

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-370-18 改6
提出年月日	平成30年10月2日

建物・構築物の地震応答解析についての補足説明資料
補足-370-18【緊急時対策所建屋の耐震性評価に関する補足説明】

平成30年10月

日本原子力発電株式会社

目次

1. 概要	1
1.1 補足説明資料の構成	1
1.2 検討結果の要約	2
2. 地震応答解析に関する補足説明	3
2.1 地盤のモデル化の検討	3
2.2 地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討	5
2.3 減衰定数3%を考慮したモデルの影響検討	63
2.4 建屋剛性のばらつきの影響検討	80
2.5 機器・配管系評価への影響検討	92
2.6 形状特性係数の設定方法と地震応答解析による影響検討	95
3. 耐震性についての計算書に関する補足説明	115
3.1 設計荷重の設定根拠	115
3.2 基礎スラブの掘り込み部の影響検討	120
3.3 床スラブの断面の評価	136
3.4 水平地盤反力係数 k_h の設定	143
3.5 杭の極限支持力及び残留引抜き抵抗力の設定	149
3.6 杭頭接合部の照査	151
3.7 地下水位による浮力を考慮した常時荷重時の影響検討	154
4. 液状化影響検討についての補足説明	161
4.1 概要	161
4.2 緊急時対策所建屋の地盤改良について	162
4.3 2次元有効応力解析による地震応答解析モデル	165
4.4 杭の健全性の評価	169

1. 概要

1.1 補足説明資料の構成

本資料は東海第二発電所の緊急時対策所建屋の耐震性評価について説明するものである。
本資料の構成を表 1-1 に示す。

表 1-1 本資料の構成

資料	補足説明の項目
添付資料 「V-2-2-10 緊急時対策所建屋の 地震応答計算書」	2. 地震応答解析に関する補足説明 ・地盤のモデル化の検討 ・地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討 ・減衰定数 3%を考慮したモデルの影響検討 ・建屋剛性のばらつきに関する影響検討 ・機器・配管系評価への影響検討 ・形状特性係数の設定方法と地震応答解析による影響検討
添付資料 「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の 耐震性についての計算書」	3. 耐震性についての計算書に関する補足説明 ・設計荷重の設定根拠 ・基礎スラブの掘り込み部の影響評価 ・床スラブの断面の評価 ・水平地盤反力係数 k_h の設定 ・杭の極限支持力及び残留引抜き抵抗力の設定 ・杭頭接合部の照査
添付資料 「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の 耐震性についての計算書 別紙 液状化影響検討について」	4. 液状化影響検討についての補足説明 ・液状化に伴う杭の健全性評価

1.2 検討結果の要約

補足説明資料の検討結果の要約を以下に示す。

1.2.1 地震応答解析に関する補足説明

「2. 地震応答解析に関する補足説明」では、緊急時対策所の地震応答解析モデルについて成層地盤としてモデル化することの妥当性を示し、地盤物性のばらつきについて緊急時対策所近傍にて実施した地盤改良試験施工結果から、ばらつきを含めた地盤改良土の物性値設定の妥当性を示した。その結果に基づき、支持地盤、表層地盤及び地盤改良土の物性のばらつきを考慮した地震応答解析を実施し、影響検討を行った。また、減衰定数 3% を考慮した場合及び緊急時対策所建屋の建屋剛性のばらつきを考慮した地震応答解析を実施し、影響検討を行った。

必要保有水平耐力の算定に用いる形状特性係数の設定根拠を示すとともに、ねじれを考慮した地震応答解析を実施し、ねじれを考慮しても建屋の健全性が確保されることを確認した。

1.2.2 耐震性についての計算書に関する補足説明

「3. 耐震性についての計算書に関する補足説明」では、緊急時対策所建屋に係る機器配管荷重及び積載荷重の設定根拠を示した。基礎スラブについては、基礎スラブの掘り込み部を考慮した影響検討を実施し、その影響が小さいことを確認した。また、床スラブについては、鉛直方向に剛であることを確認した。

杭については、水平地盤反力係数及び極限支持力並びに残留引抜き抵抗力の設定方法を提示し、杭の健全性を確認した。杭頭接続部に対しては照査によって、杭頭接続部の健全性を確認した。併せて、地下水位による浮力を考慮した常時荷重時の影響検討を実施し、基礎スラブの健全性が確保されることを確認した。

1.2.3 液状化影響検討についての補足説明

「4. 液状化影響検討についての補足説明」では、強制的に液状化を生じると仮定して、有効応力解析を実施し、液状化を考慮しても杭の健全性が確保されることを確認した。

2. 地震応答解析に関する補足説明

2.1 地盤のモデル化の検討

添付書類「V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書」において、緊急時対策所建屋の周辺地盤は、一次元波動論に基づき成層地盤としてモデル化している。

緊急時対策所建屋の周辺地盤の地質断面図を図 2-1 に示す。

地質断面図（NS 方向）によれば、建屋近傍に岩盤の傾斜が見られる。一般的に岩盤の傾斜による影響は、斜面によって発生するレーリー波の影響が鉛直入射波に加わっていく。同図によれば、岩盤の傾斜は 45° 程度あり、レーリー波の影響は水平及び鉛直地震動に対する表面波の影響は比較的小さい。また、建屋の中心位置は岩盤が平行成層から斜面形状に移る境界から 60m 程度離れており、文献*1によれば、建屋位置においてレーリー波の影響が小さくなる。このために、NS 方向の地盤に対しても平行成層モデルで取り扱うことが可能と想定される。

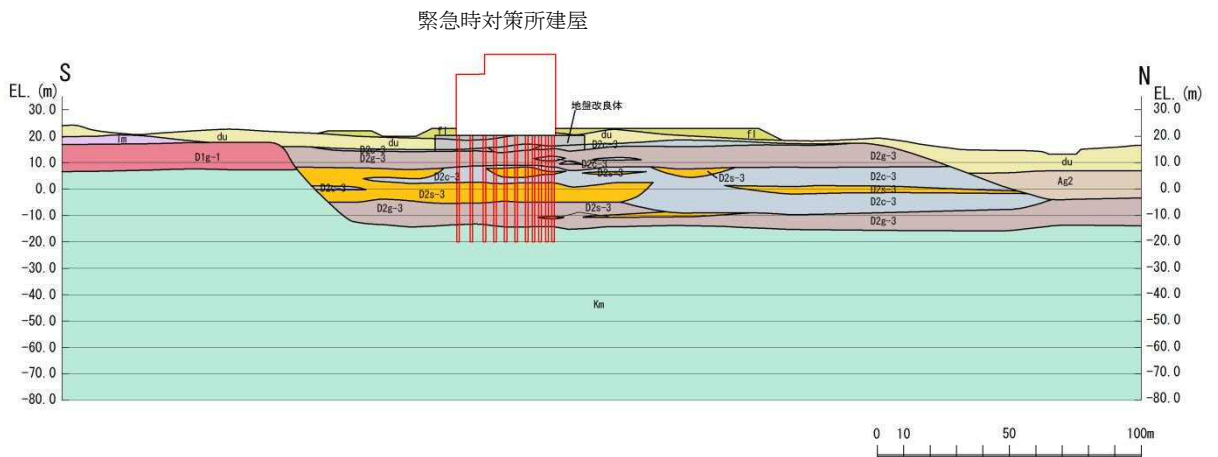
*1 江尻，後藤：基盤不整形性の影響の設計震度スペクトルへの導入に関する基礎的研究，土木学会論文集，No. 501/I-29，pp. 173-182，1994. 10

地質構成表

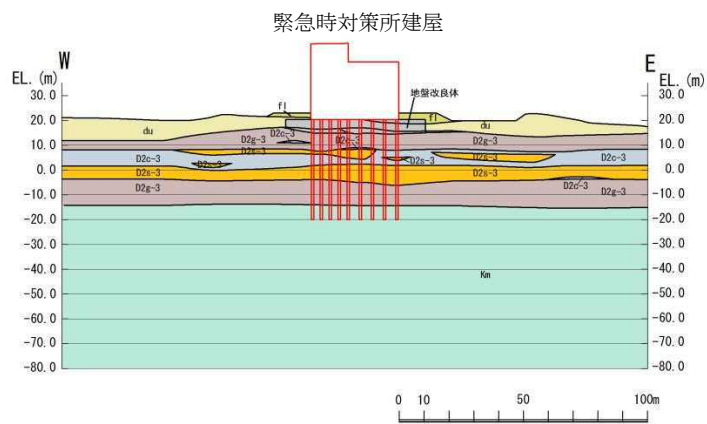
地質時代	地質区分	記号	岩相
第 新 世	砂丘砂層	du	砂
		Ag2	砂礫
	沖積層	al	粘土
		As	砂
		Ag1	砂礫
四 更 新 紀	段丘堆積物	D2c-3	シルト
		D2s-3	砂
		D2g-3	砂礫
		D2c-2	シルト
		D2g-2	砂礫
	D1	lm	ローム
		D1c-1	シルト
新第三紀 鮮新世	久米層	D1g-1	砂礫
		Km	砂質泥岩

~~~~~ 不整合

※flは埋戻土



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 2-1 地質断面図

## 2.2 地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討

本節は、「補足-400-3 地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討」の検討方針に基づき、地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果を示すものである。

### 2.2.1 地盤物性のばらつきの設定方針

地盤物性のばらつきによる影響検討では、等価地盤定数の設定に用いる初期地盤のせん断波速度について、支持地盤及び表層地盤を標準地盤、地盤改良土を改良目標値とした検討ケースを工認基本モデルとし、地盤物性の変動による影響を考慮した検討ケースを改良土平均値モデル及び改良土平均値 $\pm\sigma$ 考慮モデルとする。地盤物性のばらつきによる影響検討のための地震応答解析ケースを表2-1に示す。

地盤物性のばらつきは、支持地盤・表層地盤と、地盤改良土それぞれについて設定する。

地盤改良土については、工認基本モデルでは改良土物性値の下限值として設定した値 ( $V_s=760$  m/s) を用いている。地盤物性の変動による影響を考慮する際には、試験施工において地盤改良土の物理的試験を実施し、地盤物性値が得られていることから、本検討において考慮する地盤改良土のばらつきは、試験施工により得られた物性値の平均値および試験結果を統計処理して得られた標準偏差 $\pm\sigma$ を考慮する。試験施工で得られた物性値と、それに基づき設定した地盤改良土のばらつきについて、本資料「2.2.1 地盤改良土のばらつきの設定」に設定根拠を示す。

表2-1 地盤物性のばらつきによる影響検討のための地震応答解析ケース

|                  | モデル名称                  | 地盤物性                                     |                             |
|------------------|------------------------|------------------------------------------|-----------------------------|
|                  |                        | 支持地盤* <sup>1</sup><br>表層地盤* <sup>1</sup> | 地盤改良土* <sup>2,3</sup>       |
| 基本モデル            | 工認基本モデル                | 標準地盤                                     | 改良目標値                       |
| 地盤物性の<br>変動による影響 | 改良土平均値モデル              | 標準地盤                                     | 改良土試験施工<br>平均値相当            |
|                  | 改良土平均値 $+\sigma$ 考慮モデル | 標準地盤<br>$+\sigma$ 相当                     | 改良土試験施工<br>平均値 $+\sigma$ 相当 |
|                  | 改良土平均値 $-\sigma$ 考慮モデル | 標準地盤<br>$-\sigma$ 相当                     | 改良土試験施工<br>平均値 $-\sigma$ 相当 |

注記 \*1：添付書類「V-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」および

「補足-400-3 地震応答解析における材料物性のばらつきに関する検討」に基づく。

\*2：本資料「2.2.1 地盤改良土のばらつきの設定」に基づく。

\*3：設定した値は、表2-8に示す。

## 2.2.2 地盤改良土のばらつきの設定

### (1) 概要

緊急時対策所建屋のボーリング調査位置を図 2-2 に、建屋直下におけるボーリング柱状図 (KK-1) を図 2-3 に示す。設計用地表面は EL.23.0 m となることから、現状地表 (EL.19.0 m) から 4.0 m の盛土 (埋戻土) を用いて整地される。この敷地の支持層となる Km 層 (砂質泥岩) の上面は EL. -15.2 m と深く、基準地震動  $S_s$  において支持層以浅の砂層が液状化する可能性が高いことを考慮して、緊急時対策所建屋の基礎構造は地盤改良併用の杭基礎構造としている。

杭基礎の耐震性を確保するために、地表近傍 (EL.20.8 m~EL.13.6 m) の地盤改良は、原地盤を購入砂とセメントミルクを混ぜた流動化処理土で置換する工法を採用している。また、構築される地盤改良土を対象に、現地で試験施工を実施している。

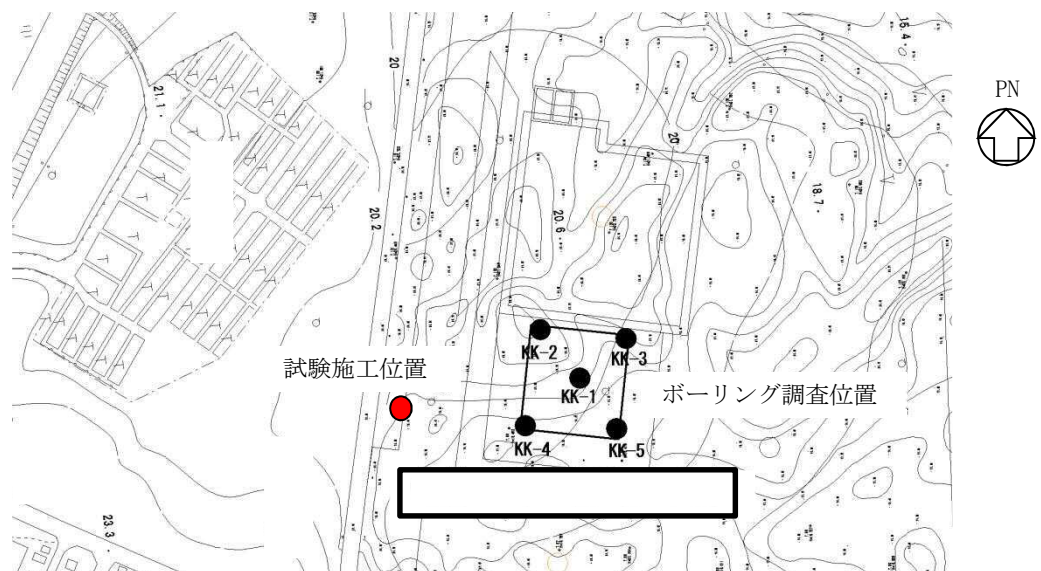


図 2-2 ボーリング調査位置



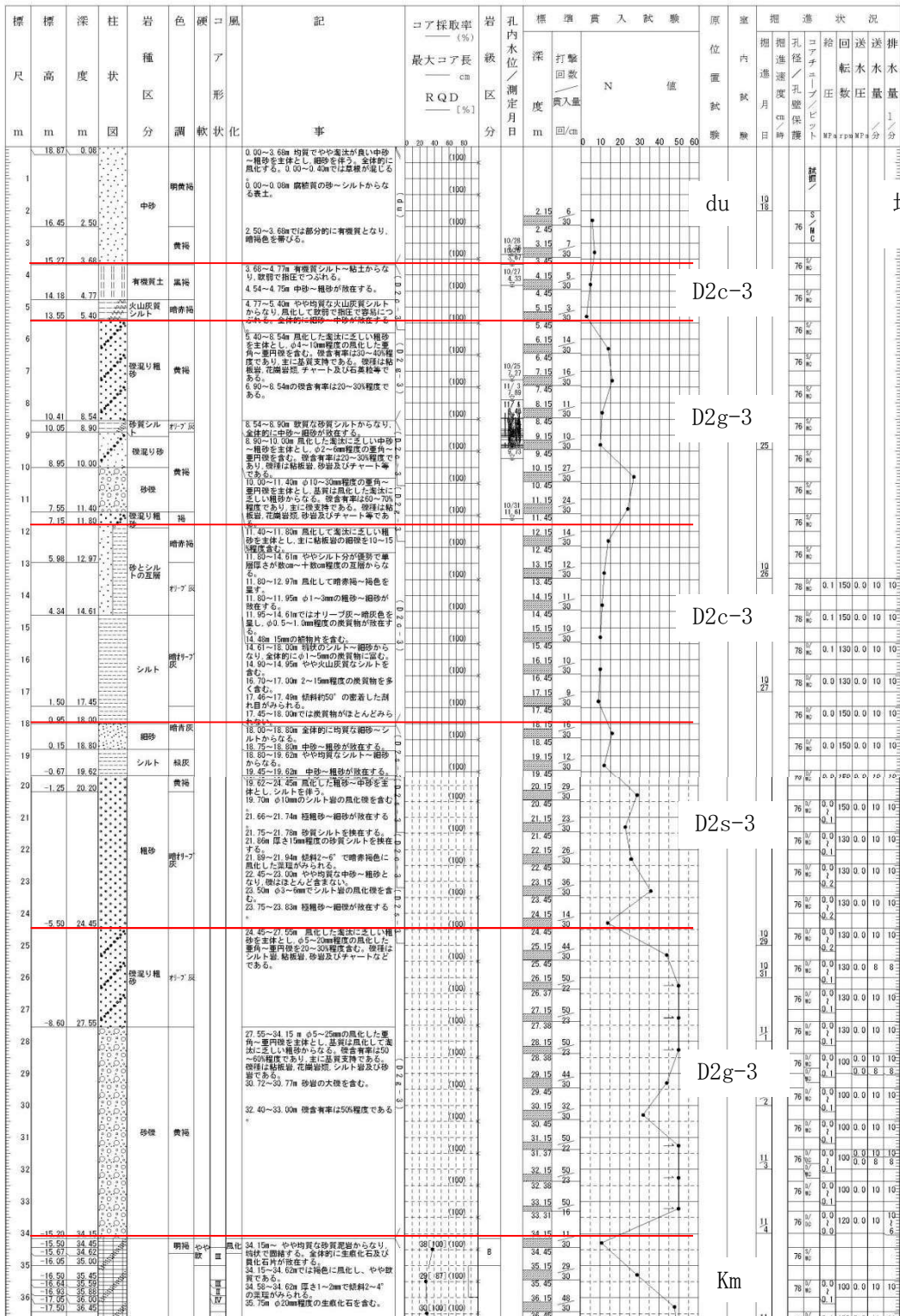
調査名 東海第二発電所 工認申請・審査用ボーリング調査（緊急時対策用）  
SA用海水取水施設等

ボーリングNo. 54405458000

事業・工事名

シートNo.

|        |             |      |                                         |      |                    |
|--------|-------------|------|-----------------------------------------|------|--------------------|
| ボーリング名 | KK-1        | 調査位置 | 茨城県那珂郡東海村白方2-4 (X=481.7128, Y=675.8700) | 北緯   | 36° 27' 55.88979"  |
| 発注機関   | 日本原子力発電株式会社 | 調査期間 | 平成28年10月17日～平成28年11月26日                 | 東経   | 140° 36' 09.84928" |
| 調査業者名  |             |      |                                         |      |                    |
| 孔口標高   | 18.95m      | 角    | 135°                                    | 方    | 北 0°               |
| 総掘進長   | 85.45m      | 度    | 上 90°                                   | 向    | 西 270° 東 90°       |
|        |             |      | 0°                                      | 地盤勾配 | 0°                 |
|        |             |      |                                         | 使用機  | 試錐機 鉱研OE-SB        |
|        |             |      |                                         | エンジン | ヤンマー-NFD170        |
|        |             |      |                                         | ハンマ  | 落下用機 半自動型          |
|        |             |      |                                         | ポンプ  | 東邦CP-65            |



EL. 20.8m  
↑  
地盤改良範囲  
↓

図 2-3 ボーリング柱状図（建屋直下，KK-1）

(2) 地盤改良土の試験施工位置

地盤改良土の試験施工を実施した場所は、緊急時対策所建屋から比較的近い位置（図 2-2 の赤丸）となっており、緊急時対策所建屋の施工条件に概ね類似している場所と考えられる。

(3) 流動化処理土の調合計画

流動化処理土は購入砂及びセメントミルクを攪拌混合したものであり、購入砂及びセメントの材料は以下を採用する。

- ・購入砂：茨城県日立市（産地）
- ・セメント：高炉セメント B 種

購入砂の粒度分布を図 2-4 に、地盤改良土の調合を表 2-2 に示す。試験施工における改良土の調合は、事前に実施した室内調合試験の結果を基準とし、試験施工において流動化処理土を製造する際に計測した購入砂の含水比から土量と水量を補正している。

JIS A 1204 土のふるい分け試験成績表

|       |                |       |                |
|-------|----------------|-------|----------------|
| 受付年月日 | 平成 29年 02月 23日 | 試験年月日 | 平成 29年 03月 02日 |
| 試料番号  |                |       |                |
| 分類名   | 礫質砂(まき土)       | 分類記号  | {SG}           |

| 粒径 mm | 残留率 % | 加積通過率 % |
|-------|-------|---------|
| 26.5  |       |         |
| 19    |       |         |
| 9.5   | 0.0   | 100.0   |
| 4.75  | 0.4   | 99.6    |
| 2     | 15.8  | 83.8    |
| 0.85  | 31.4  | 52.4    |
| 0.425 | 20.5  | 31.9    |
| 0.25  | 11.3  | 20.6    |
| 0.106 | 10.2  | 10.4    |
| 0.075 | 1.5   | 8.9     |
| >     | 8.9   |         |
| 計     | 100.0 |         |

|             |      |
|-------------|------|
| 最大粒径 mm     | 9.5  |
| 60%粒径 mm    | 1.05 |
| 50%粒径 mm    | 0.79 |
| 30%粒径 mm    | 0.39 |
| 20%粒径 mm    | 0.24 |
| 10%粒径 mm    | 0.10 |
| 均等係数 $U_c$  | 10.5 |
| 曲率係数 $U_c'$ | 1.4  |

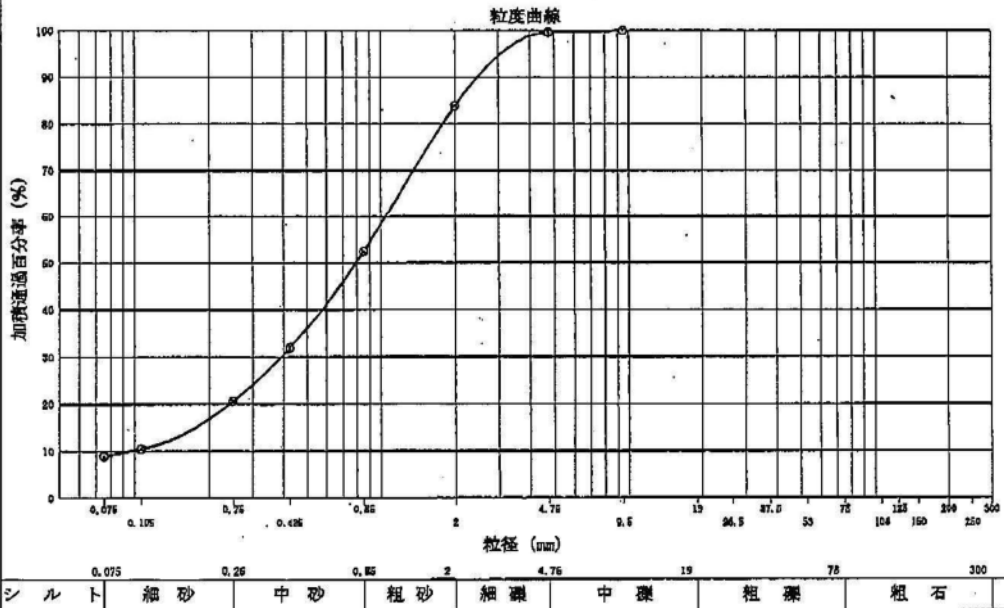


図 2-4 購入砂の粒度分布

表 2-2 地盤改良土の調合

| 土の種類 |                                | 購入砂   |         |         |         |
|------|--------------------------------|-------|---------|---------|---------|
| 土の物性 | 土粒子密度(g/cm <sup>3</sup> )      | 2.750 |         |         |         |
|      | 含水比                            | 11.4% | 9.1%    | 9.7%    |         |
| 試験   |                                | 室内調合  | 現場調合①   | 現場調合②   |         |
| 基本調合 | 調合含水比                          | 44.5% | 44.5%   | 44.5%   |         |
|      | 単位セメント量(kg/m <sup>3</sup> )    | 350   | 350     | 350     |         |
|      | 単位土量(絶乾質量)(kg/m <sup>3</sup> ) | 1,087 | 1,087   | 1,087   |         |
|      | 単位水量(kg/m <sup>3</sup> )       | 483   | 483     | 483     |         |
|      | 気泡量(L/m <sup>3</sup> )         | 0     | 0       | 0       |         |
|      | 混和剤量(L/m <sup>3</sup> )        | 0     | 0       | 0       |         |
| 補正調合 | 単位セメント量(kg/m <sup>3</sup> )    | 350   | 350     | 350     |         |
|      | 単位土量(kg/m <sup>3</sup> )       | 1,211 | 1,186   | 1,192   |         |
|      | 単位水量(kg/m <sup>3</sup> )       | 359   | 384     | 378     |         |
|      | 気泡量(L/m <sup>3</sup> )         | 0     | 0       | 0       |         |
|      | 混和剤量(L/m <sup>3</sup> )        | 0     | 0       | 0       |         |
| 試験値  | 密度(g/cm <sup>3</sup> )         | 目標値   | 1.92    | 1.92    | 1.92    |
|      |                                | 実測値   | 1.935   | 1.965   | 1.975   |
|      | フロー値(mm)                       | 目標値   | 150以上   |         |         |
|      |                                | 実測値   | 171×168 | 189×187 | 190×187 |
|      | ブリーディング率*                      | 実測値   | 1.22%   | 0.67%   | 0.79%   |

注記 \* :ブリーディング率については参考値とする。

#### (4) 地盤改良土の物性値

試験施工から得られる地盤改良土の物性値は、せん断波速度  $V_s$ 、粗密波速度  $V_p$ 、湿潤密度  $\rho_t$  とする。また、検討に用いる物性値は以下に示す①～③の方法で評価する。

- ①  $V_s$ 、 $V_p$  は、試験施工における PS 検層結果から評価する。
- ② 湿潤密度  $\rho_t$  は調査ボーリング位置から採取した供試体の湿潤密度試験結果を用いる。
- ③ 添付書類「V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書」で用いている地盤改良土のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性は、東海第二発電所で統一的に使用しているせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性としている。本検討においても、このひずみ依存性を用いることとするが、試験施工においても供試体による繰返し三軸試験を行い、せん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性を評価している。そのため、両者の比較を行い、上記のひずみ依存性を用いて検討を実施することが妥当であることを以下に確認する。

地盤改良土の試験施工から得られた物性値を表 2-3 に示す。同表の元となる試験データを表 2-4 及び表 2-5 に、試験データの頻度分布（正規分布を仮定した曲線を併記）を図 2-5 に示す。表 2-5 に示した試験結果について、測定深度 25m の結果は他の深度に比べて  $V_p$  がやや大きく、 $V_s$  がやや小さく測定されており、結果的にポアソン比も他の深度に比べて大きな値となっている。これは、当該測定深度の地層が D2g-3 層であることが原因と考えられる。

また、地盤改良土のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性を図 2-6 に示す。同図では、添付書類「V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書」（以下「工認資料」という）の地盤改良土のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性と試験結果に基づくせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性に関する回帰曲線を併記している。

地盤改良土の動的変形特性に試験施工結果を用いた場合の等価線形解析結果と、工認資料に記載した工認基本モデルにおける等価線形解析結果を比較したものを図 2-7 及び図 2-8 に示す。両者の応答に差異がないことから、工認資料の動的変形特性で地盤応答を十分表現できる。

図 2-6 には、地震動の大きな  $S_s-31$  及び  $S_s-D1$  の地盤改良土の有効せん断ひずみの範囲を赤色の網掛けにて示す。地盤改良土はセメント系改良土のために剛性が高く、地震時におけるせん断ひずみはわずかである。このようなひずみが小さな範囲では試験結果に基づく回帰曲線と工認資料のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性にほとんど差異はないため、両者の応答に差異が生じなかったものと考えられる。なお、減衰定数については、実測値は工認資料の曲線からやや乖離しているが、設計時数値は実測値に比べ減衰を小さく評価しており、保守的な評価になっていると言える。

等価線形化された地盤定数を表 2-6 及び表 2-7 に示す。同表には、工認資料における結果を併記する。また、設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置 (EL. 20.8m) における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 2-9 及び図 2-10 に示す。等価地盤定数および入力地震動の加速度応答スペクトルについては両者でほとんど差異はみられず、動的変形特性の違いが地盤応答にほとんど影響を与えないことを確認した。

表 2-3 地盤改良土の試験施工から得られた物性値

| 項 目                                   | 試験数 | 平均値   | 標準偏差  | 平均値 + $\sigma$ | 平均値 - $\sigma$ | 変動係数 (%) |
|---------------------------------------|-----|-------|-------|----------------|----------------|----------|
| 湿潤密度<br>$\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 29  | 1.966 | 0.014 | —              | —              | 0.7      |
| せん断波速度<br>$V_s$ (m/s)                 | 12  | 1733  | 65    | 1798           | 1668           | 3.7      |
| 粗密波速度<br>$V_p$ (m/s)                  | 12  | 3001  | 110   | 3111           | 2891           | 3.7      |
| ポアソン比<br>$\nu^*$                      | 12  | 0.250 | —     | —              | —              | —        |

注記 \* : ポアソン比  $\nu$  は  $V_s$  及び  $V_p$  から算定している。

表 2-4 試験データ一覧 (湿潤密度  $\rho_t$ )

| 調査<br>ボーリング<br>位置 | 試料深度<br>(m)<br>(標高) | 平均<br>深度<br>(m) | 物理試験                                     |              |
|-------------------|---------------------|-----------------|------------------------------------------|--------------|
|                   |                     |                 | 湿潤密度<br>$\rho_t$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 含水比<br>w (%) |
| ①-1               | 13.02 ~ 13.16       | 13.09           | 1.967                                    | 22.3         |
|                   | 13.19 ~ 13.33       | 13.26           | —                                        | 25.2         |
|                   | 13.33 ~ 13.47       | 13.40           | —                                        | 23.9         |
|                   | 14.03 ~ 14.17       | 14.10           | 1.969                                    | 23.2         |
|                   | 15.02 ~ 15.16       | 15.09           | 1.969                                    | 22.8         |
|                   | 15.58 ~ 15.72       | 15.65           | 1.958                                    | 22.7         |
|                   | 16.02 ~ 16.16       | 16.09           | 1.973                                    | 22.3         |
|                   | 16.16 ~ 16.30       | 16.23           | 1.962                                    | 24.7         |
|                   | 16.30 ~ 16.66       | 16.48           | 1.967                                    | 22.1         |
|                   |                     |                 | 1.990                                    | 20.8         |
|                   |                     |                 | 1.968                                    | 22.9         |
|                   | 17.02 ~ 17.16       | 17.09           | 1.970                                    | 21.1         |
|                   | 18.02 ~ 18.16       | 18.09           | 1.982                                    | 22.1         |
|                   | 18.44 ~ 18.58       | 18.51           | 1.960                                    | 21.4         |
|                   | 19.05 ~ 19.19       | 19.12           | 1.978                                    | 21.7         |
|                   | 19.19 ~ 19.50       | 19.35           | 1.996                                    | 13.1         |
|                   |                     |                 | 1.973                                    | 14.7         |
|                   |                     |                 | 1.971                                    | 16.6         |
|                   | 20.04 ~ 20.18       | 20.11           | —                                        | 24.4         |
|                   | 21.04 ~ 21.18       | 21.11           | 1.971                                    | 23.8         |
| 22.03 ~ 22.17     | 22.10               | 1.964           | 23.0                                     |              |
| 23.03 ~ 23.17     | 23.10               | 1.966           | 21.8                                     |              |
| 24.03 ~ 24.17     | 24.10               | 1.962           | 21.7                                     |              |
| 24.17 ~ 24.31     | 24.24               | —               | 25.4                                     |              |
| 24.31 ~ 24.45     | 24.38               | —               | 23.5                                     |              |
| 25.04 ~ 25.18     | 25.11               | 1.989           | 21.1                                     |              |

| 調査<br>ボーリング<br>位置 | 試料深度<br>(m)<br>(標高) | 平均<br>深度<br>(m) | 物理試験                                     |              |
|-------------------|---------------------|-----------------|------------------------------------------|--------------|
|                   |                     |                 | 湿潤密度<br>$\rho_t$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 含水比<br>w (%) |
| ②-1               | 1.04 ~ 1.18         | 1.11            | —                                        | 23.5         |
|                   | 2.05 ~ 2.19         | 2.12            | —                                        | 24.7         |
|                   | 3.30 ~ 3.44         | 3.37            | —                                        | 22.7         |
|                   | 3.44 ~ 3.58         | 3.51            | —                                        | 26.5         |
|                   | 3.58 ~ 3.72         | 3.65            | —                                        | 22.8         |
|                   | 6.05 ~ 6.19         | 6.12            | —                                        | 23.8         |
|                   | 7.03 ~ 7.17         | 7.10            | —                                        | 24.4         |
|                   | 8.02 ~ 8.16         | 8.09            | —                                        | 23.9         |
|                   | 11.04 ~ 11.18       | 11.11           | 1.933                                    | 22.4         |
|                   | 12.03 ~ 12.17       | 12.10           | 1.959                                    | 23.7         |
|                   | 12.17 ~ 12.47       | 12.32           | 1.966                                    | 15.7         |
|                   |                     |                 | 1.944                                    | 17.3         |
|                   |                     |                 | 1.948                                    | 20.2         |
|                   | 13.03 ~ 13.17       | 13.10           | 1.952                                    | 22.3         |
|                   | 16.03 ~ 16.17       | 16.10           | 1.951                                    | 24.4         |
|                   | 17.03 ~ 17.17       | 17.10           | 1.952                                    | 23.4         |
|                   | 18.17 ~ 18.31       | 18.24           | —                                        | 21.0         |
|                   | 21.05 ~ 21.19       | 21.12           | —                                        | 23.1         |
|                   | 22.04 ~ 22.18       | 22.11           | —                                        | 20.6         |
|                   | 23.03 ~ 23.17       | 23.10           | —                                        | 21.4         |
| ①-1と②-1の<br>統計値   | 個数                  | 29              | 46                                       |              |
|                   | 最小値                 | 1.933           | 13.1                                     |              |
|                   | 最大値                 | 1.996           | 26.5                                     |              |
|                   | 平均値                 | 1.966           | 22.1                                     |              |
|                   | 標準偏差                | 0.014           | 2.7                                      |              |
|                   | 変動係数 (%)            | 0.7             | 12.4                                     |              |

・試験施工配置と調査ボーリング位置

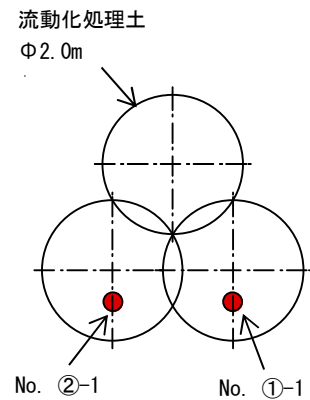
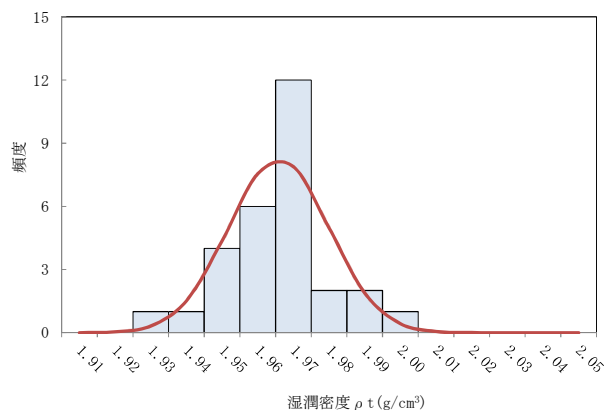


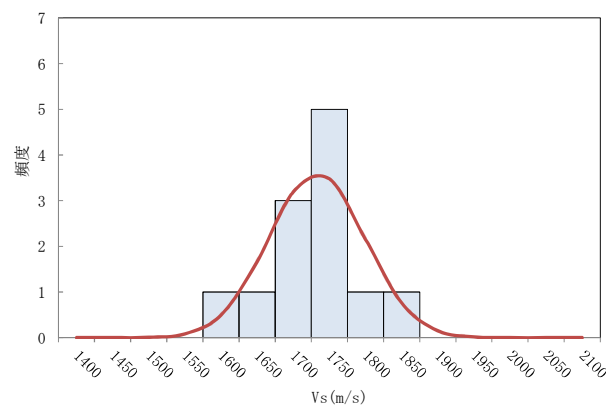
表 2-5 試験データ一覧 (PS 検層結果)

| 測定深度<br>(m)    | 流動化<br>処理土<br>仕様 | 測定区間の<br>対象土 | P波<br>速度<br>V <sub>p</sub><br>(m/s) | S波<br>速度<br>V <sub>s</sub><br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|----------------|------------------|--------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|
| 14.00          | 購入砂<br>調合        | 改良土          | 2985                                | 1724                                | 0.250          |
| 15.00          |                  | 改良土          | 3012                                | 1751                                | 0.245          |
| 16.00          |                  | 改良土          | 2941                                | 1715                                | 0.242          |
| 17.00          |                  | 改良土          | 2915                                | 1733                                | 0.227          |
| 18.00          |                  | 改良土          | 3077                                | 1825                                | 0.229          |
| 19.00          |                  | 改良土          | 3086                                | 1821                                | 0.233          |
| 20.00          |                  | 改良土          | 2778                                | 1608                                | 0.248          |
| 21.00          |                  | 改良土          | 2976                                | 1761                                | 0.231          |
| 22.00          |                  | 改良土          | 2959                                | 1742                                | 0.235          |
| 23.00          |                  | 改良土          | 3021                                | 1773                                | 0.237          |
| 24.00          |                  | 改良土          | 3021                                | 1709                                | 0.265          |
| 25.00          |                  | 改良土          | 3236                                | 1629                                | 0.330          |
| 改良土における<br>統計値 | 購入砂<br>調合        | 個数           | 12                                  | 12                                  | 12             |
|                |                  | 最小値          | 2778                                | 1608                                | 0.227          |
|                |                  | 最大値          | 3236                                | 1825                                | 0.330          |
|                |                  | 平均値          | 3001                                | 1733                                | 0.250          |
|                |                  | 標準偏差         | 110                                 | 65                                  | 0.028          |
|                |                  | 変動係数(%)      | 3.7                                 | 3.7                                 | 11.4           |

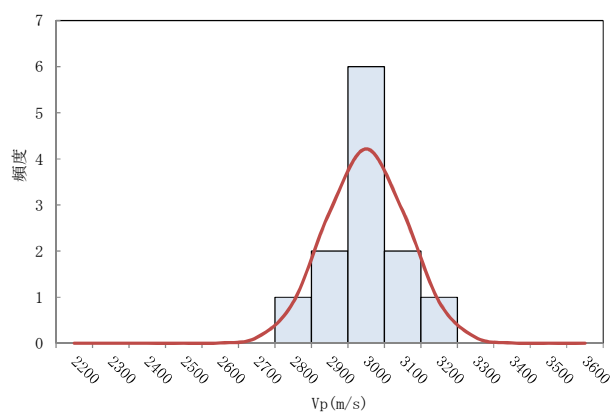




(a) 湿潤密度  $\rho_t$



(b) せん断波速度  $V_s$



(c) 粗密波速度  $V_p$

図 2-5 地盤改良土の物性値の頻度分布

工認資料 :  $\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \gamma/0.1560}$   $h = 17.8(1 - G/G_0)$  (%)

回帰曲線 :  $\frac{G}{G_0} = \frac{1}{1 + \gamma/0.1962}$   $h = 10.8(1 - G/G_0)$  (%)

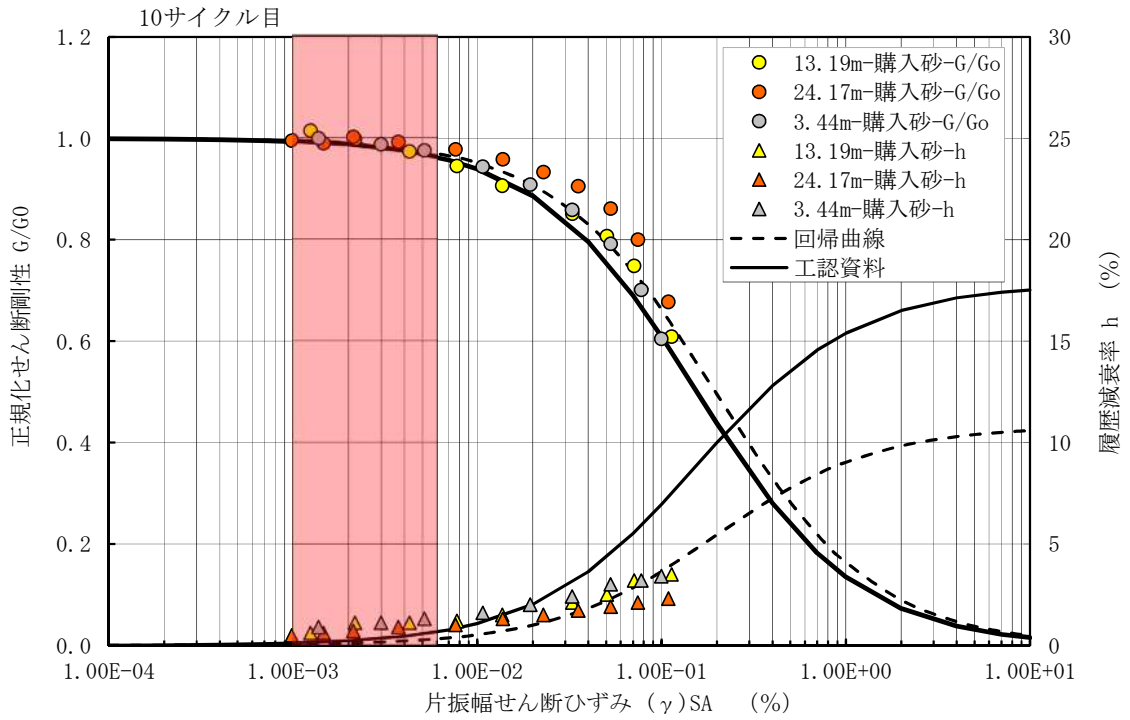


図 2-6 地盤改良土のせん断剛性及び減衰定数のひずみ依存性

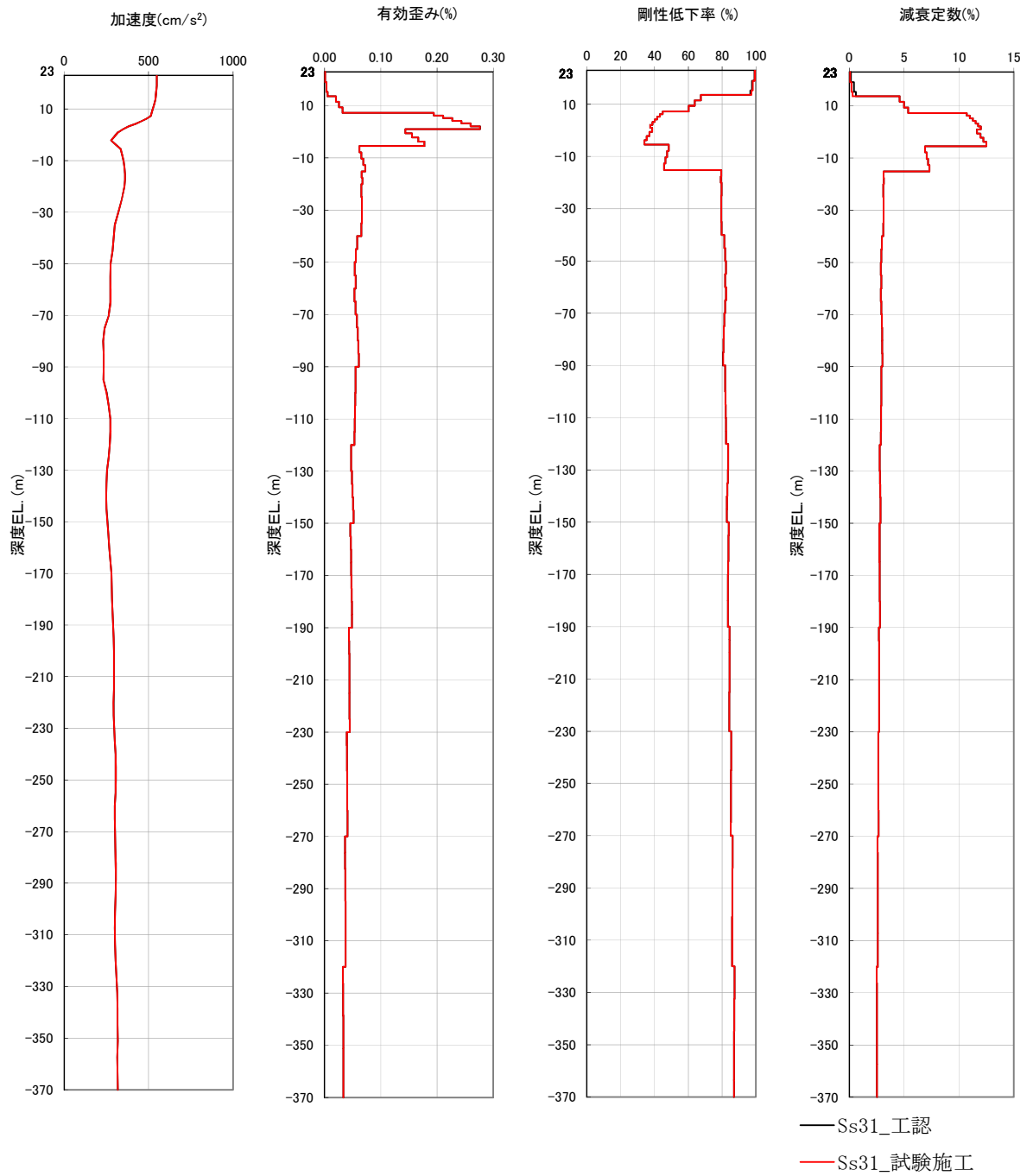


図 2-7 等価線形解析結果 (S<sub>s</sub>-31)

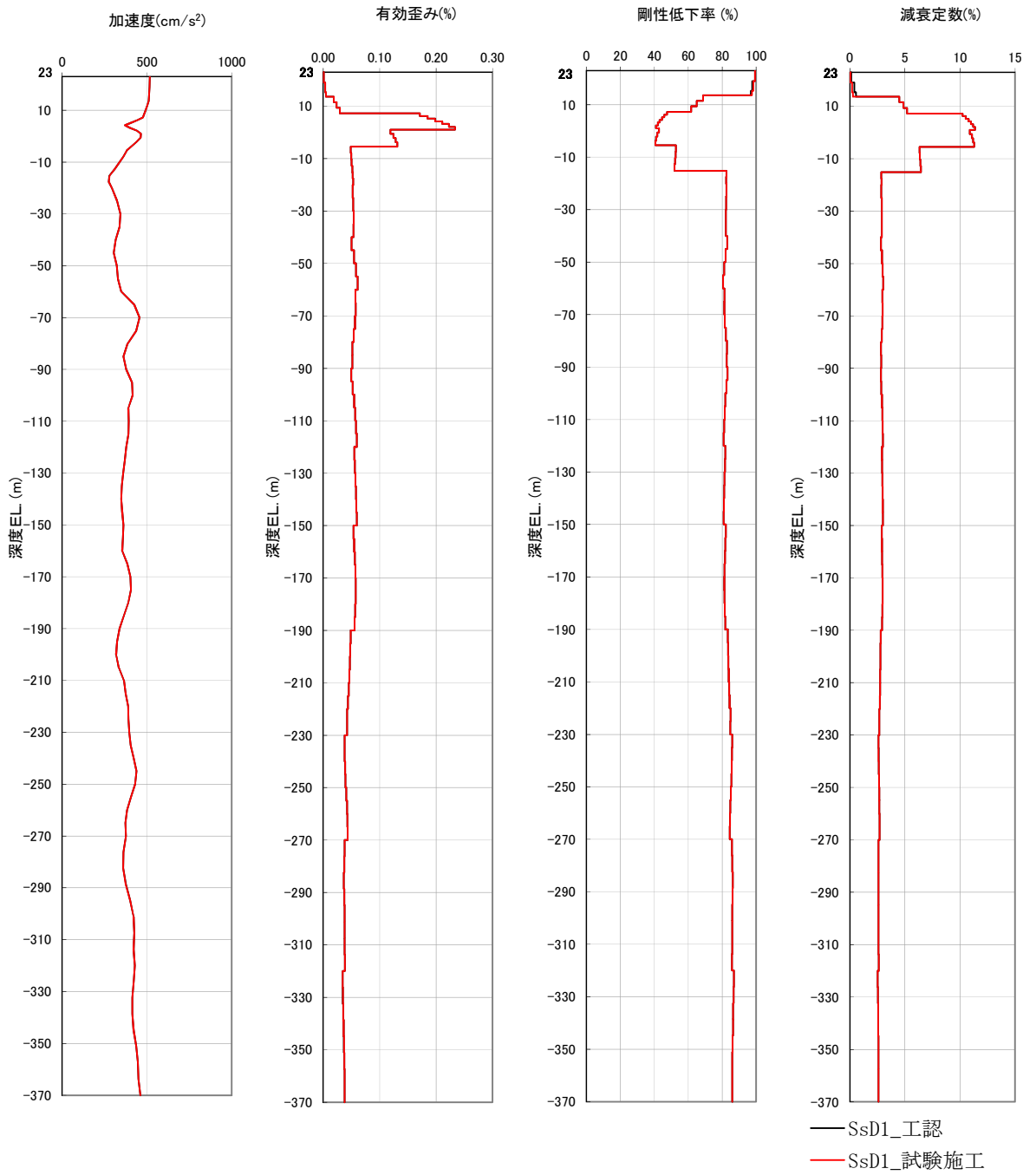


図 2-8 等価線形解析結果 (S<sub>s</sub>-D1)

表 2-6 等価地盤定数 (S<sub>s</sub>-31)

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分   | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 等価<br>減衰定数<br>(工認)<br>h | 等価<br>減衰定数<br>(試験施工)<br>h | 等価<br>S波速度<br>(工認)<br>(m/s) | 等価<br>S波速度<br>(試験施工)<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(工認)<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(試験施工)<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土(f1)    | 4.00      | 1.97                                | 0.00                    | 0.00                      | 756                         | 756                           | 1309                        | 1309                          | 0.250          |
| 19.0             | 改良土(du)    | 3.70      | 1.97                                | 0.00                    | 0.00                      | 752                         | 752                           | 1303                        | 1303                          | 0.250          |
| 15.3             | 改良土(D2c-3) | 1.70      | 1.97                                | 0.01                    | 0.00                      | 749                         | 749                           | 1297                        | 1297                          | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3      | 6.40      | 2.15                                | 0.05                    | 0.05                      | 400                         | 400                           | 1849                        | 1849                          | 0.475          |
| 7.2              | D2c-3      | 6.20      | 1.77                                | 0.11                    | 0.11                      | 173                         | 173                           | 1747                        | 1747                          | 0.495          |
| 1.0              | D2s-3      | 6.50      | 1.92                                | 0.12                    | 0.12                      | 216                         | 216                           | 1368                        | 1368                          | 0.487          |
| -5.5             | D2g-3      | 9.70      | 2.15                                | 0.07                    | 0.07                      | 343                         | 343                           | 1834                        | 1834                          | 0.482          |
| -15.2            | Km         | 4.80      | 1.72                                | 0.03                    | 0.03                      | 397                         | 397                           | 1645                        | 1645                          | 0.469          |
| -20.0            |            | 20.00     | 1.72                                | 0.03                    | 0.03                      | 408                         | 408                           | 1659                        | 1659                          | 0.468          |
| -40.0            |            | 20.00     | 1.73                                | 0.03                    | 0.03                      | 427                         | 427                           | 1680                        | 1680                          | 0.465          |
| -60.0            |            | 30.00     | 1.73                                | 0.03                    | 0.03                      | 442                         | 442                           | 1691                        | 1691                          | 0.463          |
| -90.0            |            | 30.00     | 1.73                                | 0.03                    | 0.03                      | 465                         | 465                           | 1718                        | 1718                          | 0.460          |
| -120.0           |            | 30.00     | 1.73                                | 0.03                    | 0.03                      | 489                         | 489                           | 1746                        | 1746                          | 0.457          |
| -150.0           |            | 40.00     | 1.74                                | 0.03                    | 0.03                      | 517                         | 517                           | 1773                        | 1773                          | 0.454          |
| -190.0           |            | 40.00     | 1.74                                | 0.03                    | 0.03                      | 545                         | 545                           | 1811                        | 1811                          | 0.450          |
| -230.0           |            | 40.00     | 1.75                                | 0.03                    | 0.03                      | 577                         | 577                           | 1850                        | 1850                          | 0.446          |
| -270.0           |            | 50.00     | 1.75                                | 0.03                    | 0.03                      | 612                         | 612                           | 1899                        | 1899                          | 0.442          |
| -320.0           |            | 50.00     | 1.76                                | 0.03                    | 0.03                      | 652                         | 652                           | 1937                        | 1937                          | 0.436          |
| -370.0           |            | 解放基盤      | —                                   | 1.76                    | 0.00                      | 0.00                        | 718                           | 718                         | 1988                          | 1988           |

表 2-7 等価地盤定数 (S<sub>s</sub>-D1)

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分   | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 等価<br>減衰定数<br>(工認)<br>h | 等価<br>減衰定数<br>(試験施工)<br>h | 等価<br>S波速度<br>(工認)<br>(m/s) | 等価<br>S波速度<br>(試験施工)<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(工認)<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(試験施工)<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|------------|-----------|-------------------------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土(f1)    | 4.00      | 1.97                                | 0.00                    | 0.00                      | 756                         | 756                           | 1309                        | 1309                          | 0.250          |
| 19.0             | 改良土(du)    | 3.70      | 1.97                                | 0.00                    | 0.00                      | 752                         | 752                           | 1303                        | 1303                          | 0.250          |
| 15.3             | 改良土(D2c-3) | 1.70      | 1.97                                | 0.01                    | 0.00                      | 749                         | 749                           | 1297                        | 1297                          | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3      | 6.40      | 2.15                                | 0.05                    | 0.05                      | 400                         | 403                           | 1849                        | 1850                          | 0.475          |
| 7.2              | D2c-3      | 6.20      | 1.77                                | 0.11                    | 0.11                      | 173                         | 179                           | 1747                        | 1748                          | 0.495          |
| 1.0              | D2s-3      | 6.50      | 1.92                                | 0.12                    | 0.11                      | 216                         | 233                           | 1368                        | 1371                          | 0.485          |
| -5.5             | D2g-3      | 9.70      | 2.15                                | 0.07                    | 0.06                      | 343                         | 361                           | 1834                        | 1838                          | 0.480          |
| -15.2            | Km         | 4.80      | 1.72                                | 0.03                    | 0.03                      | 397                         | 405                           | 1645                        | 1647                          | 0.468          |
| -20.0            |            | 20.00     | 1.72                                | 0.03                    | 0.03                      | 408                         | 413                           | 1659                        | 1661                          | 0.467          |
| -40.0            |            | 20.00     | 1.73                                | 0.03                    | 0.03                      | 427                         | 427                           | 1680                        | 1680                          | 0.465          |
| -60.0            |            | 30.00     | 1.73                                | 0.03                    | 0.03                      | 442                         | 445                           | 1691                        | 1692                          | 0.463          |
| -90.0            |            | 30.00     | 1.73                                | 0.03                    | 0.03                      | 465                         | 465                           | 1718                        | 1718                          | 0.460          |
| -120.0           |            | 30.00     | 1.73                                | 0.03                    | 0.03                      | 489                         | 483                           | 1746                        | 1744                          | 0.458          |
| -150.0           |            | 40.00     | 1.74                                | 0.03                    | 0.03                      | 517                         | 511                           | 1773                        | 1770                          | 0.455          |
| -190.0           |            | 40.00     | 1.74                                | 0.03                    | 0.03                      | 545                         | 545                           | 1811                        | 1811                          | 0.450          |
| -230.0           |            | 40.00     | 1.75                                | 0.03                    | 0.03                      | 577                         | 577                           | 1850                        | 1850                          | 0.446          |
| -270.0           |            | 50.00     | 1.75                                | 0.03                    | 0.03                      | 612                         | 612                           | 1899                        | 1899                          | 0.442          |
| -320.0           |            | 50.00     | 1.76                                | 0.03                    | 0.03                      | 652                         | 648                           | 1937                        | 1935                          | 0.437          |
| -370.0           |            | 解放基盤      | —                                   | 1.76                    | 0.00                      | 0.00                        | 718                           | 718                         | 1988                          | 1988           |

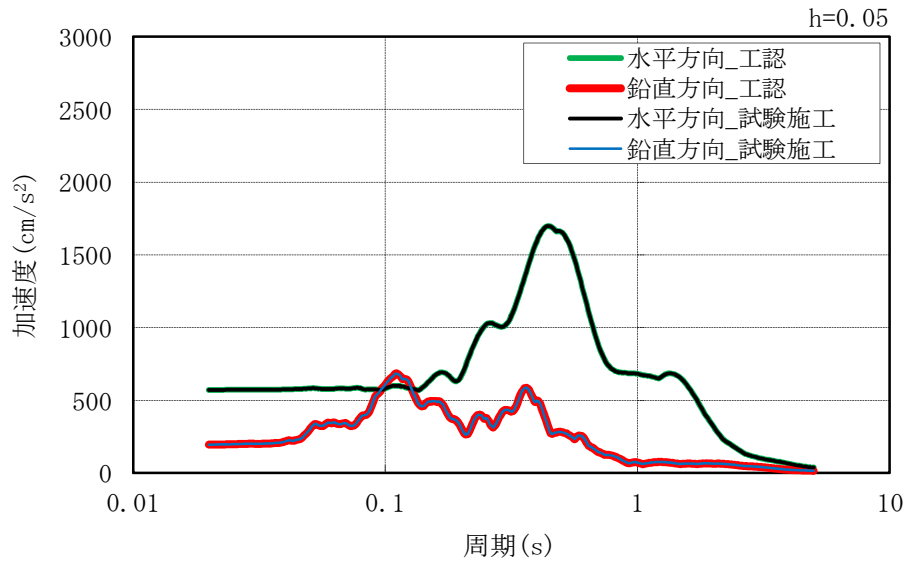


図 2-9 入力地震動の加速度応答スペクトル (S<sub>s</sub>-31)

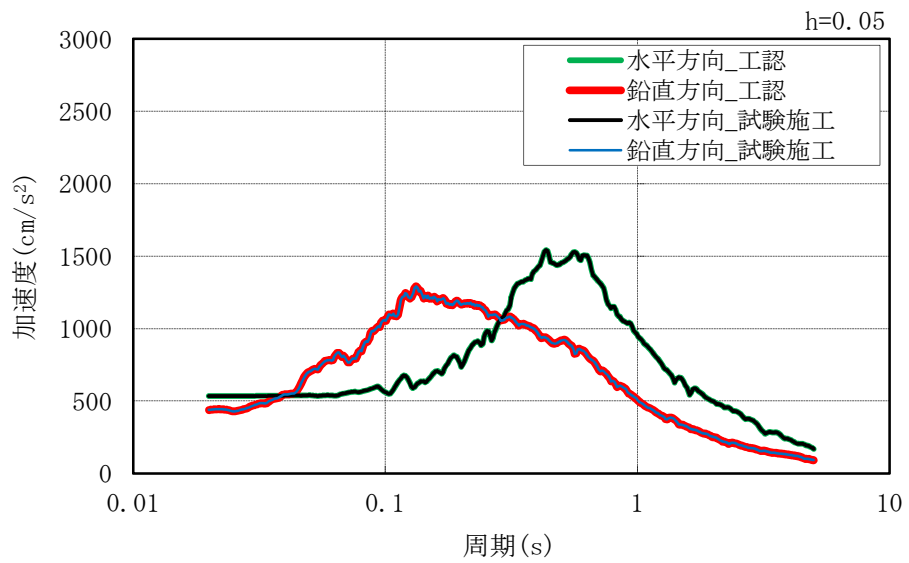


図 2-10 入力地震動の加速度応答スペクトル (S<sub>s</sub>-D1)

(5) 検討に用いる地盤改良土物性値のばらつきの取り扱い

地盤改良土のばらつきの検討に用いる物性値を表 2-8 に示す。

同表において、せん断波速度  $V_s$  は試験施工での PS 検層で得られた S 波速度の平均値 1733 m/s を丸めて 1700 m/s とし、標準偏差は試験結果の 65 m/s を丸めて 100 m/s とする。

なお、ポアソン比  $\nu$  及び湿潤密度  $\rho_t$  はばらつきが小さいと考えられることから一定値とし、ばらつきを考慮しない。

表 2-8 地盤改良土のばらつきの検討に用いる物性値

| 項目                               | 試験施工の結果から<br>得られた物性値 |                  |                              |                              | 改良目標値 |
|----------------------------------|----------------------|------------------|------------------------------|------------------------------|-------|
|                                  | 改良土試験施工<br>平均値相当     | 標準偏差<br>$\sigma$ | 改良土試験施工<br>平均値 + $\sigma$ 相当 | 改良土試験施工<br>平均値 - $\sigma$ 相当 |       |
| $V_s$<br>(m/s)                   | 1700                 | 100              | 1800                         | 1600                         | 760   |
| $\nu$                            | 0.250                | 0                | 0.250                        | 0.250                        | 0.250 |
| $\rho_t$<br>(g/cm <sup>3</sup> ) | 1.97                 | 0                | 1.97                         | 1.97                         | 1.97  |

### 2.2.3 地盤物性のばらつきを考慮した地震応答解析結果

#### (1) ばらつきを考慮した地盤物性

地盤物性のばらつきは、改良土試験施工の平均値及び地盤のせん断波速度の変動係数から求めた変動の比率（ $\pm\sigma$ 相当）として考慮する。

初期地盤の物性値を表 2-9 に示す。また、初期地盤の物性値とひずみ依存特性から一次元波動論より求めた等価物性値を表 2-10～表 2-13 に示す。等価物性値の設定には、解析コード「KSHAKE ver.2.0」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認などの概要については、添付書類「V-5-17 計算機プログラム（解析コード）の概要・KSHAKE」に示す。



表 2-9 初期地盤の物性値

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分   | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | S波速度<br>$V_s$<br>(m/s) |            |                       |                       |
|------------------|------------|-----------|-----------------------------|------------------------|------------|-----------------------|-----------------------|
|                  |            |           |                             | 工認<br>基本               | 改良土<br>平均値 | 改良土<br>平均値 + $\sigma$ | 改良土<br>平均値 - $\sigma$ |
| 23.0             | 改良土(f1)    | 4.0       | 1.97                        | 760                    | 1700       | 1800                  | 1600                  |
| 19.0             | 改良土(du)    | 3.7       | 1.97                        | 760                    | 1700       | 1800                  | 1600                  |
| 15.3             | 改良土(D2c-3) | 1.7       | 1.97                        | 760                    | 1700       | 1800                  | 1600                  |
| 13.6             | D2g-3      | 6.4       | 2.15                        | 500                    | 500        | 575                   | 425                   |
| 7.2              | D2c-3      | 6.2       | 1.77                        | 270                    | 270        | 311                   | 229                   |
| 1.0              | D2s-3      | 6.5       | 1.92                        | 360                    | 360        | 378                   | 342                   |
| -5.5             | D2g-3      | 9.7       | 2.15                        | 500                    | 500        | 575                   | 425                   |
| -15.2            | Km         | 4.8       | 1.72                        | 447                    | 447        | 492                   | 402                   |
| -20.0            |            | 20.0      | 1.72                        | 456                    | 456        | 502                   | 410                   |
| -40.0            |            | 20.0      | 1.73                        | 472                    | 472        | 520                   | 424                   |
| -60.0            |            | 30.0      | 1.73                        | 491                    | 491        | 541                   | 441                   |
| -90.0            |            | 30.0      | 1.73                        | 514                    | 514        | 566                   | 462                   |
| -120.0           |            | 30.0      | 1.73                        | 537                    | 537        | 591                   | 483                   |
| -150.0           |            | 40.0      | 1.74                        | 564                    | 564        | 621                   | 507                   |
| -190.0           |            | 40.0      | 1.74                        | 595                    | 595        | 655                   | 535                   |
| -230.0           |            | 40.0      | 1.75                        | 626                    | 626        | 689                   | 563                   |
| -270.0           |            | 50.0      | 1.75                        | 660                    | 660        | 726                   | 594                   |
| -320.0           |            | 50.0      | 1.76                        | 699                    | 699        | 769                   | 629                   |
| -370.0           |            |           |                             |                        |            |                       |                       |

表 2-10 (1/2) 地盤定数 (工認基本モデル)

(a)  $S_s - D1$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分   | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土(f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 756                 | 1309                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土(du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 752                 | 1303                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土(D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.01            | 749                 | 1297                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3      | 6.40      | 2.15                        | 0.05            | 403                 | 1850                | 0.475          |
| 7.2              | D2c-3      | 6.20      | 1.77                        | 0.11            | 179                 | 1748                | 0.495          |
| 1.0              | D2s-3      | 6.50      | 1.92                        | 0.11            | 233                 | 1371                | 0.485          |
| -5.5             | D2g-3      | 9.70      | 2.15                        | 0.06            | 361                 | 1838                | 0.480          |
| -15.2            | Km         | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 405                 | 1647                | 0.468          |
| -20.0            |            | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 413                 | 1661                | 0.467          |
| -40.0            |            | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 427                 | 1680                | 0.465          |
| -60.0            |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 445                 | 1692                | 0.463          |
| -90.0            |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 465                 | 1718                | 0.460          |
| -120.0           |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 483                 | 1744                | 0.458          |
| -150.0           |            | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 511                 | 1770                | 0.455          |
| -190.0           |            | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 545                 | 1811                | 0.450          |
| -230.0           |            | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 577                 | 1850                | 0.446          |
| -270.0           |            | 50.00     | 1.75                        | 0.03            | 612                 | 1899                | 0.442          |
| -320.0           |            | 50.00     | 1.76                        | 0.03            | 648                 | 1935                | 0.437          |
| -370.0           |            | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 718                 | 1988           |

(b)  $S_s - 21$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分   | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土(f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 756                 | 1309                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土(du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 752                 | 1303                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土(D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 752                 | 1303                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3      | 6.40      | 2.15                        | 0.04            | 427                 | 1857                | 0.472          |
| 7.2              | D2c-3      | 6.20      | 1.77                        | 0.08            | 209                 | 1753                | 0.493          |
| 1.0              | D2s-3      | 6.50      | 1.92                        | 0.07            | 290                 | 1386                | 0.477          |
| -5.5             | D2g-3      | 9.70      | 2.15                        | 0.05            | 397                 | 1848                | 0.476          |
| -15.2            | Km         | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 415                 | 1651                | 0.466          |
| -20.0            |            | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 420                 | 1663                | 0.466          |
| -40.0            |            | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 433                 | 1682                | 0.465          |
| -60.0            |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 453                 | 1695                | 0.462          |
| -90.0            |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 477                 | 1723                | 0.458          |
| -120.0           |            | 30.00     | 1.73                        | 0.02            | 501                 | 1751                | 0.455          |
| -150.0           |            | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 532                 | 1779                | 0.451          |
| -190.0           |            | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 561                 | 1817                | 0.447          |
| -230.0           |            | 40.00     | 1.75                        | 0.02            | 587                 | 1854                | 0.444          |
| -270.0           |            | 50.00     | 1.75                        | 0.02            | 619                 | 1902                | 0.441          |
| -320.0           |            | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 659                 | 1940                | 0.435          |
| -370.0           |            | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 718                 | 1988           |

表 2-10 (2/2) 地盤定数 (工認基本モデル)

(c)  $S_s - 22$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 756                 | 1309                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 752                 | 1303                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 749                 | 1297                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.04            | 418                 | 1854                | 0.473          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.09            | 200                 | 1751                | 0.493          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.08            | 279                 | 1383                | 0.479          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.05            | 397                 | 1848                | 0.476          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 417                 | 1651                | 0.466          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 423                 | 1664                | 0.465          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 438                 | 1683                | 0.464          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 455                 | 1695                | 0.461          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 479                 | 1723                | 0.458          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 501                 | 1751                | 0.455          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 526                 | 1776                | 0.452          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 555                 | 1815                | 0.448          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.02            | 587                 | 1854                | 0.444          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.02            | 619                 | 1902                | 0.441          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 659                 | 1940                | 0.435          |
| -370.0           | 解放基盤        | —         | 1.76                        | 0.00            | 718                 | 1988                | 0.425          |

(d)  $S_s - 31$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 756                 | 1309                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 752                 | 1303                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.01            | 749                 | 1297                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.05            | 400                 | 1849                | 0.475          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.11            | 173                 | 1747                | 0.495          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.12            | 216                 | 1368                | 0.487          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.07            | 343                 | 1834                | 0.482          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 397                 | 1645                | 0.469          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 408                 | 1659                | 0.468          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 427                 | 1680                | 0.465          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 442                 | 1691                | 0.463          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 465                 | 1718                | 0.460          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 489                 | 1746                | 0.457          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 517                 | 1773                | 0.454          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 545                 | 1811                | 0.450          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 577                 | 1850                | 0.446          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.03            | 612                 | 1899                | 0.442          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.03            | 652                 | 1937                | 0.436          |
| -370.0           | 解放基盤        | —         | 1.76                        | 0.00            | 718                 | 1988                | 0.425          |

表 2-11 (1/2) 地盤定数 (改良土平均値モデル)

(a)  $S_s - D1$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分   | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土(f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土(du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土(D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1691                | 2929                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3      | 6.40      | 2.15                        | 0.05            | 403                 | 1850                | 0.475          |
| 7.2              | D2c-3      | 6.20      | 1.77                        | 0.11            | 179                 | 1748                | 0.495          |
| 1.0              | D2s-3      | 6.50      | 1.92                        | 0.11            | 233                 | 1371                | 0.485          |
| -5.5             | D2g-3      | 9.70      | 2.15                        | 0.06            | 361                 | 1838                | 0.480          |
| -15.2            | Km         | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 405                 | 1647                | 0.468          |
| -20.0            |            | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 413                 | 1661                | 0.467          |
| -40.0            |            | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 427                 | 1680                | 0.465          |
| -60.0            |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 445                 | 1692                | 0.463          |
| -90.0            |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 465                 | 1718                | 0.460          |
| -120.0           |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 483                 | 1744                | 0.458          |
| -150.0           |            | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 511                 | 1770                | 0.455          |
| -190.0           |            | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 545                 | 1811                | 0.450          |
| -230.0           |            | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 577                 | 1850                | 0.446          |
| -270.0           |            | 50.00     | 1.75                        | 0.03            | 612                 | 1899                | 0.442          |
| -320.0           |            | 50.00     | 1.76                        | 0.03            | 648                 | 1935                | 0.437          |
| -370.0           |            | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 718                 | 1988           |

(b)  $S_s - 21$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分   | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土(f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土(du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土(D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3      | 6.40      | 2.15                        | 0.04            | 427                 | 1857                | 0.472          |
| 7.2              | D2c-3      | 6.20      | 1.77                        | 0.08            | 209                 | 1753                | 0.493          |
| 1.0              | D2s-3      | 6.50      | 1.92                        | 0.07            | 290                 | 1386                | 0.477          |
| -5.5             | D2g-3      | 9.70      | 2.15                        | 0.05            | 397                 | 1848                | 0.476          |
| -15.2            | Km         | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 415                 | 1651                | 0.466          |
| -20.0            |            | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 420                 | 1663                | 0.466          |
| -40.0            |            | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 433                 | 1682                | 0.465          |
| -60.0            |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 453                 | 1695                | 0.462          |
| -90.0            |            | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 477                 | 1723                | 0.458          |
| -120.0           |            | 30.00     | 1.73                        | 0.02            | 501                 | 1751                | 0.455          |
| -150.0           |            | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 532                 | 1779                | 0.451          |
| -190.0           |            | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 561                 | 1817                | 0.447          |
| -230.0           |            | 40.00     | 1.75                        | 0.02            | 587                 | 1854                | 0.444          |
| -270.0           |            | 50.00     | 1.75                        | 0.02            | 619                 | 1902                | 0.441          |
| -320.0           |            | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 659                 | 1940                | 0.435          |
| -370.0           |            | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 718                 | 1988           |

表 2-11 (2/2) 地盤定数 (改良土平均値モデル)

(c)  $S_s - 22$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1691                | 2929                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.04            | 418                 | 1854                | 0.473          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.09            | 200                 | 1751                | 0.493          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.08            | 279                 | 1383                | 0.479          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.05            | 397                 | 1848                | 0.476          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 417                 | 1651                | 0.466          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 423                 | 1664                | 0.465          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 438                 | 1683                | 0.464          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 455                 | 1695                | 0.461          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 479                 | 1723                | 0.458          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 501                 | 1751                | 0.455          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 526                 | 1776                | 0.452          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 555                 | 1815                | 0.448          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.02            | 587                 | 1854                | 0.444          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.02            | 619                 | 1902                | 0.441          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 659                 | 1940                | 0.435          |
| -370.0           |             | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 718                 | 1988           |

(d)  $S_s - 31$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1700                | 2944                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1691                | 2929                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.05            | 400                 | 1849                | 0.475          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.11            | 173                 | 1747                | 0.495          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.12            | 216                 | 1368                | 0.487          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.07            | 343                 | 1834                | 0.482          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 397                 | 1645                | 0.469          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 408                 | 1659                | 0.468          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 427                 | 1680                | 0.465          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 442                 | 1691                | 0.463          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 465                 | 1718                | 0.460          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 489                 | 1746                | 0.457          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 517                 | 1773                | 0.454          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 545                 | 1811                | 0.450          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 577                 | 1850                | 0.446          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.03            | 612                 | 1899                | 0.442          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.03            | 652                 | 1937                | 0.436          |
| -370.0           |             | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 718                 | 1988           |

表 2-12 (1/2) 地盤定数 (改良土平均値+σ 考慮モデル)

(a)  $S_s - D1$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1791                | 3102                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.04            | 478                 | 2132                | 0.474          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.10            | 224                 | 2016                | 0.494          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.11            | 242                 | 1439                | 0.485          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.06            | 430                 | 2118                | 0.479          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 448                 | 1814                | 0.468          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 455                 | 1828                | 0.467          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 474                 | 1852                | 0.465          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 490                 | 1864                | 0.463          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 519                 | 1895                | 0.459          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 538                 | 1922                | 0.457          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 566                 | 1950                | 0.454          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 600                 | 1993                | 0.450          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 639                 | 2038                | 0.445          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.03            | 677                 | 2090                | 0.441          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 721                 | 2132                | 0.435          |
| -370.0           |             | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 790                 | 2187           |

(b)  $S_s - 21$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.04            | 501                 | 2139                | 0.471          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.07            | 249                 | 2020                | 0.492          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.07            | 300                 | 1454                | 0.478          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.05            | 474                 | 2131                | 0.474          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.02            | 462                 | 1819                | 0.466          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 468                 | 1833                | 0.465          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 479                 | 1853                | 0.464          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 499                 | 1867                | 0.462          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 525                 | 1897                | 0.459          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 551                 | 1927                | 0.455          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 586                 | 1958                | 0.451          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 621                 | 2002                | 0.447          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.02            | 654                 | 2044                | 0.443          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.02            | 685                 | 2094                | 0.440          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 725                 | 2134                | 0.435          |
| -370.0           |             | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 790                 | 2187           |

表 2-12 (2/2) 地盤定数 (改良土平均値+σ 考慮モデル)

(c)  $S_s - 22$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1791                | 3102                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.04            | 491                 | 2136                | 0.472          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.08            | 241                 | 2019                | 0.493          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.08            | 288                 | 1451                | 0.479          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.05            | 467                 | 2129                | 0.475          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.02            | 462                 | 1819                | 0.466          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.02            | 471                 | 1834                | 0.465          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 485                 | 1855                | 0.463          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 505                 | 1869                | 0.461          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.02            | 531                 | 1899                | 0.458          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.02            | 554                 | 1928                | 0.455          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 583                 | 1957                | 0.451          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 614                 | 1999                | 0.448          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.02            | 650                 | 2043                | 0.444          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.02            | 685                 | 2094                | 0.440          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 730                 | 2136                | 0.434          |
| -370.0           |             | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 790                 | 2187           |

(d)  $S_s - 31$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1800                | 3118                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1791                | 3102                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.05            | 474                 | 2131                | 0.474          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.10            | 218                 | 2015                | 0.494          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.12            | 230                 | 1437                | 0.487          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.06            | 415                 | 2114                | 0.480          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 440                 | 1811                | 0.469          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 449                 | 1826                | 0.468          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 468                 | 1850                | 0.466          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 493                 | 1865                | 0.462          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 519                 | 1895                | 0.459          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 542                 | 1923                | 0.457          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 573                 | 1953                | 0.453          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 604                 | 1995                | 0.450          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 639                 | 2038                | 0.445          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.03            | 677                 | 2090                | 0.441          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 721                 | 2132                | 0.435          |
| -370.0           |             | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 790                 | 2187           |

表 2-13 (1/2) 地盤定数 (改良土平均値 -  $\sigma$  考慮モデル)

(a)  $S_s - D1$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1592                | 2757                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.05            | 329                 | 1569                | 0.477          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.12            | 134                 | 1480                | 0.496          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.11            | 224                 | 1303                | 0.485          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.07            | 298                 | 1560                | 0.481          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 366                 | 1482                | 0.468          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 371                 | 1493                | 0.467          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 379                 | 1507                | 0.466          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 397                 | 1519                | 0.463          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 411                 | 1542                | 0.462          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 432                 | 1568                | 0.459          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 459                 | 1591                | 0.455          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 490                 | 1628                | 0.450          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 516                 | 1663                | 0.447          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.03            | 544                 | 1706                | 0.443          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.03            | 583                 | 1741                | 0.437          |
| -370.0           |             | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 646                 | 1789           |

(b)  $S_s - 21$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.04            | 356                 | 1577                | 0.473          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.09            | 171                 | 1485                | 0.493          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.07            | 274                 | 1316                | 0.477          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.06            | 321                 | 1566                | 0.478          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 371                 | 1484                | 0.467          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 374                 | 1494                | 0.467          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 386                 | 1510                | 0.465          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 404                 | 1521                | 0.462          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 428                 | 1548                | 0.459          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.02            | 453                 | 1576                | 0.455          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.02            | 476                 | 1598                | 0.451          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 496                 | 1630                | 0.449          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 522                 | 1665                | 0.445          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.02            | 557                 | 1711                | 0.441          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 593                 | 1746                | 0.435          |
| -370.0           |             | 解放基盤      | —                           | 1.76            | 0.00                | 646                 | 1789           |



表 2-13 (2/2) 地盤定数 (改良土平均値 -  $\sigma$  考慮モデル)

(c)  $S_s - 22$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.05            | 348                 | 1574                | 0.474          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.10            | 164                 | 1484                | 0.494          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.07            | 271                 | 1315                | 0.478          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.06            | 324                 | 1567                | 0.478          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 373                 | 1484                | 0.466          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 378                 | 1495                | 0.466          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 391                 | 1511                | 0.464          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 409                 | 1523                | 0.461          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 426                 | 1547                | 0.459          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 445                 | 1573                | 0.457          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 470                 | 1596                | 0.453          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 496                 | 1630                | 0.449          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 525                 | 1667                | 0.445          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.02            | 554                 | 1710                | 0.441          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.02            | 590                 | 1744                | 0.435          |
| -370.0           | 解放基盤        | —         | 1.76                        | 0.00            | 646                 | 1789                | 0.425          |

(d)  $S_s - 31$

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分    | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>( $t/m^3$ ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|-------------|-----------|-----------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | 改良土 (f1)    | 4.00      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土 (du)    | 3.70      | 1.97                        | 0.00            | 1600                | 2771                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土 (D2c-3) | 1.70      | 1.97                        | 0.00            | 1592                | 2757                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3       | 6.40      | 2.15                        | 0.05            | 329                 | 1569                | 0.477          |
| 7.2              | D2c-3       | 6.20      | 1.77                        | 0.13            | 132                 | 1480                | 0.496          |
| 1.0              | D2s-3       | 6.50      | 1.92                        | 0.12            | 211                 | 1300                | 0.486          |
| -5.5             | D2g-3       | 9.70      | 2.15                        | 0.08            | 279                 | 1556                | 0.483          |
| -15.2            | Km          | 4.80      | 1.72                        | 0.03            | 360                 | 1480                | 0.469          |
| -20.0            |             | 20.00     | 1.72                        | 0.03            | 369                 | 1492                | 0.467          |
| -40.0            |             | 20.00     | 1.73                        | 0.03            | 377                 | 1507                | 0.467          |
| -60.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 392                 | 1517                | 0.464          |
| -90.0            |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 416                 | 1544                | 0.461          |
| -120.0           |             | 30.00     | 1.73                        | 0.03            | 437                 | 1570                | 0.458          |
| -150.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 459                 | 1591                | 0.455          |
| -190.0           |             | 40.00     | 1.74                        | 0.03            | 487                 | 1627                | 0.451          |
| -230.0           |             | 40.00     | 1.75                        | 0.03            | 516                 | 1663                | 0.447          |
| -270.0           |             | 50.00     | 1.75                        | 0.03            | 548                 | 1708                | 0.443          |
| -320.0           |             | 50.00     | 1.76                        | 0.03            | 583                 | 1741                | 0.437          |
| -370.0           | 解放基盤        | —         | 1.76                        | 0.00            | 646                 | 1789                | 0.425          |

(2) 解析ケース

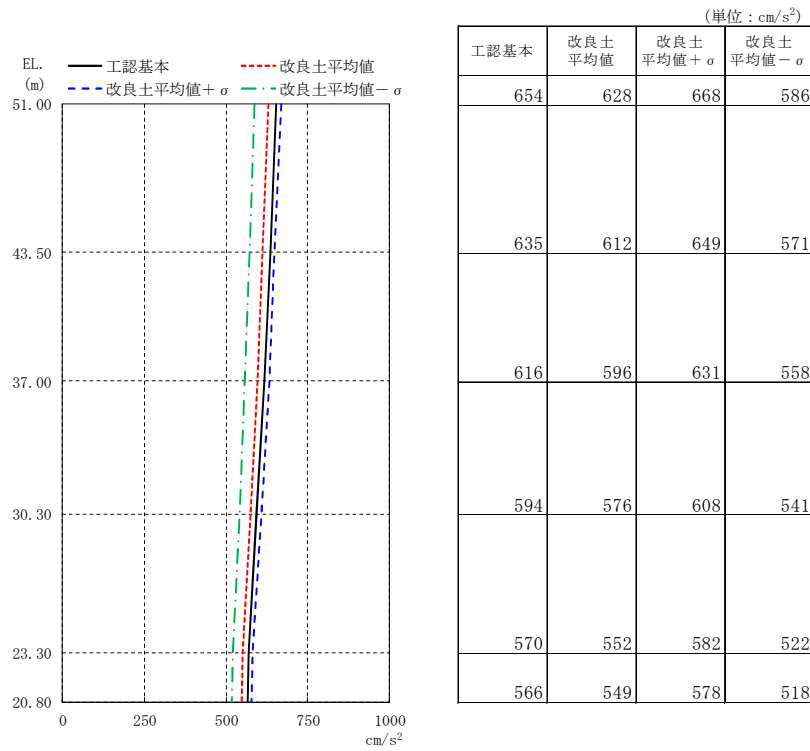
地盤物性のばらつきによる影響検討のための地震応答解析ケースを表 2-14 に示す。

表 2-14 地盤物性のばらつきによる影響検討のための地震応答解析ケース

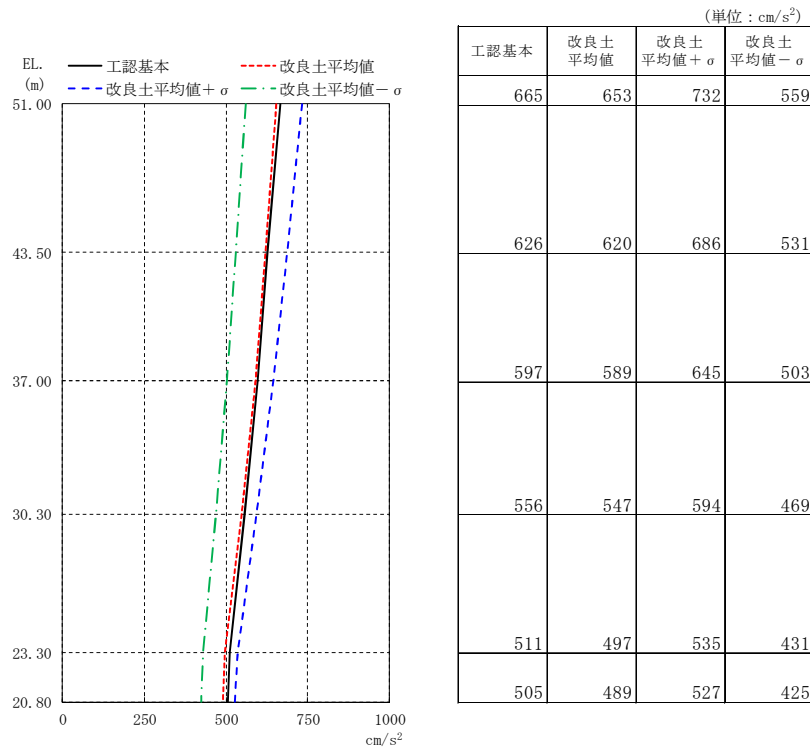
|                  | モデル名称                   | 地盤物性                  |                              |
|------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------------|
|                  |                         | 支持地盤<br>表層地盤          | 地盤改良土                        |
| 基本モデル            | 工認基本モデル                 | 標準地盤                  | 改良目標値                        |
| 地盤物性の<br>変動による影響 | 改良土平均値モデル               | 標準地盤                  | 改良土試験施工<br>平均値相当             |
|                  | 改良土平均値 + $\sigma$ 考慮モデル | 標準地盤<br>+ $\sigma$ 相当 | 改良土試験施工<br>平均値 + $\sigma$ 相当 |
|                  | 改良土平均値 - $\sigma$ 考慮モデル | 標準地盤<br>- $\sigma$ 相当 | 改良土試験施工<br>平均値 - $\sigma$ 相当 |

(3) 地震応答解析結果

緊急時対策所建屋の地盤物性のばらつき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、最大応答値の比較を図 2-11～図 2-21 に示す。また、基準地震動  $S_s$  に対する最大応答せん断力を耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットしたものを図 2-22 及び図 2-23 に示す。添付資料「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」の地震荷重には、上記最大応答値（曲げモーメント、せん断力、軸力）を考慮し設定する。

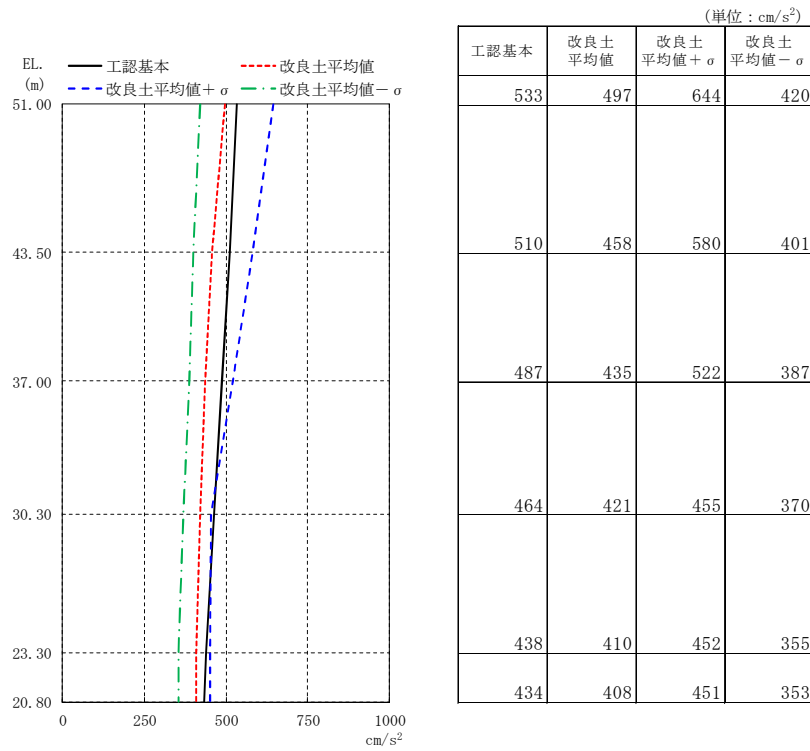


(a)  $S_s - D 1$

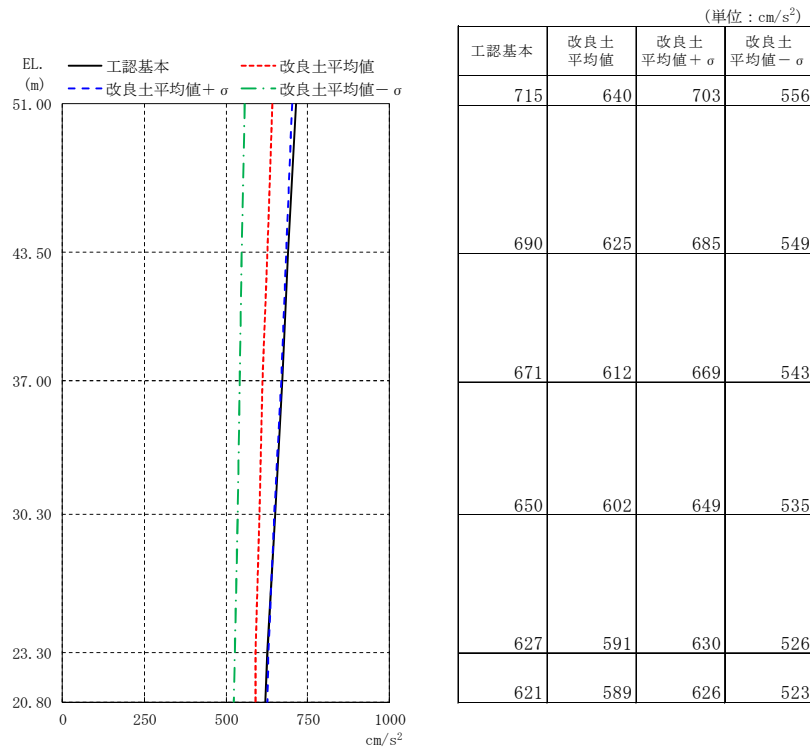


(b)  $S_s - 2 1$

図 2-11 (1/2) 最大応答加速度 (NS 方向)

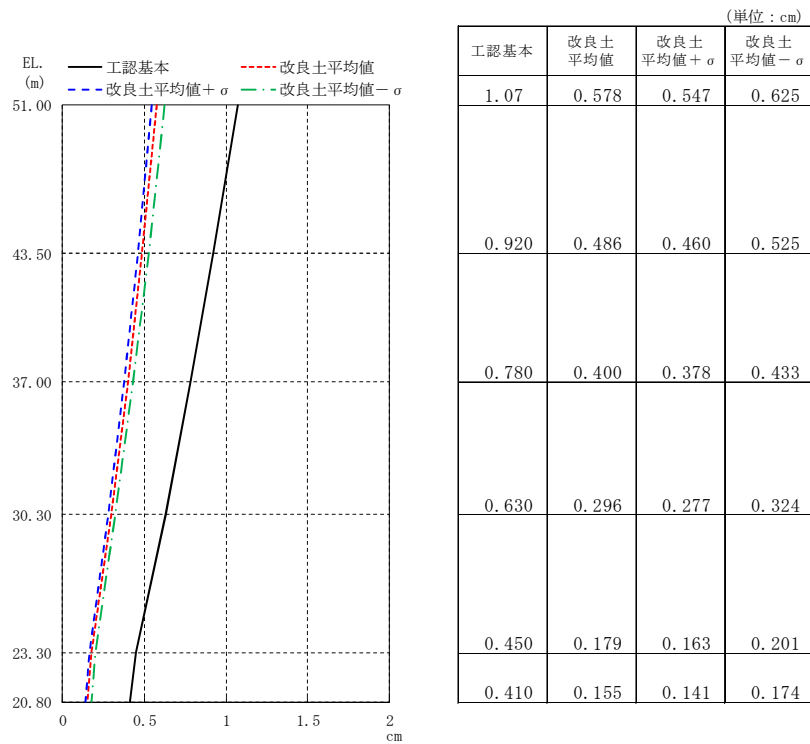


(c)  $S_s - 22$

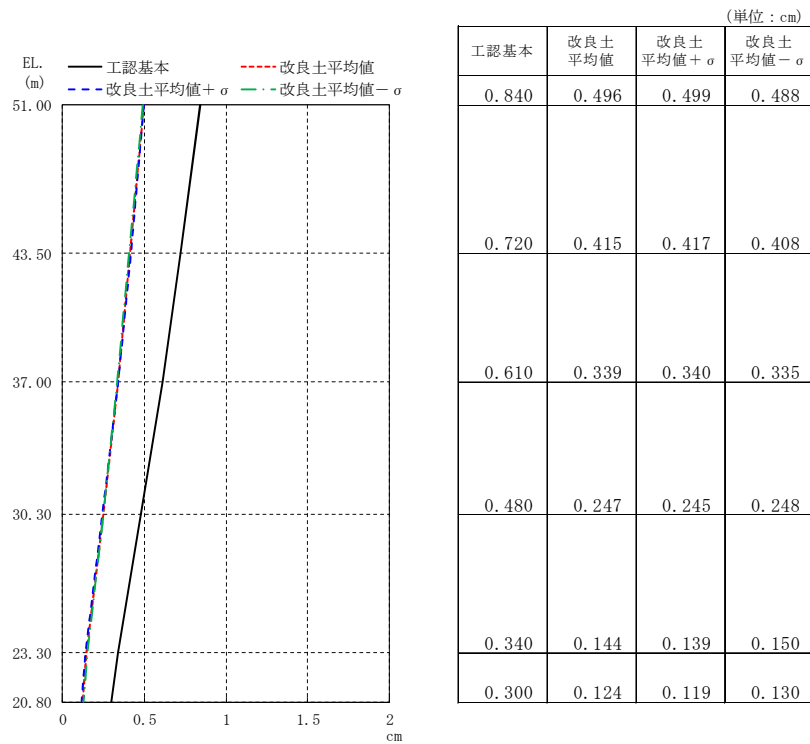


(d)  $S_s - 31$

図 2-11 (2/2) 最大応答加速度 (NS 方向)

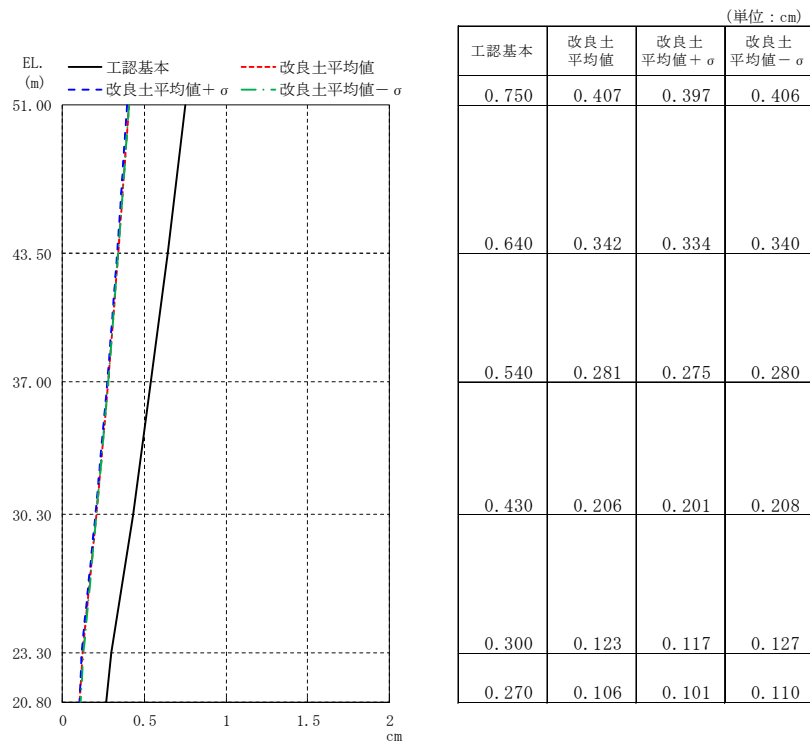


(a) S<sub>s</sub> - D 1

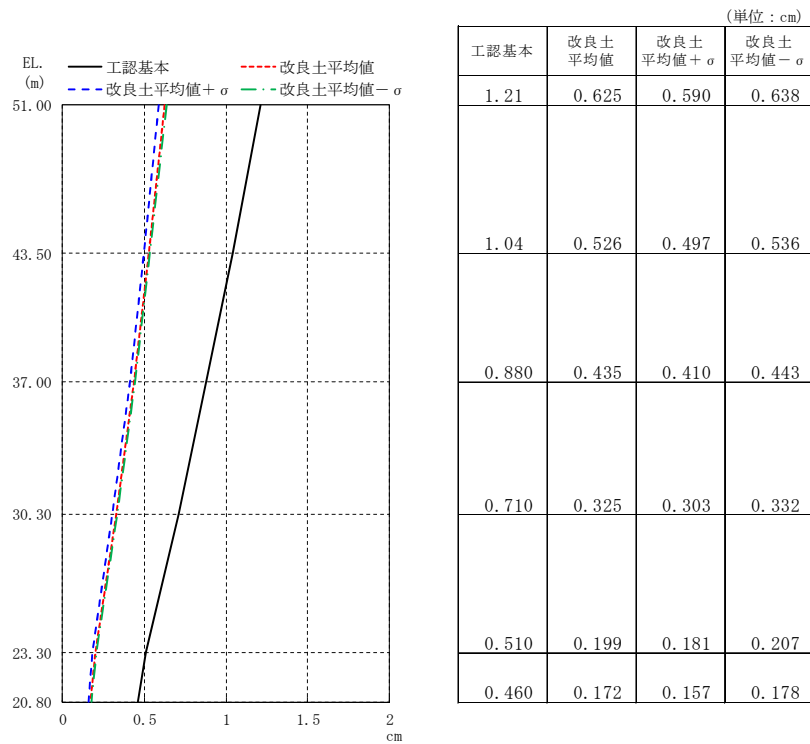


(b) S<sub>s</sub> - 2 1

図 2-12 (1/2) 最大応答変位 (NS 方向)

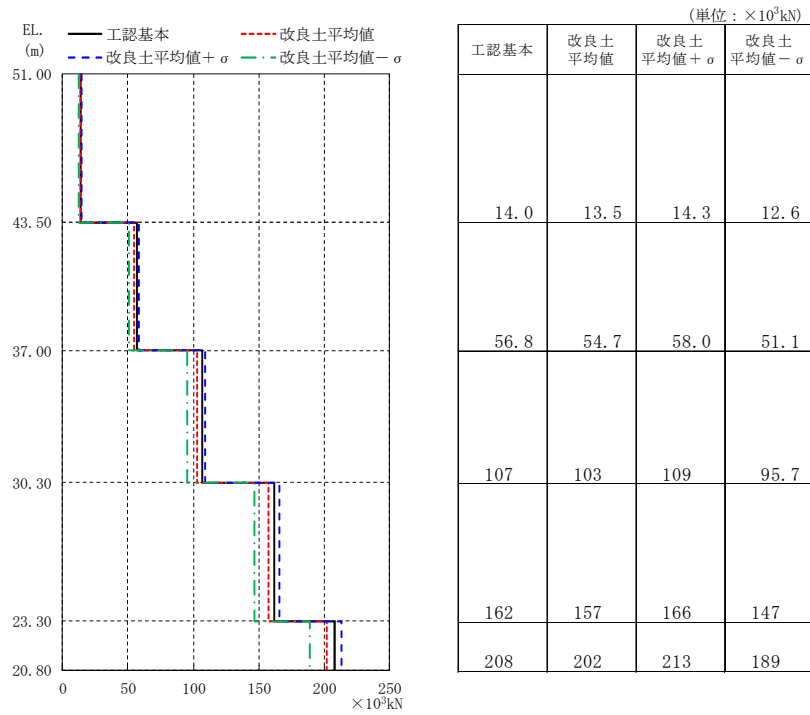


(c) S<sub>s</sub> - 2 2

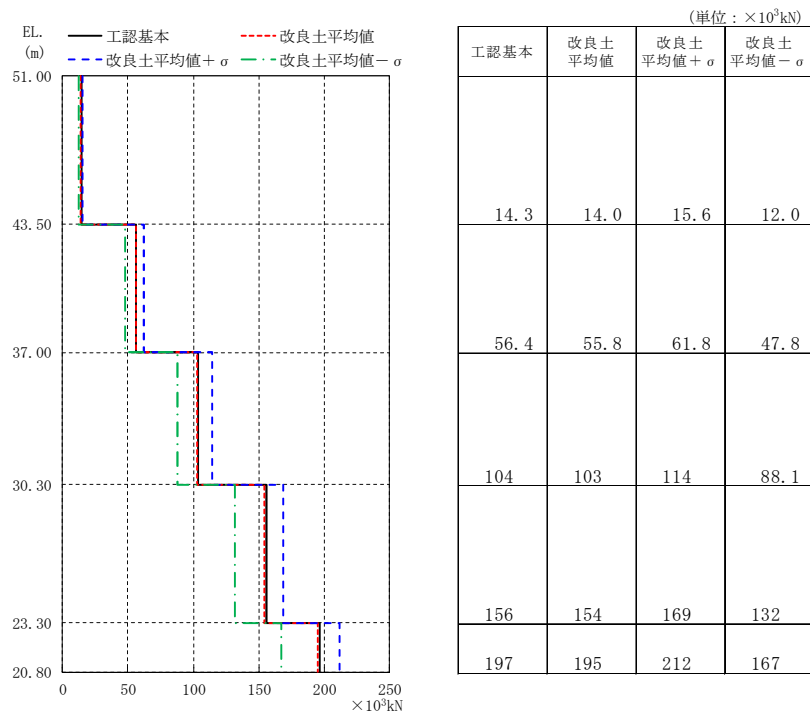


(d) S<sub>s</sub> - 3 1

図 2-12 (2/2) 最大応答変位 (NS 方向)

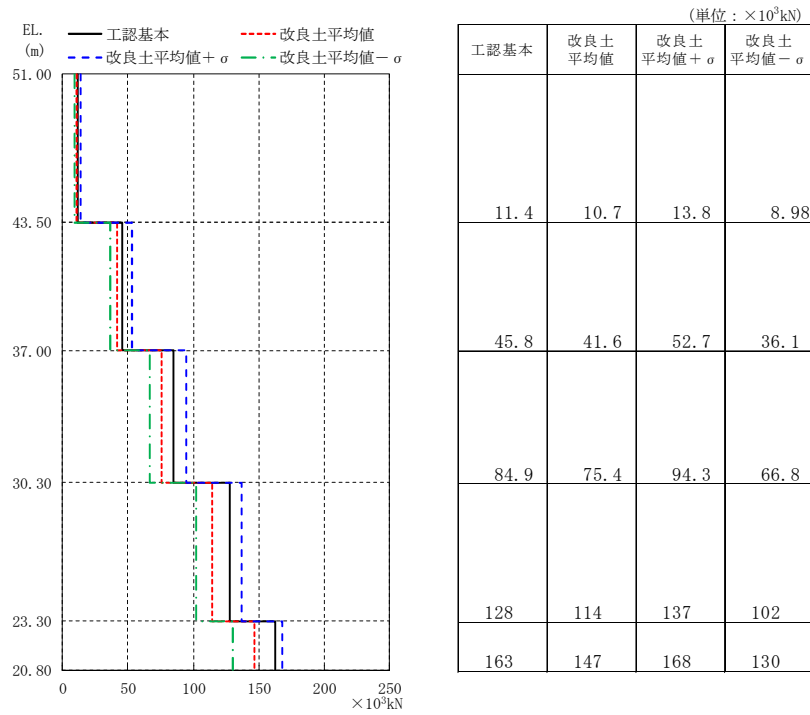


(a)  $S_s - D 1$

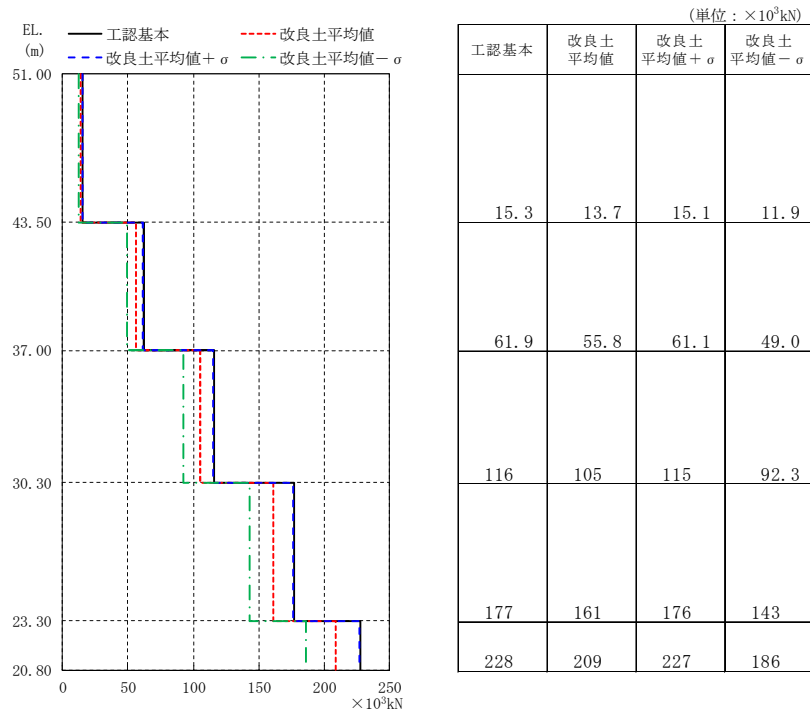


(b)  $S_s - 2 1$

図 2-13 (1/2) 最大応答せん断力 (NS 方向)



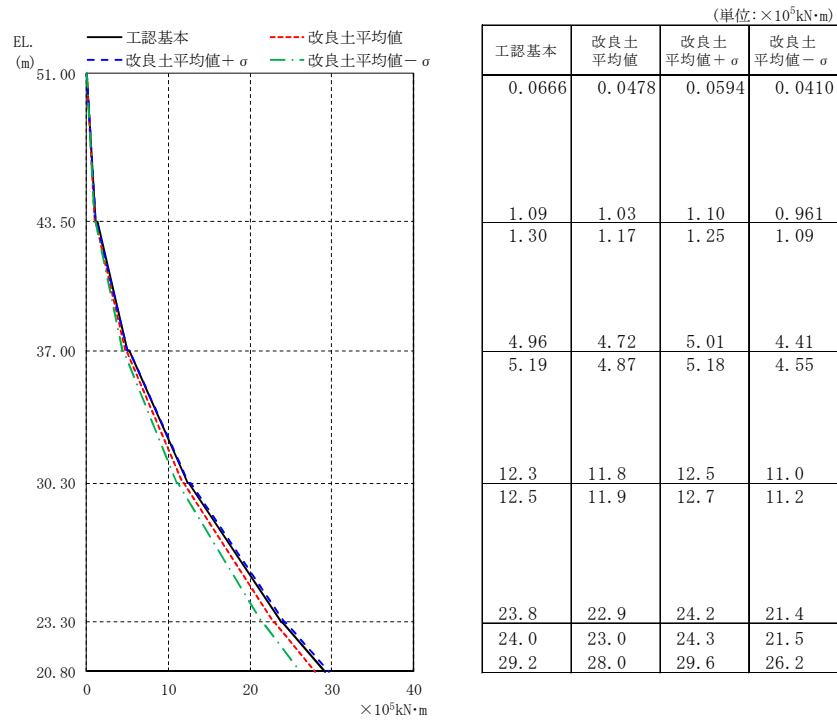
(c)  $S_s - 2 2$



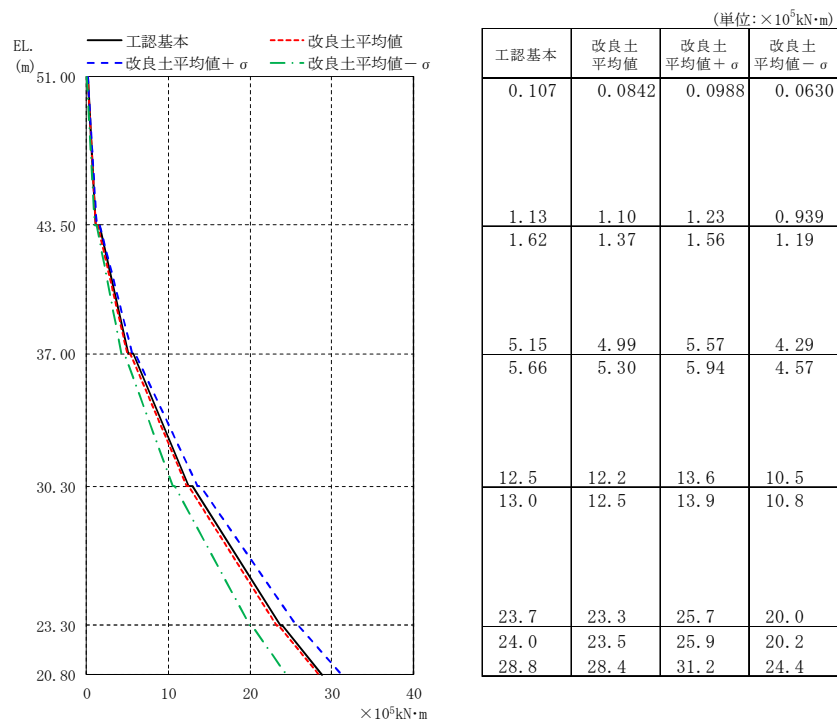
(d)  $S_s - 3 1$

図 2-13 (2/2) 最大応答せん断力 (NS 方向)



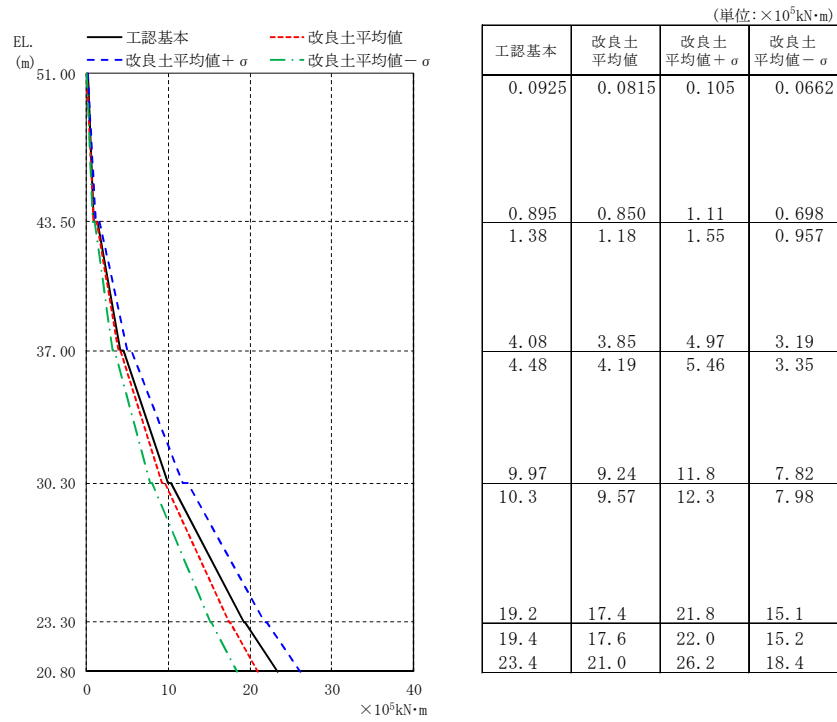


(a)  $S_s - D 1$

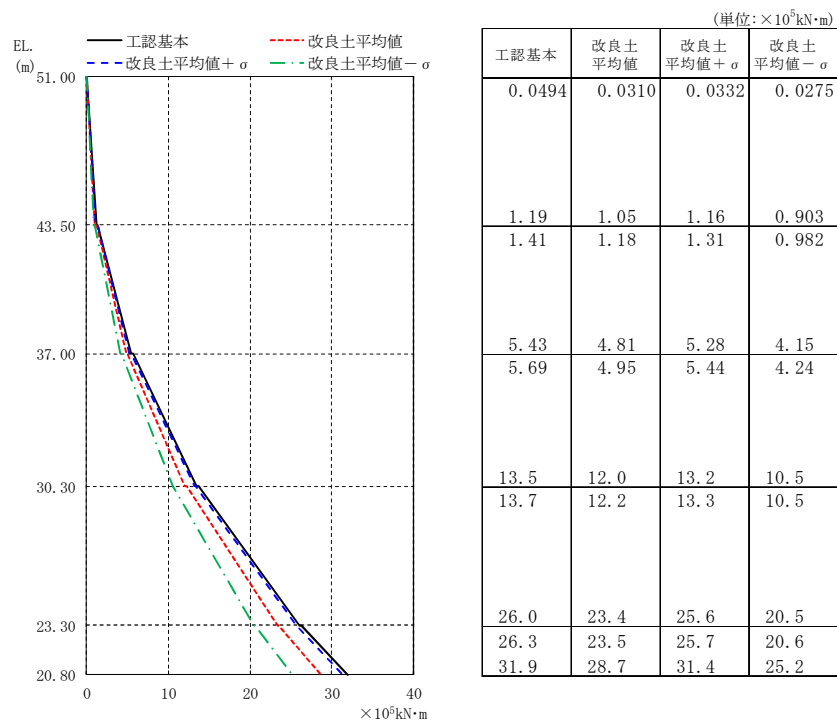


(b)  $S_s - 2 1$

図 2-14 (1/2) 最大応答曲げモーメント (NS 方向)

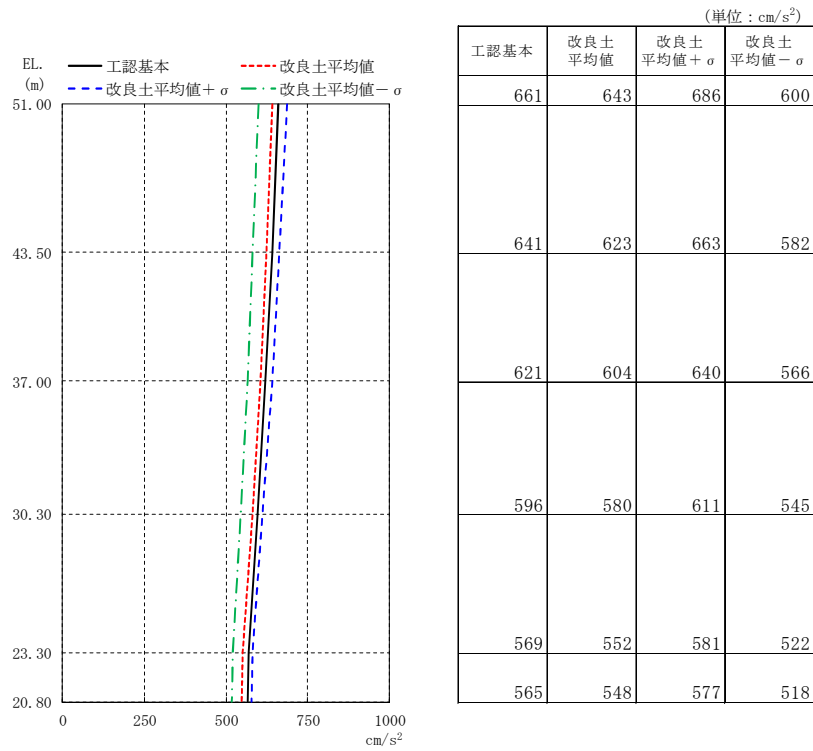


(c)  $S_s - 22$

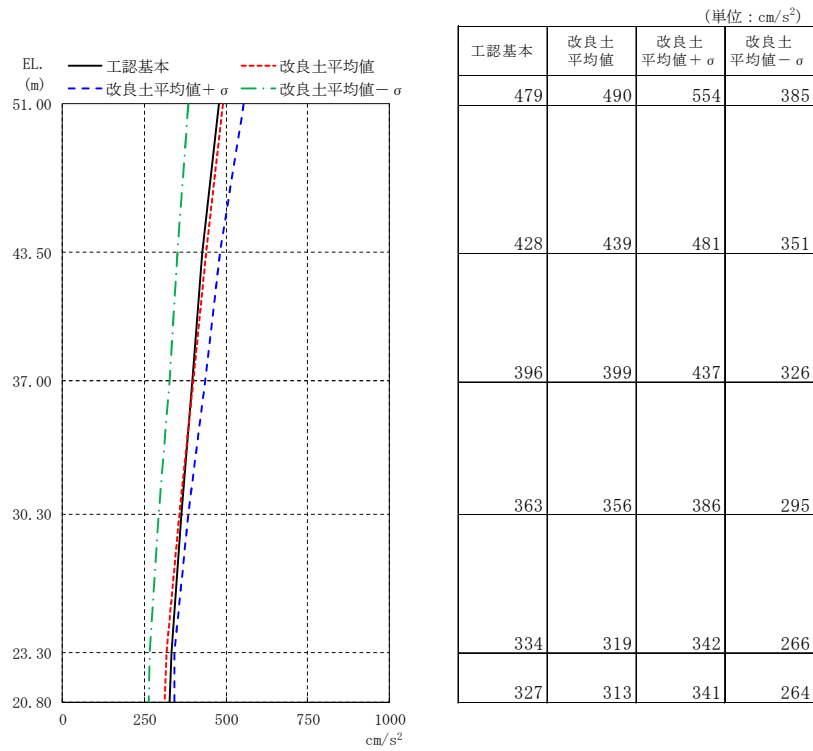


(d)  $S_s - 31$

図 2-14 (2/2) 最大応答曲げモーメント (NS 方向)

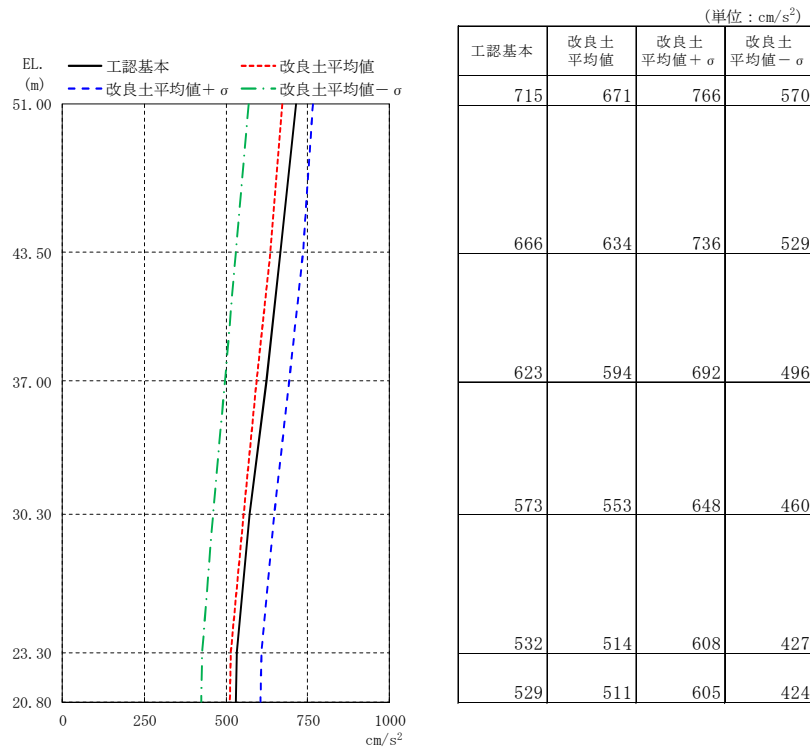


(a)  $S_s - D 1$

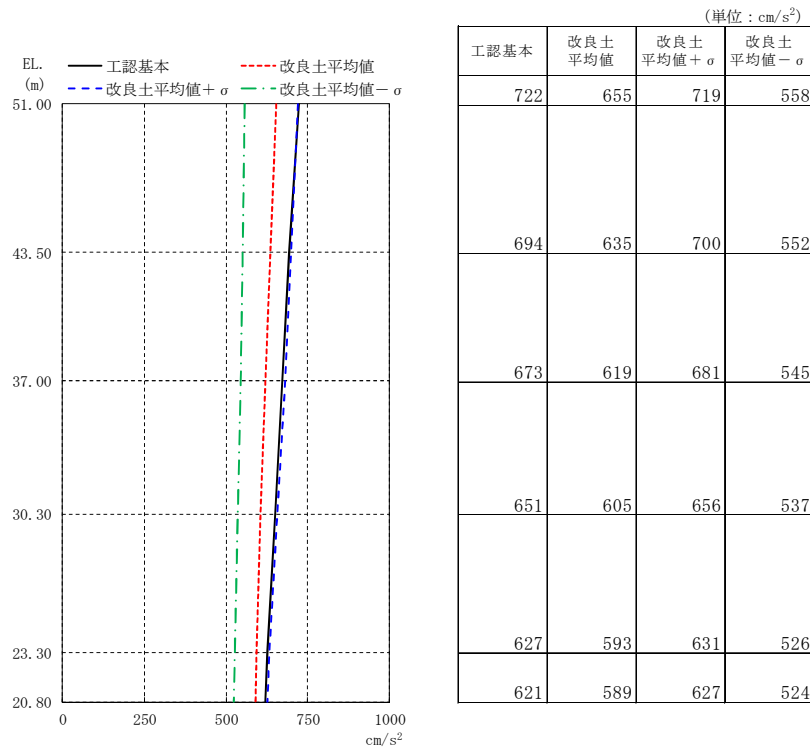


(b)  $S_s - 2 1$

図 2-15 (1/2) 最大応答加速度 (EW 方向)

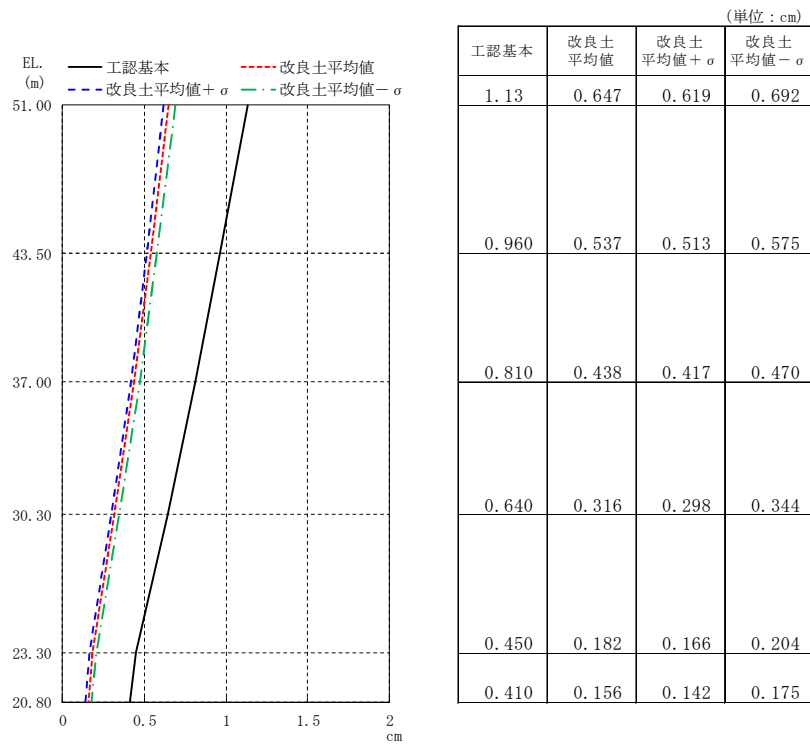


(c)  $S_s - 2 2$

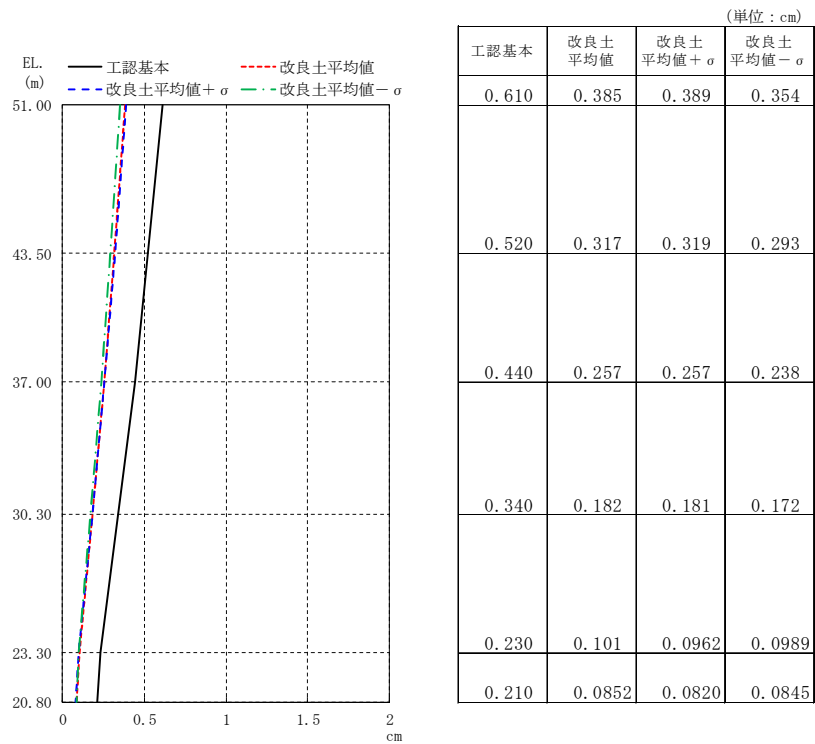


(d)  $S_s - 3 1$

図 2-15 (2/2) 最大応答加速度 (EW 方向)

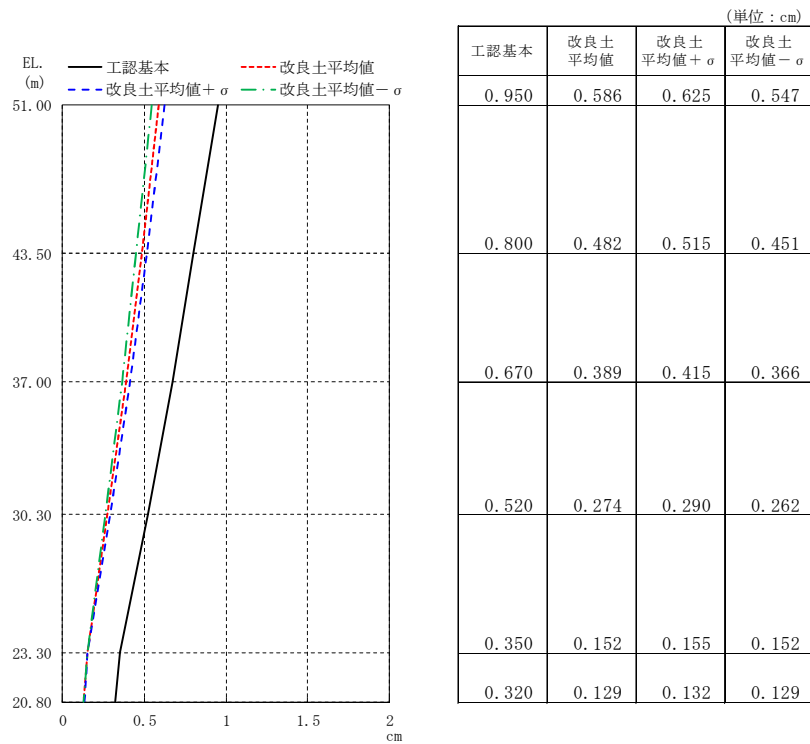


(a) S<sub>s</sub> - D 1

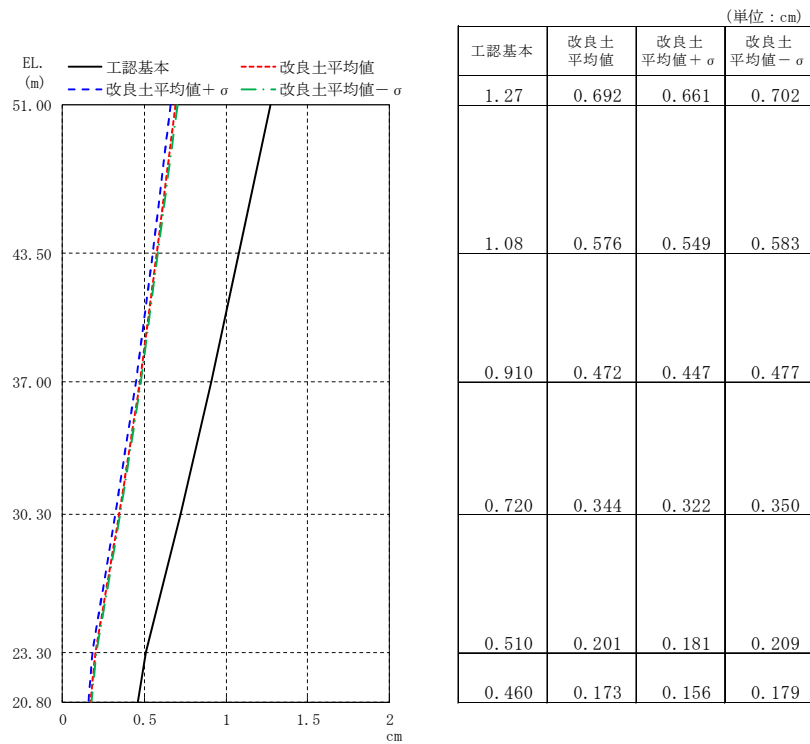


(b) S<sub>s</sub> - 2 1

図 2-16 (1/2) 最大応答変位 (EW 方向)

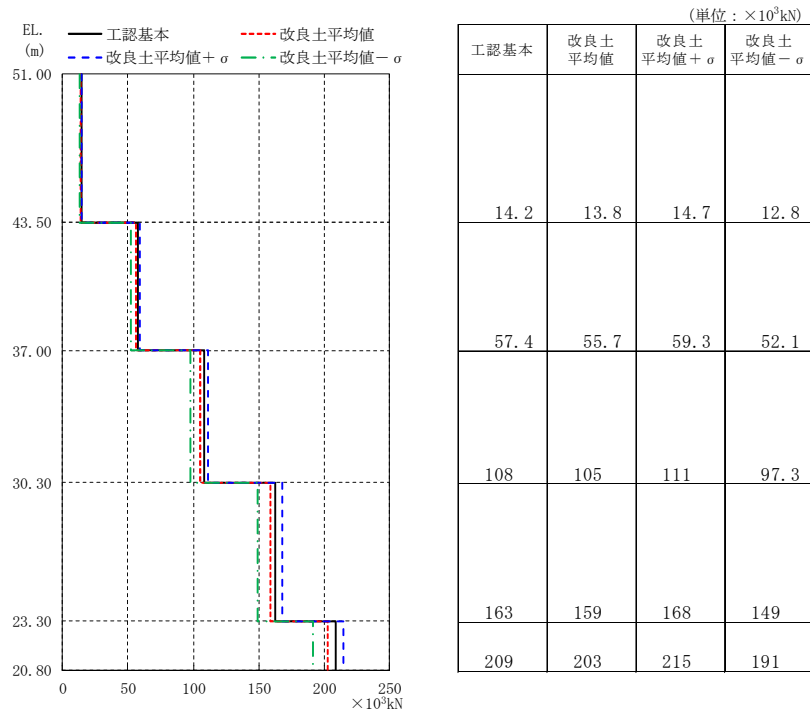


(c) S<sub>s</sub> - 2 2

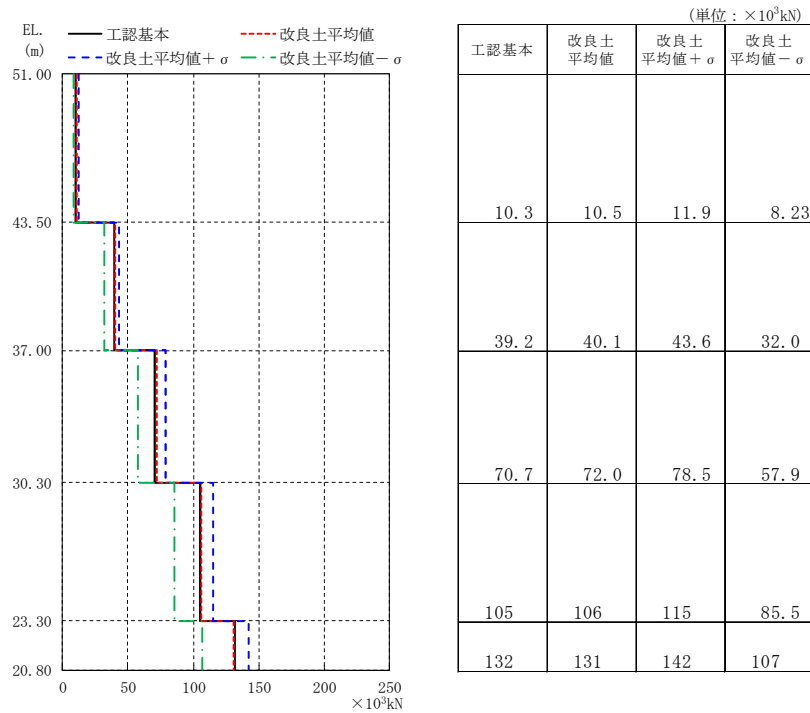


(d) S<sub>s</sub> - 3 1

図 2-16 (2/2) 最大応答変位 (EW 方向)

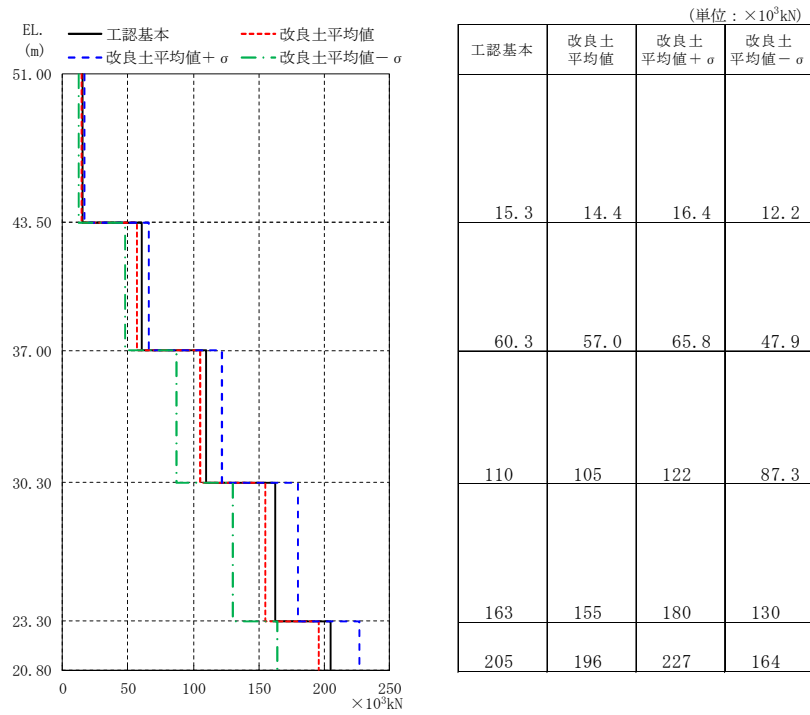


(a)  $S_s - D 1$

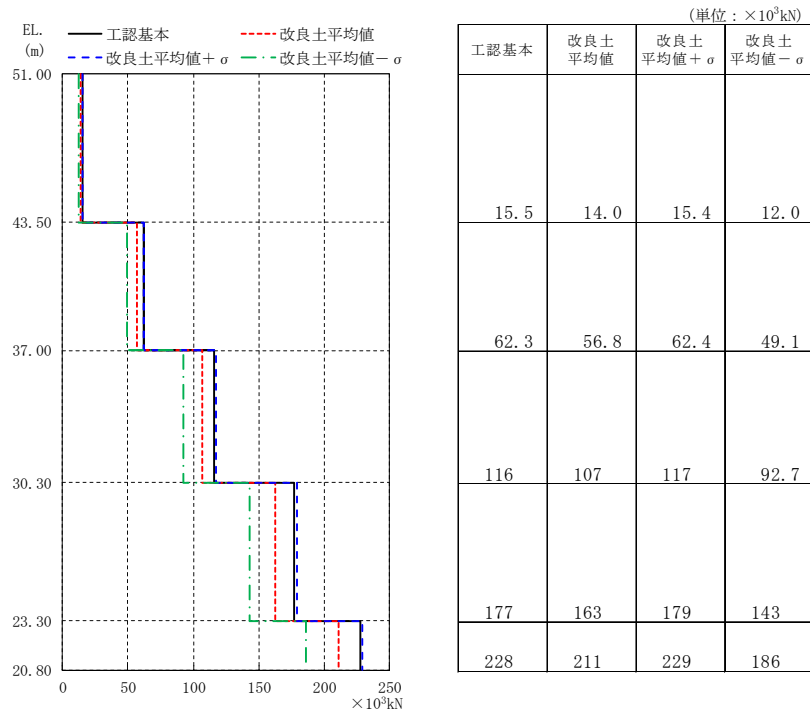


(b)  $S_s - 2 1$

図 2-17 (1/2) 最大応答せん断力 (EW 方向)



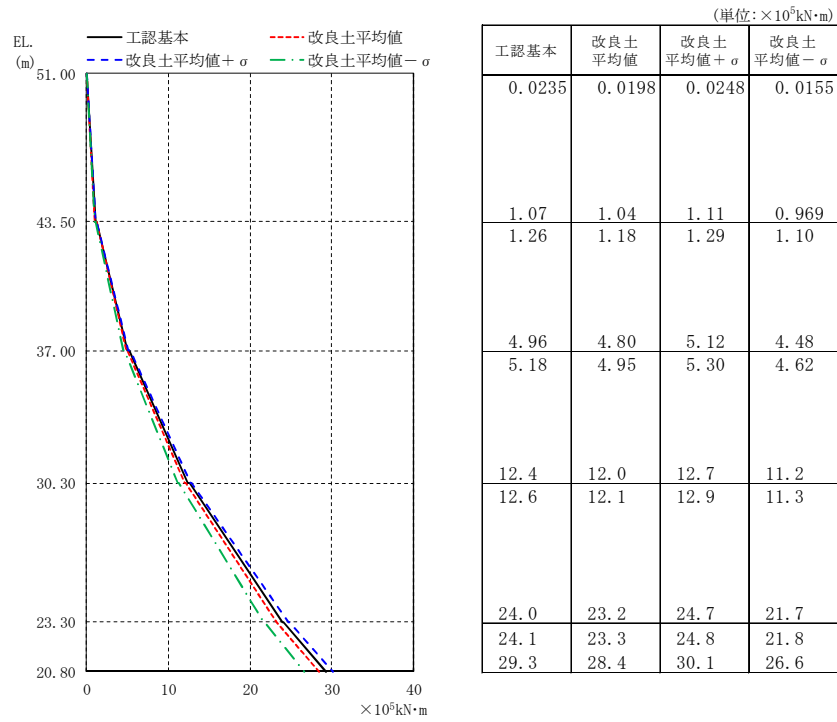
(c) S<sub>s</sub> - 2 2



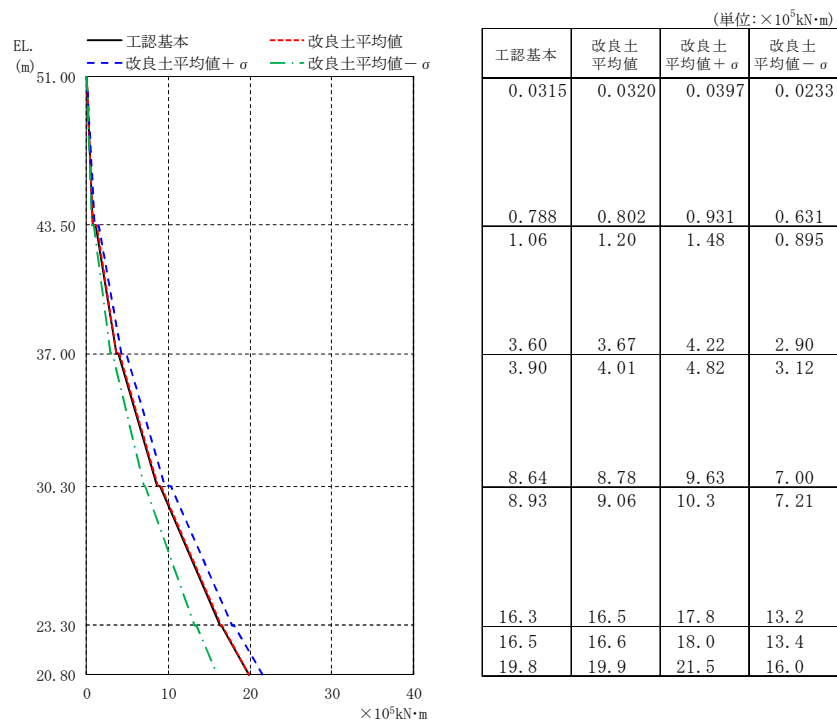
(d) S<sub>s</sub> - 3 1

図 2-17 (2/2) 最大応答せん断力 (EW 方向)



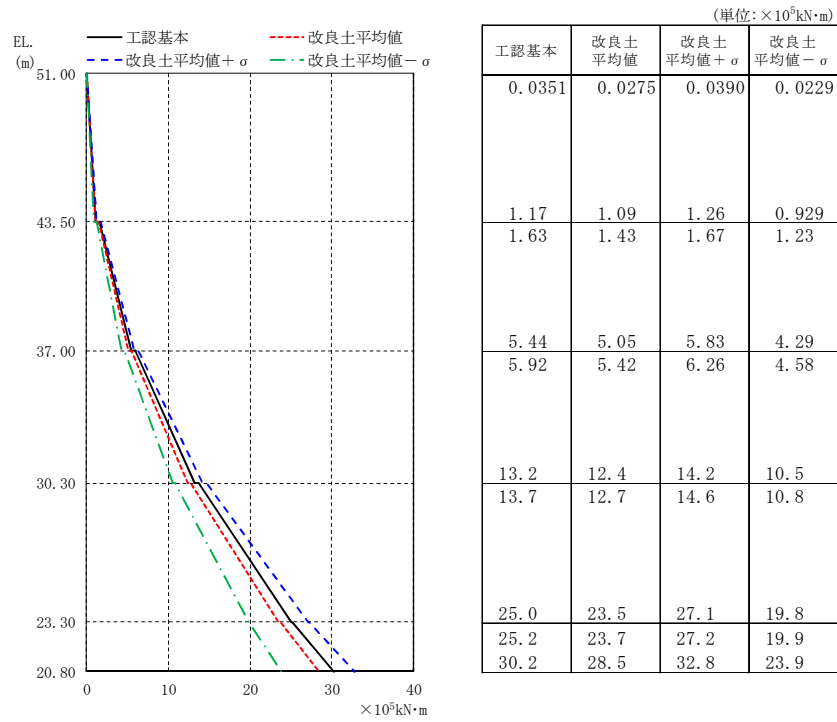


(a)  $S_s - D 1$

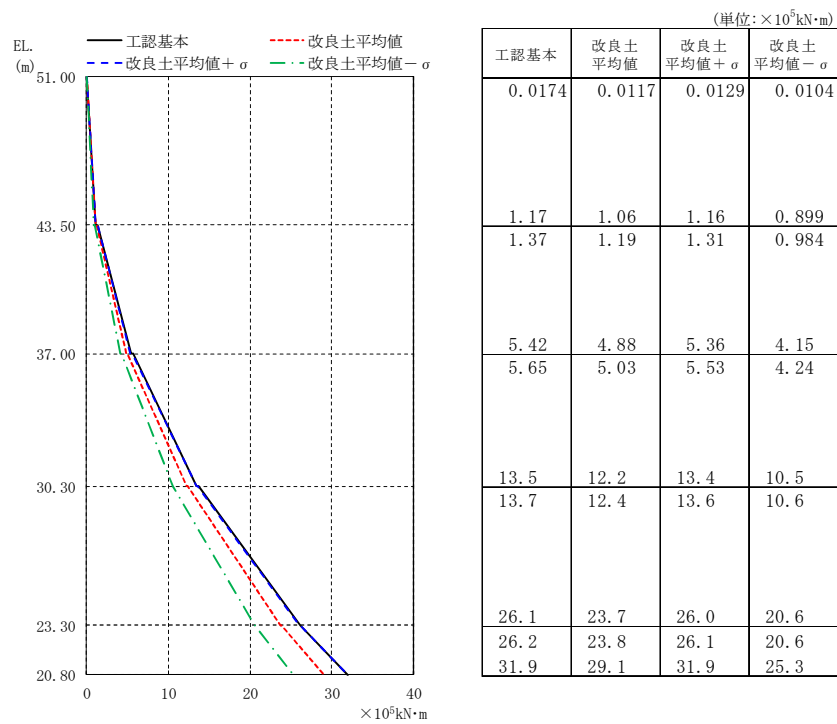


(b)  $S_s - 2 1$

図 2-18 (1/2) 最大応答曲げモーメント (EW 方向)

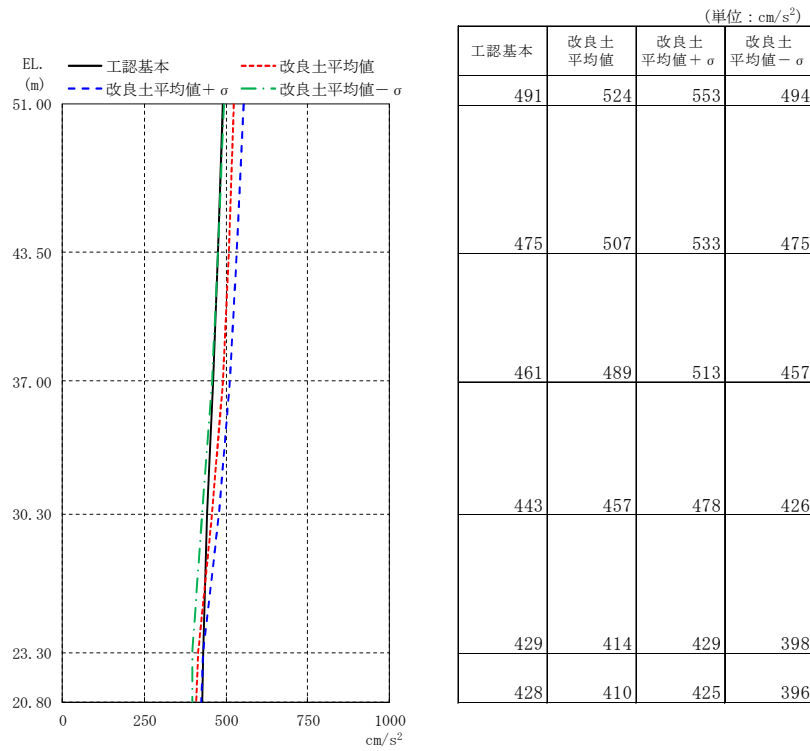


(c)  $S_s - 22$

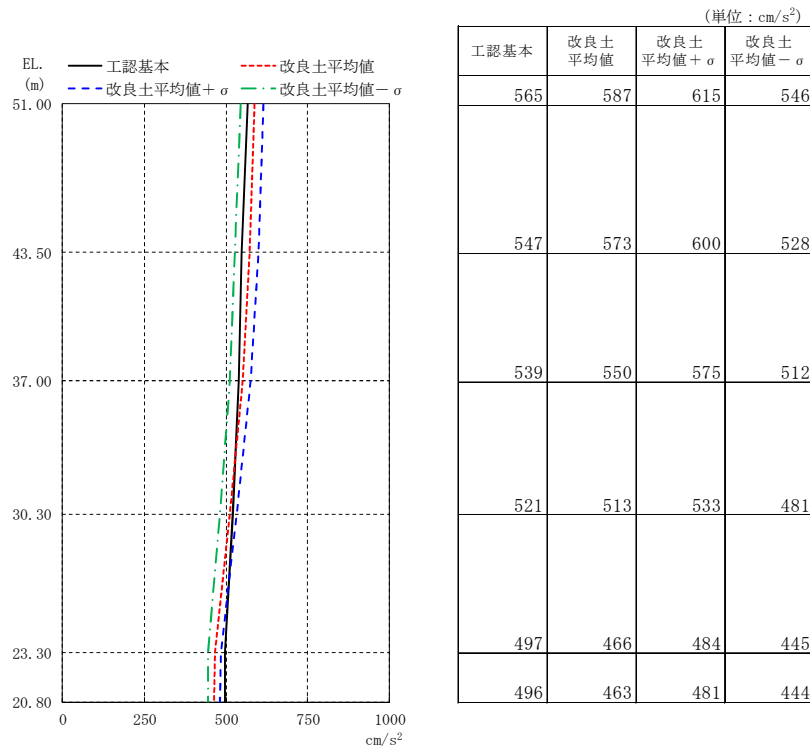


(d)  $S_s - 31$

図 2-18 (2/2) 最大応答曲げモーメント (EW 方向)

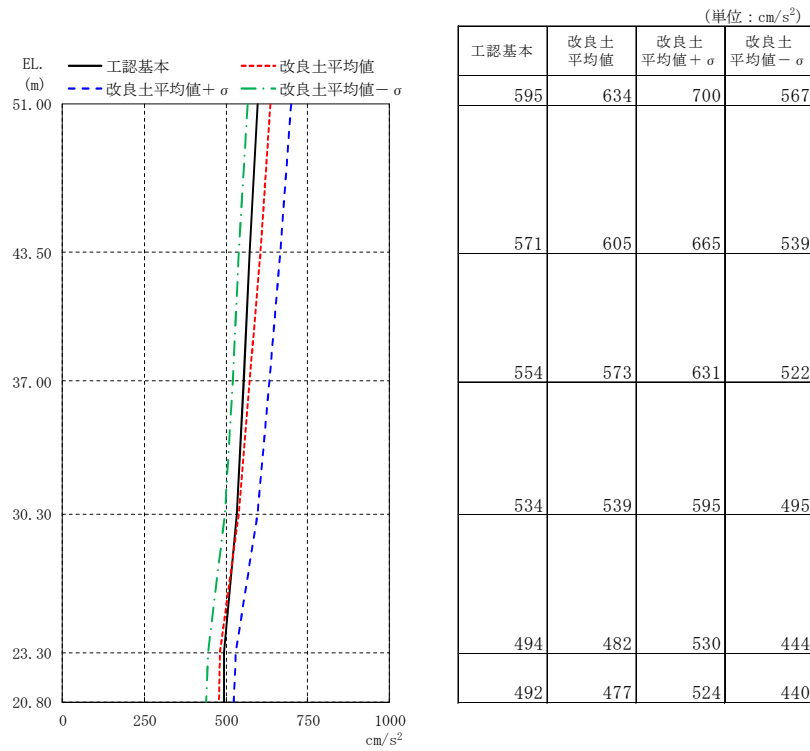


(a)  $S_s - D 1$

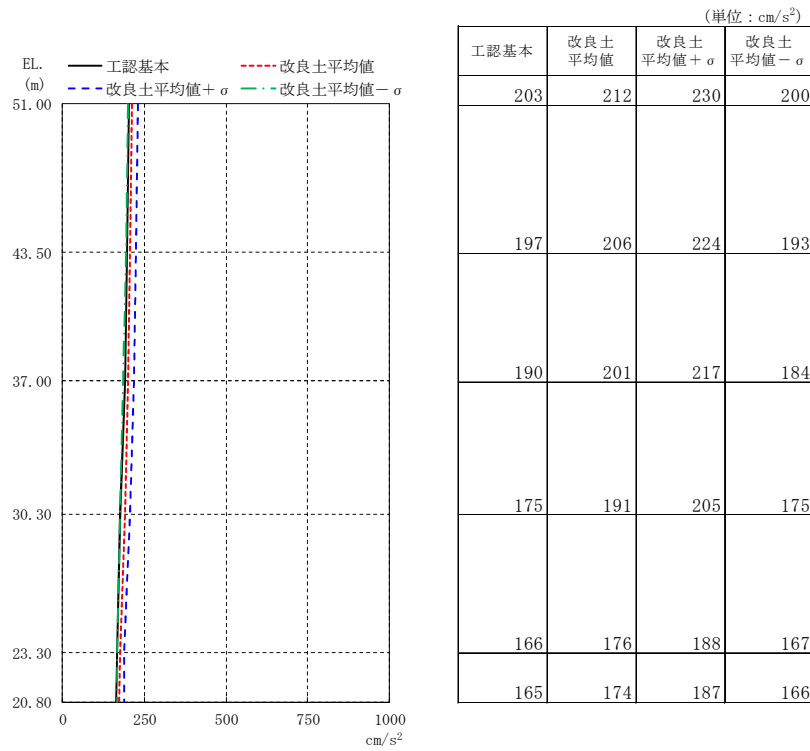


(b)  $S_s - 2 1$

図 2-19 (1/2) 最大応答加速度 (UD 方向)

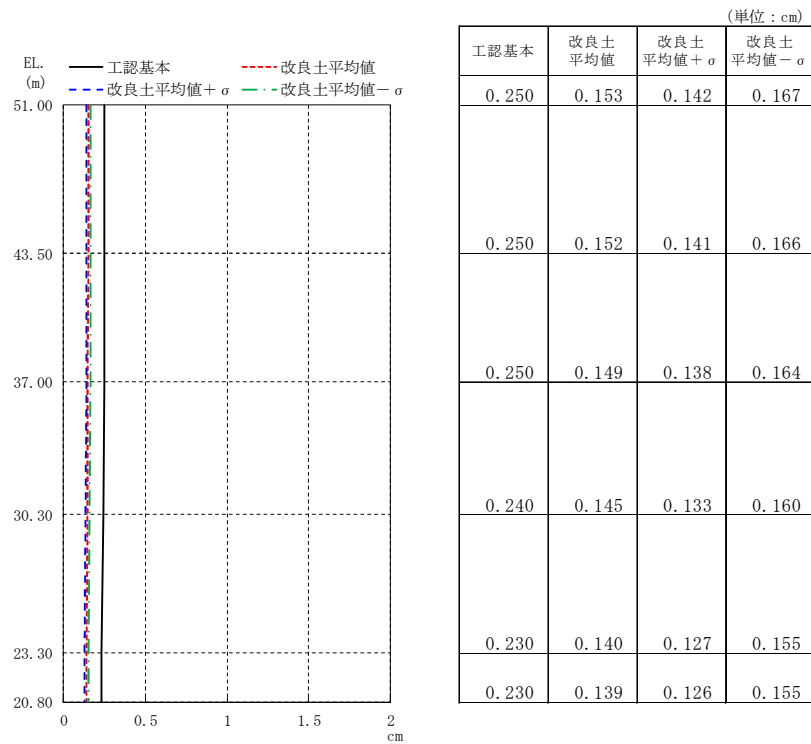


(c)  $S_s - 2 2$

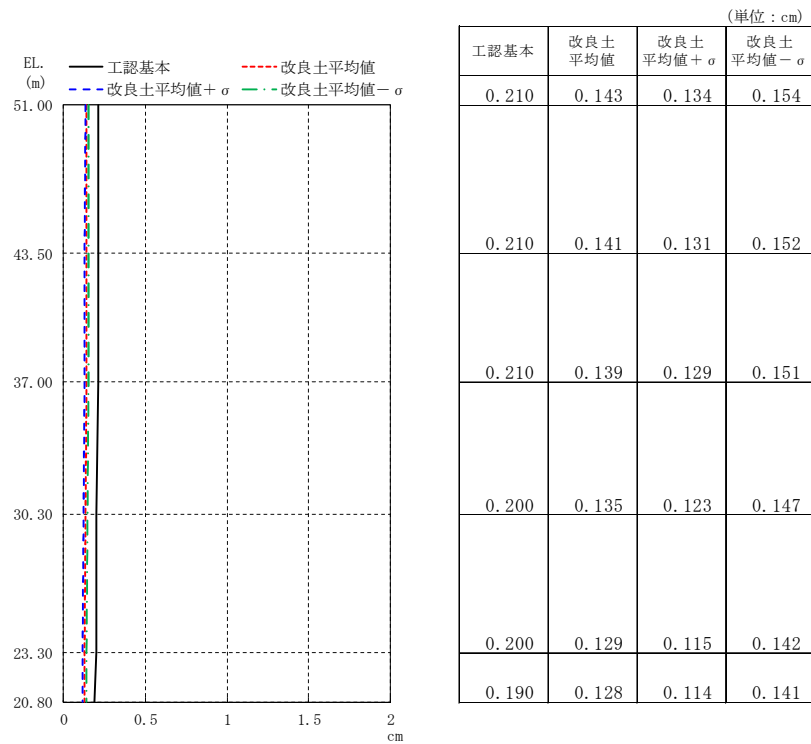


(d)  $S_s - 3 1$

図 2-19 (2/2) 最大応答加速度 (UD 方向)

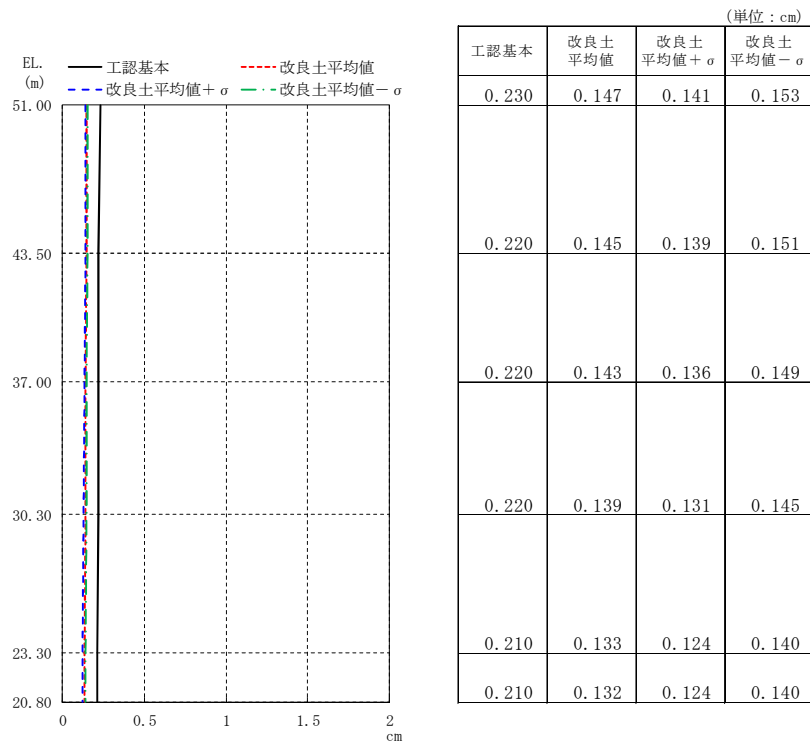


(a) S<sub>s</sub>-D 1

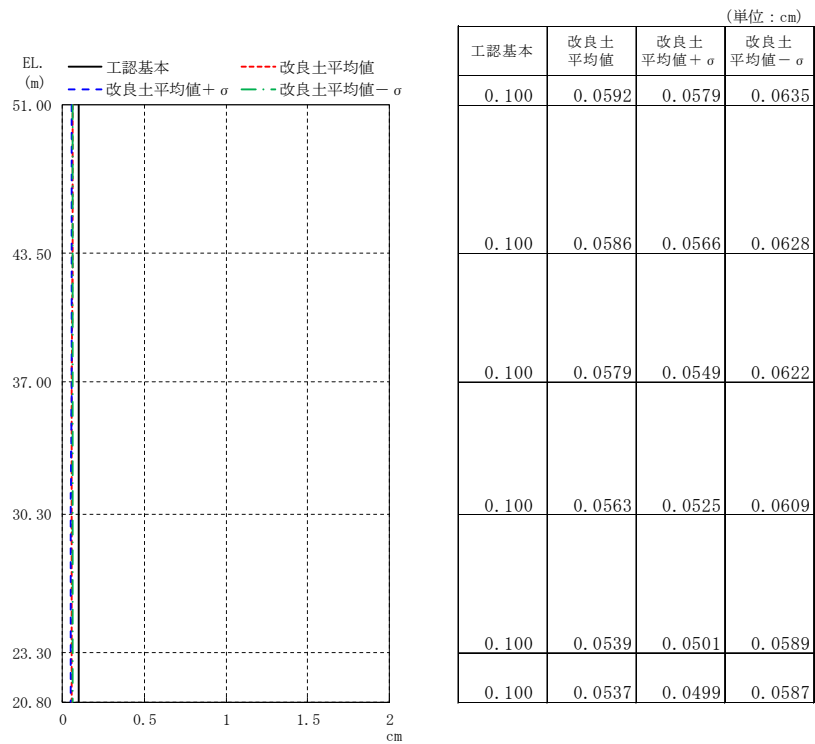


(b) S<sub>s</sub>-2 1

図 2-20 (1/2) 最大応答変位 (UD 方向)

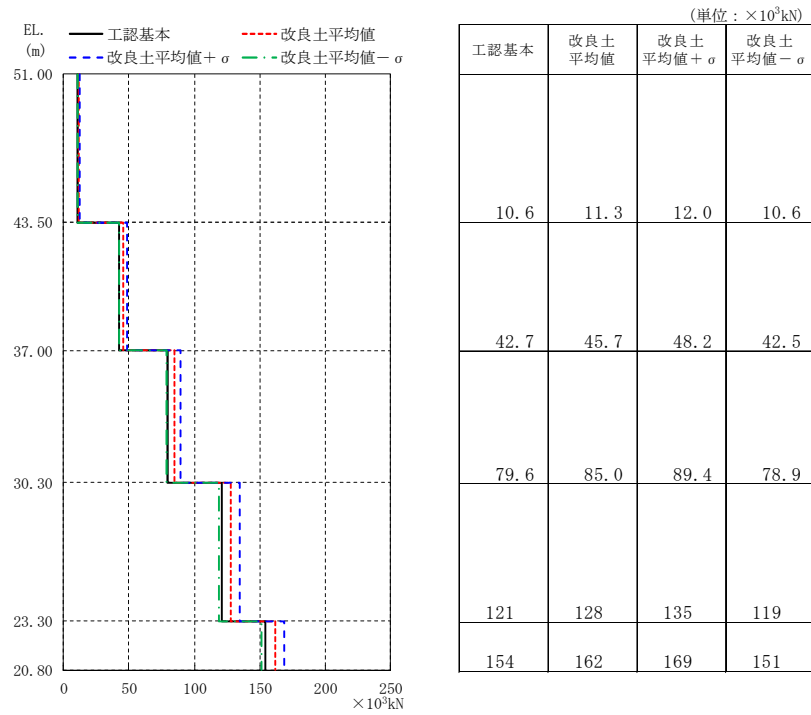


(c) S<sub>s</sub> - 2 2

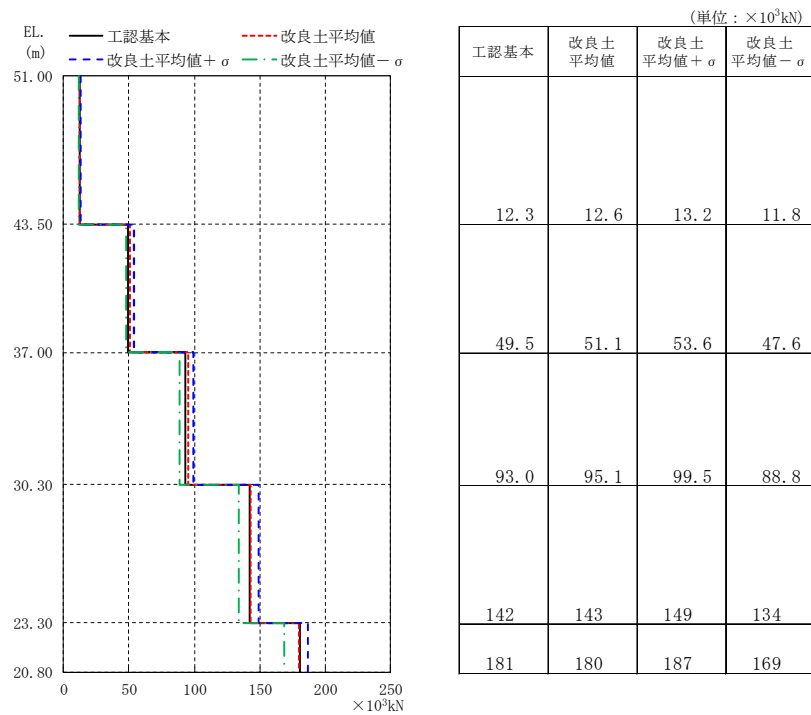


(d) S<sub>s</sub> - 3 1

図 2-20 (2/2) 最大応答変位 (UD 方向)

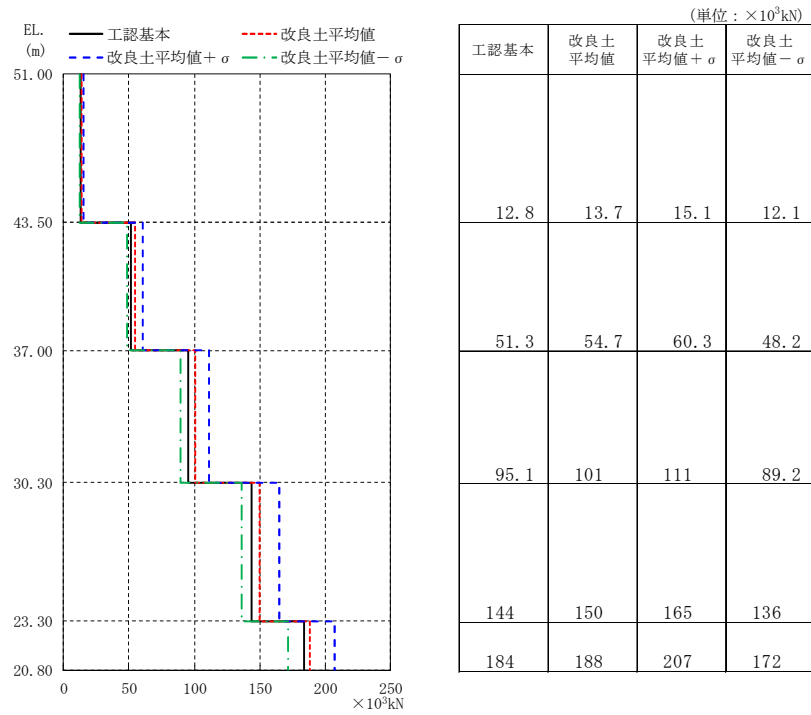


(a)  $S_s - D 1$

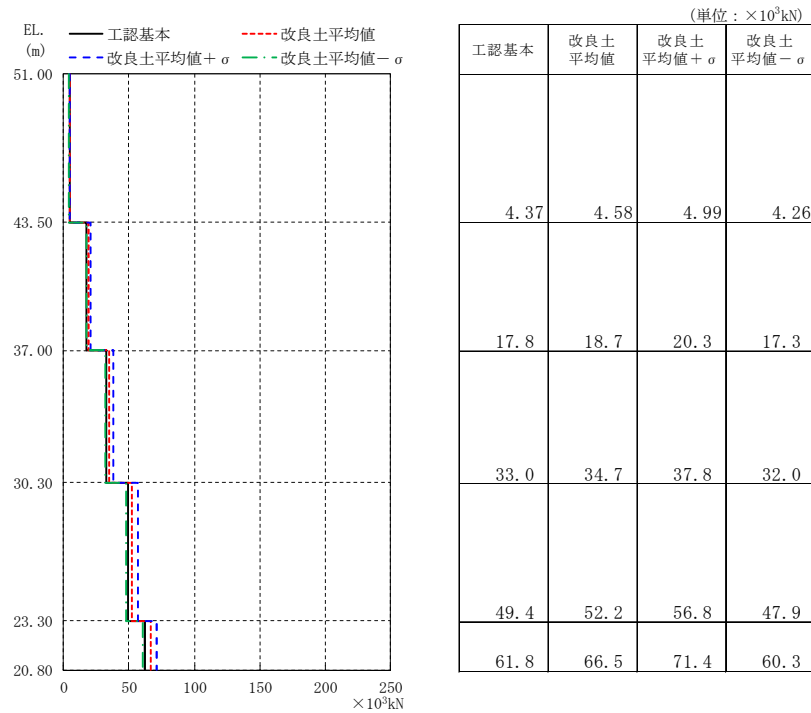


(b)  $S_s - 2 1$

図 2-21 (1/2) 最大応答軸力 (UD 方向)



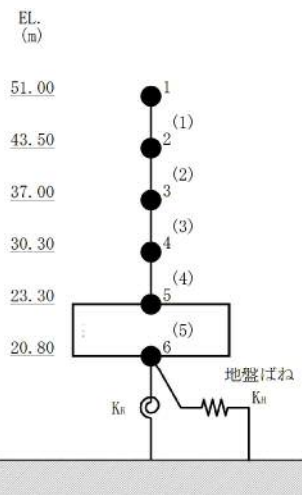
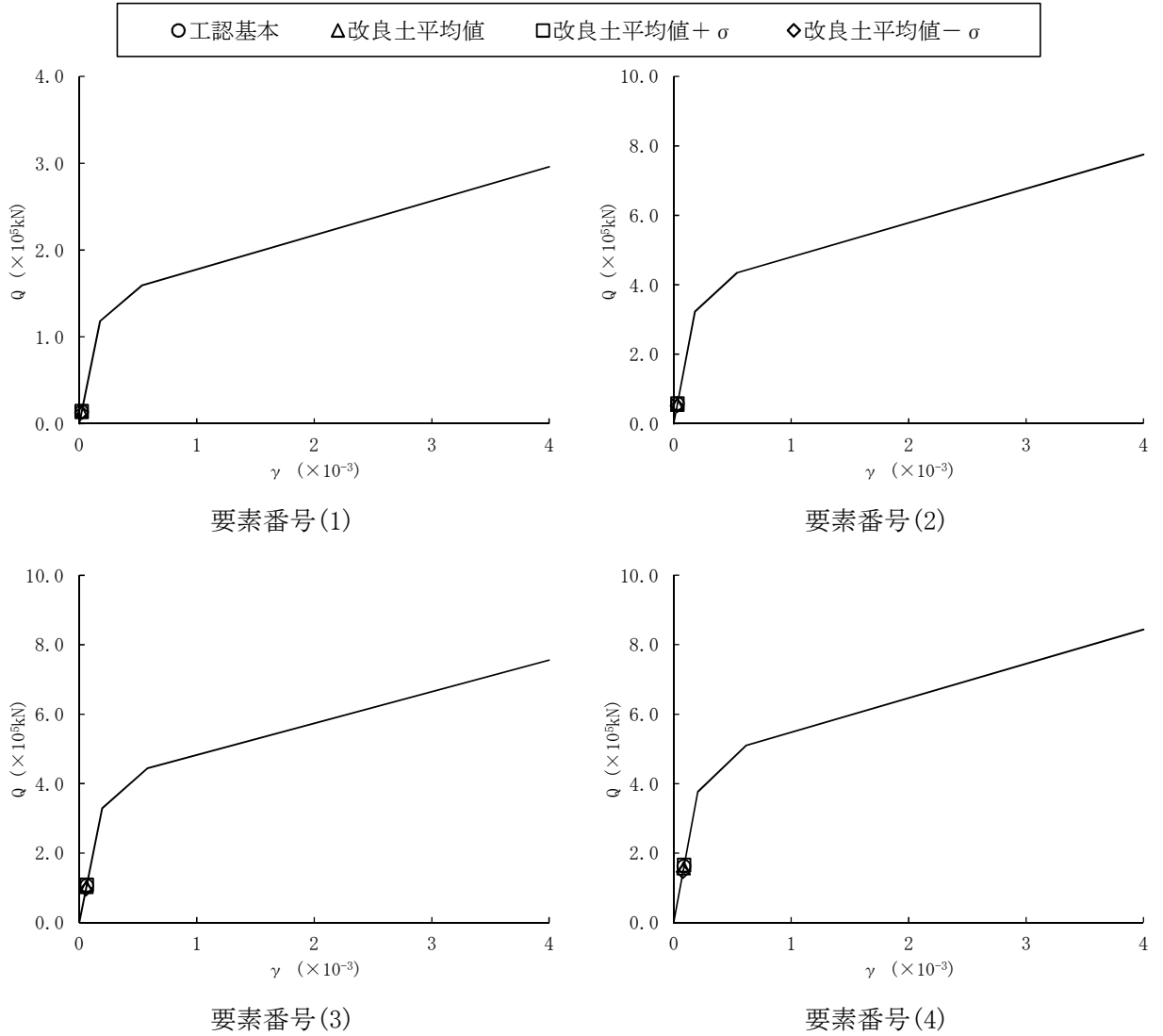
(c) S<sub>s</sub> - 2 2



(d) S<sub>s</sub> - 3 1

図 2-21 (2/2) 最大応答軸力 (UD 方向)



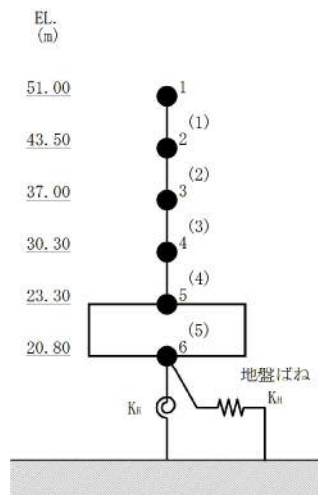
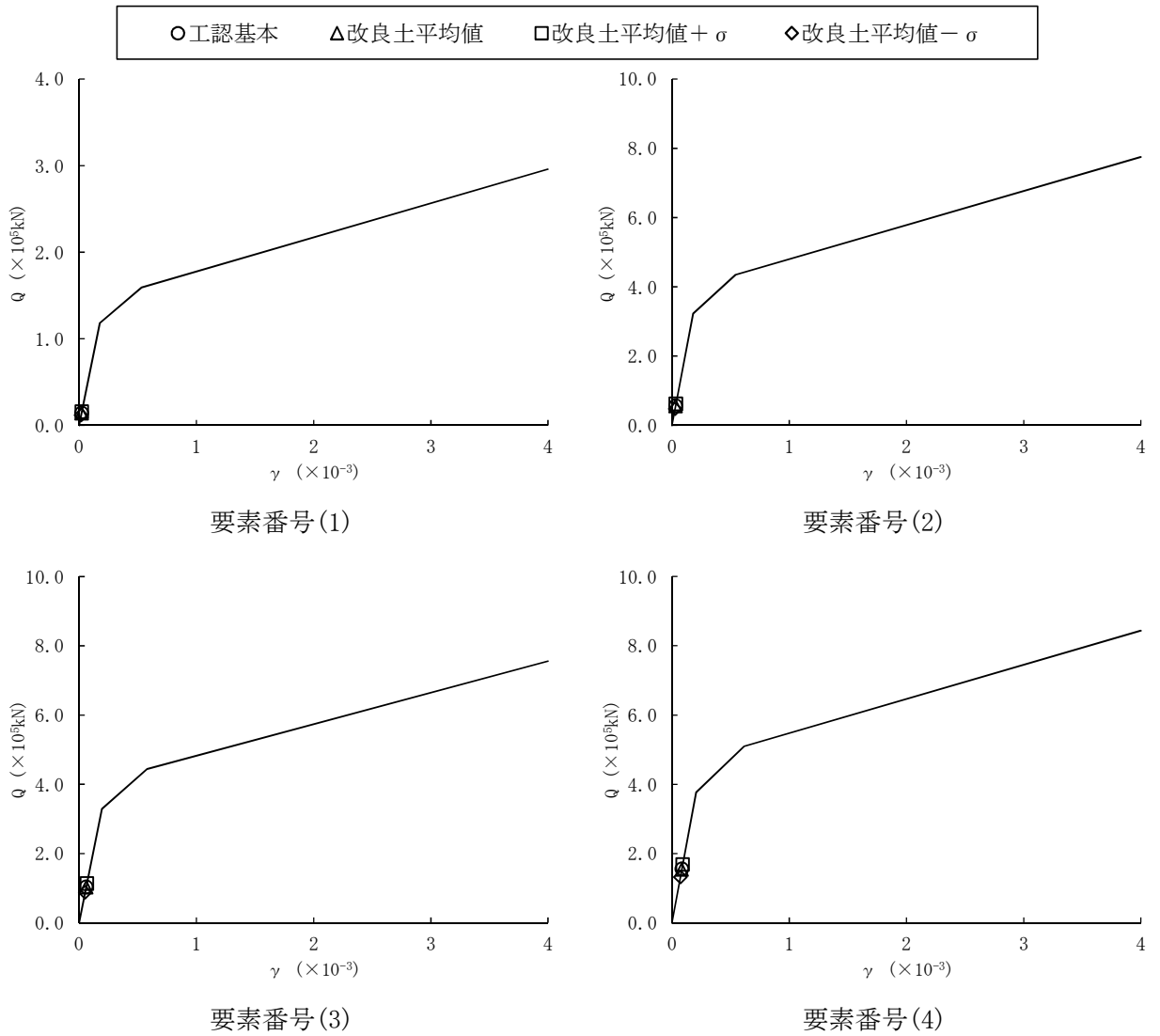


注： 数字は質点番号を示す。  
 注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル (緊急時対策所建屋)

(a)  $S_s - D 1$

図 2-22 (1/4) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向)

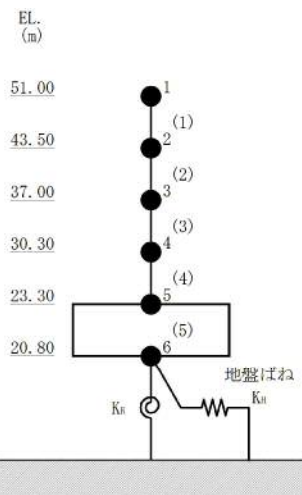
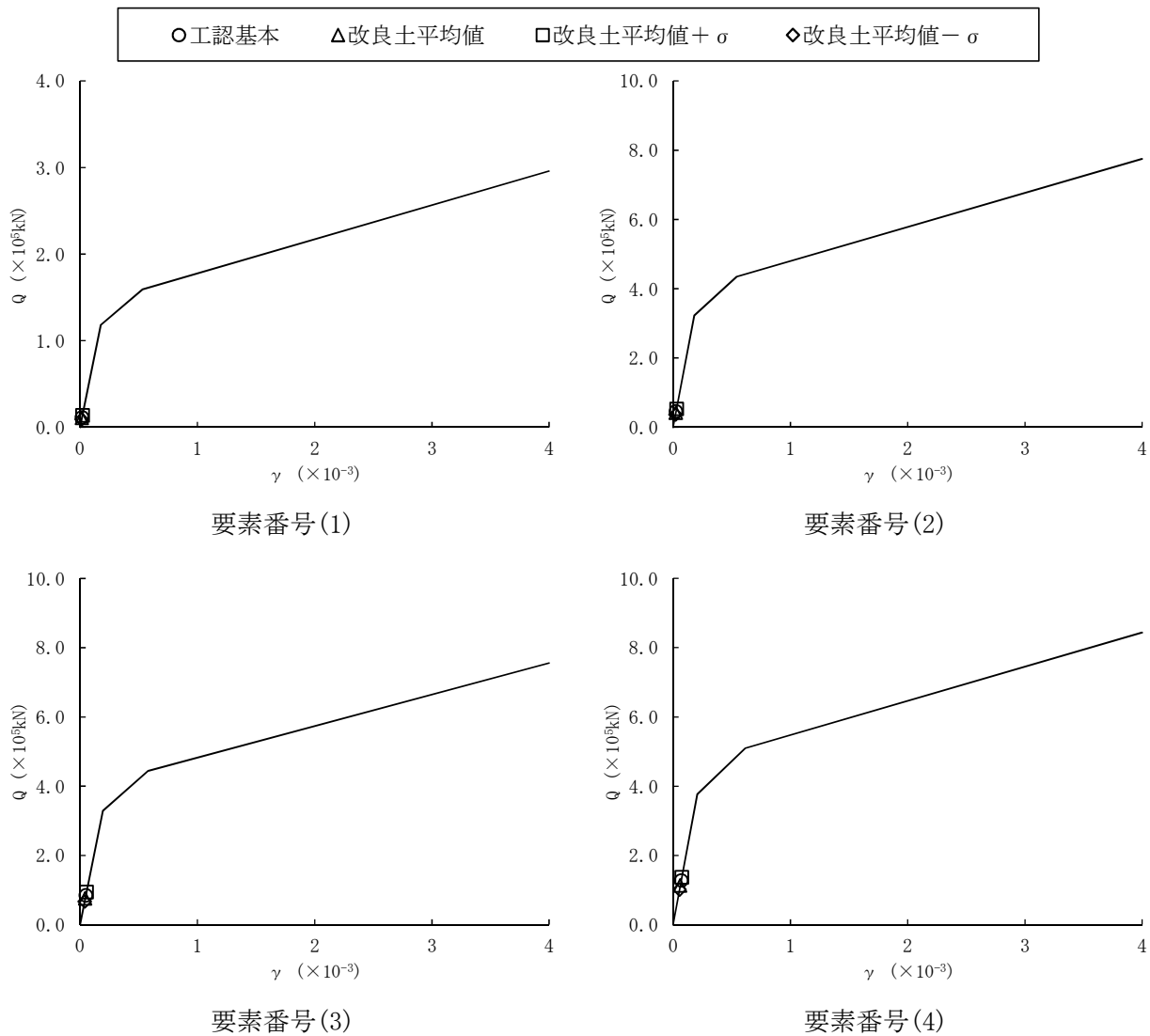


注： 数字は質点番号を示す。  
 注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル (緊急時対策所建屋)

(b) S<sub>s</sub>-21

図 2-22 (2/4) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向)

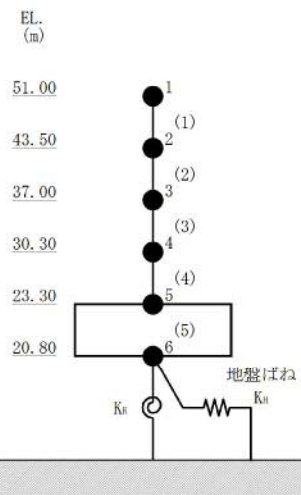
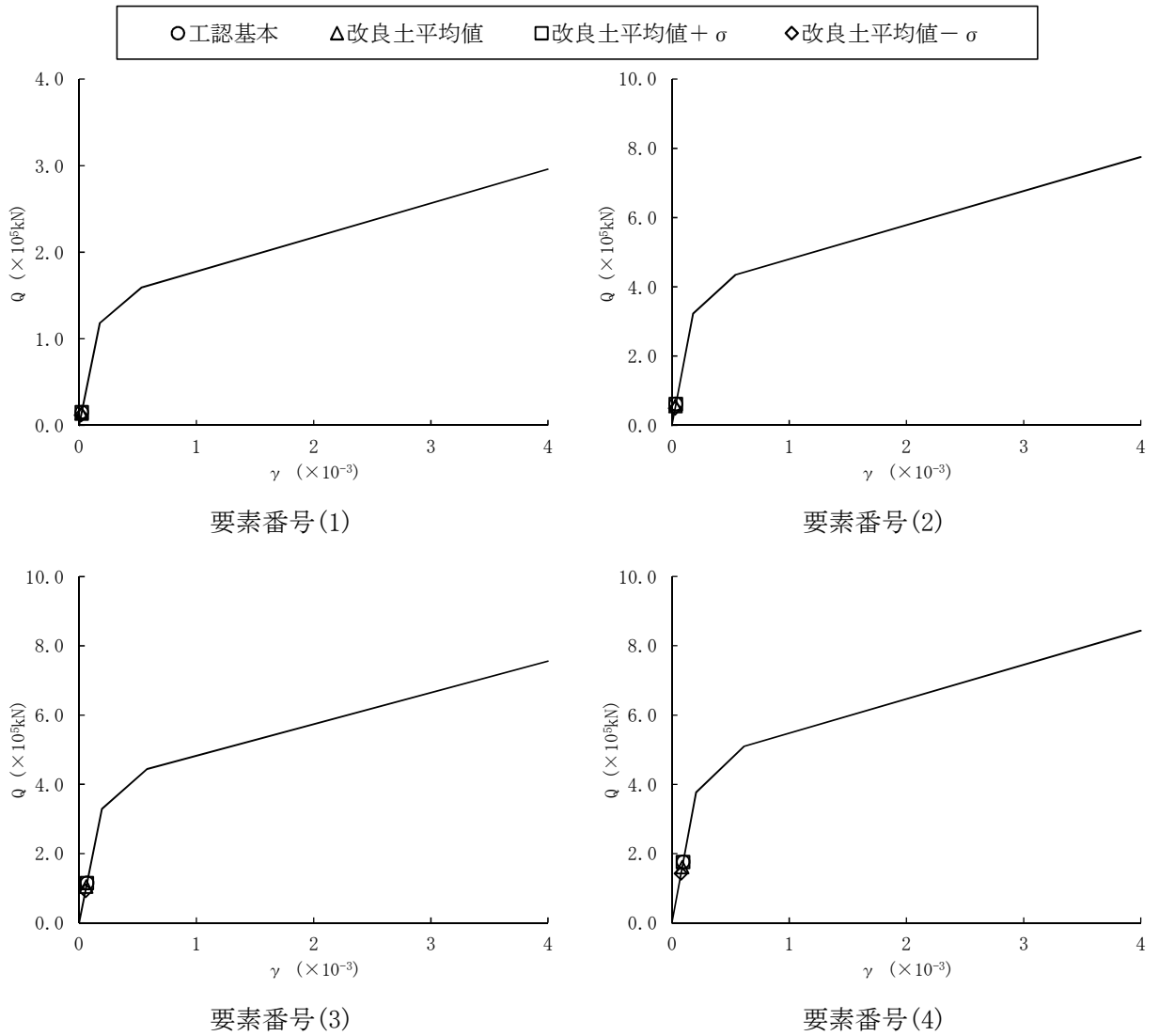


注： 数字は質点番号を示す。  
 注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル（緊急時対策所建屋）

(c) S<sub>s</sub>-22

図 2-22 (3/4) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向)

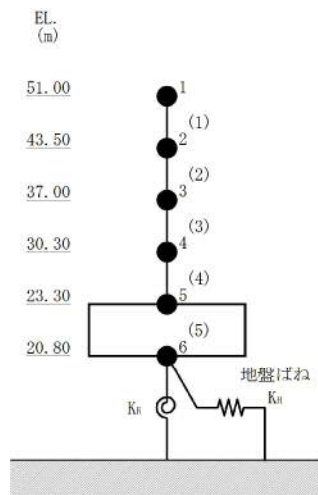
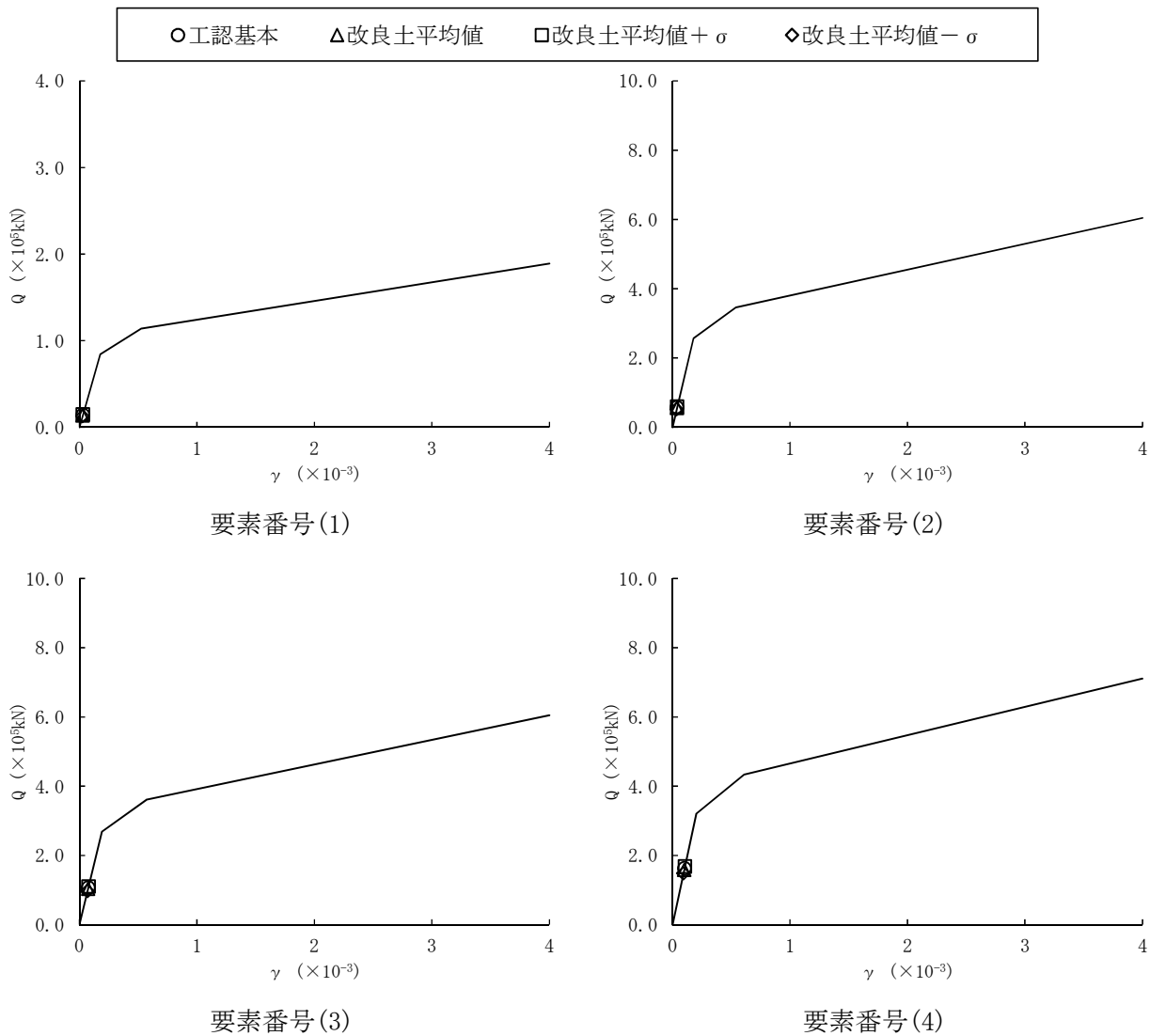


注： 数字は質点番号を示す。  
 注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル (緊急時対策所建屋)

(d) S<sub>s</sub>-31

図 2-22 (4/4) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (NS 方向)

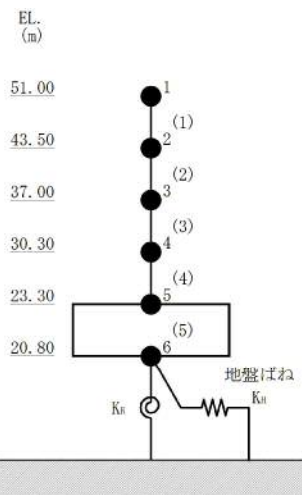
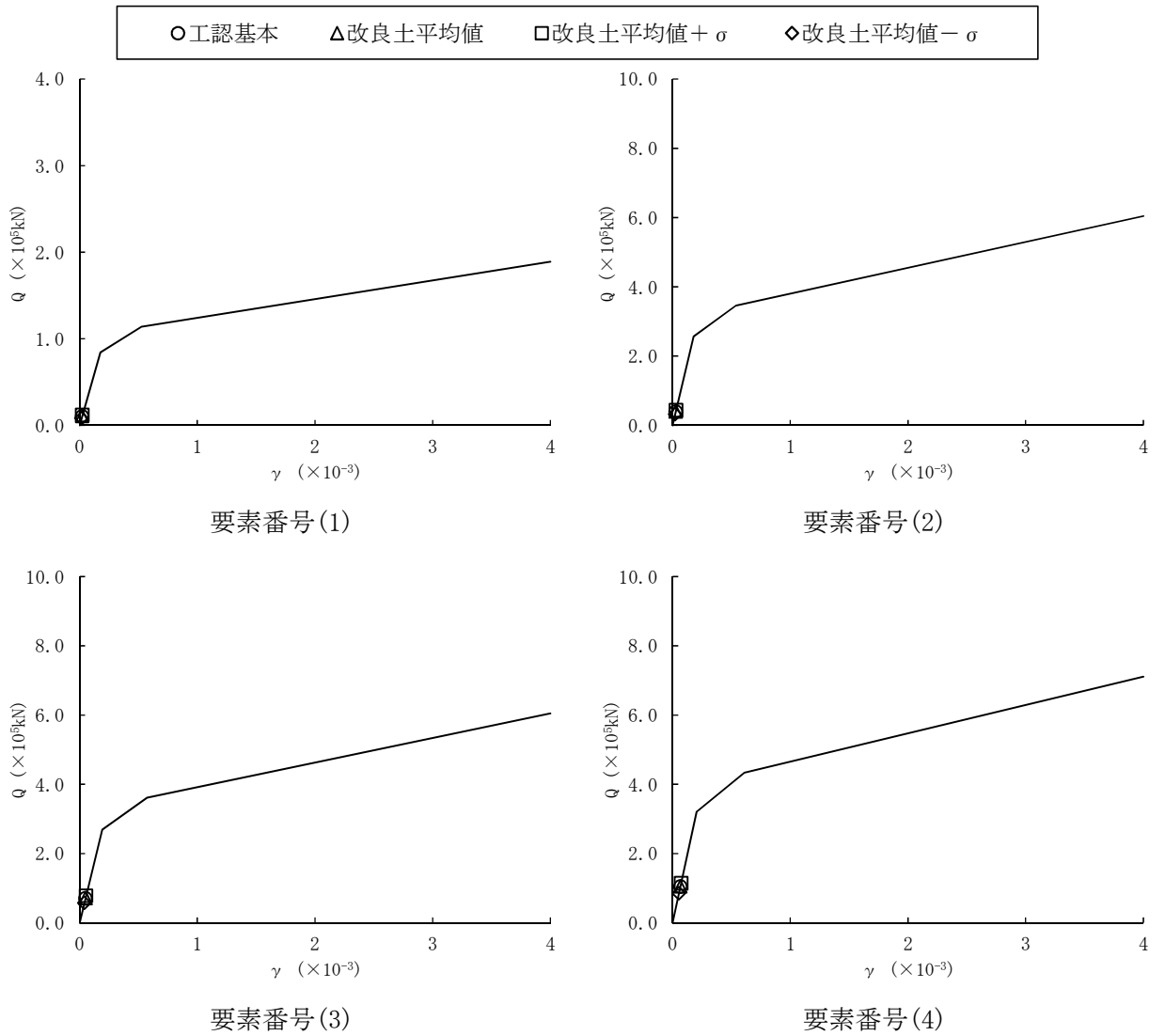


注： 数字は質点番号を示す。  
注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル（緊急時対策所建屋）

(a)  $S_s - D 1$

図 2-23 (1/4) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向)

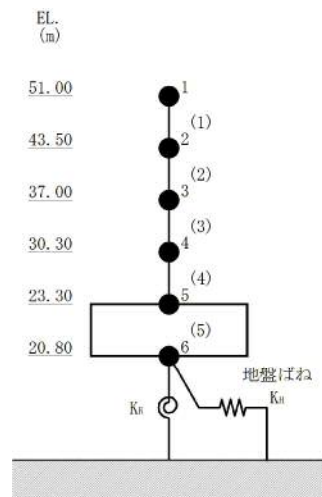
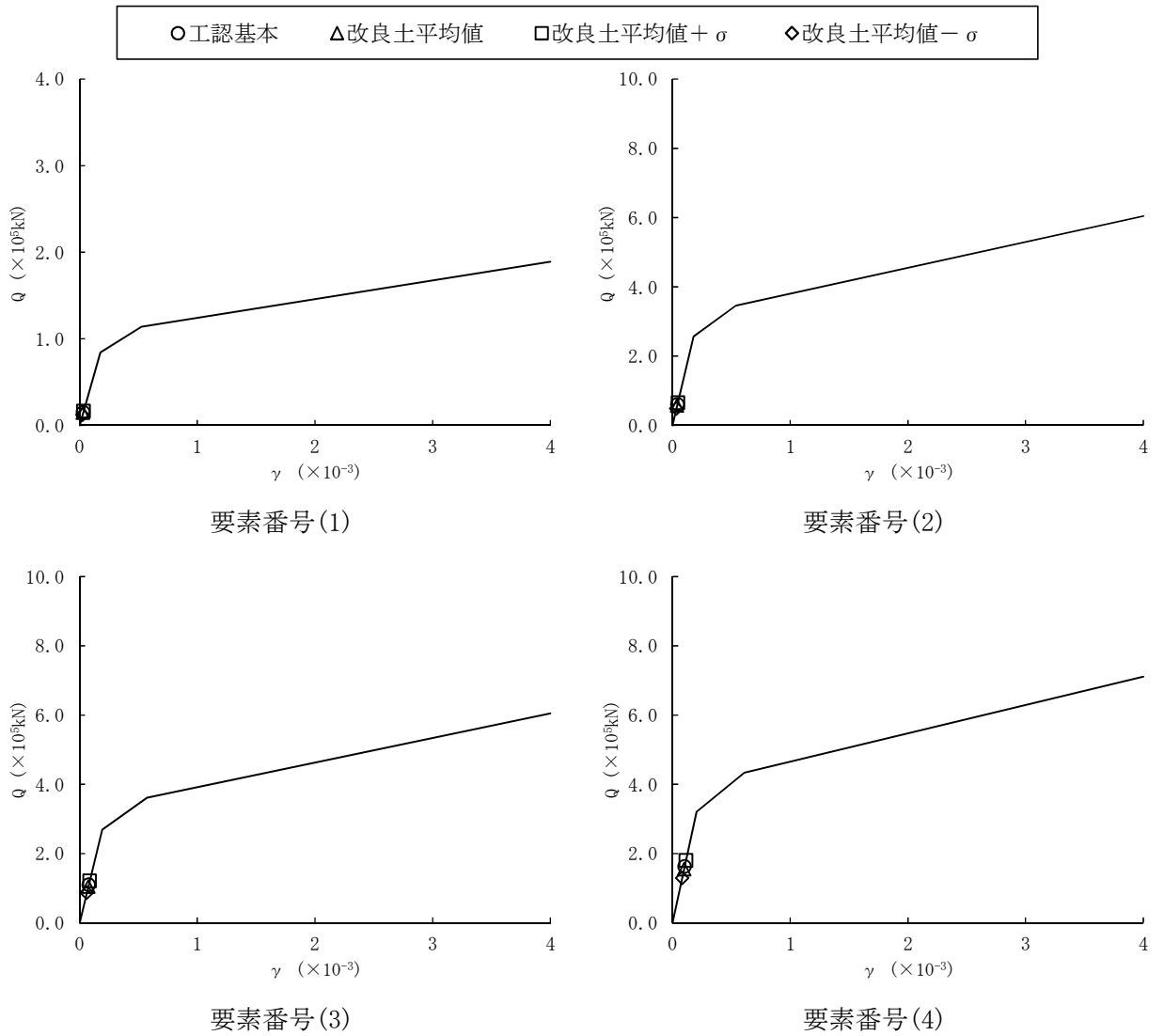


注： 数字は質点番号を示す。  
 注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル（緊急時対策所建屋）

(b) S<sub>s</sub>-21

図 2-23 (2/4) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向)

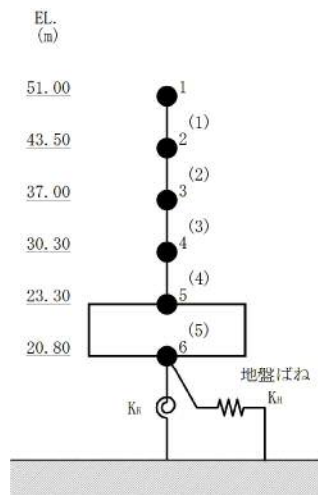
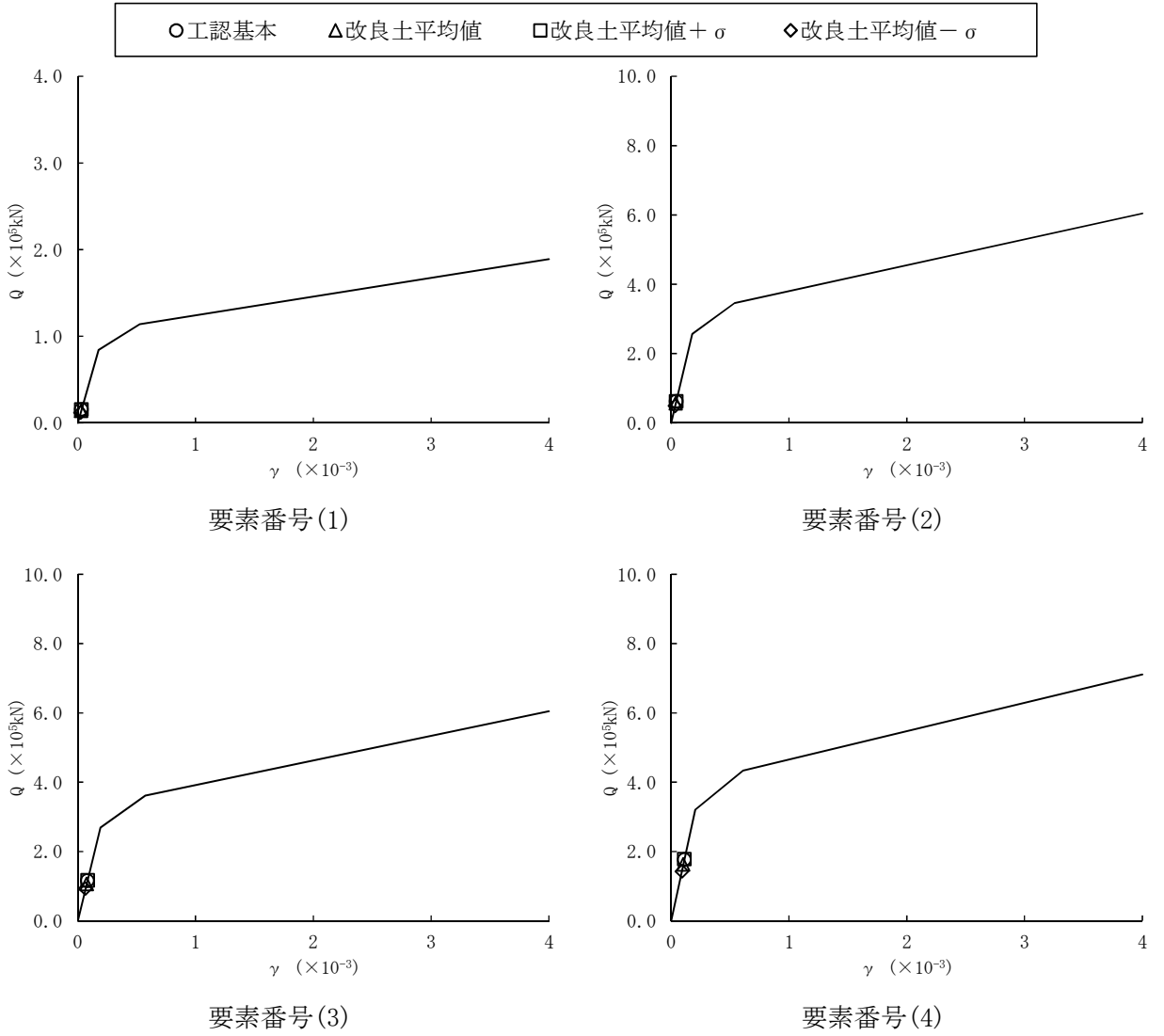


注： 数字は質点番号を示す。  
 注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル（緊急時対策所建屋）

(c) S<sub>s</sub>-22

図 2-23 (3/4) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向)



注： 数字は質点番号を示す。  
 注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル（緊急時対策所建屋）

(d) S<sub>s</sub>-31

図 2-23 (4/4) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (EW 方向)

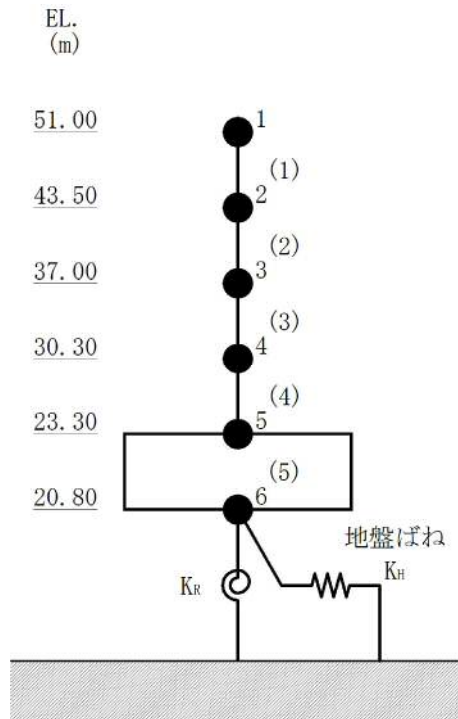


### 2.3 減衰定数 3%を考慮したモデルの影響検討

本節は、緊急時対策所建屋の地震応答解析における工認基本モデルの解析結果に対し、減衰定数を 5%から 3%に変更したモデルの解析結果を示すものである。

解析モデルは、添付書類「V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書」に示す解析モデルと同様とする。水平方向の地震応答解析モデルを図 2-24 に、鉛直方向の地震応答解析モデルを図 2-25 に示す。

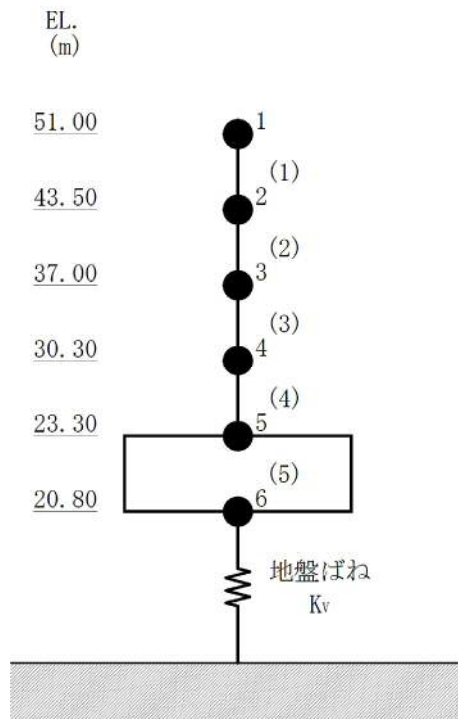
基準地震動  $S_s$  に対し、減衰定数を 3%と 5%とした解析結果の比較を図 2-26～図 2-38 及び表 2-15～表 2-25 に示す。



注 1 : 数字は質点番号を示す。

注 2 : ( ) 内は要素番号を示す。

図 2-24 地震応答解析モデル (水平方向)



注 1 : 数字は質点番号を示す。

注 2 : ( ) 内は要素番号を示す。

図 2-25 地震応答解析モデル (鉛直方向)

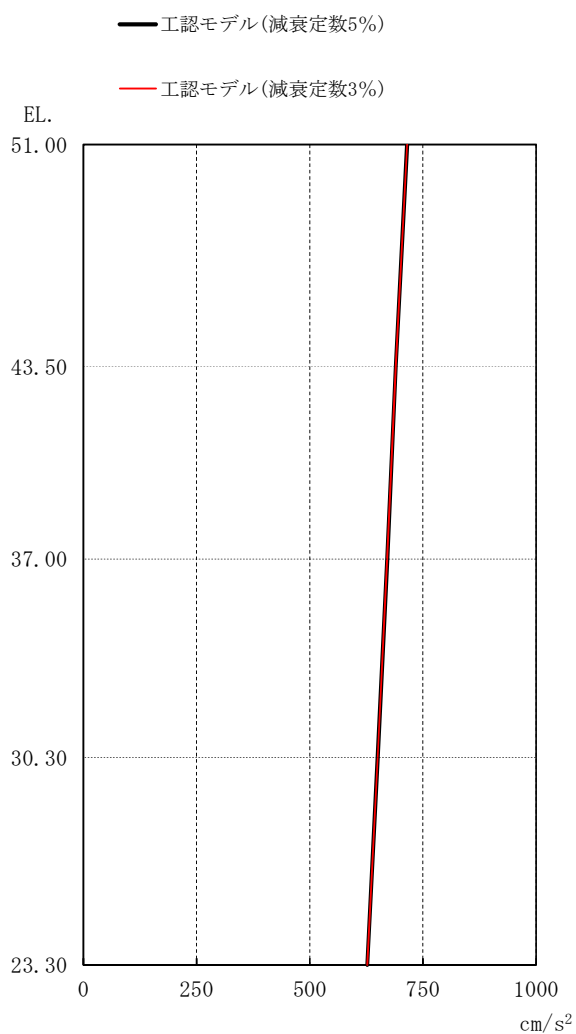


図 2-26 最大応答加速度 ( $S_s$ , NS 方向)

表 2-15 最大応答加速度一覧 ( $S_s$ , NS 方向)

| 部位       | 質点番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |     |                     |     |                     |     |                     |     | 最大値 |
|----------|------|-----------------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|-----|
|          |      | $S_s - 2 1$<br>(NS)         |     | $S_s - 2 2$<br>(NS) |     | $S_s - 3 1$<br>(NS) |     | $S_s - D 1$<br>(NS) |     |     |
|          |      | ①                           | ②   | ①                   | ②   | ①                   | ②   | ①                   | ②   |     |
| 建屋       | 1    | 665                         | 666 | 533                 | 533 | 715                 | 715 | 654                 | 654 | 715 |
|          | 2    | 626                         | 626 | 510                 | 510 | 690                 | 690 | 635                 | 635 | 690 |
|          | 3    | 597                         | 597 | 487                 | 488 | 671                 | 671 | 616                 | 617 | 671 |
|          | 4    | 556                         | 557 | 464                 | 464 | 650                 | 650 | 594                 | 594 | 650 |
| 基礎<br>上端 | 5    | 511                         | 512 | 438                 | 438 | 627                 | 627 | 570                 | 570 | 627 |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

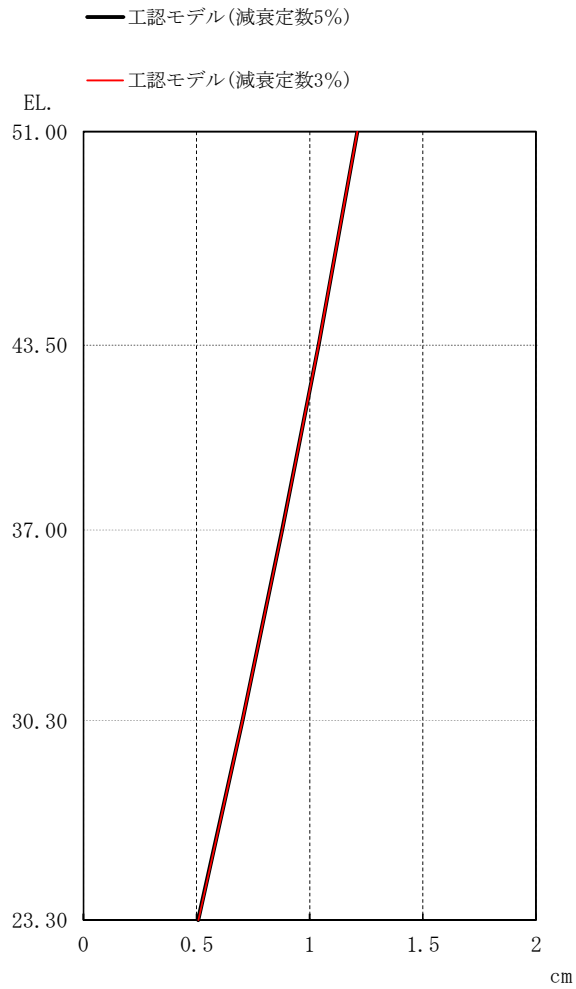


図 2-27 最大応答変位 ( $S_s$ , NS 方向)

表 2-16 最大応答変位一覧 ( $S_s$ , NS 方向)

| 部位       | 質点番号 | 最大応答変位 (cm)      |       |                  |       |                  |       |                  |       | 最大値   |
|----------|------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|------------------|-------|-------|
|          |      | $S_s - 2 1$ (NS) |       | $S_s - 2 2$ (NS) |       | $S_s - 3 1$ (NS) |       | $S_s - D 1$ (NS) |       |       |
|          |      | ①                | ②     | ①                | ②     | ①                | ②     | ①                | ②     |       |
| 建屋       | 1    | 0.845            | 0.847 | 0.751            | 0.753 | 1.21             | 1.21  | 1.07             | 1.07  | 1.21  |
|          | 2    | 0.719            | 0.721 | 0.641            | 0.643 | 1.04             | 1.04  | 0.916            | 0.917 | 1.04  |
|          | 3    | 0.606            | 0.607 | 0.542            | 0.543 | 0.878            | 0.879 | 0.778            | 0.779 | 0.879 |
|          | 4    | 0.477            | 0.478 | 0.428            | 0.429 | 0.702            | 0.702 | 0.622            | 0.622 | 0.702 |
| 基礎<br>上端 | 5    | 0.337            | 0.337 | 0.305            | 0.305 | 0.507            | 0.508 | 0.450            | 0.451 | 0.508 |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

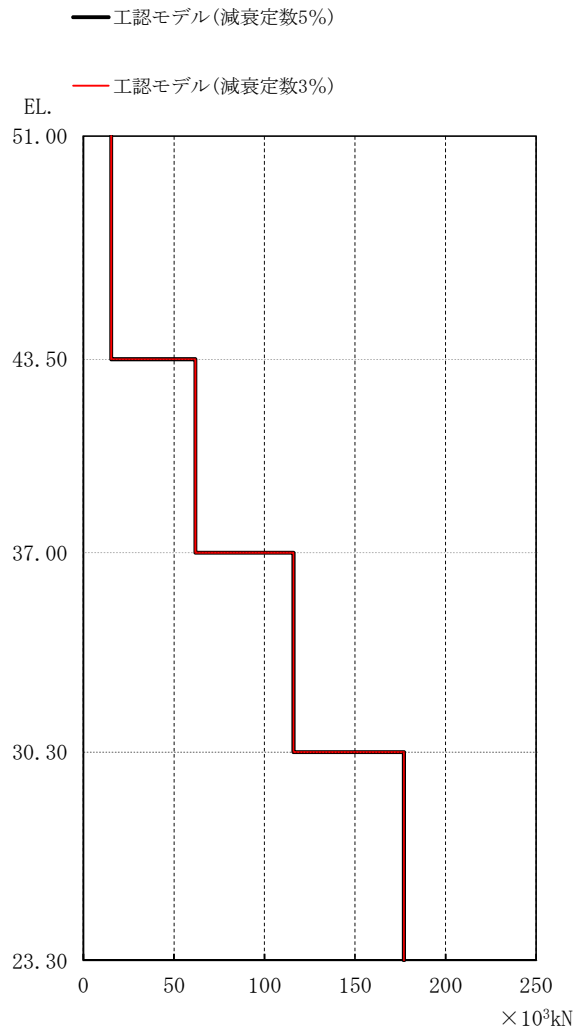


図 2-28 最大応答せん断力 ( $S_s$ , NS 方向)

表 2-17 最大応答せん断力一覧 ( $S_s$ , NS 方向)

| 部位 | 要素番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |      |                     |      |                     |      |                     |      | 最大値  |
|----|------|--------------------------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|------|
|    |      | $S_s - 2 1$<br>(NS)                  |      | $S_s - 2 2$<br>(NS) |      | $S_s - 3 1$<br>(NS) |      | $S_s - D 1$<br>(NS) |      |      |
|    |      | ①                                    | ②    | ①                   | ②    | ①                   | ②    | ①                   | ②    |      |
| 建屋 | (1)  | 14.3                                 | 14.3 | 11.4                | 11.4 | 15.3                | 15.3 | 14.0                | 14.0 | 15.3 |
|    | (2)  | 56.4                                 | 56.5 | 45.8                | 45.9 | 61.9                | 61.9 | 56.8                | 56.9 | 61.9 |
|    | (3)  | 104                                  | 105  | 84.9                | 85.0 | 116                 | 116  | 107                 | 107  | 116  |
|    | (4)  | 156                                  | 157  | 128                 | 128  | 177                 | 177  | 162                 | 162  | 177  |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

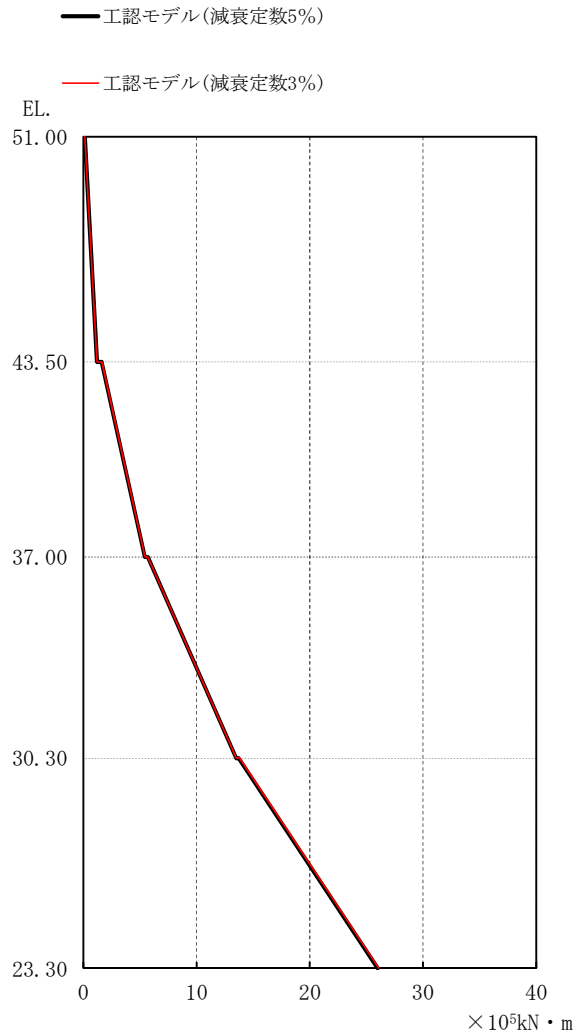


図 2-29 最大応答曲げモーメント (S<sub>s</sub>, NS 方向)

表 2-18 最大応答曲げモーメント一覧 (S<sub>s</sub>, NS 方向)

| 部位 | 要素番号 | 最大応答曲げモーメント(×10 <sup>5</sup> kN · m) |      |                          |       |                          |      |                          |      | 最大値  |
|----|------|--------------------------------------|------|--------------------------|-------|--------------------------|------|--------------------------|------|------|
|    |      | S <sub>s</sub> -2 1 (NS)             |      | S <sub>s</sub> -2 2 (NS) |       | S <sub>s</sub> -3 1 (NS) |      | S <sub>s</sub> -D 1 (NS) |      |      |
|    |      | ①                                    | ②    | ①                        | ②     | ①                        | ②    | ①                        | ②    |      |
| 建屋 | (1)  | 1.13                                 | 1.14 | 0.895                    | 0.896 | 1.19                     | 1.19 | 1.09                     | 1.09 | 1.19 |
|    | (2)  | 5.15                                 | 5.16 | 4.08                     | 4.09  | 5.43                     | 5.44 | 4.96                     | 4.96 | 5.44 |
|    | (3)  | 12.5                                 | 12.5 | 9.97                     | 9.99  | 13.5                     | 13.5 | 12.3                     | 12.3 | 13.5 |
|    | (4)  | 23.7                                 | 23.7 | 19.2                     | 19.2  | 26.0                     | 26.1 | 23.8                     | 23.9 | 26.1 |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

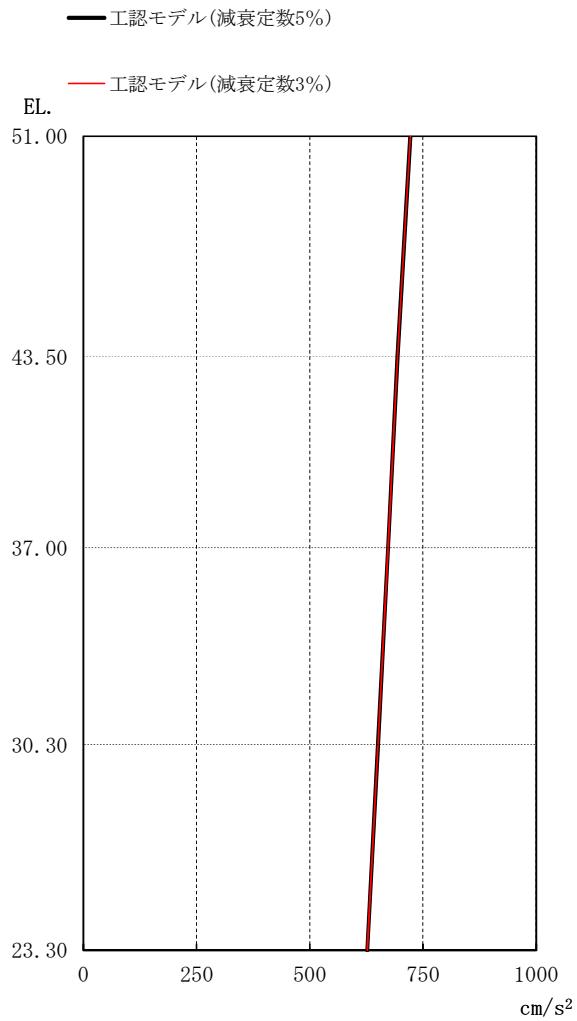


図 2-30 最大応答加速度 ( $S_s$ , EW 方向)

表 2-19 最大応答加速度一覧 ( $S_s$ , EW 方向)

| 部位       | 質点番号 | 最大応答加速度 ( $\text{cm/s}^2$ ) |     |                     |     |                     |     |                     |     | 最大値 |
|----------|------|-----------------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|-----|
|          |      | $S_s - 2 1$<br>(EW)         |     | $S_s - 2 2$<br>(EW) |     | $S_s - 3 1$<br>(EW) |     | $S_s - D 1$<br>(EW) |     |     |
|          |      | ①                           | ②   | ①                   | ②   | ①                   | ②   | ①                   | ②   |     |
| 建屋       | 1    | 479                         | 481 | 715                 | 715 | 722                 | 722 | 661                 | 661 | 722 |
|          | 2    | 428                         | 429 | 666                 | 668 | 694                 | 694 | 641                 | 641 | 694 |
|          | 3    | 396                         | 396 | 623                 | 624 | 673                 | 673 | 621                 | 622 | 673 |
|          | 4    | 363                         | 364 | 573                 | 573 | 651                 | 651 | 596                 | 596 | 651 |
| 基礎<br>上端 | 5    | 334                         | 334 | 532                 | 532 | 627                 | 627 | 569                 | 569 | 627 |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

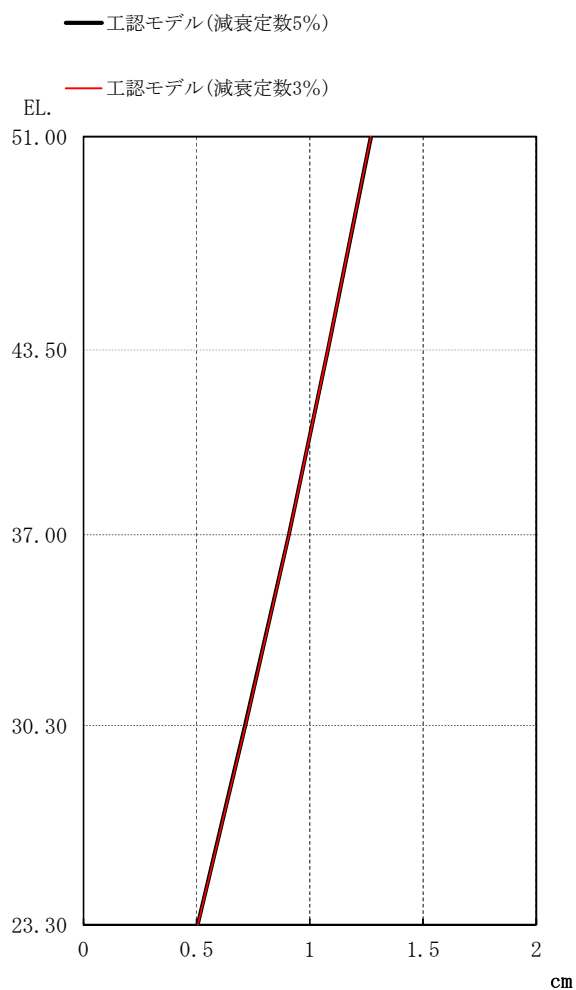


図 2-31 最大応答変位 ( $S_s$ , EW 方向)

表 2-20 最大応答変位一覧 ( $S_s$ , EW 方向)

| 部位       | 質点番号 | 最大応答変位 (cm)         |       |                     |       |                     |       |                     |       | 最大値   |
|----------|------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|-------|-------|
|          |      | $S_s - 2 1$<br>(EW) |       | $S_s - 2 2$<br>(EW) |       | $S_s - 3 1$<br>(EW) |       | $S_s - D 1$<br>(EW) |       |       |
|          |      | ①                   | ②     | ①                   | ②     | ①                   | ②     | ①                   | ②     |       |
| 建屋       | 1    | 0.614               | 0.615 | 0.950               | 0.953 | 1.27                | 1.27  | 1.13                | 1.13  | 1.27  |
|          | 2    | 0.519               | 0.521 | 0.801               | 0.803 | 1.08                | 1.08  | 0.958               | 0.959 | 1.08  |
|          | 3    | 0.436               | 0.437 | 0.670               | 0.672 | 0.907               | 0.908 | 0.809               | 0.810 | 0.908 |
|          | 4    | 0.338               | 0.339 | 0.519               | 0.520 | 0.715               | 0.716 | 0.636               | 0.637 | 0.716 |
| 基礎<br>上端 | 5    | 0.233               | 0.234 | 0.355               | 0.356 | 0.504               | 0.505 | 0.449               | 0.450 | 0.505 |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)



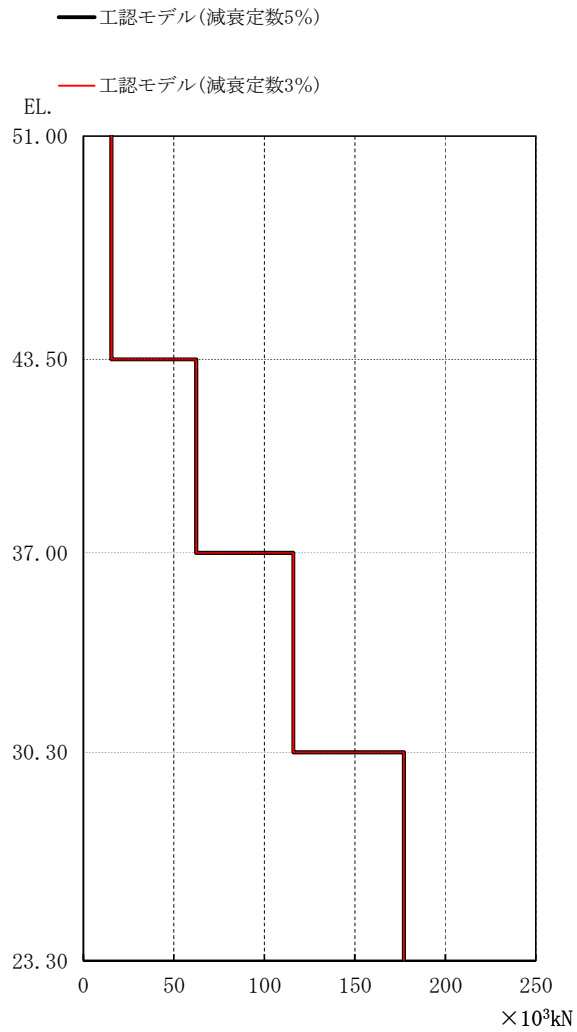


図 2-32 最大応答せん断力 ( $S_s$ , EW 方向)

表 2-21 最大応答せん断力一覧 ( $S_s$ , EW 方向)

| 部位 | 要素番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |      |                 |      |                 |      |                 |      | 最大値  |
|----|------|--------------------------------------|------|-----------------|------|-----------------|------|-----------------|------|------|
|    |      | $S_s - 21$ (EW)                      |      | $S_s - 22$ (EW) |      | $S_s - 31$ (EW) |      | $S_s - D1$ (EW) |      |      |
|    |      | ①                                    | ②    | ①               | ②    | ①               | ②    | ①               | ②    |      |
| 建屋 | (1)  | 10.3                                 | 10.3 | 15.3            | 15.3 | 15.5            | 15.5 | 14.2            | 14.2 | 15.5 |
|    | (2)  | 39.2                                 | 39.2 | 60.3            | 60.4 | 62.3            | 62.3 | 57.4            | 57.4 | 62.3 |
|    | (3)  | 70.7                                 | 70.8 | 110             | 110  | 116             | 116  | 108             | 108  | 116  |
|    | (4)  | 105                                  | 105  | 163             | 163  | 177             | 177  | 163             | 163  | 177  |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

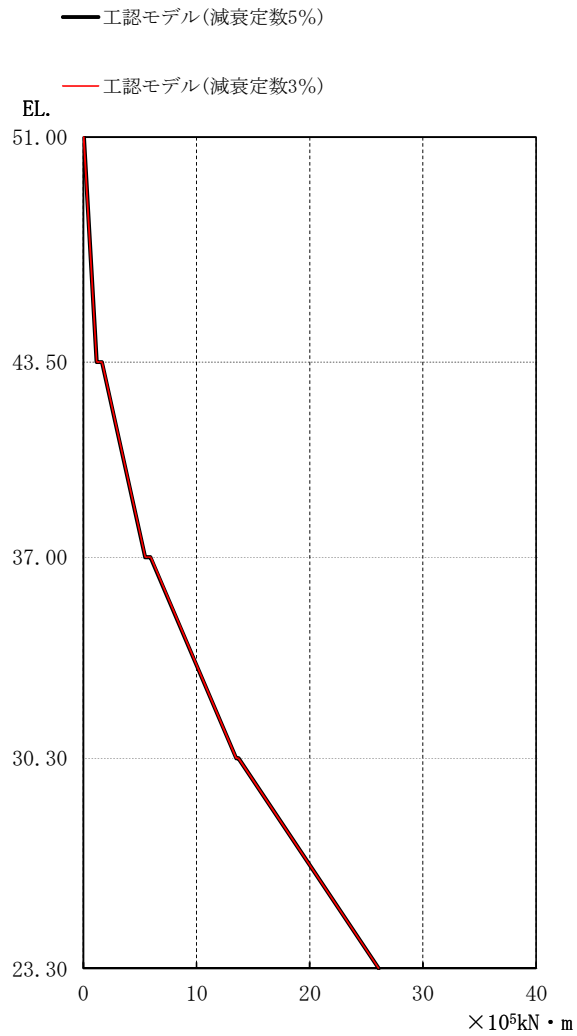


図 2-33 最大応答曲げモーメント ( $S_s$ , EW 方向)

表 2-22 最大応答曲げモーメント一覧 ( $S_s$ , EW 方向)

| 部<br>位 | 要<br>素<br>番<br>号 | 最大応答曲げモーメント( $\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$ ) |       |                     |      |                     |      |                     |      | 最<br>大<br>値 |
|--------|------------------|-------------------------------------------------------|-------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|-------------|
|        |                  | $S_s - 2 1$<br>(EW)                                   |       | $S_s - 2 2$<br>(EW) |      | $S_s - 3 1$<br>(EW) |      | $S_s - D 1$<br>(EW) |      |             |
|        |                  | ①                                                     | ②     | ①                   | ②    | ①                   | ②    | ①                   | ②    |             |
| 建<br>屋 | (1)              | 0.788                                                 | 0.792 | 1.17                | 1.17 | 1.17                | 1.18 | 1.07                | 1.08 | 1.18        |
|        | (2)              | 3.60                                                  | 3.62  | 5.44                | 5.46 | 5.42                | 5.43 | 4.96                | 4.97 | 5.46        |
|        | (3)              | 8.64                                                  | 8.66  | 13.2                | 13.3 | 13.5                | 13.5 | 12.4                | 12.4 | 13.5        |
|        | (4)              | 16.3                                                  | 16.3  | 25.0                | 25.0 | 26.1                | 26.1 | 24.0                | 24.0 | 26.1        |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

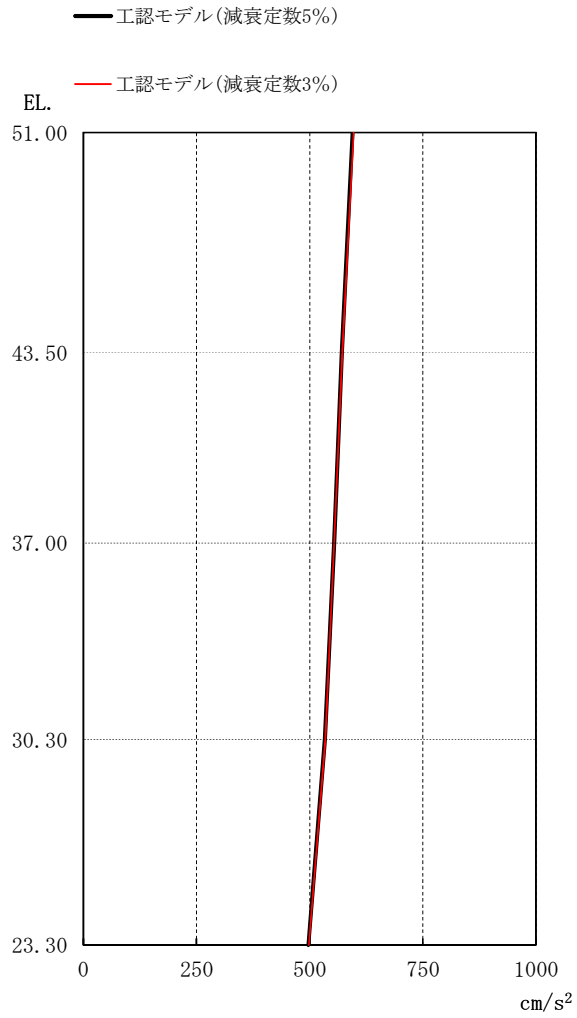


図 2-34 最大応答加速度 ( $S_s$ , UD 方向)

表 2-23 最大応答加速度一覧 ( $S_s$ , UD 方向)

| 部位       | 質点番号 | 最大応答加速度 (cm/s <sup>2</sup> ) |     |                     |     |                     |     |                     |     | 最大値 |
|----------|------|------------------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|---------------------|-----|-----|
|          |      | $S_s - 2 1$<br>(UD)          |     | $S_s - 2 2$<br>(UD) |     | $S_s - 3 1$<br>(UD) |     | $S_s - D 1$<br>(UD) |     |     |
|          |      | ①                            | ②   | ①                   | ②   | ①                   | ②   | ①                   | ②   |     |
| 建屋       | 1    | 565                          | 566 | 595                 | 597 | 203                 | 203 | 491                 | 493 | 597 |
|          | 2    | 547                          | 545 | 571                 | 572 | 197                 | 197 | 475                 | 476 | 572 |
|          | 3    | 539                          | 539 | 554                 | 554 | 190                 | 190 | 461                 | 462 | 554 |
|          | 4    | 521                          | 523 | 534                 | 535 | 175                 | 175 | 443                 | 444 | 535 |
| 基礎<br>上端 | 5    | 497                          | 498 | 494                 | 493 | 166                 | 166 | 429                 | 430 | 498 |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

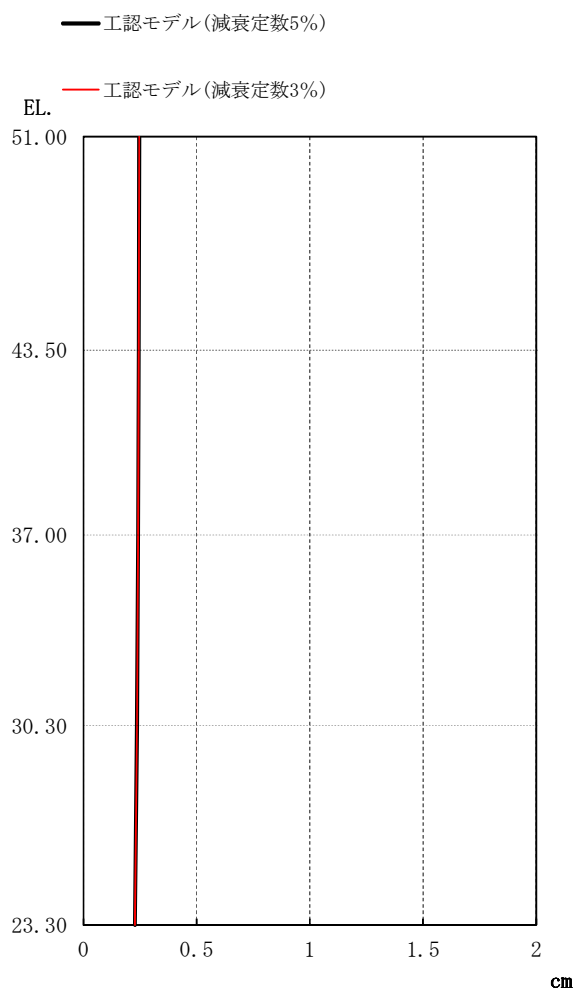


図 2-35 最大応答変位 ( $S_s$ , UD 方向)

表 2-24 最大応答変位一覧 ( $S_s$ , UD 方向)

| 部位       | 質点番号 | 最大応答変位 (cm)         |       |                     |       |                     |        |                     |       | 最大値   |
|----------|------|---------------------|-------|---------------------|-------|---------------------|--------|---------------------|-------|-------|
|          |      | $S_s - 2 1$<br>(UD) |       | $S_s - 2 2$<br>(UD) |       | $S_s - 3 1$<br>(UD) |        | $S_s - D 1$<br>(UD) |       |       |
|          |      | ①                   | ②     | ①                   | ②     | ①                   | ②      | ①                   | ②     |       |
| 建屋       | 1    | 0.215               | 0.215 | 0.228               | 0.228 | 0.0991              | 0.0991 | 0.246               | 0.246 | 0.246 |
|          | 2    | 0.213               | 0.213 | 0.225               | 0.225 | 0.0983              | 0.0984 | 0.244               | 0.244 | 0.244 |
|          | 3    | 0.210               | 0.210 | 0.221               | 0.222 | 0.0974              | 0.0975 | 0.241               | 0.241 | 0.241 |
|          | 4    | 0.204               | 0.205 | 0.216               | 0.216 | 0.0955              | 0.0955 | 0.236               | 0.236 | 0.236 |
| 基礎<br>上端 | 5    | 0.196               | 0.196 | 0.209               | 0.210 | 0.0925              | 0.0926 | 0.228               | 0.228 | 0.228 |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

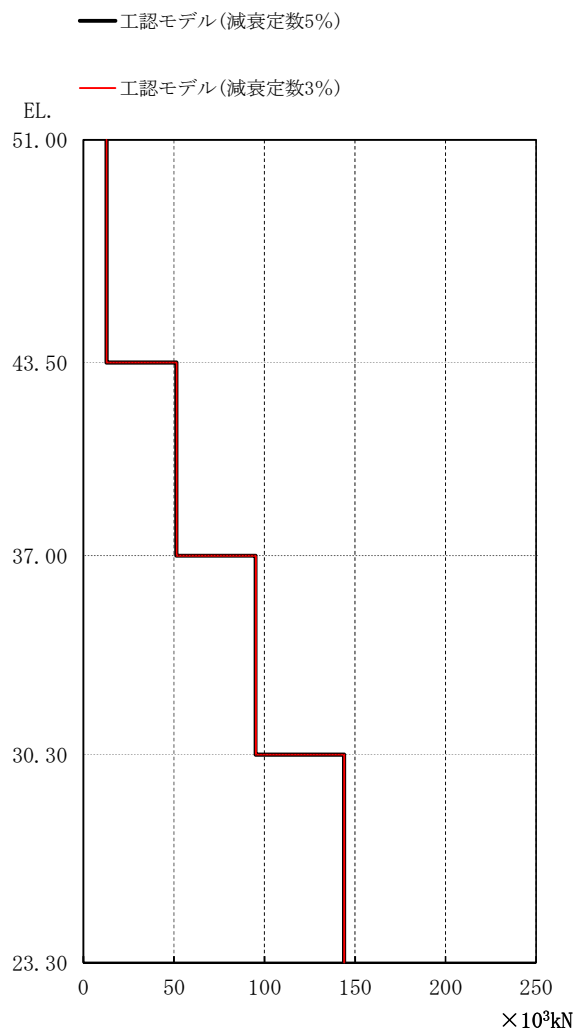
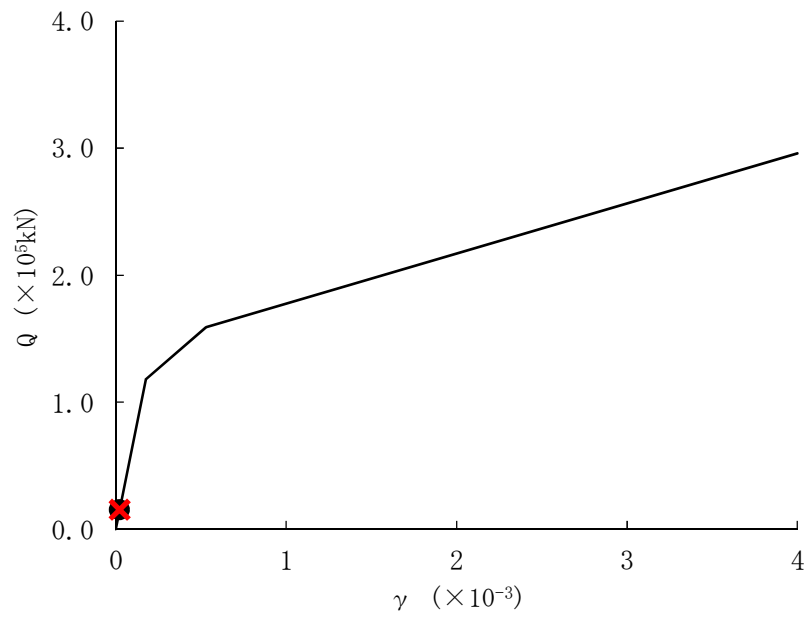
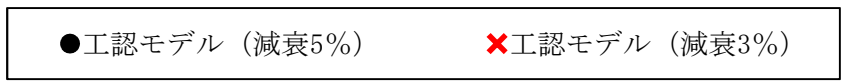


図 2-36 最大応答軸力 ( $S_s$ , UD 方向)

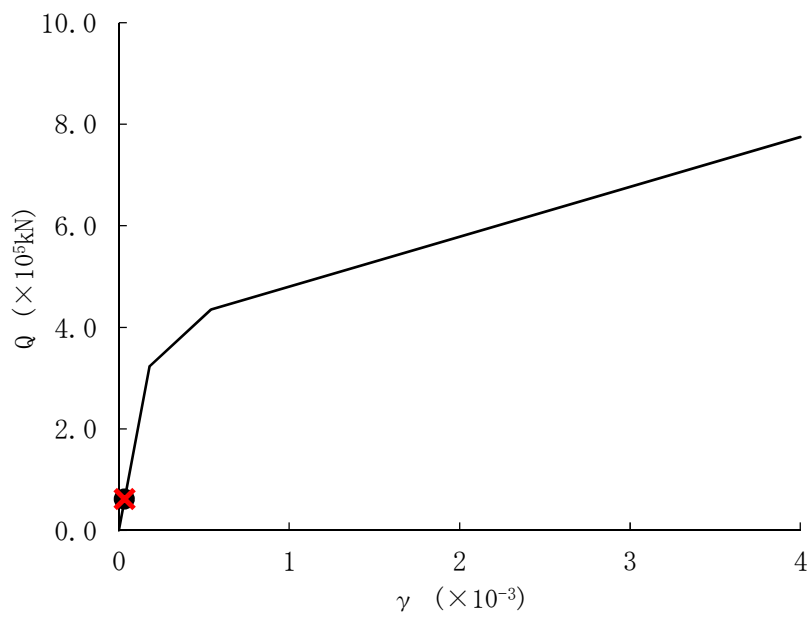
表 2-25 最大応答軸力一覧 ( $S_s$ , UD 方向)

| 部位 | 要素番号 | 最大応答せん断力 ( $\times 10^3 \text{kN}$ ) |      |                     |      |                     |      |                     |      | 最大値  |
|----|------|--------------------------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|---------------------|------|------|
|    |      | $S_s - 2 1$<br>(UD)                  |      | $S_s - 2 2$<br>(UD) |      | $S_s - 3 1$<br>(UD) |      | $S_s - D 1$<br>(UD) |      |      |
|    |      | ①                                    | ②    | ①                   | ②    | ①                   | ②    | ①                   | ②    |      |
| 建屋 | (1)  | 12.3                                 | 12.2 | 12.8                | 12.8 | 4.37                | 4.37 | 10.6                | 10.6 | 12.8 |
|    | (2)  | 49.5                                 | 49.2 | 51.3                | 51.5 | 17.8                | 17.8 | 42.7                | 42.7 | 51.5 |
|    | (3)  | 93.0                                 | 92.6 | 95.1                | 95.2 | 33.0                | 33.0 | 79.6                | 79.7 | 95.2 |
|    | (4)  | 142                                  | 142  | 144                 | 144  | 49.4                | 49.4 | 121                 | 121  | 144  |

① : 工認モデル (減衰定数 5%)    ② : 工認モデル (減衰定数 3%)

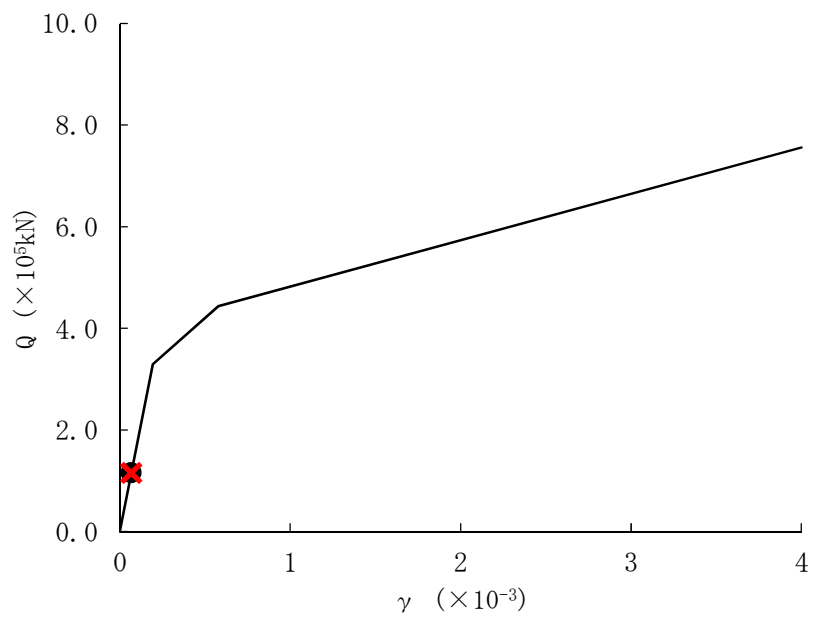


(a) 要素番号(1)

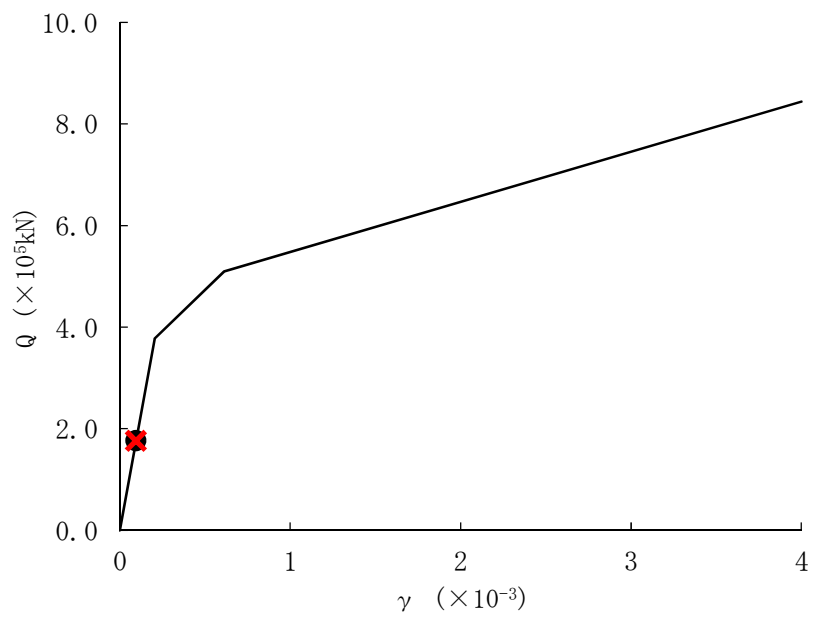


(b) 要素番号(2)

図 2-37 (1/2)  $Q$ - $\gamma$  関係と最大応答値 ( $S_s$ , NS 方向)

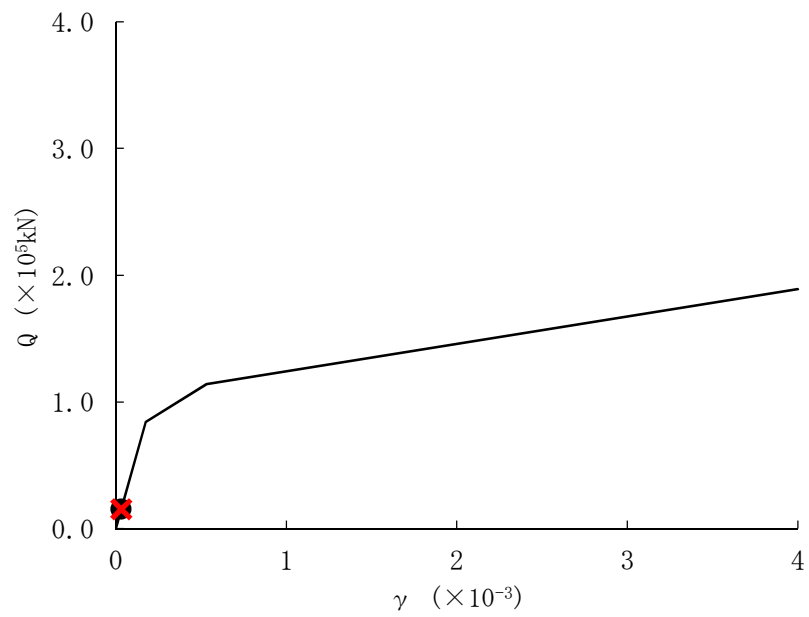
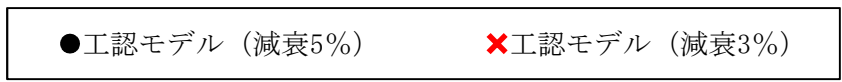


(c) 要素番号(3)

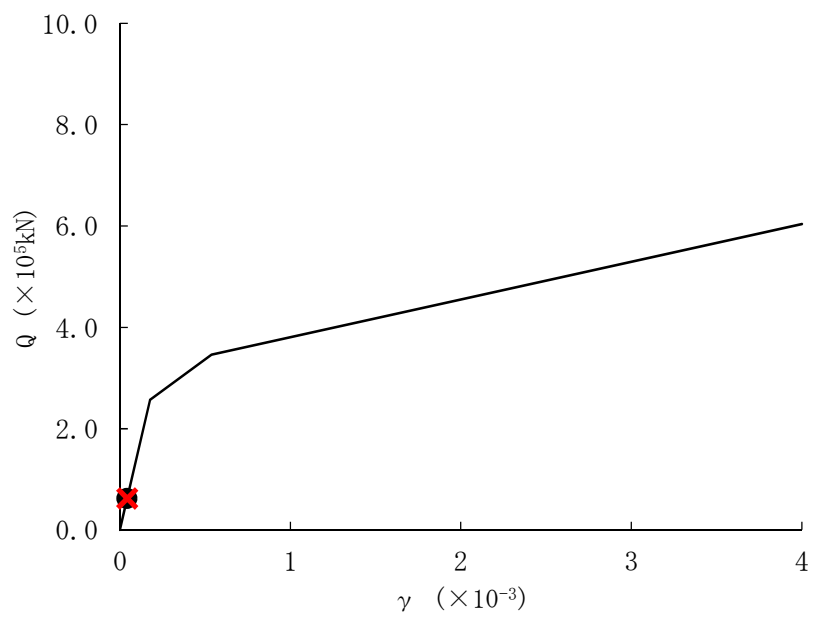


(d) 要素番号(4)

図 2-37 (2/2)  $Q$ - $\gamma$  関係と最大応答値 ( $S_s$ , NS 方向)



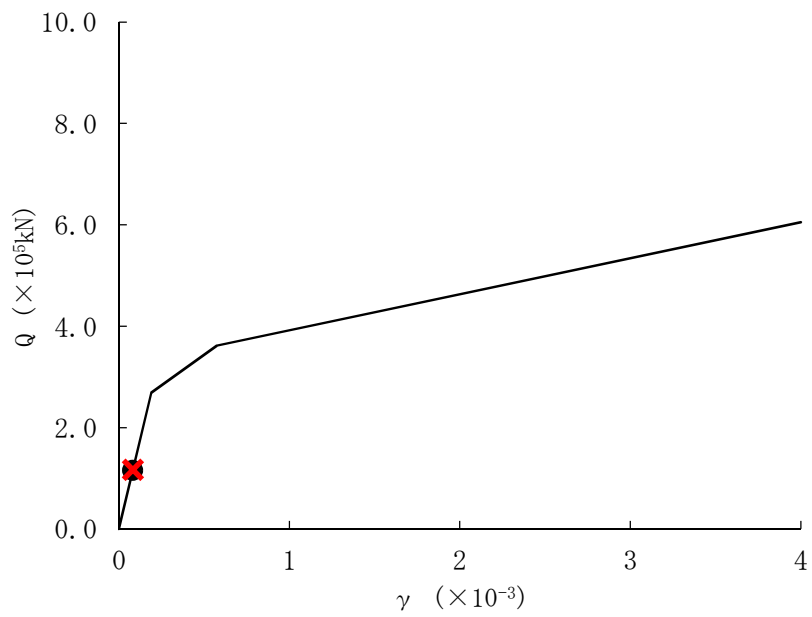
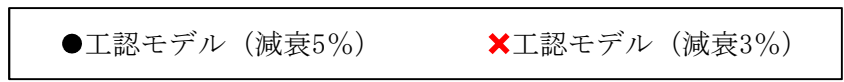
(a) 要素番号(1)



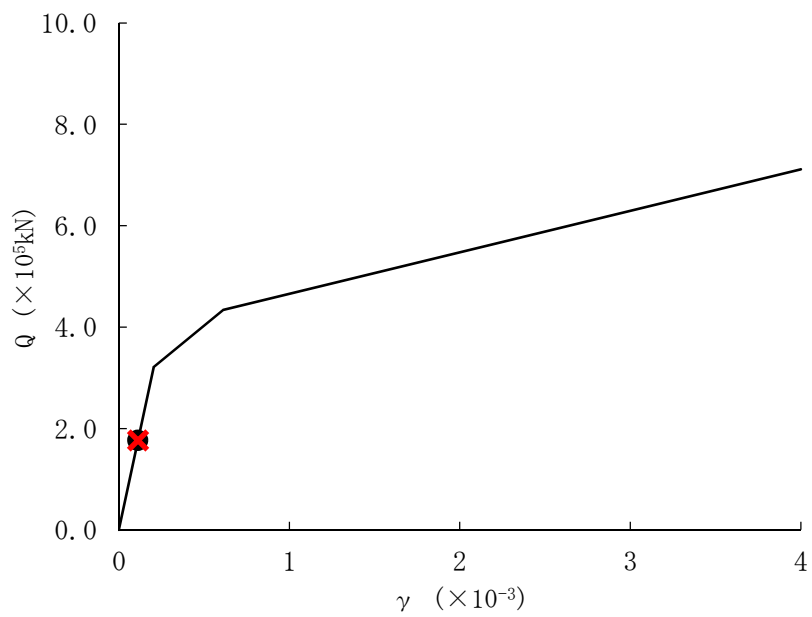
(b) 要素番号(2)

図 2-38 (1/2)  $Q$ - $\gamma$  関係と最大応答値 ( $S_s$ , EW 方向)





(c) 要素番号(3)



(d) 要素番号(4)

図 2-38 (2/2) Q- $\gamma$  関係と最大応答値 ( $S_s$ , EW 方向)

## 2.4 建屋剛性のばらつきの影響検討

### 2.4.1 概要

建屋評価では、地盤物性のばらつきについて添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」において設計用地震力の設定に考慮している。また、建屋剛性のばらつきについては、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、及び建屋剛性として考慮していない壁（補助壁）の建屋剛性への寄与については構造耐力の向上が見られることから、保守的に考慮していない。

本節では、まず、建屋剛性のばらつきを設定し、次に、建屋剛性のばらつきを考慮した地震応答解析結果について示し、その傾向を確認する。

これらを踏まえた上で、2.5 節に機器・配管系評価への影響検討結果を示す。

## 2.4.2 建屋剛性のばらつきの設定

### (1) コンクリート強度

コンクリート強度のばらつきを設定を表 2-26 に示す。コンクリート強度は「原子力発電所の地震を起因とした確率論的安全評価実施基準（（社）日本原子力学会，2007）」に基づく  $1.4 \times F_c$  ( $42.0 \text{ N/mm}^2$ ) と原子炉建屋で実施されたコア供試体に対する圧縮強度試験結果の平均値 ( $42.1 \text{ N/mm}^2$ ) を比較し，より材料物性としてばらつきの大きくなる  $42.1 \text{ N/mm}^2$  で設定する。

表 2-26 コンクリート強度のばらつき

|                   | コンクリート強度 $F_c$<br>( $\text{N/mm}^2$ ) | ヤング係数 $E$<br>( $\text{N/mm}^2$ ) |
|-------------------|---------------------------------------|----------------------------------|
| 工認モデル<br>(設計基準強度) | 30.0                                  | $2.44 \times 10^4$               |
| 実強度               | 42.1<br>(1.41)                        | $2.73 \times 10^4$<br>(1.12)     |

注：( ) 内は基本ケースに対する比率

### (2) 補助壁

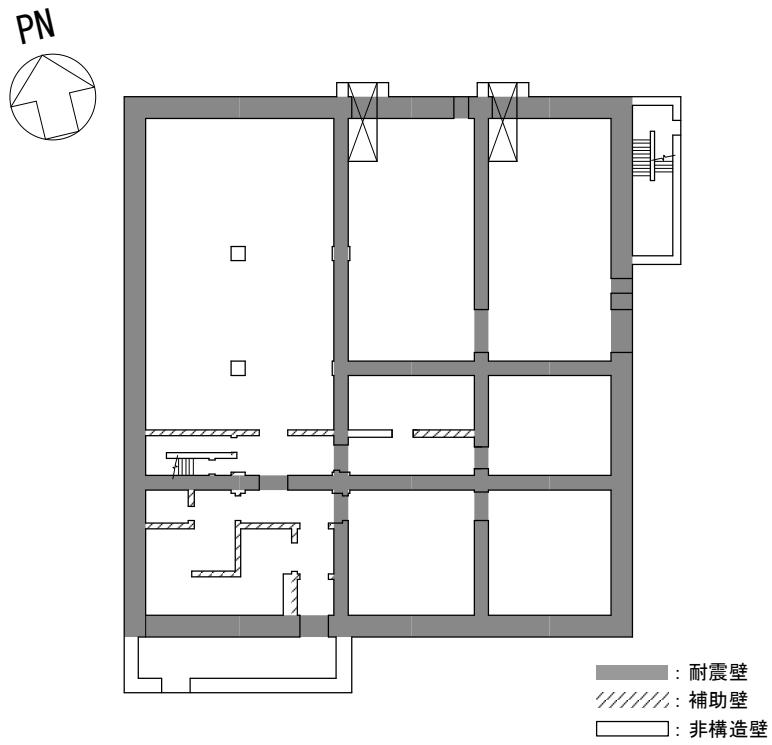
建物内の壁は，耐震壁，補助壁及び非構造壁の 3 種類に分類される。

耐震壁は，基礎スラブより立ち上がる主架構面上の連層壁で，建屋重量のほか建物に作用する外力を負担でき，今回工認の地震応答解析モデル諸元に考慮した壁である。補助壁は，耐震壁以外の壁のうち，下記に示す選定条件を満たし，耐震壁に準じる剛性を保有すると考えられる壁である。非構造壁は，耐震壁，補助壁以外の壁で，建屋重量及び建屋の水平外力を負担しない壁である。

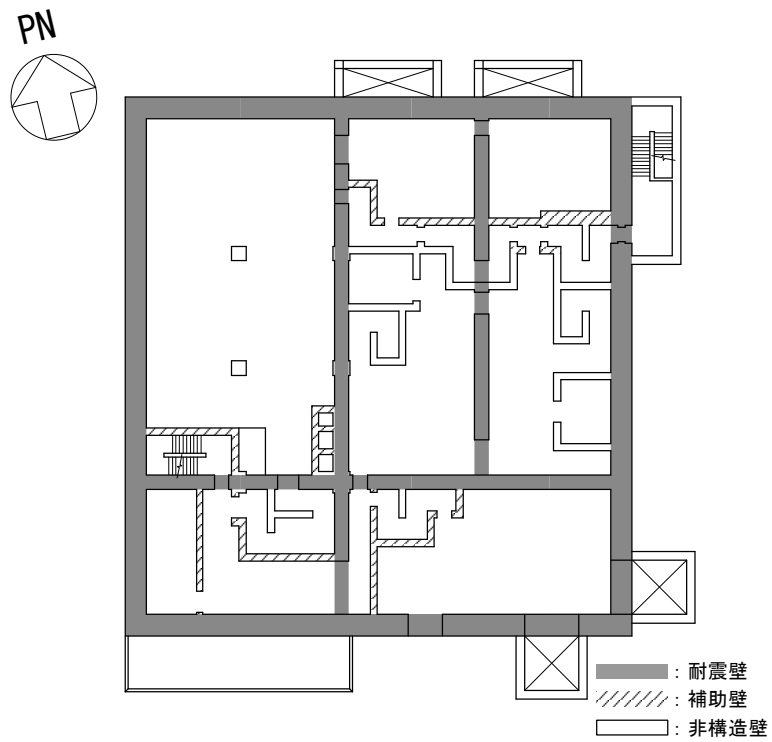
(補助壁の選定条件)

- ・壁厚 300 mm 以上
- ・質点の設定レベルにある上下階の床（中間床は含めない）を繋ぐ壁

ただし，補助壁は必ずしも基礎スラブから連続して立ち上がっていないため，建屋の軸剛性に考慮しない。補助壁は耐震壁のように大スパンの連続的な壁ではなく，短スパンの壁であり，建屋全体の曲げ剛性に与える影響は小さいと判断されることから，建屋の曲げ剛性に考慮しない。せん断剛性への影響については，短スパンの壁であっても，床スラブを介して壁に生じるせん断力を耐震壁に伝達できるため考慮する。以上より，補助壁の剛性についてはせん断剛性のみを考慮することとして，補助壁の水平断面積を地震応答解析モデルの諸元に追加する。考慮した補助壁の位置を図 2-39 に，補助壁を考慮した場合としない場合における壁の水平断面積を表 2-27 に示す。

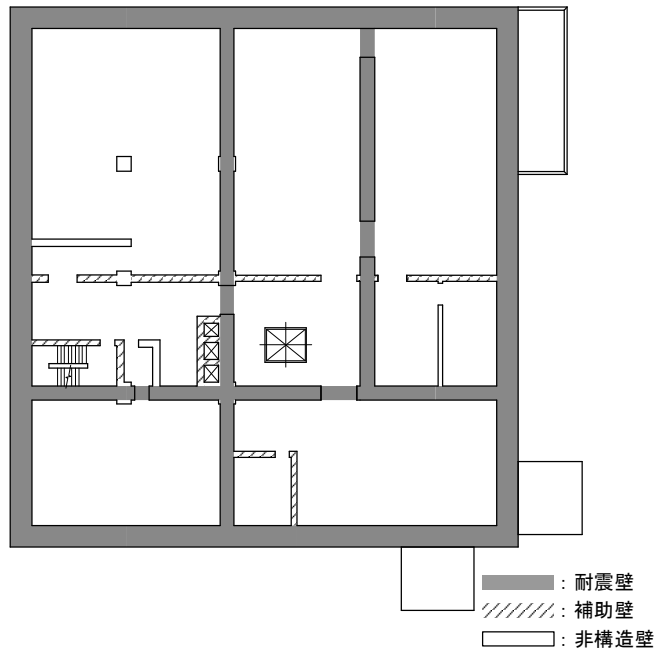


(a) 1階 : EL. 23.3 m

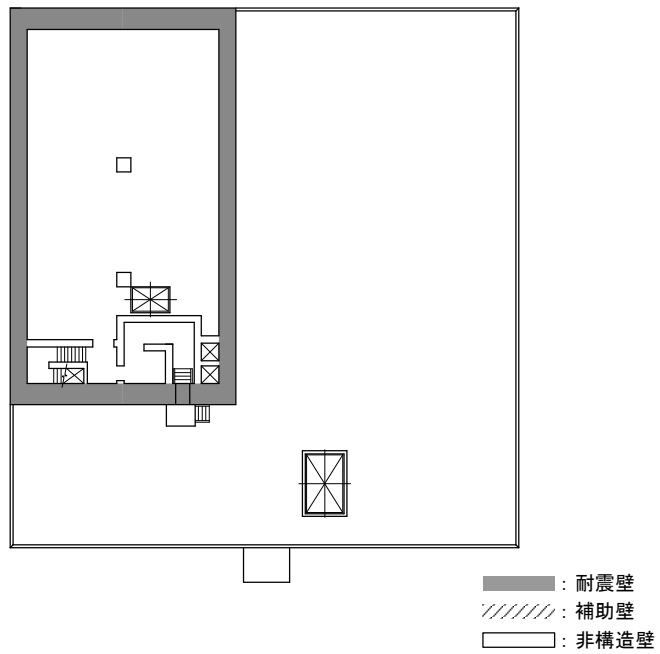


(b) 2階 : EL. 30.3 m

図 2-39 (1/2) 緊急時対策所建屋の概略平面図



(c) 3階 : EL. 37.0 m



(d) 4階 : EL. 43.5 m

図 2-39 (2/2) 緊急時対策所建屋の概略平面図

表 2-27 壁の水平断面積

| EL. (m)       | 質点番号 | 耐震壁 (m <sup>2</sup> )<br>(工認モデル) |          | 補助壁 (m <sup>2</sup> ) |          | 耐震壁 (m <sup>2</sup> )<br>+ 補助壁 (m <sup>2</sup> ) |                 |
|---------------|------|----------------------------------|----------|-----------------------|----------|--------------------------------------------------|-----------------|
|               |      | NS<br>方向                         | EW<br>方向 | NS<br>方向              | EW<br>方向 | NS<br>方向                                         | EW<br>方向        |
| 51.00 ~ 43.50 | 1    | 65.58                            | 46.84    | —                     | —        | 65.58<br>(1.00)                                  | 46.84<br>(1.00) |
|               | 2    |                                  |          |                       |          |                                                  |                 |
| 43.50 ~ 37.00 | 3    | 175.3                            | 140.5    | 6.0                   | 21.0     | 181.3<br>(1.03)                                  | 161.5<br>(1.15) |
|               | 4    |                                  |          |                       |          |                                                  |                 |
| 37.00 ~ 30.30 | 5    | 167.7                            | 137.2    | 18.4                  | 22.8     | 186.1<br>(1.11)                                  | 160.0<br>(1.17) |
|               | 6    |                                  |          |                       |          |                                                  |                 |
| 30.30 ~ 23.30 | 7    | 181.4                            | 154.3    | 7.1                   | 14.8     | 188.5<br>(1.04)                                  | 169.1<br>(1.10) |
|               | 8    |                                  |          |                       |          |                                                  |                 |
| 合計            |      | 590.0                            | 478.8    | 31.5                  | 58.6     | 621.5<br>(1.05)                                  | 537.4<br>(1.12) |

注 : ( ) 内は基本ケースに対する比率

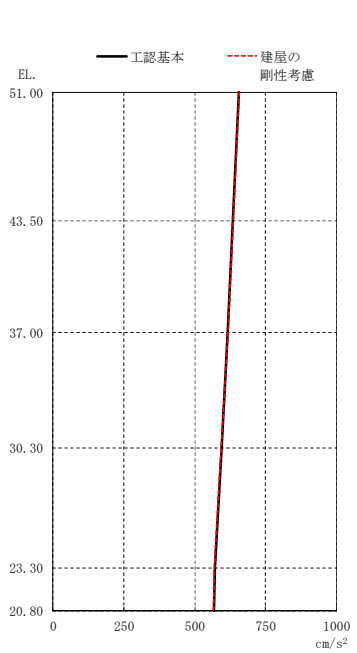
#### 2.4.3 建屋剛性のばらつきを考慮した地震応答解析結果

「補足-400-3 地震応答解析結果における材料物性のばらつきに関する検討」の検討方針に基づき、建屋剛性のばらつきを考慮した地震応答解析の結果について示す。

検討に用いる地震動は、地震波は $S_s-D1$ とする。

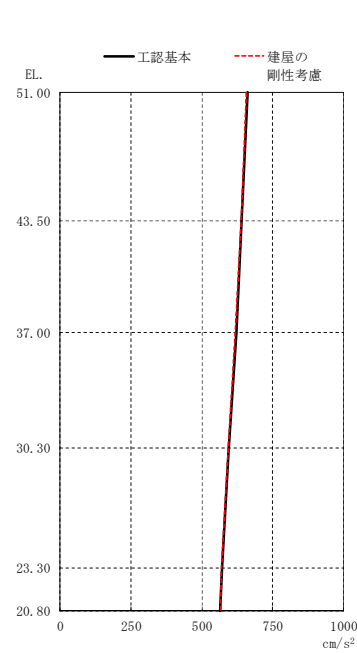
地震応答解析結果の最大応答値を図2-40～図2-44に示す。また、 $S_s-D1$ に対する最大応答せん断力を図2-45及び図2-46の耐震壁のスケルトンカーブ上にプロットして示す。

工認基本モデルの解析結果と建屋剛性のばらつきを考慮したモデルとでは、最大応答値は概ね同程度であり、建屋剛性のばらつきが応答に与える影響は小さいことを確認した。



(単位:  $\text{cm/s}^2$ )

| 工認基本 | 建屋の剛性考慮 |
|------|---------|
| 654  | 657     |
| 635  | 636     |
| 616  | 616     |
| 594  | 593     |
| 570  | 570     |
| 566  | 565     |

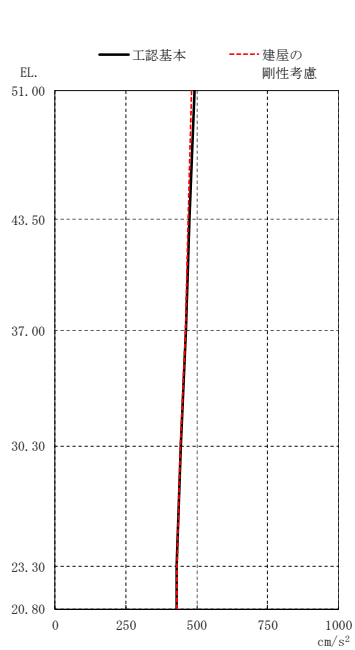


(単位:  $\text{cm/s}^2$ )

| 工認基本 | 建屋の剛性考慮 |
|------|---------|
| 661  | 658     |
| 641  | 637     |
| 621  | 618     |
| 596  | 594     |
| 569  | 569     |
| 565  | 565     |

(a) NS 方向

(b) EW 方向



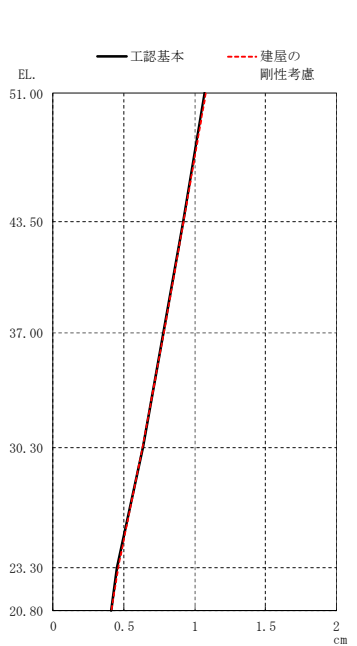
(単位:  $\text{cm/s}^2$ )

| 工認基本 | 建屋の剛性考慮 |
|------|---------|
| 491  | 481     |
| 475  | 470     |
| 461  | 459     |
| 443  | 441     |
| 429  | 430     |
| 428  | 430     |

(c) UD 方向

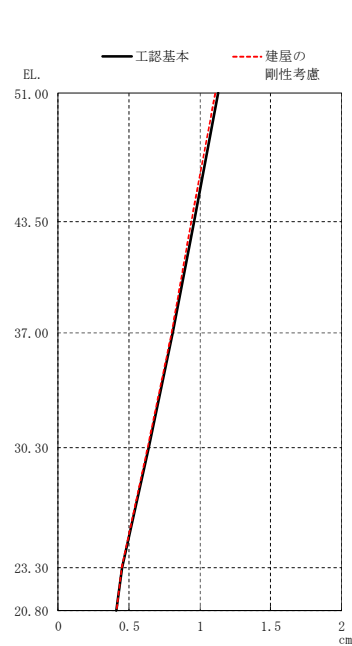
図 2-40 最大応答加速度





(単位: cm)

| 工認基本 | 建屋の剛性考慮 |
|------|---------|
| 1.07 | 1.08    |
| 0.92 | 0.92    |
| 0.78 | 0.78    |
| 0.63 | 0.63    |
| 0.45 | 0.46    |
| 0.41 | 0.41    |

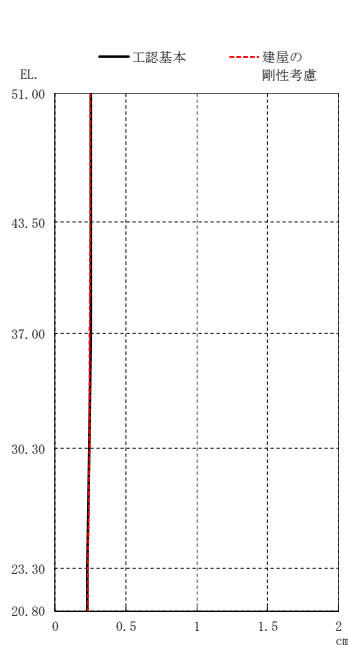


(単位: cm)

| 工認基本 | 建屋の剛性考慮 |
|------|---------|
| 1.13 | 1.11    |
| 0.96 | 0.94    |
| 0.81 | 0.80    |
| 0.64 | 0.63    |
| 0.45 | 0.45    |
| 0.41 | 0.41    |

(a) NS 方向

(b) EW 方向

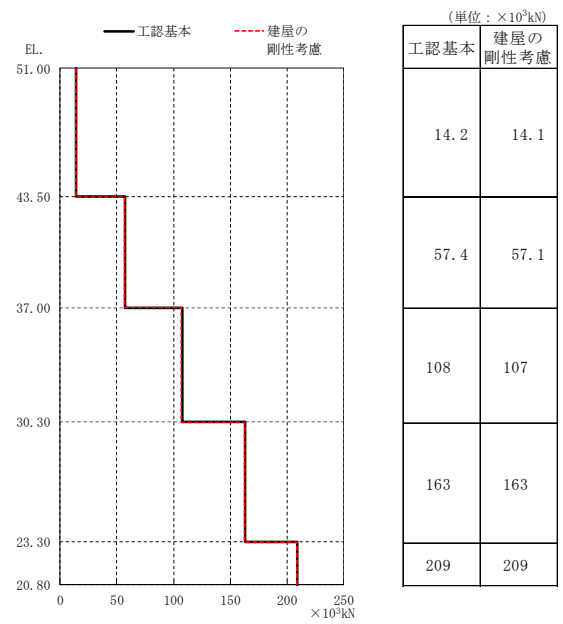
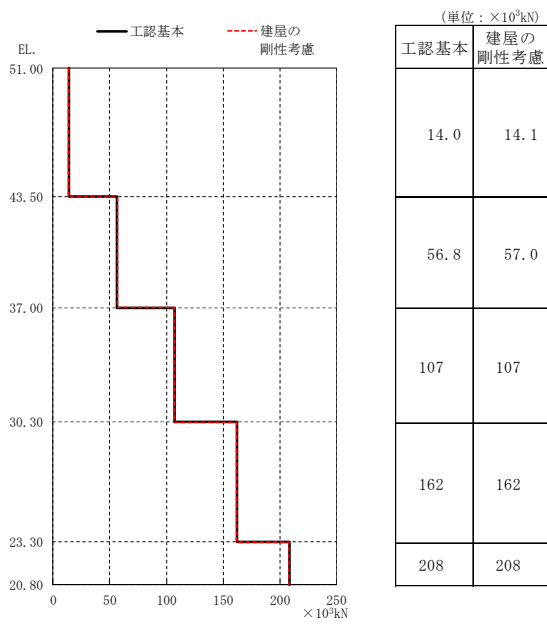


(単位: cm)

| 工認基本 | 建屋の剛性考慮 |
|------|---------|
| 0.25 | 0.25    |
| 0.25 | 0.25    |
| 0.25 | 0.24    |
| 0.24 | 0.24    |
| 0.23 | 0.23    |
| 0.23 | 0.23    |

(c) UD 方向

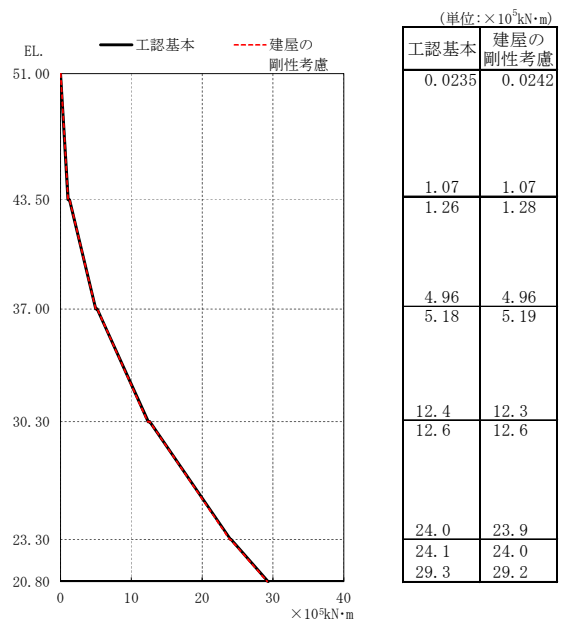
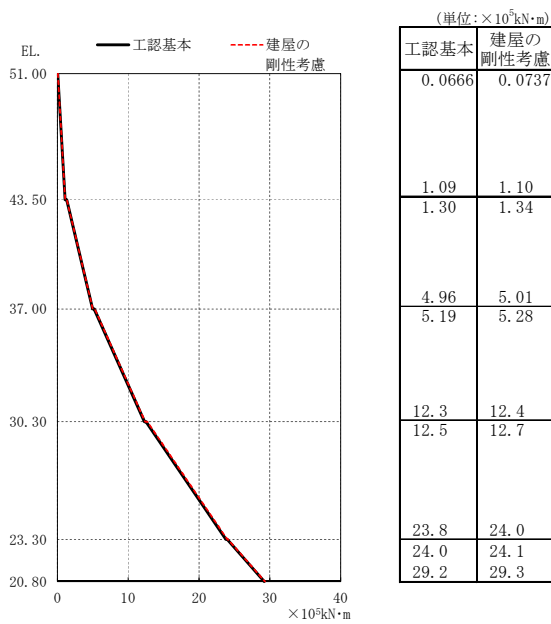
図 2-41 最大応答変位



(a) NS 方向

(b) EW 方向

図 2-42 最大応答せん断力



(a) NS 方向

(b) EW 方向

図 2-43 最大応答曲げモーメント

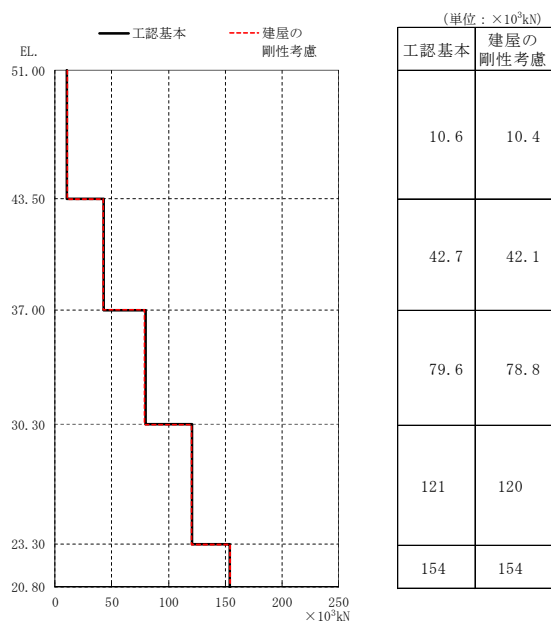
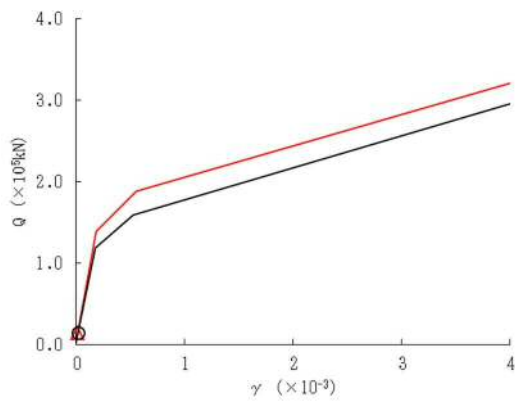
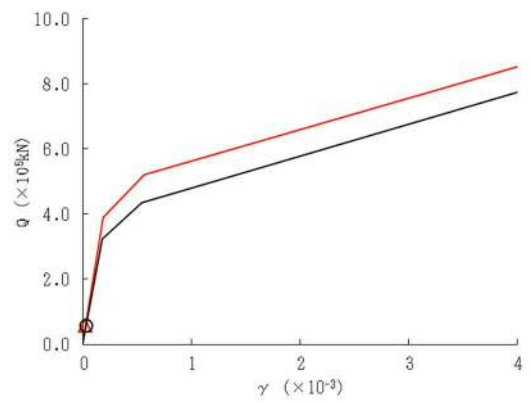


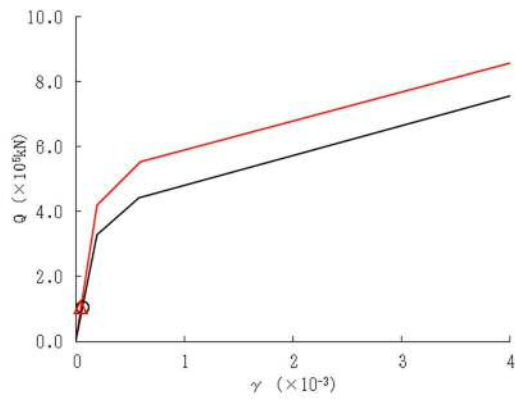
図 2-44 最大応答軸力



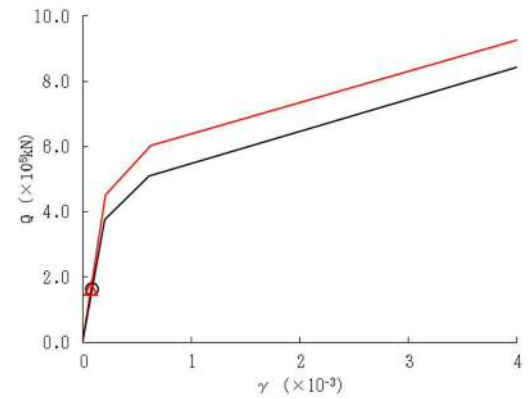
要素番号(1)



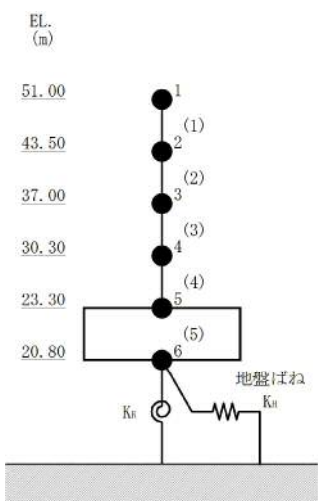
要素番号(2)



要素番号(3)



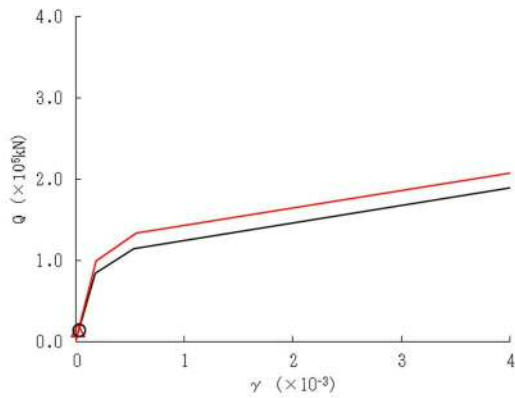
要素番号(4)



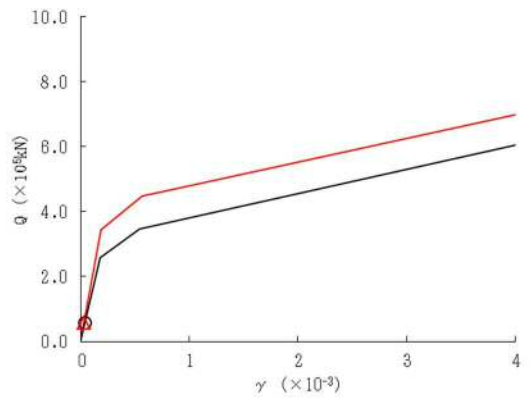
注： 数字は質点番号を示す。  
注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル (緊急時対策所建屋)

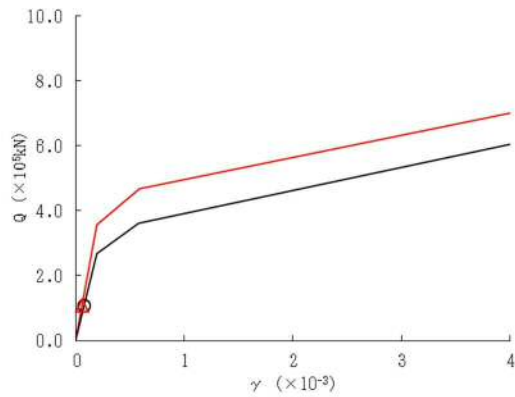
図 2-45 セン断スケルトンカーブ (NS 方向)



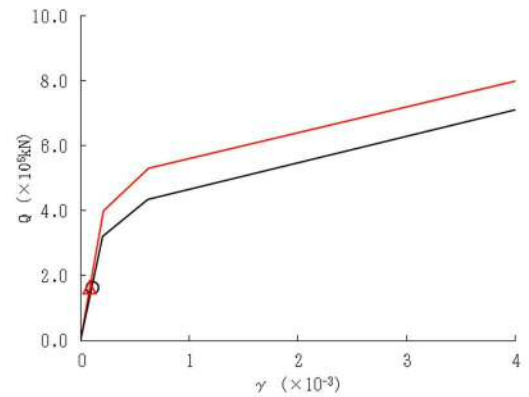
要素番号(1)



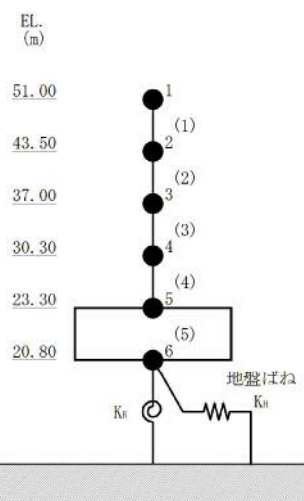
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)



注： 数字は質点番号を示す。  
 注： ( ) 内は要素番号を示す。

地震応答解析モデル (緊急時対策所建屋)

図 2-46 セン断スケルトンカーブ (EW 方向)

## 2.5 機器・配管系評価への影響検討

### 2.5.1 検討概要

緊急時対策所建屋について、「2.2 地盤物性のばらつきを考慮した場合の影響検討」に基づき、基準地震動 $S_s$ のうち4波（ $S_s-D1$ 、 $S_s-21$ 、 $S_s-22$ 及び $S_s-31$ ）に対して地盤物性のばらつきを考慮したケース、並びに「2.5 建屋剛性のばらつきに関する検討」に基づき $S_s-D1$ に対して建屋剛性のばらつきを考慮したケース（以下、本項では「ばらつきケース」という。）による床応答スペクトルと耐震計算に用いた設備評価用床応答曲線を比較することにより、機器・配管系への影響検討を行う。

なお、緊急時対策所建屋は軟質岩盤に立地しているため、建屋剛性のばらつきによる建屋応答への感度は地盤物性のばらつきによる感度に比べて小さいと考えられることから、建屋剛性と地盤物性のばらつきの重畳については考慮しないこととする。

緊急時対策所建屋に設置される機器・配管系の耐震計算については、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて、以下に示す(1)または(2)の設備評価用床応答曲線を適用する方針としている。

(1) 設計用床応答曲線及び材料物性のばらつき等を考慮した床応答曲線を包絡した設備評価用床応答曲線

(2) (1)項の設備評価用床応答曲線を保守側に包絡できるように余裕を確保した設備評価用床応答曲線

(1)の設備評価用床応答曲線は、ばらつきケースによる床応答スペクトルを含めて作成していることから、影響評価の対象外とし、(2)の設備評価用床応答曲線を適用した機器・配管系への影響検討を行う。

### 2.5.2 検討結果

(2)の設備評価用床応答曲線とばらつきケースによる床応答スペクトルとの比較を図2-47に示す。同図より、(2)の設備評価用床応答曲線はばらつきケースによる床応答スペクトルを全標高(EL.)及び全固有周期で包絡しており機器・配管系への影響がないことを確認した。

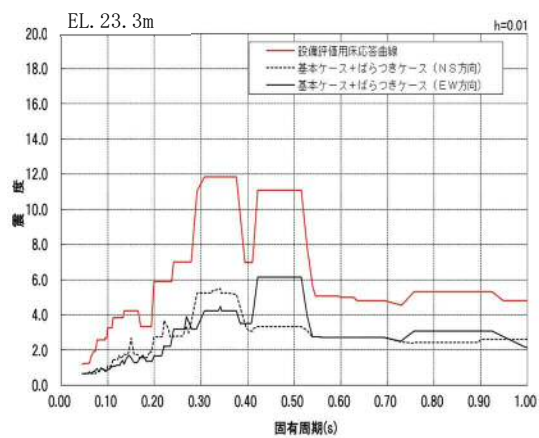
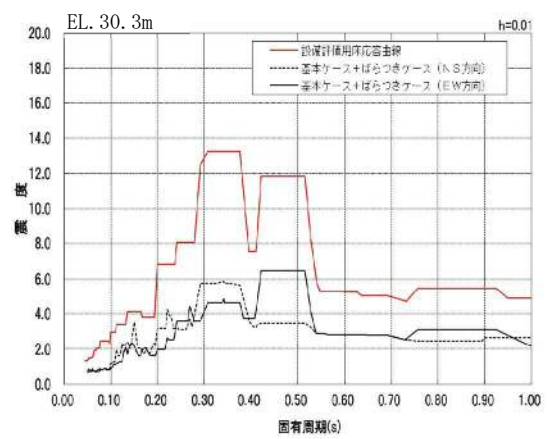
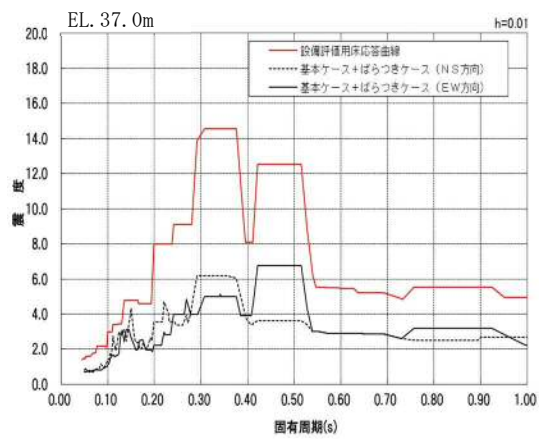
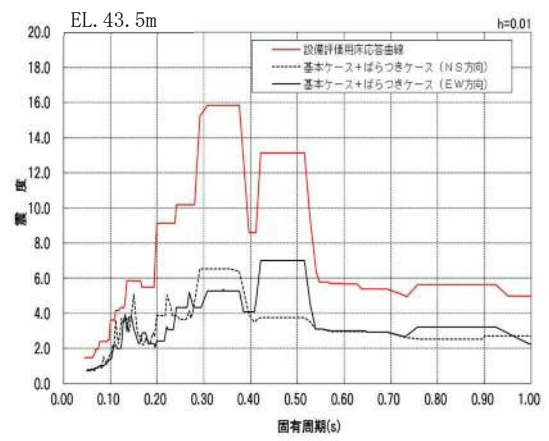
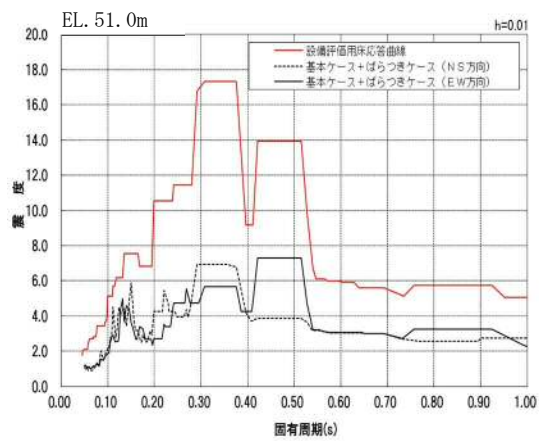


図 2-47 (1/2) 設備評価用床応答曲線とばらつきケースによる床応答スペクトルとの比較 (水平方向)

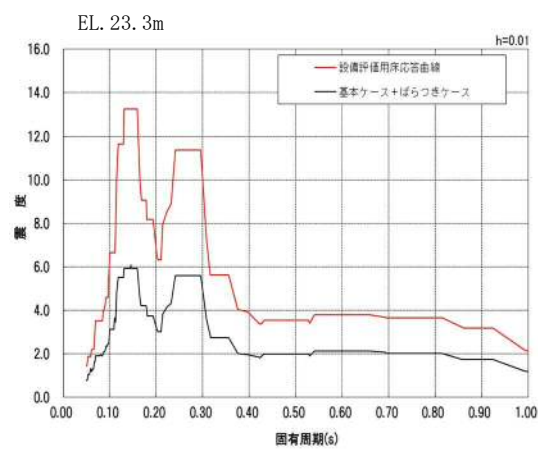
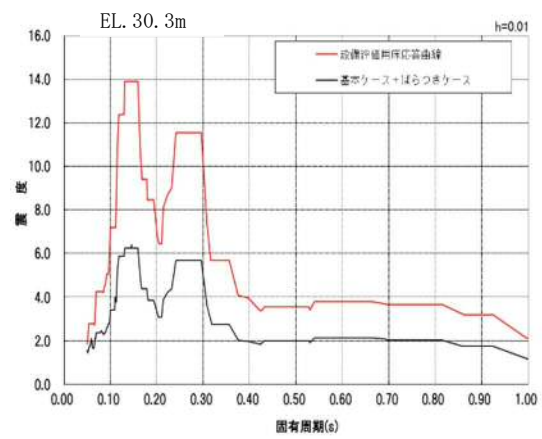
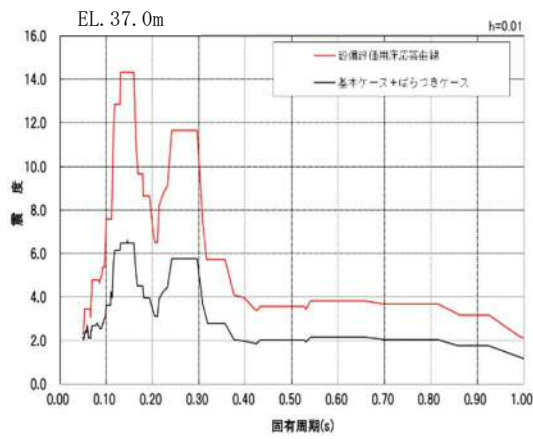
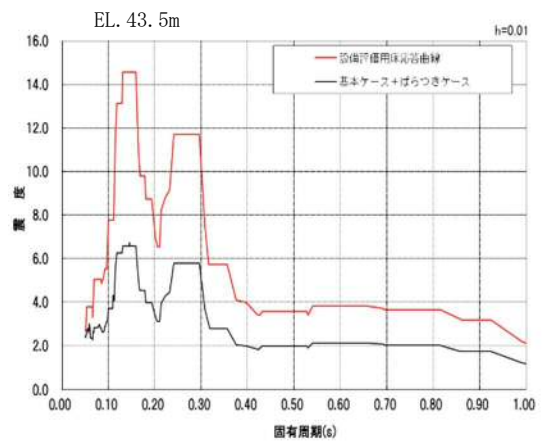
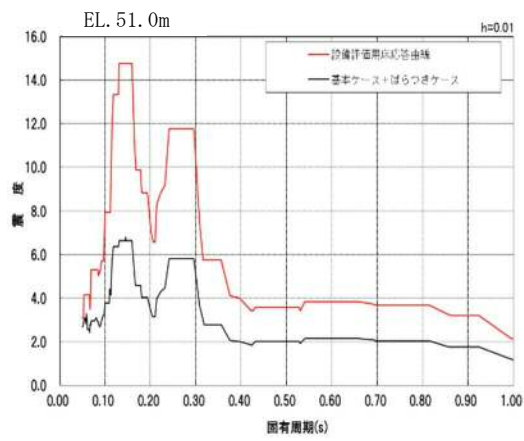


図 2-47 (2/2) 設備評価用床応答曲線とばらつきケースによる床応答スペクトルとの比較 (鉛直方向)



## 2.6 形状特性係数の設定方法と地震応答解析による影響検討

### 2.6.1 形状特性係数の設定方法

#### (1) 概要

東海第二発電所の緊急時対策所建屋について、必要保有水平耐力の算定に用いる形状特性係数の設定根拠について補足説明する。

#### (2) 形状特性係数の算定方法

緊急時対策所建屋の各層における剛性率及び偏心率から算定される形状特性係数の算出方法及び算出結果を以下に示す。剛性率及び偏心率の算出方法については「建築基準法施行令第 82 条の 6」に準拠し、形状特性係数の算出方法については「昭 55 建告第 1792 号 第 7」に準拠する。算出された結果に対して、剛性率については制限値 (0.6) 以上であることを、偏心率については制限値 (0.15) 以下であることを確認する。

##### (a) 剛性率の算定方法

剛性率  $R_s$  は、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析結果から算出された各階の層間変形角の逆数  $r_s$  及び全階の  $r_s$  の相加平均  $\bar{r}_s$  から、下式により求める。

$$R_s = \frac{\bar{r}_s}{r_s}$$

##### (b) 偏心率の算定方法

重心、剛心及び偏心距離の概念図を図 2-48 に示す。偏心率は、重心と剛心から得られる偏心距離及び弾力半径から算出する。以下に算出方法を示す。

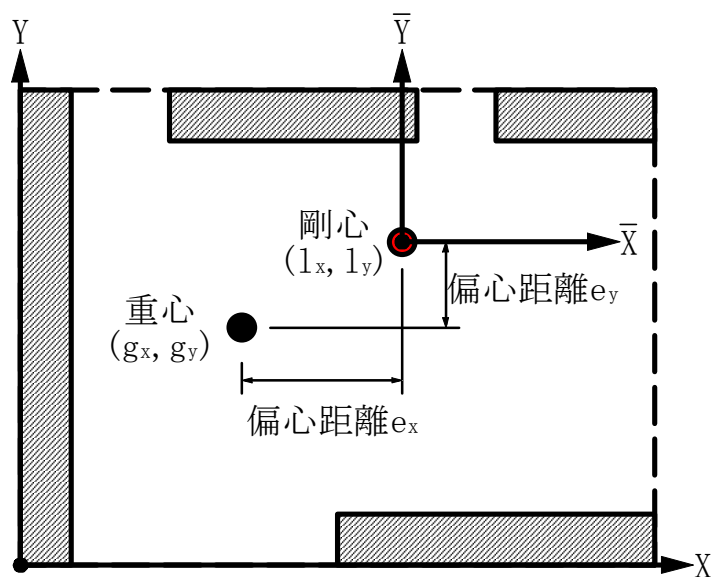


図 2-48 重心、剛心及び偏心距離の概念図

### ①重心

重心は各階において鉛直力を支持する柱等の構造耐力上主要な部材に生じる長期荷重時の軸力  $N$  及びその部材の座標  $X$ ,  $Y$  から計算する。重心の座標を  $g_x$ ,  $g_y$  とすると、

$$g_x = \frac{\sum(N \cdot X)}{W}$$
$$g_y = \frac{\sum(N \cdot Y)}{W}$$
$$W = \sum N$$

ここで、記号  $\sum$  は鉛直荷重を支持する柱等についての和をとる。

### ②剛心

柱、耐力壁等の水平剛性を  $K_X$ ,  $K_Y$ , その座標を  $X$ ,  $Y$  とすれば、各階の剛心座標  $l_X$ ,  $l_Y$  は下式より得られる。

$$l_X = \frac{\sum(K_Y \cdot X)}{\sum K_Y}$$
$$l_Y = \frac{\sum(K_X \cdot Y)}{\sum K_X}$$

ここで、記号  $\sum$  は  $X$  方向又は  $Y$  方向に有効な耐震要素について和をとる。

### ③偏心距離

偏心距離  $e$  は、重心及び剛心の座標から次式のように計算される。

$$e_x = |l_X - g_x|$$
$$e_y = |l_Y - g_y|$$

### ④ねじり剛性

各階の剛心周りのねじり剛性は階ごとに一つ求められる。剛心周りに計算を行うので、座標の平行移動により剛心を原点座標とする。新しい座標系を  $\bar{X}$ ,  $\bar{Y}$  とすれば、各耐震要素の座標は、

$$\bar{X} = X - l_X$$
$$\bar{Y} = Y - l_Y$$

と表示される。剛心周りのねじり剛性  $K_R$  は

$$K_R = \sum(K_X \cdot \bar{Y}^2) + \sum(K_Y \cdot \bar{X}^2)$$

により求められる。記号  $\sum$  は、 $X$  方向及び  $Y$  方向に有効な耐震要素について和をとる。

⑤弾力半径  $r_e$

$X$ ,  $Y$  方向検討時の弾力半径  $r_e$  ( $r_{eX}$  及び  $r_{eY}$ ) は, 次式で与えられる。

$$r_{eX} = \sqrt{\frac{K_R}{\sum K_X}} = \sqrt{\frac{\sum (K_X \cdot \bar{Y}^2) + \sum (K_Y \cdot \bar{X}^2)}{\sum K_X}}$$
$$r_{eY} = \sqrt{\frac{K_R}{\sum K_Y}} = \sqrt{\frac{\sum (K_X \cdot \bar{Y}^2) + \sum (K_Y \cdot \bar{X}^2)}{\sum K_Y}}$$

⑥偏心率  $R_e$

$X$ ,  $Y$  各方向に対する偏心率 ( $R_{eX}$  及び  $R_{eY}$ ) は,

$$R_{eX} = e_Y / r_{eX}$$

$$R_{eY} = e_X / r_{eY}$$

によって求められる。

(c) 形状特性係数の算定方法

形状特性係数  $F_{es}$  は, 剛性率  $R_s$  に応じた数値  $F_s$  と偏心率  $R_e$  に応じた数値  $F_e$  の 2 つを乗じて計算する。  $F_s$  及び  $F_e$  の算定方法は以下の通りである。

①  $F_s$  の算定方法

$$R_s \geq 0.6 \text{ の場合, } F_s = 1.0$$

$$R_s < 0.6 \text{ の場合, } F_s = 2.0 - \frac{R_s}{0.6}$$

②  $F_e$  の算定方法

$$R_e \leq 0.15 \text{ の場合, } F_e = 1.0$$

$$R_e \geq 0.3 \text{ の場合, } F_e = 1.5$$

$0.15 < R_e < 0.3$  の場合, 上記 2 式を直線的に補間した数値。

(3) 算定結果

各層における剛性率を表 2-28 に、偏心率を表 2-29 に、形状特性係数を表 2-30 に、重心及び剛心の位置を図 2-49 に示す。EL. 37.0 m~EL. 43.5 m の NS 方向において、偏心率が制限値 (0.15) を超えていることを確認した。

表 2-28 各層における剛性率

| EL. (m)   | 方向 | 層間変形角の逆数<br>$r_s$ | 全階の $r_s$ の相加平均<br>$\bar{r}_s$ | 剛性率<br>$R_s$ |
|-----------|----|-------------------|--------------------------------|--------------|
| 43.5~51.0 | NS | 20018             | 15244                          | 1.313        |
|           | EW | 13996             | 11455                          | 1.222        |
| 37.0~43.5 | NS | 16389             | 15244                          | 1.075        |
|           | EW | 12295             | 11455                          | 1.073        |
| 30.3~37.0 | NS | 11155             | 15244                          | 0.732        |
|           | EW | 8553              | 11455                          | 0.747        |
| 23.3~30.3 | NS | 13415             | 15244                          | 0.880        |
|           | EW | 10974             | 11455                          | 0.958        |

表 2-29 各層における偏心率

| EL. (m)   | 方向 | 重心<br>$g_x, g_y$<br>(m) | 剛心<br>$l_x, l_y$<br>(m) | 偏心距離<br>$e_x, e_y$<br>(m) | ねじり剛性<br>$K_R$<br>(kN・m) | 弾力半径<br>$r_{ex}, r_{ey}$<br>(m) | 偏心率<br>$R_{ex}, R_{ey}$ |
|-----------|----|-------------------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------|
| 43.5~51.0 | NS | 7.19                    | 7.91                    | 0.72                      | $7.59 \times 10^9$       | 13.29                           | 0.054                   |
|           | EW | 22.76                   | 22.18                   | 0.57                      |                          | 15.52                           | 0.037                   |
| 37.0~43.5 | NS | 13.78                   | 17.16                   | 3.39                      | $6.27 \times 10^{10}$    | 19.75                           | 0.171                   |
|           | EW | 19.34                   | 16.72                   | 2.62                      |                          | 22.12                           | 0.119                   |
| 30.3~37.0 | NS | 15.40                   | 17.08                   | 1.68                      | $7.96 \times 10^{10}$    | 20.05                           | 0.084                   |
|           | EW | 18.70                   | 16.70                   | 2.00                      |                          | 22.36                           | 0.090                   |
| 23.3~30.3 | NS | 16.28                   | 17.59                   | 1.31                      | $9.08 \times 10^{10}$    | 19.30                           | 0.068                   |
|           | EW | 18.36                   | 15.97                   | 2.39                      |                          | 21.14                           | 0.113                   |

注 : 重心及び剛心は原点からの距離

注 : 表中の網掛けは、偏心率が制限値 (0.15) を超える層を示す。

表 2-30 各層における形状特性係数

| EL. (m)   | 方向 | 剛性率に応じた数値<br>$F_s$ | 偏心率に応じた数値<br>$F_e$ | 形状特性係数<br>$F_{es}$ |
|-----------|----|--------------------|--------------------|--------------------|
| 43.5~51.0 | NS | 1.00               | 1.00               | 1.00               |
|           | EW | 1.00               | 1.00               | 1.00               |
| 37.0~43.5 | NS | 1.00               | 1.08               | 1.08               |
|           | EW | 1.00               | 1.00               | 1.00               |
| 30.3~37.0 | NS | 1.00               | 1.00               | 1.00               |
|           | EW | 1.00               | 1.00               | 1.00               |
| 23.3~30.3 | NS | 1.00               | 1.00               | 1.00               |
|           | EW | 1.00               | 1.00               | 1.00               |

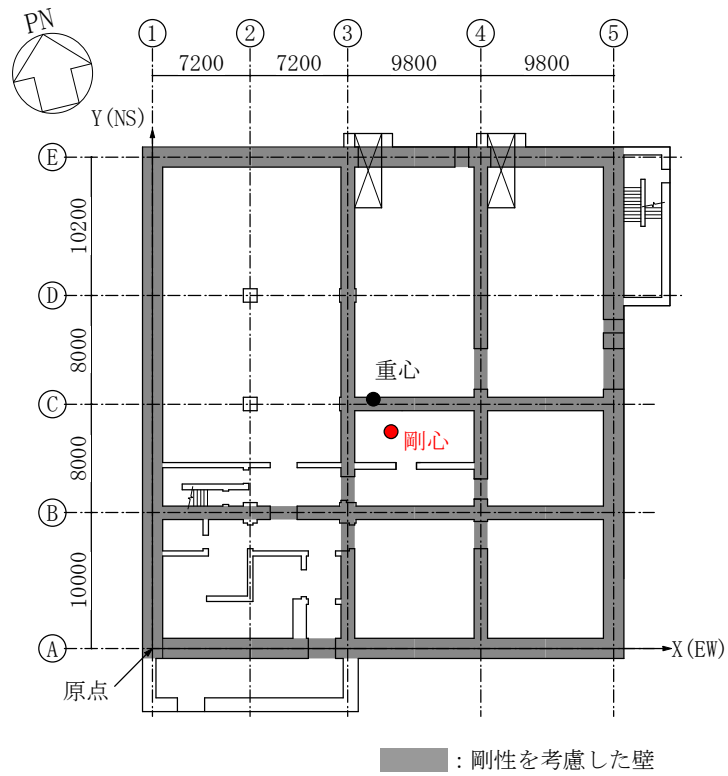


図 2-49 (1/4) 重心及び剛心位置 (1 階 : EL. 23.3 m)

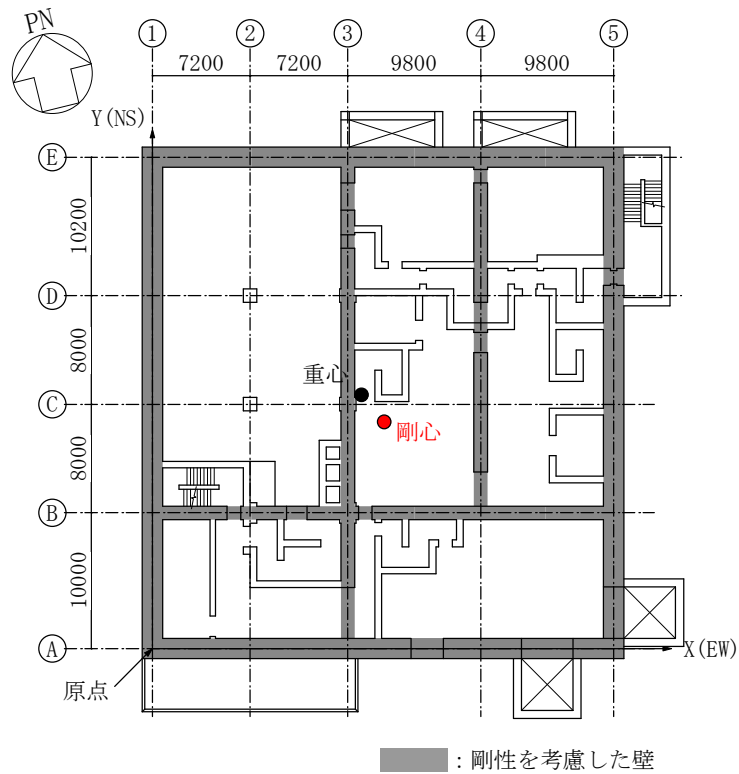


図 2-49 (2/4) 重心及び剛心位置 (2 階 : EL. 30.3 m)

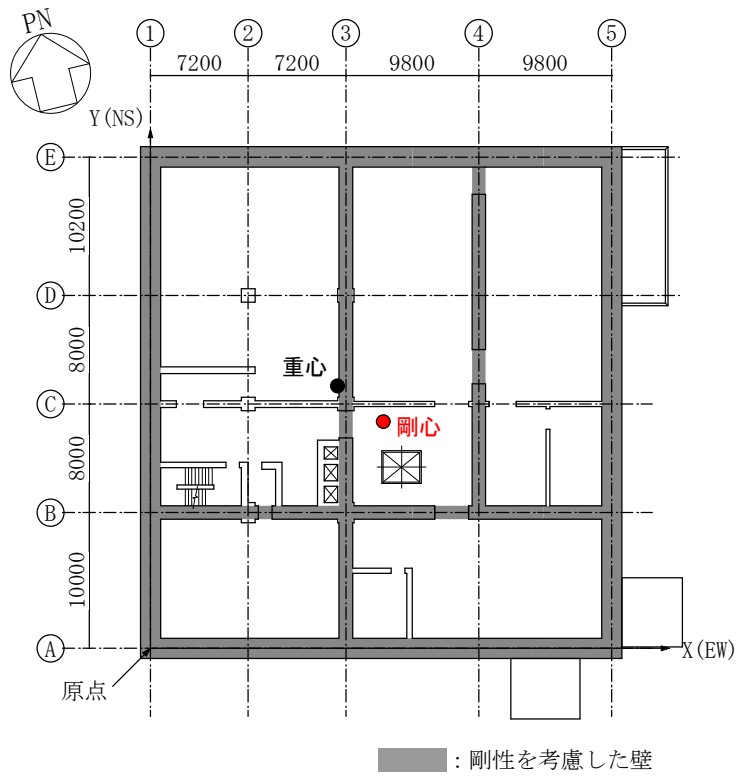


図 2-49 (3/4) 重心及び剛心位置 (3 階 : EL. 37.0 m)

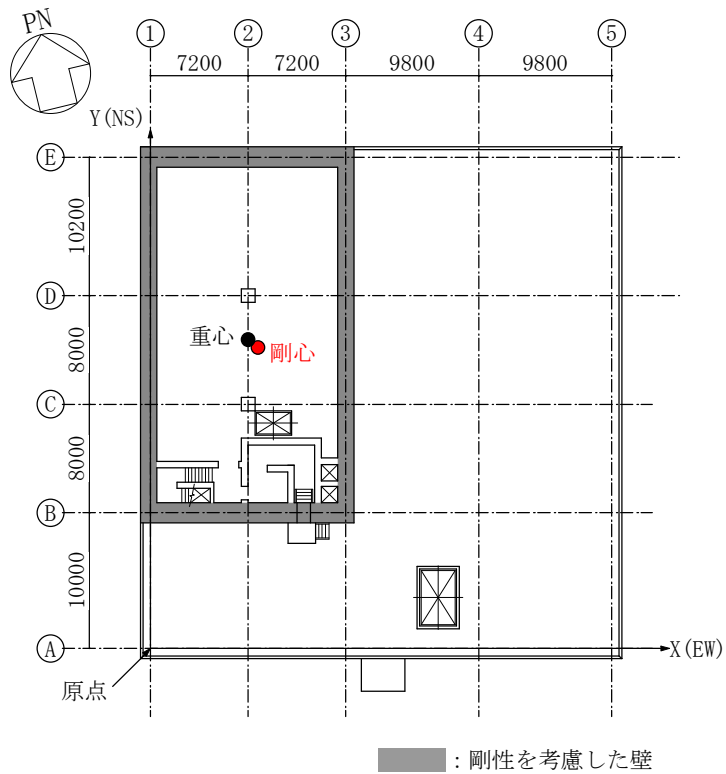


図 2-49 (4/4) 重心及び剛心位置 (4 階 : EL. 43.5 m)

## 2.6.2 ねじれを考慮した地震応答解析

### (1) 概要

「2.6.2 形状特性係数の算定方法」では、建築基準法施行令に基づき偏心率を計算し、ねじれの影響を評価したが、「建築耐震設計における保有耐力と変形性能（(社)日本建築学会，1990）」において、偏心率が同一でも、ねじれ剛性が小さい建物ではねじれ応答が大きくなる傾向があると指摘されている。緊急時対策所建屋では、偏心率が制限値（0.15）を超えており、基準法上でもねじれの影響を考慮することから、追加影響検討として、以降に示すねじれの影響を考慮した応答解析モデル（以下「ねじれ応答解析モデル」という。）を用いた地震応答解析（以下「ねじれ応答解析」という。）を行い、耐震壁に生じる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。

### (2) 解析モデル

ねじれ応答解析モデルを図 2-50 に示す。ねじれ応答解析モデルは、添付書類「V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書」に示す質点系モデル（以下「一本棒モデル」という。）について、質点を重心位置に、梁要素を剛心位置に設定し、質点及び梁要素の端部を剛性無限大とした梁要素（剛梁）で接続する。重心位置及び剛心位置については、前章にて算出した値を用いる。

基礎底面のばね要素については、一本棒モデルにて採用した水平ばね及び回転ばねに加え、ねじりばねを考慮する。ねじりばねのばね定数及び減衰係数の算定方法を図 2-51 に、ねじりばねのばね定数及び減衰係数を表 2-31 に示す。

ねじれ応答解析に用いる地震動は、一本棒モデルにおいて加速度応答値が大きく生じる  $S_{s-D1}$  及び  $S_{s-31}$  とする。

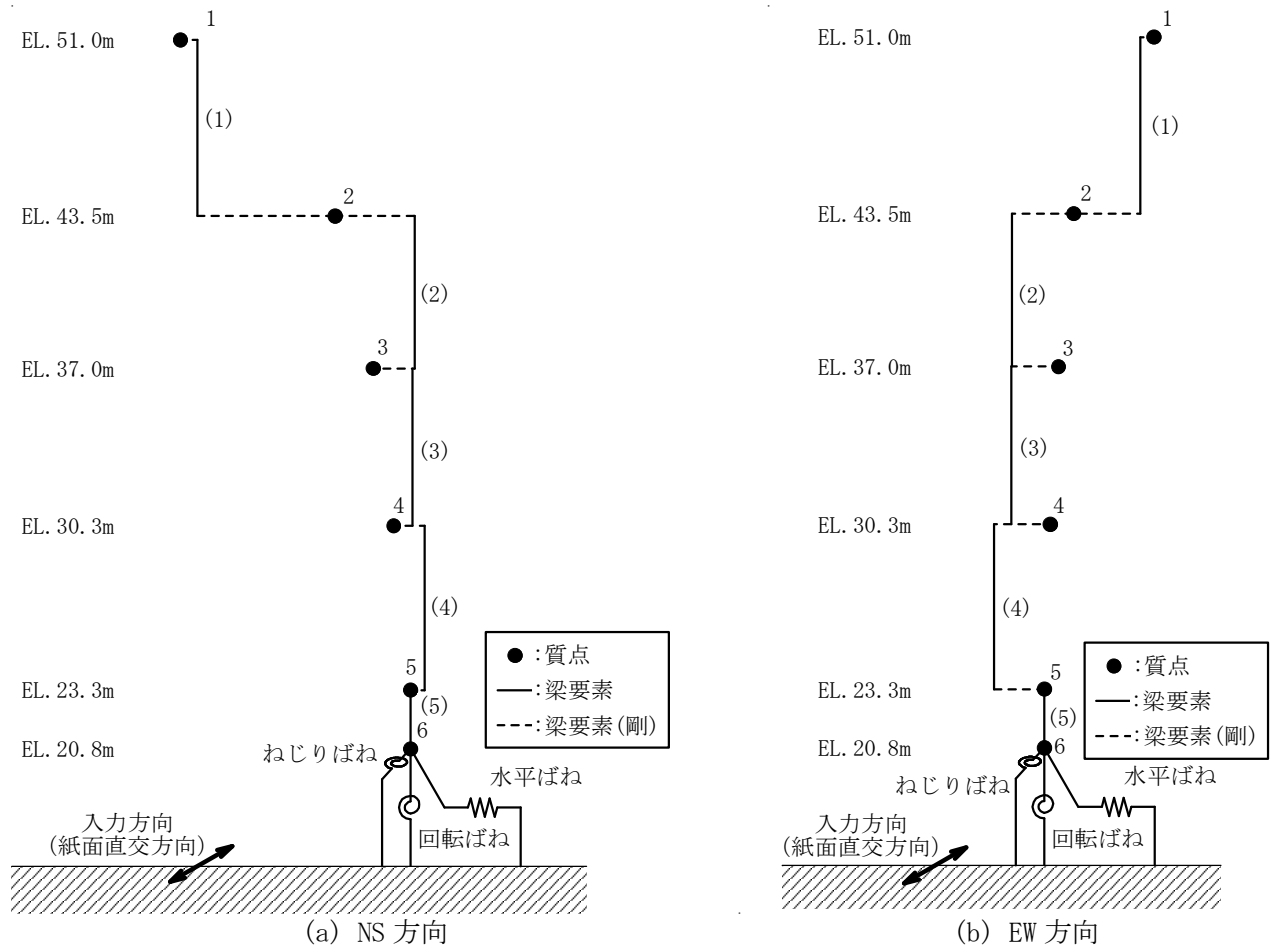
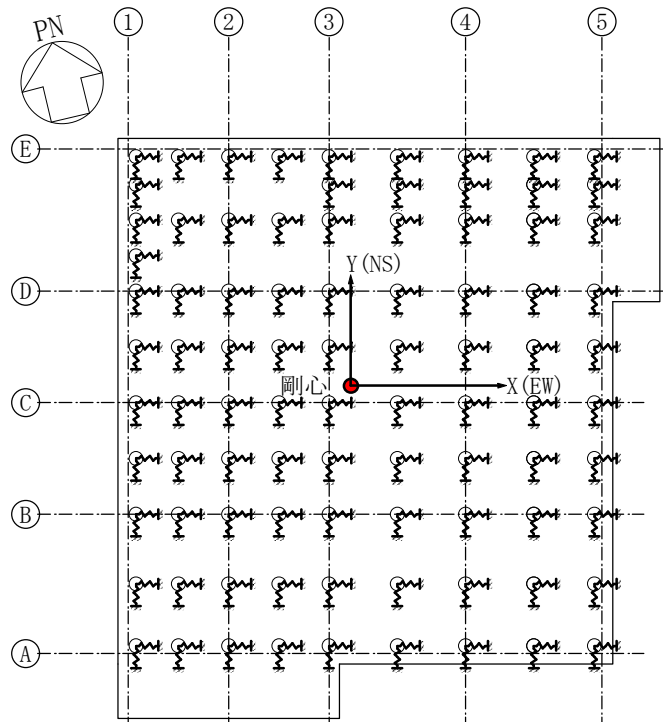


図 2-50 ねじれ応答解析モデル





$$K_{RR} = \sum_{i=1}^N \left( \frac{K_{EW}}{N} \times Y_i^2 \right) + \sum_{i=1}^N \left( \frac{K_{NS}}{N} \times X_i^2 \right)$$

$$C_{RR} = \sum_{i=1}^N \left( \frac{C_{EW}}{N} \times Y_i^2 \right) + \sum_{i=1}^N \left( \frac{C_{NS}}{N} \times X_i^2 \right)$$

$K_{RR}$  : ねじりばねのばね定数

$K_{EW}$  : 一本棒モデルにおける EW 方向のばね定数

$K_{NS}$  : 一本棒モデルにおける NS 方向のばね定数

$C_{RR}$  : ねじりばねの減衰係数

$C_{EW}$  : 一本棒モデルにおける EW 方向の減衰係数

$C_{NS}$  : 一本棒モデルにおける NS 方向の減衰係数

$N$  : 杭本数

$X_i, Y_i$  : ねじりばねの剛心からの距離

図 2-51 ねじりばねのばね定数及び減衰係数の算定方法

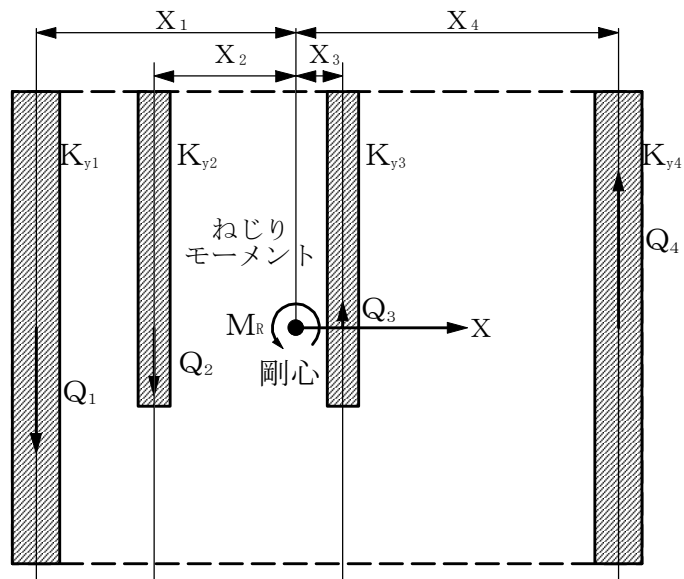
表 2-31 ねじりばねのばね定数及び減衰係数

|             | 地盤ばね成分 | ねじりばね定数 $K_{RR}$<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}/\text{rad}$ ) | ねじり減衰係数 $C_{RR}$<br>( $\text{kN}\cdot\text{m}\cdot\text{s}/\text{rad}$ ) |
|-------------|--------|-------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| $S_s - D 1$ | 底面・ねじり | $1.25 \times 10^{10}$                                       | $6.98 \times 10^8$                                                       |
| $S_s - 3 1$ | 底面・ねじり | $1.23 \times 10^{10}$                                       | $7.05 \times 10^8$                                                       |

(3) ねじれを考慮した耐震壁の評価方法

ねじれ応答解析の結果から、各階各通りにおける耐震壁の負担せん断力を算出する。負担せん断力は、せん断力分配解析により算出したせん断力と、ねじりモーメントから算出された付加せん断力の和とする。ねじりモーメントによる付加せん断力の評価方法を図 2-52 に示す。

次に、各耐震壁の負担せん断力から各階各通りにおける耐震壁の最大応答せん断ひずみを算出し、許容値 ( $2.0 \times 10^{-3}$ ) を超えないことを確認する。



$$Q_n = \frac{M_R}{K_R} \times K_{yn} \times X_n$$

$Q_n$  : 各耐震壁の付加せん断力

$M_R$  : ねじりモーメント

$K_R$  : ねじり剛性

$K_{yn}$  : 各耐震要素の水平剛性

$X_n$  : 各耐震要素の剛心からの距離

図 2-52 ねじりモーメントによる付加せん断力の評価方法

#### (4) 解析結果とねじれに対する検討結果

ねじり応答解析結果として、ねじりモーメントから算出された付加せん断力を表 2-32 に、付加せん断力を考慮した各階各通りにおける耐震壁の負担せん断力を表 2-33 に示す。参考に、一本棒モデルにおける各耐震壁の負担せん断力を表 2-34 に、一本棒モデルに対するねじれ応答解析モデルの負担せん断力の比率（ねじりの影響を考慮した場合の負担せん断力の増加率）を表 2-35 に、一本棒モデルにおけるねじれ補正值  $\alpha$  を表 2-36、 $\alpha$  補正後の一本棒モデルの負担せん断力を表 2-37 に示す。ねじり応答解析における耐震壁の負担せん断力は一本棒モデルに対して最大で 1.23 倍であり、一本棒モデルのねじれ補正值  $\alpha$  の最大値 (1.15) よりも約 7% 大きな結果となった。

各階各通りにおける耐震壁のせん断スケルトンカーブの諸数値を表 2-38 に、ねじり応答解析における耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表 2-39 に示す。ねじれを考慮した場合において、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した。

表 2-1 ねじりモーメントから算出された付加せん断力

(a)  $S_s - D 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | 付加せん断力 (kN) |      |      |       |       |
|-------------|-------------|------|------|-------|-------|
|             | 1 通り        | 2 通り | 3 通り | 4 通り  | 5 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | 203         | —    | -203 | —     | —     |
| 37.0 ~ 43.5 | 3970        | —    | 483  | -731  | -3721 |
| 30.3 ~ 37.0 | 5141        | —    | 515  | -933  | -4724 |
| 23.3 ~ 30.3 | 7157        | —    | 858  | -1694 | -6320 |

(b)  $S_s - D 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | 付加せん断力 (kN) |       |      |      |      |
|-------------|-------------|-------|------|------|------|
|             | A 通り        | B 通り  | C 通り | D 通り | E 通り |
| 43.5 ~ 51.0 | —           | -220  | —    | —    | 220  |
| 37.0 ~ 43.5 | -2304       | -751  | —    | —    | 3055 |
| 30.3 ~ 37.0 | -3516       | -1040 | —    | —    | 4556 |
| 23.3 ~ 30.3 | -6159       | -1503 | 285  | —    | 7376 |

(c)  $S_s - 3 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | 付加せん断力 (kN) |      |      |       |       |
|-------------|-------------|------|------|-------|-------|
|             | 1 通り        | 2 通り | 3 通り | 4 通り  | 5 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | 223         | —    | -223 | —     | —     |
| 37.0 ~ 43.5 | 4335        | —    | 527  | -799  | -4063 |
| 30.3 ~ 37.0 | 5607        | —    | 562  | -1017 | -5152 |
| 23.3 ~ 30.3 | 7801        | —    | 935  | -1847 | -6889 |

(d)  $S_s - 3 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | 付加せん断力 (kN) |       |      |      |      |
|-------------|-------------|-------|------|------|------|
|             | A 通り        | B 通り  | C 通り | D 通り | E 通り |
| 43.5 ~ 51.0 | —           | -240  | —    | —    | 240  |
| 37.0 ~ 43.5 | -2504       | -816  | —    | —    | 3320 |
| 30.3 ~ 37.0 | -3814       | -1128 | —    | —    | 4941 |
| 23.3 ~ 30.3 | -6685       | -1631 | 310  | —    | 8007 |

表 2-33 耐震壁の負担せん断力 (ねじれ応答解析モデル)

(a)  $S_s - D 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |      |       |       |       |
|-------------|-------------|------|-------|-------|-------|
|             | 1 通り        | 2 通り | 3 通り  | 4 通り  | 5 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | 6543        | —    | 7557  | —     | —     |
| 37.0 ~ 43.5 | 22045       | —    | 14123 | 7344  | 13489 |
| 30.3 ~ 37.0 | 40616       | —    | 23179 | 14465 | 28140 |
| 23.3 ~ 30.3 | 57239       | —    | 33929 | 29845 | 41087 |

(b)  $S_s - D 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |       |       |      |       |
|-------------|-------------|-------|-------|------|-------|
|             | A 通り        | B 通り  | C 通り  | D 通り | E 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | —           | 7395  | —     | —    | 6805  |
| 37.0 ~ 43.5 | 17141       | 15107 | —     | —    | 25252 |
| 30.3 ~ 37.0 | 34142       | 26776 | —     | —    | 46382 |
| 23.3 ~ 30.3 | 48882       | 34454 | 20313 | —    | 59452 |

(c)  $S_s - 3 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |      |       |       |       |
|-------------|-------------|------|-------|-------|-------|
|             | 1 通り        | 2 通り | 3 通り  | 4 通り  | 5 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | 7150        | —    | 8250  | —     | —     |
| 37.0 ~ 43.5 | 24034       | —    | 15390 | 8000  | 14676 |
| 30.3 ~ 37.0 | 44251       | —    | 25250 | 15758 | 30641 |
| 23.3 ~ 30.3 | 62457       | —    | 37024 | 32573 | 44846 |

(d)  $S_s - 3 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |       |       |      |       |
|-------------|-------------|-------|-------|------|-------|
|             | A 通り        | B 通り  | C 通り  | D 通り | E 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | —           | 8067  | —     | —    | 7433  |
| 37.0 ~ 43.5 | 18600       | 16390 | —     | —    | 27410 |
| 30.3 ~ 37.0 | 36968       | 28995 | —     | —    | 50237 |
| 23.3 ~ 30.3 | 53116       | 37432 | 22068 | —    | 64584 |

表 2-34 耐震壁の負担せん断力 (一本棒モデル)

(a)  $S_s - D 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |      |       |       |       |
|-------------|-------------|------|-------|-------|-------|
|             | 1 通り        | 2 通り | 3 通り  | 4 通り  | 5 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | 6291        | —    | 7709  | —     | —     |
| 37.0 ~ 43.5 | 18014       | —    | 13596 | 8046  | 17145 |
| 30.3 ~ 37.0 | 35410       | —    | 22622 | 15368 | 32801 |
| 23.3 ~ 30.3 | 49991       | —    | 33010 | 31480 | 47319 |

(b)  $S_s - D 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |       |       |      |       |
|-------------|-------------|-------|-------|------|-------|
|             | A 通り        | B 通り  | C 通り  | D 通り | E 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | —           | 7614  | —     | —    | 6586  |
| 37.0 ~ 43.5 | 19414       | 15829 | —     | —    | 22157 |
| 30.3 ~ 37.0 | 37589       | 27763 | —     | —    | 41747 |
| 23.3 ~ 30.3 | 54974       | 35913 | 20002 | —    | 52012 |

(c)  $S_s - 3 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |      |       |       |       |
|-------------|-------------|------|-------|-------|-------|
|             | 1 通り        | 2 通り | 3 通り  | 4 通り  | 5 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | 6880        | —    | 8420  | —     | —     |
| 37.0 ~ 43.5 | 19644       | —    | 14820 | 8766  | 18670 |
| 30.3 ~ 37.0 | 38516       | —    | 24606 | 16715 | 35663 |
| 23.3 ~ 30.3 | 54503       | —    | 35989 | 34321 | 51587 |

(d)  $S_s - 3 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |       |       |      |       |
|-------------|-------------|-------|-------|------|-------|
|             | A 通り        | B 通り  | C 通り  | D 通り | E 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | —           | 8307  | —     | —    | 7193  |
| 37.0 ~ 43.5 | 21073       | 17177 | —     | —    | 24049 |
| 30.3 ~ 37.0 | 40713       | 30070 | —     | —    | 45217 |
| 23.3 ~ 30.3 | 59700       | 38997 | 21721 | —    | 56481 |

表 2-35 耐震壁の負担せん断力の比率

(a)  $S_s-D1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | ねじれ応答解析モデル／一本棒モデル |      |      |      |      |
|-------------|-------------------|------|------|------|------|
|             | 1 通り              | 2 通り | 3 通り | 4 通り | 5 通り |
| 43.5 ~ 51.0 | 1.05              | —    | 0.99 | —    | —    |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.23              | —    | 1.04 | 0.92 | 0.79 |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.15              | —    | 1.03 | 0.95 | 0.86 |
| 23.3 ~ 30.3 | 1.15              | —    | 1.03 | 0.95 | 0.87 |

注 : 表中の網掛けは最大値を示す。

(b)  $S_s-D1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | ねじれ応答解析モデル／一本棒モデル |      |      |      |      |
|-------------|-------------------|------|------|------|------|
|             | A 通り              | B 通り | C 通り | D 通り | E 通り |
| 43.5 ~ 51.0 | —                 | 0.98 | —    | —    | 1.04 |
| 37.0 ~ 43.5 | 0.89              | 0.96 | —    | —    | 1.14 |
| 30.3 ~ 37.0 | 0.91              | 0.97 | —    | —    | 1.12 |
| 23.3 ~ 30.3 | 0.89              | 0.96 | 1.02 | —    | 1.15 |

注 : 表中の網掛けは最大値を示す。

(c)  $S_s-31$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | ねじれ応答解析モデル／一本棒モデル |      |      |      |      |
|-------------|-------------------|------|------|------|------|
|             | 1 通り              | 2 通り | 3 通り | 4 通り | 5 通り |
| 43.5 ~ 51.0 | 1.04              | —    | 0.98 | —    | —    |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.23              | —    | 1.04 | 0.92 | 0.79 |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.15              | —    | 1.03 | 0.95 | 0.86 |
| 23.3 ~ 30.3 | 1.15              | —    | 1.03 | 0.95 | 0.87 |

注 : 表中の網掛けは最大値を示す。

(d)  $S_s-31$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | ねじれ応答解析モデル／一本棒モデル |      |      |      |      |
|-------------|-------------------|------|------|------|------|
|             | A 通り              | B 通り | C 通り | D 通り | E 通り |
| 43.5 ~ 51.0 | —                 | 0.98 | —    | —    | 1.04 |
| 37.0 ~ 43.5 | 0.89              | 0.96 | —    | —    | 1.14 |
| 30.3 ~ 37.0 | 0.91              | 0.97 | —    | —    | 1.12 |
| 23.3 ~ 30.3 | 0.89              | 0.96 | 1.02 | —    | 1.15 |

注 : 表中の網掛けは最大値を示す。

表 2-36 一本棒モデルにおけるねじれ補正值  $\alpha$

(a) NS 方向

| EL.<br>(m)  | ねじれ補正值 $\alpha$ |      |      |      |      |
|-------------|-----------------|------|------|------|------|
|             | 1 通り            | 2 通り | 3 通り | 4 通り | 5 通り |
| 43.5 ~ 51.0 | 1.04            | —    | 1.00 | —    | —    |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.15            | —    | 1.03 | 1.00 | 1.00 |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.08            | —    | 1.02 | 1.00 | 1.00 |
| 23.3 ~ 30.3 | 1.07            | —    | 1.02 | 1.00 | 1.00 |

注 : 表中の網掛けは最大値を示す。

(b) EW 方向

| EL.<br>(m)  | ねじれ補正值 $\alpha$ |      |      |      |      |
|-------------|-----------------|------|------|------|------|
|             | A 通り            | B 通り | C 通り | D 通り | E 通り |
| 43.5 ~ 51.0 | —               | 1.00 | —    | —    | 1.04 |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.00            | 1.00 | —    | —    | 1.11 |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.00            | 1.00 | —    | —    | 1.08 |
| 23.3 ~ 30.3 | 1.00            | 1.00 | 1.02 | —    | 1.11 |

注 : 表中の網掛けは最大値を示す。



表 2-37 耐震壁の負担せん断力 (一本棒モデル,  $\alpha$  補正後)

(a)  $S_s - D 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |      |       |       |       |
|-------------|-------------|------|-------|-------|-------|
|             | 1 通り        | 2 通り | 3 通り  | 4 通り  | 5 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | 6494        | —    | 7710  | —     | —     |
| 37.0 ~ 43.5 | 20698       | —    | 13923 | 8046  | 17145 |
| 30.3 ~ 37.0 | 37934       | —    | 22875 | 15368 | 32802 |
| 23.3 ~ 30.3 | 53090       | —    | 33382 | 31480 | 47320 |

(b)  $S_s - D 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |       |       |      |       |
|-------------|-------------|-------|-------|------|-------|
|             | A 通り        | B 通り  | C 通り  | D 通り | E 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | —           | 7614  | —     | —    | 6807  |
| 37.0 ~ 43.5 | 19415       | 15829 | —     | —    | 24469 |
| 30.3 ~ 37.0 | 37590       | 27764 | —     | —    | 45006 |
| 23.3 ~ 30.3 | 54974       | 35913 | 20219 | —    | 57627 |

(c)  $S_s - 3 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |      |       |       |       |
|-------------|-------------|------|-------|-------|-------|
|             | 1 通り        | 2 通り | 3 通り  | 4 通り  | 5 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | 7102        | —    | 8421  | —     | —     |
| 37.0 ~ 43.5 | 22571       | —    | 15176 | 8767  | 18670 |
| 30.3 ~ 37.0 | 41261       | —    | 24881 | 16716 | 35664 |
| 23.3 ~ 30.3 | 57882       | —    | 36394 | 34322 | 51588 |

(d)  $S_s - 3 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m)  | 負担せん断力 (kN) |       |       |      |       |
|-------------|-------------|-------|-------|------|-------|
|             | A 通り        | B 通り  | C 通り  | D 通り | E 通り  |
| 43.5 ~ 51.0 | —           | 8307  | —     | —    | 7434  |
| 37.0 ~ 43.5 | 21074       | 17178 | —     | —    | 26559 |
| 30.3 ~ 37.0 | 40713       | 30071 | —     | —    | 48746 |
| 23.3 ~ 30.3 | 59701       | 38998 | 21957 | —    | 62580 |

表 2-38 (1/2) せん断スケルトンカーブ ( $\tau - \gamma$  関係)

(a) NS 方向, 1 通り

| EL.<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>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 43.5 ~ 51.0 | 1.79                             | 2.42                             | 4.52                             | 0.176                              | 0.529                              | 4.0                                |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.85                             | 2.50                             | 4.08                             | 0.182                              | 0.545                              | 4.0                                |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.94                             | 2.62                             | 4.16                             | 0.191                              | 0.573                              | 4.0                                |
| 23.3 ~ 30.3 | 2.04                             | 2.75                             | 4.24                             | 0.201                              | 0.602                              | 4.0                                |

(b) NS 方向, 3 通り

| EL.<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>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 43.5 ~ 51.0 | 1.80                             | 2.43                             | 4.53                             | 0.177                              | 0.532                              | 4.0                                |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.89                             | 2.55                             | 5.08                             | 0.186                              | 0.557                              | 4.0                                |
| 30.3 ~ 37.0 | 2.03                             | 2.74                             | 5.19                             | 0.199                              | 0.598                              | 4.0                                |
| 23.3 ~ 30.3 | 2.14                             | 2.89                             | 5.29                             | 0.211                              | 0.632                              | 4.0                                |

(c) NS 方向, 4 通り

| EL.<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>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 43.5 ~ 51.0 | —                                | —                                | —                                | —                                  | —                                  | —                                  |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.85                             | 2.50                             | 5.05                             | 0.182                              | 0.546                              | 4.0                                |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.99                             | 2.69                             | 5.16                             | 0.196                              | 0.588                              | 4.0                                |
| 23.3 ~ 30.3 | 2.11                             | 2.84                             | 5.26                             | 0.207                              | 0.621                              | 4.0                                |

(d) NS 方向, 5 通り

| EL.<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>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 43.5 ~ 51.0 | —                                | —                                | —                                | —                                  | —                                  | —                                  |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.79                             | 2.42                             | 4.04                             | 0.176                              | 0.528                              | 4.0                                |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.93                             | 2.61                             | 4.15                             | 0.190                              | 0.570                              | 4.0                                |
| 23.3 ~ 30.3 | 2.07                             | 2.79                             | 4.27                             | 0.203                              | 0.610                              | 4.0                                |

表 2-38 (2/2) せん断スケルトンカーブ ( $\tau - \gamma$  関係)

(a) EW 方向, A 通り

| EL.<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>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 43.5 ~ 51.0 | —                                | —                                | —                                | —                                  | —                                  | —                                  |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.79                             | 2.41                             | 4.03                             | 0.176                              | 0.527                              | 4.0                                |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.95                             | 2.63                             | 4.16                             | 0.191                              | 0.574                              | 4.0                                |
| 23.3 ~ 30.3 | 2.00                             | 2.70                             | 4.21                             | 0.197                              | 0.591                              | 4.0                                |

(b) EW 方向, B 通り

| EL.<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>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 43.5 ~ 51.0 | 1.80                             | 2.43                             | 4.04                             | 0.177                              | 0.531                              | 4.0                                |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.87                             | 2.52                             | 5.06                             | 0.183                              | 0.550                              | 4.0                                |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.99                             | 2.68                             | 5.16                             | 0.195                              | 0.586                              | 4.0                                |
| 23.3 ~ 30.3 | 2.15                             | 2.91                             | 5.30                             | 0.212                              | 0.635                              | 4.0                                |

(c) EW 方向, C 通り

| EL.<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>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 43.5 ~ 51.0 | —                                | —                                | —                                | —                                  | —                                  | —                                  |
| 37.0 ~ 43.5 | —                                | —                                | —                                | —                                  | —                                  | —                                  |
| 30.3 ~ 37.0 | —                                | —                                | —                                | —                                  | —                                  | —                                  |
| 23.3 ~ 30.3 | 2.15                             | 2.90                             | 5.30                             | 0.211                              | 0.634                              | 4.0                                |

(d) EW 方向, E 通り

| EL.<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>( $\times 10^{-3}$ ) |
|-------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| 43.5 ~ 51.0 | 1.80                             | 2.43                             | 4.04                             | 0.177                              | 0.530                              | 4.0                                |
| 37.0 ~ 43.5 | 1.84                             | 2.48                             | 4.07                             | 0.181                              | 0.542                              | 4.0                                |
| 30.3 ~ 37.0 | 1.94                             | 2.62                             | 4.16                             | 0.191                              | 0.573                              | 4.0                                |
| 23.3 ~ 30.3 | 2.08                             | 2.81                             | 4.28                             | 0.205                              | 0.614                              | 4.0                                |

表 2-39 最大応答せん断ひずみ一覧

(a)  $S_s - D 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m) | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |      |        |        |        |
|------------|---------------------------------|------|--------|--------|--------|
|            | 1 通り                            | 2 通り | 3 通り   | 4 通り   | 5 通り   |
| 51.0~43.5  | 0.0194                          | —    | 0.0230 | —      | —      |
| 43.5~37.0  | 0.0384                          | —    | 0.0379 | 0.0283 | 0.0235 |
| 37.0~30.3  | 0.0707                          | —    | 0.0676 | 0.0601 | 0.0515 |
| 30.3~23.3  | 0.0996                          | —    | 0.0914 | 0.0852 | 0.0751 |

(b)  $S_s - D 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m) | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |        |       |      |        |
|------------|---------------------------------|--------|-------|------|--------|
|            | A 通り                            | B 通り   | C 通り  | D 通り | E 通り   |
| 51.0~43.5  | —                               | 0.0314 | —     | —    | 0.0284 |
| 43.5~37.0  | 0.0317                          | 0.0438 | —     | —    | 0.0467 |
| 37.0~30.3  | 0.0670                          | 0.0780 | —     | —    | 0.0857 |
| 30.3~23.3  | 0.0922                          | 0.102  | 0.103 | —    | 0.119  |

(c)  $S_s - 3 1$ , NS 方向

| EL.<br>(m) | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |      |        |        |        |
|------------|---------------------------------|------|--------|--------|--------|
|            | 1 通り                            | 2 通り | 3 通り   | 4 通り   | 5 通り   |
| 51.0~43.5  | 0.0212                          | —    | 0.0251 | —      | —      |
| 43.5~37.0  | 0.0418                          | —    | 0.0413 | 0.0309 | 0.0256 |
| 37.0~30.3  | 0.0770                          | —    | 0.0737 | 0.0654 | 0.0561 |
| 30.3~23.3  | 0.109                           | —    | 0.0998 | 0.0930 | 0.0819 |

(d)  $S_s - 3 1$ , EW 方向

| EL.<br>(m) | 最大応答せん断ひずみ ( $\times 10^{-3}$ ) |        |       |      |        |
|------------|---------------------------------|--------|-------|------|--------|
|            | A 通り                            | B 通り   | C 通り  | D 通り | E 通り   |
| 51.0~43.5  | —                               | 0.0342 | —     | —    | 0.0310 |
| 43.5~37.0  | 0.0344                          | 0.0475 | —     | —    | 0.0507 |
| 37.0~30.3  | 0.0726                          | 0.0844 | —     | —    | 0.0928 |
| 30.3~23.3  | 0.101                           | 0.110  | 0.112 | —    | 0.130  |

### 3. 耐震性についての計算書に関する補足説明

#### 3.1 設計荷重の設定根拠

##### 3.1.1 機器配管荷重 (E)

添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」において、機器配管荷重は  $190 \text{ N/m}^2 \sim 5260 \text{ N/m}^2$  で設定している。各階の機器配管荷重（地震時）を図 3-1 に示す。

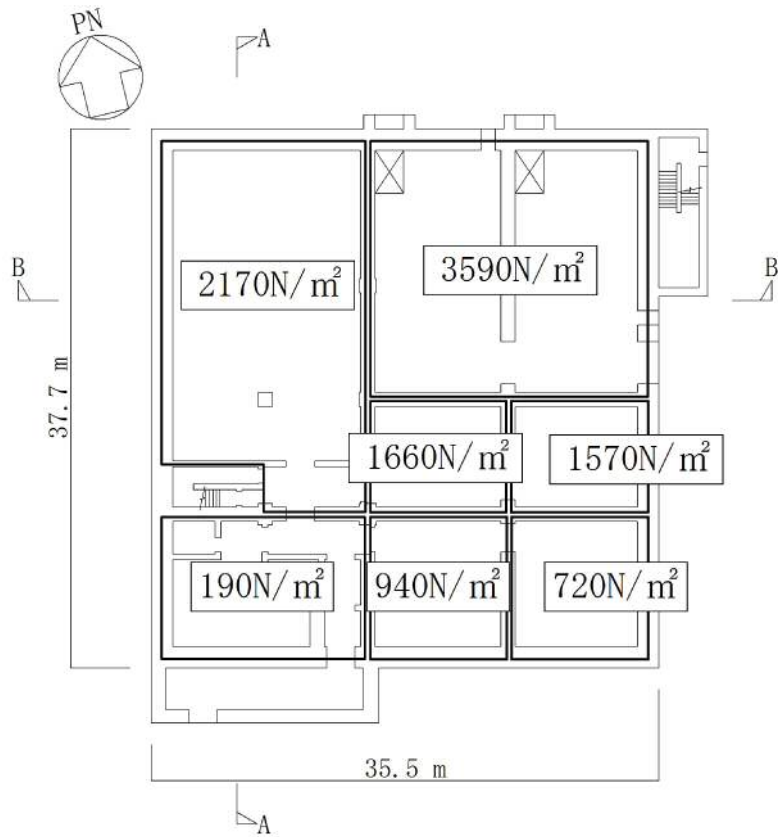


図 3-1 (1/5) 機器配管荷重 (地震時, 1 階 : EL. 23.3 m)

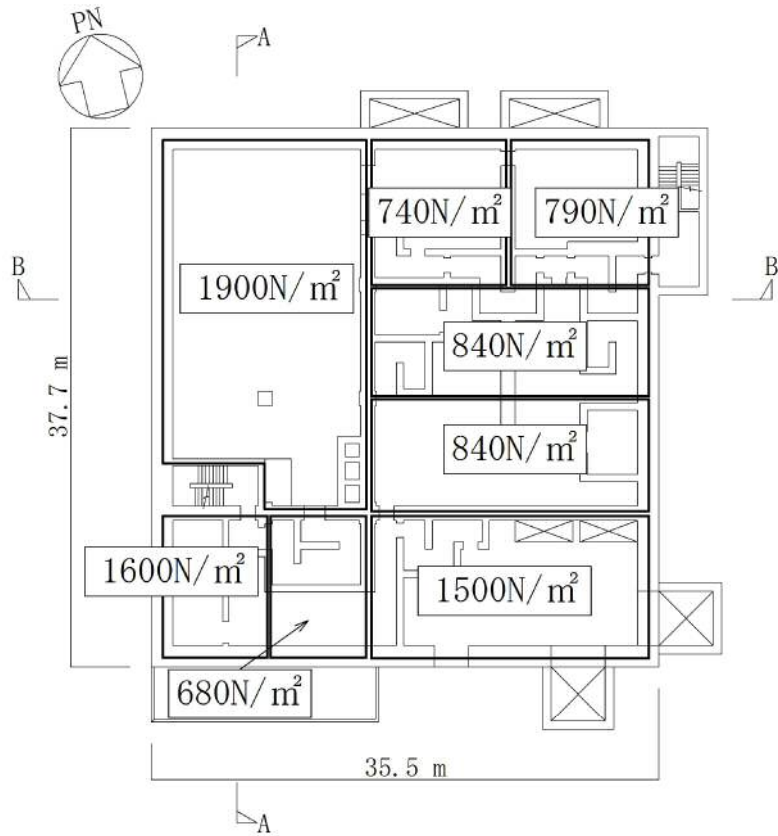


図 3-1 (2/5) 機器配管荷重 (地震時, 2 階 : EL. 30.3 m)

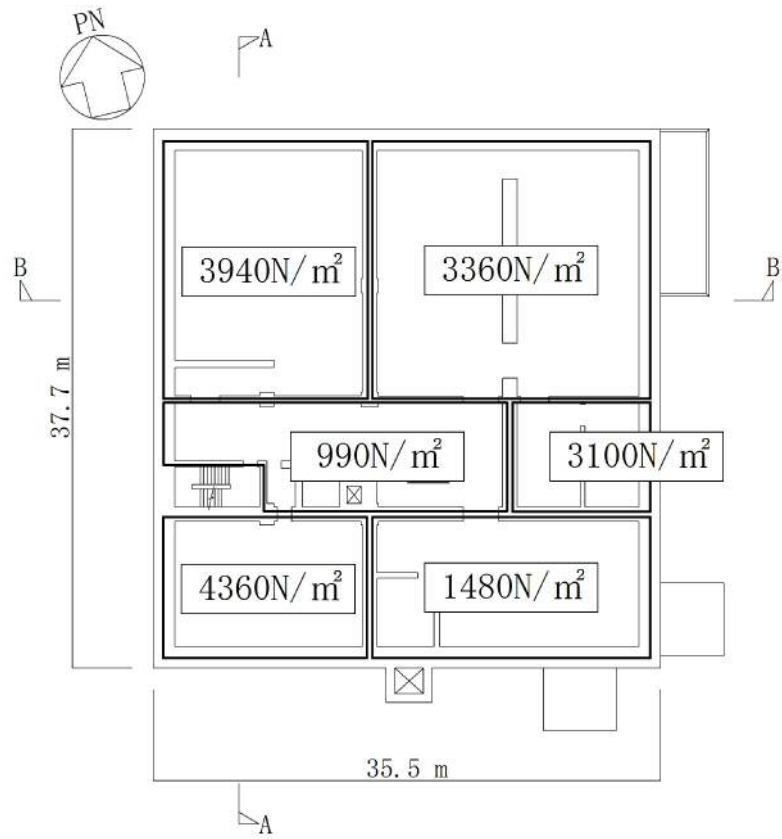


图 3-1 (3/5) 機器配管荷重 (地震時, 3 階 : EL. 37.0 m)

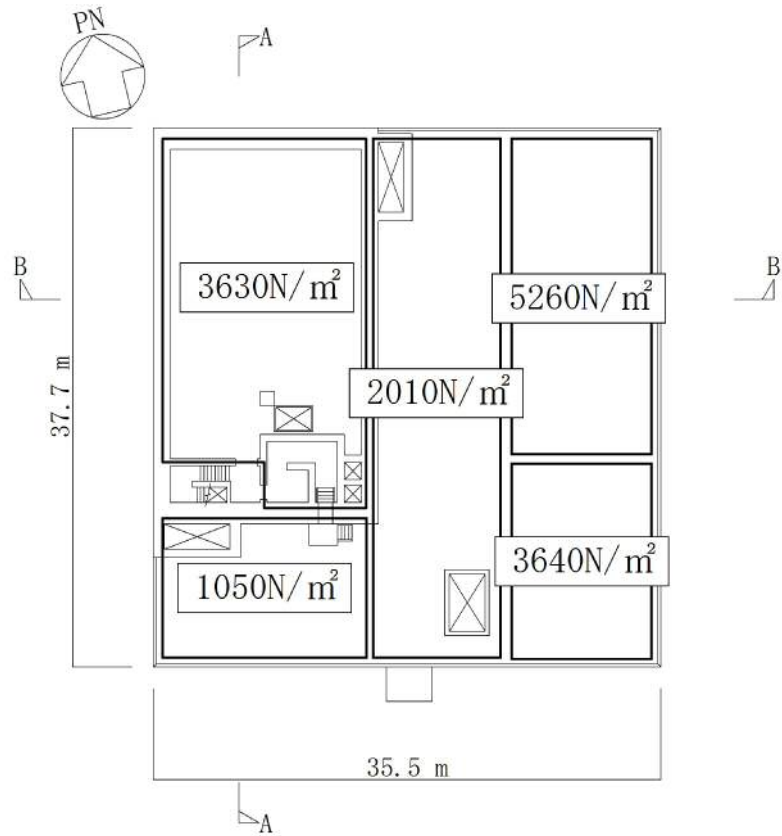


图 3-1 (4/5) 機器配管荷重 (地震時, 4 階 : EL. 43.5 m)

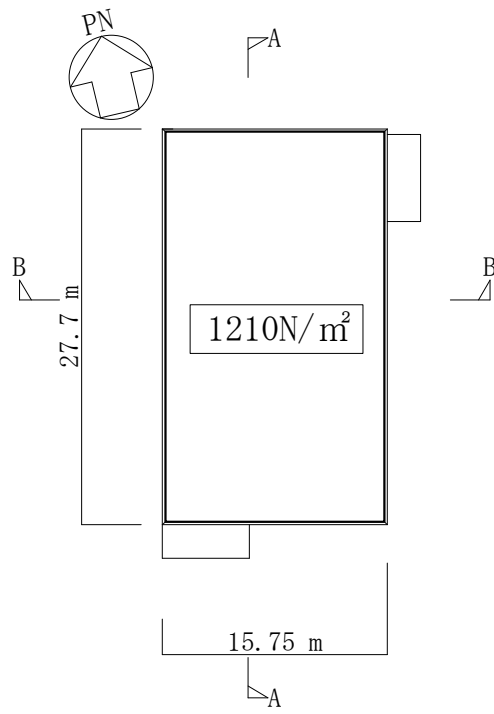


图 3-1 (5/5) 機器配管荷重 (地震時, R 階: EL. 51.0 m)



### 3.1.2 積載荷重 (P)

添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」において、積載荷重は表 3-1 の通り設定している。災害対策本部室等に設置予定の機材（机等）はすでに機器配管荷重に考慮されているため、積載荷重としては人員による荷重を主体として考慮する。

災害対策本部室等の居室には多数の人員が活動する場所として、建築基準法施行令第 85 条の「劇場、映画館、演芸場、観覧場、公会堂、集会場その他これらに類する用途に供する建築物の客席又は集会室」を、上記居室に連絡する通路等には上記施行令の「廊下、玄関又は階段」を設定している。また、災害対策本部室において、最大収容人数 100 人の重量を床面積で除した値が設定した積載荷重値を超えないことを確認している。

表 3-1 積載荷重 (P)

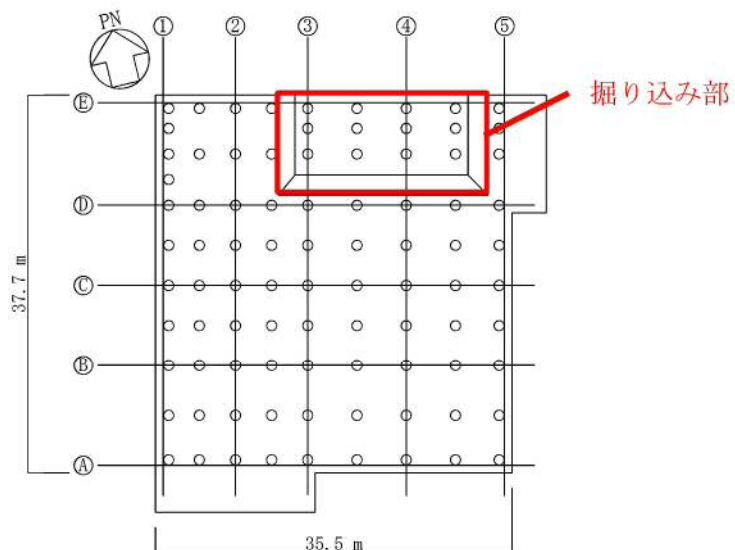
|         | 積載荷重                  |
|---------|-----------------------|
| 災害対策本部等 | 1600 N/m <sup>2</sup> |
| 通路等     | 2100 N/m <sup>2</sup> |

### 3.2 基礎スラブの掘り込み部の影響検討

#### 3.2.1 概要

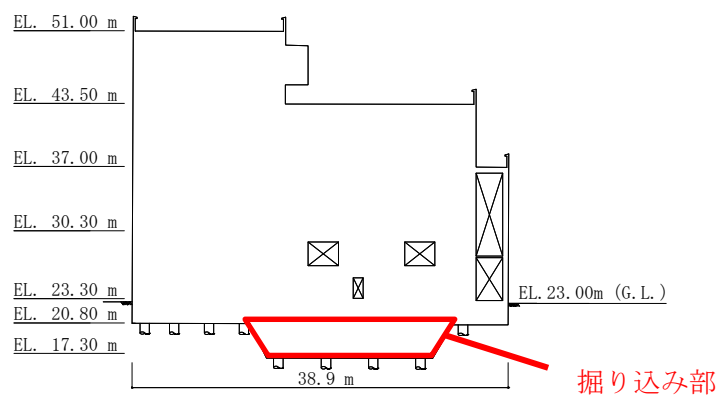
基礎スラブの掘り込み部を図3-2に、掘り込み部のモデル化の概念図を図3-3に示す。添付書類「V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書」における基礎底面地盤ばねの算出、及び添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」における杭の設計では、液状化対策として杭頭付近で地盤改良土を施工することから、基礎スラブの掘り込み部については影響が小さいと考え、考慮せずに評価している。

本節では、基礎スラブー杭ー地盤の3次元FEMモデルを用いた周波数応答解析を実施し、地震応答解析において掘り込み部の影響が小さいこと確認する。また、杭頭における曲げモーメント及びせん断力の分担率を評価し、杭応力の評価において掘り込み部の影響が小さいことを確認する。



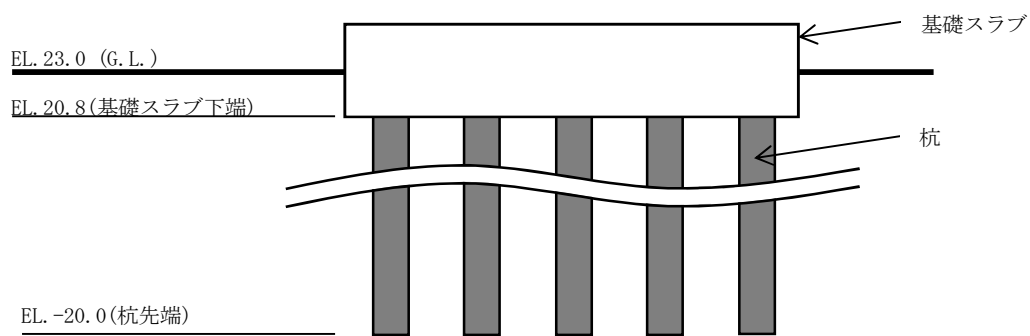
凡例 ○ : 杭

(a) 杭伏図 (EL. 20.8 m)

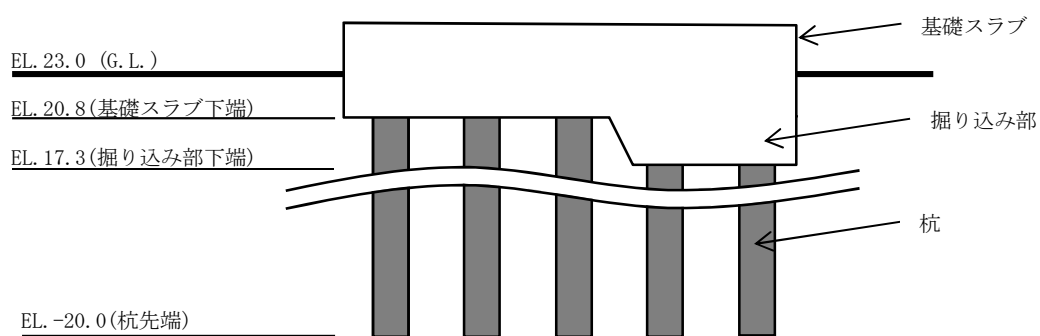


(b) E通り軸組図

図3-2 基礎スラブの掘り込み部



(a) 掘り込み部なし



(b) 掘り込み部あり

図 3-3 掘り込み部のモデル化の概念図

### 3.2.2 解析方針

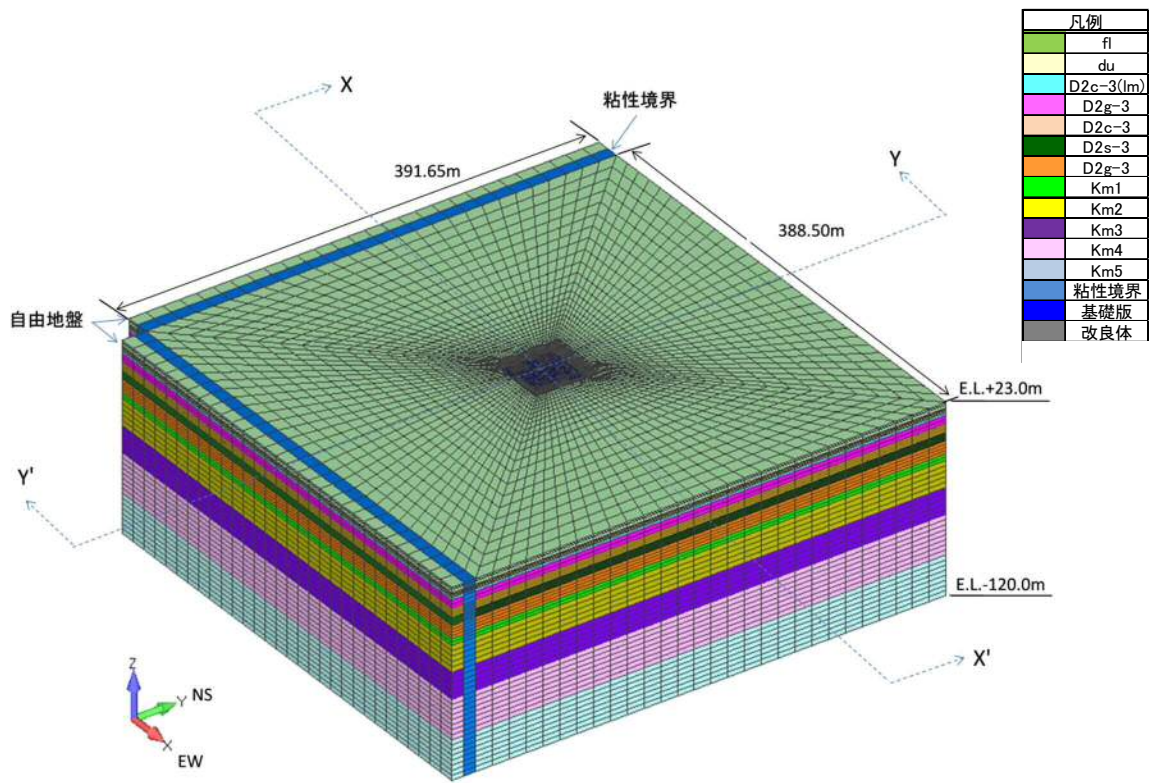
基礎スラブの掘り込み部の影響評価として、3次元FEMモデルに対する周波数応答解析を実施し、基礎下の杭-地盤のインピーダンスを算定する。また、基礎スラブにおいて水平方向単位加振を実施し、杭頭における曲げモーメント及びせん断力の分担率を算定する。解析には、解析コード「SoilPlus2015Ver.CRC Solver 2014 r150625 for x64」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性の確認等の概要については、添付書類「V-5-59 計算機プログラム（解析コード）の概要・SoilPlus」に示す。

### 3.2.3 解析モデルと解析諸元

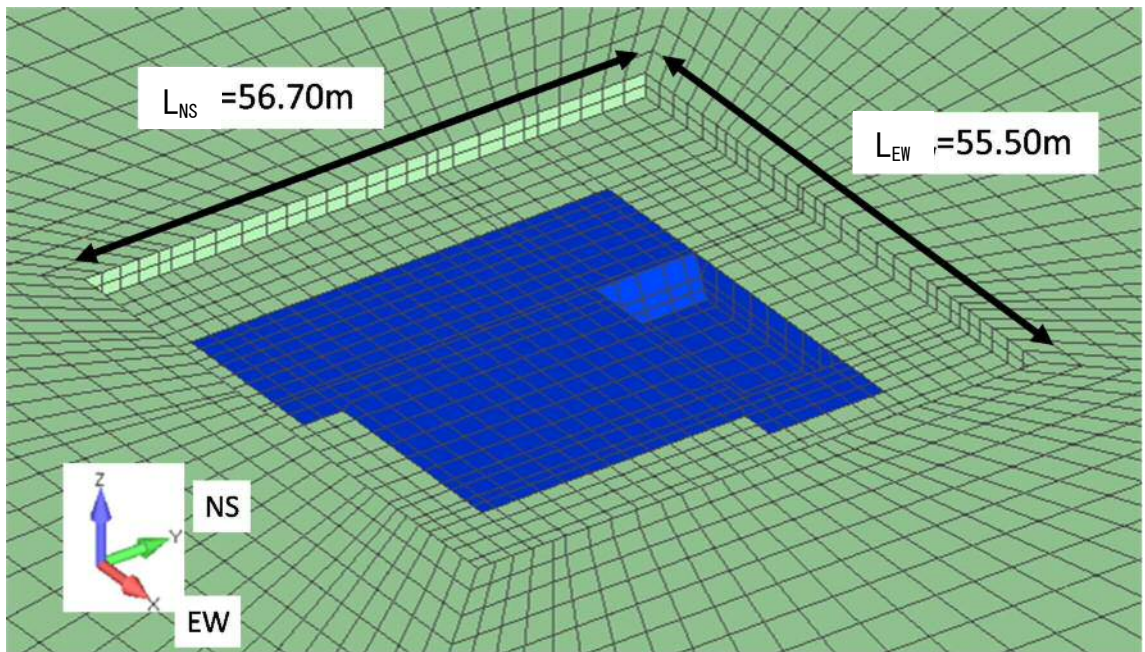
解析モデルを図3-4に、解析モデル断面図を図3-5に、基礎スラブ及び杭の解析モデルを図3-6に示す。解析モデルは、基礎スラブを無質量の剛シェル要素、杭を梁要素、地盤をソリッド要素でモデル化した3次元FEMモデルとする。

地盤のモデル化範囲については、水平方向を地盤改良土の幅に対して約7倍の範囲とし、深さ方向を地表面からEL.-120 mまでの範囲とする。地盤の物性値は、基準地震動 $S_s$ のうち代表的な $S_s-D1$ の等価地盤物性値とし、その値を表3-2及び表3-3に示す。地盤モデルの底面は粘性境界とし、側面には粘性境界及び繰返し境界を設け、自由地盤とのエネルギー伝達を考慮している。

杭については、表3-4及び表3-5に示す材料定数及び断面性能を与える。

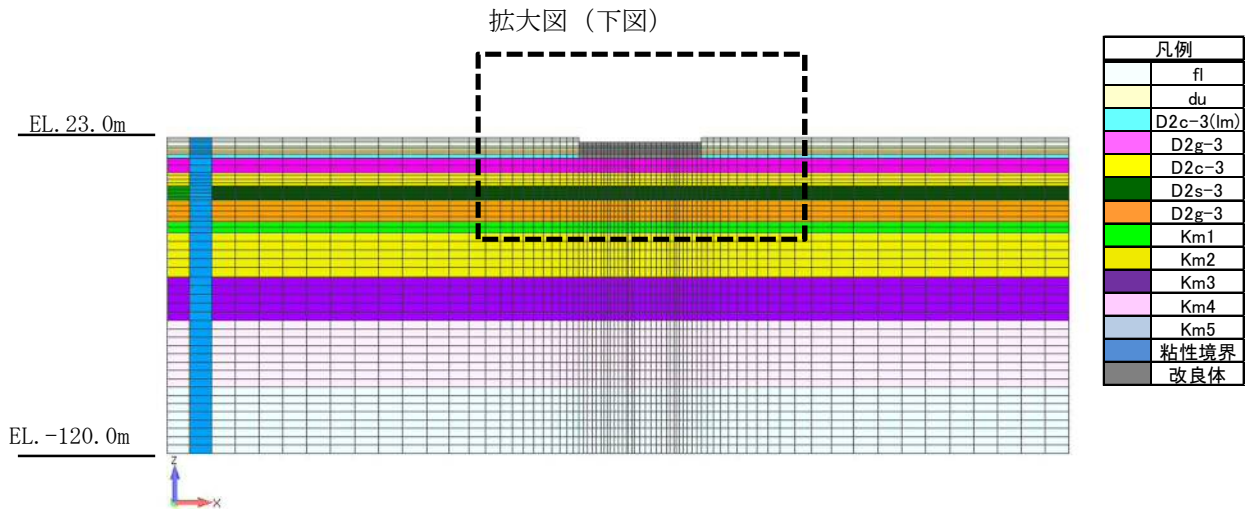


(a) 俯瞰図

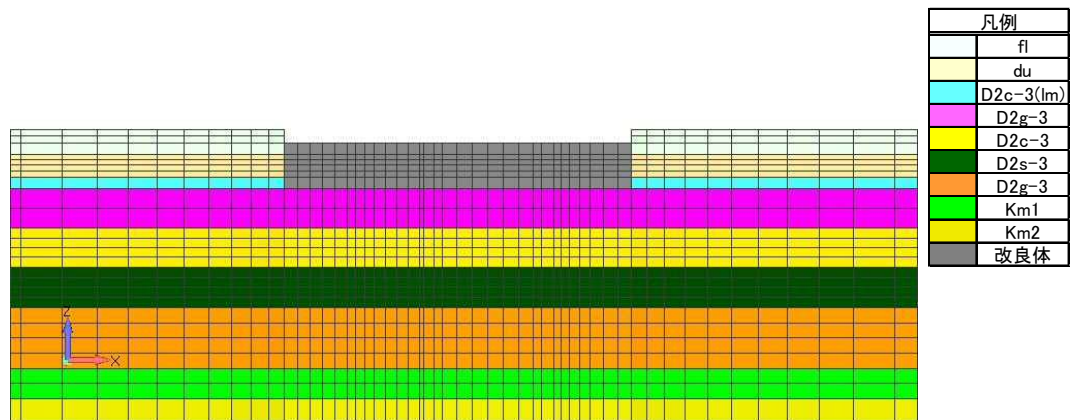


(b) 地盤改良土周辺

図 3-4 解析モデル（掘り込み部あり）



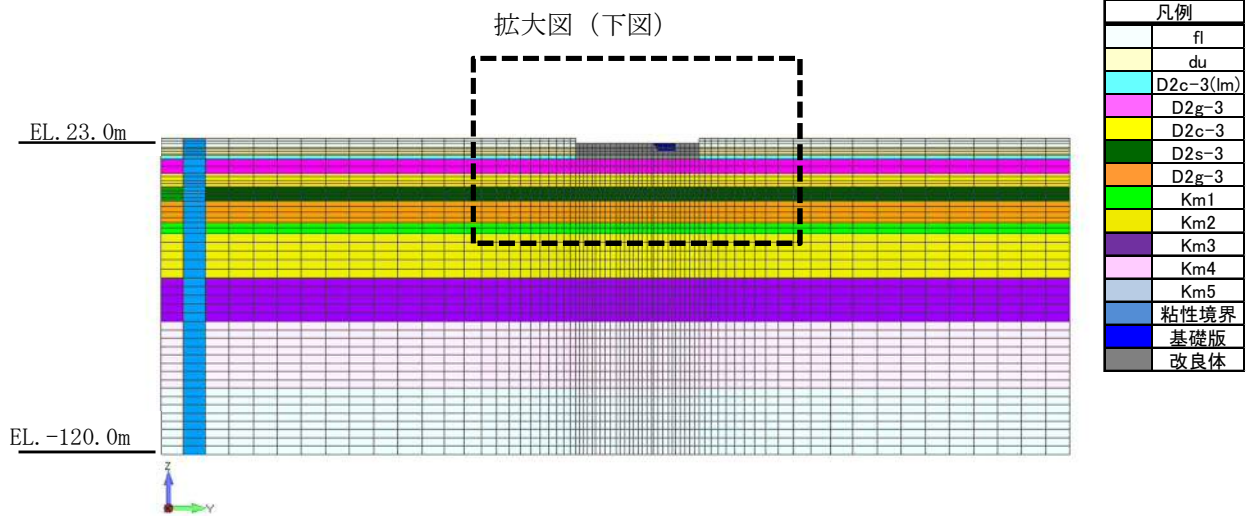
(a) X-X' 断面全体図



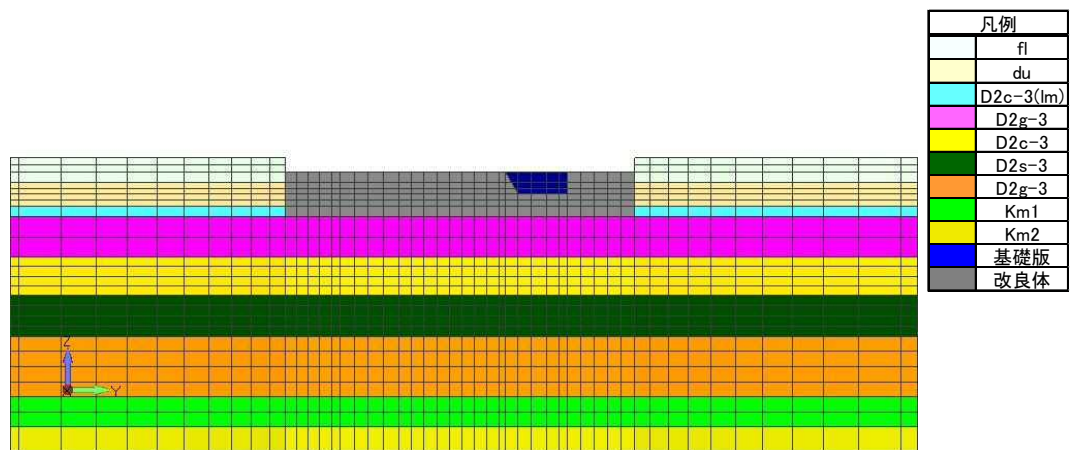
注：杭及び基礎スラブについては図3-6に示す。

(b) X-X' 断面拡大図

図3-5 (1/2) 解析モデル断面図



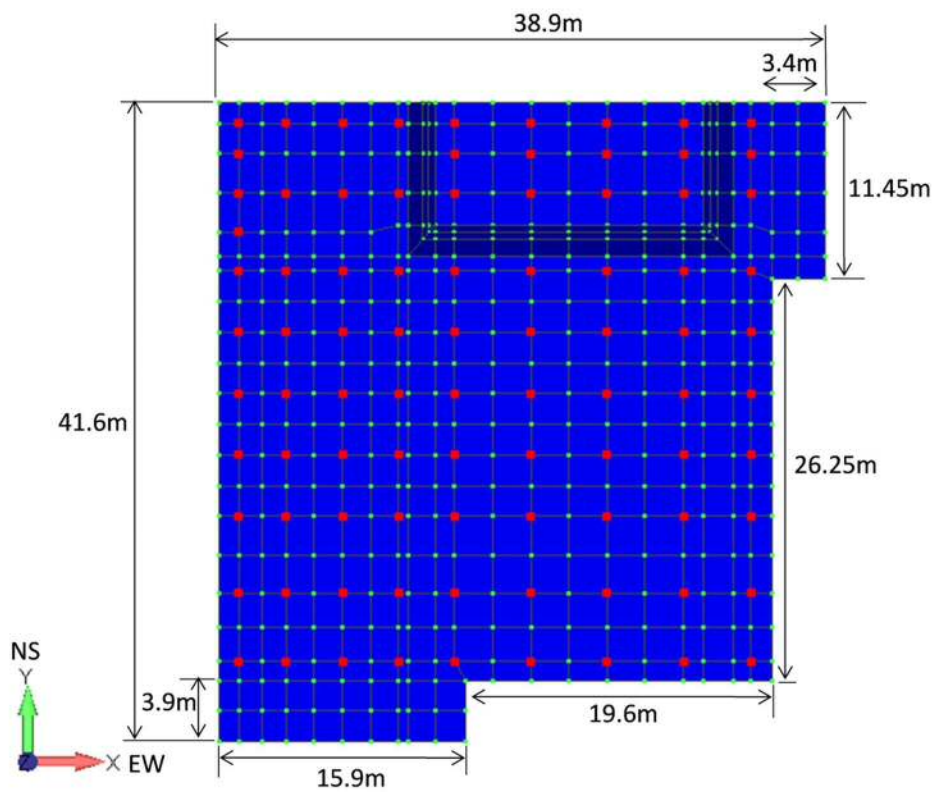
(c) Y-Y' 断面全体図



(d) Y-Y' 断面拡大図

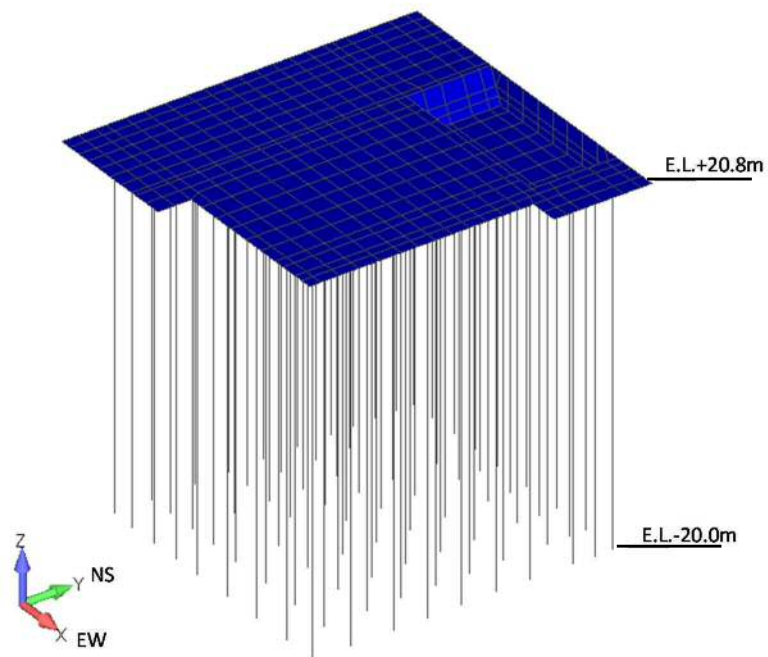
注：杭及び基礎スラブについては図3-6に示す。

図3-5 (2/2) 解析モデル断面図



注：赤色の点は杭と基礎スラブの結合位置を示す。

(a) 伏図



(b) 俯瞰図

図 3-6 基礎スラブ及び杭の解析モデル（掘り込み部あり）



表 3-2 地盤の物性値 (S<sub>s</sub>-D1, 改良土範囲内)

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分   | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|------------|-----------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 20.8             | 改良土(f1)    | 1.80      | 1.97                                | 0.00            | 756                 | 1309                | 0.250          |
| 19.0             | 改良土(du)    | 3.70      | 1.97                                | 0.00            | 752                 | 1303                | 0.250          |
| 15.3             | 改良土(D2c-3) | 1.70      | 1.97                                | 0.01            | 749                 | 1297                | 0.250          |
| 13.6             | D2g-3      | 6.40      | 2.15                                | 0.05            | 403                 | 1850                | 0.475          |
| 7.2              | D2c-3      | 6.20      | 1.77                                | 0.11            | 179                 | 1748                | 0.495          |
| 1.0              | D2s-3      | 6.50      | 1.92                                | 0.11            | 233                 | 1371                | 0.485          |
| -5.5             | D2g-3      | 9.70      | 2.15                                | 0.06            | 361                 | 1838                | 0.480          |
| -15.2            | Km         | 4.80      | 1.72                                | 0.03            | 405                 | 1647                | 0.468          |
| -20.0            |            | 20.00     | 1.72                                | 0.03            | 413                 | 1661                | 0.467          |
| -40.0            |            | 20.00     | 1.73                                | 0.03            | 427                 | 1680                | 0.465          |
| -60.0            |            | 30.00     | 1.73                                | 0.03            | 445                 | 1692                | 0.463          |
| -90.0            |            | 30.00     | 1.73                                | 0.03            | 465                 | 1718                | 0.460          |
| -120.0           |            |           |                                     |                 |                     |                     |                |

表 3-3 地盤の物性値 (S<sub>s</sub>-D1, 改良土範囲外)

| 標高<br>EL.<br>(m) | 地層<br>区分 | 層厚<br>(m) | 密度<br>$\rho$<br>(t/m <sup>3</sup> ) | 等価<br>減衰定数<br>h | 等価<br>S波速度<br>(m/s) | 等価<br>P波速度<br>(m/s) | ポアソン比<br>$\nu$ |
|------------------|----------|-----------|-------------------------------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------|
| 23.0             | f1       | 4.00      | 1.98                                | 0.05            | 185                 | 1784                | 0.495          |
| 19.0             | du       | 3.70      | 1.98                                | 0.12            | 133                 | 1777                | 0.497          |
| 15.3             | D2c-3    | 1.70      | 1.77                                | 0.07            | 216                 | 1754                | 0.492          |
| 13.6             | D2g-3    | 6.40      | 2.15                                | 0.05            | 400                 | 1849                | 0.475          |
| 7.2              | D2c-3    | 6.20      | 1.77                                | 0.11            | 179                 | 1748                | 0.495          |
| 1.0              | D2s-3    | 6.50      | 1.92                                | 0.11            | 233                 | 1371                | 0.485          |
| -5.5             | D2g-3    | 9.70      | 2.15                                | 0.06            | 364                 | 1839                | 0.480          |
| -15.2            | Km       | 4.80      | 1.72                                | 0.03            | 407                 | 1648                | 0.468          |
| -20.0            |          | 20.00     | 1.72                                | 0.03            | 415                 | 1661                | 0.467          |
| -40.0            |          | 20.00     | 1.73                                | 0.03            | 427                 | 1680                | 0.465          |
| -60.0            |          | 30.00     | 1.73                                | 0.03            | 445                 | 1692                | 0.463          |
| -90.0            |          | 30.00     | 1.73                                | 0.03            | 465                 | 1718                | 0.460          |
| -120.0           |          |           |                                     |                 |                     |                     |                |

表 3-4 杭の材料定数

| 材料           |                            | ヤング係数<br>E (kN/m <sup>2</sup> ) | ポアソン比<br>$\nu$ | 単位体積重量<br>$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) | 減衰定数<br>h |
|--------------|----------------------------|---------------------------------|----------------|-----------------------------------------|-----------|
| 鉄筋<br>コンクリート | Fc=24 (N/mm <sup>2</sup> ) | $2.27 \times 10^7$              | 0.2            | 24                                      | —         |
| 鋼管           | SKK490                     | $2.05 \times 10^8$              | 0.3            | 77                                      | —         |

表 3-5 杭の断面性能

| 鋼管                 | 材種     | F値<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 軸断面積<br>A (m <sup>2</sup> ) | 断面二次モーメント<br>I (m <sup>4</sup> ) | せん断断面積<br>As (m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|--------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| φ 1000<br>(t=22mm) | SKK490 | 325                        | 1.300                       | 0.1105                           | 0.9436                         |

注 : 断面性能は腐食代 1mm を考慮した後の値とする。

### 3.2.4 解析ケース

解析ケースを表 3-6 に示す。

周波数応答解析では、基礎スラブ底面中心位置に対して 0.1 Hz から 5.0 Hz まで 0.1 Hz 刻みとした単位振幅を与え、杭-地盤のインピーダンスを算出する。

水平方向単位加振では、基礎スラブの中心位置を NS 方向及び EW 方向のそれぞれに単位加振し、杭頭に生じる曲げモーメント及びせん断力の分担率を算出する。水平方向単位加振により得られた各杭の杭頭曲げモーメント  $M_i$  の分担率  $K_{M_i}$  及び杭頭せん断力  $Q_i$  の分担率  $K_{Q_i}$  は、下式により算定する。

$$K_{M_i} = \frac{M_i}{\bar{M}}$$

$$K_{Q_i} = \frac{Q_i}{\bar{Q}}$$

$$\bar{M} = \frac{\sum M_i}{N}$$

$$\bar{Q} = \frac{\sum Q_i}{N}$$

ここで、

$K_{M_i}$  : 杭頭曲げモーメントの分担率

$K_{Q_i}$  : 杭頭せん断力の分担率

$\bar{M}$  : 杭頭曲げモーメントの平均値

$\bar{Q}$  : 杭頭せん断力の平均値

$N$  : 杭本数

表 3-6 解析ケース

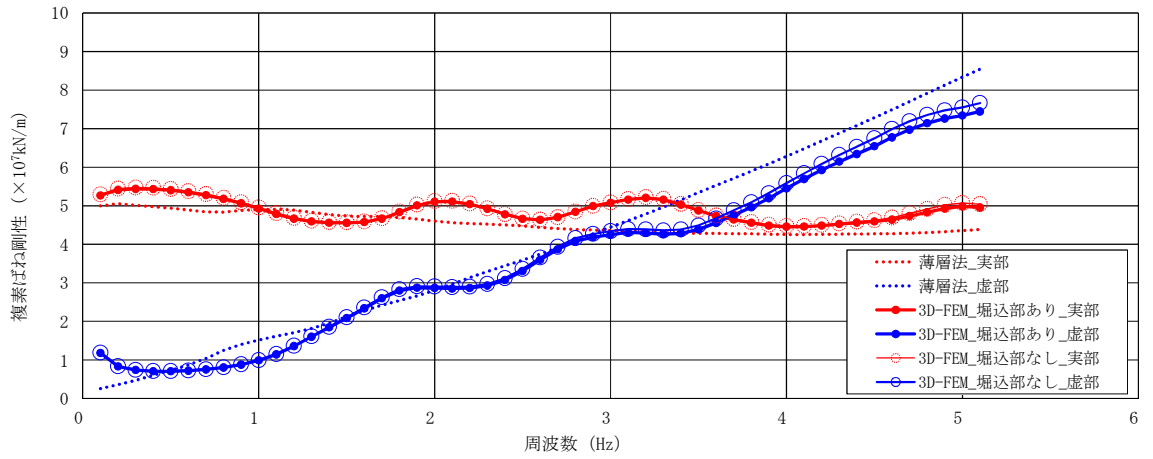
| 解析種別     | 掘り込み部 | 評価項目                    |
|----------|-------|-------------------------|
| 周波数応答解析  | あり    | 杭-地盤のインピーダンス            |
|          | なし    |                         |
| 水平方向単位加振 | あり    | 杭頭に生じる曲げモーメント及びせん断力の分担率 |

### 3.2.5 解析結果

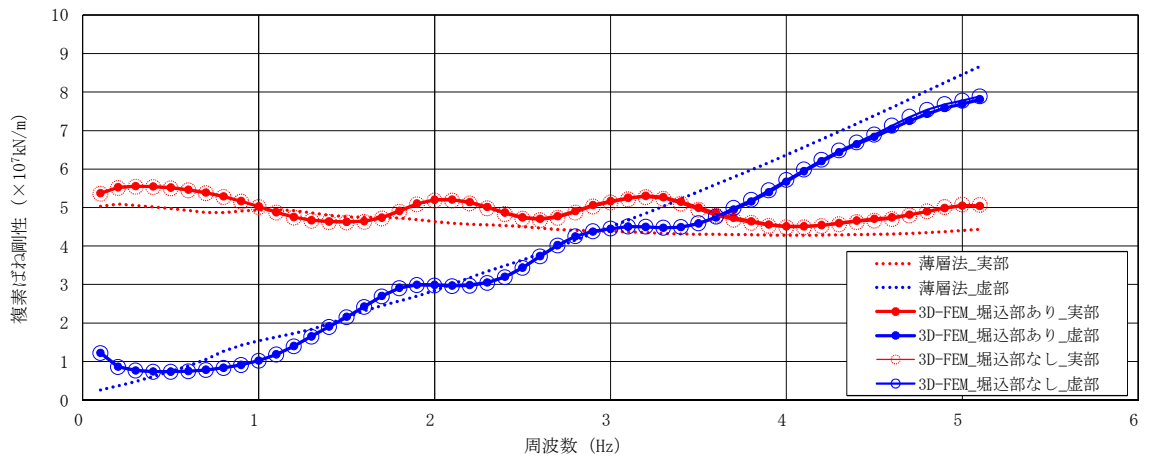
#### (1) 周波数応答解析の結果

周波数応答解析により得られた杭-地盤のインピーダンスを図3-7に示す。

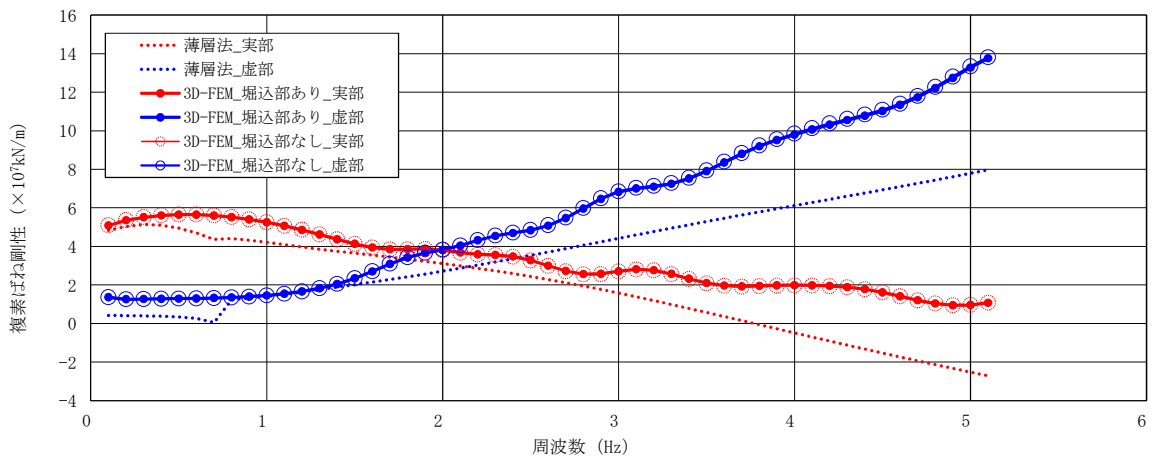
杭-地盤のインピーダンスは、添付書類「V-2-2-10 緊急時対策所建屋の地震応答計算書」にて基礎底面の地盤ばねを算出する際に用いた三次元薄層要素法と、本節にて実施した3次元FEMによる解析結果で概ね対応しており、基礎スラブの掘り込み部ありのケースとなしのケースについてもほぼ一致している。これより、地震応答解析において掘り込み部の影響は小さいと考えられる。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

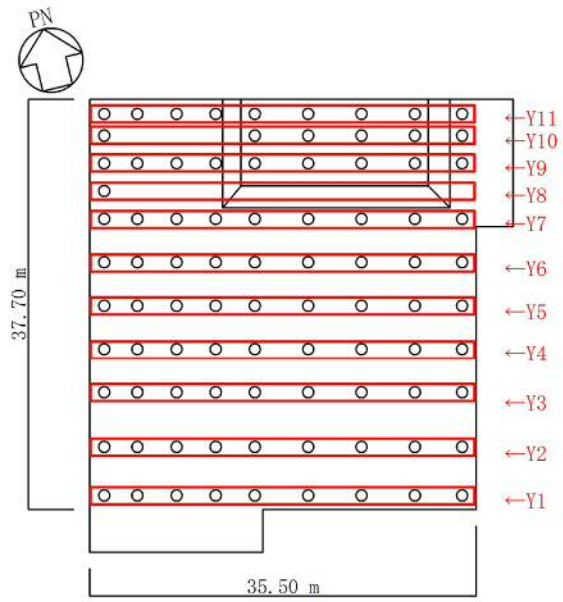


(c) UD 方向

図 3-7 杭-地盤のインピーダンス

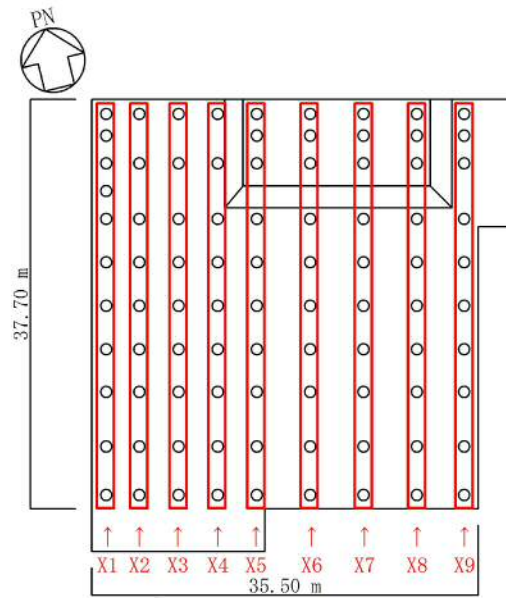
(2) 水平方向単位加振の結果

杭の配置図を図3-8に、杭頭曲げモーメントの分担率を図3-9に、杭頭せん断力の分担率を図3-10に示す。杭頭曲げモーメント及び杭頭せん断力は基礎スラブ端部から中心部に向かって小さくなる傾向を示しており、その傾向は掘り込み部がある場合でも同様である。これは、掘り込み部及びその他の部分のいずれも杭周辺地盤が改良土であることにより、両者の杭頭曲げモーメント及び杭頭せん断力の差が小さくなったためであると考えられる。掘り込み部の杭応力に特異な傾向は見られないことから、**杭応力の評価において掘り込み部の影響は小さいと考えられる。**



凡例 ○ : 杭

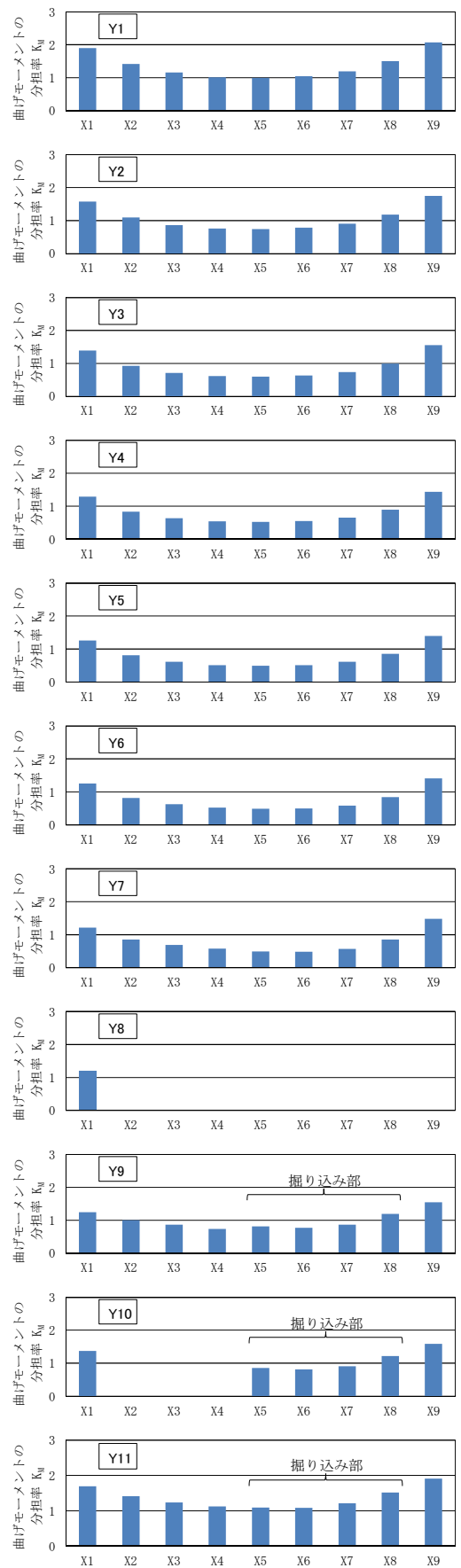
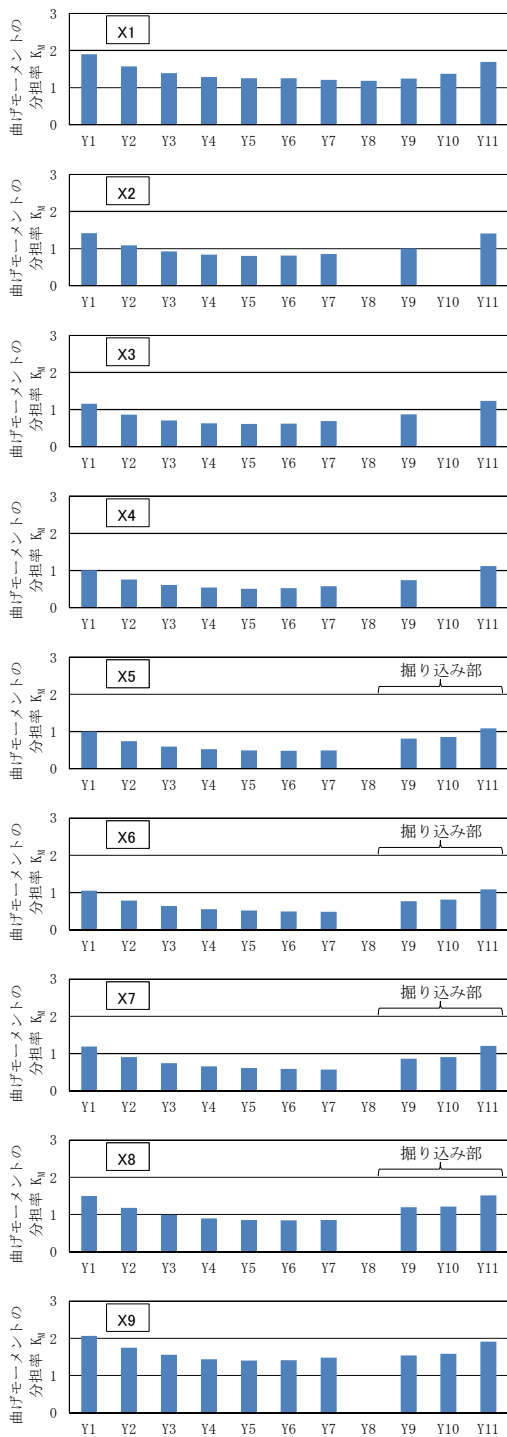
(a) NS 方向



凡例 ○ : 杭

(b) EW 方向

図 3-8 杭の配置図

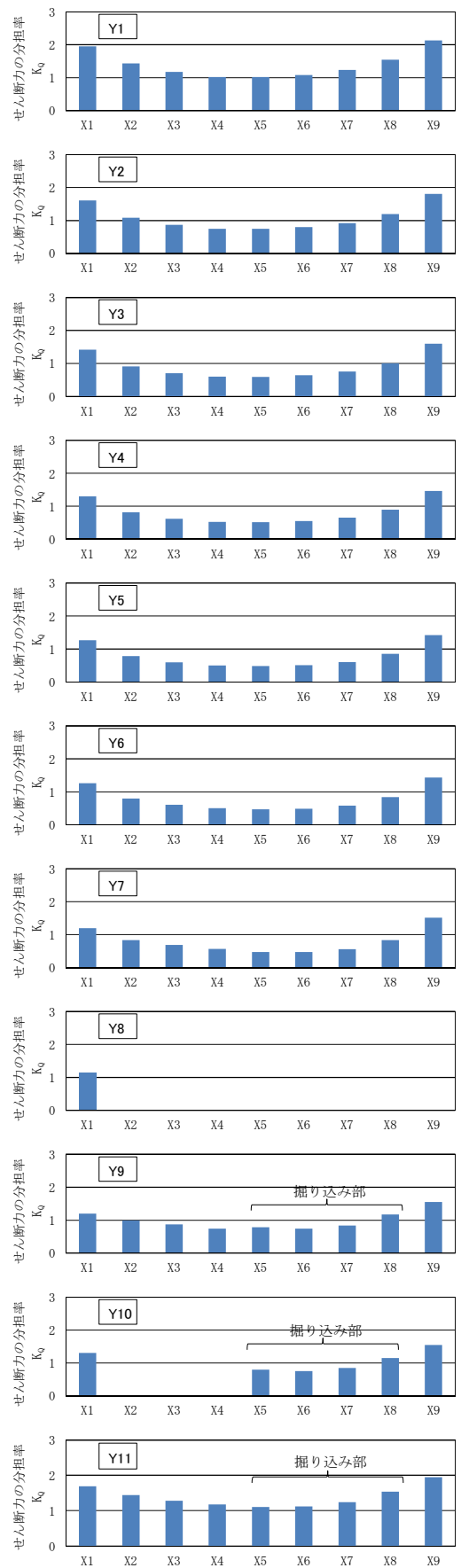
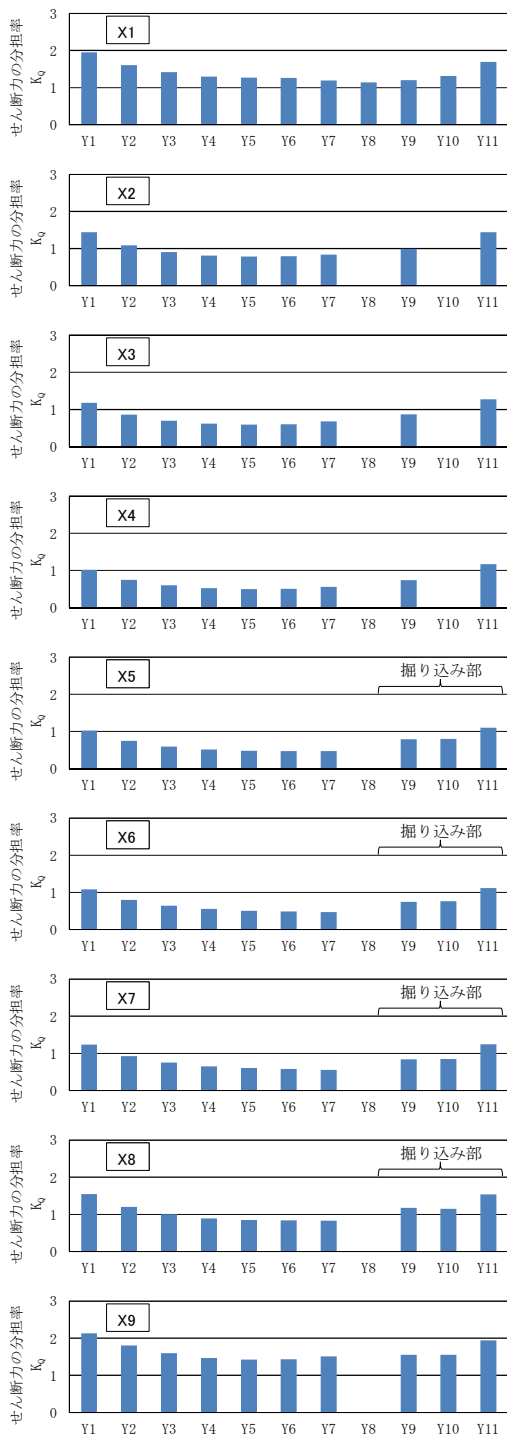


(a) NS 方向断面

(b) EW 方向断面

図 3-9 杭頭曲げモーメントの分担率





(a) NS 方向断面

(b) EW 方向断面

図 3-10 杭頭せん断力の分担率

### 3.3 床スラブの断面の評価

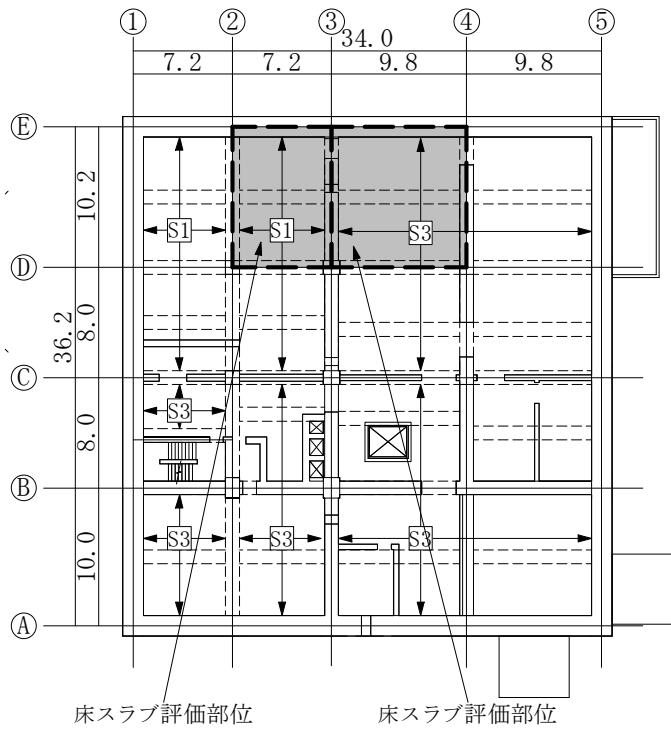
#### 3.3.1 概要

添付書類「V-2-1-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」において、床スラブを鉛直方向に剛として、質点系モデルの鉛直方向加速度より算定される鉛直震度に応答増幅を考慮していない。本節では、スラブが鉛直方向に剛であることを確認する。

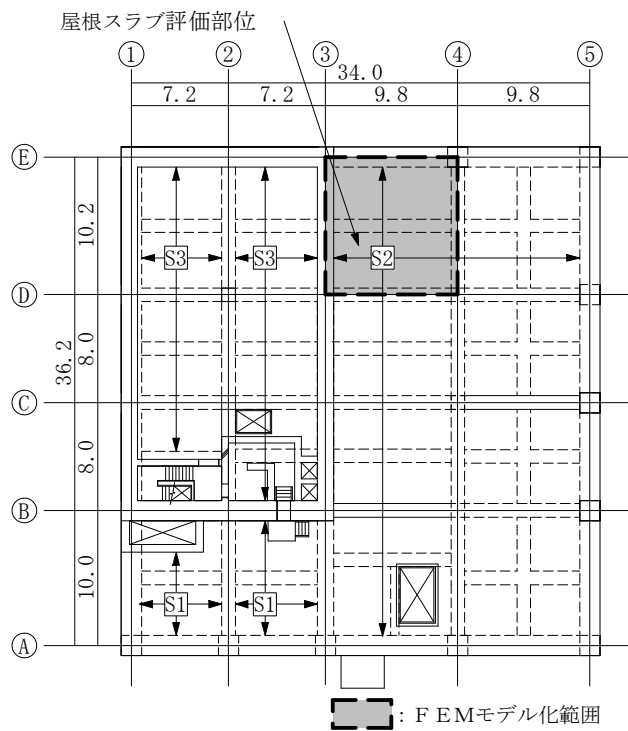
#### 3.3.2 評価対象部位及び評価方針

FEMモデルを用いた固有値解析を実施し、一次固有振動数が20Hzを上回れば鉛直方向に剛であると判断する。

耐震壁及び梁で囲まれたスラブの範囲のうち、スラブのスパンから判断して、鉛直方向地震力による増幅の影響が最も大きいと思われる部位を評価対象部位としてモデル化する。評価対象部位を図3-11に示す。



(a) 3階床スラブ S1 及び S3 (EL. 37.0 m)



(b) 4階屋根スラブ S2 (EL. 43.5 m)

図 3-11 評価対象部位

### 3.3.3 解析条件

解析モデルに使用するFEM要素は、形状及び厚さを踏まえてシェル要素とする。境界条件については、スラブの上部もしくは下部に壁がある場合は固定とし、上下に壁がなくスラブが連続する場合は、曲げ変形を拘束し鉛直変位方向のみ自由とする。

固有値解析には、解析コード「MSC NASTRAN Ver. 2016.1.1」を用いる。また、解析コードの検証及び妥当性確認などの概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム（解析コード）の概要・MSC NASTRAN」に示す。

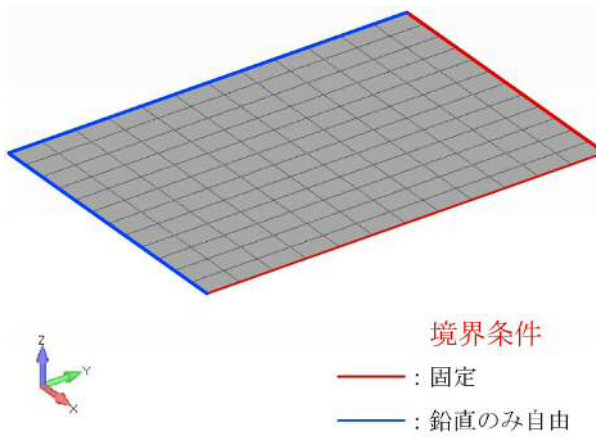
材料物性値を表3-7に、スラブの諸元を表3-8に、解析モデルを図3-12に示す。

表3-7 スラブの材料物性値

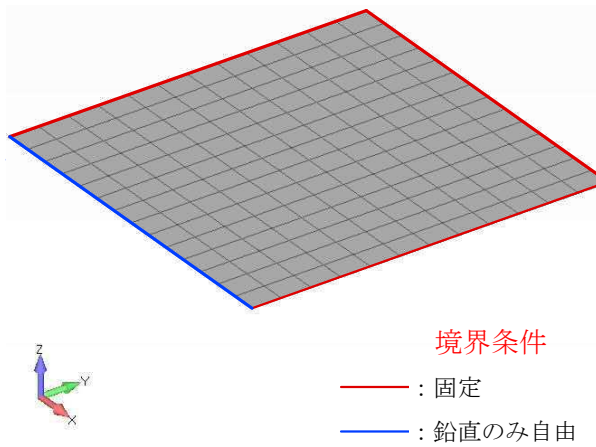
| コンクリートの<br>設計基準強度<br>Fc (N/mm <sup>2</sup> ) | ヤング係数<br>E (N/mm <sup>2</sup> ) | ポアソン比<br>ν |
|----------------------------------------------|---------------------------------|------------|
| 30.0                                         | 2.44×10 <sup>4</sup>            | 0.2        |

表3-8 スラブの諸元

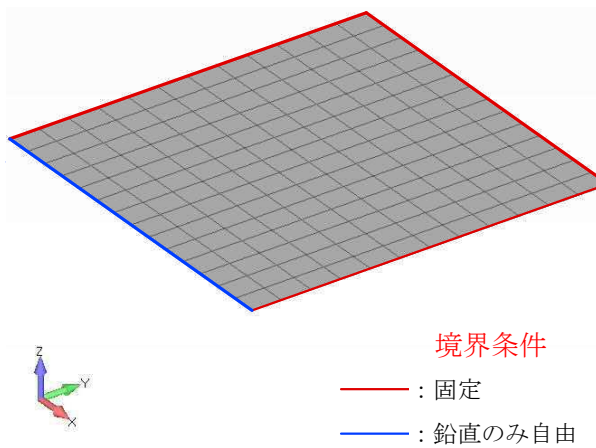
|            | 長辺 (m) | 短辺 (m) | スラブ厚 (m) |
|------------|--------|--------|----------|
| 3階床スラブ S1  | 10.2   | 7.2    | 1.0      |
| 4階屋根スラブ S2 | 10.2   | 9.8    | 0.6      |
| 3階床スラブ S3  | 10.2   | 9.8    | 0.5      |



(a) 3階床スラブ S1



(b) 4階屋根スラブ S2



(c) 3階床スラブ S3

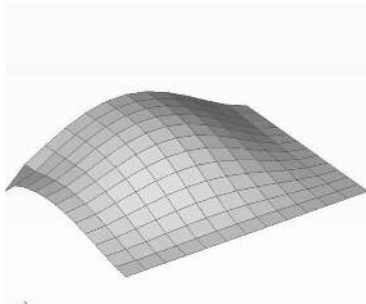
図 3-12 解析モデル

### 3.3.4 床スラブの評価結果

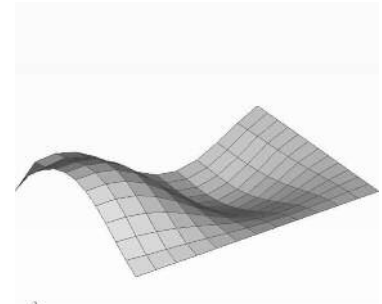
スラブの固有振動数を表 3-9 に、振動モードを図 3-13 に示す。いずれの床スラブにおいても 1 次固有振動数が 20 Hz を上回っており、当該スラブは鉛直方向に剛であることを確認した。

表 3-9 スラブの固有振動数

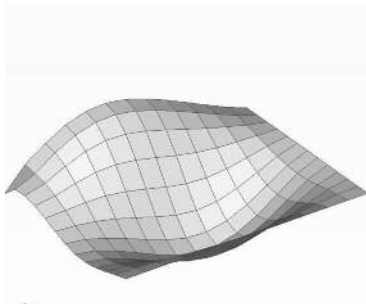
| 部 位         | 次数  | 固有振動数<br>(Hz) |
|-------------|-----|---------------|
| 3 階床スラブ S1  | 1 次 | 38.7          |
|             | 2 次 | 68.2          |
|             | 3 次 | 85.1          |
| 4 階屋根スラブ S2 | 1 次 | 22.3          |
|             | 2 次 | 35.2          |
|             | 3 次 | 48.8          |
| 3 階床スラブ S3  | 1 次 | 20.5          |
|             | 2 次 | 33.1          |
|             | 3 次 | 44.7          |



1次 : 38.7 Hz

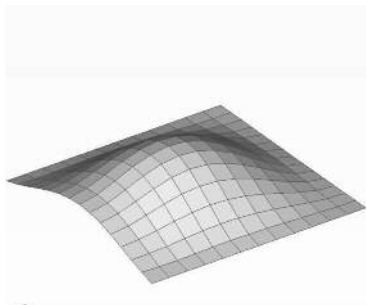


2次 : 68.2 Hz

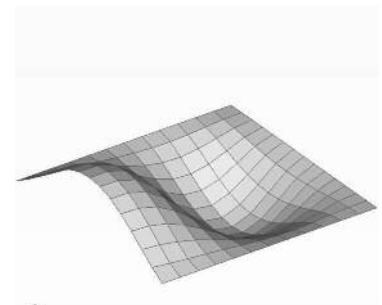


3次 : 85.1 Hz

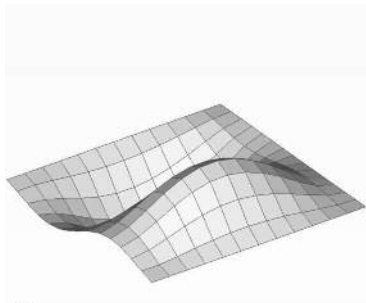
(a) 3階床スラブ S1



1次 : 22.3 Hz



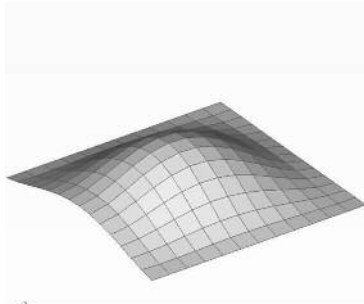
2次 : 35.2 Hz



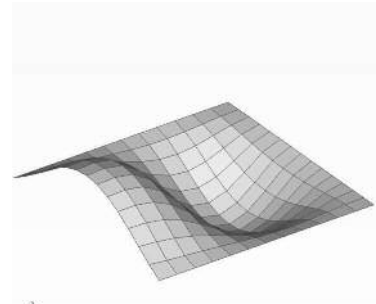
3次 : 48.8 Hz

(b) 4階屋根スラブ S2

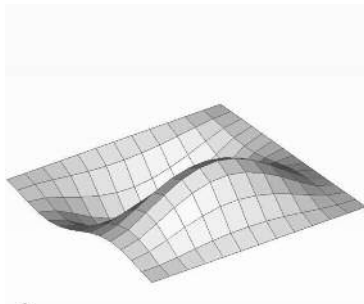
図 3-13 (1/2) 床スラブの振動モード



1次 : 20.5 Hz



2次 : 33.1 Hz



3次 : 44.7 Hz

(c) 3階床スラブ S3

図 3-13 (2/2) 床スラブの振動モード



### 3.4 水平地盤反力係数 $k_h$ の設定

本節では、杭応力の評価に用いる水平地盤反力係数  $k_h$  の設定について説明する。

#### 3.4.1 水平地盤反力係数 $k_h$ の設定方法

水平地盤反力係数  $k_h$  は、建築基礎構造設計指針（（社）日本建築学会，2001）（以下「基礎指針」という。）に基づき、以下①または②のいずれかの方法により決定されるが、緊急時対策所建屋の杭の設計では、①の方法を採用する。

- ①水平抵抗換算式による評価（地盤ばねを設定し、杭を線材でモデル化して算定する）
- ②水平載荷試験による評価（建物の建設予定地で杭の水平載荷試験を実施し、その結果から逆算する）

#### 3.4.2 水平地盤反力係数 $k_h$ の算定方法

水平地盤反力係数  $k_h$  は「基礎指針」に基づき、弾性支承ばりモデルを用いた弾性応力解析により算出する。具体的な算出方法を以下に示す。

##### (1) 基準水平地盤反力係数 $k_{h0}$ の設定

「基礎指針」に基づき、基準水平地盤反力係数  $k_{h0}$  を下式により算出する。

$$k_{h0} = \alpha \cdot \xi \cdot E_0 \cdot \bar{B}^{-3/4}$$

ここで、

$k_{h0}$  : 基準水平地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>, 水平変位量が 1cm 時の水平地盤反力係数)

$\alpha$  : 変形係数  $E_0$  の評価法によって決まる定数 (m<sup>-1</sup>)

$\xi$  : 群杭係数

$E_0$  : 変形係数 (kN/m<sup>2</sup>)

$\bar{B}$  : 無次元化杭径 (杭径を cm で表した無次元数値)

上式のうち、定数  $\alpha$  及び変形係数  $E_0$  については、「基礎指針」に基づき表 3-10 の通り設定する。また、地盤改良土の変形係数  $E_0$  については、建設予定地の近傍にて実施した地盤改良土の試験施工のうち、表 3-11 に示す一軸圧縮強度試験の結果として得られた改良土の変形係数より、表 3-12 の値を採用する。

砂質土及び粘性土の変形係数  $E_0$  については、建屋直下のボーリング試験 (KK-1) から得られた N 値を用いて各地層における平均 N 値を算出し、「基礎指針」に基づき  $E_0 = 700 \cdot N$  として算定する。KK-1 のボーリング柱状図を図 3-14 に、KK-1 にて観測された N 値及び算出された平均 N 値を表 3-13 に示す。

表 3-10 定数 $\alpha$ 及び変形係数 $E_0$ の設定方法

| 評価対象    | $E_0$ の算出方法                         | $\alpha$ の設定値                            |
|---------|-------------------------------------|------------------------------------------|
| 地盤改良土   | 一軸圧縮試験の結果を用いる。                      | $\alpha = 80$                            |
| 砂質土・粘性土 | ボーリングデータ (KK-1) から得られた平均N値を用いて算出する。 | 粘性土： $\alpha = 60$<br>砂質土： $\alpha = 80$ |

表 3-11 一軸圧縮強度試験にて得られた地盤改良土の変形係数

|       | 試験数<br>(個) | 変形係数 ( $\times 10^3 \text{kN/m}^2$ ) |               |                |                | 変動係数<br>(%) |
|-------|------------|--------------------------------------|---------------|----------------|----------------|-------------|
|       |            | 平均値                                  | 標準偏差 $\sigma$ | 平均値 + $\sigma$ | 平均値 - $\sigma$ |             |
| 試験結果  | 30         | 8475                                 | 1370          | 9845           | 7105           | 16.2        |
| 設計採用値 | —          | 8400                                 | 1500          | 9900           | 6900           | —           |

表 3-12 水平地盤反力係数 $k_h$ の算定に用いる地盤改良土の変形係数 $E_0$

|                                                         | 改良土試験施工<br>平均値モデル | 改良土試験施工<br>平均値 + $\sigma$ モデル | 改良土試験施工<br>平均値 - $\sigma$ モデル |
|---------------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| 地盤改良土の<br>変形係数 $E_0$<br>( $\times 10^3 \text{kN/m}^2$ ) | 8400              | 9900                          | 6900                          |

|        |             |      |                                         |      |                    |
|--------|-------------|------|-----------------------------------------|------|--------------------|
| ボーリング名 | KK-1        | 調査位置 | 茨城県那珂郡東海村白方2-4 (X=481.7128, Y=675.8700) | 北緯   | 36° 27' 55.8897"   |
| 発注機関   | 日本原子力発電株式会社 | 調査期間 | 平成28年10月17日～平成28年11月26日                 | 東経   | 140° 36' 09.84928" |
| 調査業者名  | [Redacted]  |      |                                         |      |                    |
| 孔口標高   | 18.96m      | 方位   | 北 0° 東 90° 南 180° 西 270°                | 試錐機  | 鉱研OE-SB            |
| 総掘進長   | 85.45m      | 傾斜   | 0°                                      | エンジン | ヤママー-NFD170        |
|        |             | 地下勾配 | 0°                                      | ハンマー | 半自動型               |
|        |             |      |                                         | ポンプ  | 東邦CP-65            |

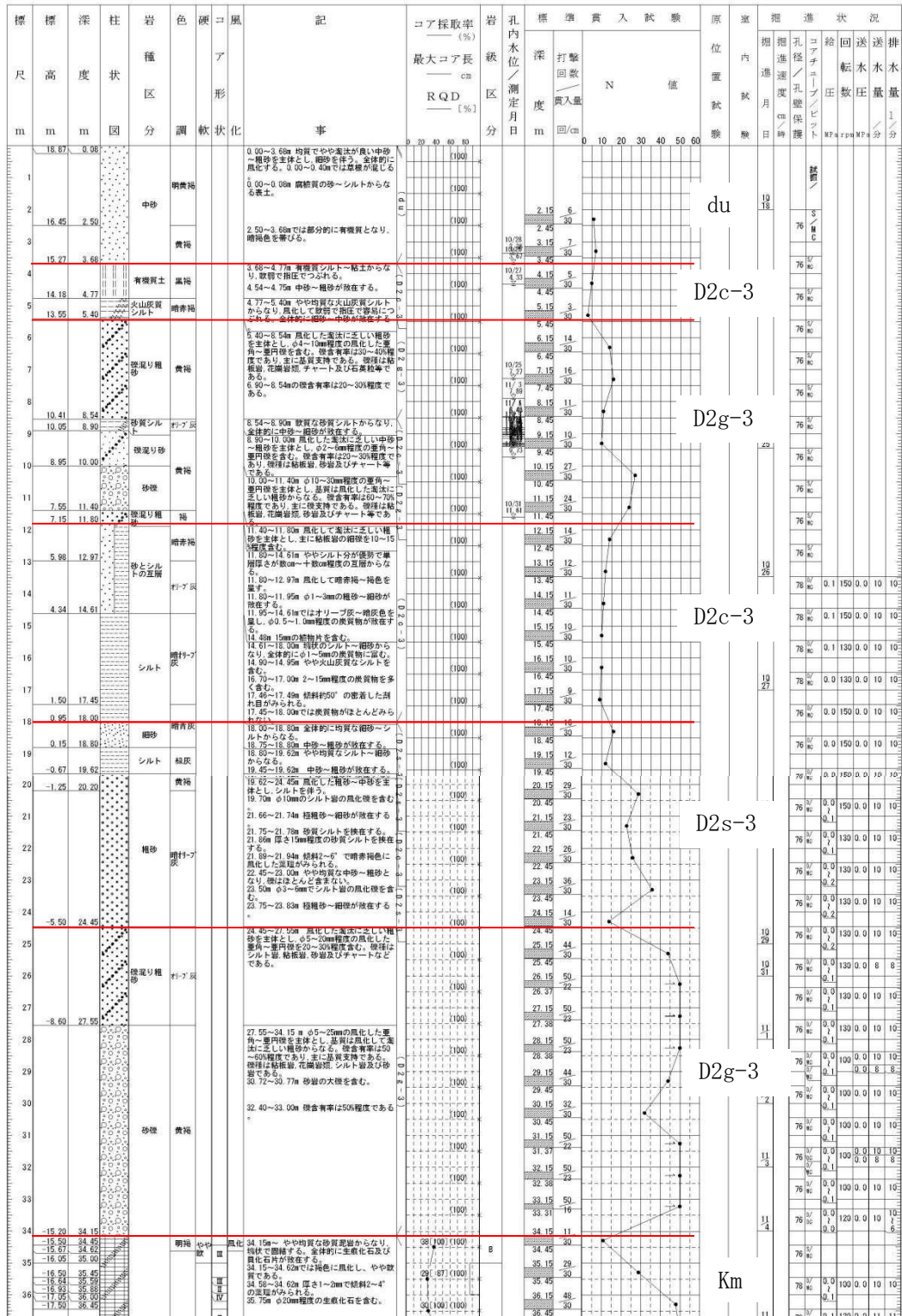


図3-14 ボーリング柱状図 (KK-1)

表 3-13 N 値及び平均 N 値 (KK-1)

| 地層区分  | 標高 EL. (m)      | N 値 | 平均 N 値 |
|-------|-----------------|-----|--------|
| D2g-3 | 12.50 ~ 12.80   | 14  | 17     |
|       | 11.50 ~ 11.80   | 16  |        |
|       | 10.50 ~ 10.80   | 11  |        |
|       | 9.50 ~ 9.80     | 10  |        |
|       | 8.50 ~ 8.80     | 27  |        |
|       | 7.50 ~ 7.80     | 24  |        |
| D2c-3 | 6.50 ~ 6.80     | 14  | 11     |
|       | 5.50 ~ 5.80     | 12  |        |
|       | 4.50 ~ 4.80     | 11  |        |
|       | 3.50 ~ 3.80     | 10  |        |
|       | 2.50 ~ 2.80     | 10  |        |
|       | 1.50 ~ 1.80     | 9   |        |
| D2s-3 | 0.50 ~ 0.80     | 16  | 22     |
|       | -0.50 ~ -0.20   | 12  |        |
|       | -1.50 ~ -1.20   | 29  |        |
|       | -2.50 ~ -2.20   | 23  |        |
|       | -3.50 ~ -3.20   | 26  |        |
|       | -4.50 ~ -4.20   | 36  |        |
|       | -5.50 ~ -5.20   | 14  |        |
| D2g-3 | -6.50 ~ -6.20   | 44  | 46     |
|       | -7.42 ~ -7.20   | 50  |        |
|       | -8.43 ~ -8.20   | 50  |        |
|       | -9.43 ~ -9.20   | 50  |        |
|       | -10.50 ~ -10.20 | 44  |        |
|       | -11.50 ~ -11.20 | 32  |        |
|       | -12.42 ~ -12.20 | 50  |        |
|       | -13.43 ~ -13.20 | 50  |        |
|       | -14.36 ~ -14.20 | 50  |        |
| Km    | -15.50 ~ -15.20 | 11  | 37     |
|       | -16.50 ~ -16.20 | 29  |        |
|       | -17.50 ~ -17.20 | 48  |        |
|       | -18.42 ~ -18.20 | 50  |        |
|       | -19.44 ~ -19.20 | 50  |        |

(2) 無次元化水平変位  $\bar{y}$  の算定

基礎スラブの解析結果から得られた杭頭せん断力を外力として、杭周地盤ばねに初期水平地盤ばね定数  $K_{H0}$  を用いた場合について杭の応力解析を行い、杭体各深度における無次元化水平変位  $\bar{y}$ （水平変位量 1cm に対する水平変位）を算出する。

杭体各深度における初期水平地盤ばね定数  $K_{H0}$  については、基準水平地盤反力係数  $k_{h0}$  を用いて下式により算定する。

$$K_{H0} = k_{h0} \cdot B \cdot \Delta L$$

ここで、

$K_{H0}$  : 初期水平地盤ばね定数 (kN/m)

$k_{h0}$  : 基準水平地盤反力係数 (kN/m<sup>3</sup>)

$B$  : 杭径 (m)

$\Delta L$  : 杭の支配長さ (m)

(3) 水平地盤反力係数  $k_h$  の算定

「基礎指針」に基づき、無次元化水平変位  $\bar{y}$  により場合分けした下式を用いて、杭体各深度における水平地盤反力係数  $k_h$  算出する。

$$0.0 \leq \bar{y} \leq 0.1 \text{ の場合, } k_h = 3.16 \cdot k_{h0}$$

$$0.1 \leq \bar{y} \text{ の場合, } k_h = k_{h0} \cdot \bar{y}^{-1/2}$$

なお、緊急時対策所建屋については全深度で  $0.0 \leq \bar{y} \leq 0.1$  であることから、 $k_h = 3.16 \cdot k_{h0}$  とする。

### 3.4.3 水平地盤反力係数 $k_h$ の算定結果

水平地盤反力係数  $k_h$  の算定結果を表 3-14 に示す。

表 3-14 水平地盤反力係数  $k_h$  の算定結果

| 標高 EL.<br>(m) | 地層<br>区分       | 水平地盤反力係数 $k_h$ (kN/m <sup>3</sup> ) |                              |                              |
|---------------|----------------|-------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|               |                | 改良土試験施工<br>平均値モデル                   | 改良土試験施工<br>平均値+ $\sigma$ モデル | 改良土試験施工<br>平均値- $\sigma$ モデル |
| 20.8~19.0     | 改良土<br>(f1)    | $4.70 \times 10^7$                  | $5.54 \times 10^7$           | $3.86 \times 10^7$           |
| 19.0~15.3     | 改良土<br>(du)    | $4.70 \times 10^7$                  | $5.54 \times 10^7$           | $3.86 \times 10^7$           |
| 15.3~13.6     | 改良土<br>(D2c-3) | $4.70 \times 10^7$                  | $5.54 \times 10^7$           | $3.86 \times 10^7$           |
| 13.6~7.2      | D2g-3          | $6.66 \times 10^4$                  | $6.66 \times 10^4$           | $6.66 \times 10^4$           |
| 7.2~1.0       | D2c-3          | $3.23 \times 10^4$                  | $3.23 \times 10^4$           | $3.23 \times 10^4$           |
| 1.0~-5.5      | D2s-3          | $8.62 \times 10^4$                  | $8.62 \times 10^4$           | $8.62 \times 10^4$           |
| -5.5~-15.2    | D2g-3          | $1.80 \times 10^5$                  | $1.80 \times 10^5$           | $1.80 \times 10^5$           |
| -15.2~-20.0   | Km             | $1.09 \times 10^5$                  | $1.09 \times 10^5$           | $1.09 \times 10^5$           |

### 3.5 杭の極限支持力及び残留引抜き抵抗力の設定

杭の極限支持力及び残留引抜き抵抗力は、「基礎指針」の場所打ちコンクリート杭の評価式に基づき設定する。極限支持力及び残留引抜き抵抗力の評価式を以下に、杭の極限支持力及び残留引抜き抵抗力の算定に用いる諸元と算定結果を表 3-15 に示す。

$$\begin{aligned}
 R_u &= R_p + R_f \\
 R_p &= q_p \cdot A_p \\
 q_p &= 6c_u \\
 R_f &= R_{fs} + R_{fc} \quad R_{fs} = \tau_s \cdot L_s \cdot \varphi \\
 \tau_s &= 3.3\bar{N} \\
 R_{fc} &= \tau_c \cdot L_c \cdot \varphi \\
 \tau_c &= c_u \\
 R_{TR} &= (1/1.2)(\sum \tau_{sti}L_{si} + \sum \tau_{cti}L_{ci})\varphi + W
 \end{aligned}$$

ここで、

$R_u$  : 極限支持力 (kN)

$R_p$  : 極限先端支持力 (kN)

$R_f$  : 極限周面摩擦力 (kN)

$q_p$  : 極限先端支持力度 (kN/m<sup>2</sup>)。上限値  $q_p = 7,500$  (kN/m<sup>2</sup>) とする。

$A_p$  : 杭先端の閉塞断面積 (m<sup>2</sup>)

$\bar{N}$  : 地盤の平均N値。上限値  $\bar{N} = 50$  とする。

$R_{fs}$  : 砂質土部分の極限周面摩擦力 (kN)

$R_{fc}$  : 粘性土部分の極限周面摩擦力 (kN)

$\tau_s$  : 砂質土の極限周面摩擦力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_s$  : 砂質土部分の長さ (m)

$\varphi$  : 杭の周長 (m)

$\tau_c$  : 粘性土の極限周面摩擦力度 (kN/m<sup>2</sup>)

$L_c$  : 粘性土部分の長さ (m)

$c_u$  : 土の非排水せん断強さ (kN/m<sup>2</sup>)。極限周面摩擦力度の算定時においては、上限値  $c_u = 100$  (kN/m<sup>2</sup>) とする。

$R_{TR}$  : 残留引抜き抵抗力 (kN)

$\tau_{sti}$  : 砂質土の  $i$  層における杭引抜き時の最大周面摩擦力度で、押し込み時の極限周面摩擦力度の 2/3 とする。(kN/m<sup>2</sup>)

$\tau_{cti}$  : 粘性土の  $i$  層における杭引抜き時の最大周面摩擦力度で、押し込み時の極限周面摩擦力度と同一とする。(kN/m<sup>2</sup>)

$L_{si}$  : 砂質土の  $i$  層における杭の長さ (m)

$L_{ci}$  : 粘性土の  $i$  層における杭の長さ (m)

$W$  : 杭の自重で、地下水位以下の部分については浮力を考慮する。(kN)

表 3-15 杭の極限支持力及び残留引抜き抵抗力の算定に用いる諸元と算定結果

| 項目                                         |                                | 算定結果  |
|--------------------------------------------|--------------------------------|-------|
| 極限支持力 $R_u$ (kN)                           |                                | 17224 |
| 極限先端支持力 $R_p$ (kN)                         |                                | 4270  |
| 極限先端支持力度 $q_p$ (kN/m <sup>2</sup> )        |                                | 5437  |
| 極限周面摩擦力 $R_f$ (kN)                         |                                | 12954 |
| 砂質土部分の極限周面摩擦力 $R_{fs}$ (kN)                |                                | 7236  |
| 砂質土の極限周面摩擦力度 $\tau_s$ (kN/m <sup>2</sup> ) | D2g-3 層 (EL. 13.6m~EL. 7.2m)   | 56.1  |
|                                            | D2s-3 層 (EL. 1.0m~EL. -5.5m)   | 72.6  |
|                                            | D2g-3 層 (EL. -5.5m~EL. -15.2m) | 151   |
| 粘性土部分の極限周面摩擦力 $R_{fc}$ (kN)                |                                | 5718  |
| 粘性土の極限周面摩擦力度 $\tau_c$ (kN/m <sup>2</sup> ) |                                | 100   |
| 残留引抜き抵抗力 $R_{TR}$ (kN)                     |                                | 9313  |



### 3.6 杭頭接合部の照査

#### 3.6.1 杭頭接合部の照査方針

杭頭は基礎スラブと剛接合することとし、「建築基礎構造設計指針」に基づき、鉛直押し抜きせん断、杭頭補強筋に対する照査を実施する。

#### 3.6.2 鉛直押し抜きせん断に対する照査結果

基礎スラブコンクリートの鉛直押し抜きせん断応力度の照査は下式により行う。考慮する破壊面は、隣り合う杭の破壊面が交差するため、杭頭と破壊面の交点との中点を通る円筒面とする（概略図を図3-15に示す）。照査結果を表3-16に示す。

$$\tau_v = P / \{ \pi \cdot (B+p) / 2 \cdot d \} \leq \tau_a$$

ここで、

P：鉛直押し抜きせん断力 (N)

B：杭径 (1000mm)

p：杭中心間隔 (4000mm)

d：鉛直方向の押し抜きせん断に抵抗する基礎スラブの有効厚さ

$$= (\text{基礎の厚さ } D=2200\text{mm}) - (\text{杭の埋め込み長}=100\text{mm}) = 2100\text{mm}$$

$\tau_a$ ：許容押し抜きせん断応力度=1.18N/mm<sup>2</sup>

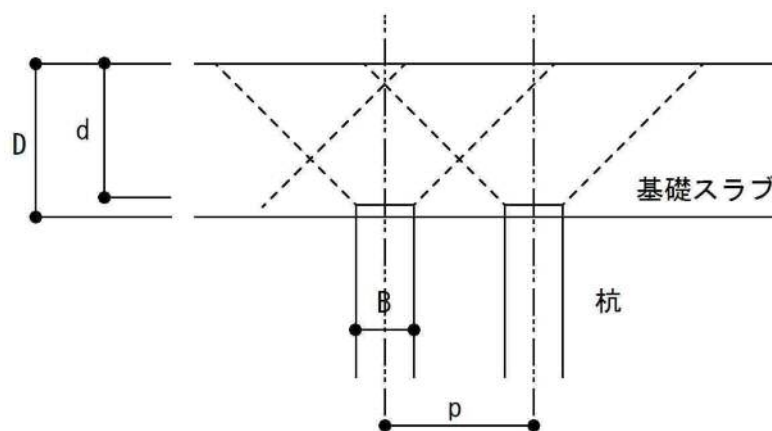


図3-15 鉛直押し抜きせん断に対する照査の概略図

表3-16 鉛直押し抜きせん断に対する照査

| 鉛直<br>押し抜き力<br>P(kN) | 押し抜き<br>せん断応力度<br>$\tau_v$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 許容<br>応力度<br>$\tau_a$ (N/mm <sup>2</sup> ) | 検定比<br>$\tau_v / \tau_a$ |
|----------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|
| 10819                | 0.656                                           | 1.18                                       | 0.56                     |

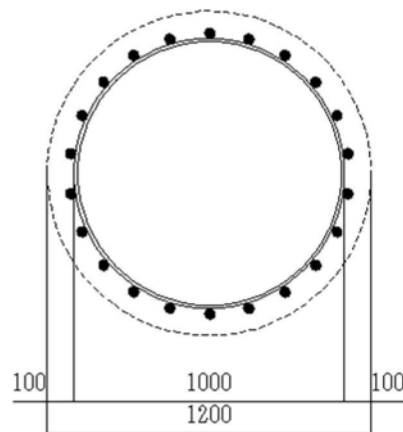
### 3.6.3 杭頭補強筋に対する照査結果

杭頭補強筋に対する照査は表 3-17 及び図 3-16 に示す仮想鉄筋コンクリート断面を設定し、杭頭の曲げモーメント及び軸力に対する照査を行う。仮想鉄筋コンクリート断面に対する照査は、コンクリート及び鉄筋の許容限界に基づく曲げモーメントと杭軸力の曲線（以下「M-N 曲線」という。）に対して、表 3-18 に示す設計用荷重（杭頭における  $S_3$  地震時の最大曲げモーメント、最大杭軸力及び最小杭軸力）を重ね合わせることで、杭頭部のコンクリート及び杭頭補強筋の応力度が許容限界以下であることを確認する。

仮想鉄筋コンクリート断面に対する照査結果を図 3-17 に示す。 $S_3$  地震時の最大値は M-N 曲線（短期）の内側に納まっていることから、杭頭接合部の健全性を確保できている。

表 3-17 仮想鉄筋コンクリート断面諸元

| 杭径<br>(mm) | 仮想鉄筋コンクリート<br>断面の径<br>(mm) | 杭頭補強筋  | 杭頭補強筋の<br>許容応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | コンクリートの<br>設計基準強度 $F_c$<br>(N/mm <sup>2</sup> ) |
|------------|----------------------------|--------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1000       | 1200                       | 22-D38 | 390                                     | 30                                              |



(単位：mm)

図 3-16 仮想鉄筋コンクリート断面

表 3-18 仮想鉄筋コンクリート断面に対する設計用荷重

| 杭頭における<br>最大曲げモーメント<br>(kN・m) | 最大杭軸力<br>(kN) | 最小杭軸力<br>(kN) |
|-------------------------------|---------------|---------------|
| 495                           | 10819         | -2479         |

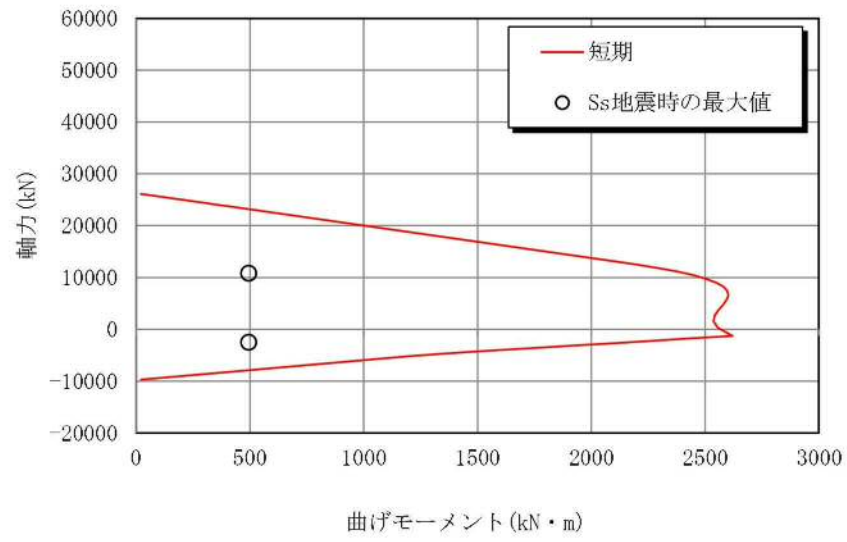


図 3-17 仮想鉄筋コンクリート断面に対する照査結果

### 3.7 地下水位による浮力を考慮した常時荷重時の影響検討

#### 3.7.1 概要

緊急時対策所建屋周辺の地下水位は、地表面（EL. 23.0m）としているため、基礎スラブ下面（EL. 20.8m）に浮力が作用する。本章では、浮力を考慮した常時荷重に対し、基礎スラブが構造的に問題にならないことを確認する。

#### 3.7.2 検討方針と許容限界

地下水による浮力を考慮した常時荷重に対する応力解析に基づく基礎スラブの長期許容応力度に基づく必要鉄筋量が、設計配筋量以下となることを確認する。

許容限界は長期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の長期許容応力度を表 3-19 及び表 3-20 に示す。

表 3-19 コンクリートの長期許容応力度

| 設計基準強度 $F_c$<br>( $N/mm^2$ ) | 圧縮<br>( $N/mm^2$ ) | せん断<br>( $N/mm^2$ ) |
|------------------------------|--------------------|---------------------|
| 30.0                         | 10.0               | 0.79                |

表 3-20 鉄筋の長期許容応力度

| 鉄筋の種類 | 引張及び圧縮<br>( $N/mm^2$ ) | せん断補強<br>( $N/mm^2$ ) | 使用箇所       |
|-------|------------------------|-----------------------|------------|
| SD345 | 215 (195*)             | 195                   | 主筋及びせん断補強筋 |

注記 \* : D29 以上の太さの鉄筋に対しては( )内の数値とする。

### 3.7.3 荷重及び荷重の組合せ

検討に用いる荷重は、添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」にて設定している荷重とする。ただし、積雪荷重については地震時用の低減係数を考慮しないため、表 3-21 の通り設定する。また、荷重組合せは表 3-22 の通り設定する。なお、浮力は固定荷重(G)に含む。

表 3-21 積雪荷重

| 外力の状態 | 積雪荷重                 |
|-------|----------------------|
| 常時    | 600 N/m <sup>2</sup> |

表 3-22 荷重の組合せ

| 外力の状態 | 荷重の組合せ  |
|-------|---------|
| 常時    | G+E+P+S |

- G : 固定荷重
- E : 機器配管荷重
- P : 積載荷重
- S : 積雪荷重

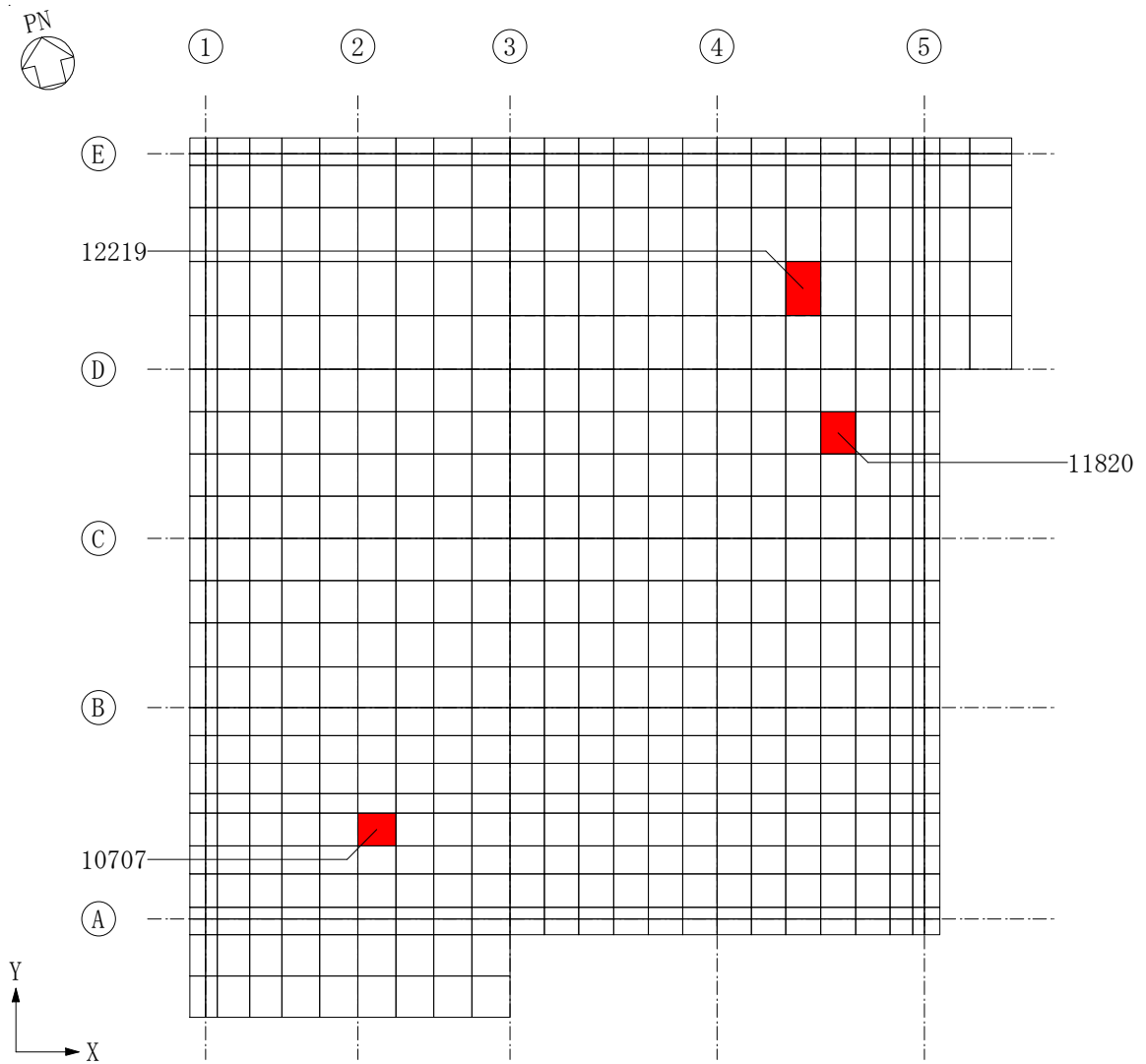
### 3.7.4 検討結果

断面の評価結果を記載する要素を、以下の通り選定する。

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、せん断力が最大となる要素を選定する。

選定した要素の位置を図 3-18 及び図 3-19 に、評価結果を表 3-23 に示す。

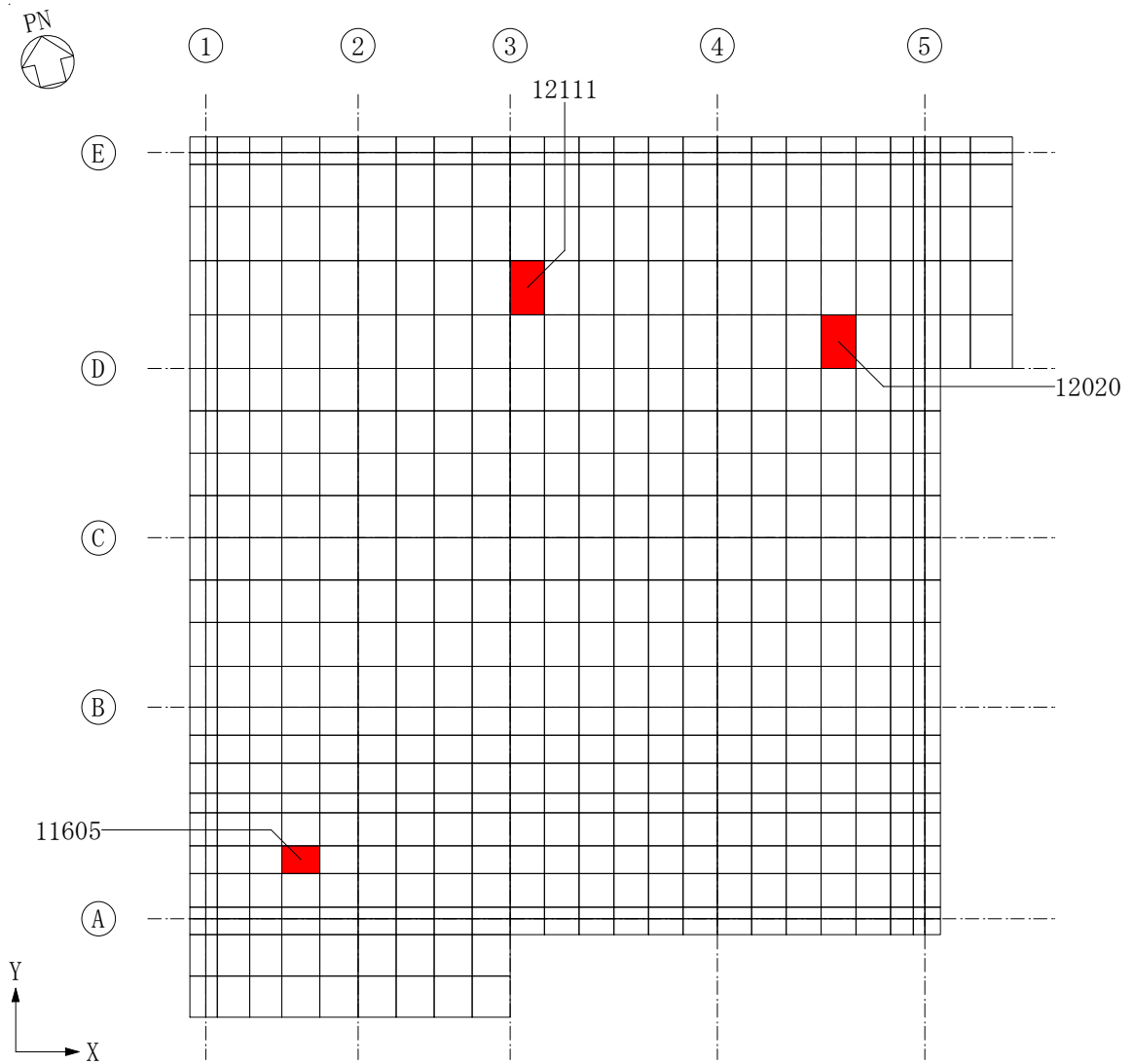
長期荷重において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断力がコンクリートの長期許容せん断力を超えないことを確認した。



注：图中引出線の数字は、要素番号を示す。

(a) NS 方向

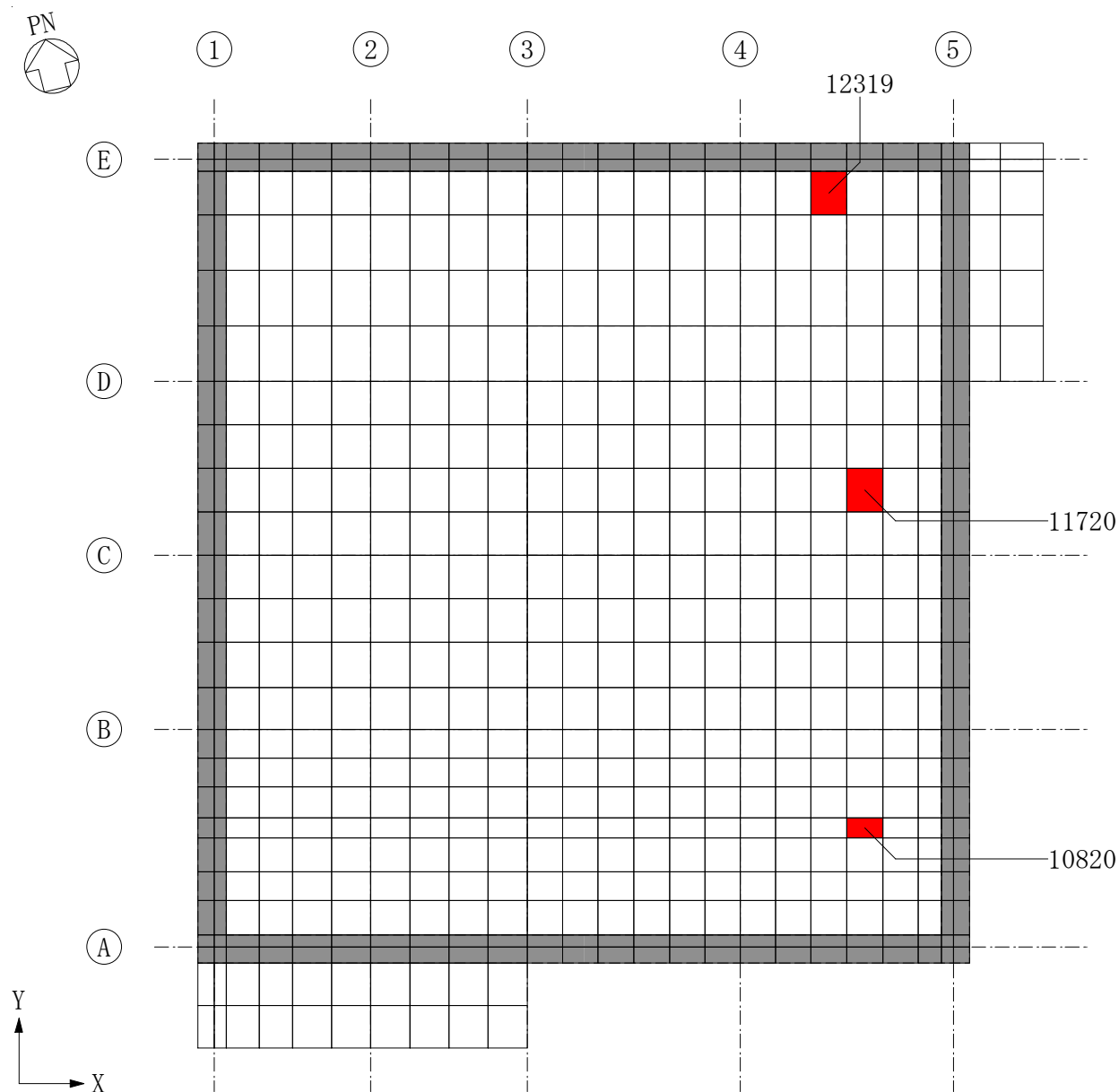
図 3-18 主筋評価で選定した要素の位置 (長期) (1/2)



注：图中引出線の数字は、要素番号を示す。

(b) EW 方向

図 3-18 主筋評価で選定した要素の位置 (長期) (2/2)



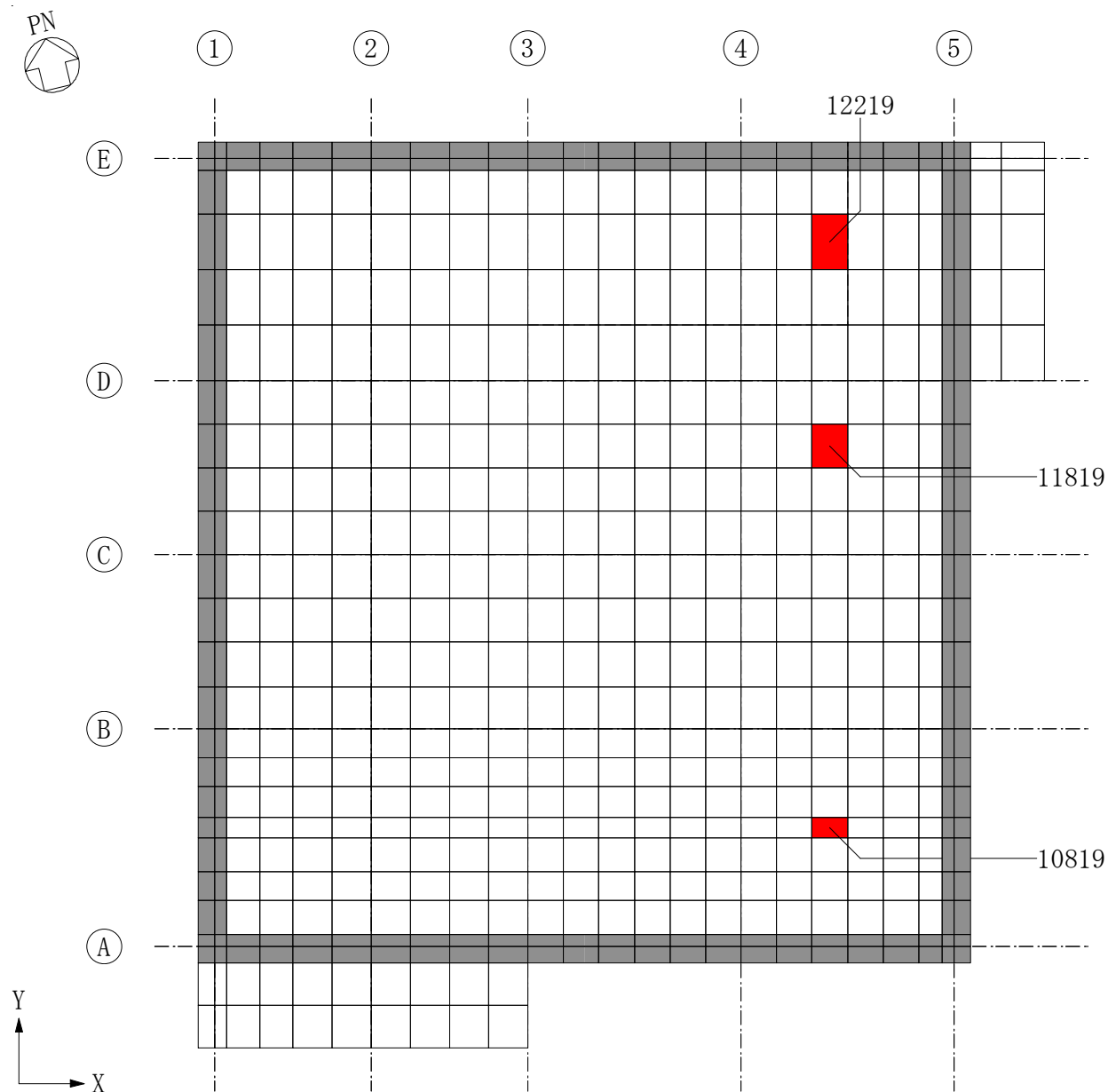
注1 : 図中灰色部分は、耐震壁直下のため評価対象外とする。

注2 : 図中引出線の数字は、要素番号を示す。

(a) NS 方向

図 3-19 せん断補強筋評価で選定した要素の位置 (長期) (1/2)





注1 : 図中灰色部分は、耐震壁直下のため評価対象外とする。

注2 : 図中引出線の数字は、要素番号を示す。

(b) EW 方向

図 3-19 せん断補強筋評価で選定した要素の位置 (長期) (2/2)

表 3-23 評価結果（基礎スラブ）

| 評価項目                                      |          |                                  | 要素<br>番号  | 解析<br>結果 | 許容値   | 備考   |        |
|-------------------------------------------|----------|----------------------------------|-----------|----------|-------|------|--------|
| 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                        | 部材厚 2.5 m | 10707    | 0.281 | 1.00 | 引張鉄筋   |
|                                           |          | 必要鉄筋量/配筋量                        | 部材厚 2.2 m | 11820    | 0.120 | 1.00 | 引張鉄筋   |
|                                           |          | 必要鉄筋量/配筋量                        | 部材厚 5.7 m | 12219    | 0.120 | 1.00 | 引張鉄筋   |
|                                           | EW<br>方向 | 必要鉄筋量/配筋量                        | 部材厚 2.5 m | 11605    | 0.290 | 1.00 | 引張鉄筋   |
|                                           |          | 必要鉄筋量/配筋量                        | 部材厚 2.2 m | 12020    | 0.267 | 1.00 | 引張鉄筋   |
|                                           |          | 必要鉄筋量/配筋量                        | 部材厚 5.7 m | 12111    | 0.140 | 1.00 | 引張鉄筋   |
| 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> ) | 部材厚 2.5 m | 10820    | 0.208 | 0.79 | コンクリート |
|                                           |          | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 部材厚 2.2 m | 11720    | 0.171 | 0.79 | コンクリート |
|                                           |          | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 部材厚 5.7 m | 12319    | 0.266 | 0.79 | コンクリート |
|                                           | EW<br>方向 | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 部材厚 2.5 m | 10819    | 0.195 | 0.79 | コンクリート |
|                                           |          | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 部材厚 2.2 m | 11819    | 0.160 | 0.79 | コンクリート |
|                                           |          | 面外せん断応力度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | 部材厚 5.7 m | 12219    | 0.269 | 0.79 | コンクリート |

#### 4. 液状化影響検討についての補足説明

##### 4.1 概要

施設毎の液状化影響検討のフローを図 4-1 に示す。緊急時対策所建屋については、施設の周辺地盤を改良することで液状化検討対象層がない状態としているため、液状化の影響検討は不要であるが、地盤改良範囲外の液状化検討対象層に豊浦標準砂の液状化強度特性を与えることで、強制的に液状化を生じると仮定しても、杭の健全性を確保できることを確認する。

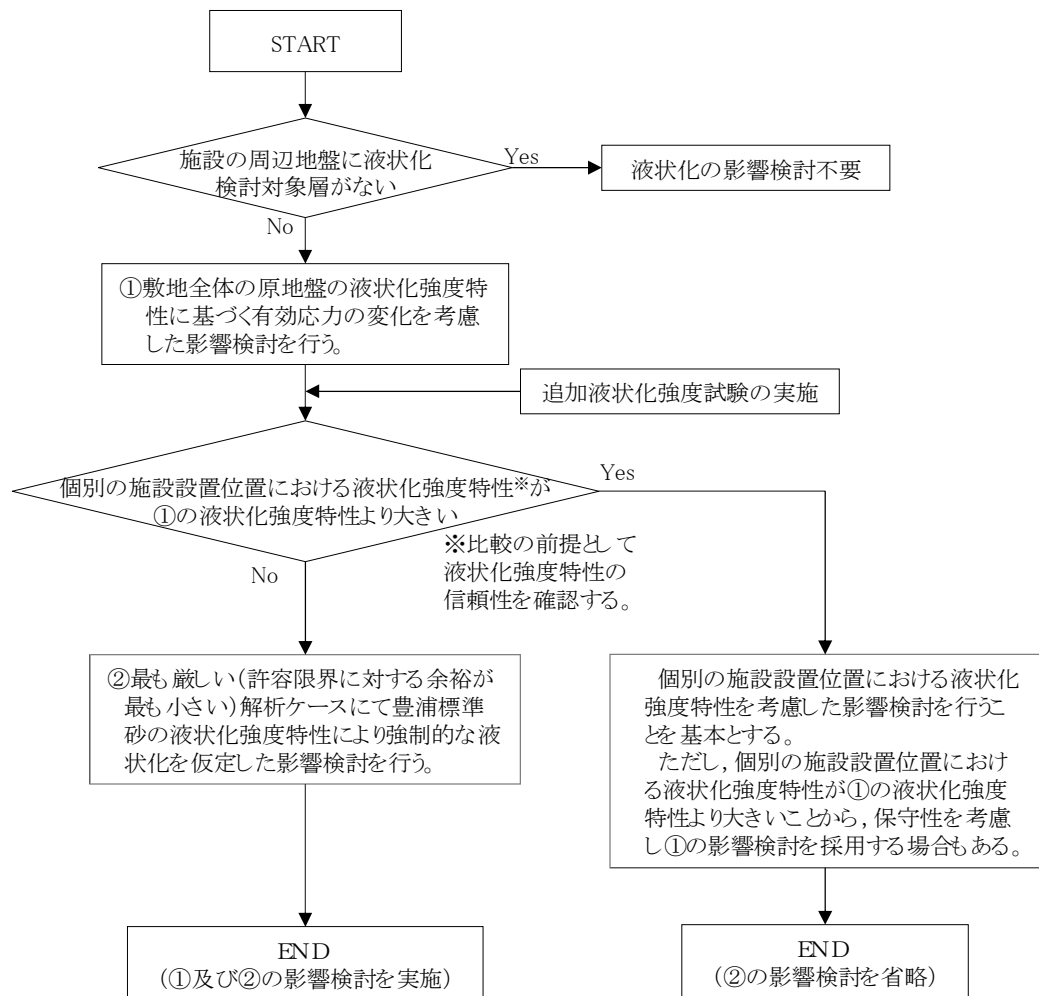
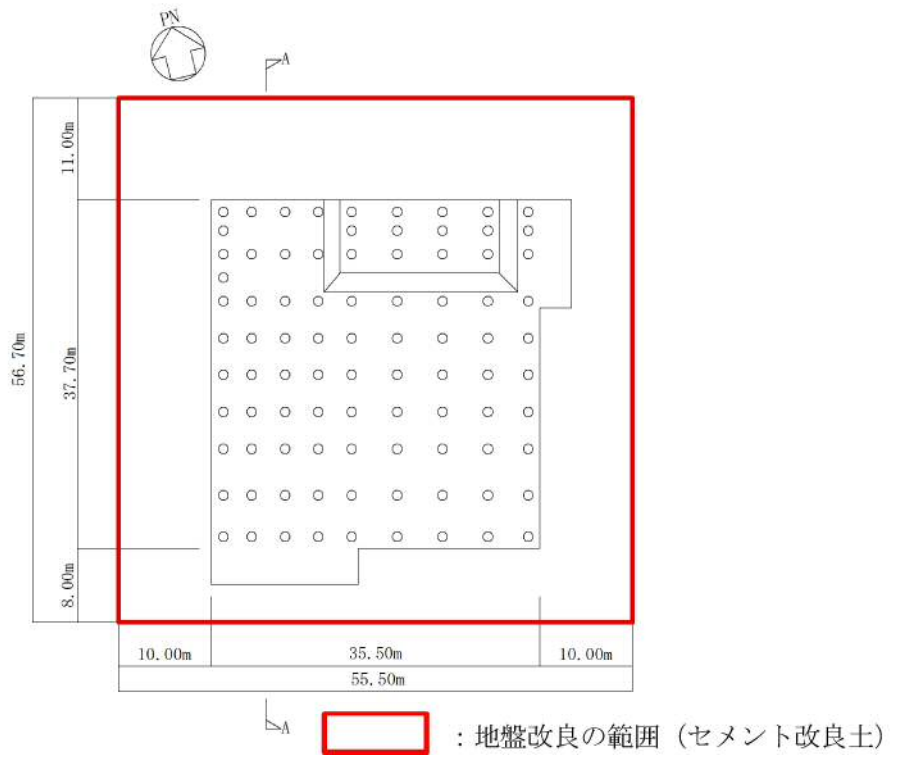


図 4-1 施設毎の液状化影響検討のフロー

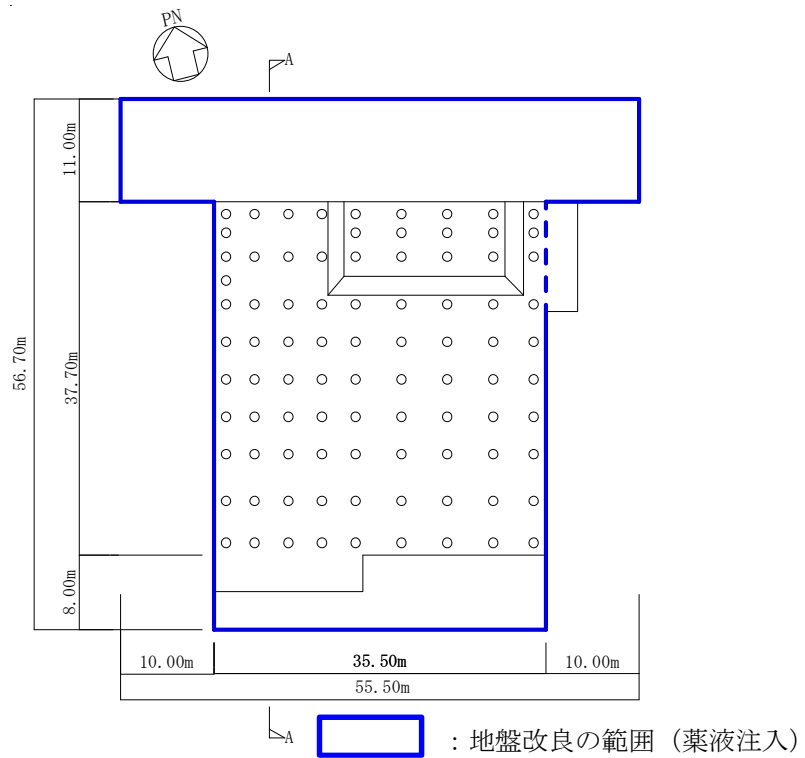
#### 4.2 緊急時対策所建屋の地盤改良について

緊急時対策所建屋の地盤改良の範囲を図 4-2 及び図 4-3 に示す。緊急時対策所建屋の周辺地盤において、地表近傍（EL. 20.8m～EL. 13.6m）の地盤改良は、原地盤を購入砂とセメントミルクを混ぜた流動化処理土（以下「セメント改良土」という。）で置換し、液状化の発生を防止しているが、当該層以深においても液状化検討対象層が存在する。このため、セメント改良土の施工範囲以深の液状化検討対象層（砂質層）に対して薬液注入工法（以下「薬液注入」という。）を適用し、液状化の発生を防止する。

薬液注入は、恒久的な溶液型薬液を使用し、その薬液が砂粒子間の間隙水と置き換わりながら浸透し、地盤を固結させる工法である。砂粒子間に浸透した薬液はゲル状の物質（ゲル化物）に変化し、砂粒子の間隙はゲル化物で充填された状態となるため、液状化の要因となる間隙水がほぼ無くなり、液状化が生じなくなる。薬液注入の概念図を図 4-4 に示す。



(a) セメント改良土



(b) 薬液注入

図 4-2 緊急時対策所建屋の地盤改良の範囲 (杭伏図, EL. 20.8m)

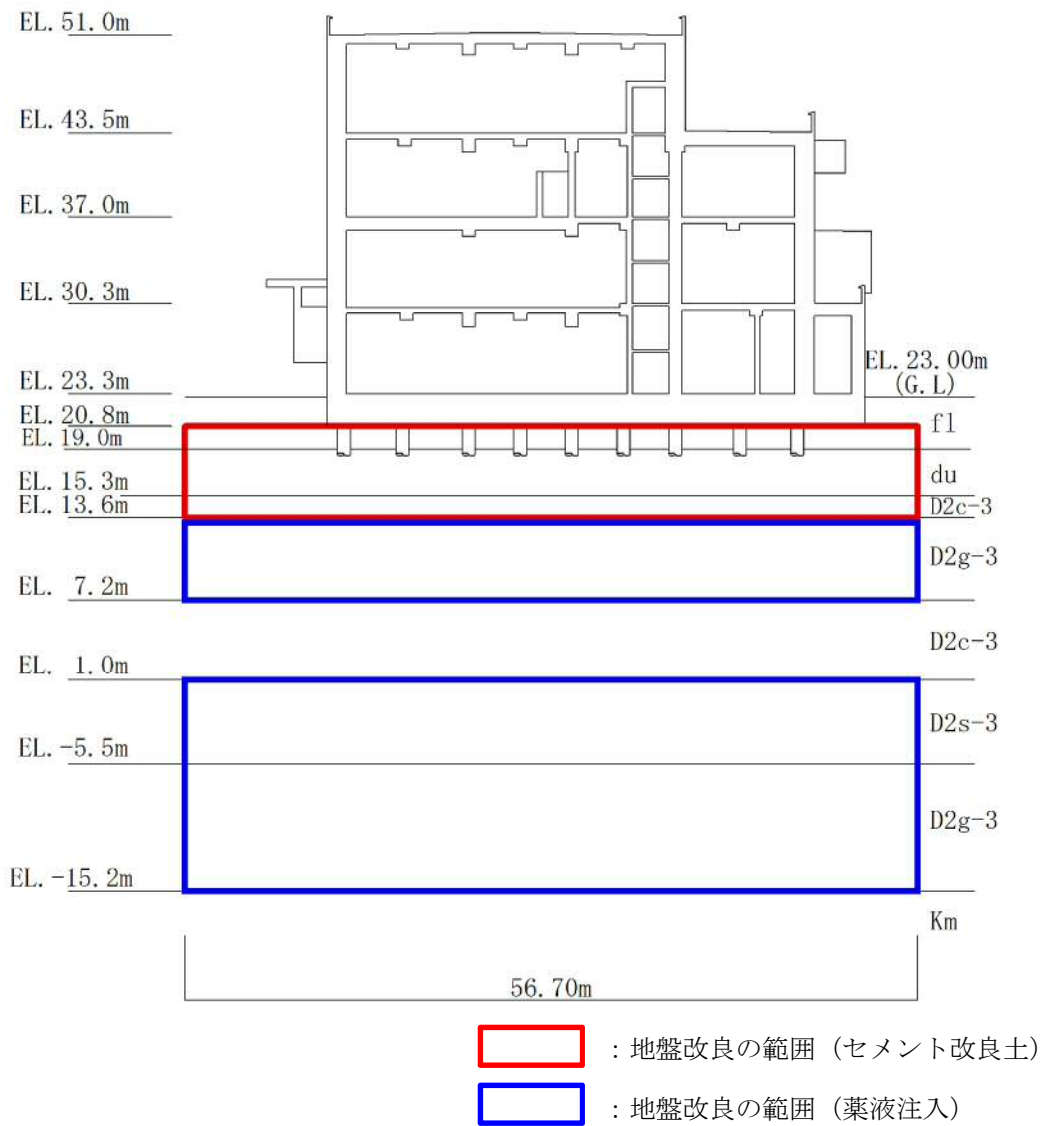


図 4-3 緊急時対策所建屋の地盤改良の範囲 (A-A 断面図)

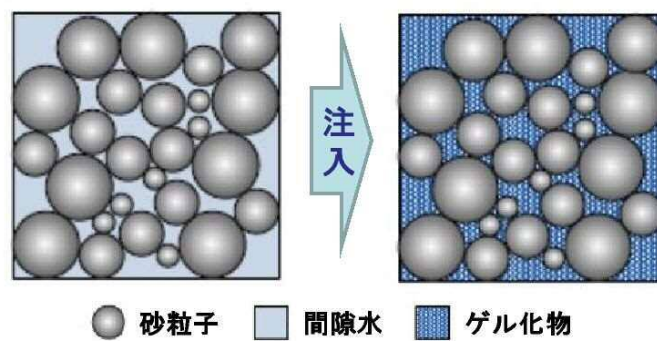
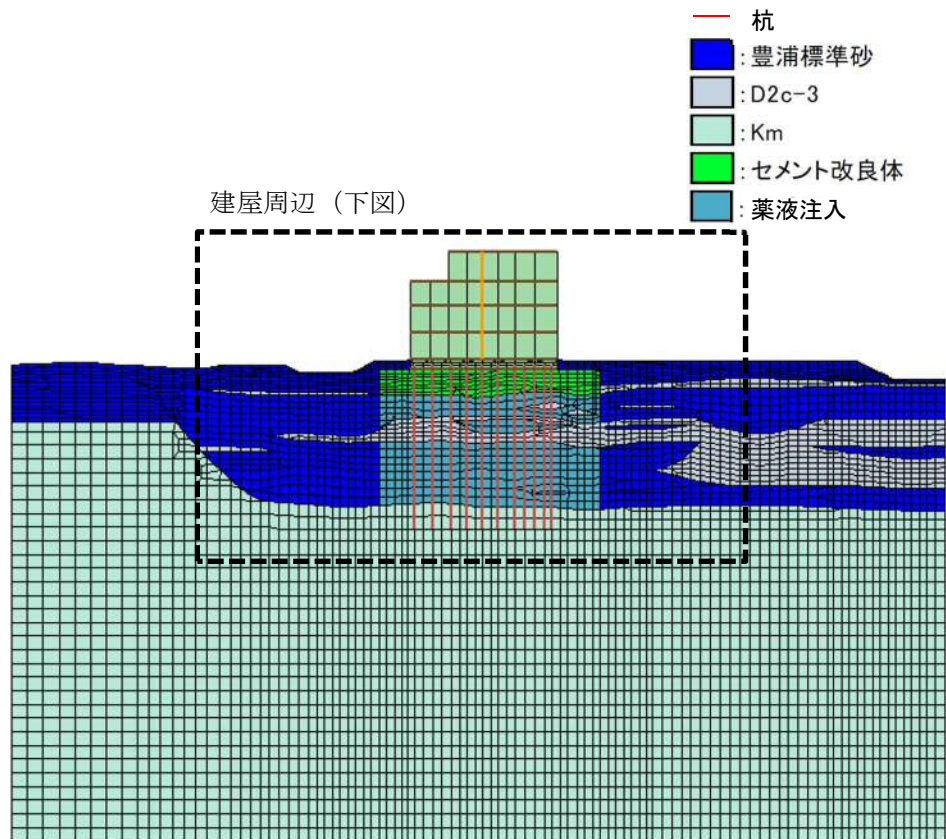


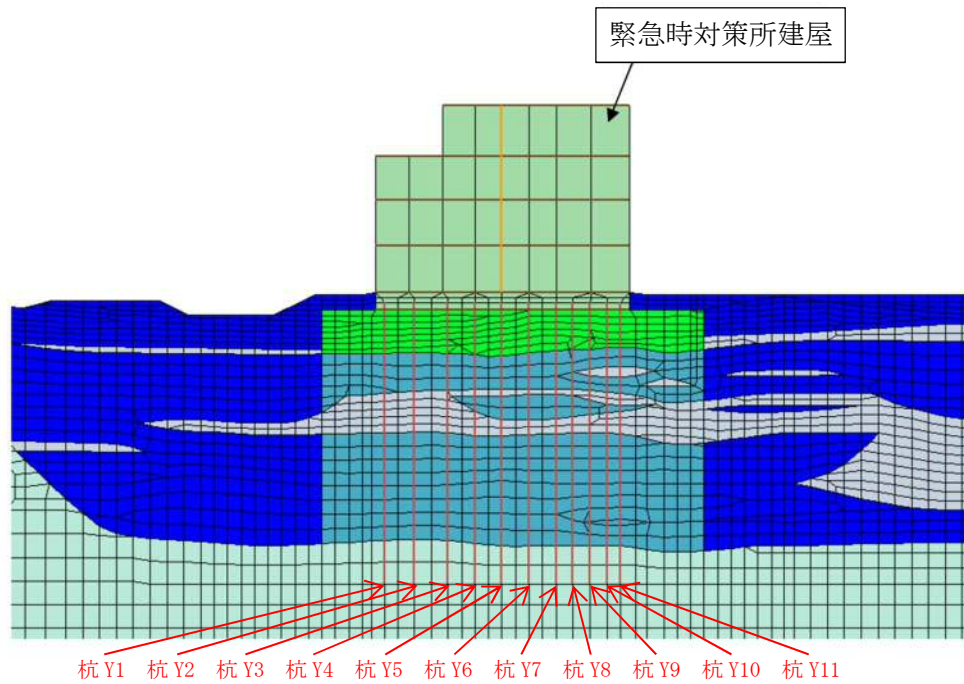
図 4-4 薬液注入の概念図

#### 4.3 2次元有効応力解析による地震応答解析モデル

地盤改良範囲外の液状化検討対象層に豊浦標準砂の液状化強度特性を与えることで、強制的に液状化を生じると仮定した2次元有効応力解析モデルにより地震応答解析を実施する。検討に用いる地震波は、全周期帯の応答が大きく継続時間の長い基準地震動S<sub>s</sub>-D1とする。解析モデルを図4-5に、杭番号を図4-6に示す。ここで、図4-5に示した薬液注入の範囲については、原地盤の物性値を使用する。



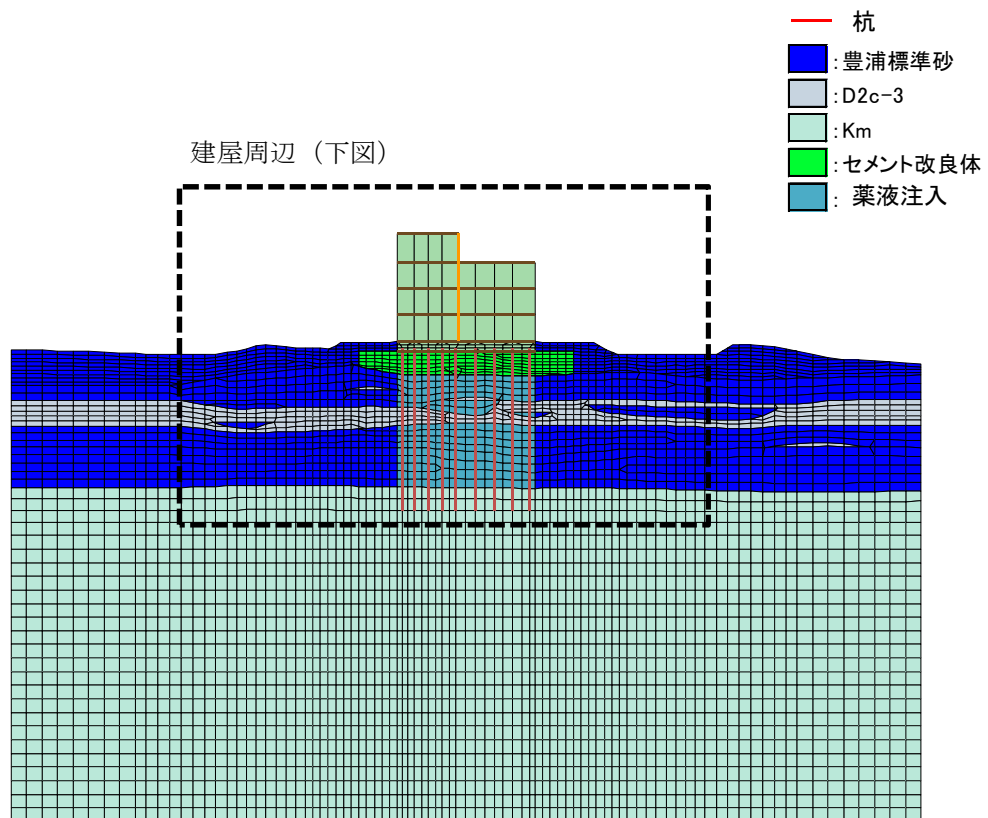
(a) 全体



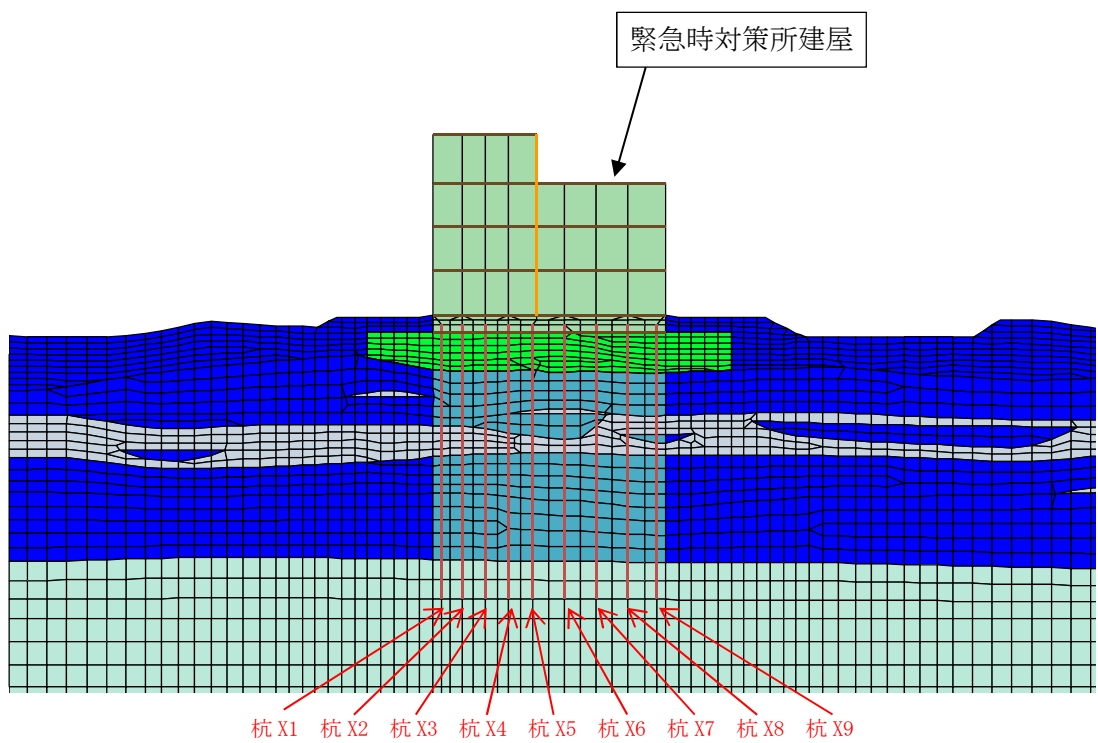
(b) 建屋周辺

図 4-5 (1/2) 解析モデル (NS 方向)



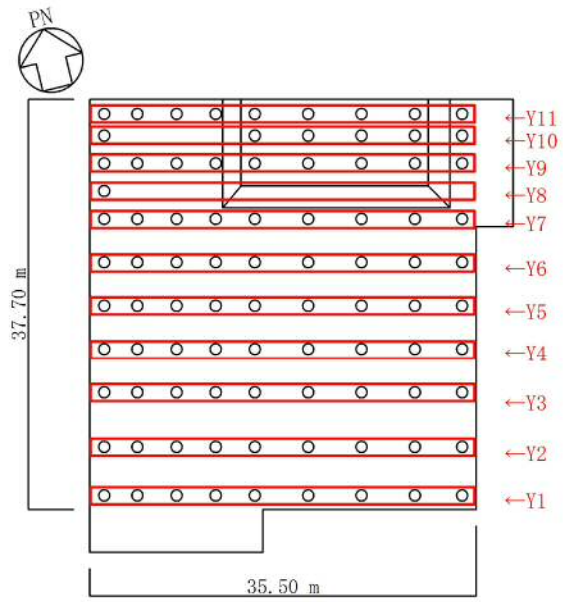


(a) 全体



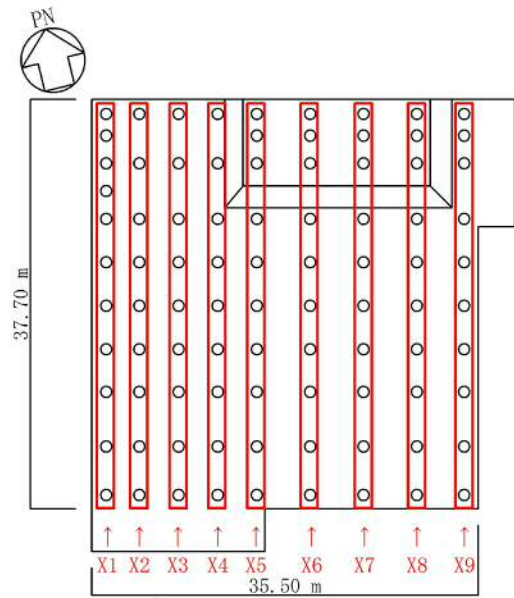
(b) 建屋周辺

図 4-5 (2/2) 解析モデル (EW 方向)



凡例 ○：杭

(a) NS 方向



凡例 ○：杭

(b) EW 方向

图 4-6 杭番号

#### 4.4 杭の健全性の評価

##### 4.4.1 杭の仕様

杭の仕様を表 4-1 に、杭の断面性能を表 4-2 に示す。

表 4-1 杭の仕様

| コンクリート                       |                       |       | 鋼管     |                          |
|------------------------------|-----------------------|-------|--------|--------------------------|
| 設計基準強度 $F_c$<br>( $N/mm^2$ ) | ヤング係数<br>( $N/mm^2$ ) | ポアソン比 | 鋼材     | 基準強度 $F$<br>( $N/mm^2$ ) |
| 24                           | $2.27 \times 10^4$    | 0.2   | SKK490 | 325                      |

表 4-2 杭の断面性能

| 外径<br>$D$ (mm) | 板厚<br>$t$ (mm) | 全断面積<br>$A$ ( $m^2$ ) | せん断<br>断面積<br>$A_s$ ( $m^2$ ) | 断面 2 次<br>モーメント<br>$I$ ( $m^4$ ) |
|----------------|----------------|-----------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1000           | 22             | 1.300                 | 0.9436                        | 0.1105                           |

注：表中の断面性能はコンクリート換算した値である。

注：上記の板厚に対して腐食代 1 mm を考慮する。

##### 4.4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価方法

基礎地盤の支持性能に関する評価は、杭頭に作用する最大鉛直力が極限支持力以下であることを確認する。極限支持力を表 4-3 に示す。

表 4-3 杭の極限支持力 (単位：kN/本)

| 杭径 (mm)     | 極限支持力 |
|-------------|-------|
| $\phi 1000$ | 17224 |

##### 4.4.3 杭の断面の評価方法

杭の断面の評価は、解析により得られた曲げモーメント及びせん断力に対して行う。

場所打ち鋼管コンクリート杭に対する照査は、杭に生じる曲げモーメントが、杭軸力を考慮した場所打ち鋼管コンクリート杭の終局曲げモーメント以下であること、また、杭に生じるせん断力が、場所打ち鋼管コンクリート杭の短期許容せん断力以下であることを確認する。

杭軸力を考慮した場所打ち鋼管コンクリート杭の終局曲げモーメント及び短期許容せん断力は、「SRC規準」に従い下式により算定する。

各許容値の算定式を以下に、曲げモーメントと杭軸力の関係を図 4-7 に、短期許容せん断力の算定結果を表 4-4 に示す。

・杭軸力を考慮した終局曲げモーメントの評価

$$N_u = {}_cN_u + {}_sN_u$$

$$M_u = {}_cM_u + {}_sM_u$$

$${}_cN_u = (\theta_n - \sin \theta_n \cdot \cos \theta_n) {}_cD_j^2 \cdot {}_c\sigma_{cB} / 4$$

$${}_cM_u = \sin^3 \theta_n \cdot {}_cD_j^3 \cdot {}_c\sigma_{cB} / 12$$

$${}_sN_u = \{ (\beta_1 \cdot \theta_n + \beta_2 (\theta_n - \pi)) (1 - {}_st / {}_sD) {}_sD \cdot {}_st \cdot {}_s\sigma_y$$

$${}_sM_u = (\beta_1 + \beta_2) \sin \theta_n \cdot (1 - {}_st / {}_sD)^2 / 2 \cdot {}_sD^2 \cdot {}_st \cdot {}_s\sigma_y$$

$$\theta_n = \cos^{-1} (1 - 2x_{n1})$$

$$x_{n1} = x_n / {}_cD_j$$

$${}_c\sigma_{cB} = {}_cr_u \cdot F_c + 1.56 {}_st \cdot {}_s\sigma_y / ({}_sD - 2 {}_st)$$

$$\beta_1 = 0.89, \beta_2 = 1.08$$

$${}_cr_u = 0.85$$

ここで,

$N_u$  : 部材の終局圧縮耐力 (N)

${}_cN_u$  : コンクリート部分の終局圧縮耐力 (N)

${}_sN_u$  : 鋼管部分の終局圧縮耐力 (N)

$M_u$  : 部材の終局曲げ耐力 (N・mm)

${}_cM_u$  : 充填コンクリート部分の終局曲げ耐力 (N・mm)

${}_sM_u$  : 鋼管部分の終局曲げ耐力 (N・mm)

$\theta_n$  : 円形断面において中立軸位置を定める角度 (°)

${}_cD_j$  : 充填コンクリート部分の径 (mm)

${}_c\sigma_{cB}$  : 円形鋼管の拘束効果を考慮した充填コンクリートの圧縮強度 (N/ mm<sup>2</sup>)

${}_st$  : 鋼管の厚さ (mm)

${}_sD$  : 鋼管の径 (mm)

${}_s\sigma_y$  : 鋼管の降伏応力度 (N・mm<sup>2</sup>)

$F_c$  : コンクリートの設計基準強度 (N/ mm<sup>2</sup>)

- ・短期許容せん断力の評価

$${}_s Q_d \leq {}_s Q$$

$${}_s Q_d = Q$$

$${}_s Q = \frac{{}_s A}{2} \cdot {}_s f_s$$

ここで,

${}_s Q_d$  : 鋼管部分の設計用せん断力 (N)

${}_s Q$  : 鋼管部分の許容せん断力 (N)

$Q$  : 設計用せん断力 (N)

${}_s A$  : 鋼管部分の断面積 (mm<sup>2</sup>)

${}_s f_s$  : 鋼管の許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>) (=  $F/\sqrt{3}$ ,  $F$  は鋼材の基準強度)

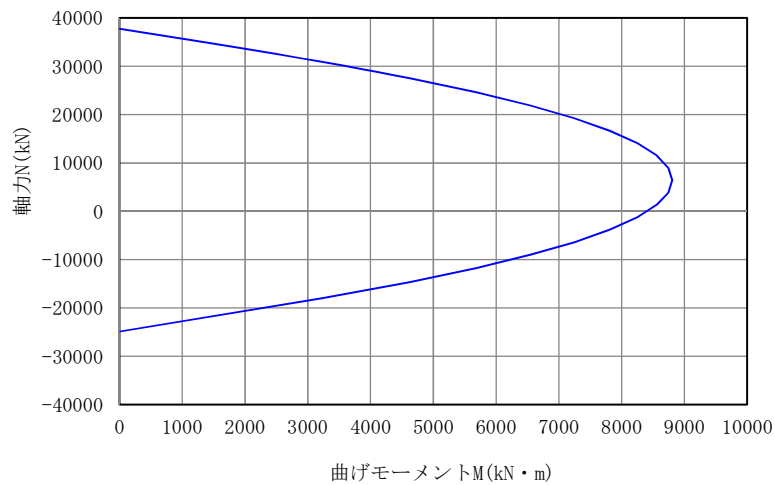


図 4-7 杭の曲げモーメントと杭軸力の関係

表 4-4 杭の短期許容せん断力 (単位: kN/本)

| 杭径 (mm) | 短期許容せん断力 |
|---------|----------|
| φ 1000  | 6026     |

#### 4.4.4 杭の評価結果

杭の評価結果を表 4-5 に示す。また、検定比が最も大きくなる杭について、杭の曲げモーメントと許容値の関係を図 4-8 に、杭のせん断力と許容値の関係を図 4-9 に示す。

地盤改良範囲外の液状化検討対象層に豊浦標準砂の液状化強度特性を与え、強制的に液状化を生じると仮定した場合においても、セメント改良土の施工範囲以深の液状化検討対象層に対して薬液注入を適用し液状化の発生を防止することで、杭の曲げモーメント及びせん断力が許容値を超えないことを確認した。

表 4-5 杭の評価結果

|                       | 許容限界  | S <sub>s</sub> 地震時 | 検定比  |
|-----------------------|-------|--------------------|------|
| 最大鉛直支持力<br>(kN/本)     | 17224 | 5903               | 0.35 |
| 最大曲げモーメント<br>(kN・m/本) | 8546  | 5133               | 0.61 |
| 最大せん断力<br>(kN/本)      | 6026  | 2851               | 0.48 |

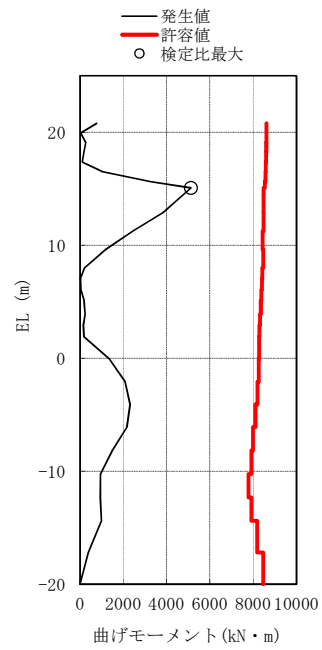


図 4-8 杭の曲げモーメントと許容値の関係 (S<sub>s</sub>-D 1, EW 方向, 杭 X9)

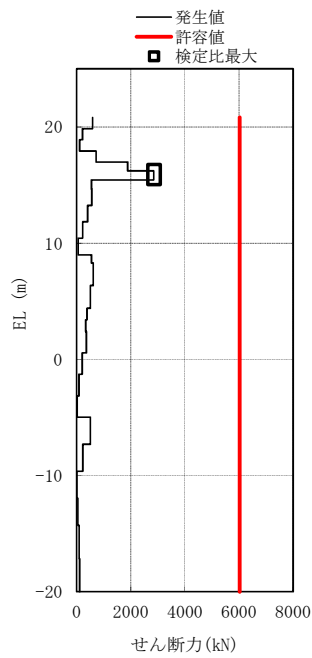


図 4-9 杭のせん断力と許容値の関係 (S<sub>s</sub>-D 1, EW 方向, 杭 X6)

#### 4.4.5 液状化影響検討に用いる地震波に関する補足説明

液状化影響検討に用いる地震波は、全周期帯の応答が大きく継続時間の長い $S_s-D1$ としているが、添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」の「5.2.2 杭の評価結果」において、杭応力が最も大きくなるのは $S_s-31$ である。本項では $S_s-D1$ 及び $S_s-31$ の液状化影響検討の結果を比較し、 $S_s-D1$ の代表性を示す。

$S_s-D1$ 及び $S_s-31$ に対する杭の評価結果を表4-6に示す。

同表より、「4.4.4 杭の評価」にて検定比が最も大きくなる曲げモーメントに対する検定比は $S_s-31$ よりも $S_s-D1$ が大きくなることから、添付書類「V-2-2-11 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書」にて液状化影響検討に用いる地震波は $S_s-D1$ とする。

表4-6 杭の評価結果 ( $S_s-D1$ 及び $S_s-31$ )

|                       | 地震波      | 許容限界  | $S_s$ 地震時 | 検定比  |
|-----------------------|----------|-------|-----------|------|
| 最大鉛直支持力<br>(kN/本)     | $S_s-D1$ | 17224 | 5903      | 0.35 |
|                       | $S_s-31$ | 17224 | 6062      | 0.36 |
| 最大曲げモーメント<br>(kN・m/本) | $S_s-D1$ | 8546  | 5133      | 0.61 |
|                       | $S_s-31$ | 8623  | 4599      | 0.54 |
| 最大せん断力<br>(kN/本)      | $S_s-D1$ | 6026  | 2851      | 0.48 |
|                       | $S_s-31$ | 6026  | 2965      | 0.50 |