

VI-2-2-16 軽油タンク室 (H) の耐震性についての計算書

## 目次

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. 概要                      | 1  |
| 2. 基本方針                    | 2  |
| 2.1 位置                     | 2  |
| 2.2 構造概要                   | 3  |
| 2.3 評価方針                   | 6  |
| 2.4 適用基準                   | 9  |
| 3. 耐震評価                    | 10 |
| 3.1 地震時荷重算出断面              | 10 |
| 3.2 使用材料及び材料の物性値           | 13 |
| 3.3 許容限界                   | 14 |
| 3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界     | 14 |
| 3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界    | 15 |
| 3.4 評価方法                   | 16 |
| 3.4.1 構造部材の健全性評価           | 16 |
| 3.4.2 基礎地盤の支持性能評価          | 21 |
| 4. 構造部材の地震時応答              | 22 |
| 5. 耐震評価結果                  | 32 |
| 5.1 構造部材の健全性及び支持機能に対する評価結果 | 32 |
| 5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果      | 35 |
| 5.2.1 基礎地盤（狐崎部層）           | 35 |
| 5.2.2 MMR（新設）              | 36 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、軽油タンク室 (H) が基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

軽油タンク室 (H) の構造部材の健全性評価にあたっては、地震応答解析により算定した荷重を三次元構造解析モデルに作用させて確認する。基礎地盤の支持性能評価にあたっては、地震応答解析により基礎地盤に発生した接地圧を確認する。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

軽油タンク室 (H) の位置を図 2-1 に示す。

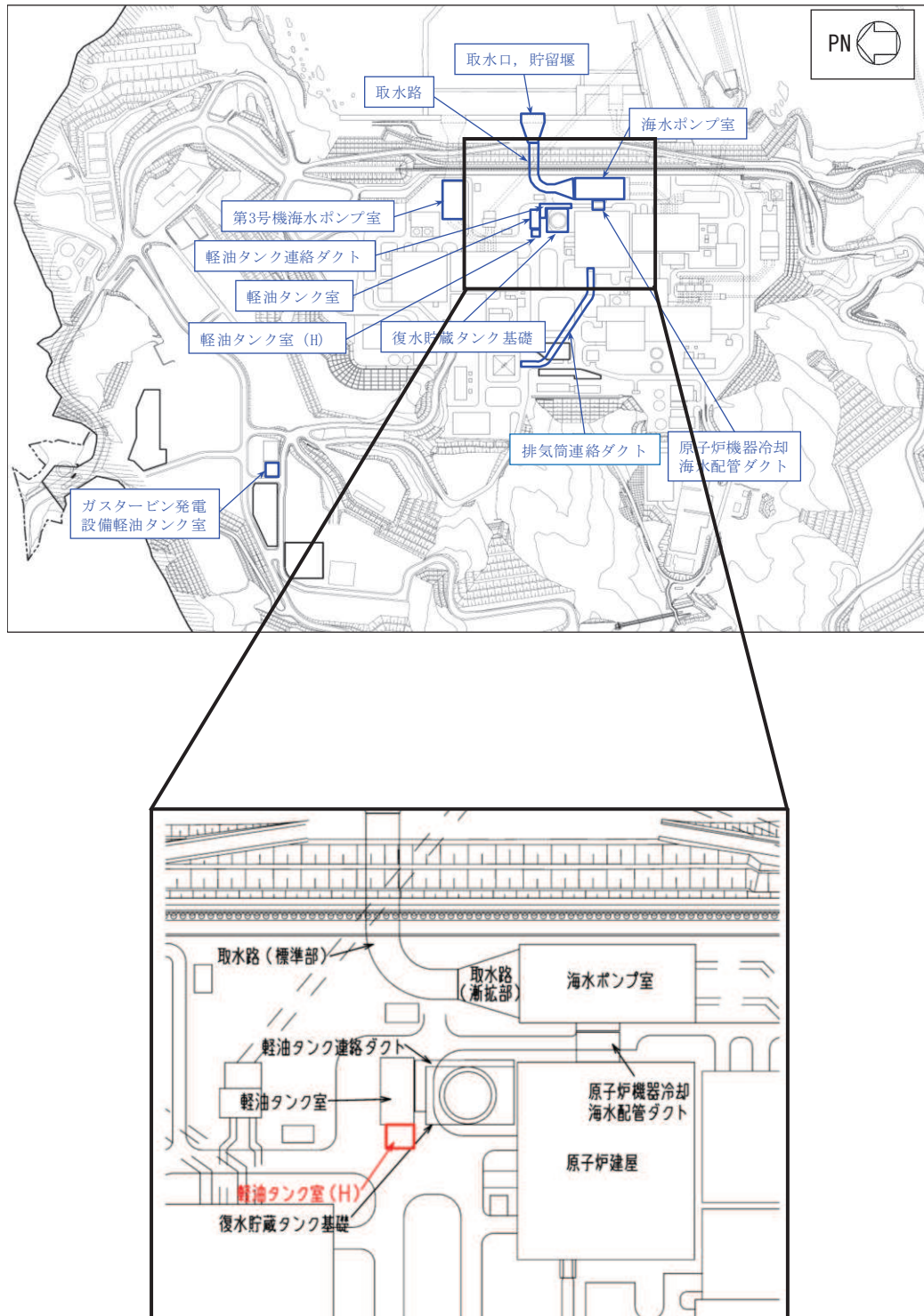


図 2-1 軽油タンク室 (H) の位置図

## 2.2 構造概要

軽油タンク室 (H) の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に、概略配筋図を図 2-5 に示す。

軽油タンク室 (H) は、軽油タンク等を頂版、底版及び側壁で間接支持しており、支持機能が要求される。

軽油タンク室 (H) は、幅 9.00m (東西) × 20.20m (南北)、高さ 9.90m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、マンメイドロック (以下「MMR」という。) を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されている。

軽油タンク室 (H) は、面部材として加振方向に平行に配置される妻壁を有する箱形構造物である。

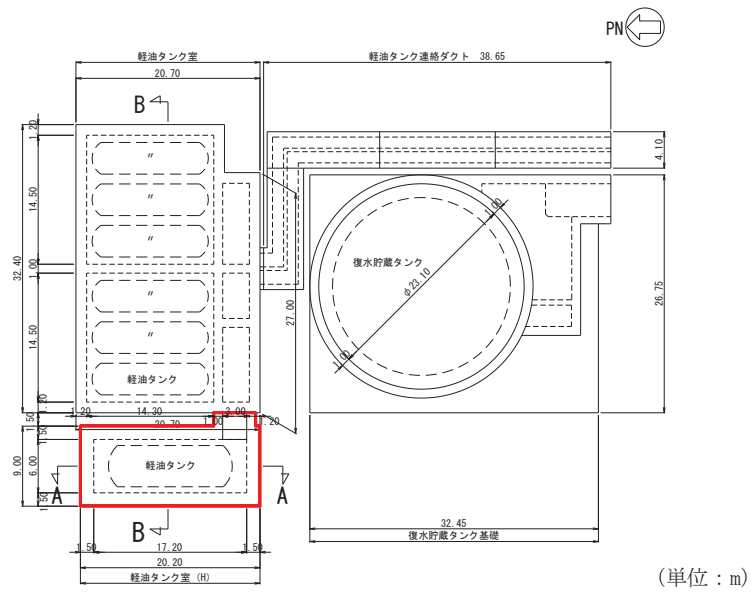


図 2-2 軽油タンク室 (H) 平面図

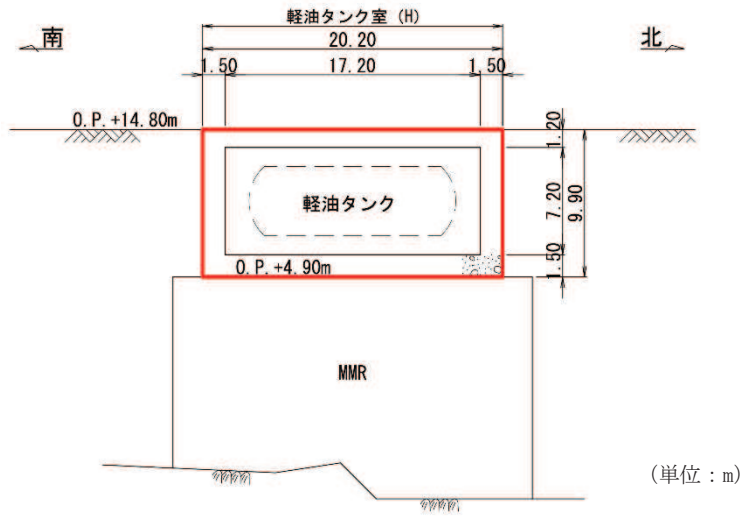


図 2-3 軽油タンク室 (H) 断面図 (A-A 断面, 南北)

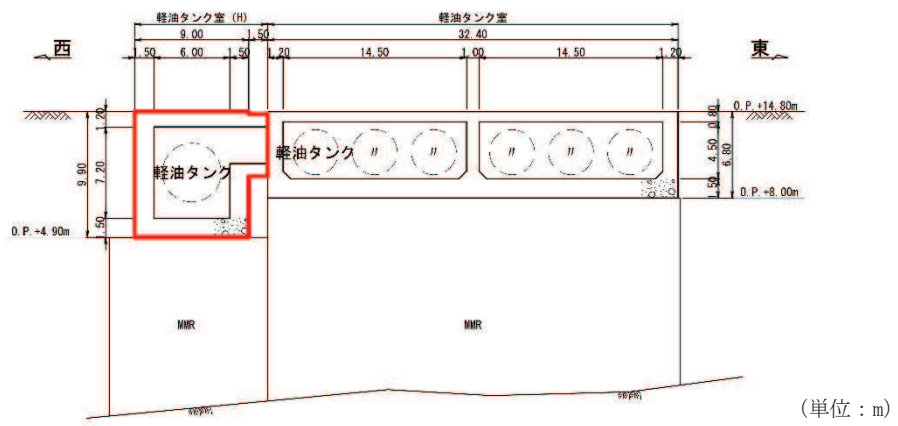


図 2-4 軽油タンク室 (H) 断面図 (B-B 断面, 東西)

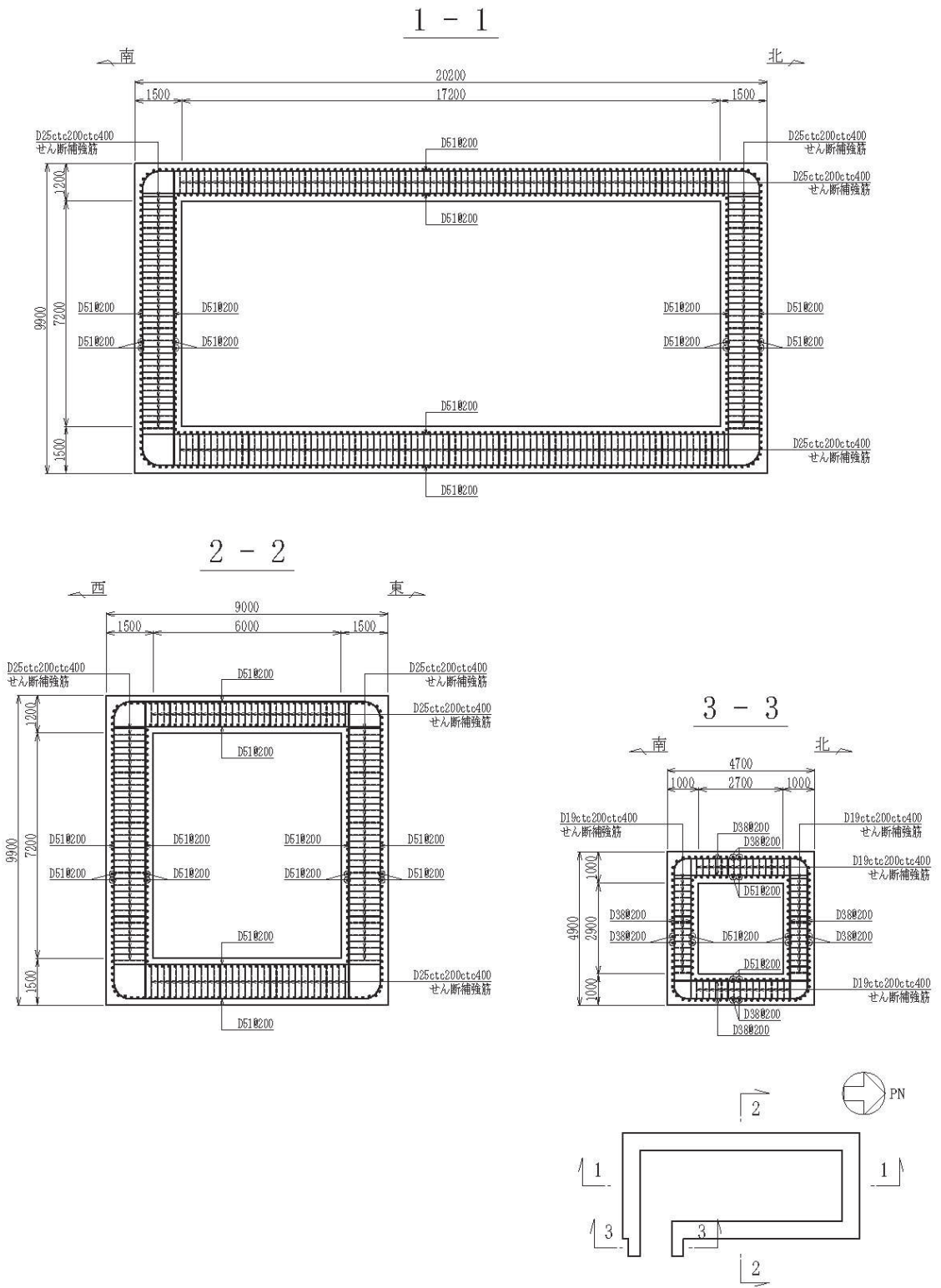


図 2-5 軽油タンク室 (H) 概略配筋図

### 2.3 評価方針

軽油タンク室 (H) は設計基準対象施設においては、S クラス施設の間接支持構造物である屋外重要土木構造物に分類され、重大事故等対処施設においては、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設に分類される。

軽油タンク室 (H) の耐震評価は、添付書類「VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、表2-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

軽油タンク室 (H) の耐震評価フローを図2-6に示す。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、添付書類「VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書」より得られた、水平方向及び鉛直方向の荷重を用いた、線形シェル要素による三次元静的線形解析（以下「三次元構造解析」という。）により断面力を算定し、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の発生応力度が許容限界を下回ることを、せん断破壊に対しては発生せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

なお、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、面内せん断力を軸力として考慮していることから、壁部材の面内せん断に対しては、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において併せて確認している。

基礎地盤の支持性能評価においては、添付書類「VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書」より得られた基礎地盤の接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。

ここで、軽油タンク室 (H) の運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における荷重条件は変わらないため、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。



表 2-1 軽油タンク室 (H) の評価項目

| 評価方針                               | 評価項目      | 部位         | 評価方法                  | 許容限界      |          |
|------------------------------------|-----------|------------|-----------------------|-----------|----------|
|                                    |           |            |                       |           |          |
| 構造強度を有すること及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないこと | 構造部材の健全性  | 鉄筋コンクリート部材 | 発生応力度が許容限界を下回ることを確認   | 曲げ・軸力     | 短期許容応力度  |
|                                    |           |            |                       | せん断力      | 短期許容せん断力 |
|                                    | 基礎地盤の支持性能 | 基礎地盤       | 発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認 | 岩盤の極限支持力* |          |
|                                    |           | MMR        |                       | MMRの支圧強度  |          |

注記\*： 妥当な安全余裕を考慮する。

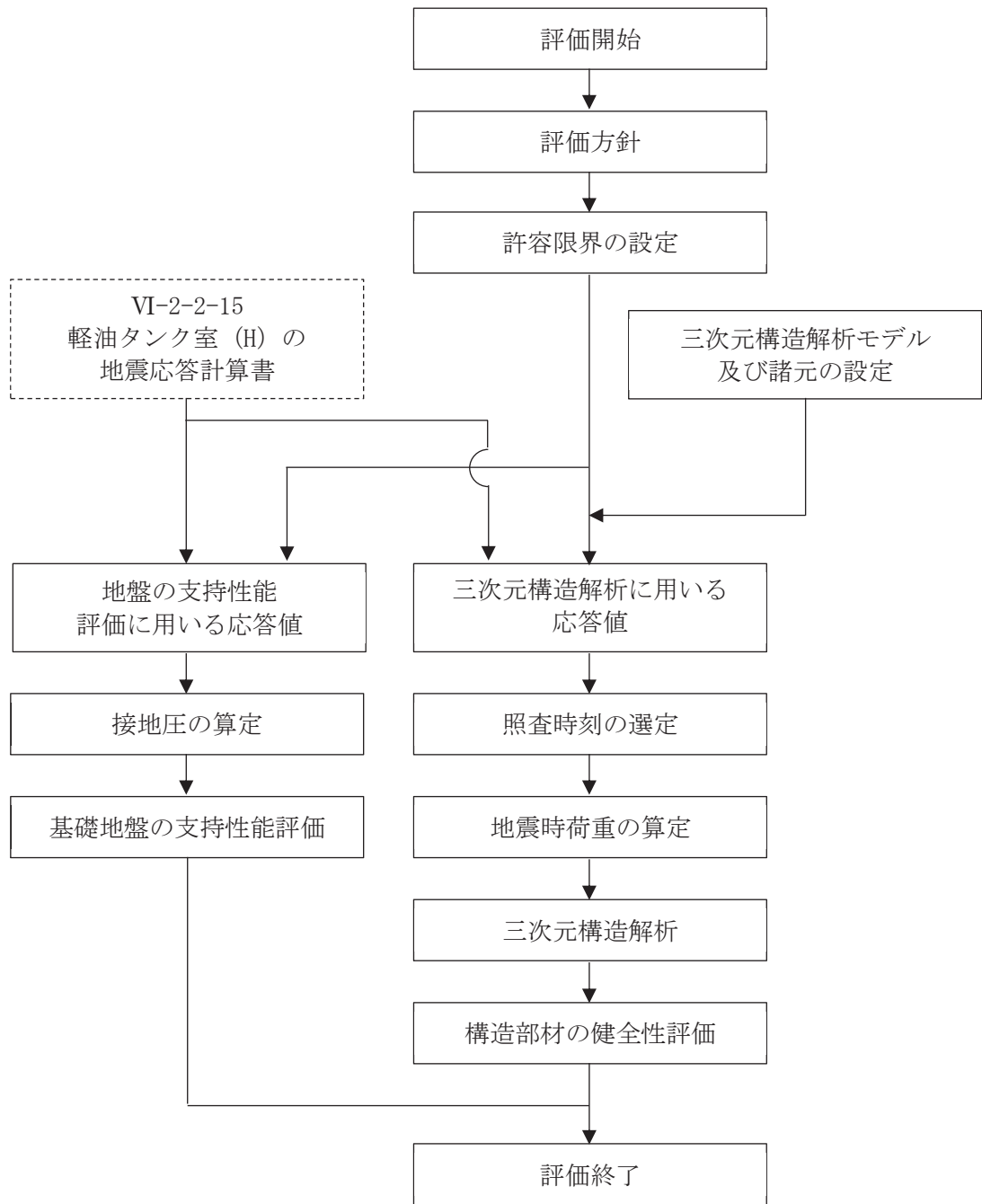


図 2-6 軽油タンク室 (H) の耐震評価フロー

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編
- 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編

### 3. 耐震評価

#### 3.1 地震時荷重算出断面

軽油タンク室 (H) の地震時荷重算出断面位置を図 3-1 に示す。地震時荷重算出断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、タンク軸方向で構造物の中心を通る南北方向 (A-A 断面) 及びタンクの軸方向に対し直交し構造物の中心を通る東西方向 (B-B 断面) の両断面とする。地震時荷重算出用地質断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

なお、加振方向に平行に配置され耐震上見込むことができる面部材の配置から、南北方向 (A-A 断面) が強軸方向となり、東西方向 (B-B 断面) が弱軸方向となることから、耐震評価は弱軸方向である東西方向 (B-B 断面) に対して実施する。

地震応答解析における解析手法は、添付書類「VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書」のうち、「3.2 解析方法」に示すとおり全応力解析とする。解析ケースを表 3-1 に示す。

また、軽油タンク室 (H) は、加振方向に平行に配置される面部材 (妻壁や隔壁) を有する箱形構造物であり、S クラスの施設を支持する機能 (支持機能) が要求されることから、シェル要素を用いた三次元構造解析により耐震評価を行う。

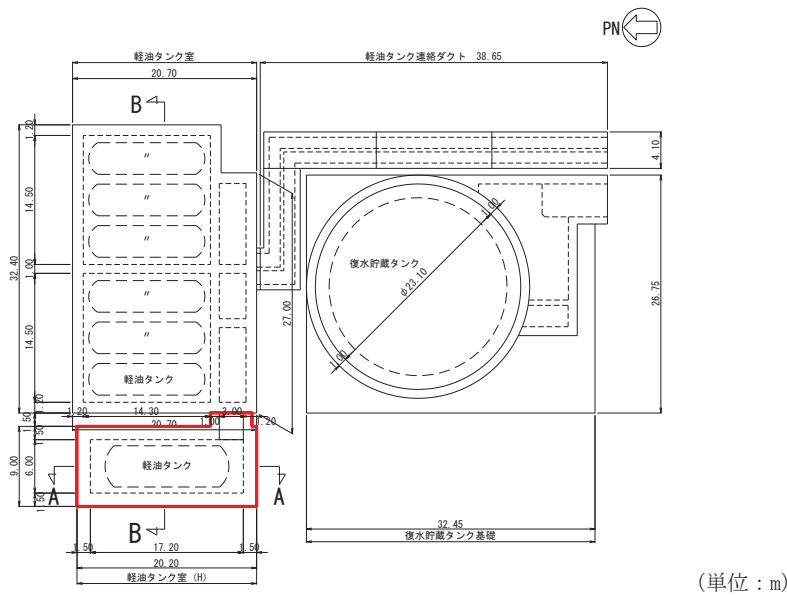


図 3-1 軽油タンク室 (H) の地震時荷重算出断面位置図

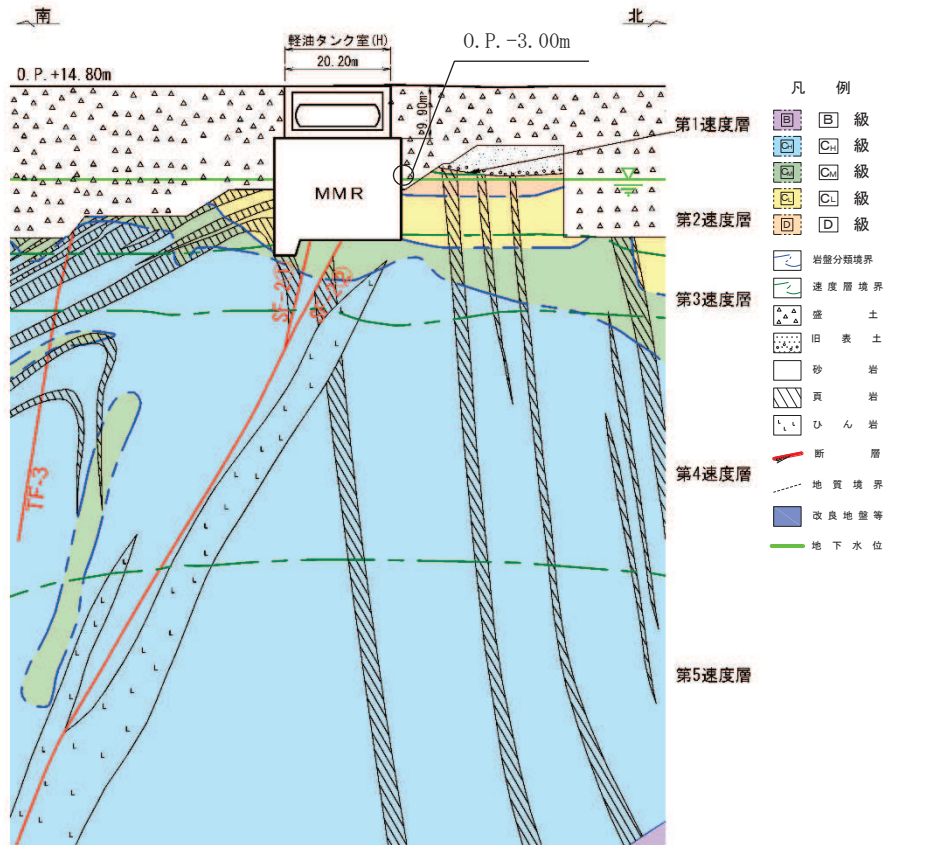


図 3-2 軽油タンク室 (H) 地震時荷重算出用地質断面図  
 (A-A 断面, 南北)

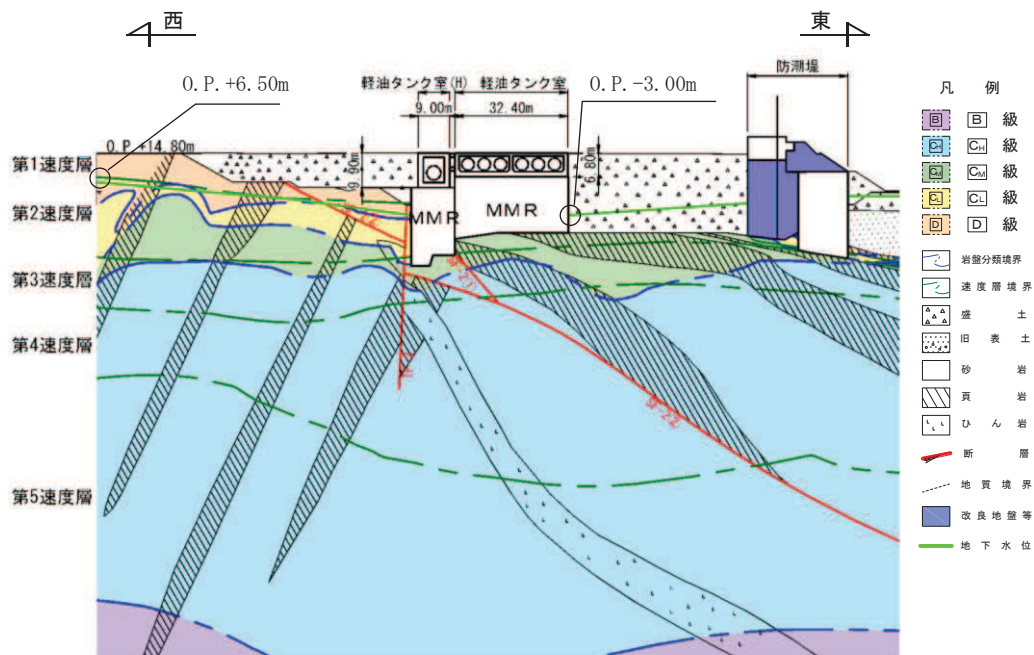


図 3-3 軽油タンク室 (H) 地震時荷重算出用地質断面図  
 (B-B 断面, 東西)

表 3-1 耐震評価における解析ケース

| 解析ケース           | 材料物性<br>(コンクリート)<br>( $E_0$ : ヤング係数) | 地盤物性                                  |  |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
|                 |                                      | 旧表土, 盛土, D級岩盤<br>( $G_0$ : 初期せん断弾性係数) | C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤,<br>C <sub>H</sub> 級岩盤, B級岩盤<br>( $G_d$ : 動せん断弾性係数) |
| ケース①<br>(基本ケース) | 設計基準強度                               | 平均値                                   | 平均値  |
| ケース②            | 設計基準強度                               | 平均値+ 1 $\sigma$                       | 平均値  |
| ケース③            | 設計基準強度                               | 平均値- 1 $\sigma$                       | 平均値  |

### 3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-2 に、材料の物性値を表 3-3 に示す。

表 3-2 使用材料

| 材料          | 仕様                           |
|-------------|------------------------------|
| コンクリート      | 設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋（主鉄筋）     | SD390                        |
| 鉄筋（せん断補強鉄筋） | SD345                        |

表 3-3 材料の物性値（構造部材）

| 材料       | 項目                             |        | 材料諸元                 | 備考 |
|----------|--------------------------------|--------|----------------------|----|
| 鉄筋コンクリート | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |        | 24.0                 |    |
| コンクリート   | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | 設計基準強度 | 2.50×10 <sup>4</sup> |    |
|          | ポアソン比                          |        |                      |    |

### 3.3 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

##### (1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表3-4及び表3-5に示す。

なお、頂版、底版及び側壁のアンカー定着部にSクラスの施設を支持する機能を要求されるが、短期許容応力度により照査を行うため、構造強度を有することの確認と許容限界が同一となることから、全部材に対して構造強度を有することを確認することで、Sクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認も同時に行う。

表3-4 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

| 設計基準強度               | 許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |                          | 短期許容応力度*<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------------|
|                      | f'ck=24.0(N/mm <sup>2</sup> ) | 許容曲げ圧縮応力度 $\sigma'_{ca}$ |                                  |
| 許容せん断応力度 $\tau_{al}$ |                               | 0.45                     | 0.675                            |

注記\*：「土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」により地震時の割り増し係数として1.5を考慮する。

表3-5 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

| 鉄筋の種類 | 許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |                       | 短期許容応力度*<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
|       | SD345                         | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ |                                  |
| SD390 | 206                           |                       | 309                              |

注記\*：「土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」により地震時の割り増し係数として1.5を考慮する。

##### (2) せん断破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、表3-4及び表3-5に示すコンクリートと鉄筋の短期許容応力度から算定した短期許容せん断力とする。



### 3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

#### (1) 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤（狐崎部層）に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表 3-6 に示す。

表 3-6 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

| 評価項目  | 基礎地盤 | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------|------|------------------------------|
| 極限支持力 | 狐崎部層 | 13.7                         |

#### (2) MMR（新設）

MMR（新設）に発生する接地圧に対する許容限界は、「土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」に基づき、コンクリートの支圧強度とする。

MMR（新設）の許容限界を表 3-7 に示す。

表 3-7 MMR（新設）の支持性能に対する許容限界

| 評価項目 | MMR（新設）                                   | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|---|------------------------------|
| 支圧強度 | コンクリート<br>( $f'_{ck}=21.0\text{N/mm}^2$ ) | $f'_a=26.5$                  |

### 3.4 評価方法

#### 3.4.1 構造部材の健全性評価

軽油タンク室 (H) の耐震評価は、線形シェル要素を用いた三次元構造解析により実施する。三次元構造解析には、解析コード「SLAP Ver. 6.64」を用いる。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム (解析コード) の概要」に示す。

三次元構造解析への入力荷重は、添付書類「VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書」に基づく地震応答解析において、軽油タンク室 (H) の耐震評価に支配的な荷重が最大となる時刻を選定し、当該時刻における地震時応答から設定する。

添付書類「VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した地震時荷重 (地震時土圧及び慣性力) を用いて、三次元構造解析により算定した照査用応答値が、「3.3 許容限界」において設定した許容限界を下回ることを確認する。

#### (1) 解析モデル

線形シェル要素でモデル化する。三次元構造解析モデルを図 3-4 及び図 3-5 に示す。

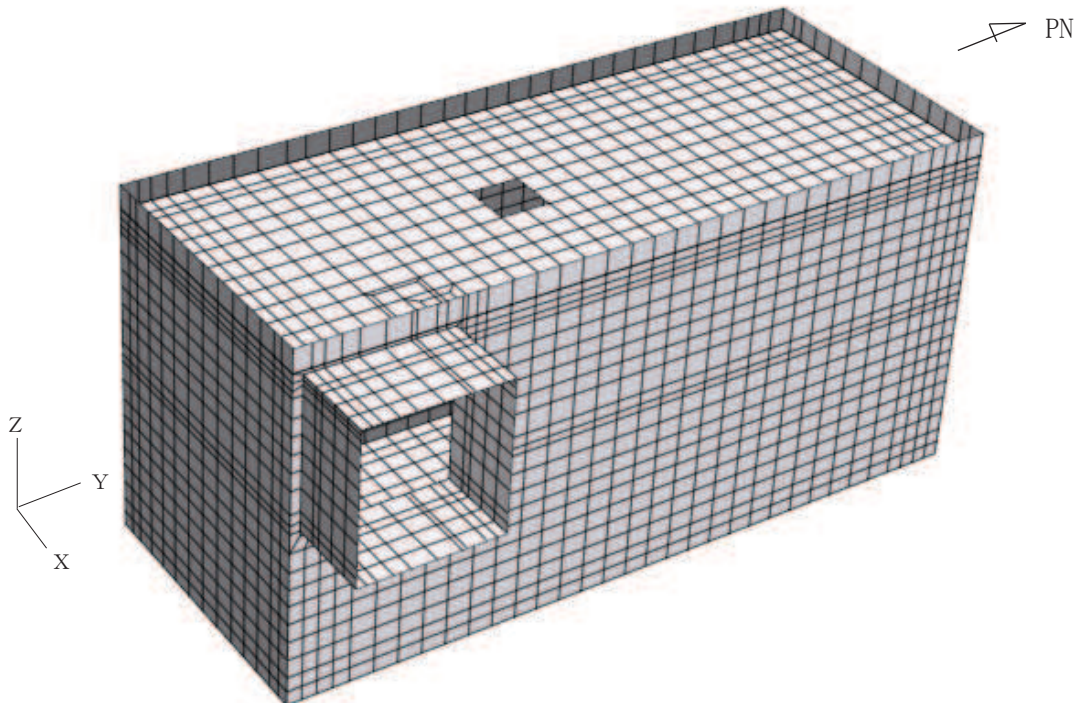


図3-4 三次元構造解析モデル図 (鳥瞰図)

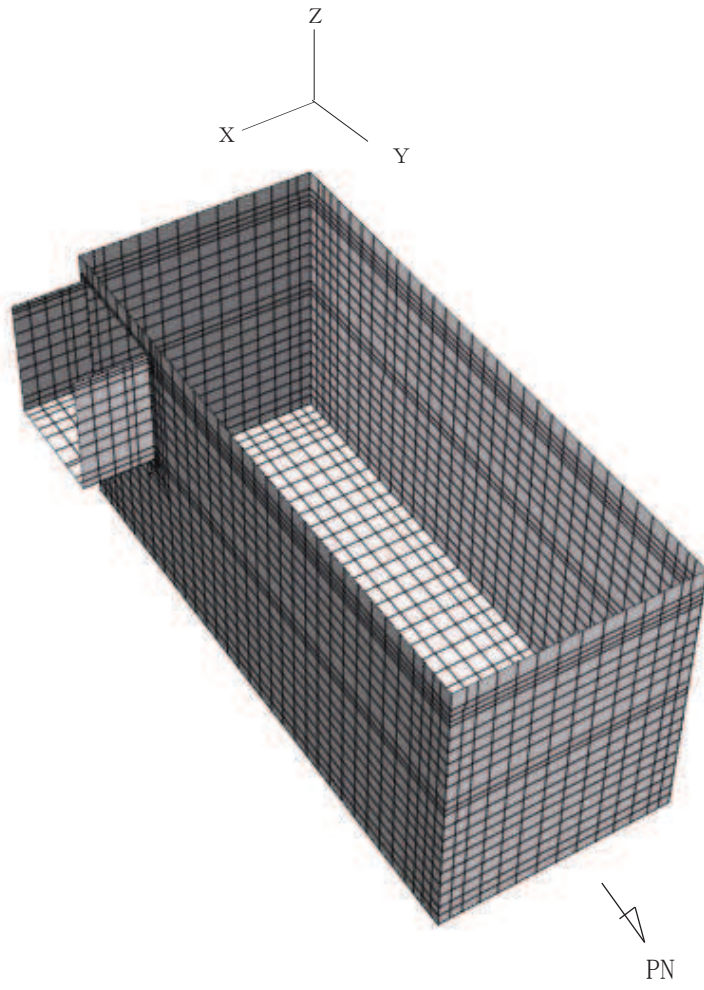



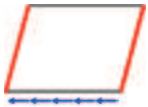

図3-5 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図（頂版非表示））

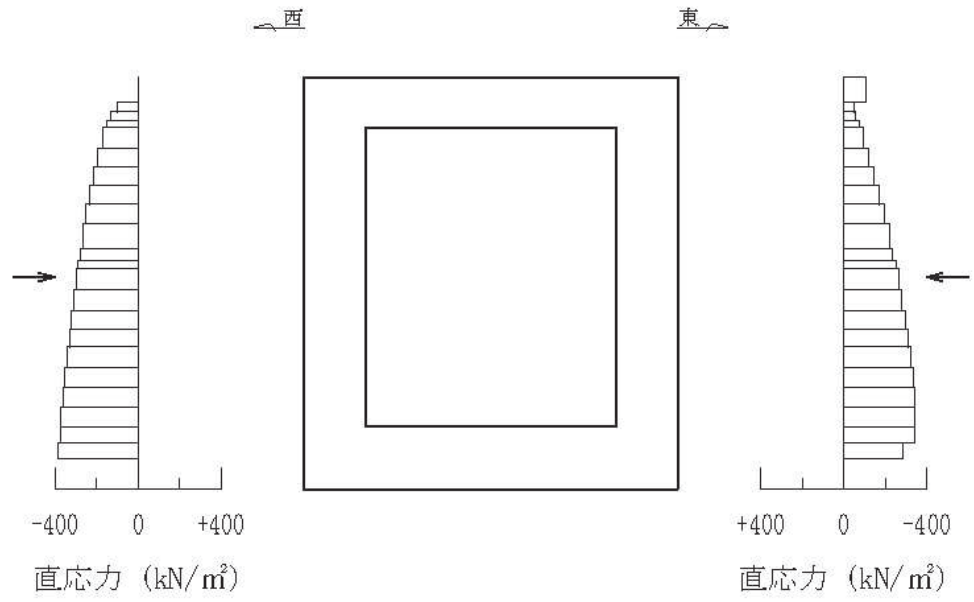
(2) 照査時刻

構造部材の健全性評価において、照査時刻は構造的特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を地震応答解析の結果から複数選定する。表 3-8 に照査時刻の選定の考え方を示す。

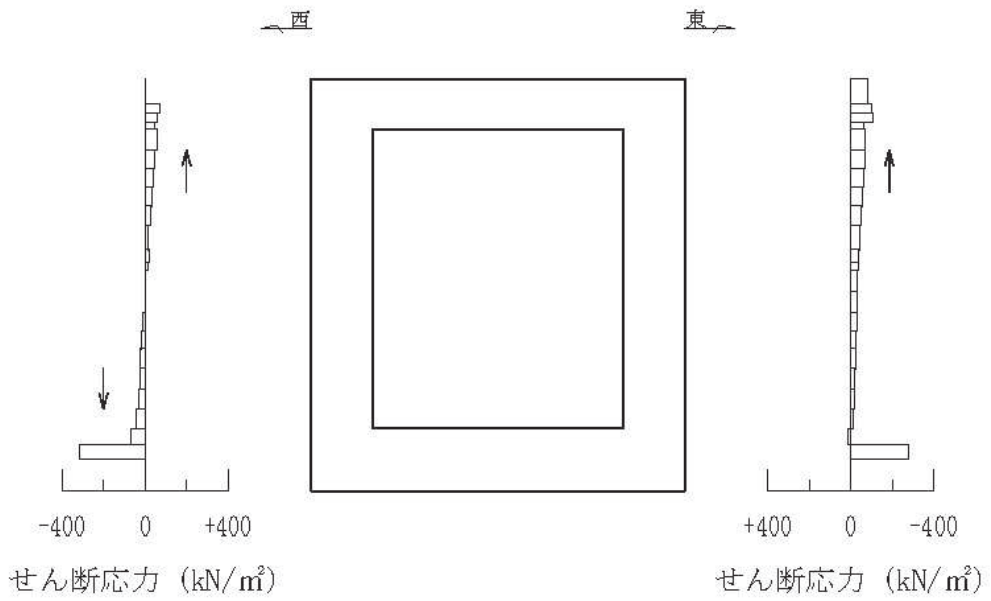
なお、三次元構造解析の結果において照査値が最大となる曲げ・軸力系の破壊に対する照査の地震動及び解析ケースにおける作用荷重分布図を図 3-6 及び図 3-7 に示す。

表 3-8 照査時刻の考え方

| 照査時刻           | 損傷モード         | 着目部位      |   | 荷重抽出時刻            |
|----------------|---------------|-----------|---|-------------------|
| 時刻 1           | 曲げ・軸力系の破壊     | 壁<br>(面外) |   | 頂底板間の層間変位が最大となる時刻 |
| 時刻 2           | せん断破壊<br>(面外) | 壁<br>(面外) |    | 総水平荷重が最大となる時刻     |
| 時刻 3<br>(時刻 1) | せん断破壊<br>(面内) | 壁<br>(面内) |  | 面部材の層間変位が最大となる時刻  |



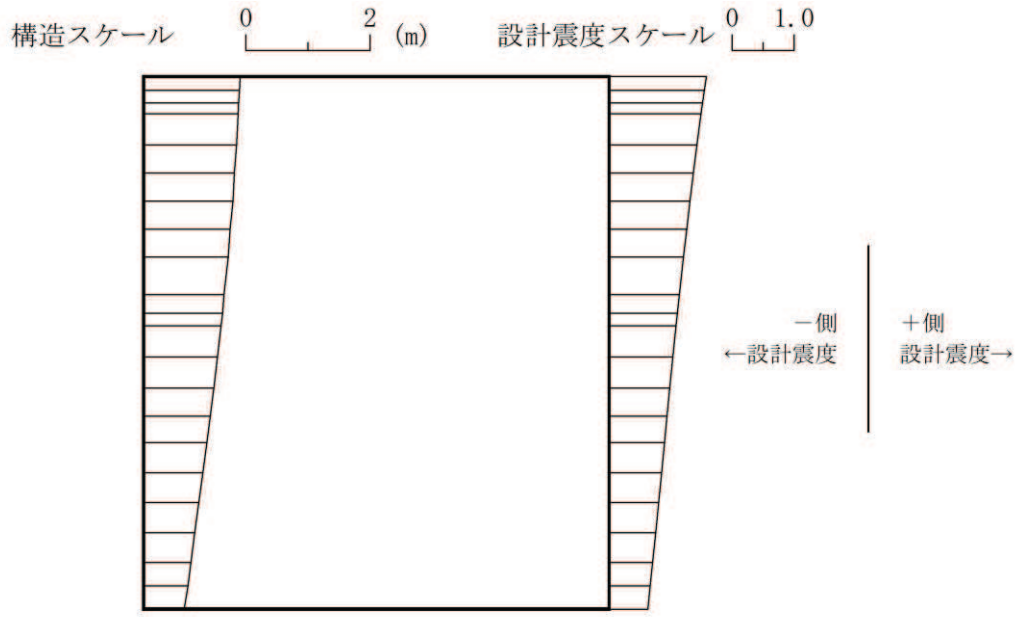
直応力



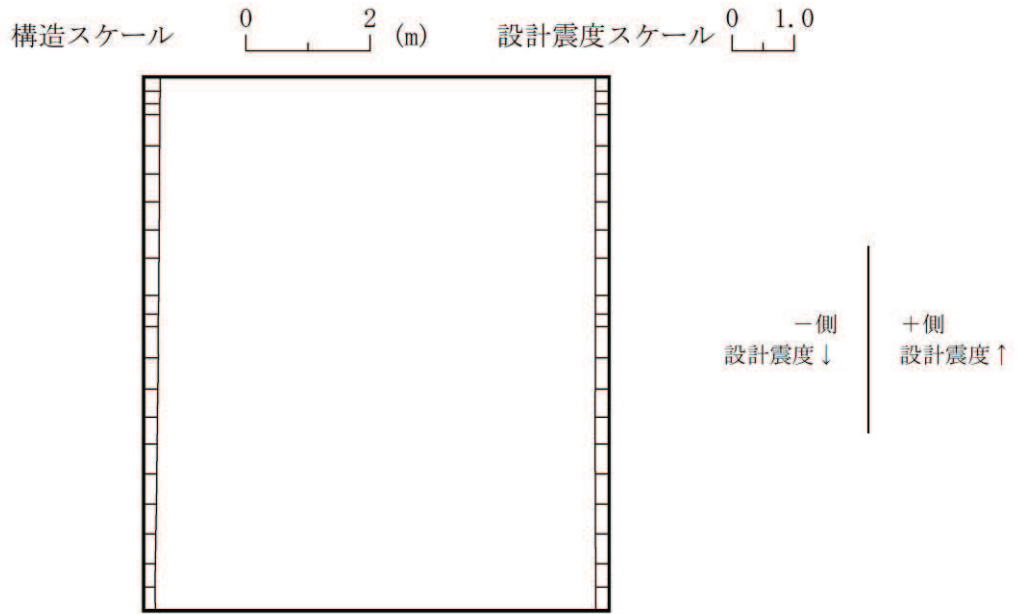
せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-6 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)  
(解析ケース③, S s - D 2 (++) , 東西)



水平震度



鉛直震度

図 3-7 作用荷重分布図 (設計震度分布)  
(解析ケース③,  $S_s - D2$  (++) , 東西)

(3) 入力荷重

三次元構造解析の入力荷重は、設計値及び添付書類「VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書」より得られた地震応答解析に基づく「(2) 照査時刻」で選定した照査時刻における応答値を用いて算定する。入力荷重の一覧を表 3-9 に示す。

表 3-9 三次元構造解析における入力荷重

| 区分    | 種別    | 考慮する荷重         |
|-------|-------|----------------|
| 常時荷重  | 固定荷重  | 躯体自重, 機器・配管荷重  |
|       | 積載荷重  | 躯体に作用する積載荷重    |
|       | 常時土圧  | 躯体側面に作用する常時土圧  |
| 地震時荷重 | 慣性力   | 躯体に作用する慣性力     |
|       | 機器反力* | 機器・配管反力        |
|       | 地震時土圧 | 躯体側面に作用する地震時土圧 |

注記\* : 地震応答解析により機器・配管を支持する位置で算出した応答加速度に機器・配管の質量を乗じて算定する。

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、構造部材を支持する基礎岩盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

4. 構造部材の地震時応答

三次元構造解析に基づく、各構造部材の地震時応答結果を示す。各部材位置を図4-1に、各部材の要素座標系を図4-2に、シェル要素における各要素の断面力の方向を図4-3に示す。

曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値の評価時刻での断面力分布を図4-4～図4-8に、せん断破壊に対する最大照査値の評価時刻での断面力分布を図4-9及び図4-10に示す。

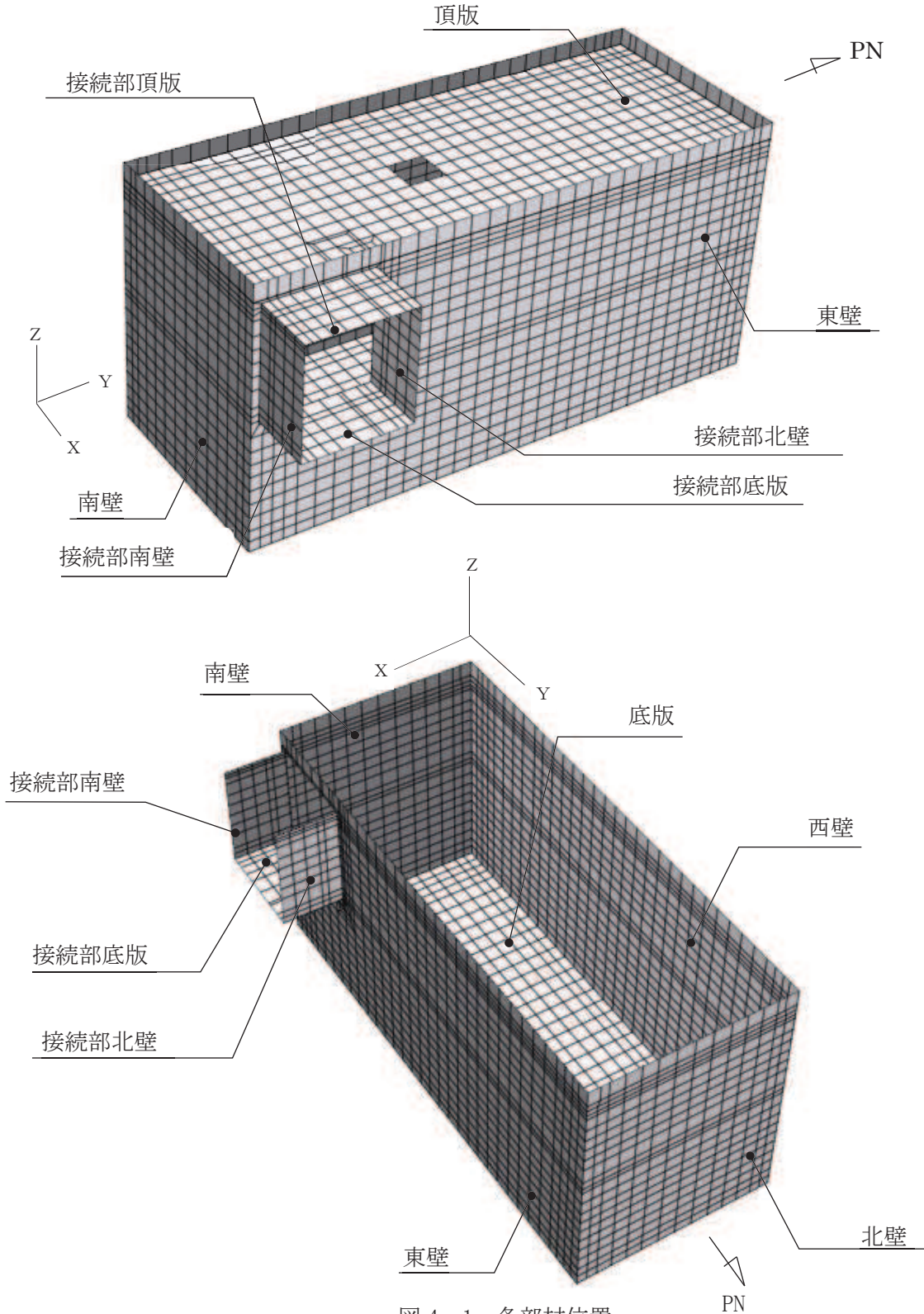
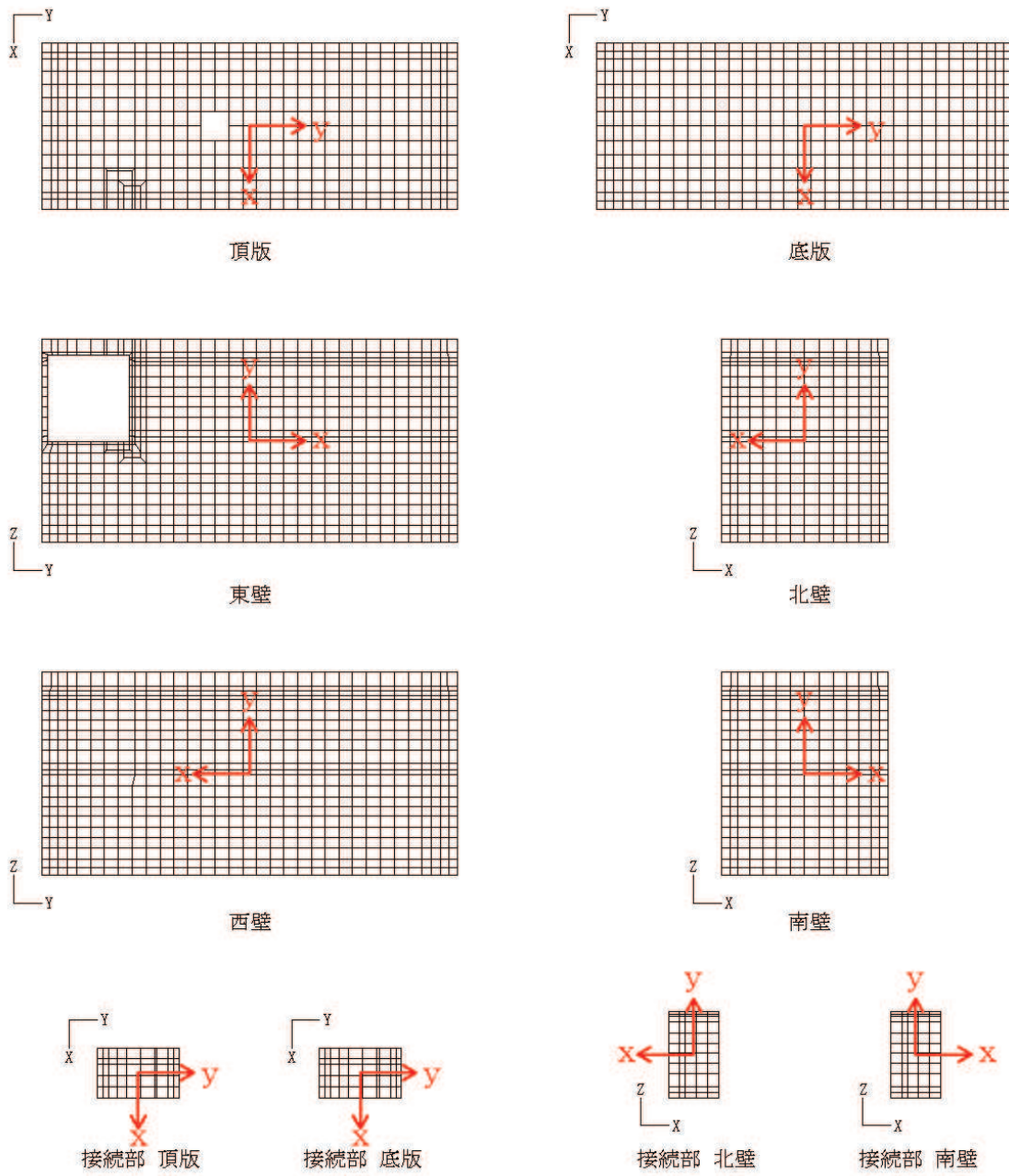


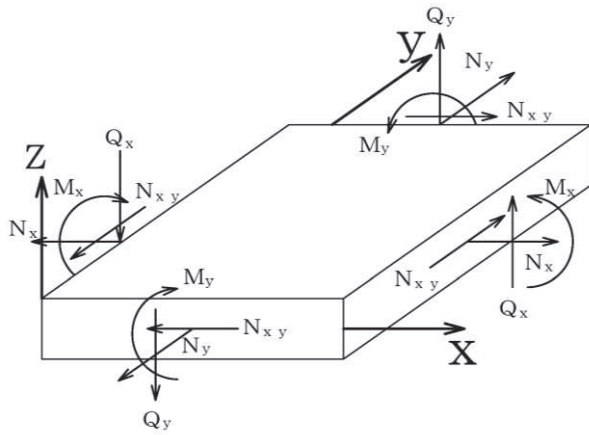
図4-1 各部材位置  
22





黒：全体座標系を示す  
赤：要素座標系を示す

図 4-2 各部材の要素座標系



$M_x, M_y$  : 曲げモーメント  
 $Q_x, Q_y$  : せん断力  
 $N_x, N_y$  : 軸力  
 $N_{xy}$  : 面内せん断力

図 4-3 シェル要素における断面力の方向

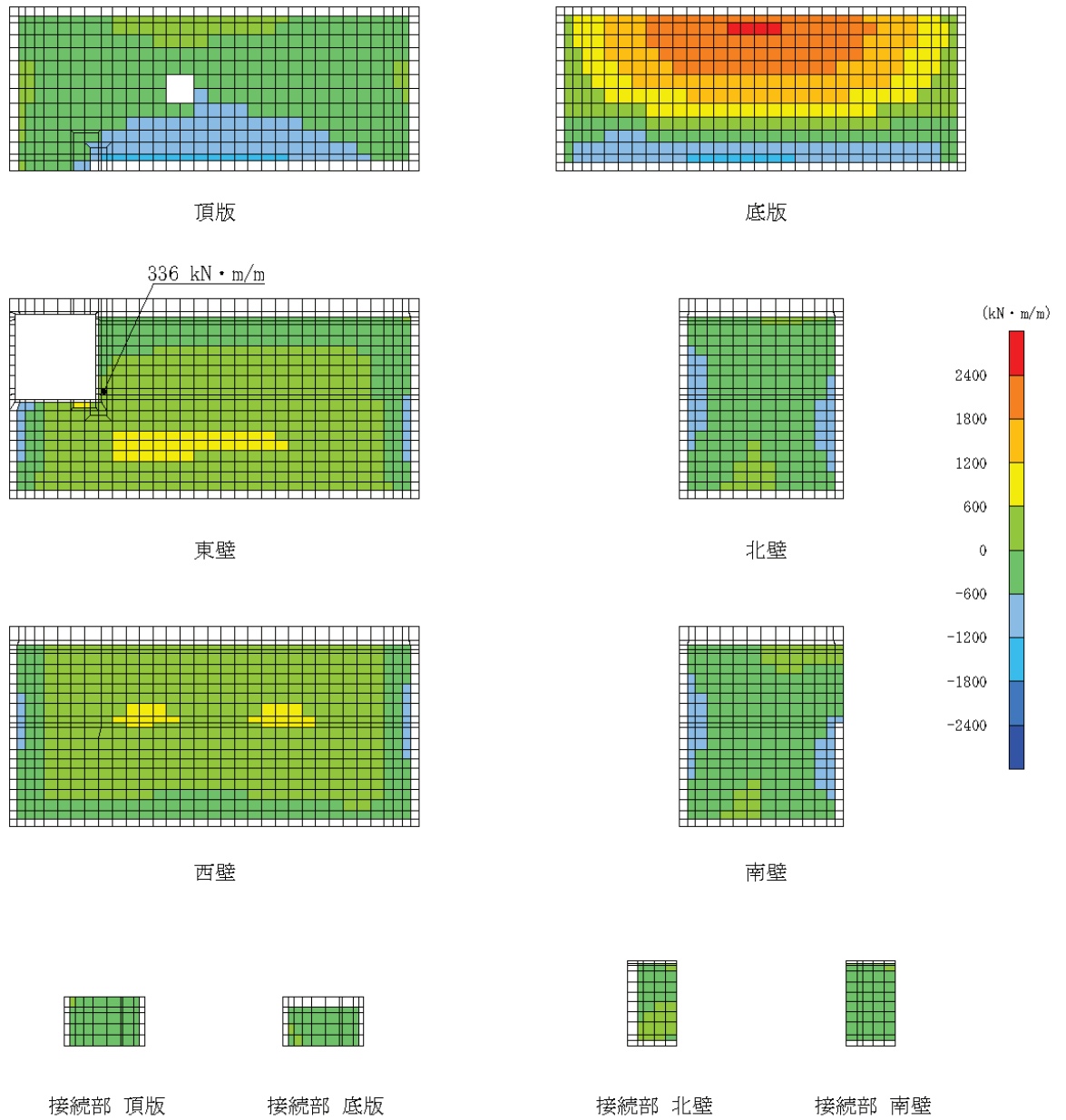


図 4-4 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (曲げモーメント (kN・m/m) :  $M_x$ )  
 (東壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2 (+ +)$ )

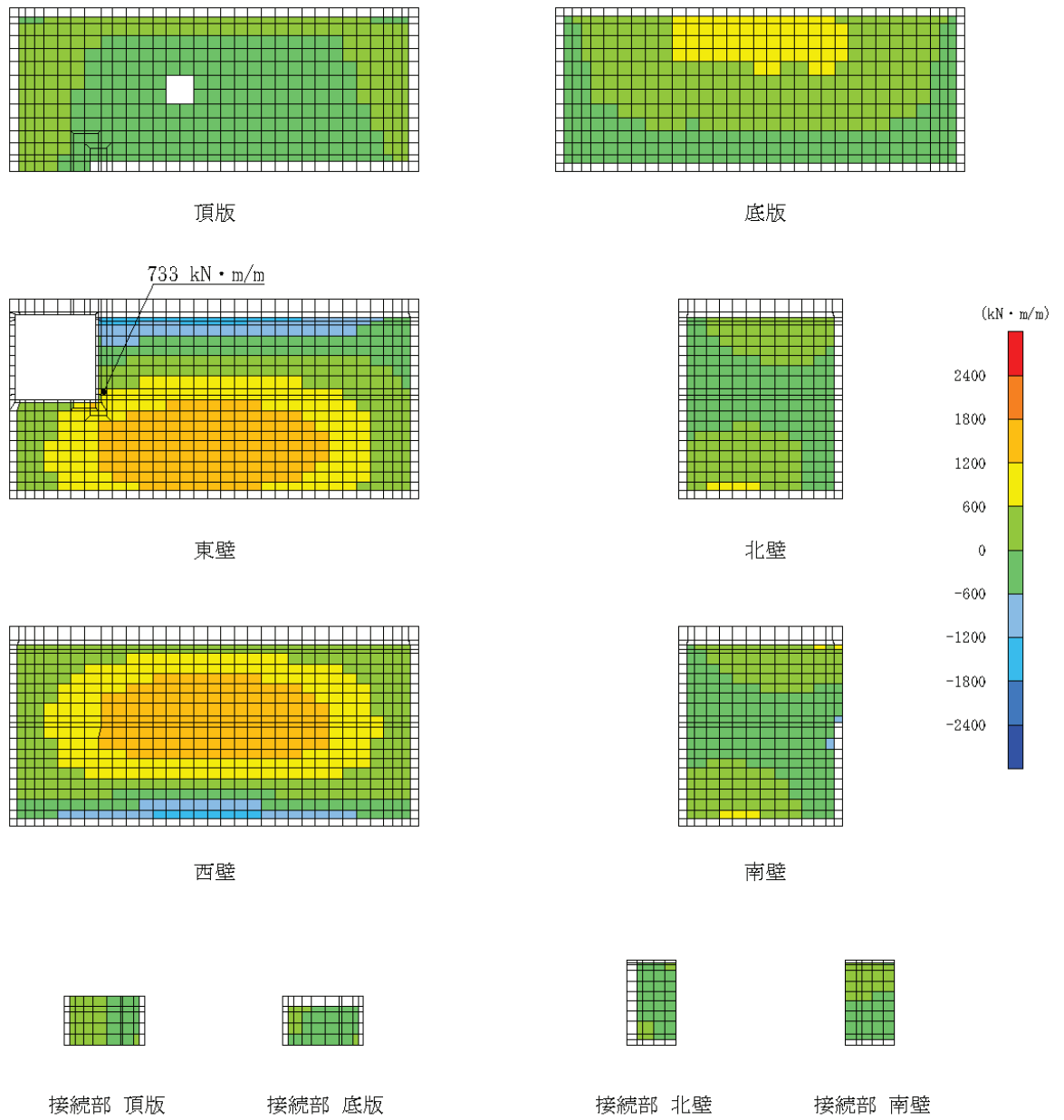


図 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (曲げモーメント (kN・m/m) :  $M_y$ )  
 (東壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2$  (++) )

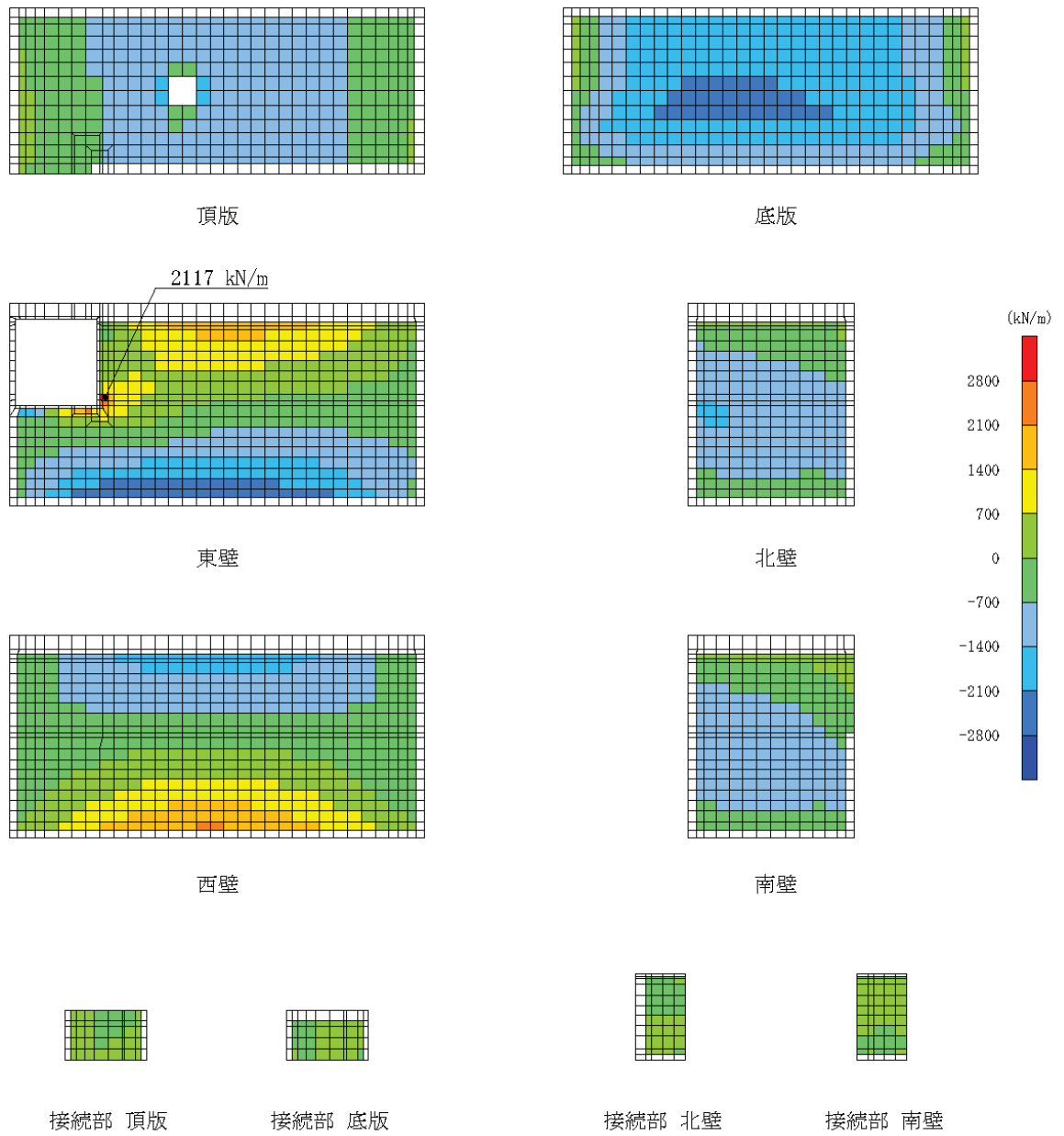


図 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (軸力 (kN/m) :  $N_x$ )  
 (東壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2$  (++) )

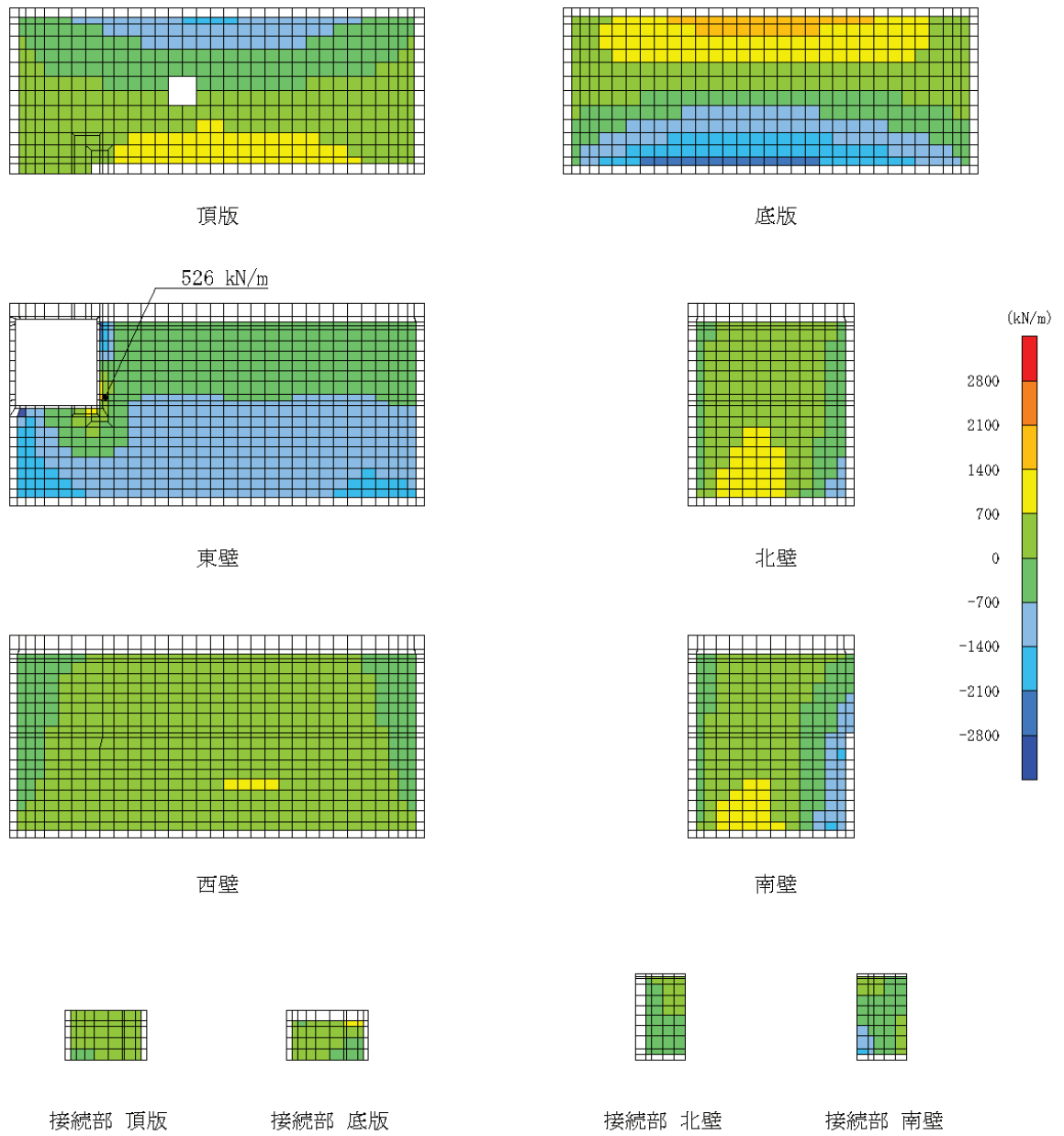


図 4-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (軸力 (kN/m) :  $N_y$ )  
 (東壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2$  (++) )

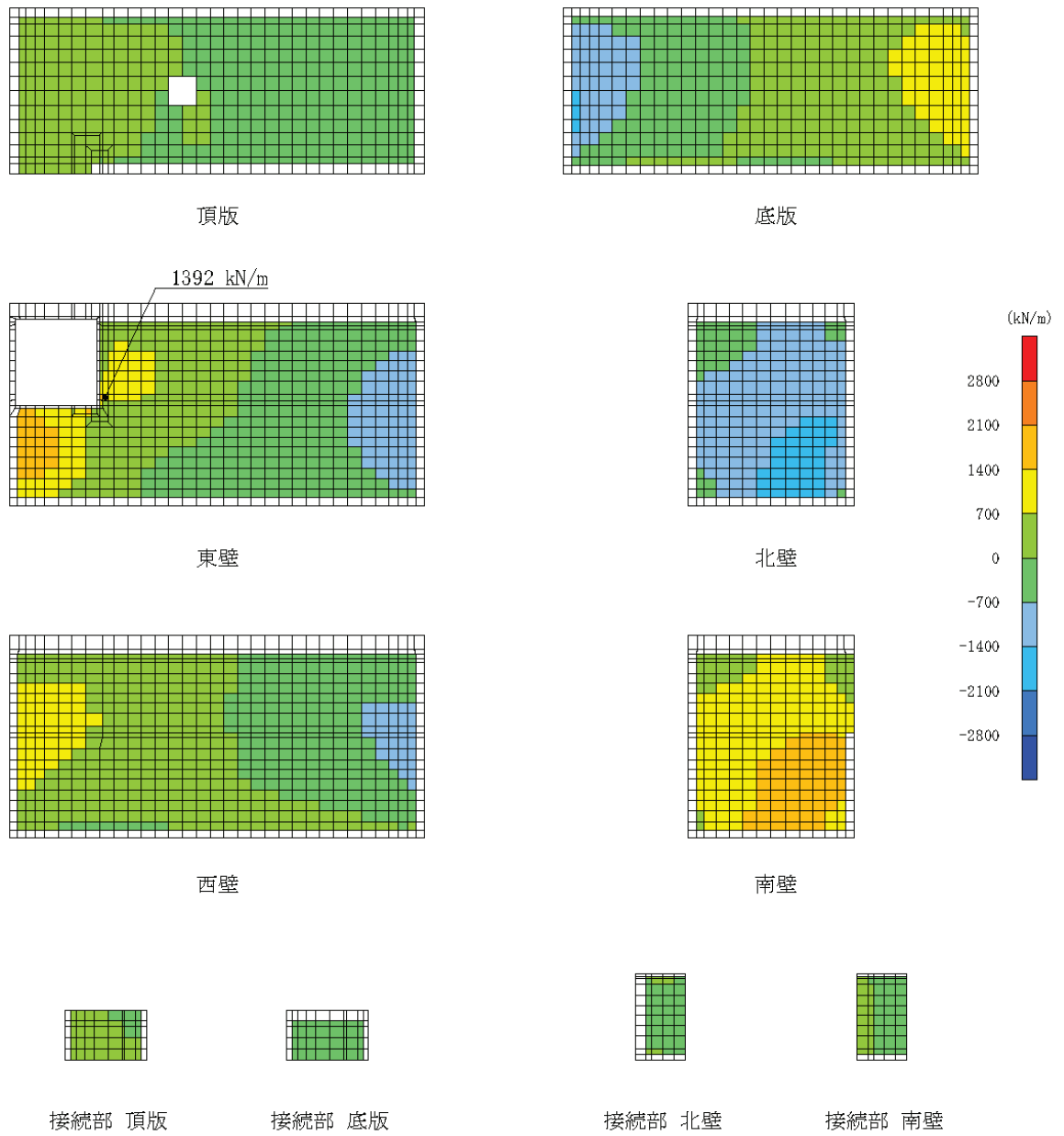


図 4-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (面内せん断力 (kN/m) :  $N_{xy}$ )  
 (東壁, 解析ケース③,  $S_s - D 2 (+ +)$ )

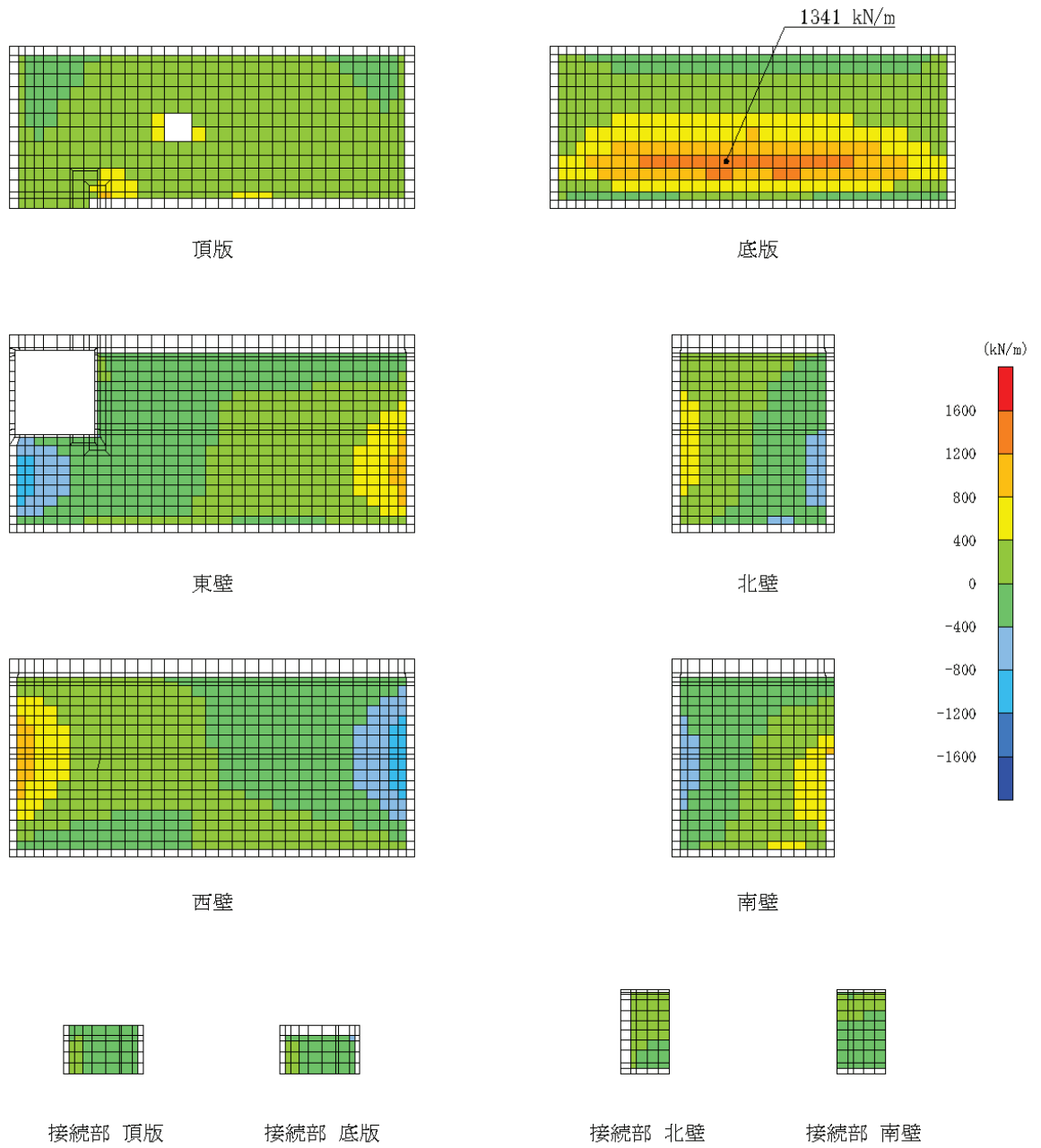


図 4-9 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (せん断力 (kN/m) :  $Q_x$ )  
 (底板, 解析ケース③,  $S_s - D 2$  (++) )



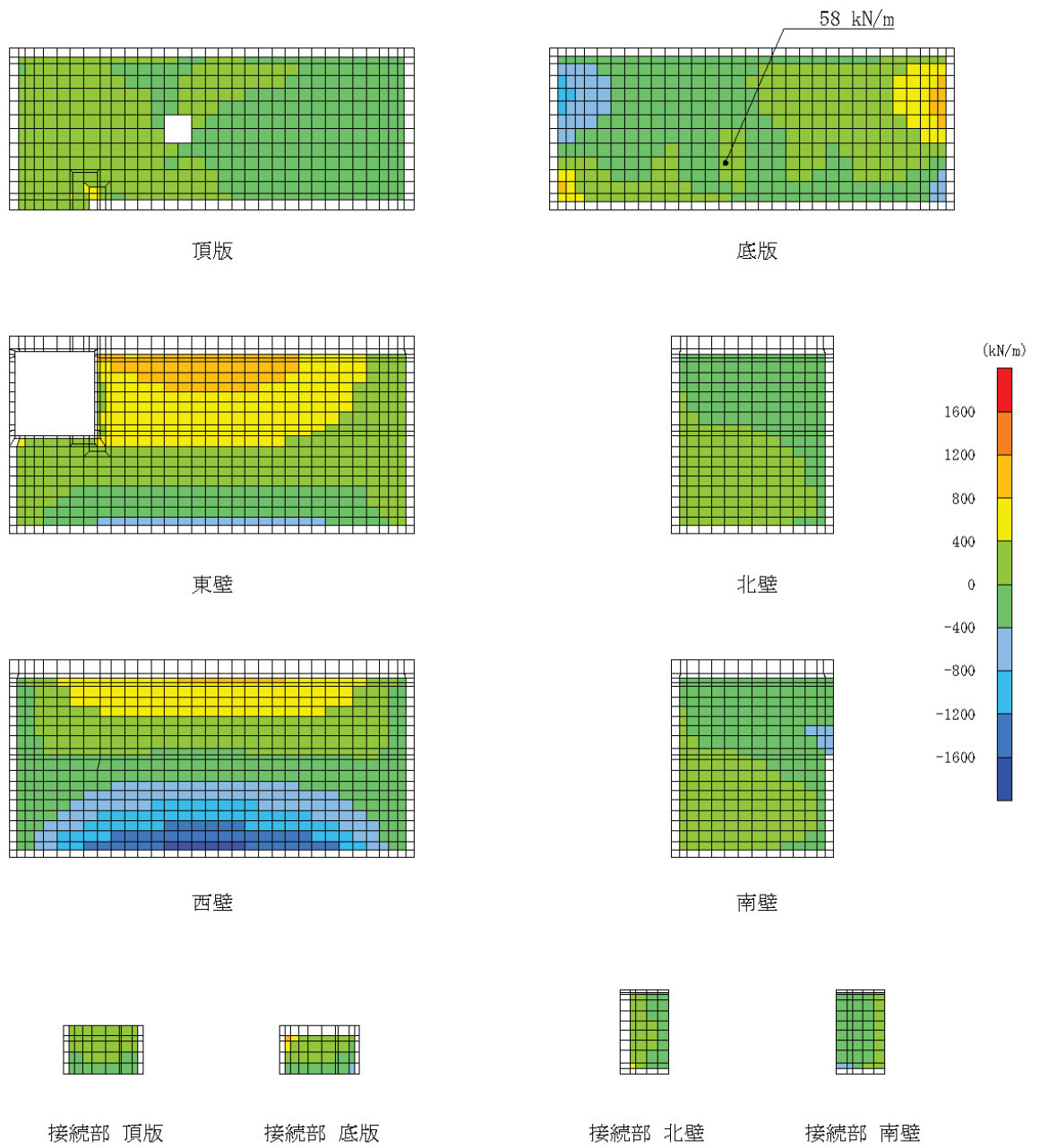


図 4-10 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (せん断力 (kN/m) :  $Q_y$ )  
 (底板, 解析ケース③,  $S_s - D 2$  (++) )

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性及び支持機能に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表5-1及び表5-2に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表5-3に示す。

軽油タンク室(H)の発生応力度及び発生せん断力が、構造部材の健全性及びSクラスの施設を支持する機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリート）

| 評価位置*   |    | 解析ケース | 地震動            | 曲げモーメント  | 軸力     | 発生応力度                               | 短期許容応力度                                | 照査値<br>$\sigma'_c / \sigma'_{ca}$ |
|---------|----|-------|----------------|----------|--------|-------------------------------------|--|-----------------------------------|
|         |    |       |                | (kN・m/m) | (kN/m) | $\sigma'_c$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma'_{ca}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |                                   |
| 底版      | 10 | ③     | S s - D 2 (++) | 2418     | -2080  | 8.4                                 | 13.5                                   | 0.63                              |
| 頂版      | 20 | ③     | S s - D 2 (++) | -1335    | -1154  | 7.3                                 | 13.5                                   | 0.55                              |
| 南北壁     | 30 | ③     | S s - D 2 (++) | -1170    | -3031  | 4.3                                 | 13.5                                   | 0.32                              |
| 東西壁     | 60 | ③     | S s - D 2 (++) | -1783    | -2476  | 6.2                                 | 13.5                                   | 0.46                              |
| 接続部 底版  | 70 | ③     | S s - D 2 (++) | 415      | 56     | 4.0                                 | 13.5                                   | 0.30                              |
| 接続部 頂版  | 80 | ③     | S s - D 2 (++) | -301     | 270    | 3.0                                 | 13.5                                   | 0.23                              |
| 接続部 南北壁 | 90 | ③     | S s - D 2 (++) | -436     | -2291  | 4.4                                 | 13.5                                   | 0.33                              |

注記\*：評価位置は図5-1に示す。

表5-2 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋）

| 評価位置*   |    | 解析ケース | 地震動            | 曲げモーメント  | 軸力     | 発生応力度                              | 短期許容応力度                               | 照査値<br>$\sigma_s / \sigma_{sa}$ |
|---------|----|-------|----------------|----------|--------|------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
|         |    |       |                | (kN・m/m) | (kN/m) | $\sigma_s$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\sigma_{sa}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |                                 |
| 底版      | 10 | ③     | S s - D 2 (++) | 636      | 1978   | 161                                | 309                                   | 0.53                            |
| 頂版      | 20 | ③     | S s - D 2 (++) | -1254    | -721   | 120                                | 309                                   | 0.39                            |
| 南北壁     | 40 | ③     | S s - D 2 (++) | 753      | 2538   | 200                                | 309                                   | 0.65                            |
| 東西壁     | 60 | ③     | S s - D 2 (++) | 336      | 3509   | 207                                | 309                                   | 0.67                            |
| 接続部 底版  | 70 | ③     | S s - D 2 (++) | -376     | 864    | 181                                | 309                                   | 0.59                            |
| 接続部 頂版  | 80 | ③     | S s - D 2 (++) | 287      | 901    | 169                                | 309                                   | 0.55                            |
| 接続部 南北壁 | 90 | ③     | S s - D 2 (++) | 235      | 636    | 128                                | 309                                   | 0.42                            |

注記\*：評価位置は図5-1に示す。

表 5-3 せん断破壊に対する照査

| 評価位置*   |    | 解析<br>ケース | 地震動            | 発生<br>せん断力<br>V<br>(kN/m) | 短期許容<br>せん断力<br>V <sub>a</sub><br>(kN/m) | 照査値<br>V/V <sub>a</sub> |
|---------|----|-----------|----------------|---------------------------|--|-------------------------|
| 底版      | 10 | ③         | S s - D 2 (++) | 1341                      | 2390                                     | 0.57                    |
| 頂版      | 20 | ③         | S s - D 2 (++) | 641                       | 1817                                     | 0.36                    |
| 南北壁     | 30 | ③         | S s - D 2 (++) | 634                       | 2390                                     | 0.27                    |
| 東西壁     | 50 | ③         | S s - D 2 (++) | 1238                      | 2390                                     | 0.52                    |
| 接続部 底版  | 70 | ③         | S s - D 2 (++) | 374                       | 943                                      | 0.40                    |
| 接続部 頂版  | 80 | ③         | S s - D 2 (++) | 278                       | 906                                      | 0.31                    |
| 接続部 南北壁 | 90 | ③         | S s - D 2 (++) | 376                       | 906                                      | 0.42                    |

注記\* : 評価位置は図 5-1 に示す。

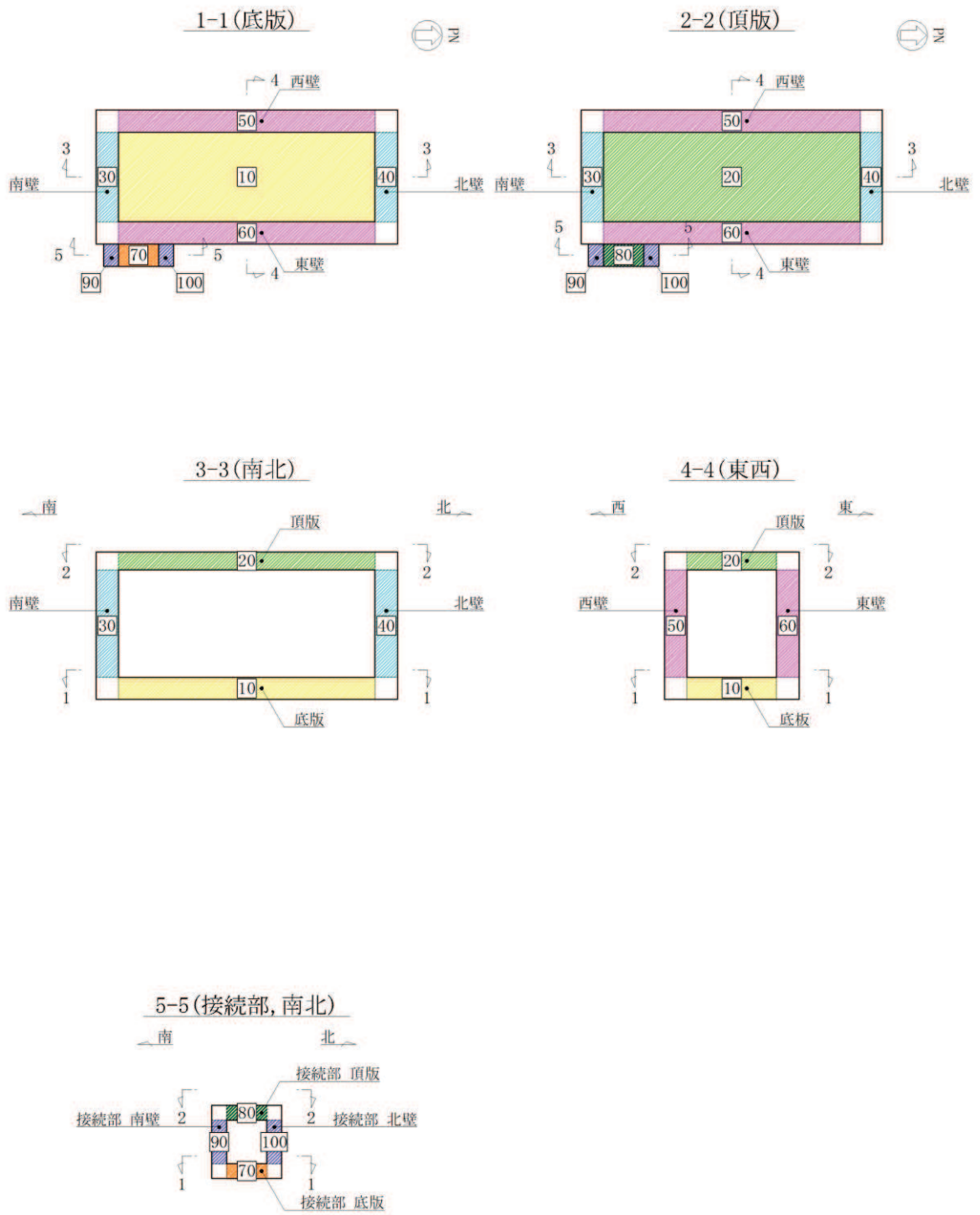


图 5-1 評価位置図

## 5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

### 5.2.1 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表5-4に示す。また、最大接地圧分布図を図5-2に示す。

軽油タンク室（H）の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表5-4 基礎地盤の支持性能照査結果

| 解析<br>ケース | 地震動                     | 最大接地圧<br>$R_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 極限支持力<br>$R_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$R_d/R_u$ |
|-----------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| ①         | S <sub>s</sub> -D1 (++) | 2.0                                 | 13.7                                | 0.15             |

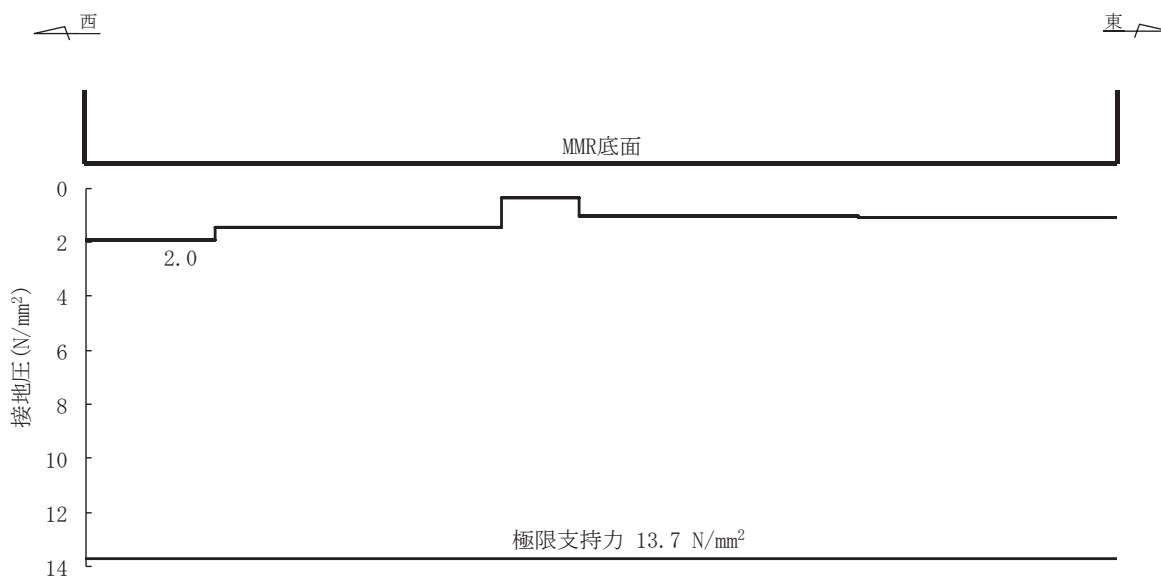


図5-2 基礎地盤の最大接地圧分布図  
(解析ケース①, S<sub>s</sub>-D1 (++))

### 5.2.2 MMR（新設）

MMR（新設）の支持性能に対する照査結果を表5-5に示す。また、最大接地圧分布図を図5-3に示す。

軽油タンク室（H）のMMR（新設）に発生する最大接地圧が、支圧強度を下回ることを確認した。

表5-5 MMR（新設）の支持性能照査結果

| 解析<br>ケース | 地震動                     | 最大接地圧<br>$R_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 支圧強度<br>$f'_a$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$R_d / f'_a$ |
|-----------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------------|
| ③         | S <sub>s</sub> -D2 (++) | 3.9                                 | 26.5                                | 0.15                |

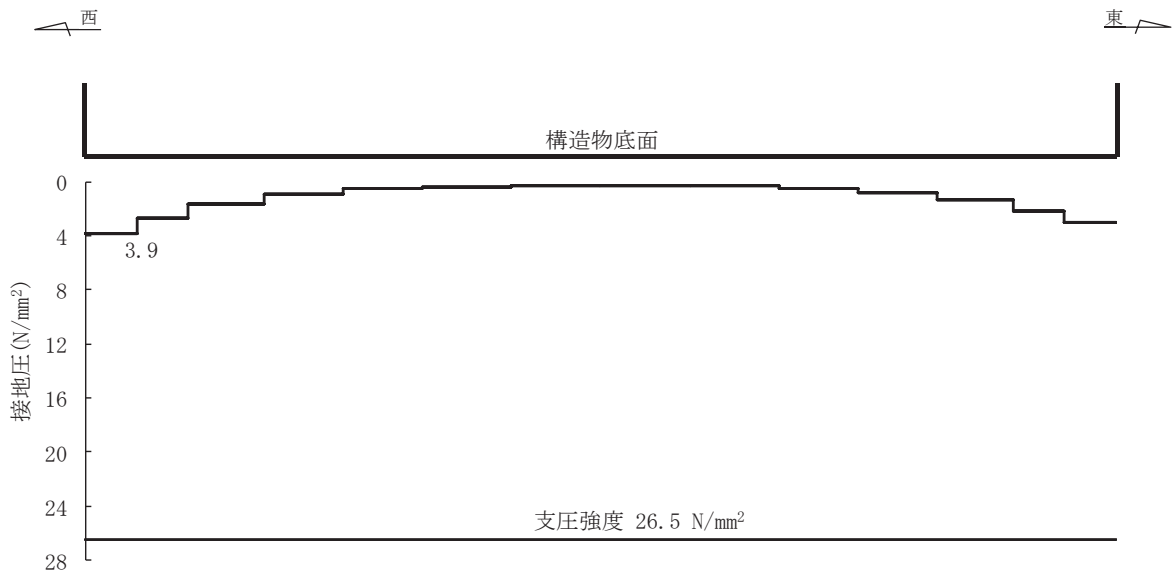


図5-3 MMR（新設）の最大接地圧分布図  
(解析ケース③, S<sub>s</sub>-D2 (++))

VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書

## 目 次

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| 1. 概要                 | 1   |
| 2. 基本方針               | 2   |
| 2.1 位置                | 2   |
| 2.2 構造概要              | 3   |
| 2.3 解析方針              | 5   |
| 2.4 適用基準              | 7   |
| 3. 解析方法               | 8   |
| 3.1 地震時荷重算出断面         | 8   |
| 3.2 解析方法              | 10  |
| 3.2.1 構造部材            | 10  |
| 3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき | 11  |
| 3.2.3 減衰定数            | 13  |
| 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定 | 14  |
| 3.3 荷重及び荷重の組合せ        | 17  |
| 3.3.1 耐震評価上考慮する状態     | 17  |
| 3.3.2 荷重              | 17  |
| 3.3.3 荷重の組合せ          | 18  |
| 3.4 入力地震動             | 19  |
| 3.5 解析モデル及び諸元         | 34  |
| 3.5.1 解析モデル           | 34  |
| 3.5.2 使用材料及び材料の物性値    | 36  |
| 3.5.3 地盤の物性値          | 36  |
| 3.5.4 地下水位            | 37  |
| 4. 解析結果               | 38  |
| 4.1 南北方向の解析結果         | 38  |
| 4.1.1 全応力解析の解析結果      | 38  |
| 4.1.2 有効応力解析の解析結果     | 95  |
| 4.2 東西方向の解析結果         | 110 |



## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施するガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は、ガスタービン発電設備軽油タンク室が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、面部材として加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁を有する箱形構造物であることから、二次元地震応答解析により地震時荷重を算定し、その荷重を三次元構造解析モデルに作用させて耐震評価を実施するものである。よって、地震応答解析により抽出する応答値は、三次元構造解析モデルに作用させる地震時土圧、慣性力及び基礎地盤に発生する接地圧である。

また、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

ガスタービン発電設備軽油タンク室の位置を図 2-1 に示す。

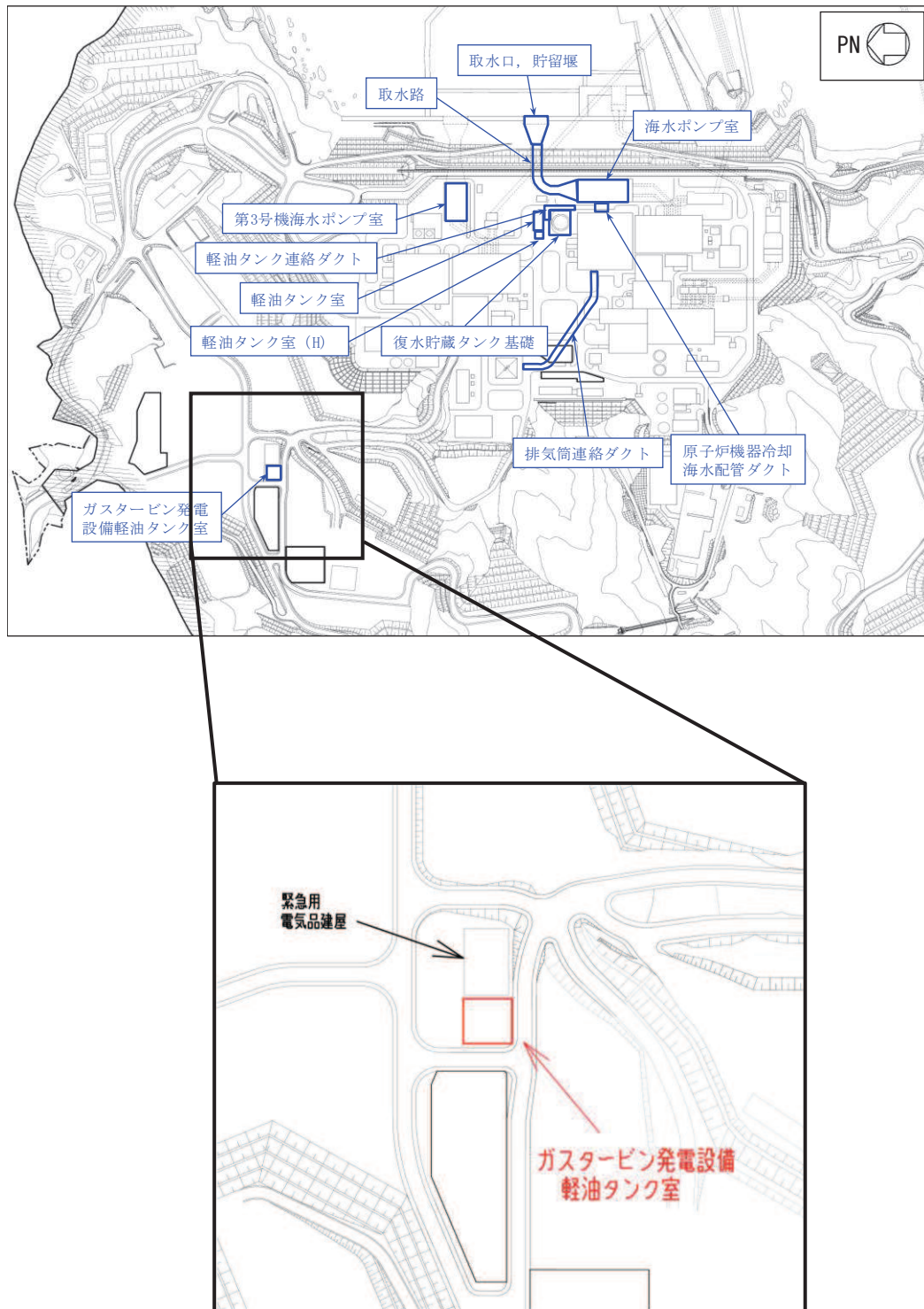


図 2-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の位置図

## 2.2 構造概要

ガスタービン発電設備軽油タンク室の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、ガスタービン発電設備軽油タンク等を間接支持しており、支持機能が要求される。

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、幅 20.30m（東西）×22.00m（南北）、高さ 7.10m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置されている。

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、面部材として加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁を有する箱形構造物である。

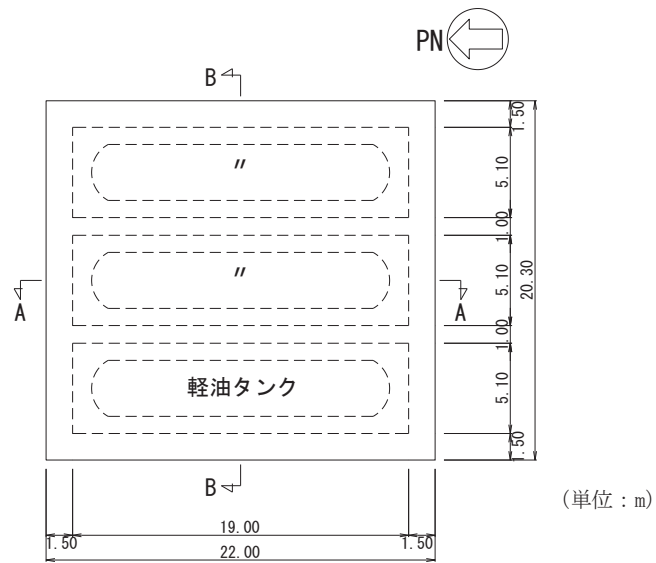
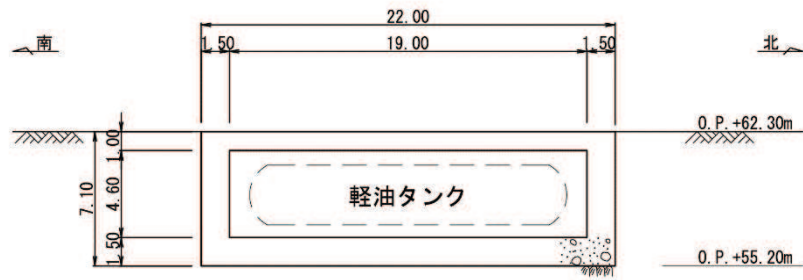
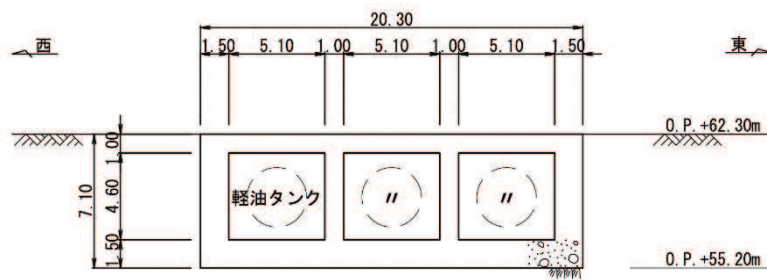


図 2-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室平面図



(単位：m)

図 2-3 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (A-A 断面, 南北)



(単位：m)

図 2-4 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (B-B 断面, 東西)

### 2.3 解析方針

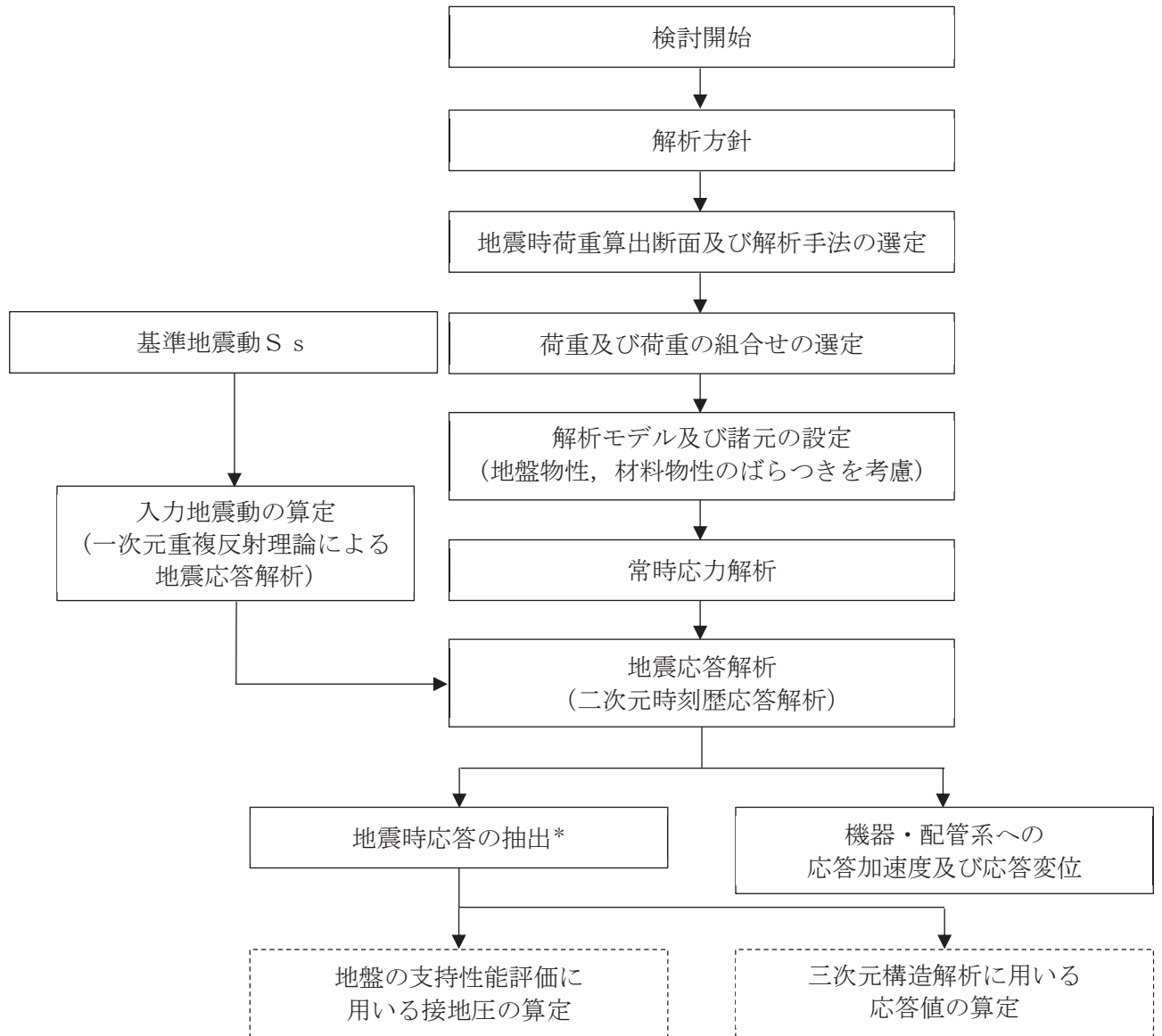
ガスタービン発電設備軽油タンク室は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ に対して地震応答解析を実施する。

図2-5にガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 地震時荷重算出断面」に示す断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による二次元有限要素法による時刻歴応答解析により行うこととし、地盤物性及び材料物性のばらつきを適切に考慮する。

二次元有限要素法による時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い、地震時土圧、慣性力及び基礎地盤の接地圧は、ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価に用いる。



注記\* : 耐震評価に用いる応答値を算定する。

図 2-5 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析フロー

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- ・土木学会 2005年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）

### 3. 解析方法

#### 3.1 地震時荷重算出断面

ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震時荷重算出断面位置を図 3-1 に示す。地震時荷重算出断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、タンク軸方向で構造物の中心を通る南北方向（A-A 断面）及びタンク軸方向に直交し構造物の中心を通る東西方向（B-B 断面）の両断面とする。地震時荷重算出用地質断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

なお、加振方向に平行に配置され耐震上見込むことができる面部材の配置から、南北方向（A-A 断面）が強軸方向となり、東西方向（B-B 断面）が弱軸方向となる。よって、構造物の耐震評価に用いる応答値の抽出は、弱軸方向に対して実施し、機器・配管系の耐震評価に用いる応答値の抽出は、弱軸方向及び強軸方向に対して実施する。

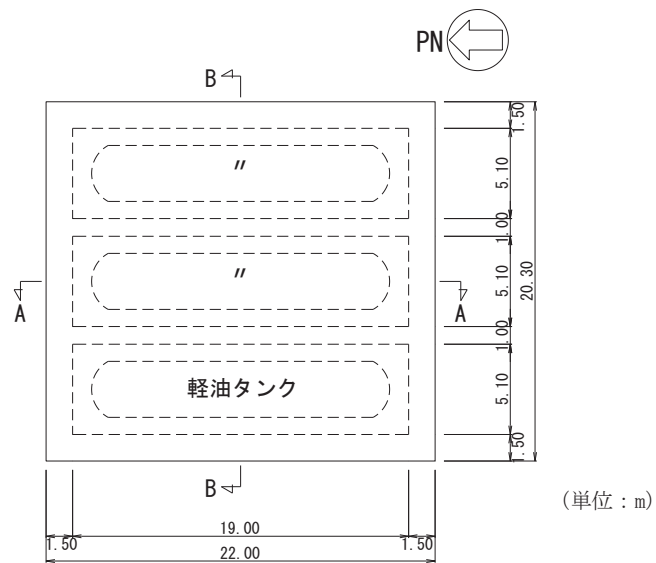


図 3-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震時荷重算出断面位置図



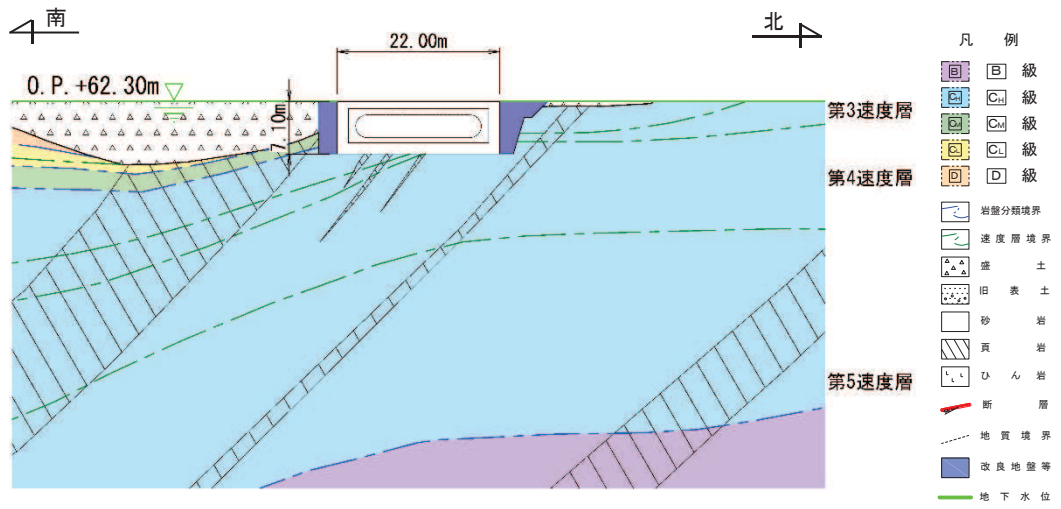


図3-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室 地震時荷重算出用地質断面図  
(A-A断面, 南北)

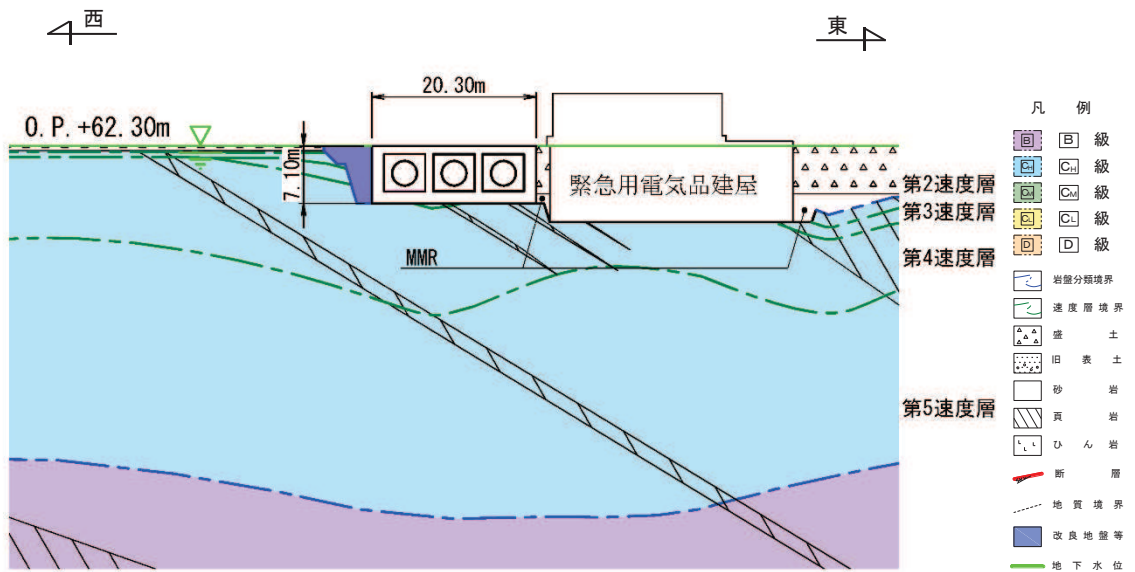


図3-3 ガスタービン発電設備軽油タンク室 地震時荷重算出用地質断面図  
(B-B断面, 東西)

### 3.2 解析方法

ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動  $S_s$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。ガスタービン発電設備軽油タンク室の南北方向については、北側は改良地盤とその外側の岩盤に囲まれており、南側は改良地盤に囲まれ、その外側には盛土が分布し、南方に向かって岩盤面が下り勾配で傾斜していることから解析手法は、全応力解析及び有効応力解析を実施する。東西方向については、西側は改良地盤とその外側の岩盤に囲まれ、東側は耐震性が確認されている緊急用電気品建屋が隣接していることから、解析手法は全応力解析とする。

東西方向において隣接構造物となる緊急用電気品建屋、構造物周辺の改良地盤及びMMRは、ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価において保守的な評価となるよう盛土としてモデル化する。

構造部材については、頂版、底版及び地震時荷重算出断面に垂直な壁部材は線形はり要素、断面に平行な壁部材は平面応力要素とし、構造物の奥行方向の長さ各部材の奥行方向の長さの比率や三次元構造解析モデルとの変位を整合させるためのヤング係数の調整を行い、実構造物と等価な剛性となるようモデル化する。また、地盤については地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.08」及び解析コード「FLIP ver. 7.3.0\_2」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。

### 3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

地盤物性及び材料物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、岩盤上に設置され、周囲が埋戻されており、主たる荷重は盛土等の土圧となることから、盛土、**D**級岩盤の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差 $\sigma$ を用いて設定した解析ケース②、③及び⑧を実施することにより地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

また、材料物性のばらつきとして構造物の実強度に基づいて設定した解析ケース④を実施することにより、材料物性のばらつきの影響を考慮する。

なお、ガスタービン発電設備軽油タンク室は、新設構造物であり許容応力度法により設計を行っており、十分に裕度を確保した設計としていることから、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④による耐震評価は実施せず、機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 3-1 解析ケース

| 解析ケース* <sup>1</sup> | 解析手法   | 材料物性<br>(コンクリート)<br>( $E_0$ : ヤング係数) | 地盤物性                             |  |
|---------------------|--------|--------------------------------------|----------------------------------|--|
|                     |        |                                      | 盛土, D級岩盤<br>( $G_0$ : 初期せん断弾性係数) | C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤,<br>C <sub>H</sub> 級岩盤, B級岩盤<br>( $G_d$ : 動せん断弾性係数) |
| ケース①<br>(基本ケース)     | 全応力解析  | 設計基準強度                               | 平均値                              | 平均値  |
| ケース②                | 全応力解析  | 設計基準強度                               | 平均値+1 $\sigma$                   | 平均値  |
| ケース③                | 全応力解析  | 設計基準強度                               | 平均値-1 $\sigma$                   | 平均値  |
| ケース④                | 全応力解析  | 実強度に基づく<br>圧縮強度* <sup>2</sup>        | 平均値                              | 平均値  |
| ケース⑧                | 有効応力解析 | 設計基準強度                               | 平均値-1 $\sigma$                   | 平均値  |

注記\*1: 南北方向は全応力解析と有効応力解析を, 東西方向は全応力解析を実施する。

\*2: 新設構造物のため, 推定した圧縮強度とする。

### 3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。なお、構造部材を線形でモデル化する場合は、Rayleigh 減衰のみを設定する。

また、有効応力解析では、Rayleigh 減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰 ( $\alpha=0$ ,  $\beta=0.002$ ) とする。なお、係数  $\beta$  の設定については、「FLIP 研究会 14 年間の検討成果のまとめ「理論編」」による。

固有値解析結果に基づき設定した  $\alpha$ ,  $\beta$  を表 3-2 に示す。

$$[c] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

$\alpha$ ,  $\beta$  : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数  $\alpha$ ,  $\beta$  の設定結果

| 地震時荷重算出断面 | 解析手法   | $\alpha$               | $\beta$                |
|-----------|--------|------------------------|------------------------|
| 南北方向      | 全応力解析  | $9.726 \times 10^{-1}$ | $3.085 \times 10^{-4}$ |
|           | 有効応力解析 | 0.000                  | $2.000 \times 10^{-3}$ |
| 東西方向      | 全応力解析  | $8.928 \times 10^{-1}$ | $3.360 \times 10^{-4}$ |

### 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

#### (1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動  $S_s$  に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す解析ケース②及び③を実施する。また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

| 解析ケース       |             |     | ケース①   | ケース②  | ケース③                                |
|-------------|-------------|-----|--------|---|-------------------------------------|
|             |             |     | 基本ケース  | 地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース   | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース |
| 地盤物性        |             |     | 平均値    | 平均値+1 $\sigma$  | 平均値-1 $\sigma$                      |
| 材料物性        |             |     | 設計基準強度 | 設計基準強度  | 設計基準強度                              |
| 地震動<br>(位相) | $S_s - D 1$ | ++* | ○      | <b>【追加解析ケースについて】</b><br>基準地震動 $S_s$ (7 波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波に対し、全応力解析による基本ケース①を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②及び③を実施する。<br>すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。 |                                     |
|             |             | -+* | ○      |   |                                     |
|             | $S_s - D 2$ | ++* | ○      |   |                                     |
|             |             | -+* | ○      |   |                                     |
|             | $S_s - D 3$ | ++* | ○      |   |                                     |
|             |             | -+* | ○      |   |                                     |
|             | $S_s - F 1$ | ++* | ○      |   |                                     |
|             |             | -+* | ○      |   |                                     |
|             | $S_s - F 2$ | ++* | ○      |   |                                     |
|             |             | -+* | ○      |   |                                     |
|             | $S_s - F 3$ | ++* | ○      |   |                                     |
|             |             | -+* | ○      |   |                                     |
|             | $S_s - N 1$ | ++* | ○      |   |                                     |
|             |             | -+* | ○      |   |                                     |

注記\* : 耐震評価に当たっては、「土木学会 2005 年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル」(以下「土木学会マニュアル」という。)に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮として解析ケース①に加え、表 3-1 に示す解析ケース②～④及び⑧を実施する。機器・配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-4 に示す。

表 3-4(1) 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

| 解析ケース   |           | 全応力解析  |                                     |                                     |                            |   |
|---------|-----------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
|         |           | ケース①   | ケース②                                | ケース③                                | ケース④                       |   |
| 基本ケース   |           |        | 地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 材料物性(コンクリート)に実強度を考慮した解析ケース |   |
| 地盤物性    |           | 平均値    | 平均値+1 $\sigma$                      | 平均値-1 $\sigma$                      | 平均値                        |   |
| 材料物性    |           | 設計基準強度 | 設計基準強度                              | 設計基準強度                              | 実強度に基づく圧縮強度*2              |   |
| 地震動(位相) | S s - D 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S s - D 2 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S s - D 3 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S s - F 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S s - F 2 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S s - F 3 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S s - N 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |

注記\*1：地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

\*2：新設構造物のため、推定した圧縮強度とする。

表 3-4(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

| 解析ケース       |           | 有効応力解析<br>ケース⑧                      |   |
|-------------|-----------|-------------------------------------|---|
|             |           | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース |   |
| 地盤物性        |           | 平均値-1 $\sigma$                      |   |
| 材料物性        |           | 設計基準強度                              |   |
| 地震動<br>(位相) | S s - D 1 | ++*                                 | ○ |
|             |           | -+*                                 | ○ |
|             | S s - D 2 | ++*                                 | ○ |
|             |           | -+*                                 | ○ |
|             | S s - D 3 | ++*                                 | ○ |
|             |           | -+*                                 | ○ |
|             | S s - F 1 | ++*                                 | ○ |
|             |           | -+*                                 | ○ |
|             | S s - F 2 | ++*                                 | ○ |
|             |           | -+*                                 | ○ |
|             | S s - F 3 | ++*                                 | ○ |
|             |           | -+*                                 | ○ |
|             | S s - N 1 | ++*                                 | ○ |
|             |           | -+*                                 | ○ |

注記\* : 地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。



### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 3.3.1 耐震評価上考慮する状態

ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

##### (1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

##### (2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

##### (3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。

##### (4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

#### 3.3.2 荷重

ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

##### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重を考慮する。

##### (2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、積雪荷重  $P_s$  を含めて地表面に  $4.9\text{kN/m}^2$  を考慮する。

##### (3) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である  $43\text{cm}$  に平均的な積雪荷重を与えるための係数  $0.35$  を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第  $86$  条第  $2$  項により、積雪量  $1\text{cm}$  ごとに  $20\text{N/m}^2$  の積雪荷重が作用することを考慮する。

##### (4) 地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

### 3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

| 外力の状態                 | 荷重の組合せ                 |
|-----------------------|------------------------|
| 地震時 (S <sub>s</sub> ) | G + P + S <sub>s</sub> |

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P<sub>s</sub>を含めて 4.9kN/m<sup>2</sup>を地表面に考慮)

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

### 3.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元重複反射理論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図3-4に入力地震動算定の概念図を、図3-5～図3-18に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「microSHAKE/3D Ver. 2.3.3」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

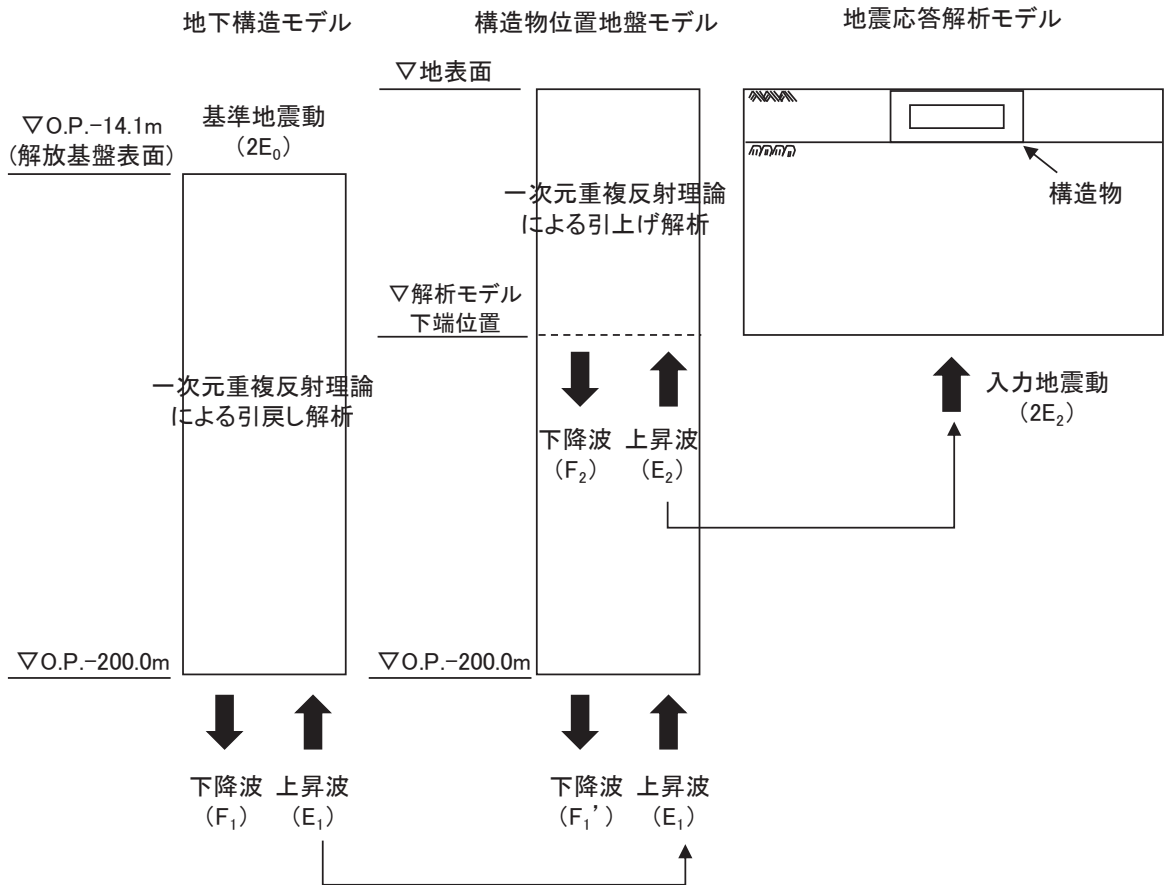
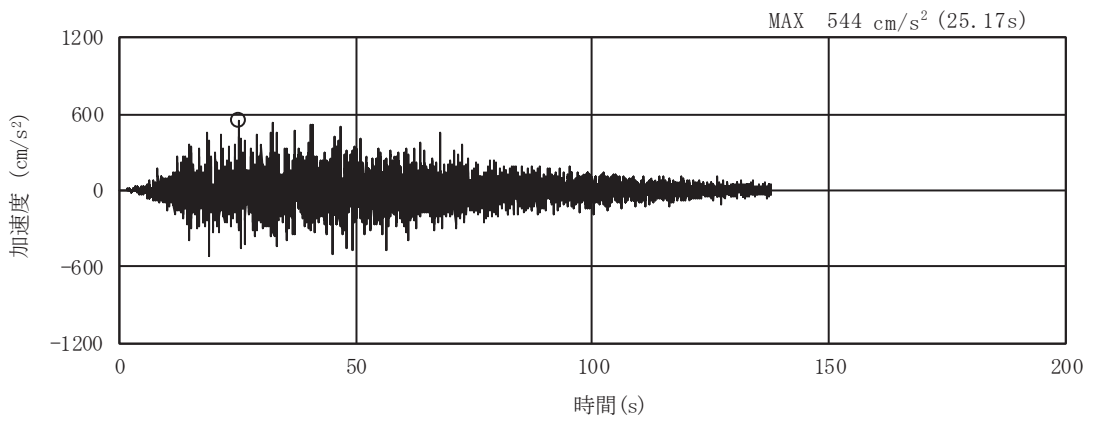
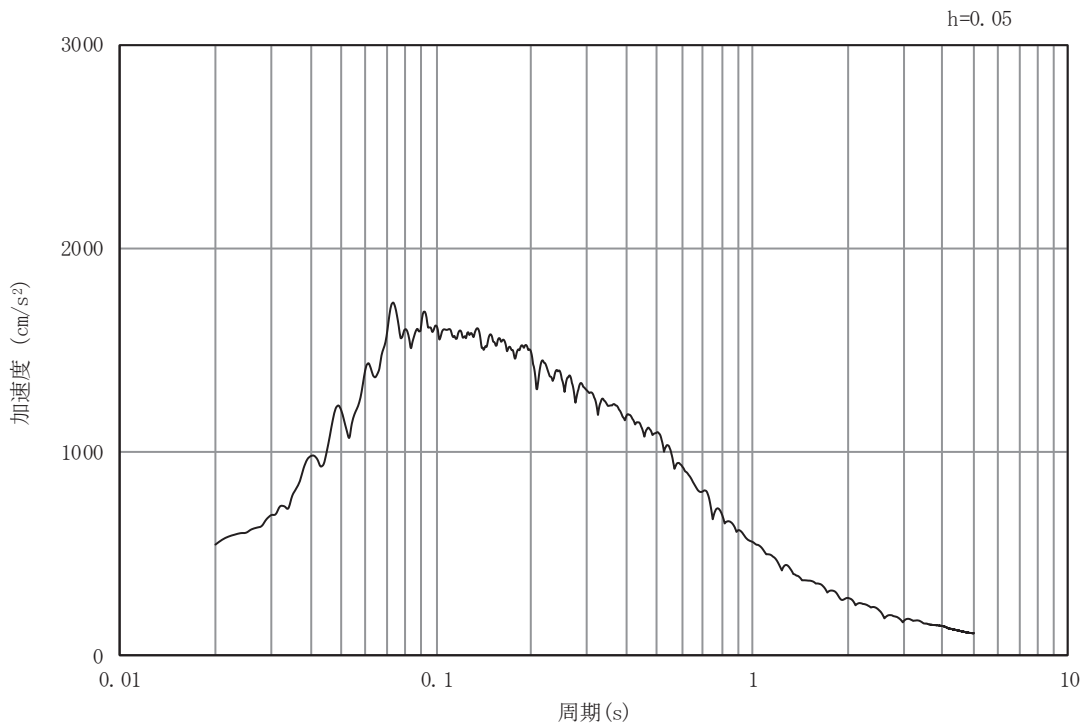


図3-4 入力地震動算定の概念図（基準地震動  $S_s$ ）

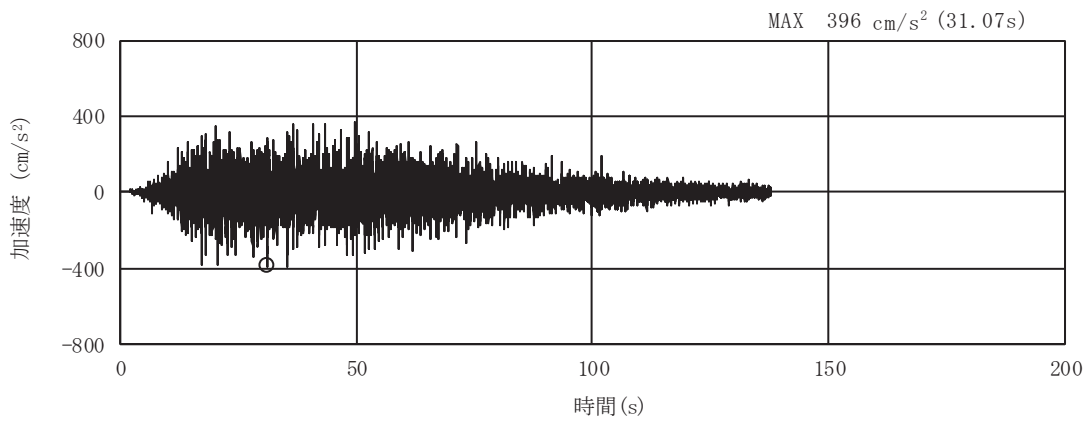


(a) 加速度時刻歴波形

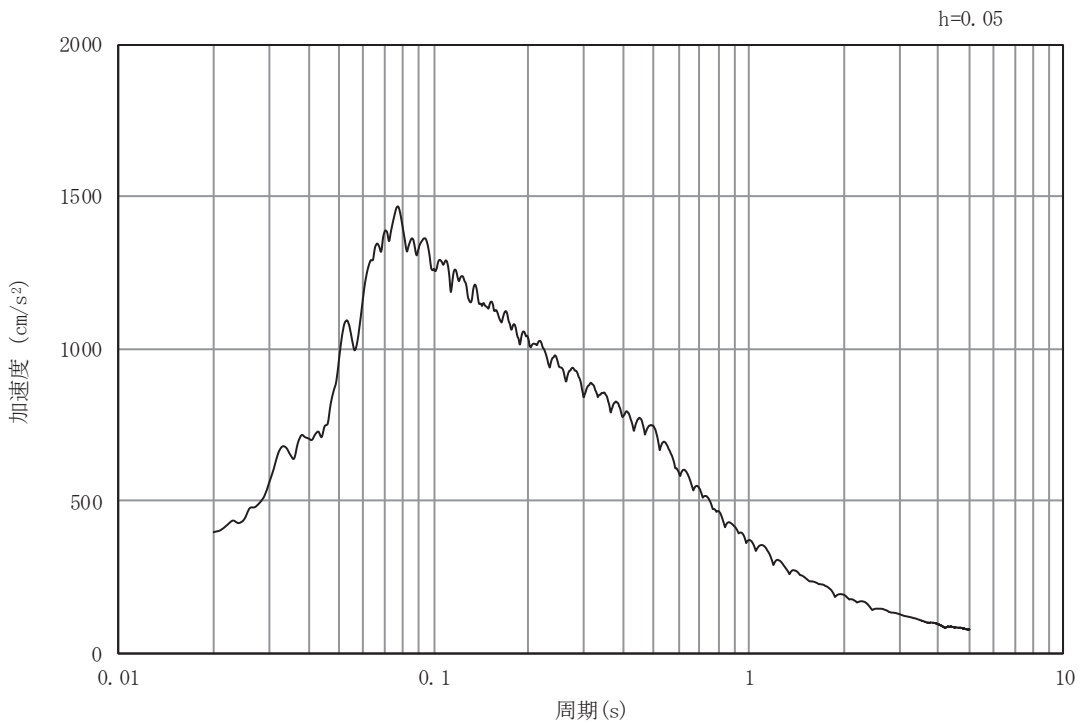


(b) 加速度応答スペクトル

図3-5 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - D 1)

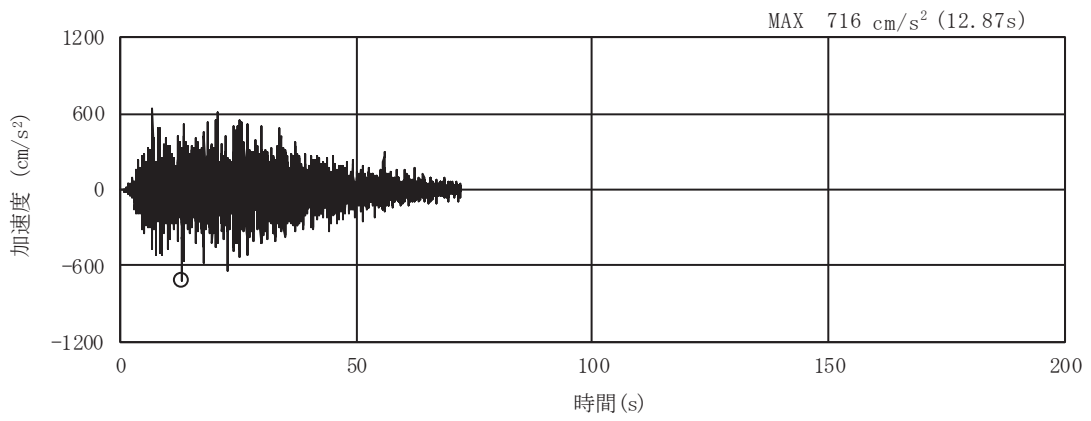


(a) 加速度時刻歴波形

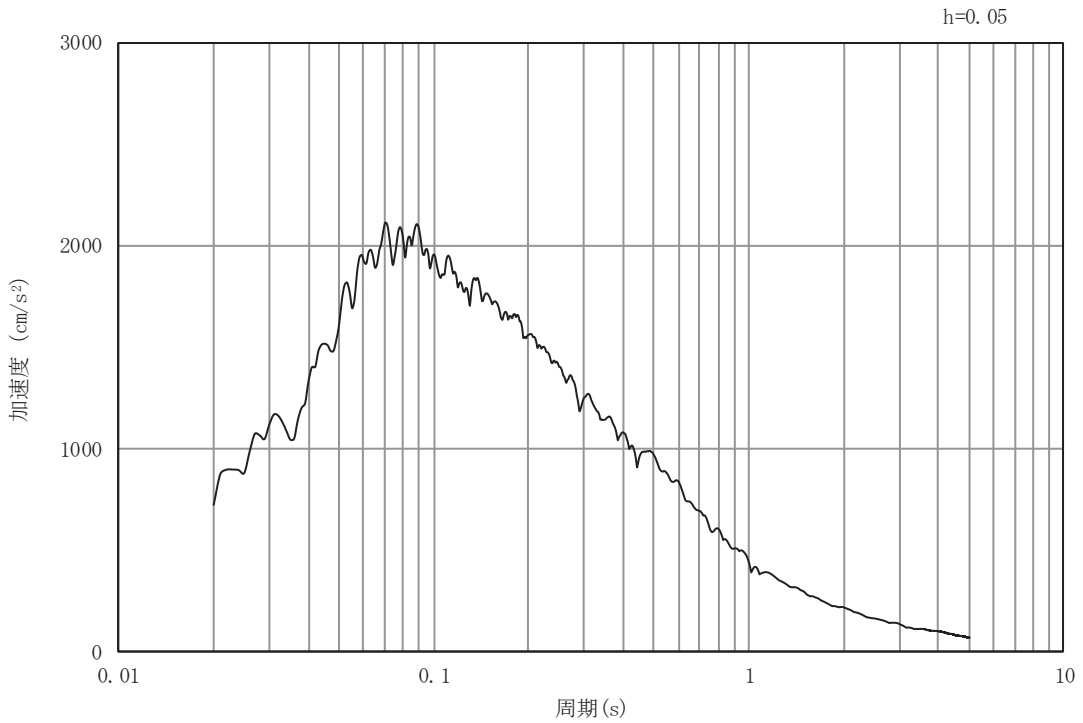


(b) 加速度応答スペクトル

図3-6 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - D 1)

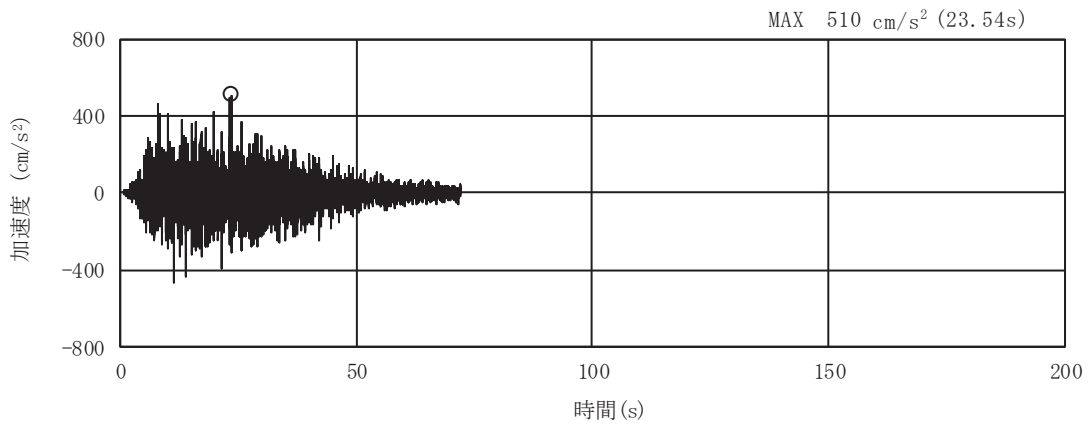


(a) 加速度時刻歴波形

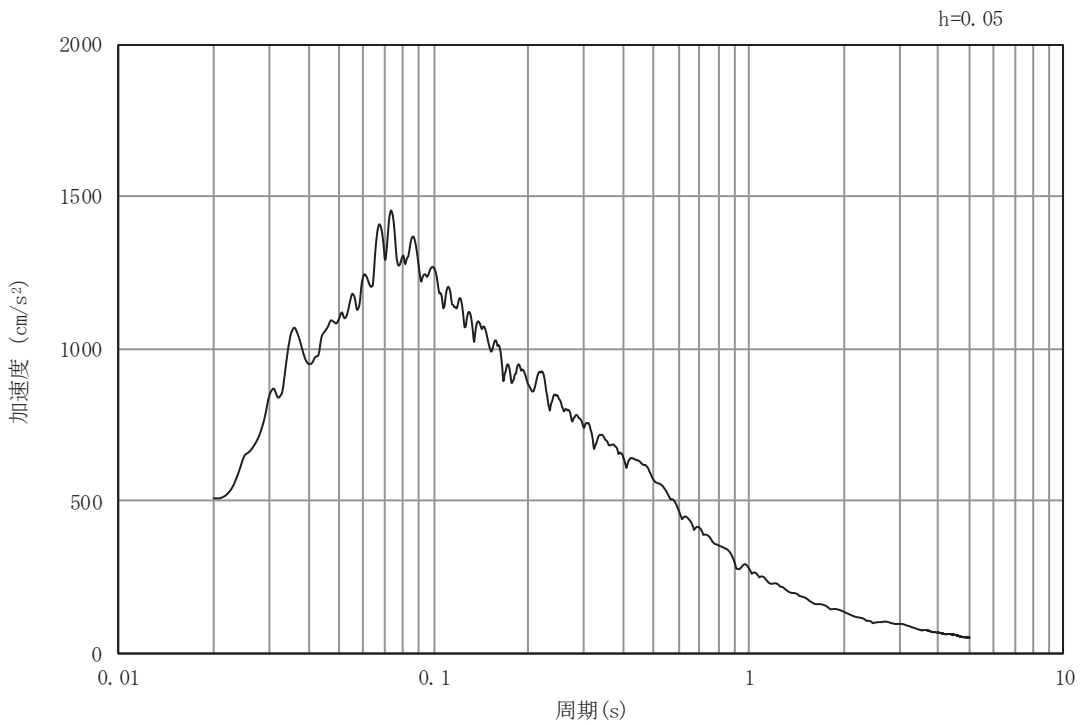


(b) 加速度応答スペクトル

図3-7 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - D 2)

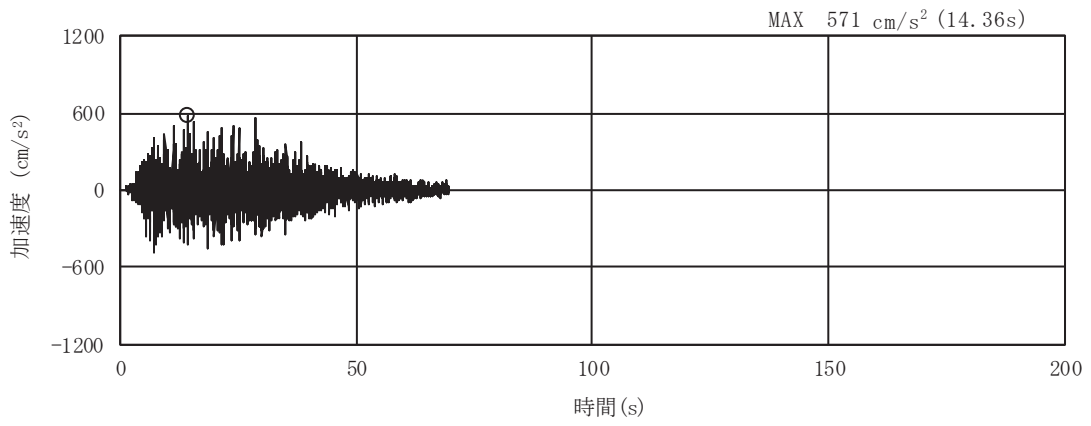


(a) 加速度時刻歴波形

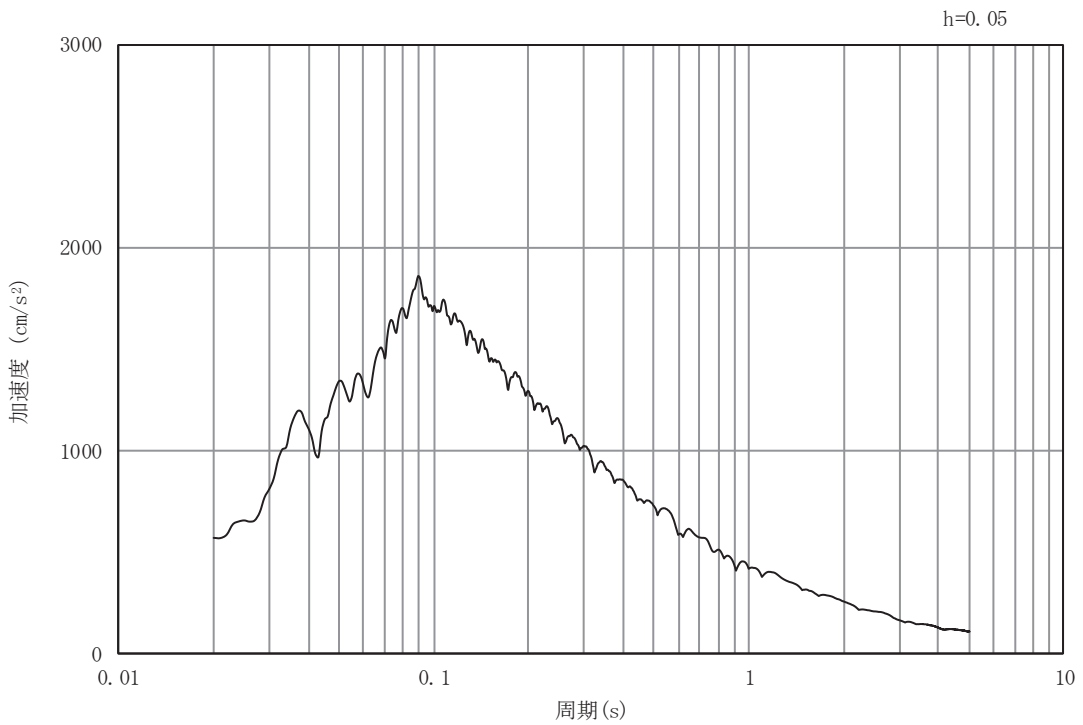


(b) 加速度応答スペクトル

図3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - D 2)



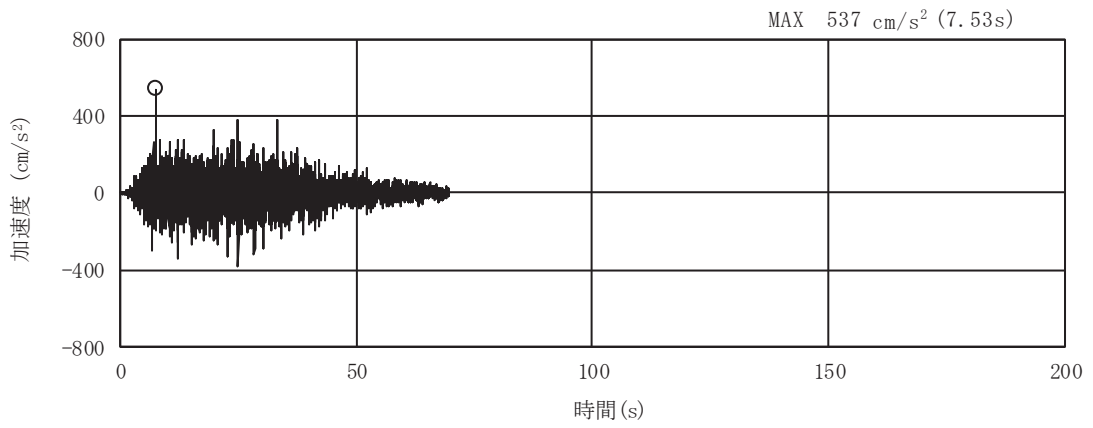
(a) 加速度時刻歴波形



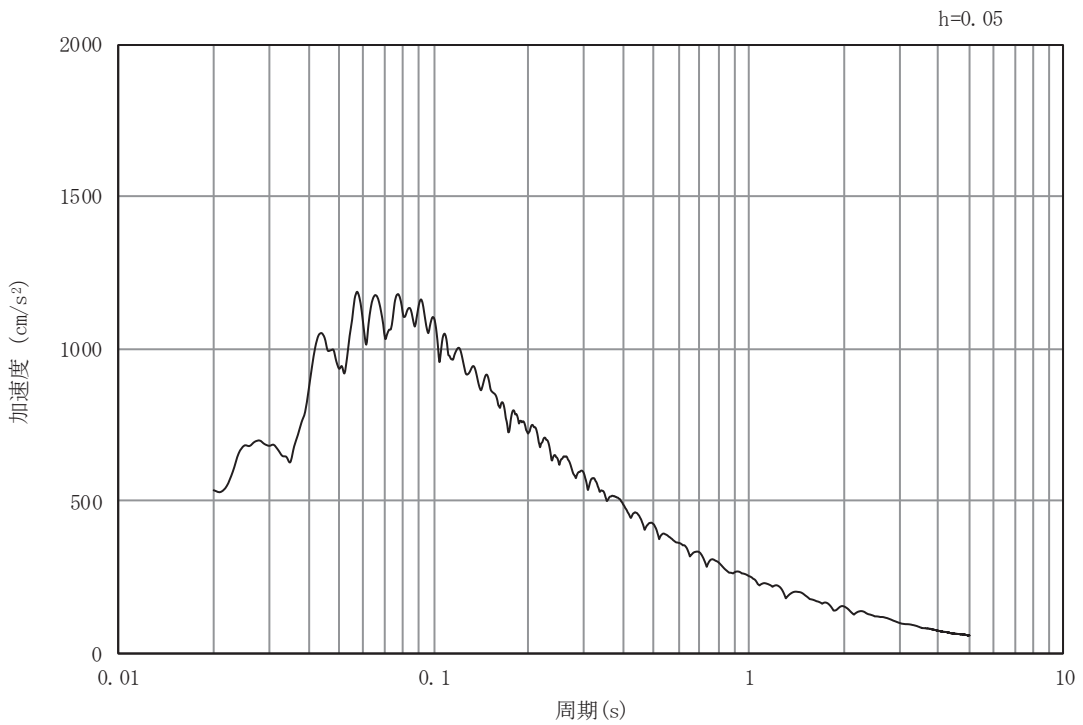
(b) 加速度応答スペクトル

図3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - D 3)



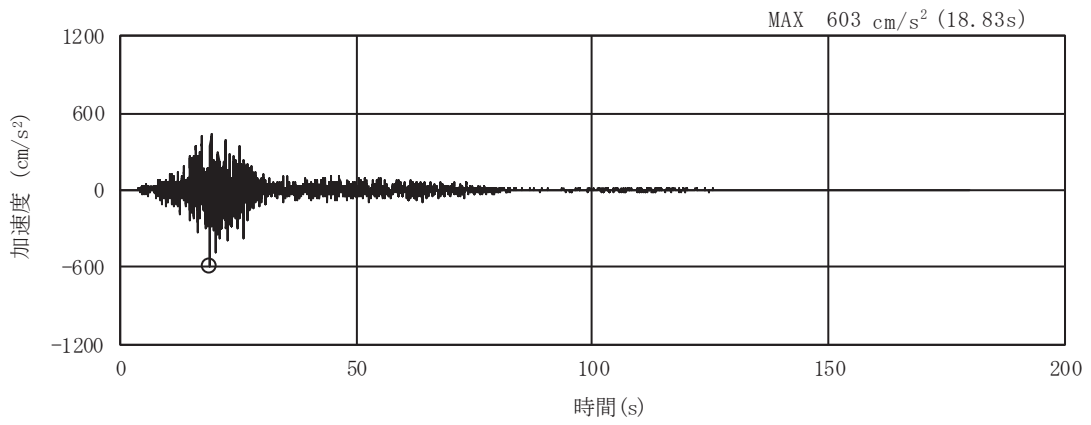


(a) 加速度時刻歴波形

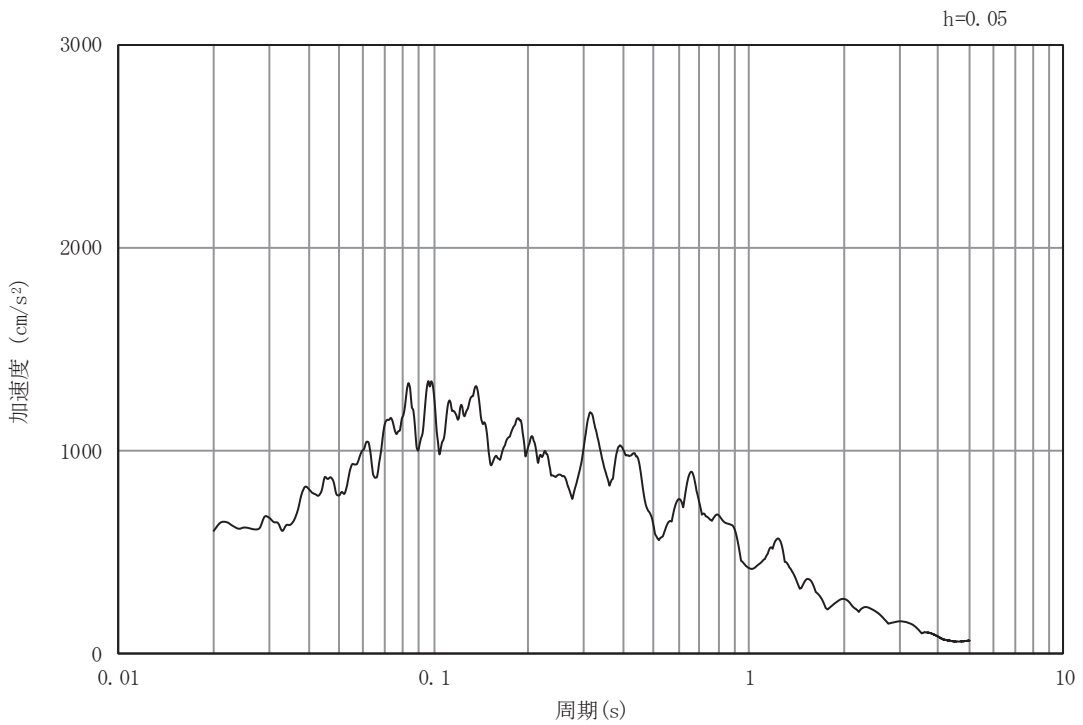


(b) 加速度応答スペクトル

図3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - D 3)

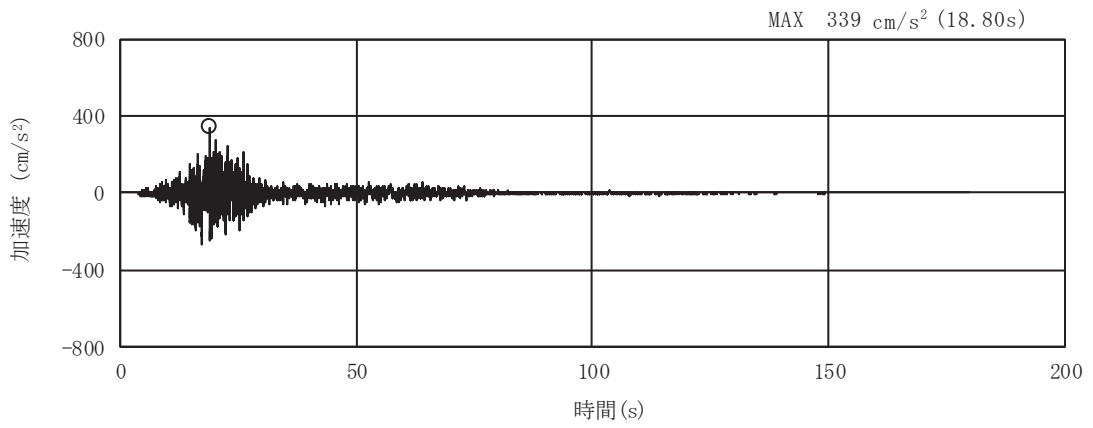


(a) 加速度時刻歴波形

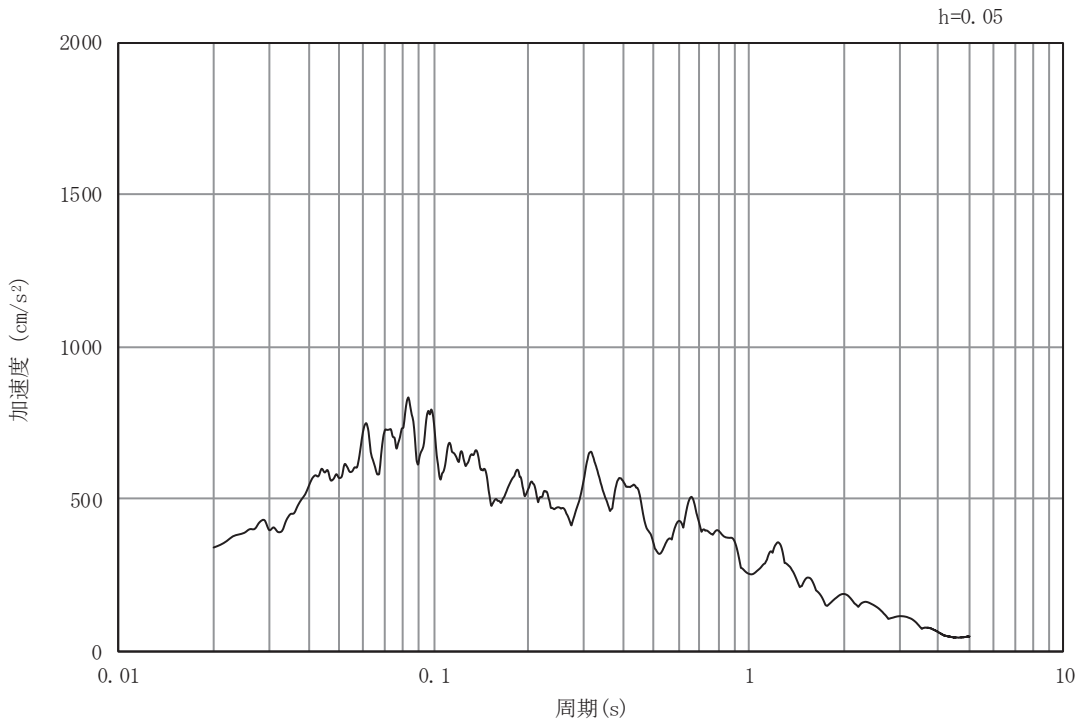


(b) 加速度応答スペクトル

図3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 1)

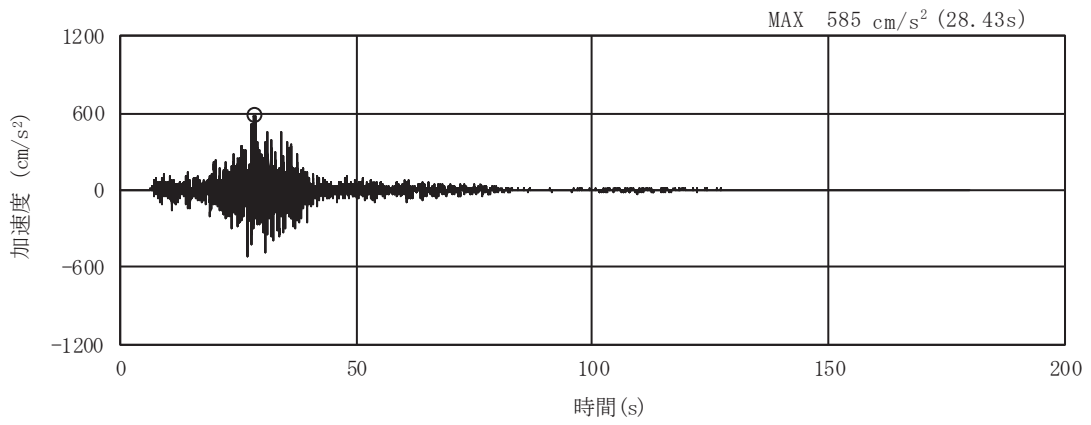


(a) 加速度時刻歴波形

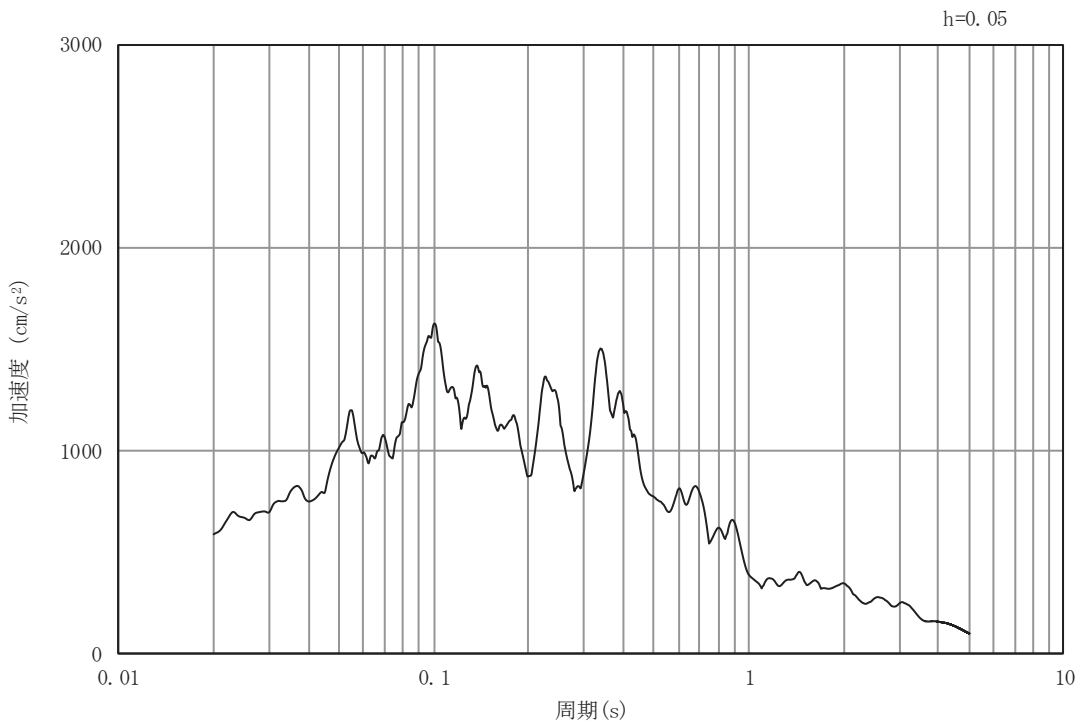


(b) 加速度応答スペクトル

図3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 1)

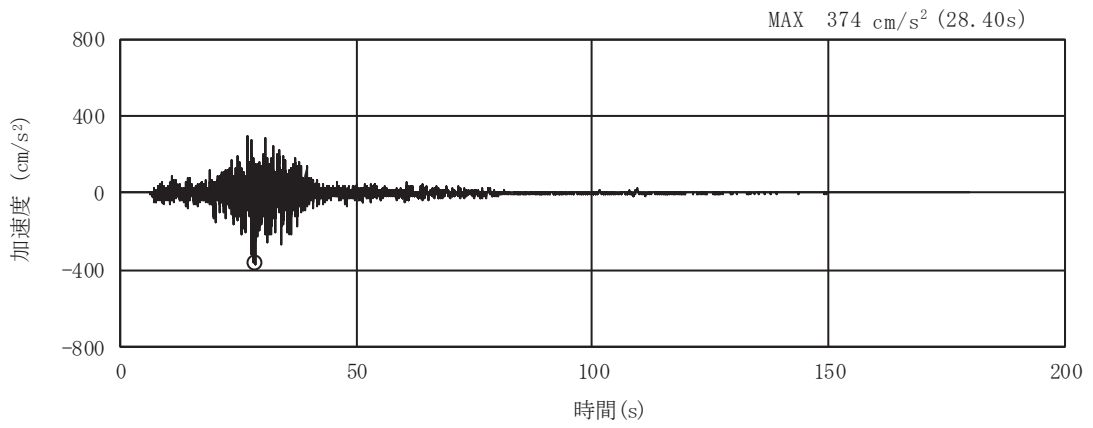


(a) 加速度時刻歴波形

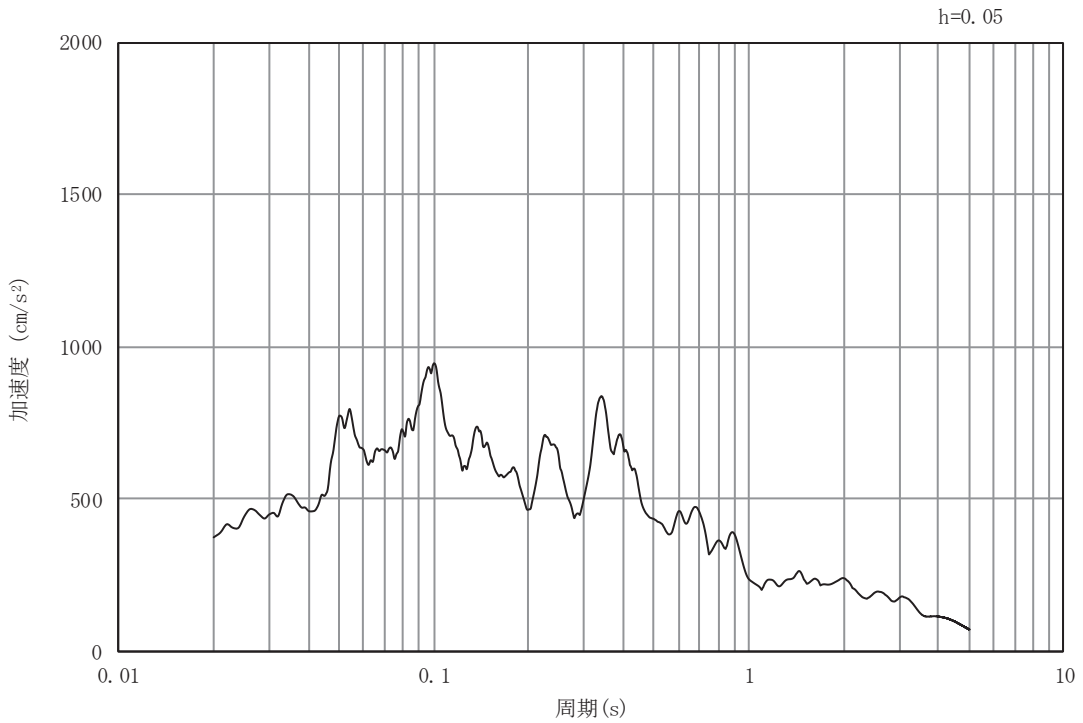


(b) 加速度応答スペクトル

図3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 2)

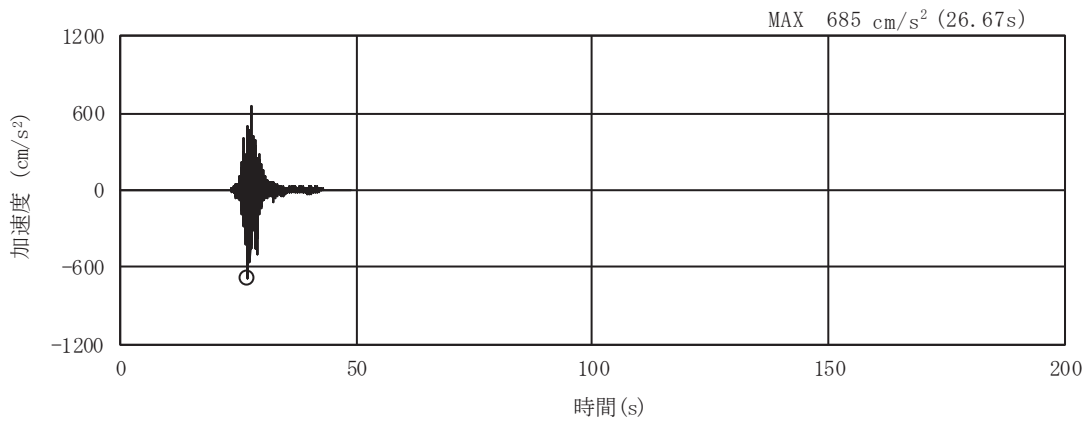


(a) 加速度時刻歴波形

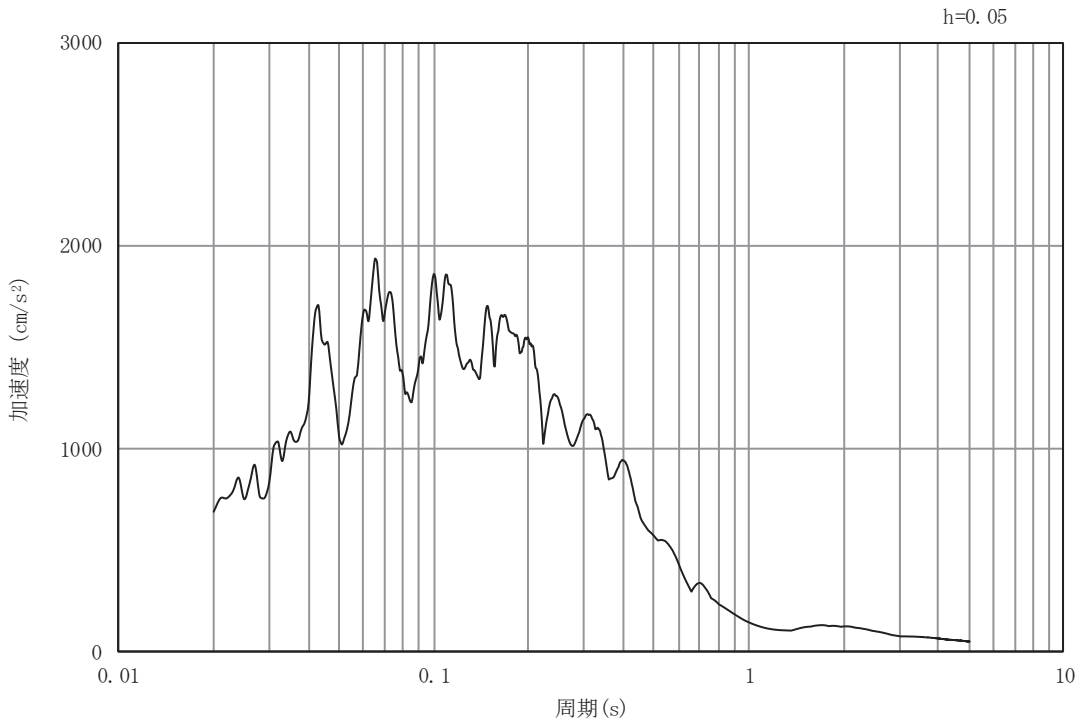


(b) 加速度応答スペクトル

図3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 2)

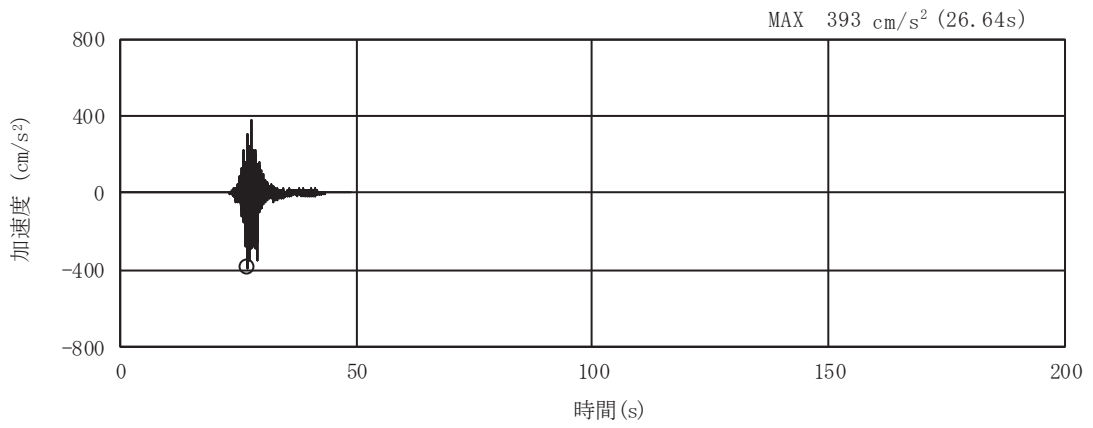


(a) 加速度時刻歴波形

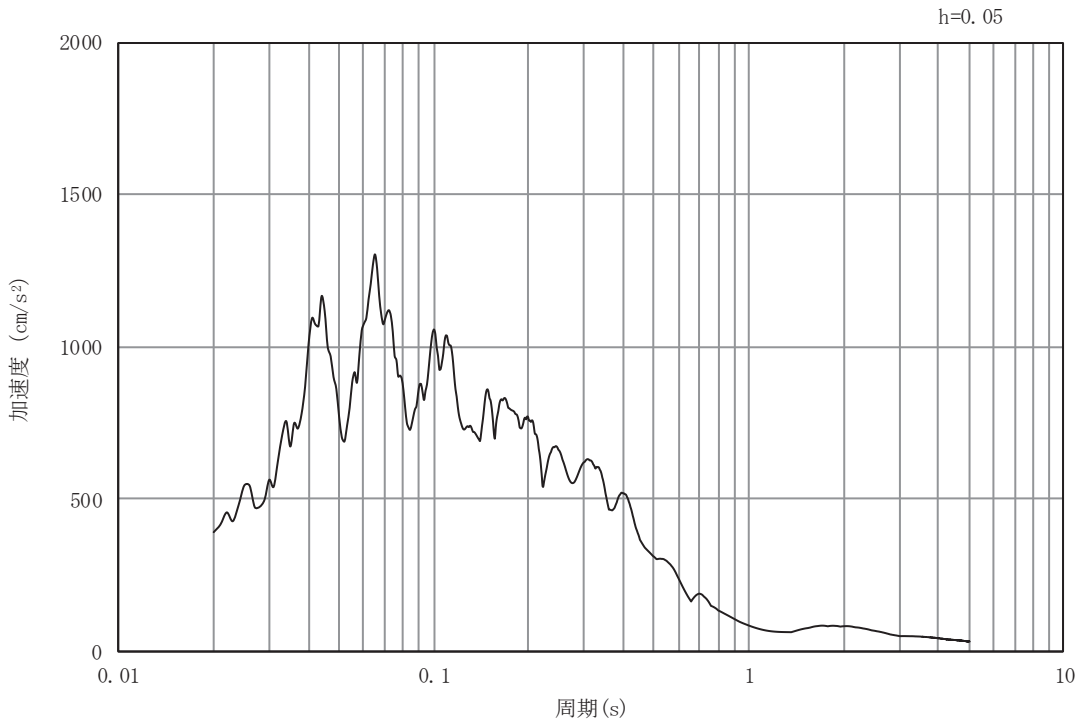


(b) 加速度応答スペクトル

図3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 3)

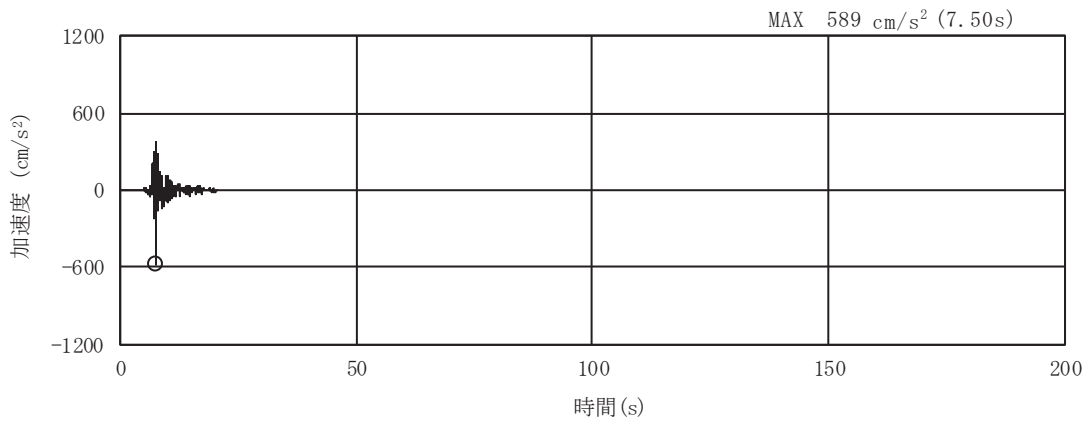


(a) 加速度時刻歴波形

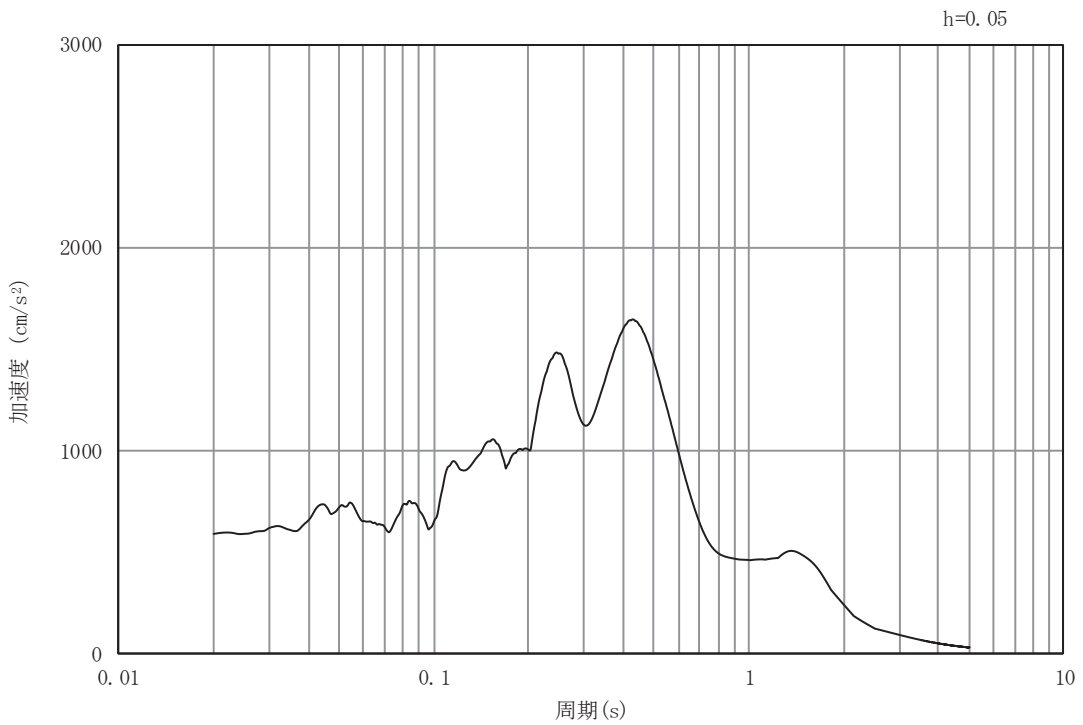


(b) 加速度応答スペクトル

図3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 3)



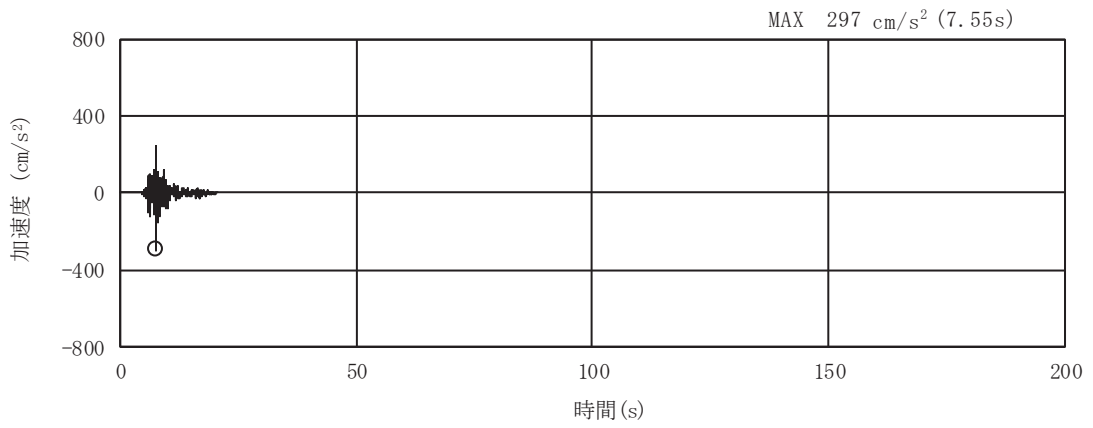
(a) 加速度時刻歴波形



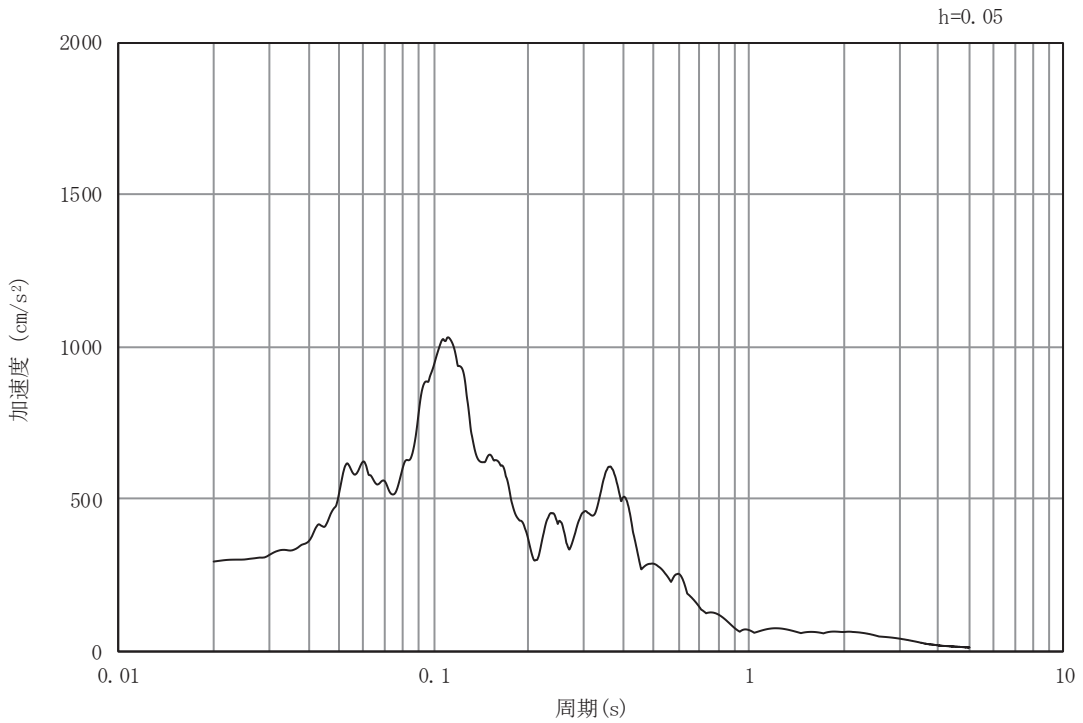
(b) 加速度応答スペクトル

図3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - N 1)





(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 1)

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析モデルを図 3-19 及び図 3-20 に示す。

##### (1) 解析領域

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に及ばないように、十分に広い領域とする。

##### (2) 境界条件

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

##### (3) 構造物のモデル化

構造物と等価な剛性を有する二次元等価剛性モデルを作成して実施することとし、構造部材については、線形はり要素及び平面応力要素によりモデル化する。また、軽油タンクについては、剛構造とした線形はり要素によりモデル化し、軽油タンクの総重量を重心高さに質点として考慮する。

##### (4) 地盤のモデル化

D級を除く岩盤は、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、盛土及びD級岩盤は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

##### (5) 隣接構造物のモデル化

隣接構造物となる緊急用電気品建屋、構造物周辺の改良地盤及びMMRは、ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価において保守的な評価となるよう盛土としてモデル化する。

##### (6) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

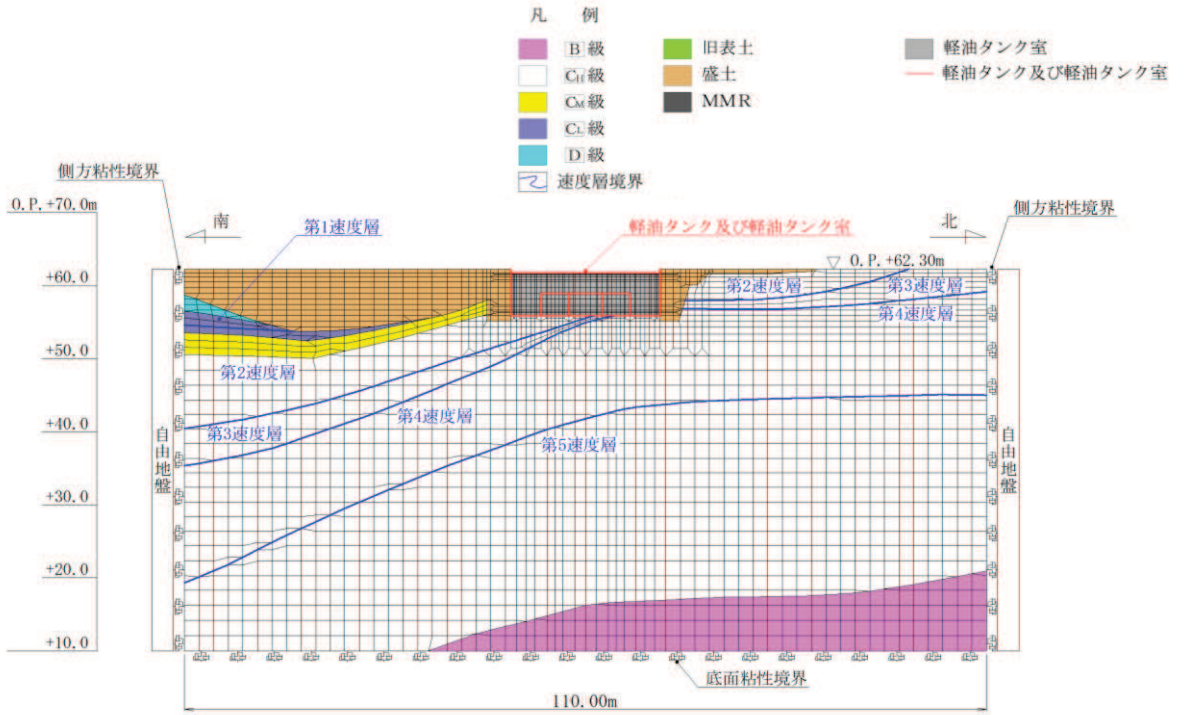


図 3-19 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析モデル図（南北方向）

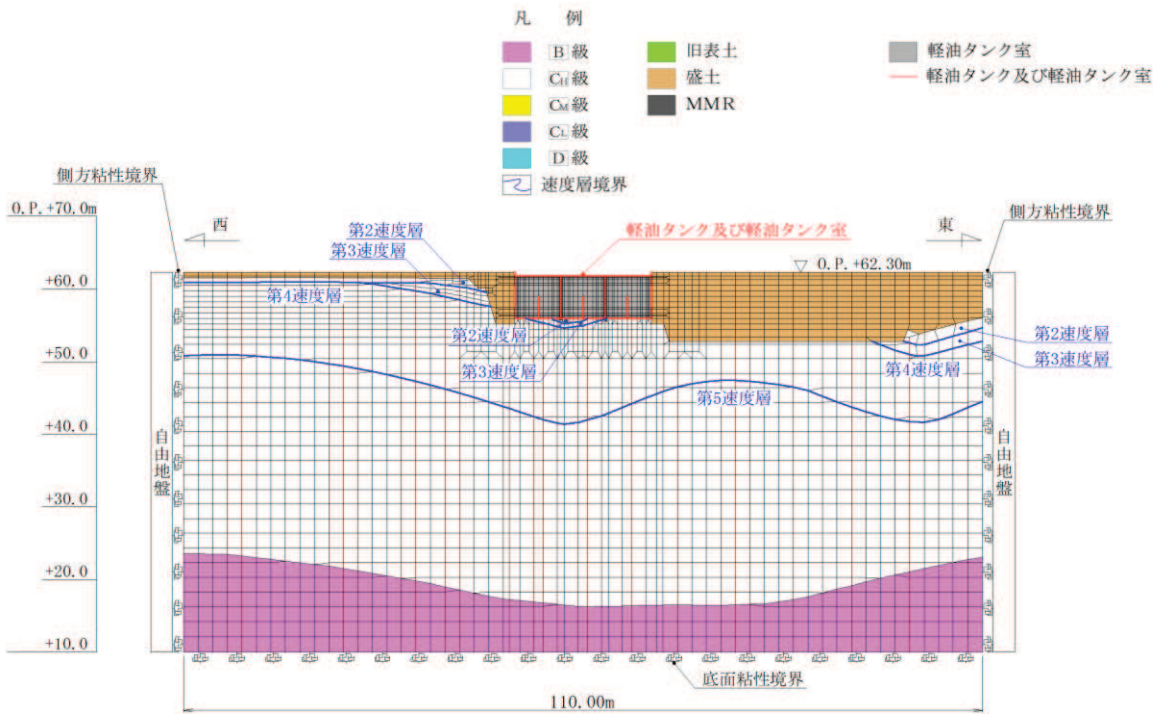


図 3-20 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析モデル図（東西方向）

### 3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

| 材料     | 仕様                           |
|--------|------------------------------|
| コンクリート | 設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋     | SD345                        |
| 軽油タンク  | SM490C                       |

表 3-7 材料の物性値（構造部材）

| 材料       | 項目                             |        | 材料諸元                 | 備考                 |
|----------|--------------------------------|--------|----------------------|--------------------|
| 鉄筋コンクリート | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |        | 24.0                 |                    |
| コンクリート   | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | 実強度*   | 2.98×10 <sup>4</sup> | 解析ケース④             |
|          |                                | 設計基準強度 | 2.50×10 <sup>4</sup> | 解析ケース①,<br>②, ③, ⑧ |
|          | ポアソン比                          |        | 0.2                  |                    |

注記\*：新設構造物のため、推定した圧縮強度とする。

### 3.5.3 地盤の物性値

地盤については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

### 3.5.4 地下水位

設計用地下水位は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、地表面に設定する。設計用地下水位の一覧を表 3-8 に、設計用地下水位を図 3-21 及び図 3-22 に示す。

表 3-8 設計用地下水位の一覧

| 施設名称     | 地震時荷重算出断面 | 設計用地下水位       |
|----------|-----------|---------------|
| ガスタービン発電 | 南北方向      | O. P. +62.30m |
| 設備軽油タンク室 | 東西方向      | O. P. +62.30m |

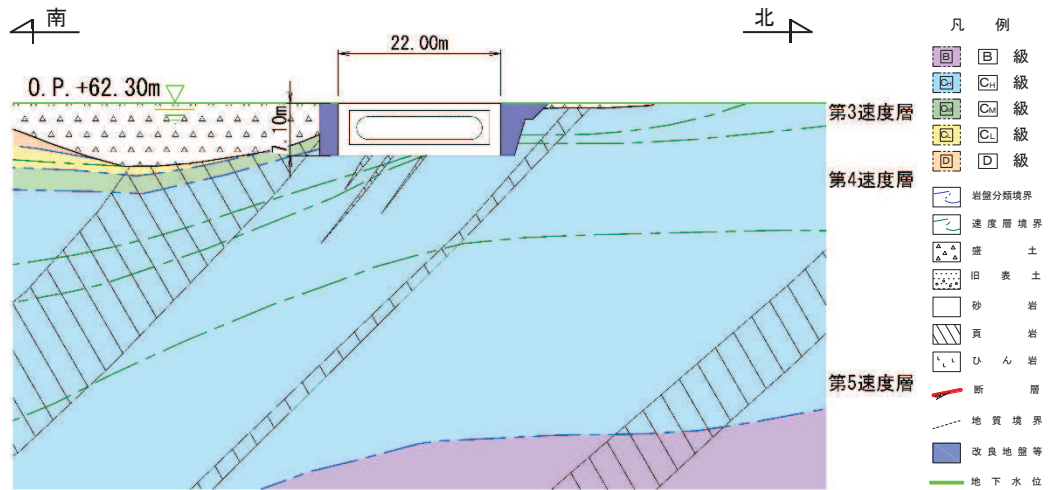


図 3-21 設計用地下水位（南北方向）

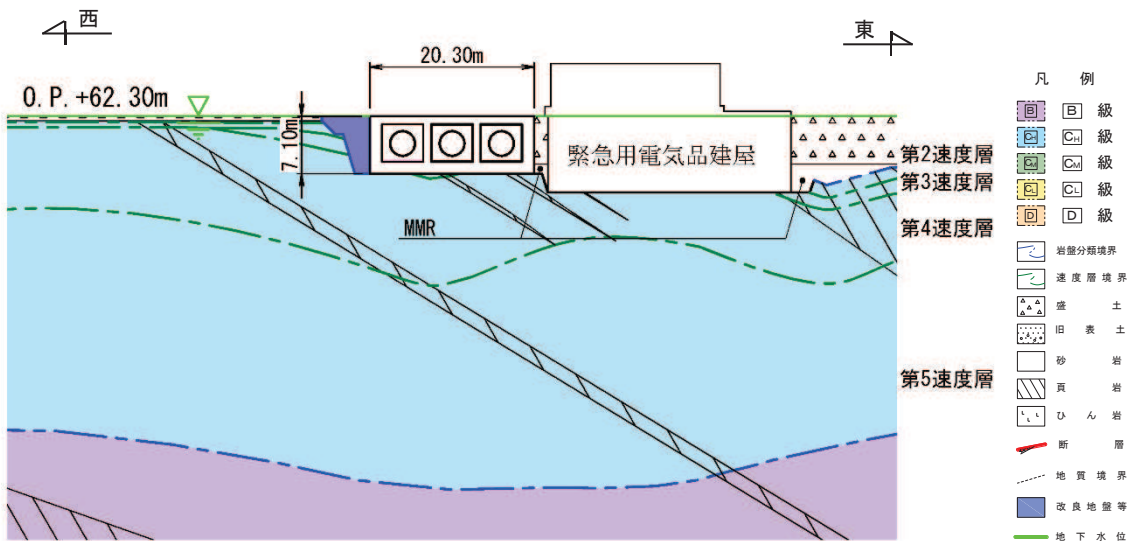


図 3-22 設計用地下水位（東西方向）

#### 4. 解析結果

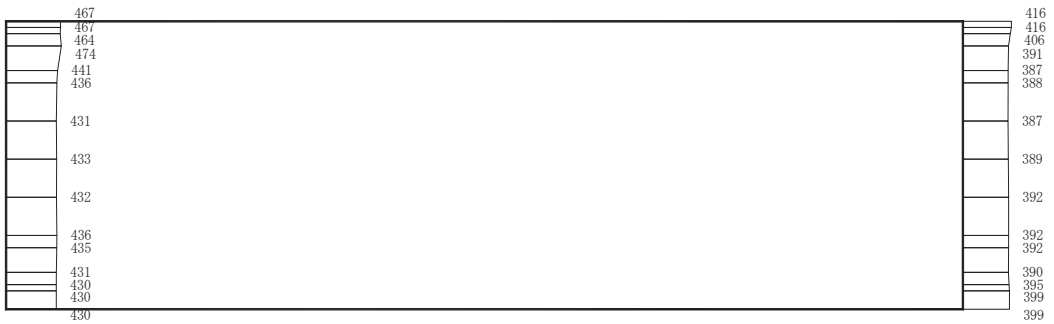
##### 4.1 南北方向の解析結果

##### 4.1.1 全応力解析の解析結果

機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース①（基本ケース）～④について、すべての基準地震動 $S_s$ に対する最大加速度分布図を図4-1～図4-56に示す。



(a) S s - D 1 (++) 水平



(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-1 最大加速度分布図 (解析ケース①) (1/56)



(a) S s - D 1 (-+) 水平

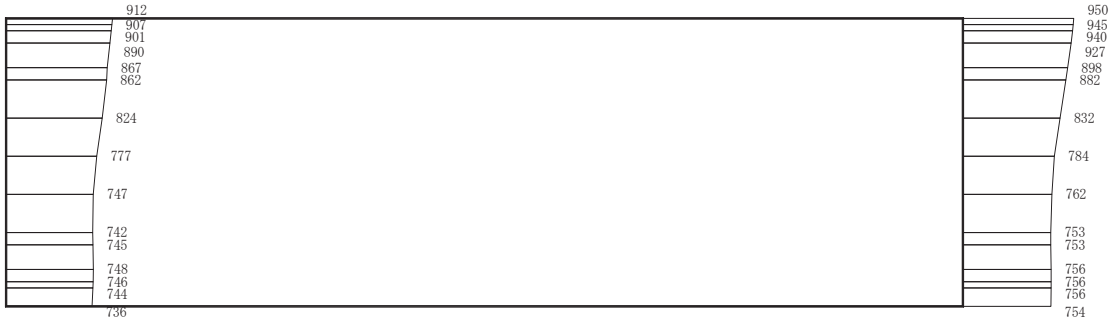


(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-2 最大加速度分布図 (解析ケース①) (2/56)





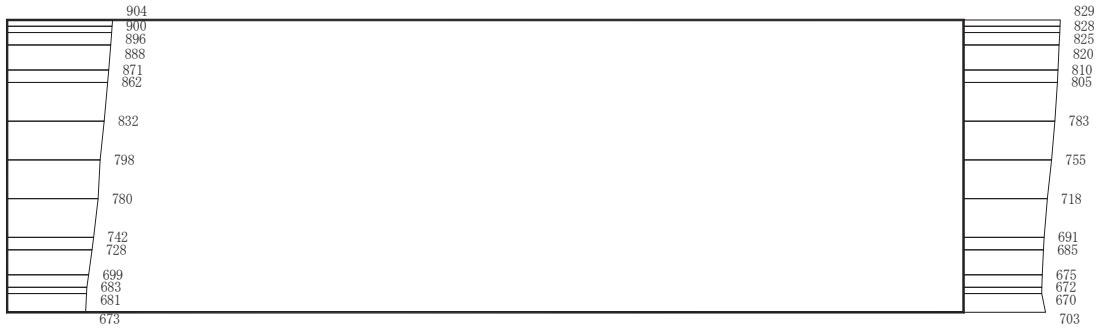
(a) S s - D 2 (++) 水平



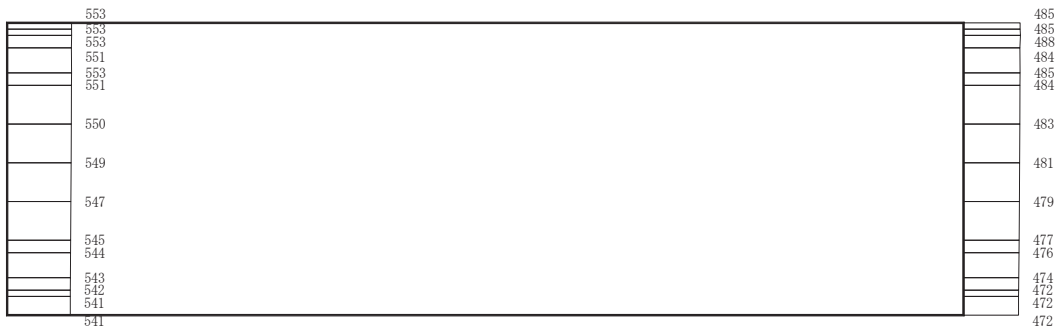
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-3 最大加速度分布図 (解析ケース①) (3/56)



(a) S s - D 2 ( - + ) 水平



(b) S s - D 2 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-4 最大加速度分布図 (解析ケース①) (4/56)



(a) S s - D 3 (++) 水平



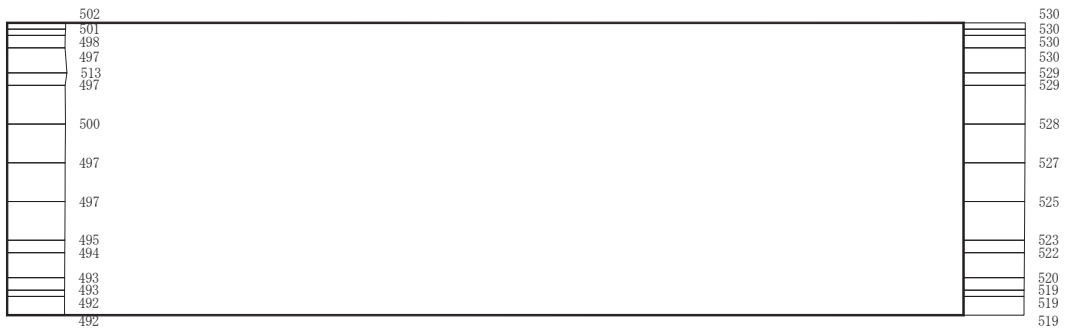
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-5 最大加速度分布図 (解析ケース①) (5/56)



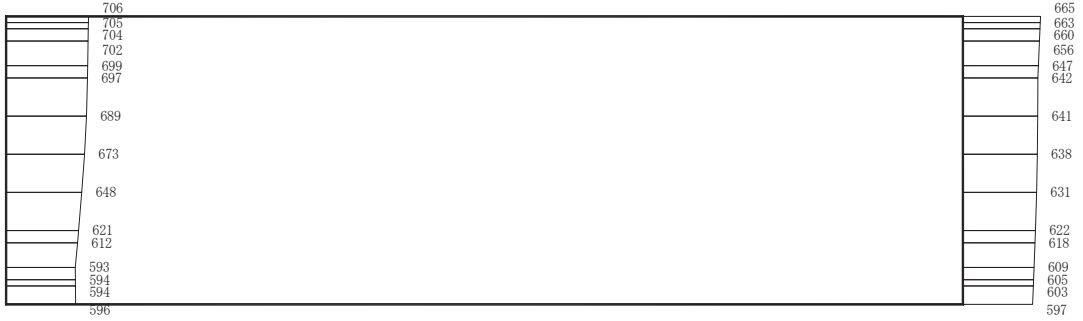
(a) S s - D 3 ( - + ) 水平



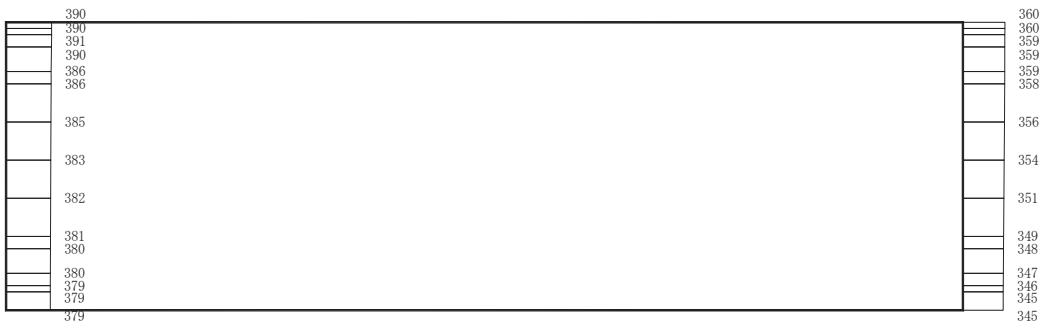
(b) S s - D 3 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-6 最大加速度分布図 (解析ケース①) (6/56)



(a) S s - F 1 (++) 水平



(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-7 最大加速度分布図 (解析ケース①) (7/56)



(a) S s - F 1 (-+) 水平



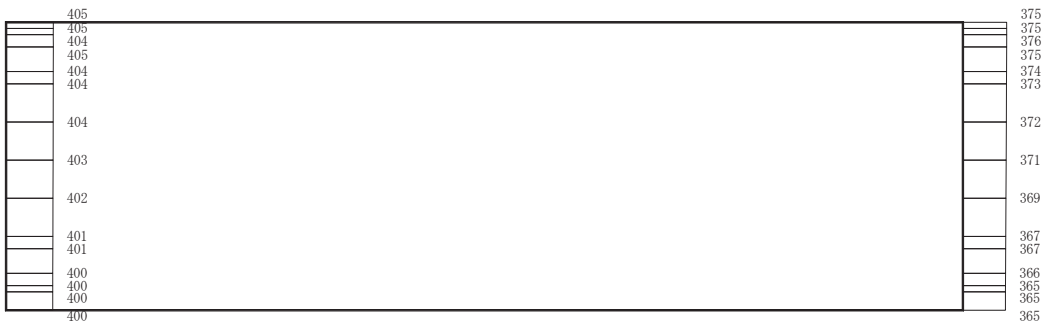
(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-8 最大加速度分布図 (解析ケース①) (8/56)



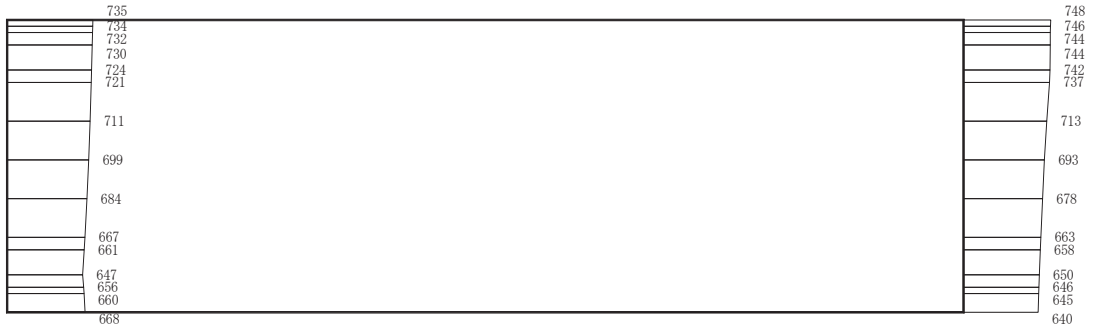
(a) S s - F 2 (++) 水平



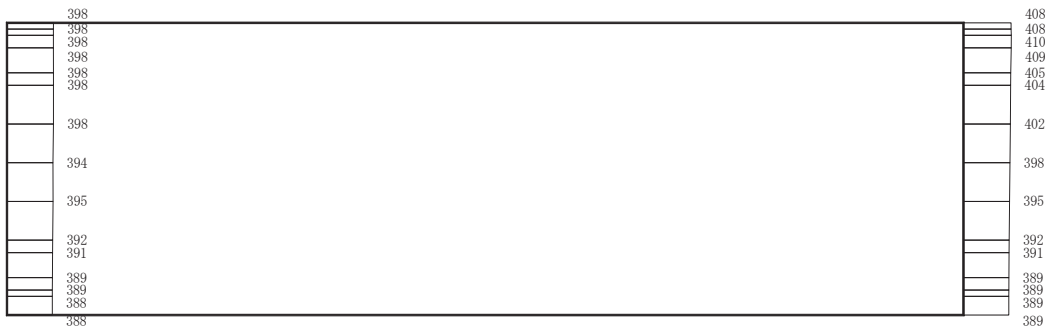
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-9 最大加速度分布図 (解析ケース①) (9/56)



(a) S s - F 2 (-+) 水平



(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-10 最大加速度分布図 (解析ケース①) (10/56)





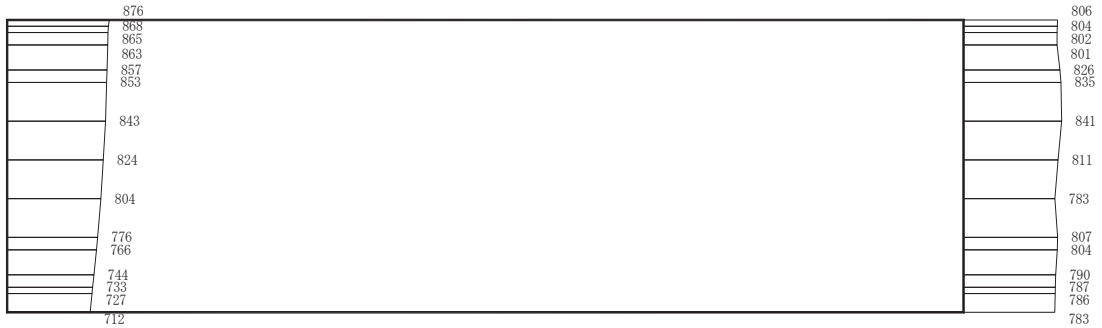
(a) S s - F 3 (++) 水平



(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-11 最大加速度分布図 (解析ケース①) (11/56)



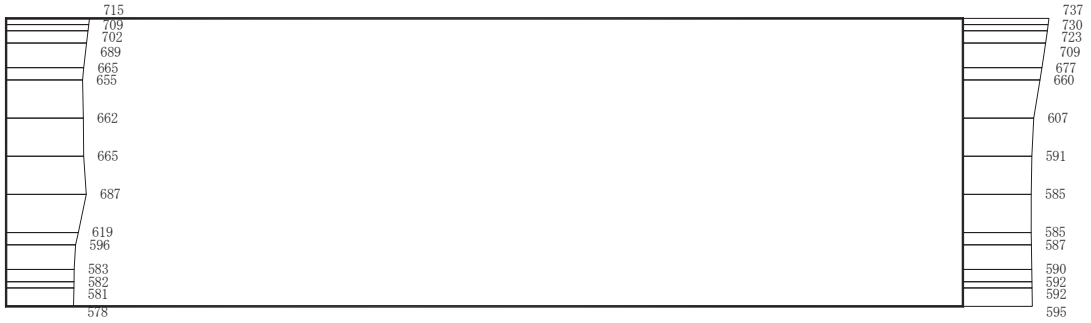
(a) S s - F 3 (-+) 水平



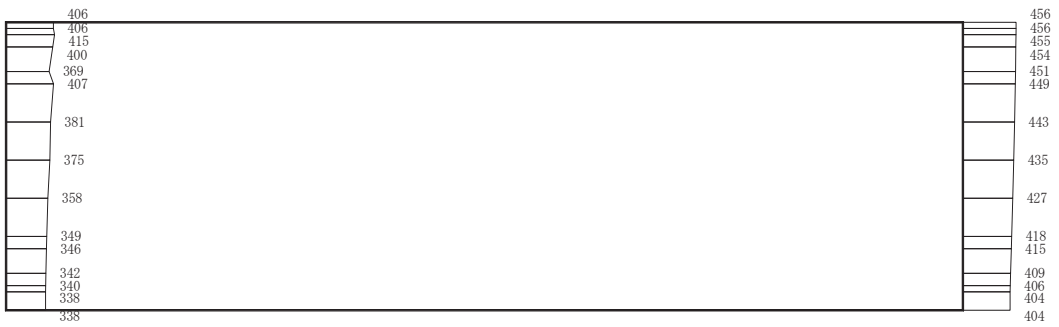
(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-12 最大加速度分布図 (解析ケース①) (12/56)



(a) S s - N 1 (++) 水平



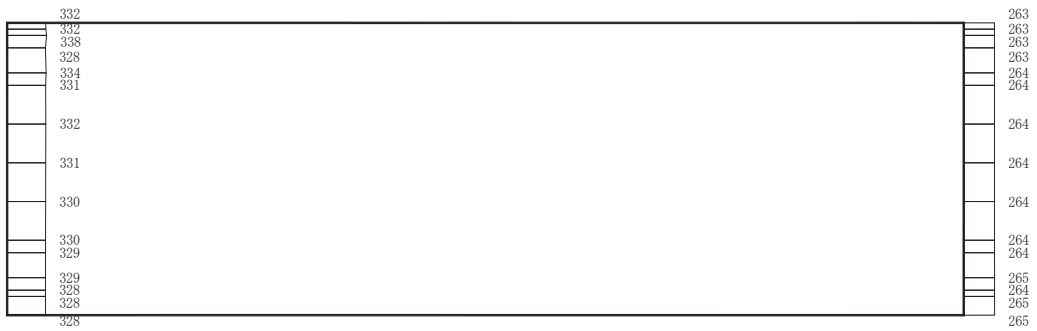
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-13 最大加速度分布図 (解析ケース①) (13/56)



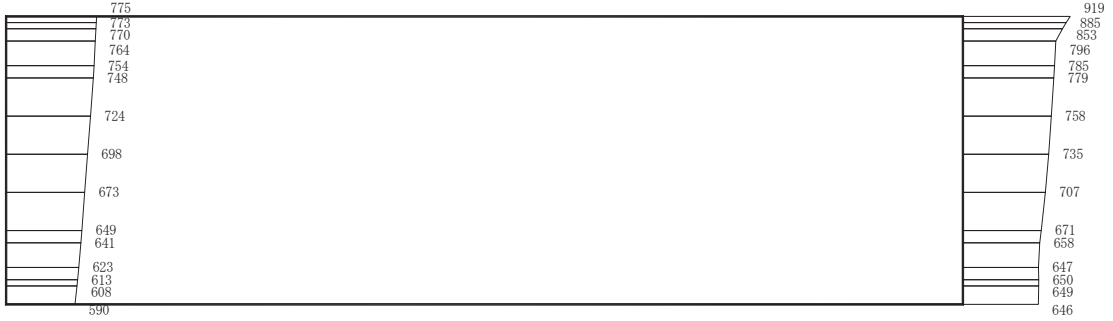
(a) S s - N 1 ( - + ) 水平



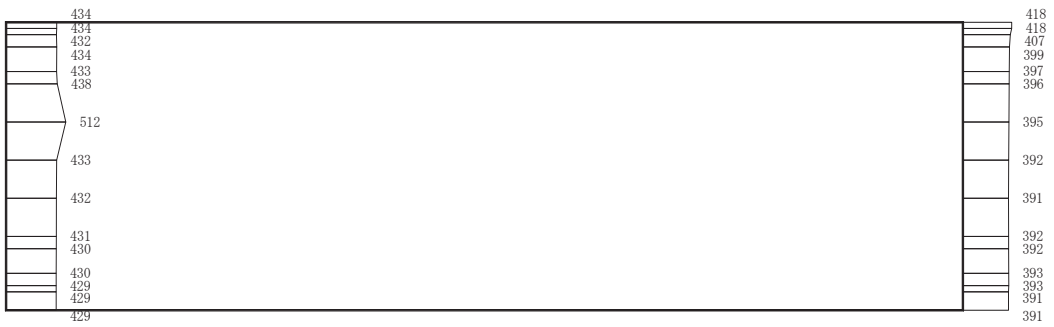
(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-14 最大加速度分布図 (解析ケース①) (14/56)



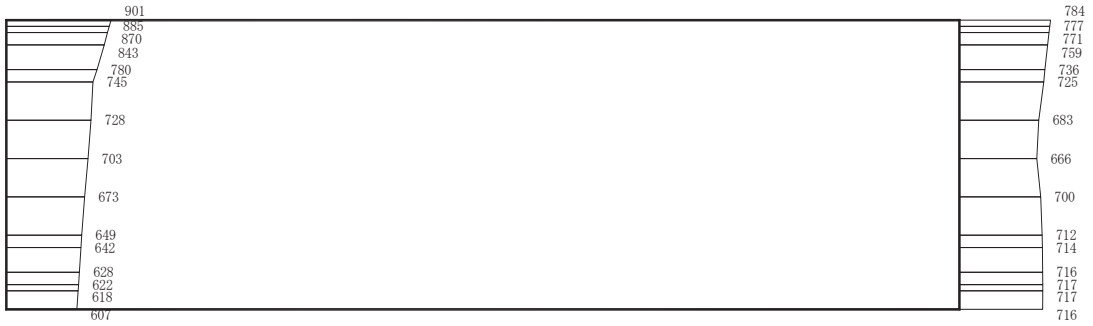
(a) S s - D 1 (++) 水平



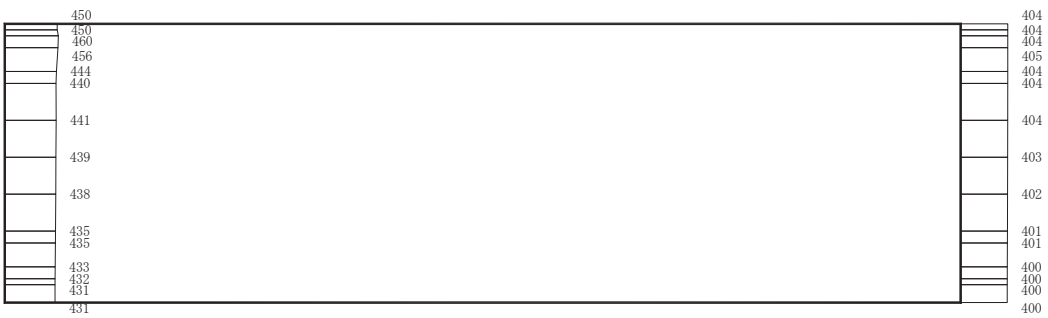
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-15 最大加速度分布図 (解析ケース②) (15/56)



(a) S s - D 1 (-+) 水平



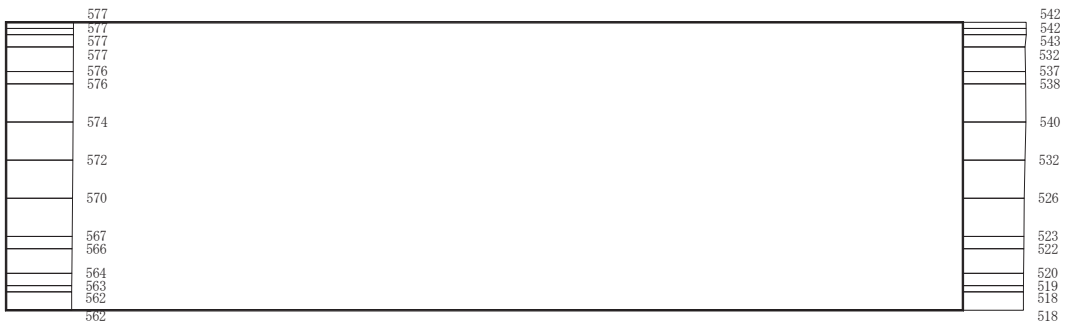
(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-16 最大加速度分布図 (解析ケース②) (16/56)



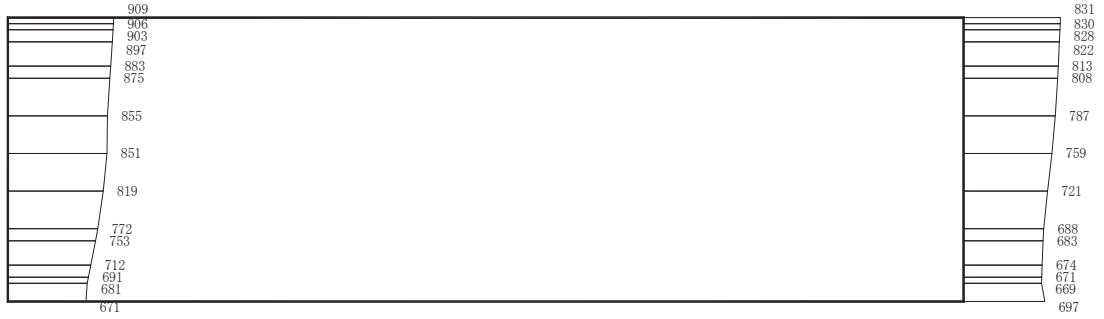
(a) S s - D 2 (++) 水平



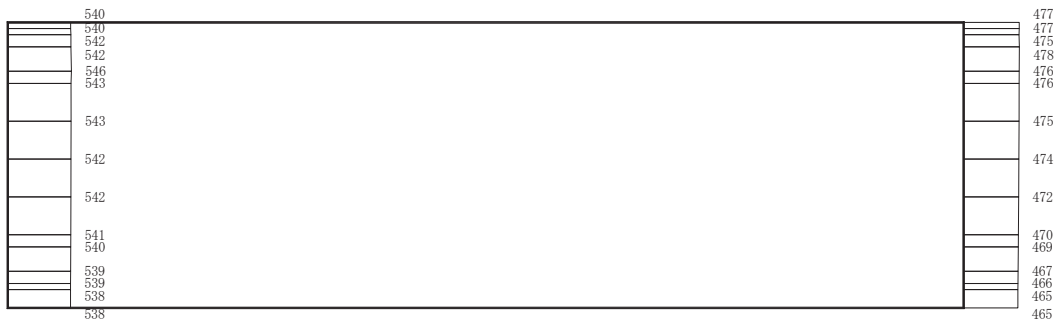
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-17 最大加速度分布図 (解析ケース②) (17/56)



(a) S s - D 2 (-+) 水平



(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

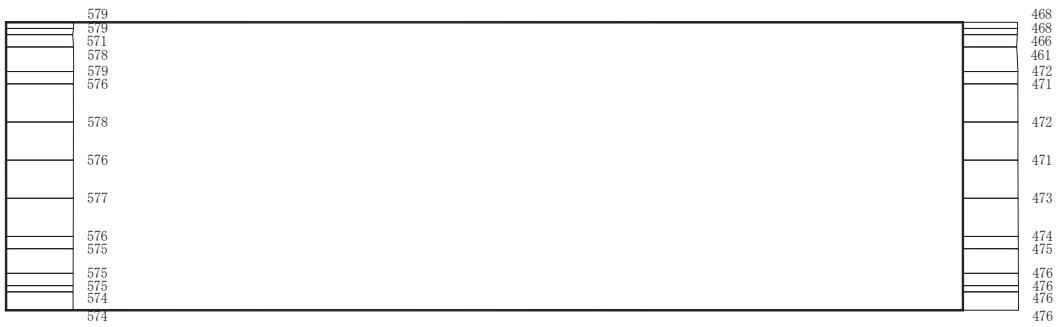
構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-18 最大加速度分布図 (解析ケース②) (18/56)





(a) S s - D 3 (++) 水平



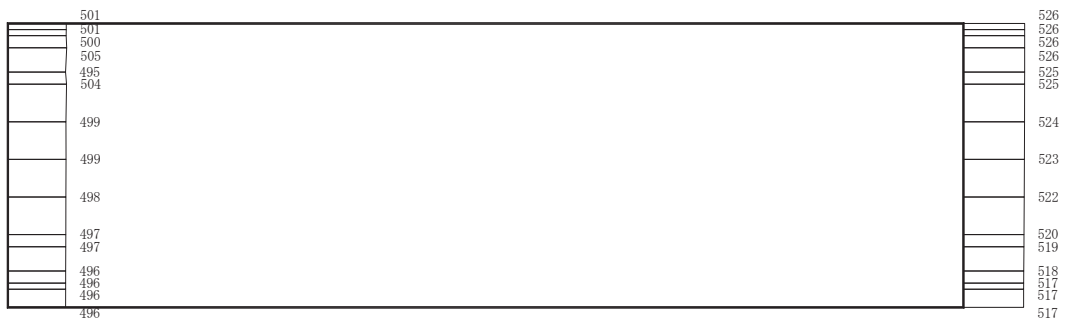
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-19 最大加速度分布図 (解析ケース②) (19/56)



(a) S s - D 3 (-+) 水平



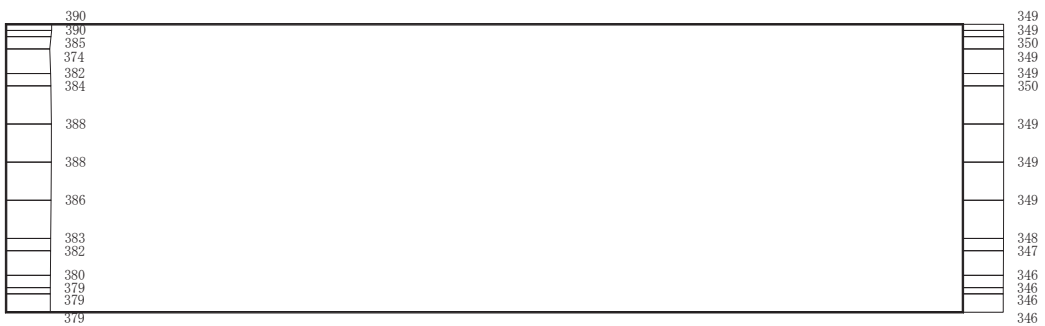
(b) S s - D 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-20 最大加速度分布図 (解析ケース②) (20/56)



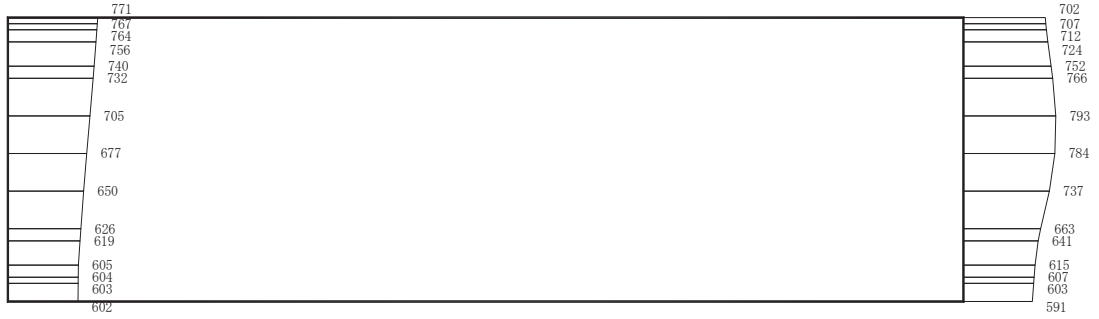
(a) S s - F 1 (++) 水平



(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-21 最大加速度分布図 (解析ケース②) (21/56)



(a) S s - F 1 (-+) 水平



(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-22 最大加速度分布図 (解析ケース②) (22/56)



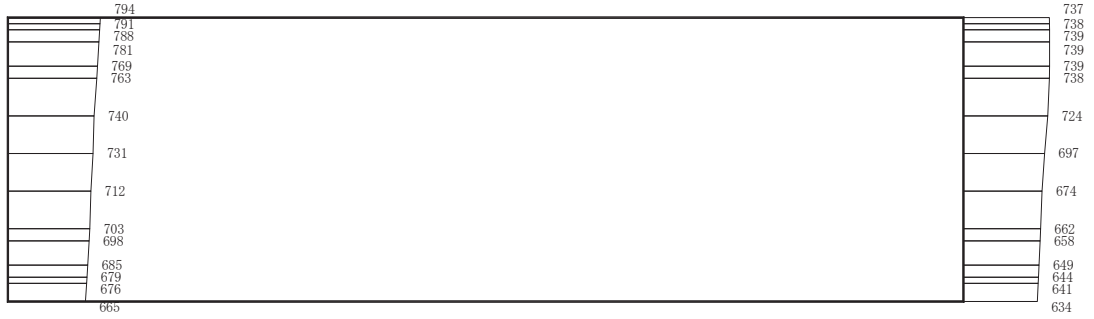
(a) S s - F 2 (++) 水平



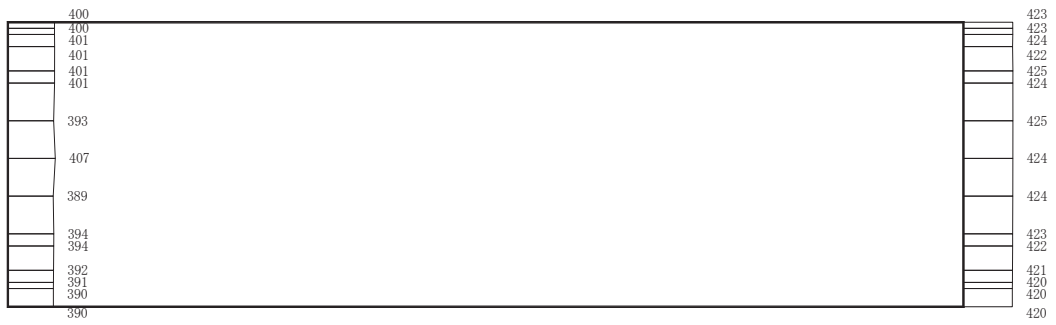
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-23 最大加速度分布図 (解析ケース②) (23/56)



(a) S s - F 2 (-+) 水平



(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-24 最大加速度分布図解析ケース②) (24/56)



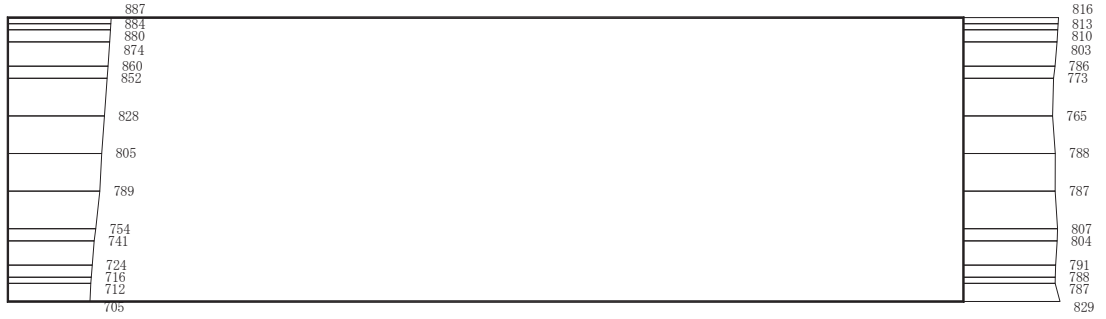
(a) S s - F 3 (++) 水平



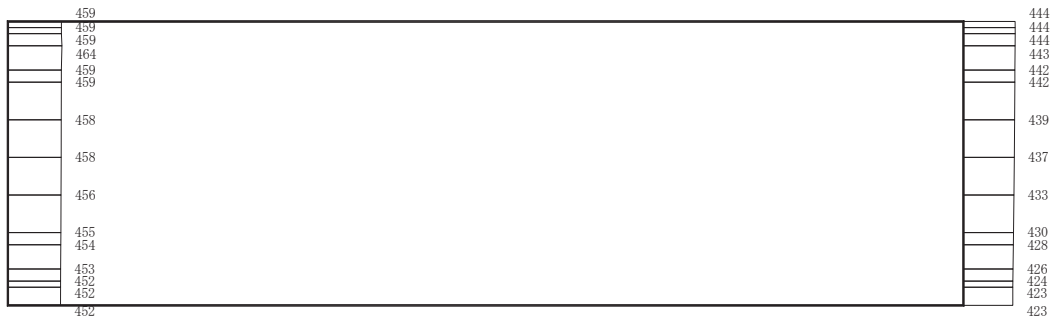
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-25 最大加速度分布図 (解析ケース②) (25/56)



(a) S s - F 3 (-+) 水平



(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-26 最大加速度分布図 (解析ケース②) (26/56)





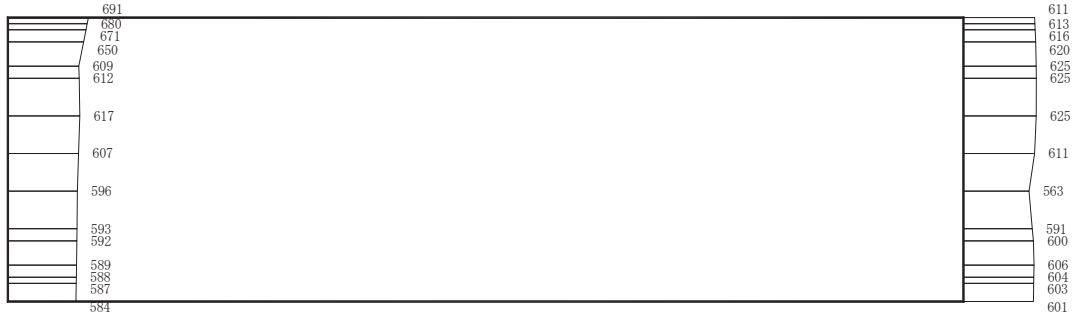
(a) S s - N 1 (++) 水平



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-27 最大加速度分布図 (解析ケース②) (27/56)



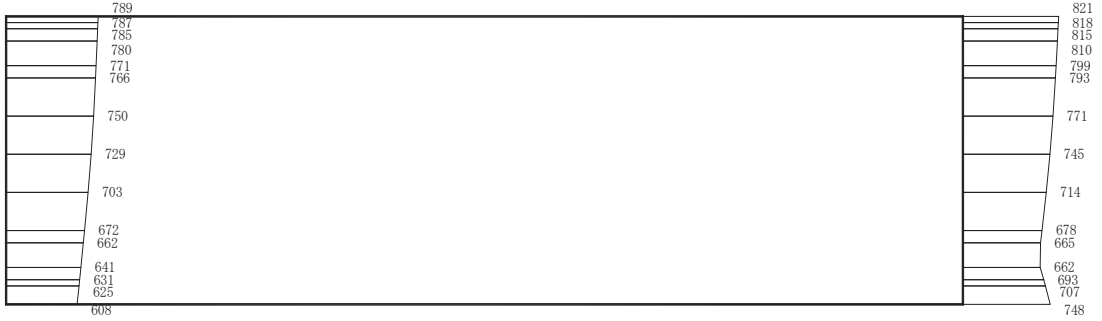
(a) S s - N 1 ( - + ) 水平



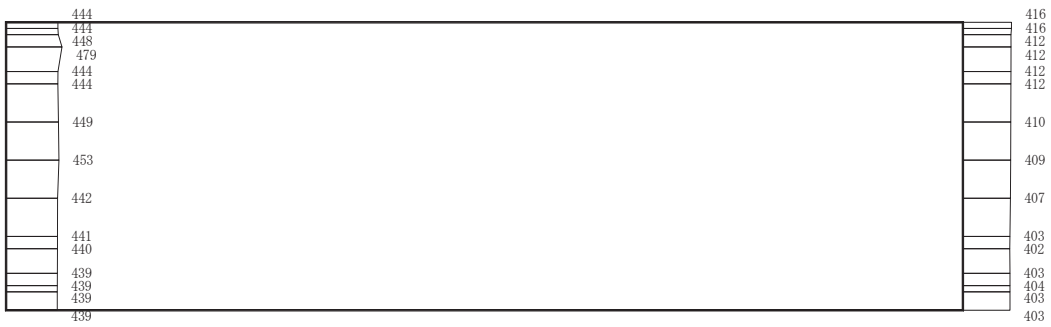
(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-28 最大加速度分布図 (解析ケース②) (28/56)



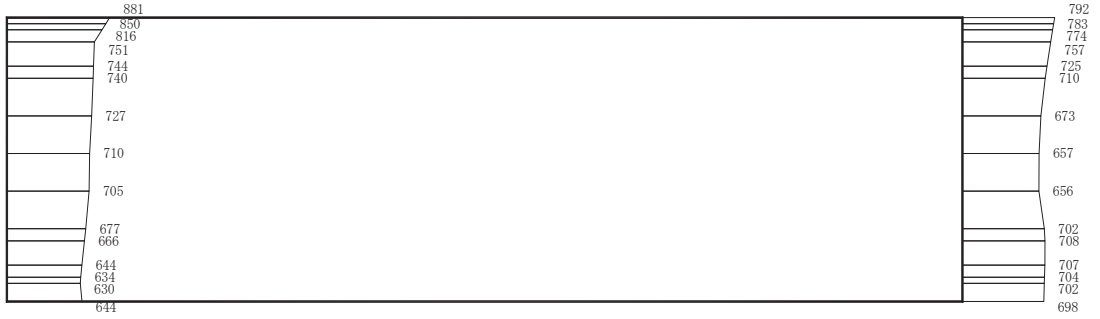
(a) S s - D 1 (++) 水平



(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-29 最大加速度分布図 (解析ケース③) (29/56)



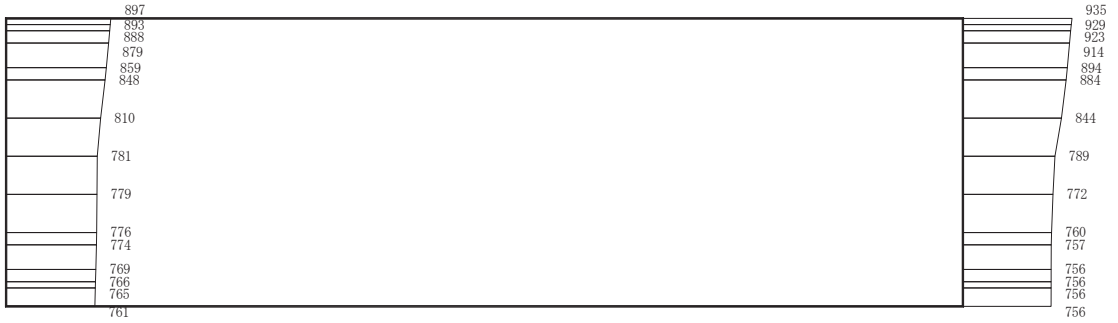
(a) S s - D 1 (-+) 水平



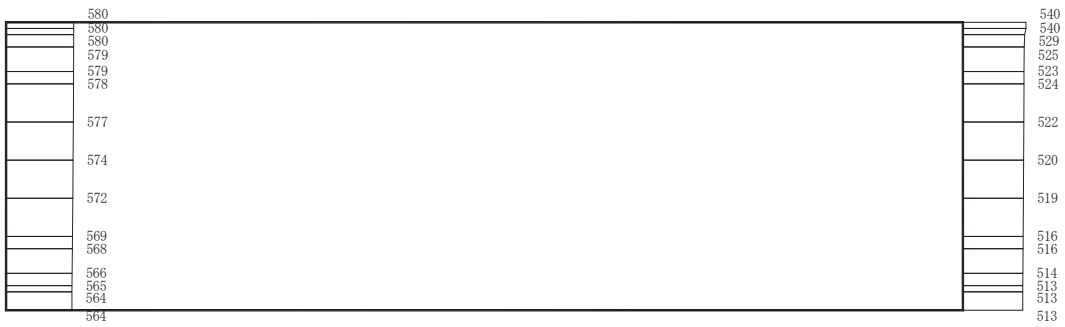
(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-30 最大加速度分布図 (解析ケース③) (30/56)



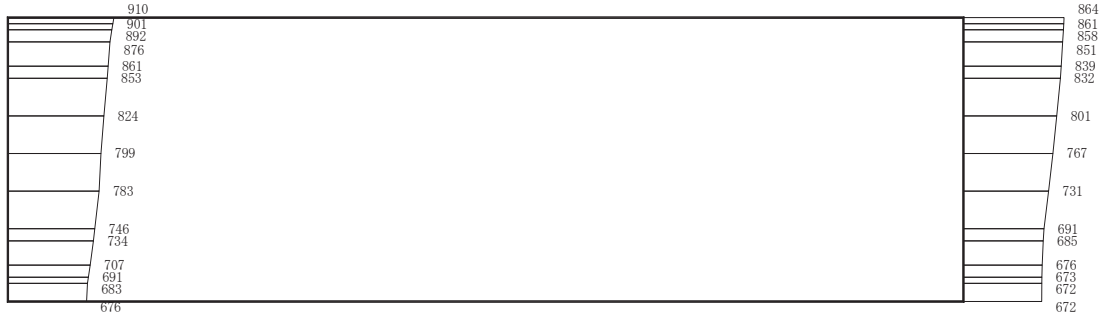
(a) S s - D 2 (++) 水平



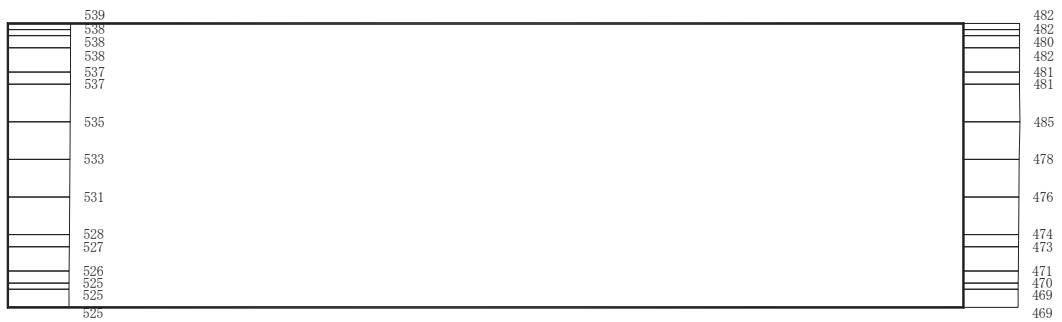
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-31 最大加速度分布図 (解析ケース③) (31/56)



(a) S s - D 2 (-+) 水平



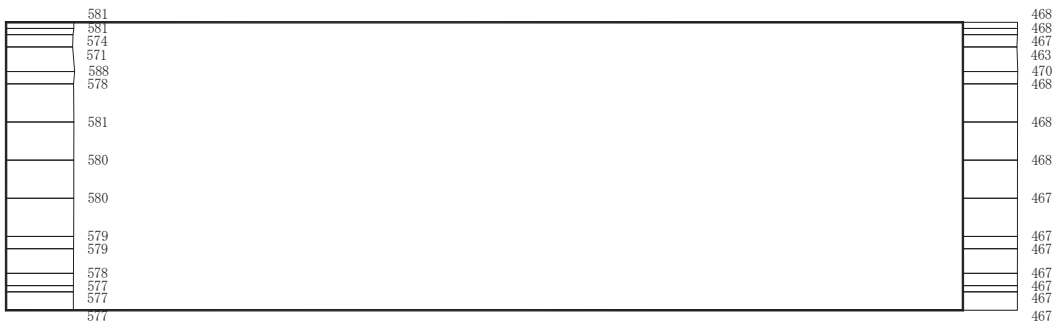
(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-32 最大加速度分布図 (解析ケース③) (32/56)



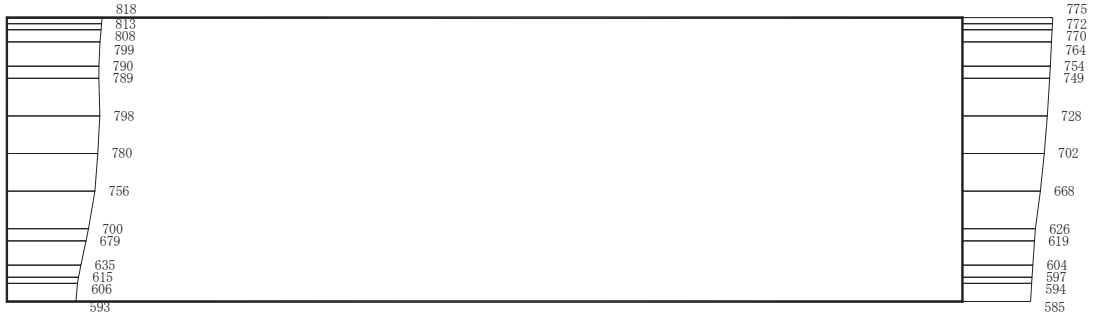
(a) S s - D 3 (++) 水平



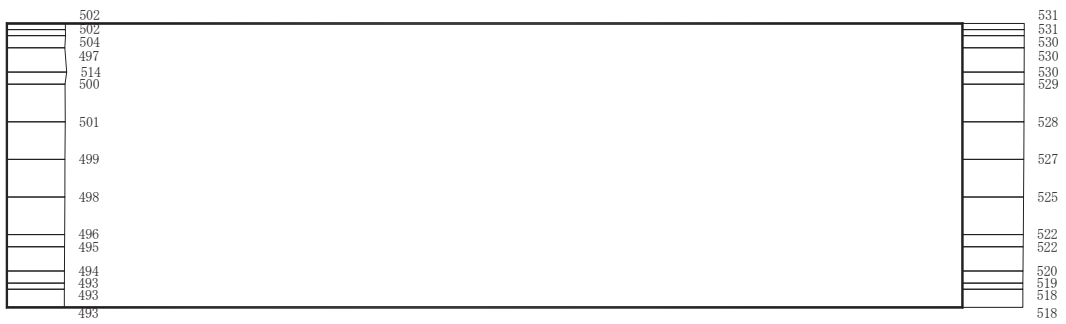
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-33 最大加速度分布図 (解析ケース③) (33/56)



(a) S s - D 3 ( - + ) 水平



(b) S s - D 3 ( - + ) 鉛直

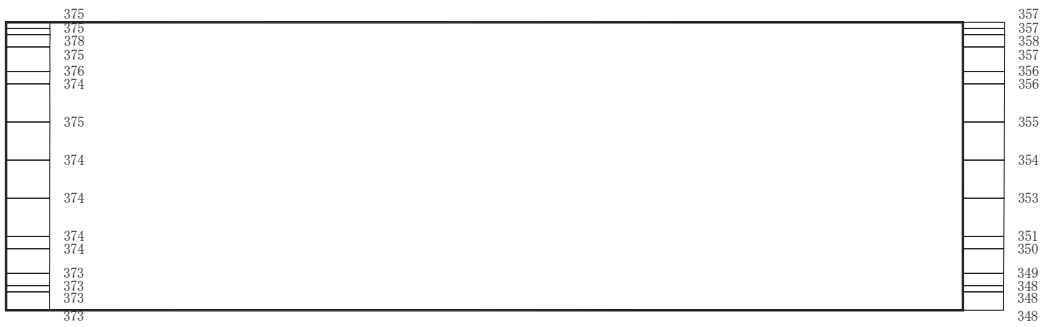
構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-34 最大加速度分布図 (解析ケース③) (34/56)





(a) S s - F 1 (++) 水平



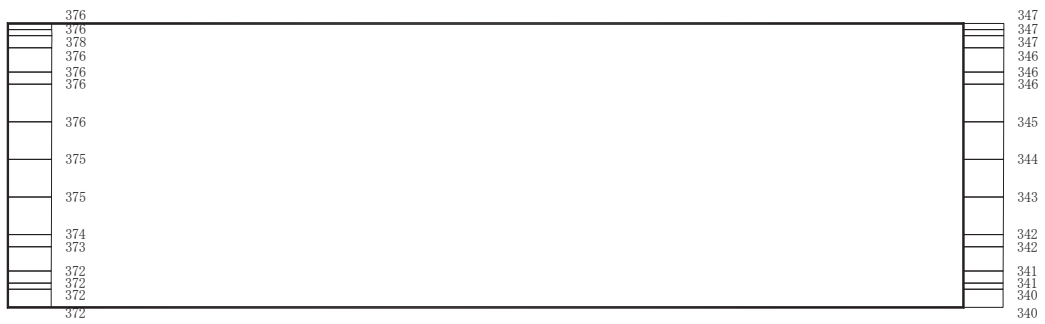
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-35 最大加速度分布図 (解析ケース③) (35/56)



(a) S s - F 1 (-+) 水平



(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)     
 応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-36 最大加速度分布図 (解析ケース③) (36/56)



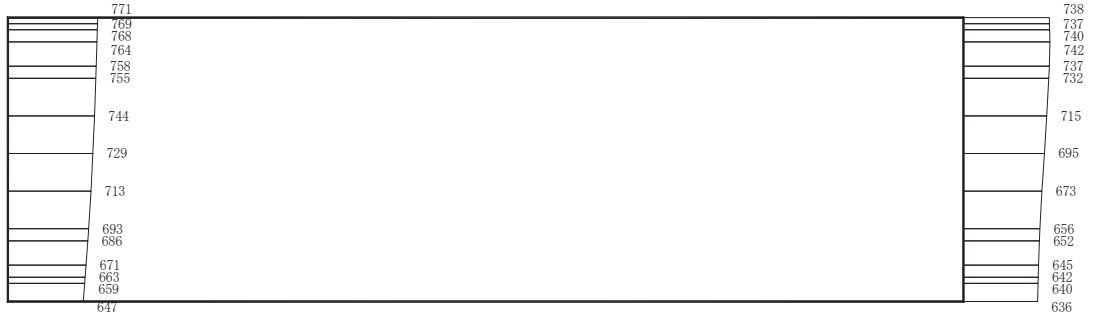
(a) S s - F 2 (++) 水平



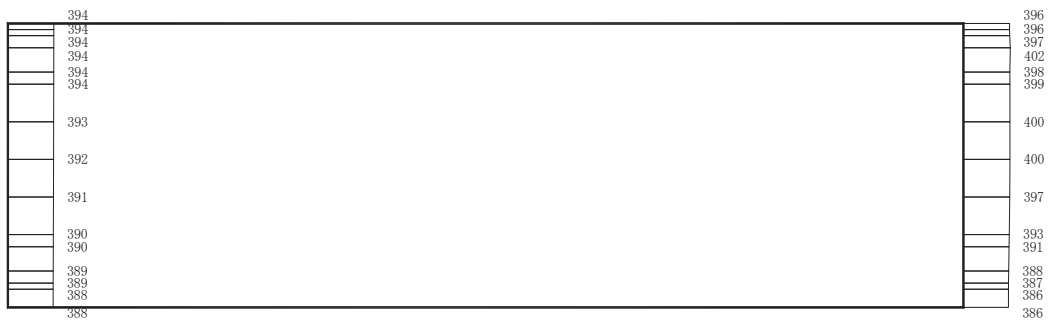
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-37 最大加速度分布図 (解析ケース③) (37/56)



(a) S s - F 2 (-+) 水平



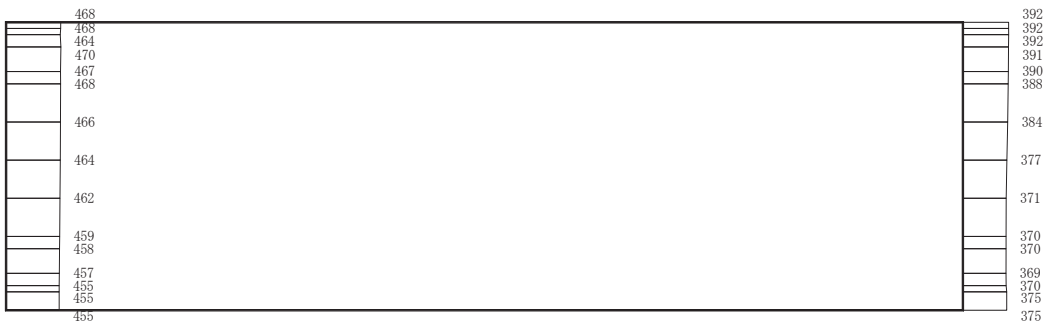
(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-38 最大加速度分布図 (解析ケース③) (38/56)



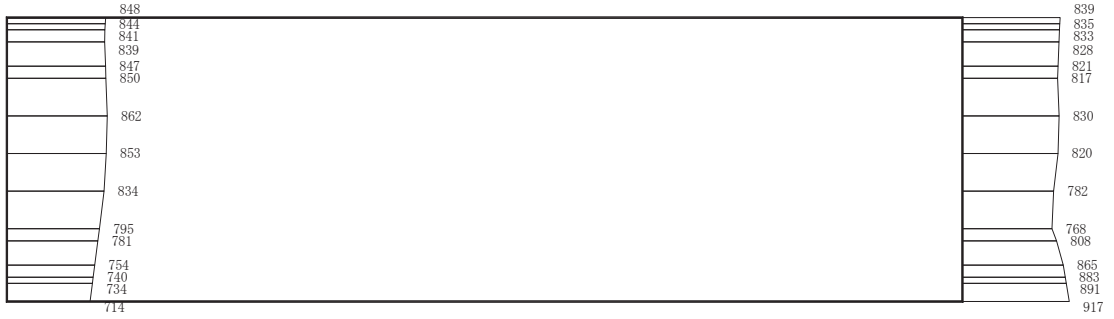
(a) S s - F 3 (++) 水平



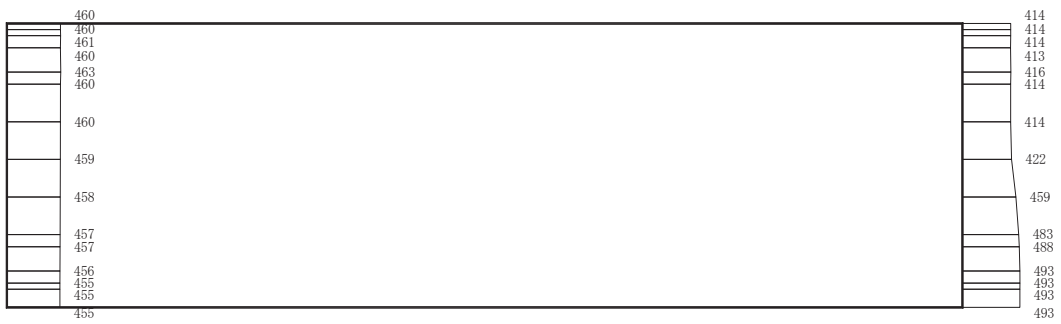
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-39 最大加速度分布図 (解析ケース③) (39/56)



(a) S s - F 3 (-+) 水平



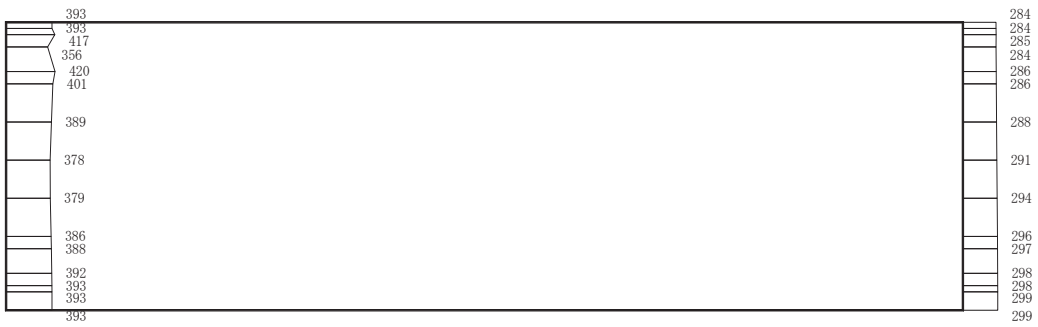
(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-40 最大加速度分布図 (解析ケース③) (40/56)



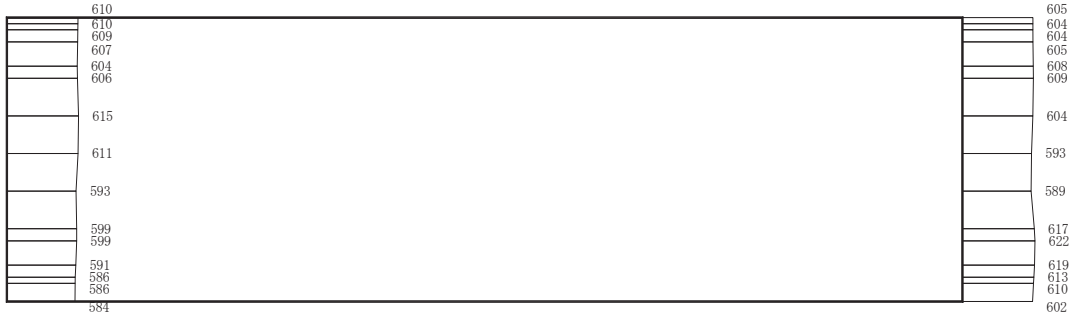
(a) S s - N 1 (++) 水平



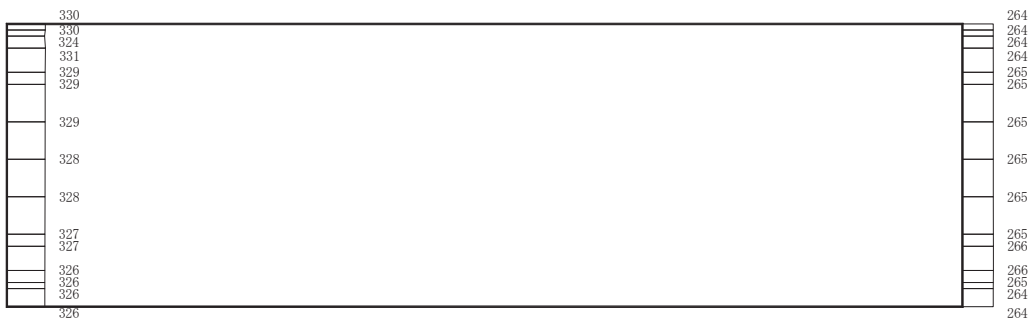
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-41 最大加速度分布図 (解析ケース③) (41/56)



(a) S s - N 1 ( - + ) 水平



(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-42 最大加速度分布図 (解析ケース③) (42/56)





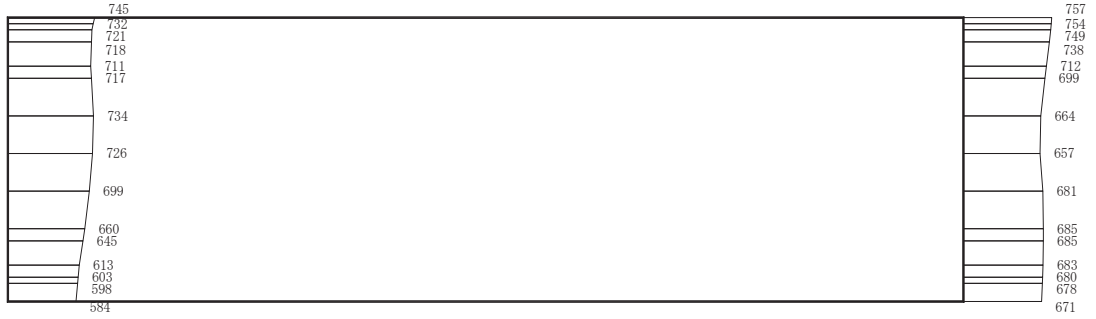
(a) S s - D 1 (++) 水平



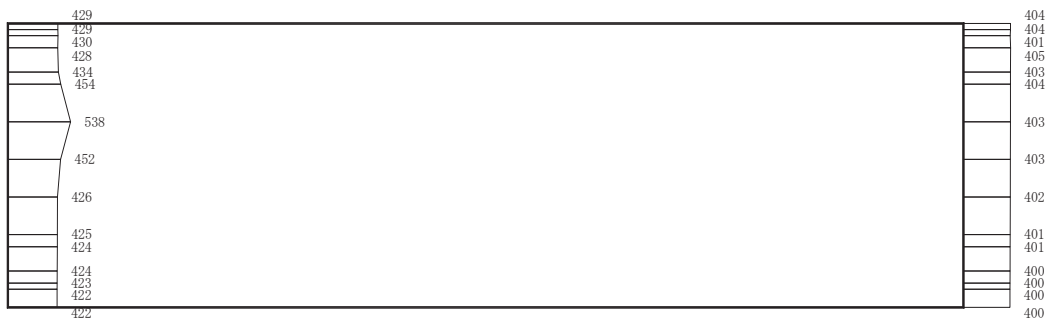
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-43 最大加速度分布図 (解析ケース④) (43/56)



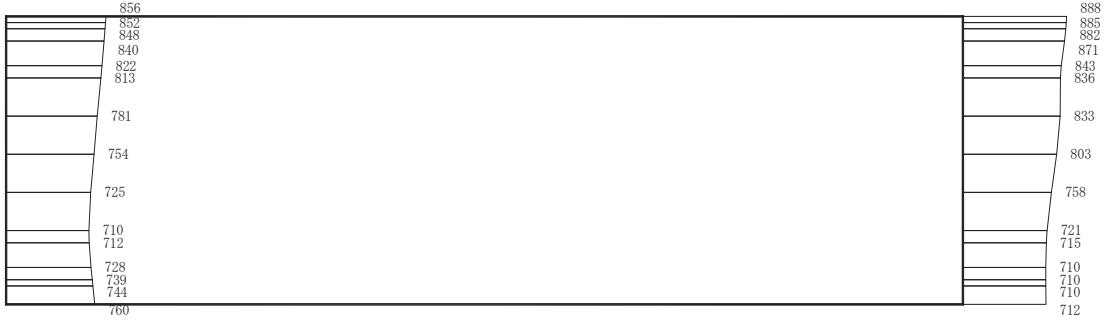
(a) S s - D 1 (-+) 水平



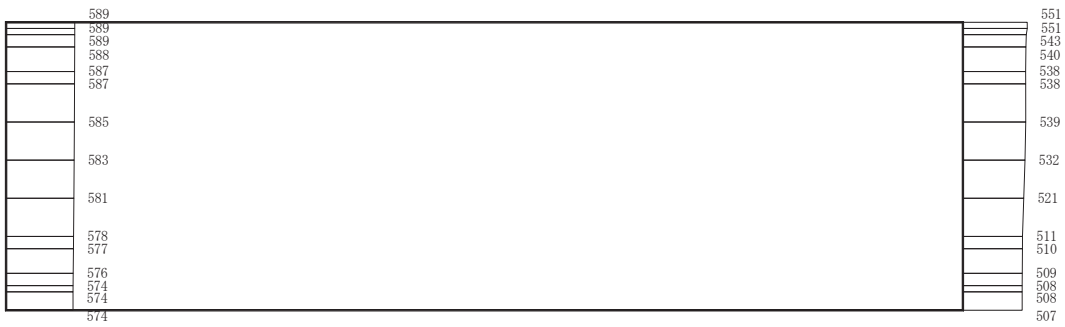
(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-44 最大加速度分布図 (解析ケース④) (44/56)



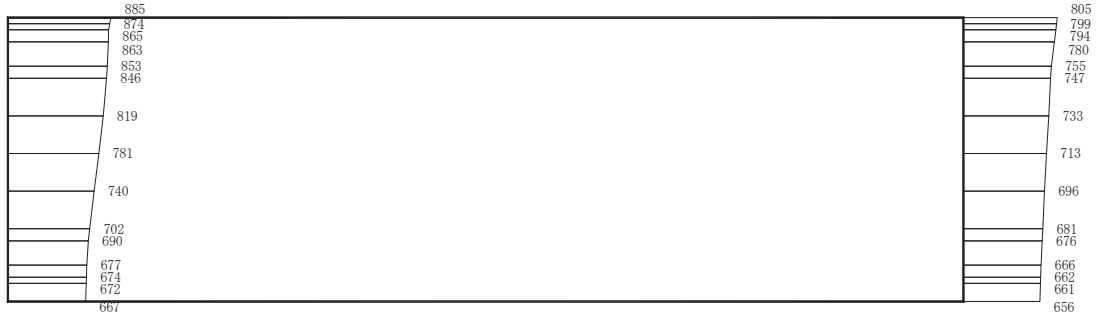
(a) S s - D 2 (++) 水平



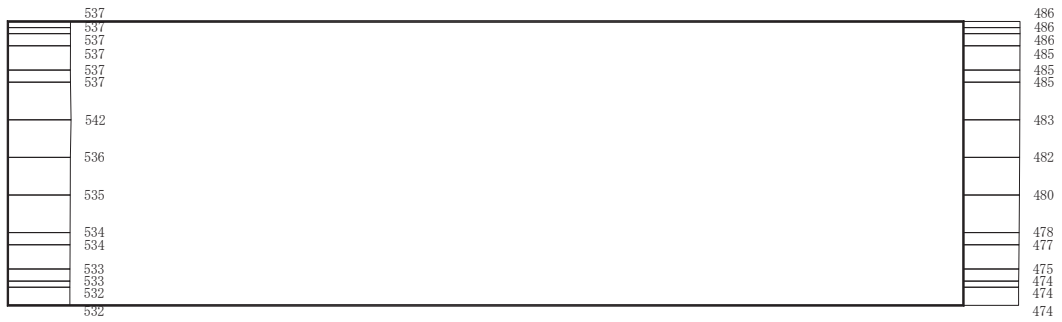
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-45 最大加速度分布図 (解析ケース④) (45/56)



(a) S s - D 2 (-+) 水平



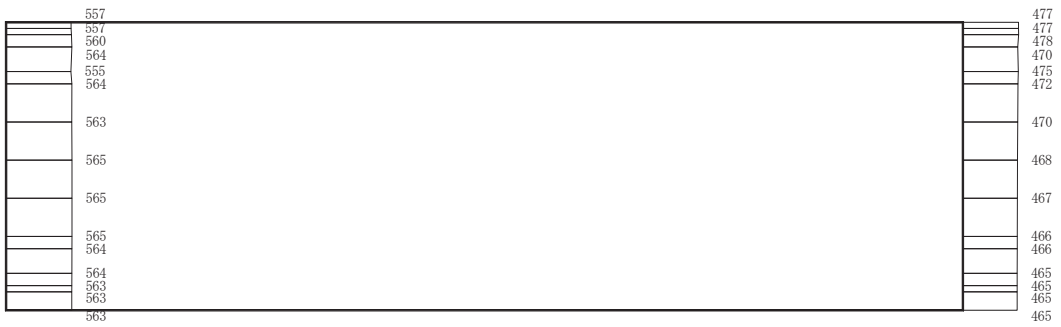
(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-46 最大加速度分布図 (解析ケース④) (46/56)



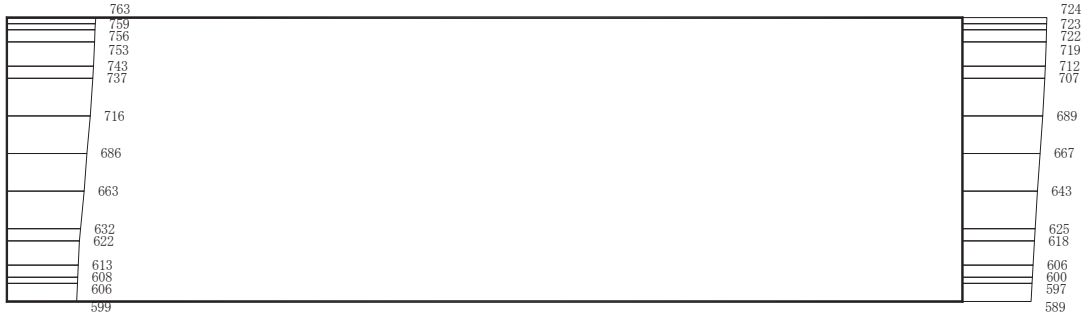
(a) S s - D 3 (++) 水平



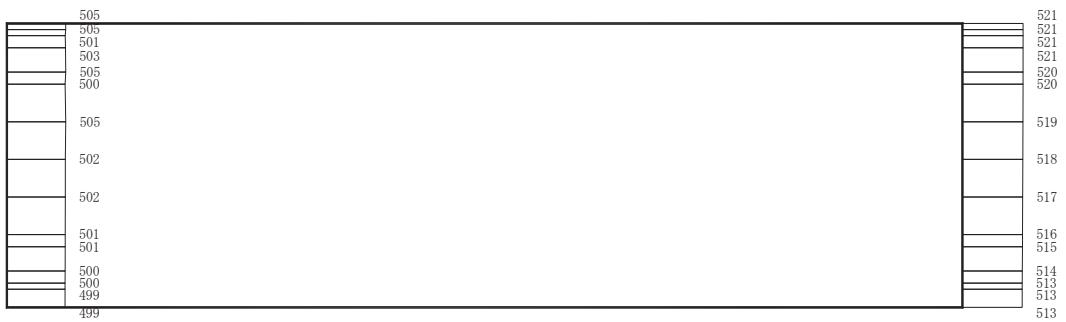
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-47 最大加速度分布図 (解析ケース④) (47/56)



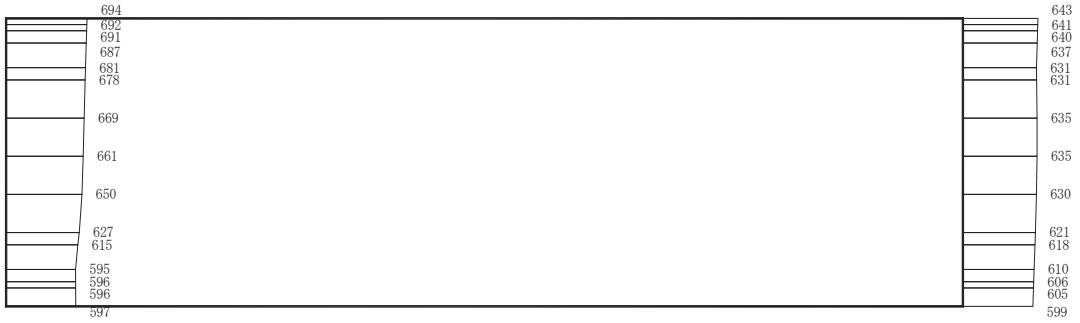
(a) S s - D 3 ( - + ) 水平



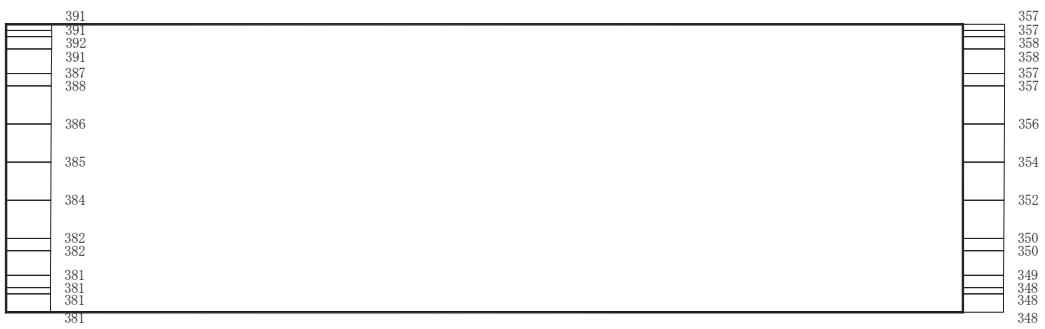
(b) S s - D 3 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-48 最大加速度分布図 (解析ケース④) (48/56)



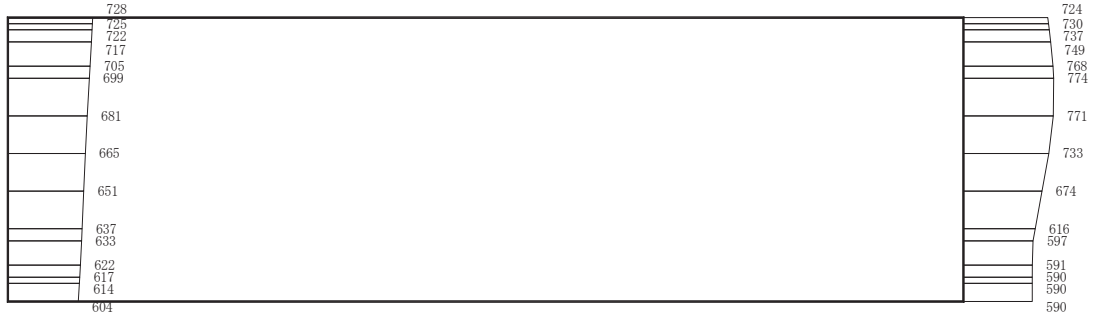
(a) S s - F 1 (++) 水平



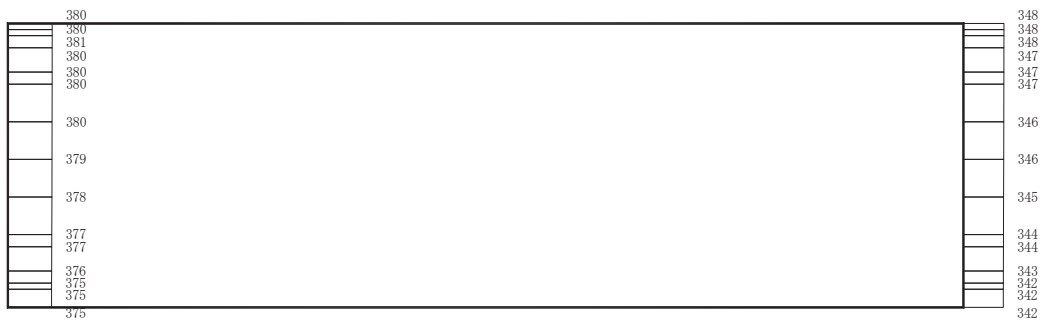
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-49 最大加速度分布図 (解析ケース④) (49/56)



(a) S s - F 1 (-+) 水平

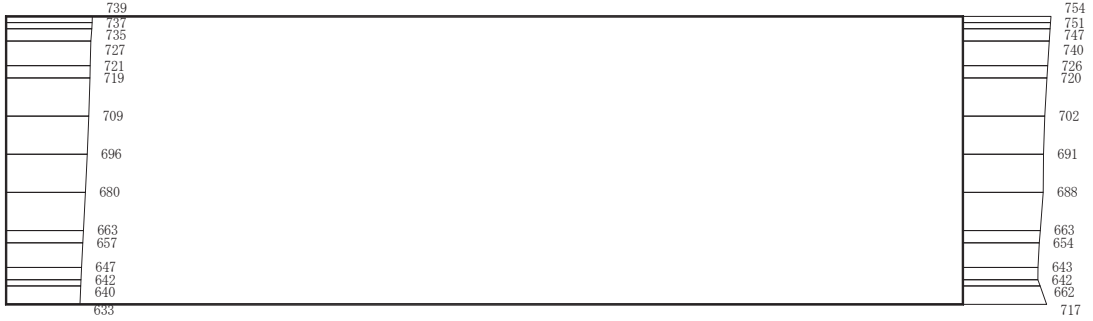


(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-50 最大加速度分布図 (解析ケース④) (50/56)





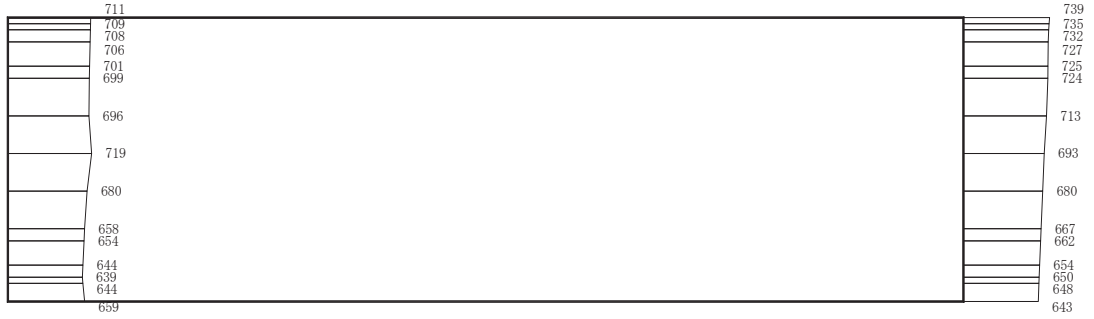
(a) S s - F 2 (++) 水平



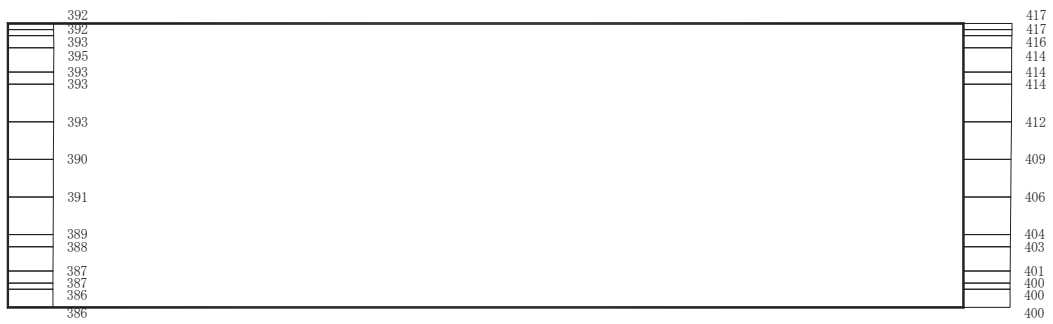
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-51 最大加速度分布図 (解析ケース④) (51/56)



(a) S s - F 2 (-+) 水平



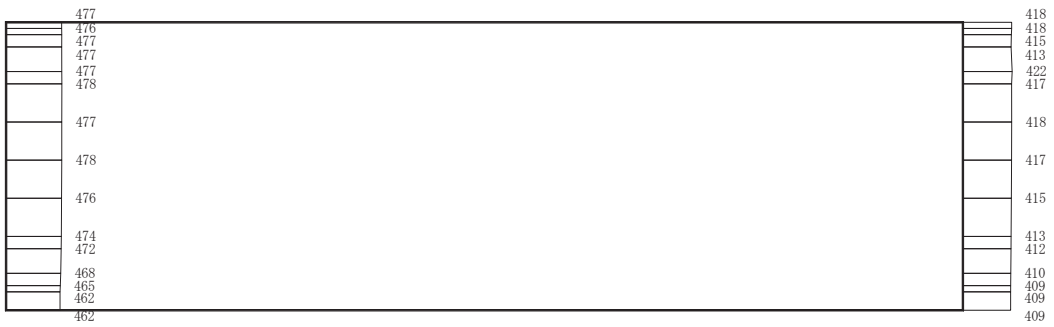
(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-52 最大加速度分布図 (解析ケース④) (52/56)



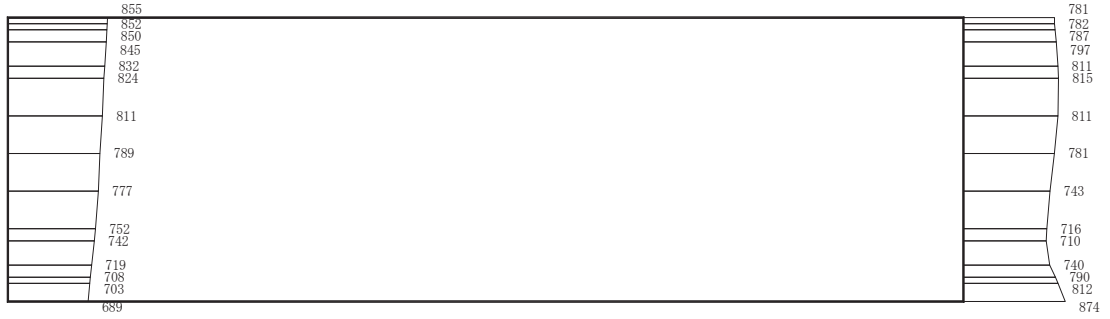
(a) S s - F 3 (++) 水平



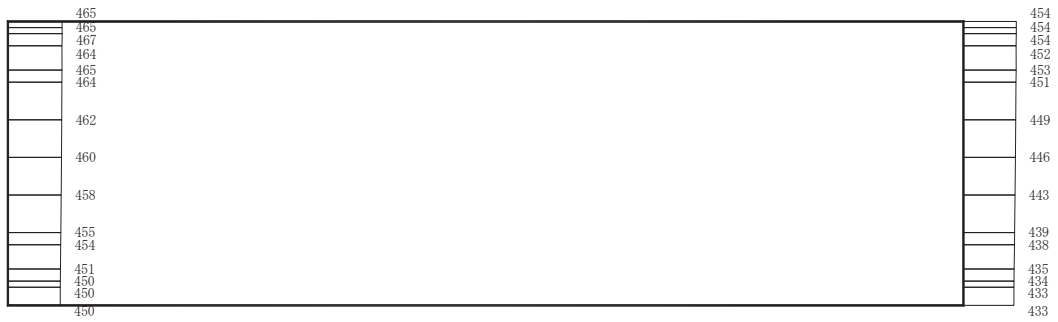
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-53 最大加速度分布図 (解析ケース④) (53/56)



(a) S s - F 3 (-+) 水平



(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-54 最大加速度分布図 (解析ケース④) (54/56)



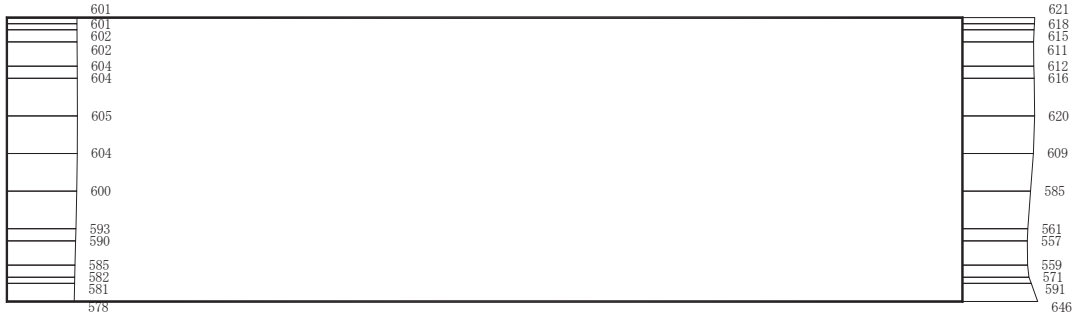
(a) S s - N 1 (++) 水平



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-55 最大加速度分布図 (解析ケース④) (55/56)



(a) S s - N 1 ( - + ) 水平



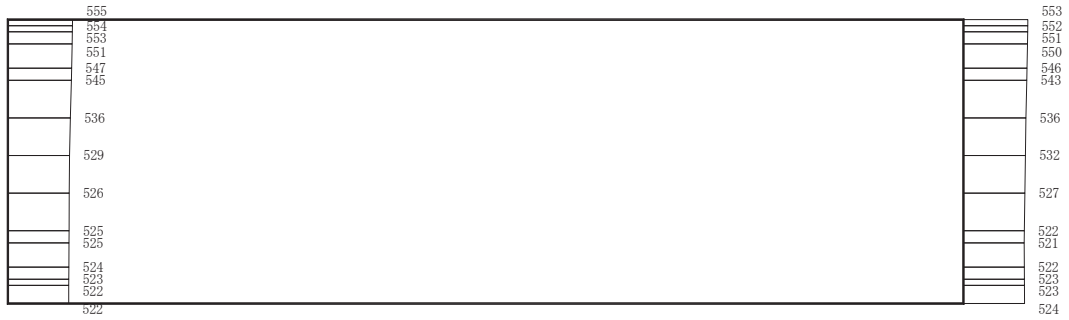
(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

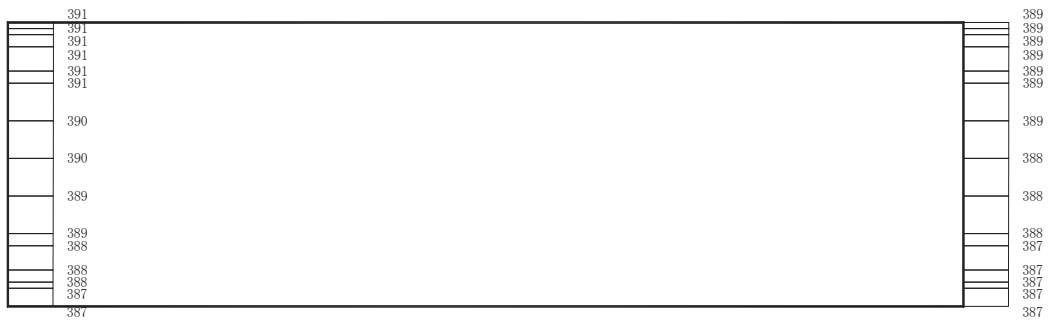
図 4-56 最大加速度分布図 (解析ケース④) (56/56)

#### 4.1.2 有効応力解析の解析結果

機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース⑧について、すべての基準地震動  $S_s$  に対する最大加速度分布図を図 4-57～図 4-70 に示す。



(a) S s - D 1 (++) 水平

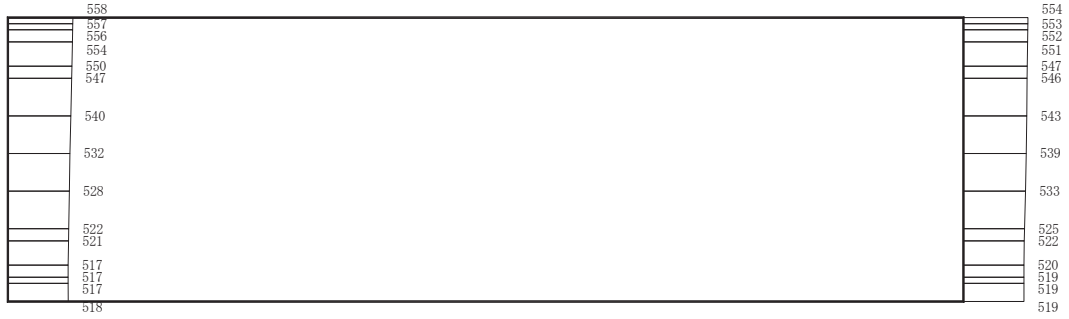


(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-57 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (1/14)





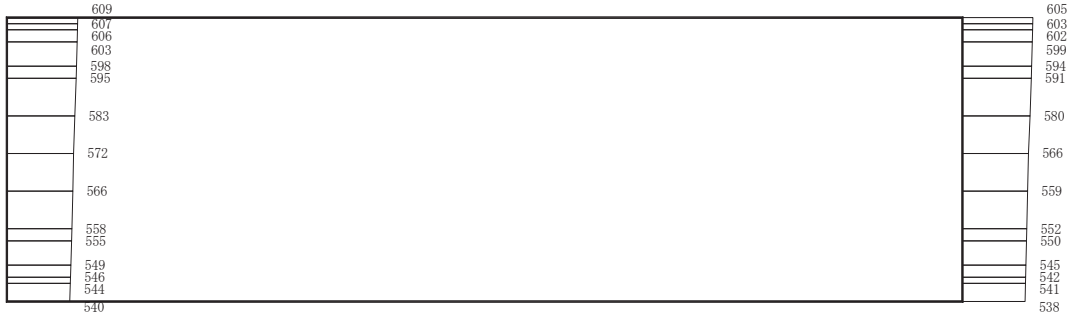
(a) S s - D 1 ( - + ) 水平



(b) S s - D 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-58 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (2/14)



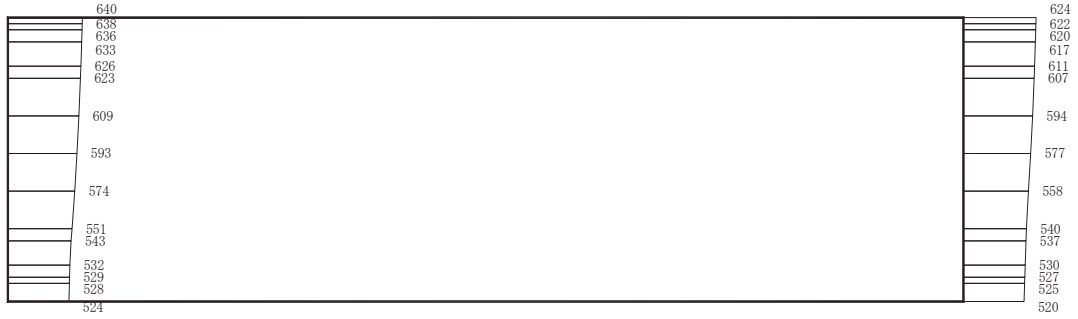
(a) S s - D 2 (++) 水平



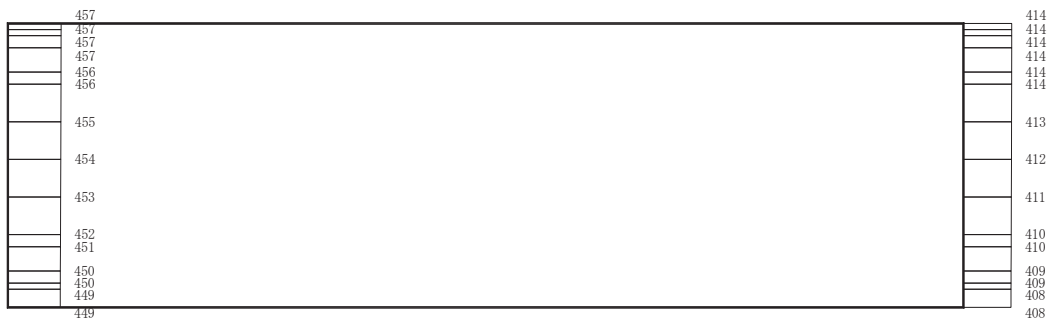
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-59 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (3/14)



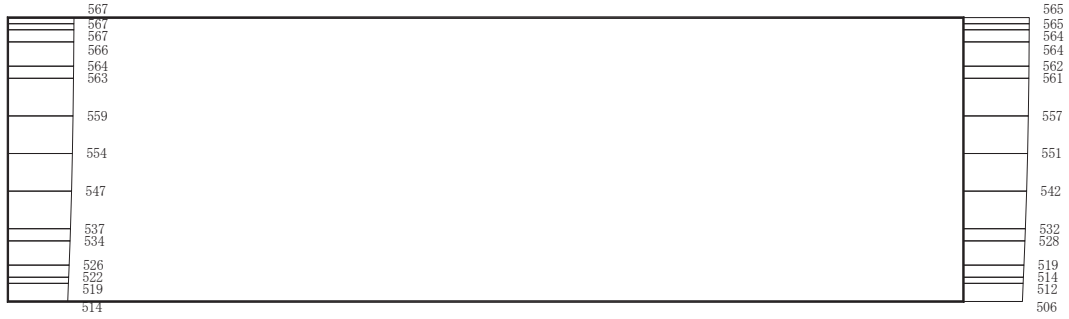
(a) S s - D 2 ( - + ) 水平



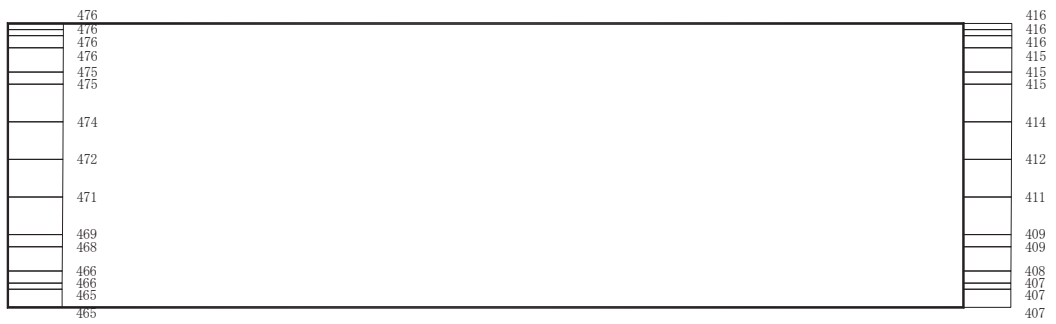
(b) S s - D 2 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-60 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (4/14)



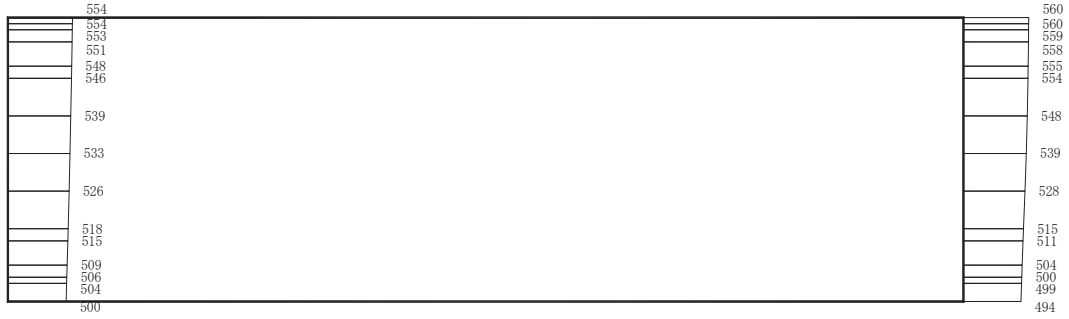
(a) S s - D 3 (++) 水平



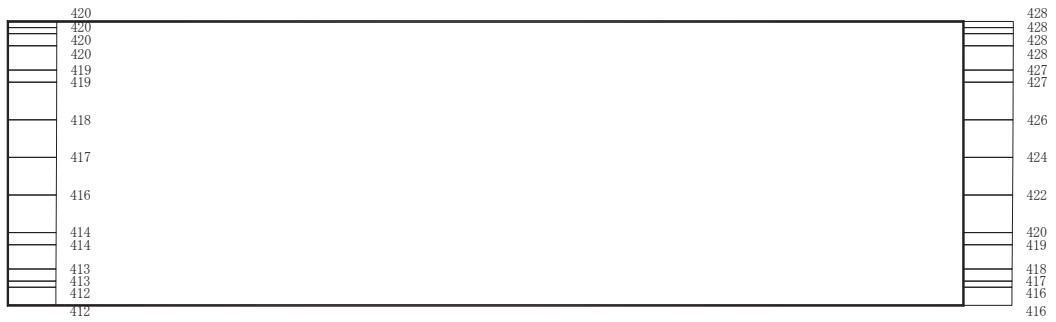
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-61 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (5/14)



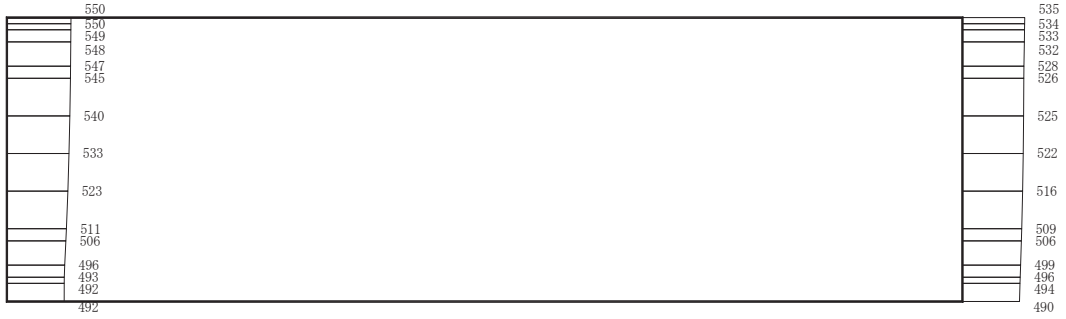
(a) S s - D 3 (-+) 水平



(b) S s - D 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-62 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (6/14)



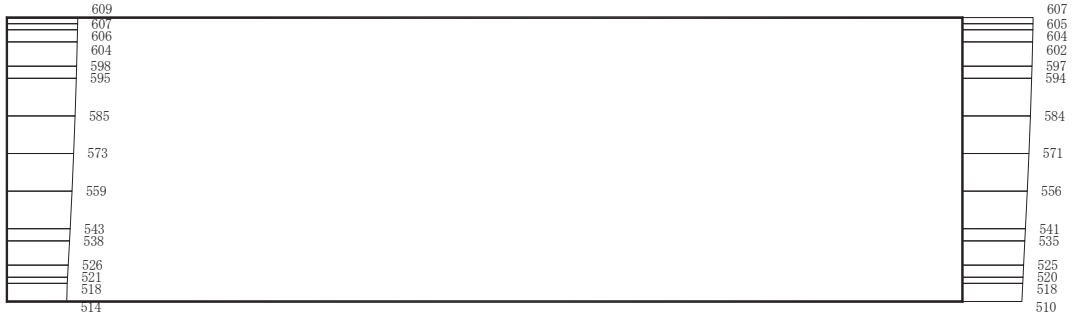
(a) S s - F 1 (++) 水平



(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-63 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (7/14)



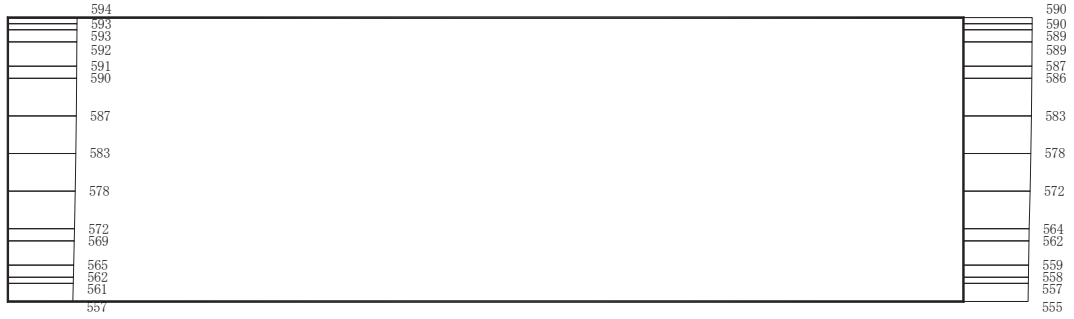
(a) S s - F 1 ( - + ) 水平



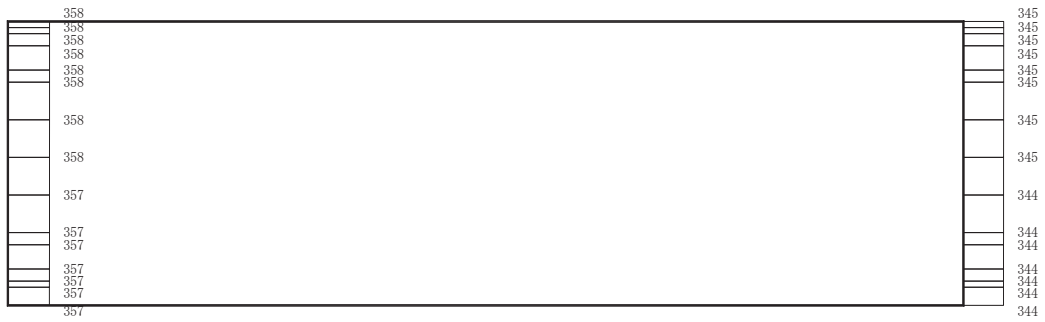
(b) S s - F 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-64 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (8/14)



(a) S s - F 2 (++) 水平

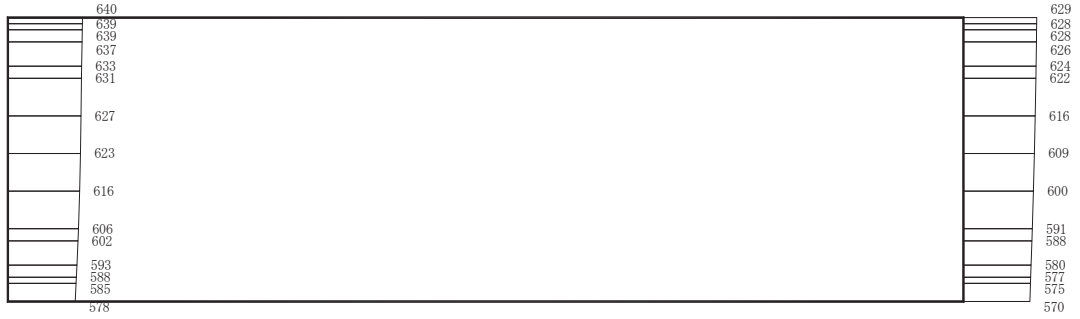


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-65 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (9/14)





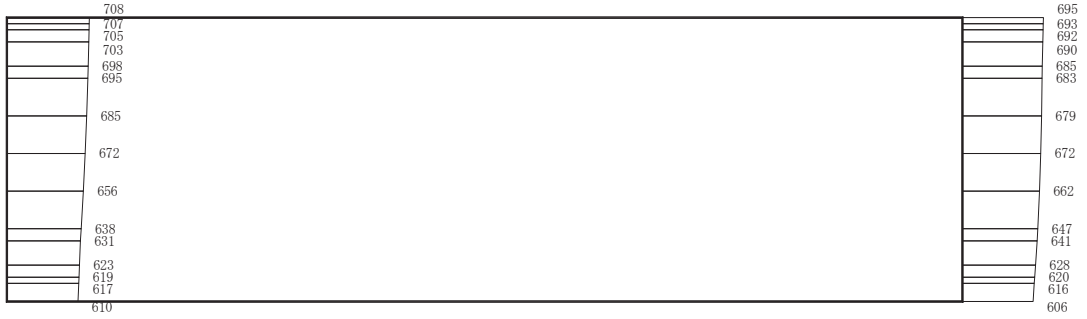
(a) S s - F 2 (-+) 水平



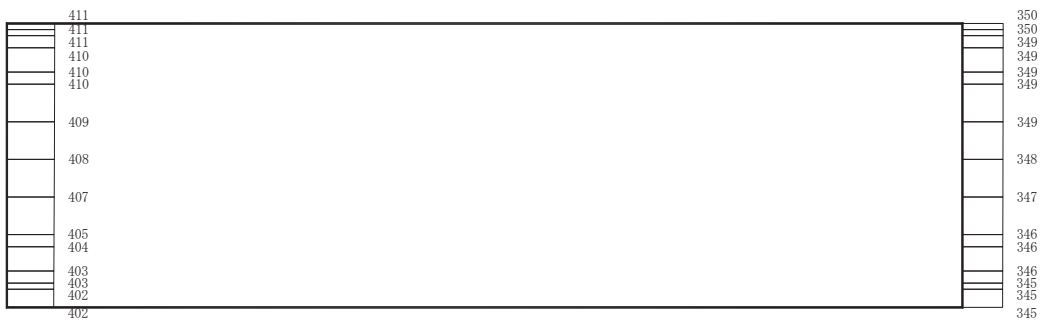
(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-66 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (10/14)



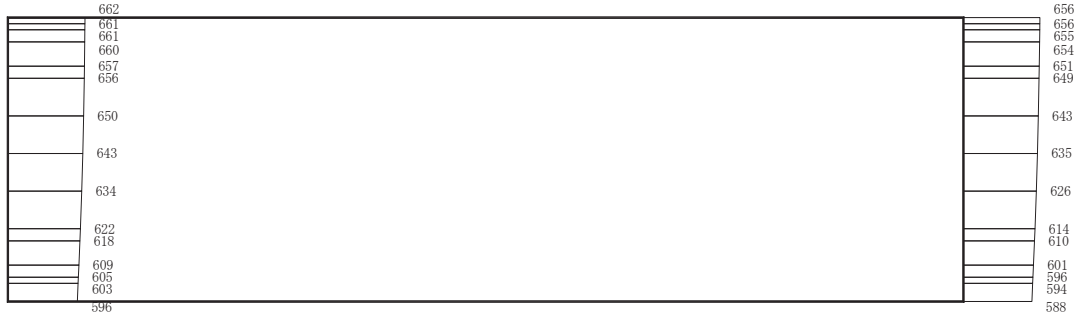
(a) S s - F 3 (++) 水平



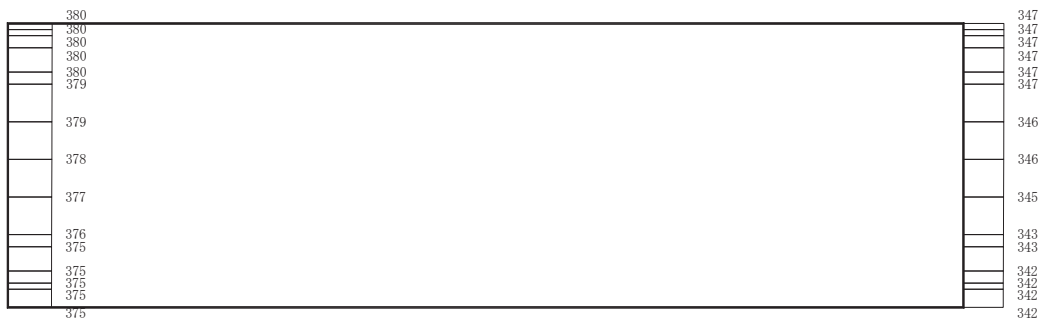
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-67 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (11/14)



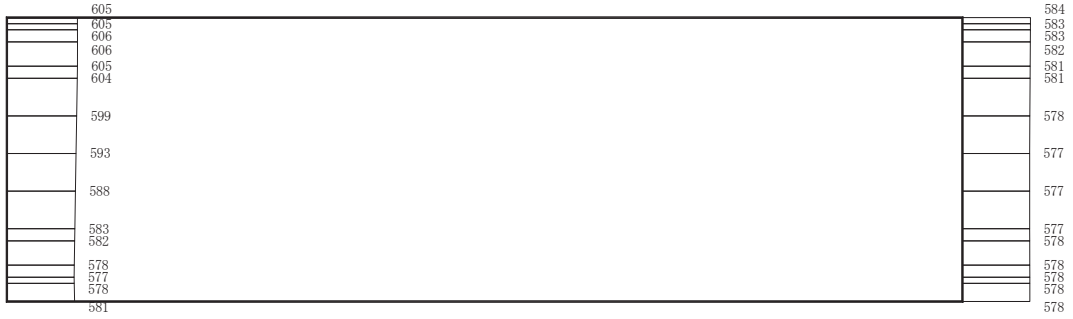
(a) S s - F 3 (-+) 水平



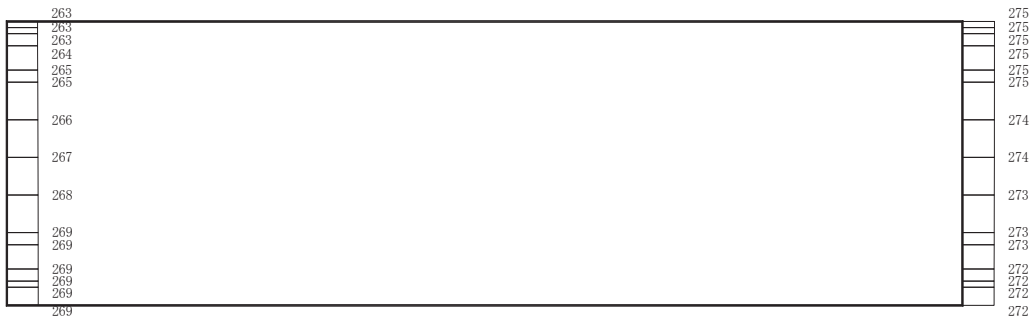
(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-68 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (12/14)



(a) S s - N 1 (++) 水平



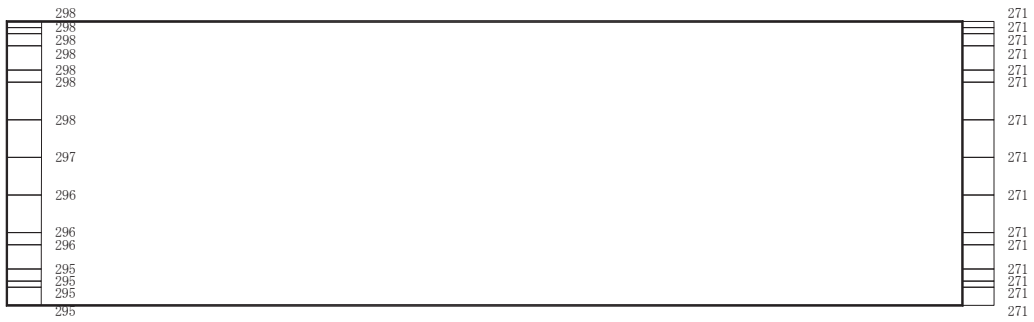
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-69 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (13/14)



(a) S s - N 1 (-+) 水平



(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

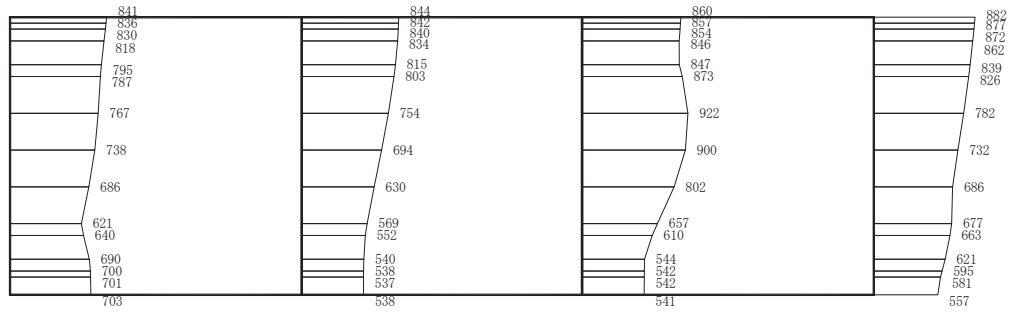
構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-70 最大加速度分布図 (解析ケース⑧) (14/14)

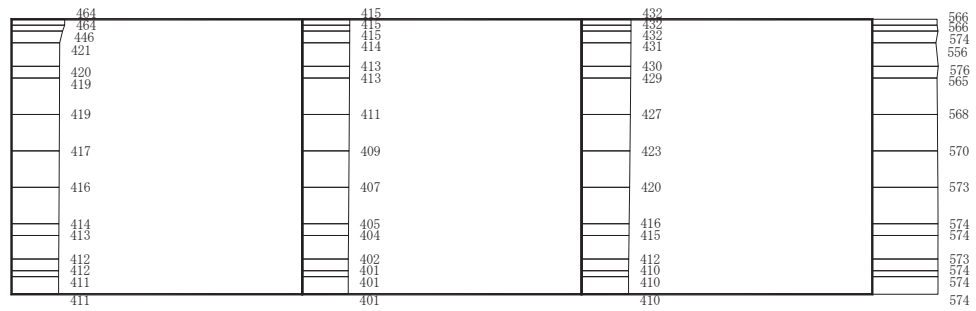
#### 4.2 東西方向の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①（基本ケース）について、すべての基準地震動 $S_s$ に対する最大加速度分布図を図4-71～図4-84に示す。また、解析ケース①において、三次元構造解析の結果、照査項目ごとに照査値が0.5を超えるケースで照査値が最大となる地震動について、解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-85及び図4-86に示す。

これらに加え、機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース②～④について、すべての基準地震動 $S_s$ に対する最大加速度分布図を図4-87～図4-128に示す。



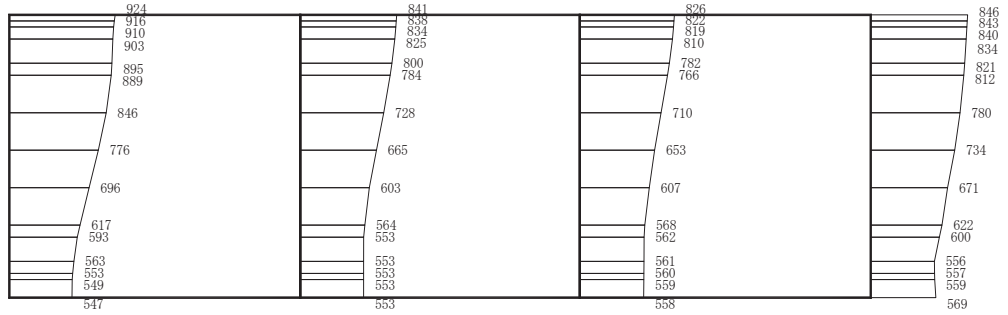
(a) S s - D 1 (++) 水平



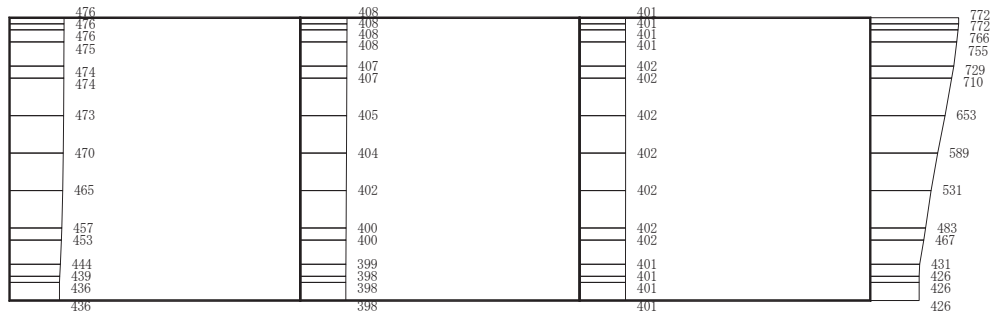
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-71 最大加速度分布図 (解析ケース①) (1/16)



(a) S s - D 1 (-+) 水平

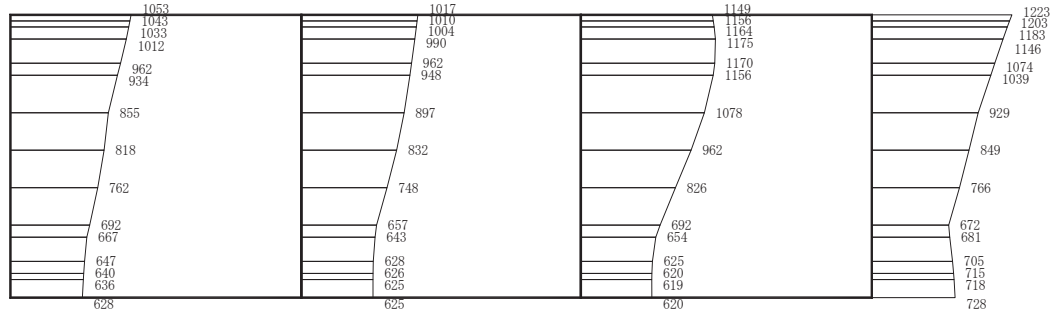


(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

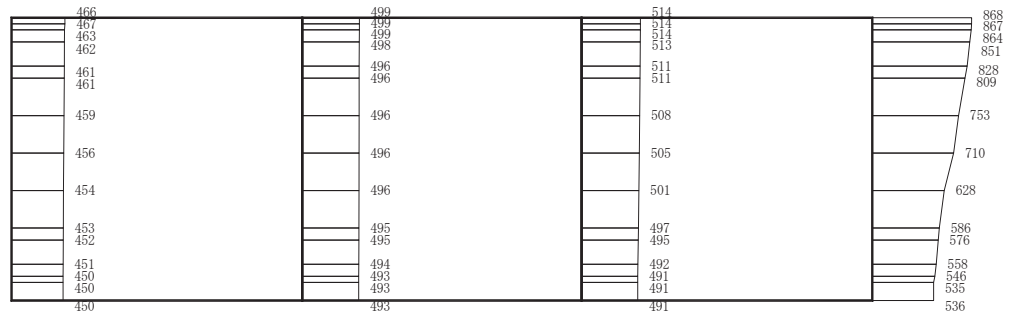
構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-72 最大加速度分布図 (解析ケース①) (2/16)





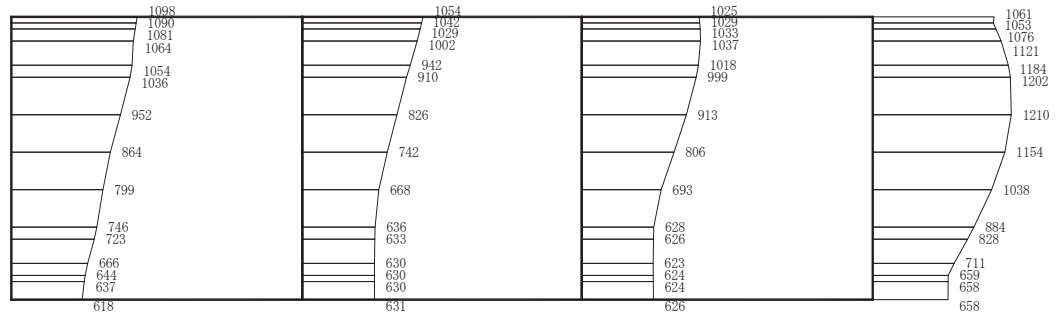
(a) S s - D 2 (++) 水平



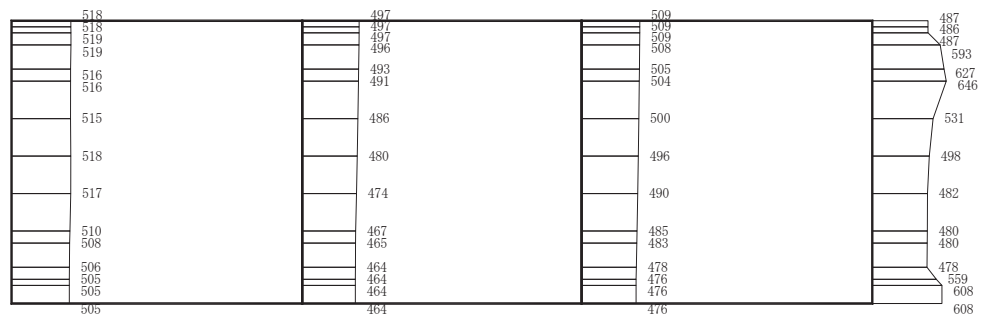
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-73 最大加速度分布図 (解析ケース①) (3/16)



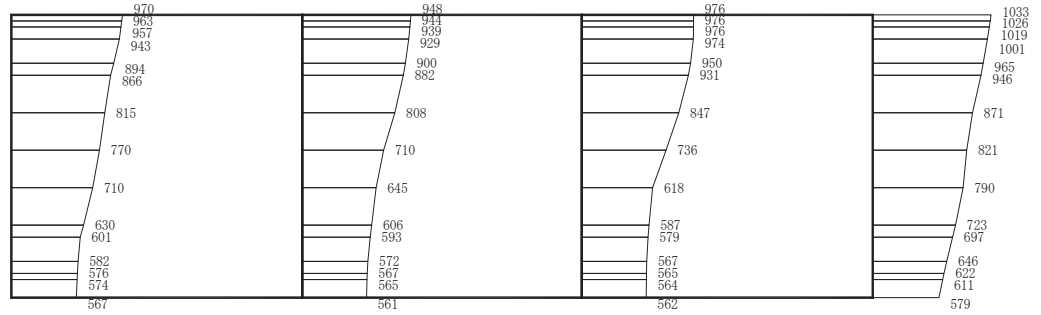
(a) S s - D 2 (-+) 水平



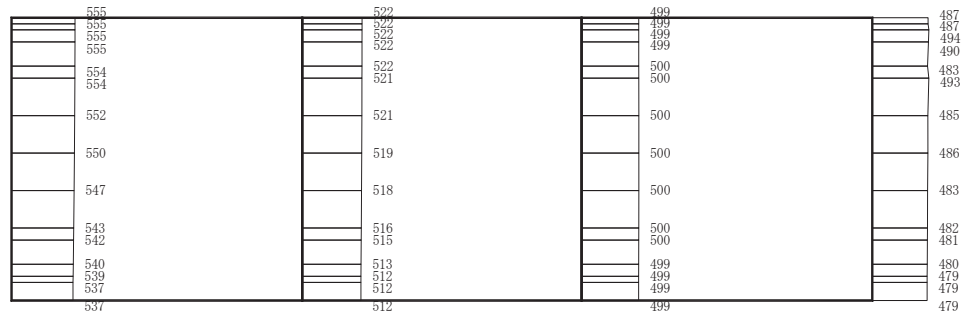
(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-74 最大加速度分布図 (解析ケース①) (4/16)



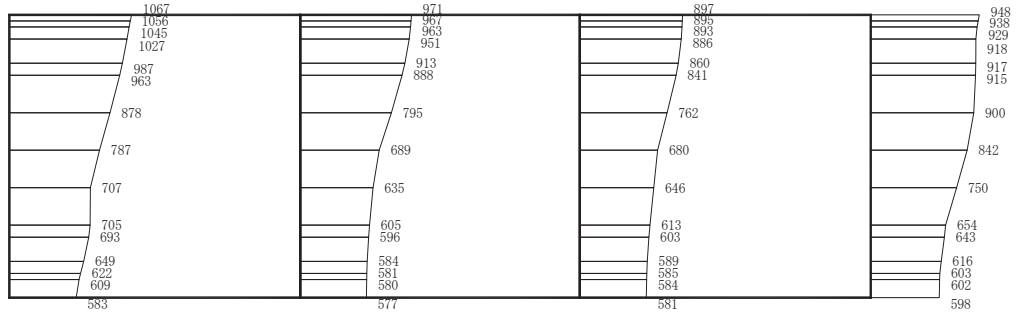
(a) S s - D 3 (++) 水平



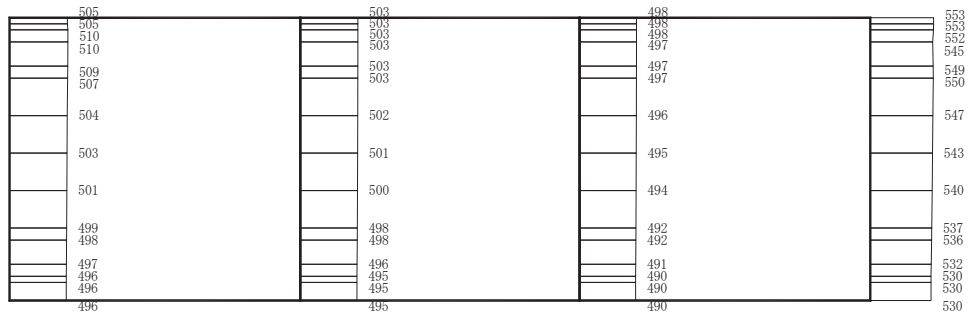
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-75 最大加速度分布図 (解析ケース①) (5/16)



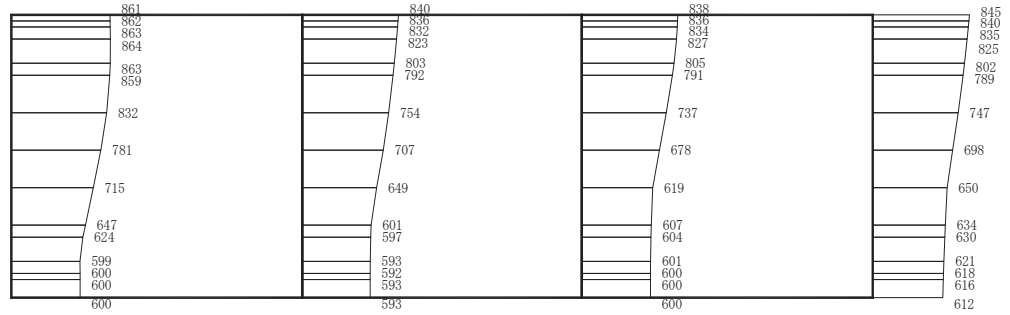
(a) S s - D 3 (-+) 水平



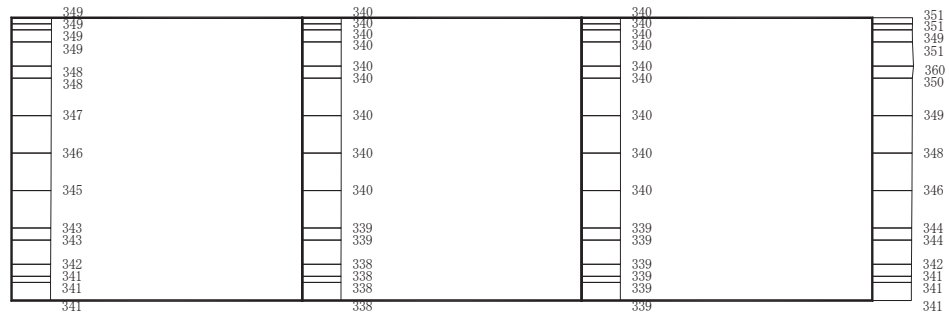
(b) S s - D 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-76 最大加速度分布図 (解析ケース①) (6/16)



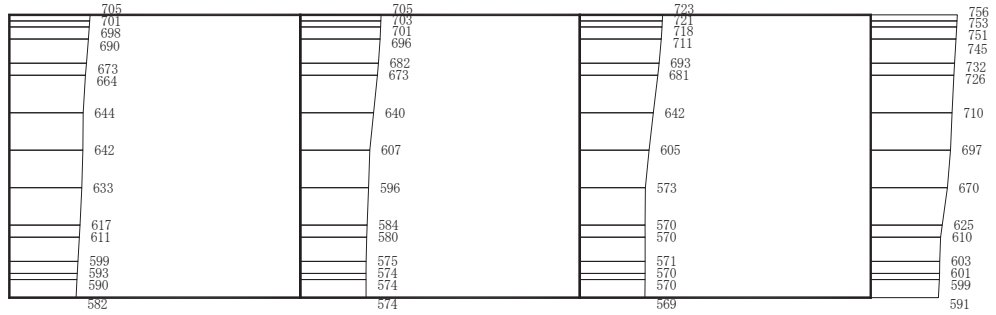
(a) S s - F 1 (++) 水平



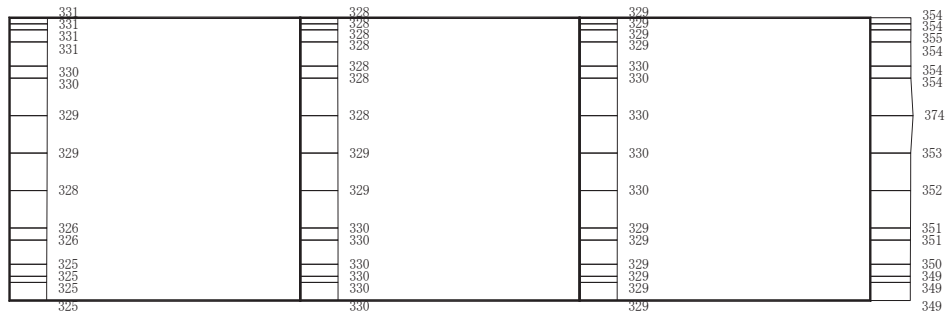
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-77 最大加速度分布図 (解析ケース①) (7/16)



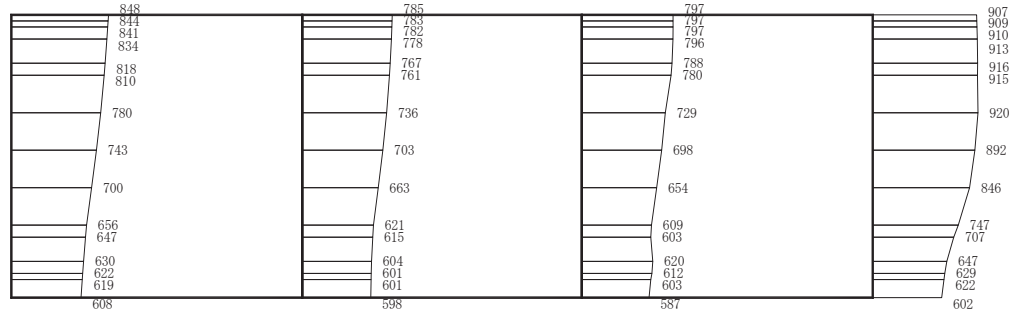
(a) S s - F 1 (-+) 水平



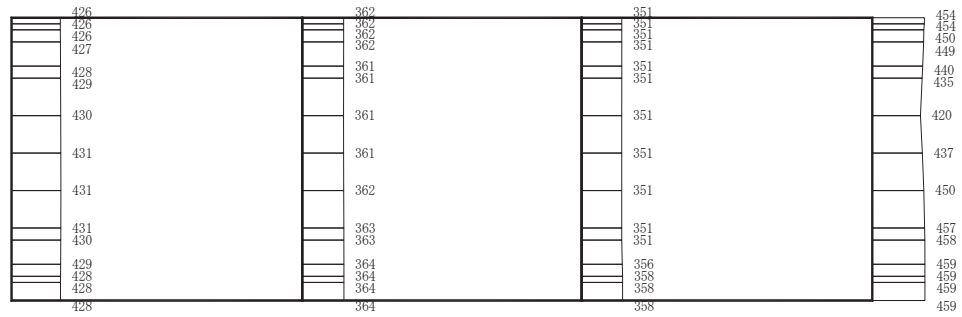
(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-78 最大加速度分布図 (解析ケース①) (8/16)



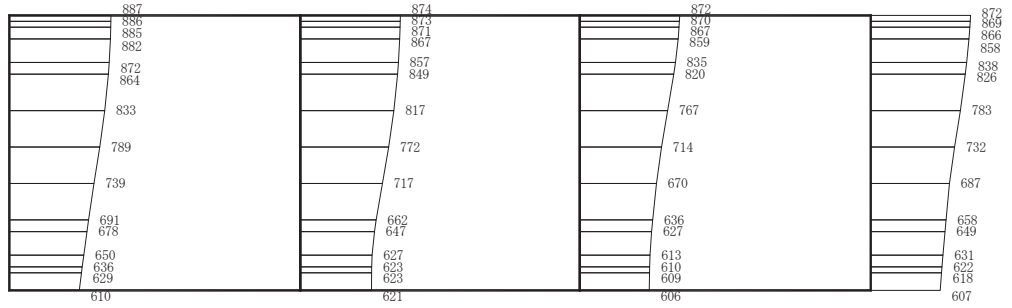
(a) S s - F 2 (++) 水平



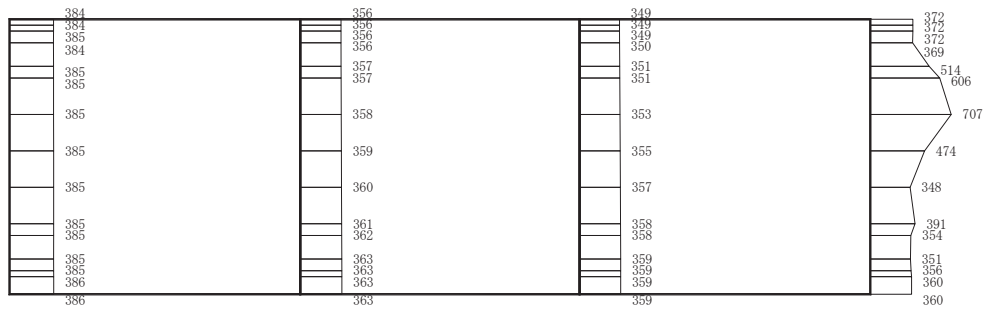
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-79 最大加速度分布図 (解析ケース①) (9/16)



(a) S s - F 2 (-+) 水平

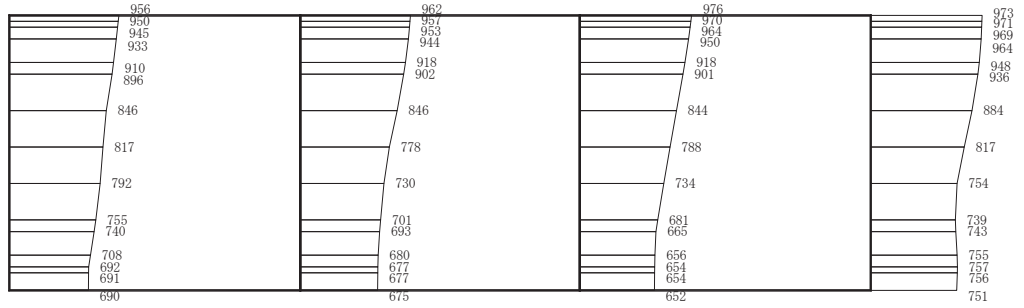


(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

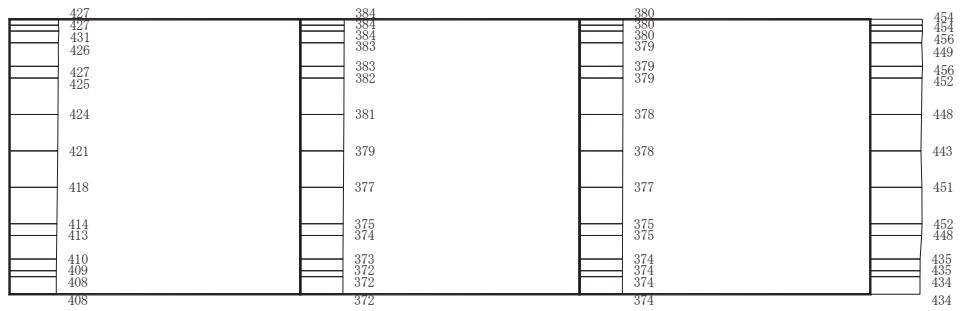
構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-80 最大加速度分布図 (解析ケース①) (10/16)





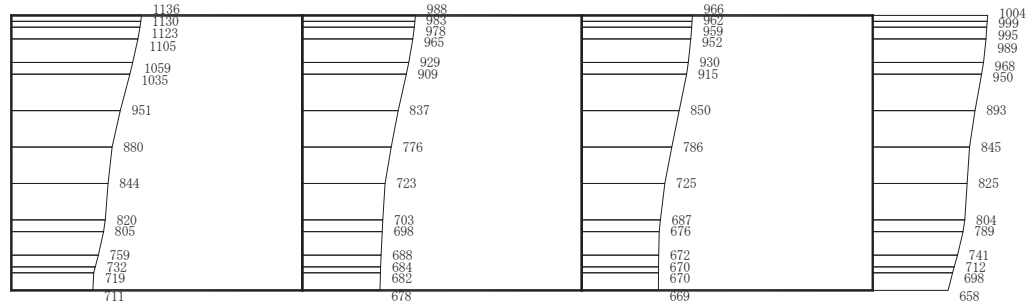
(a) S s - F 3 (++) 水平



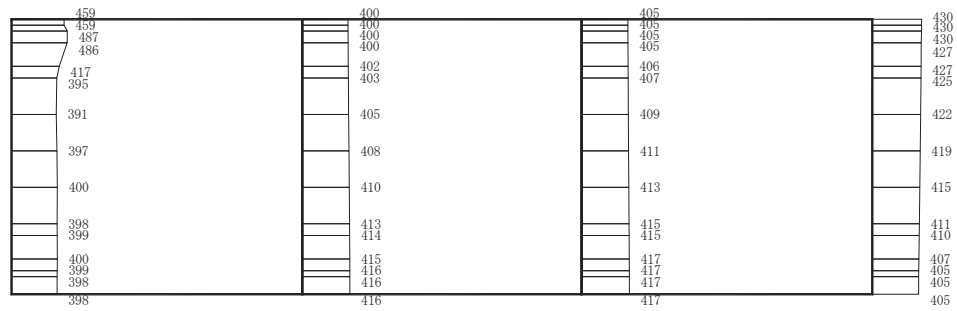
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-81 最大加速度分布図 (解析ケース①) (11/16)



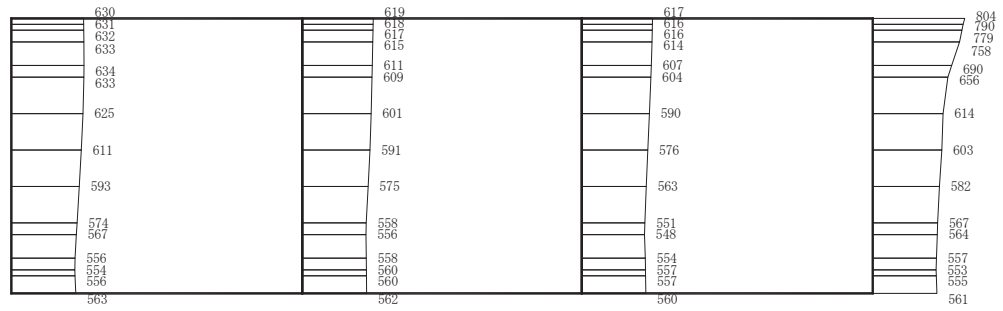
(a) S s - F 3 (-+) 水平



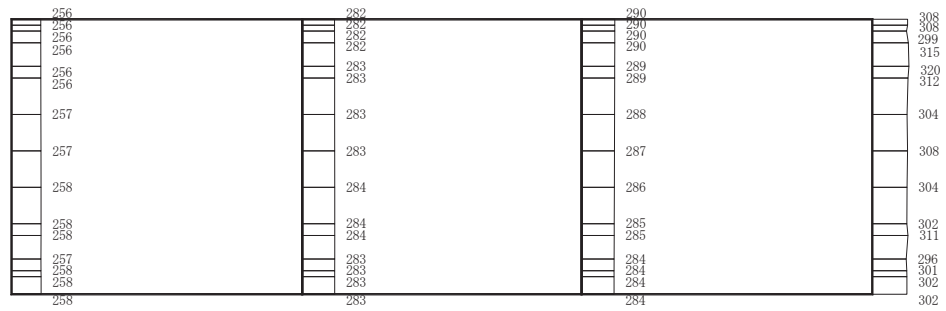
(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-82 最大加速度分布図 (解析ケース①) (12/16)



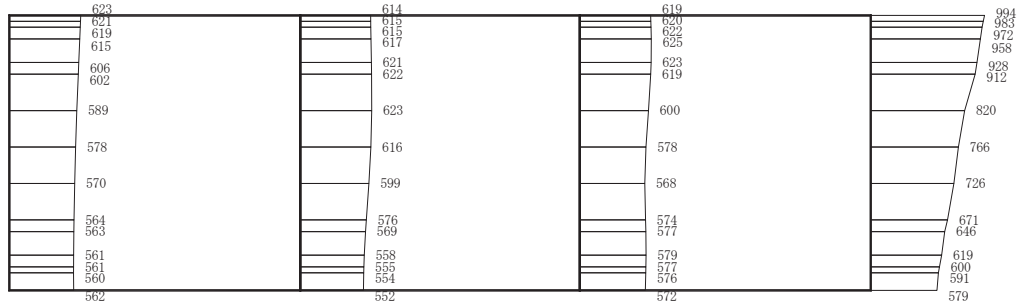
(a) S s - N 1 (++) 水平



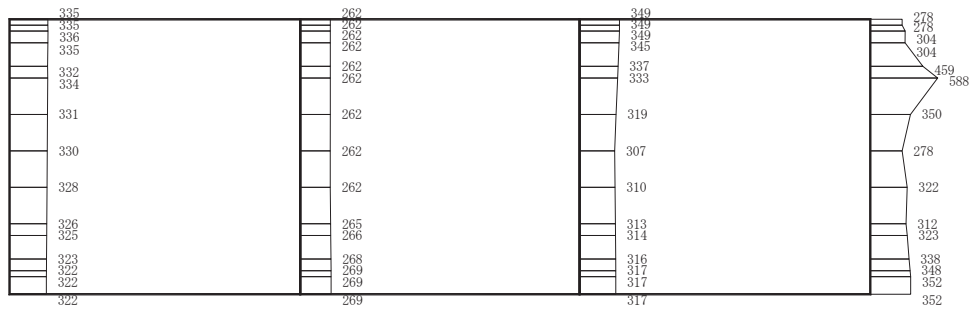
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-83 最大加速度分布図 (解析ケース①) (13/16)



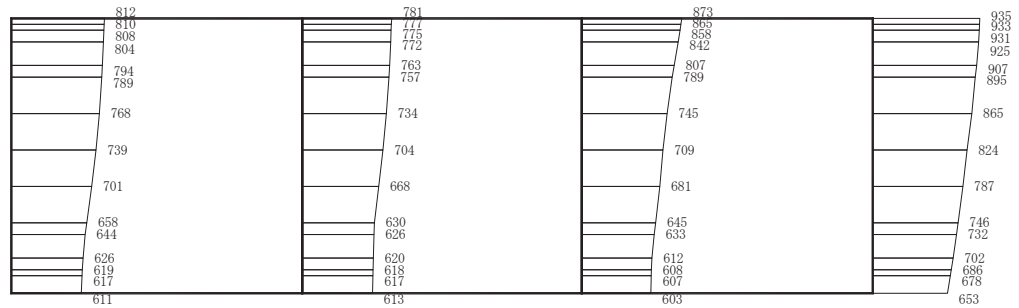
(a) S s - N 1 (-+) 水平



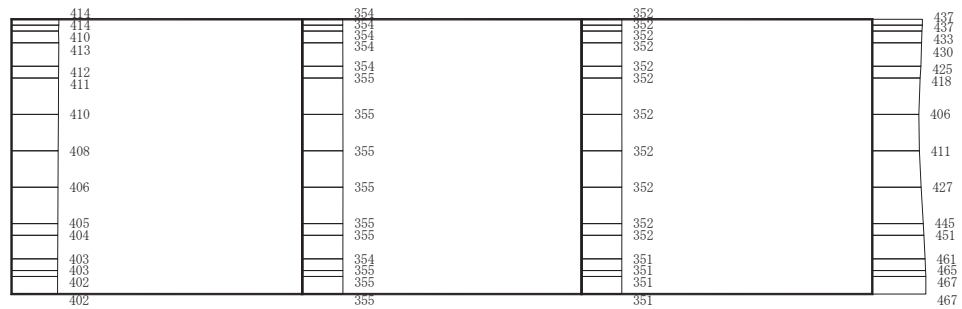
(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-84 最大加速度分布図 (解析ケース①) (14/16)



(a) S s - F 2 (++) 水平

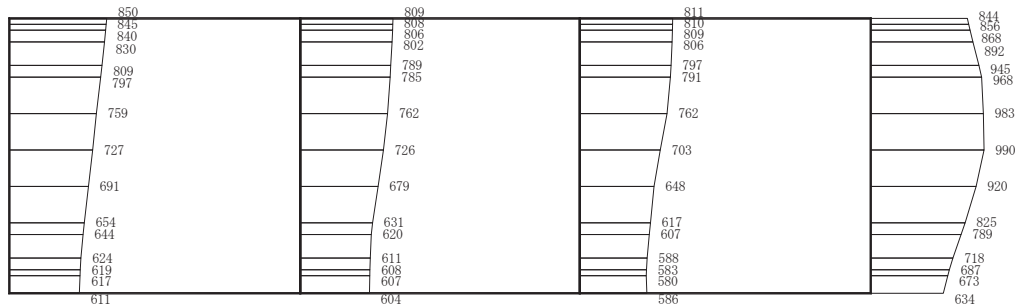


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

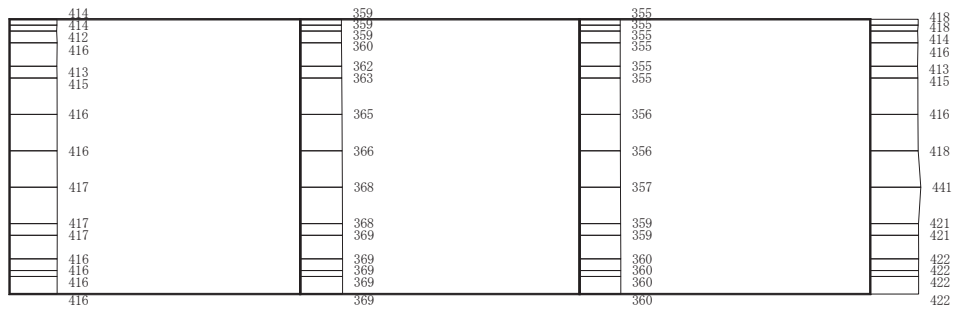
構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-85 最大加速度分布図

(解析ケース②：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース) (15/16)



(a) S s - F 2 (++) 水平

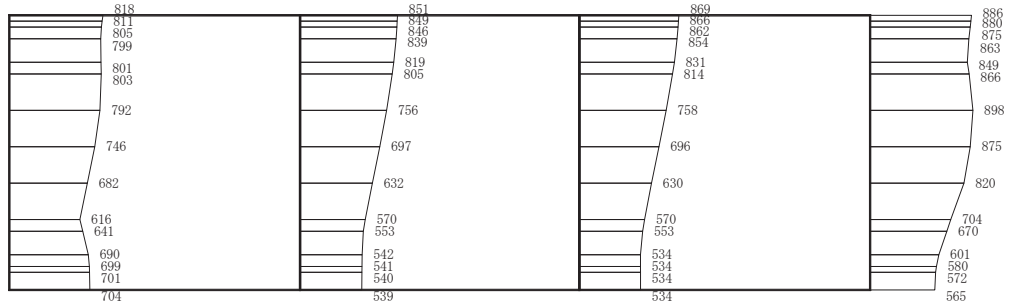


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

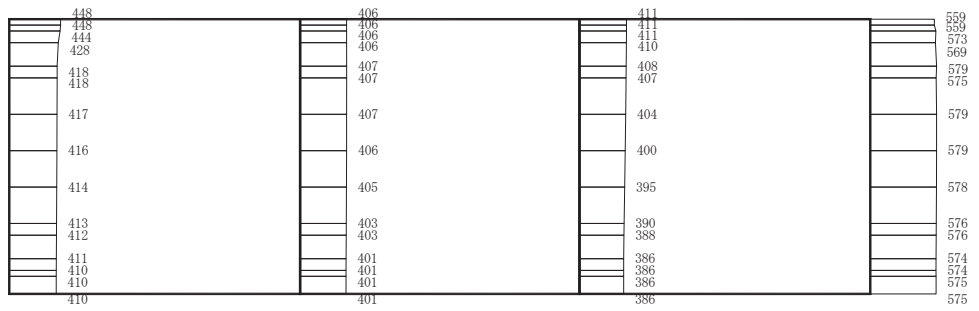
構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-86 最大加速度分布図

(解析ケース③：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース) (16/16)



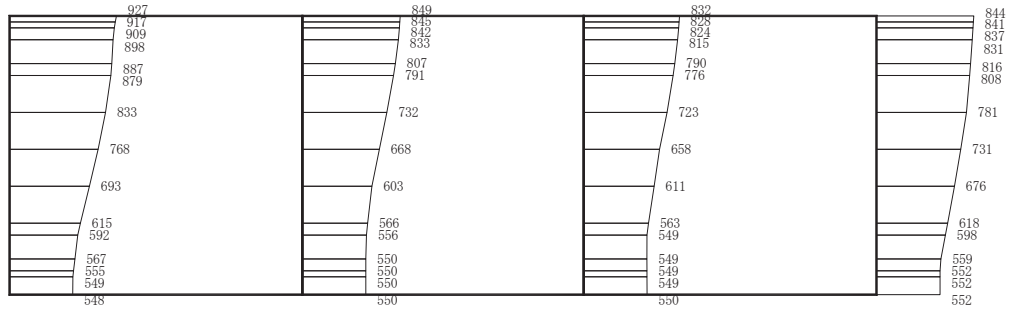
(a) S s - D 1 (++) 水平



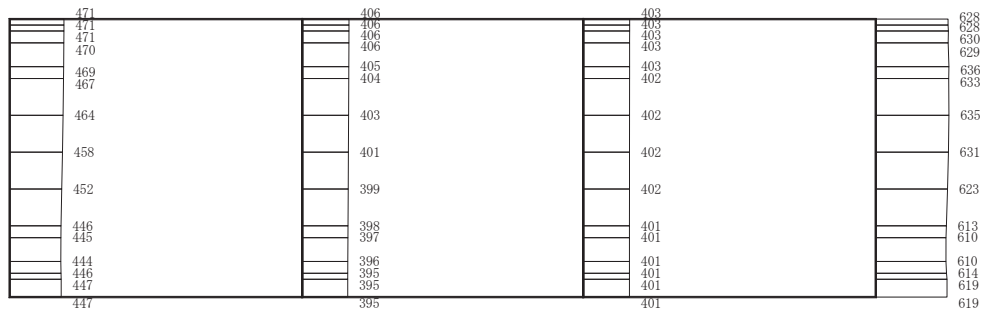
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-87 最大加速度分布図 (解析ケース②) (1/42)



(a) S s - D 1 (-+) 水平

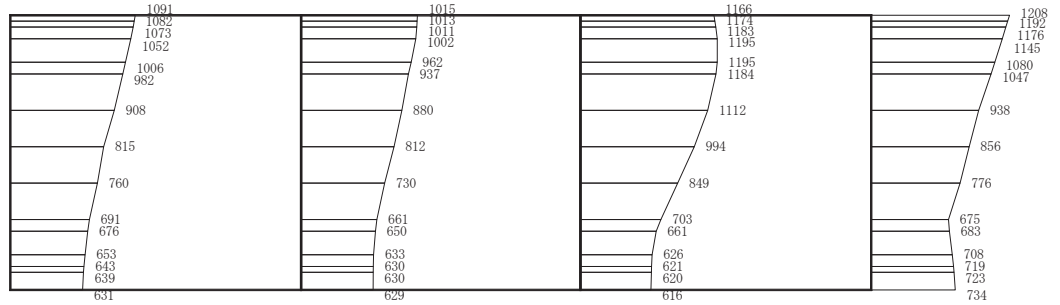


(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

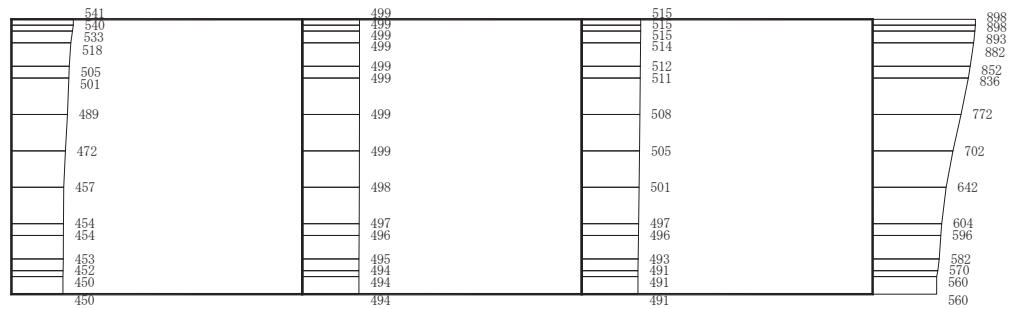
構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-88 最大加速度分布図 (解析ケース②) (2/42)





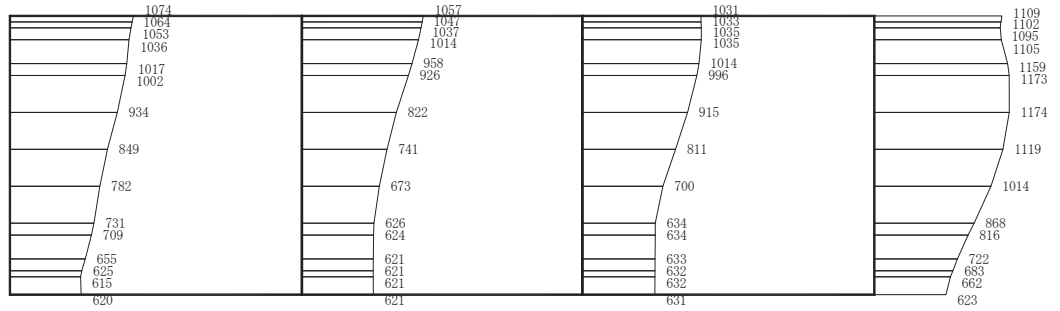
(a) S s - D 2 (++) 水平



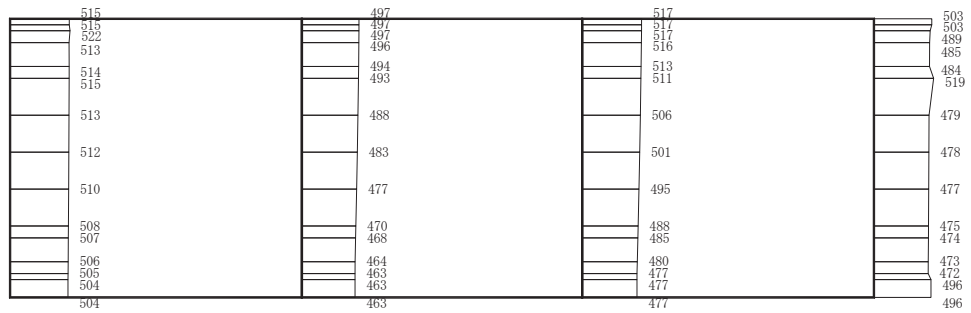
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-89 最大加速度分布図 (解析ケース②) (3/42)



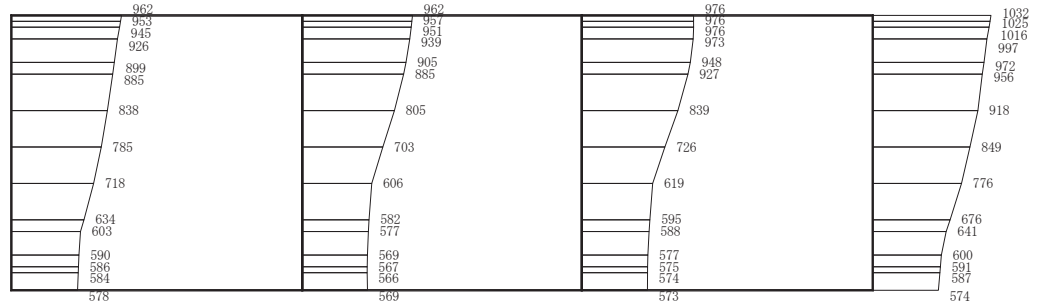
(a) S s - D 2 ( - + ) 水平



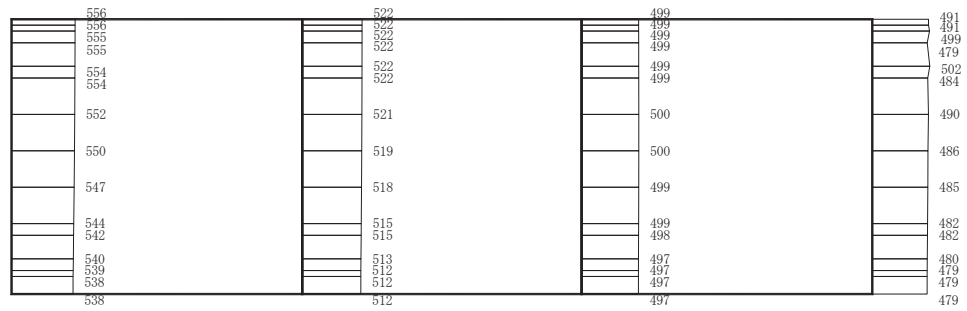
(b) S s - D 2 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-90 最大加速度分布図 (解析ケース②) (4/42)



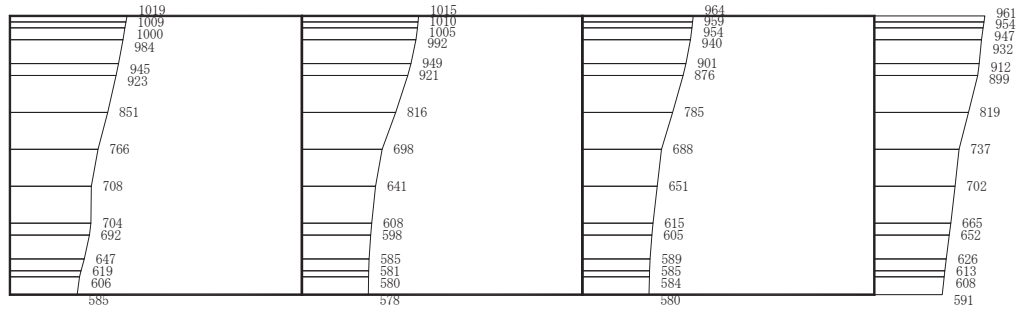
(a) S s - D 3 (++) 水平



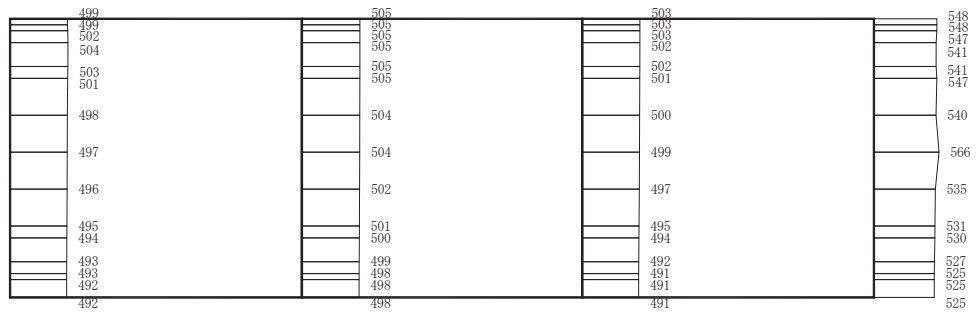
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-91 最大加速度分布図 (解析ケース②) (5/42)



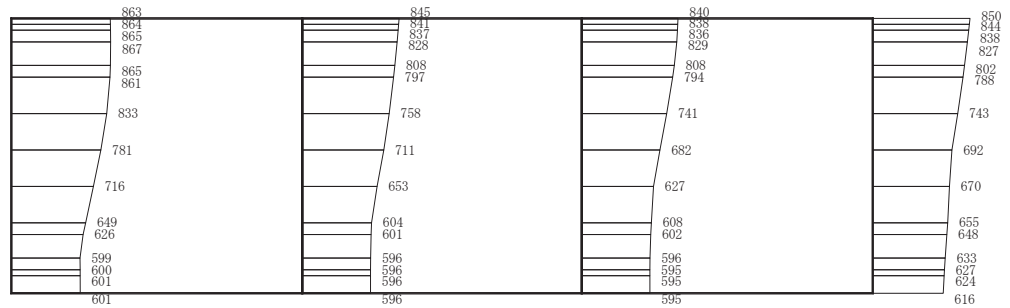
(a) S s - D 3 (-+) 水平



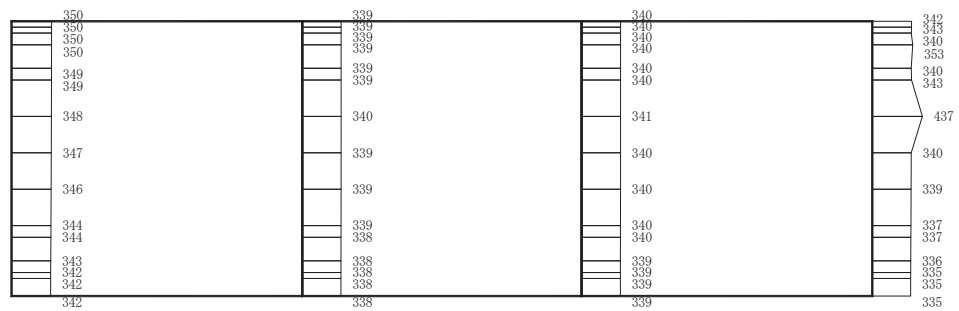
(b) S s - D 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-92 最大加速度分布図 (解析ケース②) (6/42)



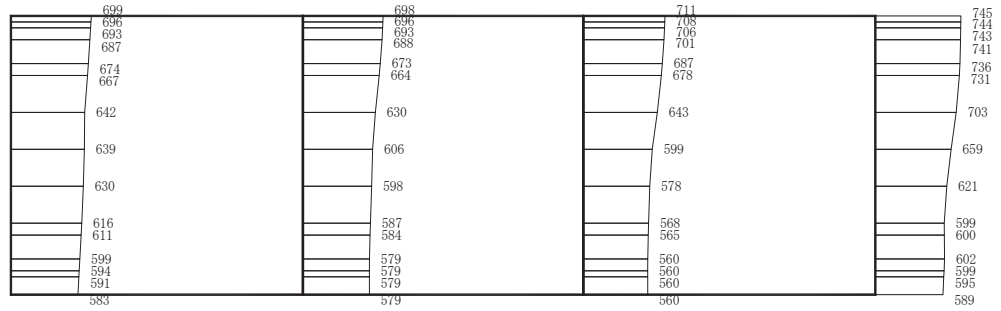
(a) S s - F 1 (++) 水平



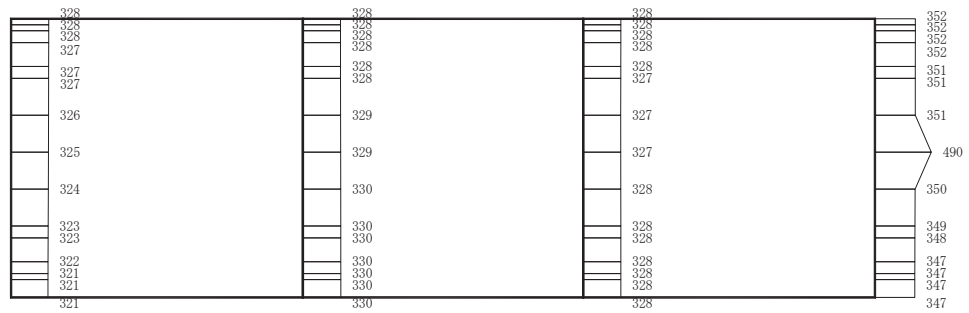
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-93 最大加速度分布図 (解析ケース②) (7/42)



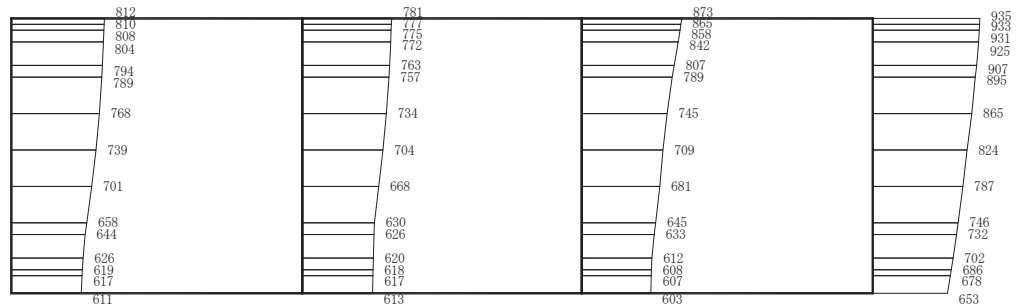
(a) S s - F 1 (-+) 水平



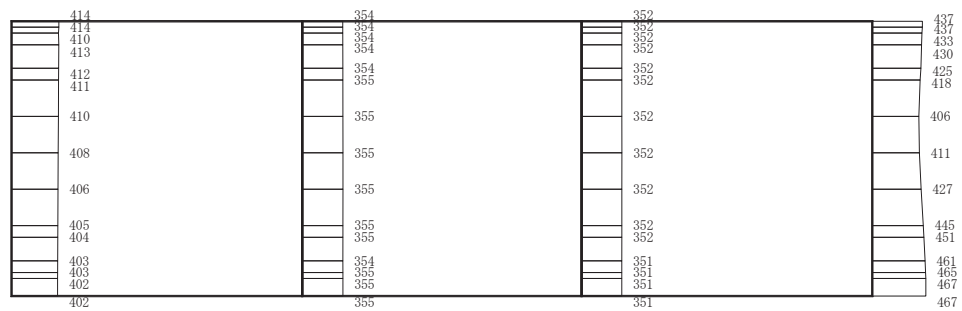
(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  (m)      応答値スケール 0  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-94 最大加速度分布図 (解析ケース②) (8/42)



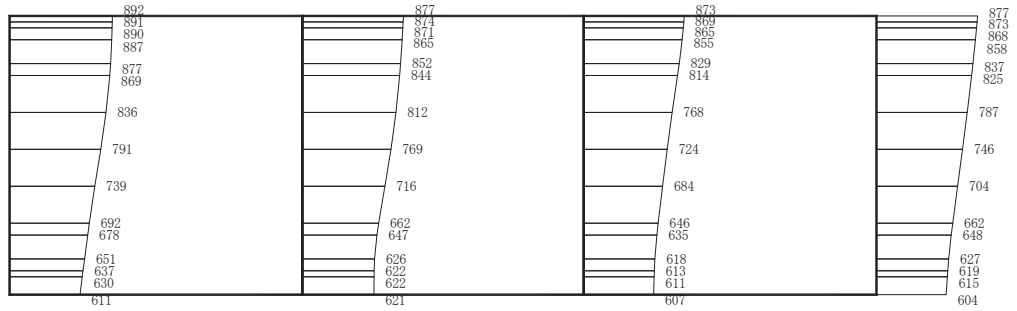
(a) S s - F 2 (++) 水平



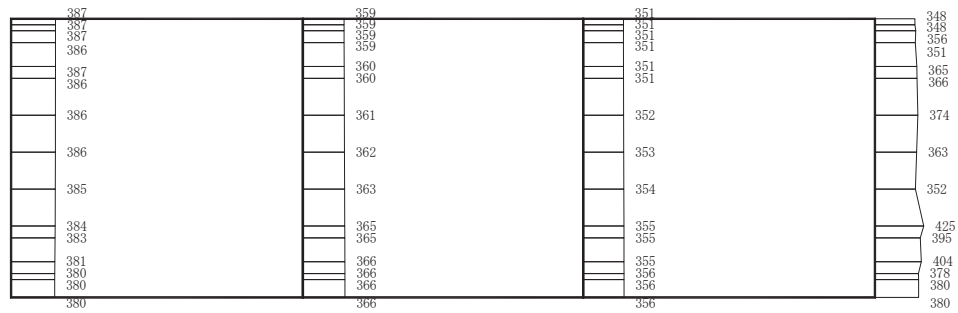
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-95 最大加速度分布図 (解析ケース②) (9/42) (図 4-85 の再掲)



(a) S s - F 2 (-+) 水平

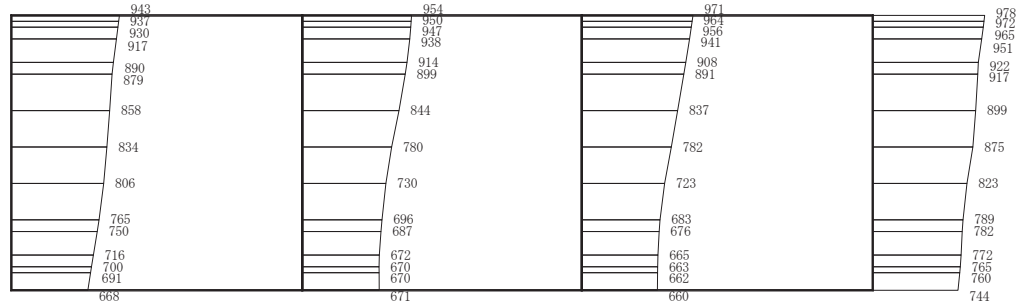


(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

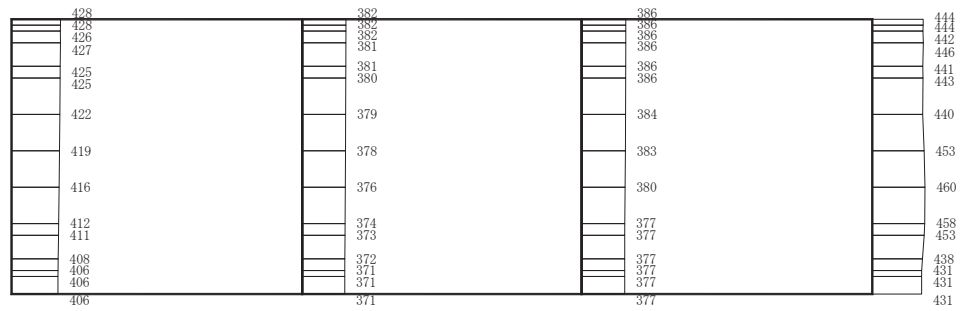
構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-96 最大加速度分布図 (解析ケース②) (10/42)





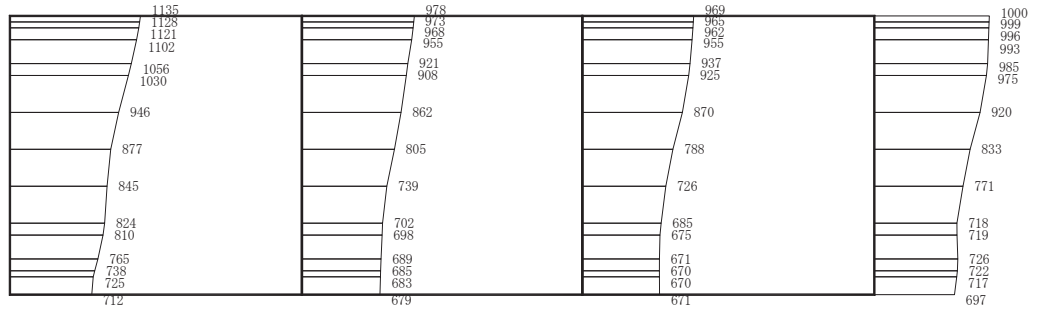
(a) S s - F 3 (++) 水平



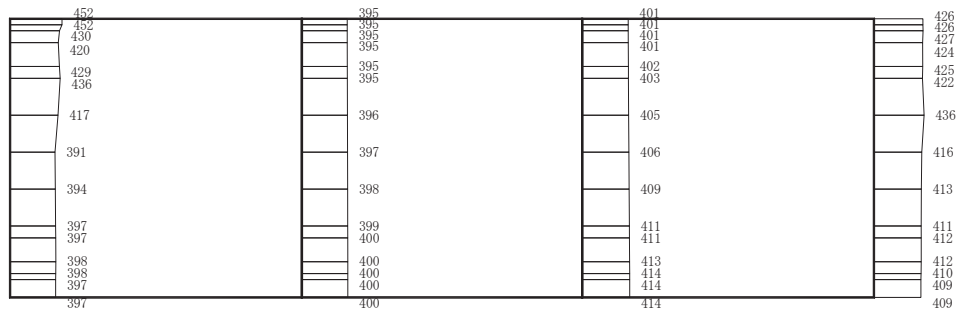
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-97 最大加速度分布図 (解析ケース②) (11/42)



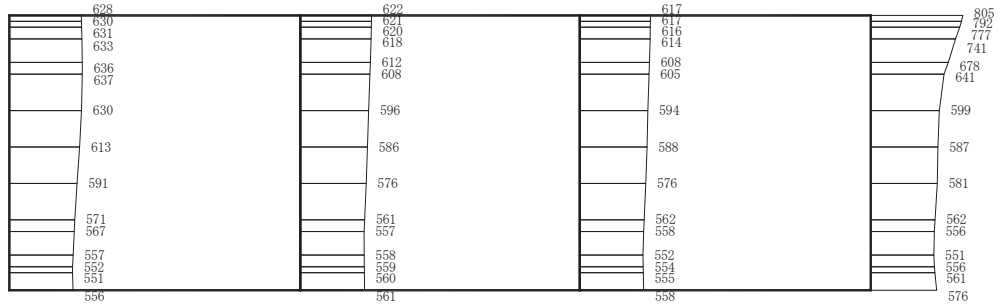
(a) S s - F 3 (-+) 水平



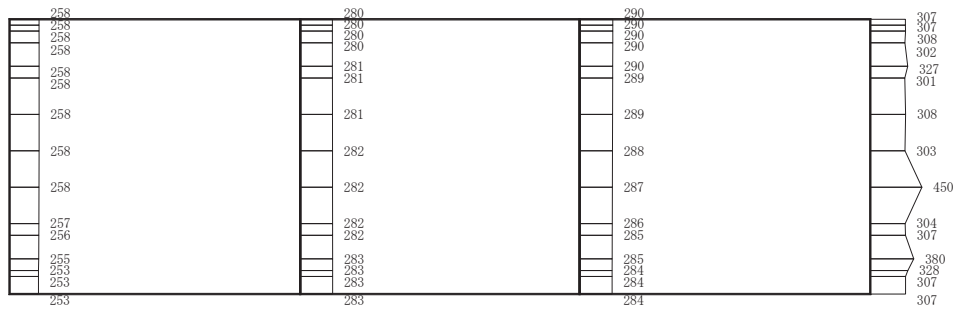
(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0  (m)      応答値スケール 0  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-98 最大加速度分布図 (解析ケース②) (12/42)



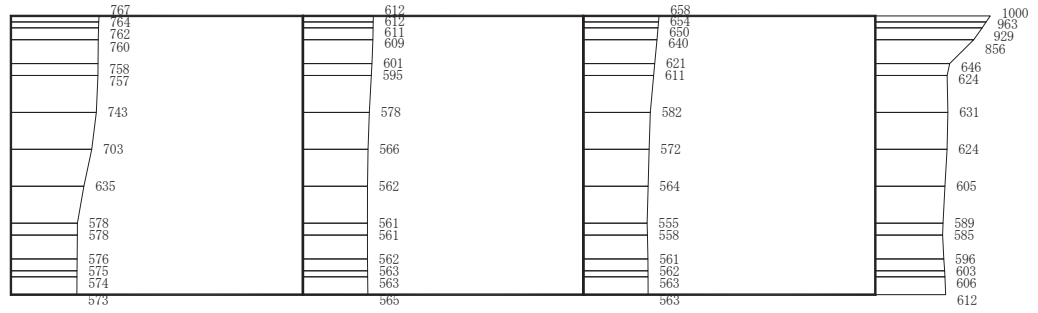
(a) S s - N 1 (++) 水平



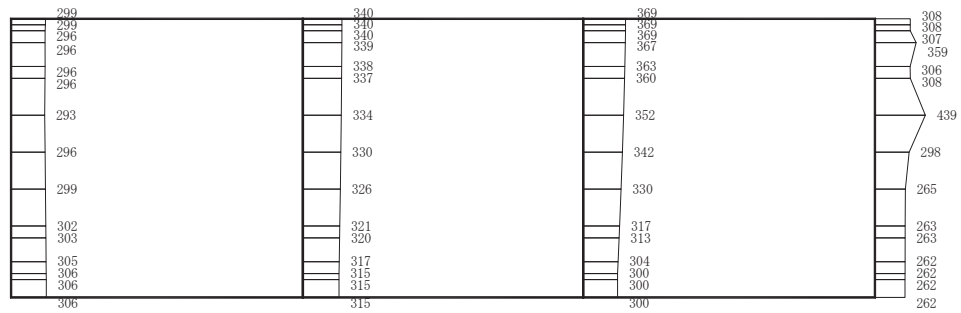
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-99 最大加速度分布図 (解析ケース②) (13/42)



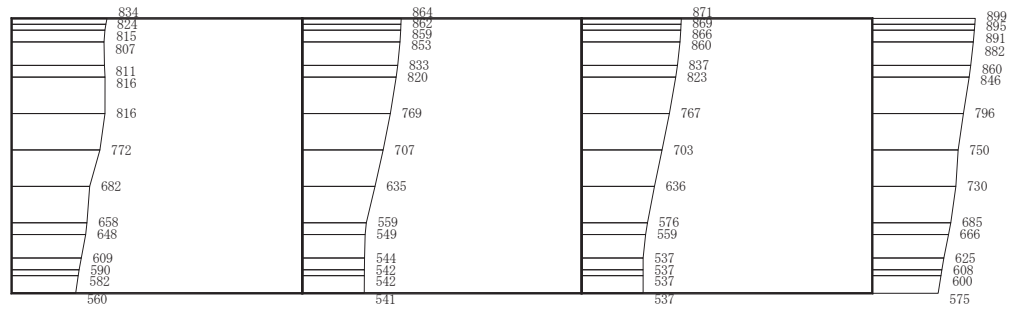
(a) S s - N 1 (-+) 水平



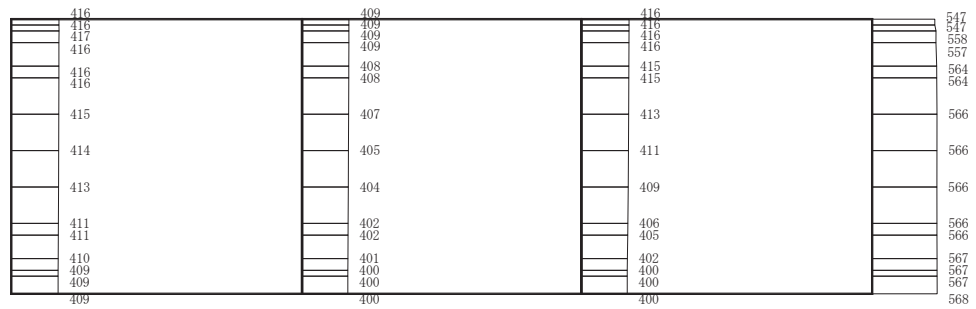
(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

構造スケール  $0 \quad \quad \quad 2$  (m)      応答値スケール  $0 \quad \quad \quad 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-100 最大加速度分布図 (解析ケース②) (14/42)



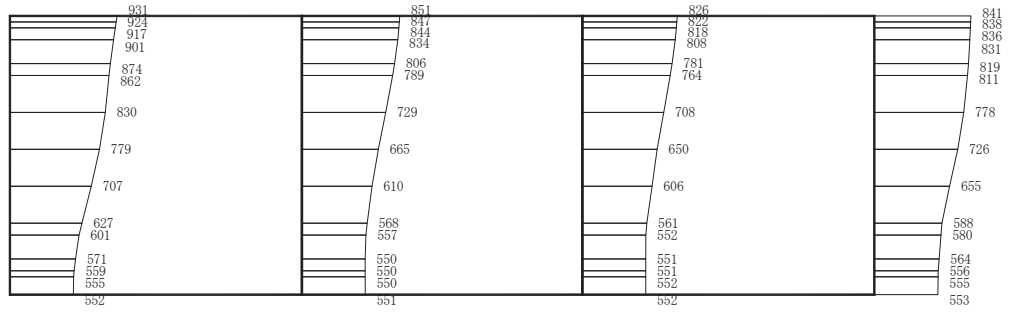
(a) S s - D 1 (++) 水平



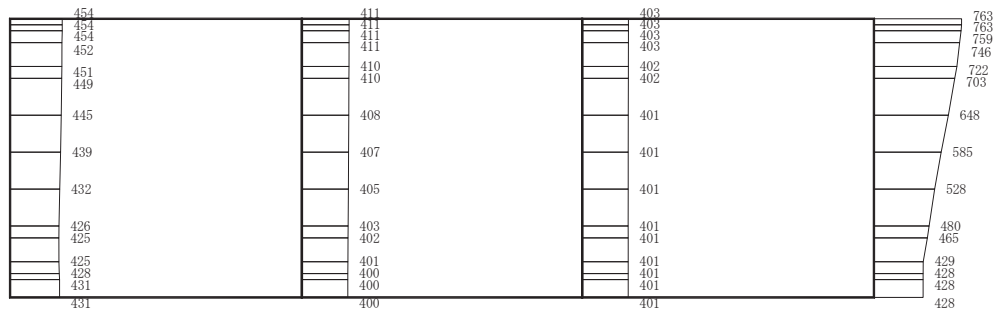
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-101 最大加速度分布図 (解析ケース③) (15/42)



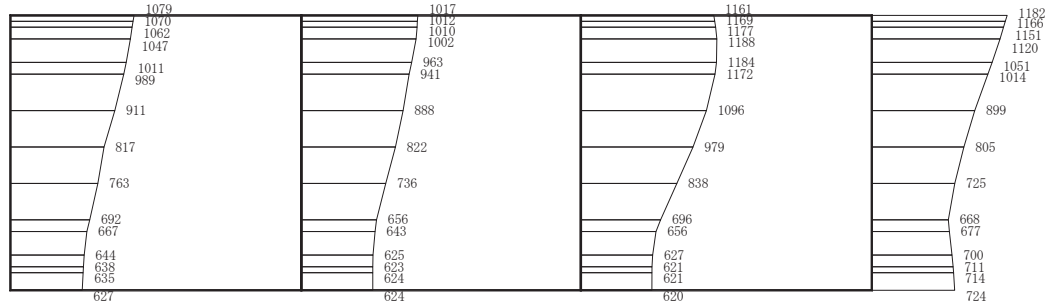
(a) S s - D 1 (-+) 水平



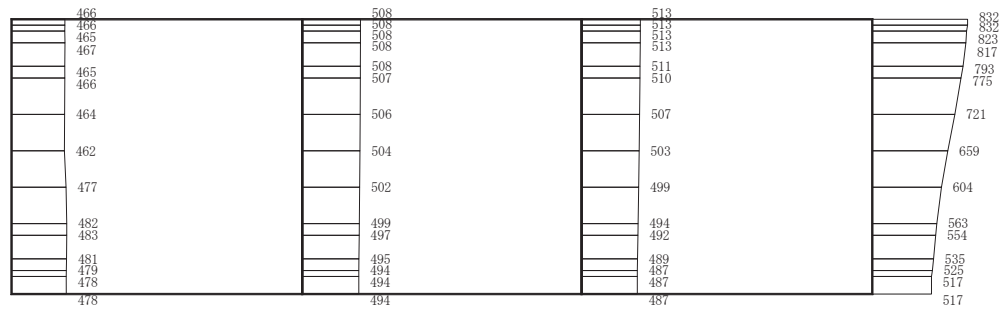
(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-102 最大加速度分布図 (解析ケース③) (16/42)



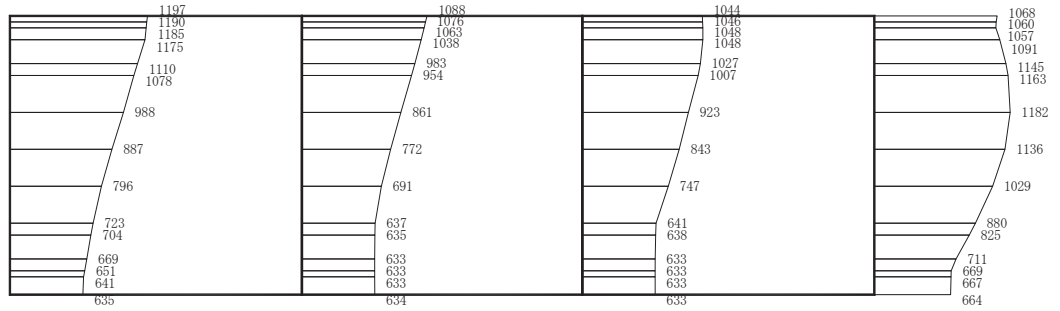
(a) S s - D 2 (++) 水平



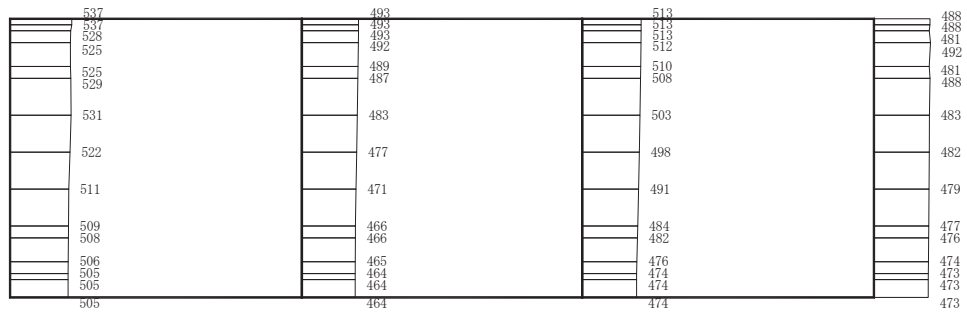
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-103 最大加速度分布図 (解析ケース③) (17/42)



(a) S s - D 2 (-+) 水平

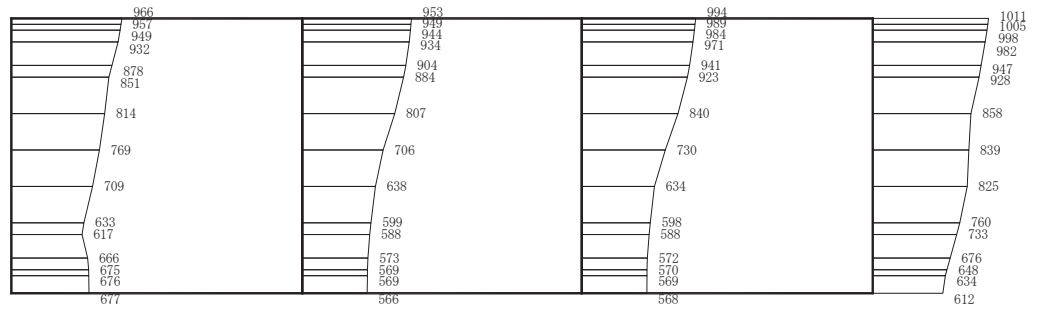


(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

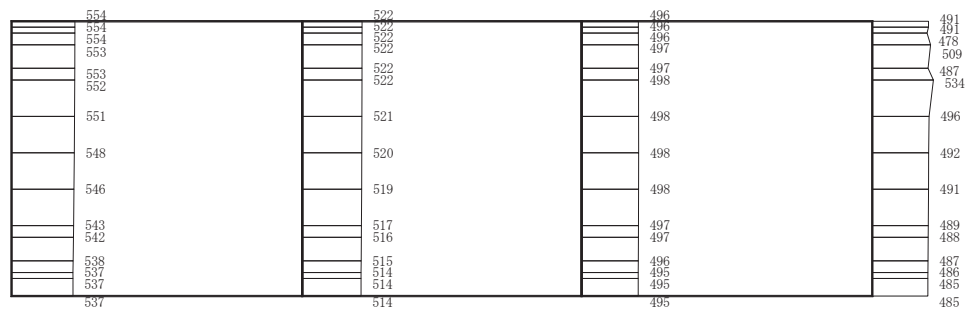
構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-104 最大加速度分布図 (解析ケース③) (18/42)





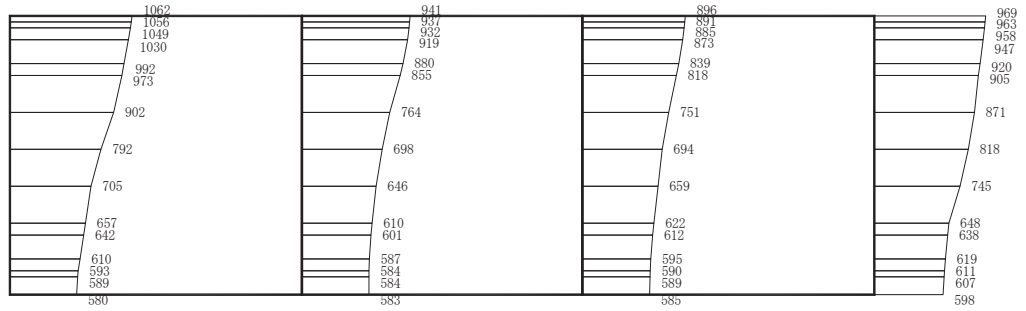
(a) S s - D 3 (++) 水平



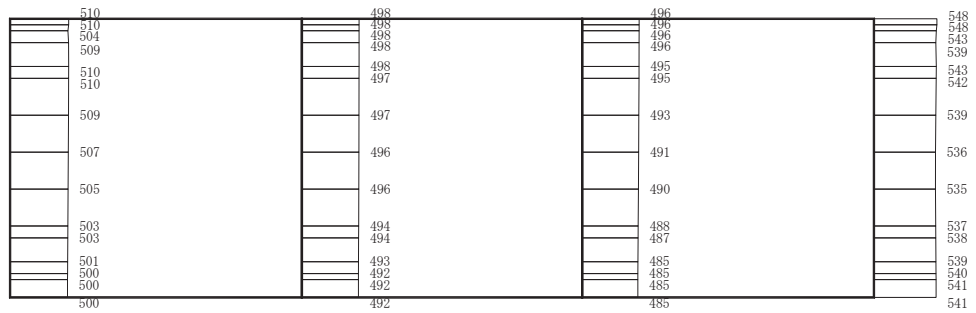
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-105 最大加速度分布図 (解析ケース③) (19/42)



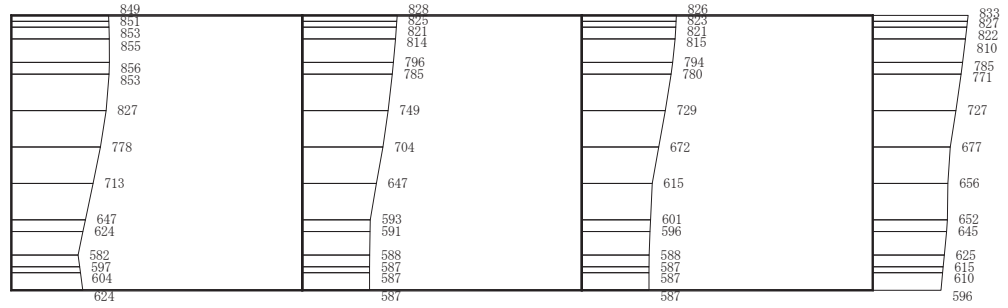
(a) S s - D 3 (-+) 水平



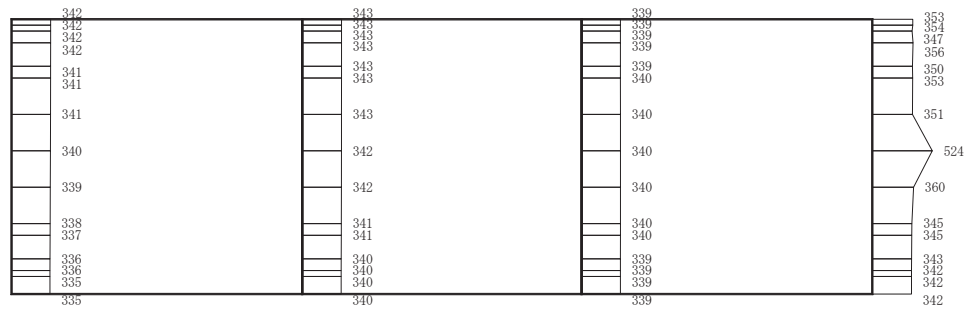
(b) S s - D 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-106 最大加速度分布図 (解析ケース③) (20/42)



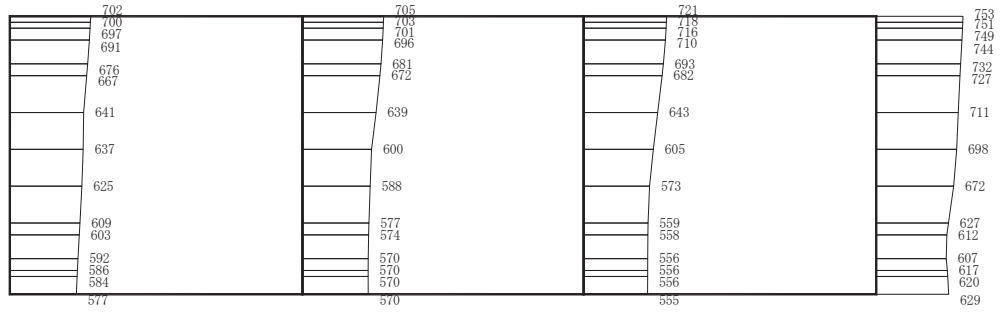
(a) S s - F 1 (++) 水平



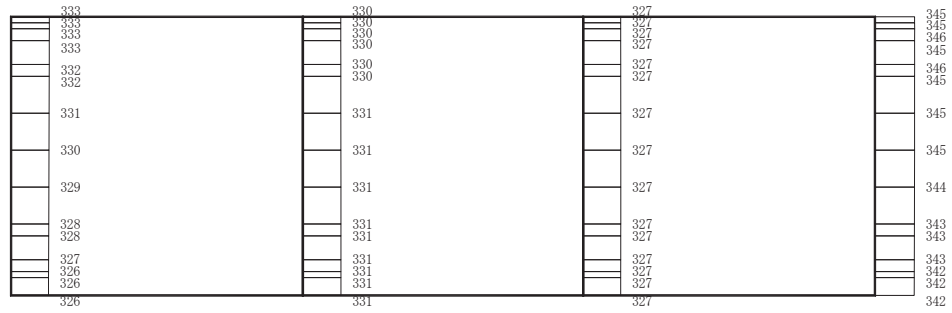
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-107 最大加速度分布図 (解析ケース③) (21/42)



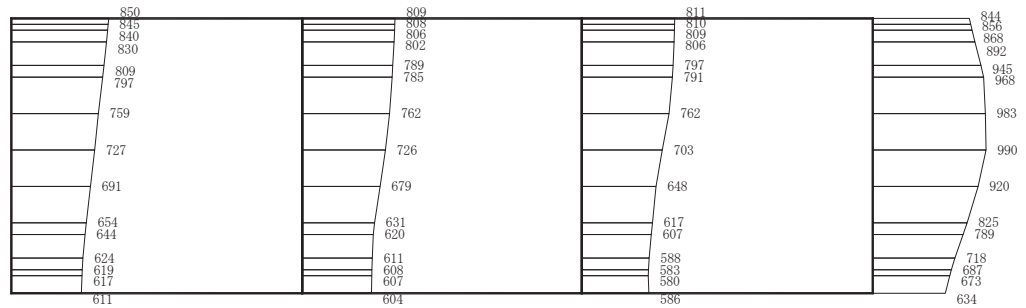
(a) S s - F 1 ( - + ) 水平



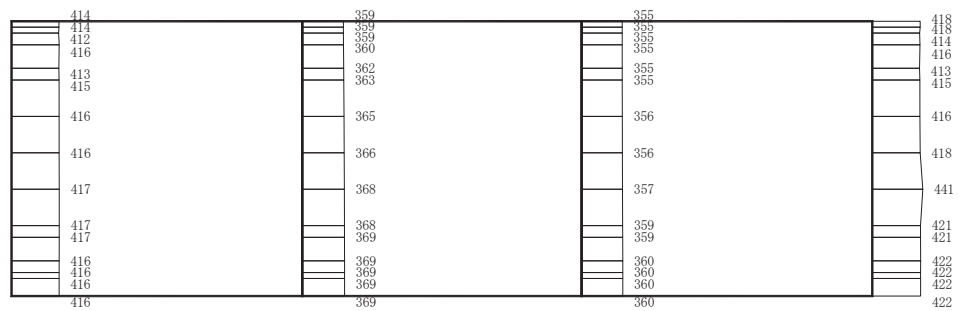
(b) S s - F 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-108 最大加速度分布図 (解析ケース③) (22/42)



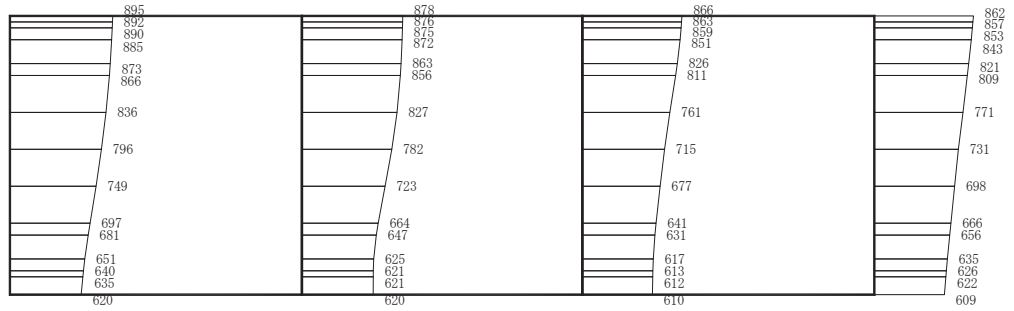
(a) S s - F 2 (++) 水平



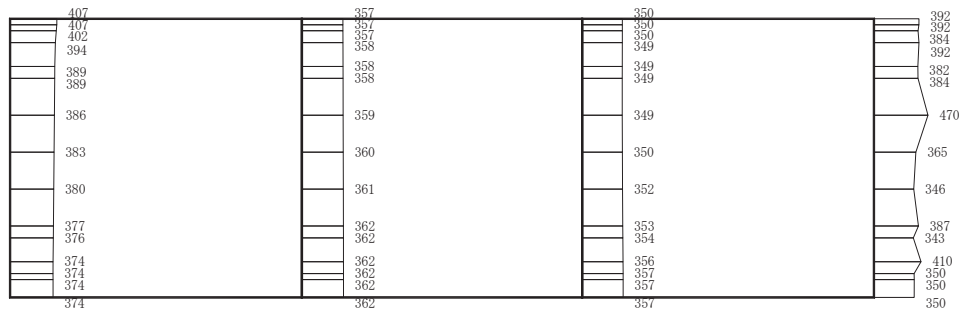
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-109 最大加速度分布図 (解析ケース③) (23/42) (図 4-86 の再掲)



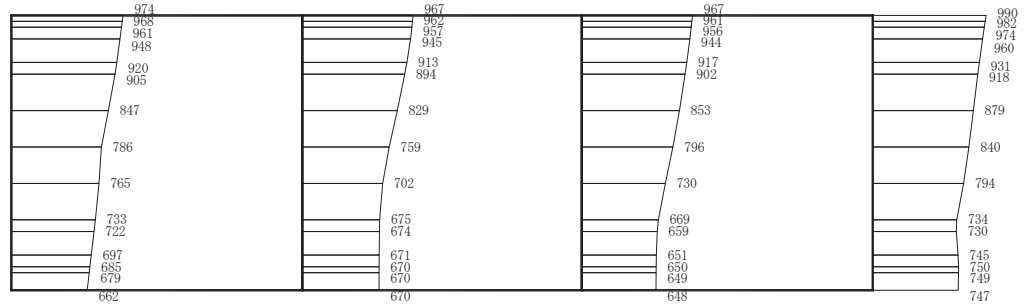
(a) S s - F 2 (-+) 水平



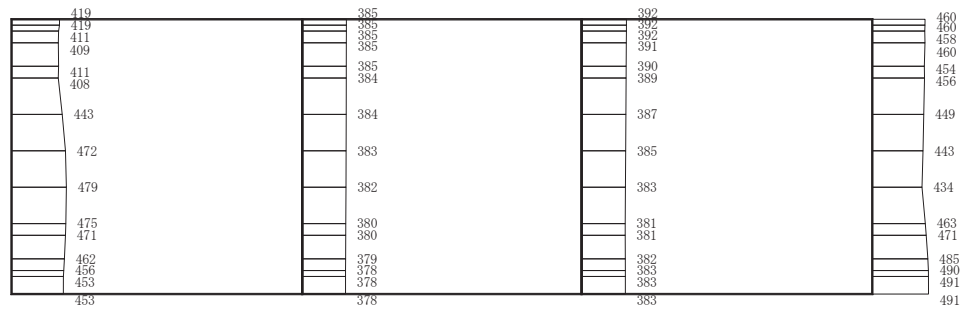
(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-110 最大加速度分布図 (解析ケース③) (24/42)



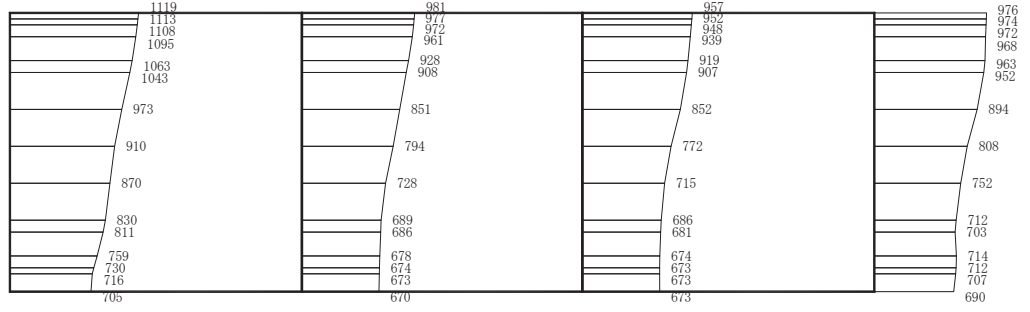
(a) S s - F 3 (++) 水平



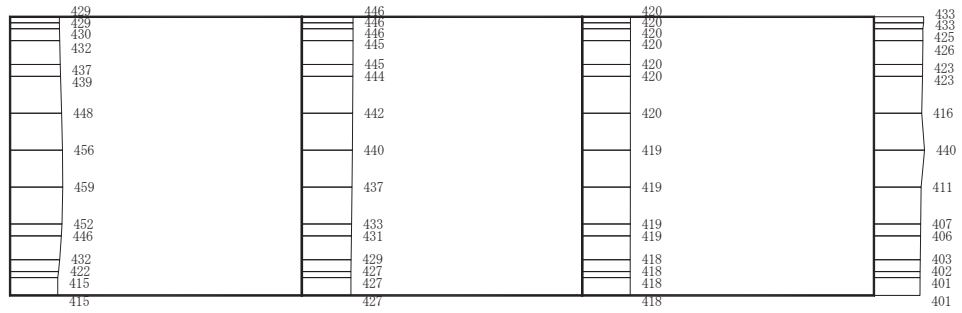
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-111 最大加速度分布図 (解析ケース③) (25/42)



(a) S s - F 3 (-+) 水平

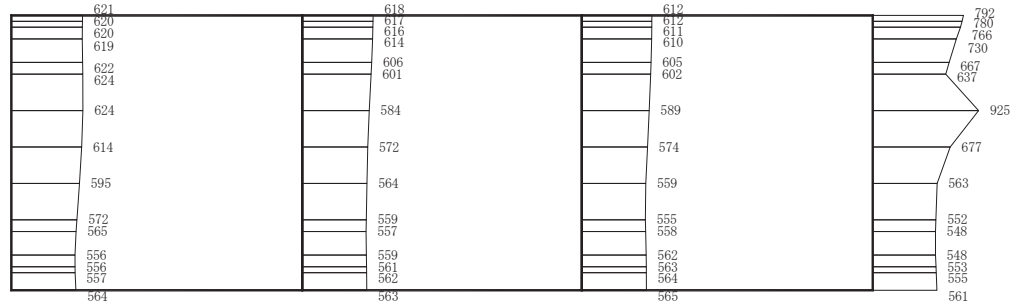


(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

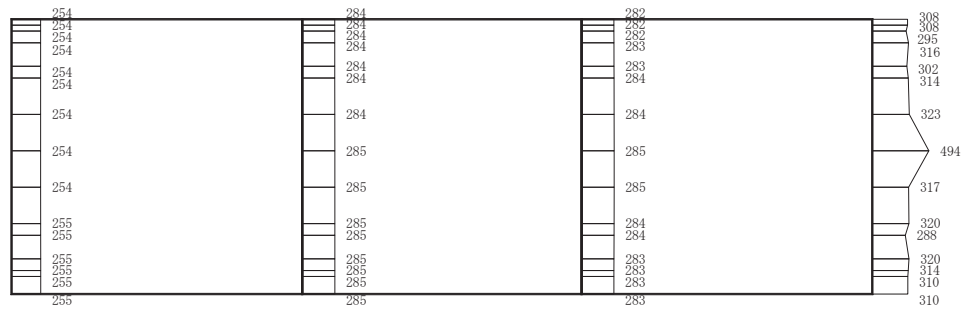
構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-112 最大加速度分布図 (解析ケース③) (26/42)





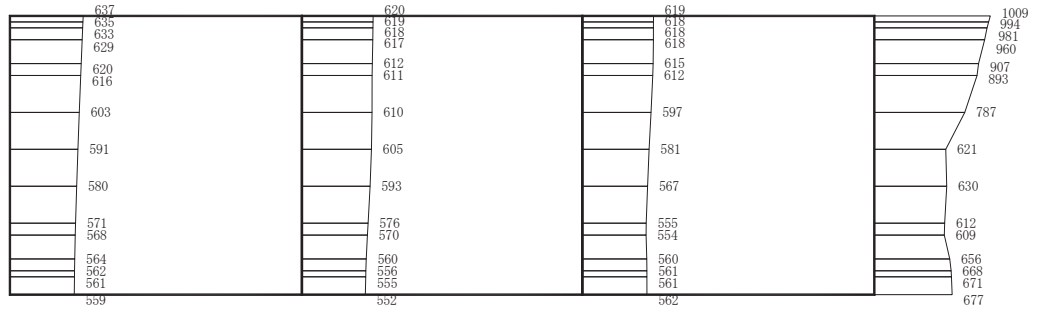
(a) S s - N 1 (++) 水平



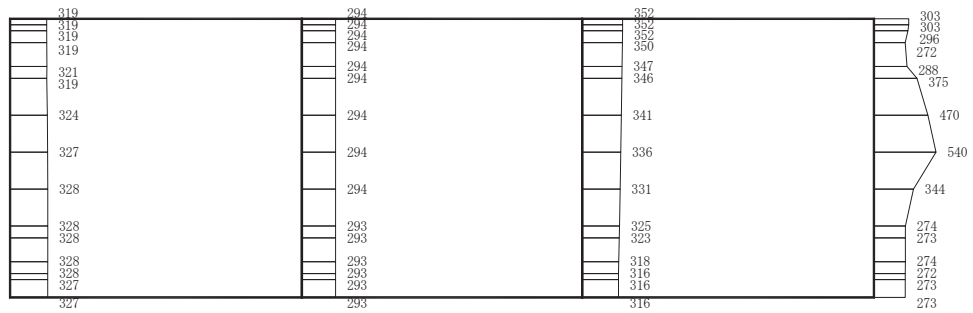
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-113 最大加速度分布図 (解析ケース③) (27/42)



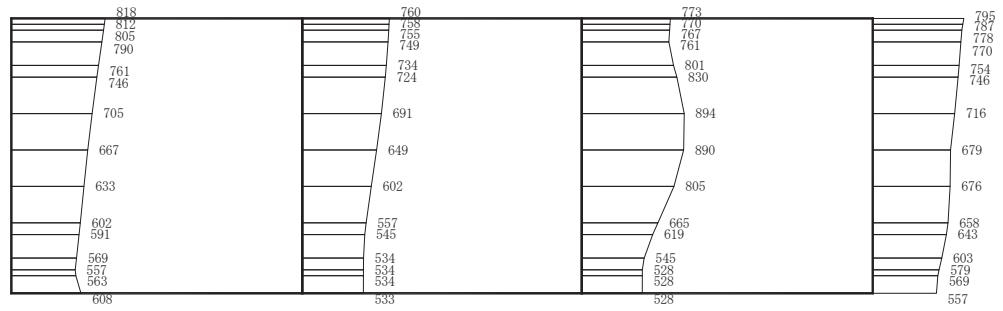
(a) S s - N 1 (-+) 水平



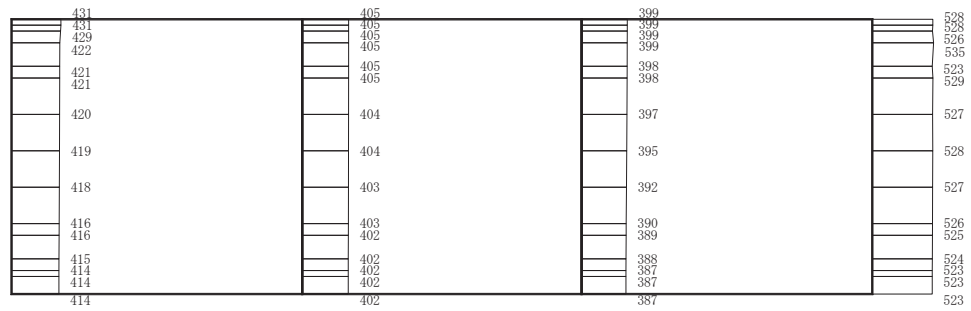
(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-114 最大加速度分布図 (解析ケース③) (28/42)



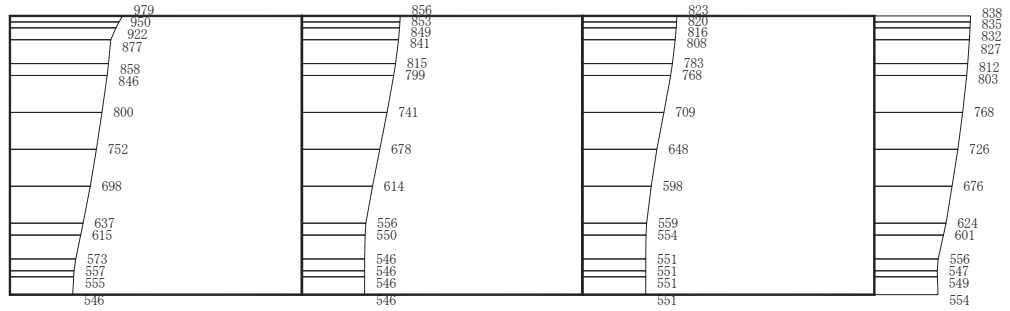
(a) S s - D 1 (++) 水平



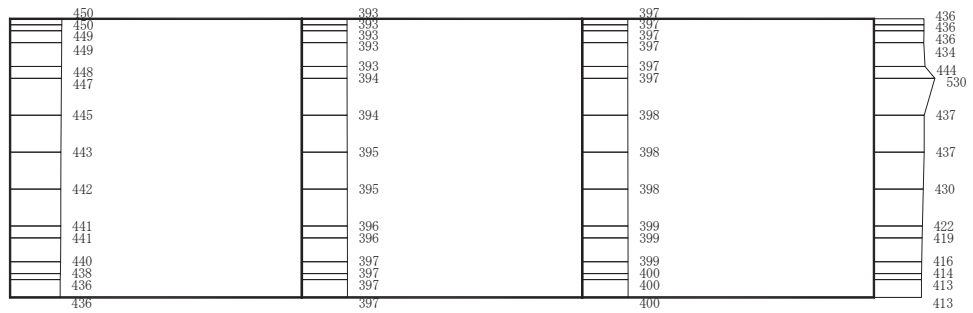
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)     
 応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-115 最大加速度分布図 (解析ケース④) (29/42)



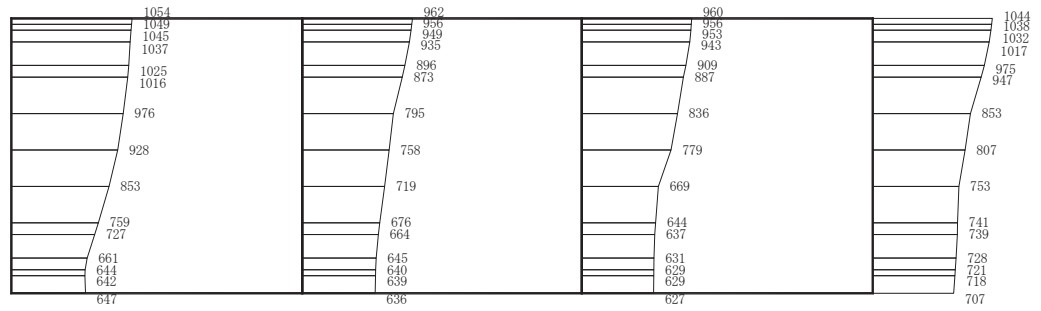
(a) S s - D 1 (-+) 水平



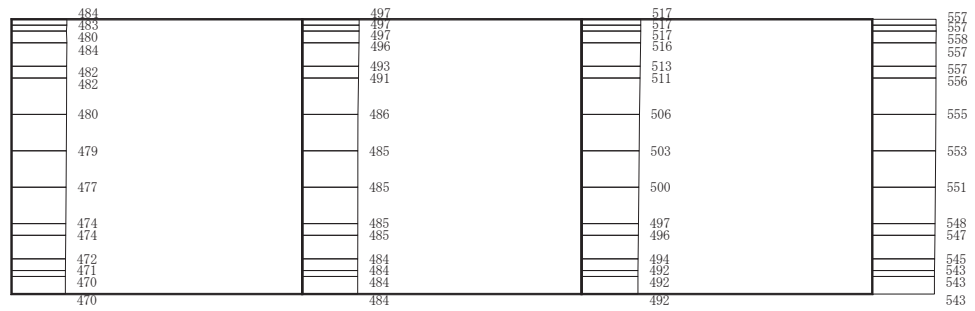
(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-116 最大加速度分布図 (解析ケース④) (30/42)



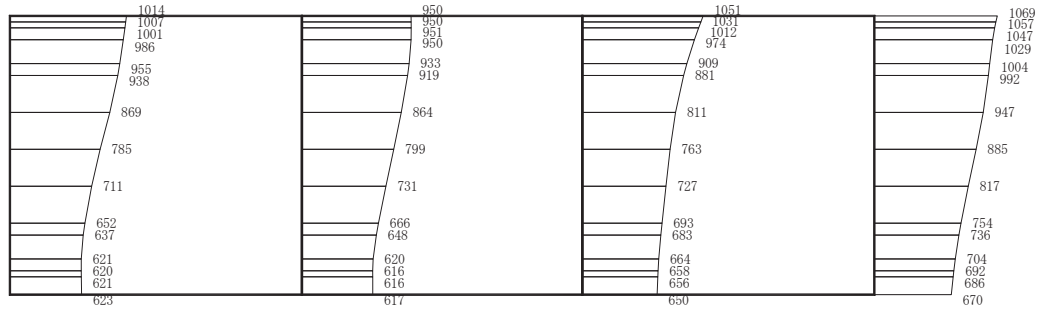
(a) S s - D 2 (++) 水平



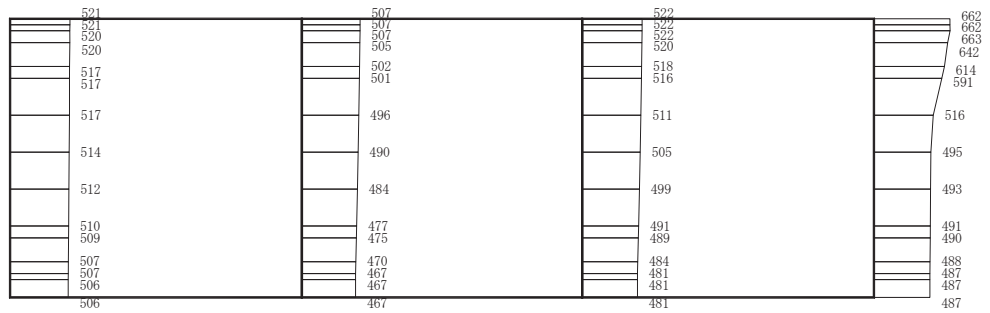
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-117 最大加速度分布図 (解析ケース④) (31/42)



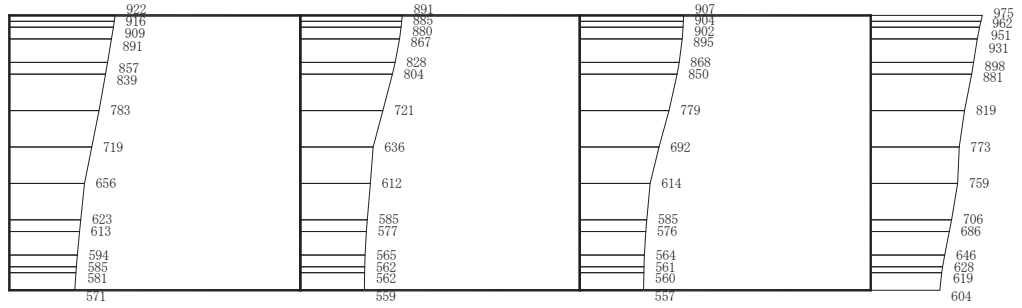
(a) S s - D 2 (-+) 水平



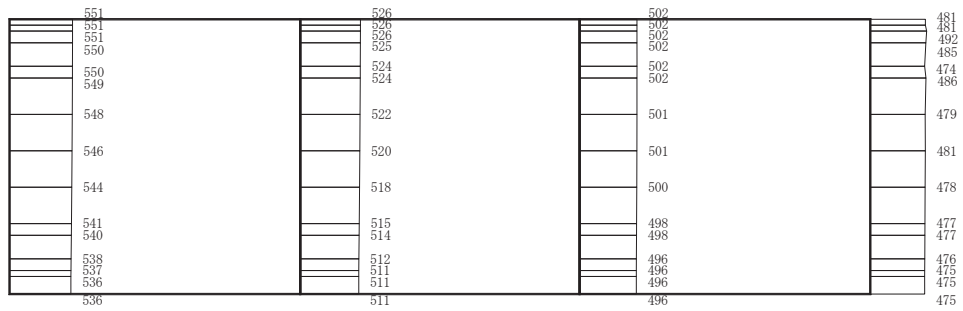
(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-118 最大加速度分布図 (解析ケース④) (32/42)



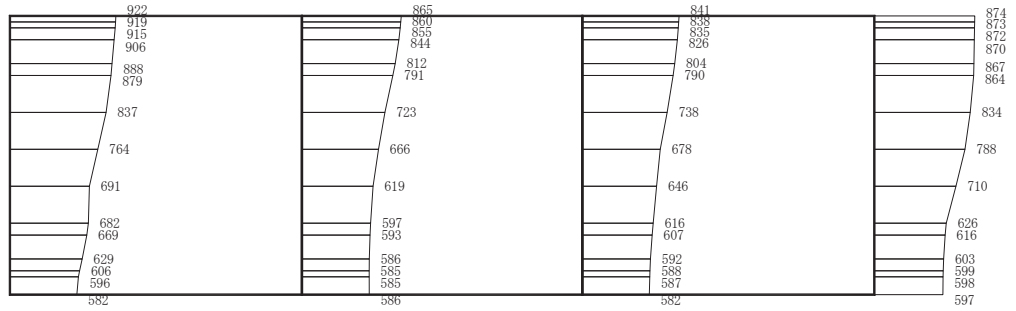
(a) S s - D 3 (++) 水平



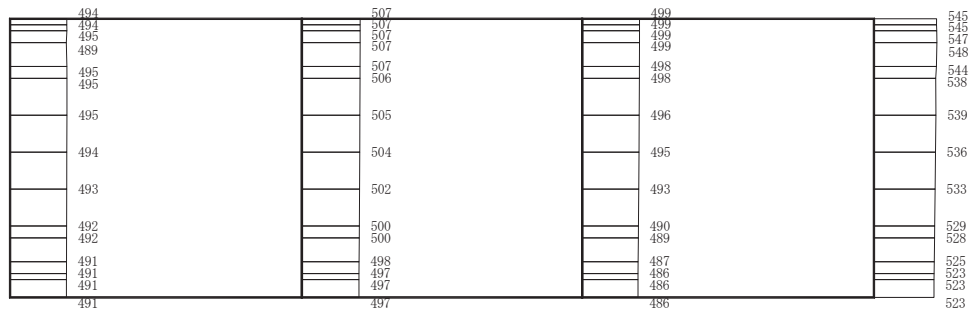
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-119 最大加速度分布図 (解析ケース④) (33/42)



(a) S s - D 3 (-+) 水平

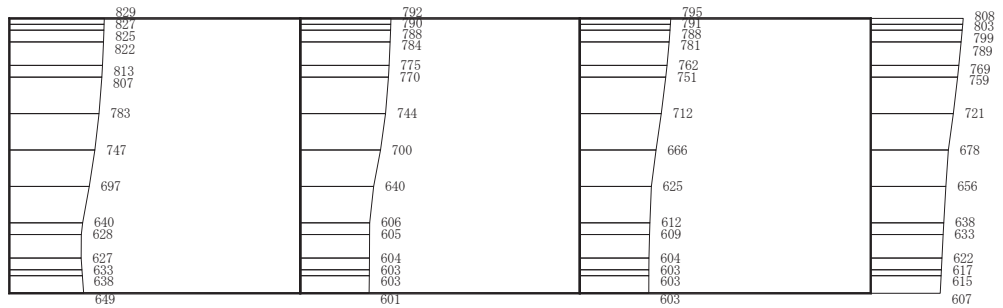


(b) S s - D 3 (-+) 鉛直

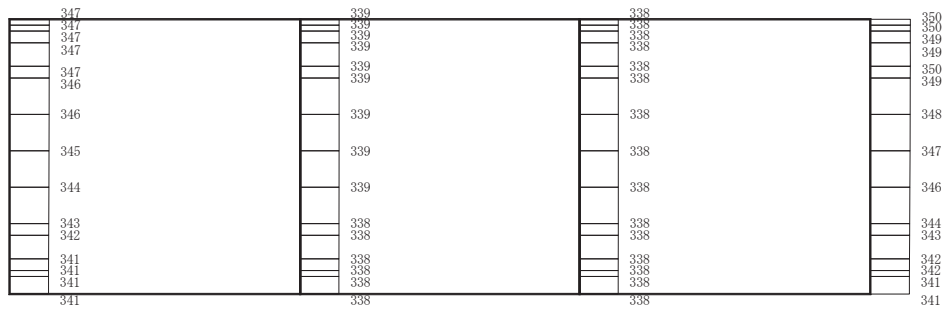
構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-120 最大加速度分布図 (解析ケース④) (34/42)





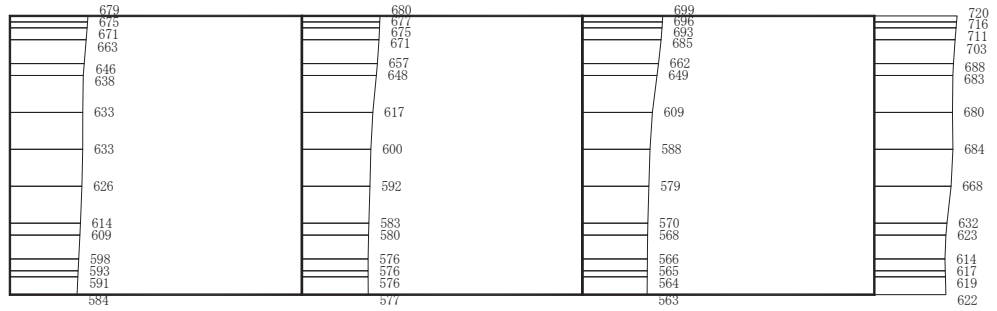
(a) S s - F 1 (++) 水平



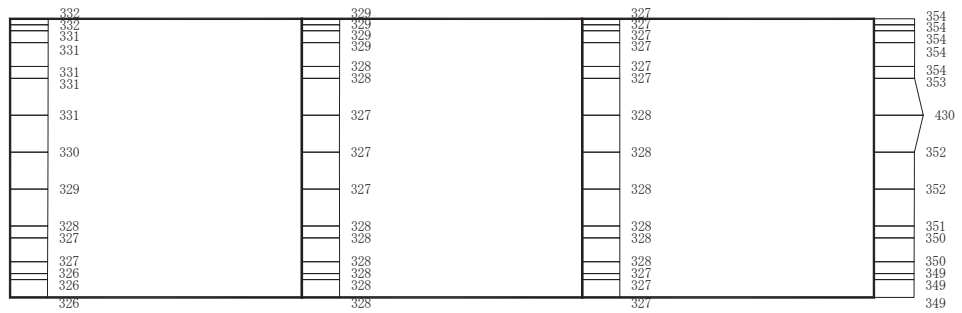
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-121 最大加速度分布図 (解析ケース④) (35/42)



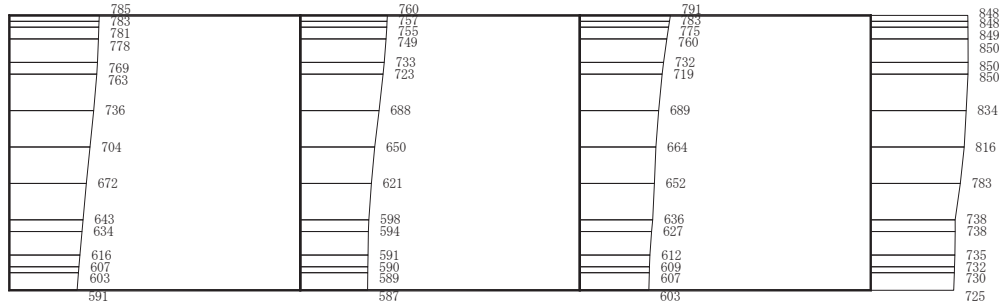
(a) S s - F 1 (-+) 水平



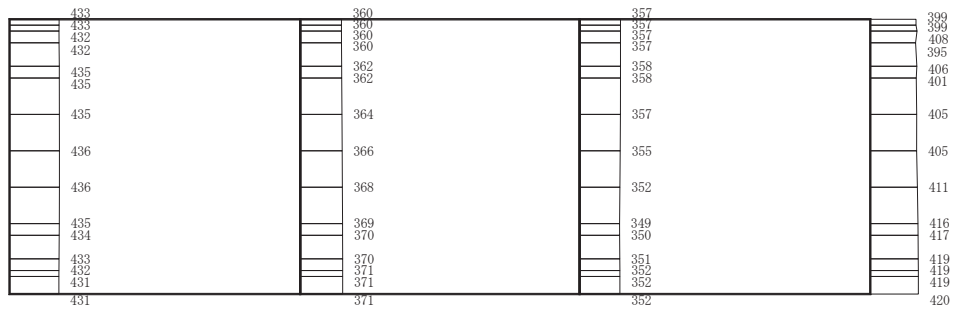
(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-122 最大加速度分布図 (解析ケース④) (36/42)



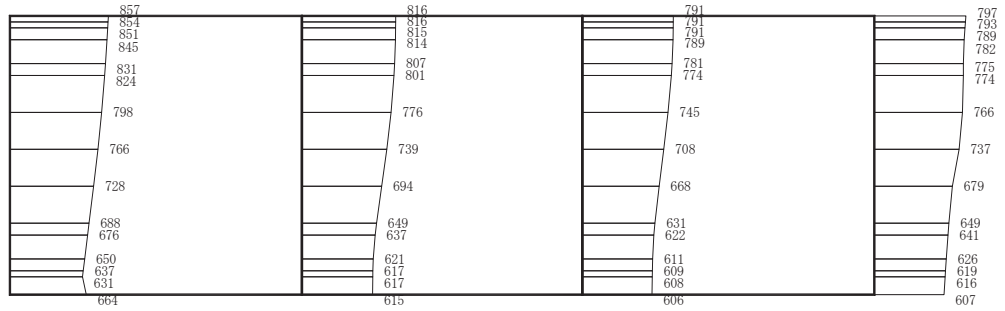
(a) S s - F 2 (++) 水平



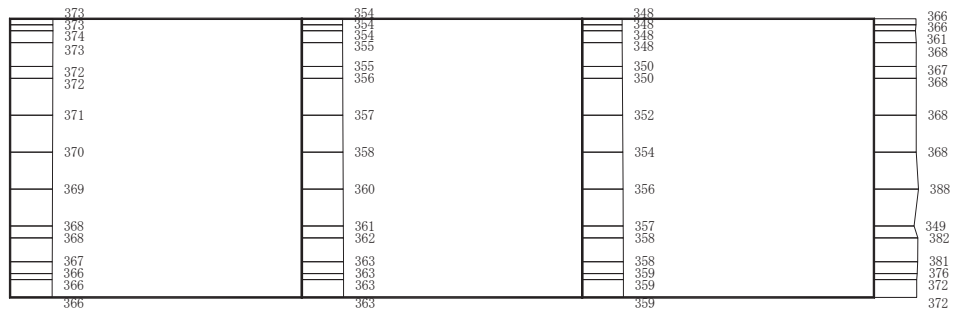
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-123 最大加速度分布図 (解析ケース④) (37/42)



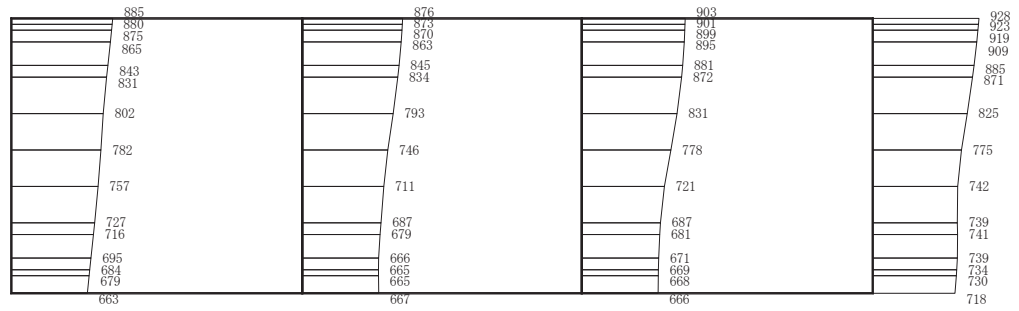
(a) S s - F 2 (-+) 水平



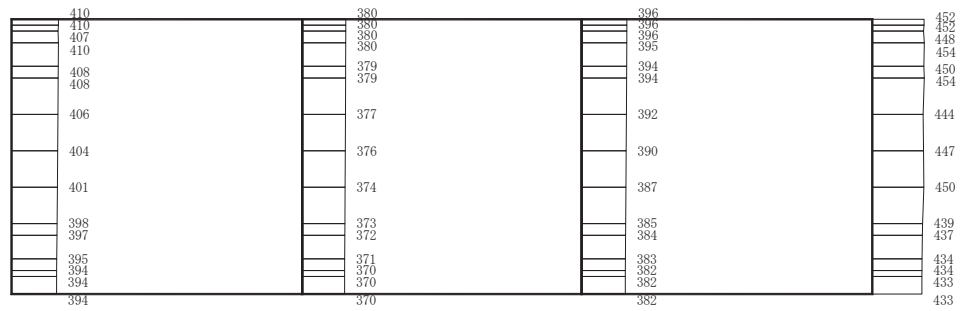
(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-124 最大加速度分布図 (解析ケース④) (38/42)



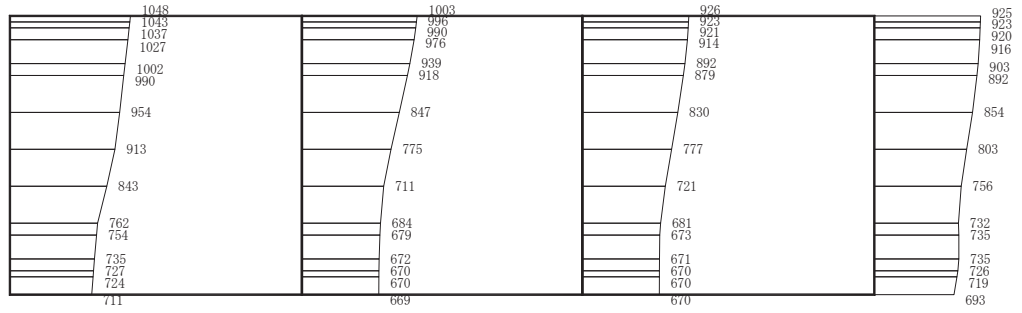
(a) S s - F 3 (++) 水平



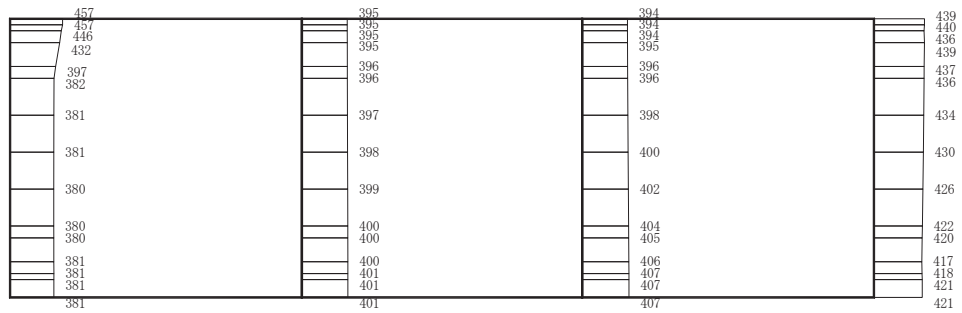
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0  2 (m)      応答値スケール 0  1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-125 最大加速度分布図 (解析ケース④) (39/42)



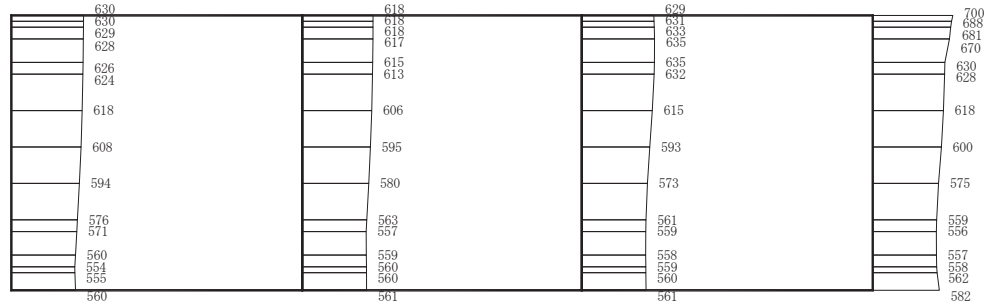
(a) S s - F 3 (-+) 水平



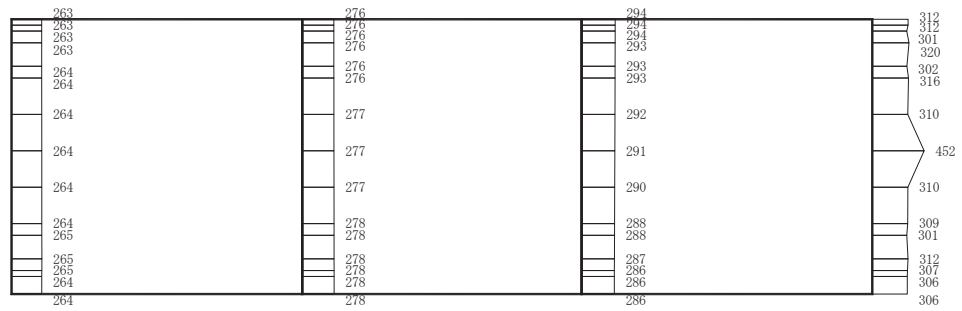
(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール 0  (m)      応答値スケール 0  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-126 最大加速度分布図 (解析ケース④) (40/42)



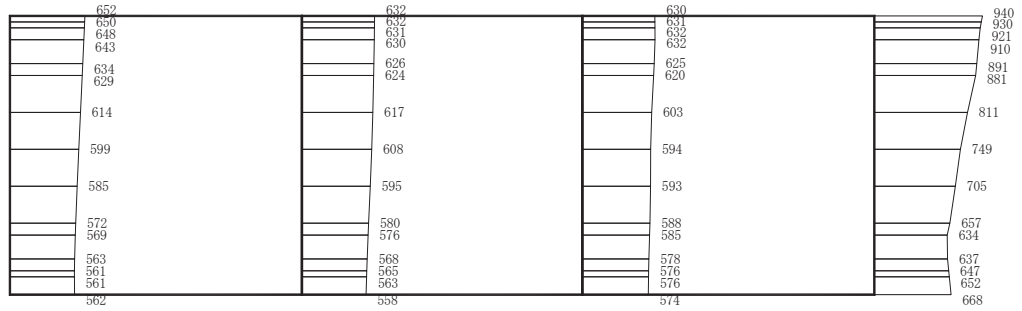
(a) S s - N 1 (++) 水平



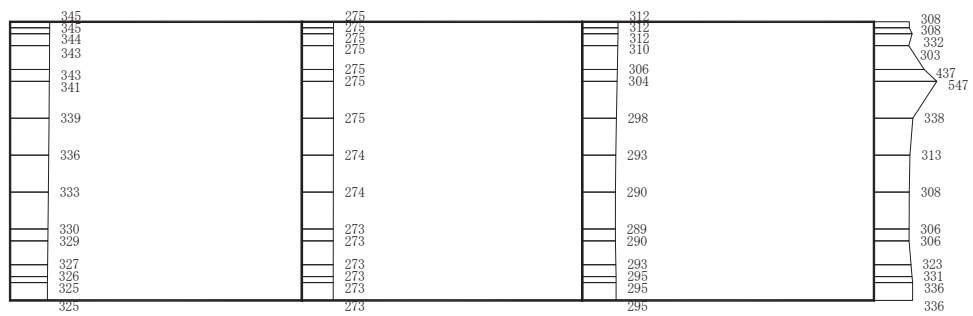
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール  $0 \sim 2$  (m)      応答値スケール  $0 \sim 1000$  (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-127 最大加速度分布図 (解析ケース④) (41/42)



(a) S s - N 1 ( - + ) 水平



(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 2 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 1000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-128 最大加速度分布図 (解析ケース④) (42/42)



VI-2-2-18 ガスタービン発電設備軽油タンク室の  
耐震性についての計算書

## 目次

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. 概要                      | 1  |
| 2. 基本方針                    | 2  |
| 2.1 位置                     | 2  |
| 2.2 構造概要                   | 3  |
| 2.3 評価方針                   | 6  |
| 2.4 適用基準                   | 9  |
| 3. 耐震評価                    | 10 |
| 3.1 地震時荷重算出断面              | 10 |
| 3.2 使用材料及び材料の物性値           | 13 |
| 3.3 許容限界                   | 14 |
| 3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界     | 14 |
| 3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界    | 15 |
| 3.4 評価方法                   | 16 |
| 3.4.1 構造部材の健全性評価           | 16 |
| 3.4.2 基礎地盤の支持性能評価          | 20 |
| 4. 構造部材の地震時応答              | 21 |
| 5. 耐震評価結果                  | 31 |
| 5.1 構造部材の健全性及び支持機能に対する評価結果 | 31 |
| 5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果      | 34 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、ガスタービン発電設備軽油タンク室が基準地震動  $S_s$  に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

ガスタービン発電設備軽油タンク室の構造部材の健全性評価にあたっては、地震応答解析により算定した荷重を三次元構造解析モデルに作用させて確認する。基礎地盤の支持性能評価にあたっては、地震応答解析により基礎地盤に発生した接地圧を確認する。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

ガスタービン発電設備軽油タンク室の位置を図2-1に示す。

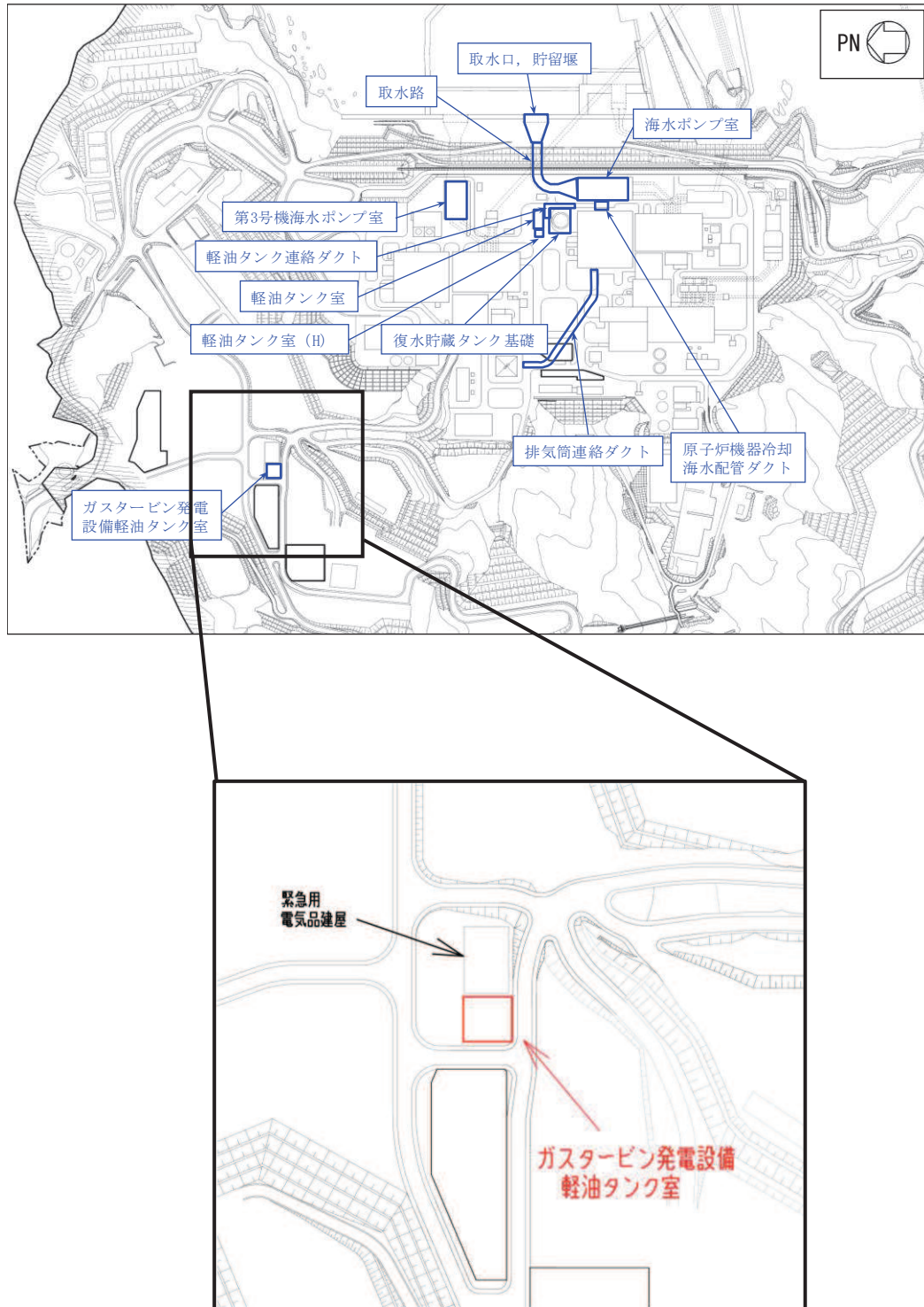


図2-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の位置図

## 2.2 構造概要

ガスタービン発電設備軽油タンク室の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に、概略配筋図を図 2-5 及び図 2-6 に示す。

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、ガスタービン発電設備軽油タンク等を頂版、底版及び側壁で間接支持しており、支持機能が要求される。

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、幅 20.30m（東西）×22.00m（南北）、高さ 7.10m の鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、十分な支持性能を有する岩盤に直接設置されている。ガスタービン発電設備軽油タンク室は、面部材として加振方向に平行に配置される妻壁や隔壁を有する箱形構造物である。

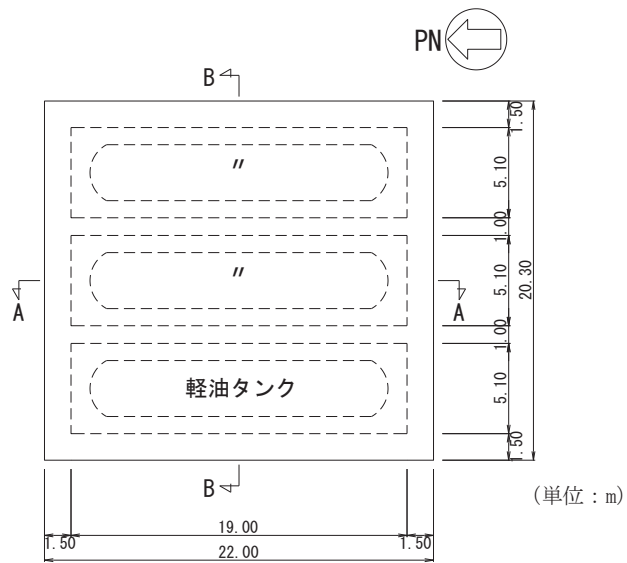


図 2-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室平面図

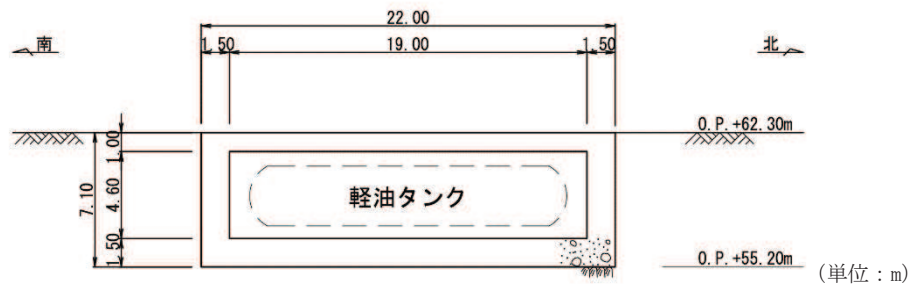


図 2-3 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (A-A 断面, 南北)

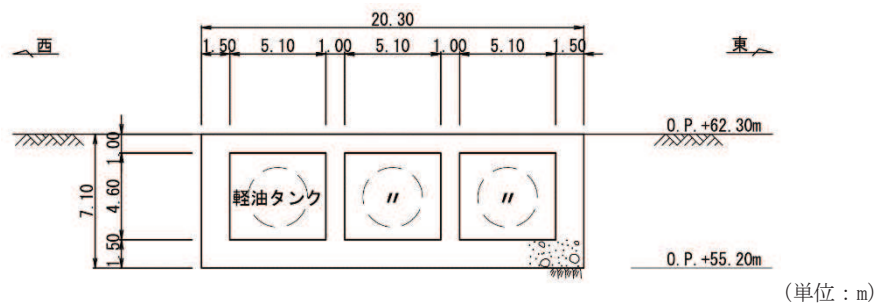


図 2-4 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (B-B 断面, 東西)

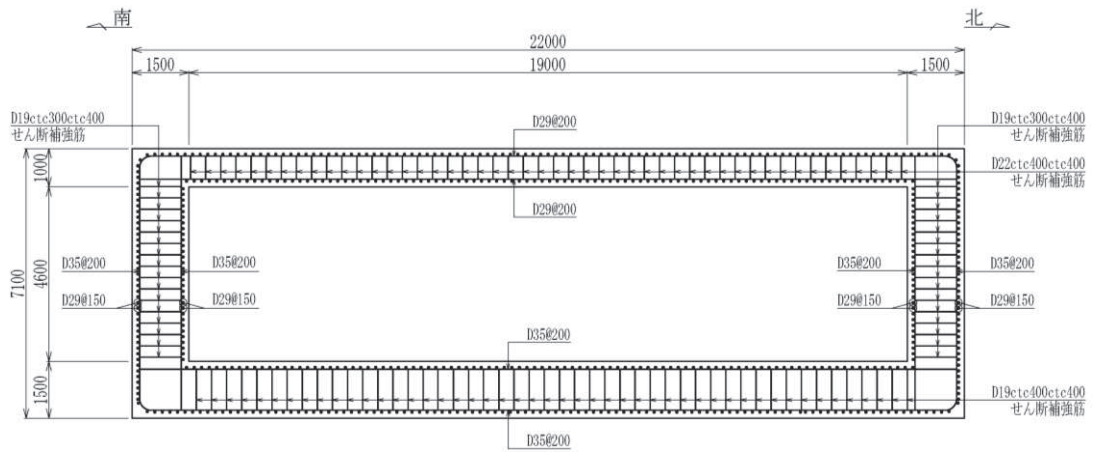


図 2-5 ガスタービン発電設備軽油タンク室概略配筋図 (A-A 断面, 南北)

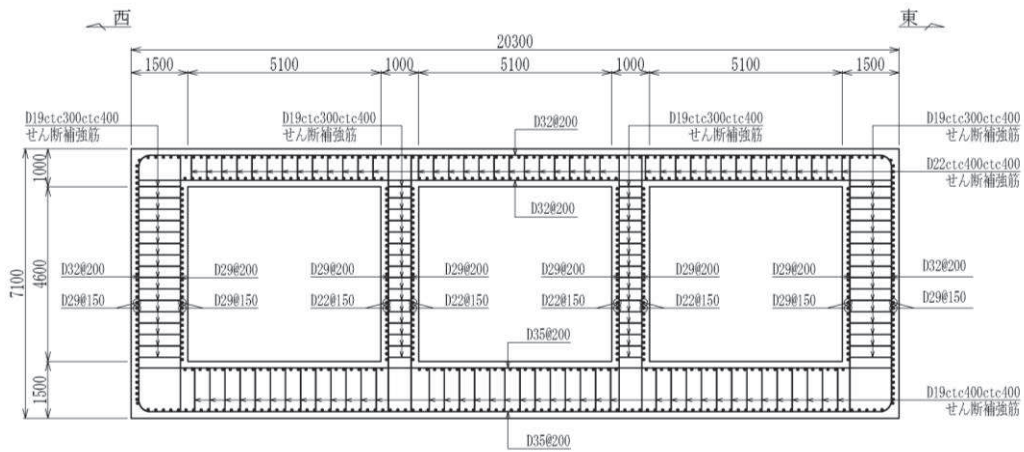


図 2-6 ガスタービン発電設備軽油タンク室概略配筋図 (B-B 断面, 東西)

### 2.3 評価方針

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、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が設置される重大事故等対処施設に分類される。

ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価は、添付書類「VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、重大事故等対処施設の評価として、表2-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価フローを図2-7に示す。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること並びに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を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、添付書類「VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書」より得られた、水平方向及び鉛直方向の荷重を用いた、線形シェル要素による三次元静的線形解析（以下「三次元構造解析」という。）により断面力を算定し、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の発生応力度が許容限界を下回ることを確認する。

なお、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、面内せん断力を軸力として考慮していることから、壁部材の面内せん断に対しては、曲げ・軸力系の破壊に対する照査において併せて確認している。

基礎地盤の支持性能評価においては、添付書類「VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書」より得られた基礎地盤の接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。



表 2-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の評価項目

| 評価方針   | 評価項目      | 部位         | 評価方法                  | 許容限界      |          |
|--|-----------|------------|-----------------------|-----------|----------|
| 構造強度を有すること並びに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を支持する機能を損なわないこと | 構造部材の健全性  | 鉄筋コンクリート部材 | 発生応力度が許容限界を下回ることを確認   | 曲げ・軸力     | 短期許容応力度  |
|  |           |            |                       | せん断力      | 短期許容せん断力 |
|  | 基礎地盤の支持性能 | 基礎地盤       | 発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認 | 岩盤の極限支持力* |          |

注記\*： 妥当な安全余裕を考慮する。

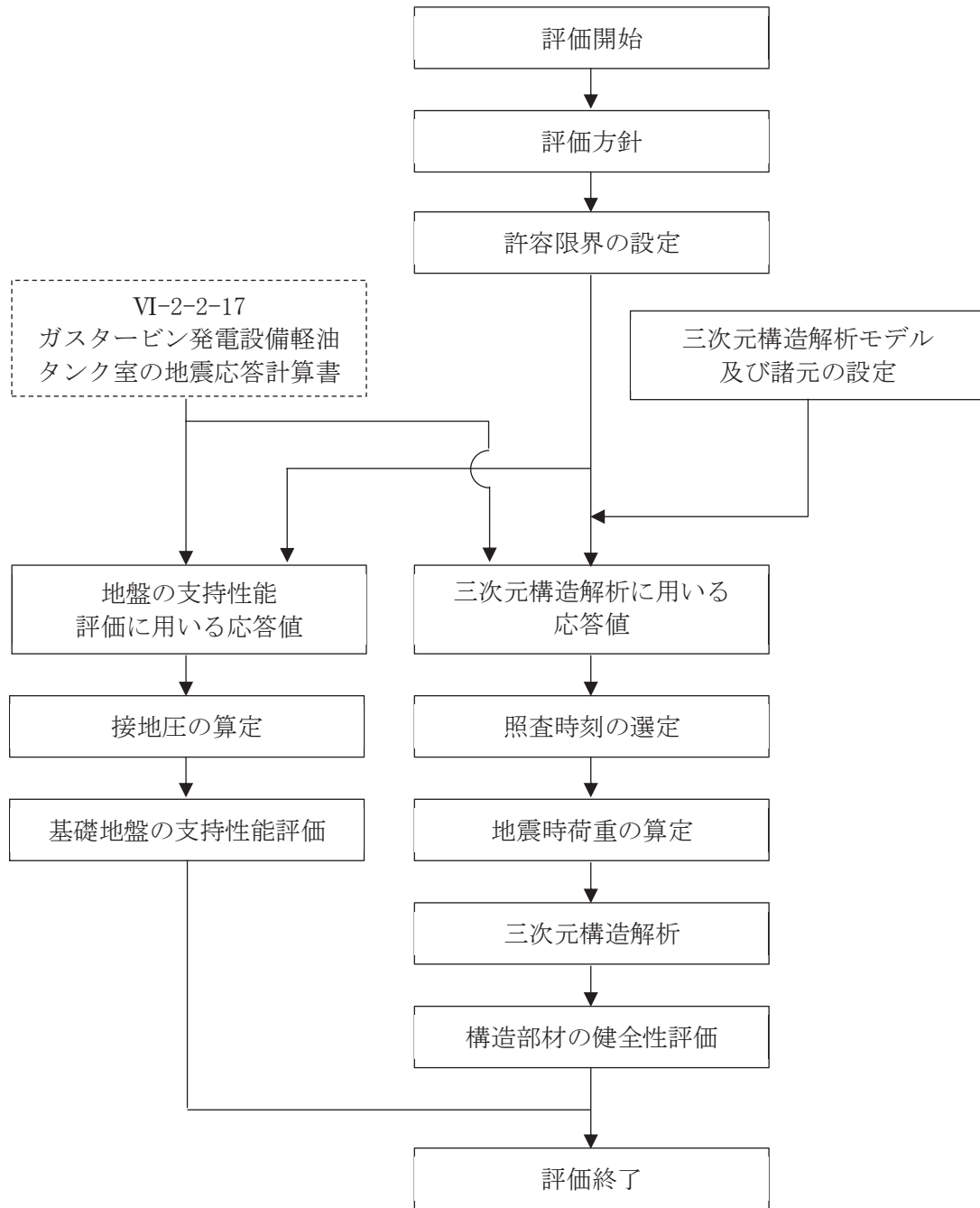


図 2-7 ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価フロー

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- ・原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- ・日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編
- ・日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編

### 3. 耐震評価

#### 3.1 地震時荷重算出断面

ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震時荷重算出断面位置を図 3-1 に示す。地震時荷重算出断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、タンク軸方向で構造物の中心を通る南北方向（A-A 断面）及びタンクの軸方向に対し直交し構造物の中心を通る東西方向（B-B 断面）の両断面とする。地震時荷重算出用地質断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

なお、加振方向に平行に配置され耐震上見込むことができる面部材の配置から、南北方向（A-A 断面）が強軸方向となり、東西方向（B-B 断面）が弱軸方向となることから、耐震評価は弱軸方向である東西方向（B-B 断面）に対して実施する。

地震応答解析における解析手法は、添付書類「VI-2-2-18 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書」のうち、「3.2 解析方法」に示すとおり全応力解析とする。解析ケースを表 3-1 に示す。

また、ガスタービン発電設備軽油タンク室は、加振方向に平行に配置される面部材（妻壁や隔壁）を有する箱形構造物であり、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を支持する機能（支持機能）が要求されることから、シェル要素を用いた三次元構造解析により耐震評価を行う。

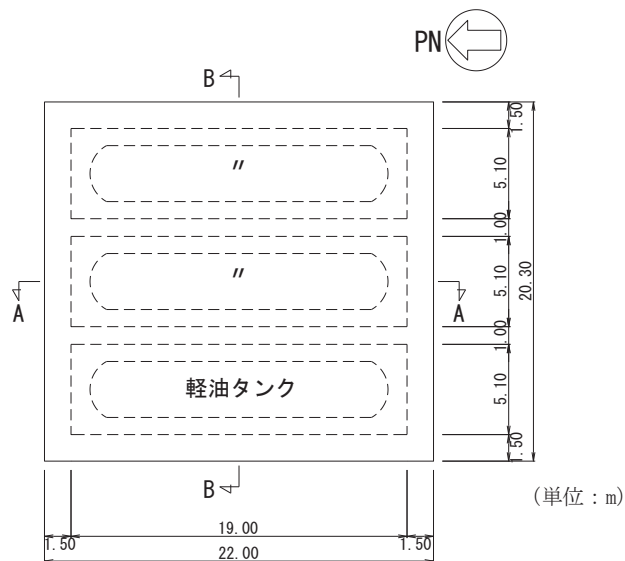


図 3-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震時荷重算出断面位置図

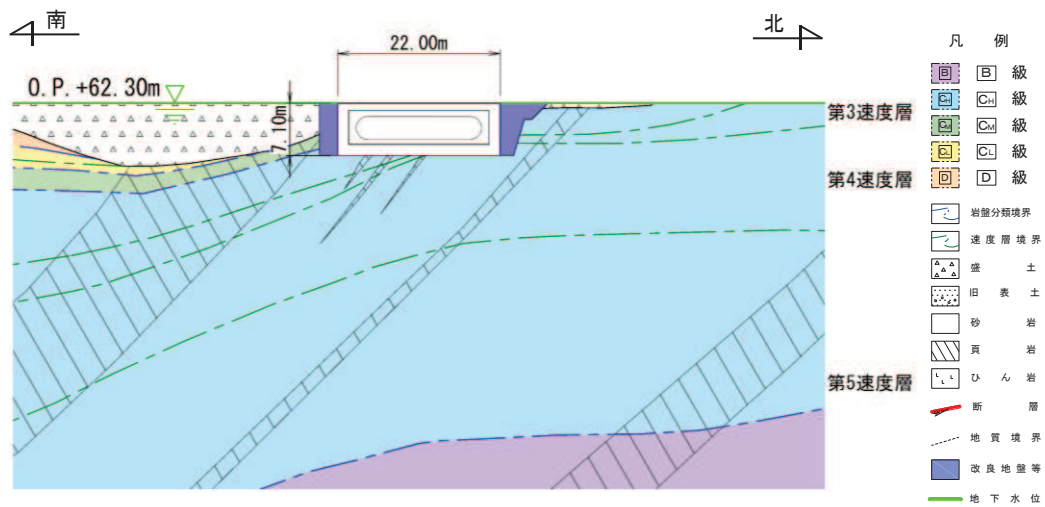


図3-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室 地震時荷重算出用地質断面図  
(A-A断面, 南北)

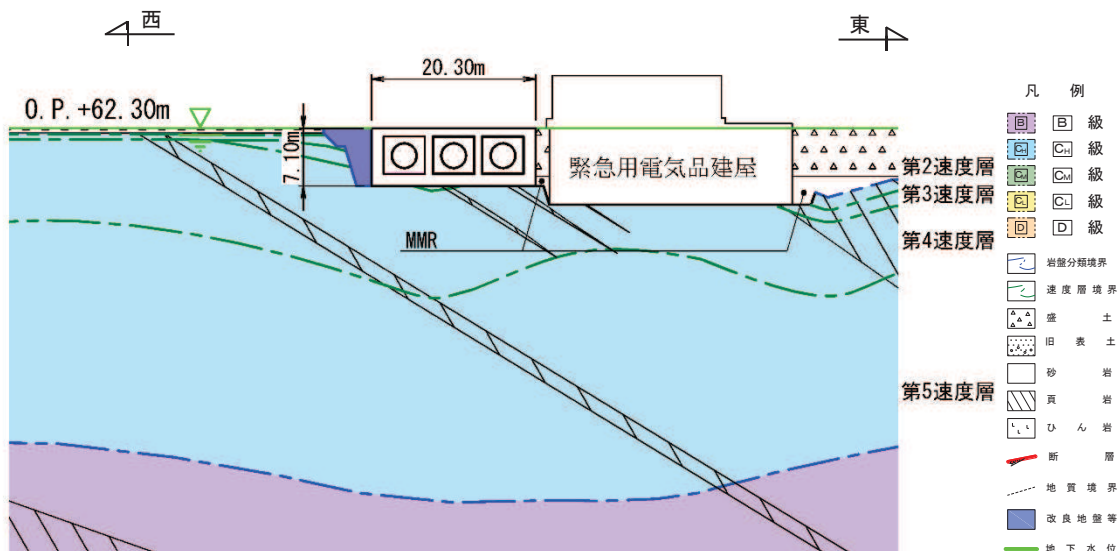


図3-3 ガスタービン発電設備軽油タンク室 地震時荷重算出用地質断面図  
(B-B断面, 東西)

表 3-1 解析ケース

| 解析ケース           | 材料物性<br>(コンクリート)<br>( $E_0$ : ヤング係数) | 地盤物性                                 |  |
|-----------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
|                 |                                      | 盛土, D級岩盤<br>( $G_0$ : 初期せん断弾<br>性係数) | C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤,<br>C <sub>H</sub> 級岩盤, B級岩盤<br>( $G_d$ : 動せん断弾性係数) |
| ケース①<br>(基本ケース) | 設計基準強度                               | 平均値                                  | 平均値  |
| ケース②            | 設計基準強度                               | 平均値+1 $\sigma$                       | 平均値  |
| ケース③            | 設計基準強度                               | 平均値-1 $\sigma$                       | 平均値  |

### 3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-2 に、材料の物性値を表 3-3 に示す。

表 3-2 使用材料

| 材料     | 仕様                           |
|--------|------------------------------|
| コンクリート | 設計基準強度 24.0N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋     | SD345                        |

表 3-3 材料の物性値 (構造部材)

| 材料       | 項目                             |        | 材料諸元                 | 備考 |
|----------|--------------------------------|--------|----------------------|----|
| 鉄筋コンクリート | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) |        | 24.0                 |    |
| コンクリート   | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | 設計基準強度 | 2.50×10 <sup>4</sup> |    |
|          | ポアソン比                          |        |                      |    |

### 3.3 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

##### (1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認並びに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を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 3-4 及び表 3-5 に示す。

なお、頂版、底版及び側壁のアンカー定着部に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を支持する機能を要求されるが、短期許容応力度により照査を行うため、構造強度を有することの確認と許容限界が同一となることから、全部材に対して構造強度を有することを確認することで、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を支持する機能を損なわないことの確認も同時に行う。

表 3-4 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

| 設計基準強度               | 許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> )  |                             | 短期許容応力度*<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------------------|--------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
|                      | f' ck=24.0(N/mm <sup>2</sup> ) | 許容曲げ圧縮応力度<br>$\sigma'_{ca}$ |                                  |
| 許容せん断応力度 $\tau_{al}$ |                                | 0.45                        | 0.675                            |

注記\*：「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

表 3-5 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

| 鉄筋の種類 | 許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |                       | 短期許容応力度*<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------|-------------------------------|-----------------------|----------------------------------|
|       | SD345                         | 許容引張応力度 $\sigma_{sa}$ |                                  |

注記\*：「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」により地震時の割り増し係数として 1.5 を考慮する。

##### (2) せん断破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認並びに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を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、表 3-4 及び表 3-5 に示すコンクリートと鉄筋の短期許容応力度から算定した短期許容せん断力とする。



### 3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤（牧の浜部層）に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤（牧の浜部層）の許容限界を表 3-6 に示す。

表 3-6 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

| 評価項目  | 基礎地盤  | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------|-------|------------------------------|
| 極限支持力 | 牧の浜部層 | 11.4                         |

### 3.4 評価方法

#### 3.4.1 構造部材の健全性評価

ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価は、線形シェル要素を用いた三次元構造解析により実施する。三次元構造解析には、解析コード「SLAP Ver. 6.64」を用いる。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

三次元構造解析への入力荷重は、添付書類「VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書」に基づく地震応答解析において、ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価に支配的な荷重が最大となる時刻を選定し、当該時刻における地震時応答から設定する。

添付書類「VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した地震時荷重（地震時土圧及び慣性力）を用いて、三次元構造解析により算定した照査用応答値が、「3.3 許容限界」において設定した許容限界を下回ることを確認する。

#### (1) 解析モデル

線形シェル要素でモデル化する。三次元構造解析モデルを図3-4及び図3-5に示す。

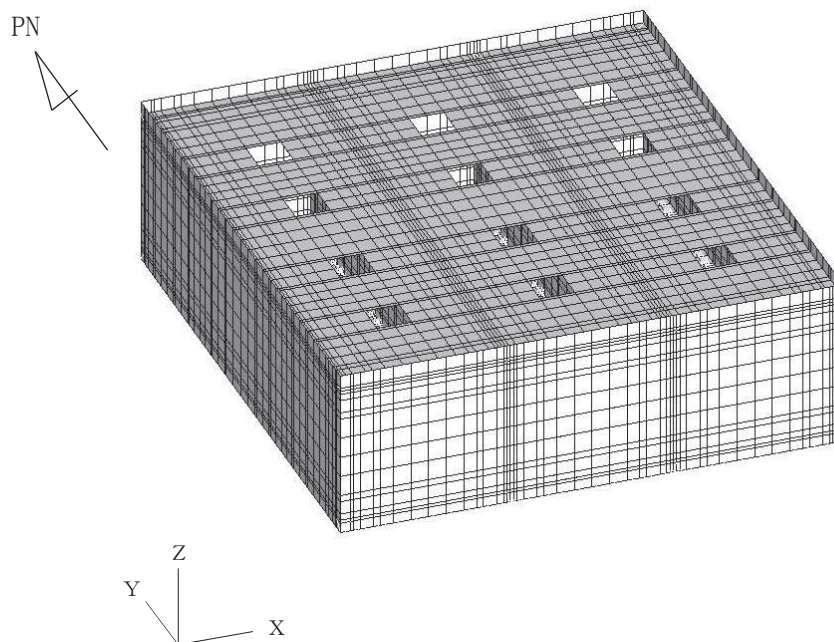


図3-4 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図）

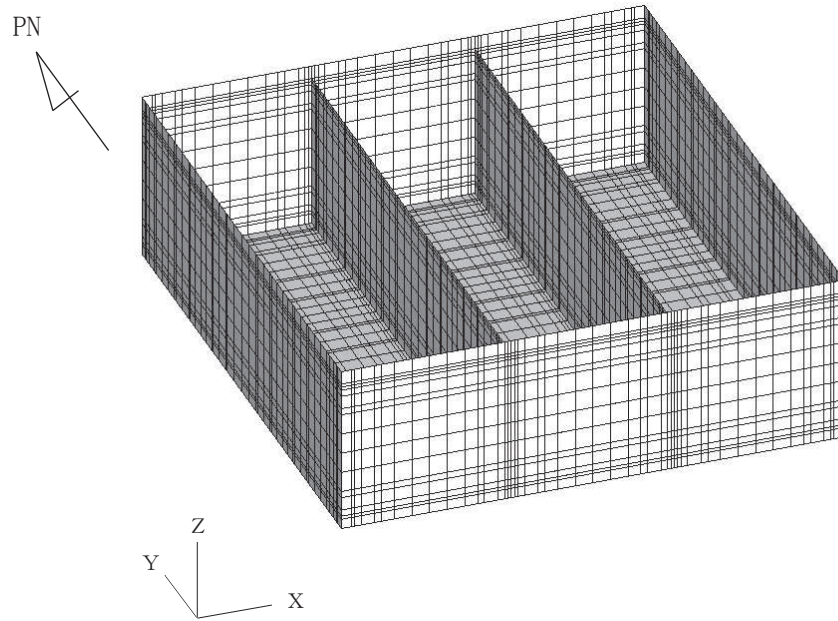


図3-5 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図（頂版非表示））

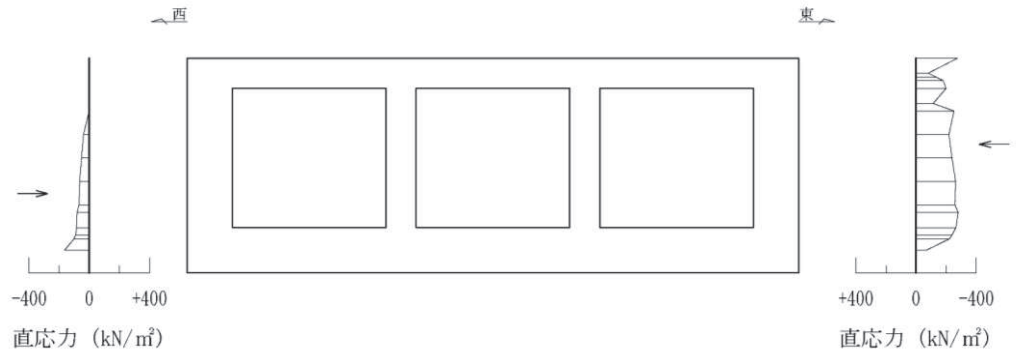
(2) 照査時刻

構造部材の健全性評価において、照査時刻は構造的特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を地震応答解析の結果から複数選定する。表 3-7 に照査時刻の選定の考え方を示す。

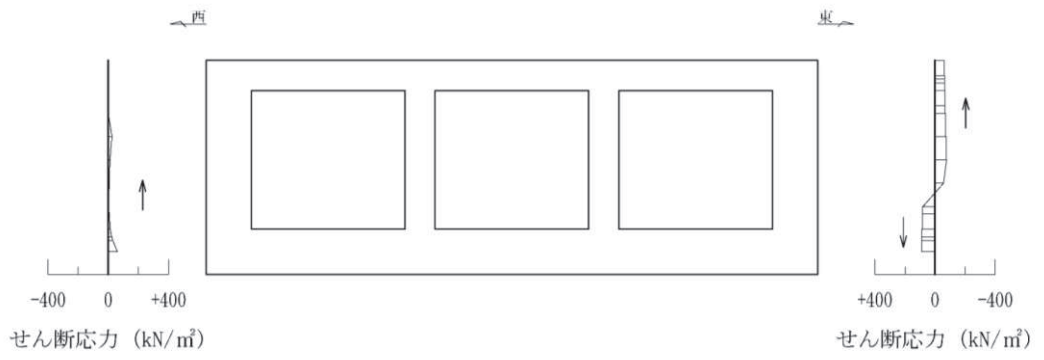
なお、三次元構造解析において照査値が最大となる曲げ・軸力系の破壊に対する照査時における作用荷重分布図を図 3-6 及び図 3-7 に示す。

表 3-7 照査時刻の考え方

| 照査時刻           | 損傷モード         | 着目部位      |  | 荷重抽出時刻            |
|----------------|---------------|-----------|--|-------------------|
| 時刻 1           | 曲げ・軸力系の破壊     | 壁<br>(面外) |  | 頂底板間の層間変位が最大となる時刻 |
| 時刻 2           | せん断破壊<br>(面外) | 壁<br>(面外) |  | 総水平荷重が最大となる時刻     |
| 時刻 3<br>(時刻 1) | せん断破壊<br>(面内) | 壁<br>(面内) |  | 面部材の層間変位が最大となる時刻  |



直応力



せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図3-6 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)  
 (解析ケース①, S s - F 2 (++) )

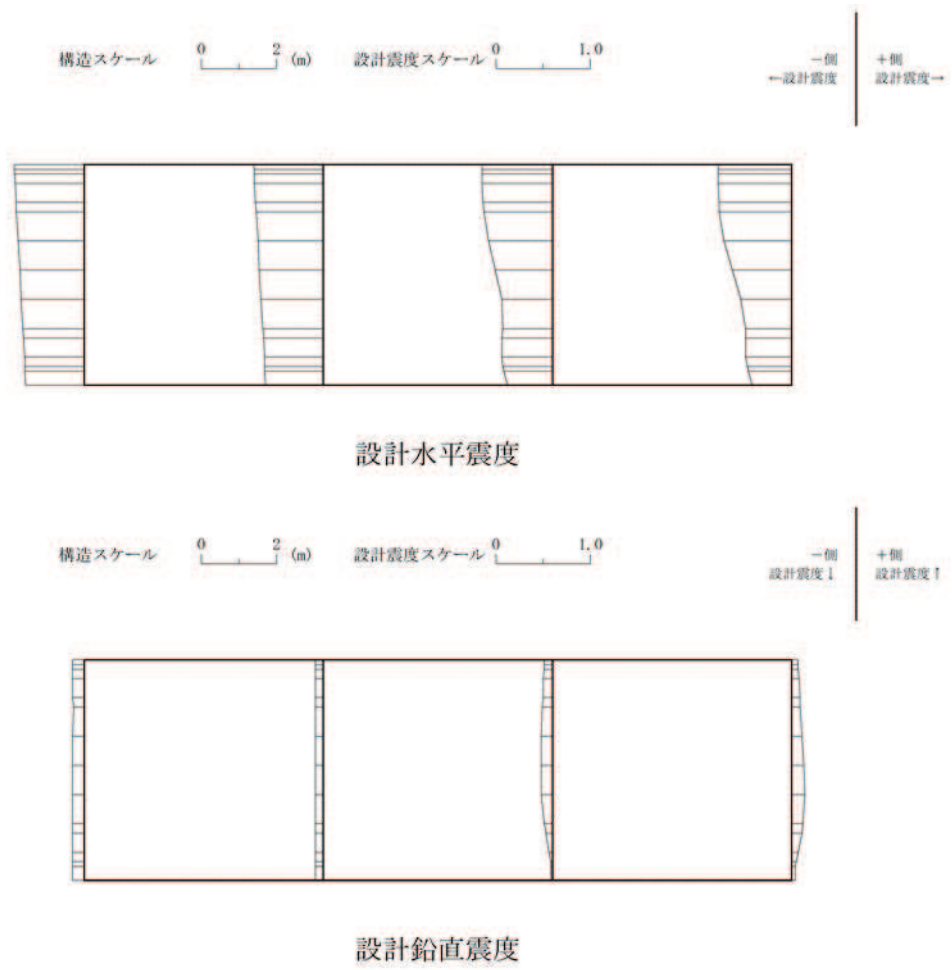


図 3-7 作用荷重分布図 (設計震度分布)  
(解析ケース①, S<sub>s</sub>-F2 (++))

(3) 入力荷重

三次元構造解析の入力荷重は、設計値及び添付書類「VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書」より得られた地震応答解析に基づく「(2) 照査時刻」で選定した照査時刻における応答値を用いて算定する。入力荷重の一覧を表 3-8 に示す。

表 3-8 三次元構造解析における入力荷重

| 区分    | 種別    | 考慮する荷重         |
|-------|-------|----------------|
| 常時荷重  | 固定荷重  | 躯体自重, 機器・配管荷重  |
|       | 積載荷重  | 躯体に作用する積載荷重    |
|       | 常時土圧  | 躯体側面に作用する常時土圧  |
|       | 常時水圧  | 躯体側面に作用する常時水圧  |
| 地震時荷重 | 慣性力   | 躯体に作用する慣性力     |
|       | 機器反力* | 機器・配管反力        |
|       | 地震時土圧 | 躯体側面に作用する地震時土圧 |
|       | 地震時水圧 | 躯体側面に作用する地震時水圧 |

注記\* : 地震応答解析により機器・配管を支持する位置で算出した応答加速度に機器・配管の質量を乗じて算定する。

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、構造部材を支持する基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

4. 構造部材の地震時応答

三次元構造解析に基づく、各構造部材の地震時応答結果を示す。各部材位置を図4-1に、各部材の要素座標系を図4-2に、シェル要素における各要素の断面力の方向を図4-3に示す。

曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる評価時刻での断面力分布を図4-4～図4-8に、せん断破壊に対して最大照査値となる評価時刻での断面力分布を図4-9及び図4-10に示す。

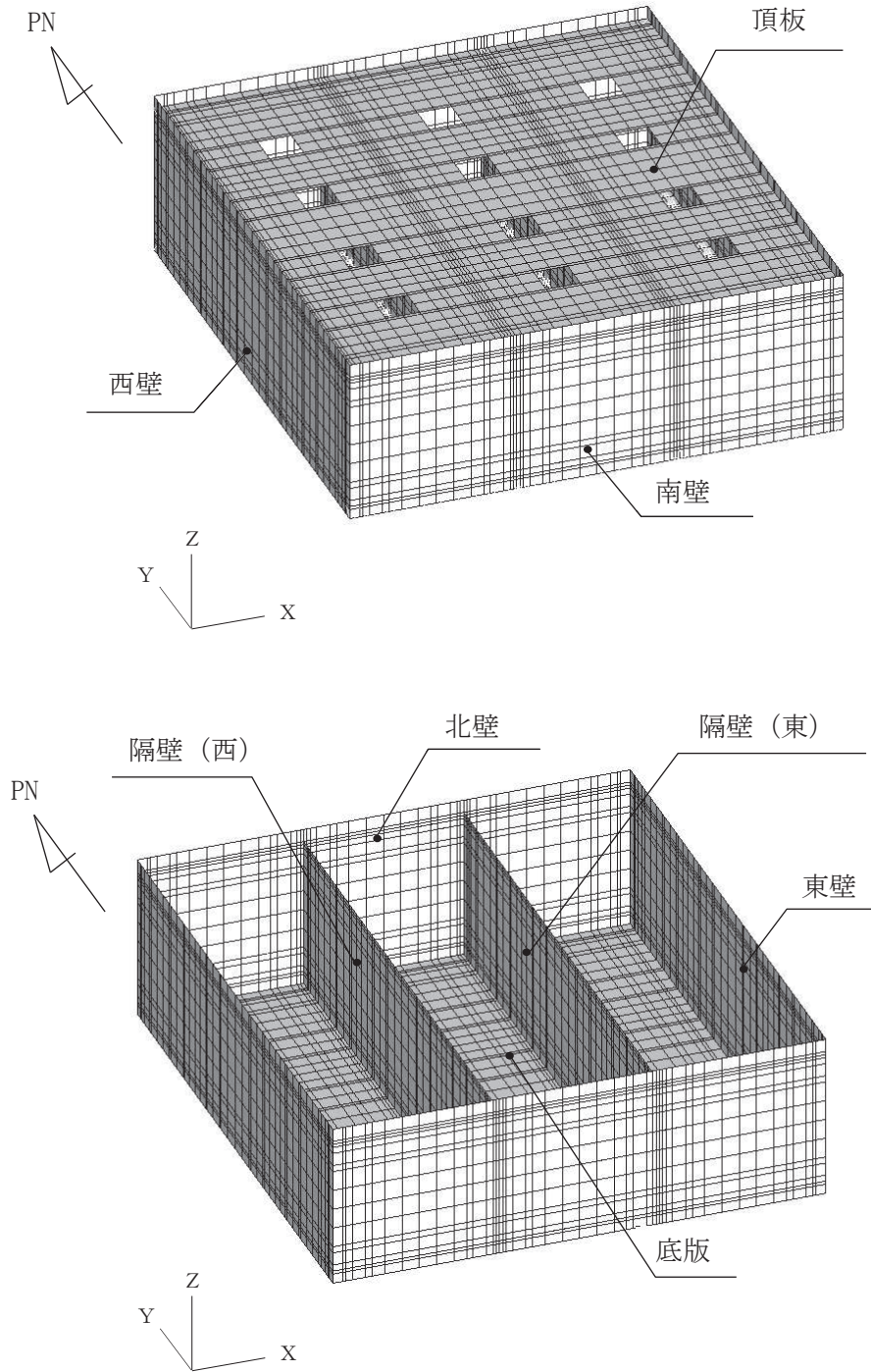
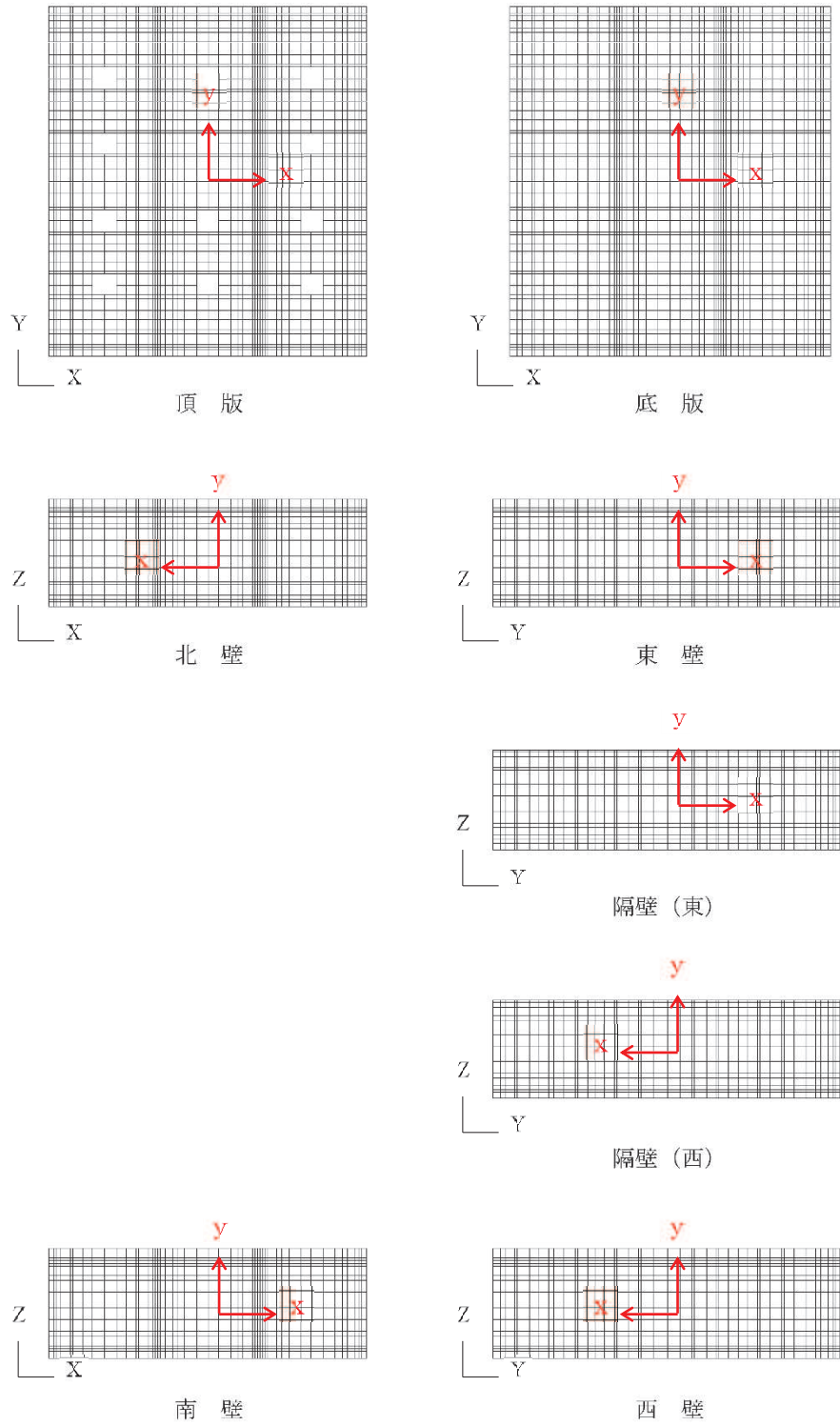


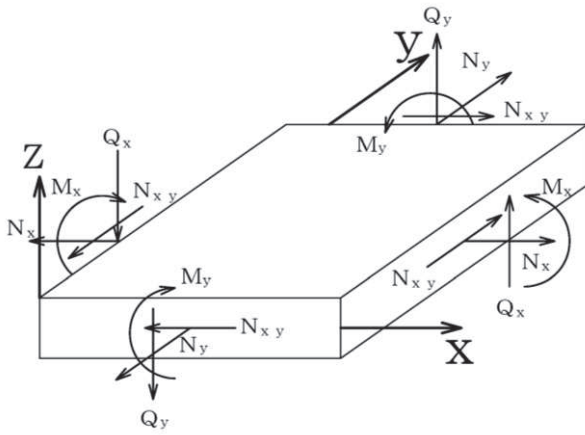
図4-1 各部材位置



黒：全体座標系を示す  
赤：要素座標系を示す

図 4-2 各部材の要素座標系





$M_x, M_y$  : 曲げモーメント  
 $Q_x, Q_y$  : せん断力  
 $N_x, N_y$  : 軸力  
 $N_{xy}$  : 面内せん断力

図 4-3 シェル要素における断面力の方向

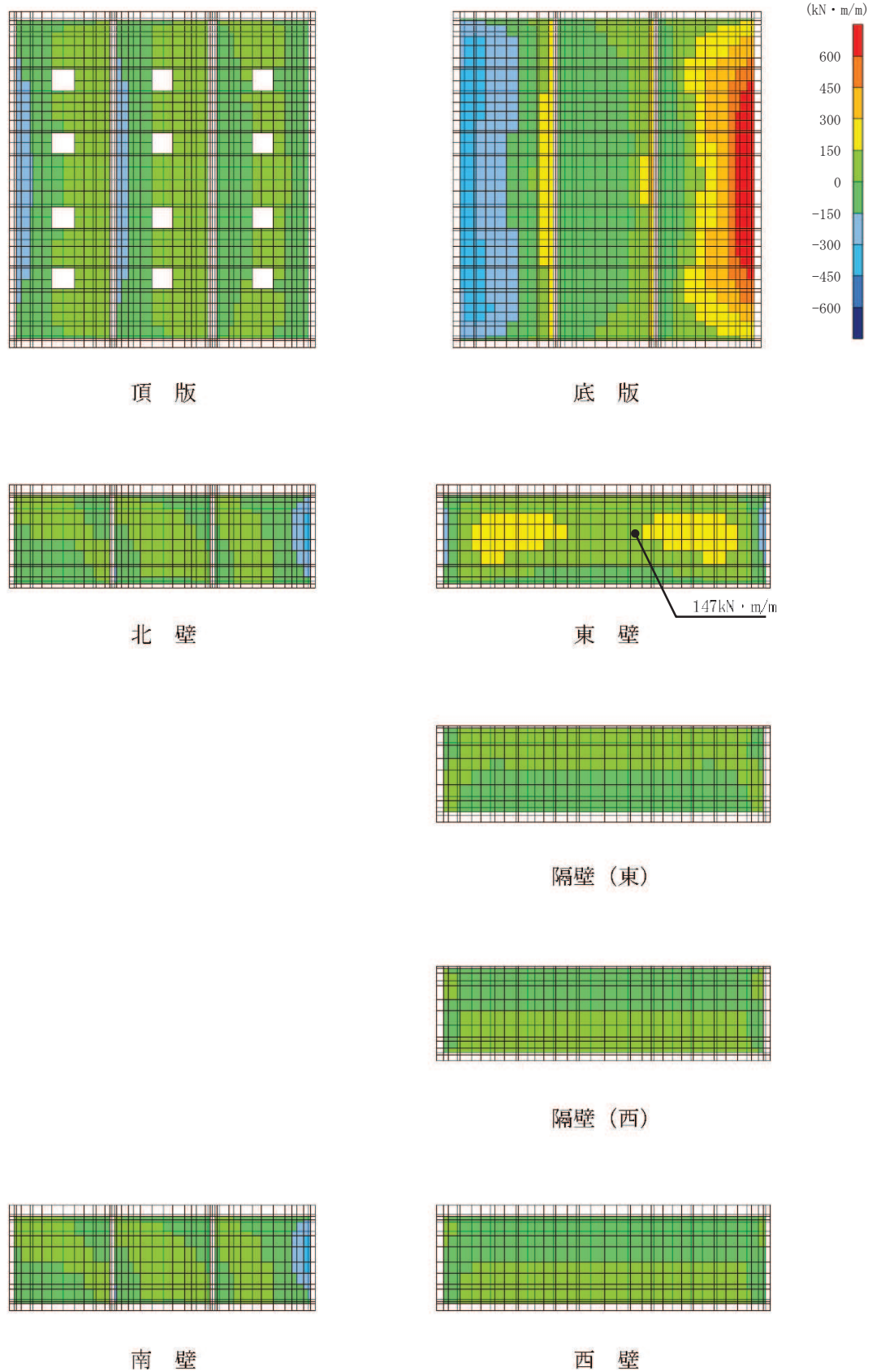


図 4-4 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (曲げモーメント (kN · m/m) :  $M_x$ )  
 (東壁, 解析ケース①,  $S_s - F_2$  (++)

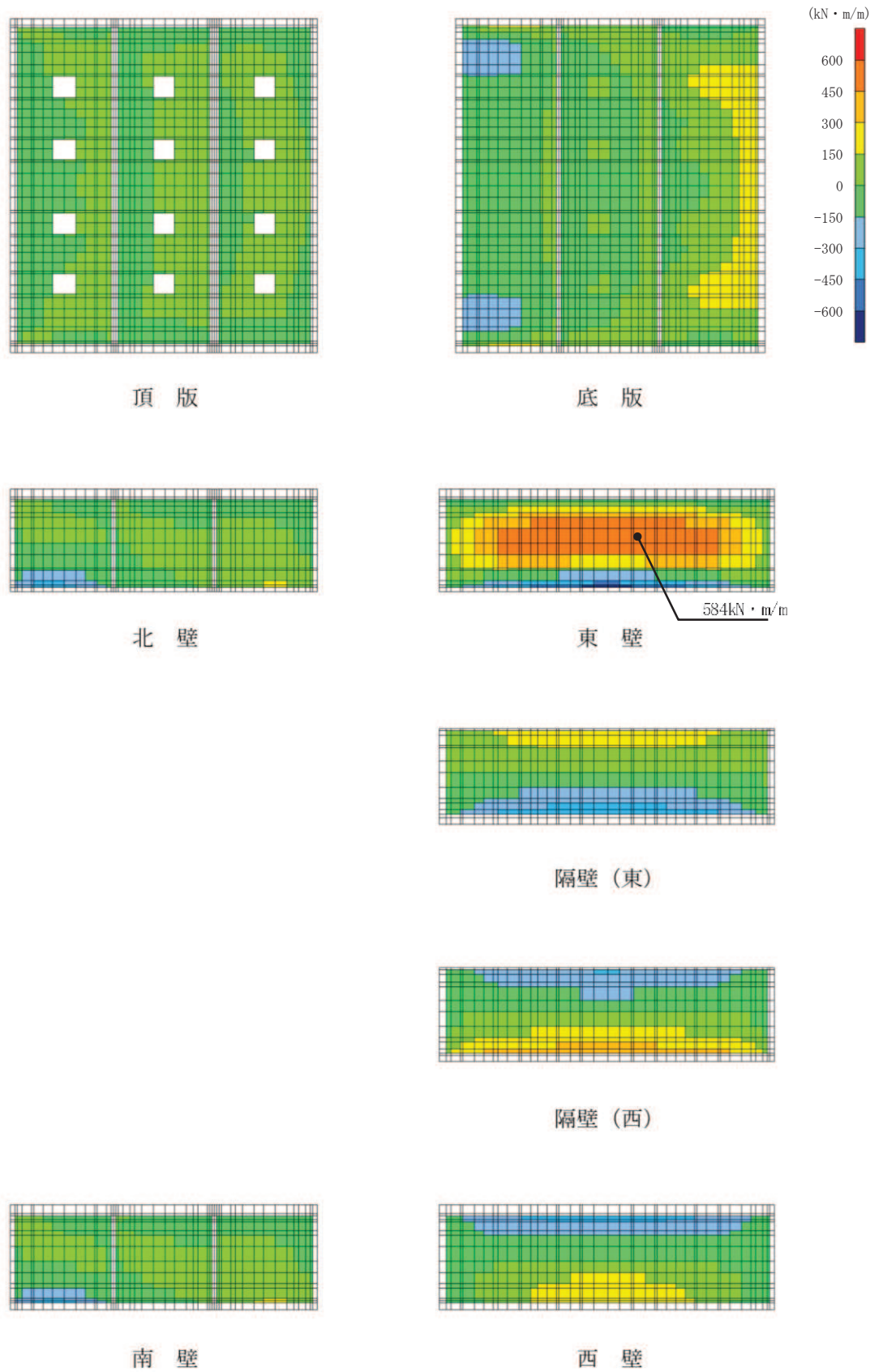


図 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (曲げモーメント (kN · m/m) :  $M_y$ )  
 (東壁, 解析ケース①,  $S_s - F_2$  (++) )

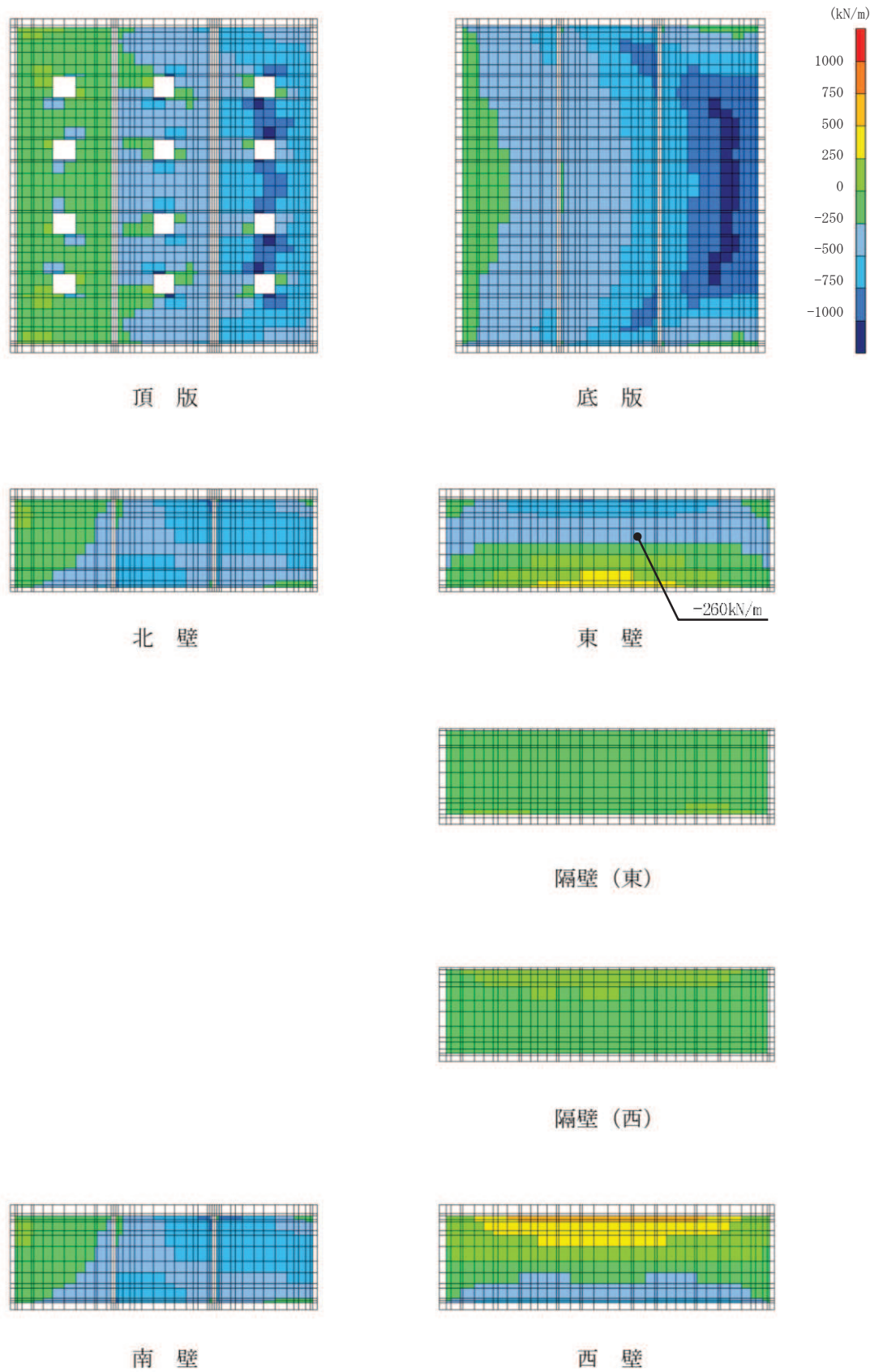


図 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (軸力 (kN/m) :  $N_x$ )  
 (東壁, 解析ケース①,  $S_s - F_2$  (++)

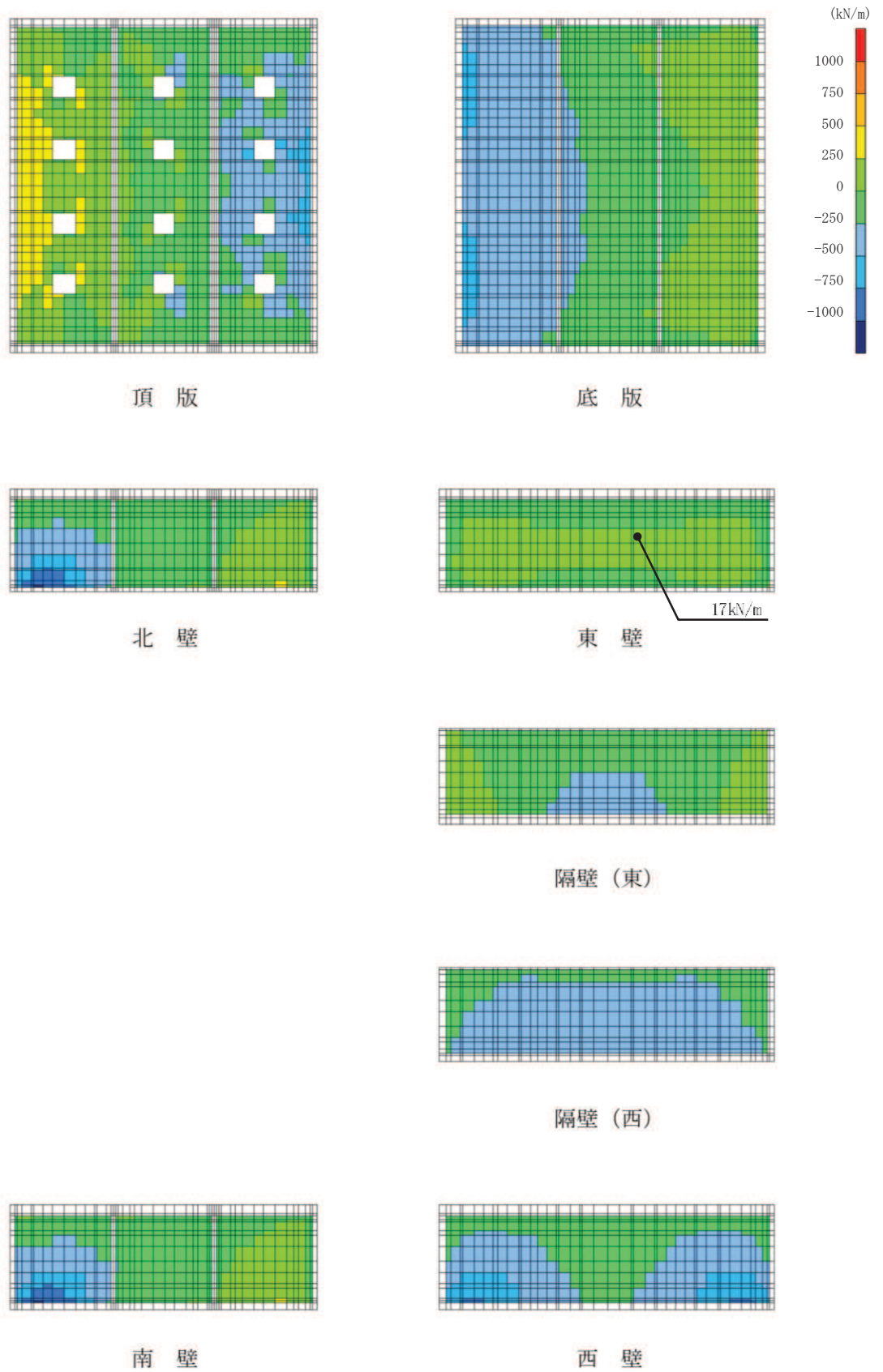


図 4-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (軸力 (kN/m) :  $N_y$ )  
 (東壁, 解析ケース①,  $S_s - F_2$  (++) )

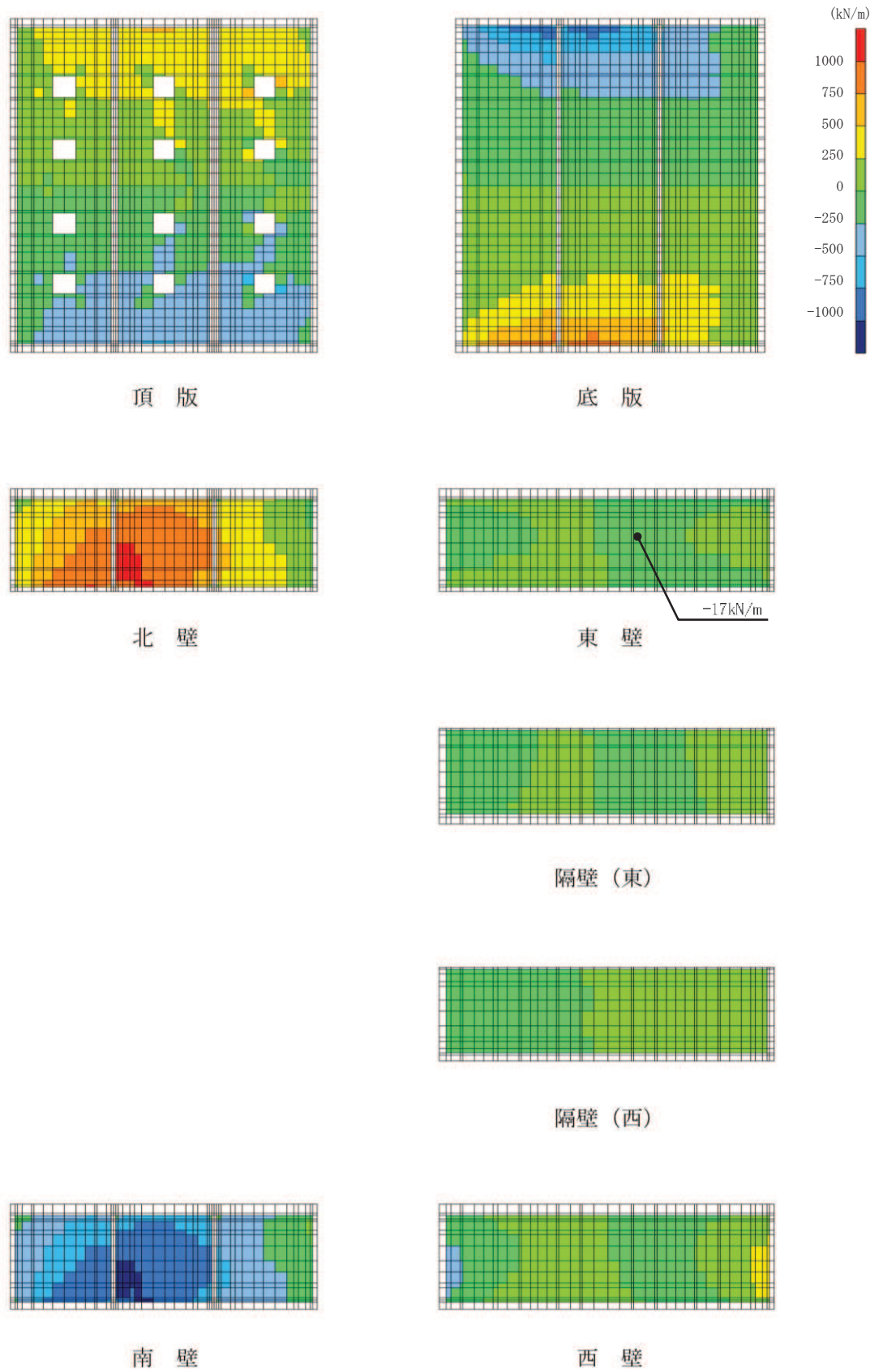


図 4-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (面内せん断力 (kN/m) :  $N_{xy}$ )  
 (東壁, 解析ケース①,  $S_s - F_2$  (++)

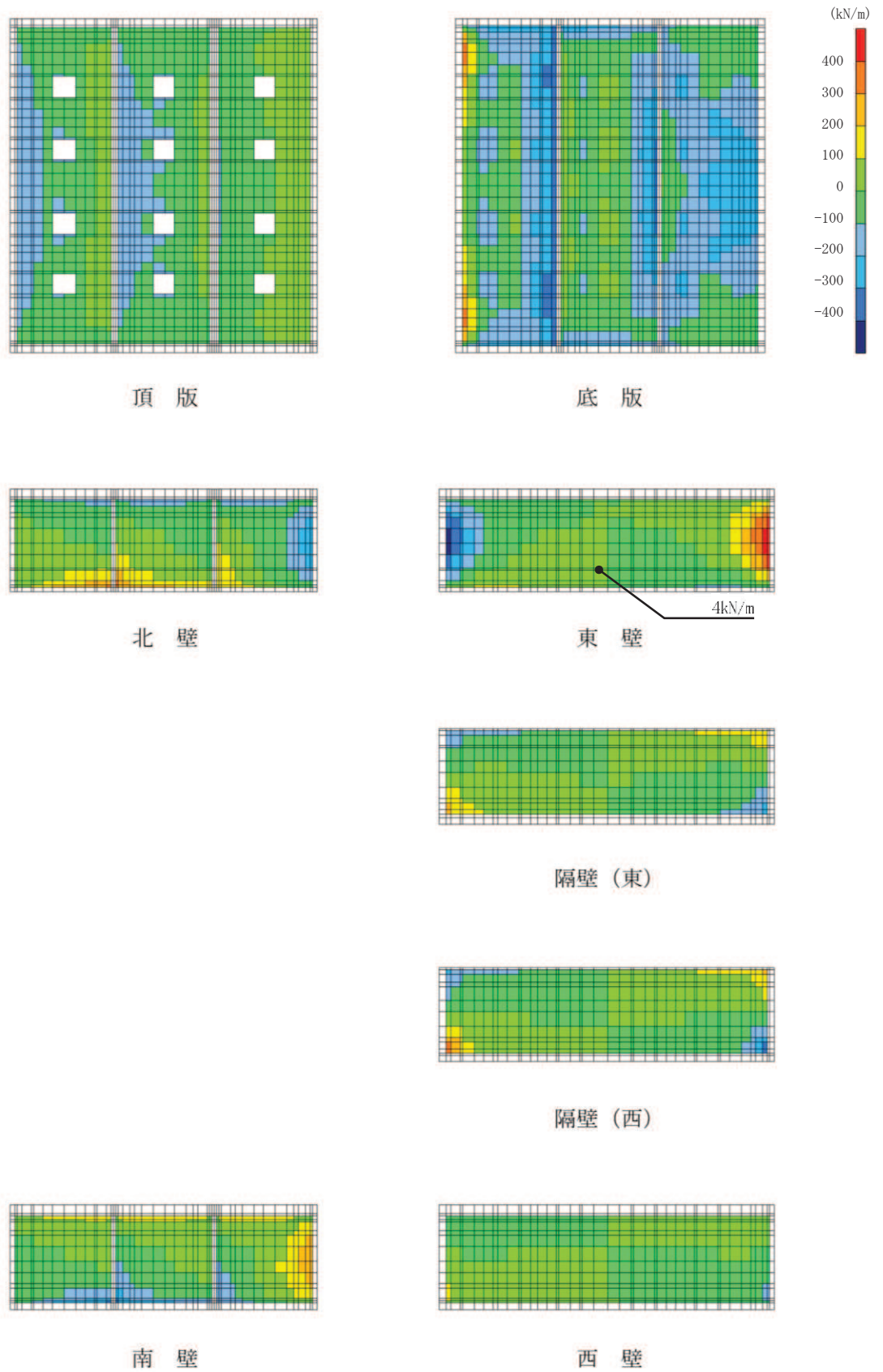


図 4-9 セン断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (せん断力 (kN/m) :  $Q_x$ )  
 (東壁, 解析ケース①,  $S_s - F_2$  (++) )

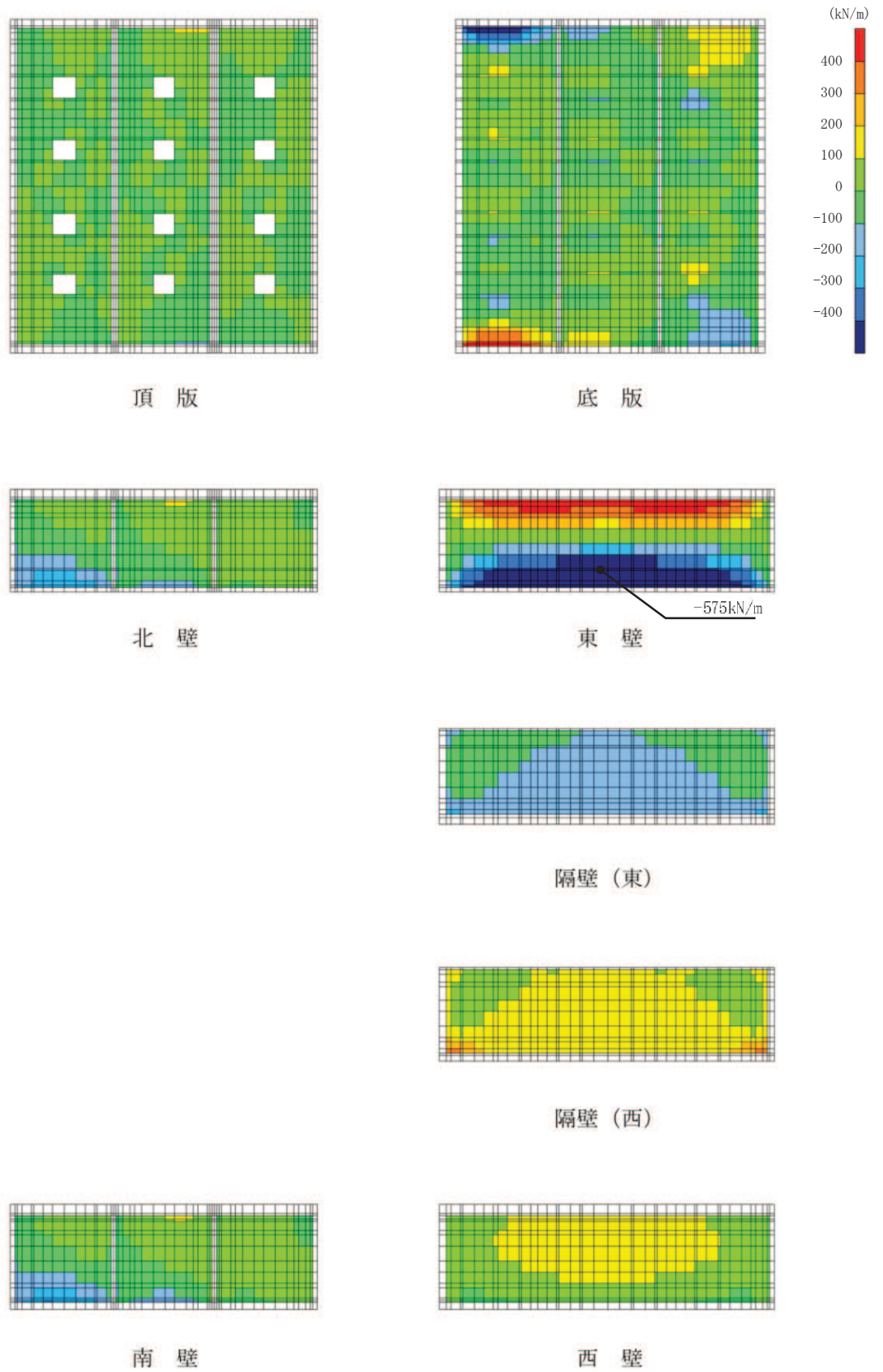


図 4-10 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図  
 (せん断力 (kN/m) :  $Q_y$ )  
 (東壁, 解析ケース①,  $S_s - F_2$  (++)



5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性及び支持機能に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-1 及び表 5-2 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-3 に示す。

ガスタービン発電設備軽油タンク室の発生応力度及び発生せん断力が、構造部材の健全性並びに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を支持する機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリート）

| 評価位置* |    | 解析ケース | 地震動            | 曲げモーメント<br>(kN・m/m) | 軸力<br>(kN/m) | 発生応力度<br>$\sigma'_c$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容応力度<br>$\sigma'_{ca}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$\sigma'_c/\sigma'_{ca}$ |
|-------|----|-------|----------------|---------------------|--------------|--|---|---------------------------------|
| 底版    | 13 | ③     | S s - F 2 (++) | 908                 | -905         | 4.0  | 13.5  | 0.30                            |
| 頂版    | 21 | ③     | S s - F 2 (++) | -268                | -135         | 2.9  | 13.5  | 0.22                            |
| 南北壁   | 31 | ③     | S s - F 2 (++) | -378                | -1803        | 2.0  | 13.5  | 0.15                            |
| 東西壁   | 50 | ①     | S s - D 2 (++) | -729                | -390         | 3.5  | 13.5  | 0.26                            |
| 隔壁    | 80 | ③     | S s - F 2 (++) | -395                | -329         | 4.5  | 13.5  | 0.34                            |

注記\*：評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-2 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋）

| 評価位置* |    | 解析ケース | 地震動            | 曲げモーメント<br>(kN・m/m) | 軸力<br>(kN/m) | 発生応力度<br>$\sigma_s$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容応力度<br>$\sigma_{sa}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$\sigma_s/\sigma_{sa}$ |
|-------|----|-------|----------------|---------------------|--------------|---|--|-------------------------------|
| 底版    | 12 | ③     | S s - F 2 (++) | 109                 | 773          | 102   | 294  | 0.35                          |
| 頂版    | 21 | ③     | S s - F 2 (++) | -14                 | 679          | 113   | 294  | 0.39                          |
| 南北壁   | 42 | ③     | S s - F 2 (++) | -92                 | 937          | 116   | 294  | 0.40                          |
| 東西壁   | 60 | ①     | S s - F 2 (++) | 584                 | 35           | 159   | 294  | 0.55                          |
| 隔壁    | 80 | ③     | S s - F 2 (++) | -298                | 30           | 135   | 294  | 0.46                          |

注記\*：評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-3 せん断破壊に対する照査

| 評価位置* |    | 解析<br>ケース | 地震動                    | 発生<br>せん断力<br>V<br>(kN/m) | 短期許容<br>せん断力<br>V <sub>a</sub><br>(kN/m) | 照査値<br>V/V <sub>a</sub> |
|-------|----|-----------|------------------------|---------------------------|--|-------------------------|
| 底版    | 11 | ①         | S <sub>s</sub> -D2(++) | 416                       | 969                                      | 0.43                    |
| 頂版    | 22 | ③         | S <sub>s</sub> -F2(++) | 185                       | 729                                      | 0.26                    |
| 南北壁   | 33 | ③         | S <sub>s</sub> -F2(++) | 180                       | 1175                                     | 0.16                    |
| 東西壁   | 60 | ①         | S <sub>s</sub> -F2(++) | 575                       | 1175                                     | 0.49                    |
| 隔壁    | 70 | ③         | S <sub>s</sub> -F2(++) | 249                       | 723                                      | 0.35                    |

注記\*：評価位置は図 5-1 に示す。

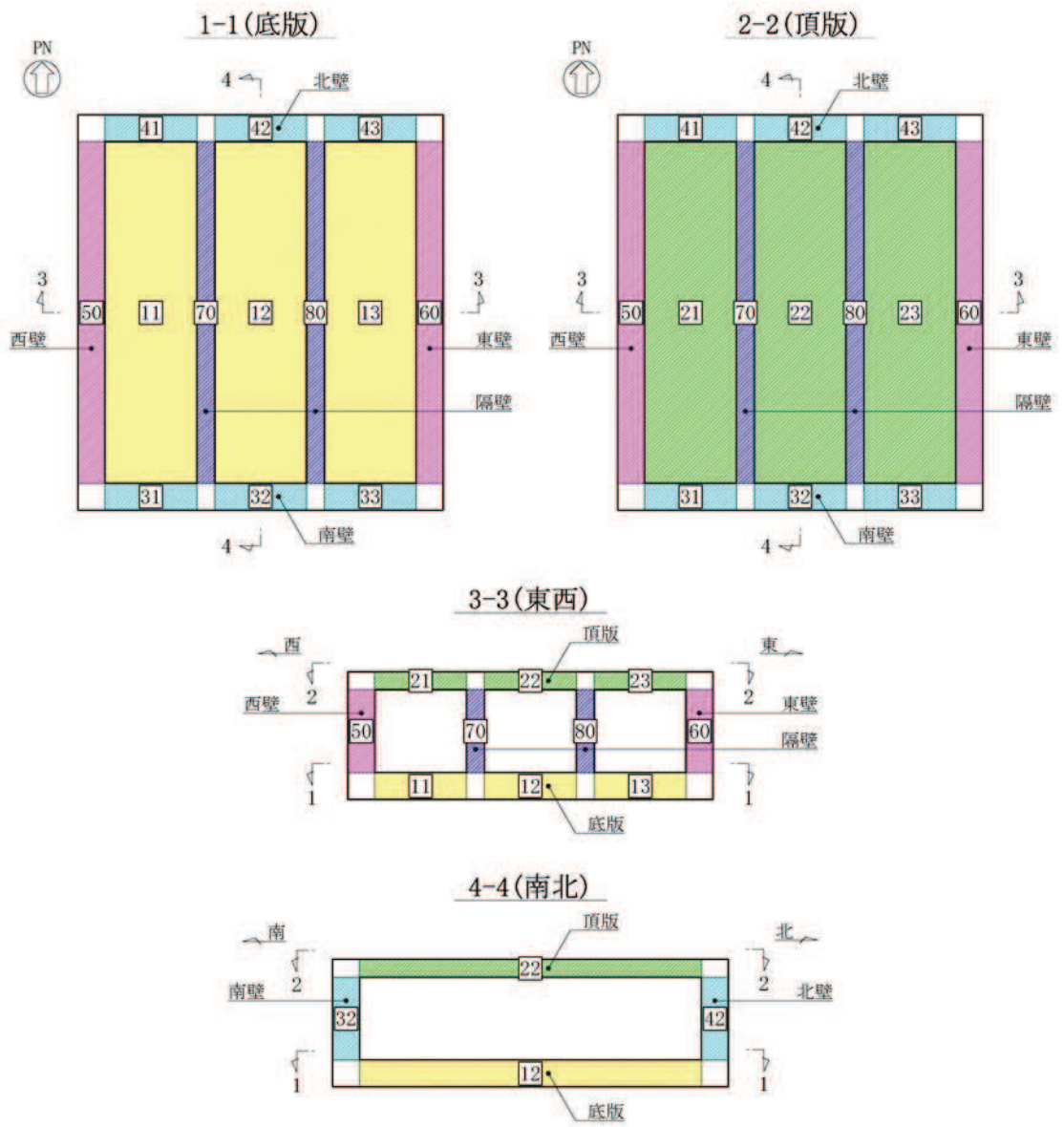


图 5-1 評価位置図

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 5-4 に示す。また、最大接地圧分布図を図 5-2 に示す。

ガスタービン発電設備軽油タンク室の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表 5-4 基礎地盤の支持性能照査結果

| 解析<br>ケース | 地震動                     | 最大接地圧<br>$R_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 極限支持力<br>$R_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$R_d/R_u$ |
|-----------|-------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| ①         | S <sub>s</sub> -F3 (++) | 0.9                                 | 11.4                                | 0.08             |

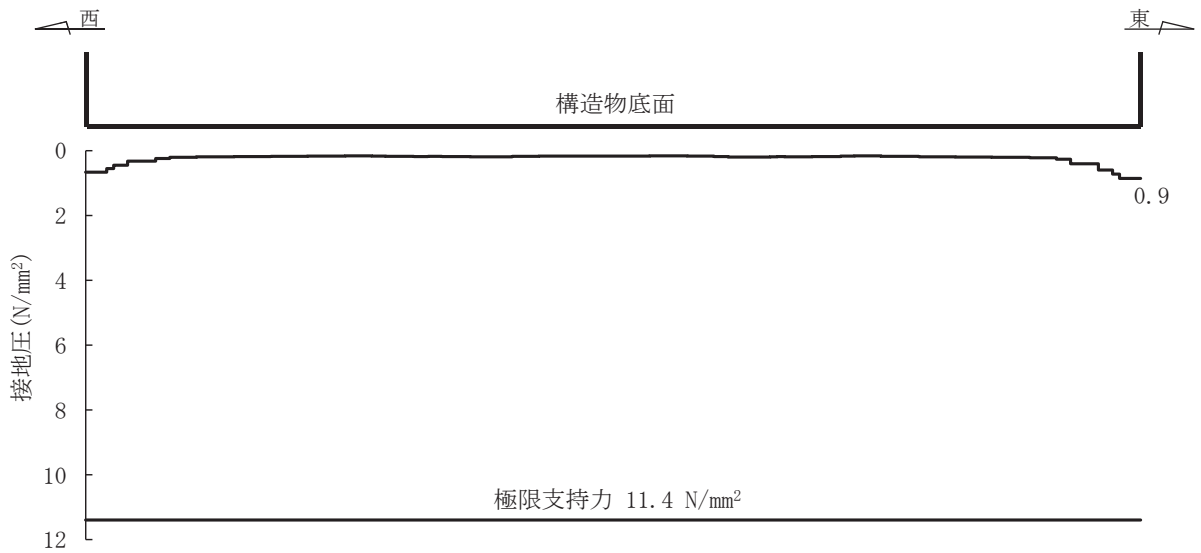


図 5-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室の基礎地盤の最大接地圧分布図  
(解析ケース①, S<sub>s</sub>-F3 (++))

VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書

## 目 次

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. 概要                 | 1  |
| 2. 基本方針               | 2  |
| 2.1 位置                | 2  |
| 2.2 構造概要              | 3  |
| 2.3 解析方針              | 6  |
| 2.4 適用基準              | 8  |
| 3. 解析方法               | 9  |
| 3.1 評価対象断面            | 9  |
| 3.2 解析方法              | 11 |
| 3.2.1 構造部材            | 11 |
| 3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき | 13 |
| 3.2.3 減衰定数            | 14 |
| 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定 | 15 |
| 3.3 荷重及び荷重の組合せ        | 18 |
| 3.3.1 耐震評価上考慮する状態     | 18 |
| 3.3.2 荷重              | 18 |
| 3.3.3 荷重の組合せ          | 19 |
| 3.4 入力地震動             | 20 |
| 3.5 解析モデル及び諸元         | 49 |
| 3.5.1 解析モデル           | 49 |
| 3.5.2 使用材料及び材料の物性値    | 51 |
| 3.5.3 地盤の物性値          | 51 |
| 3.5.4 地下水位            | 52 |
| 4. 解析結果               | 53 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき実施する軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析について説明するものである。

本地震応答解析は、軽油タンク連絡ダクトが耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。その際、耐震評価に用いる応答値は、この地震応答解析により構造物に発生する変形、断面力、ひずみ及び基礎地盤に発生する接地圧とする。

また、機器・配管系が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値の抽出を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

軽油タンク連絡ダクトの位置を図2-1に示す。

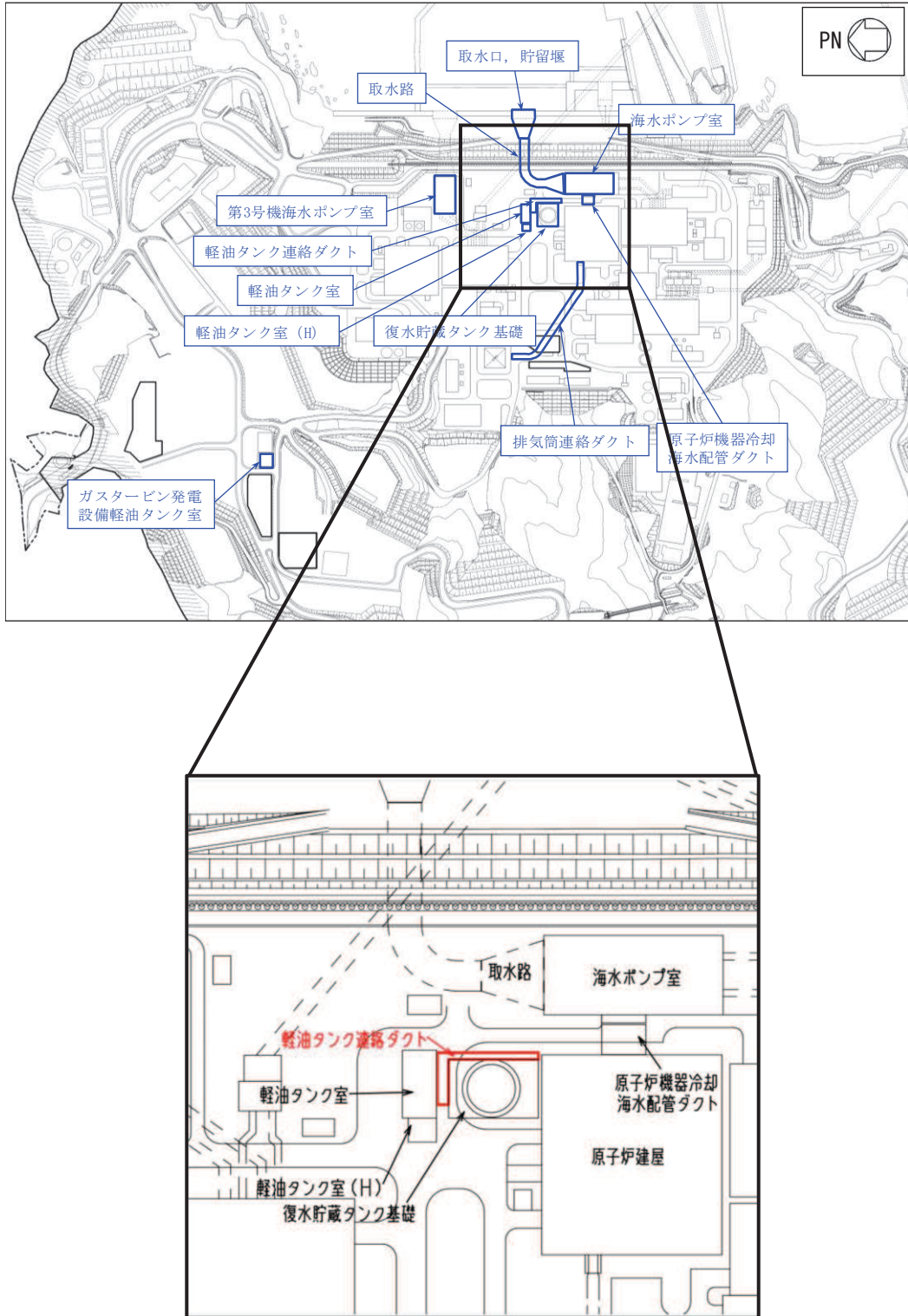


図2-1 軽油タンク連絡ダクトの位置図



## 2.2 構造概要

軽油タンク連絡ダクトの平面図を図 2-2 及び図 2-3 に、断面図を図 2-4 及び図 2-5 に、縦断面図を図 2-6 に示す。

軽油タンク連絡ダクトは、燃料移送系配管を間接支持しており、支持機能が要求される。

軽油タンク連絡ダクトは、軽油タンク室と原子炉建屋を結ぶ、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長 52.30m、内空幅 1.25m、内空高さ 2.00m の二連ボックスカルバート構造の標準部（以下「標準部」という。）と、内空幅 1.55m（東西）×2.25m（南北）、内空高さ 3.05m の軽油タンク室と接続する接続部（以下「接続部」という。）から構成され、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されている。

軽油タンク連絡ダクトは、延長方向に約 13m 間隔で分割して構造目地を介して接合され、原子炉建屋との接合部には耐震ジョイントが設置されており、延長方向に断面変化の少ない線状構造物である。

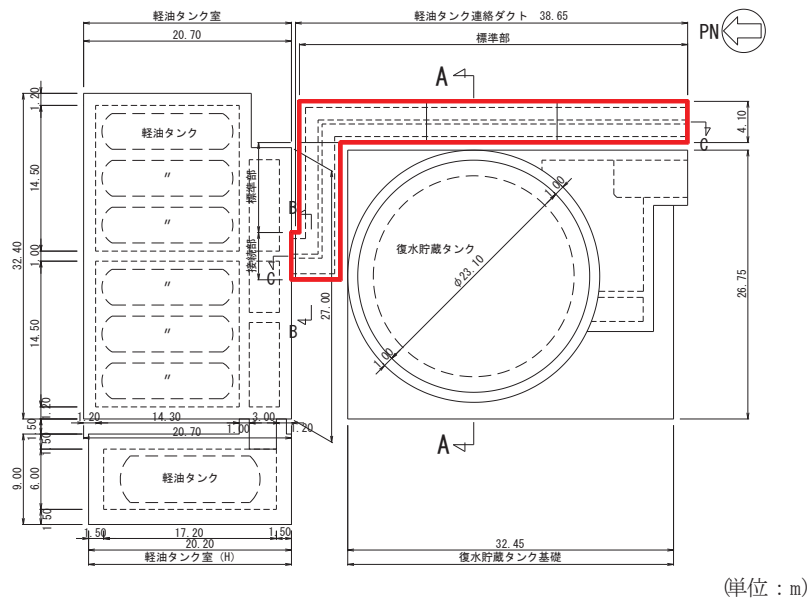


図 2-2 軽油タンク連絡ダクト平面図

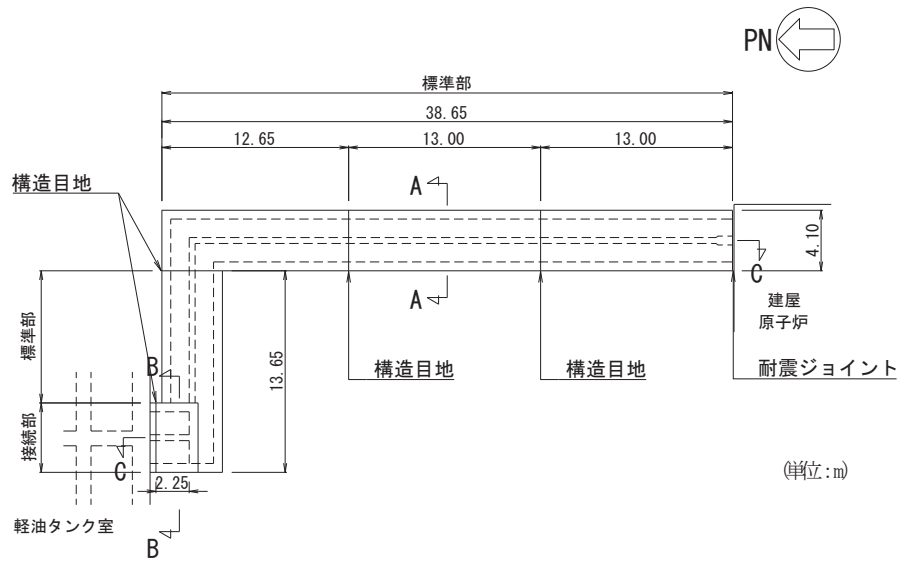
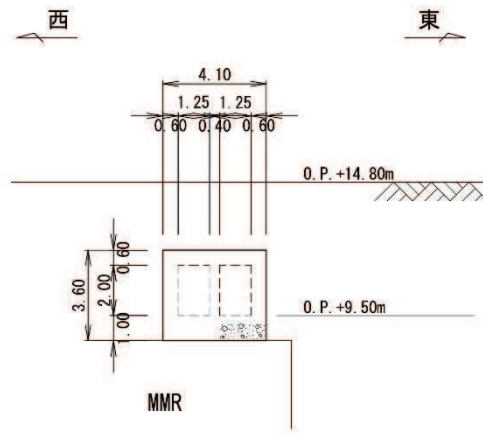
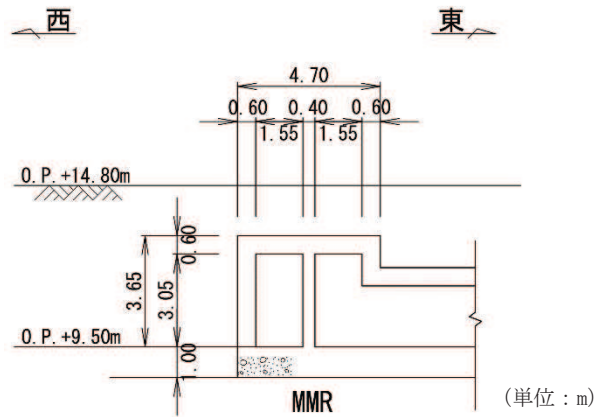


図 2-3 軽油タンク連絡ダクト平面図 (詳細)



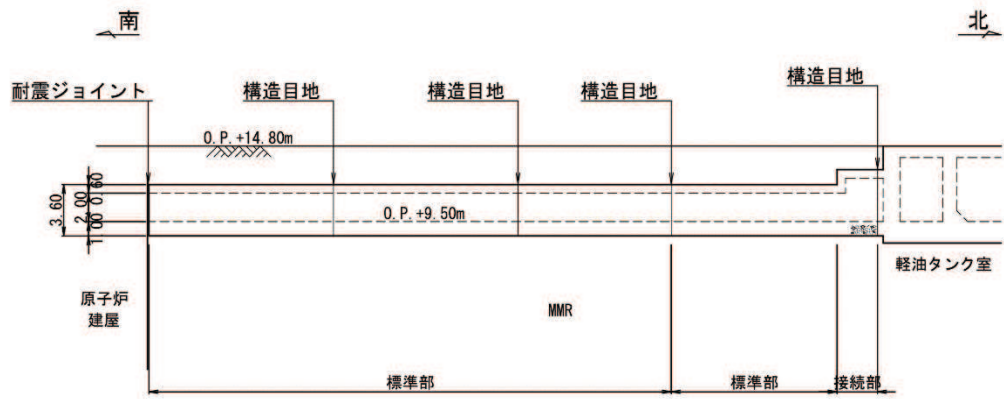
(単位 : m)

図 2-4 軽油タンク連絡ダクト断面図 (A-A 断面, 標準部)



(単位 : m)

図 2-5 軽油タンク連絡ダクト断面図 (B-B 断面, 接続部)



(単位：m)

図 2-6 軽油タンク連絡ダクト縦断面図 (C-C 断面)

### 2.3 解析方針

軽油タンク連絡ダクトは、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づき、基準地震動 $S_s$ 及び弾性設計用地震動 $S_d$ に対して地震応答解析を実施する。

図2-7に軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「2. 基本方針」に基づき、「3.1 評価対象断面」に示す断面において、「3.2 解析方法」に示す水平地震動と鉛直地震動の同時加振による二次元有限要素法による時刻歴応答解析により行うこととし、地盤物性及び材料物性のばらつきを適切に考慮する。

二次元有限要素法による時刻歴応答解析は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.5 解析モデル及び諸元」に示す条件を基に、「3.4 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

地震応答解析による応答加速度は、機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い、変形、断面力、ひずみ及び基礎地盤の接地圧は、軽油タンク連絡ダクトの耐震評価に用いる。

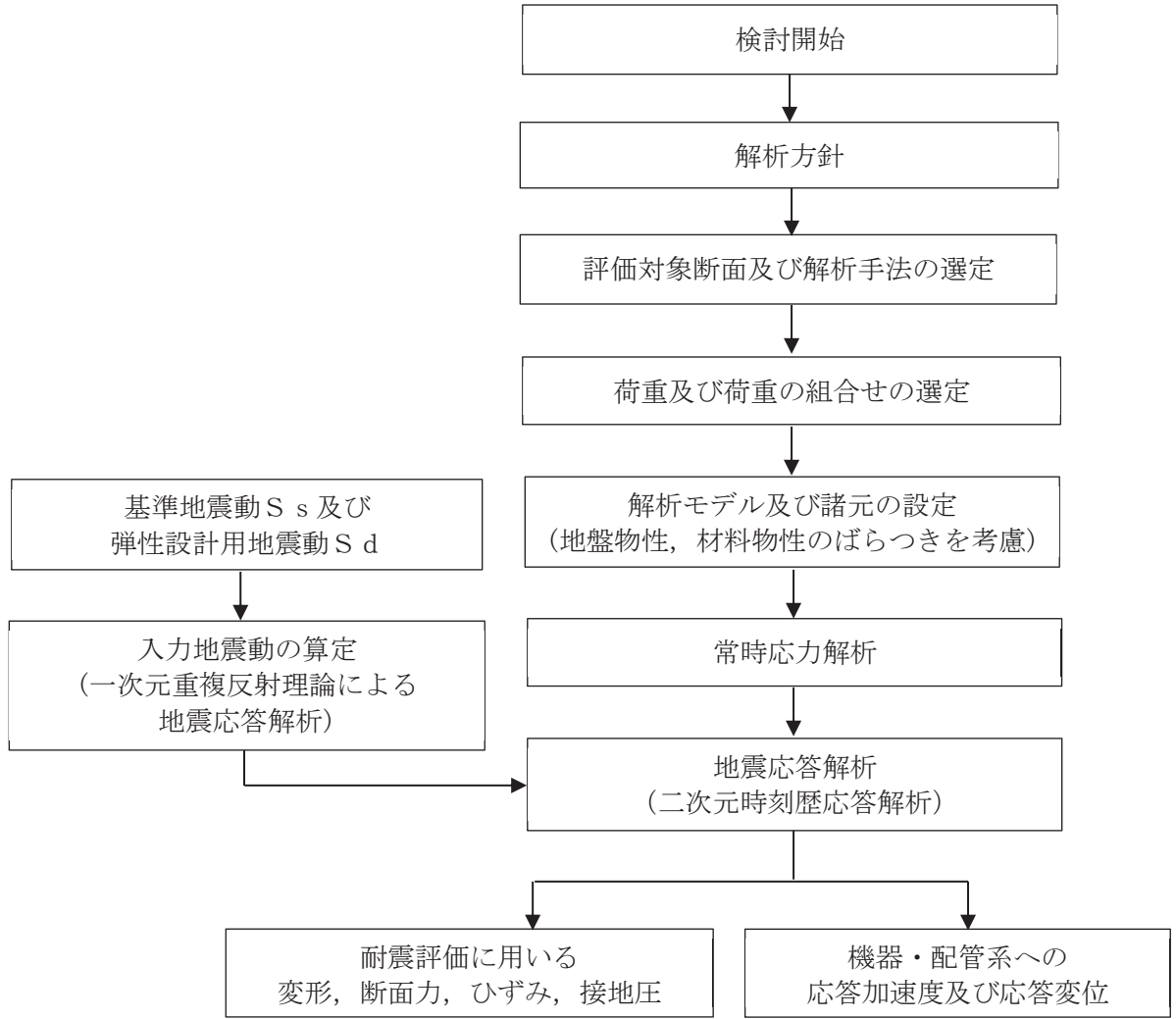


図 2-7 軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析フロー

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

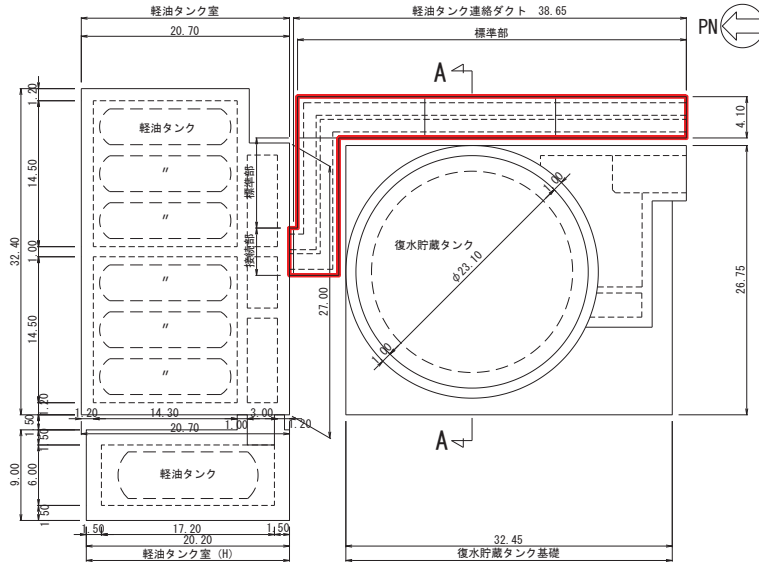
- 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- 土木学会 2005年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル
- 土木学会 2017年 コンクリート標準示方書[設計編]
- 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）

### 3. 解析方法

#### 3.1 評価対象断面

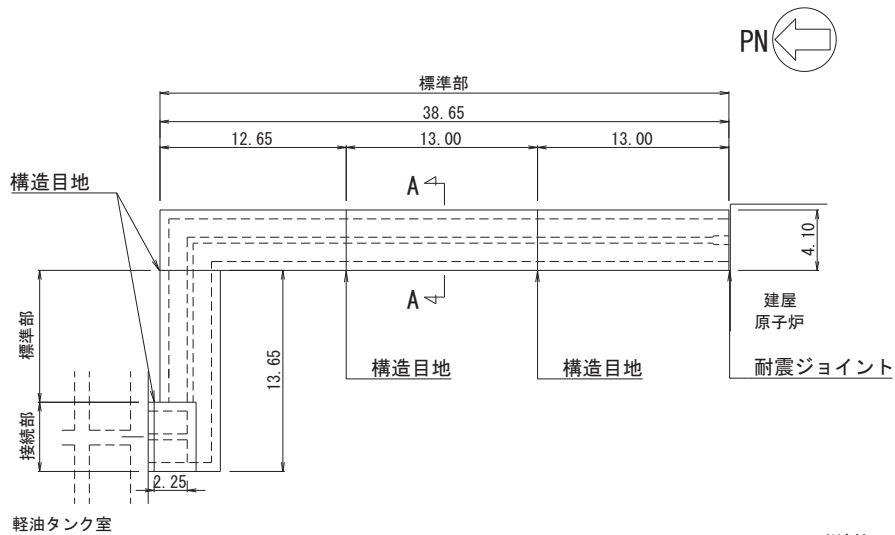
軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置を図 3-1 及び図 3-2 に示す。

評価対象断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、図 3-1 及び図 3-2 に示す標準部のうち、復水貯蔵タンクを中心とする A-A 断面とする。評価対象地質断面図を図 3-3 に示す。



(単位：m)

図 3-1 軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置図



(単位：m)

図 3-2 軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置図 (詳細)

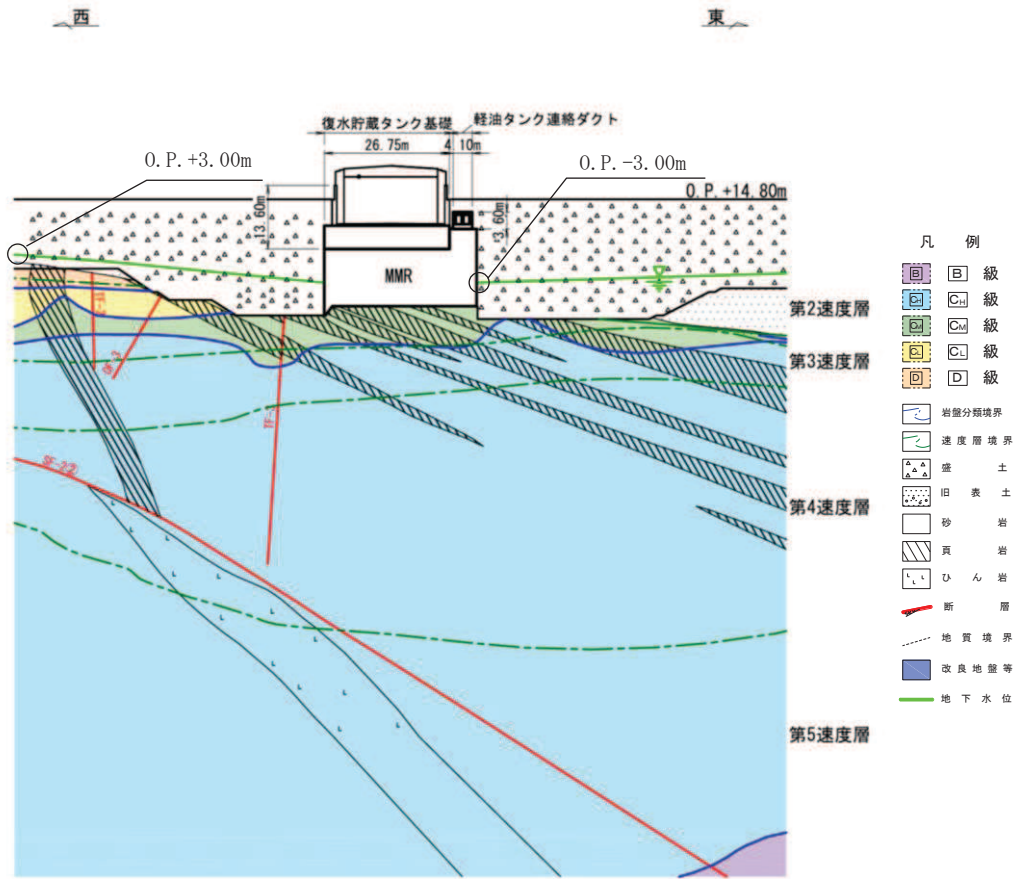


図3-3 軽油タンク連絡ダクト 評価対象地質断面図 (A-A断面)



### 3.2 解析方法

軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。軽油タンク連絡ダクト周辺の地下水位は、構造物底版より十分に低いことから解析手法は、全応力解析とする。

構造部材については、非線形はり要素を用いることとし、構造部材の非線形特性については、ファイバーモデルで考慮する。また、地盤については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようにモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「SLAP Ver. 6.64」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、ファイバーモデルによる非線形はり要素でモデル化する。ファイバーモデルは、はり要素の断面を層状に分割し各層に材料の非線形特性を考慮する材料非線形モデルであり（図3-4参照），図3-5に示すコンクリートの応力-ひずみ関係及び図3-6に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮する。

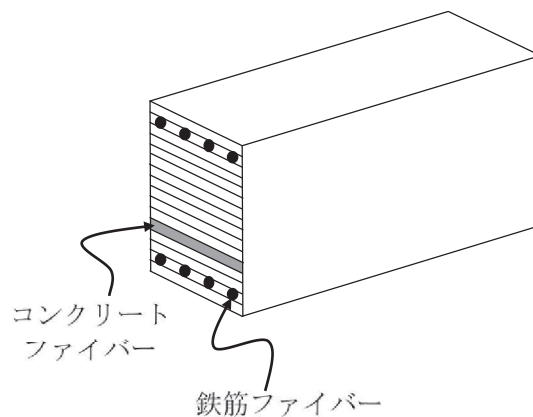


図 3-4 ファイバーモデルの概念図

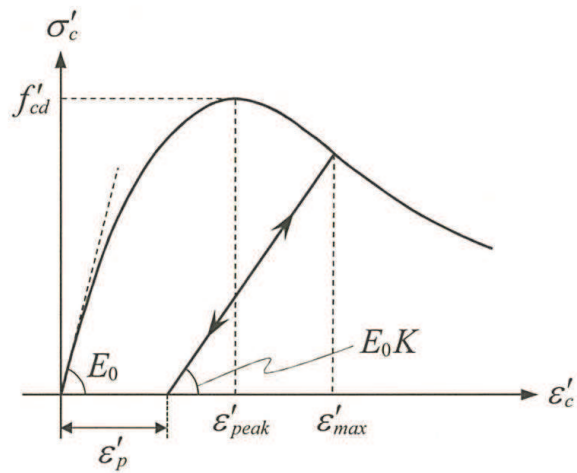


図 3-5 材料の非線形特性（コンクリートの応力-ひずみ関係）  
 （土木学会 2017 年 コンクリート標準示方書[設計編]より引用）

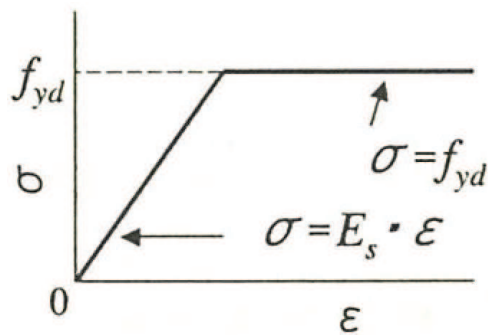


図 3-6 材料の非線形特性（鉄筋の応力-ひずみ関係）  
 （土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]より引用）

### 3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

地盤物性及び材料物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

軽油タンク連絡ダクトは、MMR 上に設置され、周囲が埋戻されており、主たる荷重は盛土等の土圧となることから、盛土、旧表土及び D 級岩盤の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

初期せん断弾性係数の標準偏差  $\sigma$  を用いて設定した解析ケース②及び③を実施することにより地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

また、材料物性のばらつきとして構造物の実強度に基づいて設定した解析ケース④を実施することにより、材料物性のばらつきの影響を考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 3-1 解析ケース

| 解析ケース           | 材料物性<br>(コンクリート)<br>( $E_0$ : ヤング係数) | 地盤物性                                   |   |
|-----------------|--------------------------------------|--|---|
|                 |                                      | 盛土, 旧表土, D 級岩盤<br>( $G_0$ : 初期せん断弾性係数) | C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤,<br>C <sub>H</sub> 級岩盤, B 級岩盤<br>( $G_d$ : 動せん断弾性係数) |
| ケース①<br>(基本ケース) | 設計基準強度                               | 平均値                                    | 平均値   |
| ケース②            | 設計基準強度                               | 平均値+1 $\sigma$                         | 平均値   |
| ケース③            | 設計基準強度                               | 平均値-1 $\sigma$                         | 平均値   |
| ケース④            | 実強度に基づく<br>圧縮強度*                     | 平均値                                    | 平均値   |

注記\*: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

### 3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定した  $\alpha$ 、 $\beta$  を表 3-2 に示す。

$$[c] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

$\alpha$ 、 $\beta$  : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数  $\alpha$ 、 $\beta$  の設定結果

| 評価対象断面 | $\alpha$               | $\beta$                |
|--------|------------------------|------------------------|
| A-A 断面 | $2.667 \times 10^{-1}$ | $1.125 \times 10^{-3}$ |

### 3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

#### (1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動  $S_s$  に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す解析ケース②～④を実施する。また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

| 解析ケース       |             | ケース①   | ケース②                                | ケース③   | ケース④                       |  |
|-------------|-------------|--------|-------------------------------------|--|----------------------------|--|
|             |             | 基本ケース  | 地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース  | 材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース |  |
| 地盤物性        |             | 平均値    | 平均値+1 $\sigma$                      | 平均値-1 $\sigma$   | 平均値                        |  |
| 材料物性        |             | 設計基準強度 | 設計基準強度                              | 設計基準強度   | 実強度に基づく圧縮強度*2              |  |
| 地震動<br>(位相) | $S_s - D 1$ | ++*1   | ○                                   | <b>【追加解析ケースについて】</b><br>基準地震動 $S_s$ (7 波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波に対し、全応力解析による基本ケース①を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②～④を実施する。<br>すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～④を実施する。<br>また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。 |                            |  |
|             |             | -+*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             | $S_s - D 2$ | ++*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             |             | -+*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             | $S_s - D 3$ | ++*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             |             | -+*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             | $S_s - F 1$ | ++*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             |             | -+*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             | $S_s - F 2$ | ++*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             |             | -+*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             | $S_s - F 3$ | ++*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             |             | -+*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             | $S_s - N 1$ | ++*1   | ○                                   |  |                            |  |
|             |             | -+*1   | ○                                   |  |                            |  |

注記\*1：耐震評価にあたっては、土木学会 2005 年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（以下「土木学会マニュアル」という。）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

\*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮として解析ケース①に加え、表 3-1 に示す解析ケース②～④を実施する。機器・配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-4 に示す。

表 3-4(1) 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース（基準地震動  $S_s$ ）

| 解析ケース   |                     | ケース①   | ケース②                                | ケース③                                | ケース④                       |   |
|---------|---------------------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
|         |                     | 基本ケース  | 地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース |   |
| 地盤物性    |                     | 平均値    | 平均値+1 $\sigma$                      | 平均値-1 $\sigma$                      | 平均値                        |   |
| 材料物性    |                     | 設計基準強度 | 設計基準強度                              | 設計基準強度                              | 実強度に基づく圧縮強度*2              |   |
| 地震動（位相） | S <sub>s</sub> -D 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |                     | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S <sub>s</sub> -D 2 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |                     | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S <sub>s</sub> -D 3 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |                     | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S <sub>s</sub> -F 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |                     | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S <sub>s</sub> -F 2 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |                     | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S <sub>s</sub> -F 3 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |                     | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S <sub>s</sub> -N 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |                     | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |

注記\*1：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

\*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

表 3-4(2) 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース（弾性設計用地震動 S d）

| 解析ケース   |           | ケース①   | ケース②                                | ケース③                                | ケース④                       |   |
|---------|-----------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|---|
|         |           | 基本ケース  | 地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース |   |
| 地盤物性    |           | 平均値    | 平均値+1 $\sigma$                      | 平均値-1 $\sigma$                      | 平均値                        |   |
| 材料物性    |           | 設計基準強度 | 設計基準強度                              | 設計基準強度                              | 実強度に基づく圧縮強度*2              |   |
| 地震動(位相) | S d - D 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S d - D 2 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S d - D 3 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S d - F 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S d - F 2 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S d - F 3 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         | S d - N 1 | ++*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |
|         |           | -+*1   | ○                                   | ○                                   | ○                          | ○ |

注記\*1：地震動の位相について，++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し，「-」は位相を反転させたケースを示す。

\*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 3.3.1 耐震評価上考慮する状態

軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

##### (1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

##### (2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

##### (3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。

##### (4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

#### 3.3.2 荷重

軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

##### (1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重を考慮する。

##### (2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、積雪荷重  $P_s$  を含めて地表面に  $4.9\text{kN/m}^2$  を考慮する。

##### (3) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である  $43\text{cm}$  に平均的な積雪荷重を与えるための係数  $0.35$  を考慮した値を設定する。また、建築基準法施行令第  $86$  条第  $2$  項により、積雪量  $1\text{cm}$  ごとに  $20\text{N/m}^2$  の積雪荷重が作用することを考慮する。

##### (4) 地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

##### (5) 地震荷重 ( $S_d$ )

弾性設計用地震動  $S_d$  による荷重を考慮する。



### 3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

| 外力の状態                   | 荷重の組合せ                 |
|-------------------------|------------------------|
| 地震時 (S <sub>s</sub> )   | G + P + S <sub>s</sub> |
| 地震時 (S <sub>d</sub> ) * | G + P + S <sub>d</sub> |

注記\* : 機器・配管系の耐震設計に用いる。

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P<sub>s</sub> を含めて 4.9kN/m<sup>2</sup> を地表面に考慮)

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

S<sub>d</sub> : 地震荷重 (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>)

### 3.4 入力地震動

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重要土木構造物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  を一次元重複反射理論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図 3-7 に入力地震動算定の概念図を、図 3-8～図 3-35 に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver. 1.6」を使用する。

解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

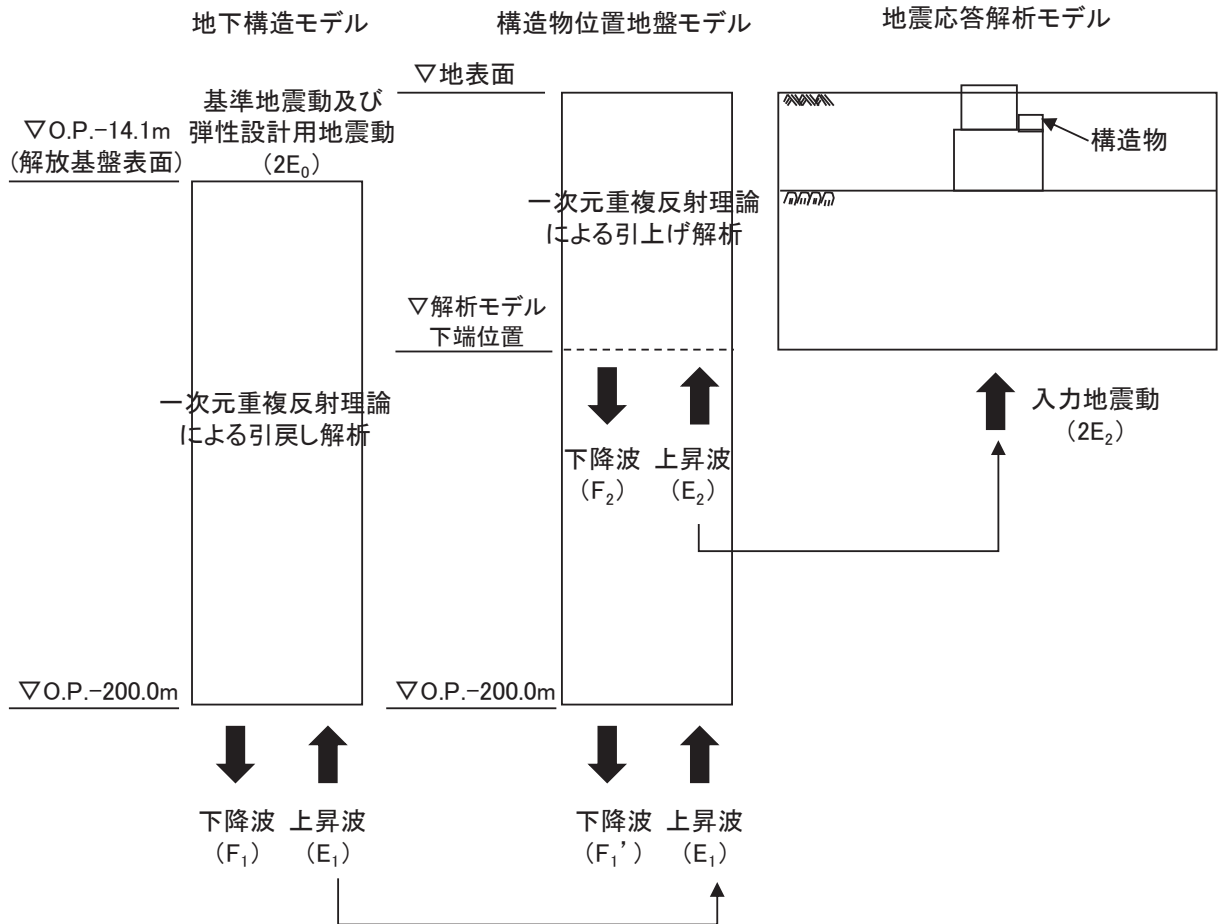
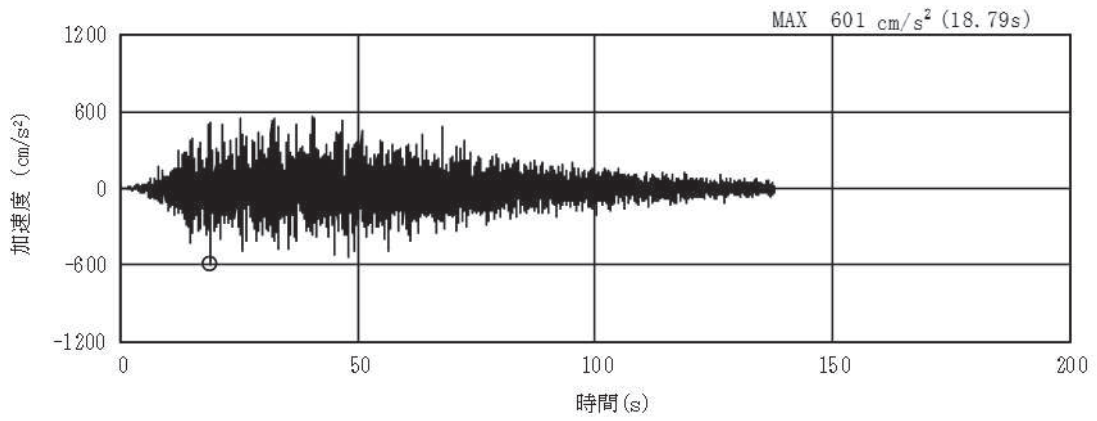
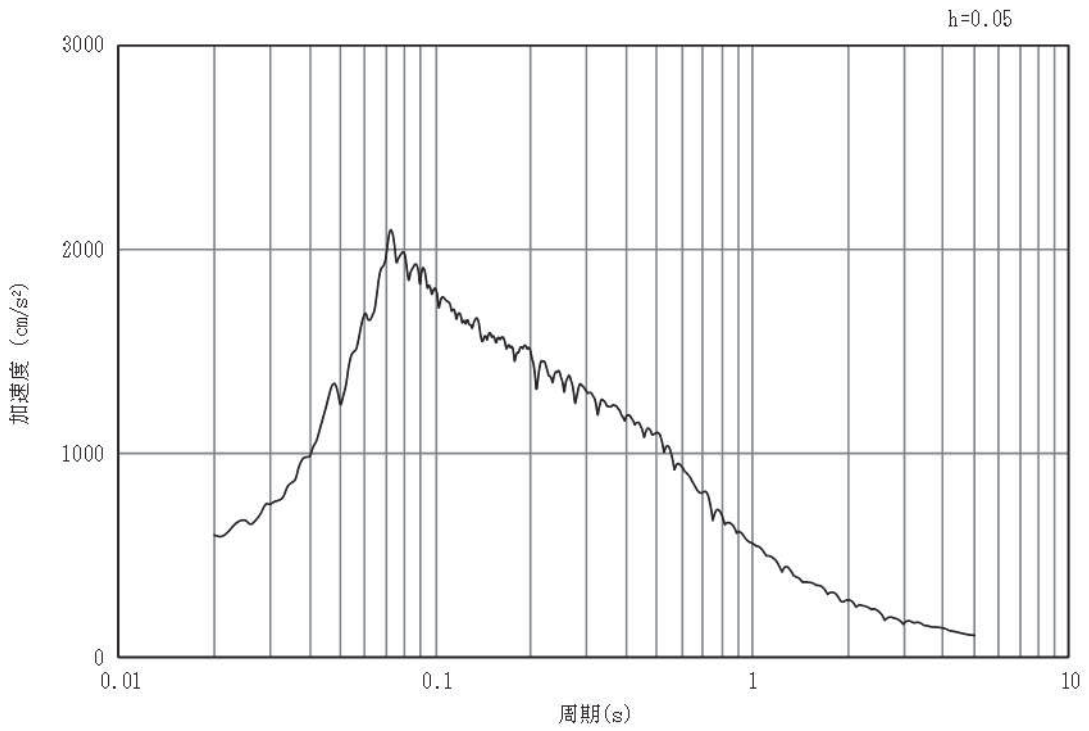


図 3-7 入力地震動算定の概念図 (基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$ )

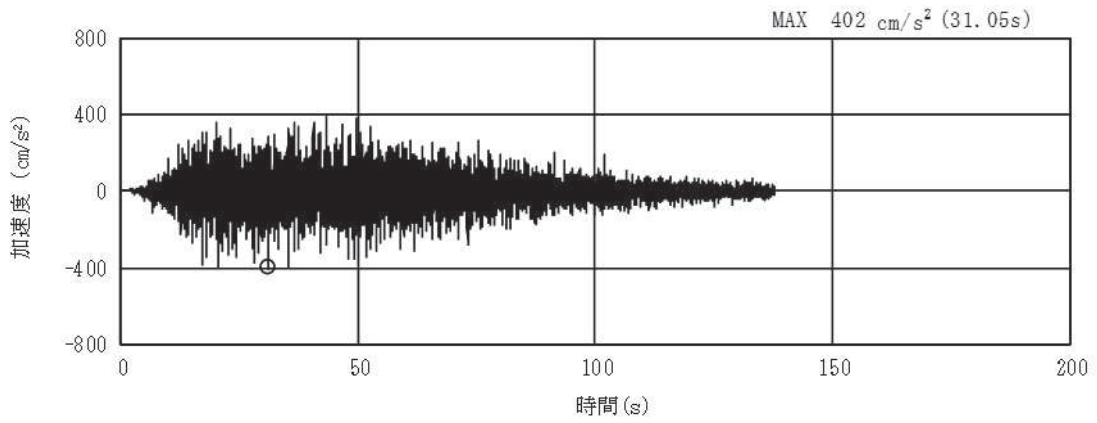


(a) 加速度時刻歴波形

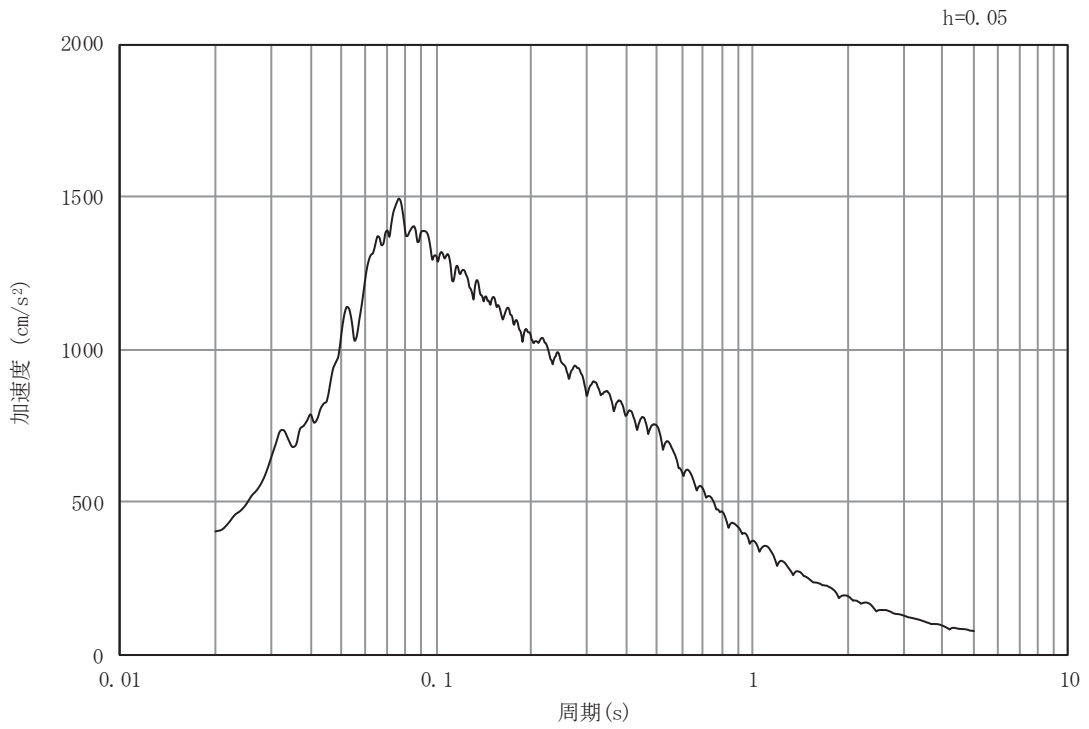


(b) 加速度応答スペクトル

図3-8 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - D 1)

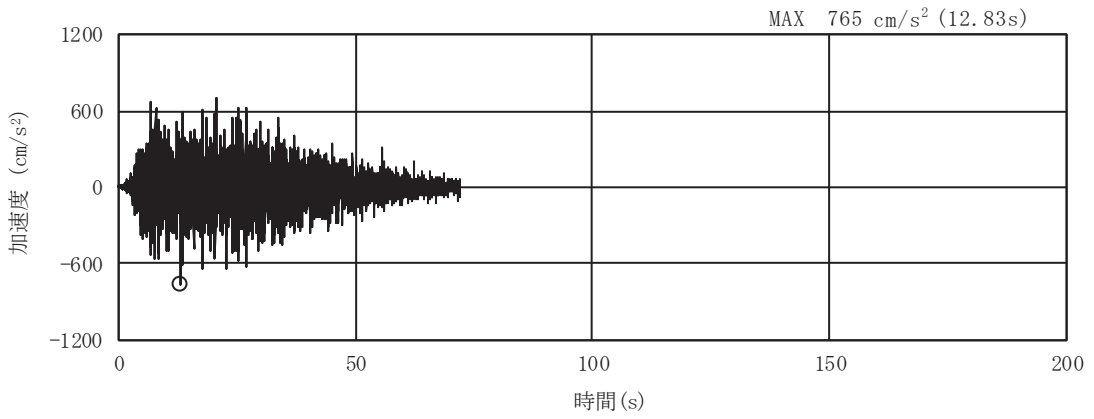


(a) 加速度時刻歴波形

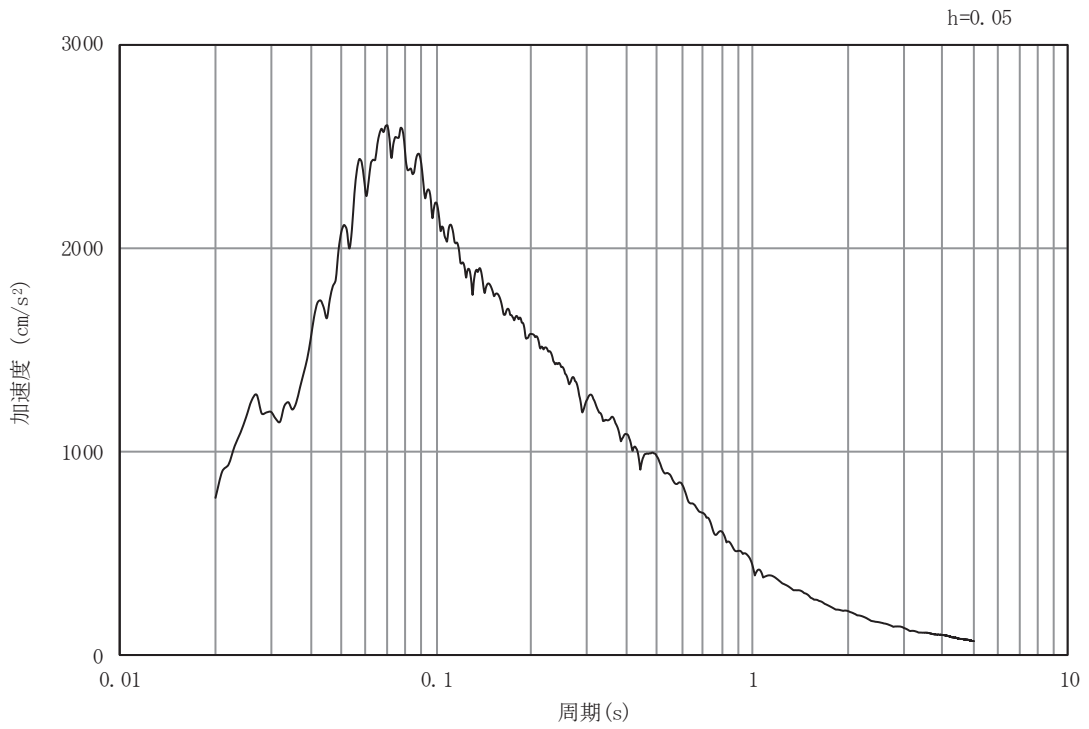


(b) 加速度応答スペクトル

図3-9 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - D 1)

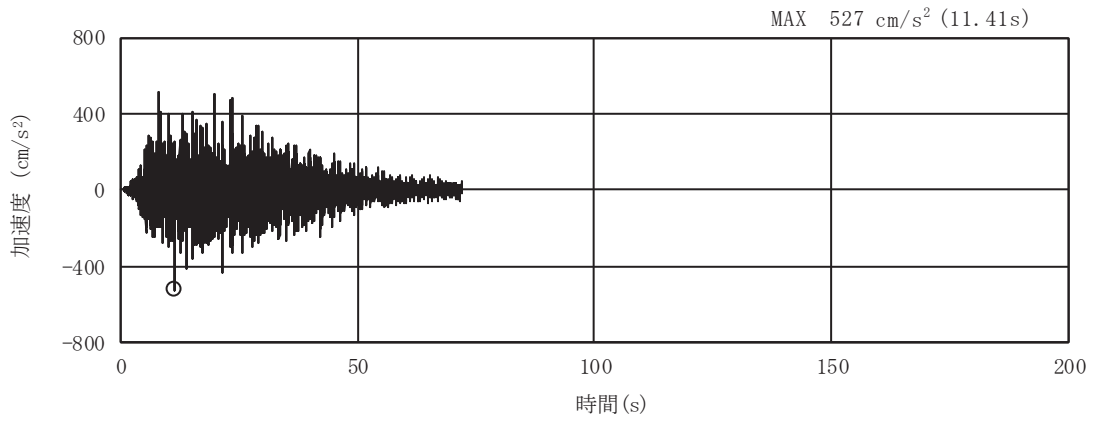


(a) 加速度時刻歴波形

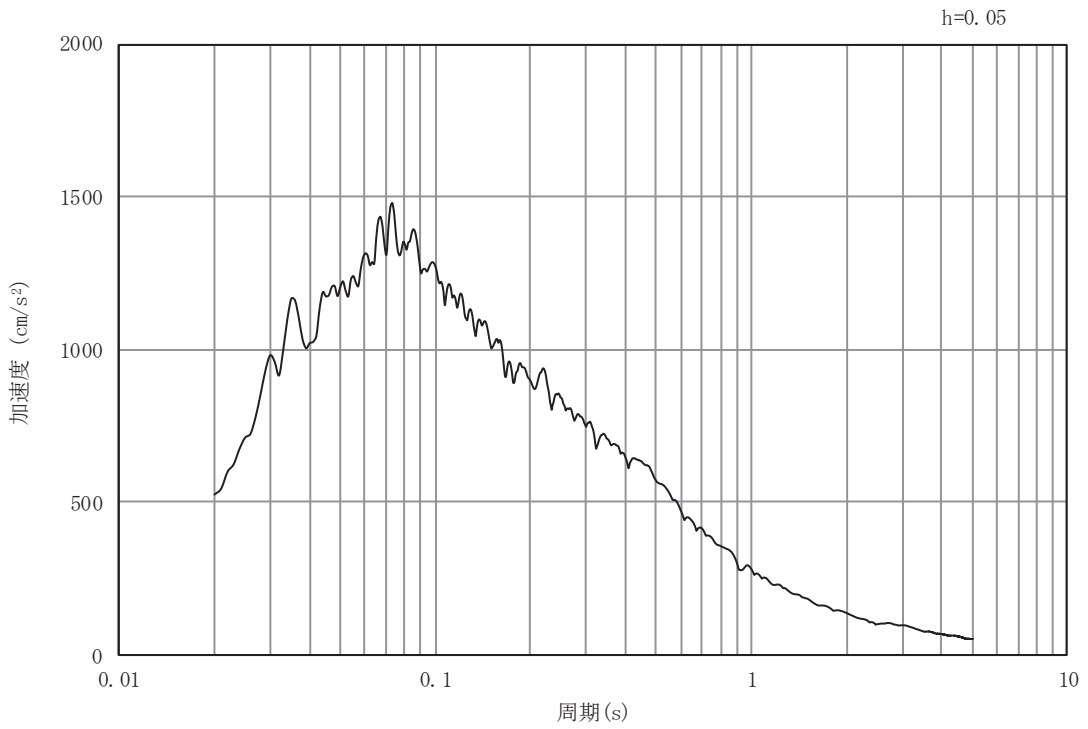


(b) 加速度応答スペクトル

図3-10 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - D 2)

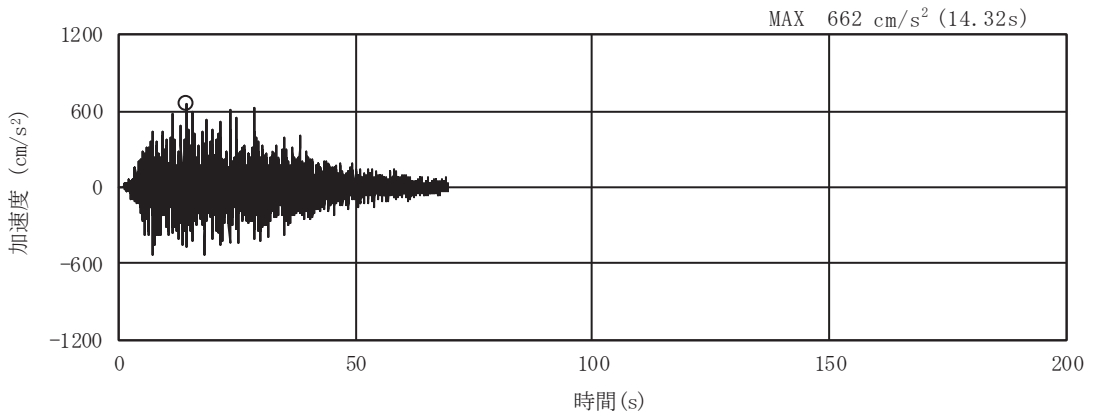


(a) 加速度時刻歴波形

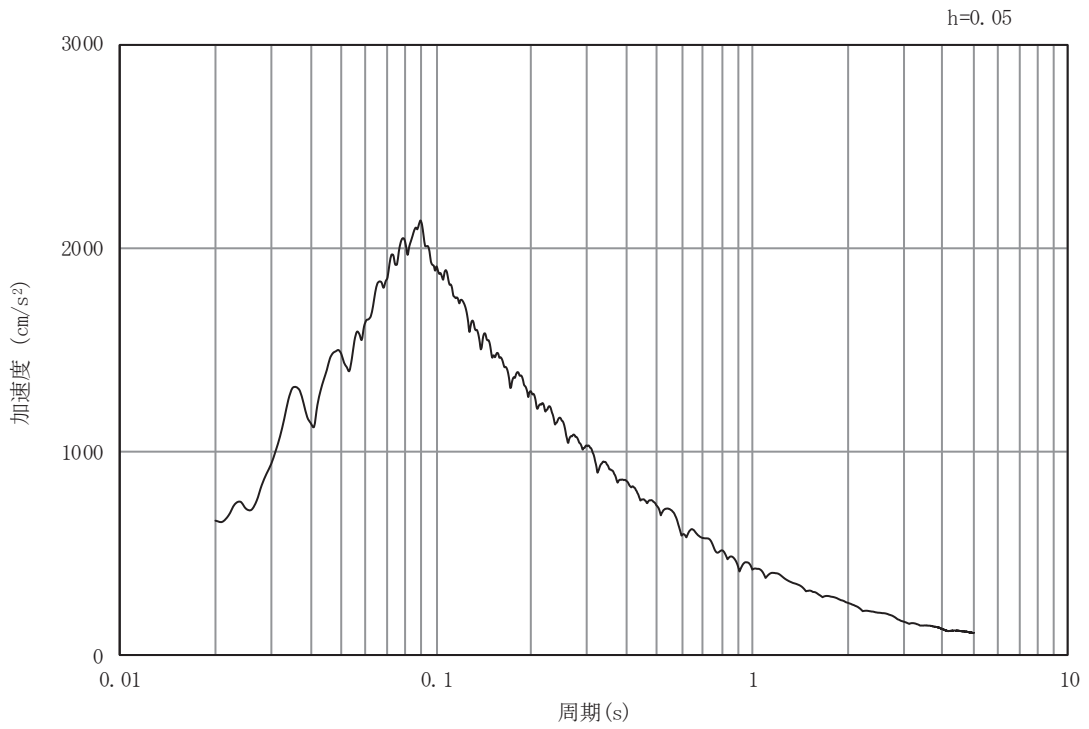


(b) 加速度応答スペクトル

図3-11 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - D 2)

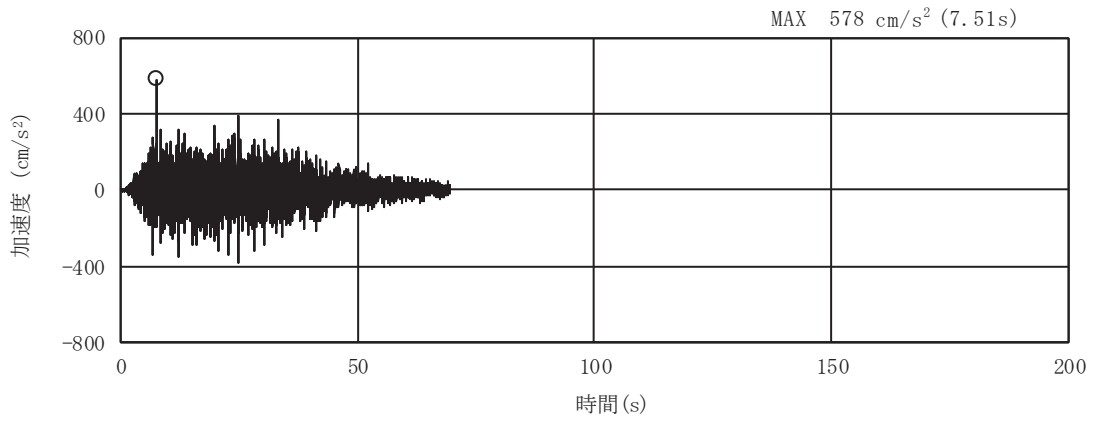


(a) 加速度時刻歴波形

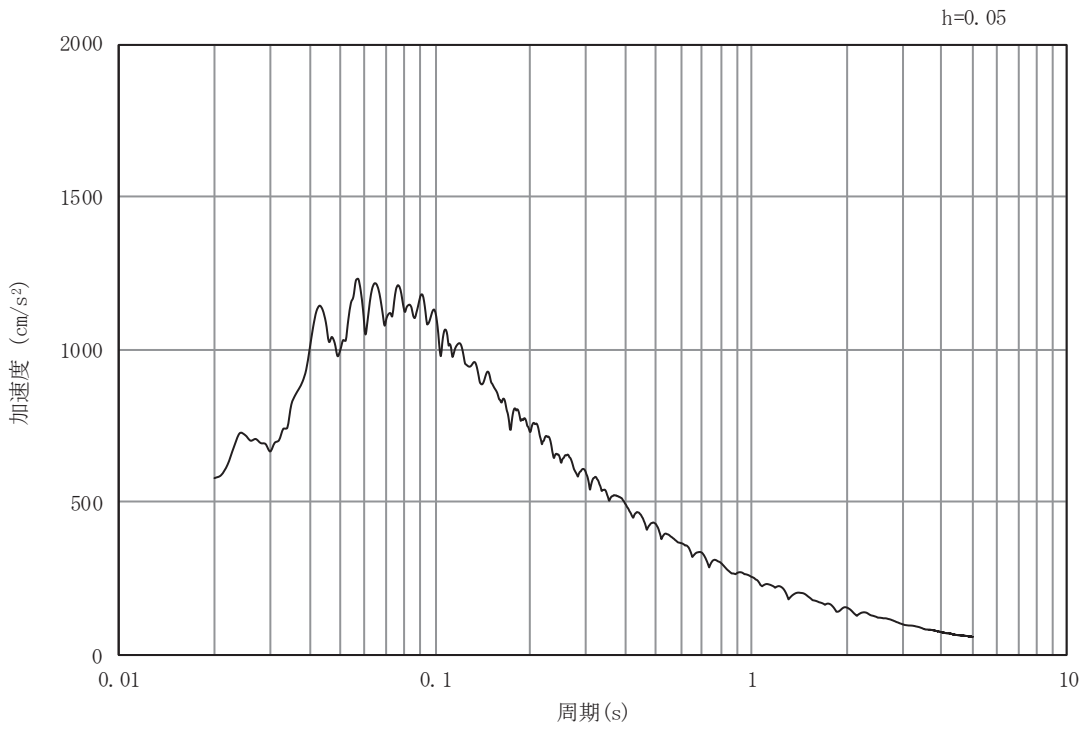


(b) 加速度応答スペクトル

図3-12 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - D 3)



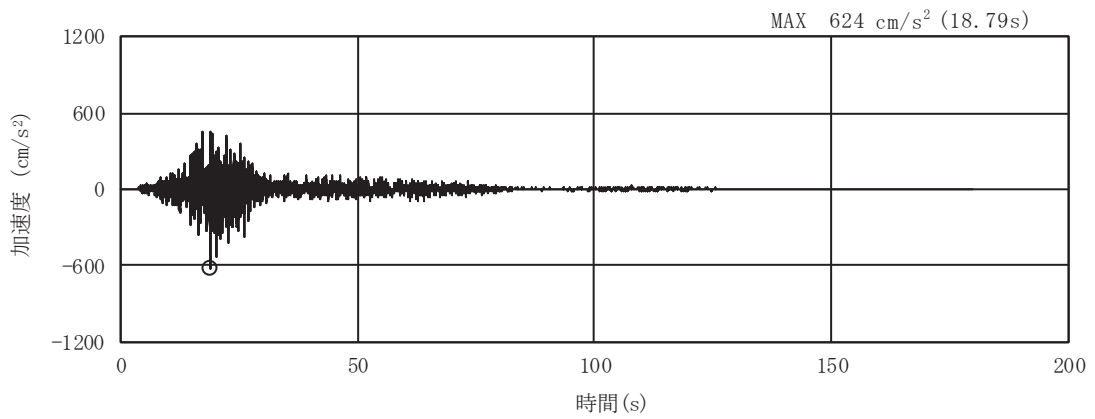
(a) 加速度時刻歴波形



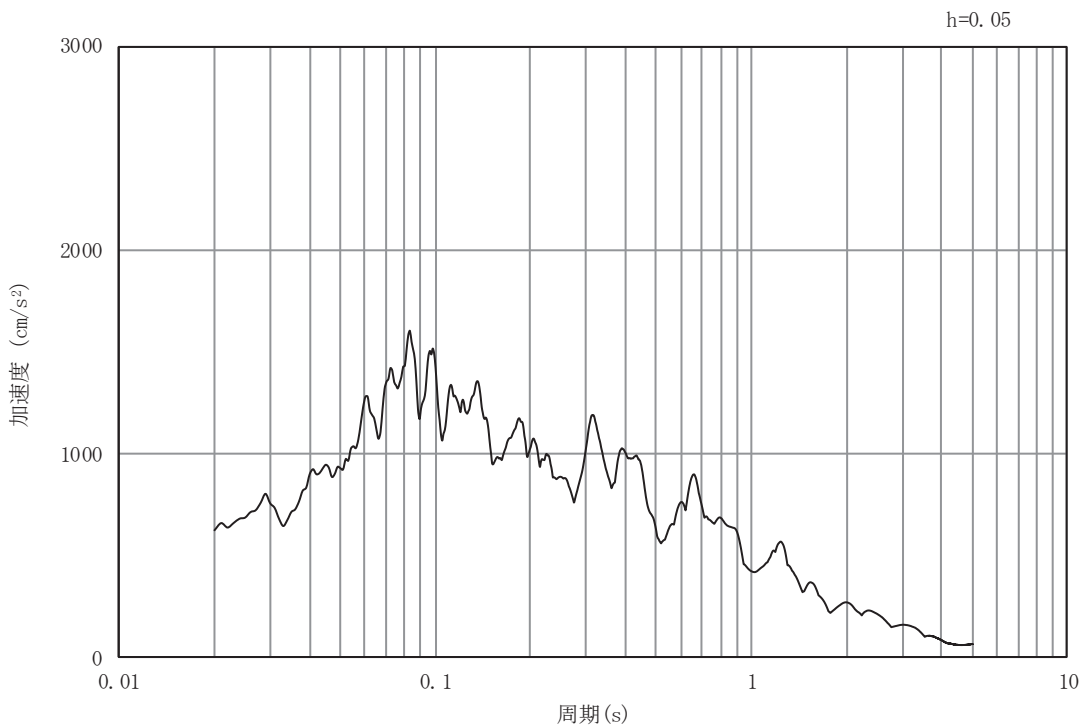
(b) 加速度応答スペクトル

図3-13 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - D 3)



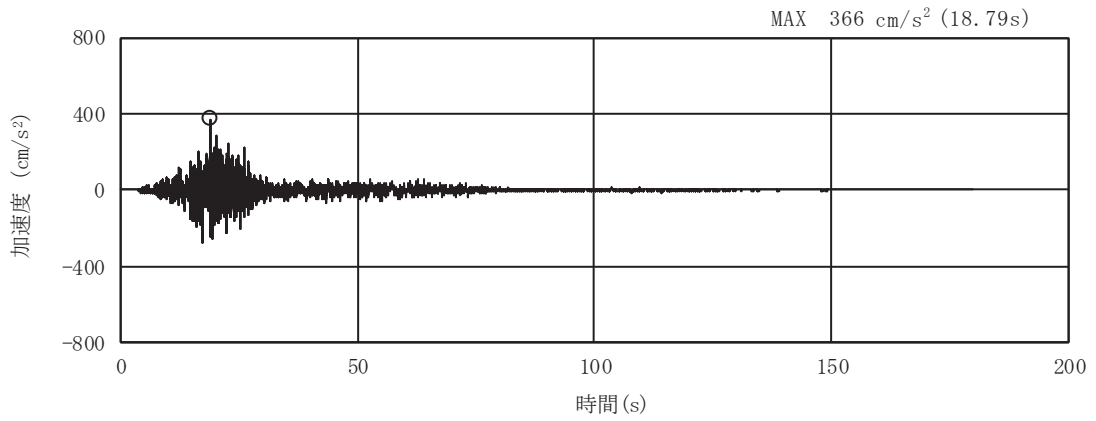


(a) 加速度時刻歴波形

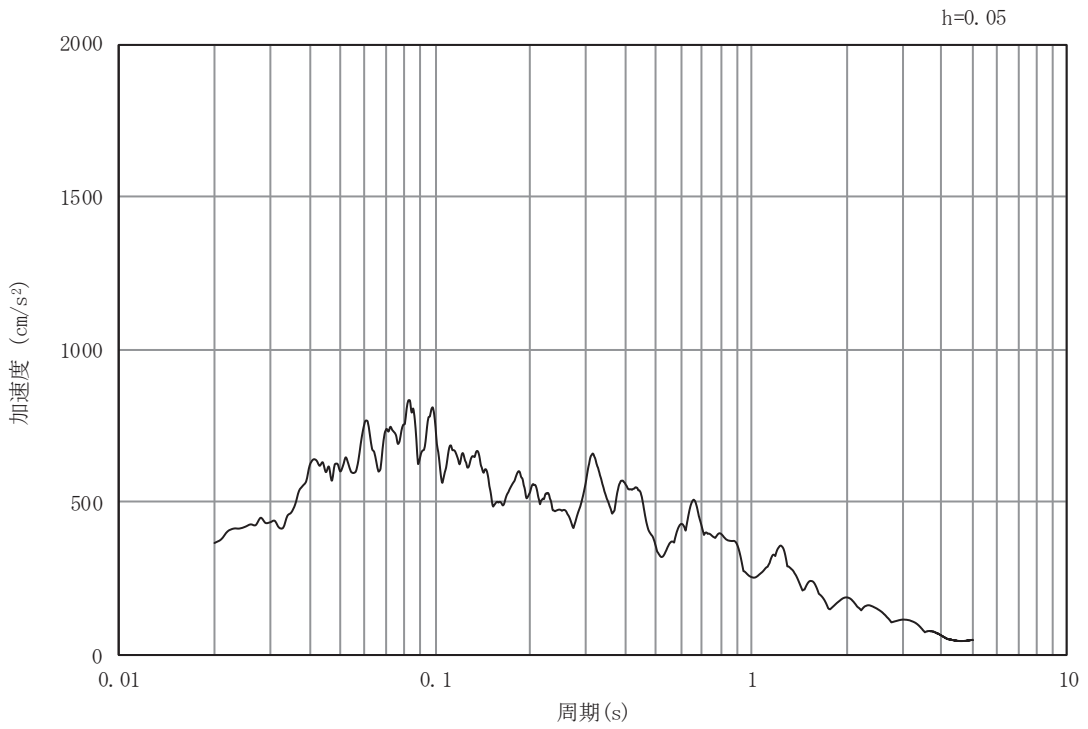


(b) 加速度応答スペクトル

図3-14 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 1)

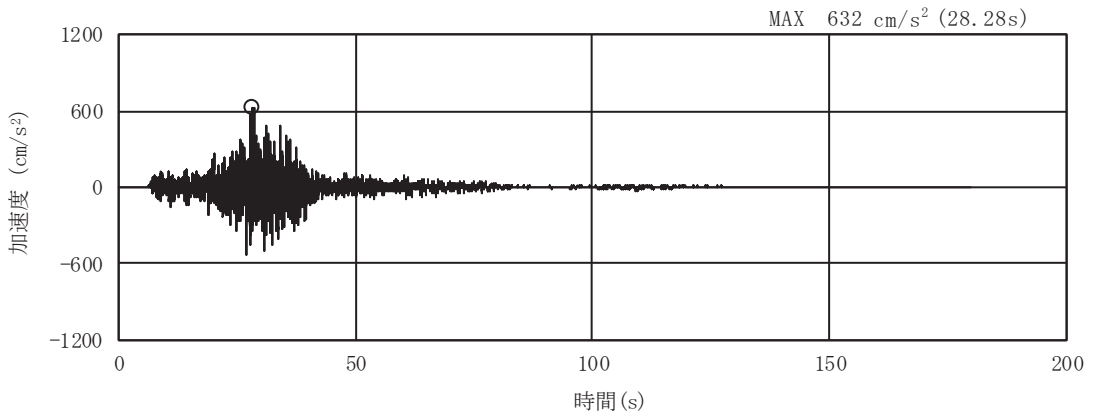


(a) 加速度時刻歴波形

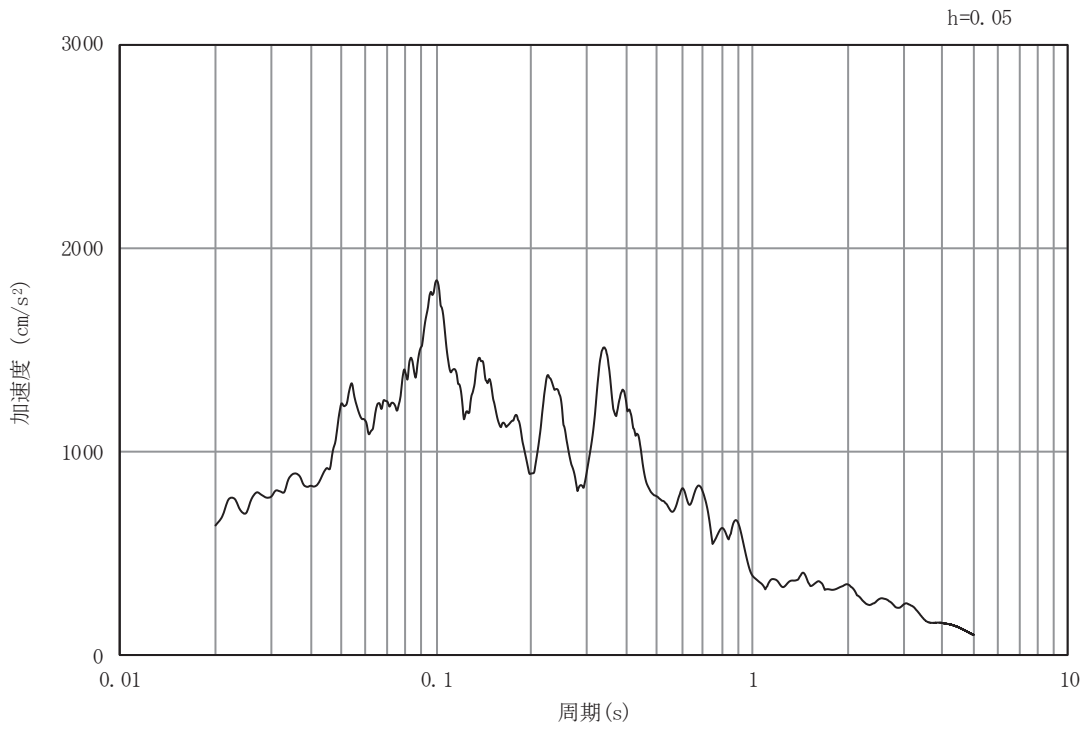


(b) 加速度応答スペクトル

図3-15 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 1)

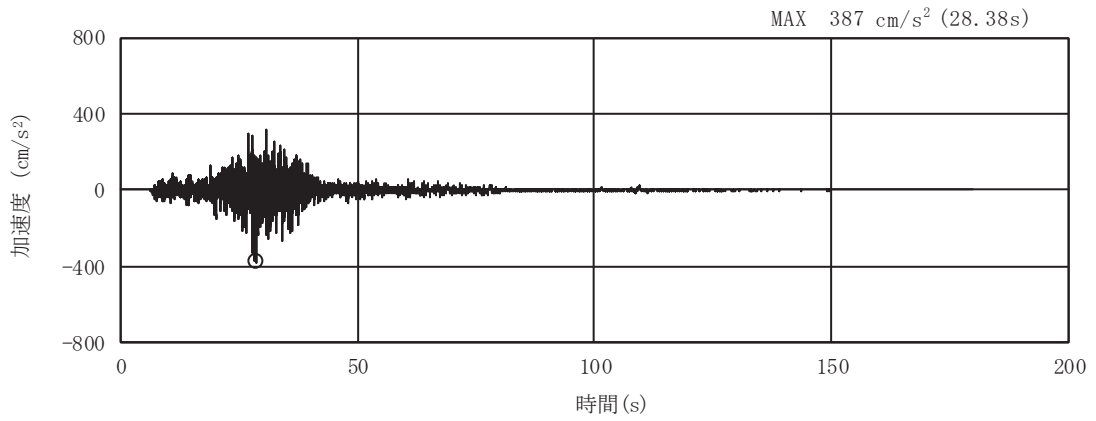


(a) 加速度時刻歴波形

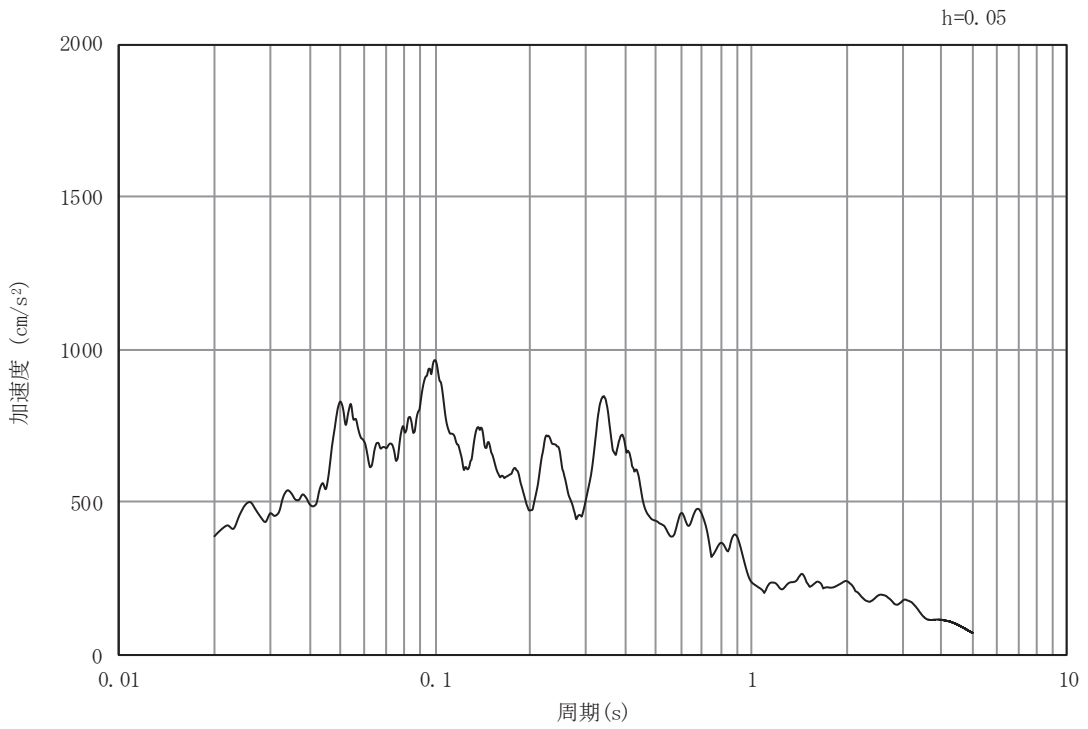


(b) 加速度応答スペクトル

図3-16 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 2)

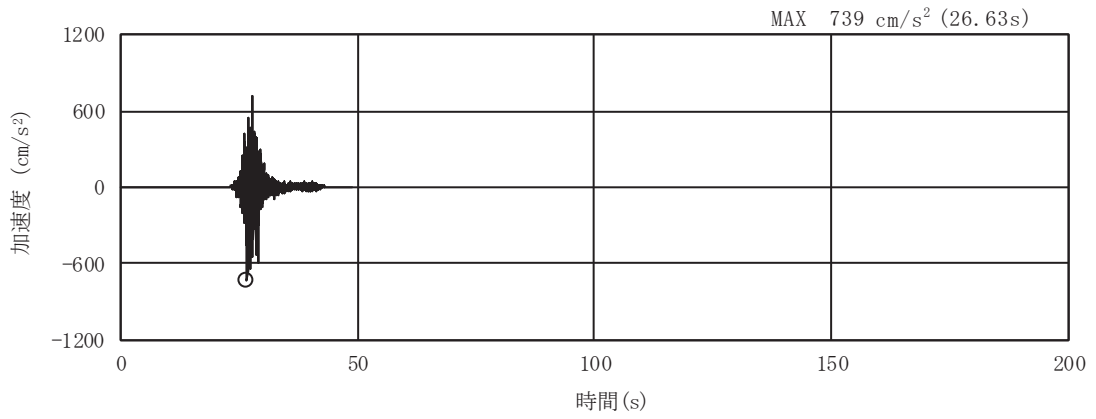


(a) 加速度時刻歴波形

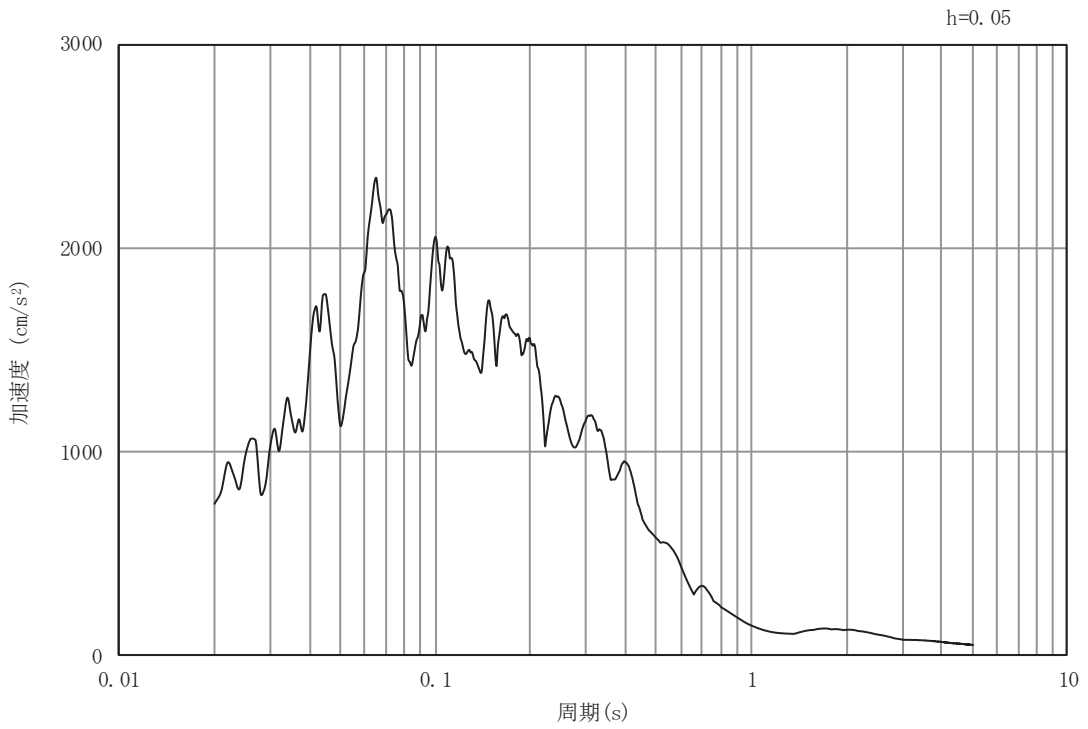


(b) 加速度応答スペクトル

図3-17 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 2)

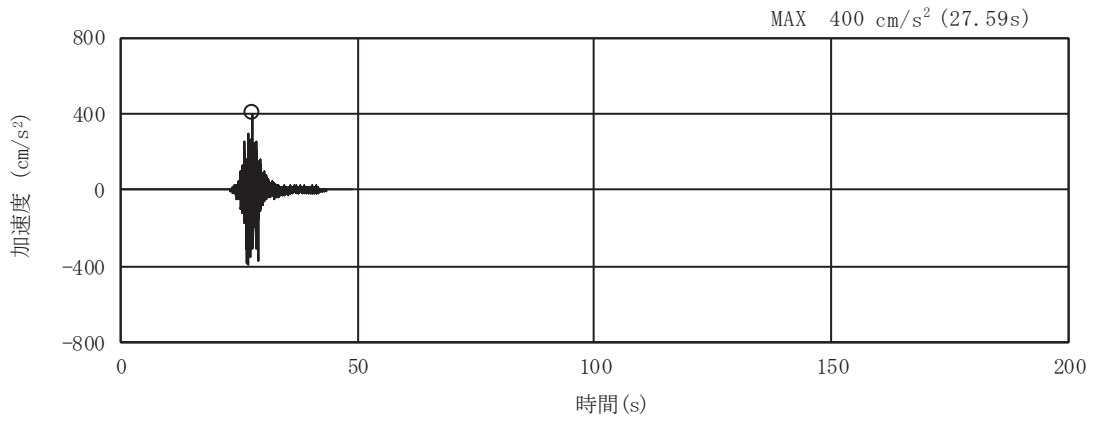


(a) 加速度時刻歴波形

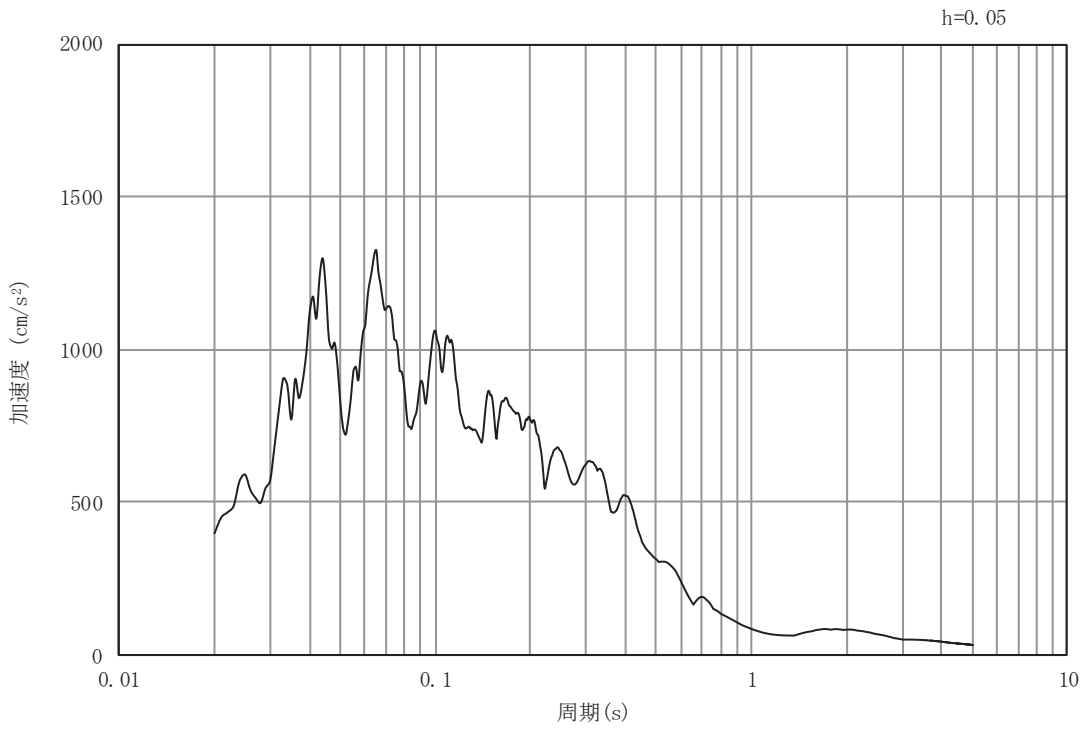


(b) 加速度応答スペクトル

図3-18 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - F 3)

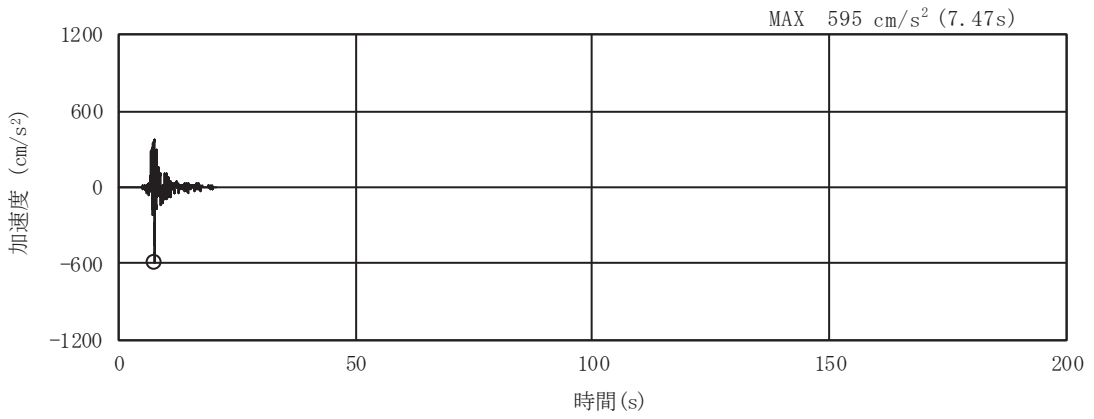


(a) 加速度時刻歴波形

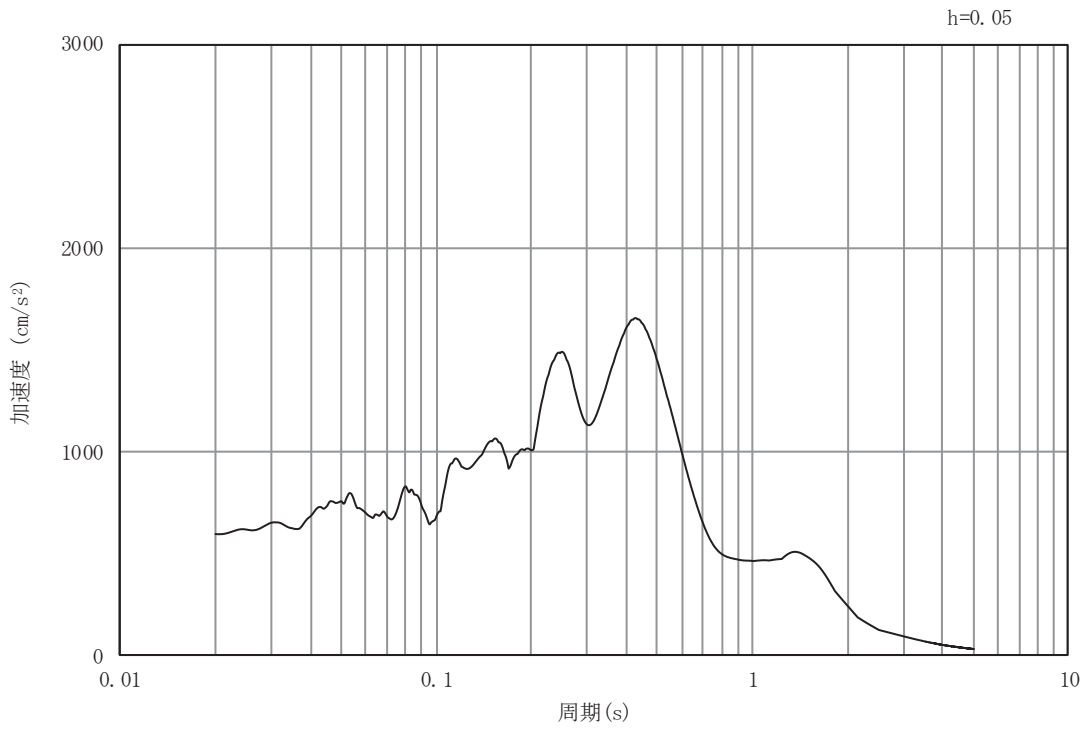


(b) 加速度応答スペクトル

図3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - F 3)

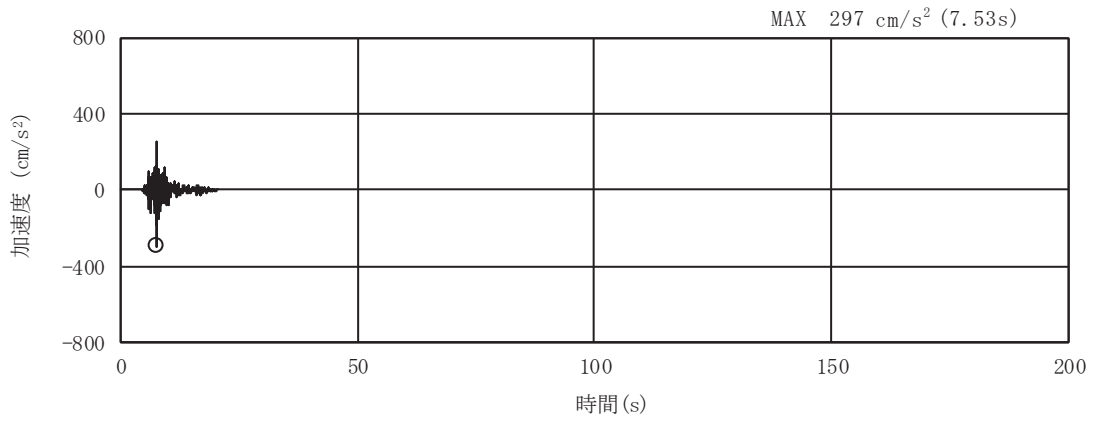


(a) 加速度時刻歴波形

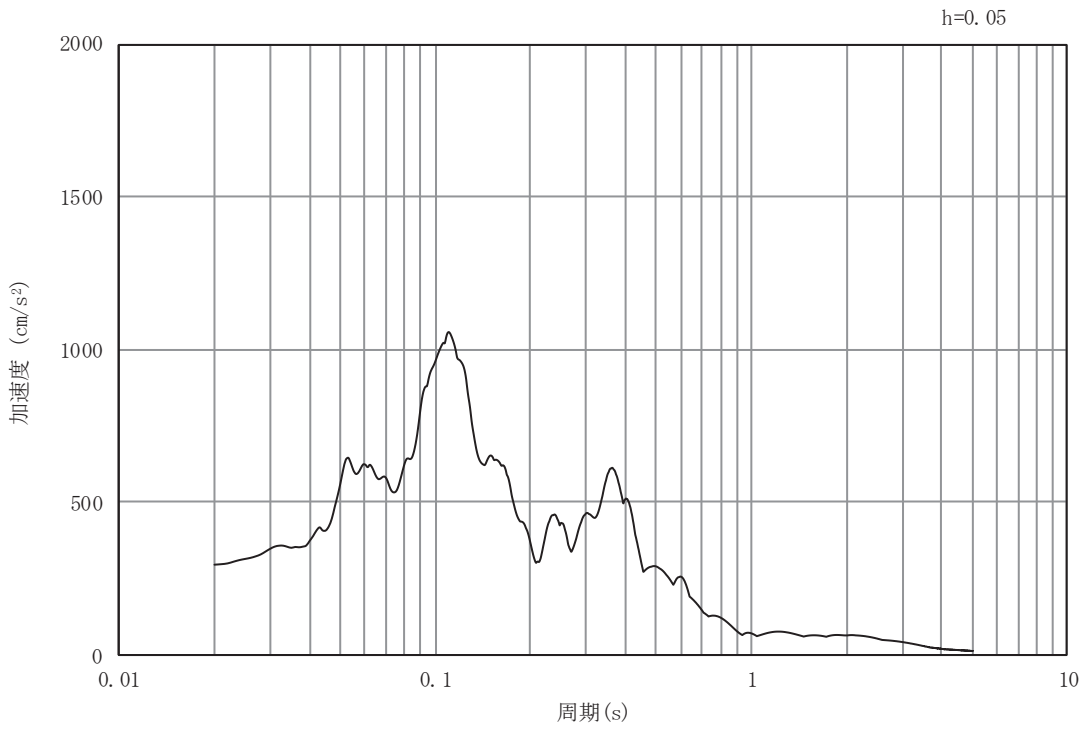


(b) 加速度応答スペクトル

図3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S s - N 1)



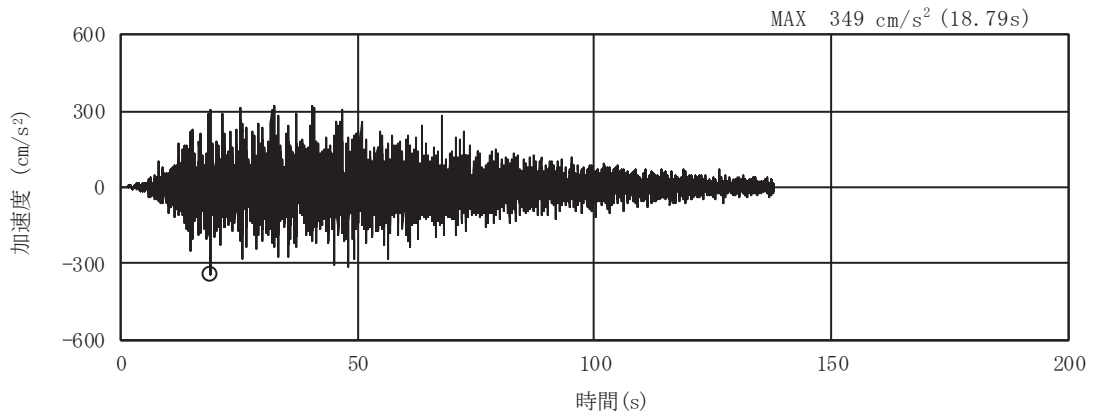
(a) 加速度時刻歴波形



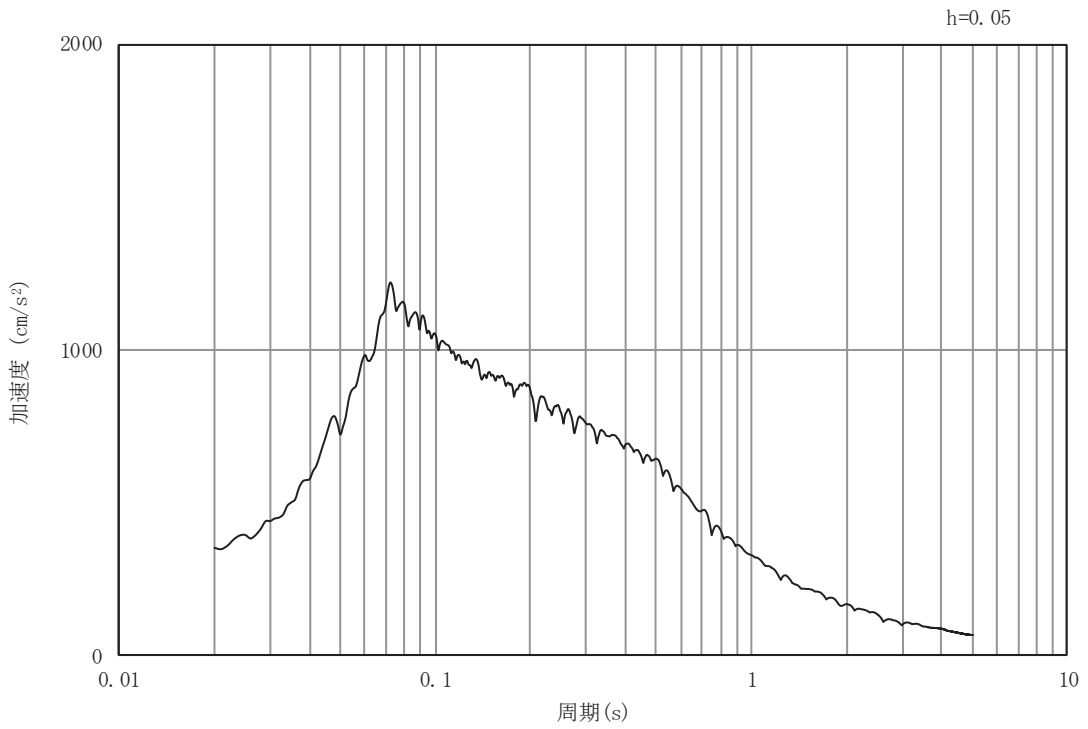
(b) 加速度応答スペクトル

図3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S s - N 1)



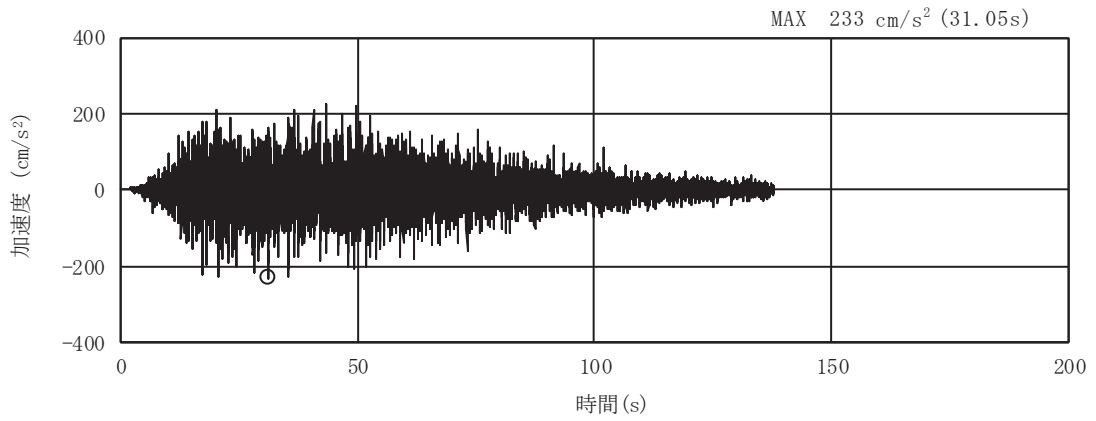


(a) 加速度時刻歴波形

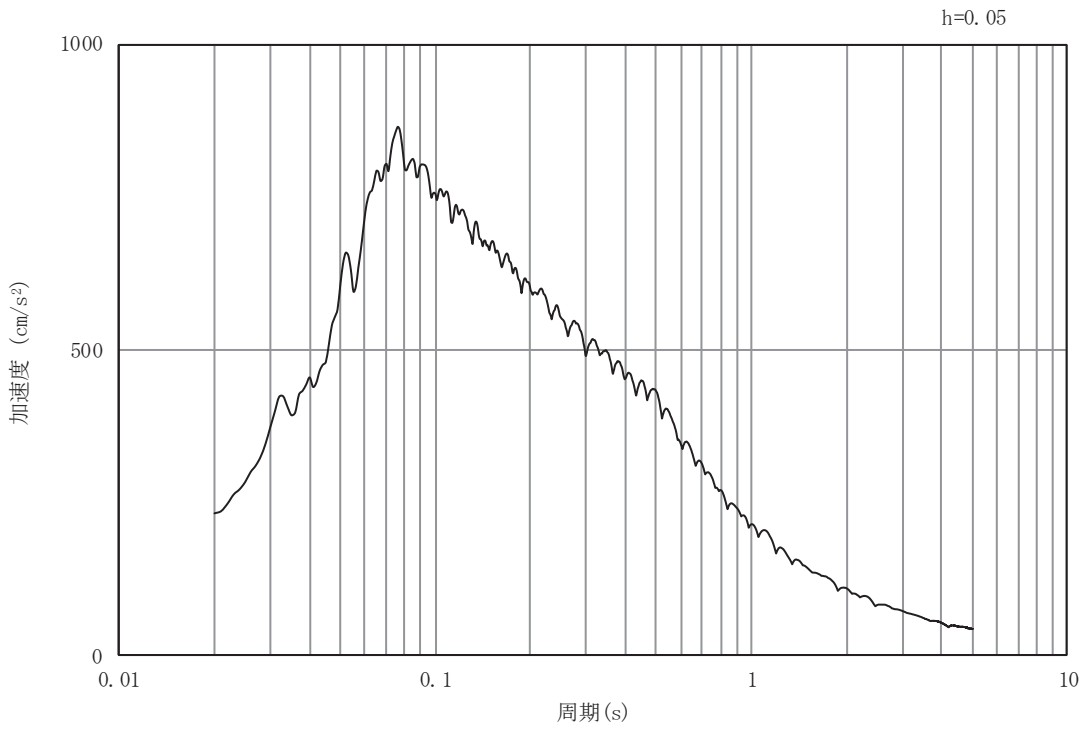


(b) 加速度応答スペクトル

図3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S d - D 1)

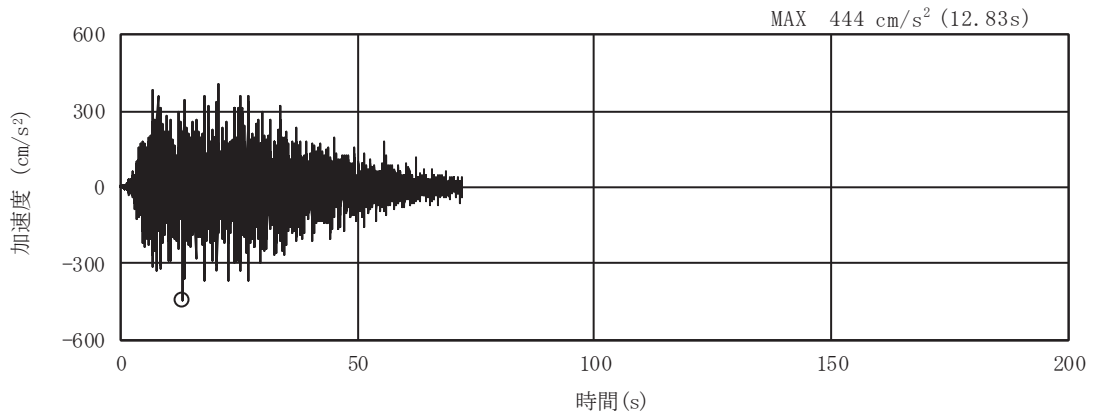


(a) 加速度時刻歴波形

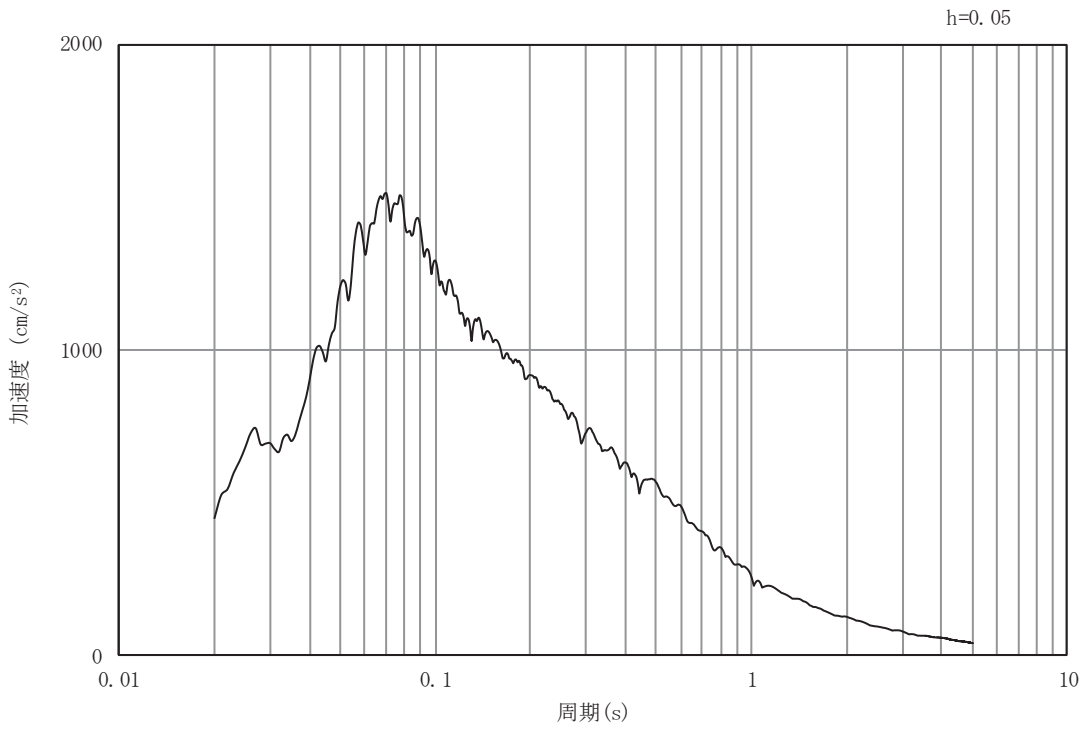


(b) 加速度応答スペクトル

図3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S d - D 1)

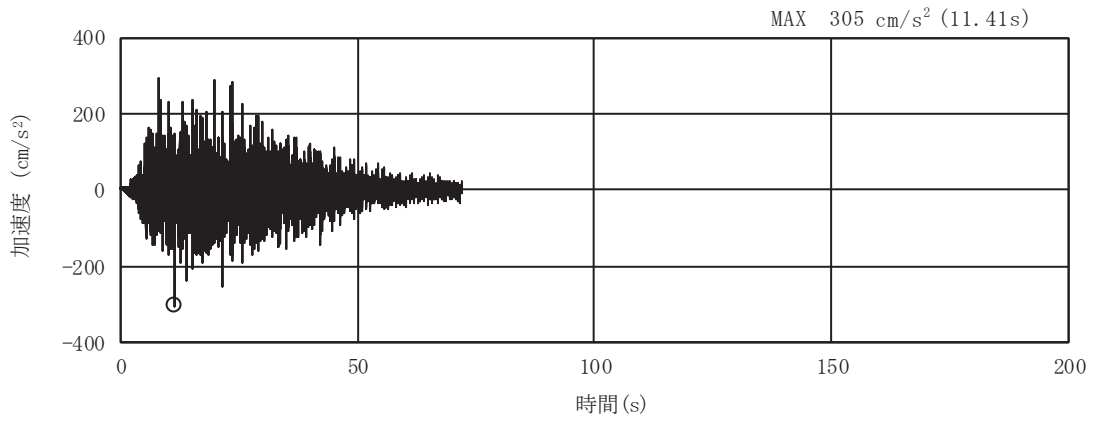


(a) 加速度時刻歴波形

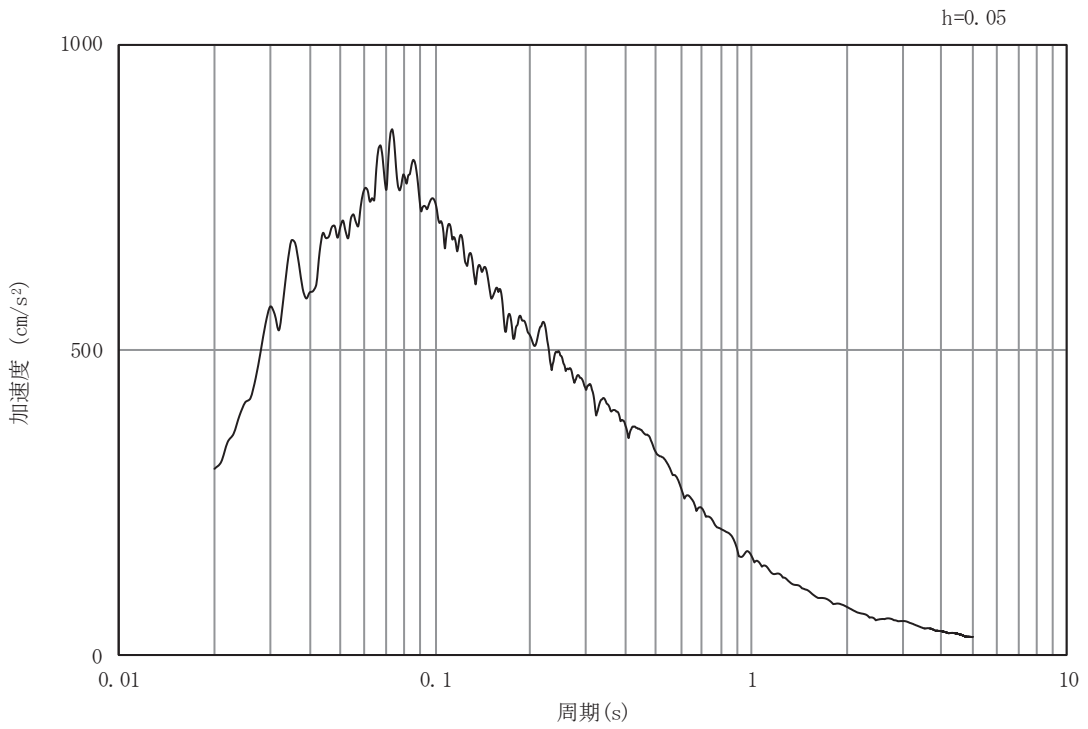


(b) 加速度応答スペクトル

図3-24 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S d - D 2)

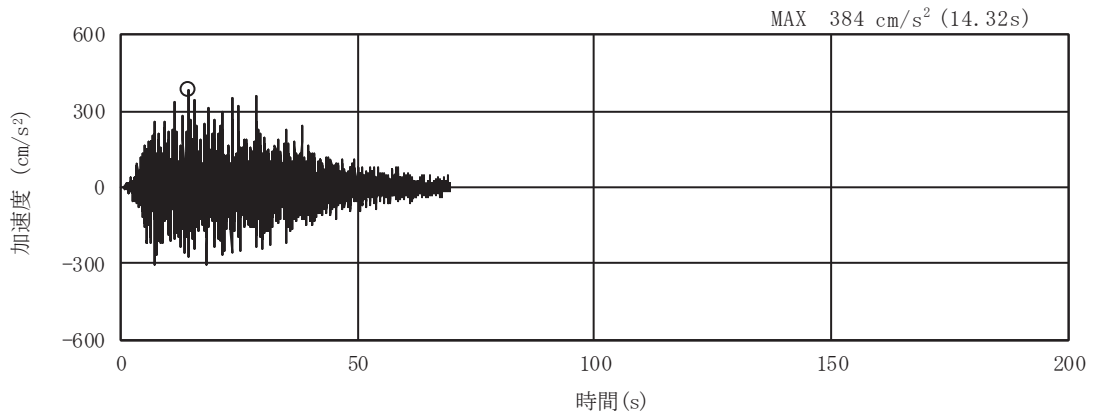


(a) 加速度時刻歴波形

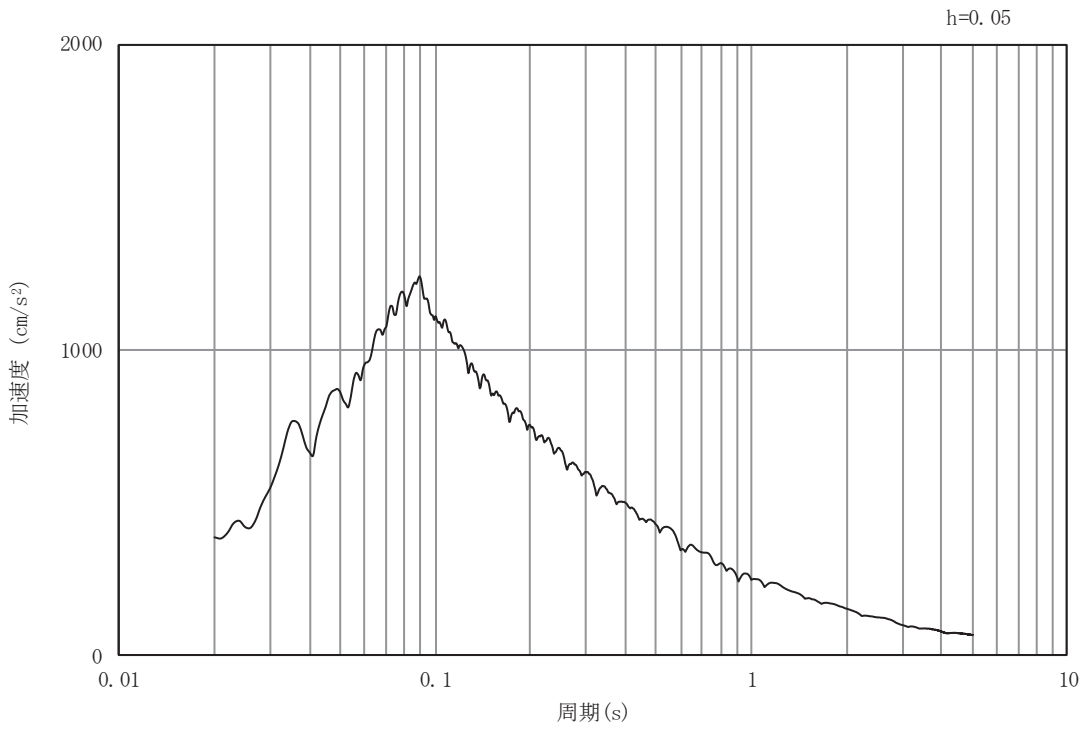


(b) 加速度応答スペクトル

図3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S d - D 2)

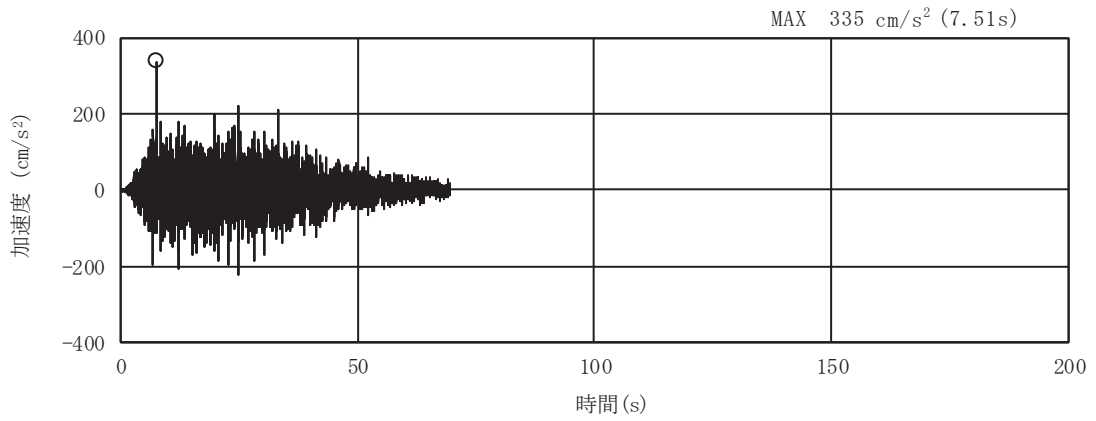


(a) 加速度時刻歴波形

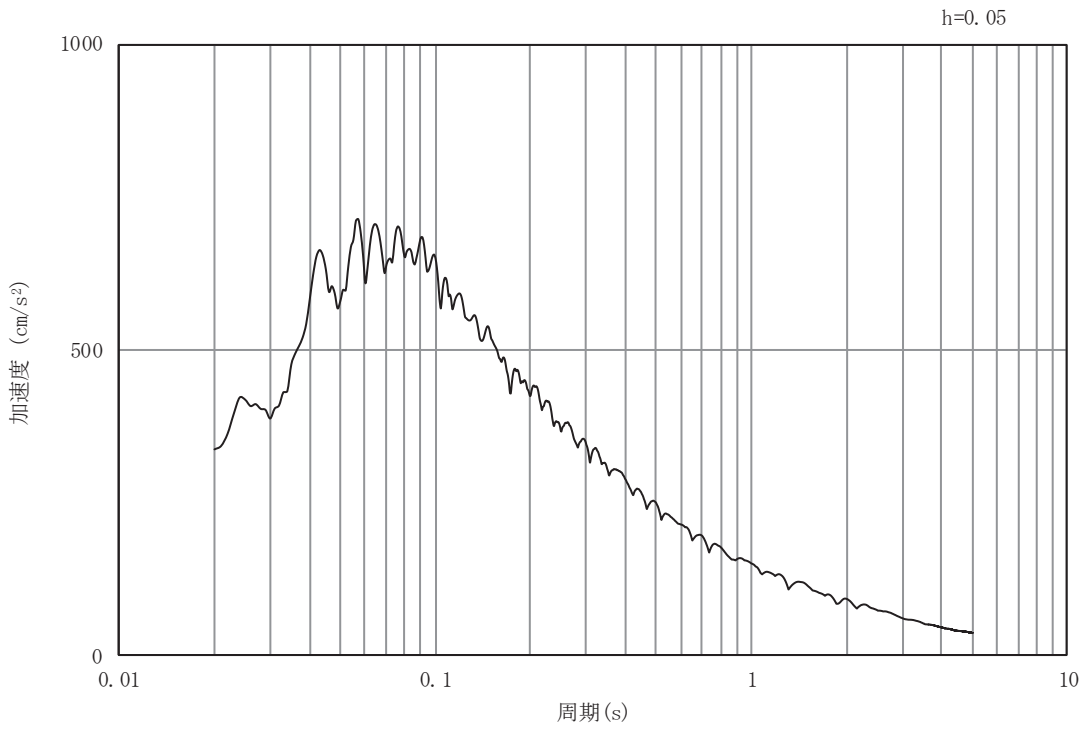


(b) 加速度応答スペクトル

図3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S d - D 3)

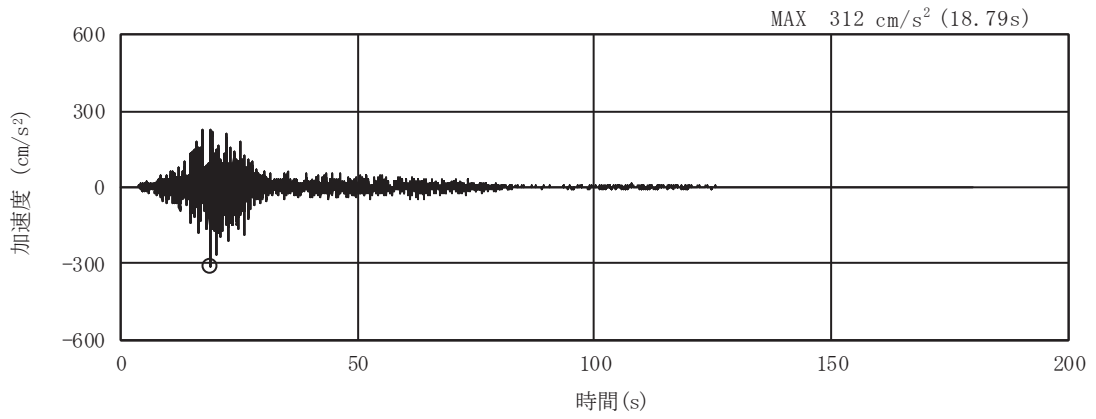


(a) 加速度時刻歴波形

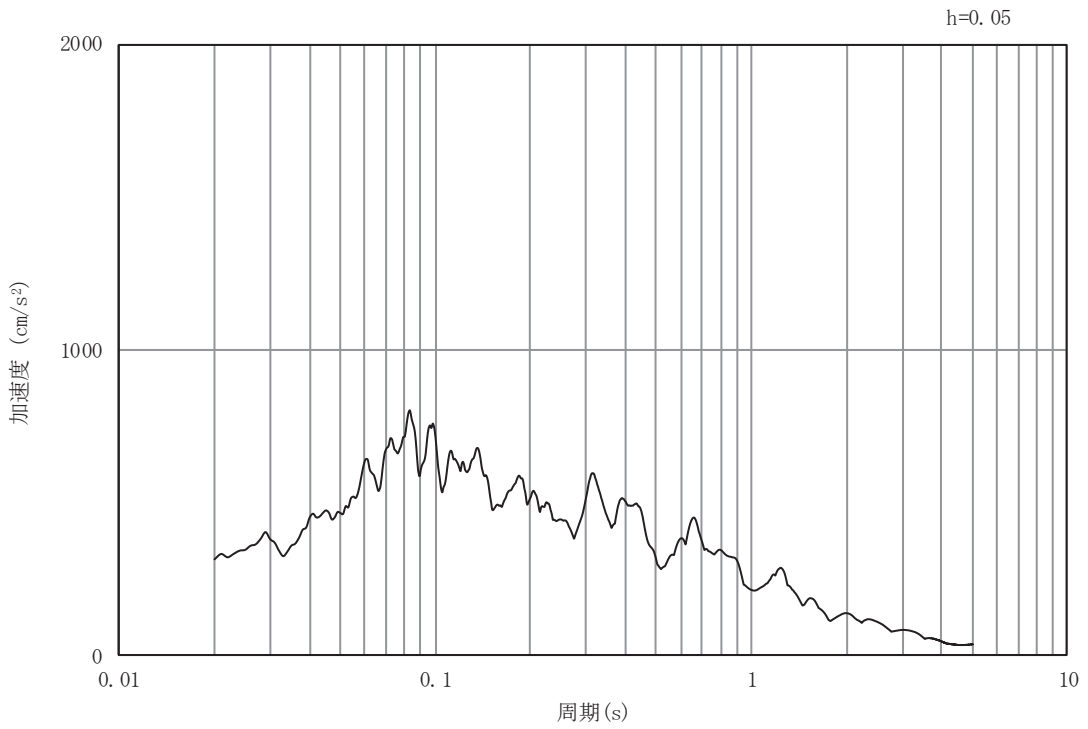


(b) 加速度応答スペクトル

図3-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S d - D 3)

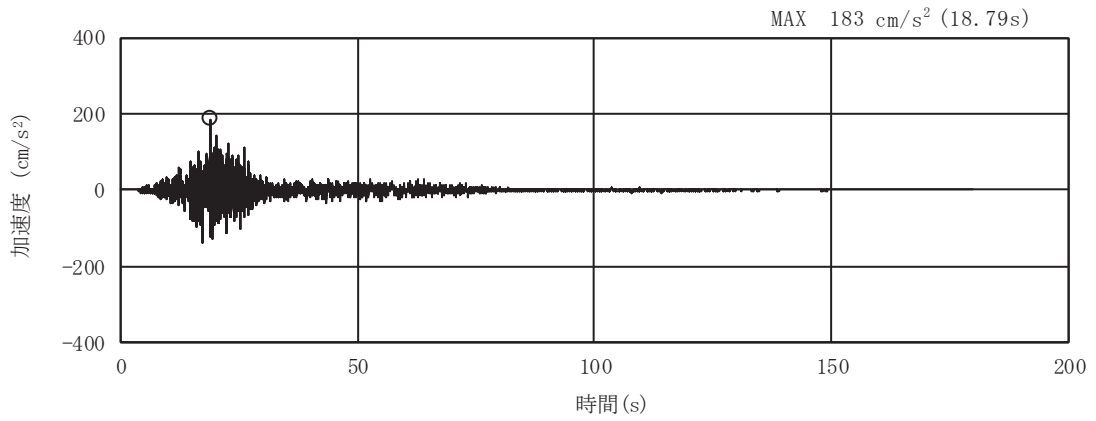


(a) 加速度時刻歴波形

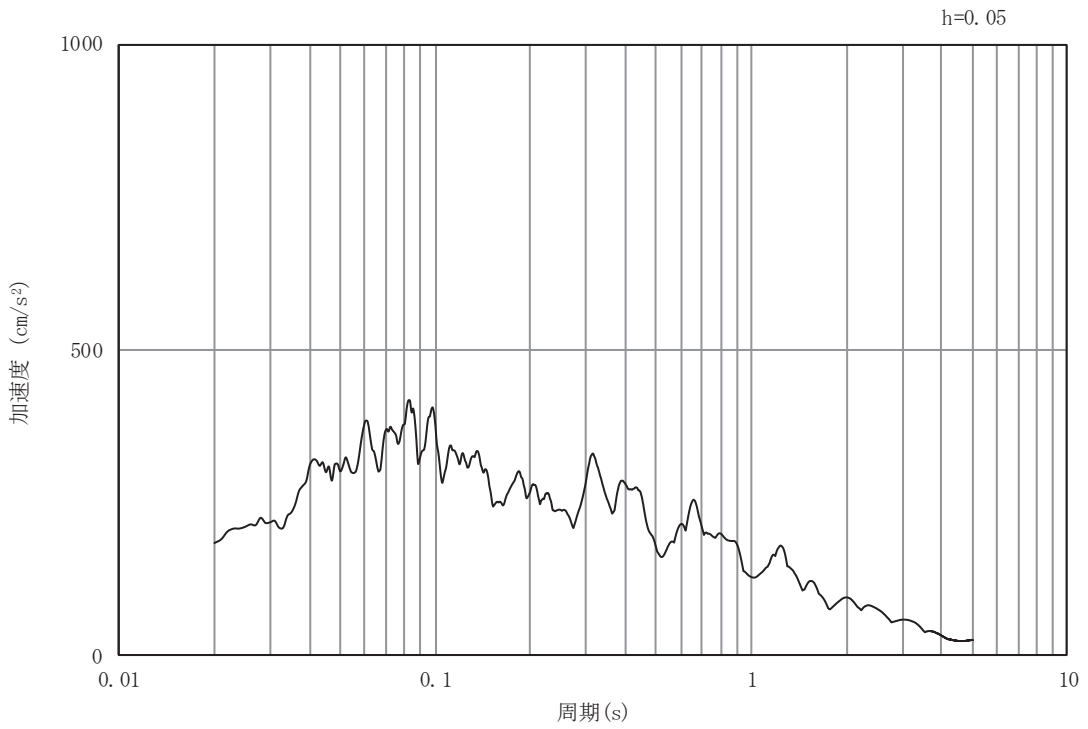


(b) 加速度応答スペクトル

図3-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S d - F 1)



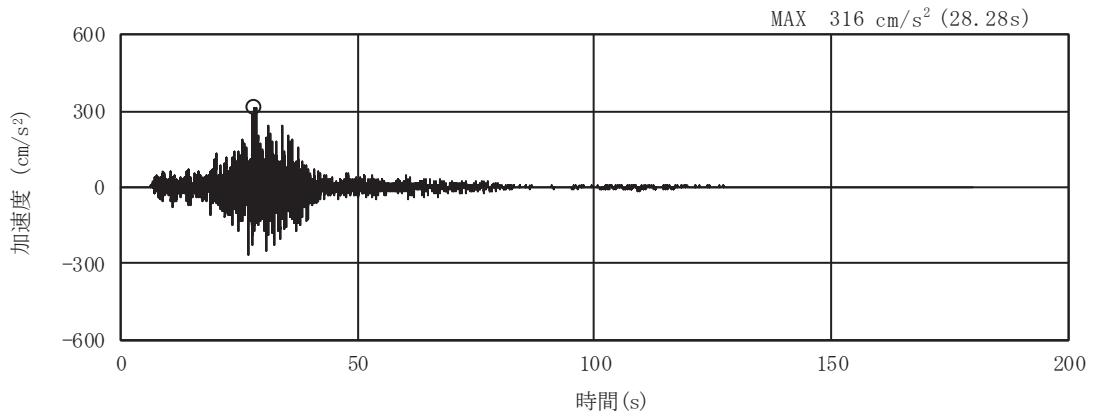
(a) 加速度時刻歴波形



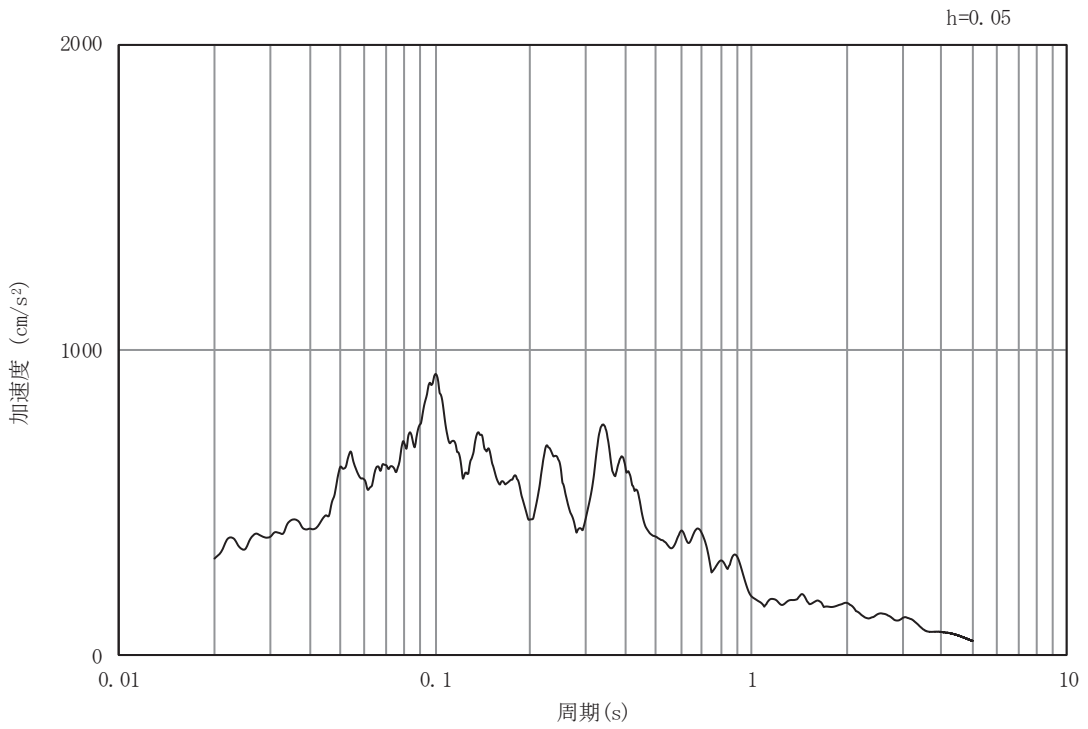
(b) 加速度応答スペクトル

図3-29 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S d - F 1)



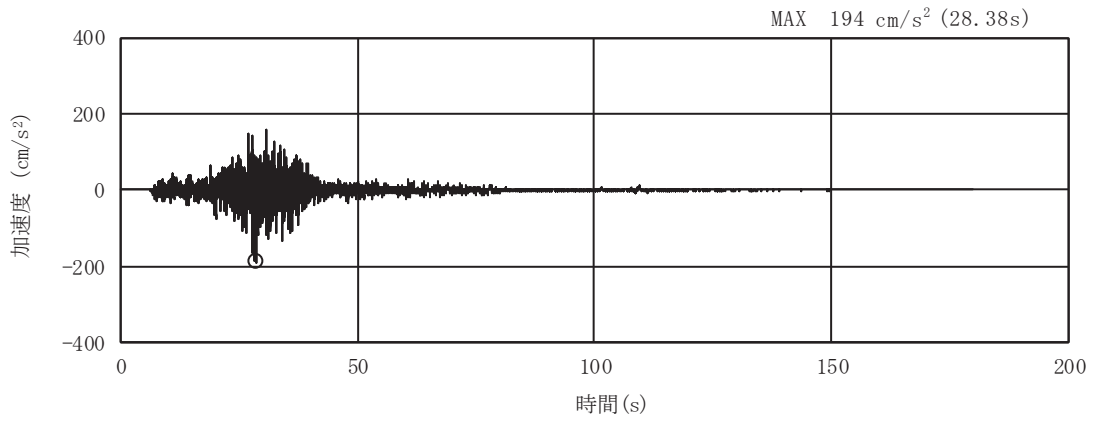


(a) 加速度時刻歴波形

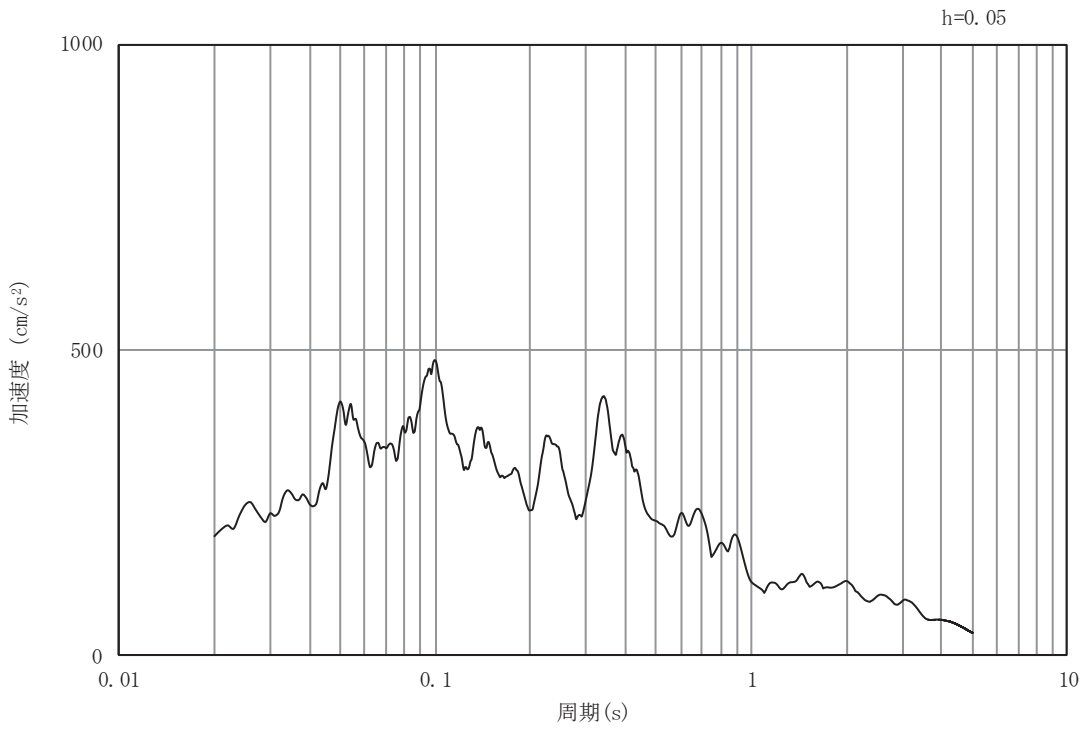


(b) 加速度応答スペクトル

図3-30 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S d - F 2)

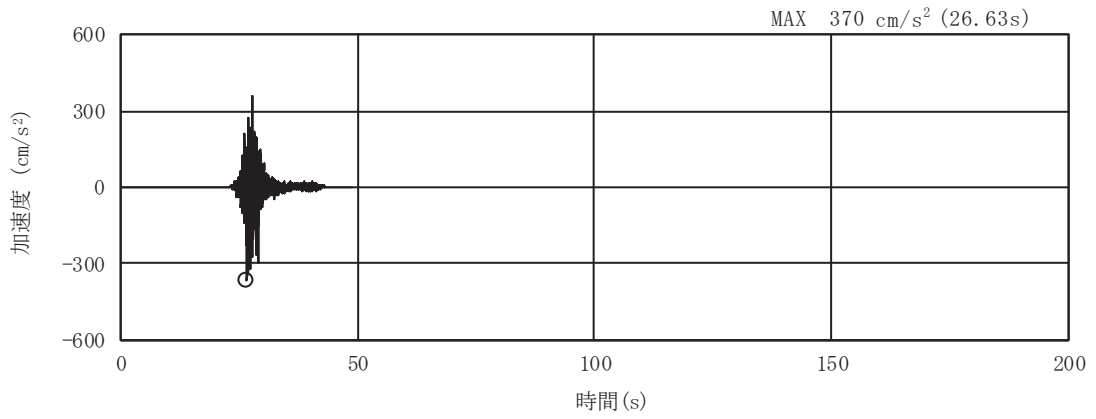


(a) 加速度時刻歴波形

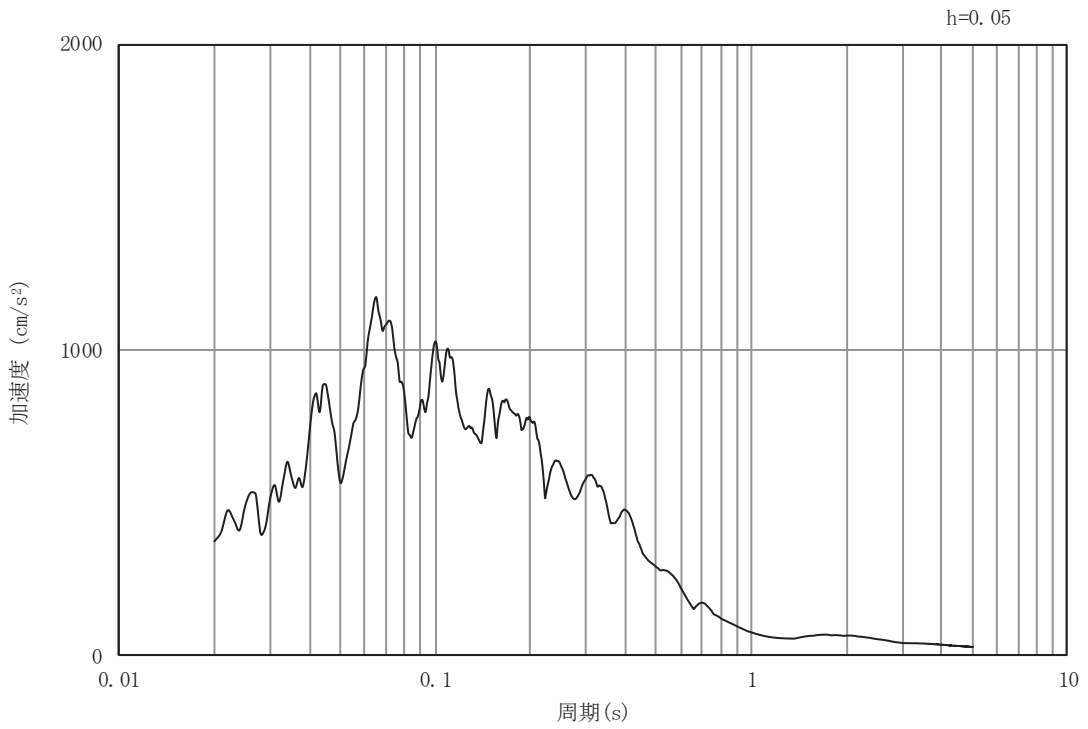


(b) 加速度応答スペクトル

図3-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S d - F 2)

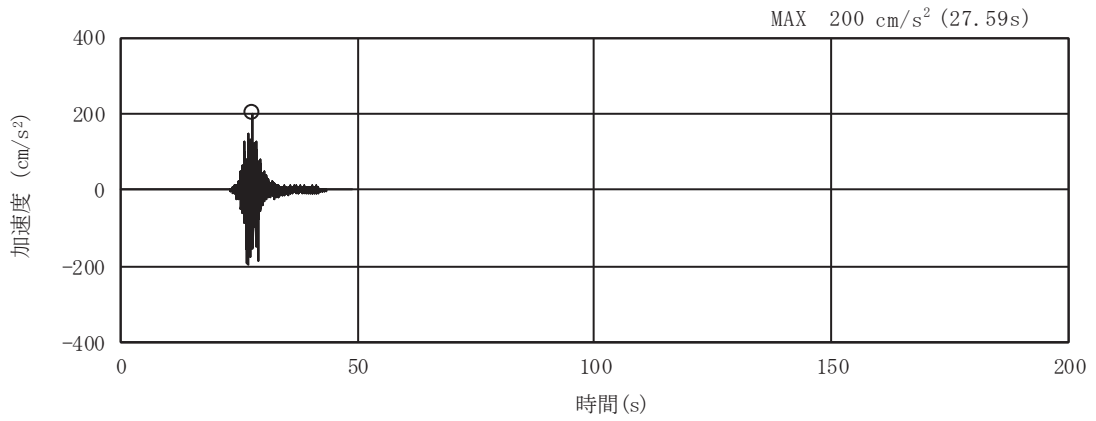


(a) 加速度時刻歴波形

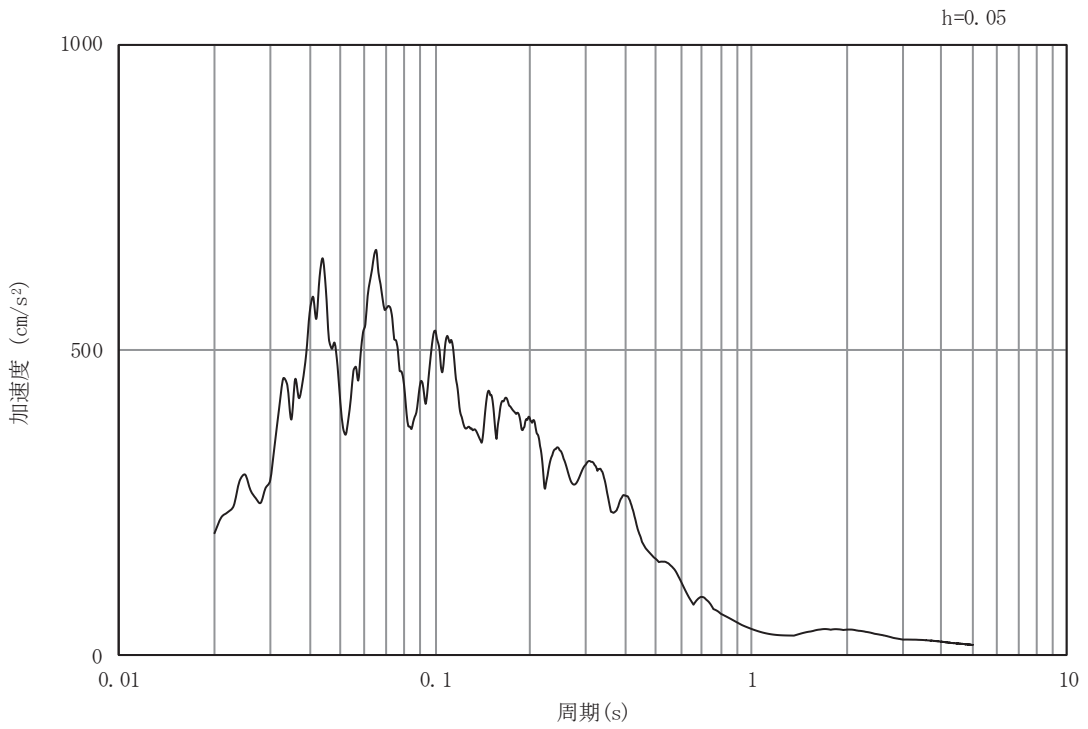


(b) 加速度応答スペクトル

図3-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S d - F 3)

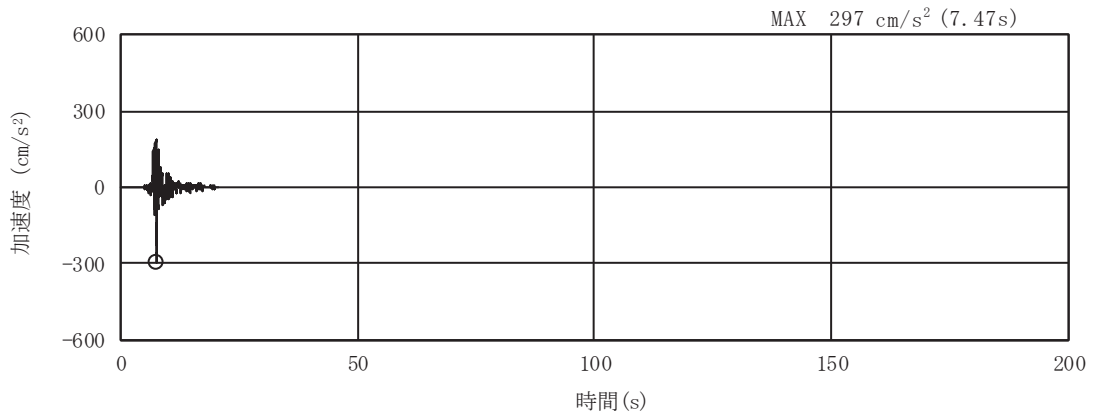


(a) 加速度時刻歴波形

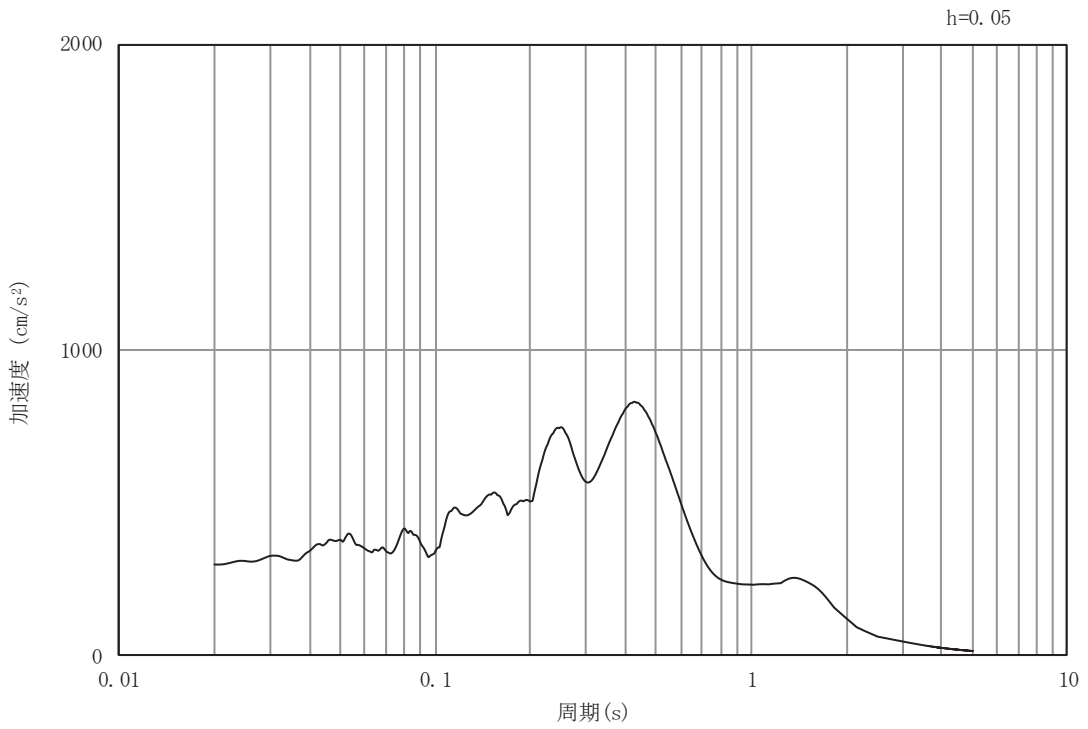


(b) 加速度応答スペクトル

図3-33 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S d - F 3)

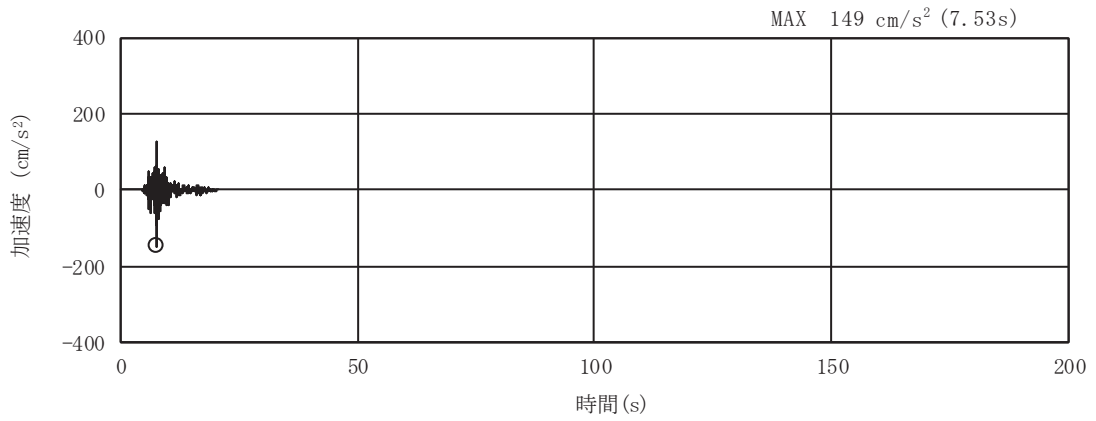


(a) 加速度時刻歴波形

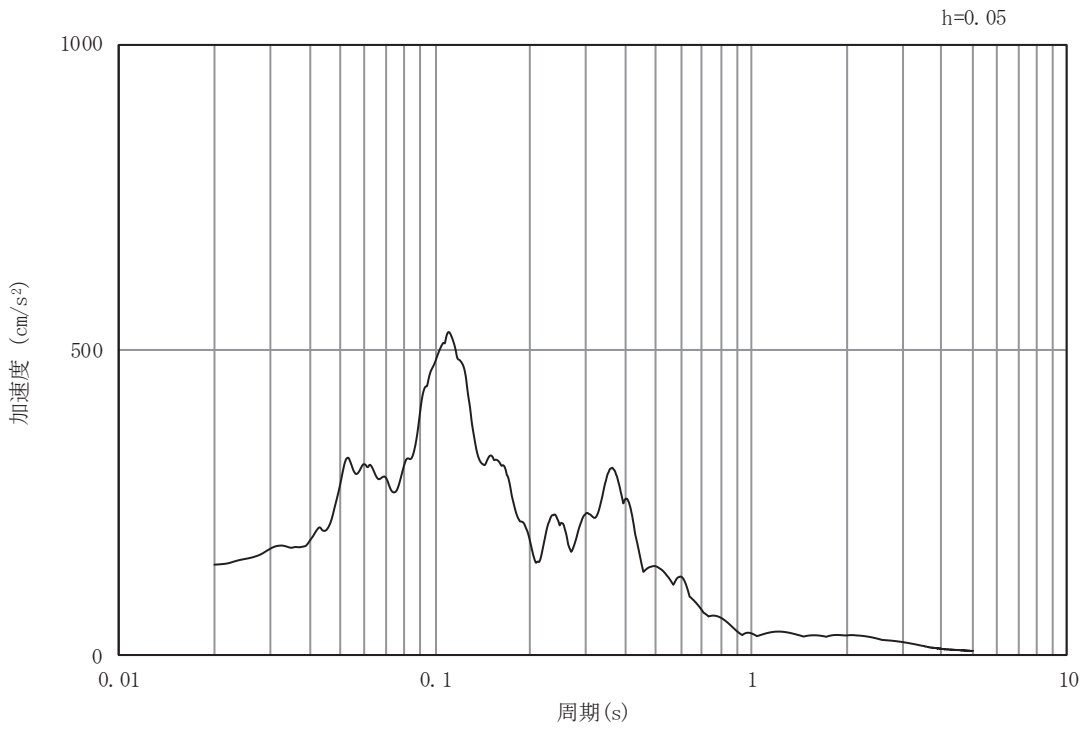


(b) 加速度応答スペクトル

図3-34 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(水平成分：S d - N 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図3-35 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル  
(鉛直成分：S d - N 1)

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析モデルを図 3-36 に示す。

##### (1) 解析領域

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に及ばないように、十分に広い領域とする。

##### (2) 境界条件

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

##### (3) 構造物のモデル化

鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素によりモデル化する。

##### (4) 地盤のモデル化

D<sub>1</sub>級を除く岩盤は、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、盛土、旧表土及び D<sub>2</sub>級岩盤は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

##### (5) 隣接構造物のモデル化

隣接構造物となる復水貯蔵タンク基礎は、線形はり要素でモデル化する。

##### (6) ジョイント要素の設定

地震時の「MMR と構造物」、「地盤と MMR」及び「地盤と構造物」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

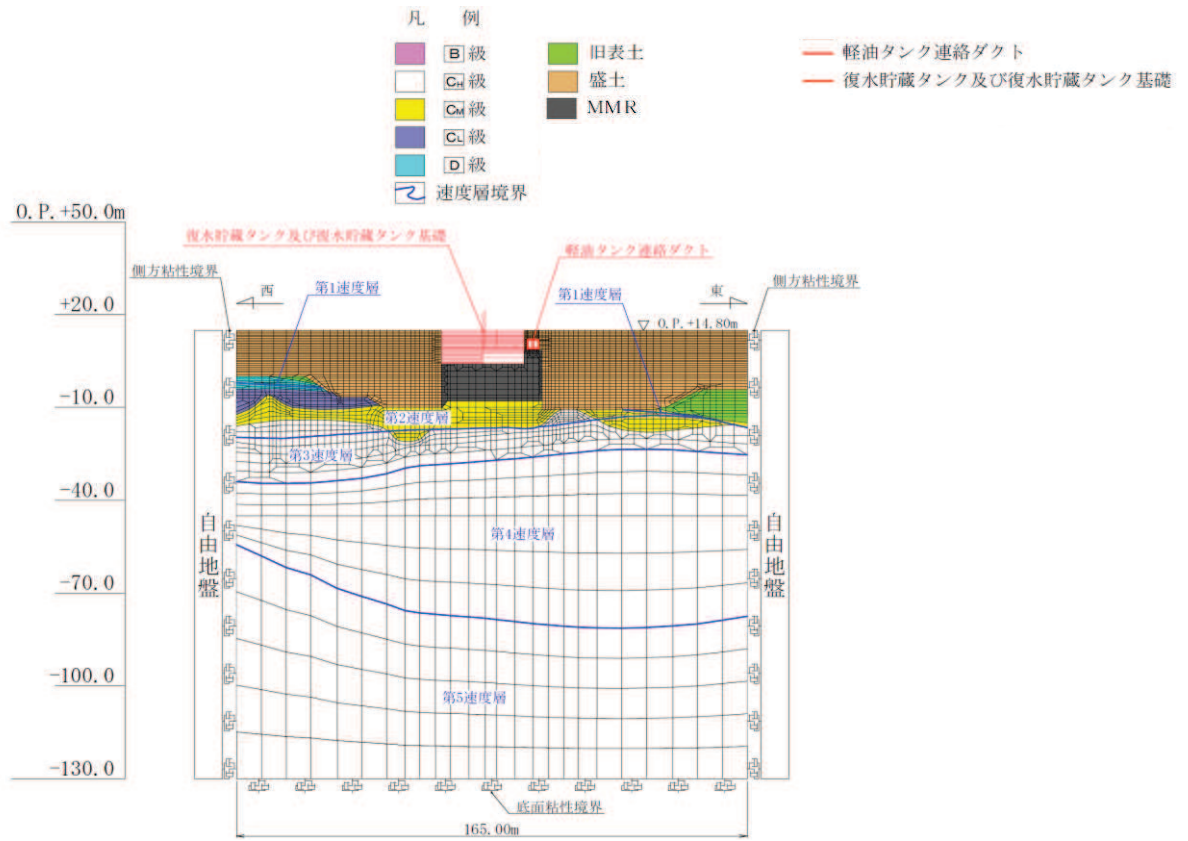


図 3-36 軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析モデル図



### 3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

| 材料     | 仕様                           |
|--------|------------------------------|
| コンクリート | 設計基準強度 20.5N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋     | SD345                        |

表 3-7 材料の物性値（構造部材）

| 材料       | 項目                             | 材料諸元   | 備考              |
|----------|--------------------------------|--------|-----------------|
| 鉄筋コンクリート | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 24.0   |                 |
| コンクリート   | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | 実強度*   | 解析ケース④          |
|          |                                | 設計基準強度 | 解析ケース①,<br>②, ③ |
|          | ポアソン比                          | 0.2    |                 |

注記\*：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

### 3.5.3 地盤の物性値

地盤については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

### 3.5.4 地下水位

設計用地下水位は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計用地下水位を表3-8及び図3-37に示す。

表3-8 設計用地下水位の一覧

| 施設名称       | 設計用地下水位                   |
|------------|---------------------------|
| 軽油タンク連絡ダクト | O. P. -3.00m~O. P. +3.00m |

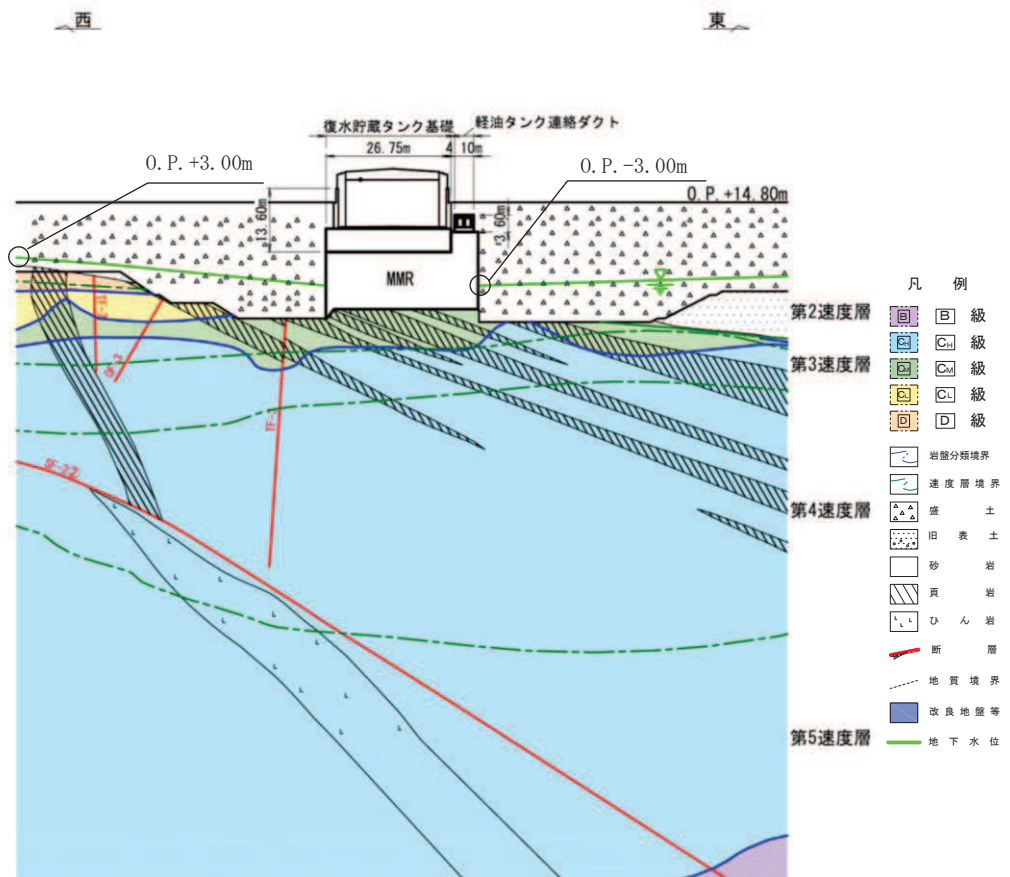
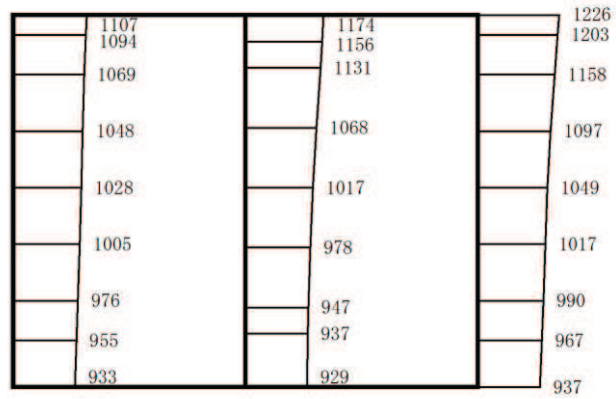


図3-37 設計用地下水位

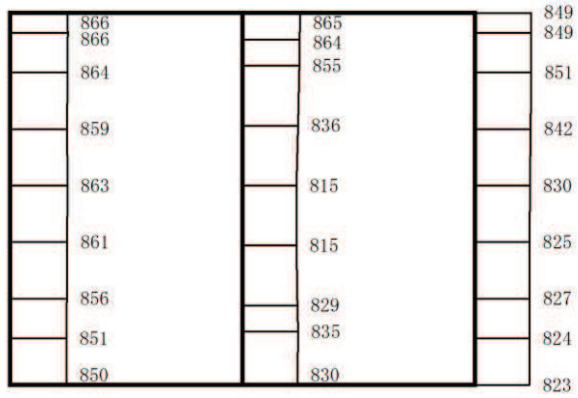
#### 4. 解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①（基本ケース）について、すべての基準地震動 $S_s$ に対する最大加速度分布図を図4-1～図4-14に示す。また、解析ケース①において、照査項目ごとに照査値が0.5を超えるケースで照査値が最大となる地震動について、解析ケース②～④の最大加速度分布図を図4-15～図4-17に示す。

これらに加え、機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース②～④について、すべての基準地震動 $S_s$ に対する最大加速度分布図を図4-18～図4-59に示す。また、解析ケース①～④について、すべての弾性設計用地震動 $S_d$ に対する最大加速度分布図を図4-60～図4-115に示す。



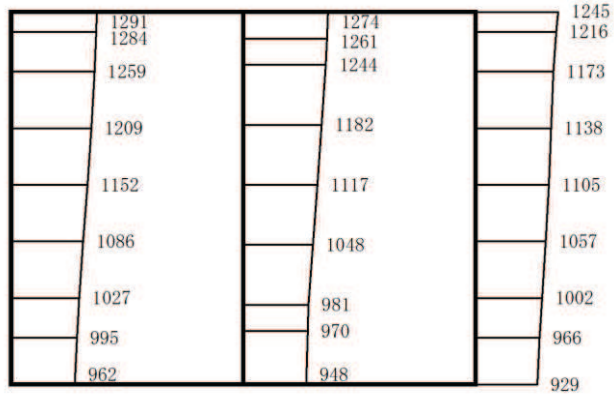
(a)  $S_s - D 1 (++)$  水平



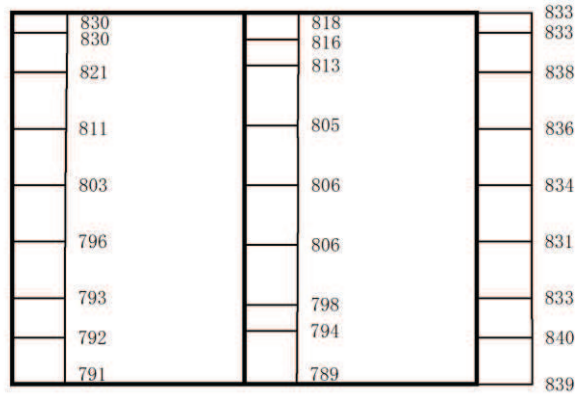
構造スケール  $\frac{0}{1}$  (m)      応答値スケール  $\frac{0}{2000}$  (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - D 1 (++)$  鉛直

図 4-1 最大加速度分布図 (解析ケース①) (1/17)



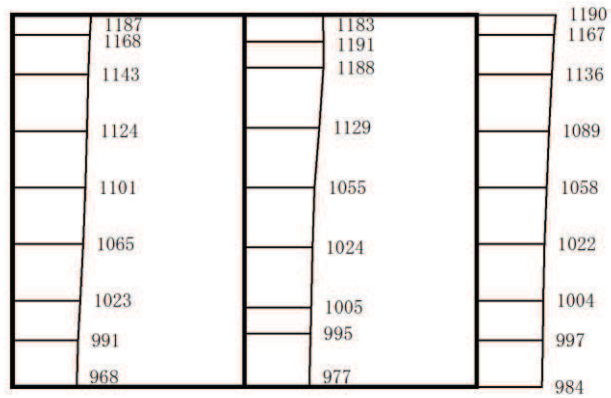
(a) S s - D 1 ( - + ) 水平



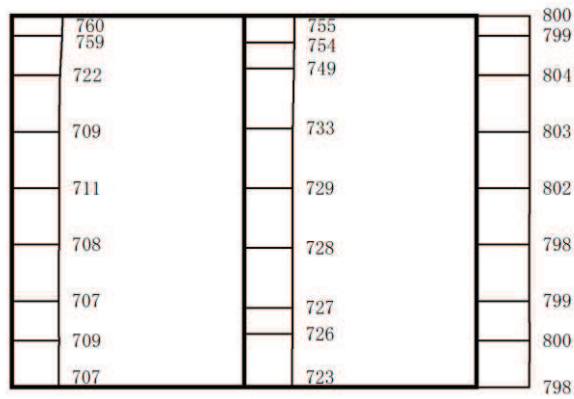
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 1 ( - + ) 鉛直

図 4-2 最大加速度分布図 (解析ケース①) (2/17)



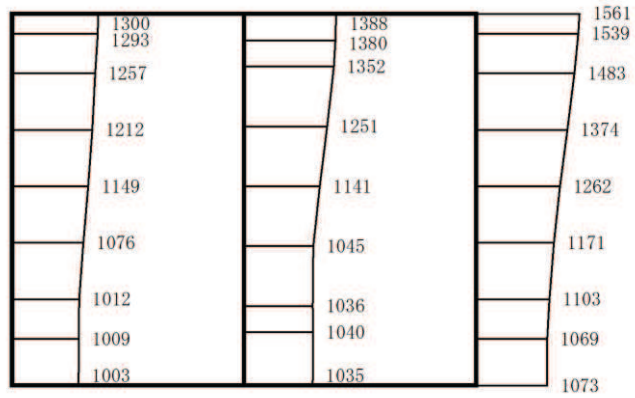
(a) S s - D 2 (++) 水平



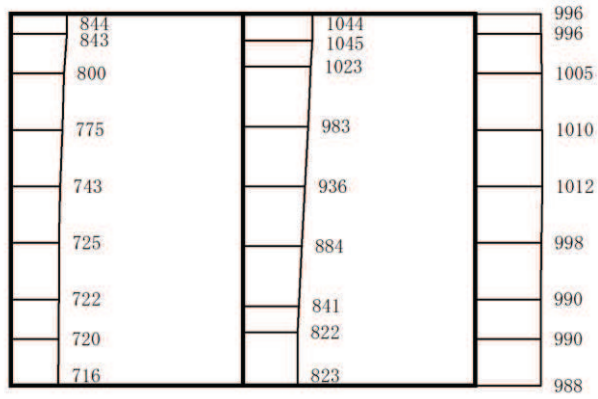
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-3 最大加速度分布図 (解析ケース①) (3/17)



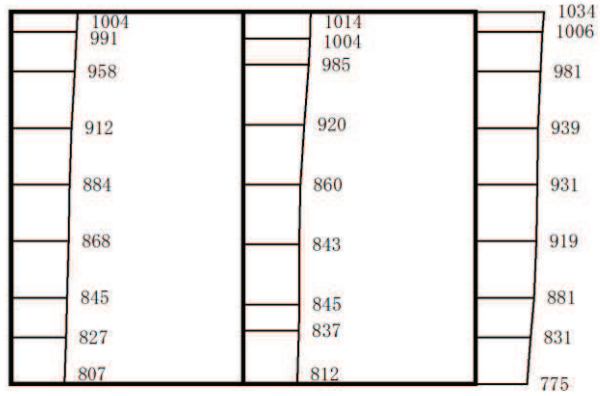
(a) S s - D 2 (-+) 水平



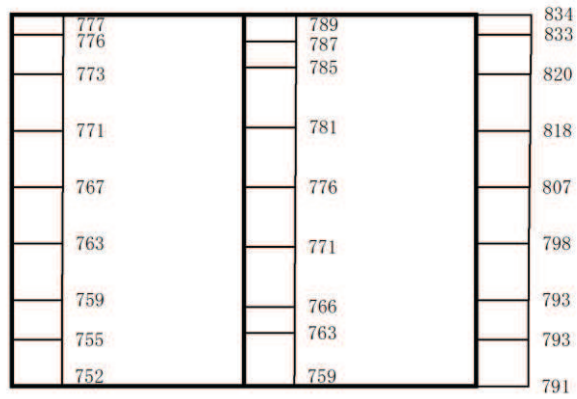
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

図 4-4 最大加速度分布図 (解析ケース①) (4/17)



(a) S s - D 3 (++) 水平

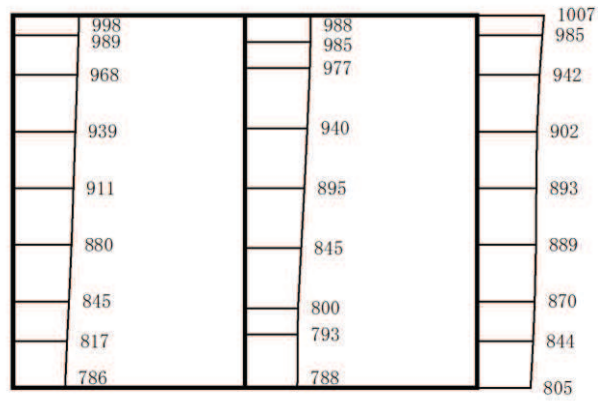


構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

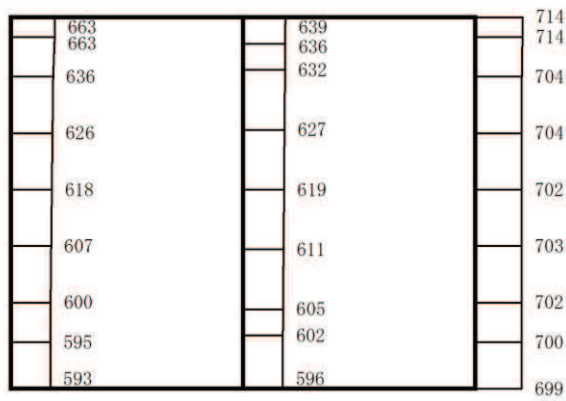
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-5 最大加速度分布図 (解析ケース①) (5/17)





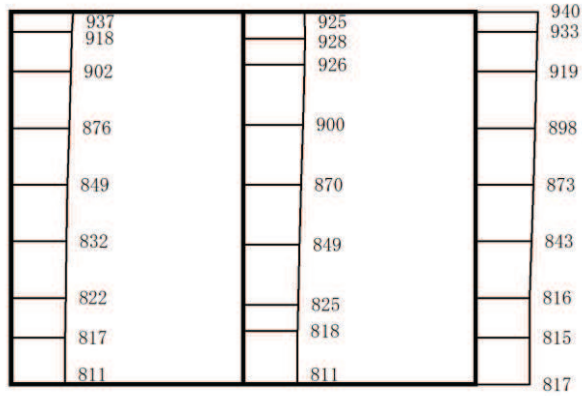
(a) S s - D 3 ( - + ) 水平



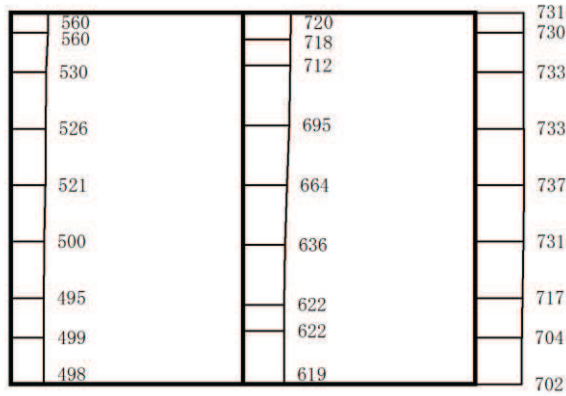
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 3 ( - + ) 鉛直

図 4-6 最大加速度分布図 (解析ケース①) (6/17)



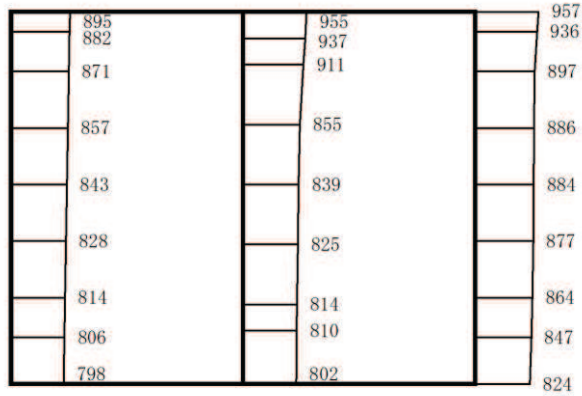
(a)  $S_s - F 1$  (++) 水平



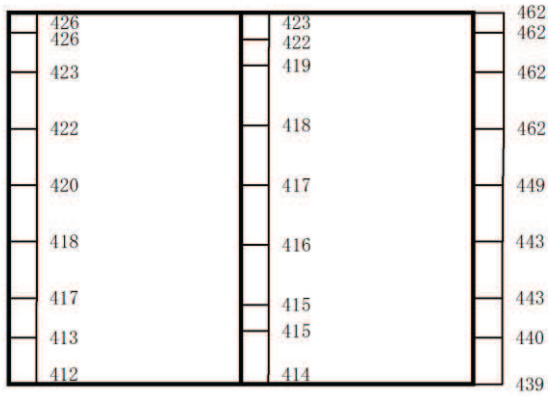
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F 1$  (++) 鉛直

図 4-7 最大加速度分布図 (解析ケース①) (7/17)



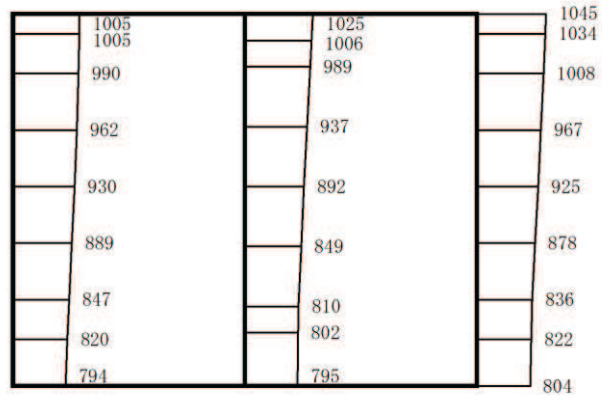
(a)  $S_s - F 1 (-+)$  水平



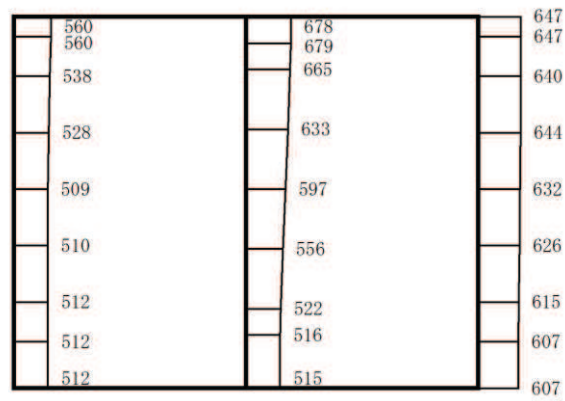
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F 1 (-+)$  鉛直

図 4-8 最大加速度分布図 (解析ケース①) (8/17)



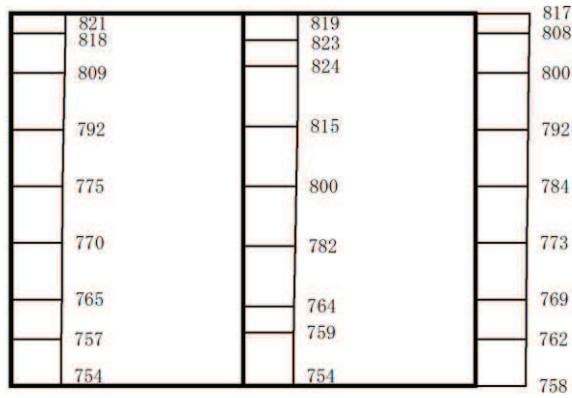
(a)  $S_s - F_2$  (++) 水平



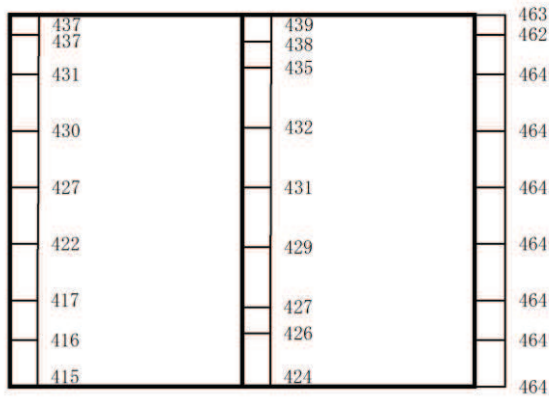
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F_2$  (++) 鉛直

図 4-9 最大加速度分布図 (解析ケース①) (9/17)



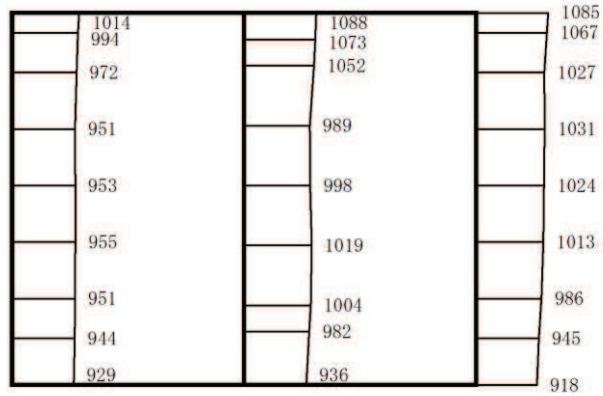
(a)  $S_s - F_2 (-+)$  水平



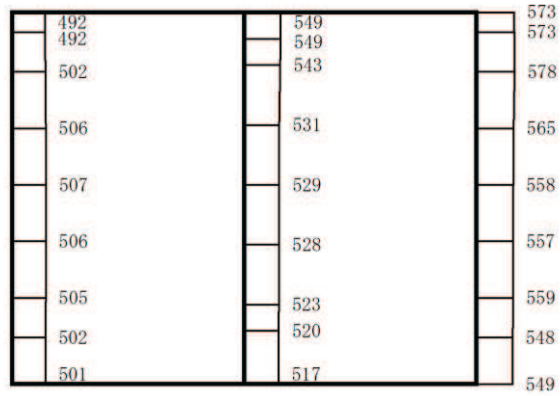
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F_2 (-+)$  鉛直

図 4-10 最大加速度分布図 (解析ケース①) (10/17)



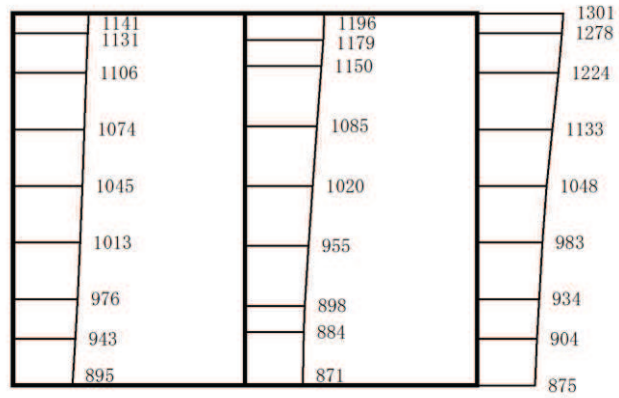
(a)  $S_s - F_3$  (++) 水平



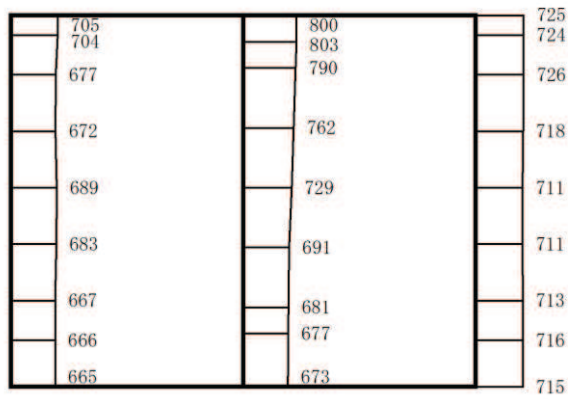
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F_3$  (++) 鉛直

図 4-11 最大加速度分布図 (解析ケース①) (11/17)



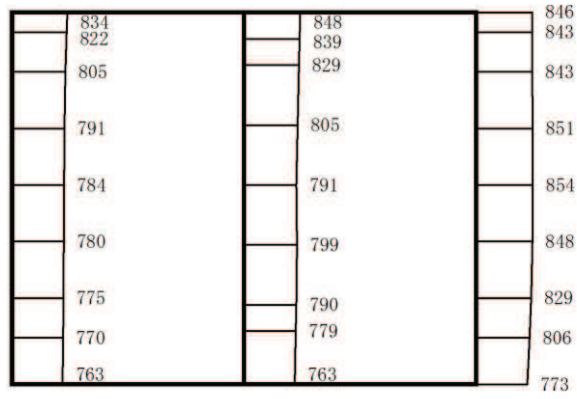
(a) S s - F 3 (-+) 水平



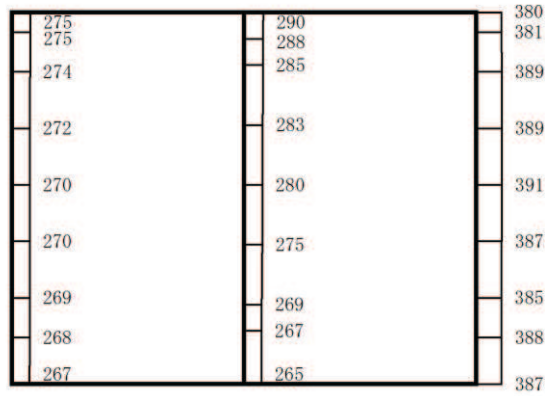
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

図 4-12 最大加速度分布図 (解析ケース①) (12/17)



(a) S s - N 1 (++) 水平

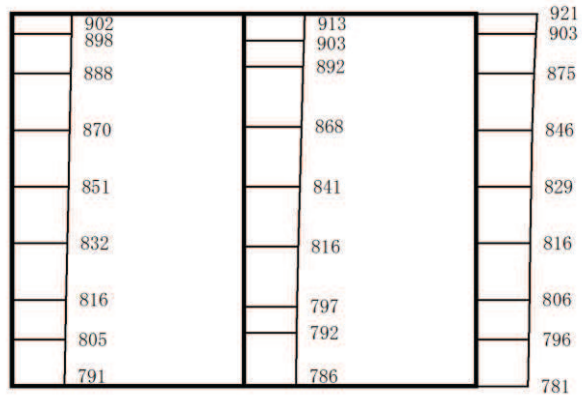


構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

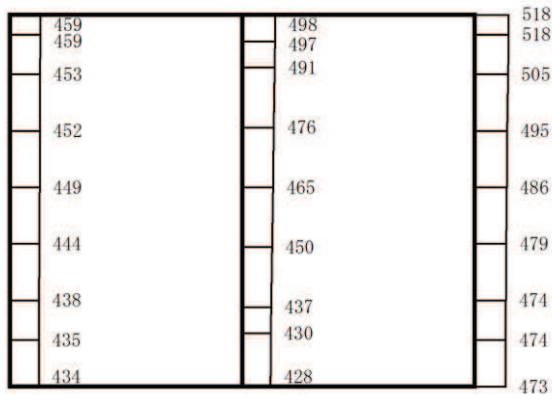
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-13 最大加速度分布図 (解析ケース①) (13/17)





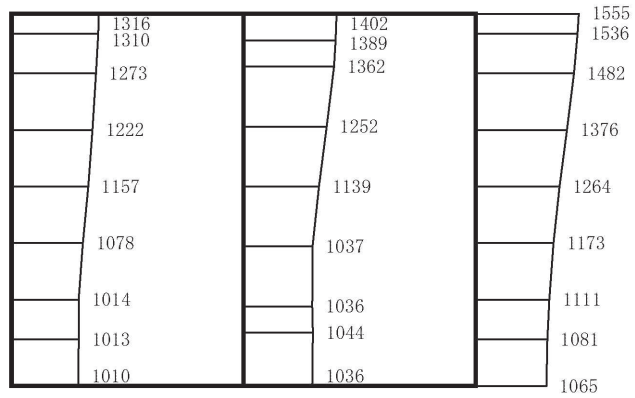
(a)  $S_s - N 1 (-+)$  水平



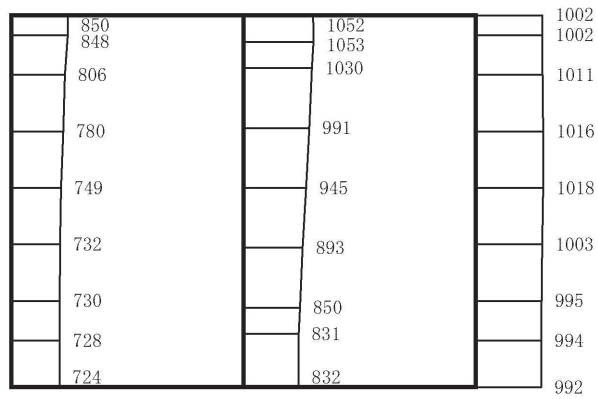
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - N 1 (-+)$  鉛直

図 4-14 最大加速度分布図 (解析ケース①) (14/17)



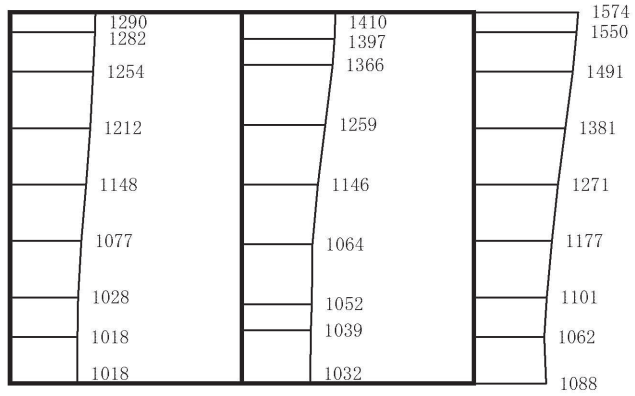
(a) S s - D 2 (-+) 水平



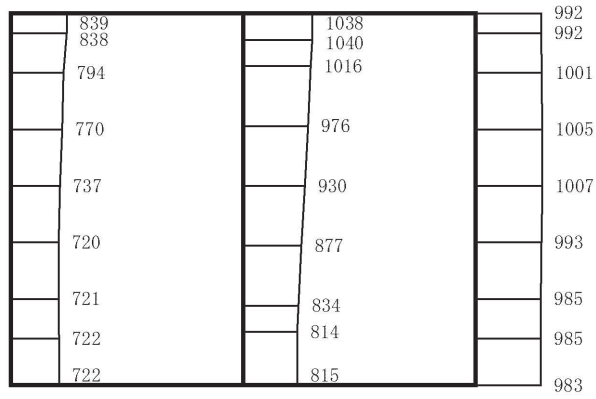
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

図 4-15 最大加速度分布図  
(解析ケース②：せん断破壊に対する最大照査値ケース) (15/17)



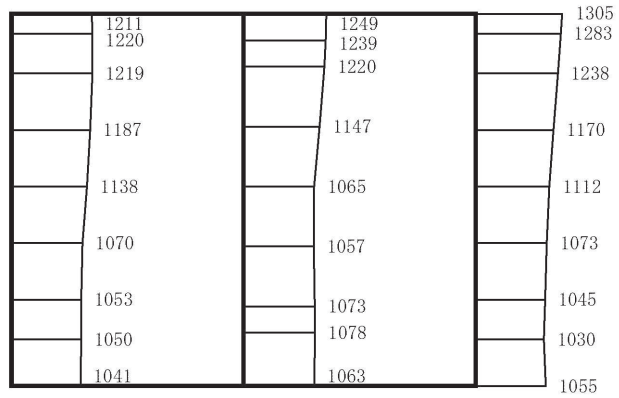
(a) S s - D 2 ( - + ) 水平



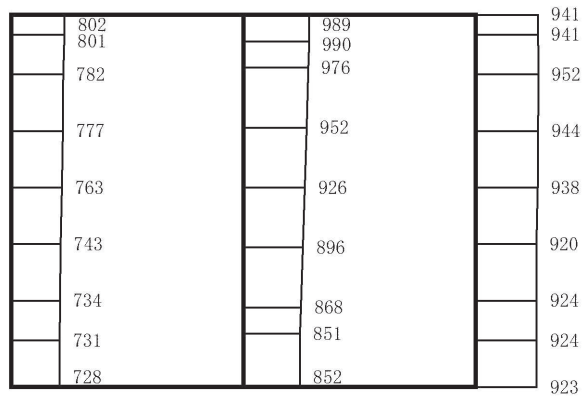
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 2 ( - + ) 鉛直

図 4-16 最大加速度分布図  
(解析ケース③：せん断破壊に対する最大照査値ケース) (16/17)



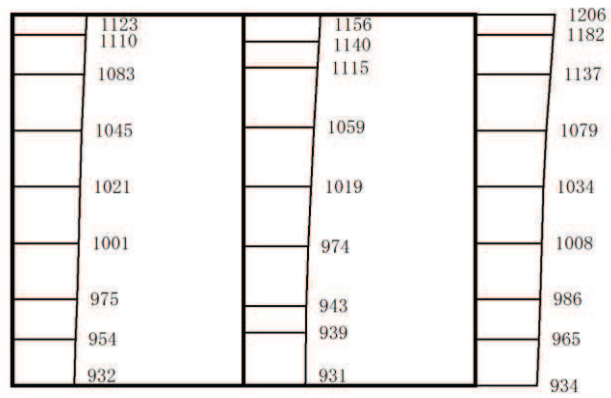
(a) S s - D 2 (-+) 水平



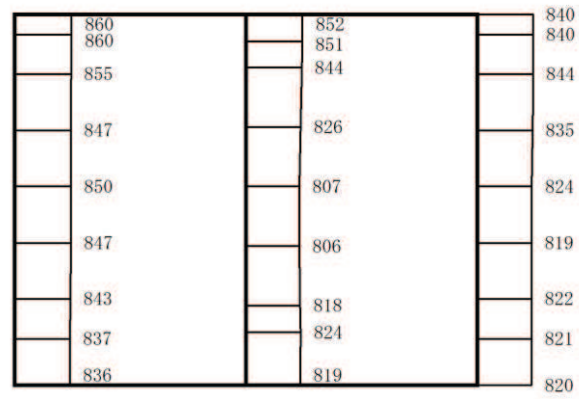
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

図 4-17 最大加速度分布図  
(解析ケース④：せん断破壊に対する最大照査値ケース) (17/17)



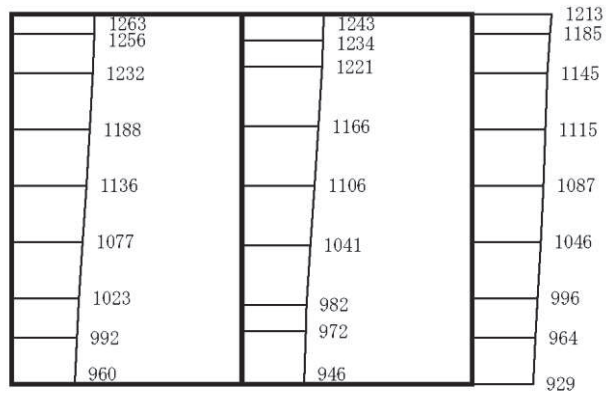
(a) S s - D 1 (++) 水平



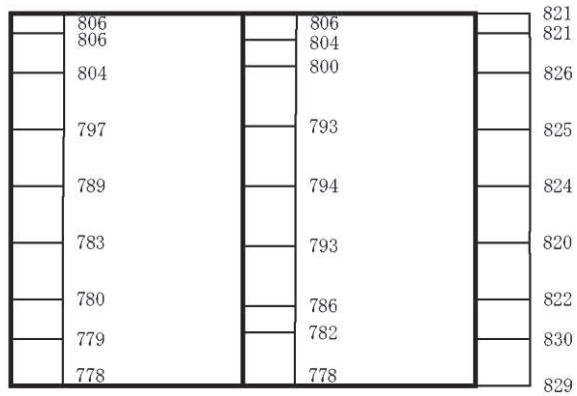
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-18 最大加速度分布図 (解析ケース②) (1/98)



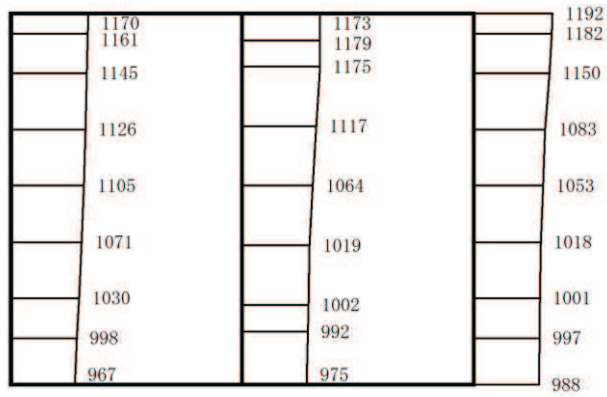
(a) S s - D 1 ( - + ) 水平



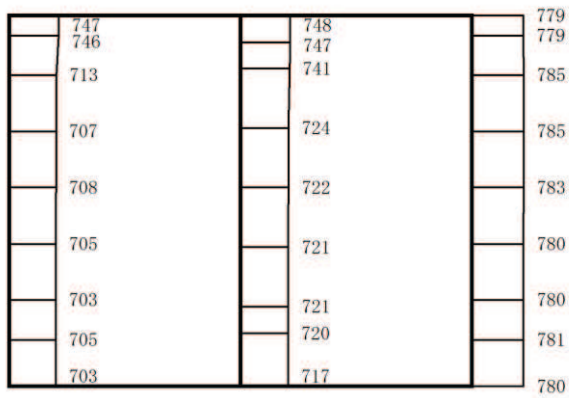
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 1 ( - + ) 鉛直

図 4-19 最大加速度分布図 (解析ケース②) (2/98)



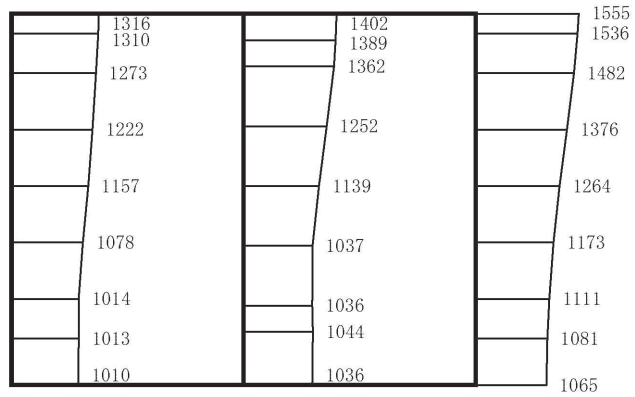
(a)  $S_s - D 2$  (++) 水平



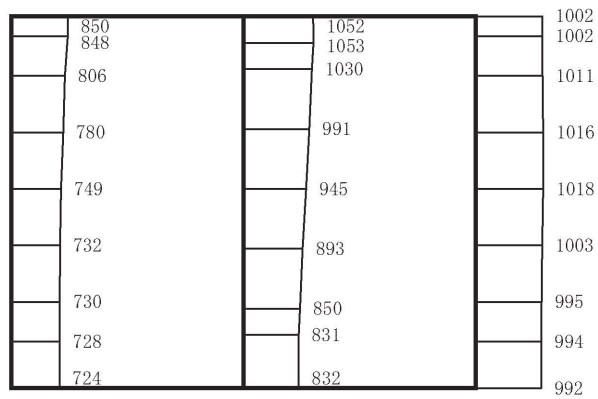
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - D 2$  (++) 鉛直

図 4-20 最大加速度分布図 (解析ケース②) (3/98)



(a) S s - D 2 (-+) 水平

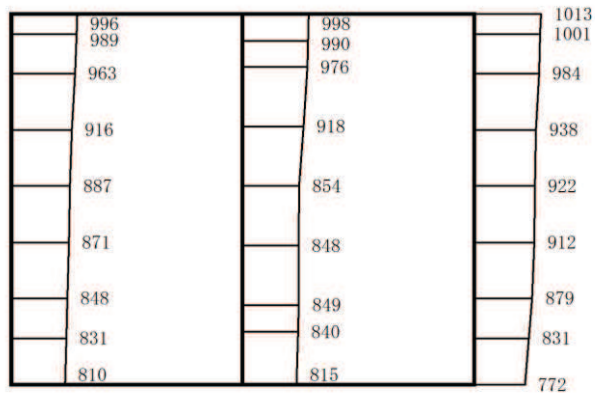


構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

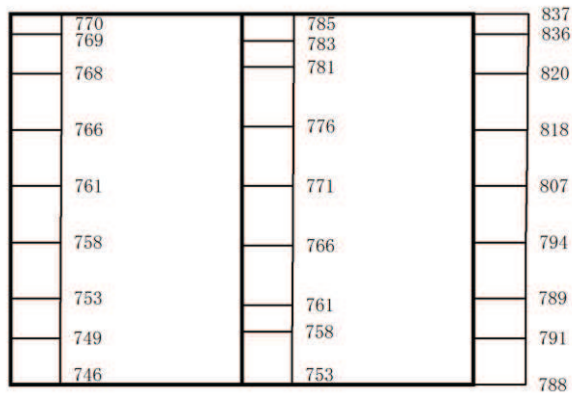
(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

図 4-21 最大加速度分布図 (解析ケース②) (4/98)





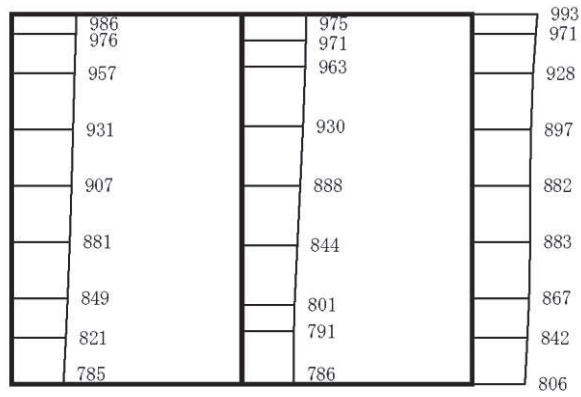
(a) S s - D 3 (++) 水平



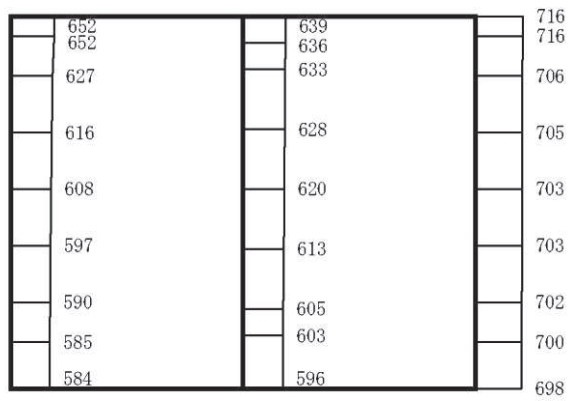
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-22 最大加速度分布図 (解析ケース②) (5/98)



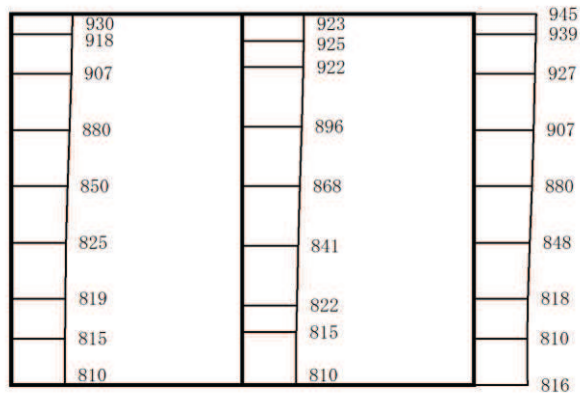
(a) S s - D 3 ( - + ) 水平



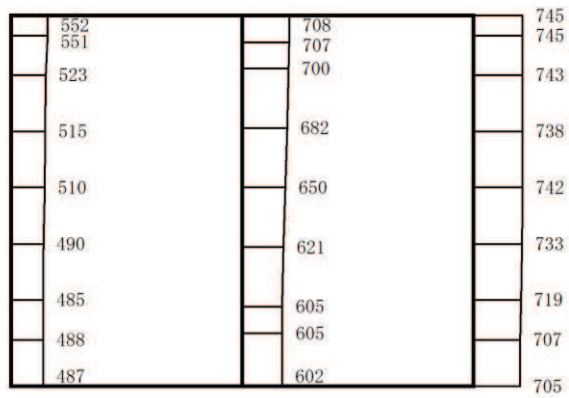
(b) S s - D 3 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-23 最大加速度分布図 (解析ケース②) (6/98)



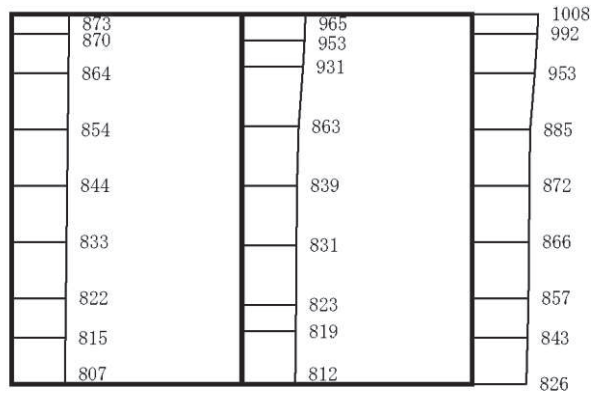
(a)  $S_s - F 1 (++)$  水平



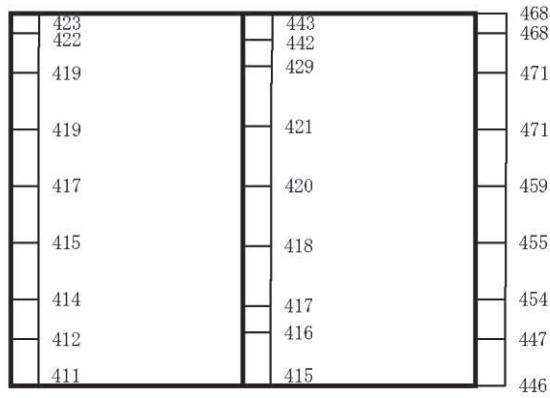
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F 1 (++)$  鉛直

図 4-24 最大加速度分布図 (解析ケース②) (7/98)



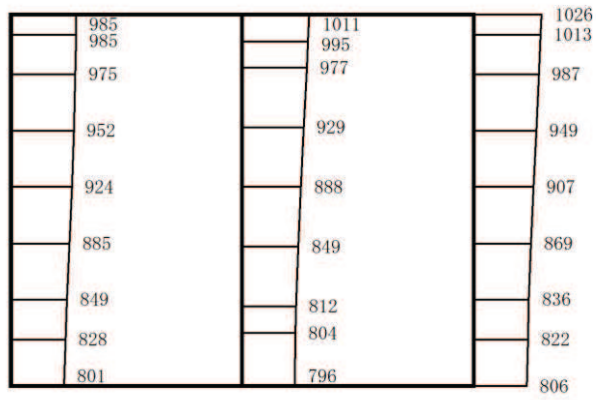
(a)  $S_s - F 1 (-+)$  水平



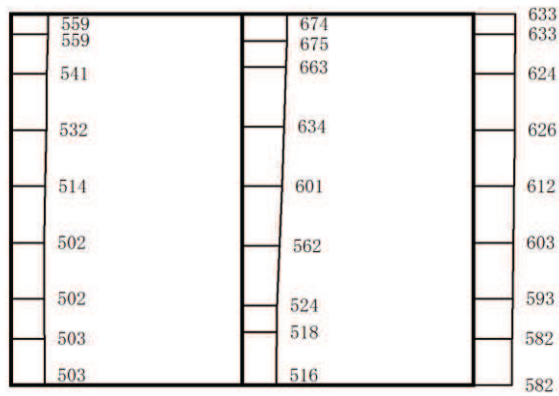
構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F 1 (-+)$  鉛直

図 4-25 最大加速度分布図 (解析ケース②) (8/98)



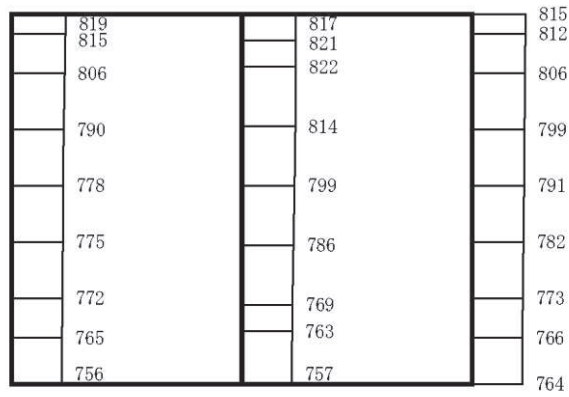
(a)  $S_s - F 2 (++)$  水平



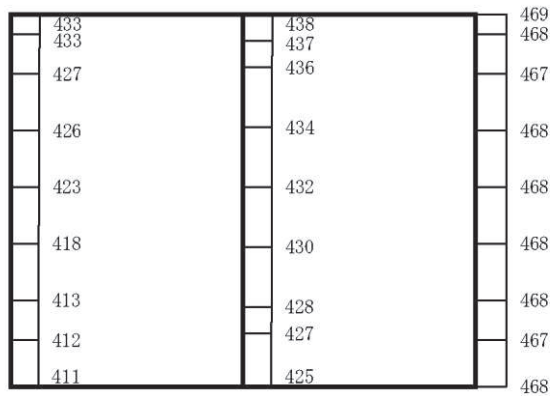
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F 2 (++)$  鉛直

図 4-26 最大加速度分布図 (解析ケース②) (9/98)



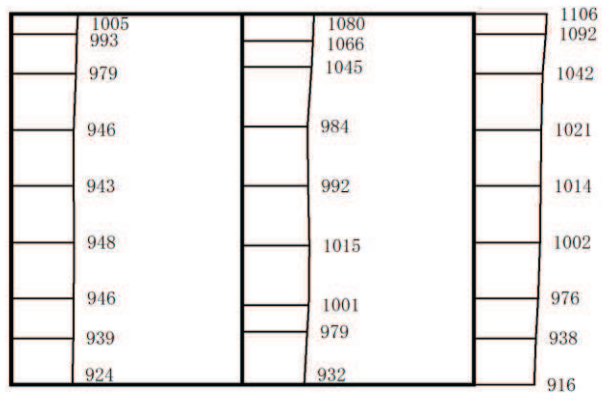
(a)  $S_s - F_2 (-+)$  水平



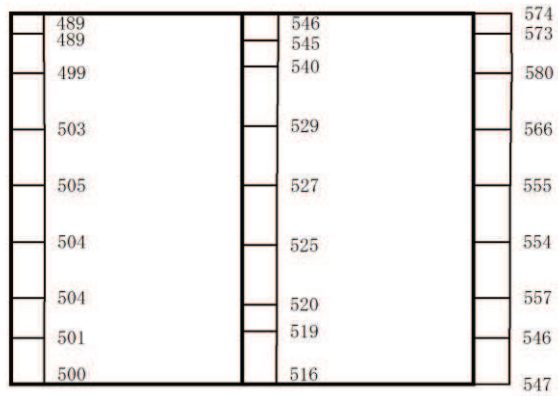
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F_2 (-+)$  鉛直

図 4-27 最大加速度分布図 (解析ケース②) (10/98)



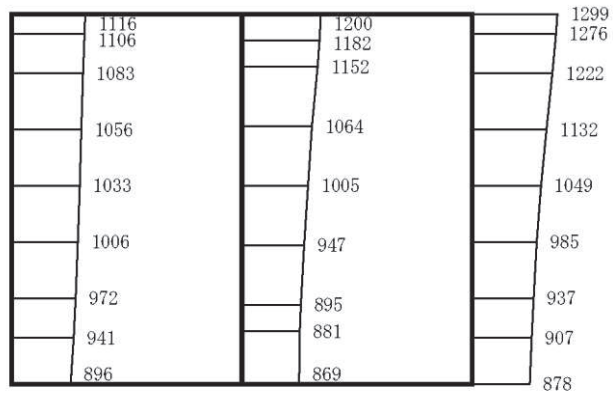
(a) S<sub>s</sub>-F 3 (++) 水平



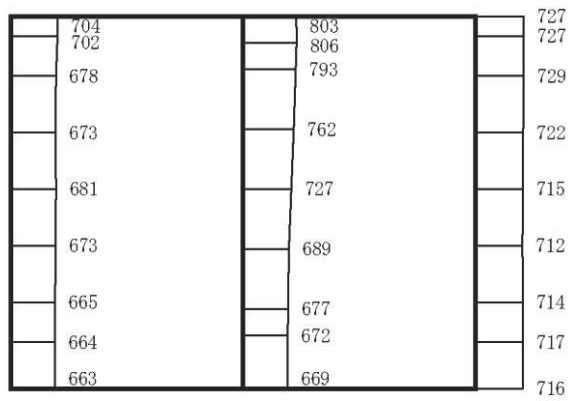
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S<sub>s</sub>-F 3 (++) 鉛直

図 4-28 最大加速度分布図 (解析ケース②) (11/98)



(a) S s - F 3 (-+) 水平

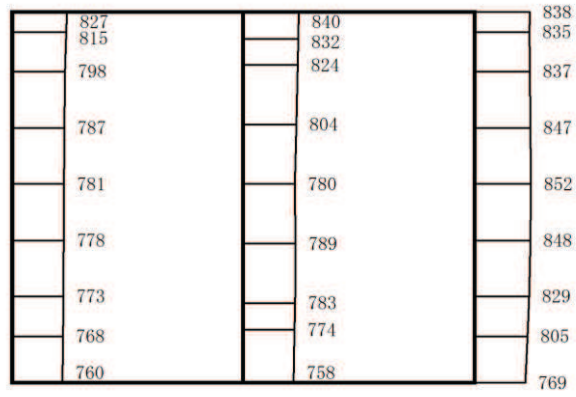


構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

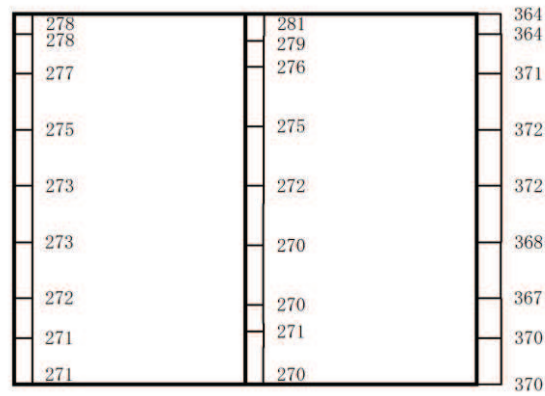
(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

図 4-29 最大加速度分布図 (解析ケース②) (12/98)





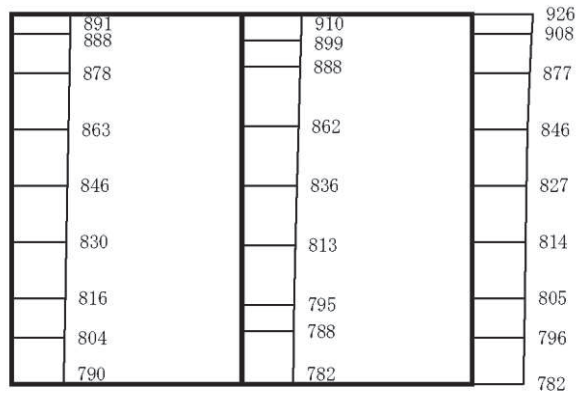
(a) S s - N 1 (++) 水平



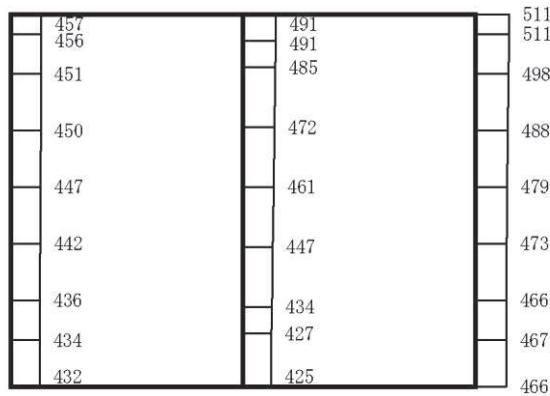
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-30 最大加速度分布図 (解析ケース②) (13/98)



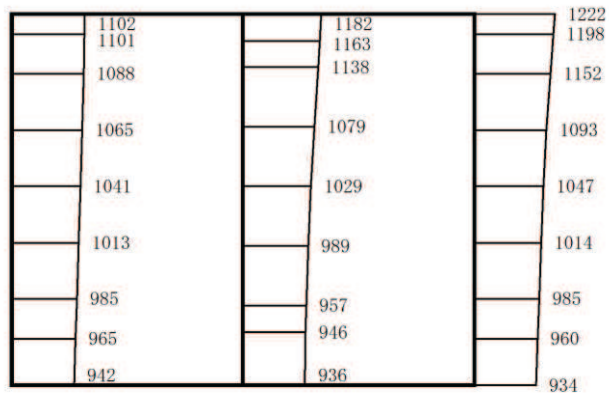
(a) S s - N 1 ( - + ) 水平



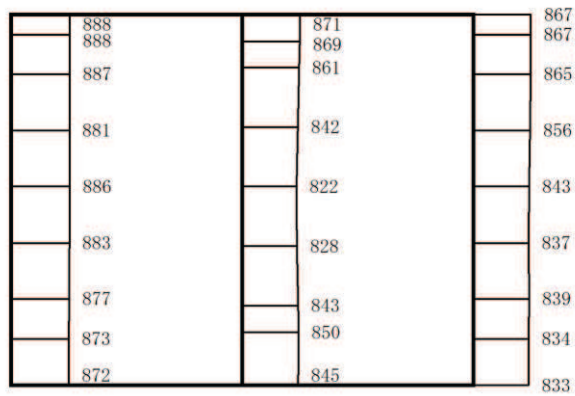
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

図 4-31 最大加速度分布図 (解析ケース②) (14/98)



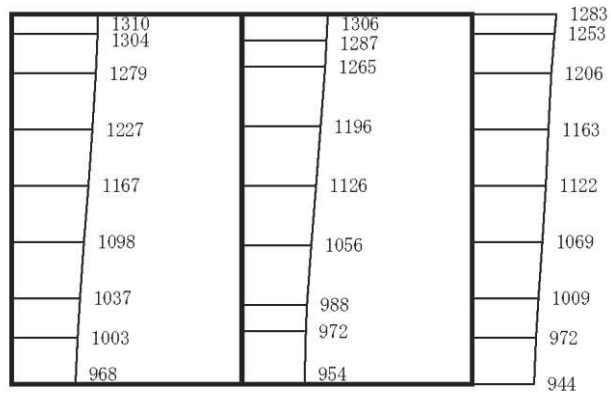
(a) S s - D 1 (++) 水平



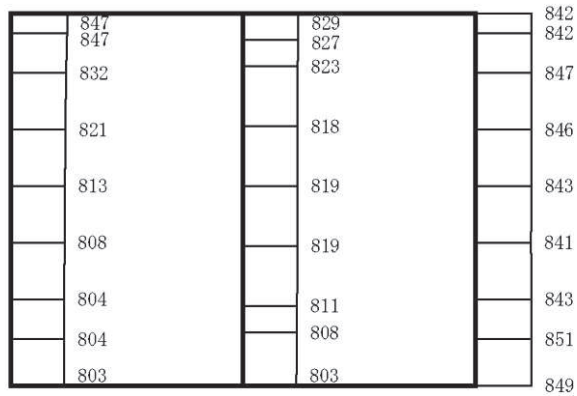
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-32 最大加速度分布図 (解析ケース③) (15/98)



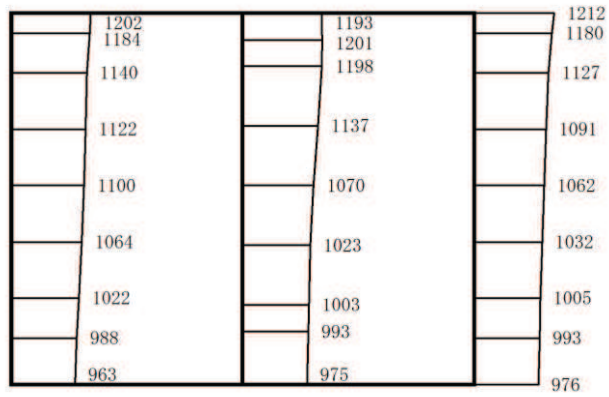
(a) S s - D 1 (-+) 水平



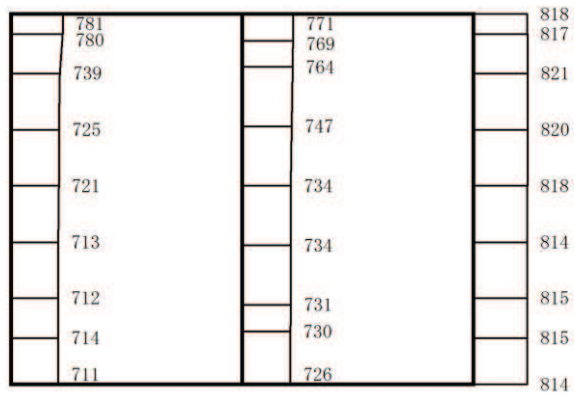
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

図 4-33 最大加速度分布図 (解析ケース③) (16/98)



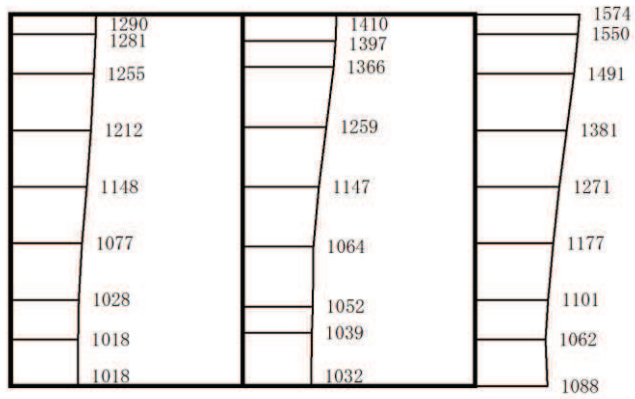
(a)  $S_s - D 2 (+ +)$  水平



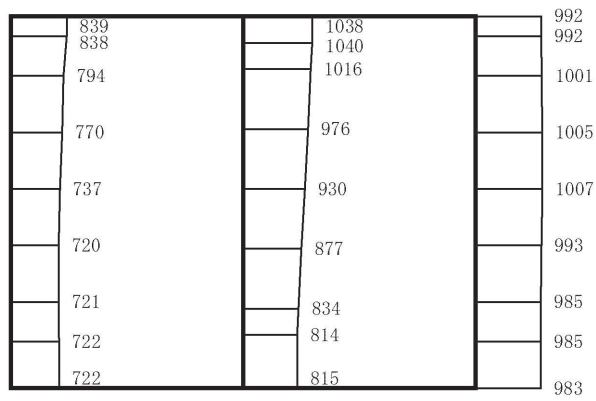
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - D 2 (+ +)$  鉛直

図 4-34 最大加速度分布図 (解析ケース③) (17/98)



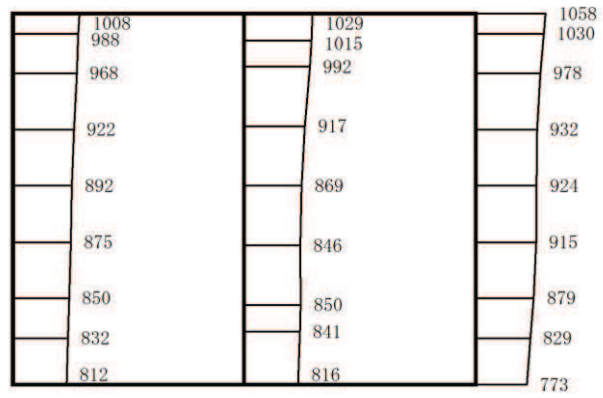
(a) S s - D 2 ( - + ) 水平



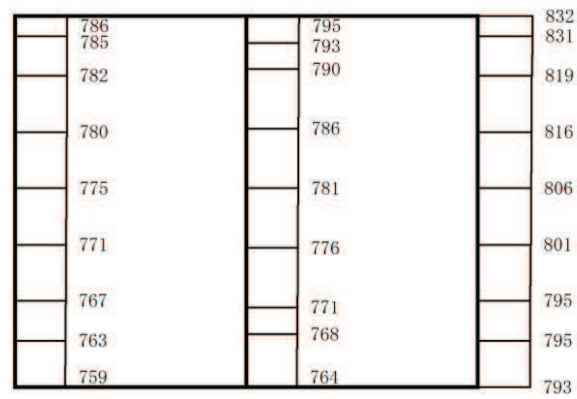
構造スケール 0 \_\_\_\_\_ 1 (m)      応答値スケール 0 \_\_\_\_\_ 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 2 ( - + ) 鉛直

図 4-35 最大加速度分布図 (解析ケース③) (18/98)



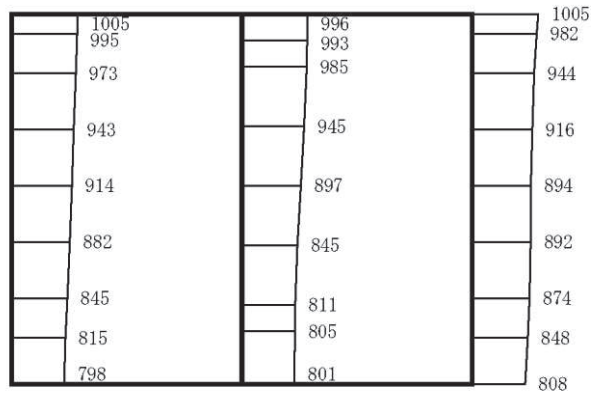
(a) S s - D 3 (++) 水平



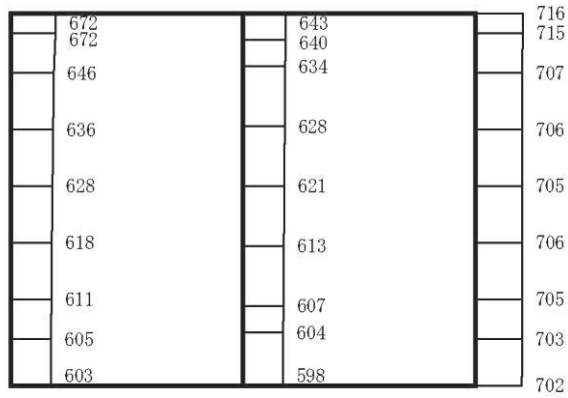
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-36 最大加速度分布図 (解析ケース③) (19/98)



(a) S s - D 3 ( - + ) 水平

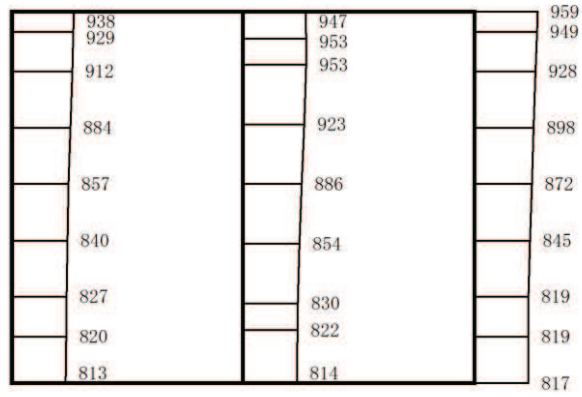


構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

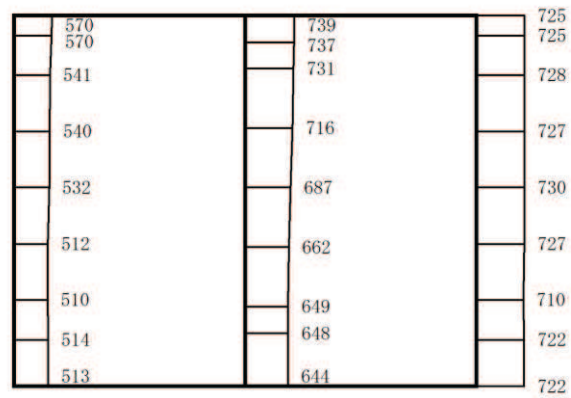
(b) S s - D 3 ( - + ) 鉛直

図 4-37 最大加速度分布図 (解析ケース③) (20/98)





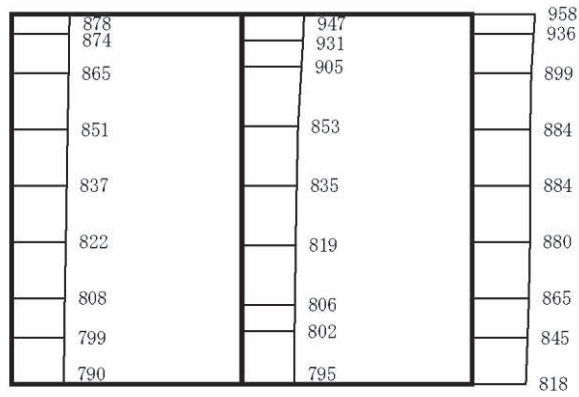
(a)  $S_s - F 1 (++)$  水平



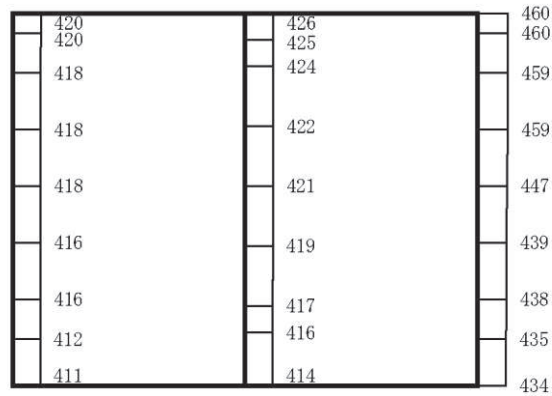
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F 1 (++)$  鉛直

図 4-38 最大加速度分布図 (解析ケース③) (21/98)



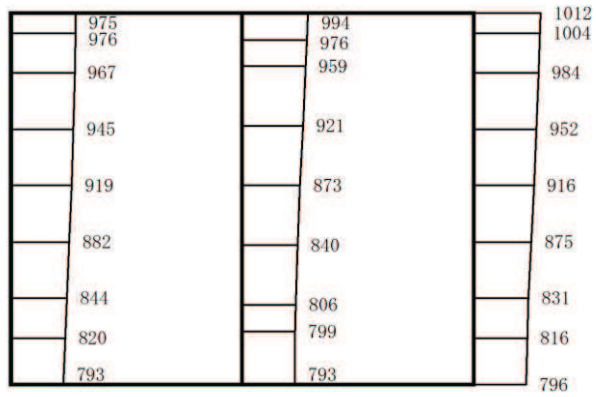
(a)  $S_s - F 1 (-+)$  水平



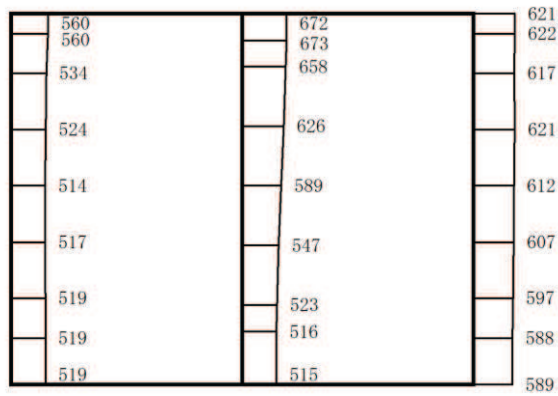
構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F 1 (-+)$  鉛直

図 4-39 最大加速度分布図 (解析ケース③) (22/98)



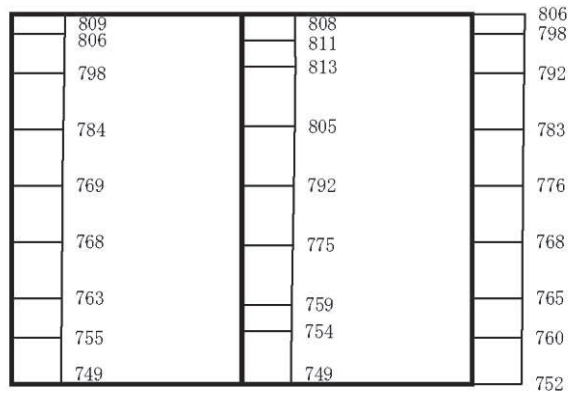
(a)  $S_s - F 2 (++)$  水平



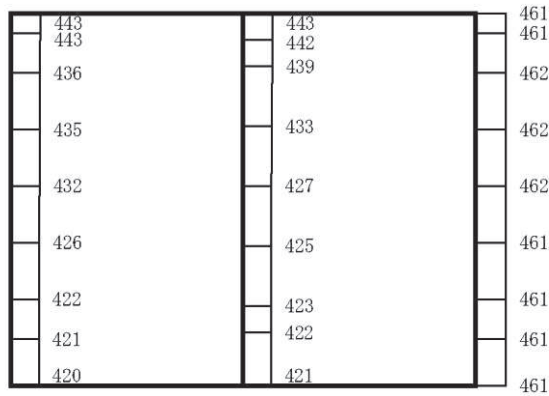
構造スケール  $\frac{0}{1}$  (m)      応答値スケール  $\frac{0}{2000}$  ( $\text{cm/s}^2$ )

(b)  $S_s - F 2 (++)$  鉛直

図 4-40 最大加速度分布図 (解析ケース③) (23/98)



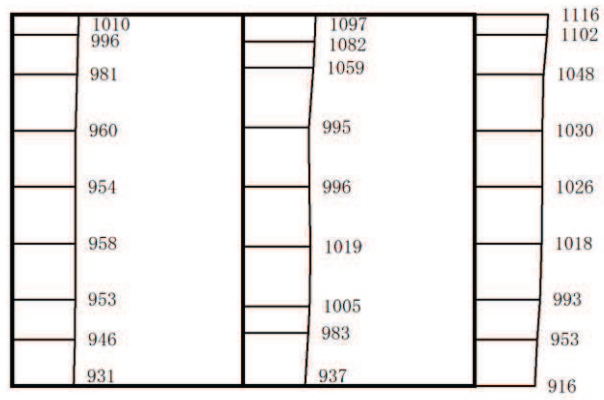
(a) S s - F 2 ( - + ) 水平



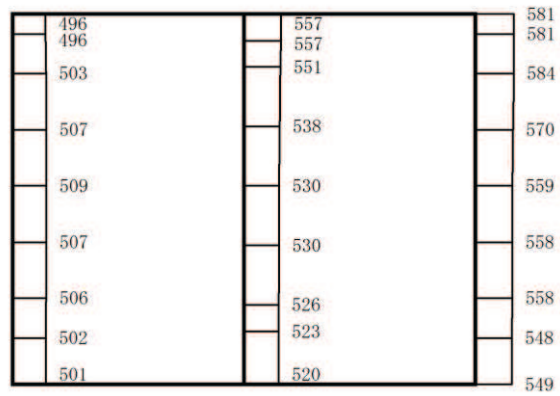
(b) S s - F 2 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-41 最大加速度分布図 (解析ケース③) (24/98)



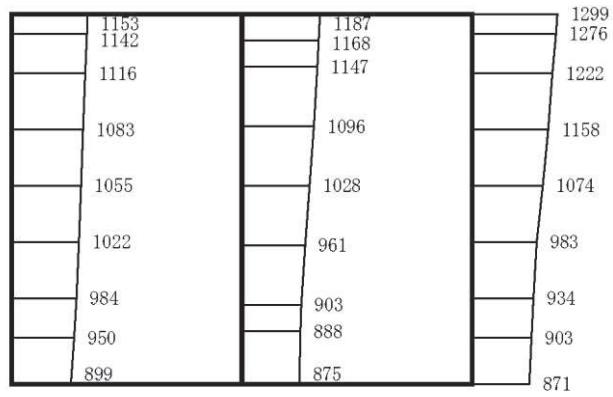
(a) S<sub>s</sub>-F 3 (++) 水平



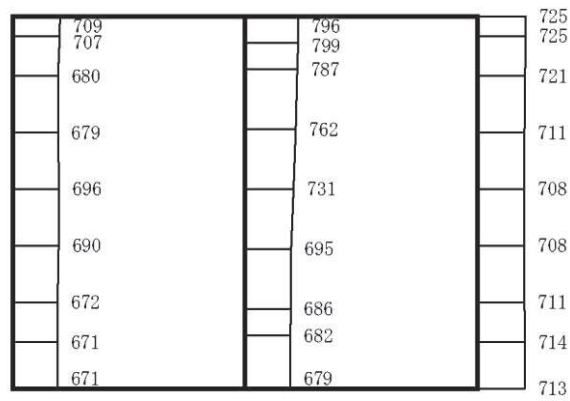
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S<sub>s</sub>-F 3 (++) 鉛直

図 4-42 最大加速度分布図 (解析ケース③) (25/98)



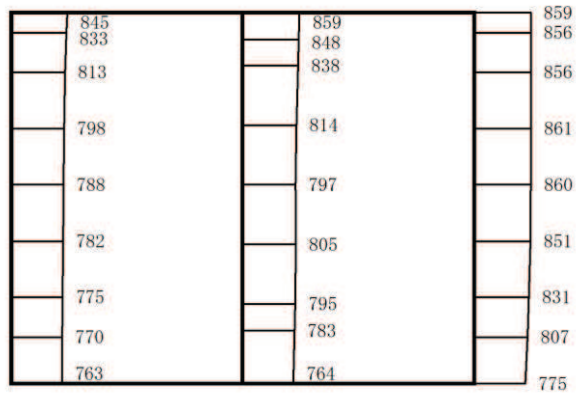
(a) S<sub>s</sub>-F 3 (-+) 水平



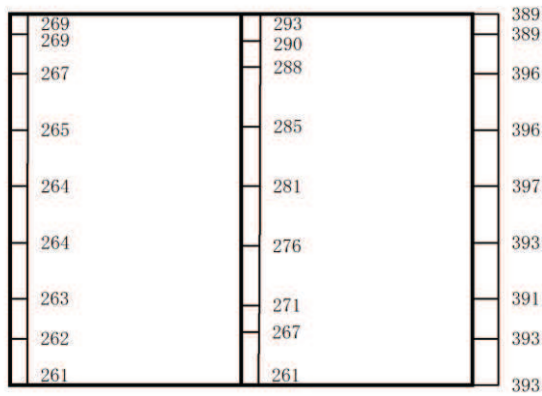
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S<sub>s</sub>-F 3 (-+) 鉛直

図 4-43 最大加速度分布図 (解析ケース③) (26/98)



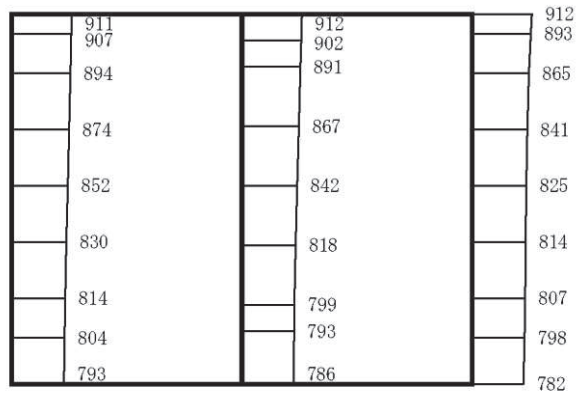
(a)  $S_s - N 1$  (++) 水平



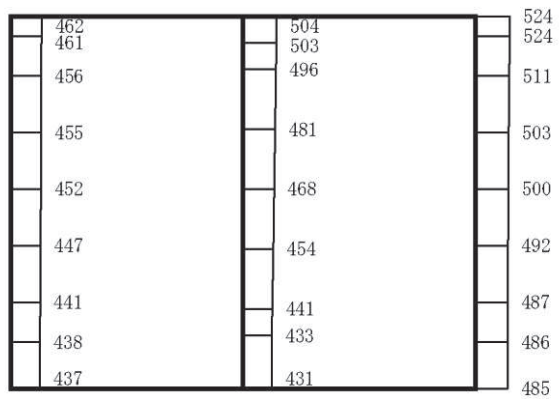
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - N 1$  (++) 鉛直

図 4-44 最大加速度分布図 (解析ケース③) (27/98)



(a) S s - N 1 ( - + ) 水平

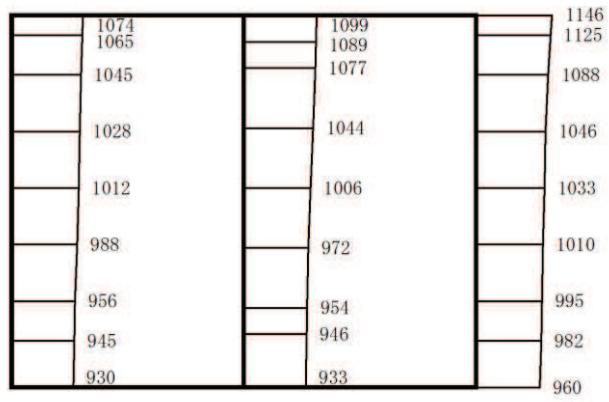


構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

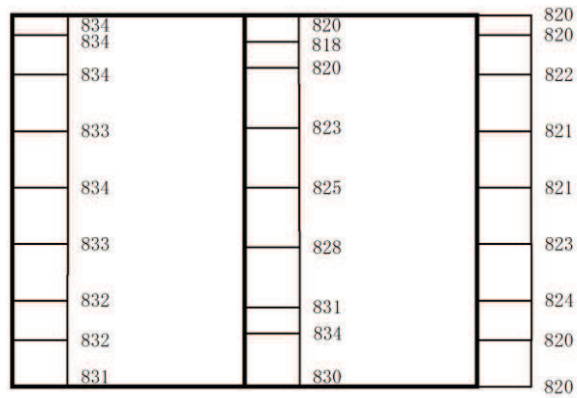
(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

図 4-45 最大加速度分布図 (解析ケース③) (28/98)





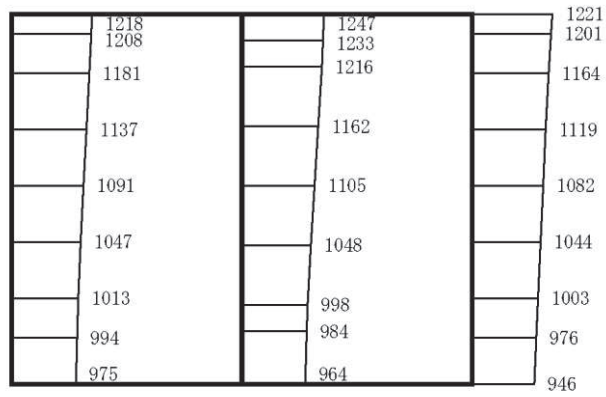
(a) S s - D 1 (++) 水平



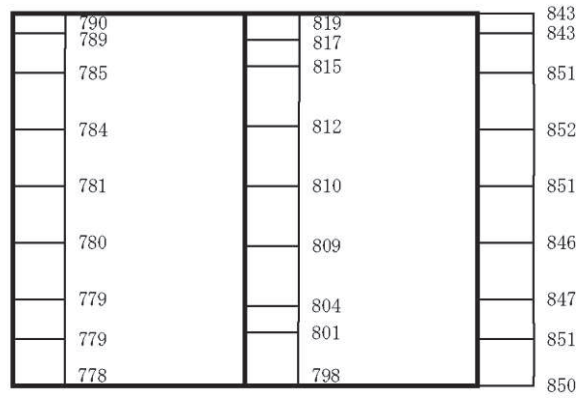
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-46 最大加速度分布図 (解析ケース④) (29/98)



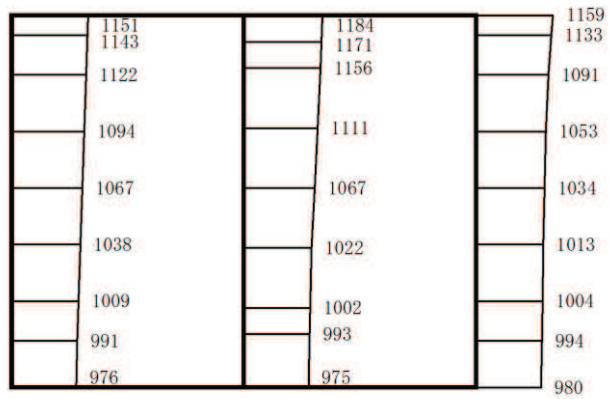
(a) S s - D 1 ( - + ) 水平



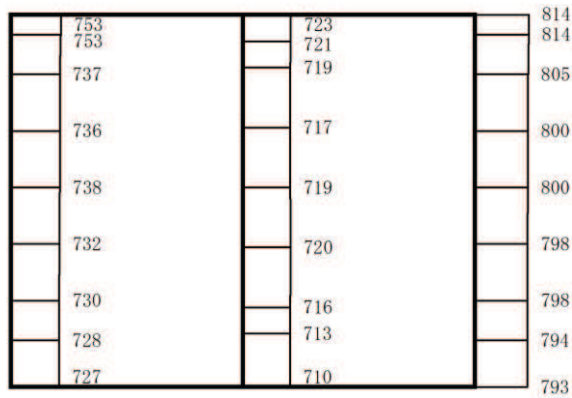
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 1 ( - + ) 鉛直

図 4-47 最大加速度分布図 (解析ケース④) (30/98)



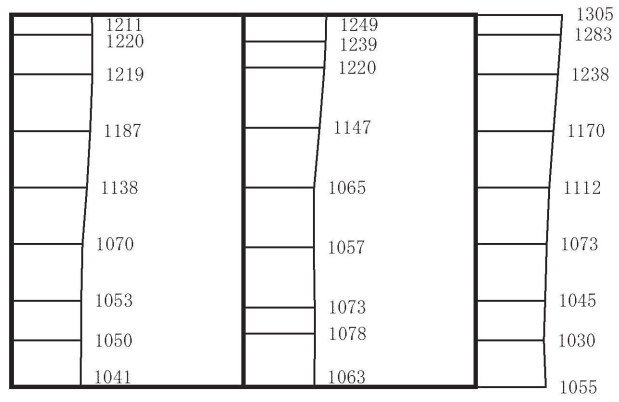
(a)  $S_s - D 2 (++)$  水平



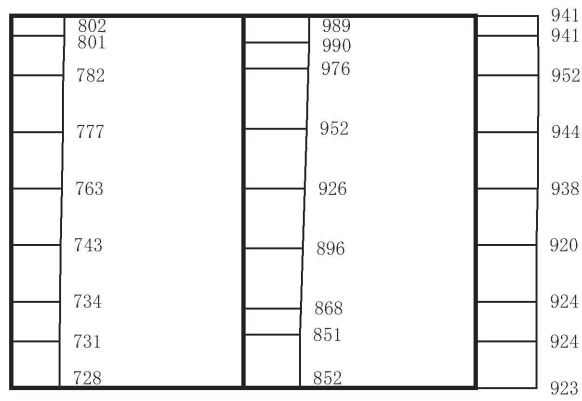
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - D 2 (++)$  鉛直

図 4-48 最大加速度分布図 (解析ケース④) (31/98)



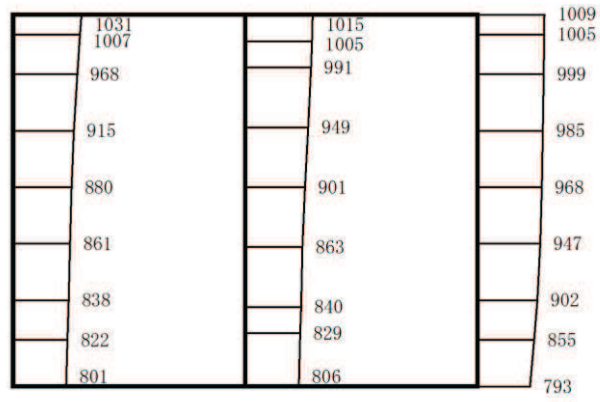
(a) S s - D 2 ( - + ) 水平



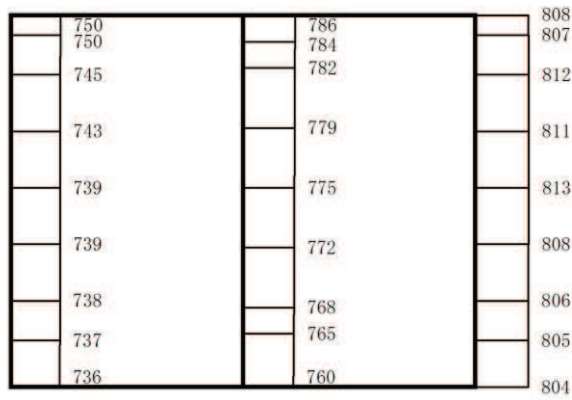
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 2 ( - + ) 鉛直

図 4-49 最大加速度分布図 (解析ケース④) (32/98)



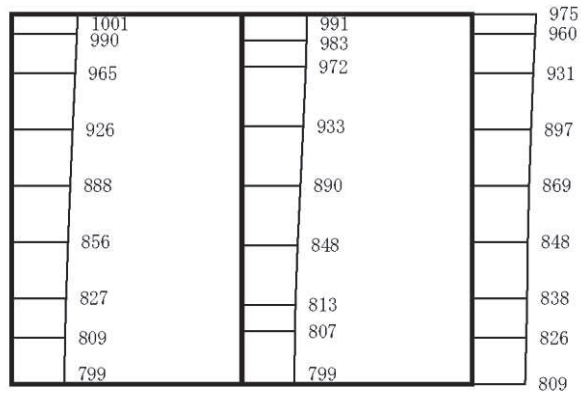
(a) S s - D 3 (++) 水平



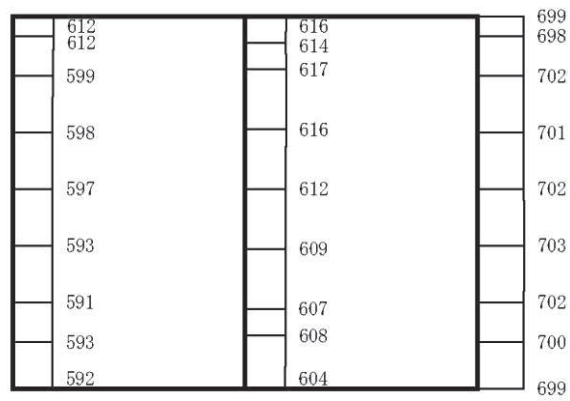
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-50 最大加速度分布図 (解析ケース④) (33/98)



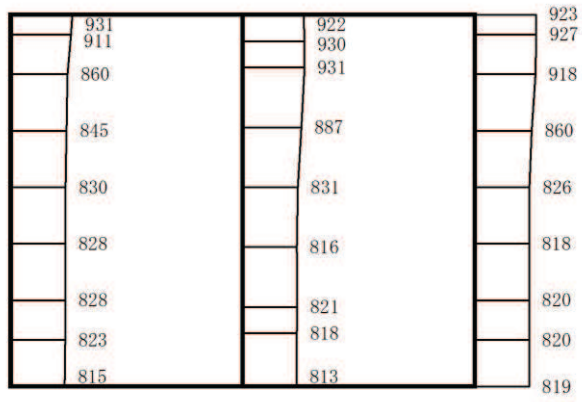
(a) S s - D 3 ( - + ) 水平



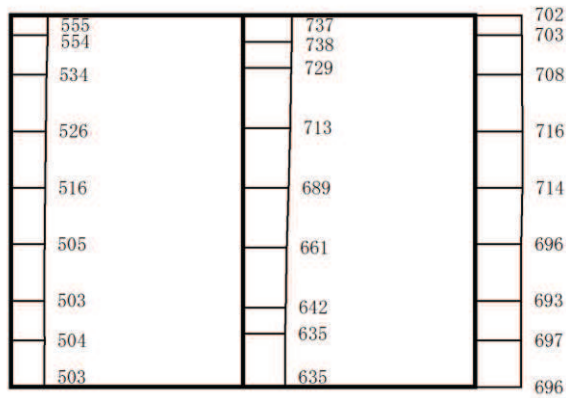
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - D 3 ( - + ) 鉛直

図 4-51 最大加速度分布図 (解析ケース④) (34/98)



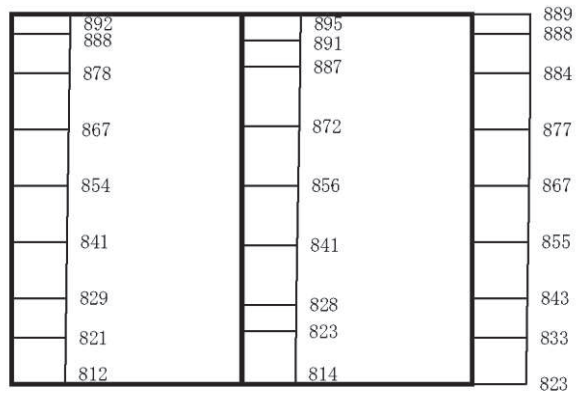
(a)  $S_s - F 1 (++)$  水平



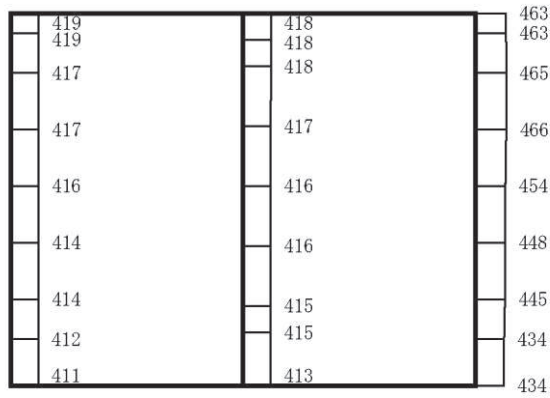
(b)  $S_s - F 1 (++)$  鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-52 最大加速度分布図 (解析ケース④) (35/98)



(a)  $S_s - F 1 (-+)$  水平

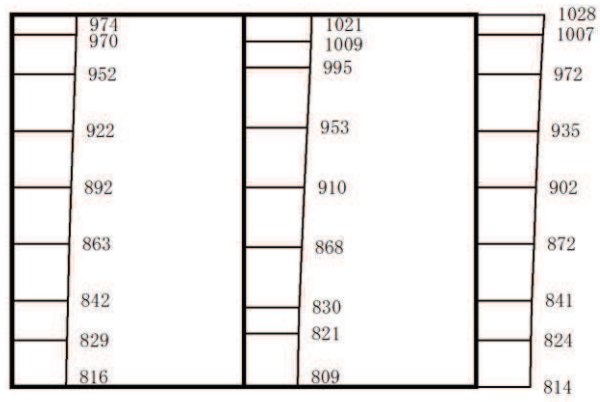


構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

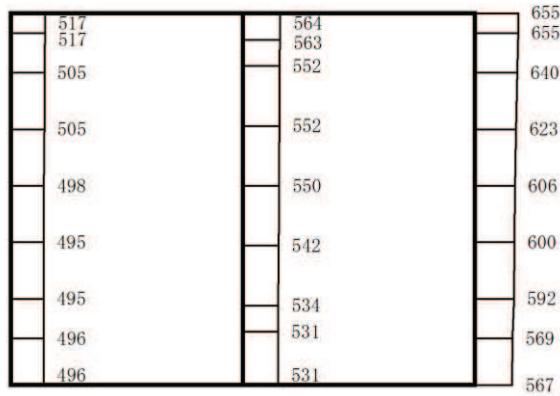
(b)  $S_s - F 1 (-+)$  鉛直

図 4-53 最大加速度分布図 (解析ケース④) (36/98)





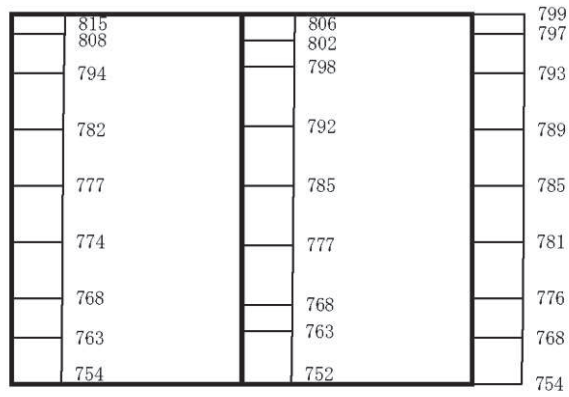
(a)  $S_s - F_2$  (++) 水平



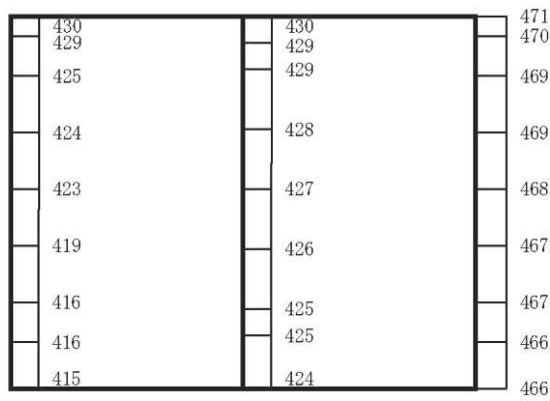
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F_2$  (++) 鉛直

図 4-54 最大加速度分布図 (解析ケース④) (37/98)



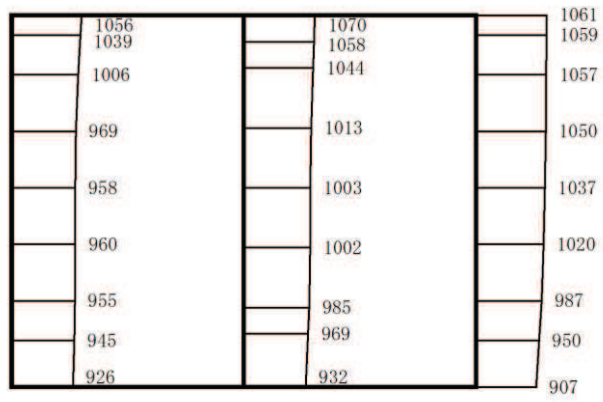
(a) S s - F 2 (-+) 水平



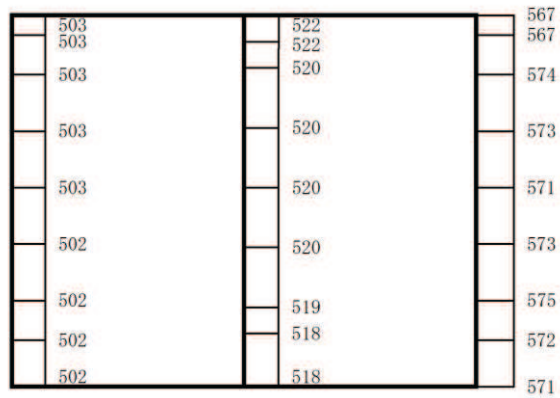
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

図 4-55 最大加速度分布図 (解析ケース④) (38/98)



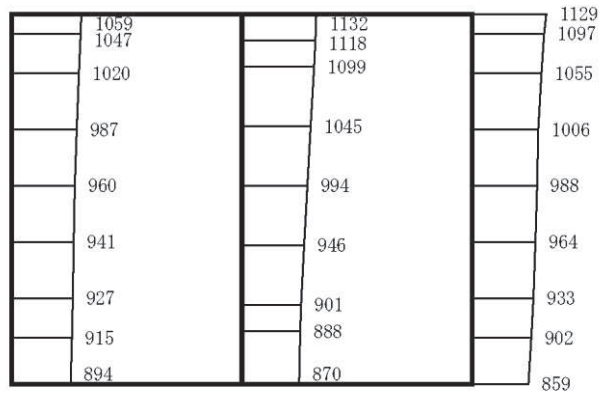
(a) S<sub>s</sub>-F 3 (++) 水平



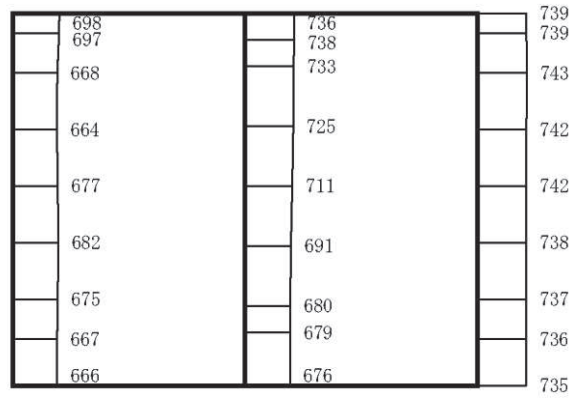
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S<sub>s</sub>-F 3 (++) 鉛直

図 4-56 最大加速度分布図 (解析ケース④) (39/98)



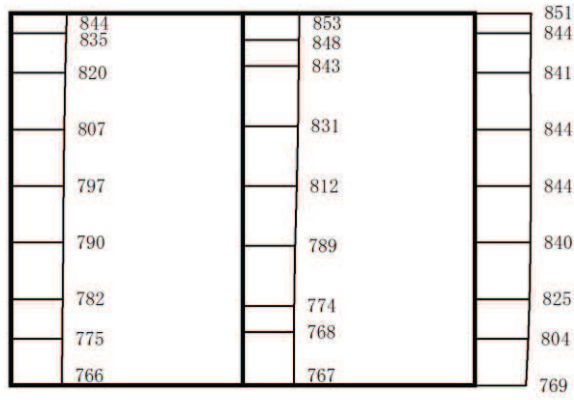
(a)  $S_s - F_3 (-+)$  水平



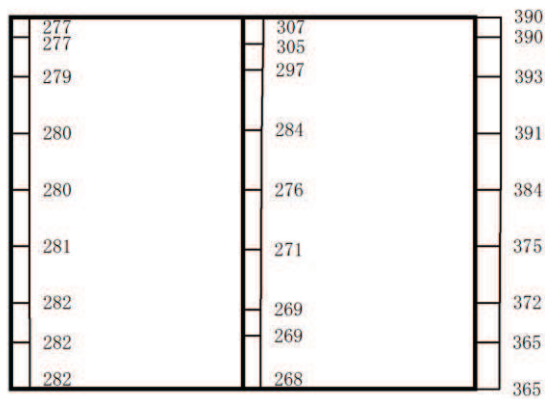
構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b)  $S_s - F_3 (-+)$  鉛直

図 4-57 最大加速度分布図 (解析ケース④) (40/98)



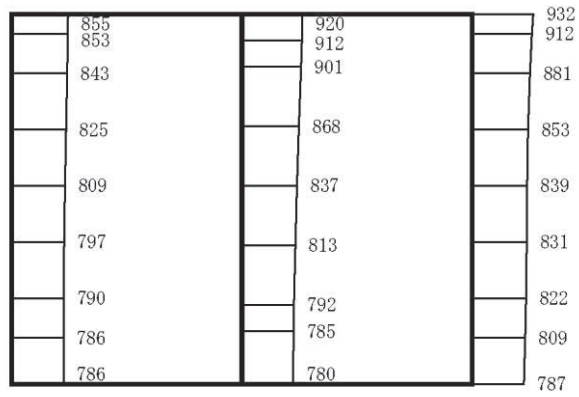
(a) S s - N 1 (++) 水平



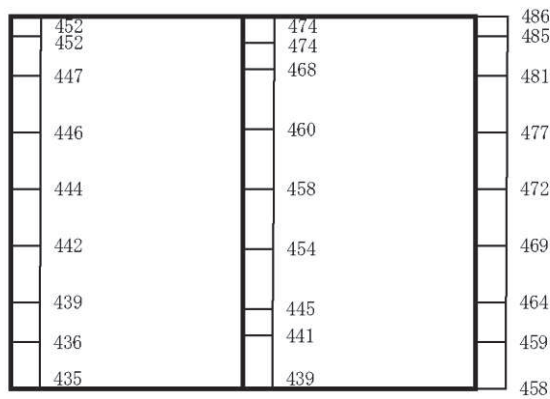
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-58 最大加速度分布図 (解析ケース④) (41/98)



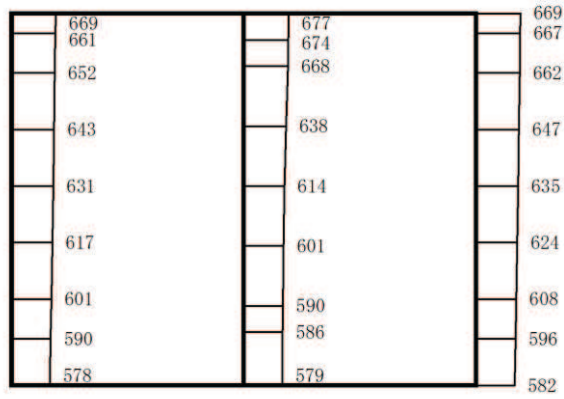
(a) S s - N 1 ( - + ) 水平



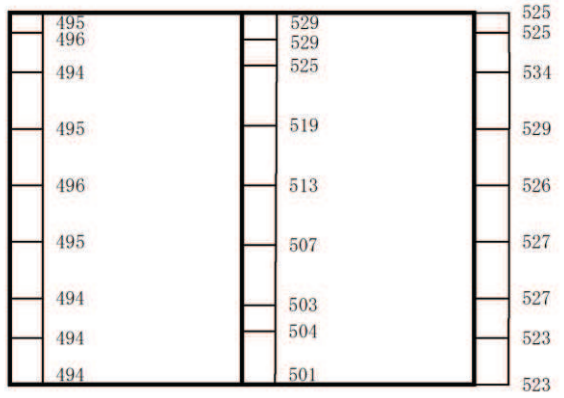
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S s - N 1 ( - + ) 鉛直

図 4-59 最大加速度分布図 (解析ケース④) (42/98)



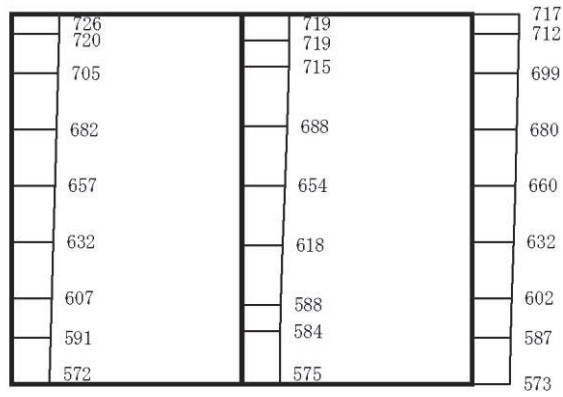
(a) S d - D 1 (++) 水平



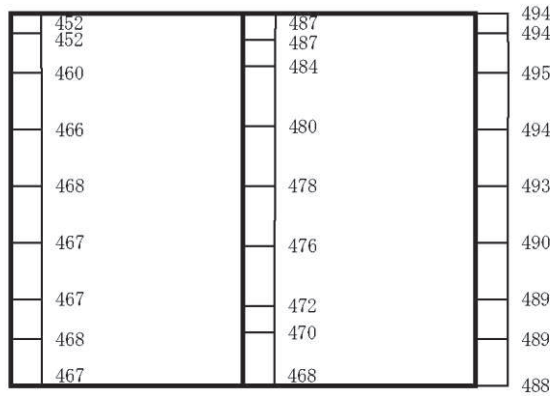
(b) S d - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-60 最大加速度分布図 (解析ケース①) (43/98)



(a) S d - D 1 ( - + ) 水平

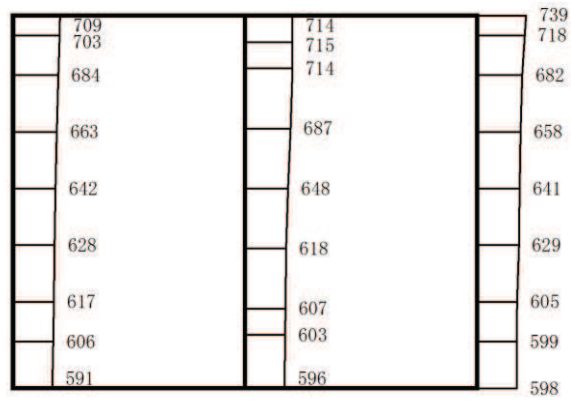


構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

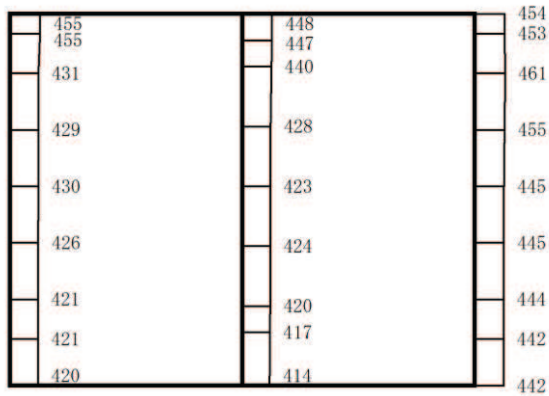
(b) S d - D 1 ( - + ) 鉛直

図 4-61 最大加速度分布図 (解析ケース①) (44/98)





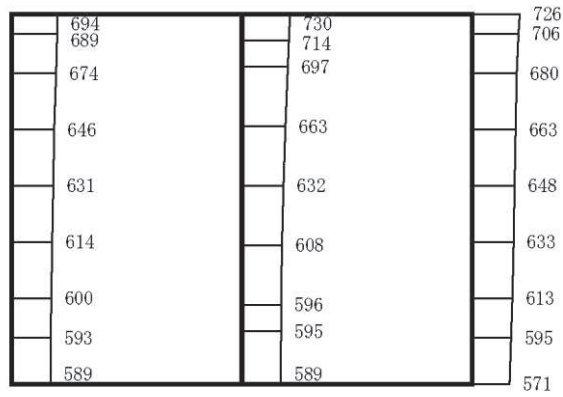
(a) S d - D 2 (++) 水平



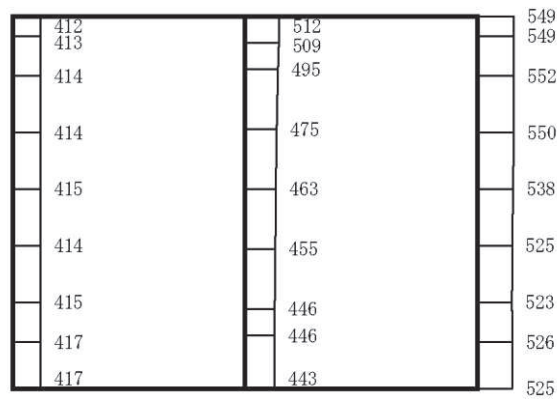
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-62 最大加速度分布図 (解析ケース①) (45/29)



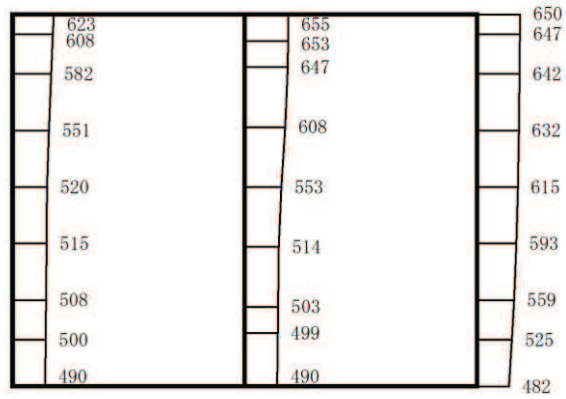
(a) S d - D 2 ( - + ) 水平



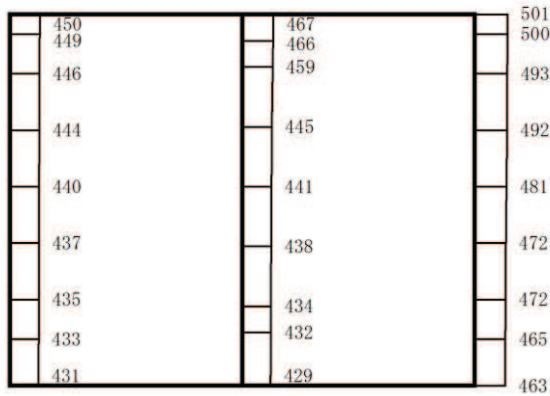
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 2 ( - + ) 鉛直

図 4-63 最大加速度分布図 (解析ケース①) (46/98)



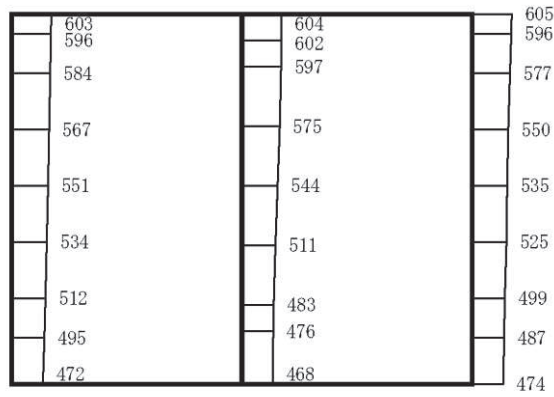
(a) S d - D 3 (++) 水平



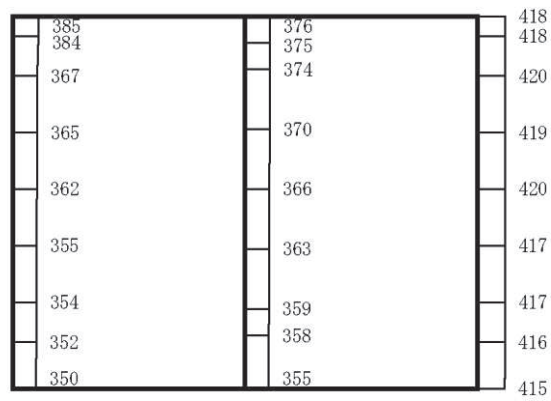
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-64 最大加速度分布図 (解析ケース①) (47/98)



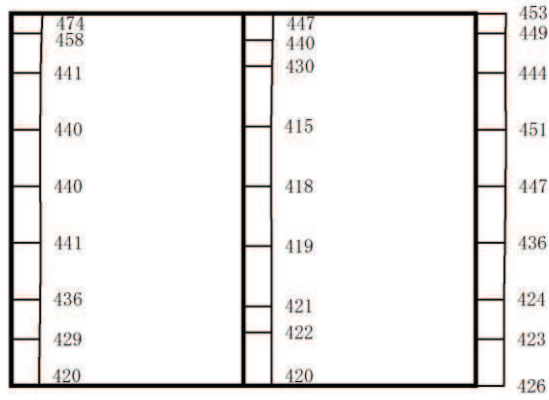
(a) S d - D 3 ( - + ) 水平



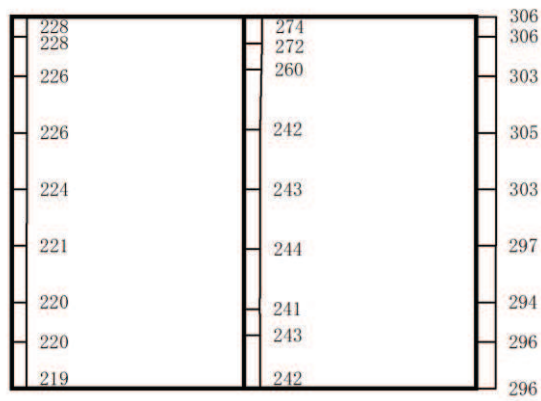
(b) S d - D 3 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-65 最大加速度分布図 (解析ケース①) (48/98)



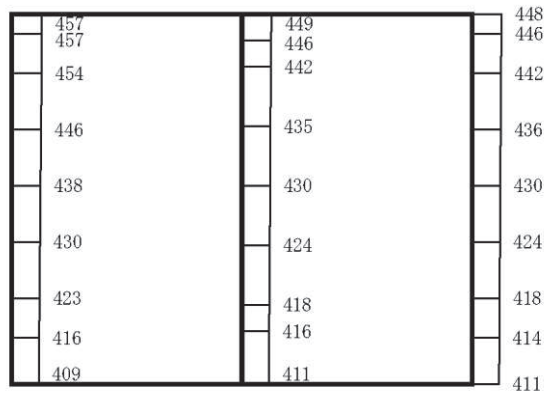
(a) S d - F 1 (++) 水平



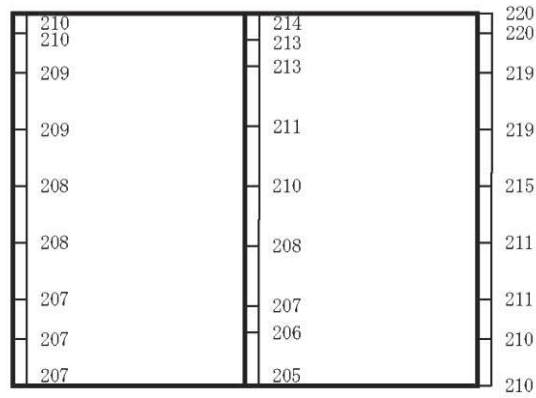
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-66 最大加速度分布図 (解析ケース①) (49/98)



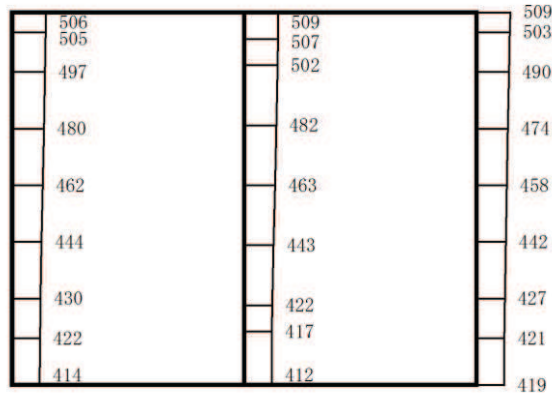
(a) S d - F 1 ( - + ) 水平



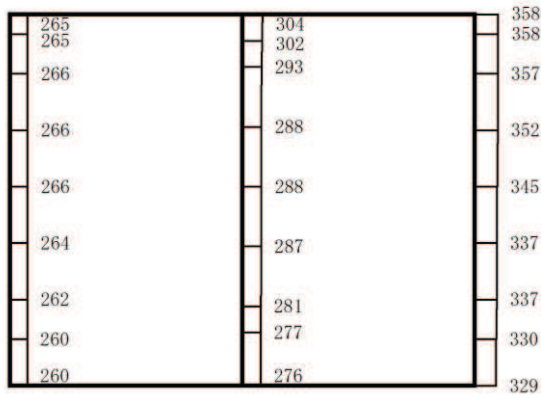
構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 1 ( - + ) 鉛直

図 4-67 最大加速度分布図 (解析ケース①) (50/98)



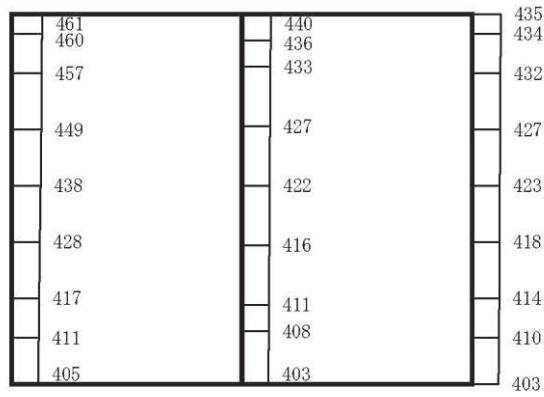
(a) S d - F 2 (++) 水平



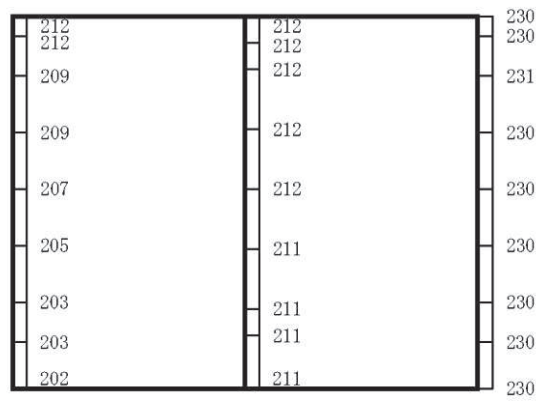
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-68 最大加速度分布図 (解析ケース①) (51/98)



(a) S d - F 2 ( - + ) 水平

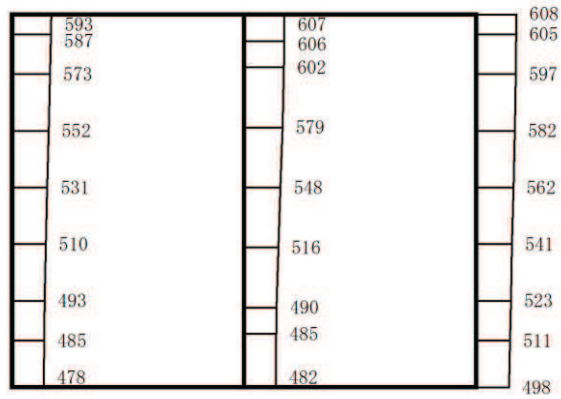


構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

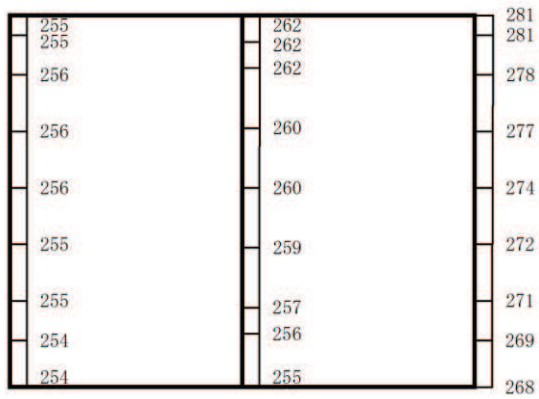
(b) S d - F 2 ( - + ) 鉛直

図 4-69 最大加速度分布図 (解析ケース①) (52/98)





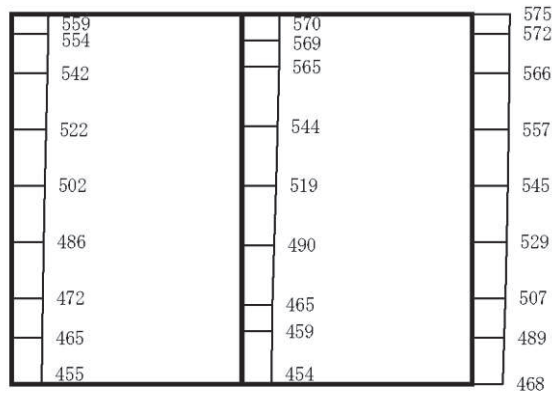
(a) S d - F 3 (++) 水平



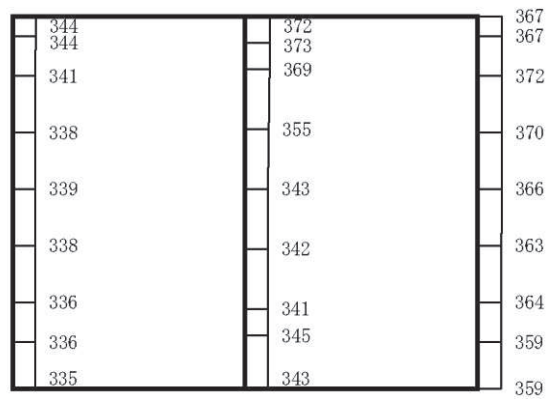
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-70 最大加速度分布図 (解析ケース①) (53/98)



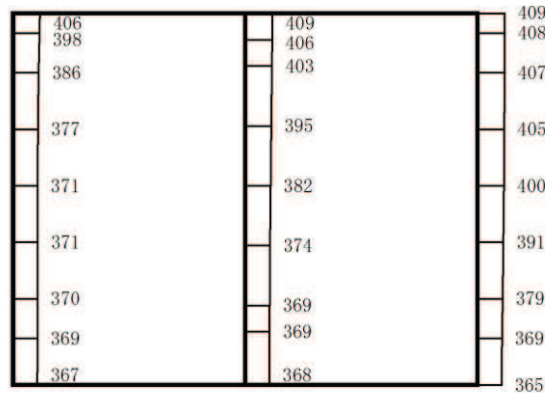
(a) S d - F 3 ( - + ) 水平



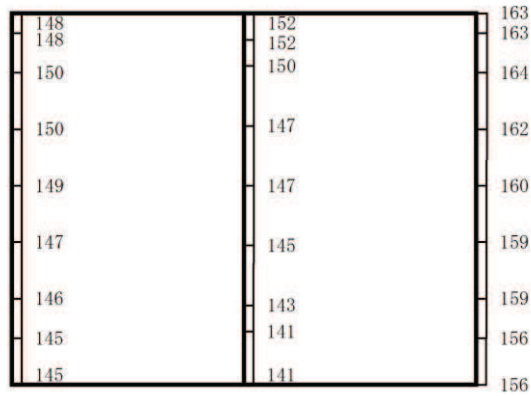
(b) S d - F 3 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-71 最大加速度分布図 (解析ケース①) (54/98)



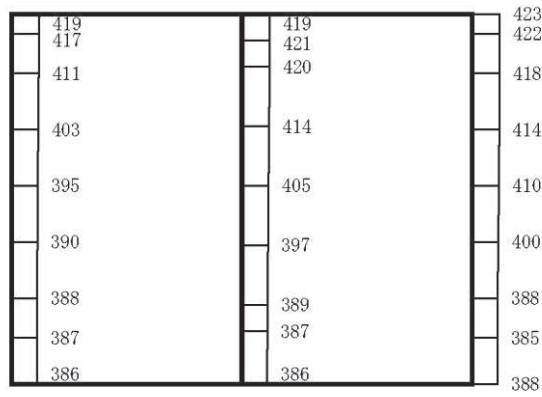
(a) S d - N 1 (++) 水平



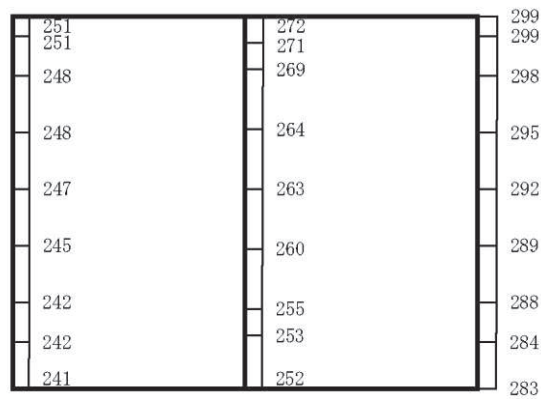
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-72 最大加速度分布図 (解析ケース①) (55/98)



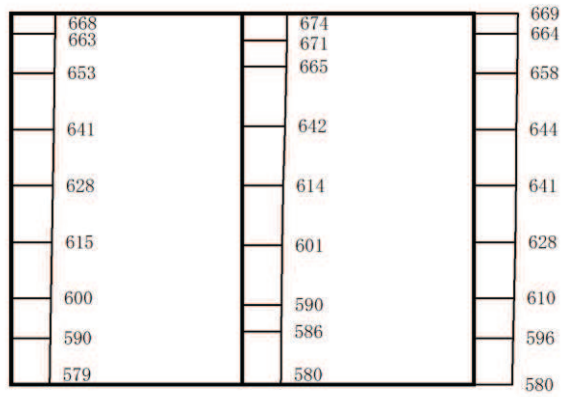
(a) S d - N 1 ( - + ) 水平



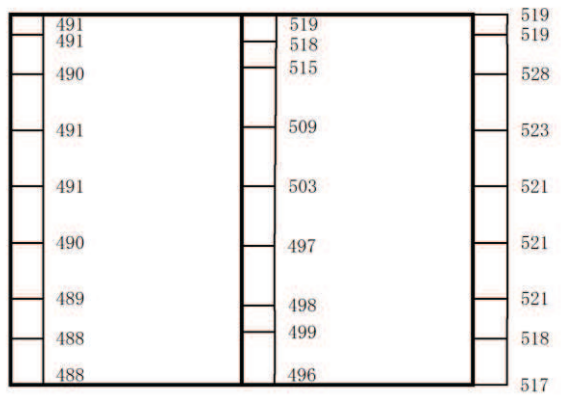
(b) S d - N 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-73 最大加速度分布図 (解析ケース①) (56/98)



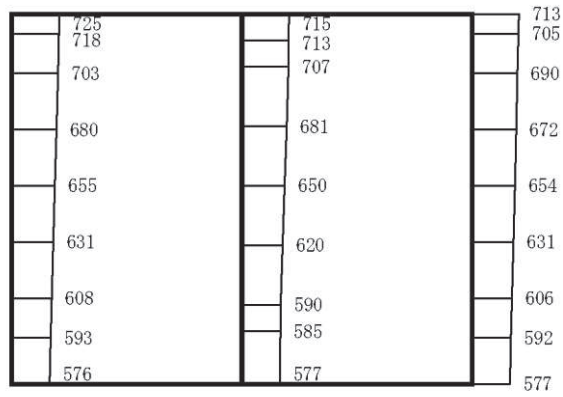
(a) S d - D 1 (++) 水平



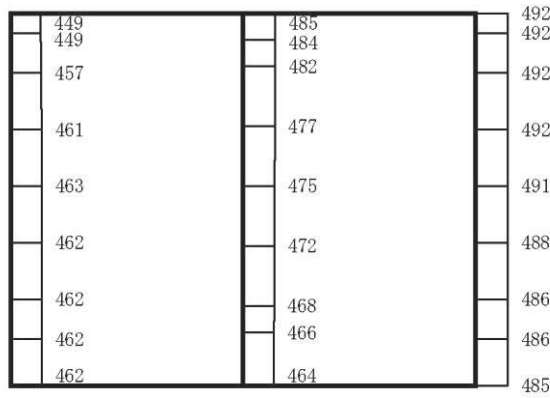
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-74 最大加速度分布図 (解析ケース②) (57/98)



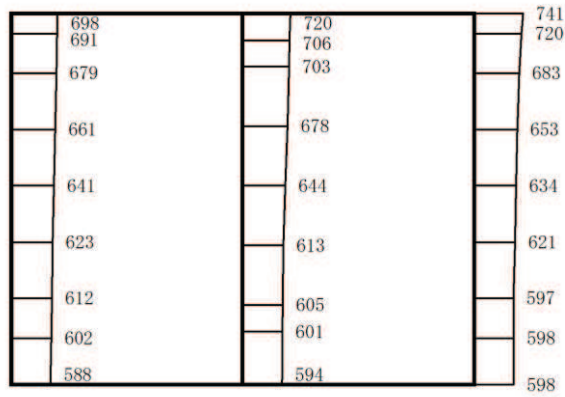
(a) S d - D 1 ( - + ) 水平



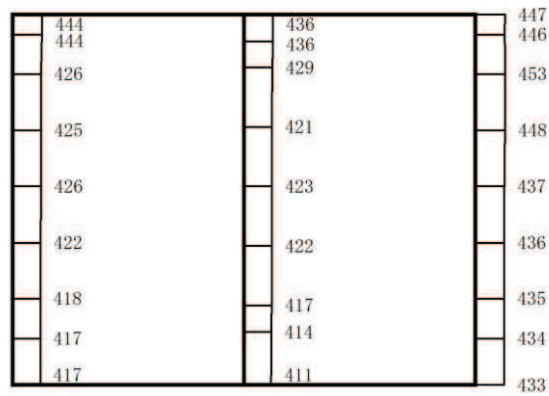
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 1 ( - + ) 鉛直

図 4-75 最大加速度分布図 (解析ケース②) (58/98)



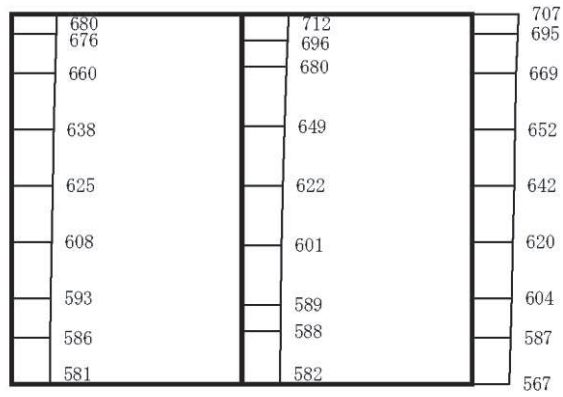
(a) S d - D 2 (++) 水平



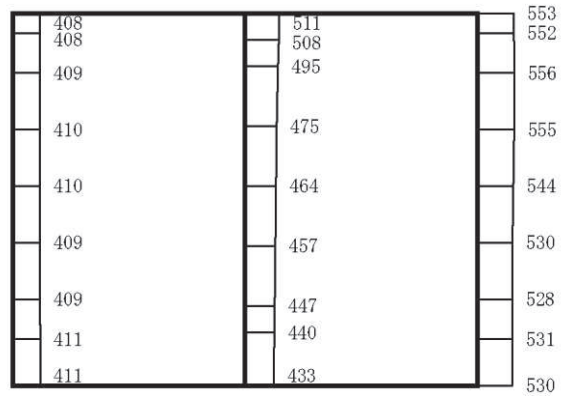
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-76 最大加速度分布図 (解析ケース②) (59/98)



(a) S d - D 2 ( - + ) 水平

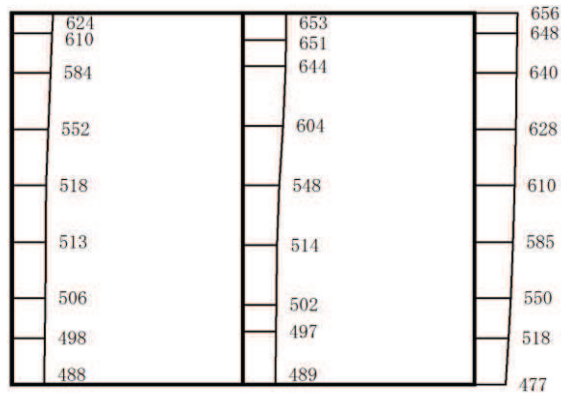


構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

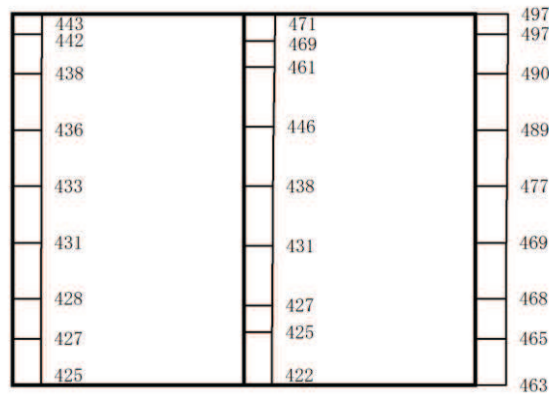
(b) S d - D 2 ( - + ) 鉛直

図 4-77 最大加速度分布図 (解析ケース②) (60/98)





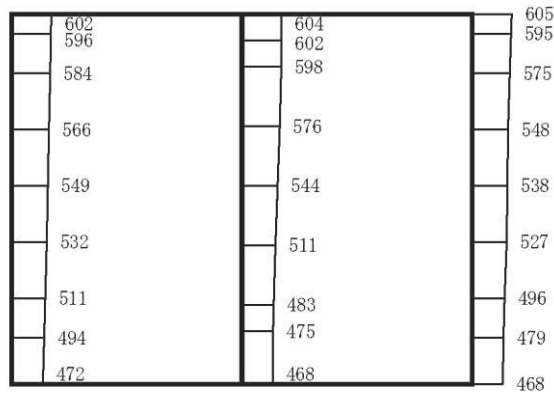
(a) S d - D 3 (++) 水平



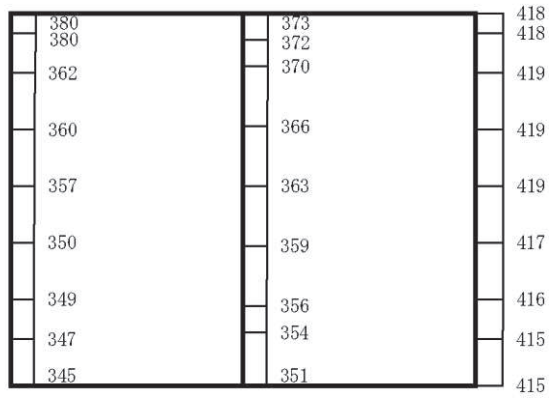
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-78 最大加速度分布図 (解析ケース②) (61/98)



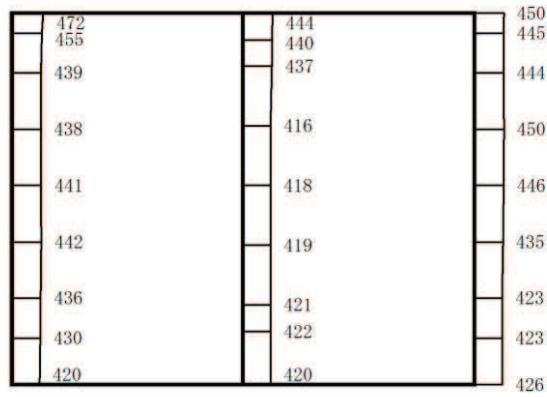
(a) S d - D 3 ( - + ) 水平



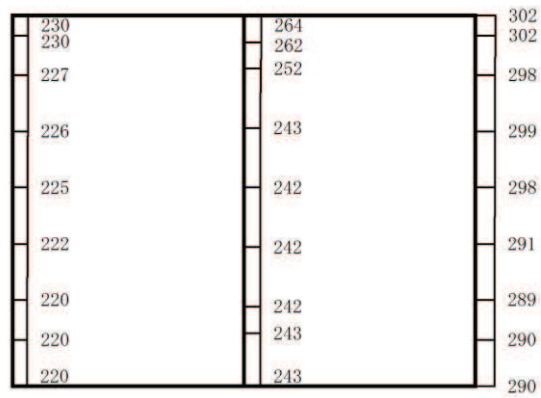
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 3 ( - + ) 鉛直

図 4-79 最大加速度分布図 (解析ケース②) (62/98)



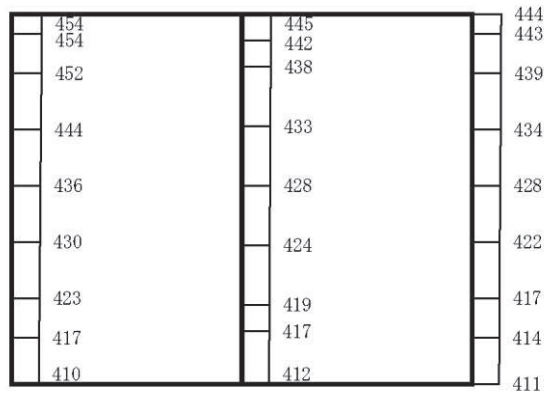
(a) S d - F 1 (++) 水平



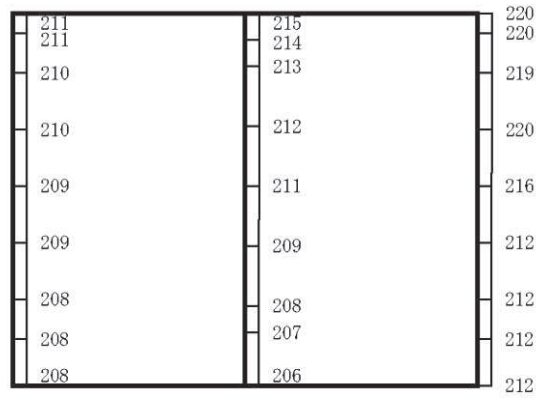
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-80 最大加速度分布図 (解析ケース②) (63/98)



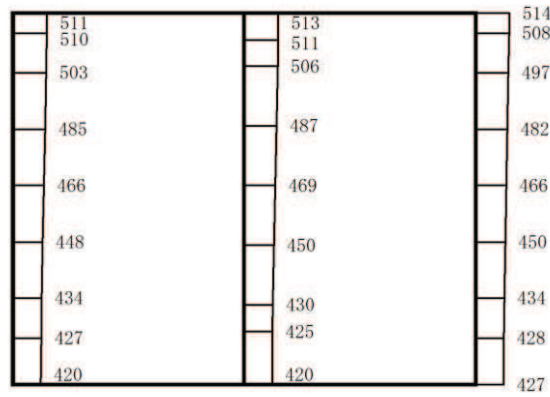
(a) S d - F 1 ( - + ) 水平



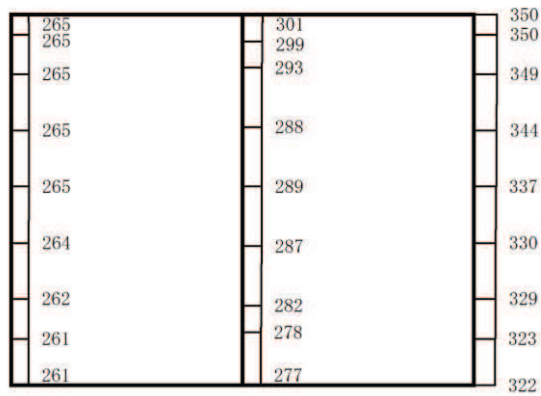
構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 1 ( - + ) 鉛直

図 4-81 最大加速度分布図 (解析ケース②) (64/98)



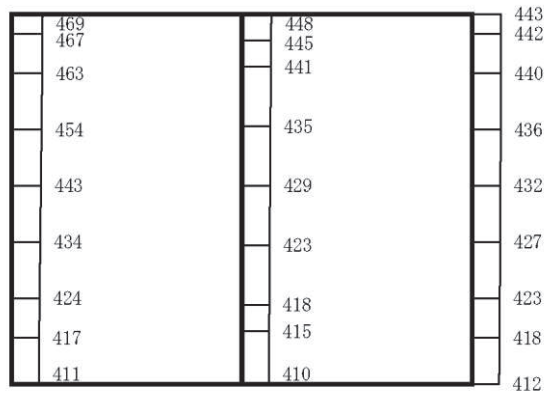
(a) S d - F 2 (++) 水平



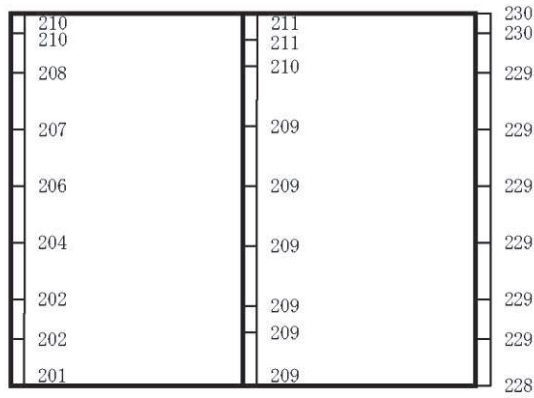
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-82 最大加速度分布図 (解析ケース②) (65/98)



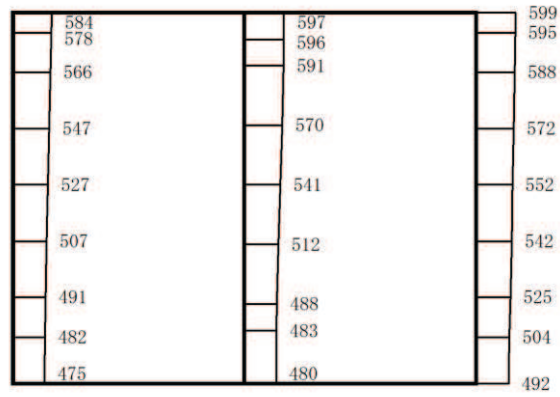
(a) S d - F 2 ( - + ) 水平



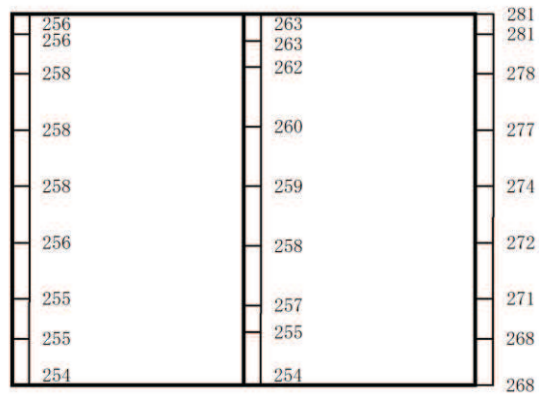
構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 2 ( - + ) 鉛直

図 4-83 最大加速度分布図 (解析ケース②) (66/98)



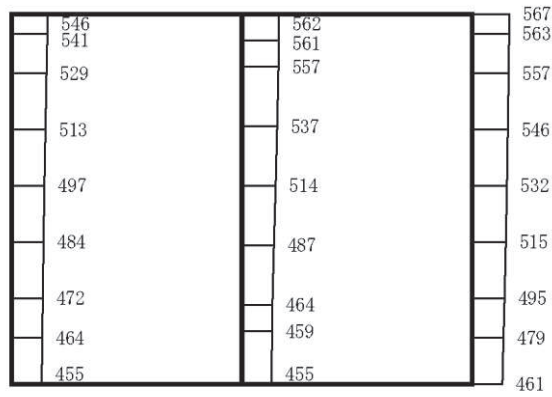
(a) S d - F 3 (++) 水平



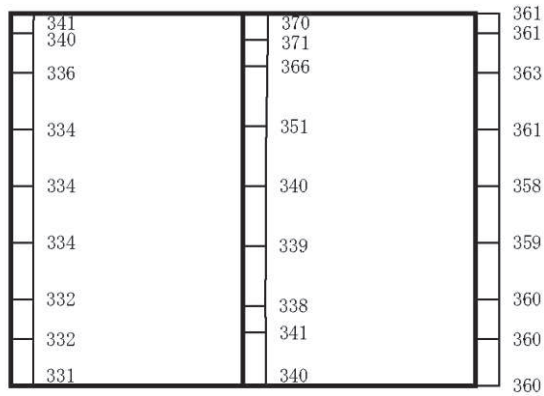
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-84 最大加速度分布図 (解析ケース②) (67/98)



(a) S d - F 3 ( - + ) 水平

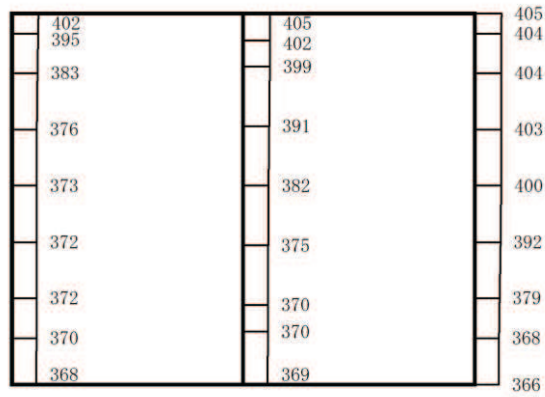


構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

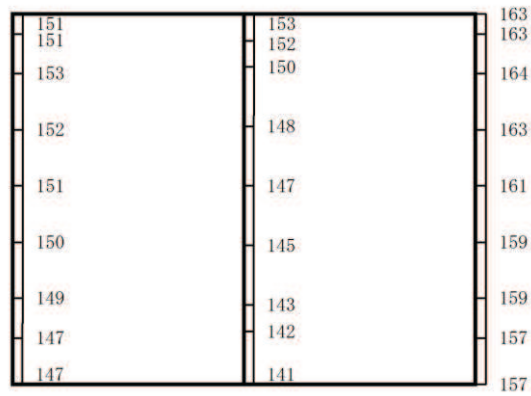
(b) S d - F 3 ( - + ) 鉛直

図 4-85 最大加速度分布図 (解析ケース②) (68/98)





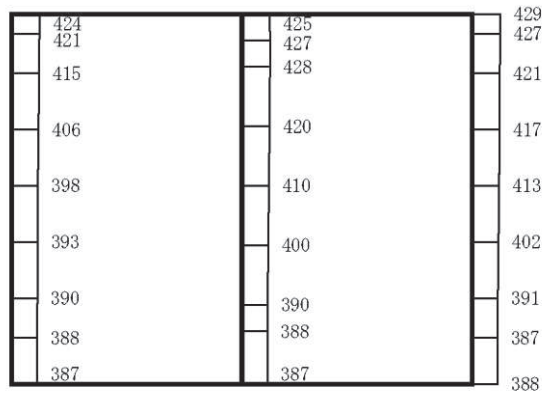
(a) S d - N 1 (++) 水平



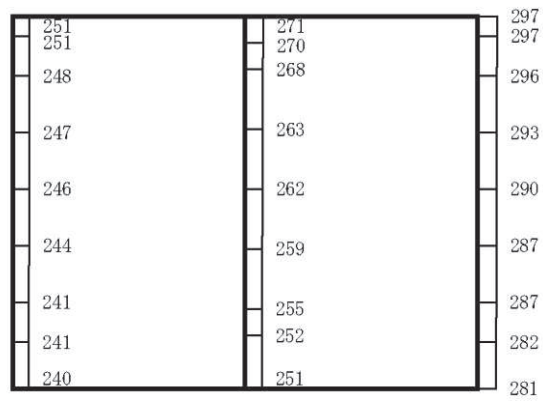
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-86 最大加速度分布図 (解析ケース②) (69/98)



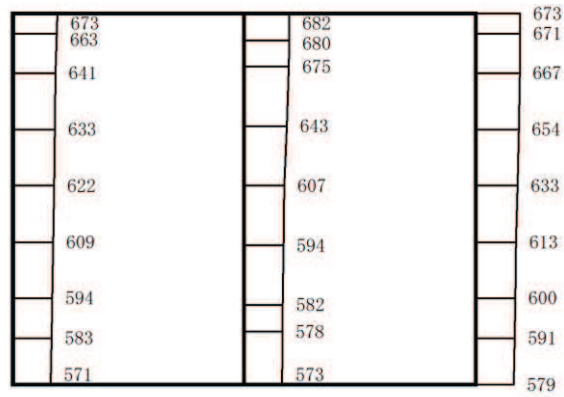
(a) S d - N 1 ( - + ) 水平



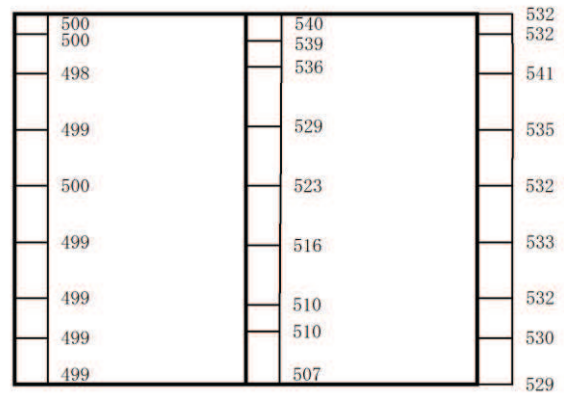
(b) S d - N 1 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-87 最大加速度分布図 (解析ケース②) (70/98)



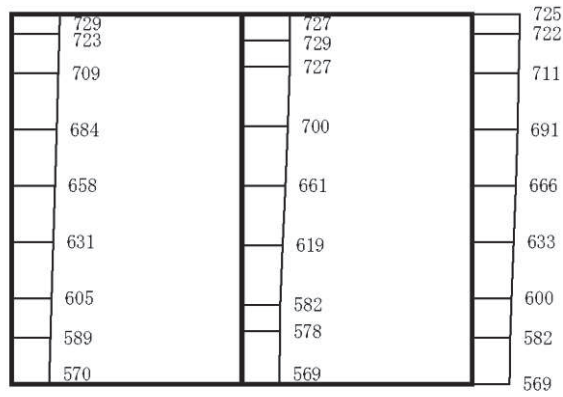
(a) S d - D 1 (++) 水平



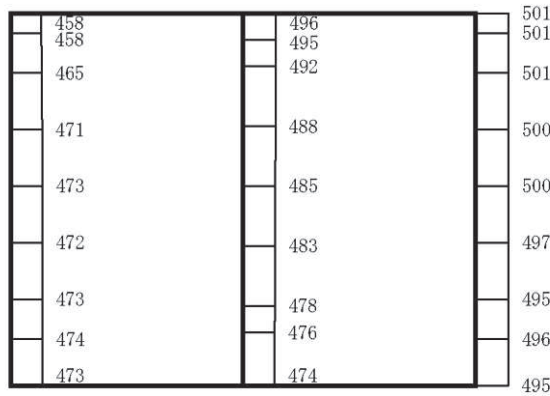
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-88 最大加速度分布図 (解析ケース③) (71/98)



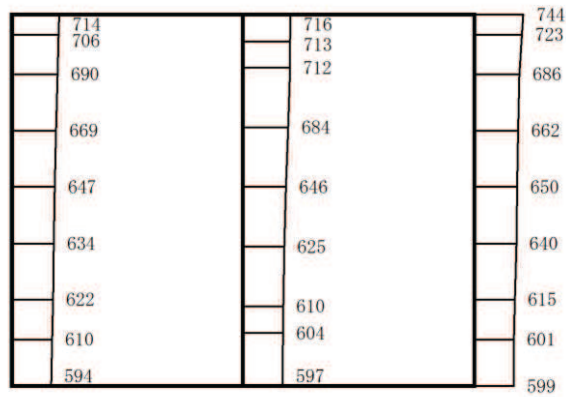
(a) S d - D 1 ( - + ) 水平



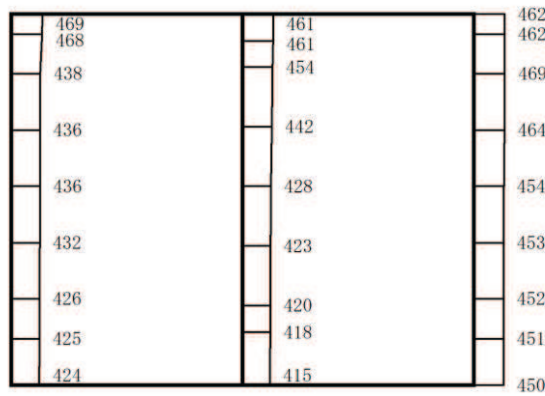
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 1 ( - + ) 鉛直

図 4-89 最大加速度分布図 (解析ケース③) (72/98)



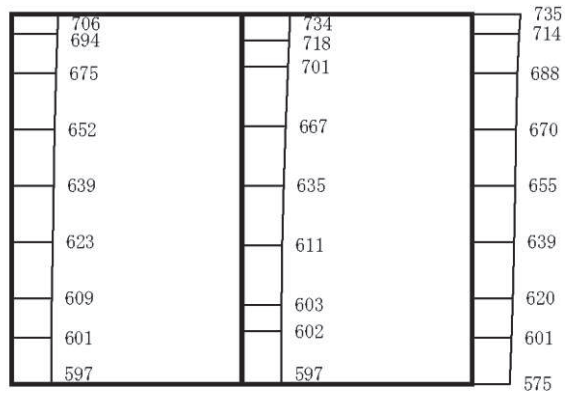
(a) S d - D 2 (++) 水平



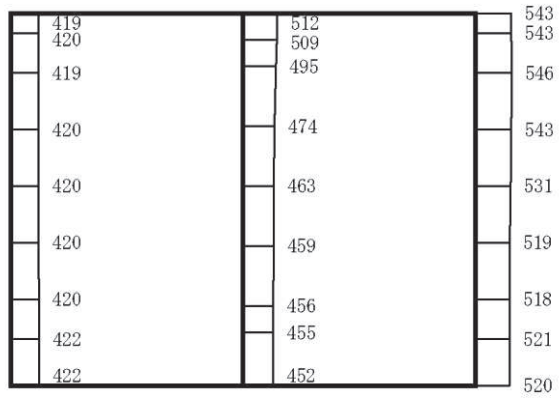
(b) S d - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-90 最大加速度分布図 (解析ケース③) (73/98)



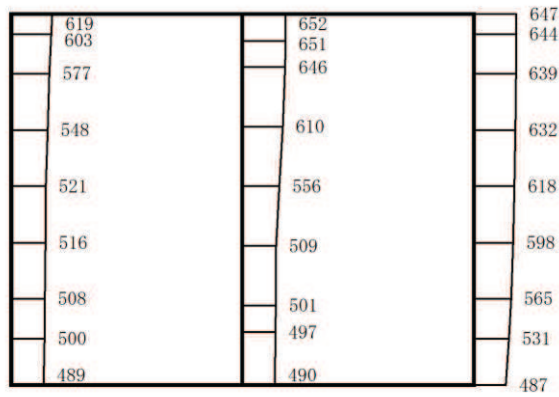
(a) S d - D 2 ( - + ) 水平



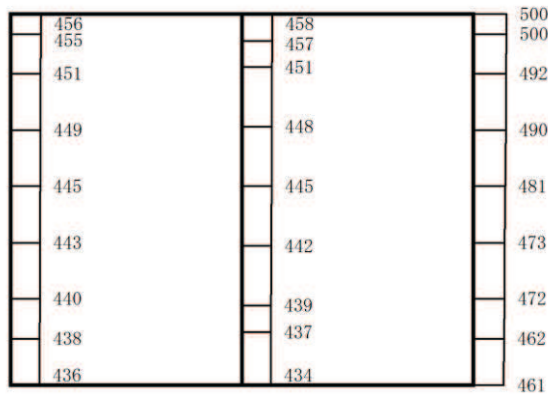
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 2 ( - + ) 鉛直

図 4-91 最大加速度分布図 (解析ケース③) (74/98)



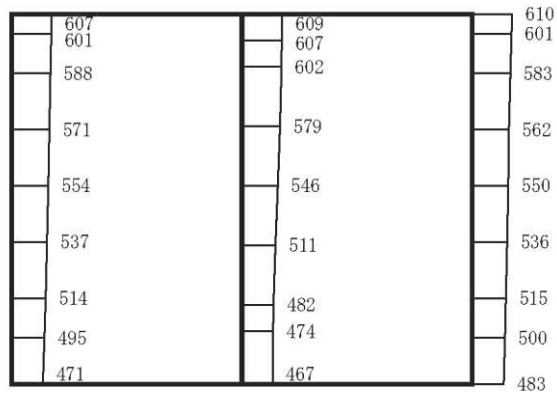
(a) S d - D 3 (++) 水平



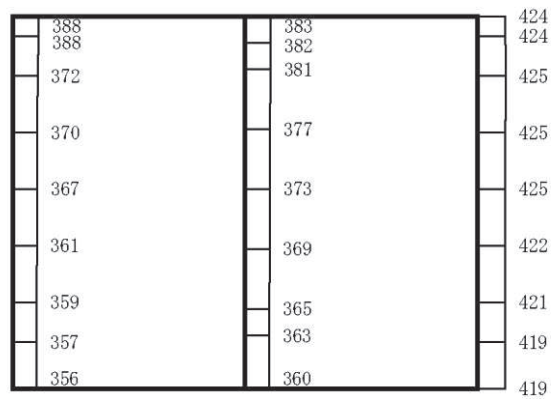
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-92 最大加速度分布図 (解析ケース③) (75/98)



(a) S d - D 3 ( - + ) 水平

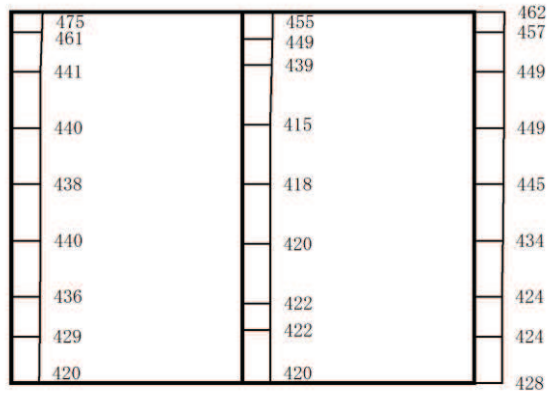


構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

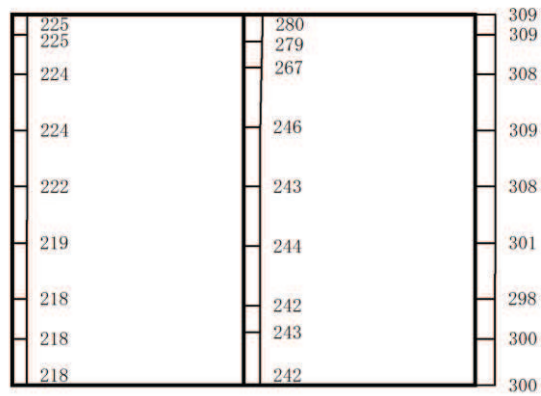
(b) S d - D 3 ( - + ) 鉛直

図 4-93 最大加速度分布図 (解析ケース③) (76/98)





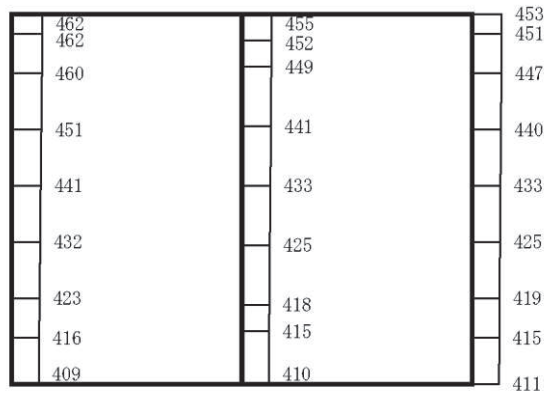
(a) S d - F 1 (++) 水平



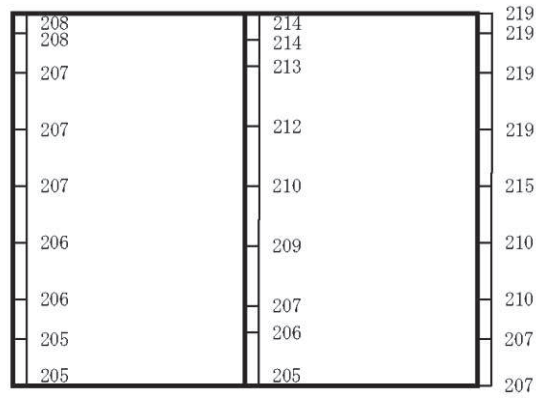
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-94 最大加速度分布図 (解析ケース③) (77/98)



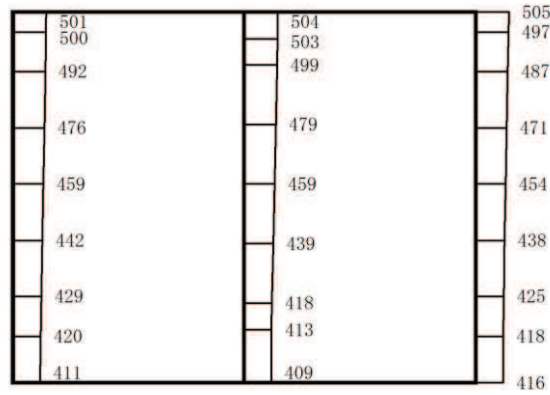
(a) S d - F 1 ( - + ) 水平



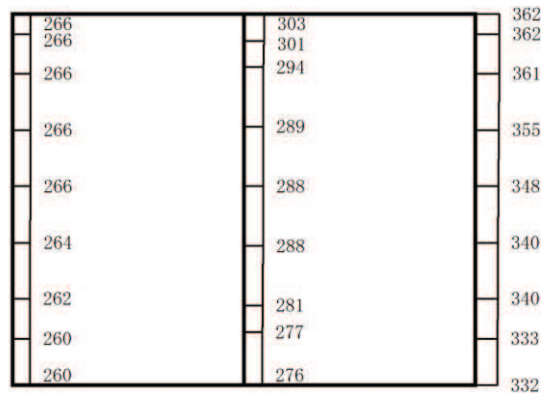
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 1 ( - + ) 鉛直

図 4-95 最大加速度分布図 (解析ケース③) (78/98)



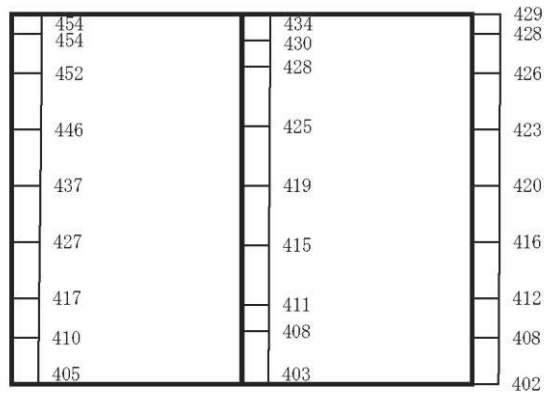
(a) S d - F 2 (++) 水平



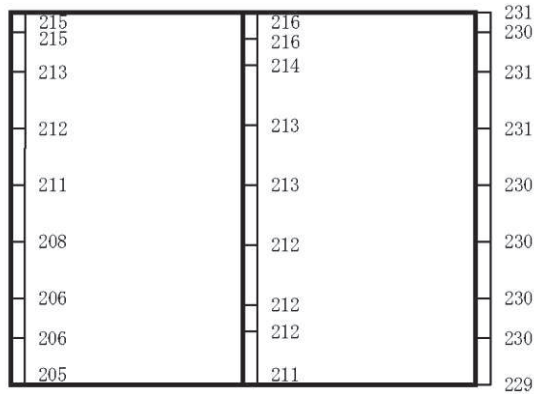
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-96 最大加速度分布図 (解析ケース③) (79/98)



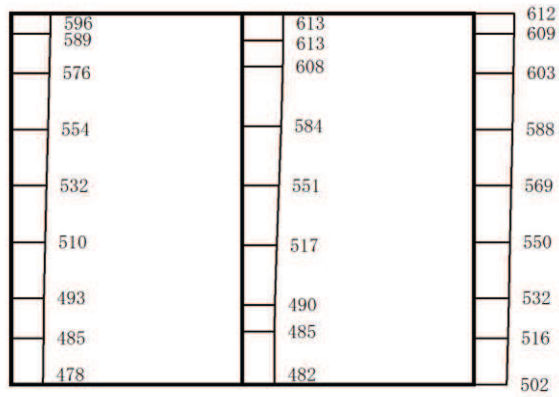
(a) S d - F 2 ( - + ) 水平



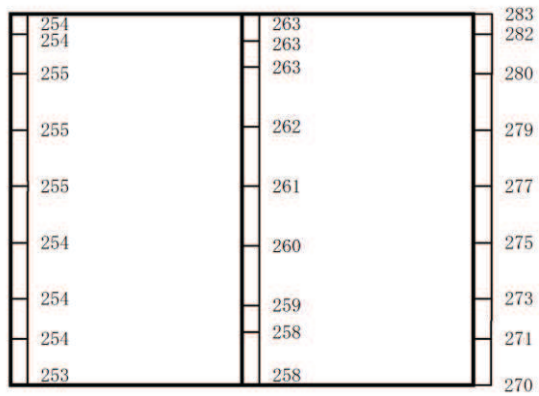
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 2 ( - + ) 鉛直

図 4-97 最大加速度分布図 (解析ケース③) (80/98)



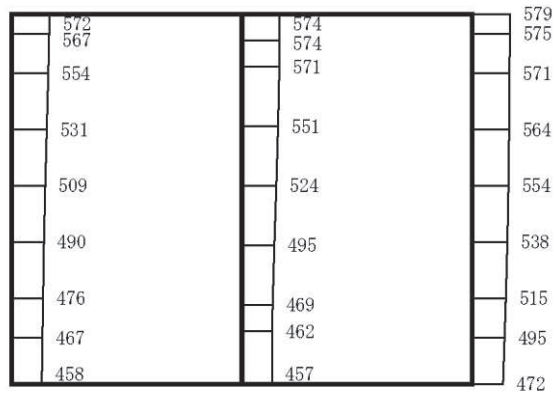
(a) S d - F 3 (++) 水平



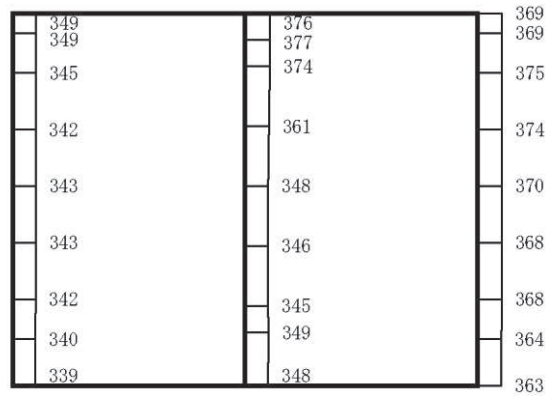
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-98 最大加速度分布図 (解析ケース③) (81/98)



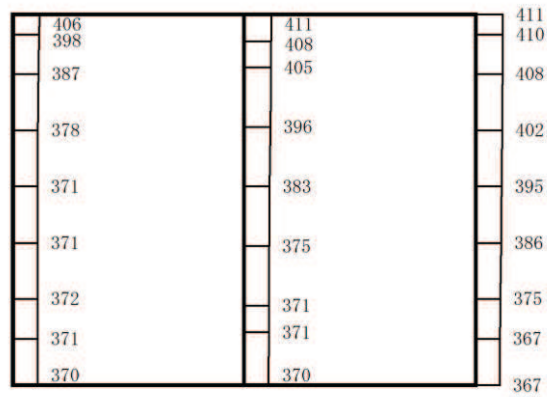
(a) S d - F 3 ( - + ) 水平



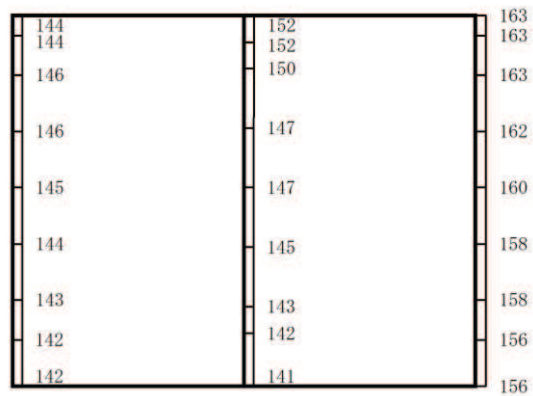
(b) S d - F 3 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)    応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-99 最大加速度分布図 (解析ケース③) (82/98)



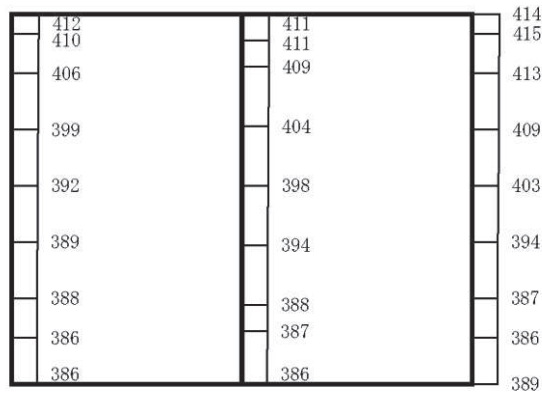
(a) S d - N 1 (++) 水平



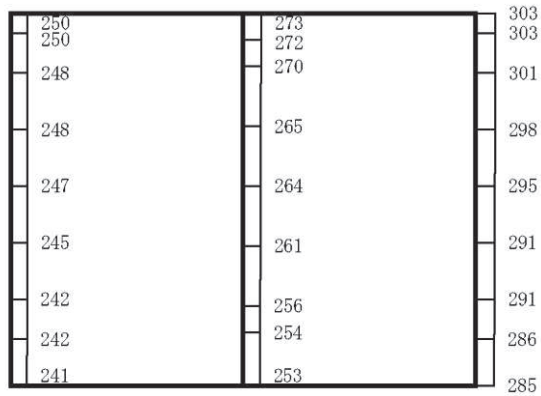
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-100 最大加速度分布図 (解析ケース③) (83/98)



(a) S d - N 1 ( - + ) 水平

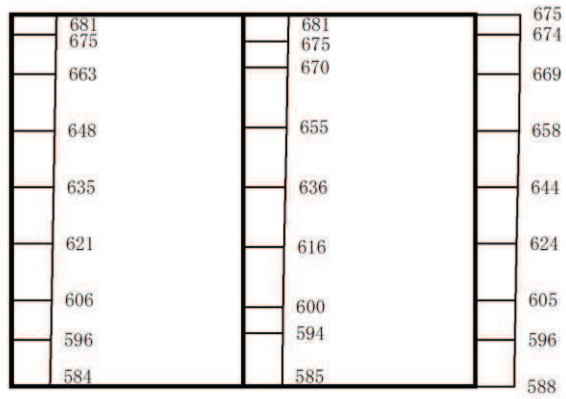


構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

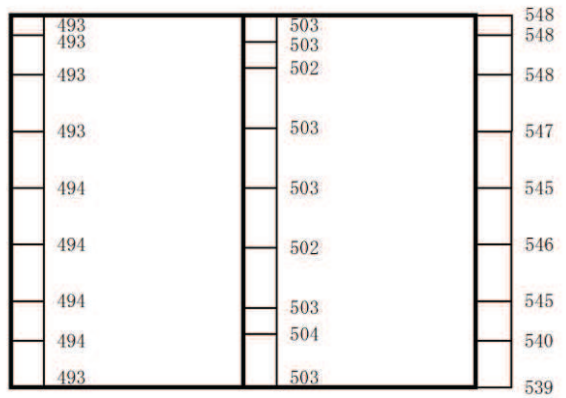
(b) S d - N 1 ( - + ) 鉛直

図 4-101 最大加速度分布図 (解析ケース③) (84/98)





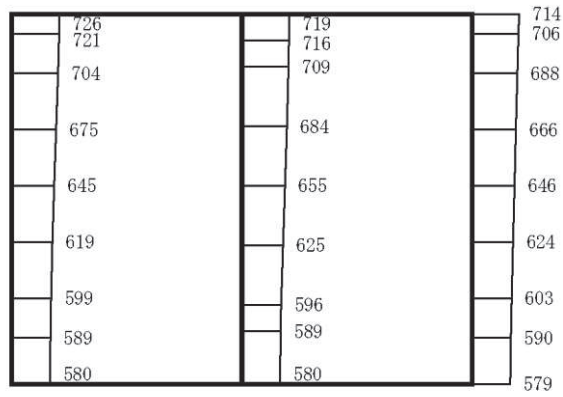
(a) S d - D 1 (++) 水平



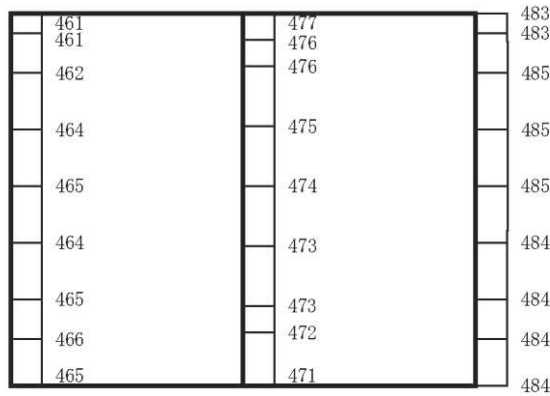
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-102 最大加速度分布図 (解析ケース④) (85/98)



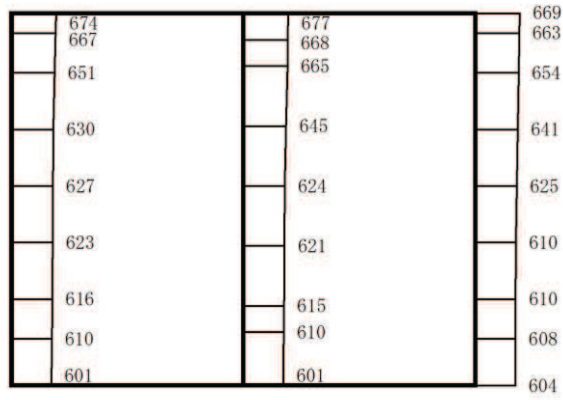
(a) S d - D 1 ( - + ) 水平



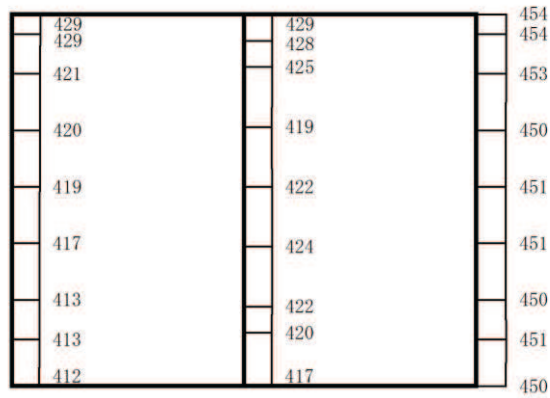
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 1 ( - + ) 鉛直

図 4-103 最大加速度分布図 (解析ケース④) (86/98)



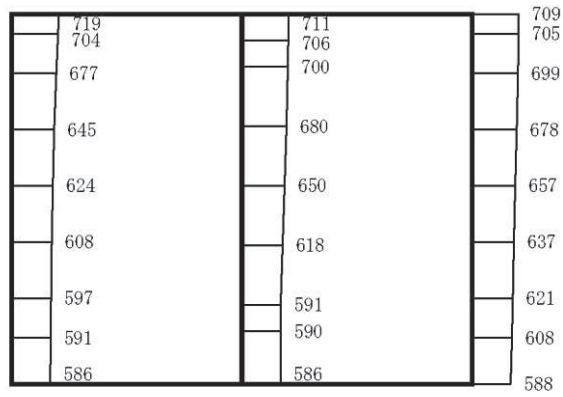
(a) S d - D 2 (++) 水平



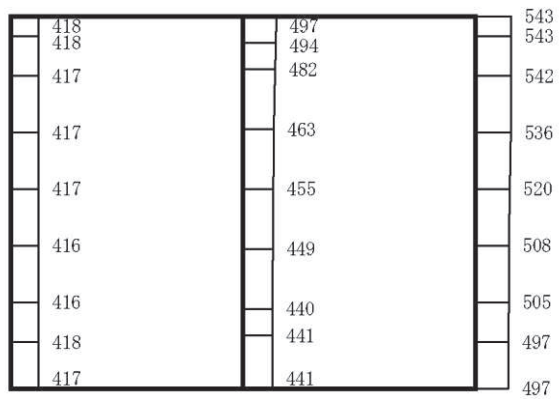
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-104 最大加速度分布図 (解析ケース④) (87/98)



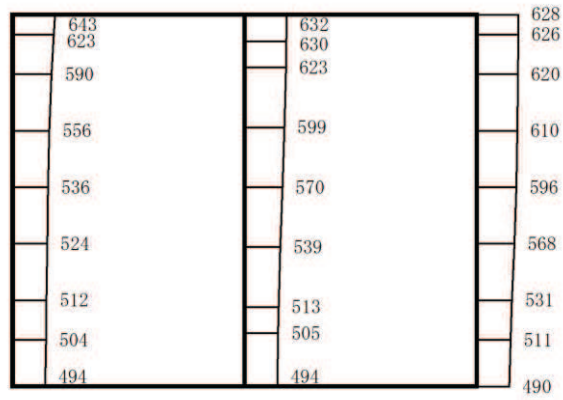
(a) S d - D 2 ( - + ) 水平



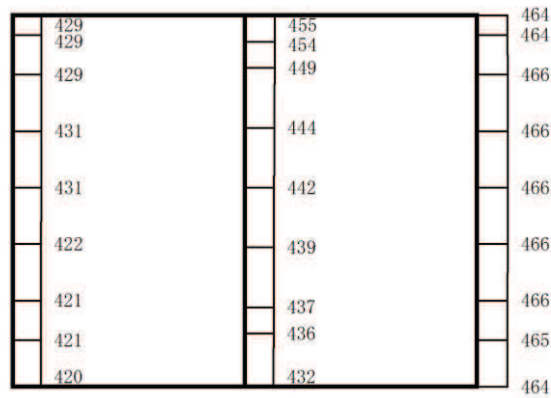
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 2 ( - + ) 鉛直

図 4-105 最大加速度分布図 (解析ケース④) (88/98)



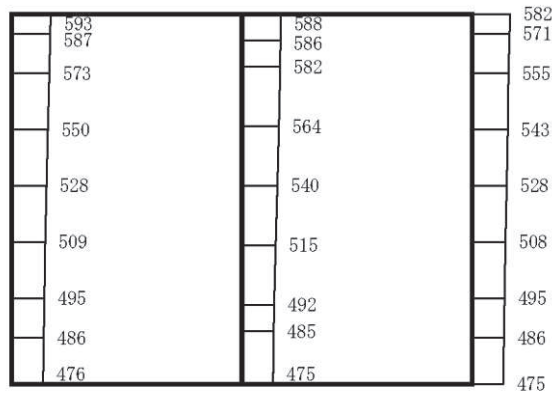
(a) S d - D 3 (++) 水平



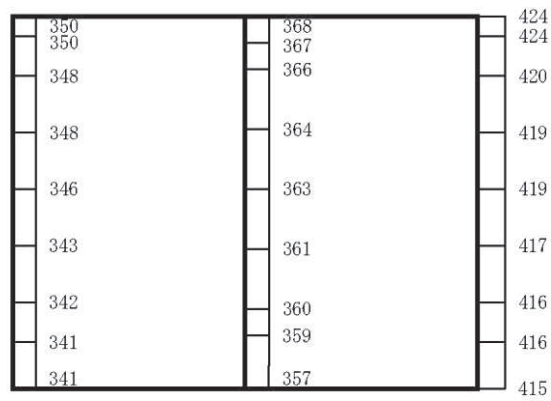
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-106 最大加速度分布図 (解析ケース④) (89/98)



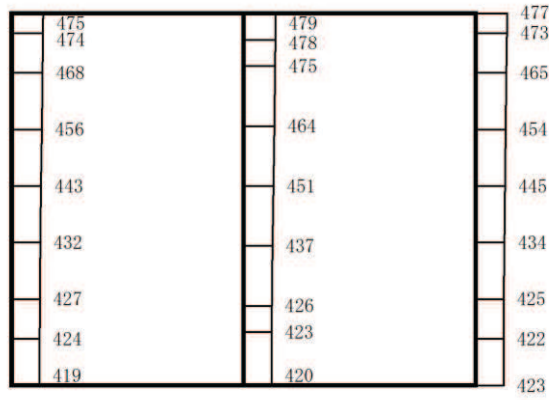
(a) S d - D 3 ( - + ) 水平



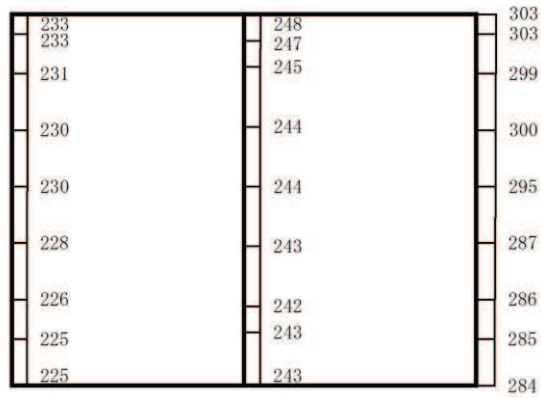
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - D 3 ( - + ) 鉛直

図 4-107 最大加速度分布図 (解析ケース④) (90/98)

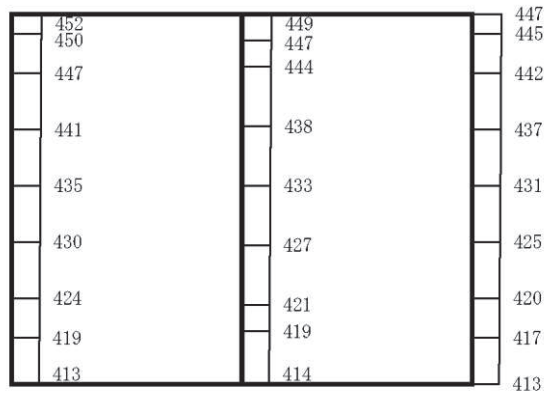


(a) S d - F 1 (++) 水平

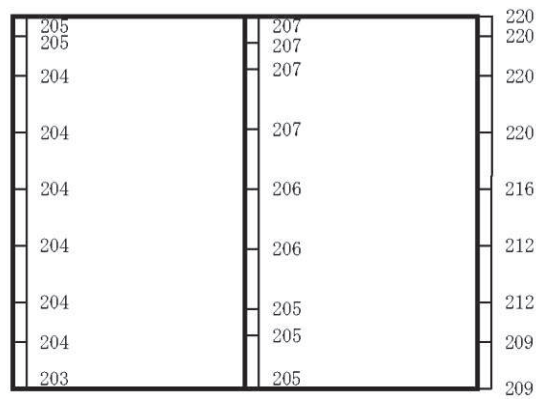


(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-108 最大加速度分布図 (解析ケース④) (91/98)



(a) S d - F 1 ( - + ) 水平

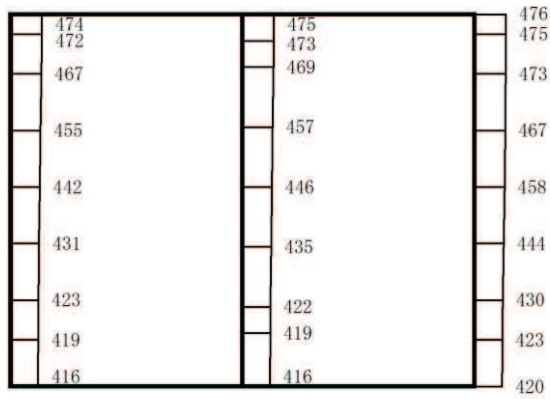


構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

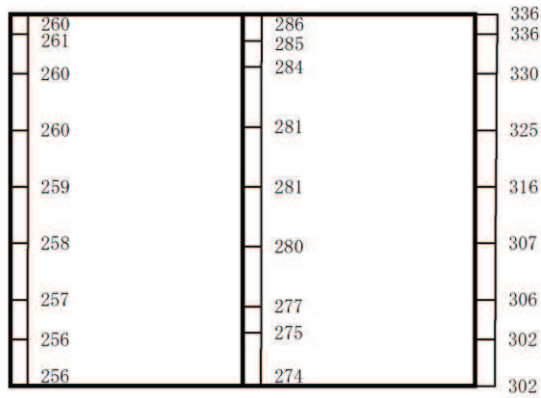
(b) S d - F 1 ( - + ) 鉛直

図 4-109 最大加速度分布図 (解析ケース④) (92/98)





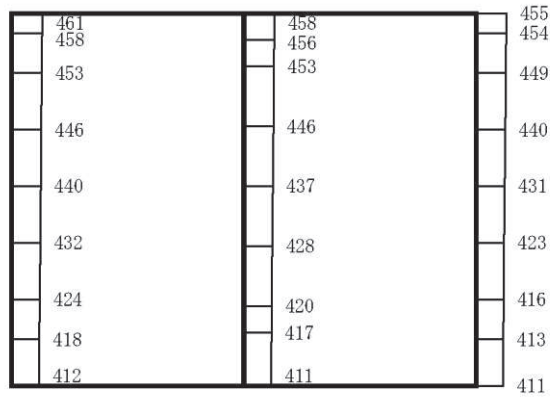
(a) S d - F 2 (++) 水平



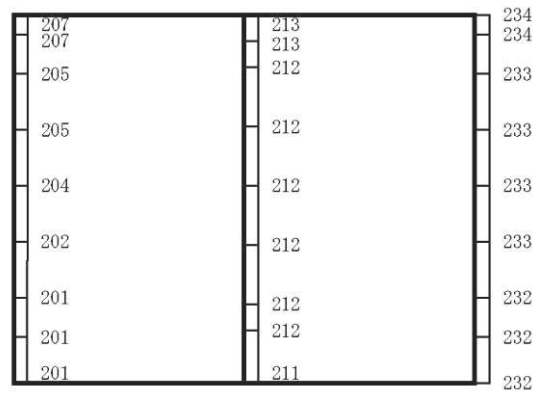
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-110 最大加速度分布図 (解析ケース④) (93/98)



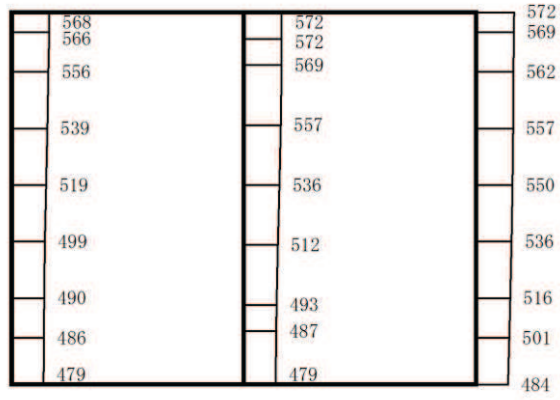
(a) S d - F 2 ( - + ) 水平



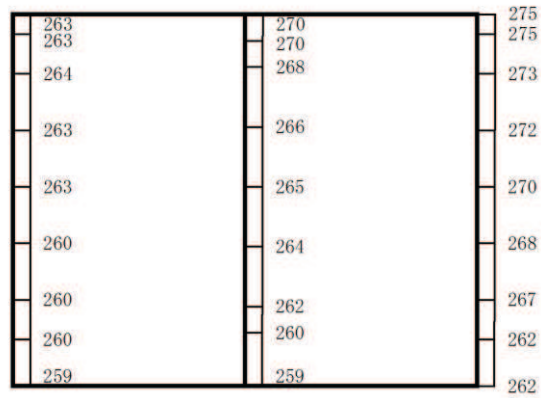
(b) S d - F 2 ( - + ) 鉛直

構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

図 4-111 最大加速度分布図 (解析ケース④) (94/98)



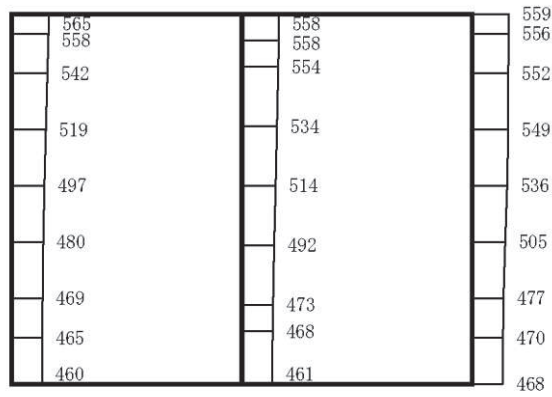
(a) S d - F 3 (++) 水平



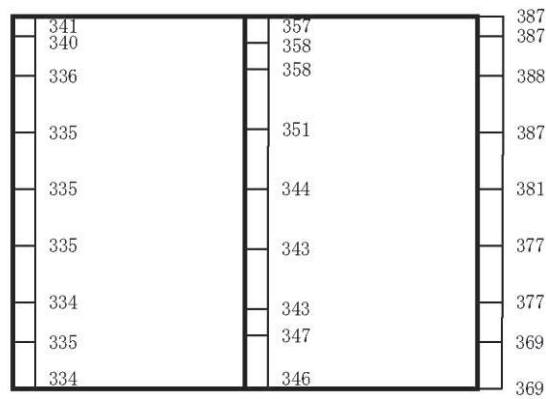
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-112 最大加速度分布図 (解析ケース④) (95/98)



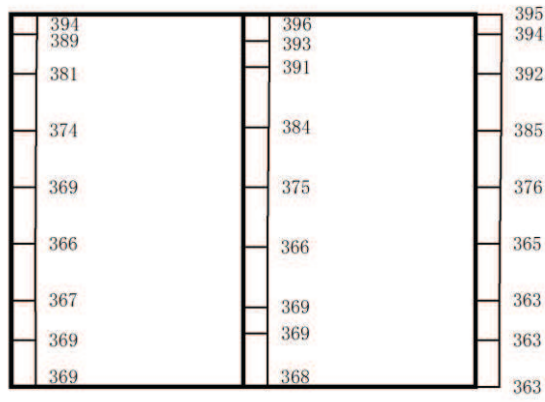
(a) S d - F 3 ( - + ) 水平



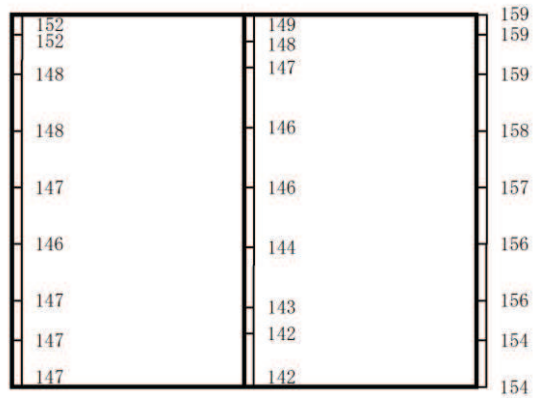
構造スケール 0  1 (m)      応答値スケール 0  2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - F 3 ( - + ) 鉛直

図 4-113 最大加速度分布図 (解析ケース④) (96/98)



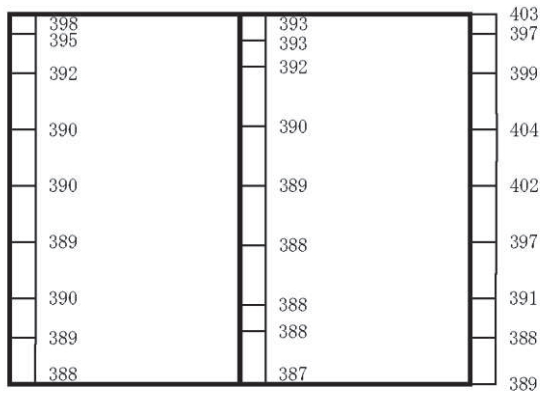
(a) S d - N 1 (++) 水平



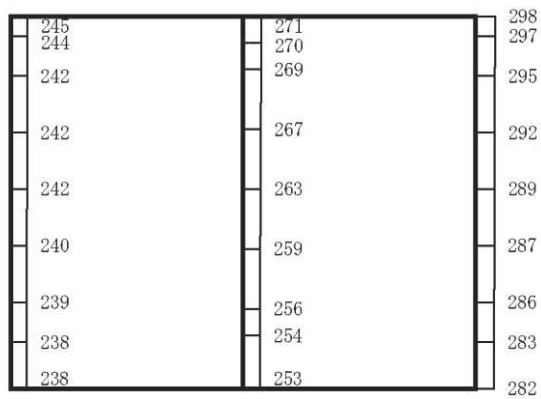
構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-114 最大加速度分布図 (解析ケース④) (97/98)



(a) S d - N 1 ( - + ) 水平



構造スケール 0 1 (m)      応答値スケール 0 2000 (cm/s<sup>2</sup>)

(b) S d - N 1 ( - + ) 鉛直

図 4-115 最大加速度分布図 (解析ケース④) (98/98)

VI-2-2-20 軽油タンク連絡ダクトの耐震性についての計算書

## 目次

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 1. 概要                      | 1  |
| 2. 基本方針                    | 2  |
| 2.1 位置                     | 2  |
| 2.2 構造概要                   | 3  |
| 2.3 評価方針                   | 7  |
| 2.4 適用基準                   | 10 |
| 3. 耐震評価                    | 11 |
| 3.1 評価対象断面                 | 11 |
| 3.2 使用材料及び材料の物性値           | 13 |
| 3.3 許容限界                   | 14 |
| 3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界     | 14 |
| 3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界    | 18 |
| 3.4 評価方法                   | 19 |
| 3.4.1 構造部材の健全性評価           | 19 |
| 3.4.2 基礎地盤の支持性能評価          | 19 |
| 4. 構造部材の地震時応答              | 20 |
| 5. 耐震評価結果                  | 23 |
| 5.1 構造部材の健全性に対する評価結果       | 23 |
| 5.2 Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果 | 24 |
| 5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果      | 25 |
| 5.3.1 基礎地盤（狐崎部層）           | 25 |
| 5.3.2 MMR（既設）              | 26 |



## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、軽油タンク連絡ダクトが基準地震動 $S_s$ に対して十分な構造強度及び支持機能を有していることを確認するものである。

軽油タンク連絡ダクトに要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

軽油タンク連絡ダクトの位置を図2-1に示す。

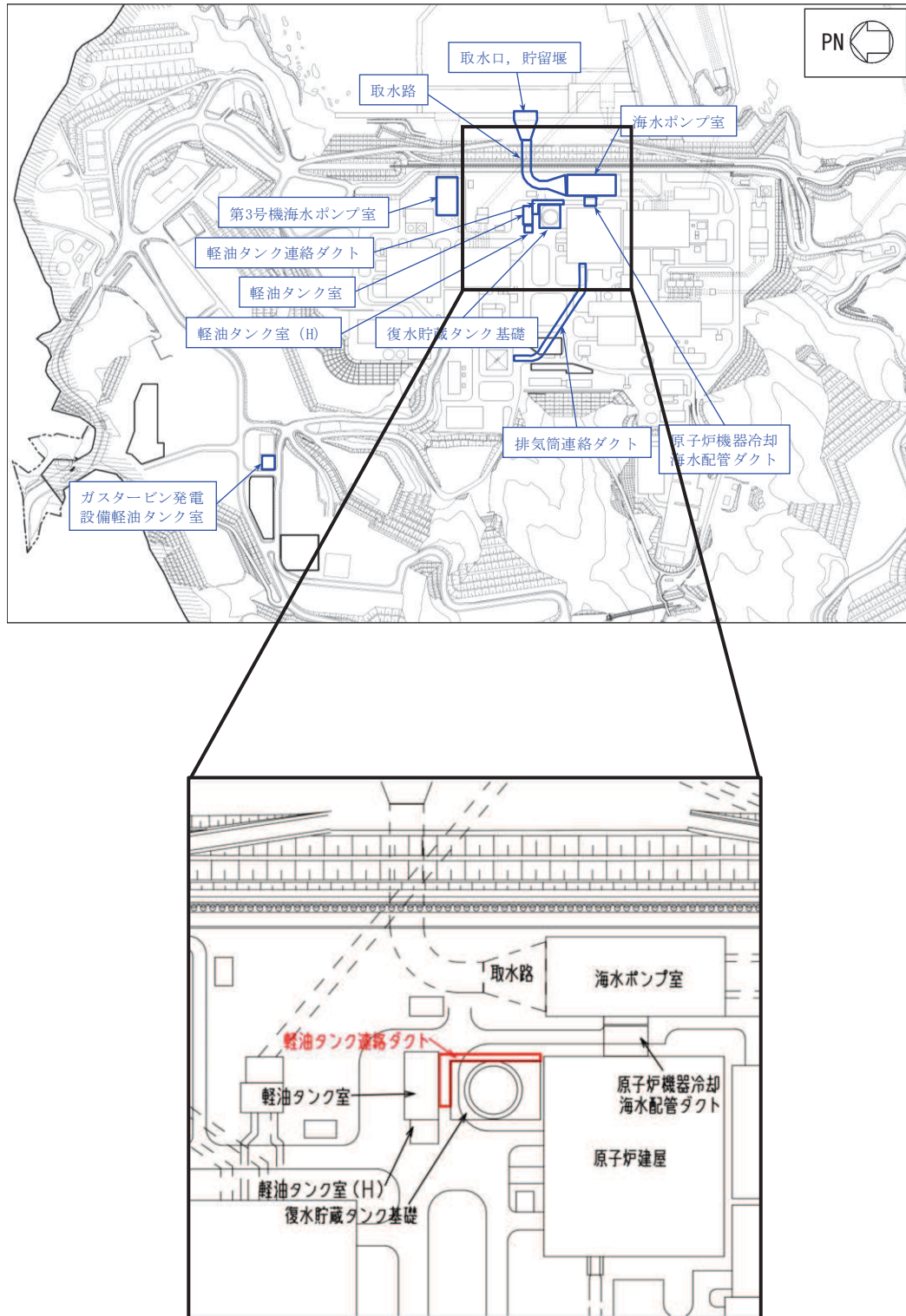


図2-1 軽油タンク連絡ダクトの位置図

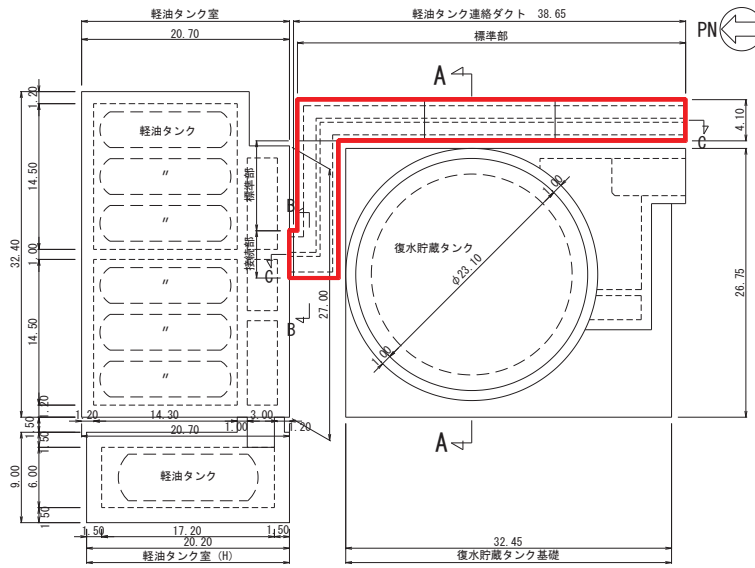
## 2.2 構造概要

軽油タンク連絡ダクトの平面図を図 2-2 及び図 2-3 に、断面図を図 2-4 及び図 2-5 に、縦断面図を図 2-6 に、概略配筋図を図 2-7 に示す。

軽油タンク連絡ダクトは、燃料移送系配管を隔壁で間接支持しており、支持機能が要求される。

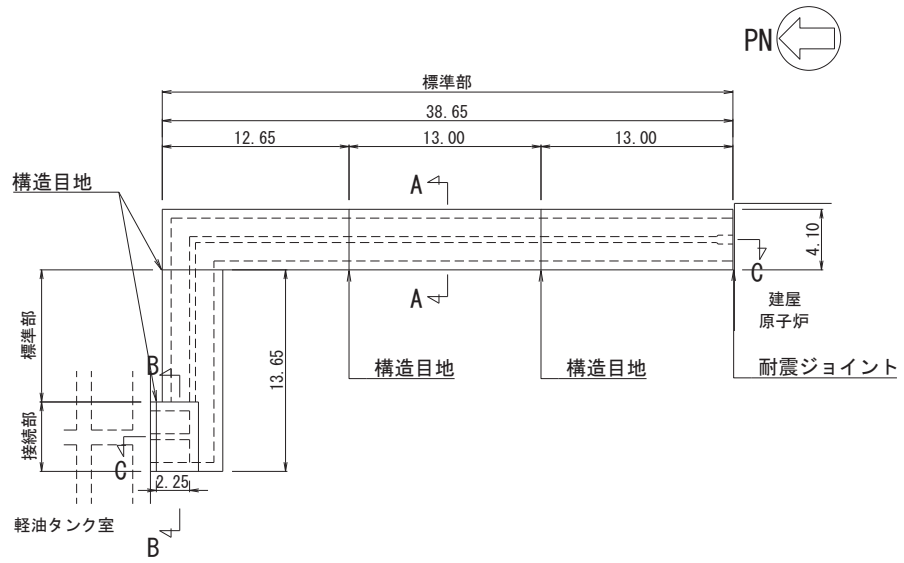
軽油タンク連絡ダクトは、軽油タンク室と原子炉建屋を結ぶ、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長 52.30m、内空幅 1.25m、内空高さ 2.00m の二連ボックスカルバート構造の標準部（以下「標準部」という。）と、内空幅 1.55m（東西）×2.25m（南北）、内空高さ 3.05m の軽油タンク室と接続する接続部（以下「接続部」という。）から構成され、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されている。

軽油タンク連絡ダクトは、延長方向に約 13m 間隔で分割して構造目地を介して接合され、原子炉建屋との接合部には耐震ジョイントが設置されており、延長方向に断面変化の少ない線状構造物である。



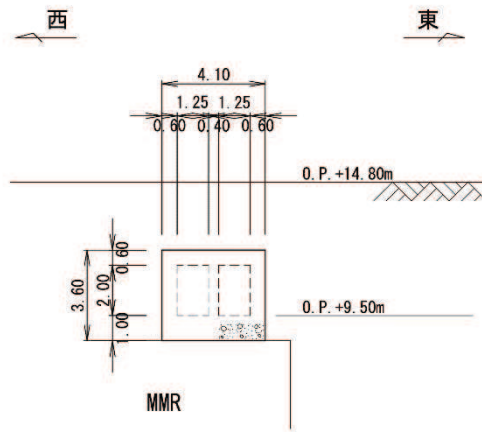
(単位：m)

図 2-2 軽油タンク連絡ダクト平面図



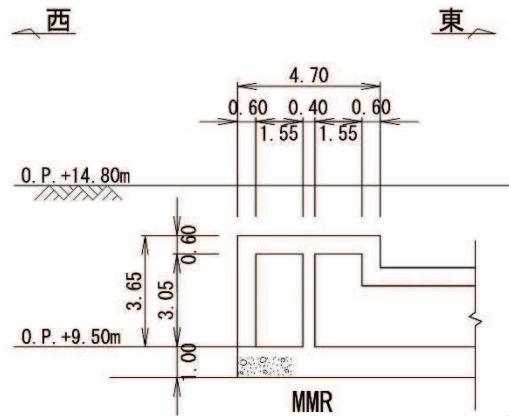
(単位：m)

図 2-3 軽油タンク連絡ダクト平面図 (詳細)



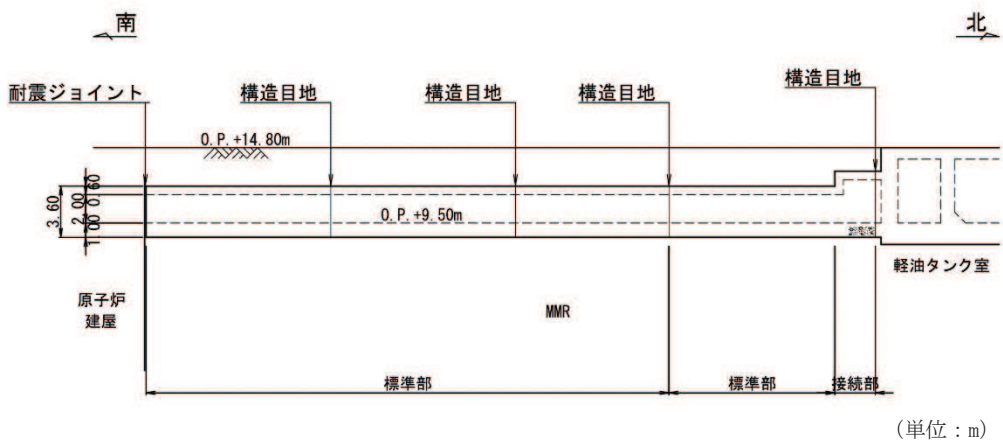
(単位：m)

図 2-4 軽油タンク連絡ダクト断面図 (標準部, A-A 断面)



(単位：m)

図 2-5 軽油タンク連絡ダクト断面図 (接続部, B-B 断面)



(単位：m)

図 2-6 軽油タンク連絡ダクト縦断面図 (C-C 断面)

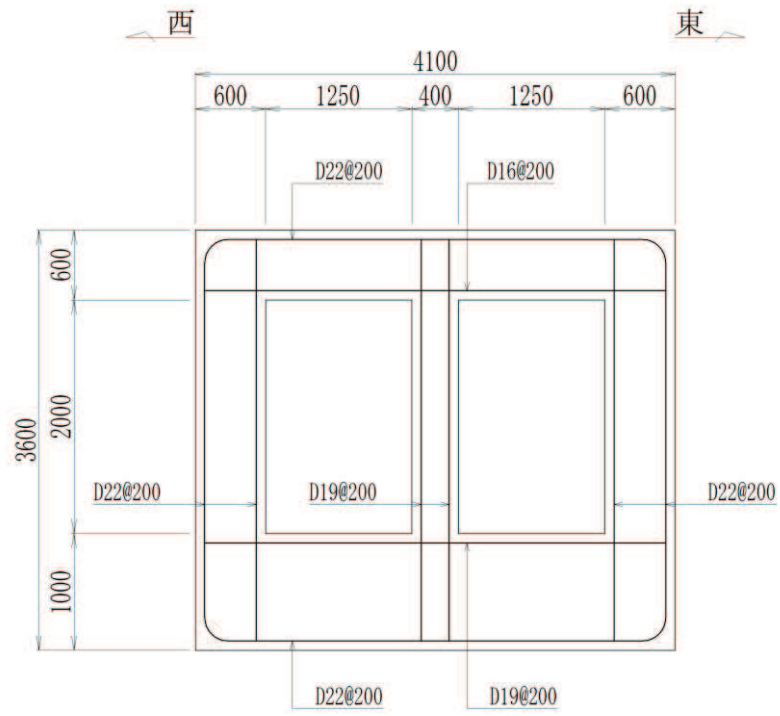


図 2-7 軽油タンク連絡ダクト概略配筋図

### 2.3 評価方針

軽油タンク連絡ダクトは、設計基準対象施設においては、Sクラス施設の間接支持構造物である屋外重要土木構造物に分類され、重大事故等対処施設においては、常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）が設置される重大事故等対処施設に分類される。

軽油タンク連絡ダクトの耐震評価は、添付書類「VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、表2-1に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

なお、地震応答解析による解析手法は、添付書類「VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書」のうち「3.2 解析方法」に示すとおり、全応力解析とする。解析ケースを表2-2に示す。

軽油タンク連絡ダクトの耐震評価フローを図2-8に示す。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること及びSクラスの施設を支持する機能を損なわないことを確認する。

構造部材の健全性評価については、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の照査用層間変形角及び照査用ひずみが許容限界を下回ることを確認する。せん断破壊に対しては照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価においては、添付書類「VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書」より得られた基礎地盤の接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。

ここで、軽油タンク連絡ダクトの運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における荷重条件は変わらないため、評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから、設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。

表 2-1 軽油タンク連絡ダクトの評価項目

| 評価方針                    | 評価項目      | 部位         | 評価方法                            | 許容限界      |          |
|-------------------------|-----------|------------|---------------------------------|-----------|----------|
| 構造強度を有すること              | 構造部材の健全性  | 鉄筋コンクリート部材 | 照査用層間変形角及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認 | 曲げ・軸力     | 限界層間変形角* |
|                         |           |            |                                 | せん断力      | せん断耐力*   |
|                         | 基礎地盤の支持性能 | 基礎地盤       | 発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認           | 岩盤の極限支持力* |          |
| MMR                     |           | MMR の支圧強度  |                                 |           |          |
| S クラスの施設を支持する機能を損なわないこと | 構造部材の健全性  | 鉄筋コンクリート部材 | 照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認   | 曲げ・軸力     | 限界ひずみ*   |
|                         |           |            |                                 | せん断力      | せん断耐力*   |

注記\*：妥当な安全余裕を考慮する。

表 2-2 解析ケース

| 解析ケース           | 材料物性<br>(コンクリート)<br>( $E_0$ : ヤング係数) | 地盤物性                                  |  |
|-----------------|--------------------------------------|---------------------------------------|--|
|                 |                                      | 盛土, 旧表土, D級岩盤<br>( $G_0$ : 初期せん断弾性係数) | C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤,<br>C <sub>H</sub> 級岩盤, B級岩盤<br>( $G_d$ : 動せん断弾性係数) |
| ケース①<br>(基本ケース) | 設計基準強度                               | 平均値                                   | 平均値  |
| ケース②            | 設計基準強度                               | 平均値+1 $\sigma$                        | 平均値  |
| ケース③            | 設計基準強度                               | 平均値-1 $\sigma$                        | 平均値  |
| ケース④            | 実強度に基づく<br>圧縮強度*                     | 平均値                                   | 平均値  |

注記\*：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。



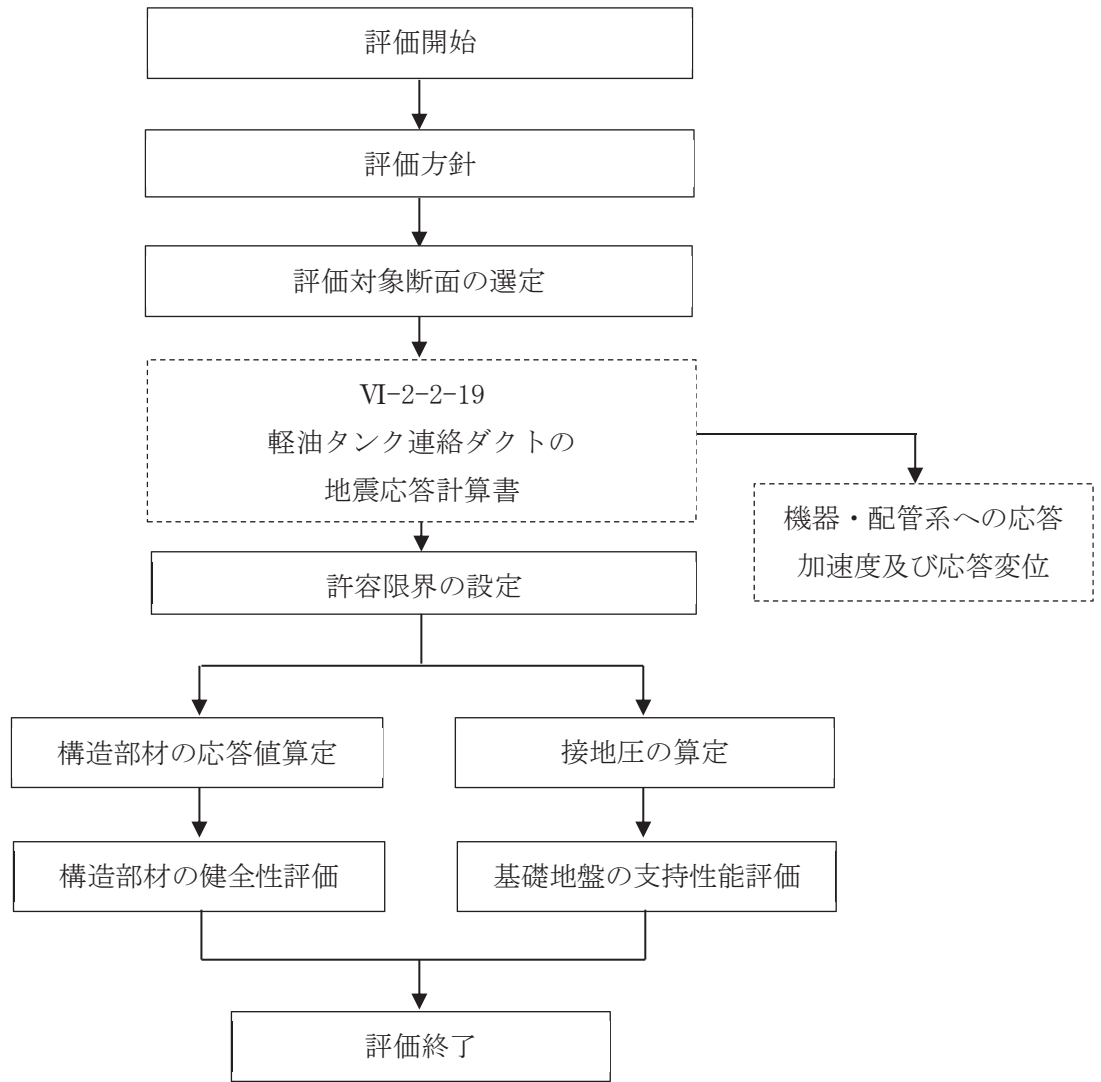


図 2-8 軽油タンク連絡ダクトの耐震評価フロー

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

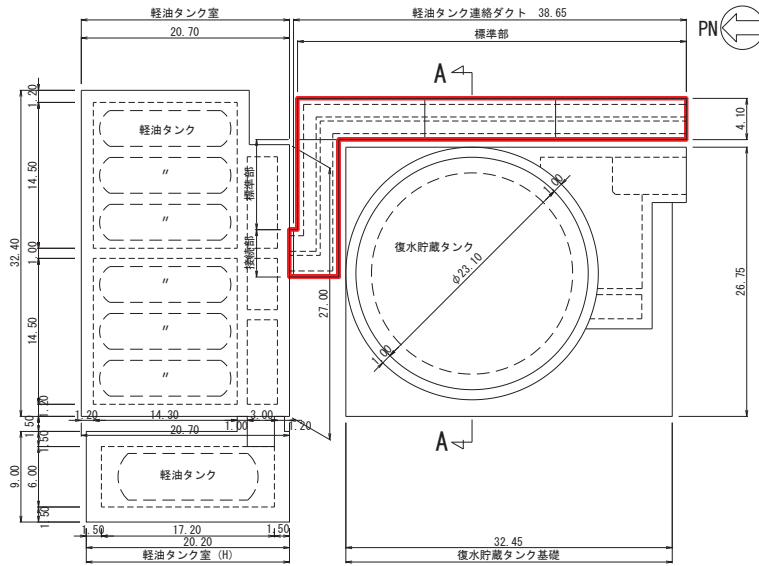
- 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- 土木学会 2017年 コンクリート標準示方書[設計編]
- 土木学会 2005年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル
- 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編

### 3. 耐震評価

#### 3.1 評価対象断面

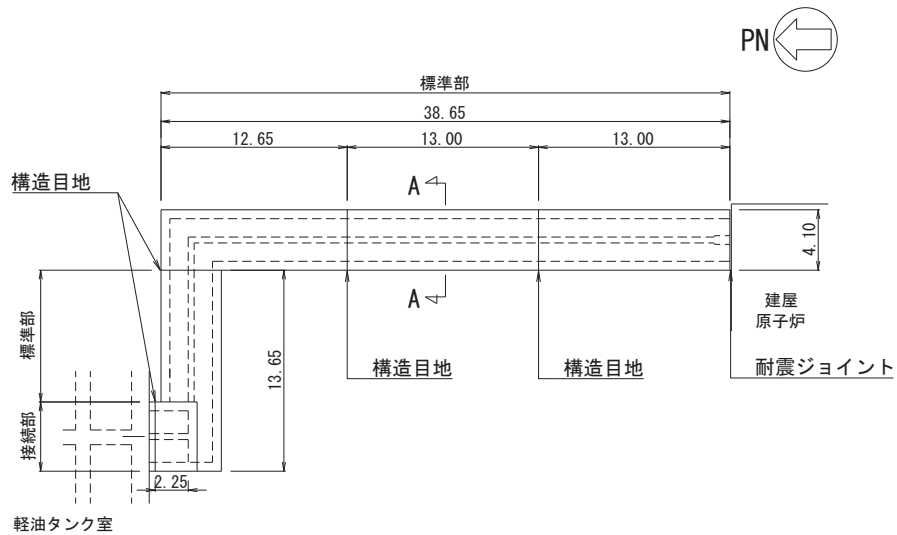
軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置を図3-1及び図3-2に示す。

評価対象断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、図3-1及び図3-2に示す標準部のうち、復水貯蔵タンクを中心を通るA-A断面とする。評価対象地質断面図を図3-3に示す。



(単位：m)

図3-1 軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置図



(単位：m)

図3-2 軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置図（詳細）

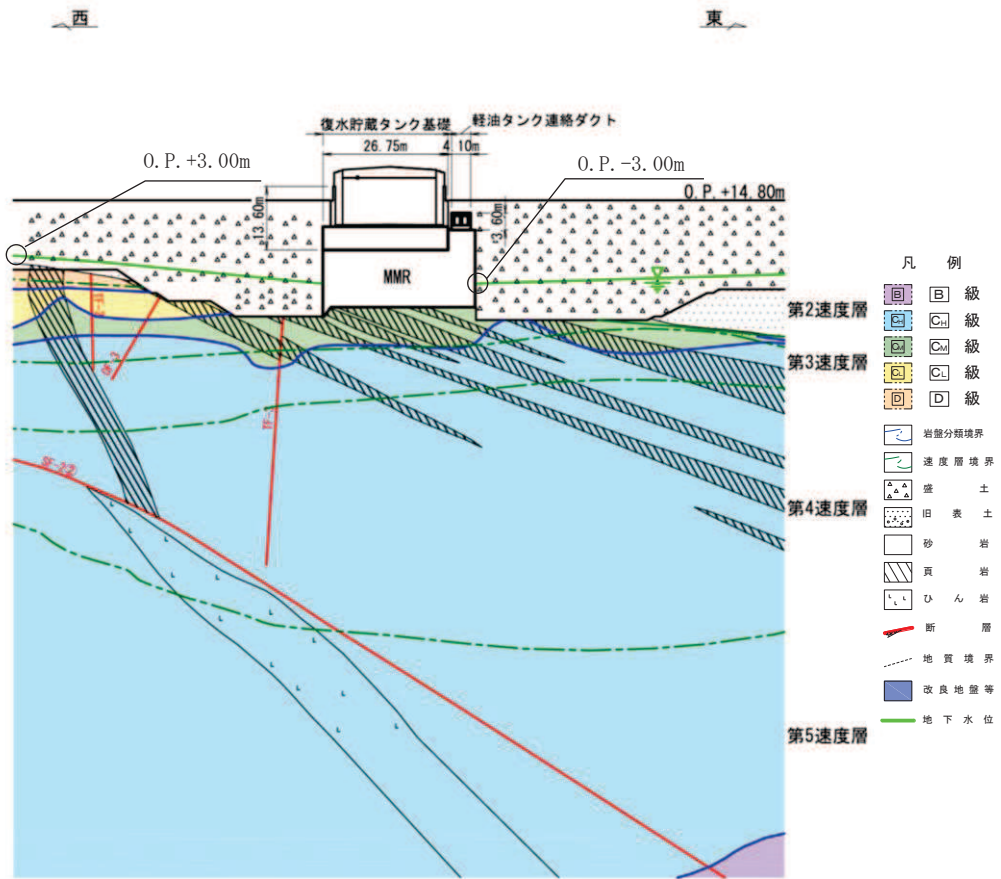


図 3-3 軽油タンク連絡ダクト評価対象地質断面図 (A-A 断面)

### 3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1, 材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

| 材料     | 仕様                           |
|--------|------------------------------|
| コンクリート | 設計基準強度 20.5N/mm <sup>2</sup> |
| 鉄筋     | SD345                        |

表 3-2 材料の物性値 (構造部材)

| 材料       | 項目                             | 材料諸元   | 備考                                   |
|----------|--------------------------------|--------|--------------------------------------|
| 鉄筋コンクリート | 単位体積重量<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | 24.0   |                                      |
| コンクリート   | ヤング係数<br>(N/mm <sup>2</sup> )  | 実強度*   | 3.32×10 <sup>4</sup> 解析ケース④          |
|          |                                | 設計基準強度 | 2.33×10 <sup>4</sup> 解析ケース①,<br>②, ③ |
|          | ポアソン比                          | 0.2    |                                      |

注記\* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

### 3.3 許容限界

許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

##### (1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、「土木学会 2005 年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル」（以下「土木学会マニュアル」という。）に基づき、限界層間変形角（層間変形角 1/100）とする。

曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態については、「土木学会マニュアル」ではコンクリートの圧縮縁のかぶりが剥落しないこととされており、層間変形角 1/100 の状態は、かぶりコンクリートが剥落する前の状態であることが、屋外重要土木構造物を模したラーメン構造の破壊実験及び数値シミュレーション等の結果より確認されている。この状態を限界値とすることで構造全体としての安定性等が確保できるとして設定されたものである。

また、隔壁のアンカー定着部に要求される S クラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認においては、主筋のひずみ及びコンクリートの圧縮ひずみについて、部材降伏に相当するひずみ（主筋：1725 $\mu$ 、コンクリート：2000 $\mu$ ）とする。

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 軽油タンク連絡ダクトの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

| 確認項目                    | 許容限界    |   |
|-------------------------|---------|---|
| 構造強度を有すること              | 限界層間変形角 | 1/100                                     |
| S クラスの施設を支持する機能を損なわないこと | 限界ひずみ   | 主筋(SD345)：1725 $\mu$<br>コンクリート：2000 $\mu$ |

##### (2) せん断破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認及び S クラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、「土木学会マニュアル」に基づくせん断耐力とする。

せん断耐力は、「土木学会マニュアル」に基づき「a. 棒部材式」、「b. ディープビーム式」のせん断耐力式で求まるせん断耐力のうち、いずれか大きい方とする。

また、せん断耐力式による照査において照査用せん断力が上記のせん断耐力を上回る場合、より詳細に材料非線形解析を用いて部材のせん断耐力を求め許容限界とする。せん断破壊に対する耐力評価のフローを図 3-4 に示す。

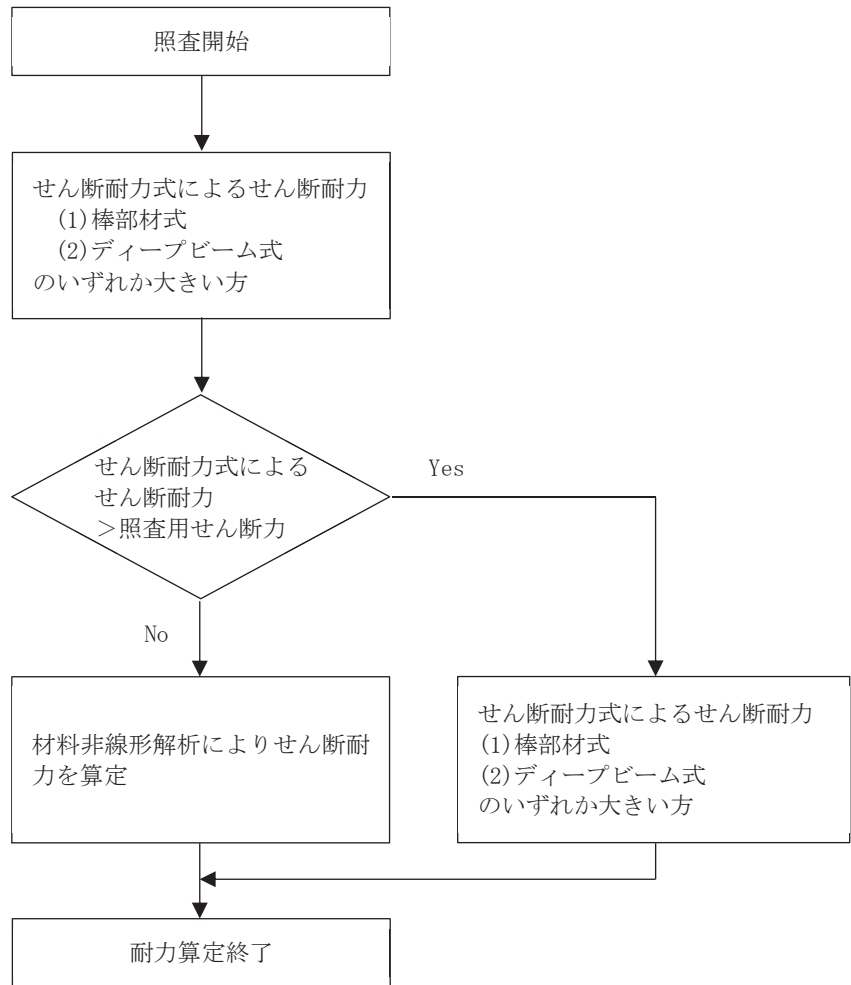


図 3-4 せん断破壊に対する耐力評価フロー

a. 棒部材式

$$V_{y d} = V_{c d} + V_{s d}$$

ここで、 $V_{y d}$  : せん断耐力

$V_{c d}$  : コンクリートが分担するせん断耐力

$V_{s d}$  : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{c d} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{v c d} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{b c}$$

$$f_{v c d} = 0.20 \sqrt[3]{f'_{c d}} \quad \text{ただし、} f_{v c d} > 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{) となる場合は}$$

$$f_{v c d} = 0.72 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d \text{ [m]}) \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_p = 1.5$$

$$\beta_n = 1 + M_0 / M_d \quad (N'_d \geq 0) \quad \text{ただし、} \beta_n > 2.0 \text{ となる場合は } \beta_n = 2.0$$

$$= 1 + 2M_0 / M_d \quad (N'_d < 0) \quad \text{ただし、} \beta_n < 0 \text{ となる場合は } \beta_n = 0$$

$$\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d} \quad \text{ただし、} \beta_a < 1.0 \text{ となる場合は } \beta_a = 1.0$$

ここで、 $f'_{c d}$  : コンクリート圧縮強度の設計用値(N/mm<sup>2</sup>)で設計基準強度  $f'_{c k}$  を材料係数  $\gamma_{m c}$  で除したもの

$p_v$  : 引張鉄筋比  $p_v = A_s / (b_w \cdot d)$

$A_s$  : 引張側鋼材の断面積

$b_w$  : 部材の有効幅

$d$  : 部材の有効高さ

$N'_d$  : 設計軸圧縮力

$M_d$  : 設計曲げモーメント

$M_0$  :  $M_d$  に対する引張縁において、軸方向力によって発生する応力を打ち消すのに必要なモーメント (デコンプレッションモーメント)

$$M_0 = N'_d \cdot D / 6$$

$D$  : 断面高さ

$a/d$  : せん断スパン比

$\gamma_{b c}$  : 部材係数

$\gamma_{m c}$  : 材料係数



$$V_{s d} = \left\{ A_w f_{w y d} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s \right\} z / \gamma_{b s}$$

- ここで、 $A_w$  : 区間  $s$  におけるせん断補強鉄筋の総断面積  
 $f_{w y d}$  : せん断補強鉄筋の降伏強度を  $\gamma_{m s}$  で除したもので、  
 400N/mm<sup>2</sup>以下とする。ただし、コンクリート圧縮強度の特性  
 値  $f'_{c k}$  が 60N/mm<sup>2</sup>以上のときは 800N/mm<sup>2</sup>以下とする。  
 $\alpha$  : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度  
 $s$  : せん断補強鉄筋の配置間隔  
 $z$  : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの  
 距離で  $d/1.15$ とする。  
 $\gamma_{b s}$  : 部材係数  
 $\gamma_{m s}$  : 材料係数

b. ディープビーム式

$$V_{y d d} = V_{c d d} + V_{s d d}$$

- ここで、 $V_{y d d}$  : せん断耐力  
 $V_{c d d}$  : コンクリートが分担するせん断耐力  
 $V_{s d d}$  : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{c d d} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_a \cdot f_{d d} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{b c}$$

$$f_{d d} = 0.19 \sqrt{f'_{c d}}$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d \text{ [m]}) \quad \text{ただし、} \beta_d > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_v} \quad \text{ただし、} \beta_p > 1.5 \text{ となる場合は } \beta_p = 1.5$$

$$\beta_a = \frac{5}{1 + (a/d)^2}$$

- ここで、 $\gamma_{b c}$  : 部材係数

$$V_{s d d} = \phi \cdot V_{s d}$$

$$\phi = -0.17 + 0.3 a/d + 0.33/p_{w b} \quad \text{ただし } 0 \leq \phi \leq 1$$

- ここで、 $p_{w b}$  : せん断補強鉄筋比(%)

### 3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

#### (1) 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤（狐崎部層）に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力とする。

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表3-4に示す。

表3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

| 評価項目  | 基礎地盤 | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|-------|------|------------------------------|
| 極限支持力 | 狐崎部層 | 13.7                         |

#### (2) MMR（既設）

MMR（既設）に発生する接地圧に対する許容限界は、「土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]」に基づき、コンクリートの支圧強度とする。

MMR（既設）の許容限界を表3-5に示す。

表3-5 MMR（既設）の支持性能に対する許容限界

| 評価項目 | MMR（既設）                                      | 許容限界<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|------|--|------------------------------|
| 支圧強度 | コンクリート<br>( $f'_{ck} = 15.6 \text{N/mm}^2$ ) | $f'_a = 15.6$                |

### 3.4 評価方法

軽油タンク連絡ダクトの耐震評価は、添付書類「VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した照査用応答値が、「3.3 許容限界」において設定した許容限界を下回ることを確認する。

#### 3.4.1 構造部材の健全性評価

構造強度を有することの確認については、鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査において、地震応答解析により算定した照査用層間変形角及び照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

Sクラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認については、鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査において、照査用ひずみが許容限界を下回ることを、せん断破壊に対する照査においては、照査用せん断力が許容限界を下回ることを確認する。

#### 3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価においては、構造部材を支持する基礎地盤に発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

#### 4. 構造部材の地震時応答

構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる解析ケース及び地震動での層間変形角の時刻歴波形を図 4-1 に、各部材のコンクリートの圧縮ひずみ及び主筋のひずみに対して最大照査値となる部材位置及び応答値を図 4-2 及び図 4-3 に、せん断破壊に対する最大照査値の評価時刻での断面力図を図 4-4 に示す。

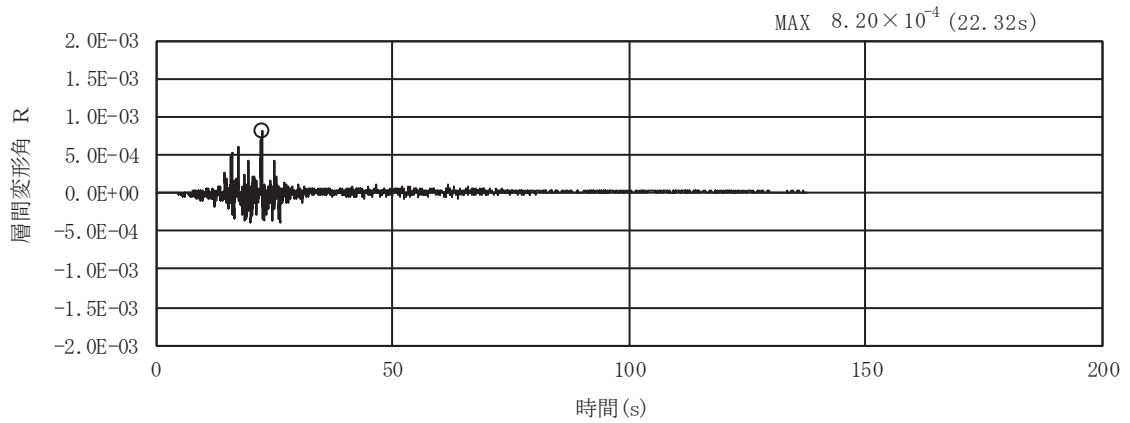
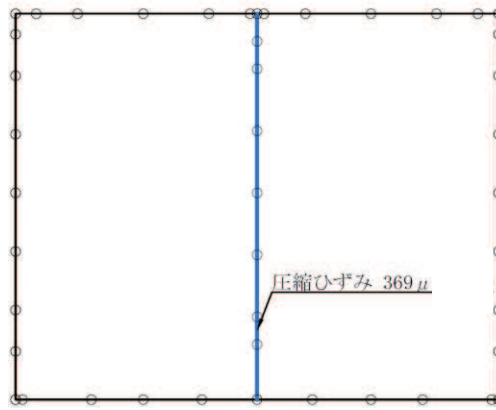
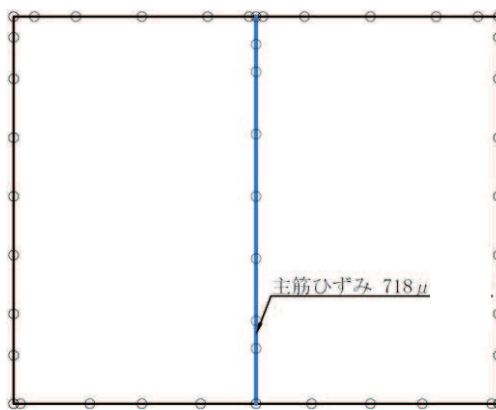


図 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における層間変形角の時刻歴波形  
(解析ケース①, S s - F 1 (-+))



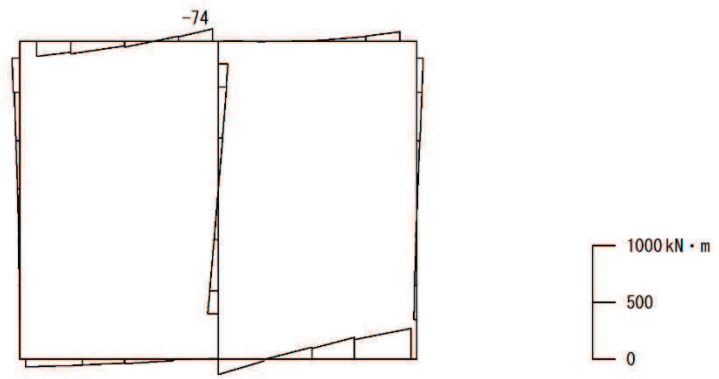
注：— はSクラスの施設を支持する部材（隔壁）を示す

図4-2 曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる部材位置及び応答値（コンクリート）  
（隔壁，解析ケース①， $S_s - F1 (-+)$ ）

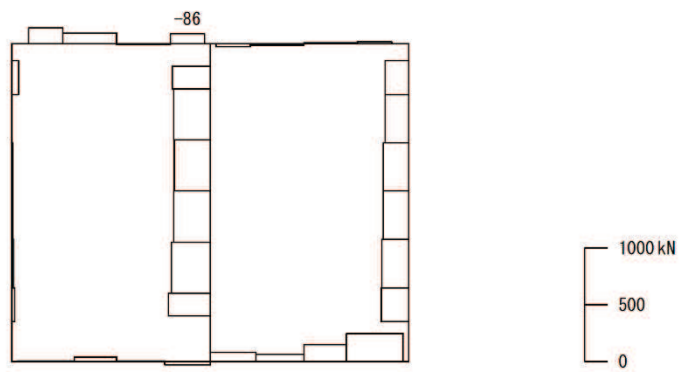


注：— はSクラスの施設を支持する部材（隔壁）を示す

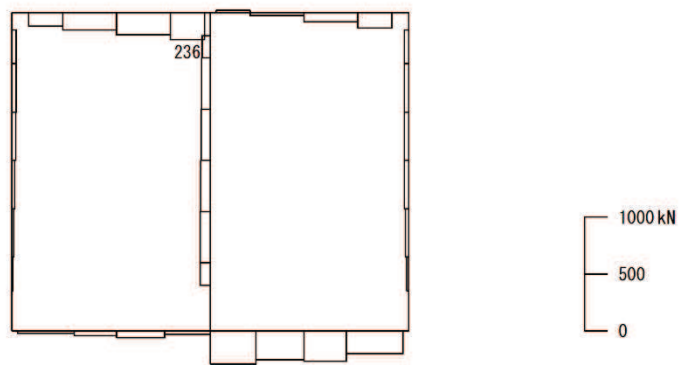
図4-3 曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる部材位置及び応答値（鉄筋）  
（隔壁，解析ケース①， $S_s - F1 (-+)$ ）



数値：評価位置における断面力  
 (a) 曲げモーメント (kN・m)



数値：評価位置における断面力  
 (b) 軸力 (kN) (+: 引張, -: 圧縮)



数値：評価位置における断面力  
 (c) せん断力 (kN)

図 4-4 せん断破壊に対する照査値最大時\*の断面力図  
 (頂版, 解析ケース③, S<sub>s</sub>-D3 (++))

注記\*：材料非線形解析による評価結果

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 5-1 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 5-2 に示す。

軽油タンク連絡ダクトの照査用層間変形角及び照査用せん断力が、構造部材の健全性に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

| 解析<br>ケース | 地震動               | 照査用層間変形角*<br>$R_d$    | 限界層間変形角<br>$R_u$     | 照査値<br>$R_d/R_u$ |
|-----------|-------------------|-----------------------|----------------------|------------------|
| ①         | S s - F 1<br>(-+) | $9.84 \times 10^{-4}$ | $1.0 \times 10^{-2}$ | 0.10             |

注記\*：照査用層間変形角  $R_d$  = 最大層間変形角  $R$  × 構造解析係数  $\gamma_a$

表 5-2 せん断破壊に対する最大照査値

| 評価位置*1 |   | 解析<br>ケース | 地震動               | 照査用せん断力*2<br>$V_d$ (kN) | せん断耐力<br>$V_{y d}$ (kN) | 照査値<br>$V_d/V_{y d}$ |
|--------|---|-----------|-------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| 頂版     | 3 | ③         | S s - D 3<br>(++) | 248                     | 537*4                   | 0.47                 |
| 側壁     | 7 | ②         | S s - D 2<br>(-+) | 318                     | 848*4                   | 0.38                 |
| 隔壁     | 6 | ①         | S s - D 2<br>(++) | 60                      | 227*4                   | 0.27                 |
| 底版     | 2 | ①         | S s - F 1<br>(-+) | 308                     | 515*3                   | 0.60                 |

注記\*1：評価位置は図 5-1 に示す。

\*2：照査用せん断力 = 発生せん断力 × 構造解析係数  $\gamma_a$

\*3：せん断耐力式によるせん断耐力

\*4：材料非線形解析によるせん断耐力

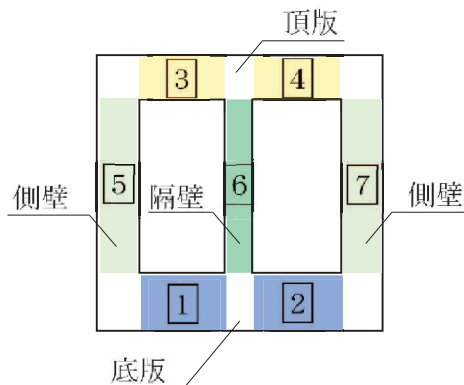


図 5-1 評価位置図

## 5.2 Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する各評価位置での最大照査値を表5-3及び表5-4に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表5-5に示す。

軽油タンク連絡ダクトの照査用ひずみ及び照査用せん断力が、Sクラスの施設を支持する機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表5-3 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮ひずみ）

| 評価位置*1 |   | 解析<br>ケース | 地震動               | 照査用ひずみ*2<br>$\epsilon_d$ | 限界ひずみ<br>$\epsilon_R$ | 照査値<br>$\epsilon_d/\epsilon_R$ |
|--------|---|-----------|-------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 隔壁     | 6 | ①         | S s - F 1<br>(-+) | 443 $\mu$                | 2000 $\mu$            | 0.23                           |

注記\*1：評価位置は図5-1に示す。

\*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

表5-4 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主筋ひずみ）

| 評価位置*1 |   | 解析<br>ケース | 地震動               | 照査用ひずみ*2<br>$\epsilon_d$ | 限界ひずみ<br>$\epsilon_R$ | 照査値<br>$\epsilon_d/\epsilon_R$ |
|--------|---|-----------|-------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|
| 隔壁     | 6 | ①         | S s - F 1<br>(-+) | 862 $\mu$                | 1725 $\mu$            | 0.50                           |

注記\*1：評価位置は図5-1に示す。

\*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数  $\gamma_a$

表5-5 せん断破壊に対する最大照査値（再掲）

| 評価位置*1 |   | 解析<br>ケース | 地震動               | 照査用せん断力*2<br>$V_d$ (kN) | せん断耐力<br>$V_{yd}$ (kN) | 照査値<br>$V_d/V_{yd}$ |
|--------|---|-----------|-------------------|-------------------------|------------------------|---------------------|
| 隔壁     | 6 | ①         | S s - D 2<br>(++) | 60                      | 227*3                  | 0.27                |

注記\*1：評価位置は図5-1に示す。

\*2：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数  $\gamma_a$

\*3：材料非線形解析によるせん断耐力



### 5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

#### 5.3.1 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表5-6に示す。また、最大接地圧分布図を図5-2に示す。

軽油タンク連絡ダクトの基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力を下回ることを確認した。

表5-6 基礎地盤の支持性能照査結果

| 解析ケース | 地震動               | 最大接地圧<br>$R_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 極限支持力<br>$R_u$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$R_d/R_u$ |
|-------|-------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------|
| ①     | S s - D 1<br>(++) | 6.6                                 | 13.7                                | 0.49             |

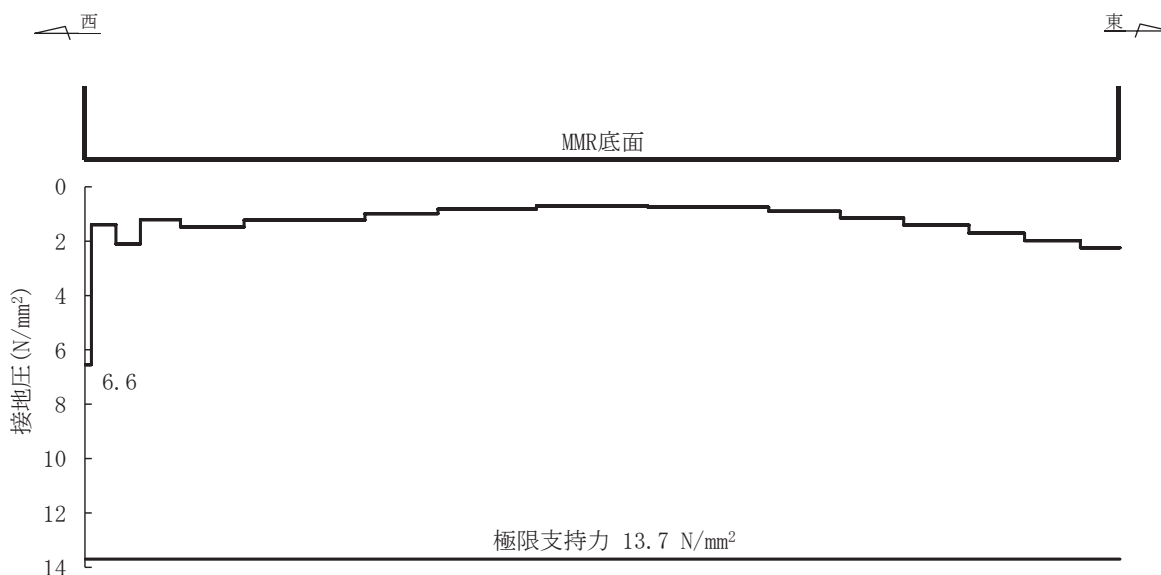


図5-2 基礎地盤の最大接地圧分布図  
(解析ケース①, S s - D 1 (++) )

5.3.2 MMR（既設）

MMR（既設）の支持性能に対する照査結果を表5-7に示す。また、最大接地圧分布図を図5-3に示す。

軽油タンク連絡ダクトの MMR（既設）に発生する最大接地圧が、支圧強度を下回ることを確認した。

表 5-7 MMR（既設）の支持性能照査結果

| 解析ケース | 地震動                        | 最大接地圧<br>$R_d$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 支圧強度<br>$f'_a$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 照査値<br>$R_d/f'_a$ |
|-------|----------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|
| ①     | S <sub>s</sub> -F1<br>(-+) | 2.0                                 | 15.6                                | 0.13              |

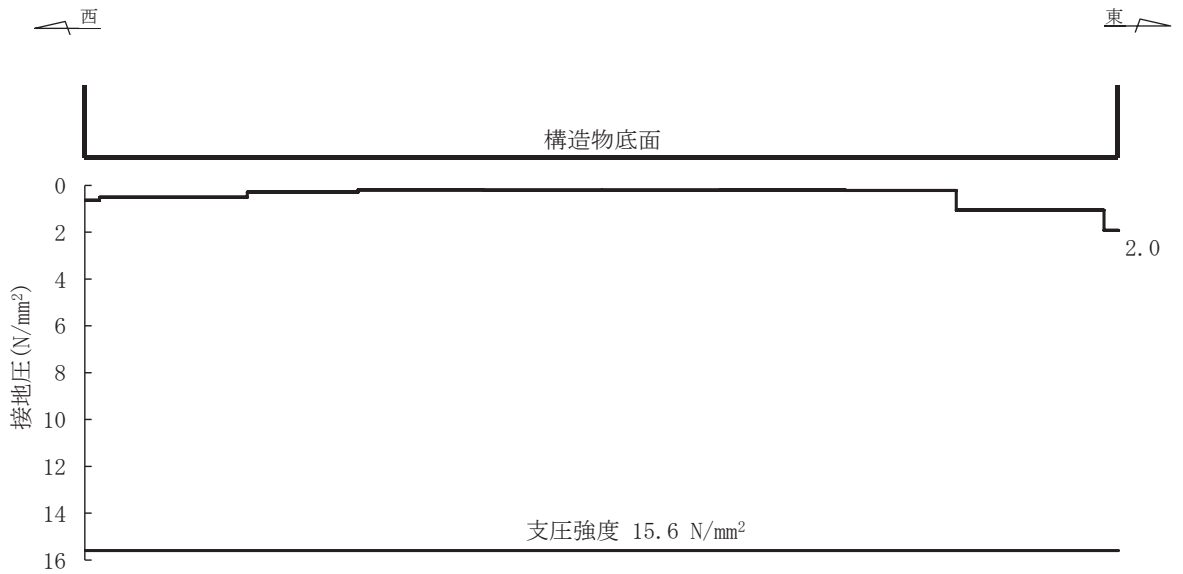


図 5-3 MMR（既設）の最大接地圧分布図  
(解析ケース①, S<sub>s</sub>-F1 (-+))

VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書

## 目 次

|                                       |    |
|---------------------------------------|----|
| 1. 概要.....                            | 1  |
| 2. 基本方針.....                          | 2  |
| 2.1 位置.....                           | 2  |
| 2.2 構造概要.....                         | 3  |
| 2.3 解析方針.....                         | 6  |
| 2.4 適用規格・基準等.....                     | 8  |
| 3. 解析方法.....                          | 9  |
| 3.1 設計に用いる地震波.....                    | 9  |
| 3.2 地震応答解析モデル.....                    | 17 |
| 3.3 解析方法.....                         | 29 |
| 3.4 解析条件.....                         | 32 |
| 4. 解析結果.....                          | 42 |
| 4.1 動的解析.....                         | 42 |
| 4.1.1 基本ケースの地震応答解析結果.....             | 42 |
| 4.1.2 材料物性の不確かさを考慮したケースの地震応答解析結果..... | 68 |
| 4.2 必要保有水平耐力.....                     | 82 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づく緊急用電気品建屋の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。また、必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

緊急用電気品建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

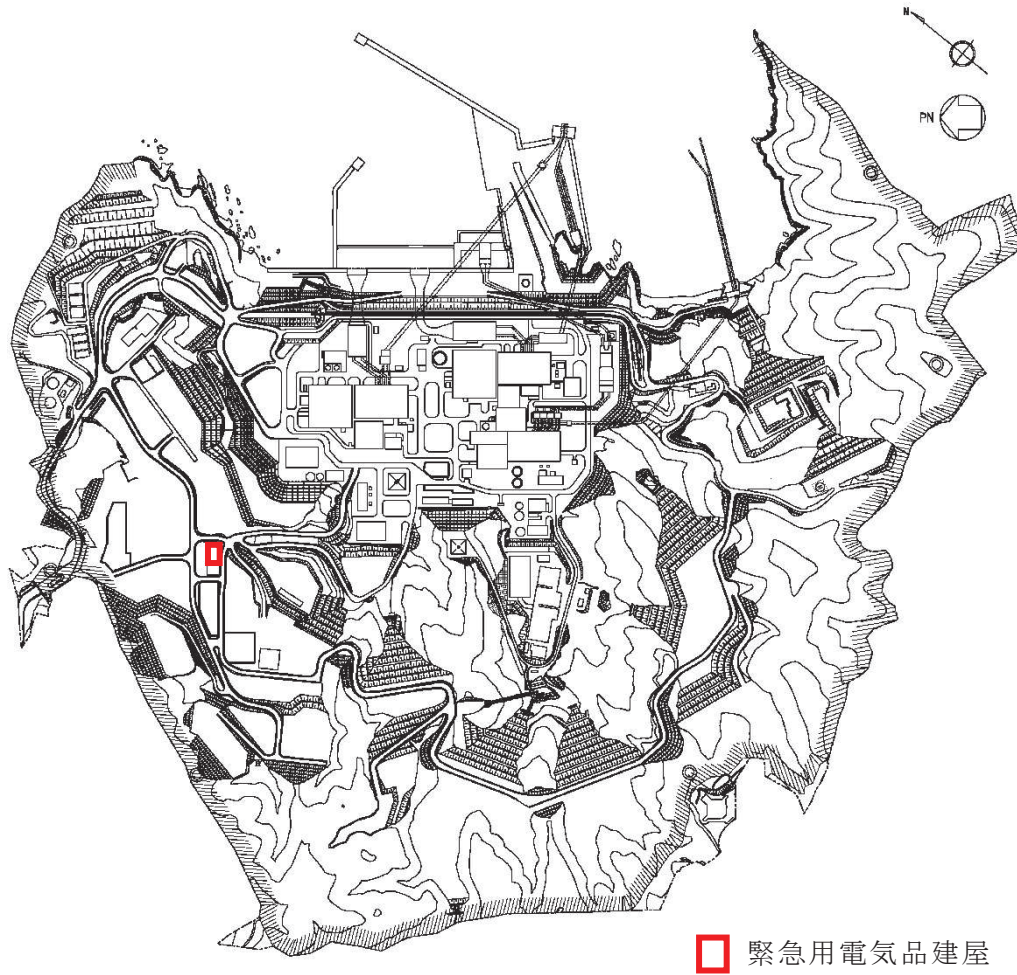


図 2-1 緊急用電気品建屋の設置位置

## 2.2 構造概要

緊急用電気品建屋は、地下1階、地上1階で、基礎底面からの高さは16.0mであり、平面は下部で南北方向25.2m、東西方向30.0m\*である。建屋の構造は鉄骨造及び鉄筋コンクリート造である。

緊急用電気品建屋の基礎は、厚さ3.5mで、支持地盤である砂岩に岩着している。

建屋の地上部分は鉄骨造の柱及び大ばりでフレームを形成(以下「フレーム構造部」という。)しており、これらの柱及びはりは、地下部分の鉄骨柱及び耐震壁とつながってラーメン構造を形成している。地上部分に加わる地震時の水平力はすべてこれらのフレームで負担する。

地下部分の耐震壁は基礎版から1階床面まで連続しており、壁厚は0.8m～1.5mである。建屋の地下部分は全体として非常に剛性が高く、地下部分に加わる地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁で負担する。地下部分のラーメン構造部材は地震時の建屋層間変形に追従可能な設計とする。

なお、緊急用電気品建屋に内包するガスタービン発電機に関して、仮想的に回転体の損壊を想定しても、損壊した回転体が緊急用電気品建屋外壁を貫通することなく内部に留まり、タービンミサイルが発生することのないよう、緊急用電気品建屋外壁厚さがタービンミサイルの防護上必要な板厚を上回る設計としており、外壁面にはルーバを、天井面には防護鉄板を設置している。

緊急用電気品建屋の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

注記\*：建屋寸法は壁外面押えとする。

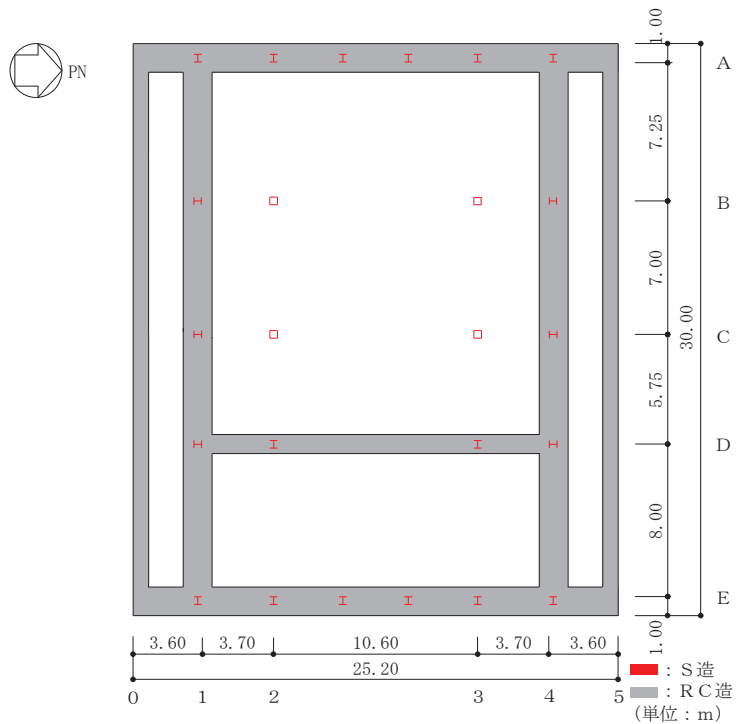


図 2-2(1) 緊急用電気品建屋の概略平面図(0. P. \* 56. 4m)

注記\* : 0. P. は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面 (T. P.) -0. 74m である。

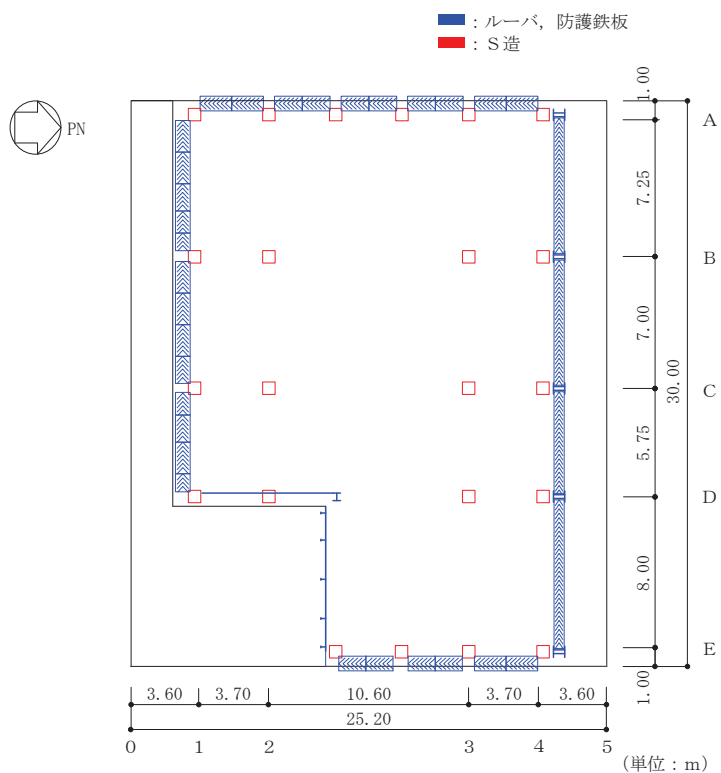


図 2-2(2) 緊急用電気品建屋の概略平面図(0. P. 62. 9m)



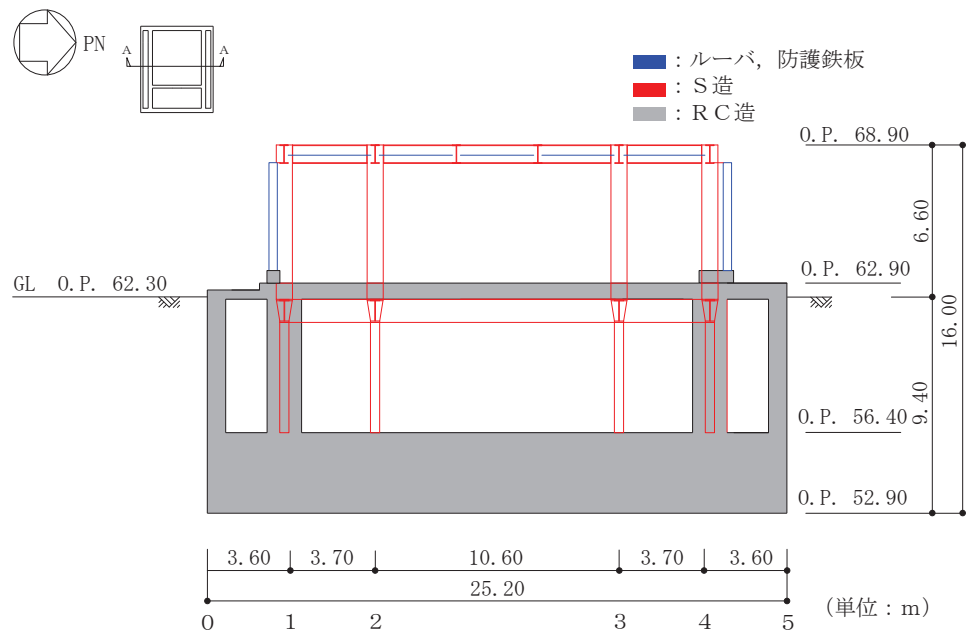


図 2-3(1) 緊急用電気品建屋の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

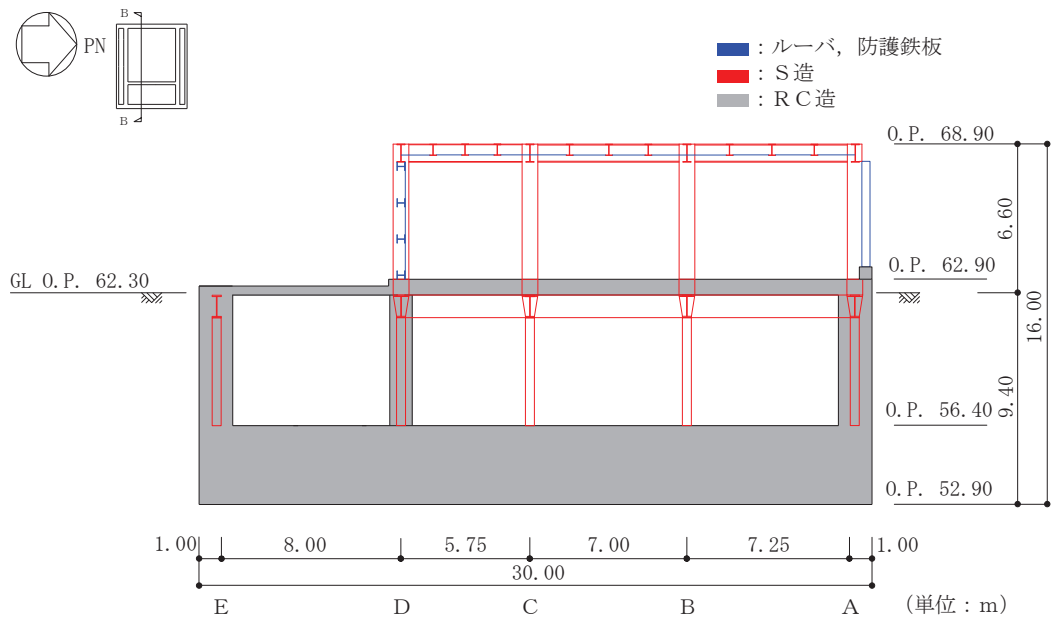


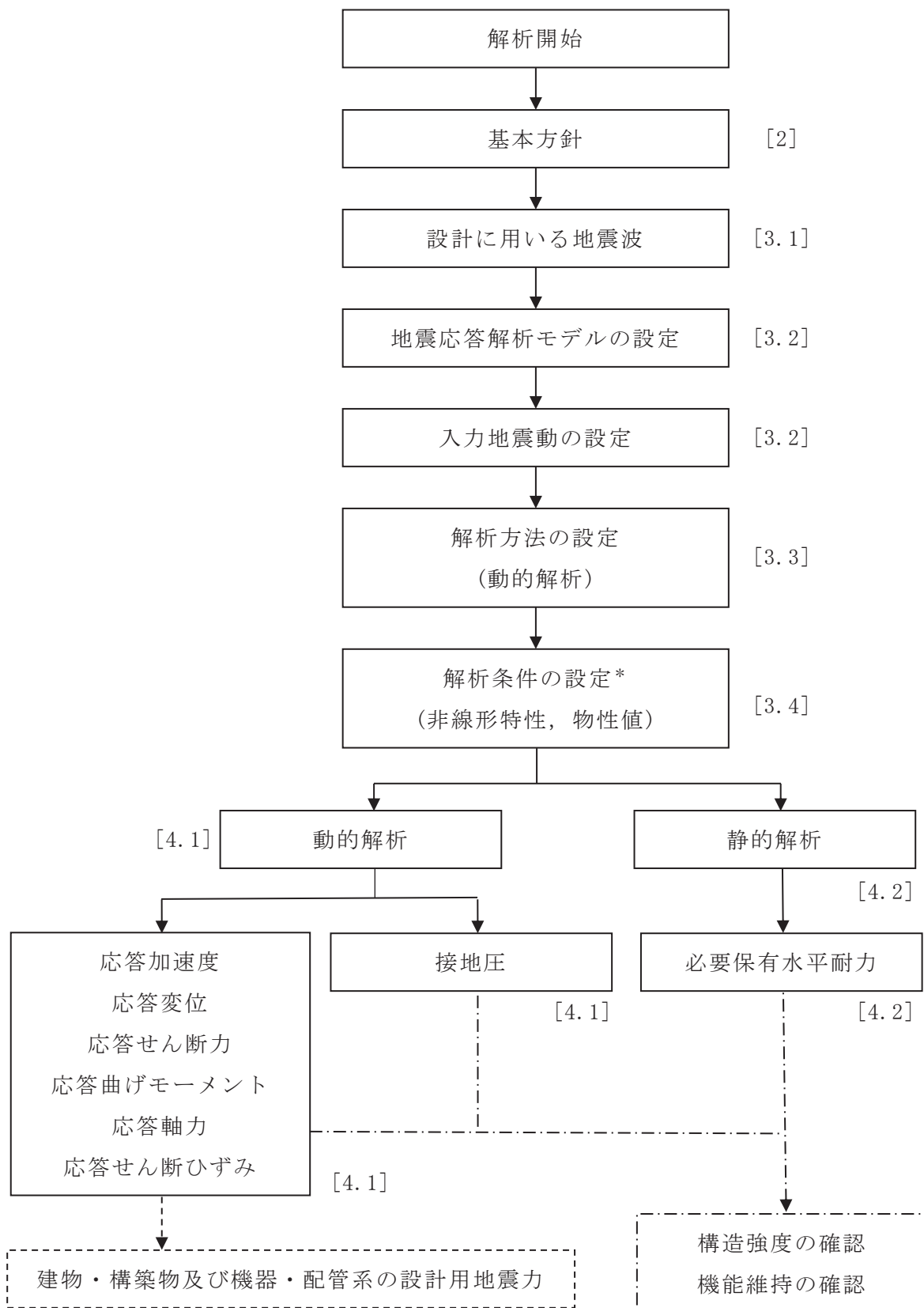
図 2-3(2) 緊急用電気品建屋の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

## 2.3 解析方針

緊急用電気品建屋の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図2-4に緊急用電気品建屋の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.1 設計に用いる地震波」及び「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデルを用いて実施することとし、「3.3 解析方法」及び「3.4 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては材料物性の不確かさを考慮し、加速度、変位、せん断ひずみ、接地圧等を含む各種応答値を、「4.2 必要保有水平耐力」においては必要保有水平耐力を算出する。



注：[ ]内は、本資料における章番号を示す。  
 注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 2-4 緊急用電気品建屋の地震応答解析フロー

## 2.4 適用規格・基準等

緊急用電気品建屋の地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-
- ・ 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）

### 3. 解析方法

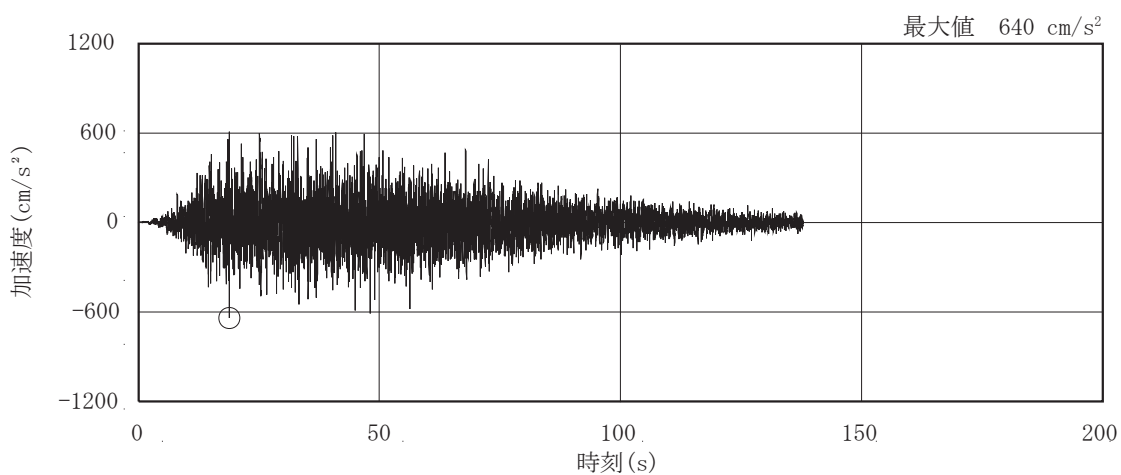
#### 3.1 設計に用いる地震波

緊急用電気品建屋の地震応答解析モデルは、建屋と地盤の相互作用を評価した建屋—地盤連成モデルとする。この連成モデルへの入力地震動は、添付書類「VI-2-1-2 基準地震動 S<sub>s</sub> 及び弾性設計用地震動 S<sub>d</sub> の策定概要」に示す解放基盤表面レベルで定義された基準地震動 S<sub>s</sub> から、地盤の振動特性を考慮して算定した地震動を用いる。

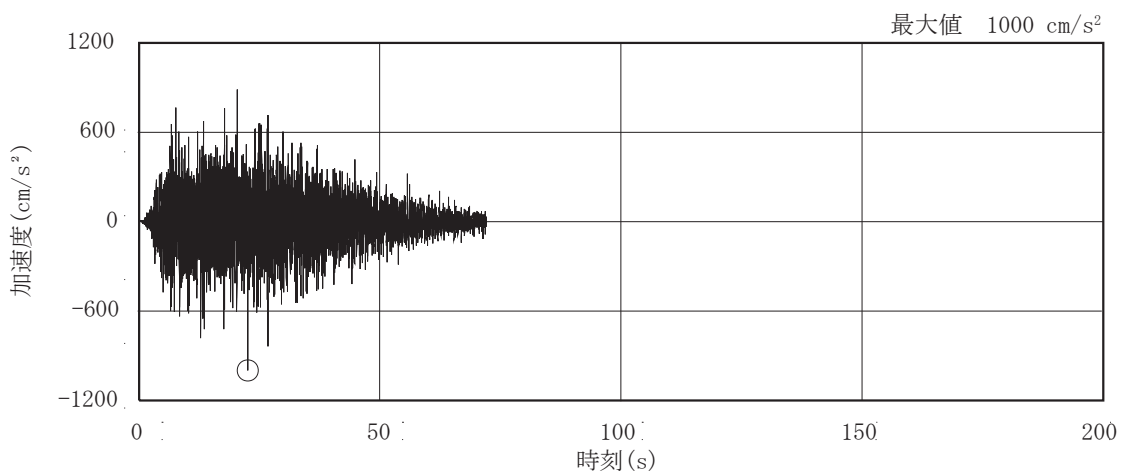
基準地震動 S<sub>s</sub> の最大加速度一覧を表 3-1 に、加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-1 及び図 3-2 に示す。

表 3-1 基準地震動 S<sub>s</sub> の最大加速度一覧

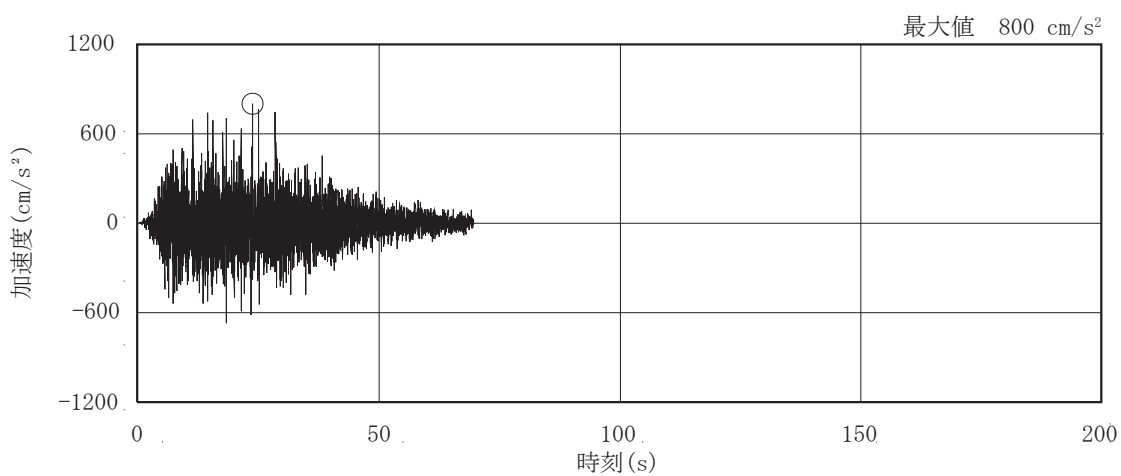
| 基準地震動 |   | 最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |      |
|-------|---|----------------------------|------|
|       |   | 水平方向                       | 鉛直方向 |
| Ss-D1 | プレート間地震の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動                                 | 640                        | 430  |
| Ss-D2 | 海洋プレート内地震 (SMGA マントル内) の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動                 | 1000                       | 600  |
| Ss-D3 | 海洋プレート内地震 (SMGA 地殻内) の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動                   | 800                        | 500  |
| Ss-F1 | プレート間地震の断層モデルを用いた手法による基準地震動 (応力降下量 (短周期レベル) の不確かさ)            | 717                        | 393  |
| Ss-F2 | プレート間地震の断層モデルを用いた手法による基準地震動 (SMGA 位置と応力降下量 (短周期レベル) の不確かさの重畳) | 722                        | 396  |
| Ss-F3 | 海洋プレート内地震 (SMGA マントル内) の断層モデルを用いた手法による基準地震動 (SMGA マントル内集約)    | 835                        | 443  |
| Ss-N1 | 2004 年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET 港町) の検討結果に保守性を考慮した地震動                | 620                        | 320  |



(a) S s - D 1

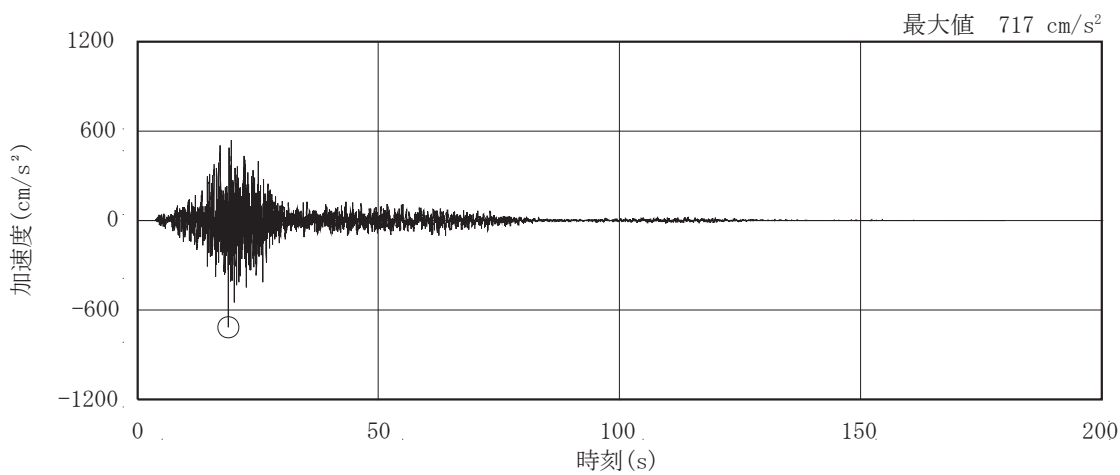


(b) S s - D 2

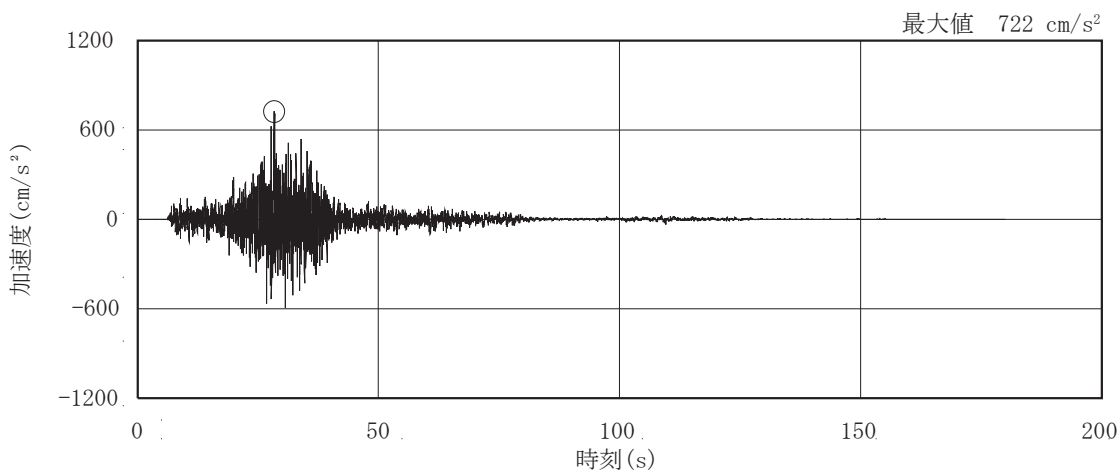


(c) S s - D 3

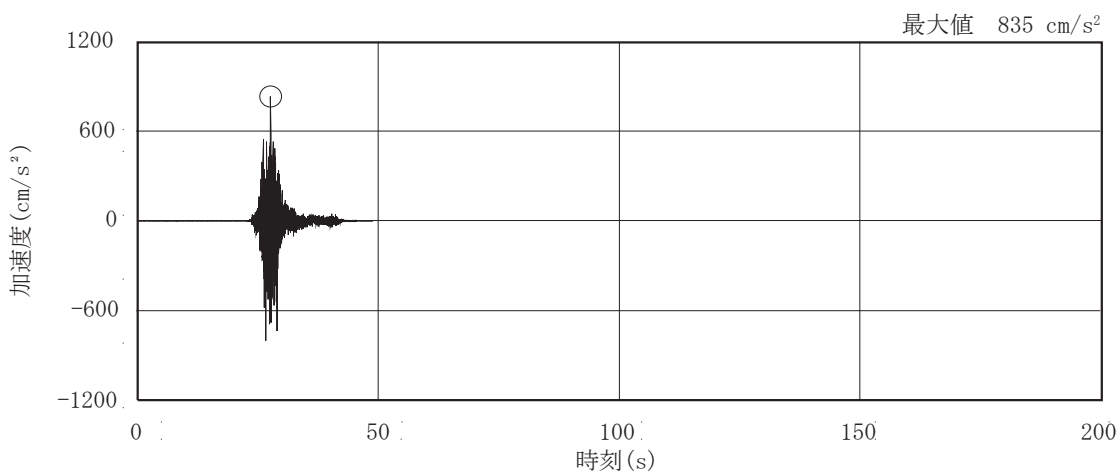
図 3-1(1) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, 水平方向) (1/3)



(d) S s - F 1

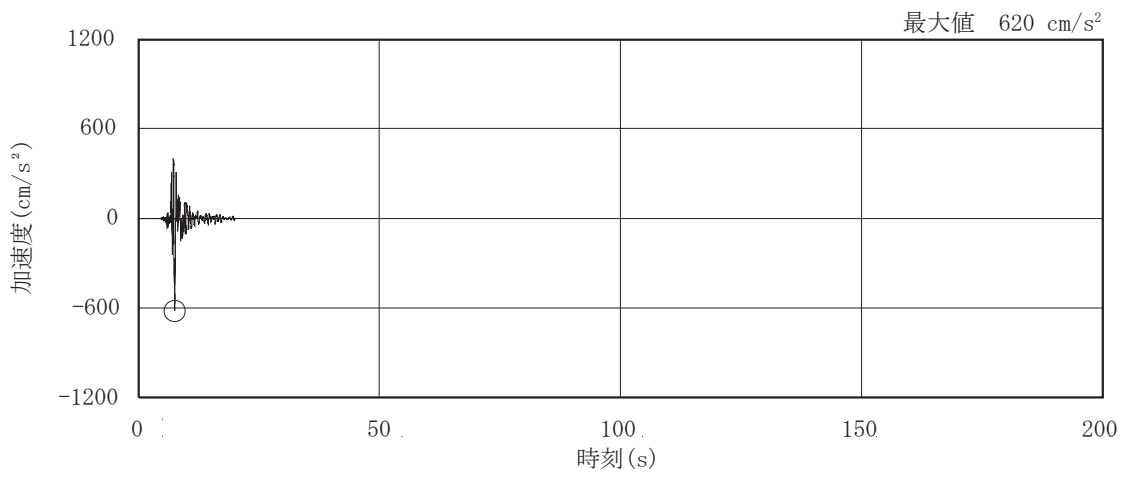


(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

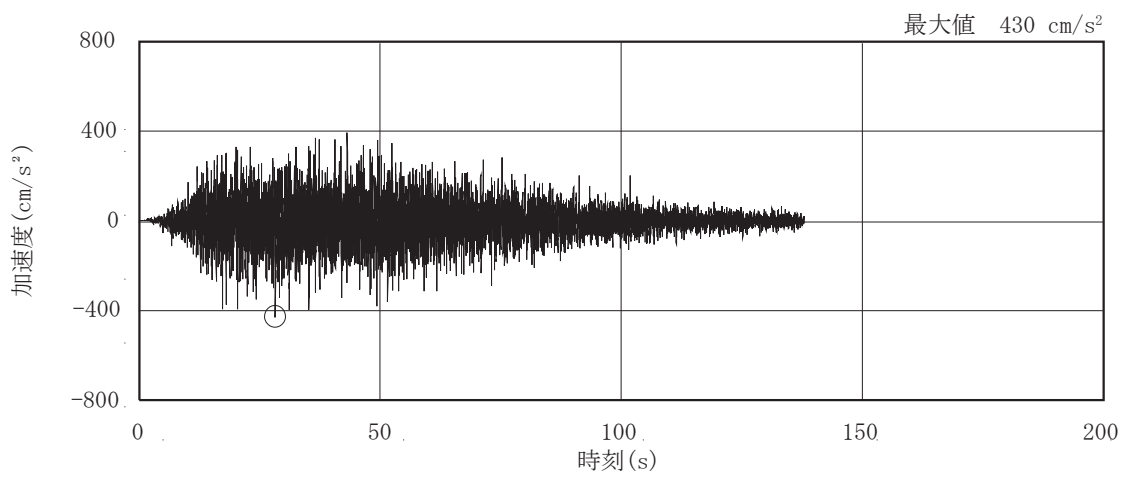
图 3-1(2) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s, 水平方向) (2/3)



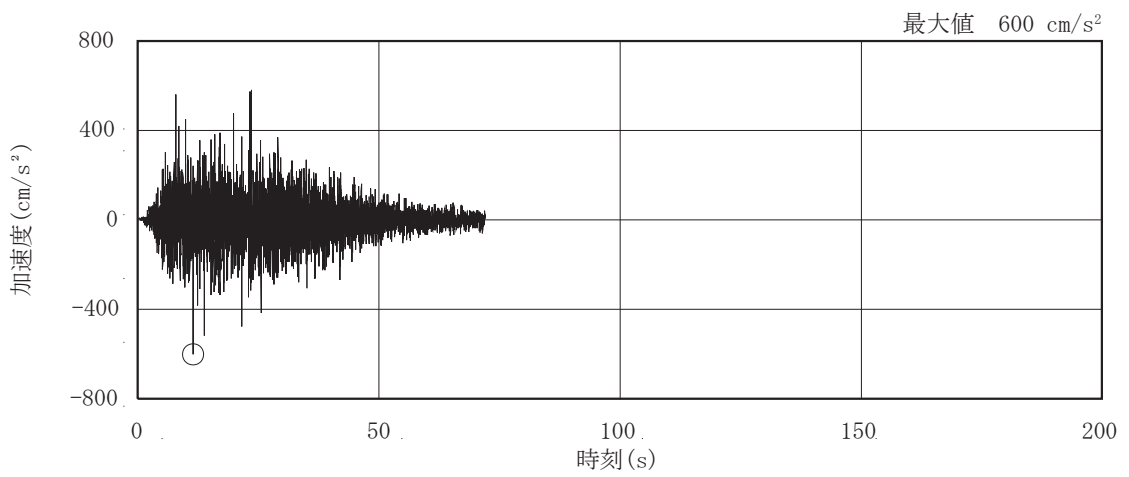
(g) S s - N 1

图 3-1(3) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , 水平方向) (3/3)

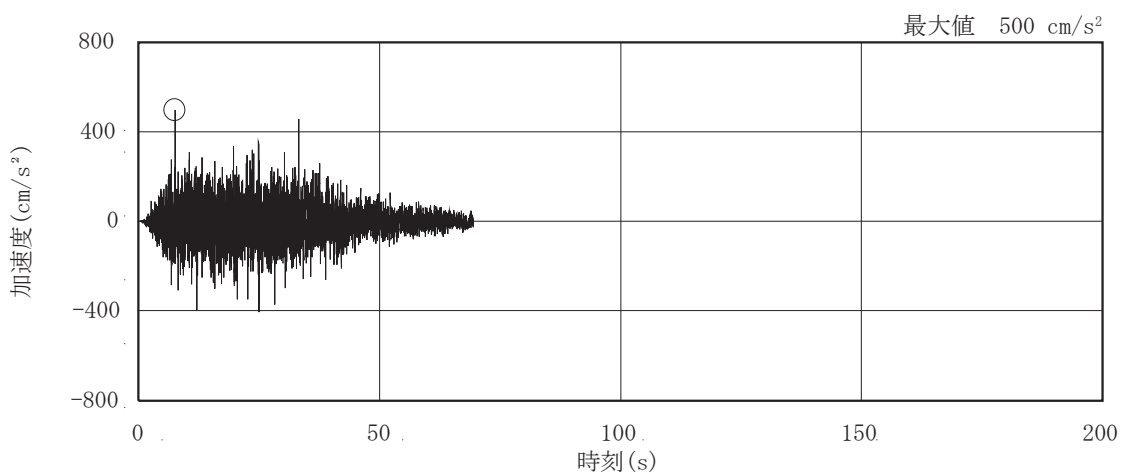




(a) S s - D 1

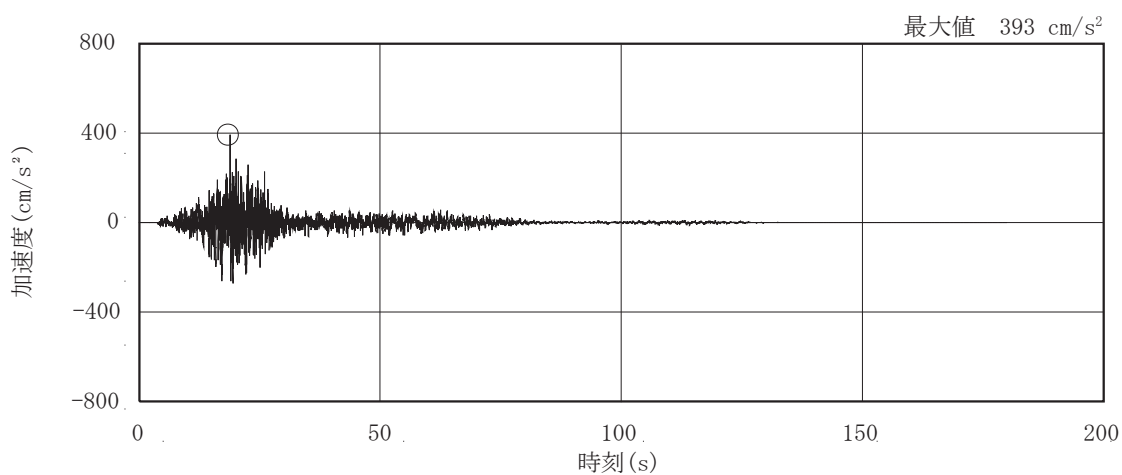


(b) S s - D 2

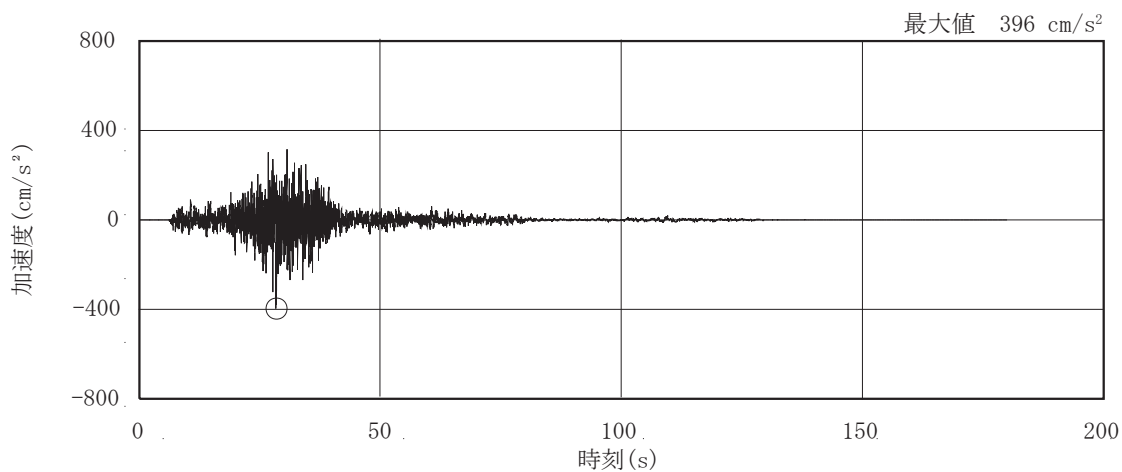


(c) S s - D 3

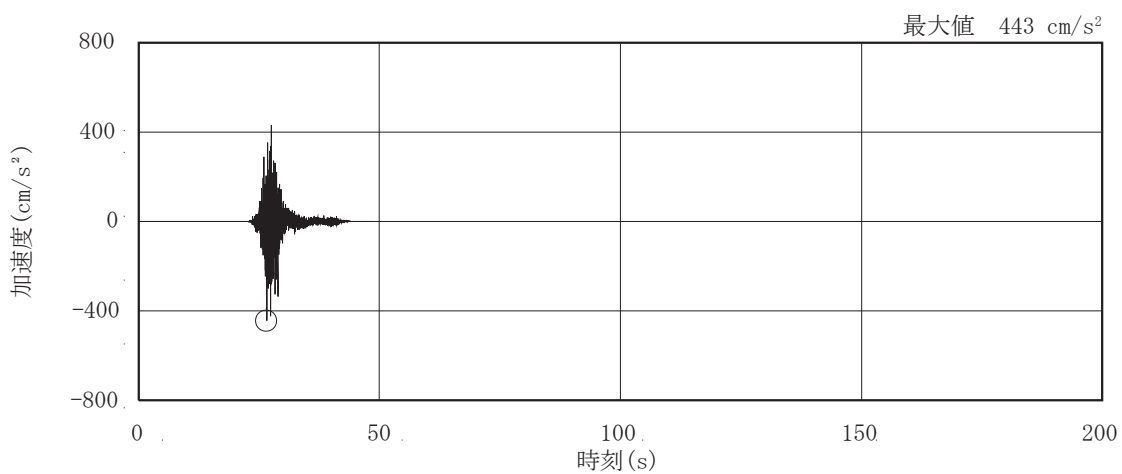
图 3-1(4) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s, 鉛直方向) (1/3)



(d) S s - F 1

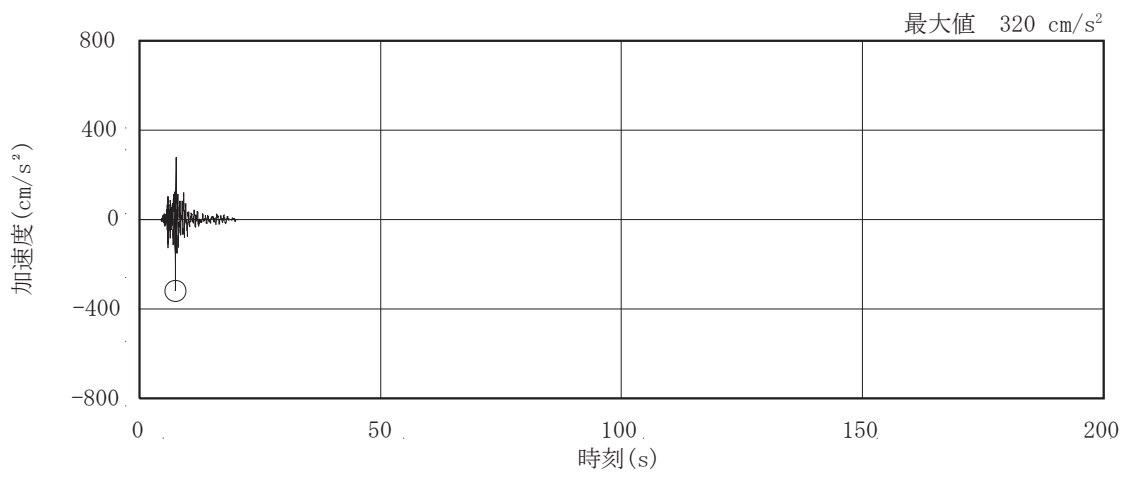


(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

图 3-1(5) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s, 鉛直方向) (2/3)



(g) S s - N 1

图 3-1(6) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, 鉛直方向) (3/3)

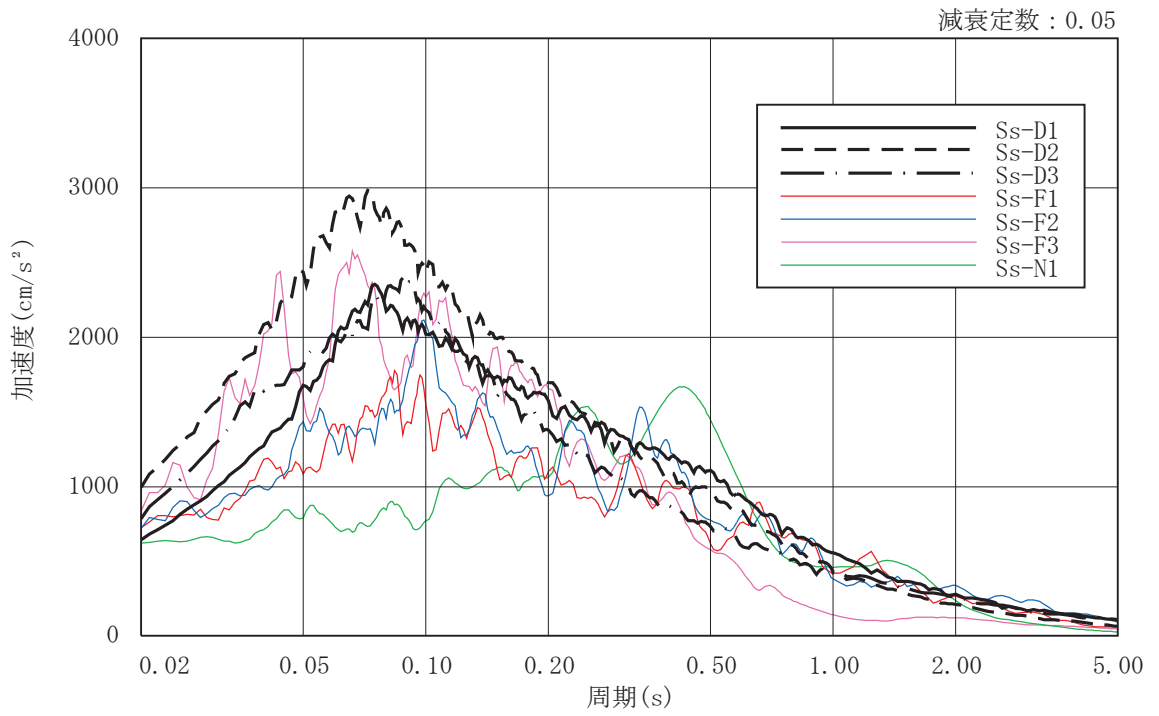


図 3-2(1) 加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s$ , 水平方向)

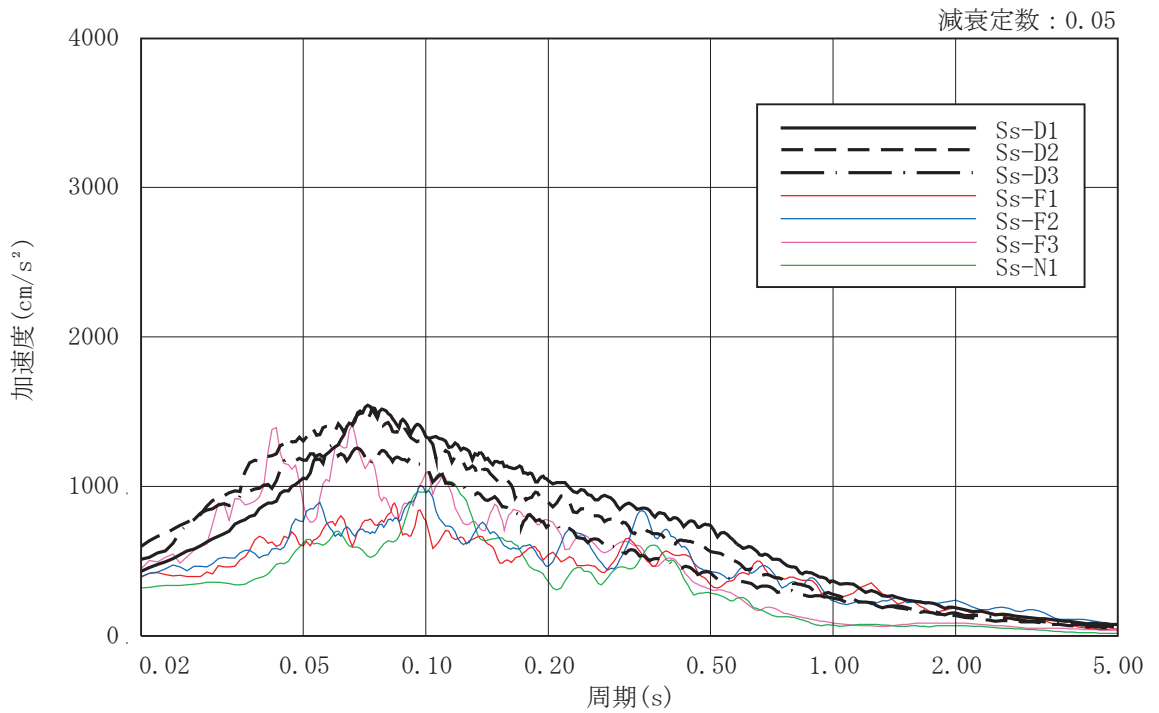


図 3-2(2) 加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向)

### 3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた使用材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-2 使用材料の物性値

| 部位               | 使用材料  | ヤング係数<br>E<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | せん断弾性係数<br>G<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 減衰定数<br>h<br>(%) |
|------------------|---|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 建屋部 (B1F)<br>基礎版 | 鉄筋コンクリート<br>コンクリート：<br>F <sub>c</sub> = 30 (N/mm <sup>2</sup> )<br>鉄筋：SD390 | 2.44 × 10 <sup>4</sup>             | 1.02 × 10 <sup>4</sup>               | 5                |
| 建屋部 (1F)         | 鉄骨：BCP325,<br>SN400B,<br>SN490B   | 2.05 × 10 <sup>5</sup>             | 7.90 × 10 <sup>4</sup>               | 2                |

### 3.2.1 水平方向

#### (1) 地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、建屋を曲げ変形とせん断変形をする耐震壁部及びせん断変形をする鉄骨部からなる質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成モデルとする。

0.P. 62.9m～0.P. 68.9m のフレーム構造部は、構面ごとに柱及び大梁をモデル化した 2 次元フレームモデルに単位の水平力 P を与えた時の水平変位より、等価なせん断剛性を算定し、曲げ剛性を無限大とした線形一軸モデルに置換する。なお、フレーム構造部については耐震設計上は弾性とする。

水平方向の地震応答解析モデル及び諸元を図 3-3 に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、水平方向の地震応答解析モデルにおいては底面水平ばね及び底面回転ばねで置換している。この底面水平ばね及び底面回転ばねは、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価している。いずれのばねも振動数に依存した複素剛性として表現されるが、図 3-4 に示すようにばね定数として、実部の静的な値 ( $K_0$ ) を、また、減衰係数 ( $C_0$ ) として、建屋－地盤連成モデルの 1 次固有円振動数 ( $\omega_1$ ) に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。このうち、底面回転ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。

基礎版の埋込み部分の側面地盤ばねについては、基礎版の側面位置の地盤定数を用いて、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」により、Novak の方法に基づき求めた側面水平ばねを、基礎底面地盤ばねと同様に近似法により定数化して用いる。側面水平ばねの評価には、解析コード「NOVAK」を用いる。

評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-3 に、地盤モデルの物性値を表 3-4 に示す。

#### (3) 入力地震動

地震応答解析モデルへの入力地震動は、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動  $S_s$  から以下の手順で算定する。まず、地下構造モデルの解放基盤表面以深の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により 0.P. -200m の入射波を算定する。算定した 0.P. -200m の入射波を建屋位置地盤モデルに入力して線形解析を行い、建屋基礎底面レベルでの地盤及び基礎の上下端レベル

の建屋側面の地盤の応答を評価して入力地震動とする。また、建屋基礎底面レベルにおける補正水平力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。図 3-5 に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を、設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置（O.P. 52.9m）における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3-6 に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

$E_c = 2.44 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$   
 $2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$  (地上鉄骨部)  
 $G_c = 1.02 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$   
 $7.90 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$  (地上鉄骨部)

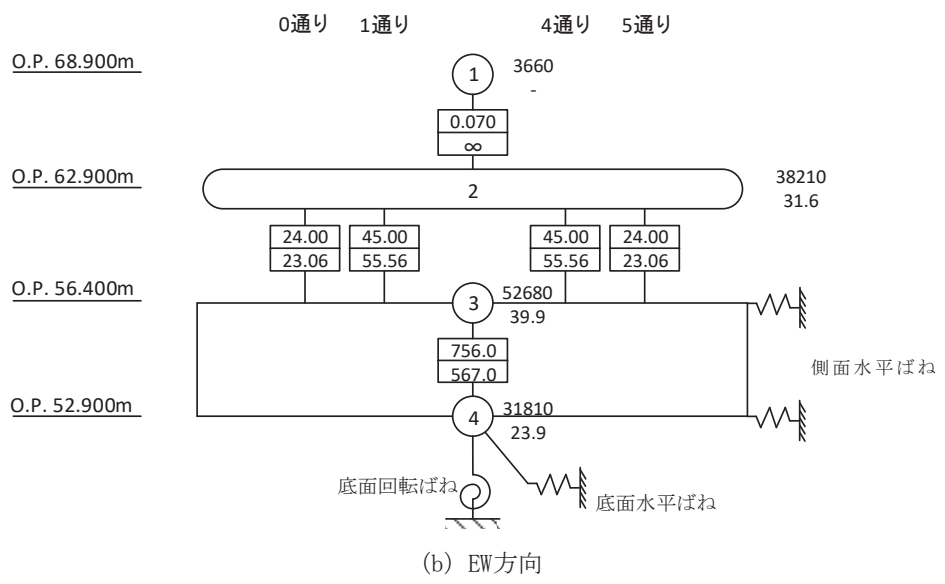
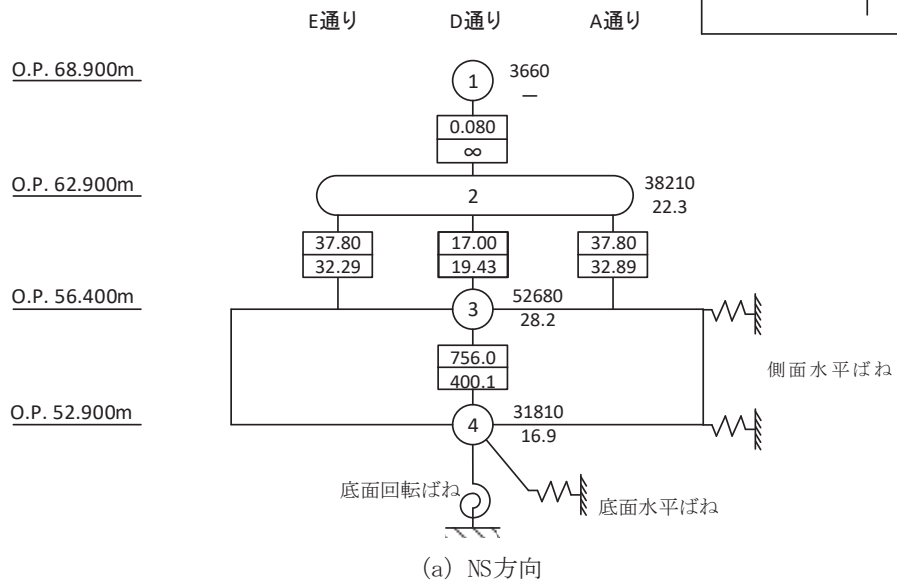
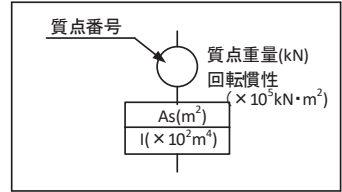
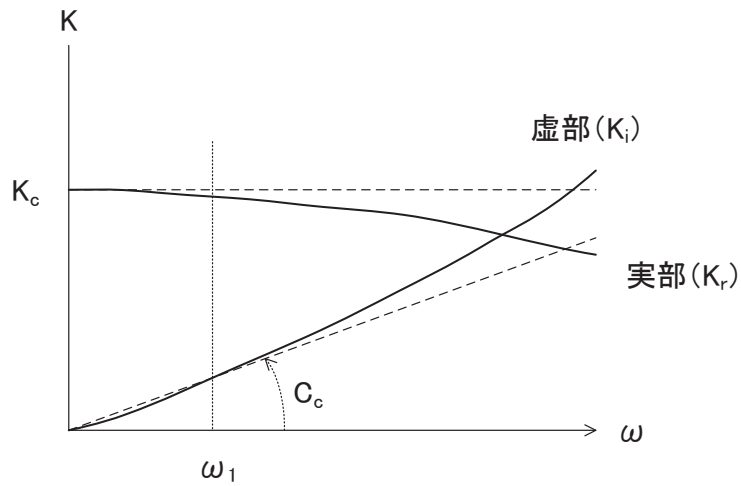


図 3-3 地震応答解析モデル及び諸元(水平方向)

O 2 ⑥ VI-2-2-21 R 3





ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数  $K_c$  で定数化

減衰係数：建屋—地盤連成系の 1 次固有円振動数  $\omega_1$  に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き  $C_c$  で定数化

図 3-4 地盤ばねの定数化の概要

表 3-3 地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

(a) NS 方向

| 地盤ばね成分 | 質点番号 | ばね定数 $K_c$                        | 減衰係数 $C_c$                       |
|--------|------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 側面・水平  | 3    | $8.281 \times 10^7$ (kN/m)        | $1.470 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 側面・水平  | 4    | $8.281 \times 10^7$ (kN/m)        | $1.470 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 底面・水平  | 4    | $1.013 \times 10^9$ (kN/m)        | $3.844 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 底面・回転  | 4    | $1.772 \times 10^{11}$ (kN·m/rad) | $1.508 \times 10^8$ (kN·m·s/rad) |

(b) EW 方向

| 地盤ばね成分 | 質点番号 | ばね定数 $K_c$                        | 減衰係数 $C_c$                       |
|--------|------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 側面・水平  | 3    | $8.281 \times 10^7$ (kN/m)        | $1.463 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 側面・水平  | 4    | $8.281 \times 10^7$ (kN/m)        | $1.463 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 底面・水平  | 4    | $9.999 \times 10^8$ (kN/m)        | $3.752 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 底面・回転  | 4    | $2.269 \times 10^{11}$ (kN·m/rad) | $2.628 \times 10^8$ (kN·m·s/rad) |

表 3-4(1) 緊急用電気品建屋の地震応答解析に用いる地下構造モデルの地盤物性値

| 地層レベル<br>O.P. (m) | 単位体積重量<br>$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | せん断波速度<br>Vs (m/s) | 減衰定数<br>h (%) |
|-------------------|---|--------------------|---------------|
| -14.1             | 26.1                                    | 1360               | 3             |
| -27.0             | 26.4                                    | 2040               | 3             |
| -50.0             | 26.5                                    | 2520               | 3             |
| -200.0            | 26.5                                    | 2520               | 3             |

表 3-4(2) 緊急用電気品建屋の地震応答解析に用いる建屋位置地盤モデルの地盤物性値

|      | 地層レベル<br>O.P. (m) | 単位体積重量<br>$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | せん断波速度<br>Vs (m/s) | 減衰定数<br>h (%) |
|------|-------------------|---|--------------------|---------------|
| 側面地盤 | 62.3              | 25.5                                    | 280                | 3             |
|      | 61.7              | 25.5                                    | 680                | 3             |
|      | 60.8              | 26.2                                    | 670                | 3             |
|      | 59.5              | 26.2                                    | 1330               | 3             |
|      | 57.5              | 26.2                                    | 2080               | 3             |
| 底面地盤 | 52.9              | 26.2                                    | 2080               | 3             |
|      | 46.8              | 26.2                                    | 2510               | 3             |
|      | 16.9              | 26.4                                    | 2500               | 3             |
|      | -200.0            | 26.4                                    | 2500               | 3             |

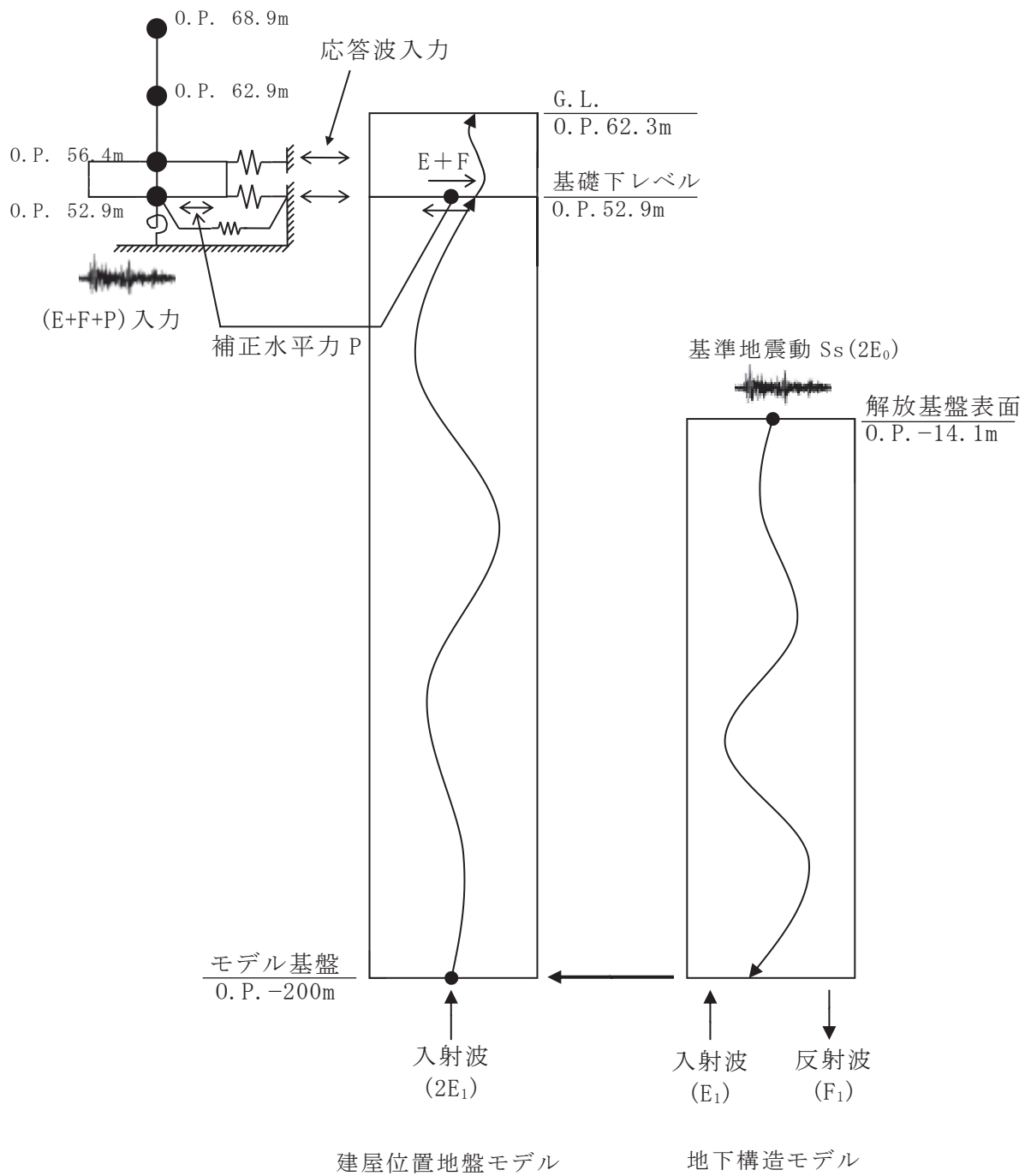


図 3-5 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図 (水平方向)

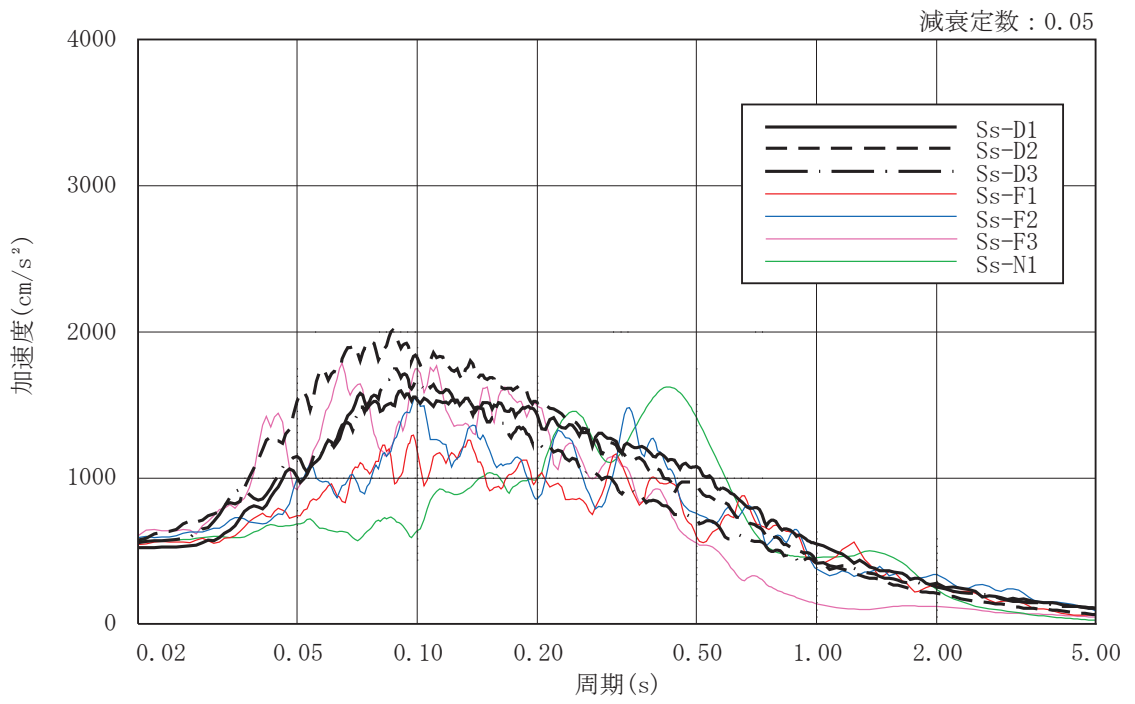


図 3-6 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(基準地震動 S s , 水平方向. O.P. 52.9m)

### 3.2.2 鉛直方向

#### (1) 地震応答解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、軸変形をする耐震壁部及び鉄骨部からなる質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成モデルとする。軸剛性は地下1階は耐震壁、地上1階は鉄骨柱の軸断面積に基づき算定する。鉛直方向の地震応答解析モデル及び諸元を図3-7に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、鉛直方向の地震応答解析モデルにおいては鉛直ばねで置換している。この鉛直ばねは、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価しており、振動数に依存した複素剛性として表現される。図3-8に示すようにばね定数として、実部の静的な値( $K_0$ )を、また、減衰係数( $C_0$ )として、建屋－地盤連成モデルの1次固有円振動数( $\omega_1$ )に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

地盤ばね定数及び減衰係数を表3-5に示す。

#### (3) 入力地震動

地震応答解析モデルへの入力地震動は、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 $S_s$ から以下の手順で算定する。まず、解放基盤モデルの解放基盤表面以深の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価によりO.P.-200mの入射波を算定する。算定したO.P.-200mの入射波を構造物位置地盤の一次元地盤モデルに入力して線形解析を行い、建屋基礎底面レベルでの地盤の応答を評価して入力地震動とする。図3-9に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を、設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置(O.P.52.9m)における入力地震動の加速度応答スペクトルを図3-10に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

$E_c = 2.44 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$   
 $2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$  (地上鉄骨部)

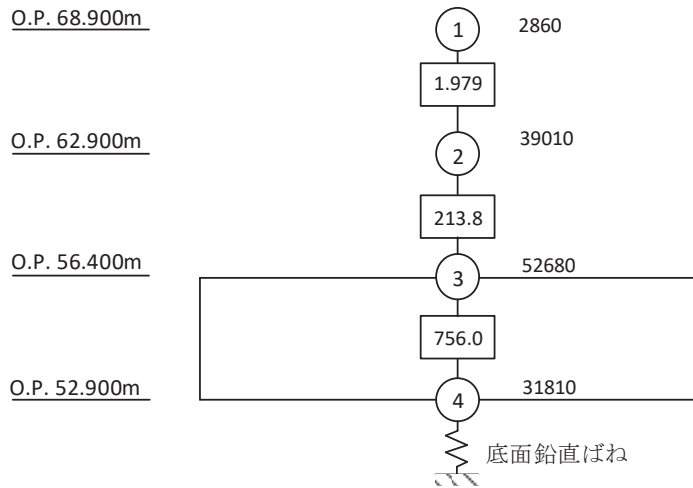
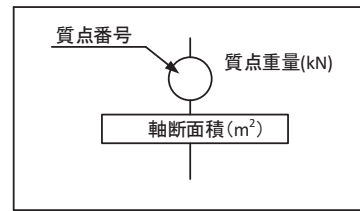
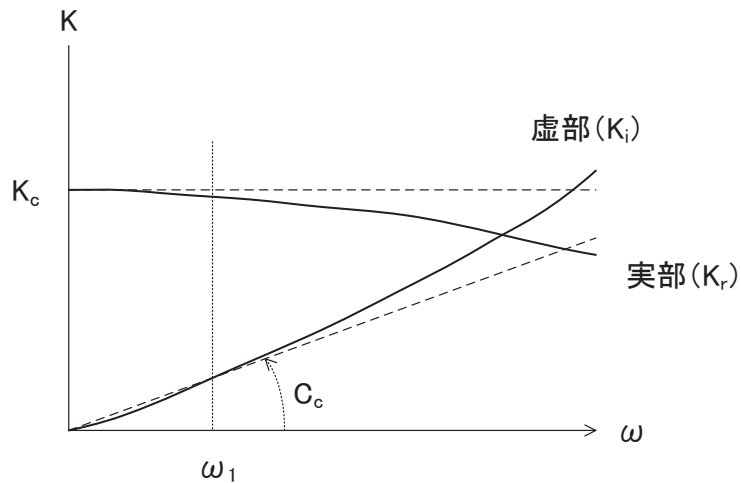


図 3-7 地震応答解析モデル及び諸元(鉛直方向)



ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数  $K_c$  で定数化

減衰係数：建屋—地盤連成系の 1 次固有円振動数  $\omega_1$  に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き  $C_c$  で定数化

図 3-8 鉛直地盤ばねの定数化の概要

表 3-5 地盤ばね定数と減衰係数（鉛直方向）

| 地盤ばね成分 | ばね定数 $K_c$                 | 減衰係数 $C_c$                   |
|--------|----------------------------|------------------------------|
| 底面・鉛直  | $1.266 \times 10^9$ (kN/m) | $6.934 \times 10^6$ (kN·s/m) |

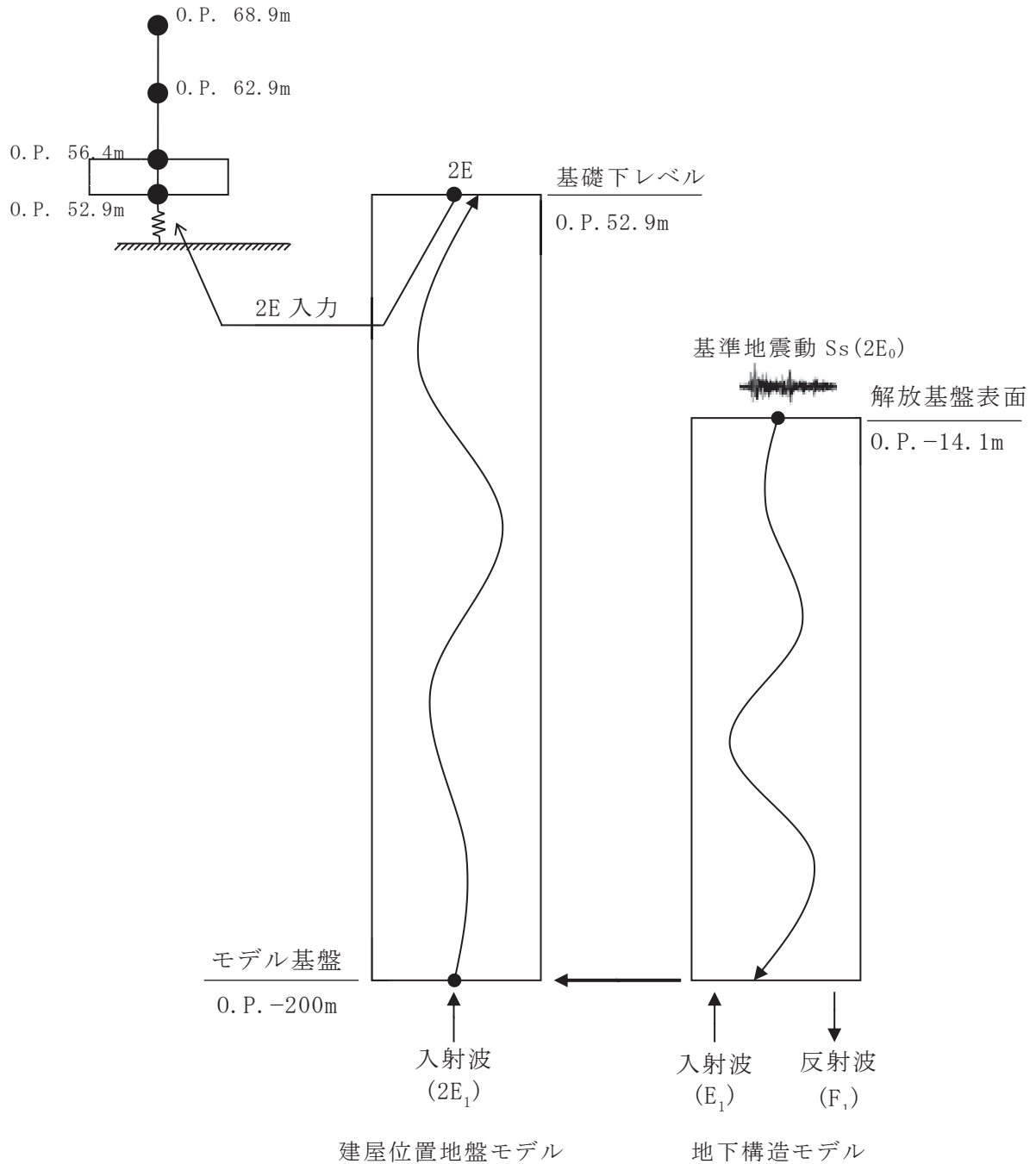


図 3-9 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図（鉛直方向）

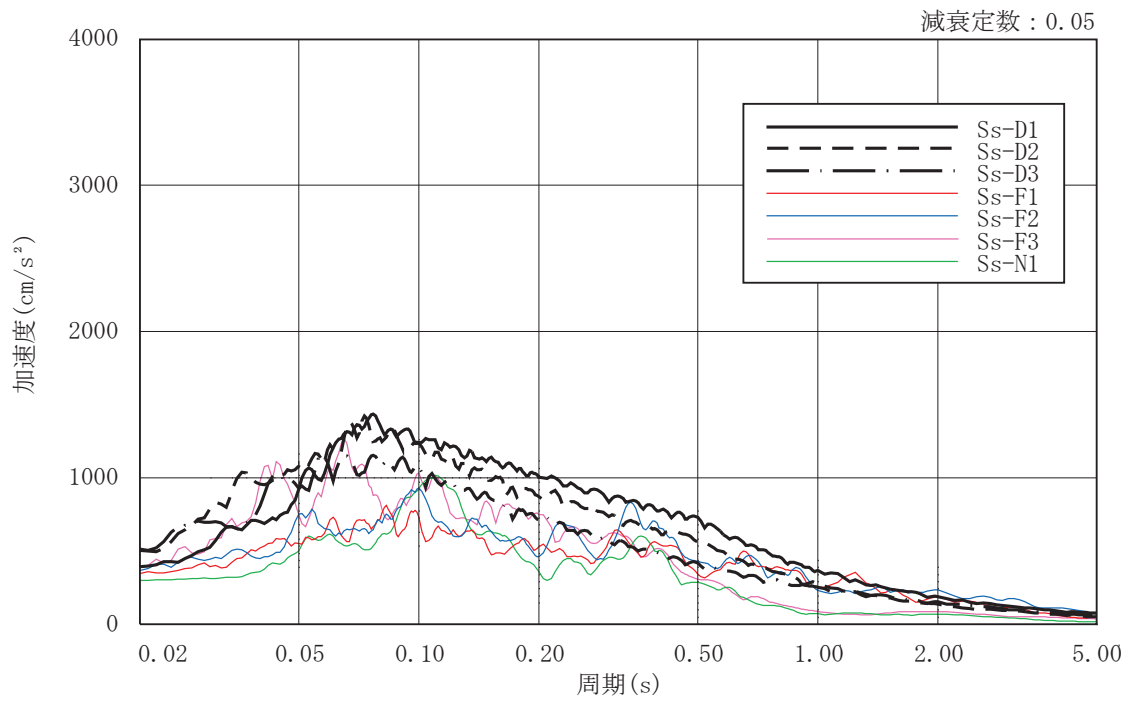


図 3-10 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(基準地震動 S s , 鉛直方向, 0.P. 52.9m)



### 3.3 解析方法

緊急用電気品建屋について、動的解析により応答加速度、応答変位、応答せん断力、応答曲げモーメント、応答軸力、応答せん断ひずみ及び接地圧を算出する。また、静的解析により必要保有水平耐力を算出する。

緊急用電気品建屋の地震応答解析には、解析コード「NUPP4」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.3.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

なお、最大接地圧は、「原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 -2015）」を参考に、水平応答と鉛直応答から組合せ係数法（組合せ係数は1.0と0.4）を用いて算出する。

### 3.3.2 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 $Q_{un}$ は、次式により算出する。必要保有水平耐力算定の基準面は基礎版上端（0.P.56.4m）とする。

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$$

ここで、

$D_s$  : 各層の構造特性係数

$F_{es}$  : 各層の形状特性係数

$$F_{es} = F_s \cdot F_e$$

$F_s$  : 剛性率に応じた数値 (1.0)

$F_e$  : 偏心率に応じた数値 (1.0)

地震力によって各層に生じる水平力 $Q_{ud}$ は、次式により算出する。

$$Q_{ud} = n \cdot C_i \cdot W_i$$

ここで、

$n$  : 施設の重要度分類に応じた係数 (1.0)

$C_i$  : 第*i*層の地震層せん断力係数

$W_i$  : 第*i*層が支える重量

地震層せん断力係数 $C_i$ は、次式により算出する。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

$Z$  : 地震地域係数 (1.0)

$R_t$  : 振動特性係数 (0.8)

$A_i$  : 第*i*層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数 (1.0)

なお、 $A_i$ はモーダル解析により以下のとおり算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

$$A_i' = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{m=i}^n w_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_t(T_j) \right)^2} / \sum_{m=i}^n w_m$$

ここで、

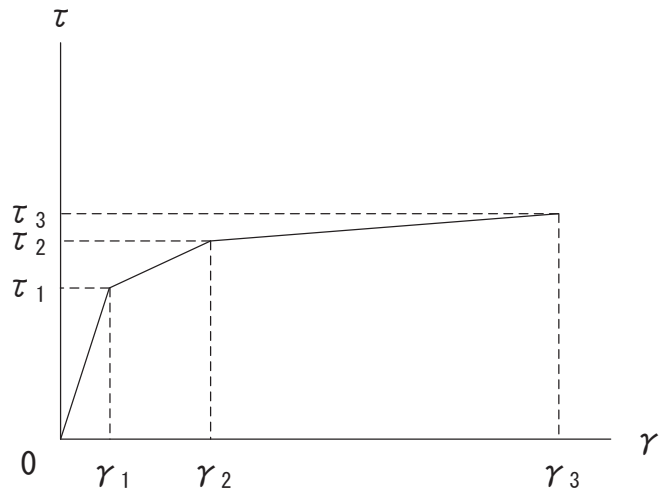
- n : 建物・構築物の層数
- w<sub>m</sub> : 第m層の重量
- β<sub>j</sub>・U<sub>mj</sub> : 第m層のj次刺激関数
- T<sub>j</sub> : 固有値解析により得られる建物・構築物のj次固有周期
- R<sub>t</sub>(T<sub>j</sub>) : 周期T<sub>j</sub>に対応する加速度応答スペクトルの値  
(建築基準法施行令第88条第1項に与えられている振動特性係数R<sub>t</sub>のT<sub>j</sub>に対する値とする。地盤種別は第1種地盤とする。)
- k : 考慮すべき最高次数

### 3.4 解析条件

#### 3.4.1 建物・構築物の復元力特性

##### (1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）は「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき，トリリニア型スケルトンカーブとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図 3-11 に示す。



$\tau_1$  : 第1折点のせん断応力度

$\tau_2$  : 第2折点のせん断応力度

$\tau_3$  : 終局点のせん断応力度

$\gamma_1$  : 第1折点のせん断ひずみ

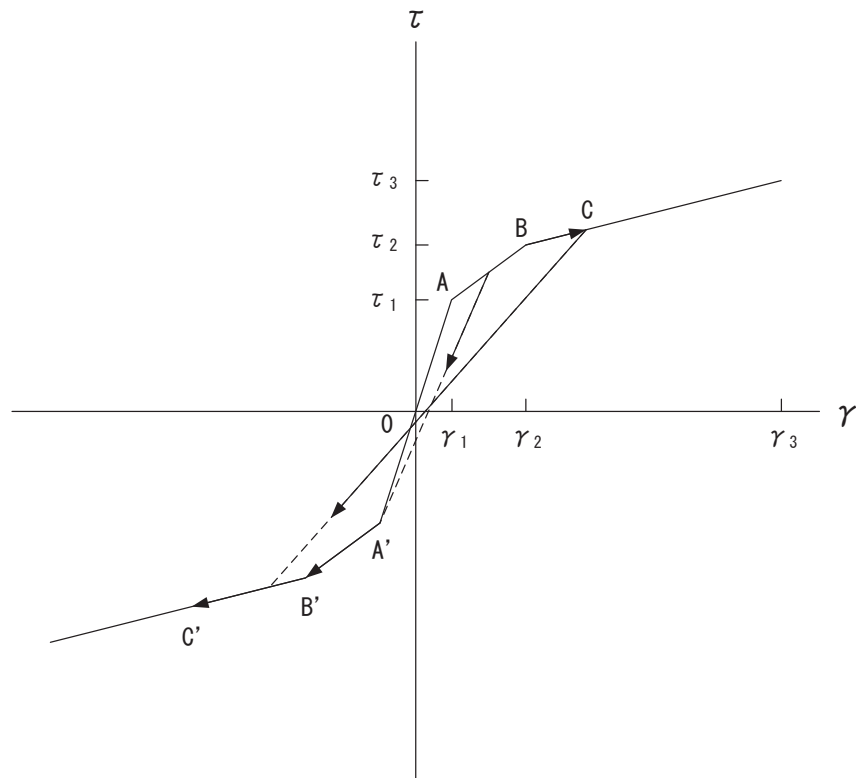
$\gamma_2$  : 第2折点のせん断ひずみ

$\gamma_3$  : 終局点のせん断ひずみ ( $=4.0 \times 10^{-3}$ )

図 3-11 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を図 3-12 に示す。

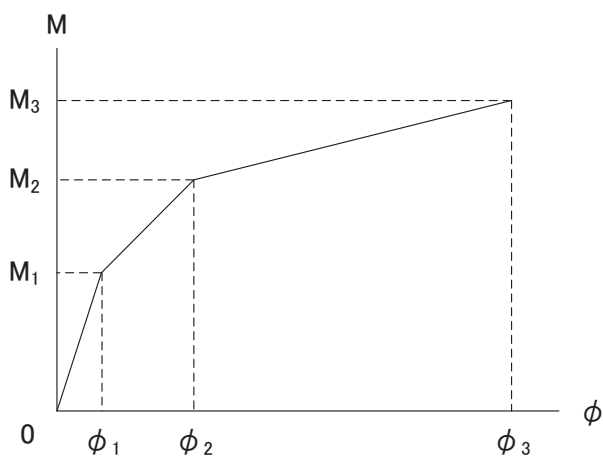


- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- c. B-C 間：負側最大点指向
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 3-12 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- $\phi$  関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- $\phi$  関係) は, 「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき, トリリニア型スケルトンカーブとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を図 3-13 に示す。



$M_1$  : 第 1 折点の曲げモーメント

$M_2$  : 第 2 折点の曲げモーメント

$M_3$  : 終局点の曲げモーメント

$\phi_1$  : 第 1 折点の曲率

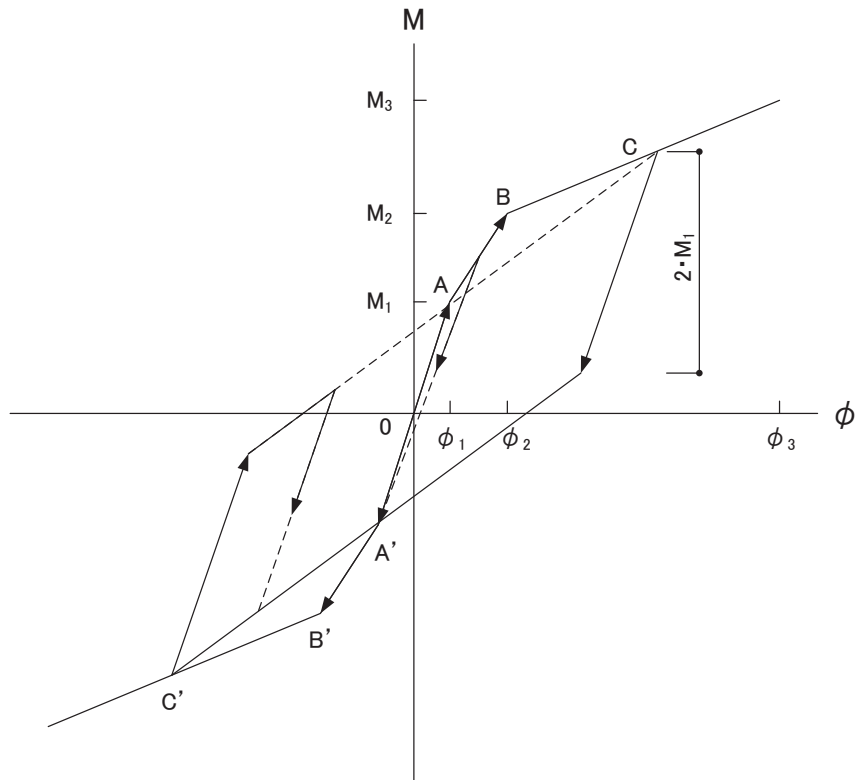
$\phi_2$  : 第 2 折点の曲率

$\phi_3$  : 終局点の曲率

図 3-13 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を図 3-14 に示す。



- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- c. B-C 間：最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は最大値から  $2 \cdot M_1$  を減じた点とする。ただし、負側最大点が第 2 折点を超えていなければ、負側第 2 折点を最大点とする安定ループを形成する。また、安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。
- d. 各最大点はスケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-14 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトンカーブの諸数値

緊急用電気品建屋の各耐震壁について算出したせん断力及び曲げモーメントのスケルトンカーブの諸数値を表 3-6 及び表 3-7 に示す。



表 3-6(1) せん断力のスケルトンカーブ ( $\tau - \gamma$  関係) NS 方向

| O. P.<br>(m) | 通り | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 62.90~56.40  | A  | 1.78                             | 2.40                             | 6.91                             | 0.174                              | 0.523                              | 4.00                               |
|              | D  | 1.80                             | 2.42                             | 6.01                             | 0.176                              | 0.528                              | 4.00                               |
|              | E  | 1.77                             | 2.39                             | 6.91                             | 0.174                              | 0.521                              | 4.00                               |

表 3-6(2) せん断力のスケルトンカーブ ( $\tau - \gamma$  関係) EW 方向

| O. P.<br>(m) | 通り | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|----|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 62.90~56.40  | 0  | 1.75                             | 2.36                             | 7.67                             | 0.171                              | 0.514                              | 4.00                               |
|              | 1  | 1.77                             | 2.39                             | 5.61                             | 0.173                              | 0.520                              | 4.00                               |
|              | 4  | 1.77                             | 2.39                             | 5.62                             | 0.174                              | 0.521                              | 4.00                               |
|              | 5  | 1.75                             | 2.36                             | 7.67                             | 0.172                              | 0.515                              | 4.00                               |

表 3-7(1) 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) NS 方向

| O. P.<br>(m) | 通り | M <sub>1</sub><br>(×10 <sup>5</sup> kN・m) | M <sub>2</sub><br>(×10 <sup>5</sup> kN・m) | M <sub>3</sub><br>(×10 <sup>5</sup> kN・m) | φ <sub>1</sub><br>(×10 <sup>-6</sup> /m) | φ <sub>2</sub><br>(×10 <sup>-6</sup> /m) | φ <sub>3</sub><br>(×10 <sup>-6</sup> /m) |
|--------------|----|---|---|---|--|--|--|
| 62.90~56.40  | A  | 6.54                                      | 24.46                                     | 35.65                                     | 8.15                                     | 100.65                                   | 1347.70                                  |
|              | D  | 4.74                                      | 9.13                                      | 11.84                                     | 10.00                                    | 116.18                                   | 2323.60                                  |
|              | E  | 6.40                                      | 24.24                                     | 35.39                                     | 8.12                                     | 100.73                                   | 1345.82                                  |

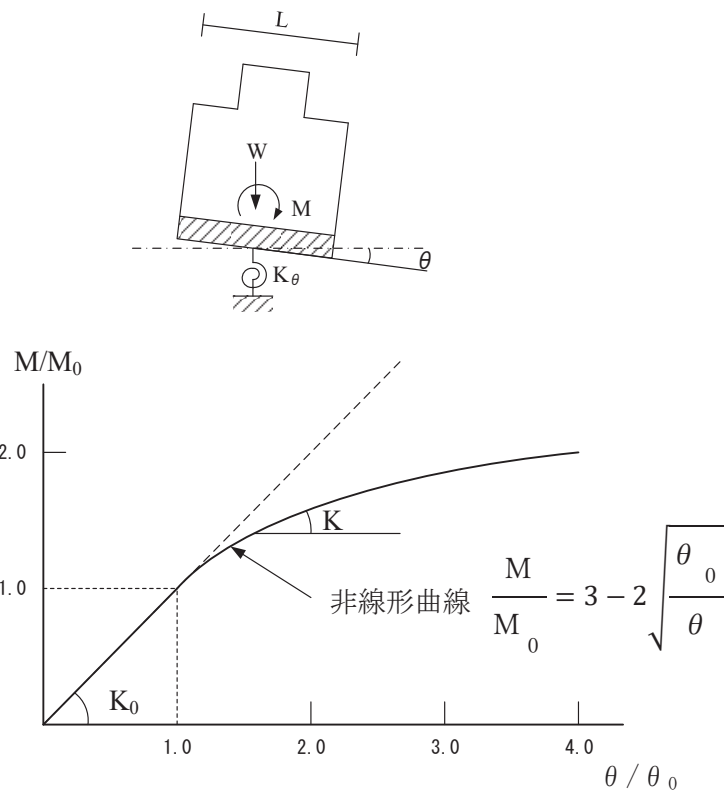
表 3-7(2) 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) EW 方向

| O. P.<br>(m) | 通り | M <sub>1</sub><br>(×10 <sup>5</sup> kN・m) | M <sub>2</sub><br>(×10 <sup>5</sup> kN・m) | M <sub>3</sub><br>(×10 <sup>5</sup> kN・m) | φ <sub>1</sub><br>(×10 <sup>-6</sup> /m) | φ <sub>2</sub><br>(×10 <sup>-6</sup> /m) | φ <sub>3</sub><br>(×10 <sup>-6</sup> /m) |
|--------------|----|---|---|---|--|--|--|
| 62.90~56.40  | 0  | 4.00                                      | 20.89                                     | 33.11                                     | 7.12                                     | 91.79                                    | 642.52                                   |
|              | 1  | 8.67                                      | 23.22                                     | 31.99                                     | 6.40                                     | 80.19                                    | 1603.76                                  |
|              | 4  | 8.70                                      | 23.27                                     | 32.04                                     | 6.42                                     | 80.23                                    | 1604.52                                  |
|              | 5  | 4.01                                      | 20.90                                     | 33.12                                     | 7.13                                     | 91.81                                    | 642.16                                   |

### 3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性

地盤の回転ばねに関する曲げモーメントー回転角の関係は「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき、浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。地盤の回転ばねの曲げモーメントー回転角の関係を図 3-15 に示す。

浮上り時の地盤の回転ばねの剛性は、図 3-15 の曲線で表され、減衰係数は、回転ばねの接線剛性に比例するものとして考慮する。



- $M$  : 転倒モーメント
- $M_0$  : 浮上り限界転倒モーメント ( $=W \cdot L / 6$ )
- $\theta$  : 回転角
- $\theta_0$  : 浮上り限界回転角
- $K_0$  : 地盤の回転ばね定数 (浮上り前)
- $K$  : 地盤の回転ばね定数 (浮上り後)
- $W$  : 建屋総重量
- $L$  : 建屋基礎幅

図 3-15 地盤の回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

### 3.4.3 材料物性の不確かさ

解析においては、「3.2 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性の不確かさを考慮する。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は、すべての基準地震動  $S_s$  について実施することとする。

材料物性の不確かさのうち、地盤物性については、地盤調査結果の平均値をもとに設定した数値を基本ケースとし、支持地盤のせん断波速度の不確かさは、 $\pm\sigma$  相当として、変動係数 5.7% を考慮する。

建屋剛性の不確かさについては、既設建屋は 3.11 地震等の影響を踏まえて初期剛性の低下を考慮しているものの、緊急用電気品建屋は新設建屋であり地震の影響を受けていないこと、また評価基準値（耐震壁のせん断ひずみ： $2.0 \times 10^{-3}$ ）に対して十分な余裕を有しているため、耐震安全性は基本ケースの解析で確認可能と考えるが、念のため初期剛性の不確かさとして 0.8 倍を考慮することで設計における保守性を確保する。

材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケースを表 3-8 に、地盤物性の不確かさを考慮した解析用地盤物性を表 3-9 に示す。

表 3-8 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

| ケース名             | 建屋減衰 | コンクリート剛性             |                      | 地盤のせん断波速度    |
|------------------|------|----------------------|----------------------|--------------|
|                  |      | 初期剛性                 | 終局耐力                 |              |
| ケース 1<br>(基本ケース) | 5%   | 設計基準強度に基づき JEAG 式で評価 |                      | 平均値          |
| ケース 2            | 同上   | 同上                   |                      | $+\sigma$ 相当 |
| ケース 3            | 同上   | 同上                   |                      | $-\sigma$ 相当 |
| ケース 4<br>(水平のみ)  | 同上   | 基本ケースの 0.8 倍         | 設計基準強度に基づき JEAG 式で評価 | 平均値          |
| ケース 5<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                   | $+\sigma$ 相当 |
| ケース 6<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                   | $-\sigma$ 相当 |

表 3-9(1) 地盤物性の不確かさを考慮した地下構造モデルの解析用地盤物性

| O. P.<br>(m) | 地盤のせん断波速度 (m/s) |               |               |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|
|              | 基本ケース           | + $\sigma$ 相当 | - $\sigma$ 相当 |
| -14.1        | 1360            | 1460          | 1260          |
| -27.0        | 2040            | 2190          | 1890          |
| -50.0        | 2520            | 2700          | 2340          |
| -200.0       | 2520            | 2700          | 2340          |

表 3-9(2) 地盤物性の不確かさを考慮した建屋位置地盤モデルの解析用地盤物性

|      | O. P.<br>(m) | 地盤のせん断波速度 (m/s) |               |               |
|------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
|      |              | 基本ケース           | + $\sigma$ 相当 | - $\sigma$ 相当 |
| 側面地盤 | 62.3         | 280             | 300           | 260           |
|      | 61.7         | 680             | 720           | 640           |
|      | 60.8         | 670             | 710           | 630           |
|      | 59.5         | 1330            | 1410          | 1250          |
|      | 57.5         | 2080            | 2200          | 1960          |
| 底面地盤 | 52.9         | 2080            | 2200          | 1960          |
|      | 46.8         | 2510            | 2650          | 2370          |
|      | 16.9         | 2500            | 2640          | 2360          |
|      | -200.0       | 2500            | 2640          | 2360          |

## 4. 解析結果

### 4.1 動的解析

#### 4.1.1 基本ケースの地震応答解析結果

##### (1) 固有値解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果(固有周期, 固有振動数及び刺激係数)を表 4-1 に示す。刺激関数図を図 4-1 に示す。

なお, 刺激係数は, 各次の固有ベクトル  $\{u\}$  に対し, 最大振幅が 1.0 となるように規準化した値を示す。

##### (2) 地震応答解析結果

基準地震動  $S_s$  による最大応答値を図 4-2~図 4-12 及び表 4-2~表 4-15 に示す。また, 基準地震動  $S_s$  に対する最大応答値を耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして図 4-13 及び図 4-14 に示す。

表 4-1 固有値解析結果

(a) NS 方向

| 次数 | 固有周期 (s) | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数  |
|----|----------|------------|-------|
| 1  | 0.119    | 8.39       | 1.160 |
| 2  | 0.039    | 25.52      | 1.205 |
| 3  | 0.019    | 52.90      | 0.138 |
| 4  | 0.017    | 60.37      | 0.722 |

(b) EW 方向

| 次数 | 固有周期 (s) | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数  |
|----|----------|------------|-------|
| 1  | 0.127    | 7.87       | 1.104 |
| 2  | 0.034    | 29.30      | 1.260 |
| 3  | 0.018    | 55.41      | 0.225 |
| 4  | 0.015    | 64.84      | 0.517 |

(c) UD 方向

| 次数 | 固有周期 (s) | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数  |
|----|----------|------------|-------|
| 1  | 0.024    | 42.00      | 1.791 |
| 2  | 0.013    | 76.72      | 1.198 |
| 3  | 0.010    | 98.09      | 0.407 |
| 4  | 0.004    | 271.70     | 0.089 |

注記：刺激係数は、各次の固有ベクトル{u}に対し、最大振幅が 1.0 となるように規準化した値を示す。

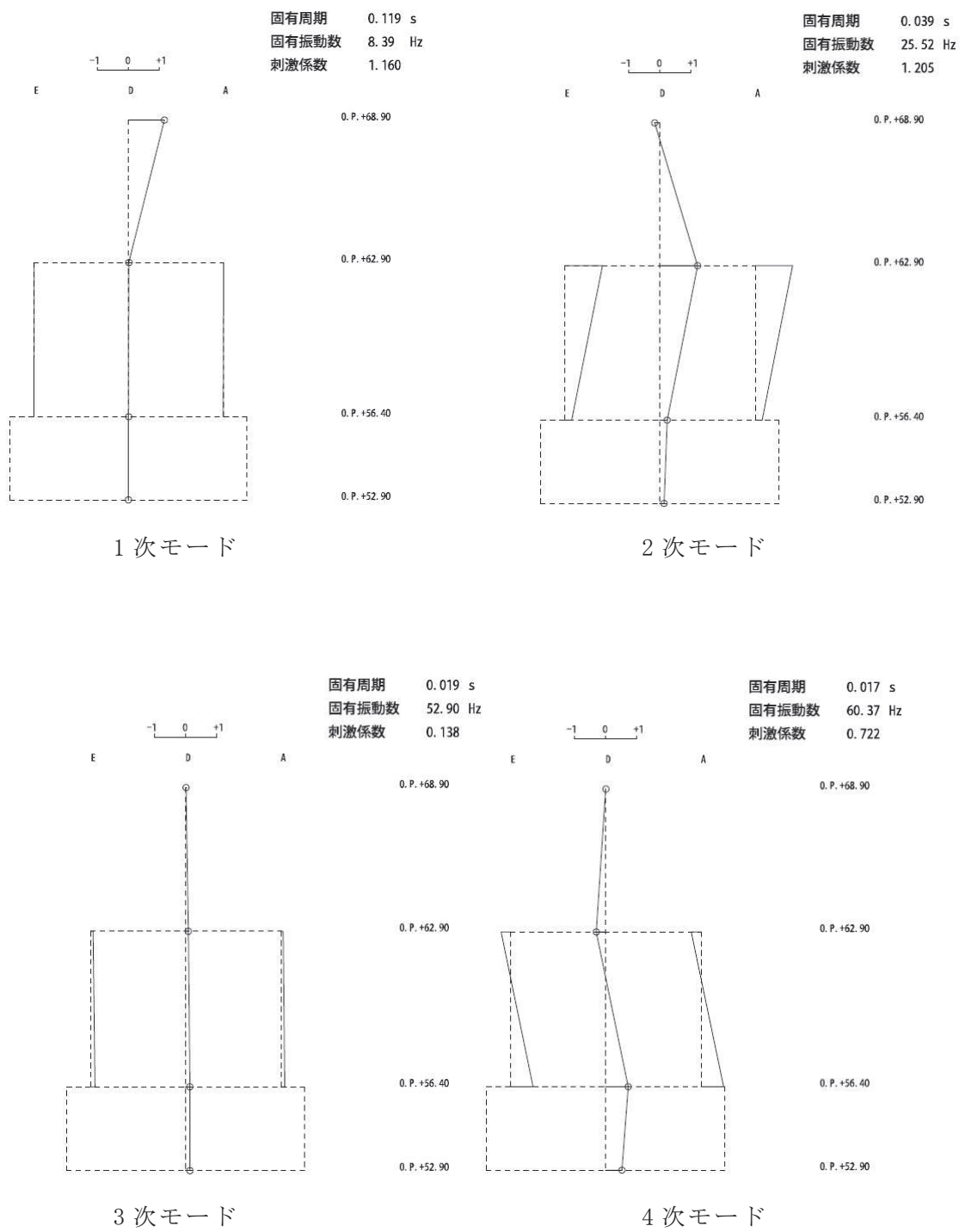


図 4-1(1) 刺激関数図 (NS 方向)



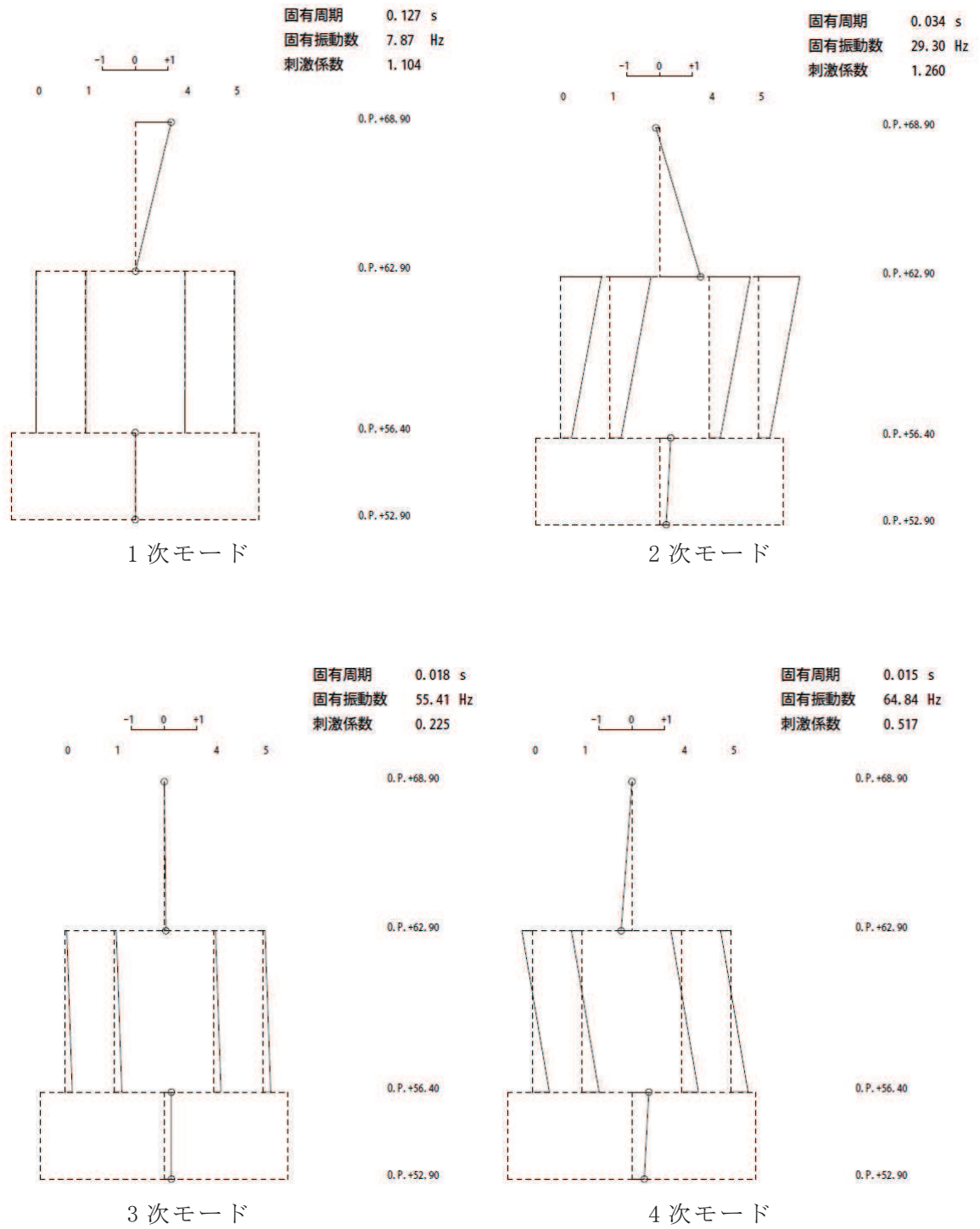


図 4-1(2) 刺激関数図 (EW 方向)

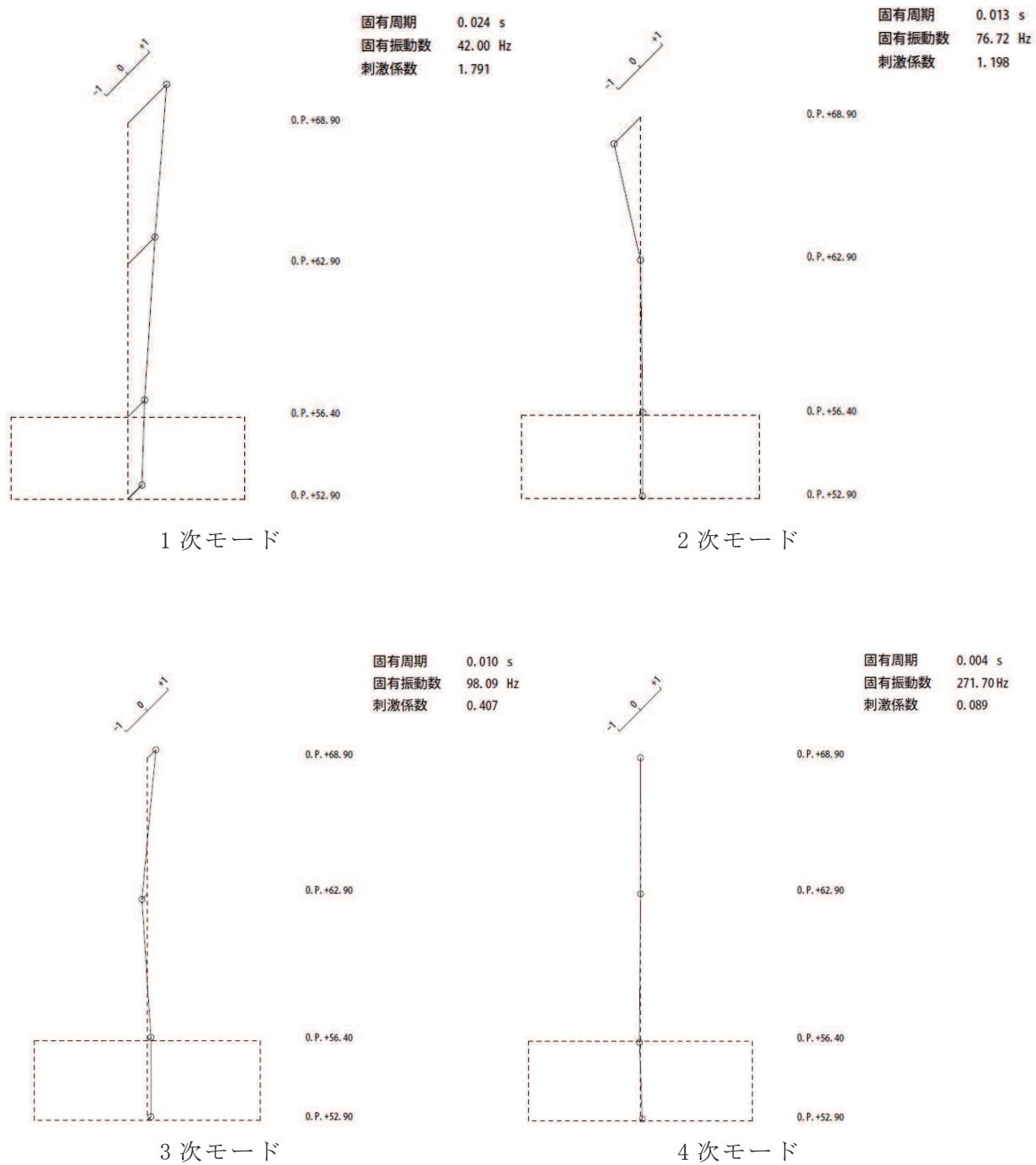


図 4-1(3) 刺激関数図 (UD 方向)

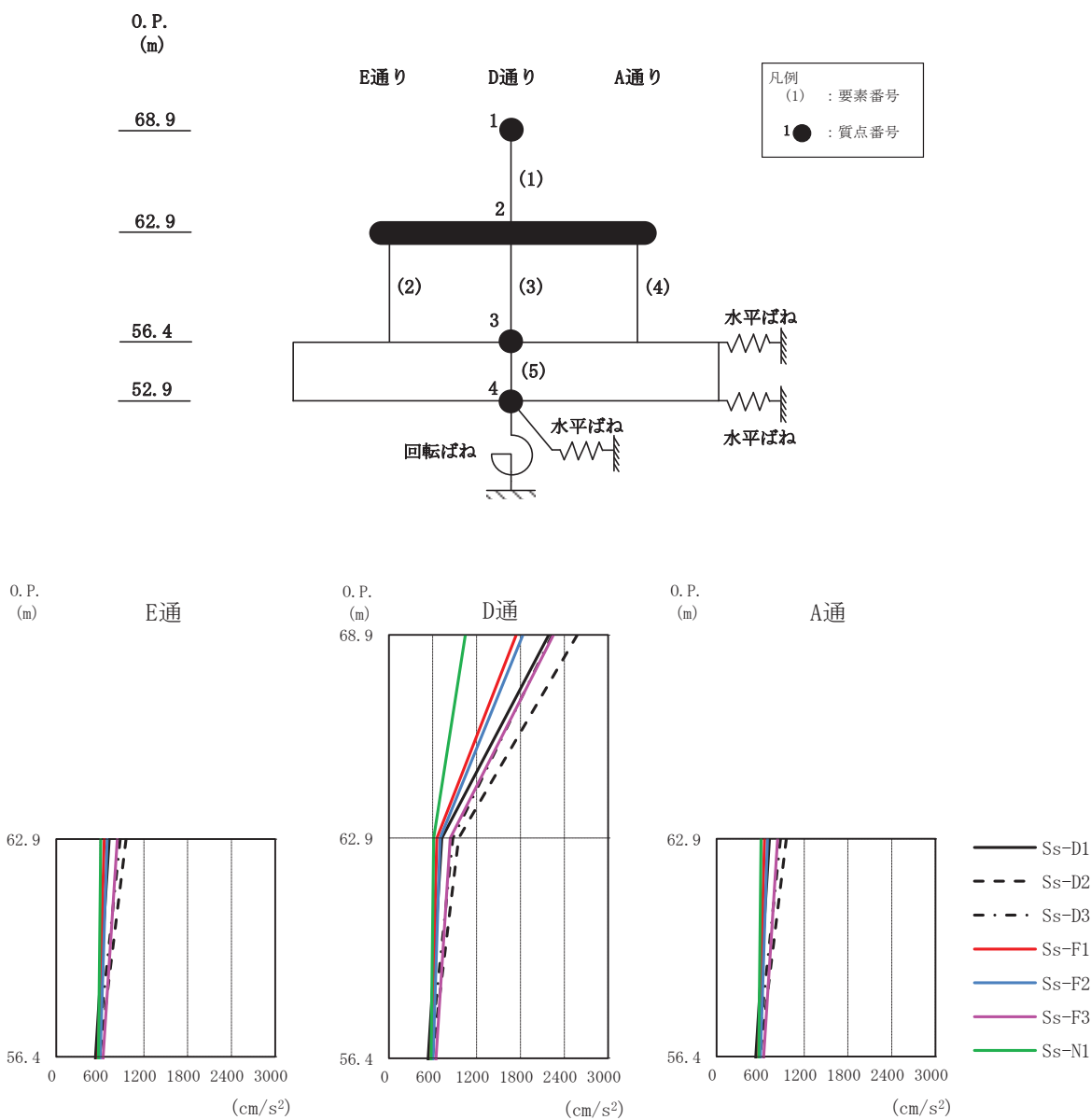


図 4-2 最大応答加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向）

表 4-2 最大応答加速度一覧（基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向）

| 質点番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       | 最大値  |
|------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|      | Ss-D1                        | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |      |
| 1    | 2190                         | 2580  | 2235  | 1742  | 1834  | 2253  | 1047  | 2580 |
| 2    | 724                          | 957   | 877   | 657   | 698   | 838   | 611   | 957  |
| 3    | 537                          | 594   | 563   | 576   | 603   | 644   | 577   | 644  |

注：網掛け部分は最大値

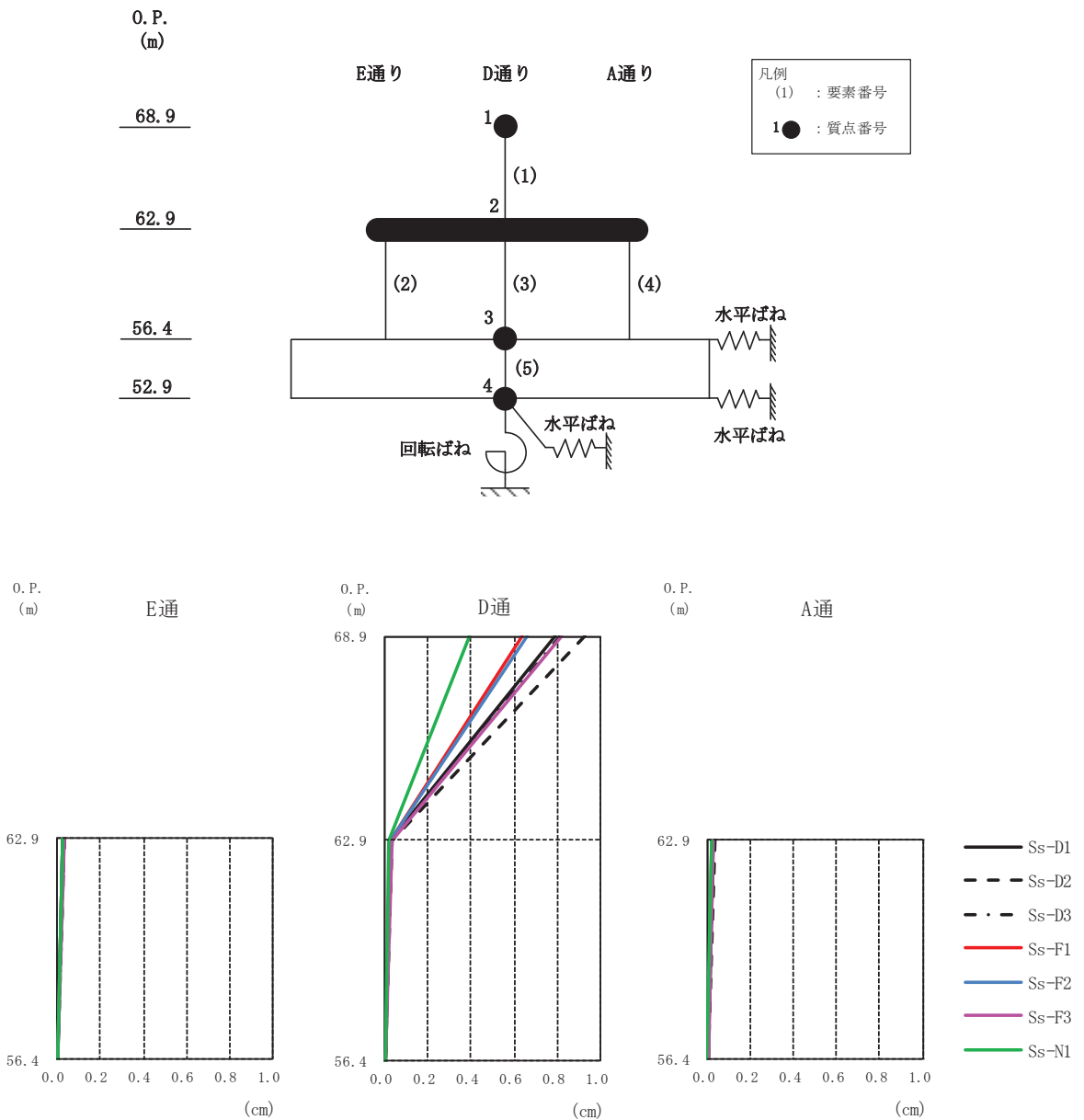


図 4-3 最大応答変位 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向)

表 4-3 最大応答変位一覧 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向)

| 質点番号 | 最大応答変位 (cm) |       |       |       |       |       |       | 最大値  |
|------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|      | Ss-D1       | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |      |
| 1    | 0.79        | 0.93  | 0.81  | 0.64  | 0.66  | 0.82  | 0.39  | 0.93 |
| 2    | 0.03        | 0.03  | 0.03  | 0.02  | 0.02  | 0.03  | 0.02  | 0.03 |
| 3    | 0.00        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 |

注：網掛け部分は最大値

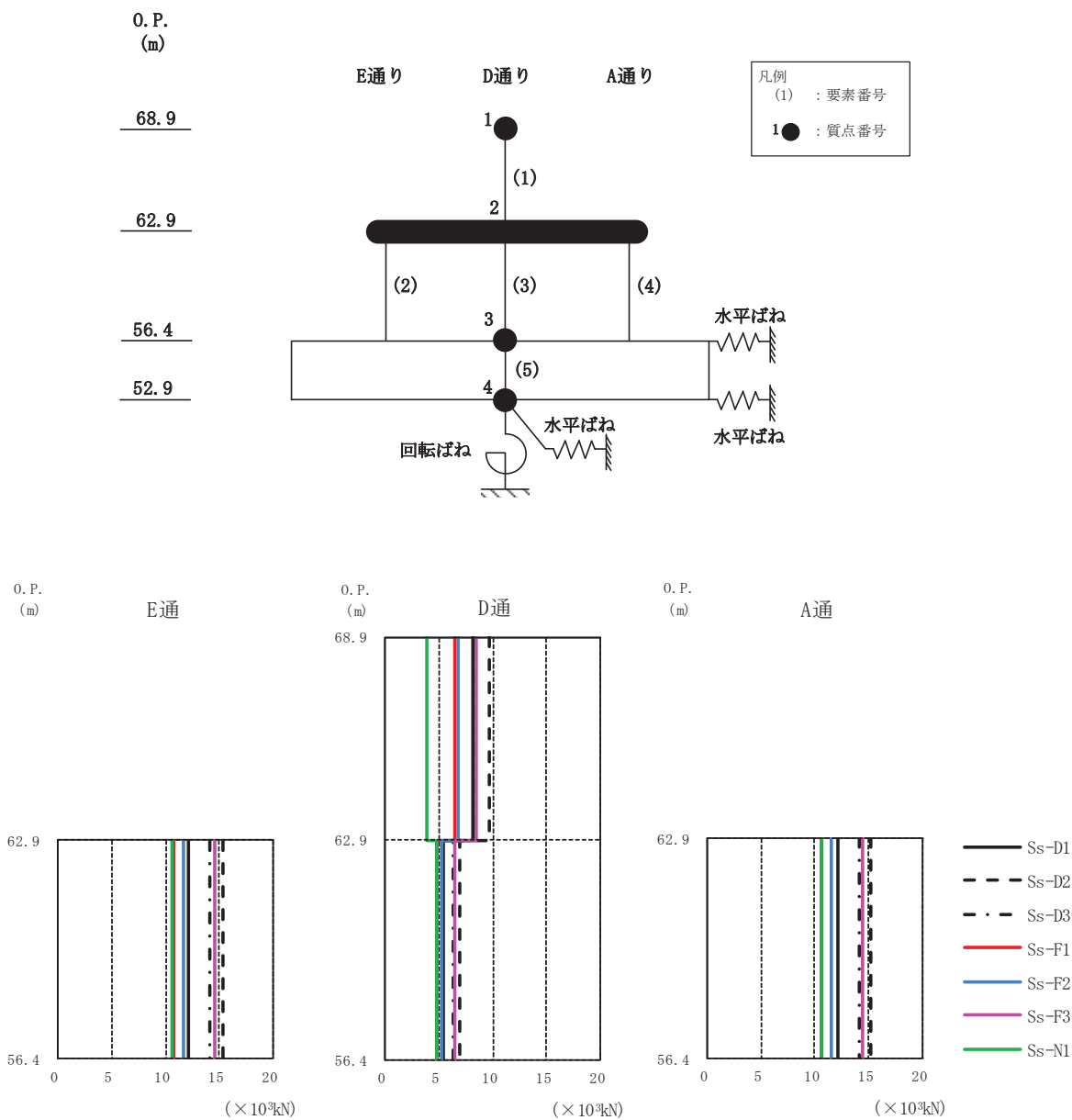


図 4-4 最大応答せん断力（基準地震動 S<sub>s</sub>，NS 方向）

表 4-4 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S<sub>s</sub>，NS 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力(×10 <sup>3</sup> kN) |       |       |       |       |       |       | 最大値   |
|----------|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | Ss-D1                         | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |       |
| (1)      | 8.17                          | 9.62  | 8.33  | 6.50  | 6.84  | 8.40  | 3.91  | 9.62  |
| (2)      | 12.13                         | 15.29 | 14.10 | 10.69 | 11.59 | 14.52 | 10.62 | 15.29 |
| (3)      | 5.48                          | 6.91  | 6.37  | 4.83  | 5.23  | 6.56  | 4.80  | 6.91  |
| (4)      | 12.14                         | 15.29 | 14.10 | 10.70 | 11.59 | 14.52 | 10.63 | 15.29 |

注：網掛け部分は最大値

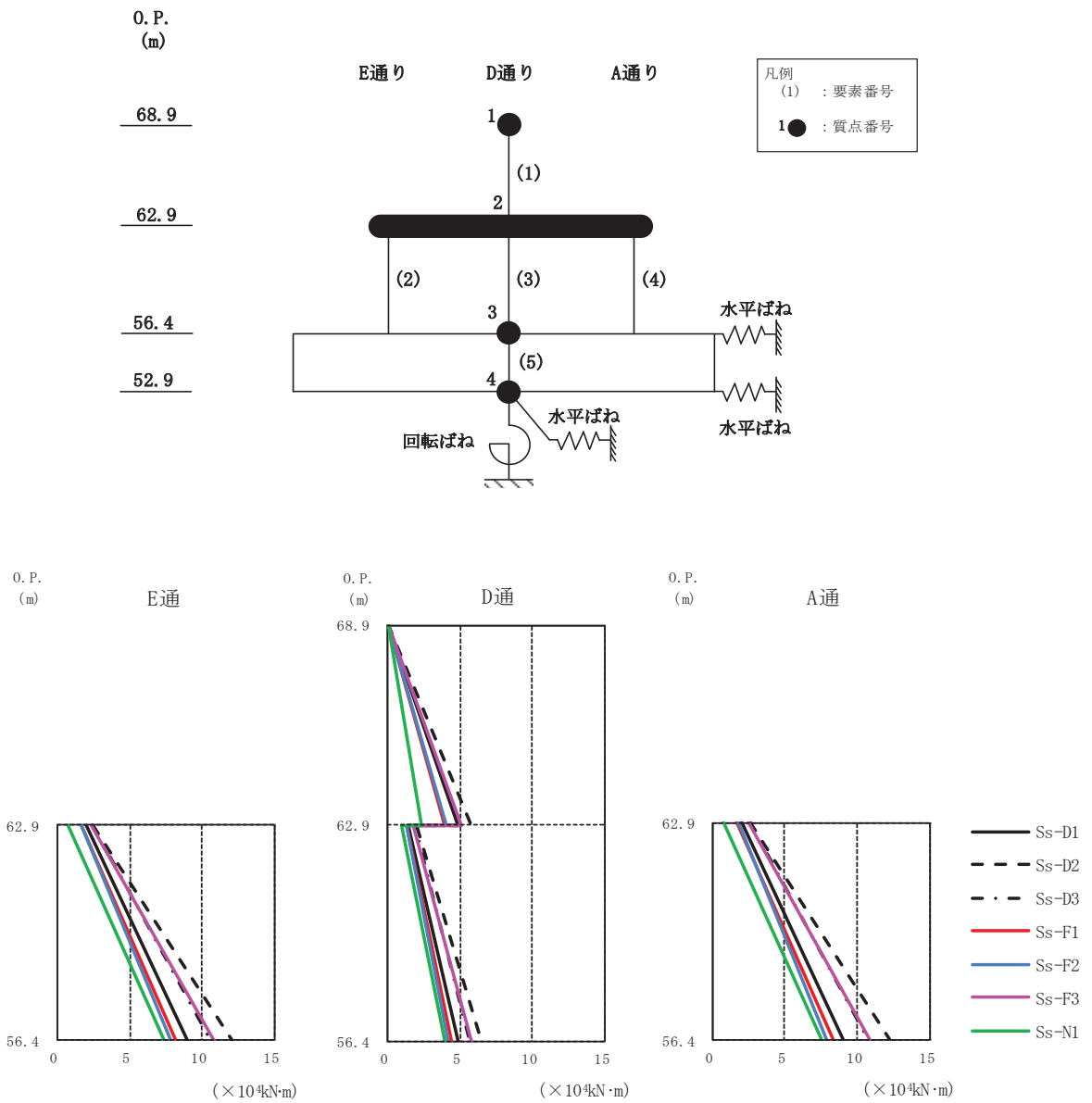


図 4-5 最大応答曲げモーメント（基準地震動  $S_s$ ，NS 方向）

表 4-5 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動  $S_s$ ，NS 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |       | 最大値   |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | Ss-D1  | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |       |
| (1)      | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
|          | 4.90   | 5.77  | 5.00  | 3.90  | 4.10  | 5.04  | 2.34  | 5.77  |
| (2)      | 1.96   | 2.49  | 2.46  | 1.59  | 1.68  | 2.36  | 0.71  | 2.49  |
|          | 8.95   | 12.08 | 10.60 | 8.20  | 7.82  | 10.79 | 7.40  | 12.08 |
| (3)      | 1.48   | 2.03  | 1.90  | 1.36  | 1.35  | 1.78  | 0.92  | 2.03  |
|          | 4.82   | 6.52  | 5.71  | 4.42  | 4.15  | 5.79  | 3.95  | 6.52  |
| (4)      | 2.01   | 2.57  | 2.56  | 1.64  | 1.74  | 2.44  | 0.78  | 2.57  |
|          | 9.04   | 12.21 | 10.71 | 8.29  | 7.90  | 10.91 | 7.48  | 12.21 |

注：網掛け部分は最大値

表 4-6 最大応答せん断ひずみ一覧（基準地震動  $S_s$ ，NS 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |           |           |           |           |           |           | 最大値    |
|----------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
|          | $S_s$ -D1                       | $S_s$ -D2 | $S_s$ -D3 | $S_s$ -F1 | $S_s$ -F2 | $S_s$ -F3 | $S_s$ -N1 |        |
| (2)      | 0.0315                          | 0.0397    | 0.0366    | 0.0277    | 0.0301    | 0.0377    | 0.0276    | 0.0397 |
| (3)      | 0.0316                          | 0.0398    | 0.0367    | 0.0279    | 0.0302    | 0.0378    | 0.0277    | 0.0398 |
| (4)      | 0.0315                          | 0.0397    | 0.0366    | 0.0277    | 0.0301    | 0.0377    | 0.0276    | 0.0397 |

注：網掛け部分は最大値

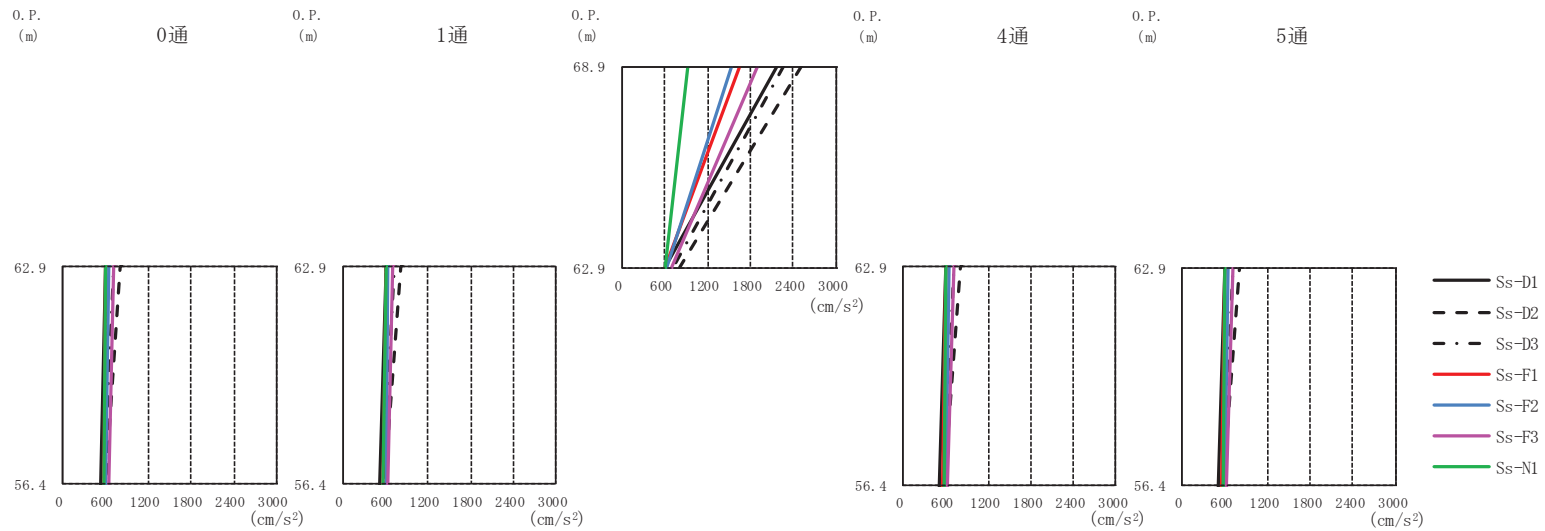
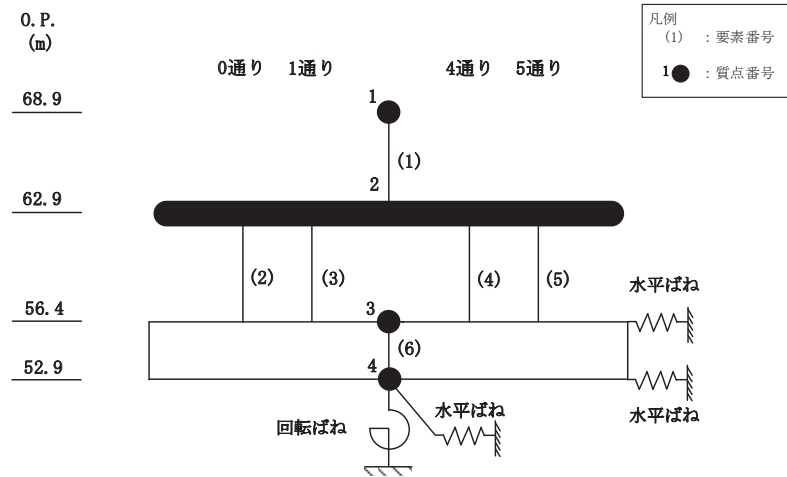


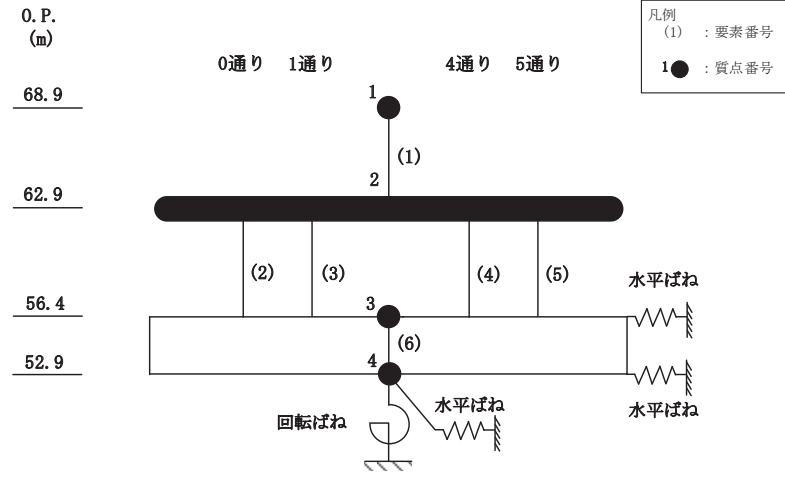
図 4-6 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向)



表 4-7 最大応答加速度一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |       |       |       |       |       |       |      |
|----------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|          | Ss-D1                       | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 | 最大値  |
| 1        | 2184                        | 2511  | 2269  | 1659  | 1532  | 1912  | 930   | 2511 |
| 2        | 602                         | 806   | 718   | 601   | 641   | 709   | 602   | 806  |
| 3        | 522                         | 590   | 572   | 564   | 602   | 638   | 575   | 638  |

注：網掛け部分は最大値



O. P.  
(m)  
68.9  
62.9  
56.4  
52.9

凡例  
(1) : 要素番号  
● : 質点番号

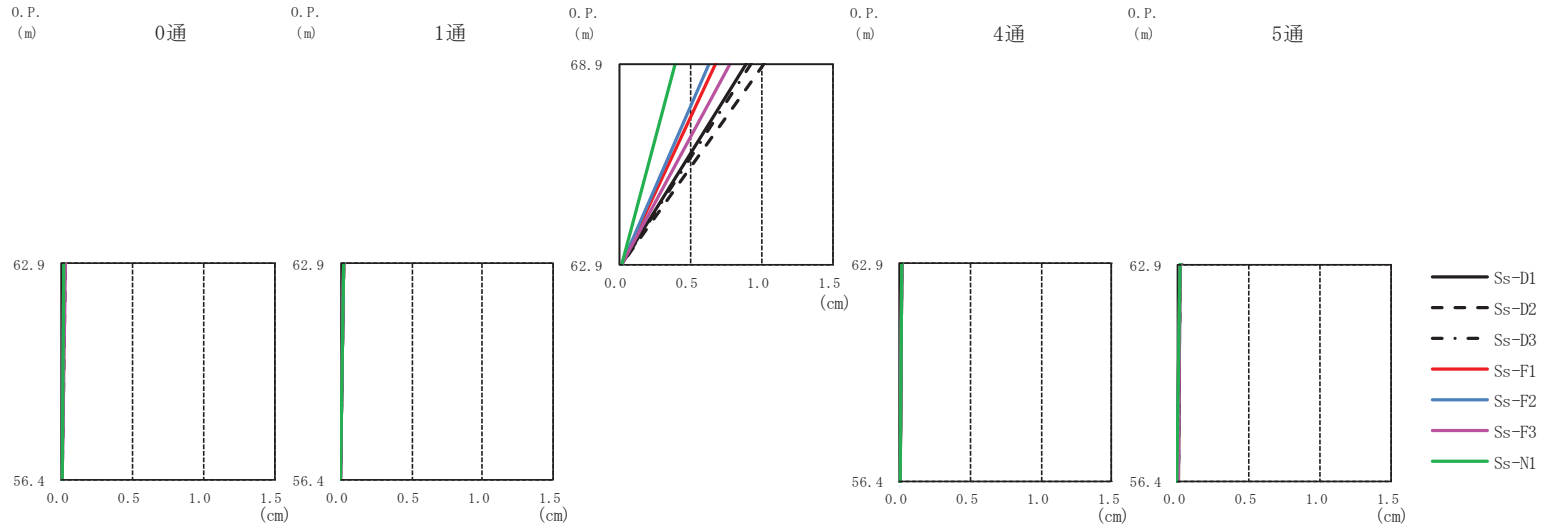


図 4-7 最大応答変位 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

表 4-8 最大応答変位一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm) |       |       |       |       |       |       |      |
|----------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|          | Ss-D1       | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 | 最大値  |
| 1        | 0.90        | 1.02  | 0.93  | 0.68  | 0.63  | 0.78  | 0.39  | 1.02 |
| 2        | 0.01        | 0.02  | 0.02  | 0.01  | 0.02  | 0.02  | 0.01  | 0.02 |
| 3        | 0.00        | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00 |

注：網掛け部分は最大値

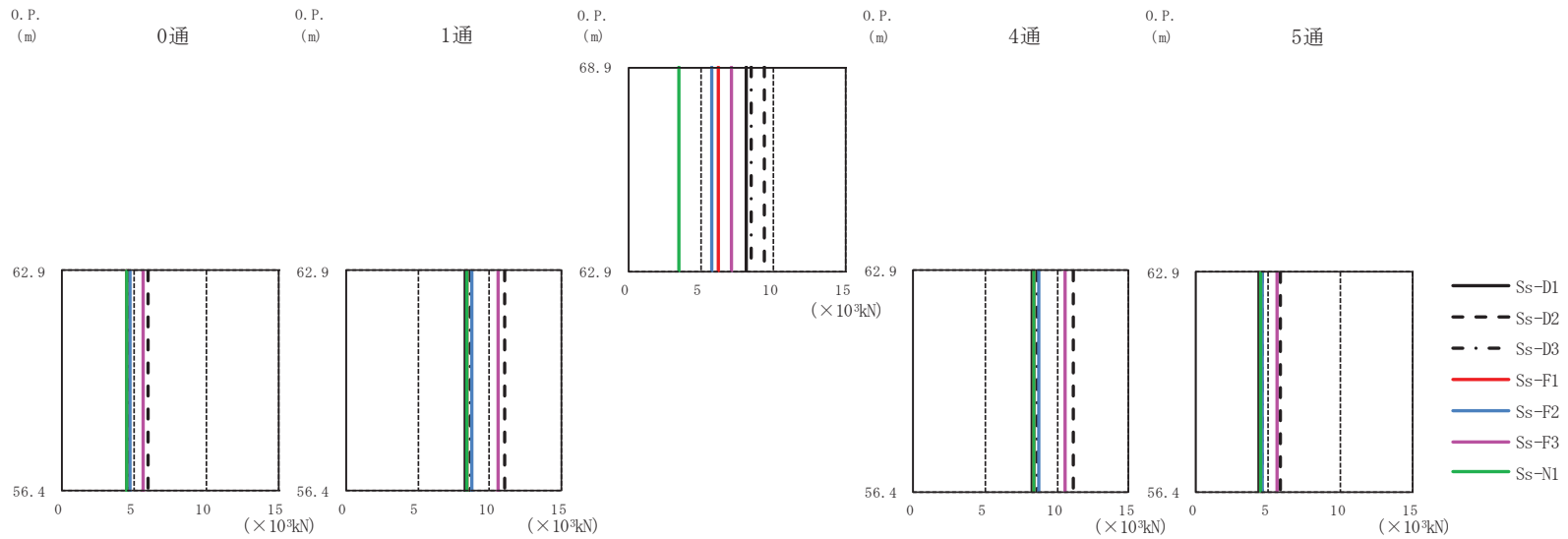
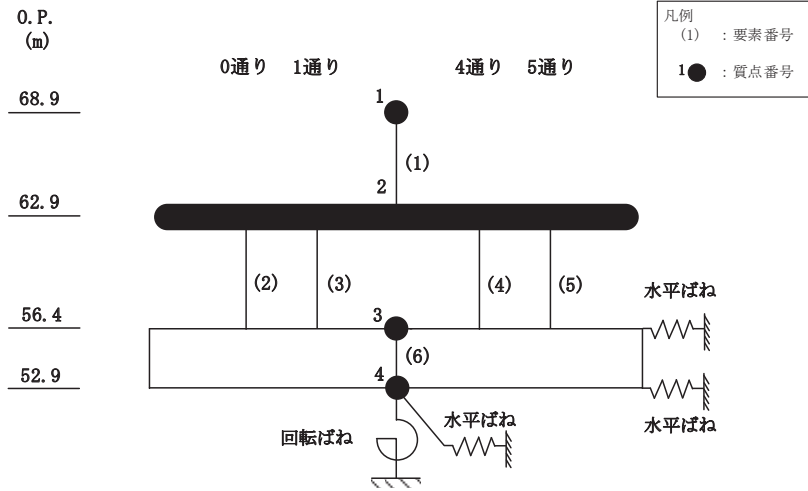


図 4-8 最大応答せん断力 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

表 4-9 最大応答せん断力一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |       |       |       |       | 最大値   |
|----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | Ss-D1                                | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |       |
| (1)      | 8.15                                 | 9.36  | 8.46  | 6.19  | 5.71  | 7.13  | 3.47  | 9.36  |
| (2)      | 4.41                                 | 5.89  | 4.61  | 4.48  | 4.65  | 5.61  | 4.48  | 5.89  |
| (3)      | 8.29                                 | 11.08 | 8.67  | 8.42  | 8.75  | 10.55 | 8.44  | 11.08 |
| (4)      | 8.29                                 | 11.08 | 8.67  | 8.42  | 8.75  | 10.55 | 8.44  | 11.08 |
| (5)      | 4.41                                 | 5.89  | 4.61  | 4.48  | 4.65  | 5.61  | 4.48  | 5.89  |

注：網掛け部分は最大値

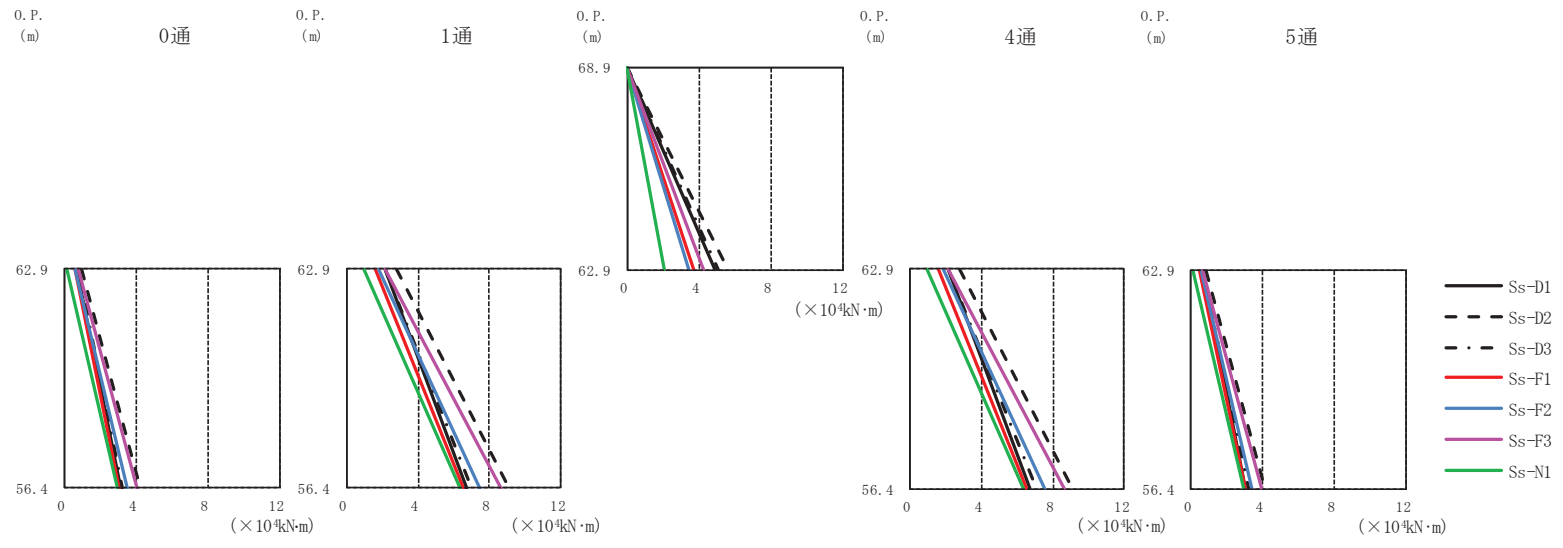
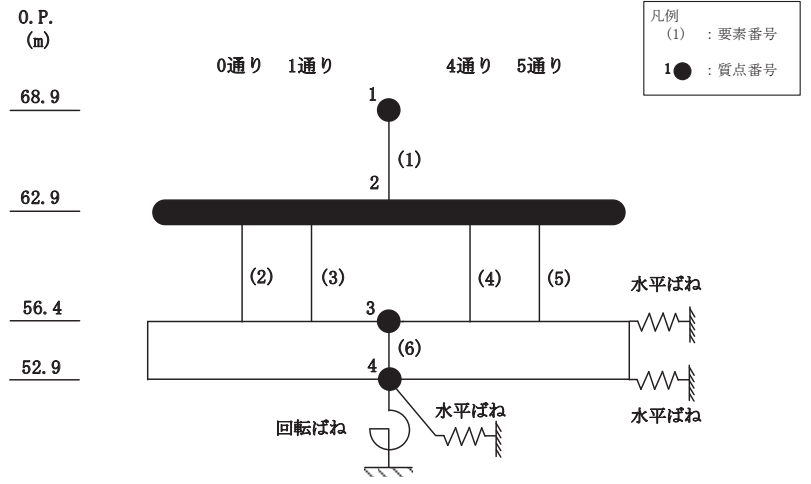


図 4-9 最大応答曲げモーメント (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

表 4-10 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |           |           |           |           |           |           | 最大値  |
|----------|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|
|          | $S_s$ -D1  | $S_s$ -D2 | $S_s$ -D3 | $S_s$ -F1 | $S_s$ -F2 | $S_s$ -F3 | $S_s$ -N1 |      |
| (1)      | 0.00   | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00      | 0.00 |
|          | 4.89   | 5.62      | 5.08      | 3.71      | 3.43      | 4.28      | 2.08      | 5.62 |
| (2)      | 0.67   | 0.91      | 0.72      | 0.54      | 0.58      | 0.70      | 0.14      | 0.91 |
|          | 3.09   | 4.18      | 3.21      | 3.04      | 3.44      | 3.99      | 2.95      | 4.18 |
| (3)      | 2.13   | 2.83      | 2.19      | 1.58      | 1.84      | 2.19      | 0.96      | 2.83 |
|          | 6.74   | 9.06      | 7.04      | 6.56      | 7.50      | 8.66      | 6.33      | 9.06 |
| (4)      | 2.13   | 2.83      | 2.19      | 1.58      | 1.84      | 2.19      | 0.96      | 2.83 |
|          | 6.74   | 9.06      | 7.04      | 6.56      | 7.50      | 8.66      | 6.33      | 9.06 |
| (5)      | 0.67   | 0.91      | 0.72      | 0.54      | 0.58      | 0.70      | 0.14      | 0.91 |
|          | 3.09   | 4.18      | 3.21      | 3.04      | 3.44      | 3.99      | 2.95      | 4.18 |

注：網掛け部分は最大値

表 4-11 最大応答せん断ひずみ一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |           |           |           |           |           |           | 最大値    |
|----------|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
|          | $S_s$ -D1                       | $S_s$ -D2 | $S_s$ -D3 | $S_s$ -F1 | $S_s$ -F2 | $S_s$ -F3 | $S_s$ -N1 |        |
| (2)      | 0.0180                          | 0.0241    | 0.0188    | 0.0183    | 0.0190    | 0.0229    | 0.0183    | 0.0241 |
| (3)      | 0.0181                          | 0.0241    | 0.0189    | 0.0183    | 0.0191    | 0.0230    | 0.0184    | 0.0241 |
| (4)      | 0.0181                          | 0.0241    | 0.0189    | 0.0183    | 0.0191    | 0.0230    | 0.0184    | 0.0241 |
| (5)      | 0.0180                          | 0.0241    | 0.0188    | 0.0183    | 0.0190    | 0.0229    | 0.0183    | 0.0241 |

注：網掛け部分は最大値

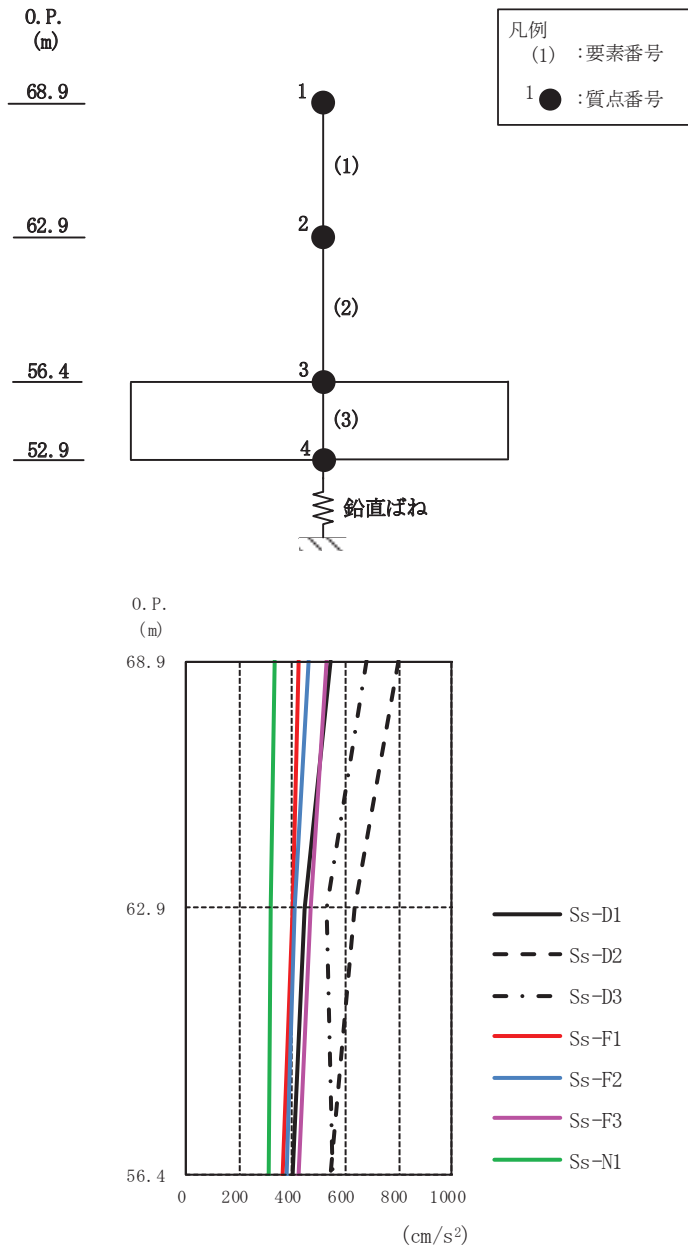


図 4-10 最大応答加速度（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

表 4-12 最大応答加速度一覧（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

| 質点番号 | 最大応答加速度(m/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       | 最大値 |
|------|----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|
|      | Ss-D1                      | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |     |
| 1    | 542                        | 801   | 680   | 422   | 464   | 531   | 334   | 801 |
| 2    | 443                        | 631   | 531   | 397   | 405   | 471   | 316   | 631 |
| 3    | 402                        | 546   | 548   | 366   | 382   | 422   | 308   | 548 |

注：網掛け部分は最大値



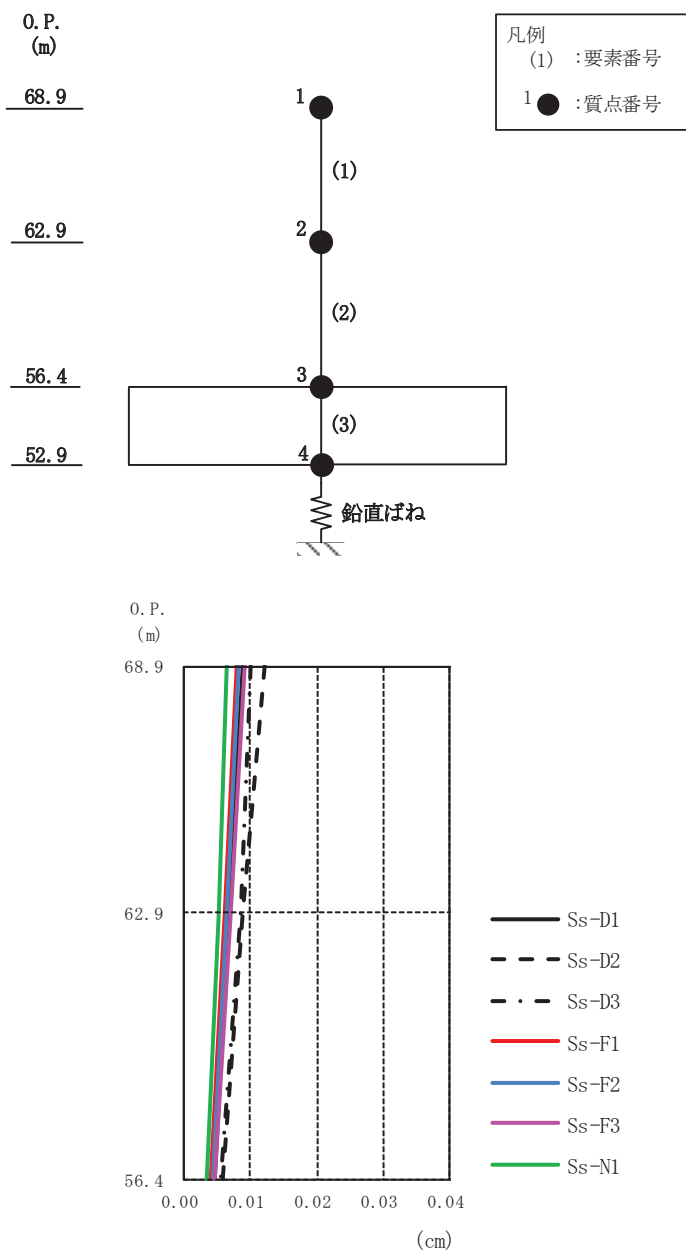


図 4-11 最大応答変位（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

表 4-13 最大応答変位一覧（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

| 質点番号 | 最大応答変位 (cm) |       |       |       |       |       |       | 最大値  |
|------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
|      | Ss-D1       | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |      |
| 1    | 0.01        | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01 |
| 2    | 0.01        | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.01 |
| 3    | 0.00        | 0.01  | 0.01  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.01 |

注：網掛け部分は最大値

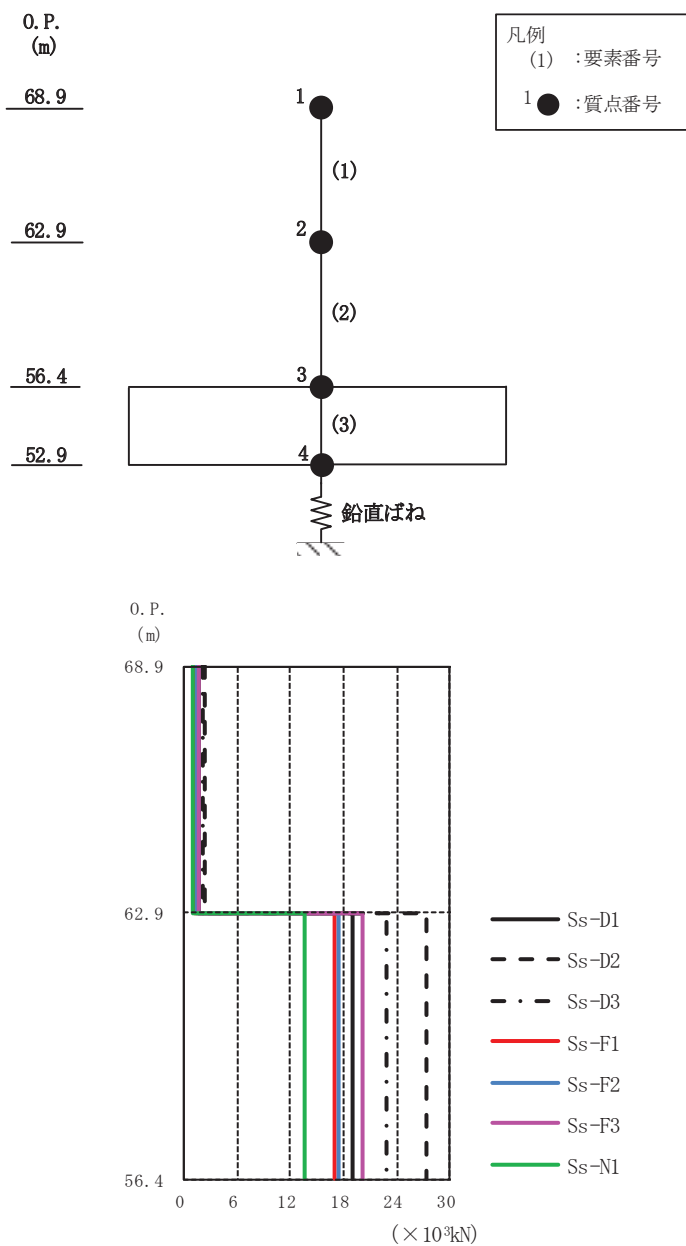


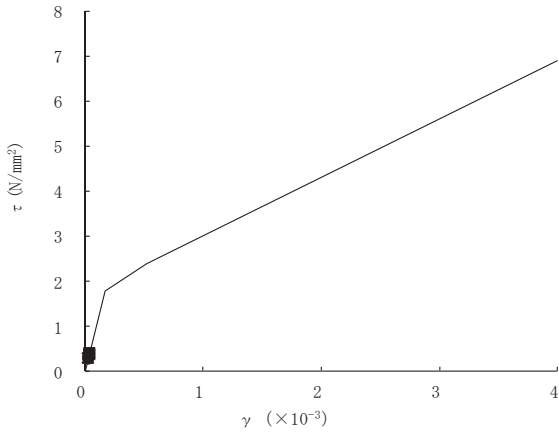
図 4-12 最大応答軸力（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

表 4-14 最大応答軸力一覧（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

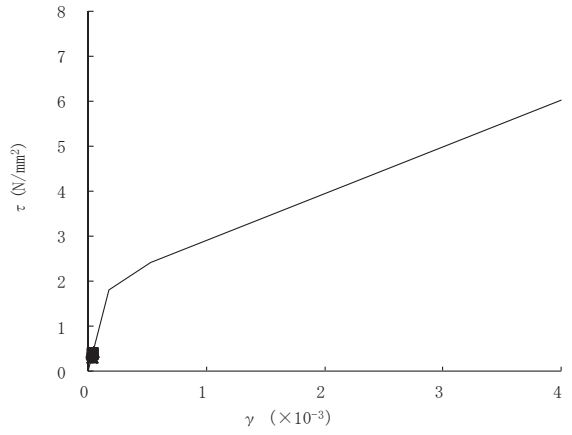
| 要素番号 | 最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |       |       |       |       | 最大値   |
|------|------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | Ss-D1                              | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |       |
| (1)  | 1.58                               | 2.33  | 1.97  | 1.23  | 1.35  | 1.55  | 0.97  | 2.33  |
| (2)  | 19.07                              | 27.29 | 22.89 | 16.94 | 17.43 | 20.08 | 13.50 | 27.29 |

注：網掛け部分は最大値

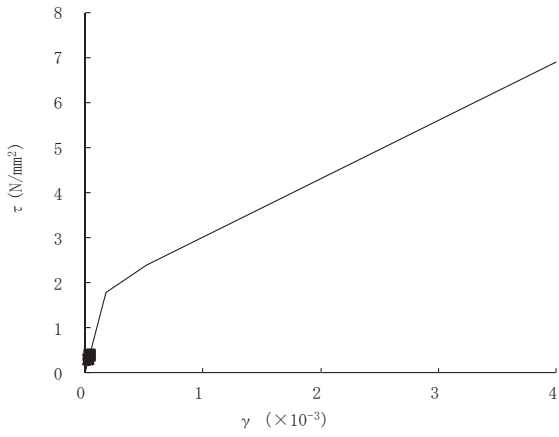
○ S<sub>s</sub>-D1   Δ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

図 4-13(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向)

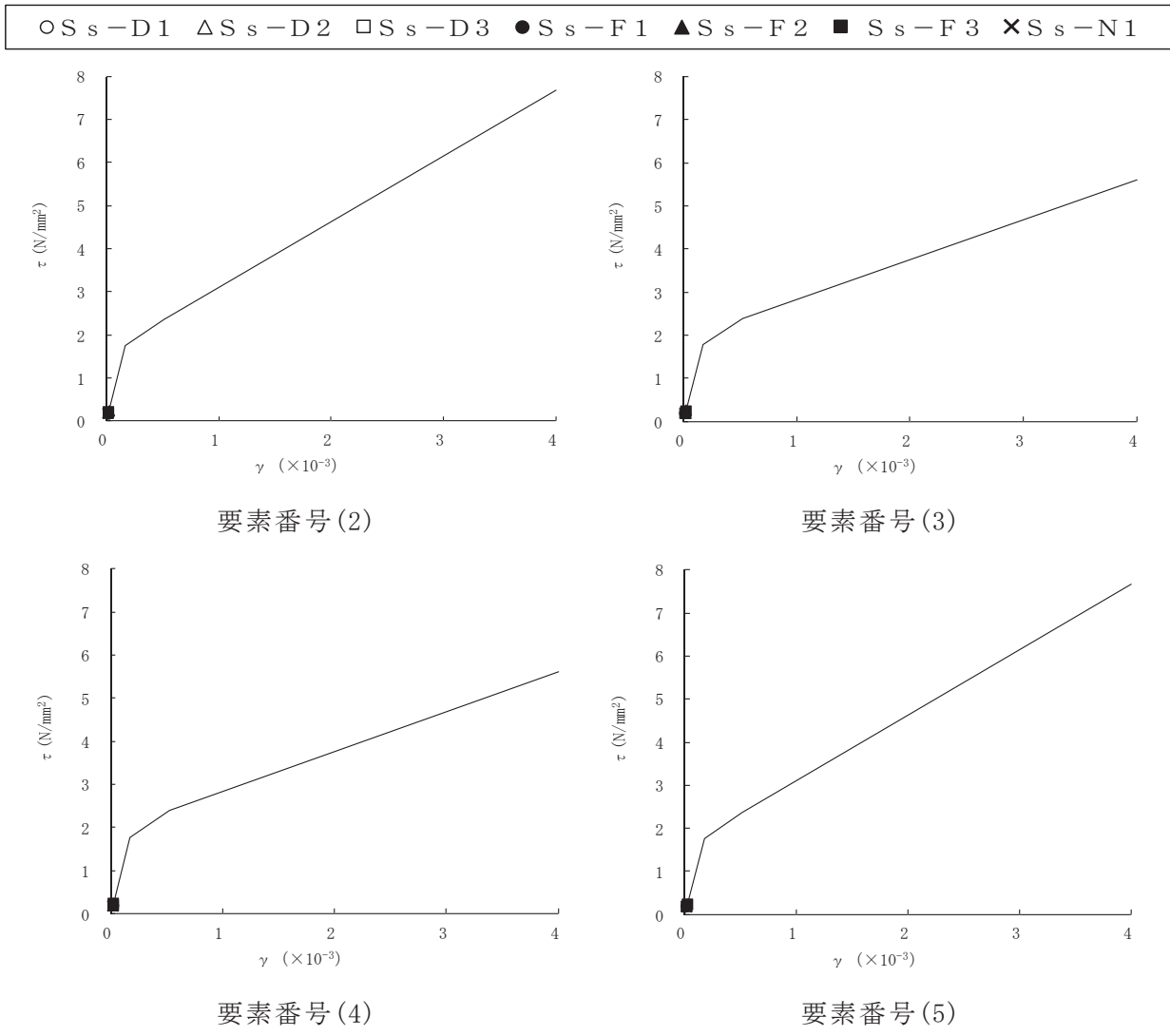
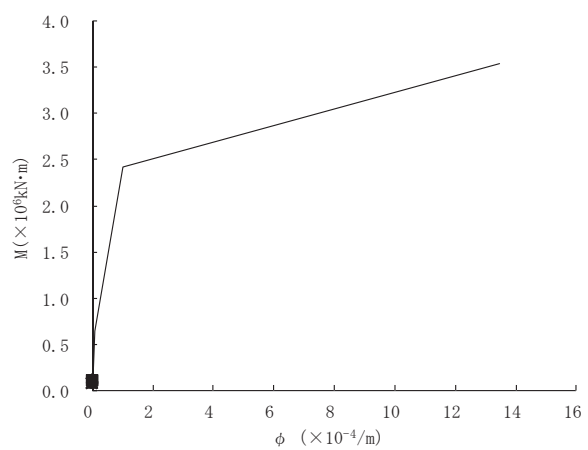
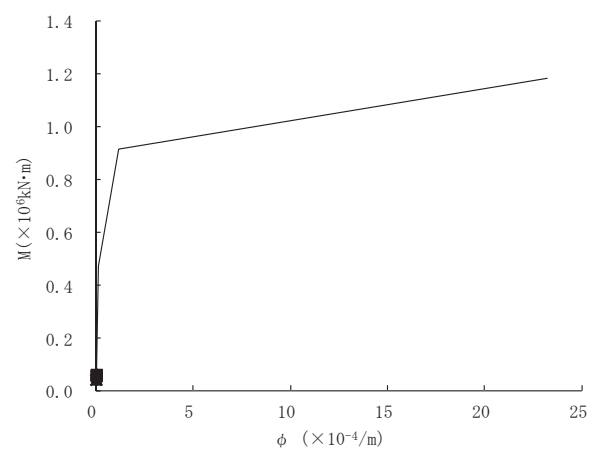


図 4-13(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向)

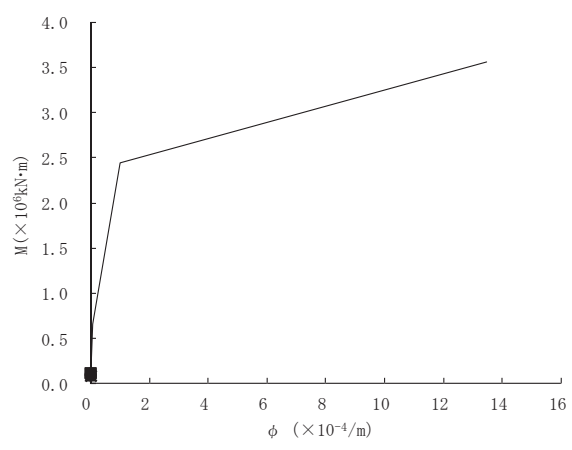
○ S<sub>s</sub>-D1   △ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)

図 4-14(1) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向)

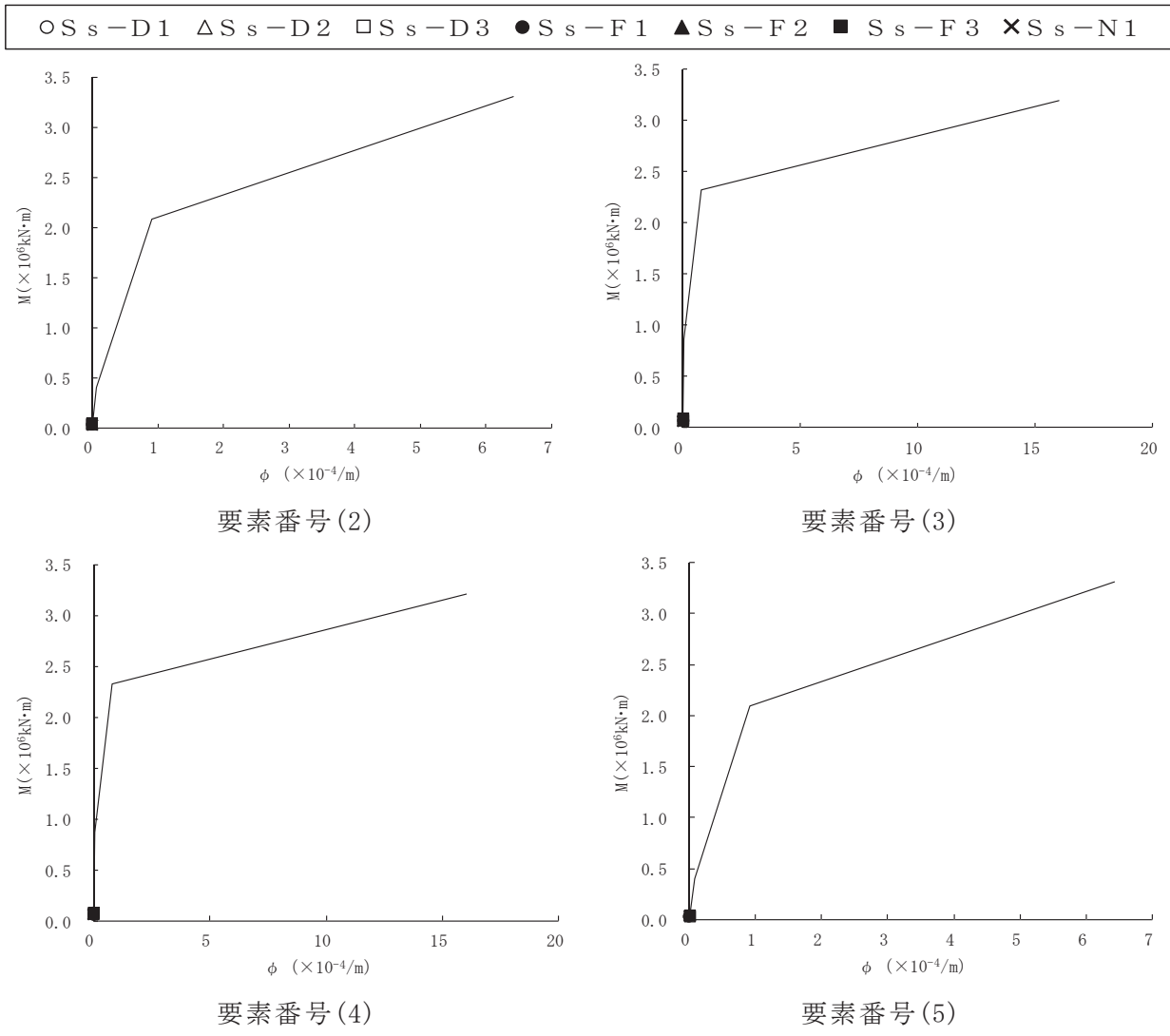


図 4-14(2) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向)

表 4-15 基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果に基づく接地率

(a) NS 方向

| 地震動         | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 最大転倒モーメント<br>( $\times 10^5 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ) | 最小接地率<br>(%) |
|-------------|------------------------------|--|--------------|
| $S_s - D 1$ | 332                          | 4.34   | 100.0        |
| $S_s - D 2$ | 363                          | 5.03   | 100.0        |
| $S_s - D 3$ | 358                          | 4.89   | 100.0        |
| $S_s - F 1$ | 316                          | 3.91   | 100.0        |
| $S_s - F 2$ | 325                          | 4.17   | 100.0        |
| $S_s - F 3$ | 365                          | 5.34   | 99.7         |
| $S_s - N 1$ | 313                          | 3.95   | 100.0        |

(b) EW 方向

| 地震動         | 最大接地圧<br>( $\text{kN/m}^2$ ) | 最大転倒モーメント<br>( $\times 10^5 \text{ kN}\cdot\text{m}$ ) | 最小接地率<br>(%) |
|-------------|------------------------------|--|--------------|
| $S_s - D 1$ | 296                          | 3.81   | 100.0        |
| $S_s - D 2$ | 341                          | 5.09   | 100.0        |
| $S_s - D 3$ | 309                          | 3.95   | 100.0        |
| $S_s - F 1$ | 297                          | 3.93   | 100.0        |
| $S_s - F 2$ | 301                          | 4.05   | 100.0        |
| $S_s - F 3$ | 331                          | 5.04   | 100.0        |
| $S_s - N 1$ | 292                          | 3.94   | 100.0        |

#### 4.1.2 材料物性の不確かさを考慮したケースの地震応答解析結果

材料物性の不確かさを考慮した基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析結果について、基本ケースによる解析結果とあわせて表 4-16～表 4-26 に示す。



表 4-16 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向)

(a) S<sub>s</sub>-D 2

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> -D 2          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)         | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2580                         | 2640  | 2512  | 2652  | 2710  | 2585  | 2580                 | 2640  | 2512  | 2652  | 2710  | 2585  |
| 2        | 957                          | 971   | 936   | 1131  | 1162  | 1094  | 957                  | 971   | 936   | 1131  | 1162  | 1094  |
| 3        | 594                          | 611   | 577   | 595   | 614   | 592   | 644                  | 645   | 645   | 683   | 686   | 682   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ  
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(b) S<sub>s</sub>-D 3

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> -D 3          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)         | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2235                         | 2288  | 2180  | 2281  | 2336  | 2220  | 2580                 | 2640  | 2512  | 2652  | 2710  | 2585  |
| 2        | 877                          | 913   | 836   | 887   | 922   | 848   | 957                  | 971   | 936   | 1131  | 1162  | 1094  |
| 3        | 563                          | 575   | 549   | 553   | 565   | 538   | 644                  | 645   | 645   | 683   | 686   | 682   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ  
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(c) S<sub>s</sub>-F 3

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> -F 3          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)         | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2253                         | 2307  | 2191  | 2278  | 2331  | 2221  | 2580                 | 2640  | 2512  | 2652  | 2710  | 2585  |
| 2        | 838                          | 852   | 817   | 1131  | 1159  | 1092  | 957                  | 971   | 936   | 1131  | 1162  | 1094  |
| 3        | 644                          | 645   | 645   | 683   | 686   | 682   | 644                  | 645   | 645   | 683   | 686   | 682   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ  
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

表 4-17 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 0.93                 | 0.95  | 0.91  | 0.96  | 0.98  | 0.94  | 0.93                 | 0.95  | 0.91  | 0.96  | 0.98  | 0.94  |
| 2        | 0.03                 | 0.04  | 0.03  | 0.05  | 0.05  | 0.05  | 0.03                 | 0.04  | 0.03  | 0.05  | 0.05  | 0.05  |
| 3        | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.01  | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b)  $S_s - D 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 3$          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 0.81                 | 0.83  | 0.79  | 0.83  | 0.85  | 0.81  | 0.93                 | 0.95  | 0.91  | 0.96  | 0.98  | 0.94  |
| 2        | 0.03                 | 0.03  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.03                 | 0.04  | 0.03  | 0.05  | 0.05  | 0.05  |
| 3        | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(c)  $S_s - F 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 0.82                 | 0.84  | 0.80  | 0.83  | 0.85  | 0.81  | 0.93                 | 0.95  | 0.91  | 0.96  | 0.98  | 0.94  |
| 2        | 0.03                 | 0.03  | 0.03  | 0.05  | 0.05  | 0.04  | 0.03                 | 0.04  | 0.03  | 0.05  | 0.05  | 0.05  |
| 3        | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.01  | 0.01  | 0.01  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 4-18 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向)

(a) S<sub>s</sub>-D 2

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> -D 2            |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)           | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 9.62                           | 9.84  | 9.37  | 9.88  | 10.10 | 9.64  | 9.62                 | 9.84  | 9.37  | 9.88  | 10.10 | 9.64  |
| (2)      | 15.29                          | 15.89 | 14.56 | 17.56 | 18.21 | 16.76 | 15.29                | 15.89 | 14.56 | 17.56 | 18.21 | 16.76 |
| (3)      | 6.91                           | 7.18  | 6.57  | 7.93  | 8.22  | 7.57  | 6.91                 | 7.18  | 6.57  | 7.93  | 8.22  | 7.57  |
| (4)      | 15.29                          | 15.89 | 14.56 | 17.57 | 18.21 | 16.76 | 15.29                | 15.89 | 14.56 | 17.57 | 18.21 | 16.76 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ  
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(b) S<sub>s</sub>-D 3

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> -D 3            |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)           | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 8.33                           | 8.53  | 8.13  | 8.50  | 8.70  | 8.28  | 9.62                 | 9.84  | 9.37  | 9.88  | 10.10 | 9.64  |
| (2)      | 14.10                          | 14.64 | 13.49 | 15.50 | 15.95 | 14.96 | 15.29                | 15.89 | 14.56 | 17.56 | 18.21 | 16.76 |
| (3)      | 6.37                           | 6.61  | 6.09  | 7.00  | 7.20  | 6.76  | 6.91                 | 7.18  | 6.57  | 7.93  | 8.22  | 7.57  |
| (4)      | 14.10                          | 14.65 | 13.50 | 15.51 | 15.96 | 14.96 | 15.29                | 15.89 | 14.56 | 17.57 | 18.21 | 16.76 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ  
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(c) S<sub>s</sub>-F 3

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> -F 3            |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)           | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 8.40                           | 8.60  | 8.17  | 8.49  | 8.69  | 8.27  | 9.62                 | 9.84  | 9.37  | 9.88  | 10.10 | 9.64  |
| (2)      | 14.52                          | 14.79 | 14.21 | 17.26 | 17.68 | 16.69 | 15.29                | 15.89 | 14.56 | 17.56 | 18.21 | 16.76 |
| (3)      | 6.56                           | 6.68  | 6.42  | 7.79  | 7.98  | 7.54  | 6.91                 | 7.18  | 6.57  | 7.93  | 8.22  | 7.57  |
| (4)      | 14.52                          | 14.79 | 14.22 | 17.26 | 17.68 | 16.69 | 15.29                | 15.89 | 14.56 | 17.57 | 18.21 | 16.76 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ  
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

表 4-19(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向) (1/2)

(a)  $S_s - D2$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                     |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D2$   |       |       |       |       |       | 最大値                 |       |       |       |       |       |
|          | ケース1<br>(基本<br>ケース)                                  | ケース2  | ケース3  | ケース4  | ケース5  | ケース6  | ケース1<br>(基本<br>ケース) | ケース2  | ケース3  | ケース4  | ケース5  | ケース6  |
| (1)      | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
|          | 5.77   | 5.91  | 5.62  | 5.93  | 6.06  | 5.78  | 5.77                | 5.91  | 5.62  | 5.93  | 6.06  | 5.78  |
| (2)      | 2.49   | 2.50  | 2.51  | 2.49  | 2.54  | 2.47  | 2.49                | 2.50  | 2.51  | 2.76  | 2.75  | 2.70  |
|          | 12.08  | 12.53 | 11.50 | 13.75 | 14.26 | 13.14 | 12.08               | 12.53 | 11.50 | 13.75 | 14.26 | 13.14 |
| (3)      | 2.03   | 2.10  | 1.94  | 2.29  | 2.36  | 2.20  | 2.03                | 2.10  | 1.94  | 2.29  | 2.36  | 2.20  |
|          | 6.52   | 6.76  | 6.21  | 7.42  | 7.70  | 7.09  | 6.52                | 6.76  | 6.21  | 7.42  | 7.70  | 7.09  |
| (4)      | 2.57   | 2.59  | 2.59  | 2.57  | 2.62  | 2.58  | 2.57                | 2.59  | 2.59  | 2.87  | 2.86  | 2.81  |
|          | 12.21  | 12.67 | 11.63 | 13.90 | 14.42 | 13.29 | 12.21               | 12.67 | 11.63 | 13.90 | 14.42 | 13.29 |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

(b)  $S_s - D3$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                     |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D3$   |       |       |       |       |       | 最大値                 |       |       |       |       |       |
|          | ケース1<br>(基本<br>ケース)                                  | ケース2  | ケース3  | ケース4  | ケース5  | ケース6  | ケース1<br>(基本<br>ケース) | ケース2  | ケース3  | ケース4  | ケース5  | ケース6  |
| (1)      | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
|          | 5.00   | 5.12  | 4.88  | 5.10  | 5.22  | 4.97  | 5.77                | 5.91  | 5.62  | 5.93  | 6.06  | 5.78  |
| (2)      | 2.46   | 2.46  | 2.43  | 2.65  | 2.63  | 2.63  | 2.49                | 2.50  | 2.51  | 2.76  | 2.75  | 2.70  |
|          | 10.60  | 10.83 | 10.31 | 11.88 | 12.21 | 11.49 | 12.08               | 12.53 | 11.50 | 13.75 | 14.26 | 13.14 |
| (3)      | 1.90   | 1.90  | 1.86  | 2.06  | 2.06  | 2.04  | 2.03                | 2.10  | 1.94  | 2.29  | 2.36  | 2.20  |
|          | 5.71   | 5.84  | 5.56  | 6.39  | 6.57  | 6.18  | 6.52                | 6.76  | 6.21  | 7.42  | 7.70  | 7.09  |
| (4)      | 2.56   | 2.56  | 2.53  | 2.75  | 2.74  | 2.73  | 2.57                | 2.59  | 2.59  | 2.87  | 2.86  | 2.81  |
|          | 10.71  | 10.95 | 10.42 | 12.00 | 12.35 | 11.61 | 12.21               | 12.67 | 11.63 | 13.90 | 14.42 | 13.29 |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 4-19(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向) (2/2)

(c)  $S_s - F_3$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F_3$  |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
|          | 5.04   | 5.16  | 4.90  | 5.09  | 5.21  | 4.96  | 5.77                 | 5.91  | 5.62  | 5.93  | 6.06  | 5.78  |
| (2)      | 2.36   | 2.34  | 2.32  | 2.76  | 2.75  | 2.70  | 2.49                 | 2.50  | 2.51  | 2.76  | 2.75  | 2.70  |
|          | 10.79  | 10.90 | 10.65 | 11.91 | 12.17 | 11.56 | 12.08                | 12.53 | 11.50 | 13.75 | 14.26 | 13.14 |
| (3)      | 1.78   | 1.83  | 1.71  | 2.14  | 2.15  | 2.09  | 2.03                 | 2.10  | 1.94  | 2.29  | 2.36  | 2.20  |
|          | 5.79   | 5.84  | 5.71  | 6.38  | 6.52  | 6.20  | 6.52                 | 6.76  | 6.21  | 7.42  | 7.70  | 7.09  |
| (4)      | 2.44   | 2.43  | 2.39  | 2.87  | 2.86  | 2.81  | 2.57                 | 2.59  | 2.59  | 2.87  | 2.86  | 2.81  |
|          | 10.91  | 11.02 | 10.76 | 12.03 | 12.30 | 11.68 | 12.21                | 12.67 | 11.63 | 13.90 | 14.42 | 13.29 |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 $+\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 $-\sigma$

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 4-20 最大応答加速度一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，EW 方向）

(a) S<sub>s</sub> - D 2

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> - D 2         |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)         | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2511                         | 2564  | 2451  | 2575  | 2628  | 2513  | 2511                 | 2564  | 2451  | 2575  | 2628  | 2513  |
| 2        | 806                          | 826   | 784   | 890   | 913   | 865   | 806                  | 826   | 784   | 890   | 913   | 865   |
| 3        | 590                          | 596   | 582   | 591   | 604   | 582   | 638                  | 653   | 624   | 639   | 654   | 625   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

(b) S<sub>s</sub> - D 3

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> - D 3         |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)         | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2269                         | 2314  | 2215  | 2309  | 2357  | 2254  | 2511                 | 2564  | 2451  | 2575  | 2628  | 2513  |
| 2        | 718                          | 744   | 692   | 815   | 849   | 779   | 806                  | 826   | 784   | 890   | 913   | 865   |
| 3        | 572                          | 584   | 558   | 574   | 586   | 560   | 638                  | 653   | 624   | 639   | 654   | 625   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

(c) S<sub>s</sub> - F 3

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | S <sub>s</sub> - F 3         |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)         | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 1912                         | 1948  | 1870  | 1948  | 1985  | 1905  | 2511                 | 2564  | 2451  | 2575  | 2628  | 2513  |
| 2        | 709                          | 720   | 693   | 788   | 810   | 764   | 806                  | 826   | 784   | 890   | 913   | 865   |
| 3        | 638                          | 653   | 624   | 639   | 654   | 625   | 638                  | 653   | 624   | 639   | 654   | 625   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

表 4-21 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

(a)  $S_s - D2$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)         |      |      |      |      |      |                     |      |      |      |      |      |
|----------|---------------------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|
|          | $S_s - D2$          |      |      |      |      |      | 最大値                 |      |      |      |      |      |
|          | ケース1<br>(基本<br>ケース) | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 | ケース6 | ケース1<br>(基本<br>ケース) | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 | ケース6 |
| 1        | 1.02                | 1.04 | 1.00 | 1.05 | 1.07 | 1.02 | 1.02                | 1.04 | 1.00 | 1.05 | 1.07 | 1.02 |
| 2        | 0.02                | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02                | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 3        | 0.00                | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース4：建屋剛性考慮，ケース5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b)  $S_s - D3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)         |      |      |      |      |      |                     |      |      |      |      |      |
|----------|---------------------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|
|          | $S_s - D3$          |      |      |      |      |      | 最大値                 |      |      |      |      |      |
|          | ケース1<br>(基本<br>ケース) | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 | ケース6 | ケース1<br>(基本<br>ケース) | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 | ケース6 |
| 1        | 0.93                | 0.95 | 0.91 | 0.95 | 0.97 | 0.93 | 1.02                | 1.04 | 1.00 | 1.05 | 1.07 | 1.02 |
| 2        | 0.02                | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02 | 0.02                | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 3        | 0.00                | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース4：建屋剛性考慮，ケース5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(c)  $S_s - F3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)         |      |      |      |      |      |                     |      |      |      |      |      |
|----------|---------------------|------|------|------|------|------|---------------------|------|------|------|------|------|
|          | $S_s - F3$          |      |      |      |      |      | 最大値                 |      |      |      |      |      |
|          | ケース1<br>(基本<br>ケース) | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 | ケース6 | ケース1<br>(基本<br>ケース) | ケース2 | ケース3 | ケース4 | ケース5 | ケース6 |
| 1        | 0.78                | 0.80 | 0.77 | 0.80 | 0.82 | 0.78 | 1.02                | 1.04 | 1.00 | 1.05 | 1.07 | 1.02 |
| 2        | 0.02                | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.02                | 0.02 | 0.02 | 0.03 | 0.03 | 0.03 |
| 3        | 0.00                | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00                | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース4：建屋剛性考慮，ケース5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 4-22 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$                          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 9.36                                 | 9.56  | 9.14  | 9.60  | 9.80  | 9.37  | 9.36                 | 9.56  | 9.14  | 9.60  | 9.80  | 9.37  |
| (2)      | 5.89                                 | 6.03  | 5.75  | 6.43  | 6.59  | 6.26  | 5.89                 | 6.03  | 5.75  | 6.43  | 6.59  | 6.26  |
| (3)      | 11.08                                | 11.35 | 10.81 | 12.09 | 12.39 | 11.78 | 11.08                | 11.35 | 10.81 | 12.09 | 12.39 | 11.78 |
| (4)      | 11.08                                | 11.35 | 10.81 | 12.09 | 12.39 | 11.78 | 11.08                | 11.35 | 10.81 | 12.09 | 12.39 | 11.78 |
| (5)      | 5.89                                 | 6.03  | 5.75  | 6.43  | 6.59  | 6.26  | 5.89                 | 6.03  | 5.75  | 6.43  | 6.59  | 6.26  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b)  $S_s - D 3$

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 3$                          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 8.46                                 | 8.63  | 8.26  | 8.61  | 8.79  | 8.40  | 9.36                 | 9.56  | 9.14  | 9.60  | 9.80  | 9.37  |
| (2)      | 4.61                                 | 4.78  | 4.45  | 5.24  | 5.46  | 5.02  | 5.89                 | 6.03  | 5.75  | 6.43  | 6.59  | 6.26  |
| (3)      | 8.67                                 | 8.99  | 8.36  | 9.86  | 10.28 | 9.44  | 11.08                | 11.35 | 10.81 | 12.09 | 12.39 | 11.78 |
| (4)      | 8.67                                 | 8.99  | 8.36  | 9.86  | 10.28 | 9.44  | 11.08                | 11.35 | 10.81 | 12.09 | 12.39 | 11.78 |
| (5)      | 4.61                                 | 4.78  | 4.45  | 5.24  | 5.46  | 5.02  | 5.89                 | 6.03  | 5.75  | 6.43  | 6.59  | 6.26  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(c)  $S_s - F 3$

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$                          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 7.13                                 | 7.27  | 6.98  | 7.27  | 7.40  | 7.11  | 9.36                 | 9.56  | 9.14  | 9.60  | 9.80  | 9.37  |
| (2)      | 5.61                                 | 5.69  | 5.48  | 6.16  | 6.32  | 5.97  | 5.89                 | 6.03  | 5.75  | 6.43  | 6.59  | 6.26  |
| (3)      | 10.55                                | 10.71 | 10.31 | 11.59 | 11.90 | 11.23 | 11.08                | 11.35 | 10.81 | 12.09 | 12.39 | 11.78 |
| (4)      | 10.55                                | 10.71 | 10.31 | 11.59 | 11.90 | 11.23 | 11.08                | 11.35 | 10.81 | 12.09 | 12.39 | 11.78 |
| (5)      | 5.61                                 | 5.69  | 5.48  | 6.16  | 6.32  | 5.97  | 5.89                 | 6.03  | 5.75  | 6.43  | 6.59  | 6.26  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$



表 4-23(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向) (1/2)

(a)  $S_s - D 2$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$  |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
|          | 5.62   | 5.74  | 5.48  | 5.76  | 5.88  | 5.62  | 5.62                 | 5.74  | 5.48  | 5.76  | 5.88  | 5.62  |
| (2)      | 0.91   | 0.91  | 0.92  | 0.94  | 0.95  | 0.95  | 0.91                 | 0.91  | 0.92  | 0.94  | 0.95  | 0.95  |
|          | 4.18   | 4.29  | 4.10  | 4.57  | 4.69  | 4.46  | 4.18                 | 4.29  | 4.10  | 4.57  | 4.69  | 4.46  |
| (3)      | 2.83   | 2.85  | 2.82  | 2.67  | 2.71  | 2.69  | 2.83                 | 2.85  | 2.82  | 2.67  | 2.71  | 2.69  |
|          | 9.06   | 9.31  | 8.89  | 9.92  | 10.18 | 9.68  | 9.06                 | 9.31  | 8.89  | 9.92  | 10.18 | 9.68  |
| (4)      | 2.83   | 2.85  | 2.82  | 2.67  | 2.71  | 2.69  | 2.83                 | 2.85  | 2.82  | 2.67  | 2.71  | 2.69  |
|          | 9.06   | 9.31  | 8.89  | 9.92  | 10.18 | 9.68  | 9.06                 | 9.31  | 8.89  | 9.92  | 10.18 | 9.68  |
| (5)      | 0.91   | 0.91  | 0.92  | 0.94  | 0.95  | 0.95  | 0.91                 | 0.91  | 0.92  | 0.94  | 0.95  | 0.95  |
|          | 4.18   | 4.29  | 4.10  | 4.57  | 4.69  | 4.46  | 4.18                 | 4.29  | 4.10  | 4.57  | 4.69  | 4.46  |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

(b)  $S_s - D 3$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 3$  |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
|          | 5.08   | 5.18  | 4.96  | 5.17  | 5.27  | 5.04  | 5.62                 | 5.74  | 5.48  | 5.76  | 5.88  | 5.62  |
| (2)      | 0.72   | 0.72  | 0.72  | 0.72  | 0.73  | 0.73  | 0.91                 | 0.91  | 0.92  | 0.94  | 0.95  | 0.95  |
|          | 3.21   | 3.29  | 3.13  | 3.60  | 3.72  | 3.49  | 4.18                 | 4.29  | 4.10  | 4.57  | 4.69  | 4.46  |
| (3)      | 2.19   | 2.21  | 2.18  | 2.24  | 2.28  | 2.21  | 2.83                 | 2.85  | 2.82  | 2.67  | 2.71  | 2.69  |
|          | 7.04   | 7.20  | 6.86  | 7.77  | 8.03  | 7.54  | 9.06                 | 9.31  | 8.89  | 9.92  | 10.18 | 9.68  |
| (4)      | 2.19   | 2.21  | 2.18  | 2.24  | 2.28  | 2.21  | 2.83                 | 2.85  | 2.82  | 2.67  | 2.71  | 2.69  |
|          | 7.04   | 7.20  | 6.86  | 7.77  | 8.03  | 7.54  | 9.06                 | 9.31  | 8.89  | 9.92  | 10.18 | 9.68  |
| (5)      | 0.72   | 0.72  | 0.72  | 0.72  | 0.73  | 0.73  | 0.91                 | 0.91  | 0.92  | 0.94  | 0.95  | 0.95  |
|          | 3.21   | 3.29  | 3.13  | 3.60  | 3.72  | 3.49  | 4.18                 | 4.29  | 4.10  | 4.57  | 4.69  | 4.46  |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 4-23(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向) (2/2)

(c)  $S_s - F3$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F3$   |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 0.00   | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00                 | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  | 0.00  |
|          | 4.28   | 4.36  | 4.19  | 4.36  | 4.44  | 4.27  | 5.62                 | 5.74  | 5.48  | 5.76  | 5.88  | 5.62  |
| (2)      | 0.70   | 0.69  | 0.71  | 0.72  | 0.73  | 0.73  | 0.91                 | 0.91  | 0.92  | 0.94  | 0.95  | 0.95  |
|          | 3.99   | 4.00  | 3.94  | 4.44  | 4.52  | 4.34  | 4.18                 | 4.29  | 4.10  | 4.57  | 4.69  | 4.46  |
| (3)      | 2.19   | 2.31  | 2.14  | 2.23  | 2.27  | 2.23  | 2.83                 | 2.85  | 2.82  | 2.67  | 2.71  | 2.69  |
|          | 8.66   | 8.68  | 8.55  | 9.65  | 9.81  | 9.44  | 9.06                 | 9.31  | 8.89  | 9.92  | 10.18 | 9.68  |
| (4)      | 2.19   | 2.31  | 2.14  | 2.23  | 2.27  | 2.23  | 2.83                 | 2.85  | 2.82  | 2.67  | 2.71  | 2.69  |
|          | 8.66   | 8.68  | 8.55  | 9.65  | 9.81  | 9.44  | 9.06                 | 9.31  | 8.89  | 9.92  | 10.18 | 9.68  |
| (5)      | 0.70   | 0.69  | 0.71  | 0.72  | 0.73  | 0.73  | 0.91                 | 0.91  | 0.92  | 0.94  | 0.95  | 0.95  |
|          | 3.99   | 4.00  | 3.94  | 4.44  | 4.52  | 4.34  | 4.18                 | 4.29  | 4.10  | 4.57  | 4.69  | 4.46  |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$   
 注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 4-24 最大応答加速度一覧表（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

(a)  $S_s - D 2$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|-----------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$                 |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)        | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 801                         | 801   | 798   | 801                  | 801   | 798   |
| 2        | 631                         | 633   | 627   | 631                  | 633   | 627   |
| 3        | 546                         | 550   | 541   | 548                  | 550   | 545   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - D 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|-----------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 3$                 |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)        | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 680                         | 694   | 666   | 801                  | 801   | 798   |
| 2        | 531                         | 533   | 531   | 631                  | 633   | 627   |
| 3        | 548                         | 549   | 545   | 548                  | 550   | 545   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

(c)  $S_s - F 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|-----------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$                 |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)        | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 531                         | 533   | 526   | 801                  | 801   | 798   |
| 2        | 471                         | 473   | 467   | 631                  | 633   | 627   |
| 3        | 422                         | 425   | 418   | 548                  | 550   | 545   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

表 4-25 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , UD 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |                      |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$          |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 0.01                 | 0.01  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |
| 2        | 0.01                 | 0.01  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |
| 3        | 0.01                 | 0.01  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - D 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |                      |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 3$          |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 0.01                 | 0.01  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |
| 2        | 0.01                 | 0.01  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |
| 3        | 0.01                 | 0.01  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

(c)  $S_s - F 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |                      |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$          |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 0.01                 | 0.01  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |
| 2        | 0.01                 | 0.01  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |
| 3        | 0.00                 | 0.00  | 0.01  | 0.01                 | 0.01  | 0.01  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

表 4-26 最大応答軸力一覧表 (基準地震動  $S_s$ , UD 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 要素<br>番号 | 最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|------------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$                        |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)               | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| (1)      | 2.33                               | 2.34  | 2.32  | 2.33                 | 2.34  | 2.32  |
| (2)      | 27.29                              | 27.31 | 27.20 | 27.29                | 27.31 | 27.20 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性  $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性  $-\sigma$

(b)  $S_s - D 3$

| 要素<br>番号 | 最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|------------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 3$                        |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)               | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| (1)      | 1.97                               | 2.01  | 1.93  | 2.33                 | 2.34  | 2.32  |
| (2)      | 22.89                              | 23.18 | 22.63 | 27.29                | 27.31 | 27.20 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性  $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性  $-\sigma$

(c)  $S_s - F 3$

| 要素<br>番号 | 最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|------------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$                        |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)               | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| (1)      | 1.55                               | 1.55  | 1.53  | 2.33                 | 2.34  | 2.32  |
| (2)      | 20.08                              | 20.17 | 19.92 | 27.29                | 27.31 | 27.20 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性  $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性  $-\sigma$

## 4.2 必要保有水平耐力

「3.3 解析方法」による解析方法で算出した必要保有水平耐力 $Q_{un}$ を表 4-27 に示す。

構造特性係数 $D_s$ は以下の条件に基づき設定している。

耐震壁は全てせん断破壊型であるため建築基準法施行令に基づく耐力壁の種別はWDとする。

地下1階については、耐震壁が全ての地震荷重を負担するため、耐震壁が分担する保有水平耐力の比 $\beta_u$ は1.0となる。

以上の条件から構造特性係数 $D_s$ は0.55となる。

形状特性係数 $F_{es}$ は

$F_s = 1.0$  (剛性率が0.6以上のため)

$F_e = 1.0$  (偏心率が0.15以下のため)

より、1.0となる。

地上1階については、鉄骨造の柱及びはりは建築基準法施行令に示される幅厚比以下の数値となるため柱及びはりの種別はFAである。また、柱及びはりには保有耐力接合及び保有耐力横補剛として靱性を確保している。

筋かいは無い場合、筋かいが分担する保有水平耐力の比 $\beta_u$ は0となる。

以上の条件から構造特性係数 $D_s$ は0.25となる。

形状特性係数 $F_{es}$ は

$F_s = 1.0$  (モーダル解析により $A_i$ 分布を算定するため、剛性率による割り増し係数 $F_s$ は既に考慮されているものとし、 $F_s = 1.0$ とする。)

$F_e = 1.0$  (偏心率が0.15以下のため)

より、1.0となる。

表 4-27 必要保有水平耐力

(a) NS 方向

| 階   | O. P.<br>(m)  | 構造特性係数<br>$D_s$ | 形状特性係数<br>$F_{es}$ | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un}$ (kN) |
|-----|---------------|-----------------|--------------------|---------------------------|
| 1F  | 68.90 ~ 62.90 | 0.25            | 1.00               | 763                       |
| B1F | 62.90 ~ 56.40 | 0.55            | 1.00               | 18423                     |

(b) EW 方向

| 階   | O. P.<br>(m)  | 構造特性係数<br>$D_s$ | 形状特性係数<br>$F_{es}$ | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un}$ (kN) |
|-----|---------------|-----------------|--------------------|---------------------------|
| 1F  | 68.90 ~ 62.90 | 0.25            | 1.00               | 687                       |
| B1F | 62.90 ~ 56.40 | 0.55            | 1.00               | 18423                     |

VI-2-2-22 緊急用電気品建屋の耐震性についての計算書



## 目 次

|       |                    |    |
|-------|--------------------|----|
| 1.    | 概要                 | 1  |
| 2.    | 基本方針               | 2  |
| 2.1   | 位置                 | 2  |
| 2.2   | 構造概要               | 3  |
| 2.3   | 評価方針               | 6  |
| 2.4   | 適用規格・基準等           | 8  |
| 3.    | 地震応答解析による評価方法      | 9  |
| 4.    | 応力解析による評価方法        | 11 |
| 4.1   | 評価対象部位及び評価方針       | 11 |
| 4.2   | 荷重及び荷重の組合せ         | 12 |
| 4.2.1 | 荷重                 | 12 |
| 4.2.2 | 荷重の組合せ             | 15 |
| 4.3   | 許容限界               | 16 |
| 4.4   | 解析モデル及び諸元          | 18 |
| 4.4.1 | モデル化の基本方針          | 18 |
| 4.4.2 | 解析諸元               | 19 |
| 4.5   | 評価方法               | 20 |
| 4.5.1 | 応力解析方法             | 20 |
| 4.5.2 | 断面の評価方法            | 21 |
| 5.    | 地震応答解析による評価結果      | 23 |
| 5.1   | 耐震壁のせん断ひずみの評価結果    | 23 |
| 5.2   | フレーム構造部の層間変形角の評価結果 | 25 |
| 5.3   | 接地圧の検討結果           | 25 |
| 5.4   | 保有水平耐力の評価結果        | 26 |
| 6.    | 応力解析による評価結果        | 27 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、緊急用電気品建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価に基づき行う。

緊急用電気品建屋は、重大事故等対処施設において「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

以下、「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」としての分類に応じた耐震評価を示す。

なお、緊急用電気品建屋に内包するガスタービン駆動補機に関して、仮想的に回転体の損壊を想定しても、損壊した回転体が緊急用電気品建屋外壁を貫通することなく内部に留まり、タービンミサイルが発生することのないよう、緊急用電気品建屋外壁厚さがタービンミサイルの防護上必要な板厚を上回る設計としている。仮想的損壊時のミサイル評価結果は、添付書類「VI-1-1-9 発電用原子炉施設の蒸気タービン、ポンプ等の損壊に伴う飛散物による損傷防護に関する説明書」にて実施する。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

緊急用電気品建屋の設置位置を図2-1に示す。

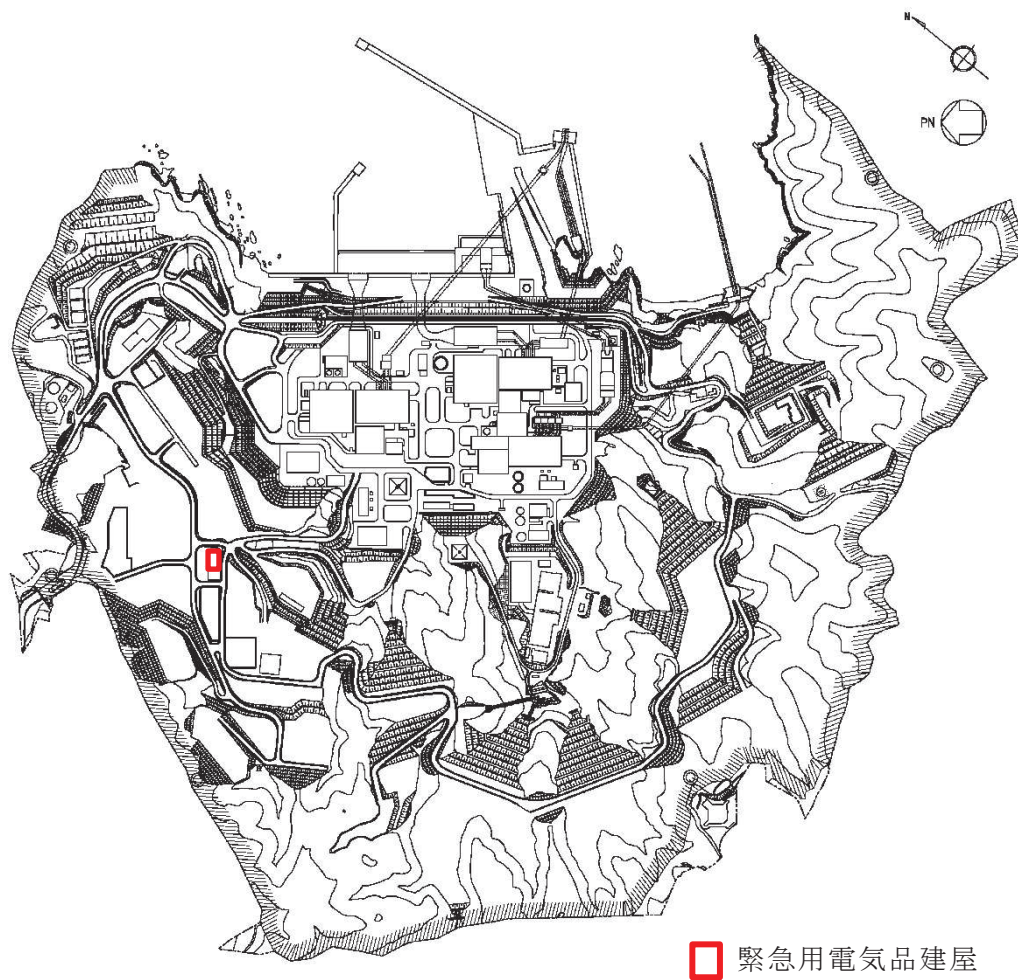


図 2-1 緊急用電気品建屋の設置位置

## 2.2 構造概要

緊急用電気品建屋は、地下1階、地上1階で、基礎底面からの高さは16.0mであり、平面は下部で南北方向25.2m、東西方向30.0m\*である。建屋の構造は鉄骨造及び鉄筋コンクリート造である。

緊急用電気品建屋の基礎は、厚さ3.5mで、支持地盤である砂岩に岩着している。

建屋の地上部分は鉄骨造の柱及び大ばりでフレームを形成（以下「フレーム構造部」という。）しており、これらの柱及びはりは、地下部分の鉄骨柱及び耐震壁とつながってラーメン構造を形成している。地上部分に加わる地震時の水平力はすべてこれらのフレームで負担する。

地下部分の耐震壁は基礎版から1階床面まで連続しており、壁厚は0.8m～1.5mである。建屋の地下部分は全体として非常に剛性が高く、地下部分に加わる地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁で負担する。地下部分のラーメン構造部材は地震時の建屋層間変形に追従可能な設計とする。

なお、緊急用電気品建屋に内包するガスタービン駆動補機に関して、仮想的に回転体の損壊を想定しても、損壊した回転体が緊急用電気品建屋外壁を貫通することなく内部に留まり、タービンミサイルが発生することのないよう、緊急用電気品建屋外壁厚さがタービンミサイルの防護上必要な板厚を上回る設計としており、外壁面にはルーバを、天井面には防護鉄板を設置している。

緊急用電気品建屋の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

注記\*：建屋寸法は壁外面押えとする。

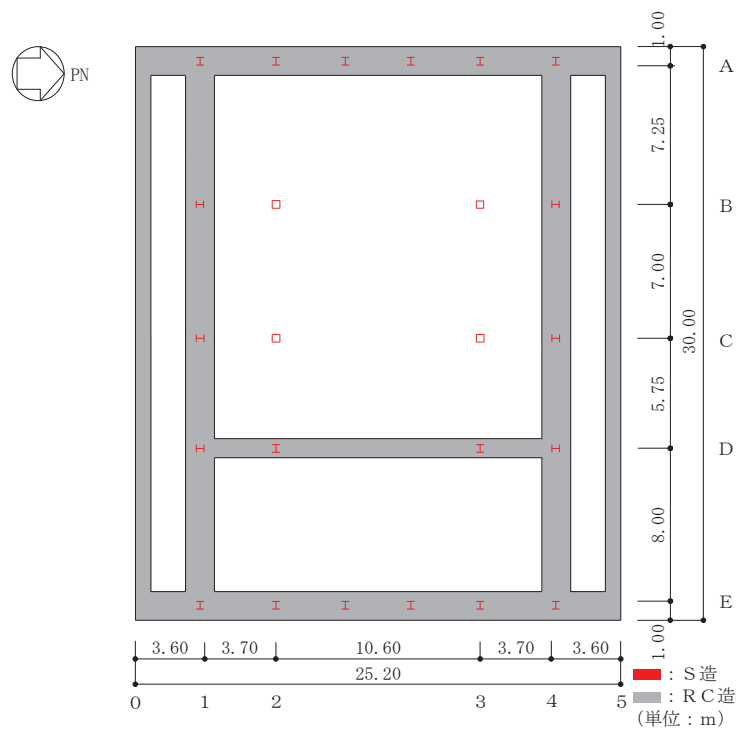


図 2-2(1) 緊急用電気品建屋の概略平面図(0. P. \*56.4m)

注記\* : 0. P. は女川原子力発電所工事用基準面であり，東京湾平均海面 (T. P.) -0.74m である。

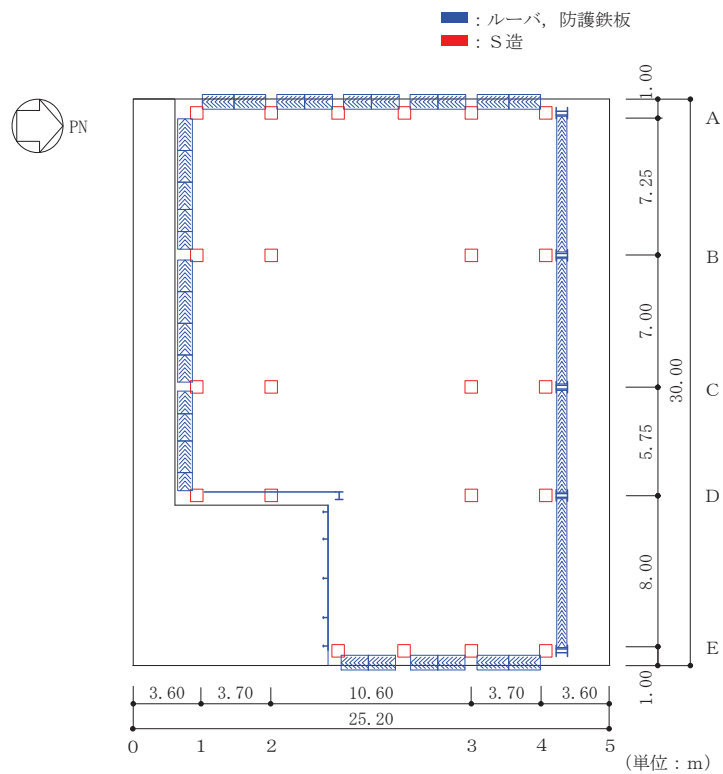


図 2-2(2) 緊急用電気品建屋の概略平面図(0. P. 62.9 m)

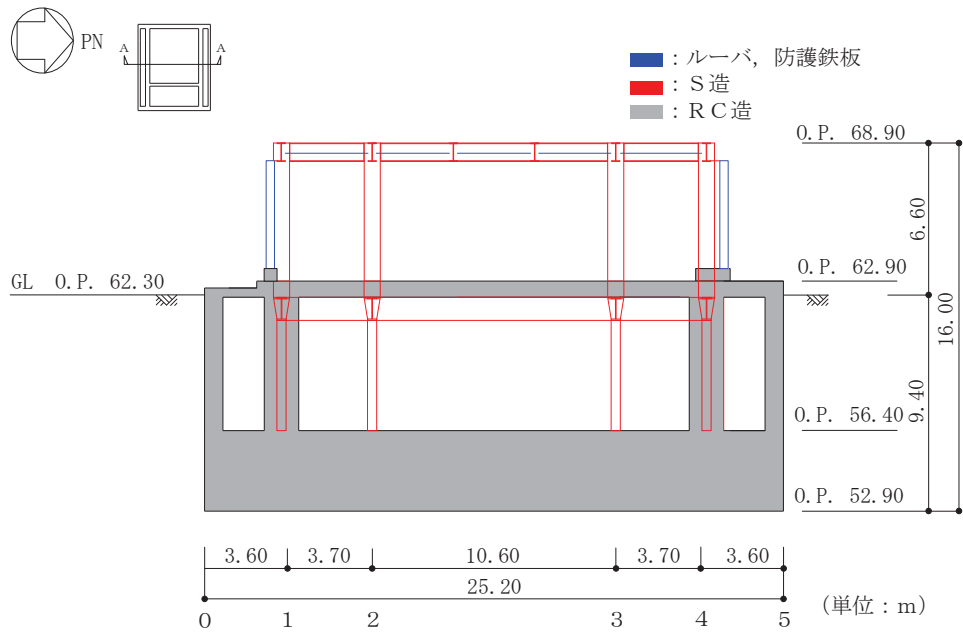


図 2-3(1) 緊急用電気品建屋の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

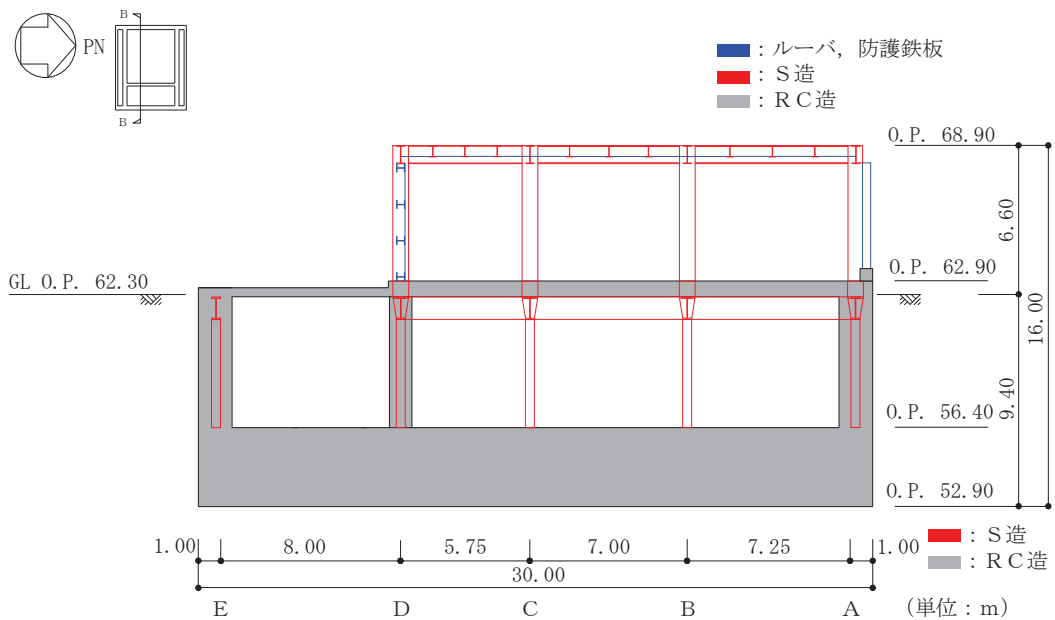


図 2-3(2) 緊急用電気品建屋の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

### 2.3 評価方針

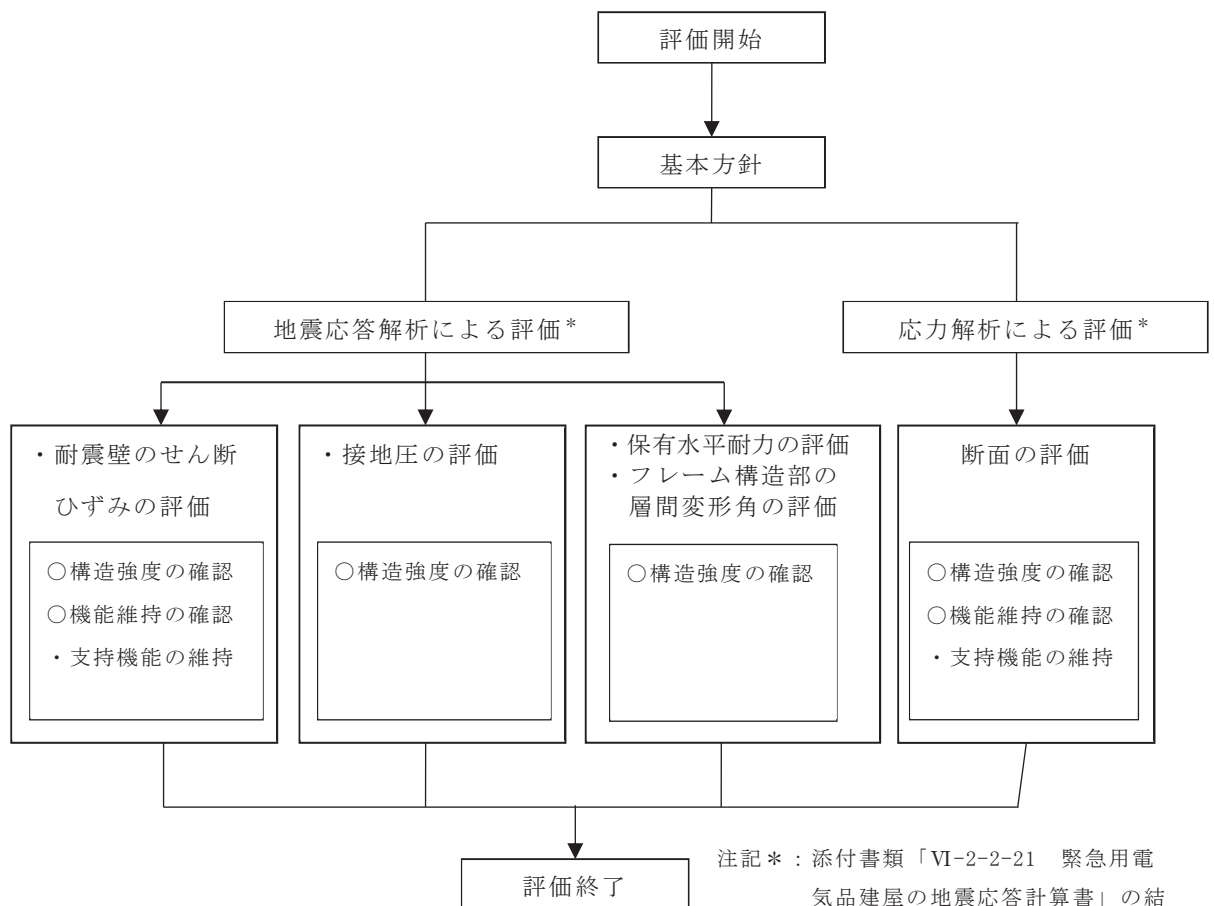
緊急用電気品建屋は、重大事故等対処施設において「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

緊急用電気品建屋の評価においては、基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。緊急用電気品建屋の評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては地下部の耐震壁のせん断ひずみ、地上部のフレーム構造部の層間変形角、接地圧及び保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては基礎版の断面の評価を行うことで、緊急用電気品建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表2-1に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

緊急用電気品建屋の評価フローを図2-4に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

| ケース名             | 建屋減衰 | コンクリート剛性             |                         | 地盤のせん断波速度     |
|------------------|------|----------------------|-------------------------|---------------|
|                  |      | 初期剛性                 | 終局耐力                    |               |
| ケース 1<br>(基本ケース) | 5%   | 設計基準強度に基づき JEAG 式で評価 |                         | 平均値           |
| ケース 2            | 同上   | 同上                   |                         | + $\sigma$ 相当 |
| ケース 3            | 同上   | 同上                   |                         | - $\sigma$ 相当 |
| ケース 4<br>(水平のみ)  | 同上   | 基本ケースの<br>0.8 倍      | 設計基準強度に基づき<br>JEAG 式で評価 | 平均値           |
| ケース 5<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                      | + $\sigma$ 相当 |
| ケース 6<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                      | - $\sigma$ 相当 |



注記\* : 添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 緊急用電気品建屋の評価フロー



## 2.4 適用規格・基準等

緊急用電気品建屋の評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下「RC-N規準」という。）
- ・ 日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）

### 3. 地震応答解析による評価方法

緊急用電気品建屋の構造強度については、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみ、フレーム構造部の最大層間変形角及び最大接地圧が許容限界を超えないこと、並びに保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また、支持機能の維持については、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における緊急用電気品建屋の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能   | 機能設計上の性能目標                | 地震力                     | 部位      | 機能維持のための考え方                           | 許容限界(評価基準値)                         |
|--------|---------------------------|-------------------------|---------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| —      | 構造強度を有すること                | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁*1   | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ<br>2.0×10 <sup>-3</sup>      |
|        |                           |                         | フレーム構造部 | 最大層間変形角が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認    | 層間変形角<br>1/120*2                    |
|        |                           |                         | 基礎地盤    | 最大接地圧が地盤の支持力度以下であることを確認               | 極限支持力度*3<br>11400 kN/m <sup>2</sup> |
|        |                           | 保有水平耐力                  | 構造物全体   | 保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認   | 必要保有水平耐力                            |
| 支持機能*4 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁*1   | 最大応答せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ<br>2.0×10 <sup>-3</sup>      |

注記\*1：建屋全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられることから、耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2：「2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書(国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所)」により設定。

\*3：添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地盤の支持力試験結果に基づき設定する。

\*4：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

#### 4. 応力解析による評価方法

##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

緊急用電気品建屋の応力解析による評価対象部位は、基礎版とし、 $S_s$ 地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

$S_s$ 地震時に対する評価は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せ結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析にあたっては、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」より得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。また、断面の評価については、材料物性の不確かさを考慮した断面力に対して行うこととする。応力解析による評価フローを図4-1に示す。

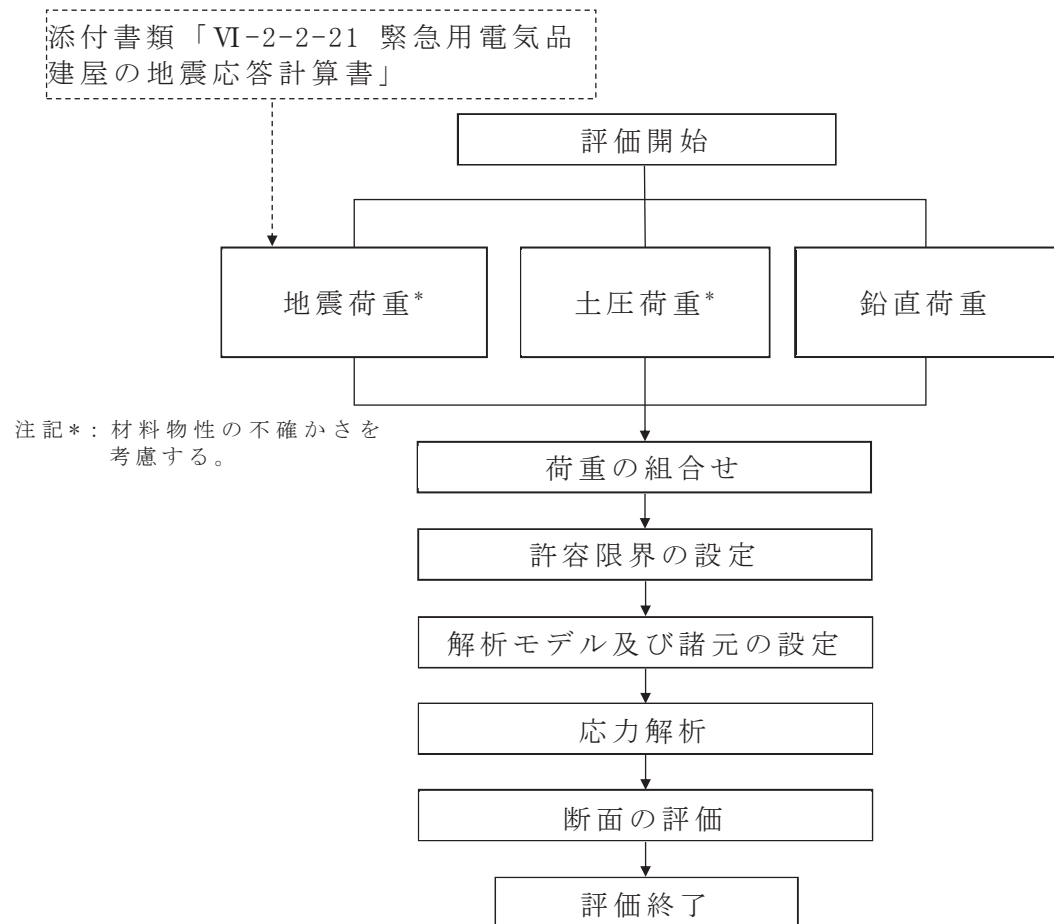


図 4-1 応力解析による評価フロー

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

### 4.2.1 荷重

#### (1) 固定荷重

固定荷重は建屋自重，機器荷重，配管荷重，積雪荷重，常時土圧荷重及び浮力とする。なお，積雪量は43cmとし，地震荷重と組合せるため，その0.35倍の積雪荷重を考慮する。常時土圧荷重は「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」によるものとし，図4-2に常時土圧を示す。また，浮力は，地下水位面を地表面(0.P.62.3m)とし，基礎版に上向きの等分布荷重として入力する。

#### (2) 積載荷重

積載荷重は，表4-1のとおり設定する。

表4-1 積載荷重

| 部位  | 積載荷重 (N/m <sup>2</sup> ) |
|-----|--------------------------|
| RF  | 600                      |
| 1F  | 800                      |
| B1F | 800                      |

#### (3) 地震荷重

##### a. 水平地震荷重

水平地震荷重は，基準地震動 $S_s$ による地震応答解析結果より設定する。なお，水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。表4-2及び表4-3に応力解析で考慮した基準地震動 $S_s$ 時の水平地震荷重を示す。

表 4-2 水平地震荷重 (せん断力)

(a) NS 方向

| 部位        | せん断力<br>( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |
|-----------|-------------------------------------|
| 耐震壁(A 通り) | 18.2                                |
| 耐震壁(D 通り) | 8.22                                |
| 耐震壁(E 通り) | 18.2                                |

(b) EW 方向

| 部位        | せん断力<br>( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |
|-----------|-------------------------------------|
| 耐震壁(0 通り) | 6.59                                |
| 耐震壁(1 通り) | 12.4                                |
| 耐震壁(4 通り) | 12.4                                |
| 耐震壁(5 通り) | 6.59                                |

表 4-3 水平地震荷重 (曲げモーメント)

(a) NS 方向

| 部位        | 曲げモーメント<br>( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |
|-----------|---|
| 耐震壁(A 通り) | 14.40   |
| 耐震壁(D 通り) | 7.70  |
| 耐震壁(E 通り) | 14.26   |

(b) EW 方向

| 部位        | 曲げモーメント<br>( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |
|-----------|---|
| 耐震壁(0 通り) | 4.69  |
| 耐震壁(1 通り) | 10.18   |
| 耐震壁(4 通り) | 10.18   |
| 耐震壁(5 通り) | 4.69  |

b. 鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果より鉛直震度として設定する。なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。表 4-4 に応力解析で考慮した基準地震動  $S_s$  時の鉛直地震荷重を示す。

表 4-4 鉛直地震荷重（鉛直震度）

| 部位  | 鉛直震度  |
|-----|-------|
| 耐震壁 | 0.653 |
| 基礎版 | 0.516 |

c. 地震時土圧荷重

地震時土圧荷重は、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算出する。地震時増分土圧は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を基にして「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」の地震時増分土圧式から加力側増分土圧及び支持側増分土圧を包絡したものとする。図 4-2 に地震時土圧を示す。

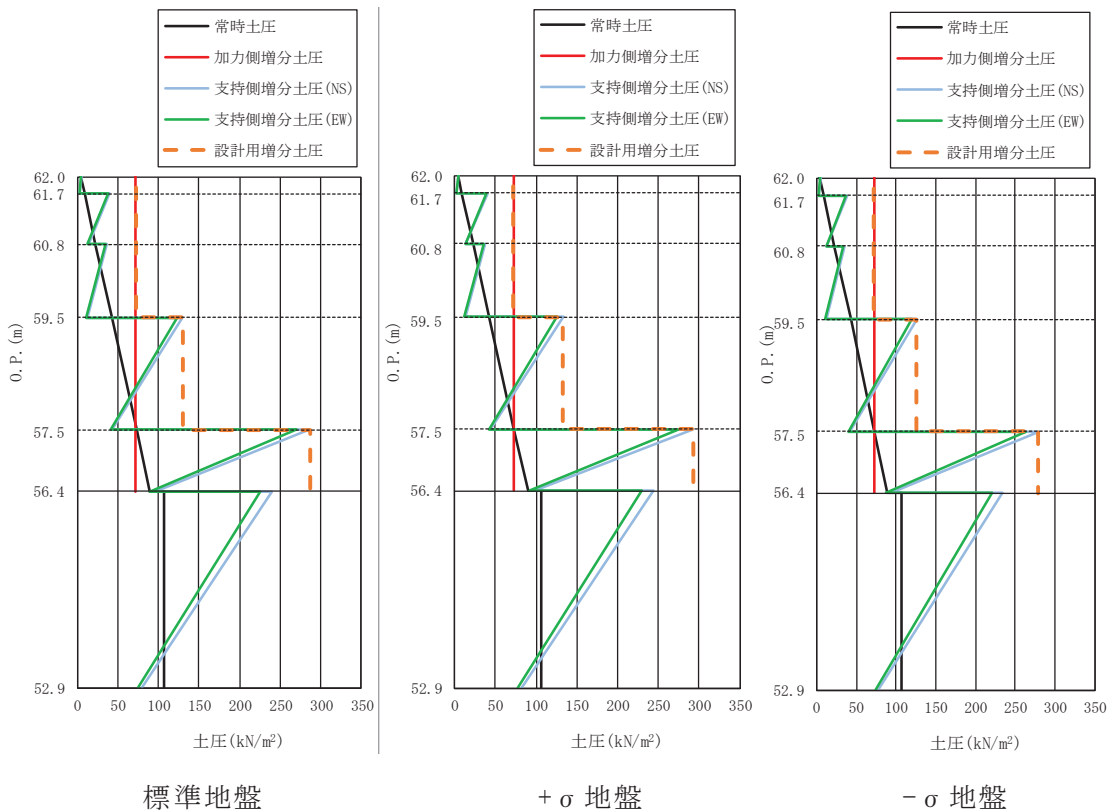


図 4-2 常時土圧及び地震時土圧

#### 4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

| 外力の状態              | 荷重の組合せ                 |
|--------------------|------------------------|
| S <sub>s</sub> 地震時 | G + P + S <sub>s</sub> |

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (地震時土圧荷重を含む)



### 4.3 許容限界

応力解析による評価における緊急用電気品建屋の基礎版の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 4-6 のとおり設定する。

また、コンクリート、鉄筋の許容応力度を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

表 4-6 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能   | 機能設計上の性能目標                | 地震力                     | 部位  | 機能維持のための考え方                         | 許容限界                  |
|--------|---------------------------|-------------------------|-----|-------------------------------------|-----------------------|
| —      | 構造強度を有すること                | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 基礎版 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*1 |
| 支持機能*2 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 基礎版 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度*1 |

注記\*1：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

\*2：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 4-7 コンクリートの許容応力度

| 設計基準強度 $F_c$<br>( $N/mm^2$ ) | 短期                 |                     |
|------------------------------|--------------------|---------------------|
|                              | 圧縮<br>( $N/mm^2$ ) | せん断<br>( $N/mm^2$ ) |
| 30                           | 20                 | 1.18                |

表 4-8 鉄筋の許容応力度

| 種別    | 短期                     |                       |
|-------|------------------------|-----------------------|
|       | 引張及び圧縮<br>( $N/mm^2$ ) | せん断補強<br>( $N/mm^2$ ) |
| SD345 | 345                    | 345                   |
| SD490 | 490                    | 490                   |

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 モデル化の基本方針

###### (1) 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

基礎版については、O.P. 52.9m～O.P. 56.4m をモデル化する。基礎版のモデル図を図 4-3 に示す。

###### (2) 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、基礎版についてはシェル要素とする。また、基礎版より立ち上がっている耐震壁については、はり要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は 285、要素数は 362 である。

###### (3) 境界条件

3次元 FEM モデルの基礎版底面に、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3次元 FEM モデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。

なお、基礎版底面の地盤ばねについては、引張力が発生した時に浮上りを考慮する。また、基礎版周囲の側面に地盤ばねを設ける。

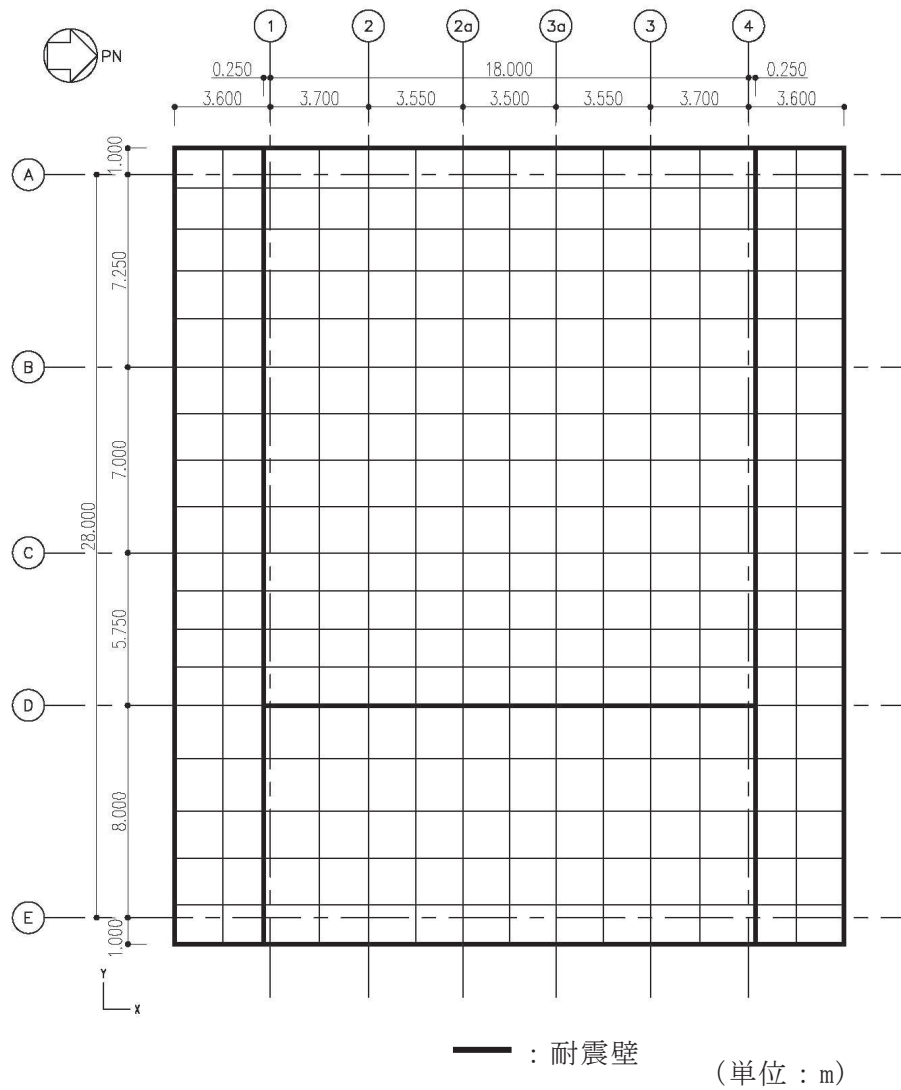


図 4-3 基礎版の解析モデル図

#### 4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-9 に示す。

表 4-9 コンクリートの物性値

| 部 位 | 設計基準強度<br>$F_c$ ( $N/mm^2$ ) | ヤング係数<br>$E$ ( $N/mm^2$ ) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|-----|------------------------------|---------------------------|----------------|
| 基礎版 | 30.0                         | $2.44 \times 10^4$        | 0.2            |

## 4.5 評価方法

### 4.5.1 応力解析方法

緊急用電気品建屋基礎版について、 $S_s$ 地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

#### (1) 荷重ケース

$S_s$ 地震時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

|           |                                |
|-----------|--------------------------------|
| G         | : 固定荷重                         |
| P         | : 積載荷重                         |
| $S_{SSN}$ | : S→N 方向 $S_s$ 地震荷重 (地震時土圧を含む) |
| $S_{SNS}$ | : N→S 方向 $S_s$ 地震荷重 (地震時土圧を含む) |
| $S_{SEW}$ | : E→W 方向 $S_s$ 地震荷重 (地震時土圧を含む) |
| $S_{SWE}$ | : W→E 方向 $S_s$ 地震荷重 (地震時土圧を含む) |
| $S_{SUD}$ | : 鉛直方向 (下向き) $S_s$ 地震荷重        |
| $S_{SDU}$ | : 鉛直方向 (上向き) $S_s$ 地震荷重        |

#### (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表4-10に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 (JEAC 4601-2015)」を参考に、組合せ係数法 (組合せ係数は1.0と0.4)を用いるものとする。

表 4-10 荷重の組合せケース

| 外力の状態              | ケース No. | 荷重の組合せ  |
|--------------------|---------|---|
| S <sub>s</sub> 地震時 | 1       | $G + P + 1.0 S_{s\text{NS}} + 0.4 S_{s\text{UD}}$ |
|                    | 2       | $G + P + 1.0 S_{s\text{NS}} + 0.4 S_{s\text{UD}}$ |
|                    | 3       | $G + P + 1.0 S_{s\text{SN}} + 0.4 S_{s\text{DU}}$ |
|                    | 4       | $G + P + 1.0 S_{s\text{NS}} + 0.4 S_{s\text{DU}}$ |
|                    | 5       | $G + P + 1.0 S_{s\text{WE}} + 0.4 S_{s\text{UD}}$ |
|                    | 6       | $G + P + 1.0 S_{s\text{EW}} + 0.4 S_{s\text{UD}}$ |
|                    | 7       | $G + P + 1.0 S_{s\text{WE}} + 0.4 S_{s\text{DU}}$ |
|                    | 8       | $G + P + 1.0 S_{s\text{EW}} + 0.4 S_{s\text{DU}}$ |
|                    | 9       | $G + P + 0.4 S_{s\text{SN}} + 1.0 S_{s\text{UD}}$ |
|                    | 10      | $G + P + 0.4 S_{s\text{NS}} + 1.0 S_{s\text{UD}}$ |
|                    | 11      | $G + P + 0.4 S_{s\text{SN}} + 1.0 S_{s\text{DU}}$ |
|                    | 12      | $G + P + 0.4 S_{s\text{NS}} + 1.0 S_{s\text{DU}}$ |
|                    | 13      | $G + P + 0.4 S_{s\text{WE}} + 1.0 S_{s\text{UD}}$ |
|                    | 14      | $G + P + 0.4 S_{s\text{EW}} + 1.0 S_{s\text{UD}}$ |
|                    | 15      | $G + P + 0.4 S_{s\text{WE}} + 1.0 S_{s\text{DU}}$ |
|                    | 16      | $G + P + 0.4 S_{s\text{EW}} + 1.0 S_{s\text{DU}}$ |

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

地震荷重は、上部構造物の基礎版への地震時反力を考慮する。基礎版底面に生じる反力が、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析結果と等価になるように設定する。基礎版内に作用する荷重は、 $S_s$  地震時の上部構造による入力荷重と基礎版底面に発生する荷重の差を FEM モデルの各要素の大きさに応じて分配し、節点荷重として入力する。

b. 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については、FEM モデルの各節点又は各要素に集中荷重または分布荷重として入力する。

4.5.2 断面の評価方法

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力を受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

$S_s$  地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。また、引張軸力が  $2\text{N/mm}^2$  を超える場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-6 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

$_w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-7 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

5. 地震応答解析による評価結果

5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、 $S_s$ 地震時の最大応答せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは  $0.059 \times 10^{-3}$  (NS方向,  $S_s - D2$ , ケース5, 要素番号(3)) であり, 許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表5-1に示す。各表において, 最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について, せん断スケルトンカーブ上にプロットした図を図5-1に示す。

表5-1 耐震壁の最大応答せん断ひずみ

(a) NS方向

| 0. P.<br>(m) | 階   | 地震応答解析<br>モデルの<br>要素番号 | 最大応答<br>せん断ひずみ<br>( $\times 10^{-3}$ ) | 許容限界<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|-----|------------------------|--|------------------------------|
| 62.9~56.4    | B1F | (2)                    | 0.059                                  | 2.0                          |
|              |     | (3)                    | 0.059                                  |                              |
|              |     | (4)                    | 0.059                                  |                              |

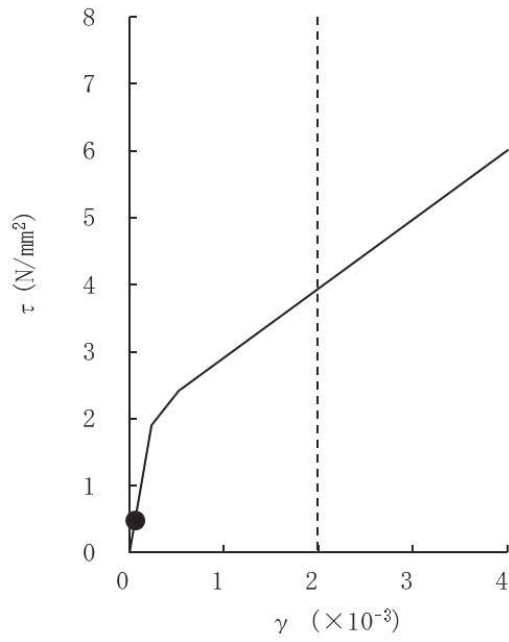
注：ハッチングは各階の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を示す。

(b) EW方向

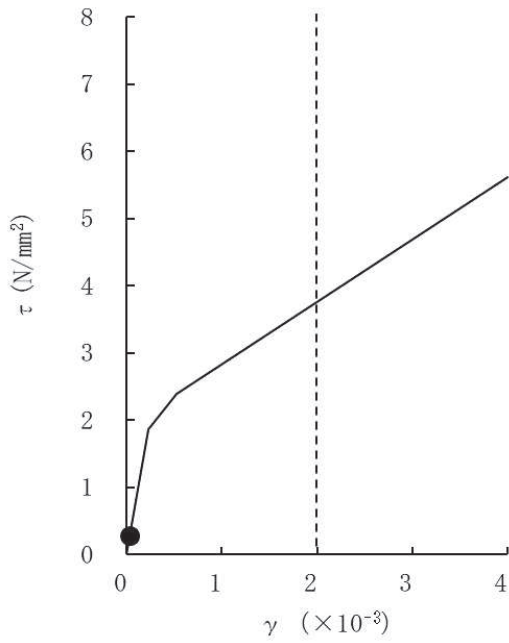
| 0. P.<br>(m) | 階   | 地震応答解析<br>モデルの<br>要素番号 | 最大応答<br>せん断ひずみ<br>( $\times 10^{-3}$ ) | 許容限界<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|-----|------------------------|--|------------------------------|
| 62.9~56.4    | B1F | (2)                    | 0.034                                  | 2.0                          |
|              |     | (3)                    | 0.034                                  |                              |
|              |     | (4)                    | 0.034                                  |                              |
|              |     | (5)                    | 0.034                                  |                              |

注：ハッチングは各階の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を示す。





(a) NS方向 (S<sub>s</sub>-D 2, ケース5, 要素番号(3))



(b) EW方向 (S<sub>s</sub>-D 2, ケース5, 要素番号(3), (4))

図5-1 せん断スケルトンカーブ上の最大応答せん断ひずみ

### 5.2 フレーム構造部の層間変形角の評価結果

フレーム構造部について、 $S_s$ 地震時の最大層間変形角が許容限界（1/120）を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した $S_s$ 地震時の最大層間変形角は 1/563（要素番号(1), EW方向, ケース5,  $S_s-D2$ ）であり, 許容限界（1/120）を超えないことを確認した。フレーム構造部の最大層間変形角一覧を表5-2に示す。

表5-2 最大層間変形角

| ケース<br>方向 | ケース1<br>(基本ケース)       | ケース2                  | ケース3                  | ケース4                  | ケース5                  | ケース6                  | 許容限界  |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------|
| NS        | 1/654<br>( $S_s-D2$ ) | 1/639<br>( $S_s-D2$ ) | 1/672<br>( $S_s-D2$ ) | 1/636<br>( $S_s-D2$ ) | 1/622<br>( $S_s-D2$ ) | 1/652<br>( $S_s-D2$ ) | 1/120 |
| EW        | 1/589<br>( $S_s-D2$ ) | 1/577<br>( $S_s-D2$ ) | 1/604<br>( $S_s-D2$ ) | 1/575<br>( $S_s-D2$ ) | 1/563<br>( $S_s-D2$ ) | 1/589<br>( $S_s-D2$ ) | 1/120 |

注：( ) 内は各ケースにおいて応答が最大となる地震動を示す。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は, 基準地震動 $S_s-D2$ ,  $S_s-D3$ ,  $S_s-F3$ に対して実施。

### 5.3 接地圧の検討結果

$S_s$ 地震時の最大接地圧が, 地盤の極限支持力度（11400kN/m<sup>2</sup>）を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した $S_s$ 地震時の最大接地圧は390kN/m<sup>2</sup>であることから, 地盤の極限支持力度を超えないことを確認した。

地震時の最大接地圧を表5-3に示す。

表5-3 最大接地圧

|                                     | NS方向               | EW方向               |
|-------------------------------------|--------------------|--------------------|
| 検討ケース                               | $S_s-D2$ ,<br>ケース5 | $S_s-D2$ ,<br>ケース5 |
| 鉛直力<br>N(×10 <sup>3</sup> kN)       | 70.9               | 70.9               |
| 転倒モーメント<br>M(×10 <sup>4</sup> kN・m) | 58.9               | 54.1               |
| 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> )       | 390                | 348                |

#### 5.4 保有水平耐力の評価結果

保有水平耐力  $Q_u$  が必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。なお、地下1階部分の各部材の保有水平耐力  $Q_u$  は、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に示すせん断力のスケルトンカーブの  $\tau_3$  に基づき算出する。地上1階部分の鉄骨部材の保有水平耐力  $Q_u$  は、各構面の柱及び大ばりを線材置換し、柱頭・柱脚部及びはり端部の降伏耐力に応じて塑性ヒンジを仮定し、崩壊形形成時の水平耐力の和とする。ここで、塑性ヒンジは、柱及び大ばりのうち「日本建築学会 2017年 鋼構造塑性設計指針」に従い算定した全塑性モーメントが小さい部材に形成されるものとする。

必要保有水平耐力  $Q_{un}$  と保有水平耐力  $Q_u$  の比較結果を表5-4に示す。保有水平耐力  $Q_u$  が必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対して妥当な安全余裕を有することを確認した。なお、必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対する保有水平耐力  $Q_u$  の比は最小で33.90である。

表 5-4 必要保有水平耐力  $Q_{un}$  と保有水平耐力  $Q_u$  の比較結果

(a) NS 方向

| OP.<br>(m)    | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un}$ (kN) | 保有水平耐力<br>$Q_u$ (kN) | $Q_u / Q_{un}$ |
|---------------|---------------------------|----------------------|----------------|
| 68.90 ~ 62.90 | 763                       | 49646                | 65.07          |
| 62.90 ~ 56.40 | 18423                     | 624566               | 33.90          |

(b) EW 方向

| OP.<br>(m)    | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un}$ (kN) | 保有水平耐力<br>$Q_u$ (kN) | $Q_u / Q_{un}$ |
|---------------|---------------------------|----------------------|----------------|
| 68.90 ~ 62.90 | 687                       | 48402                | 70.45          |
| 62.90 ~ 56.40 | 18423                     | 873510               | 47.41          |

## 6. 応力解析による評価結果

基礎版の断面の評価結果を以下に示す。また、緊急用電気品建屋の基礎版の配筋領域図を図6-1に、配筋一覧を表6-1に示す。

断面の評価結果を記載する要素を、以下のとおり選定する。

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については、必要鉄筋量に対する配筋量の割合が最小となる要素を選定し、面外せん断力に対する評価については、面外せん断力に対する短期許容せん断力の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図6-2に、評価結果を表6-2に示す。

S s 地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断力が短期許容せん断力を超えないことを確認した。

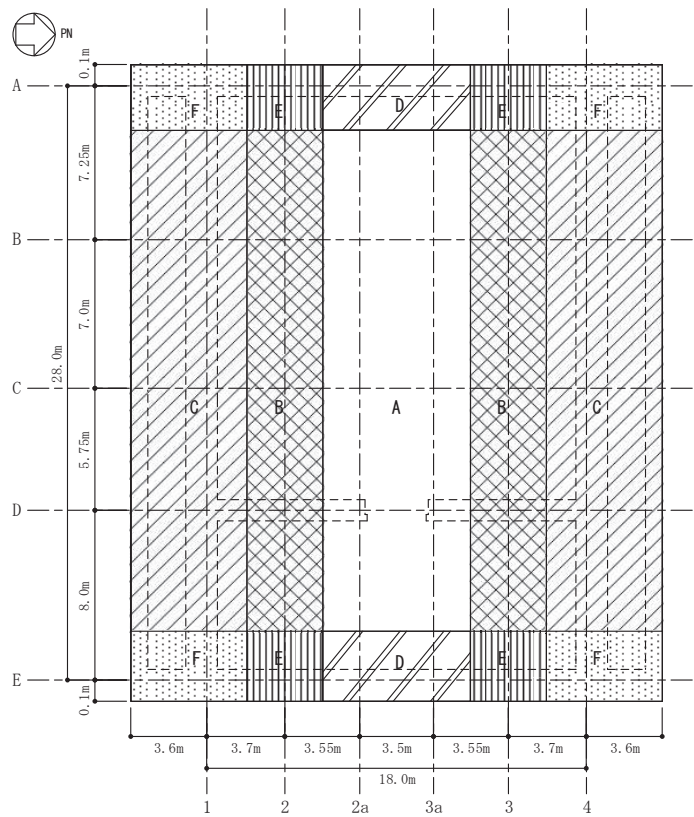
表 6-1 基礎版の配筋一覧

(a) 主筋

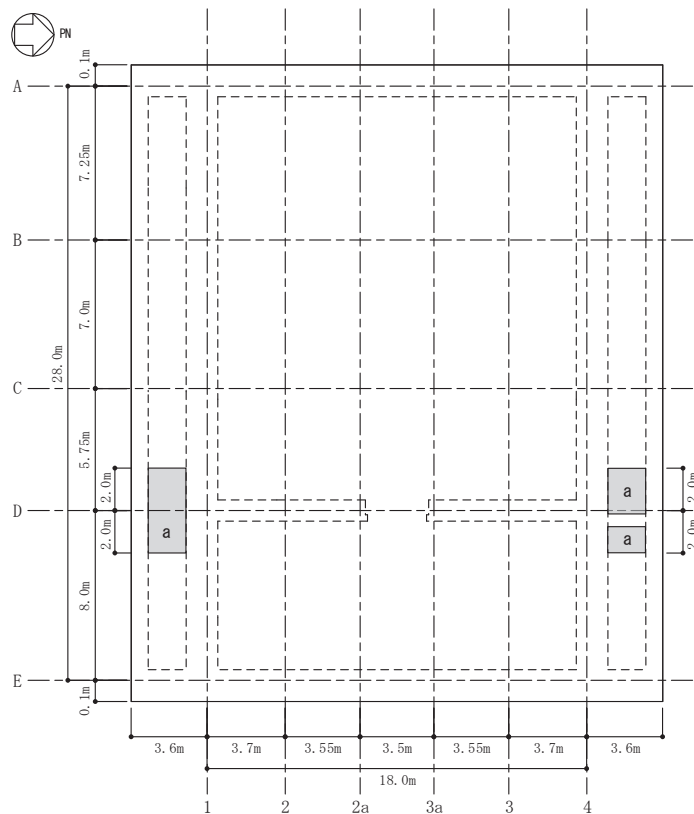
| 領域 | 上ば筋 |                     | 下ば筋 |                     |
|----|-----|---------------------|-----|---------------------|
|    | 方向  | 配筋                  | 方向  | 配筋                  |
| A  | NS  | 2-D38@200           | NS  | 2-D38@200           |
|    | EW  | 2-D38@200           | EW  | 2-D38@200           |
| B  | NS  | 3-D38@200           | NS  | 3-D38@200           |
|    | EW  | 2-D38@200           | EW  | 2-D38@200           |
| C  | NS  | 2-D51@200 + D38@200 | NS  | 2-D51@200 + D38@200 |
|    | EW  | 2-D38@200           | EW  | 2-D38@200           |
| D  | NS  | 2-D38@200           | NS  | 2-D38@200           |
|    | EW  | 3-D38@200           | EW  | 3-D38@200           |
| E  | NS  | 3-D38@200           | NS  | 3-D38@200           |
|    | EW  | 3-D38@200           | EW  | 3-D38@200           |
| F  | NS  | 2-D51@200 + D38@200 | NS  | 2-D51@200 + D38@200 |
|    | EW  | 3-D38@200           | EW  | 3-D38@200           |

(b) せん断補強筋

| 領域 | 配筋          |
|----|-------------|
| a  | D22@600×200 |



(a) 主筋



(b) せん断補強筋

図 6-1 基礎版の配筋領域図

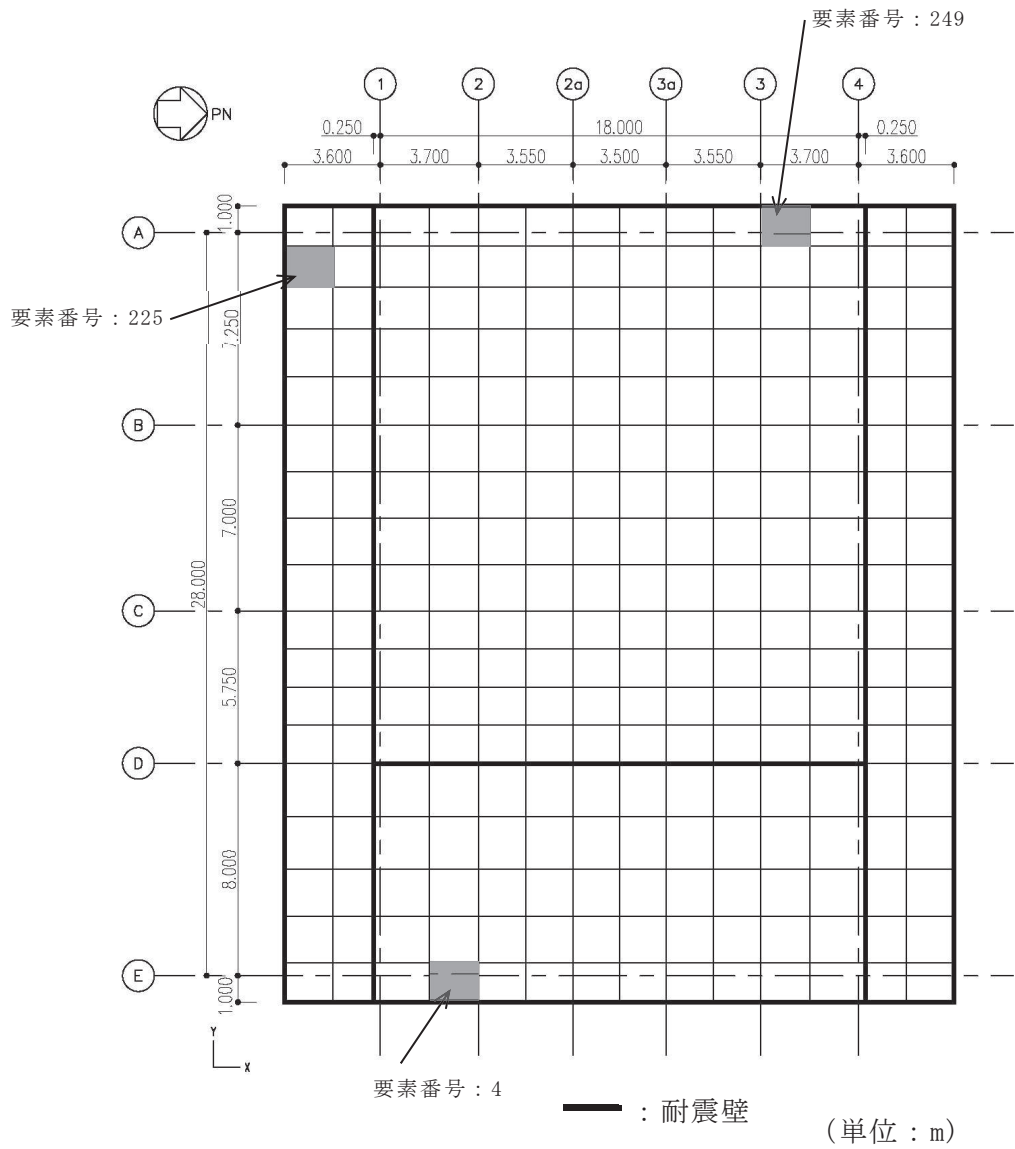


図 6-2 最大検定比発生位置

表 6-2 評価結果

| 評価項目                                      |          |                                  | 要素番号 | 荷重の組合せケース | 解析結果 | 許容値  |
|---|----------|----------------------------------|------|-----------|------|------|
| 軸力<br>+<br>曲げ<br>モーメント<br>+<br>面内<br>せん断力 | NS<br>方向 | 必要鉄筋量/配筋量                        | 225  | 3         | 0.07 | 1.00 |
|   | EW<br>方向 | 必要鉄筋量/配筋量                        | 4    | 8         | 0.09 | 1.00 |
| 面外<br>せん断力                                | NS<br>方向 | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 225  | 2         | 0.25 | 2.25 |
|   | EW<br>方向 | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 249  | 6         | 0.27 | 2.36 |



## VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書

## 目 次

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 1. 概要                            | 1  |
| 2. 基本方針                          | 2  |
| 2.1 位置                           | 2  |
| 2.2 構造概要                         | 3  |
| 2.3 解析方針                         | 8  |
| 2.4 適用規格・基準等                     | 10 |
| 3. 解析方法                          | 11 |
| 3.1 設計に用いる地震波                    | 11 |
| 3.2 地震応答解析モデル                    | 19 |
| 3.2.1 水平方向                       | 20 |
| 3.2.2 鉛直方向                       | 27 |
| 3.3 解析方法                         | 31 |
| 3.3.1 動的解析                       | 31 |
| 3.3.2 必要保有水平耐力                   | 32 |
| 3.4 解析条件                         | 34 |
| 3.4.1 建物・構築物の復元力特性               | 34 |
| 3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性              | 41 |
| 3.4.3 材料物性の不確かさ                  | 42 |
| 4. 解析結果                          | 44 |
| 4.1 動的解析                         | 44 |
| 4.1.1 基本ケースの地震応答解析結果             | 44 |
| 4.1.2 材料物性の不確かさを考慮したケースの地震応答解析結果 | 77 |
| 4.2 必要保有水平耐力                     | 91 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づく緊急時対策建屋の地震応答解析について説明するものである。

地震応答解析により算出した各種応答値は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。また、必要保有水平耐力については建物・構築物の構造強度の確認に用いる。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

緊急時対策建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

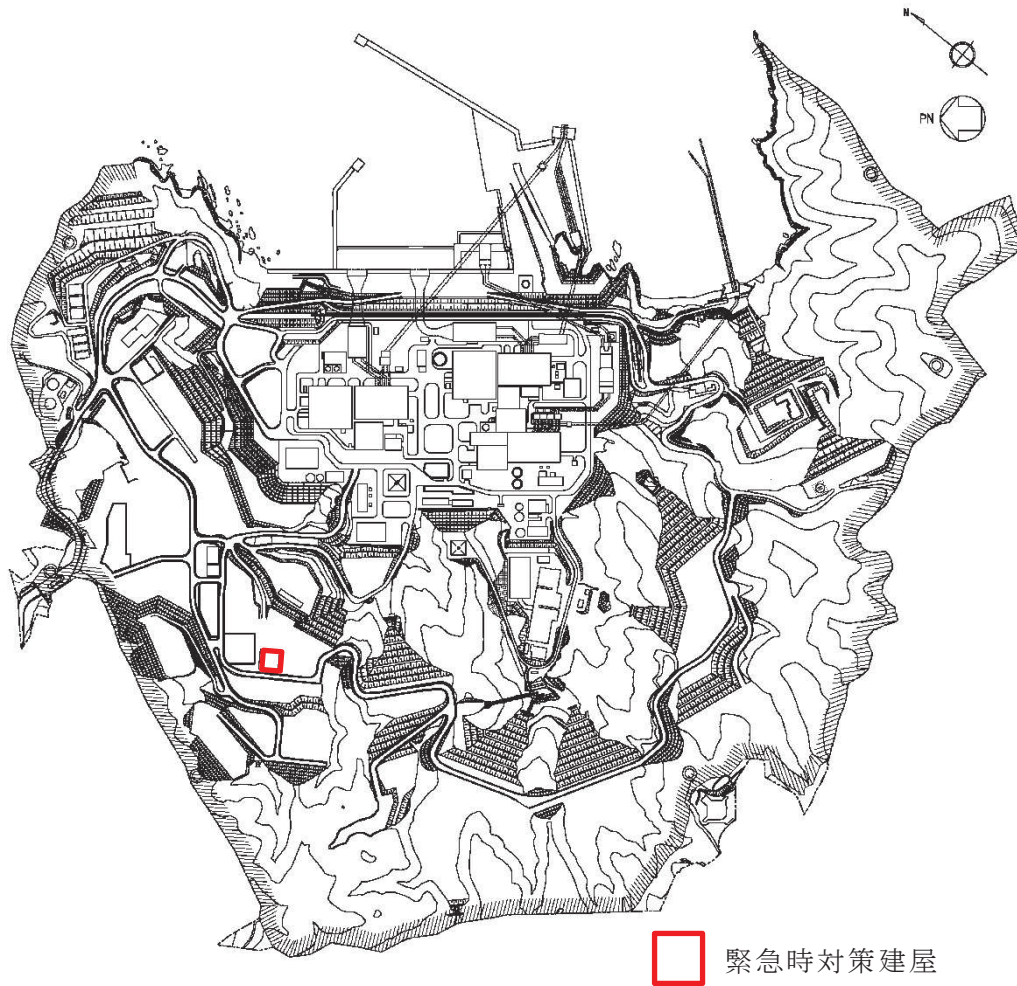


図 2-1 緊急時対策建屋の設置位置

## 2.2 構造概要

緊急時対策建屋は、地下2階、地上2階建てで、基礎底面からの高さは30.4m（地上高さは13.9m）であり、平面は36.4m(NS方向)×36.4m(EW方向)<sup>\*1</sup>の正方形である。建屋の構造は鉄筋コンクリート造である。

緊急時対策建屋の基礎は、厚さ6.0mで、はね出しを有し、平面は47.0m(NS方向)×47.0m(EW方向)の正方形であり、支持地盤である砂岩に岩着している。

緊急時対策建屋の主たる耐震要素は、建屋外壁の耐震壁で、基礎版から屋上階床面まで連続しており、壁厚は0.5m～2.2mである。建屋は全体として非常に剛性が高く、地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁で負担する。なお、O.P.<sup>\*2</sup>75.9m床面の一部は、十分に剛な水平ブレースを構成する鉄骨造となっており、建屋外壁の耐震壁と連続している。

緊急時対策建屋の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

注記\*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

\*2：O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)  
-0.74mである。

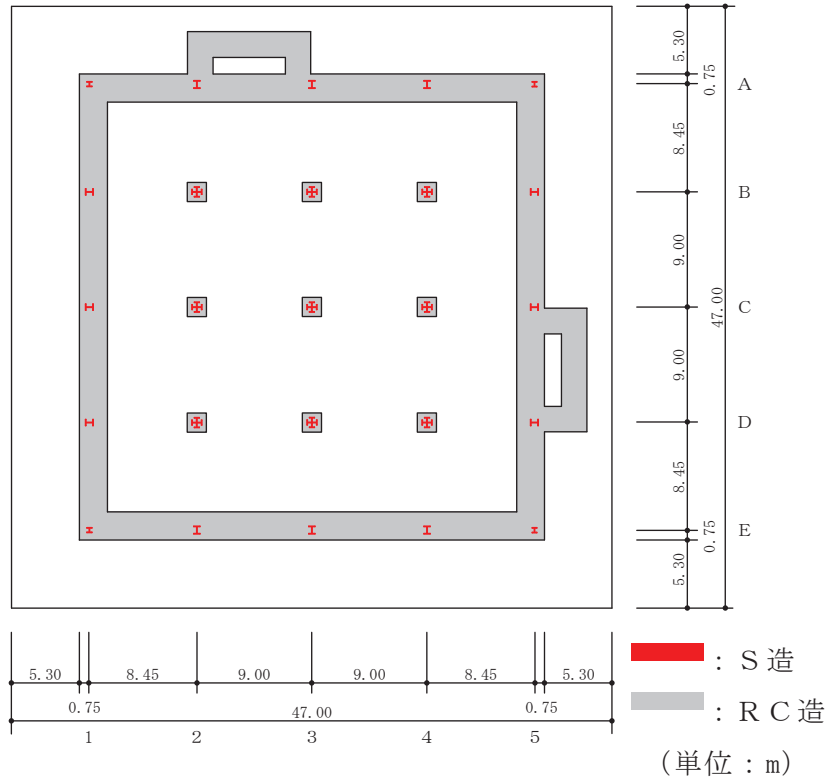


図 2-2(1) 緊急時対策建屋の概略平面図 (O.P. 51.5m)

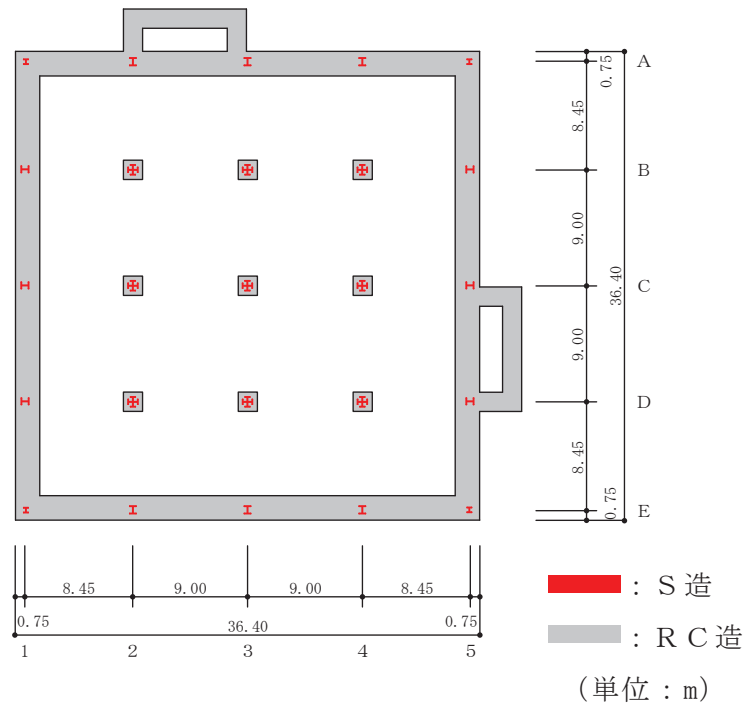


図 2-2(2) 緊急時対策建屋の概略平面図 (O.P. 57.3m)

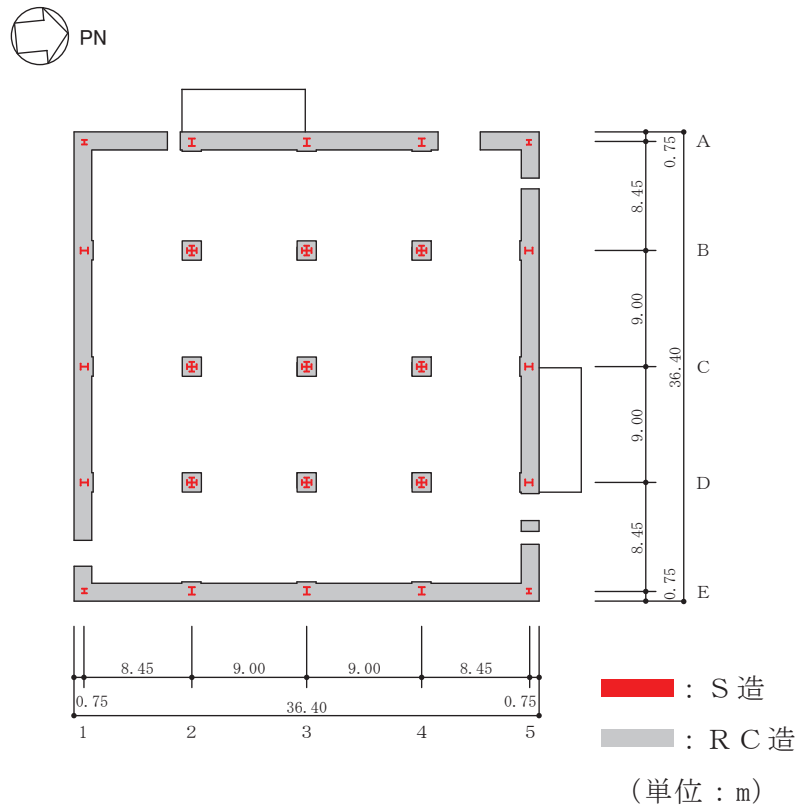


図 2-2(3) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P.62.2m)

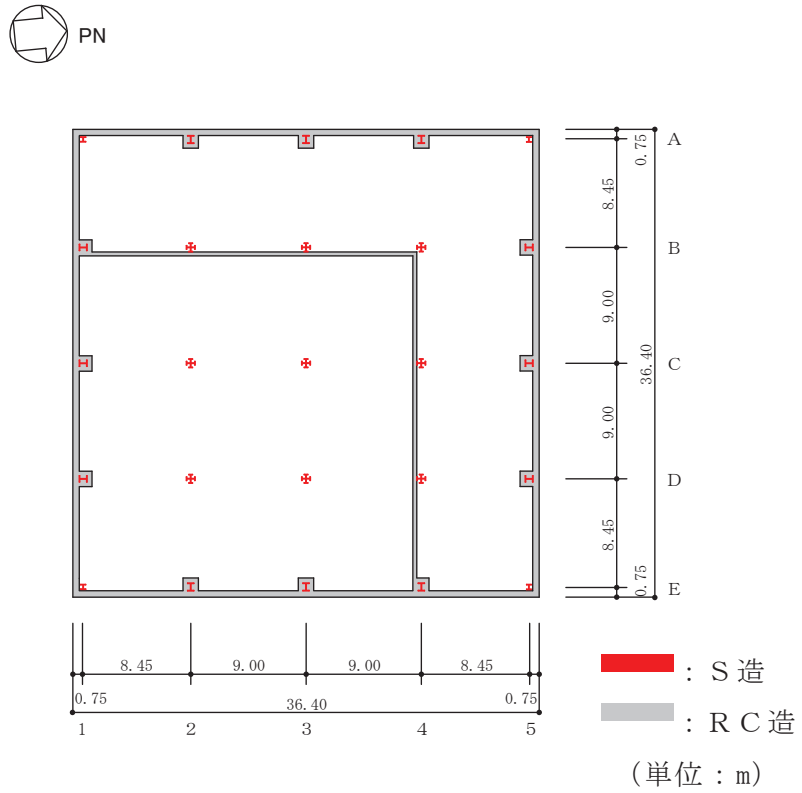


図 2-2(4) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P.69.4m)

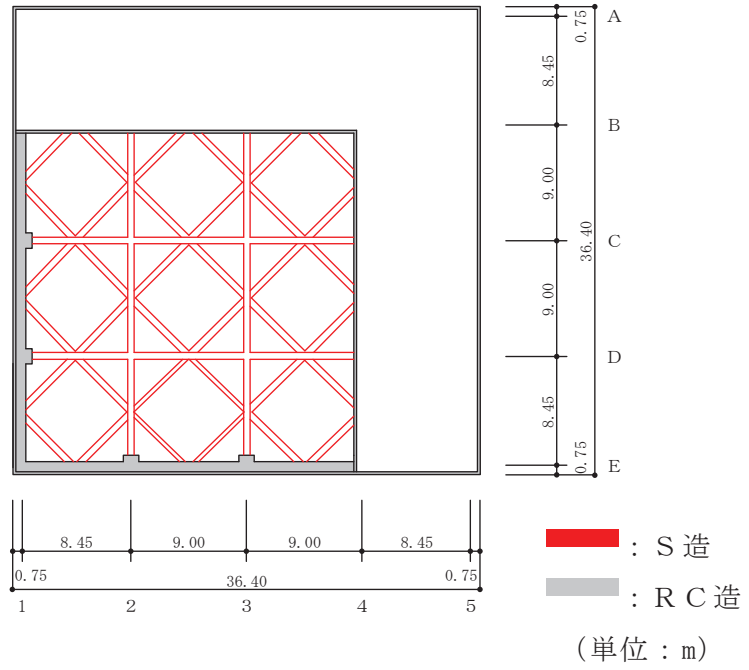


図 2-2(5) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P. 75.9m)



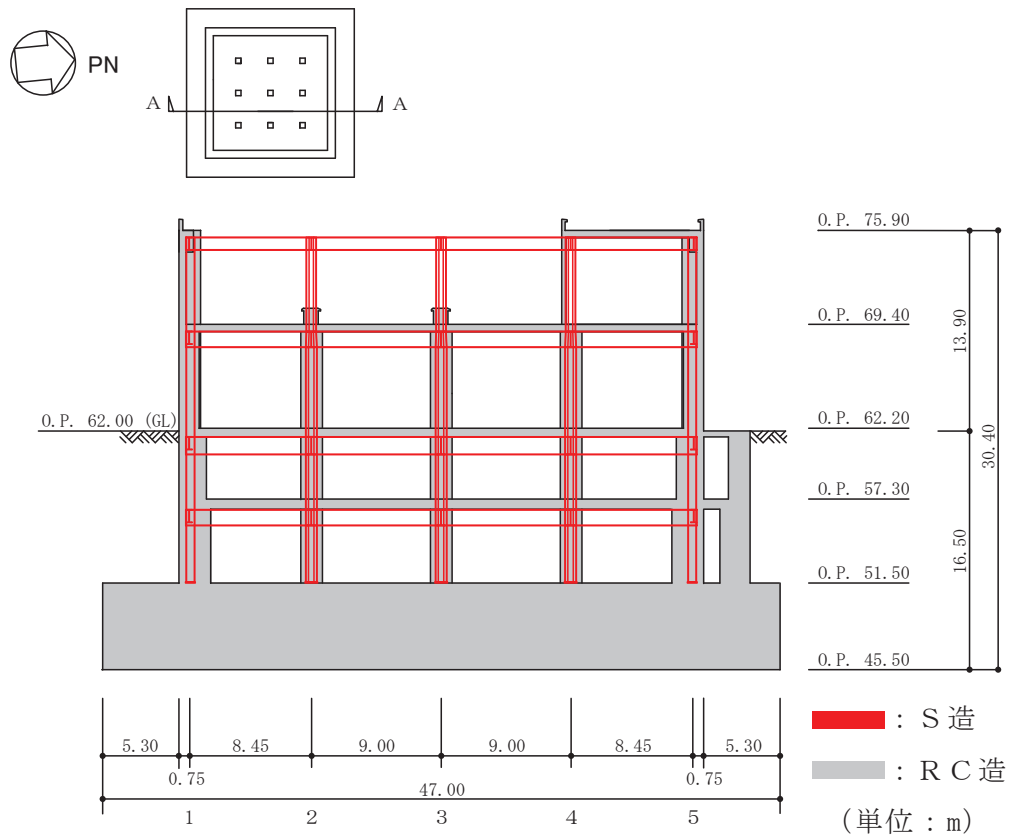


図 2-3(1) 緊急時対策建屋の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

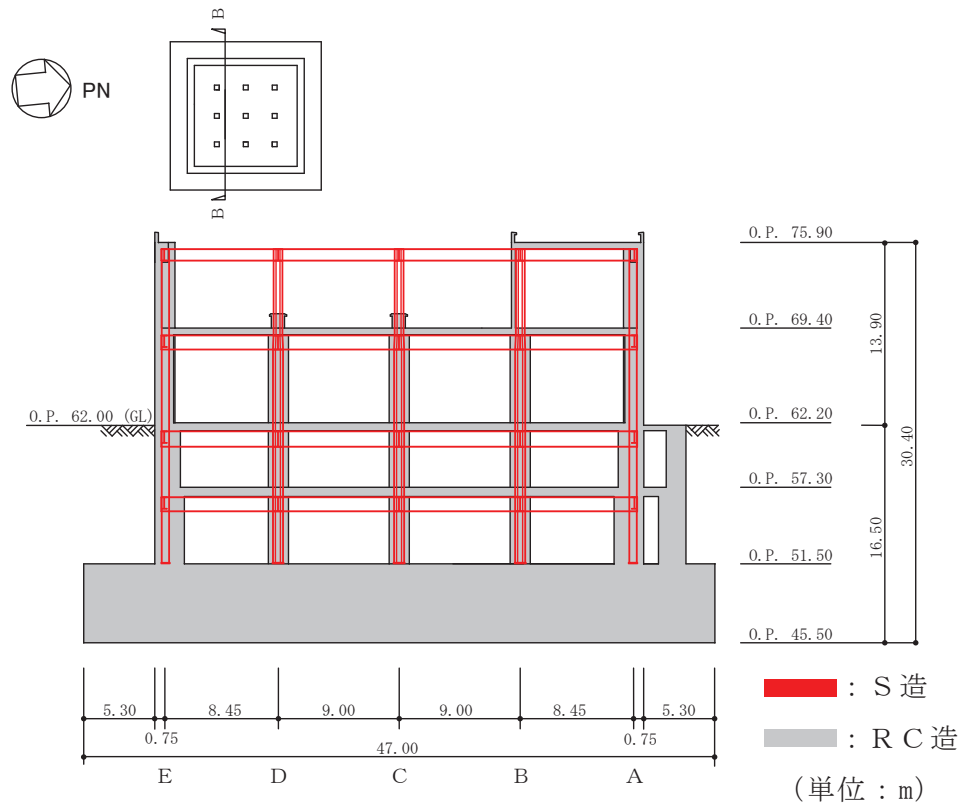


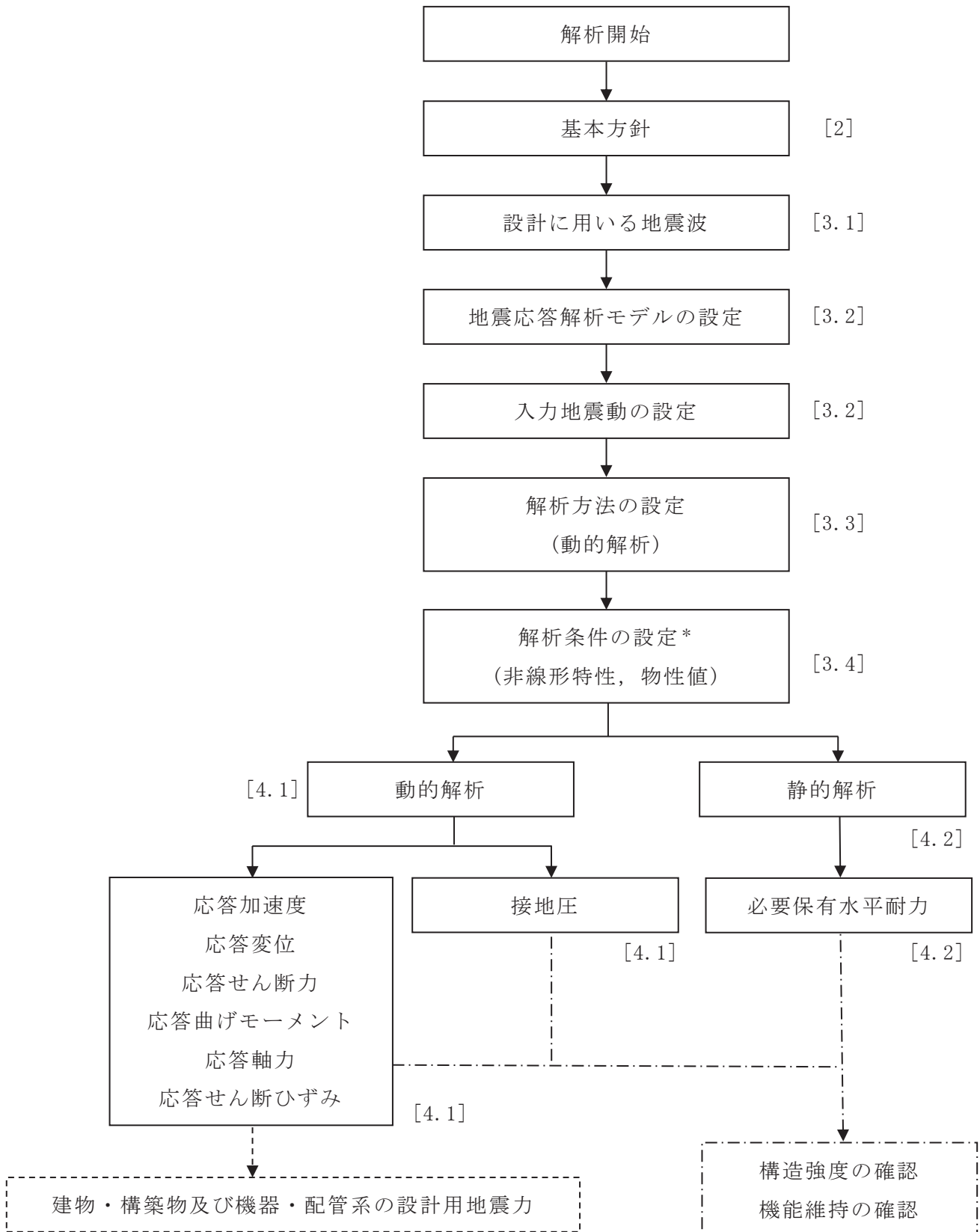
図 2-3(2) 緊急時対策建屋の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

### 2.3 解析方針

緊急時対策建屋の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図2-4に緊急時対策建屋の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.1 設計に用いる地震波」及び「3.2 地震応答解析モデル」において設定した地震応答解析モデルを用いて実施することとし、「3.3 解析方法」及び「3.4 解析条件」に基づき、「4.1 動的解析」においては材料物性の不確かさを考慮し、加速度、変位、せん断ひずみ、接地圧等を含む各種応答値を、「4.2 必要保有水平耐力」においては必要保有水平耐力を算出する。



注：[ ]内は，本資料における章番号を示す。  
 注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 2-4 緊急時対策建屋の地震応答解析フロー

## 2.4 適用規格・基準等

緊急時対策建屋の地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）

### 3. 解析方法

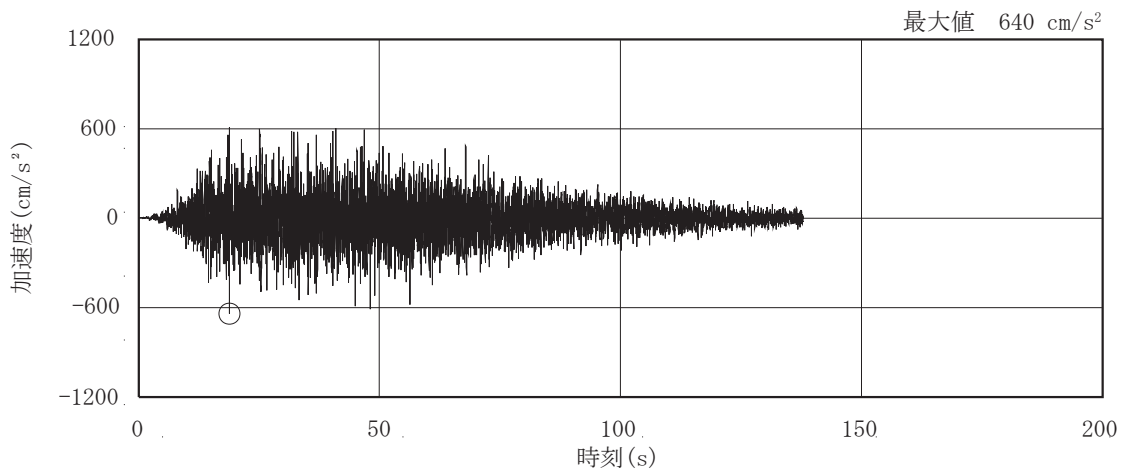
#### 3.1 設計に用いる地震波

緊急時対策建屋の地震応答解析モデルは、建屋と地盤の相互作用を評価した建屋－地盤連成モデルとする。この連成モデルへの入力地震動は、添付書類「VI-2-1-2 基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」に示す解放基盤表面レベルで定義された基準地震動  $S_s$  から、地盤の振動特性を考慮して算定した地震動を用いる。

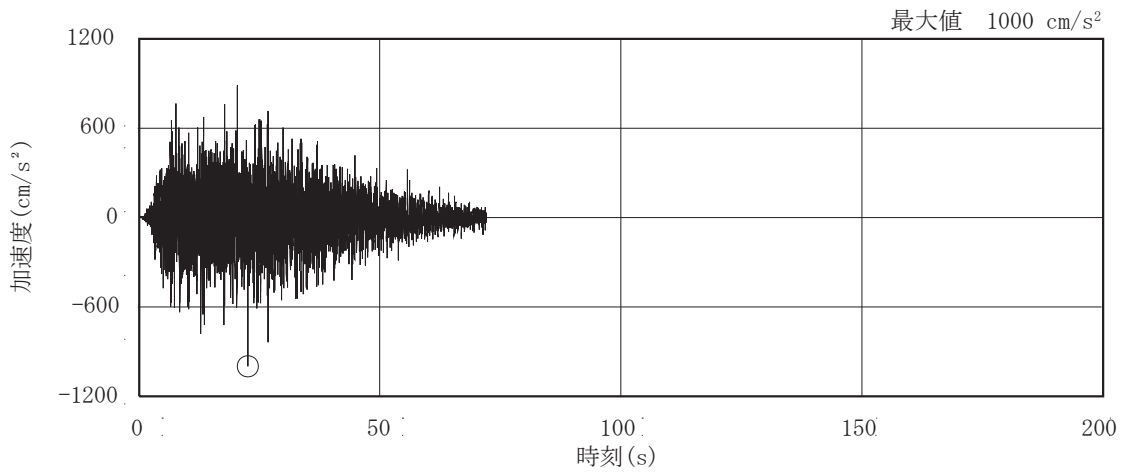
基準地震動  $S_s$  の最大加速度一覧を表 3-1 に、加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-1 及び図 3-2 に示す。

表 3-1 基準地震動  $S_s$  の最大加速度一覧

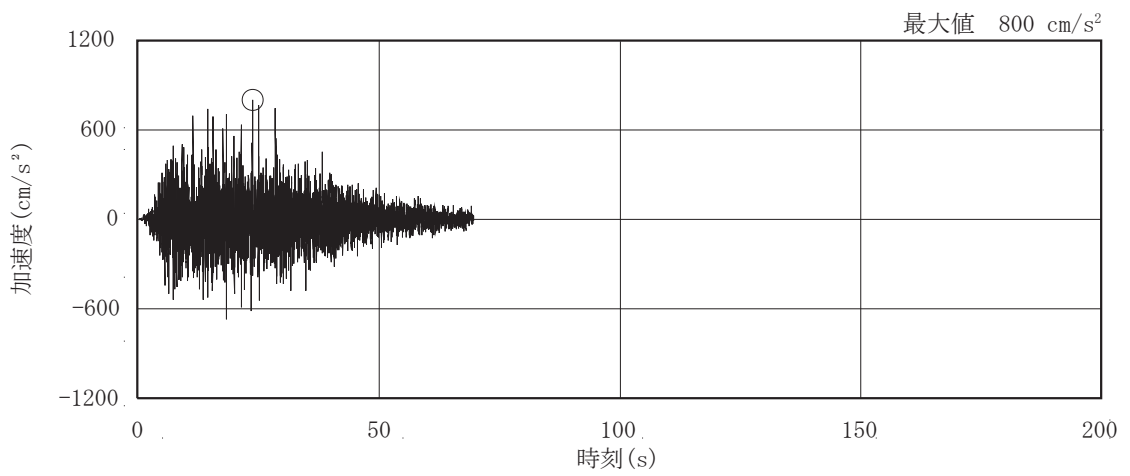
| 基準地震動       |   | 最大加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |      |
|-------------|---|---------------------------|------|
|             |   | 水平方向                      | 鉛直方向 |
| $S_s - D 1$ | プレート間地震の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動                                 | 640                       | 430  |
| $S_s - D 2$ | 海洋プレート内地震 (SMGA マントル内) の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動                 | 1000                      | 600  |
| $S_s - D 3$ | 海洋プレート内地震 (SMGA 地殻内) の応答スペクトルに基づく手法による基準地震動                   | 800                       | 500  |
| $S_s - F 1$ | プレート間地震の断層モデルを用いた手法による基準地震動 (応力降下量 (短周期レベル) の不確かさ)            | 717                       | 393  |
| $S_s - F 2$ | プレート間地震の断層モデルを用いた手法による基準地震動 (SMGA 位置と応力降下量 (短周期レベル) の不確かさの重畳) | 722                       | 396  |
| $S_s - F 3$ | 海洋プレート内地震 (SMGA マントル内) の断層モデルを用いた手法による基準地震動 (SMGA マントル内集約)    | 835                       | 443  |
| $S_s - N 1$ | 2004 年北海道留萌支庁南部地震 (K-NET 港町) の検討結果に保守性を考慮した地震動                | 620                       | 320  |



(a) S s - D 1

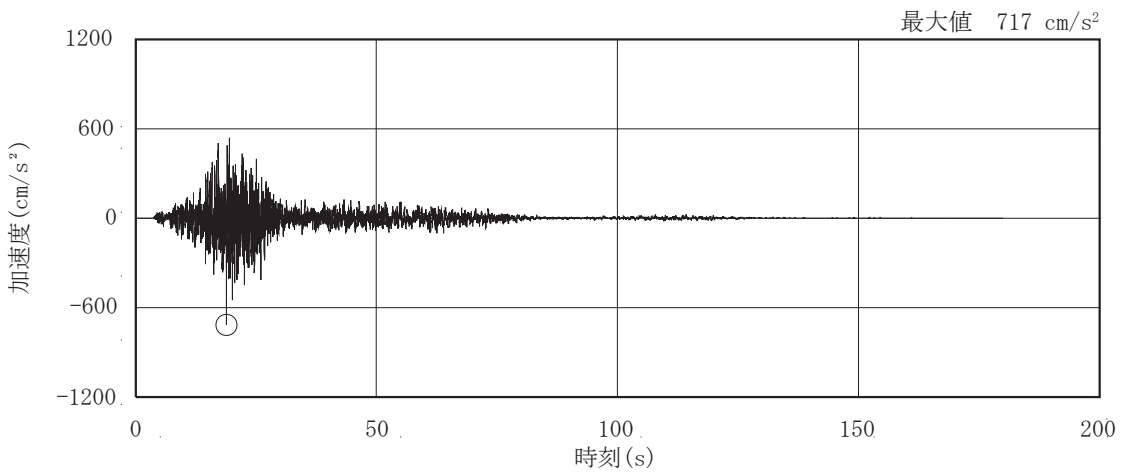


(b) S s - D 2

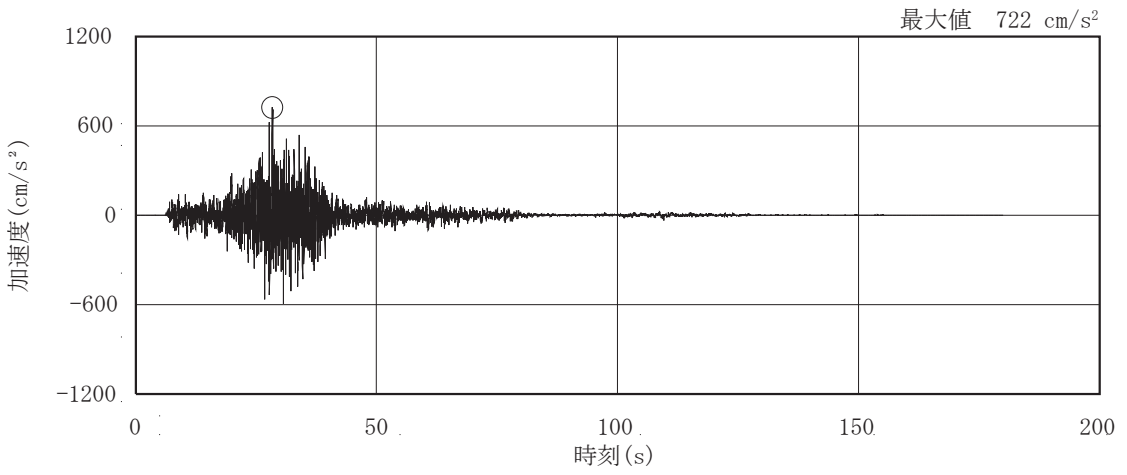


(c) S s - D 3

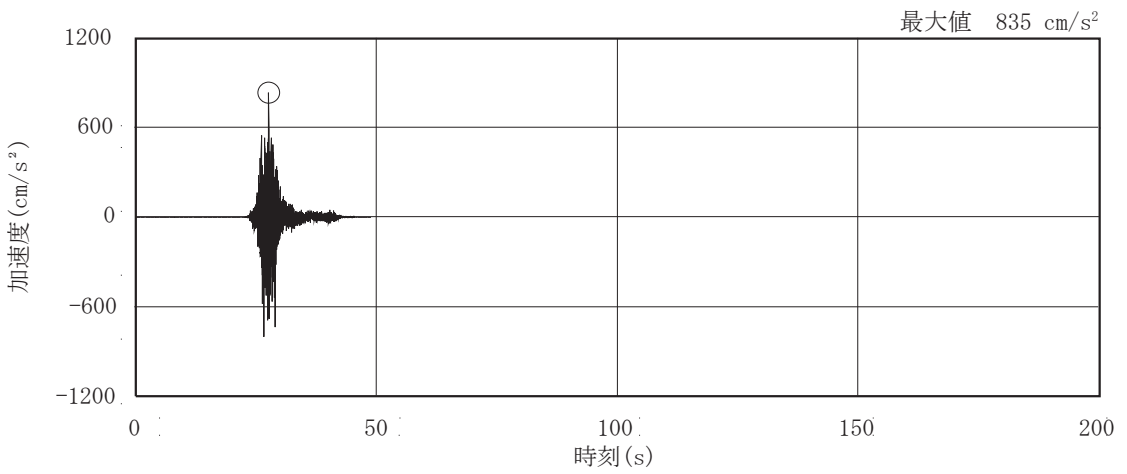
图 3-1(1) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s , 水平方向) (1/3)



(d) S s - F 1

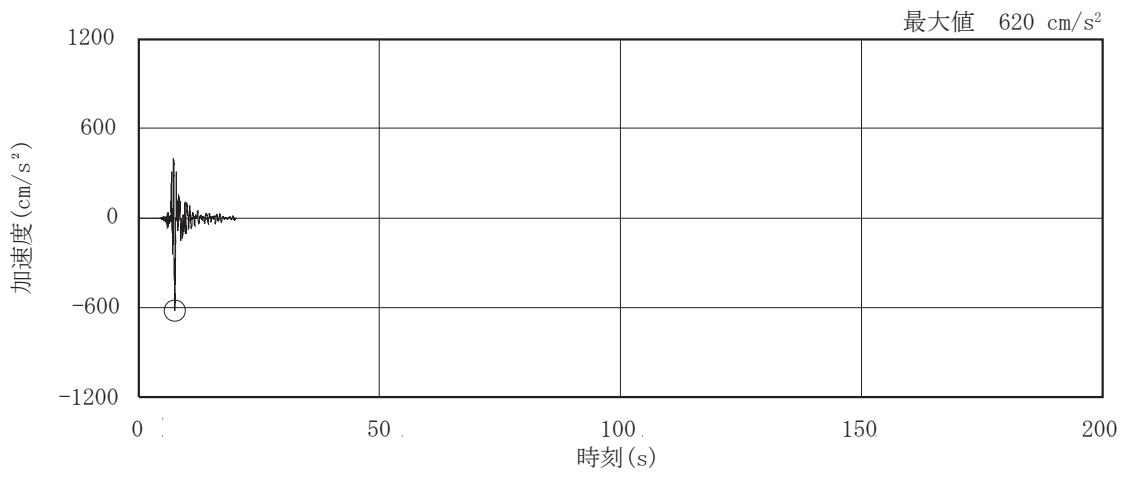


(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

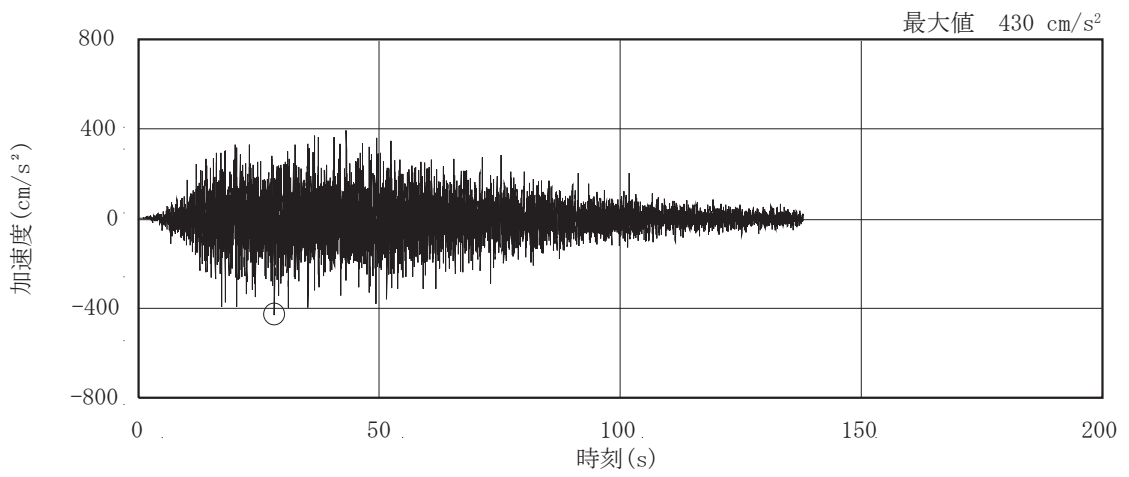
圖 3-1(2) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s , 水平方向) (2/3)



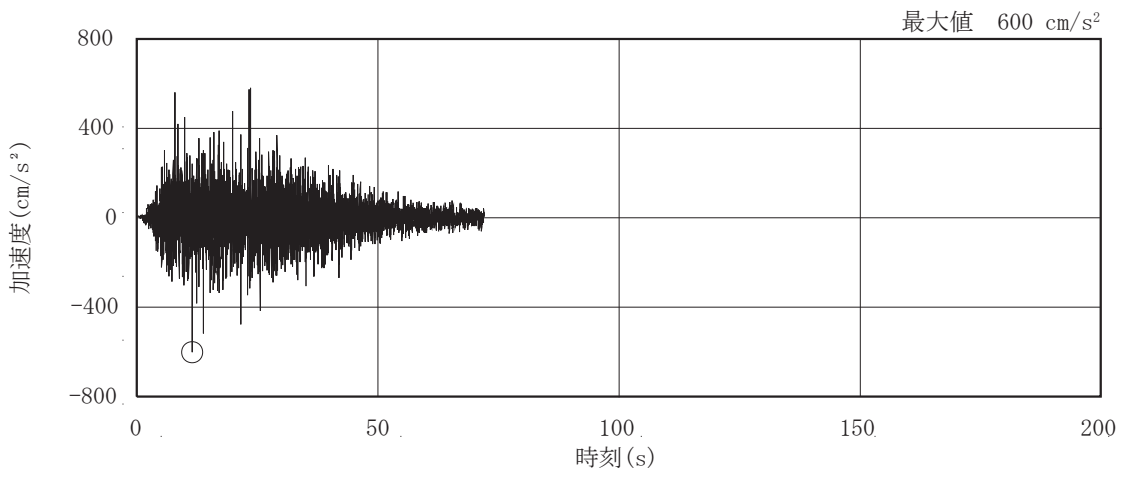
(g) S s - N 1

图 3-1(3) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, 水平方向) (3/3)

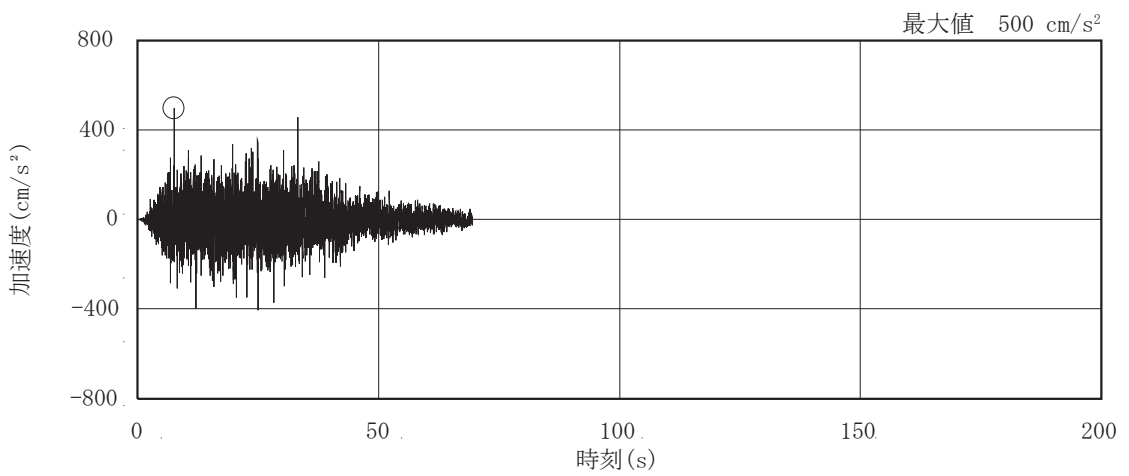




(a) S s - D 1

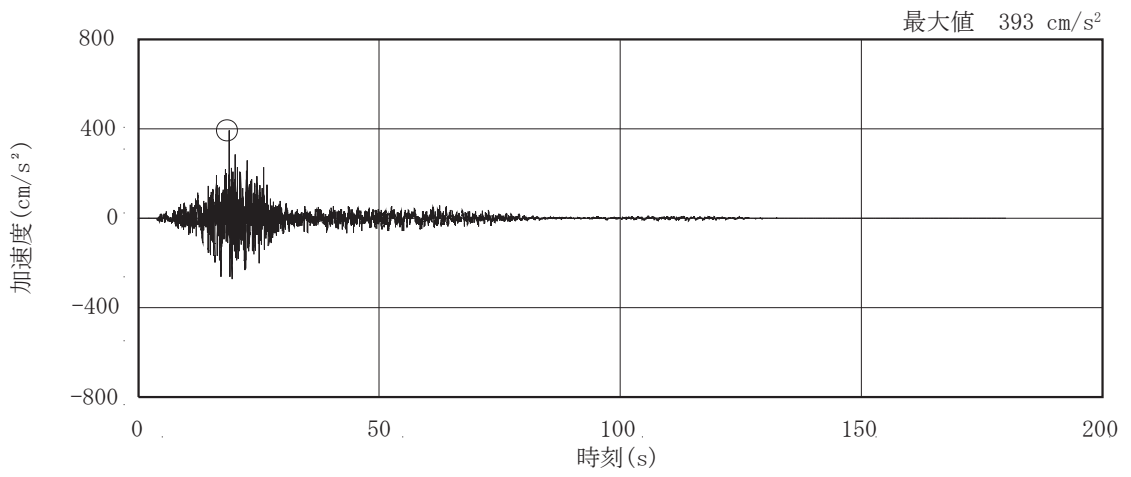


(b) S s - D 2

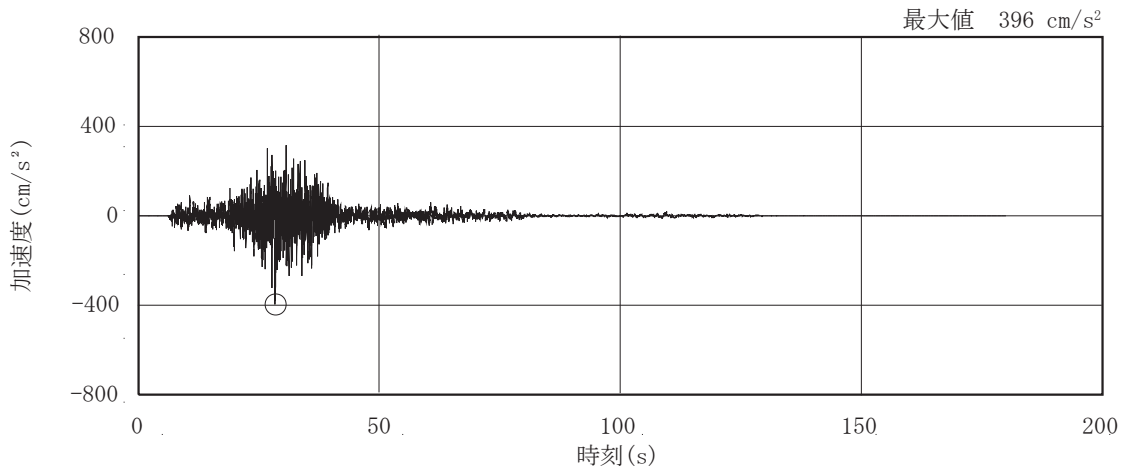


(c) S s - D 3

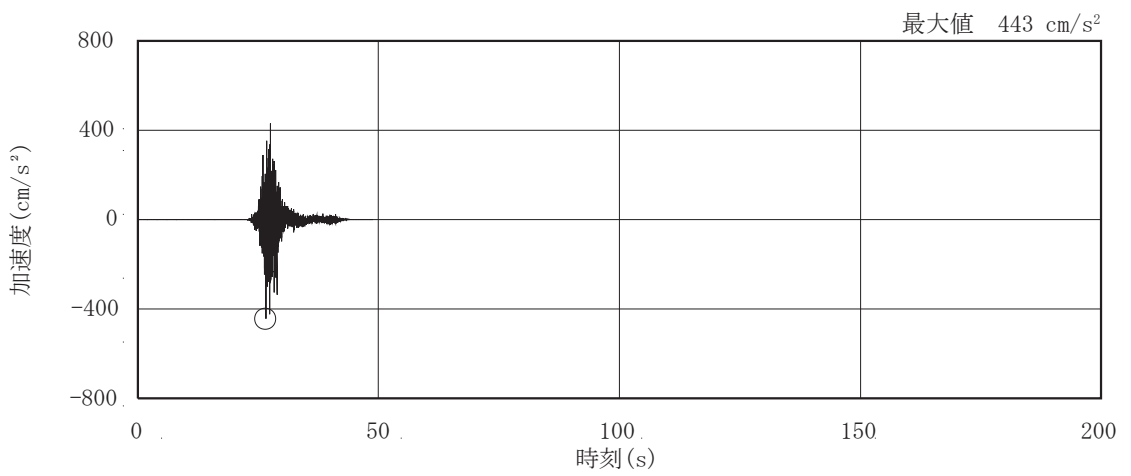
图 3-1(4) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s , 鉛直方向) (1/3)



(d) S s - F 1

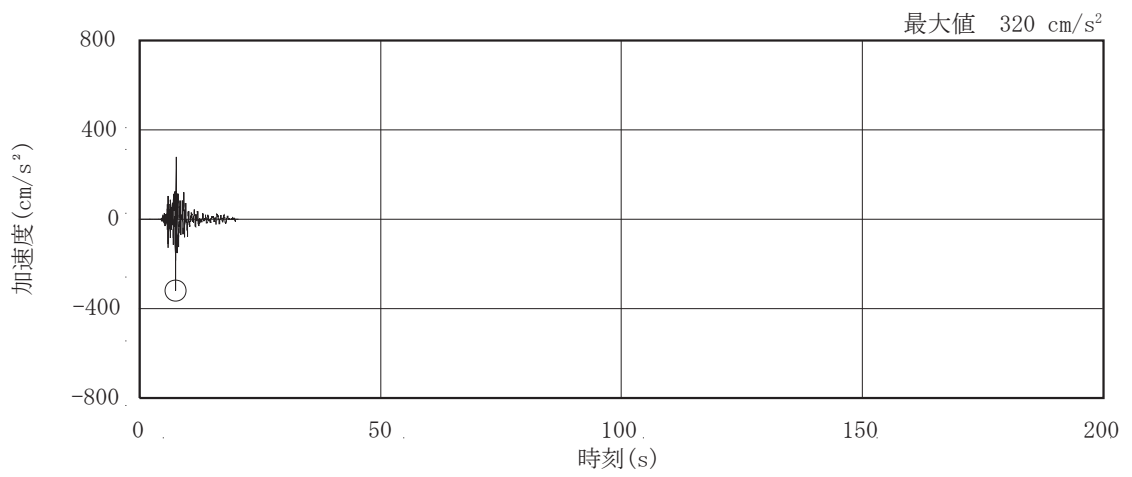


(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

图 3-1(5) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , 鉛直方向) (2/3)



(g) S s - N 1

图 3-1(6) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, 鉛直方向) (3/3)

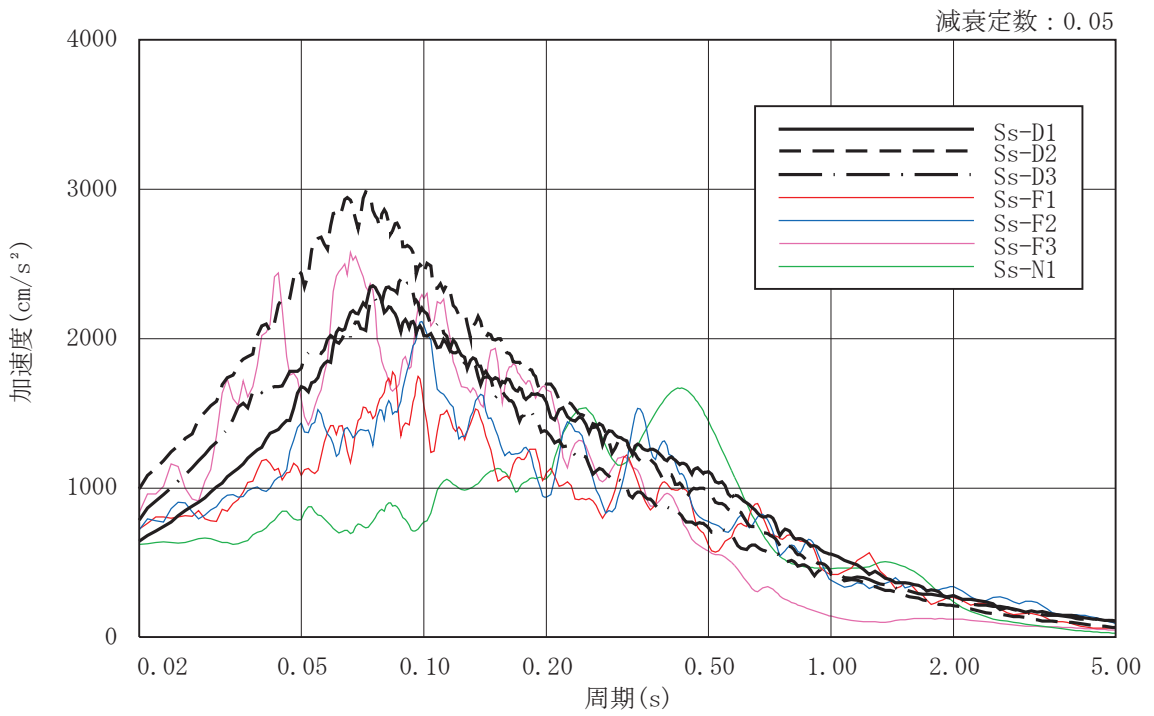


図 3-2(1) 加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s$ , 水平方向)

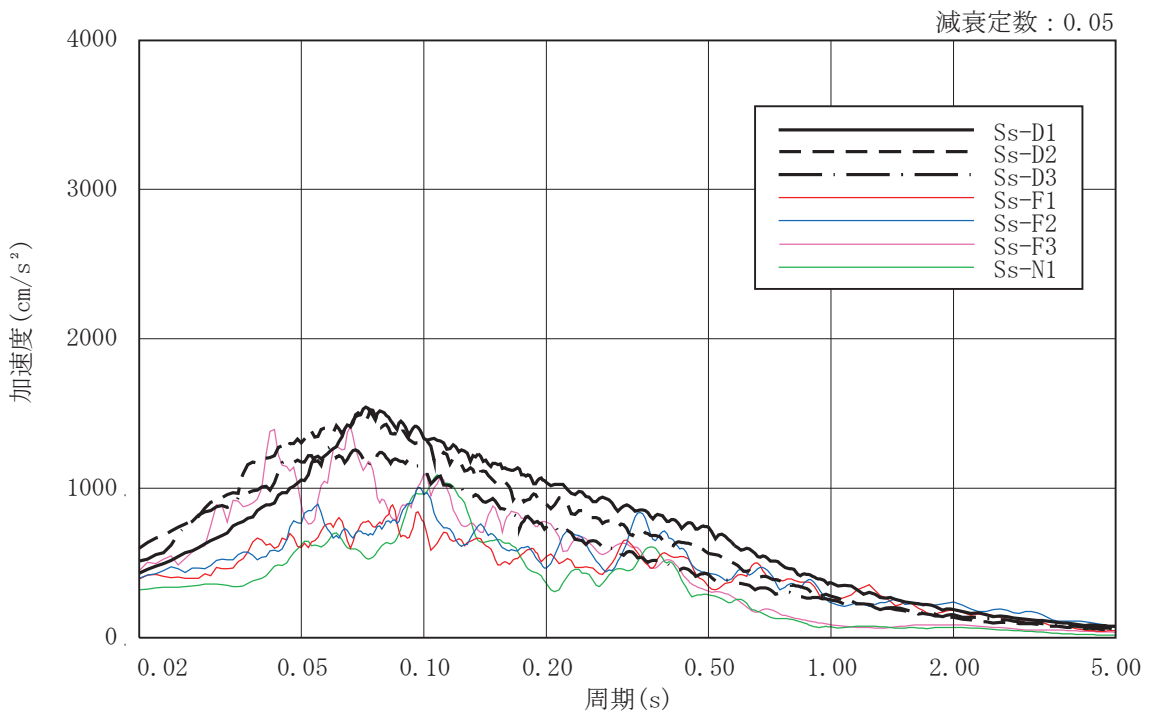


図 3-2(2) 加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向)

### 3.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析モデルの設定方針に基づき、水平方向及び鉛直方向についてそれぞれ設定する。地震応答解析モデルの設定に用いた使用材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-2 使用材料の物性値

| 使用材料  | ヤング係数<br>E<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | せん断弾性係数<br>G<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 減衰定数<br>h<br>(%) |
|---|------------------------------------|--------------------------------------|------------------|
| 鉄筋コンクリート<br>コンクリート：<br>F <sub>c</sub> = 30 (N/mm <sup>2</sup> )<br>鉄筋：SD390 | 2.44×10 <sup>4</sup>               | 1.02×10 <sup>4</sup>                 | 5                |

### 3.2.1 水平方向

#### (1) 地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、建屋を曲げ変形とせん断変形をする耐震壁部からなる質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成モデルとする。

水平方向の地震応答解析モデル及び諸元を図 3-3 に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、水平方向の地震応答解析モデルにおいては底面水平ばね及び底面回転ばねで置換している。この底面水平ばね及び底面回転ばねは、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価している。いずれのばねも振動数に依存した複素剛性として表現されるが、図 3-4 に示すようにばね定数として、実部の静的な値( $K_0$ )を、また、減衰係数( $C_0$ )として、建屋－地盤連成モデルの 1 次固有円振動数( $\omega_1$ )に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。このうち、底面回転ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。

基礎版の埋込み部分の側面地盤ばねについては、基礎版の側面位置の地盤定数を用いて、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」により、Novak の方法に基づき求めた側面水平ばねを、基礎底面地盤ばねと同様に近似法により定数化して用いる。側面水平ばねの評価には、解析コード「NOVAK」を用いる。

評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-3 に、地盤モデルの物性値を表 3-4 に示す。

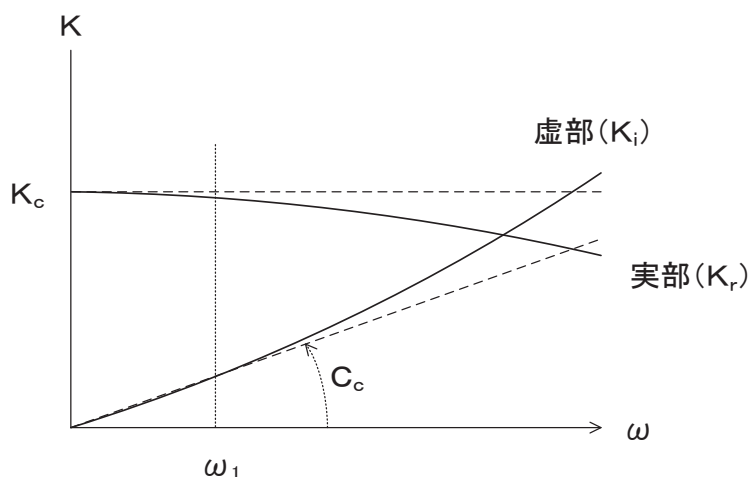
#### (3) 入力地震動

地震応答解析モデルへの入力地震動は、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動  $S_s$  から以下の手順で算定する。まず、地下構造モデルの解放基盤表面以深の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により O.P. -200m の入射波を算定する。算定した O.P. -200m の入射波を建屋位置地盤モデルに入力して線形解析を行い、建屋基礎底面レベルでの地盤及び基礎の上下端レベルの建屋側面の地盤の応答を評価して入力地震動とする。また、建屋基礎底面レベルにおける補正水平力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。図 3-5 に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を、設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置

(0. P. 45. 5m) における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3-6 に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。







ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数  $K_c$  で定数化

減衰係数：建屋—地盤連成系の 1 次固有円振動数  $\omega_1$  に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き  $C_c$  で定数化

図 3-4 地盤ばねの定数化の概要

表 3-3 地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

(a) NS 方向

| 地盤ばね成分 | 質点番号 | ばね定数 $K_c$                        | 減衰係数 $C_c$                       |
|--------|------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 側面・水平  | 9    | $5.968 \times 10^7$ (kN/m)        | $3.042 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 側面・水平  | 10   | $5.968 \times 10^7$ (kN/m)        | $3.042 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 底面・水平  | 10   | $1.081 \times 10^9$ (kN/m)        | $8.664 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 底面・回転  | 10   | $6.744 \times 10^{11}$ (kN·m/rad) | $1.123 \times 10^9$ (kN·m·s/rad) |

(b) EW 方向

| 地盤ばね成分 | 質点番号 | ばね定数 $K_c$                        | 減衰係数 $C_c$                       |
|--------|------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 側面・水平  | 9    | $5.968 \times 10^7$ (kN/m)        | $3.042 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 側面・水平  | 10   | $5.968 \times 10^7$ (kN/m)        | $3.042 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 底面・水平  | 10   | $1.081 \times 10^9$ (kN/m)        | $8.664 \times 10^6$ (kN·s/m)     |
| 底面・回転  | 10   | $6.744 \times 10^{11}$ (kN·m/rad) | $1.122 \times 10^9$ (kN·m·s/rad) |

表 3-4(1) 緊急時対策建屋の地震応答解析に用いる地下構造モデルの地盤物性値

| 地層レベル<br>O.P. (m) | 単位体積重量<br>$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | せん断波速度<br>Vs (m/s) | 減衰定数<br>h (%) |
|-------------------|---|--------------------|---------------|
| -14.1             | 26.1                                    | 1360               | 3             |
| -27.0             | 26.4                                    | 2040               | 3             |
| -50.0             | 26.5                                    | 2520               | 3             |
| -200.0            | 26.5                                    | 2520               | 3             |

表 3-4(2) 緊急時対策建屋の地震応答解析に用いる建屋位置地盤モデルの地盤物性値

|      | 地層レベル<br>O.P. (m) | 単位体積重量<br>$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | せん断波速度<br>Vs (m/s) | 減衰定数<br>h (%) |
|------|-------------------|---|--------------------|---------------|
| 側面地盤 | 62.0              | 23.1                                    | 290                | 3             |
|      | 61.3              | 23.1                                    | 710                | 3             |
|      | 60.2              | 25.5                                    | 680                | 3             |
|      | 52.8              | 26.2                                    | 670                | 3             |
|      | 52.5              | 26.2                                    | 1330               | 3             |
| 底面地盤 | 45.5              | 26.2                                    | 1330               | 3             |
|      | 37.7              | 26.2                                    | 2080               | 3             |
|      | 23.8              | 26.2                                    | 2510               | 3             |
|      | 10.4              | 26.4                                    | 2500               | 3             |
|      | -200.0            | 26.4                                    | 2500               | 3             |

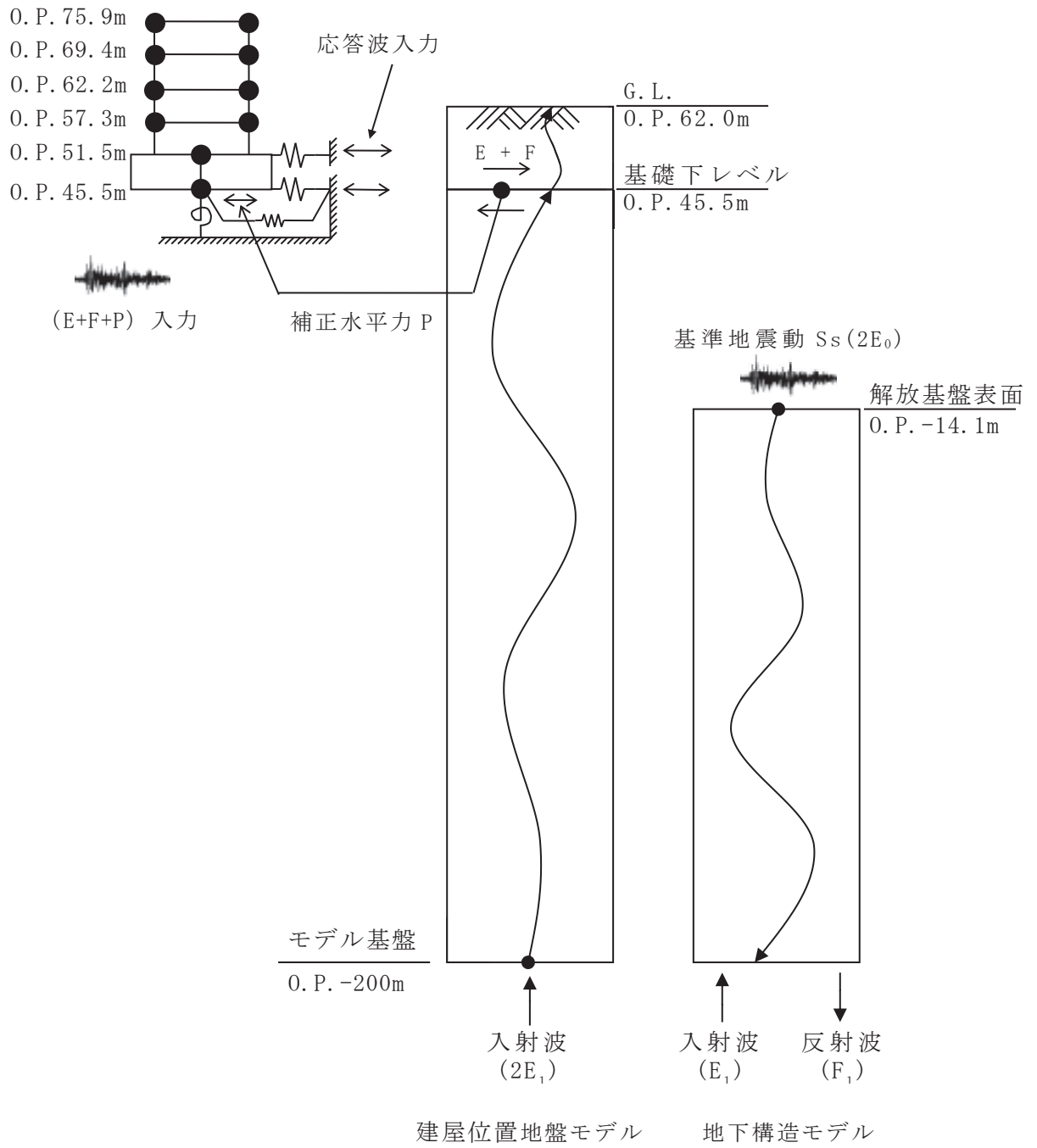


図 3-5 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図 (水平方向)

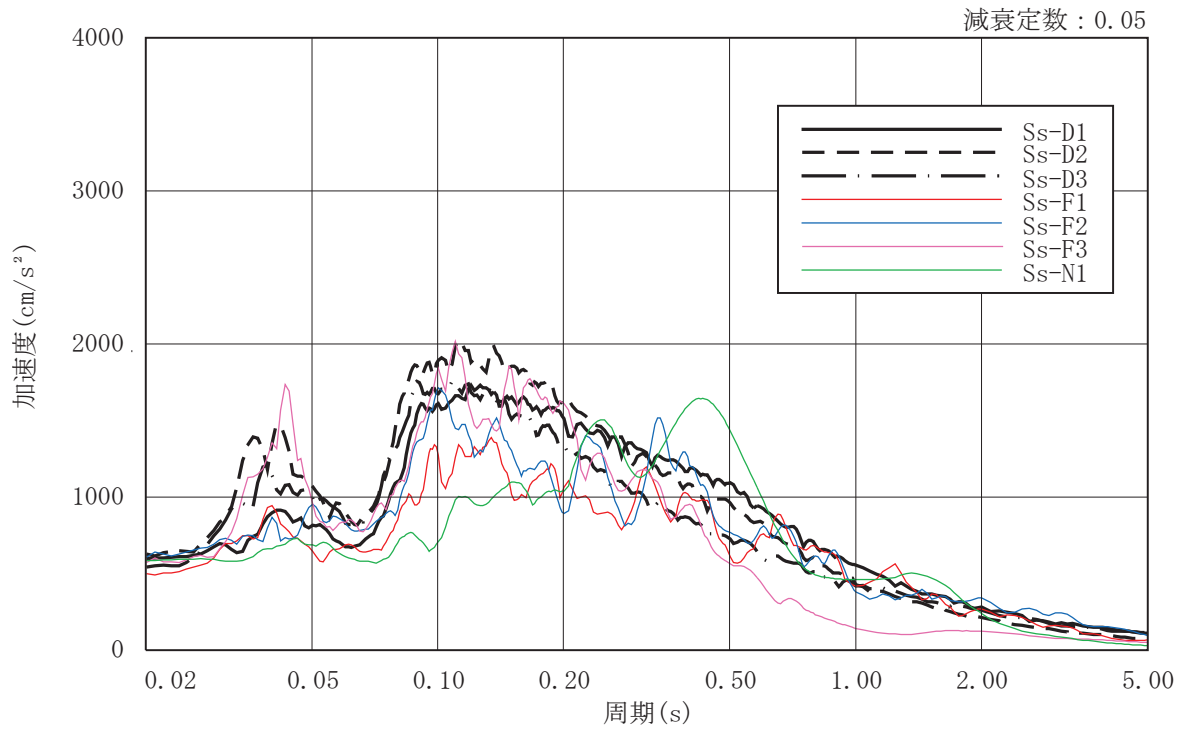


図 3-6 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(基準地震動 S s , 水平方向, O.P. 45.5m)

### 3.2.2 鉛直方向

#### (1) 地震応答解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、軸変形をする耐震壁部及び柱からなる質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデル及び諸元を図 3-7 に示す。

#### (2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、鉛直方向の地震応答解析モデルにおいては鉛直ばねで置換している。この鉛直ばねは、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価しており、振動数に依存した複素剛性として表現される。図 3-8 に示すようにばね定数として、実部の静的な値( $K_0$ )を、また、減衰係数( $C_0$ )として、建屋－地盤連成モデルの 1 次固有円振動数( $\omega_1$ )に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-5 に示す。

#### (3) 入力地震動

地震応答解析モデルへの入力地震動は、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動  $S_s$  から以下の手順で算定する。まず、解放基盤モデルの解放基盤表面以深の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により O.P. -200m の入射波を算定する。算定した O.P. -200m の入射波を構造物位置地盤の一次元地盤モデルに入力して線形解析を行い、建屋基礎底面レベルでの地盤の応答を評価して入力地震動とする。図 3-9 に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を、設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置 (O.P. 45.5m) における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3-10 に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

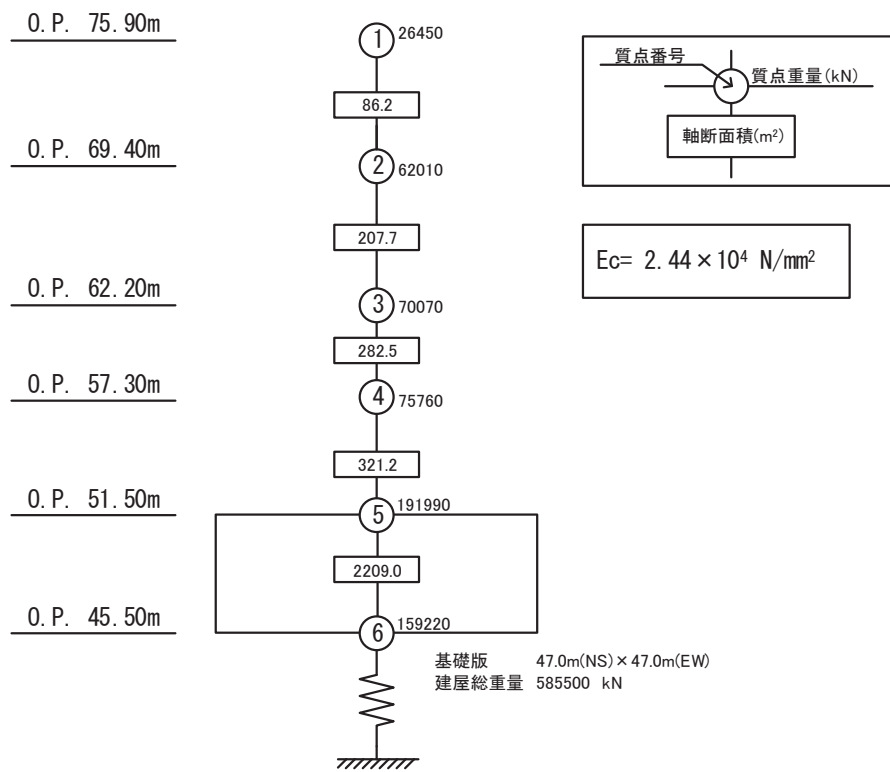
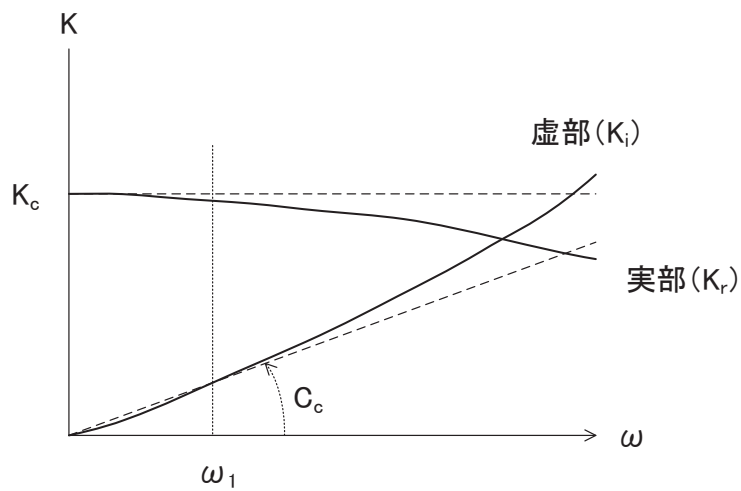


図 3-7 地震応答解析モデル及び諸元（鉛直方向）



ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数  $K_c$  で定数化

減衰係数：地盤—建屋連成系の 1 次固有振動数  $\omega_1$  に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き  $C_c$  で定数化

図 3-8 鉛直地盤ばねの定数化の概要

表 3-5 地盤ばね定数と減衰係数 (鉛直方向)

| 地盤ばね成分 | ばね定数 $K_c$                 | 減衰係数 $C_c$                   |
|--------|----------------------------|------------------------------|
| 底面・鉛直  | $1.457 \times 10^9$ (kN/m) | $1.733 \times 10^7$ (kN·s/m) |

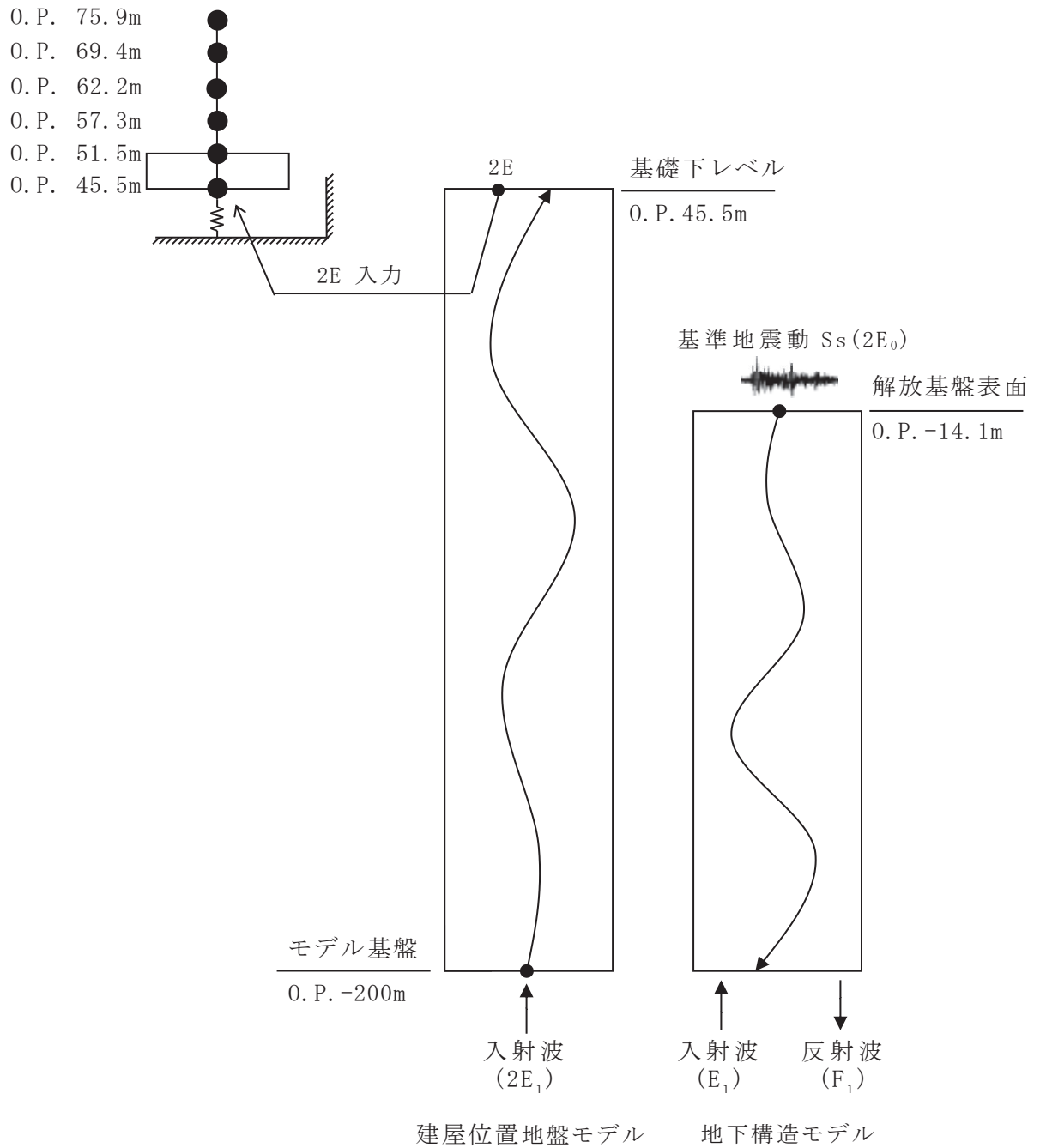


図 3-9 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図 (鉛直方向)

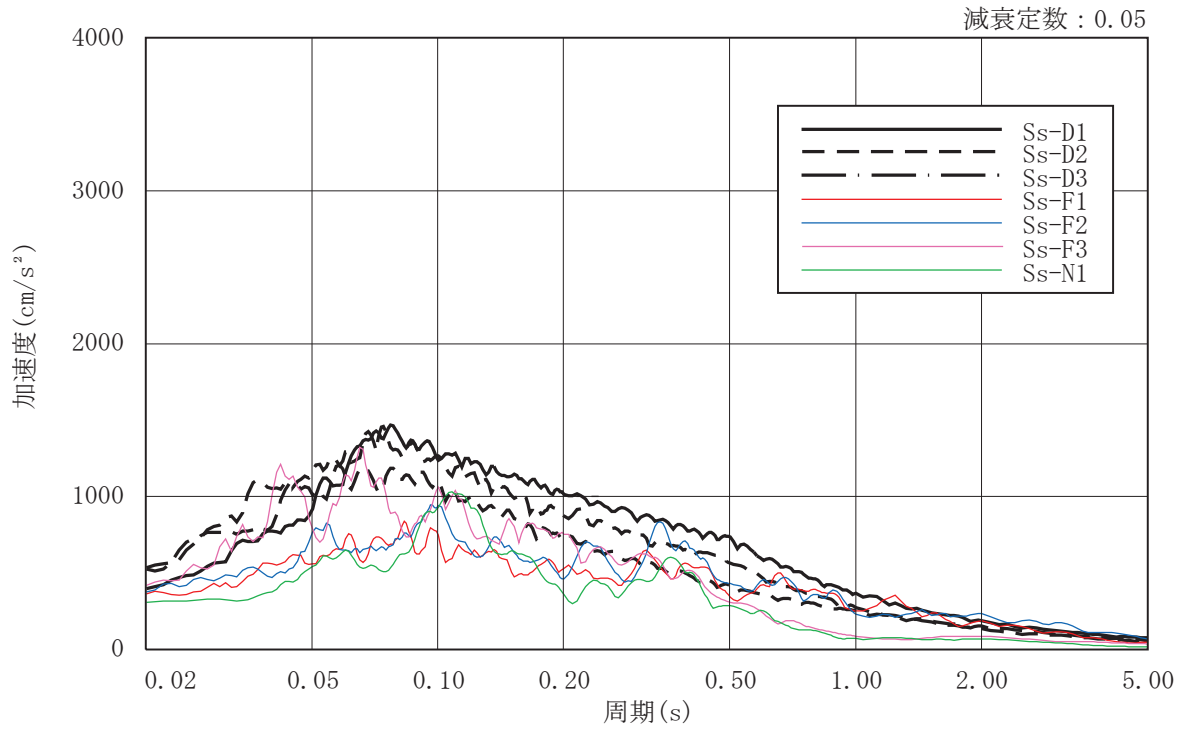


図 3-10 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(基準地震動 S s , 鉛直方向, O.P. 45.5m)



### 3.3 解析方法

緊急時対策建屋について、動的解析により応答加速度、応答変位、応答せん断力、応答曲げモーメント、応答軸力、応答せん断ひずみ及び接地圧を算出する。また、静的解析により必要保有水平耐力を算出する。

緊急時対策建屋の地震応答解析には、解析コード「NUPP4」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.3.1 動的解析

建物・構築物の動的解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に記載の解析方法に基づき、時刻歴応答解析により実施する。

なお、最大接地圧は、「原子力発電所耐震設計技術規程（J E A C 4 6 0 1 -2015）」を参考に、水平応答と鉛直応答から組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いて算出する。

### 3.3.2 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力  $Q_{un}$  は、次式により算出する。必要保有水平耐力算定用の基準面は基礎版上端（0.P.51.5m）とする。

$$Q_{un} = D_s \cdot F_{es} \cdot Q_{ud}$$

ここで、

$D_s$  : 各層の構造特性係数

$F_{es}$  : 各層の形状特性係数

$$F_{es} = F_s \cdot F_e$$

$F_s$  : 剛性率に応じた数値（1.0）

$F_e$  : 偏心率に応じた数値（1.0）

地震力によって各層に生じる水平力  $Q_{ud}$  は、次式により算出する。

$$Q_{ud} = n \cdot C_i \cdot W_i$$

ここで、

$n$  : 施設の重要度分類に応じた係数（1.0）

$C_i$  : 第  $i$  層の地震層せん断力係数

$W_i$  : 第  $i$  層が支える重量

地震層せん断力係数  $C_i$  は、次式により算出する。

$$C_i = Z \cdot R_t \cdot A_i \cdot C_0$$

ここで、

$Z$  : 地震地域係数（1.0）

$R_t$  : 振動特性係数（0.8）

$A_i$  : 第  $i$  層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

$C_0$  : 標準せん断力係数（1.0）

なお、 $A_i$  はモーダル解析により以下のとおり算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

$$A_i' = \sqrt{\sum_{j=1}^k \left( \sum_{m=i}^n w_m \cdot \beta_j \cdot U_{mj} \cdot R_t(T_j) \right)^2} / \sum_{m=i}^n w_m$$

ここで、

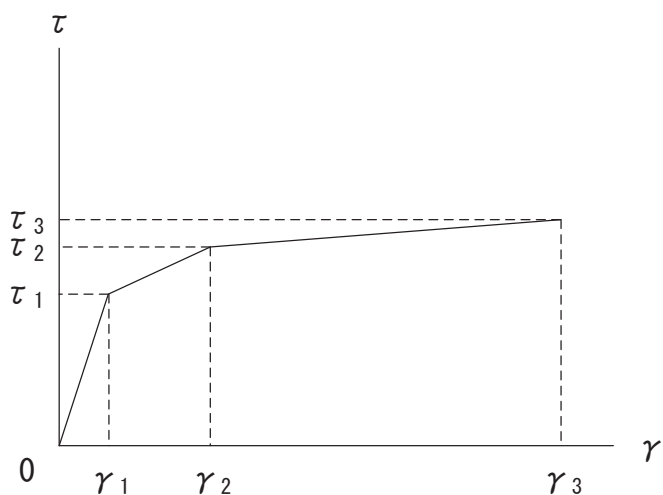
- n : 建物・構築物の層数
- w<sub>m</sub> : 第m層の重量
- β<sub>j</sub>・U<sub>mj</sub> : 第m層のj次刺激関数
- T<sub>j</sub> : 固有値解析により得られる建物・構築物のj次固有周期
- R<sub>t</sub>(T<sub>j</sub>) : 周期T<sub>j</sub>に対応する加速度応答スペクトルの値  
(建築基準法施行令第88条第1項に与えられている振動特性係数R<sub>t</sub>のT<sub>j</sub>に対する値とする。地盤種別は第1種地盤とする。)
- k : 考慮すべき最高次数

### 3.4 解析条件

#### 3.4.1 建物・構築物の復元力特性

##### (1) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$ 関係）

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき，トリリニア型スケルトンカーブとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係を図 3-11 に示す。



$\tau_1$  : 第 1 折点のせん断応力度

$\tau_2$  : 第 2 折点のせん断応力度

$\tau_3$  : 終局点のせん断応力度

$\gamma_1$  : 第 1 折点のせん断ひずみ

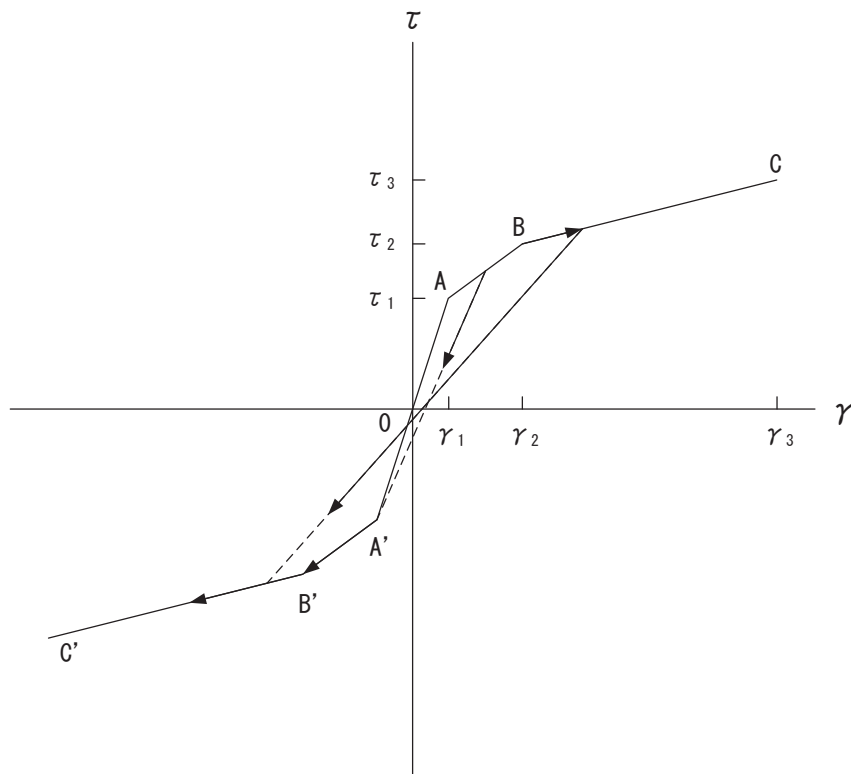
$\gamma_2$  : 第 2 折点のせん断ひずみ

$\gamma_3$  : 終局点のせん断ひずみ ( $=4.0 \times 10^{-3}$ )

図 3-11 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

## (2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1 - 1991 追補版」に基づき、最大点指向型モデルとする。耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性を図 3-12 に示す。

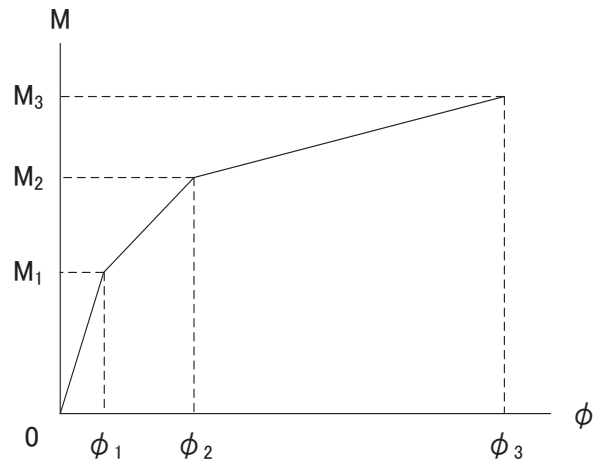


- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- c. B-C 間：負側最大点指向
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 3-12 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- $\phi$  関係)

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- $\phi$  関係) は, 「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき, トリリニア型スケルトンカーブとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係を図 3-13 に示す。



$M_1$  : 第 1 折点の曲げモーメント

$M_2$  : 第 2 折点の曲げモーメント

$M_3$  : 終局点の曲げモーメント

$\phi_1$  : 第 1 折点の曲率

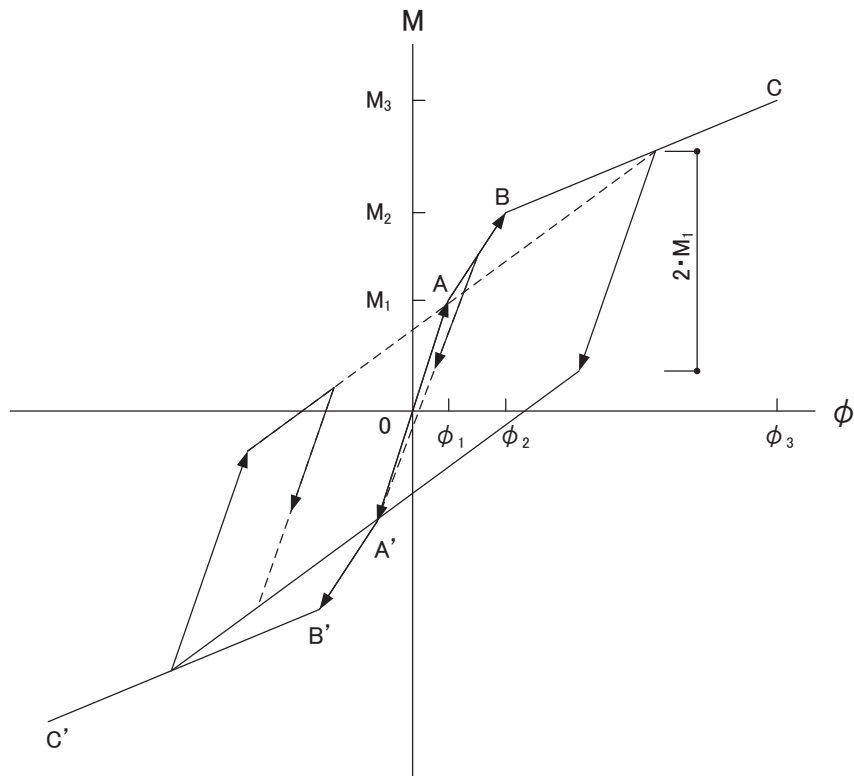
$\phi_2$  : 第 2 折点の曲率

$\phi_3$  : 終局点の曲率

図 3-13 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、ディグレイディングトリリニア型モデルとする。耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性を図 3-14 に示す。



- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- c. B-C 間：最大点指向型で、安定ループは最大曲率に応じた等価粘性減衰を与える平行四辺形をしたディグレイディングトリリニア型とする。平行四辺形の折点は最大値から  $2 \cdot M_1$  を減じた点とする。ただし、負側最大点が第 2 折点を越えていなければ、負側第 2 折点を最大点とする安定ループを形成する。また、安定ループ内部での繰り返しに用いる剛性は安定ループの戻り剛性に同じとする。
- d. 各最大点はスケルトン上を移動することにより更新される。

図 3-14 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトンカーブの諸数値

緊急時対策建屋の各耐震壁について算出したせん断力及び曲げモーメントのスケルトンカーブの諸数値を表 3-6 及び表 3-7 に示す。



表 3-6(1) せん断力のスケルトンカーブ ( $\tau - \gamma$  関係) NS 方向

A 通り

| O. P.<br>(m) | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 75.9 ~ 69.4  | 1.84                             | 2.48                             | 7.64                             | 0.180                              | 0.541                              | 4.00                               |
| 69.4 ~ 62.2  | 1.84                             | 2.49                             | 7.67                             | 0.181                              | 0.543                              | 4.00                               |
| 62.2 ~ 57.3  | 1.88                             | 2.54                             | 7.46                             | 0.185                              | 0.554                              | 4.00                               |
| 57.3 ~ 51.5  | 1.94                             | 2.62                             | 7.67                             | 0.190                              | 0.571                              | 4.00                               |

E 通り

| O. P.<br>(m) | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 75.9 ~ 69.4  | 1.80                             | 2.44                             | 7.63                             | 0.177                              | 0.531                              | 4.00                               |
| 69.4 ~ 62.2  | 1.84                             | 2.48                             | 7.67                             | 0.180                              | 0.541                              | 4.00                               |
| 62.2 ~ 57.3  | 1.88                             | 2.53                             | 7.45                             | 0.184                              | 0.552                              | 4.00                               |
| 57.3 ~ 51.5  | 1.93                             | 2.60                             | 7.67                             | 0.189                              | 0.567                              | 4.00                               |

表 3-6(2) せん断力のスケルトンカーブ ( $\tau - \gamma$  関係) EW 方向

1 通り

| O. P.<br>(m) | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 75.9 ~ 69.4  | 1.81                             | 2.44                             | 7.63                             | 0.177                              | 0.531                              | 4.00                               |
| 69.4 ~ 62.2  | 1.83                             | 2.48                             | 7.67                             | 0.180                              | 0.540                              | 4.00                               |
| 62.2 ~ 57.3  | 1.88                             | 2.53                             | 7.45                             | 0.184                              | 0.552                              | 4.00                               |
| 57.3 ~ 51.5  | 1.93                             | 2.60                             | 7.67                             | 0.189                              | 0.567                              | 4.00                               |

5 通り

| O. P.<br>(m) | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 75.9 ~ 69.4  | 1.83                             | 2.48                             | 7.64                             | 0.180                              | 0.540                              | 4.00                               |
| 69.4 ~ 62.2  | 1.85                             | 2.49                             | 7.67                             | 0.181                              | 0.543                              | 4.00                               |
| 62.2 ~ 57.3  | 1.88                             | 2.54                             | 7.45                             | 0.184                              | 0.553                              | 4.00                               |
| 57.3 ~ 51.5  | 1.94                             | 2.62                             | 7.67                             | 0.190                              | 0.570                              | 4.00                               |

表 3-7(1) 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M- $\phi$  関係) NS 方向

A 通り

| O. P.<br>(m) | M <sub>1</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | M <sub>2</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | M <sub>3</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | $\phi_1$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_2$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_3$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) |
|--------------|--|--|--|---|---|---|
| 75.9 ~ 69.4  | 0.779  | 2.86   | 3.92   | 0.610                                     | 6.70                                      | 134                                       |
| 69.4 ~ 62.2  | 1.94   | 7.48   | 10.2   | 0.594                                     | 6.79                                      | 136                                       |
| 62.2 ~ 57.3  | 2.88   | 10.1   | 13.7   | 0.631                                     | 6.91                                      | 138                                       |
| 57.3 ~ 51.5  | 3.52   | 13.4   | 18.1   | 0.675                                     | 7.13                                      | 143                                       |

E 通り

| O. P.<br>(m) | M <sub>1</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | M <sub>2</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | M <sub>3</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | $\phi_1$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_2$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_3$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) |
|--------------|--|--|--|---|---|---|
| 75.9 ~ 69.4  | 0.755  | 2.83   | 3.89   | 0.519                                     | 6.68                                      | 134                                       |
| 69.4 ~ 62.2  | 1.85   | 7.40   | 10.4   | 0.615                                     | 6.97                                      | 139                                       |
| 62.2 ~ 57.3  | 2.86   | 10.1   | 13.6   | 0.627                                     | 6.91                                      | 138                                       |
| 57.3 ~ 51.5  | 3.48   | 13.4   | 18.0   | 0.668                                     | 7.12                                      | 142                                       |

表 3-7(2) 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M- $\phi$  関係) EW 方向

1 通り

| O. P.<br>(m) | M <sub>1</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | M <sub>2</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | M <sub>3</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | $\phi_1$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_2$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_3$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) |
|--------------|--|--|--|---|---|---|
| 75.9 ~ 69.4  | 0.756  | 2.83   | 3.89   | 0.592                                     | 6.68                                      | 134                                       |
| 69.4 ~ 62.2  | 1.96   | 7.68   | 10.6   | 0.596                                     | 6.82                                      | 136                                       |
| 62.2 ~ 57.3  | 2.86   | 10.1   | 13.6   | 0.626                                     | 6.91                                      | 138                                       |
| 57.3 ~ 51.5  | 3.47   | 13.4   | 18.0   | 0.667                                     | 7.12                                      | 142                                       |

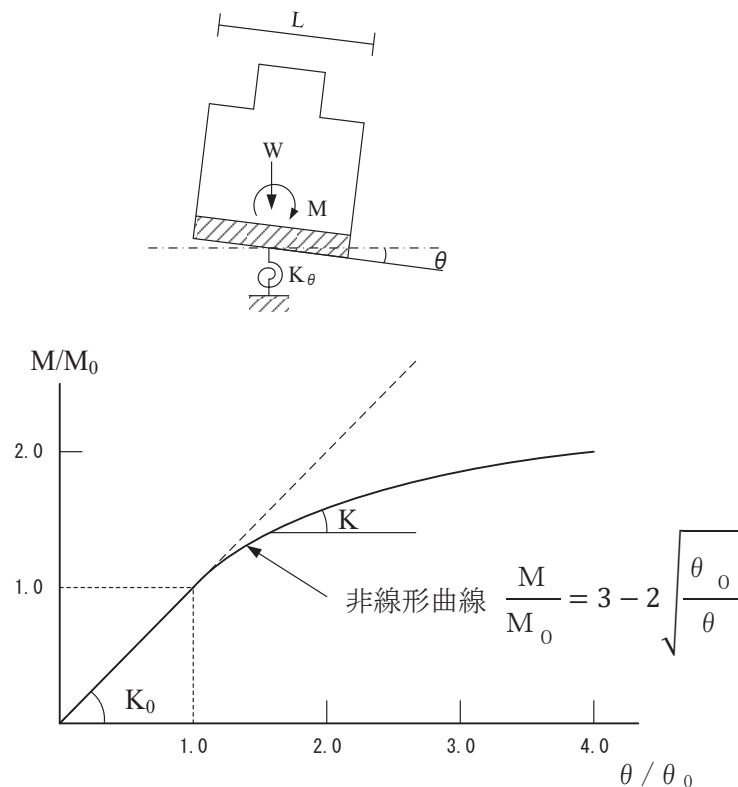
5 通り

| O. P.<br>(m) | M <sub>1</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | M <sub>2</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | M <sub>3</sub><br>( $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | $\phi_1$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_2$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) | $\phi_3$<br>( $\times 10^{-5}/\text{m}$ ) |
|--------------|--|--|--|---|---|---|
| 75.9 ~ 69.4  | 0.776  | 2.85   | 3.92   | 0.608                                     | 6.69                                      | 134                                       |
| 69.4 ~ 62.2  | 1.79   | 7.08   | 9.89   | 0.598                                     | 6.77                                      | 135                                       |
| 62.2 ~ 57.3  | 2.87   | 10.1   | 13.7   | 0.630                                     | 6.91                                      | 138                                       |
| 57.3 ~ 51.5  | 3.51   | 13.4   | 18.1   | 0.674                                     | 7.13                                      | 143                                       |

### 3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性

地盤の回転ばねに関する曲げモーメントー回転角の関係は「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に基づき，浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。地盤の回転ばねの曲げモーメントー回転角の関係を図 3-15 に示す。

浮上り時の地盤の回転ばねの剛性は，図 3-15 の曲線で表され，減衰係数は，回転ばねの接線剛性に比例するものとして考慮する。



$M$  : 転倒モーメント

$M_0$  : 浮上り限界転倒モーメント ( $=W \cdot L / 6$ )

$\theta$  : 回転角

$\theta_0$  : 浮上り限界回転角

$K_0$  : 地盤の回転ばね定数 (浮上り前)

$K$  : 地盤の回転ばね定数 (浮上り後)

$W$  : 建屋総重量

(はね出し部上部のセメント改良土を考慮。単位体積重量は  $21.6\text{kN/m}^3$ )

$L$  : 建屋基礎幅

図 3-15 回転ばねのモーメントー回転角の関係

### 3.4.3 材料物性の不確かさ

解析においては、「3.2 地震応答解析モデル」に示す物性値及び定数を基本ケースとし、材料物性の不確かさを考慮する。材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析は、すべての基準地震動  $S_s$  について実施することとする。

材料物性の不確かさのうち、地盤物性については、地盤調査結果の平均値をもとに設定した数値を基本ケースとし、支持地盤のせん断波速度の不確かさは、 $\pm \sigma$  相当として、変動係数 6.7% を考慮する。

建屋剛性の不確かさについては、既設建屋は 3.11 地震等の影響を踏まえて初期剛性の低下を考慮しているものの、緊急時対策建屋は新設建屋であり地震の影響を受けていないこと、また評価基準値（耐震壁のせん断ひずみ： $2.0 \times 10^{-3}$ ）に対して十分な余裕を有しているため、耐震安全性は基本ケースの解析で確認可能と考えるが、念のため初期剛性の不確かさとして 0.8 倍を考慮することで設計における保守性を確保する。

材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケースを表 3-8 に、地盤物性の不確かさを考慮した解析用地盤物性を表 3-9 に示す。

表 3-8 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

| ケース名             | 建屋減衰 | コンクリート剛性             |                      | 地盤のせん断波速度     |
|------------------|------|----------------------|----------------------|---------------|
|                  |      | 初期剛性                 | 終局耐力                 |               |
| ケース 1<br>(基本ケース) | 5%   | 設計基準強度に基づき JEAG 式で評価 |                      | 平均値           |
| ケース 2            | 同上   | 同上                   |                      | + $\sigma$ 相当 |
| ケース 3            | 同上   | 同上                   |                      | - $\sigma$ 相当 |
| ケース 4<br>(水平のみ)  | 同上   | 基本ケースの 0.8 倍         | 設計基準強度に基づき JEAG 式で評価 | 平均値           |
| ケース 5<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                   | + $\sigma$ 相当 |
| ケース 6<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                   | - $\sigma$ 相当 |

表 3-9(1) 地盤物性の不確かさを考慮した地下構造モデルの解析用地盤物性

| O. P.<br>(m) | 地盤のせん断波速度 (m/s) |               |               |
|--------------|-----------------|---------------|---------------|
|              | 基本ケース           | + $\sigma$ 相当 | - $\sigma$ 相当 |
| -14.1        | 1360            | 1460          | 1260          |
| -27.0        | 2040            | 2190          | 1890          |
| -50.0        | 2520            | 2700          | 2340          |
| -200.0       | 2520            | 2700          | 2340          |

表 3-9(2) 地盤物性の不確かさを考慮した建屋位置地盤モデルの解析用地盤物性

|      | O. P.<br>(m) | 地盤のせん断波速度 (m/s) |               |               |
|------|--------------|-----------------|---------------|---------------|
|      |              | 基本ケース           | + $\sigma$ 相当 | - $\sigma$ 相当 |
| 側面地盤 | 62.0         | 290             | 310           | 270           |
|      | 61.3         | 710             | 760           | 660           |
|      | 60.2         | 680             | 730           | 630           |
|      | 52.8         | 670             | 710           | 630           |
|      | 52.5         | 1330            | 1420          | 1240          |
| 底面地盤 | 45.5         | 1330            | 1420          | 1240          |
|      | 37.7         | 2080            | 2220          | 1940          |
|      | 23.8         | 2510            | 2680          | 2340          |
|      | 10.4         | 2500            | 2670          | 2330          |
|      | -200.0       | 2500            | 2670          | 2330          |

## 4. 解析結果

### 4.1 動的解析

#### 4.1.1 基本ケースの地震応答解析結果

##### (1) 固有値解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有周期，固有振動数及び刺激係数）を表 4-1 に示す。刺激関数図を図 4-1 に示す。

なお，刺激係数は，各次の固有ベクトル  $\{u\}$  に対し，最大振幅が 1.0 となるように規準化した値を示す。

##### (2) 地震応答解析結果

基準地震動  $S_s$  による最大応答値を図 4-2～図 4-12 及び表 4-2～表 4-15 に示す。また，基準地震動  $S_s$  に対する最大応答値を耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして図 4-13 及び図 4-14 に示す。

表 4-1 固有値解析結果

(a) NS 方向

| 次数 | 固有周期 (s) | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数  |
|----|----------|------------|-------|
| 1  | 0.101    | 9.92       | 1.734 |
| 2  | 0.047    | 21.23      | 1.364 |
| 3  | 0.034    | 29.45      | 0.160 |
| 4  | 0.033    | 29.94      | 1.051 |

(b) EW 方向

| 次数 | 固有周期 (s) | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数  |
|----|----------|------------|-------|
| 1  | 0.101    | 9.91       | 1.734 |
| 2  | 0.047    | 21.22      | 1.361 |
| 3  | 0.034    | 29.33      | 0.143 |
| 4  | 0.033    | 29.93      | 1.060 |

(c) UD 方向

| 次数 | 固有周期 (s) | 固有振動数 (Hz) | 刺激係数  |
|----|----------|------------|-------|
| 1  | 0.051    | 19.74      | 1.701 |
| 2  | 0.026    | 38.13      | 0.933 |
| 3  | 0.017    | 60.14      | 0.288 |
| 4  | 0.012    | 80.45      | 0.066 |

注記：刺激係数は、各次の固有ベクトル {u} に対し、最大振幅が 1.0 となるように規準化した値を示す。

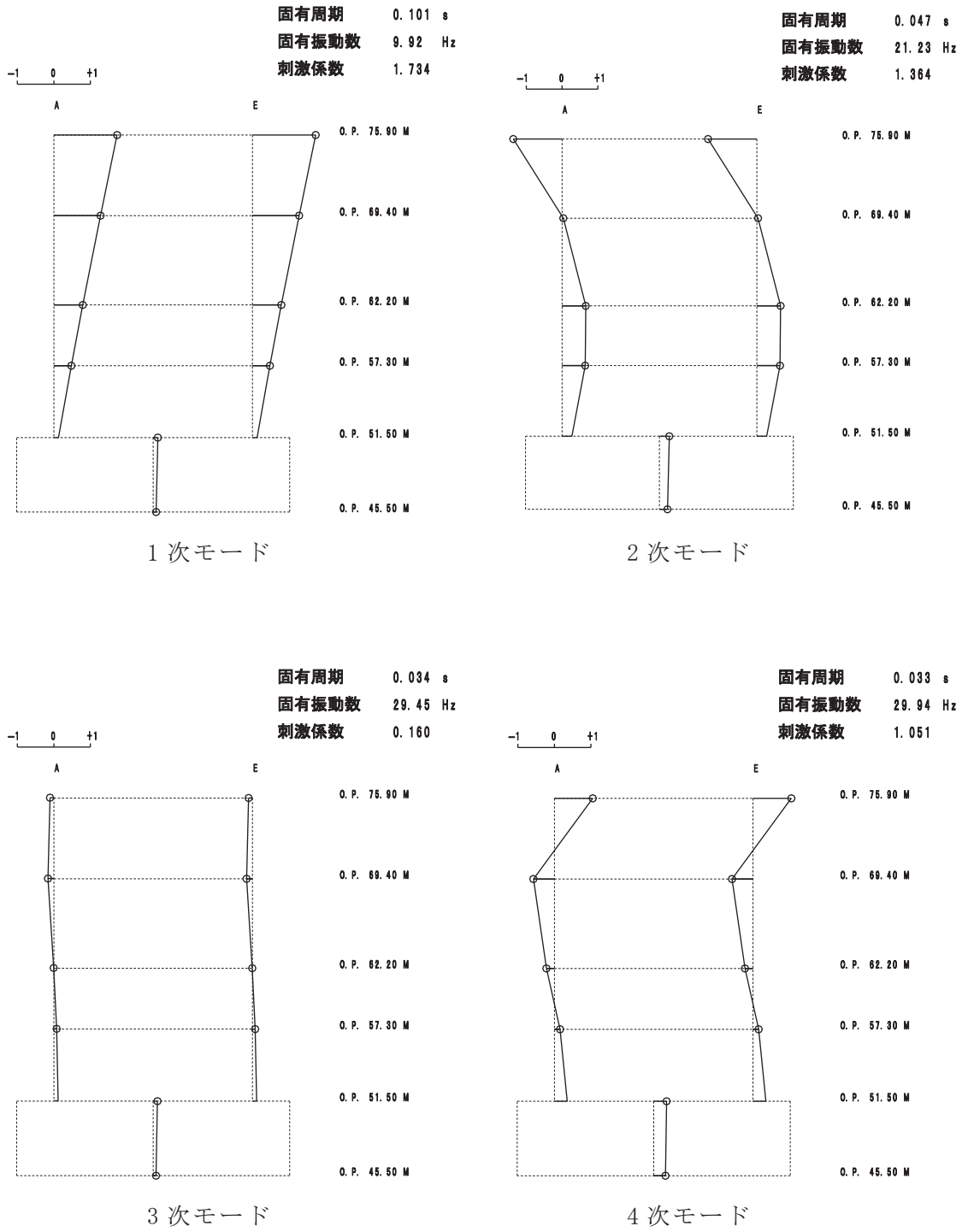


図 4-1(1) 刺激関数図 (NS 方向)



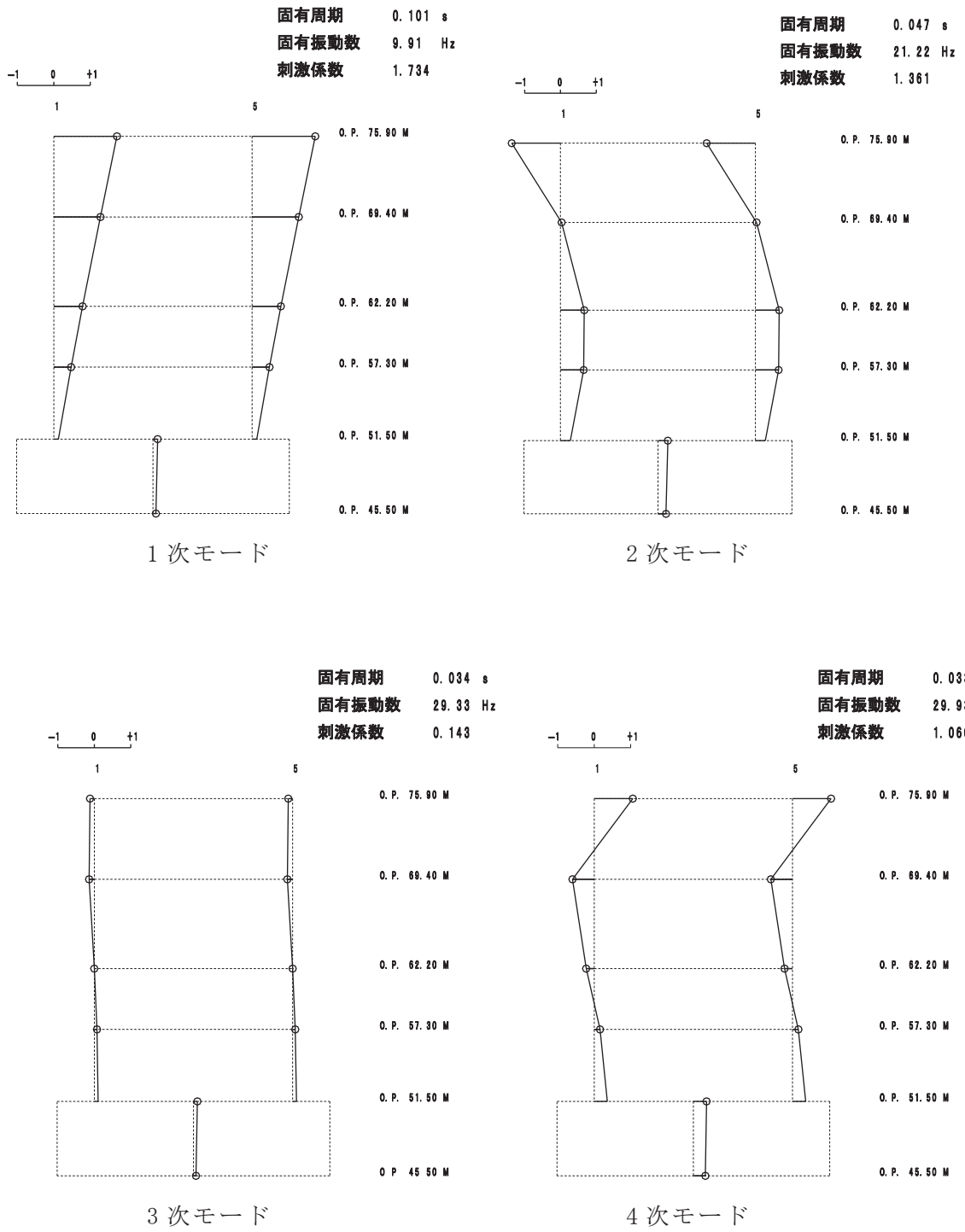


図 4-1(2) 刺激関数図 (EW 方向)

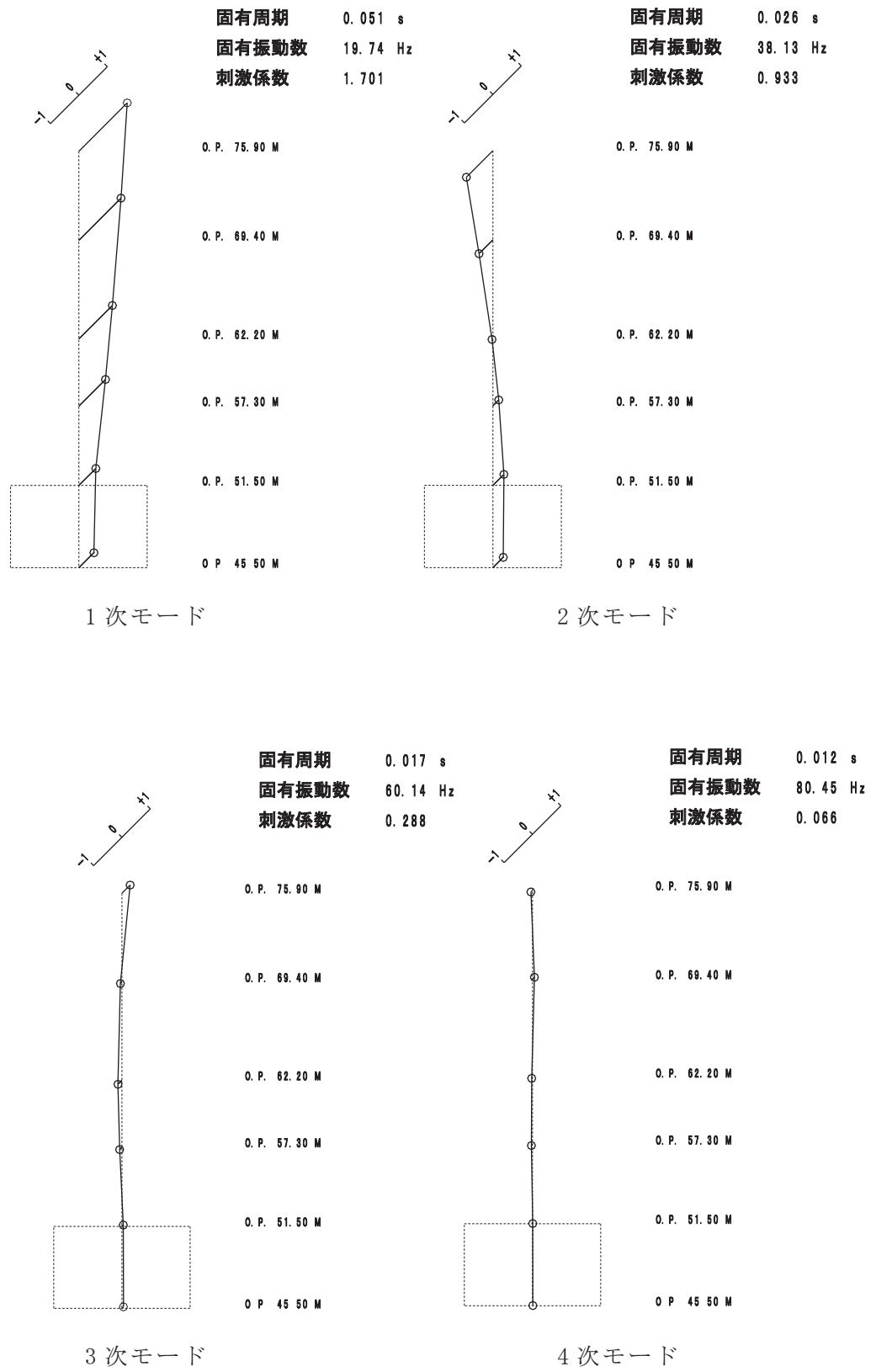


図 4-1(3) 刺激関数図 (UD 方向)

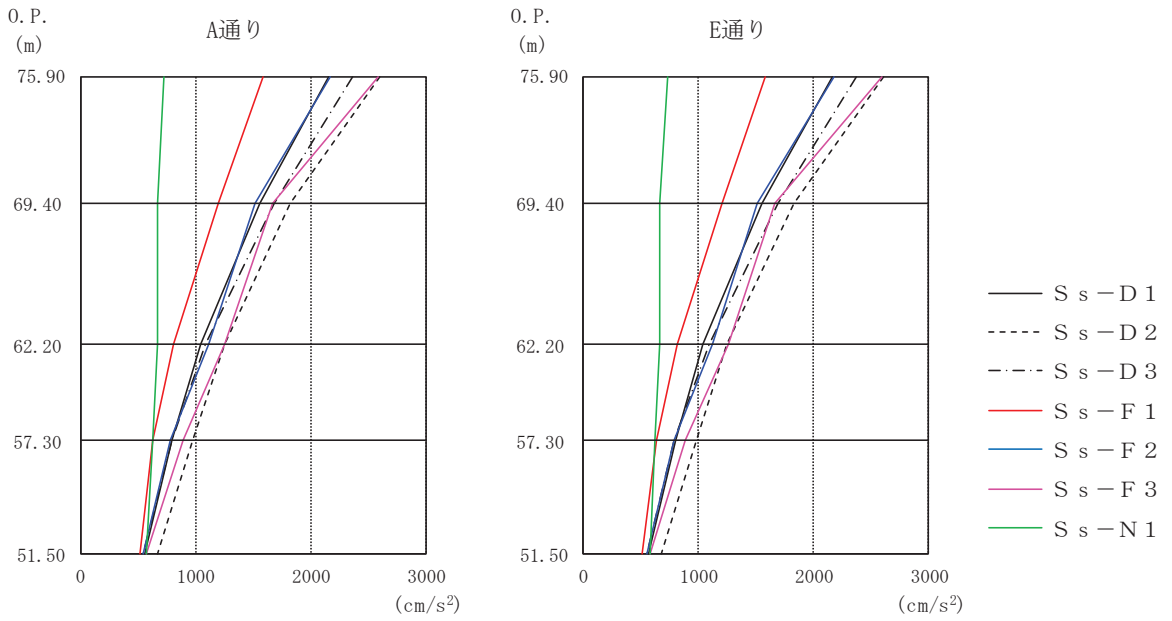
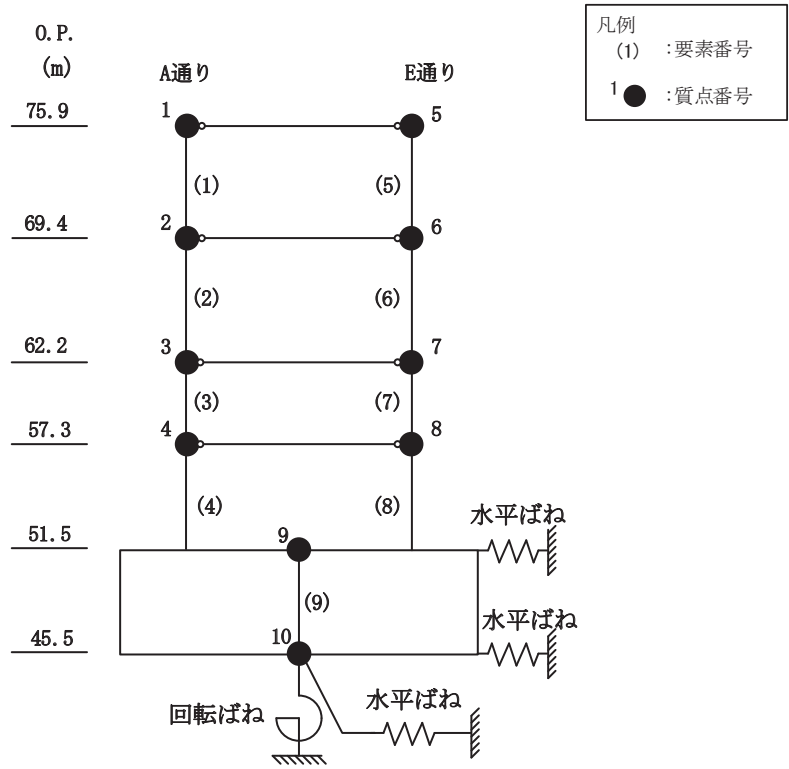


図 4-2 最大応答加速度 (基準地震動 S s , NS 方向)

表 4-2 最大応答加速度一覧（基準地震動  $S_s$ ，NS 方向）

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値  |
|----------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
|          | $S_s-D1$                    | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |      |
| 1        | 2160                        | 2603     | 2373     | 1584     | 2178     | 2590     | 734      | 2603 |
| 2        | 1556                        | 1827     | 1687     | 1202     | 1517     | 1667     | 665      | 1827 |
| 3        | 1041                        | 1253     | 1092     | 813      | 1118     | 1262     | 668      | 1262 |
| 4        | 802                         | 984      | 792      | 636      | 788      | 891      | 627      | 984  |
| 5        | 2160                        | 2603     | 2373     | 1584     | 2178     | 2590     | 734      | 2603 |
| 6        | 1556                        | 1827     | 1687     | 1202     | 1517     | 1667     | 665      | 1827 |
| 7        | 1041                        | 1253     | 1092     | 813      | 1118     | 1262     | 668      | 1262 |
| 8        | 802                         | 984      | 792      | 636      | 788      | 891      | 627      | 984  |
| 9        | 565                         | 673      | 553      | 518      | 551      | 579      | 580      | 673  |

注：網掛け部分は最大値

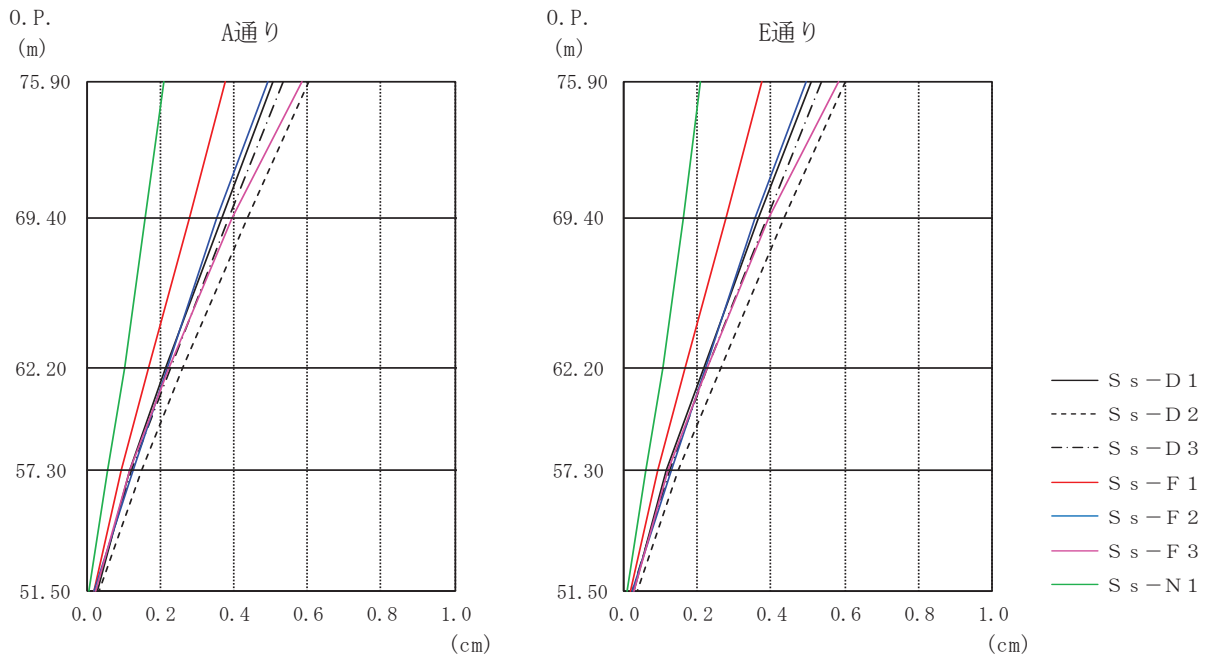
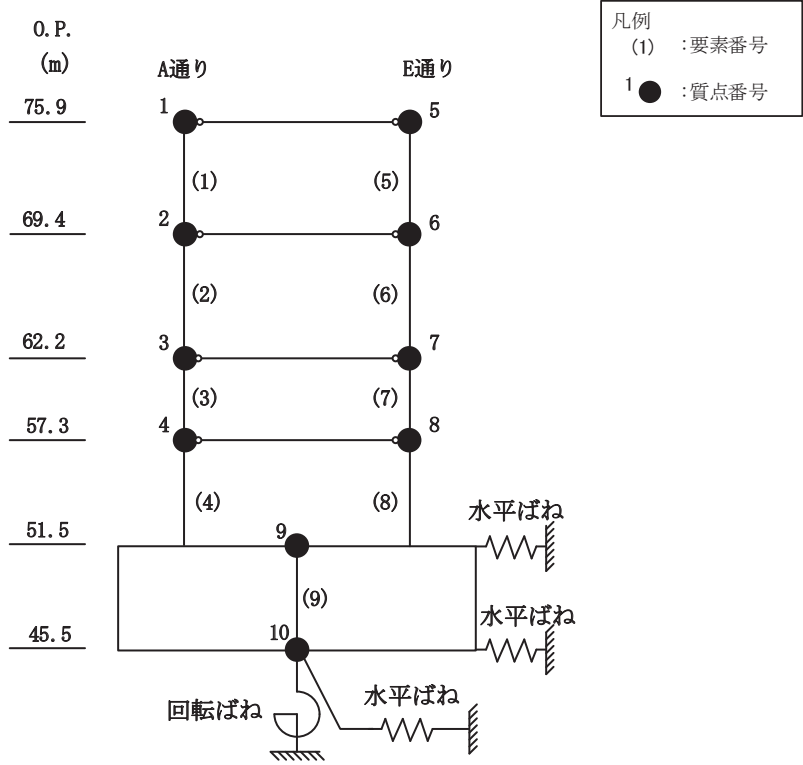


図 4-3 最大応答変位 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向)

表 4-3 最大応答変位一覧（基準地震動  $S_s$ ，NS 方向）

| 質点<br>番号 | 最大応答水平変位 (cm) |          |          |          |          |          |          | 最大値  |
|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
|          | $S_s-D1$      | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |      |
| 1        | 0.51          | 0.60     | 0.53     | 0.38     | 0.49     | 0.58     | 0.21     | 0.60 |
| 2        | 0.37          | 0.44     | 0.39     | 0.28     | 0.36     | 0.39     | 0.16     | 0.44 |
| 3        | 0.22          | 0.26     | 0.23     | 0.17     | 0.22     | 0.22     | 0.10     | 0.26 |
| 4        | 0.12          | 0.15     | 0.12     | 0.09     | 0.13     | 0.12     | 0.06     | 0.15 |
| 5        | 0.51          | 0.60     | 0.53     | 0.38     | 0.49     | 0.58     | 0.21     | 0.60 |
| 6        | 0.37          | 0.44     | 0.39     | 0.28     | 0.36     | 0.39     | 0.16     | 0.44 |
| 7        | 0.22          | 0.26     | 0.23     | 0.17     | 0.22     | 0.22     | 0.10     | 0.26 |
| 8        | 0.12          | 0.15     | 0.12     | 0.09     | 0.13     | 0.12     | 0.06     | 0.15 |
| 9        | 0.03          | 0.04     | 0.02     | 0.02     | 0.02     | 0.03     | 0.01     | 0.04 |

注：網掛け部分は最大値

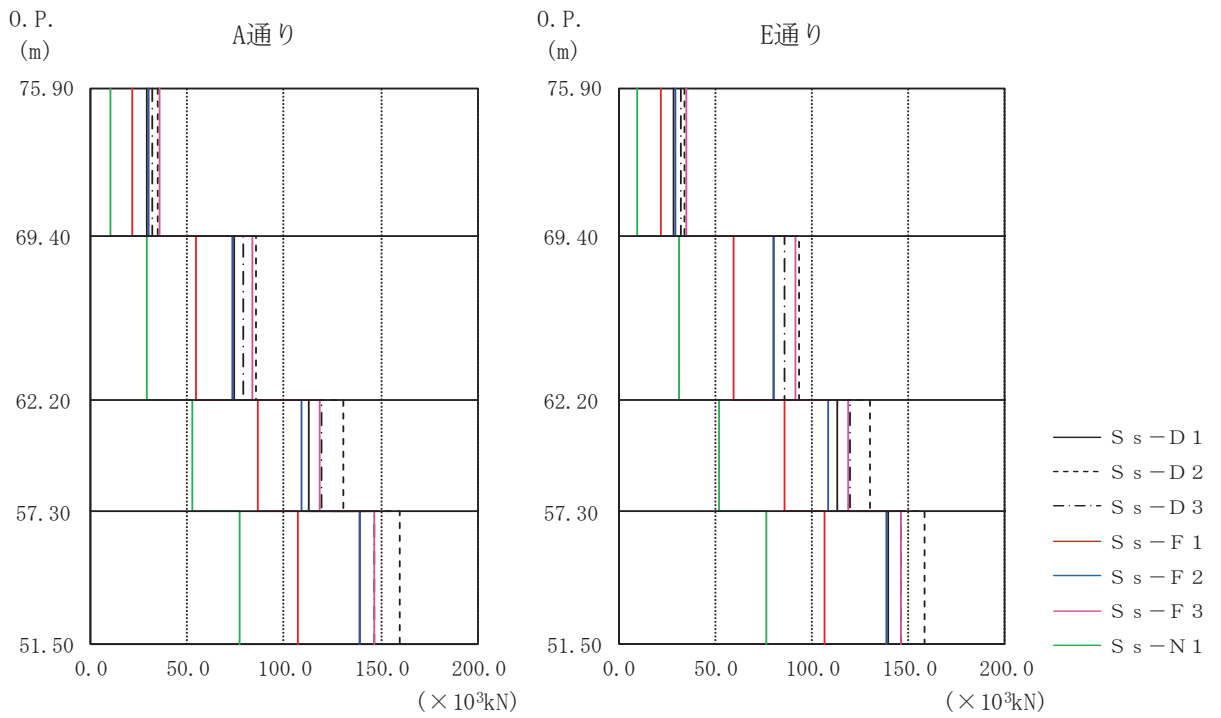
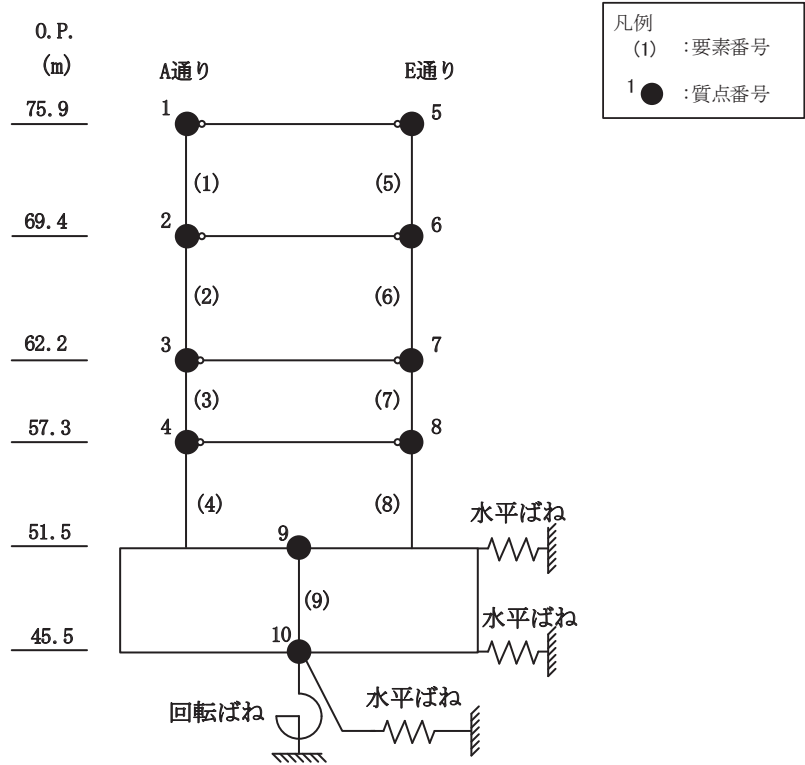


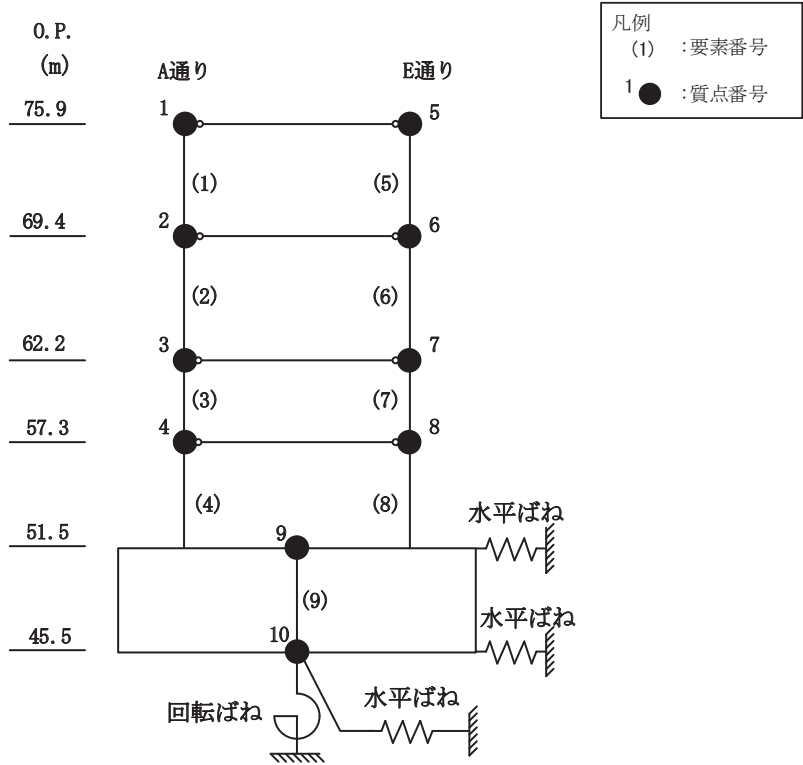
図 4-4 最大応答せん断力 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向)

表 4-4 最大応答せん断力一覧（基準地震動  $S_s$ ，NS 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値    |
|----------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
|          | $S_s-D1$                             | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |        |
| (1)      | 29.17                                | 34.51    | 32.22    | 21.51    | 29.74    | 35.14    | 9.84     | 35.14  |
| (2)      | 73.83                                | 85.51    | 79.10    | 54.55    | 73.36    | 83.33    | 28.56    | 85.51  |
| (3)      | 113.04                               | 130.32   | 119.65   | 85.91    | 109.08   | 118.62   | 52.34    | 130.32 |
| (4)      | 139.11                               | 159.51   | 146.21   | 107.08   | 138.80   | 146.21   | 76.50    | 159.51 |
| (5)      | 28.84                                | 33.96    | 32.00    | 21.41    | 29.48    | 34.60    | 9.72     | 34.60  |
| (6)      | 80.46                                | 93.32    | 86.19    | 59.48    | 80.08    | 91.02    | 31.11    | 93.32  |
| (7)      | 112.65                               | 129.92   | 119.23   | 85.63    | 108.71   | 118.31   | 52.13    | 129.92 |
| (8)      | 138.97                               | 158.65   | 146.06   | 106.97   | 138.66   | 146.06   | 76.42    | 158.65 |

注：網掛け部分は最大値





凡例  
(1) : 要素番号  
● : 質点番号

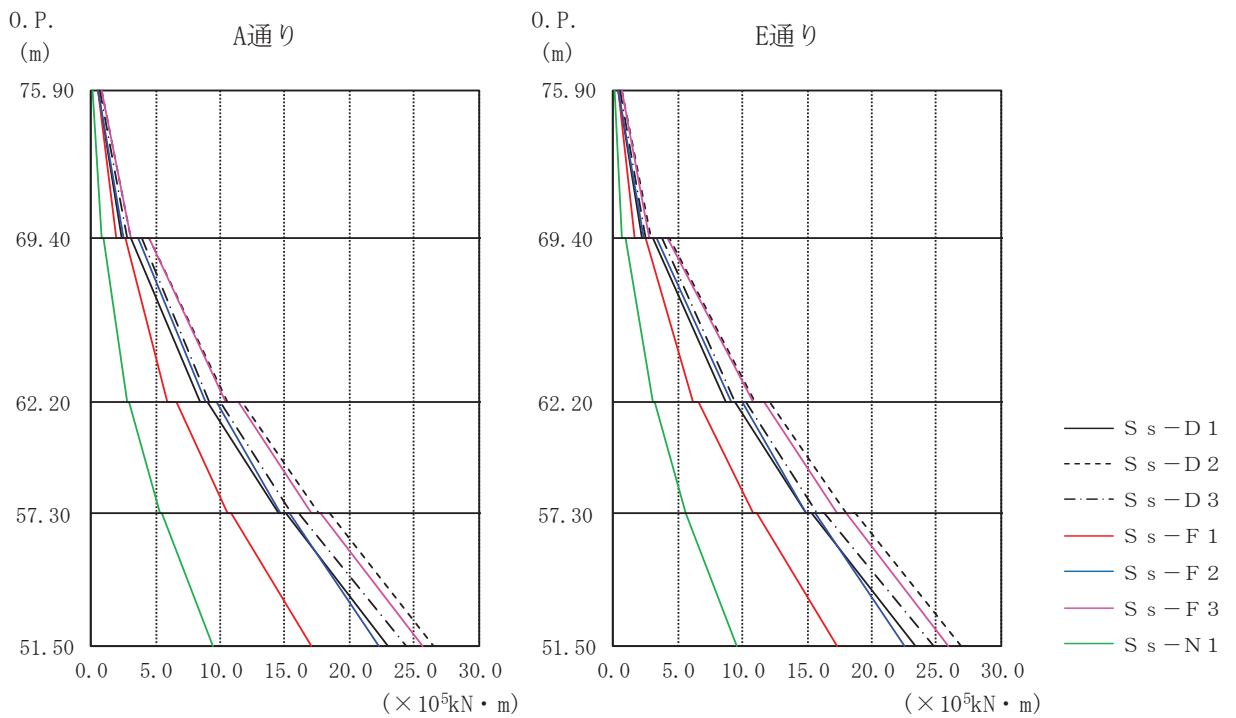


図 4-5 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s , NS 方向)

表 4-5 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動  $S_s$ ，NS 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値   |
|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
|          | $S_s-D1$   | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |       |
| (1)      | 0.56   | 0.80     | 0.69     | 0.49     | 0.60     | 0.86     | 0.14     | 0.86  |
|          | 2.36   | 3.07     | 2.79     | 1.88     | 2.52     | 3.12     | 0.76     | 3.12  |
| (2)      | 3.10   | 4.42     | 3.91     | 2.67     | 3.58     | 4.48     | 0.97     | 4.48  |
|          | 8.38   | 10.59    | 9.12     | 5.96     | 8.80     | 10.45    | 2.86     | 10.59 |
| (3)      | 9.04   | 11.65    | 10.03    | 6.55     | 9.65     | 11.42    | 2.98     | 11.65 |
|          | 14.53  | 17.62    | 15.45    | 10.54    | 14.72    | 17.06    | 5.40     | 17.62 |
| (4)      | 15.03  | 18.39    | 15.99    | 10.90    | 15.35    | 17.79    | 5.50     | 18.39 |
|          | 23.04  | 26.56    | 24.40    | 17.11    | 22.28    | 25.72    | 9.42     | 26.56 |
| (5)      | 0.38   | 0.63     | 0.50     | 0.33     | 0.43     | 0.63     | 0.09     | 0.63  |
|          | 2.22   | 2.85     | 2.56     | 1.71     | 2.33     | 2.82     | 0.71     | 2.85  |
| (6)      | 2.99   | 4.29     | 3.70     | 2.49     | 3.40     | 4.23     | 0.93     | 4.29  |
|          | 8.76   | 11.01    | 9.38     | 6.16     | 9.10     | 10.76    | 3.02     | 11.01 |
| (7)      | 9.38   | 12.07    | 10.25    | 6.65     | 9.92     | 11.67    | 3.14     | 12.07 |
|          | 14.87  | 18.01    | 15.83    | 10.79    | 14.98    | 17.30    | 5.55     | 18.01 |
| (8)      | 15.36  | 18.77    | 16.35    | 11.14    | 15.58    | 17.96    | 5.65     | 18.77 |
|          | 23.35  | 26.92    | 24.75    | 17.34    | 22.51    | 25.89    | 9.56     | 26.92 |

注：網掛け部分は最大値

表 4-6 最大応答せん断ひずみ一覧（基準地震動  $S_s$ ，NS 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値   |
|----------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
|          | $S_s-D1$                        | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |       |
| (1)      | 0.157                           | 0.213    | 0.174    | 0.116    | 0.160    | 0.232    | 0.053    | 0.232 |
| (2)      | 0.156                           | 0.181    | 0.167    | 0.116    | 0.155    | 0.176    | 0.060    | 0.181 |
| (3)      | 0.160                           | 0.185    | 0.170    | 0.122    | 0.155    | 0.168    | 0.074    | 0.185 |
| (4)      | 0.170                           | 0.219    | 0.179    | 0.131    | 0.170    | 0.179    | 0.094    | 0.219 |
| (5)      | 0.155                           | 0.211    | 0.172    | 0.115    | 0.159    | 0.231    | 0.052    | 0.231 |
| (6)      | 0.155                           | 0.179    | 0.166    | 0.114    | 0.154    | 0.175    | 0.060    | 0.179 |
| (7)      | 0.160                           | 0.185    | 0.169    | 0.121    | 0.154    | 0.168    | 0.074    | 0.185 |
| (8)      | 0.170                           | 0.219    | 0.179    | 0.131    | 0.170    | 0.179    | 0.094    | 0.219 |

注：網掛け部分は最大値

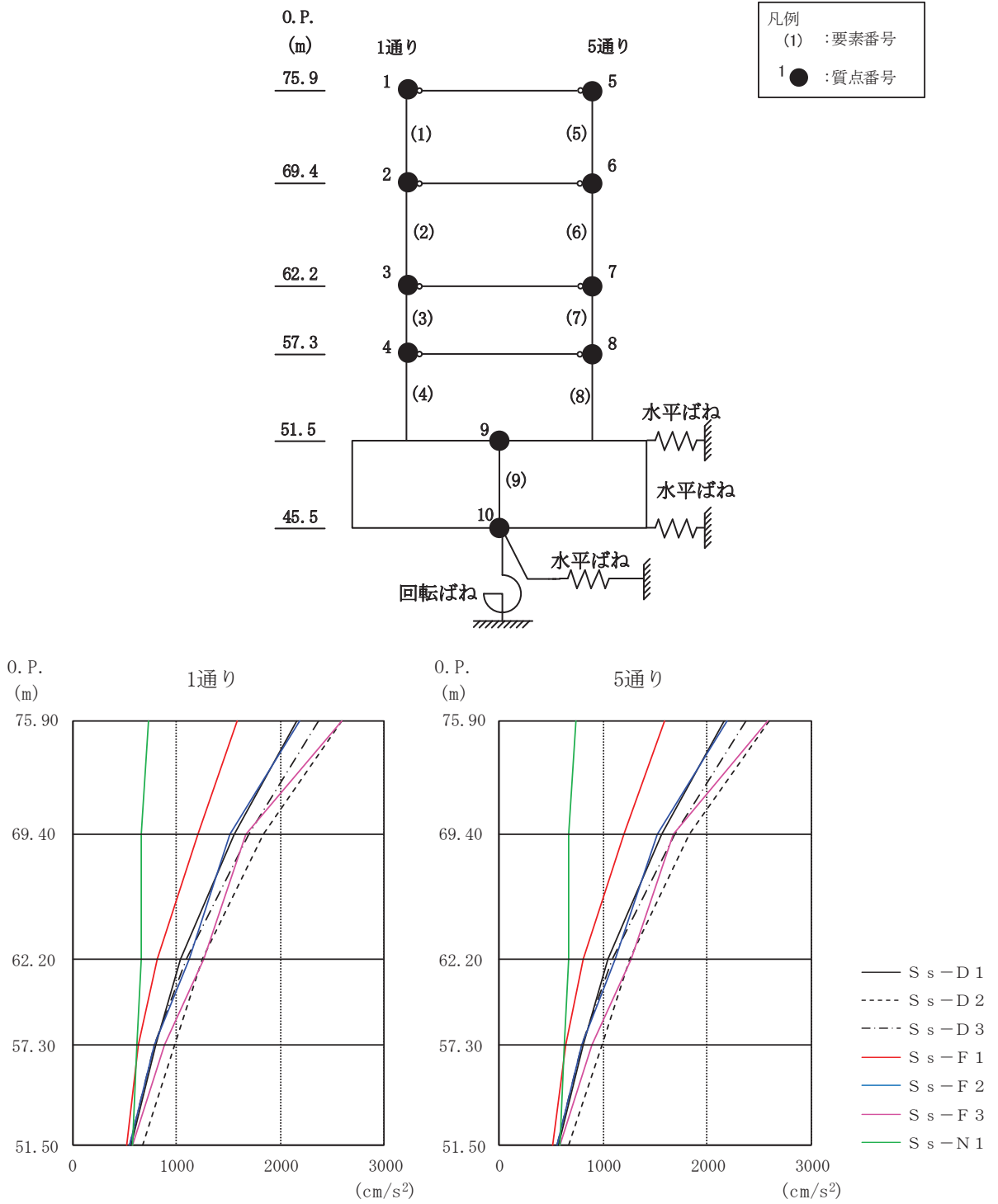
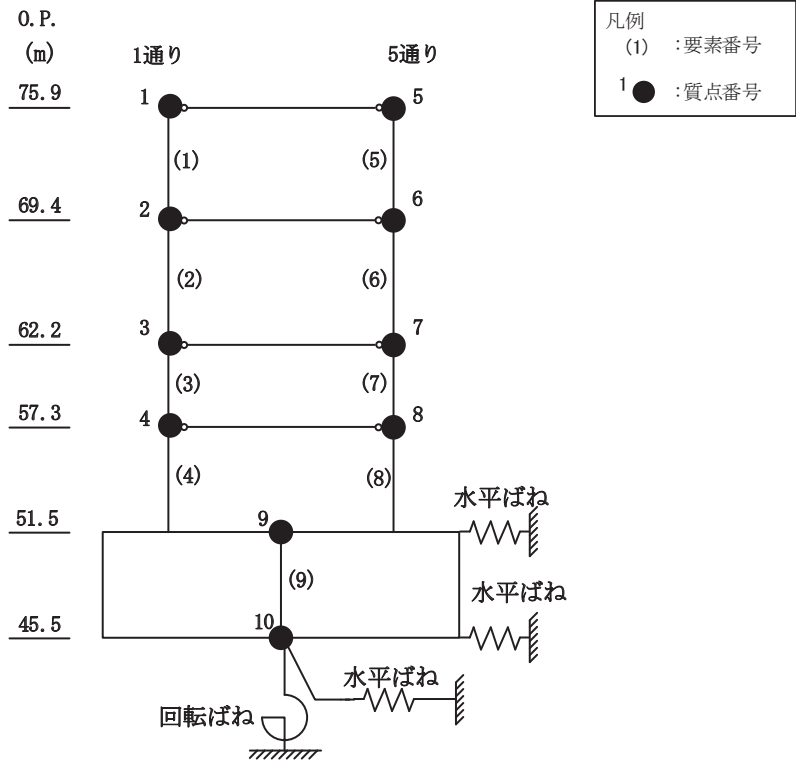


図 4-6 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向)

表 4-7 最大応答加速度一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値  |
|----------|-----------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
|          | $S_s-D1$                    | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |      |
| 1        | 2162                        | 2593     | 2365     | 1584     | 2183     | 2584     | 738      | 2593 |
| 2        | 1558                        | 1832     | 1689     | 1202     | 1519     | 1673     | 666      | 1832 |
| 3        | 1040                        | 1250     | 1089     | 810      | 1119     | 1261     | 668      | 1261 |
| 4        | 801                         | 982      | 793      | 634      | 788      | 890      | 627      | 982  |
| 5        | 2162                        | 2593     | 2365     | 1584     | 2183     | 2584     | 738      | 2593 |
| 6        | 1558                        | 1832     | 1689     | 1202     | 1519     | 1673     | 666      | 1832 |
| 7        | 1040                        | 1250     | 1089     | 810      | 1119     | 1261     | 668      | 1261 |
| 8        | 801                         | 982      | 793      | 634      | 788      | 890      | 627      | 982  |
| 9        | 565                         | 673      | 553      | 518      | 551      | 579      | 580      | 673  |

注：網掛け部分は最大値



凡例  
 (1) : 要素番号  
 1 ● : 質点番号

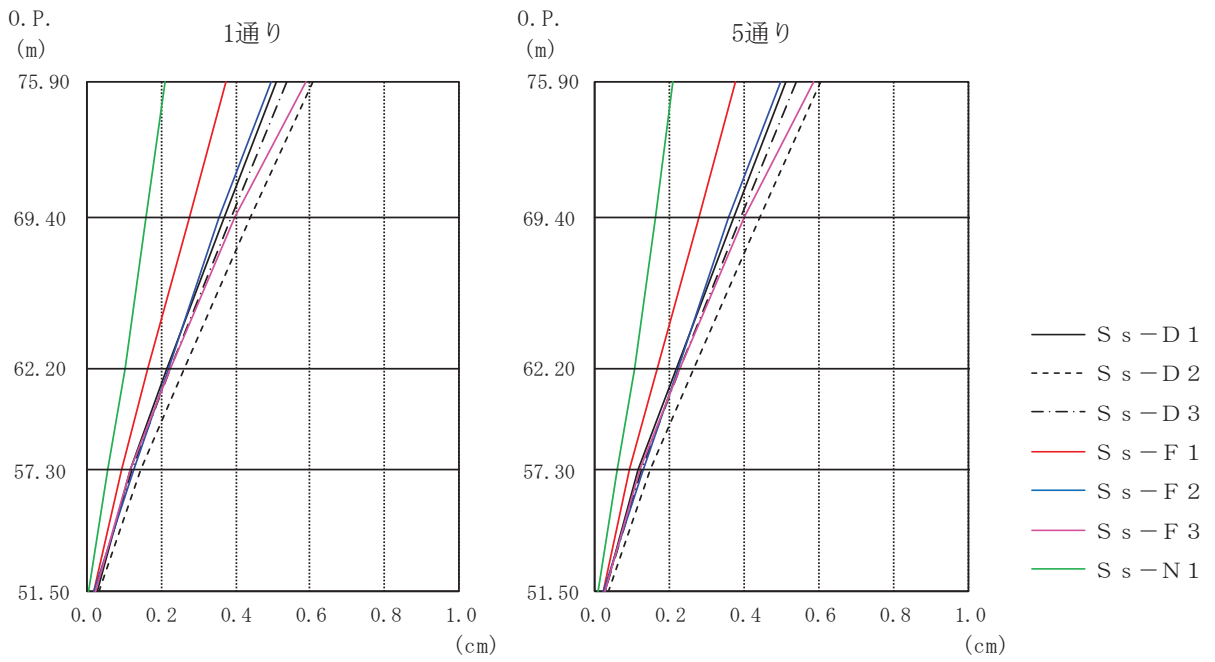


図 4-7 最大応答変位 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

表 4-8 最大応答変位一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 質点<br>番号 | 最大応答水平変位 (cm) |          |          |          |          |          |          | 最大値  |
|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
|          | $S_s-D1$      | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |      |
| 1        | 0.51          | 0.61     | 0.54     | 0.38     | 0.50     | 0.59     | 0.21     | 0.61 |
| 2        | 0.37          | 0.44     | 0.39     | 0.28     | 0.36     | 0.40     | 0.16     | 0.44 |
| 3        | 0.22          | 0.26     | 0.23     | 0.17     | 0.22     | 0.22     | 0.10     | 0.26 |
| 4        | 0.12          | 0.15     | 0.12     | 0.09     | 0.13     | 0.12     | 0.06     | 0.15 |
| 5        | 0.51          | 0.61     | 0.54     | 0.38     | 0.50     | 0.59     | 0.21     | 0.61 |
| 6        | 0.37          | 0.44     | 0.39     | 0.28     | 0.36     | 0.40     | 0.16     | 0.44 |
| 7        | 0.22          | 0.26     | 0.23     | 0.17     | 0.22     | 0.22     | 0.10     | 0.26 |
| 8        | 0.12          | 0.15     | 0.12     | 0.09     | 0.13     | 0.12     | 0.06     | 0.15 |
| 9        | 0.03          | 0.04     | 0.02     | 0.02     | 0.02     | 0.03     | 0.01     | 0.04 |

注：網掛け部分は最大値

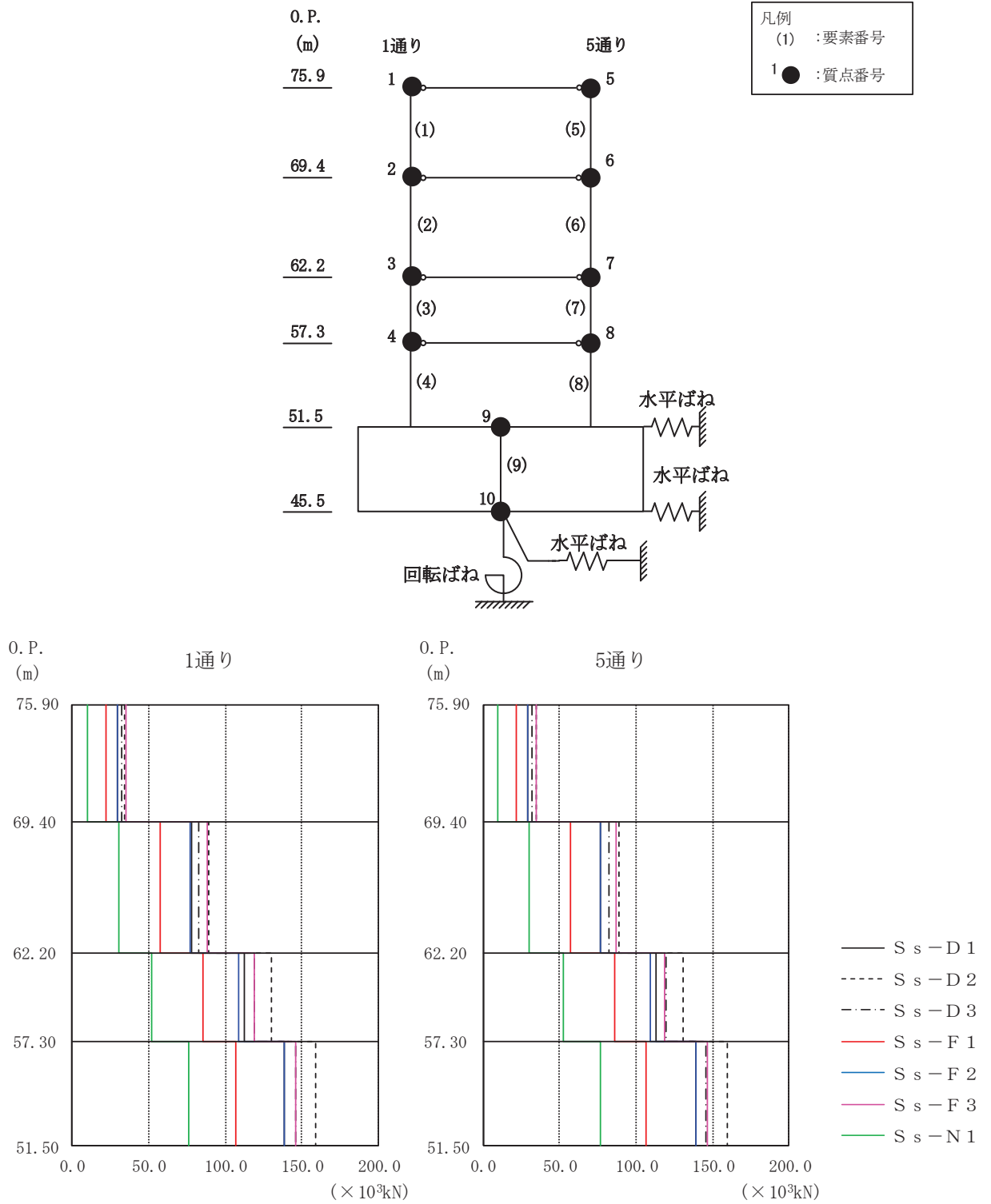


図 4-8 最大応答せん断力 (基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向)

表 4-9 最大応答せん断力一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値    |
|----------|--------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
|          | $S_s-D1$                             | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |        |
| (1)      | 29.22                                | 34.08    | 32.32    | 21.68    | 29.92    | 34.73    | 9.88     | 34.73  |
| (2)      | 77.65                                | 88.74    | 83.12    | 57.23    | 77.37    | 88.07    | 30.02    | 88.74  |
| (3)      | 112.90                               | 129.89   | 119.36   | 85.64    | 109.10   | 118.67   | 52.26    | 129.89 |
| (4)      | 139.02                               | 158.62   | 145.96   | 106.83   | 138.90   | 146.12   | 76.52    | 158.62 |
| (5)      | 28.83                                | 34.39    | 31.70    | 21.24    | 29.42    | 35.03    | 9.76     | 35.03  |
| (6)      | 76.86                                | 88.86    | 82.29    | 56.71    | 76.41    | 86.69    | 29.79    | 88.86  |
| (7)      | 112.82                               | 130.20   | 119.30   | 85.62    | 109.10   | 118.42   | 52.33    | 130.20 |
| (8)      | 138.98                               | 159.35   | 145.93   | 106.82   | 138.90   | 146.12   | 76.55    | 159.35 |

注：網掛け部分は最大値



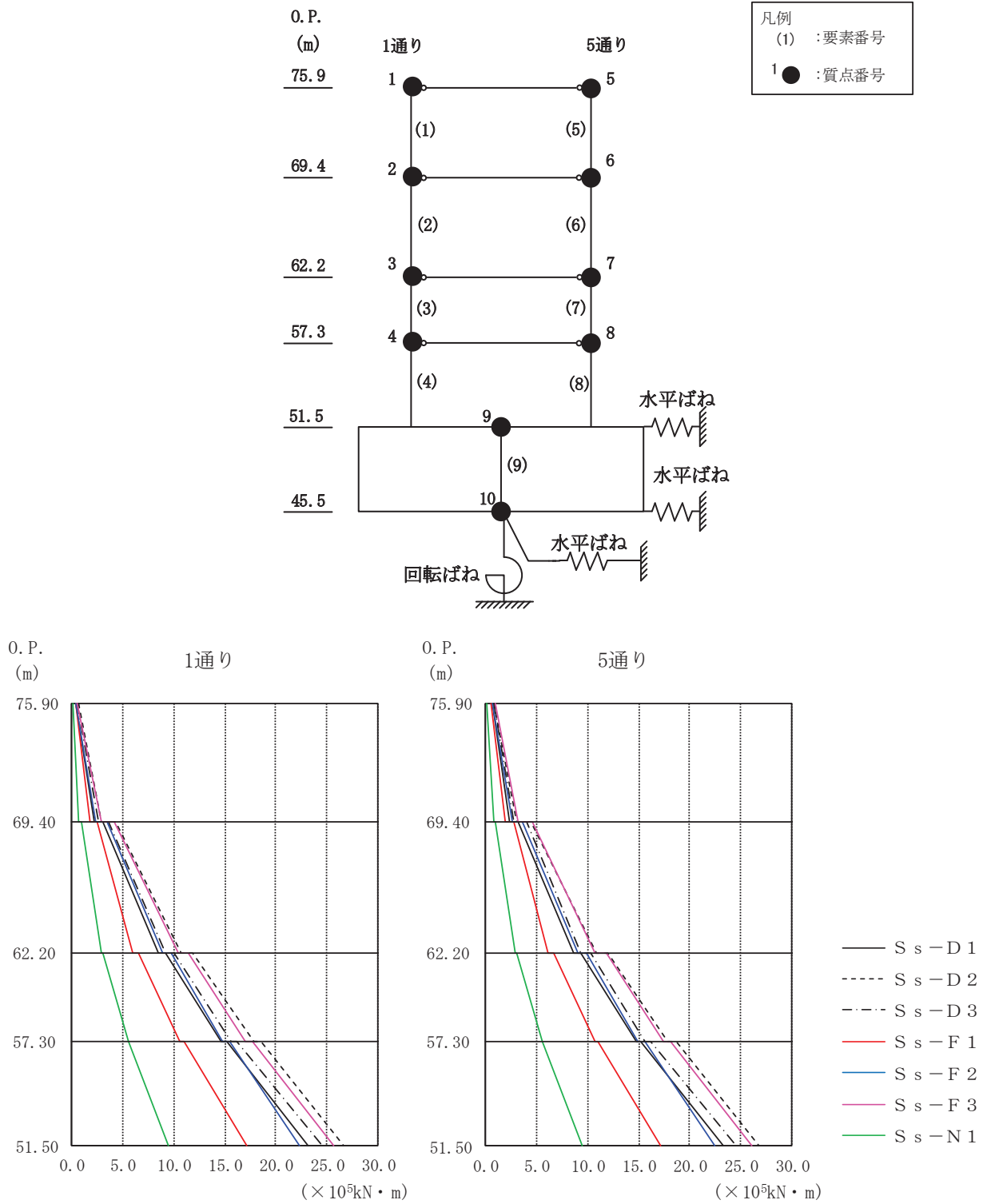


図 4-9 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向)

表 4-10 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値   |
|----------|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
|          | $S_s-D1$   | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |       |
| (1)      | 0.35   | 0.59     | 0.47     | 0.31     | 0.41     | 0.57     | 0.09     | 0.59  |
|          | 2.22   | 2.83     | 2.56     | 1.71     | 2.34     | 2.83     | 0.71     | 2.83  |
| (2)      | 2.97   | 4.26     | 3.64     | 2.45     | 3.39     | 4.18     | 0.92     | 4.26  |
|          | 8.55   | 10.71    | 9.12     | 6.00     | 8.89     | 10.50    | 2.95     | 10.71 |
| (3)      | 9.18   | 11.82    | 10.00    | 6.49     | 9.73     | 11.40    | 3.07     | 11.82 |
|          | 14.69  | 17.78    | 15.62    | 10.64    | 14.80    | 17.06    | 5.49     | 17.78 |
| (4)      | 15.17  | 18.55    | 16.15    | 10.99    | 15.41    | 17.71    | 5.59     | 18.55 |
|          | 23.16  | 26.71    | 24.54    | 17.19    | 22.34    | 25.65    | 9.51     | 26.71 |
| (5)      | 0.60   | 0.85     | 0.74     | 0.52     | 0.63     | 0.93     | 0.15     | 0.93  |
|          | 2.36   | 3.08     | 2.80     | 1.89     | 2.54     | 3.15     | 0.76     | 3.15  |
| (6)      | 3.13   | 4.48     | 3.96     | 2.71     | 3.62     | 4.58     | 0.98     | 4.58  |
|          | 8.61   | 10.88    | 9.37     | 6.13     | 9.05     | 10.78    | 2.94     | 10.88 |
| (7)      | 9.26   | 11.95    | 10.28    | 6.71     | 9.89     | 11.77    | 3.06     | 11.95 |
|          | 14.74  | 17.90    | 15.67    | 10.66    | 14.95    | 17.40    | 5.48     | 17.90 |
| (8)      | 15.25  | 18.68    | 16.20    | 11.01    | 15.58    | 18.15    | 5.58     | 18.68 |
|          | 23.24  | 26.80    | 24.59    | 17.21    | 22.49    | 26.05    | 9.51     | 26.80 |

注：網掛け部分は最大値

表 4-11 最大応答せん断ひずみ一覧（基準地震動  $S_s$ ，EW 方向）

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値   |
|----------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
|          | $S_s-D1$                        | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |       |
| (1)      | 0.157                           | 0.214    | 0.174    | 0.117    | 0.161    | 0.234    | 0.053    | 0.234 |
| (2)      | 0.158                           | 0.184    | 0.169    | 0.116    | 0.157    | 0.179    | 0.061    | 0.184 |
| (3)      | 0.160                           | 0.185    | 0.169    | 0.121    | 0.155    | 0.168    | 0.074    | 0.185 |
| (4)      | 0.170                           | 0.219    | 0.179    | 0.131    | 0.170    | 0.179    | 0.094    | 0.219 |
| (5)      | 0.155                           | 0.211    | 0.171    | 0.114    | 0.158    | 0.230    | 0.053    | 0.230 |
| (6)      | 0.157                           | 0.183    | 0.168    | 0.116    | 0.156    | 0.177    | 0.061    | 0.183 |
| (7)      | 0.160                           | 0.185    | 0.169    | 0.121    | 0.155    | 0.168    | 0.074    | 0.185 |
| (8)      | 0.170                           | 0.219    | 0.179    | 0.131    | 0.170    | 0.179    | 0.094    | 0.219 |

注：網掛け部分は最大値

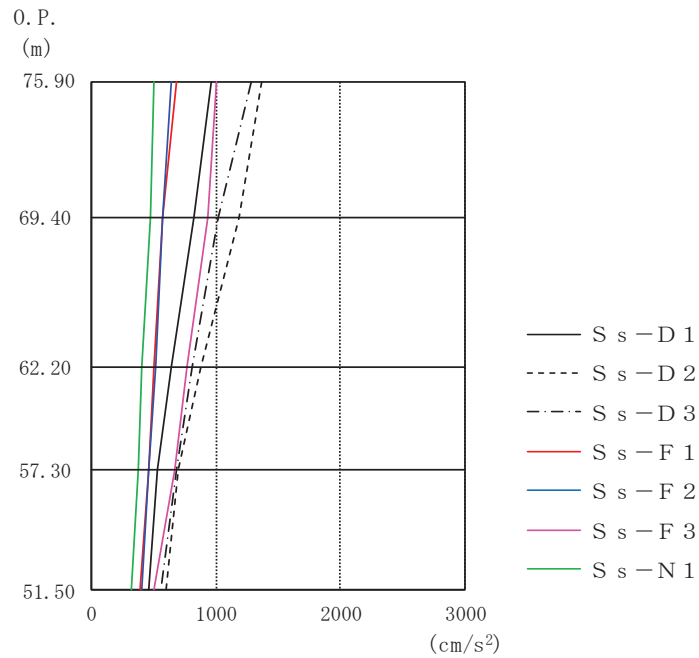
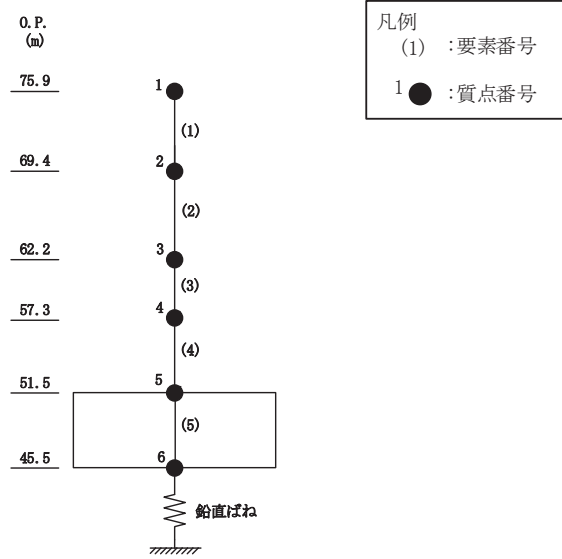


図 4-10 最大応答加速度（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

表 4-12 最大応答加速度一覧（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |          |          |          |          |          |          | 最大値  |
|----------|------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
|          | $S_s-D1$                     | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |      |
| 1        | 964                          | 1376     | 1285     | 689      | 647      | 1009     | 497      | 1376 |
| 2        | 821                          | 1183     | 1026     | 570      | 567      | 933      | 472      | 1183 |
| 3        | 640                          | 885      | 805      | 498      | 511      | 773      | 407      | 885  |
| 4        | 529                          | 703      | 689      | 456      | 465      | 665      | 373      | 703  |
| 5        | 464                          | 602      | 553      | 387      | 406      | 502      | 322      | 602  |

注：網掛け部分は最大値

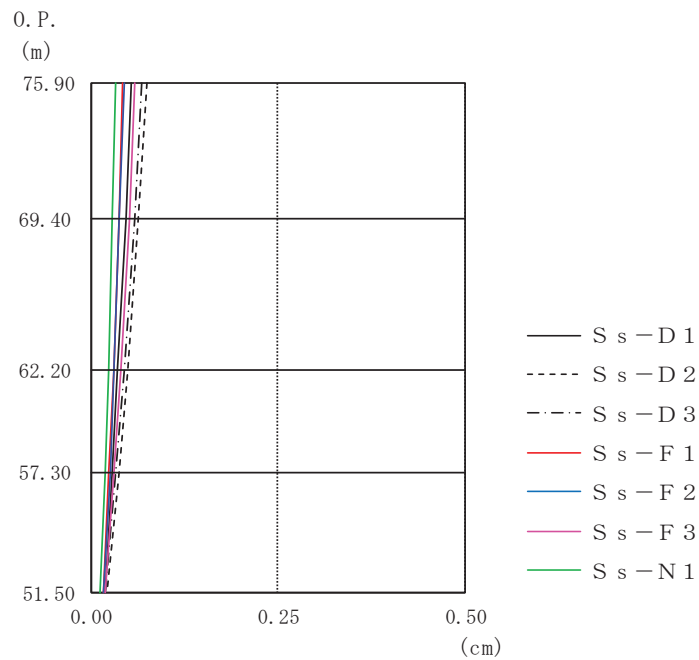
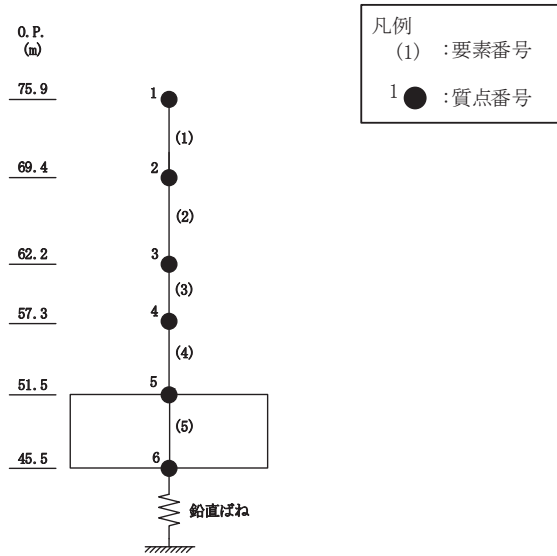


図 4-11 最大応答変位 (基準地震動  $S_s$ , UD 方向)

表 4-13 最大応答変位一覧 (基準地震動  $S_s$ , UD 方向)

| 質点<br>番号 | 最大応答鉛直変位 (cm) |          |          |          |          |          |          | 最大値  |
|----------|---------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|------|
|          | $S_s-D1$      | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |      |
| 1        | 0.05          | 0.08     | 0.07     | 0.04     | 0.04     | 0.06     | 0.03     | 0.08 |
| 2        | 0.05          | 0.06     | 0.06     | 0.04     | 0.04     | 0.05     | 0.03     | 0.06 |
| 3        | 0.04          | 0.05     | 0.04     | 0.03     | 0.03     | 0.04     | 0.02     | 0.05 |
| 4        | 0.03          | 0.04     | 0.03     | 0.02     | 0.02     | 0.03     | 0.02     | 0.04 |
| 5        | 0.02          | 0.02     | 0.02     | 0.02     | 0.02     | 0.02     | 0.01     | 0.02 |

注：網掛け部分は最大値

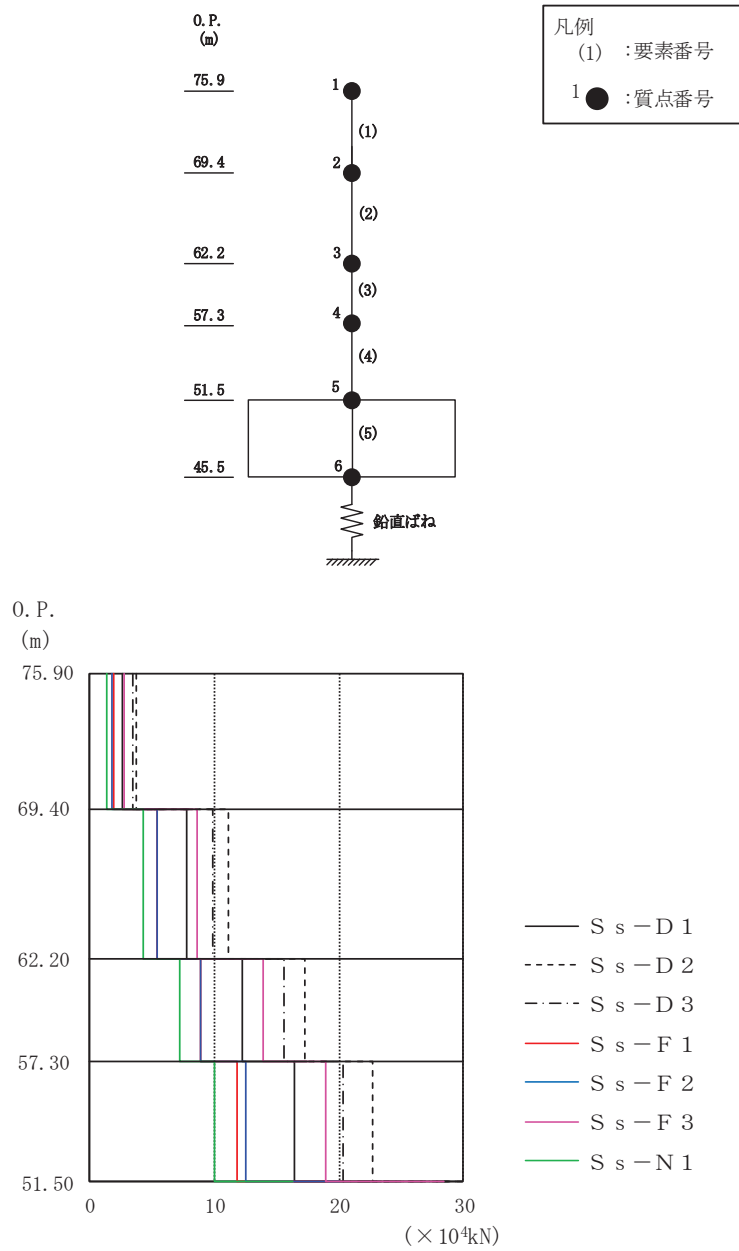


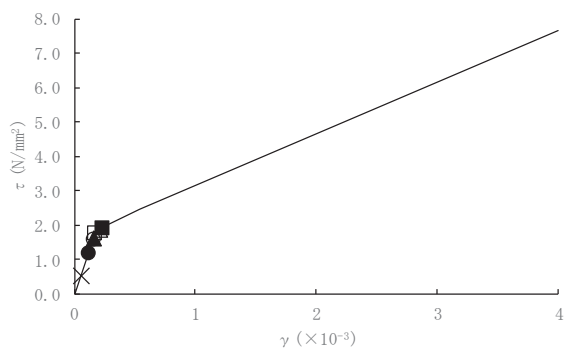
図 4-12 最大応答軸力（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

表 4-14 最大応答軸力一覧（基準地震動  $S_s$ ，UD 方向）

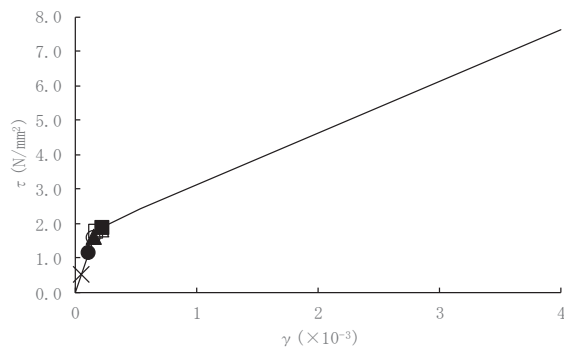
| 要素<br>番号 | 最大応答軸力 ( $\times 10^4 \text{kN}$ ) |          |          |          |          |          |          | 最大値   |
|----------|------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
|          | $S_s-D1$                           | $S_s-D2$ | $S_s-D3$ | $S_s-F1$ | $S_s-F2$ | $S_s-F3$ | $S_s-N1$ |       |
| (1)      | 2.60                               | 3.70     | 3.45     | 1.85     | 1.74     | 2.70     | 1.34     | 3.70  |
| (2)      | 7.72                               | 11.07    | 9.84     | 5.44     | 5.32     | 8.54     | 4.30     | 11.07 |
| (3)      | 12.29                              | 17.31    | 15.55    | 8.82     | 8.94     | 13.97    | 7.20     | 17.31 |
| (4)      | 16.36                              | 22.64    | 20.37    | 11.87    | 12.52    | 18.90    | 10.01    | 22.64 |

注：網掛け部分は最大値

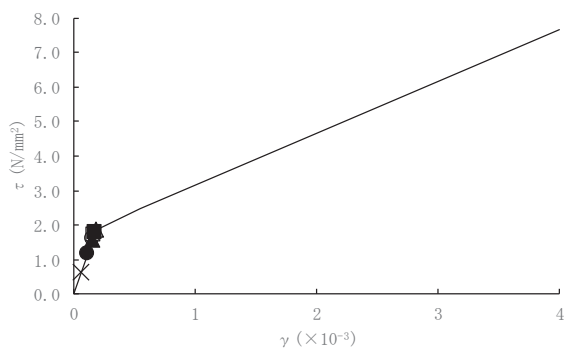
○ S<sub>s</sub>-D1   Δ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



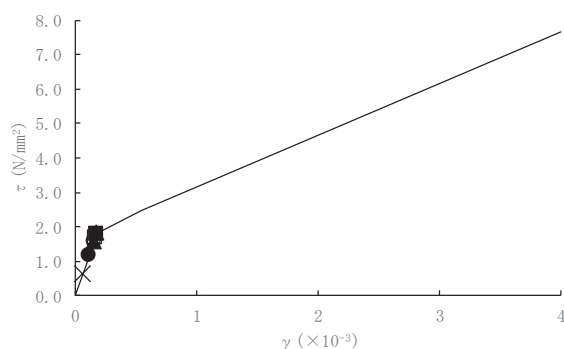
要素番号(1)



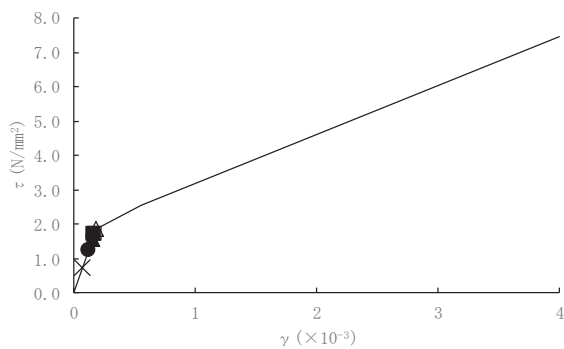
要素番号(5)



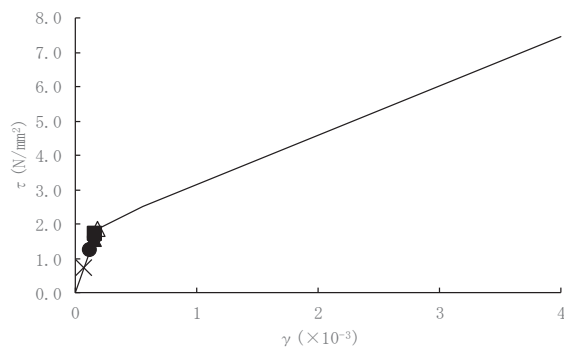
要素番号(2)



要素番号(6)



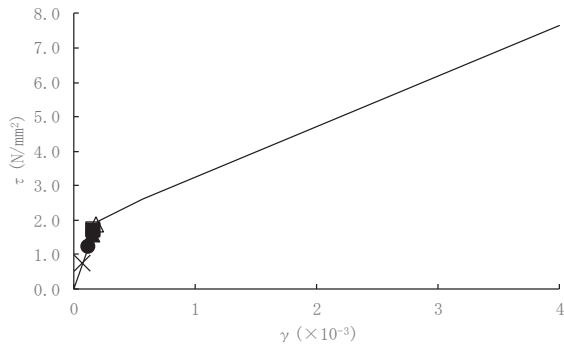
要素番号(3)



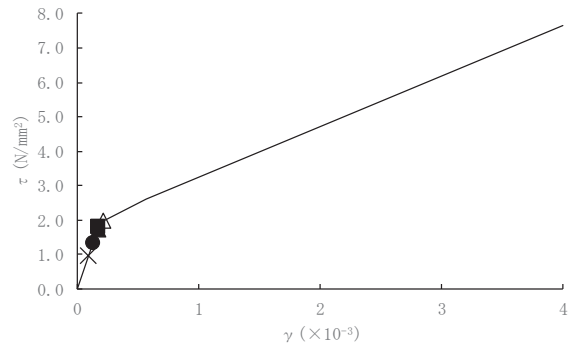
要素番号(7)

図 4-13(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向) (1/2)

○ S<sub>s</sub>-D1   Δ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



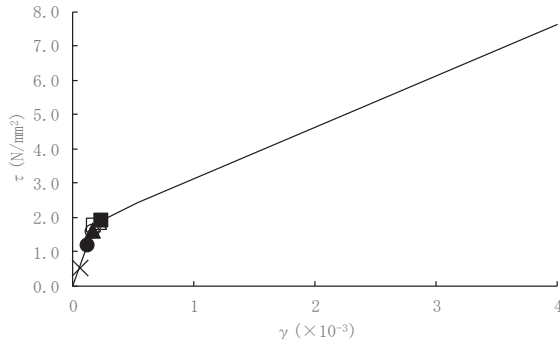
要素番号(4)



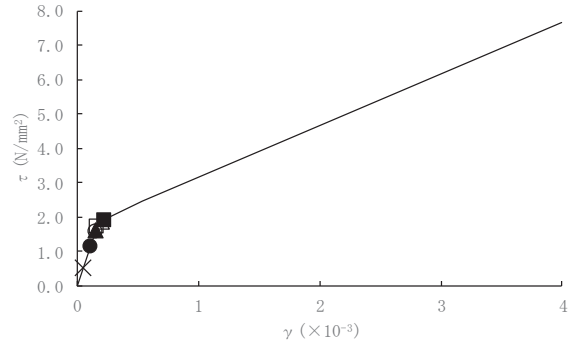
要素番号(8)

図 4-13(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向) (2/2)

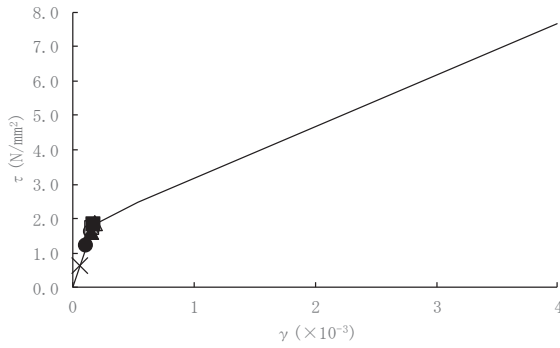
○ S<sub>s</sub>-D1   △ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



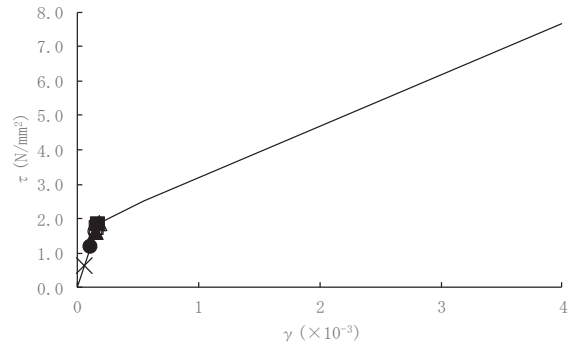
要素番号(1)



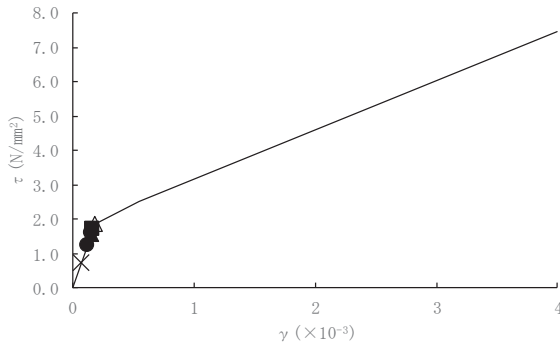
要素番号(5)



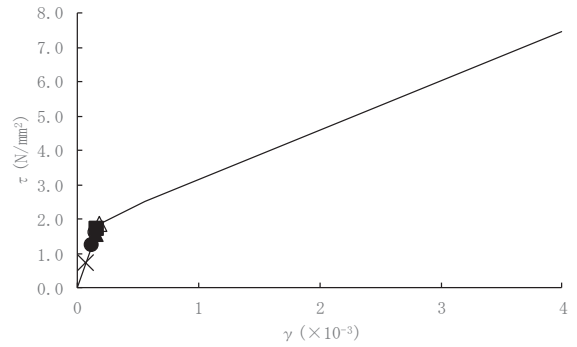
要素番号(2)



要素番号(6)



要素番号(3)

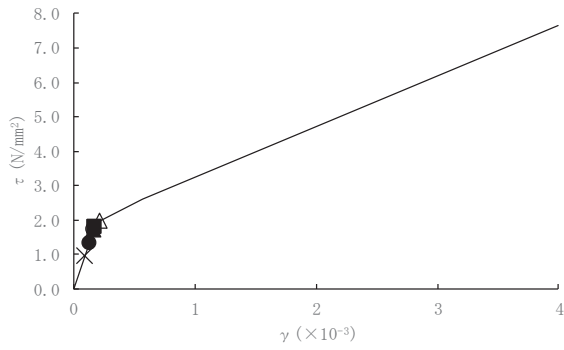


要素番号(7)

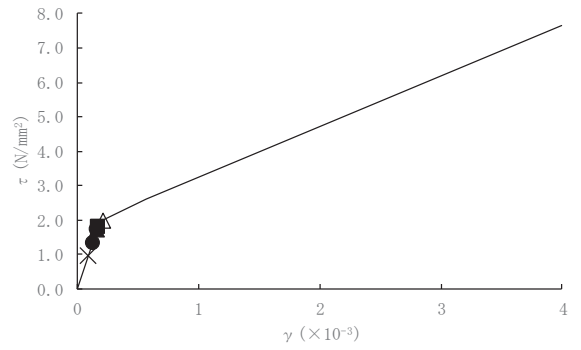
図 4-13(3) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向) (1/2)



○ S<sub>s</sub>-D1   Δ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



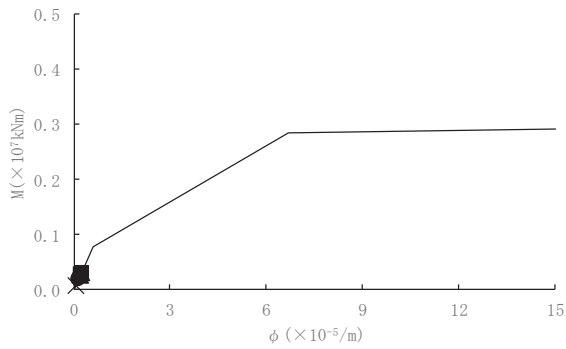
要素番号(4)



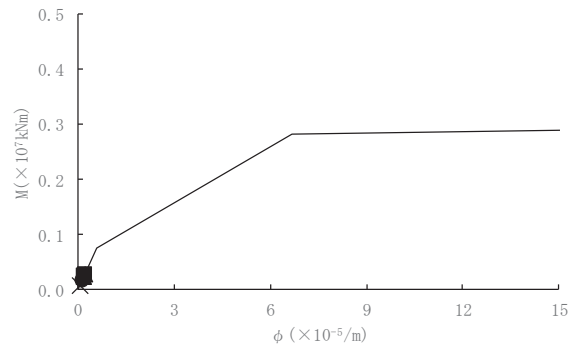
要素番号(8)

図 4-13(4) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向) (2/2)

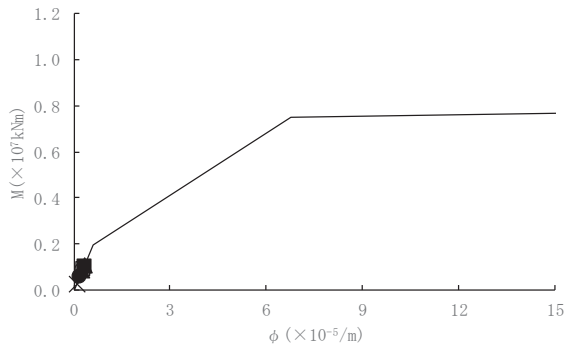
○ S<sub>s</sub>-D1   Δ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



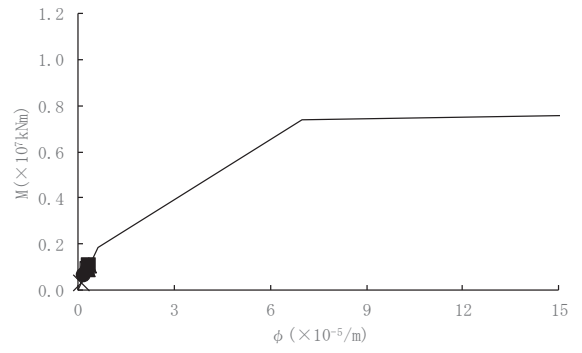
要素番号(1)



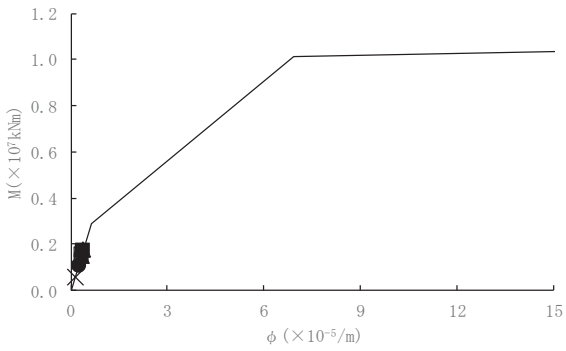
要素番号(5)



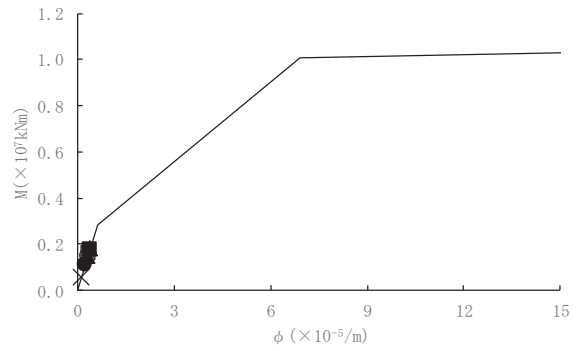
要素番号(2)



要素番号(6)



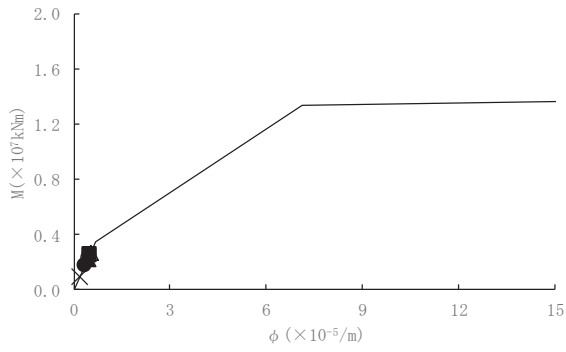
要素番号(3)



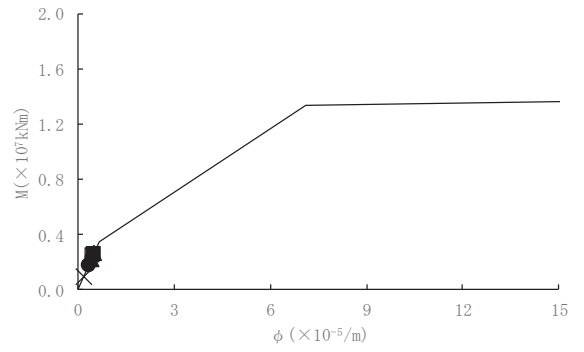
要素番号(7)

図 4-14(1) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向) (1/2)

○ S<sub>s</sub>-D1   Δ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



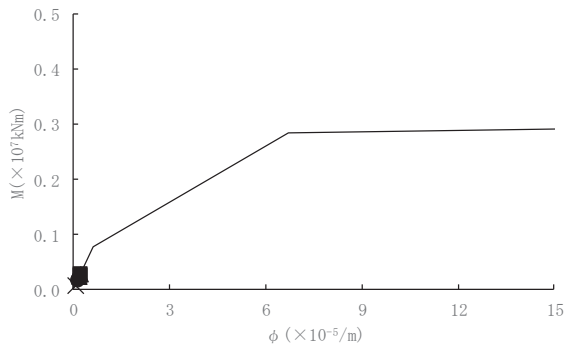
要素番号(4)



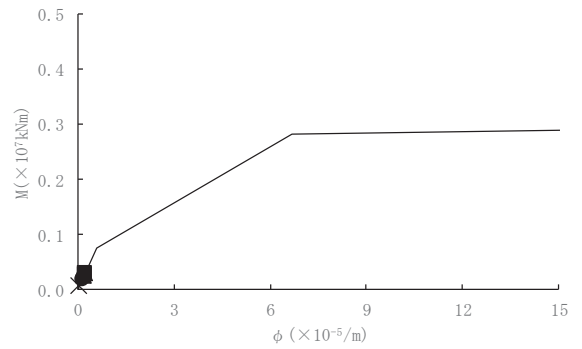
要素番号(8)

図 4-14(2) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, NS 方向) (2/2)

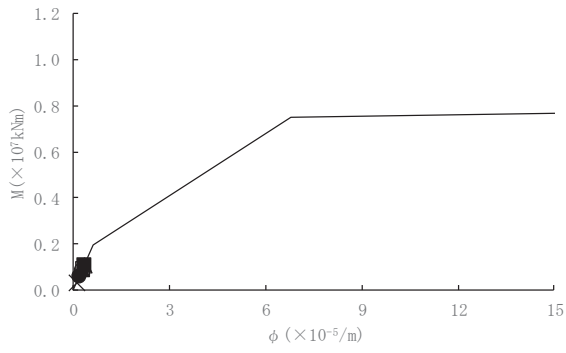
○ S<sub>s</sub>-D1   Δ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



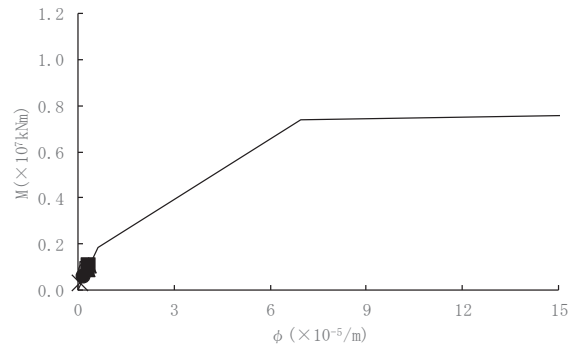
要素番号(1)



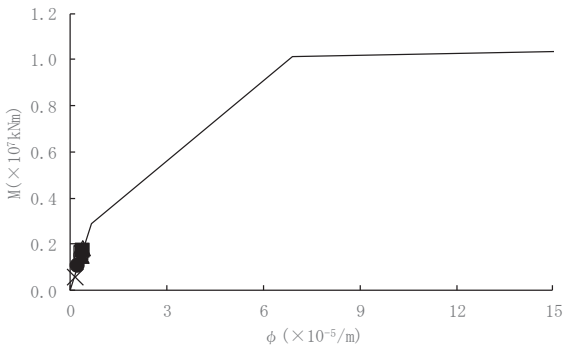
要素番号(5)



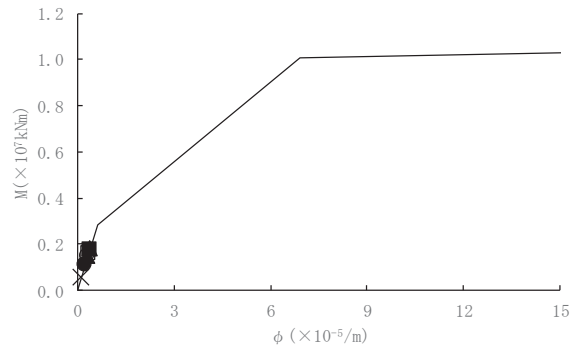
要素番号(2)



要素番号(6)



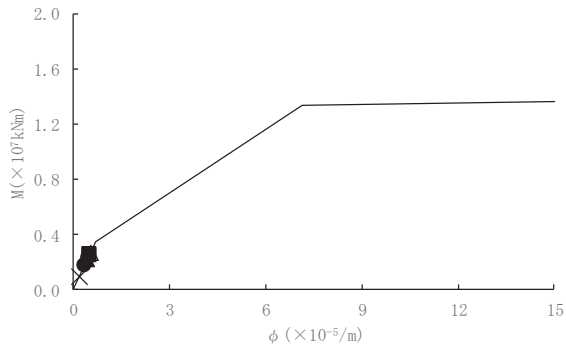
要素番号(3)



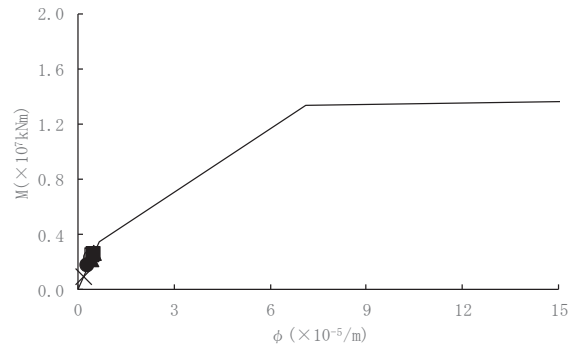
要素番号(7)

図 4-14(3) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向) (1/2)

○ S<sub>s</sub>-D1   Δ S<sub>s</sub>-D2   □ S<sub>s</sub>-D3   ● S<sub>s</sub>-F1   ▲ S<sub>s</sub>-F2   ■ S<sub>s</sub>-F3   × S<sub>s</sub>-N1



要素番号(4)



要素番号(8)

図 4-14(4) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向) (2/2)

表 4-15 基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果に基づく接地率

(a) NS 方向

| 地震動         | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大転倒モーメント<br>( $\times 10^6$ kN·m) | 最小接地率<br>(%) |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------|
| $S_s - D 1$ | 701                           | 6.595                              | 93.5         |
| $S_s - D 2$ | 698                           | 7.945                              | 82.0         |
| $S_s - D 3$ | 744                           | 7.105                              | 89.2         |
| $S_s - F 1$ | 594                           | 4.894                              | 100.0        |
| $S_s - F 2$ | 674                           | 6.222                              | 96.7         |
| $S_s - F 3$ | 666                           | 7.377                              | 86.9         |
| $S_s - N 1$ | 511                           | 3.589                              | 100.0        |

(b) EW 方向

| 地震動         | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大転倒モーメント<br>( $\times 10^6$ kN·m) | 最小接地率<br>(%) |
|-------------|-------------------------------|------------------------------------|--------------|
| $S_s - D 1$ | 701                           | 6.593                              | 93.6         |
| $S_s - D 2$ | 697                           | 7.939                              | 82.0         |
| $S_s - D 3$ | 743                           | 7.095                              | 89.3         |
| $S_s - F 1$ | 593                           | 4.882                              | 100.0        |
| $S_s - F 2$ | 673                           | 6.208                              | 96.9         |
| $S_s - F 3$ | 666                           | 7.380                              | 86.8         |
| $S_s - N 1$ | 511                           | 3.592                              | 100.0        |

#### 4.1.2 材料物性の不確かさを考慮したケースの地震応答解析結果

材料物性の不確かさを考慮した基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析結果について、基本ケースによる解析結果とあわせて表 4-16～表 4-26 に示す。

表 4-16 最大応答加速度一覧表 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$                  |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)         | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2603                         | 2641  | 2579  | 2685  | 2727  | 2608  | 2603                 | 2641  | 2603  | 2685  | 2727  | 2668  |
| 2        | 1827                         | 1906  | 1707  | 1928  | 1981  | 1791  | 1827                 | 1906  | 1707  | 1928  | 1981  | 1791  |
| 3        | 1253                         | 1292  | 1235  | 1221  | 1214  | 1126  | 1262                 | 1296  | 1235  | 1321  | 1368  | 1229  |
| 4        | 984                          | 972   | 929   | 894   | 863   | 911   | 984                  | 972   | 929   | 894   | 864   | 911   |
| 5        | 2603                         | 2641  | 2579  | 2685  | 2727  | 2608  | 2603                 | 2641  | 2603  | 2685  | 2727  | 2668  |
| 6        | 1827                         | 1906  | 1707  | 1928  | 1981  | 1791  | 1827                 | 1906  | 1707  | 1928  | 1981  | 1791  |
| 7        | 1253                         | 1292  | 1235  | 1221  | 1214  | 1126  | 1262                 | 1296  | 1235  | 1321  | 1368  | 1229  |
| 8        | 984                          | 972   | 929   | 894   | 863   | 911   | 984                  | 972   | 929   | 894   | 864   | 911   |
| 9        | 673                          | 717   | 630   | 603   | 610   | 599   | 673                  | 717   | 630   | 612   | 622   | 599   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - F 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$                  |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)         | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2590                         | 2586  | 2603  | 2183  | 2361  | 2060  | 2603                 | 2641  | 2603  | 2685  | 2727  | 2668  |
| 2        | 1667                         | 1786  | 1531  | 1879  | 1941  | 1770  | 1827                 | 1906  | 1707  | 1928  | 1981  | 1791  |
| 3        | 1262                         | 1296  | 1212  | 1321  | 1368  | 1229  | 1262                 | 1296  | 1235  | 1321  | 1368  | 1229  |
| 4        | 891                          | 913   | 914   | 825   | 859   | 785   | 984                  | 972   | 929   | 894   | 864   | 911   |
| 5        | 2590                         | 2586  | 2603  | 2183  | 2361  | 2060  | 2603                 | 2641  | 2603  | 2685  | 2727  | 2668  |
| 6        | 1667                         | 1786  | 1531  | 1879  | 1941  | 1770  | 1827                 | 1906  | 1707  | 1928  | 1981  | 1791  |
| 7        | 1262                         | 1296  | 1212  | 1321  | 1368  | 1229  | 1262                 | 1296  | 1235  | 1321  | 1368  | 1229  |
| 8        | 891                          | 913   | 914   | 825   | 859   | 785   | 984                  | 972   | 929   | 894   | 864   | 911   |
| 9        | 579                          | 621   | 580   | 566   | 584   | 581   | 673                  | 717   | 630   | 612   | 622   | 599   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$



表 4-17 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向)

(a)  $S_s - D2$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D2$           |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 0.60                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.84  | 0.75  | 0.60                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.84  | 0.75  |
| 2        | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  |
| 3        | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  |
| 4        | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.19  | 0.17  | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.20  | 0.17  |
| 5        | 0.60                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.84  | 0.75  | 0.60                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.84  | 0.75  |
| 6        | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  |
| 7        | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  |
| 8        | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.19  | 0.17  | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.20  | 0.17  |
| 9        | 0.04                 | 0.04  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04                 | 0.04  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.04  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - F3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F3$           |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 0.58                 | 0.61  | 0.54  | 0.72  | 0.76  | 0.67  | 0.60                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.84  | 0.75  |
| 2        | 0.39                 | 0.42  | 0.37  | 0.54  | 0.57  | 0.50  | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  |
| 3        | 0.22                 | 0.24  | 0.21  | 0.33  | 0.34  | 0.30  | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  |
| 4        | 0.12                 | 0.13  | 0.11  | 0.18  | 0.20  | 0.17  | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.20  | 0.17  |
| 5        | 0.58                 | 0.61  | 0.54  | 0.72  | 0.76  | 0.67  | 0.60                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.84  | 0.75  |
| 6        | 0.39                 | 0.42  | 0.37  | 0.54  | 0.57  | 0.50  | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  |
| 7        | 0.22                 | 0.24  | 0.21  | 0.33  | 0.34  | 0.30  | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  |
| 8        | 0.12                 | 0.13  | 0.11  | 0.18  | 0.20  | 0.17  | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.20  | 0.17  |
| 9        | 0.03                 | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.04                 | 0.04  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.04  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

表 4-18 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |        |        |        |        |        |                      |        |        |        |        |        |
|----------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | $S_s - D 2$                          |        |        |        |        |        | 最大値                  |        |        |        |        |        |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                 | ケース 2  | ケース 3  | ケース 4  | ケース 5  | ケース 6  | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2  | ケース 3  | ケース 4  | ケース 5  | ケース 6  |
| (1)      | 34.51                                | 34.64  | 33.97  | 35.88  | 36.57  | 35.28  | 35.14                | 35.35  | 34.47  | 36.06  | 36.57  | 36.05  |
| (2)      | 85.51                                | 86.73  | 80.04  | 90.95  | 92.37  | 87.24  | 85.51                | 86.73  | 80.04  | 90.95  | 92.37  | 87.24  |
| (3)      | 130.32                               | 131.05 | 126.22 | 137.78 | 139.11 | 130.13 | 130.32               | 131.05 | 126.22 | 137.78 | 139.11 | 130.13 |
| (4)      | 159.51                               | 162.88 | 155.93 | 164.75 | 166.94 | 156.64 | 159.51               | 162.88 | 155.93 | 164.75 | 166.94 | 156.64 |
| (5)      | 33.96                                | 34.10  | 33.41  | 35.30  | 35.99  | 34.73  | 34.60                | 34.82  | 33.93  | 35.50  | 35.99  | 35.49  |
| (6)      | 93.32                                | 95.04  | 87.23  | 99.61  | 101.16 | 95.18  | 93.32                | 95.04  | 87.23  | 99.61  | 101.16 | 95.18  |
| (7)      | 129.92                               | 130.65 | 125.81 | 137.39 | 138.71 | 129.75 | 129.92               | 130.65 | 125.81 | 137.39 | 138.71 | 129.75 |
| (8)      | 158.65                               | 162.03 | 155.08 | 163.86 | 166.05 | 156.50 | 158.65               | 162.03 | 155.08 | 163.86 | 166.05 | 156.50 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - F 3$

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |        |        |        |        |        |                      |        |        |        |        |        |
|----------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | $S_s - F 3$                          |        |        |        |        |        | 最大値                  |        |        |        |        |        |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                 | ケース 2  | ケース 3  | ケース 4  | ケース 5  | ケース 6  | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2  | ケース 3  | ケース 4  | ケース 5  | ケース 6  |
| (1)      | 35.14                                | 35.35  | 34.47  | 29.65  | 31.68  | 28.04  | 35.14                | 35.35  | 34.47  | 36.06  | 36.57  | 36.05  |
| (2)      | 83.33                                | 85.87  | 77.73  | 84.68  | 88.70  | 78.69  | 85.51                | 86.73  | 80.04  | 90.95  | 92.37  | 87.24  |
| (3)      | 118.62                               | 126.22 | 109.56 | 133.71 | 138.00 | 123.88 | 130.32               | 131.05 | 126.22 | 137.78 | 139.11 | 130.13 |
| (4)      | 146.21                               | 155.00 | 135.77 | 164.19 | 166.49 | 153.69 | 159.51               | 162.88 | 155.93 | 164.75 | 166.94 | 156.64 |
| (5)      | 34.60                                | 34.82  | 33.93  | 29.32  | 31.26  | 27.77  | 34.60                | 34.82  | 33.93  | 35.50  | 35.99  | 35.49  |
| (6)      | 91.02                                | 94.09  | 84.94  | 92.25  | 96.64  | 85.72  | 93.32                | 95.04  | 87.23  | 99.61  | 101.16 | 95.18  |
| (7)      | 118.31                               | 125.86 | 109.29 | 133.21 | 137.58 | 123.42 | 129.92               | 130.65 | 125.81 | 137.39 | 138.71 | 129.75 |
| (8)      | 146.06                               | 154.47 | 135.62 | 163.29 | 165.58 | 153.51 | 158.65               | 162.03 | 155.08 | 163.86 | 166.05 | 156.50 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

表 4-19(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向) (1/2)

(a)  $S_s - D2$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D2$   |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 0.80   | 0.79  | 0.83  | 0.79  | 0.79  | 0.86  | 0.86                 | 0.89  | 0.87  | 0.86  | 0.81  | 0.89  |
|          | 3.07   | 3.09  | 3.07  | 3.02  | 3.16  | 2.88  | 3.12                 | 3.14  | 3.13  | 3.22  | 3.20  | 3.24  |
| (2)      | 4.42   | 4.44  | 4.43  | 4.11  | 4.39  | 4.04  | 4.48                 | 4.48  | 4.47  | 4.55  | 4.44  | 4.62  |
|          | 10.59  | 10.81 | 10.20 | 10.67 | 11.16 | 10.15 | 10.59                | 10.81 | 10.20 | 10.67 | 11.16 | 10.15 |
| (3)      | 11.65  | 11.96 | 11.21 | 11.62 | 12.20 | 10.96 | 11.65                | 11.96 | 11.21 | 11.62 | 12.20 | 11.13 |
|          | 17.62  | 18.36 | 16.54 | 18.40 | 19.06 | 17.34 | 17.62                | 18.36 | 16.54 | 18.40 | 19.06 | 17.34 |
| (4)      | 18.39  | 19.19 | 17.31 | 19.08 | 19.82 | 17.95 | 18.39                | 19.19 | 17.31 | 19.08 | 19.82 | 17.95 |
|          | 26.56  | 27.97 | 25.24 | 28.64 | 29.59 | 27.03 | 26.56                | 27.97 | 25.24 | 28.64 | 29.59 | 27.03 |
| (5)      | 0.63   | 0.59  | 0.60  | 0.52  | 0.55  | 0.58  | 0.63                 | 0.66  | 0.61  | 0.62  | 0.63  | 0.64  |
|          | 2.85   | 2.85  | 2.82  | 2.78  | 2.91  | 2.68  | 2.85                 | 2.85  | 2.84  | 2.96  | 2.93  | 2.97  |
| (6)      | 4.29   | 4.25  | 4.27  | 3.89  | 4.19  | 3.78  | 4.29                 | 4.25  | 4.27  | 4.34  | 4.29  | 4.41  |
|          | 11.01  | 11.18 | 10.55 | 11.12 | 11.58 | 10.55 | 11.01                | 11.18 | 10.55 | 11.12 | 11.58 | 10.55 |
| (7)      | 12.07  | 12.33 | 11.57 | 12.03 | 12.60 | 11.32 | 12.07                | 12.33 | 11.57 | 12.03 | 12.60 | 11.41 |
|          | 18.01  | 18.71 | 16.88 | 18.79 | 19.44 | 17.68 | 18.01                | 18.71 | 16.88 | 18.79 | 19.44 | 17.68 |
| (8)      | 18.77  | 19.49 | 17.65 | 19.41 | 20.15 | 18.27 | 18.77                | 19.49 | 17.65 | 19.41 | 20.15 | 18.27 |
|          | 26.92  | 28.30 | 25.58 | 28.96 | 29.91 | 27.34 | 26.92                | 28.30 | 25.58 | 28.96 | 29.91 | 27.34 |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 4-19(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , NS 方向) (2/2)

(b)  $S_s - F3$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F3$   |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 0.86   | 0.89  | 0.87  | 0.60  | 0.56  | 0.61  | 0.86                 | 0.89  | 0.87  | 0.86  | 0.81  | 0.89  |
|          | 3.12   | 3.14  | 3.13  | 2.46  | 2.54  | 2.34  | 3.12                 | 3.14  | 3.13  | 3.22  | 3.20  | 3.24  |
| (2)      | 4.48   | 4.48  | 4.47  | 3.31  | 3.39  | 3.25  | 4.48                 | 4.48  | 4.47  | 4.55  | 4.44  | 4.62  |
|          | 10.45  | 10.63 | 10.03 | 9.06  | 9.61  | 8.36  | 10.59                | 10.81 | 10.20 | 10.67 | 11.16 | 10.15 |
| (3)      | 11.42  | 11.72 | 11.03 | 9.68  | 10.37 | 8.91  | 11.65                | 11.96 | 11.21 | 11.62 | 12.20 | 11.13 |
|          | 17.06  | 17.74 | 16.15 | 16.23 | 17.15 | 14.97 | 17.62                | 18.36 | 16.54 | 18.40 | 19.06 | 17.34 |
| (4)      | 17.79  | 18.53 | 16.84 | 16.72 | 17.69 | 15.41 | 18.39                | 19.19 | 17.31 | 19.08 | 19.82 | 17.95 |
|          | 25.72  | 27.06 | 24.01 | 26.24 | 27.34 | 24.32 | 26.56                | 27.97 | 25.24 | 28.64 | 29.59 | 27.03 |
| (5)      | 0.63   | 0.66  | 0.61  | 0.41  | 0.44  | 0.40  | 0.63                 | 0.66  | 0.61  | 0.62  | 0.63  | 0.64  |
|          | 2.82   | 2.85  | 2.84  | 2.31  | 2.40  | 2.18  | 2.85                 | 2.85  | 2.84  | 2.96  | 2.93  | 2.97  |
| (6)      | 4.23   | 4.22  | 4.20  | 3.23  | 3.36  | 3.06  | 4.29                 | 4.25  | 4.27  | 4.34  | 4.29  | 4.41  |
|          | 10.76  | 11.03 | 10.29 | 9.51  | 10.07 | 8.80  | 11.01                | 11.18 | 10.55 | 11.12 | 11.58 | 10.55 |
| (7)      | 11.67  | 12.03 | 11.21 | 10.15 | 10.84 | 9.34  | 12.07                | 12.33 | 11.57 | 12.03 | 12.60 | 11.41 |
|          | 17.30  | 18.04 | 16.34 | 16.66 | 17.60 | 15.38 | 18.01                | 18.71 | 16.88 | 18.79 | 19.44 | 17.68 |
| (8)      | 17.96  | 18.74 | 16.98 | 17.17 | 18.11 | 15.80 | 18.77                | 19.49 | 17.65 | 19.41 | 20.15 | 18.27 |
|          | 25.89  | 27.26 | 24.15 | 26.64 | 27.76 | 24.70 | 26.92                | 28.30 | 25.58 | 28.96 | 29.91 | 27.34 |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 4-20 最大応答加速度一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $cm/s^2$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2593                 | 2623  | 2537  | 2671  | 2721  | 2605  | 2593                 | 2623  | 2592  | 2687  | 2721  | 2676  |
| 2        | 1832                 | 1889  | 1712  | 1901  | 1955  | 1801  | 1832                 | 1889  | 1712  | 1901  | 1955  | 1801  |
| 3        | 1250                 | 1293  | 1234  | 1228  | 1231  | 1125  | 1261                 | 1295  | 1234  | 1316  | 1366  | 1224  |
| 4        | 982                  | 971   | 927   | 895   | 862   | 911   | 982                  | 971   | 927   | 895   | 862   | 911   |
| 5        | 2593                 | 2623  | 2537  | 2671  | 2721  | 2605  | 2593                 | 2623  | 2592  | 2687  | 2721  | 2676  |
| 6        | 1832                 | 1889  | 1712  | 1901  | 1955  | 1801  | 1832                 | 1889  | 1712  | 1901  | 1955  | 1801  |
| 7        | 1250                 | 1293  | 1234  | 1228  | 1231  | 1125  | 1261                 | 1295  | 1234  | 1316  | 1366  | 1224  |
| 8        | 982                  | 971   | 927   | 895   | 862   | 911   | 982                  | 971   | 927   | 895   | 862   | 911   |
| 9        | 673                  | 712   | 630   | 603   | 609   | 599   | 673                  | 712   | 630   | 612   | 622   | 599   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - F 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $cm/s^2$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 2584                 | 2609  | 2592  | 2182  | 2362  | 2059  | 2593                 | 2623  | 2592  | 2687  | 2721  | 2676  |
| 2        | 1673                 | 1762  | 1532  | 1887  | 1950  | 1775  | 1832                 | 1889  | 1712  | 1901  | 1955  | 1801  |
| 3        | 1261                 | 1295  | 1210  | 1316  | 1366  | 1224  | 1261                 | 1295  | 1234  | 1316  | 1366  | 1224  |
| 4        | 890                  | 911   | 911   | 819   | 855   | 781   | 982                  | 971   | 927   | 895   | 862   | 911   |
| 5        | 2584                 | 2609  | 2592  | 2182  | 2362  | 2059  | 2593                 | 2623  | 2592  | 2687  | 2721  | 2676  |
| 6        | 1673                 | 1762  | 1532  | 1887  | 1950  | 1775  | 1832                 | 1889  | 1712  | 1901  | 1955  | 1801  |
| 7        | 1261                 | 1295  | 1210  | 1316  | 1366  | 1224  | 1261                 | 1295  | 1234  | 1316  | 1366  | 1224  |
| 8        | 890                  | 911   | 911   | 819   | 855   | 781   | 982                  | 971   | 927   | 895   | 862   | 911   |
| 9        | 579                  | 621   | 580   | 567   | 584   | 582   | 673                  | 712   | 630   | 612   | 622   | 599   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

表 4-21 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 0.61                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.85  | 0.75  | 0.61                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.85  | 0.75  |
| 2        | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  |
| 3        | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  |
| 4        | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.19  | 0.17  | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.20  | 0.17  |
| 5        | 0.61                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.85  | 0.75  | 0.61                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.85  | 0.75  |
| 6        | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  |
| 7        | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  |
| 8        | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.19  | 0.17  | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.20  | 0.17  |
| 9        | 0.04                 | 0.04  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.04  | 0.04                 | 0.04  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.04  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - F 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$          |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| 1        | 0.59                 | 0.61  | 0.55  | 0.73  | 0.77  | 0.67  | 0.61                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.85  | 0.75  |
| 2        | 0.40                 | 0.42  | 0.37  | 0.54  | 0.57  | 0.50  | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  |
| 3        | 0.22                 | 0.24  | 0.21  | 0.33  | 0.34  | 0.30  | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  |
| 4        | 0.12                 | 0.13  | 0.11  | 0.18  | 0.20  | 0.17  | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.20  | 0.17  |
| 5        | 0.59                 | 0.61  | 0.55  | 0.73  | 0.77  | 0.67  | 0.61                 | 0.65  | 0.56  | 0.80  | 0.85  | 0.75  |
| 6        | 0.40                 | 0.42  | 0.37  | 0.54  | 0.57  | 0.50  | 0.44                 | 0.46  | 0.41  | 0.57  | 0.60  | 0.53  |
| 7        | 0.22                 | 0.24  | 0.21  | 0.33  | 0.34  | 0.30  | 0.26                 | 0.28  | 0.24  | 0.33  | 0.35  | 0.31  |
| 8        | 0.12                 | 0.13  | 0.11  | 0.18  | 0.20  | 0.17  | 0.15                 | 0.16  | 0.13  | 0.18  | 0.20  | 0.17  |
| 9        | 0.03                 | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.03  | 0.04                 | 0.04  | 0.03  | 0.04  | 0.04  | 0.04  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 -  $\sigma$

表 4-22 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |        |        |        |        |        |                      |        |        |        |        |        |
|----------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | $S_s - D 2$                          |        |        |        |        |        | 最大値                  |        |        |        |        |        |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                 | ケース 2  | ケース 3  | ケース 4  | ケース 5  | ケース 6  | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2  | ケース 3  | ケース 4  | ケース 5  | ケース 6  |
| (1)      | 34.08                                | 34.23  | 33.54  | 35.42  | 36.05  | 34.86  | 34.73                | 34.90  | 34.04  | 35.68  | 36.05  | 35.64  |
| (2)      | 88.74                                | 90.35  | 84.23  | 94.54  | 96.36  | 91.95  | 88.74                | 90.35  | 84.23  | 94.54  | 96.36  | 91.95  |
| (3)      | 129.89                               | 130.66 | 126.12 | 137.36 | 138.69 | 130.12 | 129.89               | 130.66 | 126.12 | 137.36 | 138.69 | 130.12 |
| (4)      | 158.62                               | 161.88 | 155.01 | 163.78 | 166.00 | 156.53 | 158.62               | 161.88 | 155.01 | 163.78 | 166.00 | 156.53 |
| (5)      | 34.39                                | 34.51  | 33.86  | 35.71  | 36.32  | 34.84  | 35.03                | 35.15  | 34.32  | 35.94  | 36.32  | 35.90  |
| (6)      | 88.86                                | 90.39  | 83.16  | 94.58  | 96.35  | 90.84  | 88.86                | 90.39  | 83.16  | 94.58  | 96.35  | 90.84  |
| (7)      | 130.20                               | 130.94 | 126.04 | 137.62 | 138.91 | 129.91 | 130.20               | 130.94 | 126.04 | 137.62 | 138.91 | 129.91 |
| (8)      | 159.35                               | 162.59 | 155.74 | 164.53 | 166.74 | 156.44 | 159.35               | 162.59 | 155.74 | 164.53 | 166.74 | 156.44 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b)  $S_s - F 3$

| 要素<br>番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |        |        |        |        |        |                      |        |        |        |        |        |
|----------|--------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
|          | $S_s - F 3$                          |        |        |        |        |        | 最大値                  |        |        |        |        |        |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                 | ケース 2  | ケース 3  | ケース 4  | ケース 5  | ケース 6  | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2  | ケース 3  | ケース 4  | ケース 5  | ケース 6  |
| (1)      | 34.73                                | 34.90  | 34.04  | 29.71  | 31.66  | 28.12  | 34.73                | 34.90  | 34.04  | 35.68  | 36.05  | 35.64  |
| (2)      | 88.07                                | 89.20  | 82.18  | 89.10  | 93.31  | 82.72  | 88.74                | 90.35  | 84.23  | 94.54  | 96.36  | 91.95  |
| (3)      | 118.67                               | 126.28 | 109.60 | 133.47 | 137.60 | 123.61 | 129.89               | 130.66 | 126.12 | 137.36 | 138.69 | 130.12 |
| (4)      | 146.12                               | 154.41 | 135.56 | 163.19 | 165.48 | 153.41 | 158.62               | 161.88 | 155.01 | 163.78 | 166.00 | 156.53 |
| (5)      | 35.03                                | 35.15  | 34.32  | 29.28  | 31.30  | 27.67  | 35.03                | 35.15  | 34.32  | 35.94  | 36.32  | 35.90  |
| (6)      | 86.69                                | 89.25  | 80.78  | 88.38  | 92.55  | 82.07  | 88.86                | 90.39  | 83.16  | 94.58  | 96.35  | 90.84  |
| (7)      | 118.42                               | 126.06 | 109.32 | 133.51 | 137.90 | 123.66 | 130.20               | 130.94 | 126.04 | 137.62 | 138.91 | 129.91 |
| (8)      | 146.12                               | 154.96 | 135.58 | 163.98 | 166.26 | 153.43 | 159.35               | 162.59 | 155.74 | 164.53 | 166.74 | 156.44 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 4-23(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向) (1/2)

(a)  $S_s - D 2$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$  |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 0.59   | 0.57  | 0.57  | 0.48  | 0.55  | 0.53  | 0.59                 | 0.63  | 0.57  | 0.58  | 0.58  | 0.59  |
|          | 2.83   | 2.83  | 2.75  | 2.79  | 2.91  | 2.68  | 2.83                 | 2.88  | 2.81  | 2.95  | 2.92  | 2.95  |
| (2)      | 4.26   | 4.24  | 4.19  | 3.93  | 4.18  | 3.68  | 4.26                 | 4.24  | 4.19  | 4.27  | 4.22  | 4.33  |
|          | 10.71  | 10.80 | 10.25 | 10.77 | 11.18 | 10.29 | 10.71                | 10.80 | 10.25 | 10.77 | 11.18 | 10.29 |
| (3)      | 11.82  | 11.99 | 11.32 | 11.72 | 12.22 | 11.07 | 11.82                | 11.99 | 11.32 | 11.72 | 12.22 | 11.14 |
|          | 17.78  | 18.36 | 16.64 | 18.46 | 19.07 | 17.45 | 17.78                | 18.36 | 16.64 | 18.46 | 19.07 | 17.45 |
| (4)      | 18.55  | 19.17 | 17.41 | 19.13 | 19.82 | 18.04 | 18.55                | 19.17 | 17.41 | 19.13 | 19.82 | 18.04 |
|          | 26.71  | 27.93 | 25.39 | 28.68 | 29.56 | 27.12 | 26.71                | 27.93 | 25.39 | 28.68 | 29.56 | 27.12 |
| (5)      | 0.85   | 0.85  | 0.88  | 0.86  | 0.82  | 0.94  | 0.93                 | 0.94  | 0.93  | 0.92  | 0.87  | 0.94  |
|          | 3.08   | 3.12  | 3.09  | 3.03  | 3.18  | 2.88  | 3.15                 | 3.26  | 3.17  | 3.26  | 3.23  | 3.31  |
| (6)      | 4.48   | 4.55  | 4.48  | 4.15  | 4.46  | 4.15  | 4.58                 | 4.63  | 4.57  | 4.64  | 4.52  | 4.75  |
|          | 10.88  | 11.12 | 10.46 | 10.99 | 11.54 | 10.45 | 10.88                | 11.12 | 10.46 | 10.99 | 11.54 | 10.45 |
| (7)      | 11.95  | 12.28 | 11.47 | 11.92 | 12.59 | 11.25 | 11.95                | 12.28 | 11.47 | 11.92 | 12.59 | 11.45 |
|          | 17.90  | 18.64 | 16.79 | 18.68 | 19.42 | 17.61 | 17.90                | 18.64 | 16.79 | 18.68 | 19.42 | 17.61 |
| (8)      | 18.68  | 19.49 | 17.56 | 19.37 | 20.19 | 18.23 | 18.68                | 19.49 | 17.56 | 19.37 | 20.19 | 18.23 |
|          | 26.80  | 28.44 | 25.46 | 28.97 | 29.93 | 27.30 | 26.80                | 28.44 | 25.46 | 28.97 | 29.93 | 27.30 |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 $+\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮 $\cdot$ 地盤物性 $+\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮 $\cdot$ 地盤物性 $-\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。



表 4-23(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動  $S_s$ , EW 方向) (2/2)

(b)  $S_s - F3$

| 要素<br>番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |       |       |       |       |       |                      |       |       |       |       |       |
|----------|--|-------|-------|-------|-------|-------|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
|          | $S_s - F3$   |       |       |       |       |       | 最大値                  |       |       |       |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)                                 | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 4 | ケース 5 | ケース 6 |
| (1)      | 0.57   | 0.63  | 0.57  | 0.38  | 0.41  | 0.37  | 0.59                 | 0.63  | 0.57  | 0.58  | 0.58  | 0.59  |
|          | 2.83   | 2.88  | 2.81  | 2.30  | 2.39  | 2.17  | 2.83                 | 2.88  | 2.81  | 2.95  | 2.92  | 2.95  |
| (2)      | 4.18   | 4.22  | 4.09  | 3.18  | 3.31  | 3.04  | 4.26                 | 4.24  | 4.19  | 4.27  | 4.22  | 4.33  |
|          | 10.50  | 10.65 | 9.99  | 9.30  | 9.86  | 8.60  | 10.71                | 10.80 | 10.25 | 10.77 | 11.18 | 10.29 |
| (3)      | 11.40  | 11.66 | 10.92 | 9.96  | 10.64 | 9.17  | 11.82                | 11.99 | 11.32 | 11.72 | 12.22 | 11.14 |
|          | 17.06  | 17.70 | 16.07 | 16.48 | 17.40 | 15.21 | 17.78                | 18.36 | 16.64 | 18.46 | 19.07 | 17.45 |
| (4)      | 17.71  | 18.45 | 16.71 | 16.99 | 17.93 | 15.64 | 18.55                | 19.17 | 17.41 | 19.13 | 19.82 | 18.04 |
|          | 25.65  | 27.01 | 23.89 | 26.49 | 27.55 | 24.54 | 26.71                | 27.93 | 25.39 | 28.68 | 29.56 | 27.12 |
| (5)      | 0.93   | 0.94  | 0.93  | 0.64  | 0.59  | 0.65  | 0.93                 | 0.94  | 0.93  | 0.92  | 0.87  | 0.94  |
|          | 3.15   | 3.26  | 3.17  | 2.48  | 2.55  | 2.35  | 3.15                 | 3.26  | 3.17  | 3.26  | 3.23  | 3.31  |
| (6)      | 4.58   | 4.63  | 4.57  | 3.36  | 3.44  | 3.28  | 4.58                 | 4.63  | 4.57  | 4.64  | 4.52  | 4.75  |
|          | 10.78  | 11.06 | 10.36 | 9.32  | 9.87  | 8.59  | 10.88                | 11.12 | 10.46 | 10.99 | 11.54 | 10.45 |
| (7)      | 11.77  | 12.12 | 11.35 | 9.92  | 10.62 | 9.13  | 11.95                | 12.28 | 11.47 | 11.92 | 12.59 | 11.45 |
|          | 17.40  | 18.09 | 16.46 | 16.46 | 17.38 | 15.17 | 17.90                | 18.64 | 16.79 | 18.68 | 19.42 | 17.61 |
| (8)      | 18.15  | 18.88 | 17.16 | 16.94 | 17.93 | 15.60 | 18.68                | 19.49 | 17.56 | 19.37 | 20.19 | 18.23 |
|          | 26.05  | 27.40 | 24.31 | 26.46 | 27.69 | 24.50 | 26.80                | 28.44 | 25.46 | 28.97 | 29.93 | 27.30 |

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 $+\sigma$ , ケース 3: 地盤物性 $-\sigma$   
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮 $\cdot$ 地盤物性 $+\sigma$ , ケース 6: 建屋剛性考慮 $\cdot$ 地盤物性 $-\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 4-24 最大応答加速度一覧表 (基準地震動  $S_s$ , UD 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|-----------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$                 |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)        | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 1376                        | 1384  | 1349  | 1376                 | 1384  | 1349  |
| 2        | 1183                        | 1214  | 1140  | 1183                 | 1214  | 1140  |
| 3        | 885                         | 908   | 860   | 885                  | 908   | 860   |
| 4        | 703                         | 708   | 691   | 703                  | 708   | 691   |
| 5        | 602                         | 608   | 593   | 602                  | 608   | 593   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - F 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|-----------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$                 |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)        | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 1009                        | 1076  | 953   | 1376                 | 1384  | 1349  |
| 2        | 933                         | 972   | 886   | 1183                 | 1214  | 1140  |
| 3        | 773                         | 796   | 742   | 885                  | 908   | 860   |
| 4        | 665                         | 678   | 646   | 703                  | 708   | 691   |
| 5        | 502                         | 513   | 490   | 602                  | 608   | 593   |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

表 4-25 最大応答変位一覧表 (基準地震動  $S_s$ , UD 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |                      |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$          |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 0.08                 | 0.08  | 0.08  | 0.08                 | 0.08  | 0.08  |
| 2        | 0.06                 | 0.06  | 0.06  | 0.06                 | 0.06  | 0.06  |
| 3        | 0.05                 | 0.05  | 0.05  | 0.05                 | 0.05  | 0.05  |
| 4        | 0.04                 | 0.04  | 0.04  | 0.04                 | 0.04  | 0.04  |
| 5        | 0.02                 | 0.02  | 0.02  | 0.02                 | 0.02  | 0.02  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

(b)  $S_s - F 3$

| 質点<br>番号 | 最大応答変位 (cm)          |       |       |                      |       |       |
|----------|----------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$          |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| 1        | 0.06                 | 0.06  | 0.06  | 0.08                 | 0.08  | 0.08  |
| 2        | 0.05                 | 0.05  | 0.05  | 0.06                 | 0.06  | 0.06  |
| 3        | 0.04                 | 0.04  | 0.04  | 0.05                 | 0.05  | 0.05  |
| 4        | 0.03                 | 0.03  | 0.03  | 0.04                 | 0.04  | 0.04  |
| 5        | 0.02                 | 0.02  | 0.02  | 0.02                 | 0.02  | 0.02  |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 +  $\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 -  $\sigma$

表 4-26 最大応答軸力一覧表 (基準地震動  $S_s$ , UD 方向)

(a)  $S_s - D 2$

| 要素<br>番号 | 最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|------------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - D 2$                        |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)               | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| (1)      | 3.70                               | 3.74  | 3.64  | 3.70                 | 3.74  | 3.64  |
| (2)      | 11.07                              | 11.29 | 10.74 | 11.07                | 11.29 | 10.74 |
| (3)      | 17.31                              | 17.69 | 16.84 | 17.31                | 17.69 | 16.84 |
| (4)      | 22.64                              | 22.99 | 22.16 | 22.64                | 22.99 | 22.16 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$

(b)  $S_s - F 3$

| 要素<br>番号 | 最大応答軸力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |       |       |                      |       |       |
|----------|------------------------------------|-------|-------|----------------------|-------|-------|
|          | $S_s - F 3$                        |       |       | 最大値                  |       |       |
|          | ケース 1<br>(基本<br>ケース)               | ケース 2 | ケース 3 | ケース 1<br>(基本<br>ケース) | ケース 2 | ケース 3 |
| (1)      | 2.70                               | 2.88  | 2.57  | 3.70                 | 3.74  | 3.64  |
| (2)      | 8.54                               | 8.92  | 8.10  | 11.07                | 11.29 | 10.74 |
| (3)      | 13.97                              | 14.51 | 13.32 | 17.31                | 17.69 | 16.84 |
| (4)      | 18.90                              | 19.53 | 18.12 | 22.64                | 22.99 | 22.16 |

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$

#### 4.2 必要保有水平耐力

「3.3 解析方法」による解析方法で算出した必要保有水平耐力  $Q_{un}$  を表 4-27 に示す。

構造特性係数  $D_s$  は以下の条件に基づき設定している。

耐震壁は全てせん断破壊型であるため建築基準法施行令に基づく耐力壁の種別は W D とする。

耐震壁が全ての地震荷重を負担するため、耐震壁が分担する保有水平耐力の比  $\beta_u$  は 1.0 となる。

以上の条件から構造特性係数  $D_s$  は 0.55 となる。

形状特性係数  $F_{es}$  は

$$F_s = 1.0 \text{ (剛性率が } 0.6 \text{ 以上のため)}$$

$$F_e = 1.0 \text{ (偏心率が } 0.15 \text{ 以下のため)}$$

より、1.0 となる。

表 4-27 必要保有水平耐力

(a) NS 方向

| 階   | O.P.<br>(m)   | 構造特性係数<br>$D_s$ | 形状特性係数<br>$F_{es}$ | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un}$ (kN) |
|-----|---------------|-----------------|--------------------|---------------------------|
| 2F  | 75.90 ~ 69.40 | 0.55            | 1.00               | 29576                     |
| 1F  | 69.40 ~ 62.20 | 0.55            | 1.00               | 60038                     |
| B1F | 62.20 ~ 57.30 | 0.55            | 1.00               | 83181                     |
| B2F | 57.30 ~ 51.50 | 0.55            | 1.00               | 103088                    |

(b) EW 方向

| 階   | O.P.<br>(m)   | 構造特性係数<br>$D_s$ | 形状特性係数<br>$F_{es}$ | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un}$ (kN) |
|-----|---------------|-----------------|--------------------|---------------------------|
| 2F  | 75.90 ~ 69.40 | 0.55            | 1.00               | 29620                     |
| 1F  | 69.40 ~ 62.20 | 0.55            | 1.00               | 60087                     |
| B1F | 62.20 ~ 57.30 | 0.55            | 1.00               | 83181                     |
| B2F | 57.30 ~ 51.50 | 0.55            | 1.00               | 103088                    |

VI-2-2-24 緊急時対策建屋の耐震性についての計算書

## 目 次

|     |                 |    |
|-----|-----------------|----|
| 1.  | 概要              | 1  |
| 2.  | 基本方針            | 2  |
| 2.1 | 位置              | 2  |
| 2.2 | 構造概要            | 3  |
| 2.3 | 評価方針            | 8  |
| 2.4 | 適用規格・基準等        | 10 |
| 3.  | 地震応答解析による評価方法   | 11 |
| 4.  | 応力解析による評価方法     | 13 |
| 4.1 | 評価対象部位及び評価方針    | 13 |
| 4.2 | 荷重及び荷重の組合せ      | 18 |
| 4.3 | 許容限界            | 23 |
| 4.4 | 解析モデル及び諸元       | 25 |
| 4.5 | 評価方法            | 28 |
| 5.  | 地震応答解析による評価結果   | 33 |
| 5.1 | 耐震壁のせん断ひずみの評価結果 | 33 |
| 5.2 | 接地圧の検討結果        | 35 |
| 5.3 | 保有水平耐力の評価結果     | 36 |
| 6.  | 応力解析による評価結果     | 37 |
| 6.1 | 基礎版の評価結果        | 37 |
| 6.2 | 耐震壁の評価結果        | 43 |

別紙1 ケーブルピット部壁の耐震性についての計算書

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価に基づき行う。

緊急時対策建屋は、設計基準対象施設においては「Cクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。また、緊急時対策建屋を構成する壁及びスラブの一部は緊急時対策所遮蔽に該当し、その緊急時対策所遮蔽は、重大事故等対処施設において「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」としての分類に応じた耐震評価を示す。

なお、緊急時対策所遮蔽の「常設重大事故緩和設備」としての分類に応じた耐震評価は、添付書類「VI-2-8-4-5 緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書」にて実施する。



## 2. 基本方針

### 2.1 位置

緊急時対策建屋の設置位置を図2-1に示す。



□ 緊急時対策建屋

図 2-1 緊急時対策建屋の設置位置

## 2.2 構造概要

緊急時対策建屋は、地下2階、地上2階建で、基礎底面からの高さは30.4m（地上高さは13.9m）であり、平面は36.4m(NS方向)×36.4m(EW方向)<sup>\*1</sup>の正方形である。建屋の構造は鉄筋コンクリート造である。

緊急時対策建屋の基礎は、厚さ6.0mで、はね出しを有し、平面は47.0m(NS方向)×47.0m(EW方向)の正方形であり、支持地盤である砂岩に岩着している。

緊急時対策建屋の主たる耐震要素は、建屋外壁の耐震壁で、基礎版から屋上階床面まで連続しており、壁厚は0.5m～2.2mである。建屋は全体として非常に剛性が高く、地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁で負担する。なお、O.P.<sup>\*2</sup>75.9m床面の一部は、十分に剛な水平ブレースを構成する鉄骨造となっており、建屋外壁の耐震壁と連続している。

緊急時対策建屋の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

注記\*1：建屋寸法は壁外面押えとする。

\*2：O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)  
-0.74mである。

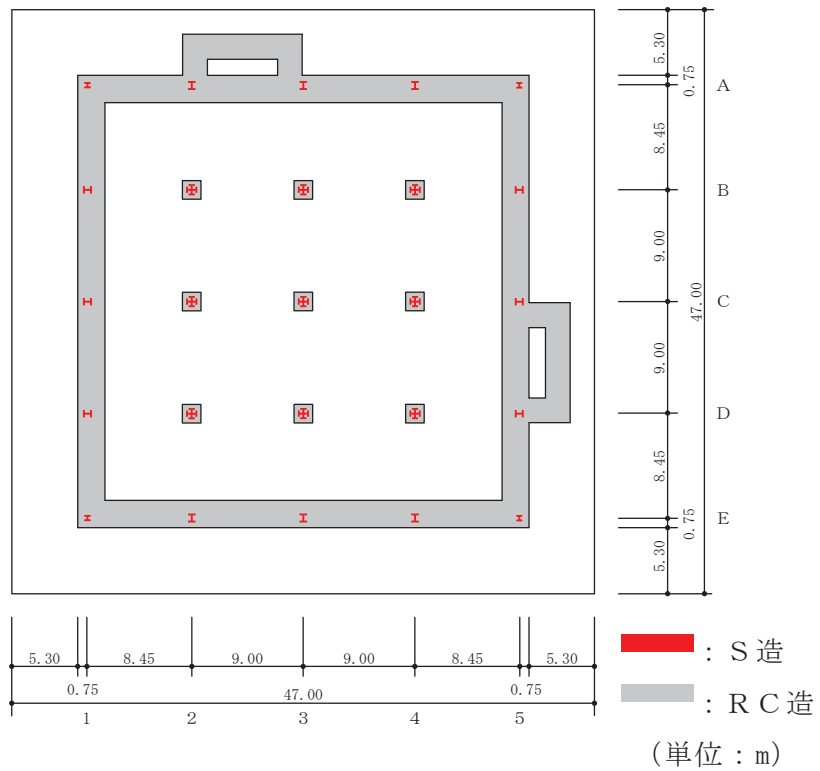


図 2-2(1) 緊急時対策建屋の概略平面図 (O.P. 51.5m)

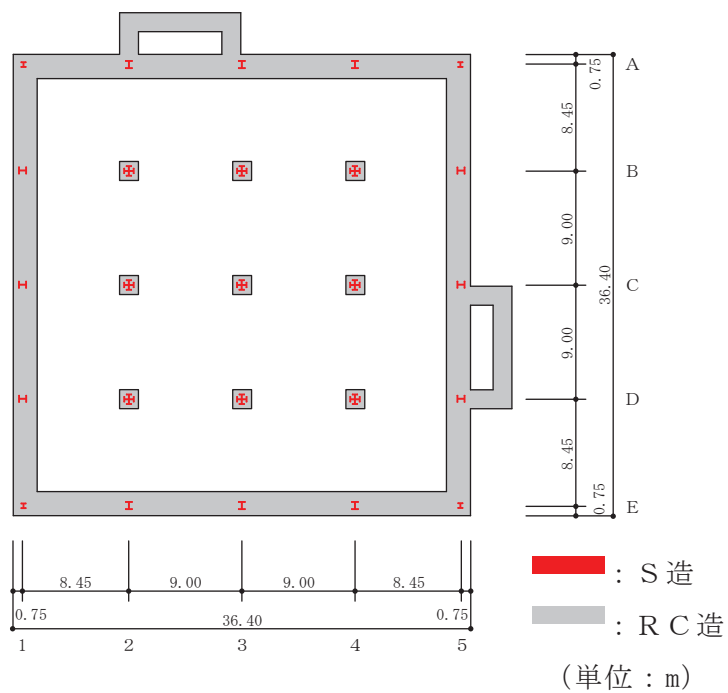


図 2-2(2) 緊急時対策建屋の概略平面図 (O.P. 57.3m)

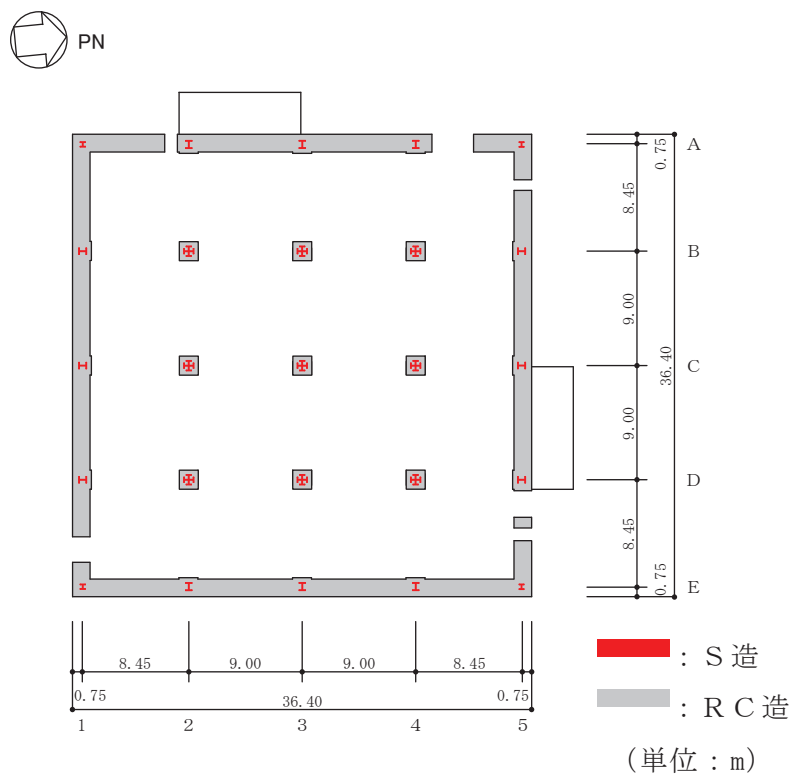


図 2-2(3) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P. 62.2m)

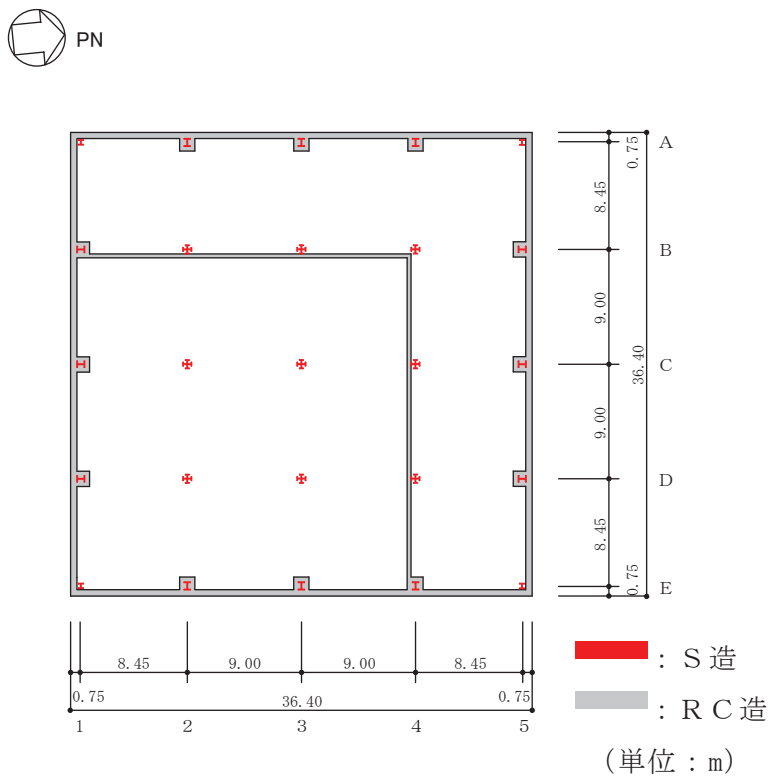


図 2-2(4) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P. 69.4m)

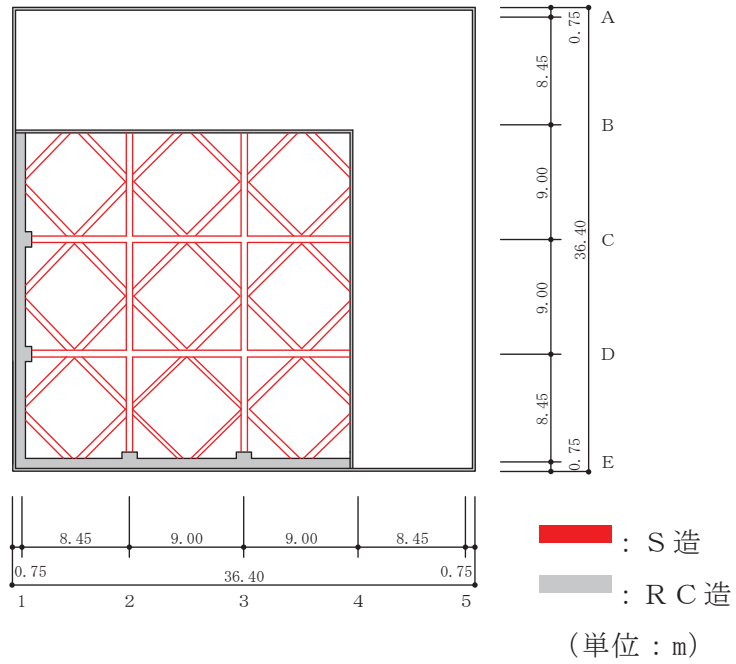


図 2-2(5) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P.75.9m)

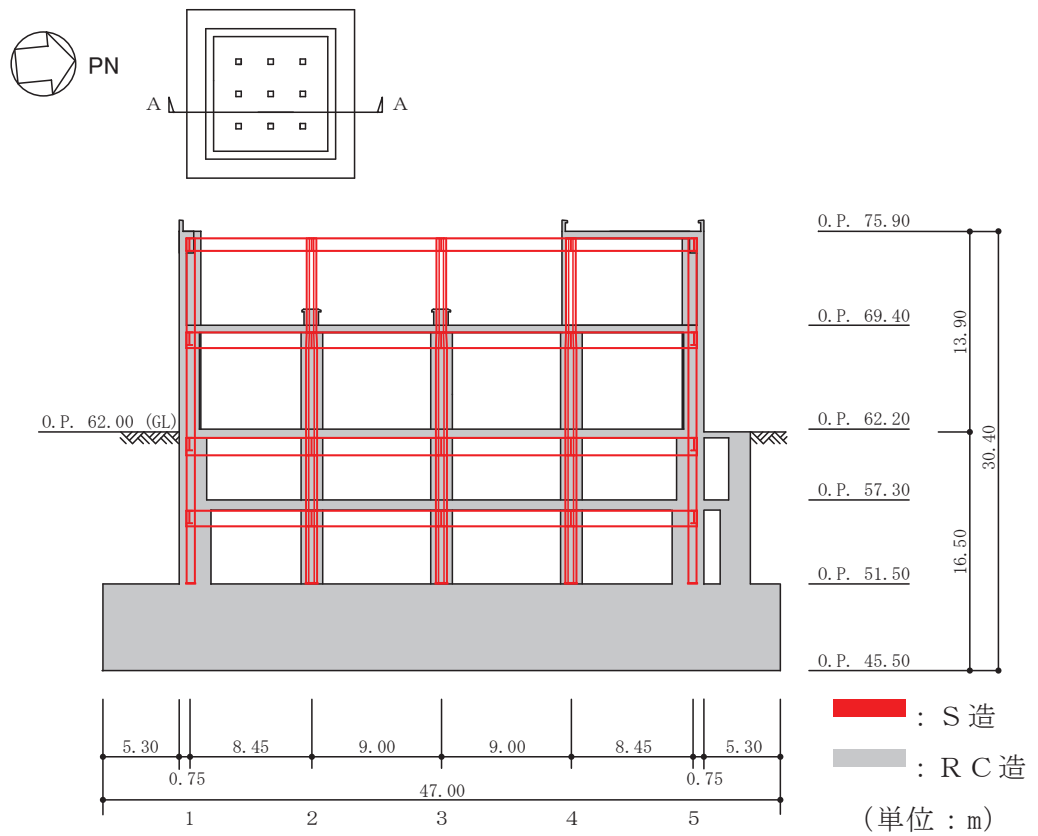


図 2-3(1) 緊急時対策建屋の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

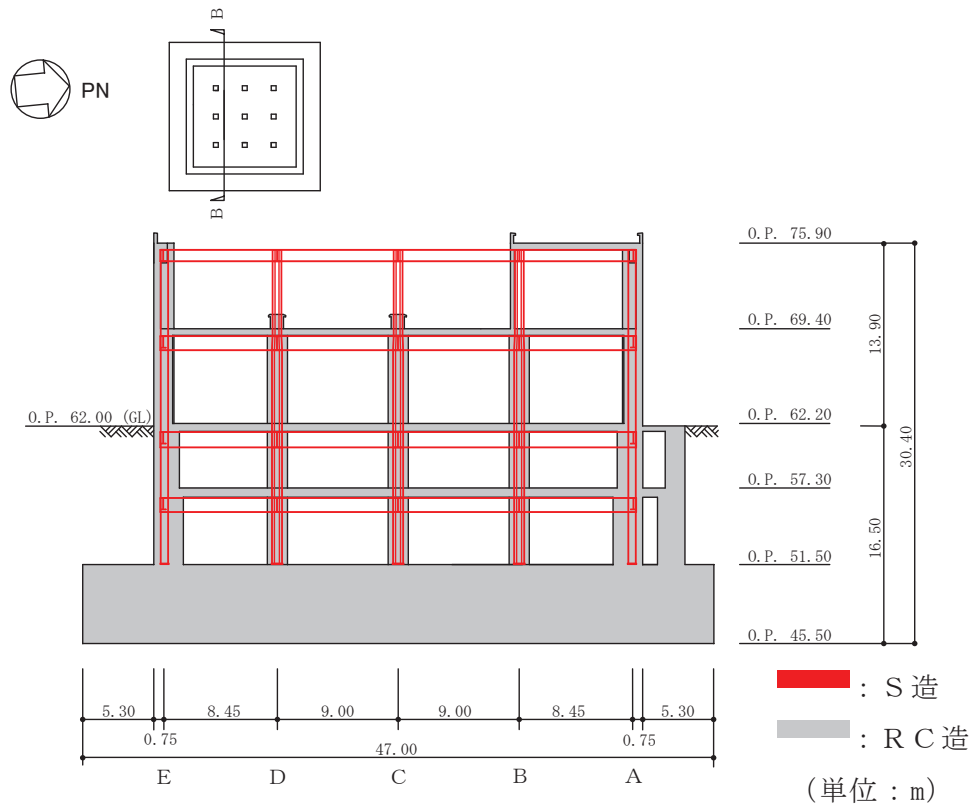


図 2-3(2) 緊急時対策建屋の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

### 2.3 評価方針

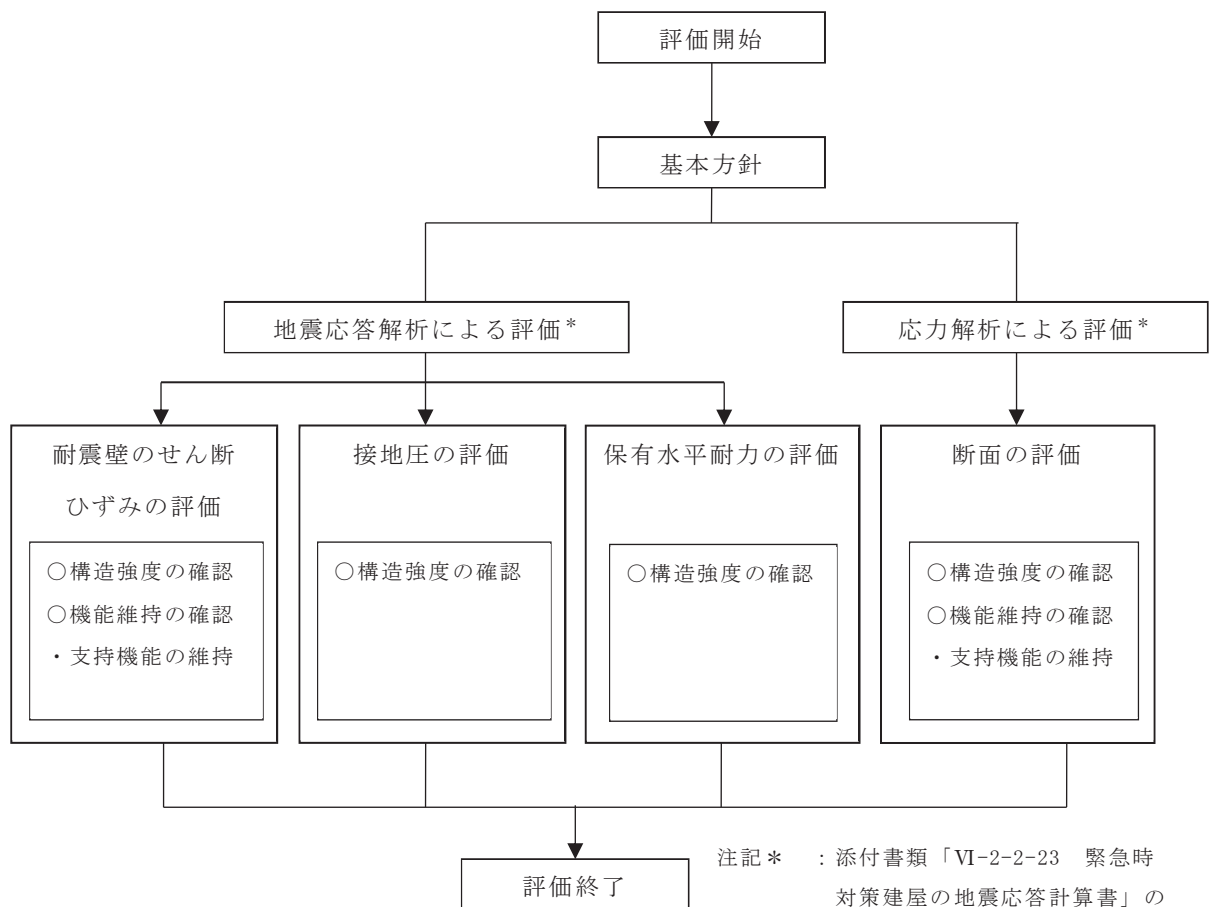
緊急時対策建屋は，設計基準対象施設においては「Cクラスの施設の間接支持構造物」に，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

緊急時対策建屋の評価においては，基準地震動  $S_s$  による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし，それぞれの評価は添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。緊急時対策建屋の評価は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，地震応答解析による評価においては耐震壁のせん断ひずみ，接地圧及び保有水平耐力の評価を，応力解析による評価においては基礎版及び耐震壁の断面の評価を行うことで，緊急時対策建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表2-1に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

緊急時対策建屋の評価フローを図2-4に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

| ケース名             | 建屋減衰 | コンクリート剛性             |                         | 地盤のせん断波速度 |
|------------------|------|----------------------|-------------------------|-----------|
|                  |      | 初期剛性                 | 終局耐力                    |           |
| ケース 1<br>(基本ケース) | 5%   | 設計基準強度に基づき JEAG 式で評価 |                         | 平均値       |
| ケース 2            | 同上   | 同上                   |                         | +σ 相当     |
| ケース 3            | 同上   | 同上                   |                         | -σ 相当     |
| ケース 4<br>(水平のみ)  | 同上   | 基本ケースの<br>0.8 倍      | 設計基準強度に基づき<br>JEAG 式で評価 | 平均値       |
| ケース 5<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                      | +σ 相当     |
| ケース 6<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                      | -σ 相当     |



注記\* : 添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 緊急時対策建屋の評価フロー



## 2.4 適用規格・基準等

緊急時対策建屋の評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下「RC-N規準」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）

### 3. 地震応答解析による評価方法

緊急時対策建屋の構造強度については、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみ及び最大接地圧が許容限界を超えないこと、並びに保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また、支持機能の維持については、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における緊急時対策建屋の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能   | 機能設計上の性能目標                | 地震力                     | 部位    | 機能維持のための考え方                           | 許容限界(評価基準値)                         |
|--------|---------------------------|-------------------------|-------|---------------------------------------|-------------------------------------|
| —      | 構造強度を有すること                | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁*1 | 最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ<br>2.0×10 <sup>-3</sup>      |
|        |                           |                         | 基礎地盤  | 最大接地圧が地盤の支持力度以下であることを確認               | 極限支持力度*2<br>11400 kN/m <sup>2</sup> |
|        |                           | 保有水平耐力                  | 構造物全体 | 保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認   | 必要保有水平耐力                            |
| 支持機能*3 | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 耐震壁*1 | 最大応答せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | せん断ひずみ<br>2.0×10 <sup>-3</sup>      |

注記\*1：建屋全体としては、耐震壁で地震力を全て負担する構造となっており、剛性の高い耐震壁の変形に追従する柱、はり、間仕切壁等の部材の層間変形は十分小さいこと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられることから、各層の耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

\*2：添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地盤の支持力試験結果に基づき設定する。

\*3：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

#### 4. 応力解析による評価方法

##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

緊急時対策建屋の応力解析による評価対象部位は、基礎版及び耐震壁とし、 $S_s$ 地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

##### 4.1.1 基礎版

$S_s$ 地震時に対する評価は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せ結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析にあたっては、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」より得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。また、断面の評価については、材料物性の不確かさを考慮した断面力に対して行うこととする。応力解析による評価フローを図4-1に、選定した部材を図4-2に示す。

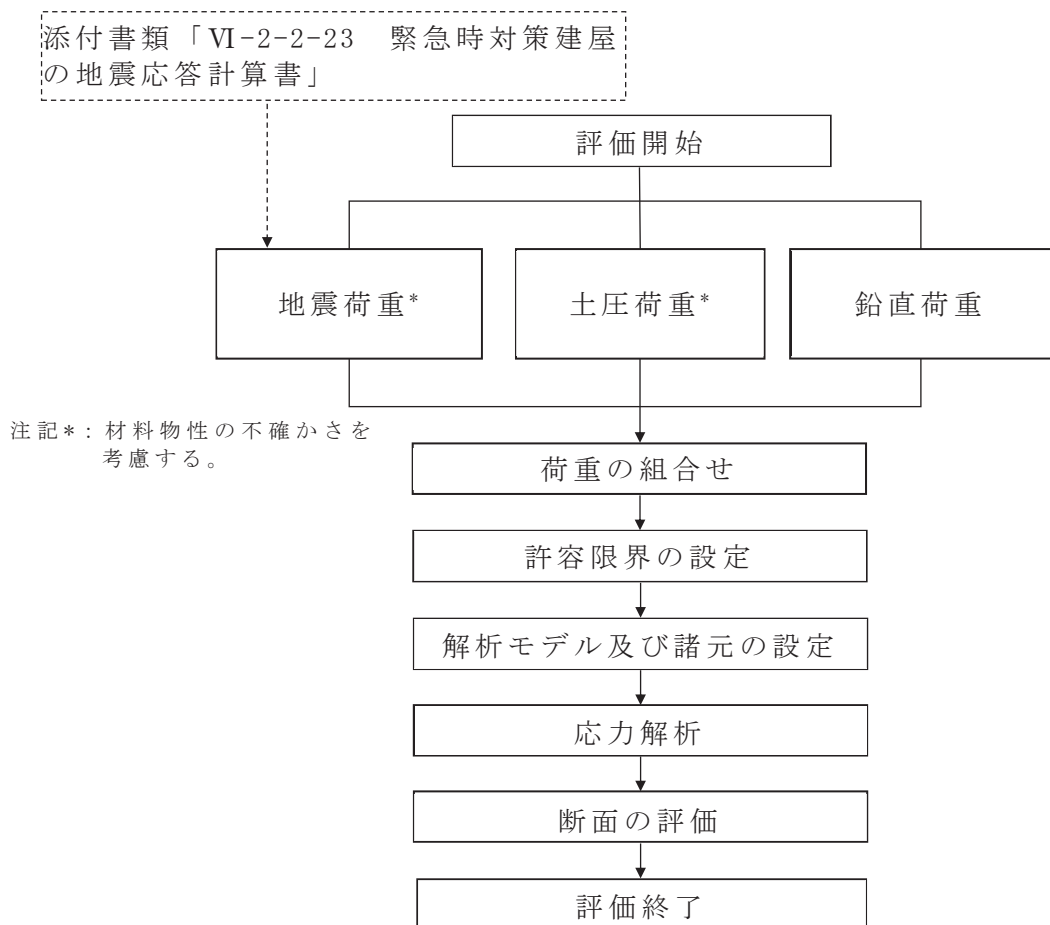


図4-1 応力解析による評価フロー

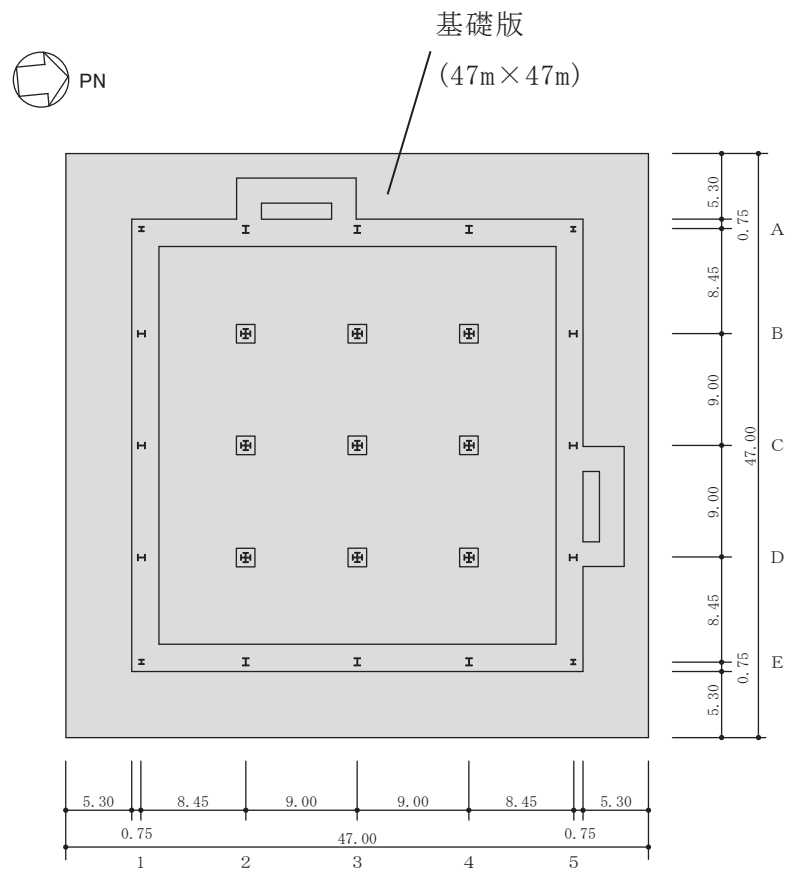


図 4-2 基礎版の評価を記載する部材の位置

#### 4.1.2 耐震壁

S<sub>s</sub>地震時に対する評価は、材料物性の不確かさを考慮した地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果により発生する応力が、「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。応力解析による評価フローを図4-3に、選定した部材を図4-4に示す。

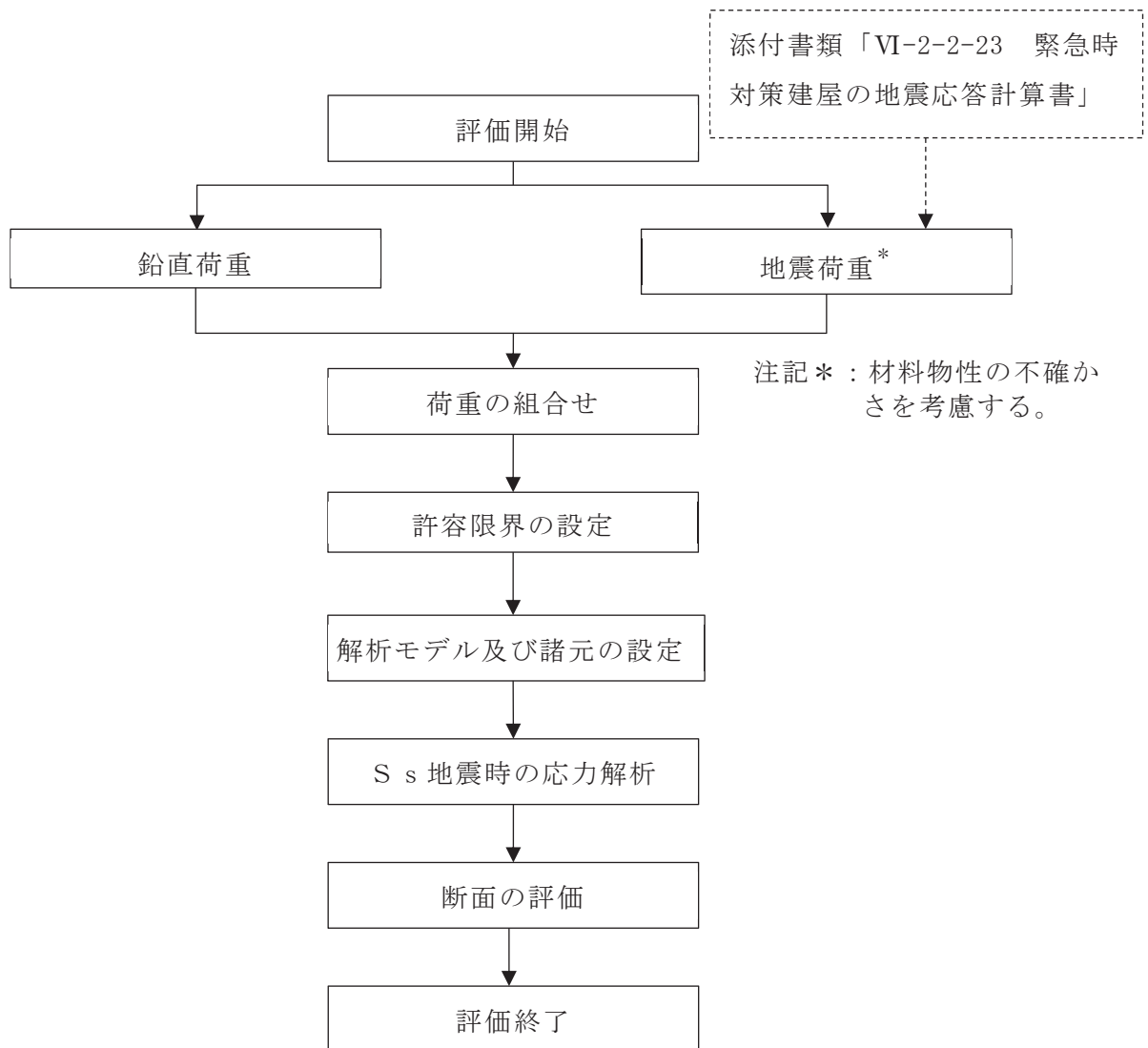


図4-3 耐震壁の応力解析による評価フロー

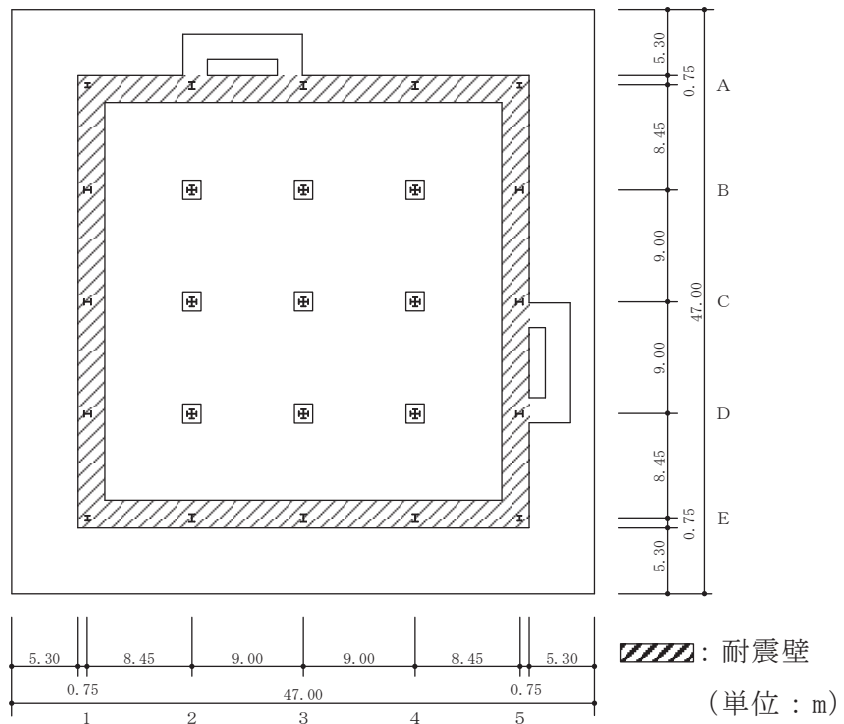


図 4-4(1) 耐震壁の評価を記載する部材の位置 (B2F, 0. P. 51.5m)

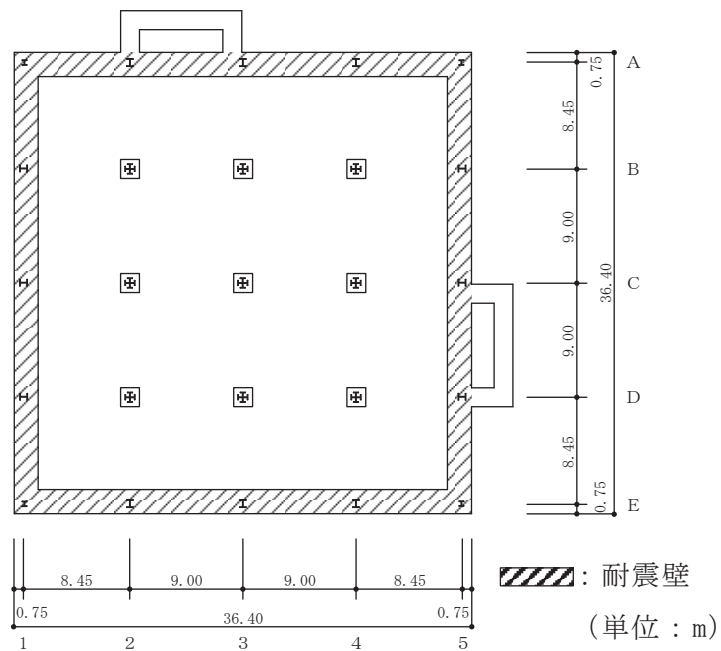


図 4-4(2) 耐震壁の評価を記載する部材の位置 (B1F, 0. P. 57.3m)

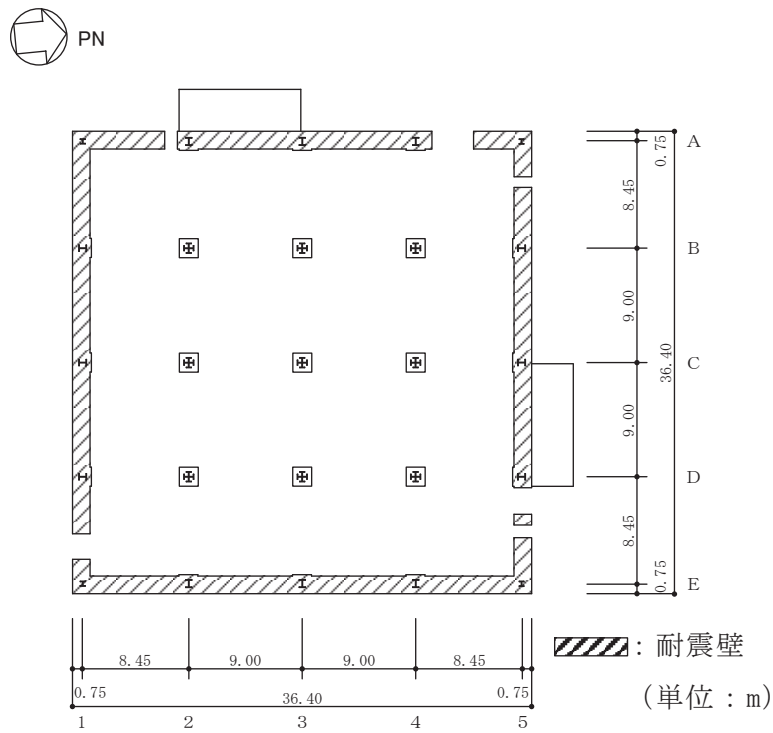


図 4-4(3) 耐震壁の評価を記載する部材の位置 (1F, O.P.62.2m)

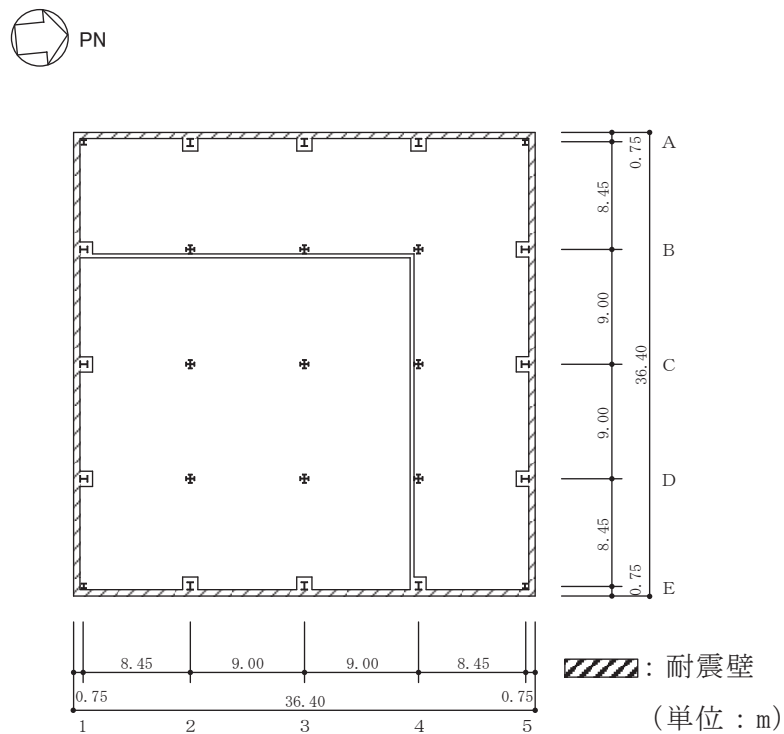


図 4-4(4) 耐震壁の評価を記載する部材の位置 (2F, O.P.69.4m)



## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

### 4.2.1 基礎版

#### (1) 荷重

##### a. 固定荷重

固定荷重は建屋自重，機器荷重，配管荷重，積雪荷重，常時土圧荷重及び浮力とする。なお，積雪量は43cmとし，地震荷重と組合せるため，その0.35倍の積雪荷重を考慮する。常時土圧荷重は「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」によるものとし，図4-5に常時土圧を示す。また，浮力は，地下水位面を地表面（O.P.62.0m）とし，基礎版に上向きの等分布荷重として入力する。なお，基礎版のはね出し部については，はね出し部の体積に応じた浮力を上向きの等分布荷重として入力する。

##### b. 積載荷重

積載荷重は，表4-1のとおり設定する。

表4-1 積載荷重

|         | 積載荷重 (N/m <sup>2</sup> ) |
|---------|--------------------------|
| RF      | 600                      |
| 2F (屋外) | 600                      |
| 2F (屋内) | 800                      |
| 1F      | 800                      |
| B1F     | 800                      |
| B2F     | 800                      |
| はね出し部*  | 194279                   |

注記\*：添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に記載の盛土重量（160210kN）をはね出し部の面積で除した数値

c. 地震荷重

水平地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果より設定する。なお、水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。表 4-2 及び表 4-3 に応力解析で考慮した基準地震動  $S_s$  時の水平地震荷重を示す。

鉛直地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果より鉛直震度として設定する。なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。表 4-4 に応力解析で考慮した基準地震動  $S_s$  時の鉛直地震荷重を示す。

地震時土圧荷重は、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算出する。地震時増分土圧は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を基にして「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」の地震時増分土圧式から加力側増分土圧及び支持側増分土圧を包絡したものとする。図 4-5 に地震時土圧を示す。

表 4-2 水平地震荷重（せん断力）

(a) NS 方向

| 部位        | せん断力<br>( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |
|-----------|-------------------------------------|
| 耐震壁(A 通り) | 166.94                              |
| 耐震壁(E 通り) | 166.05                              |

(b) EW 方向

| 部位        | せん断力<br>( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |
|-----------|-------------------------------------|
| 耐震壁(1 通り) | 166.00                              |
| 耐震壁(5 通り) | 166.74                              |

表 4-3 水平地震荷重（曲げモーメント）

(a) NS 方向

| 部位        | 曲げモーメント<br>( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |
|-----------|---|
| 耐震壁(A 通り) | 295.90  |
| 耐震壁(E 通り) | 299.13  |

(b) EW 方向

| 部位        | 曲げモーメント<br>( $\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) |
|-----------|---|
| 耐震壁(1 通り) | 295.57  |
| 耐震壁(5 通り) | 299.26  |

表 4-4 鉛直地震荷重（鉛直震度）

|     |       |
|-----|-------|
| 部位  | 鉛直震度  |
| 耐震壁 | 0.981 |
| 基礎版 | 0.442 |

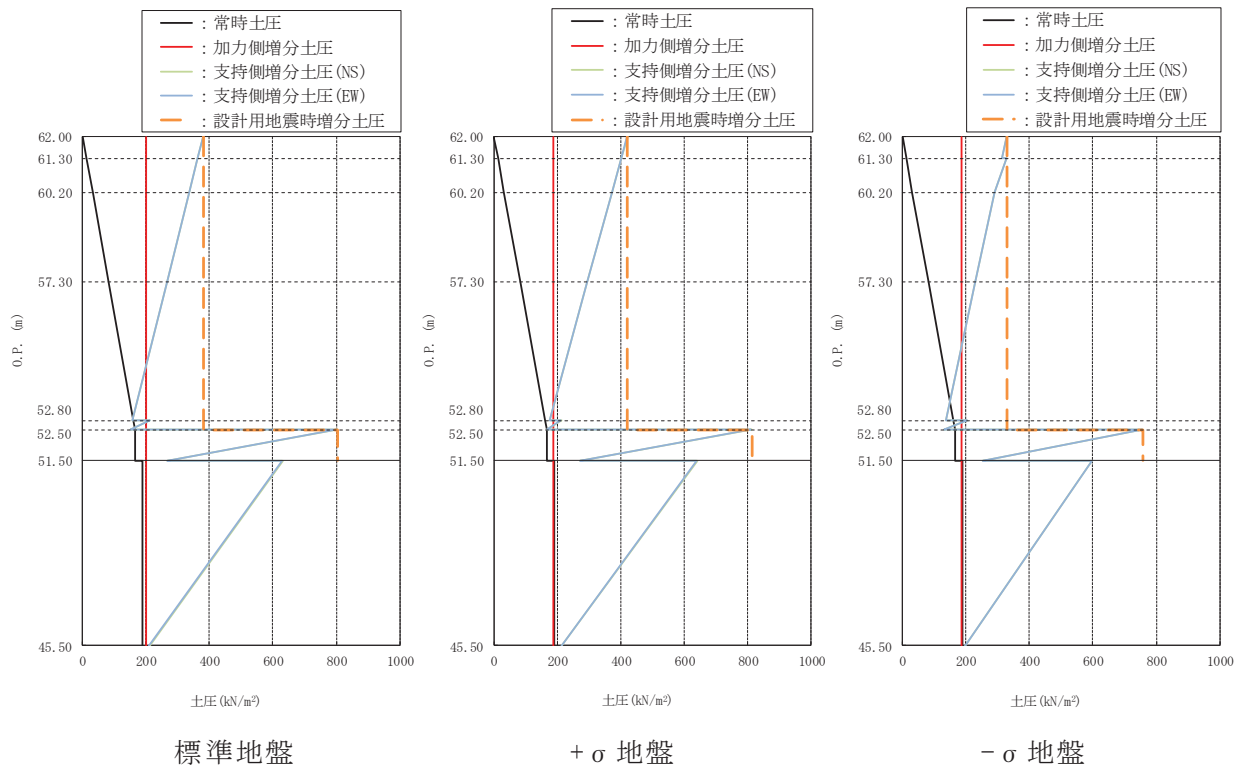


図 4-5 常時土圧及び地震時土圧

(2) 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

|                    |                        |
|--------------------|------------------------|
| 外力の状態              | 荷重の組合せ                 |
| S <sub>s</sub> 地震時 | G + P + S <sub>s</sub> |

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- S<sub>s</sub> : 地震荷重（地震時土圧荷重を含む）

#### 4.2.2 耐震壁

水平地震力及び鉛直地震力は、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析により算定される動的地震力より設定する。なお、水平地震力及び鉛直地震力は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

地震時土圧荷重は、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算出する。地震時増分土圧は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を基にして「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」の地震時増分土圧式から加力側増分土圧及び支持側増分土圧を包絡したものとする。図 4-5 に地震時土圧を、荷重の組合せを表 4-6 に示す。

表 4-6 荷重の組合せ

| 荷重状態      | 荷重の組合せ        |
|-----------|---------------|
| $S_s$ 地震時 | $G + P + S_s$ |

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (常時土圧荷重を含む)

$S_s$  :  $S_s$  地震荷重 (地震時土圧荷重を含む)

### 4.3 許容限界

応力解析による評価における緊急時対策建屋の基礎版及び耐震壁の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表4-6のとおり設定する。

また、コンクリート、鉄筋の許容応力度を表4-7及び表4-8に示す。

表4-6 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能               | 機能設計上の性能目標                | 地震力                     | 部位  | 機能維持のための考え方                         | 許容限界                              |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-----|-------------------------------------|-----------------------------------|
| —                  | 構造強度を有すること                | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 基礎版 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 <sup>*1</sup> |
|                    |                           |                         | 耐震壁 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 <sup>*2</sup> |
| 支持機能 <sup>*3</sup> | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 基礎版 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 <sup>*1</sup> |

注記\*1：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

\*2：施設全体の更なる安全性を確保するため、基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に対する許容限界を短期許容応力度とする。

\*3：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 4-7 コンクリートの許容応力度

| 設計基準強度 $F_c$<br>( $N/mm^2$ ) | 短期                 |                     |
|------------------------------|--------------------|---------------------|
|                              | 圧縮<br>( $N/mm^2$ ) | せん断<br>( $N/mm^2$ ) |
| 30                           | 20                 | 1.18                |

表 4-8 鉄筋の許容応力度

| 種別    | 短期                     |                       |
|-------|------------------------|-----------------------|
|       | 引張及び圧縮<br>( $N/mm^2$ ) | せん断補強<br>( $N/mm^2$ ) |
| SD345 | 345                    | 345                   |
| SD390 | 390                    | 390                   |
| SD490 | 490                    | 490                   |

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 基礎版

###### (1) モデル化の基本方針

###### a. 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

基礎版については、O.P. 45.5m～O.P. 51.5m をモデル化する。基礎版のモデル図を図 4-6 に示す。

###### b. 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、基礎版についてはシェル要素とする。また、基礎版より立ち上がっている耐震壁については、はり要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は 867、要素数は 810 である。

###### c. 境界条件

3次元 FEM モデルの基礎版底面に、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3次元 FEM モデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。

なお、基礎版底面の地盤ばねについては、引張力が発生した時に浮上りを考慮する。また、基礎版周囲の側面に地盤ばねを設ける。



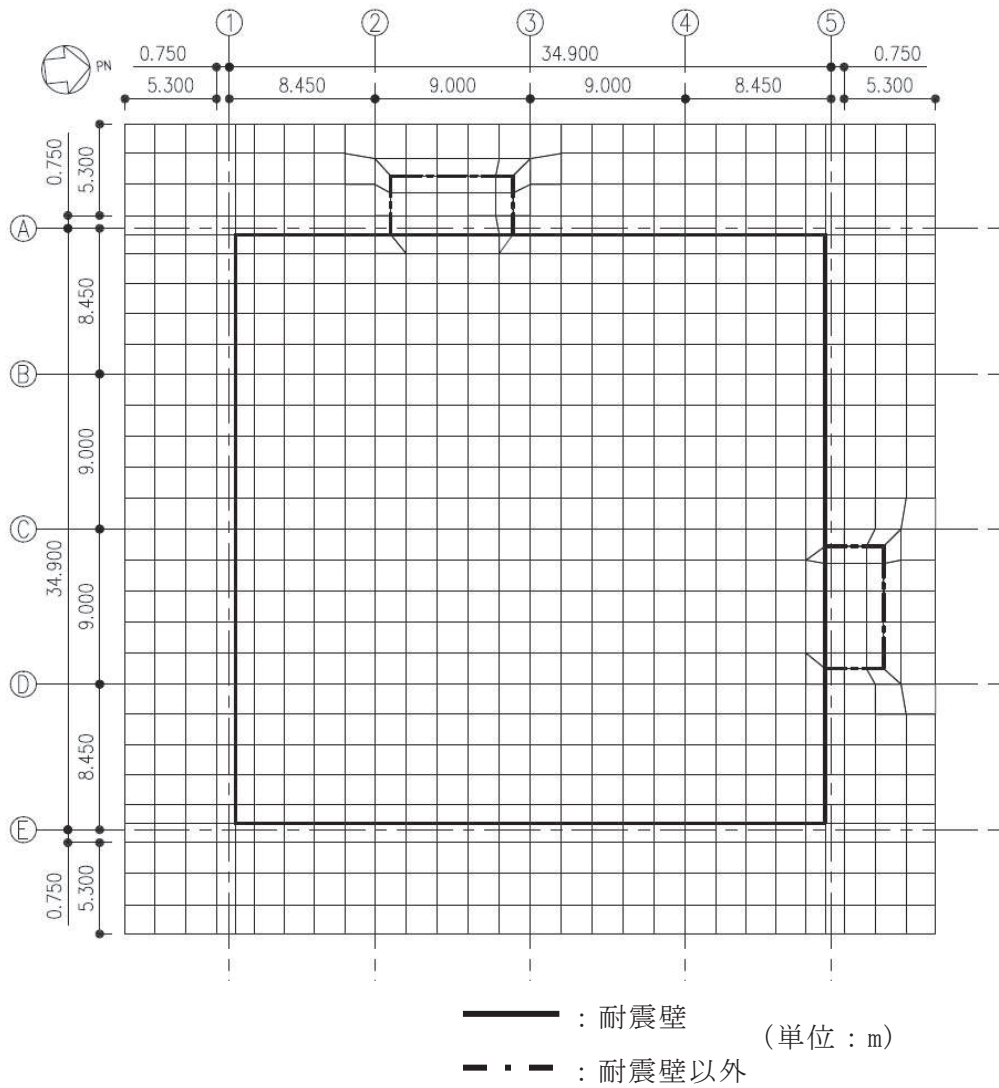


図 4-6 基礎版の解析モデル図

(2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-9 に示す。

表 4-9 コンクリートの物性値

| コンクリートの<br>設計基準強度<br>$F_c$ ( $N/mm^2$ ) | ヤング係数<br>$E$ ( $N/mm^2$ ) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|---|---------------------------|----------------|
| 30.0                                    | $2.44 \times 10^4$        | 0.2            |

#### 4.4.2 耐震壁

##### (1) モデル化の基本方針

耐震壁の応力は、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に基づき評価する。

##### (2) 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-10 に示す。

表 4-10 使用材料の物性値

| コンクリートの<br>設計基準強度<br>$F_c$ (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>$E$ (N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|---|-----------------------------------|----------------|
| 30.0  | $2.44 \times 10^4$                | 0.2            |

## 4.5 評価方法

### 4.5.1 基礎版の応力解析方法

緊急時対策建屋の基礎版について、 $S_s$ 地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

#### (1) 荷重ケース

$S_s$ 地震時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

|              |                              |
|--------------|------------------------------|
| G            | : 固定荷重                       |
| P            | : 積載荷重                       |
| $S_{S_{SN}}$ | : S→N方向 $S_s$ 地震荷重（地震時土圧を含む） |
| $S_{S_{NS}}$ | : N→S方向 $S_s$ 地震荷重（地震時土圧を含む） |
| $S_{S_{EW}}$ | : E→W方向 $S_s$ 地震荷重（地震時土圧を含む） |
| $S_{S_{WE}}$ | : W→E方向 $S_s$ 地震荷重（地震時土圧を含む） |
| $S_{S_{UD}}$ | : 鉛直方向（下向き） $S_s$ 地震荷重       |
| $S_{S_{DU}}$ | : 鉛直方向（上向き） $S_s$ 地震荷重       |

注記\*：計算上の座標軸を基準として、NS方向はS→N方向の加力、EW方向はE→W方向の加力、鉛直方向は下向きの加力を記載している。

#### (2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表4-10に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程（JEA C 4 6 0 1 -2015）」を参考に、組合せ係数法（組合せ係数は1.0と0.4）を用いるものとする。

表 4-10 荷重の組合せケース

| 外力の状態              | ケース No. | 荷重の組合せ                              |
|--------------------|---------|-------------------------------------|
| S <sub>s</sub> 地震時 | 1       | $G + P + 1.0 S_{sN} + 0.4 S_{sUD}$  |
|                    | 2       | $G + P + 1.0 S_{sNS} + 0.4 S_{sUD}$ |
|                    | 3       | $G + P + 1.0 S_{sN} + 0.4 S_{sDU}$  |
|                    | 4       | $G + P + 1.0 S_{sNS} + 0.4 S_{sDU}$ |
|                    | 5       | $G + P + 1.0 S_{sWE} + 0.4 S_{sUD}$ |
|                    | 6       | $G + P + 1.0 S_{sEW} + 0.4 S_{sUD}$ |
|                    | 7       | $G + P + 1.0 S_{sWE} + 0.4 S_{sDU}$ |
|                    | 8       | $G + P + 1.0 S_{sEW} + 0.4 S_{sDU}$ |
|                    | 9       | $G + P + 0.4 S_{sN} + 1.0 S_{sUD}$  |
|                    | 10      | $G + P + 0.4 S_{sNS} + 1.0 S_{sUD}$ |
|                    | 11      | $G + P + 0.4 S_{sN} + 1.0 S_{sDU}$  |
|                    | 12      | $G + P + 0.4 S_{sNS} + 1.0 S_{sDU}$ |
|                    | 13      | $G + P + 0.4 S_{sWE} + 1.0 S_{sUD}$ |
|                    | 14      | $G + P + 0.4 S_{sEW} + 1.0 S_{sUD}$ |
|                    | 15      | $G + P + 0.4 S_{sWE} + 1.0 S_{sDU}$ |
|                    | 16      | $G + P + 0.4 S_{sEW} + 1.0 S_{sDU}$ |

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

地震荷重は、上部構造物の基礎版への地震時反力を考慮する。基礎版底面に生じる反力が、基準地震動 S<sub>s</sub> に対する地震応答解析結果と等価になるように設定する。基礎版内に作用する荷重は、S<sub>s</sub> 地震時の上部構造による入力荷重と基礎版底面に発生する荷重の差を FEM モデルの各要素の大きさに応じて分配し、節点荷重として入力する。

b. 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については、FEM モデルの各節点又は各要素に集中荷重又は分布荷重として入力する。

#### 4.5.2 耐震壁の応力解析方法

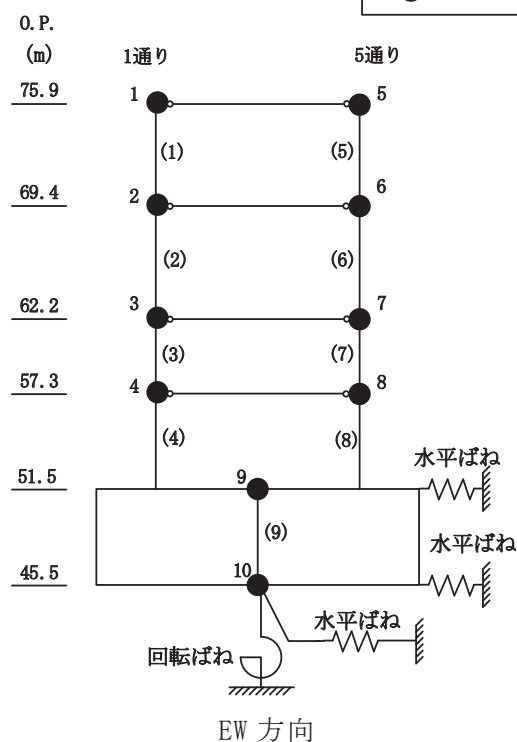
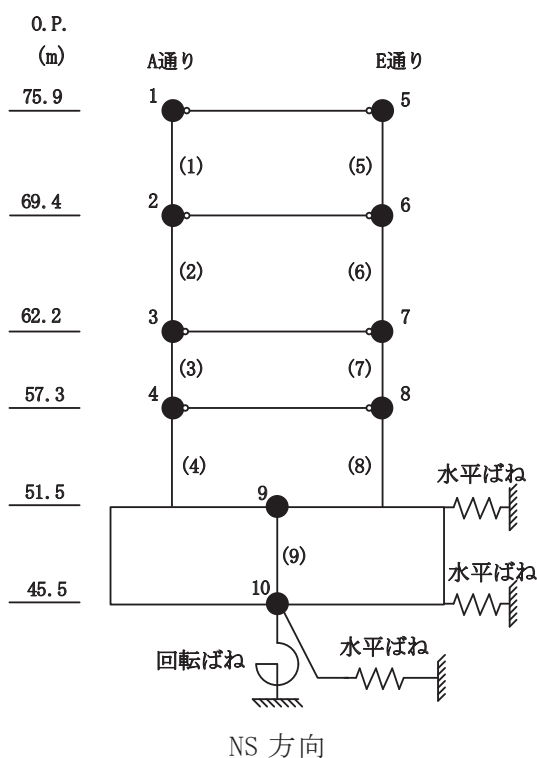
水平地震力は、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析より算定される動的地震力より設定する。

$S_s$  地震荷重は、基準地震動  $S_s$  に対する質点系モデルの最大応答せん断力より設定する。材料物性の不確かさを考慮した層せん断力を表 4-13 に示す。

表 4-13 層せん断力（基準地震動  $S_s$  による地震力）

| 階  | 要素番号     | 基準地震動 $S_s$ による地震力<br>( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |        |        |        |
|----|----------|---|--------|--------|--------|
|    |          | NS 方向   |        | EW 方向  |        |
| 2  | (1), (5) | 38.77   | 35.99  | 36.05  | 38.49  |
| 1  | (2), (6) | 96.06   | 101.16 | 96.36  | 98.27  |
| B1 | (3), (7) | 140.50  | 138.71 | 138.69 | 140.30 |
| B2 | (4), (8) | 168.61  | 166.05 | 166.00 | 168.41 |

凡例  
(1) : 要素番号  
● : 質点番号



#### 4.5.3 基礎版の断面の評価方法

##### (1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力を受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。S<sub>s</sub>地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。

##### (2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5 \cdot w f_t \cdot (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの7/8倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2を超える場合は2, 1未満の場合は1とする。また、引張軸力が $2\text{N/mm}^2$ を超える場合は1とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-6 に示す値 ( $\text{N/mm}^2$ )

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-7 に示す値 ( $\text{N/mm}^2$ )

$p_w$  : せん断補強筋比で、次式による。(0.002以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積 ( $\text{mm}^2$ )

$x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については、第2項を0とする。

#### 4.5.4 耐震壁の断面評価方法

S<sub>s</sub>地震時について、せん断力による応力は全て鉄筋で負担し、また、曲げモーメントにより生じる引張応力についても鉄筋で負担することとし、必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えていないことを確認する。なお、地下外壁に作用する土圧荷重に対する面外せん断力による応力は、コンクリートで負担するものとし、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。また、引張軸力が  $2\text{N/mm}^2$  を超える場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度 ( $\text{N/mm}^2$ )

5. 地震応答解析による評価結果

5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、 $S_s$ 地震時の各層の最大応答せん断ひずみが許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは  $0.276 \times 10^{-3}$  (NS方向,  $S_s - D2$ , ケース5, 要素番号(1)) であり, 許容限界 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認した。耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表5-1に示す。各表において, 最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について, せん断スケルトンカーブ上にプロットした図を図5-1に示す。

表5-1 耐震壁の最大応答せん断ひずみ

(a) NS方向

| 0. P.<br>(m) | 階   | 地震応答解<br>析モデルの<br>要素番号 | 最大応答せん断<br>ひずみ<br>( $\times 10^{-3}$ ) | 許容限界<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|-----|------------------------|--|------------------------------|
| 69.4~75.9    | 2F  | 1                      | 0.276                                  | 2.0                          |
| 62.2~69.4    | 1F  | 2                      | 0.264                                  | 2.0                          |
| 57.3~62.2    | B1F | 3                      | 0.257                                  | 2.0                          |
| 51.5~57.3    | B2F | 4                      | 0.271                                  | 2.0                          |
| 69.4~75.9    | 2F  | 5                      | 0.274                                  | 2.0                          |
| 62.2~69.4    | 1F  | 6                      | 0.262                                  | 2.0                          |
| 57.3~62.2    | B1F | 7                      | 0.256                                  | 2.0                          |
| 51.5~57.3    | B2F | 8                      | 0.271                                  | 2.0                          |

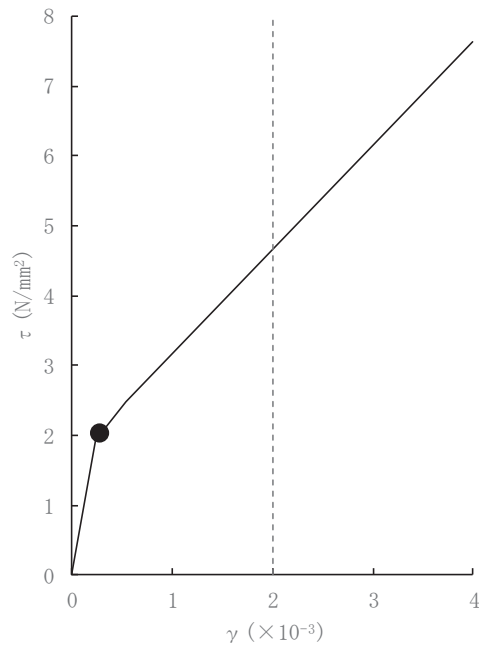
注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を示す。

(b) EW方向

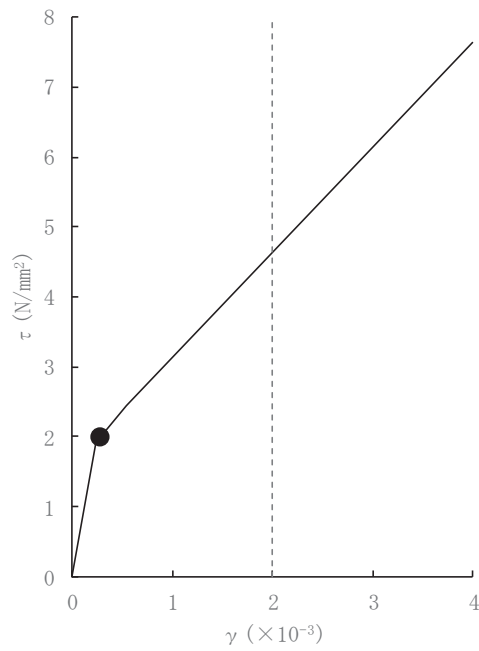
| 0. P.<br>(m) | 階   | 地震応答解<br>析モデルの<br>要素番号 | 最大応答せん断<br>ひずみ<br>( $\times 10^{-3}$ ) | 許容限界<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|--------------|-----|------------------------|--|------------------------------|
| 69.4~75.9    | 2F  | 1                      | 0.275                                  | 2.0                          |
| 62.2~69.4    | 1F  | 2                      | 0.273                                  | 2.0                          |
| 57.3~62.2    | B1F | 3                      | 0.256                                  | 2.0                          |
| 51.5~57.3    | B2F | 4                      | 0.271                                  | 2.0                          |
| 69.4~75.9    | 2F  | 5                      | 0.270                                  | 2.0                          |
| 62.2~69.4    | 1F  | 6                      | 0.270                                  | 2.0                          |
| 57.3~62.2    | B1F | 7                      | 0.256                                  | 2.0                          |
| 51.5~57.3    | B2F | 8                      | 0.271                                  | 2.0                          |

注：ハッチングは各要素の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を示す。





(a) NS方向 (S s - D 2, ケース5, 要素番号(1))



(b) EW方向 (S s - D 2, ケース5, 要素番号(1))

図5-1 せん断スケルトンカーブ上の最大応答せん断ひずみ

## 5.2 接地圧の検討結果

S<sub>s</sub>地震時の最大接地圧が、地盤の極限支持力度（11400kN/m<sup>2</sup>）を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮したS<sub>s</sub>地震時の最大接地圧は744kN/m<sup>2</sup>であることから、地盤の極限支持力度を超えないことを確認した。

地震時の最大接地圧を表5-2に示す。

表 5-2 最大接地圧

|                                     | NS 方向                       | EW 方向                       |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 検討ケース                               | S <sub>s</sub> -D3,<br>ケース1 | S <sub>s</sub> -D3,<br>ケース1 |
| 鉛直力<br>N(×10 <sup>3</sup> kN)       | 366.56                      | 366.56                      |
| 転倒モーメント<br>M(×10 <sup>4</sup> kN・m) | 713.07                      | 711.93                      |
| 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> )       | 744                         | 743                         |

### 5.3 保有水平耐力の評価結果

保有水平耐力  $Q_u$  が必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。なお、各部材の保有水平耐力  $Q_u$  は、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」に示すせん断力のスケルトンカーブの  $\tau_3$  に基づき算出する。

必要保有水平耐力  $Q_{un}$  と保有水平耐力  $Q_u$  の比較結果を表5-3に示す。保有水平耐力  $Q_u$  が必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対して妥当な安全余裕を有することを確認した。なお、必要保有水平耐力  $Q_{un}$  に対する保有水平耐力  $Q_u$  の比は最小で6.51である。

表 5-3 必要保有水平耐力  $Q_{un}$  と保有水平耐力  $Q_u$  の比較結果

(a) NS 方向

| O. P.<br>(m) | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un}$ (kN) | 保有水平耐力<br>$Q_u$ (kN) | $Q_u / Q_{un}$ |
|--------------|---------------------------|----------------------|----------------|
| 75.9 ~ 69.4  | 29576                     | 192505               | 6.51           |
| 69.4 ~ 62.2  | 60038                     | 516753               | 8.61           |
| 62.2 ~ 57.3  | 83181                     | 713943               | 8.58           |
| 57.3 ~ 51.5  | 103088                    | 850597               | 8.25           |

(b) EW 方向

| O. P.<br>(m) | 必要保有水平耐力<br>$Q_{un}$ (kN) | 保有水平耐力<br>$Q_u$ (kN) | $Q_u / Q_{un}$ |
|--------------|---------------------------|----------------------|----------------|
| 75.9 ~ 69.4  | 29620                     | 193136               | 6.52           |
| 69.4 ~ 62.2  | 60087                     | 512501               | 8.53           |
| 62.2 ~ 57.3  | 83181                     | 716237               | 8.61           |
| 57.3 ~ 51.5  | 103088                    | 853422               | 8.28           |

## 6. 応力解析による評価結果

### 6.1 基礎版の評価結果

基礎版の断面の評価結果を以下に示す。また、緊急時対策建屋の基礎版の配筋領域図を図6-1に、配筋一覧を表6-1に示す。

断面の評価結果を記載する要素を、以下のとおり選定する。

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については、配筋量に対する必要鉄筋量の割合が最大となる要素を選定し、面外せん断力に対する評価については、短期許容せん断力に対する面外せん断力の割合が最大となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図6-2に、評価結果を表6-2に示す。

S s地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断力が短期許容せん断力を超えないことを確認した。

表 6-1 基礎版の配筋一覧

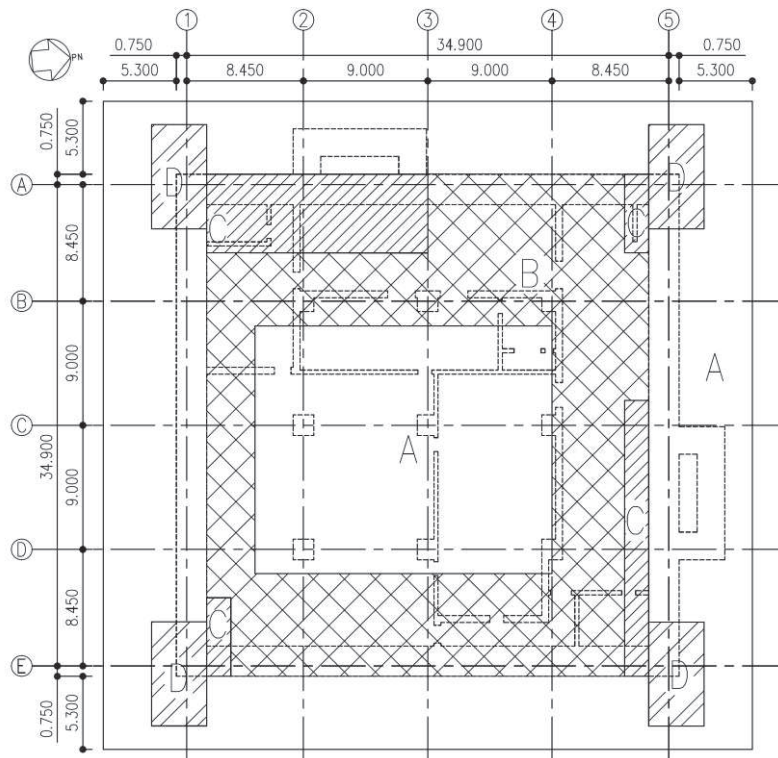
(a) 主筋

| 領域 | 上ば筋 |           | 下ば筋 |           |
|----|-----|-----------|-----|-----------|
|    | 方向  | 配筋        | 方向  | 配筋        |
| A  | NS  | 2-D38@200 | NS  | 2-D38@200 |
|    | EW  | 2-D38@200 | EW  | 2-D38@200 |
| B  | NS  | 3-D38@200 | NS  | 3-D38@200 |
|    | EW  | 3-D38@200 | EW  | 3-D38@200 |
| C  | NS  | 4-D38@200 | NS  | 4-D38@200 |
|    | EW  | 4-D38@200 | EW  | 4-D38@200 |
| D  | NS  | 8-D38@200 | NS  | 8-D38@200 |
|    | EW  | 8-D38@200 | EW  | 8-D38@200 |

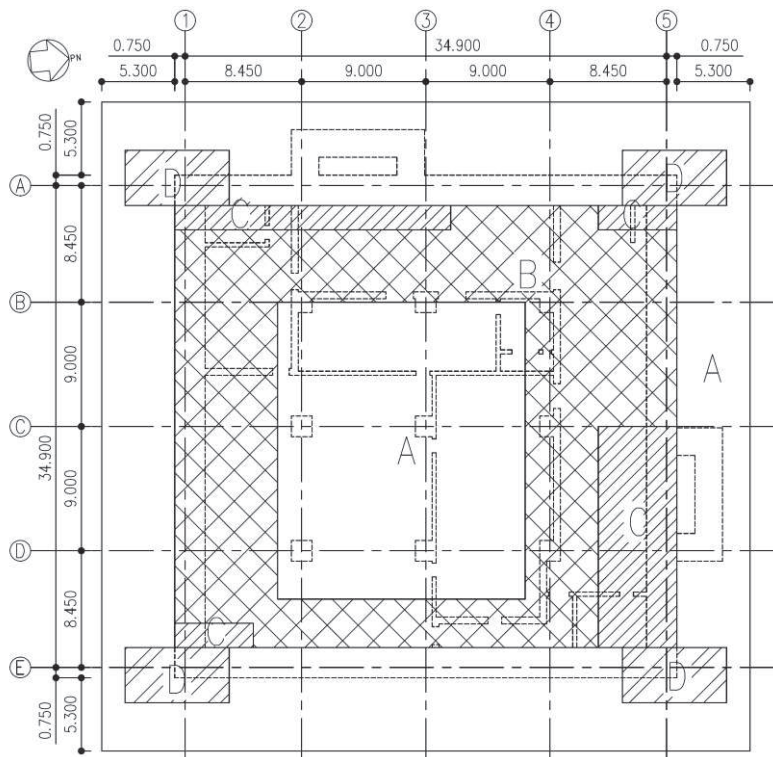
注：主筋はすべて SD490

(b) せん断補強筋

| 領域 | 配筋                    |
|----|-----------------------|
| a  | D38@400 × 200 (SD390) |
| b  | D32@600 × 200 (SD390) |
| c  | D19@600 × 200 (SD345) |

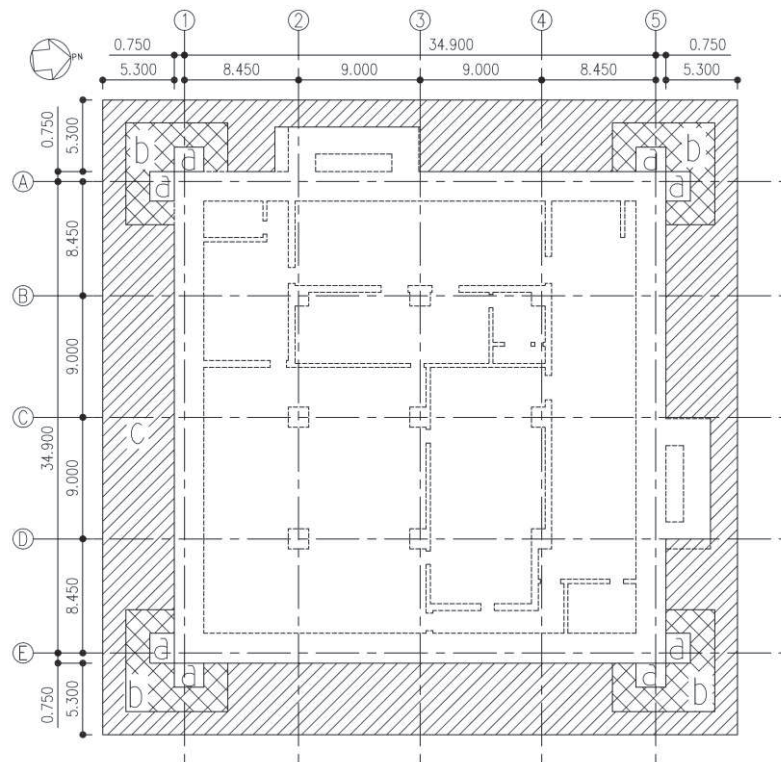


(a) NS 方向主筋



(b) EW 方向主筋

図 6-1(1) 基礎版の配筋領域図



(c) せん断補強筋

図 6-1(2) 基礎版の配筋領域図

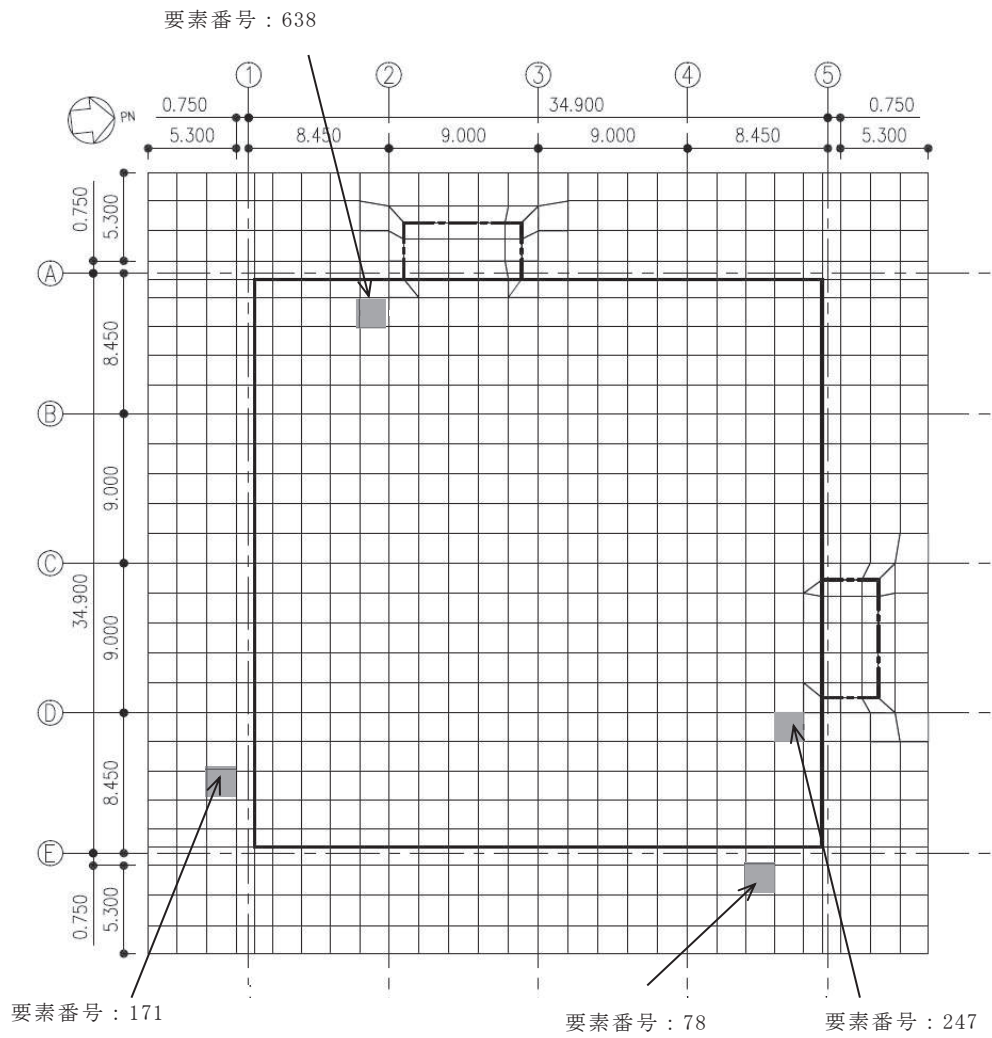


図 6-2 最大検定比発生位置



表 6-2 評価結果

| 評価項目                                      |          |                                  | 要素<br>番号 | 荷重の<br>組合せ<br>ケース | 解析<br>結果 | 許容値  |
|---|----------|----------------------------------|----------|-------------------|----------|------|
| 軸力<br>+<br>曲げ<br>モーメント<br>+<br>面内<br>せん断力 | NS<br>方向 | 必要鉄筋量/配筋量                        | 171      | 3                 | 0.31     | 1.00 |
|   | EW<br>方向 | 必要鉄筋量/配筋量                        | 78       | 8                 | 0.31     | 1.00 |
| 面外<br>せん断力                                | NS<br>方向 | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 247      | 1                 | 0.62     | 2.36 |
|   | EW<br>方向 | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 638      | 6                 | 0.62     | 2.36 |

## 6.2 耐震壁の評価結果

評価対象とする耐震壁を示したものを図 6-3 に、配筋一覧を表 6-3 に示す。また、「4.5.4 耐震壁の断面評価方法」に基づいた断面の評価結果を表 6-4 に示す。

S s 地震時において、必要鉄筋比が設計鉄筋比を超えないことを確認した。

表 6-3 耐震壁の配筋一覧

| 階  | 壁記号   | 壁厚<br>(mm) | 縦筋        |                             | 横筋        |                             |
|----|-------|------------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|
|    |       |            | 配筋        | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> /m) | 配筋        | 断面積<br>(mm <sup>2</sup> /m) |
| 2  | TW50  | 500        | 2-D35@200 | 9570                        | 2-D35@200 | 9570                        |
| 1  | TW140 | 1400       | 5-D38@200 | 28500                       | 5-D38@200 | 28500                       |
| B1 | TW190 | 1900       | 6-D38@200 | 34200                       | 6-D38@200 | 34200                       |
| B2 | TW220 | 2200       | 8-D38@200 | 45600                       | 8-D38@200 | 45600                       |

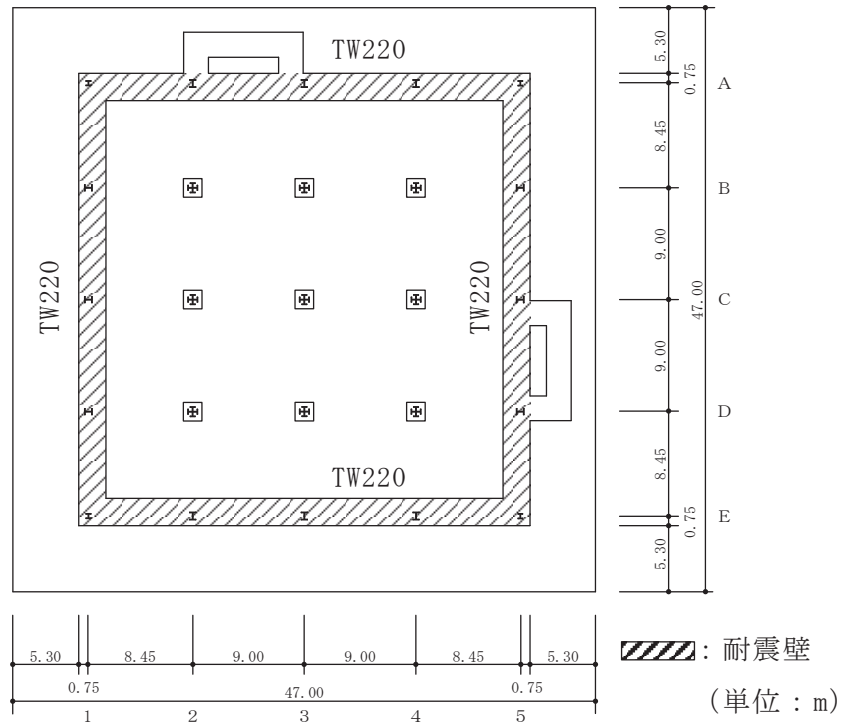


図 6-3(1) 評価対象とする耐震壁 (B2F, 0.P. 51.5m)

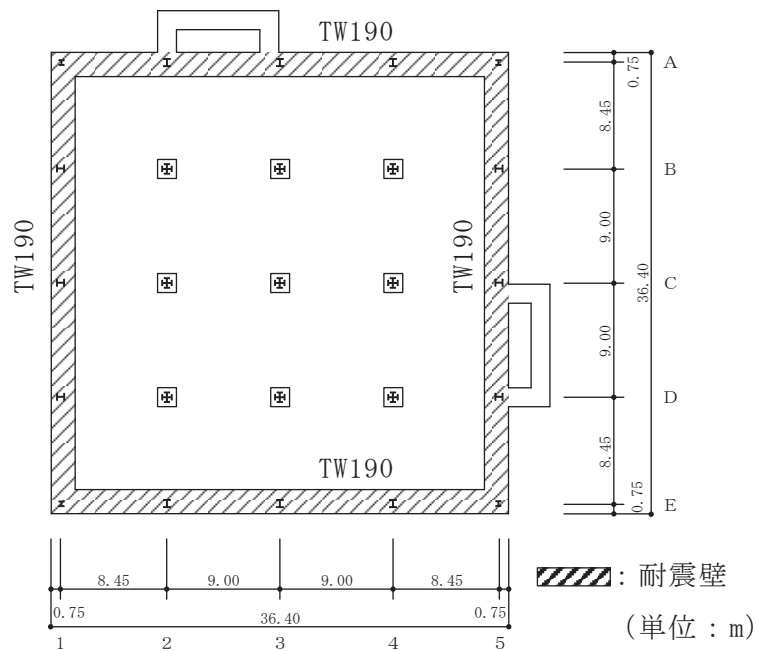


図 6-3(2) 評価対象とする耐震壁 (B1F, 0.P. 57.3m)

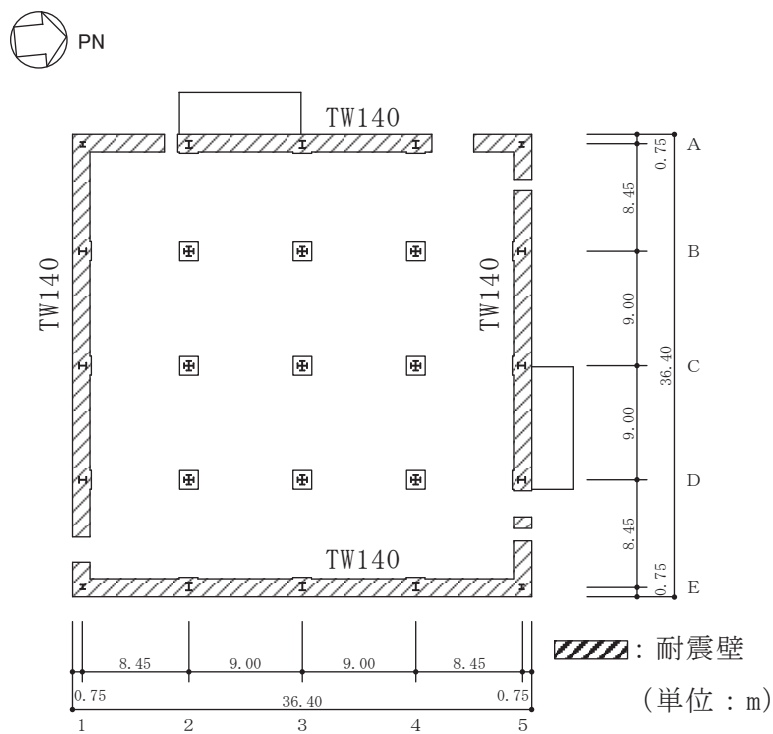


図 6-3(3) 評価対象とする耐震壁 (1F, 0. P. 62. 2m)

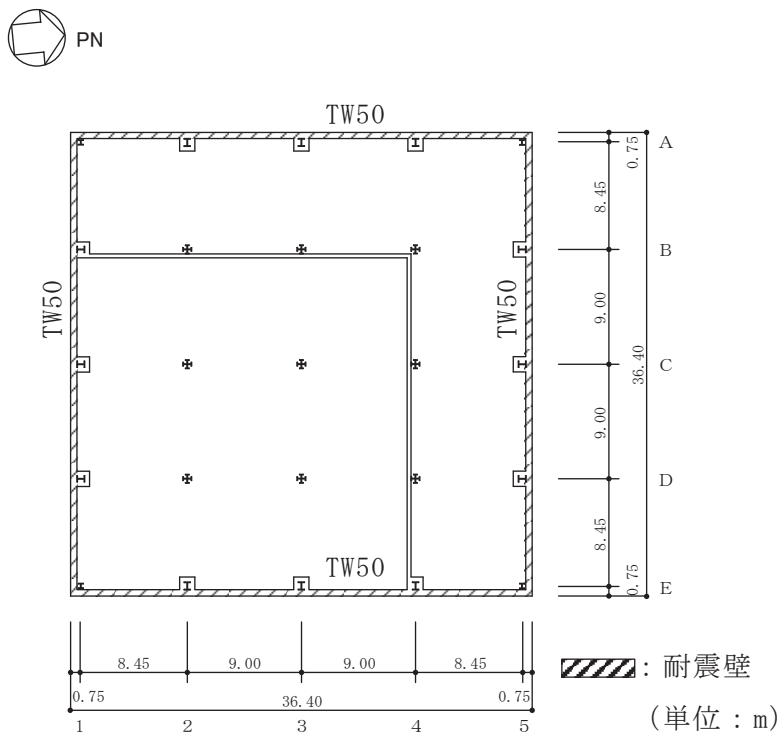


図 6-3(4) 評価対象とする耐震壁 (2F, 0. P. 69. 4m)

表 6-4(1) 評価結果 (基準地震動  $S_s$ ) (1/4)

| O. P. (m)                    |  | O. P. 51.50~O. P. 57.30 |           |           |           |
|------------------------------|--|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 壁位置<br>(通り)                  |  | A                       | E         | 1         | 5         |
| 壁記号                          |  | TW220                   | TW220     | TW220     | TW220     |
| 断面積 (m <sup>2</sup> )        |  | 122.76                  | 122.76    | 122.76    | 122.76    |
| 壁厚 (mm)                      |  | 2200                    | 2200      | 2200      | 2200      |
| 配筋                           | 縦筋配筋                                   | 8-D38@200               | 8-D38@200 | 8-D38@200 | 8-D38@200 |
|                              | 縦筋設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)                   | 2.073                   | 2.073     | 2.073     | 2.073     |
|                              | 横筋配筋                                   | 8-D38@200               | 8-D38@200 | 8-D38@200 | 8-D38@200 |
|                              | 横筋設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)                   | 2.073                   | 2.073     | 2.073     | 2.073     |
| せん断<br>に対する<br>検討            | せん断力<br>$Q$ ( $\times 10^3$ kN)        | 168.61                  | 166.05    | 166.00    | 168.41    |
|                              | せん断力応力度<br>$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 2.11                    | 2.07      | 2.07      | 2.10      |
|                              | 必要鉄筋比<br>$P_Q$ (%)                     | 0.540                   | 0.532     | 0.532     | 0.539     |
| 曲げモーメント<br>に対する<br>検討        | 曲げモーメント<br>$M$ ( $\times 10^4$ kN·m)   | 298.86                  | 299.13    | 295.57    | 302.25    |
|                              | 軸力<br>$N$ ( $\times 10^3$ kN)          | 63.67                   | 60.29     | 59.82     | 63.26     |
|                              | 鉛直震度*                                  | 0.300                   | 0.300     | 0.300     | 0.300     |
|                              | 必要鉄筋比<br>$P_M$ (%)                     | 0.481                   | 0.487     | 0.481     | 0.489     |
| 土圧荷重<br>に対する<br>検討           | 曲げモーメント<br>$M_{SO}$ (kN·m)             | 467                     | 467       | 467       | 467       |
|                              | 必要鉄筋比<br>$P_{SO}$ (%)                  | 0.071                   | 0.071     | 0.071     | 0.071     |
| $(P_Q + P_M + P_{SO}) / P_g$ |  | 0.53                    | 0.53      | 0.53      | 0.54      |
| 判定                           |  | 可                       | 可         | 可         | 可         |

注記\* : 鉛直震度には長期荷重時の重量は含まない。

表 6-4(2) 評価結果 (基準地震動  $S_s$ ) (2/4)

| O. P. (m)                    |  | O. P. 57.30~O. P. 62.20 |           |           |           |
|------------------------------|--|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 壁位置<br>(通り)                  |  | A                       | E         | 1         | 5         |
| 壁記号                          |  | TW190                   | TW190     | TW190     | TW190     |
| 断面積 (m <sup>2</sup> )        |  | 106.29                  | 106.29    | 106.29    | 106.29    |
| 壁厚 (mm)                      |  | 1900                    | 1900      | 1900      | 1900      |
| 配筋                           | 縦筋配筋                                   | 6-D38@200               | 6-D38@200 | 6-D38@200 | 6-D38@200 |
|                              | 縦筋設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)                   | 1.800                   | 1.800     | 1.800     | 1.800     |
|                              | 横筋配筋                                   | 6-D38@200               | 6-D38@200 | 6-D38@200 | 6-D38@200 |
|                              | 横筋設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)                   | 1.800                   | 1.800     | 1.800     | 1.800     |
| せん断<br>に対する<br>検討            | せん断力<br>$Q$ ( $\times 10^3$ kN)        | 140.50                  | 138.71    | 138.69    | 140.30    |
|                              | せん断力応力度<br>$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 2.03                    | 2.01      | 2.01      | 2.03      |
|                              | 必要鉄筋比<br>$P_Q$ (%)                     | 0.521                   | 0.514     | 0.514     | 0.520     |
| 曲げモーメント<br>に対する<br>検討        | 曲げモーメント<br>$M$ ( $\times 10^4$ kN·m)   | 192.50                  | 194.37    | 190.68    | 196.10    |
|                              | 軸力<br>$N$ ( $\times 10^3$ kN)          | 41.49                   | 39.92     | 39.66     | 41.08     |
|                              | 鉛直震度*                                  | 0.380                   | 0.380     | 0.380     | 0.380     |
|                              | 必要鉄筋比<br>$P_M$ (%)                     | 0.368                   | 0.375     | 0.367     | 0.377     |
| 土圧荷重<br>に対する<br>検討           | 曲げモーメント<br>$M_{SO}$ (kN·m)             | 205                     | 205       | 205       | 205       |
|                              | 必要鉄筋比<br>$P_{SO}$ (%)                  | 0.042                   | 0.042     | 0.042     | 0.042     |
| $(P_Q + P_M + P_{SO}) / P_g$ |  | 0.52                    | 0.52      | 0.52      | 0.53      |
| 判定                           |  | 可                       | 可         | 可         | 可         |

注記\* : 鉛直震度には長期荷重時の重量は含まない。

表 6-4(3) 評価結果 (基準地震動  $S_s$ ) (3/4)

| O. P. (m)             |  | O. P. 62.20~O. P. 69.40 |           |           |           |
|-----------------------|--|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 壁位置<br>(通り)           |  | A                       | E         | 1         | 5         |
| 壁記号                   |  | TW140                   | TW140     | TW140     | TW140     |
| 断面積 (m <sup>2</sup> ) |  | 73.95                   | 72.83     | 75.77     | 71.01     |
| 壁厚 (mm)               |  | 1400                    | 1400      | 1400      | 1400      |
| 配筋                    | 縦筋配筋                                   | 5-D38@200               | 5-D38@200 | 5-D38@200 | 5-D38@200 |
|                       | 縦筋設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)                   | 2.036                   | 2.036     | 2.036     | 2.036     |
|                       | 横筋配筋                                   | 5-D38@200               | 5-D38@200 | 5-D38@200 | 5-D38@200 |
|                       | 横筋設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)                   | 2.036                   | 2.036     | 2.036     | 2.036     |
| せん断<br>に対する<br>検討     | せん断力<br>$Q$ ( $\times 10^3$ kN)        | 96.06                   | 101.16    | 96.36     | 98.27     |
|                       | せん断力応力度<br>$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 2.07                    | 1.99      | 2.00      | 2.05      |
|                       | 必要鉄筋比<br>$P_Q$ (%)                     | 0.532                   | 0.509     | 0.513     | 0.525     |
| 曲げモーメント<br>に対する<br>検討 | 曲げモーメント<br>$M$ ( $\times 10^4$ kN·m)   | 116.02                  | 115.80    | 111.78    | 117.73    |
|                       | 軸力<br>$N$ ( $\times 10^3$ kN)          | 22.62                   | 21.48     | 21.54     | 22.22     |
|                       | 鉛直震度*                                  | 0.50                    | 0.50      | 0.50      | 0.50      |
|                       | 必要鉄筋比<br>$P_M$ (%)                     | 0.351                   | 0.368     | 0.332     | 0.390     |
| $(P_Q + P_M) / P_g$   |  | 0.44                    | 0.44      | 0.42      | 0.45      |
| 判定                    |  | 可                       | 可         | 可         | 可         |

注記\* : 鉛直震度には長期荷重時の重量は含まない。

表 6-4(4) 評価結果 (基準地震動  $S_s$ ) (4/4)

| O. P. (m)             |  | O. P. 69.40~O. P. 75.90 |           |           |           |
|-----------------------|--|-------------------------|-----------|-----------|-----------|
| 壁位置<br>(通り)           |  | A                       | E         | 1         | 5         |
| 壁記号                   |  | TW50                    | TW50      | TW50      | TW50      |
| 断面積 (m <sup>2</sup> ) |  | 28.20                   | 28.20     | 28.20     | 28.20     |
| 壁厚 (mm)               |  | 500                     | 500       | 500       | 500       |
| 配筋                    | 縦筋配筋                                   | 2-D35@200               | 2-D35@200 | 2-D35@200 | 2-D35@200 |
|                       | 縦筋設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)                   | 1.914                   | 1.914     | 1.914     | 1.914     |
|                       | 横筋配筋                                   | 2-D35@200               | 2-D35@200 | 2-D35@200 | 2-D35@200 |
|                       | 横筋設計鉄筋比<br>$P_g$ (%)                   | 1.914                   | 1.914     | 1.914     | 1.914     |
| せん断<br>に対する<br>検討     | せん断力<br>$Q$ ( $\times 10^3$ kN)        | 38.77                   | 35.99     | 36.05     | 38.49     |
|                       | せん断力応力度<br>$\tau$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 2.13                    | 1.98      | 1.98      | 2.11      |
|                       | 必要鉄筋比<br>$P_Q$ (%)                     | 0.546                   | 0.507     | 0.508     | 0.542     |
| 曲げモーメント<br>に対する<br>検討 | 曲げモーメント<br>$M$ ( $\times 10^4$ kN·m)   | 34.31                   | 29.67     | 29.50     | 35.07     |
|                       | 軸力<br>$N$ ( $\times 10^3$ kN)          | 8.21                    | 6.18      | 6.28      | 8.02      |
|                       | 鉛直震度*                                  | 0.57                    | 0.57      | 0.57      | 0.57      |
|                       | 必要鉄筋比<br>$P_M$ (%)                     | 0.266                   | 0.233     | 0.231     | 0.273     |
| $(P_Q + P_M) / P_g$   |  | 0.43                    | 0.39      | 0.39      | 0.43      |
| 判定                    |  | 可                       | 可         | 可         | 可         |

注記\* : 鉛直震度には長期荷重時の重量は含まない。



表 6-5 土圧荷重に対する面外せん断の評価結果 (基準地震動  $S_s$ )

| 階                        | B2        | B1        |
|--------------------------|-----------|-----------|
| 厚さ $t$ (mm) × 幅 $b$ (mm) | 2200×1000 | 1900×1000 |
| 有効せい $d$ (mm)            | 1870      | 1615      |
| 発生曲げモーメント $M$ (kN・m/m)   | 1804      | 1397      |
| 発生せん断力 $Q$ (kN/m)        | 2076      | 1416      |
| せん断スパン比による割増係数 $\alpha$  | 2.00      | 2.00      |
| 許容限界 $Q_A$ (kN/m)        | 3861      | 3335      |
| 検定値 $Q/Q_A$              | 0.54      | 0.43      |
| 判定                       | 可         | 可         |

別紙 1 ケーブルピット部壁の耐震性についての計算書

## 目 次

|                        |         |
|------------------------|---------|
| 1. 概要 .....            | 別紙 1- 1 |
| 2. 基本方針 .....          | 別紙 1- 2 |
| 2.1 位置 .....           | 別紙 1- 2 |
| 2.2 構造概要 .....         | 別紙 1- 3 |
| 2.3 評価方針 .....         | 別紙 1- 6 |
| 2.4 適用規格・基準等 .....     | 別紙 1- 8 |
| 3. 応力解析による評価方法 .....   | 別紙 1- 9 |
| 3.1 評価対象部位及び評価方針 ..... | 別紙 1- 9 |
| 3.2 荷重及び荷重の組合せ .....   | 別紙 1-10 |
| 3.3 許容限界 .....         | 別紙 1-13 |
| 3.4 解析モデル及び諸元 .....    | 別紙 1-15 |
| 3.5 評価方法 .....         | 別紙 1-16 |
| 4. 応力解析による評価結果 .....   | 別紙 1-18 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、緊急時対策建屋の一部を構成するケーブルピット部躯体の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、応力解析による評価に基づき行う。

緊急時対策建屋は、設計基準対象施設においては「Cクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。また、緊急時対策建屋を構成する壁及びスラブの一部は緊急時対策所遮蔽に該当し、その緊急時対策所遮蔽は、重大事故等対処施設において「常設重大事故緩和設備」に分類される。

以下、「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」としての分類に応じた耐震評価を示す。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

緊急時対策建屋の設置位置を図2-1に示す。



□ 緊急時対策建屋

図 2-1 緊急時対策建屋の設置位置

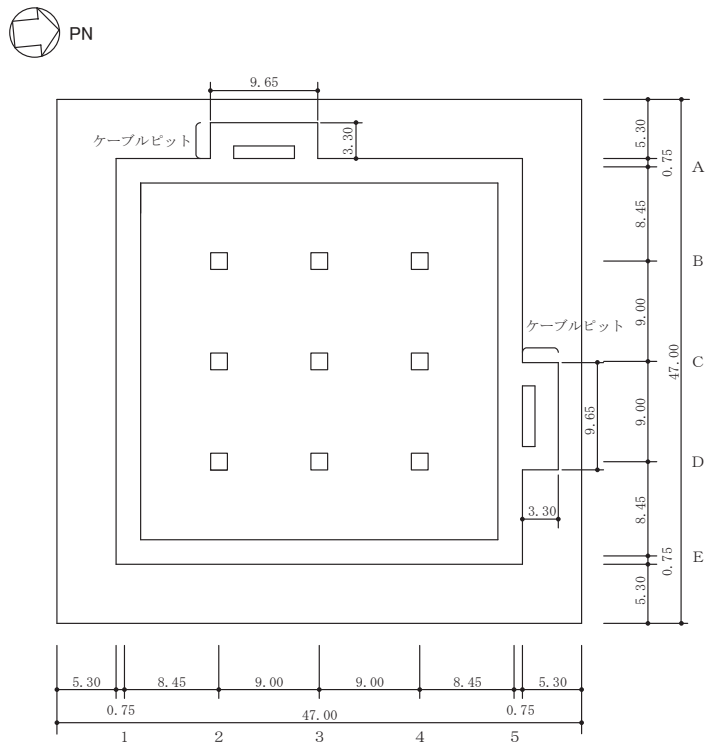
## 2.2 構造概要

緊急時対策建屋のケーブルピットは、建屋の北面及び西面の地下部に位置し、基礎  
上端からの高さは 10.5m であり、平面は 3.3m×9.65m\*の長方形である。構造は鉄筋コ  
ンクリート造である。

ケーブルピット部壁は、基礎版から頂部床面まで連続しており、地下 2 階の壁厚は  
2.0m、地下 1 階の壁厚は 1.5m である。緊急時対策建屋の主たる耐震要素は、建屋外壁  
の耐震壁で、地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁で負担するため、ケーブルピッ  
ト部壁は、地震時の面外慣性力及び土圧のみ負担する。

ケーブルピットの概略平面図及び概略断面図を図 2-2 及び図 2-3 に示す。

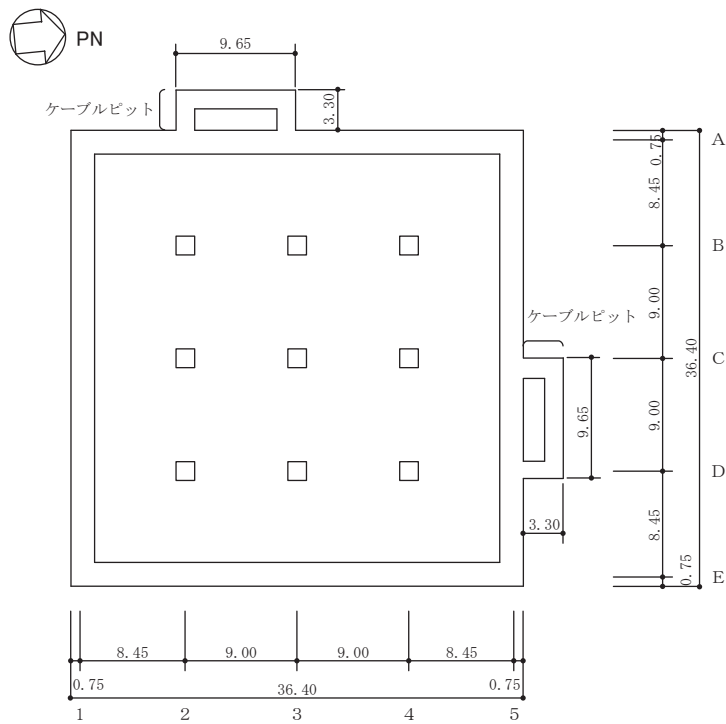
注記\*：寸法は壁外面押えとする。



(単位：m)

図 2-2(1) 緊急時対策建屋の概略平面図 (O.P. \* 51.5m)

注記\* : O.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり，東京湾平均海面(T.P.)  
-0.74m である。



(単位：m)

図 2-2(2) 緊急時対策建屋の概略平面図 (O.P. 57.3m)

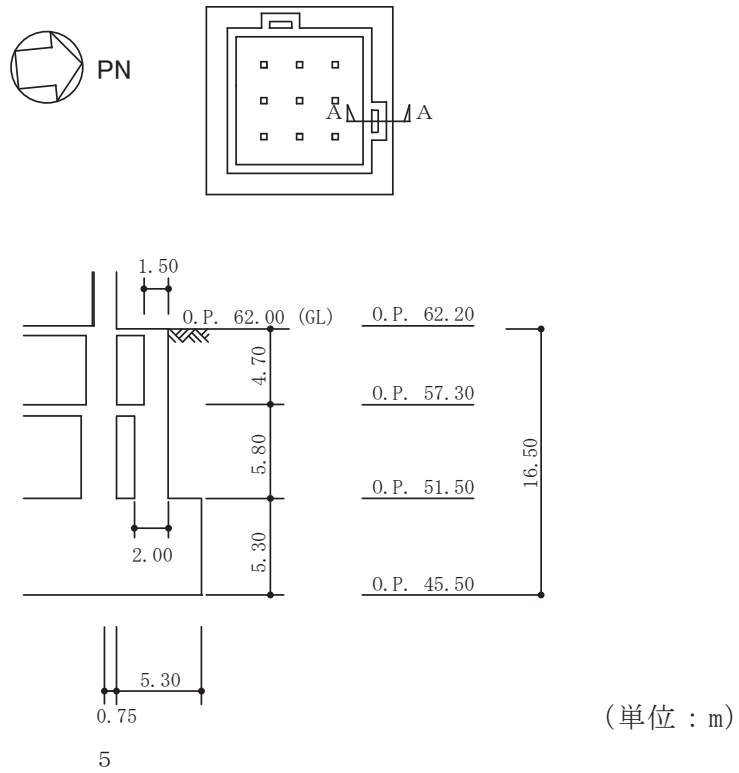


図 2-3(1) 緊急時対策建屋の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

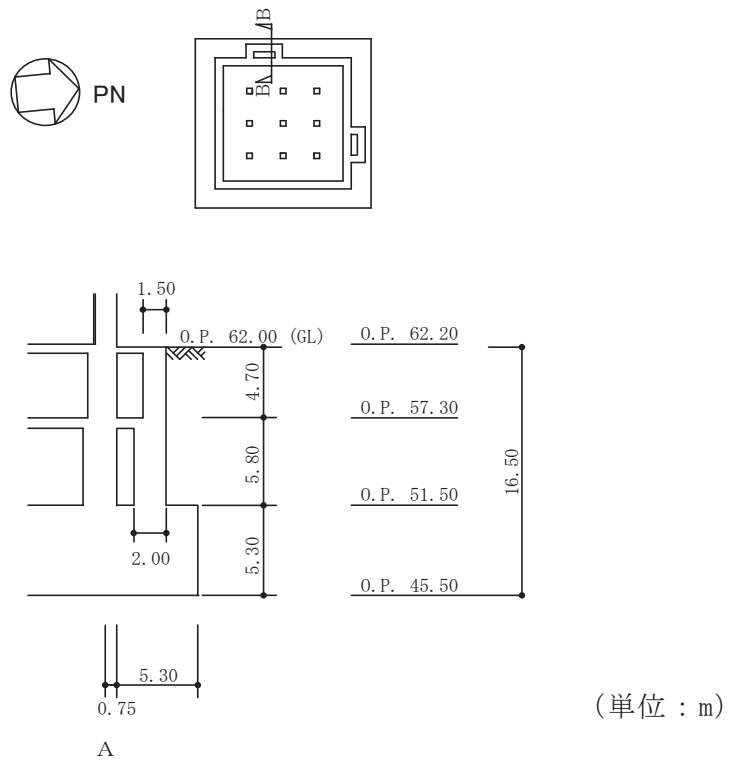


図 2-3(2) 緊急時対策建屋の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)



### 2.3 評価方針

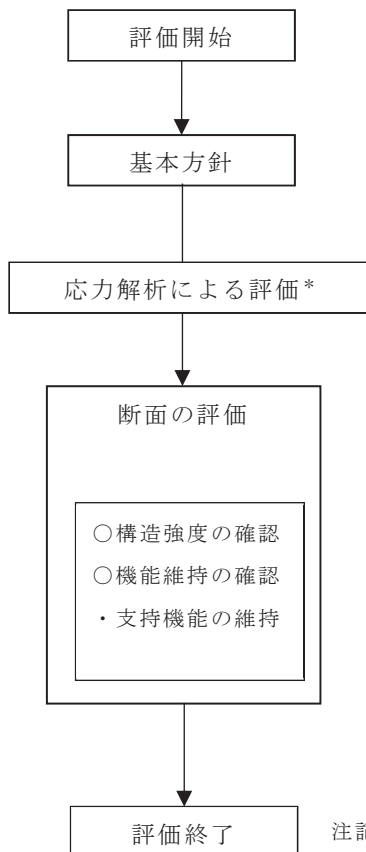
緊急時対策建屋は，設計基準対象施設においては「Cクラスの施設の間接支持構造物」に，重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

ケーブルピットの評価においては，基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）の評価を行うこととし，評価は添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。ケーブルピットの評価は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，応力解析による評価においてはケーブルピットの断面の評価を行うことで，ケーブルピットの地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表2-1に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

ケーブルピットの評価フローを図2-4に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

| ケース名             | 建屋減衰 | コンクリート剛性             |                         | 地盤のせん断波速度     |
|------------------|------|----------------------|-------------------------|---------------|
|                  |      | 初期剛性                 | 終局耐力                    |               |
| ケース 1<br>(基本ケース) | 5%   | 設計基準強度に基づき JEAG 式で評価 |                         | 平均値           |
| ケース 2            | 同上   | 同上                   |                         | + $\sigma$ 相当 |
| ケース 3            | 同上   | 同上                   |                         | - $\sigma$ 相当 |
| ケース 4<br>(水平のみ)  | 同上   | 基本ケースの<br>0.8 倍      | 設計基準強度に基づき<br>JEAG 式で評価 | 平均値           |
| ケース 5<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                      | + $\sigma$ 相当 |
| ケース 6<br>(水平のみ)  | 同上   | 同上                   | 同上                      | - $\sigma$ 相当 |



注記\* : 添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-4 ケーブルピットの評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

ケーブルピットの評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（以下「RC-N規準」という。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）

### 3. 応力解析による評価方法

#### 3.1 評価対象部位及び評価方針

ケーブルピットの応力解析による評価対象部位は、ケーブルピット部壁とし、 $S_s$ 地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

$S_s$ 地震時に対する評価は、弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せ結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

弾性応力解析にあたっては、添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」より得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。また、断面の評価については、材料物性の不確かさを考慮した断面力に対して行うこととする。応力解析による評価フローを図3-1に示す。

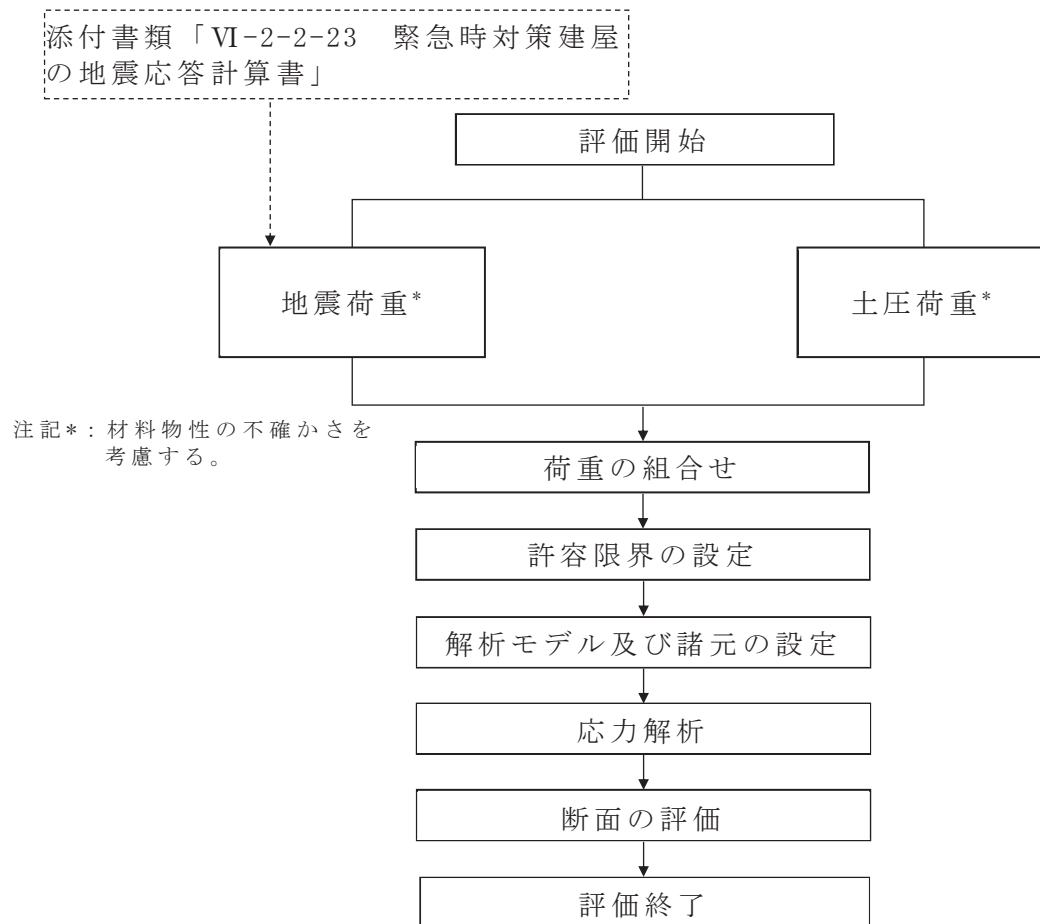


図 3-1 応力解析による評価フロー

### 3.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

#### 3.2.1 荷重

##### (1) 水平地震荷重

水平地震荷重は、基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果より設定する。なお、水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。

基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果の加速度から水平震度及び面外慣性力を算定し、水平地震荷重とする。

表 3-1 に応力解析で考慮した基準地震動  $S_s$  時の水平地震荷重を示す。

表 3-1(1) 水平地震時荷重 (加速度・水平震度)

| O. P.<br>(m) | 方向 | 最大値<br>( $\text{cm/s}^2$ ) | 水平震度  | 包絡値   |
|--------------|----|----------------------------|-------|-------|
| 62.2         | NS | 1368                       | 1.395 | 1.395 |
|              | EW | 1366                       | 1.393 |       |
| 57.3         | NS | 984                        | 1.003 | 1.003 |
|              | EW | 982                        | 1.001 |       |

表 3-1(2) 水平地震時荷重 (面外慣性力)

| O. P.<br>(m)  | 壁厚<br>(m) | 水平震度<br>(包絡値) | 面外慣性力*<br>( $\text{kN/m}$ ) |
|---------------|-----------|---------------|-----------------------------|
| 62.0<br>~57.3 | 1.5       | 1.395         | 50.2                        |
| 57.3~<br>51.5 | 2.0       | 1.003         | 48.1                        |

注記\* : 鉄筋コンクリートの単位体積重量は  $24\text{kN/m}^3$  とする。

(2) 地震時土圧荷重

地震時土圧荷重は、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算出する。地震時増分土圧は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を基にして「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」の地震時増分土圧式から加力側増分土圧及び支持側増分土圧を包絡したものとする。図 3-2 に地震時土圧を示す。

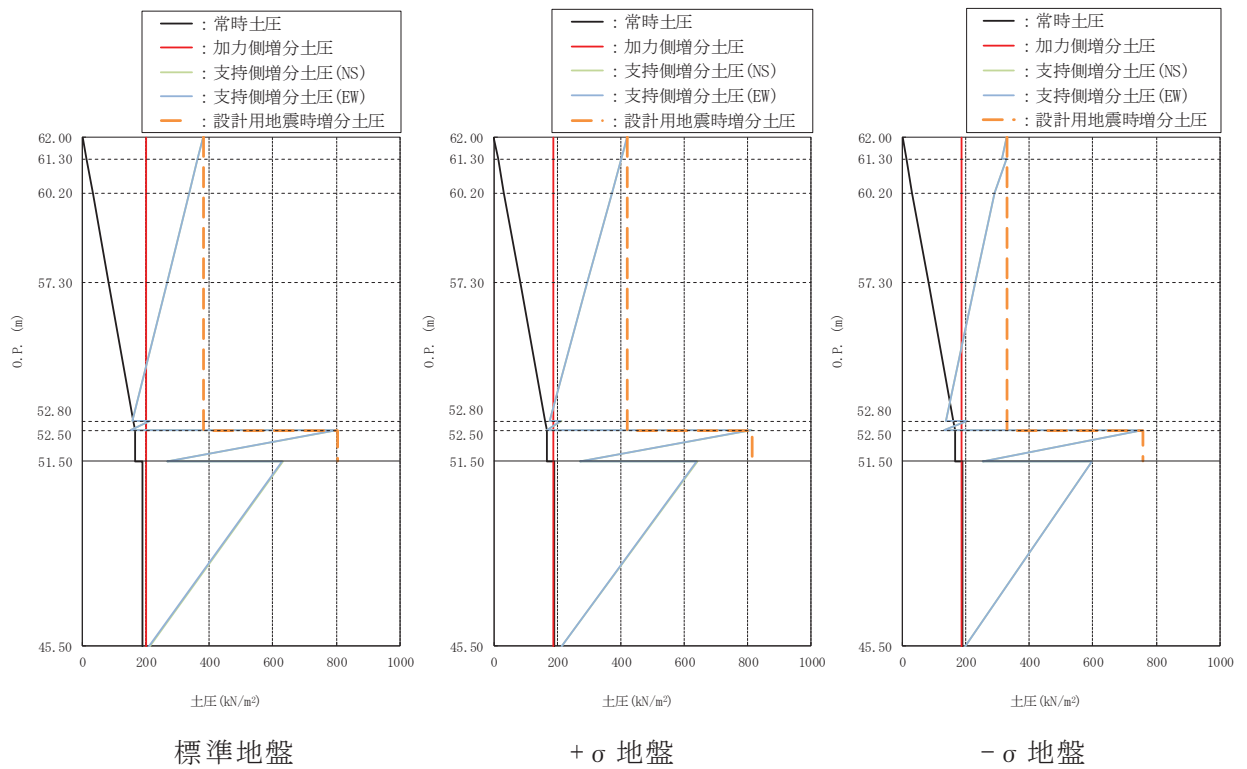


図 3-2 常時土圧及び地震時土圧

### 3.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

| 外力の状態   | 荷重の組合せ |
|---------|--------|
| S s 地震時 | S s    |

S s : 地震荷重 (地震時土圧荷重を含む)

### 3.3 許容限界

応力解析による評価におけるケーブルピット部壁の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-3 のとおり設定する。

また、コンクリート、鉄筋の許容応力度を表 3-4 及び表 3-5 に示す。

表 3-3 応力解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 要求機能               | 機能設計上の性能目標                | 地震力                     | 部位        | 機能維持のための考え方                         | 許容限界                              |
|--------------------|---------------------------|-------------------------|-----------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| —                  | 構造強度を有すること                | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | ケーブルピット部壁 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 <sup>*1</sup> |
| 支持機能 <sup>*2</sup> | 機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | ケーブルピット部壁 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 <sup>*1</sup> |

注記\*1：許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

\*2：「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。



表 3-4 コンクリートの許容応力度

| 設計基準強度 $F_c$<br>( $N/mm^2$ ) | 短期                 |                     |
|------------------------------|--------------------|---------------------|
|                              | 圧縮<br>( $N/mm^2$ ) | せん断<br>( $N/mm^2$ ) |
| 30                           | 20                 | 1.18                |

表 3-5 鉄筋の許容応力度

| 種別    | 短期                     |                       |
|-------|------------------------|-----------------------|
|       | 引張及び圧縮<br>( $N/mm^2$ ) | せん断補強<br>( $N/mm^2$ ) |
| SD390 | 390                    | 390                   |

### 3.4 解析モデル及び諸元

#### 3.4.1 モデル化の基本方針

応力解析は、連続はりモデルを用いた弾性応力解析とする。解析には、解析コード「KANSAS」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

ケーブルピット部壁については、O.P. 51.5m～O.P. 62.0m をモデル化する。壁を単位幅で切り出し、線材でモデル化する。境界条件は、基礎版と接続する脚部を固定、地下 1 階及び頂部の床スラブ上端をピン固定とする。ケーブルピット部壁のモデル図を図 3-3 に示す。

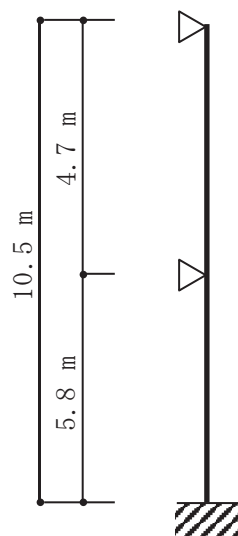


図 3-3 ケーブルピット部壁の解析モデル図

#### 3.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 3-6 に示す。

表 3-6 コンクリートの物性値

| 設計基準強度<br>F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>E (N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比<br>ν |
|---|---------------------------------|------------|
| 30.0  | 2.44×10 <sup>4</sup>            | 0.2        |

### 3.5 評価方法

#### 3.5.1 応力解析方法

ケーブルピット部壁について、S s地震時に対して連続はりモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

荷重の入力方法を以下に示す。

##### (1) 地震荷重

地震荷重は、「3.2.1 荷重」で示した面外慣性力を分布荷重として入力する。

##### (2) 地震時土圧荷重

地震時土圧荷重は、「3.2.1 荷重」で示した荷重を面外慣性力と同一方向に分布荷重として入力する。

応力解析により算出した曲げモーメント及びせん断力を表 3-7 に示す。

表 3-7 応力解析により算出した曲げモーメント及びせん断力

| 部位      | 壁厚<br>(m) | 曲げ<br>モーメント<br>(kN・m/m) | せん断力<br>(kN/m) |
|---------|-----------|-------------------------|----------------|
| 地下 1 階壁 | 1.5       | 1493.2                  | 1553.0         |
| 地下 2 階壁 | 2.0       | 1958.8                  | 2225.0         |

### 3.5.2 断面の評価方法

#### (1) 曲げモーメントに対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる曲げモーメントが、短期許容曲げモーメントを超えないことを確認する。

$$M_A = a_t \cdot f_t \cdot j$$

ここで、

$M_A$  : 短期許容曲げモーメント (N・mm)

$a_t$  : 引張鉄筋断面積 (mm<sup>2</sup>)

$f_t$  : 引張鉄筋の短期許容引張応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

#### (2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式をもとに計算した許容面外せん断力を超えないことを確認する。なお、ケーブルピット部壁については軸力を付加しない。

$$Q_A = b \cdot j \cdot \alpha \cdot f_s$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

4. 応力解析による評価結果

屋上外壁の配筋一覧を表 4-1 に示す。また、「3.5.2 断面評価方法」に基づいた断面の評価結果を表 4-2 に示す。

S s 地震時において、発生値が許容値を超えないことを確認した。

表 4-1 ケーブルピット部壁の配筋一覧

| 部材      | 配筋        | 断面積 (mm <sup>2</sup> /m) |
|---------|-----------|--------------------------|
| 地下 1 階壁 | 1-D38@200 | 5700                     |
| 地下 2 階壁 | 2-D38@200 | 11400                    |

表 4-2 評価結果

| 部位                   |                              | 地下 1 階                                | 地下 2 階                                 |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------------|--|
| 厚さ t (mm) × 幅 b (mm) |                              | 1500×1000                             | 2000×1000                              |
| 有効せい d* (mm)         |                              | 1275                                  | 1700                                   |
| 配筋                   | 壁筋                           | 1-D38@200<br>(5700mm <sup>2</sup> /m) | 2-D38@200<br>(11400mm <sup>2</sup> /m) |
| 曲げモーメント              | 発生曲げモーメント M (kN・m/m)         | 1493.2                                | 1958.8                                 |
|                      | 許容限界 M <sub>A</sub> (kN・m/m) | 2480.0                                | 6613.4                                 |
|                      | 検定値 M/M <sub>A</sub>         | 0.603                                 | 0.297                                  |
| 面外せん断力               | 発生せん断力 Q (kN/m)              | 1553.0                                | 2225.0                                 |
|                      | せん断スパン比による割増し係数 α            | 2.00                                  | 2.00                                   |
|                      | 許容限界 Q <sub>A</sub> (kN/m)   | 2632.9                                | 3510.5                                 |
|                      | 検定値 Q/Q <sub>A</sub>         | 0.590                                 | 0.634                                  |
| 判定                   |                              | 可                                     | 可                                      |

注記\*：有効せいは、厚さの0.85倍とする。

VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書

## 目次

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 1. 概要                 | 1  |
| 2. 基本方針               | 2  |
| 2.1 位置                | 2  |
| 2.2 構造概要              | 3  |
| 2.3 解析方針              | 8  |
| 2.4 適用規格・基準等          | 10 |
| 3. 解析方法               | 11 |
| 3.1 設計に用いる地震波         | 11 |
| 3.2 地震時荷重算出断面         | 26 |
| 3.3 解析方法              | 28 |
| 3.3.1 構造部材            | 28 |
| 3.3.2 地盤物性及び材料物性の不確かさ | 28 |
| 3.3.3 減衰定数            | 30 |
| 3.3.4 地震応答解析の解析ケースの選定 | 31 |
| 3.4 荷重及び荷重の組合せ        | 34 |
| 3.4.1 耐震評価上考慮する状態     | 34 |
| 3.4.2 荷重              | 34 |
| 3.4.3 荷重の組合せ          | 35 |
| 3.5 入力地震動             | 36 |
| 3.6 解析モデル及び諸元         | 51 |
| 3.6.1 解析モデル           | 51 |
| 3.6.2 使用材料及び材料の物性値    | 54 |
| 3.6.3 地盤の物性値          | 54 |
| 3.6.4 地下水位            | 55 |
| 4. 解析結果               | 56 |
| 4.1 地震応答解析結果          | 56 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づく排気筒基礎の地震応答解析について説明するものである。

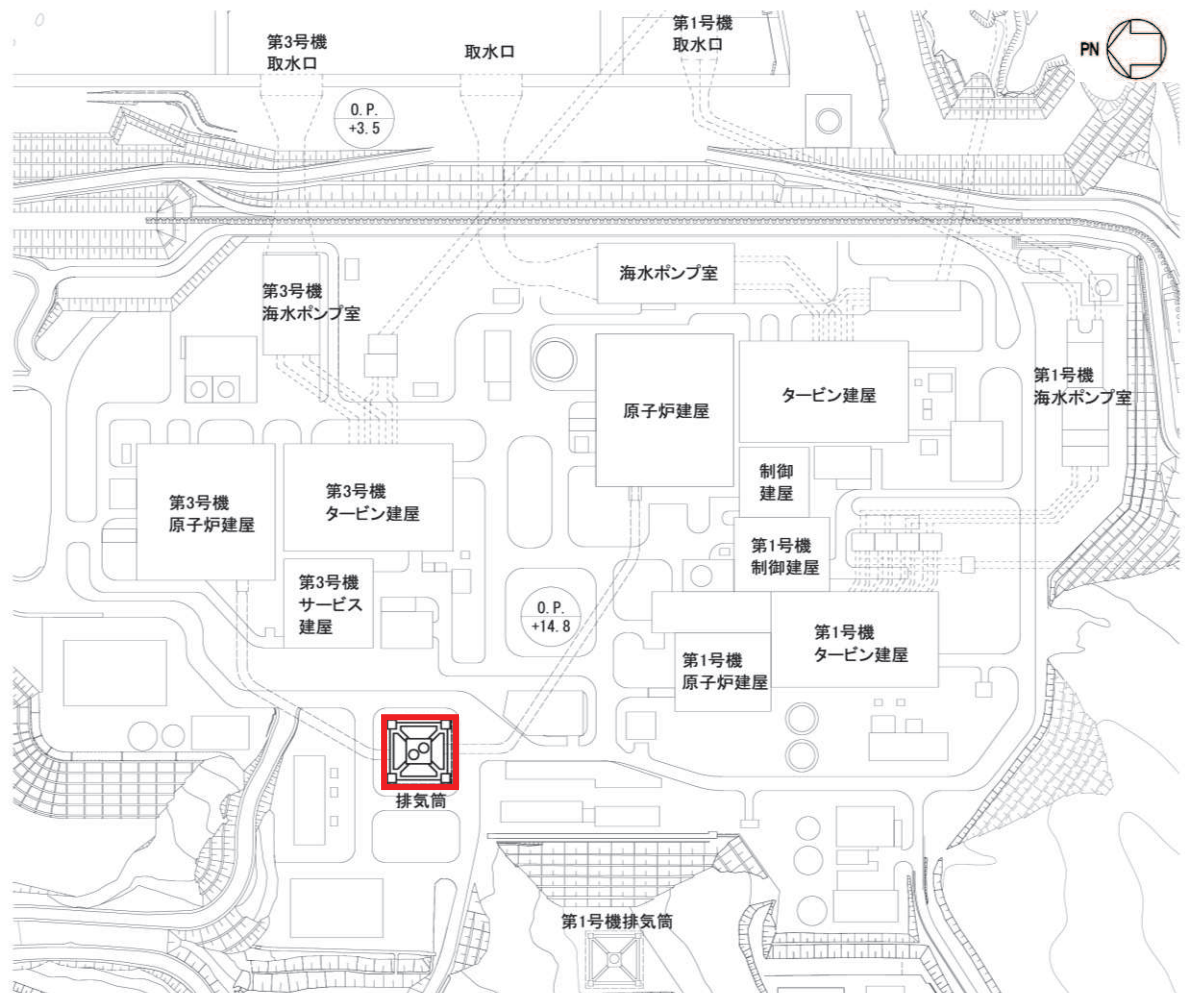
地震応答解析により算出した各種応答値は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に示す建物・構築物及び機器・配管系の設計用地震力として用いる。



## 2. 基本方針

### 2.1 位置

排気筒の設置位置を図 2-1 に示す。



 排気筒

図 2-1 排気筒の設置位置

## 2.2 構造概要

排気筒は、地上からの高さ 160.0m であり、基部内径 3.7m、頂部内径 3.0m の鋼板製筒身 2 本を鋼管四角形鉄塔（制震装置付）で支えた四角鉄塔支持形鋼管構造であり、第 2 号機排気筒と第 3 号機排気筒で支持構造物を共有する集合方式である。

排気筒の基礎は、フーチング基礎形式の鉄筋コンクリート造である。基礎版の形状は 38.0m (NS) × 38.0m (EW)、厚さ 5.0m であり、O.P.\*-4.0m で岩盤上に設置されている。筒身部を支える柱（以下「筒身柱」という。）は、平面形状 14.0m×14.0m、高さ 14.3m であり、鉄塔部を支える 4 本の柱（以下「鉄塔柱」という。）は、平面形状 5.0m×5.0m、高さ 14.3m である。それぞれの柱は、断面形状 2.5m×2.5m のつなぎはりでつながれている。これらの筒身柱、鉄塔柱、つなぎはり及び基礎版で囲まれた基礎の内側は、コンクリートで充填されている（以下「充填コンクリート」という。）。

排気筒の概要図及び概略平面図を図 2-2 及び図 2-3 に、排気筒基礎の平面図を図 2-4、断面図を図 2-5 及び図 2-6 に示す。

注記\*：O.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)  
-0.74m である。

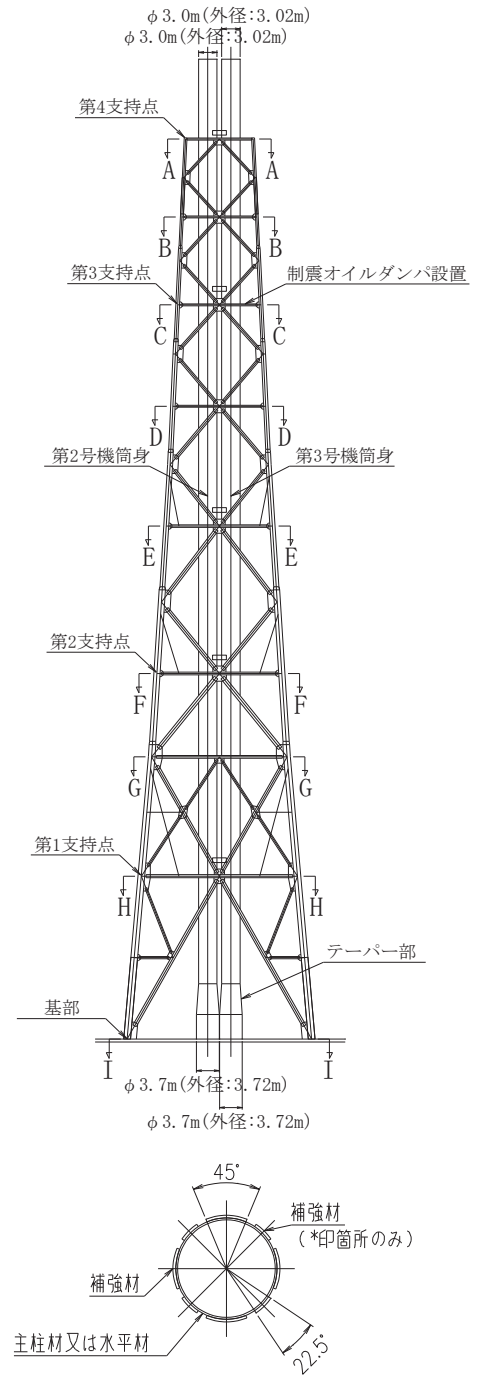
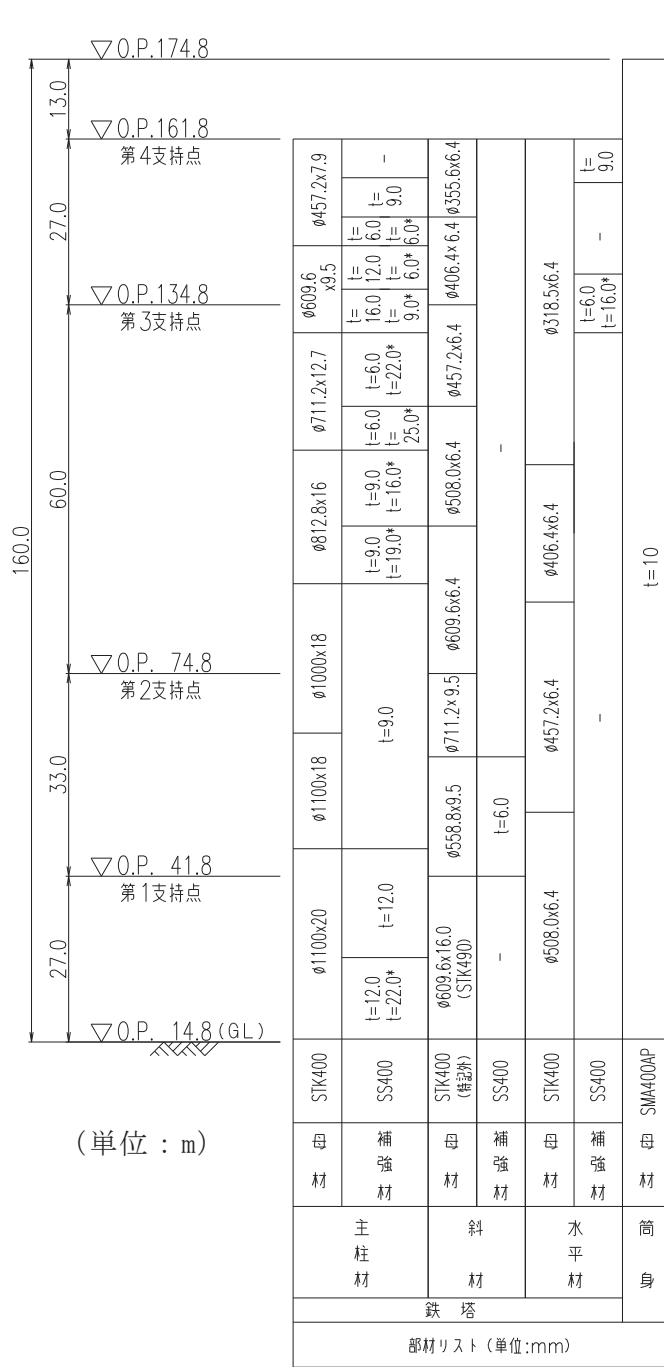


図 2-2 排気筒の概要図

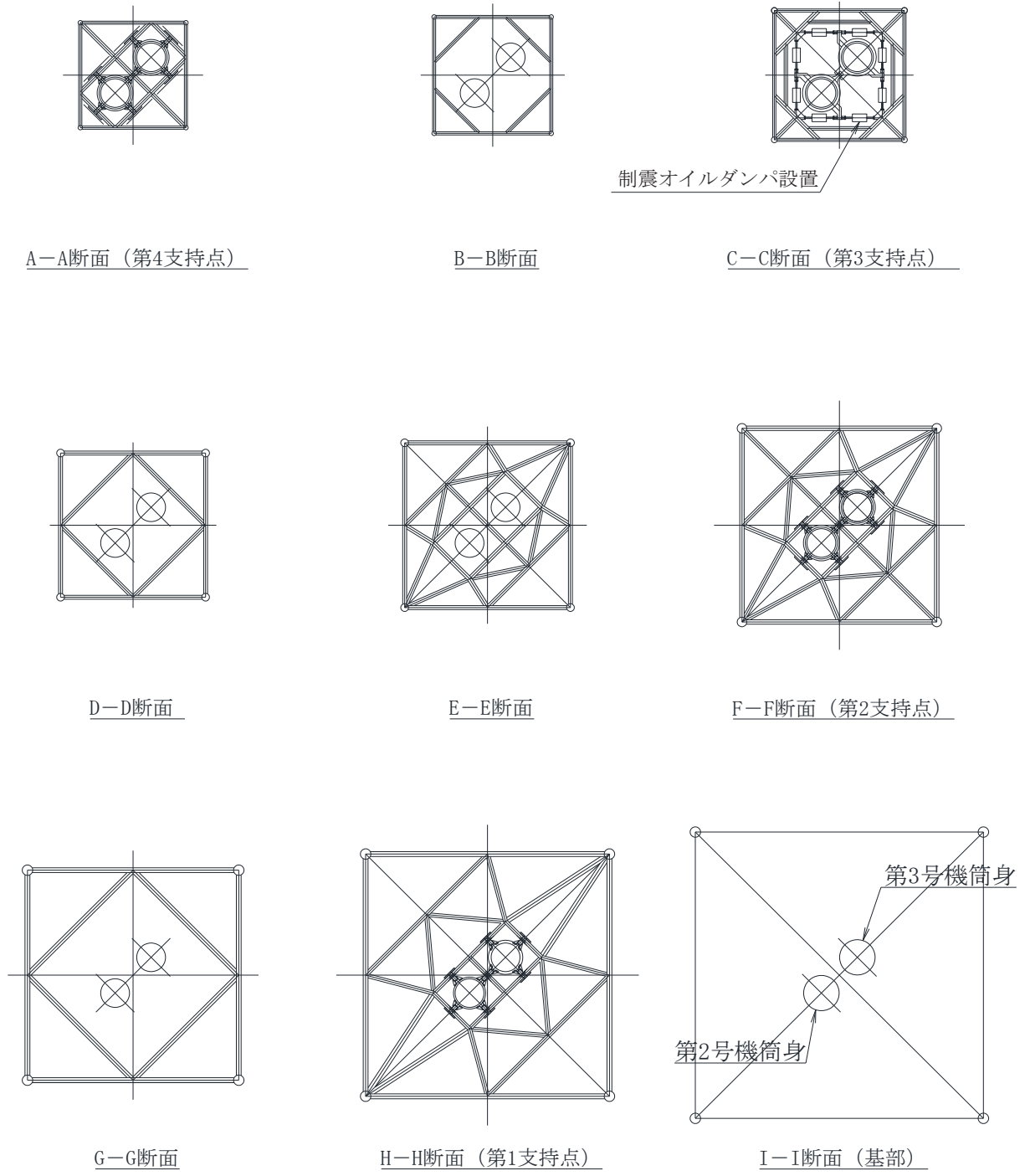


図 2-3 排気筒の概略平面図

平面図

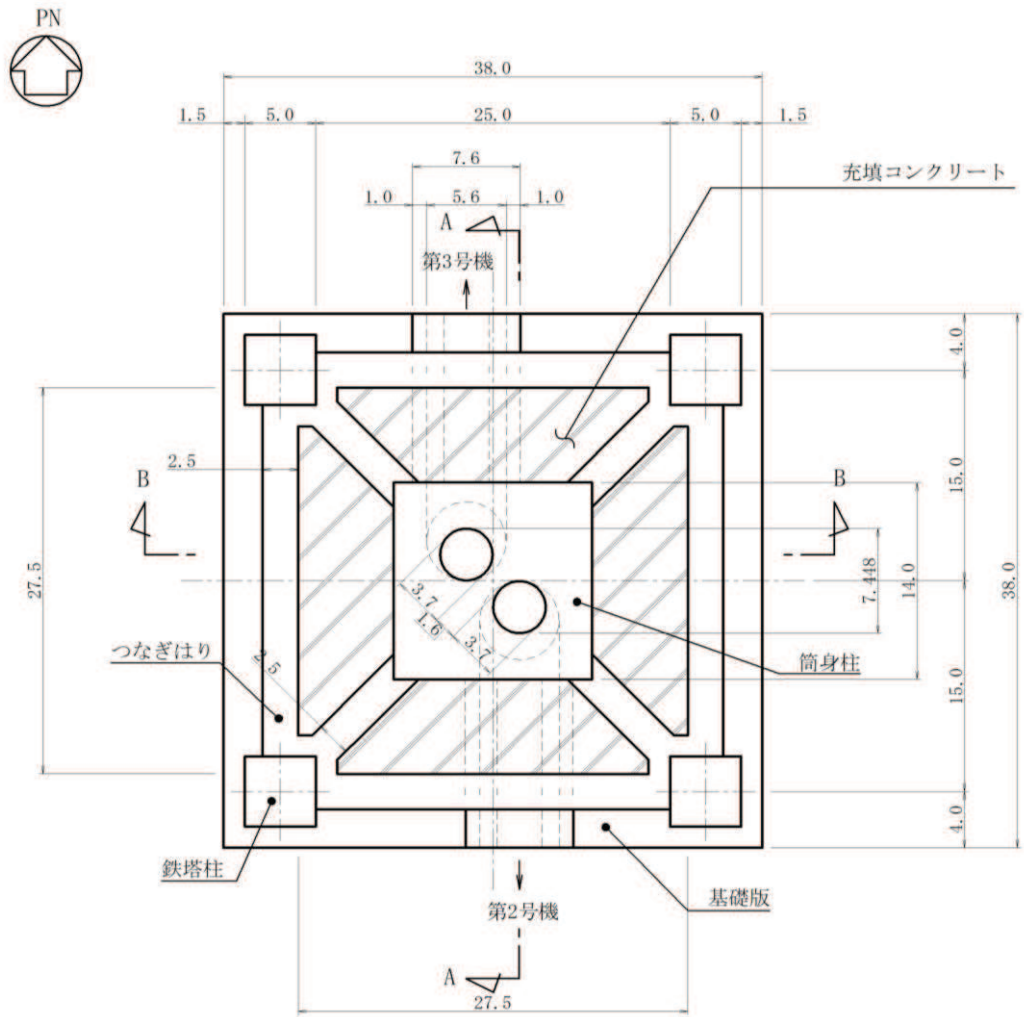


図 2-4 排気筒基礎平面図 (単位 : m)

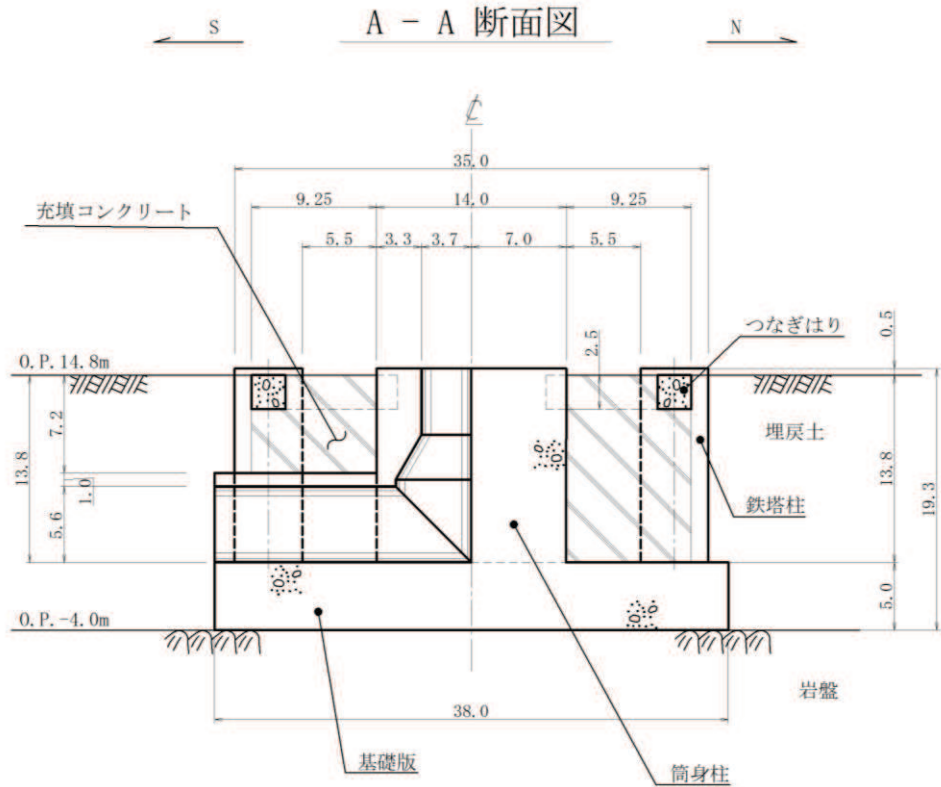


図 2-5 排気筒基礎断面図 (A-A 断面, NS 断面) (単位 : m)

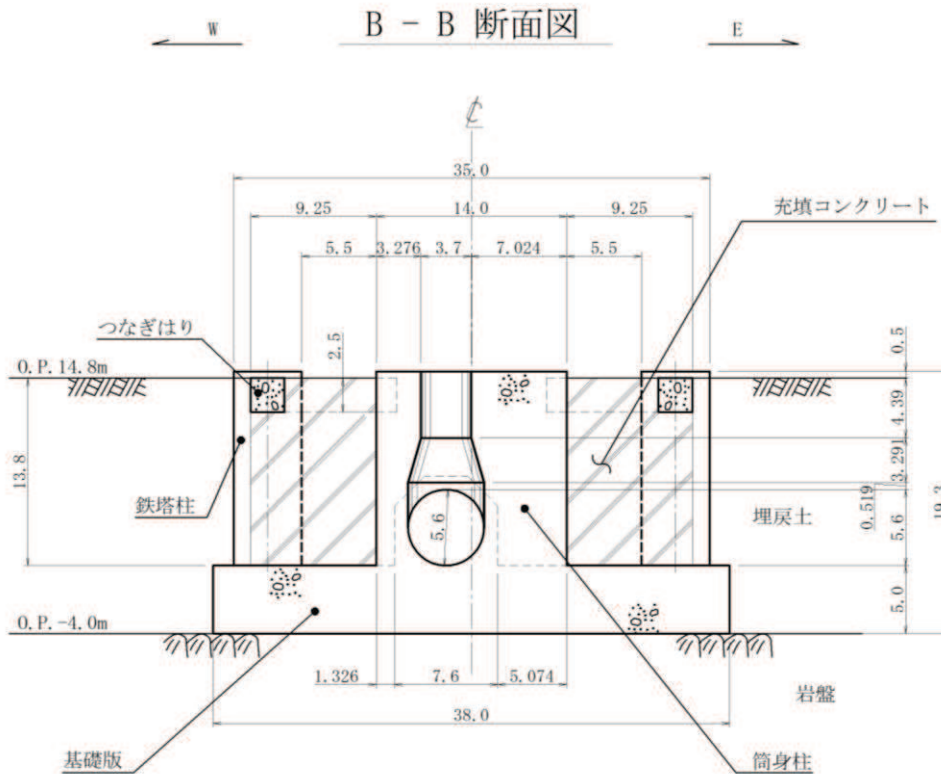


図 2-6 排気筒基礎断面図 (B-B 断面, EW 断面) (単位 : m)

### 2.3 解析方針

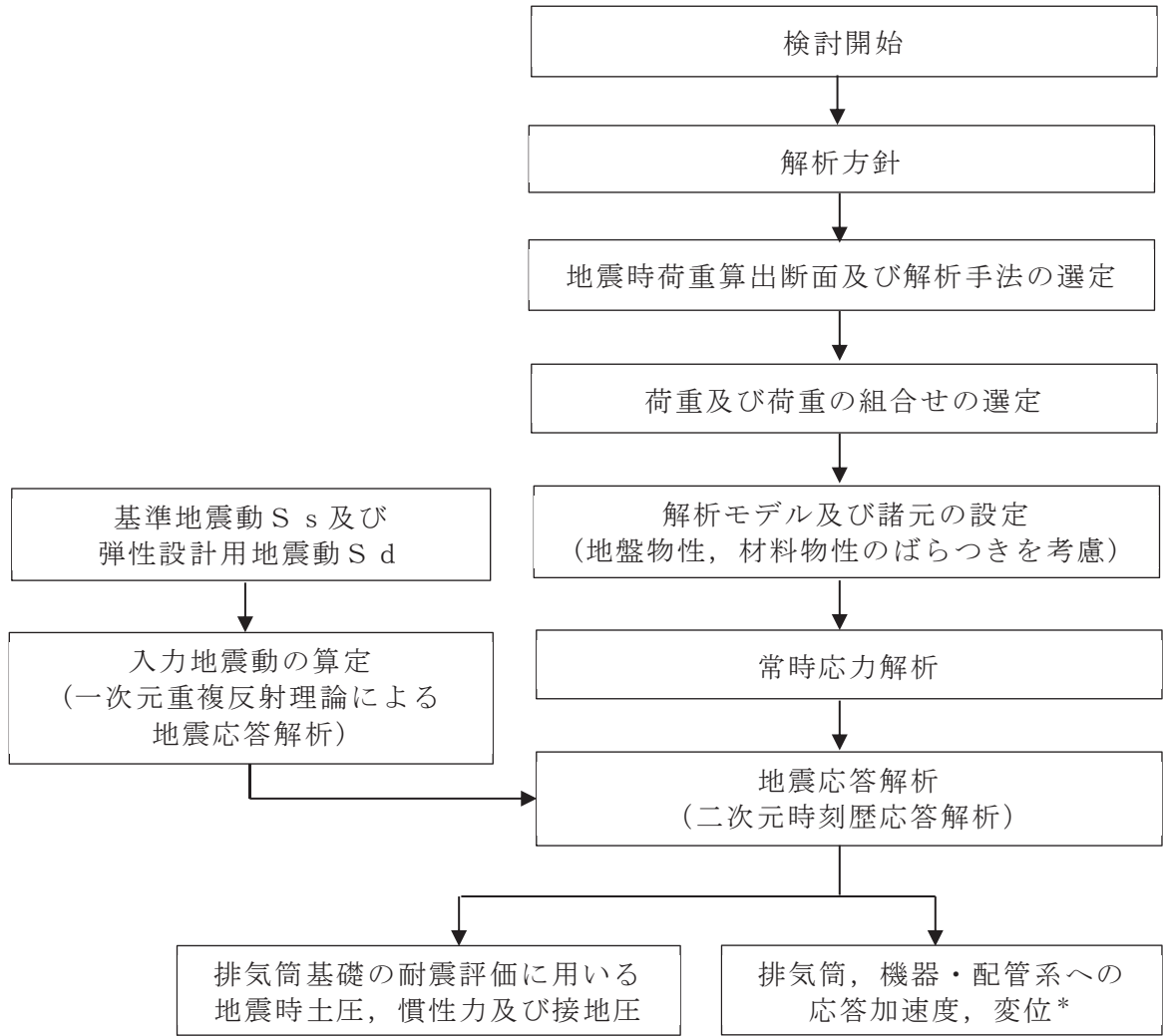
排気筒基礎の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図2-7に排気筒基礎の地震応答解析フローを示す。

地震応答解析は、「3.2 地震時荷重算出断面」に示す断面において、「3.3 解析方法」に基づき二次元有限要素法による時刻歴応答解析により行うこととし、地盤物性及び材料物性のばらつきを適切に考慮する。

二次元有限要素法による時刻歴応答解析は、「3.4 荷重及び荷重の組合せ」及び「3.6 解析モデル及び諸元」に示す条件及び地震応答解析モデルを用い、「3.5 入力地震動」により設定する入力地震動を用いて実施する。

排気筒基礎の地震応答解析による応答加速度は、排気筒の入力地震動及び機器・配管系の設計用床応答曲線の作成に用い、地震時土圧、慣性力及び接地圧は、排気筒基礎の耐震評価に用いる。



注記\* : 変位については, 機器配管系への入力に用いる。

図 2-7 排気筒基礎の地震応答解析フロー



## 2.4 適用規格・基準等

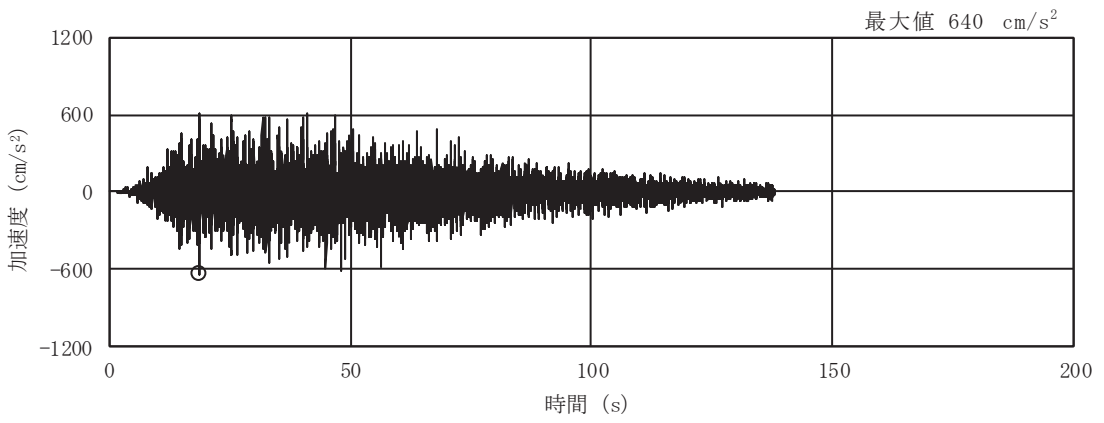
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・  
補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度  
設計法-
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説

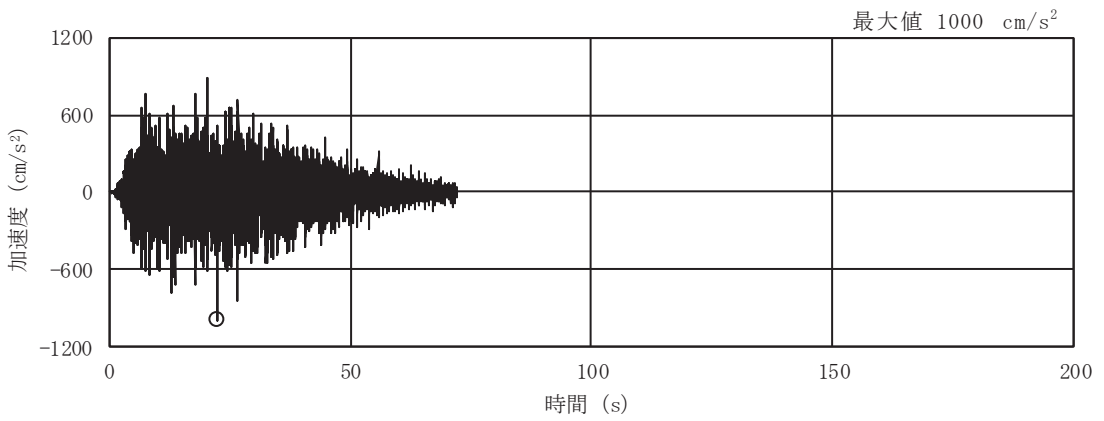
### 3. 解析方法

#### 3.1 設計に用いる地震波

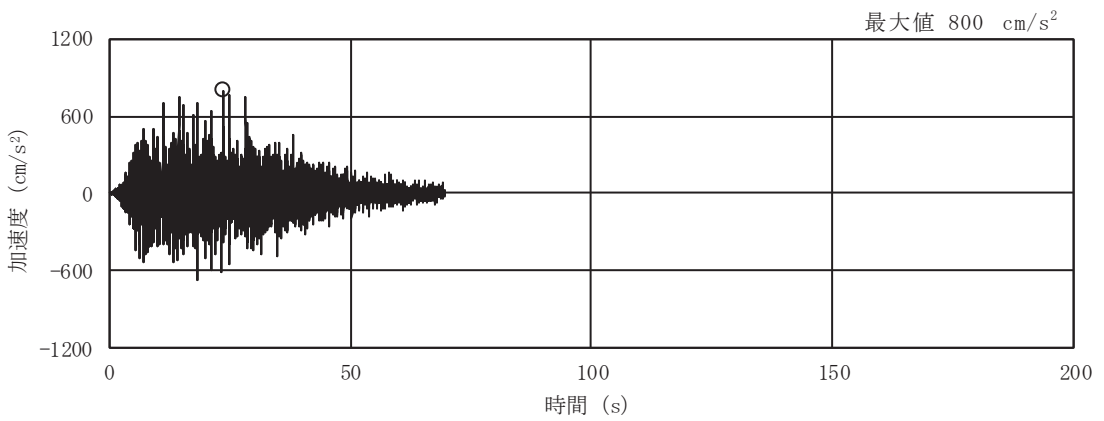
排気筒基礎の地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される地震動を一次元重複反射理論により地震応答解析モデル底面位置で評価したものをを用いる。解放基盤表面で定義される地震動は、添付書類「VI-2-1-2 基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の策定概要」に示す基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  を用いる。基準地震動  $S_s$  及び弾性設計用地震動  $S_d$  の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-1～図 3-4 に示す。



(a) S s - D 1

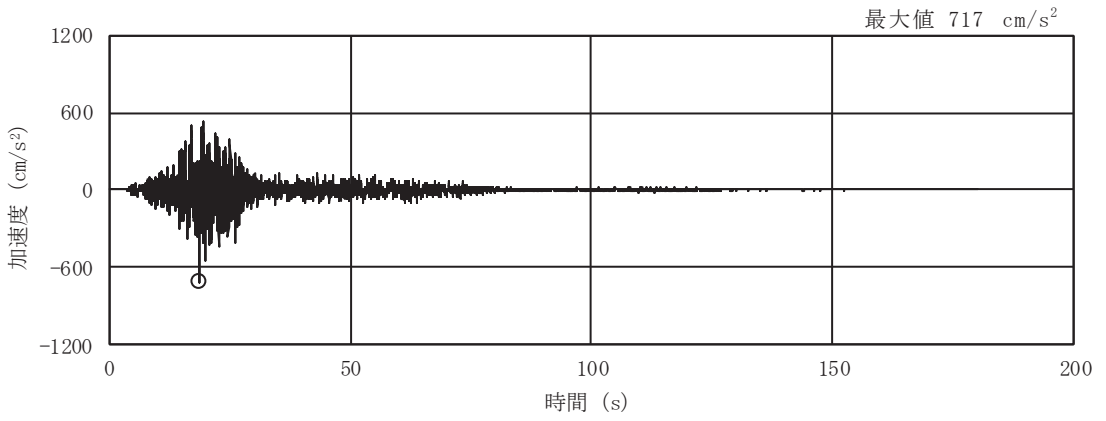


(b) S s - D 2

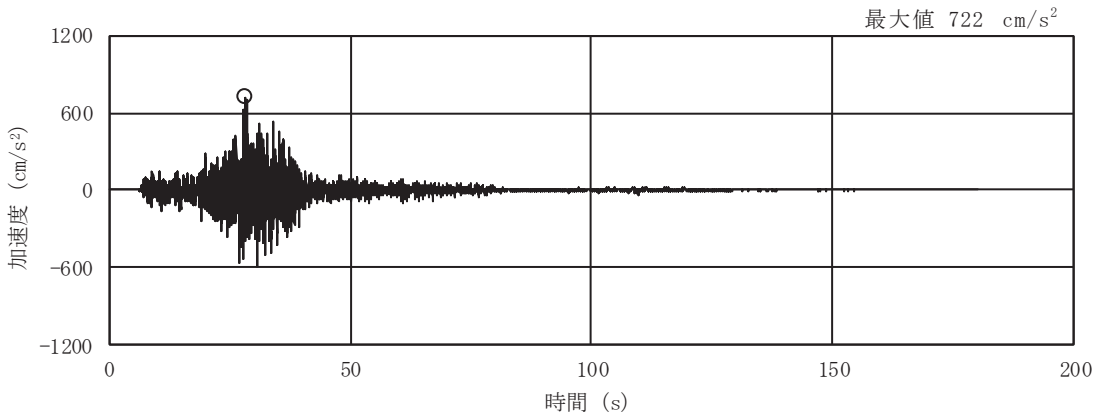


(c) S s - D 3

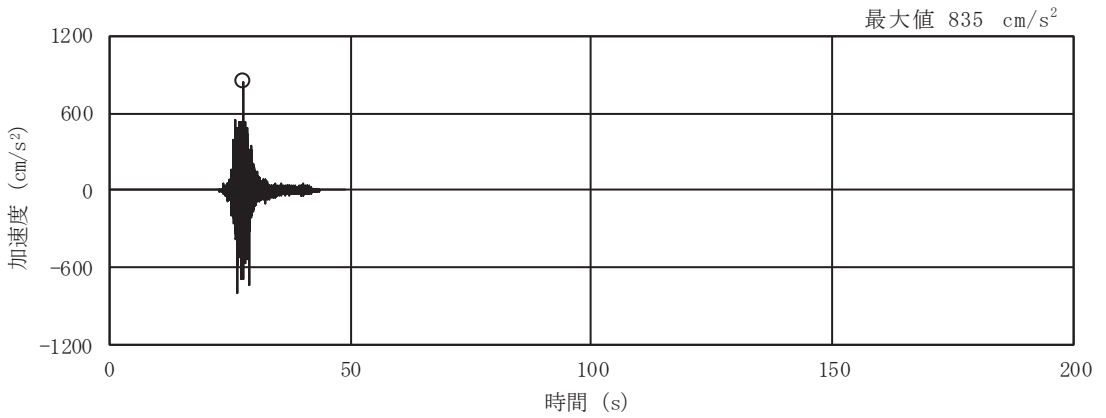
图 3-1(1) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , 水平方向) (1/3)



(d) S s - F 1

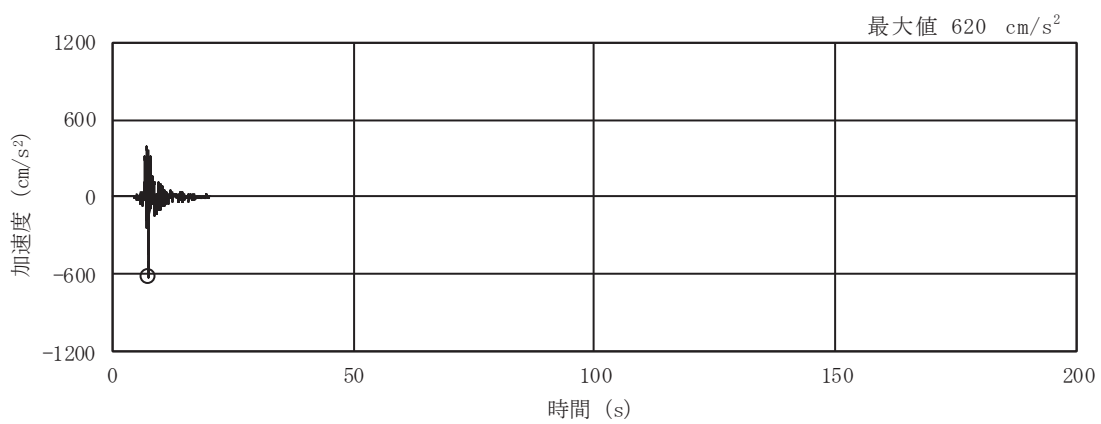


(e) S s - F 2



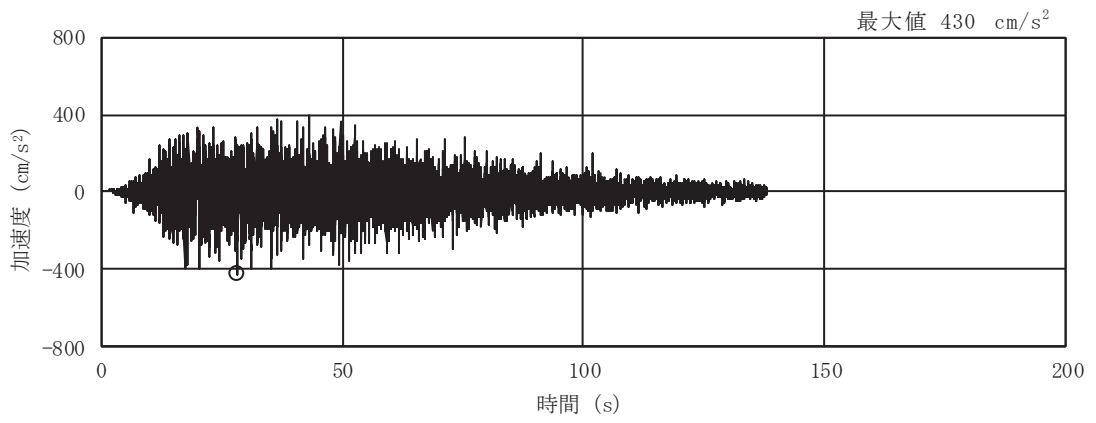
(f) S s - F 3

图 3-1(2) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , 水平方向) (2/3)

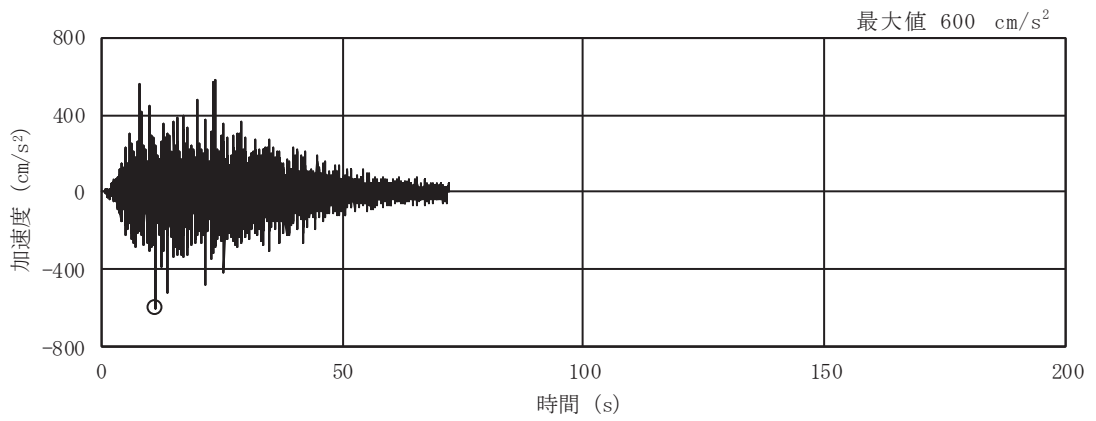


(g) S<sub>s</sub> - N 1

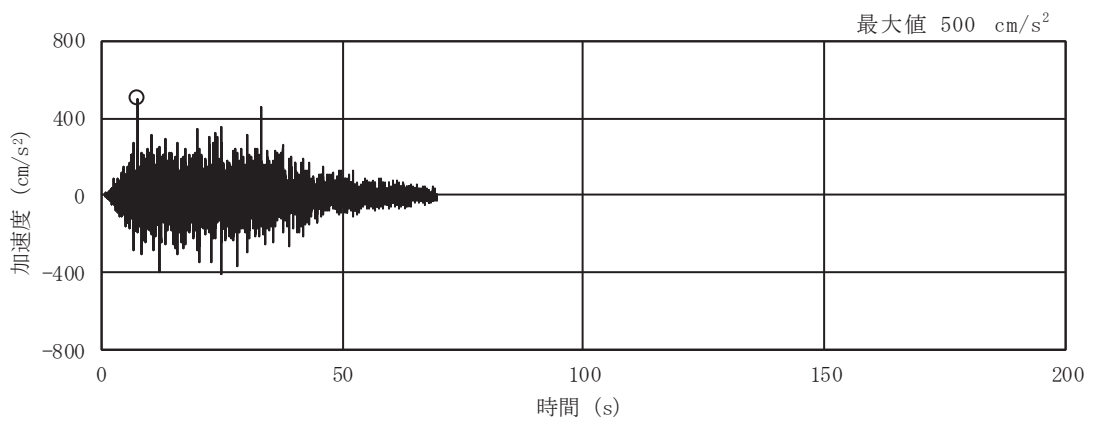
圖 3-1(3) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S<sub>s</sub>, 水平方向) (3/3)



(a) S s - D 1

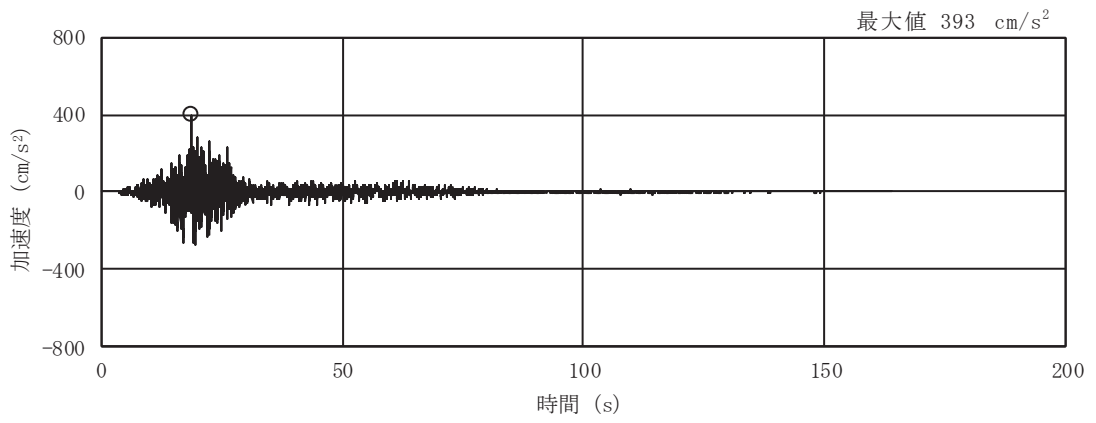


(b) S s - D 2

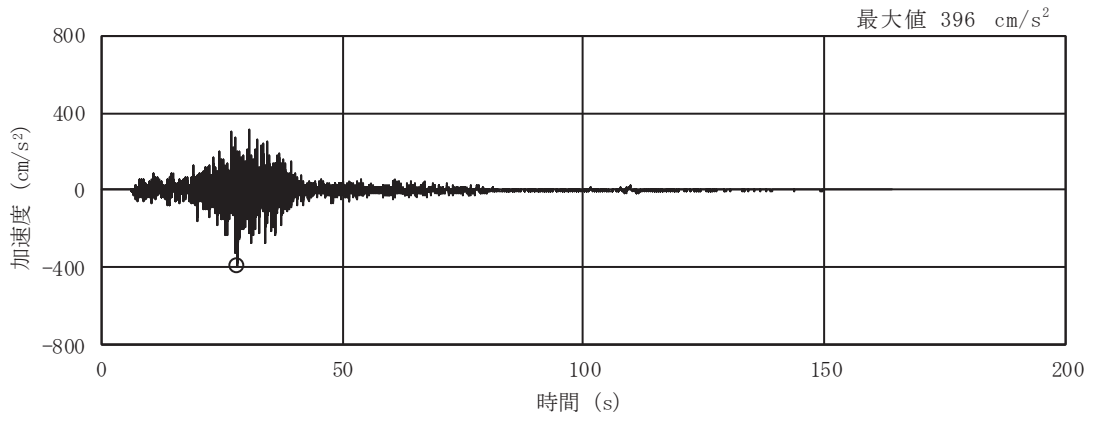


(c) S s - D 3

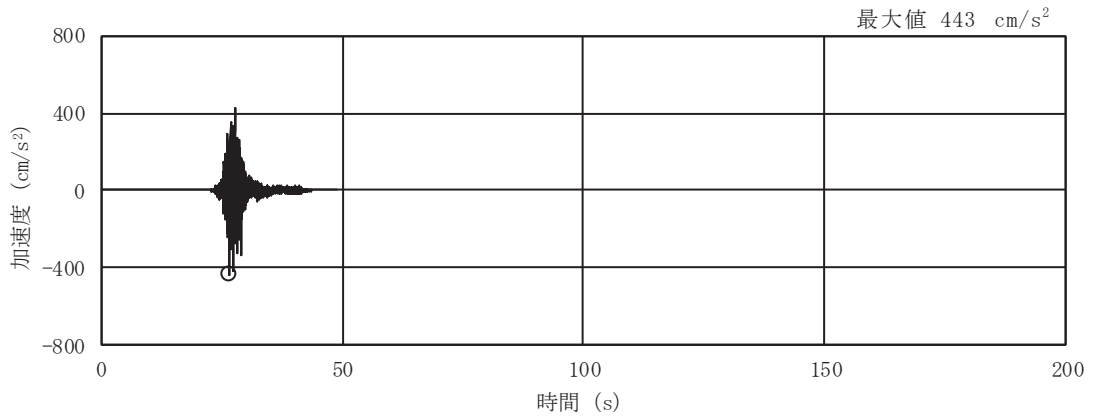
图 3-1(4) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , 鉛直方向) (1/3)



(d) S s - F 1

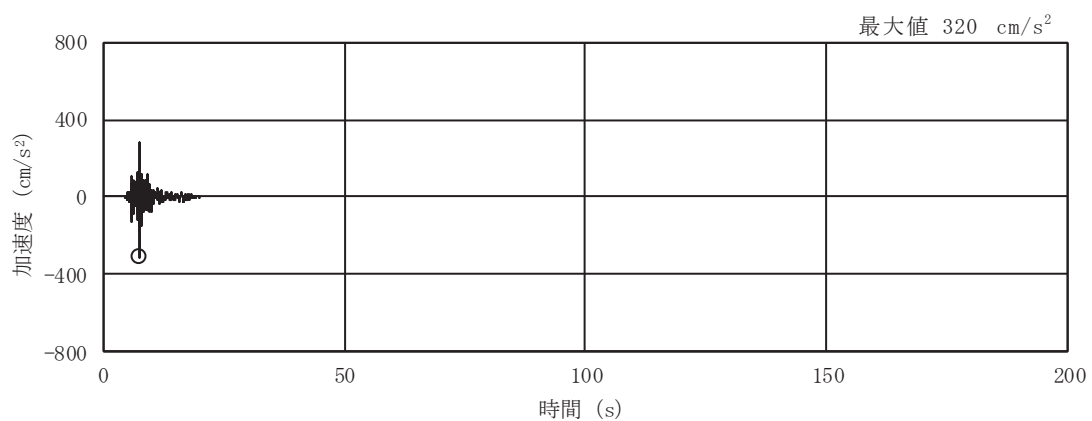


(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

図 3-1(5) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , 鉛直方向) (2/3)



(g) S<sub>s</sub> - N 1

图 3-1(6) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S<sub>s</sub>, 鉛直方向) (3/3)



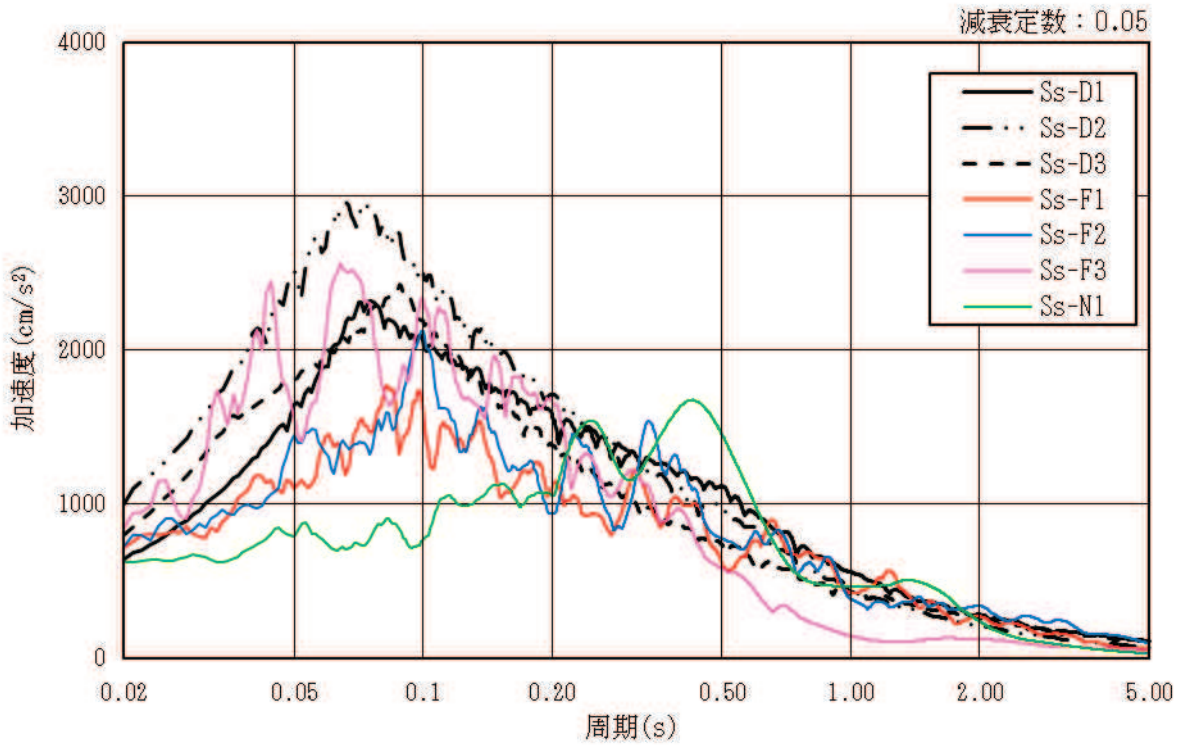


図 3-2(1) 加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s$ , 水平方向)

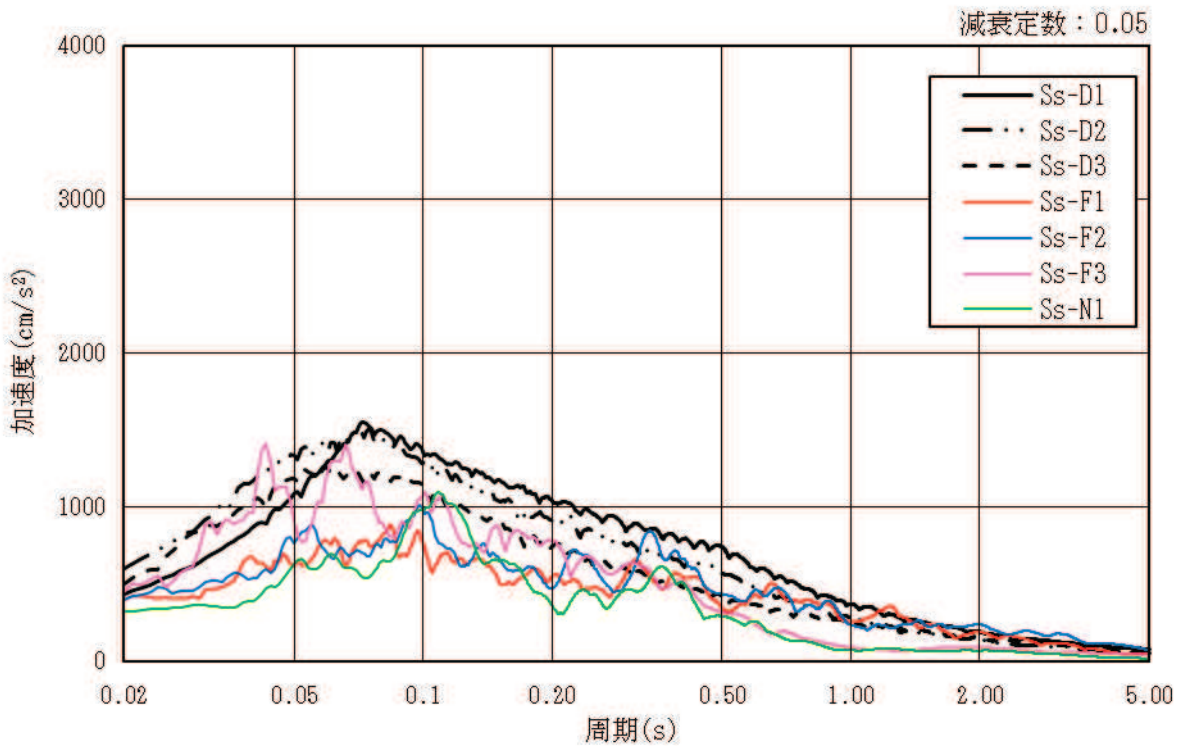
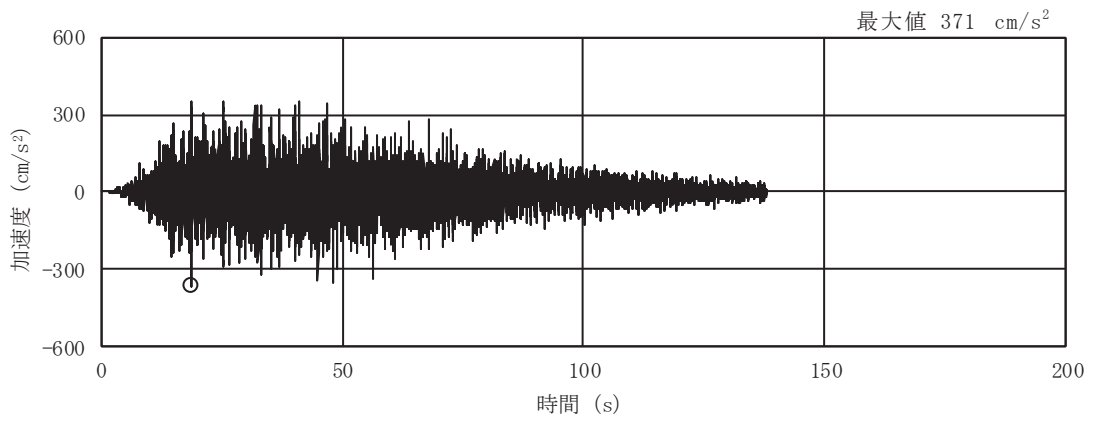
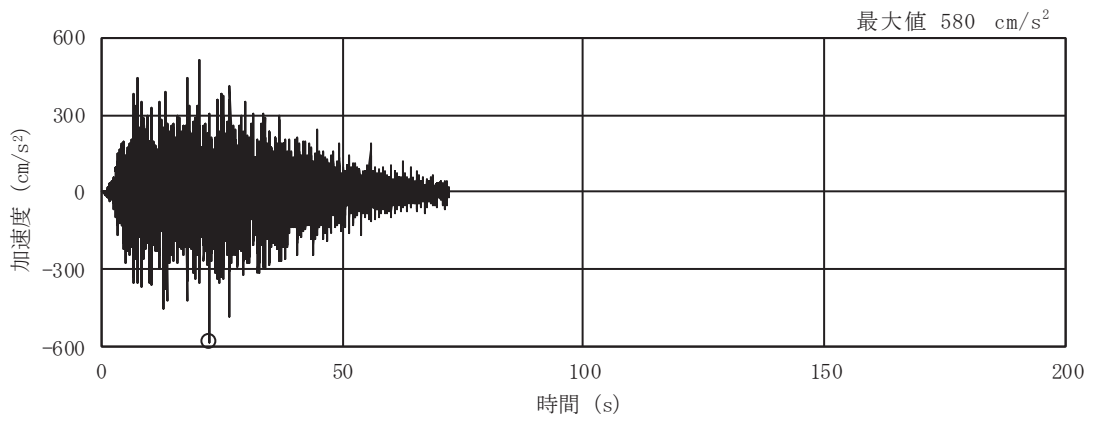


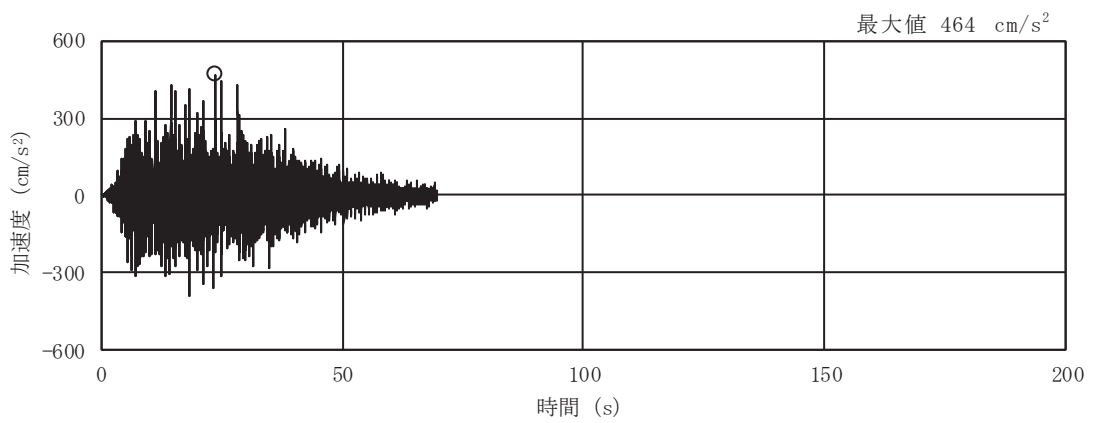
図 3-2(2) 加速度応答スペクトル (基準地震動  $S_s$ , 鉛直方向)



(a) S d - D 1

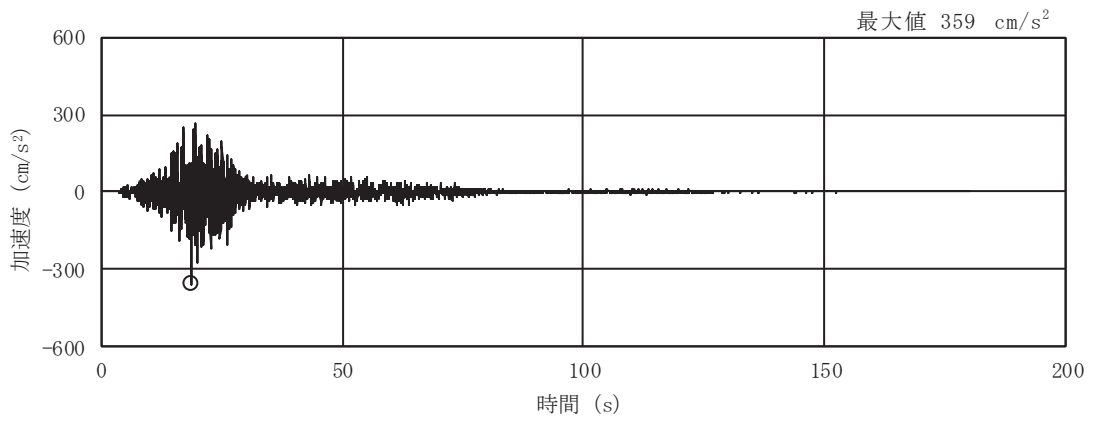


(b) S d - D 2

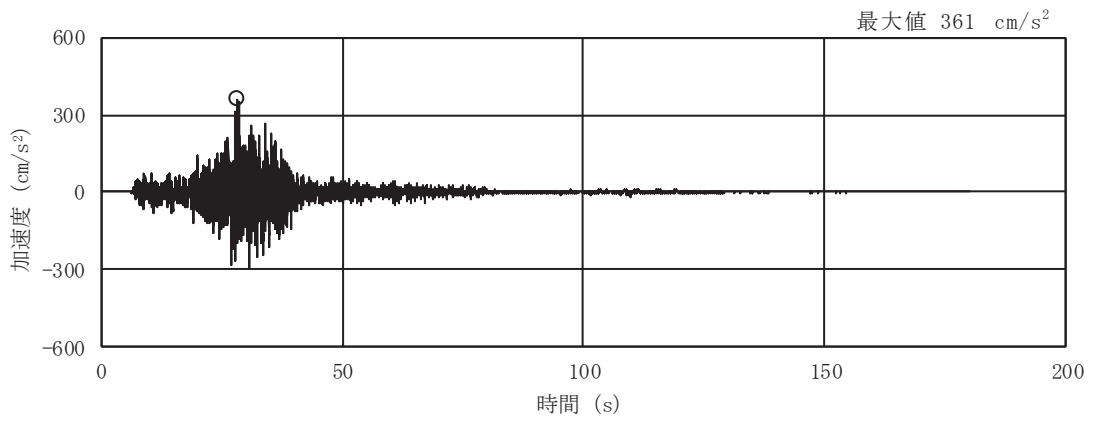


(c) S d - D 3

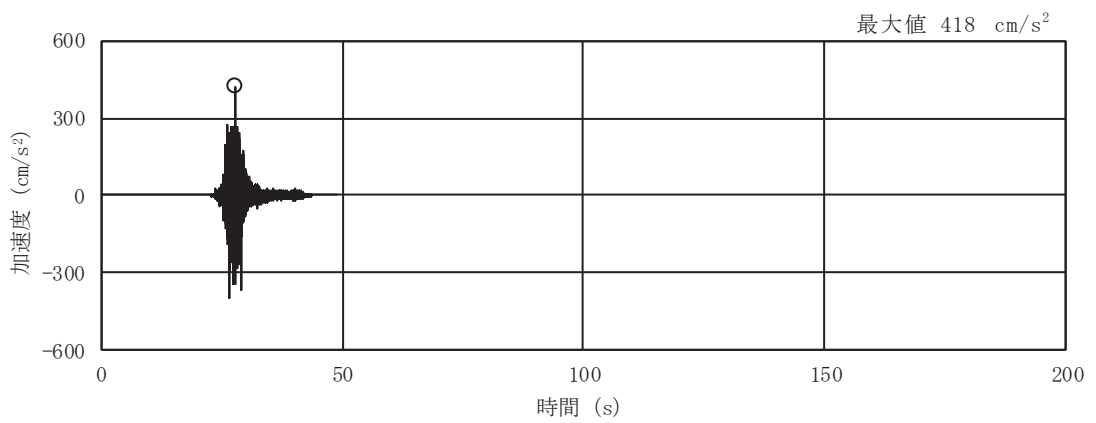
図 3-3(1) 加速度時刻歴波形 (弾性設計用地震動 S d, 水平方向) (1/3)



(d) S d - F 1

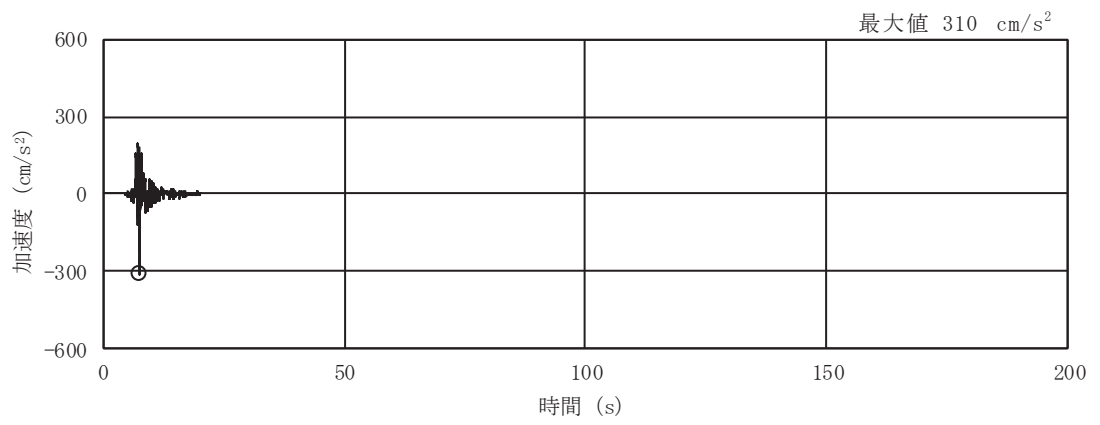


(e) S d - F 2



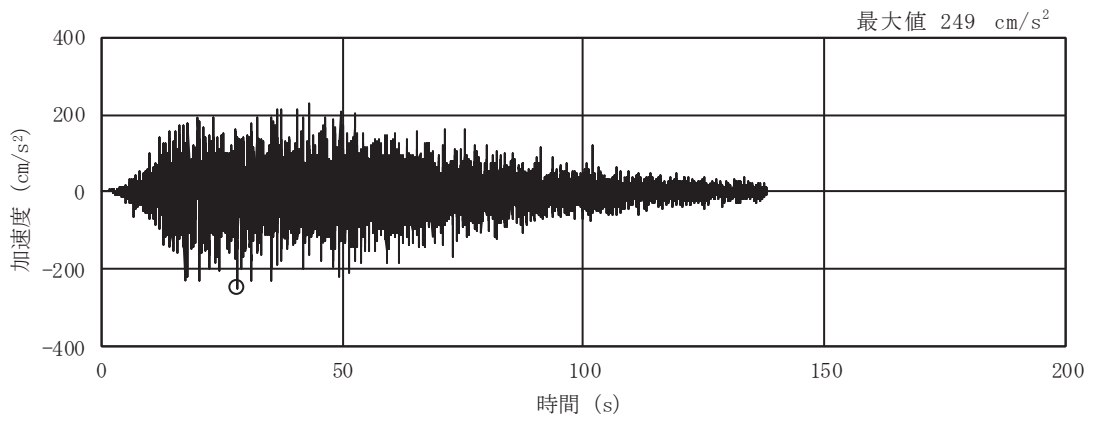
(f) S d - F 3

図 3-3(2) 加速度時刻歴波形 (弾性設計用地震動 S d, 水平方向) (2/3)

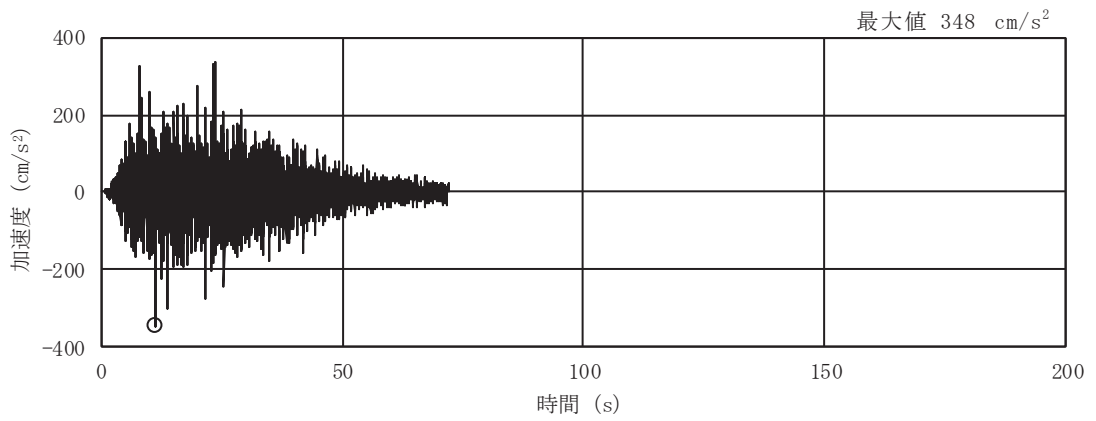


(g) S d - N 1

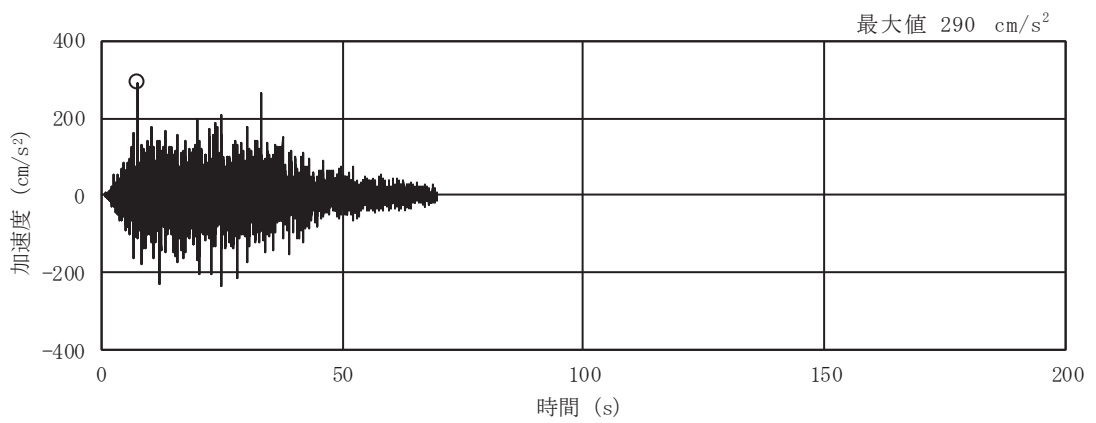
図 3-3(3) 加速度時刻歴波形 (弾性設計用地震動 S d, 水平方向) (3/3)



(a) S d - D 1

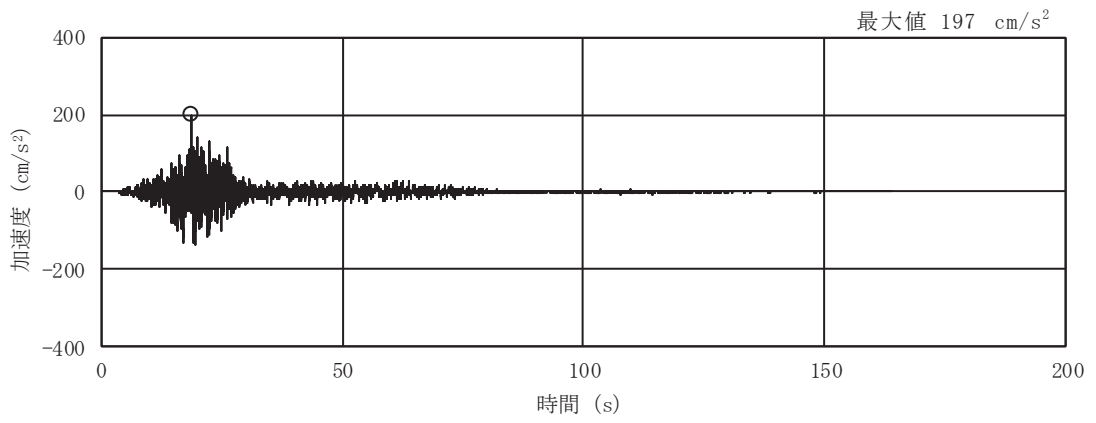


(b) S d - D 2

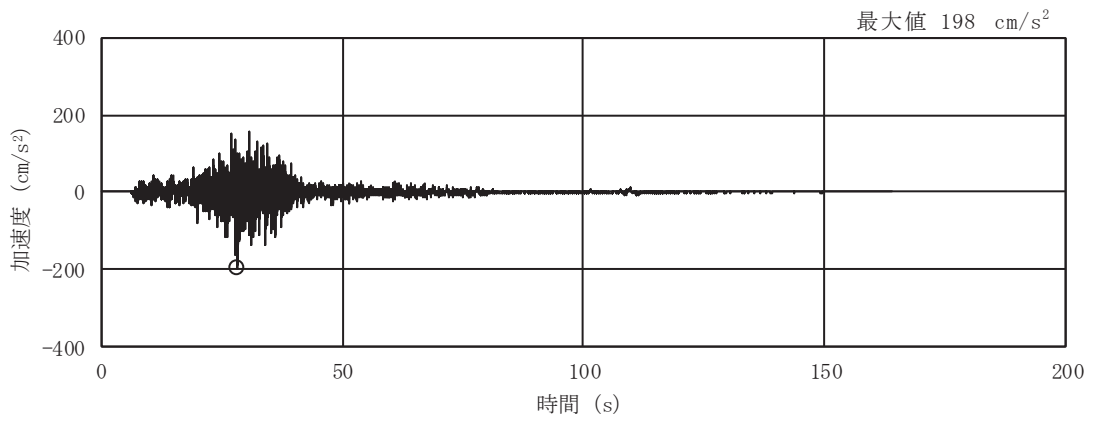


(c) S d - D 3

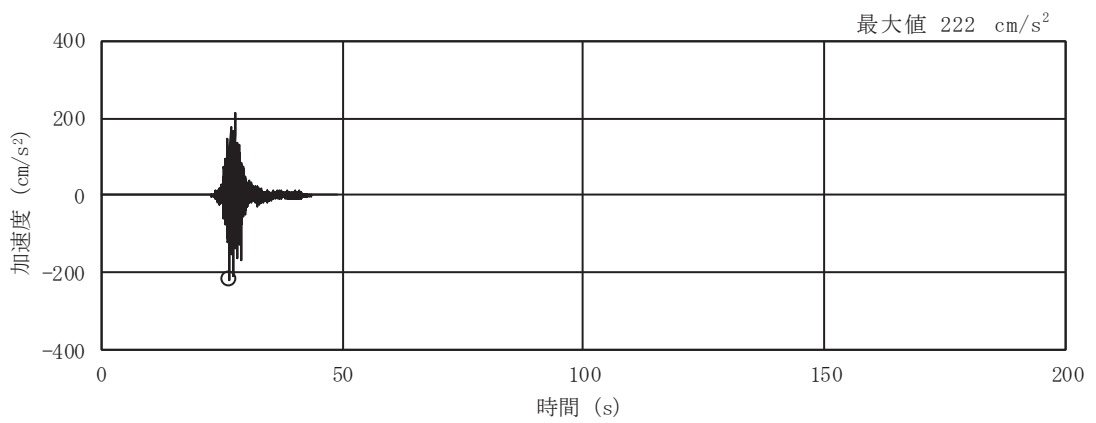
図 3-3(4) 加速度時刻歴波形 (弾性設計用地震動 S d, 鉛直方向) (1/3)



(d) S d - F 1

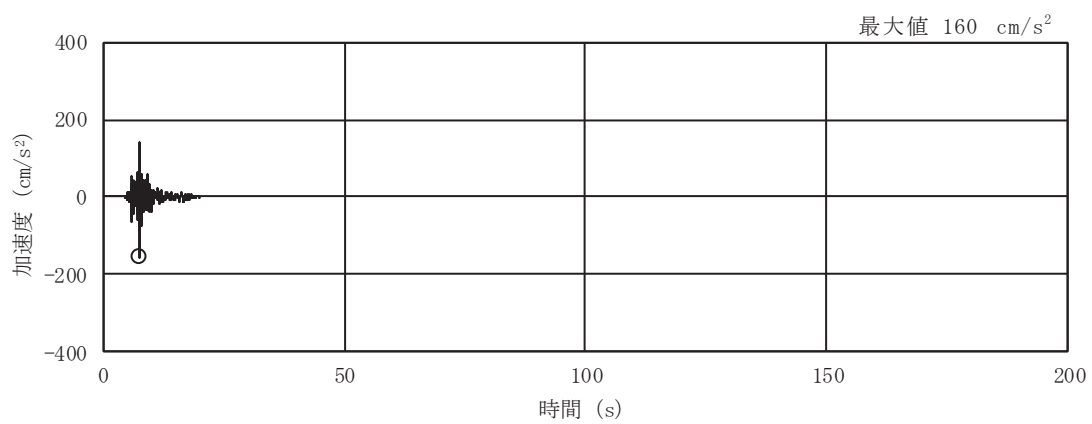


(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

图 3-3(5) 加速度時刻歴波形 (弹性設計用地震動 S d, 鉛直方向) (2/3)



(g) S d - N 1

图 3-3(6) 加速度時刻歴波形 (弹性設計用地震動 S d, 鉛直方向) (3/3)

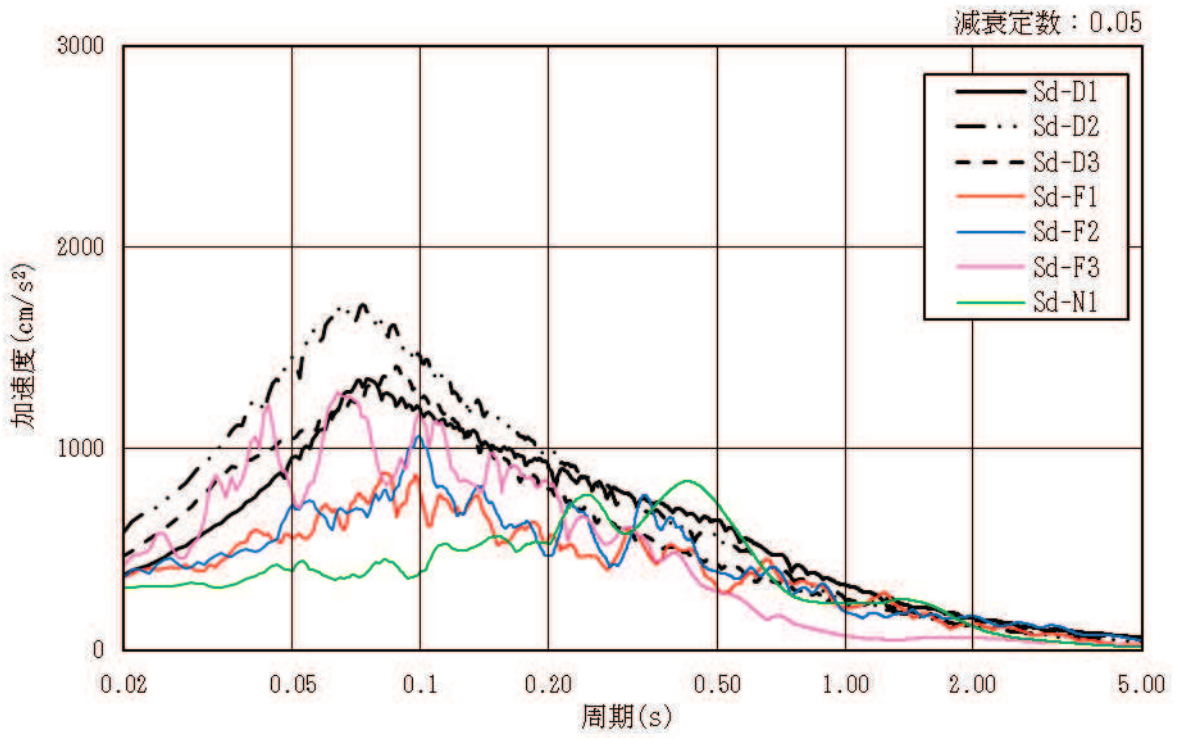


図 3-4(1) 加速度応答スペクトル (弾性設計用地震動 S d , 水平方向)

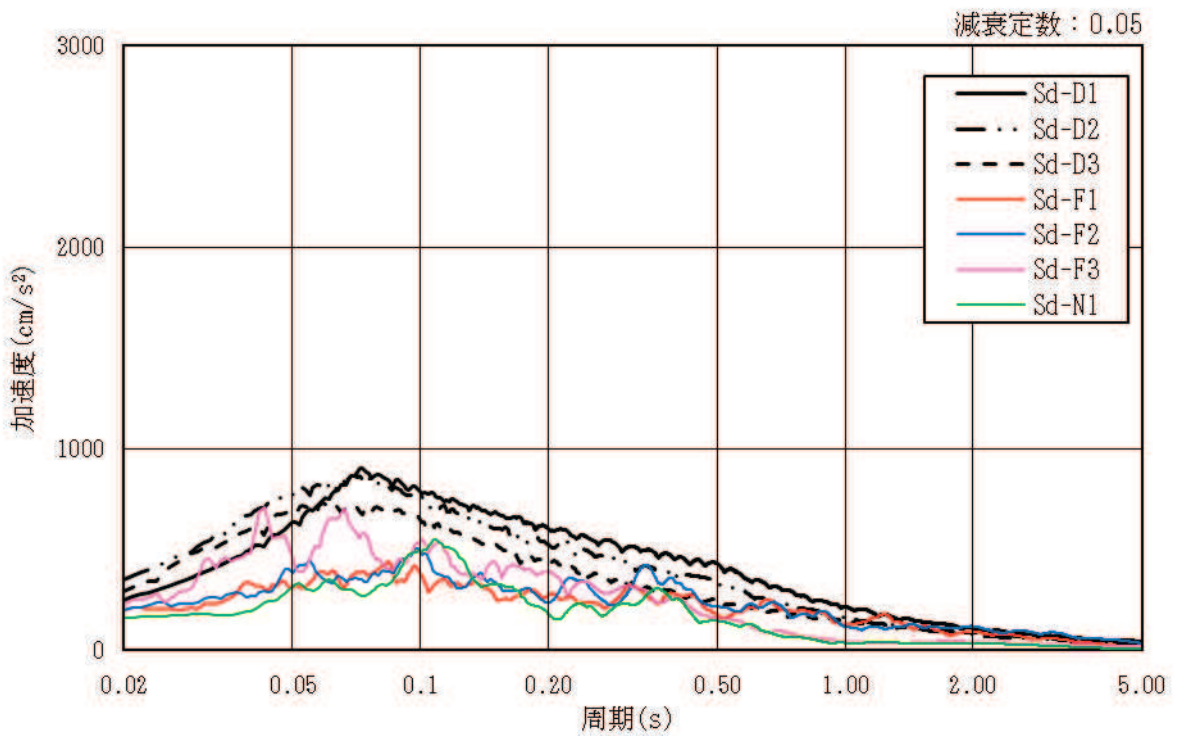


図 3-4(2) 加速度応答スペクトル (弾性設計用地震動 S d , 鉛直方向)



### 3.2 地震時荷重算出断面

排気筒基礎の地震時荷重算出断面位置を図3-5に示す。地震時荷重算出断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、基礎の中心を通る南北方向のNS断面（図中のA-A断面）及び東西方向のEW断面（図中のB-B断面）の両断面とする。地震時荷重算出用地質断面図を図3-6及び図3-7に示す。

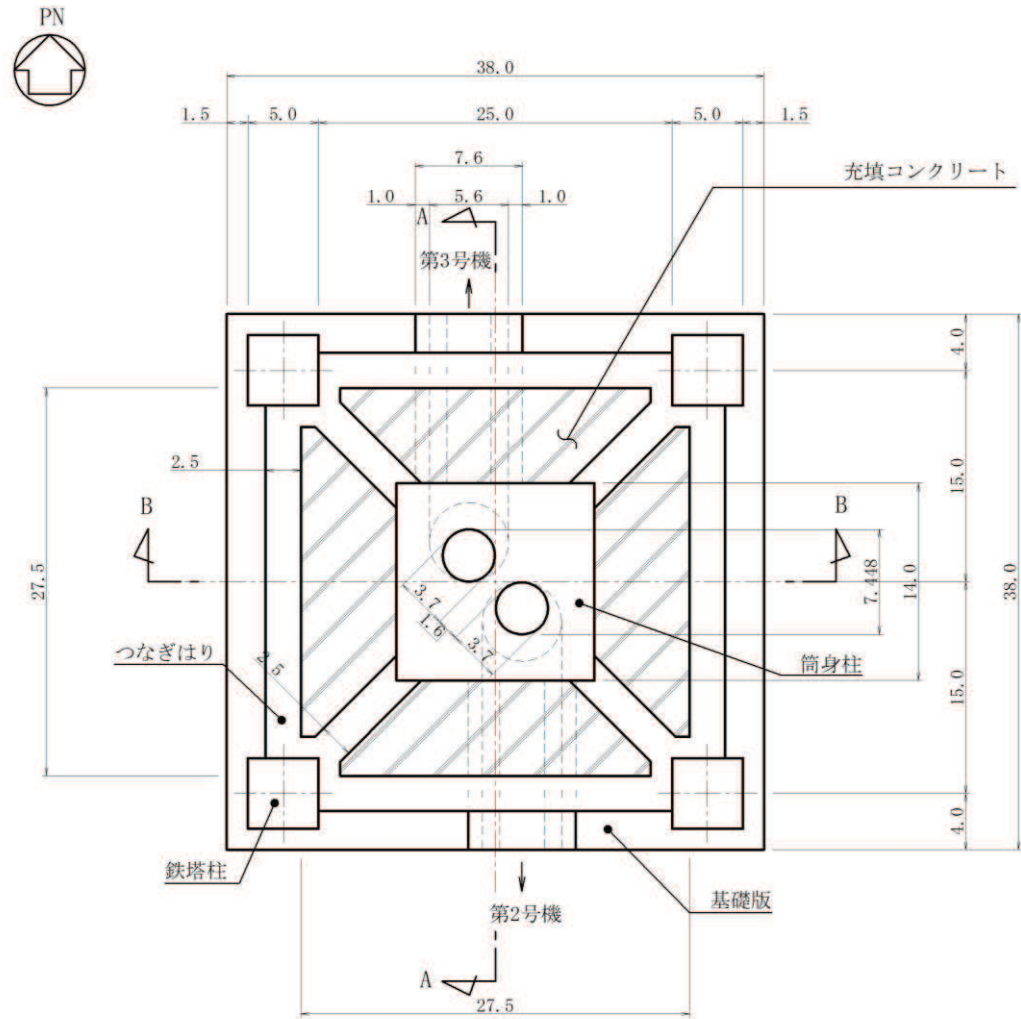


図3-5 排気筒基礎の地震時荷重算出断面位置図

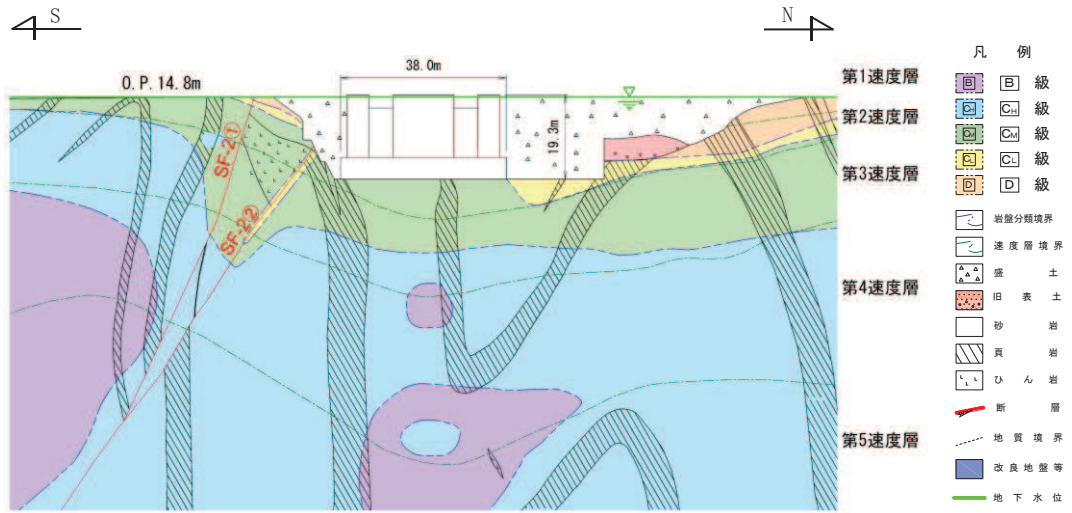


图 3-6 排氣筒基礎 地震時荷重算出用地質断面图 (NS 断面)

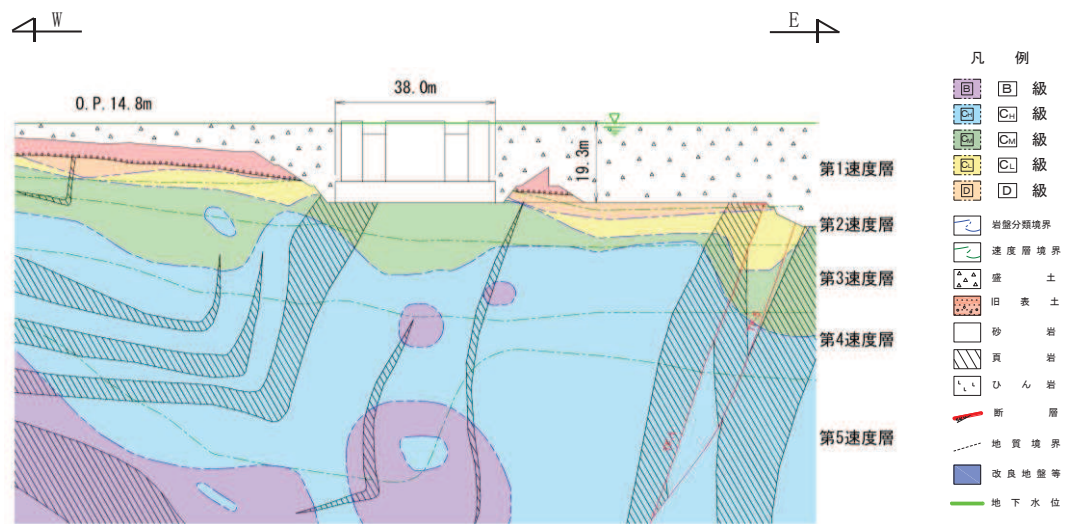


图 3-7 排氣筒基礎 地震時荷重算出用地質断面图 (EW 断面)

### 3.3 解析方法

排気筒基礎の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち、「2.1 建物・構築物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動  $S_s$  又は弾性設計用地震動  $S_d$  に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析（全応力解析）により行う。

NS 断面において隣接構造物となる排気筒連絡ダクト、第 3 号機排気筒連絡ダクトは、排気筒基礎の耐震評価において保守的な評価となるよう盛土としてモデル化する。

排気筒基礎のモデル化は、筒身柱、鉄塔柱、つなぎはり、基礎版及び充填コンクリートの剛性を、構造物中心位置において各構造部材と等価な剛性を有する線形はり要素と等価な質量を有する質点でモデル化する。排気筒は基礎の上端に質点として考慮する。

また、地盤については、動的変形特性のひずみ依存性を適切に考慮できるよう平面ひずみ要素にてモデル化する。地震応答解析については、解析コード「TDAPⅢ Ver. 3.11」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.3.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、線形はり要素でモデル化する。排気筒は質点でモデル化する。

#### 3.3.2 地盤物性及び材料物性の不確かさ

地盤物性及び材料物性の不確かさの影響を考慮するため、表 3-1 に示す解析ケースを設定する。

排気筒基礎は、岩盤上に直接構築され、周囲が盛土で埋戻されており、盛土等の土圧が主たる荷重となる他、基礎の質量が大きく、作用する慣性力も主たる荷重となることから、すべての地盤のせん断弾性係数のばらつきを考慮する。

せん断弾性係数の標準偏差  $\sigma$  を用いて設定した解析ケース②及び③を実施することにより地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

また、材料物性のばらつきとして構造物の実強度に基づいて設定した解析ケース④を実施することにより、材料物性のばらつきの影響を考慮する。

なお、排気筒基礎は、許容応力度法により設計を行っており、十分に裕度を確保した設計としていることから、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④による耐震評価は実施せず、機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④を実施する。

排気筒に対する応答加速度抽出においては、排気筒応答への影響の大きい地震

動に対してばらつきを考慮した解析を実施することとし、基本ケースの地震応答解析の照査値が最大となる地震動を基準地震動  $S_s$  から選定する。

なお、排気筒に対する材料物性のばらつきを考慮した解析ケース④は、排気筒に対する影響が少ないことから地盤のせん断弾性係数のばらつきを考慮した解析ケース②及び③を考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.3.4 地震応答解析の解析ケースの選定」に示す。

表 3-1 解析ケース

| 解析ケース           | 材料物性<br>(コンクリート)<br>( $E_0$ : ヤング係数) | 地盤物性   |
|-----------------|--------------------------------------|--|
|                 |                                      | 旧表土, 盛土, D級岩盤<br>C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤,<br>C <sub>H</sub> 級岩盤, B級岩盤<br>(G: せん断弾性係数) |
| ケース①<br>(基本ケース) | 設計基準強度                               | 平均値  |
| ケース②            | 設計基準強度                               | 平均値 + 1 $\sigma$   |
| ケース③            | 設計基準強度                               | 平均値 - 1 $\sigma$   |
| ケース④            | 実強度に基づく<br>圧縮強度*                     | 平均値  |

注記\*: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

### 3.3.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰で考慮する。

粘性減衰は、固有値解析にて求められる固有周期と各材料の減衰比に基づき、質量マトリックス及び剛性マトリックスの線形結合で表される以下の Rayleigh 減衰を解析モデル全体に与える。固有値解析結果に基づき設定した  $\alpha$ 、 $\beta$  を表 3-2 に示す。

$$[c] = \alpha [m] + \beta [k]$$

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

$\alpha$ ,  $\beta$  : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数  $\alpha$ 、 $\beta$  の設定結果

| 地震時荷重算出断面 | $\alpha$               | $\beta$                |
|-----------|------------------------|------------------------|
| NS 断面     | $7.113 \times 10^{-1}$ | $4.218 \times 10^{-4}$ |
| EW 断面     | $4.543 \times 10^{-1}$ | $6.604 \times 10^{-4}$ |

### 3.3.4 地震応答解析の解析ケースの選定

#### (1) 排気筒基礎の耐震評価における解析ケース

排気筒基礎の耐震評価においては、すべての基準地震動  $S_s$  の正位相及び水平動の位相反転に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す解析ケース②及び③を実施する。また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 排気筒基礎の耐震評価における解析ケース

| 解析ケース       |             | ケース①   | ケース②                                | ケース③  |
|-------------|-------------|--------|-------------------------------------|---|
|             |             | 基本ケース  | 地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース   |
| 地盤物性        |             | 平均値    | 平均値+1 $\sigma$                      | 平均値-1 $\sigma$  |
| 材料物性        |             | 設計基準強度 | 設計基準強度                              | 設計基準強度  |
| 地震動<br>(位相) | $S_s - D 1$ | ++*    | ○                                   | 【追加解析ケースについて】<br>基準地震動 $S_s$ (7波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7波) を加えた全 14 波に対し、全応力解析による基本ケース①を実施し、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊、基礎地盤の支持力照査の各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。<br>すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。また、上記解析ケースの結果を踏まえ、更に照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析ケースを実施する。 |
|             |             | -+*    | ○                                   |   |
|             | $S_s - D 2$ | ++*    | ○                                   |   |
|             |             | -+*    | ○                                   |   |
|             | $S_s - D 3$ | ++*    | ○                                   |   |
|             |             | -+*    | ○                                   |   |
|             | $S_s - F 1$ | ++*    | ○                                   |   |
|             |             | -+*    | ○                                   |   |
|             | $S_s - F 2$ | ++*    | ○                                   |   |
|             |             | -+*    | ○                                   |   |
|             | $S_s - F 3$ | ++*    | ○                                   |   |
|             |             | -+*    | ○                                   |   |
|             | $S_s - N 1$ | ++*    | ○                                   |   |
|             |             | -+*    | ○                                   |   |

注記\*：耐震評価にあたっては、「土木学会 2005 年 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル」（以下「土木学会マニュアル」という。）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

(2) 排気筒に対する応答加速度抽出のための解析ケース

排気筒に対する応答加速度抽出においては、すべての基準地震動  $S_s$  の正位相に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、排気筒の筒身、支柱材それぞれの断面算定結果に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す水平動の位相反転を考慮した解析ケース①、及び解析ケース②、③を実施する。排気筒の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-4 に示す。

表 3-4 排気筒の応答加速度抽出のための解析ケース

| 解析ケース       |             | ケース①   |             | ケース②                                |             | ケース③                                |             |
|-------------|-------------|--------|-------------|-------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------|
|             |             | 基本ケース  |             | 地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース |             | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース |             |
| 地盤物性        |             | 平均値    |             | 平均値+1 $\sigma$                      |             | 平均値-1 $\sigma$                      |             |
| 材料物性        |             | 設計基準強度 |             | 設計基準強度                              |             | 設計基準強度                              |             |
| 地震動<br>(位相) | $S_s - D 1$ | ++*1   | ○           | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 |
|             | $S_d - D 1$ | -+*1   | $\Delta$ *2 | /                                   |             | /                                   |             |
|             | $S_s - D 2$ | ++*1   | ○           | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 |
|             | $S_d - D 2$ | -+*1   | $\Delta$ *2 | /                                   |             | /                                   |             |
|             | $S_s - D 3$ | ++*1   | ○           | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 |
|             | $S_d - D 3$ | -+*1   | $\Delta$ *2 | /                                   |             | /                                   |             |
|             | $S_s - F 1$ | ++*1   | ○           | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 |
|             | $S_d - F 1$ | -+*1   | $\Delta$ *2 | /                                   |             | /                                   |             |
|             | $S_s - F 2$ | ++*1   | ○           | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 |
|             | $S_d - F 2$ | -+*1   | $\Delta$ *2 | /                                   |             | /                                   |             |
|             | $S_s - F 3$ | ++*1   | ○           | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 |
|             | $S_d - F 3$ | -+*1   | $\Delta$ *2 | /                                   |             | /                                   |             |
|             | $S_s - N 1$ | ++*1   | ○           | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 | $\Delta$ *2                         | $\Delta$ *2 |
|             | $S_d - N 1$ | -+*1   | $\Delta$ *2 | /                                   |             | /                                   |             |

注記\*1：耐震評価にあたっては、土木学会マニュアルに従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

\*2： $\Delta$ については、正位相による解析ケース①において、排気筒の筒身、支柱材それぞれの断面算定結果が最も厳しい地震動を用いる。なお、 $S_d$ の評価は、 $S_s$ の評価結果が最も厳しくなる地震動について、地盤物性及び材料物性の不確かさを考慮する。

(3) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

機器・配管系に対する応答加速度抽出においては、床応答への保守的な配慮として解析ケース①に加え、表 3-1 に示す解析ケース②～④を実施する。機器・配管系の応答加速度抽出における解析ケースを表 3-5 に示す。

表 3-5 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

| 解析ケース    |           |      | ケース①   | ケース②                                | ケース③                                | ケース④                         |
|----------|-----------|------|--------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------|
|          |           |      | 基本ケース  | 地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮した解析ケース | 材料物性 (コンクリート) に実強度を考慮した解析ケース |
| 地盤物性     |           |      | 平均値    | 平均値+1 $\sigma$                      | 平均値-1 $\sigma$                      | 平均値                          |
| 材料物性     |           |      | 設計基準強度 | 設計基準強度                              | 設計基準強度                              | 実強度に基づく圧縮強度*2                |
| 地震動 (位相) | S s - D 1 | ++*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S d - D 1 | --*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S s - D 2 | ++*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S d - D 2 | --*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S s - D 3 | ++*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S d - D 3 | --*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S s - F 1 | ++*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S d - F 1 | --*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S s - F 2 | ++*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S d - F 2 | --*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S s - F 3 | ++*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S d - F 3 | --*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S s - N 1 | ++*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |
|          | S d - N 1 | --*1 | ○      | ○                                   | ○                                   | ○                            |

注記\*1: 地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

\*2: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。



### 3.4 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき設定する。

#### 3.4.1 耐震評価上考慮する状態

排気筒基礎の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の条件下におかれている状態。ただし、運転時の異常な過渡変化時の影響を受けないことから考慮しない。

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

固定荷重に対して、積雪荷重が十分に小さいことから考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

#### 3.4.2 荷重

排気筒基礎の地震応答解析において考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、充填コンクリート自重、排気筒荷重、機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載物はないため、積載荷重は考慮しない。

(3) 積雪荷重 ( $P_s$ )

固定荷重に対して、非常に小さいことから積雪荷重は考慮しない。

(4) 地震荷重 ( $S_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

(5) 地震荷重 ( $S_d$ )

弾性設計用地震動  $S_d$  による荷重を考慮する。

### 3.4.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-6 に示す。

表 3-6 荷重の組合せ

| 外力の状態                   | 荷重の組合せ             |
|-------------------------|--------------------|
| 地震時 (S <sub>s</sub> )   | G + S <sub>s</sub> |
| 地震時 (S <sub>d</sub> ) * | G + S <sub>d</sub> |

注記\* : 排気筒及び機器・配管系の耐震設計に用いる。

G : 固定荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重 (基準地震動 S<sub>s</sub>)

S<sub>d</sub> : 地震荷重 (弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>)

### 3.5 入力地震動

入力地震動は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」のうち「2.1 建物・構築物」に示す入力地震動の設定方針を踏まえて設定する。

地震応答解析に用いる入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元重複反射理論により地震応答解析モデル下端位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図3-8に入力地震動算定の概念図を、図3-9及び図3-10に基準地震動  $S_s$  の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを、図3-11及び図3-12に弾性設計用地震動  $S_d$  の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver1.6」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

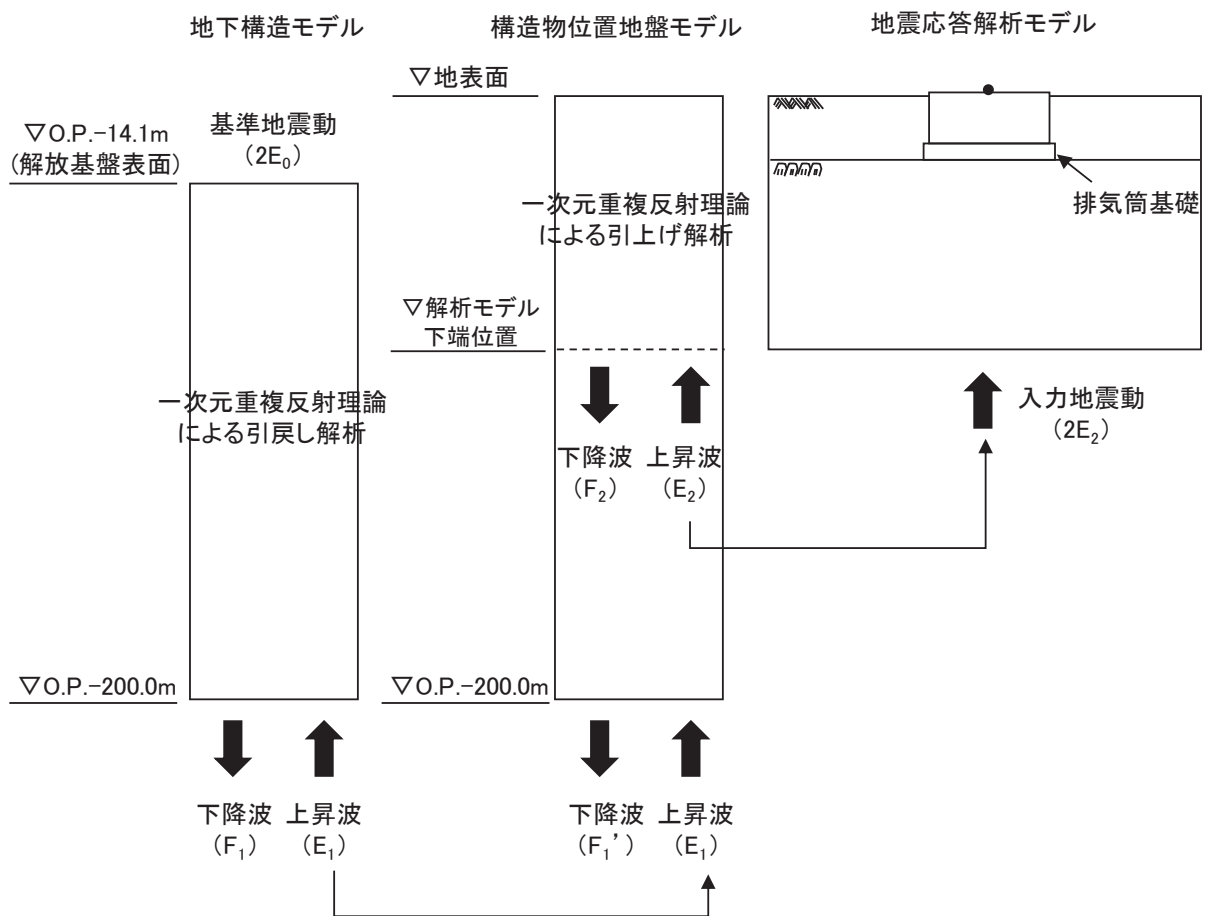
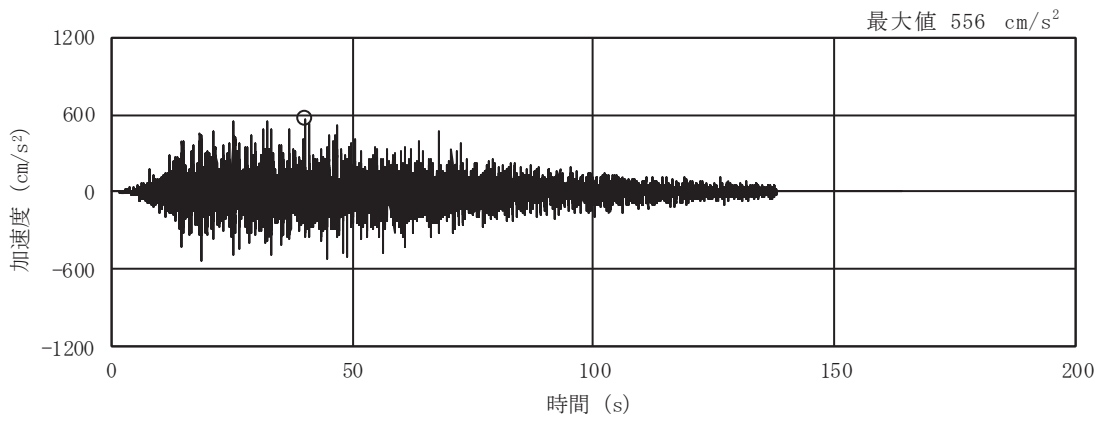
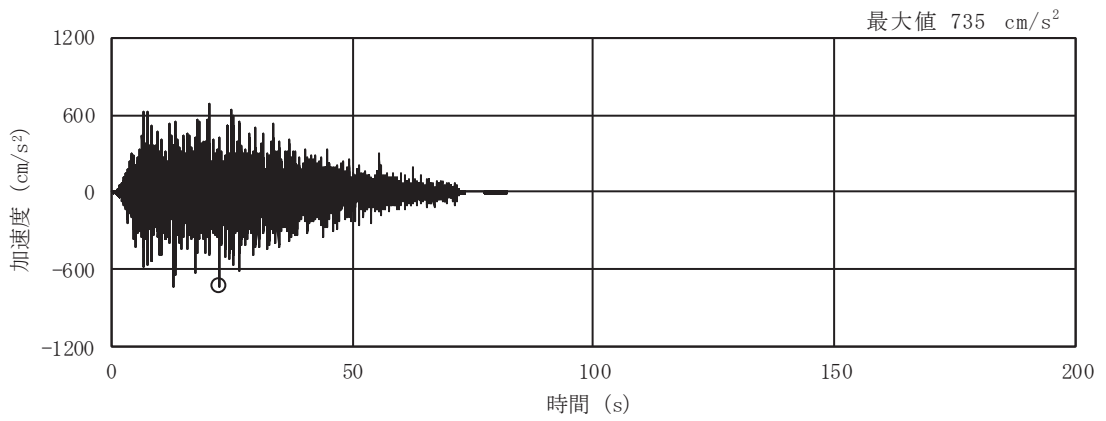


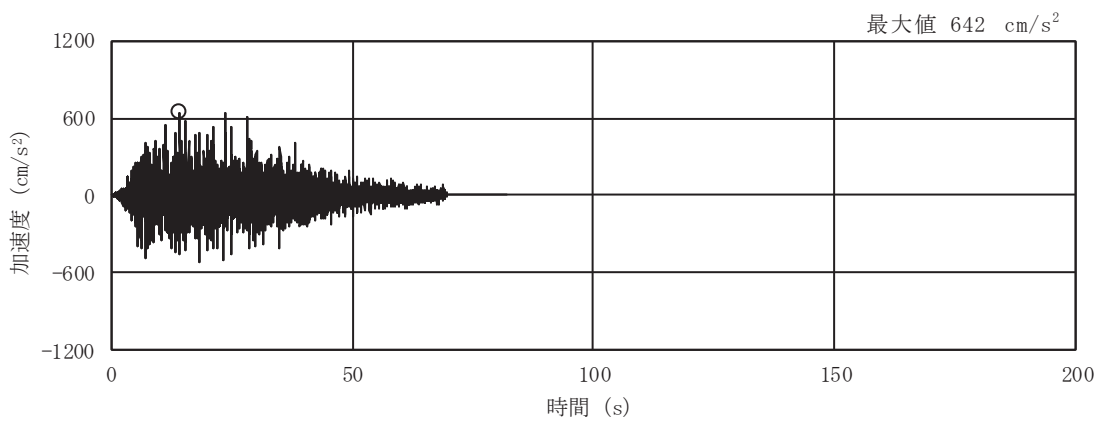
図 3-8 入力地震動算定の概念図



(a) S s - D 1

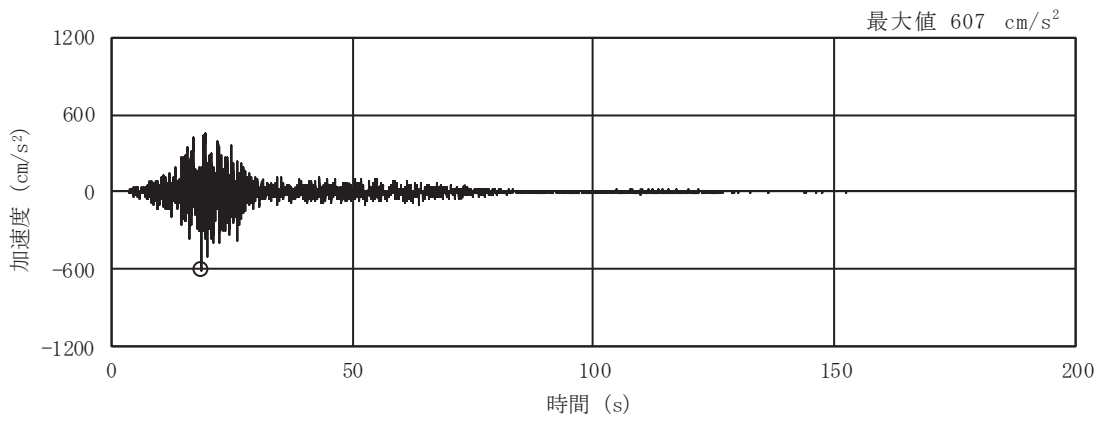


(b) S s - D 2

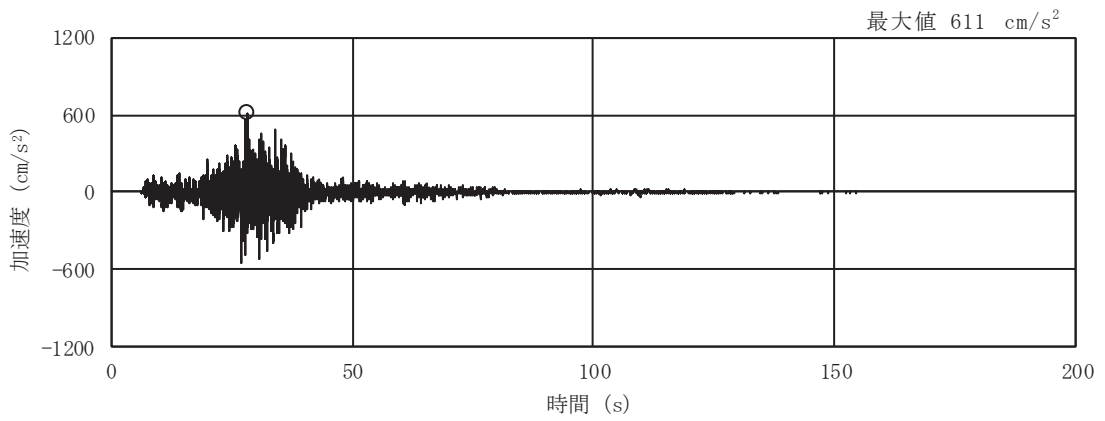


(c) S s - D 3

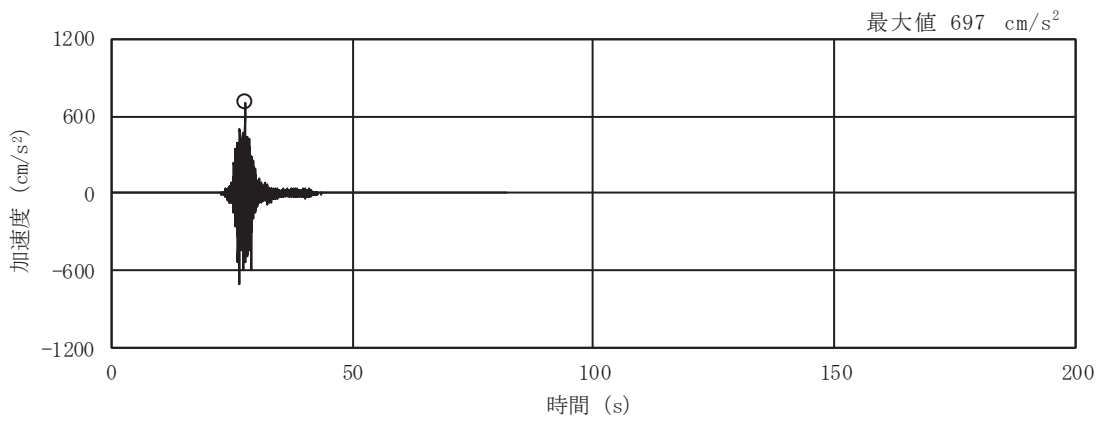
図 3-9(1) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(基準地震動 S s , 水平成分) (1/3)



(d) S<sub>s</sub> - F 1

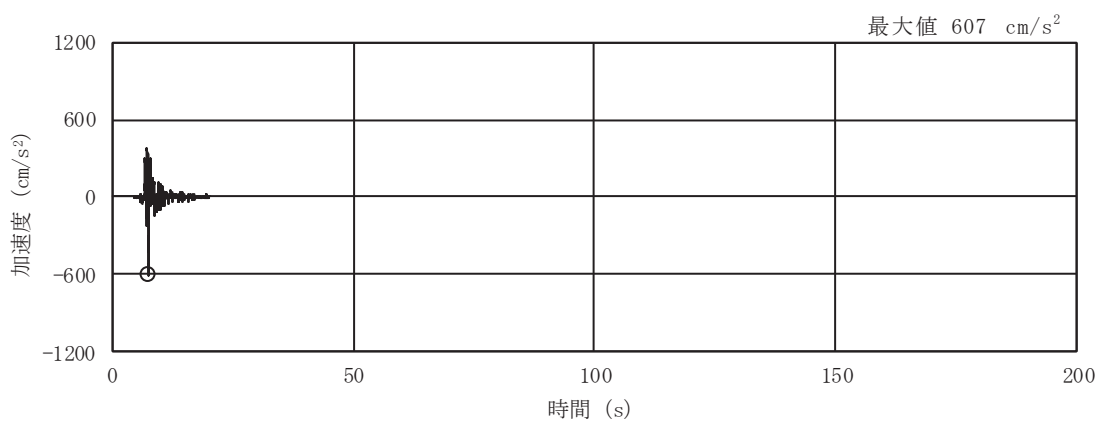


(e) S<sub>s</sub> - F 2



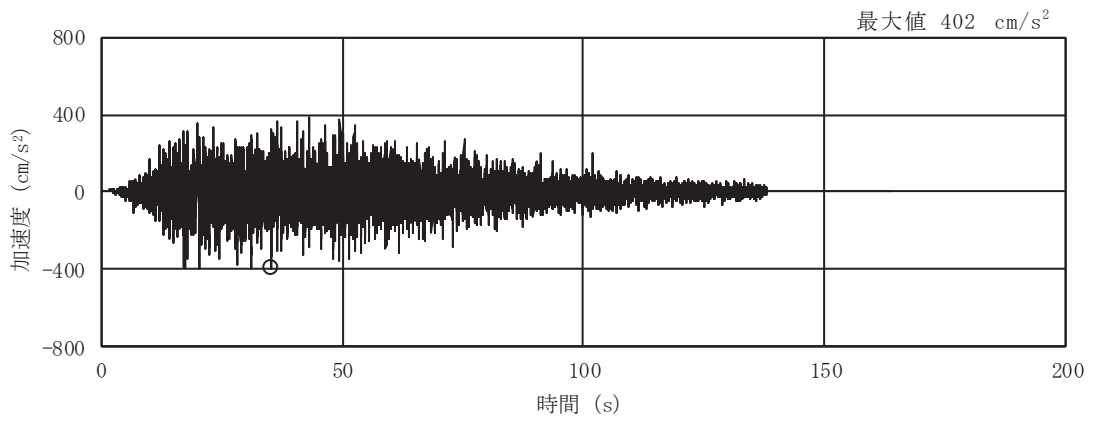
(f) S<sub>s</sub> - F 3

図 3-9(2) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, 水平成分) (2/3)

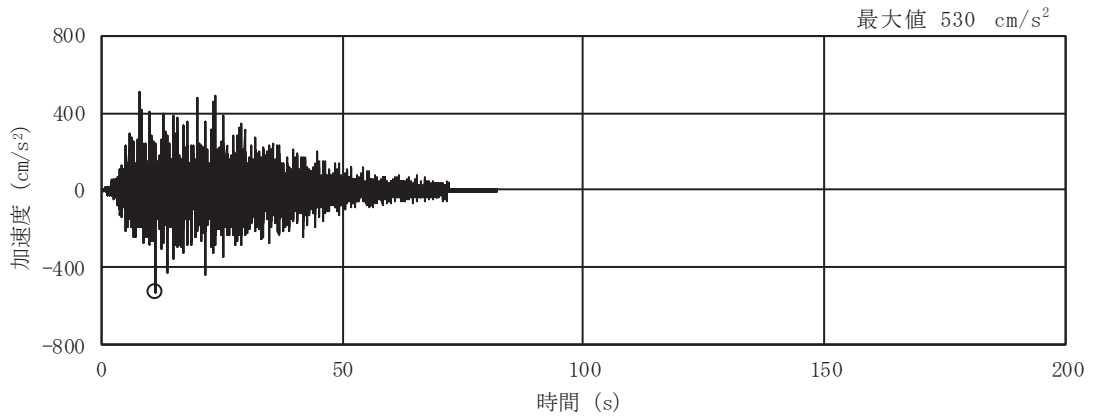


(g) S<sub>s</sub> - N 1

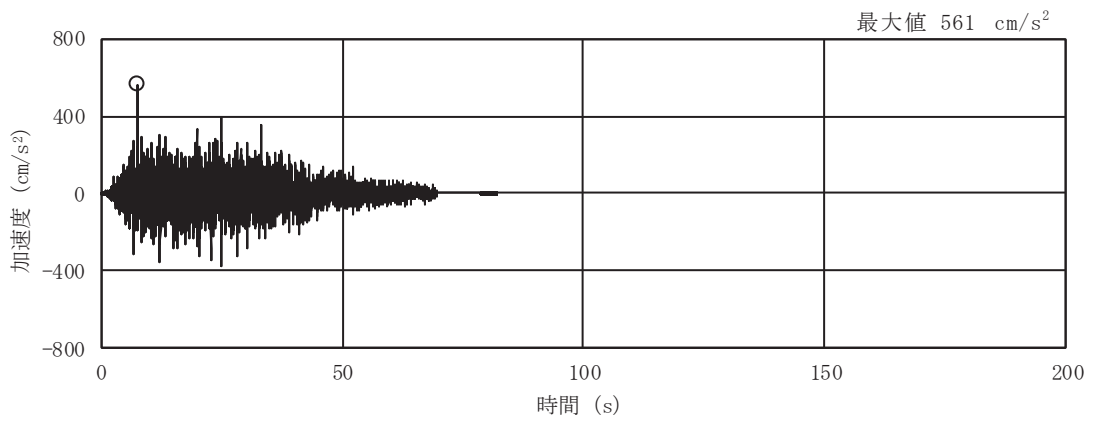
図 3-9(3) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, 水平成分) (3/3)



(a) S s - D 1

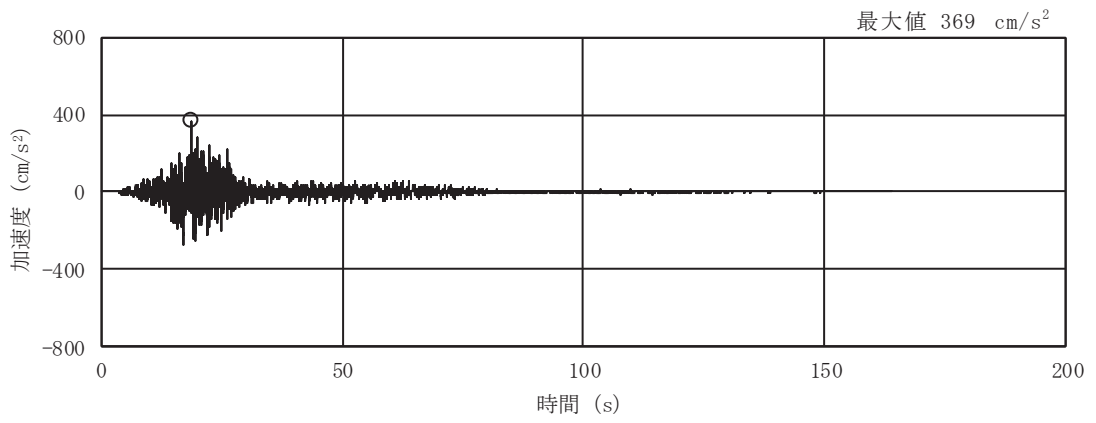


(b) S s - D 2

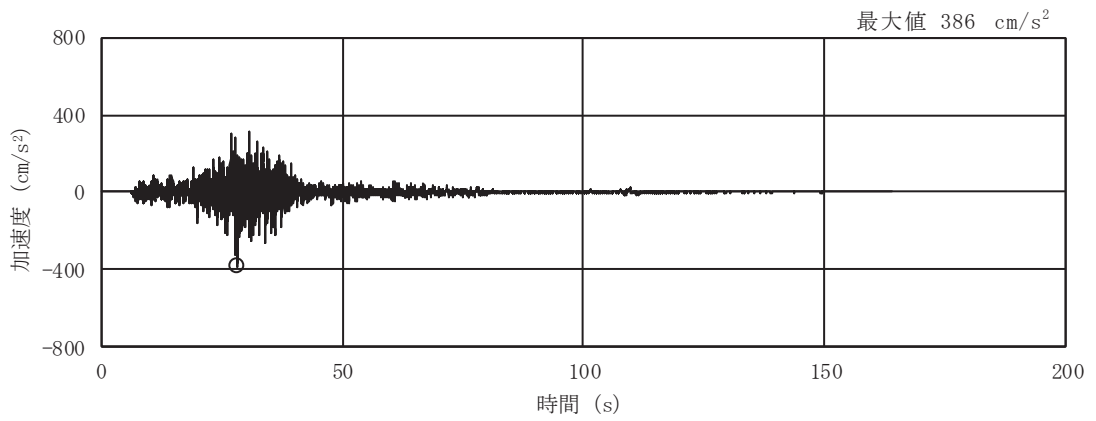


(c) S s - D 3

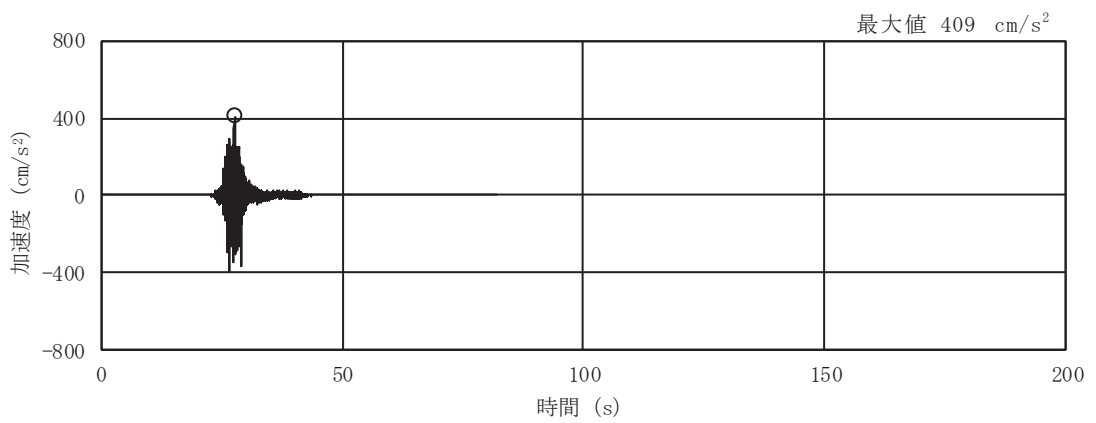
図 3-9(4) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(基準地震動 S s , 鉛直成分) (1/3)



(d) S<sub>s</sub> - F 1



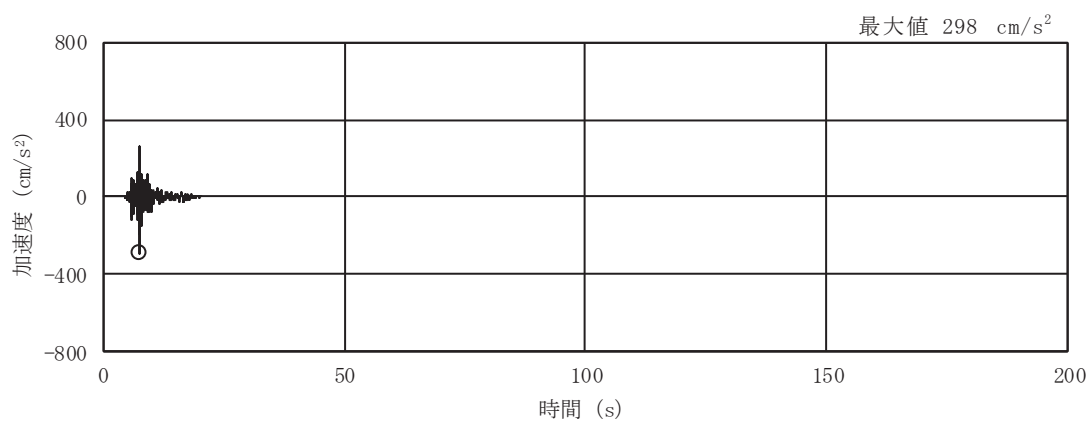
(e) S<sub>s</sub> - F 2



(f) S<sub>s</sub> - F 3

図 3-9(5) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(基準地震動 S<sub>s</sub>, 鉛直成分) (2/3)





(g) S s - N 1

図 3-9(6) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(基準地震動 S s , 鉛直成分) (3/3)

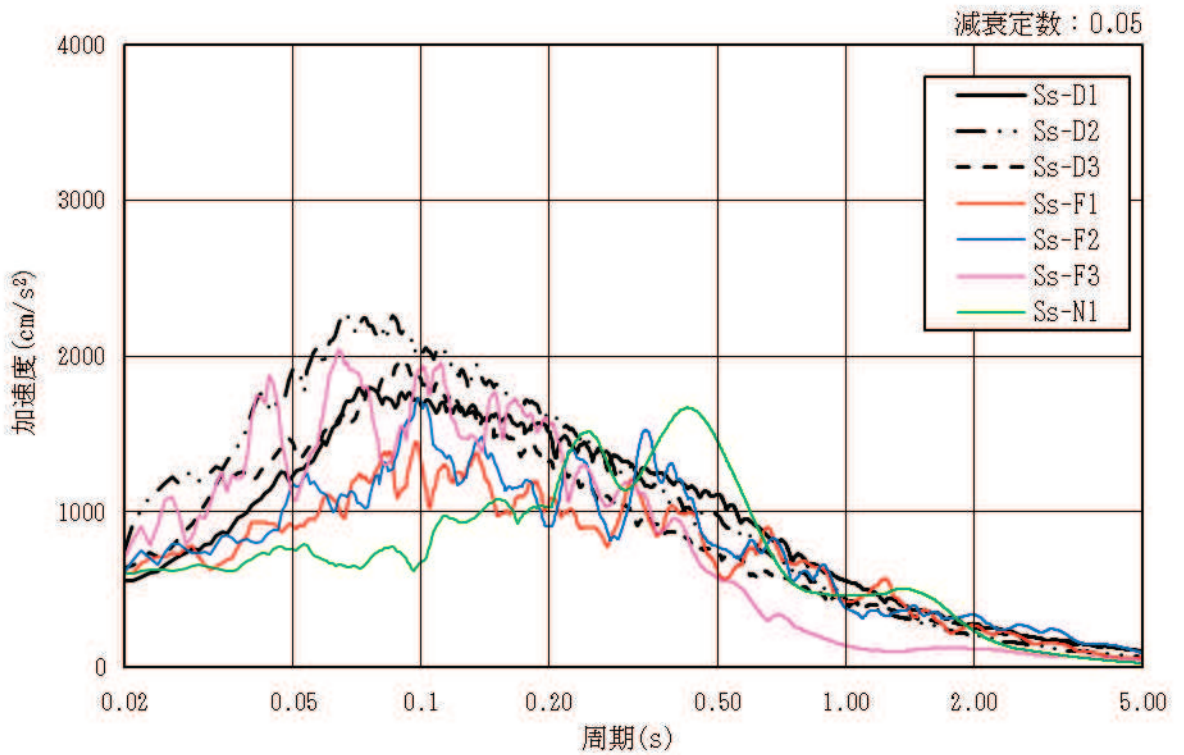


図 3-10 (1) 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(基準地震動  $S_s$  , 水平成分)

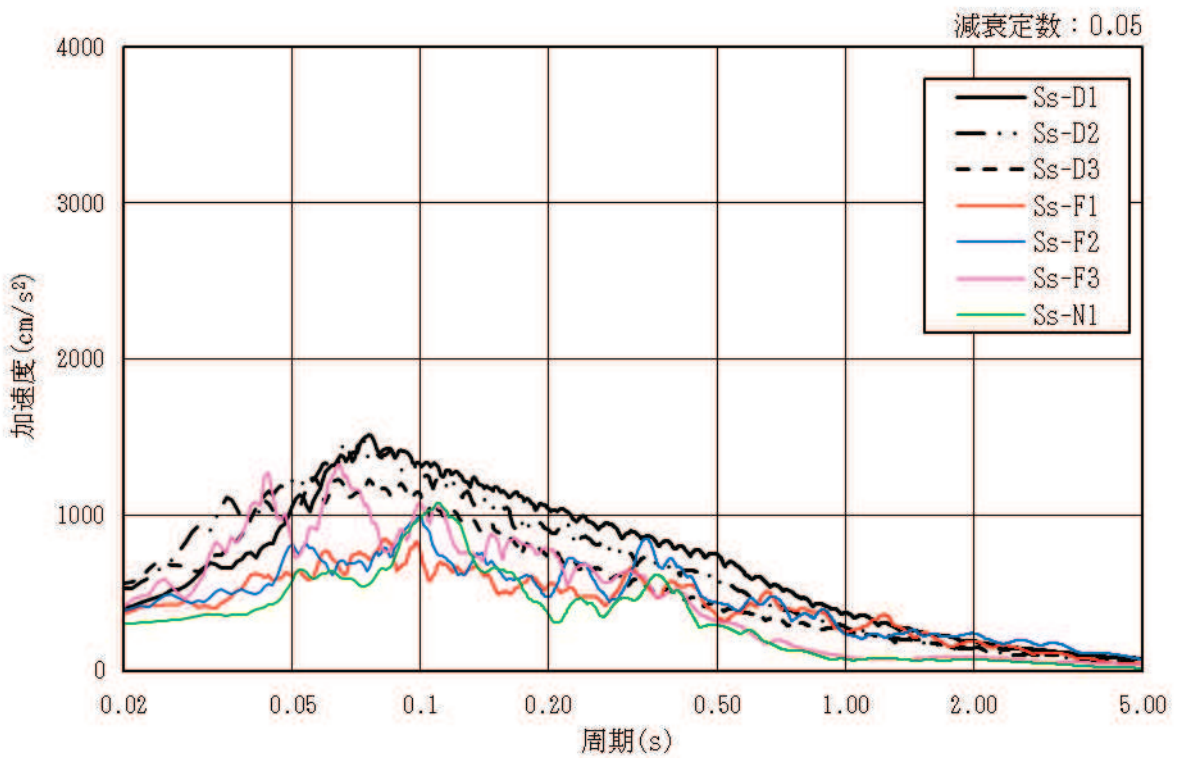
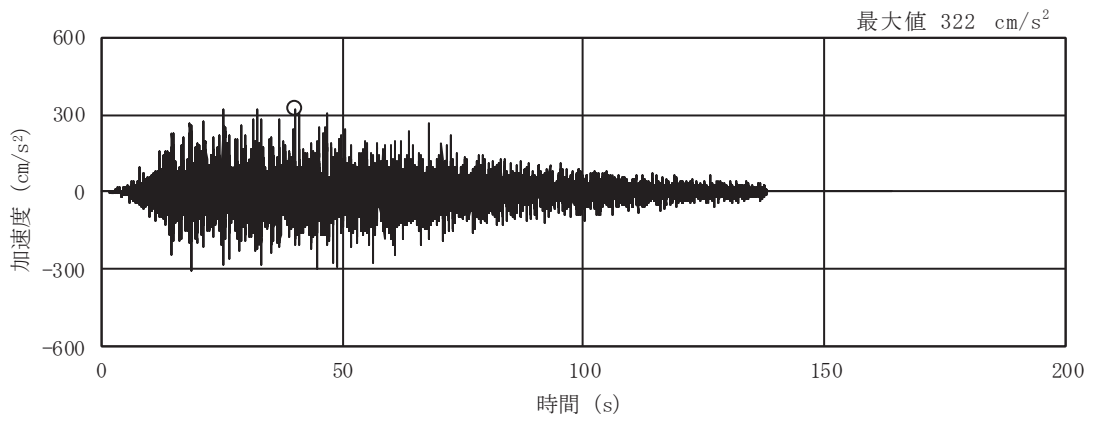
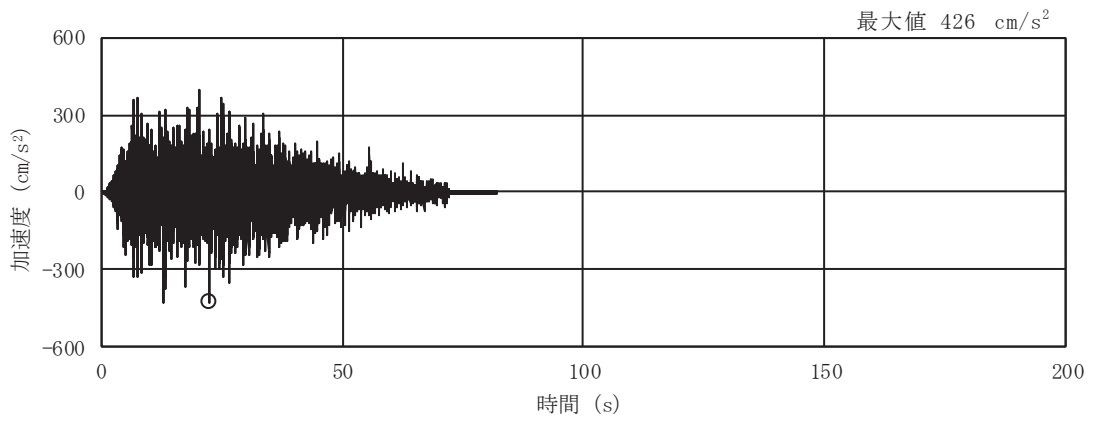


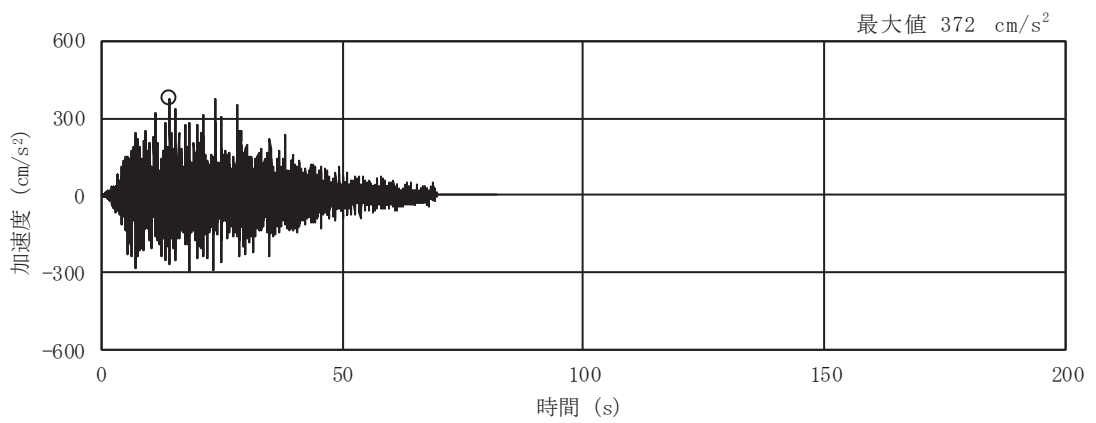
図 3-10 (2) 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(基準地震動  $S_s$  , 鉛直成分)



(a) S d - D 1

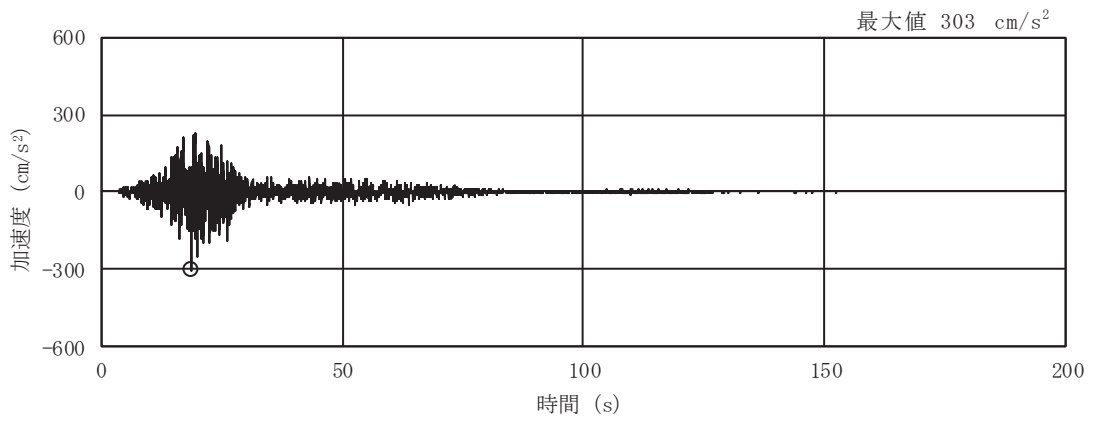


(b) S d - D 2

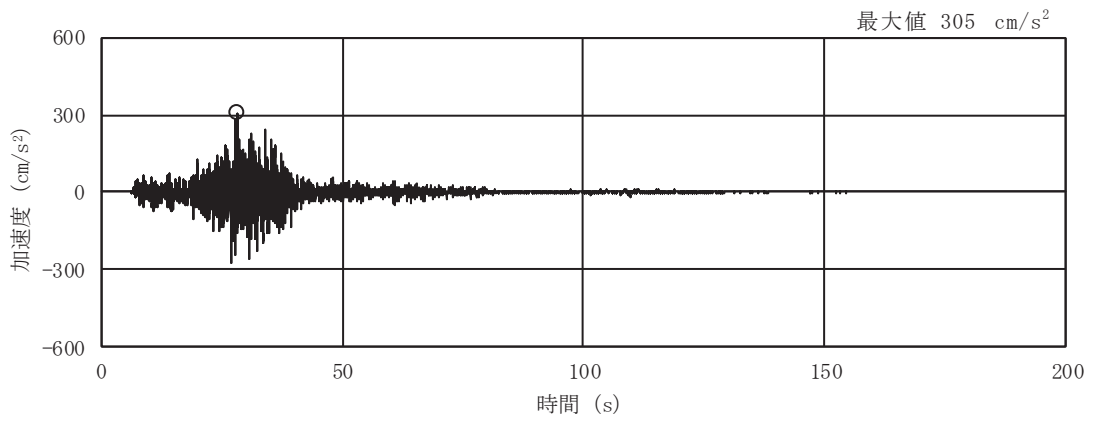


(c) S d - D 3

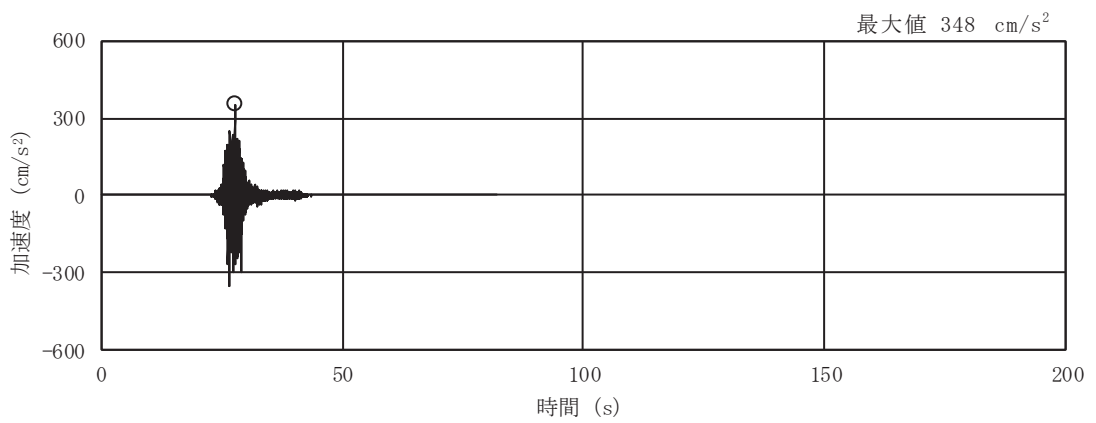
図 3-11(1) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(弾性設計用地震動 S d, 水平成分) (1/3)



(d) S d - F 1

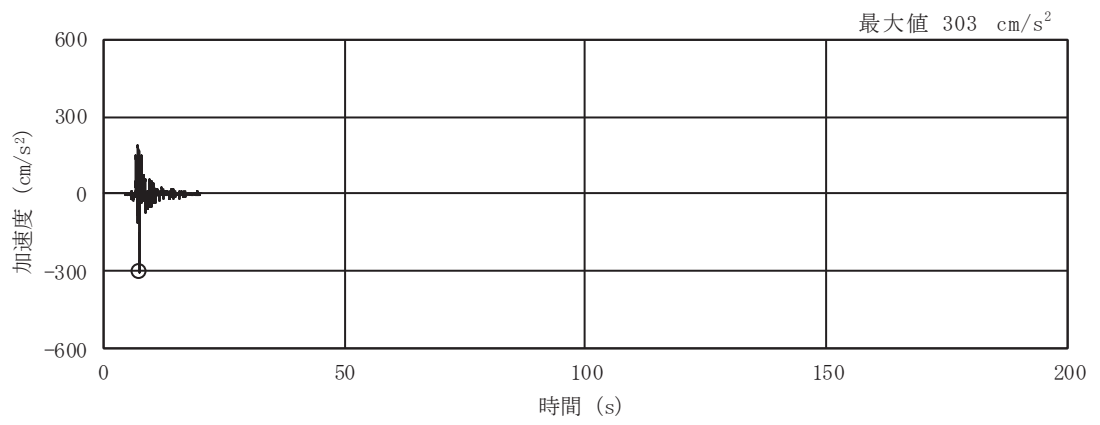


(e) S d - F 2



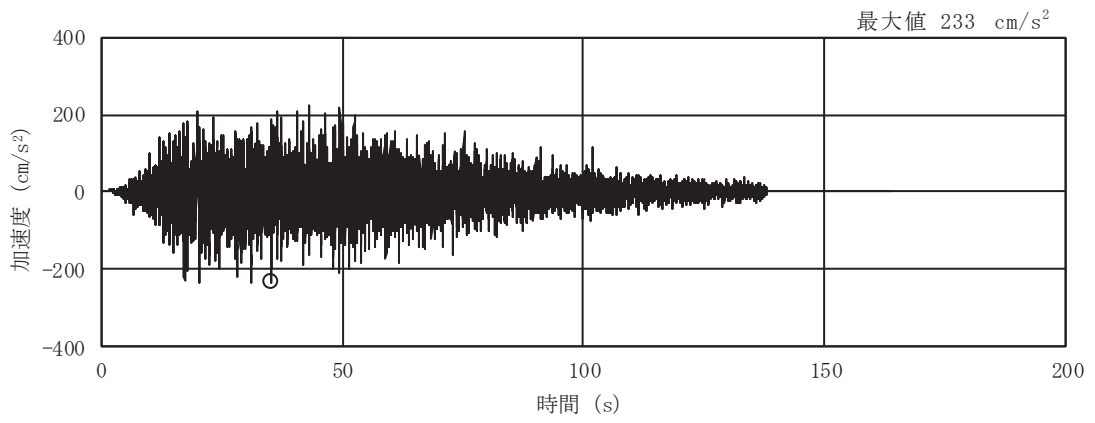
(f) S d - F 3

図 3-11(2) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(弾性設計用地震動 S d, 水平成分) (2/3)

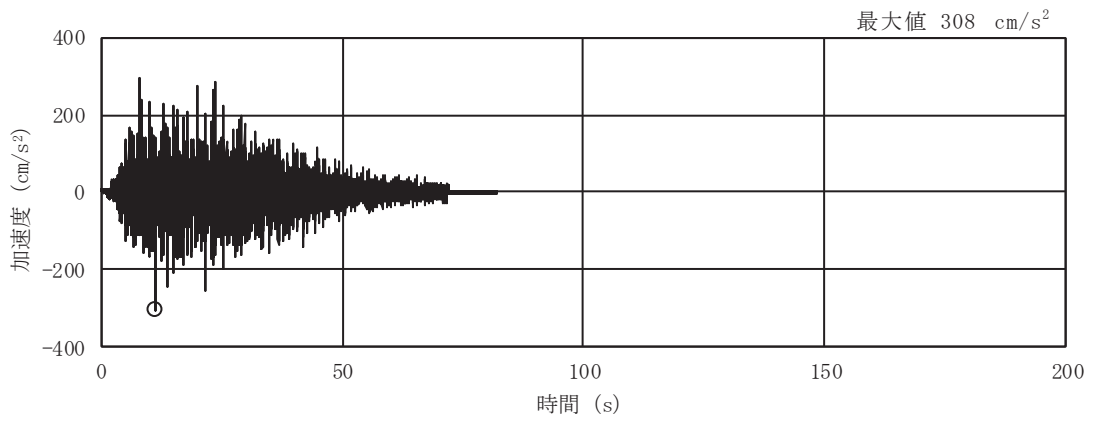


(g) S d - N 1

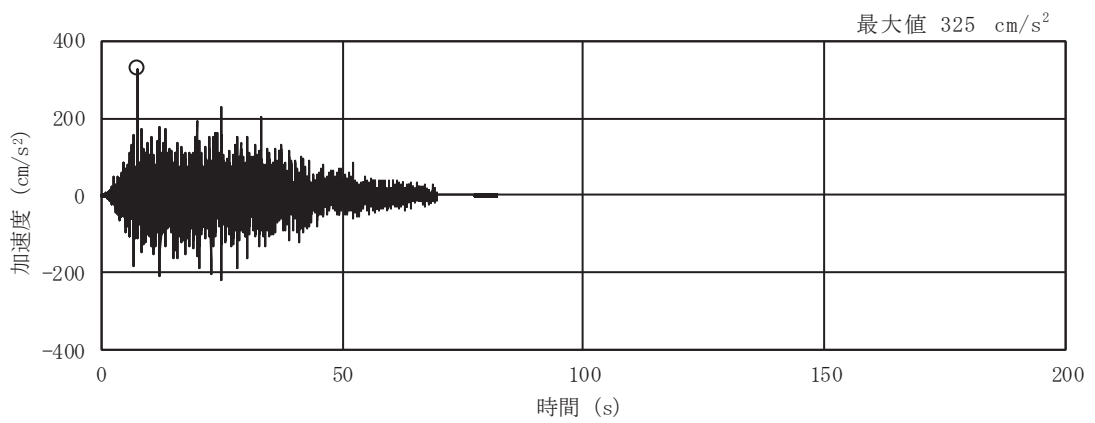
図 3-11(3) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(弾性設計用地震動 S d, 水平成分) (3/3)



(a) S d - D 1

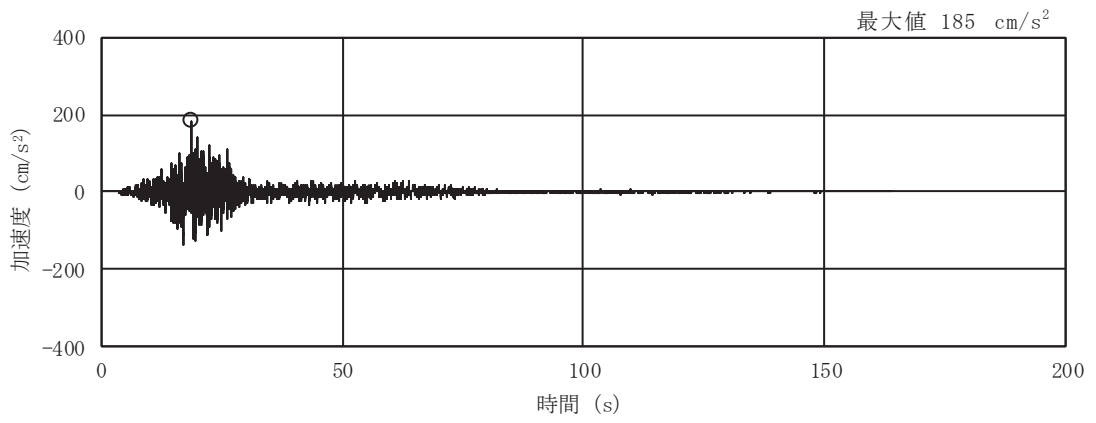


(b) S d - D 2

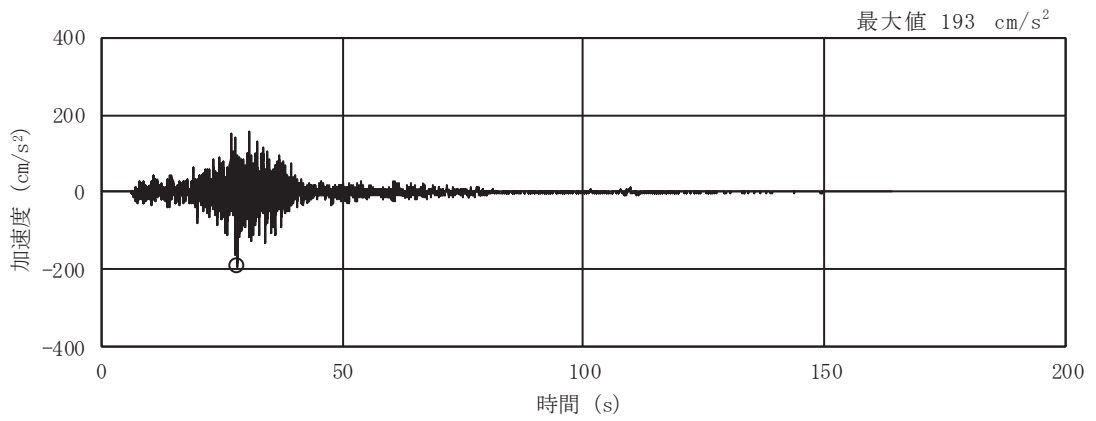


(c) S d - D 3

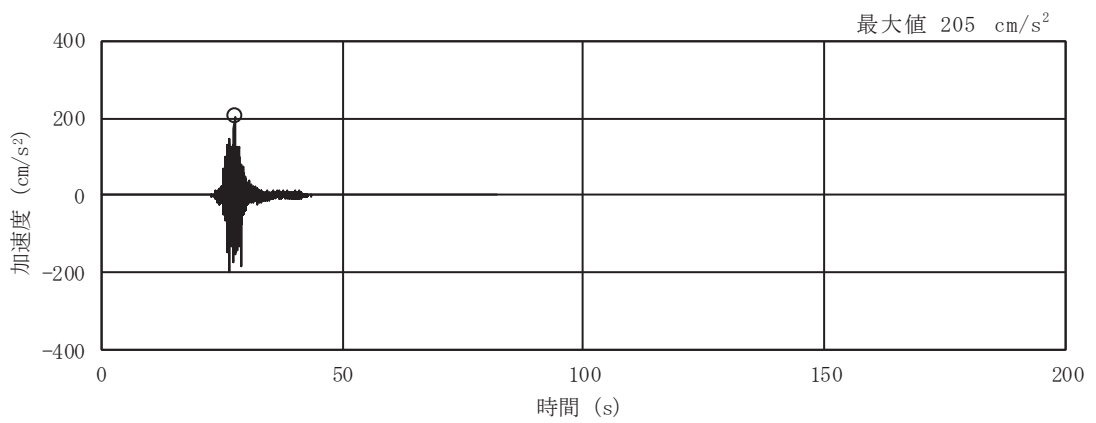
図 3-11(4) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(弾性設計用地震動 S d, 鉛直成分) (1/3)



(d) S d - F 1

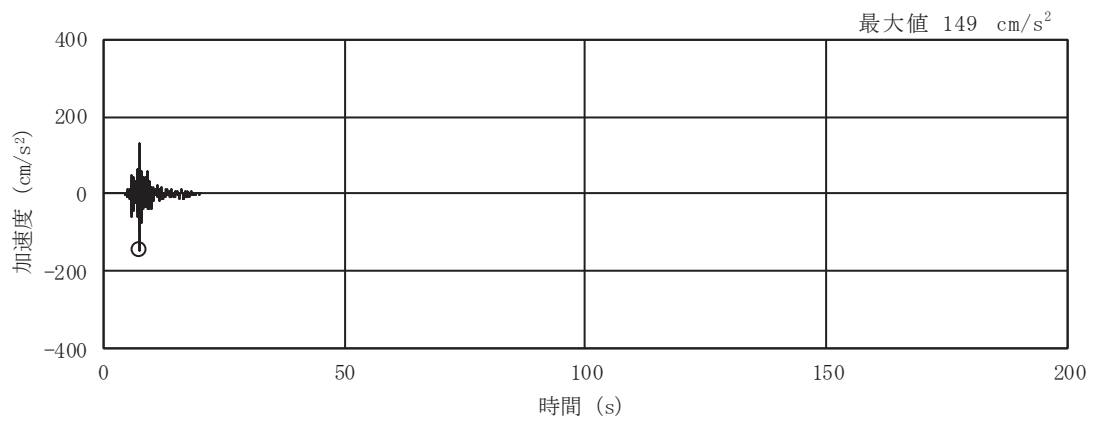


(e) S d - F 2



(f) S d - F 3

図 3-11(5) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(弾性設計用地震動 S d, 鉛直成分) (2/3)



(g) S d - N 1

図 3-11(6) 入力地震動の加速度時刻歴波形  
(弾性設計用地震動 S d, 鉛直成分) (3/3)



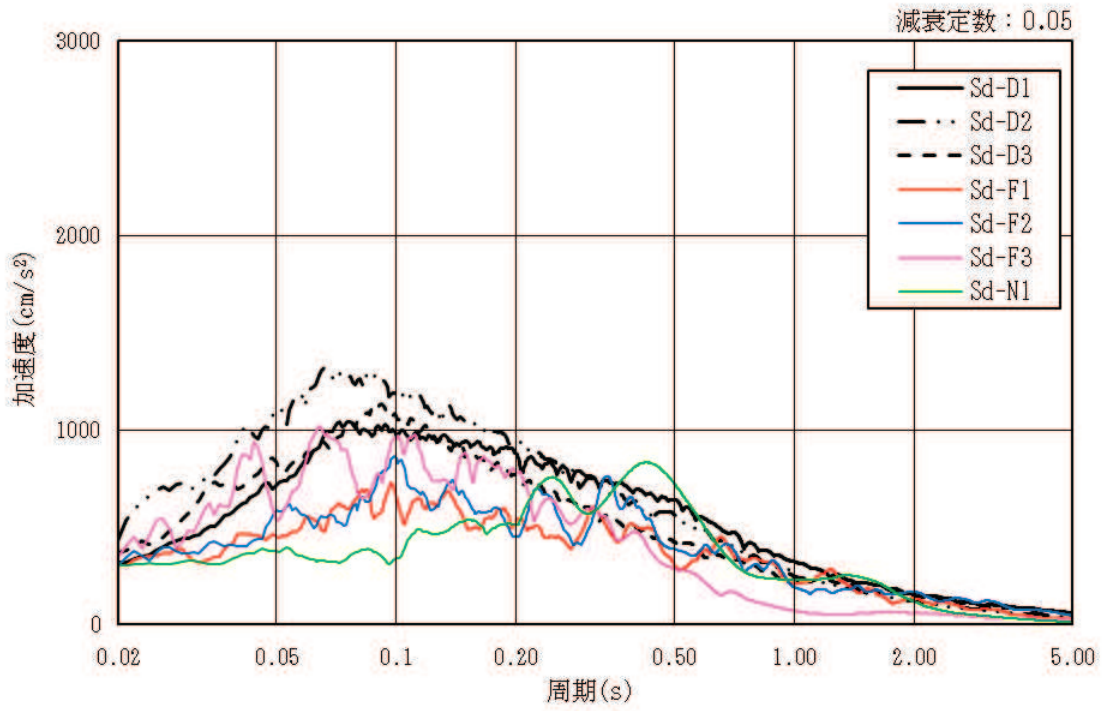


図 3-12(1) 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(弾性設計用地震動 S d , 水平成分)

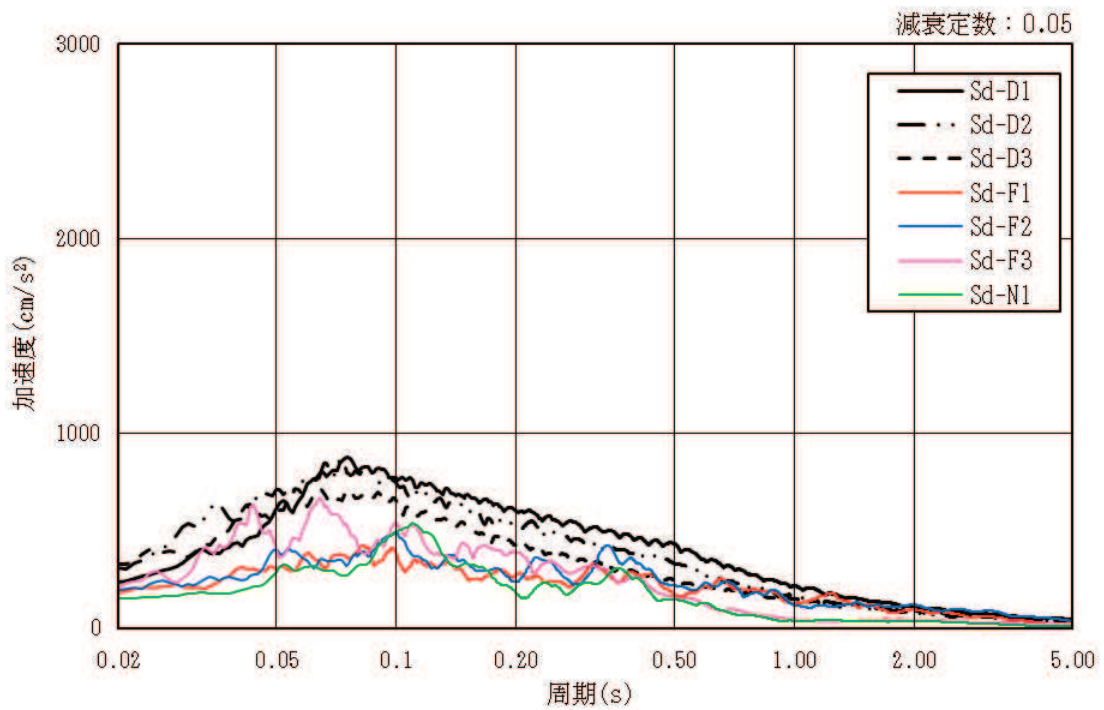


図 3-12(2) 入力地震動の加速度応答スペクトル  
(弾性設計用地震動 S d , 鉛直成分)

### 3.6 解析モデル及び諸元

#### 3.6.1 解析モデル

排気筒基礎の地震応答解析モデルを図3-13～図3-15に示す。

##### (1) 解析領域

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの解析領域は、境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう、十分に広い領域とする。

##### (2) 境界条件

二次元有限要素法による時刻歴応答解析の解析モデルの境界条件については、有限要素解析における半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

##### (3) 構造物のモデル化

筒身柱、鉄塔柱、つなぎはり及び基礎版の剛性を、構造物中心位置において各構造部材と等価な剛性を有する線形はり要素と等価な質量を有する質点でモデル化する。排気筒は基礎の上端に質点として考慮する。また、基礎の構造部材と地盤の相互作用を考慮するため、構造部材に対して十分に剛な断面性能を有する仮想剛梁を水平方向に配置する。

##### (4) 地盤のモデル化

D<sub>1</sub>級を除く岩盤は、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、盛土・旧表土及びD<sub>2</sub>級岩盤は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。充填コンクリートは、構造物中心位置での線形はり要素に質量と剛性を考慮する。

##### (5) 隣接構造物のモデル化

NS方向において隣接構造物となる排気筒連絡ダクト、第3号機排気筒連絡ダクトは、排気筒基礎の耐震評価において保守的な評価となるよう盛土としてモデル化する。

##### (6) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

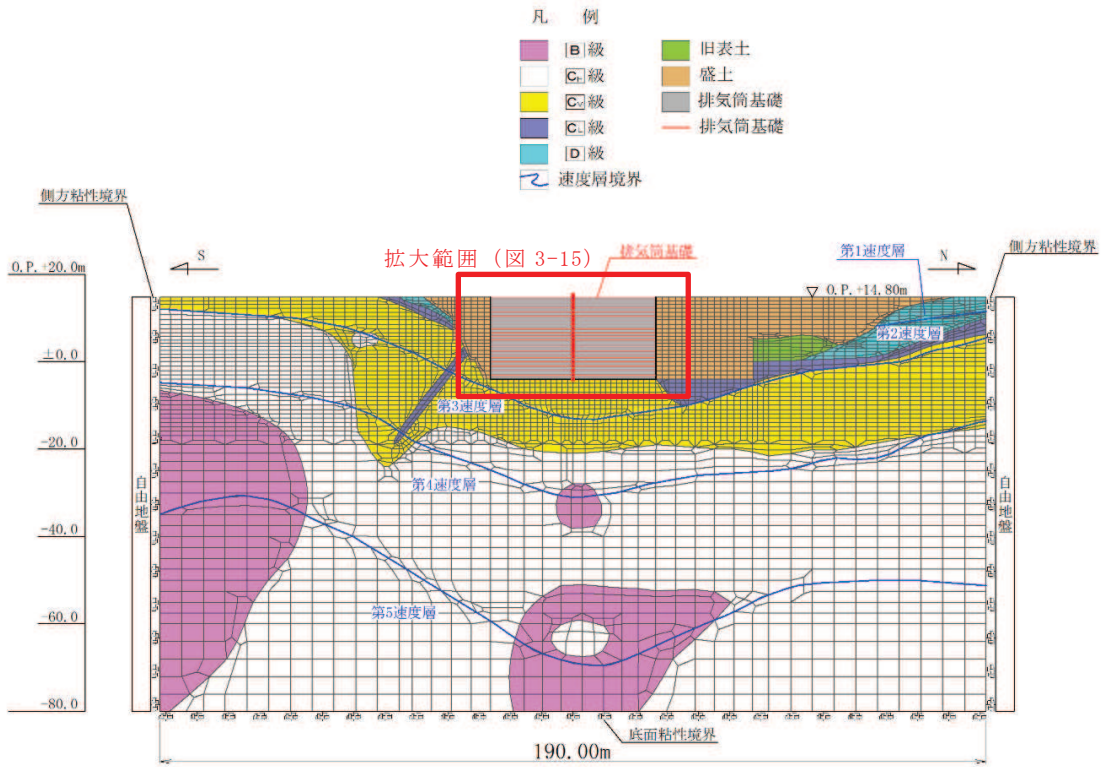


図 3-13 排気筒基礎の地震応答解析モデル図 (NS 断面)

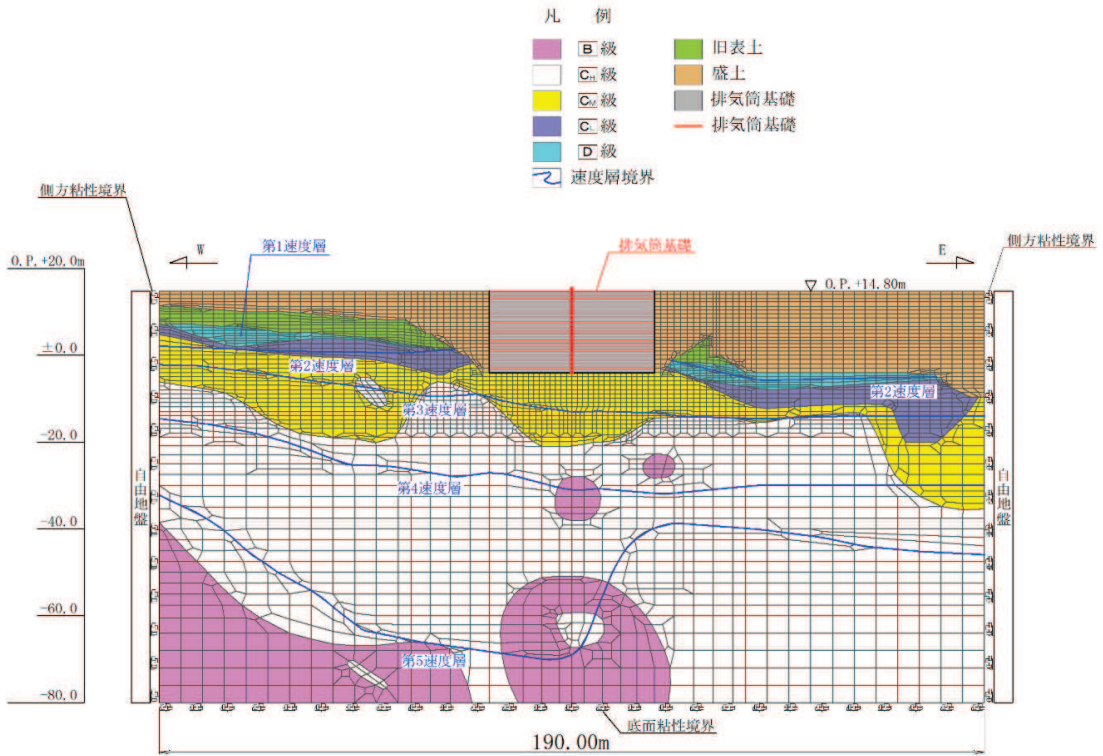


図 3-14 排気筒基礎の地震応答解析モデル図 (EW 断面)

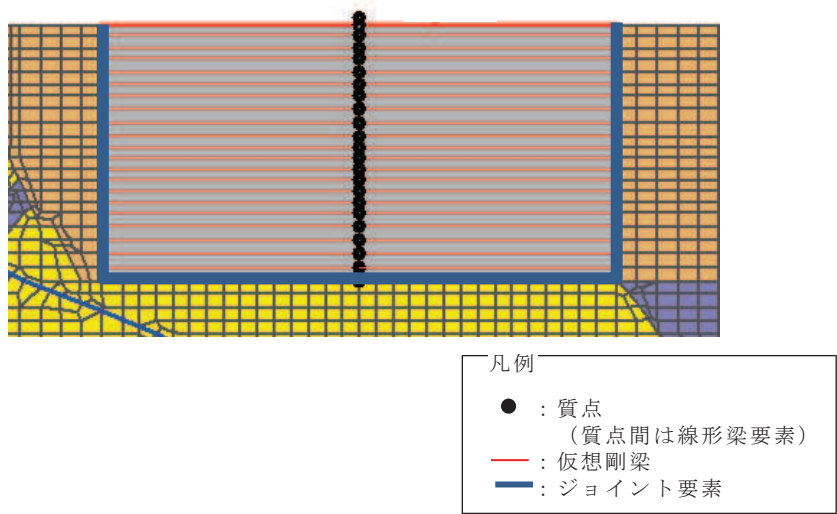


図 3-15 排気筒基礎の地震応答解析モデル図 (拡大図)

### 3.6.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表3-7に示す。

表 3-7 使用材料の材料定数

| 使用材料  | ヤング係数<br>E*<br>(N/mm <sup>2</sup> )             | ポアソン比 | 備考                                   |
|---|---|-------|--------------------------------------|
| 鉄筋コンクリート<br>コンクリート：<br>F <sub>c</sub> =20.5(N/mm <sup>2</sup> )<br>鉄筋：SD345 | 2.15×10 <sup>4</sup><br>(2.53×10 <sup>4</sup> ) | 0.2   | 鉄筋コンクリート部<br>(筒身柱，鉄塔柱，<br>つなぎはり，基礎版) |
| コンクリート：<br>F <sub>c</sub> =18.0(N/mm <sup>2</sup> )                         | 2.06×10 <sup>4</sup><br>(2.53×10 <sup>4</sup> ) | 0.2   | 充填コンクリート部                            |

注記\*：括弧内は，既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果に基づくヤング係数

### 3.6.3 地盤の物性値

地盤については，添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

### 3.6.4 地下水位

設計用地下水位は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、地表面に設定する。設計用地下水位の一覧を表3-8に、設計用地下水位を図3-16及び図3-17に示す。

表 3-8 設計用地下水位の一覧

| 施設名称  | 地震時荷重算出断面 | 設計用地下水位      |
|-------|-----------|--------------|
| 排気筒基礎 | NS 断面     | O. P. 14. 8m |
|       | EW 断面     | O. P. 14. 8m |

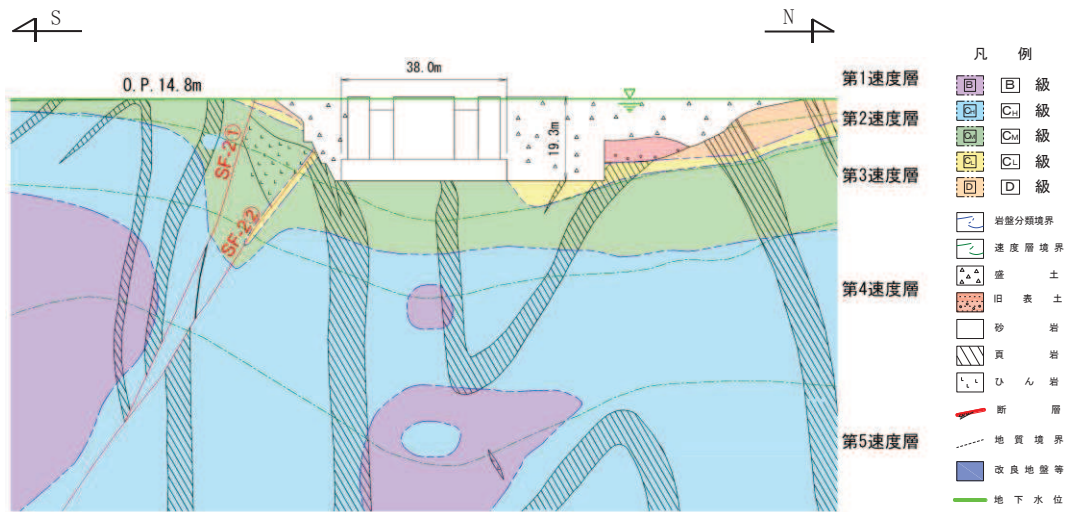


図 3-16 設計用地下水位 (NS 断面)

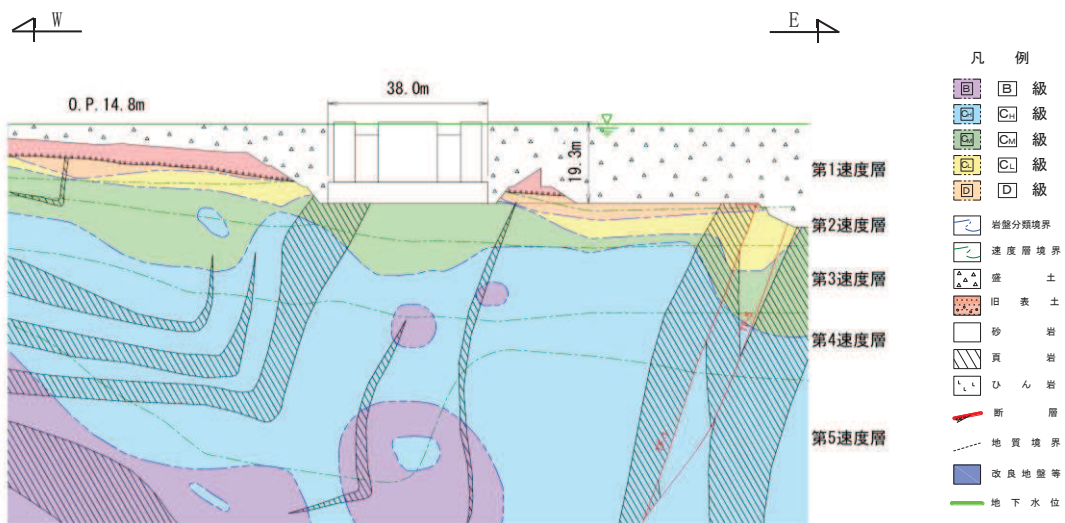


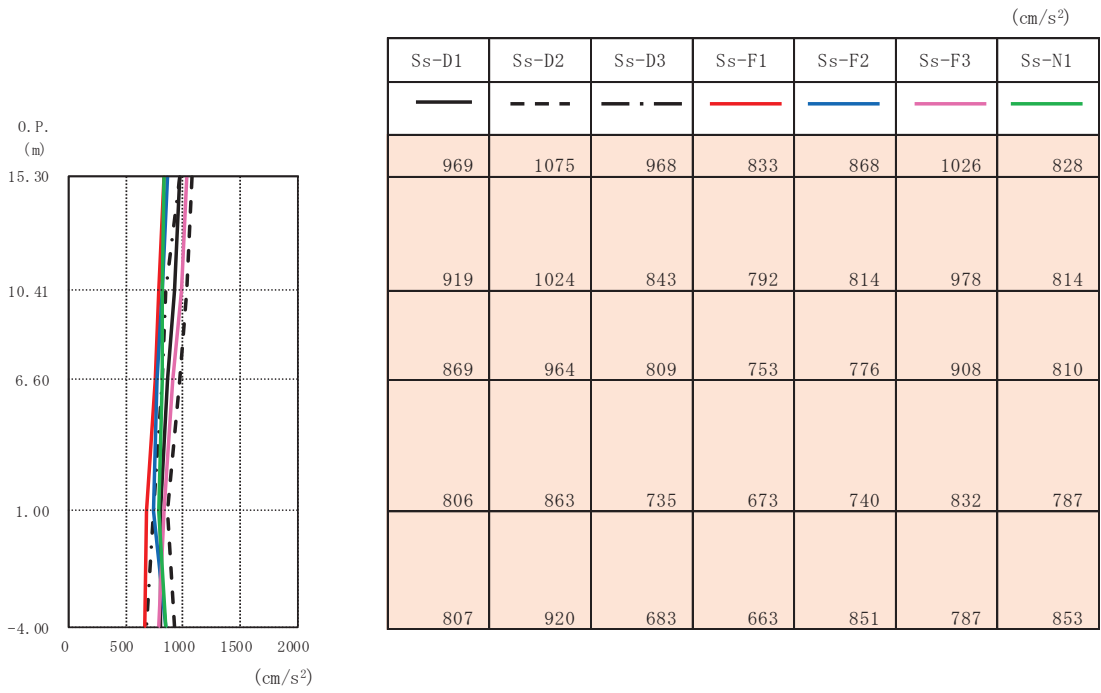
図 3-17 設計用地下水位 (EW 断面)

#### 4. 解析結果

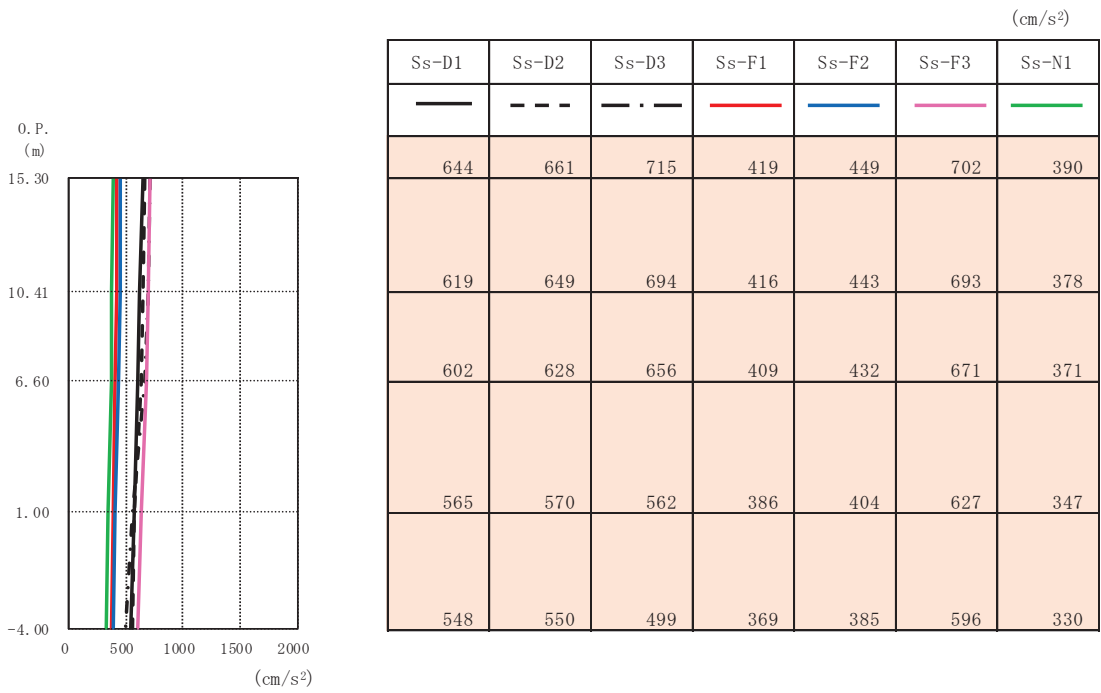
##### 4.1 地震応答解析結果

基本ケース（ケース①）、地盤物性の不確かさ（ケース②，③）及び材料物性の不確かさ（ケース④）の地震応答解析結果を示す。排気筒基礎のNS断面及びEW断面の基準地震動 $S_s$ による最大応答加速度を図4-1～図4-16に、弾性設計用地震動 $S_d$ による最大応答加速度を図4-17～図4-32に示す。

また、排気筒基礎地盤の支持性能評価に用いる接地圧を表4-1に示す。なお、接地圧は二次元有限要素法における底面地盤ばね反力から求めていることから、最大転倒モーメント及び鉛直力の値は用いていないが、参考として示す。



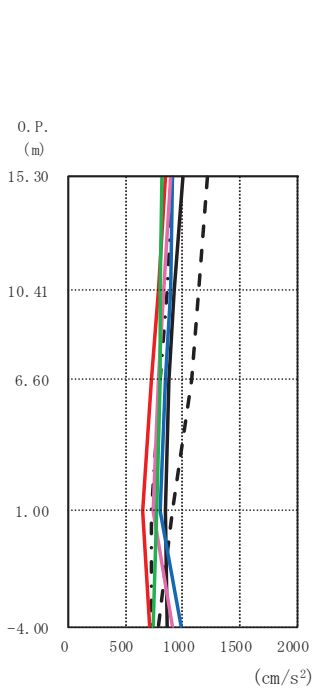
(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

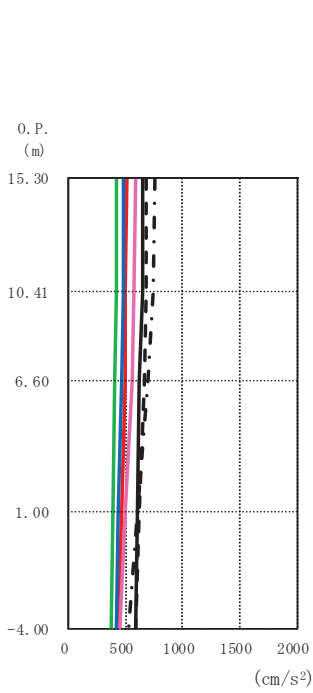
図 4-1 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub>(++), ケース①, NS 断面)





| (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ss-D1                | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |
| 998                  | 1211  | 908   | 848   | 910   | 897   | 818   |
| 926                  | 1140  | 865   | 784   | 887   | 836   | 800   |
| 875                  | 1071  | 803   | 720   | 843   | 784   | 804   |
| 847                  | 912   | 731   | 645   | 795   | 738   | 766   |
| 857                  | 778   | 730   | 715   | 991   | 902   | 741   |

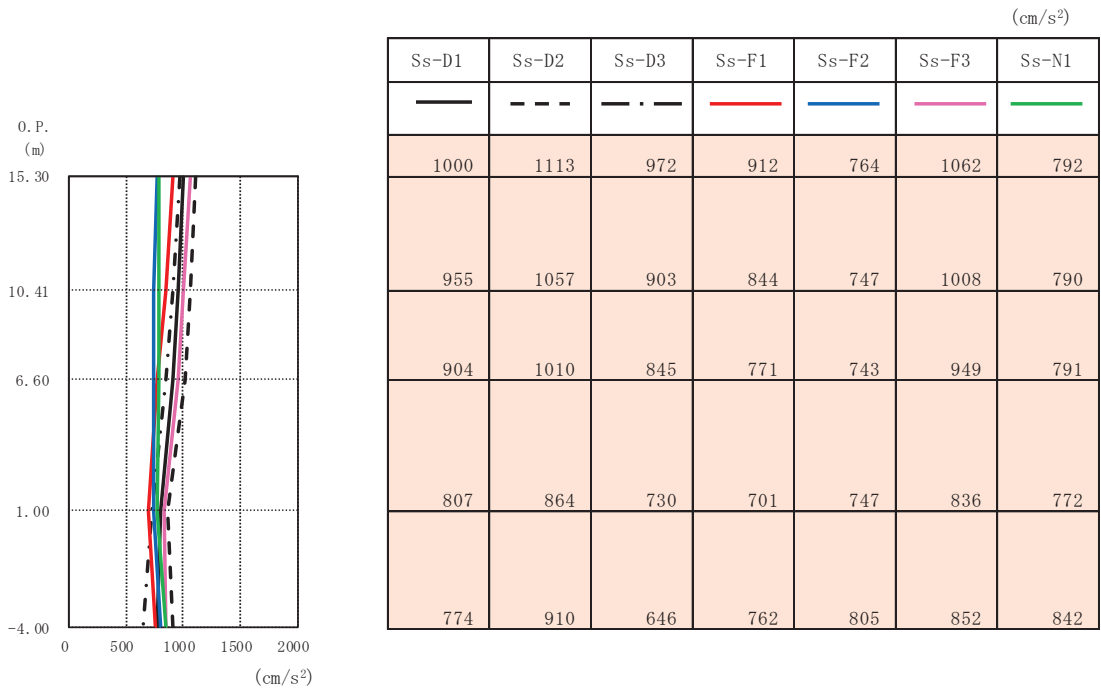
(a) 水平方向



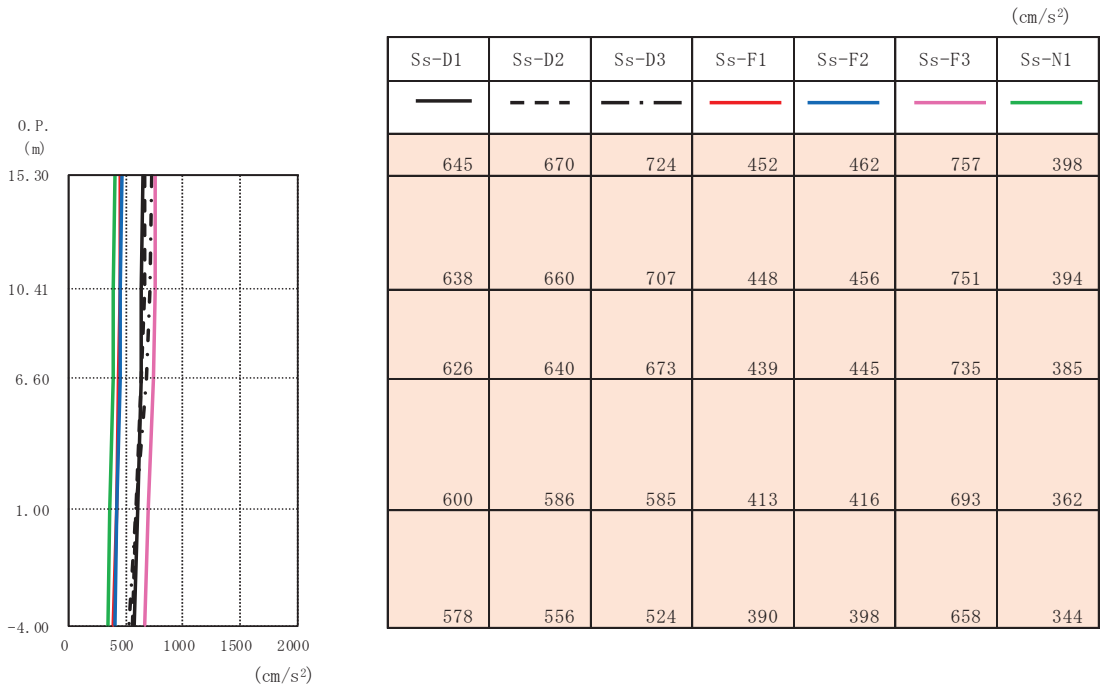
| (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Ss-D1                | Ss-D2 | Ss-D3 | Ss-F1 | Ss-F2 | Ss-F3 | Ss-N1 |
| 642                  | 677   | 760   | 504   | 486   | 588   | 413   |
| 646                  | 674   | 740   | 499   | 479   | 575   | 419   |
| 620                  | 666   | 698   | 489   | 467   | 558   | 408   |
| 596                  | 623   | 596   | 462   | 436   | 500   | 383   |
| 583                  | 591   | 530   | 440   | 420   | 456   | 365   |

(b) 鉛直方向

図 4-2 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (-+), ケース①, NS 断面)

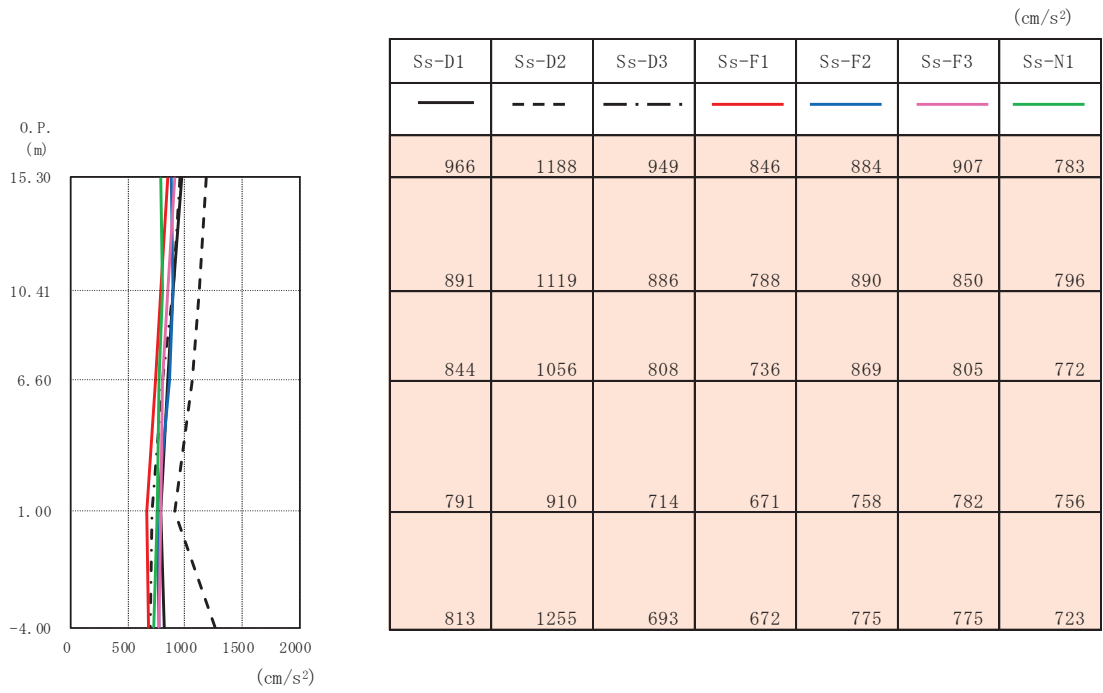


(a) 水平方向

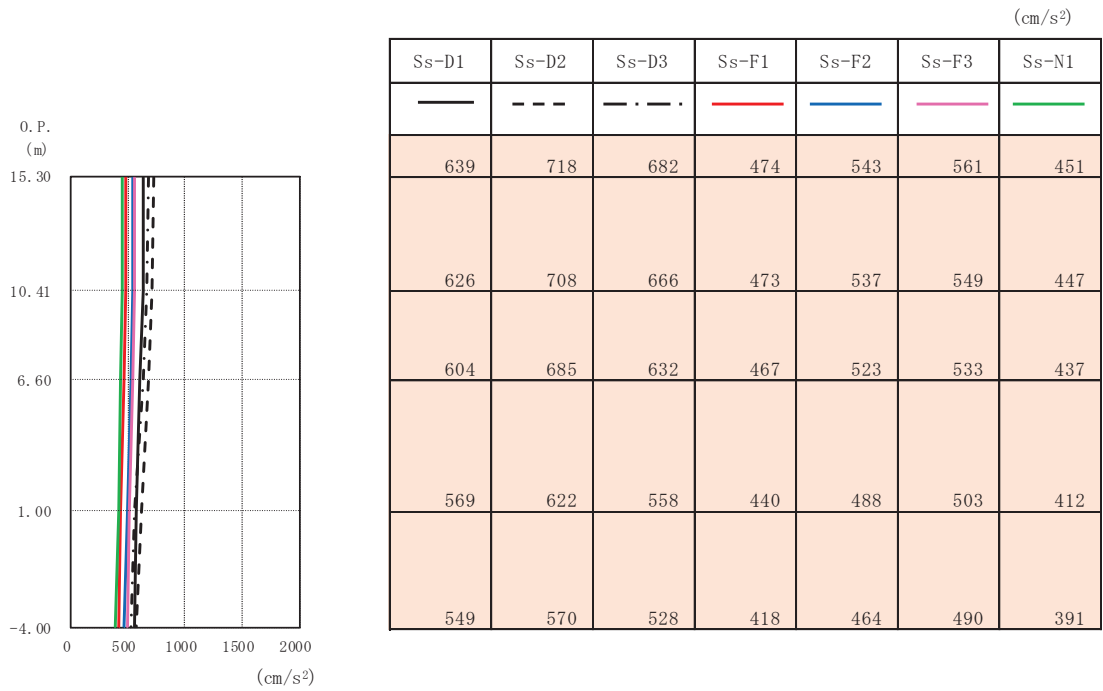


(b) 鉛直方向

図 4-3 最大応答加速度 (基準地震動 S s (++) , ケース②, NS 断面)

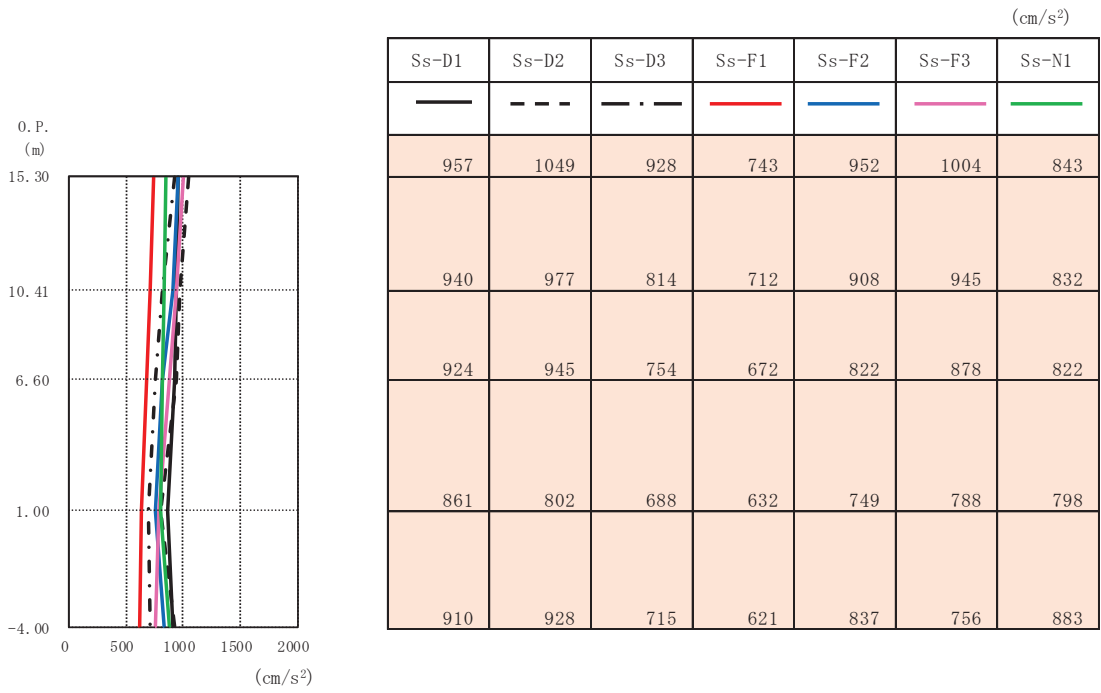


(a) 水平方向

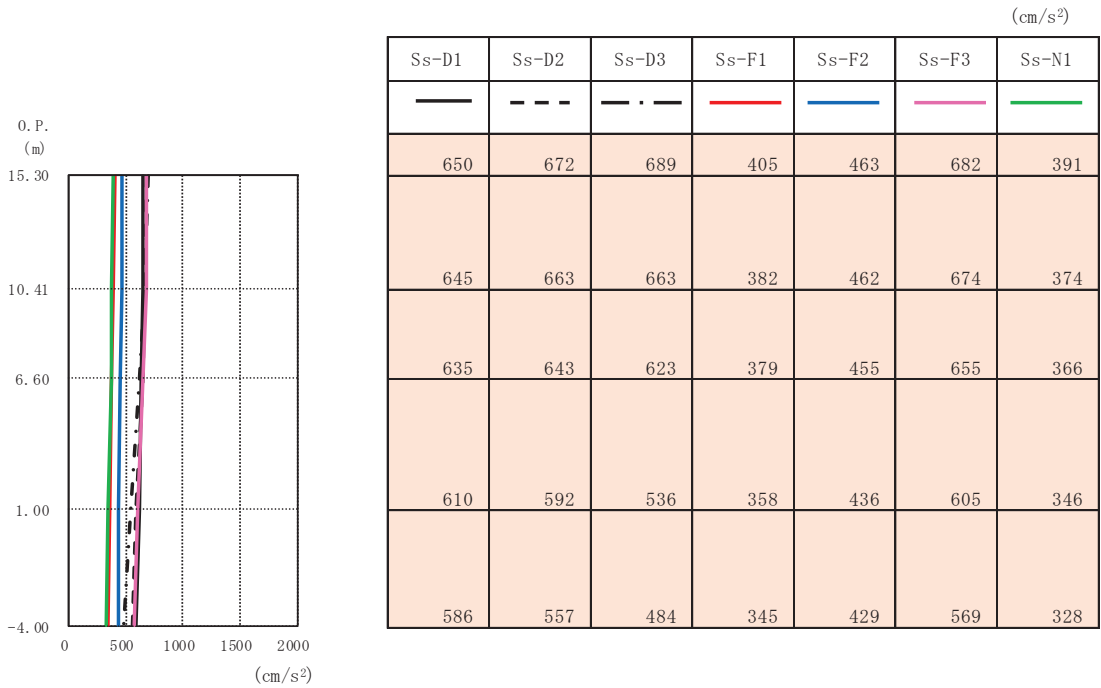


(b) 鉛直方向

図 4-4 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (一十), ケース②, NS 断面)

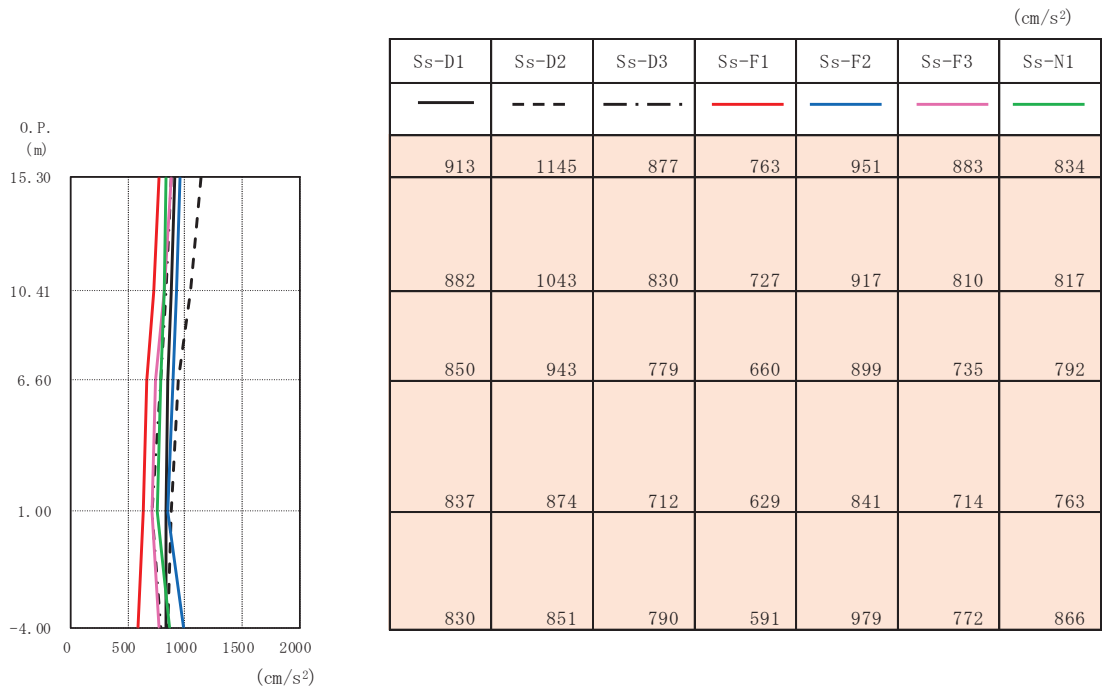


(a) 水平方向

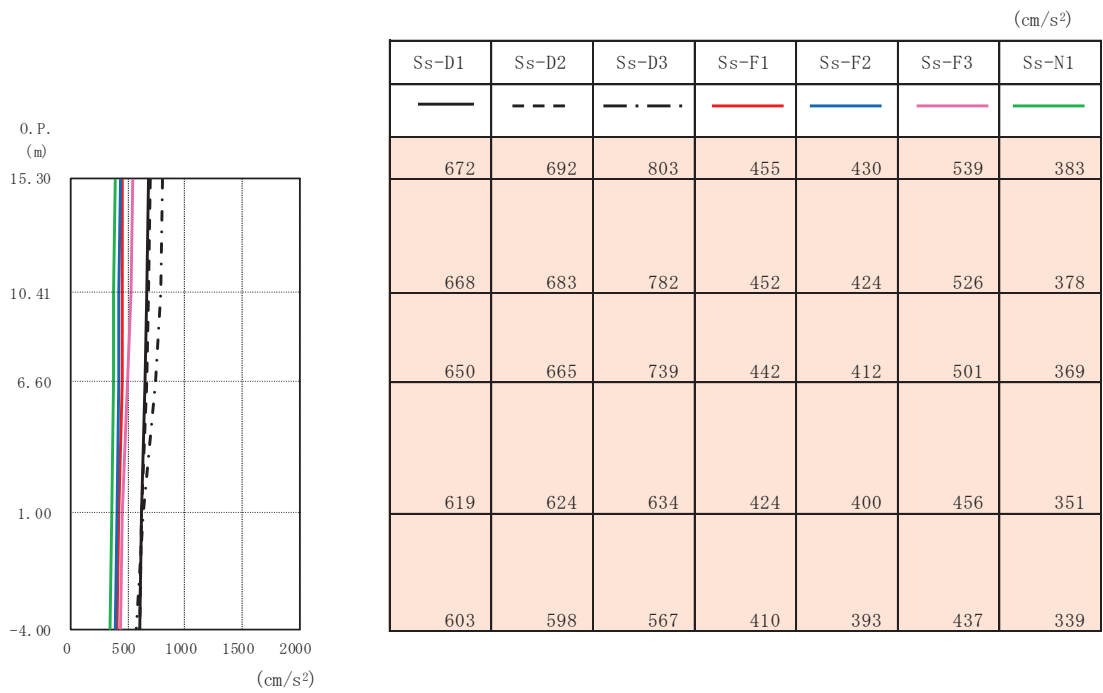


(b) 鉛直方向

図 4-5 最大応答加速度 (基準地震動 S s (++) , ケース③, NS 断面)

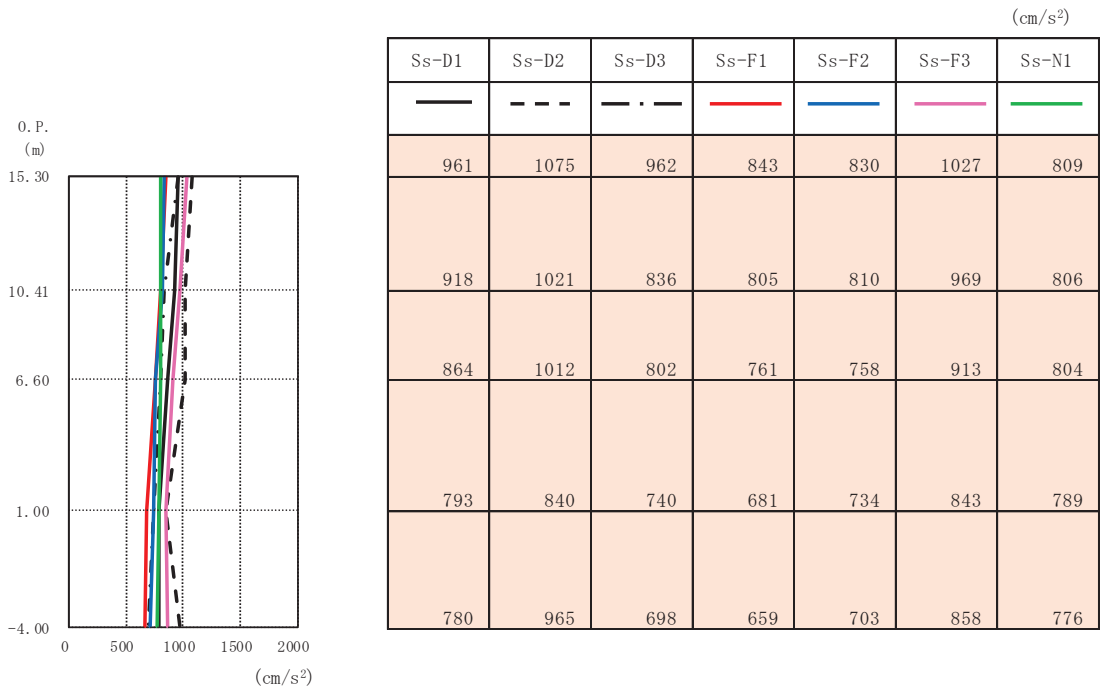


(a) 水平方向

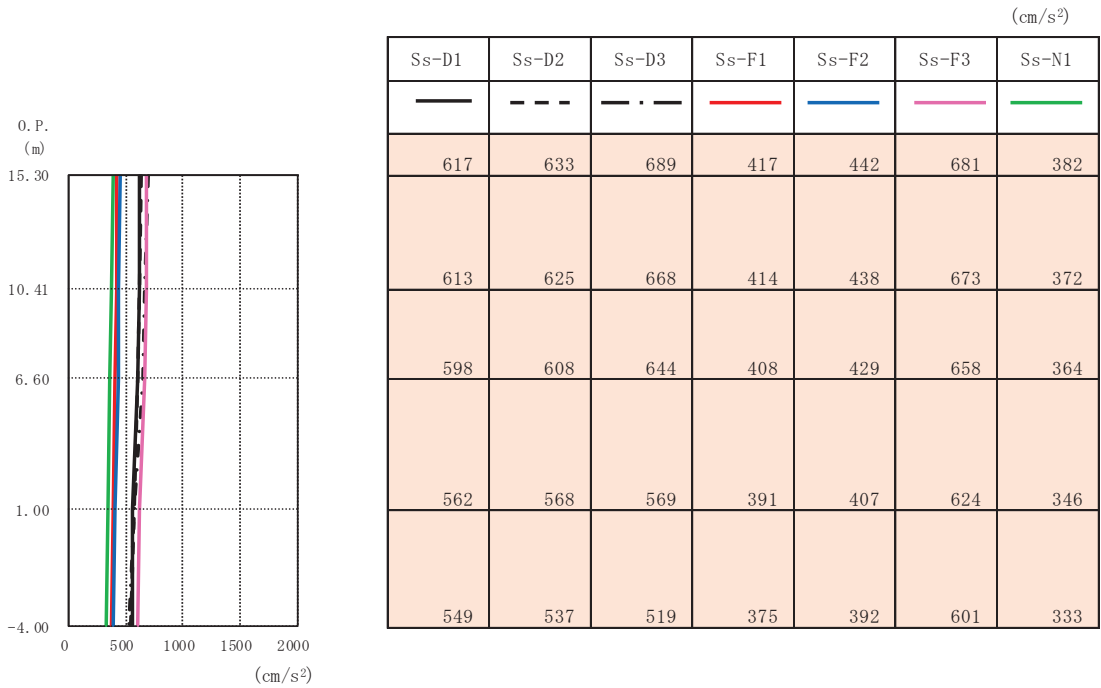


(b) 鉛直方向

図 4-6 最大応答加速度 (基準地震動 S s (-+), ケース③, NS 断面)

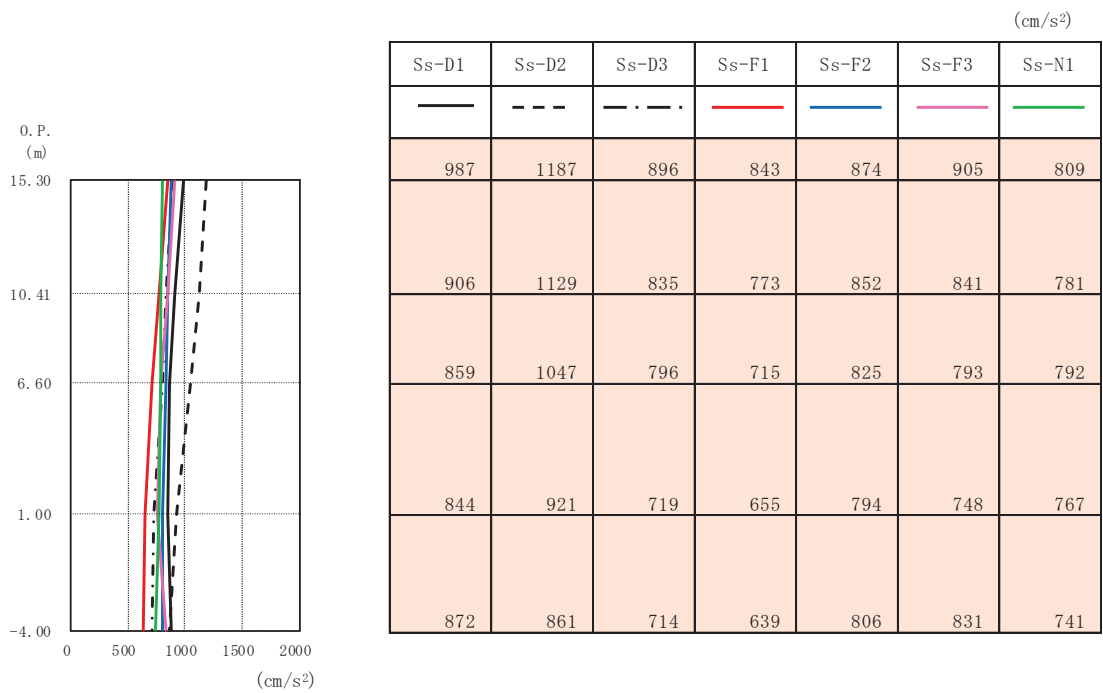


(a) 水平方向

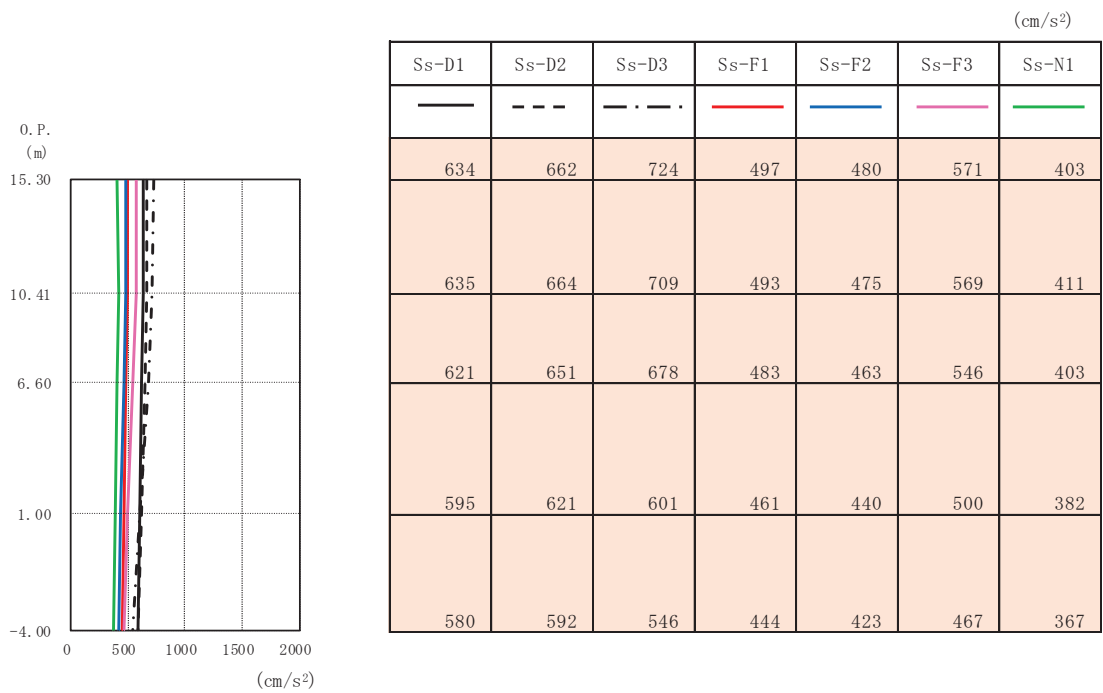


(b) 鉛直方向

図 4-7 最大応答加速度 (基準地震動 S s (++) , ケース④, NS 断面)

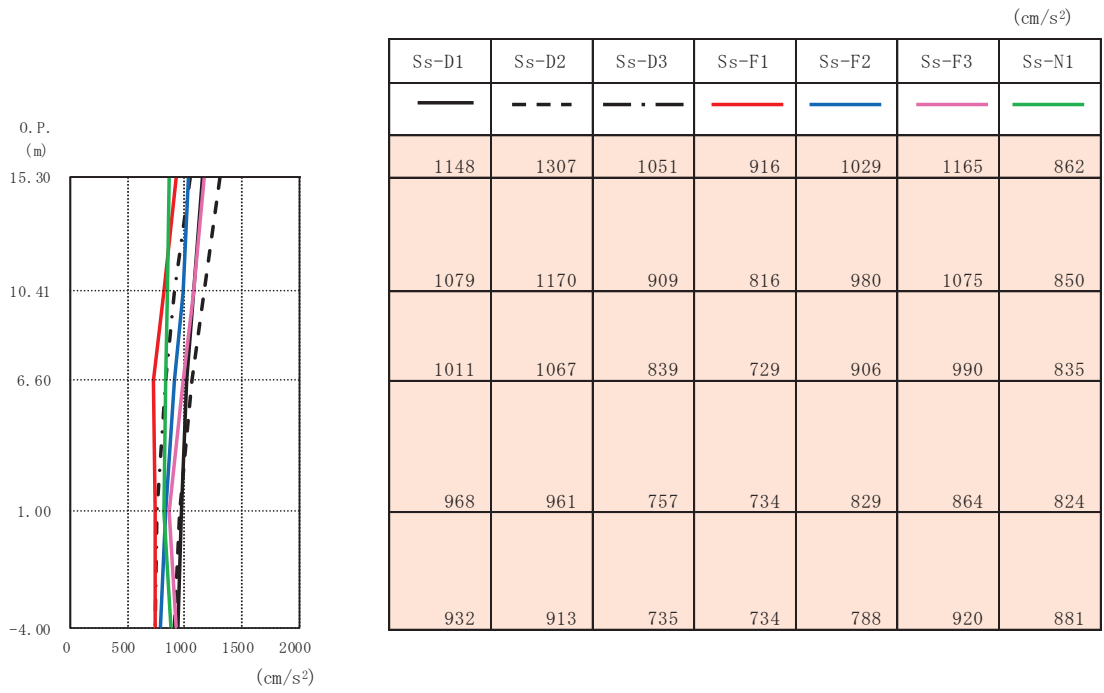


(a) 水平方向

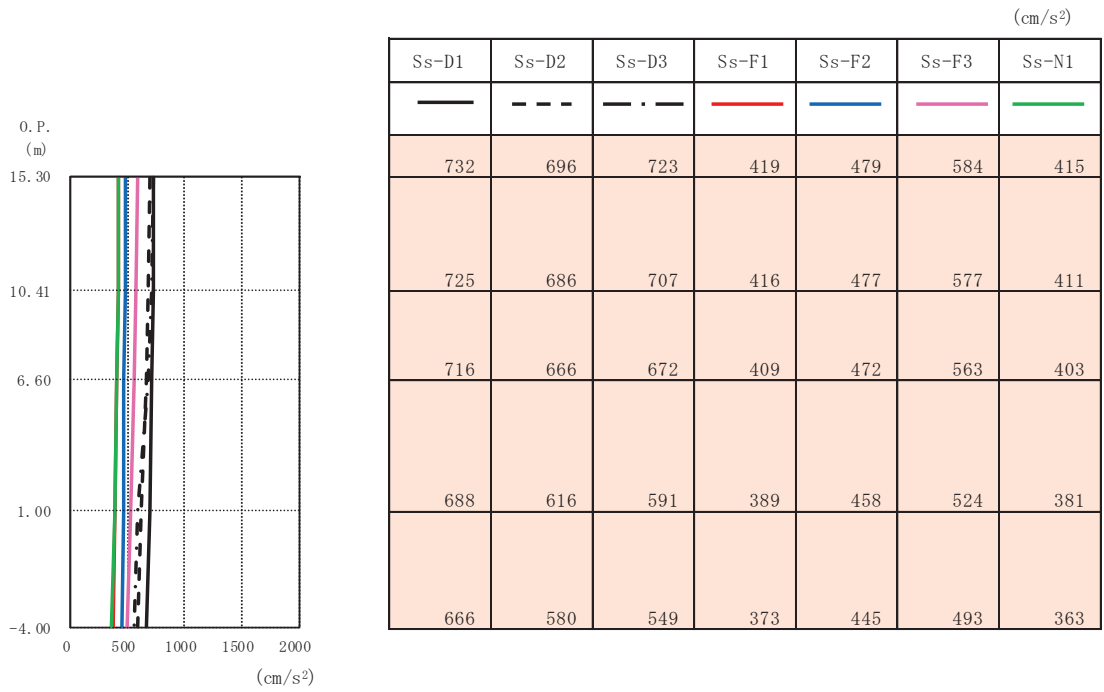


(b) 鉛直方向

図 4-8 最大応答加速度 (基準地震動 S s (-+), ケース④, NS 断面)



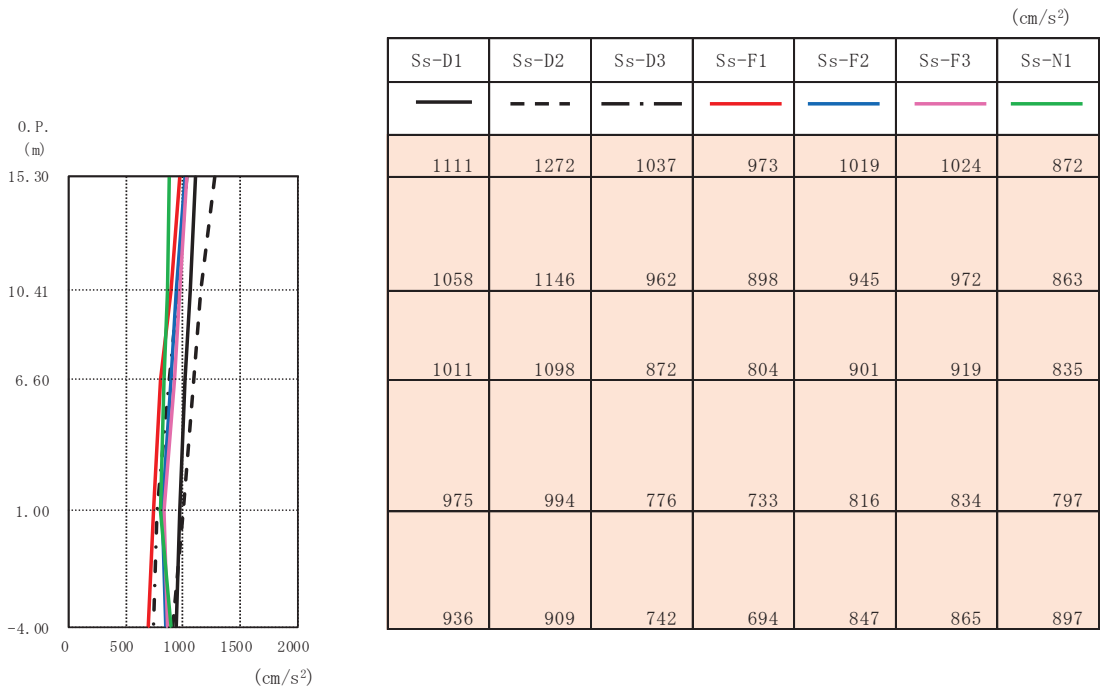
(a) 水平方向



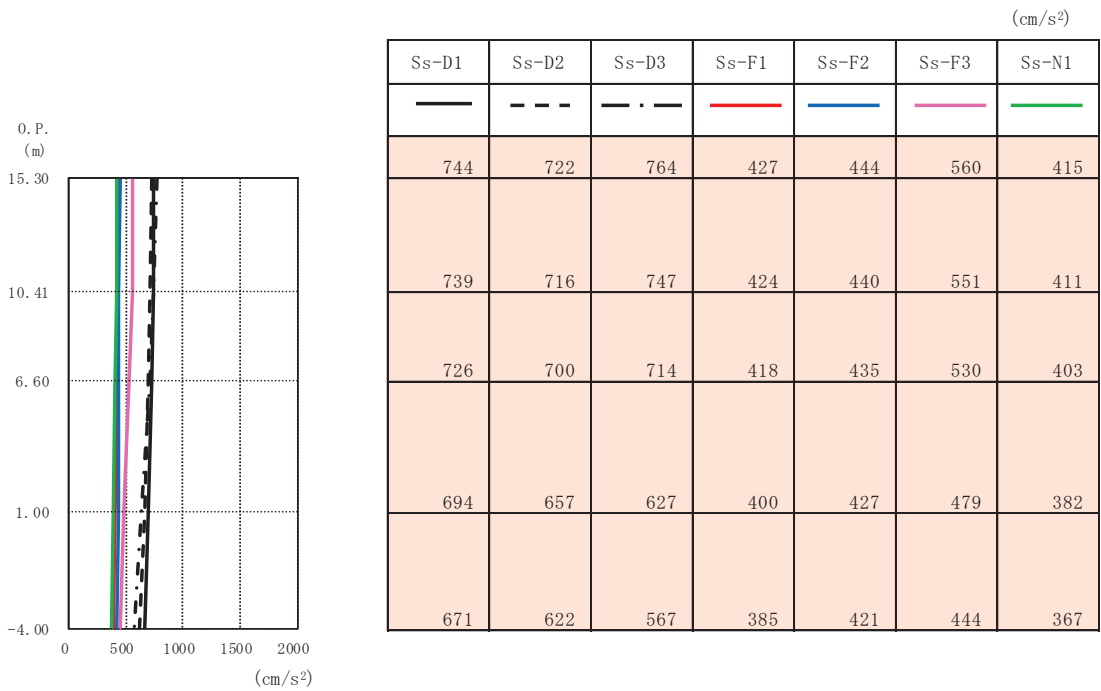
(b) 鉛直方向

図 4-9 最大応答加速度 (基準地震動 S s (++) , ケース①, EW 断面)



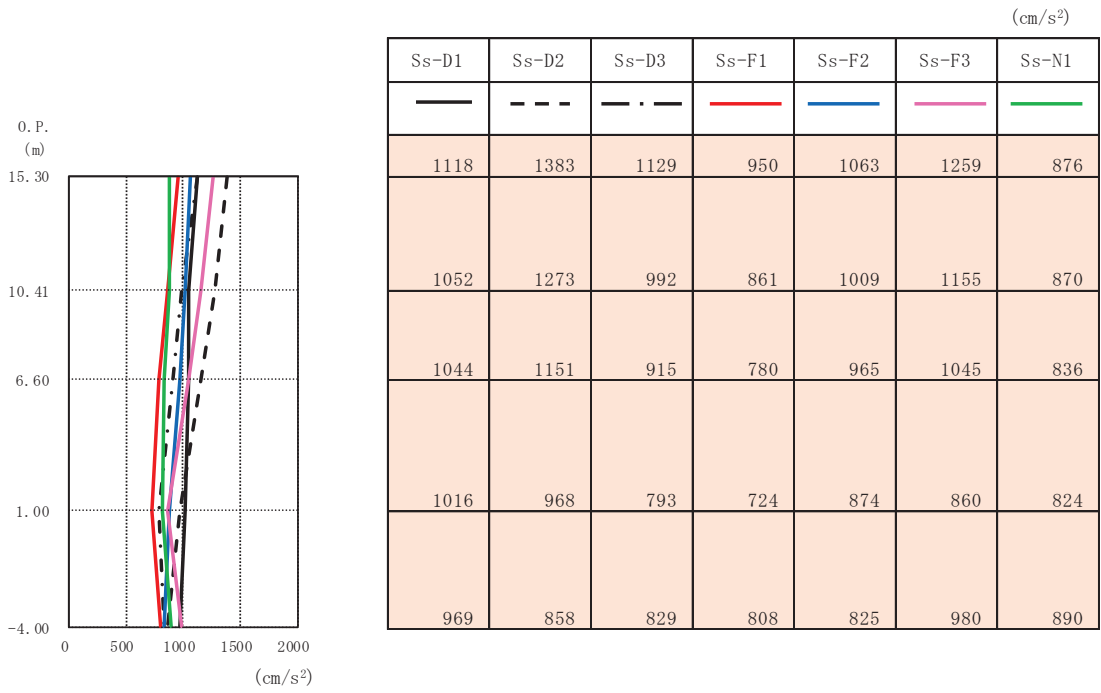


(a) 水平方向

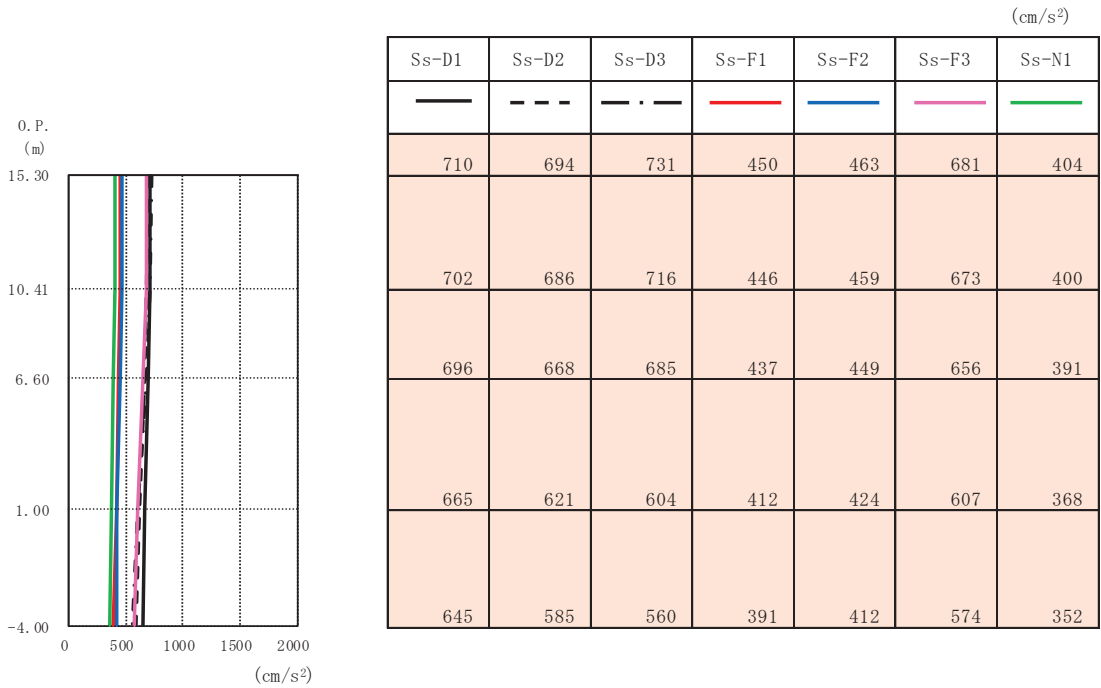


(b) 鉛直方向

図 4-10 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (-+), ケース①, EW 断面)

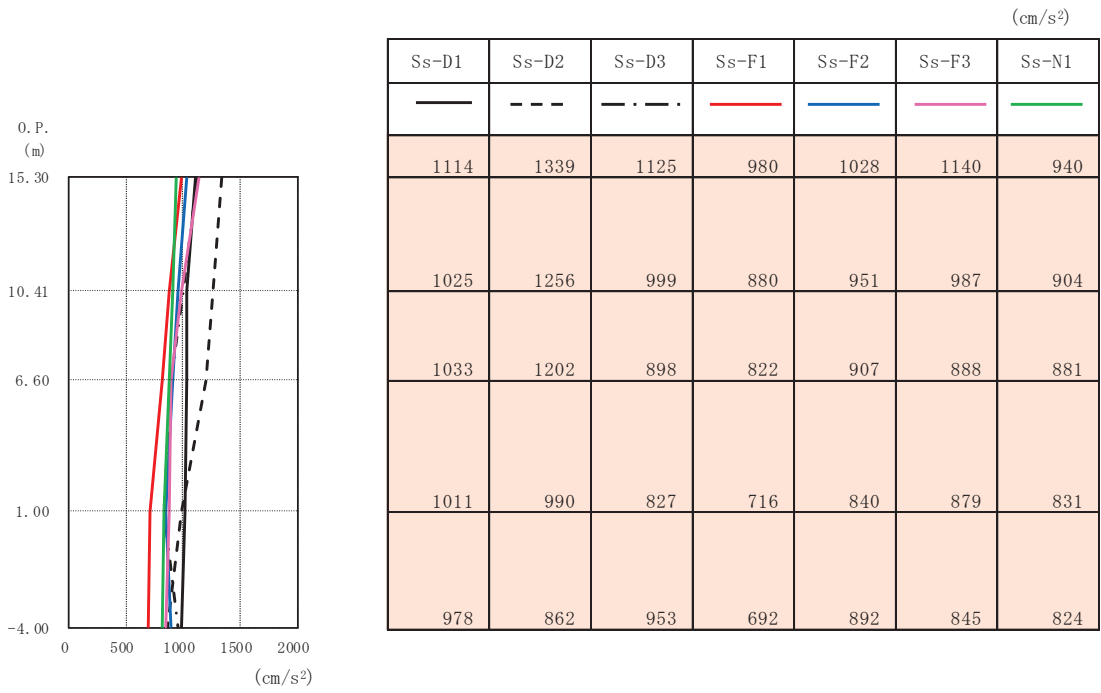


(a) 水平方向

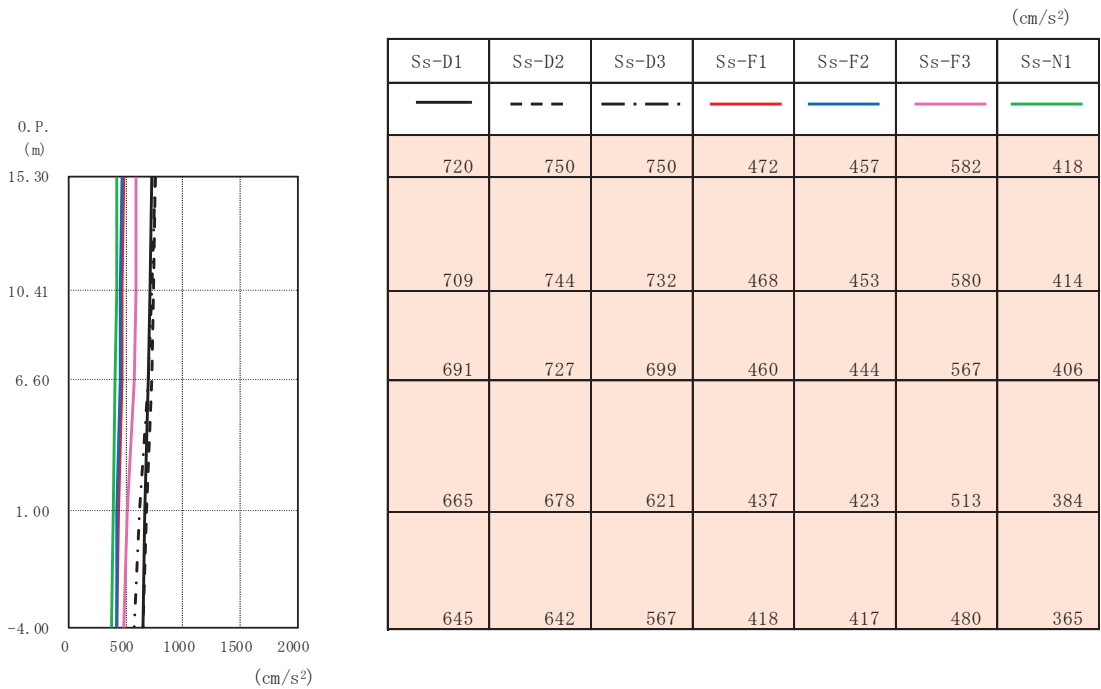


(b) 鉛直方向

図 4-11 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (++) , ケース②, EW 断面)

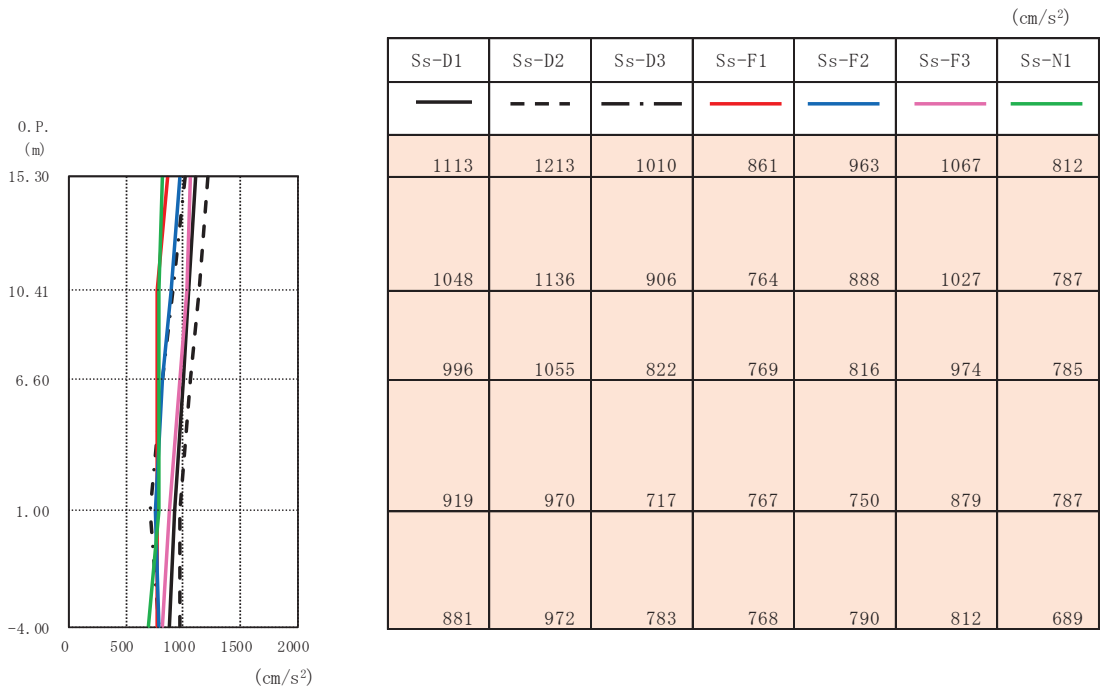


(a) 水平方向

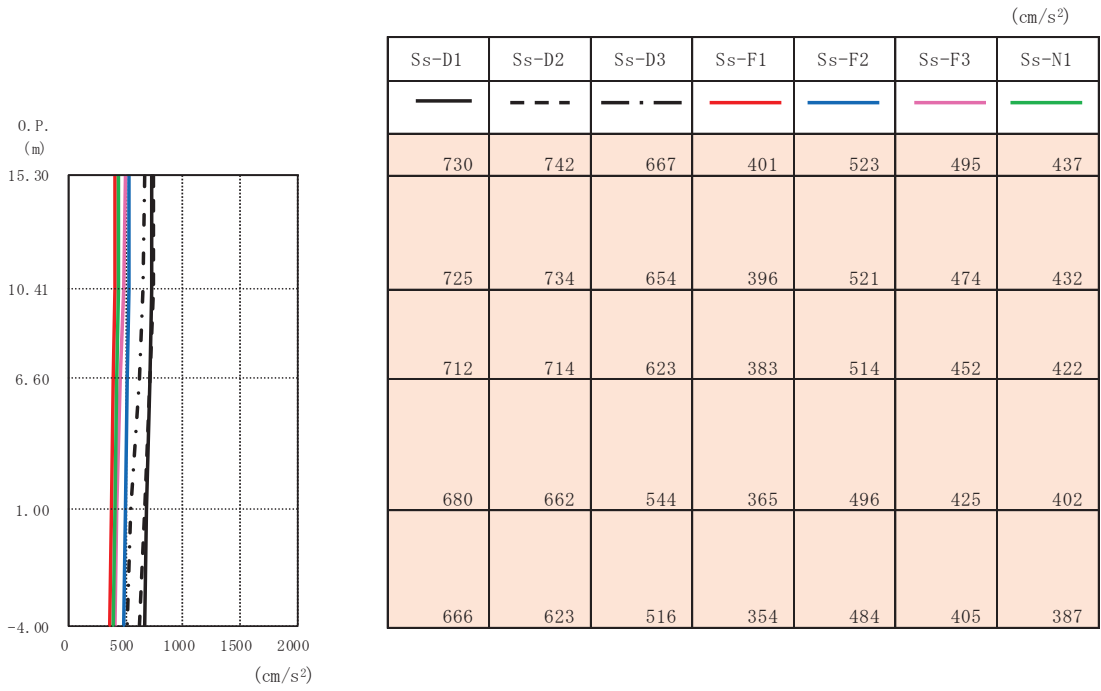


(b) 鉛直方向

図 4-12 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (-+), ケース②, EW 断面)

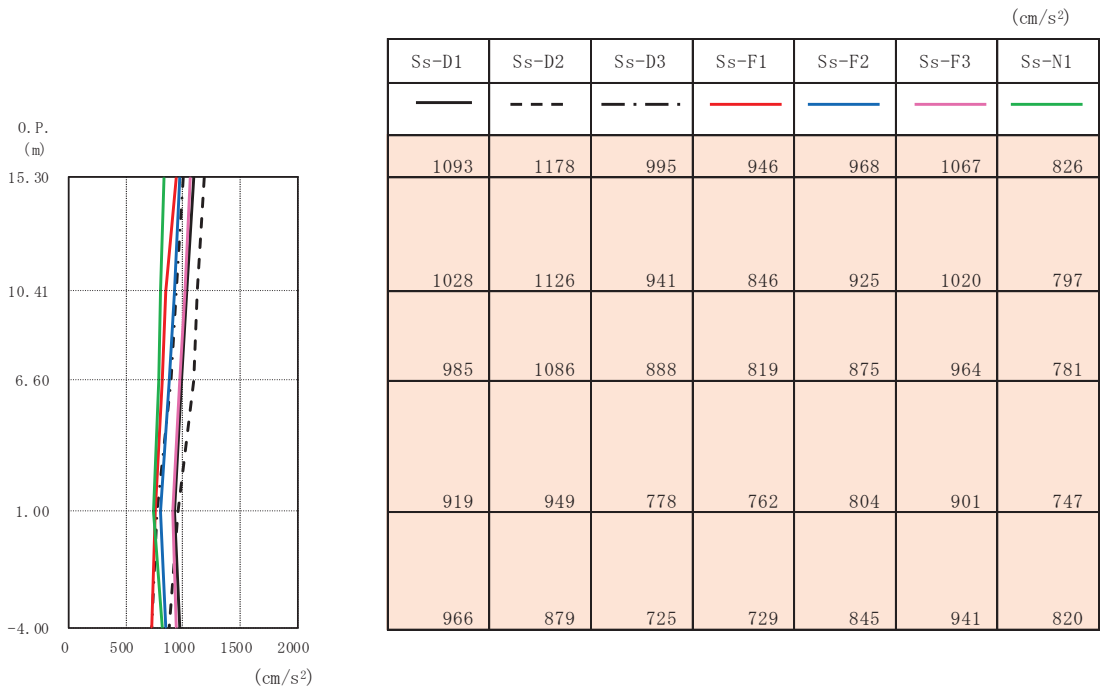


(a) 水平方向

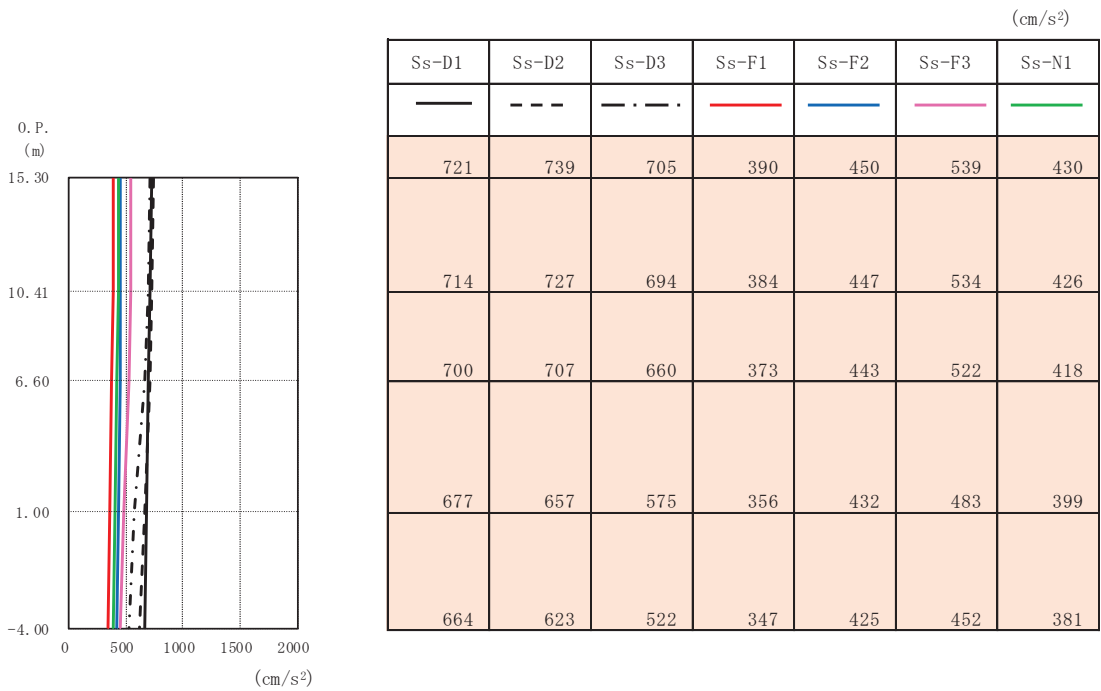


(b) 鉛直方向

図 4-13 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (++) , ケース③, EW 断面)

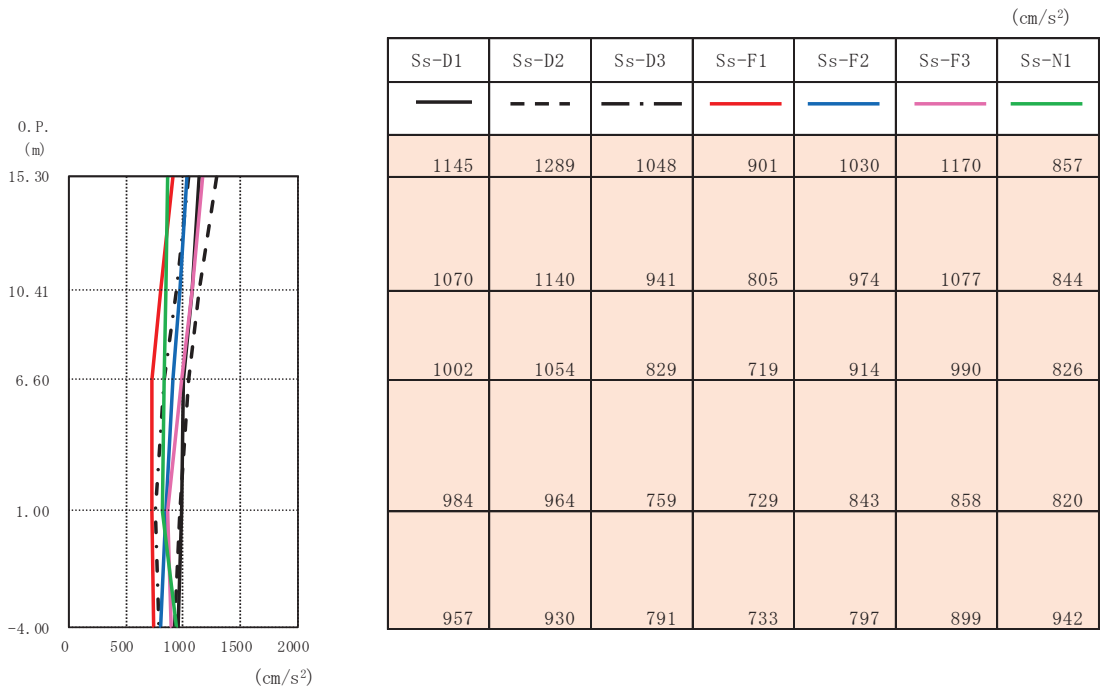


(a) 水平方向

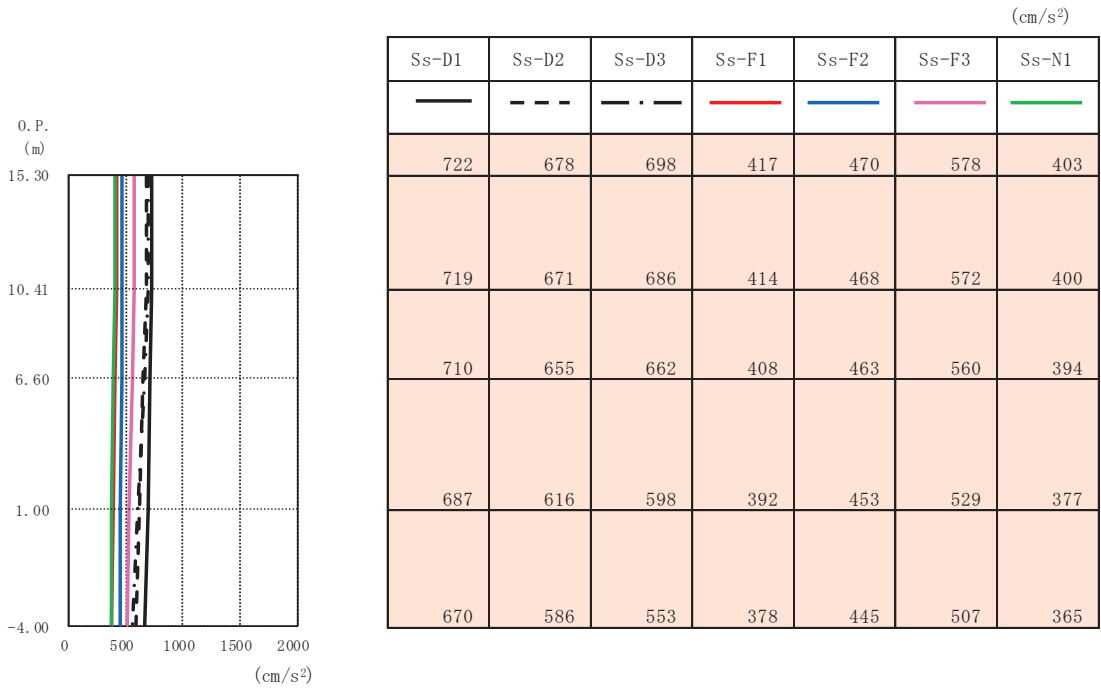


(b) 鉛直方向

図 4-14 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (-+), ケース③, EW 断面)

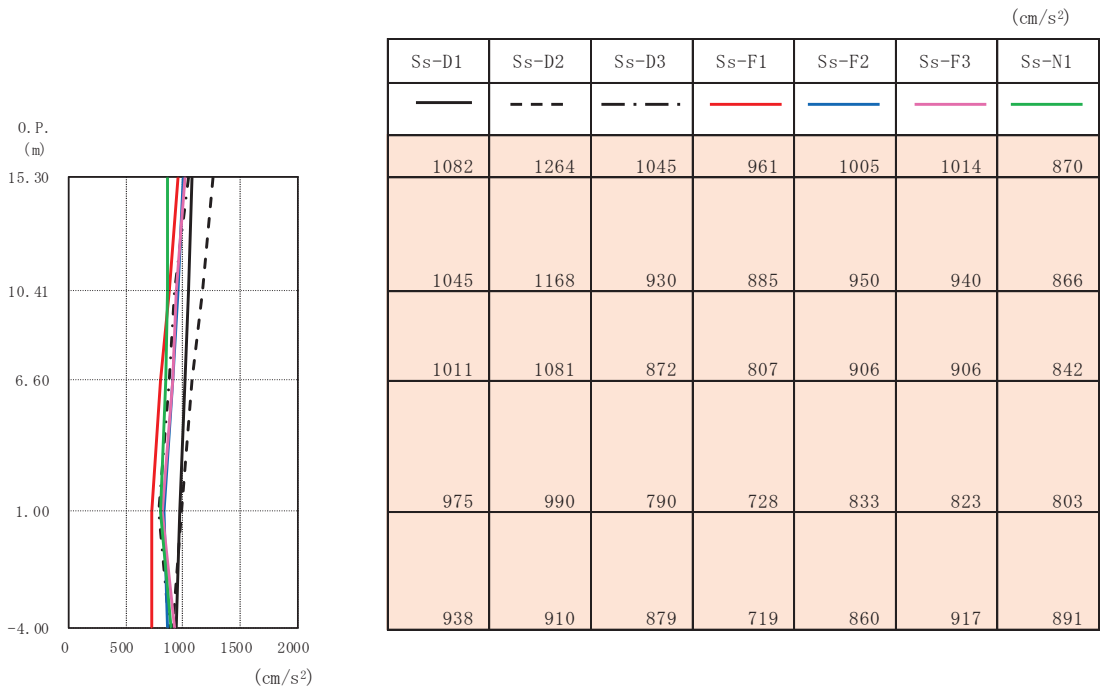


(a) 水平方向

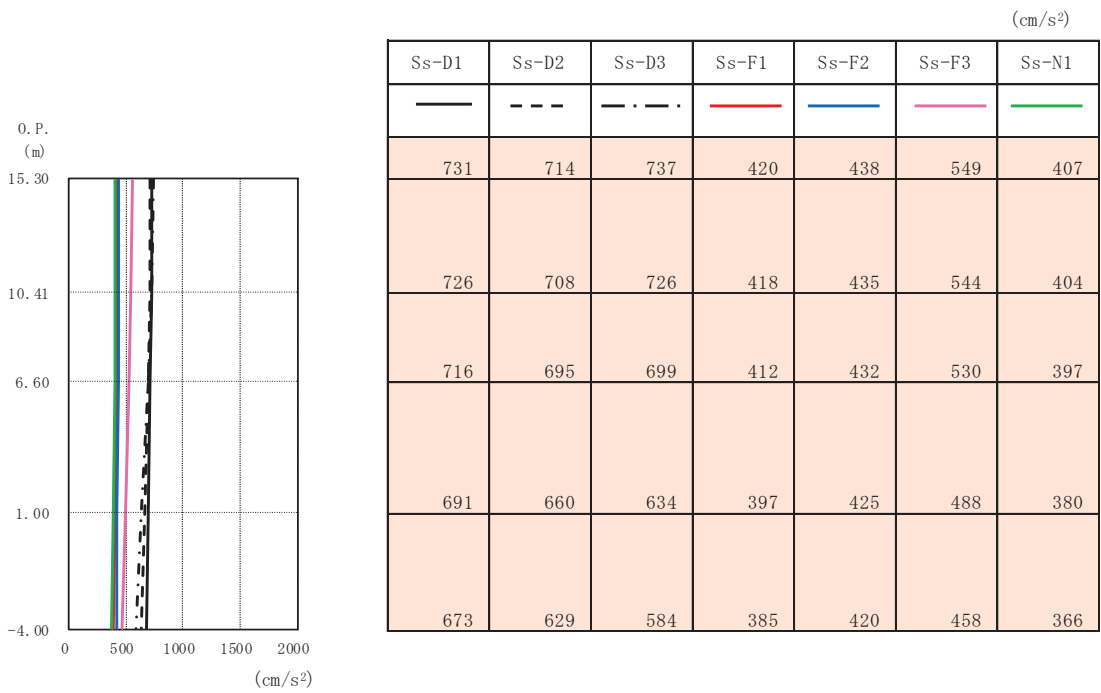


(b) 鉛直方向

図 4-15 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (++) , ケース④, EW 断面)

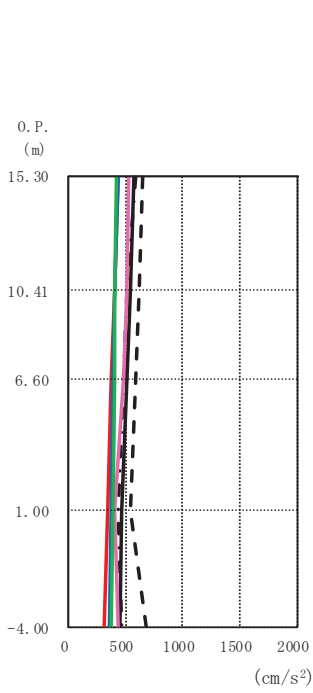


(a) 水平方向



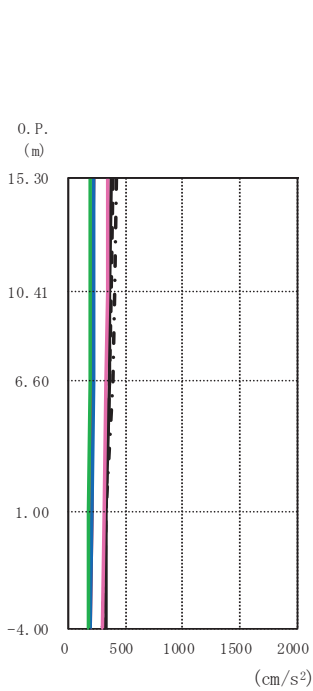
(b) 鉛直方向

図 4-16 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub> (一+), ケース④, EW 断面)



| (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sd-D1                | Sd-D2 | Sd-D3 | Sd-F1 | Sd-F2 | Sd-F3 | Sd-N1 |
| 569                  | 644   | 580   | 432   | 435   | 532   | 416   |
| 540                  | 622   | 509   | 405   | 407   | 506   | 410   |
| 512                  | 590   | 484   | 380   | 393   | 474   | 404   |
| 464                  | 546   | 427   | 336   | 365   | 409   | 387   |
| 454                  | 682   | 463   | 317   | 351   | 438   | 375   |

(a) 水平方向

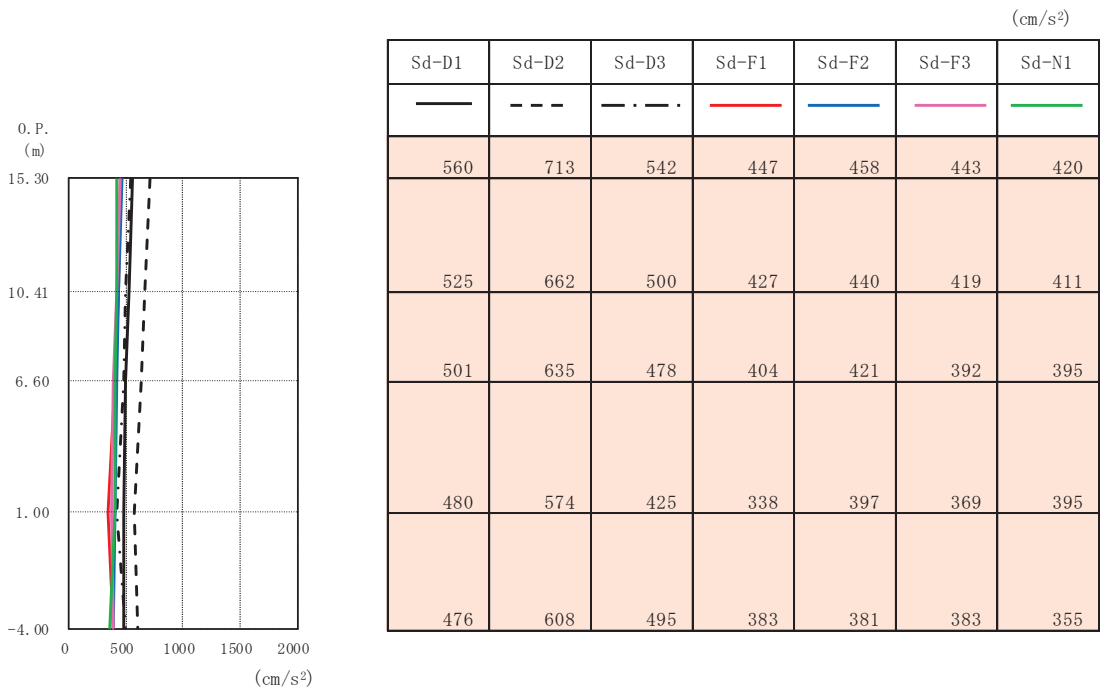


| (cm/s <sup>2</sup> ) |       |       |       |       |       |       |
|----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Sd-D1                | Sd-D2 | Sd-D3 | Sd-F1 | Sd-F2 | Sd-F3 | Sd-N1 |
| 370                  | 381   | 416   | 212   | 222   | 342   | 194   |
| 361                  | 375   | 405   | 209   | 219   | 339   | 192   |
| 350                  | 362   | 381   | 207   | 214   | 333   | 187   |
| 330                  | 331   | 325   | 196   | 200   | 308   | 175   |
| 319                  | 309   | 293   | 187   | 190   | 294   | 167   |

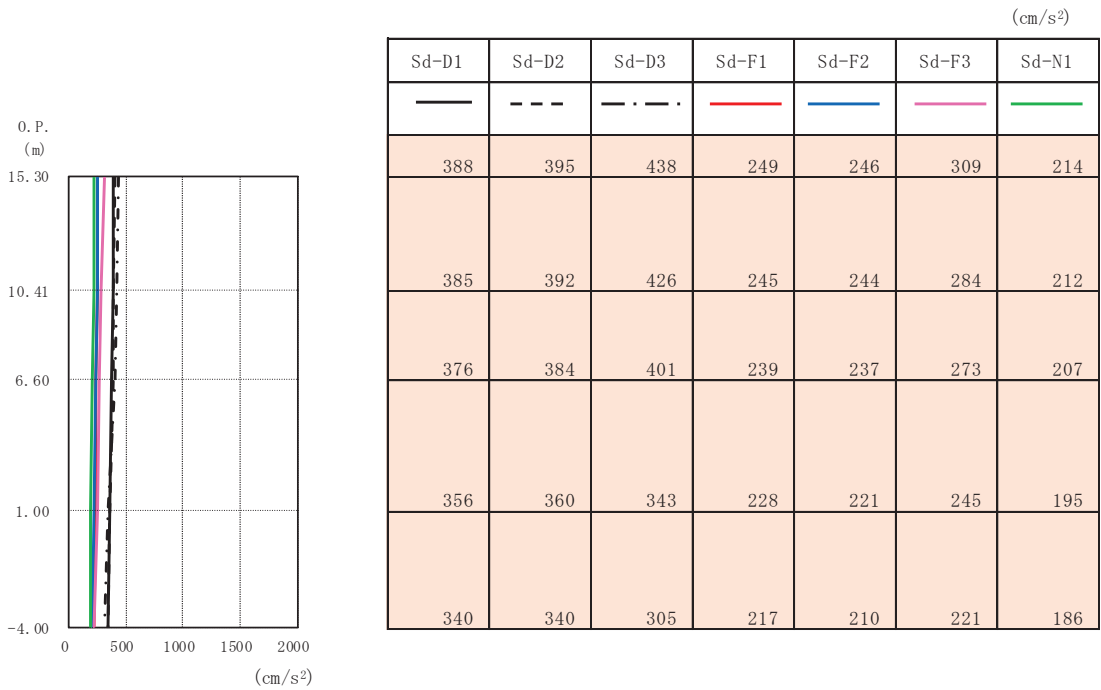
(b) 鉛直方向

図 4-17 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (++) , ケース①, NS 断面)



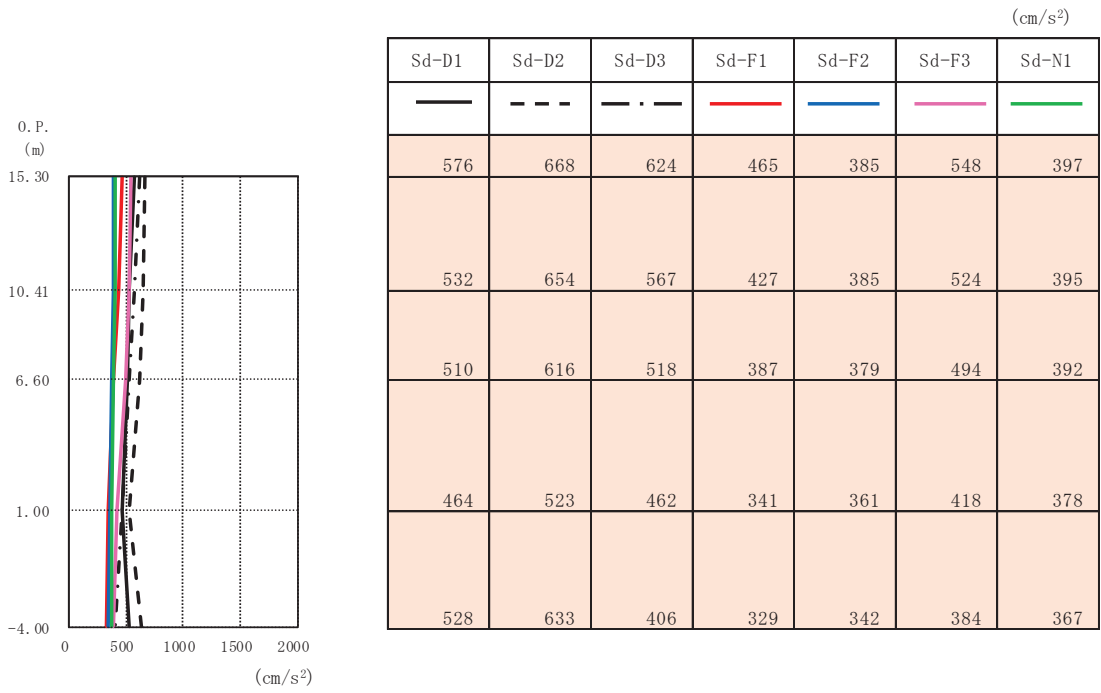


(a) 水平方向

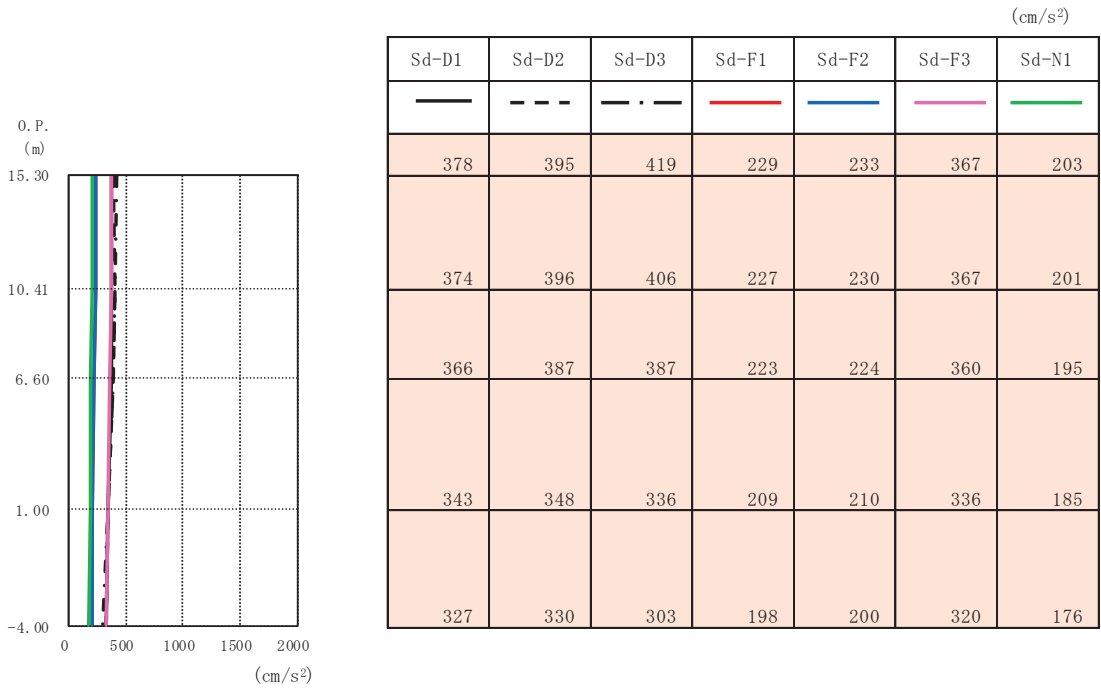


(b) 鉛直方向

図 4-18 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (-+), ケース①, NS 断面)

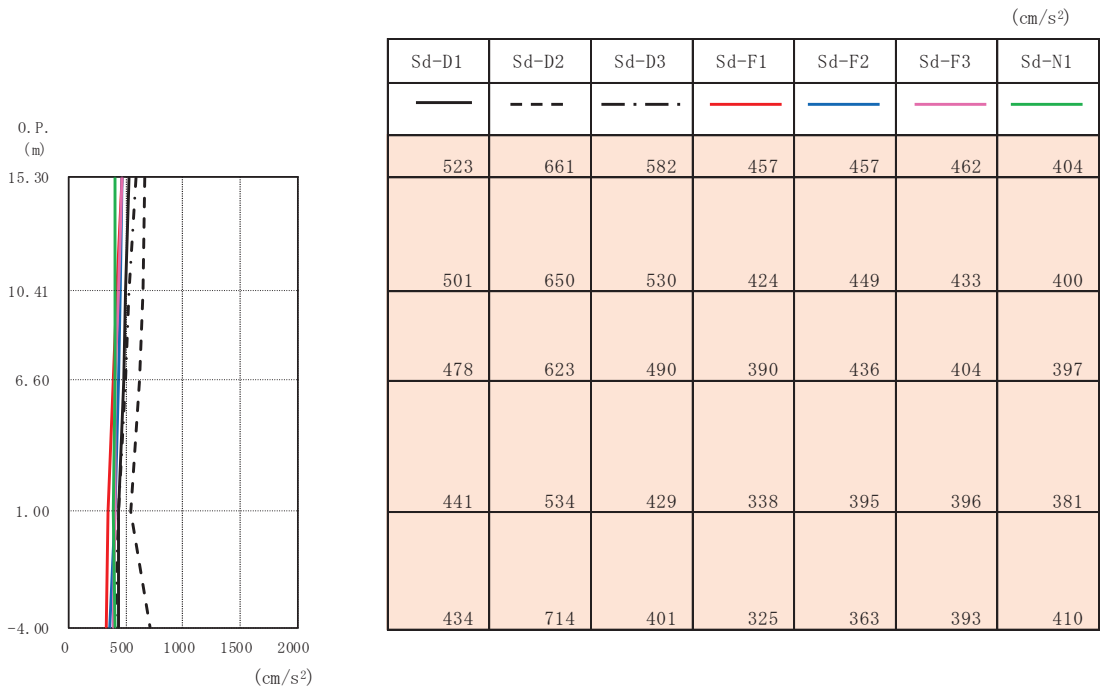


(a) 水平方向

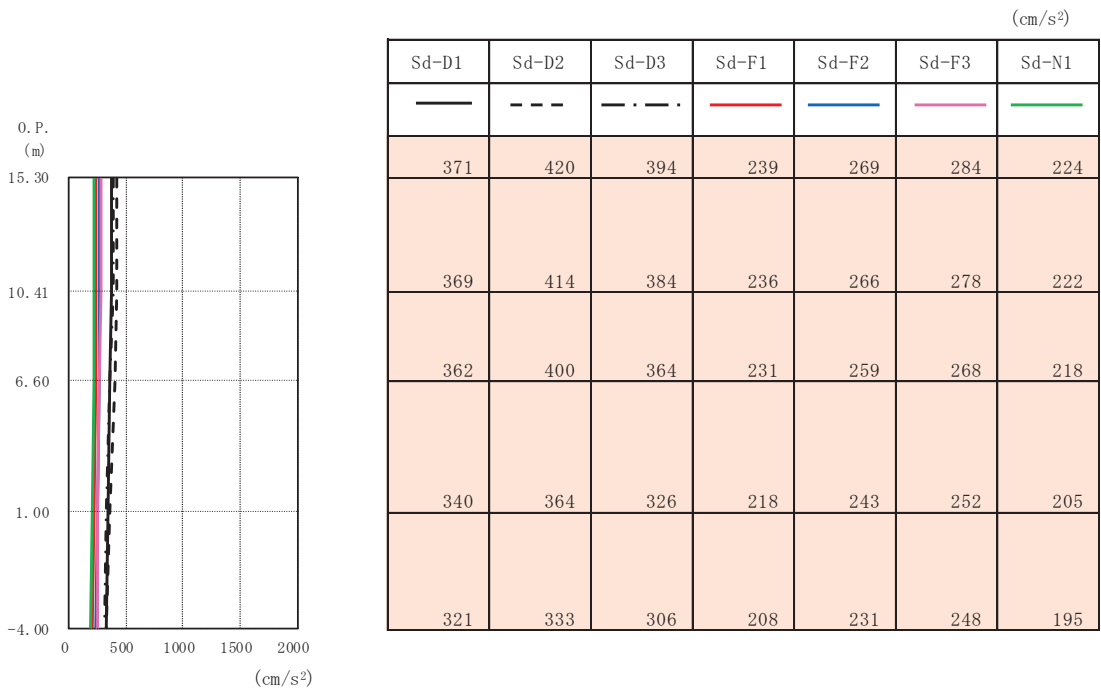


(b) 鉛直方向

図 4-19 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (++) , ケース②, NS 断面)

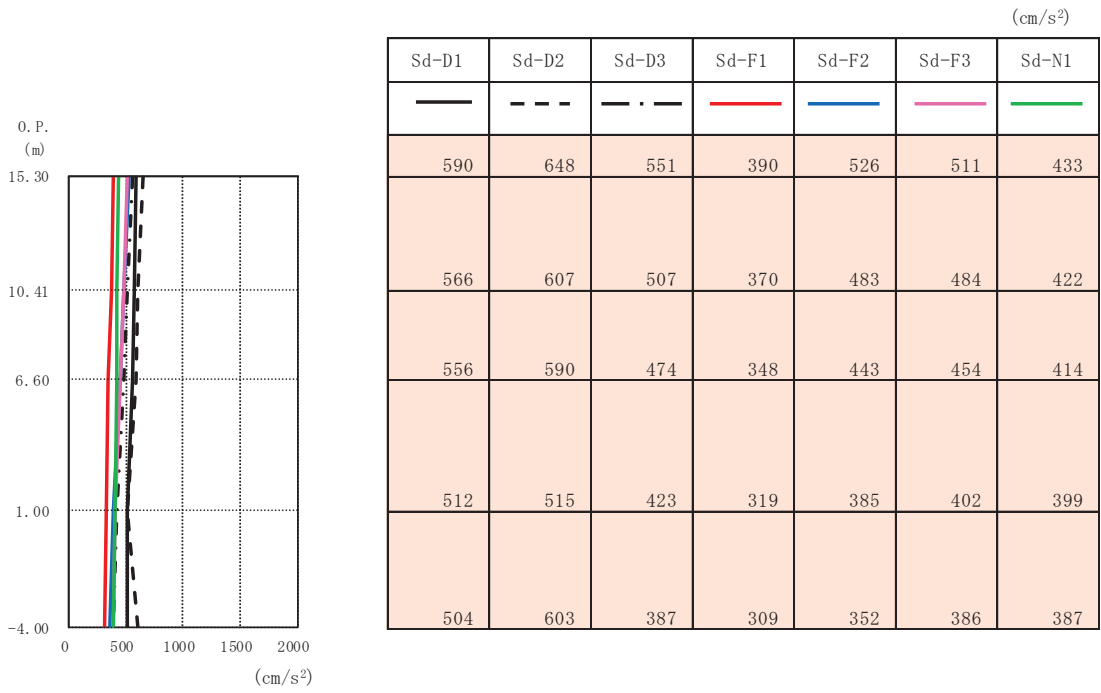


(a) 水平方向

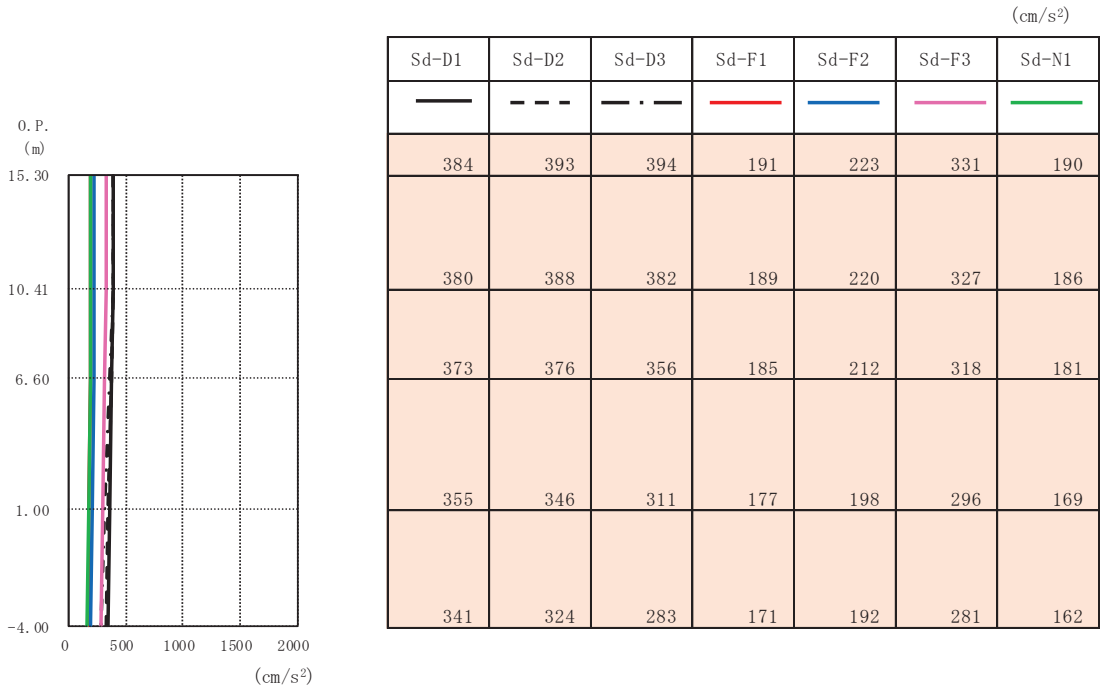


(b) 鉛直方向

図 4-20 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (-+), ケース②, NS 断面)

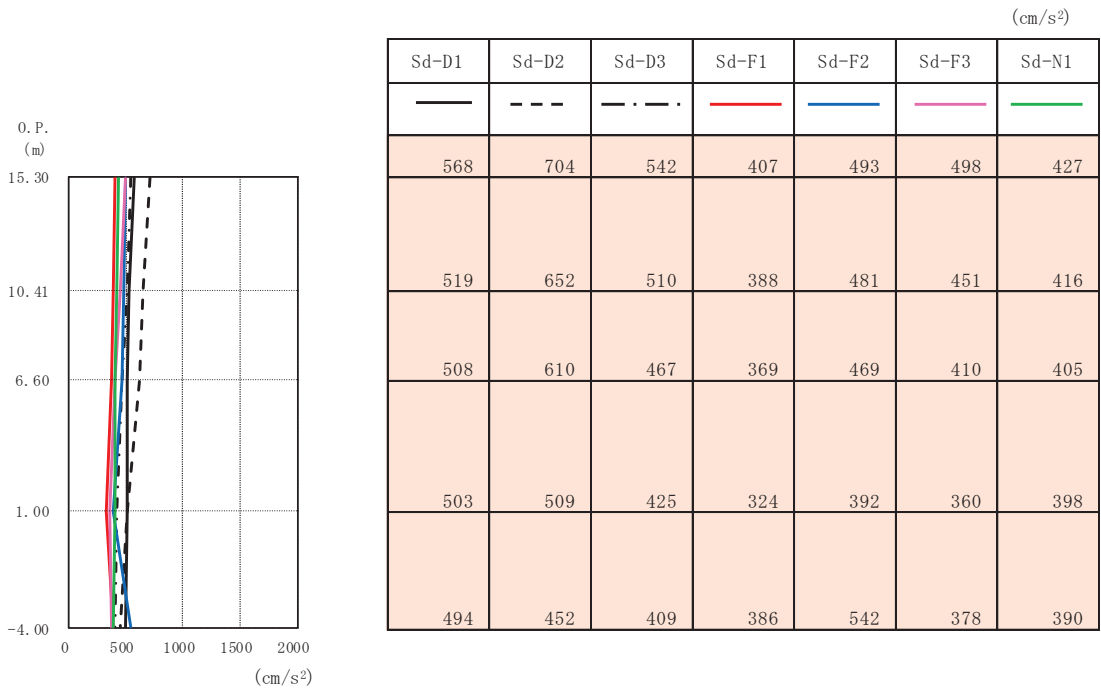


(a) 水平方向

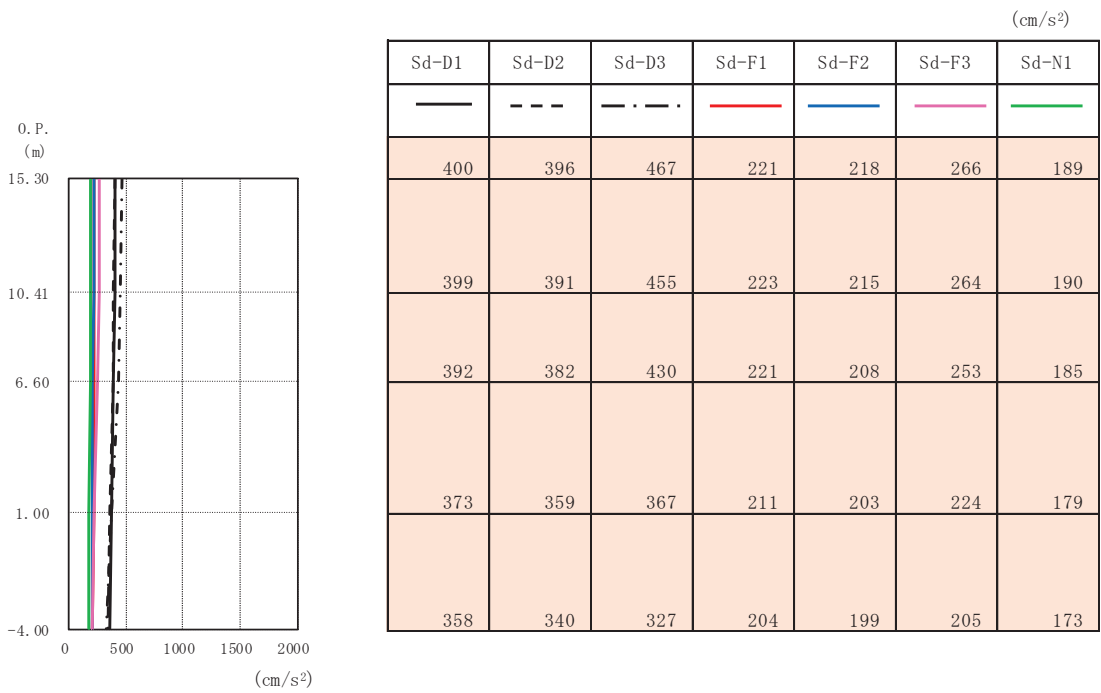


(b) 鉛直方向

図 4-21 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (++)，ケース③，NS 断面)

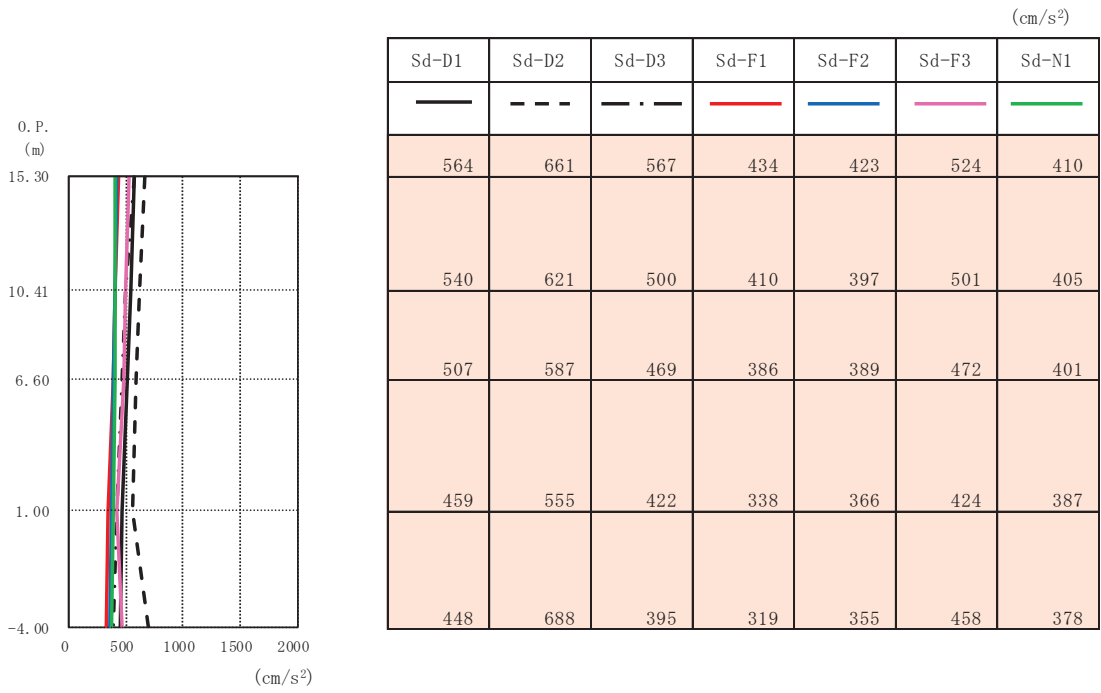


(a) 水平方向

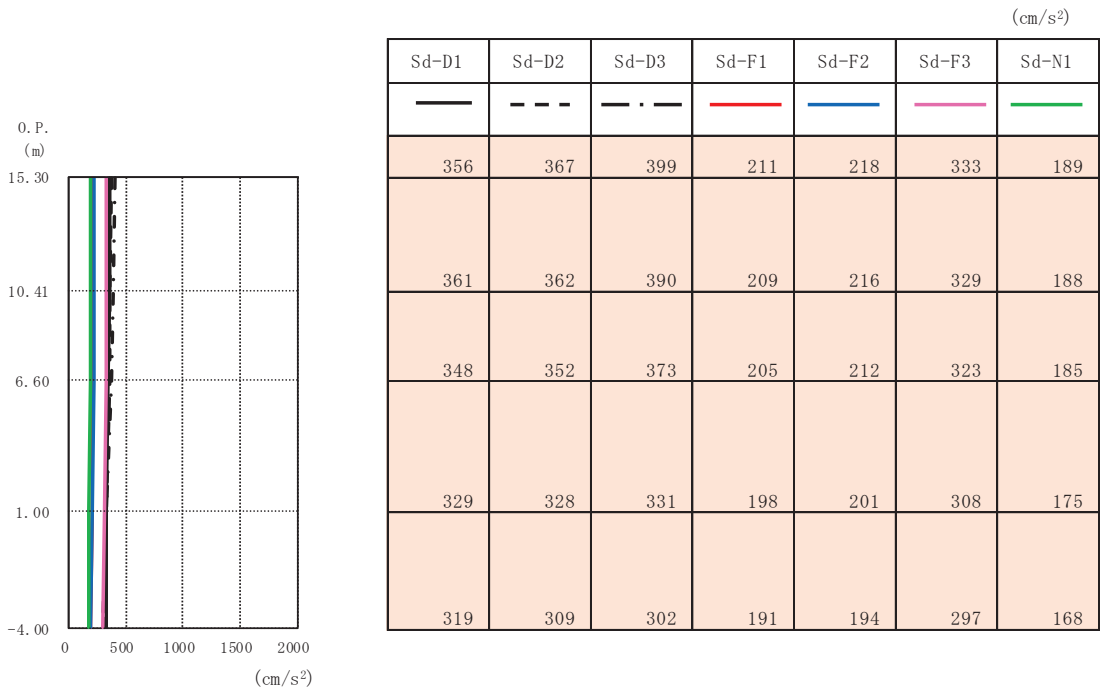


(b) 鉛直方向

図 4-22 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (—+), ケース③, NS 断面)

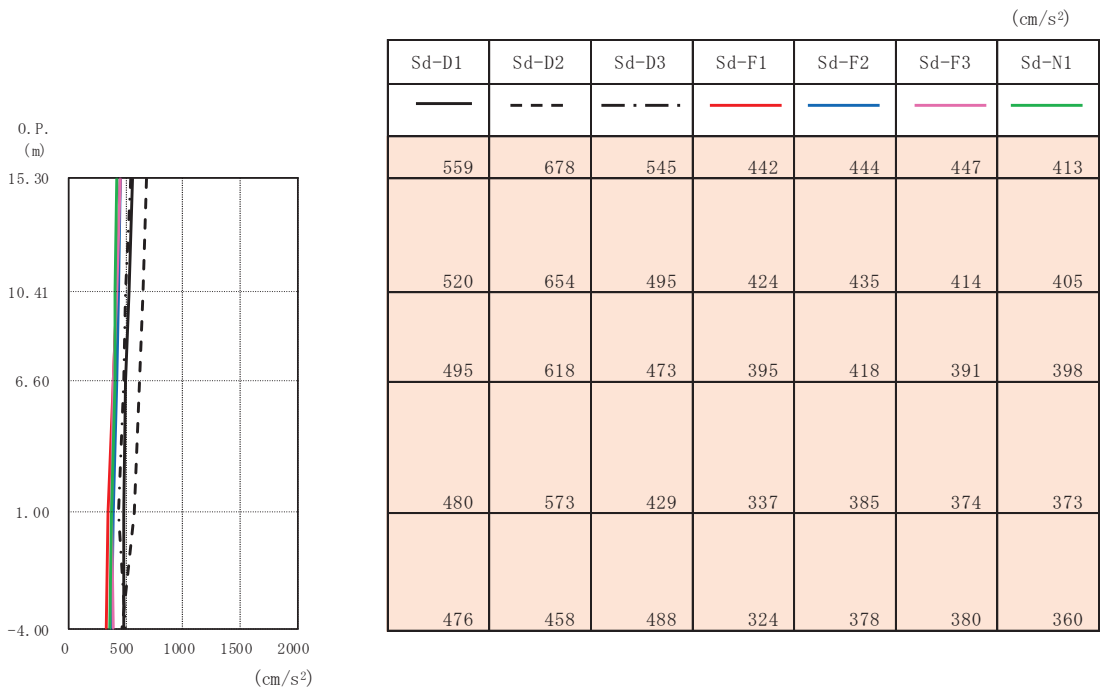


(a) 水平方向

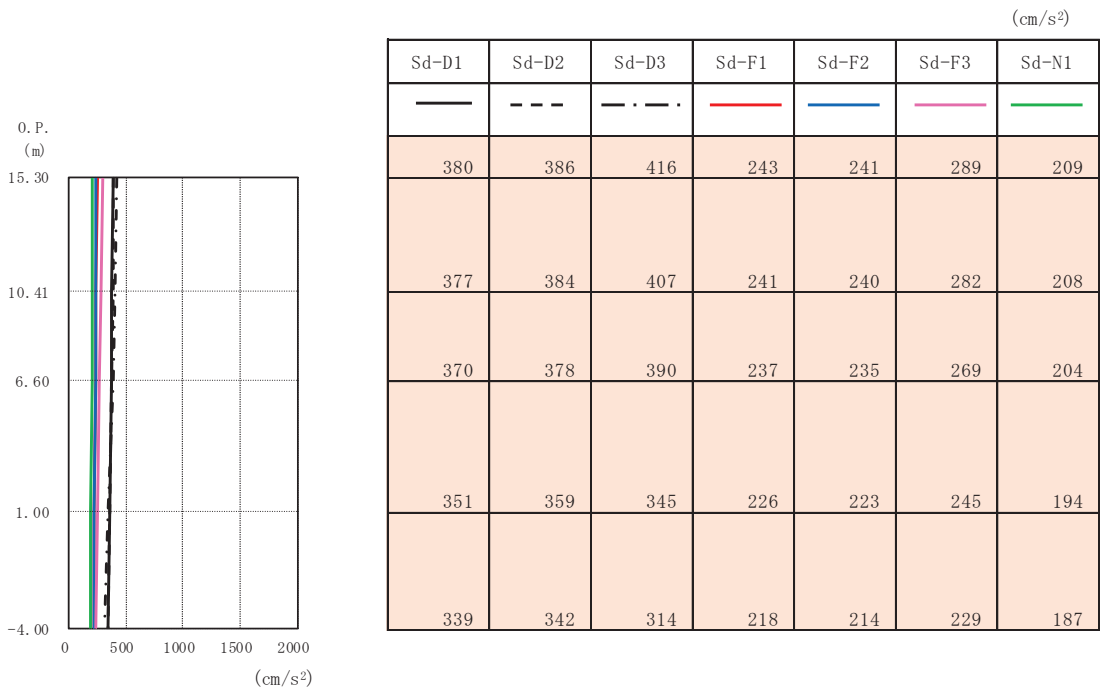


(b) 鉛直方向

図 4-23 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (++) , ケース④, NS 断面)

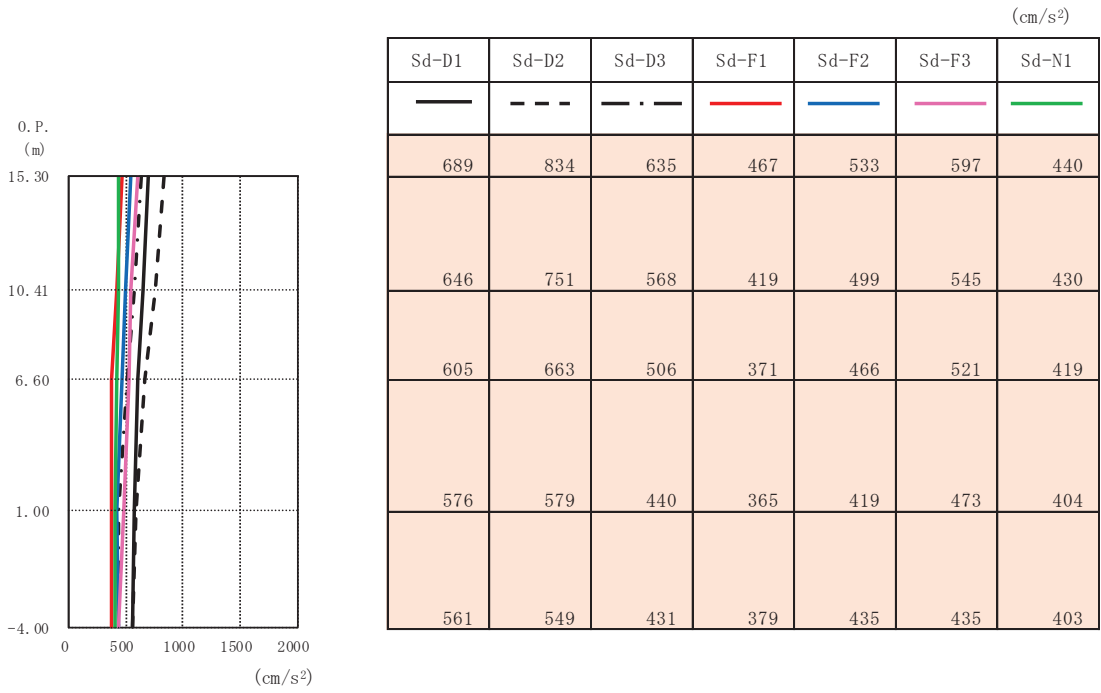


(a) 水平方向

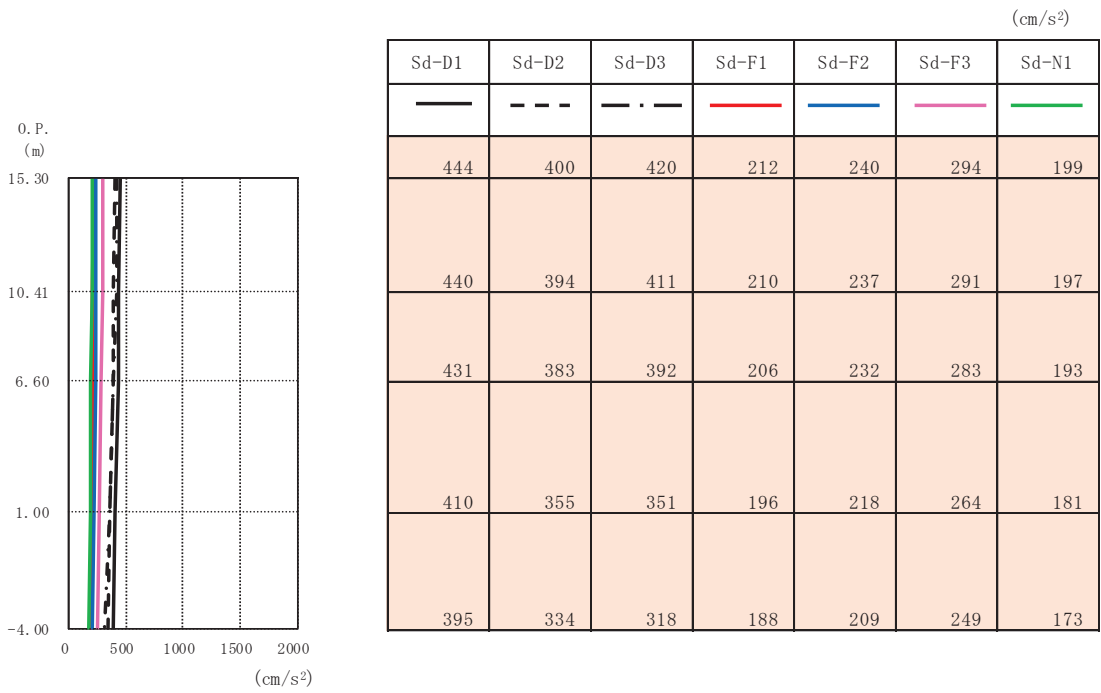


(b) 鉛直方向

図 4-24 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (一+), ケース④, NS 断面)



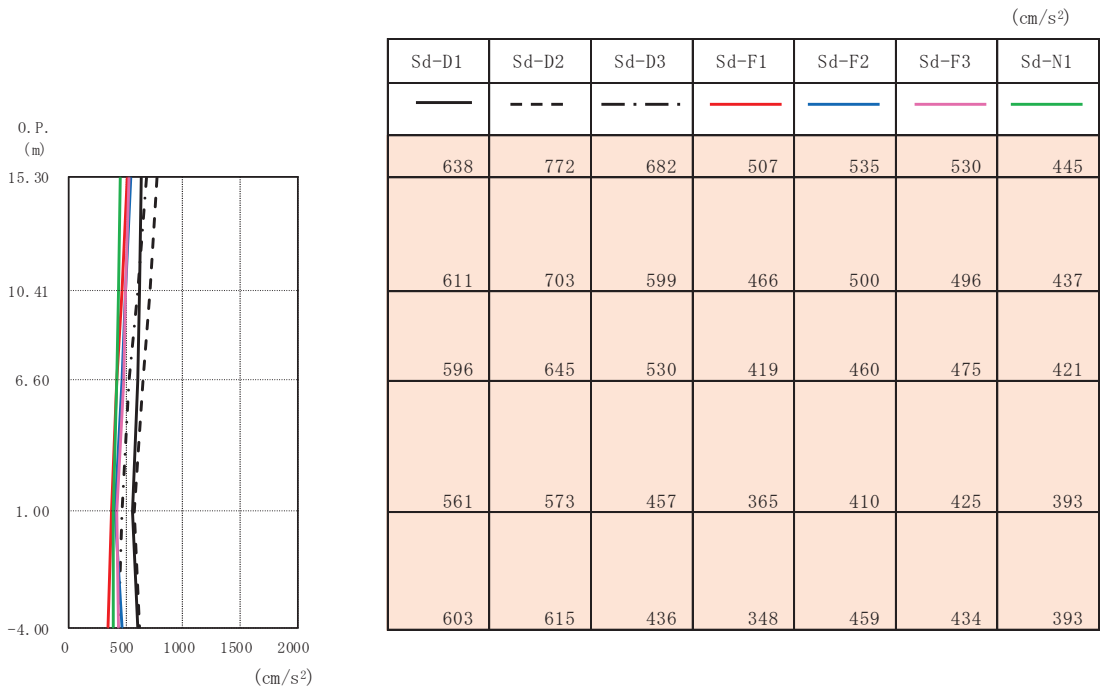
(a) 水平方向



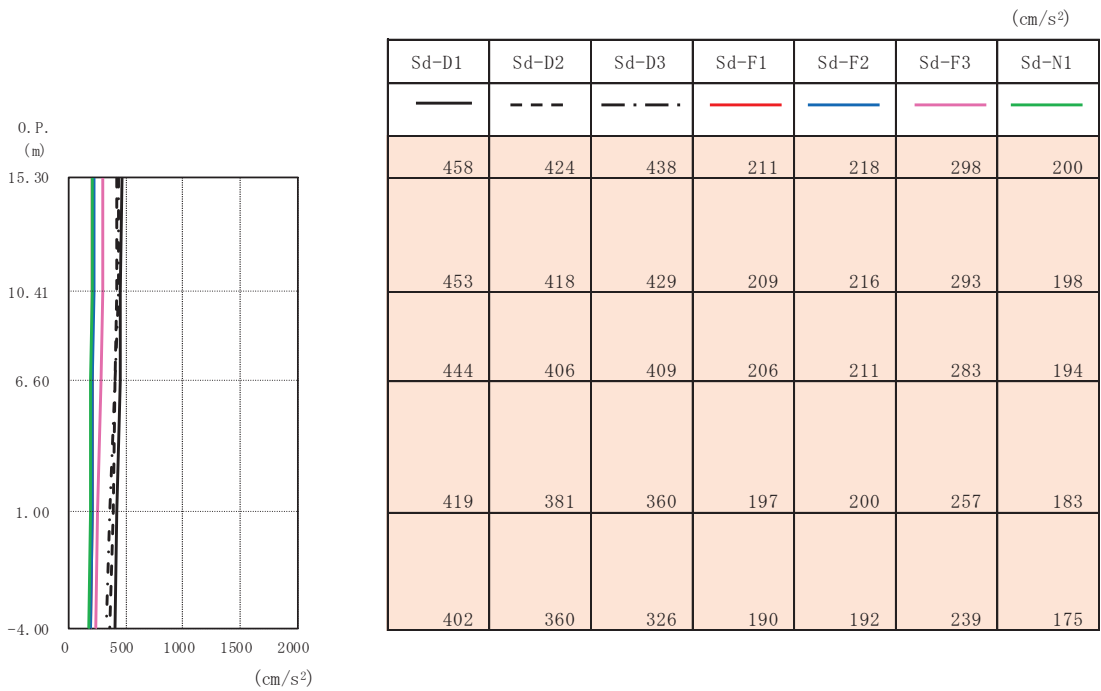
(b) 鉛直方向

図 4-25 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (++) , ケース①, EW 断面)



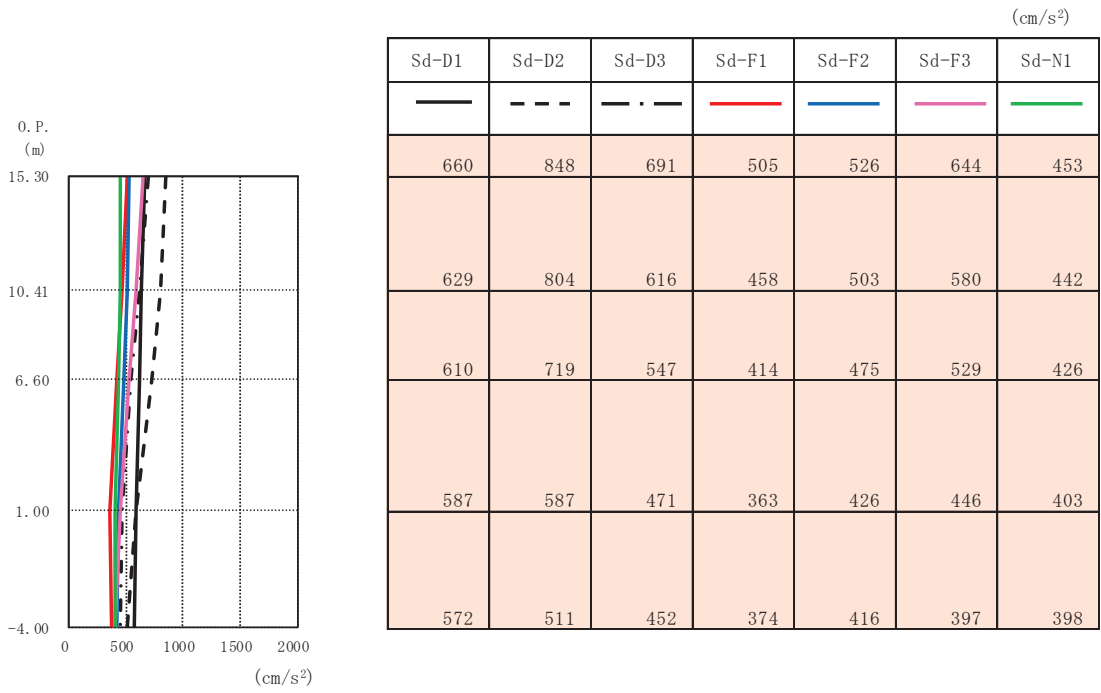


(a) 水平方向

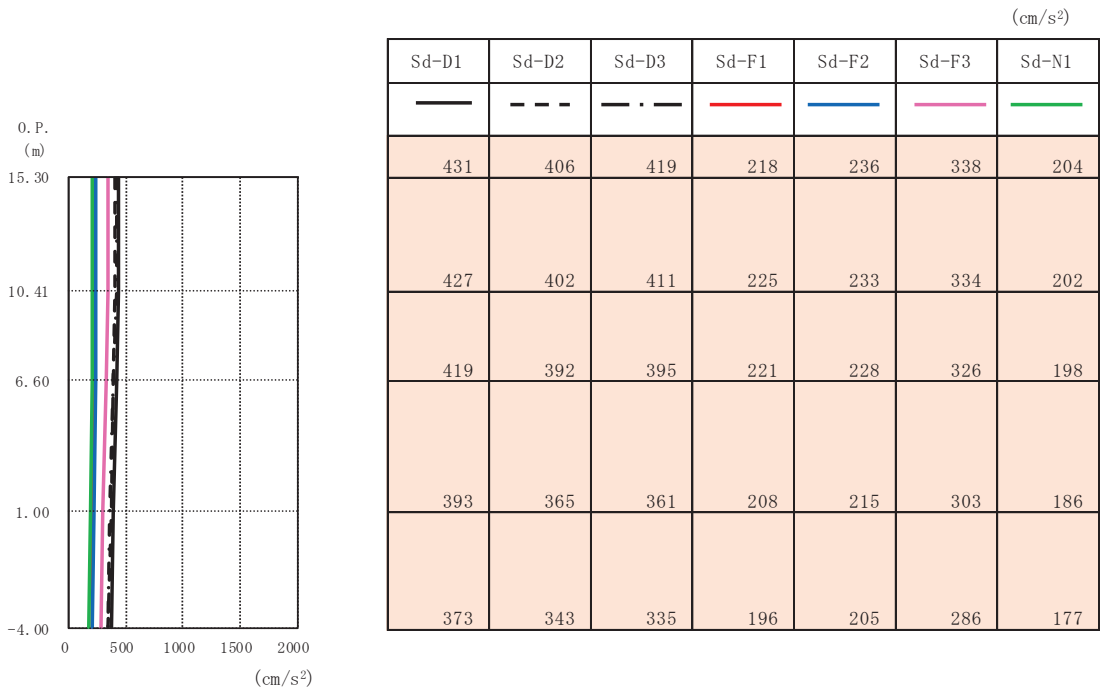


(b) 鉛直方向

図 4-26 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (-+), ケース①, EW 断面)

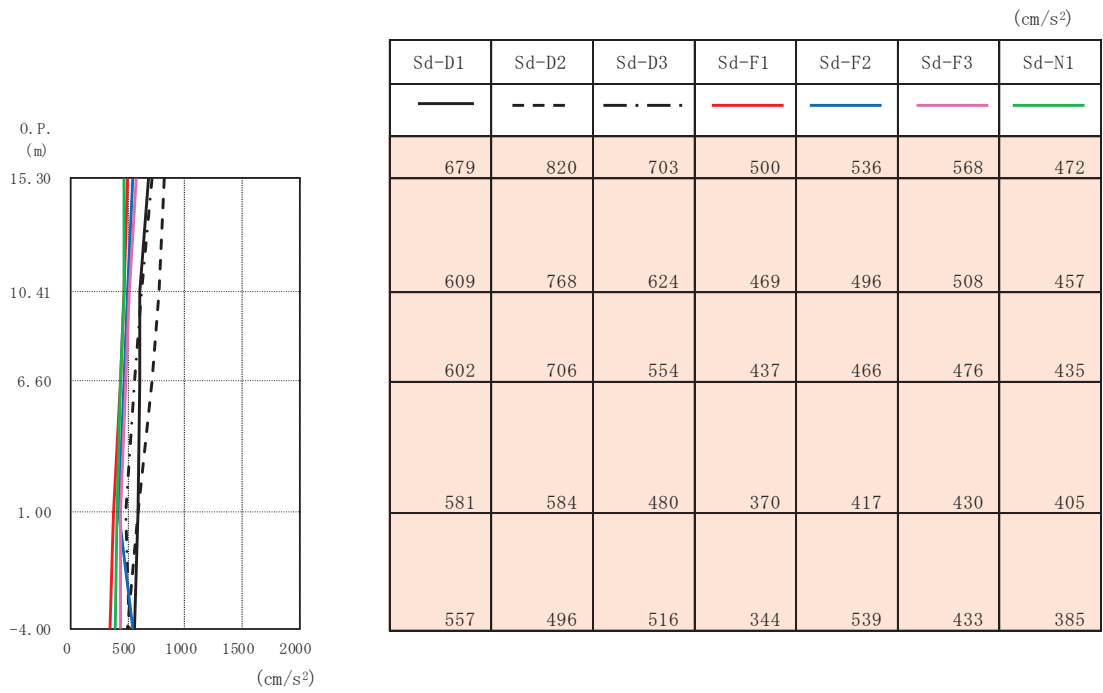


(a) 水平方向

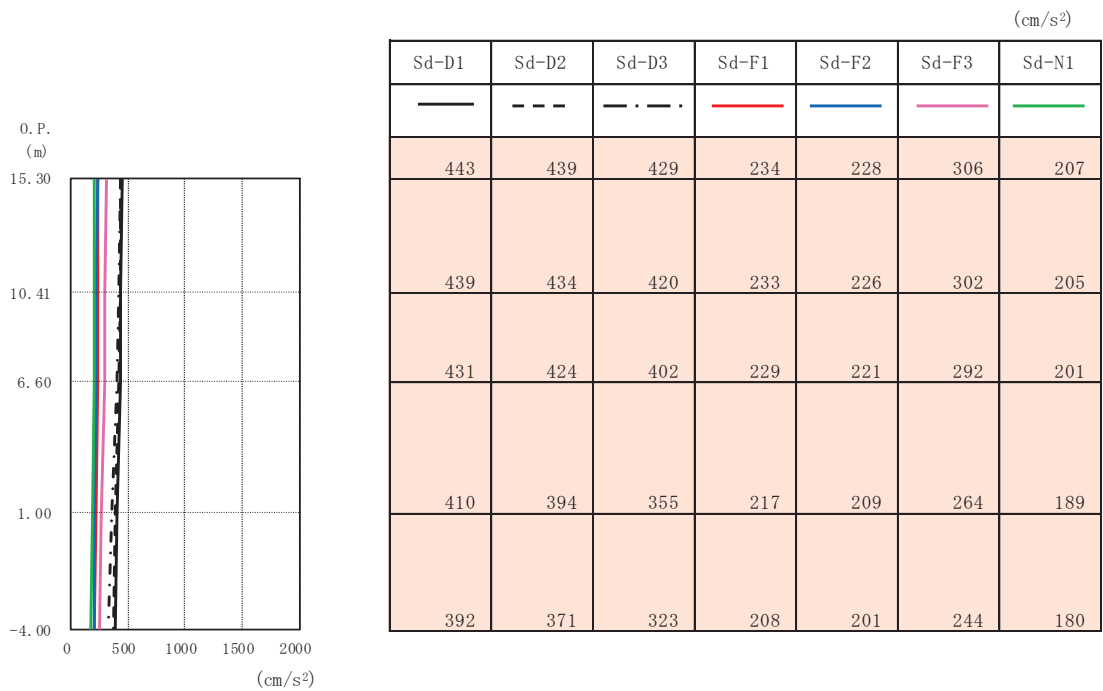


(b) 鉛直方向

図 4-27 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (++) , ケース②, EW 断面)

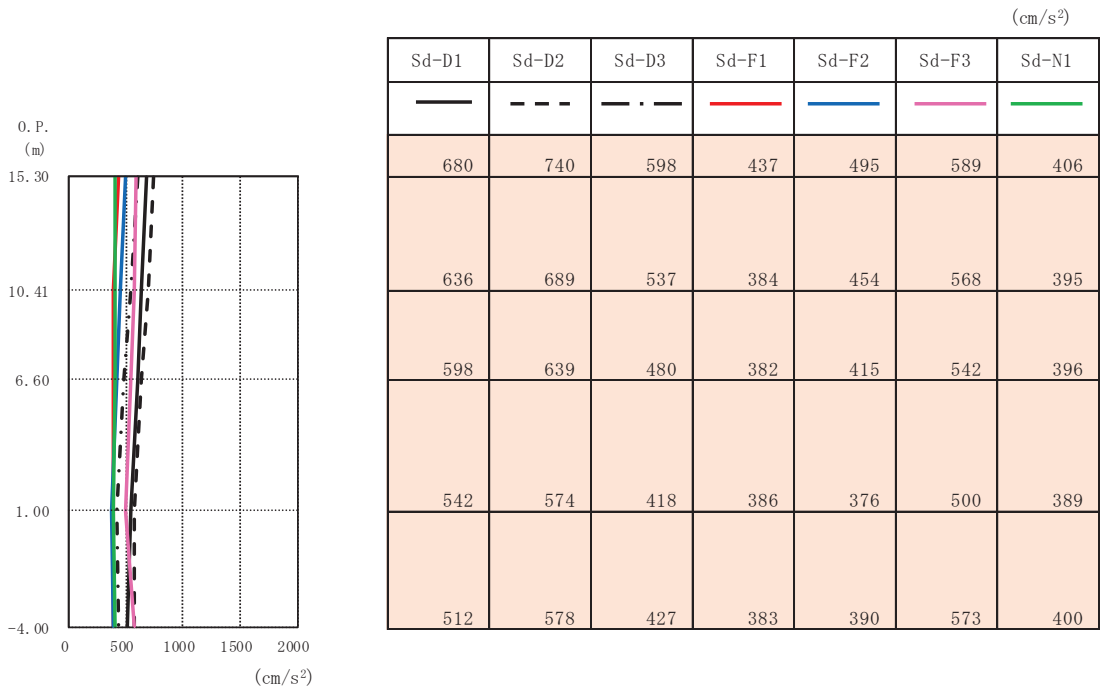


(a) 水平方向

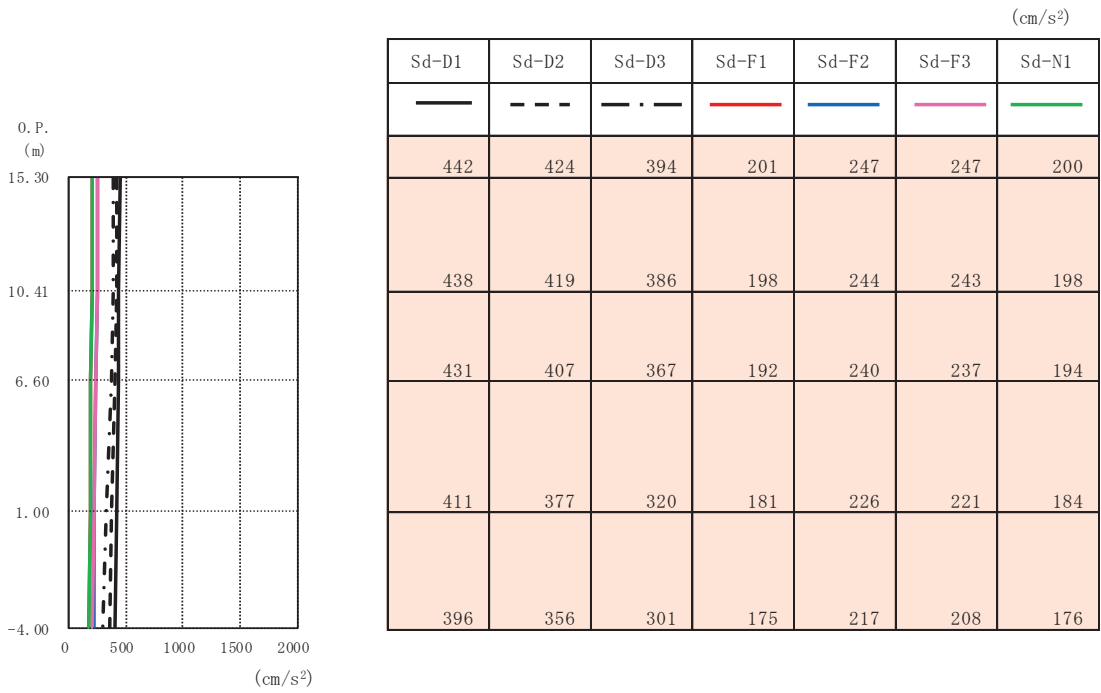


(b) 鉛直方向

図 4-28 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (一+), ケース②, EW 断面)

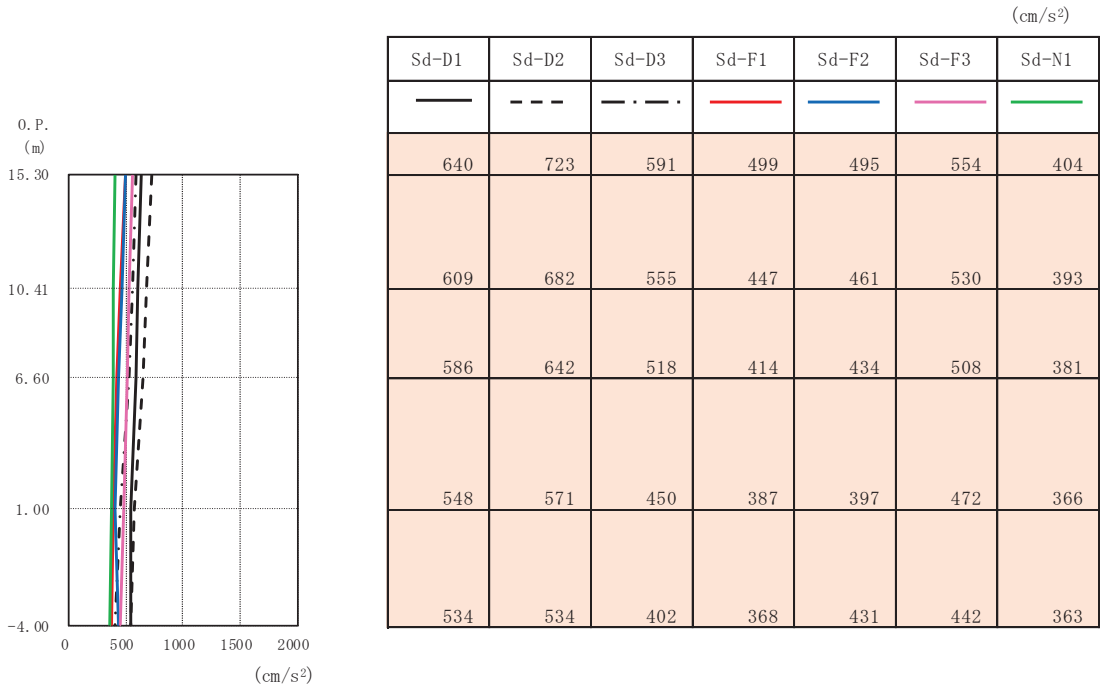


(a) 水平方向

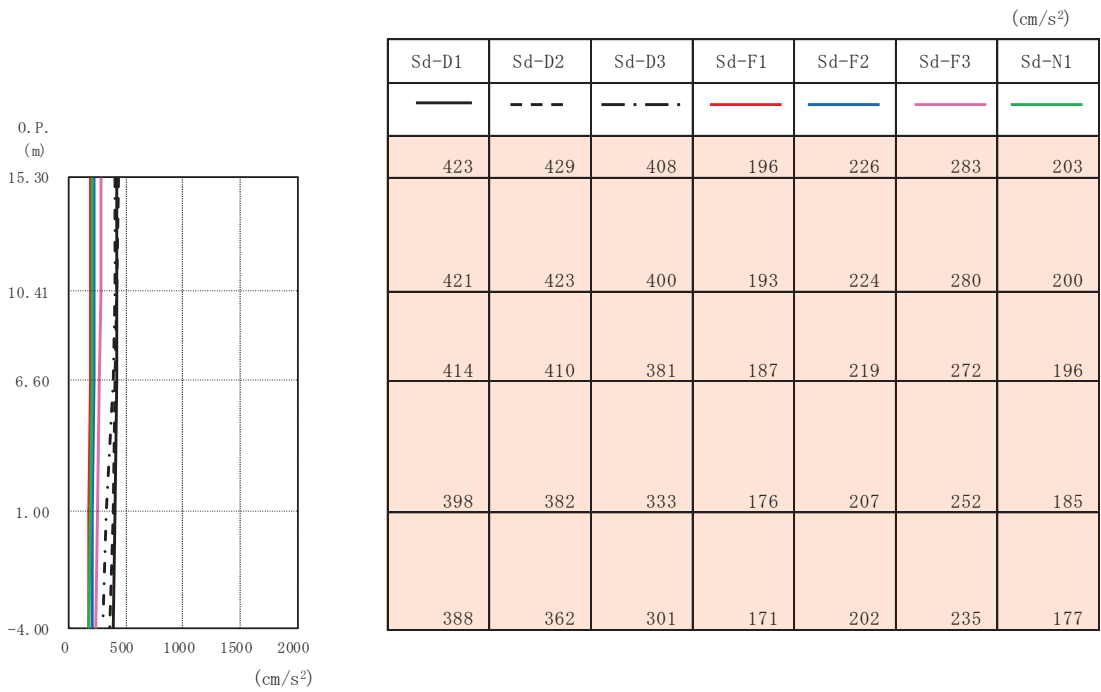


(b) 鉛直方向

図 4-29 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (++)，ケース③，EW 断面)

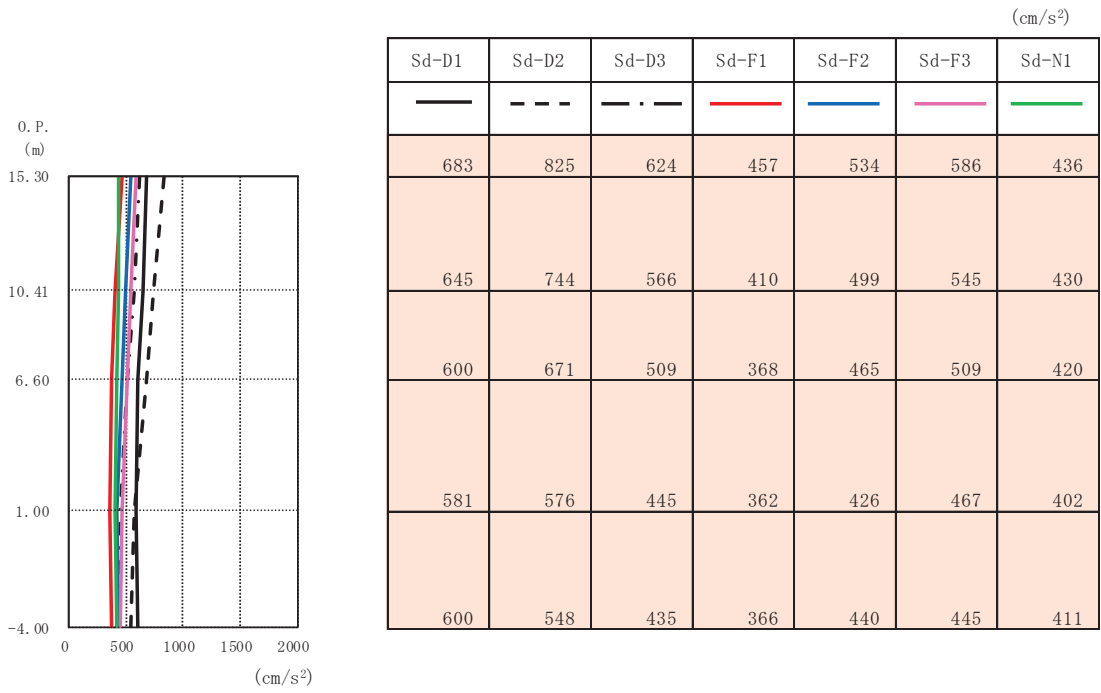


(a) 水平方向

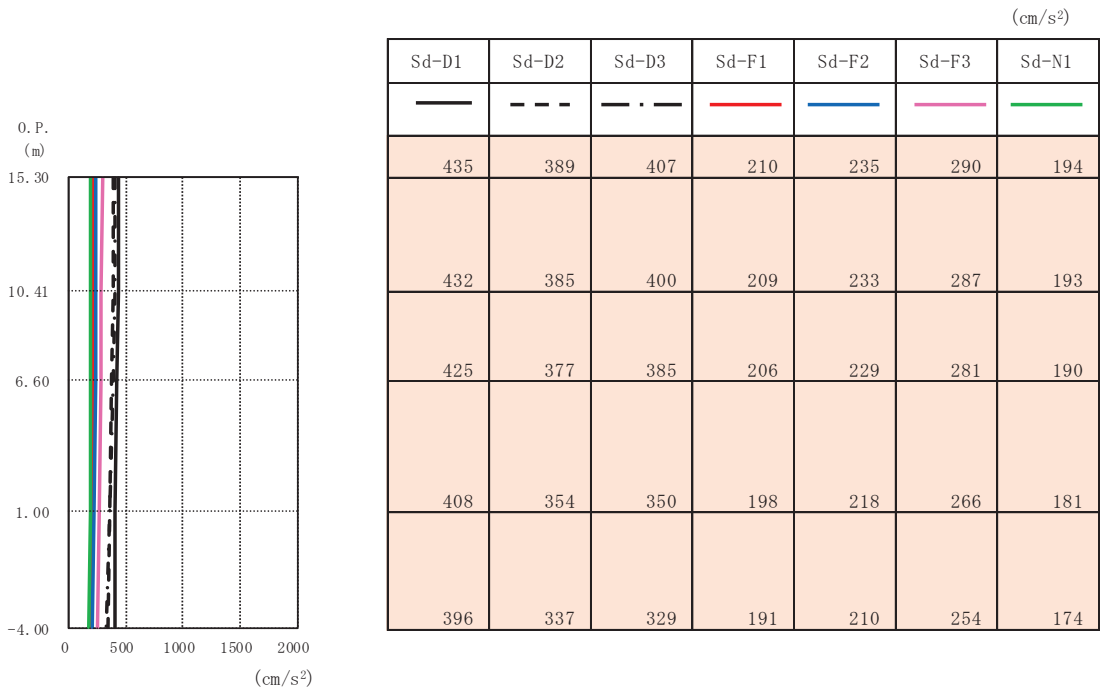


(b) 鉛直方向

図 4-30 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (-+), ケース③, EW 断面)

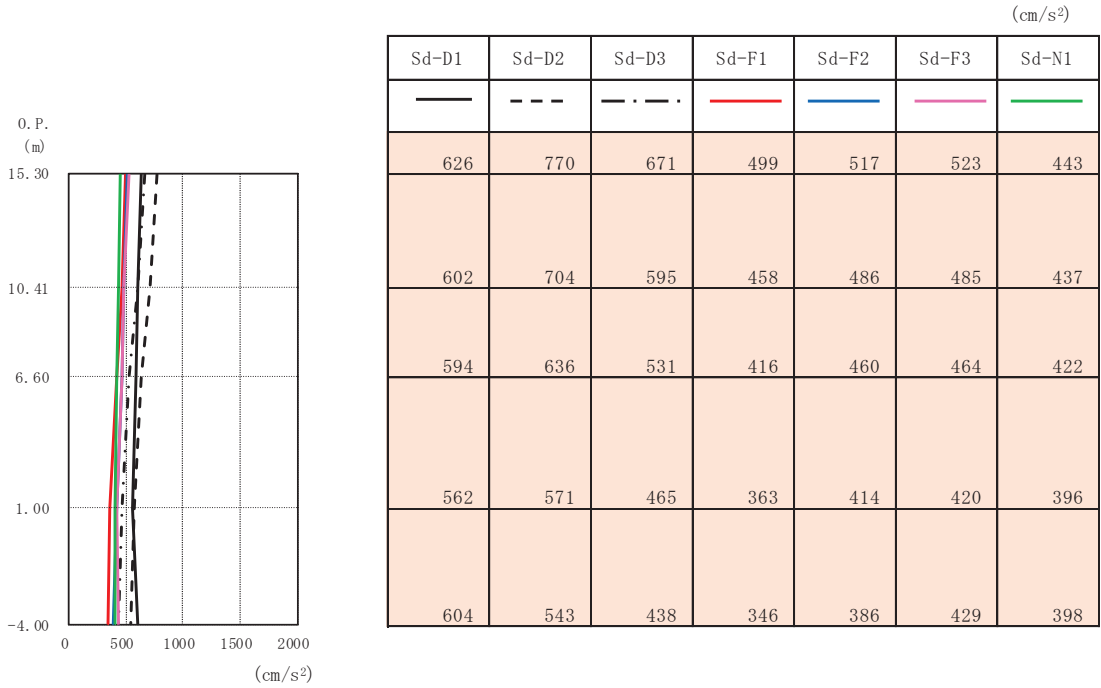


(a) 水平方向

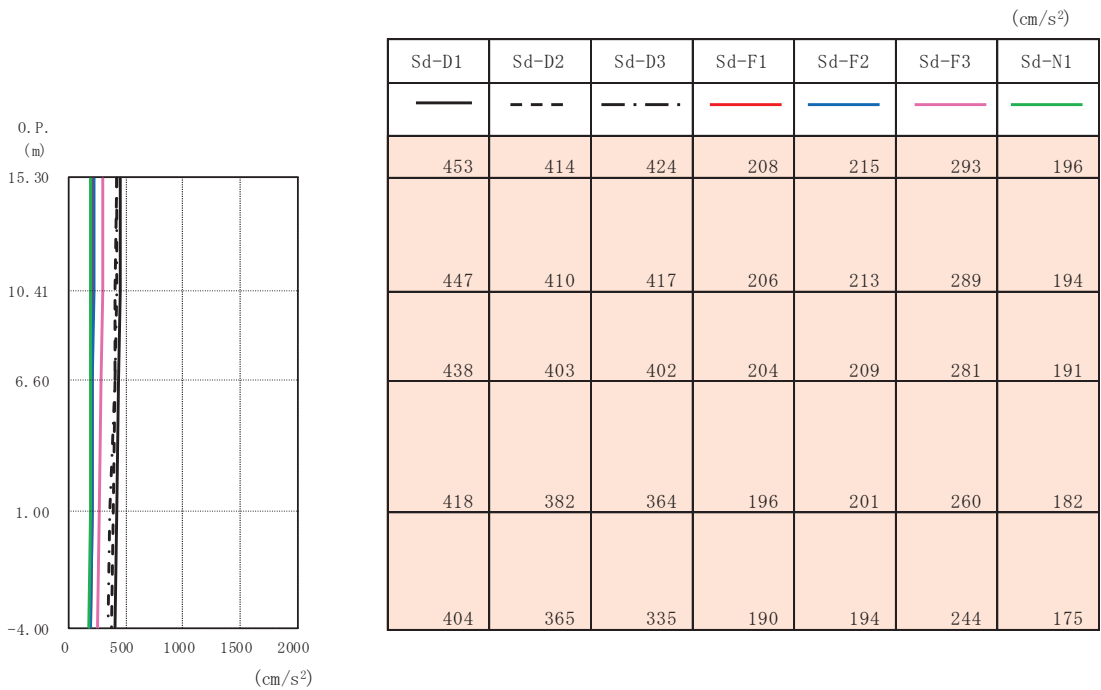


(b) 鉛直方向

図 4-31 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (++) , ケース④, EW 断面)



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 4-32 最大応答加速度 (弾性設計用地震動 S d (-+), ケース④, EW 断面)

表 4-1(1) 基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果に基づく接地圧

(a) NS 断面

| 地震動         |    | 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> ) | 最大転倒モーメン<br>ト<br>( $\times 10^5$ kN $\cdot$ m) | 鉛直力<br>N ( $\times 10^4$ kN) |
|-------------|----|-------------------------------|--|------------------------------|
| $S_s - D 1$ | ++ | 2550                          | 1.82   | 2.59                         |
|             | -+ | 2840                          | 1.82   | 2.62                         |
| $S_s - D 2$ | ++ | 2870                          | 1.84   | 2.59                         |
|             | -+ | 3260                          | 2.03   | 2.66                         |
| $S_s - D 3$ | ++ | 2450                          | 1.58   | 2.66                         |
|             | -+ | 2290                          | 1.50   | 2.78                         |
| $S_s - F 1$ | ++ | 2250                          | 1.65   | 2.30                         |
|             | -+ | 2290                          | 1.58   | 2.44                         |
| $S_s - F 2$ | ++ | 2280                          | 1.59   | 2.15                         |
|             | -+ | 2380                          | 1.63   | 2.26                         |
| $S_s - F 3$ | ++ | 2650                          | 1.83   | 2.77                         |
|             | -+ | 2860                          | 1.62   | 2.43                         |
| $S_s - N 1$ | ++ | 2120                          | 1.53   | 2.26                         |
|             | -+ | 1780                          | 1.41   | 2.26                         |



表 4-1(2) 基準地震動  $S_s$  による地震応答解析結果に基づく接地圧

(b) EW 断面

| 地震動         |    | 最大接地圧<br>( $\text{kN}/\text{m}^2$ ) | 最大転倒モーメン<br>ト<br>( $\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$ ) | 鉛直力<br>N ( $\times 10^4 \text{kN}$ ) |
|-------------|----|-------------------------------------|---|--------------------------------------|
| $S_s - D 1$ | ++ | 3530                                | 2.14  | 2.55                                 |
|             | -+ | 3290                                | 2.12  | 2.65                                 |
| $S_s - D 2$ | ++ | 3960                                | 2.44  | 2.71                                 |
|             | -+ | 4170                                | 2.39  | 2.77                                 |
| $S_s - D 3$ | ++ | 3020                                | 1.91  | 2.71                                 |
|             | -+ | 3110                                | 1.94  | 2.76                                 |
| $S_s - F 1$ | ++ | 2830                                | 1.69  | 2.28                                 |
|             | -+ | 2770                                | 1.74  | 2.31                                 |
| $S_s - F 2$ | ++ | 2820                                | 1.82  | 2.17                                 |
|             | -+ | 2850                                | 1.87  | 2.20                                 |
| $S_s - F 3$ | ++ | 3410                                | 2.13  | 2.53                                 |
|             | -+ | 3280                                | 2.05  | 2.43                                 |
| $S_s - N 1$ | ++ | 2380                                | 1.62  | 2.30                                 |
|             | -+ | 2300                                | 1.64  | 2.27                                 |

VI-2-2-26 排気筒基礎の耐震性についての計算書

## 目次

|                        |    |
|------------------------|----|
| 1. 概要.....             | 1  |
| 2. 基本方針.....           | 2  |
| 2.1 位置.....            | 2  |
| 2.2 構造概要.....          | 3  |
| 2.3 評価方針.....          | 6  |
| 2.4 適用規格・基準等.....      | 9  |
| 3. 地震応答解析による評価方法.....  | 10 |
| 4. 応力解析による評価方法.....    | 11 |
| 4.1 評価対象部位及び評価方針.....  | 11 |
| 4.2 荷重及び荷重の組合せ.....    | 13 |
| 4.2.1 荷重.....          | 13 |
| 4.2.2 荷重の組合せ.....      | 18 |
| 4.3 許容限界.....          | 19 |
| 4.4 解析モデル及び諸元.....     | 21 |
| 4.4.1 モデル化の基本方針.....   | 21 |
| 4.4.2 解析諸元.....        | 23 |
| 4.5 評価方法.....          | 24 |
| 4.5.1 応力解析方法.....      | 24 |
| 4.5.2 断面の評価方法.....     | 26 |
| 5. 評価結果.....           | 30 |
| 5.1 地震応答解析による評価結果..... | 30 |
| 5.2 応力解析による評価結果.....   | 32 |

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、排気筒基礎の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析及び応力解析により評価を行う。

排気筒基礎は、設計基準対象施設においては「Sクラスの施設の間接支持構造物」に、重大事故等対処施設においては「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

以下、それぞれの分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

排気筒基礎を含む排気筒の設置位置を図 2-1 に示す。



 排気筒

図 2-1 排気筒の設置位置

## 2.2 構造概要

排気筒は、地上からの高さ 160.0m であり、基部内径 3.7m、頂部内径 3.0m の鋼板製筒身 2 本を鋼管四角形鉄塔（制震装置付）で支えた四角鉄塔支持形鋼管構造であり、第 2 号機排気筒と第 3 号機排気筒で支持構造物を共有する集合方式である。

排気筒の基礎は、フーチング基礎形式の鉄筋コンクリート造である。基礎版の形状は 38.0m (NS) × 38.0m (EW)、厚さ 5.0m であり、O.P.\*-4.0m で岩盤上に設置されている。筒身部を支える柱（以下「筒身柱」という。）は、平面形状 14.0m × 14.0m、高さ 14.3m であり、鉄塔部を支える 4 本の柱（以下「鉄塔柱」という。）は、平面形状 5.0m × 5.0m、高さ 14.3m である。それぞれの柱は、断面形状 2.5m × 2.5m のつなぎはりにつながれている。これらの筒身柱、鉄塔柱、つなぎはり及び基礎版で囲まれた基礎の内側は、コンクリートで充填されている（以下「充填コンクリート」という。）。

排気筒基礎の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。

注記\* : O.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)  
-0.74m である。

平面図

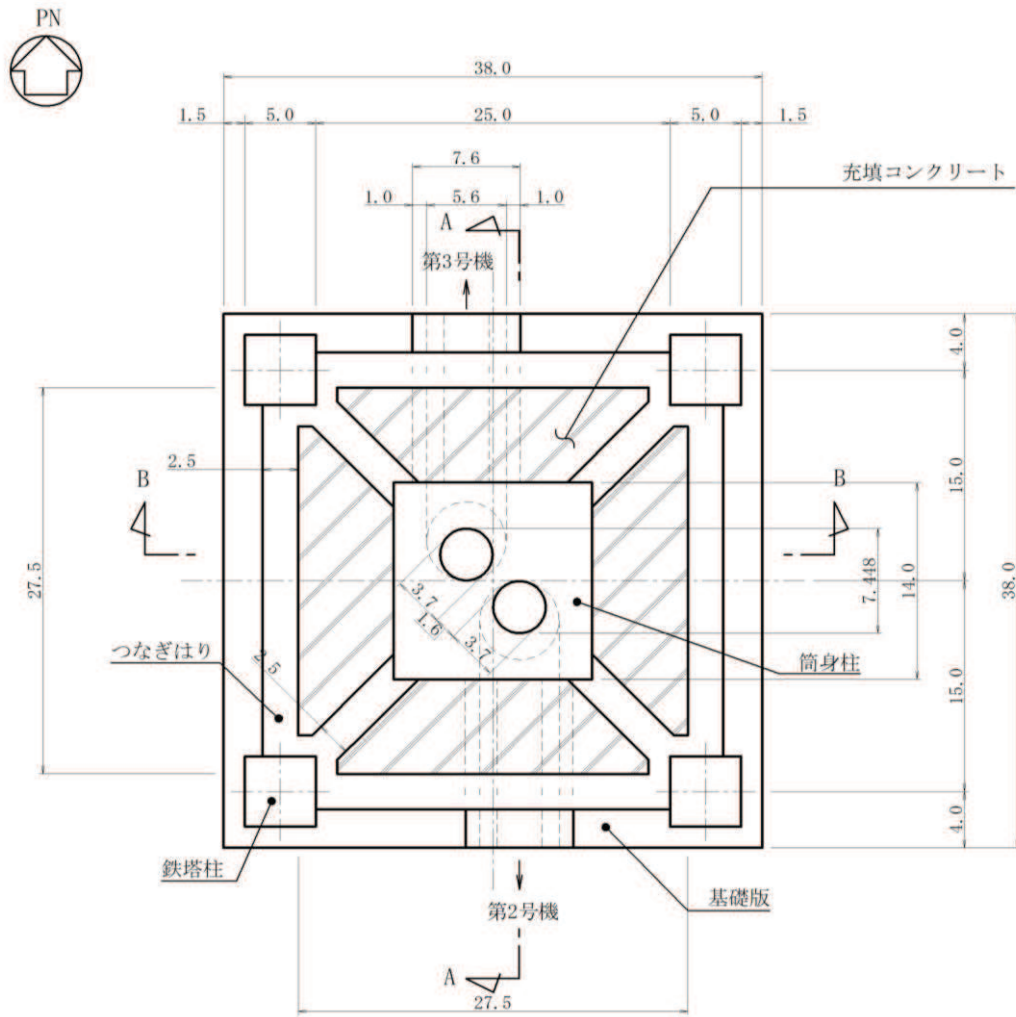


図 2-2 排気筒基礎平面図 (単位 : m)

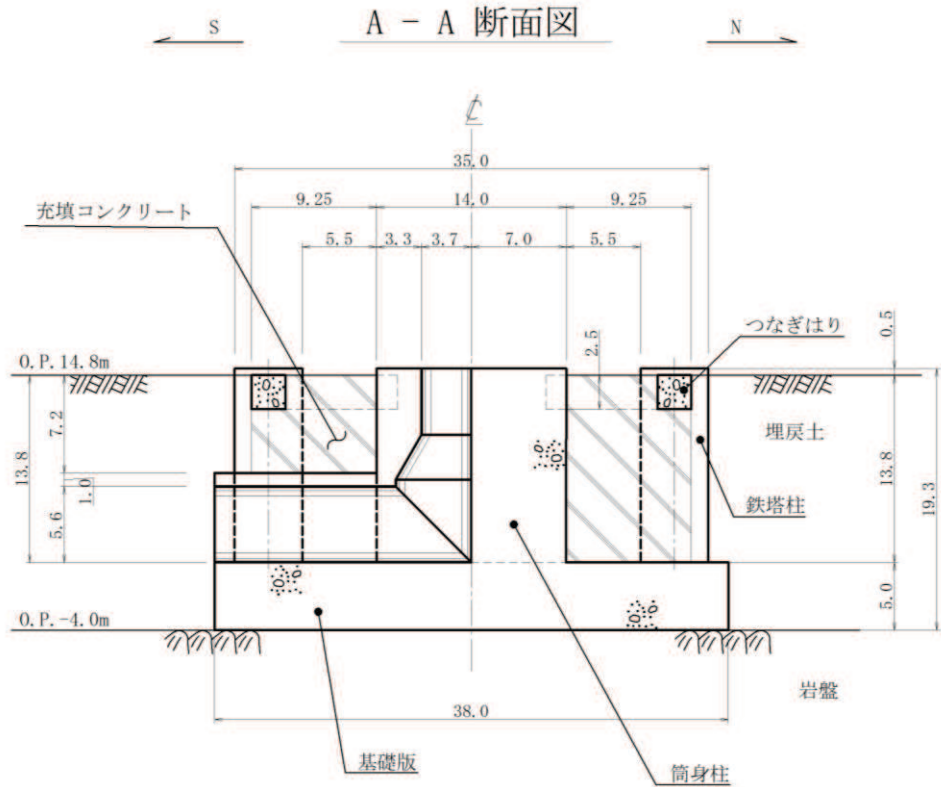


図 2-3 排気筒基礎断面図 (A-A 断面, NS 断面) (単位 : m)

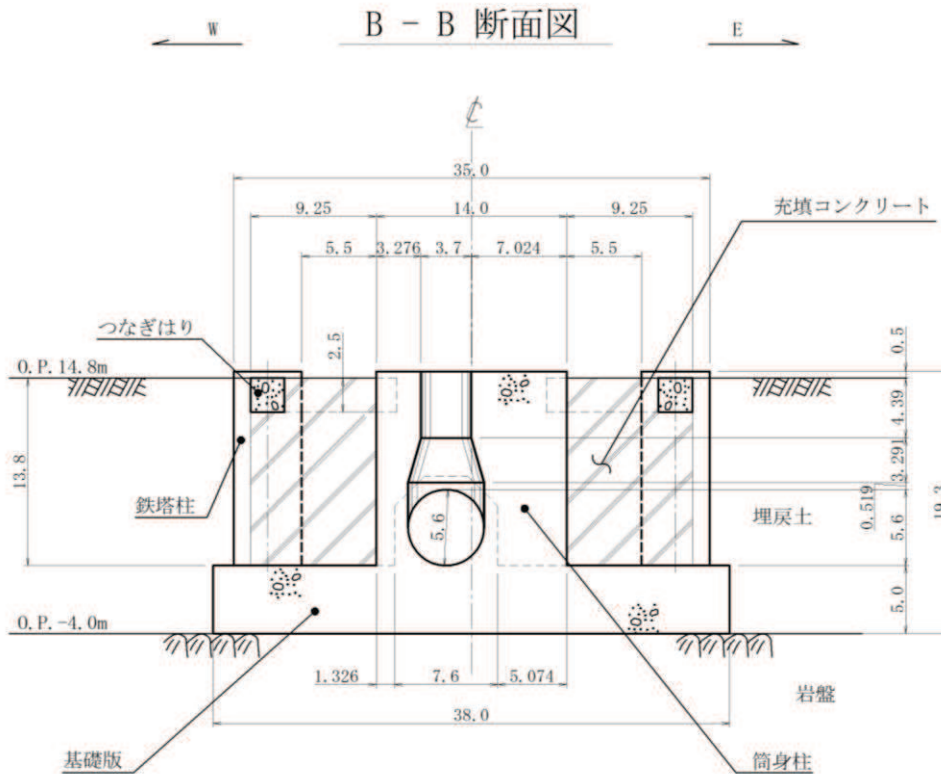


図 2-4 排気筒基礎断面図 (B-B 断面, EW 断面) (単位 : m)



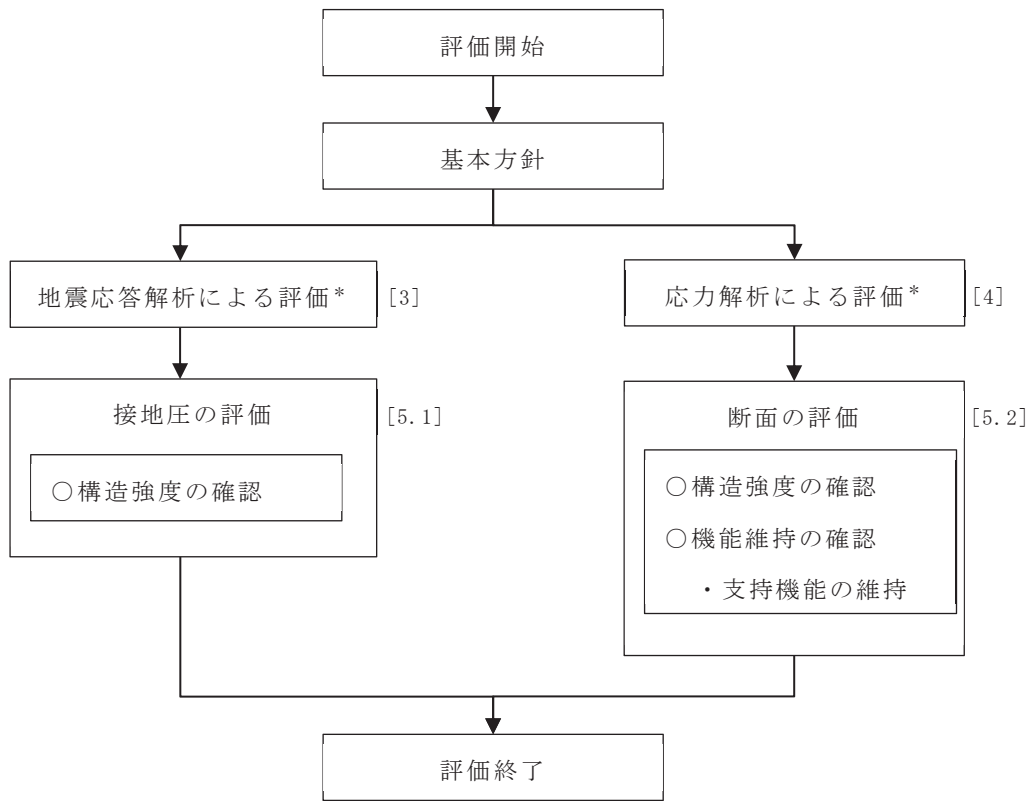
### 2.3 評価方針

排気筒基礎の評価対象部位は、筒身柱，鉄塔柱，つなぎはり及び基礎版とし，設計基準対象施設及び重大事故等対処施設としての評価においては，基準地震動 $S_s$ による地震力に対する評価（以下「 $S_s$ 地震時に対する評価」という。）を行うこととする。なお，排気筒の荷重は，地震時における基礎反力と風荷重が作用した時の基礎反力を排気筒基礎に作用させる。充填コンクリートは，鉄筋コンクリート部材の変形抑制のため，埋戻土を置換えたものである。

排気筒基礎の設計基準対象施設としての評価においては， $S_s$ 地震時に対する評価は，添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。排気筒基礎の評価は，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき，地震応答解析による評価においては接地圧の評価を，応力解析による評価においては断面の評価を行うことで，排気筒基礎の地震時の構造強度及び支持機能の確認を行う。評価にあたっては，添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」による地盤物性及び材料物性の不確かさを考慮する。また，重大事故等対処施設としての評価においては， $S_s$ 地震時に対する評価を行うこととする。ここで，排気筒基礎では，運転時，設計基準事故時及び重大事故等時の状態における荷重条件は変わらないため，評価は設計基準対象施設の評価結果に包括されることから，設計基準対象施設の評価結果を用いた重大事故等対処施設の評価を行う。表 2-1 に地盤物性及び材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを，図 2-5 に排気筒基礎の評価フローを示す。

表 2-1 地盤物性及び材料物性の不確かさを考慮する解析ケース

| 解析ケース           | 材料物性<br>(コンクリート)<br>( $E_0$ : ヤング係数) | 地盤物性   |
|-----------------|--------------------------------------|--|
|                 |                                      | 旧表土, 盛土, D級岩盤<br>C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤,<br>C <sub>H</sub> 級岩盤, B級岩盤<br>(G: せん断弾性係数) |
| ケース①<br>(基本ケース) | 設計基準強度                               | 平均値  |
| ケース②            | 設計基準強度                               | 平均値 + 1 $\sigma$   |
| ケース③            | 設計基準強度                               | 平均値 - 1 $\sigma$   |



注：[ ]内は，本資料における章番号を示す。

注記\*：「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」の結果を踏まえた評価を行う。

図 2-5 排気筒基礎の評価フロー

## 2.4 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法（昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号）
- ・ 建築基準法施行令（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編（J E A G 4 6 0 1 ・補-1984）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）
- ・ 日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-
- ・ 日本建築学会 2001 年 建築基礎構造設計指針
- ・ 日本建築学会 2005 年 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説  
（以下「RC-N規準」という。）

3. 地震応答解析による評価方法

地震応答解析による評価において、排気筒基礎の構造強度については、添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」に基づき、地盤物性及び材料物性の不確かさを考慮した最大接地圧が許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における排気筒基礎の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 及び表 3-2 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界  
(設計基準対象施設としての評価)

| 機能設計上の性能目標 | 地震力                     | 部位   | 機能維持のための考え方               | 許容限界(評価基準値)                          |
|------------|-------------------------|------|---------------------------|--------------------------------------|
| 構造強度を有すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 基礎地盤 | 最大接地圧が地盤の極限支持力度を超えないことを確認 | 極限支持力度*<br>(11400kN/m <sup>2</sup> ) |

注記\*：支持地盤（牧の浜部層）に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

表 3-2 地震応答解析による評価における許容限界  
(重大事故等対処施設としての評価)

| 機能設計上の性能目標 | 地震力                     | 部位   | 機能維持のための考え方               | 許容限界(評価基準値)                          |
|------------|-------------------------|------|---------------------------|--------------------------------------|
| 構造強度を有すること | 基準地震動<br>S <sub>s</sub> | 基礎地盤 | 最大接地圧が地盤の極限支持力度を超えないことを確認 | 極限支持力度*<br>(11400kN/m <sup>2</sup> ) |

注記\*：支持地盤（牧の浜部層）に発生する接地圧に対する許容限界は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、岩盤の極限支持力度とする。

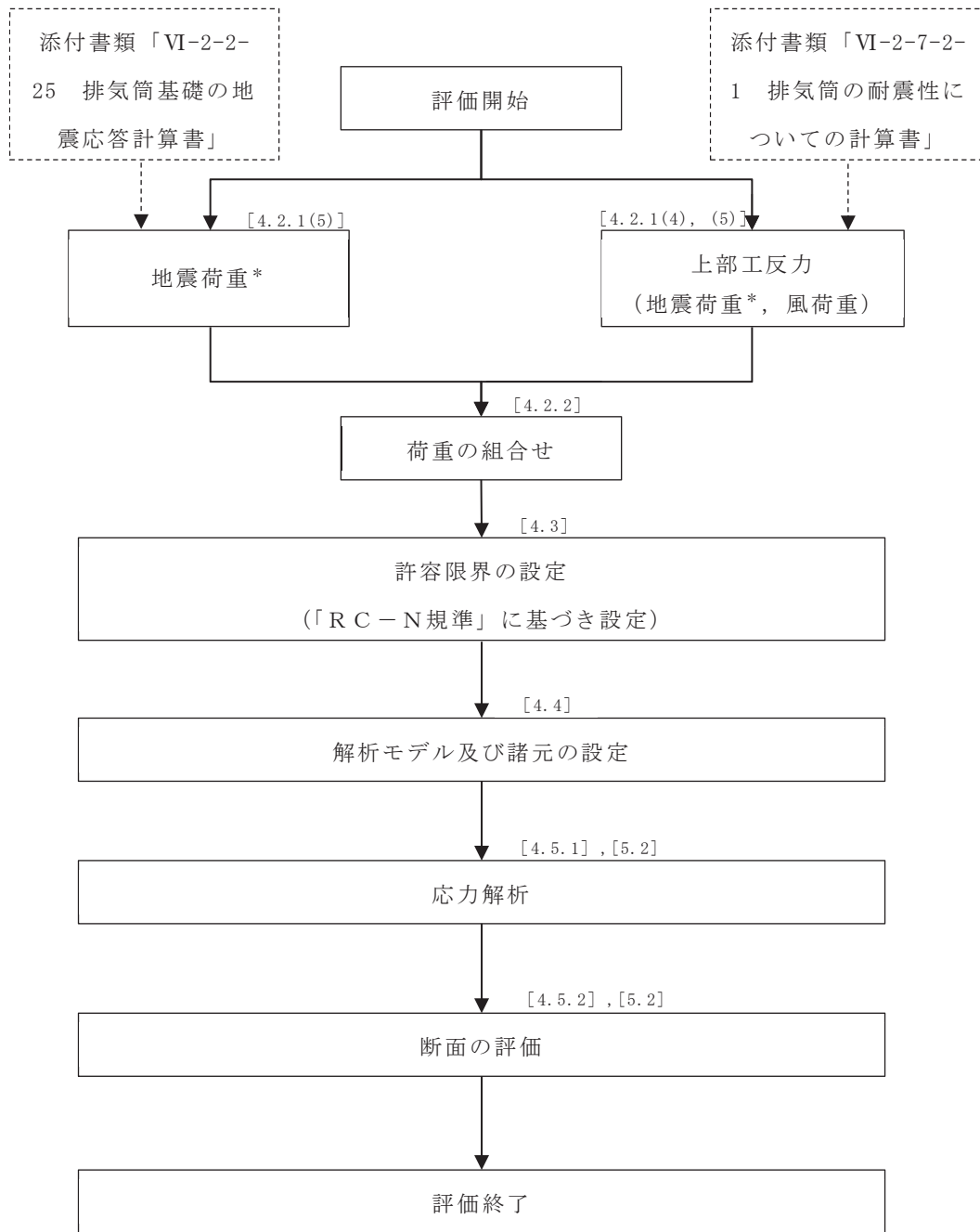
#### 4. 応力解析による評価方法

##### 4.1 評価対象部位及び評価方針

排気筒基礎の応力解析による評価対象部位は筒身柱，鉄塔柱，つなぎはり及び基礎版とし，三次元 FEM モデルを用いた応力解析により評価を行う。三次元 FEM モデルを用いた応力解析にあたっては，添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」により算出された荷重の組合せを行う。応力解析による評価フローを図 4-1 に示す。

S s 地震時に対する評価は，地震力と地震力以外の荷重の組合せの結果，発生する応力が，「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

なお，断面の評価については，地盤物性及び材料物性の不確かさを考慮した断面力に対して行うこととする。



注：[ ]内は、本資料における章番号を示す。

注記\*：地盤物性及び材料物性の不確かさについては、添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」に基づき設定する。

図 4-1 応力解析による評価フロー

## 4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

### 4.2.1 荷重

#### (1) 固定荷重 (G)

排気筒基礎に作用する固定荷重として次のものを考慮する。

- ・鉄筋コンクリート構造体（筒身柱，鉄塔柱，つなぎはり及び基礎版）の自重：  
24.0kN/m<sup>3</sup>
- ・充填コンクリートの自重：23.0kN/m<sup>3</sup>
- ・筒身柱，鉄塔柱に作用する排気筒の自重並びに配管の重量
- ・浮力：184.4kN/m<sup>2</sup>

#### (2) 積載荷重 (P)

積載物はないため，積載荷重は考慮しない。

#### (3) 積雪荷重 (P<sub>s</sub>)

積雪荷重については，発電所の最寄りの気象官署である石巻特別地域気象観測所で観測された月最深積雪の最大値である43cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した値を設定する。また，建築基準法施行令第86条第2項により，積雪量1cmごとに20N/m<sup>2</sup>の積雪荷重が作用することを考慮する。



(4) 風荷重 ( $P_k$ )

風荷重は、添付書類「VI-2-7-2-1 排気筒の耐震性についての計算書」に基づき、排気筒に風荷重が作用した際に、筒身柱、鉄塔柱に作用する反力を考慮する。

風荷重を表 4-1 に、筒身柱、鉄塔柱の配置図を図 4-2 に示す。

表 4-1 風荷重 ( $P_k$ ) (I 方向载荷\*)

| 荷重名称 | 作用位置  | 鉛直力       |               |               |                 |                 |
|------|-------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
|      |       | N<br>(kN) | $Q_x$<br>(kN) | $Q_y$<br>(kN) | $M_x$<br>(kN・m) | $M_y$<br>(kN・m) |
| 風荷重  | 筒身柱 1 | 0         | 100           | 100           | -1100           | 500             |
|      | 筒身柱 2 | 0         | 100           | 100           | -1100           | 500             |
|      | 鉄塔柱 1 | 4000      | 600           | 800           | -200            | -200            |
|      | 鉄塔柱 2 | 1800      | -300          | 500           | -300            | 200             |
|      | 鉄塔柱 3 | -4000     | 600           | 800           | -200            | -200            |
|      | 鉄塔柱 4 | -1800     | -300          | 500           | -300            | 200             |

注記\* : I 方向载荷と III 方向载荷による反力は同値であるため、I 方向载荷を代表して記載する。

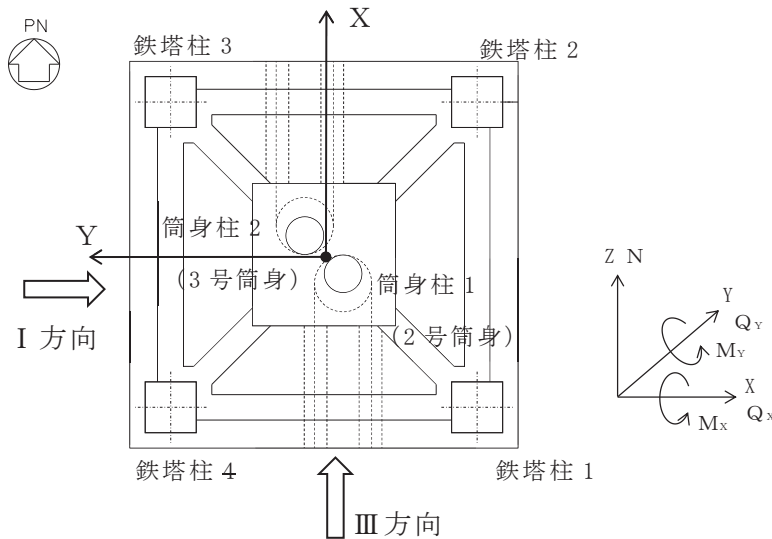


図 4-2 筒身柱、鉄塔柱の配置図

(5) 地震荷重 (S<sub>s</sub>)

a. 慣性力 (K<sub>s</sub>)

地震時における基礎の慣性力は、添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」により求められた水平震度及び鉛直震度から算定する。水平震度及び鉛直震度は、地震応答解析で発生した震度を全時刻包絡することで安全側に設定する。

許容応力度に対する発生応力度が最大となる、せん断破壊に対する断面算定時における水平震度及び鉛直震度を表 4-2 及び表 4-3 に示す。

表 4-2 慣性力 (K<sub>s</sub>) (水平震度) (S<sub>s</sub> - D 2 (-+), ケース①)

| 位置                | 水平震度 |
|-------------------|------|
| O.P. 10.41~15.30m | 1.16 |
| O.P. 6.60~10.41m  | 1.05 |
| O.P. 1.00~6.60m   | 0.92 |
| O.P. -4.00~1.00m  | 0.51 |

表 4-3 慣性力 (K<sub>s</sub>) (鉛直震度) (S<sub>s</sub> - D 2 (-+), ケース①)

| 位置                | 鉛直震度 |
|-------------------|------|
| O.P. 10.41~15.30m | 0.78 |
| O.P. 6.60~10.41m  | 0.77 |
| O.P. 1.00~6.60m   | 0.67 |
| O.P. -4.00~1.00m  | 0.61 |

b. 地震時土圧荷重 ( $E_s$ )

地震時土圧荷重は，入力地震動ごとに添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」により算定される，構造物の左右に発生した地震時土圧を全時刻包絡することで，加力側の土圧荷重を安全側に設定する。なお，支持側の土圧荷重については，保守的に考慮しない。

許容応力度に対する発生応力度が最大となる，せん断破壊に対する断面算定時における地震時土圧による荷重分布図を図 4-3 に示す。

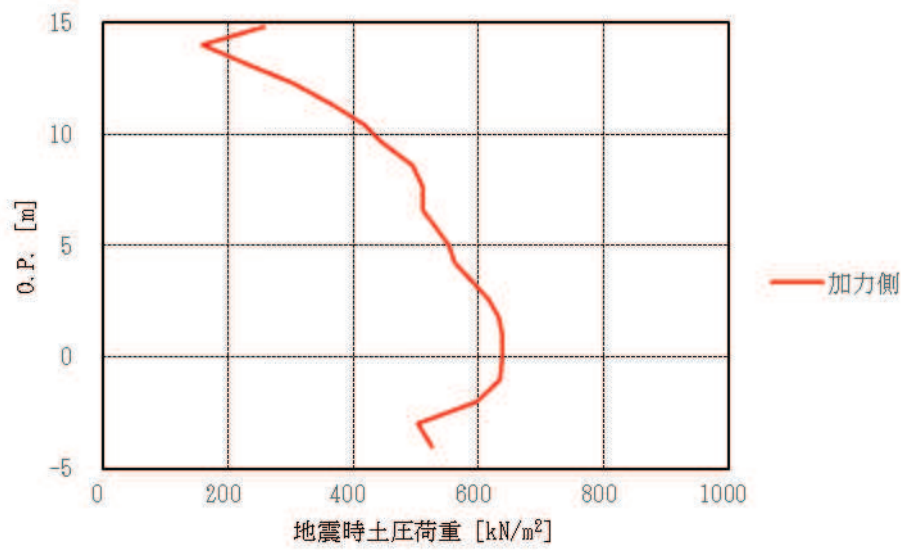


図 4-3 地震時土圧による荷重分布 (S s - D 2 (-+), ケース①)

c. 地震時の上部工反力 ( $U_s$ )

地震時における上部工の反力は、添付書類「VI-2-7-2-1 排気筒の耐震性についての計算書」に基づき、排気筒に地震荷重が作用した際に、筒身柱、鉄塔柱に作用する反力を考慮する。上部工反力は、すべての  $S_s$  地震動と不確かさを考慮した反力を安全側に包絡したものとする。

地震時の上部工反力を表 4-4 に、筒身柱、鉄塔柱の配置図を図 4-2 に示す。

表 4-4 地震時上部工反力 ( $U_s$ ) (I 方向載荷\*)

| 荷重名称     | 作用位置  | 鉛直力       | 水平力           |               |                 |                 |
|----------|-------|-----------|---------------|---------------|-----------------|-----------------|
|          |       | N<br>(kN) | $Q_x$<br>(kN) | $Q_y$<br>(kN) | $M_x$<br>(kN・m) | $M_y$<br>(kN・m) |
| 地震時上部工反力 | 筒身柱 1 | 4500      | 100           | 400           | -7600           | 800             |
|          | 筒身柱 2 | -4500     | 100           | 400           | -7600           | 800             |
|          | 鉄塔柱 1 | 10100     | 1400          | 3000          | -2400           | -500            |
|          | 鉄塔柱 2 | 10100     | -1400         | 3000          | -2400           | 500             |
|          | 鉄塔柱 3 | -10100    | 1400          | 3000          | -2400           | -500            |
|          | 鉄塔柱 4 | -10100    | -1400         | 3000          | -2400           | 500             |

注記\* : I 方向載荷と III 方向載荷による反力は同値であるため、I 方向載荷を代表して記載する。

#### 4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せは表 4-5 による。

表 4-5 荷重の組合せ

| 外力の状態              | 荷重の組合せ   |
|--------------------|--|
| S <sub>s</sub> 地震時 | G + P <sub>s</sub> + P <sub>k</sub> + S <sub>s</sub> |

- G : 固定荷重  
P<sub>s</sub> : 積雪荷重  
P<sub>k</sub> : 風荷重  
S<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震力 (S<sub>s</sub> = K<sub>s</sub> + E<sub>s</sub> + U<sub>s</sub>)  
K<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub> による慣性力  
E<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震時土圧荷重  
U<sub>s</sub> : 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震時の上部工反力

### 4.3 許容限界

応力解析による評価における排気筒基礎の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に記載の構造強度上の制限及び機能維持の方針に基づき、表 4-6 及び表 4-7 のとおり設定する。

また、コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 4-8 及び表 4-9 に示す。

表 4-6 応力解析による評価における許容限界（設計基準対象施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標                    | 地震力          | 部位                        | 機能維持のための考え方                         | 許容限界（評価基準値）              |
|------|-------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| —    | 構造強度を有すること                    | 基準地震動<br>S s | 筒身柱，<br>鉄塔柱，<br>つなぎはり，基礎版 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 終局耐力に対して適切な安全裕度を有する許容限界* |
| 支持機能 | 筒身及び機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>S s | 筒身柱，<br>鉄塔柱，<br>つなぎはり，基礎版 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 終局耐力に対して適切な安全裕度を有する許容限界* |

注記\*：許容限界は、「RC-N規準」に基づき、終局耐力に対して適切な裕度を有する短期許容応力度を用いる。

表 4-7 応力解析による評価における許容限界（重大事故等対処施設としての評価）

| 要求機能 | 機能設計上の性能目標                    | 地震力          | 部位                        | 機能維持のための考え方                         | 許容限界（評価基準値）              |
|------|-------------------------------|--------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| —    | 構造強度を有すること                    | 基準地震動<br>S s | 筒身柱，<br>鉄塔柱，<br>つなぎはり，基礎版 | 部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認 | 終局耐力に対して適切な安全裕度を有する許容限界* |
| 支持機能 | 筒身及び機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと | 基準地震動<br>S s | 筒身柱，<br>鉄塔柱，<br>つなぎはり，基礎版 | 部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認 | 終局耐力に対して適切な安全裕度を有する許容限界* |

注記\*：許容限界は、「RC-N規準」に基づき、終局耐力に対して適切な裕度を有する短期許容応力度を用いる。

表 4-8 コンクリートの許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 外力の状態   | 設計基準強度 $F_c = 20.5$ |      |      |      |
|---------|---------------------|------|------|------|
|         | 長期                  |      | 短期   |      |
|         | 圧縮                  | せん断  | 圧縮   | せん断  |
| S s 地震時 | 6.8                 | 0.68 | 13.6 | 1.02 |

表 4-9 鉄筋の許容応力度

(単位：N/mm<sup>2</sup>)

| 外力の状態   | 鉄筋径    | 長期         |       | 短期         |       |
|---------|--------|------------|-------|------------|-------|
|         |        | 引張及び<br>圧縮 | せん断補強 | 引張及び<br>圧縮 | せん断補強 |
|         |        | SD345      | SD345 | SD345      | SD345 |
| S s 地震時 | D25 以下 | 215        | 195   | 345        | 345   |
|         | D29 以上 | 195        |       |            |       |

#### 4.4 解析モデル及び諸元

##### 4.4.1 モデル化の基本方針

###### (1) 基本方針

応力解析は、三次元 FEM モデルを用いた応力解析を実施する。解析には、解析コード「SLAP Ver6.65」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

応力解析にあたって、排気筒基礎の各部位（筒身柱，鉄塔柱，つなぎはり及び基礎版）を線形ソリッド要素にてモデル化し、これらの構造部材を耐震評価する。なお、応力の伝達を考慮するため、充填コンクリートについても線形ソリッド要素にてモデル化する。

解析モデルを図 4-4 及び図 4-5 に示す。

###### (2) 境界条件

三次元 FEM モデルの基礎版底面に、水平方向及び鉛直方向の地盤ばねを設ける。三次元 FEM モデルの水平方向及び鉛直方向の地盤ばねについては、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」に記載の振動アドミッタンス理論に基づいて評価する。



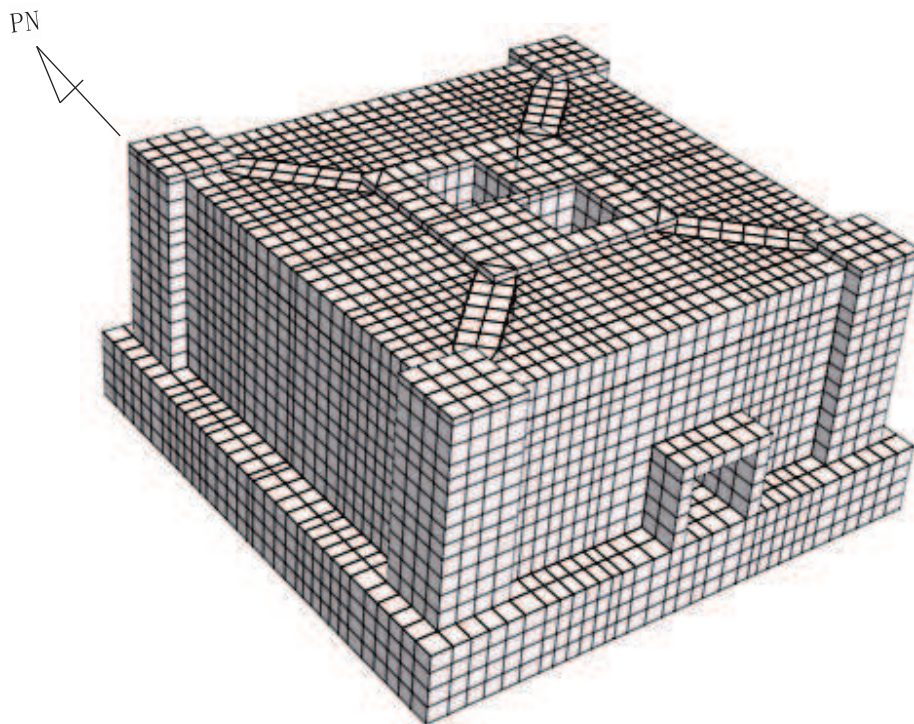


図 4-4 解析モデル図 (鳥瞰図)

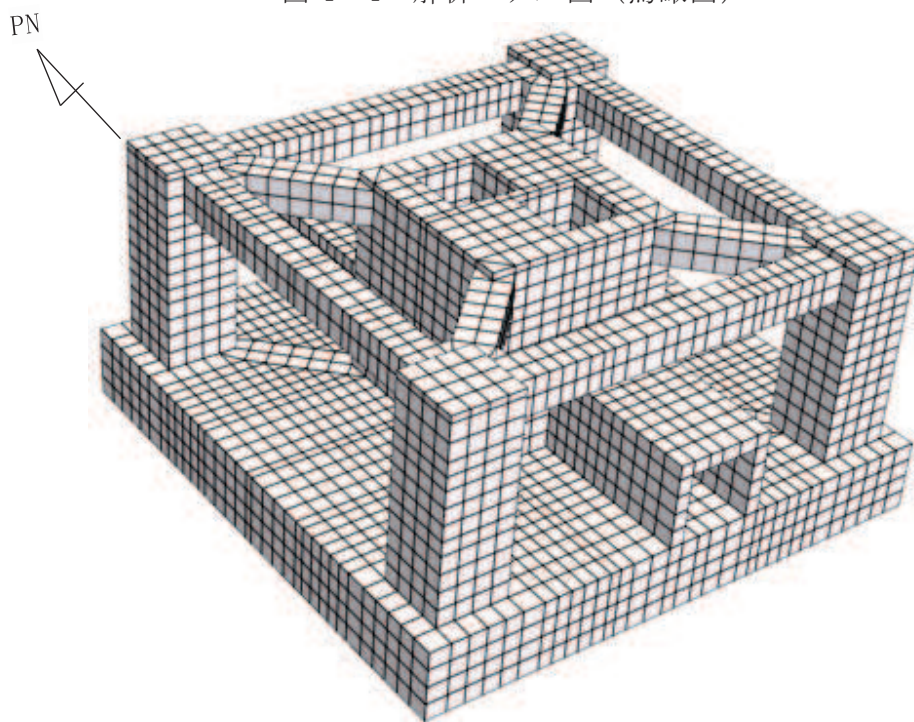


図 4-5 解析モデル図 (鳥瞰図 (充填コンクリート非表示))

#### 4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-10 及び表 4-11 に示す。

表 4-10 コンクリートの物性値

| 部 位                        | 設計基準強度<br>F <sub>c</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>E (N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比<br>ν |
|----------------------------|---|---------------------------------|------------|
| 筒身柱<br>鉄塔柱<br>つなぎはり<br>基礎版 | 20.5  | 2.15×10 <sup>4</sup>            | 0.2        |
| 充填<br>コンクリート               | 18.0  | 2.06×10 <sup>4</sup>            | 0.2        |

表 4-11 鉄筋の物性値

| 部 位                        | 鉄筋の種類    | ヤング係数<br>E (N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------------------------|----------|---------------------------------|
| 筒身柱<br>鉄塔柱<br>つなぎはり<br>基礎版 | SD345 相当 | 2.05×10 <sup>5</sup>            |

## 4.5 評価方法

### 4.5.1 応力解析方法

排気筒基礎について、 $S_s$ 地震時に対して三次元 FEM モデルを用いた線形解析を実施する。

#### (1) 荷重ケース

$S_s$ 地震時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

- $G$  : 固定荷重
- $P_s$  : 積雪荷重
- $P_k$  : 風荷重
- $S_{S_H(NS,++)}$  : 基準地震動  $S_s$  による入力地震動を NS 断面<sup>\*1</sup>への正位相(++)<sup>\*2</sup>で加振した際に生じる水平方向の地震力
- $S_{S_H(EW,++)}$  : 基準地震動  $S_s$  による入力地震動を EW 断面<sup>\*1</sup>への正位相(++)<sup>\*2</sup>で加振した際に生じる水平方向の地震力
- $S_{S_V(NS,++)}$  : 基準地震動  $S_s$  による入力地震動を NS 断面<sup>\*1</sup>への正位相(++)<sup>\*2</sup>で加振した際に生じる鉛直方向<sup>\*3</sup>の地震力
- $S_{S_V(EW,++)}$  : 基準地震動  $S_s$  による入力地震動を EW 断面<sup>\*1</sup>への正位相(++)<sup>\*2</sup>で加振した際に生じる鉛直方向<sup>\*3</sup>の地震力
- $S_{S_H(NS,-+)}$  : 基準地震動  $S_s$  による入力地震動を NS 断面<sup>\*1</sup>への逆位相(-+)<sup>\*2</sup>で加振した際に生じる水平方向の地震力
- $S_{S_H(EW,-+)}$  : 基準地震動  $S_s$  による入力地震動を EW 断面<sup>\*1</sup>への逆位相(-+)<sup>\*2</sup>で加振した際に生じる水平方向の地震力
- $S_{S_V(NS,-+)}$  : 基準地震動  $S_s$  による入力地震動を NS 断面<sup>\*1</sup>への逆位相(-+)<sup>\*2</sup>で加振した際に生じる鉛直方向<sup>\*3</sup>の地震力
- $S_{S_V(EW,-+)}$  : 基準地震動  $S_s$  による入力地震動を EW 断面<sup>\*1</sup>への逆位相(-+)<sup>\*2</sup>で加振した際に生じる鉛直方向<sup>\*3</sup>の地震力

注記\*1: 添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」に基づく、排気筒基礎の地震応答解析における NS 断面, EW 断面を表す。

\*2: 添付書類「VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書」に基づく、排気筒基礎の地震応答解析における水平方向の位相反転を表す。地震動の位相について、++の左側は水平動, 右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

\*3: 鉛直方向は上向きの加力を正として記載している。

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表 4-12 に示す。

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重に対し，組合せ係数法（組合せ係数は 1.0 と 0.4）を用いる。

表 4-12 荷重の組合せケース

| 外力の状態   | ケース No. | 荷重の組合せ  |
|---------|---------|---|
| S s 地震時 | 1-1     | $G + P_s + P_k + 1.0 S_{H(NS, ++)} + 0.4 S_{V(NS, ++)}$ |
|         | 1-2     | $G + P_s + P_k + 1.0 S_{H(NS, ++)} - 0.4 S_{V(NS, ++)}$ |
|         | 1-3     | $G + P_s + P_k + 0.4 S_{H(NS, ++)} + 1.0 S_{V(NS, ++)}$ |
|         | 1-4     | $G + P_s + P_k + 0.4 S_{H(NS, ++)} - 1.0 S_{V(NS, ++)}$ |
|         | 1-5     | $G + P_s + P_k + 1.0 S_{H(EW, ++)} + 0.4 S_{V(EW, ++)}$ |
|         | 1-6     | $G + P_s + P_k + 1.0 S_{H(EW, ++)} - 0.4 S_{V(EW, ++)}$ |
|         | 1-7     | $G + P_s + P_k + 0.4 S_{H(EW, ++)} + 1.0 S_{V(EW, ++)}$ |
|         | 1-8     | $G + P_s + P_k + 0.4 S_{H(EW, ++)} - 1.0 S_{V(EW, ++)}$ |
|         | 2-1     | $G + P_s + P_k + 1.0 S_{H(NS, -+)} + 0.4 S_{V(NS, -+)}$ |
|         | 2-2     | $G + P_s + P_k + 1.0 S_{H(NS, -+)} - 0.4 S_{V(NS, -+)}$ |
|         | 2-3     | $G + P_s + P_k + 0.4 S_{H(NS, -+)} + 1.0 S_{V(NS, -+)}$ |
|         | 2-4     | $G + P_s + P_k + 0.4 S_{H(NS, -+)} - 1.0 S_{V(NS, -+)}$ |
|         | 2-5     | $G + P_s + P_k + 1.0 S_{H(EW, -+)} + 0.4 S_{V(EW, -+)}$ |
|         | 2-6     | $G + P_s + P_k + 1.0 S_{H(EW, -+)} - 0.4 S_{V(EW, -+)}$ |
|         | 2-7     | $G + P_s + P_k + 0.4 S_{H(EW, -+)} + 1.0 S_{V(EW, -+)}$ |
|         | 2-8     | $G + P_s + P_k + 0.4 S_{H(EW, -+)} - 1.0 S_{V(EW, -+)}$ |

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

排気筒基礎に作用する慣性力については、FEM モデルの各要素の質量に応じて分配し、節点荷重として入力する。

排気筒基礎側面に作用する地震時土圧荷重については、土圧の作用面に対し、節点荷重として入力する。

排気筒から排気筒基礎に作用する地震力については、筒身脚部、支柱材脚部からの曲げモーメント、軸力及びせん断力を節点荷重として入力する。

b. 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の固定荷重、積雪荷重、風荷重については、FEM モデルの各節点又は各要素に、集中荷重又は分布荷重として入力する。

4.5.2 断面の評価方法

排気筒基礎について、軸力及び曲げモーメント並びに面外せん断力が、各許容値を超えないことを確認する。

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

軸力及び曲げモーメントによるコンクリート及び鉄筋の発生応力度が表 4-8 及び表 4-9 に示す許容応力度を超えないことを確認する。

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

筒身柱、鉄塔柱及びつなぎはりにおける断面の評価は「RC 規準」の柱及び梁の評価式に基づき評価を行う。基礎版における断面の評価は「RC-N 規準」の基礎スラブの評価に基づき、面材規定を用いて評価を行う。

面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

a. つなぎはりの評価

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。また、引張軸力が  $2\text{N/mm}^2$  を超える場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-8 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-9 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比で、次式による。

$$p_w = \frac{a_w}{b_x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$b_x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

b. 筒身柱，鉄塔柱の評価

$$Q_A = b \cdot j \{ f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで，

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で，断面の有効せいの  $7/8$  倍の値 (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で，表 4-8 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

$_w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で，表 4-9 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比で，次式による。

$$p_w = \frac{a_w}{b_x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$b_x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

c. 基礎版の評価

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

$Q_A$  : 許容面外せん断力 (N)

$b$  : 断面の幅 (mm)

$j$  : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

$\alpha$  : 許容せん断力の割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。また、引張軸力が  $2\text{N/mm}^2$  を超える場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

$M$  : 曲げモーメント (N・mm)

$Q$  : せん断力 (N)

$d$  : 断面の有効せい (mm)

$f_s$  : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-8 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

$w f_t$  : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-9 に示す値 (N/mm<sup>2</sup>)

$p_w$  : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。\*)

$$p_w = \frac{a_w}{b_x}$$

$a_w$  : せん断補強筋の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$b_x$  : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記\* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。



## 5. 評価結果

### 5.1 地震応答解析による評価結果

地震時の最大接地圧が、基礎地盤の許容限界を超えないことを確認する。二次元有限要素法における底面地盤ばね反力から算定した  $S_s$  地震時の最大接地圧を表 5-1 に示す。なお、参考として鉛直力及び転倒モーメントもあわせて示す。

地盤物性及び材料物性の不確かさを考慮した地震時の最大接地圧が  $4170 \text{ kN/m}^2$  ( $S_s - D2(-+)$ , EW 断面) であることから、地盤の極限支持力度 ( $11400 \text{ kN/m}^2$ ) を超えないことを確認した。

表 5-1 S s 地震時の最大接地圧

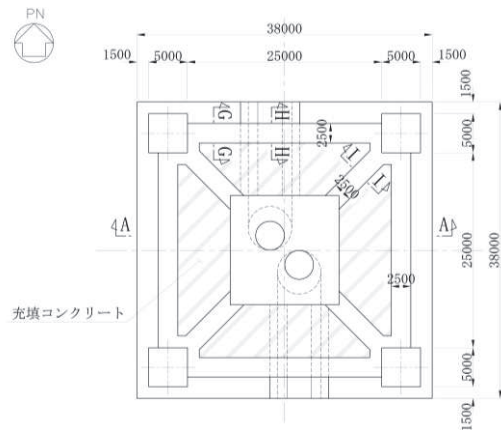
|                                    | NS 断面                    | EW 断面                    |
|------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 検討ケース                              | S s - D 2 (- +),<br>ケース① | S s - D 2 (- +),<br>ケース① |
| 鉛直力<br>N ( $\times 10^4$ kN)       | 2.66                     | 2.77                     |
| 転倒モーメント<br>M ( $\times 10^5$ kN・m) | 2.03                     | 2.39                     |
| 最大接地圧<br>(kN/m <sup>2</sup> )      | 3260                     | 4170                     |
| 極限支持力度<br>(kN/m <sup>2</sup> )     | 11400                    | 11400                    |

## 5.2 応力解析による評価結果

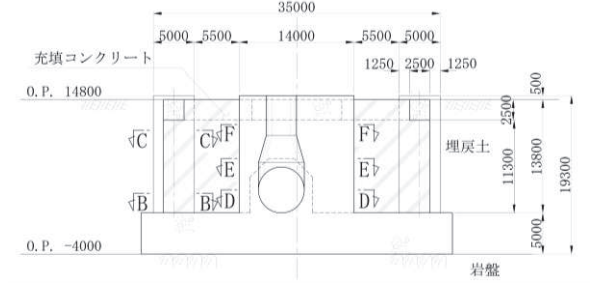
「4.5.2 断面の評価方法」に基づいた断面の評価結果を以下に示す。また、三次元 FEM モデルの概略配筋図を図 5-1 に示す。

鉄筋コンクリートの軸力及び曲げモーメント並びに面外せん断力に対する評価において、許容応力度に対する発生応力度の割合（応力度比）が各部材で最大となる評価結果を表 5-2～表 5-4 に示す。また、最大となる評価結果の部位を図 5-2～図 5-5 に示す。

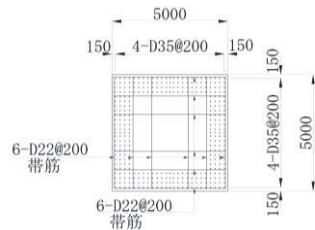
S s 地震時において、鉄筋コンクリートの軸力及び曲げモーメント並びに面外せん断力に対する発生応力度が、各許容応力度を超えないことを確認した。



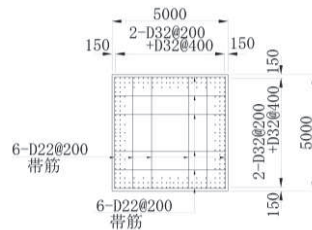
(a) 概略配筋図 (平面図)



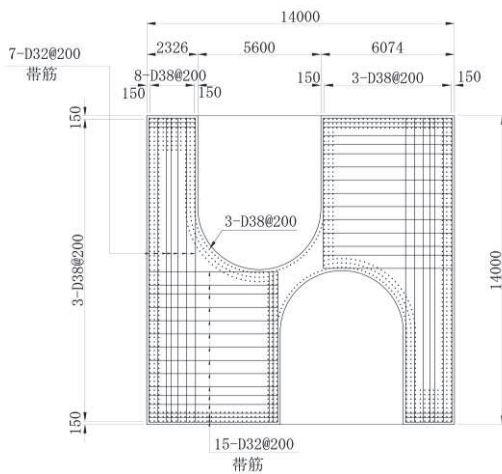
(b) 概略配筋図 (A-A 断面)



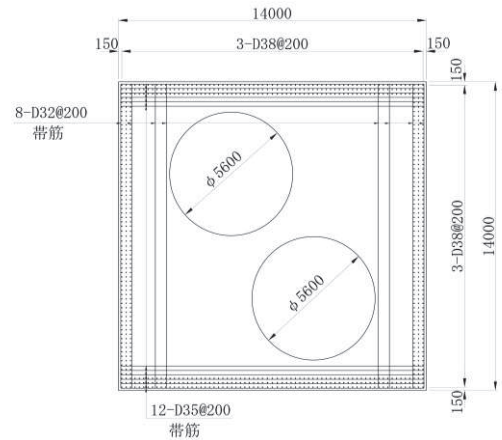
(c) 概略配筋図 (B-B 断面)



(d) 概略配筋図 (C-C 断面)

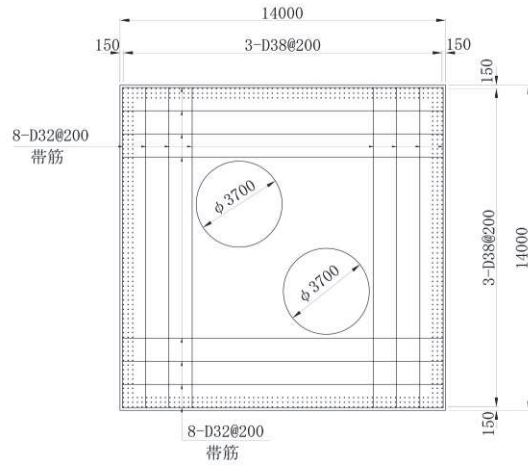


(e) 概略配筋図 (D-D 断面)

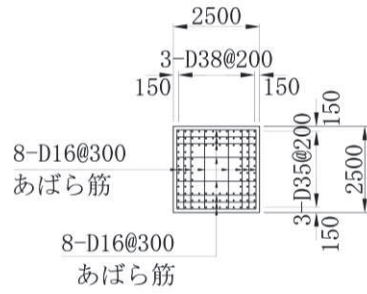


(f) 概略配筋図 (E-E 断面)

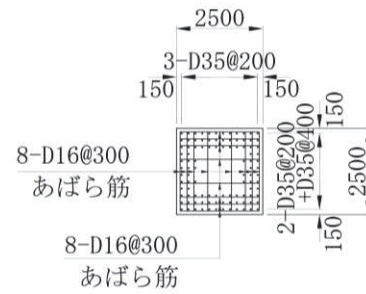
図 5-1(1) 排気筒基礎概略配筋図



(g) 概略配筋図 (F-F 断面)

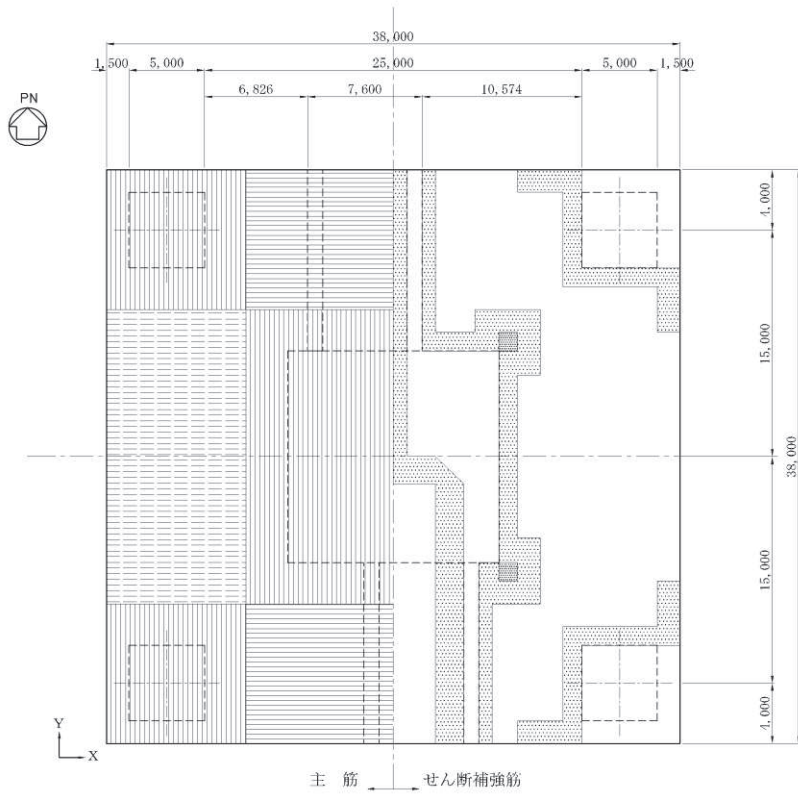


(h) 概略配筋図 (G-G 断面)



(i) 概略配筋図 (H-H, I-I 断面)

図 5-1(2) 排気筒基礎概略配筋図



| 凡 例 | 主筋配筋                                       |  |
|-----|--|--|
|     | 下ば筋  | 上ば筋                                    |
|     | X, Y 共 :<br>3-D38@200                      | X, Y 共 :<br>2-D38@200                  |
|     | X : 2-D38@200<br>+D38@400<br>Y : 2-D38@200 | X : D38@200<br>+D38@400<br>Y : D38@200 |
|     | X, Y 共 :<br>2-D38@200                      | X, Y 共 :<br>D38@200                    |

| 凡 例 | せん断補強筋配筋      |
|-----|---------------|
|     | D22 @100×@100 |
|     | D32 @400×@400 |

(j) 概略配筋図 (基礎版)

図 5-1(3) 排気筒基礎概略配筋図

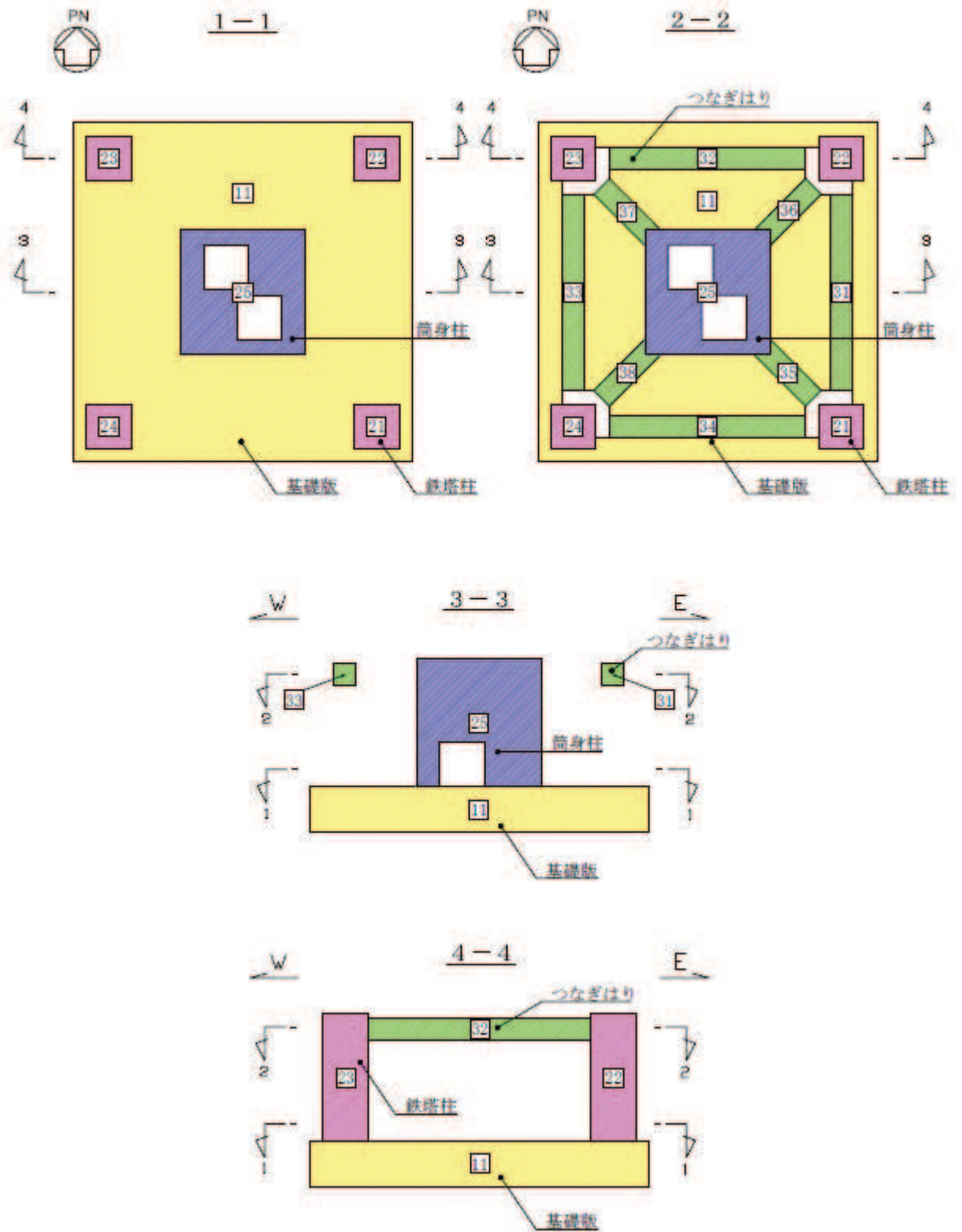
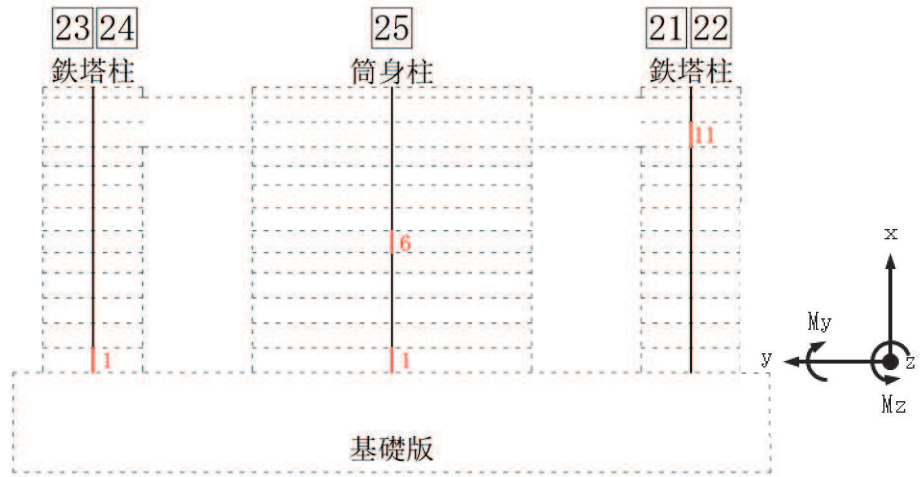
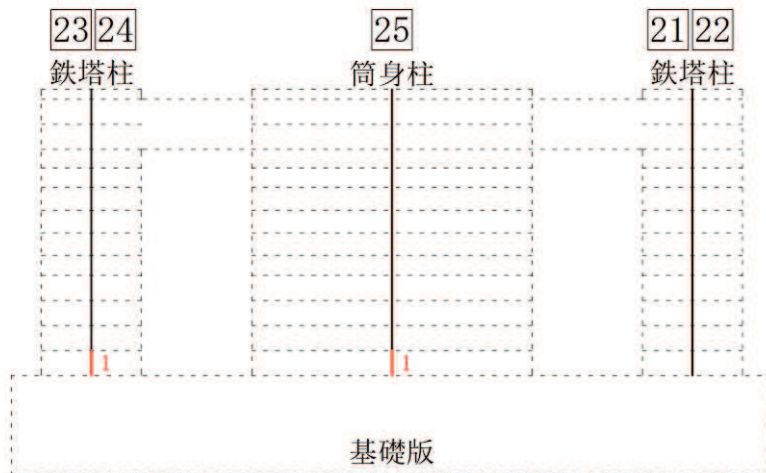


図 5-2 評価位置図



(a) 軸力+曲げモーメント

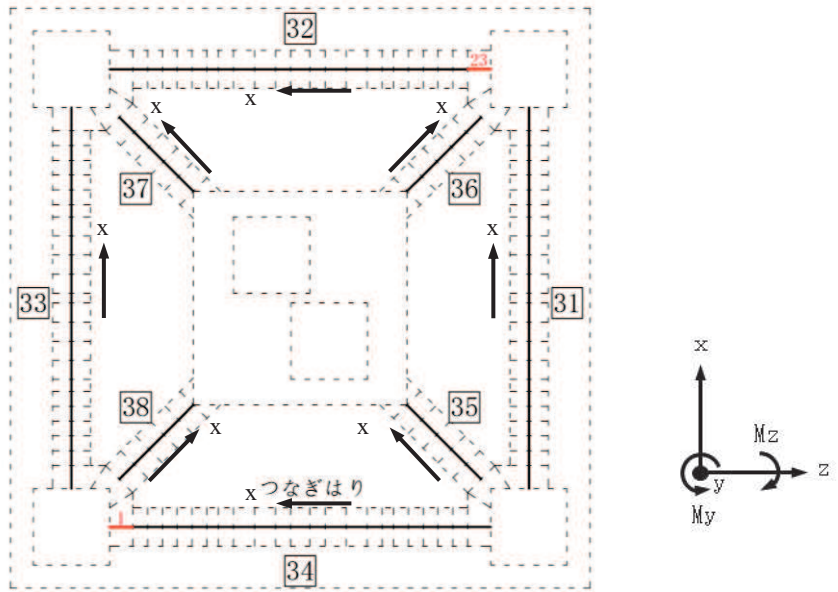


(b) 面外せん断力

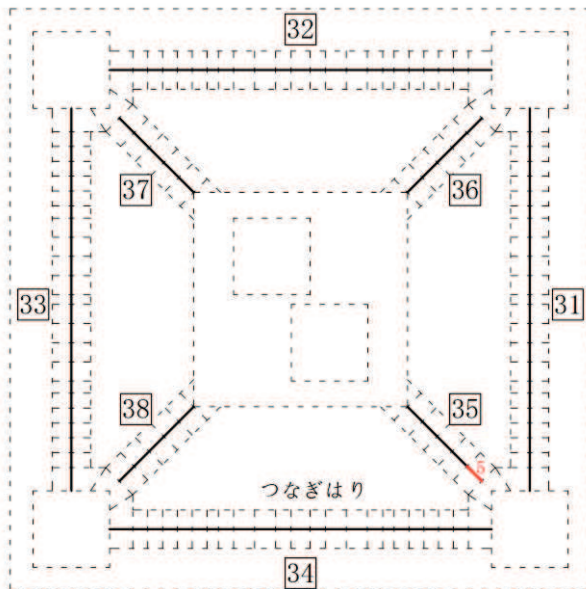
図 5-3 要素位置 (筒身柱及び鉄塔柱)

注：赤字は要素位置番号を示す。





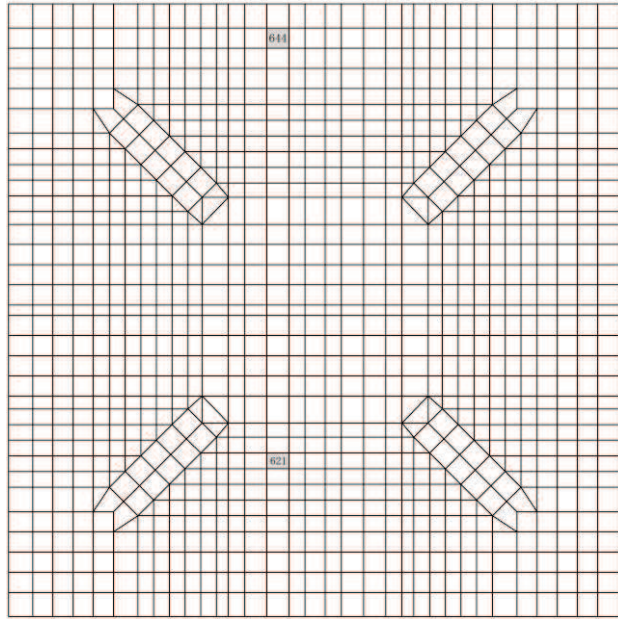
(a) 軸力+曲げモーメント



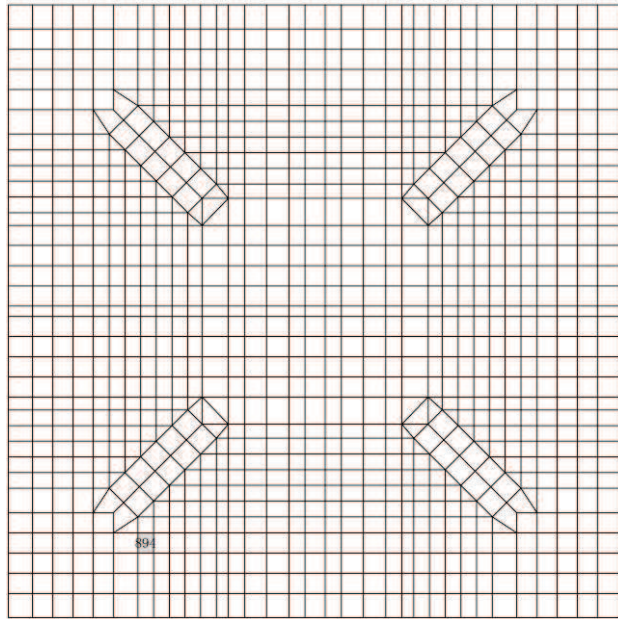
(b) 面外せん断力

図 5-4 要素位置 (つなぎはり)

注：赤字は要素位置番号を示す。



(a) 軸力+曲げモーメント



(b) 面外せん断力

図 5-5 要素位置 (基礎版)

注：ハッチングは要素位置番号を示す。

表 5-2 S s 地震時における曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果 (コンクリート)

| 評価位置*1    |    | 要素位置 | 荷重の組合せケース | 解析ケース | 地震動      | 曲げモーメント<br>M z *2<br>(kN・m/m) | 曲げモーメント<br>M y *2<br>(kN・m/m) | 軸力*4<br>N<br>(kN/m) | 発生応力度<br>$\sigma'_{c}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>$\sigma'_{ca}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 応力度比<br>$\sigma'_{c}/\sigma'_{ca}$ |
|-----------|----|------|-----------|-------|----------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------|--|---|------------------------------------|
| 筒身柱       | 25 | 1    | 1-4       | ケース①  | S s -F 3 | 8739                          | 27462                         | 89237               | 0.8  | 13.6  | 0.06                               |
| 鉄塔柱       | 23 | 1    | 2-6       | ケース②  | S s -D 2 | 9044                          | 2923                          | 37037               | 1.8  | 13.6  | 0.13                               |
| つなぎ<br>はり | 34 | 1    | 1-5       | ケース①  | S s -D 2 | 715                           | 665                           | 6681                | 1.4  | 13.6  | 0.10                               |
| 基礎版       | 11 | 621  | 1-5       | ケース①  | S s -D 2 | -8833*3                       | —                             | 11540               | 4.0  | 13.6  | 0.30                               |

注記\*1：評価位置は図 5-2 に示す。

\*2：M z , M y を用いて中立軸を算定し，評価を行っている。

\*3：上縁圧縮を+とする。

\*4：圧縮を+とする。

表 5-3 S s 地震時における曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果 (鉄筋)

| 評価位置*1    |    | 要素位置 | 荷重の<br>組合せ<br>ケース | 解析ケース | 地震動      | 曲げモー<br>メント<br>M z *2<br>(kN・m/m) | 曲げモー<br>メント<br>M y *2<br>(kN・m/m) | 軸力*4<br>N<br>(kN/m) | 発生<br>応力度<br>$\sigma_s$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 短期許容<br>応力度<br>$\sigma_{sa}$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 応力度比<br>$\sigma_s / \sigma_{sa}$ |
|-----------|----|------|-------------------|-------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---|--|----------------------------------|
| 筒身柱       | 25 | 6    | 1-5               | ケース①  | S s -D 2 | 145705                            | 5914                              | 15191               | 16  | 345  | 0.05                             |
| 鉄塔柱       | 21 | 11   | 2-1               | ケース①  | S s -D 2 | 2898                              | 5511                              | -10451              | 128   | 345  | 0.38                             |
| つなぎ<br>はり | 32 | 23   | 1-5               | ケース①  | S s -D 2 | -1032                             | 454                               | -4676               | 83  | 345  | 0.24                             |
| 基礎版       | 11 | 644  | 1-2               | ケース①  | S s -D 2 | -2152*3                           | —                                 | 518                 | 42  | 345  | 0.12                             |

注記\*1：評価位置は図 5-2 に示す。

\*2：M z，M y を用いて中立軸を算定し，評価を行っている。

\*3：上縁圧縮を+とする。

\*4：圧縮を+とする。

表 5-4 S s 地震時におけるせん断破壊に対する評価結果

| 評価位置* |    | 要素位置 | 荷重の<br>組合せ<br>ケース | 解析ケース | 地震動      | 発生<br>せん断力<br>V<br>(kN/m) | 短期許容<br>せん断力<br>V a<br>(kN/m) | 応力度比<br>V / V a |
|-------|----|------|-------------------|-------|----------|---------------------------|-------------------------------|-----------------|
| 筒身柱   | 25 | 1    | 2-6               | ケース①  | S s -D 2 | 102574                    | 150768                        | 0.69            |
| 鉄塔柱   | 24 | 1    | 2-5               | ケース②  | S s -D 2 | 12784                     | 21511                         | 0.60            |
| つなぎはり | 35 | 5    | 1-5               | ケース①  | S s -D 2 | 2346                      | 9819                          | 0.24            |
| 基礎版   | 11 | 894  | 1-5               | ケース①  | S s -D 2 | 5508                      | 8520                          | 0.65            |

注記\*：評価位置は図 5-2 に示す。