

|                         |                 |
|-------------------------|-----------------|
| 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料 |                 |
| 資料番号                    | KK7 補足-025-5 改3 |
| 提出年月日                   | 2020年5月20日      |

格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書に関する補足説明資料

2020年5月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

V-2-2-13「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1 地震応答解析における解析モデル及び手法

別紙 2 地震応答解析における耐震壁のせん断スケルトン曲線の設定

別紙 3 地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 4 地盤の液状化を考慮した地震応答解析結果

別紙 5 装置基礎剛性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 6 装置基礎の減衰定数の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 7 地盤改良体の物性値の不確かさを考慮した地震応答解析結果

## 別紙1 地震応答解析における解析モデル及び手法

## 目 次

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| 1. 概要 .....           | 別紙 1-1  |
| 2. 装置基礎及び杭のモデル化 ..... | 別紙 1-4  |
| 3. 地盤のモデル化 .....      | 別紙 1-6  |
| 3.1 原地盤のモデル化 .....    | 別紙 1-6  |
| 3.2 地盤改良土のモデル化 .....  | 別紙 1-7  |
| 4. 境界条件の設定 .....      | 別紙 1-9  |
| 4.1 基礎スラブー原地盤間 .....  | 別紙 1-9  |
| 4.2 杭ー原地盤間 .....      | 別紙 1-10 |
| 4.3 地盤改良土ー原地盤間 .....  | 別紙 1-14 |



## 1. 概要

本資料は、格納容器圧力逃がし装置基礎（以下「装置基礎」という。）の地震応答解析に用いる解析モデルのモデル化方針を示すものである。

V-2-2-13「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書」において、地震応答解析モデルは、装置基礎、場所打ち鋼管コンクリート杭（以下「杭」という。）及び地盤（原地盤及び地盤改良土）との相互作用を考慮した3次元FEMモデルとしている。3次元FEMモデルを用いることで、液状化対策として装置基礎の周囲に施工する地盤改良土の複雑な平面形状、複数の地盤改良工法に応じた物性値と改良深度の設定、群杭効果及びボックス形状の地盤改良土が装置基礎直下の原地盤の水平変形を拘束する効果を考慮することができる。

地震応答解析モデルの概要を表1-1に、地震応答解析モデルを図1-1に示す。

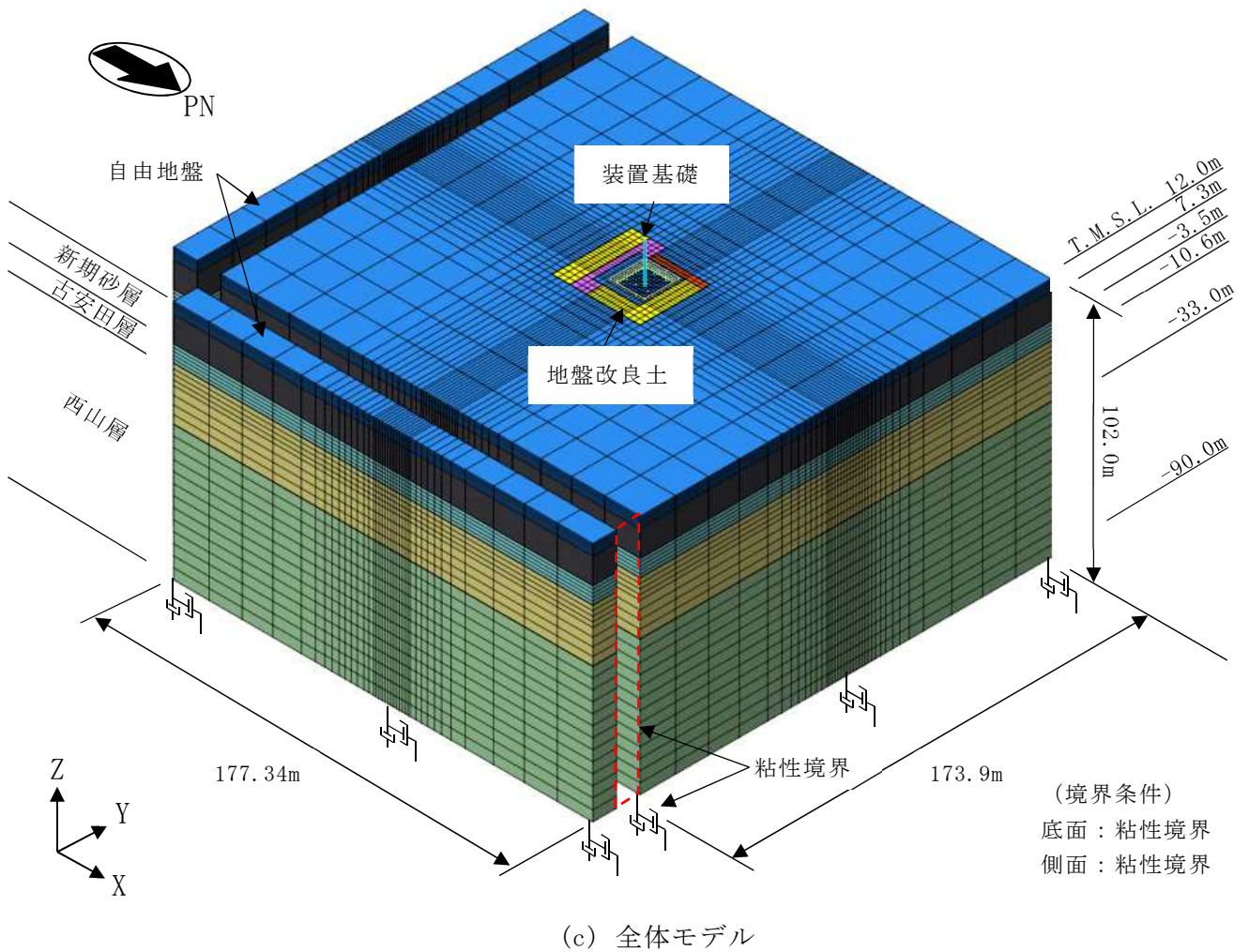
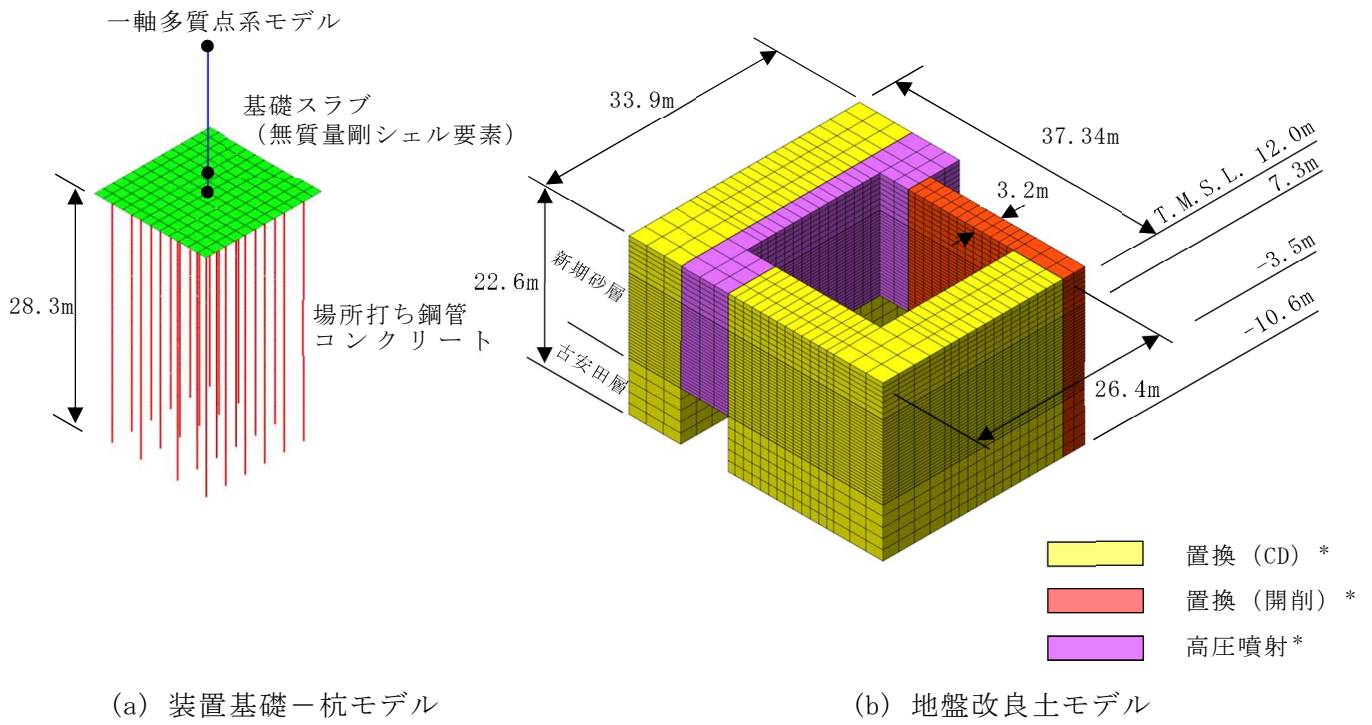
装置基礎のうちフィルタベント遮蔽壁（以下「遮蔽壁」という。）は一軸多質点系モデル、基礎スラブは一軸多質点系モデル及び無質量剛シェル要素でそれぞれモデル化する。また、杭ははり要素、原地盤及び地盤改良土はソリッド要素でそれぞれモデル化する。解析モデルの節点数は108993、要素数は105849である。

装置基礎及び杭のモデル化の詳細については「2. 装置基礎及び杭のモデル化」に、原地盤及び地盤改良土のモデル化の詳細については「3. 地盤のモデル化」に、境界条件の設定については「4. 境界条件の設定」にそれぞれ示す。

表 1-1 地震応答解析モデルの概要

| 項目                   |                 | 内容  |
|----------------------|-----------------|---|
| 入力地震動<br>の算定法        | 水平              | 基準地震動を用いて、一次元波動論により算定   |
|                      | 鉛直              | 基準地震動を用いて、一次元波動論により算定   |
| 解析コード                |                 | S o i l P l u s   |
| 装置基礎<br>及び杭の<br>モデル化 | モデル             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・遮蔽壁 : 一軸多質点系モデル</li> <li>・基礎スラブ : 一軸多質点系モデル及び無質量剛シェル要素</li> <li>・杭 : はり要素</li> </ul>  |
|                      | 材料物性            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・コンクリートのヤング係数 : <math>E = 22.7 \text{ kN/mm}^2</math></li> <li>・コンクリートのポアソン比 : <math>\nu = 0.2</math></li> <li>・鋼管のヤング係数 : <math>E = 205 \text{ kN/mm}^2</math></li> <li>・鋼管のポアソン比 : <math>\nu = 0.3</math></li> </ul> |
|                      | 剛性評価            | 耐震壁を考慮 (設計基準強度)   |
|                      | 減衰定数            | <ul style="list-style-type: none"> <li>・装置基礎 : 5% (レーリー減衰)</li> <li>・杭 : 3%* (レーリー減衰)</li> </ul>  |
|                      | 非線形特性           | <ul style="list-style-type: none"> <li>・耐震壁<br/>水平方向 : 非線形特性を考慮<br/>鉛直方向 : 考慮せず</li> <li>・杭 : 曲げの非線形特性を考慮</li> </ul>  |
| 地盤の<br>モデル化          | 原地盤             | 一次元波動論により得られる等価地盤物性値を用いたソリッド要素による水平成層地盤   |
|                      | 地盤改良土           | 一次元波動論により得られる等価地盤物性値を用いたソリッド要素による水平成層地盤   |
| 境界条件                 | 基礎スラブ<br>- 原地盤間 | ・底面 : ジョイント要素 (剥離・接触考慮)   |
|                      | 杭<br>- 原地盤間     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・杭周面 : ジョイント要素 (すべり考慮)</li> <li>・杭先端 : ジョイント要素 (剥離・接触考慮)</li> </ul>  |
|                      | 地盤改良土<br>- 原地盤間 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・側面 : ジョイント要素 (剥離・接触・すべり考慮)</li> <li>・底面 : ジョイント要素 (剥離・接触考慮)</li> </ul>  |
|                      | 地盤モデル<br>側面     | 粘性境界  |
|                      | 地盤モデル<br>底面     | 粘性境界  |

注記\* : 杭の減衰定数は、コンクリートの減衰定数が5%、鋼管の減衰定数が2%であることを考慮し、コンクリートと鋼管のヤング係数比をふまえた等価断面積で加重平均することで3%に設定する。



注記\* : 3.2 参照

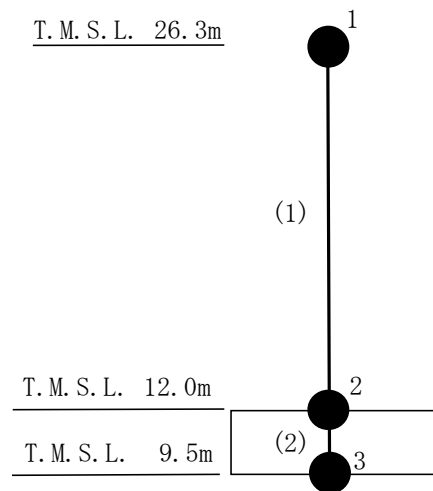
図 1-1 地震応答解析モデル (水平方向モデル・鉛直方向モデル共通)

## 2. 装置基礎及び杭のモデル化

装置基礎及び杭のモデル化は、V-2-2-13「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書」の「3.2 地震応答解析モデル」による。装置基礎は、質点及びはり要素で構成される一軸多質点系モデルとし、杭ははり要素でモデル化する。一軸多質点系モデルについては、重量を集中質量で評価し、はり要素については、曲げ変形、せん断変形及び軸変形を考慮できるものとする。一軸多質点系モデルの概要を図2-1に示す。

一軸多質点系モデルは、基礎スラブ下端レベルの質点を基礎スラブ（無質量剛シェル要素）と剛接合し、杭（はり要素）は杭頭を基礎スラブ（無質量剛シェル要素）と剛接合する。

装置基礎及び杭の減衰定数はそれぞれ5%及び3%とし、建屋－杭連成系の一次固有振動数及び二次固有振動数に比べて十分に大きな振動数20Hzを用いたレーリー減衰として設定する。固有振動数及び減衰定数を用いたレーリー減衰の設定方法は、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」（S o i l P l u s）に示す通りである。装置基礎及び杭のレーリー減衰を表2-1に示す。



注：数字は質点番号を，（ ）内は部材番号を示す。

図 2-1 一軸多質点系モデルの概要

表 2-1 装置基礎及び杭のレーリー減衰

(a) 装置基礎

| 基準地震動 | 方向 | 固有振動数*        |               | モード減衰定数      |              | 粘性減衰の<br>質量項に関する<br>係数 $\alpha$ (-) | 粘性減衰の<br>剛性項に関する<br>係数 $\beta$ ( $\times 10^{-4}$ ) |
|-------|----|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------------------------------|---|
|       |    | $f_j$<br>(Hz) | $f_k$<br>(Hz) | $h_j$<br>(-) | $h_k$<br>(-) |                                     |   |
| Ss-1  | 水平 | 2.79          | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 1.54                                | 6.98  |
|       | 鉛直 | 11.04         | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 4.47                                | 5.13  |
| Ss-2  | 水平 | 2.88          | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 1.58                                | 6.96  |
|       | 鉛直 | 11.04         | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 4.47                                | 5.13  |
| Ss-3  | 水平 | 2.69          | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 1.49                                | 7.01  |
|       | 鉛直 | 11.03         | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 4.47                                | 5.13  |
| Ss-4  | 水平 | 2.98          | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 1.63                                | 6.92  |
|       | 鉛直 | 11.35         | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 4.55                                | 5.08  |
| Ss-5  | 水平 | 2.96          | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 1.62                                | 6.93  |
|       | 鉛直 | 11.26         | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 4.53                                | 5.09  |
| Ss-6  | 水平 | 2.96          | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 1.62                                | 6.93  |
|       | 鉛直 | 11.29         | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 4.53                                | 5.09  |
| Ss-7  | 水平 | 2.87          | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 1.58                                | 6.96  |
|       | 鉛直 | 11.10         | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 4.49                                | 5.12  |
| Ss-8  | 水平 | 2.89          | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 1.59                                | 6.95  |
|       | 鉛直 | 11.18         | 20.00         | 0.050        | 0.050        | 4.51                                | 5.10  |

注記\*：水平方向の固有振動数 $f_j$ は、NS方向及びEW方向の固有振動数のうち小さい方を採用する。

(b) 杭

| 基準地震動 | 方向 | 固有振動数*        |               | モード減衰定数      |              | 粘性減衰の<br>質量項に関する<br>係数 $\alpha$ (-) | 粘性減衰の<br>剛性項に関する<br>係数 $\beta$ ( $\times 10^{-4}$ ) |
|-------|----|---------------|---------------|--------------|--------------|-------------------------------------|---|
|       |    | $f_j$<br>(Hz) | $f_k$<br>(Hz) | $h_j$<br>(-) | $h_k$<br>(-) |                                     |   |
| Ss-1  | 水平 | 2.79          | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 0.923                               | 4.19  |
|       | 鉛直 | 11.04         | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 2.68                                | 3.08  |
| Ss-2  | 水平 | 2.88          | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 0.949                               | 4.17  |
|       | 鉛直 | 11.04         | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 2.68                                | 3.08  |
| Ss-3  | 水平 | 2.69          | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 0.894                               | 4.21  |
|       | 鉛直 | 11.03         | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 2.68                                | 3.08  |
| Ss-4  | 水平 | 2.98          | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 0.979                               | 4.15  |
|       | 鉛直 | 11.35         | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 2.73                                | 3.05  |
| Ss-5  | 水平 | 2.96          | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 0.971                               | 4.16  |
|       | 鉛直 | 11.26         | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 2.72                                | 3.05  |
| Ss-6  | 水平 | 2.96          | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 0.971                               | 4.16  |
|       | 鉛直 | 11.29         | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 2.72                                | 3.05  |
| Ss-7  | 水平 | 2.87          | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 0.947                               | 4.17  |
|       | 鉛直 | 11.10         | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 2.69                                | 3.07  |
| Ss-8  | 水平 | 2.89          | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 0.953                               | 4.17  |
|       | 鉛直 | 11.18         | 20.00         | 0.030        | 0.030        | 2.70                                | 3.06  |

注記\*：水平方向の固有振動数 $f_j$ は、NS方向及びEW方向の固有振動数のうち小さい方を採用する。

### 3. 地盤のモデル化

#### 3.1 原地盤のモデル化

原地盤は、装置基礎直下の地盤調査結果に基づく水平成層地盤を仮定し、ソリッド要素でモデル化する。モデル化の範囲は、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版（（社）日本電気協会）」に基づき、水平方向については装置基礎水平方向幅の4倍以上に相当するNS方向177.34m、EW方向173.9mとし、深さ方向については杭先端から装置基礎水平方向幅以上の深さに相当する102.0m（T.M.S.L.12.0m～T.M.S.L.-90.0m）とする。解析領域の境界部においては、側面にエネルギー逸散効果を、底面に半無限性を考慮するために粘性境界を設ける。

原地盤モデルの物性値は、V-2-2-13「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書」の「3.2 地震応答解析モデル」の初期地盤物性値、せん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性を用いた一次元波動論により得られる等価地盤物性値とする。

### 3.2 地盤改良土のモデル化

西山層より上部の地層は、基準地震動  $S_s$  により液状化を生じる可能性があることから、装置基礎直下地盤の液状化による変位を拘束することを目的としてセメント系の地盤改良を行う。地盤改良は装置基礎の施工後に実施するため、装置基礎直下ではなく周辺の地盤に対して実施する。なお、装置基礎の北西に位置する原子炉建屋は、地盤改良土より剛性が高いため、地盤改良土による装置基礎直下地盤の変位抑制効果を考慮する上では、モデル化しない。地盤改良は施工方法を考慮して表 3-1 に示す 3 種類の工法を用い、図 3-1 に示す範囲に施工する。地盤改良土はソリッド要素でモデル化し、地盤改良土による基礎直下の原地盤の拘束効果を考慮する。地盤改良土モデルの物性値は、表 3-2 の初期地盤物性値、せん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性を用いた一次元波動論により得られる等価地盤物性値とする。

表 3-1 地盤改良の工法

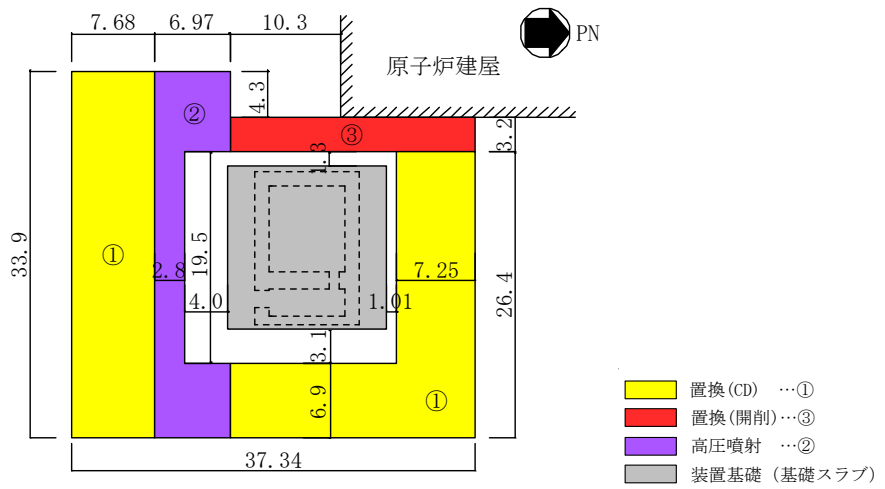
| 地盤改良工法の名称 | 工法概要  |
|-----------|---|
| 置換 (CD)   | 全周回転掘削機により地盤を必要深さまで掘削した後、流動化処理土を充填する工法                      |
| 置換 (開削)   | 置換 (CD) と類似の工法で、狭隘部において小型建機を用いて地盤を必要深さまで掘削した後、流動化処理土を充填する工法 |
| 高圧噴射      | セメントミルクとエアを高圧噴射して地盤とセメントミルクを攪拌混合する工法 (新期砂層のみ適用*)            |

注記\* : 装置基礎周辺の古安田層はシルトを含むため、高圧噴射は用いない。

表 3-2 地盤改良土の物性値

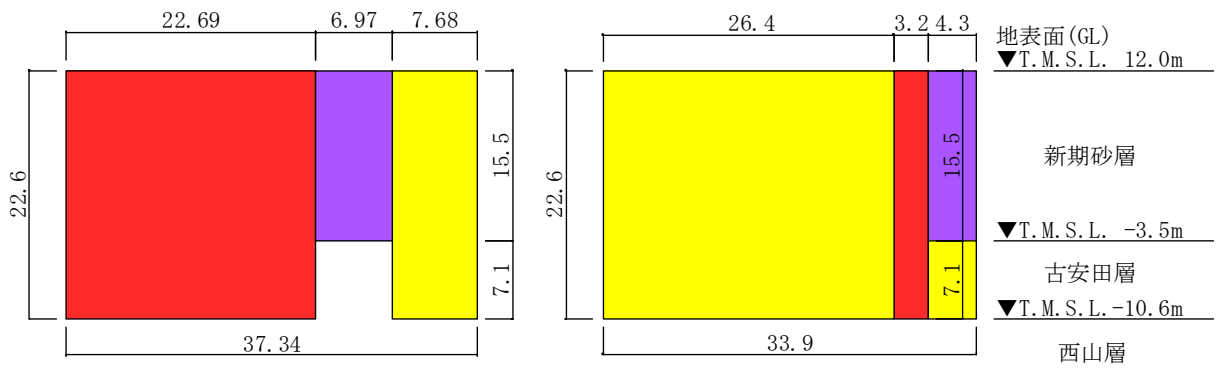
| 標高<br>T.M.S.L.<br>(m) | 地層      | せん断波<br>速度<br>$V_s$<br>(m/s) | 単位体積<br>重量<br>$\gamma_t$<br>(kN/m <sup>3</sup> ) | ポアソン<br>比<br>$\nu$ | $G/G_0 \sim \gamma$       | $h \sim \gamma$ (%)                  |
|-----------------------|---------|------------------------------|--|--------------------|---------------------------|--------------------------------------|
| +12.0 ~ -3.5          | 置換 (CD) | 800                          | 17.9   | 0.302              | $1/(1+10.1\gamma^{1.21})$ | $\gamma/(0.172\gamma+0.00783)+0.401$ |
|                       | 置換 (開削) | 840                          | 18.1   | 0.302              | $1/(1+10.1\gamma^{1.21})$ | $\gamma/(0.172\gamma+0.00783)+0.401$ |
|                       | 高圧噴射    | 810                          | 19.7   | 0.375              | $1/(1+8.06\gamma^{1.14})$ | $\gamma/(0.107\gamma+0.0109)+0.790$  |
| -3.5 ~ -10.6          | 置換 (CD) | 800                          | 18.0   | 0.302              | $1/(1+10.1\gamma^{1.21})$ | $\gamma/(0.172\gamma+0.00783)+0.401$ |
|                       | 置換 (開削) | 840                          | 18.1   | 0.302              | $1/(1+10.1\gamma^{1.21})$ | $\gamma/(0.172\gamma+0.00783)+0.401$ |

注 :  $\gamma$  はせん断ひずみ (%) を表す



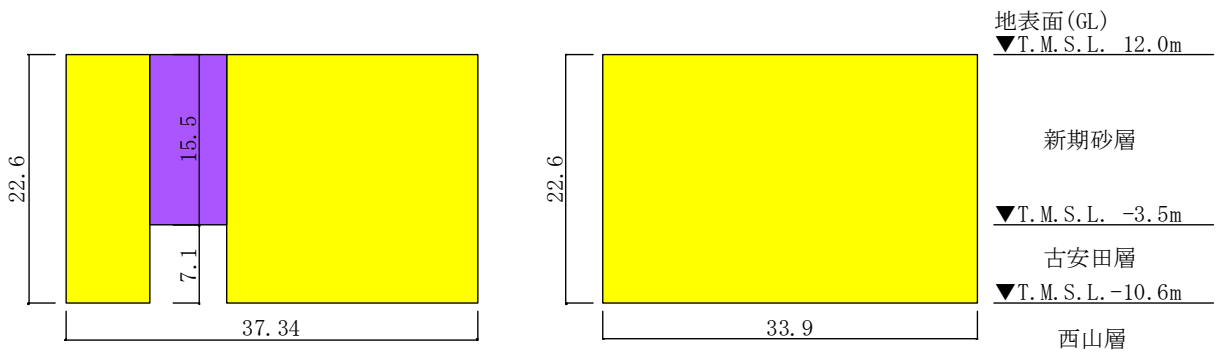
注：○印の番号は施工順序を示す。

(a) 平面図 (T.M.S.L. 12.0m)



(b) 側面図 (西側)

(c) 側面図 (北側)



(d) 側面図 (東側)

(e) 側面図 (南側)

(単位：m)

図 3-1 地盤改良範囲



#### 4. 境界条件の設定

基礎スラブー原地盤間，杭ー原地盤間，地盤改良土ー原地盤間の境界は，それぞれ実際の挙動を考慮し，ジョイント要素及び多点拘束を設定する。以下に各境界の考え方を示す。

##### 4.1 基礎スラブー原地盤間

基礎スラブの底面と原地盤の境界においては，装置基礎の地震時水平力が主として杭を介して原地盤に伝達することから，すべりを考慮したジョイント要素は設定せず，剥離・接触のみを考慮したジョイント要素を設定する。

基礎スラブ底面におけるジョイント要素の非線形特性を表 4-1 に示す。

表 4-1 基礎スラブの底面におけるジョイント要素の非線形特性

| 部位 | 境界モデル概念図 | ジョイント要素の非線形特性 |
|----|----------|---------------|
| 底面 |          |               |

注記\*：ばね定数は，数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として設定する。

## 4.2 杭－原地盤間

杭と原地盤の境界は、杭が周囲の地盤の変形に追従することを考慮し、水平自由度において多点拘束を設定する。なお、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」の補足説明資料「地盤の支持性能について」の参考資料7「杭基礎の支持力評価方法に関する補足」において、杭間隔 2.5D～10Dとの記載があるが、これは地震時の杭と地盤の相互作用の3次元効果を2次元モデルで適切に考慮するために設定する杭－地盤相互作用ばねに関する検討範囲である。装置基礎の地盤及び杭は3次元FEMでモデル化しており、杭と地盤の地震時相互作用の3次元効果は解析モデル上で考慮されているため、杭－地盤相互作用ばねは設定しておらず、杭間隔 2.5D～10Dの制限はない。

杭周面には摩擦によるすべりを考慮したジョイント要素を設定する。杭周面のジョイント要素は、V-2-2-14「格納容器圧力逃がし装置基礎の耐震性についての計算書」に示す杭の評価にて杭頭における鉛直支持力及び引抜き抵抗力の許容限界に考慮している周面摩擦力とは異なるものであり、解析モデルにおいて杭周面摩擦によるすべりを考慮することで杭頭における応答評価を適切に行うために設定するものである。ここで、杭周面ジョイント要素に与えるせん断強度は、「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」に示される極限引抜き抵抗力を基に算定した残留引抜き抵抗力とし、以下に示す式(4.1)及び式(4.2)で評価する。

$$\text{極限引抜き抵抗力} \quad P_u = U \sum L_i f_i \cdots \cdots \cdots (4.1)$$

$$\text{残留引抜き抵抗力} \quad P_{Ru} = P_u / 1.2 \cdots \cdots \cdots (4.2)$$

ここに、

$P_u$  : 地盤から決まる杭の極限引抜き抵抗力 (kN)

$U$  : 杭の周長 (m)

$L_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の層厚 (m)

$f_i$  : 周面摩擦力を考慮する層の最大周面摩擦力度であり、杭の施工方法及び地盤種別により、標準貫入試験の  $N$  値及び地盤の粘着力を用いて定められる。装置基礎に用いる場所打ち鋼管コンクリート杭では、施工時に鋼管の外周面にグラウトを充填することから、地盤との摩擦面は場所打ち杭と同等である。このため、 $f_i$  は場所打ち杭工法の値を参考に、砂質土の場合は  $5N$  ( $\leq 200$ ) ( $\text{kN/m}^2$ )、粘性土の場合は  $c$  又は  $10N$  ( $\leq 150$ ) ( $\text{kN/m}^2$ ) とする ( $N$  は標準貫入試験の  $N$  値、 $c$  は地盤の粘着力)。場所打ち鋼管コンクリート杭の施工手順を図 4-1 に示す。

$P_{Ru}$  : 地盤から決まる杭の残留引抜き抵抗力 (kN)

杭先端には，剥離・接触を考慮したジョイント要素を設定する。なお，杭先端のジョイント要素については，装置基礎と杭の自重及び基礎スラブと杭に作用する浮力を考慮した杭先端荷重  $N_c$  を考慮する。

杭周面及び杭先端におけるジョイント要素の非線形特性を表 4-2 に示す。

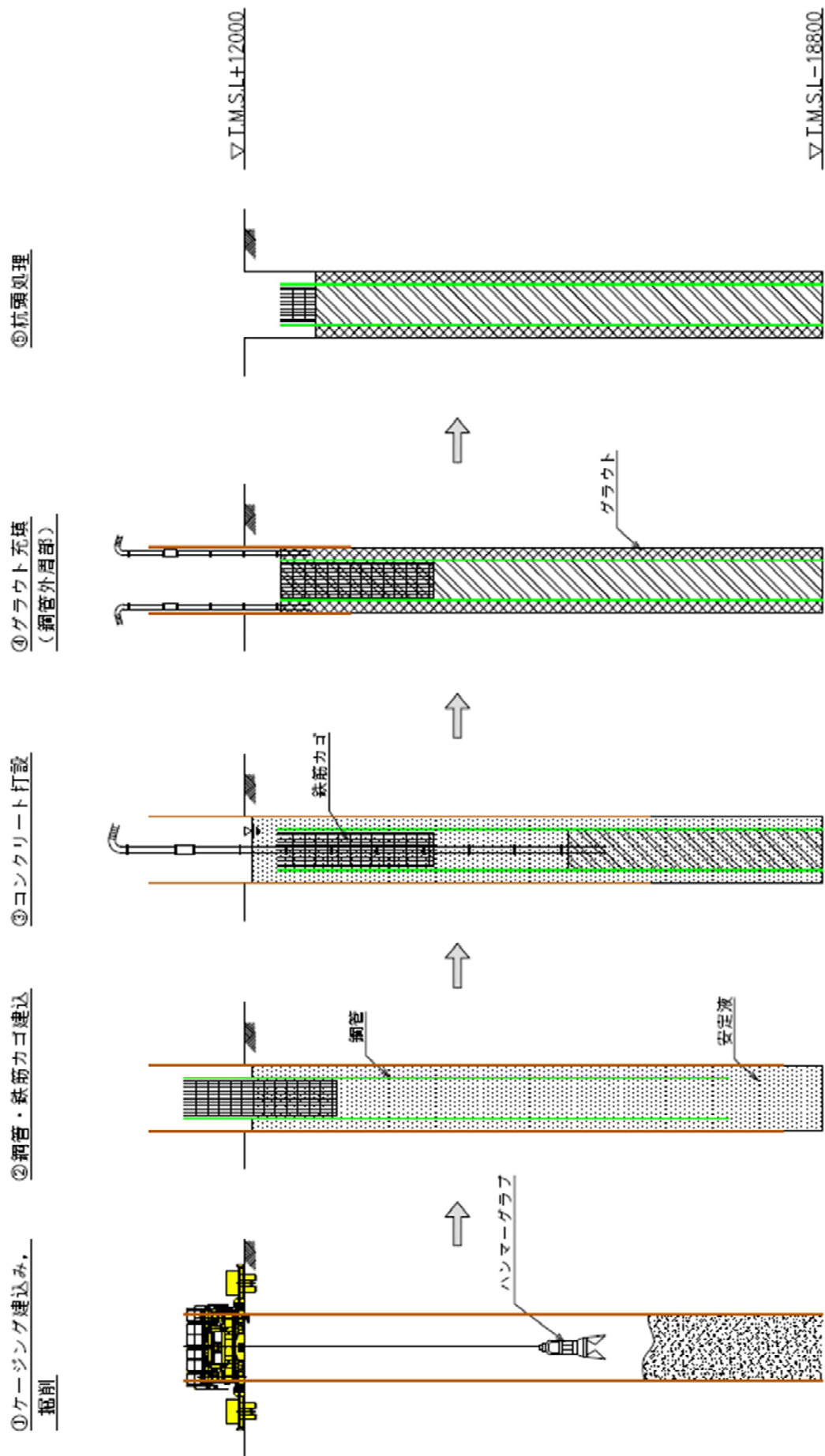
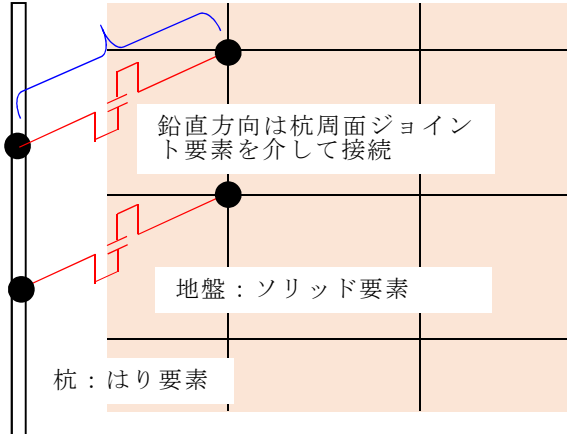
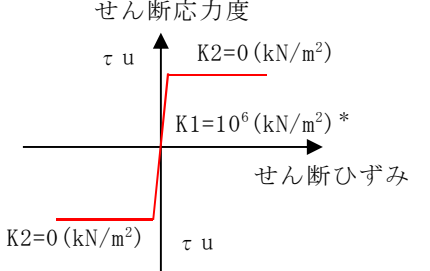
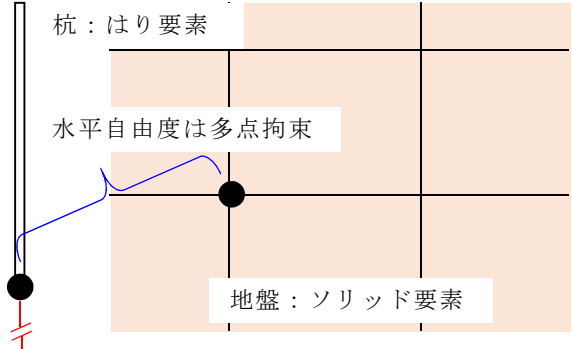
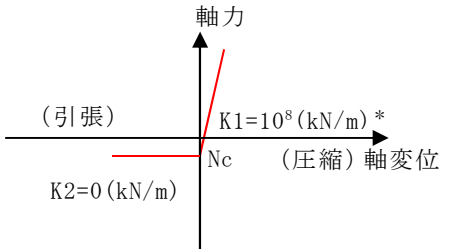


図 4-1 場所打ち鋼管コンクリート杭の施工手順

表 4-2 杭周面及び杭先端におけるジョイント要素の非線形特性

| 部位  | 境界モデル概念図  | ジョイント要素の非線形特性  |
|-----|---|--|
| 杭周面 | <p>水平自由度は多点拘束</p>  <p>鉛直方向は杭周面ジョイント要素を介して接続</p> <p>地盤：ソリッド要素</p> <p>杭：はり要素</p>     |  <p>せん断応力度</p> <p><math>\tau u</math></p> <p><math>K2=0</math> (kN/m<sup>2</sup>)</p> <p><math>K1=10^6</math> (kN/m<sup>2</sup>) *</p> <p>せん断ひずみ</p> <p><math>\tau u</math></p> <p><math>K2=0</math> (kN/m<sup>2</sup>)</p> |
| 杭先端 | <p>杭：はり要素</p> <p>水平自由度は多点拘束</p>  <p>杭：はり要素</p> <p>水平自由度は多点拘束</p> <p>地盤：ソリッド要素</p> |  <p>軸力</p> <p>(引張)</p> <p><math>K1=10^8</math> (kN/m) *</p> <p><math>N_c</math></p> <p>(圧縮) 軸変位</p> <p><math>K2=0</math> (kN/m)</p>   |

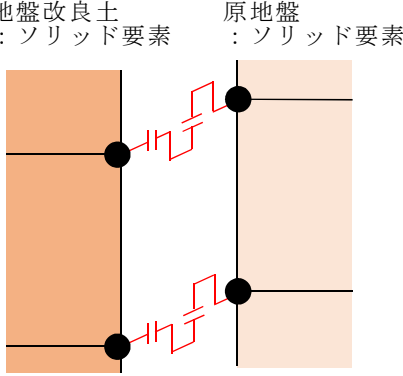
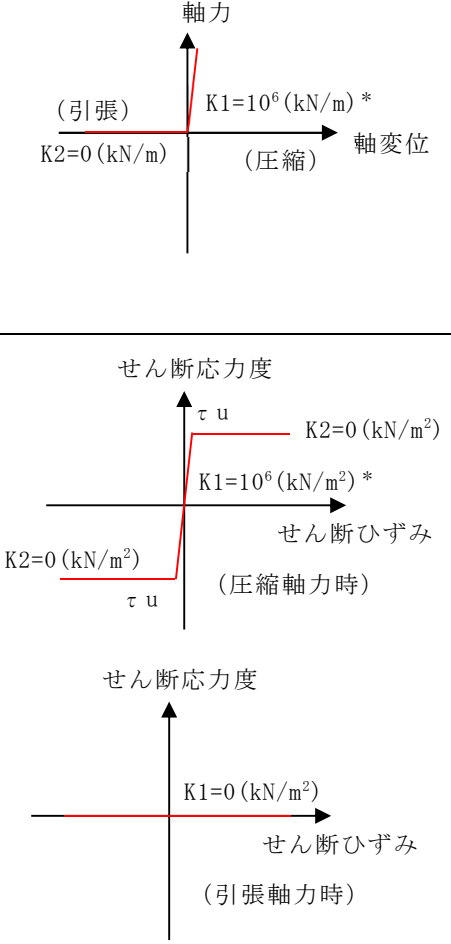
注記\*：ばね定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として設定する。

### 4.3 地盤改良土－原地盤間

地盤改良土の側面と原地盤の境界においては剥離・接触と摩擦によるすべりを考慮したジョイント要素を設定する。一方、地盤改良土の底面と原地盤の境界においては、実際の施工では地盤改良土を西山層に埋込むためすべりを生じないと考えられることから、水平自由度において多点拘束を設定するとともに、鉛直方向に剥離・接触を考慮したジョイント要素を設定する。

地盤改良土の側面及び底面におけるジョイント要素の非線形特性を表 4-3 に示す。

表 4-3 地盤改良土の側面及び底面におけるジョイント要素の非線形特性 (1/2)

| 部位 | 境界モデル概念図  | ジョイント要素の非線形特性  |
|----|---|--|
| 側面 |  |  <p>軸力</p> <p>(引張) <math>K1=10^6</math> (kN/m) * (圧縮)</p> <p>軸変位</p> <p><math>K2=0</math> (kN/m)</p> <hr/> <p>せん断応力度</p> <p><math>\tau u</math> <math>K2=0</math> (kN/m<sup>2</sup>)</p> <p><math>K1=10^6</math> (kN/m<sup>2</sup>) *</p> <p>せん断ひずみ (圧縮軸力時)</p> <p><math>K2=0</math> (kN/m<sup>2</sup>) <math>\tau u</math></p> <hr/> <p>せん断応力度</p> <p><math>K1=0</math> (kN/m<sup>2</sup>)</p> <p>せん断ひずみ (引張軸力時)</p> |

注記\* : ばね定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として設定する。

表 4-3 地盤改良土の側面及び底面におけるジョイント要素の非線形特性 (2/2)

| 部位 | 境界モデル概念図 | ジョイント要素の非線形特性 |
|----|----------|---------------|
| 底面 |          |               |

注記\*：ばね定数は、数値解析上不安定な挙動を起こさない程度に十分大きい値として設定する。

別紙2 地震応答解析における耐震壁のせん断スケルトン曲線の  
設定



## 目 次

|                             |        |
|-----------------------------|--------|
| 1. 概要                       | 別紙2-1  |
| 2. 耐震壁の非線形特性の設定について         | 別紙2-2  |
| 2.1 第1折点の設定                 | 別紙2-3  |
| 2.2 第2折点の設定                 | 別紙2-3  |
| 2.3 終局点の設定                  | 別紙2-4  |
| 3. せん断スケルトン曲線の設定について        | 別紙2-5  |
| 3.1 装置基礎                    | 別紙2-5  |
| 3.1.1 水平方向モデル               | 別紙2-5  |
| 3.1.2 使用材料の物性値              | 別紙2-8  |
| 3.1.3 RC造耐震壁のせん断スケルトン曲線の諸数値 | 別紙2-9  |
| 4. まとめ                      | 別紙2-13 |

## 1. 概要

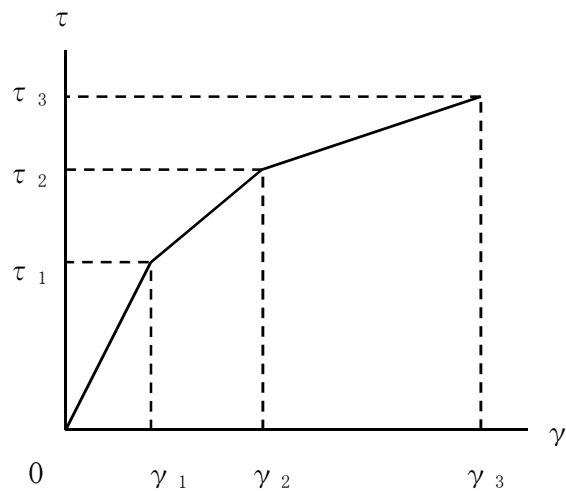
柏崎刈羽原子力発電所の格納容器圧力逃がし装置基礎（以下「装置基礎」という。）については、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体とした構造物である。このため、この構築物の地震応答解析においては、鉄筋コンクリート造耐震壁（以下「RC造耐震壁」という。）の非線形特性を考慮している。本資料は、このRC造耐震壁のせん断スケルトン曲線の設定について説明するものである。

また、本資料は、以下の添付資料の補足説明をするものである。

- ・ V-2-2-13 「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書」

## 2. 耐震壁の非線形特性の設定について

RC造耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ $\tau - \gamma$  関係）は、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）」（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）に基づき、トリリニア型スケルトン曲線とする。せん断応力度－せん断ひずみ関係を図2-1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2-1 せん断応力度－せん断ひずみ関係

## 2.1 第1折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断スケルトン曲線の第1折点は，J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき，以下の式より算出している。

$$\tau_1 = \sqrt{\sqrt{F_c} \left( \sqrt{F_c + \sigma_v} \right)}$$
$$\gamma_1 = \tau_1 / G$$

ここで，

- $F_c$  : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)
- $G$  : コンクリートのせん断弾性係数 (kgf/cm<sup>2</sup>)
- $\sigma_v$  : 縦軸応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>) (圧縮を正とする。)

## 2.2 第2折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断スケルトン曲線の第2折点は，J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき，以下の式より算出している。

$$\tau_2 = 1.35 \tau_1$$
$$\gamma_2 = 3 \gamma_1$$

### 2.3 終局点の設定

RC造耐震壁におけるせん断スケルトン曲線の終局点は、J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_s \leq 4.5\sqrt{F_c} \text{ の場合}$$

$$\tau_3 = \left( 1 - \frac{\tau_s}{4.5\sqrt{F_c}} \right) \tau_0 + \tau_s$$

$$\tau_s > 4.5\sqrt{F_c} \text{ の場合}$$

$$\tau_3 = 4.5\sqrt{F_c}$$

$$\gamma_3 = 4.0 \times 10^{-3}$$

ここで、

$$\tau_0 = \left( 3 - \frac{1.8M}{QD} \right) \sqrt{F_c}$$

ただし、 $M/(QD) > 1$  のとき  $M/(QD) = 1$

$$\tau_s = \frac{(P_V + P_H) \cdot s \sigma_y}{2} + \frac{(\sigma_V + \sigma_H)}{2}$$

ここで、

$F_c$  : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$P_V, P_H$  : 縦, 横筋比 (実数)

$\sigma_V, \sigma_H$  : 縦, 横軸応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>) (圧縮を正とする。)

$s \sigma_y$  : 鉄筋降伏応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

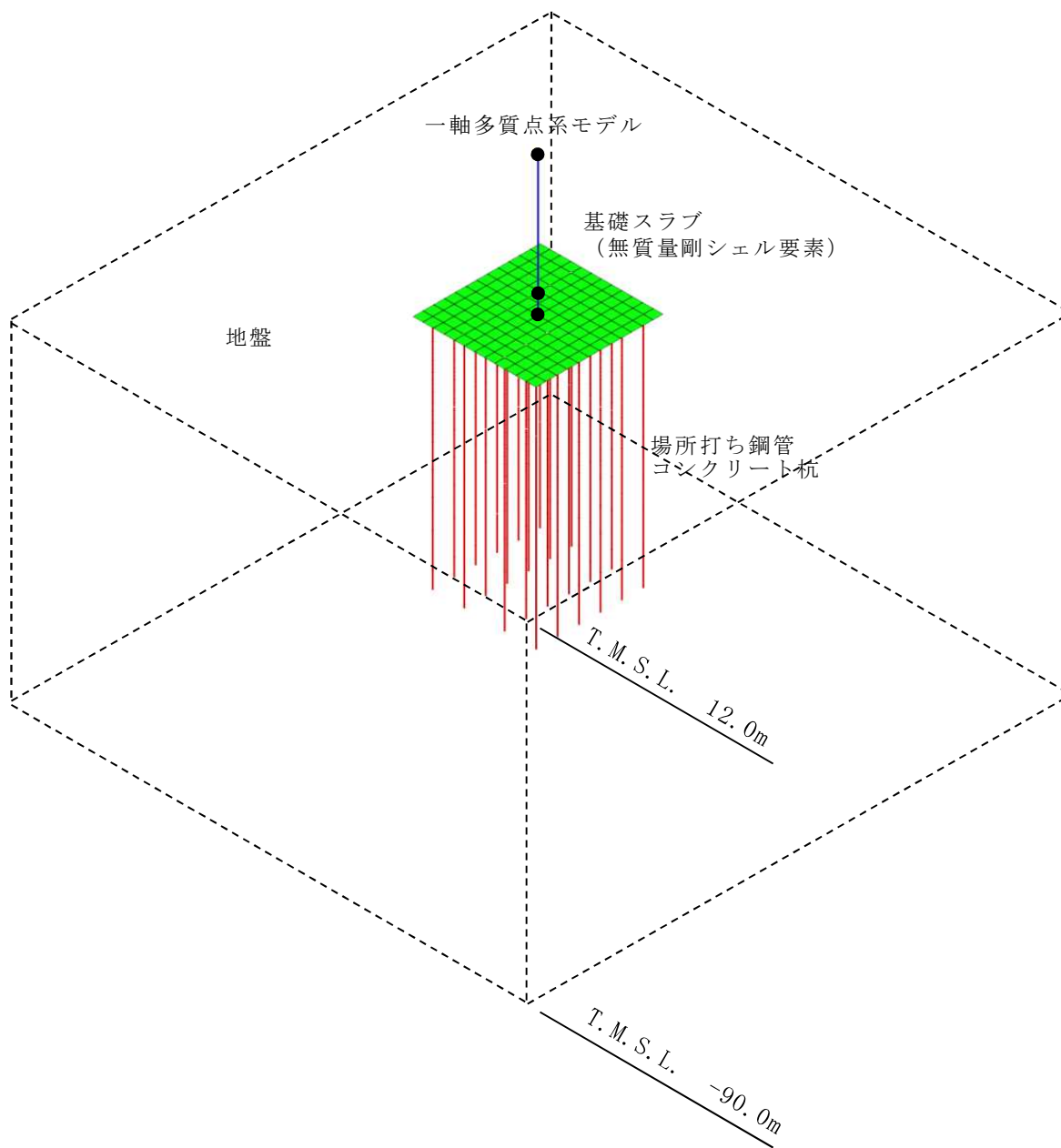
$M/(QD)$  : シアスパン比

### 3. せん断スケルトン曲線の設定について

#### 3.1 装置基礎

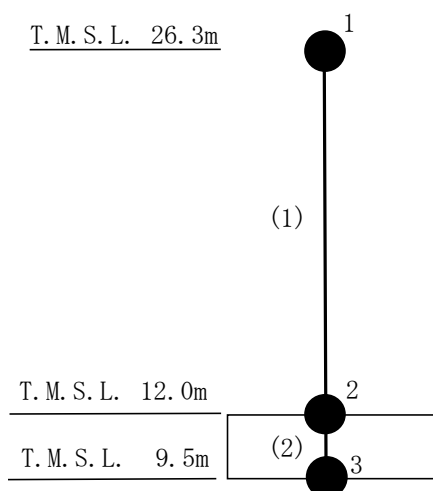
##### 3.1.1 水平方向モデル

水平方向は、杭を含む地盤との相互作用を考慮し、耐震壁等の曲げ及びせん断剛性を評価した多質点系モデルとし、地盤は3次元FEMモデルとしている。地震応答解析モデルを図3-1に、遮蔽壁及び基礎スラブの解析モデルを図3-2に、解析モデルの諸元を表3-1に示す。



注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図3-1 地震応答解析モデル



注：数字は質点番号を，（ ）内は部材番号を示す。

図 3-2 遮蔽壁及び基礎スラブの地震応答解析モデル（水平方向）

表 3-1 遮蔽壁及び基礎スラブの地震応答解析モデル諸元

(a) NS 方向

| 質点番号 | 質点重量<br>W (kN) | 回転慣性重量<br>$I_G$<br>( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ ) | 部材番号 | せん断<br>断面積<br>$A_s$ ( $\text{m}^2$ ) | 断面二次<br>モーメント<br>I ( $\text{m}^4$ ) |
|------|----------------|---|------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1    | 10870          | 100.5   | (1)  | 27.6                                 | 574                                 |
| 2    | 20820          | 404.7   |      |                                      |                                     |
| 3    | 6620           | 118.5   | (2)  | 220.5                                | 3916                                |
| 合計   | 38310          |   |      |                                      |                                     |

(b) EW 方向

| 質点番号 | 質点重量<br>W (kN) | 回転慣性重量<br>$I_G$<br>( $\times 10^3 \text{kN} \cdot \text{m}^2$ ) | 部材番号 | せん断<br>断面積<br>$A_s$ ( $\text{m}^2$ ) | 断面二次<br>モーメント<br>I ( $\text{m}^4$ ) |
|------|----------------|---|------|--------------------------------------|-------------------------------------|
| 1    | 10870          | 124.7   | (1)  | 28.3                                 | 730                                 |
| 2    | 20820          | 430.5   |      |                                      |                                     |
| 3    | 6620           | 126.7   | (2)  | 220.5                                | 4189                                |
| 合計   | 38310          |   |      |                                      |                                     |



### 3.1.2 使用材料の物性値

地震応答解析に用いる装置基礎の使用材料の物性値を表3-2及び表3-3に示す。

表3-2 使用材料の物性値（コンクリート）

| 使用材料  | ヤング係数<br>E (N/mm <sup>2</sup> ) | せん断弾性係数<br>G (N/mm <sup>2</sup> ) | 減衰定数<br>h (%) |
|---|---------------------------------|-----------------------------------|---------------|
| コンクリート：<br>F <sub>c</sub> = 24 (N/mm <sup>2</sup> ) | 2.27 × 10 <sup>4</sup>          | 9.45 × 10 <sup>3</sup>            | 5             |

表3-3 使用材料の物性値（鉄筋）

| 使用材料     | 降伏応力度<br>s σ <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> ) |
|----------|--|
| 鉄筋：SD345 | 345  |

### 3.1.3 RC造耐震壁のせん断スケルトン曲線の諸数値

#### (1) 第1折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断スケルトン曲線の第1折点の設定根拠を表3-4に示す。

表3-4 せん断スケルトン曲線（ $\tau - \gamma$  関係，第1折点）

#### (a) NS方向

| 部材番号 | 通り | 設計基準強度<br>$F_c$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | せん断弾性<br>係数 $G$<br>( $\times 10^3 \text{N}/\text{mm}^2$ ) | 断面積<br>$A_s$<br>( $\text{m}^2$ ) | 縦軸応力度<br>$\sigma_v$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | $\tau_1$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|------|----|---|---|----------------------------------|---|--|------------------------------------|
| 1    | A  | 24.0  | 9.45  | 12.5                             | 0.42  | 1.72                                   | 0.182                              |
|      | B  | 24.0  | 9.45  | 15.1                             | 0.39  | 1.70                                   | 0.180                              |

#### (b) EW方向

| 部材番号 | 通り | 設計基準強度<br>$F_c$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | せん断弾性<br>係数 $G$<br>( $\times 10^3 \text{N}/\text{mm}^2$ ) | 断面積<br>$A_s$<br>( $\text{m}^2$ ) | 縦軸応力度<br>$\sigma_v$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | $\tau_1$<br>( $\text{N}/\text{mm}^2$ ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|------|----|---|---|----------------------------------|---|--|------------------------------------|
| 1    | 1  | 24.0  | 9.45  | 14.2                             | 0.41  | 1.71                                   | 0.181                              |
|      | 2  | 24.0  | 9.45  | 14.2                             | 0.40  | 1.71                                   | 0.181                              |

(2) 第2折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断スケルトン曲線の第2折点の設定根拠を表3-5に示す。

表3-5 せん断スケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係, 第2折点)

(a) NS方向

| 部材番号 | 通り | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|------|----|----------------------------------|------------------------------------|
| 1    | A  | 2.32                             | 0.545                              |
|      | B  | 2.30                             | 0.540                              |

(b) EW方向

| 部材番号 | 通り | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|------|----|----------------------------------|------------------------------------|
| 1    | 1  | 2.31                             | 0.543                              |
|      | 2  | 2.30                             | 0.542                              |

(3) 終局点

RC造耐震壁の終局点は、「2.3 終局点の設定」に基づき、耐震壁の終局せん断応力度を算出する。シアスパン比 $M/(QD)$ は、安全側に1を用いている。また、 $\sigma_H$ は安全側に0.0としている。

RC造耐震壁の各要素におけるせん断スケルトン曲線の終局点の設定根拠を表3-6に示す。また、装置基礎のT.M.S.L. 12.0 m~T.M.S.L. 26.3 mについて、各耐震壁の配筋を示したものを図3-3に示す。

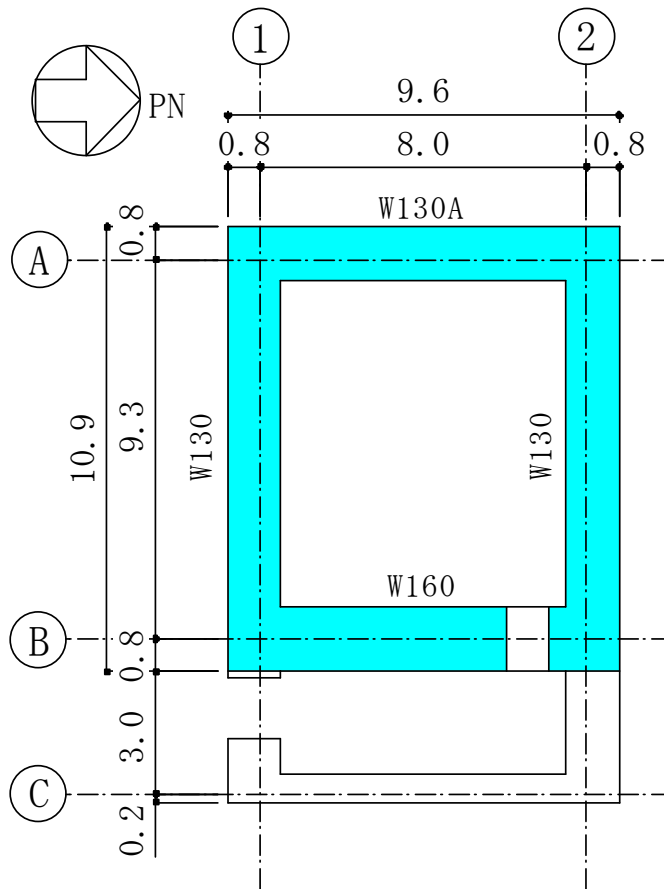
表3-6 せん断スケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係, 終局点)

(a) NS方向

| 部材番号 | 通り | $P_V$  | $P_H$  | 縦軸応力度<br>$\sigma_V$<br>( $N/mm^2$ ) | $M/(QD)$ | $\tau_3$<br>( $N/mm^2$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|------|----|--------|--------|-------------------------------------|----------|--------------------------|------------------------------------|
| 1    | A  | 0.0097 | 0.0099 | 0.42                                | 1.0      | 4.48                     | 4.000                              |
|      | B  | 0.0061 | 0.0050 | 0.39                                | 1.0      | 3.39                     | 4.000                              |

(b) EW方向

| 部材番号 | 通り | $P_V$  | $P_H$  | 縦軸応力度<br>$\sigma_V$<br>( $N/mm^2$ ) | $M/(QD)$ | $\tau_3$<br>( $N/mm^2$ ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
|------|----|--------|--------|-------------------------------------|----------|--------------------------|------------------------------------|
| 1    | 1  | 0.0061 | 0.0049 | 0.41                                | 1.0      | 3.40                     | 4.000                              |
|      | 2  | 0.0061 | 0.0049 | 0.40                                | 1.0      | 3.39                     | 4.000                              |



| 記号*   | レベル<br>T. M. S. L. (m) | 縦筋                               | 横筋   |
|-------|------------------------|----------------------------------|--|
| W130  | 12.0～17.1              | 内：D29@200 (2段)<br>外：D29@200 (2段) | 内：D29@200 + D29@400<br>外：D29@200 + D29@400 |
|       | 17.1～18.3              | 内：D29@200<br>外：D29@200           | 内：D29@200 + D29@400<br>外：D29@200 + D29@400 |
|       | 18.3～26.3              | 内：D29@200<br>外：D29@200           | 内：D29@200<br>外：D29@200                     |
| W130A | 12.0～26.3              | 内：D29@200 (2段)<br>外：D29@200 (2段) | 内：D29@200 (2段)<br>外：D29@200 (2段)           |
| W160  | 12.0～26.3              | 内：D32@200<br>外：D32@200           | 内：D32@200<br>外：D32@200                     |

注：太字は算定で用いる配筋を示す。

注記\*：記号に含まれる数値は壁厚(cm)を表す。

(例：W130なら130 cm)

図3-3 耐震壁の配筋図 (T. M. S. L. 12.0 m～T. M. S. L. 26.3 m)

4. まとめ

柏崎刈羽原子力発電所の装置基礎におけるせん断スケルトン曲線の設定について整理した。耐震壁について算出したせん断スケルトン曲線の諸数値を表4-1に示す。

表4-1 せん断スケルトン曲線 ( $\tau - \gamma$  関係)

(a) NS方向

| 部材番号 | 第1折点                             |                                    | 第2折点                             |                                    | 終局点                              |                                    |
|------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
|      | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
| 1    | 1.71                             | 0.181                              | 2.31                             | 0.542                              | 3.89                             | 4.00                               |

(b) EW方向

| 部材番号 | 第1折点                             |                                    | 第2折点                             |                                    | 終局点                              |                                    |
|------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|
|      | $\tau_1$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_1$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\tau_2$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_2$<br>( $\times 10^{-3}$ ) | $\tau_3$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | $\gamma_3$<br>( $\times 10^{-3}$ ) |
| 1    | 1.71                             | 0.181                              | 2.31                             | 0.543                              | 3.40                             | 4.00                               |

### 別紙3 地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

## 目 次

|  |         |
|--|---------|
| 1. 概要 .....                            | 別紙 3-1  |
| 1.1 検討概要 .....                         | 別紙 3-1  |
| 1.2 検討方針 .....                         | 別紙 3-1  |
| 2. 材料物性の不確かさの分析 .....                  | 別紙 3-2  |
| 3. 材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定 .....       | 別紙 3-3  |
| 3.1 設計用地震力の設定方法 .....                  | 別紙 3-3  |
| 3.2 材料物性の不確かさの設定 .....                 | 別紙 3-5  |
| 4. 地震応答解析による建屋剛性及び地盤剛性の不確かさの影響検討 ..... | 別紙 3-6  |
| 4.1 検討概要 .....                         | 別紙 3-6  |
| 4.2 不確かさの影響検討 .....                    | 別紙 3-9  |
| 4.3 まとめ .....                          | 別紙 3-18 |
| 5. 機器・配管系評価への影響 .....                  | 別紙 3-19 |

別紙 3-1-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 3-1-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果



## 1. 概要

### 1.1 検討概要

本資料は、柏崎刈羽原子力発電所7号機の格納容器圧力逃がし装置基礎（以下「装置基礎」という。）の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討について説明するものである。

地震応答解析に用いる材料定数は材料物性の不確かさの変動幅を適切に考慮することとしているが、本資料では、地震応答解析に影響を及ぼす装置基礎剛性（コンクリート剛性）及び地盤剛性（地盤のせん断波速度）の不確かさについて検討を行うとともに、その変動幅を設定し、地震応答解析結果における影響を検討する。また、検討結果を踏まえ、建物・構築物の耐震計算書において、材料物性の不確かさを考慮して設定する設計用地震力を検討する。更に、材料物性の不確かさの影響評価として、機器・配管系の評価への影響についても検討する。

### 1.2 検討方針

建物・構築物の動的地震力は、建物・構築物の地震応答解析（時刻歴応答解析法）により求められており、杭基礎で支持された構築物のために地盤剛性及び減衰、装置基礎剛性、地震動の位相特性の影響を受ける。特に床応答スペクトルの変動に影響を及ぼす要因は、装置基礎剛性及び地盤剛性であることが確認されている。\*

地震応答解析モデルの装置基礎剛性は、設計基準強度を用いて算出しているが、コンクリートの実強度は設計基準強度よりも大きくなることから、保守的にばらつきを考慮しない。また、建物・構築物と杭と地盤との相互作用を考慮したモデルによる地震応答解析において、地盤のせん断波速度の不確かさが装置基礎の応答へ影響を及ぼすことが考えられる。

よって、地盤剛性の不確かさ要因としては地盤のせん断波速度を考慮することとし、その不確かさが装置基礎の応答及び耐震安全性に及ぼす影響について考察を行い、耐震評価における材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定について検討する。また、地盤剛性の不確かさを考慮したモデルにより地震応答解析を実施し、装置基礎の応答並びに建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性に及ぼす影響について確認する。

注記\*：日本電気協会「参考資料4.7 鉛直方向の設計用床応答スペクトルの拡幅率」、第29回耐震設計分科会資料 No. 29-4-5-7，平成20年1月18日

## 2. 材料物性の不確かさの分析

地盤剛性の不確かさについては、地盤のせん断波速度が変動することにより、地盤剛性が変動する。

地盤剛性の不確かさを考慮することにより、部材の発生応力、変位及びせん断ひずみ並びに杭の発生応力が基本ケースに対して変動すると考えられる。

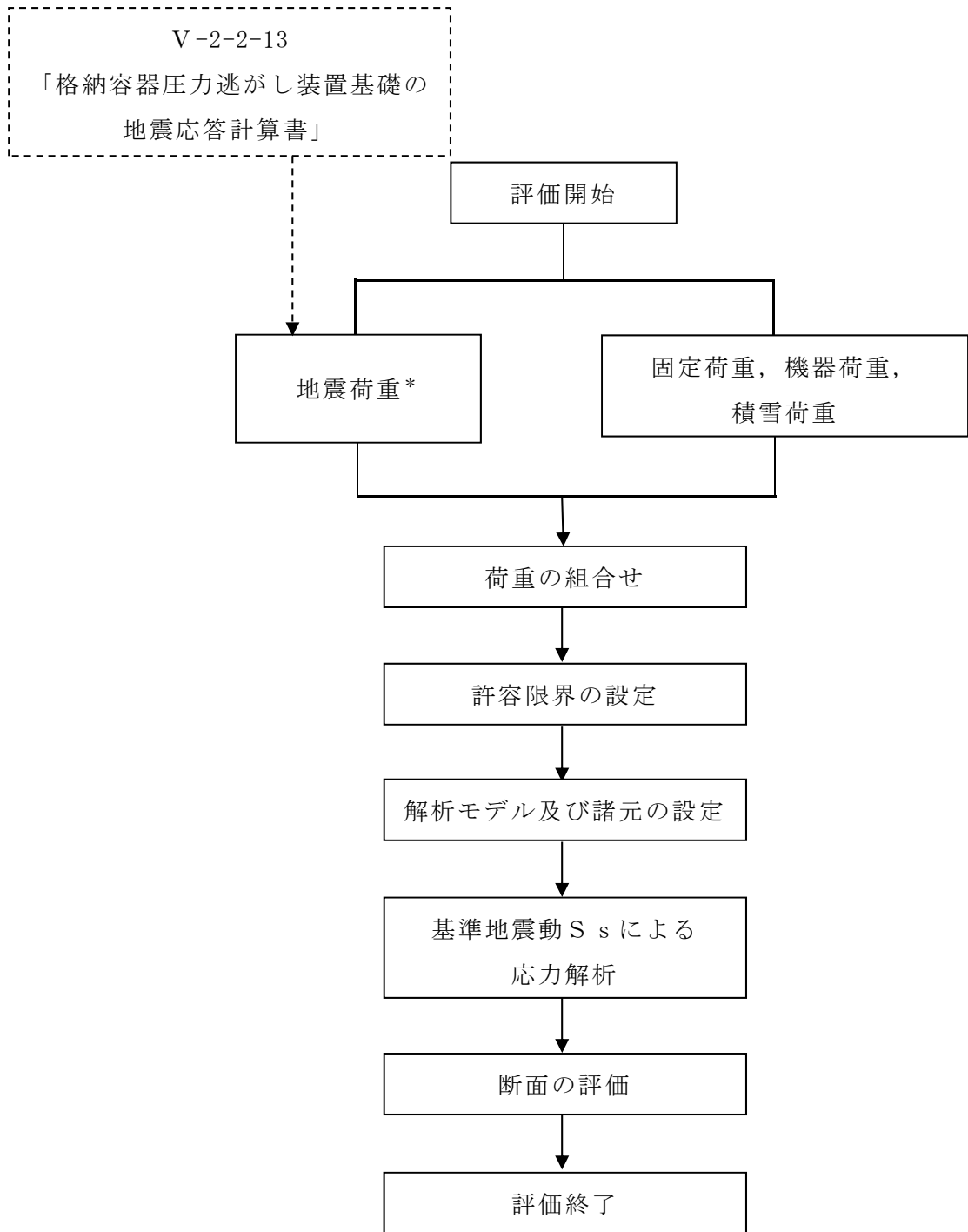
よって、建物・構築物の耐震評価において、設計用地震力に地盤剛性の不確かさを考慮する。

### 3. 材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定

#### 3.1 設計用地震力の設定方法

基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮したケースの地震応答解析を実施することで、材料物性の不確かさを設計用地震力として考慮する。不確かさを考慮したケースにおける装置基礎の各種応答値の算出にあたっては、基本ケースにおける装置基礎及び杭の応答を確認したうえで、装置基礎の応答への影響の大きい波に対して実施する（別紙 3-1「材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について」参照）。材料物性の不確かさを設計用地震力として考慮した建屋耐震性評価フローの例を図 3-1 に示す。

応力解析による耐震評価において、地震荷重は、地震応答解析より得られた最大応答値から算出するが、地震応答解析から得られた最大応答値は、Ss-1～Ss-8 の入力地震動ごとに異なるため、保守的な評価として、入力地震動ごとに得られた応答値のうち最大の応答値から算出される地震荷重を採用することとする。なお、材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果は別紙 3-2「材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」に示す。



注記\*：材料物性の不確かさを考慮する。

図 3-1 装置基礎の耐震性評価フロー（応力解析による評価）

### 3.2 材料物性の不確かさの設定

材料物性の不確かさを考慮した応答値の算出にあたり，地盤のせん断波速度の不確かさを設定する。ここで，地盤剛性の不確かさの影響評価においては，弾性波速度試験結果に基づく地盤のせん断波速度の不確かさを考慮する。

基本ケースでは，地盤調査結果の平均値を元に設定した地盤のせん断波速度により地盤剛性を設定している。地盤剛性の不確かさ検討にあたっては，初期せん断波速度に対して，標準偏差に相当するばらつきを考慮するものとし，その検討の考え方を表3-1に示す。

表 3-1 地盤剛性の不確かさ検討の考え方

| 地震応答解析モデル | せん断波速度  |
|-----------|---|
| 基本ケース     | 標準地盤（平均値）   |
| 不確かさ      | <ul style="list-style-type: none"><li>・ +地盤<br/>表層（+13%），古安田層（+25%），西山層（+10%）</li><li>・ -地盤<br/>表層（-13%），古安田層（-25%），西山層（-10%）</li></ul> |

#### 4. 地震応答解析による地盤剛性の不確かさの影響検討

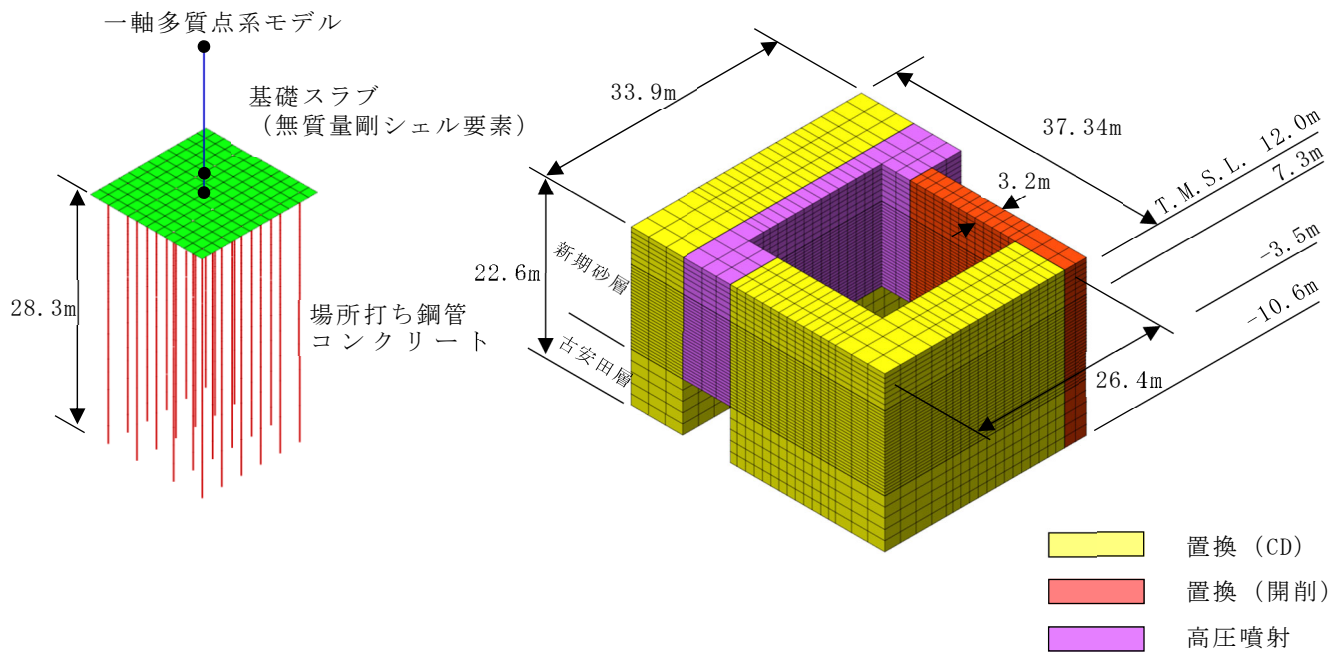
##### 4.1 検討概要

地盤剛性（地盤のせん断波速度）の不確かさを考慮したケースの装置基礎の応答への影響を確認する。

検討ケースを表 4-1 に、地震応答解析モデル図を図 4-1 及び図 4-2 に示す。ここで、地盤のせん断波速度を標準地盤とした検討ケースを基本ケースとし、表中の塗りつぶし部分は、基本ケースとの差異を示す。

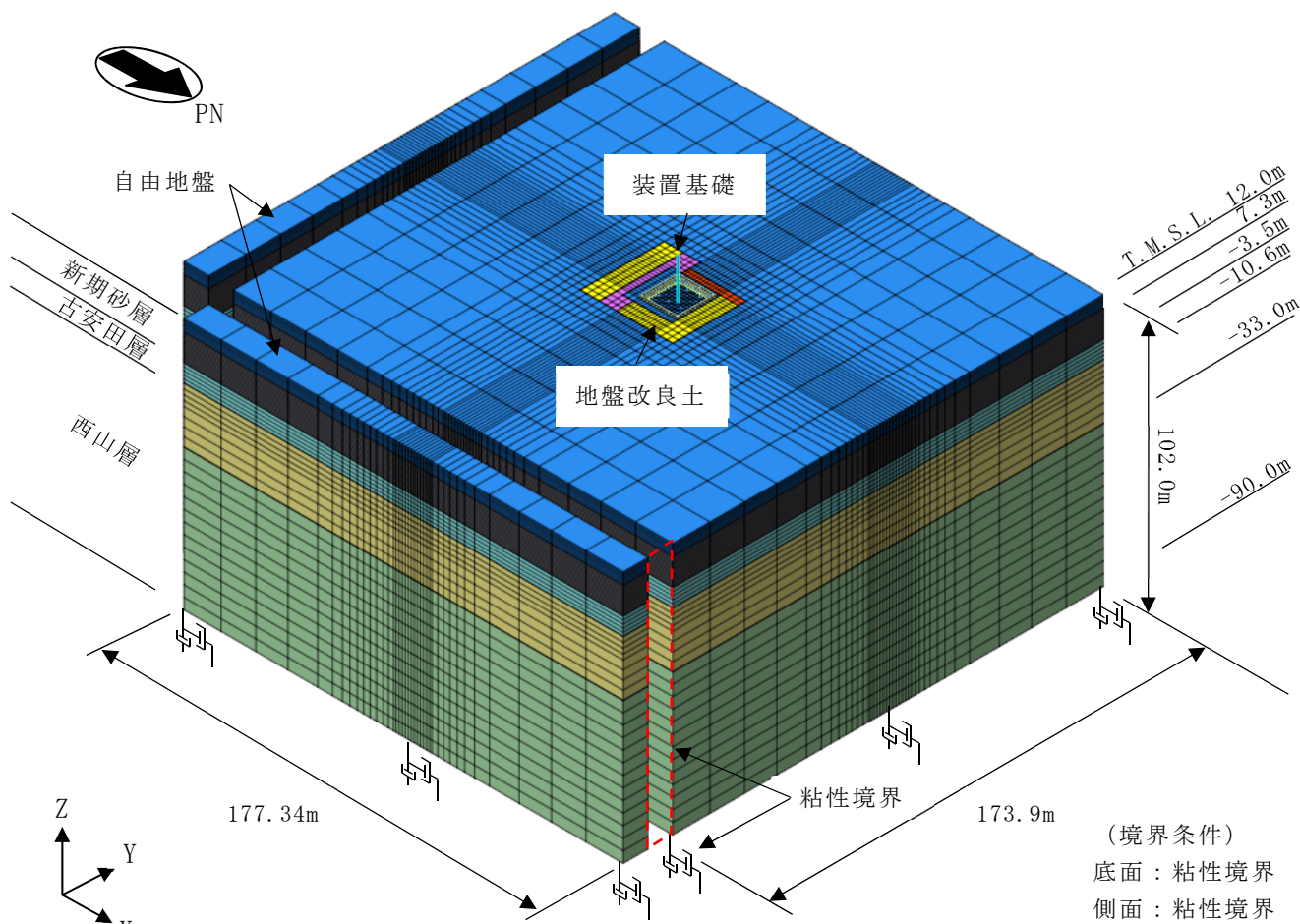
表 4-1 検討ケース

| 検討ケース                        | 地盤剛性   | 備考    |
|------------------------------|--|-------|
| ①ケース 1<br>(工認モデル)            | 標準地盤   | 基本ケース |
| ②ケース 2<br>(地盤剛性 + $\sigma$ ) | 標準地盤 + $\sigma$<br>(新期砂層+13%, 古安田層+25%, 西山層+10%) |       |
| ③ケース 3<br>(地盤剛性 - $\sigma$ ) | 標準地盤 - $\sigma$<br>(新期砂層-13%, 古安田層-25%, 西山層-10%) |       |



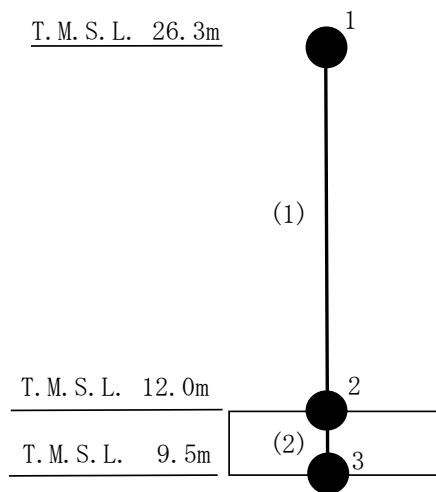
(a) 装置基礎－杭モデル

(b) 地盤改良土モデル



(c) 全体モデル

図 4-1 地震応答解析モデル



注：数字は質点番号を，（ ）内は部材番号を示す。

図 4-2 遮蔽壁及び基礎スラブの地震応答解析モデル



## 4.2 不確かさの影響検討

### (1) 影響検討方針

地盤剛性を変動させたケースの固有値解析及び地震応答解析を実施し，基本ケースの結果と比較する。入力地震動は Ss-1 とする。地盤剛性は標準地盤に対して $\pm\sigma$ の変動を考慮する。

### (2) 固有値解析結果

地盤剛性を変動させた地震応答解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 4-2，固有振動モードを図 4-3 に示す。表，図中では基本ケースをケース 1，地盤剛性 $+\sigma$ としたケースをケース 2，地盤剛性 $-\sigma$ としたケースをケース 3 として示す。

基本ケースに対する地盤剛性を変動させたモデルの固有振動数の変動幅は， $-22\%\sim+17\%$ 程度である。

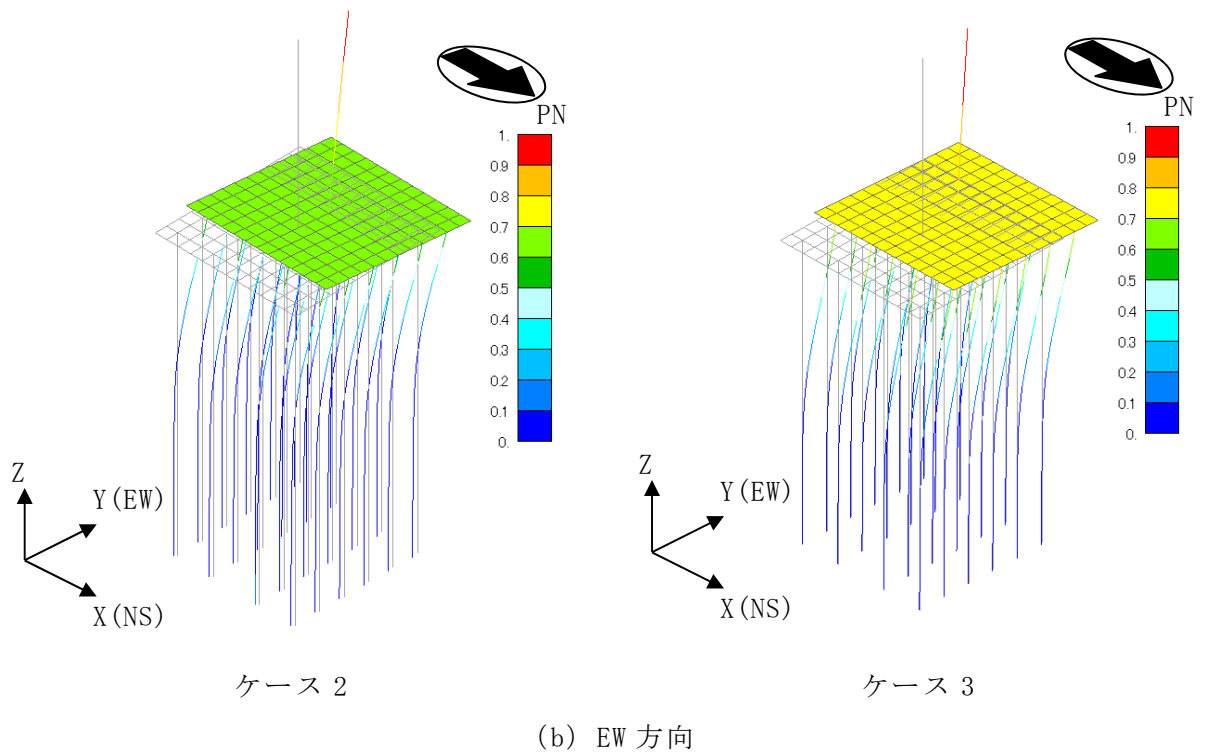
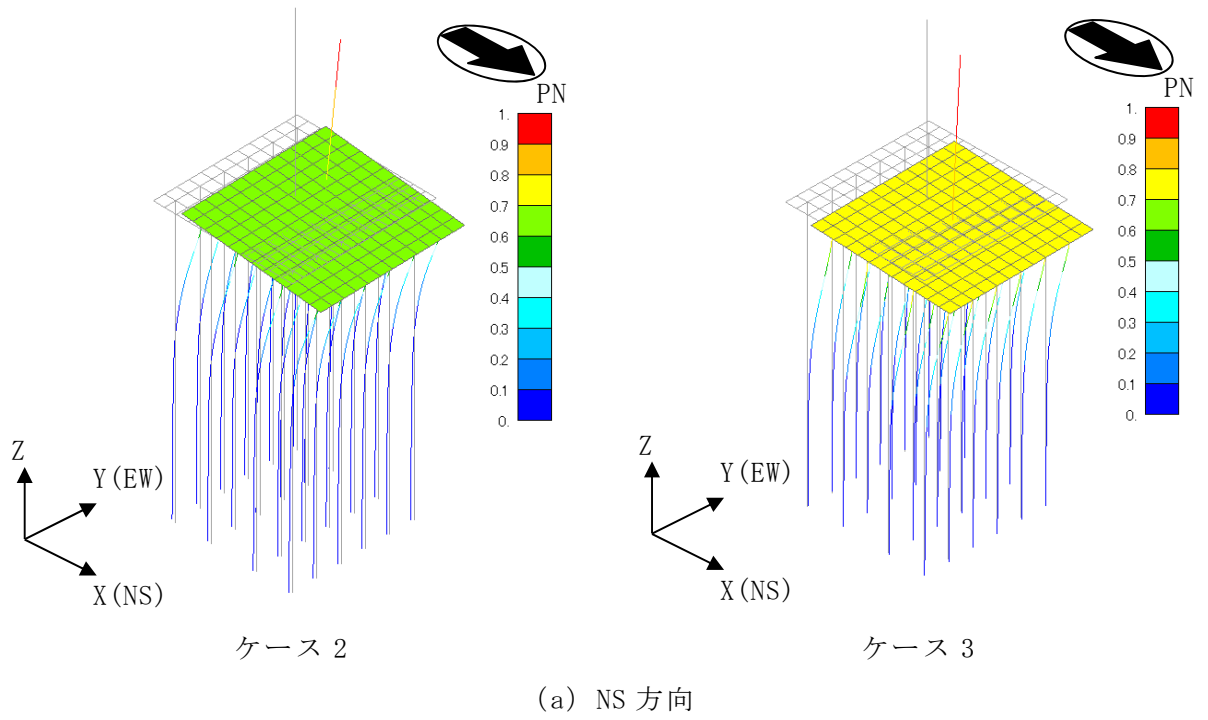
表 4-2 固有値解析結果 (Ss-1)

(単位 : Hz)

| 方向 | ケース1  | ケース2            | ケース3            |
|----|-------|-----------------|-----------------|
| NS | 2.84  | 3.33<br>(1.17)  | 2.23<br>(0.79)  |
| EW | 2.79  | 3.27<br>(1.17)  | 2.18<br>(0.78)  |
| 鉛直 | 11.04 | 12.00<br>(1.09) | 10.02<br>(0.91) |

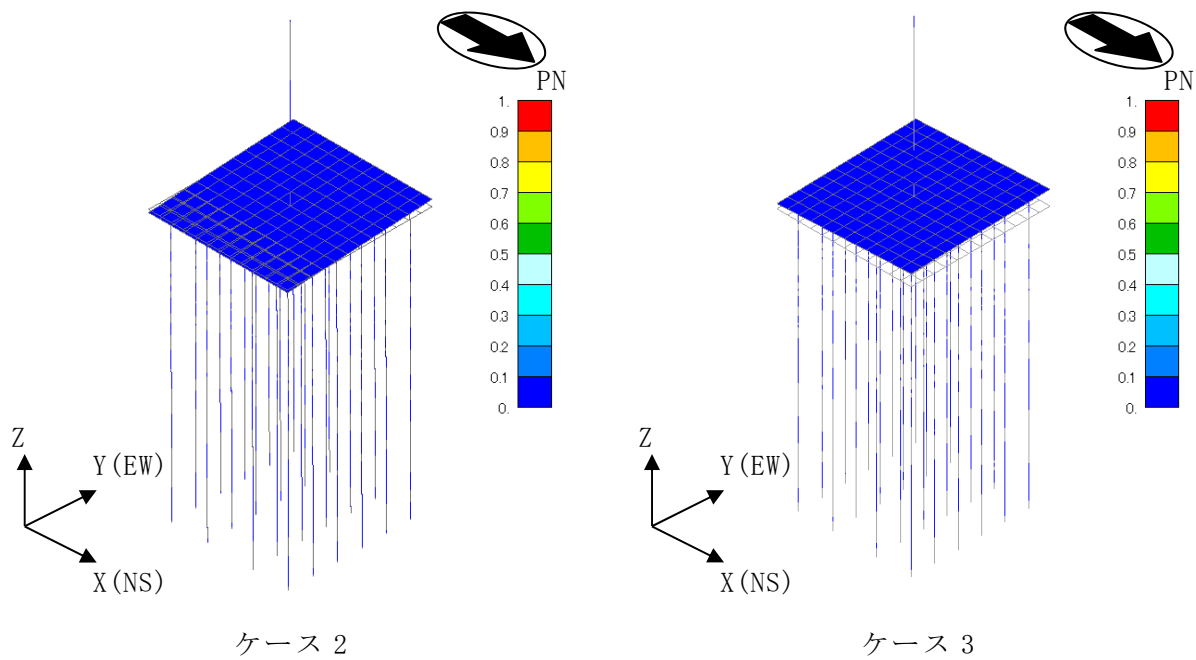
注 1 : 建屋-杭連成一次モード

注 2 : ( ) 内は，ケース 1 に対する比率を示す



注：凡例は全体モデルにおいて基準化した固有ベクトルを示す。

図 4-3 固有振動モード (Ss-1) (1/2)



(c) 鉛直方向

注：凡例は全体モデルにおいて基準化した固有ベクトルを示す。

図 4-3 固有振動モード (Ss-1) (2/2)

(3) 地震応答解析結果

地盤剛性を変動させた地震応答解析モデルを用いて Ss-1 による地震応答解析を実施し、基本ケースの結果と比較した。最大応答値の比較を図 4-4～図 4-16、杭頭断面力を表 4-3 に示す。

水平方向について、ケース 1～3 の装置基礎の最大応答加速度、最大応答せん断力、最大応答曲げモーメント、最大せん断ひずみ及び杭頭断面力はおおむね同等である。装置基礎の最大応答変位については、ケース 2 で小さくなり、ケース 3 で大きくなる傾向であることを確認した。

鉛直方向についても、水平方向と同様にケース 1～3 の装置基礎の最大応答加速度及び最大応答軸力はおおむね同等であり、最大応答変位については、ケース 2 で小さくなり、ケース 3 で大きくなる傾向であることを確認した。

これらは、地盤剛性が大きくなる側に変動する場合は、地盤剛性の増加に伴い変位は小さくなり、地盤剛性が小さくなる側に変動する場合は、地盤剛性の減少に伴い変位は大きくなったと考えられる。

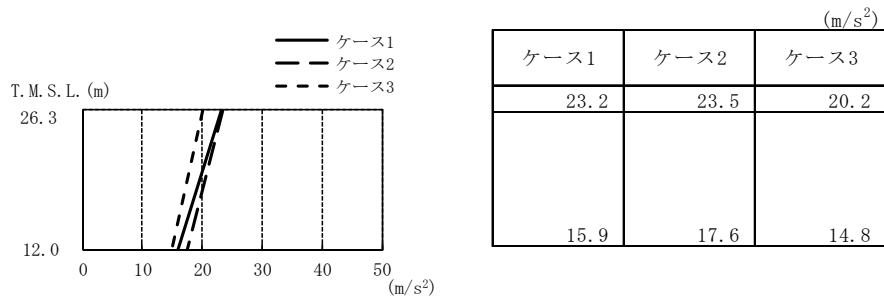


図 4-4 最大応答加速度 (Ss-1, NS 方向)

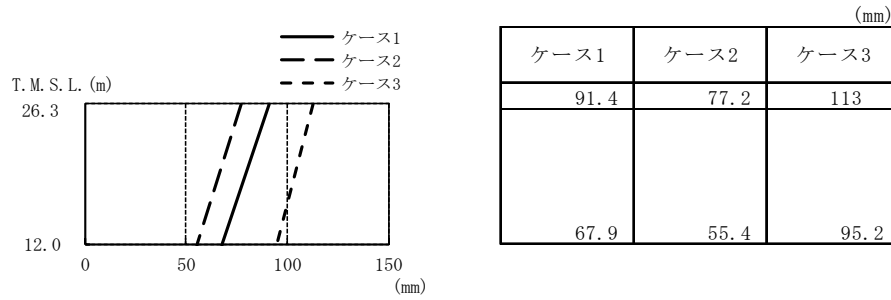


図 4-5 最大応答変位 (Ss-1, NS 方向)

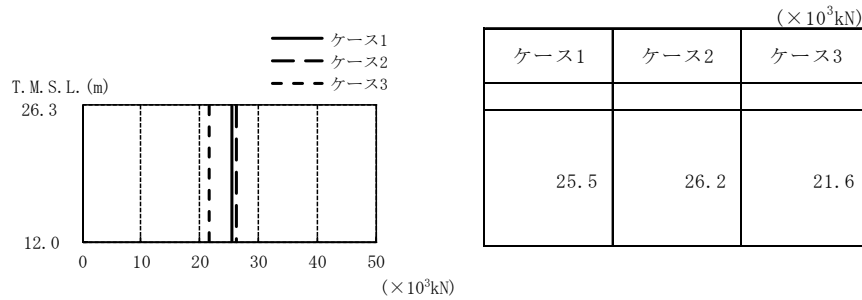


図 4-6 最大応答せん断力 (Ss-1, NS 方向)

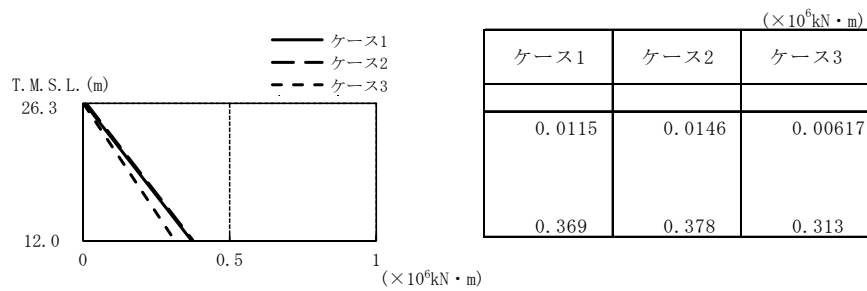


図 4-7 最大応答曲げモーメント (Ss-1, NS 方向)

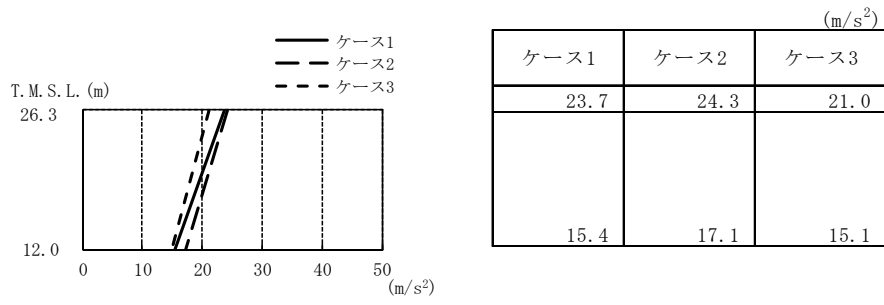


図 4-8 最大応答加速度 (Ss-1, EW 方向)

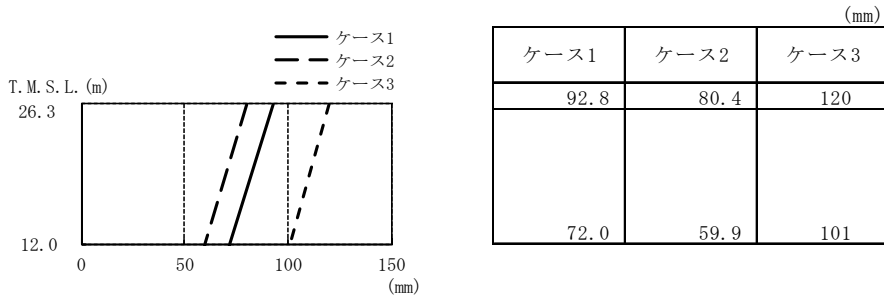


図 4-9 最大応答変位 (Ss-1, EW 方向)

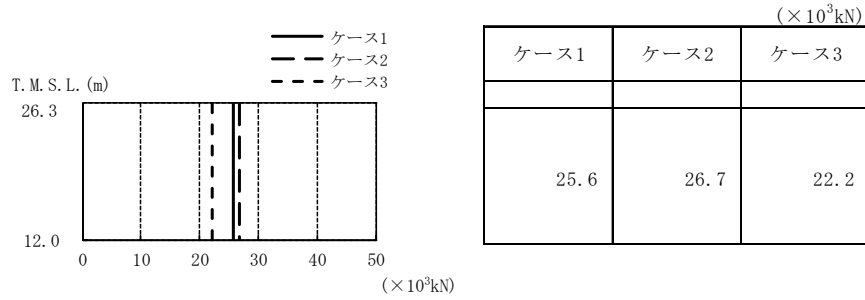


図 4-10 最大応答せん断力 (Ss-1, EW 方向)

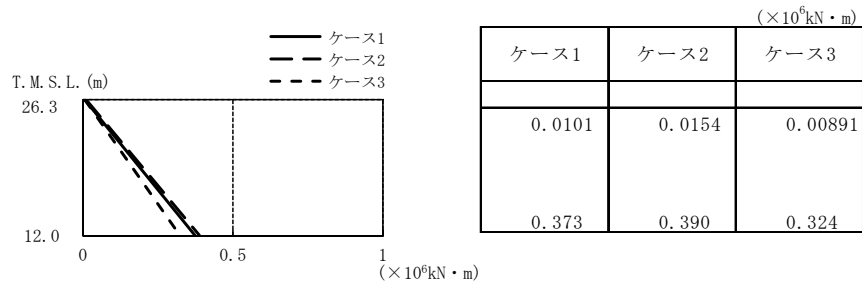


図 4-11 最大応答曲げモーメント (Ss-1, EW 方向)

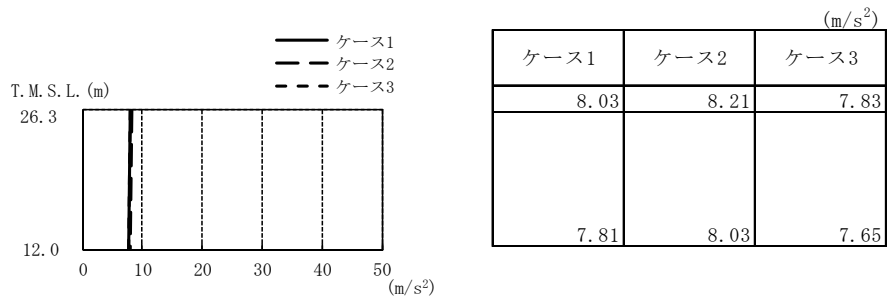


図 4-12 最大応答加速度 (S<sub>S</sub>-1, 鉛直方向)

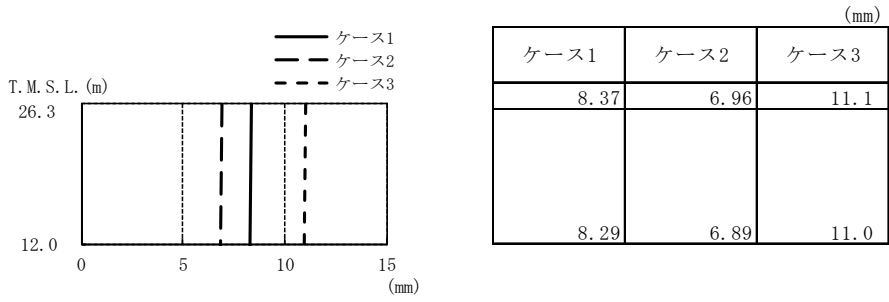


図 4-13 最大応答変位 (S<sub>S</sub>-1, 鉛直方向)

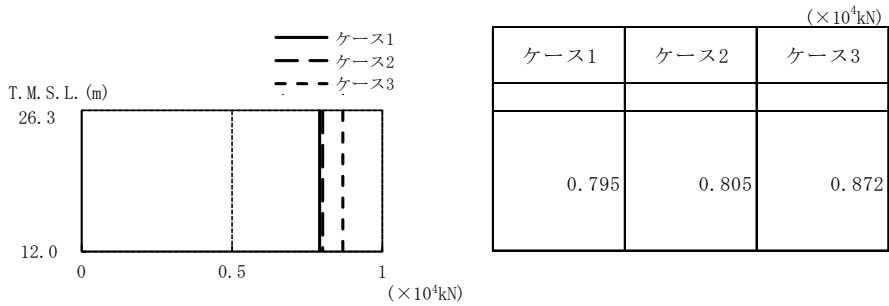


図 4-14 最大応答軸力 (S<sub>S</sub>-1, 鉛直方向)

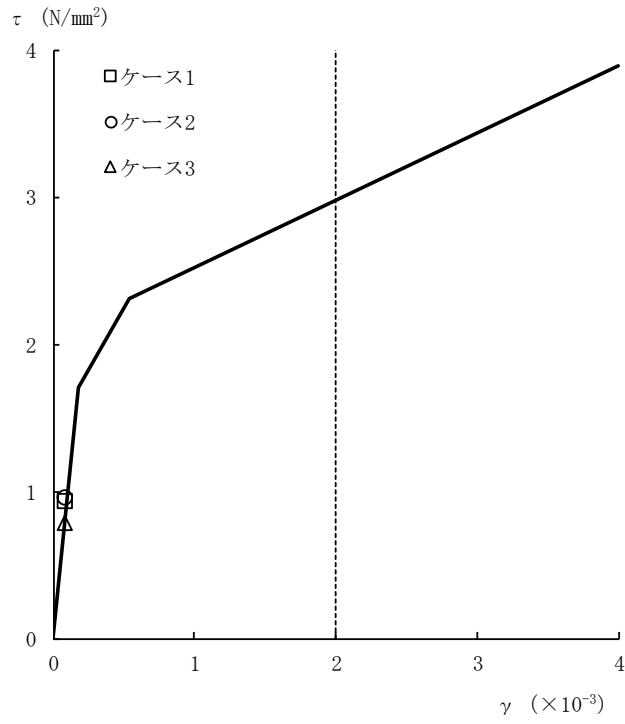


図 4-15  $\tau - \gamma$  関係と最大応答値 (Ss-1, NS 方向)

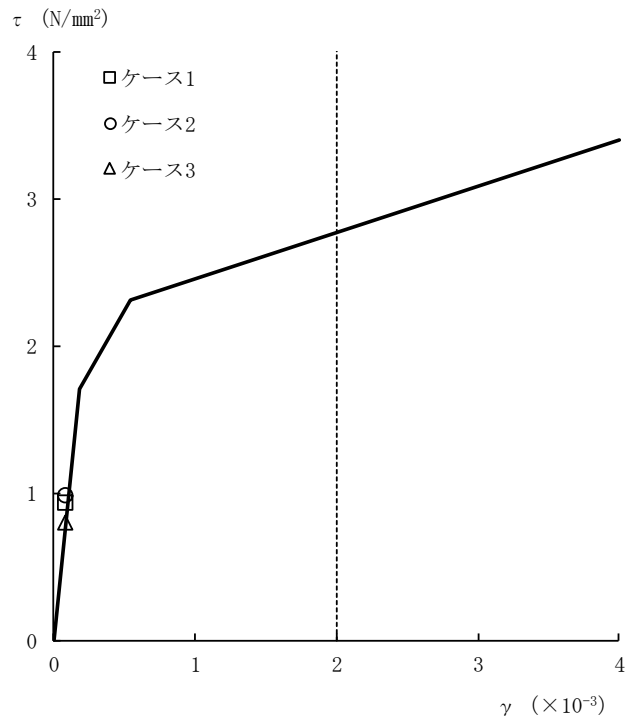


図 4-16  $\tau - \gamma$  関係と最大応答値 (Ss-1, EW 方向)



表4-3 杭頭断面力一覧 (Ss-1)

(a) 最大応答軸力

| 解析<br>ケース | ケース1 |                             | ケース2 |                             | ケース3 |                             |
|-----------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
|           | 杭番号  | Nmax<br>( $\times 10^3$ kN) | 杭番号  | Nmax<br>( $\times 10^3$ kN) | 杭番号  | Nmax<br>( $\times 10^3$ kN) |
| Ss-1 (NS) | 2401 | 7.52                        | 101  | 7.47                        | 101  | 8.17                        |
| Ss-1 (EW) | 101  | 8.63                        | 101  | 8.62                        | 601  | 8.69                        |

注：圧縮を正，引張を負とする。

(b) 最小応答軸力

| 解析<br>ケース | ケース1 |                             | ケース2 |                             | ケース3 |                             |
|-----------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
|           | 杭番号  | Nmin<br>( $\times 10^3$ kN) | 杭番号  | Nmin<br>( $\times 10^3$ kN) | 杭番号  | Nmin<br>( $\times 10^3$ kN) |
| Ss-1 (NS) | 101  | -6.42                       | 101  | -6.24                       | 101  | -5.62                       |
| Ss-1 (EW) | 601  | -6.96                       | 601  | -7.36                       | 2401 | -6.58                       |

注：圧縮を正，引張を負とする。

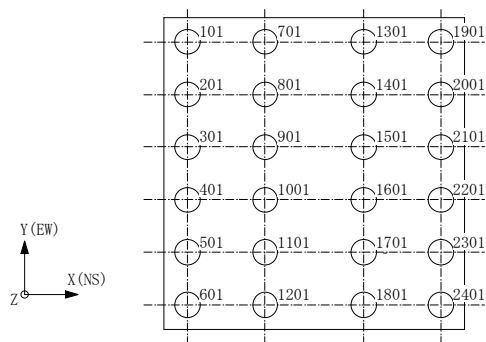
(c) 最大応答曲げモーメント

| 解析<br>ケース | ケース1 |                          |                               | ケース2 |                          |                               | ケース3 |                          |                               |
|-----------|------|--------------------------|-------------------------------|------|--------------------------|-------------------------------|------|--------------------------|-------------------------------|
|           | 杭番号  | N<br>( $\times 10^3$ kN) | Mmax<br>( $\times 10^4$ kN・m) | 杭番号  | N<br>( $\times 10^3$ kN) | Mmax<br>( $\times 10^4$ kN・m) | 杭番号  | N<br>( $\times 10^3$ kN) | Mmax<br>( $\times 10^4$ kN・m) |
| Ss-1 (NS) | 1901 | 7.33                     | 1.06                          | 1901 | 6.55                     | 0.984                         | 1901 | 6.44                     | 1.27                          |
| Ss-1 (EW) | 1901 | 8.03                     | 1.10                          | 1901 | 7.35                     | 0.993                         | 1901 | 6.66                     | 1.31                          |

注：Nは最大応答曲げモーメント発生時の軸力を示す

(d) 最大応答せん断力

| 解析<br>ケース | ケース1 |                             | ケース2 |                             | ケース3 |                             |
|-----------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|------|-----------------------------|
|           | 杭番号  | Qmax<br>( $\times 10^3$ kN) | 杭番号  | Qmax<br>( $\times 10^3$ kN) | 杭番号  | Qmax<br>( $\times 10^3$ kN) |
| Ss-1 (NS) | 1901 | 5.02                        | 1901 | 4.93                        | 1901 | 5.06                        |
| Ss-1 (EW) | 1901 | 4.98                        | 1901 | 4.90                        | 1901 | 4.92                        |



杭番号 (杭頭の要素番号)

#### 4.3 まとめ

地盤剛性の不確かさを考慮した地震応答解析結果より，以下の傾向を確認した。

- ・発生応力は基本ケースとおおむね同等である。
- ・地盤剛性が大きくなる側（地盤剛性+ $\sigma$ ）に変動させたケースの変位は基本ケースより小さく，小さくなる側（地盤剛性- $\sigma$ ）に変動させたケースの変位は基本ケースより大きい。

地震応答解析結果の傾向については，以下の理由により発生したと考えられる。

地盤剛性の不確かさを考慮したケースについては，発生応力は変動があるもののおおむね同等であり，構築物－杭－地盤連成モデルの剛性が変化するため，変位は変動する。地盤剛性が大きくなる側に変動する場合は，地盤剛性の増加に伴い変位は小さくなり，地盤剛性が小さくなる側に変動する場合は，地盤剛性の減少に伴い変位は大きくなったと考えられる。

#### 5. 機器・配管系評価への影響

材料物性の不確かさは、設計用床応答曲線等において、表 4-1 に示す全ての検討ケースの地震応答解析の結果を包絡させることにより考慮している。

別紙3-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の  
選定について

## 目 次

|                            |           |
|----------------------------|-----------|
| 1. 概要                      | 別紙 3-1-1  |
| 2. 選定方法                    | 別紙 3-1-1  |
| 3. 地震動の選定                  | 別紙 3-1-3  |
| 4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動 | 別紙 3-1-10 |

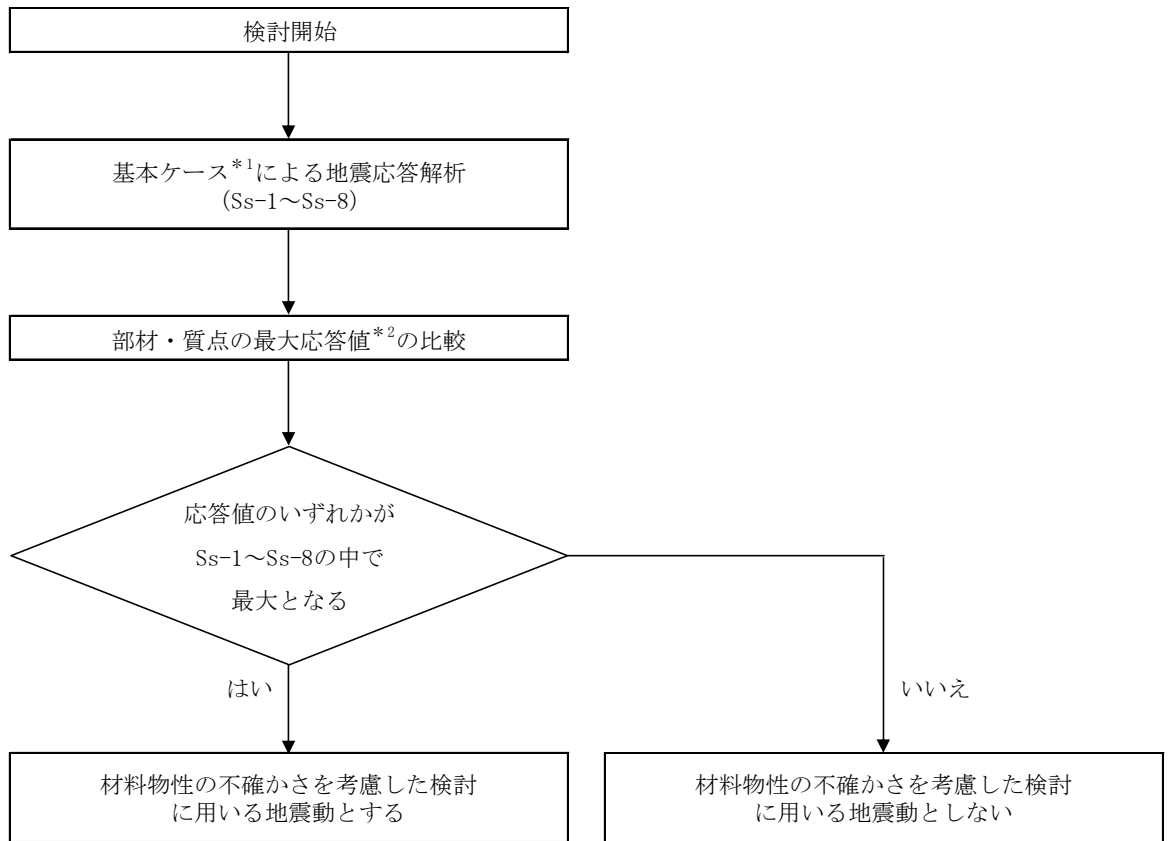
## 1. 概要

材料物性の不確かさの考慮にあたっては、構築物及び地震動（基準地震動  $S_s$ ）ごとの基本ケースにおける構築物の応答を確認したうえで、構築物の応答への影響の大きい波に対して検討を実施する。本資料では、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法及び地震動の選定結果について説明する。

## 2. 選定方法

材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法を以下に示す。また、選定方法のフローを図2-1に示す。

- ①基本ケース（コンクリート強度：設計基準強度（ $24\text{N/mm}^2$ ）、地盤のせん断波速度：標準地盤）による地震応答解析を行う。
- ②地震応答解析結果より、部材及び質点の最大応答値の比較を行う。ここで用いる応答値は、耐震壁の加速度、変位、せん断力、曲げモーメント、軸力、せん断ひずみ並びに杭頭の軸力、曲げモーメント、せん断力とする。
- ③応答値のいずれかが基準地震動  $S_s$  の中で最大となる波を、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。



注記\*1：コンクリート強度：設計基準強度，地盤のせん断波速度：標準地盤，RC造部の減衰定数：5%  
 \*2：応答値は，耐震壁の加速度，変位，せん断力，曲げモーメント，軸力，せん断ひずみ並びに  
 杭頭の軸力，曲げモーメント，せん断力とする。

図2-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定法のフロー

### 3. 地震動の選定

格納容器圧力逃がし装置基礎（以下「装置基礎」という。）における基準地震動  $S_s$  に対する地震動の選定を以下に示す。装置基礎の基準地震動  $S_s$  に対する最大応答値及び杭頭断面力を表3-1～表3-14に示す。

「2. 選定方法」に基づき確認した結果， $S_{s-1}$ ， $S_{s-2}$ 及び $S_{s-8}$ については，応答値のいずれかが $S_{s-1}$ ～ $S_{s-8}$ の中で最大となることから，不確かさ検討に用いる地震動とする。



表3-1 最大応答加速度一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，NS方向）

| 質点番号 | 最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> ) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |      |
|------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
|      | S <sub>s</sub> -1           | S <sub>s</sub> -2 | S <sub>s</sub> -3 | S <sub>s</sub> -4 | S <sub>s</sub> -5 | S <sub>s</sub> -6 | S <sub>s</sub> -7 | S <sub>s</sub> -8 | 最大値  |
| 1    | 23.2                        | 17.6              | 14.6              | 8.99              | 9.38              | 9.16              | 8.94              | 18.8              | 23.2 |
| 2    | 15.9                        | 11.5              | 12.3              | 7.09              | 7.27              | 7.31              | 6.15              | 15.5              | 15.9 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-2 最大応答変位一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，NS方向）

| 質点番号 | 最大応答変位 (mm)       |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |      |
|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
|      | S <sub>s</sub> -1 | S <sub>s</sub> -2 | S <sub>s</sub> -3 | S <sub>s</sub> -4 | S <sub>s</sub> -5 | S <sub>s</sub> -6 | S <sub>s</sub> -7 | S <sub>s</sub> -8 | 最大値  |
| 1    | 91.4              | 69.1              | 72.1              | 35.5              | 40.2              | 38.1              | 35.2              | 83.6              | 91.4 |
| 2    | 67.9              | 56.7              | 59.6              | 28.4              | 33.4              | 30.3              | 29.5              | 68.8              | 68.8 |

注1：網掛け部分は最大値を示す

注2：T.M.S.L.-13.7m（原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル）の地盤に対する相対変位を示す

表3-3 最大応答せん断力一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，NS方向）

| 部材番号 | 最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN) |                   |                   |                   |                   |                   |                   |                   |      |
|------|--------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------|
|      | S <sub>s</sub> -1              | S <sub>s</sub> -2 | S <sub>s</sub> -3 | S <sub>s</sub> -4 | S <sub>s</sub> -5 | S <sub>s</sub> -6 | S <sub>s</sub> -7 | S <sub>s</sub> -8 | 最大値  |
| (1)  | 25.5                           | 19.3              | 16.6              | 9.98              | 9.80              | 10.1              | 9.79              | 19.8              | 25.5 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-4 最大応答曲げモーメント一覧表（基準地震動  $S_s$ ，NS方向）

| 部材番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) |         |         |         |         |         |         |         |       |
|------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
|      | $S_s-1$  | $S_s-2$ | $S_s-3$ | $S_s-4$ | $S_s-5$ | $S_s-6$ | $S_s-7$ | $S_s-8$ | 最大値   |
| (1)  | 0.369  | 0.284   | 0.241   | 0.145   | 0.142   | 0.146   | 0.142   | 0.286   | 0.369 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-5 最大応答せん断ひずみ一覧表（基準地震動  $S_s$ ，NS方向）

| 部材番号 | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |         |         |         |         |         |         |         |        |
|------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|      | $S_s-1$                         | $S_s-2$ | $S_s-3$ | $S_s-4$ | $S_s-5$ | $S_s-6$ | $S_s-7$ | $S_s-8$ | 最大値    |
| (1)  | 0.0978                          | 0.0742  | 0.0638  | 0.0383  | 0.0376  | 0.0387  | 0.0376  | 0.0762  | 0.0978 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-6 最大応答加速度一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，EW方向）

| 質点番号 | 最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | Ss-1                        | Ss-2 | Ss-3 | Ss-4 | Ss-5 | Ss-6 | Ss-7 | Ss-8 | 最大値  |
| 1    | 23.7                        | 18.5 | 15.0 | 12.3 | 14.7 | 13.2 | 18.5 | 19.4 | 23.7 |
| 2    | 15.4                        | 16.5 | 12.6 | 9.26 | 9.73 | 9.73 | 11.8 | 15.7 | 16.5 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-7 最大応答変位一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，EW方向）

| 質点番号 | 最大応答変位 (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | Ss-1        | Ss-2 | Ss-3 | Ss-4 | Ss-5 | Ss-6 | Ss-7 | Ss-8 | 最大値  |
| 1    | 92.8        | 101  | 78.4 | 59.0 | 62.0 | 65.4 | 70.5 | 91.6 | 101  |
| 2    | 72.0        | 83.3 | 64.7 | 50.3 | 50.6 | 56.2 | 56.8 | 75.4 | 83.3 |

注1：網掛け部分は最大値を示す

注2：T.M.S.L.-13.7m（原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル）の地盤に対する相対変位を示す

表3-8 最大応答せん断力一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，EW方向）

| 部材番号 | 最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|--------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | Ss-1                           | Ss-2 | Ss-3 | Ss-4 | Ss-5 | Ss-6 | Ss-7 | Ss-8 | 最大値  |
| (1)  | 25.6                           | 21.5 | 16.9 | 14.2 | 16.4 | 15.3 | 20.5 | 20.3 | 25.6 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-9 最大応答曲げモーメント一覧表（基準地震動  $S_s$ ，EW方向）

| 部材番号 | 最大応答曲げモーメント ( $\times 10^6 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) |         |         |         |         |         |         |         |       |
|------|--|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-------|
|      | $S_s-1$  | $S_s-2$ | $S_s-3$ | $S_s-4$ | $S_s-5$ | $S_s-6$ | $S_s-7$ | $S_s-8$ | 最大値   |
| (1)  | 0.373  | 0.311   | 0.245   | 0.207   | 0.240   | 0.223   | 0.299   | 0.293   | 0.373 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-10 最大応答せん断ひずみ一覧表（基準地震動  $S_s$ ，EW方向）

| 部材番号 | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |         |         |         |         |         |         |         |        |
|------|---------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|
|      | $S_s-1$                         | $S_s-2$ | $S_s-3$ | $S_s-4$ | $S_s-5$ | $S_s-6$ | $S_s-7$ | $S_s-8$ | 最大値    |
| (1)  | 0.0959                          | 0.0805  | 0.0631  | 0.0531  | 0.0614  | 0.0571  | 0.0766  | 0.0758  | 0.0959 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-11 最大応答加速度一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，鉛直方向）

| 質点番号 | 最大応答加速度 (m/s <sup>2</sup> ) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | Ss-1                        | Ss-2 | Ss-3 | Ss-4 | Ss-5 | Ss-6 | Ss-7 | Ss-8 | 最大値  |
| 1    | 8.03                        | 5.34 | 5.30 | 4.12 | 4.14 | 4.43 | 4.06 | 3.05 | 8.03 |
| 2    | 7.81                        | 5.24 | 5.12 | 3.93 | 4.02 | 4.32 | 3.94 | 2.79 | 7.81 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-12 最大応答変位一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，鉛直方向）

| 質点番号 | 最大応答変位 (mm) |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | Ss-1        | Ss-2 | Ss-3 | Ss-4 | Ss-5 | Ss-6 | Ss-7 | Ss-8 | 最大値  |
| 1    | 8.37        | 4.74 | 5.01 | 2.43 | 2.93 | 2.72 | 2.88 | 2.34 | 8.37 |
| 2    | 8.29        | 4.70 | 4.96 | 2.40 | 2.89 | 2.70 | 2.85 | 2.30 | 8.29 |

注1：網掛け部分は最大値を示す

注2：T.M.S.L.-13.7m（原子炉建屋の基礎スラブ下端レベル）の地盤に対する相対変位を示す

表3-13 最大応答軸力一覧表（基準地震動 S<sub>s</sub>，鉛直方向）

| 部材番号 | 最大応答軸力 (×10 <sup>4</sup> kN) |       |       |       |       |       |       |       |       |
|------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|      | Ss-1                         | Ss-2  | Ss-3  | Ss-4  | Ss-5  | Ss-6  | Ss-7  | Ss-8  | 最大値   |
| (1)  | 0.795                        | 0.518 | 0.550 | 0.419 | 0.398 | 0.432 | 0.398 | 0.355 | 0.795 |

注：網掛け部分は最大値を示す

表3-14 杭頭断面力一覧表（基準地震動 S s）

(a) 最大応答軸力

| 最大応答軸力 (×10 <sup>3</sup> kN) |          |      |          |          |      |      |      |      |          |          |      |
|------------------------------|----------|------|----------|----------|------|------|------|------|----------|----------|------|
| Ss-1(NS)                     | Ss-1(EW) | Ss-2 | Ss-3(NS) | Ss-3(EW) | Ss-4 | Ss-5 | Ss-6 | Ss-7 | Ss-8(NS) | Ss-8(EW) | 最大値  |
| 7.52                         | 8.63     | 9.55 | 5.51     | 6.37     | 6.05 | 6.56 | 6.71 | 7.22 | 6.32     | 7.26     | 9.55 |

注1：網掛け部分は最大値を示す

注2：圧縮を正，引張を負とする

(b) 最小応答軸力

| 最小応答軸力 (×10 <sup>3</sup> kN) |          |       |          |          |       |       |       |       |          |          |       |
|------------------------------|----------|-------|----------|----------|-------|-------|-------|-------|----------|----------|-------|
| Ss-1(NS)                     | Ss-1(EW) | Ss-2  | Ss-3(NS) | Ss-3(EW) | Ss-4  | Ss-5  | Ss-6  | Ss-7  | Ss-8(NS) | Ss-8(EW) | 最小値   |
| -6.42                        | -6.96    | -8.14 | -3.97    | -5.06    | -4.18 | -5.52 | -4.35 | -6.99 | -4.88    | -5.65    | -8.14 |

注1：網掛け部分は最小値を示す

注2：圧縮を正，引張を負とする

(c) 最大応答曲げモーメント

|                                | 最大応答曲げモーメント |          |      |          |          |       |        |       |       |          |          |      |
|--------------------------------|-------------|----------|------|----------|----------|-------|--------|-------|-------|----------|----------|------|
|                                | Ss-1(NS)    | Ss-1(EW) | Ss-2 | Ss-3(NS) | Ss-3(EW) | Ss-4  | Ss-5   | Ss-6  | Ss-7  | Ss-8(NS) | Ss-8(EW) | 最大値  |
| 軸力(×10 <sup>3</sup> kN)        | 7.33        | 8.03     | 6.61 | 4.65     | 5.26     | 1.58  | -0.430 | 0.724 | 4.00  | 6.17     | 6.56     | 8.03 |
| 曲げモーメント(×10 <sup>4</sup> kN・m) | 1.06        | 1.10     | 1.18 | 0.865    | 0.893    | 0.796 | 0.855  | 0.870 | 0.937 | 1.01     | 1.04     | 1.18 |

注1：網掛け部分は最大値を示す

注2：Nは最大応答曲げモーメント発生時の軸力を示す

(d) 最大応答せん断力

| 最大応答せん断力 (×10 <sup>3</sup> kN) |          |      |          |          |      |      |      |      |          |          |      |
|--------------------------------|----------|------|----------|----------|------|------|------|------|----------|----------|------|
| Ss-1(NS)                       | Ss-1(EW) | Ss-2 | Ss-3(NS) | Ss-3(EW) | Ss-4 | Ss-5 | Ss-6 | Ss-7 | Ss-8(NS) | Ss-8(EW) | 最大値  |
| 5.02                           | 4.98     | 4.93 | 3.80     | 3.78     | 3.40 | 3.55 | 3.61 | 3.95 | 4.60     | 4.61     | 5.02 |

注：網掛け部分は最大値を示す

4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

構築物及び地震動ごとの材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定結果を表4-1に示す。地震動の選定にあたり、基本ケースにおける構築物の応答の確認は、以下の資料に基づき実施した。

- ・ V-2-2-13 「格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答計算書」

表4-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

| 構築物名 | 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動 |
|------|-------------------------|
|      | 基準地震動 $S_s$             |
| 装置基礎 | $Ss-1, Ss-2, Ss-8$      |

別紙3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果



## 目 次

1. 概要 ..... 別紙 3-2-1
2. 地震応答解析結果 ..... 別紙 3-2-1

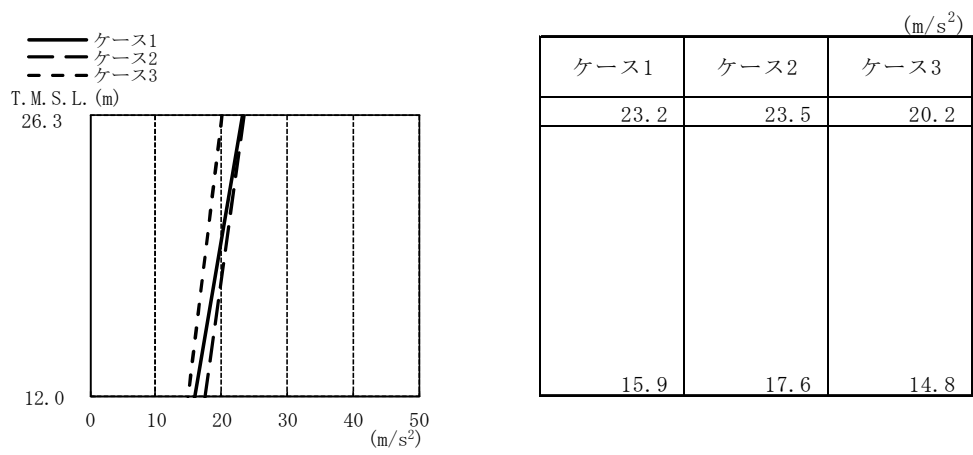
## 1. 概要

本資料は格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析において、材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を示すものである。

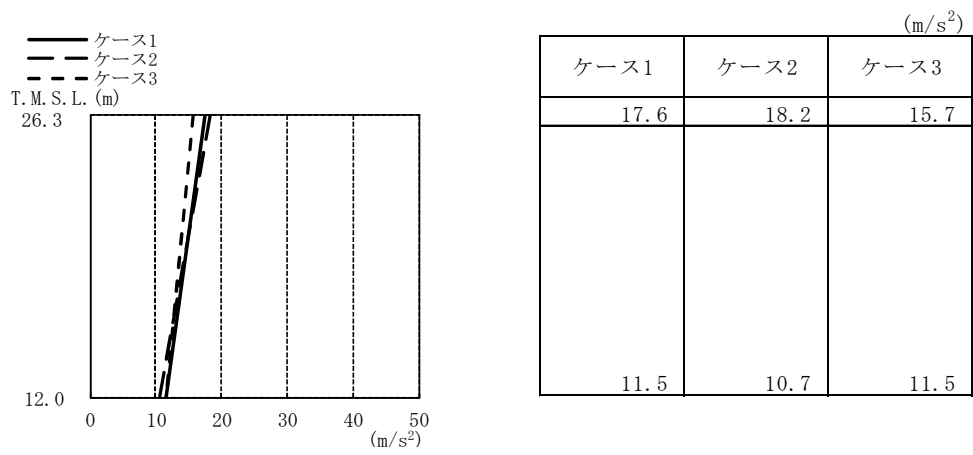
## 2. 地震応答解析結果

地盤剛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を図2-1～図2-17及び表2-1に示す。

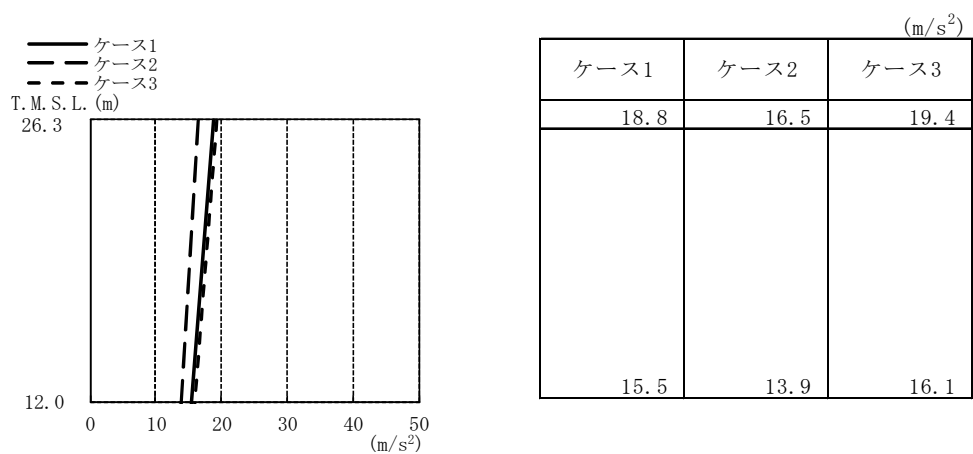
以後、基本ケースをケース1、地盤剛性  $+\sigma$  としたケースをケース2、地盤剛性  $-\sigma$  としたケースをケース3として示す。



(a) Ss-1

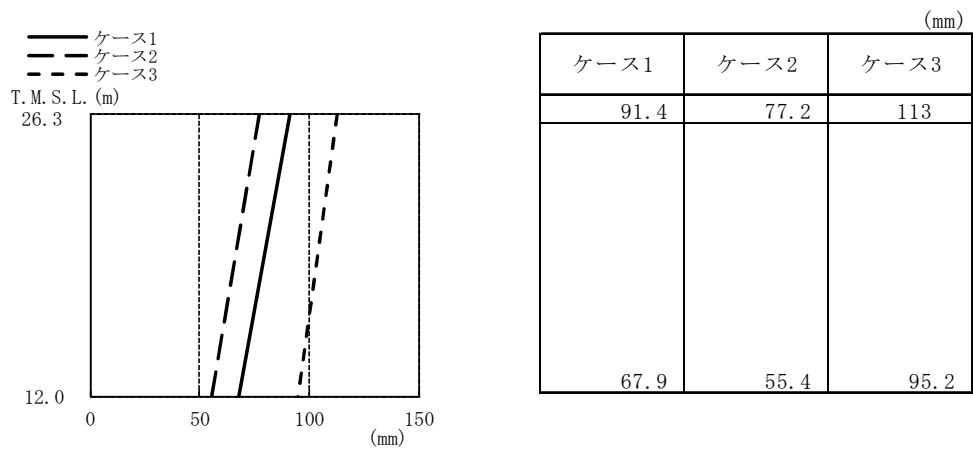


(b) Ss-2

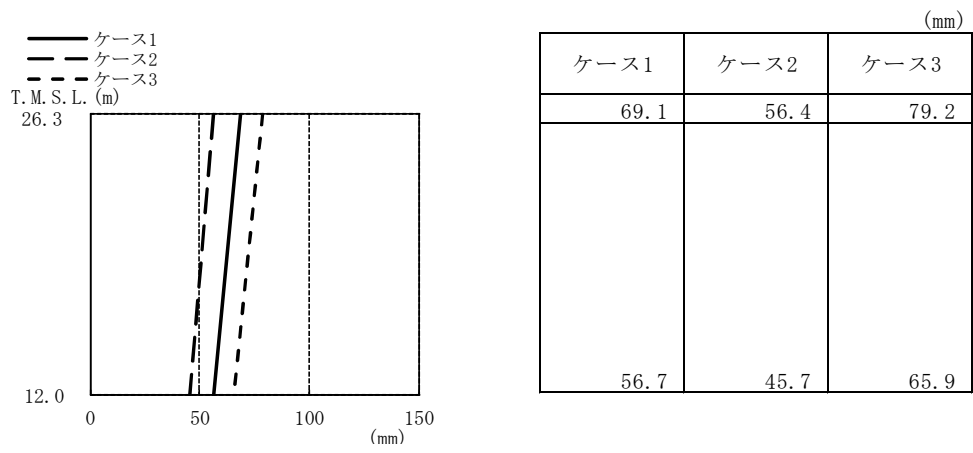


(c) Ss-8

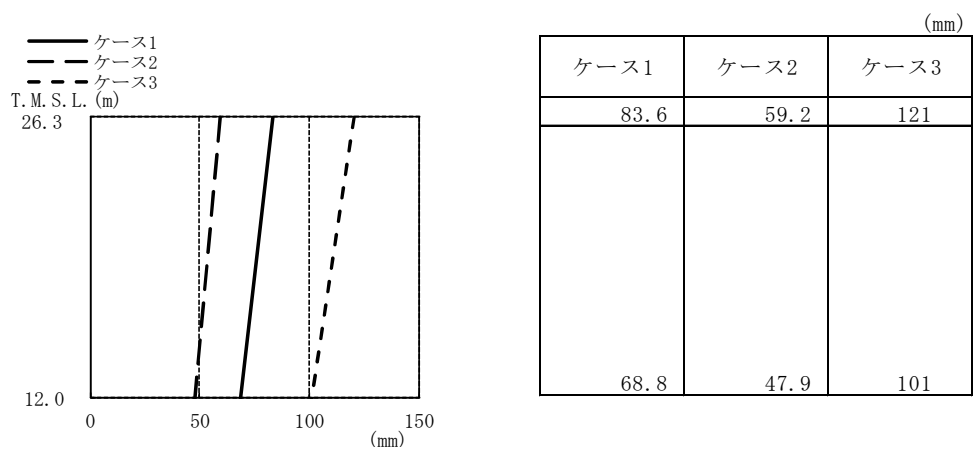
図2-1 最大応答加速度（基準地震動 S<sub>s</sub>，NS方向）



(a) Ss-1

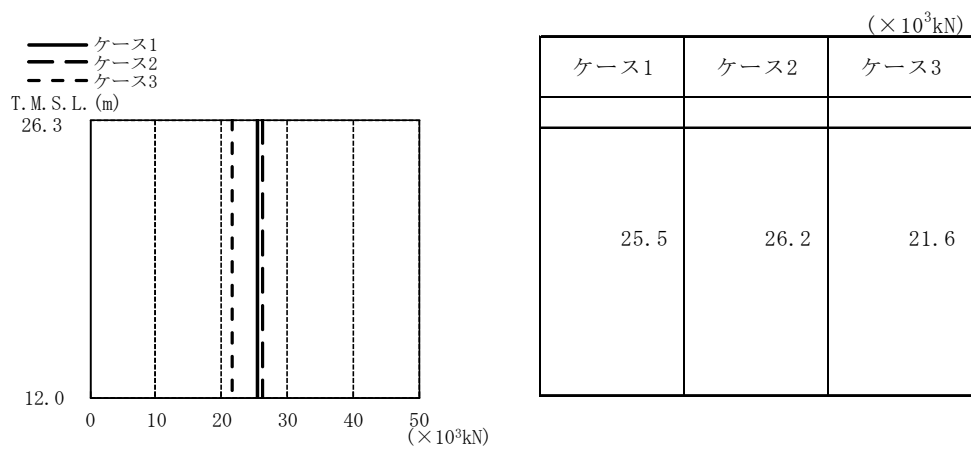


(b) Ss-2

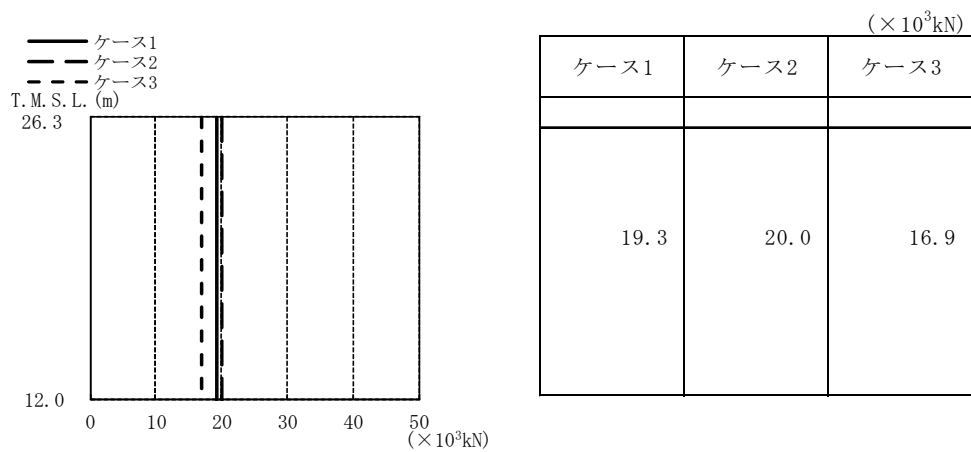


(c) Ss-8

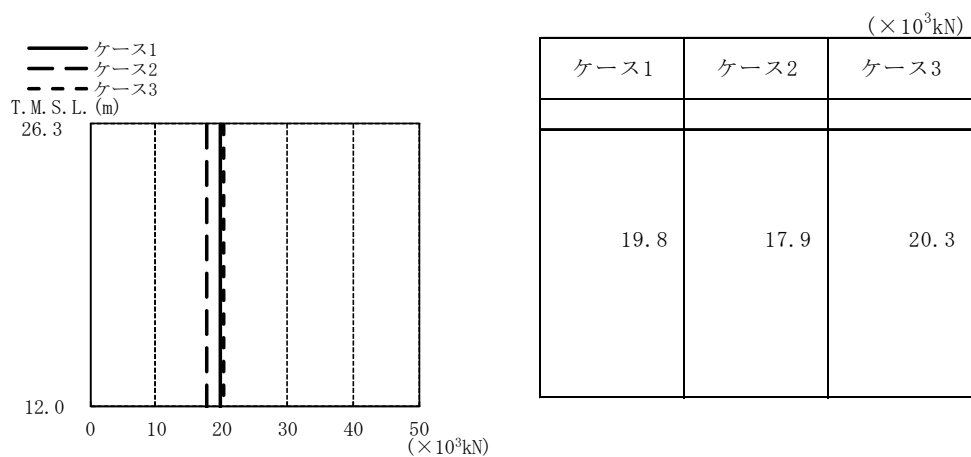
図2-2 最大応答変位 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS方向)



(a) Ss-1

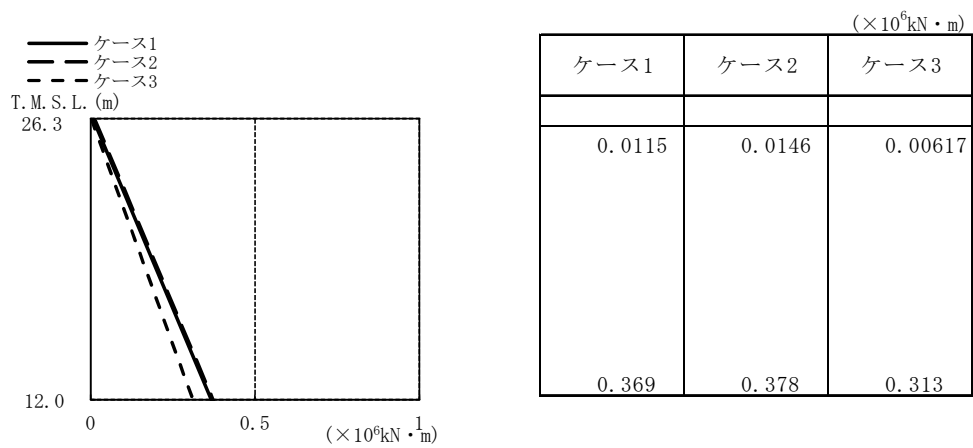


(b) Ss-2

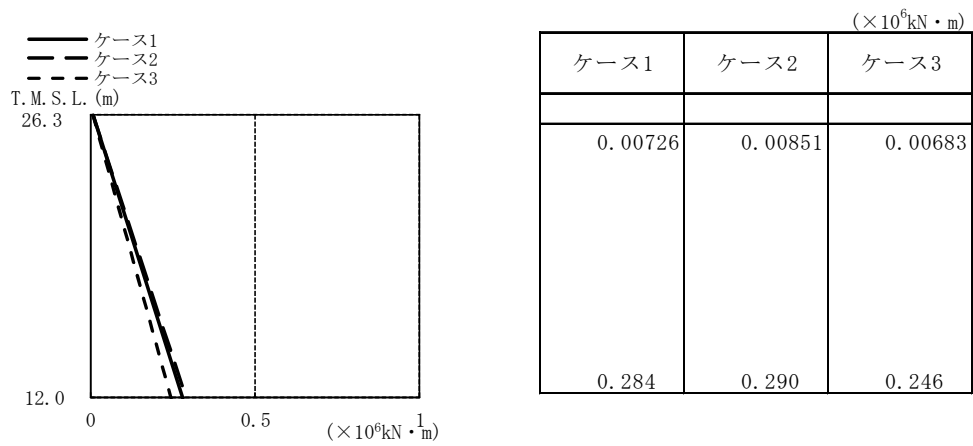


(c) Ss-8

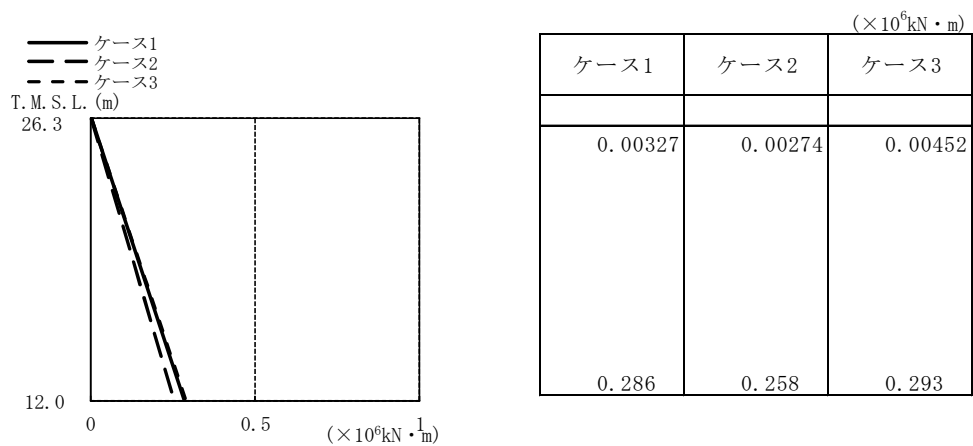
図2-3 最大応答せん断力 (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS方向)



(a) Ss-1

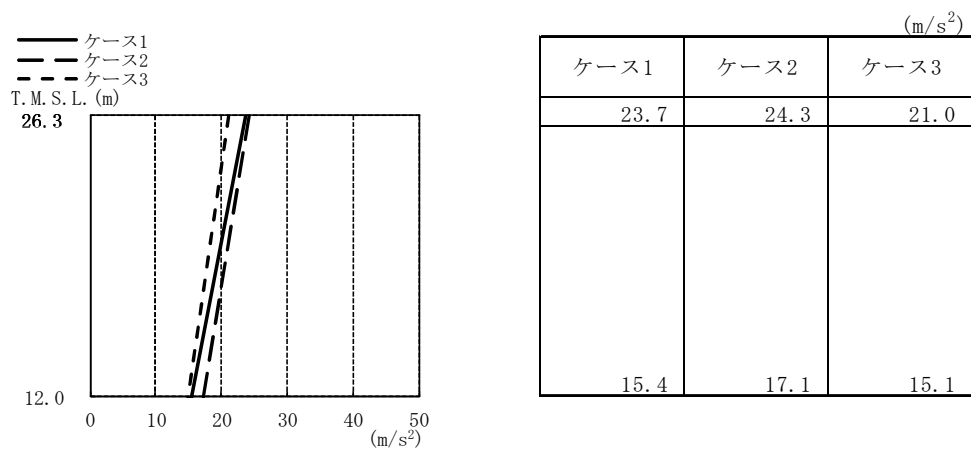


(b) Ss-2

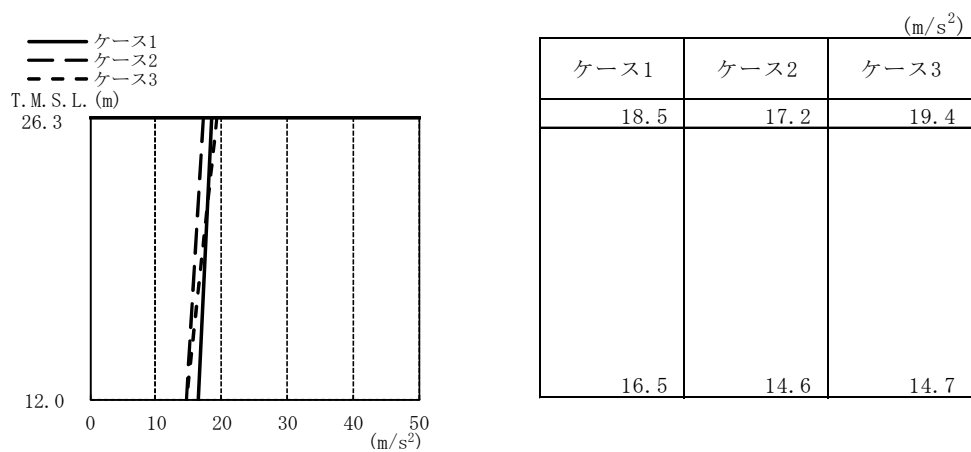


(c) Ss-8

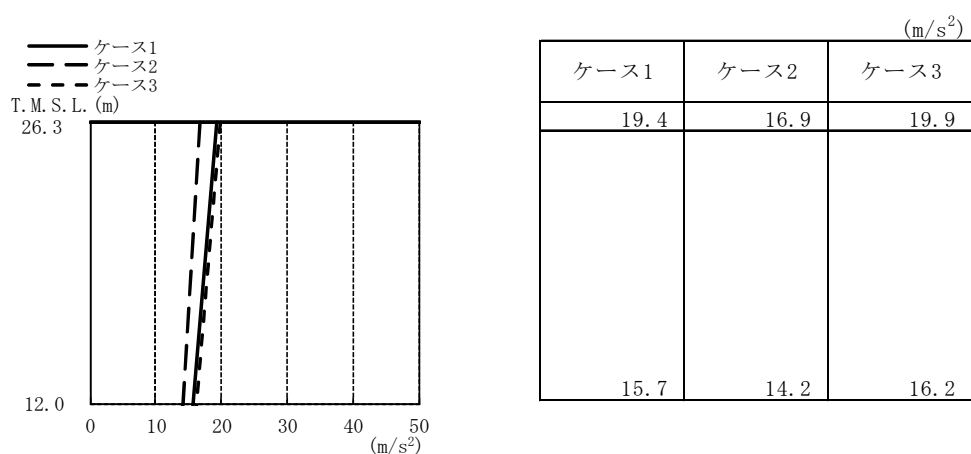
図2-4 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S<sub>s</sub>, NS方向)



(a) Ss-1

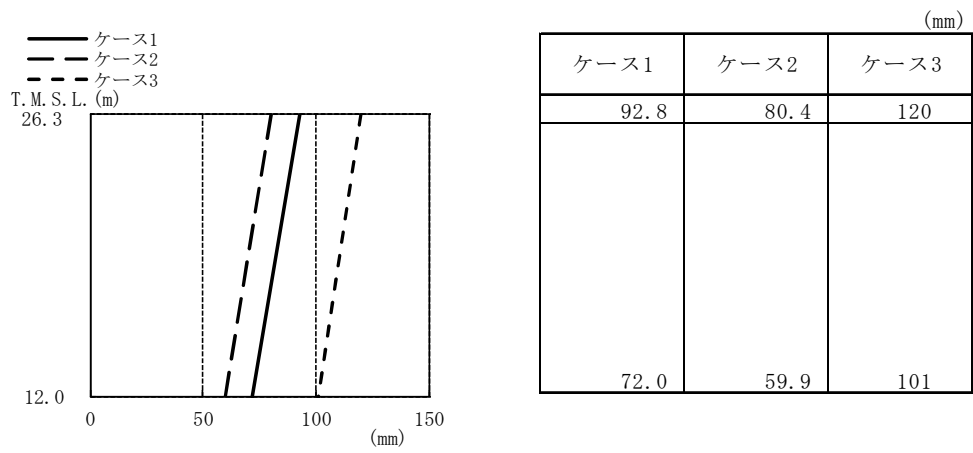


(b) Ss-2

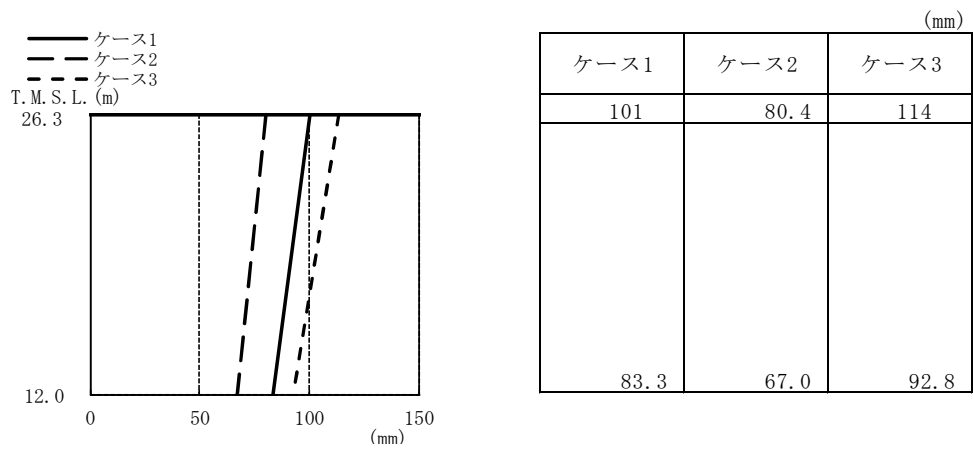


(c) Ss-8

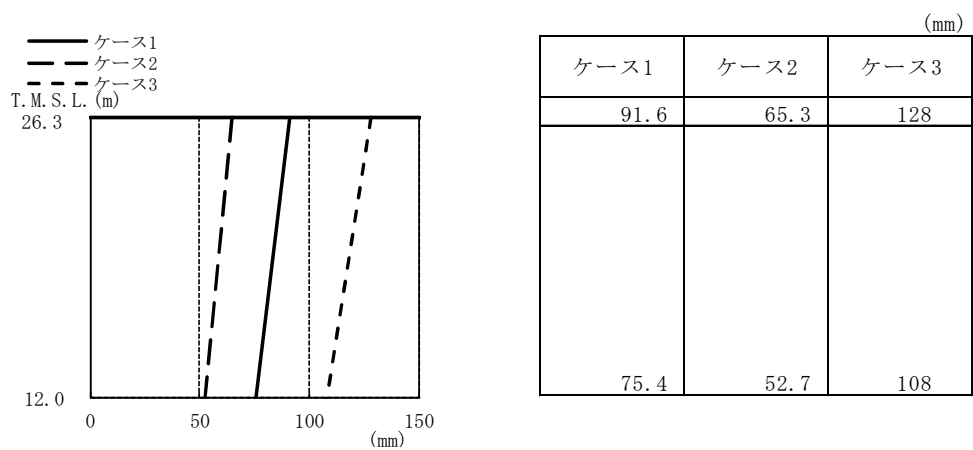
図 2-5 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub>, EW 方向)



(a) Ss-1



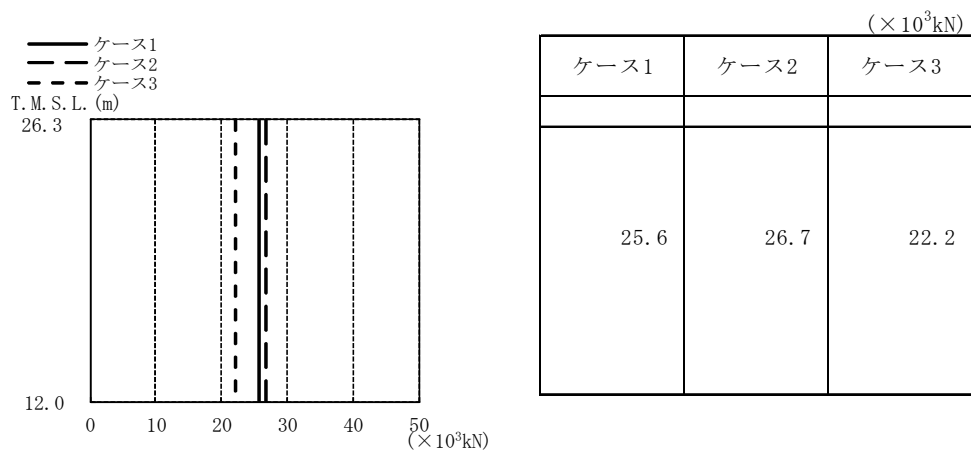
(b) Ss-2



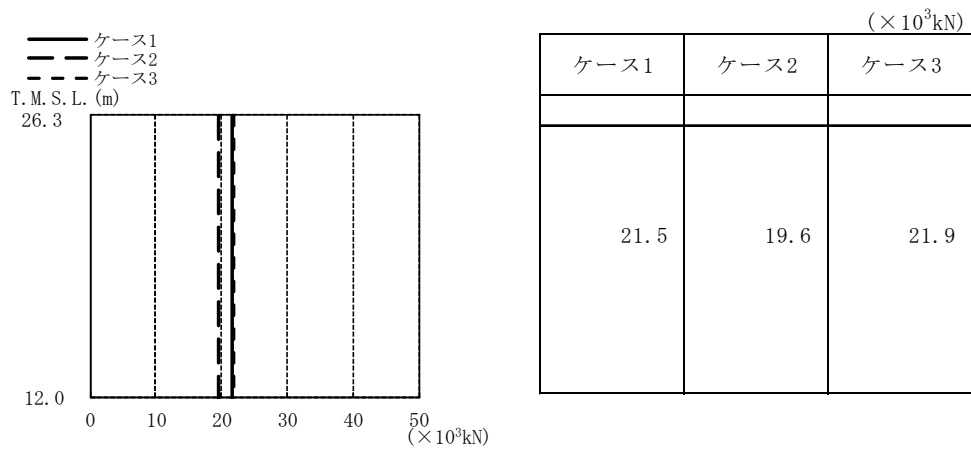
(c) Ss-8

図2-6 最大応答変位 (基準地震動 S<sub>s</sub>, EW方向)

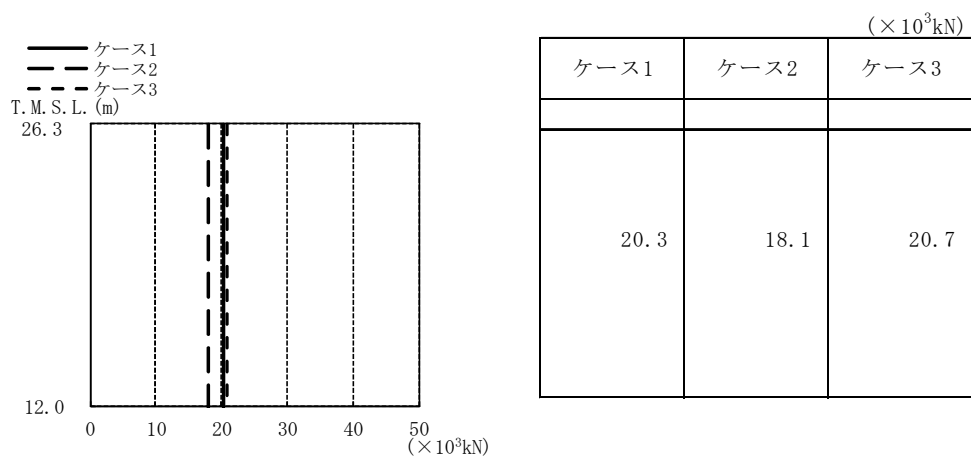




(a) Ss-1

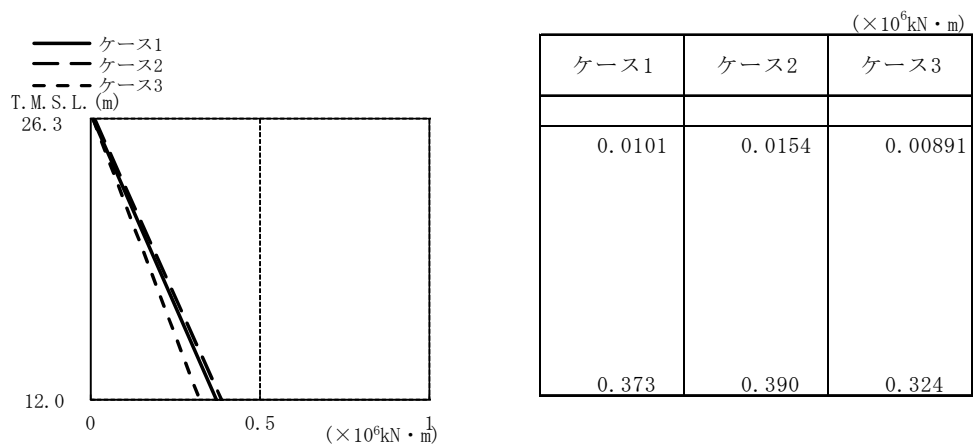


(b) Ss-2

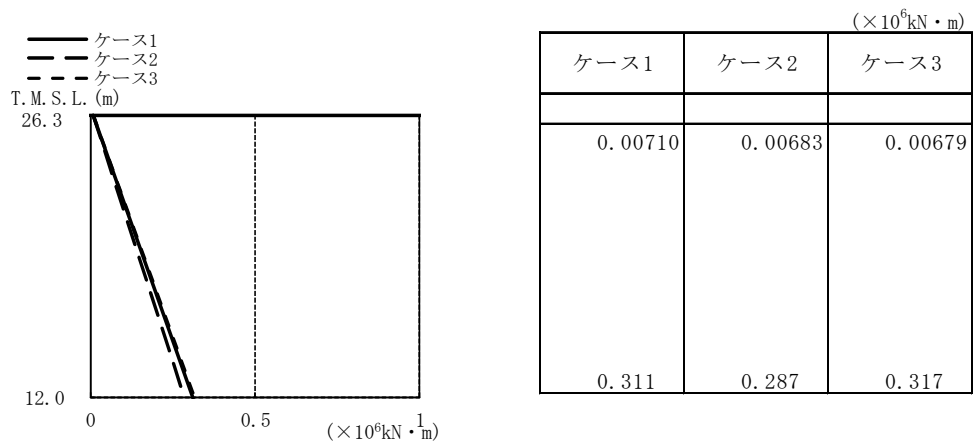


(c) Ss-8

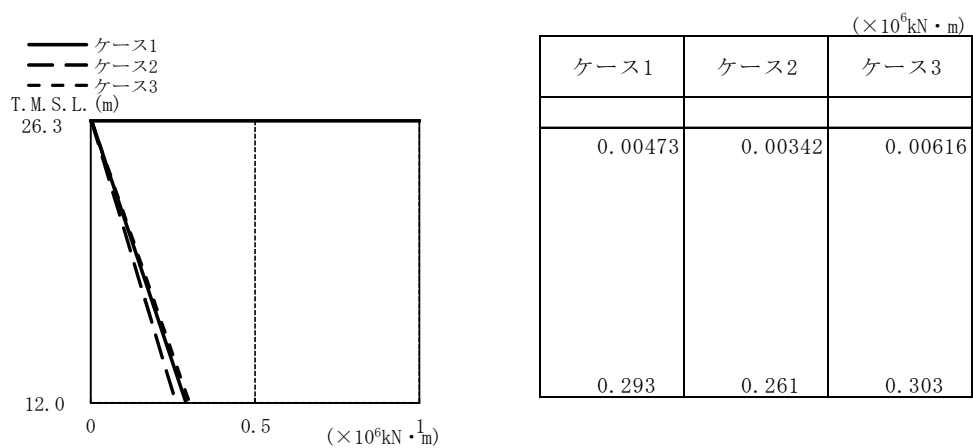
図2-7 最大応答せん断力 (基準地震動 S<sub>s</sub>, EW方向)



(a) Ss-1

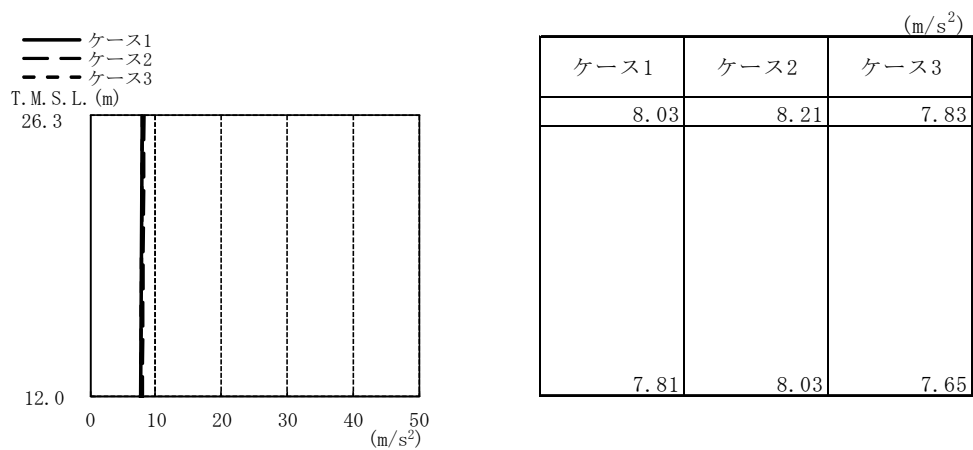


(b) Ss-2

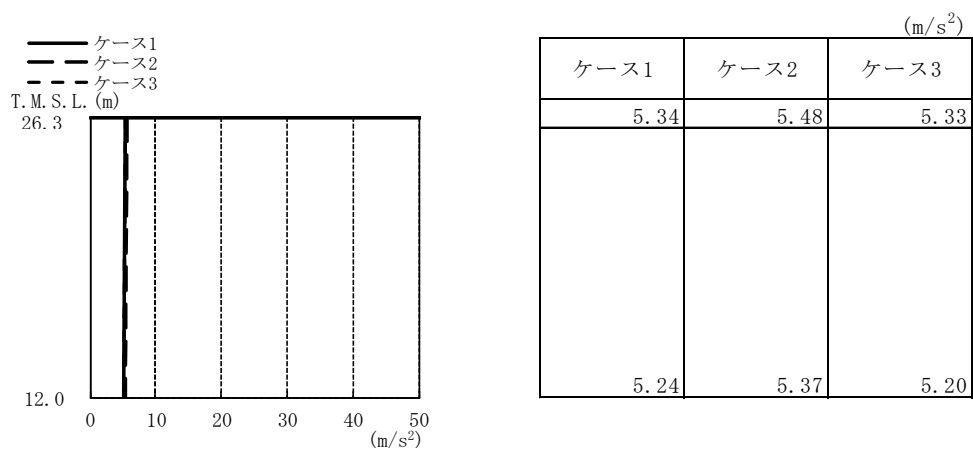


(c) Ss-8

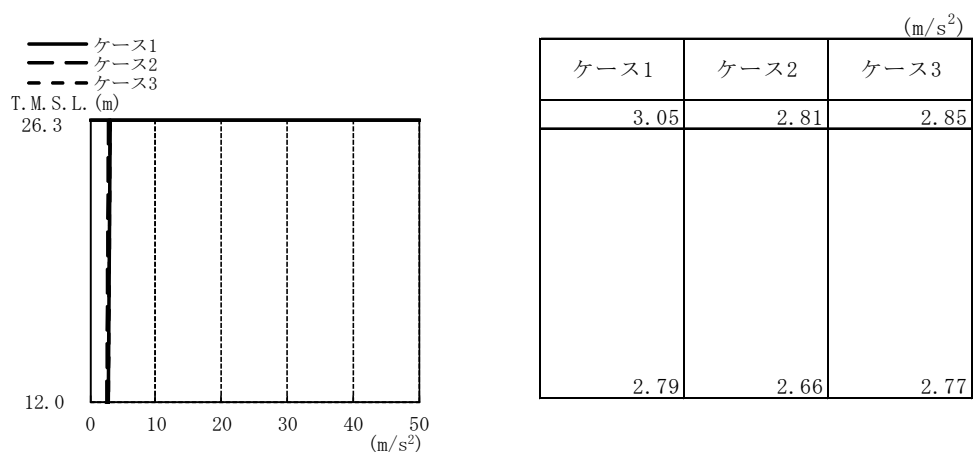
図2-8 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s , EW方向)



(a) Ss-1



(b) Ss-2



(c) Ss-8

図2-9 最大応答加速度 (基準地震動 S<sub>s</sub>, 鉛直方向)