{Xi}$ ,  $\sigma_{Yi}$ ,  $\sigma_{bi}$ ,  $\sigma_{ci}$  及び  $\sigma_{ti}$  の添字  $i$  の意味は、以下のとおりとする。

- $i = 1$  : 剛脚
- $i = 2$  : 揺脚
- $i = 3$  : 連結構（剛脚側）
- $i = 4$  : 連結構（揺脚側）



## 2.6 計算精度と数値の丸め方

計算精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

本資料で表示する数値の丸め方は、表 2-2 に示すとおりとする。

表 2-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類 | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期  | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 設計震度  | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |
| 温度    | ℃               | —          | —    | 整数位                    |
| 質量    | kg              | —          | —    | 整数位                    |
| 長さ    | mm              | —          | —    | 整数位 <sup>*1</sup>      |
| 面積    | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 断面係数  | mm <sup>3</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| モーメント | N・mm            | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 力     | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*2</sup> |
| 縦弾性係数 | MPa             | 有効数字 4 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 3 桁 <sup>*2</sup> |
| 算出応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 許容応力  | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*3</sup>      |

注記\*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

\*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

\*3：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は、比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て、整数位までの値とする。

## 3. 評価部位

海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、クレーン及び吊荷の落下により、上位クラス施設が損傷することを防止するために、クレーン本体ガーダ、剛脚、揺脚、連結構、脱輪防止装置、トロリストップ及び吊具（ワイヤロープ及びフック）について実施する。海水ポンプ室門型クレーンの耐震評価部位を含めて表2-1の概略構造図に示す。

#### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

##### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

###### (1) 構造概要

図4-1に構造概要図を示す。

耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

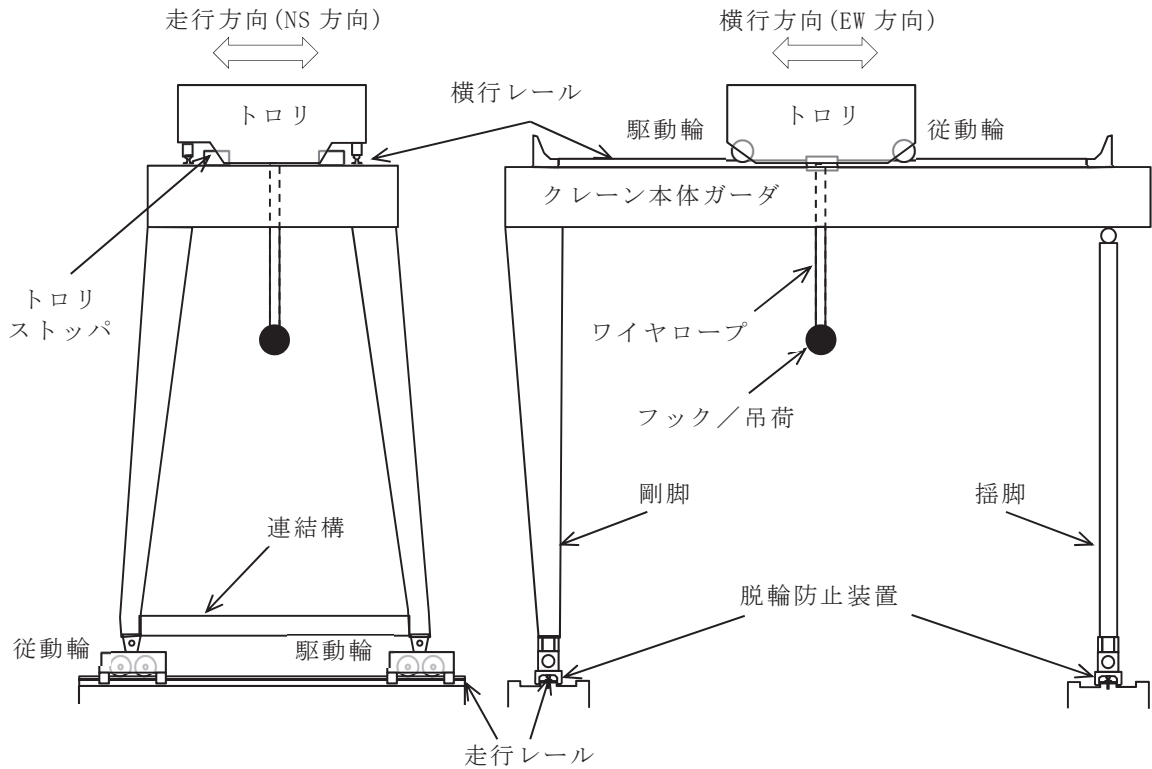


図4-1 構造概要図

###### (2) 走行方向（NS方向）水平力

- a. クレーンは、クレーン本体ガーダ及びトロリが、剛脚及び揺脚を介して走行レール上に乗っている構造で、固定されていないため、最大静止摩擦力以上の水平力が走行方向（NS方向）に加えられた場合、滑りが生じる。このため、クレーン自身にはレールと走行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。
- b. クレーンの走行車輪は8個であり、そのうちの4個は駆動輪、他の4個が従動輪である。
- c. 駆動輪は、電動機及び減速機の回転部分と連結されているため、地震の加速度を車輪部に入れると回転部分が追従できず、最大静止摩擦力以上の力が加えられた場合、滑りが生じる。
- d. 従動輪は、電動機及び減速機の回転部分が連結されていないため、駆動輪のみで水平力を受ける。

- e. トロリは、走行方向（NS 方向）水平力が横行レールに対して直角方向であり、トロリがトロリストッパで拘束されているため、水平力がクレーン本体ガーダに作用する。

(3) 横行方向（EW 方向）水平力

a. クレーン本体ガーダ関係

横行方向（EW 方向）は、走行レールに対して直角方向であり、走行車輪部が脱輪防止装置で拘束されているため、水平力が脚部及びクレーン本体ガーダに作用する。

b. トロリ関係

- (a) トロリはクレーン本体ガーダ上の横行レール上に乗っている構造で、クレーン本体ガーダとは固定されていないため、最大静止摩擦力以上の水平力がトロリに加えられた場合、滑りが生じる。このため、トロリ自身にはレールと横行車輪間の最大静止摩擦力以上の水平力は加わらない。
- (b) トロリの横行車輪は 4 個であり、そのうちの 2 個は駆動輪、他の 2 個は従動輪である。
- (c) トロリの駆動輪は、電動機及び減速機の回転部分と連結されているため、地震の加速度を車輪部に入れると回転部分が追随できず、最大静止摩擦力以上の力が加えられた場合、滑りが生じる。
- (d) トロリの従動輪は、電動機及び減速機の回転部分と連結されていないため、駆動輪のみで水平力を受ける。

(4) 鉛直方向（UD 方向）

クレーン及びトロリは、レール上にあり、鉛直下向き方向には海水ポンプ室躯体により支持される。鉛直上向き方向には固定されていないため、鉛直方向（UD 方向）には浮上りを考慮する。

(5) 評価ケース

表4-1に示す評価ケースにて評価を実施する。

表4-1 評価ケース

| 評価対象      |     | クレーン本体ガーダ,<br>脚部（剛脚, 揺脚, 連結構）, 浮上り量,<br>吊具（ワイヤロープ及びフック）, 脱輪防止装置 |    |    |   |   |   |
|-----------|-----|-----------------------------------------------------------------|----|----|---|---|---|
| 評価ケース No. |     | 1                                                               | 2  | 3  | 4 | 5 | 6 |
| トロリ位置     | 中央  | ●*                                                              |    |    | ○ |   |   |
|           | 剛脚側 |                                                                 | ●* |    |   | ○ |   |
|           | 揺脚側 |                                                                 |    | ●* |   |   | ○ |

●：吊荷有 ○：吊荷無

注記 \*：吊具については，落下評価も実施する。

(6) 地震力

地震力は，海水ポンプ室門型クレーンに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし，基準地震動  $S_s$  を用いる。クレーン本体ガーダ，剛脚，揺脚，連結構，吊具（ワイヤロープ及びフック）及び脱輪防止装置に作用する荷重並びにクレーン本体及びトロリの浮上り量については，時刻歴加速度波による評価を実施する。また，トロリストッパについては，設計用地震力による評価を実施する。

## 4.2 荷重の組合せ及び許容応力

### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

海水ポンプ室門型クレーンの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-2 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。

### 4.2.2 許容応力

海水ポンプ室門型クレーンの許容応力は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-4 に示す。

### 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件及び許容荷重評価条件

海水ポンプ室門型クレーンの使用材料の許容応力評価条件及び許容荷重評価条件を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | 機器名称             | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                | 許容応力状態    |
|------|------------------|---------|--------|-----------------------|-----------|
| その他  | 海水ポンプ室<br>門型クレーン | C       | —*     | $D + P_D + M_D + S_S$ | $IV_{AS}$ |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表 4-3 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | 機器名称             | 設備分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                        | 許容応力状態                                                   |
|------|------------------|------|--------|-------------------------------|----------------------------------------------------------|
| その他  | 海水ポンプ室<br>門型クレーン | —    | —*     | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ | $V_{AS}$<br>( $V_{AS}$ として、<br>$IV_{AS}$ の許容限界<br>を用いる。) |

注記＊：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。

表4-4
 許容応力
 （その他の支持構造物及び重大事故等その他の支持構造物）

| 許容応力状態                                                                  | 許容限界*1, *2<br>（ボルト等以外）          |                                 |                                 |                                 |
|-------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                                                         | 一次応力                            |                                 |                                 |                                 |
|                                                                         | 引張り                             | せん断                             | 圧縮                              | 曲げ                              |
| IV <sub>AS</sub>                                                        | 1.5・f <sub>t</sub> <sup>*</sup> | 1.5・f <sub>s</sub> <sup>*</sup> | 1.5・f <sub>c</sub> <sup>*</sup> | 1.5・f <sub>b</sub> <sup>*</sup> |
| V <sub>AS</sub><br>（V <sub>AS</sub> としてIV <sub>AS</sub> の<br>許容限界を用いる。） |                                 |                                 |                                 |                                 |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-5
 使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備）

| 評価部位      | 材料 | 温度条件<br>(℃)  | S<br>(MPa) | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | S <sub>y</sub> (R T)<br>(MPa) |
|-----------|----|--------------|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| クレーン本体ガーダ |    | 周辺環境温度<br>40 | —          |                         |                         | —                             |
| 剛脚        |    | 周辺環境温度<br>40 | —          |                         |                         | —                             |
| 揺脚        |    | 周辺環境温度<br>40 | —          |                         |                         | —                             |
| 連結構（剛脚側）  |    | 周辺環境温度<br>40 | —          |                         |                         | —                             |
| 連結構（揺脚側）  |    | 周辺環境温度<br>40 | —          |                         |                         | —                             |
| 脱輪防止装置    |    | 周辺環境温度<br>40 | —          |                         |                         | —                             |
| トロリストップ   |    | 周辺環境温度<br>40 | —          |                         |                         | —                             |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



表 4-6
 使用材料の許容荷重評価条件（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備）

| 評価部位   | 材料 | 温度条件<br>(℃) | 定格荷重<br>(N) | 安全率 | 許容荷重<br>(N)           |
|--------|----|-------------|-------------|-----|-----------------------|
| ワイヤロープ |    | 周辺環境温度      | 40          |     | 6.396×10 <sup>6</sup> |
| フック    |    | 周辺環境温度      | 40          |     | 9.900×10 <sup>6</sup> |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.3 解析モデル及び諸元

海水ポンプ室門型クレーンの解析モデルを図 4-3 に、解析モデルの概要を以下に示す。また、機器の諸元を本計算書の【海水ポンプ室門型クレーンの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) クレーンは、はり要素を用いた FEM モデルとし、クレーンの質量としてクレーン本体ガーダ、脚部、トロリ及び吊荷を考慮する。
- (2) 地震応答解析に用いる減衰定数は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、水平方向及び鉛直方向ともに 2.0% を用いる。
- (3) クレーンと車輪部については、4.1(1)項にて示したクレーンの構造の特徴を踏まえて、解析の入力条件を以下のとおり設定する。

##### a. クレーンの滑りを考慮した水平力の設定

最大静止摩擦力以上の力が加われば、車輪がレール上を滑ることを考慮した水平力を設定する。ここで、最大静止摩擦係数を  $\mu = 0.3$  とし、クレーン各構造部材に発生する水平力は、走行車輪の数と駆動輪の数との関係から以下のとおり求める。

クレーン本体ガーダの走行方向（NS 方向）に作用する水平力

$$\text{鉛直方向荷重} \times \mu \times \frac{4}{8} = \text{鉛直方向荷重} \times 0.15$$

トロリの走行方向（EW 方向）に作用する水平力

$$\text{鉛直方向荷重} \times \mu \times \frac{2}{4} = \text{鉛直方向荷重} \times 0.15$$

##### b. 浮上りによる衝突の減衰

クレーン及びトロリの浮上りによる衝突の減衰は、引用文献(1)の試験にて得られた反発係数  $e$  から換算した減衰比  $h$  として、 を用いる。反発係数  $e$  と減衰比  $h$  との関係式は次式に、関係図を図 4-2 に示す。

$$e = \exp \left( -\frac{h \pi}{\sqrt{1-h^2}} \right)$$

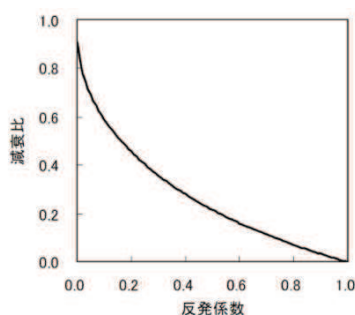


図4-2 反発係数と減衰比の関係

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

- (4) 固有値解析及び地震応答解析には，解析コード「ABAQUS」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

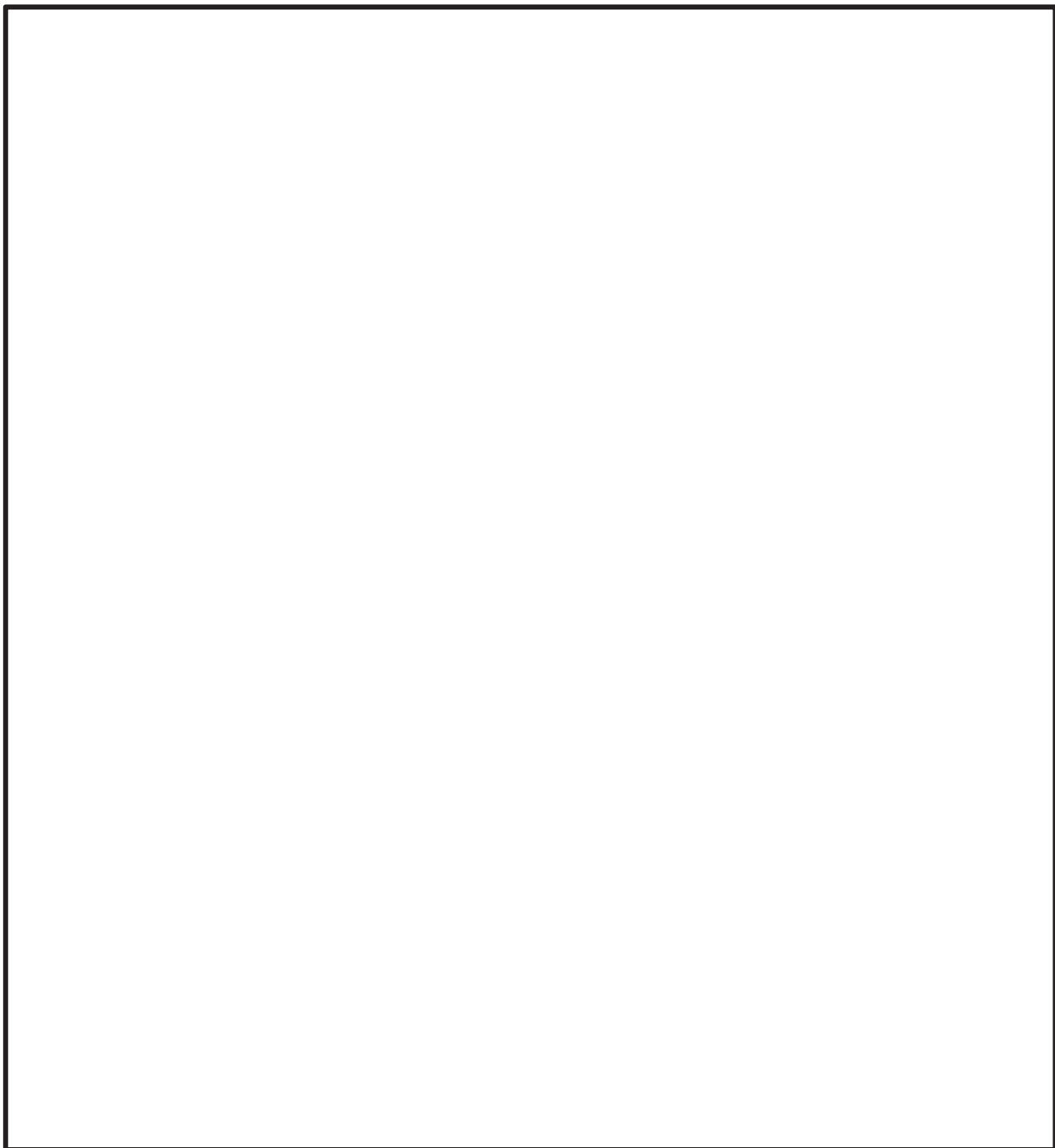


図 4-3 海水ポンプ室門型クレーンの解析モデル

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.4 固有周期

各解析ケースにおける固有値解析の結果を表 4-7 に示す。また、振動モード図を図 4-4 に示す。

なお、固有値解析結果及び振動モード図は、評価結果が厳しくなる吊荷有の評価ケース（評価ケース No. 1～3）について記載する。

表 4-7(1) 固有値解析結果（評価ケース No. 1（トロリ位置：中央，吊荷：有））

| モード  | 卓越方向     | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |    |      |
|------|----------|-------------|-------|----|------|
|      |          |             | 水平方向  |    | 鉛直方向 |
|      |          |             | NS    | EW |      |
| 1 次  | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 2 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 3 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 4 次  | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 5 次  | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 6 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 7 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 8 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 9 次  | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 10 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 11 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 12 次 | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 13 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 14 次 | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 15 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 16 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 17 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 18 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

表 4-7(2) 固有値解析結果（評価ケース No. 2（トロリ位置：剛脚側，吊荷：有））

| モード  | 卓越方向     | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |    |      |
|------|----------|-------------|-------|----|------|
|      |          |             | 水平方向  |    | 鉛直方向 |
|      |          |             | NS    | EW |      |
| 1 次  | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 2 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 3 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 4 次  | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 5 次  | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 6 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 7 次  | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 8 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 9 次  | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 10 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 11 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 12 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 13 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 14 次 | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 15 次 | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 16 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 17 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 18 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 19 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 20 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

表 4-7(3) 固有値解析結果（評価ケース No.3（トロリ位置：揺脚側，吊荷：有））

| モード  | 卓越方向     | 固有周期<br>(s) | 刺激係数* |    |      |
|------|----------|-------------|-------|----|------|
|      |          |             | 水平方向  |    | 鉛直方向 |
|      |          |             | NS    | EW |      |
| 1 次  | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 2 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 3 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 4 次  | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 5 次  | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 6 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 7 次  | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 8 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 9 次  | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 10 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 11 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 12 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 13 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 14 次 | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 15 次 | 水平（EW）方向 |             |       |    |      |
| 16 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 17 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 18 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 19 次 | 水平（NS）方向 |             |       |    |      |
| 20 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |
| 21 次 | 鉛直方向     |             |       |    |      |

注記＊：刺激係数は，モード質量を正規化し固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

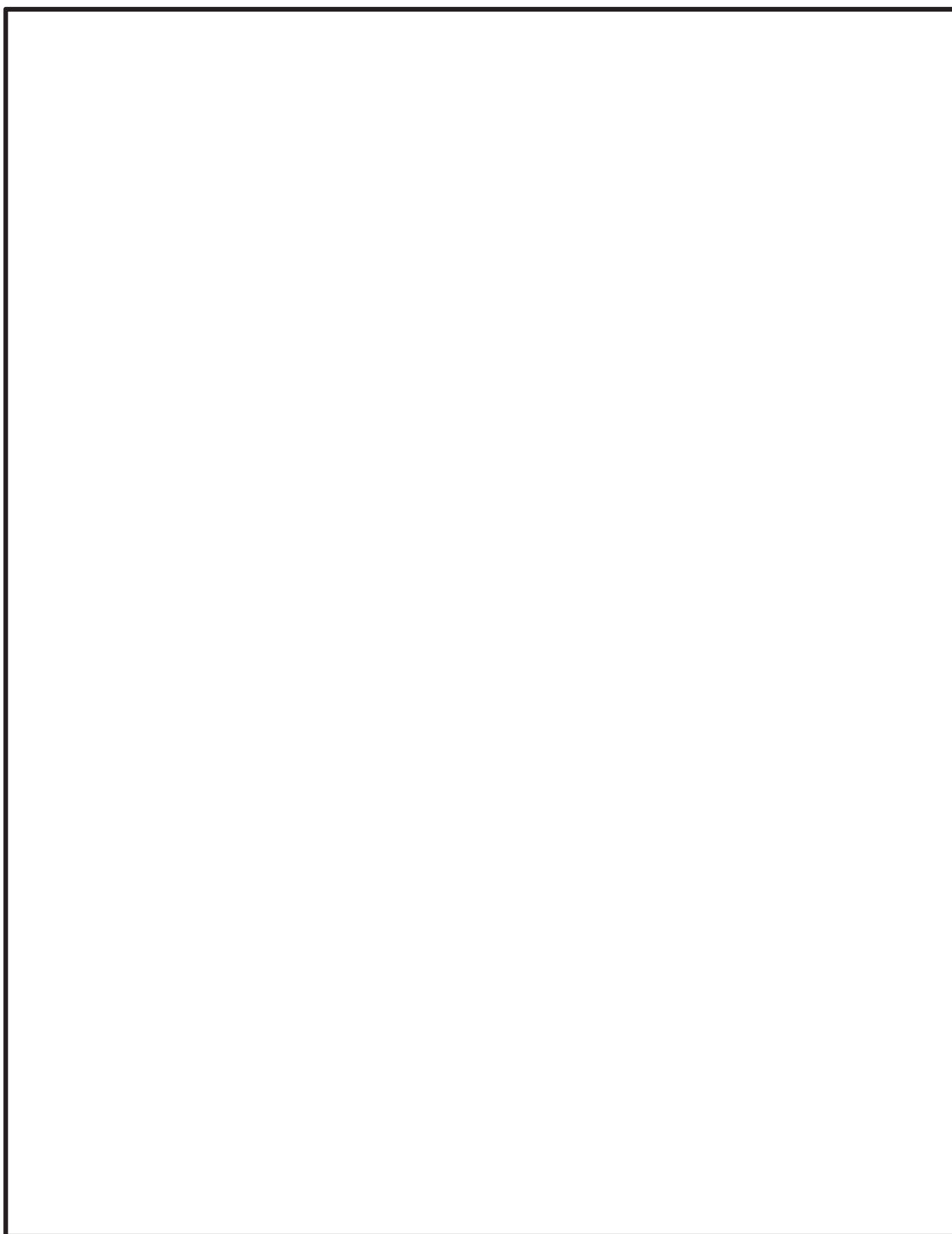


図 4-4(1) 振動モード図（評価ケース No.1（トロリ位置：中央，吊荷：有））

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

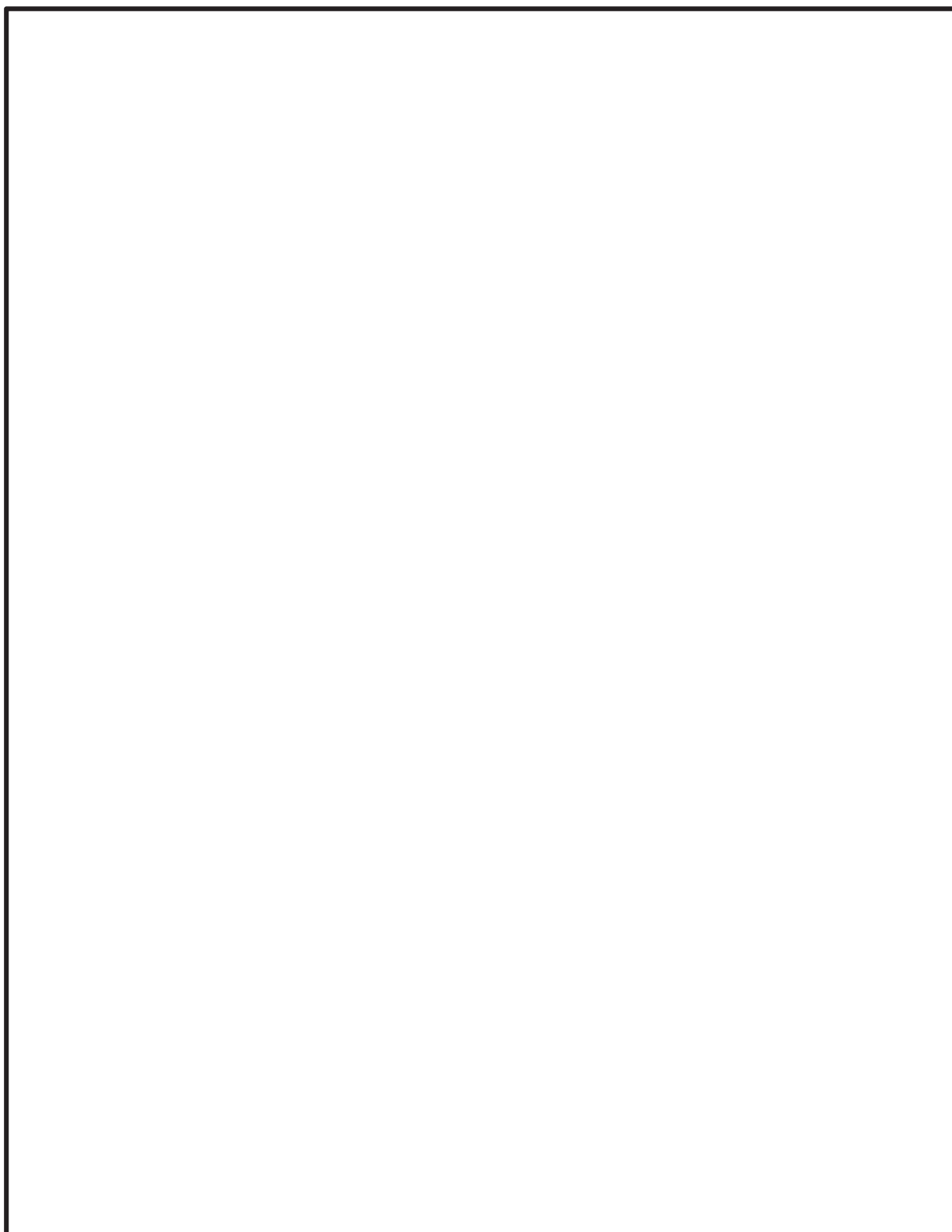


図 4-4(2) 振動モード図（評価ケース No. 2（トロリ位置：剛脚側，吊荷：有））

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



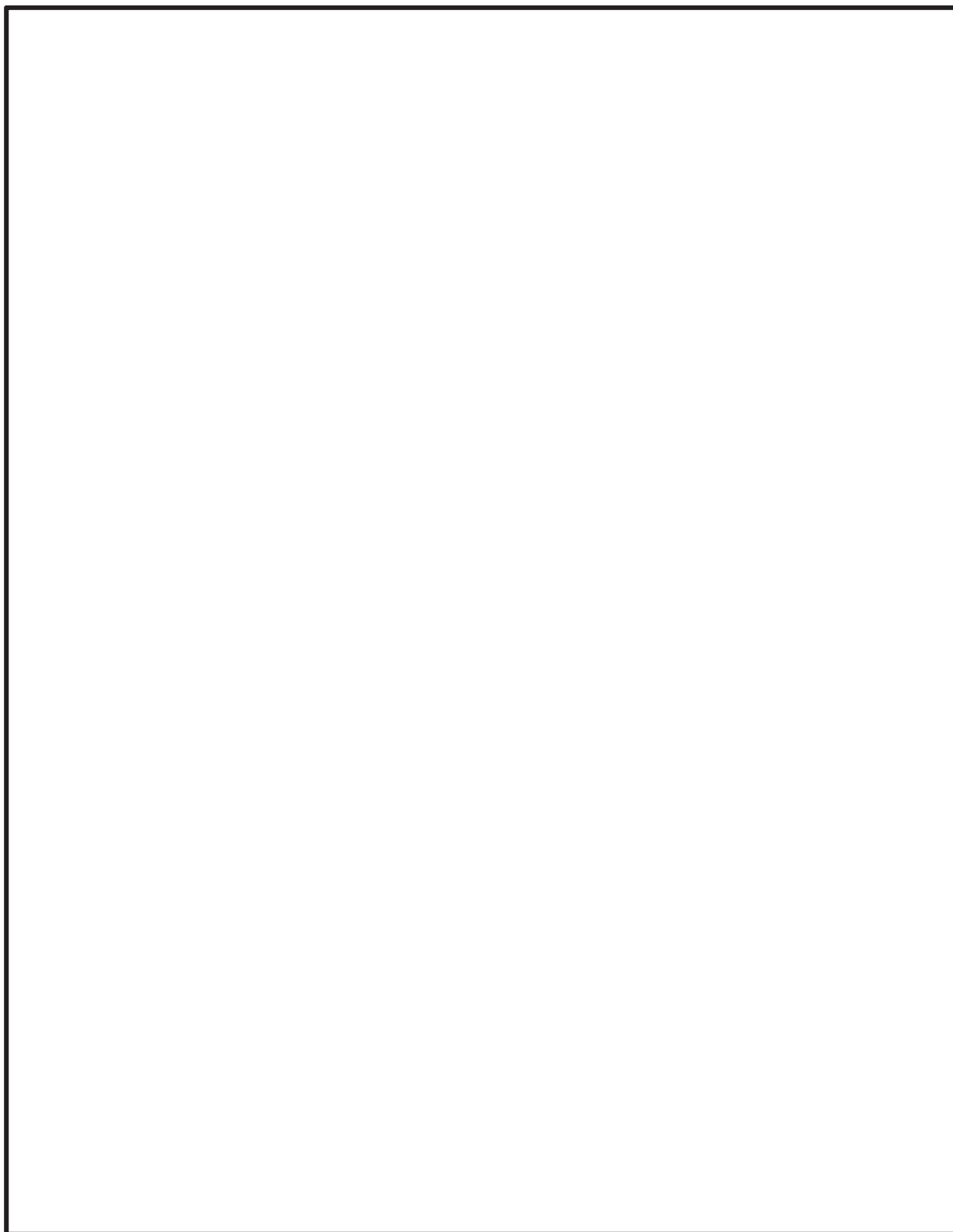


図 4-4(3) 振動モード図（評価ケース No.3（トロリ位置：揺脚側，吊荷：有））

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.5 設計用地震力

トロリストッパの評価に用いる設計用地震力を表 4-8 に示す。

表 4-8 設計用地震力（設計基準対象施設及び重大事故等対処設備）

| 据付場所<br>及び<br>床面高さ<br>(m)          | 固有周期 (s)        |                 |                 | 基準地震動 $S_s$                       |                 |                 |
|------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-----------------|
|                                    | 水平方向            |                 | 鉛直方向<br>(UD 方向) | 水平方向設計震度                          |                 | 鉛直方向<br>設計震度    |
|                                    | 走行方向<br>(NS 方向) | 横行方向<br>(EW 方向) |                 | 走行方向<br>(NS 方向)                   | 横行方向<br>(EW 方向) |                 |
| 海水ポンプ室<br>O. P. 15.0 <sup>*1</sup> | — <sup>*2</sup> | — <sup>*2</sup> | — <sup>*2</sup> | <sup>*3, *4</sup><br>$C_H = 0.15$ | — <sup>*5</sup> | — <sup>*5</sup> |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：固有周期より設計震度を算出しないため、「—」と記載する。

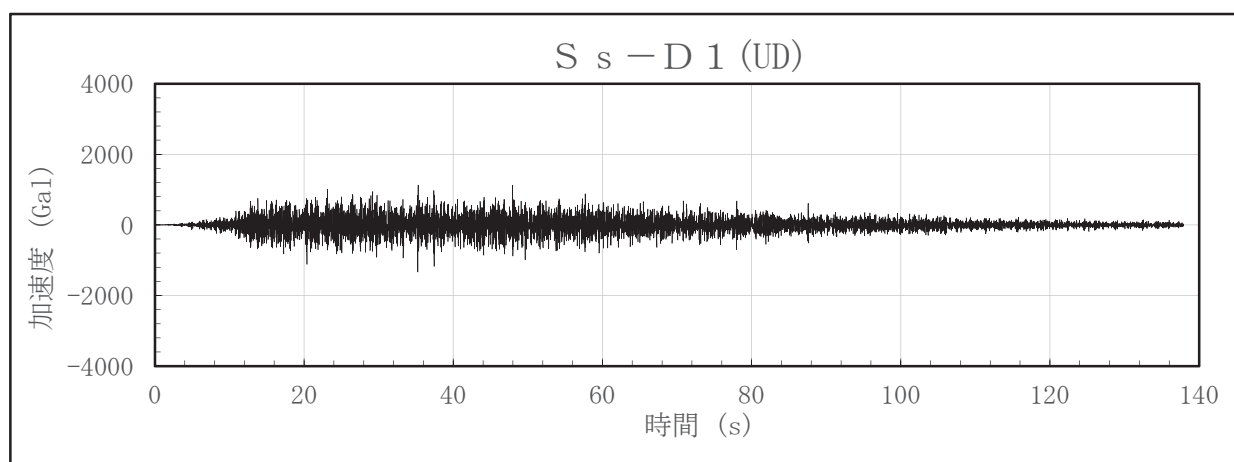
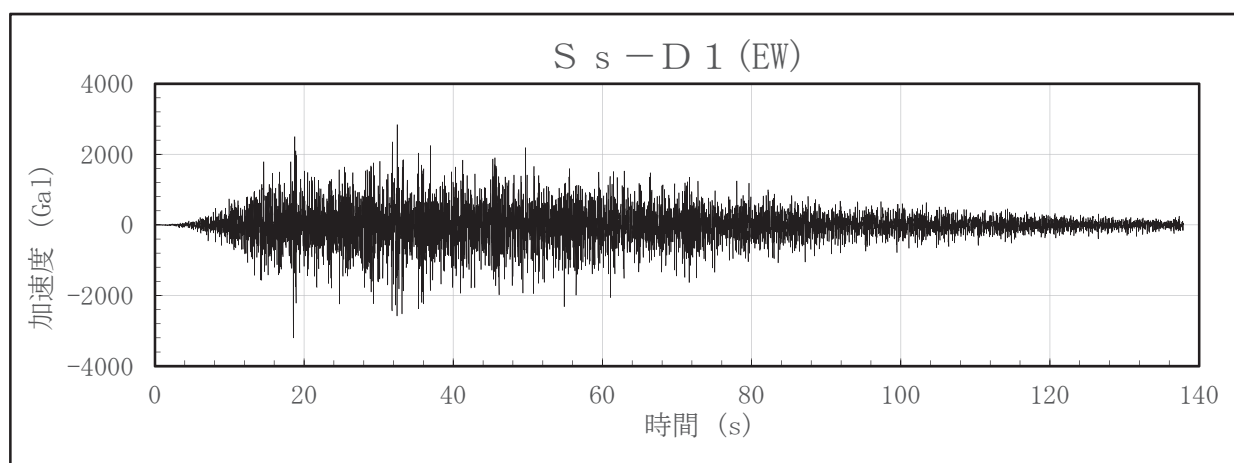
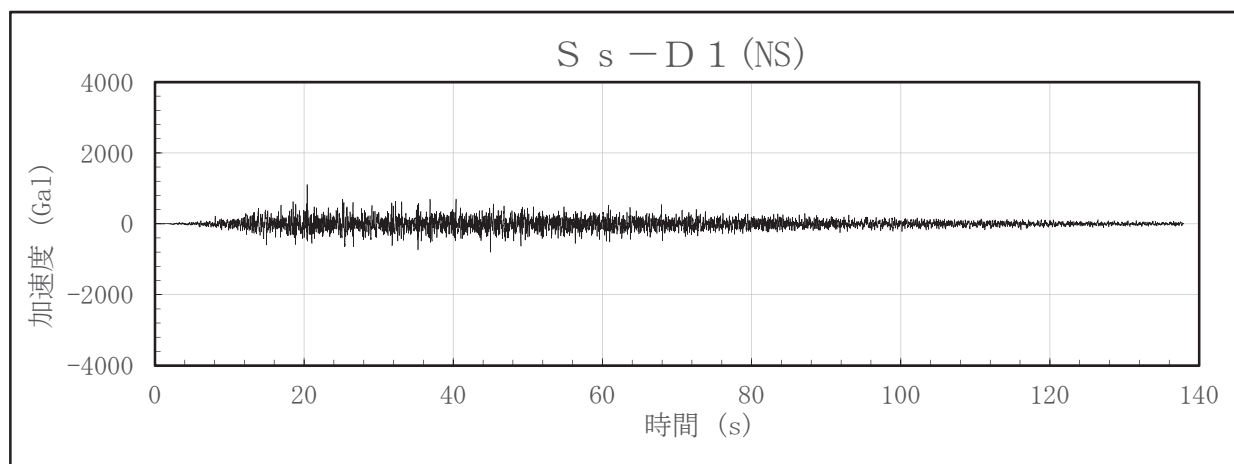
\*3：最大静止摩擦係数より求めた水平方向設計震度

\*4：トロリストッパの評価に適用する。

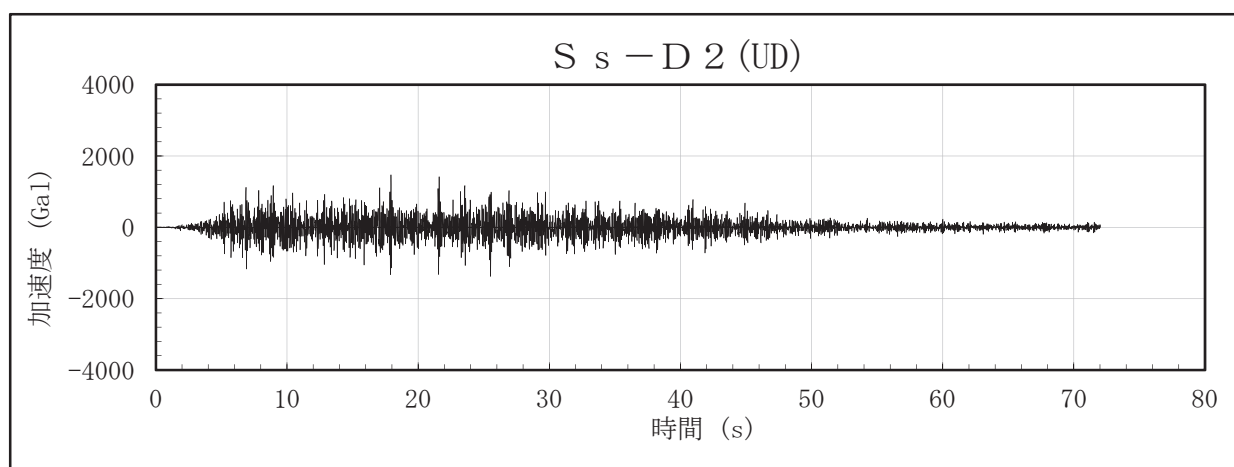
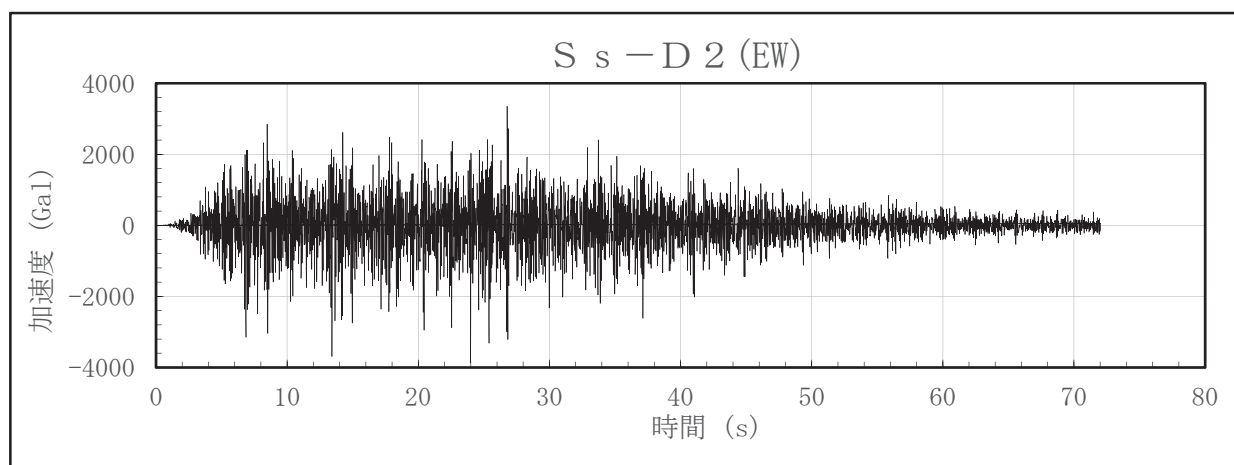
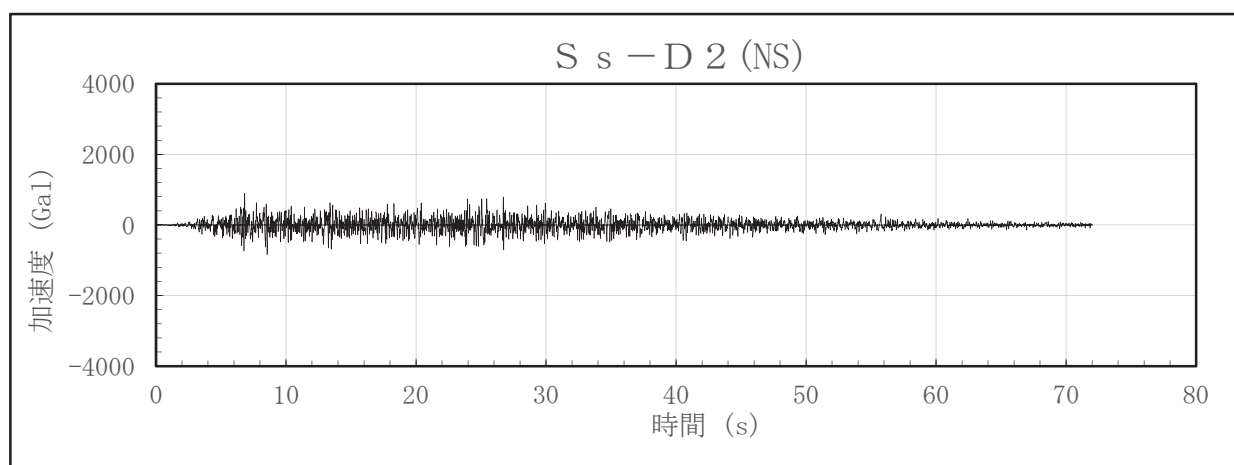
\*5：横行方向（EW 方向）及び鉛直方向の設計震度を使用しないため、「—」と記載する。

クレーン本体ガーダ，剛脚，揺脚，連結構，脱輪防止装置及び吊具（ワイヤロープ及びフック）に作用する荷重並びにクレーン本体及びトロリの浮上り量に対する地震応答解析は，添付書類「VI-2-2-7 海水ポンプ室の地震応答計算書」で得られる海水ポンプ室（補機ポンプエリア）O. P. 14.8m の時刻歴加速度を入力とし，水平 2 方向と鉛直方向地震力の同時入力により解析を実施する。時刻歴加速度波形を次項以降の(1)～(4)に示す。

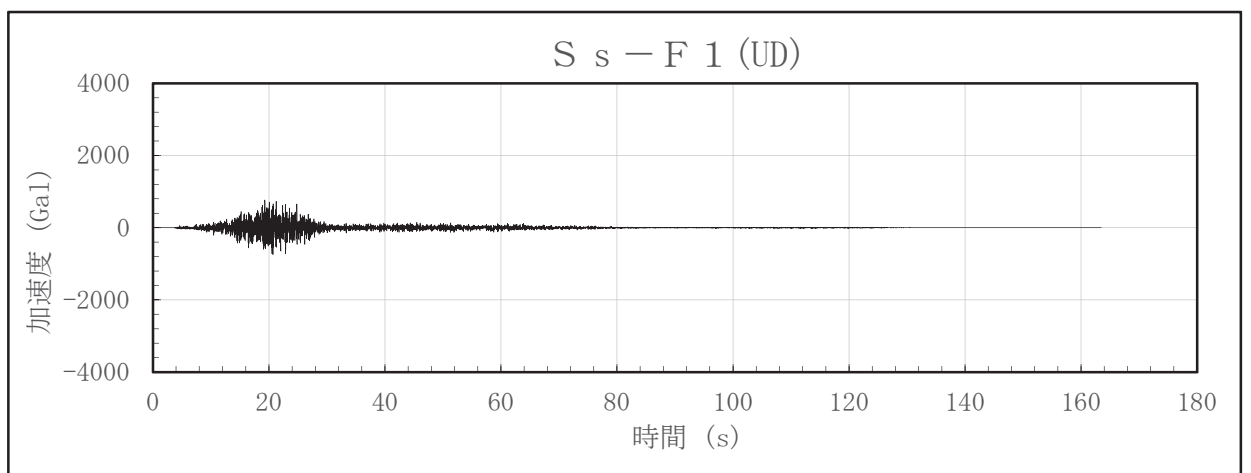
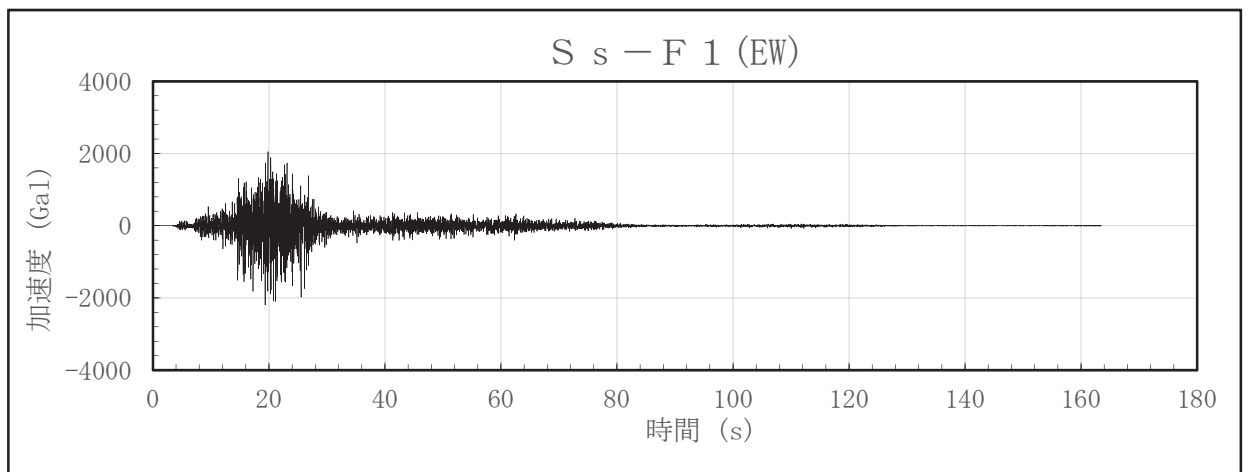
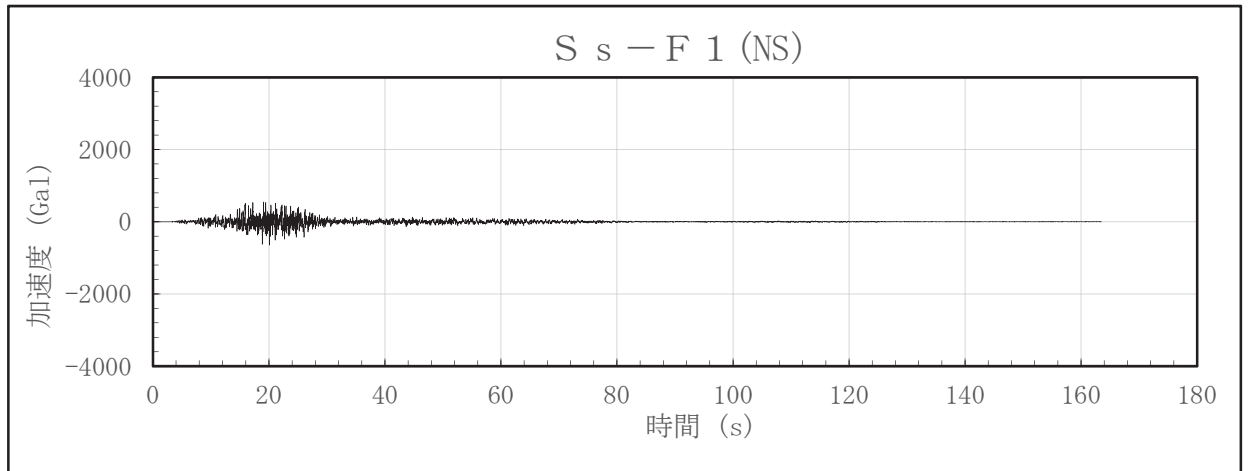
(1) 海水ポンプ室の解析ケース：ケース 1（基本ケース），地震波：S s - D 1



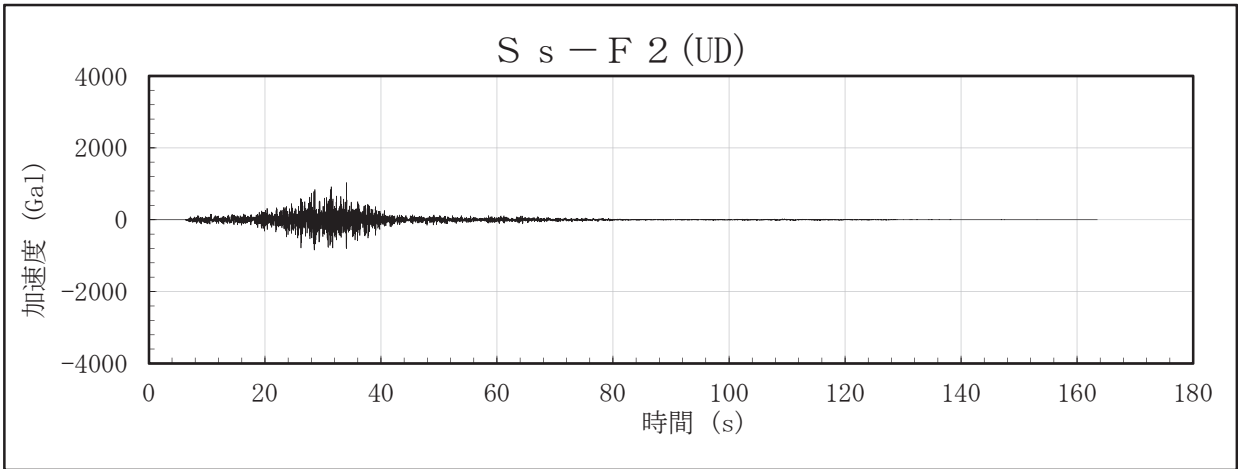
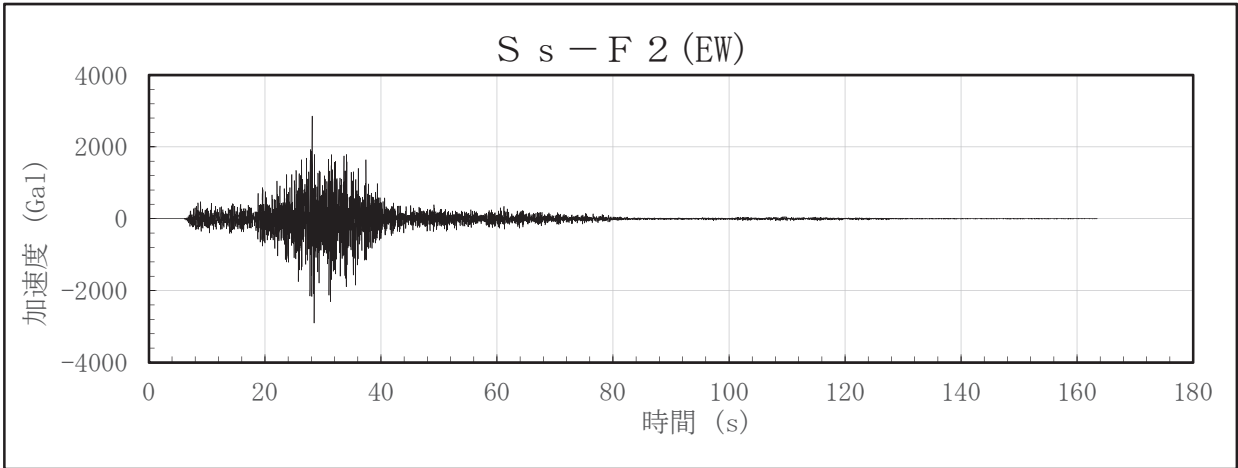
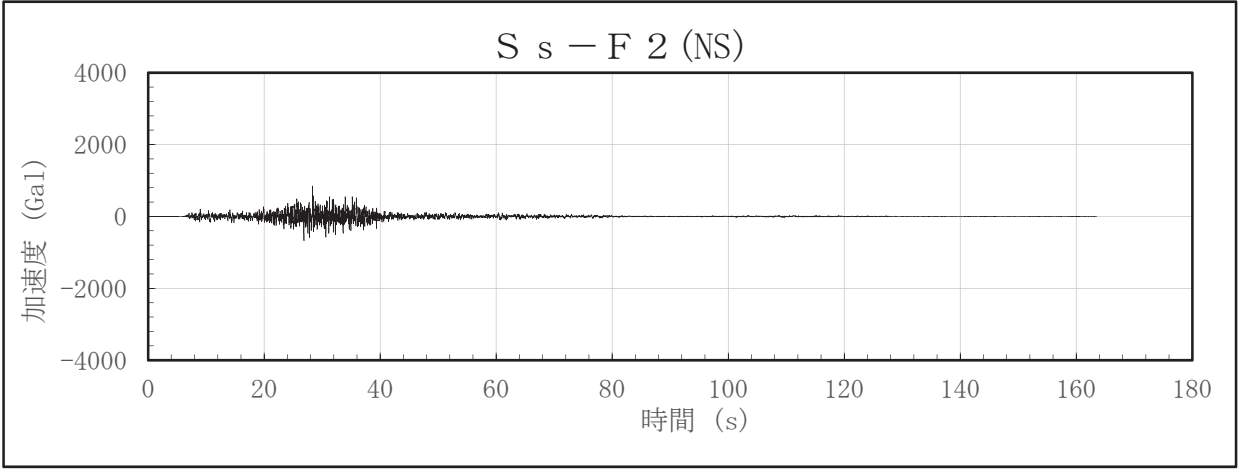
(2) 海水ポンプ室の解析ケース：ケース 1（基本ケース），地震波：S s - D 2



(3) 海水ポンプ室の解析ケース：ケース1（基本ケース），地震波：S<sub>s</sub>－F1



(4) 海水ポンプ室の解析ケース：ケース 1（基本ケース），地震波：S<sub>s</sub>－F 2



## 4.6 計算方法

### 4.6.1 クレーン本体ガーダ及び脚部の応力の計算方法

#### (1) 設計荷重

クレーン本体ガーダ，剛脚，揺脚及び連結構に加わる荷重を図 4-3 の解析モデルを用いて，直接積分法による時刻歴解析により求める。表 4-9 に解析モデルの概要を示す。

また，本評価の時刻歴解析には，付録 1 に示す時刻歴解析の保守性を考慮する。

表 4-9 解析モデルの概要

| 解析モデル  |           |        |
|--------|-----------|--------|
| 構造物    | クレーン本体ガーダ |        |
|        | トロリ       |        |
|        | 剛脚        |        |
|        | 揺脚        |        |
|        | 吊具        | 吊荷     |
|        |           | ワイヤロープ |
| 車輪部    | クレーン走行車輪  |        |
|        | トロリ車輪     |        |
| 解析モデル図 |           | 図 4-3  |

(2) クレーン本体ガーダの応力

a. クレーン本体ガーダ曲げ応力

クレーン本体ガーダにおける最大曲げ応力を図 4-5 に示す断面で計算する。

クレーン本体ガーダ中央部の鉛直曲げモーメントによるクレーン本体ガーダの曲げ

応力： $\sigma_{Vg}$

$$\sigma_{Vg} = \frac{M_{Vg}}{Z_{Xg}} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.1)$$

クレーン本体ガーダ中央部の水平曲げモーメントによるクレーン本体ガーダの曲げ

応力： $\sigma_{Hg}$

$$\sigma_{Hg} = \frac{M_{Hg}}{Z_{Yg}} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.2)$$

クレーン本体ガーダ中央部の曲げ応力： $\sigma_{bg}$

$$\sigma_{bg} = \sigma_{Vg} + \sigma_{Hg} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.3)$$

b. クレーン本体ガーダせん断応力

クレーン本体ガーダにおける最大せん断応力を図 4-6 に示す断面で計算する。

鉛直せん断力によるクレーン本体ガーダ端部のせん断応力： $\tau_{Vg}$

$$\tau_{Vg} = \frac{Q_{Vg}}{A_{Vg}} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.4)$$

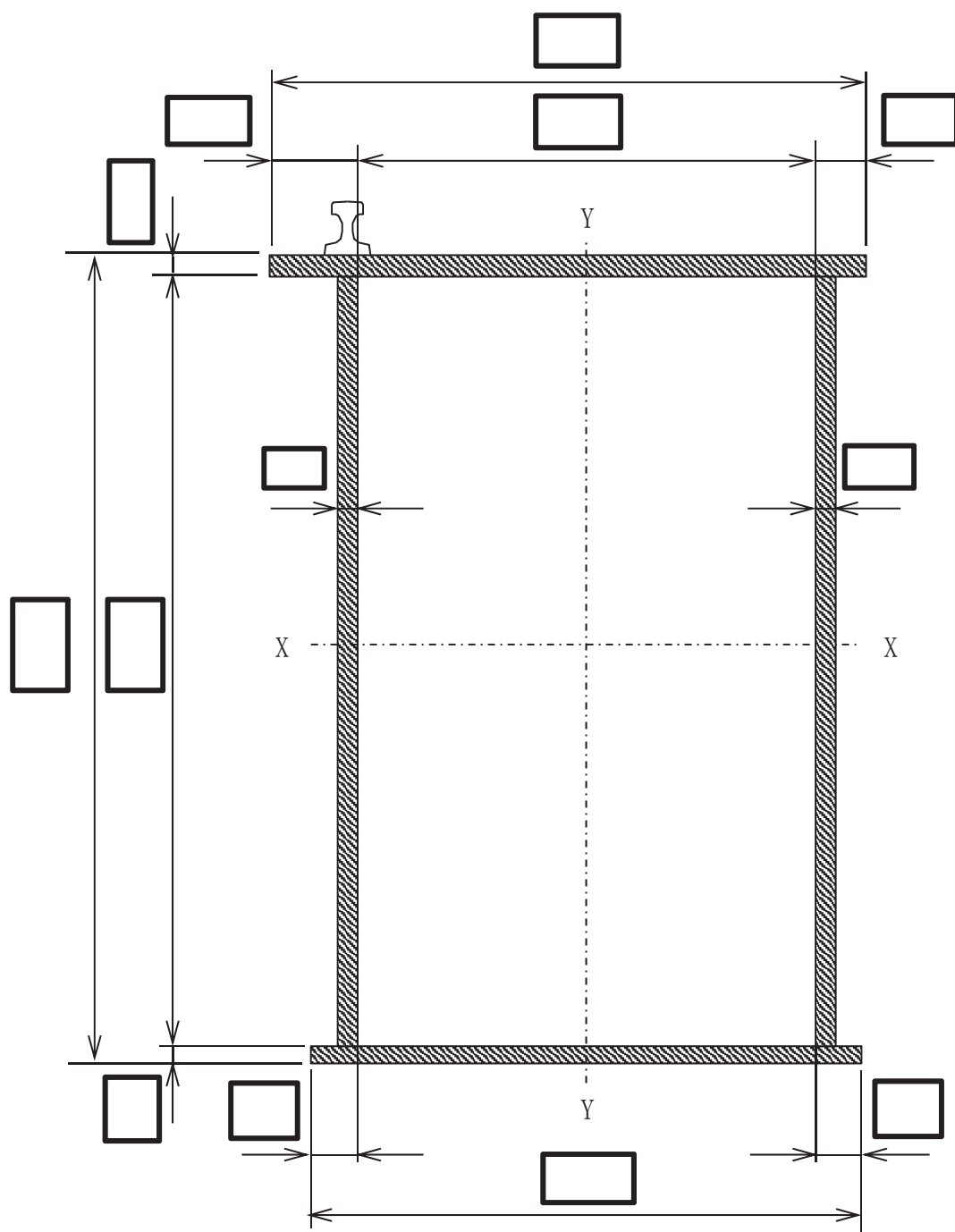
水平せん断力によるクレーン本体ガーダ端部のせん断応力： $\tau_{Hg}$

$$\tau_{Hg} = \frac{Q_{Hg}}{A_{Hg}} \quad \dots\dots\dots (4.6.1.5)$$

クレーン本体ガーダ端部のせん断応力： $\tau_g$

$$\tau_g = \text{Max} [\tau_{Vg}, \tau_{Hg}] \quad \dots\dots\dots (4.6.1.6)$$

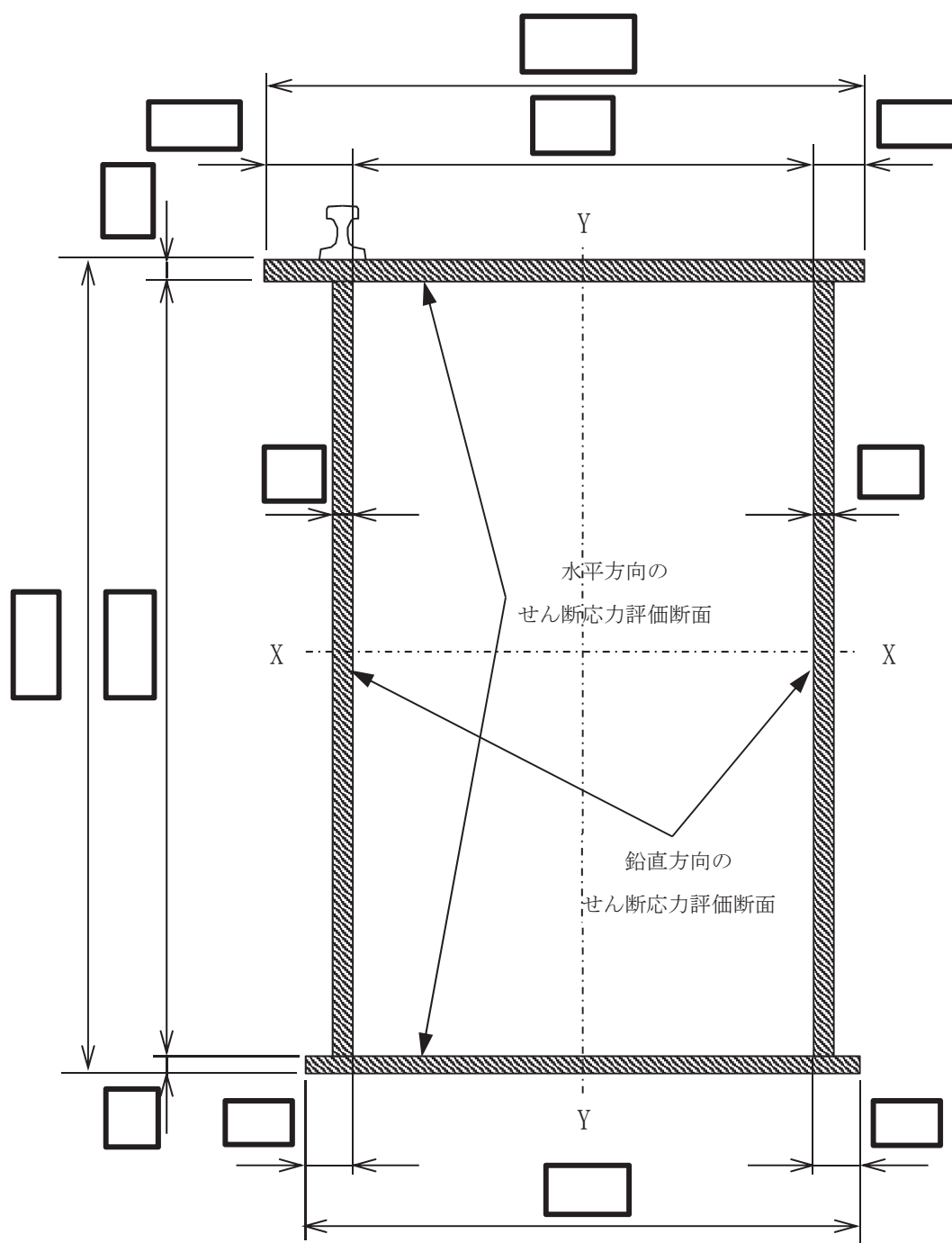




注：斜線部は曲げ応力評価部材を示す。

図 4-5 クレーン本体ガーダ中央部詳細（単位：mm）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



注：斜線部は水平及び鉛直方向のせん断応力評価部材を示す。

図 4-6 クレーン本体ガーダ端部詳細（単位：mm）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

(3) 脚部（剛脚，揺脚及び連結構）の応力

a. 脚部引張応力及び圧縮応力

脚部の評価断面は図 4-7 及び図 4-8 に示すように高さ方向の位置によって断面が異なるため，解析モデルの各要素における断面積を求め，最大引張応力及び最大圧縮応力を計算する。

脚部の引張応力： $\sigma_{ti}$

$$\sigma_{ti} = \frac{F_{ti}}{A_{ti}} \dots\dots\dots (4.6.1.7)$$

脚部の圧縮応力： $\sigma_{ci}$

$$\sigma_{ci} = \frac{F_{ci}}{A_{ci}} \dots\dots\dots (4.6.1.8)$$

b. 脚部曲げ応力

解析モデルの各要素位置における断面係数を求め，最大曲げ応力を計算する。

脚部のX軸回りの曲げモーメントによる脚部曲げ応力： $\sigma_{Xi}$

$$\sigma_{Xi} = \frac{M_{Xi}}{Z_{Xi}} \dots\dots\dots (4.6.1.9)$$

脚部のY軸回りの曲げモーメントによる脚部曲げ応力： $\sigma_{Yi}$

$$\sigma_{Yi} = \frac{M_{Yi}}{Z_{Yi}} \dots\dots\dots (4.6.1.10)$$

脚部曲げ応力： $\sigma_{bi}$

$$\sigma_{bi} = \sigma_{Xi} + \sigma_{Yi} \dots\dots\dots (4.6.1.11)$$

## c. 脚部組合せ応力

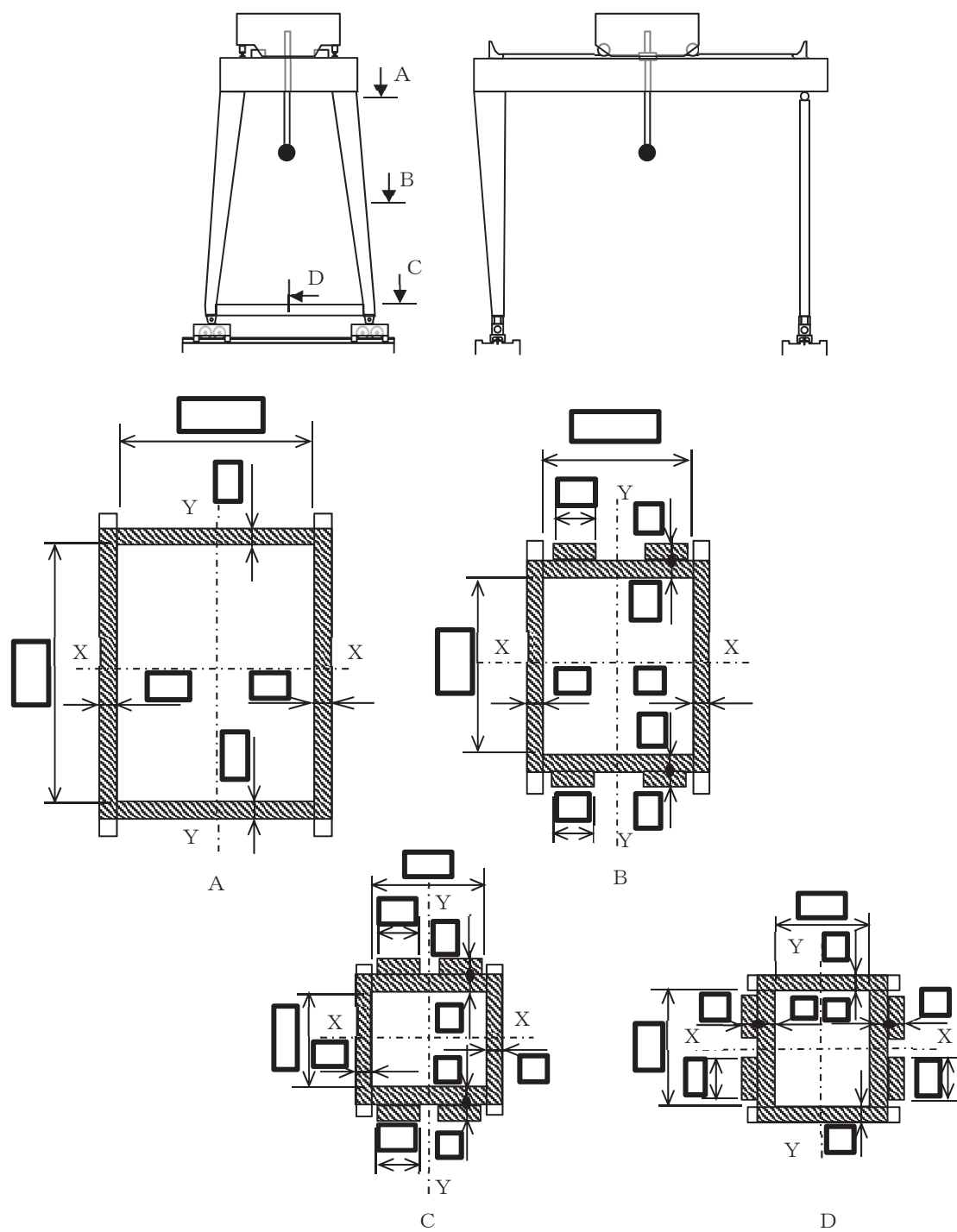
引張+曲げ，圧縮+曲げの大きい方の値を脚部組合せ応力とする。

引張+曲げ

$$\frac{\sigma_{t i}}{f_t} + \frac{\sigma_{b i}}{f_b} \dots\dots\dots (4.6.1.12)$$

圧縮+曲げ

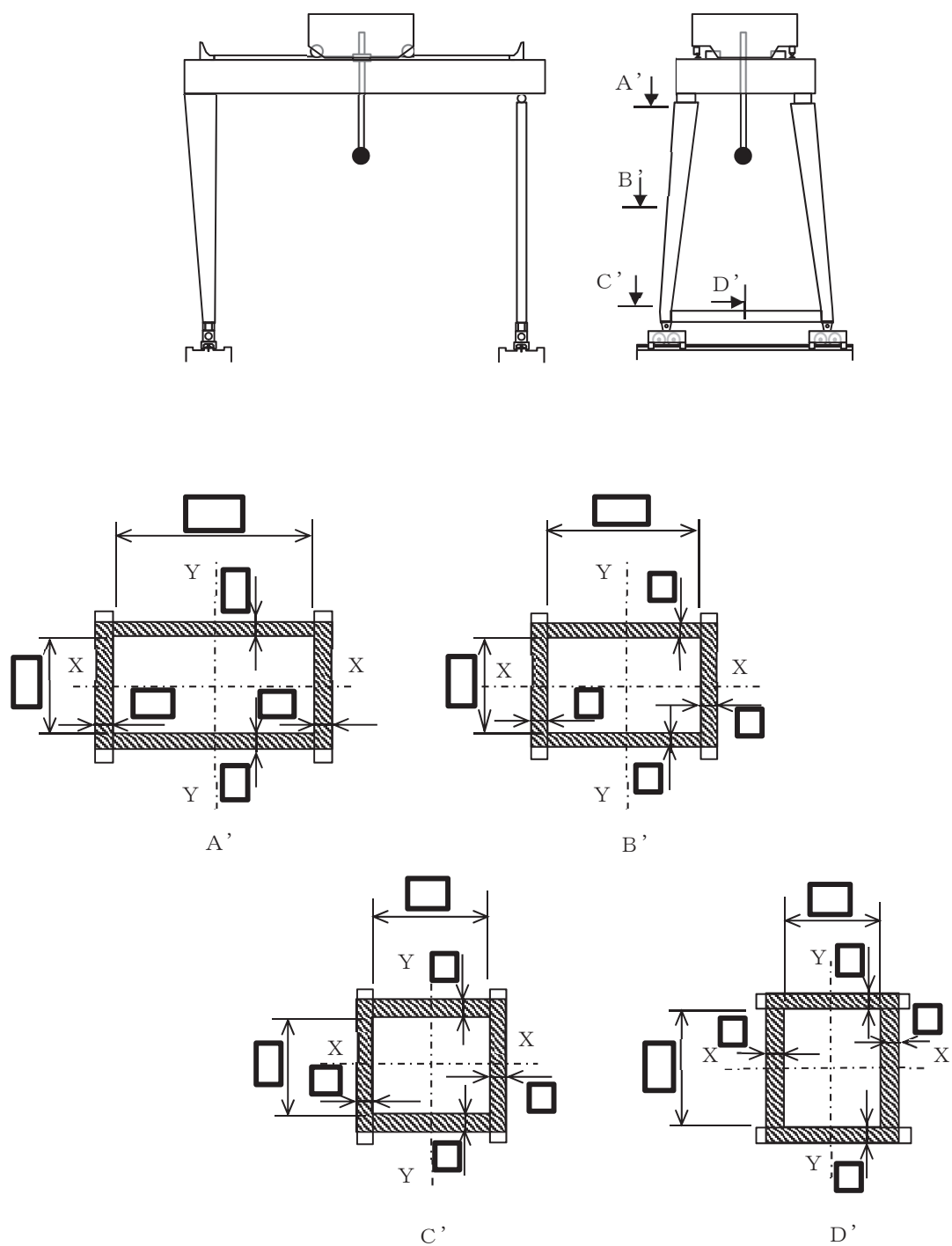
$$\frac{\sigma_{c i}}{f_c} + \frac{\sigma_{b i}}{f_b} \dots\dots\dots (4.6.1.13)$$



注：図中の断面は代表的な評価断面を示す。

図 4-7 剛脚及び連結構（剛脚側）断面詳細（単位：mm）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



注：図中の断面は代表的な評価断面を示す。

図 4-8 揺脚及び連結構（揺脚側）断面詳細（単位：mm）

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

#### 4.6.2 脱輪防止装置の応力の計算方法

脱輪防止装置には、海水ポンプ室門型クレーンの水平方向地震応答によって水平力が作用する。図 4-9 に脱輪防止装置の構造概要図を示す。

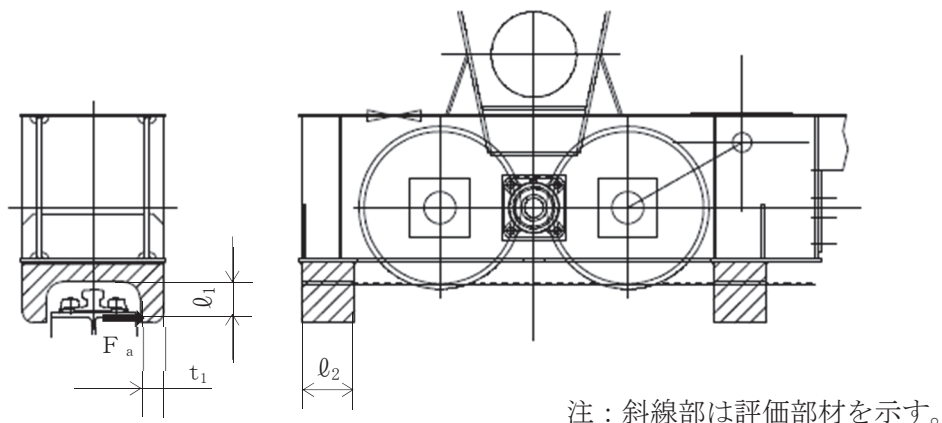


図 4-9 脱輪防止装置の構造概要図

脱輪防止装置に生じる応力は、海水ポンプ室門型クレーンの水平方向地震応答により生じる水平方向（EW 方向）の車輪 1 隅当たりの反力を、脱輪防止装置の部材 2 個で受けるものとして各時刻における最大荷重より計算する。

脱輪防止装置の部材 1 個当たりに作用する力： $F_a$

$$F_a = \frac{1}{2} \cdot F_w \quad \dots\dots\dots (4.6.2.1)$$

脱輪防止装置の曲げモーメント： $M_a$

$$M_a = F_a \cdot l_1 \quad \dots\dots\dots (4.6.2.2)$$

脱輪防止装置の断面係数： $Z_a$

$$Z_a = \frac{1}{6} \cdot (t_1^2 \cdot l_2) \quad \dots\dots\dots (4.6.2.3)$$

脱輪防止装置の曲げ（引張）応力： $\sigma_{ba}$

$$\sigma_{ba} = \frac{M_a}{Z_a} \quad \dots\dots\dots (4.6.2.4)$$

脱輪防止装置の断面積： $A_1$

$$A_1 = t_1 \cdot l_2 \quad \dots\dots\dots (4.6.2.5)$$

脱輪防止装置のせん断応力： $\tau_a$

$$\tau_a = \frac{F_a}{A_1} \quad \dots\dots\dots (4.6.2.6)$$

#### 4.6.3 トロリストッパの応力の計算方法

トロリストッパには，自重及び水平方向地震（NS 方向）によって水平力が作用する。

図 4-10 にトロリストッパの構造概要図を示す。

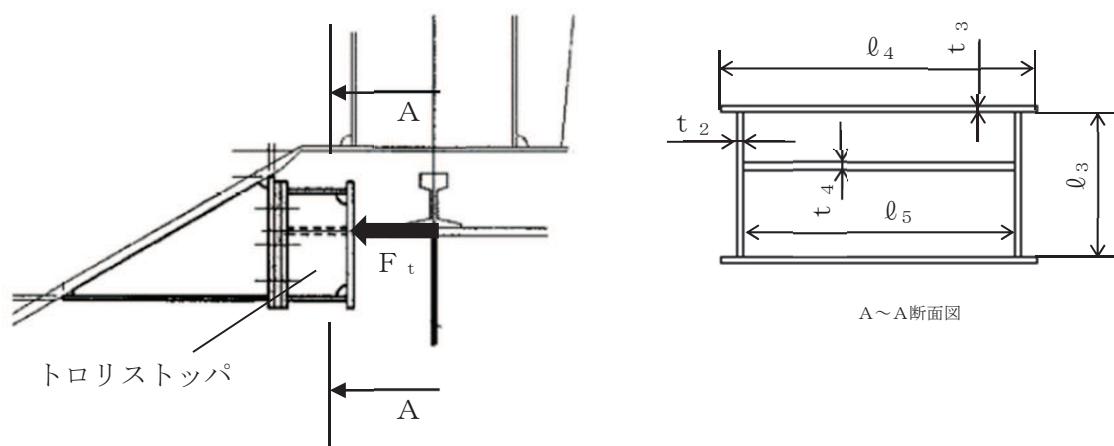


図 4-10 トロリストッパの構造概要図

トロリストッパに生じる応力は，自重及び水平方向地震（NS 方向）による水平力を片側にあるトロリストッパ 2 個で受けるものとして理論式により計算する。

トロリストッパ 1 個あたりに作用する力：  $F_t$

$$F_t = \frac{1}{2} \cdot m_t \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (4.6.3.1)$$

トロリストッパ当たり面の断面積：  $A_2$

$$A_2 = 2 \cdot (t_2 \cdot l_3 + t_3 \cdot l_4) + t_4 \cdot l_5 \quad \dots\dots\dots (4.6.3.2)$$

トロリストッパの圧縮応力：  $\sigma_{ct}$

$$\sigma_{ct} = \frac{F_t}{A_2} \quad \dots\dots\dots (4.6.3.3)$$



#### 4.6.4 浮上り量の計算方法

##### (1) クレーン本体の浮上り量

クレーン本体の浮上り量  $h_g$  を図 4-3 の解析モデルを用いて、直接積分法による時刻歴解析により求める。

##### (2) トロリの浮上り量

トロリの浮上り量  $h_t$  を図 4-3 の解析モデルを用いて、直接積分法による時刻歴解析により求める。

#### 4.6.5 吊具の荷重計算方法

吊具に加わる荷重  $P_w$  を図 4-3 の解析モデルを用いて、直接積分法による時刻歴解析により求める。

ワイヤロープ及びフックの計算に当たっては、以下の基本事項で行うものとする。

- ・吊荷荷重を受ける部位は、巻上ドラム、ワイヤロープ、フック、シーブ及びエコライザ（平衡装置）で、このうち吊荷を直接吊るもので、損傷・破断により落下に至る可能性があるワイヤロープ及びフックを評価対象とする。
- ・ワイヤロープに作用する荷重は、ロープに取り付けられたエコライザ及びフックブロック（動滑車）の回転により、自動的に荷重を吊合い状態に保つことから、評価では □ 掛けのワイヤロープに均等に荷重が作用するものとして実施する。
- ・吊荷荷重算出の解析に当たっては、クレーン評価で実施の時刻歴解析の結果よりワイヤロープの荷重を抽出し、その最大値を用いるものとする。
- ・ワイヤロープは、引張方向に荷重が作用する場合のみ引張ばねとして作用するよう設定し、圧縮方向の荷重を受けない設定とする。このようなモデルにて時刻歴解析を実施することで、吊荷の浮上りを含めた挙動を模擬する。
- ・吊荷の質量は、クレーンの定格質量   とする。
- ・鉛直方向の荷重を考える場合において、ワイヤロープの長さを短くすれば固有周期が短くなり、吊荷の速度変化が大きくなることから、衝撃荷重が大きくなる。したがって、ワイヤロープの長さは保守的に運用上限位置での長さを用いることとする。

#### 4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（クレーン本体、吊具）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【海水ポンプ室門型クレーンの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 4.8 応力の評価

### 4.8.1 クレーン本体ガーダ及び脚部の応力評価

4.6.1(2)項で求めたクレーン本体ガーダの曲げ応力  $\sigma_{bg}$  及びせん断応力  $\tau_g$  が、下記許容曲げ応力  $f_b$  及び許容せん断応力  $f_s$  以下であること。

4.6.1(3)項で求めた脚部の引張応力、圧縮応力、曲げ応力および組合せ応力が、下記許容引張応力  $f_t$ 、許容圧縮応力  $f_c$ 、許容曲げ応力  $f_b$  以下であること。

|                  | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合                                                                                    |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$f_t$  | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$                                                                                      |
| 許容圧縮応力<br>$f_c$  | $\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda_i}{\Lambda_i} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu'_i} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力<br>$f_s$ | $\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$                                                                              |
| 許容曲げ応力<br>$f_b$  | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$                                                                                      |

ただし、

$$\lambda_i = \frac{\ell_{ki}}{i_i} \quad \dots \dots \dots (4.8.1.1)$$

$$\Lambda_i = \sqrt{\frac{\pi^2 E_L}{0.6 \cdot F^*}} \quad \dots \dots \dots (4.8.1.2)$$

$$\nu'_i = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{\lambda_i}{\Lambda_i} \right)^2 \quad \dots \dots \dots (4.8.1.3)$$

#### 4.8.2 脱輪防止装置の応力評価

4.6.2項で求めた脱輪防止装置の曲げ応力 $\sigma_{ba}$ 及びせん断応力 $\tau_a$ が，下記許容曲げ応力 $f_b$ 及び許容せん断応力 $f_s$ 以下であること。

|                  | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合       |
|------------------|-------------------------------------|
| 許容曲げ応力<br>$f_b$  | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$         |
| 許容せん断応力<br>$f_s$ | $\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

#### 4.8.3 トロリストップの応力評価

4.6.3項で求めたトロリストップの圧縮応力 $\sigma_{ct}$ が，下記許容圧縮応力 $f_c$ 以下であること。

|                 | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合 |
|-----------------|-------------------------------|
| 許容圧縮応力<br>$f_c$ | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$   |

#### 4.8.4 浮上り量の評価

##### (1) クレーン本体の浮上り量の評価

4.6.4(1)項で求めたクレーン本体の浮上り量 $h_g$ が、図4-11に示す許容浮上り量 $H_g$ 以下であること。なお、 $H_g$ は脱輪防止装置がレール躯体に対して当たり面で衝突可能な範囲として定めた値とする。

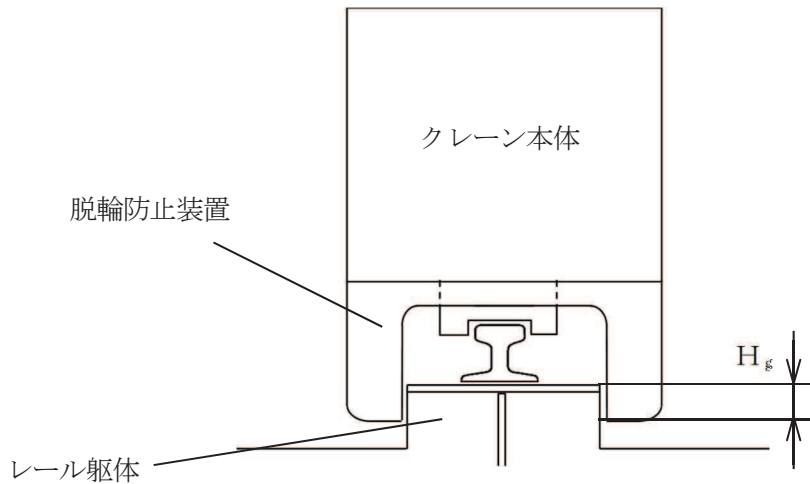


図4-11 許容浮上り量 $H_g$ の概要図

##### (2) トロリの浮上り量の評価

4.6.4(2)項で求めたトロリの浮上り量 $h_t$ が、図4-12に示す許容浮上り量 $H_t$ 以下であること。なお、 $H_t$ はトロリストoppaがクレーン本体ガーダに対して当たり面で衝突可能な範囲として定めた値とする。

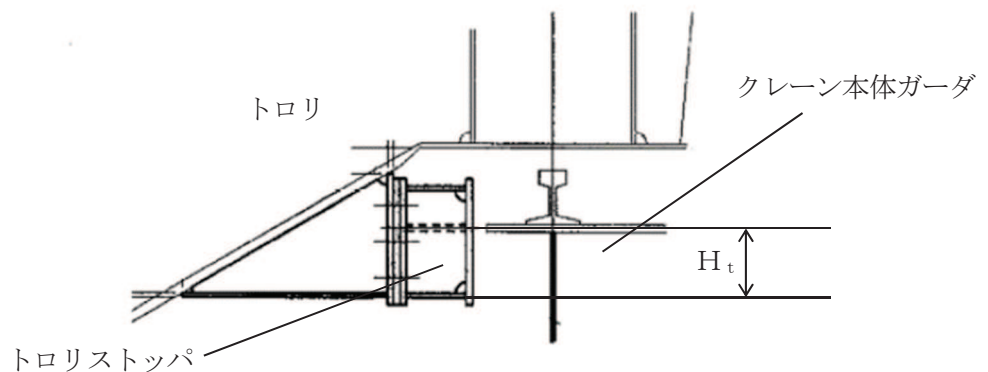


図4-12 許容浮上り量 $H_t$ の概要図

#### 4.8.5 吊具の評価

4.6.5項で求めた吊具の荷重 $P_w$ が、許容荷重 $f_{w1}$ 及び $f_{w2}$ 以下であること。

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

海水ポンプ室門型クレーンの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力（基準地震動  $S_s$ ）に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

設計基準対象施設としての評価と条件が同じであるため，記載を省略する。

## 6. 引用文献

- (1) 平成 19 年度 原子力施設等の耐震性評価技術に関する試験及び調査 動的上下動耐震試験（クレーン類）に関わる報告書（08 耐部報-0021，（独）原子力安全基盤機構）

【海水ポンプ室門型クレーンの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称             | 耐震<br>重要度分類 | 据付場所<br>及び床面高さ<br>(m)  | 固有周期 (s) |      | 基準地震動 S s                      |                 |              | 周囲環境<br>温度<br>(℃) |
|------------------|-------------|------------------------|----------|------|--------------------------------|-----------------|--------------|-------------------|
|                  |             |                        | 水平方向     | 鉛直方向 | 水平方向設計震度                       |                 | 鉛直方向<br>設計震度 |                   |
|                  |             |                        |          |      | 走行方向<br>(EW 方向)                | 横行方向<br>(NS 方向) |              |                   |
| 海水ポンプ室<br>門型クレーン | C           | 海水ポンプ室<br>O. P. 15.0*1 | —        | —    | *2, *3<br>C <sub>H</sub> =0.15 | —               | 40           |                   |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：最大静止摩擦係数より求めた水平方向設計震度

\*3：トロリストップの評価に適用する。

1.2 機器要目

|                        |                        |                        |                        |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |                           |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| m <sub>G</sub><br>(kg) | m <sub>t</sub><br>(kg) | m <sub>m</sub><br>(kg) | Σ <sub>m</sub><br>(kg) | M <sub>Hg</sub><br>(N・mm) | M <sub>Vg</sub><br>(N・mm) | M <sub>X1</sub><br>(N・mm) | M <sub>Y1</sub><br>(N・mm) | M <sub>X2</sub><br>(N・mm) | M <sub>Y2</sub><br>(N・mm) | M <sub>X3</sub><br>(N・mm) | M <sub>Y3</sub><br>(N・mm) | M <sub>X4</sub><br>(N・mm) | M <sub>Y4</sub><br>(N・mm) |
|                        |                        |                        |                        | 6.232×10 <sup>8</sup>     | 1.310×10 <sup>10</sup>    | 3.224×10 <sup>8</sup>     | 4.331×10 <sup>9</sup>     | 1.115×10 <sup>9</sup>     | 5.035×10 <sup>8</sup>     | 6.409×10 <sup>8</sup>     | 9.561×10 <sup>8</sup>     | 8.807×10 <sup>8</sup>     | 4.354×10 <sup>7</sup>     |

|                          |                        |                        |                         |                         |                         |   |
|--------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|---|
| M <sub>a</sub><br>(N・mm) | Q <sub>Hg</sub><br>(N) | Q <sub>Vg</sub><br>(N) | E <sub>G</sub><br>(MPa) | E <sub>L</sub><br>(MPa) | E <sub>w</sub><br>(MPa) | ν |
| 8.568×10 <sup>7</sup>    | 1.856×10 <sup>5</sup>  | 2.284×10 <sup>6</sup>  |                         |                         |                         |   |

|                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                       |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|
| F <sub>c1</sub><br>(N) | F <sub>t1</sub><br>(N) | F <sub>c2</sub><br>(N) | F <sub>t2</sub><br>(N) | F <sub>c3</sub><br>(N) | F <sub>t3</sub><br>(N) | F <sub>c4</sub><br>(N) | F <sub>t4</sub><br>(N) | F <sub>w</sub><br>(N) |
| 3.122×10 <sup>6</sup>  | 3.716×10 <sup>5</sup>  | 2.477×10 <sup>6</sup>  | 3.043×10 <sup>5</sup>  | 3.390×10 <sup>5</sup>  | 6.764×10 <sup>5</sup>  | 3.177×10 <sup>5</sup>  | 5.063×10 <sup>5</sup>  | 1.088×10 <sup>6</sup> |

|                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ℓ <sub>1</sub><br>(mm) | ℓ <sub>2</sub><br>(mm) | ℓ <sub>3</sub><br>(mm) | ℓ <sub>4</sub><br>(mm) | ℓ <sub>5</sub><br>(mm) | t <sub>1</sub><br>(mm) | t <sub>2</sub><br>(mm) | t <sub>3</sub><br>(mm) | t <sub>4</sub><br>(mm) |
|                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                        |

注記\*：クレーン本体の浮上りを考慮した長さ。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

|                     |                     |                     |                     |               |               |               |               |
|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| $\ell_{k1}$<br>(mm) | $\ell_{k2}$<br>(mm) | $\ell_{k3}$<br>(mm) | $\ell_{k4}$<br>(mm) | $i_1$<br>(mm) | $i_2$<br>(mm) | $i_3$<br>(mm) | $i_4$<br>(mm) |
|                     |                     |                     |                     |               |               |               |               |

|                             |                             |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |
|-----------------------------|-----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| $A_1$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_2$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{Hg}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{Vg}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{c1}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{t1}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{c2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{t2}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{c3}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{t3}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{c4}$<br>(mm <sup>2</sup> ) | $A_{t4}$<br>(mm <sup>2</sup> ) |
|                             |                             |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |

|                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                             |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| $Z_{Xg}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{Yg}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{X1}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{Y1}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{X2}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{Y2}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{X3}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{Y3}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{X4}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_{Y4}$<br>(mm <sup>3</sup> ) | $Z_a$<br>(mm <sup>3</sup> ) |
|                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                                |                             |

| クレーン本体ガード      |                |                |                | 揺脚，剛脚，連結構      |                |                |                | 脱輪防止装置         |                |                |                | トロリストップ        |                |                |                | 吊具              |                 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
| $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $F^*$<br>(MPa) | $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $F^*$<br>(MPa) | $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $F^*$<br>(MPa) | $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $F^*$<br>(MPa) | $S_y$<br>(MPa) | $S_u$<br>(MPa) | $f_{w1}$<br>(N) | $f_{w2}$<br>(N) |
|                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                |                 |                 |

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### 1.3 計算数値

#### 1.3.1 クレーン本体ガーダに生じる応力 (単位：MPa)

|           | 曲げ応力                | せん断応力         |
|-----------|---------------------|---------------|
| クレーン本体ガーダ | $\sigma_{bg} = 263$ | $\tau_g = 53$ |

曲げ応力は、表 4-1 の評価ケース No. 1 の評価結果

せん断応力は、表 4-1 の評価ケース No. 3 の評価結果

#### 1.3.2 剛脚に生じる応力 (単位：MPa)

|    | 引張応力               | 圧縮応力               | 曲げ応力                |
|----|--------------------|--------------------|---------------------|
| 剛脚 | $\sigma_{t1} = 10$ | $\sigma_{c1} = 85$ | $\sigma_{b1} = 181$ |

引張応力は、表 4-1 の評価ケース No. 3 の評価結果

圧縮応力は、表 4-1 の評価ケース No. 2 の評価結果

曲げ応力は、表 4-1 の評価ケース No. 1 の評価結果

#### 1.3.3 揺脚に生じる応力 (単位：MPa)

|    | 引張応力               | 圧縮応力                | 曲げ応力                |
|----|--------------------|---------------------|---------------------|
| 揺脚 | $\sigma_{t2} = 13$ | $\sigma_{c2} = 101$ | $\sigma_{b2} = 150$ |

引張応力は、表 4-1 の評価ケース No. 2 の評価結果

圧縮応力は、表 4-1 の評価ケース No. 3 の評価結果

曲げ応力は、表 4-1 の評価ケース No. 1 の評価結果

#### 1.3.4 連結構（剛脚側）に生じる応力 (単位：MPa)

|          | 引張応力               | 圧縮応力               | 曲げ応力                |
|----------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 連結構（剛脚側） | $\sigma_{t3} = 20$ | $\sigma_{c3} = 10$ | $\sigma_{b3} = 199$ |

引張応力は、表 4-1 の評価ケース No. 2 の評価結果

圧縮応力は、表 4-1 の評価ケース No. 1 の評価結果

曲げ応力は、表 4-1 の評価ケース No. 3 の評価結果

#### 1.3.5 連結構（揺脚側）に生じる応力 (単位：MPa)

|          | 引張応力               | 圧縮応力               | 曲げ応力                |
|----------|--------------------|--------------------|---------------------|
| 連結構（揺脚側） | $\sigma_{t4} = 21$ | $\sigma_{c4} = 13$ | $\sigma_{b4} = 156$ |

引張応力は、表 4-1 の評価ケース No. 2 の評価結果

圧縮応力及び曲げ応力は、表 4-1 の評価ケース No. 1 の評価結果



1.3.6 脱輪防止装置に生じる応力

(単位：MPa)

|        |                     |               |
|--------|---------------------|---------------|
|        | 曲げ応力                | せん断応力         |
| 脱輪防止装置 | $\sigma_{ba} = 170$ | $\tau_a = 20$ |

曲げ応力及びせん断応力は、表 4-1 の評価ケース No. 1 の評価結果

1.3.7 トロリストッパに生じる応力 (単位：MPa)

|         |                    |
|---------|--------------------|
|         | 圧縮応力               |
| トロリストッパ | $\sigma_{ct} = 28$ |

圧縮応力は、表 4-1 の評価ケース No. 1～6 の評価結果

1.3.8 浮上り量 (単位：mm)

|        |            |
|--------|------------|
|        | 浮上り量       |
| クレーン本体 | $h_g = 17$ |
| トロリ    | $h_t = 35$ |

クレーン本体の浮上り量は、表 4-1 の評価ケース No. 2 の評価結果

トロリの浮上り量は、表 4-1 の評価ケース No. 1 の評価結果

1.3.9 吊荷荷重 (単位：N)

|    |        |                           |
|----|--------|---------------------------|
| 部材 |        | 算出荷重                      |
| 吊具 | ワイヤロープ | $P_w = 4.207 \times 10^6$ |
|    | フック    |                           |

吊具の算出荷重は、表 4-1 の評価ケース No. 1 の評価結果

## 1.4 評価結果

### 1.4.1 応力

(単位：MPa)

| 部位      |              | 材料  | 応力                | 算出応力              | 許容応力      |
|---------|--------------|-----|-------------------|-------------------|-----------|
| クレーン本体  | ガーダ中央部       |     | 曲げ                | $\sigma_{bg}=263$ | $f_b=280$ |
|         | ガーダ端部        |     | せん断               | $\tau_g=53$       | $f_s=161$ |
|         | 剛脚           |     | 引張り               | $\sigma_{t1}=10$  | $f_t=280$ |
|         |              |     | 圧縮                | $\sigma_{c1}=85$  | $f_c=262$ |
|         |              |     | 曲げ                | $\sigma_{b1}=181$ | $f_b=280$ |
|         |              |     | 組合せ*              | 0.73              | 1         |
|         | 揺脚           |     | 引張り               | $\sigma_{t2}=13$  | $f_t=280$ |
|         |              |     | 圧縮                | $\sigma_{c2}=101$ | $f_c=210$ |
|         |              |     | 曲げ                | $\sigma_{b2}=150$ | $f_b=280$ |
|         |              |     | 組合せ*              | 0.84              | 1         |
|         | 連結構<br>(剛脚側) |     | 引張り               | $\sigma_{t3}=20$  | $f_t=280$ |
|         |              |     | 圧縮                | $\sigma_{c3}=10$  | $f_c=250$ |
|         |              |     | 曲げ                | $\sigma_{b3}=199$ | $f_b=280$ |
|         |              |     | 組合せ*              | 0.71              | 1         |
|         | 連結構<br>(揺脚側) |     | 引張り               | $\sigma_{t4}=21$  | $f_t=280$ |
|         |              |     | 圧縮                | $\sigma_{c4}=13$  | $f_c=246$ |
|         |              |     | 曲げ                | $\sigma_{b4}=156$ | $f_b=280$ |
|         |              |     | 組合せ*              | 0.61              | 1         |
| 脱輪防止装置  |              | 曲げ  | $\sigma_{ba}=170$ | $f_b=343$         |           |
|         |              | せん断 | $\tau_a=20$       | $f_s=198$         |           |
| トロリストッパ |              | 圧縮  | $\sigma_{ct}=28$  | $f_c=280$         |           |

注記＊：単位は無次元  
すべて許容応力以下である。

### 1.4.2 浮上り量

(単位：mm)

|        | 浮上り量       | 許容浮上り量      |
|--------|------------|-------------|
| クレーン本体 | $h_g = 17$ | $H_g = 75$  |
| トロリ    | $h_t = 35$ | $H_t = 170$ |

すべて許容浮上り量以下である。

### 1.4.3 吊具荷重

(単位：N)

| 部位 |        | 材料 | 荷重   | 算出荷重                      | 許容荷重                         |
|----|--------|----|------|---------------------------|------------------------------|
| 吊具 | ワイヤロープ |    | 吊荷荷重 | $P_w = 4.207 \times 10^6$ | $f_{w1} = 6.396 \times 10^6$ |
|    | フック    |    |      |                           | $f_{w2} = 9.900 \times 10^6$ |

すべて許容荷重以下である。

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

## 付録1 時刻歴解析の保守性について

添付書類「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に示すように、床応答加速度は建屋の固有周期のシフトを考慮して周期方向に $\pm 10\%$ 拡幅したものをを用いている。本評価では、設計用床応答曲線を用いない時刻歴解析手法を採用していることから、建屋の固有周期シフトに対する保守性を考慮する必要がある。

本評価では、上記の保守性の考慮として、固有周期シフトを考慮していない時刻歴加速度波による解析以外に A S M E Boiler Pressure Vessel Code SECTION III, DIVISION1-NONMANDATORY APPENDIX N-1222.3 Time History Broadening の規定をもとに時刻歴加速度波を時間軸方向に床応答曲線の拡幅分の考慮分として $\pm 10\%$ シフトさせた時刻歴加速度波による解析で評価する。また、 $\pm 10\%$ シフトさせた応答スペクトルのピークにクレーンの固有周期が存在する場合は、A S M E の規定に基づきピーク位置を考慮した評価も行う。

## VI-2-11-2-2 竜巻防護ネットの耐震性についての計算書

## 目 次

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. 概要                      | 1  |
| 2. 一般事項                    | 2  |
| 2.1 配置概要                   | 2  |
| 2.2 構造計画                   | 3  |
| 2.3 評価方針                   | 4  |
| 2.4 適用規格・基準等               | 5  |
| 2.5 記号の説明                  | 6  |
| 2.6 計算精度と数値の丸め方            | 10 |
| 3. 評価部位                    | 11 |
| 4. 地震応答解析及び構造強度評価          | 11 |
| 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法       | 11 |
| 4.2 荷重の組合せ及び許容限界           | 12 |
| 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態       | 12 |
| 4.2.2 許容限界                 | 12 |
| 4.2.3 許容限界評価条件             | 12 |
| 4.3 解析モデル及び諸元              | 16 |
| 4.4 固有周期                   | 20 |
| 4.5 設計用地震力                 | 23 |
| 4.6 計算方法                   | 25 |
| 4.6.1 大梁及びフレームの応力の計算方法     | 25 |
| 4.6.2 ゴム支承のせん断ひずみ及び応力の計算方法 | 26 |
| 4.6.3 可動支承の発生荷重の計算方法       | 30 |
| 4.6.4 フレームの移動量の計算方法        | 30 |
| 4.7 計算条件                   | 31 |
| 4.8 応力の評価                  | 31 |
| 4.8.1 大梁及びフレームの応力評価        | 31 |
| 4.8.2 ゴム支承の評価              | 32 |
| 4.8.3 可動支承の評価              | 33 |
| 4.8.4 フレームの移動量の評価          | 33 |
| 5. 評価結果                    | 34 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果       | 34 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果      | 34 |

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」の耐震評価方針に基づき、下位クラス設備である竜巻防護ネットが基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度を有していることを確認することで、下部に設置された上位クラス施設である原子炉補機冷却海水ポンプ等に対して、波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

## 2. 一般事項

### 2.1 配置概要

竜巻防護ネットは海水ポンプ室（補機ポンプエリア）上部に設置される。

竜巻防護ネットは，図 2-1 の位置関係図に示すように，上位クラス施設である原子炉補機冷却海水ポンプ等の上部に設置されており，落下時に原子炉補機冷却海水ポンプ等に対して波及的影響を及ぼすおそれがある。

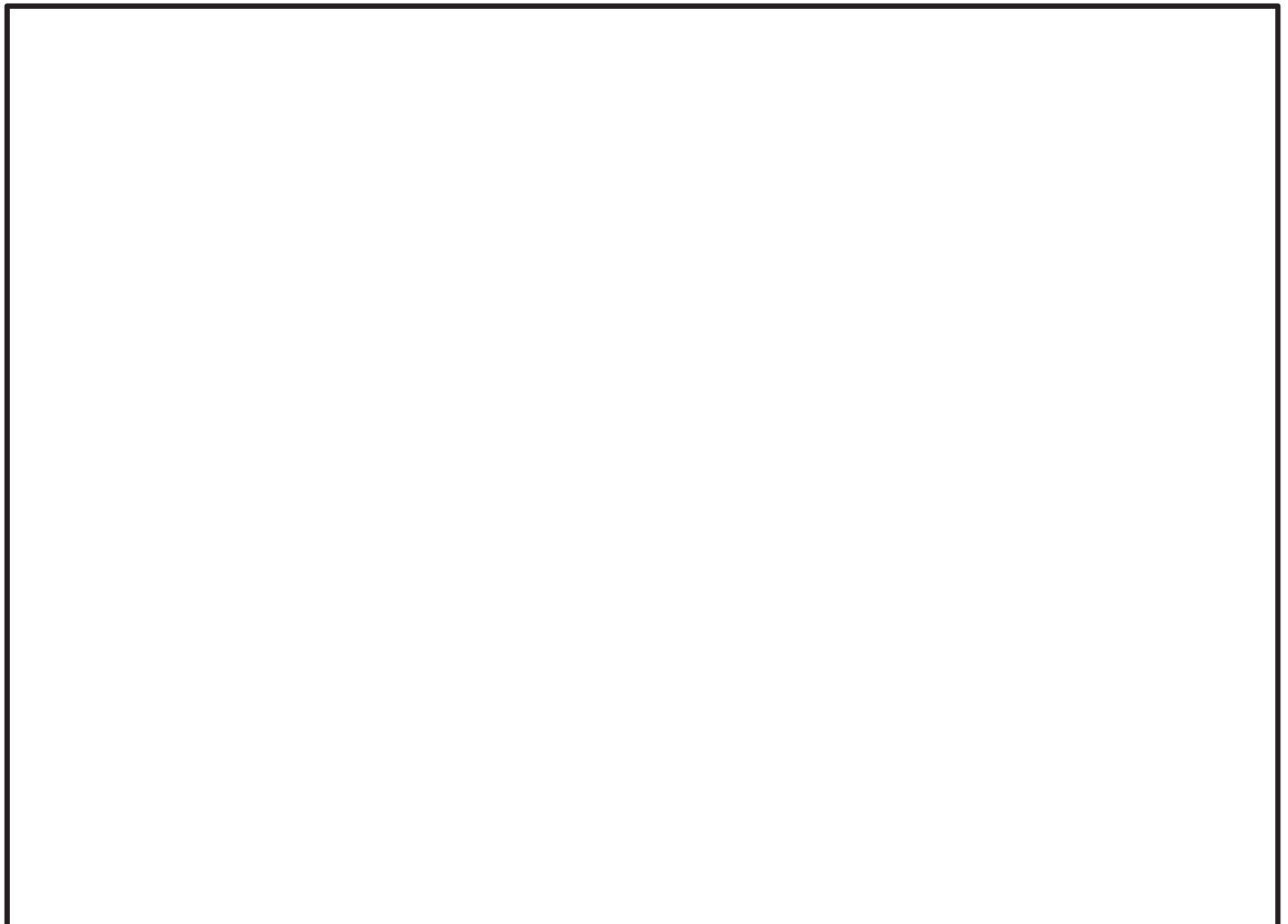


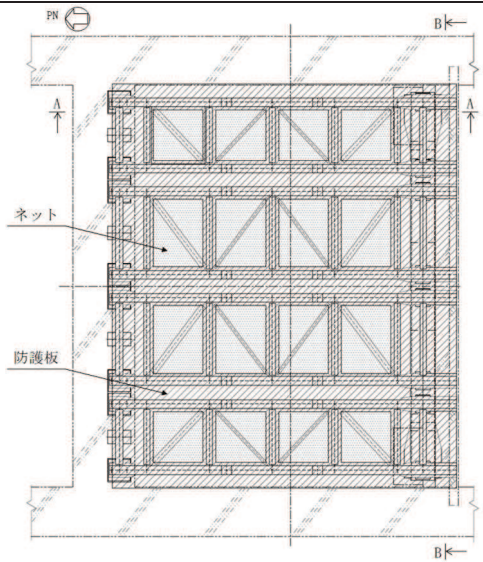
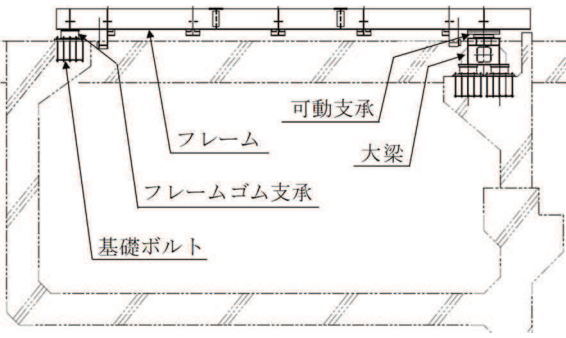
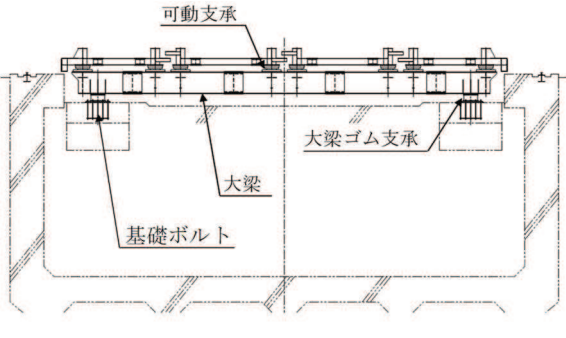
図 2-1 竜巻防護ネットの設置位置図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

## 2.2 構造計画

竜巻防護ネットの構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

| 計画の概要                                                                    |                                                     | 概略構造図                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 基礎・支持構造                                                                  | 主体構造                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <p>竜巻防護ネットの支持部材はフレーム、大梁、ゴム支承、可動支承により構成され、ゴム支承は海水ポンプ室躯体に基礎ボルトにより固定する。</p> | <p>支持部材<br/>(フレーム、大梁、ゴム支承、可動支承)<br/>ネット<br/>防護板</p> |  <p>(平面図)</p>  <p>(A～A 矢視)</p>  <p>(B～B 矢視)</p> |



### 2.3 評価方針

竜巻防護ネットの応力評価は、添付書類「VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に従い実施する。

評価については、「2.2 構造計画」にて示す竜巻防護ネットの部位を踏まえ、「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4.3 解析モデル及び諸元」及び「4.4 固有周期」により算出した基準地震動  $S_s$  による荷重等に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「4.6 計算方法」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5. 評価結果」に示す。

竜巻防護ネットの耐震評価フローを図 2-2 に示す。

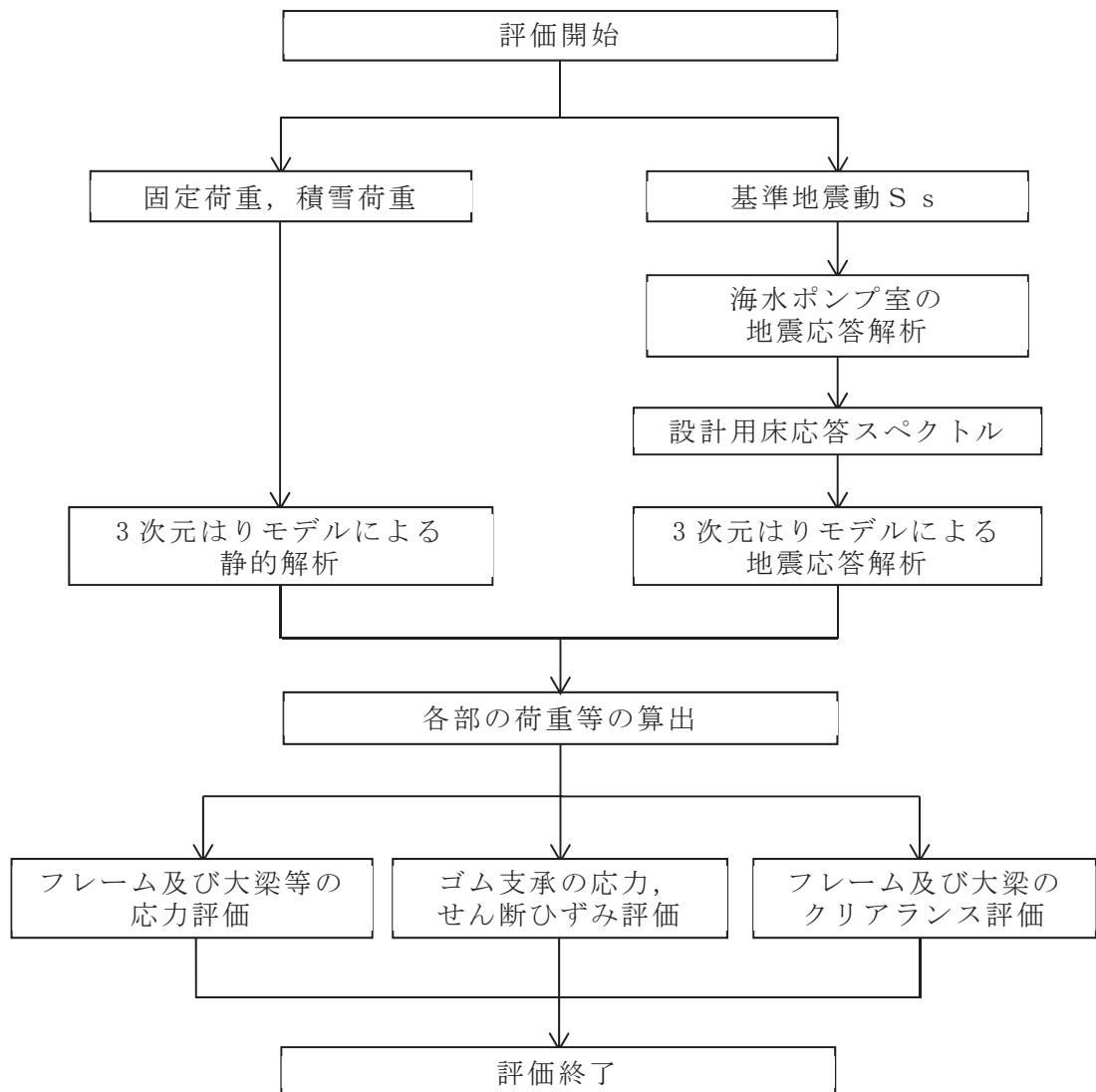


図 2-2 竜巻防護ネットの耐震評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1987）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補－1984）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1－1991追補版）
- ・J S M E S N C 1－2005/2007 発電用原子力設備規格 設計・建設規格（以下「設計・建設規格」という。）
- ・日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編
- ・日本道路協会 平成16年4月 道路橋支承便覧
- ・日本産業規格（J I S）

## 2.5 記号の説明

| 記号            | 記号の説明                                                                                 | 単位            |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| $A_{b\ e\ i}$ | ボルトの有効断面積 ( $i = 1, 2$ )                                                              | $\text{mm}^2$ |
| $A_{b\ i}$    | ボルトの呼び径断面積 ( $i = 1, 2$ )                                                             | $\text{mm}^2$ |
| $A_{c\ e}$    | せん断変形による移動量を控除した, ゴム本体の圧縮応力算出に有効な面積                                                   | $\text{mm}^2$ |
| $A_e$         | ゴム支承本体の側面被覆ゴムを除く面積                                                                    | $\text{mm}^2$ |
| $A_f$         | 圧縮フランジの断面積                                                                            | $\text{mm}^2$ |
| $A_s$         | 大梁及びフレームの断面積                                                                          | $\text{mm}^2$ |
| $A_{s\ y}$    | 大梁及びフレームのy軸に関するせん断断面積                                                                 | $\text{mm}^2$ |
| $A_{s\ z}$    | 大梁及びフレームのz軸に関するせん断断面積                                                                 | $\text{mm}^2$ |
| $A_{t\ e}$    | せん断変形による移動量を控除した, ゴム本体の引張応力算出に有効な面積                                                   | $\text{mm}^2$ |
| $a$           | ゴム支承本体有効平面寸法 (軸方向)                                                                    | mm            |
| $B$           | 大梁及びフレームの幅                                                                            | mm            |
| $B'$          | ゴム支承の上沓の寸法 (直角方向)                                                                     | mm            |
| $b$           | ゴム支承本体有効平面寸法 (直角方向)                                                                   | mm            |
| $C$           | (4.8.1.4) 式により計算した値又は2.3のうちいずれか小さい値 (ただし, 座屈区間中間の強軸まわりの曲げモーメントが $M_1$ より大きい場合は, 1とする) | —             |
| $d$           | 上沓の端から取付ボルトまでの距離のうち, 長い方の値                                                            | mm            |
| $E$           | 縦弾性係数                                                                                 | MPa           |
| $e$           | ゴム支承本体の偏心量                                                                            | mm            |
| $F^*$         | 設計・建設規格 SSB-3121.3及びSSB-3133に定める値                                                     | MPa           |
| $F_x$         | x軸方向のせん断力                                                                             | N             |
| $F_y$         | y軸方向のせん断力                                                                             | N             |
| $F_z$         | z軸方向の軸力                                                                               | N             |

| 記号         | 記号の説明                                                                                    | 単位                |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| $f_b^*$    | 許容曲げ応力                                                                                   | MPa               |
| $f_{by}^*$ | 大梁及びフレームのy軸周りの許容曲げ応力                                                                     | MPa               |
| $f_{bz}^*$ | 大梁及びフレームのz軸周りの許容曲げ応力                                                                     | MPa               |
| $f_c^*$    | 許容圧縮応力                                                                                   | MPa               |
| $f_c$      | 圧縮応力の分布を考慮した引張応力の係数 (=2.0)                                                               | —                 |
| $f_{cr}$   | 荷重の大きさ及び発生頻度を考慮した係数 (=1.5)                                                               | —                 |
| $f_s^*$    | 許容せん断応力                                                                                  | MPa               |
| $f_t^*$    | 許容引張応力                                                                                   | MPa               |
| $f_{ts}^*$ | 引張応力とせん断応力を同時に受けるボルトの許容引張応力                                                              | MPa               |
| $G_e$      | ゴムのせん断弾性率                                                                                | N/mm <sup>2</sup> |
| H          | 大梁及びフレームの高さ                                                                              | mm                |
| h          | はりのせい                                                                                    | mm                |
| h'         | ゴム支承本体の高さ                                                                                | mm                |
| $i_1$      | 座屈軸についての断面二次半径                                                                           | mm                |
| $i_2$      | 圧縮フランジとはりのせいの6分の1とからなるT型断面のウェブ軸周りの断面二次半径                                                 | mm                |
| $\ell$     | 大梁及びフレームの長さ                                                                              | mm                |
| $\ell_b$   | 圧縮フランジの支点間距離                                                                             | mm                |
| $\ell_j$   | 上沓中心からのボルト距離 (j = 1, 2)                                                                  | mm                |
| $\ell_k$   | 座屈長さ                                                                                     | mm                |
| $M_1, M_2$ | それぞれ座屈区間端部における強軸周りの曲げモーメント。この場合において、 $M_2$ と $M_1$ との比は1より小さいものとし、単曲率の場合を正に、複曲率の場合を負とする。 | N・mm              |
| $M_b$      | ゴム支承本体の回転モーメント                                                                           | N・mm              |
| $M_h$      | ゴム支承本体の水平反力による回転モーメント                                                                    | N・mm              |
| $M_v$      | ゴム支承本体の鉛直反力による回転モーメント                                                                    | N・mm              |
| $M_x$      | x軸周りの曲げモーメント                                                                             | N・mm              |
| $M_y$      | y軸周りの曲げモーメント                                                                             | N・mm              |
| $M_z$      | z軸周りの曲げモーメント                                                                             | N・mm              |

| 記号       | 記号の説明                        | 単位              |
|----------|------------------------------|-----------------|
| N        | 軸力                           | N               |
| n        | 縦弾性係数比 (=1)                  | —               |
| $n_{b'}$ | 引張力を受けるゴム支承端部のボルト本数          | —               |
| $n_{bi}$ | ボルト総数 ( $i = 1, 2$ )         | —               |
| $n_e$    | ゴム本体のゴム層数                    | —               |
| $n_j$    | 各位置でのボルト数 ( $j = 1, 2$ )     | —               |
| $Q_b$    | 基礎ボルト 1 本あたりのせん断力            | N               |
| $Q_y$    | y軸方向のせん断力                    | N               |
| $Q_z$    | z軸方向のせん断力                    | N               |
| $R_e$    | ゴム支承本体の鉛直反力                  | N               |
| $R_h$    | ゴム支承本体の水平反力                  | N               |
| $R_L$    | ゴム本体の下向きの反力                  | N               |
| $R_U$    | ゴム本体の上向きの反力                  | N               |
| $S_1$    | ゴム支承本体の1次形状係数                | —               |
| $S_2$    | ゴム支承本体の2次形状係数                | —               |
| $S_u$    | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値 | MPa             |
| $S_y$    | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値 | MPa             |
| $T_{bi}$ | ボルト一本あたりの引抜力 ( $i = 1, 2$ )  | N               |
| $t_1$    | 大梁及びフレームの板厚                  | mm              |
| $t_2$    | 大梁及びフレームの板厚                  | mm              |
| $t_e$    | ゴム本体の一層の厚さ                   | mm              |
| $t_p$    | 内部鋼板の厚さ                      | mm              |
| x        | 上沓端部から中立軸までの距離               | mm              |
| $Z_{bx}$ | x軸に関するボルト群の断面係数              | mm              |
| $Z_{by}$ | y軸に関するボルト群の断面係数              | mm              |
| $Z_x$    | x軸に関する断面係数                   | mm <sup>3</sup> |
| $Z_y$    | y軸に関する断面係数                   | mm <sup>3</sup> |
| $Z_z$    | z軸に関する断面係数                   | mm <sup>3</sup> |

| 記号              | 記号の説明                    | 単位  |
|-----------------|--------------------------|-----|
| $\gamma_{se}$   | ゴム支承本体のせん断ひずみ            | —   |
| $\gamma_{ea}$   | ゴム支承本体の許容せん断ひずみ          | —   |
| $\Delta L$      | ゴム支承本体の移動量               | mm  |
| $\Lambda$       | 限界細長比                    | —   |
| $\lambda$       | 有効細長比                    | —   |
| $\nu$           | 安全率                      | —   |
| $\nu_1$         | ポアソン比                    | —   |
| $\Sigma t_e$    | 総ゴム厚                     | mm  |
| $\sigma_{bys}$  | 大梁及びフレームのy軸周りの曲げ応力       | MPa |
| $\sigma_{bzs}$  | 大梁及びフレームのz軸周りの曲げ応力       | MPa |
| $\sigma_{ce}$   | ゴム本体の圧縮応力                | MPa |
| $\sigma_{cra}$  | ゴム支承本体の許容圧縮応力            | MPa |
| $\sigma_{cs}$   | 大梁及びフレームの圧縮応力            | MPa |
| $\sigma_{pmax}$ | ゴム支承端部の最大圧縮応力            | MPa |
| $\sigma_{ta}$   | ゴム支承本体の許容引張応力            | MPa |
| $\sigma_{tbi}$  | ボルトの引張応力 ( $i = 1, 2$ )  | MPa |
| $\sigma_{te}$   | ゴム本体の引張応力                | MPa |
| $\sigma_{tp}$   | 内部鋼板の引張応力                | MPa |
| $\tau_{bi}$     | ボルトのせん断応力 ( $i = 1, 2$ ) | MPa |
| $\tau_{ys}$     | 大梁及びフレームのy軸方向のせん断応力      | MPa |
| $\tau_{zs}$     | 大梁及びフレームのz軸方向のせん断応力      | MPa |

## 2.6 計算精度と数値の丸め方

数値の丸め方は表 2-2 に示すとおりである。

表 2-2 に記載のない数値，力，及びモーメントの計算精度は，有効数字 6 桁以上を確保する。

表 2-2 表示する数値の丸め方

| 数値の種類     | 単位              | 処理桁        | 処理方法 | 表示桁                    |
|-----------|-----------------|------------|------|------------------------|
| 固有周期      | s               | 小数点以下第 4 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 3 位             |
| 質量        | t               | 小数点以下第 3 位 | 四捨五入 | 小数点以下第 2 位             |
| 縦弾性係数     | MPa             | 有効数字 4 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 3 桁               |
| 断面積       | mm <sup>2</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*1</sup> |
| 断面二次モーメント | mm <sup>4</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*1</sup> |
| 断面係数      | mm <sup>3</sup> | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*1</sup> |
| 力         | N               | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*1</sup> |
| モーメント     | N・mm            | 有効数字 5 桁目  | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 <sup>*1</sup> |
| 算出応力      | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位 <sup>*2</sup>      |
| 許容応力      | MPa             | 小数点以下第 1 位 | 切捨て  | 整数位 <sup>*2, 3</sup>   |
| 算出変位      | mm              | 小数点以下第 1 位 | 切上げ  | 整数位                    |
| 震度        | —               | 小数点以下第 3 位 | 切上げ  | 小数点以下第 2 位             |

注記 \*1 : 絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

\*2 : 規格により定められた許容値が小数点以下第 1 位の場合は，小数点以下第 1 位とする。

\*3 : 設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は，比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切捨て，整数位までの値とする。

### 3. 評価部位

竜巻防護ネットの耐震評価は、「4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法」に示す条件に基づき、落下により、上位クラス施設である原子炉補機冷却海水ポンプ等が損傷することを防止するため、大梁、フレーム、ゴム支承及び可動支承について実施する。竜巻防護ネットの耐震評価部位については、表 2-1 の概略構造図に示す。

### 4. 地震応答解析及び構造強度評価

#### 4.1 地震応答解析及び構造強度評価方法

- (1) 海水ポンプ室（補機ポンプエリア）の南側隔壁のコーベル上に、フレーム支持用の大梁を設置する。この大梁と北側隔壁天面に支持部を設け、ネット及び防護板を取り付けたフレームを支持する。
- (2) 南側隔壁と大梁の接続部及び北側隔壁とフレームとの支持部にはそれぞれ 2 個ずつのゴム支承を設置する。ゴム支承の採用は、ゴム支承のアイソレート機能により竜巻防護ネットの固有周期をやや長周期化することで、海水ポンプ室への反力を低減することを目的としている。
- (3) 大梁とフレームとの接続部にはフレームごとに 2 個の可動支承を設置する。可動支承を採用することで、フレームや大梁の熱伸びによる変位を吸収する構造とし、メンテナンス性（分解作業の作業性）を向上することを目的としている。
- (4) 竜巻防護ネットの質量には、フレーム自身の質量のほか、ネット、防護板、大梁、ゴム支承及び可動支承の質量を考慮する。
- (5) 地震力は、竜巻防護ネットに対して水平方向及び鉛直方向から個別に作用するものとし、作用する荷重の算出において組み合わせるものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。



## 4.2 荷重の組合せ及び許容限界

### 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

竜巻防護ネットの荷重の組合せ及び許容応力状態のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-1 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-2 に示す。

### 4.2.2 許容限界

竜巻防護ネットの許容応力は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示す。

基礎ボルトの許容応力は，「設計・建設規格」に基づき設定する。

ゴム支承の許容応力は，「設計・建設規格」及び「日本道路協会 平成 14 年 3 月 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編」に基づき設定する。

可動支承の許容荷重は，「設計・建設規格」及びメーカ試験結果に基づく許容応力から設定する。

竜巻防護ネットの部材間の移動量の許容限界は，フレーム間及びフレームと側壁のクリアランスより設定する。

### 4.2.3 許容限界評価条件

竜巻防護ネットの許容限界評価条件を表 4-4 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

| 施設区分 | 機器名称    | 耐震重要度分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                | 許容応力状態   |
|------|---------|---------|--------|-----------------------|----------|
| その他  | 竜巻防護ネット | —       | —*     | $D + P_D + M_D + S_S$ | $IV_A S$ |

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-2 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

| 施設区分 | 機器名称    | 設備分類 | 機器等の区分 | 荷重の組合せ                        | 許容応力状態                                                |
|------|---------|------|--------|-------------------------------|-------------------------------------------------------|
| その他  | 竜巻防護ネット | —    | —*     | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_S$ | $V_A S$<br>( $V_A S$ として、<br>$IV_A S$ の許容限界<br>を用いる。) |

注記\*：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力状態を適用する。

表 4-3 許容応力 (設計基準対象施設及び重大事故等対処設備)

| 許容応力状態                                                                     | 許容限界 <sup>*1,*2</sup><br>(ボルト等以外) |                   |                   |                   | 許容限界 <sup>*1,*2</sup><br>(ボルト等) |                   |
|----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|---------------------------------|-------------------|
|                                                                            | 一次応力                              |                   |                   |                   | 一次応力                            |                   |
|                                                                            | 引張                                | せん断               | 圧縮                | 曲げ                | 引張                              | せん断               |
| IV <sub>A</sub> S                                                          | $1.5 \cdot f_t^*$                 | $1.5 \cdot f_s^*$ | $1.5 \cdot f_c^*$ | $1.5 \cdot f_b^*$ | $1.5 \cdot f_t^*$               | $1.5 \cdot f_s^*$ |
| V <sub>A</sub> S<br>(V <sub>A</sub> Sとして, IV <sub>A</sub> Sの<br>許容限界を用いる。) |                                   |                   |                   |                   |                                 |                   |

注記\*1：応力の組合せが考えられる場合には，組合せ応力に対しても評価を行う。

\*2：当該の応力が生じない場合，規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で  
代表可能である場合は評価を省略する。

表 4-4 許容限界評価条件 (設計基準対象施設及び重大事故等対処設備)

| 評価対象                     |        | 材料                   | 温度条件<br>(℃) |    | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) |
|--------------------------|--------|----------------------|-------------|----|-------------------------|-------------------------|
| 大梁                       | 大梁     | SM490A<br>(16<厚さ≤40) | 周辺環境温度      | 40 | 315                     | 490                     |
|                          | 主桁     |                      |             |    |                         |                         |
|                          | 横補強材   |                      |             |    |                         |                         |
| フレーム                     | ブレース   | SS400<br>(厚さ≤16)     | 周辺環境温度      | 40 | 245                     | 400                     |
|                          |        |                      |             |    |                         |                         |
|                          |        |                      |             |    |                         |                         |
| 大梁ゴム支承<br>及び<br>フレームゴム支承 | ゴム支承本体 | ゴム本体                 | 周辺環境温度      | 40 | —                       | —                       |
|                          |        | 内部鋼板                 | 周辺環境温度      | 40 | 245                     | 400                     |
|                          | 取付ボルト  | 強度区分8.8<br>(呼び径≤16*) | 周辺環境温度      | 40 | 640                     | 800                     |
|                          |        | 基礎ボルト                | 周辺環境温度      | 40 | 325                     | 490                     |
|                          | 基礎ボルト  | SNR490B<br>(6≤厚さ≤40) | 周辺環境温度      | 40 | 325                     | 490                     |

注記\*：呼び径は 16mm 以上であるが，保守的に強度区分 8.8 の 16mm 以下の小さい値を選定。

#### 4.3 解析モデル及び諸元

竜巻防護ネットの解析モデルを図 4-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を本計算書の【竜巻防護ネットの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 竜巻防護ネットの大梁及びフレームをはり要素，ゴム支承及び可動支承を図4-1中の表のばね要素でモデル化したモデルによって求める。
- (2) 拘束条件は，隔壁部を完全固定とする。なお，基礎ボルト部は剛体として評価する。
- (3) 地震応答解析に用いる減衰定数は，水平方向4.0%，鉛直方向2.0%を用いる。
- (4) 解析コードは「DYNA2E ver.8.1.0」を使用し，固有値と各要素に発生する荷重及びモーメントを求める。なお，評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

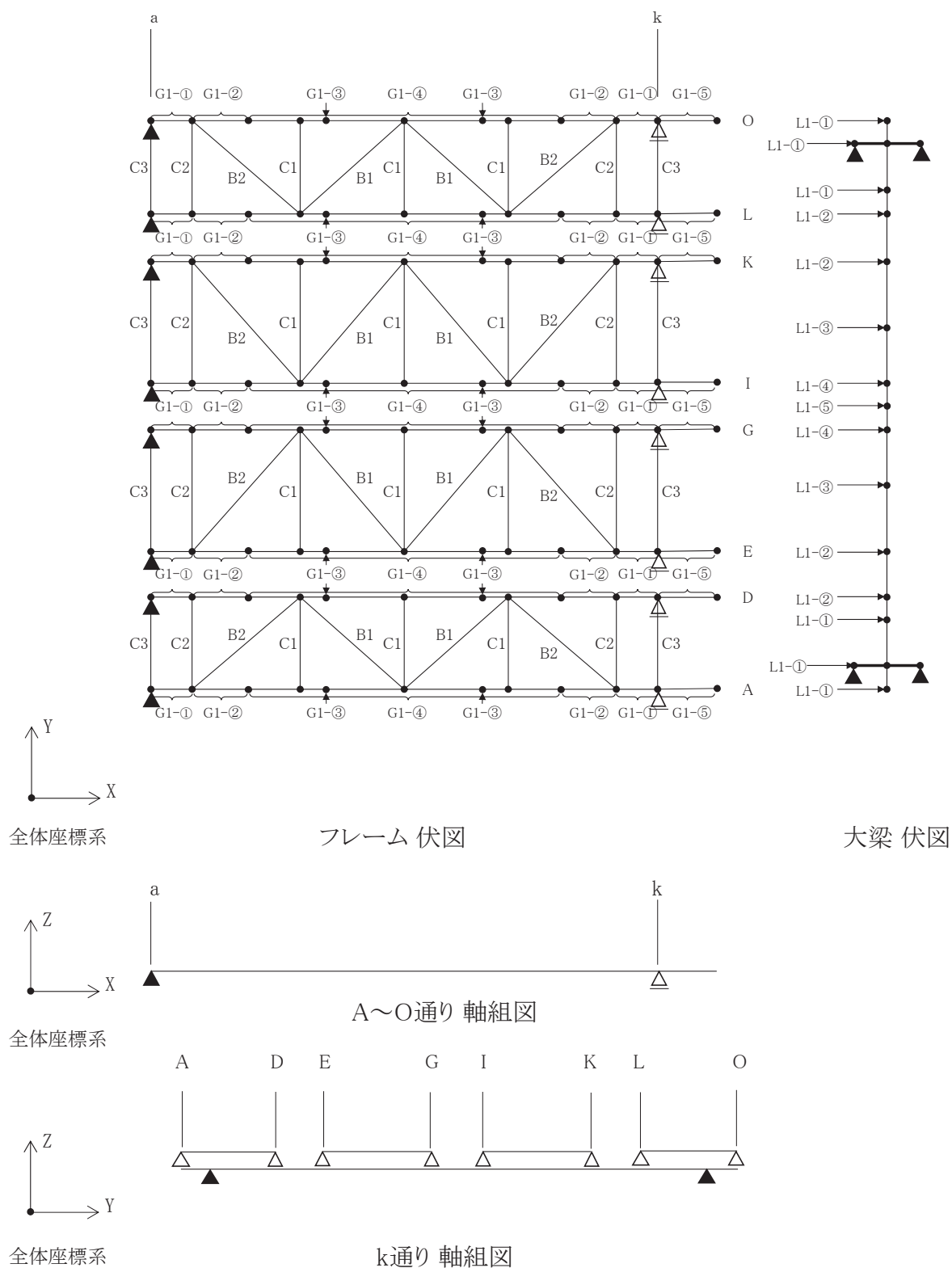
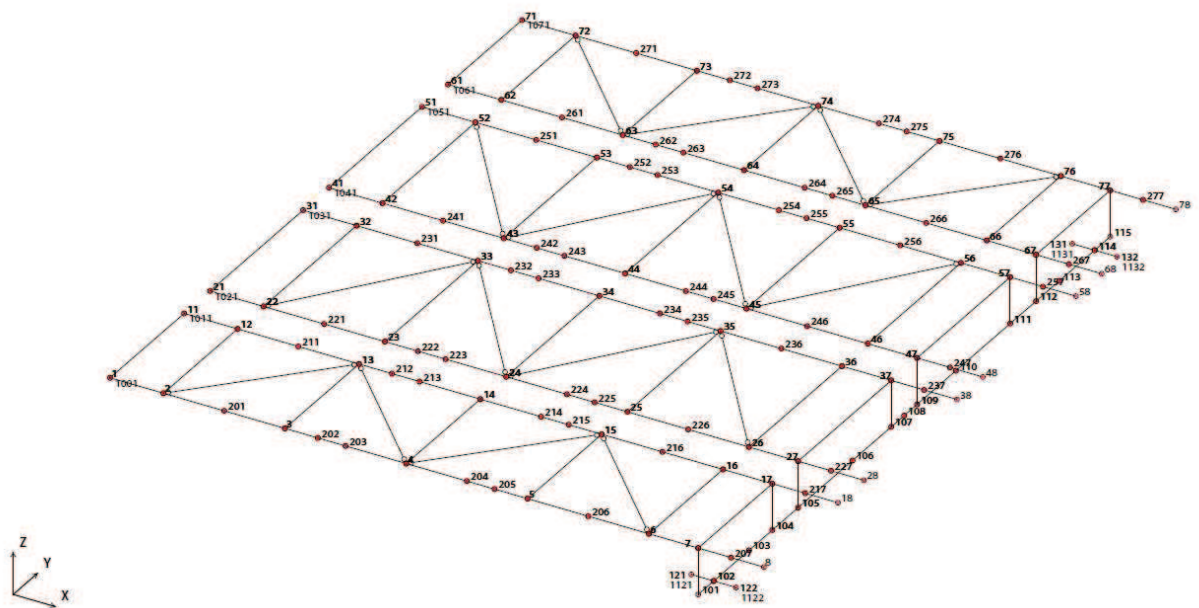
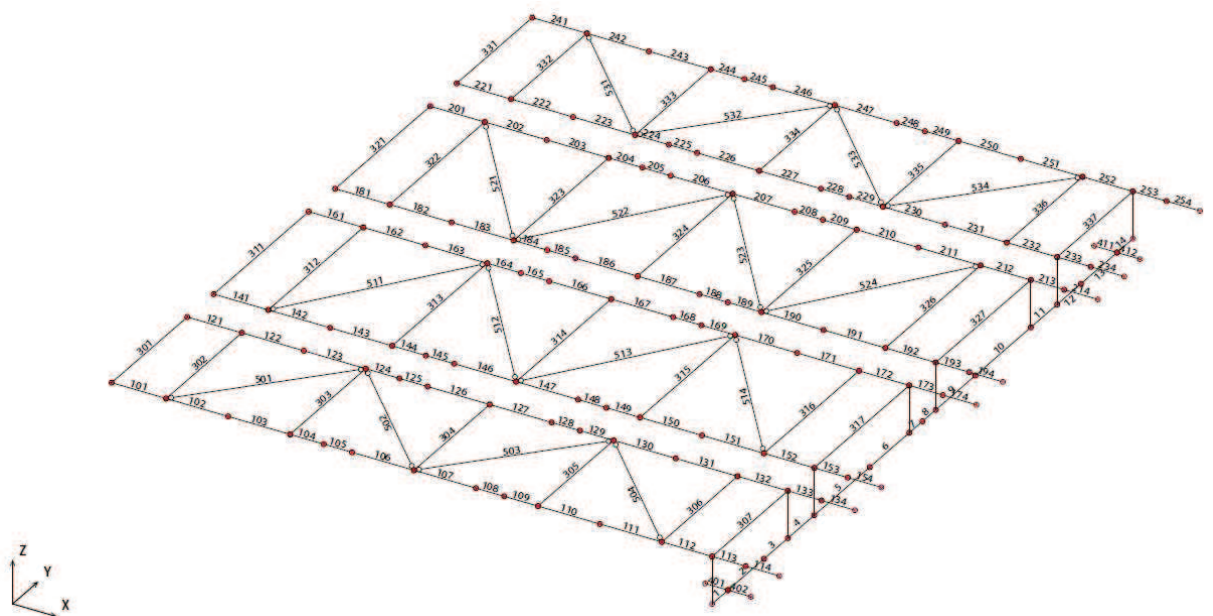


図 4-1 竜巻防護ネットの解析モデル (1/3)

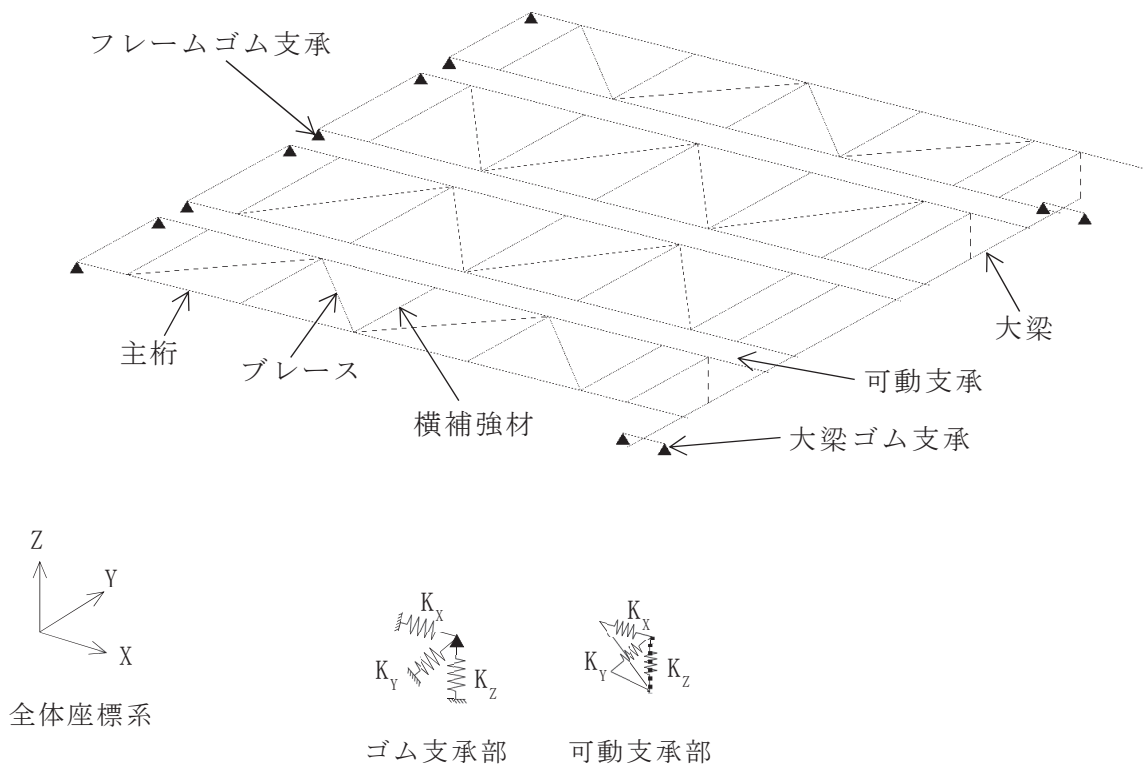


注) 各点数字は節点番号を示す。  
 大梁ゴム支承の節点番号：121, 122, 131, 132  
 フレームゴム支承の節点番号：1, 11, 21, 31, 41, 51, 61, 71  
 可動支承の節点番号：7, 17, 27, 37, 47, 57, 67, 77



注) 各点数字は要素番号を示す。

図 4-1 竜巻防護ネットの解析モデル (2/3)



| ばね支持条件 |            |              |      |
|--------|------------|--------------|------|
| 記号     | ゴム支承       |              | 可動支承 |
|        | 大梁<br>ゴム支承 | フレーム<br>ゴム支承 |      |
| $K_x$  | 弾性         | 弾性           | 自由   |
| $K_y$  | 弾性         | 弾性           | 剛    |
| $K_z$  | 弾性         | 弾性           | 剛    |

図 4-1 竜巻防護ネットの解析モデル (3/3)



#### 4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-5 に、振動モード図を図 4-2 に示す。固有周期は 0.05 秒を超えており、柔構造であることを確認した。また、鉛直方向は 12 次モード以降で卓越し、固有周期は 43 次で 0.05 秒以下であることを確認した。

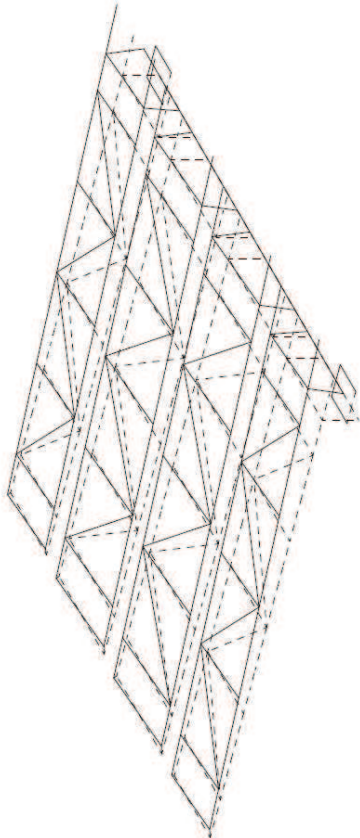
表 4-5 固有値解析結果

| モード  | 卓越方向 | 固有周期<br>(s) | 水平方向刺激係数* |        | 鉛直方向<br>刺激係数* |
|------|------|-------------|-----------|--------|---------------|
|      |      |             | X         | Y      |               |
| 1 次  | 水平方向 | 0.795       | 0.000     | 1.275  | 0.000         |
| 2 次  | 水平方向 | 0.685       | 1.003     | 0.000  | 0.000         |
| 3 次  | 水平方向 | 0.684       | 0.000     | -0.050 | 0.000         |
| 4 次  | 水平方向 | 0.658       | 1.002     | 0.000  | 0.000         |
| 5 次  | 水平方向 | 0.658       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 6 次  | 水平方向 | 0.466       | 1.051     | 0.000  | 0.000         |
| 7 次  | 水平方向 | 0.392       | -0.017    | 0.000  | 0.000         |
| 8 次  | 水平方向 | 0.387       | 0.000     | 0.532  | 0.000         |
| 9 次  | 水平方向 | 0.378       | 0.001     | 0.000  | 0.000         |
| 10 次 | 水平方向 | 0.369       | 0.000     | 0.991  | 0.000         |
| 11 次 | 水平方向 | 0.304       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 12 次 | 鉛直方向 | 0.293       | 0.000     | 0.000  | 1.461         |
| 13 次 | 鉛直方向 | 0.250       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 14 次 | 鉛直方向 | 0.250       | 0.000     | 0.000  | 1.441         |
| 15 次 | 鉛直方向 | 0.224       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 16 次 | 鉛直方向 | 0.222       | 0.000     | 0.000  | 0.357         |
| 17 次 | 鉛直方向 | 0.222       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 18 次 | 鉛直方向 | 0.221       | 0.000     | 0.000  | 0.473         |
| 19 次 | 鉛直方向 | 0.221       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 20 次 | 鉛直方向 | 0.184       | 0.000     | 0.000  | 0.060         |
| 21 次 | 水平方向 | 0.089       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 22 次 | 水平方向 | 0.089       | 0.000     | 0.002  | 0.000         |
| 23 次 | 水平方向 | 0.089       | -0.001    | 0.000  | 0.000         |
| 24 次 | 水平方向 | 0.085       | 0.000     | 0.058  | 0.000         |
| 25 次 | 水平方向 | 0.078       | 0.074     | 0.000  | 0.000         |
| 26 次 | 鉛直方向 | 0.068       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 27 次 | 鉛直方向 | 0.066       | 0.000     | 0.000  | 0.076         |
| 28 次 | 鉛直方向 | 0.066       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 29 次 | 鉛直方向 | 0.059       | 0.000     | 0.000  | -0.015        |

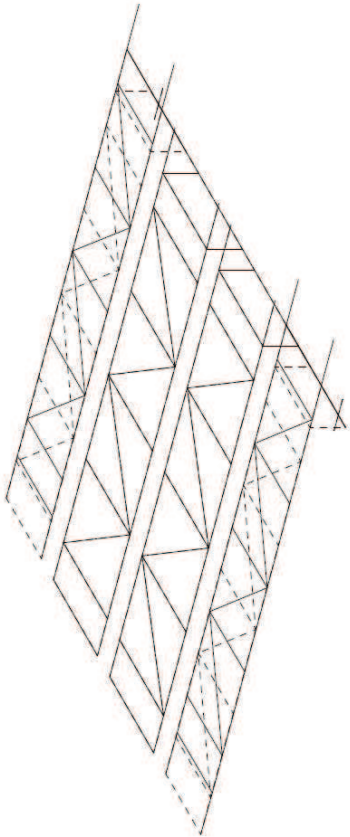
| モード  | 卓越方向 | 固有周期<br>(s) | 水平方向刺激係数* |        | 鉛直方向<br>刺激係数* |
|------|------|-------------|-----------|--------|---------------|
|      |      |             | X         | Y      |               |
| 30 次 | 鉛直方向 | 0.059       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 31 次 | 鉛直方向 | 0.059       | 0.000     | 0.000  | -0.310        |
| 32 次 | 鉛直方向 | 0.059       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 33 次 | 鉛直方向 | 0.058       | 0.000     | 0.000  | 0.332         |
| 34 次 | 鉛直方向 | 0.058       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 35 次 | 水平方向 | 0.057       | 0.000     | -0.013 | 0.000         |
| 36 次 | 水平方向 | 0.057       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 37 次 | 水平方向 | 0.056       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 38 次 | 水平方向 | 0.056       | 0.000     | 0.007  | 0.000         |
| 39 次 | 水平方向 | 0.055       | 0.001     | 0.000  | 0.000         |
| 40 次 | 水平方向 | 0.054       | 0.000     | 0.002  | 0.000         |
| 41 次 | 水平方向 | 0.054       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |
| 42 次 | 水平方向 | 0.051       | 0.000     | -0.033 | 0.000         |
| 43 次 | 水平方向 | 0.044       | 0.000     | 0.000  | 0.000         |

注記＊：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリクス積から算出した値を示す。

モード 1  
振動数 1.257



モード 2  
振動数 1.461



モード 3  
振動数 1.461

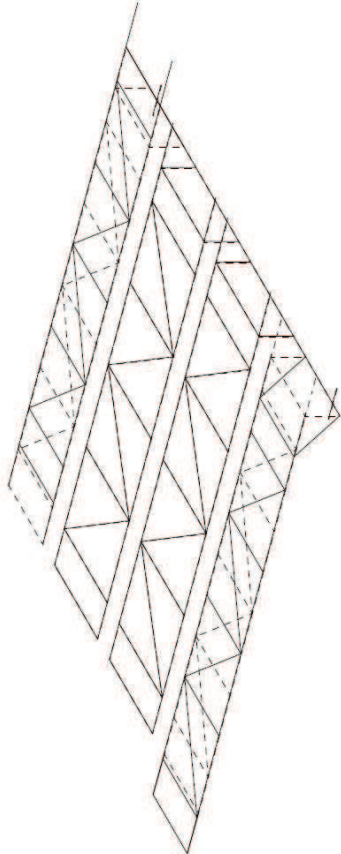


図 4-2 振動モード図 (3 次モードまでを示す)

#### 4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、添付資料「VI-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。

表 4-6 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 据付場所及び<br>床面高さ (m) |             | 海水ポンプ室 (O.P. 15.0* <sup>1</sup> (北側), O.P. 13.3 (南側)) |        |                      |
|--------------------|-------------|-------------------------------------------------------|--------|----------------------|
| 固有周期 (s)           |             | 水平 : 0.795* <sup>2</sup> 鉛直 : 0.293* <sup>2</sup>     |        |                      |
| 減衰定数 (%)           |             | 水平 : 4.0      鉛直 : 2.0                                |        |                      |
| 地震力                |             | 基準地震動 $S_s$                                           |        |                      |
| モード                | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度* <sup>3</sup>                                  |        | 応答鉛直震度* <sup>3</sup> |
|                    |             | NS 方向                                                 | EW 方向  |                      |
| 1 次                | 0.795       | 0.879                                                 | 1.001  | 0.741                |
| 2 次                | 0.685       | 1.007                                                 | 1.389  | 0.865                |
| 3 次                | 0.684       | 1.009                                                 | 1.395  | 0.866                |
| 4 次                | 0.658       | 1.134                                                 | 1.611  | 0.885                |
| 5 次                | 0.658       | 1.134                                                 | 1.611  | 0.885                |
| 6 次                | 0.466       | 1.942                                                 | 2.982  | 1.181                |
| 7 次                | 0.392       | 1.953                                                 | 3.013  | 1.423                |
| 8 次                | 0.387       | 1.953                                                 | 3.089  | 1.423                |
| 9 次                | 0.378       | 1.953                                                 | 3.439  | 1.553                |
| 10 次               | 0.369       | 2.019                                                 | 3.627  | 1.604                |
| 11 次               | 0.304       | 2.031                                                 | 5.107  | 1.679                |
| 12 次               | 0.293       | 2.009                                                 | 5.434  | 1.745                |
| 13 次               | 0.250       | 2.203                                                 | 6.472  | 2.361                |
| 14 次               | 0.250       | 2.203                                                 | 6.472  | 2.361                |
| 15 次               | 0.224       | 2.747                                                 | 6.472  | 2.828                |
| 16 次               | 0.222       | 2.796                                                 | 6.472  | 2.849                |
| 17 次               | 0.222       | 2.796                                                 | 6.472  | 2.849                |
| 18 次               | 0.221       | 2.822                                                 | 6.472  | 2.849                |
| 19 次               | 0.221       | 2.822                                                 | 6.472  | 2.849                |
| 20 次               | 0.184       | 2.859                                                 | 6.082  | 2.849                |
| 21 次               | 0.089       | 3.546                                                 | 16.840 | 12.367               |
| 22 次               | 0.089       | 3.546                                                 | 16.840 | 12.367               |

| モード                 | 固有周期<br>(s) | 応答水平震度 <sup>*3</sup> |        | 応答鉛直震度 <sup>*3</sup> |
|---------------------|-------------|----------------------|--------|----------------------|
|                     |             | NS 方向                | EW 方向  |                      |
| 23 次                | 0.089       | 3.546                | 16.840 | 12.367               |
| 24 次                | 0.085       | 3.546                | 16.842 | 12.367               |
| 25 次                | 0.078       | 3.380                | 16.843 | 11.114               |
| 26 次                | 0.068       | 2.899                | 15.184 | 9.911                |
| 27 次                | 0.066       | 2.732                | 15.184 | 9.733                |
| 28 次                | 0.066       | 2.732                | 15.184 | 9.733                |
| 29 次                | 0.059       | 2.603                | 12.975 | 8.607                |
| 30 次                | 0.059       | 2.603                | 12.975 | 8.607                |
| 31 次                | 0.059       | 2.603                | 12.975 | 8.607                |
| 32 次                | 0.059       | 2.603                | 12.975 | 8.607                |
| 33 次                | 0.058       | 2.603                | 12.631 | 8.199                |
| 34 次                | 0.058       | 2.603                | 12.631 | 8.199                |
| 35 次                | 0.057       | 2.456                | 12.457 | 7.577                |
| 36 次                | 0.057       | 2.456                | 12.457 | 7.577                |
| 37 次                | 0.056       | 2.423                | 12.457 | 7.316                |
| 38 次                | 0.056       | 2.423                | 12.457 | 7.316                |
| 39 次                | 0.055       | 2.351                | 12.185 | 7.316                |
| 40 次                | 0.054       | 2.230                | 11.758 | 7.316                |
| 41 次                | 0.054       | 2.230                | 11.758 | 7.316                |
| 42 次                | 0.051       | 2.083                | 14.599 | 8.536                |
| 43 次                | 0.044       | —                    | —      | —                    |
| 動的地震力 <sup>*4</sup> |             | 1.32                 | 5.83   | 2.44                 |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：1 次固有周期について記載。

\*3：各モードの固有周期に対し，設計用床応答曲線（S<sub>s</sub>）より得られる震度を示す。

\*4：S<sub>s</sub>に基づく設計用最大応答加速度（1.2・ZPA）より定めた震度を示す。

## 4.6 計算方法

### 4.6.1 大梁及びフレームの応力の計算方法

大梁及びフレームに生じる各応力は、解析による計算で得られる各要素端での軸力 $N$ 、せん断力 $Q_y$ 、 $Q_z$ 及び曲げモーメント $M_y$ 、 $M_z$ より次のように求める。

#### (1) 圧縮応力

$$\sigma_{c s} = \frac{|N|}{A_s} \dots\dots\dots (4.6.1.1)$$

#### (2) 曲げ応力

$$\sigma_{b y s} = \frac{|M_y|}{Z_y} \dots\dots\dots (4.6.1.2)$$

$$\sigma_{b z s} = \frac{|M_z|}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.1.3)$$

#### (3) せん断応力

$$\tau_{y s} = \frac{|Q_y|}{A_{s y}} \dots\dots\dots (4.6.1.4)$$

$$\tau_{z s} = \frac{|Q_z|}{A_{s z}} \dots\dots\dots (4.6.1.5)$$

#### (4) 組合せ応力

##### a. 圧縮+曲げ

$$\frac{\sigma_{c s}}{1.5 \cdot f_c} + \frac{\sigma_{b y s}}{1.5 \cdot f_{b y}} + \frac{\sigma_{b z s}}{1.5 \cdot f_{b z}} \dots\dots\dots (4.6.1.6)$$

##### b. 圧縮+曲げ+せん断

$$\sqrt{(\sigma_{c s} + \sigma_{b y s} + \sigma_{b z s})^2 + 3 \cdot (\tau_{y s}^2 + \tau_{z s}^2)} \dots\dots\dots (4.6.1.7)$$

##### c. せん断

$$\sqrt{\tau_{y s}^2 + \tau_{z s}^2} \dots\dots\dots (4.6.1.8)$$

#### 4.6.2 ゴム支承のせん断ひずみ及び応力の計算方法

##### 4.6.2.1 ゴム本体のせん断ひずみの計算方法

ゴム本体の変形概要図を図 4-3 に示す。

ゴム支承のゴム本体に生じるせん断ひずみ  $\gamma_{se}$  は、解析による計算で得られる地震時の移動量  $\Delta L$  と総ゴム厚  $\Sigma t_e$  より次のように求める。

$$\gamma_{se} = \frac{\Delta L}{\Sigma t_e} \dots\dots\dots (4.6.2.1.1)$$

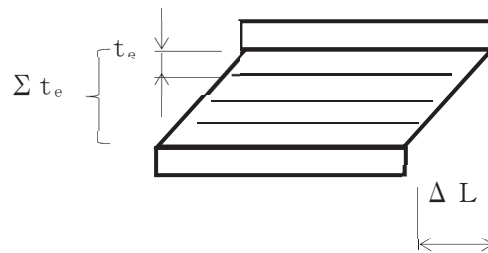


図4-3 ゴム本体の変形概要図

##### 4.6.2.2 ゴム本体の応力の計算方法

ゴム支承のせん断変形概要図を図 4-4 に示す。

ゴム支承のゴム本体に生じる各応力は、解析による計算で得られる下向きの反力  $R_L$ ，上向きの反力  $R_U$ ，及び地震時のせん断変形による移動量を控除した応力算出に有効な面積より次のように求める。

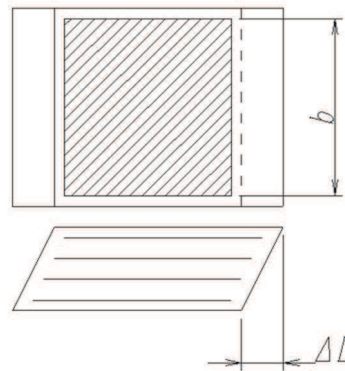


図4-4 ゴム支承のせん断変形概要図

(1) 圧縮応力

$$\sigma_{ce} = \frac{|R_L|}{A_{ce}} \dots\dots\dots (4.6.2.2.1)$$

ここで,

$$A_{ce} = A_e - \Delta L \cdot b \dots\dots\dots (4.6.2.2.2)$$

(2) 引張応力

$$\sigma_{te} = \frac{|R_U|}{A_{te}} \dots\dots\dots (4.6.2.2.3)$$

ここで,

$$A_{te} = A_e - \Delta L \cdot b \dots\dots\dots (4.6.2.2.4)$$

4.6.2.3 内部鋼板の応力の計算方法

ゴム支承の内部鋼板に作用する荷重及び応力の概要図を図 4-5 に示す。

ゴム支承の内部鋼板には、鉛直荷重によって圧縮応力  $\sigma_{ce}$  が作用した際に、水平方向への引張力  $N_p$  が生じ、引張応力  $\sigma_{tp}$  が作用する。

ゴム支承の内部鋼板に作用する引張応力  $\sigma_{tp}$  は、圧縮応力  $\sigma_{ce}$  より次のように求める。

$$\sigma_{tp} = \frac{f_c \cdot \sigma_{ce} \cdot t_e}{t_p} \dots\dots\dots (4.6.2.3.1)$$

ここで、ゴム支承本体に生じる圧縮応力  $\sigma_{ce}$  は、(4.6.2.2.1) 式による。

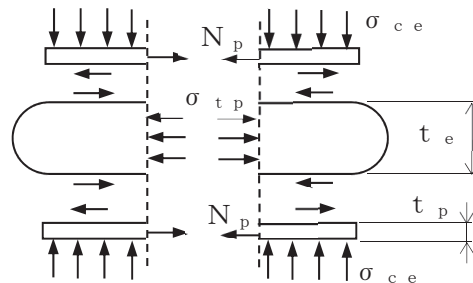


図 4-5 内部鋼板に作用する荷重及び応力の概要図



#### 4.6.2.4 取付ボルトの応力の計算方法

取付ボルトに生じる応力は、解析による計算で得られる各要素端の反力  $R_e$  及び  $R_h$  から手計算により、次のように求める。

##### (1) 引張応力

- a. 中立軸が断面内にあり、一部の取付ボルトが引張状態となる場合

図 4-6 に一部の取付ボルトが引張状態となる場合の荷重の発生イメージ図を示す。取付ボルトには、ゴム支承端部に作用する圧縮応力  $\sigma_{pmax}$  と中立軸の移動量  $e$  に対応した引張応力  $\sigma_{tb1}$  が作用する。取付ボルトの引張応力  $\sigma_{tb1}$  は、次のように求める。

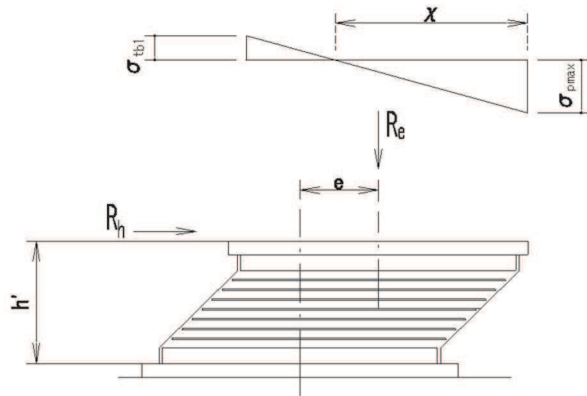


図 4-6 荷重の発生イメージ図（一部の取付ボルトが引張状態となる場合）

$$\sigma_{tb1} = \left( \frac{\sigma_{pmax} \cdot n \cdot (d - x)}{x} \right) \cdot \frac{A_{be1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.2.4.1)$$

ここで、

$$\sigma_{pmax} = \frac{2 \cdot R_e}{B' \cdot x - \frac{2 \cdot n \cdot A_{be1} \cdot n_b}{x} \cdot (d - x)} \dots\dots\dots (4.6.2.4.2)$$

- b. 全ての取付ボルトが引張状態となる場合

図 4-7 に全ての取付ボルトが引張状態となる場合の荷重の発生イメージ図を示す。

中心から最も離れた位置にある取付ボルト 1 本あたりに作用する引張応力  $\sigma_{tb1}$  は、 $R_e$  及び  $R_h$  より求めた取付ボルト 1 本あたりの引抜き力  $T_{b1}$  より次のように求める。

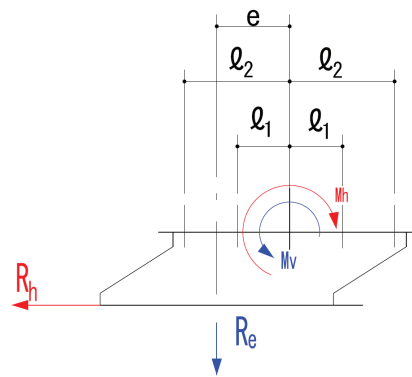


図 4-7 発生荷重のイメージ図  
(全ての取付ボルトが引張状態となる場合)

$$\sigma_{tb1} = \frac{T_{b1}}{A_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.2.4.3)$$

ここで,

$$T_{b1} = \frac{M_b \cdot \ell_2}{2 \cdot \Sigma (n_j \cdot \ell_j^2)} - \frac{R_e}{n_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.2.4.4)$$

$$M_b = |M_h + M_v| \dots\dots\dots (4.6.2.4.5)$$

$$M_h = R_h \cdot h' \dots\dots\dots (4.6.2.4.6)$$

$$M_v = R_e \cdot e \dots\dots\dots (4.6.2.4.7)$$

(2) せん断応力

$$\tau_{b1} = \frac{R_h}{A_{b1} \cdot n_{b1}} \dots\dots\dots (4.6.2.4.8)$$

(3) 組合せ応力

(4.6.2.4.1) 式で算出した応力を用いる。

#### 4.6.2.5 基礎ボルトの応力の計算方法

基礎ボルトに生じる応力は、解析による計算で得られる各要素端での荷重  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ , 曲げモーメント  $M_x$ ,  $M_y$  から求める基礎ボルトの引抜き力  $T_{b2}$  及びせん断力  $Q_b$  を用いて、次のように求める。

##### (1) 引張応力

$$\sigma_{tb2} = \frac{T_{b2}}{A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.2.5.1)$$

ここで,

$$T_{b2} = \frac{F_z}{n_{b2}} + \frac{M_x}{Z_{bx}} + \frac{M_y}{Z_{by}} \dots\dots\dots (4.6.2.5.2)$$

##### (2) せん断応力

$$\tau_{b2} = \frac{Q_b}{A_{b2}} \dots\dots\dots (4.6.2.5.3)$$

ここで,

$$Q_b = \sqrt{\left(\frac{F_x}{n_{b2}}\right)^2 + \left(\frac{F_y}{n_{b2}}\right)^2} \dots\dots\dots (4.6.2.5.4)$$

##### (3) 組合せ応力

(4.6.2.5.1) 式で算出した応力を用いる。

#### 4.6.3 可動支承の発生荷重の計算方法

可動支承の発生荷重は、解析により求める。

#### 4.6.4 フレームの移動量の計算方法

各部の移動量は、解析による計算で得られる地震時の移動量から相対変位として求める。

#### 4.7 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【竜巻防護ネットの耐震性についての計算結果】の設計条件及び機器要目に示す。

#### 4.8 応力の評価

##### 4.8.1 大梁及びフレームの応力評価

4.6.1 項で定めた応力が許容値以下であること。ただし、組合せ応力が応力比の場合は1以下であること。

|                              | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合                                                                                                                                                           |
|------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 許容引張応力<br>$1.5 \cdot f_t^*$  | $1.5 \cdot \frac{F^*}{1.5}$                                                                                                                                                             |
| 許容せん断応力<br>$1.5 \cdot f_s^*$ | $1.5 \cdot \frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$                                                                                                                                              |
| 許容圧縮応力<br>$1.5 \cdot f_c^*$  | $1.5 \cdot \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu} \quad (\lambda \leq \Lambda \text{ の場合})$                                      |
|                              | $1.5 \cdot 0.277 \cdot F^* \cdot \left( \frac{\Lambda}{\lambda} \right)^2 \quad (\lambda > \Lambda \text{ の場合})$                                                                        |
| 許容曲げ応力<br>$1.5 \cdot f_b^*$  | $\text{MAX} \left( 1.5 \cdot \left( 1 - 0.4 \cdot \frac{\ell_b^2}{C \cdot \Lambda^2 \cdot i_2^2} \right) \cdot f_t^*, 1.5 \cdot \frac{0.433 \cdot E \cdot A_f}{\ell_b \cdot h} \right)$ |

ただし、

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i_1} \dots\dots\dots (4.8.1.1)$$

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}} \dots\dots\dots (4.8.1.2)$$

$$\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.3)$$

$$C = 1.75 + 1.05 \cdot \left( \frac{M_2}{M_1} \right) + 0.3 \cdot \left( \frac{M_2}{M_1} \right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.4)$$

#### 4.8.2 ゴム支承の評価

4.6.2 項で求めたひずみ及び各応力が下表で定めた許容限界以下であること。

|                      |      |                                                     | 基準地震動 $S_s$ による<br>荷重との組合せの場合                                                   |
|----------------------|------|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| ゴム支承<br>本体           | ゴム本体 | 許容せん断ひずみ<br>$\gamma_{ea}$                           | $\gamma_{ea}$                                                                   |
|                      |      | 許容引張応力<br>$\sigma_{ta}$                             | $\sigma_{ta}$                                                                   |
|                      |      | 許容圧縮応力<br>$\sigma_{cra}$                            | $\sigma_{cra} = \frac{G_e \cdot S_1 \cdot S_2}{f_{cr}}$                         |
|                      | 内部鋼板 | 許容引張応力<br>$1.5 \cdot f_t^*$                         | $1.5 \cdot \frac{F^*}{1.5}$                                                     |
| 取付ボルト<br>及び<br>基礎ボルト |      | 許容引張応力<br>$1.5 \cdot f_t^*$                         | $1.5 \cdot \frac{F^*}{2}$                                                       |
|                      |      | 許容せん断応力<br>$1.5 \cdot f_s^*$                        | $1.5 \cdot \frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}}$                                      |
|                      |      | 引張応力とせん断応力を同時に受けるボルトの許容引張応力<br>$1.5 \cdot f_{ts}^*$ | $\text{MIN} (1.4 \cdot 1.5 \cdot f_t^* - 1.6 \cdot \tau_{bi}, 1.5 \cdot f_t^*)$ |

ただし、

$$S_1 = \frac{a \cdot b}{2 \cdot (a + b) \cdot t_e} \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

$$S_2 = \frac{\text{MIN}(a, b)}{\Sigma t_e} \dots\dots\dots (4.8.2.2)$$

## 4.8.3 可動支承の評価

4.6.3 項で求めた発生荷重が下表で定めた許容限界以下であること。

|      |           | 許容限界 (N)            |
|------|-----------|---------------------|
| 構造部材 | 水平荷重      | $2.900 \times 10^6$ |
|      | 鉛直荷重 (圧縮) | $5.600 \times 10^6$ |
|      | 鉛直荷重 (引張) | $1.800 \times 10^6$ |

## 4.8.4 フレームの移動量の評価

4.6.4 項で求めたフレームの移動量が下表で定めた許容限界以下であること。

| 位置                                        | 移動量の許容限界 (mm) |            | 許容限界の<br>根拠    |
|-------------------------------------------|---------------|------------|----------------|
|                                           | X方向 (NS方向)    | Y方向 (EW方向) |                |
| フレーム／北側隔壁接続部<br>① フレーム－隔壁<br>② フレーム－ストッパー | 300           | 250        | 部材間の<br>クリアランス |
| フレーム／南側隔壁接続部<br>③ フレーム－隔壁                 | 300           | —          |                |
| フレーム／側壁接続部<br>④ フレーム－浸水防止壁                | —             | 350        |                |
| フレーム／大梁接続部<br>⑤ フレーム－大梁                   | 350           | —          |                |

## 5. 評価結果

### 5.1 設計基準対象施設としての評価結果

竜巻防護ネットの設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容限界を満足しており，設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 構造強度評価結果

構造強度評価の結果を次頁以降の表に示す。

### 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

設計基準対象施設における評価と条件が同じであるため，記載を省略する。

【竜巻防護ネットの耐震性についての計算結果】

1. 設計基準対象施設

1.1 設計条件

| 機器名称    | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ<br>(m)                                           | 固有周期 (s) |       | 基準地震動 S <sub>s</sub>                                            |                              | 最高使用温度<br>(℃) | 周囲環境温度<br>(℃) |
|---------|---------|-------------------------------------------------------------|----------|-------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------|---------------|
|         |         |                                                             | 水平方向     | 鉛直方向  | 水平方向<br>設計震度                                                    | 鉛直方向<br>設計震度                 |               |               |
| 竜巻防護ネット | —       | 海水ポンプ室<br>(補機ポンプエリア)<br>O.P. 15.0*1 (北側),<br>O.P. 13.3 (南側) | 0.795    | 0.293 | C <sub>H</sub> =1.32 (NS),<br>C <sub>H</sub> =5.83 (EW)<br>又は*2 | C <sub>V</sub> =2.44<br>又は*2 | —             | 40            |

注記\*1：基準床レベルを示す。

\*2：基準地震動 S<sub>s</sub> に基づく設計用床応答曲線から得られる値。

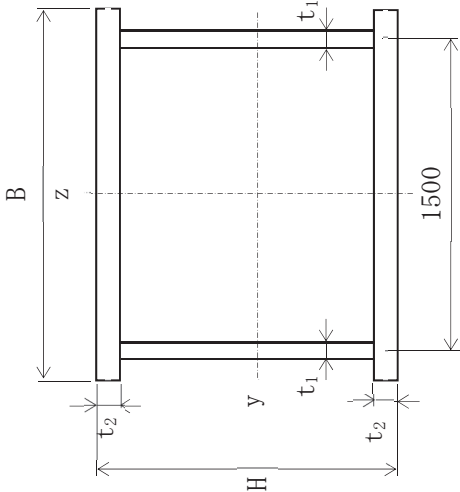


1.2 機器要目

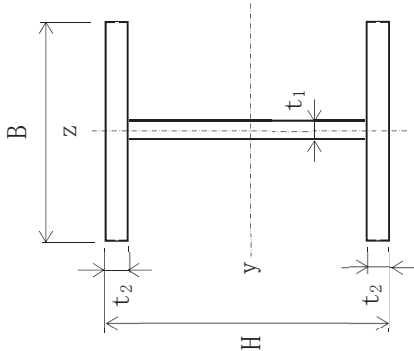
| 部材   |      | 記号      | $\varnothing$<br>(mm) | 断面寸法 (mm) |     |                |                |
|------|------|---------|-----------------------|-----------|-----|----------------|----------------|
| 大梁   |      | L1-①, ③ | 22100                 | H         | B   | t <sub>1</sub> | t <sub>2</sub> |
| フレーム | 主桁   | G1-①    | 1790                  | 1000      | 560 | 19             | 28             |
|      |      | G1-③, ④ | 4065                  | 1000      | 560 | 19             | 28             |
|      | 横補強材 | C3      | 5400                  | 400       | 450 | 19             | 25             |
| ブレース |      | B1      | 6759                  | 400       | 200 | 8              | 13             |

| B' (mm)        | a (mm)                            | b (mm)               | d (mm)             | t <sub>e</sub> (mm) | t <sub>p</sub> (mm) | h' (mm) |
|----------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------|
| 870            | 800                               | 800                  | 810                | 24                  | 4.5                 | 354     |
| n <sub>e</sub> | A <sub>e</sub> (mm <sup>2</sup> ) | E (MPa)              | $\nu$ <sub>1</sub> | S <sub>1</sub>      | S <sub>2</sub>      |         |
| 8              | 6.400×10 <sup>5</sup>             | 2.02×10 <sup>6</sup> | 0.3                | 8.33                | 4.17                |         |

| 部 材            | A <sub>b i</sub> (mm <sup>2</sup> ) | A <sub>b e i</sub> (mm <sup>2</sup> ) | n <sub>b i</sub> |
|----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------|
| 取付ボルト<br>(i=1) | 706.9                               | 561                                   | 16               |
| 基礎ボルト<br>(i=2) | 855.3                               | —                                     | 16               |



大梁



フレーム

| 部材                       |        | 材料      | S <sub>y</sub><br>(MPa) | S <sub>u</sub><br>(MPa) | F <sup>*</sup><br>(MPa) |
|--------------------------|--------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 大梁                       | 大梁     | SM490A  | 315<br>(16<厚さ≤40)       | 490<br>(16<厚さ≤40)       | 343                     |
| フレーム                     | 主桁     | SM490A  | 315<br>(16<厚さ≤40)       | 490<br>(16<厚さ≤40)       | 343                     |
|                          | 横補強材   | SM490A  | 315<br>(16<厚さ≤40)       | 490<br>(16<厚さ≤40)       | 343                     |
|                          | ブレース   | SS400   | 245<br>(厚さ≤16)          | 400<br>(厚さ≤16)          | 280                     |
| 大梁ゴム支承<br>及び<br>フレームゴム支承 | ゴム支承本体 | ゴム本体    | —                       | —                       | —                       |
|                          |        | 内部鋼板    | 245<br>(厚さ≤16)          | 400<br>(厚さ≤16)          | 280                     |
|                          | 取付ボルト  | 強度区分8.8 | 640<br>(呼び径≤16*)        | 800<br>(呼び径≤16*)        | 560                     |
|                          | 基礎ボルト  | SNR490B | 325<br>(6≤厚さ≤40)        | 490                     | 343                     |

注記\*：呼び径は16mm以上であるが，保守的に強度区分8.8の16mm以下の小さい値を選定。

1.3 計算数値

1.3.1 大梁及びフレームの荷重

|      |      | (単位：N)                |                             |                             |
|------|------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 部材   | 記号   | 基準地震動 S s             |                             |                             |
|      |      | N                     | Q <sub>y</sub> <sup>*</sup> | Q <sub>z</sub> <sup>*</sup> |
| 大梁   | L1-① | 8.134×10 <sup>5</sup> | 5.102×10 <sup>5</sup>       | 2.142×10 <sup>6</sup>       |
|      | L1-③ | 2.963×10 <sup>5</sup> | 2.395×10 <sup>5</sup>       | 9.794×10 <sup>5</sup>       |
| フレーム | G1-① | 3.962×10 <sup>5</sup> | 3.174×10 <sup>5</sup>       | 5.196×10 <sup>5</sup>       |
|      | G1-③ | 5.613×10 <sup>5</sup> | 1.578×10 <sup>4</sup>       | 1.626×10 <sup>5</sup>       |
|      | G1-④ | 5.959×10 <sup>5</sup> | 6.396×10 <sup>4</sup>       | 4.177×10 <sup>5</sup>       |
|      | 横補強材 | C3                    | 8.451×10 <sup>4</sup>       | 911.6                       |
|      | ブレース | B1                    | 1.412×10 <sup>5</sup>       | 0                           |

注記＊：添字 y，z は要素に与えられた座標軸。

1.3.2 大梁及びフレームのモーメント

(単位：N・mm)

| 部材   | 記号   | 基準地震動 S s              |                       |
|------|------|------------------------|-----------------------|
|      |      | M <sub>y</sub> ＊       | M <sub>z</sub> ＊      |
| 大梁   | L1-① | 4.218×10 <sup>9</sup>  | 1.021×10 <sup>9</sup> |
|      | L1-③ | 1.248×10 <sup>10</sup> | 2.889×10 <sup>9</sup> |
| フレーム | G1-① | 9.176×10 <sup>8</sup>  | 3.394×10 <sup>8</sup> |
|      | G1-③ | 2.745×10 <sup>9</sup>  | 1.359×10 <sup>7</sup> |
|      | G1-④ | 3.186×10 <sup>9</sup>  | 9.756×10 <sup>7</sup> |
|      | 横補強材 | 1.960×10 <sup>6</sup>  | 2.287×10 <sup>8</sup> |
|      | ブレース | 0                      | 0                     |

注記＊：添字 y， z は要素に与えられた座標軸。

1.3.3 ゴム支承の移動量 (単位：mm)

| 部材       | 基準地震動 S s |
|----------|-----------|
|          | Δ L       |
| 大梁ゴム支承   | 209.3     |
| フレームゴム支承 | 176.6     |

1.3.4 ゴム支承の荷重 (単位：N)

| 部材       | 基準地震動 S s                   |                             |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
|          | R <sub>L</sub> <sup>*</sup> | R <sub>U</sub> <sup>*</sup> |
| 大梁ゴム支承   | 1.419×10 <sup>6</sup>       | -2.429×10 <sup>5</sup>      |
| フレームゴム支承 | 5.600×10 <sup>5</sup>       | -2.086×10 <sup>5</sup>      |

注記＊：添字 L は下向き，添え字 U は上向きを示す。

1.3.5 取付ボルトの荷重 (単位：N)

| 部材       | 基準地震動 S s                   |                             |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
|          | R <sub>h</sub> <sup>*</sup> | R <sub>e</sub> <sup>*</sup> |
| 大梁ゴム支承   | 6.969×10 <sup>5</sup>       | 1.419×10 <sup>6</sup>       |
| フレームゴム支承 | 5.882×10 <sup>5</sup>       | 5.600×10 <sup>5</sup>       |

注記＊：添字 h は水平方向，添え字 e は鉛直方向を示す。

1.3.6 基礎ボルトの荷重 (単位：N)

| 部材       | 基準地震動 S s                   |                             |                             |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|          | F <sub>x</sub> <sup>*</sup> | F <sub>y</sub> <sup>*</sup> | F <sub>z</sub> <sup>*</sup> |
| 大梁ゴム支承   | 3.275×10 <sup>5</sup>       | 6.093×10 <sup>5</sup>       | -2.429×10 <sup>5</sup>      |
| フレームゴム支承 | 4.135×10 <sup>5</sup>       | 4.144×10 <sup>5</sup>       | -2.086×10 <sup>5</sup>      |

注記＊：添字 x，y，z は要素に与えられた座標軸。

1.3.7 基礎ポルトのモーメント (単位 : N・mm)

| 部材       | 基準地震動 S s             |                       |
|----------|-----------------------|-----------------------|
|          | M x *                 | M y *                 |
| 大梁ゴム支承   | 2.322×10 <sup>8</sup> | 1.246×10 <sup>8</sup> |
| フレームゴム支承 | 1.621×10 <sup>8</sup> | 1.617×10 <sup>8</sup> |

注記\* : 添字 x, y は要素に与えられた座標軸。

1.4 結論

1.4.1 固有周期

| モード  |      | 卓越方向  | 固有周期 | モード  | 卓越方向  | (単位：s) |  |
|------|------|-------|------|------|-------|--------|--|
| 固有周期 |      |       |      |      |       |        |  |
| 1 次  | 水平方向 | 0.795 | 23 次 | 水平方向 | 0.089 |        |  |
| 2 次  | 水平方向 | 0.685 | 24 次 | 水平方向 | 0.085 |        |  |
| 3 次  | 水平方向 | 0.684 | 25 次 | 水平方向 | 0.078 |        |  |
| 4 次  | 水平方向 | 0.658 | 26 次 | 鉛直方向 | 0.068 |        |  |
| 5 次  | 水平方向 | 0.658 | 27 次 | 鉛直方向 | 0.066 |        |  |
| 6 次  | 水平方向 | 0.466 | 28 次 | 鉛直方向 | 0.066 |        |  |
| 7 次  | 水平方向 | 0.392 | 29 次 | 鉛直方向 | 0.059 |        |  |
| 8 次  | 水平方向 | 0.387 | 30 次 | 鉛直方向 | 0.059 |        |  |
| 9 次  | 水平方向 | 0.378 | 31 次 | 鉛直方向 | 0.059 |        |  |
| 10 次 | 水平方向 | 0.369 | 32 次 | 鉛直方向 | 0.059 |        |  |
| 11 次 | 水平方向 | 0.304 | 33 次 | 鉛直方向 | 0.058 |        |  |
| 12 次 | 鉛直方向 | 0.293 | 34 次 | 鉛直方向 | 0.058 |        |  |
| 13 次 | 鉛直方向 | 0.250 | 35 次 | 水平方向 | 0.057 |        |  |
| 14 次 | 鉛直方向 | 0.250 | 36 次 | 水平方向 | 0.057 |        |  |
| 15 次 | 鉛直方向 | 0.224 | 37 次 | 水平方向 | 0.056 |        |  |
| 16 次 | 鉛直方向 | 0.222 | 38 次 | 水平方向 | 0.056 |        |  |
| 17 次 | 鉛直方向 | 0.222 | 39 次 | 水平方向 | 0.055 |        |  |
| 18 次 | 鉛直方向 | 0.221 | 40 次 | 水平方向 | 0.054 |        |  |
| 19 次 | 鉛直方向 | 0.221 | 41 次 | 水平方向 | 0.054 |        |  |
| 20 次 | 鉛直方向 | 0.184 | 42 次 | 水平方向 | 0.051 |        |  |
| 21 次 | 水平方向 | 0.089 | 43 次 | 水平方向 | 0.044 |        |  |
| 22 次 | 水平方向 | 0.089 |      |      |       |        |  |

| 1.4.2 応力            |      |        |           |           | (単位：MPa) |  |
|---------------------|------|--------|-----------|-----------|----------|--|
| 1.4.2.1 大梁及びフレームの応力 |      |        |           |           |          |  |
| 部材                  | 記号   | 材料     | 応力        | 基準地震動 S s |          |  |
|                     |      |        |           | 算出応力      | 許容限界     |  |
| 大梁                  | L1-③ | SM490A | 圧縮＋曲げ*    | 0.68      | 1.00     |  |
|                     | L1-① |        | せん断       | 37        | 198      |  |
|                     | L1-③ |        | 圧縮＋曲げ＋せん断 | 233       | 343      |  |
| 主桁                  | G1-③ | SM490A | 圧縮＋曲げ*    | 0.68      | 1.00     |  |
|                     | G1-① |        | せん断       | 32        | 198      |  |
|                     | G1-④ |        | 圧縮＋曲げ＋せん断 | 234       | 343      |  |
| フレーム                | C3   | SM490A | 圧縮＋曲げ*    | 0.56      | 1.00     |  |
|                     | C3   |        | せん断       | 6         | 198      |  |
|                     | C3   |        | 圧縮＋曲げ＋せん断 | 189       | 343      |  |
| ブレース                | B1   | SS400  | 圧縮        | 17        | 62       |  |

注記＊：発生値，許容限界は無次元

| 1.4.2.2 ゴム支承のひずみ |           |          | (単位：－) |
|------------------|-----------|----------|--------|
| 部材               | 基準地震動 S s |          |        |
|                  | せん断ひずみ    | 許容せん断ひずみ |        |
| 大梁ゴム支承           | 109       | 250      |        |
| フレームゴム支承         | 92        | 250      |        |



| 1.4.2.3 ゴム支承の応力 |    |           |      | (単位：MPa) |  |
|-----------------|----|-----------|------|----------|--|
| 部材              | 応力 | 基準地震動 S s |      |          |  |
|                 |    | 算出応力      | 許容応力 |          |  |
| 大梁ゴム支承          | 圧縮 | 4         | 23   |          |  |
|                 | 引張 | 0.6       | 2.0  |          |  |
|                 | 引張 | 43        | 280  |          |  |
| フレームゴム支承        | 圧縮 | 2         | 23   |          |  |
|                 | 引張 | 0.5       | 2.0  |          |  |
|                 | 引張 | 22        | 280  |          |  |
|                 | 引張 | 22        | 280  |          |  |

| 1.4.2.4 取付ボルトの応力 |     |           |      | (単位：MPa) |  |
|------------------|-----|-----------|------|----------|--|
| 部材               | 応力  | 基準地震動 S s |      |          |  |
|                  |     | 算出応力      | 許容応力 |          |  |
| 大梁ゴム支承           | 引張  | 133       | 420  |          |  |
|                  | せん断 | 62        | 323  |          |  |
|                  | 組合せ | 133       | 420  |          |  |
| フレームゴム支承         | 引張  | 116       | 420  |          |  |
|                  | せん断 | 53        | 323  |          |  |
|                  | 組合せ | 116       | 420  |          |  |

| 1.4.2.5 基礎ボルトの応力 (単位：MPa) |     |           |      |
|---------------------------|-----|-----------|------|
| 部材                        | 応力  | 基準地震動 S s |      |
|                           |     | 算出応力      | 許容応力 |
| 大梁ゴム支承                    | 引張  | 81        | 257  |
|                           | せん断 | 51        | 198  |
|                           | 組合せ | 81        | 257  |
| フレームゴム支承                  | 引張  | 73        | 257  |
|                           | せん断 | 43        | 198  |
|                           | 組合せ | 73        | 257  |

| 1.4.2.6 可動支承の荷重 (単位：N) |                     |                     |  |
|------------------------|---------------------|---------------------|--|
| 荷重                     | 基準地震動 S s           |                     |  |
|                        | 算出荷重                | 許容荷重                |  |
| 水平                     | $3.130 \times 10^5$ | $2.900 \times 10^6$ |  |
| 鉛直 (圧縮)                | $6.540 \times 10^5$ | $5.600 \times 10^6$ |  |
| 鉛直 (引張)                | $2.500 \times 10^5$ | $1.800 \times 10^6$ |  |

| 1.4.2.7 フレームの移動量 (単位：mm) |           |       |       |
|--------------------------|-----------|-------|-------|
| 部位                       | 基準地震動 S s |       |       |
|                          | 移動方向      | 算出移動量 | 許容移動量 |
| フレーム/北側隔壁                | X         | 125   | 300   |
|                          | Y         | 125   | 250   |
| フレーム/南側隔壁                | X         | 125   | 300   |
| フレーム/側壁接続部               | Y         | 204   | 350   |
| フレーム/大梁接続部               | X         | 167   | 350   |

## 1.5 その他の機器要目

## (1) 節点データ

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |       |   | 節点番号 | 節点座標 (mm) |       |       |
|------|-----------|-------|---|------|-----------|-------|-------|
|      | X         | Y     | Z |      | X         | Y     | Z     |
| 1    | 0         | 0     | 0 | 45   | 13985     | 12700 | 0     |
| 2    | 1790      | 0     | 0 | 46   | 18050     | 12700 | 0     |
| 3    | 5855      | 0     | 0 | 47   | 19700     | 12700 | 0     |
| 4    | 9920      | 0     | 0 | 48   | 21900     | 12700 | 0     |
| 5    | 13985     | 0     | 0 | 51   | 0         | 18100 | 0     |
| 6    | 18050     | 0     | 0 | 52   | 1790      | 18100 | 0     |
| 7    | 19700     | 0     | 0 | 53   | 5855      | 18100 | 0     |
| 8    | 21900     | 0     | 0 | 54   | 9920      | 18100 | 0     |
| 11   | 0         | 4300  | 0 | 55   | 13985     | 18100 | 0     |
| 12   | 1790      | 4300  | 0 | 56   | 18050     | 18100 | 0     |
| 13   | 5855      | 4300  | 0 | 57   | 19700     | 18100 | 0     |
| 14   | 9920      | 4300  | 0 | 58   | 21900     | 18100 | 0     |
| 15   | 13985     | 4300  | 0 | 61   | 0         | 19600 | 0     |
| 16   | 18050     | 4300  | 0 | 62   | 1790      | 19600 | 0     |
| 17   | 19700     | 4300  | 0 | 63   | 5855      | 19600 | 0     |
| 18   | 21900     | 4300  | 0 | 64   | 9920      | 19600 | 0     |
| 21   | 0         | 5800  | 0 | 65   | 13985     | 19600 | 0     |
| 22   | 1790      | 5800  | 0 | 66   | 18050     | 19600 | 0     |
| 23   | 5855      | 5800  | 0 | 67   | 19700     | 19600 | 0     |
| 24   | 9920      | 5800  | 0 | 68   | 21900     | 19600 | 0     |
| 25   | 13985     | 5800  | 0 | 71   | 0         | 23900 | 0     |
| 26   | 18050     | 5800  | 0 | 72   | 1790      | 23900 | 0     |
| 27   | 19700     | 5800  | 0 | 73   | 5855      | 23900 | 0     |
| 28   | 21900     | 5800  | 0 | 74   | 9920      | 23900 | 0     |
| 31   | 0         | 11200 | 0 | 75   | 13985     | 23900 | 0     |
| 32   | 1790      | 11200 | 0 | 76   | 18050     | 23900 | 0     |
| 33   | 5855      | 11200 | 0 | 77   | 19700     | 23900 | 0     |
| 34   | 9920      | 11200 | 0 | 78   | 21900     | 23900 | 0     |
| 35   | 13985     | 11200 | 0 | 101  | 19700     | 0     | -1550 |
| 36   | 18050     | 11200 | 0 | 102  | 19700     | 900   | -1550 |
| 37   | 19700     | 11200 | 0 | 103  | 19700     | 2950  | -1550 |
| 38   | 21900     | 11200 | 0 | 104  | 19700     | 4300  | -1550 |
| 41   | 0         | 12700 | 0 | 105  | 19700     | 5800  | -1550 |
| 42   | 1790      | 12700 | 0 | 106  | 19700     | 8950  | -1550 |
| 43   | 5855      | 12700 | 0 | 107  | 19700     | 11200 | -1550 |
| 44   | 9920      | 12700 | 0 | 108  | 19700     | 11950 | -1550 |

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |       |       | 節点番号 | 節点座標 (mm) |       |   |
|------|-----------|-------|-------|------|-----------|-------|---|
|      | X         | Y     | Z     |      | X         | Y     | Z |
| 109  | 19700     | 12700 | -1550 | 236  | 16017. 5  | 11200 | 0 |
| 110  | 19700     | 14950 | -1550 | 237  | 20800     | 11200 | 0 |
| 111  | 19700     | 18100 | -1550 | 241  | 3822. 5   | 12700 | 0 |
| 112  | 19700     | 19600 | -1550 | 242  | 6960      | 12700 | 0 |
| 113  | 19700     | 20950 | -1550 | 243  | 7887. 5   | 12700 | 0 |
| 114  | 19700     | 23000 | -1550 | 244  | 11952. 5  | 12700 | 0 |
| 115  | 19700     | 23900 | -1550 | 245  | 12880     | 12700 | 0 |
| 121  | 18950     | 900   | -1550 | 246  | 16017. 5  | 12700 | 0 |
| 122  | 20450     | 900   | -1550 | 247  | 20800     | 12700 | 0 |
| 131  | 18950     | 23000 | -1550 | 251  | 3822. 5   | 18100 | 0 |
| 132  | 20450     | 23000 | -1550 | 252  | 6960      | 18100 | 0 |
| 201  | 3822. 5   | 0     | 0     | 253  | 7887. 5   | 18100 | 0 |
| 202  | 6960      | 0     | 0     | 254  | 11952. 5  | 18100 | 0 |
| 203  | 7887. 5   | 0     | 0     | 255  | 12880     | 18100 | 0 |
| 204  | 11952. 5  | 0     | 0     | 256  | 16017. 5  | 18100 | 0 |
| 205  | 12880     | 0     | 0     | 257  | 20800     | 18100 | 0 |
| 206  | 16017. 5  | 0     | 0     | 261  | 3822. 5   | 19600 | 0 |
| 207  | 20800     | 0     | 0     | 262  | 6960      | 19600 | 0 |
| 211  | 3822. 5   | 4300  | 0     | 263  | 7887. 5   | 19600 | 0 |
| 212  | 6960      | 4300  | 0     | 264  | 11952. 5  | 19600 | 0 |
| 213  | 7887. 5   | 4300  | 0     | 265  | 12880     | 19600 | 0 |
| 214  | 11952. 5  | 4300  | 0     | 266  | 16017. 5  | 19600 | 0 |
| 215  | 12880     | 4300  | 0     | 267  | 20800     | 19600 | 0 |
| 216  | 16017. 5  | 4300  | 0     | 271  | 3822. 5   | 23900 | 0 |
| 217  | 20800     | 4300  | 0     | 272  | 6960      | 23900 | 0 |
| 221  | 3822. 5   | 5800  | 0     | 273  | 7887. 5   | 23900 | 0 |
| 222  | 6960      | 5800  | 0     | 274  | 11952. 5  | 23900 | 0 |
| 223  | 7887. 5   | 5800  | 0     | 275  | 12880     | 23900 | 0 |
| 224  | 11952. 5  | 5800  | 0     | 276  | 16017. 5  | 23900 | 0 |
| 225  | 12880     | 5800  | 0     | 277  | 20800     | 23900 | 0 |
| 226  | 16017. 5  | 5800  | 0     | 1001 | 0         | 0     | 0 |
| 227  | 20800     | 5800  | 0     | 1011 | 0         | 4300  | 0 |
| 231  | 3822. 5   | 11200 | 0     | 1021 | 0         | 5800  | 0 |
| 232  | 6960      | 11200 | 0     | 1031 | 0         | 11200 | 0 |
| 233  | 7887. 5   | 11200 | 0     | 1041 | 0         | 12700 | 0 |
| 234  | 11952. 5  | 11200 | 0     | 1051 | 0         | 18100 | 0 |
| 235  | 12880     | 11200 | 0     | 1061 | 0         | 19600 | 0 |

| 節点番号 | 節点座標 (mm) |       |       |
|------|-----------|-------|-------|
|      | X         | Y     | Z     |
| 1071 | 0         | 23900 | 0     |
| 1121 | 18950     | 900   | -1550 |
| 1122 | 20450     | 900   | -1550 |
| 1131 | 18950     | 23000 | -1550 |
| 1132 | 20450     | 23000 | -1550 |

(2) 要素の断面性状

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の<br>節点番号 | 材料番号 | 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の<br>節点番号 | 材料番号 |
|------------------|---------------|------|------------------|---------------|------|
| 1                | 101, 102      | 1    | 130              | 15, 216       | 5    |
| 2                | 102, 103      | 1    | 131              | 216, 16       | 5    |
| 3                | 103, 104      | 2    | 132              | 16, 17        | 5    |
| 4                | 104, 105      | 3    | 133              | 17, 217       | 5    |
| 5                | 105, 106      | 4    | 134              | 217, 18       | 7    |
| 6                | 106, 107      | 4    | 141              | 21, 22        | 5    |
| 7                | 107, 108      | 4    | 142              | 22, 221       | 5    |
| 8                | 108, 109      | 4    | 143              | 221, 23       | 5    |
| 9                | 109, 110      | 4    | 144              | 23, 222       | 6    |
| 10               | 110, 111      | 4    | 145              | 222, 223      | 6    |
| 11               | 111, 112      | 3    | 146              | 223, 24       | 6    |
| 12               | 112, 113      | 2    | 147              | 24, 224       | 6    |
| 13               | 113, 114      | 1    | 148              | 224, 225      | 6    |
| 14               | 114, 115      | 1    | 149              | 225, 25       | 6    |
| 101              | 1, 2          | 5    | 150              | 25, 226       | 5    |
| 102              | 2, 201        | 5    | 151              | 226, 26       | 5    |
| 103              | 201, 3        | 5    | 152              | 26, 27        | 5    |
| 104              | 3, 202        | 6    | 153              | 27, 227       | 5    |
| 105              | 202, 203      | 6    | 154              | 227, 28       | 7    |
| 106              | 203, 4        | 6    | 161              | 31, 32        | 5    |
| 107              | 4, 204        | 6    | 162              | 32, 231       | 5    |
| 108              | 204, 205      | 6    | 163              | 231, 33       | 5    |
| 109              | 205, 5        | 6    | 164              | 33, 232       | 6    |
| 110              | 5, 206        | 5    | 165              | 232, 233      | 6    |
| 111              | 206, 6        | 5    | 166              | 233, 34       | 6    |
| 112              | 6, 7          | 5    | 167              | 34, 234       | 6    |
| 113              | 7, 207        | 5    | 168              | 234, 235      | 6    |
| 114              | 207, 8        | 7    | 169              | 235, 35       | 6    |
| 121              | 11, 12        | 5    | 170              | 35, 236       | 5    |
| 122              | 12, 211       | 5    | 171              | 236, 36       | 5    |
| 123              | 211, 13       | 5    | 172              | 36, 37        | 5    |
| 124              | 13, 212       | 6    | 173              | 37, 237       | 5    |
| 125              | 212, 213      | 6    | 174              | 237, 38       | 7    |
| 126              | 213, 14       | 6    | 181              | 41, 42        | 5    |
| 127              | 14, 214       | 6    | 182              | 42, 241       | 5    |
| 128              | 214, 215      | 6    | 183              | 241, 43       | 5    |
| 129              | 215, 15       | 6    | 184              | 43, 242       | 6    |

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の<br>節点番号 | 材料番号 | 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の<br>節点番号 | 材料番号 |
|------------------|---------------|------|------------------|---------------|------|
| 185              | 242, 243      | 6    | 234              | 267, 68       | 7    |
| 186              | 243, 44       | 6    | 241              | 71, 72        | 5    |
| 187              | 44, 244       | 6    | 242              | 72, 271       | 5    |
| 188              | 244, 245      | 6    | 243              | 271, 73       | 5    |
| 189              | 245, 45       | 6    | 244              | 73, 272       | 6    |
| 190              | 45, 246       | 5    | 245              | 272, 273      | 6    |
| 191              | 246, 46       | 5    | 246              | 273, 74       | 6    |
| 192              | 46, 47        | 5    | 247              | 74, 274       | 6    |
| 193              | 47, 247       | 5    | 248              | 274, 275      | 6    |
| 194              | 247, 48       | 7    | 249              | 275, 75       | 6    |
| 201              | 51, 52        | 5    | 250              | 75, 276       | 5    |
| 202              | 52, 251       | 5    | 251              | 276, 76       | 5    |
| 203              | 251, 53       | 5    | 252              | 76, 77        | 5    |
| 204              | 53, 252       | 6    | 253              | 77, 277       | 5    |
| 205              | 252, 253      | 6    | 254              | 277, 78       | 7    |
| 206              | 253, 54       | 6    | 301              | 1, 11         | 8    |
| 207              | 54, 254       | 6    | 302              | 2, 12         | 9    |
| 208              | 254, 255      | 6    | 303              | 3, 13         | 9    |
| 209              | 255, 55       | 6    | 304              | 4, 14         | 9    |
| 210              | 55, 256       | 5    | 305              | 5, 15         | 9    |
| 211              | 256, 56       | 5    | 306              | 6, 16         | 9    |
| 212              | 56, 57        | 5    | 307              | 7, 17         | 8    |
| 213              | 57, 257       | 5    | 311              | 21, 31        | 8    |
| 214              | 257, 58       | 7    | 312              | 22, 32        | 9    |
| 221              | 61, 62        | 5    | 313              | 23, 33        | 9    |
| 222              | 62, 261       | 5    | 314              | 24, 34        | 9    |
| 223              | 261, 63       | 5    | 315              | 25, 35        | 9    |
| 224              | 63, 262       | 6    | 316              | 26, 36        | 9    |
| 225              | 262, 263      | 6    | 317              | 27, 37        | 8    |
| 226              | 263, 64       | 6    | 321              | 41, 51        | 8    |
| 227              | 64, 264       | 6    | 322              | 42, 52        | 9    |
| 228              | 264, 265      | 6    | 323              | 43, 53        | 9    |
| 229              | 265, 65       | 6    | 324              | 44, 54        | 9    |
| 230              | 65, 266       | 5    | 325              | 45, 55        | 9    |
| 231              | 266, 66       | 5    | 326              | 46, 56        | 9    |
| 232              | 66, 67        | 5    | 327              | 47, 57        | 8    |
| 233              | 67, 267       | 5    | 331              | 61, 71        | 8    |

| 断面特性番号<br>(要素番号) | 要素両端の<br>節点番号 | 材料番号 |
|------------------|---------------|------|
| 332              | 62, 72        | 9    |
| 333              | 63, 73        | 9    |
| 334              | 64, 74        | 9    |
| 335              | 65, 75        | 9    |
| 336              | 66, 76        | 9    |
| 337              | 67, 77        | 8    |
| 401              | 121, 102      | 31   |
| 402              | 102, 122      | 31   |
| 411              | 131, 114      | 31   |
| 412              | 114, 132      | 31   |
| 501              | 2, 13         | 10   |
| 502              | 4, 13         | 11   |
| 503              | 4, 15         | 11   |
| 504              | 6, 15         | 10   |
| 511              | 22, 33        | 10   |
| 512              | 24, 33        | 11   |
| 513              | 24, 35        | 11   |
| 514              | 26, 35        | 10   |
| 521              | 43, 52        | 10   |
| 522              | 43, 54        | 11   |
| 523              | 45, 54        | 11   |
| 524              | 45, 56        | 10   |
| 531              | 63, 72        | 10   |
| 532              | 63, 74        | 11   |
| 533              | 65, 74        | 11   |
| 534              | 65, 76        | 10   |



(3) ばね結合部の指定

| ばねの<br>両端の<br>節点番号                                                                          | X軸方向の<br>ばね定数<br>(kN/mm) | Y軸方向の<br>ばね定数<br>(kN/mm) | Z軸方向の<br>ばね定数<br>(kN/mm) | X軸周りの<br>回転剛性<br>(kN・mm/rad) | Y軸周りの<br>回転剛性<br>(kN・mm/rad) | Z軸周りの<br>回転剛性<br>(kN・mm/rad) |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 7, 101<br>17, 104<br>27, 105<br>37, 107<br>47, 109<br>57, 111<br>67, 112<br>77, 115         | 0                        | $1.00 \times 10^6$       | $1.00 \times 10^6$       | 0                            | 0                            | 0                            |
| 1, 1001<br>11, 1011<br>21, 1021<br>31, 1031<br>41, 1041<br>51, 1051<br>61, 1061<br>71, 1071 | 3.33                     | 3.33                     | 972                      | 0                            | 0                            | 0                            |
| 121, 1121<br>122, 1122<br>131, 1131<br>132, 1132                                            | 3.33                     | 3.33                     | 972                      | 0                            | 0                            | 0                            |

(4) 節点の質量

| 節点番号 | 質量(t) | 節点番号 | 質量(t) | 節点番号 | 質量(t) |
|------|-------|------|-------|------|-------|
| 1    | 3.13  | 35   | 5.58  | 71   | 3.13  |
| 2    | 5.08  | 36   | 4.36  | 72   | 5.08  |
| 3    | 7.08  | 37   | 6.22  | 73   | 7.08  |
| 4    | 7.08  | 38   | 2.08  | 74   | 7.08  |
| 5    | 7.08  | 41   | 2.89  | 75   | 7.08  |
| 6    | 5.26  | 42   | 4.10  | 76   | 5.26  |
| 7    | 6.56  | 43   | 5.58  | 77   | 6.56  |
| 8    | 2.29  | 44   | 5.58  | 78   | 2.29  |
| 11   | 2.78  | 45   | 5.58  | 101  | 1.22  |
| 12   | 3.97  | 46   | 4.36  | 102  | 3.85  |
| 13   | 5.55  | 47   | 6.22  | 103  | 4.45  |
| 14   | 5.55  | 48   | 2.08  | 104  | 3.76  |
| 15   | 5.55  | 51   | 2.89  | 105  | 6.12  |
| 16   | 4.17  | 52   | 4.10  | 106  | 7.06  |
| 17   | 5.84  | 53   | 5.58  | 107  | 3.96  |
| 18   | 1.87  | 54   | 5.58  | 108  | 1.96  |
| 21   | 2.89  | 55   | 5.58  | 109  | 3.96  |
| 22   | 4.10  | 56   | 4.36  | 110  | 7.06  |
| 23   | 5.58  | 57   | 6.22  | 111  | 6.12  |
| 24   | 5.58  | 58   | 2.08  | 112  | 3.76  |
| 25   | 5.58  | 61   | 2.78  | 113  | 4.45  |
| 26   | 4.36  | 62   | 3.97  | 114  | 3.85  |
| 27   | 6.22  | 63   | 5.55  | 115  | 1.22  |
| 28   | 2.08  | 64   | 5.55  | 121  | 1.53  |
| 31   | 2.89  | 65   | 5.55  | 122  | 1.53  |
| 32   | 4.10  | 66   | 4.17  | 131  | 1.53  |
| 33   | 5.58  | 67   | 5.84  | 132  | 1.53  |
| 34   | 5.58  | 68   | 1.87  |      |       |

(5) 材料物性値

| 材料番号 | $A_s$<br>( $\text{mm}^2$ ) | $I_z$<br>( $\text{mm}^4$ ) | $I_y$<br>( $\text{mm}^4$ ) | $I_x$<br>( $\text{mm}^4$ ) | $A_{s y}$<br>( $\text{mm}^2$ ) | $A_{s z}$<br>( $\text{mm}^2$ ) |
|------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| 1    | $1.924 \times 10^5$        | $6.788 \times 10^{10}$     | $5.533 \times 10^{10}$     | $8.866 \times 10^{10}$     | $1.138 \times 10^5$            | $7.859 \times 10^4$            |
| 2    | $1.924 \times 10^5$        | $6.788 \times 10^{10}$     | $5.533 \times 10^{10}$     | $8.866 \times 10^{10}$     | $1.138 \times 10^5$            | $7.859 \times 10^4$            |
| 3    | $1.924 \times 10^5$        | $6.788 \times 10^{10}$     | $5.533 \times 10^{10}$     | $8.866 \times 10^{10}$     | $1.138 \times 10^5$            | $7.859 \times 10^4$            |
| 4    | $1.924 \times 10^5$        | $6.788 \times 10^{10}$     | $5.533 \times 10^{10}$     | $8.866 \times 10^{10}$     | $1.138 \times 10^5$            | $7.859 \times 10^4$            |
| 5    | $4.930 \times 10^4$        | $8.201 \times 10^8$        | $8.741 \times 10^9$        | $1.035 \times 10^7$        | $3.136 \times 10^4$            | $1.794 \times 10^4$            |
| 6    | $4.930 \times 10^4$        | $8.201 \times 10^8$        | $8.741 \times 10^9$        | $1.035 \times 10^7$        | $3.136 \times 10^4$            | $1.794 \times 10^4$            |
| 7    | $4.930 \times 10^4$        | $8.201 \times 10^8$        | $8.741 \times 10^9$        | $1.035 \times 10^7$        | $3.136 \times 10^4$            | $1.794 \times 10^4$            |
| 8    | $2.915 \times 10^4$        | $3.799 \times 10^8$        | $8.601 \times 10^8$        | $5.488 \times 10^6$        | $2.250 \times 10^4$            | $6.650 \times 10^3$            |
| 9    | $2.436 \times 10^4$        | $2.349 \times 10^8$        | $7.008 \times 10^8$        | $3.653 \times 10^6$        | $1.760 \times 10^4$            | $6.764 \times 10^3$            |
| 10   | $1.611 \times 10^4$        | —                          | —                          | —                          | —                              | —                              |
| 11   | $8.337 \times 10^3$        | —                          | —                          | —                          | —                              | —                              |
| 31   | $1.000 \times 10^7$        | $1.000 \times 10^{12}$     | $1.000 \times 10^{12}$     | $1.000 \times 10^{12}$     | $1.000 \times 10^7$            | $1.000 \times 10^7$            |

$A_s$  : 部材の断面積

$I_z$  : 部材 z 軸周りの断面二次モーメント

$I_y$  : 部材 y 軸周りの断面二次モーメント

$I_x$  : 部材のねじり剛性

$A_{s y}$  : 部材 y 軸方向のせん断断面積

$A_{s z}$  : 部材 z 軸方向のせん断断面積