

(7) サプレッションチェンバプール水位の耐震性についての計算書

目 次

| | |
|--|----|
| 1. サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A, E22-LT010C) | 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 | 8 |
| 1.4.1 基本方針 | 8 |
| 1.4.2 固有周期の確認方法 | 8 |
| 1.4.3 固有周期の確認結果 | 8 |
| 1.5 構造強度評価 | 9 |
| 1.5.1 構造強度評価方法 | 9 |
| 1.5.2 荷重の組合せ及び許容応力 | 9 |
| 1.5.3 設計用地震力 | 13 |
| 1.5.4 計算方法 | 14 |
| 1.5.5 計算条件 | 16 |
| 1.5.6 応力の評価 | 16 |
| 1.6 機能維持評価 | 17 |
| 1.6.1 電氣的機能維持評価方法 | 17 |
| 1.7 評価結果 | 18 |
| 1.7.1 設計基準対象施設としての評価結果 | 18 |
| 2. サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010B) | 25 |
| 2.1 概要 | 25 |
| 2.2 一般事項 | 25 |
| 2.2.1 構造計画 | 25 |
| 2.3 固有周期 | 27 |
| 2.3.1 固有周期の確認 | 27 |
| 2.4 構造強度評価 | 28 |
| 2.4.1 構造強度評価方法 | 28 |
| 2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力 | 28 |
| 2.4.3 計算条件 | 28 |

| | | |
|-------|--------------------------------|----|
| 2.5 | 機能維持評価 | 32 |
| 2.5.1 | 電気的機能維持評価方法 | 32 |
| 2.6 | 評価結果 | 33 |
| 2.6.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 33 |
| 3. | サブプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010D) | 37 |
| 3.1 | 概要 | 37 |
| 3.2 | 一般事項 | 37 |
| 3.2.1 | 構造計画 | 37 |
| 3.3 | 固有周期 | 39 |
| 3.3.1 | 固有周期の確認 | 39 |
| 3.4 | 構造強度評価 | 40 |
| 3.4.1 | 構造強度評価方法 | 40 |
| 3.4.2 | 荷重の組合せ及び許容応力 | 40 |
| 3.4.3 | 計算条件 | 40 |
| 3.5 | 機能維持評価 | 44 |
| 3.5.1 | 電気的機能維持評価方法 | 44 |
| 3.6 | 評価結果 | 45 |
| 3.6.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 45 |
| 4. | サブプレッションチェンバプール水位 (T31-LT020) | 49 |
| 4.1 | 概要 | 49 |
| 4.2 | 一般事項 | 49 |
| 4.2.1 | 構造計画 | 49 |
| 4.2.2 | 評価方針 | 51 |
| 4.2.3 | 適用規格・基準等 | 52 |
| 4.2.4 | 記号の説明 | 53 |
| 4.2.5 | 計算精度と数値の丸め方 | 55 |
| 4.3 | 評価部位 | 56 |
| 4.4 | 固有周期 | 56 |
| 4.4.1 | 基本方針 | 56 |
| 4.4.2 | 固有周期の確認方法 | 56 |
| 4.4.3 | 固有周期の確認結果 | 56 |
| 4.5 | 構造強度評価 | 57 |
| 4.5.1 | 構造強度評価方法 | 57 |
| 4.5.2 | 荷重の組合せ及び許容応力 | 57 |
| 4.5.3 | 設計用地震力 | 61 |
| 4.5.4 | 計算方法 | 62 |

| | | |
|-------|------------------------------|----|
| 4.5.5 | 計算条件 | 65 |
| 4.5.6 | 応力の評価 | 65 |
| 4.6 | 機能維持評価 | 66 |
| 4.6.1 | 電氣的機能維持評価方法 | 66 |
| 4.7 | 評価結果 | 67 |
| 4.7.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 67 |
| 5. | サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT021) | 71 |
| 5.1 | 概要 | 71 |
| 5.2 | 一般事項 | 71 |
| 5.2.1 | 構造計画 | 71 |
| 5.3 | 固有周期 | 73 |
| 5.3.1 | 固有周期の確認 | 73 |
| 5.4 | 構造強度評価 | 74 |
| 5.4.1 | 構造強度評価方法 | 74 |
| 5.4.2 | 荷重の組合せ及び許容応力 | 74 |
| 5.4.3 | 計算条件 | 74 |
| 5.5 | 機能維持評価 | 78 |
| 5.5.1 | 電氣的機能維持評価方法 | 78 |
| 5.6 | 評価結果 | 79 |
| 5.6.1 | 設計基準対象施設としての評価結果 | 79 |

1. サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A, E22-LT010C)

1.1 概要

本計算書は、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、サプレッションチェンバプール水位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。

サプレッションチェンバプール水位は、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。

1.2 一般事項

1.2.1 構造計画

サプレッションチェンバプール水位の構造計画を表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>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器スターションに固定される。計器スターションは、溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置する。</p> | <p>差圧式水位検出器</p> | <p>【サプレッションチェンバプール水位】</p> <p>平面 基礎 (壁面) 溶接部 正面 横 計器スターション や 縦 (正面方向)</p> <p>側面 たて 溶接部 埋込金物 検出器 取付板取付ボルト 取付板 埋込金物 計器取付ボルト 溶接部 基礎 (壁面) (側面方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A)</th> <th>サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010C)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>429</td> <td>424</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>160</td> <td>160</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>850</td> <td>850</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p> | 機器名称 | サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A) | サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010C) | たて | 429 | 424 | 横 | 160 | 160 | 高さ | 850 | 850 |
| 機器名称 | サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A) | サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010C) | | | | | | | | | | | | |
| たて | 429 | 424 | | | | | | | | | | | | |
| 横 | 160 | 160 | | | | | | | | | | | | |
| 高さ | 850 | 850 | | | | | | | | | | | | |

1.2.2 評価方針

サプレッションチェンバプール水位の応力評価は、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、「1.2.1 構造計画」にて示すサプレッションチェンバプール水位の部位を踏まえ「1.3 評価部位」にて設定する箇所において、「1.4 固有周期」で確認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、「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、サプレッションチェンバプール水位の機能維持評価は、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、「1.6 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「1.7 評価結果」に示す。

サプレッションチェンバプール水位の耐震評価フローを図1-1に示す。

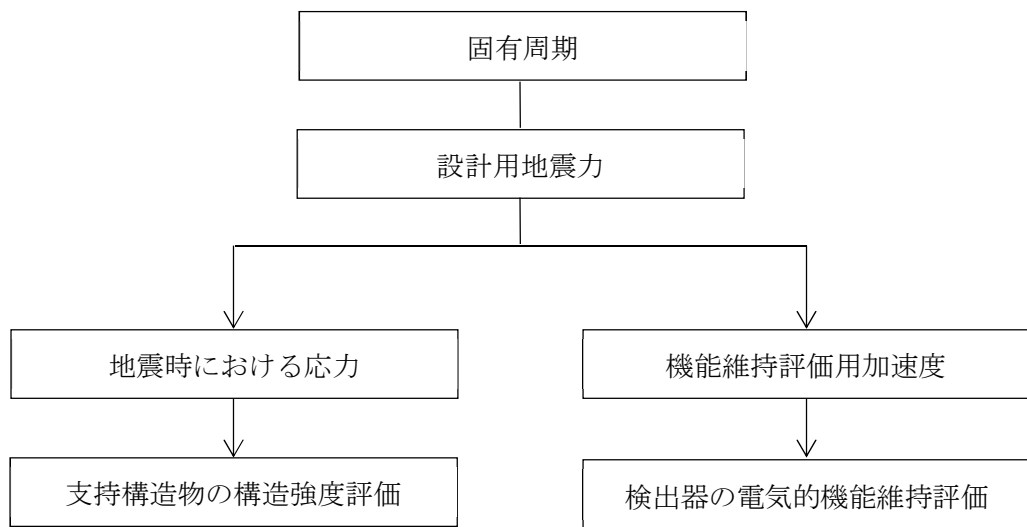


図1-1 サプレッションチェンバプール水位の耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・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)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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 | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| A_w | 溶接部の有効断面積 | mm ² |
| A_{w1} | 壁掛形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積 | mm ² |
| A_{w2} | 鉛直方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積 | mm ² |
| b_1, b_2 | 溶接の有効長さ | mm |
| C_H | 水平方向設計震度 | — |
| C_V | 鉛直方向設計震度 | — |
| F | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1) に定める値 | MPa |
| F^* | 設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値 | MPa |
| F_w | 溶接部に作用する引張力 | N |
| F_{w1} | 鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| F_{w2} | 鉛直方向地震及び壁掛形計器スタンションの据付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| f_{sw} | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| f_{tw} | 溶接部の許容引張応力 | MPa |
| f_w | 溶接部の許容組合せ応力 | MPa |
| g | 重力加速度 (=9.80665) | m/s ² |
| h_2 | 据付面から重心までの距離 | mm |
| l_3 | 重心と下側溶接部端部との距離 | mm |
| l_a | 側面（左右）溶接部間の距離 | mm |
| l_b | 下側溶接部端部と上側溶接部端部との距離 | mm |
| m | 計器スタンションの質量 | kg |
| n | 溶接箇所数 | — |
| n_{fH} | 評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数（正面方向転倒） | — |
| n_{fV} | 評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数（側面方向転倒） | — |
| Q_w | 溶接部に作用するせん断力 | N |
| Q_{w1} | 水平方向地震により溶接部に作用するせん断力 | N |
| Q_{w2} | 鉛直方向地震により溶接部に作用するせん断力 | N |
| s | 溶接脚長 | mm |

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|------------|---|-----|
| 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 |
| σ_t | 溶接部に生じる引張応力 | MPa |
| σ_w | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

1.2.5 計算精度と数値の丸め方

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 に示すとおりとする。

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 ^{*1} |
| 面積 | mm ² | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 ^{*2} |
| 力 | N | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 ^{*2} |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力 ^{*3} | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て | 整数位 |

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：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

サプレッションチェンバプール水位の耐震評価は「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溶接部について評価を実施する。

サプレッションチェンバプール水位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 基本方針

サプレッションチェンバプール水位の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

1.4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。サプレッションチェンバプール水位の外形図を表 1-1 の概略構造図に示す。

1.4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 1-3 に示す。試験の結果、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)

| | | |
|----------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010C) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

1.5 構造強度評価

1.5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 計器スタンションは溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 計器スタンションの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

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

サプレッションチェンバプール水位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 に示す。

1.5.2.2 許容応力

サプレッションチェンバプール水位の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 1-5 のとおりとする。

1.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバプール水位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 1-6 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 |
|--------------|------|----------------------|---------|--------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 計測装置 | サプレッションチェンバ プール水位 | S | —* | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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を適用する。

表 1-5 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, *3} (ボルト等以外) | |
|------------------|--|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A 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。

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

表 1-6 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|------|---------|--------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | 周囲環境温度 | 100 | 196 | 373 | — |
| 溶接部 | STKR400 | 周囲環境温度 | 100 | 196 | 373 | — |

1.5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 1-7 に示す。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」, 「基準地震動 S_s」による地震力は, 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 1-7 設計用地震力 (設計基準対象施設)

| 機器名称 | 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 | |
|--------------------------------------|--|----------|----------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 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 |
| サプレッションチ ェンバプール水位 (E22-LT010A) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*) | □ | 0.05 以下 | C _H =0.59 | C _V =0.63 | C _H =1.36 | C _V =1.27 |
| サプレッションチ ェンバプール水位 (E22-LT010C) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*) | □ | 0.05 以下 | C _H =0.59 | C _V =0.63 | C _H =1.36 | C _V =1.27 |

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 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、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りとせん断力について計算する。

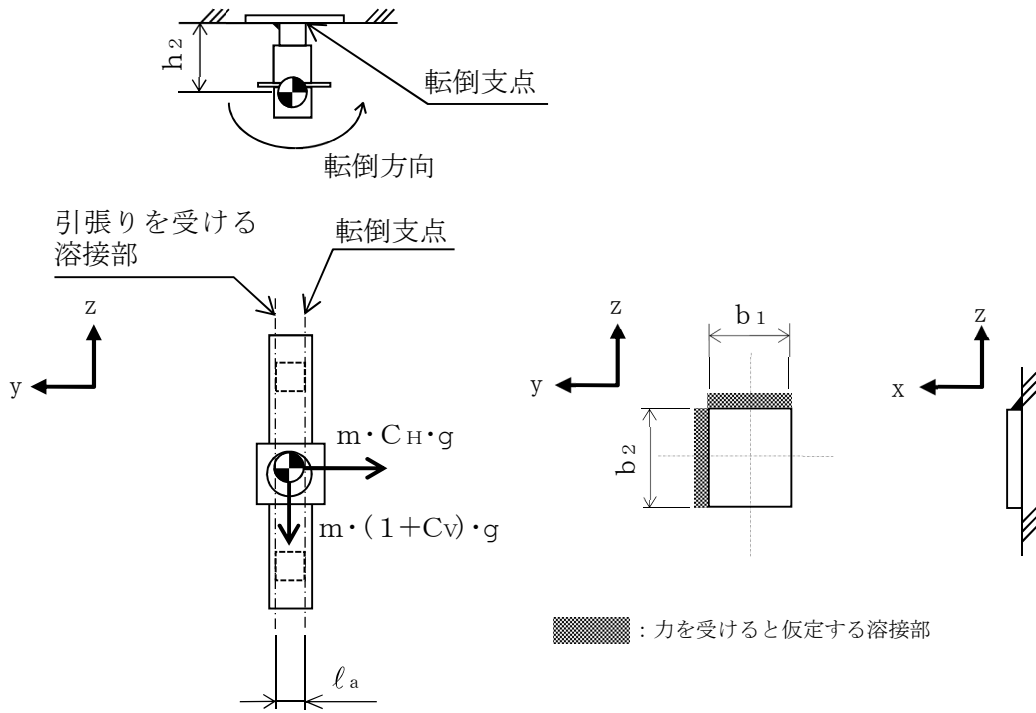


図 1-2 計算モデル（正面方向）

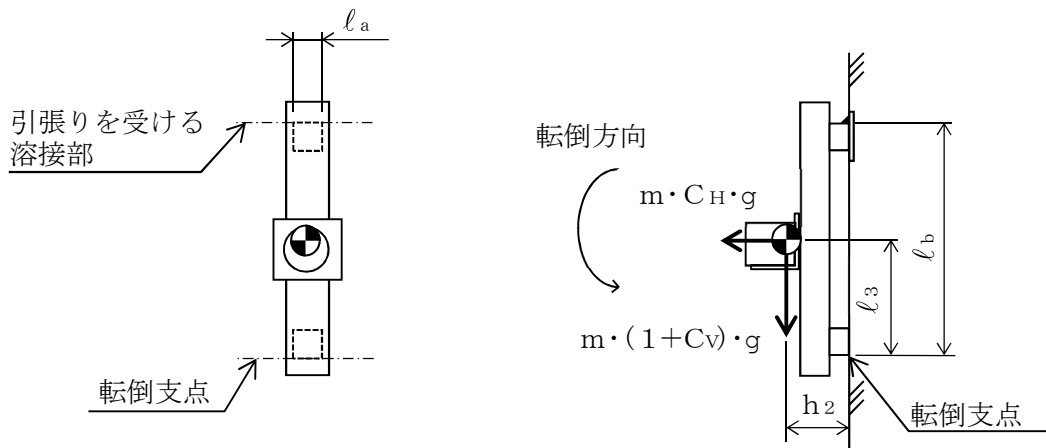


図 1-3 計算モデル（側面方向）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図1-2及び図1-3それぞれの溶接部を支点とする転倒を考え、これを全溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図1-2の場合の引張力

$$F_{w1} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot h_2}{n_{fH} \cdot \ell_a} + \frac{(1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図1-3の場合の引張力

$$F_{w2} = m \cdot g \cdot \left(\frac{C_H \cdot \ell_3 + (1 + C_V) \cdot h_2}{n_{fV} \cdot \ell_b} \right) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.2)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.3)$$

引張応力

$$\sigma_t = \frac{F_w}{A_w} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.4)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (b_1 + b_2) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.5)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.6)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_{w1} = m \cdot g \cdot C_H \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.7)$$

$$Q_{w2} = m \cdot g \cdot (1 + C_V) \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.8)$$

$$Q_w = \sqrt{(Q_{w1})^2 + (Q_{w2})^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.9)$$

せん断応力

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{Q_{w1}}{n \cdot A_{w1}}\right)^2 + \left(\frac{Q_{w2}}{n \cdot A_{w2}}\right)^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.10)$$

ここで、せん断力を受ける溶接部の有効断面積 A_{w1} 及び A_{w2} は、次式により求める。

$$A_{w1} = a \cdot b_1 \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.11)$$

$$A_{w2} = a \cdot b_2 \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.12)$$

(3) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (1.5.4.1.1.13)$$

1.5.5 計算条件

1.5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A) の耐震性についての計算結果】、【サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010C) 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 溶接部の応力評価

1.5.4.1 項で求めた溶接部の各応力は以下の表に示す許容応力以下であること。

| | 弾性設計用地震動 S_d 又は 静的震度による荷重との組合せの場合 | 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 f_{tw} | $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力 f_{sw} | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

1.6 機能維持評価

1.6.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッションチェンバプール水位の電氣的機能維持評価については以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は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 により定まる応答加速度を設定する。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、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 1-8 に示す。

表 1-8 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|----------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010C) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

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

サプレッションチェンバプール水位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気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

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|---------------------------------------|---------|--|----------------------|----------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| サブプレッションチェンバ プール水位 (E22-LT010A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200 (T. M. S. L. -1. 700*) | <input type="text"/> | 0. 05 以下 | C _H =0. 59 | C _V =0. 63 | C _H =1. 36 | C _V =1. 27 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 サプレッションチェンバプール水位

| 部材 | m (kg) | h ₂ (mm) | s (mm) | a (mm) | A _w (mm ²) | A _{w1} (mm ²) | A _{w2} (mm ²) | n | b ₁ (mm) | b ₂ (mm) | l ₃ (mm) | l _a (mm) | l _b (mm) | n _{fV} | n _{fH} | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-----|----------------------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|---------------------------------------|----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度 | 基準地震動 S _s |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 3. 2 | 2. 2 | 182. 8 | 91. 39 | 91. 39 | 2 | 40. 8 | 40. 8 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | 2 | 196 | 373 | 196 | 235 | 正面方向 | 正面方向 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

| 部材 | F _w | | Q _w | |
|-----|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力 (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 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張り | $\sigma_t = 3$ | $f_{tw} = 113^*$ | $\sigma_t = 5$ | $f_{tw} = 135^*$ |
| | | せん断 | $\tau = 3$ | $f_{sw} = 113^*$ | $\tau = 5$ | $f_{sw} = 135^*$ |
| | | 組合せ | $\sigma_w = 4$ | $f_w = 113^*$ | $\sigma_w = 6$ | $f_w = 135^*$ |

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

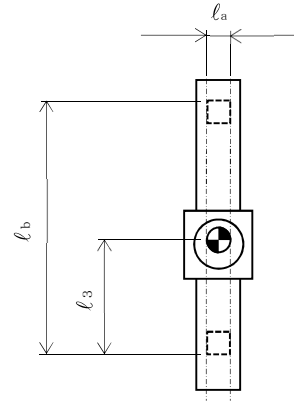
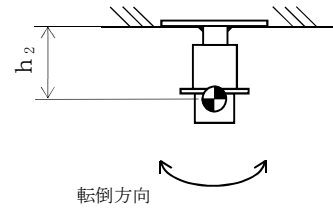
20

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

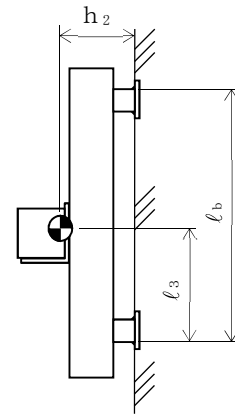
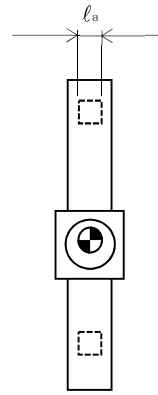
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|--------------------------------------|------|-------------|----------|
| サプレッションチェンバ プール水位 (E22-LT010A) | 水平方向 | 1.12 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.06 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)

【サブプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|---------------------------------------|---------|--|---------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| サブプレッションチェンバ プール水位 (E22-LT010C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8.200 (T. M. S. L. -1.700*) | □ | 0.05 以下 | C _H =0.59 | C _V =0.63 | C _H =1.36 | C _V =1.27 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッションチェンバプール水位

| 部材 | m (kg) | h ₂ (mm) | s (mm) | a (mm) | A _w (mm ²) | A _{w1} (mm ²) | A _{w2} (mm ²) | n | b ₁ (mm) | b ₂ (mm) | l ₃ (mm) | l _a (mm) | l _b (mm) | n _{fV} | n _{fH} | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-----|-----------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|---|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|---------------------------------------|----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度 | 基準地震動 S _s |
| 溶接部 | □ | □ | 3.2 | 2.2 | 182.8 | 91.39 | 91.39 | 2 | 40.8 | 40.8 | □ | □ | □ | 1 | 2 | 196 | 373 | 196 | 235 | 正面方向 | 正面方向 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力 (単位：N)

| 部材 | F _w | | Q _w | |
|-----|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力 (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 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張り | $\sigma_t = 3$ | $f_{tw} = 113^*$ | $\sigma_t = 5$ | $f_{tw} = 135^*$ |
| | | せん断 | $\tau = 3$ | $f_{sw} = 113^*$ | $\tau = 5$ | $f_{sw} = 135^*$ |
| | | 組合せ | $\sigma_w = 4$ | $f_w = 113^*$ | $\sigma_w = 6$ | $f_w = 135^*$ |

すべて許容応力以下である。

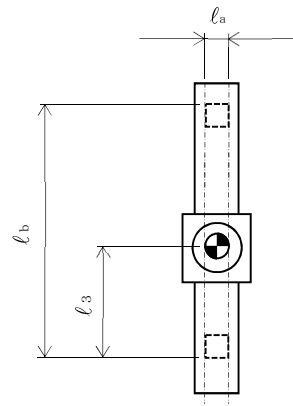
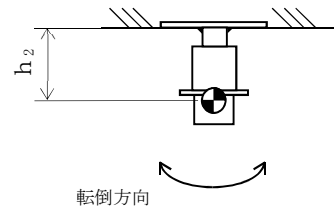
注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

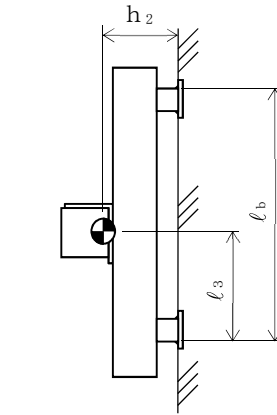
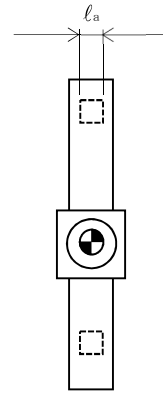
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|--------------------------------------|------|-------------|----------|
| サプレッションチェンバ プール水位 (E22-LT010C) | 水平方向 | 1.12 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.06 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(正面方向)



(側面方向)

2. サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010B)

2.1 概要

本計算書は、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、サプレッションチェンバプール水位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を説明するものである。

サプレッションチェンバプール水位は、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気的機能維持評価を示す。

なお、サプレッションチェンバプール水位は、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形スタンションであるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンション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。

2.2 一般事項

2.2.1 構造計画

サプレッションチェンバプール水位の構造計画を表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>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器スターションに固定される。計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p> | <p>差圧式水位検出器</p> | <p>【サプレッションチェンバプール水位】</p> <p>(単位：mm)</p> |

2.3 固有周期

2.3.1 固有周期の確認

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表2-2に示す。

表2-2 固有周期 (単位：s)

| | | |
|----------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010B) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

2.4 構造強度評価

2.4.1 構造強度評価方法

サプレッションチェンバプール水位の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンション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。

2.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

2.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバプール水位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 2-3 に示す。

2.4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバプール水位の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 2-4 のとおりとする。

2.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバプール水位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 2-5 に示す。

2.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010B) 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。

表 2-3 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 |
|--------------|------|----------------------|---------|--------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 計測装置 | サプレッションチェンバ プール水位 | S | —* | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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を適用する。

表 2-4 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 (ボルト等) | |
|------------------|----------------------|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A 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 2-5 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|-------|-------------------|--------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | 周囲環境温度 | | | | |
| 基礎ボルト | SS400 (40mm<径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | — |

2.5 機能維持評価

2.5.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッションチェンバプール水位の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンション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。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、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 2-6 に示す。

表 2-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|----------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010B) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

2.6 評価結果

2.6.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションチェンバプール水位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気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

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|---------------------------------------|---------|--|----------------------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| サブプレッションチェンバ プール水位 (E22-LT010B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8.200 (T. M. S. L. -1.700*) | <input type="text"/> | 0.05 以下 | C _H =0.59 | C _V =0.63 | C _H =1.36 | C _V =1.27 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッションチェンバプール水位

| 部材 | m (kg) | h ₂ (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|----------------------|------------------------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 194 (40mm<径) | 373 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₃ (mm) | ℓ _a (mm) | ℓ _b (mm) | n _{fV} | n _{fH} | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------|-----------------|------------|-------------|--|----------------------|
| | | | | | | | | 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 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 2 | 2 | 194 | 232 | 正面方向 | 正面方向 |

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS400 | 引張り | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=116^*$ | $\sigma_b=3$ | $f_{ts}=139^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=2$ | $f_{sb}=89$ | $\tau_b=2$ | $f_{sb}=107$ |

すべて許容応力以下である。

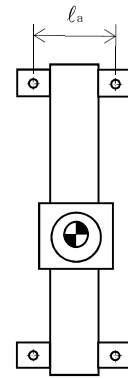
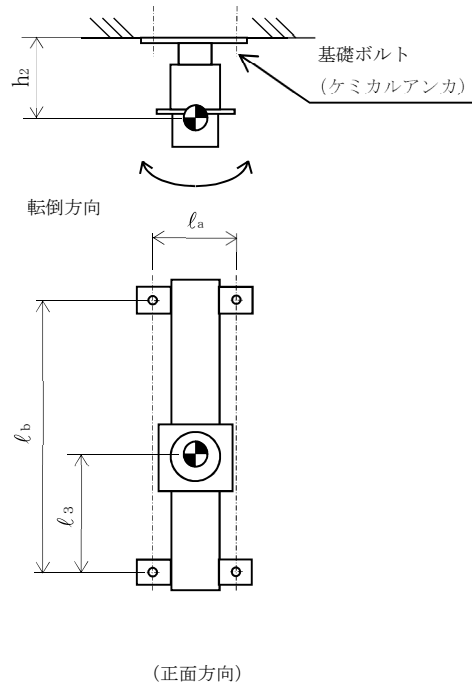
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

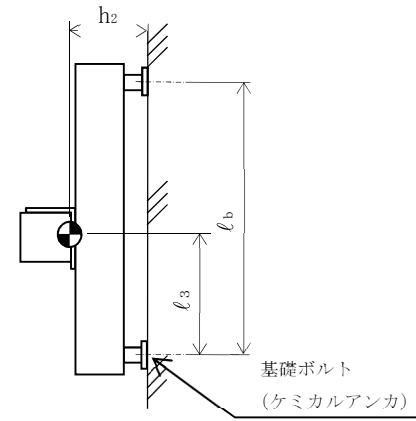
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|--------------------------------------|------|-------------|----------|
| サプレッションチェンバ プール水位 (E22-LT010B) | 水平方向 | 1.12 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.06 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(側面方向)



3. サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010D)

3.1 概要

本計算書は、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、サプレッションチェンバプール水位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。

サプレッションチェンバプール水位は、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、サプレッションチェンバプール水位が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の壁掛形であるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7 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。

3.2 一般事項

3.2.1 構造計画

サプレッションチェンバプール水位の構造計画を表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 | |
| <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。 計装ラックは、チャンネルベースにラック取付ボルトで設置する。</p> | <p>差圧式水位検出器</p> | <p>【サプレッションチェンバプール水位】</p> <p>(正面方向)</p> <p>(側面方向)</p> <p>(単位：mm)</p> |

3.3 固有周期

3.3.1 固有周期の確認

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-2に示す。

表 3-2 固有周期

(単位：s)

| | | |
|--------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (H22-P708) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

3.4 構造強度評価

3.4.1 構造強度評価方法

サプレッションチェンバプール水位の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7 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。

3.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

3.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバプール水位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 3-3 に示す。

3.4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバプール水位の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 3-4 のとおりとする。

3.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバプール水位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 に示す。

3.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010D) 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。

表 3-3 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 |
|--------------|------|----------------------|---------|--------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 計測装置 | サプレッションチェンバ プール水位 | S | —* | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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を適用する。

表 3-4 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 (ボルト等) | |
|------------------|----------------------|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A 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 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|----------|-------------------|--------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | 周囲環境温度 | 100 | | | |
| ラック取付ボルト | SS400 (40mm<径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | — |

3.5 機能維持評価

3.5.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッションチェンバプール水位の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7 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、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 3-6 に示す。

表 3-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|----------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010D) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

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

サプレッションチェンバプール水位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気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

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションチェンバプール水位 (E22-LT010D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|---------------------------------------|---------|--|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| サブプレッションチェンバ プール水位 (E22-LT010D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8.200 (T. M. S. L. -1.700*) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.59 | C _V =0.63 | C _H =1.36 | C _V =1.27 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッションチェンバプール水位 (H22-P708)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 12 (M12) | 113.1 | 8 | 194 (40mm<径) | 373 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ _{1 i} (mm) | ℓ _{2 i} (mm) | ℓ _{3 i} (mm) | n _{f v i} | n _{f h i} | F _i (MPa) | F _i [*] (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------|--------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| | | | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 2 | 4 | 194 | 232 | 側面方向 | 側面方向 |

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=3$ | $f_{ts2}=145^*$ | $\sigma_{b2}=6$ | $f_{ts2}=174^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=112$ | $\tau_{b2}=4$ | $f_{sb2}=134$ |

すべて許容応力以下である。

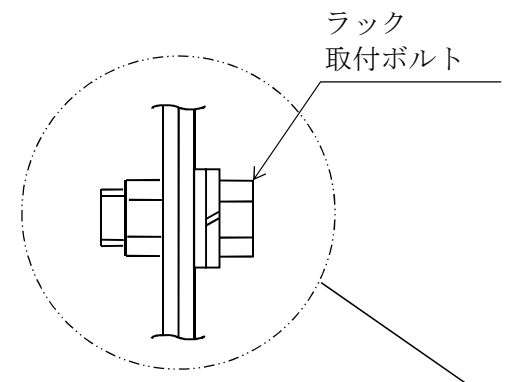
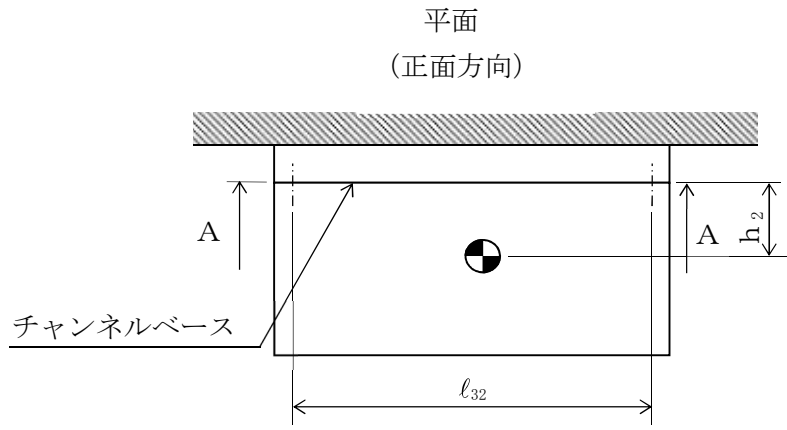
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

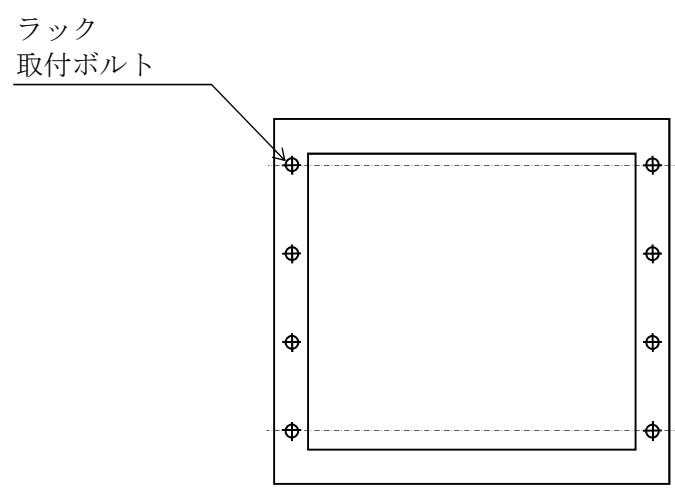
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|--------------------------------------|------|-------------|----------|
| サプレッションチェンバ プール水位 (E22-LT010D) | 水平方向 | 1.12 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.06 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

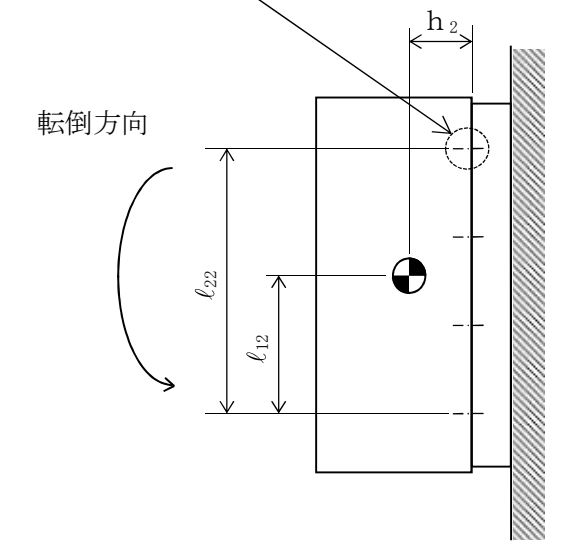
機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



側面
(側面方向)



A~A矢視図



4. サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT020)

4.1 概要

本計算書は、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、サプレッションチェンバプール水位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。

サプレッションチェンバプール水位は、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。

4.2 一般事項

4.2.1 構造計画

サプレッションチェンバプール水位の構造計画を表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 | |
| <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器スターションに固定される。計器スターションは、溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置する。</p> | <p>差圧式水位検出器</p> | <p>【サプレッションチェンバプール水位】</p> <p>(単位：mm)</p> |

4.2.2 評価方針

サプレッションチェンバプール水位の応力評価は、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、「4.2.1 構造計画」にて示すサプレッションチェンバプール水位の部位を踏まえ「4.3 評価部位」にて設定する箇所において、「4.4 固有周期」で確認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。また、サプレッションチェンバプール水位の機能維持評価は、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、「4.6 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「4.7 評価結果」に示す。

サプレッションチェンバプール水位の耐震評価フローを図4-1に示す。

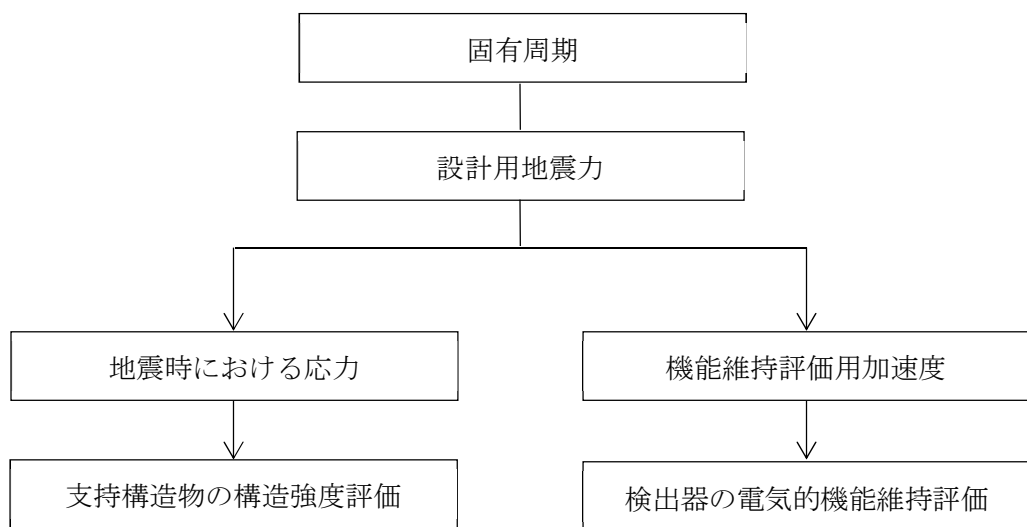


図4-1 サプレッションチェンバプール水位の耐震評価フロー

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。

- ・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 ((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・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)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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 | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| A_w | 溶接部の有効断面積 | mm ² |
| A_{w1} | 鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積 | mm ² |
| A_{w2} | 鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し前後方向の水平方向地震により作用する応力に対する溶接部の有効断面積 | mm ² |
| b_1, b_2 | 溶接の有効長さ | mm |
| b_3 | b_1, b_2 の溶接部における溶接長さの短い方の値 | mm |
| C_H | 水平方向設計震度 | — |
| C_V | 鉛直方向設計震度 | — |
| F | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1) に定める値 | MPa |
| F^* | 設計・建設規格 SSB-3121.3 に定める値 | MPa |
| F_w | 溶接部に作用する引張力 | N |
| F_{w1} | 鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 ($(1 - C_V) \geq 0$ の場合) | N |
| F_{w2} | 鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 ($(1 - C_V) < 0$ の場合) | N |
| F_{w3} | 鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張力 | N |
| f_{sw} | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| f_{tw} | 溶接部の許容引張応力 | MPa |
| f_w | 溶接部の許容組合せ応力 | MPa |
| g | 重力加速度 (=9.80665) | m/s ² |
| h_1 | 据付面から重心までの距離 | mm |
| ℓ_1 | 重心と溶接部端部との距離* | mm |
| ℓ_2 | 重心と溶接部端部との距離* | mm |
| m | 計器スタンションの質量 | kg |
| n | 溶接箇所数 | — |
| n_{f1} | 評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数 (正面方向転倒) | — |
| n_{f2} | 評価上引張力を受けるとして期待する溶接箇所数 (側面方向転倒) | — |
| Q_w | 溶接部に作用するせん断力 | N |
| s | 溶接脚長 | mm |

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---------------|--|-----|
| 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 |
| σ_t | 溶接部に生じる引張応力 | MPa |
| σ_{t1} | 鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張応力 ($(1 - C_v) \geq 0$ の場合) | MPa |
| σ_{t2} | 鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し左右方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張応力 ($(1 - C_v) < 0$ の場合) | MPa |
| σ_{t3} | 鉛直方向地震及び直立形計器スタンションの据付面に対し前後方向の水平方向地震により溶接部に作用する引張応力 | MPa |
| σ_w | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

注記* : $l_1 \leq l_2$

4.2.5 計算精度と数値の丸め方

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 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 ^{*1} |
| 面積 | mm ² | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 ^{*2} |
| 力 | N | 有効数字 5 桁目 | 四捨五入 | 有効数字 4 桁 ^{*2} |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力 ^{*3} | MPa | 小数点以下第 1 位 | 切捨て | 整数位 |

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：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

サプレッションチェンバプール水位の耐震評価は「4.5.1 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溶接部について評価を実施する。

サプレッションチェンバプール水位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 基本方針

サプレッションチェンバプール水位の固有周期は、振動試験（自由振動試験）にて求める。

4.4.2 固有周期の確認方法

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。サプレッションチェンバプール水位の外形図を表 4-1 の概略構造図に示す。

4.4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-3 に示す。試験の結果、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 4-3 固有周期

(単位：s)

| | | |
|---------------------------------|----|---------|
| サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT020) | 水平 | □ |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

4.5 構造強度評価

4.5.1 構造強度評価方法

- (1) 計器スタンションの質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は計器スタンションに対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 計器スタンションは溶接により基礎に埋め込まれた埋込金物に設置されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、正面方向及び側面方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 計器スタンションの重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

4.5.2 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

サプレッションチェンバプール水位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

サプレッションチェンバプール水位の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-5 のとおりとする。

4.5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバプール水位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 |
|--------------|------|----------------------|---------|--------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 計測装置 | サプレッションチェンバ プール水位 | S | —* | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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, *3} (ボルト等以外) | |
|------------------|--|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A 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。

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|------|---------|--------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | 周囲環境温度 | 100 | 196 | 373 | — |
| 溶接部 | STKR400 | 周囲環境温度 | 100 | 196 | 373 | — |

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。

「弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度」, 「基準地震動 S_s」による地震力は, 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 (設計基準対象施設)

| 機器名称 | 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 | |
|-------------------------------------|-------------------------------|----------|----------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 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 |
| サプレッションチ ェンバプール水位 (T31-LT020) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | □ | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 |

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 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、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りとせん断力について計算する。

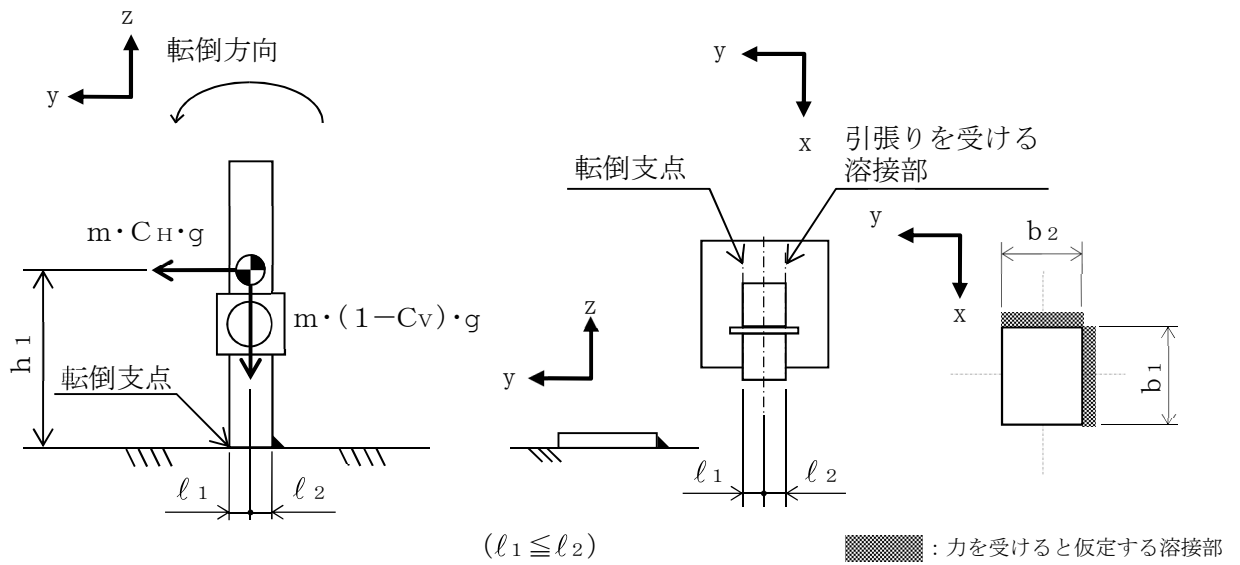


図4-2 計算モデル（正面方向（ $(1 - C_v) \geq 0$ の場合））

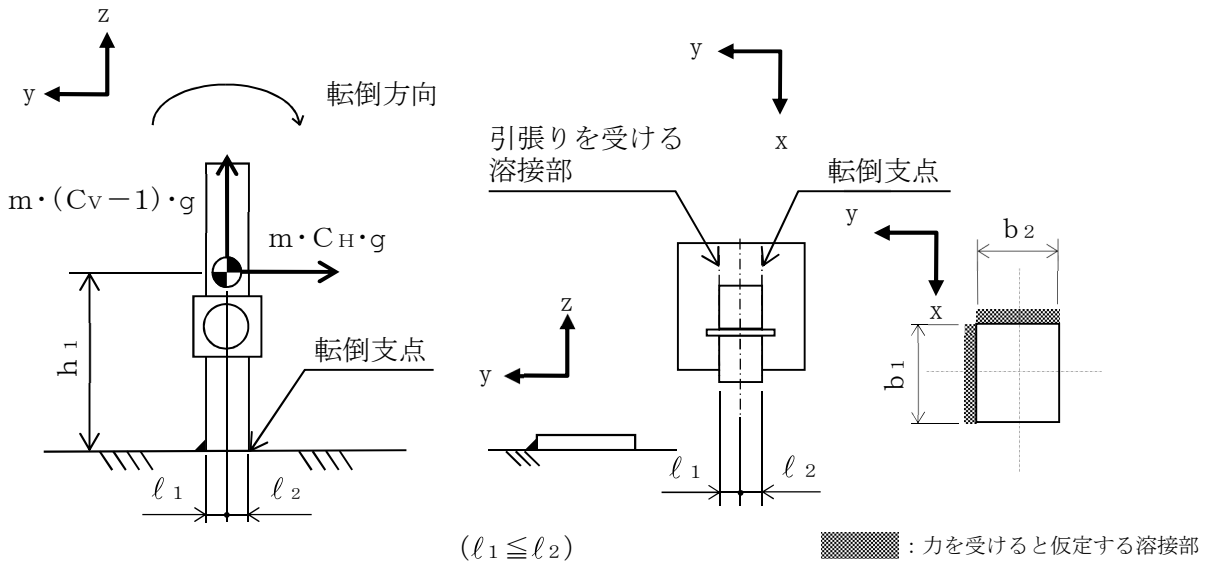


図4-3 計算モデル（正面方向（ $(1 - C_v) < 0$ の場合））

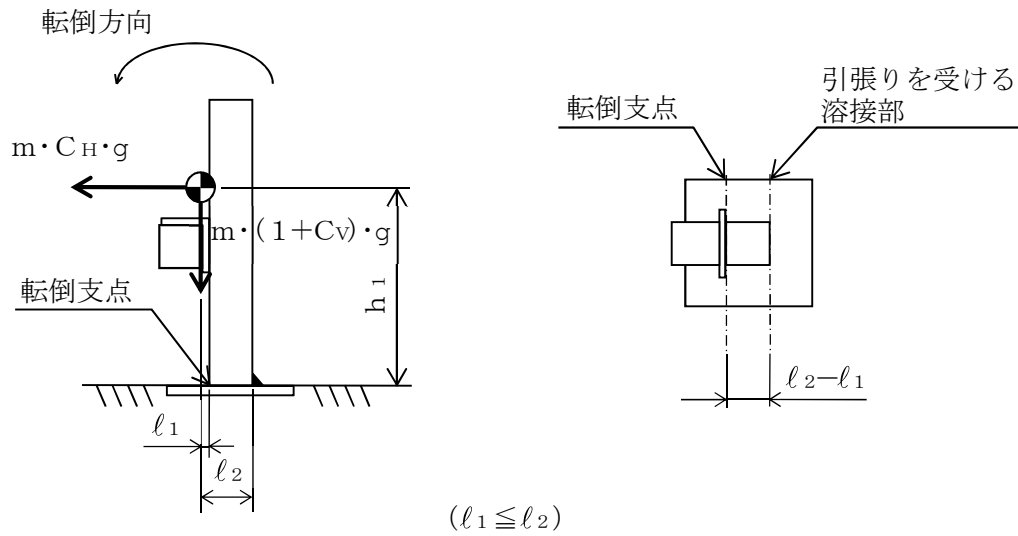


図4-4 計算モデル（側面方向）

(1) 引張応力

溶接部に対する引張力は、図4-2、図4-3及び図4-4それぞれの溶接部を支点とする転倒を考え、これを片側の溶接断面積で受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図4-2の場合の引張力

$$F_{w1} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_1}{n_{f1} \cdot (l_1 + l_2)} \quad \dots \quad (4.5.4.1.1.1)$$

計算モデル図4-3の場合の引張力

$$F_{w2} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 - m \cdot g \cdot (1 - C_V) \cdot l_2}{n_{f1} \cdot (l_1 + l_2)} \quad \dots \quad (4.5.4.1.1.2)$$

計算モデル図4-4の場合の引張力

$$F_{w3} = \frac{m \cdot g \cdot C_H \cdot h_1 + m \cdot g \cdot (1 + C_V) \cdot l_1}{n_{f2} \cdot (l_2 - l_1)} \quad \dots \quad (4.5.4.1.1.3)$$

$$F_w = \text{Max} (F_{w1}, F_{w2}, F_{w3}) \quad \dots \quad (4.5.4.1.1.4)$$

引張応力

$$\sigma_{t1} = \frac{F_{w1}}{A_{w1}} \quad \dots \quad (4.5.4.1.1.5)$$

$$\sigma_{t2} = \frac{F_{w2}}{A_{w1}} \quad \dots \quad (4.5.4.1.1.6)$$

$$\sigma_{t3} = \frac{F_{w3}}{A_{w2}} \quad \dots \quad (4.5.4.1.1.7)$$

ここで、溶接部の有効断面積 A_{w1} 及び A_{w2} は、次式により求める。

$$A_{w1} = a \cdot b_1 \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.8)$$

$$A_{w2} = a \cdot b_2 \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.9)$$

ただし、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.10)$$

$$\sigma_t = \text{Max}(\sigma_{t1}, \sigma_{t2}, \sigma_{t3}) \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.11)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、各方向の有効せん断面積で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_w = m \cdot g \cdot C_H \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.12)$$

せん断応力

$$\tau = \frac{Q_w}{n \cdot A_w} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.13)$$

ここで、せん断力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot b_3 \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.14)$$

ただし、 b_3 は b_1 、 b_2 の溶接部における溶接長さの短い方とする。

(3) 組合せ応力

溶接に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t)^2 + \tau^2} \quad \dots\dots\dots (4.5.4.1.1.15)$$

4.5.5 計算条件

4.5.5.1 溶接部の応力計算条件

溶接部の応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションチェンバプールの水位 (T31-PT020) 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 溶接部の応力評価

4.5.4.1 項で求めた溶接部の各応力は以下の表に示す許容応力以下であること。

| | 弾性設計用地震動 S_d 又は 静的震度による荷重との組合せ の場合 | 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 f_{tw} | $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力 f_{sw} | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

4.6 機能維持評価

4.6.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッションチェンバプール水位の電氣的機能維持評価については以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は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 により定まる応答加速度を設定する。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、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 4-8 に示す。

表 4-8 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT020) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

4.7 評価結果

4.7.1 設計基準対象施設としての評価結果

サプレッションチェンバプール水位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気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

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションチェンバプール水位 (T31-LT020) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|--------------------------------------|---------|-------------------------------|---------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| サブプレッションチェンバ プール水位 (T31-LT020) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | □ | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 サプレッションチェンバプール水位

| 部材 | m (kg) | h ₁ (mm) | s (mm) | a (mm) | A _w (mm ²) | A _{w1} (mm ²) | A _{w2} (mm ²) | b ₁ (mm) | b ₂ (mm) | b ₃ (mm) | ℓ ₁ (mm) | ℓ ₂ (mm) | n | n _{f1} | n _{f2} | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-----|-----------|------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|---|-----------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|---------------------------------------|----------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は静的震度 | 基準地震動 S _s |
| 溶接部 | □ | □ | 3.2 | 2.2 | 181.0 | 181.0 | 181.0 | 80.8 | 80.8 | 80.8 | □ | □ | 1 | 1 | — | 196 | 373 | 196 | 235 | 側面方向 | 側面方向 |
| | | | | | | | | | | | □ | □ | | | | | | | | | |

注記* : 各溶接部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 溶接部に作用する力 (単位：N)

| 部材 | F _w | | Q _w | |
|-----|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力 (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 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張り | $\sigma_t = 4$ | $f_{tw} = 113^*$ | $\sigma_t = 8$ | $f_{tw} = 135^*$ |
| | | せん断 | $\tau = 1$ | $f_{sw} = 113^*$ | $\tau = 2$ | $f_{sw} = 135^*$ |
| | | 組合せ | $\sigma_w = 4$ | $f_w = 113^*$ | $\sigma_w = 8$ | $f_w = 135^*$ |

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

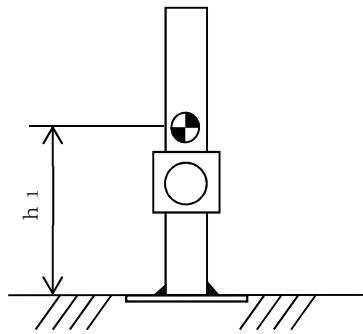
69

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

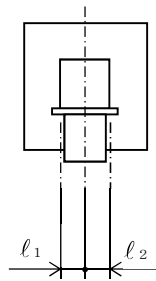
| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------------------|------|-------------|----------|
| サプレッションチェンバ プール水位 (T31-LT020) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

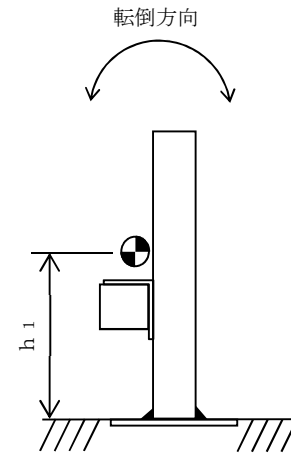
機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



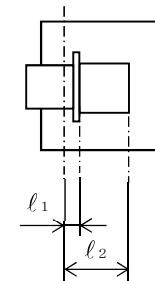
(正面方向)



$(l_1 \leq l_2)$



(側面方向)



$(l_1 \leq l_2)$

5. サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT021)

5.1 概要

本計算書は、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、サプレッションチェンバプール水位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を説明するものである。

サプレッションチェンバプール水位は、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気的機能維持評価を示す。

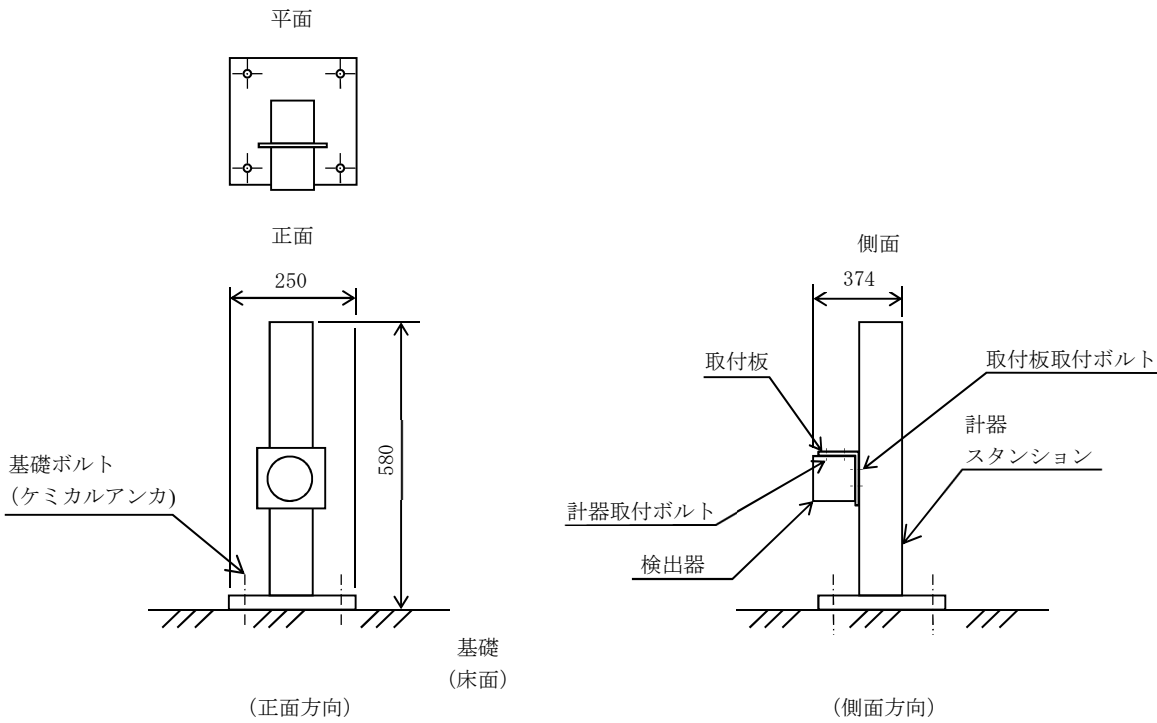
なお、サプレッションチェンバプール水位は、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形スタンションであるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンションの耐震性についての計算書作成の基本方針」に基づき評価を実施する。

5.2 一般事項

5.2.1 構造計画

サプレッションチェンバプール水位の構造計画を表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 | |
| <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器スターションに固定される。計器スターションは、基礎に基礎ボルトで設置する。</p> | <p>差圧式水位検出器</p> | <p>【サプレッションチェンバプール水位】</p>  <p>(単位：mm)</p> |

5.3 固有周期

5.3.1 固有周期の確認

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表5-2に示す。

表5-2 固有周期 (単位：s)

| | | |
|---------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT021) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

5.4 構造強度評価

5.4.1 構造強度評価方法

サプレッションチェンバプール水位の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンション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。

5.4.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

サプレッションチェンバプール水位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5-3に示す。

5.4.2.2 許容応力

サプレッションチェンバプール水位の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表5-4のとおりとする。

5.4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

サプレッションチェンバプール水位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5-5に示す。

5.4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【サプレッションチェンバプール水位（T31-LT021）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。

表 5-3 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 |
|--------------|------|----------------------|---------|--------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 計測装置 | サプレッションチェンバ プール水位 | S | —* | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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を適用する。

表 5-4 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 (ボルト等) | |
|------------------|----------------------|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A 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 5-5 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|-------|-------------------|--------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | 周囲環境温度 | | | | |
| 基礎ボルト | SS400 (40mm<径) | 周囲環境温度 | 100 | 194 | 373 | — |

5.5 機能維持評価

5.5.1 電氣的機能維持評価方法

サプレッションチェンバプール水位の電氣的機能維持評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-8 計器スタンション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。

スタンションに設置される検出器の機能確認済加速度は、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 5-6 に示す。

表 5-6 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---------------------------------|----|----------------------|
| サプレッションチェンバプール水位 (T31-LT021) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

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

サプレッションチェンバプール水位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気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

電気的機能維持評価の結果を次頁以降の表に示す。

【サブプレッションチェンバプール水位 (T31-LT021) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|--------------------------------------|---------|-------------------------------|----------------------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| サブプレッションチェンバ プール水位 (T31-LT021) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | <input type="text"/> | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 サブプレッションチェンバプール水位

| 部材 | m (kg) | h ₁ (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|----------------------|------------------------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 194 (40mm<径) | 373 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|----------------------|
| | | | | | | 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 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 2 | 194 | 232 | 側面方向 | 側面方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 2 | | | | |

注記* : 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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS400 | 引張り | $\sigma_b = 2$ | $f_{ts} = 116^*$ | $\sigma_b = 3$ | $f_{ts} = 139^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 1$ | $f_{sb} = 89$ | $\tau_b = 1$ | $f_{sb} = 107$ |

すべて許容応力以下である。

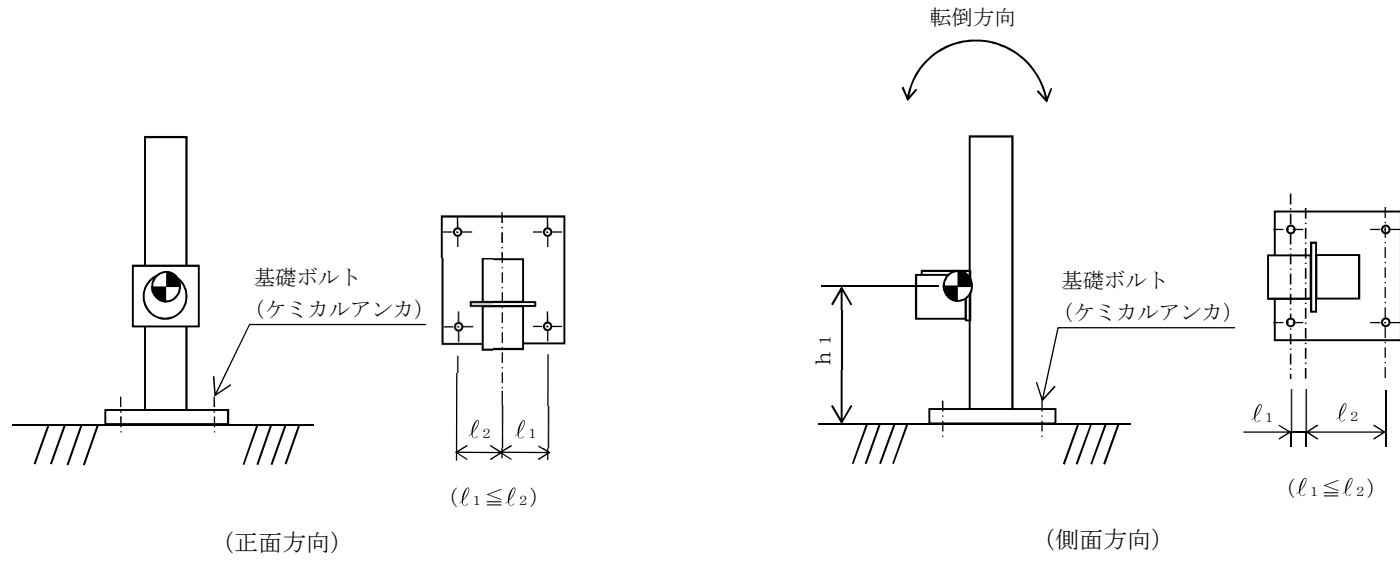
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------------------|------|-------------|----------|
| サプレッションチェンバ プール水位 (T31-LT021) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(8) 地震加速度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 | 4 |
| 2.4 記号の説明 | 5 |
| 2.5 計算精度と数値の丸め方 | 6 |
| 3. 評価部位 | 7 |
| 4. 固有周期 | 7 |
| 4.1 基本方針 | 7 |
| 4.2 固有周期の確認方法 | 7 |
| 4.3 固有周期の確認結果 | 7 |
| 5. 構造強度評価 | 9 |
| 5.1 構造強度評価方法 | 9 |
| 5.2 荷重の組合せ及び許容応力 | 9 |
| 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 | 9 |
| 5.2.2 許容応力 | 9 |
| 5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 | 9 |
| 5.3 設計用地震力 | 13 |
| 5.4 計算方法 | 14 |
| 5.4.1 応力の計算方法 | 14 |
| 5.5 計算条件 | 17 |
| 5.5.1 基礎ボルトの応力計算条件 | 17 |
| 5.6 応力の評価 | 18 |
| 5.6.1 ボルトの応力評価 | 18 |
| 6. 機能維持評価 | 19 |
| 6.1 電氣的機能維持評価方法 | 19 |
| 7. 評価結果 | 20 |
| 7.1 設計基準対象施設としての評価結果 | 20 |

1. 概要

本計算書は、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、地震加速度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を説明するものである。

地震加速度は、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気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

地震加速度の構造計画を表 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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地震加速度は、床に埋め込まれた基礎ボルトにより固定される。 | 加速度検出器 | <p>【地震加速度】</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">機器名称</th> <th colspan="12">地震加速度</th> </tr> <tr> <th>C71-D001A</th> <th>C71-D001B</th> <th>C71-D001C</th> <th>C71-D001D</th> <th>C71-D002A</th> <th>C71-D002B</th> <th>C71-D002C</th> <th>C71-D002D</th> <th>C71-D003A</th> <th>C71-D003B</th> <th>C71-D003C</th> <th>C71-D003D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> <td>320</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> <td>550</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> <td>340</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p> | 機器名称 | 地震加速度 | | | | | | | | | | | | C71-D001A | C71-D001B | C71-D001C | C71-D001D | C71-D002A | C71-D002B | C71-D002C | C71-D002D | C71-D003A | C71-D003B | C71-D003C | C71-D003D | たて | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 横 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 高さ | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 |
| 機器名称 | 地震加速度 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | C71-D001A | C71-D001B | C71-D001C | C71-D001D | C71-D002A | C71-D002B | C71-D002C | C71-D002D | C71-D003A | C71-D003B | C71-D003C | C71-D003D | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| たて | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | 320 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 横 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | 550 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 高さ | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | 340 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.2 評価方針

地震加速度の応力評価は、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、「2.1 構造計画」にて示す地震加速度の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 固有周期」で測定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. 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、地震加速度の機能維持評価は、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、「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「7. 評価結果」に示す。

地震加速度の耐震評価フローを図2-1に示す。

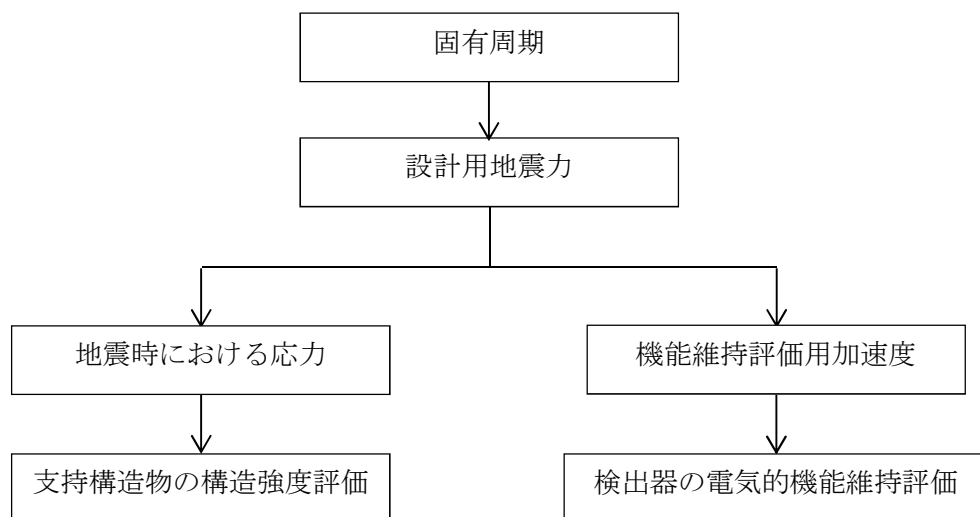


図2-1 地震加速度の耐震評価フロー

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。

- ・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
（(社) 日本電気協会）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 （(社) 日本電気協会）
- ・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）
- ・発電用原子炉設備規格 設計・建設規格 （(社) 日本機械学会, 2005/2007）（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 |
|------------|---|----------------|
| A_b | ボルトの軸断面積 | mm^2 |
| C_H | 水平方向設計震度 | — |
| C_V | 鉛直方向設計震度 | — |
| d | ボルトの呼び径 | mm |
| F | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| F^* | 設計・建設規格 SSB-3133 に定める値 | MPa |
| F_b | ボルトに作用する引張力 (1本あたり) | N |
| f_{sb} | せん断力のみを受けるボルトの許容せん断応力 | MPa |
| f_{to} | 引張力のみを受ける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ボルトの許容引張応力 | MPa |
| g | 重力加速度 (=9.80665) | m/s^2 |
| h | 据付面又は取付面から重心までの距離 | mm |
| l_1 | 重心とボルト間の水平方向距離* | mm |
| l_2 | 重心とボルト間の水平方向距離* | mm |
| m | 質量 | kg |
| n | ボルトの本数 | — |
| n_f | 評価上引張力を受けるとして期待するボルトの本数 | — |
| Q_b | 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 |
| π | 円周率 | — |
| σ_b | ボルトに生じる引張応力 | MPa |
| τ_b | ボルトに生じるせん断応力 | MPa |

注記* : $l_1 \leq l_2$

2.5 計算精度と数値の丸め方

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 |
|--------|-----------------|----------|------|----------|
| 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*1 |
| 面積 | mm ² | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| 力 | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*3 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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：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

地震加速度の耐震評価は、「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について実施する。

地震加速度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. 固有周期

4.1 基本方針

地震加速度の固有周期は、振動試験（加振試験）にて求める。

4.2 固有周期の確認方法

振動試験装置により固有振動数を測定する。地震加速度の外形図を表 2-1 の概略構造図に示す。

4.3 固有周期の確認結果

固有周期の確認結果を表 4-1 に示す。測定の結果、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 4-1 固有周期

(单位 : s)

| | | |
|----------------------|----|---------|
| 地震加速度 (C71-D001A) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D001B) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D001C) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D001D) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D002A) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D002B) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D002C) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D002D) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D003A) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D003B) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D003C) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |
| 地震加速度 (C71-D003D) | 水平 | 0.05 以下 |
| | 鉛直 | 0.05 以下 |

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

- (1) 地震加速度の質量は重心に集中しているものとする。
- (2) 地震力は地震加速度に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (3) 地震加速度は基礎ボルトで床面に固定されており、固定端とする。
- (4) 転倒方向は、長辺方向及び短辺方向について検討し、計算書には結果の厳しい方（許容値／発生値の小さい方をいう。）を記載する。
- (5) 地震加速度の重心位置については、転倒方向を考慮して、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定して耐震性の計算を行うものとする。
- (6) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

地震加速度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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

地震加速度の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

地震加速度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 5-3 に示す。

表 5-1 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 |
|--------------|---------------|--------|---------|--------|-----------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 原子炉 非常停止信号 | 地震加速度大 | S | —* | $D + P_D + M_D + S_d$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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を適用する。

表 5-2 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 (ボルト等) | |
|------------------|----------------------|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A 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 5-3 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|-------|-------------------|--------------|----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | 周囲環境温度 | | | | |
| 基礎ボルト | SS41* (40mm<径) | 周囲環境温度 | 40 | 215 | 400 | — |

注記* : SS400 相当

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 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、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 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 機器名称 | 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 | |
|----------------------|-------------------------------|-------------|-------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | | 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 |
| 地震加速度 (C71-D001A) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 58 | C _V =0. 62 | C _H =1. 18 | C _V =1. 24 |
| 地震加速度 (C71-D001B) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 58 | C _V =0. 62 | C _H =1. 18 | C _V =1. 24 |
| 地震加速度 (C71-D001C) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 58 | C _V =0. 62 | C _H =1. 18 | C _V =1. 24 |
| 地震加速度 (C71-D001D) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 58 | C _V =0. 62 | C _H =1. 18 | C _V =1. 24 |
| 地震加速度 (C71-D002A) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 58 | C _V =0. 62 | C _H =1. 18 | C _V =1. 24 |
| 地震加速度 (C71-D002B) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 58 | C _V =0. 62 | C _H =1. 18 | C _V =1. 24 |
| 地震加速度 (C71-D002C) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 58 | C _V =0. 62 | C _H =1. 18 | C _V =1. 24 |
| 地震加速度 (C71-D002D) | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 58 | C _V =0. 62 | C _H =1. 18 | C _V =1. 24 |
| 地震加速度 (C71-D003A) | 原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 78 | C _V =0. 72 | C _H =1. 53 | C _V =1. 41 |
| 地震加速度 (C71-D003B) | 原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 78 | C _V =0. 72 | C _H =1. 53 | C _V =1. 41 |
| 地震加速度 (C71-D003C) | 原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 78 | C _V =0. 72 | C _H =1. 53 | C _V =1. 41 |
| 地震加速度 (C71-D003D) | 原子炉建屋 T. M. S. L. 23. 500* | 0. 05 以下 | 0. 05 以下 | C _H =0. 78 | C _V =0. 72 | C _H =1. 53 | C _V =1. 41 |

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

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。

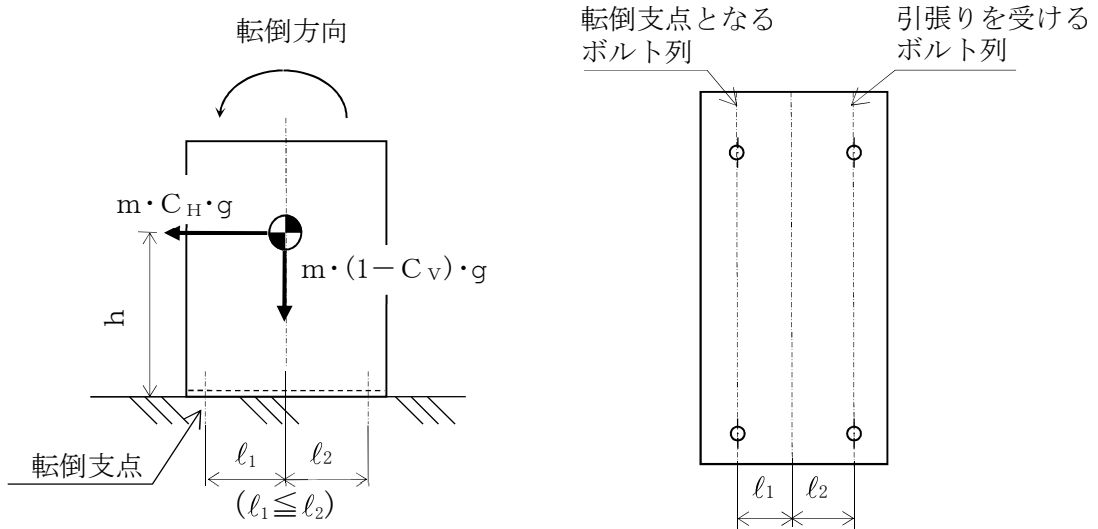


図5-1(1) 計算モデル（短辺方向転倒） $(1 - C_V) \geq 0$ の場合

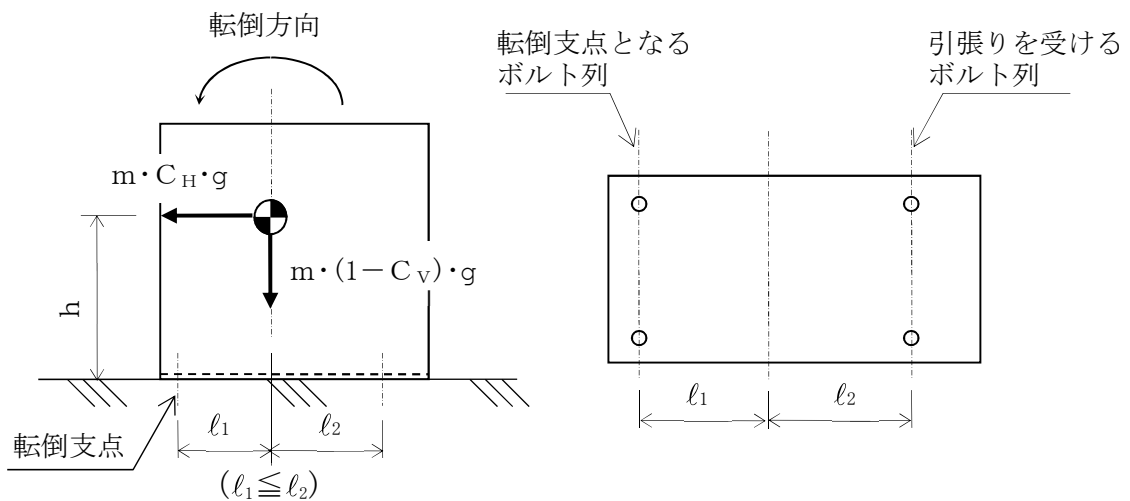


図5-1(2) 計算モデル（長辺方向転倒） $(1 - C_V) \geq 0$ の場合

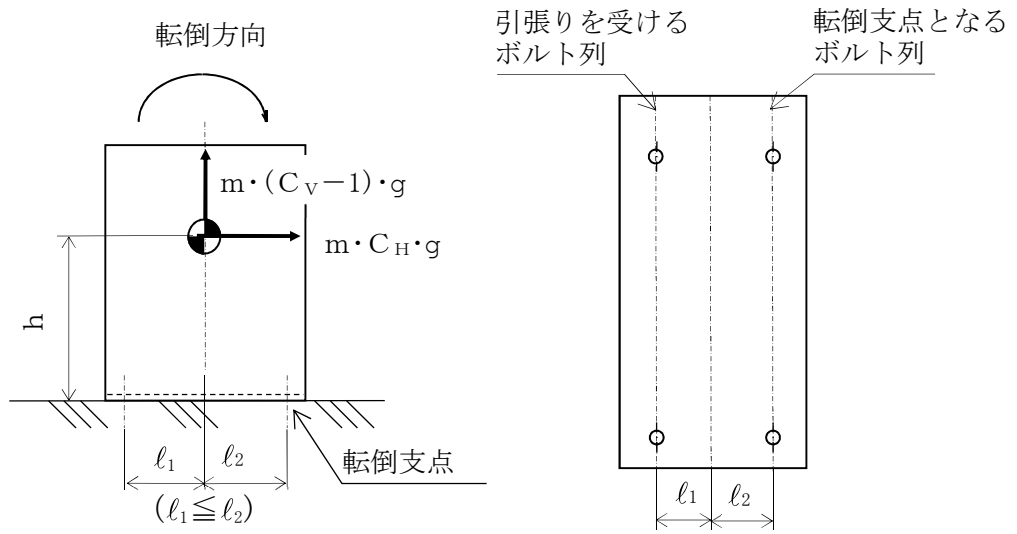


図5-1(3) 計算モデル (短辺方向転倒) $(1 - C_V) < 0$ の場合

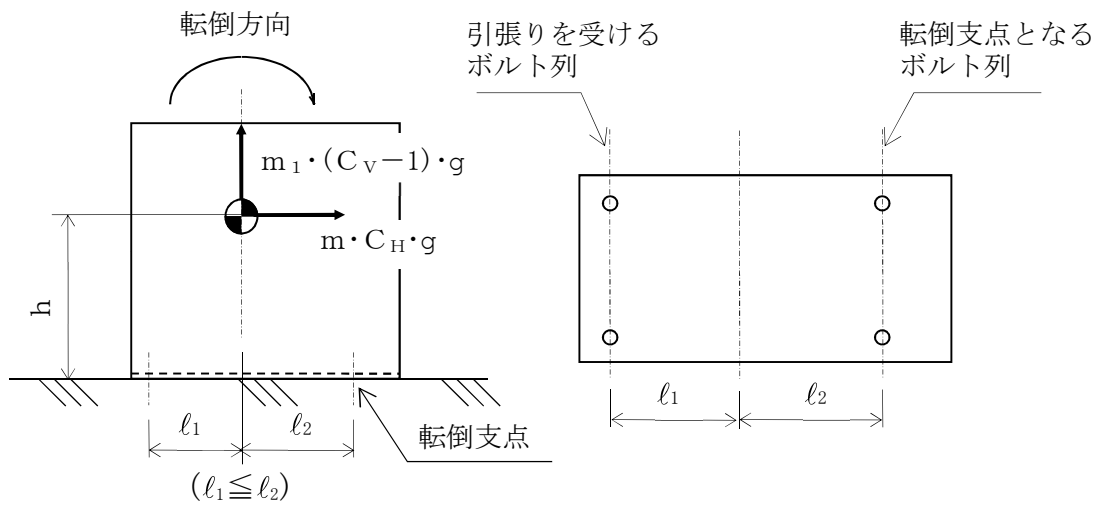


図5-1(4) 計算モデル (長辺方向転倒) $(1 - C_V) < 0$ の場合

(1) 引張応力

基礎ボルトに対する引張力は、図5-1でそれぞれのボルトを支点とする転倒を考え、これを片側のボルトで受けるものとして計算する。

引張力

計算モデル図5-1(1)(2)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot l_1 \cdot g}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

計算モデル図5-1(3)(4)の場合の引張力

$$F_b = \frac{m \cdot C_H \cdot h \cdot g - m \cdot (1 - C_V) \cdot l_2 \cdot g}{n_f \cdot (l_1 + l_2)} \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

引張応力

$$\sigma_b = \frac{F_b}{A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

ここで、基礎ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

(2) せん断応力

基礎ボルトに対するせん断力は、ボルト全本数で受けるものとして計算する。

せん断力

$$Q_b = m \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

5.5 計算条件

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【地震加速度 (C71-D001A) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D001B) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D001C) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D001D) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D002A) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D002B) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D002C) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D002D) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D003A) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D003B) の耐震性についての計算結果】、【地震加速度 (C71-D003C) の耐震性についての計算結果】及び【地震加速度 (C71-D003D) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 ボルトの応力評価

5.4.1項で求めたボルトの引張応力 σ_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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (5.6.1.1)$$

せん断応力 τ_b は、せん断力のみを受ける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。

| | 弾性設計用地震動 S d 又は 静的震度による 荷重との組合せの場合 | 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 f_{to} | $\frac{F}{2} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力 f_{sb} | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

地震加速度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は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 により定まる応答加速度を設定する。

地震加速度の機能確認済加速度は、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 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|----------------------|----|----------|
| 地震加速度 (C71-D001A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D001B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D001C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D001D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D002A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D002B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D002C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D002D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D003A) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D003B) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D003C) | 水平 | |
| | 鉛直 | |
| 地震加速度 (C71-D003D) | 水平 | |
| | 鉛直 | |

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

地震加速度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。

【地震加速度 (C71-D001A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|-------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D001A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b=1$ | $f_{ts}=161^*$ | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=124$ | $\tau_b=2$ | $f_{sb}=148$ |

すべて許容応力以下である。

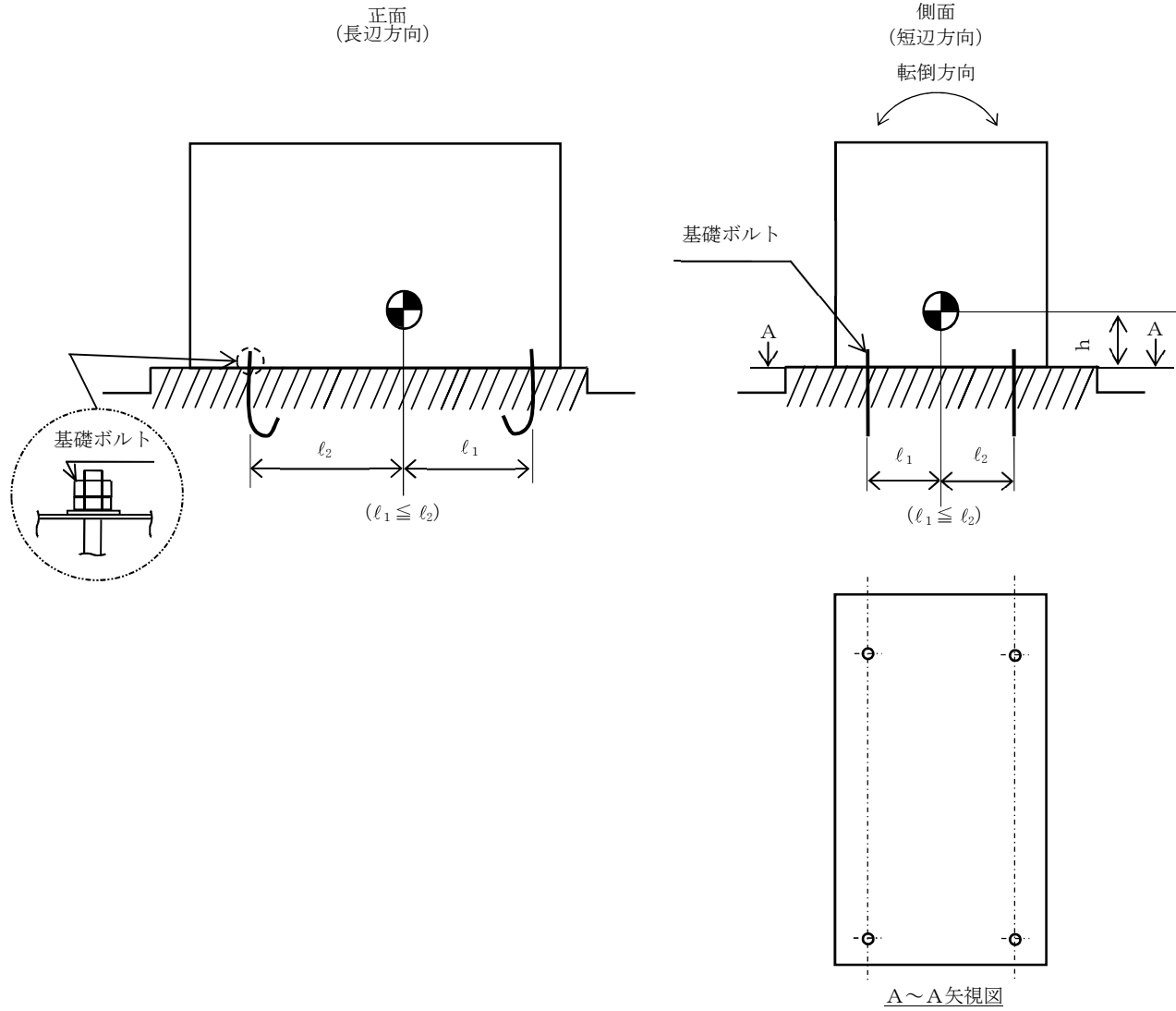
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D001A) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D001B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|-------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D001B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 2$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 1$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

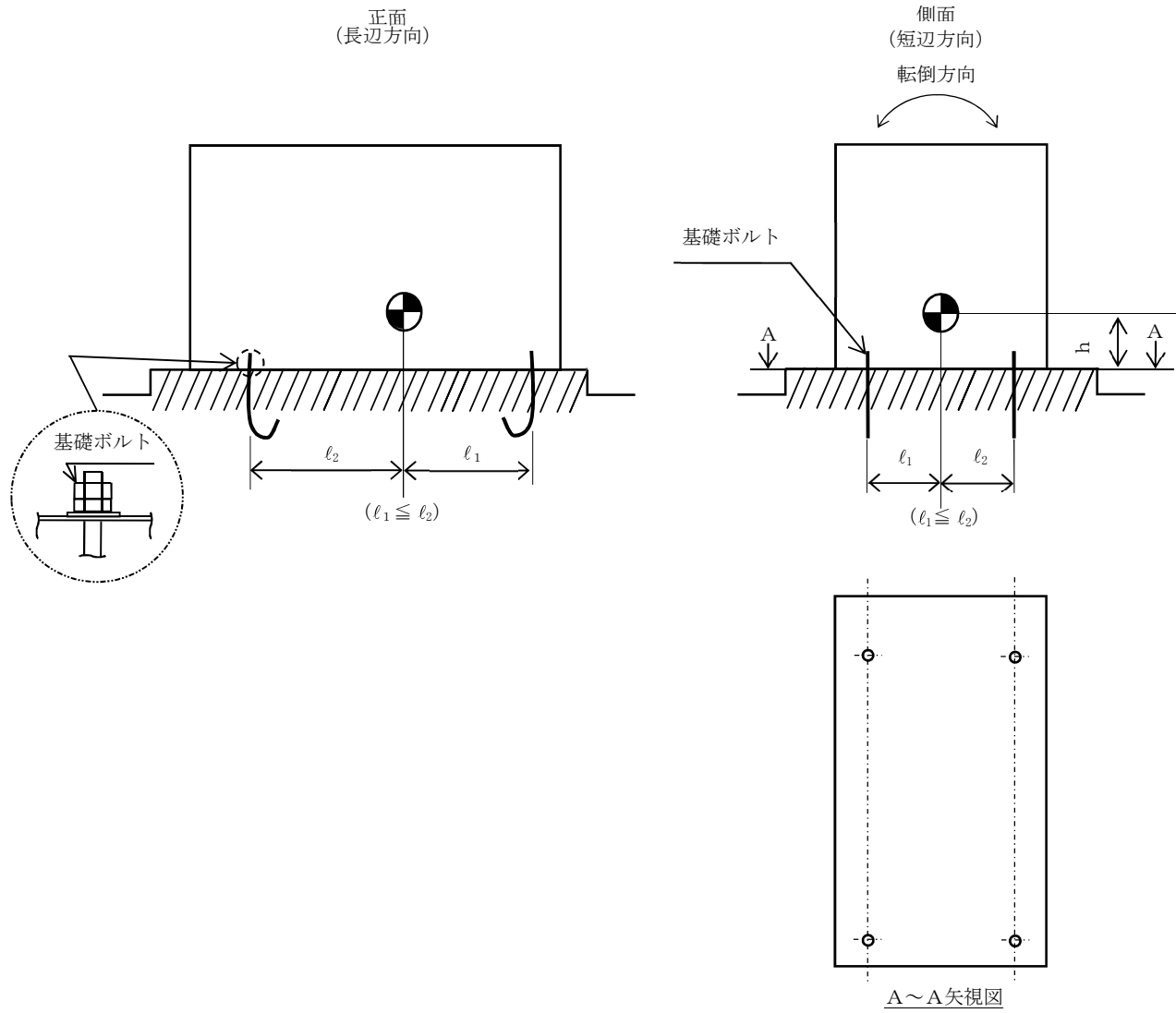
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D001B) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D001C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|-------------------------------|---------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D001C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 2$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 1$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

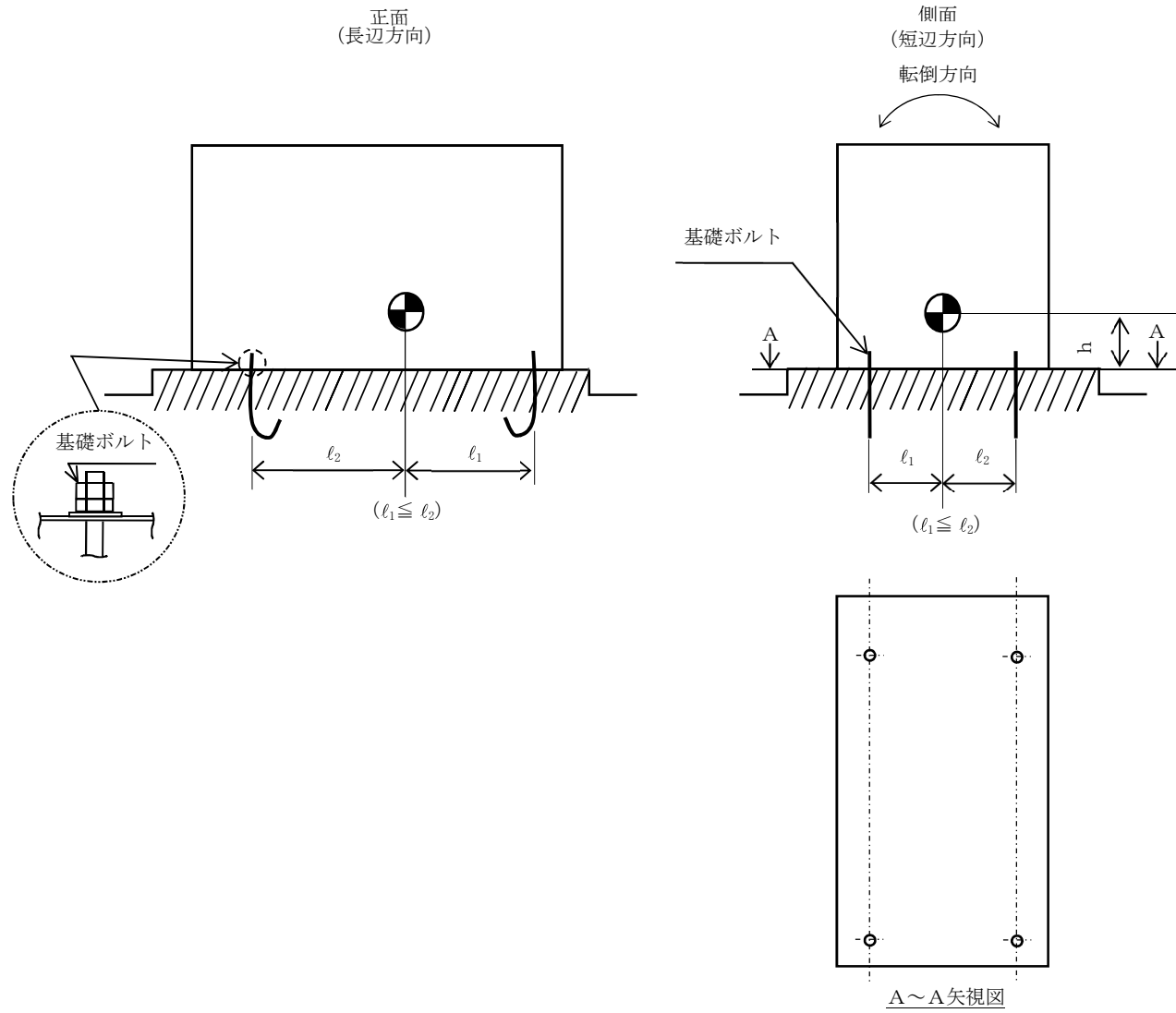
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D001C) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D001D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|-------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D001D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 2$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 1$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

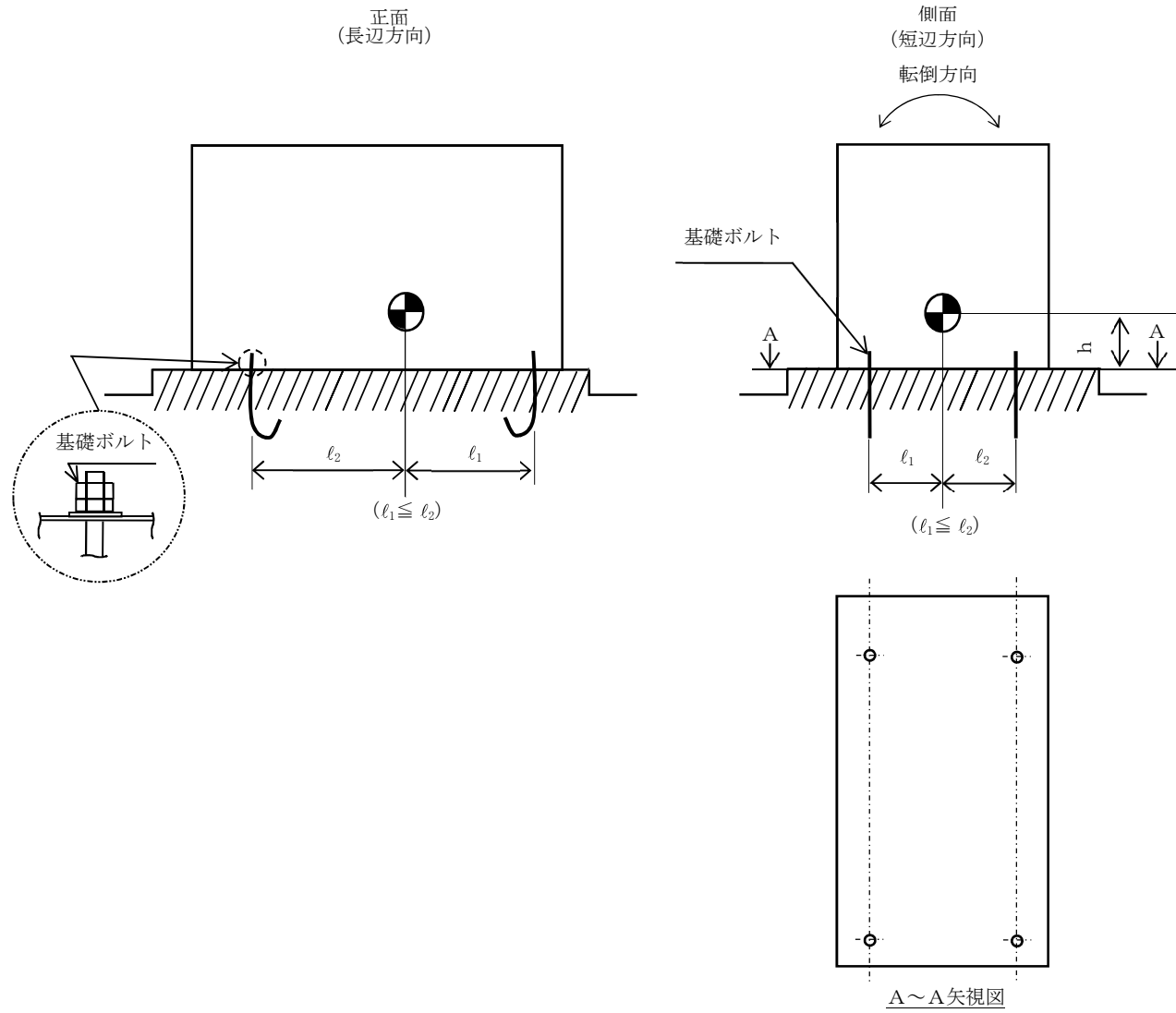
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D001D) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D002A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|-------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D002A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 2$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 1$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

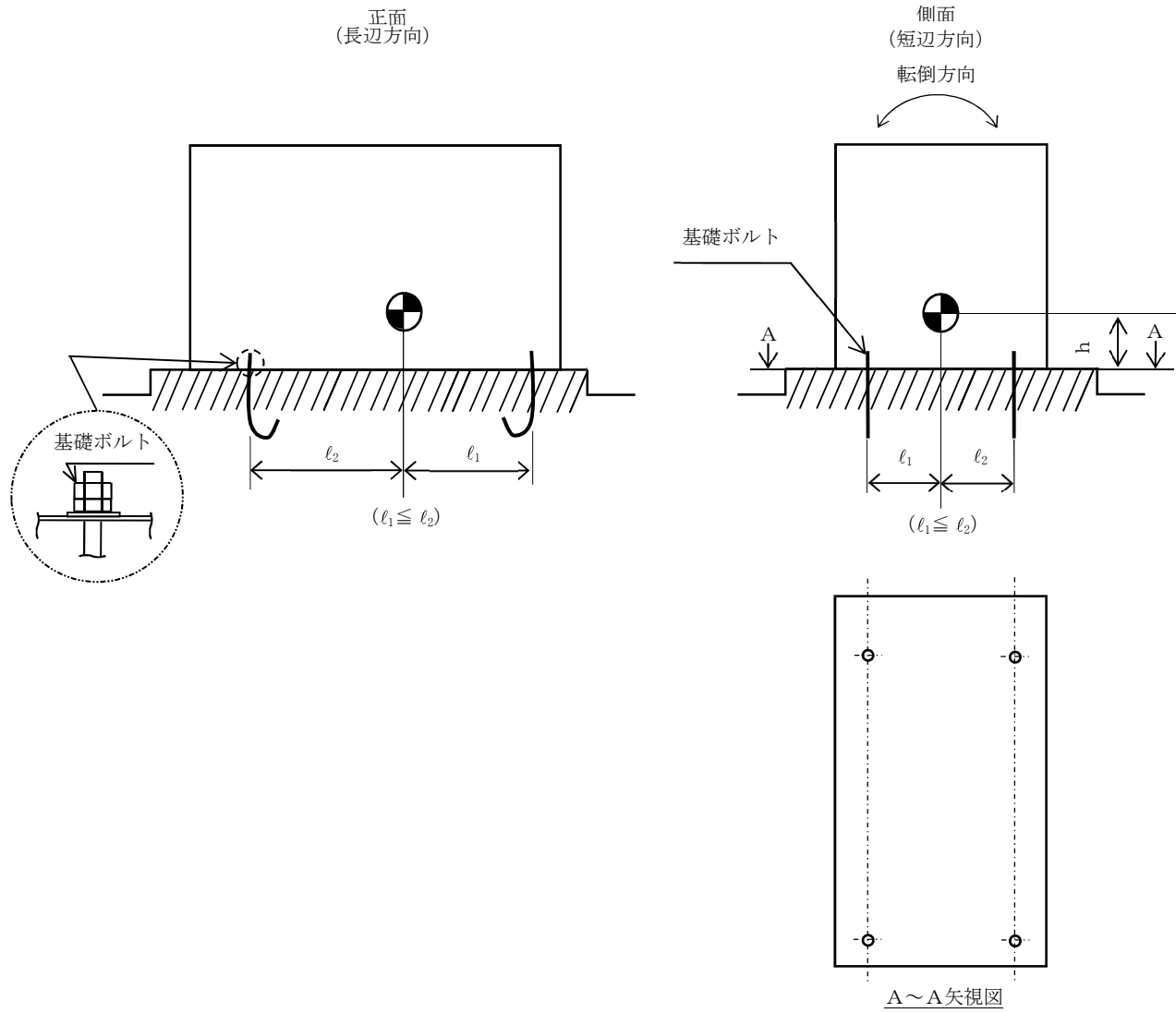
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D002A) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D002B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|-------------------------------|---------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D002B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b=1$ | $f_{ts}=161^*$ | $\sigma_b=2$ | $f_{ts}=193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=1$ | $f_{sb}=124$ | $\tau_b=2$ | $f_{sb}=148$ |

すべて許容応力以下である。

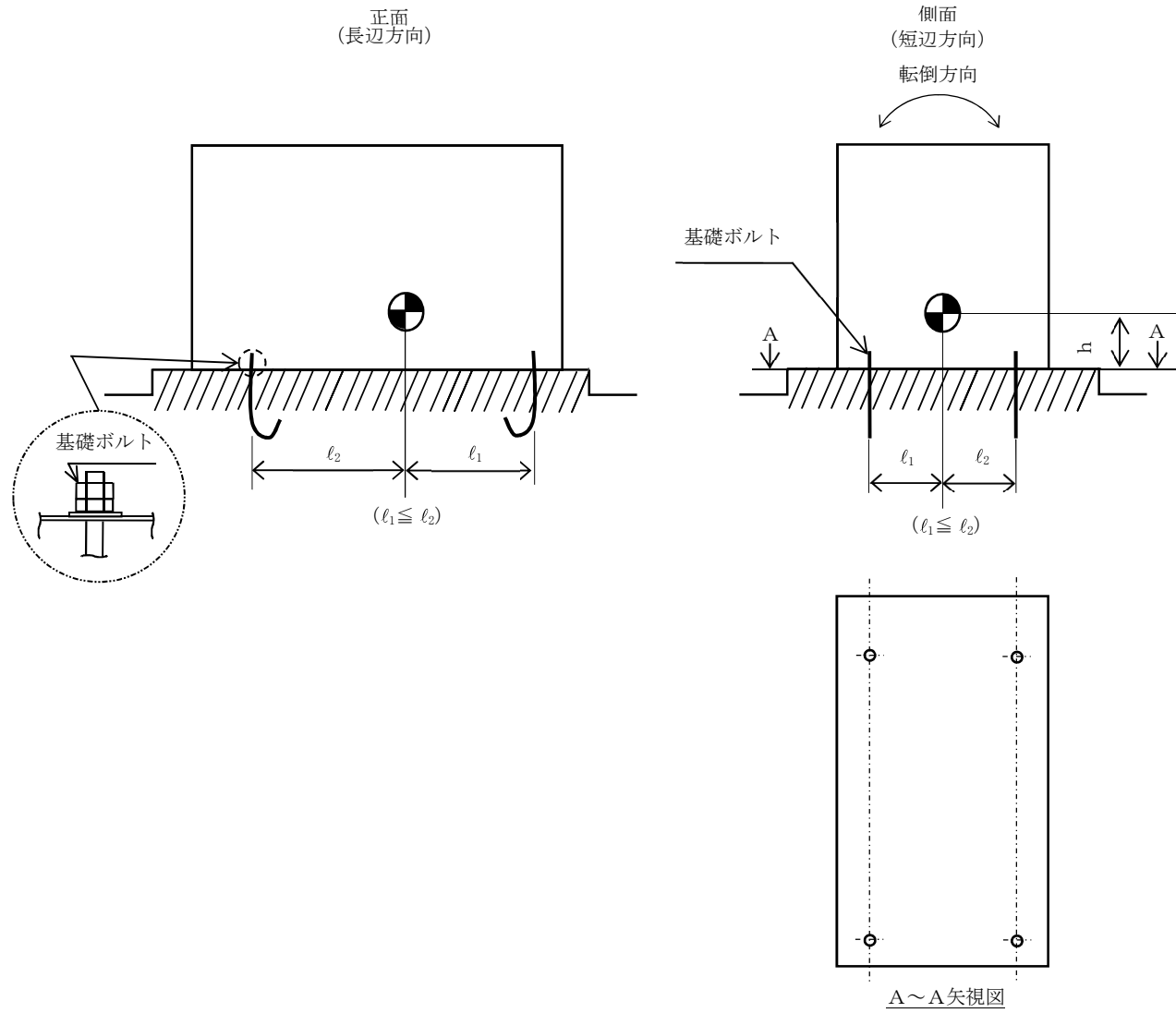
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D002B) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D002C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|-------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D002C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 2$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 1$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

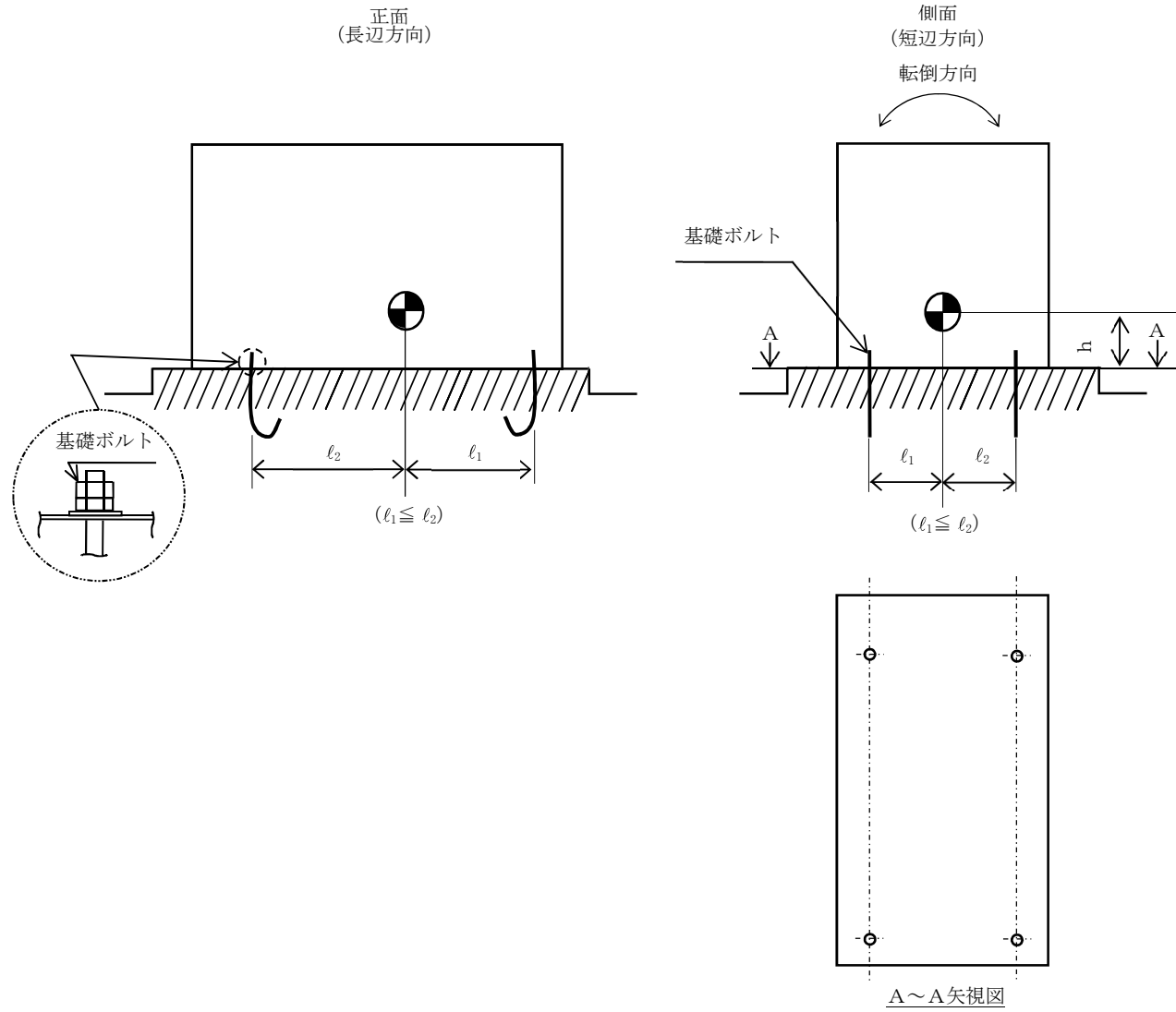
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D002C) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D002D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|-------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D002D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 200* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.58 | C _V =0.62 | C _H =1.18 | C _V =1.24 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 2$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 1$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

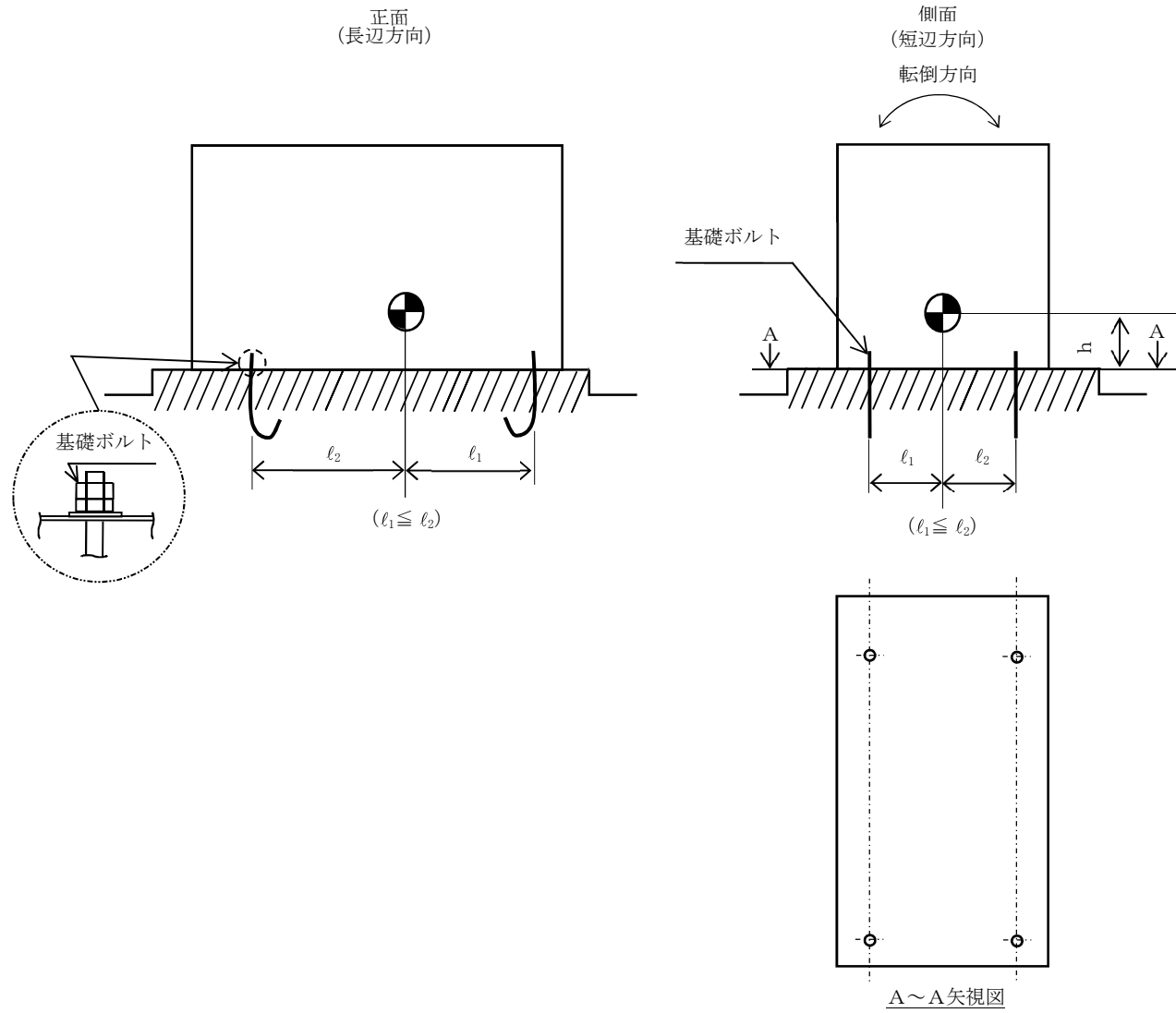
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D002D) | 水平方向 | 0.98 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.05 | |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D003A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D003A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 23.500* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.78 | C _V =0.72 | C _H =1.53 | C _V =1.41 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 3$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 3$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

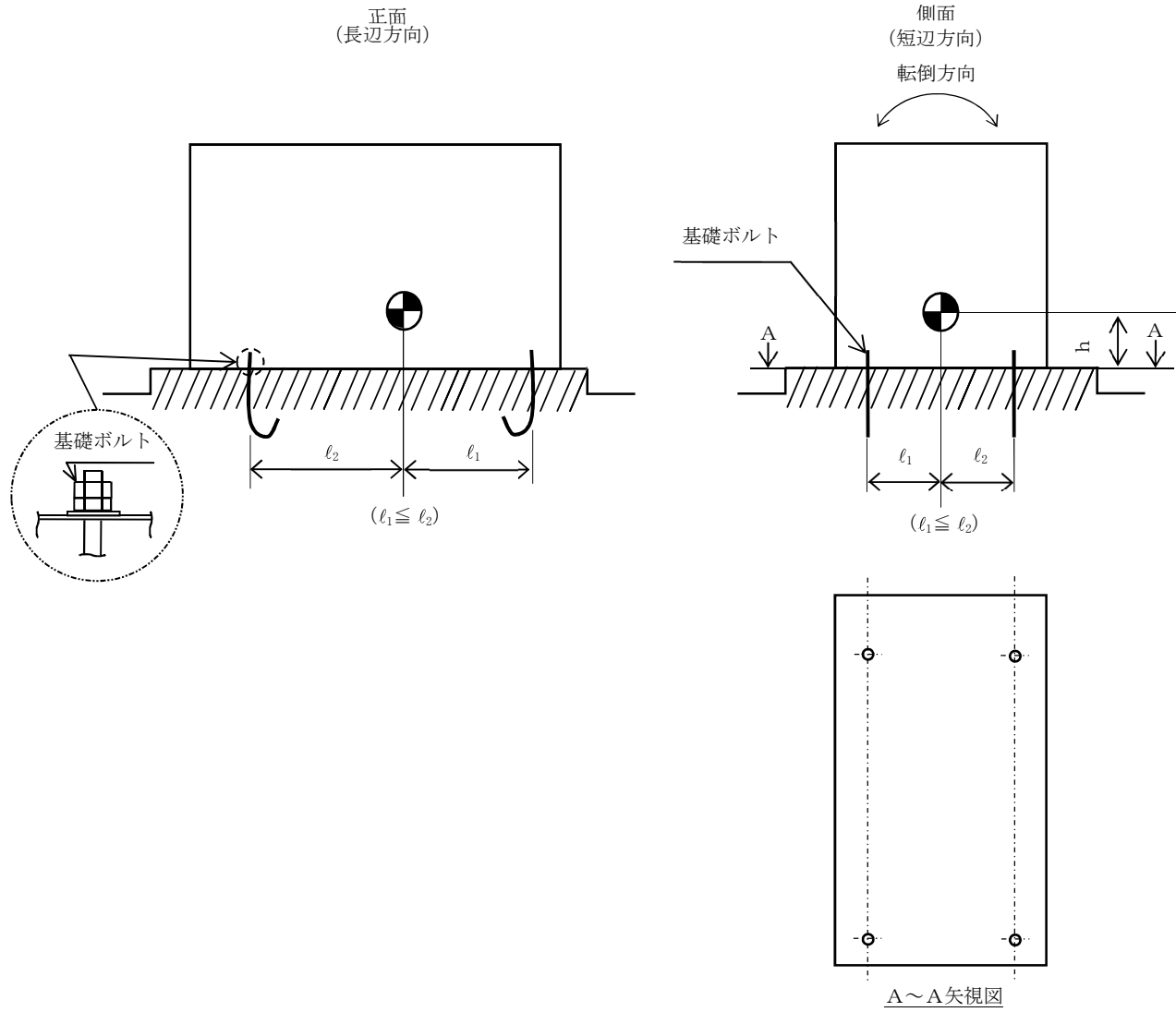
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D003A) | 水平方向 | 1.27 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.18 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D003B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D003B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 23.500* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.78 | C _V =0.72 | C _H =1.53 | C _V =1.41 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 3$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 3$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

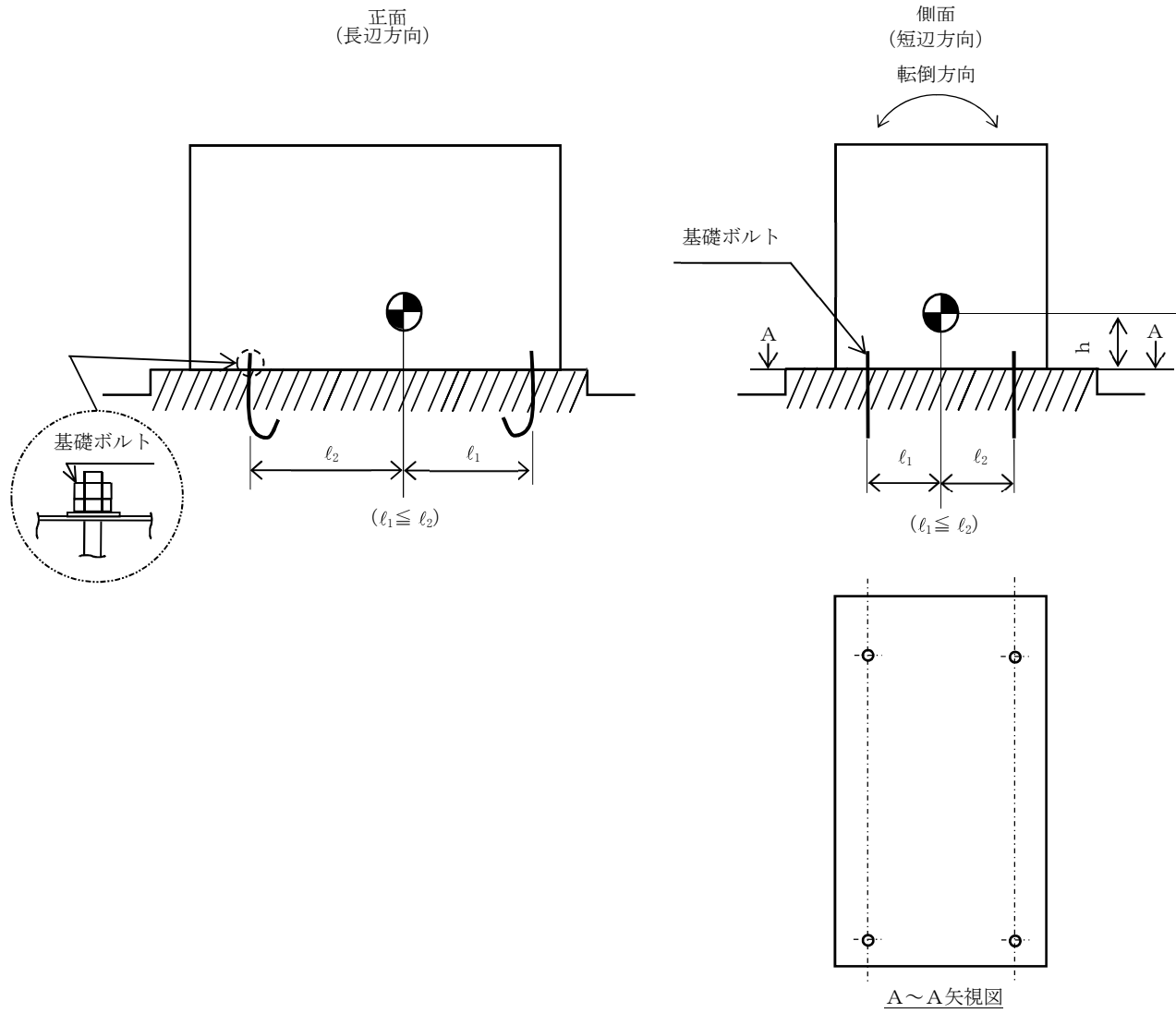
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------------------|
| 地震加速度 (C71-D003B) | 水平方向 | 1.27 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.18 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D003C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D003C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 23.500* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.78 | C _V =0.72 | C _H =1.53 | C _V =1.41 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し,
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 3$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 3$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

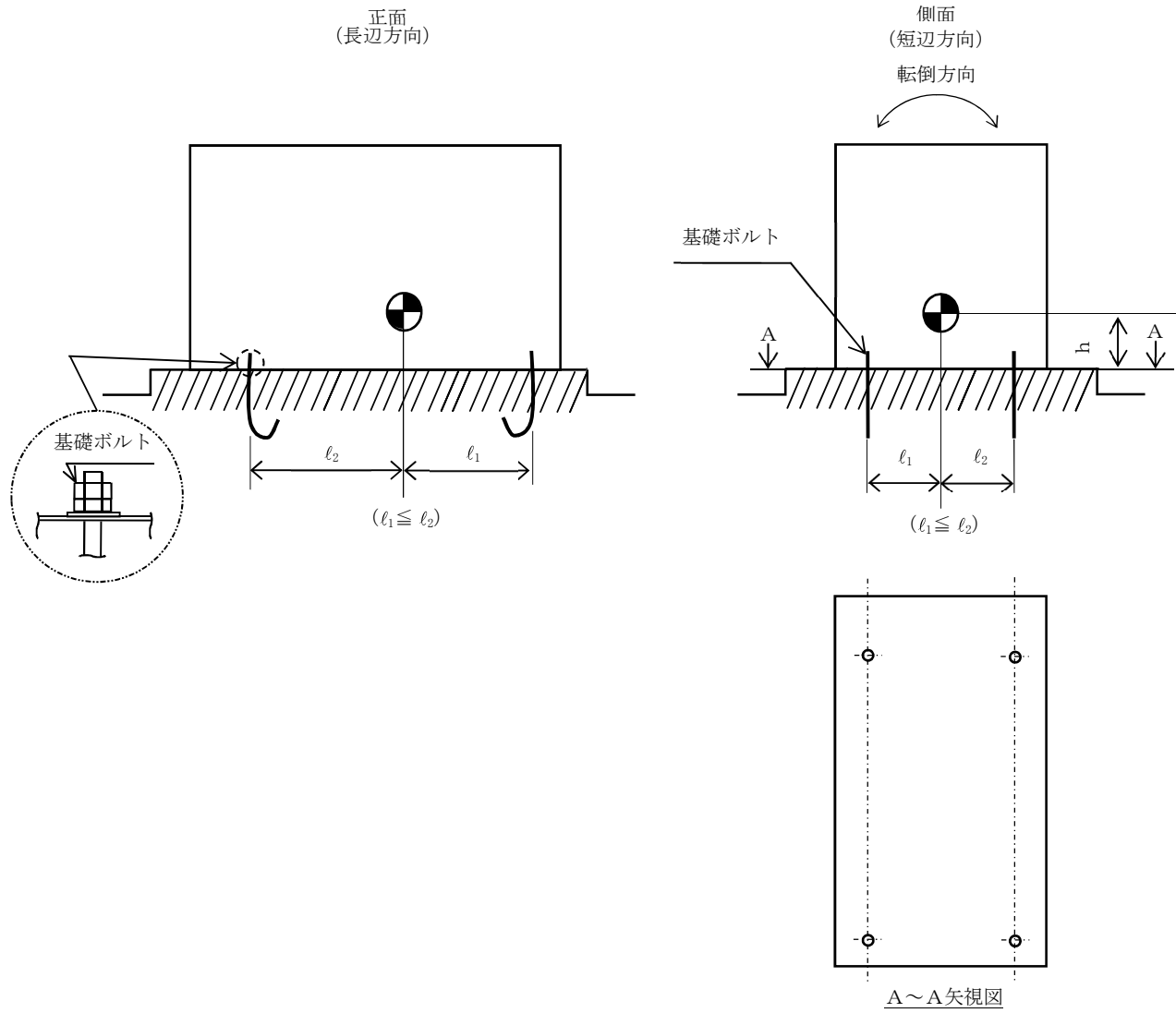
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------------------|
| 地震加速度 (C71-D003C) | 水平方向 | 1.27 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.18 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【地震加速度 (C71-D003D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------|---------|------------------------------|----------|---------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 地震加速度 (C71-D003D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 23.500* | 0.05 以下 | 0.05 以下 | C _H =0.78 | C _V =0.72 | C _H =1.53 | C _V =1.41 | 40 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| 部材 | m (kg) | h (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | n | S _y (MPa) | S _u (MPa) |
|-------|-----------|-----------|-------------|--------------------------------------|---|-------------------------|-------------------------|
| 基礎ボルト | | 85 | 12 (M12) | 113.1 | 4 | 215 (40mm<径) | 400 (40mm<径) |

| 部材 | ℓ ₁ * (mm) | ℓ ₂ * (mm) | n _f * (mm) | F (MPa) | F* (MPa) | 転倒方向 | |
|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------|-------------|--|-------------------------|
| | | | | | | 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 | 110 | 110 | 2 | 215 | 258 | 短辺方向 | 短辺方向 |
| | 190 | 230 | 2 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _b | | Q _b | |
|-------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 | □ | □ | □ | □ |

1.4 結論

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 | SS41 | 引張り | $\sigma_b = 1$ | $f_{ts} = 161^*$ | $\sigma_b = 3$ | $f_{ts} = 193^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 124$ | $\tau_b = 3$ | $f_{sb} = 148$ |

すべて許容応力以下である。

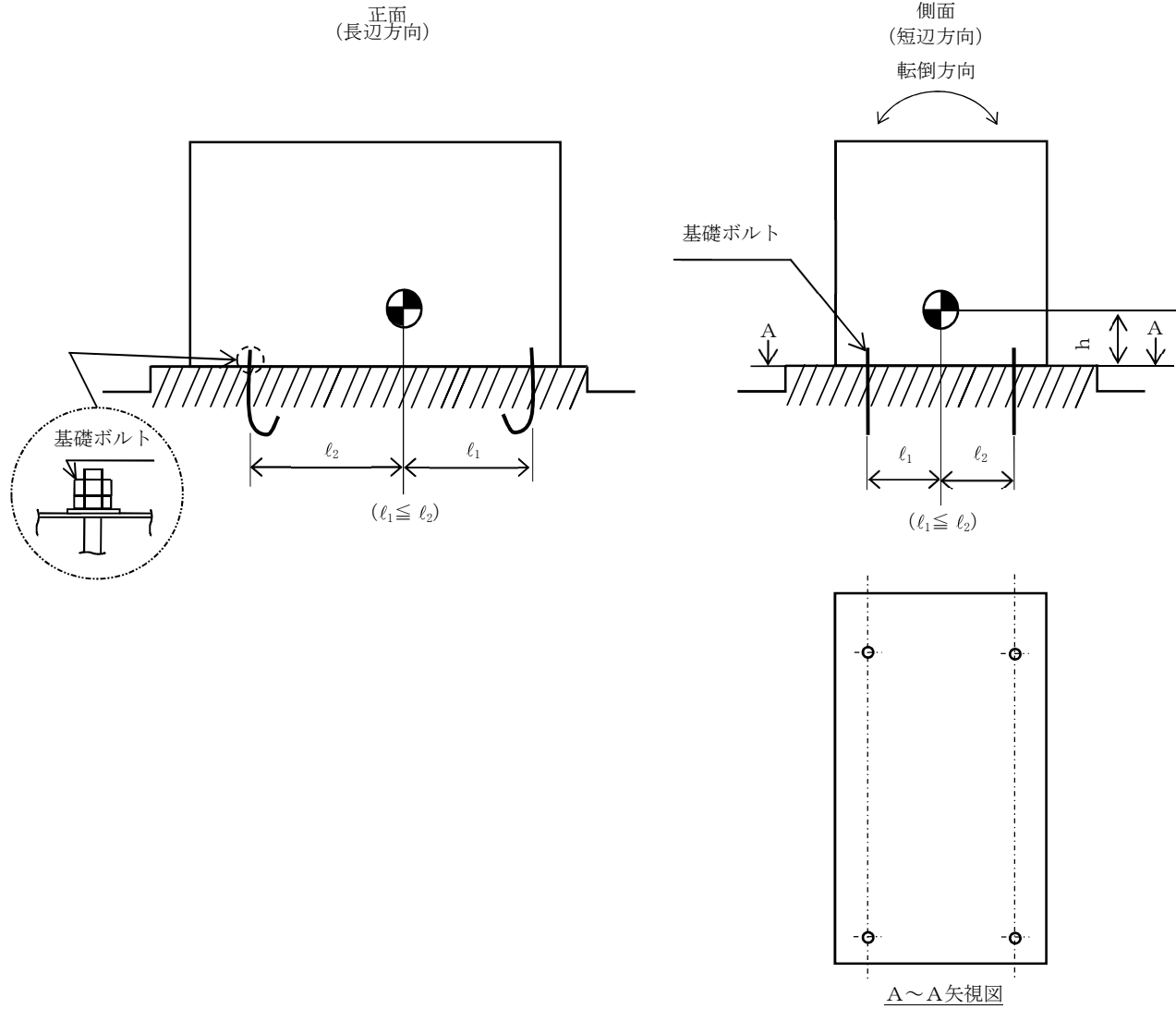
注記*： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------|------|-------------|----------|
| 地震加速度 (C71-D003D) | 水平方向 | 1.27 | □ |
| | 鉛直方向 | 1.18 | □ |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



(9) 主蒸気管トンネル温度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 | 4 |
| 2.4 記号の説明 | 5 |
| 2.5 計算精度と数値の丸め方 | 6 |
| 3. 評価部位 | 7 |
| 4. 固有周期 | 8 |
| 4.1 固有値解析方法 | 8 |
| 4.2 解析モデル及び諸元 | 8 |
| 4.3 固有値解析結果 | 9 |
| 5. 構造強度評価 | 10 |
| 5.1 構造強度評価方法 | 10 |
| 5.2 荷重の組合せ及び許容応力 | 10 |
| 5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 | 10 |
| 5.2.2 許容応力 | 10 |
| 5.2.3 使用材料の許容応力評価条件 | 10 |
| 5.3 設計用地震力 | 14 |
| 5.4 計算方法 | 15 |
| 5.4.1 応力の計算方法 | 15 |
| 5.5 計算条件 | 17 |
| 5.5.1 溶接部の応力計算条件 | 17 |
| 5.6 応力の評価 | 17 |
| 5.6.1 溶接部の応力評価 | 17 |
| 6. 機能維持評価 | 18 |
| 6.1 電氣的機能維持評価方法 | 18 |
| 7. 評価結果 | 19 |
| 7.1 設計基準対象施設としての評価結果 | 19 |

1. 概要

本計算書は、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、主蒸気管トンネル温度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を説明するものである。

主蒸気管トンネル温度は、設計基準対象施設においてはSクラスに分類される。以下、設計基準対象設備としての構造強度評価および電気的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管トンネル温度の構造計画を表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 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 検出器はサポート鋼材に固定される。サポート鋼材は溶接により架台に設置する。 | 主蒸気管トンネル温度検出器 | <p>【主蒸気管トンネル温度】</p> <p>(側面方向) (正面方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>対象計器</th> <th>E31-TE101A</th> <th>E31-TE101B</th> <th>E31-TE101C</th> <th>E31-TE101D</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>135</td> <td>135</td> <td>135</td> <td>135</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>200</td> <td>200</td> <td>200</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>650</td> <td>650</td> <td>650</td> <td>650</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p> | 対象計器 | E31-TE101A | E31-TE101B | E31-TE101C | E31-TE101D | たて | 135 | 135 | 135 | 135 | 横 | 200 | 200 | 200 | 200 | 高さ | 650 | 650 | 650 | 650 |
| 対象計器 | E31-TE101A | E31-TE101B | E31-TE101C | E31-TE101D | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| たて | 135 | 135 | 135 | 135 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 横 | 200 | 200 | 200 | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 高さ | 650 | 650 | 650 | 650 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

2.2 評価方針

主蒸気管トンネル温度の応力評価は、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、「2.1 構造計画」にて示す主蒸気管トンネル温度の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「4. 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. 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、主蒸気管トンネル温度の機能維持評価は、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、「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「7. 評価結果」に示す。

主蒸気管トンネル温度の耐震評価フローを図2-1に示す。

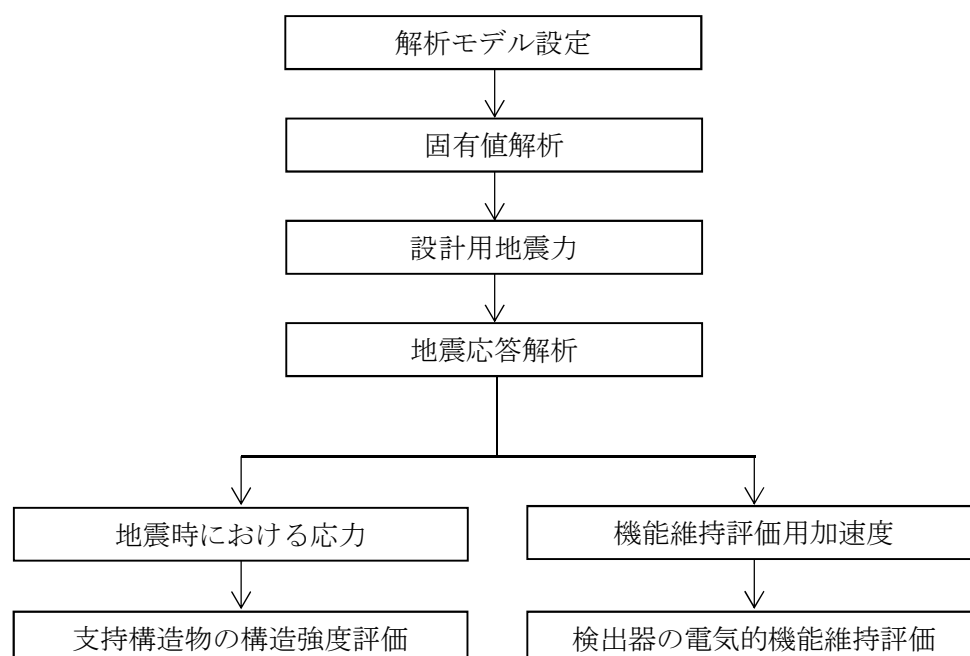


図2-1 主蒸気管トンネル温度の耐震評価フロー

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。

- ・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
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・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)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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 |
|------------|---|-----------------|
| a | 溶接部の有効のど厚 | mm |
| A_w | 溶接部の有効断面積 | mm ² |
| A_{wx} | 溶接部の F_x に対する有効断面積 | mm ² |
| A_{wy} | 溶接部の F_y に対する有効断面積 | mm ² |
| C_H | 水平方向設計震度 | — |
| C_V | 鉛直方向設計震度 | — |
| E | 縦弾性係数 | MPa |
| F | 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値 | MPa |
| F^* | 設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値 | MPa |
| F_x | 溶接部に作用する力 (x 方向) | N |
| F_y | 溶接部に作用する力 (y 方向) | N |
| F_z | 溶接部に作用する力 (z 方向) | N |
| f_t | 溶接部の許容引張応力 | MPa |
| f_s | 溶接部の許容せん断応力 | MPa |
| f_b | 溶接部の許容曲げ応力 | MPa |
| f_w | 溶接部の許容組合せ応力 | MPa |
| h_1, h_2 | 溶接の有効長さ (y 方向) | mm |
| M_x | 溶接部に作用するモーメント (x 軸周り) | N・m |
| M_y | 溶接部に作用するモーメント (y 軸周り) | N・m |
| M_z | 溶接部に作用するモーメント (z 軸周り) | N・m |
| s | 溶接脚長 | mm |
| 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 |
| W | 検出器の荷重 | N |
| Z_x | 溶接断面積における x 軸方向の断面係数 | mm ³ |
| Z_y | 溶接断面積における y 軸方向の断面係数 | mm ³ |
| Z_p | 溶接断面積におけるねじり断面係数 | mm ³ |
| ν | ポアソン比 | — |
| σ_t | 溶接部に生じる引張応力 | MPa |
| σ_b | 溶接部に生じる曲げ応力 | MPa |
| σ_w | 溶接部に生じる組合せ応力 | MPa |
| τ | 溶接部に生じるせん断応力 | MPa |

2.5 計算精度と数値の丸め方

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 |
|--------|-----------------|----------|------|----------|
| 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3位 |
| 温度 | °C | — | — | 整数位 |
| 質量 | kg | — | — | 整数位 |
| 長さ | mm | — | — | 整数位*1 |
| 面積 | mm ² | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| モーメント | N・m | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| 力 | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁*2 |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力*3 | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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：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

主蒸気管トンネル温度の耐震評価は、「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溶接部について実施する。主蒸気管トンネル温度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. 固有周期

4.1 固有値解析方法

主蒸気管トンネル温度の固有値解析方法を以下に示す。

- (1) 主蒸気管トンネル温度は、「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。

4.2 解析モデル及び諸元

主蒸気管トンネル温度の解析モデルを図 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【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101A) の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101B) の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101C) の耐震性についての計算結果】，【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101D) 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) 主蒸気管トンネル温度の検出器の質量は、重心に集中するものとする。
- (2) 主蒸気管トンネル温度の検出器の重心位置については、計算条件が厳しくなる位置に重心位置を設定するものとする。
- (3) 拘束条件は、溶接部を完全拘束とする。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 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、別紙「計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

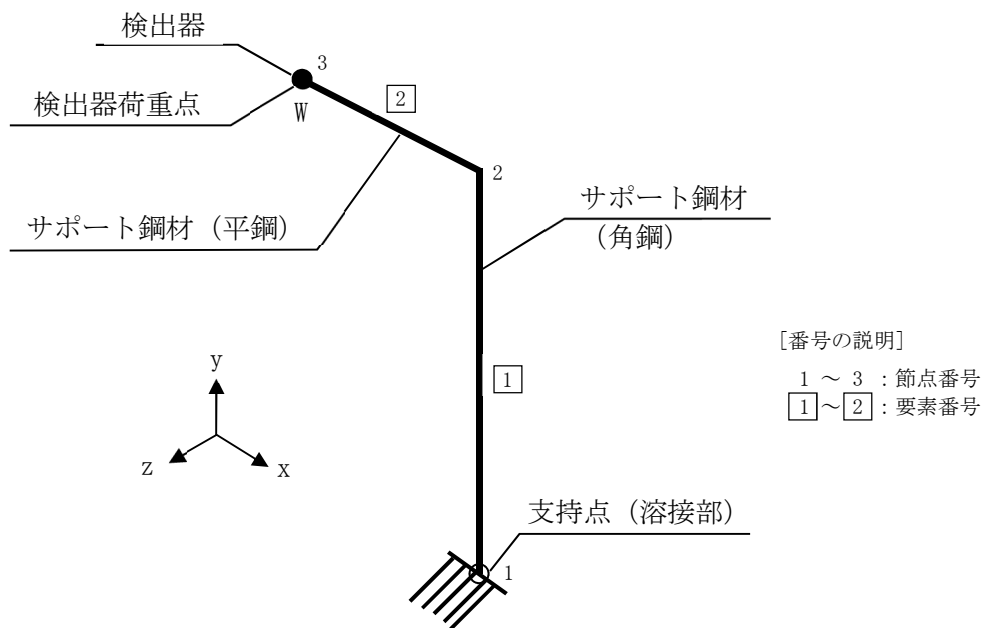


図 4-1 解析モデル

4.3 固有値解析結果

固有値解析結果を表 4-1 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 4-1 固有値解析結果

| 計器番号 | モード | 卓越方向 | 固有周期 (s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向 刺激係数 |
|------------|-----|------|-------------|----------|------|--------------|
| | | | | X 方向 | Z 方向 | |
| E31-TE101A | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| E31-TE101B | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| E31-TE101C | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |
| E31-TE101D | 1 次 | 鉛直 | | — | — | — |

5. 構造強度評価

5.1 構造強度評価方法

4.2 項(1)～(4)のほか、次の条件で計算する。

- (1) 地震力は、主蒸気管トンネル温度に対して、水平方向及び鉛直方向から作用するものとする。
- (2) 解析コードは「NX NASTRAN」を使用し、荷重を求める。

5.2 荷重の組合せ及び許容応力

5.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

主蒸気管トンネル温度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 5-1 に示す。

5.2.2 許容応力

主蒸気管トンネル温度の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 5-2 のとおりとする。

5.2.3 使用材料の許容応力評価条件

主蒸気管トンネル温度の使用材料の許容応力評価条件のうちの評価に用いるものを表 5-3 に示す。

表 5-1 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 |
|--------------|-------------------|------------|---------------------|---------|--------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 工学的安全施設 等の起動信号 | 主蒸気 隔離弁 | 主蒸気管 トンネル 温度高 | S | —* | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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を適用する。

表 5-2 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, *3 (ボルト等以外) | | |
|------------------|----------------------------|-------------------|-------------------|
| | 一次応力 | | |
| | 引張り | せん断 | 曲げ |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ | $1.5 \cdot f_b$ |
| Ⅳ _A S | $1.5 \cdot f_t^*$ | $1.5 \cdot f_s^*$ | $1.5 \cdot f_b^*$ |

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。

*3：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

表 5-3 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|------|----|--------------|---------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | 溶接部 | STKR400 | 周囲環境温度 | 171 | 176 |

5.3 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 5-4 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、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 5-4 設計用地震力（設計基準対象施設）

| 機器名称 | 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 | |
|--------------------------------|--|-------------|----------|---------------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 主蒸気管 トンネル温度 (E31-TE101A) | 原子炉建屋 T. M. S. L. 17. 800 (T. M. S. L. 12. 300*) | 0.05 以下 | | C _H =0.74 | C _V =0.69 | C _H =1.46 | C _V =1.37 |
| 主蒸気管 トンネル温度 (E31-TE101B) | 原子炉建屋 T. M. S. L. 17. 800 (T. M. S. L. 12. 300*) | 0.05 以下 | | C _H =0.74 | C _V =0.69 | C _H =1.46 | C _V =1.37 |
| 主蒸気管 トンネル温度 (E31-TE101C) | 原子炉建屋 T. M. S. L. 17. 800 (T. M. S. L. 12. 300*) | 0.05 以下 | | C _H =0.74 | C _V =0.69 | C _H =1.46 | C _V =1.37 |
| 主蒸気管 トンネル温度 (E31-TE101D) | 原子炉建屋 T. M. S. L. 17. 800 (T. M. S. L. 12. 300*) | 0.05 以下 | | C _H =0.74 | C _V =0.69 | C _H =1.46 | C _V =1.37 |

注記*：基準床レベルを示す。

5.4 計算方法

5.4.1 応力の計算方法

5.4.1.1 溶接部の計算方法

溶接部の応力は、三次元はりモデルによる解析から溶接部の内力を求めて、その結果を用いて手計算にて計算する。

解析によって得られた溶接部の評価点の最大反力とモーメントを表5-5に示す。

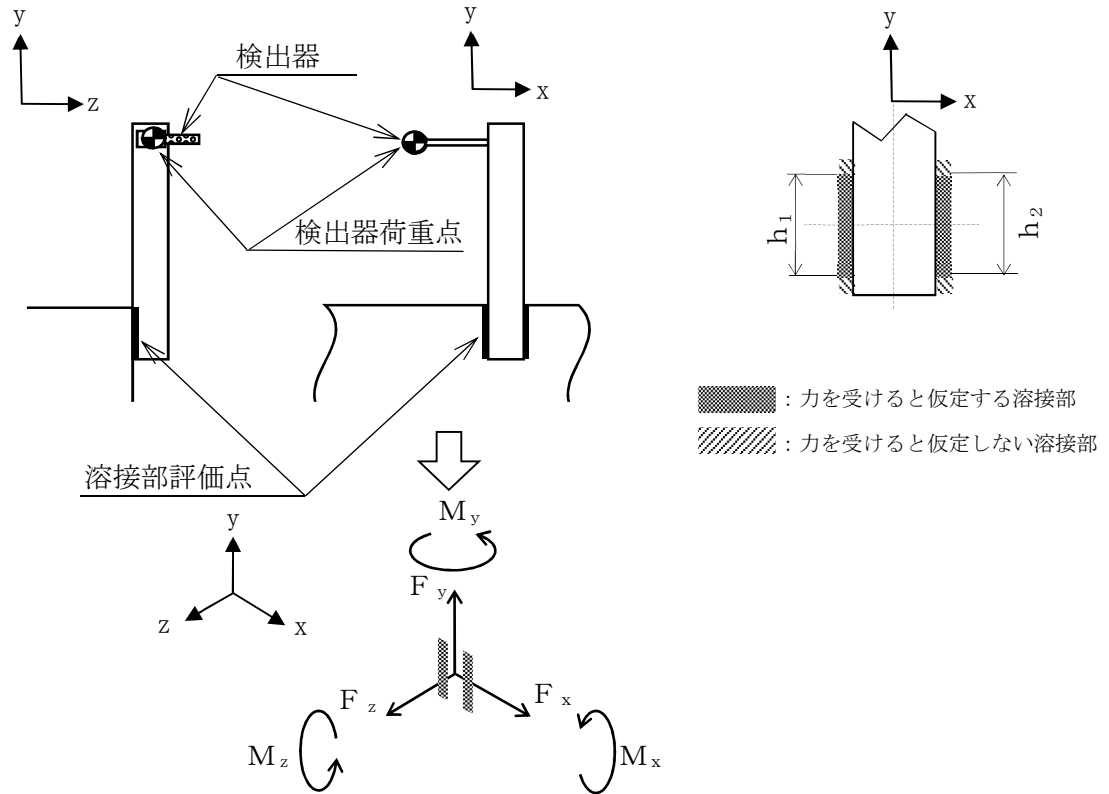


図 5-1 計算モデル (溶接部)

表5-5 溶接部発生反力, モーメント

| 対象計器 | 許容応力 状態 | 反力(N) | | | モーメント(N・m) | | |
|------------|------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | | F _x | F _y | F _z | M _x | M _y | M _z |
| E31-TE101A | Ⅲ _A S | | | | | | |
| | Ⅳ _A S | | | | | | |
| E31-TE101B | Ⅲ _A S | | | | | | |
| | Ⅳ _A S | | | | | | |
| E31-TE101C | Ⅲ _A S | | | | | | |
| | Ⅳ _A S | | | | | | |
| E31-TE101D | Ⅲ _A S | | | | | | |
| | Ⅳ _A S | | | | | | |

(1) 引張応力

溶接部に対する引張応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

$$\sigma_t = \frac{F_z}{A_w} \dots\dots\dots (5.4.1.1.1)$$

ここで、引張り力を受ける溶接部の有効断面積 A_w は、次式により求める。

$$A_w = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.2)$$

ただし、 h_1 、 h_2 は各溶接部における溶接長さを示し、溶接部の有効のど厚 a は、次式により求める。

$$a = 0.7 \cdot s \dots\dots\dots (5.4.1.1.3)$$

(2) せん断応力

溶接部に対するせん断応力は、全溶接断面積で受けるものとして計算する。

$$\tau = \sqrt{\left(\frac{F_y}{A_{wy}} + \frac{M_z}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{F_x}{A_{wx}} + \frac{M_z}{Z_p}\right)^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.4)$$

ここで、 A_{wx} 、 A_{wy} はせん断力を受ける各方向の有効断面積、 Z_p は溶接断面におけるねじり断面係数を示す。

A_{wx} 、 A_{wy} は、次式により求める。

$$A_{wx} = A_{wy} = a \cdot (h_1 + h_2) \dots\dots\dots (5.4.1.1.5)$$

(3) 曲げ応力

溶接部に対する曲げモーメントは、図5-1で x 軸方向、 y 軸方向に対する曲げモーメントを最も外側の溶接部で受けるものとして計算する。

$$\sigma_b = \frac{M_y}{Z_y} + \frac{M_x}{Z_x} \dots\dots\dots (5.4.1.1.6)$$

Z_x 、 Z_y は溶接断面の x 軸及び y 軸に関する断面係数を示す。

(4) 組合せ応力

溶接部に対する組合せ応力は、各応力を足し合わせたものとして計算する。

$$\sigma_w = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_b)^2 + \tau^2} \dots\dots\dots (5.4.1.1.7)$$

5.5 計算条件

5.5.1 溶接部の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101D) 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。

5.6 応力の評価

5.6.1 溶接部の応力評価

5.4.1項で求めた溶接部に発生する各応力が下表で定めた許容応力以下であること。

| | 弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合 | 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 f_t | $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力 f_s | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |
| 許容曲げ応力 f_b | $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |

6. 機能維持評価

6.1 電氣的機能維持評価方法

主蒸気管トンネル温度の電氣的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は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 により定まる応答加速度を設定する。

主蒸気管トンネル温度の機能確認済加速度は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、当該検出器と類似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 6-1 に示す。

表 6-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|----------------------------|----|----------------------|
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101A) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101B) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101C) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101D) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

7. 評価結果

7.1 設計基準対象施設としての評価結果

主蒸気管トンネル温度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。

【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------------------|---------|--|----------|----------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 17. 800 (T. M. S. L. 12. 300*) | 0. 05 以下 | <input type="text"/> | C _H =0. 74 | C _V =0. 69 | C _H =1. 46 | C _V =1. 37 | 171 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 溶接部

| 部材 | W (N) | s (mm) | a (mm) | h ₁ (mm) | h ₂ (mm) | A _w (mm ²) | A _{wx} (mm ²) | A _{wy} (mm ²) | Z _x (mm ³) | Z _y (mm ³) | Z _p (mm ³) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|-----|----------------------|-----------|-----------|------------------------|------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|------------|-------------|
| 溶接部 | <input type="text"/> | 3. 2 | 2. 2 | 80 | 80 | 358. 4 | 358. 4 | 358. 4 | 7. 610 ×10 ³ | 3. 397 ×10 ³ | 7. 368 ×10 ³ | 176 | 373 | — | 176 | 211 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位 : N)

| 部材 | F _x | | F _y | | F _z | |
|-----|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位 : N・m)

| 部材 | M _x | | M _y | | M _z | |
|-----|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(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 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張り | $\sigma_t = 0$ | $f_t = 101^*$ | $\sigma_t = 1$ | $f_t = 122^*$ |
| | | せん断 | $\tau = 3$ | $f_s = 101^*$ | $\tau = 5$ | $f_s = 122^*$ |
| | | 曲げ | $\sigma_b = 2$ | $f_b = 101^*$ | $\sigma_b = 4$ | $f_b = 122^*$ |
| | | 組合せ | $\sigma_w = 4$ | $f_w = 101^*$ | $\sigma_w = 7$ | $f_w = 122^*$ |

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

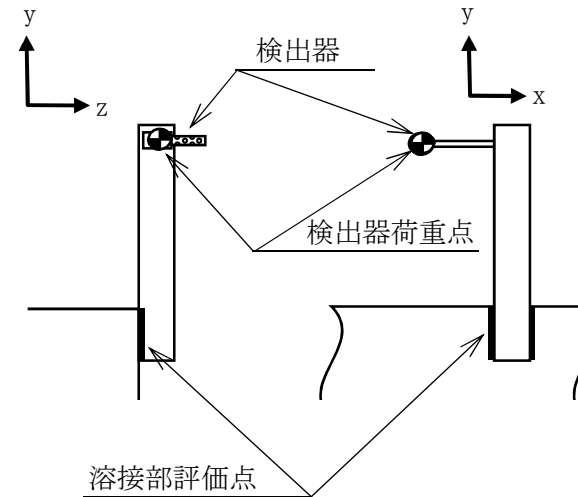
1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101A) | 水平方向 | 1.21 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.15 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

| 項目 | | 記号 | 単位 | 入力値 |
|-------|---|-------|-----|---------|
| 材質 | 1 | — | — | STKR400 |
| | 2 | | | SUS316 |
| 縦弾性係数 | 1 | E | MPa | 193000 |
| | 2 | | | 184000 |
| ポアソン比 | 1 | ν | — | 0.3 |
| | 2 | | | 0.3 |
| 節点数 | | — | — | 3 |
| 要素数 | | — | — | 2 |

(2) 要素の断面性状

| 要素番号 | 材質番号 | 断面積 (mm^2) | 断面二次 モーメント (mm^4) | 断面二次 モーメント (mm^4) |
|------|------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 700.7 | 3.690×10^5 | 3.690×10^5 |
| 2 | 2 | 204.0 | 612.0 | 1.965×10^4 |

【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|--|----------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 17. 800 (T. M. S. L. 12. 300*) | 0. 05 以下 | <input type="text"/> | C _H =0. 74 | C _V =0. 69 | C _H =1. 46 | C _V =1. 37 | 171 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 溶接部

| 部材 | W (N) | s (mm) | a (mm) | h ₁ (mm) | h ₂ (mm) | A _w (mm ²) | A _{wx} (mm ²) | A _{wy} (mm ²) | Z _x (mm ³) | Z _y (mm ³) | Z _p (mm ³) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|-----|----------------------|--------|--------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------|----------|
| 溶接部 | <input type="text"/> | 3. 2 | 2. 2 | 80 | 80 | 358. 4 | 358. 4 | 358. 4 | 7. 610 × 10 ³ | 3. 397 × 10 ³ | 7. 368 × 10 ³ | 176 | 373 | — | 176 | 211 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位 : N)

| 部材 | F _x | | F _y | | F _z | |
|-----|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位 : N・m)

| 部材 | M _x | | M _y | | M _z | |
|-----|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(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 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張り | $\sigma_t = 0$ | $f_t = 101^*$ | $\sigma_t = 1$ | $f_t = 122^*$ |
| | | せん断 | $\tau = 3$ | $f_s = 101^*$ | $\tau = 5$ | $f_s = 122^*$ |
| | | 曲げ | $\sigma_b = 2$ | $f_b = 101^*$ | $\sigma_b = 4$ | $f_b = 122^*$ |
| | | 組合せ | $\sigma_w = 4$ | $f_w = 101^*$ | $\sigma_w = 7$ | $f_w = 122^*$ |

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

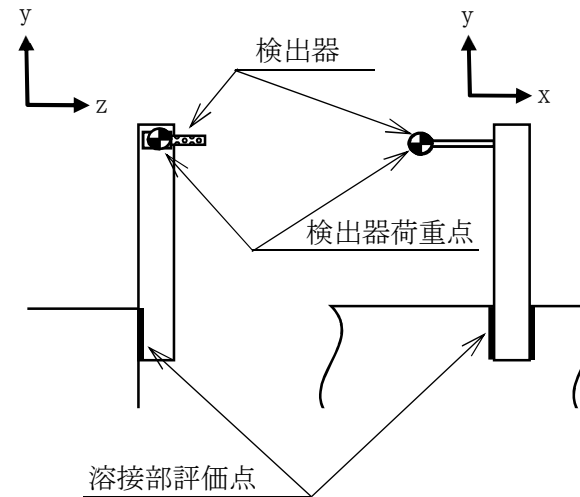
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101B) | 水平方向 | 1.21 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.15 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

| 項目 | | 記号 | 単位 | 入力値 |
|-------|---|-------|-----|---------|
| 材質 | 1 | — | — | STKR400 |
| | 2 | | | SUS316 |
| 縦弾性係数 | 1 | E | MPa | 193000 |
| | 2 | | | 184000 |
| ポアソン比 | 1 | ν | — | 0.3 |
| | 2 | | | 0.3 |
| 節点数 | | — | — | 3 |
| 要素数 | | — | — | 2 |

(2) 要素の断面性状

| 要素番号 | 材質番号 | 断面積 (mm^2) | 断面二次 モーメント (mm^4) | 断面二次 モーメント (mm^4) |
|------|------|--------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 1 | 700.7 | 3.690×10^5 | 3.690×10^5 |
| 2 | 2 | 204.0 | 612.0 | 1.965×10^4 |

【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|--|----------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 17. 800 (T. M. S. L. 12. 300*) | 0. 05 以下 | <input type="text"/> | C _H =0. 74 | C _V =0. 69 | C _H =1. 46 | C _V =1. 37 | 171 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 溶接部

| 部材 | W (N) | s (mm) | a (mm) | h ₁ (mm) | h ₂ (mm) | A _w (mm ²) | A _{wx} (mm ²) | A _{wy} (mm ²) | Z _x (mm ³) | Z _y (mm ³) | Z _p (mm ³) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|-----|----------------------|--------|--------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------|----------|
| 溶接部 | <input type="text"/> | 3. 2 | 2. 2 | 80 | 80 | 358. 4 | 358. 4 | 358. 4 | 7. 610 × 10 ³ | 3. 397 × 10 ³ | 7. 368 × 10 ³ | 176 | 373 | — | 176 | 211 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位 : N)

| 部材 | F _x | | F _y | | F _z | |
|-----|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位 : N・m)

| 部材 | M _x | | M _y | | M _z | |
|-----|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(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 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張り | $\sigma_t = 0$ | $f_t = 101^*$ | $\sigma_t = 1$ | $f_t = 122^*$ |
| | | せん断 | $\tau = 3$ | $f_s = 101^*$ | $\tau = 5$ | $f_s = 122^*$ |
| | | 曲げ | $\sigma_b = 2$ | $f_b = 101^*$ | $\sigma_b = 4$ | $f_b = 122^*$ |
| | | 組合せ | $\sigma_w = 4$ | $f_w = 101^*$ | $\sigma_w = 7$ | $f_w = 122^*$ |

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

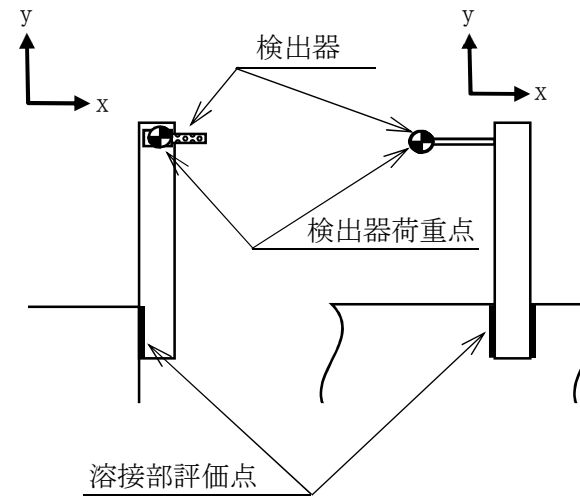
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101C) | 水平方向 | 1.21 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.15 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

| 項目 | | 記号 | 単位 | 入力値 |
|-------|---|-------|-----|---------|
| 材質 | 1 | — | — | STKR400 |
| | 2 | | | SUS316 |
| 縦弾性係数 | 1 | E | MPa | 193000 |
| | 2 | | | 184000 |
| ポアソン比 | 1 | ν | — | 0.3 |
| | 2 | | | 0.3 |
| 節点数 | | — | — | 3 |
| 要素数 | | — | — | 2 |

(2) 要素の断面性状

| 要素番号 | 材質番号 | 断面積 (mm ²) | 断面二次 モーメント (mm ⁴) | 断面二次 モーメント (mm ⁴) |
|------|------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 1 | 700.7 | 3.690×10^5 | 3.690×10^5 |
| 2 | 2 | 204.0 | 612.0 | 1.965×10^4 |

【主蒸気管トンネル温度 (E31-TE-101D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|--|----------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 17. 800 (T. M. S. L. 12. 300*) | 0. 05 以下 | <input type="text"/> | C _H =0. 74 | C _V =0. 69 | C _H =1. 46 | C _V =1. 37 | 171 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 溶接部

| 部材 | W (N) | s (mm) | a (mm) | h ₁ (mm) | h ₂ (mm) | A _w (mm ²) | A _{wx} (mm ²) | A _{wy} (mm ²) | Z _x (mm ³) | Z _y (mm ³) | Z _p (mm ³) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (RT) (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|-----|----------------------|--------|--------|---------------------|---------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------|---------|----------|
| 溶接部 | <input type="text"/> | 3. 2 | 2. 2 | 80 | 80 | 358. 4 | 358. 4 | 358. 4 | 7. 610 × 10 ³ | 3. 397 × 10 ³ | 7. 368 × 10 ³ | 176 | 373 | — | 176 | 211 |

1.3 計算数値

1.3.1 溶接部に作用する力

(単位 : N)

| 部材 | F _x | | F _y | | F _z | |
|-----|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.3.2 溶接部に作用するモーメント

(単位 : N・m)

| 部材 | M _x | | M _y | | M _z | |
|-----|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 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 |
| 溶接部 | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

1.4.1 溶接部の応力

(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 |
| 溶接部 | STKR400 | 引張り | $\sigma_t = 0$ | $f_t = 101^*$ | $\sigma_t = 1$ | $f_t = 122^*$ |
| | | せん断 | $\tau = 3$ | $f_s = 101^*$ | $\tau = 5$ | $f_s = 122^*$ |
| | | 曲げ | $\sigma_b = 2$ | $f_b = 101^*$ | $\sigma_b = 4$ | $f_b = 122^*$ |
| | | 組合せ | $\sigma_w = 4$ | $f_w = 101^*$ | $\sigma_w = 7$ | $f_w = 122^*$ |

すべて許容応力以下である。

注記*：すみ肉溶接部の許容応力は母材の許容せん断応力とする。

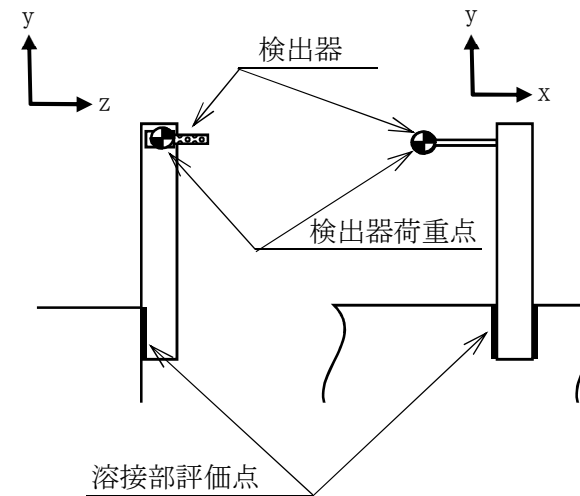
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|----------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管トンネル温度 (E31-TE101D) | 水平方向 | 1.21 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.15 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



1.5 その他の機器要目

(1) 機器要目

| 項目 | | 記号 | 単位 | 入力値 |
|-------|---|----|-----|---------|
| 材質 | 1 | — | — | STKR400 |
| | 2 | | | SUS316 |
| 縦弾性係数 | 1 | E | MPa | 193000 |
| | 2 | | | 184000 |
| ポアソン比 | 1 | ν | — | 0.3 |
| | 2 | | | 0.3 |
| 節点数 | | — | — | 3 |
| 要素数 | | — | — | 2 |

(2) 要素の断面性状

| 要素番号 | 材質番号 | 断面積 (mm ²) | 断面二次 モーメント (mm ⁴) | 断面二次 モーメント (mm ⁴) |
|------|------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 1 | 700.7 | 3.690×10 ⁵ | 3.690×10 ⁵ |
| 2 | 2 | 204.0 | 612.0 | 1.965×10 ⁴ |

(10) 主蒸気管流量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. 固有周期 | 3 |
| 3.1 固有周期の確認 | 3 |
| 4. 構造強度評価 | 4 |
| 4.1 構造強度評価方法 | 4 |
| 4.2 荷重の組合せ及び許容応力 | 4 |
| 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 | 4 |
| 4.2.2 許容応力 | 4 |
| 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 | 4 |
| 4.3 計算条件 | 5 |
| 5. 機能維持評価 | 9 |
| 5.1 電氣的機能維持評価方法 | 9 |
| 6. 評価結果 | 11 |
| 6.1 設計基準対象施設としての評価結果 | 11 |

1. 概要

本計算書は、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、主蒸気管流量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を説明するものである。

主蒸気管流量は、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気的機能維持評価を示す。

なお、主蒸気管流量が設置される計装ラックは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の直立形であるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7 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。

2. 一般事項

2.1 構造計画

主蒸気管流量の構造計画を表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>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ラック取付ボルトで設置する。</p> | <p>差圧式流量検出器</p> | <p>【主蒸気管流量】</p> <p>(長辺方向) (短辺方向)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>機器名称</th> <th>主蒸気管流量 (H22-P009)</th> <th>主蒸気管流量 (H22-P010)</th> <th>主蒸気管流量 (H22-P011)</th> <th>主蒸気管流量 (H22-P012)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>たて</td> <td>600</td> <td>600</td> <td>600</td> <td>600</td> </tr> <tr> <td>横</td> <td>1750</td> <td>1750</td> <td>1750</td> <td>1750</td> </tr> <tr> <td>高さ</td> <td>1900</td> <td>1900</td> <td>1900</td> <td>1900</td> </tr> </tbody> </table> <p>(単位：mm)</p> | 機器名称 | 主蒸気管流量 (H22-P009) | 主蒸気管流量 (H22-P010) | 主蒸気管流量 (H22-P011) | 主蒸気管流量 (H22-P012) | たて | 600 | 600 | 600 | 600 | 横 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 | 高さ | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 |
| 機器名称 | 主蒸気管流量 (H22-P009) | 主蒸気管流量 (H22-P010) | 主蒸気管流量 (H22-P011) | 主蒸気管流量 (H22-P012) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| たて | 600 | 600 | 600 | 600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 横 | 1750 | 1750 | 1750 | 1750 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 高さ | 1900 | 1900 | 1900 | 1900 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

3. 固有周期

3.1 固有周期の確認

プラスチックハンマ等により、当該装置に振動を与え自由減衰振動を固有振動数測定装置（圧電式加速度ピックアップ、振動計、分析器）により記録解析する。試験の結果、剛であることを確認した。固有周期の確認結果を表3-1に示す。

表 3-1 固有周期 (単位：s)

| | | |
|----------------------|----|----------------------|
| 主蒸気管流量 (H22-P009) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (H22-P010) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (H22-P011) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (H22-P012) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

主蒸気管流量の構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7 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。

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

主蒸気管流量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 に示す。

4.2.2 許容応力

主蒸気管流量の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-2 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

主蒸気管流量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 4-3 に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【主蒸気管流量 (E31-DPT008A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT008B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT008C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT008D) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT009A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT009B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT009C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DP009D) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT010A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT010B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT010C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT010D) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT011A) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT011B) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT011C) の耐震性についての計算結果】、【主蒸気管流量 (E31-DPT011D) 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。

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 |
|--------------|-------------------|--------|---------|---------|--------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 工学的安全施設 等の起動信号 | 主蒸気隔離弁 | 主蒸気管流量大 | S | —* | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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を適用する。

表 4-2 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 (ボルト等) | |
|------------------|----------------------|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A 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 4-3 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|----------|------------------------|--------------|-----|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | 周囲環境温度 | 100 | | | |
| ラック取付ボルト | SS400 (16mm<径≤40mm) | 周囲環境温度 | 100 | 212 | 373 | — |

5. 機能維持評価

5.1 電気的機能維持評価方法

主蒸気管流量の電気的機能維持評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-7 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、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、電気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 5-1 に示す。

表 5-1 機能確認済加速度 (1/2) (×9.8m/s²)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|----|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008A) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008B) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008C) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008D) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009A) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009B) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

表 5-1 機能確認済加速度 (2/2)

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|----|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009C) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009D) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010A) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010B) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010C) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010D) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011A) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011B) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011C) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011D) | 水平 | <input type="text"/> |
| | 鉛直 | <input type="text"/> |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

主蒸気管流量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。

【主蒸気管流量 (E31-DPT008A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P009)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

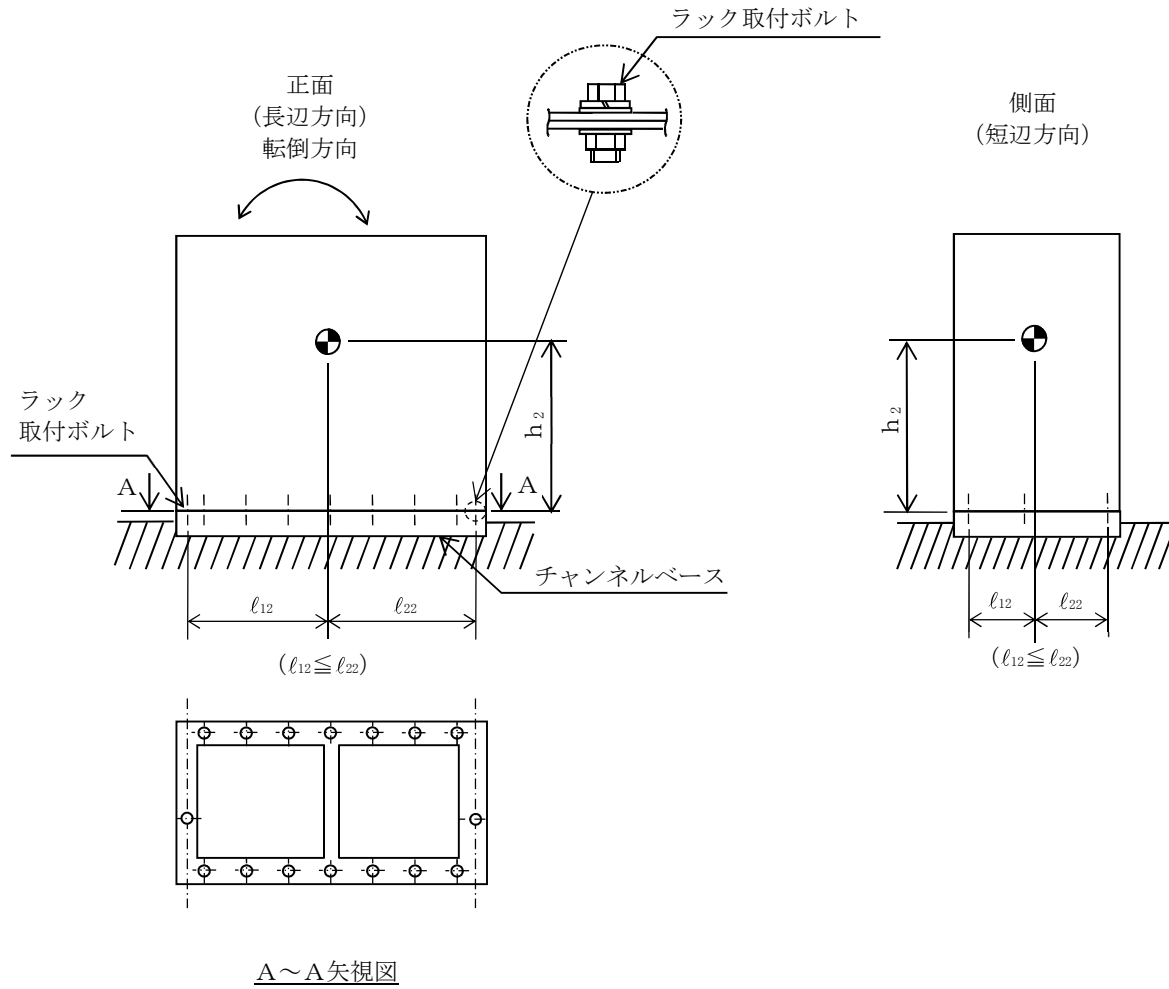
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008A) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT008B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P010)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

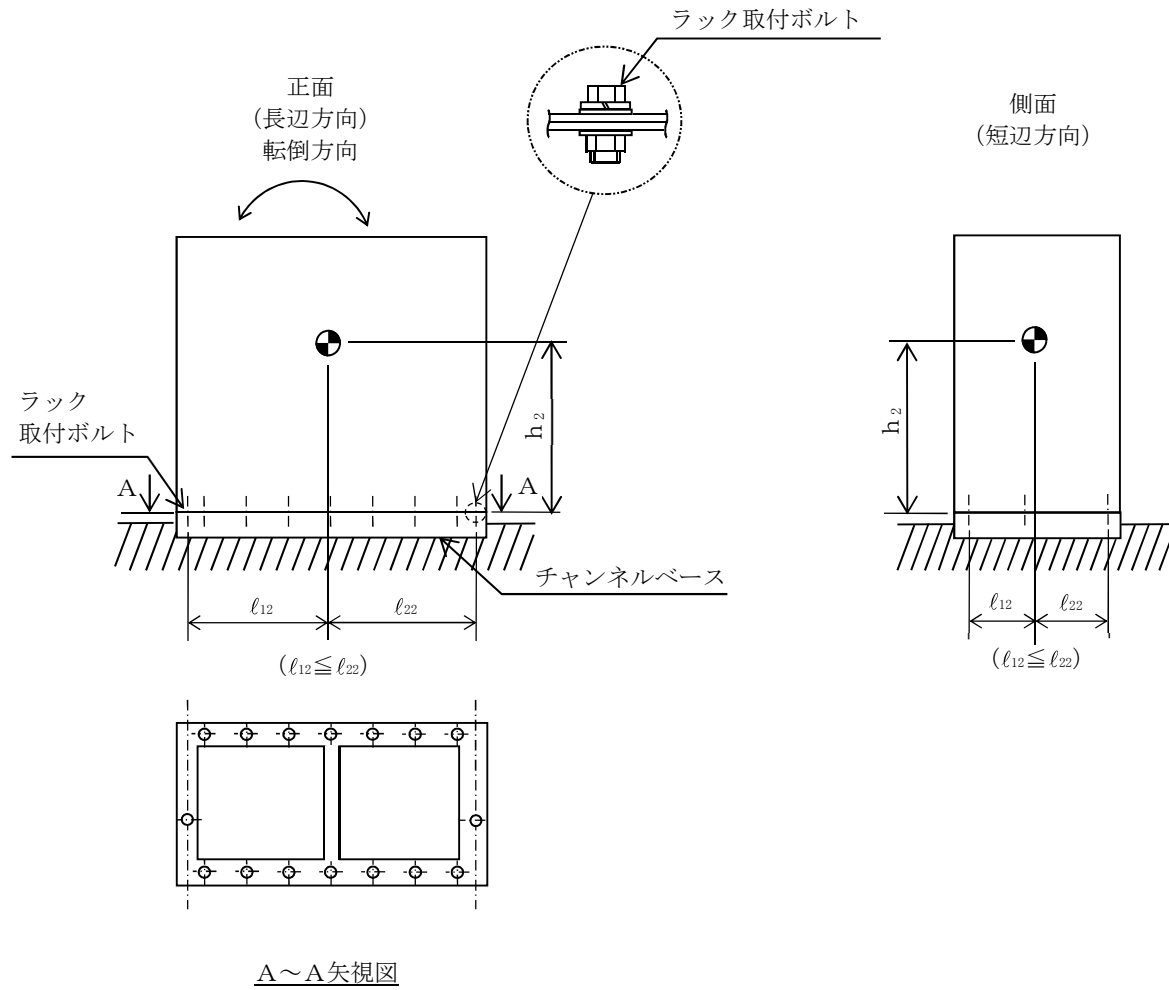
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008B) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT008C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P011)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

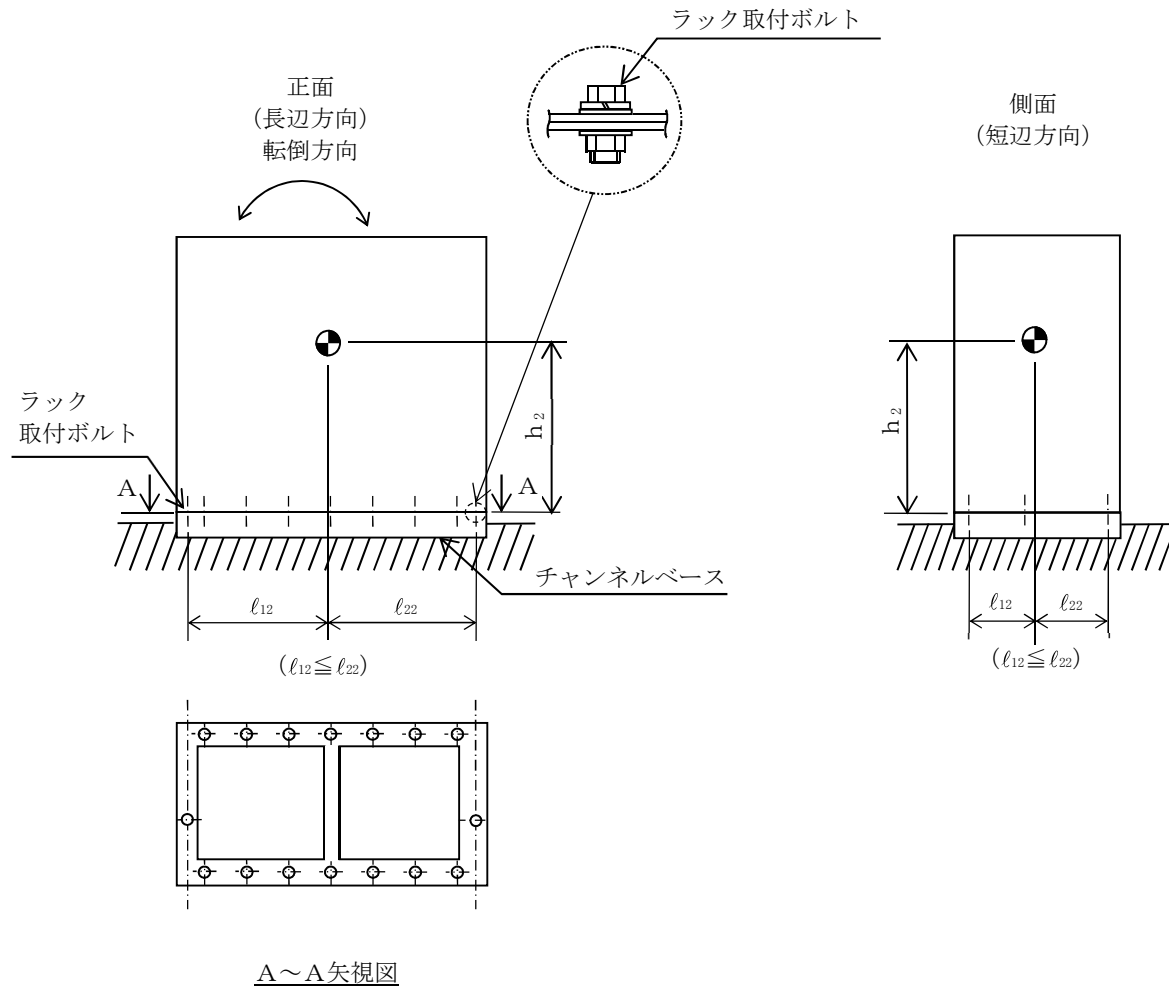
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008C) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



A~A矢视图

【主蒸気管流量 (E31-DPT008D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P012)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

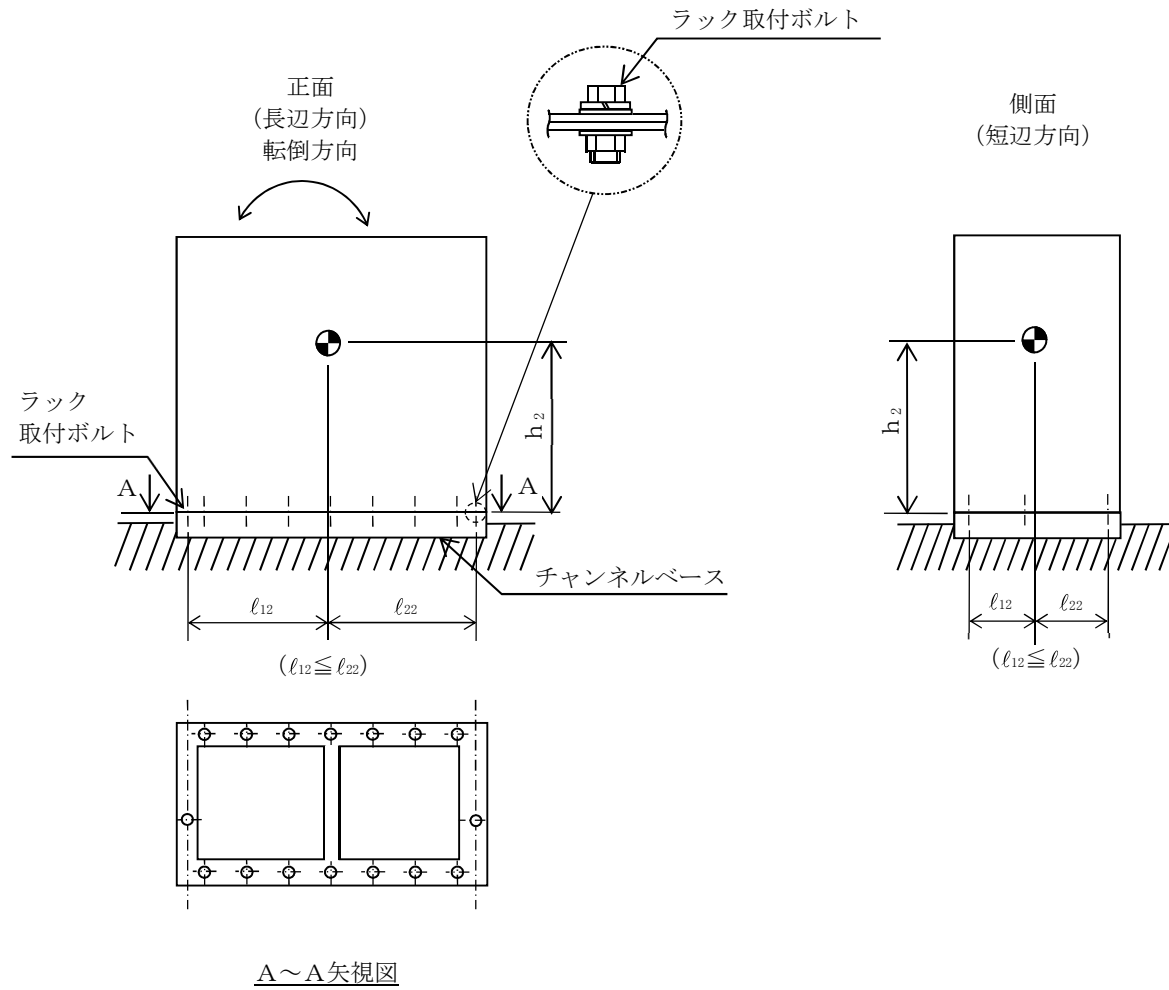
1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT008D) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



A~A矢視図

【主蒸気管流量 (E31-DPT009A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P009)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

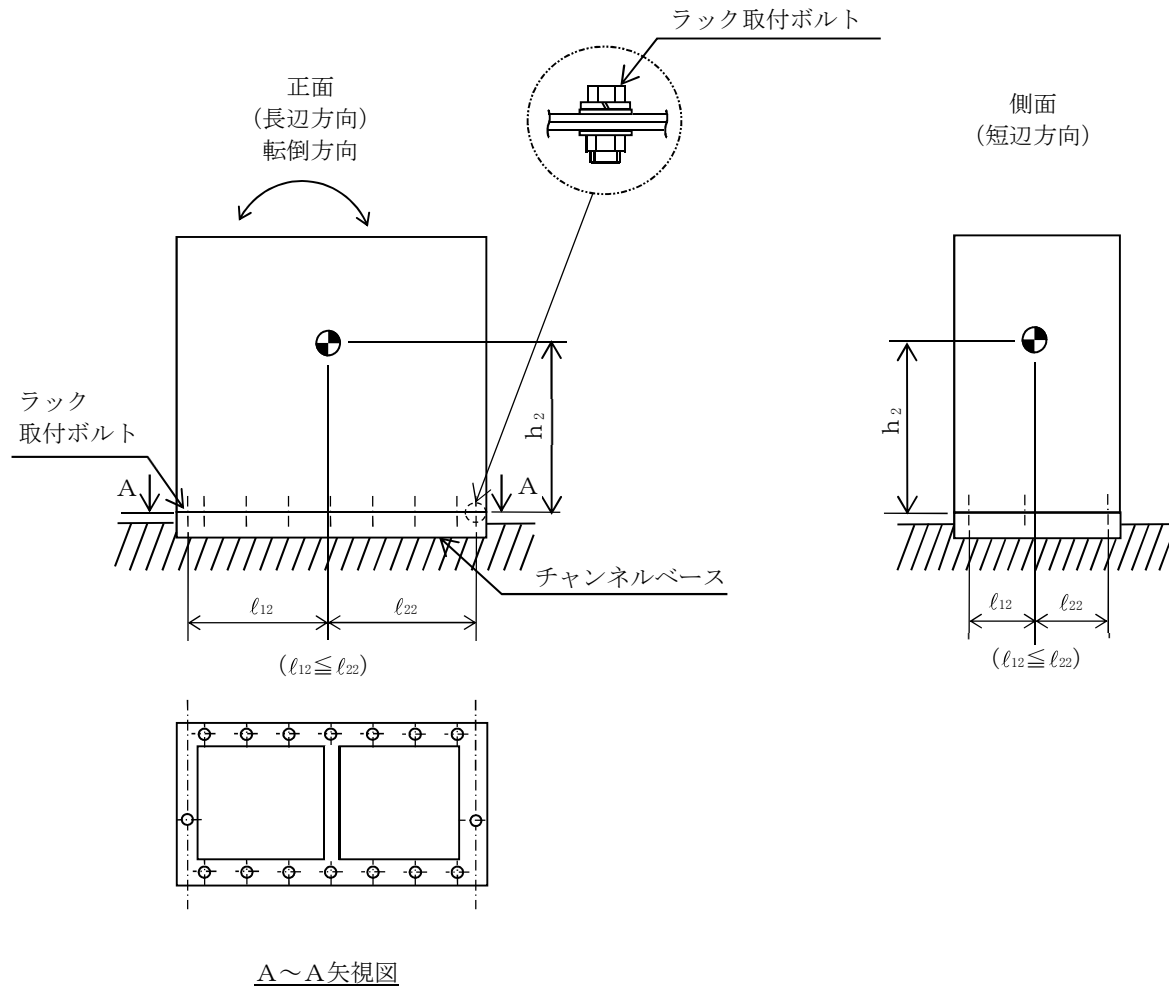
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009A) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT009B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P010)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

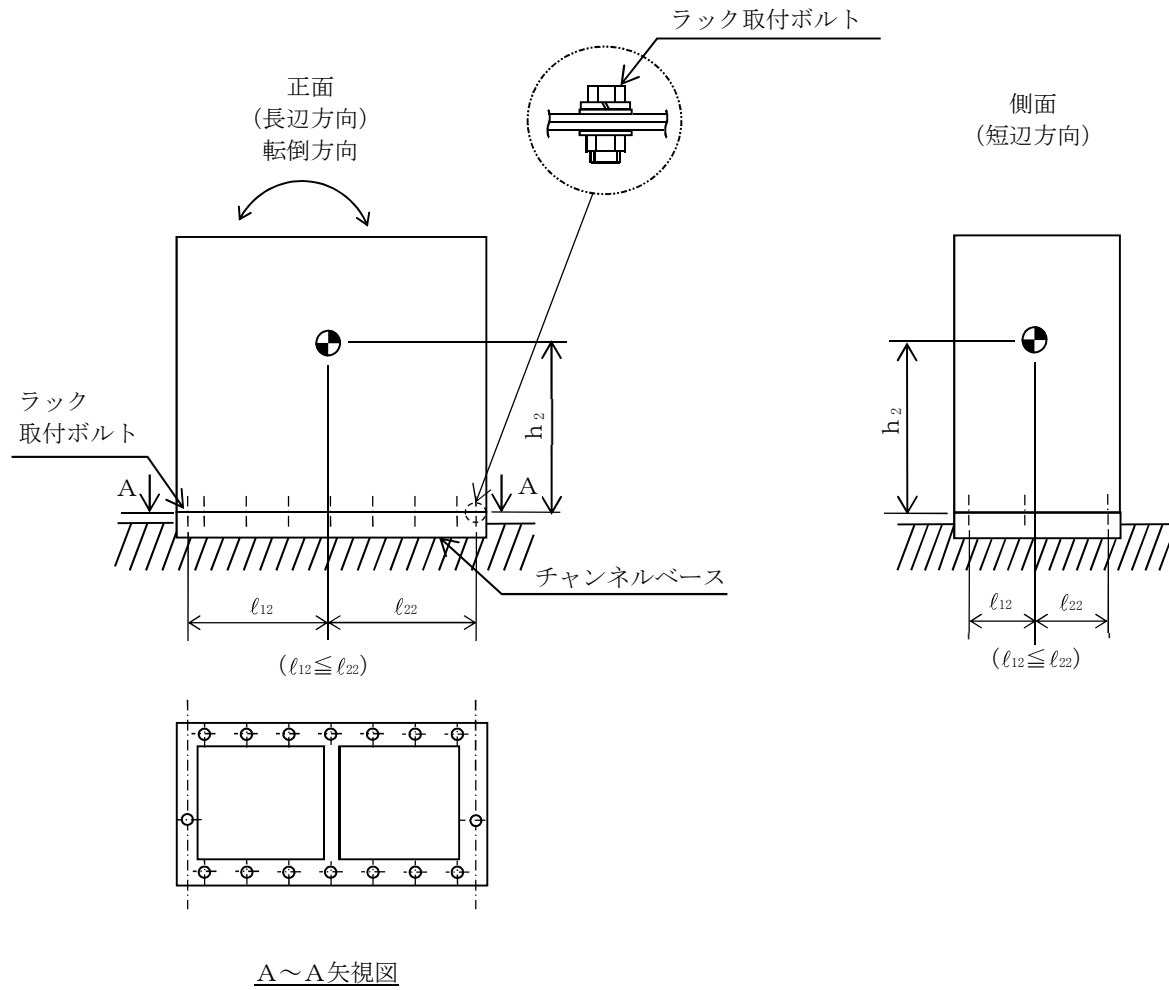
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009B) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT009C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P011)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

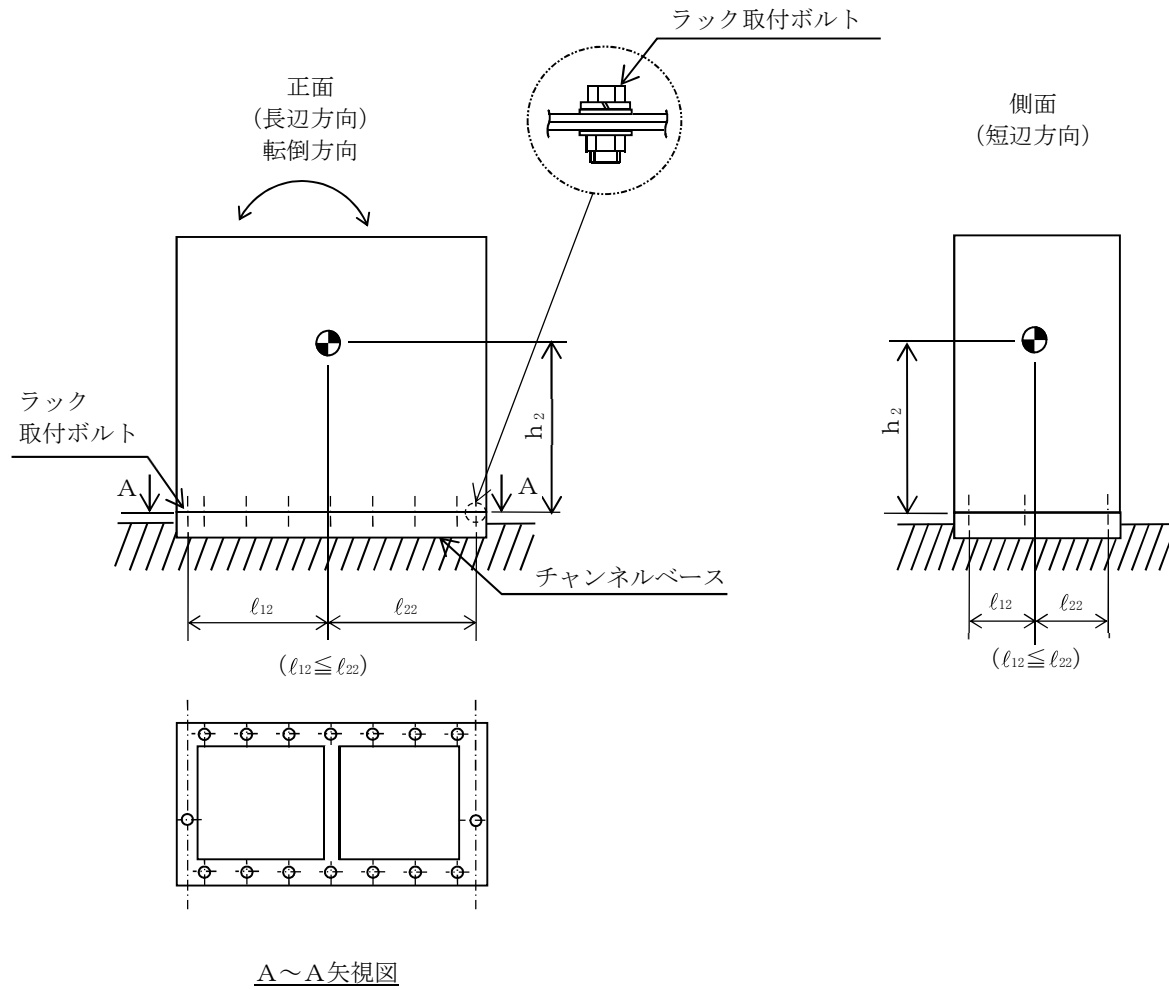
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009C) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT009D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P012)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * (mm) | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

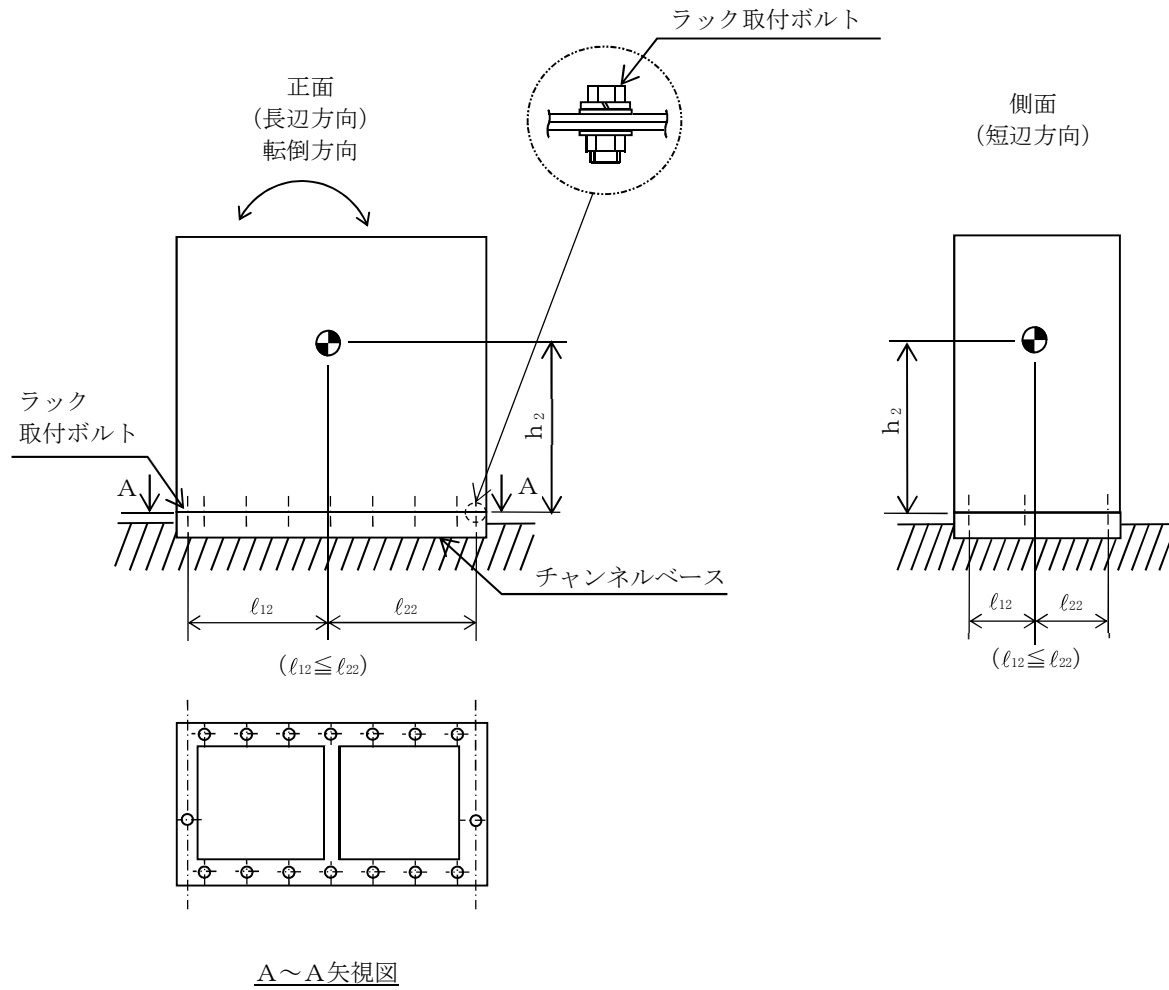
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT009D) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT010A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P009)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * (mm) | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

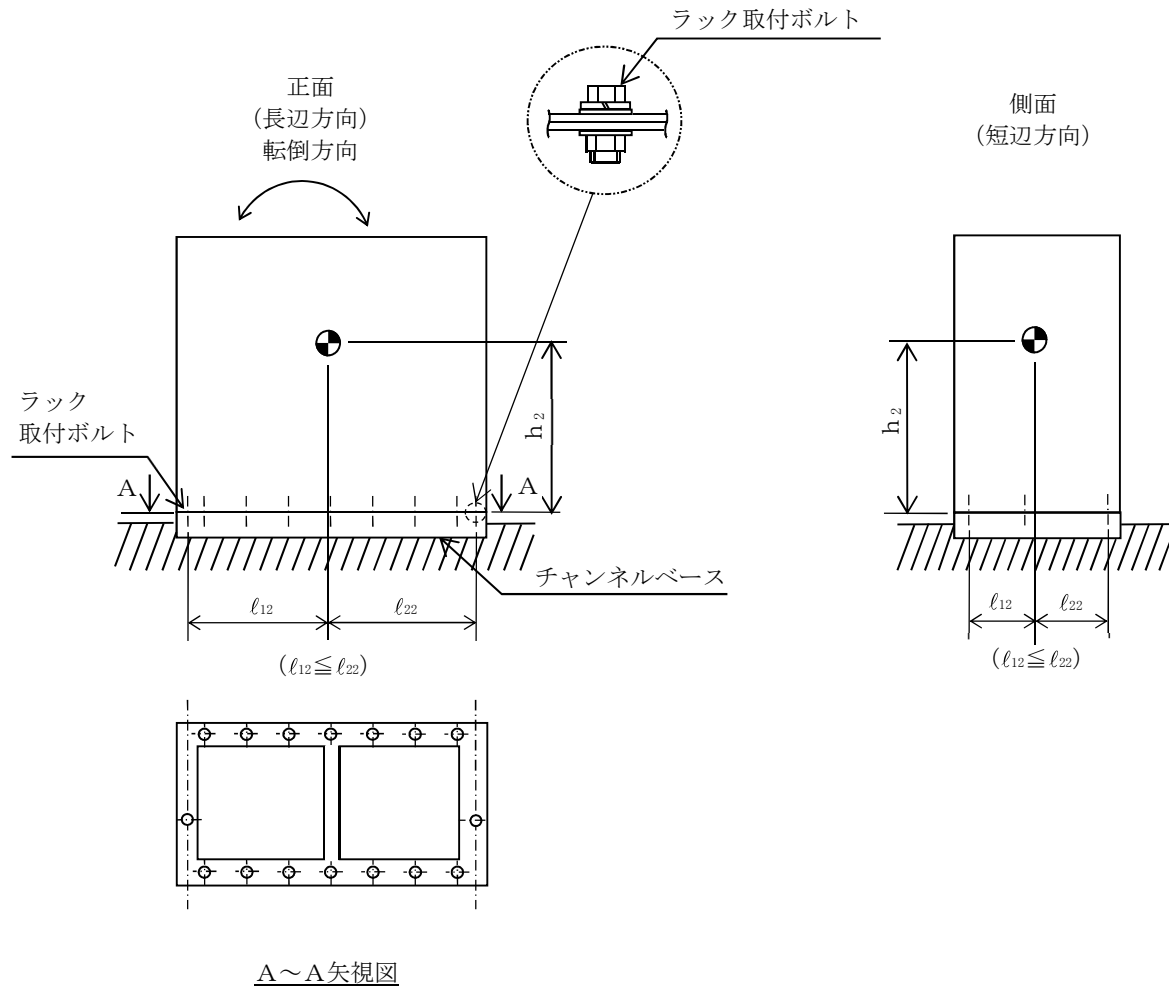
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010A) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT010B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P010)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * (mm) | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

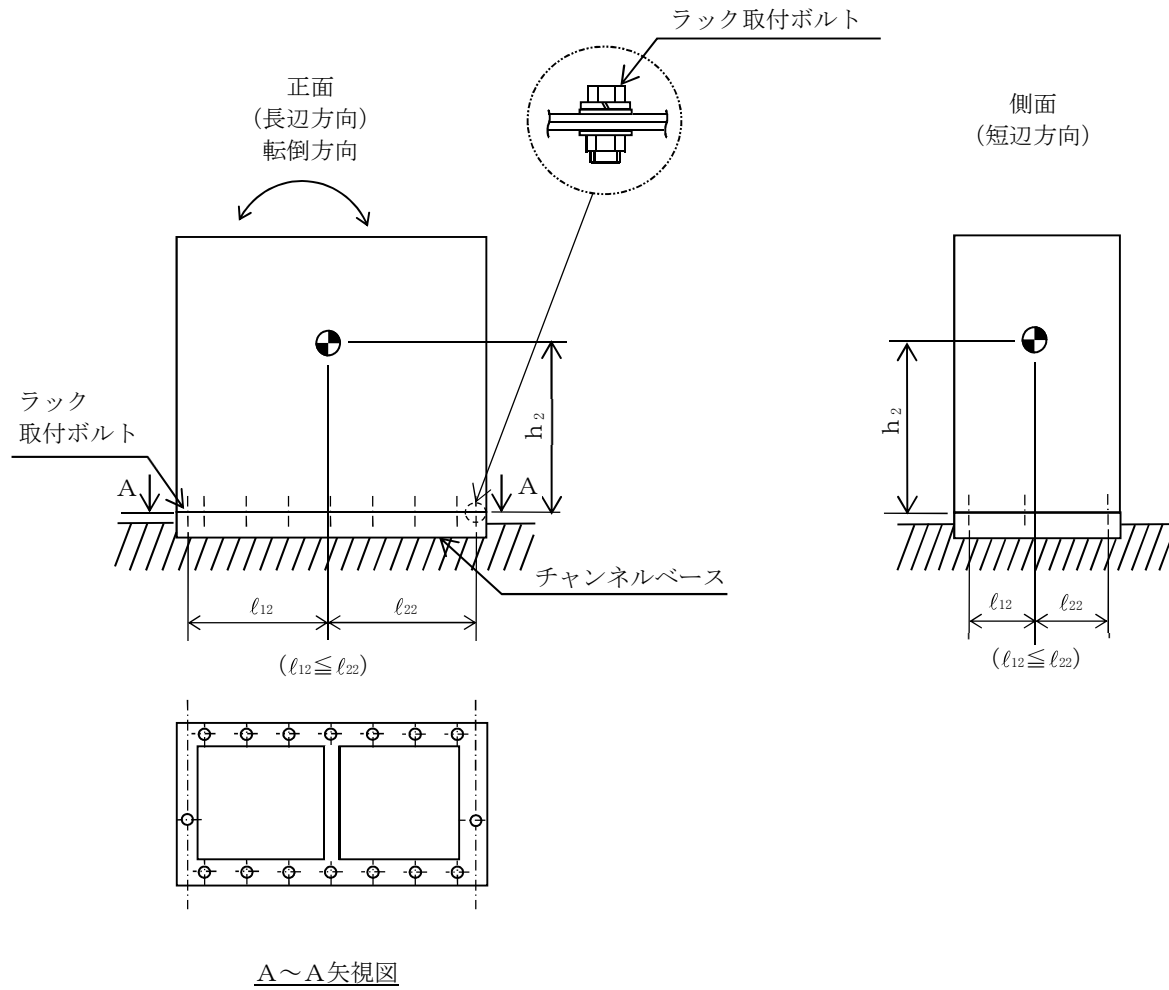
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010B) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT010C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P011)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

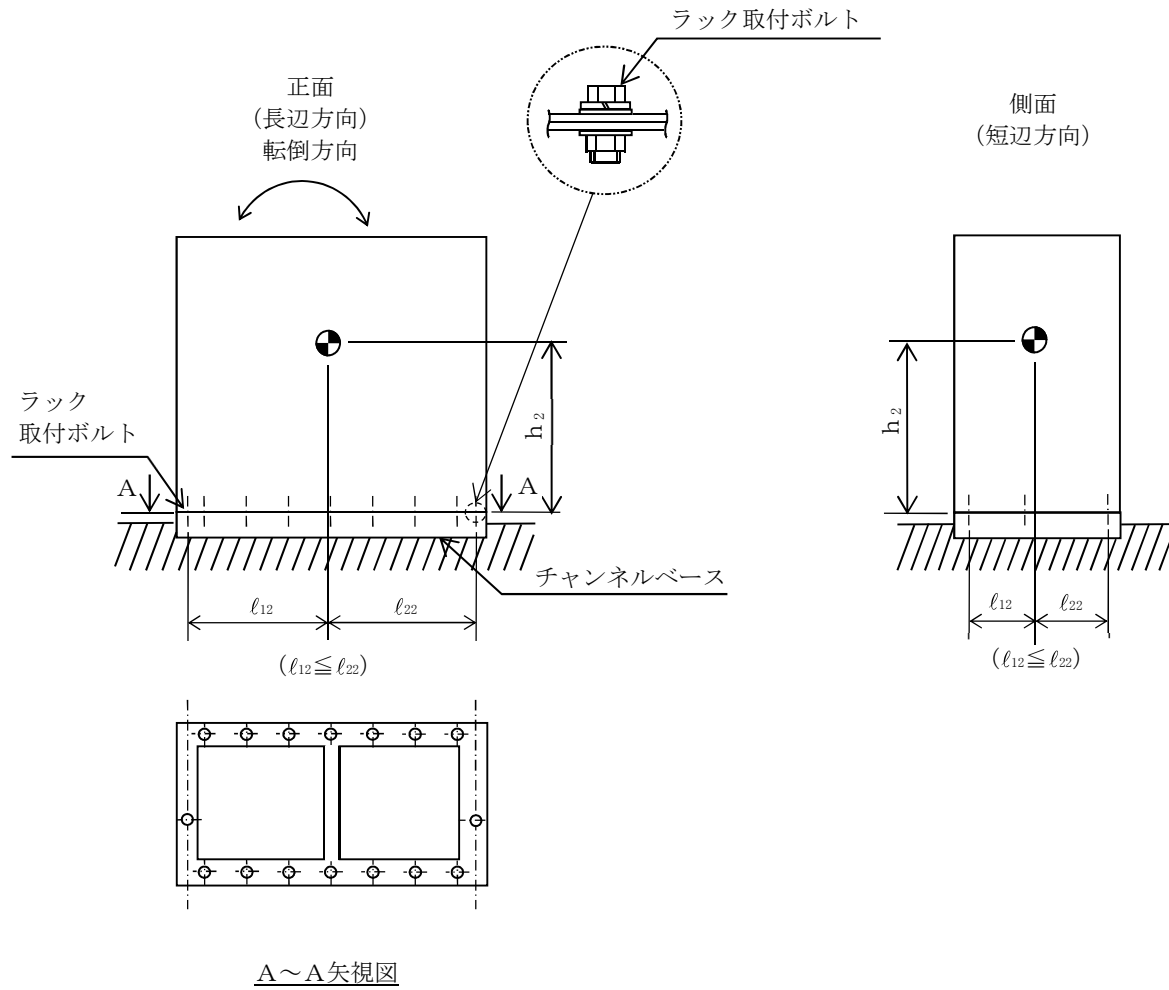
1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010C) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT010D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P012)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * (mm) | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

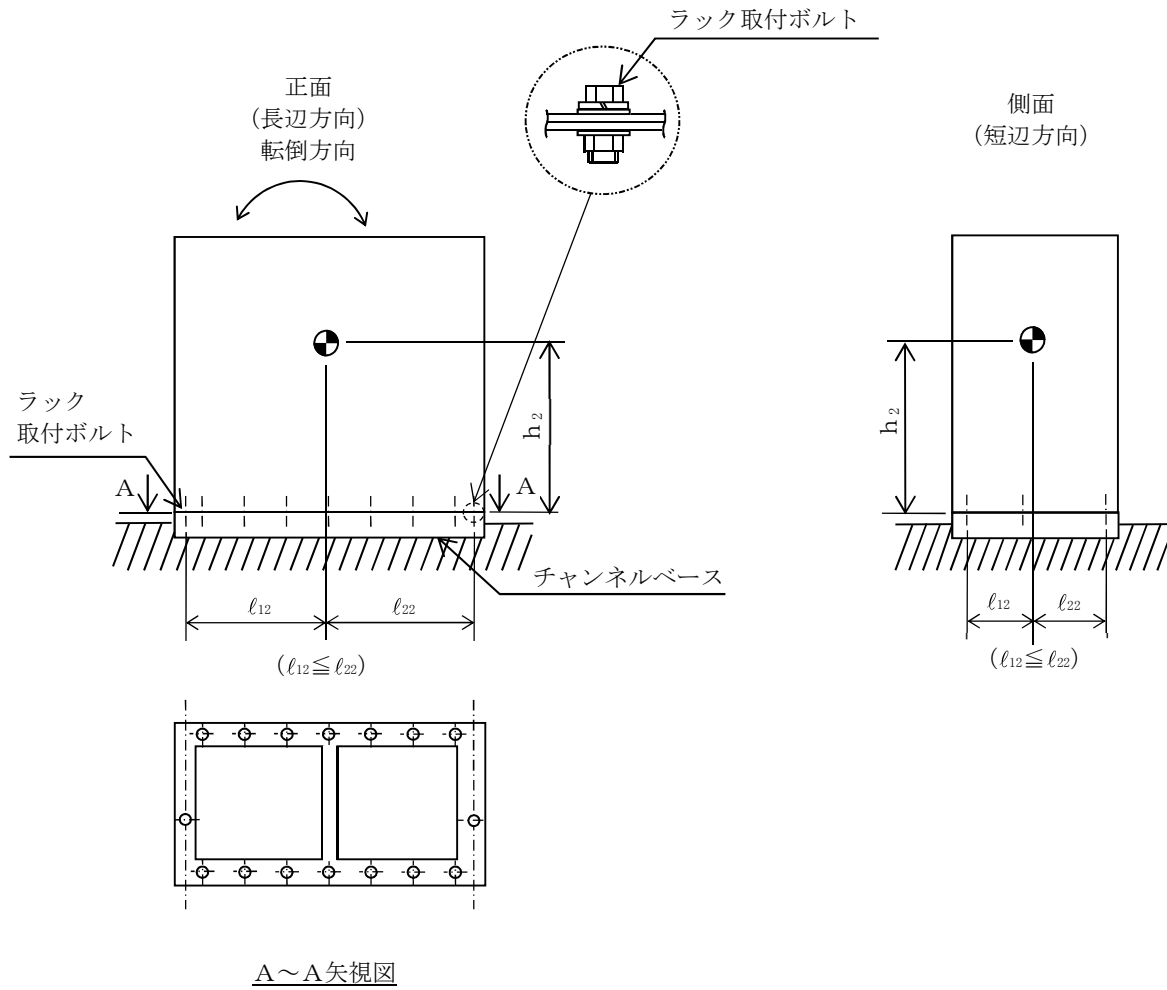
1.4.2 電氣的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT010D) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT011A) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011A) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P009)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * (mm) | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

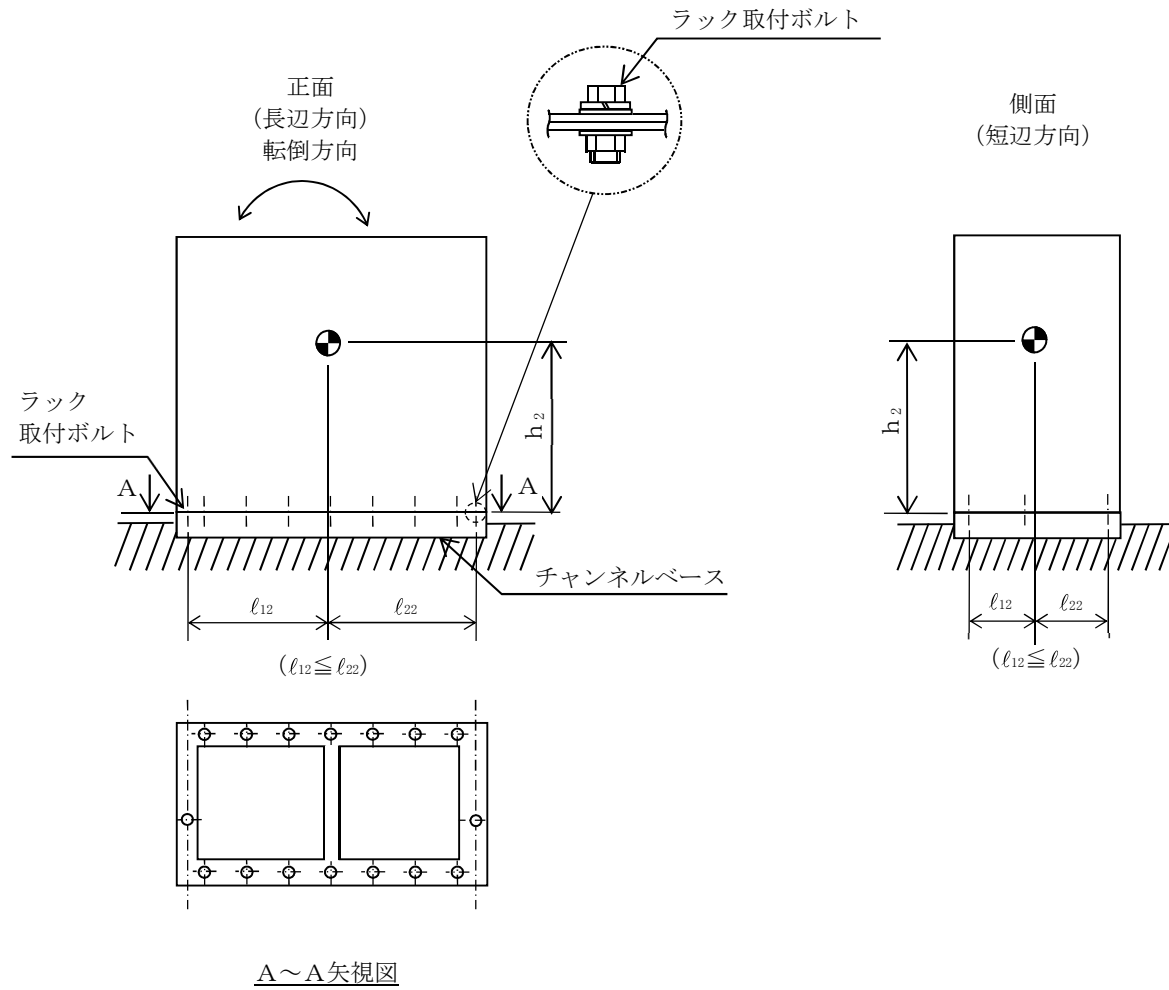
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電氣的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011A) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT011B) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011B) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P010)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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 (単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | | | | |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

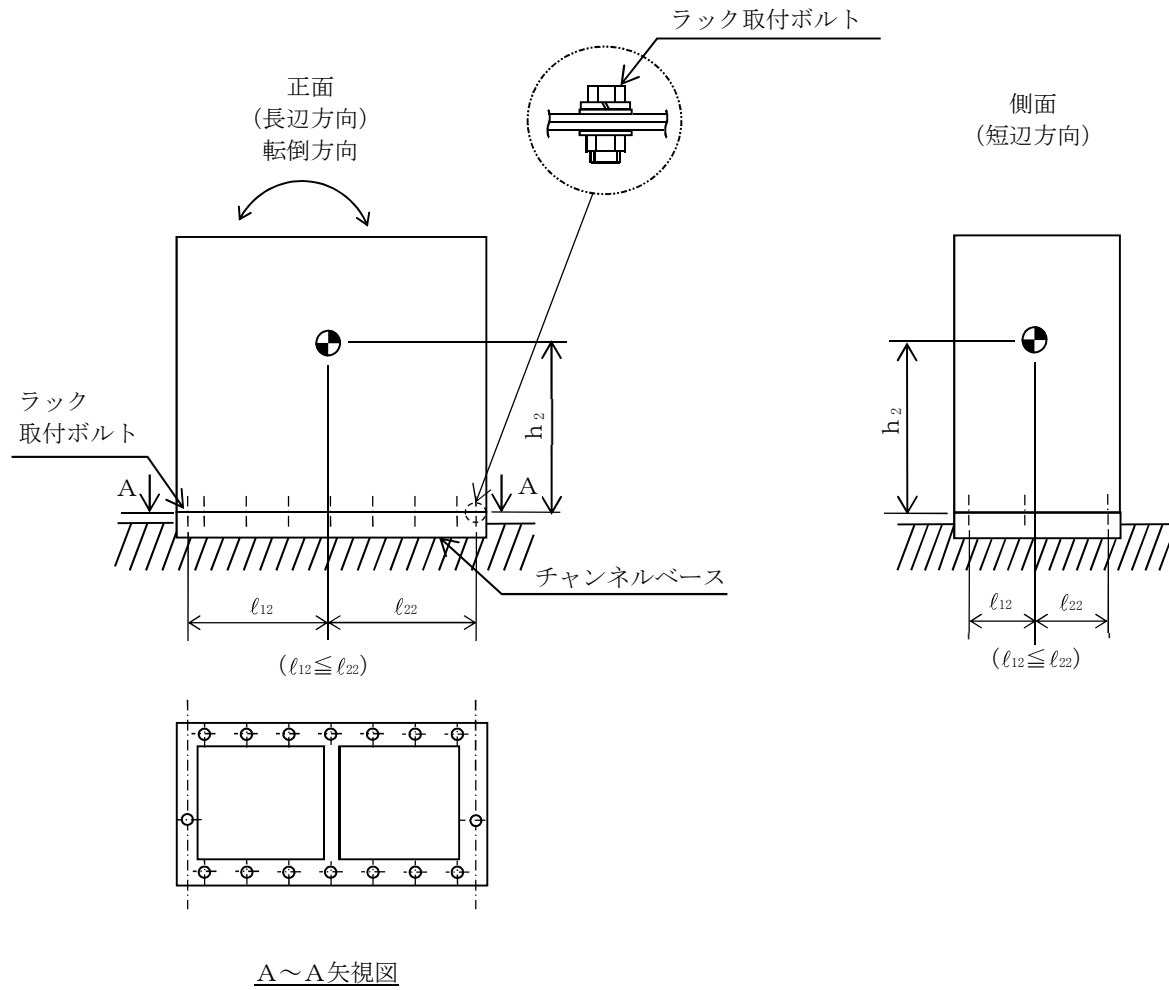
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

1.4.2 電気的機能の評価結果 (×9.8m/s²)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011B) | 水平方向 | 1.08 | |
| | 鉛直方向 | 1.08 | |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



【主蒸気管流量 (E31-DPT011C) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011C) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記* : 基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P011)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * (mm) | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記* : 各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

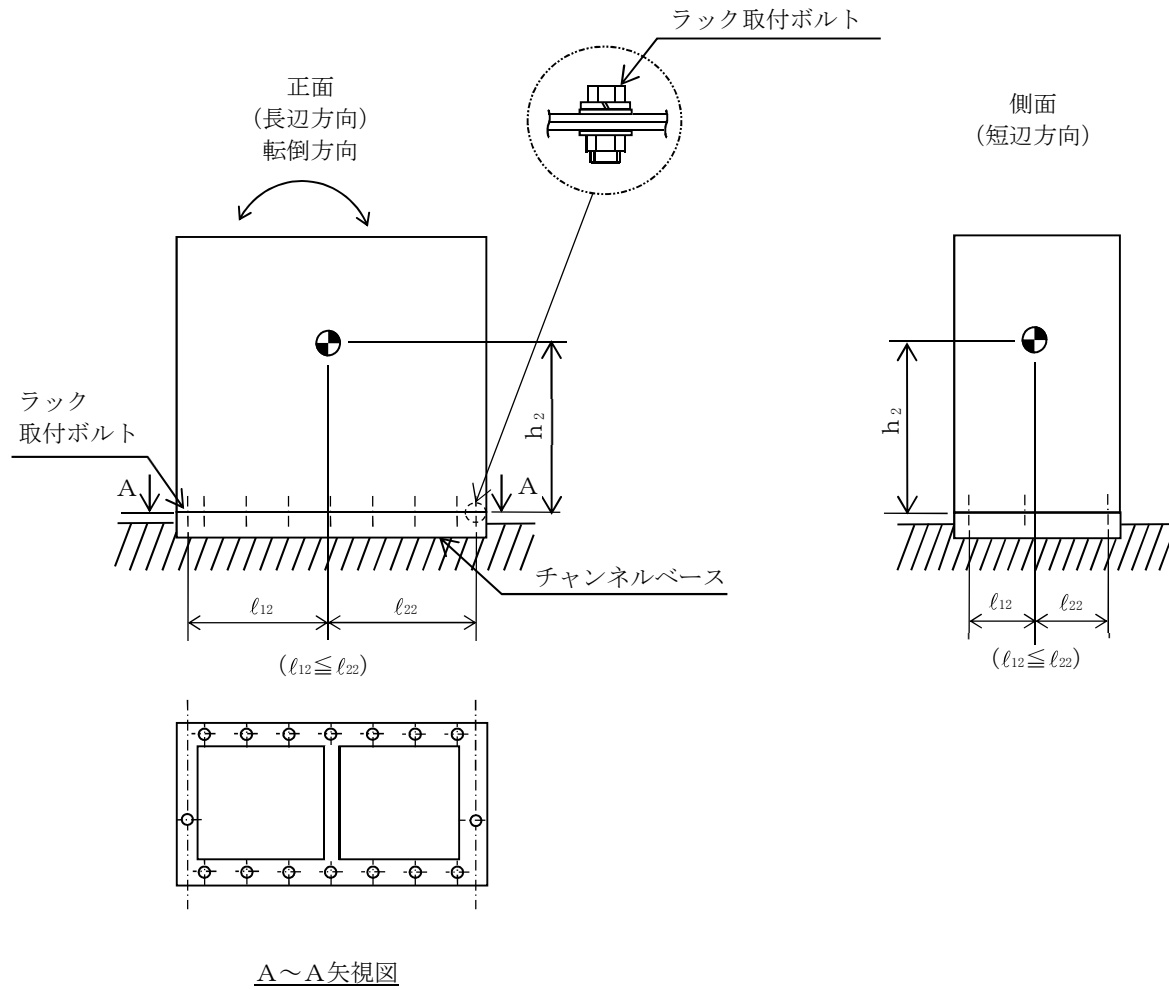
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011C) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



A~A矢视图

【主蒸気管流量 (E31-DPT011D) 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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 周囲環境温度 (°C) |
|-------------------------|---------|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|
| | | | 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 | |
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011D) | S | 原子炉建屋 T. M. S. L. 4. 800* | <input type="text"/> | <input type="text"/> | C _H =0.66 | C _V =0.64 | C _H =1.29 | C _V =1.31 | 100 |

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

1.2.1 主蒸気管流量 (H22-P012)

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) |
|-------------------|------------------------|------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------------|---------------------------|
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 16 (M16) | 201.1 | 16 | 212 (16mm<径≤40mm) | 373 (16mm<径≤40mm) |

| 部材 | l _{1 i} * (mm) | l _{2 i} * (mm) | n _{f i} * | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|--------------------|-------------------------|---------------------------|--|----------------------|
| | | | | | | 弾性設計用 地震動 S _d 又は 静的震度 | 基準地震動 S _s |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 7 | 212 | 254 | 長辺方向 | 長辺方向 |
| | <input type="text"/> | <input type="text"/> | 1 | | | | |

注記*：各ボルトの機器要目における上段は短辺方向転倒に対する評価時の要目を示し、
下段は長辺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

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--|----------------------|--|----------------------|
| | 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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> | <input type="text"/> |

1.4 結論

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 |
| ラック取付ボルト (i=2) | SS400 | 引張り | $\sigma_{b2}=7$ | $f_{ts2}=159^*$ | $\sigma_{b2}=30$ | $f_{ts2}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=2$ | $f_{sb2}=122$ | $\tau_{b2}=3$ | $f_{sb2}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

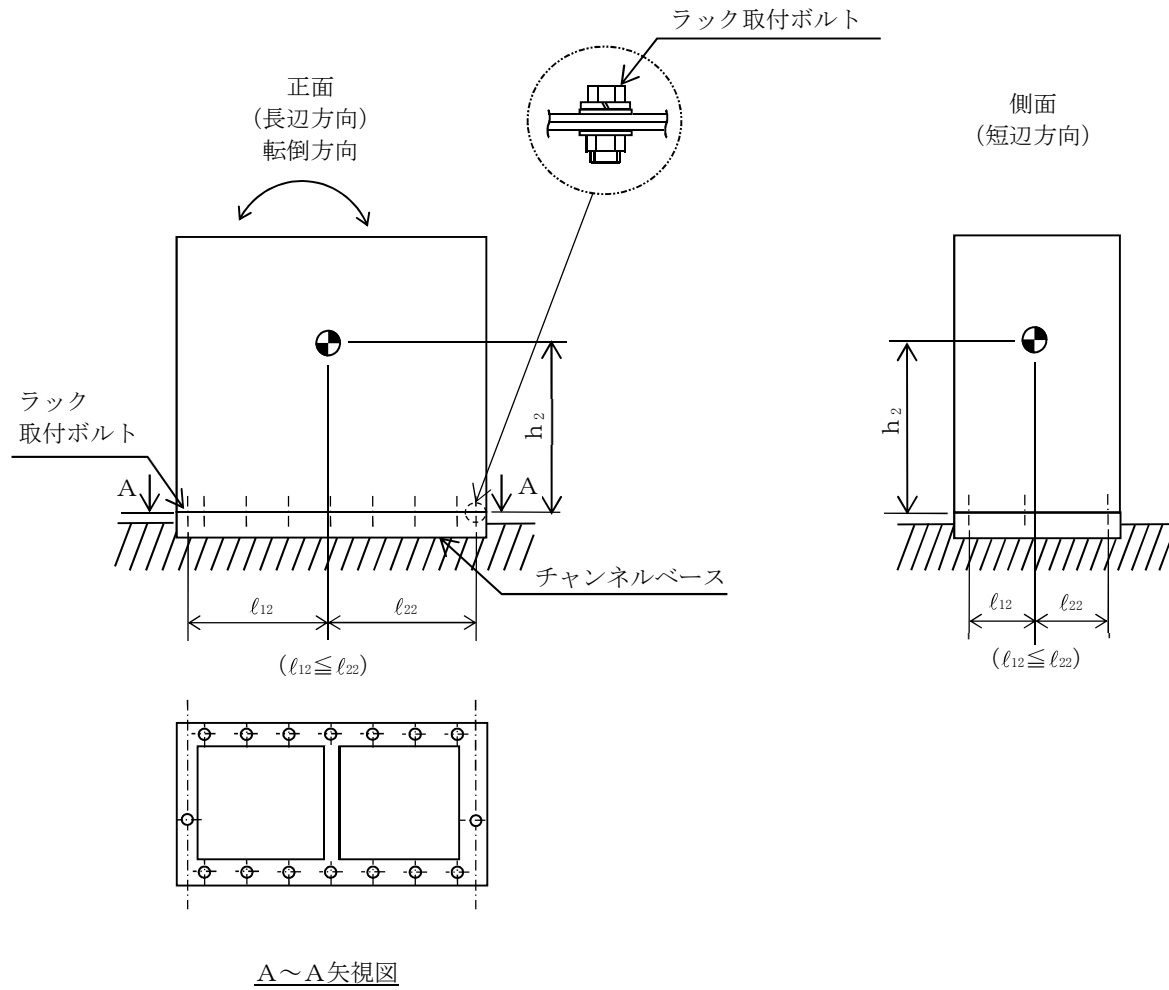
1.4.2 電気的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|-------------------------|------|-------------|----------------------|
| 主蒸気管流量 (E31-DPT011D) | 水平方向 | 1.08 | <input type="text"/> |
| | 鉛直方向 | 1.08 | <input type="text"/> |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



VI-2-6-2 制御材の耐震性についての計算書

VI-2-6-2-1 制御棒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 構造計画 | 2 |
| 3. 燃料集合体の地震応答解析 | 3 |
| 4. 制御棒の挿入性試験 | 4 |
| 4.1 試験装置 | 4 |
| 4.2 試験方法 | 4 |
| 4.3 試験結果 | 4 |
| 5. 制御棒挿入性に対する鉛直方向地震による影響評価 | 10 |
| 5.1 鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ | 10 |
| 5.2 燃料集合体の浮上り | 10 |
| 6. 評価結果 | 11 |
| 7. 引用文献 | 11 |

1. 概要

本計算書は、制御棒の耐震性について示すものである。

地震時において制御棒に要求される機能は、制御棒の挿入機能の確保である。

制御棒の挿入機能の確保については、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）に従って、地震時における制御棒の挿入性についての検討を行い、基準地震動 S_s に対し制御棒の挿入性が確保されることを確認する。ここで、地震時に制御棒の挿入性を阻害する支配的要因は、燃料集合体の水平方向地震による相対変位であることから、制御棒挿入試験は水平方向地震に対して実施する。また、鉛直方向地震に対してはその影響を評価する。

制御棒の挿入機能確保に必要な形状を維持するための構造部材は、シース、ハンドル、タイロッド、コネクタであり、制御棒挿入性試験により挿入機能が確認される。

なお、ボロンカーバイド型制御棒の運転寿命は、核的寿命及び機械的寿命のうち短い方で規定される。

ボロンカーバイド型制御棒のボロンカーバイド粉末を充てんした中性子吸収棒については、中性子照射によるガス等の発生に伴い中性子吸収棒の内圧が上昇するが、寿命末期において中性子吸収棒の変形は生じない。

以上より、制御棒の寿命中において中性子吸収材によるシースの変形はないことから、制御棒の挿入性に影響を与えることはない。

2. 一般事項

2.1 構造計画

制御棒の構造計画を表 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>制御棒は、バイオネットカップリングにより制御棒駆動機構に支持される。</p> | <p>十字形制御棒 制御棒の長さは 4050mm であり、ブレードの幅は 249mm である。</p> | |

3. 燃料集合体の地震応答解析

燃料集合体の地震応答解析は原子炉压力容器内部構造物の一部として実施されており，詳細はVI-2-3-1「炉心，原子炉压力容器及び压力容器内部構造物の地震応答計算書」に示す。

計算された燃料集合体の基本ケースの最大応答相対変位は13.2mmとなる。また，燃料集合体の基本ケースの最大応答加速度は，鉛直方向で 10.4m/s^2 となる。

制御棒挿入性の評価においては，基本ケースの最大応答変位及び最大応答加速度に対し，材料物性の不確かさや地震動及び地殻変動による基礎地盤の傾斜に対する影響等を考慮した最大相対変位18.6mm及び最大鉛直加速度 10.5m/s^2 を用いる。

4. 制御棒の挿入性試験

水平方向地震により燃料集合体に相対変位が生じた状態で制御棒の挿入性が確保されることを確認するため、制御棒の挿入性試験を実施している。試験は 1992 年 9 月に当時の株式会社 東芝にて実施したものである。

4.1 試験装置

試験装置の概要を図 4-1 に示す。

試験装置は炉心を模擬するために、試験容器内に上部格子板、燃料集合体、制御棒案内管を据え付け、下部に制御棒駆動機構ハウジングを接続している。

試験用機器仕様の概要を表 4-1 に示す。

燃料集合体は質量を模擬するため燃料ペレットに鉛を使用している。水圧制御ユニットは、1 体の制御棒駆動機構を駆動させるため、アキュムレータ及び窒素容器の容量は実機より小さくして圧力を調整することで定格状態を模擬している。制御棒及び制御棒駆動機構等の供試体は実機仕様である。

計測装置の概要を図 4-2 に示す。

4.2 試験方法

試験条件を表 4-2 に示す。

図 4-1 に示す試験容器内に 4 体の質量模擬燃料集合体を組み込んで、加振台により試験容器を全体加振し、スクラム試験を実施した。

試験では、図 4-2 に示す計測装置により、燃料集合体相対変位（振幅）及び制御棒の挿入時間を測定した。

4.3 試験結果

図 4-3 に燃料集合体相対変位と 60%及び 100%ストロークスクラム時間の関係を示す。

図 4-3 に示すとおり、燃料集合体相対変位が約 40mm までの範囲においても、60%及び 100%ストロークスクラム時間がそれぞれ 1.44 秒及び 2.80 秒以内であることを確認した。

なお、制御棒挿入試験後において制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

表 4-1 試験用機器仕様の概要（ボロンカーバイド型制御棒用）

| 試験用機器 | 仕様の概要 |
|----------|---|
| 燃料集合体 | 質量模擬燃料集合体 （質量模擬のため燃料ペレットに鉛を使用） |
| 制御棒 | 実機仕様 |
| 燃料支持金具 | 実機仕様 |
| 制御棒案内管 | 実機仕様 |
| 制御棒駆動機構 | 実機仕様 |
| 水圧制御ユニット | アキュムレータ容量： <input data-bbox="948 833 1313 952" type="text"/> 窒素容器容量： <input data-bbox="948 904 1313 952" type="text"/> |
| 加振台 | 加 振 力： <input data-bbox="938 969 1276 1081" type="text"/> 最大加速度： <input data-bbox="938 1041 1276 1081" type="text"/> |

表 4-2 試験条件（ボロンカーバイド型制御棒用）

| 項目 | 条件 |
|---------------|---------|
| 温度 | |
| 圧力 | |
| 加振条件 | |
| スクラム開始時の制御棒位置 | 全引き抜き状態 |

注記* :

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

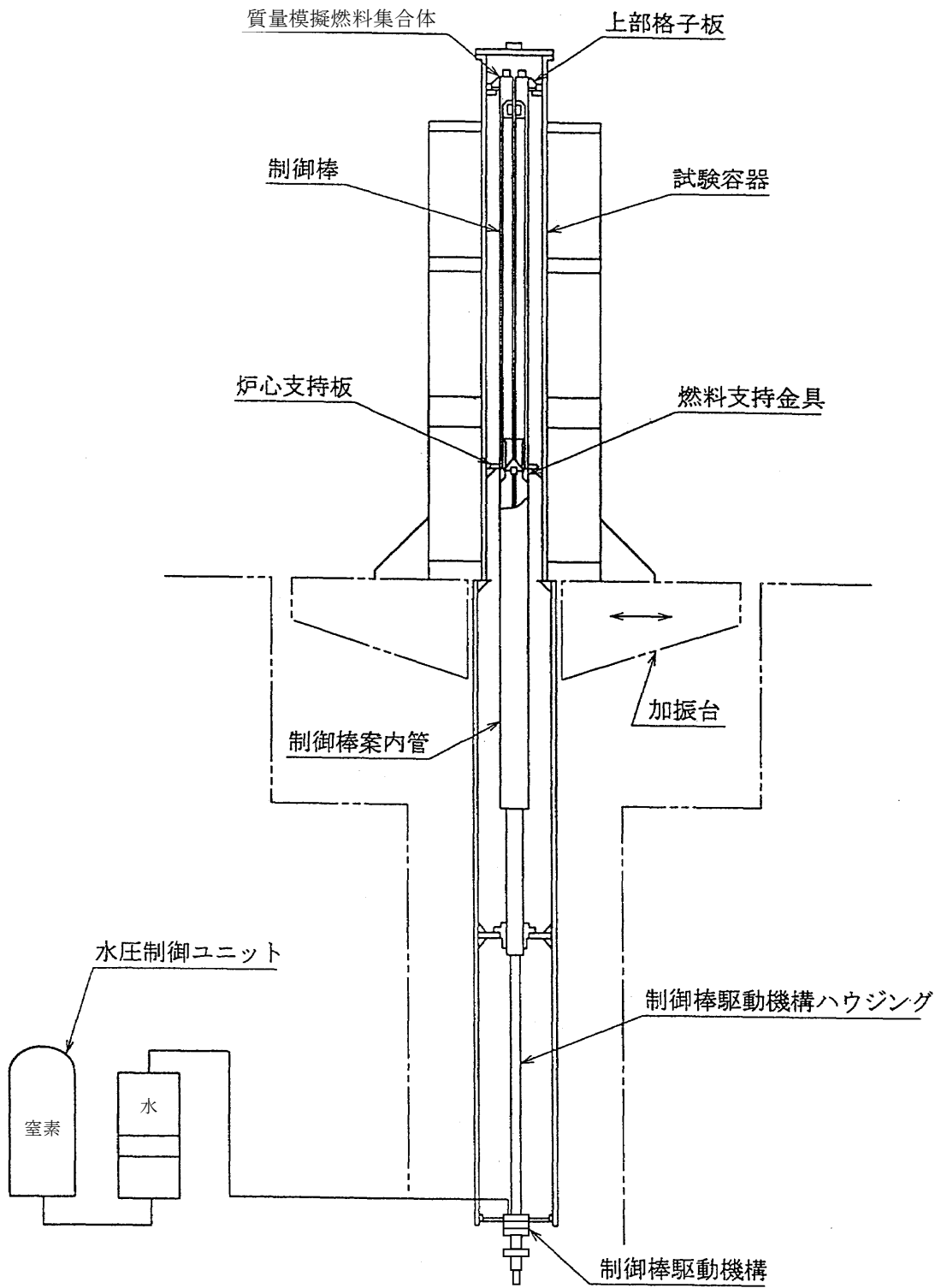


図 4-1 試験装置の概要

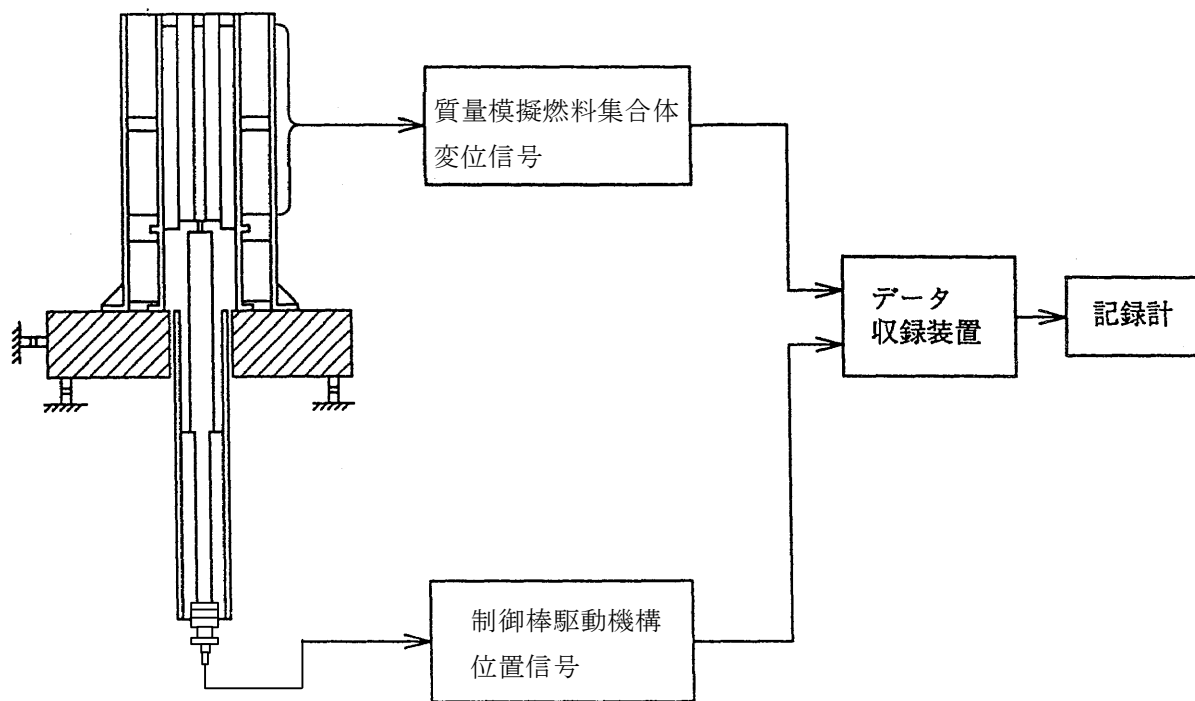


図 4-2 計測装置の概要

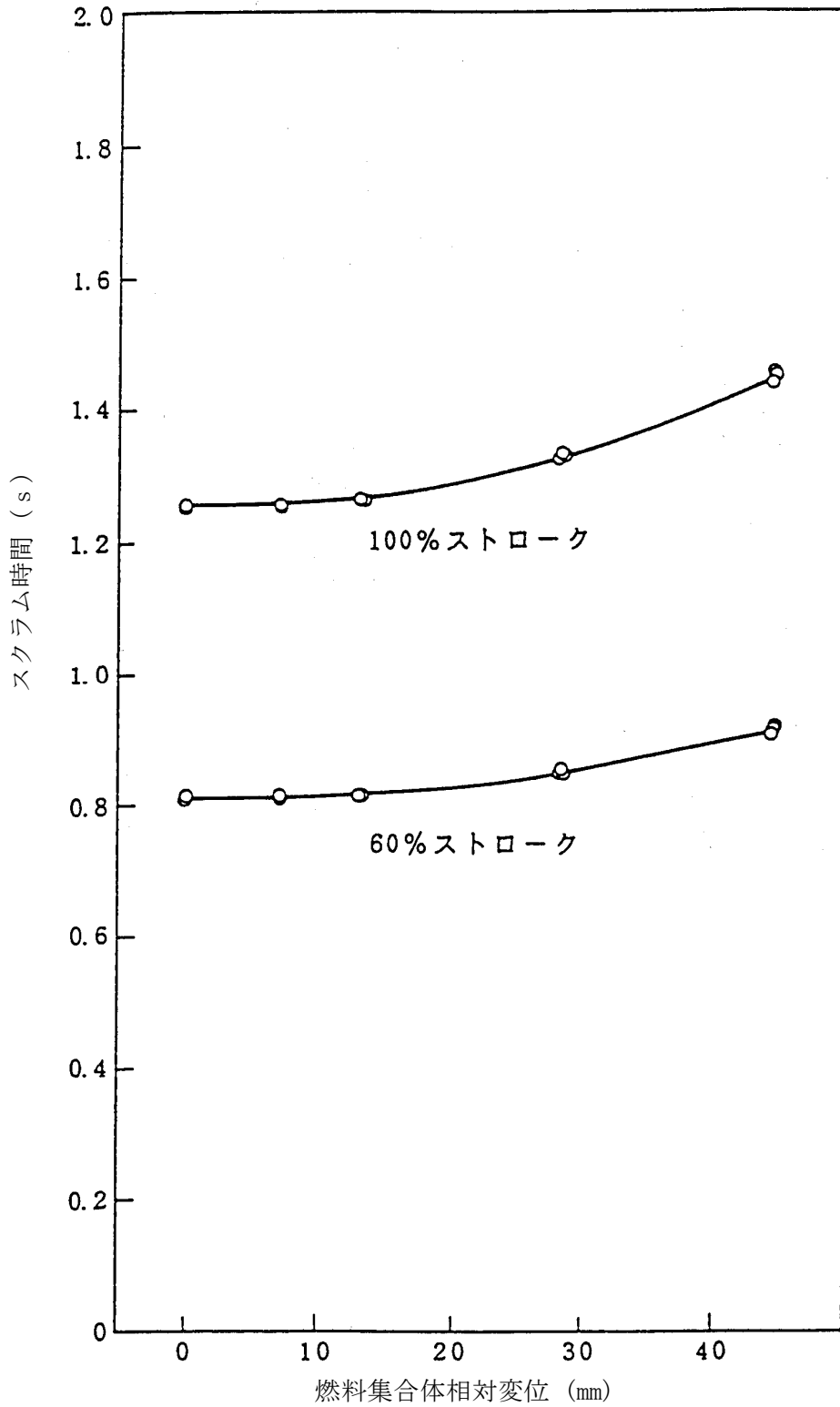


図 4-3 燃料集合体相対変位のスクラム時間に及ぼす影響

(ボロンカーバイド型制御棒)

5. 制御棒挿入性に対する鉛直方向地震による影響評価

鉛直方向地震により制御棒の挿入性に与える影響について、次の観点で評価する。

- (1) 鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ
- (2) 燃料集合体の浮上り

5.1 鉛直方向の作用荷重及びそれに伴う挿入時間遅れ

制御棒に作用する荷重について、制御棒に作用する鉛直方向地震力と地震スクラムにより生じるその他の荷重との大小関係を確認し、評価した。

その結果、交番荷重である鉛直地震動の加速度 10.5m/s^2 が、仮に常時制御棒の挿入方向と逆向き（下向き）に作用した場合でも、制御棒の挿入力（上向き）は下向きの力に対して、大きくなっており、鉛直方向の作用荷重による制御棒挿入性への影響はない。

また、鉛直方向の作用荷重は、実際には交番荷重として作用することから、挿入時間の遅れに対する影響は小さく、スクラム目安時間を超えることはない。

5.2 燃料集合体の浮上り

鉛直方向地震による燃料集合体の浮上りによる制御棒挿入性への影響については、引用文献(1)及び(2)で評価している。引用文献に基づいた影響評価により、柏崎刈羽原子力発電所第6号機における鉛直方向地震に対して燃料集合体が燃料支持金具設置深さ 60mm を超えるような浮上りは生じないことを確認した。

また、鉛直方向地震に加えて水平方向地震が作用し、燃料支持金具の面に沿って上方向に移動する事象を想定する場合でも、燃料支持金具からの離脱は生じないことを確認した。

6. 評価結果

燃料集合体の地震応答解析の結果、燃料集合体の最大応答相対変位は 40mm 以下である。

また、制御棒挿入試験の結果より、燃料集合体相対変位が約 40mm までの範囲においても、通常のスクラム仕様値 60%ストローク 1.44 秒以下及び 100%ストローク 2.80 秒以下で挿入できること、並びに、制御棒挿入性試験後、制御棒の外観に有意な変化がないことを確認した。

さらに、鉛直方向地震による制御棒挿入性への影響について、制御棒に作用する荷重、挿入時間遅れ及び燃料集合体の浮上りに対して問題ないことを確認した。

したがって、基準地震動 S_s に対する制御棒の挿入性と健全性は確保される。

7. 引用文献

- (1) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成 17 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 機器耐力その 2 (BWR 制御棒挿入性) に係る報告書」(平成 18 年 9 月)
- (2) 独立行政法人 原子力安全基盤機構 平成 17 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 機器耐力その 3 (総合評価) に係る報告書」(平成 18 年 8 月)

VI-2-6-3 制御材駆動装置の耐震性についての計算書

VI-2-6-3-1 制御棒駆動機構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 | 4 |
| 2.4 記号の説明 | 5 |
| 2.5 計算精度と数値の丸め方 | 6 |
| 3. 評価部位 | 7 |
| 4. 構造強度評価 | 8 |
| 4.1 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 |
| 4.3 固有周期 | 11 |
| 4.4 設計用地震力 | 11 |
| 4.5 計算方法 | 12 |
| 4.5.1 一次応力計算 | 12 |
| 4.5.2 一次＋二次応力計算 | 13 |
| 4.5.3 ピーク応力の計算 | 14 |
| 4.5.4 繰返しピーク応力強さの計算 | 14 |
| 4.5.5 疲労累積係数の計算 | 14 |
| 4.6 計算条件 | 15 |
| 4.6.1 制御棒駆動機構の応力計算条件 | 15 |
| 4.6.2 運転条件 | 15 |
| 4.7 応力の評価 | 15 |
| 5. 評価結果 | 16 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果 | 16 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 | 16 |
| 6. 参照図書 | 16 |

1. 概要

本計算書は、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、制御棒駆動機構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。

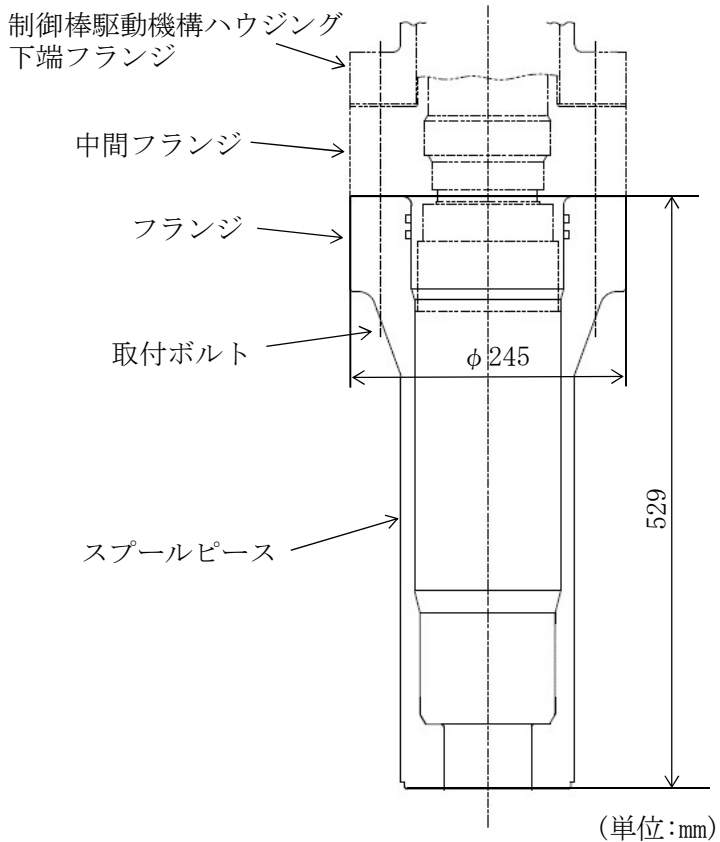
制御棒駆動機構は、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

制御棒駆動機構の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

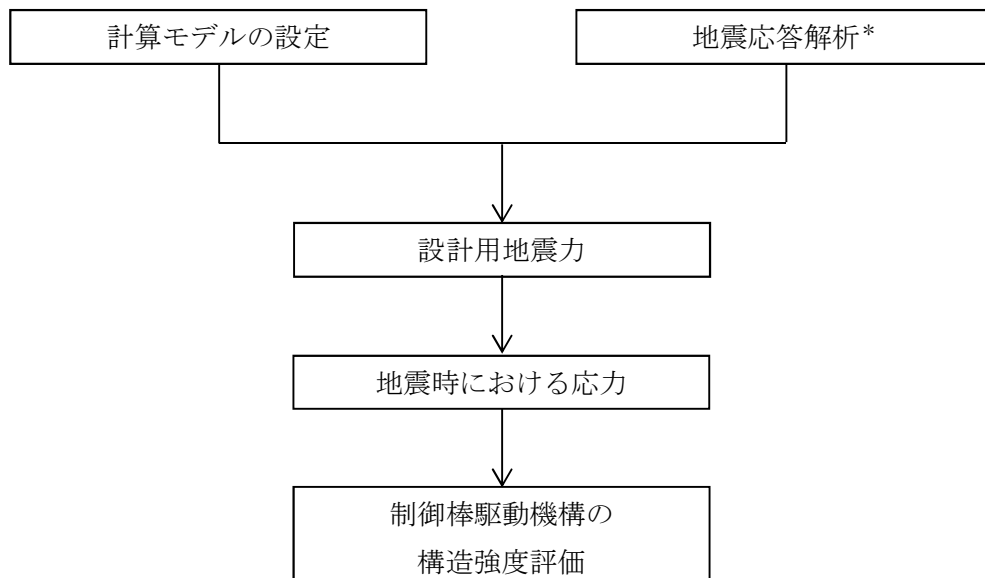
| 計画の概要 | | 概略構造図 |
|---|----------------|---|
| 基礎・支持構造 | 主体構造 | |
| <p>制御棒駆動機構は、原子炉圧力容器下部に設置される制御棒駆動機構ハウジング内に收容される部分とその下部に取り付けられるスプールピース内に收容される駆動軸の軸封部から構成され、制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジに取付ボルトで取り付けられる。</p> | <p>制御棒駆動機構</p> |  <p>(単位:mm)</p> |

2.2 評価方針

制御棒駆動機構の応力評価は、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、「2.1 構造計画」にて示す制御棒駆動機構の部位を踏まえ「3. 評価部位」にて設定する箇所において、「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. 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。

制御棒駆動機構の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

なお、本書においては、設計用地震力に対する評価について記載するものとし、設計用地震力を除く荷重による応力評価は、平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14561 号にて認可された第 5 回工事計画認可申請 IV-3-3-1-1 「制御棒駆動機構の強度計算書」（以下「既工認」という。）による。



注記*：VI-2-3-1 「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」

図 2-1 制御棒駆動機構の耐震評価フロー

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。

- ・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
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・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)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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 |
|---------------------------------|---|-----------------|
| B | 管の内径 | mm |
| B ₁ , B ₂ | 設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次応力の計算に使用するもの) | — |
| C ₂ | 設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (一次+二次応力の計算に使用するもの) | — |
| C _H | 水平方向設計震度 | — |
| C _V | 鉛直方向設計震度 | — |
| D _o | 管の外径 | mm |
| F _m | 鉛直方向に作用する荷重 | N |
| F _{s c r} | スクラム反力により制御棒駆動機構に生じる荷重 | N |
| F _w | 自重による荷重 | N |
| F _v | 鉛直方向震度により制御棒駆動機構に生じる地震荷重 | N |
| g ₀ | ハブ先端の厚さ | mm |
| K ₂ | 設計・建設規格 PPB-3810 に規定する応力係数 (ピーク応力の計算に使用するもの) | — |
| K _e | 繰返しピーク応力強さ係数 | — |
| M _e | 管に作用するモーメント (鉛直方向に作用する荷重を曲げモーメントに換算したもの) | N・mm |
| M _{h s g} | 水平方向震度により制御棒駆動機構ハウジングに生じるモーメント | N・mm |
| M _{i p} | 管の機械的荷重 (地震による慣性力を含む) により生じるモーメント | N・mm |
| M _{i s} | 管の地震による慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅 | N・mm |
| n _i | 繰返し荷重 i の実際の繰返し回数 | 回 |
| N _i | 繰返し荷重 i に対し, 設計・建設規格 PPB-3534 にしたがって算出された許容繰返し回数 | 回 |
| S ₀ | 繰返しピーク応力強さ | MPa |
| S _m | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 1 に規定する材料の設計応力強さ | MPa |
| S _n | 一次+二次応力 | MPa |
| S _p | ピーク応力 | MPa |
| S _{p r m} | 一次応力 | MPa |
| S _s | 基準地震動 S _s により定まる地震力 | — |
| S _y | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 8 に規定する材料の設計降伏点 | MPa |
| t | 管の厚さ | mm |
| Z _i | 管の断面係数 | mm ³ |
| π | 円周率 | — |

2.5 計算精度と数値の丸め方

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 |
|--------------------|-----------------|----------|------|----------------------|
| 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 |
| 圧力 | MPa | 小数点以下第3位 | 四捨五入 | 小数点以下第2位 |
| 温度 | ℃ | 小数点以下第1位 | 四捨五入 | 整数位 |
| 外径 | mm | 小数点以下第2位 | 四捨五入 | 小数点以下第1位 |
| 厚さ | mm | 小数点以下第2位 | 四捨五入 | 小数点以下第1位 |
| 質量 | kg | 小数点以下第1位 | 四捨五入 | 整数位 |
| 断面係数 | mm ³ | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 ^{*1} |
| モーメント | N・mm | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 ^{*1} |
| 力 | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 ^{*1} |
| 算出応力 | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力 ^{*2} | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |
| 疲労累積係数 | — | 小数点以下第5位 | 切上げ | 小数点以下第4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。

3. 評価部位

制御棒駆動機構の耐震評価は、「4.1 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スプールピースについて実施する。制御棒駆動機構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. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 制御棒駆動機構は、制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジに中間フランジを挟んで固定される。
- (2) 応力評価は、スプールピースの円筒部を管とみなし、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-6 管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。
- (3) 地震荷重は、VI-2-3-1「炉心、原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」で求めた制御棒駆動機構ハウジング下端のフランジ部分の応答の値を使用する。
- (4) 耐震計算に用いる寸法は、公称値を使用する。
- (5) 耐震評価は、設計基準対象施設と重大事故等対処設備の包絡条件で実施する。

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

制御棒駆動機構の荷重の組合せ及び許容応力状態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 許容応力

制御棒駆動機構の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

制御棒駆動機構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 | 許容応力状態 |
|--------------|-------------|---------|---------|--------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | 制御材駆動 装置 | 制御棒駆動機構 | S | -* | $D + P + M + S d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P + M + S s$ | Ⅳ _A S |
| | | | | | $D + P_L + M_L + S d^*$ | |

注記*：クラス1管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* ¹ | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|--------------|-------------|---------|--------------------|-----------------|---------------------------------|---|
| 計測制御系統 施設 | 制御材駆動 装置 | 制御棒駆動機構 | 常設耐震／防止 | -* ² | $D + P + M + S s^{*3}$ | Ⅳ _A S |
| | | | | | $D + P_L + M_L + S d^{* *3}$ | |
| | | | | | $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$ | Ⅴ _A S (Ⅴ _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。) |
| | | | | | $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$ | |

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：重大事故等クラス2管を含む。

*3：「 $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S d$ 」及び「 $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S s$ 」の評価に包絡されるため、評価結果の記載を省略する。

表 4-3 許容応力（クラス 1 管及び重大事故等クラス 2 管であってクラス 1 管）

| 許容応力状態 | 許容限界*1 | | |
|--------------------|---------------------|--|---|
| | 一 次 応 力 | 一次+二次応力 | 一次+二次+ピーク応力 |
| Ⅲ _A S | 2.25 S _m | 3 S _m S _d 又は S _s 地震動のみによる 応力振幅について評価する。 | S _d 又は S _s 地震動のみによる疲労累積 係数と運転状態Ⅰ,Ⅱにおける疲労累積係 数の和が 1.0 以下であること。 |
| Ⅳ _A S | 3 S _m | | |
| V _A S*2 | | | |

注記*1：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。

*2：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。

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 (°C) | | S _m (MPa) | S _y (MPa) |
|---------|-----|--------------|-----|-------------------------|-------------------------|
| | | 最高使用温度 | 302 | | |
| スプールピース | | 最高使用温度 | 302 | | |

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 (°C) | | S _m (MPa) | S _y (MPa) |
|---------|-----|--------------|-----|-------------------------|-------------------------|
| | | 最高使用温度 | 302 | | |
| スプールピース | | 最高使用温度 | 302 | | |

4.3 固有周期

制御棒駆動機構は、

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

4.4 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-6 及び表 4-7 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、VI-2-3-1 「炉心、原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」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 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 | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 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 |
| 原子炉格納容器 T. M. S. L. 1. 655* ¹ | —* ² | —* ² | —* ³ | C _v =0.72 | —* ³ | C _v =1.44 |

注記*1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。

*2：固有周期は、VI-2-3-1 「炉心、原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」による。

*3：水平方向地震による荷重は、VI-2-3-1 「炉心、原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」によるモーメントから求められる値。

表 4-7 設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 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 | |
|---|-----------------|-----------------|-----------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|
| | 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 |
| 原子炉格納容器 T. M. S. L. 1. 655* ¹ | —* ² | —* ² | — | — | —* ³ | C _v =1.44 |

注記*1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。

*2：固有周期は、VI-2-3-1 「炉心、原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」による。

*3：水平方向地震による荷重は、VI-2-3-1 「炉心、原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」によるモーメントから求められる値。

4.5 計算方法

スプールピースの最小板厚部を管とみなし、応力評価する。

耐震評価モデルを図 4-1 に示す。

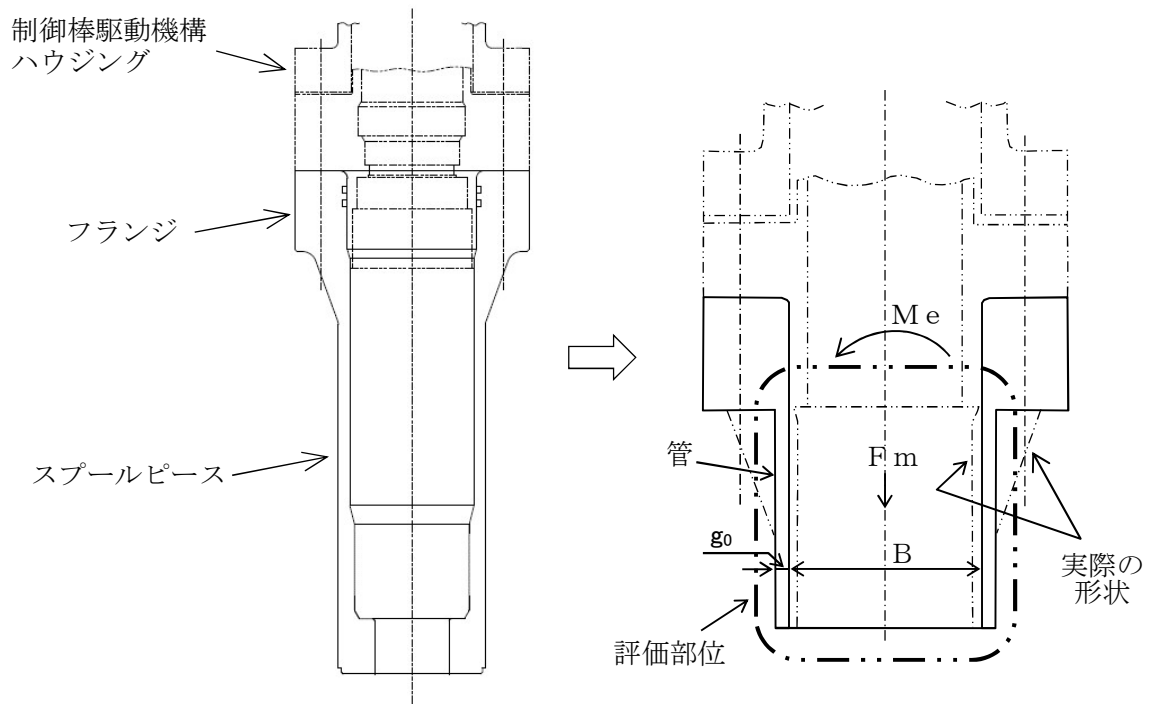


図 4-1 耐震評価モデル

4.5.1 一次応力計算

管の機械的荷重により生じるモーメント M_{ip} を算定し、一次応力 S_{prm} を求める。

(1) 管に作用するモーメントの算定

鉛直方向に作用する荷重 F_m を管に作用するモーメント M_e へ換算する。

図 4-1 の評価部位において、鉛直方向に作用する荷重 F_m を管に作用するモーメント M_e へ換算する換算式は以下となる。

$$M_e = \boxed{} \dots \dots \dots (4.5.1.1)$$

ただし、 $F_m = \boxed{}$

(2) 機械的荷重によるモーメントの算定

M_{ip} は、鉛直方向に作用する荷重 F_m を管に作用するモーメントへ換算した M_e と地震によりスプールピースに作用する応答モーメント M_{hsg} から算定する。

$$M_{ip} = M_e + M_{hsg} \quad \dots \dots \dots (4.5.1.2)$$

(3) 一次応力計算

一次応力は以下による。

$$S_{prm} = \frac{B_1 \cdot P \cdot D_o}{2 \cdot t} + \frac{B_2 \cdot M_{ip}}{Z_i} \quad \dots \dots \dots (4.5.1.3)$$

ここで、

$$Z_i = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D_o^4 - (D_o - 2 \cdot t)^4}{D_o} \quad \dots \dots \dots (4.5.1.4)$$

とする。

4.5.2 一次+二次応力計算

管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅 M_{is} を算定し、一次+二次応力 S_n を求める。

(1) 管に作用するモーメントの算定

$$M_e = \boxed{\hspace{15em}} \quad \dots \dots \dots (4.5.2.1)$$

ただし、 $F_m = \boxed{\hspace{2em}}$

(2) 管の地震動の慣性力と相対変位により生じるモーメントの全振幅

相対変位は生じないことから、地震動の慣性力として地震動による鉛直荷重と応答モーメントを考慮すると以下となる。

$$M_{is} = (M_e + M_{hsg}) \cdot 2 \quad \dots \dots \dots (4.5.2.2)$$

(3) 一次+二次応力計算

一次+二次応力は以下による。

$$S_n = \frac{C_2 \cdot M_{i s}}{Z_i} \dots \dots \dots (4.5.2.3)$$

4.5.3 ピーク応力の計算

ピーク応力は以下による。

$$S_p = \frac{K_2 \cdot C_2 \cdot M_{i s}}{Z_i} \dots \dots \dots (4.5.3.1)$$

4.5.4 繰返しピーク応力強さの計算

繰返しピーク応力強さは以下による。

$$S_\ell = \frac{K_e \cdot S_p}{2} \dots \dots \dots (4.5.4.1)$$

4.5.5 疲労累積係数の計算

疲労累積係数は以下による。

$$\sum \frac{n_i}{N_i} \leq 1.0 \dots \dots \dots (4.5.5.1)$$

4.6 計算条件

4.6.1 制御棒駆動機構の応力計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【制御棒駆動機構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。

4.6.2 運転条件

制御棒駆動機構の応力計算に用いる運転条件は、既工認から変更はなく、表 4-8 に示すとおりである。

表 4-8 運転条件

| 運転状態 | 運転条件* | 回数 |
|------|-------|----|
| | | |

注*：運転条件の領域区分は制御棒駆動機構ハウジング面より下の領域を示す。

4.7 応力の評価

4.5 項で求めた組合せ応力が最高使用温度における許容応力以下であること。ただし、許容応力は表 4-3 による。

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

制御棒駆動機構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

制御棒駆動機構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次頁以降の表に示す。

6. 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第6号機 第5回工事計画認可申請書
IV-3-3-1-1 「制御棒駆動機構の強度計算書」

【制御棒駆動機構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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 最高使用温度(°C) | 周囲環境温度(°C) |
|---------|---------|-----------------------------|---------|------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|------------|
| | | | 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 | | |
| 制御棒駆動機構 | S | 原子炉格納容器 T.M.S.L. 1.655*1 | —*2 | —*2 | —*3 | C _v =0.72 | —*3 | C _v =1.44 | 302 | — |

注記*1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。

*2：固有周期は、VI-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」による。

*3：水平方向設計震度による荷重は、VI-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」より得られる値。

1.2 機器要目

| 部材 | D _o (mm) | t (mm) | B (mm) | g _o (mm) | M _{h s g} (N・mm) | | F _w (N) | F _{s c r} (N) | F _v (N) | |
|---------|------------------------|-----------|-----------|------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------------------------|
| | | | | | 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 |
| スプールピース | | | | | | | | | | |

| 部材 | P (MPa) | n _i (回) | Z _i (mm ³) | B ₁ | B ₂ | C ₂ | K ₂ | K _e | S _m (MPa) | S _y (MPa) |
|---------|------------|-----------------------|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------|-------------------------|
| スプールピース | | | | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | |

注記*1：運転条件の回数に設計用地震応力繰返し回数（200回）を加えた回数

*2：最高使用温度で算出

1.3 計算数値

管に作用するモーメント

| 部材 | M _{ip} (N・mm) | | M _{is} (N・mm) | |
|---------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | 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 |
| スプールピース | | | — | |

許容繰返し回数

| 部材 | S _p (MPa) | | S _q (MPa) | | N _i (回) | |
|---------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | 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 |
| スプールピース | — | | — | | — | |

1.4 結論

1.4.1 応力

| 許容応力状態 | 最大応力評価点 | 最大応力区分 | 一次応力評価 (MPa) | | 一次+二次応力評価 (MPa) | | 疲労評価 |
|--------|---------------------------|-------------------------------------|--|---|---|--------------------------|-----------------------------|
| | | | 一次応力 S _{pr m} (S _d) S _{pr m} (S _s) | 許容応力 Min(2.25・S _m , 1.8・S _y) Min(3・S _m , 2・S _y) | 一次+二次応力 S _n (S _s) | 許容応力 3・S _m | 疲労累積係数 U+U _{Ss} |
| ⅢAS | スプール ピース 最 小 断 面 | S _{pr m} (S _d) | 124 | | — | — | — |
| ⅣAS | | S _{pr m} (S _s) | 134 | | — | — | — |
| ⅣAS | | S _n (S _s) | — | — | 44 | | — |
| ⅣAS | | U+U _{Ss} | — | — | — | — | 0.0000 |

すべて許容応力以下である。

2. 重大事故等対処設備

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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) |
|---------|---------|---------------------------------|----------|------|--------------------------------|----------|----------------------|-----------------------|-------------|-------------|
| | | | 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 | | |
| 制御棒駆動機構 | 常設耐震/防止 | 原子炉格納容器 T. M. S. L. 1. 655*1 | —*2 | —*2 | — | — | —*3 | C _v =1. 44 | 302 | — |

注記*1：基準床レベル（制御棒駆動機構ハウジング下端フランジの取付面のレベル）を示す。

*2：固有周期は、VI-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」による。

*3：水平方向設計震度による荷重は、VI-2-3-1「炉心，原子炉圧力容器及び圧力容器内部構造物の地震応答計算書」より得られる値。

2.2 機器要目

| 部材 | D _o (mm) | t (mm) | B (mm) | g _o (mm) | M _{h s g} (N・mm) | | F _w (N) | F _{s c r} (N) | F _v (N) | |
|---------|---------------------|--------|--------|---------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | | | | | 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 |
| スプールピース | | | | | | | | | | |

| 部材 | P (MPa) | n _i (回) | Z _i (mm ³) | B ₁ | B ₂ | C ₂ | K ₂ | K _e | S _m (MPa) | S _y (MPa) |
|---------|---------|--------------------|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------------|----------------------|
| スプールピース | | | | 0.5 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | | |

注記*1：運転条件の回数に設計用地震応力繰返し回数（200回）を加えた回数

*2：最高使用温度で算出

2.3 計算数値
管に作用するモーメント

| 部 材 | M _{ip} (N・mm) | | M _{is} (N・mm) | |
|---------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | 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 |
| スプールピース | — | | — | |

許容繰返し回数

| 部 材 | S _p (MPa) | | S _σ (MPa) | | N _i (回) | |
|---------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| | 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 |
| スプールピース | — | | — | | — | |

2.4 結論
2.4.1 応力

| 許容応力状態 | 最大応力評価点 | 最大応力区分 | 一次応力評価 (MPa) | | 一次+二次応力評価 (MPa) | | 疲労評価 |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|--------------------------|----------------------------|
| | | | 一次応力 S _{pr m} (S _s) | 許容応力 Min(3・S _m , 2・S _y) | 一次+二次応力 S _n (S _s) | 許容応力 3・S _m | 疲労累積係数 U+U _S |
| V _{AS} | スプール ピース 最 小 断 面 | S _{pr m} (S _s) | 134 | | — | — | — |
| V _{AS} | | S _n (S _s) | — | — | 44 | | — |
| V _{AS} | | U+U _S | — | — | — | — | 0.0000 |

すべて許容応力以下である。

VI-2-6-3-2 制御棒駆動水圧設備の耐震性についての計算書

VI-2-6-3-2-1 制御棒駆動系の耐震性についての計算書

VI-2-6-3-2-1-1 水圧制御ユニ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 | 1 |
| 2.1 構造計画 | 1 |
| 2.2 評価方針 | 3 |
| 2.3 適用規格・基準等 | 4 |
| 2.4 記号の説明 | 5 |
| 2.5 計算精度と数値の丸め方 | 7 |
| 3. 評価部位 | 8 |
| 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 |
| 4.3 解析モデル及び諸元 | 12 |
| 4.4 固有周期 | 14 |
| 4.5 設計用地震力 | 15 |
| 4.6 計算方法 | 16 |
| 4.6.1 応力の計算方法 | 16 |
| 4.7 計算条件 | 18 |
| 4.8 応力の評価 | 18 |
| 4.8.1 フレームの応力評価 | 18 |
| 4.8.2 取付ボルトの応力評価 | 19 |
| 5. 機能維持評価 | 20 |
| 5.1 動的機能維持評価方法 | 20 |
| 6. 評価結果 | 21 |
| 6.1 設計基準対象施設としての評価結果 | 21 |
| 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果 | 21 |

1. 概要

本計算書は、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、水圧制御ユニット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。

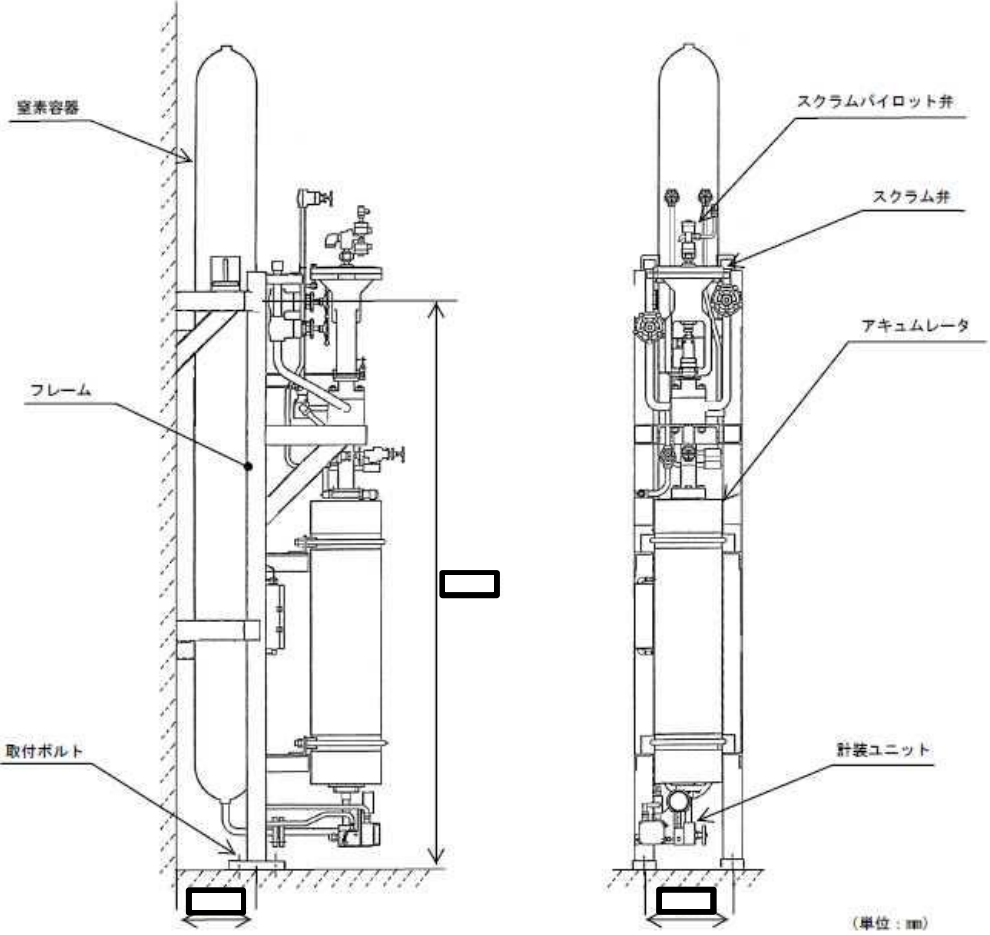
水圧制御ユニットは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備に分類される。以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価及び動的機能維持評価を示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

水圧制御ユニ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>水圧制御ユニットのフレームは、十分剛な床に取付ボルトにより固定され、十分剛な壁に埋め込まれた埋込金物に溶接により固定されている。</p> | <p>アキュムレータ、窒素容器、スクラムパイロット弁、スクラム弁、配管ユニット、計装ユニット等の構成部品がフレームに取り付けられた構造</p> |  <p>(単位: mm)</p> |

2.2 評価方針

水圧制御ユニットの応力評価は、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、「2.1 構造計画」にて示す水圧制御ユニ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」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. 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。また、制御棒駆動系スクラム弁の機能維持評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定した動的機器の機能維持の方針に基づき、地震時の応答加速度が動的機能確認済加速度以下であることを、「5. 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「6. 評価結果」に示す。

水圧制御ユニット及び制御棒駆動系スクラム弁の耐震評価フローを図 2-1 に示す。

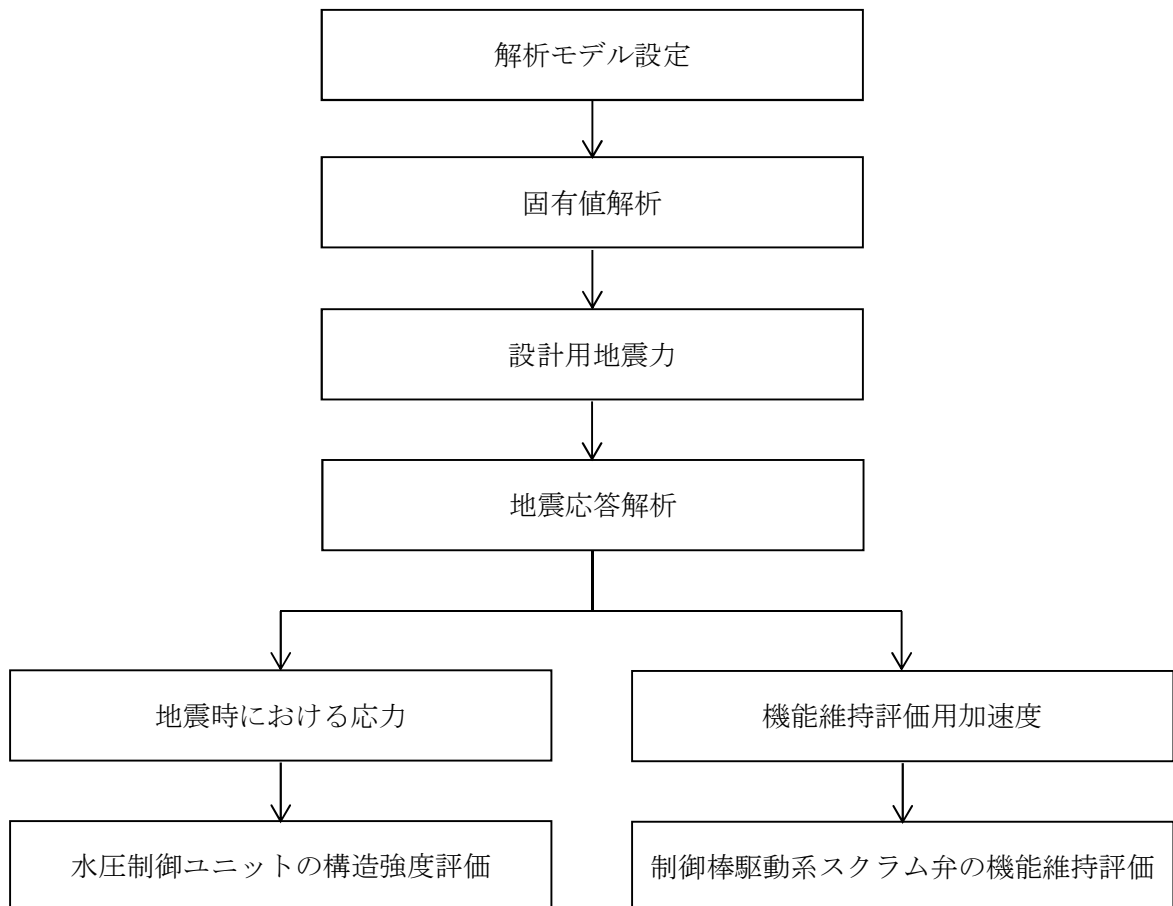


図 2-1 水圧制御ユニット及び制御棒駆動系スクラム弁の耐震評価フロー

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。

- ・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
((社) 日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・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)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007) (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 |
|------------------|-----------------------------------|-----------------|
| A | フレームの断面積 | mm ² |
| A _b | 取付ボルトの軸断面積 | mm ² |
| C _H | 水平方向設計震度 | — |
| C _V | 鉛直方向設計震度 | — |
| d _o | ボルトの呼び径 | mm |
| E | 縦弾性係数 | MPa |
| F | 設計・建設規格 SSB-3121.1 (1) に定める値 | MPa |
| F* | 設計・建設規格 SSB-3121.3又はSSB-3133に定める値 | MPa |
| F _b | 取付ボルトに作用する引張力 | N |
| F _x | フレームの軸力 (x 方向) | N |
| F _y | フレームのせん断力 (y 方向) | N |
| F _z | フレームのせん断力 (z 方向) | N |
| f _b | フレームの許容曲げ応力 | MPa |
| f _c | フレームの許容圧縮応力 | MPa |
| f _s | フレーム又はボルト等の許容せん断応力 | MPa |
| f _{s b} | 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 _t | フレーム又はボルト等の許容引張応力 | MPa |
| f _{t o} | 引張力のみを受ける取付ボルトの許容引張応力 | MPa |
| f _{t s} | 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 |
| i | 断面二次半径 | mm |
| I _p | フレームの断面二次極モーメント | mm ⁴ |
| I _y | フレームの断面二次モーメント (y 軸) | mm ⁴ |
| I _z | フレームの断面二次モーメント (z 軸) | mm ⁴ |
| ℓ | 取付ボルト間の距離 | mm |
| ℓ _k | 座屈長さ | mm |
| M _x | フレームのねじりモーメント (x 軸) | N・mm |
| M _y | フレームの曲げモーメント (y 軸) | N・mm |
| M _z | フレームの曲げモーメント (z 軸) | N・mm |
| m | 水圧制御ユニット解析モデル各質点の付加質量の合計 | kg |
| n | フレームと床の取付部 1 箇所当たりの取付ボルトの本数 | — |
| n _f | 評価上引張力を受けるとして期待す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 | 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 5 に定める値 | MPa |
| 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 |

| 記号 | 記号の説明 | 単位 |
|---------------|---|-----------------|
| 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 |
| X, Y, Z | 絶対(節点)座標軸 | — |
| x, y, z | 局所(要素)座標軸 | — |
| Z_p | フレームのねじり断面係数 | mm ³ |
| Z_y | フレームの断面係数 (y 軸) | mm ³ |
| Z_z | フレームの断面係数 (z 軸) | mm ³ |
| Λ | フレームの限界細長比 | — |
| λ | フレームの有効細長比 | — |
| ν | ポアソン比 | — |
| ν' | 座屈に対する安全率 | — |
| π | 円周率 | — |
| σ_b | フレームに生じる曲げ応力 | MPa |
| σ_c | フレームに生じる圧縮応力 | MPa |
| σ_f | フレームに生じる組合せ応力 | MPa |
| σ_{fa} | フレームに生じる引張応力又は圧縮応力と曲げ応力の和 | MPa |
| σ_t | フレームに生じる引張応力 | MPa |
| σ_{tb} | 取付ボルトに生じる引張応力の最大値 | MPa |
| τ | フレームに生じるせん断応力 | MPa |
| τ_b | 取付ボルトに生じるせん断応力の最大値 | MPa |

2.5 計算精度と数値の丸め方

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 |
|--------------------|---------|-----------------|------------------------|------|------------------------|
| 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 ^{*1} |
| 長さ | 下記以外の長さ | mm | — | — | 整数位 ^{*1} |
| | 部材断面寸法 | mm | 小数点以下第2位 ^{*3} | 四捨五入 | 小数点以下第1位 ^{*2} |
| 面積 | | mm ² | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 ^{*4} |
| モーメント | | N・mm | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 ^{*4} |
| 力 | | N | 有効数字5桁目 | 四捨五入 | 有効数字4桁 ^{*4} |
| 縦弾性係数 | | MPa | 有効数字4桁目 | 四捨五入 | 有効数字3桁 |
| 算出応力 | | MPa | 小数点以下第1位 | 切上げ | 整数位 |
| 許容応力 ^{*5} | | MPa | 小数点以下第1位 | 切捨て | 整数位 |

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：設計上定める値が小数点以下第2位の場合は、小数点以下第2位表示とする。

*3：設計上定める値が小数点以下第3位の場合は、小数点以下第3位表示とする。

*4：絶対値が1000以上のときはべき数表示とする。

*5：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

水圧制御ユニットの耐震評価は、「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、耐震評価上厳しくなるフレーム及び取付ボルトについて実施する。なお、水圧制御ユニットは、構造物として十分な剛性を有しており、支持構造物であるフレーム及び取付ボルトが健全であればスクラム機能を維持できるため、フレーム及び取付ボルトを評価対象とする。水圧制御ユニ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) 水圧制御ユニットのフレームは、十分剛な床に取付ボルトにより固定され、十分剛な壁に埋め込まれた埋込金物に溶接により固定されているものとする。
- (2) 水圧制御ユニットの質量には、フレーム自身の質量のほか、配管ユニット、スクラムパイロット弁、スクラム弁、チェック弁、ゲート弁、アキュムレータ、窒素容器、計装ユニット及びそれらに内包する水の質量を考慮する。
- (3) 地震力は、水圧制御ユニ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。
- (4) 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応力

4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態

水圧制御ユニ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 許容応力

水圧制御ユニットの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表 4-3 に示す。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

水圧制御ユニット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 | 許容応力状態 |
|--------------|---------------|----------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| 計測制御系統 施設 | 制御棒駆動 水圧設備 | 水圧制御ユニット | S | クラス 2 容器 [*] | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | 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を適用する。また、クラス 2 容器の支持構造物を含む。

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 ^{*1} | 機器等の区分 | 荷重の組合せ | 許容応力状態 |
|--------------|---------------|----------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|---|
| 計測制御系統 施設 | 制御棒駆動 水圧設備 | 水圧制御ユニット | 常設耐震／防止 | 重大事故等 ^{*2} クラス 2 容器 | $D + P_D + M_D + S_s^{*3}$ | Ⅳ _A S |
| | | | | | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限界を 用いる。) |

注記*1：「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備を示す。

*2：その他の支持構造物の荷重の組合せ及び許容応力を適用する。また、重大事故等クラス 2 容器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 4-3 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 (ボルト等以外) | 許容限界*1, *2 (ボルト等) | |
|---|------------------------|----------------------|-------------------|
| | 一次応力 | 一次応力 | |
| | 組合せ | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A S | $1.5 \cdot f_t^*$ | $1.5 \cdot f_t^*$ | $1.5 \cdot f_s^*$ |
| V _A S (V _A SとしてⅣ _A 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 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 (°C) | | S (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|-------|----|--------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | | | | | | |
| フレーム | | 周囲環境温度 | 50 | — | | | — |
| | | 周囲環境温度 | 50 | — | | | — |
| 取付ボルト | | 周囲環境温度 | 50 | — | | | — |

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 (°C) | | S (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (R T) (MPa) |
|-------|----|--------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------|
| | | | | | | | |
| フレーム | | 周囲環境温度 | 66 | — | | | — |
| | | 周囲環境温度 | 66 | — | | | — |
| 取付ボルト | | 周囲環境温度 | 66 | — | | | — |

4.3 解析モデル及び諸元

水圧制御ユニ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【水圧制御ユニットの耐震性についての計算結果】の機器要目に示す。

- (1) 図 4-1 中○内の数字は部材番号（要素番号），数字は節点番号，記号は質点番号を示す。
- (2) 図 4-1 中の実線は，構造評価対象のフレーム部材及び取付ボルト，点線は構造評価対象外のスクラムパイロット弁，スクラム弁，アキュムレータ，計装ユニット，窒素容器及び配管等を概略表示したものである。
- (3) 水圧制御ユニットのフレーム部材をはり要素でモデル化した F E Mモデルを用いる。なお，解析モデルには評価対象であるフレーム以外の部分も，質量を考慮するためにはり要素としてモデルに含める。
- (4) 水圧制御ユニット解析モデル各質点の質量は，スクラムパイロット弁，スクラム弁，アキュムレータ，計装ユニット，窒素容器及び配管等であり，実際の位置を考慮して集中質量を付加する。それらの合計は kg である。
- (5) 隣接する 2 本の取付ボルトを 1 箇所模擬し，それぞれをフレームの床への取付部分とする。壁及び床の固定部の拘束条件は完全固定とする。なお，取付ボルト部は剛体として評価する。
- (6) 解析コードは，「S O L V E R」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，別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

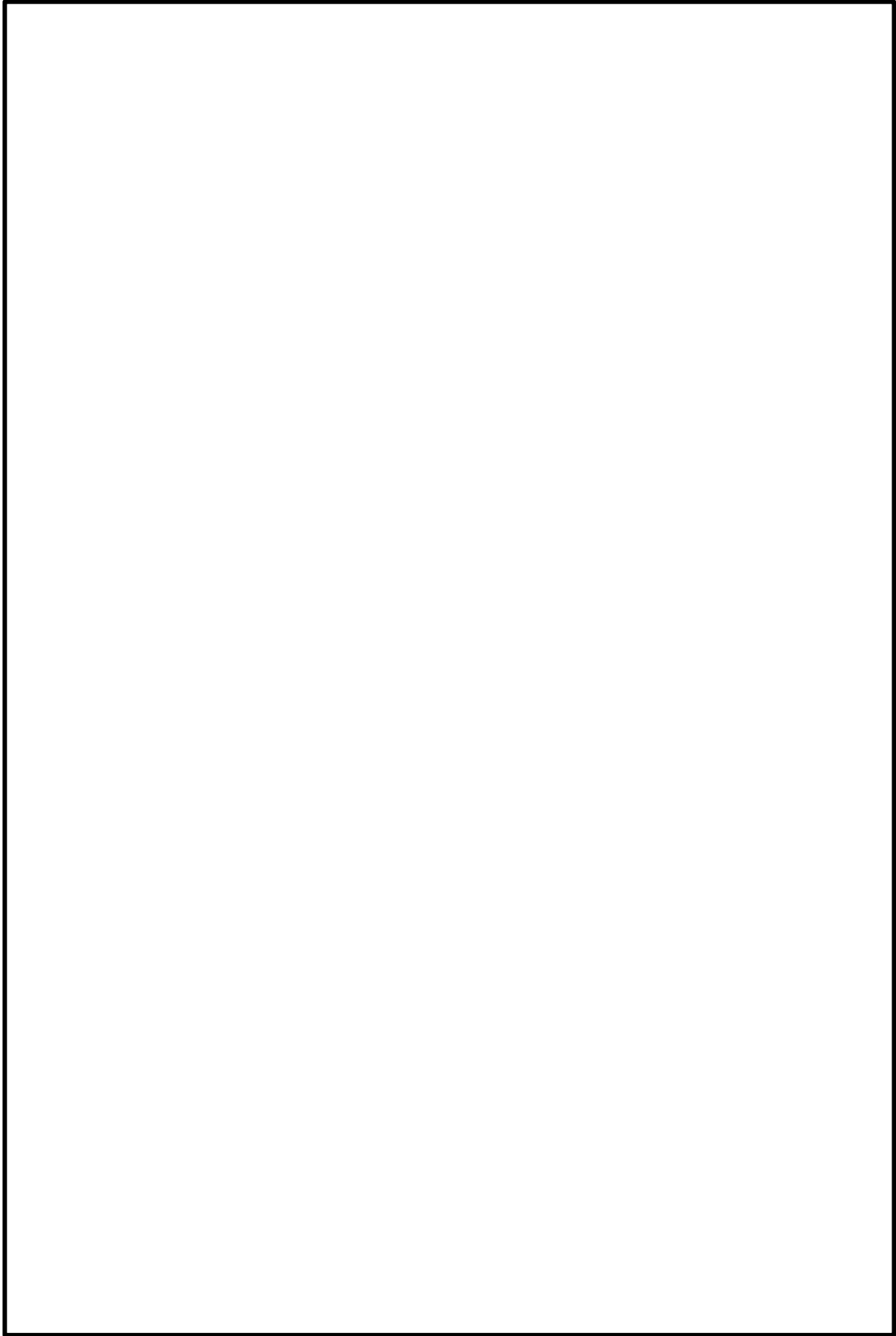


図 4-1 水圧制御ユニット解析モデル (単位 : mm)

4.4 固有周期

固有値解析の結果を表 4-6 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 4-6 固有値解析結果

| モード | 卓越方向 | 固有周期(s) | 水平方向刺激係数 | | 鉛直方向刺激係数 |
|-----|------|---------|----------|-----|----------|
| | | | X方向 | Z方向 | |
| 1次 | 水平 | 0.036 | — | — | — |
| 1次 | 鉛直 | 0.043 | — | — | — |

4.5 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4-7 及び表 4-8 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、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（設計基準対象施設）

| 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 | |
|--|----------|----------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 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 |
| 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 2 (T. M. S. L. -1. 7*) | 0. 036 | 0. 043 | C _H =0. 59 | C _V =0. 63 | C _H =1. 36 | C _V =1. 27 |

注記*：基準床レベルを示す。

表 4-8 設計用地震力（重大事故等対処設備）

| 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 | |
|--|----------|----------|-----------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------|
| | 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 |
| 原子炉建屋 T. M. S. L. -8. 2 (T. M. S. L. -1. 7*) | 0. 036 | 0. 043 | — | — | C _H =1. 36 | C _V =1. 27 |

注記*：基準床レベルを示す。

4.6 計算方法

4.6.1 応力の計算方法

4.6.1.1 フレームの応力

解析による計算で得られる各要素端での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z より各応力を次のように求める。

- (1) 引張応力又は圧縮応力

$$\sigma_t = \frac{|F_x|}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.1.1)$$

$$\sigma_c = -\frac{|F_x|}{A} \dots\dots\dots (4.6.1.1.2)$$

- (2) せん断応力

$$\tau = \text{Max} \left\{ \sqrt{\left(\frac{|F_y|}{A} + \frac{|M_x|}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{|F_z|}{A}\right)^2}, \sqrt{\left(\frac{|F_z|}{A} + \frac{|M_x|}{Z_p}\right)^2 + \left(\frac{|F_y|}{A}\right)^2} \right\} \dots\dots\dots (4.6.1.1.3)$$

- (3) 曲げ応力

$$\sigma_b = \frac{|M_y|}{Z_y} + \frac{|M_z|}{Z_z} \dots\dots\dots (4.6.1.1.4)$$

- (4) 組合せ応力

$$\sigma_f = \sqrt{\sigma_{fa}^2 + 3 \cdot \tau^2} \dots\dots\dots (4.6.1.1.5)$$

ここで、

$$\sigma_{fa} = \frac{|F_x|}{A} + \sigma_b \dots\dots\dots (4.6.1.1.6)$$

4.6.1.2 取付ボルトの応力

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での軸力 F_x 、せん断力 F_y 、 F_z 、ねじりモーメント M_x 及び曲げモーメント M_y 、 M_z から手計算により、地震による引張応力とせん断応力について計算する。水圧制御ユニットの取付ボルト部の概要を図4-2に示す。

(1) 引張応力

取付ボルトに対する引張応力は、図4-2に示すフレームの軸力 F_x とモーメント M_z を考え、これを保守的に片側のボルトで受けるものとして計算する。

a. 引張力

$$F_b = |F_x| + \frac{|M_z|}{\ell} \dots\dots\dots (4.6.1.2.1)$$

b. 引張応力

$$\sigma_{tb} = \frac{F_b}{n_f \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.6.1.2.2)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_b は次式により求める。

$$A_b = \frac{\pi}{4} \cdot d_o^2 \dots\dots\dots (4.6.1.2.3)$$

(2) せん断応力

取付ボルトに対するせん断力は、フレームと床の取付部1箇所当たりの取付ボルトの本数で受けるものとして計算する。

a. せん断力

$$Q_b = \sqrt{|F_y|^2 + \left[|F_z| + \frac{2 \cdot |M_x|}{\ell} \right]^2} \dots\dots\dots (4.6.1.2.4)$$

b. せん断応力

$$\tau_b = \frac{Q_b}{n \cdot A_b} \dots\dots\dots (4.6.1.2.5)$$

ここで、ボルトの軸断面積 A_b は、(4.6.1.2.3)式による。

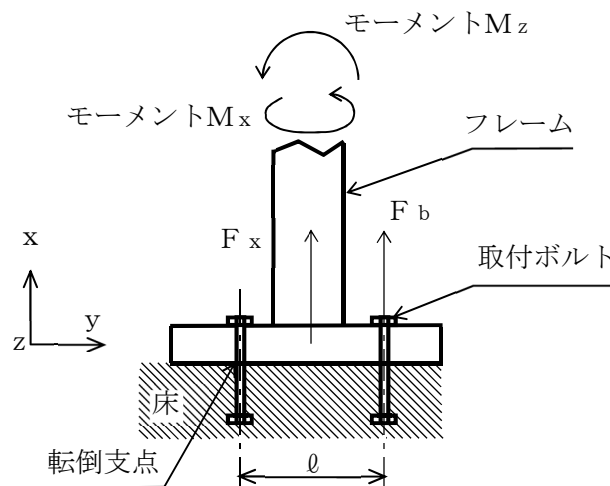


図4-2 取付ボルト部の概要

4.7 計算条件

応力解析に用いる自重（水圧制御ユニット）及び荷重（地震荷重）は、本計算書の【水圧制御ユニ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 フレームの応力評価

4.6.1.1 項で求めた各応力が下表で定めた許容応力以下であること。ただし、許容組合せ応力は f_t 以下であること。

| | 弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合 | 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 f_t | $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |
| 許容圧縮応力 f_c | $\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu'} \cdot 1.5$ | $\left\{ 1 - 0.4 \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu'} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力 f_s | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |
| 許容曲げ応力 f_b | $\frac{F}{1.5} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5} \cdot 1.5$ |

ただし、

$$\lambda = \frac{\ell_k}{i} \dots\dots\dots (4.8.1.1)$$

弾性設計用地震動 S d 又は静的震度による荷重との組合せの場合

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} \dots\dots\dots (4.8.1.2)$$

基準地震動 S s による荷重との組合せの場合

$$\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}} \dots\dots\dots (4.8.1.3)$$

$$\nu' = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \dots\dots\dots (4.8.1.4)$$

4.8.2 取付ボルトの応力評価

4.6.1.2項で求めた取付ボルトの引張応力 σ_{tb} 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。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}] \quad \dots\dots\dots (4.8.2.1)$$

せん断応力 τ_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。

| | 弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による 荷重との組合せの場合 | 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 f_{to} | $\frac{F}{2} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$ |
| 許容せん断応力 f_{sb} | $\frac{F}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ | $\frac{F^*}{1.5 \cdot \sqrt{3}} \cdot 1.5$ |

5. 機能維持評価

5.1 動的機能維持評価方法

制御棒駆動系スクラム弁の動的機能維持評価について以下に示す。

なお、機能維持評価用加速度は、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。

制御棒駆動系スクラム弁は、地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表5-1に示す。

表5-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

| 評価部位 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|--------------------------|----|----------|
| 制御棒駆動系スクラム弁 (弁番号：126) | 水平 | 6.0 |
| | 鉛直 | 6.0 |

6. 評価結果

6.1 設計基準対象施設としての評価結果

水圧制御ユニ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。

6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

水圧制御ユニット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。

【水圧制御ユニ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

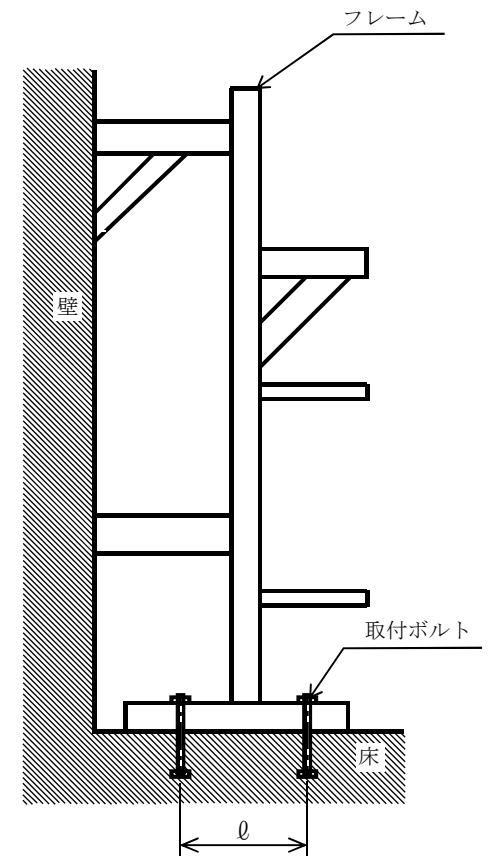
| 機器名称 | 耐震重要度分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期 (s) | | 弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) |
|----------|---------|--|----------|-------|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|
| | | | 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 | | |
| 水圧制御ユニット | S | 原子炉建屋 T.M.S.L. -8.2 (T.M.S.L. -1.7*) | 0.036 | 0.043 | C _H =0.59 | C _V =0.63 | C _H =1.36 | C _V =1.27 | — | 50 |

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| m (kg) | φ (mm) | d _o (mm) | A _b (mm ²) | n | n _f |
|-----------|-----------|------------------------|--------------------------------------|---|----------------|
| | | | | 2 | 1 |

| 部材 | 材料 | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|-------|----|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|
| フレーム | | | | | |
| 取付ボルト | | | | | |



| 材料 | E (MPa) | ν | ϱ_k (mm) | i (mm) | λ | Λ | ν' |
|----|------------|-------|---------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |

| 材料 | | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 要素番号 | | | | | | |
| A (mm ²) | | | | | | |
| I _y (mm ⁴) | | | | | | |
| I _z (mm ⁴) | | | | | | |
| I _p (mm ⁴) | | | | | | |
| Z _y (mm ³) | | | | | | |
| Z _z (mm ³) | | | | | | |
| Z _p (mm ³) | | | | | | |
| 断面形状 | | | | | | |
| 寸法 (mm) | | | | | | |

注記*1：弾性設計用地震動S_d又は静的震度による荷重との組合せの場合

*2：基準地震動S_sによる荷重との組合せの場合

1.3 計算数値

1.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

| 要素 番号 | 節点 番号 | F _x | | F _y | | F _z | |
|----------|----------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 5 | 5 | | | | | | |
| 34 | 12 | | | | | | |
| 40 | 34 | | | | | | |
| 48 | 35 | | | | | | |
| 50 | 23 | | | | | | |
| 72 | 29 | | | | | | |

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.2 フレームのモーメント

(単位：N・mm)

| 要素 番号 | 節点 番号 | M _x | | M _y | | M _z | |
|----------|----------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 5 | 5 | | | | | | |
| 34 | 12 | | | | | | |
| 40 | 34 | | | | | | |
| 48 | 35 | | | | | | |
| 50 | 23 | | | | | | |
| 72 | 29 | | | | | | |

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.3 取付ボルトの荷重

(単位：N)

| 要素番号 | 節点番号 | F _x | | F _y | | F _z | |
|------|------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 1 | 1 | | | | | | |

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.4 取付ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

| 要素番号 | 節点番号 | M _x | | M _y | | M _z | |
|------|------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 1 | 1 | | | — | — | | |

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

1.3.5 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

| 要素番号 | 節点番号 | F _b | | Q _b | |
|------|------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 1 | 1 | | | | |

1.4 結論

1.4.1 固有周期

(単位：s)

| モード | 卓越方向 | 固有周期 |
|-----|------|-------|
| 1次 | 水平 | 0.036 |
| 1次 | 鉛直 | 0.043 |

1.4.2 応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 要素番号 | 節点番号 | 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 |
| フレーム | | 引張り | 48 | 35 | $\sigma_t = 5$ | $f_t = 234$ | $\sigma_t = 7$ | $f_t = 276$ |
| | | 圧縮 | 48 | 35 | $\sigma_c = 5^{*1}$ | $f_c = 233$ | $\sigma_c = 7^{*1}$ | $f_c = 275$ |
| | | せん断 | 50 | 23 | $\tau = 4$ | $f_s = 135$ | $\tau = 7$ | $f_s = 159$ |
| | | 曲げ | 40 | 34 | — | — | $\sigma_b = 31$ | $f_b = 276$ |
| | | | 5 | 5 | $\sigma_b = 17$ | $f_b = 234$ | — | — |
| | 組合せ | 5 | 5 | $\sigma_f = 21$ | $f_t = 234$ | $\sigma_f = 36$ | $f_t = 276$ | |
| | | 引張り | 72 | 29 | $\sigma_t = 6$ | $f_t = 241$ | $\sigma_t = 9$ | $f_t = 276$ |
| | | 圧縮 | 72 | 29 | $\sigma_c = 6^{*1}$ | $f_c = 240$ | $\sigma_c = 9^{*1}$ | $f_c = 275$ |
| | | せん断 | 34 | 12 | $\tau = 24$ | $f_s = 139$ | $\tau = 35$ | $f_s = 159$ |
| | | 曲げ | 34 | 12 | $\sigma_b = 102$ | $f_b = 241$ | $\sigma_b = 154$ | $f_b = 276$ |
| 組合せ | | 34 | 12 | $\sigma_f = 111$ | $f_t = 241$ | $\sigma_f = 167$ | $f_t = 276$ | |
| 取付ボルト | | 引張り | 1 | 1 | $\sigma_{tb} = 15$ | $f_{ts} = 475^{*2}$ | $\sigma_{tb} = 23$ | $f_{ts} = 475^{*2}$ |
| | | せん断 | 1 | 1 | $\tau_b = 2$ | $f_{sb} = 366$ | $\tau_b = 4$ | $f_{sb} = 366$ |

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

1.4.3 動的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|--------------------------|------|-------------|----------|
| 制御棒駆動系スクラム弁 (弁番号：126) | 水平方向 | 1.36 | 6.0 |
| | 鉛直方向 | 1.27 | 6.0 |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.2・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

2.1 設計条件

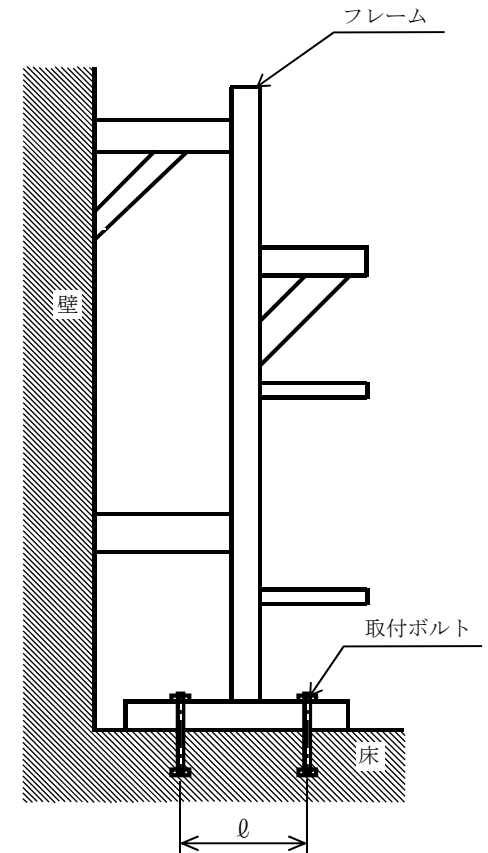
| 機器名称 | 設備分類 | 据付場所及び床面高さ (m) | 固有周期(s) | | 弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) |
|----------|---------|--|---------|-------|-----------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|
| | | | 水平方向 | 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 | | |
| 水圧制御ユニット | 常設耐震/防止 | 原子炉建屋 T.M.S.L. -8.2 (T.M.S.L. -1.7*) | 0.036 | 0.043 | — | — | C _H =1.36 | C _V =1.27 | — | 66 |

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

| m (kg) | ℓ (mm) | d _o (mm) | A _b (mm ²) | n | n _f |
|-----------|-----------|------------------------|--------------------------------------|---|----------------|
| | | | | 2 | 1 |

| 部材 | 材料 | S _y (MPa) | S _u (MPa) | F (MPa) | F* (MPa) |
|-------|----|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|
| フレーム | | | | | |
| 取付ボルト | | | | | |



| 材料 | E (MPa) | ν | \varnothing_k (mm) | i (mm) | λ | Λ | ν' |
|---------|------------|-------|-------------------------|-----------|-----------|-----------|--------|
| STKR400 | | | | | | | |
| SS400 | | | | | | | |

| 材料 | | | | | | |
|-----------------------------------|--|--|--|--|--|--|
| 要素番号 | | | | | | |
| A (mm ²) | | | | | | |
| I _y (mm ⁴) | | | | | | |
| I _z (mm ⁴) | | | | | | |
| I _p (mm ⁴) | | | | | | |
| Z _y (mm ³) | | | | | | |
| Z _z (mm ³) | | | | | | |
| Z _p (mm ³) | | | | | | |
| 断面形状 | | | | | | |
| 寸法 (mm) | | | | | | |

注記* : 基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合

2.3 計算数値

2.3.1 フレームの荷重

(単位：N)

| 要素番号 | 節点番号 | F _x | | F _y | | F _z | |
|------|------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 5 | 5 | — | | — | | — | |
| 34 | 12 | — | | — | | — | |
| 40 | 34 | — | | — | | — | |
| 48 | 35 | — | | — | | — | |
| 50 | 23 | — | | — | | — | |
| 72 | 29 | — | | — | | — | |

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.2 フレームのモーメント

(単位：N・mm)

| 要素番号 | 節点番号 | M _x | | M _y | | M _z | |
|------|------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 5 | 5 | — | | — | | — | |
| 34 | 12 | — | | — | | — | |
| 40 | 34 | — | | — | | — | |
| 48 | 35 | — | | — | | — | |
| 50 | 23 | — | | — | | — | |
| 72 | 29 | — | | — | | — | |

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.3 取付ボルトの荷重

(単位：N)

| 要素番号 | 節点番号 | F _x | | F _y | | F _z | |
|------|------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 1 | 1 | — | <input type="text"/> | — | <input type="text"/> | — | <input type="text"/> |

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.4 取付ボルトのモーメント

(単位：N・mm)

| 要素番号 | 節点番号 | M _x | | M _y | | M _z | |
|------|------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 1 | 1 | — | <input type="text"/> | — | — | — | <input type="text"/> |

注：添字 x, y, z は要素に与えられた座標軸で, x 軸は常に要素の長手方向にとる。

2.3.5 取付ボルトに作用する力

(単位：N)

| 要素番号 | 節点番号 | F _b | | Q _b | |
|------|------|-----------------------------------|----------------------|-----------------------------------|----------------------|
| | | 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 |
| 1 | 1 | — | <input type="text"/> | — | <input type="text"/> |

2.4 結論

2.4.1 固有周期

(単位：s)

| モード | 卓越方向 | 固有周期 |
|-----|------|-------|
| 1次 | 水平 | 0.036 |
| 1次 | 鉛直 | 0.043 |

2.4.2 応力

(単位：MPa)

| 部材 | 材料 | 応力 | 要素番号 | 節点番号 | 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 |
| フレーム | | 引張り | 48 | 35 | — | — | $\sigma_t = 7$ | $f_t = 260$ |
| | | 圧縮 | 48 | 35 | — | — | $\sigma_c = 7^{*1}$ | $f_c = 259$ |
| | | せん断 | 50 | 23 | — | — | $\tau = 7$ | $f_s = 150$ |
| | | 曲げ | 40 | 34 | — | — | $\sigma_b = 31$ | $f_b = 260$ |
| | | 組合せ | 5 | 5 | — | — | $\sigma_f = 36$ | $f_t = 260$ |
| | | 引張り | 72 | 29 | — | — | $\sigma_t = 9$ | $f_t = 270$ |
| | | 圧縮 | 72 | 29 | — | — | $\sigma_c = 9^{*1}$ | $f_c = 269$ |
| | | せん断 | 34 | 12 | — | — | $\tau = 35$ | $f_s = 155$ |
| | | 曲げ | 34 | 12 | — | — | $\sigma_b = 154$ | $f_b = 270$ |
| | | 組合せ | 34 | 12 | — | — | $\sigma_f = 167$ | $f_t = 270$ |
| 取付ボルト | | 引張り | 1 | 1 | — | — | $\sigma_{tb} = 23$ | $f_{ts} = 455^{*2}$ |
| | | せん断 | 1 | 1 | — | — | $\tau_b = 4$ | $f_{sb} = 350$ |

すべて許容応力以下である。

注記*1：絶対値を記載

*2： $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

2.4.3 動的機能の評価結果

($\times 9.8 \text{ m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度* | 機能確認済加速度 |
|--------------------------|------|-------------|----------|
| 制御棒駆動系スクラム弁 (弁番号：126) | 水平方向 | 1.36 | 6.0 |
| | 鉛直方向 | 1.27 | 6.0 |

注記*：基準地震動 S_s により定まる応答加速度とする。

機能維持評価用加速度 (1.2・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

VI-2-6-3-2-1-2 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 | 4 |
| 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 | 12 |
| 3.3 設計条件 | 13 |
| 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 | 31 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 | 31 |
| 4.2 評価結果 | 49 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 | 49 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 | 52 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 | 53 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 | 54 |

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、制御棒駆動系の管、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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 11 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

設計及び工事の計画書に記載される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。




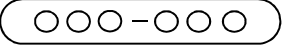

(3) 弁

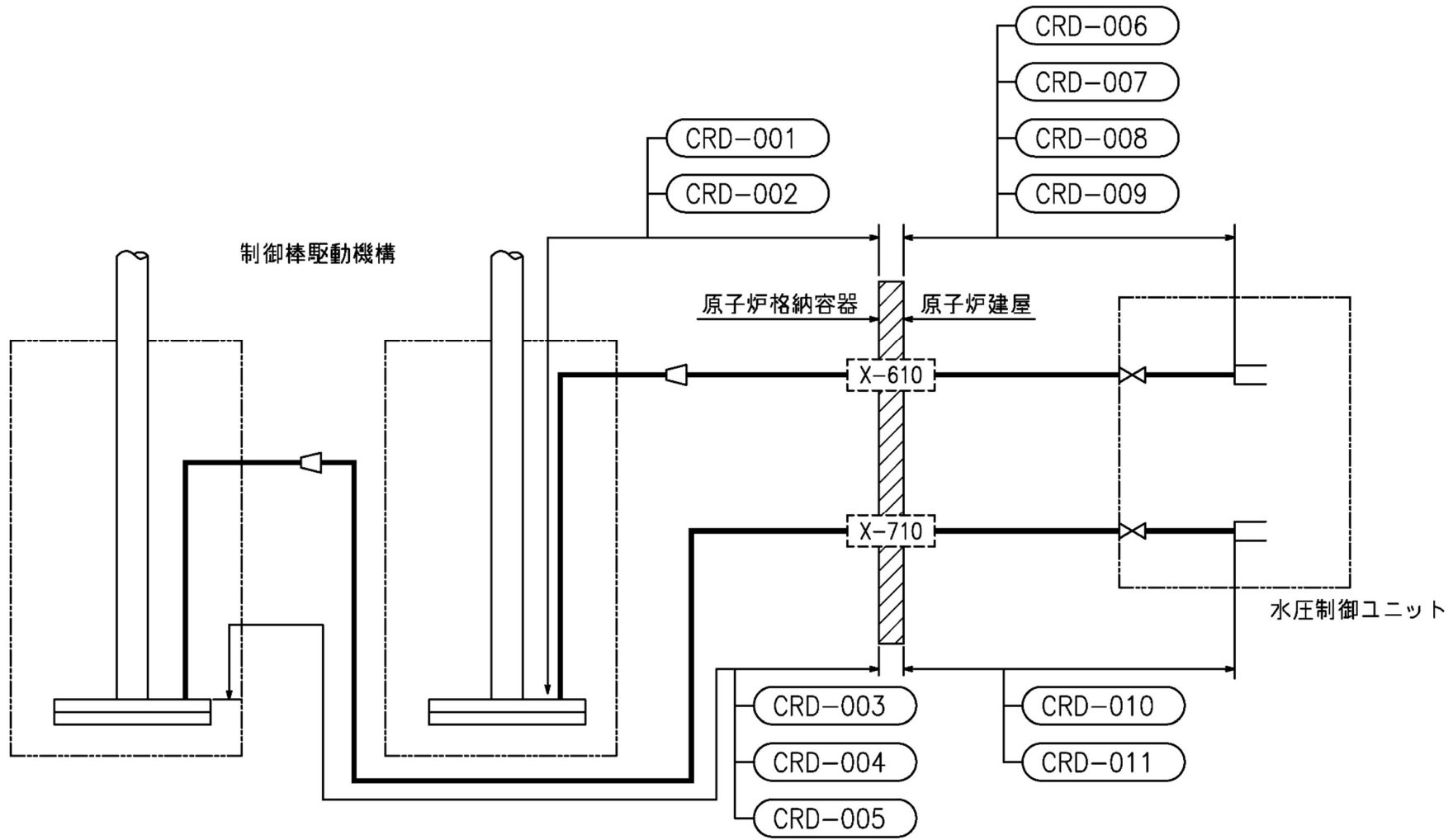
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

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


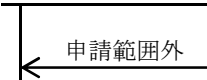
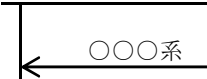


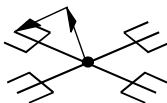
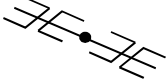

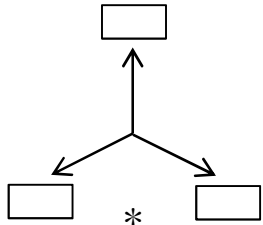
| 記号例 | 内容 |
|--|---|
|  (太線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 |
|  (細線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管 |
|  (破線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管 |
|  | 鳥瞰図番号 |
|  | アンカ |

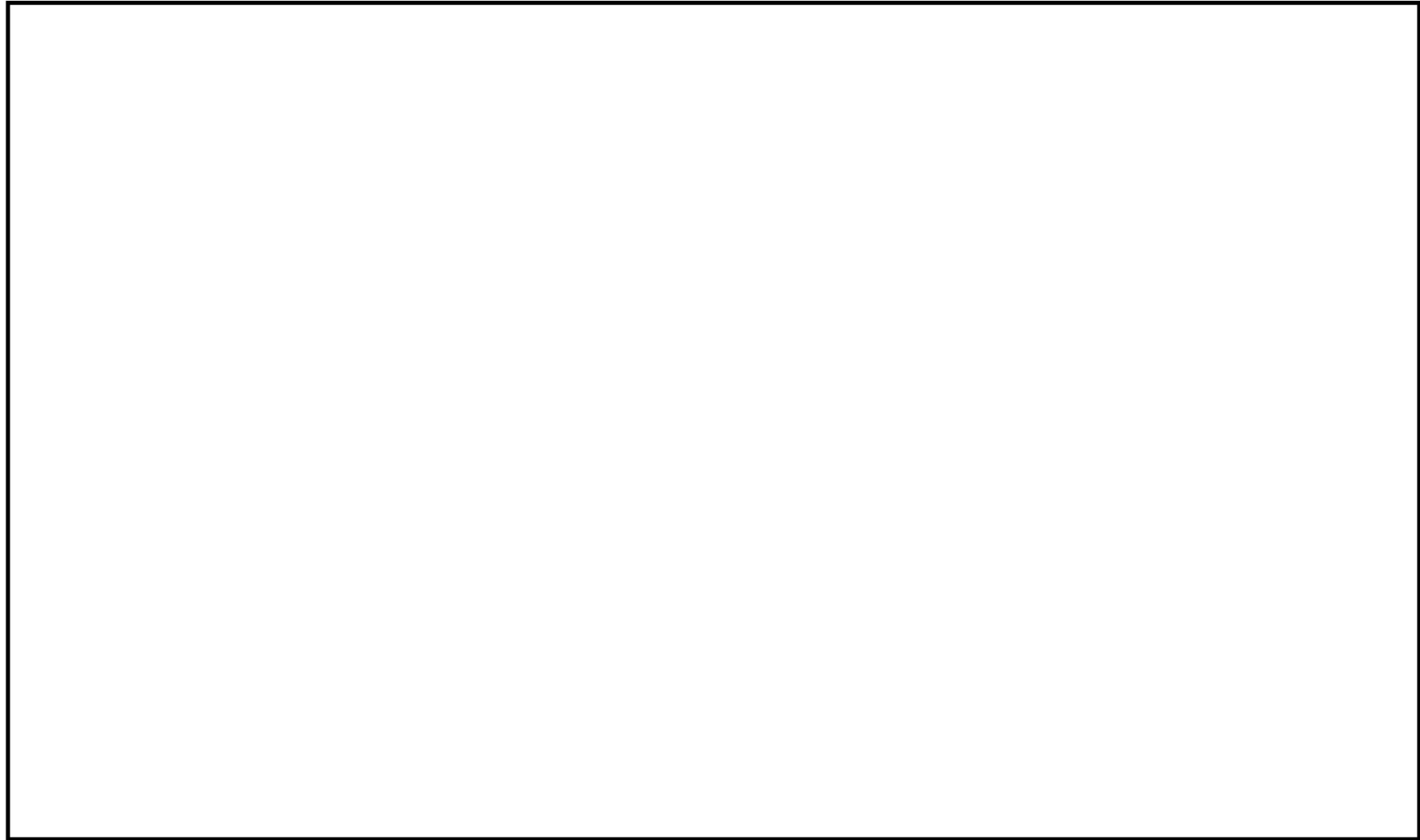


制御棒駆動系概略系統図

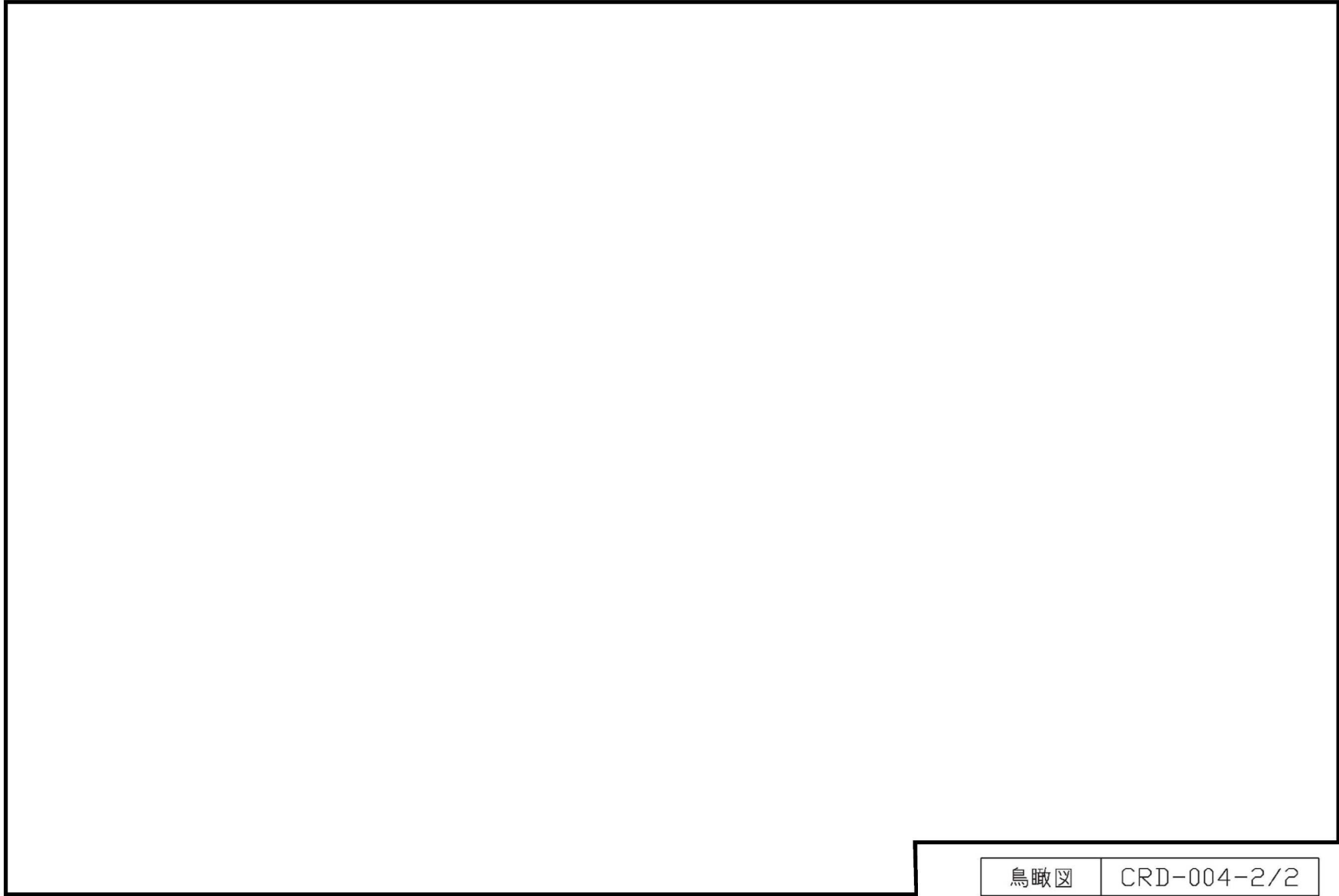
2.2 鳥瞰図

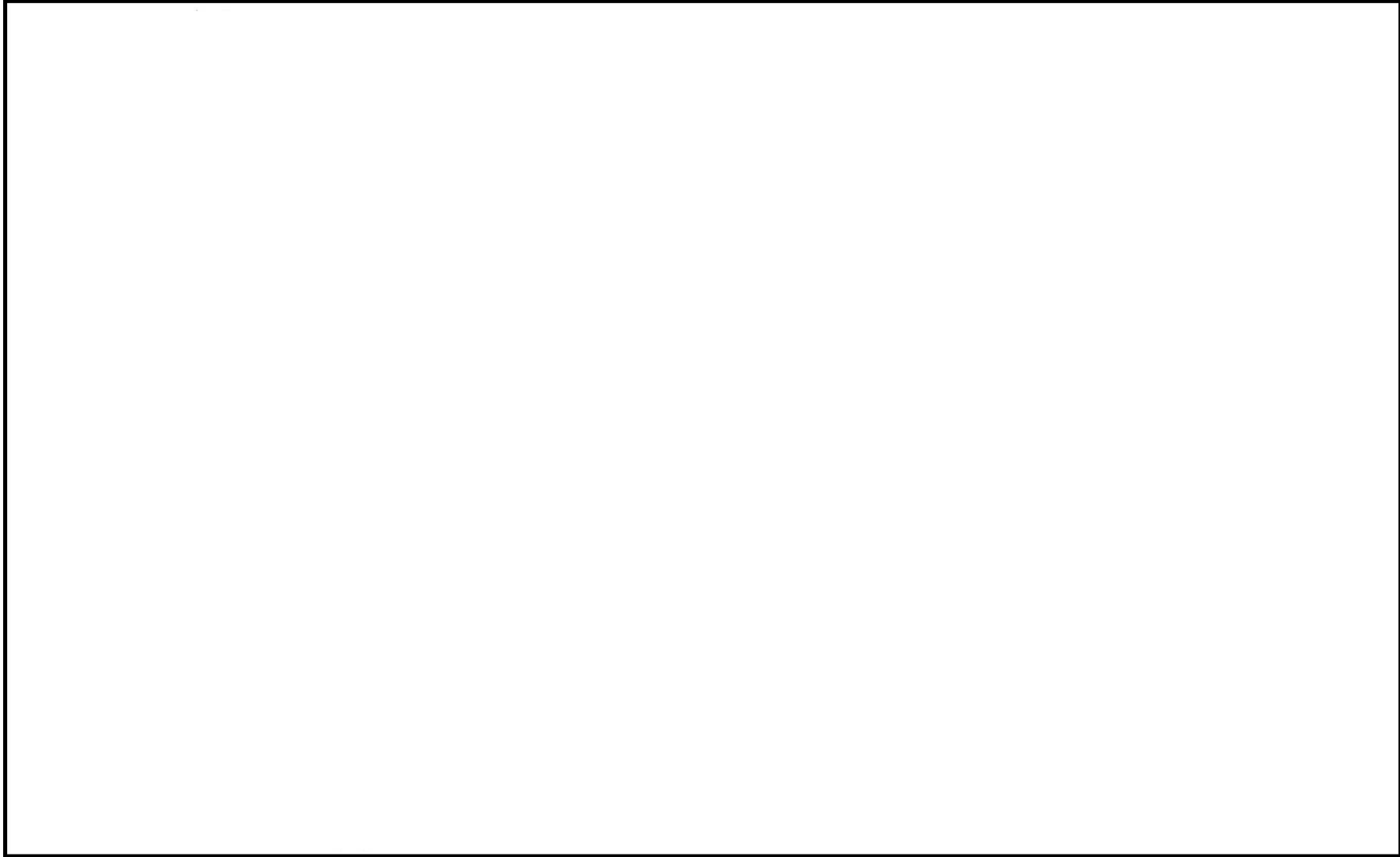
鳥瞰図記号凡例

| 記号例 | 内容 |
|---|--|
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p> |
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p> |
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p> |
|  | <p>質点</p> |
|  | <p>アンカ</p> |
|  | <p>レストレイント (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。スナップについても同様とする。)</p> |
|  | <p>スナップ</p> |
|  | <p>ハンガ</p> |
|  | <p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号、矢印は拘束方向を示す。また、<input type="text"/> 内に変位量を記載する。)</p> |

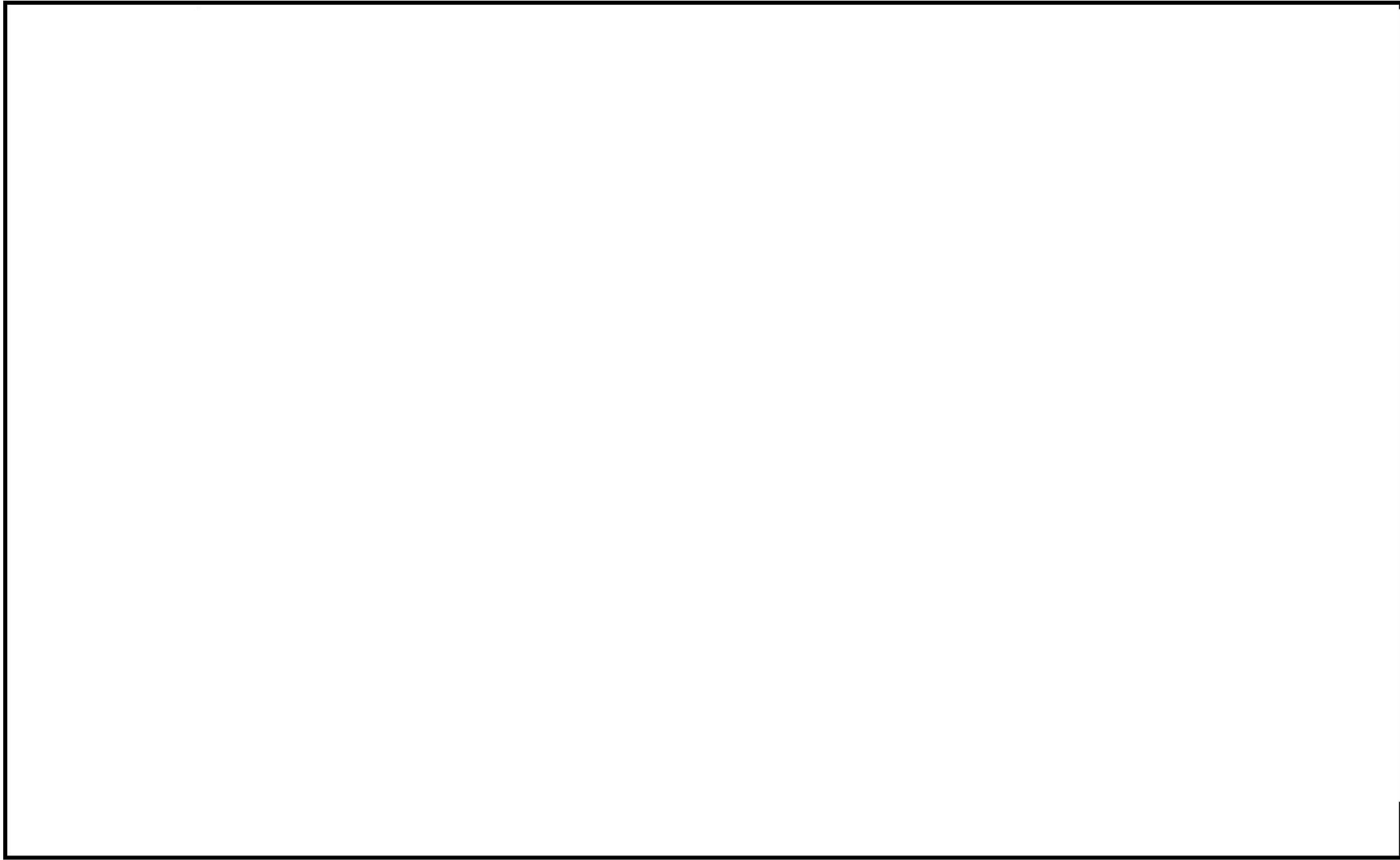


5

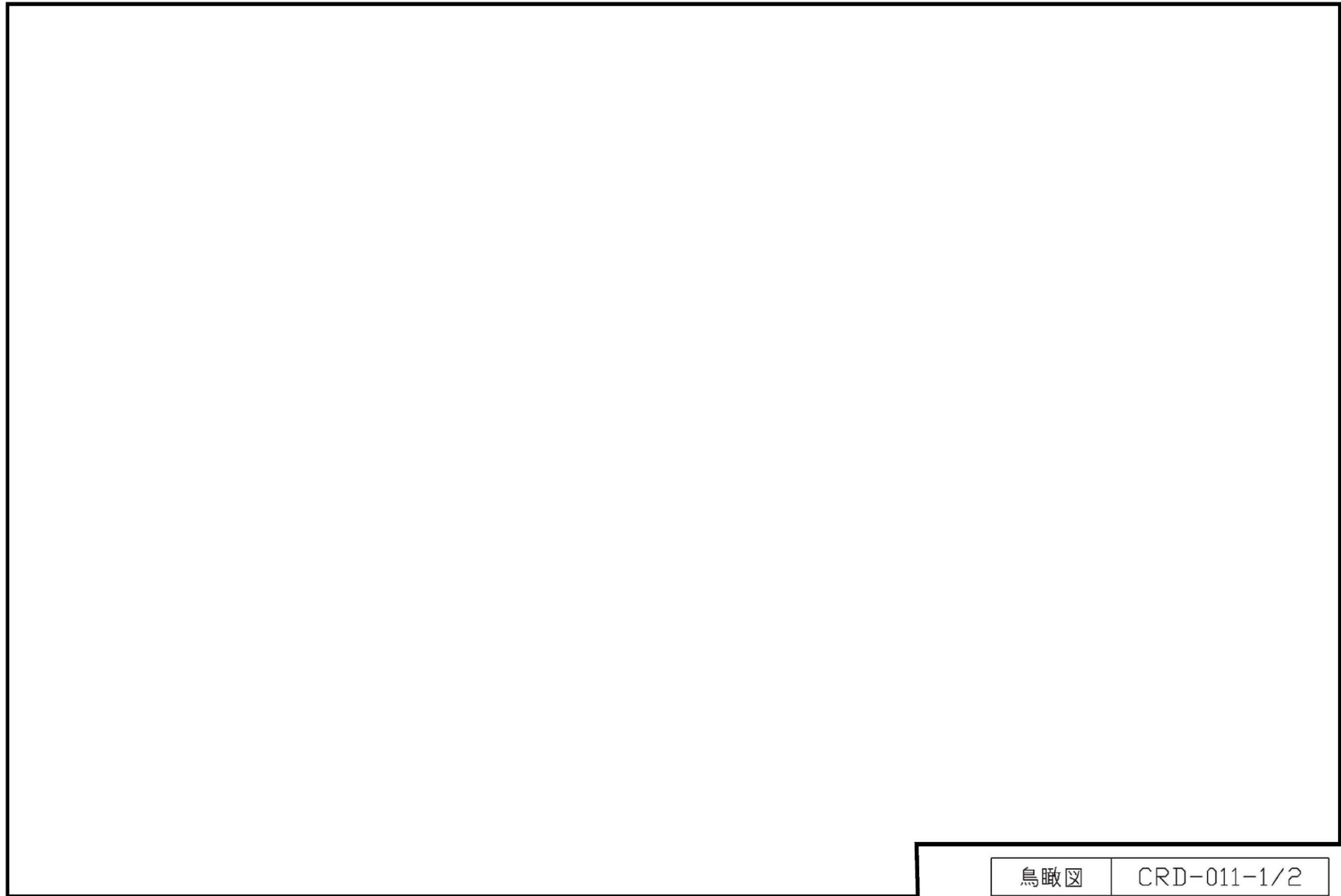




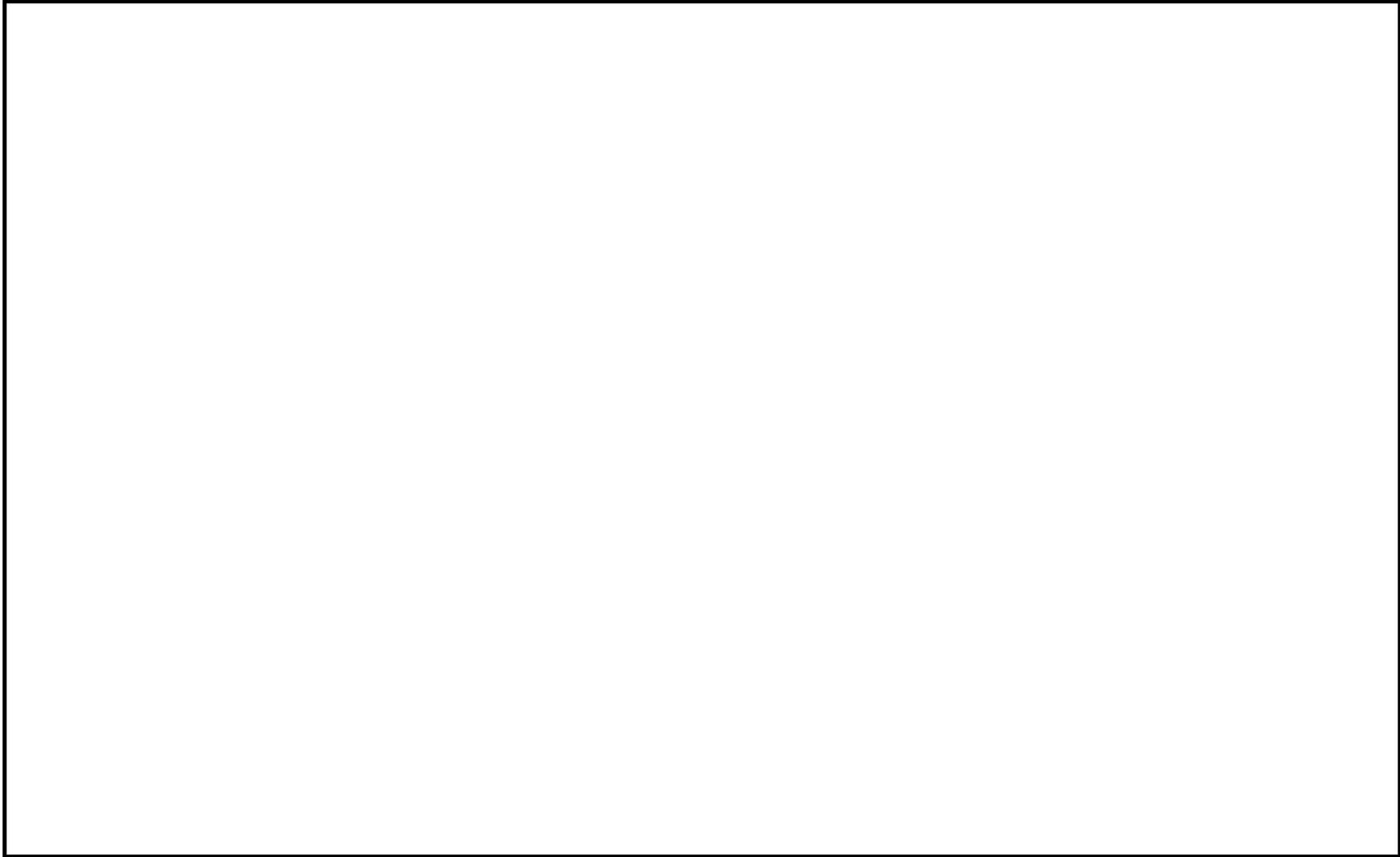
7



8



10



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、「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、別紙「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

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 | 機器等の区分 | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ*2, 3 | 許容応力状態 |
|----------|-----------|--------|--------|------|--------|---------|---------------------------------|-------------------|
| 計測制御系統施設 | 制御棒駆動水圧設備 | 制御棒駆動系 | DB | — | クラス2管 | S | I _L +S _d | III _{AS} |
| | | | | | | | II _L +S _d | |
| | | | | | | | I _L +S _s | IV _{AS} |
| | | | | | | | II _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：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 C R D - 0 0 4

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 18.6 | 66 | 42.7 | 4.9 | SUS316LTP | S | 191720 |
| 2 | 18.6 | 66 | 27.2 | 3.9 | SUS316LTP | 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 C R D - 0 0 4

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 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 | |
| 2 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | | | | |

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 C R D - 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) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 2 | | 14 | | 26 | | 38 | | 50 | |
| 3 | | 15 | | 27 | | 39 | | 51 | |
| 4 | | 16 | | 28 | | 40 | | 52 | |
| 5 | | 17 | | 29 | | 41 | | 53 | |
| 6 | | 18 | | 30 | | 42 | | 54 | |
| 7 | | 19 | | 31 | | 43 | | 55 | |
| 8 | | 20 | | 32 | | 44 | | 56 | |
| 9 | | 21 | | 33 | | 45 | | 57 | |
| 10 | | 22 | | 34 | | 46 | | | |
| 11 | | 23 | | 35 | | 47 | | | |
| 12 | | 24 | | 36 | | 48 | | | |
| 13 | | 25 | | 37 | | 49 | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 C R D - 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 |
| 6 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| ** 24 ** | | | | | | |
| 28 | | | | | | |
| ** 28 ** | | | | | | |
| 31 | | | | | | |
| 35 | | | | | | |
| 37 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| ** 40 ** | | | | | | |
| ** 40 ** | | | | | | |
| 55 | | | | | | |
| 57 | | | | | | |

**印は斜め拘束を示しばね定数を X に示す。下段は方向余弦を示す。

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 C R D - 0 0 6

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 18.6 | 66 | 42.7 | 4.9 | SUS316LTP | 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 C R D - 0 0 6

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 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 | | | | | | | | | | | |

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 C R D - 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 | | 17 | | 30 | | 43 | | 56 | |
| 2 | | 18 | | 31 | | 44 | | 57 | |
| 3 | | 19 | | 32 | | 45 | | 58 | |
| 4 | | 20 | | 33 | | 46 | | 59 | |
| 5 | | 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 | | 65 | |
| 14 | | 27 | | 40 | | 53 | | 66 | |
| 15 | | 28 | | 41 | | 54 | | | |
| 16 | | 29 | | 42 | | 55 | | | |

鳥 瞰 図 CRD-006

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |

鳥 瞰 図 C R D - 0 0 6

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 | 7 | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 C R D - 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 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 21 | | | | | | |
| 31 | | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 38 | | | | | | |
| 41 | | | | | | |
| 45 | | | | | | |
| 48 | | | | | | |
| 52 | | | | | | |
| 58 | | | | | | |

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 C R D - 0 1 1

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 18.6 | 66 | 42.7 | 4.9 | SUS316LTP | 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 C R D - 0 1 1

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 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 | | |

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 C R D - 0 1 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) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 1 | | 16 | | 28 | | 40 | | 52 | |
| 2 | | 17 | | 29 | | 41 | | 53 | |
| 3 | | 18 | | 30 | | 42 | | 54 | |
| 4 | | 19 | | 31 | | 43 | | 55 | |
| 5 | | 20 | | 32 | | 44 | | 56 | |
| 9 | | 21 | | 33 | | 45 | | 57 | |
| 10 | | 22 | | 34 | | 46 | | 58 | |
| 11 | | 23 | | 35 | | 47 | | 59 | |
| 12 | | 24 | | 36 | | 48 | | 60 | |
| 13 | | 25 | | 37 | | 49 | | | |
| 14 | | 26 | | 38 | | 50 | | | |
| 15 | | 27 | | 39 | | 51 | | | |

鳥 瞰 図 C R D - 0 1 1

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |

鳥 瞰 図 C R D - 0 1 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 | 7 | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 C R D - 0 1 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 |
| 1 | | | | | | |
| 11 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 27 | | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 36 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 43 | | | | | | |
| 48 | | | | | | |
| 53 | | | | | | |

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 (°C) | 許容応力 (MPa) | | | |
|-----------|----------------|---------------|-----|-----|-----|
| | | S m | S y | S u | S h |
| SUS316LTP | 66 | — | 159 | 459 | 108 |

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 | 建屋・構築物 | 標高 (m) | 減衰定数 (%) |
|---------|----------------------|--------|----------|
| CRD-004 | 原子炉建屋 | | |
| | 原子炉本体基礎 | | |
| | 原子炉压力容器 | | |
| | 制御棒駆動機構ハウジング (内側) | | |
| | 制御棒駆動機構ハウジング (外側) | | |
| CRD-006 | 原子炉建屋 | | |
| CRD-011 | 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 CRD-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 (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 | | | | | | | |
| 動的震度*2 | | | | | | | |
| 静的震度*3 | | | | | | | |

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：S d 又は S s 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。

*3：3.6C_I及び1.2C_V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 CRD-004

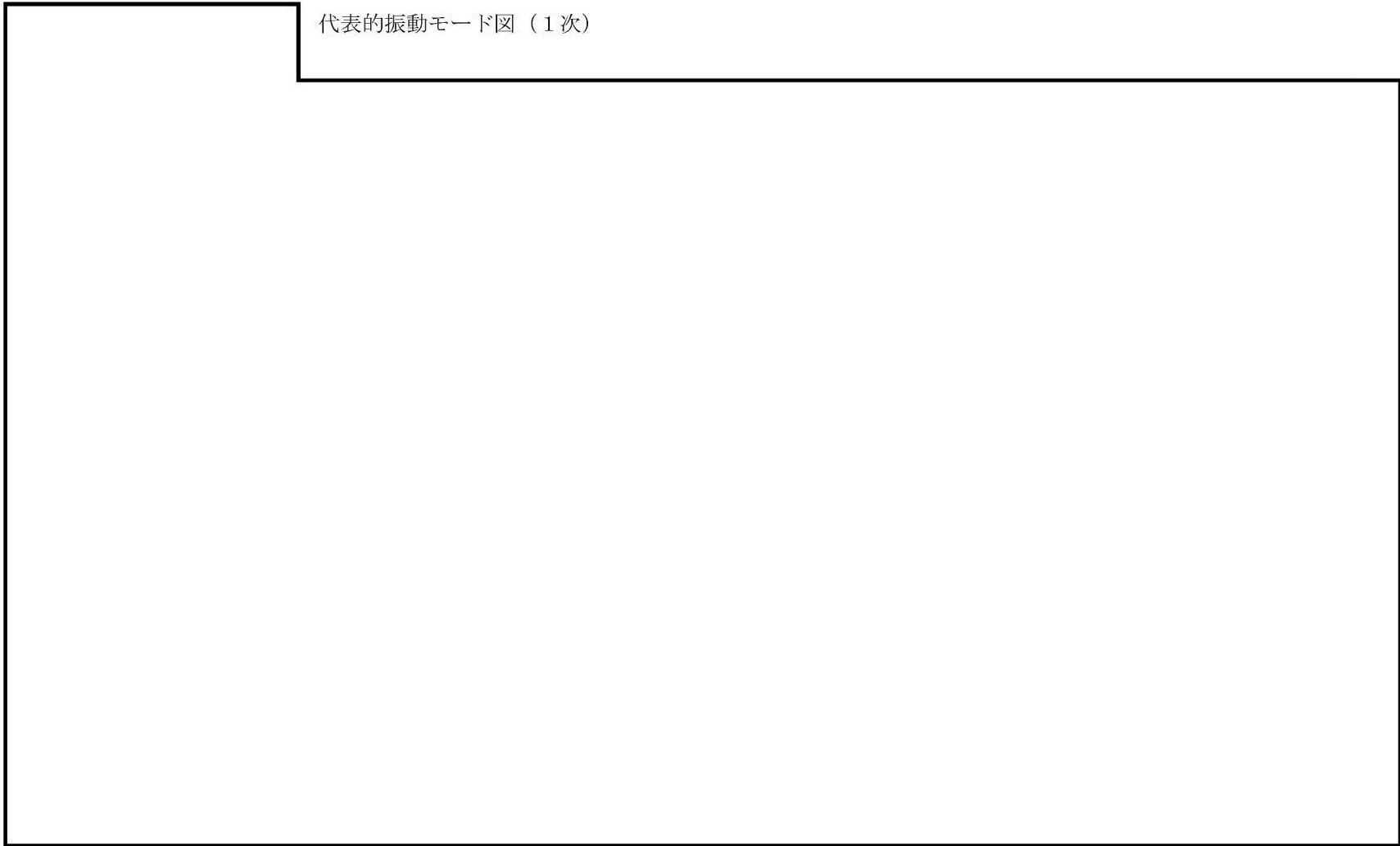
| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|-----|-------------|-------|------|------|
| | | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |
| 5 次 | | | | |
| 6 次 | | | | |
| 7 次 | | | | |

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。

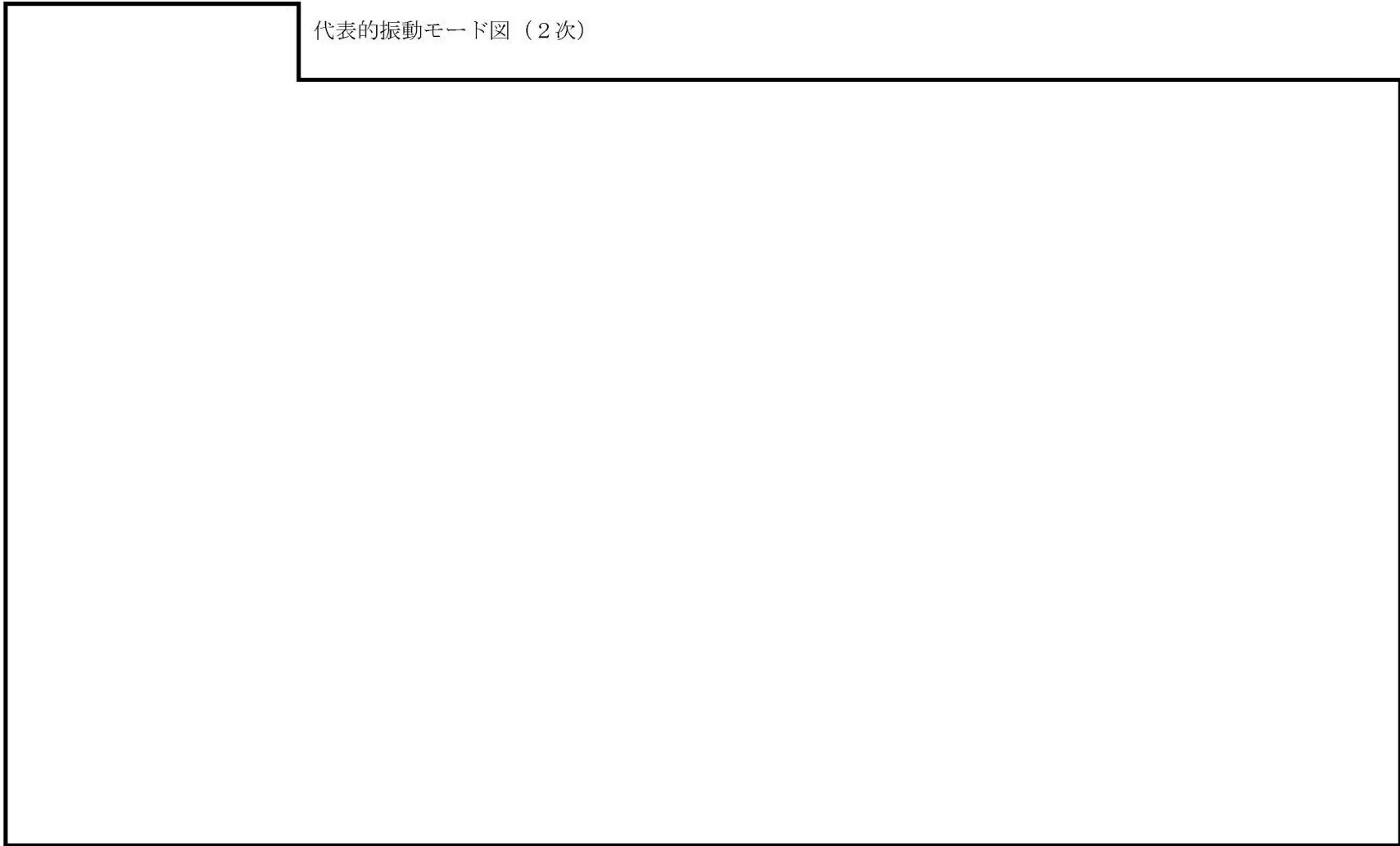
代表的振動モード図

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。

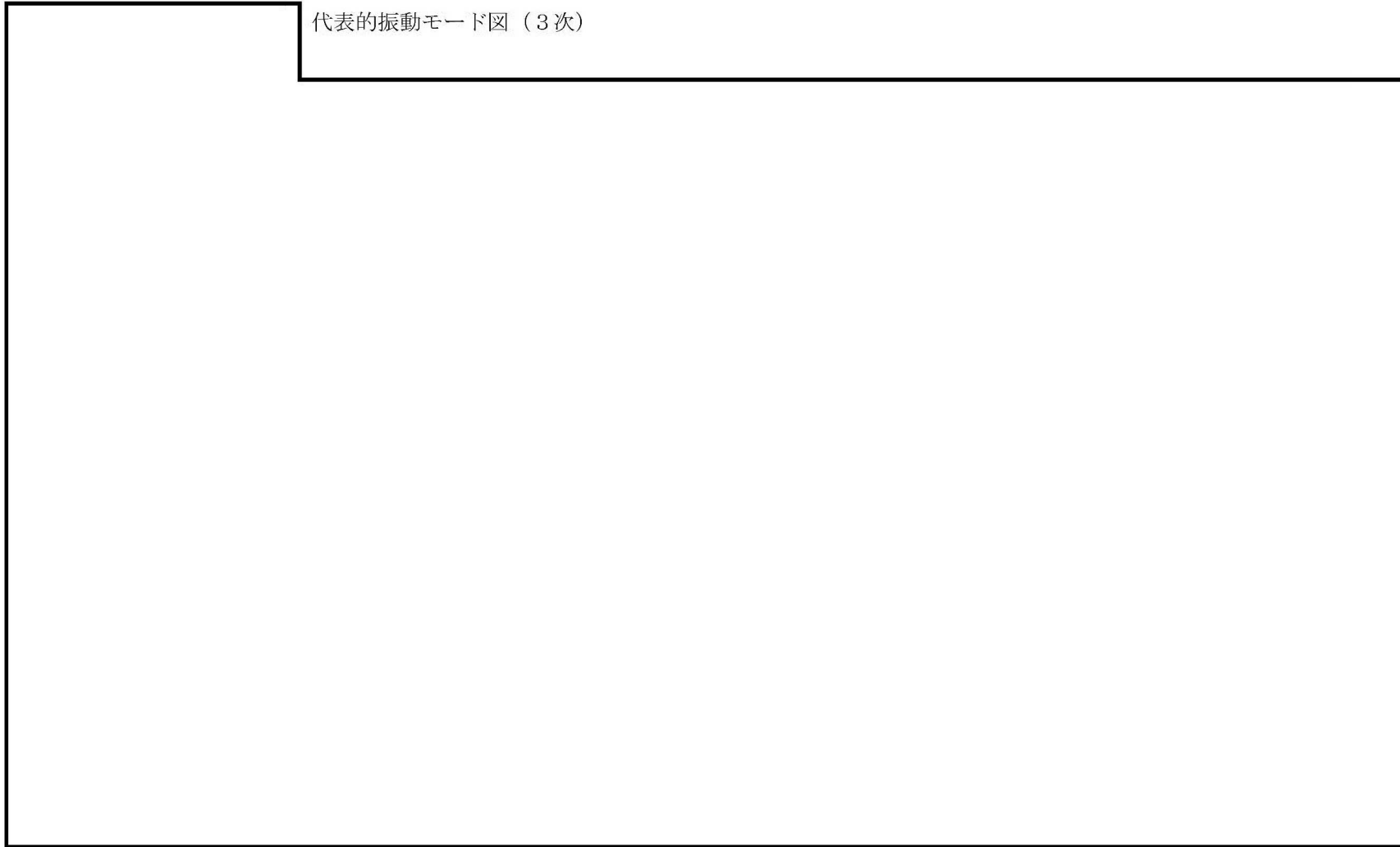
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CRD-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 (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 | | | | | | | |
| 動的震度* ² | | | | | | | |
| 静的震度* ³ | | | | | | | |

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：S_d 又は S_s 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。

*3：3.6C_I 及び 1.2C_v 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 CRD-006

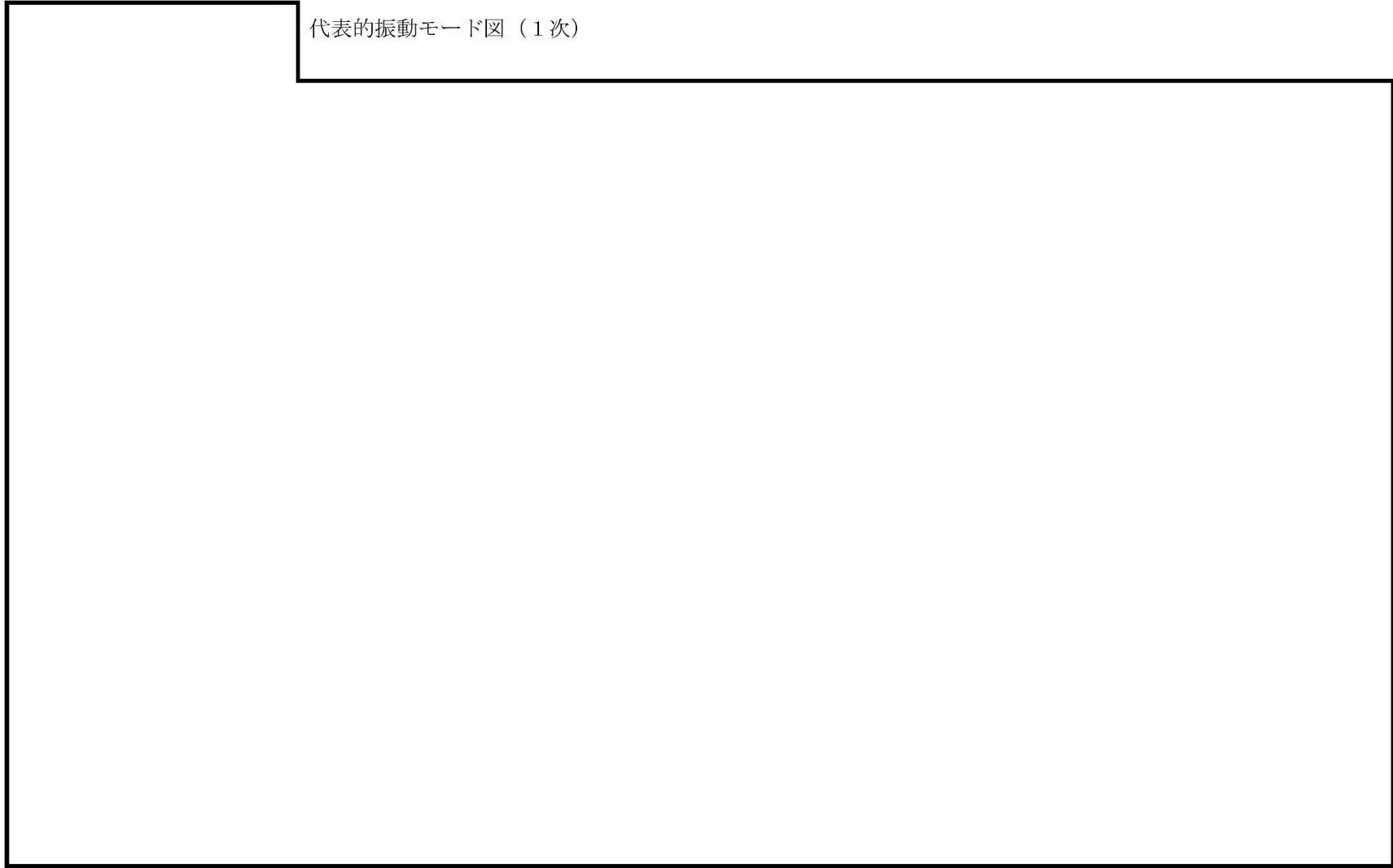
| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|-----|-------------|-------|------|------|
| | | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |
| 5 次 | | | | |

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

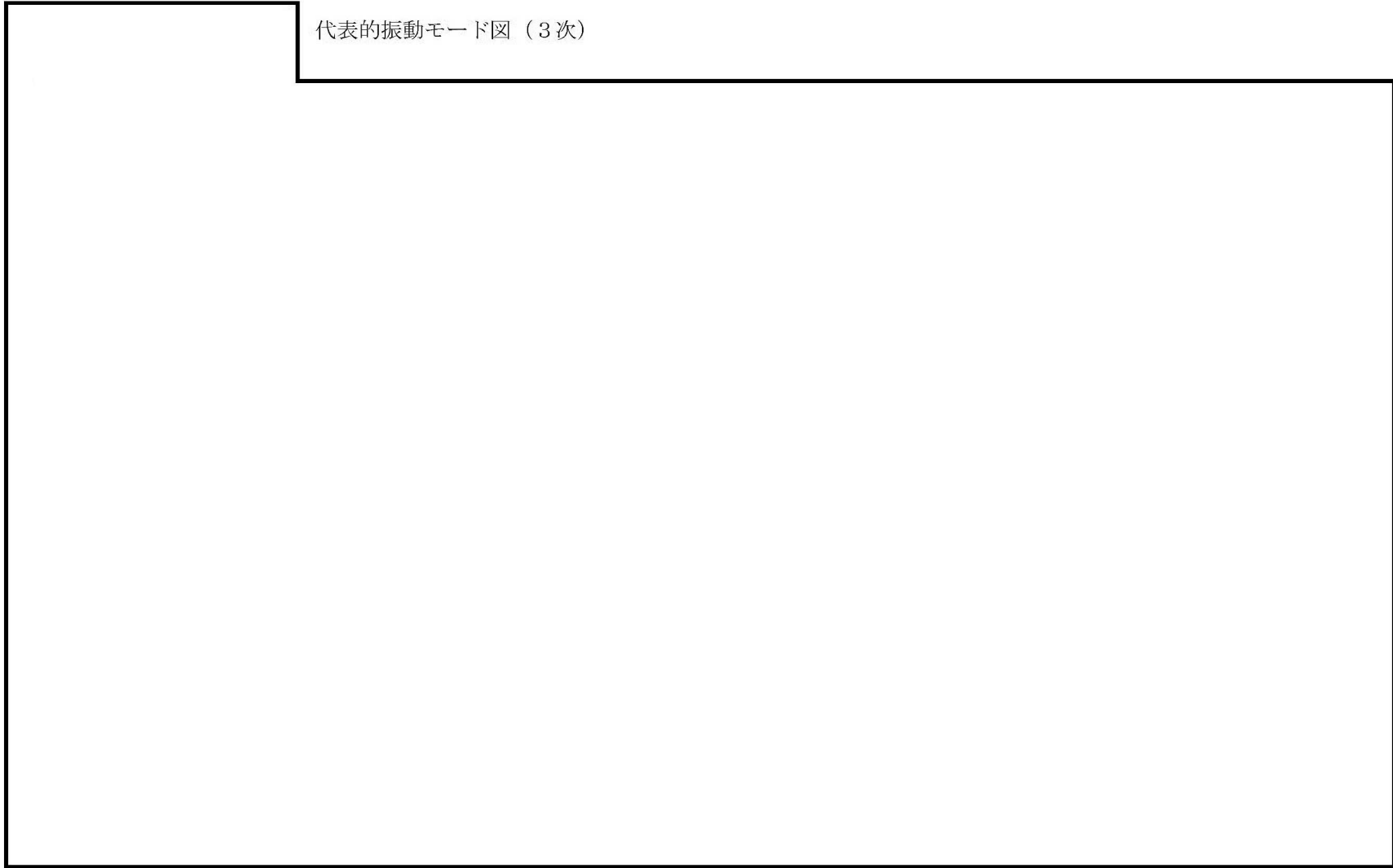
振動モード図は、3次モードまでを代表とし、各質点の変位の相対量・方向を破線で図示し、次ページ以降に示す。

代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)

代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CRD-011

| 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 (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 | | | | | | | |
| 動的震度*2 | | | | | | | |
| 静的震度*3 | | | | | | | |

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：S d又はS s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。

*3：3.6C_I及び1.2C_v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 CRD-011

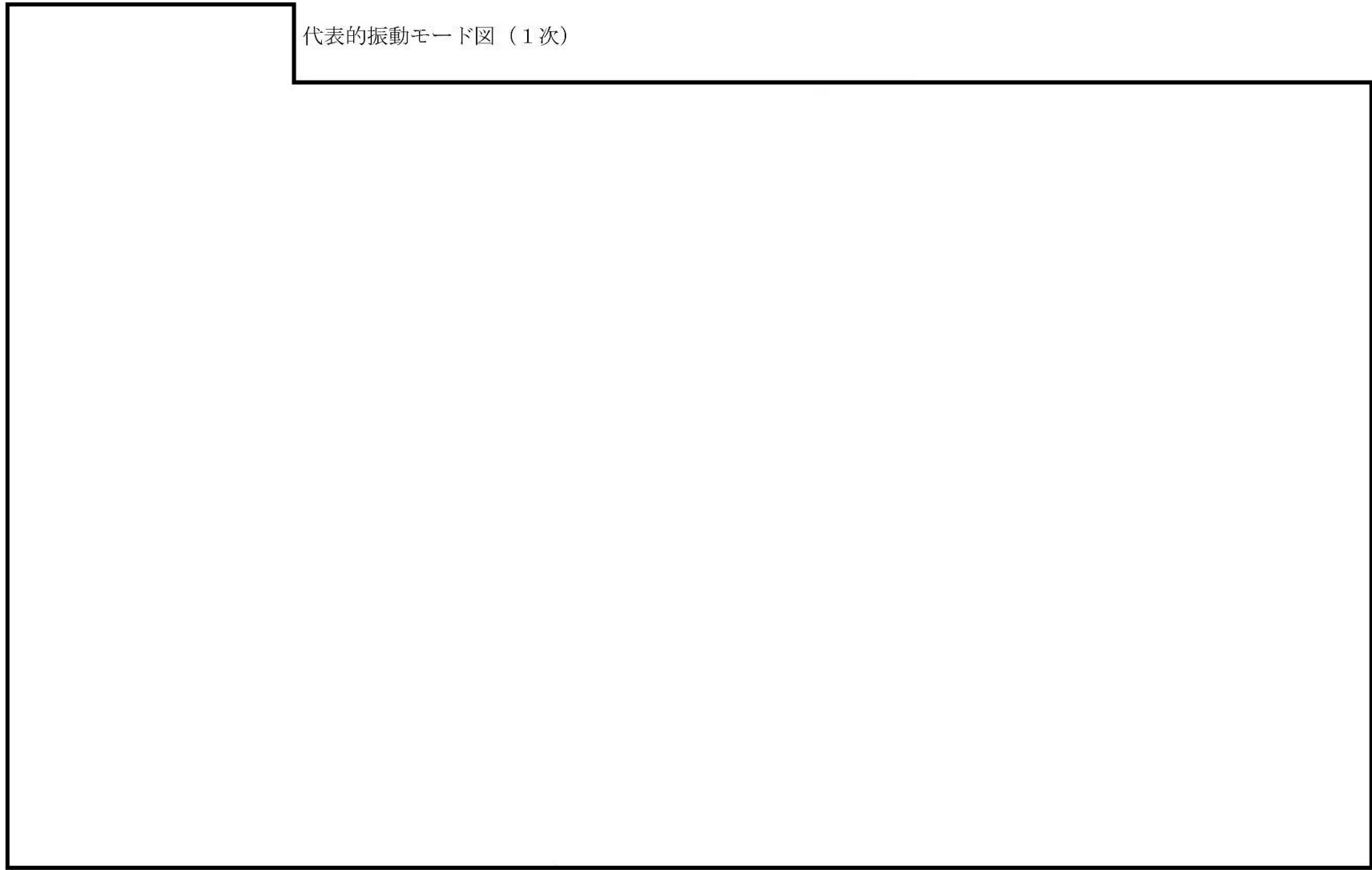
| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|-----|-------------|-------|------|------|
| | | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |

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。

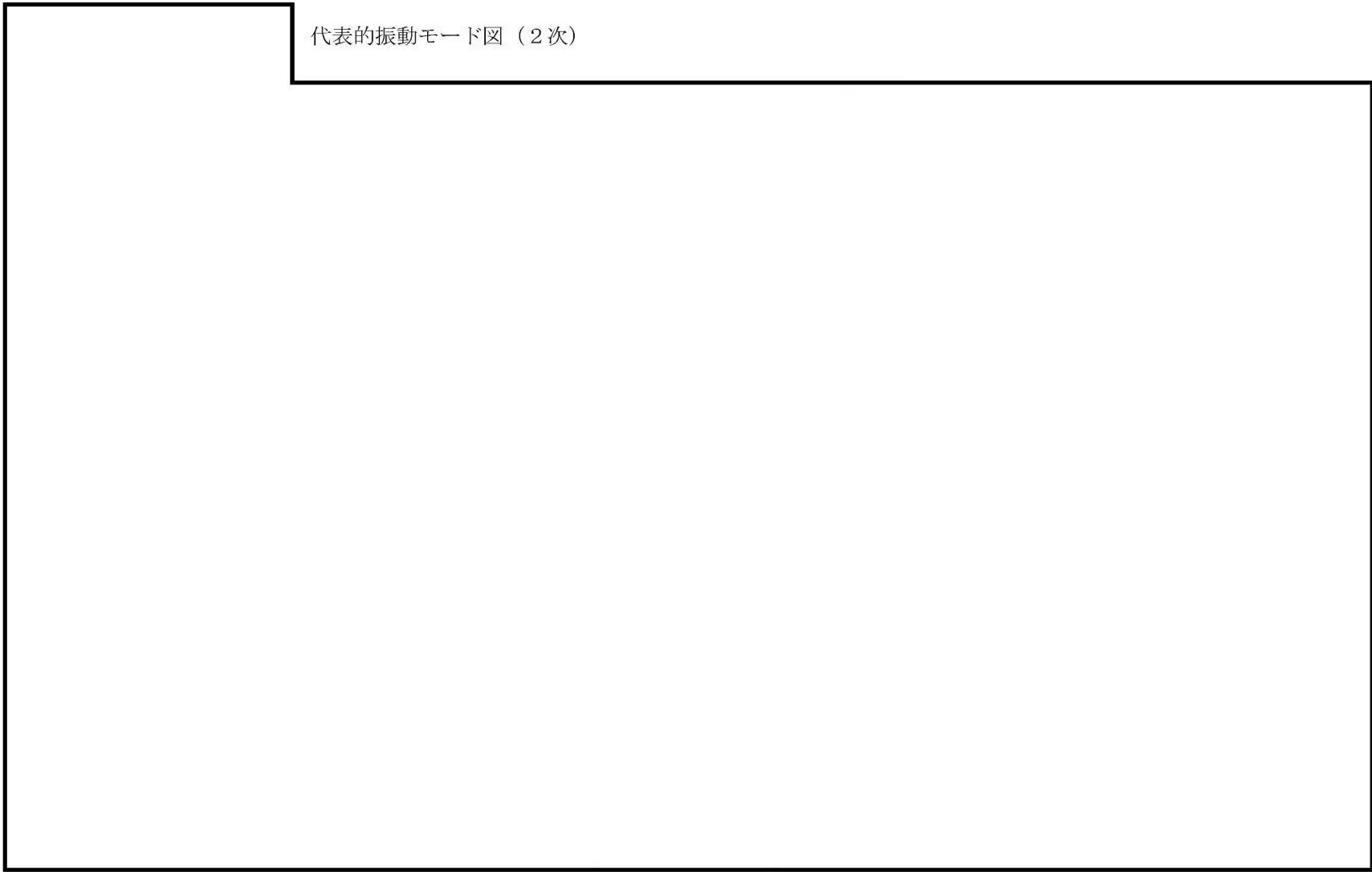
代表的振動モード図

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。

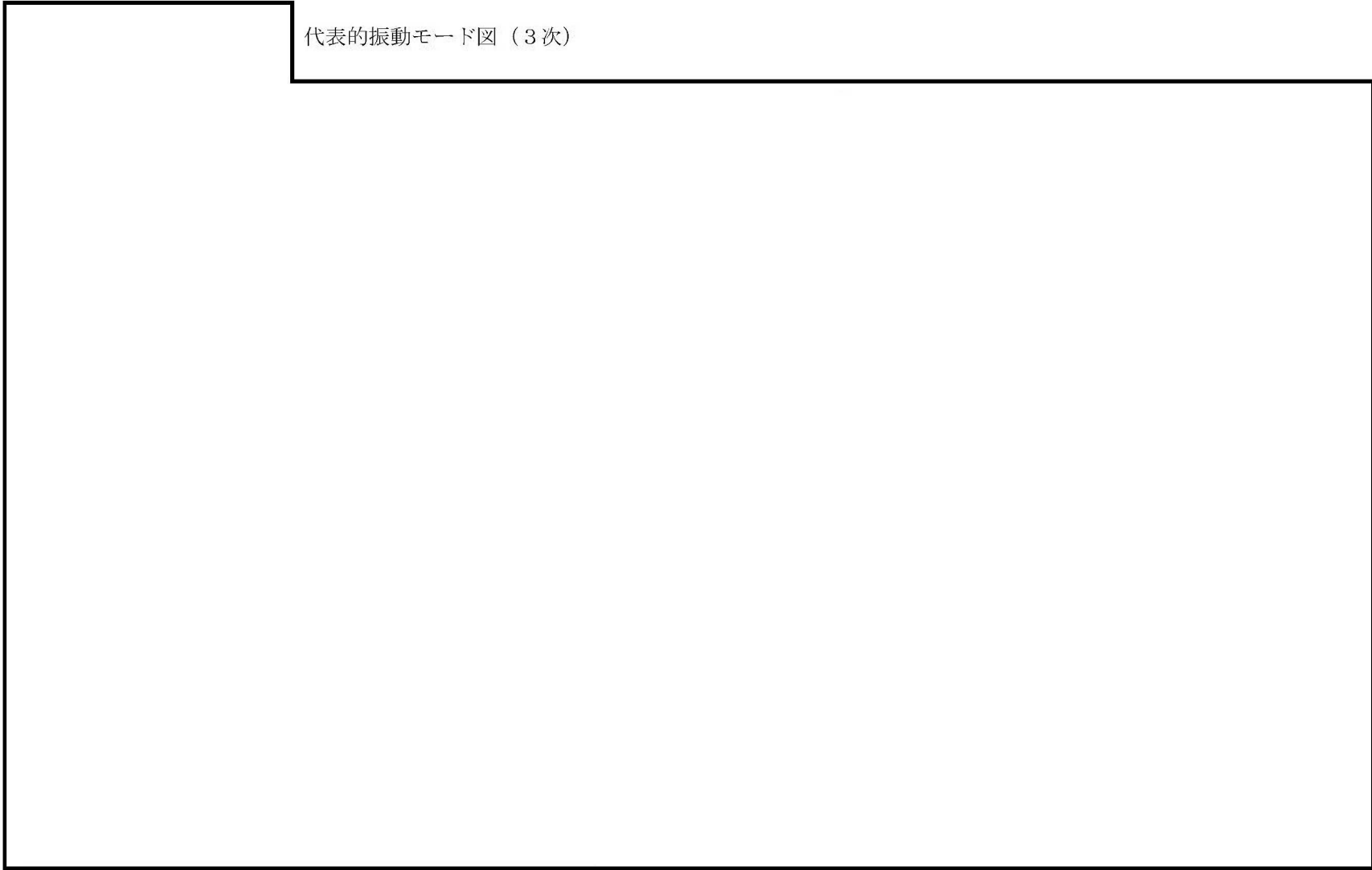
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



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すべて許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図 | 許容応力 状態 | 最大応力 評価点 | 最大応力 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 $S_{pr m} (S_d)$ $S_{pr m} (S_s)$ | 許容応力 S_y^* $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n (S_s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S_s$ |
| CRD-004 | Ⅲ _A S | 55 | $S_{pr m} (S_d)$ | 70 | 159 | — | — | — |
| | Ⅳ _A S | 55 | $S_{pr m} (S_s)$ | 100 | 413 | — | — | — |
| | Ⅳ _A S | 57 | $S_n (S_s)$ | — | — | 181 | 318 | — |

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 $1.2 S_h$ のうち大きい方の値とする。

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すべて許容値以下である。

クラス 2 以下の管

| 鳥瞰図 | 許容応力 状態 | 最大応力 評価点 | 最大応力 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 $S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$ | 許容応力 S_y^* $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n(S s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S s$ |
| CRD-006 | Ⅲ _A S | 1 | $S_{p r m}(S d)$ | 73 | 159 | — | — | — |
| | Ⅳ _A S | 18 | $S_{p r m}(S s)$ | 87 | 413 | — | — | — |
| | Ⅳ _A S | 1 | $S_n(S s)$ | — | — | 216 | 318 | — |

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 $1.2 S_h$ のうち大きい方の値とする。

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すべて許容値以下である。

クラス2以下の管

| 鳥瞰図 | 許容応力 状態 | 最大応力 評価点 | 最大応力 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 $S_{pr m} (S_d)$ $S_{pr m} (S_s)$ | 許容応力 S_y^* $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n (S_s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S_s$ |
| CRD-011 | Ⅲ _A S | 10 | $S_{pr m} (S_d)$ | 73 | 159 | — | — | — |
| | Ⅳ _A S | 10 | $S_{pr m} (S_s)$ | 94 | 413 | — | — | — |
| | Ⅳ _A S | 1 | $S_n (S_s)$ | — | — | 219 | 318 | — |

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 $1.2 S_h$ のうち大きい方の値とする。

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 番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度 (°C) | 評価結果 | |
|-------------|----|----|----|------------|------------------|------------------|
| | | | | | 計算 荷重 (kN) | 許容 荷重 (kN) |
| — | — | — | — | — | — | — |

支持構造物評価結果（応力評価）

| 支持構造物 番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度 (°C) | 支持点荷重 | | | | | | 評価結果 | | |
|-------------|---------|----|---------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
| | | | | | 反力 (kN) | | | モーメント (kN・m) | | | 応力 分類 | 計算 応力 (MPa) | 許容 応力 (MPa) |
| | | | | | F _x | F _y | F _z | M _x | M _y | M _z | | | |
| CRD-012 | レストレイント | ラグ | SUS316L | 66 | 4 | 1 | 1 | — | — | — | 組合せ | 6 | 101 |

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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$) | | 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$) | | 構造強度評価結果 (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、応力分類毎に裕度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 _A 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 | CRD-001 | 15 | 64 | 159 | 2.48 | — | 15 | 73 | 413 | 5.65 | — | 48 | 163 | 318 | 1.95 | — | — | — | — |
| 2 | CRD-002 | 16 | 63 | 159 | 2.52 | — | 53 | 90 | 413 | 4.58 | — | 55 | 170 | 318 | 1.87 | — | — | — | — |
| 3 | CRD-003 | 41 | 69 | 159 | 2.30 | — | 41 | 88 | 413 | 4.69 | — | 58 | 134 | 318 | 2.37 | — | — | — | — |
| 4 | CRD-004 | 55 | 70 | 159 | 2.27 | — | 55 | 100 | 413 | 4.13 | ○ | 57 | 181 | 318 | 1.75 | — | — | — | — |
| 5 | CRD-005 | 35 | 67 | 159 | 2.37 | — | 52 | 91 | 413 | 4.53 | — | 54 | 181 | 318 | 1.75 | — | — | — | — |
| 6 | CRD-006 | 1 | 73 | 159 | 2.17 | ○ | 18 | 87 | 413 | 4.74 | — | 1 | 216 | 318 | 1.47 | — | — | — | — |
| 7 | CRD-007 | 1 | 66 | 159 | 2.40 | — | 1 | 73 | 413 | 5.65 | — | 1 | 212 | 318 | 1.50 | — | — | — | — |
| 8 | CRD-008 | 1 | 66 | 159 | 2.40 | — | 1 | 73 | 413 | 5.65 | — | 1 | 211 | 318 | 1.50 | — | — | — | — |
| 9 | CRD-009 | 28 | 64 | 159 | 2.48 | — | 28 | 71 | 413 | 5.81 | — | 1 | 216 | 318 | 1.47 | — | — | — | — |
| 10 | CRD-010 | 1 | 64 | 159 | 2.48 | — | 1 | 71 | 413 | 5.81 | — | 1 | 215 | 318 | 1.47 | — | — | — | — |
| 11 | CRD-011 | 10 | 73 | 159 | 2.17 | — | 10 | 94 | 413 | 4.39 | — | 1 | 219 | 318 | 1.45 | ○ | — | — | — |

注記*：III_ASの一次+二次応力の許容値はIV_ASと同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS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 | 9 |
| 3.1 計算方法 | 9 |
| 3.2 荷重の組合せ及び許容応力 | 10 |
| 3.3 設計条件 | 11 |
| 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 | 23 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 | 23 |
| 4.2 評価結果 | 35 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 | 35 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 | 37 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 | 38 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 | 39 |

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、制御棒駆動系の管、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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点評価結果を解析モデル単位に記載する。また、全 11 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

設計及び工事の計画書に記載される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。


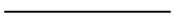



(3) 弁

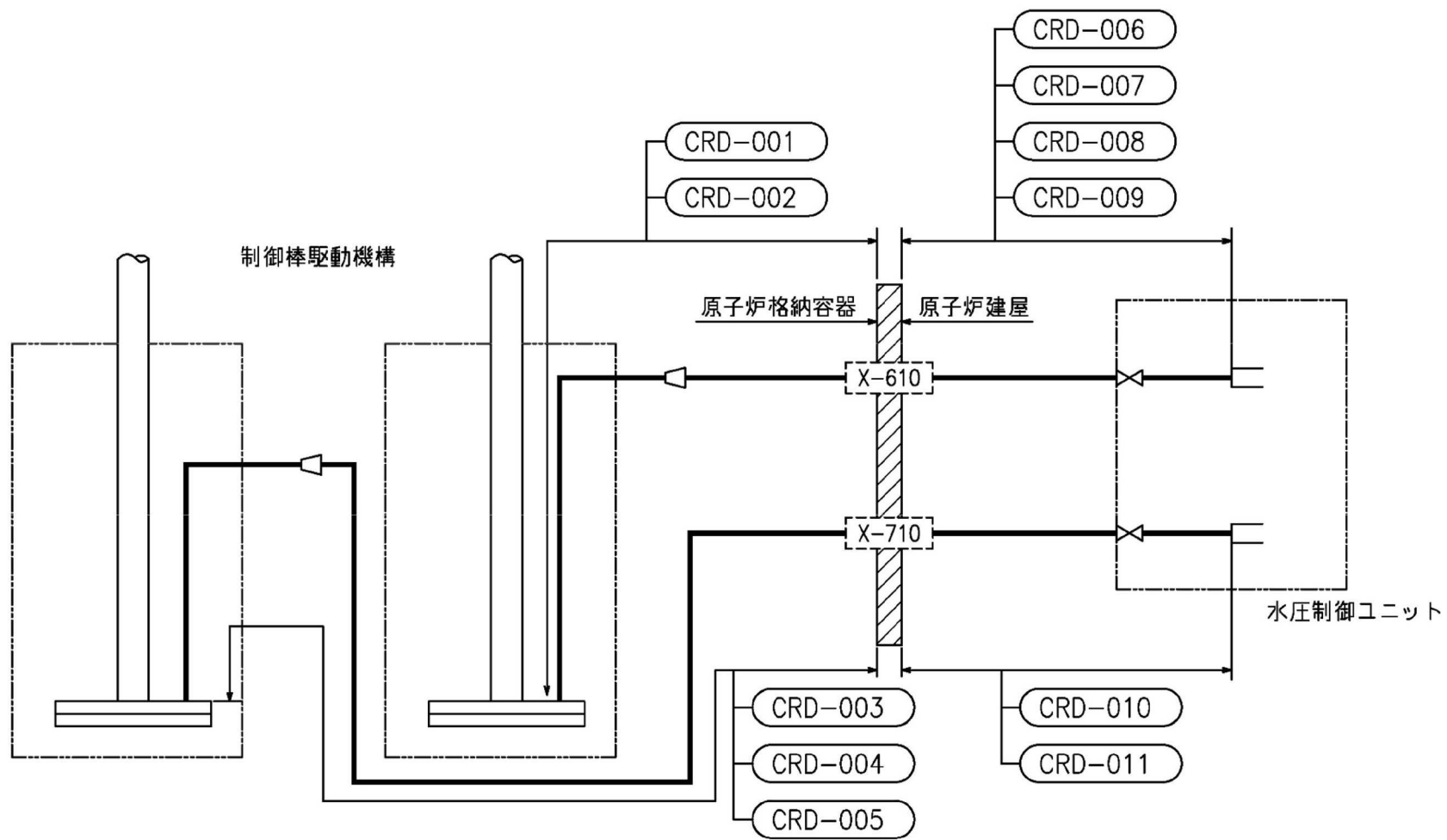
機能確認済加速度の機能維持評価用加速度に対する裕度が最小となる動的機能維持要求弁を代表として評価結果を記載する。

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


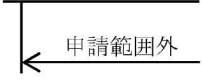
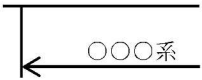


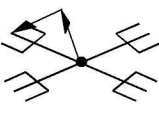
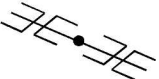

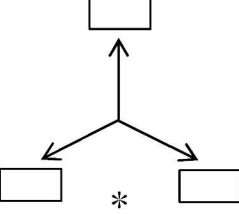
| 記号例 | 内容 |
|--|---|
|  (太線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 |
|  (細線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管 |
|  (破線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管 |
|  | 鳥瞰図番号 |
|  | アンカ |



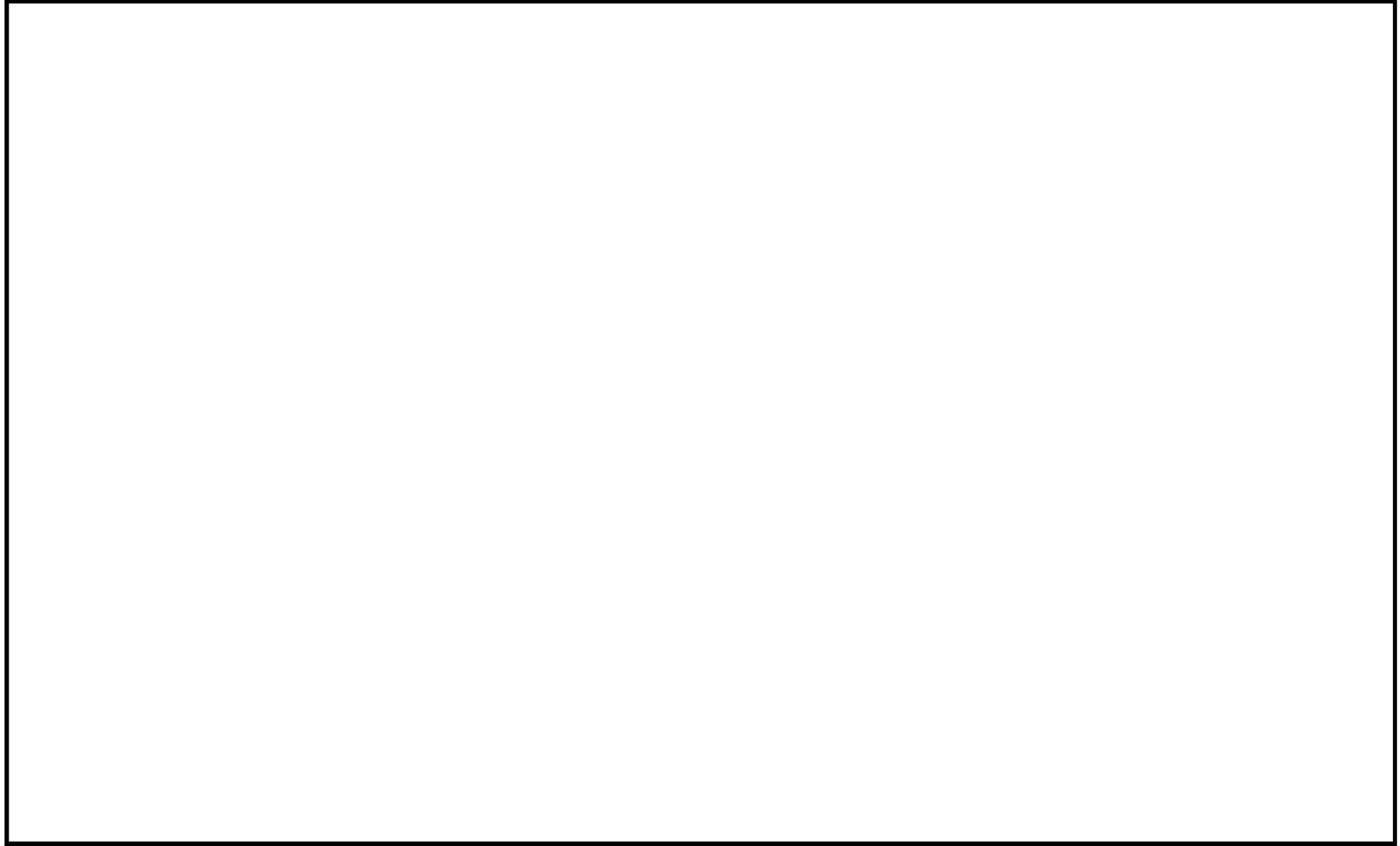
制御棒駆動系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

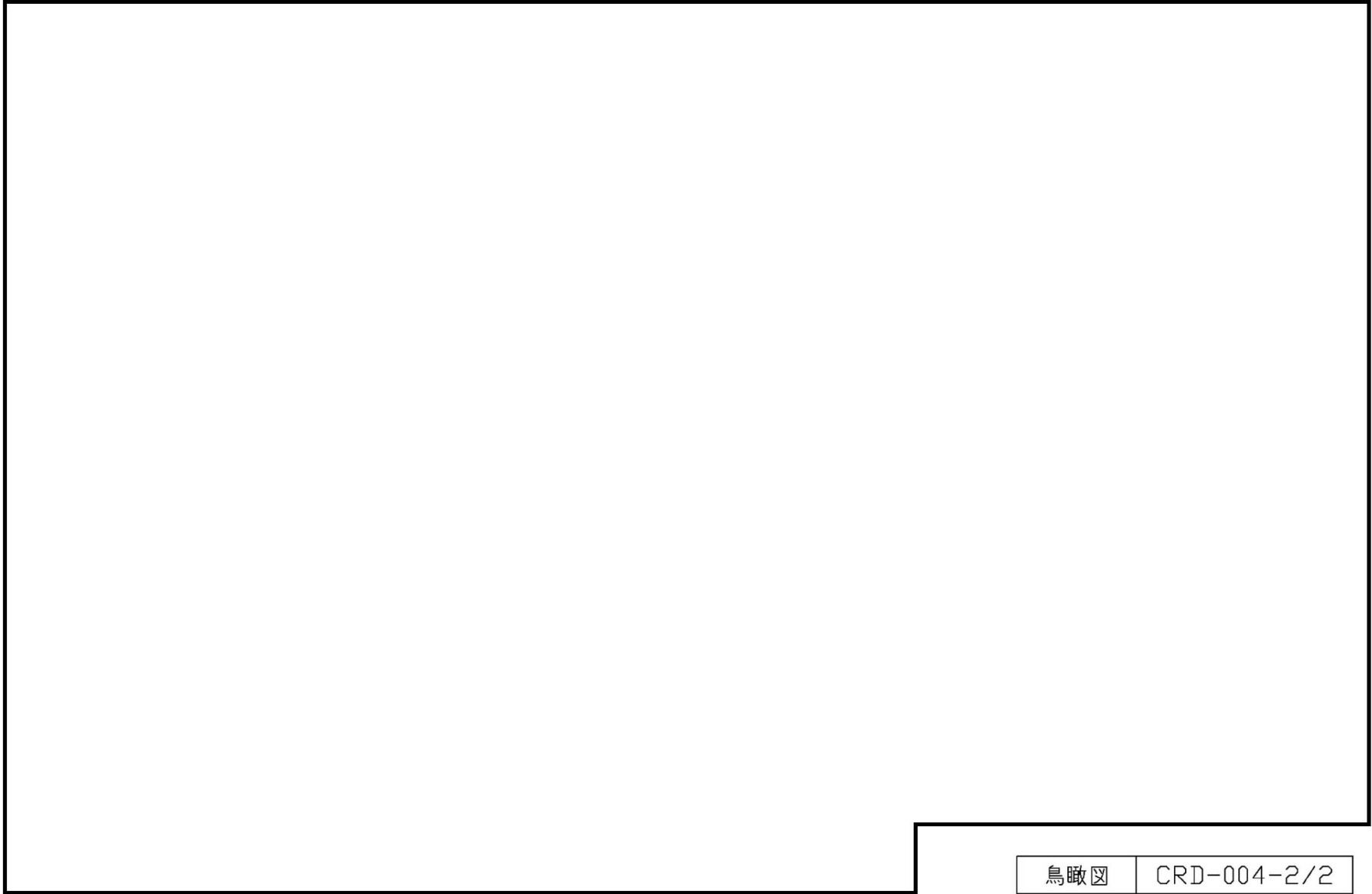
| 記号例 | 内容 |
|---|--|
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p> |
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p> |
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p> |
|  | <p>質点</p> |
|  | <p>アンカ</p> |
|  | <p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p> |
|  | <p>スナップ</p> |
|  | <p>ハンガ</p> |
|  | <p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <input type="text"/> 内に変位量を記載する。)</p> |

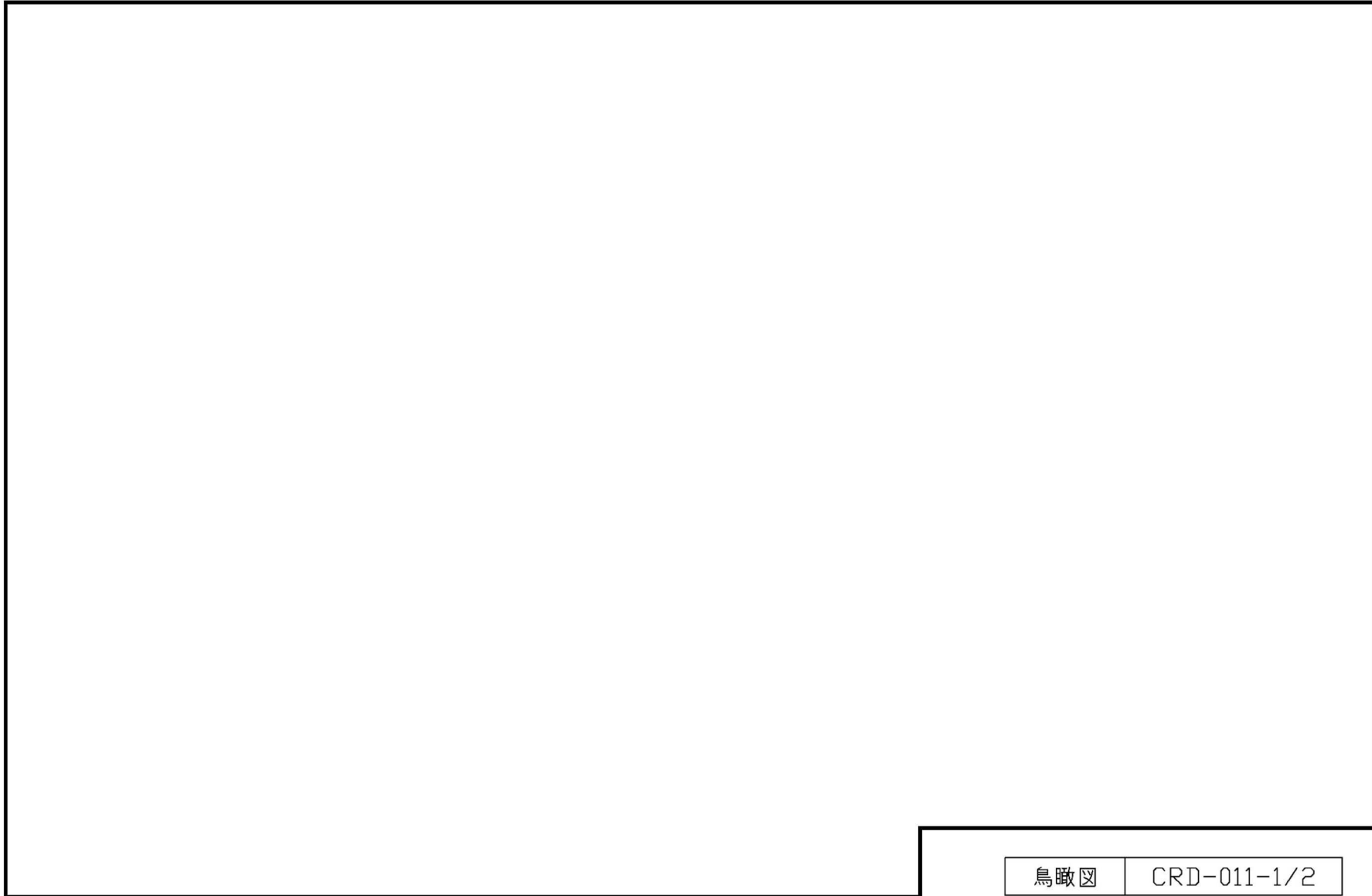
K6 ① VI-2-6-3-2-1-2 (重) R0



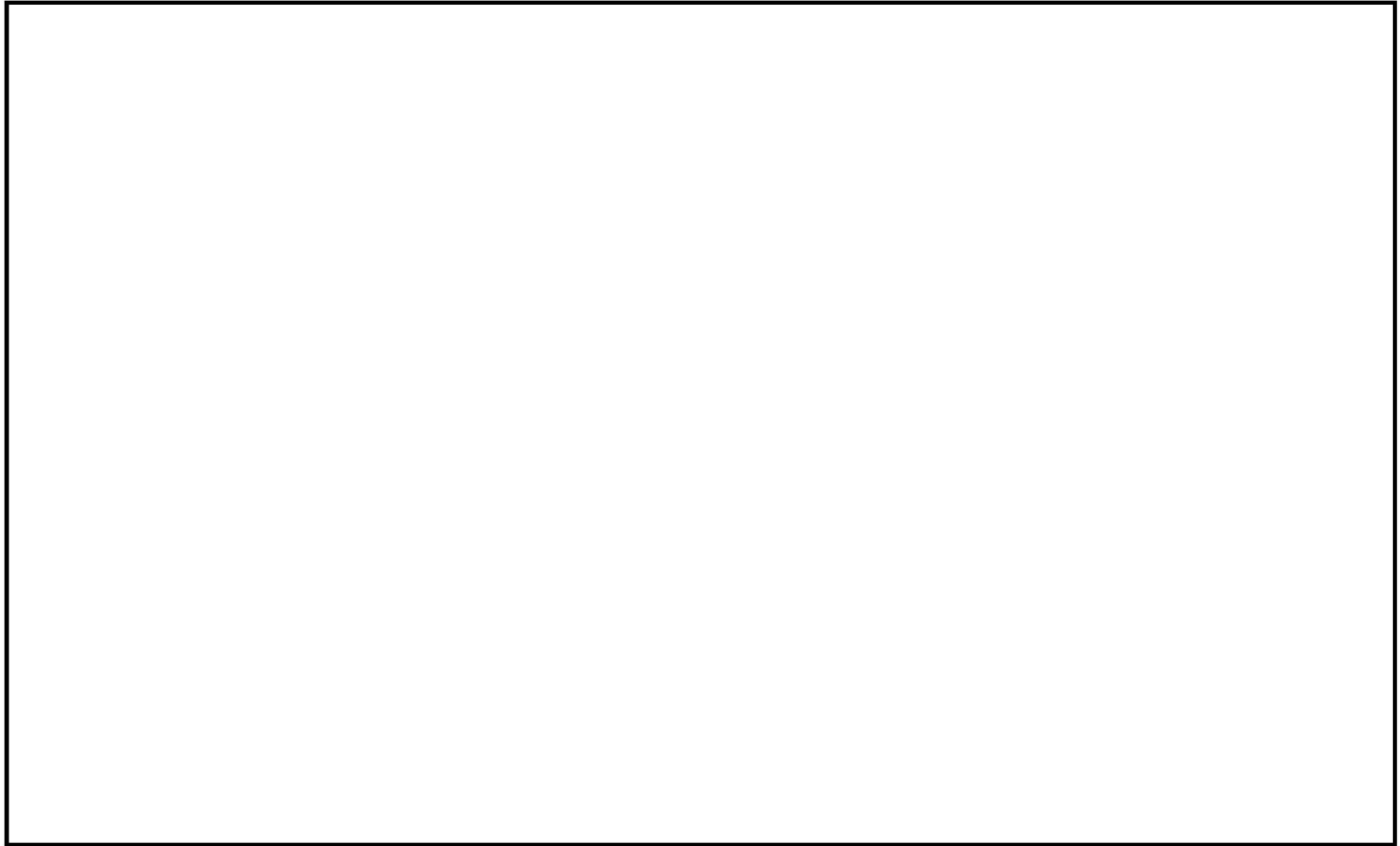
5

9





| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | CRD-011-1/2 |
|-----|-------------|



8

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、「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、別紙「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

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 | 許容応力 状態*4 |
|--------------|---------------|--------|------------|------------|----------------|-------------|-------------|----------------|
| 計測制御 系統施設 | 制御棒駆動 水圧設備 | 制御棒駆動系 | S A | 常設耐震/防止 | 重大事故等 クラス2管 | — | $V_L + S_s$ | $V_{\Delta S}$ |

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 $V_{\Delta S}$ は許容応力状態 $IV_{\Delta S}$ の許容限界を使用し，許容応力状態 $IV_{\Delta S}$ 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 C R D - 0 0 4

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 18.6 | 66 | 42.7 | 4.9 | SUS316LTP | — | 191720 |
| 2 | 18.6 | 66 | 27.2 | 3.9 | SUS316LTP | — | 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 C R D - 0 0 4

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 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 |
| 2 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | | | |

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 CRD-004

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 | | 14 | | 26 | | 38 | | 50 | |
| 3 | | 15 | | 27 | | 39 | | 51 | |
| 4 | | 16 | | 28 | | 40 | | 52 | |
| 5 | | 17 | | 29 | | 41 | | 53 | |
| 6 | | 18 | | 30 | | 42 | | 54 | |
| 7 | | 19 | | 31 | | 43 | | 55 | |
| 8 | | 20 | | 32 | | 44 | | 56 | |
| 9 | | 21 | | 33 | | 45 | | 57 | |
| 10 | | 22 | | 34 | | 46 | | | |
| 11 | | 23 | | 35 | | 47 | | | |
| 12 | | 24 | | 36 | | 48 | | | |
| 13 | | 25 | | 37 | | 49 | | | |

K6 ① VI-2-6-3-2-1-2 (重) R0

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CRD-004

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 |
| 6 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 24 | | | | | | |
| ** 24 ** | | | | | | |
| 28 | | | | | | |
| ** 28 ** | | | | | | |
| 31 | | | | | | |
| 35 | | | | | | |
| 37 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| ** 40 ** | | | | | | |
| ** 40 ** | | | | | | |
| 55 | | | | | | |
| 57 | | | | | | |

**印は斜め拘束を示しばね定数を X に示す。下段は方向余弦を示す。

K6 ① VI-2-6-3-2-1-2 (重) 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 C R D - 0 1 1

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 18.6 | 66 | 42.7 | 4.9 | SUS316LTP | — | 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 C R D - 0 1 1

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 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 | |

K6 ① VI-2-6-3-2-1-2 (重) R0

配管の質量(配管の付加質量及びフランジの質量を含む)

鳥 瞰 図 CRD-011

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 | | 16 | | 28 | | 40 | | 52 | |
| 2 | | 17 | | 29 | | 41 | | 53 | |
| 3 | | 18 | | 30 | | 42 | | 54 | |
| 4 | | 19 | | 31 | | 43 | | 55 | |
| 5 | | 20 | | 32 | | 44 | | 56 | |
| 9 | | 21 | | 33 | | 45 | | 57 | |
| 10 | | 22 | | 34 | | 46 | | 58 | |
| 11 | | 23 | | 35 | | 47 | | 59 | |
| 12 | | 24 | | 36 | | 48 | | 60 | |
| 13 | | 25 | | 37 | | 49 | | | |
| 14 | | 26 | | 38 | | 50 | | | |
| 15 | | 27 | | 39 | | 51 | | | |

K6 ① VI-2-6-3-2-1-2 (重) R0

鳥 瞰 図 CRD-011

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 6 | |
| 7 | |
| 8 | |

鳥 瞰 図 C R D - 0 1 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 | 7 | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 CRD-011

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 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 27 | | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 36 | | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 43 | | | | | | |
| 48 | | | | | | |
| 53 | | | | | | |

K6 ① VI-2-6-3-2-1-2 (重) 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 (°C) | 許容応力 (MPa) | | | |
|-----------|----------------|---------------|-----|-----|-----|
| | | S m | S y | S u | S h |
| SUS316LTP | 66 | — | 159 | 459 | — |

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 | 建屋・構築物 | 標高 (m) | 減衰定数 (%) |
|---------|----------------------|--------|----------|
| CRD-004 | 原子炉建屋 | | |
| | 原子炉本体基礎 | | |
| | 原子炉圧力容器 | | |
| | 制御棒駆動機構ハウジング (内側) | | |
| | 制御棒駆動機構ハウジング (外側) | | |
| CRD-011 | 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 CRD-004

| 適用する地震動等 | | S s | | |
|-----------------------|-------------|---------------------------|-------|----------------------|
| モード | 固有周期 (s) | 応 答 水 平 震 度* ¹ | | 応答鉛直震度* ¹ |
| | | 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 | | | | |
| 動 的 震 度* ² | | | | |

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：S d又はS s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。

*3：3.6C_I及び1.2C_V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 CRD-004

| モード | 固有周期 (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 | | | | |

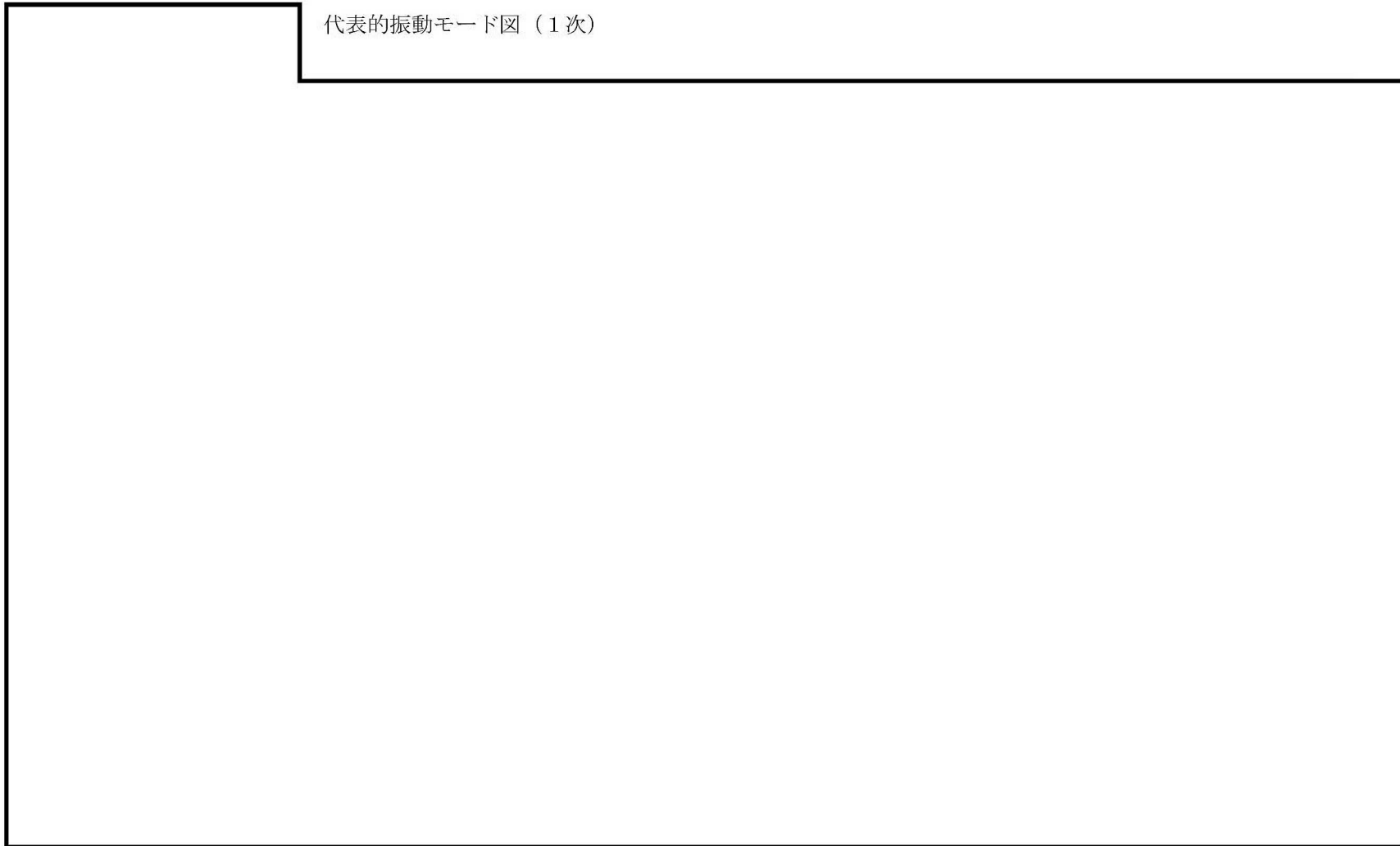
注記*：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

K6 ① VI-2-6-3-2-1-2 (重) R0

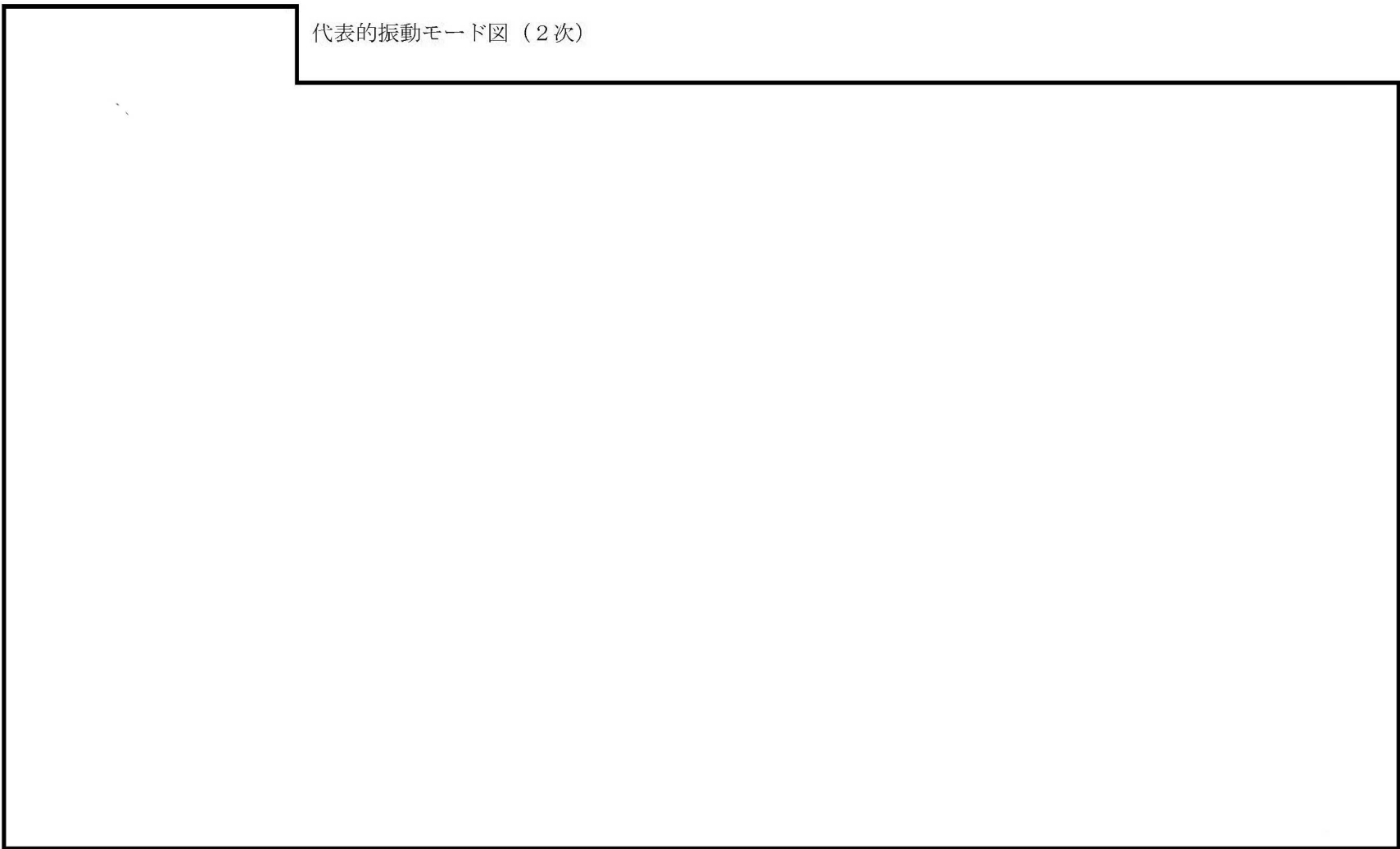
代表的振動モード図

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。

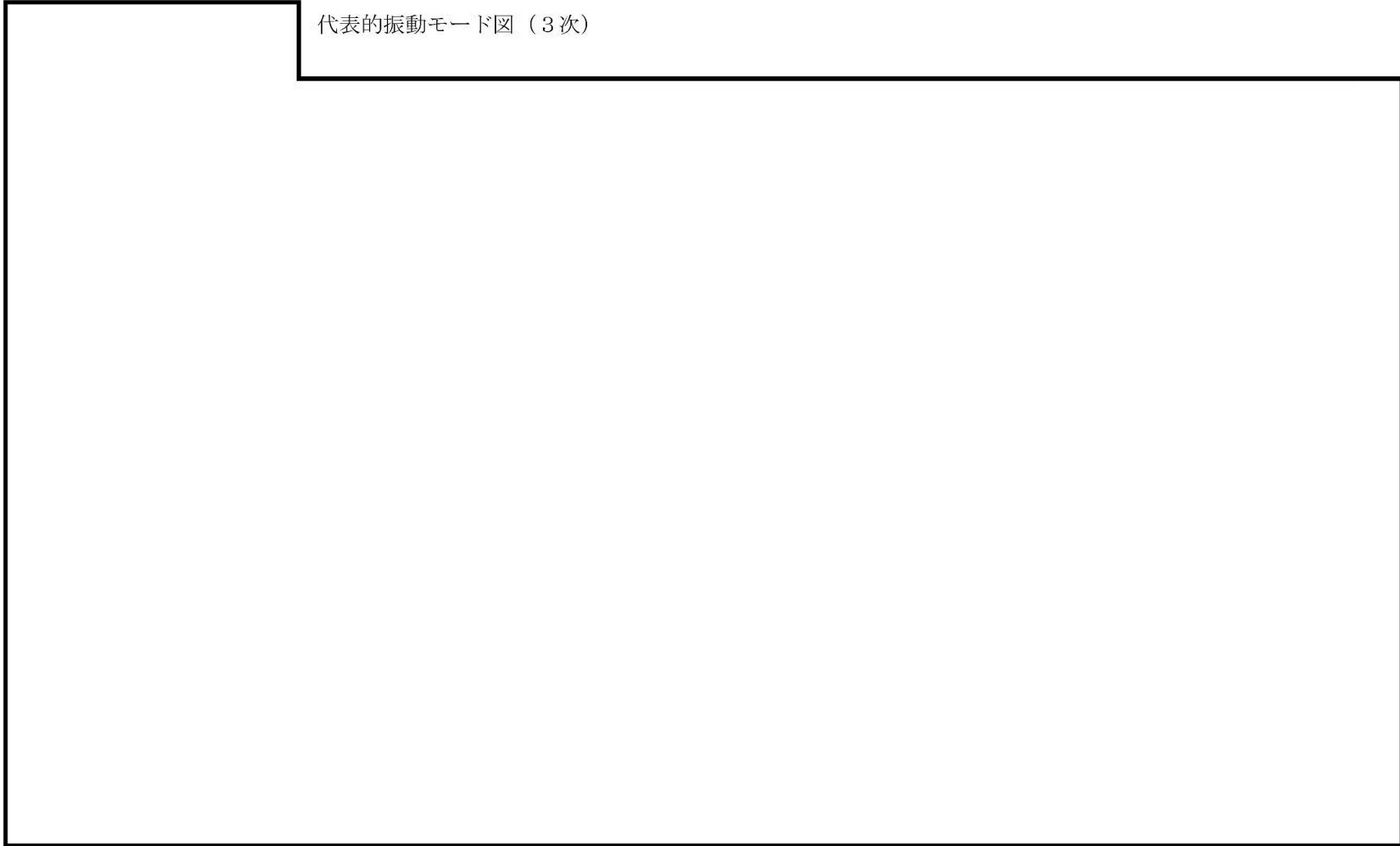
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 CRD-011

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

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：S d 又は S s 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。

*3：3.6C_I 及び 1.2C_V 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 CRD-011

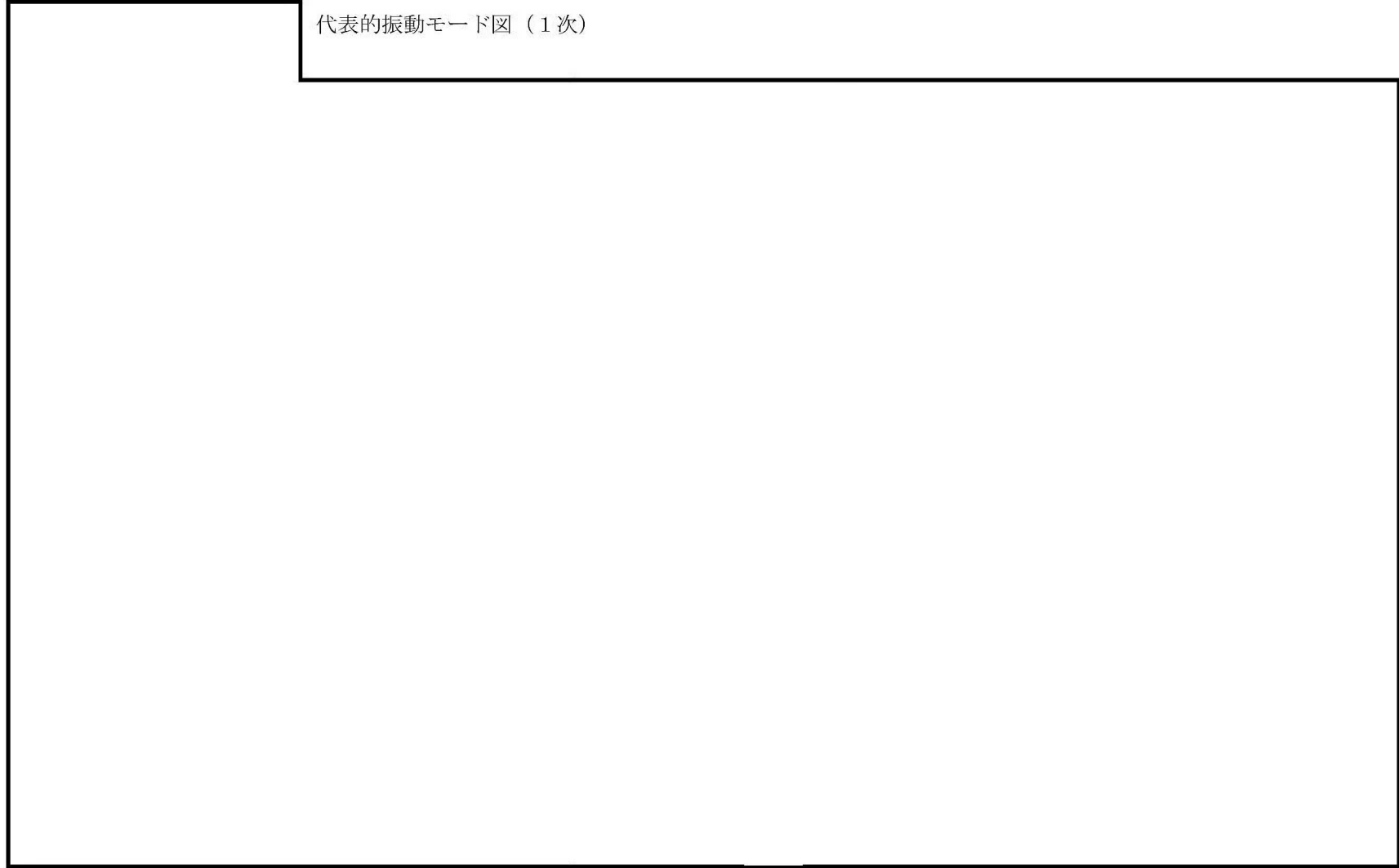
| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|-----|-------------|-------|------|------|
| | | X 方向 | Y 方向 | Z 方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 4 次 | | | | |

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。

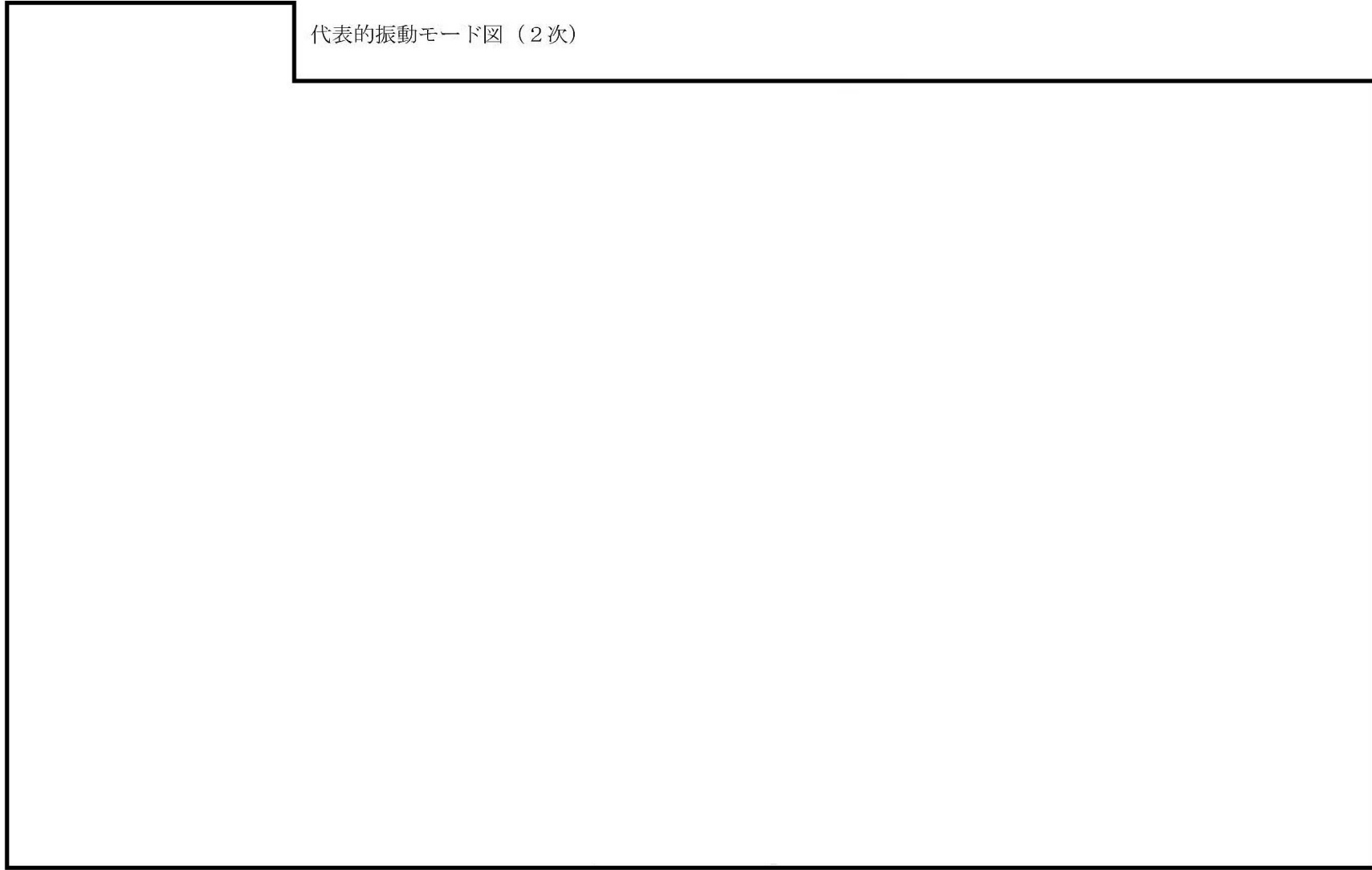
代表的振動モード図

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。

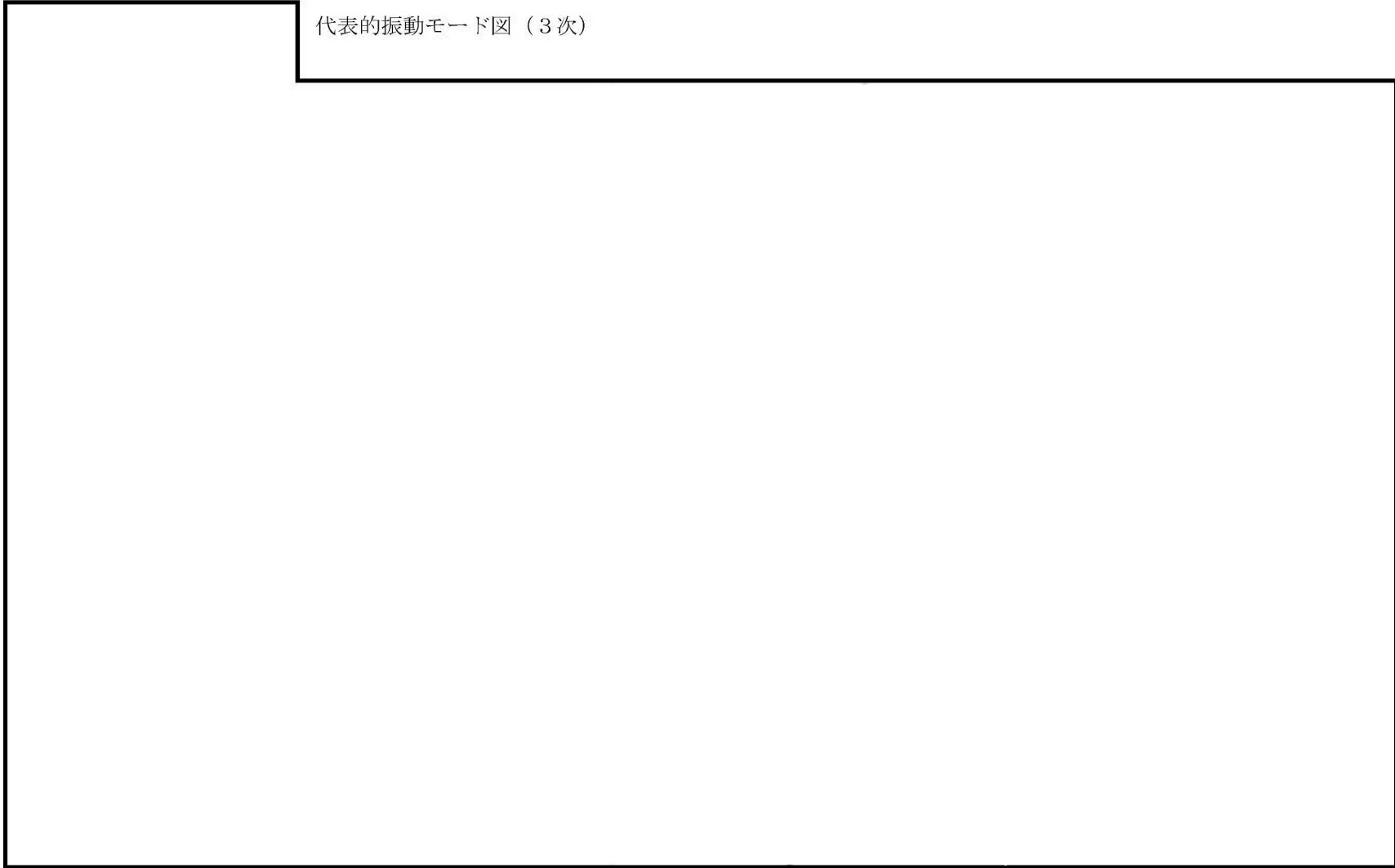
代表的振動モード図 (1次)



代表的振動モード図 (2次)



代表的振動モード図 (3次)



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 状態 | 最大応力 評価点 | 最大応力 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 $S_{pr m} (S_s)$ | 許容応力 $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n (S_s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S_s$ |
| CRD-004 | VAS | 55 | $S_{pr m} (S_s)$ | 100 | 413 | — | — | — |
| | VAS | 57 | $S_n (S_s)$ | — | — | 181 | 318 | — |

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 状態 | 最大応力 評価点 | 最大応力 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 $S_{pr m} (S_s)$ | 許容応力 $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n (S_s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S_s$ |
| CRD-011 | VAS | 10 | $S_{pr m} (S_s)$ | 94 | 413 | — | — | — |
| | VAS | 1 | $S_n (S_s)$ | — | — | 219 | 318 | — |

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 番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度 (°C) | 評価結果 | |
|-------------|----|----|----|------------|------------------|------------------|
| | | | | | 計算 荷重 (kN) | 許容 荷重 (kN) |
| — | — | — | — | — | — | — |

支持構造物評価結果 (応力評価)

| 支持構造物 番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度 (°C) | 支持点荷重 | | | | | | 評価結果 | | |
|-------------|---------|----|---------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
| | | | | | 反力 (kN) | | | モーメント (kN・m) | | | 応力 分類 | 計算 応力 (MPa) | 許容 応力 (MPa) |
| | | | | | F _x | F _y | F _z | M _x | M _y | M _z | | | |
| CRD-012 | レストレイント | ラグ | SUS316L | 66 | 4 | 1 | 1 | — | — | — | 組合せ | 6 | 101 |

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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$) | | 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$) | | 構造強度評価結果 (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、応力分類毎に裕度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 | | | | | 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 |
| 1 | CRD-001 | 15 | 73 | 413 | 5.65 | — | 48 | 163 | 318 | 1.95 | — | — | — | — |
| 2 | CRD-002 | 53 | 90 | 413 | 4.58 | — | 55 | 170 | 318 | 1.87 | — | — | — | — |
| 3 | CRD-003 | 41 | 88 | 413 | 4.69 | — | 58 | 134 | 318 | 2.37 | — | — | — | — |
| 4 | CRD-004 | 55 | 100 | 413 | 4.13 | ○ | 57 | 181 | 318 | 1.75 | — | — | — | — |
| 5 | CRD-005 | 52 | 91 | 413 | 4.53 | — | 54 | 181 | 318 | 1.75 | — | — | — | — |
| 6 | CRD-006 | 18 | 87 | 413 | 4.74 | — | 1 | 216 | 318 | 1.47 | — | — | — | — |
| 7 | CRD-007 | 1 | 73 | 413 | 5.65 | — | 1 | 212 | 318 | 1.50 | — | — | — | — |
| 8 | CRD-008 | 1 | 73 | 413 | 5.65 | — | 1 | 211 | 318 | 1.50 | — | — | — | — |
| 9 | CRD-009 | 28 | 71 | 413 | 5.81 | — | 1 | 216 | 318 | 1.47 | — | — | — | — |
| 10 | CRD-010 | 1 | 71 | 413 | 5.81 | — | 1 | 215 | 318 | 1.47 | — | — | — | — |
| 11 | CRD-011 | 10 | 94 | 413 | 4.39 | — | 1 | 219 | 318 | 1.45 | ○ | — | — | — |

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-2-6-4-1 ほう酸水注入系の耐震性についての計算書

VI-2-6-4-1-1 ほう酸水注入系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. 構造強度評価 | 3 |
| 3.1 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 計算条件 | 3 |
| 4. 機能維持評価 | 8 |
| 4.1 動的機能維持評価方法 | 8 |
| 5. 評価結果 | 9 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果 | 9 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 | 9 |

1. 概要

本計算書は、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、ほう酸水注入系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。

ほう酸水注入系ポンプは、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及び動的機能維持評価を示す。

なお、ほう酸水注入系ポンプは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の横軸ポンプと類似の構造であるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横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。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ほう酸水注入系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>往復式 (往復形横型ポンプ)</p> | <p>(単位: mm)</p> |

3. 構造強度評価

3.1 構造強度評価方法

ほう酸水注入系ポンプの構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横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。
なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

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

ほう酸水注入系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

ほう酸水注入系ポンプの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3-3のとおりとする。

3.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入系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3-4に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-5に示す。

3.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水注入系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。

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 |
|--------------|--------------|------------|---------|----------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | ほう酸水 注入設備 | ほう酸水注入系ポンプ | S | クラス2ポンプ* | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅳ _A S |

注記*：クラス2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 |
|---------------|---------------------------------|------------|---------|--------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 計測制御 系統施設 | ほう酸水 注入設備 | ほう酸水注入系ポンプ | 常設耐震／防止 | 重大事故等 クラス2ポンプ*2 | $D + P_D + M_D + S_s$ *3 | IVAS |
| | | | | | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。) |
| 原子炉冷却 系統施設 | 非常用炉心 冷却設備 その他原子炉 注水設備 | ほう酸水注入系ポンプ | 常設耐震／防止 | 重大事故等 クラス2ポンプ*2 | $D + P_D + M_D + S_s$ *3 | IVAS |
| | | | | | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。) |
| 原子炉 格納施設 | 原子炉格納 容器安全設備 | ほう酸水注入系ポンプ | 常設／緩和 | 重大事故等 クラス2ポンプ*2 | $D + P_D + M_D + S_s$ *3 | IVAS |
| | | | | | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。) |

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：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*1, *2 (ボルト等) | |
|---|----------------------|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A S | $1.5 \cdot f_t^*$ | $1.5 \cdot f_s^*$ |
| Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A 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3-4 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (RT) (MPa) |
|----------|----|--------------|----|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| | | | | | | |
| 基礎ボルト | | 周囲環境温度 | 50 | | | — |
| ポンプ取付ボルト | | 最高使用温度 | 66 | | | — |
| 原動機取付ボルト | | 周囲環境温度 | 50 | | | — |
| 減速機取付ボルト | | 周囲環境温度 | 50 | | | — |

表3-5 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 (°C) | | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (RT) (MPa) |
|----------|----|--------------|----|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| | | | | | | |
| 基礎ボルト | | 周囲環境温度 | 66 | | | — |
| ポンプ取付ボルト | | 最高使用温度 | 66 | | | — |
| 原動機取付ボルト | | 周囲環境温度 | 66 | | | — |
| 減速機取付ボルト | | 周囲環境温度 | 66 | | | — |

4. 機能維持評価

4.1 動的機能維持評価方法

ほう酸水注入系ポンプの動的機能維持評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-1 横軸ポンプの耐震性についての計算書作成の基本方針」に記載の評価方法に基づき行う。

ほう酸水注入系ポンプは地震時動的機能維持が確認された機種と類似の構造及び振動特性であるため、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に記載の機能確認済加速度を適用する。機能確認済加速度を表4-1に示す。

表4-1 機能確認済加速度 (×9.8m/s²)

| 評価部位 | 形式 | 方向 | 機能確認済加速度 |
|---------|-----------------|----|----------|
| 往復動式ポンプ | 横形3連 往復動式ポンプ | 水平 | 1.6 |
| | | 鉛直 | 1.0 |
| 原動機 | 横形ころがり 軸受電動機 | 水平 | 4.7 |
| | | 鉛直 | 1.0 |

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入系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

ほう酸水注入系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。

【ほう酸水注入系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 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 | | ポンプ振動 による震度 | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) |
|----------------|-------------|--------------------------|---------|------|--------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| | | | 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 | | | |
| ほう酸水注入系 ポンプ | S | 原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*1 | —*2 | —*2 | C _H =0.78 | C _V =0.56 | C _H =1.22 | C _V =1.13 | | 66 | 50 |

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

1.2 機器要目

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | ℓ _{1i} *1 (mm) | ℓ _{2i} *1 (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | n _{f i} *1 |
|-------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------|
| 基礎ボルト (i=1) | | | | | | | 10 | 4 |
| | | | | | | | | 2 |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | | 2 |
| 原動機取付ボルト (i=3) | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | | 2 |
| 減速機取付ボルト (i=4) | | | | | | | 6 | 2 |
| | | | | | | | | 3 |

| 部材 | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | | M _P (N・mm) |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|--|-------------------------|--------------------------|
| | | | | | 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 (i=1) | | | | | 軸 | 軸 | — |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | | | | | 軸 | 軸 | — |
| 原動機取付ボルト (i=3) | | | | | 軸直角 | 軸 | |
| 減速機取付ボルト (i=4) | | | | | 軸直角 | 軸直角 | |

| H _P (μm) | N (rpm) |
|------------------------|------------|
| | |

注記*1：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。

*2：周囲環境温度で算出

*3：最高使用温度で算出

*4：ポンプ回転速度を示す。

*5：原動機回転速度を示す。

1.3 計算数値

1.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|-------------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 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 (i=1) | | | | |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | | | | |
| 原動機取付ボルト (i=3) | | | | |
| 減速機取付ボルト (i=4) | | | | |

1.4 結論

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 (i=1) | | 引張り | $\sigma_{b1}=10$ | $f_{ts1}=173^*$ | $\sigma_{b1}=30$ | $f_{ts1}=207^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b1}=9$ | $f_{sb1}=133$ | $\tau_{b1}=13$ | $f_{sb1}=159$ |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | | 引張り | $\sigma_{b2}=11$ | $f_{ts2}=154^*$ | $\sigma_{b2}=27$ | $f_{ts2}=185^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b2}=14$ | $f_{sb2}=118$ | $\tau_{b2}=20$ | $f_{sb2}=142$ |
| 原動機取付ボルト (i=3) | | 引張り | $\sigma_{b3}=7$ | $f_{ts3}=173^*$ | $\sigma_{b3}=12$ | $f_{ts3}=207^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b3}=5$ | $f_{sb3}=133$ | $\tau_{b3}=7$ | $f_{sb3}=159$ |
| 減速機取付ボルト (i=4) | | 引張り | $\sigma_{b4}=8$ | $f_{ts4}=158^*$ | $\sigma_{b4}=11$ | $f_{ts4}=190^*$ |
| | | せん断 | $\tau_{b4}=3$ | $f_{sb4}=122$ | $\tau_{b4}=4$ | $f_{sb4}=146$ |

すべて許容応力以下である。

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

1.4.2 動的機能の評価結果

($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度 | 機能確認済加速度 |
|---------|------|------------|----------|
| 往復動式ポンプ | 水平方向 | 1.01 | 1.6 |
| | 鉛直方向 | 0.94 | 1.0 |
| 原動機 | 水平方向 | 1.01 | 4.7 |
| | 鉛直方向 | 0.94 | 1.0 |

機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。

2. 重大事故等対処設備

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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | ポンプ振動による震度 | 最高使用温度(°C) | 周囲環境温度(°C) |
|------------|------------------|--------------------------|---------|------|--------------------------------|----------|----------------------|----------------------|------------|------------|------------|
| | | | 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 | | | |
| ほう酸水注入系ポンプ | 常設耐震/防止 常設/緩和 | 原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5*1 | —*2 | —*2 | — | — | C _H =1.22 | C _V =1.13 | | 66 | 66 |

注記*1：基準床レベルを示す。

*2：固有周期は十分に小さく、計算は省略する。

2.2 機器要目

| 部材 | m _i (kg) | h _i (mm) | ℓ _{1i} *1 (mm) | ℓ _{2i} *1 (mm) | d _i (mm) | A _{b i} (mm ²) | n _i | n _{f i} *1 |
|-------------------|------------------------|------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|--|----------------|---------------------|
| 基礎ボルト (i=1) | | | | | | | 10 | 4 |
| | | | | | | | | 2 |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | | 2 |
| 原動機取付ボルト (i=3) | | | | | | | 4 | 2 |
| | | | | | | | | 2 |
| 減速機取付ボルト (i=4) | | | | | | | 6 | 2 |
| | | | | | | | | 3 |

| 部材 | S _{y i} (MPa) | S _{u i} (MPa) | F _i (MPa) | F _i * (MPa) | 転倒方向 | | M _P (N・mm) |
|-------------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|--|-------------------------|--------------------------|
| | | | | | 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 (i=1) | | | — | | — | 軸 | — |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | | | — | | — | 軸 | — |
| 原動機取付ボルト (i=3) | | | — | | — | 軸 | — |
| 減速機取付ボルト (i=4) | | | — | | — | 軸直角 | |

| H _P (μm) | N (rpm) |
|------------------------|------------|
| | |

注記*1：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。

*2：周囲環境温度で算出

*3：最高使用温度で算出

*4：ポンプ回転速度を示す。

*5：原動機回転速度を示す。

2.3 計算数値

2.3.1 ボルトに作用する力

(単位：N)

| 部材 | F _{b i} | | Q _{b i} | |
|----------------|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|----------------------|
| | 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 (i=1) | — | | — | |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | — | | — | |
| 原動機取付ボルト (i=3) | — | | — | |
| 減速機取付ボルト (i=4) | — | | — | |

2.4 結論

2.4.1 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 (i=1) | | 引張り | — | — | $\sigma_{b1}=30$ | $f_{ts1}=202^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b1}=13$ | $f_{sb1}=155$ |
| ポンプ取付ボルト (i=2) | | 引張り | — | — | $\sigma_{b2}=27$ | $f_{ts2}=185^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b2}=20$ | $f_{sb2}=142$ |
| 原動機取付ボルト (i=3) | | 引張り | — | — | $\sigma_{b3}=12$ | $f_{ts3}=202^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b3}=7$ | $f_{sb3}=155$ |
| 減速機取付ボルト (i=4) | | 引張り | — | — | $\sigma_{b4}=11$ | $f_{ts4}=185^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_{b4}=4$ | $f_{sb4}=142$ |

すべて許容応力以下である。

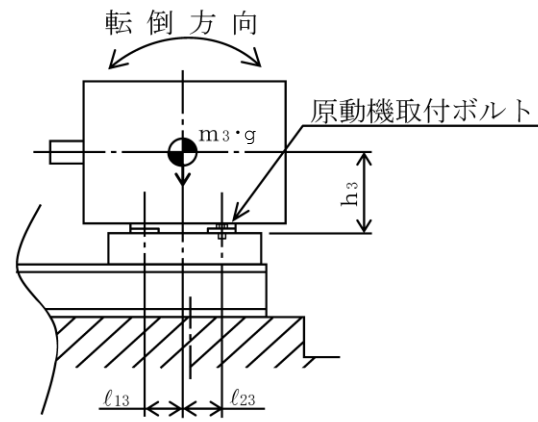
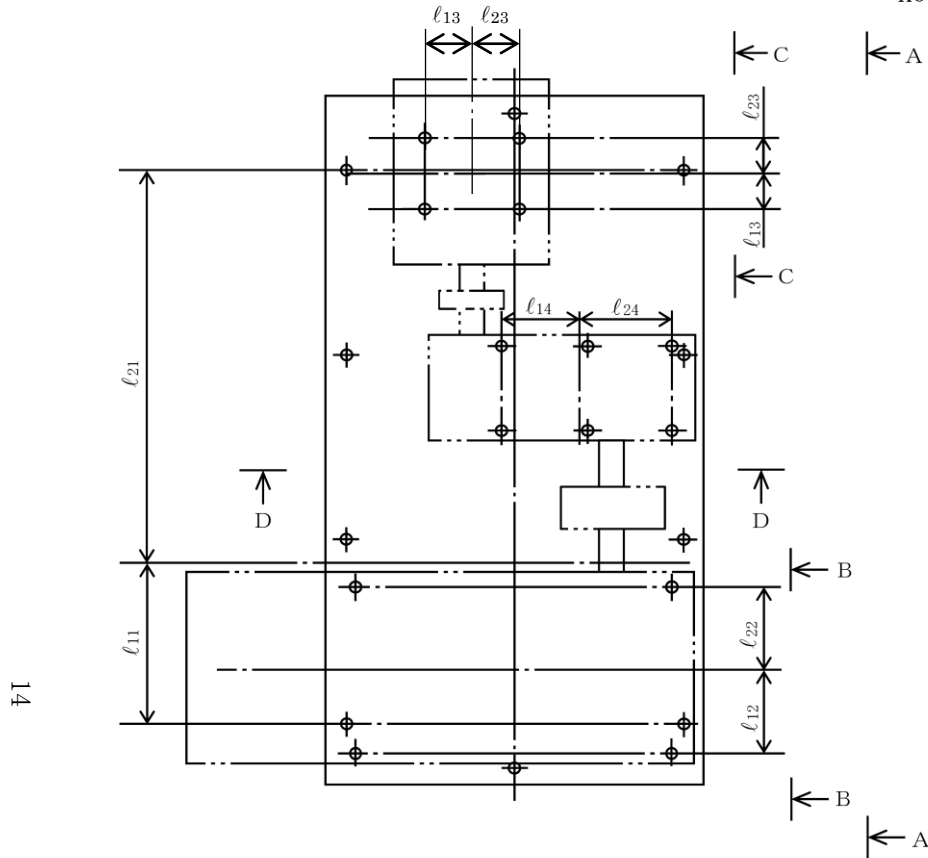
注記*： $f_{tsi} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{toi} - 1.6 \cdot \tau_{bi}, f_{toi}]$

2.4.2 動的機能の評価結果

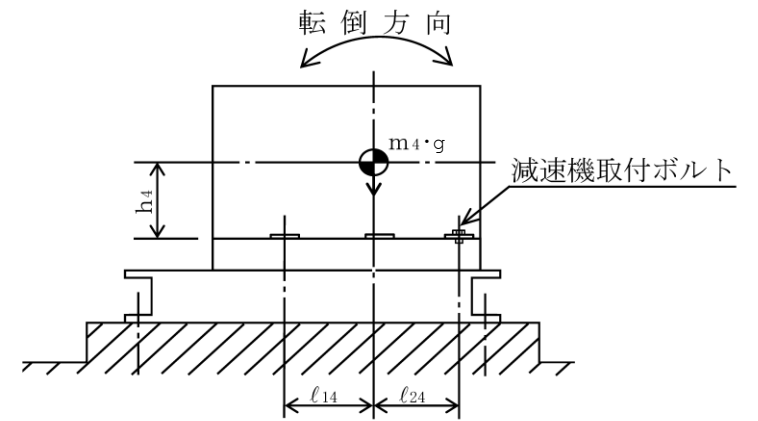
($\times 9.8\text{m/s}^2$)

| | | 機能維持評価用加速度 | 機能確認済加速度 |
|---------|------|------------|----------|
| 往復動式ポンプ | 水平方向 | 1.01 | 1.6 |
| | 鉛直方向 | 0.94 | 1.0 |
| 原動機 | 水平方向 | 1.01 | 4.7 |
| | 鉛直方向 | 0.94 | 1.0 |

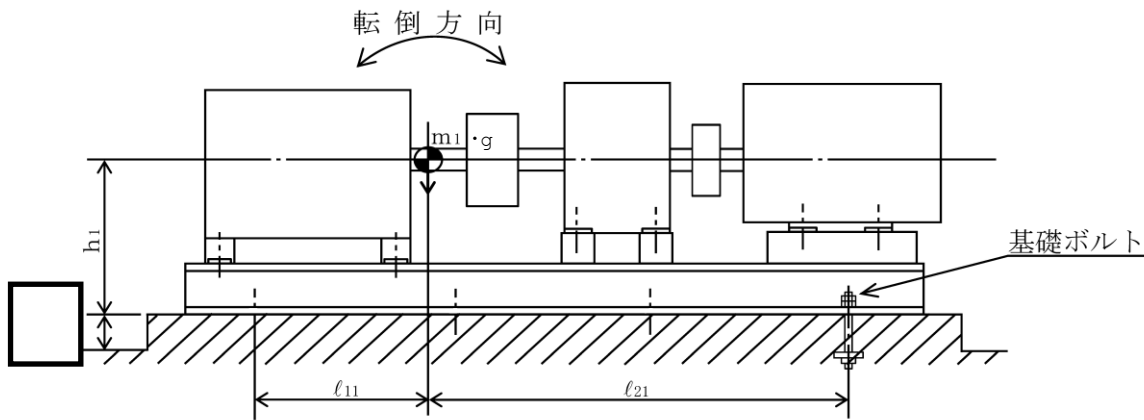
機能維持評価用加速度 (1.0・ZPA) はすべて機能確認済加速度以下である。



C~C矢視図
(原動機取付ボルト)

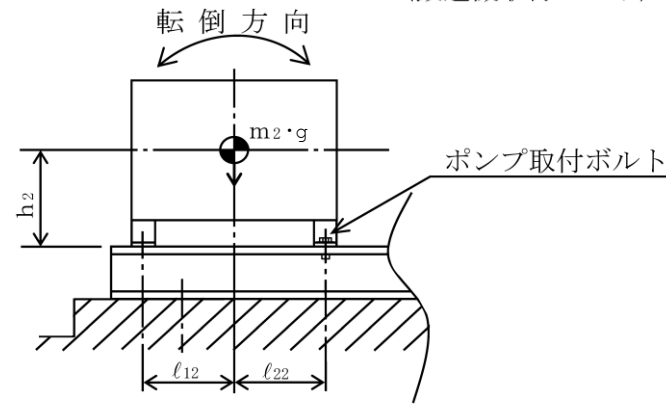


D~D矢視図
(減速機取付ボルト)



$(l_{1i} \leq l_{2i})$

A~A矢視図
(基礎ボルト)



B~B矢視図
(ポンプ取付ボルト)

VI-2-6-4-1-2 ほう酸水注入系貯蔵タンク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. 固有周期 | 3 |
| 3.1 固有周期の計算 | 3 |
| 4. 構造強度評価 | 4 |
| 4.1 構造強度評価方法 | 4 |
| 4.2 荷重の組合せ及び許容応力 | 4 |
| 4.2.1 荷重の組合せ及び許容応力状態 | 4 |
| 4.2.2 許容応力 | 4 |
| 4.2.3 使用材料の許容応力評価条件 | 4 |
| 4.3 計算条件 | 4 |
| 5. 評価結果 | 9 |
| 5.1 設計基準対象施設としての評価結果 | 9 |
| 5.2 重大事故等対処設備としての評価結果 | 9 |

1. 概要

本計算書は、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、ほう酸水注入系貯蔵タンク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。

ほう酸水注入系貯蔵タンクは、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、ほう酸水注入系貯蔵タンクは、VI-2-1-14「計算書作成の方法」に記載の平底たて置円筒形容器であるため、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-5 平底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。

2. 一般事項

2.1 構造計画

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造計画を表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>胴下端を基礎ボルトで基礎に据え付ける。</p> | <p>たて置円筒形 (上面及び下面に平板を有するたて置円筒形容器)</p> | <p>(単位：mm)</p> |

3. 固有周期

3.1 固有周期の計算

理論式により固有周期を計算する。固有周期の計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水注入系貯蔵タンク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3-1に示す。

表3-1 固有周期 (単位: s)

| | | |
|----|--|--|
| 水平 | | |
| 鉛直 | | |

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

ほう酸水注入系貯蔵タンクの構造強度評価は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-5 平底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行う。なお、水平地震動による応力と鉛直地震動による応力の組合せには絶対値和を適用する。

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

ほう酸水注入系貯蔵タン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 許容応力

ほう酸水注入系貯蔵タンクの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表4-3及び表4-4のとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

ほう酸水注入系貯蔵タン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4-5に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表4-6に示す。

4.3 計算条件

応力計算に用いる計算条件は、本計算書の【ほう酸水注入系貯蔵タン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。

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 |
|--------------|--------------|------------------|---------|-----------------------|-------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | ほう酸水 注入設備 | ほう酸水注入系 貯蔵タンク | S | クラス 2 容器 [*] | $D + P_D + M_D + S_d^*$ | Ⅲ _A S |
| | | | | | $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅳ _A S |

注記*：クラス 2 容器の支持構造物を含む。

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 ^{*1} | 機器等の区分 | 荷重の組合せ ^{*3} | 許容応力状態 |
|---------------|------------------------------------|------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------------------|---|
| 計測制御 系統施設 | ほう酸水 注入設備 | ほう酸水注入系 貯蔵タンク | 常設耐震／防止 | 重大事故等 ^{*2} クラス 2 容器 | $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅳ _A S |
| | | | | | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。) |
| 原子炉冷却 系統施設 | 非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備 ほう酸水注入系 | ほう酸水注入系 貯蔵タンク | 常設耐震／防止 | 重大事故等 ^{*2} クラス 2 容器 | $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅳ _A S |
| | | | | | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。) |
| 原子炉冷却 系統施設 | 非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備 水の供給設備 | ほう酸水注入系 貯蔵タンク | 常設耐震／防止 常設／緩和 | 重大事故等 ^{*2} クラス 2 容器 | $D + P_D + M_D + S_s$ | Ⅳ _A S |
| | | | | | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | V _A S (V _A Sとして Ⅳ _A Sの許容限 界を用いる。) |

| | | | | | | |
|---------|-------------|------------------|-------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| 原子炉格納施設 | 原子炉格納容器安全設備 | ほう酸水注入系 貯蔵タンク | 常設／緩和 | 重大事故等 ^{*2} クラス2容器 | $D + P_D + M_D + S_s$ | IVAS |
| | | | | | $D + P_{SAD} + M_{SAD} + S_s$ | VAS (VASとして IVASの許容限 界を用いる。) |

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：重大事故等クラス2容器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4-3 許容応力（クラス2，3容器及び重大事故等クラス2容器）

| 許容応力状態 | 許容限界 ^{*1, *2} | | | |
|-----------------------------------|---|------------------|--|---|
| | 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 |
| IIIAS | S_y と $0.6 \cdot S_u$ の小さい方 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 金については上記値と $1.2 \cdot S$ との大きい方 | 左欄の1.5倍の値 | 弾性設計用地震動 S_d 又は基準地震動 S_s 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。 | |
| IVAS | | | 左欄の1.5倍の値 | 基準地震動 S_s 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。 |
| VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。) | | | | |

注記*1：座屈による評価は，クラスMC容器の座屈に対する評価式による。

*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*1, *2 (ボルト等) | |
|---|----------------------|-------------------|
| | 一次応力 | |
| | 引張り | せん断 |
| Ⅲ _A S | $1.5 \cdot f_t$ | $1.5 \cdot f_s$ |
| Ⅳ _A S | $1.5 \cdot f_t^*$ | $1.5 \cdot f_s^*$ |
| Ⅴ _A S (Ⅴ _A SとしてⅣ _A 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 4-5 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 (°C) | | S (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (RT) (MPa) |
|-------|------------------------|--------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| | | 最高使用温度 | | | | | |
| 胴板 | SUS304L | 最高使用温度 | 66 | 108 | 160 | 443 | 175 |
| 基礎ボルト | SS400 (16mm<径≤40mm) | 周囲環境温度 | 50 | — | 231 | 394 | — |

8

表 4-6 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 (°C) | | S (MPa) | S _y (MPa) | S _u (MPa) | S _y (RT) (MPa) |
|-------|------------------------|--------------|----|------------|-------------------------|-------------------------|------------------------------|
| | | 最高使用温度 | | | | | |
| 胴板 | SUS304L | 最高使用温度 | 66 | 108 | 160 | 443 | 175 |
| 基礎ボルト | SS400 (16mm<径≤40mm) | 周囲環境温度 | 66 | — | 225 | 385 | — |

5. 評価結果

5.1 設計基準対象施設としての評価結果

ほう酸水注入系貯蔵タン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。

5.2 重大事故等対処設備としての評価結果

ほう酸水注入系貯蔵タンク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次頁以降の表に示す。

【ほう酸水注入系貯蔵タン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 | | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) | 比重 |
|------------------|---------|--|---------|------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|----------------|----------------|-------|
| | | | 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 | | | | |
| ほう酸水注入系 貯蔵タンク | S | 原子炉建屋 T.M.S.L. 24. 065 (T.M.S.L. 23. 5*) | | | C _H =0. 78 | C _V =0. 57 | C _H =1. 23 | C _V =1. 14 | 静水頭 | 66 | 50 | 1. 07 |

注記*：基準床レベルを示す。

1.2 機器要目

| m _o (kg) | m _e (kg) | D _i (mm) | t (mm) | E (MPa) | G (MPa) | l _g (mm) | H (mm) | s | n |
|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|------------|------------|------------------------|-----------|----|----|
| | | 3300 | 6. 0 | 192000*1 | 73700*1 | 1875 | 3736 | 15 | 24 |

| D _c (mm) | D _{b0} (mm) | D _{b1} (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | M _s (N・mm) | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|
| | | | | | 弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度 | 基準地震動 S _s |
| 3440 | 3580 | 3300 | 24 (M24) | 452. 4 | 5. 522×10 ⁸ | 8. 707×10 ⁸ |

| S _y (胴板) (MPa) | S _u (胴板) (MPa) | S (胴板) (MPa) | S _y (基礎ボルト) (MPa) | S _u (基礎ボルト) (MPa) | F (基礎ボルト) (MPa) | F* (基礎ボルト) (MPa) |
|------------------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| 160*1 | 443*1 | 108*1 | 231*2 (16mm<径≦40mm) | 394*2 | 231 | 276 |

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

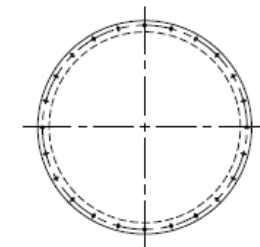
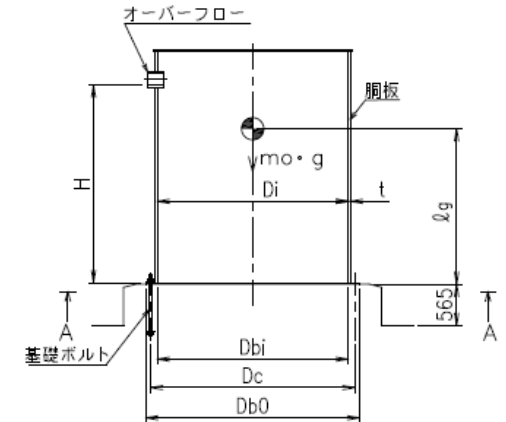
1.3 計算数値

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 _d 又は静的震度 | | | 基準地震動 S _s | | | |
|----------------|--------------------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--|
| | 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 | |
| 静水頭による応力 | σ _{φ1} =11 | — | — | σ _{φ1} =11 | — | — | |
| 鉛直方向地震による引張応力 | σ _{φ2} =7 | — | — | σ _{φ2} =13 | — | — | |
| 空質量による圧縮応力 | — | σ _{x2} =1 | — | — | σ _{x2} =1 | — | |
| 鉛直方向地震による軸方向応力 | — | σ _{x3} =1 | — | — | σ _{x3} =1 | — | |
| 水平方向地震による応力 | — | σ _{x4} =11 | τ=10 | — | σ _{x4} =17 | τ=15 | |
| 応力の和 | 引張側 | σ _φ =17 | σ _{xt} =11 | — | σ _φ =23 | σ _{xt} =17 | |
| | 圧縮側 | σ _φ =-17 | σ _{xc} =12 | — | σ _φ =-23 | σ _{xc} =19 | |
| 組合せ応力 | 引張り | σ _{ot} =24 | | | σ _{ot} =36 | | |
| | 圧縮 | σ _{oc} =15 | | | σ _{oc} =24 | | |



A~A矢視図

(2) 地震動のみによって生じ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 _d 又は静的震度 | | | 基準地震動 S _s | | |
|----------------|--------------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|----------------------|-------------------|
| | 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応力 | $\sigma_{\phi 2}=7$ | $\sigma_{x 3}=1$ | — | $\sigma_{\phi 2}=13$ | $\sigma_{x 3}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | — | $\sigma_{x 4}=11$ | $\tau=10$ | — | $\sigma_{x 4}=17$ | $\tau=15$ |
| 応力の和 | 引張側 | $\sigma_{2\phi}=7$ | $\sigma_{2xt}=12$ | — | $\sigma_{2\phi}=13$ | $\sigma_{2xt}=18$ |
| | 圧縮側 | $\sigma_{2\phi}=-7$ | $\sigma_{2xc}=12$ | — | $\sigma_{2\phi}=-13$ | $\sigma_{2xc}=18$ |
| 組合せ応力 (変動値) | 引張り | $\sigma_{2t}=37$ | | $\sigma_{2t}=61$ | | |
| | 圧縮 | $\sigma_{2c}=31$ | | $\sigma_{2c}=48$ | | |

1.3.2 基礎ボルトに生じる応力 (単位: MPa)

| | 弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度 | 基準地震動 S _s |
|-------|-----------------------------------|----------------------|
| 引張応力 | $\sigma_b=27$ | $\sigma_b=77$ |
| せん断応力 | $\tau_b=28$ | $\tau_b=43$ |

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 | SUS304L | 一次一般膜 | $\sigma_o=24$ | $S_a=160$ | $\sigma_o=36$ | $S_a=266$ |
| | | 一次+二次 | $\sigma_2=37$ | $S_a=320$ | $\sigma_2=61$ | $S_a=320$ |
| | | 圧縮と曲げの 組合せ (座屈の評価) | $\frac{\alpha_B \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\alpha_B \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$ | | $\frac{\alpha_B \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\alpha_B \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$ | |
| | | | 0.11 (無次元) | | 0.16 (無次元) | |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張り | $\sigma_b=27$ | $f_{ts}=173^*$ | $\sigma_b=77$ | $f_{ts}=207^*$ |
| | | せん断 | $\tau_b=28$ | $f_{sb}=133$ | $\tau_b=43$ | $f_{sb}=159$ |

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

2. 重大事故等対処設備

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 _d 又は静的震度 | | 基準地震動 S _s | | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 周囲環境温度 (°C) | 比重 |
|------------------|------------------|--|---------|------|--------------------------------|--------------|----------------------|----------------------|-----------------|----------------|----------------|------|
| | | | 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 | | | | |
| ほう酸水注入系 貯蔵タンク | 常設耐震/防止 常設/緩和 | 原子炉建屋 T.M.S.L. 24.065 (T.M.S.L. 23.5*) | | | — | — | C _H =1.23 | C _V =1.14 | 静水頭 | 66 | 66 | 1.07 |

注記*：基準床レベルを示す。

2.2 機器要目

| m _o (kg) | m _e (kg) | D _i (mm) | t (mm) | E (MPa) | G (MPa) | ℓ _g (mm) | H (mm) | s | n |
|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|------------|------------|------------------------|-----------|----|----|
| | | 3300 | 6.0 | 192000*1 | 73700*1 | 1875 | 3736 | 15 | 24 |

| D _c (mm) | D _{b0} (mm) | D _{bi} (mm) | d (mm) | A _b (mm ²) | M _s (N·mm) | |
|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| | | | | | 弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度 | 基準地震動 S _s |
| 3440 | 3580 | 3300 | 24 (M24) | 452.4 | — | 8.707×10 ⁸ |

| S _y (胴板) (MPa) | S _u (胴板) (MPa) | S (胴板) (MPa) | S _y (基礎ボルト) (MPa) | S _u (基礎ボルト) (MPa) | F (基礎ボルト) (MPa) | F* (基礎ボルト) (MPa) |
|------------------------------|------------------------------|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|--------------------|---------------------|
| 160*1 | 443*1 | 108*1 | 225*2 (16mm<径≤40mm) | 385*2 | — | 270 |

注記*1：最高使用温度で算出

*2：周囲環境温度で算出

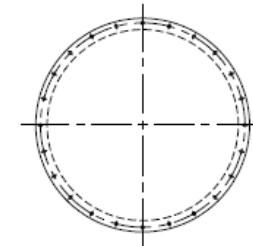
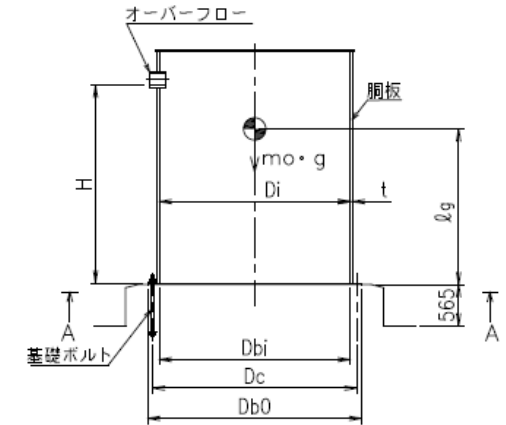
2.3 計算数値

2.3.1 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 _d 又は静的震度 | | | 基準地震動 S _s | | |
|----------------|--------------------------------|-------|-------|----------------------|---------------------|-------|
| | 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 |
| 静水頭による応力 | — | — | — | σ _{φ1} =11 | — | — |
| 鉛直方向地震による引張応力 | — | — | — | σ _{φ2} =13 | — | — |
| 空質量による圧縮応力 | — | — | — | — | σ _{x2} =1 | — |
| 鉛直方向地震による軸方向応力 | — | — | — | — | σ _{x3} =1 | — |
| 水平方向地震による応力 | — | — | — | — | σ _{x4} =17 | τ=15 |
| 応力の和 | 引張側 | — | — | σ _φ =23 | σ _{xt} =17 | — |
| | 圧縮側 | — | — | σ _φ =-23 | σ _{xc} =19 | — |
| 組合せ応力 | 引張り | — | — | — | σ _{ot} =36 | — |
| | 圧縮 | — | — | — | σ _{oc} =24 | — |



A~A矢視図

K6 ① VI-2-6-4-1-2 ROE

(2) 地震動のみによって生じ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 _d 又は静的震度 | | | 基準地震動 S _s | | |
|----------------|--------------------------------|-------|-------|----------------------|-------------------|-----------|
| | 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応力 | — | — | — | $\sigma_{\phi 2}=13$ | $\sigma_{x 3}=1$ | — |
| 水平方向地震による応力 | — | — | — | — | $\sigma_{x 4}=17$ | $\tau=15$ |
| 応力の和 | 引張側 | — | — | $\sigma_{2\phi}=13$ | $\sigma_{2xt}=18$ | — |
| | 圧縮側 | — | — | $\sigma_{2\phi}=-13$ | $\sigma_{2xc}=18$ | — |
| 組合せ応力 (変動値) | 引張り | — | | $\sigma_{2t}=61$ | | |
| | 圧縮 | — | | $\sigma_{2c}=48$ | | |

2.3.2 基礎ボルトに生じる応力 (単位: MPa)

| | 弾性設計用地震動 S _d 又は静的震度 | 基準地震動 S _s |
|-------|-----------------------------------|----------------------|
| 引張応力 | — | $\sigma_b=77$ |
| せん断応力 | — | $\tau_b=43$ |

2.4 結論

2.4.1 固有周期 (単位: s)

| 方向 | 固有周期 |
|------|------|
| 水平方向 | |
| 鉛直方向 | |

2.4.2 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 |
| 銅板 | SUS304L | 一次一般膜 | — | — | $\sigma_o=36$ | $S_a=266$ |
| | | 一次+二次 | — | — | $\sigma_2=61$ | $S_a=320$ |
| | | 圧縮と曲げの 組合せ (座屈の評価) | — | | $\frac{\alpha_B \cdot (\sigma_{x2} + \sigma_{x3})}{f_c} + \frac{\alpha_B \cdot \sigma_{x4}}{f_b} \leq 1$ | |
| | | | | | 0.16 (無次元) | |
| 基礎ボルト | SS400 | 引張り | — | — | $\sigma_b=77$ | $f_{ts}=202^*$ |
| | | せん断 | — | — | $\tau_b=43$ | $f_{sb}=155$ |

すべて許容応力以下である。

注記*: $f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

VI-2-6-4-1-3 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 | 4 |
| 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 | 31 |
| 3.5 設計用地震力 | 32 |
| 4. 解析結果及び評価 | 33 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 | 33 |
| 4.2 評価結果 | 45 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 | 45 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 | 48 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 | 49 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 | 50 |

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、ほう酸水注入系の管、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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点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

設計及び工事の計画書に記載される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。



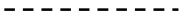
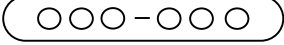

(3) 弁

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。

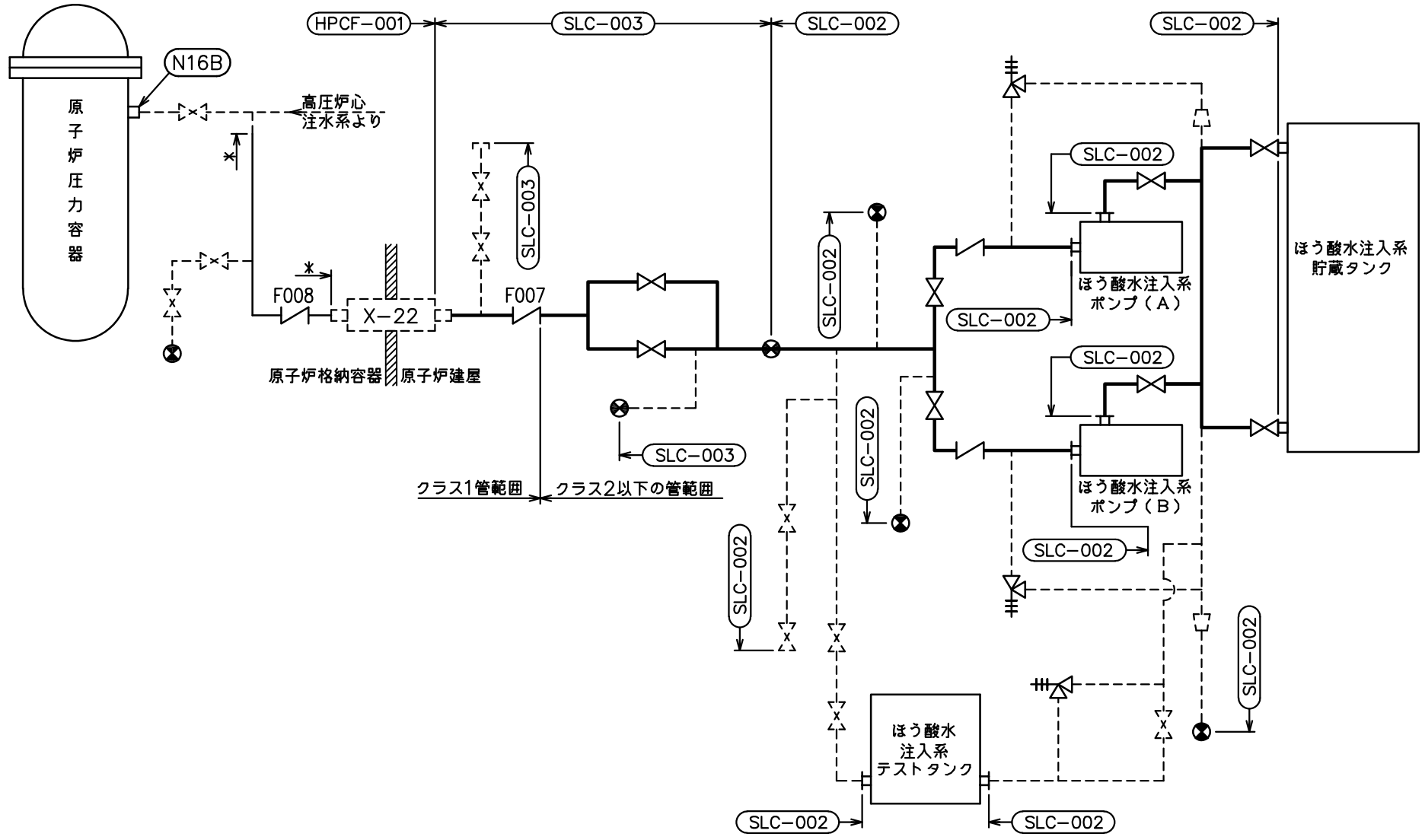
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記号例 | 内容 |
|--|---|
|  (太線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 |
|  (細線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管 |
|  (破線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管 |
|  | 鳥瞰図番号 |
|  | アンカ |


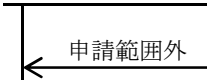
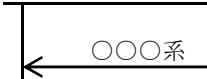


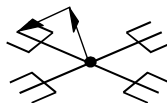
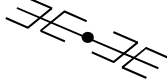

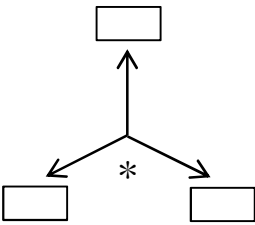
注記*: 解析モデル上
高圧炉心注水系に含める。



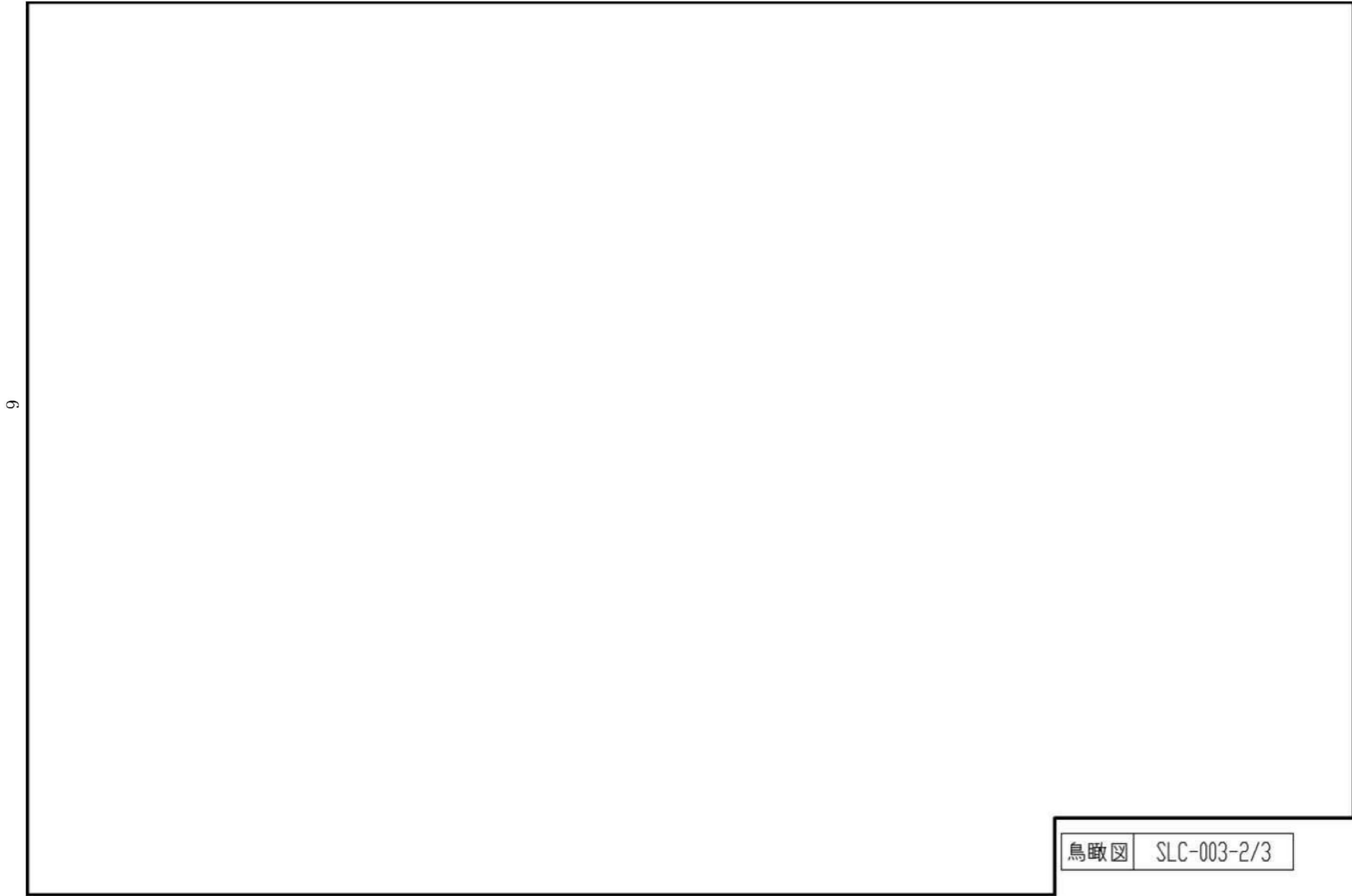
ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

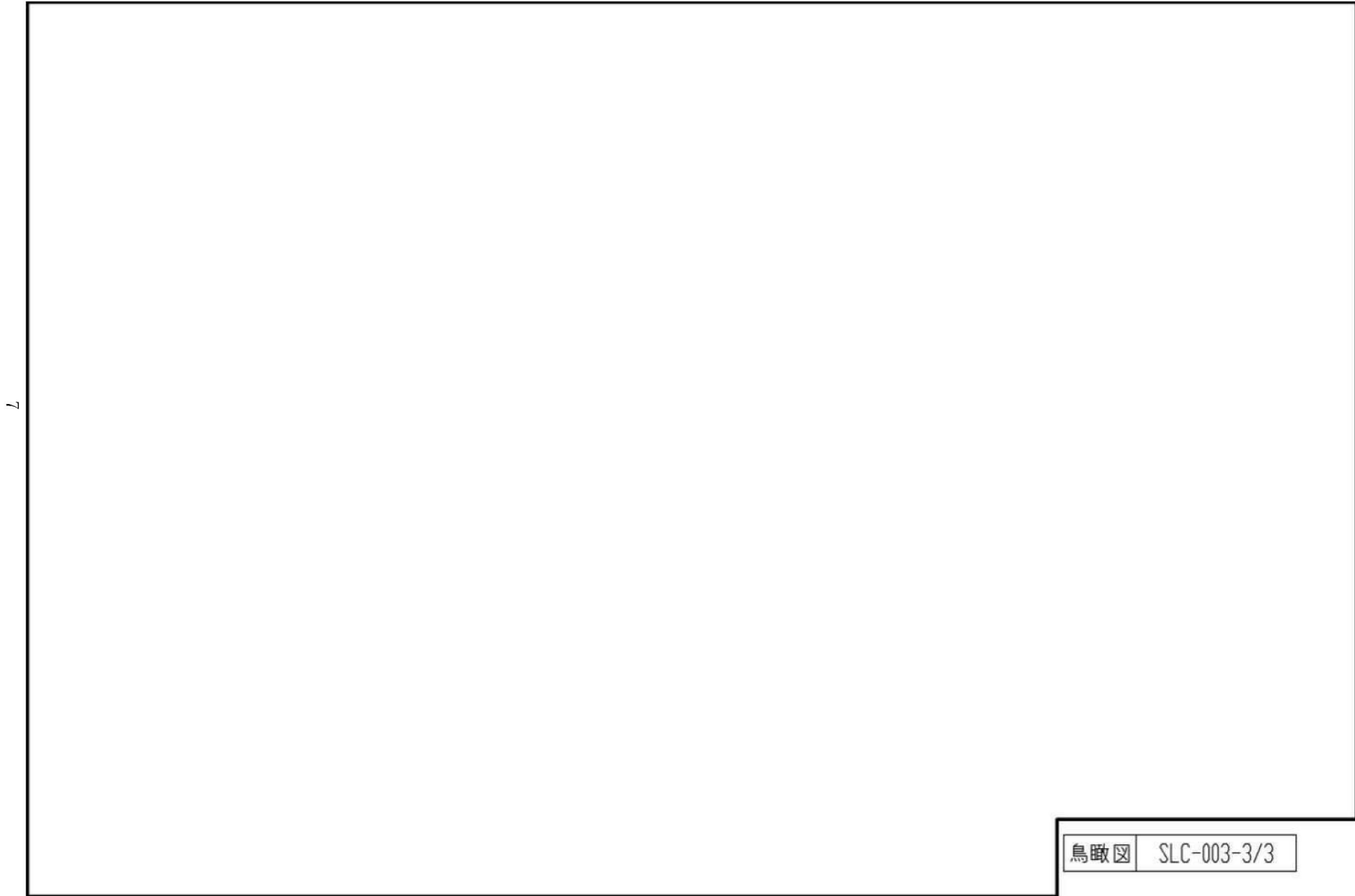
| 記号例 | 内容 |
|---|--|
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p> |
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p> |
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p> |
|  | <p>質点</p> |
|  | <p>アンカ</p> |
|  | <p>レストレイント (矢印は斜め拘束の場合の全体座標系における拘束方向成分を示す。スナップについても同様とする。)</p> |
|  | <p>スナップ</p> |
|  | <p>ハンガ</p> |
|  | <p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*は評価点番号, 矢印は拘束方向を示す。また, <input type="text"/> 内に変位量を記載する。)</p> |

5



9

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



7

| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-003-3/3 |
|-----|-------------|

K6 ① VI-2-6-4-1-3 (設) R0

8

| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-002-1/4 |
|-----|-------------|

K6 ① VI-2-6-4-1-3 (設) R0

6

| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-002-2/4 |
|-----|-------------|

10

| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-002-3/4 |
|-----|-------------|

11

| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-002-4/4 |
|-----|-------------|

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、別紙「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 | 機器等の区分 | 耐震重要度分類 | 荷重の組合せ*2, 3 | 許容応力状態 |
|--------------|----------|---------|--------|------|----------------|---------|--------------------------------------|------------------|
| 計測制御 系統施設 | ほう酸水注入設備 | ほう酸水注入系 | DB | — | クラス1管 クラス2管 | S | I _L +S _d | Ⅲ _A S |
| | | | | | | | Ⅱ _L +S _d | |
| | | | | | | | I _L +S _s | Ⅳ _A S |
| | | | | | | | Ⅱ _L +S _s | |
| | | | | | | | Ⅳ _L (L)+S _d *4 | |

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：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。

*4：クラス1管においてのみ考慮する。

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 L C - 0 0 3 (クラス1管)

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 8.62 | 302 | 48.6 | 5.1 | SUS316LTP | S | 175840 |

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 L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 247 |

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 （クラス1管）

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) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 48 | | 50 | | 52 | | 54 | | 56 | |
| 49 | | 51 | | 53 | | 55 | | | |

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 147 | |
| 47 | |
| 247 | |

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

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 | | | |

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 L C - 0 0 3 (クラス2管)

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 10.80 | 66 | 48.6 | 5.1 | SUS304LTP | S | 191720 |
| 2 | 8.62 | 302 | 48.6 | 5.1 | SUS304LTP | S | 175840 |
| 3 | 8.62 | 302 | 48.6 | 5.1 | SUS304LTP | S | 175840 |

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 L C - 0 0 3 (クラス2管)

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 58 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | | | |
| 2 | 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 | 60 | 61 | 62 | 107 | 108 | 109 |
| 3 | 46 | 147 | | | | | | | | | | | | | |

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 （クラス2管）

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 | | 15 | | 26 | | 37 | | 62 | |
| 2 | | 16 | | 27 | | 38 | | 101 | |
| 3 | | 17 | | 28 | | 39 | | 102 | |
| 4 | | 18 | | 29 | | 40 | | 103 | |
| 5 | | 19 | | 30 | | 41 | | 104 | |
| 9 | | 20 | | 31 | | 42 | | 105 | |
| 10 | | 21 | | 32 | | 43 | | 107 | |
| 11 | | 22 | | 33 | | 44 | | 108 | |
| 12 | | 23 | | 34 | | 45 | | 109 | |
| 13 | | 24 | | 35 | | 46 | | 147 | |
| 14 | | 25 | | 36 | | 61 | | | |

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 2 管)

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) |
| 6 | | 58 | |
| 7 | | 59 | |
| 8 | | 60 | |
| 81 | | 83 | |
| 82 | | 84 | |

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 2 管)

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 | 7 | | | |
| 弁2 | 59 | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2管)

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 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 28 | | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 35 | | | | | | |
| 39 | | | | | | |
| 42 | | | | | | |
| 46 | | | | | | |
| 61 | | | | | | |
| 82 | | | | | | |
| 84 | | | | | | |

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 L C - 0 0 2

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 1.37 | 66 | 114.3 | 6.0 | SUS304LTP | S | 191720 |
| 2 | 10.80 | 66 | 48.6 | 5.1 | SUS304LTP | 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 S L C - 0 0 2

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|
| 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 19 | 20 | |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 31 | 32 | 33 | 300 | 301 | 401 | |
| | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 409 | | | | | | | | | |
| | 2 | 34 | 35 | 36 | 38 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 |
| 2 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 61 | 63 | 64 | 200 | 201 | 202 | |
| | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 800 | 801 | 807 | 808 | 809 | 810 | 812 | 813 | 815 | 816 | |
| | 817 | 818 | 820 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L 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) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 4 | | 25 | | 45 | | 61 | | 807 | |
| 5 | | 26 | | 46 | | 63 | | 808 | |
| 6 | | 27 | | 47 | | 64 | | 809 | |
| 7 | | 28 | | 48 | | 300 | | 810 | |
| 8 | | 32 | | 49 | | 301 | | 812 | |
| 9 | | 33 | | 50 | | 401 | | 813 | |
| 10 | | 34 | | 51 | | 402 | | 815 | |
| 11 | | 35 | | 52 | | 403 | | 816 | |
| 12 | | 36 | | 53 | | 404 | | 817 | |
| 16 | | 38 | | 54 | | 405 | | 818 | |
| 20 | | 40 | | 55 | | 406 | | 820 | |
| 21 | | 41 | | 56 | | 407 | | | |
| 22 | | 42 | | 57 | | 409 | | | |
| 23 | | 43 | | 58 | | 800 | | | |
| 24 | | 44 | | 59 | | 801 | | | |

鳥 瞰 図 S L 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) |
| 1 | | 13 | | 17 | | 29 | | 200 | |
| 2 | | 14 | | 18 | | 30 | | 37 | |
| 3 | | 15 | | 19 | | 31 | | 201 | |
| 140 | | | | 142 | | | | | |
| 141 | | | | 143 | | | | | |

| 弁 6 | | 弁 7 | | 弁 8 | |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
| 202 | | 204 | | 206 | |
| 39 | | 60 | | 62 | |
| 203 | | 205 | | 207 | |

鳥 瞰 図 S L 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 | 2 | | | |
| 弁2 | 14 | | | |
| 弁3 | 18 | | | |
| 弁4 | 30 | | | |
| 弁5 | 37 | | | |
| 弁6 | 39 | | | |
| 弁7 | 60 | | | |
| 弁8 | 62 | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L 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 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 28 | | | | | | |
| 32 | | | | | | |
| 34 | | | | | | |
| 38 | | | | | | |
| 41 | | | | | | |
| 44 | | | | | | |
| 48 | | | | | | |
| 53 | | | | | | |
| 56 | | | | | | |
| 57 | | | | | | |
| 61 | | | | | | |

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 (°C) | 許容応力 (MPa) | | | |
|-----------|----------------|---------------|-------|-------|-------|
| | | S_m | S_y | S_u | S_h |
| SUS316LTP | 302 | 94 | — | — | — |
| SUS304LTP | 66 | — | 160 | 443 | 108 |
| | 302 | — | 108 | 362 | 96 |

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 | 建屋・構築物 | 標高 (m) | 減衰定数 (%) |
|---------|--------|--------|----------|
| SLC-003 | 原子炉建屋 | | |
| SLC-002 | 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 S L C - 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 (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 | | | | | | | |
| 動的震度*2 | | | | | | | |
| 静的震度*3 | | | | | | | |

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：S d 又は S s 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。
 *3： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ 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 L C - 0 0 3

| モード | 固有周期 (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 | | | | |

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。

代表的振動モード図(1次)

代表的振動モード図(2次)

鳥瞰図 SLC-003

代表的振動モード図(3次)

鳥瞰図 SLC-003

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 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 (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 | | | | | | | |
| 動的震度*2 | | | | | | | |
| 静的震度*3 | | | | | | | |

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：S d 又はS s 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。
 *3： $3.6C_I$ 及び $1.2C_V$ 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 L C - 0 0 2

| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|-----|-------------|-------|-----|-----|
| | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 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。

代表的振動モード図(1次)

鳥瞰図 SLC-002

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

鳥瞰図 SLC-002

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1管

| 鳥瞰図 | 許容 応力 状態 | 最大 応力 評価点 | 配管 要素 名称 | 最大応力 区分 | 一次応力評価 (MPa) | | | | 一次+二次応力評価 (MPa) | | 疲労評価 |
|---------------|--------------------|-----------------|----------------|------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------|--------------------|---------------|--------|
| | | | | | 一次応力 | 許容応力 | ねじり応力 | 許容応力 | 一次+二次 応力 | 許容応力 | 疲労累積係数 |
| | | | | | $S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$ | $2.25 \cdot S_m$ $3 \cdot S_m$ | $S_t(S d)$ $S_t(S s)$ | $0.55 \cdot S_m$ $0.73 \cdot S_m$ | $S_n(S s)$ | $3 \cdot S_m$ | |
| S L C - 0 0 3 | III _A S | 49 | TEE | $S_{p r m}(S d)$ | 56 | 211 | — | — | — | — | — |
| | III _A S | 49 | TEE | $S_t(S d)$ | — | — | 22 | 51 | — | — | — |
| | IV _A S | 49 | TEE | $S_{p r m}(S s)$ | 75 | 282 | — | — | — | — | — |
| | IV _A S | 49 | TEE | $S_t(S s)$ | — | — | 38 | 68 | — | — | — |
| | IV _A S | 49 | TEE | $S_n(S s)$ | — | — | — | — | 212 | 282 | — |
| | IV _A S | 49 | TEE | U+U S s | — | — | — | — | — | — | 0.0003 |

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 | 許容応力状態 | 最大応力評価点 | 最大応力区分 | 一次応力評価 (MPa) | | 一次+二次応力評価 (MPa) | | 疲労評価 |
|---------------|--------------------|---------|------------------|--|------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | | 計算応力 $S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$ | 許容応力 S_y^* $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n(S s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S_s$ |
| S L C - 0 0 2 | III _A S | 57 | $S_{p r m}(S d)$ | 83 | 160 | — | — | — |
| | IV _A S | 57 | $S_{p r m}(S s)$ | 115 | 398 | — | — | — |
| | IV _A S | 57 | $S_n(S s)$ | — | — | 153 | 320 | — |

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 $1.2 \cdot S_h$ 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 | 許容応力状態 | 最大応力評価点 | 最大応力区分 | 一次応力評価 (MPa) | | 一次+二次応力評価 (MPa) | | 疲労評価 |
|---------------|--------------------|---------|------------------|--|------------------------------------|--------------------|-----------------------|-------------------|
| | | | | 計算応力 $S_{p r m}(S d)$ $S_{p r m}(S s)$ | 許容応力 S_y^* $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n(S s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S_s$ |
| S L C - 0 0 3 | III _A S | 58 | $S_{p r m}(S d)$ | 64 | 160 | — | — | — |
| | IV _A S | 28 | $S_{p r m}(S s)$ | 88 | 325 | — | — | — |
| | IV _A S | 28 | $S_n(S s)$ | — | — | 114 | 216 | — |

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 $1.2 \cdot S_h$ 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 番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度 (°C) | 評価結果 | |
|---------------|------------|-----------------|---|------------|------------------|------------------|
| | | | | | 計算 荷重 (kN) | 許容 荷重 (kN) |
| SLC-003-042S | メカニカルスナッパ | NMB-001- 125 | VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照 | | 1 | 2 |
| SLC-003-082BB | ロッドレストレイント | RST-S1 | | | 2 | 16 |

48

支持構造物評価結果 (応力評価)

| 支持構造物 番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度 (°C) | 支持点荷重 | | | | | | 評価結果 | | |
|--------------|---------|-------|--------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
| | | | | | 反力 (kN) | | | モーメント (kN・m) | | | 応力 分類 | 計算 応力 (MPa) | 許容 応力 (MPa) |
| | | | | | F _X | F _Y | F _Z | M _X | M _Y | M _Z | | | |
| SLC-002-056A | アンカ | ラグ | SUS304 | 66 | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 曲げ | 60 | 410 |
| SLC-003-009R | レストレイント | Uプレート | SUS304 | 302 | 0 | 3 | 0 | — | — | — | 組合せ | 124 | 170 |

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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$) | | 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$) | | 構造強度評価結果 (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、応力分類毎に裕度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1管)

| No. | 配管 モデル | 許容応力状態 III _A 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 | SLC-003 | 49 | 56 | 211 | 3.76 | ○ | 49 | 75 | 282 | 3.76 | ○ | 49 | 212 | 282 | 1.33 | ○ | 49 | 0.0003 | ○ |

50 注記* : III_AS の一次+二次応力の許容値はIV_AS と同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS 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 _A 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 | SLC-002 | 57 | 83 | 160 | 1.92 | ○ | 57 | 115 | 398 | 3.46 | ○ | 57 | 153 | 320 | 2.09 | — | — | — | — |
| 2 | SLC-003 | 58 | 64 | 160 | 2.50 | — | 28 | 88 | 325 | 3.69 | — | 28 | 114 | 216 | 1.89 | ○ | — | — | — |

注記* : III_AS の一次+二次応力の許容値はIV_AS と同様であることから、地震荷重が大きいIV_AS 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 | 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 | 31 |
| 3.5 設計用地震力 | 32 |
| 4. 解析結果及び評価 | 33 |
| 4.1 固有周期及び設計震度 | 33 |
| 4.2 評価結果 | 45 |
| 4.2.1 管の応力評価結果 | 45 |
| 4.2.2 支持構造物評価結果 | 48 |
| 4.2.3 弁の動的機能維持評価結果 | 49 |
| 4.2.4 代表モデルの選定結果及び全モデルの評価結果 | 50 |

1. 概要

本計算書は、VI-2-1-14「計算書作成の方法 添付資料-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、ほう酸水注入系の管、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。

評価結果記載方法は、以下に示すとおりである。

(1) 管

設計及び工事の計画書に記載される範囲の管のうち、各応力区分における最大応力評価点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

設計及び工事の計画書に記載される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。




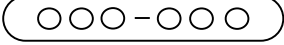
(3) 弁

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。

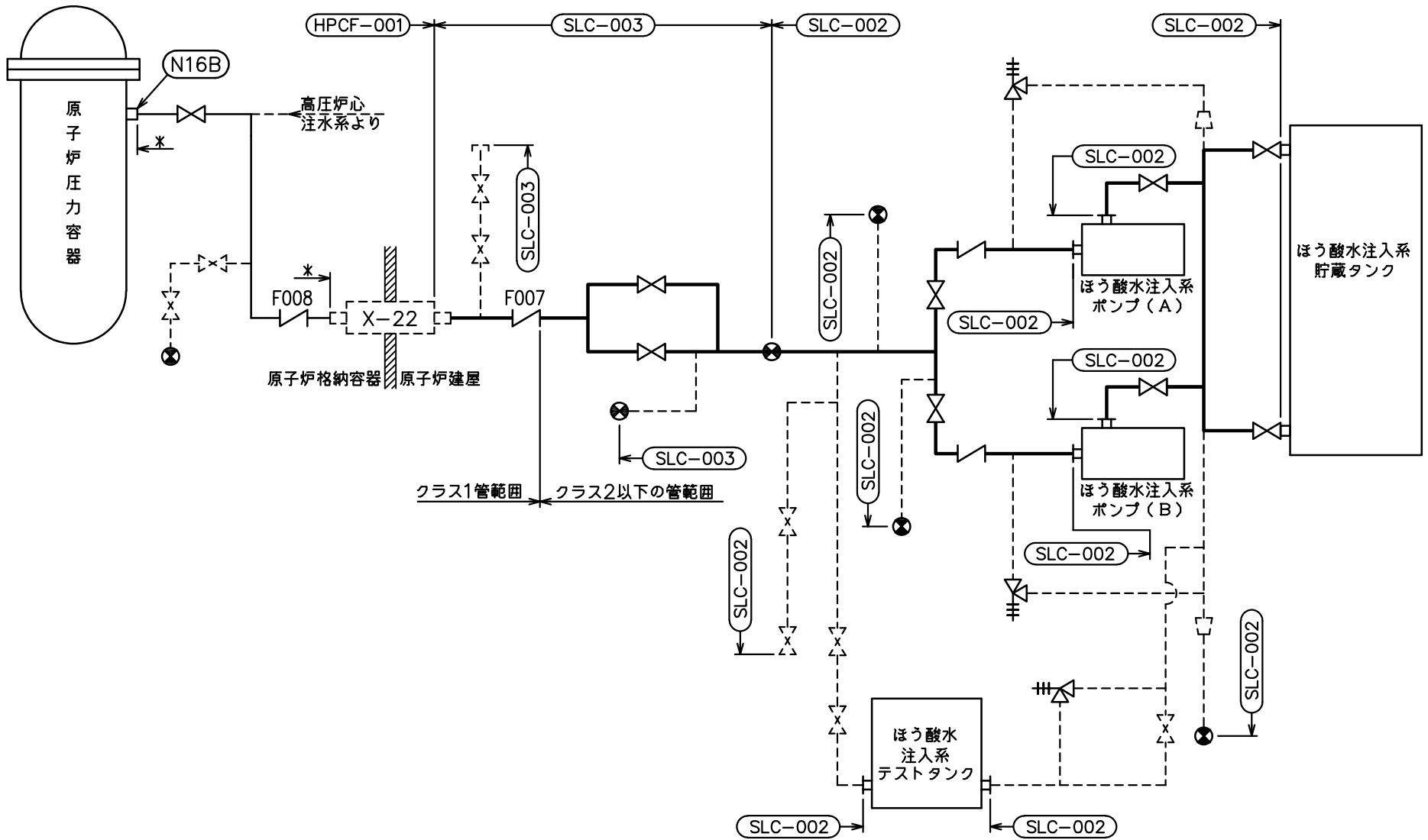
2. 概略系統図及び鳥瞰図

2.1 概略系統図

概略系統図記号凡例

| 記号例 | 内容 |
|--|---|
|  (太線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管 |
|  (細線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、本系統の管であって他計算書記載範囲の管 |
|  (破線) | 設計及び工事の計画書に記載されている範囲外の管又は設計及び工事の計画書に記載されている範囲の管のうち、他系統の管であって解析モデルの概略を示すために表記する管 |
|  | 鳥瞰図番号 |
|  | アンカ |


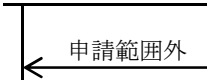
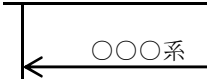


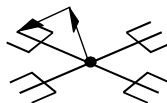
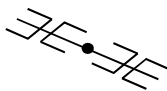

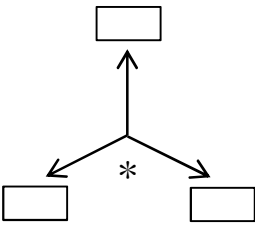
注記*: 解析モデル上
 高圧炉心注水系に含める。



ほう酸水注入系概略系統図

2.2 鳥瞰図

鳥瞰図記号凡例

| 記号例 | 内容 |
|---|--|
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、本計算書記載範囲の管</p> |
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲外の管</p> |
|  | <p>設計及び工事の計画書記載範囲の管のうち、他系統の管であって本系統に記載する管</p> |
|  | <p>質点</p> |
|  | <p>アンカ</p> |
|  | <p>レストレイント (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。スナップについても同様とする。)</p> |
|  | <p>スナップ</p> |
|  | <p>ハンガ</p> |
|  | <p>拘束点の地震による相対変位量(mm) (*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。)</p> |

K6 ① VI-2-6-4-1-3 (重) R0

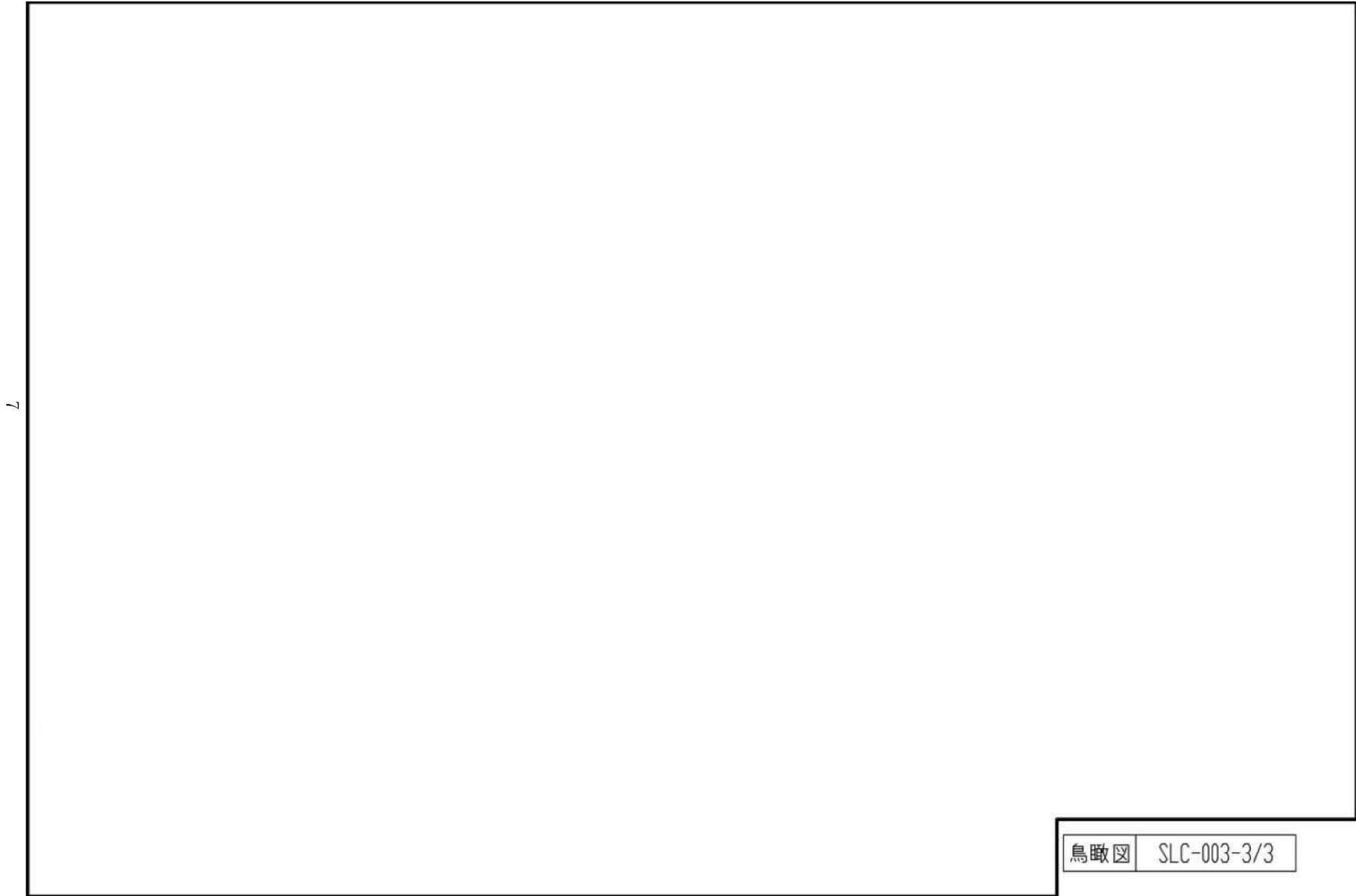
5

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

K6 ① VI-2-6-4-1-3 (重) R0

9

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



| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-003-3/3 |
|-----|-------------|

7

K6 ① VI-2-6-4-1-3 (重) R0

8

| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-002-1/4 |
|-----|-------------|

K6 ① VI-2-6-4-1-3 (重) R0

6

| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-002-2/4 |
|-----|-------------|

K6 ① VI-2-6-4-1-3 (重) R0

10

| | |
|-----|-------------|
| 鳥瞰図 | SLC-002-3/4 |
|-----|-------------|

11

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、別紙「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 |
|-----------|-------------------------|---------|--------|---------|------------|---------|-----------------|----------|
| 計測制御系統施設 | ほう酸水注入設備 | ほう酸水注入系 | S A | 常設耐震/防止 | 重大事故等クラス2管 | — | $V_L(L) + S_d$ | $V_A S$ |
| | | | | | | | $V_L(LL) + S_s$ | |
| | | | | | | | $V_L + S_s$ | |
| 原子炉冷却系統施設 | 非常用炉心冷却設備 その他原子炉注水設備 | ほう酸水注入系 | S A | 常設耐震/防止 | 重大事故等クラス2管 | — | $V_L(L) + S_d$ | $V_A S$ |
| | | | | | | | $V_L(LL) + S_s$ | |
| | | | | | | | $V_L + S_s$ | |
| 原子炉格納施設 | 圧力低減設備 その他安全設備 | ほう酸水注入系 | S A | 常設/緩和 | 重大事故等クラス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)より更に長期間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 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 9.22 | 306 | 48.6 | 5.1 | SUS316LTP | — | 175520 |

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 L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | |
|-----|---------------|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| 1 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 247 |

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 （クラス1管）

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) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 48 | | 50 | | 52 | | 54 | | 56 | |
| 49 | | 51 | | 53 | | 55 | | | |

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

弁部の質量を下表に示す。

弁 1

| 評価点 | 質量(kg) |
|-----|--------|
| 147 | |
| 47 | |
| 247 | |

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 1 管)

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 | | | |

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 L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 10.80 | 66 | 48.6 | 5.1 | SUS304LTP | — | 191720 |
| 2 | 9.22 | 306 | 48.6 | 5.1 | SUS304LTP | — | 175520 |
| 3 | 9.22 | 306 | 48.6 | 5.1 | SUS304LTP | — | 175520 |

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 L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|-----|----|----|----|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 58 | 101 | 102 | 103 | 104 | 105 | | | |
| 2 | 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 | 60 | 61 | 62 | 107 | 108 | 109 |
| 3 | 46 | 147 | | | | | | | | | | | | | |

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 （クラス2以下の管）

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 | | 15 | | 26 | | 37 | | 62 | |
| 2 | | 16 | | 27 | | 38 | | 101 | |
| 3 | | 17 | | 28 | | 39 | | 102 | |
| 4 | | 18 | | 29 | | 40 | | 103 | |
| 5 | | 19 | | 30 | | 41 | | 104 | |
| 9 | | 20 | | 31 | | 42 | | 105 | |
| 10 | | 21 | | 32 | | 43 | | 107 | |
| 11 | | 22 | | 33 | | 44 | | 108 | |
| 12 | | 23 | | 34 | | 45 | | 109 | |
| 13 | | 24 | | 35 | | 46 | | 147 | |
| 14 | | 25 | | 36 | | 61 | | | |

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

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) |
| 6 | | 58 | |
| 7 | | 59 | |
| 8 | | 60 | |
| 81 | | 83 | |
| 82 | | 84 | |

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (ク ラ ス 2 以 下 の 管)

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 | 7 | | | |
| 弁2 | 59 | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3 (クラス2以下の管)

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 | | | | | | |
| 9 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 23 | | | | | | |
| 25 | | | | | | |
| 28 | | | | | | |
| 33 | | | | | | |
| 35 | | | | | | |
| 39 | | | | | | |
| 42 | | | | | | |
| 46 | | | | | | |
| 61 | | | | | | |
| 82 | | | | | | |
| 84 | | | | | | |

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 L C - 0 0 2

| 管名称 | 最高使用圧力 (MPa) | 最高使用温度 (°C) | 外径 (mm) | 厚さ (mm) | 材料 | 耐震 重要度分類 | 縦弾性係数 (MPa) |
|-----|-----------------|----------------|------------|------------|-----------|-------------|----------------|
| 1 | 1.37 | 66 | 114.3 | 6.0 | SUS304LTP | — | 191720 |
| 2 | 10.80 | 66 | 48.6 | 5.1 | SUS304LTP | — | 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 S L C - 0 0 2

| 管名称 | 対 応 す る 評 価 点 | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| 1 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 15 | 16 | 19 | 20 | |
| | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 31 | 32 | 33 | 300 | 301 | 401 | |
| | 402 | 403 | 404 | 405 | 406 | 407 | 409 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 34 | 35 | 36 | 38 | 40 | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | |
| | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 61 | 63 | 64 | 200 | 201 | 202 | |
| | 203 | 204 | 205 | 206 | 207 | 800 | 801 | 807 | 808 | 809 | 810 | 812 | 813 | 815 | 816 | |
| | 817 | 818 | 820 | | | | | | | | | | | | | |

配管の質量（配管の付加質量及びフランジの質量を含む）

鳥 瞰 図 S L 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) |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 4 | | 25 | | 45 | | 61 | | 807 | |
| 5 | | 26 | | 46 | | 63 | | 808 | |
| 6 | | 27 | | 47 | | 64 | | 809 | |
| 7 | | 28 | | 48 | | 300 | | 810 | |
| 8 | | 32 | | 49 | | 301 | | 812 | |
| 9 | | 33 | | 50 | | 401 | | 813 | |
| 10 | | 34 | | 51 | | 402 | | 815 | |
| 11 | | 35 | | 52 | | 403 | | 816 | |
| 12 | | 36 | | 53 | | 404 | | 817 | |
| 16 | | 38 | | 54 | | 405 | | 818 | |
| 20 | | 40 | | 55 | | 406 | | 820 | |
| 21 | | 41 | | 56 | | 407 | | | |
| 22 | | 42 | | 57 | | 409 | | | |
| 23 | | 43 | | 58 | | 800 | | | |
| 24 | | 44 | | 59 | | 801 | | | |

鳥 瞰 図 S L 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) |
| 1 | | 13 | | 17 | | 29 | | 200 | |
| 2 | | 14 | | 18 | | 30 | | 37 | |
| 3 | | 15 | | 19 | | 31 | | 201 | |
| 140 | | | | 142 | | | | | |
| 141 | | | | 143 | | | | | |

| 弁 6 | | 弁 7 | | 弁 8 | |
|-----|--------|-----|--------|-----|--------|
| 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) | 評価点 | 質量(kg) |
| 202 | | 204 | | 206 | |
| 39 | | 60 | | 62 | |
| 203 | | 205 | | 207 | |

鳥 瞰 図 S L 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 | 2 | | | |
| 弁2 | 14 | | | |
| 弁3 | 18 | | | |
| 弁4 | 30 | | | |
| 弁5 | 37 | | | |
| 弁6 | 39 | | | |
| 弁7 | 60 | | | |
| 弁8 | 62 | | | |

支持点及び貫通部ばね定数

鳥 瞰 図 S L 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 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 16 | | | | | | |
| 17 | | | | | | |
| 20 | | | | | | |
| 28 | | | | | | |
| 32 | | | | | | |
| 34 | | | | | | |
| 38 | | | | | | |
| 41 | | | | | | |
| 44 | | | | | | |
| 48 | | | | | | |
| 53 | | | | | | |
| 56 | | | | | | |
| 57 | | | | | | |
| 61 | | | | | | |

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 (°C) | 許容応力 (MPa) | | | |
|-----------|----------------|---------------|-------|-------|-------|
| | | S_m | S_y | S_u | S_h |
| SUS316LTP | 306 | 94 | — | — | — |
| SUS304LTP | 66 | — | 160 | 443 | — |
| | 306 | — | 108 | 362 | — |

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 | 建屋・構築物 | 標高 (m) | 減衰定数 (%) |
|---------|--------|--------|----------|
| SLC-003 | 原子炉建屋 | | |
| SLC-002 | 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 S L C - 0 0 3

| 適用する地震動等 | | S s | | |
|----------|-------------|----------|-----|----------|
| モード | 固有周期 (s) | 応答水平震度*1 | | 応答鉛直震度*1 |
| | | 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 | | | | |
| 動的震度*2 | | | | |

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：S s 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。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 3

| モード | 固有周期 (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 | | | | |

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。

代表的振動モード図(1次)

鳥瞰図 SLC-003

代表的振動モード図(2次)

代表的振動モード図(3次)

38

鳥瞰図 SLC-003

固有周期及び設計震度

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 2

| 適用する地震動等 | | S s | | |
|----------|-------------|----------|-----|----------|
| モード | 固有周期 (s) | 応答水平震度*1 | | 応答鉛直震度*1 |
| | | X方向 | Z方向 | Y方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 次 | | | | |
| 3 次 | | | | |
| 動的震度*2 | | | | |

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：S s 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。

各モードに対応する刺激係数

鳥 瞰 図 S L C - 0 0 2

| モード | 固有周期 (s) | 刺激係数* | | |
|-----|-------------|-------|-----|-----|
| | | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| 1 次 | | | | |
| 2 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。

代表的振動モード図(1次)

鳥瞰図 SLC-002

代表的振動モード図(2次)

鳥瞰図 SLC-002

代表的振動モード図(3次)

鳥瞰図 SLC-002

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1管

| 鳥瞰図 | 許容 応力 状態 | 最大 応力 評価点 | 配管 要素 名称 | 最大応力 区分 | 一次応力評価 (MPa) | | | | 一次+二次応力評価 (MPa) | | 疲労評価 |
|---------------|------------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|---------------|------------|------------------|--------------------|---------------|-----------|
| | | | | | 一次応力 | 許容応力 | ねじり応力 | 許容応力 | 一次+二次 応力 | 許容応力 | 疲労累積係数 |
| | | | | | $S_{p r m}(S s)$ | $3 \cdot S_m$ | $S_t(S s)$ | $0.73 \cdot S_m$ | $S_n(S s)$ | $3 \cdot S_m$ | $U+U S s$ |
| S L C - 0 0 3 | V _A S | 49 | TEE | $S_{p r m}(S s)$ | 77 | 282 | — | — | — | — | — |
| | V _A S | 49 | TEE | $S_t(S s)$ | — | — | 38 | 68 | — | — | — |
| | V _A S | 49 | TEE | $S_n(S s)$ | — | — | — | — | 212 | 282 | — |
| | V _A S | 49 | TEE | $U+U S s$ | — | — | — | — | — | — | 0.0003 |

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 状態 | 最大応力 評価点 | 最大応力 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 $S_{pr m}(S_s)$ | 許容応力 $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n(S_s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S_s$ |
| SLC-002 | VAS | 57 | $S_{pr m}(S_s)$ | 115 | 398 | — | — | — |
| | VAS | 57 | $S_n(S_s)$ | — | — | 153 | 320 | — |

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 状態 | 最大応力 評価点 | 最大応力 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 $S_{pr m}(S_s)$ | 許容応力 $0.9 \cdot S_u$ | 計算応力 $S_n(S_s)$ | 許容応力 $2 \cdot S_y$ | 疲労累積係数 $U S_s$ |
| SLC-003 | VAS | 28 | $S_{pr m}(S_s)$ | 90 | 325 | — | — | — |
| | VAS | 28 | $S_n(S_s)$ | — | — | 114 | 216 | — |

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 番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度 (°C) | 評価結果 | |
|---------------|------------|-----------------|---|------------|------------------|------------------|
| | | | | | 計算 荷重 (kN) | 許容 荷重 (kN) |
| SLC-003-042S | メカニカルスナッパ | NMB-001- 125 | VI-2-1-12「配管及び支 持構造物の耐震計算に ついて」参照 | | 1 | 2 |
| SLC-003-082BB | ロッドレストレイント | RST-S1 | | | 2 | 16 |

48

支持構造物評価結果 (応力評価)

| 支持構造物 番号 | 種類 | 型式 | 材質 | 温度 (°C) | 支持点荷重 | | | | | | 評価結果 | | |
|--------------|---------|-------|--------|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
| | | | | | 反力 (kN) | | | モーメント (kN・m) | | | 応力 分類 | 計算 応力 (MPa) | 許容 応力 (MPa) |
| | | | | | F _X | F _Y | F _Z | M _X | M _Y | M _Z | | | |
| SLC-002-056A | アンカ | ラグ | SUS304 | 66 | 3 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 曲げ | 60 | 410 |
| SLC-003-009R | レストレイント | Uプレート | SUS304 | 306 | 0 | 3 | 0 | — | — | — | 組合せ | 124 | 170 |

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 ($\times 9.8\text{m/s}^2$) | | 機能確認済加速度 ($\times 9.8\text{m/s}^2$) | | 構造強度評価結果 (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、応力分類毎に裕度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1管)

| No. | 配管 モデル | 許容応力状態 VAS | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----------|------------|-------------------|-------------------|------|----|---------|-------------------|-------------------|------|----|------|----------------|----|
| | | 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 |
| 1 | SLC-003 | 49 | 77 | 282 | 3.66 | ○ | 49 | 212 | 282 | 1.33 | ○ | 49 | 0.0003 | ○ |

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 | | | | | 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 |
| 1 | SLC-002 | 57 | 115 | 398 | 3.46 | ○ | 57 | 153 | 320 | 2.09 | — | — | — | — |
| 2 | SLC-003 | 28 | 90 | 325 | 3.61 | — | 28 | 114 | 216 | 1.89 | ○ | — | — | — |