

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610_改1
提出年月日	2021年 5月11日

補足-610 工事計画に係る補足説明資料（建物・構築物の耐震性についての説明書）

2021年5月

東北電力株式会社

工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

工認添付書類	補足説明資料
<p>VI-2-2-2 原子炉建屋の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-8-3-1 2次しゃへい壁の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-8-4-1 補助しゃへいの耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-8-4-2 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-610-4 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書に関する補足説明資料</p>
<p>VI-1-8-3 原子炉格納施設の基礎に関する説明書</p> <p>VI-2-9-3-4 原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-610-8 原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書に関する補足説明資料</p>
<p>VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書</p> <p>VI-2-2-22 緊急用電気品建屋の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-610-10 緊急用電気品建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料</p>
<p>VI-2-2-23 緊急時対策所建屋の地震応答計算書</p> <p>VI-2-2-24 緊急時対策所建屋の耐震性についての計算書</p> <p>VI-2-8-4-5 緊急時対策所遮蔽の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-610-11 緊急時対策建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料</p>
<p>VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書</p> <p>VI-2-2-30 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書</p>	<p>補足-610-12 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料</p>

(次項へ続く)

(次項からの続き)

工認添付書類	補足説明資料
V-2-11-2-3 タービン建屋の耐震性についての計算書	補足-610-13 タービン建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-11-2-4 補助ボイラー建屋の耐震性についての計算書	補足-610-14 補助ボイラー建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-11-2-5 第1号機制御建屋の耐震性についての計算書	補足-610-15 第1号機制御建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-2-25 排気筒基礎の地震応答計算書 VI-2-2-26 排気筒基礎の耐震性についての計算書	補足-610-16 排気筒基礎の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-7-2-1 排気筒の耐震性についての計算書	補足-610-17 排気筒の耐震性についての計算書に関する補足説明資料
VI-2-1-1 耐震設計の基本方針の概要 VI-2-2 耐震設計上重要な設備を設置する施設の耐震性についての計算書 VI-2-10-4 非常用取水設備の耐震性についての計算書	補足-610-20 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-4_改0
提出年月日	2021年2月22日

補足-610-4 【原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての
計算書に関する補足説明資料】

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-9-3-1 原子炉建屋原子炉棟（二次格納施設）の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙1 応力解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙1-1 原子炉建屋屋根トラスの解析モデルと設計クライテリアについて

別紙1-2 原子炉建屋屋根トラスの補強概要

別紙1-3 屋根トラス評価モデルにおける減衰について

別紙2 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方

別紙3 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙4 大物搬入口の耐震性についての計算書に関する補足説明資料

別紙 4-1 地震応答解析におけるモデル化方針

別紙 4-2 地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定

別紙 4-3 地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 4-3-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 4-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 4-4 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方

別紙 4-5 地震荷重の入力方法

別紙 4-6 応力解析における断面の評価部位の選定

今回ご提示資料

別紙 1 応力解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

目 次

1. 概要 別紙 1-1
2. 応力解析モデル及び手法の比較 別紙 1-2

1. 概要

本資料は、原子炉建屋屋根トラスの既工認時及び今回工認時の応力解析モデル及び手法の比較を示すものである。

2. 応力解析モデル及び手法の比較

原子炉建屋屋根トラスの応力解析モデル及び手法の比較を表 2-1 に示す。また、今回工認時の応力解析モデルを図 2-1 に示す。

比較に用いる既工認時の解析モデル及び手法は、平成元年 6 月 8 日付け元資庁第 2015 号にて認可された工事計画の添付資料「IV-2-6-1 原子炉建屋の耐震性についての計算書」（以下「既工認」という。）のものである。

表 2-1 応力解析モデル及び手法の比較（原子炉建屋屋根トラス）

項目	内容	既工認	今回工認	備考
解析手法		・ 2次元フレームモデルを用いた応力解析 (静的弾性解析)	・ 3次元 FEM モデルを用いた応力解析 (時刻歴弾塑性解析)	(1) (2)
解析コード		・ S D	・ fappase	(2)
モデル	材料物性	検討時の各規準に基づき設定 ・ コンクリートのヤング係数： $E = 2.65 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (SI 換算) ・ コンクリートのポアソン比： $\nu = 0.167$ ・ 鋼材のヤング係数： $E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ (SI 換算) ・ 鋼材のポアソン比： $\nu = 0.3$	質点系地震応答解析モデルに基づき設定 ・ 耐震壁のコンクリートのヤング係数： $E = 7.94 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ (NS 方向) $E = 1.32 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (EW 方向) ・ 屋根スラブのヤング係数： $E = 2.65 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ・ コンクリートのポアソン比： $\nu = 0.167$ ・ 鋼材のヤング係数： $E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ・ 鋼材のポアソン比： $\nu = 0.3$	(3) (4) (5)
	減衰	—	剛性比例型減衰 ・ コンクリート：5% ・ 鋼材：2%	—
	要素分割	・ はり要素：主トラスの上下弦材，柱，はり ・ トラス要素：主トラスの斜材，束材 ・ シェル要素：壁	・ はり要素：主トラス及びサブトラスの上下弦材，母屋，柱，はり ・ トラス要素：主トラス及びサブトラスの斜材・束材，方杖，壁面補強ブレース ・ シェル要素：耐震壁，間仕切壁，スラブ	—
	境界条件	・ 各通りに，2次元平面トラスと建屋フレームを一体としてモデル化 ・ 1階スラブ上端との接点は固定端，プール壁との接点ではプール壁の回転を考慮しばね支持 ・ トラスの上下弦材は剛接合 ・ トラスの斜材，束材はピン接合	・ 3階 (O.P. 33.2m) より上部を3次元 FEM モデルとしてモデル化 ・ 3階を剛床とし，3階柱の柱脚は同変位条件で固定端とする ・ 主トラスの上下弦材，サブトラスの端部を除く下弦材は剛接合 ・ 主トラス及びサブトラスの上弦材・斜材・束材，サブトラスの下弦材の端部，母屋，方杖はピン接合	—
	非線形特性	・ 考慮せず	・ 考慮する (主トラス及びサブトラスの斜材・束材，方杖は修正若林モデルで座屈を考慮)	(2)
地震荷重との組合せ		$V L + C L + S_A$ D L : 固定荷重 L L : 積載荷重 P L : 配管荷重 C L : クレーン荷重 E L : 機器荷重 S_A : 地震荷重	$G + P + S_s$ G : 固定荷重 (クレーン荷重を含む) P : 積載荷重 (配管荷重及び機器荷重を含む) S_s : S_s 地震荷重	—
荷重の設定	鉛直荷重	・ 構造物の自重，配管，機器荷重及び積載荷重	・ 構造物の自重，配管，機器荷重及び積載荷重 (耐震強化工事による重量変動を反映)	—
	クレーン荷重	・ クレーン自重及びホイスト重量	・ 同左	—
	地震荷重	・ 基準地震動 S_1 により算定される地震力及び静的地震力を包絡した地震力	・ 基準地震動 S_s による地震力	—
評価方法	応力解析	・ 短期：発生応力が短期許容応力度を超えないことを確認	・ 基準地震動 S_s 時：3次元 FEM モデルの時刻歴地震応答解析により各部材に生じる応力が弾性限強度 (鋼材の基準強度に 1.1 倍を考慮) を超えないこと及び塑性化部材では破断しないことを確認	(5) (6)

【主要な差異】（表の備考欄に対応）

- (1) 原子炉建屋屋根トラスが鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられるため、水平方向と鉛直方向地震力の同時入力による評価を適切に行うことを目的として3次元FEMモデルによる弾塑性時刻歴応力解析を採用する。
- (2) トラスを構成する部材の一部が弾塑性領域に入る可能性があるため、弾塑性挙動を適切に評価することを目的として採用する。考慮した弾塑性特性の詳細については別紙1-1に示す。
- (3) 耐震壁のコンクリートのヤング係数及びせん断弾性係数については、質点系の地震応答解析モデルと同様に初期剛性の低下を考慮する。
- (4) 鋼材のヤング係数については、「日本建築学会 2005年 鋼構造設計基準 一許容応力度設計法一」に基づき設定する。
- (5) 弾性部材は、「2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書（国土交通省国土技術政策総合研究所・国立研究開発法人建築研究所）」に基づきF値に1.1倍の割増しを考慮し、圧縮及び曲げについては座屈強度を用いる。
- (6) 塑性化部材は、中込ほか「繰返し力を受けるSM490鋼の疲労性に関する研究」（日本建築学会構造系論文集，第469号，127-136，1995年3月）に基づき評価する。

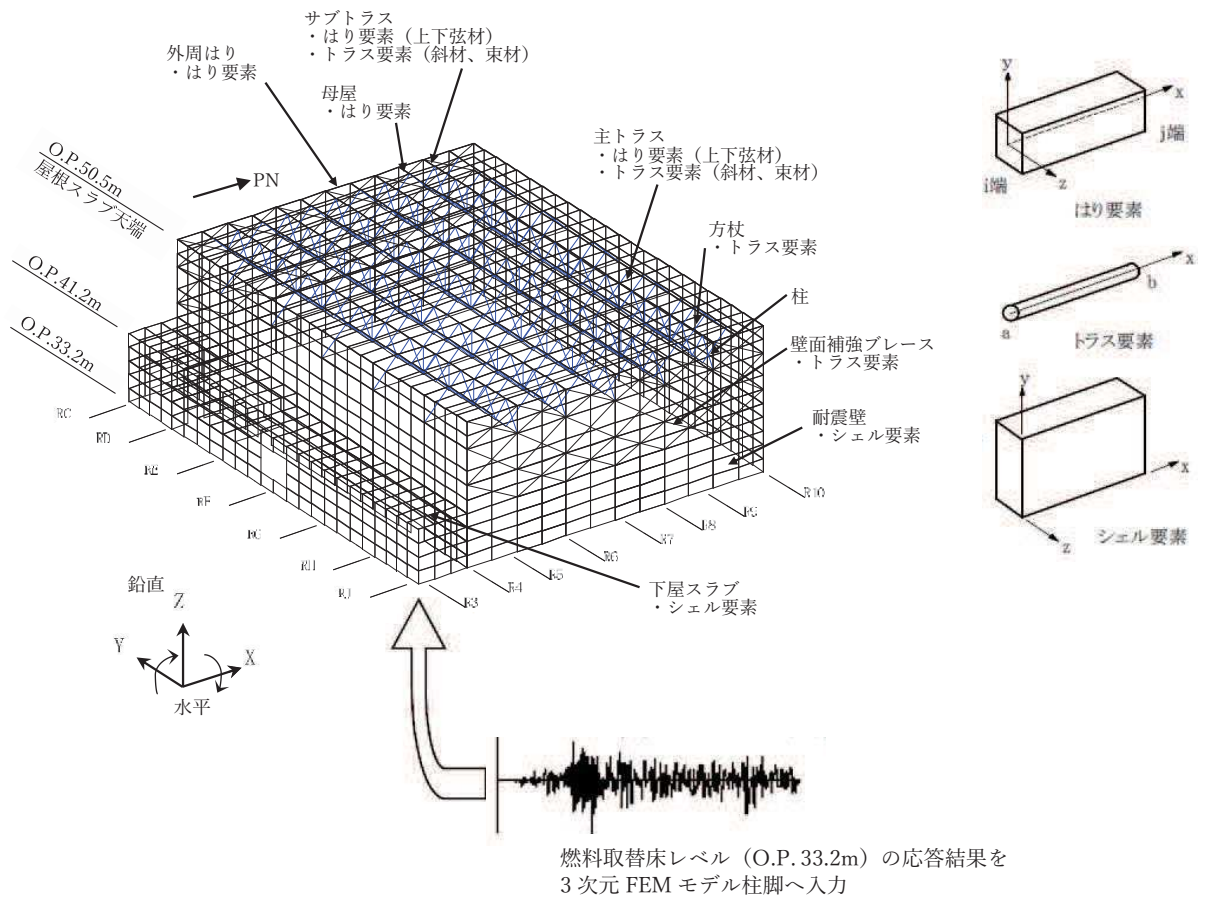


図 2-1 応力解析モデル図

別紙 1-1 原子炉建屋屋根トラスの解析モデルと設計クライテリア
について

目 次

1. 概要	別紙 1-1- 1
2. 原子炉建屋屋根トラスについて	別紙 1-1- 1
2.1 原子炉建屋屋根トラスの概要	別紙 1-1- 1
2.2 原子炉建屋屋根スラブの概要	別紙 1-1- 5
3. 原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデルと設計クライテリア	別紙 1-1- 6
3.1 解析モデルの概要	別紙 1-1- 6
3.2 鉄骨部材の弾塑性評価	別紙 1-1- 8
3.3 耐震壁，屋根スラブの剛性補正	別紙 1-1- 8
3.4 入力地震動，材料減衰	別紙 1-1- 9
3.5 要求機能に対する設計方針（設計クライテリア）	別紙 1-1-10
4. 弾塑性解析の採用について	別紙 1-1-11
4.1 弾塑性解析を採用することの目的	別紙 1-1-11
4.2 弾塑性特性の設定の妥当性・適用性について	別紙 1-1-13
5. 各部材のクライテリアについて	別紙 1-1-18
6. 原子炉建屋屋根トラスの評価に関するまとめ	別紙 1-1-19

別紙 1-1-1 原子炉建屋屋根トラスの地震時シミュレーション

別紙 1-1-2 剛性比例型減衰の妥当性について

別紙 1-1-3 屋根トラスの入力地震動及び固有振動数・固有モードについて

別紙 1-1-4 屋根トラスの入力地震動に係る影響検討について

1. 概要

鉄骨構造部の詳細評価モデルを構築して評価を実施している原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデルについては、既工認では弾性解析を採用しているが、今回工認では弾塑性解析を採用する。

本資料では、屋根トラスが二次格納施設のバウンダリを構成する屋根スラブの間接支持構造物であることから、屋根トラスの3次元弾塑性解析の妥当性・適用性について確認し、屋根スラブの二次格納施設としての機能維持評価の方針について説明する。

2. 原子炉建屋屋根トラスについて

2.1 原子炉建屋屋根トラスの概要

原子炉建屋の上部構造は、鉄筋コンクリート造陸屋根をもつ屋根トラスで構成されている。屋根トラスの平面は、38.0m(南北)×51.0m(東西)の長方形をなしており、燃料取替床レベル(O.P. 33.2 m)からの高さは17.3mである。屋根トラスの概要を図2-1に示す。表2-1に屋根トラスの諸元のうち、主トラス材、サブトラス材、母屋材について例示する。なお、屋根トラスについては3.11地震後に補強工事を実施している。

表2-2に屋根トラスの各部材の要求機能を示す。

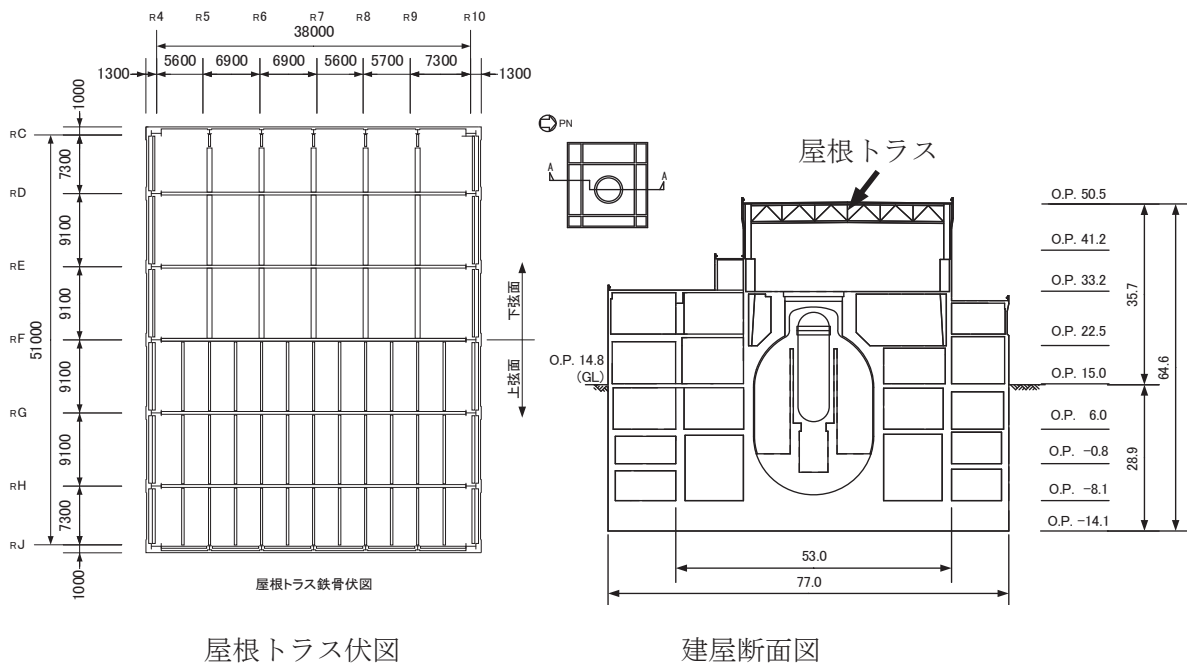


図2-1 原子炉建屋屋根トラスの概要

表 2-1(1) 屋根トラスの主な部材諸元 (1/2)

(a) 主トラス (RF 通り)

部位	使用部材	
	補強前	補強後
上弦材	H-350×350×12×19	同左
下弦材	H-350×350×12×19	同左
斜材	2CTs-175×350×12×19	同左
	2CTs-150×300×10×15	同左
束材	2CTs-100×200×8×12	同左

(b) サブトラス (R5, R6, R8, R9 通り)

部位	使用部材	
	補強前	補強後
上弦材	H-250×250×9×14	同左
下弦材	CT-170×250×9×14	PL-19×601+PL-25×550 +2PLs-16×344
		CT-170×250×9×14 +BT-280×250×9×12 +2PLs-16×350
斜材	2Ls-130×130×9	2Ls-130×130×9 +2Ls-150×90×12
		2Ls-130×130×9 +2Ls-150×150×15
	2Ls-90×90×10	2Ls-90×90×10 +2Ls-250×90×10×15
束材	—	4Ls-90×90×6

表 2-1(2) 屋根トラスの主な部材諸元 (2/2)

(c) サブトラス (R7 通り)

部位	使用部材	
	補強前	補強後
上弦材	H-250×250×9×14	同左
下弦材	CT-170×250×9×14	PL-19×601+PL-25×550 +2PLs-19×344
		CT-170×250×9×14 +BT-280×250×9×12 +2PLs-16×350
斜材	2Ls-130×130×9	2Ls-130×130×9 +2Ls-150×90×12
		2Ls-130×130×9 +2Ls-150×150×15
		2Ls-130×130×9 +2Ls-250×90×12×16
	2Ls-90×90×10	2Ls-90×90×10 +2Ls-250×90×10×15
2Ls-90×90×10 +2Ls-300×90×11×16		
束材	—	4Ls-90×90×6

(d) 母屋

部位	使用部材	
	補強前	補強後
上弦面	H-390×300×10×16	同左

表 2-2 屋根トラスの各部材の要求機能

部位	部材	要求機能*
主トラス	上弦材	鉛直荷重の支持 フレームを構成する部材として水平地震荷重の支持
	下弦材	
	束材	
	斜材	
サブトラス	上弦材	鉛直荷重の支持
	下弦材	
	斜材	
母屋		鉛直荷重の支持

注記* : 主な機能を示しており基準地震動 S_s に対する発生応力の負担も考慮する。

2.2 原子炉建屋屋根スラブの概要

原子炉建屋の屋根スラブは南北方向 40.6m×東西方向 53.0mの平面寸法、厚さ 17cm の鉄筋コンクリート構造である。外周部は厚さ 25cm の鉄筋コンクリート造の耐震壁で支持されており、南北方向に配置された 5 構面の主トラス、東西方向の 5 構面のサブトラスとサブトラスの中間の母屋で支持されている。屋根スラブ下面に取りつく主トラス上弦材、サブトラス上弦材及び母屋は H 型断面の鋼材であり、スタッドで屋根スラブと一体化することにより面内及び面外に高い剛性を確保している。屋根スラブの断面図を図 2-2 に示す。

屋根スラブには気密性の維持機能が要求されるため、換気性能とあいまって維持する方針である。なお、屋上面には防水材を施すことにより、防水性を確保している。

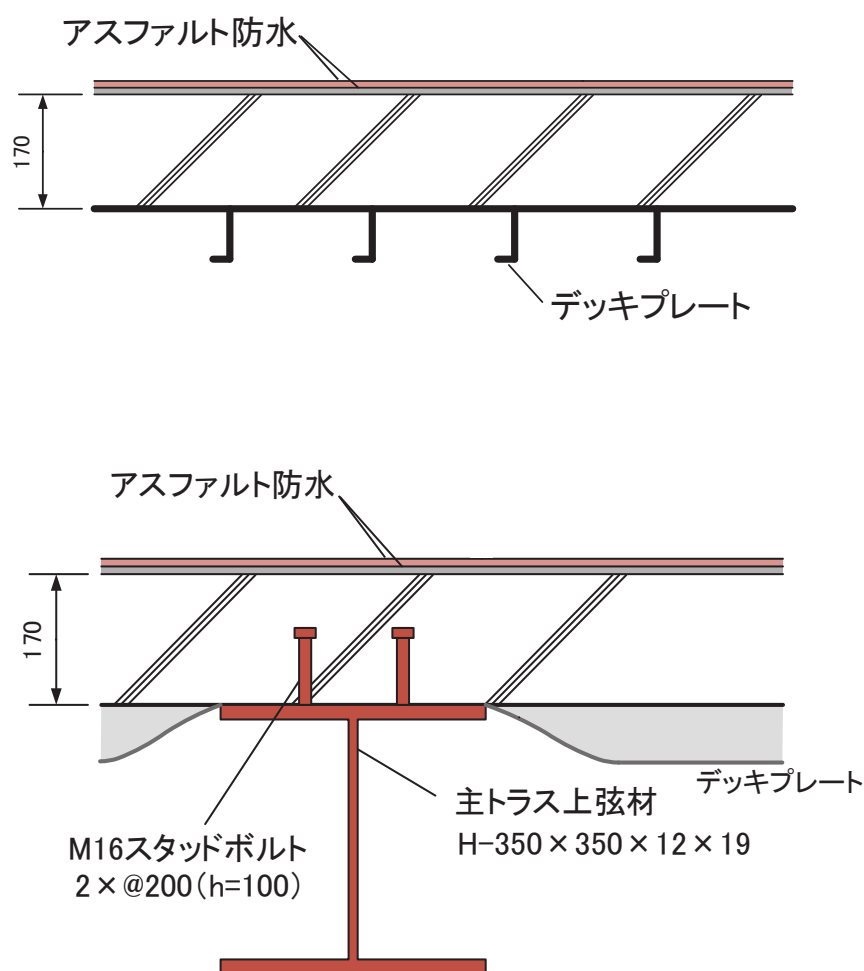


図 2-2 屋根スラブ断面図

3. 原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデルと設計クライテリア

3.1 解析モデルの概要

原子炉建屋屋根トラスは、鉛直方向の地震動の影響を受けやすいと考えられるため、水平方向と鉛直方向地震力の同時入力による評価を行うために 3 次元モデルによる地震応答解析を採用する。

地震応答解析モデルは、燃料取替床レベル (O.P. 33.2m) より上部の躯体 (屋根鉄骨, 柱, 梁, 耐震壁, 屋根スラブ, 下屋部屋根スラブ) をモデル化した立体フレームモデルとし, 部材に発生する応力を地震応答解析によって直接評価できるモデルとしている。解析モデルの概要を図 3-1 に示す。

屋根トラス部は, 主トラス (上下弦材, 斜材及び束材), サブトラス (上下弦材, 斜材等), 母屋, 外周鉄骨梁をモデル化する。各鉄骨部材は軸, 曲げ変形を考慮した梁要素 (トラスの上下弦材) と軸変形のみを考慮したトラス要素 (トラスの斜材, 束材等) としてモデル化する。また, 耐震壁及び外周梁は各々シェル要素及び軸, 曲げ変形を考慮した梁要素としてモデル化し, 耐震壁の開口部についても考慮する。なお, 柱脚の条件は固定とする。また, 解析に用いる材料の物性値を表 3-1 に示す。

また, 屋根トラスは屋根スラブとスタッドで一体化されていることにより高い剛性を確保しているため, 屋根トラスの地震応答解析モデルにおいても屋根スラブの面内剛性を考慮することとする。なお, 屋根トラス部材の応力評価に対する保守性を考慮し, 屋根スラブの面外剛性は考慮しないこととする。屋根スラブのシェル要素は主トラス, サブトラス, 母屋の各交点で節点を共有するようにモデル化する。

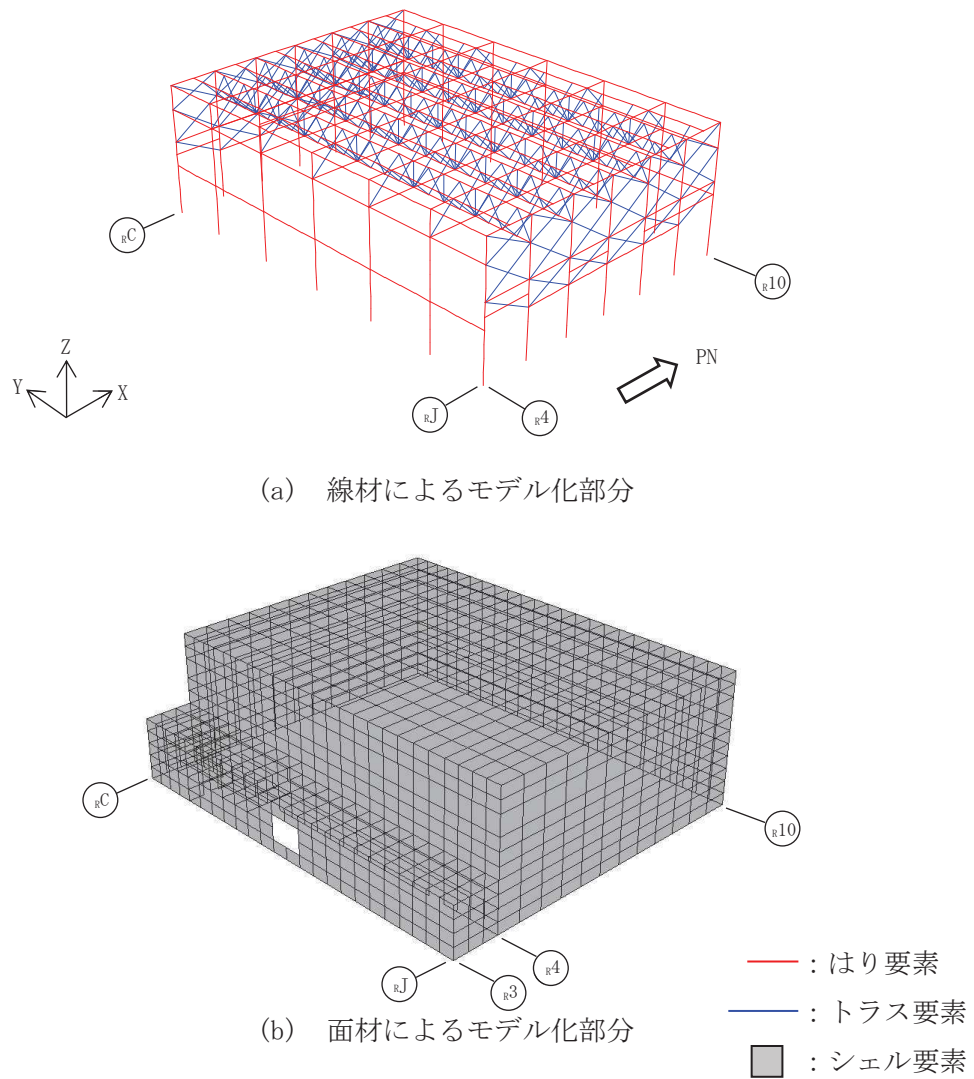


図 3-1 屋根トラスの解析モデルの概要

表 3-1 解析に用いる材料定数

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
鉄筋コンクリート*	26500	11400	5
鉄骨	205000	79000	2

注記* : 地震応答解析モデルと同様の初期剛性低下については、地震観測記録の分析等を踏まえて、その影響を考慮することとする。その考え方については図 3-2 及び図 3-3 に示す。

3.2 鉄骨部材の弾塑性評価

基準地震動 S_s に対する評価を実施する際、トラス材としてモデル化した部材の一部については塑性域に入る可能性を考慮して、部材座屈後の挙動を模擬できる手法（修正若林モデル）に基づく弾塑性特性を採用している。考慮した弾塑性特性の詳細については、「4. 弾塑性解析の採用について」に示す。

3.3 耐震壁，屋根スラブの剛性補正

耐震壁及びスラブのシェル要素については、弾性モデルとしている。

耐震壁のモデル化に当たっては、質点系モデルにおける上部耐震壁の初期剛性低下に整合するよう剛性を補正する方針とする。また、基準地震動 S_s に対しては、質点系モデルにおける耐震壁の復元力特性モデルに基づく剛性低下（非線形化）が生じることから、質点系モデルの非線形化後と同等の剛性低下も考慮する。壁剛性の補正の考え方を図 3-2 に示す。

屋根スラブについては面内剛性のみ考慮するものとするが、耐震壁に比べて生じる面内せん断ひずみは小さい（補足 620-1 別紙 5 参照）ことから設計剛性を基本ケースとする。なお、地震時の応答を踏まえて剛性低減を等価剛性（不確かさケース）として考慮したモデルについても検討する。屋根スラブの剛性の考え方を図 3-3 に示す。

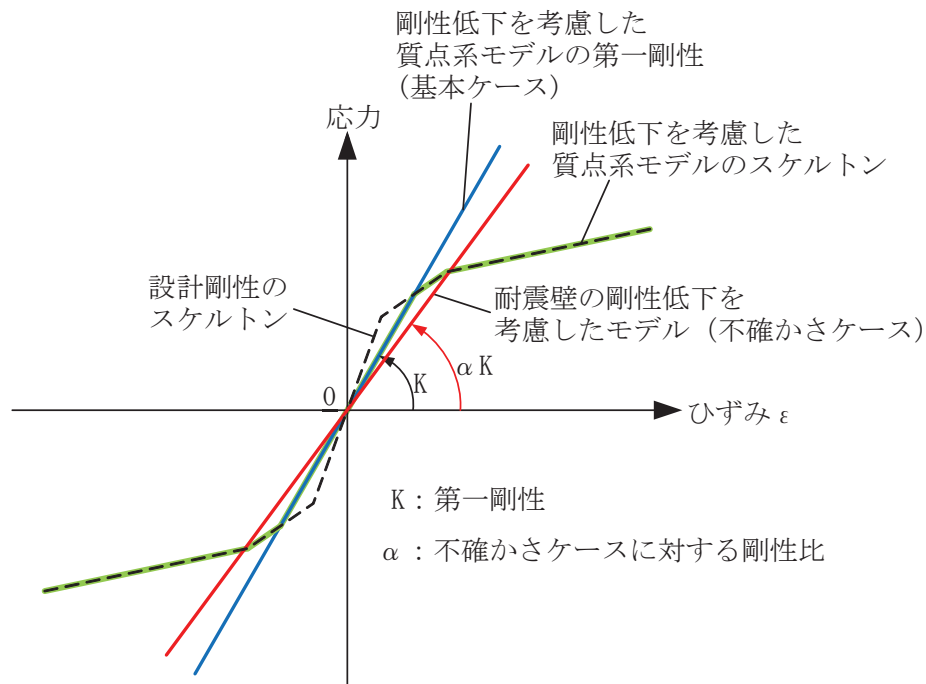


図 3-2 耐震壁の剛性の考え方

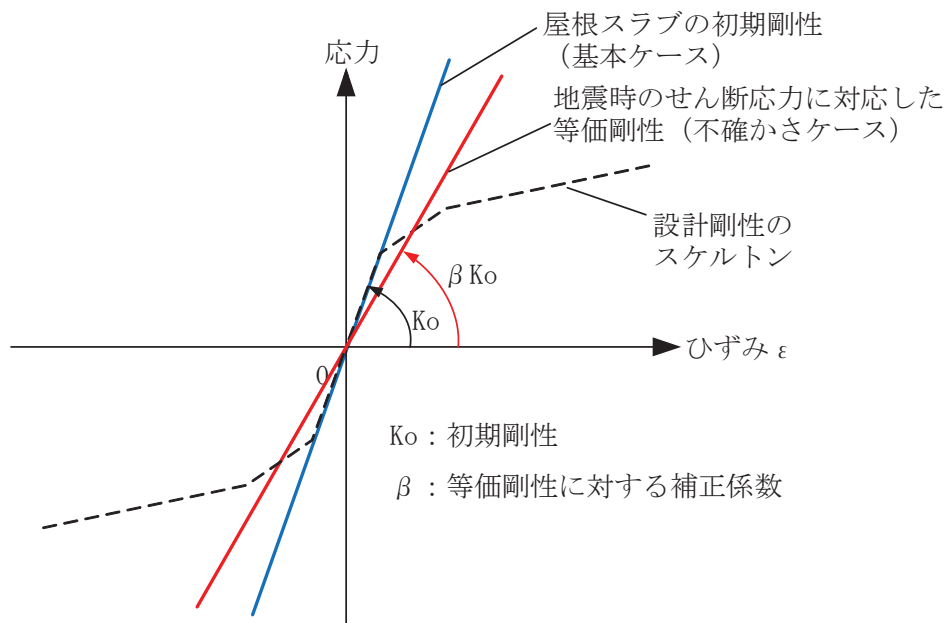


図 3-3 屋根スラブの剛性の考え方

3.4 入力地震動，材料減衰

解析モデルへの入力地震動は，原子炉建屋の質点系モデルによる地震応答解析結果から得られる燃料取替床レベル（0. P. 33. 2m）の応答結果（水平，鉛直及び回転成分）を用いることとし，燃料取替床位置を固定として，同時入力による地震応答解析を実施する。原子炉建屋水平方向の質点系モデルは床ばねモデルを採用しているため，入力波はモデル脚部の 2 質点の平均波を入力する。また，地震応答解析における減衰評価は，水平材の応答に影響の大きい鉛直方向 1 次固有振動数（3. 60Hz）に対して，鉄骨造部分の減衰定数が 2%，鉄筋コンクリート造及び鉄骨鉄筋コンクリート造部分の減衰定数は 5%とする剛性比例型内部粘性減衰（各部別）とする。

3.5 要求機能に対する設計方針（設計クライテリア）

屋根トラスの要求機能は屋根スラブの間接支持構造物であり、基準地震動 S_s に対し二次格納施設のバウンダリを構成する屋根スラブの要求機能である気密性が確保されるように屋根トラスの設計を行う。

屋根スラブの評価方針は、面内方向については屋根トラスの地震応答解析モデルにおいて屋根スラブの面内剛性を考慮しているため、屋根スラブに発生する面内応力を対象に機能維持評価を実施する。面外方向については、質点系モデルの屋根面に対応する鉛直方向震度を用いて、サブトラス上弦材と母屋に支持される一方向版として評価する。また、屋根トラスの地震応答解析モデルにおいては屋根スラブの面外剛性は考慮していないが、影響検討として面外剛性を考慮した解析により、屋根スラブの応答性状や応力分布などを確認のうえ機能維持評価を実施する。

屋根トラスの評価方針は、基準地震動 S_s に対して屋根スラブを支持できることを確認する。

また、屋根トラスの解析モデルのうち、二次格納施設のバウンダリを構成する耐震壁の気密性については、質点系モデルによる算定結果を採用するが、屋根トラスのモデルによる応答性状と比較した上で、必要に応じオペフロ上部の耐震壁のせん断ひずみ等の評価に反映する。

表 3-2 に屋根トラスの解析モデルのうち二次格納施設のバウンダリを構成する屋根スラブ、屋根トラスの機能維持の評価方針を示す。

なお、屋根スラブにはひび割れに対して追従性のある防水材を全面に施工することにより、防水性を確保している。また、屋根スラブには防水材の他に下部の全面にデッキプレートを敷設しており、クレーン階より上部の耐震壁にも、建屋内部側にデッキプレートが存在する。これらは気密性に対し有効な機能を有すると考えられるが、今回の気密性の検討においては、特にその性能は考慮しない。

表 3-2 機能維持の評価方針

部位	要求機能	評価方針
屋根スラブ	気密性	(面内) おおむね弾性状態であることを要素毎に算定される応力度より確認する。おおむね弾性状態を超える場合は、要素毎の面内せん断ひずみを踏まえて漏えい量を算定し換気能力を下回ることを確認する* ¹ 。 (面外) 面外曲げに対して、鉄筋が降伏しないこと* ² を確認する* ³ 。(鉄筋が降伏する場合は別途詳細検討)
屋根トラス	間接支持構造物	基準地震動 S_s に対して屋根スラブを支持できること。(各部材のクライテリアは表 5-1 参照)

注記*1：漏えい量の算定にあたっては、別途算定する耐震壁の漏えい量を考慮する。

*2：鋼材の基準強度 1.1 倍を超えないこと

*3：屋根スラブについては、辺長比を考慮して、サブトラス上弦材と母屋に支持される一方向版として鉛直方向の震度を考慮する。

4. 弾塑性解析の採用について

4.1 弾塑性解析を採用することの目的

原子炉建屋屋根トラスについては、基準地震動 S_s による地震動の増大に伴い、トラスを構成する部材の一部が塑性域に入る可能性を考慮して、弾性解析では当該部材の塑性化による影響を考慮できないため、解析と実現象に乖離が生じることになる。そこで今回工認では、屋根トラスの弾塑性挙動を適切に評価することを目的として、部材の弾塑性特性を考慮した地震応答解析を採用した。

原子炉建屋屋根トラスの応力解析に弾塑性解析を取り入れることによる利点としては、既工認で採用していた弾性解析では表現できないような大入力時の弾塑性挙動を評価できることにある。弾塑性挙動の適切な評価に当たっては、部材の弾塑性特性を適切に設定し解析を実施する必要があると考えられる。

今回工認で採用した屋根トラス部材の弾塑性特性を表 4-1 に示す。表 4-1 に示すとおり、軸力のみを負担するトラス要素に対してのみ弾塑性特性として修正若林モデルを採用する。当該モデルについては、先行審査にて採用実績があり、モデルの妥当性自体に大きな論点はないと考えられるものの、原子炉建屋屋根トラス部材の評価への適用性については、十分に確認する必要があると考えられる。

以下では、修正若林モデルの概要を確認した上で、原子炉建屋屋根トラス部材への適用性を検討する。また、修正若林モデルを用いた弾塑性解析を実施することにより、一部部材の塑性化を考慮することとなるため、当該部材のクライテリアについても検討する。

表 4-1 屋根トラス部材の弾塑性特性について

部位		モデル要素	弾塑性特性
主トラス	上弦材	はり要素	考慮しない（弾性）
	下弦材		考慮しない（弾性）
	斜材	トラス要素	弾塑性（修正若林モデル）
	束材		
サブトラス	上弦材	はり要素	考慮しない（弾性）
	下弦材		考慮しない（弾性）
	斜材	トラス要素	弾塑性（修正若林モデル）
	束材		
母屋	上弦面	はり要素	考慮しない（弾性）
方杖	—	トラス要素	弾塑性（修正若林モデル）

4.2 弾塑性特性の設定の妥当性・適用性について

4.2.1 今回工認で採用予定の弾塑性特性（修正若林モデル）の概要

原子炉建屋屋根トラスを構成する部材のうち、軸力のみを負担するトラス要素としてモデル化した部材については、弾塑性特性として修正若林モデルを使用している。

修正若林モデルは、原子力発電所建屋（実機）を対象として実施された谷口らの研究^[1]に示される部材レベルの弾塑性特性である。修正若林モデルは、若林モデル^[2]を基本としているが、谷口らの研究^[1]で実施された実験のシミュレーション解析を踏まえて、繰返し载荷による初期座屈以降の耐力低下を累積塑性歪の関数で表現し、実験との対応度を向上させた手法であり、式 (1) により評価される。

$$n/n_0 = 1/(\bar{\zeta} - Pn)^{1/6} \leq 1 \quad (1)$$

$n = N/N_y$ N : 軸力 N_y : 降伏軸力

n_0 : 無次元化初期座屈耐力 $\bar{\zeta}$: 無次元化圧縮側累積塑性歪

$$Pn = (n_E/4) - 5 \quad n_E = \pi^2 E / (\lambda e^2 \sigma_y) \quad \lambda e : \text{有効細長比}$$

修正若林モデルの弾塑性特性を図 4-1 に示す。

谷口らの研究^[1]においては、実機の特徴を反映した X 型ブレース架構の静的繰返し実験を実施している。また、修正若林モデルの妥当性を確認するに当たって、ブレース部材の弾塑性特性として修正モデルを適用した解析モデルによる実験のシミュレーション解析を実施しており、解析結果は実験結果をおおむねよく捉えているとしている。試験体の概要を図 4-2、解析モデルを図 4-3、解析結果と実験結果の比較を図 4-4 に示す。

なお、本弾塑性特性については、前述のとおり、川内原子力発電所タービン建屋の解析で考慮したブレースの弾塑性特性として採用されており、認可実績がある。

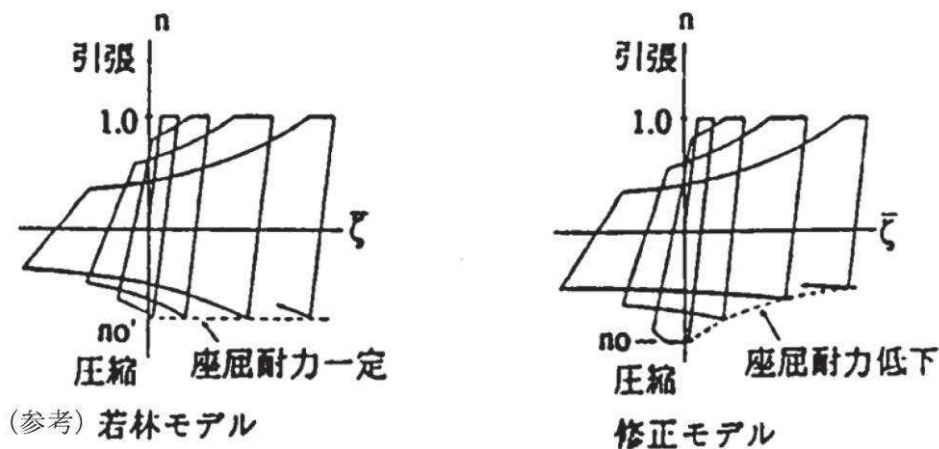


図 4-1 修正若林モデルの弾塑性特性（[1]より引用，一部加筆）

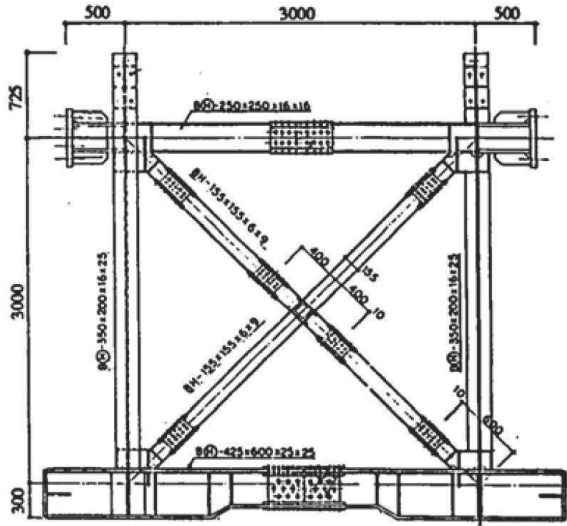
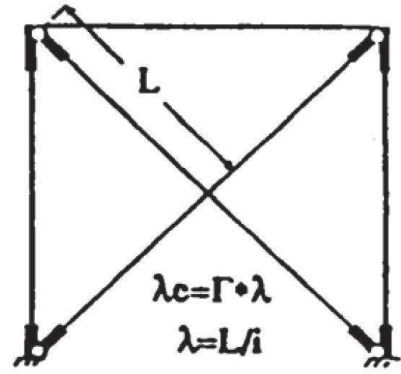
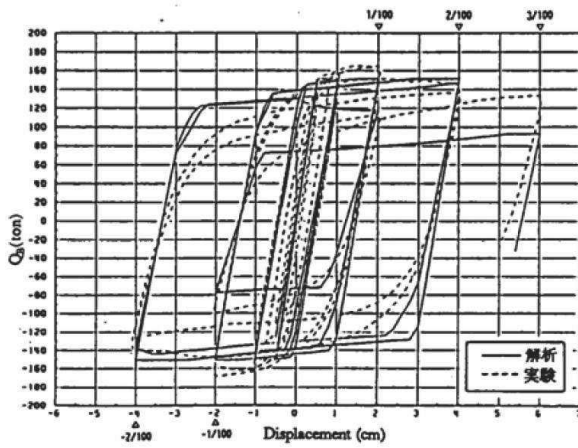


図 4-2 試験体の概要 ([1]より引用)

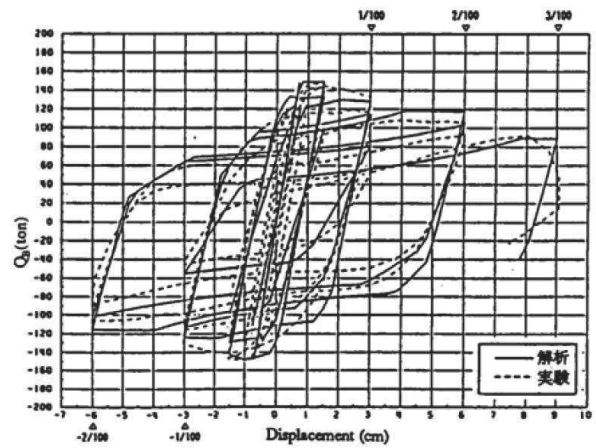


Γ ; 等価座屈長さ係数
 λ_e ; 有効細長比
 λ ; 細長比(芯々)

図 4-3 解析モデル ([1]より引用)



SXII - 40.9 - B



SXIII - 60.9 - B

図 4-4 解析結果と実験結果の比較 ([1]より引用)

4.2.2 原子炉建屋屋根トラスに対する検証例

谷口らの研究^[1]は、X型ブレース架構を対象としたものであったが、原子炉建屋屋根トラスに対して本弾塑性特性を適用した検討例として、鈴木らの研究^[3]がある。

この研究は、原子炉建屋屋根トラスの終局耐力について検討したものであるが、実験結果を高精度にシミュレーションするために構築したモデルの中で本弾塑性特性が適用されている。

鈴木らの研究^[3]では、終局耐力を検討するに当たり原子炉建屋屋根トラスを模擬した縮小試験体を製作し、トラスの崩壊挙動に与える影響が大きい鉛直動的荷重を模擬した静的載荷試験により、その弾塑性挙動を確認している。なお、試験に当たっては、原子力発電所鉄骨屋根トラスがプラット形とワーレン形の2種類に分類されることを踏まえ、この2種類のトラス形式についての試験体を製作している。原子炉建屋屋根トラスはこのうち、ワーレン形に該当する。試験体の概要を図4-5に示す。

実験のシミュレーション解析においては、トラス要素としてモデル化した部材の弾塑性特性として修正若林モデルが適用されており、実験結果とシミュレーション解析を比較し、精度良く実験結果を追跡できているとしている。結果の比較を図4-6に示す。

以上のように修正若林モデルは、提案当初のX型ブレース材に加えて、ワーレン形、プラット形の鉄骨トラスでも実験結果を精度良く追跡できおり、幅広い鉄骨架構形式において軸力のみを負担する部材の弾塑性特性として適用可能であると考えられる。

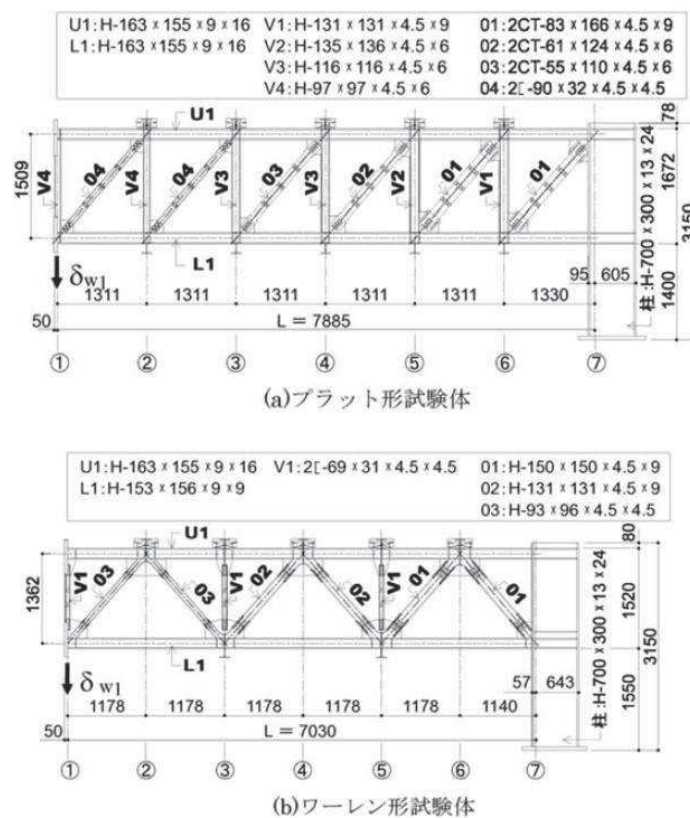


図4-5 試験体の概要 ([3]より引用)

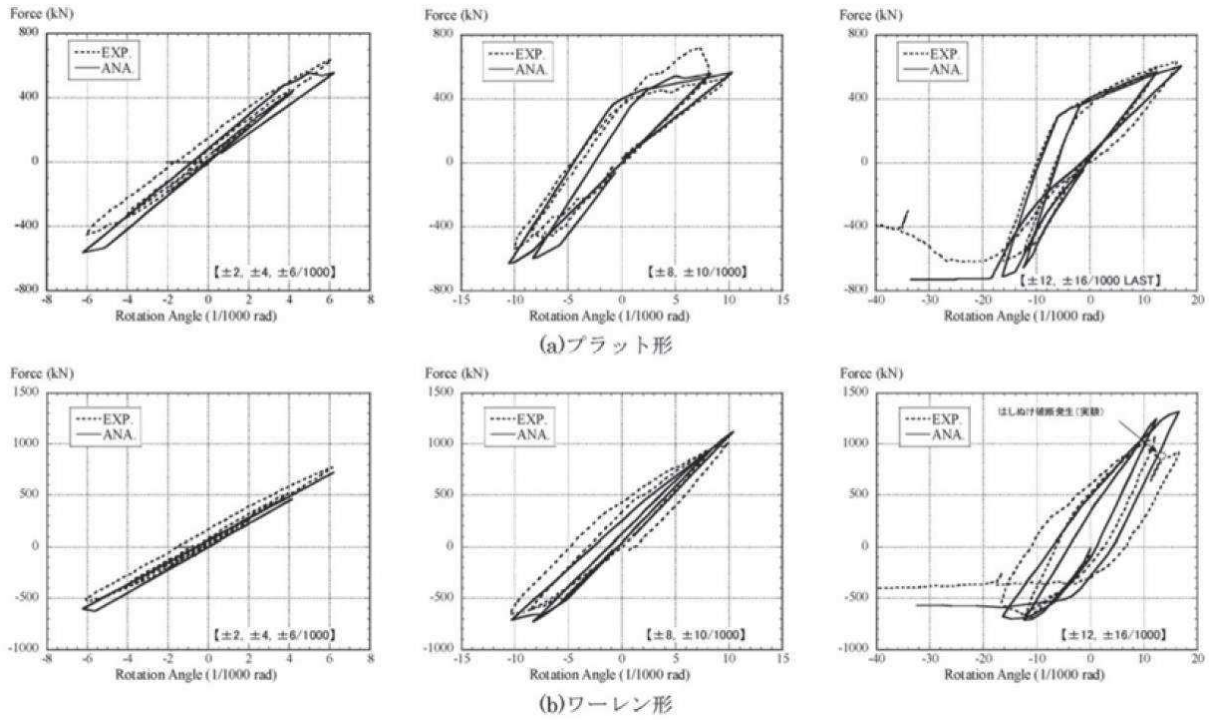


図 4-6 実験のシミュレーション解析結果 ([3]より引用)

4.2.3 原子力発電所鉄骨屋根トラスへの適用性

今回採用した修正若林モデルについては、提案当初より、原子力発電所（実機）を対象として実施された実験により妥当性が検証されており、また、原子炉建屋鉄骨屋根トラスを模擬した加力実験のシミュレーション解析においてもその適用性・妥当性が検証されている。これより、原子炉建屋屋根トラスの鉄骨部材のうち、トラス要素としてモデル化した部材の弾塑性特性として、修正若林モデルを採用することは妥当であると考えられる。

5. 各部材のクライテリアについて

入力地震動の増大に伴い鉄骨部材の一部が塑性域に入る可能性を考慮して、今回工認においては、弾塑性解析による評価を実施する。

表 5-1 に各部材のクライテリアを示す。

評価方法としては、主要部材が弾性範囲であることを確認する方針とし、弾性範囲を上回る応答が生じた場合は別途詳細な検討*を行う。

注記*：弾塑性特性を考慮してモデル化している部材については、各部材の累積塑性変形倍率を整理した上で、累積塑性変形倍率が最も大きい部材について、破断の可能性がないことを検討する。検討は、当該部材の履歴ループを参照し、局部集中ひずみの繰返し回数が、中込ほか（1995）^[4]に基づき算定される、当該部材の最大ひずみ度に対する破断寿命（繰返し回数）を下回っていること等を確認する。この手法は先行審査（川内原子力発電所タービン建屋）でも認可実績のある手法であることから、手法自体に技術的な論点はないものと考えられる。

表 5-1 今回工認における屋根トラス各部材のクライテリア

評価部位		要求機能*1	弾塑性特性	評価方法
主トラス	上弦材	鉛直荷重の支持、フレームを構成する部材として水平地震荷重、クレーン荷重の支持	考慮しない（弾性）	主要部材が弾性範囲であることを確認*2
	下弦材		弾塑性 （修正若林モデル）	
	斜材			
	束材			
サブトラス	上弦材	鉛直荷重の支持	考慮しない（弾性）	
	下弦材		弾塑性 （修正若林モデル）	
	斜材			
母屋		鉛直荷重の支持	考慮しない（弾性）	

注記*1：主な機能を示しており基準地震動 S_s に対する発生応力の負担も考慮する。

*2：鋼材の基準強度 1.1 倍を超えないこと。

6. 原子炉建屋屋根トラスの評価に関するまとめ

今回工認では、原子炉建屋屋根トラスの評価に当たって、3次元フレームモデルによる弾塑性解析（弾塑性特性としては修正若林モデルを考慮）を採用する。修正若林モデルは先行審査で採用実績のある弾塑性特性であるが、X型ブレースを対象として検討されたものであったため、既往文献（原子炉建屋鉄骨屋根トラスを模擬した加力実験のシミュレーション解析）を参照し、その適用性・妥当性が検証されていることを確認した。また、屋根スラブの要求機能と評価方針を踏まえ、弾塑性特性を考慮する鉄骨部材のクライテリアについて整理した。

以上より、今回工認において原子炉建屋屋根トラスの評価に弾塑性解析を採用することは妥当であると考えられる。また、弾塑性解析の結果を踏まえ、屋根トラスの評価及び屋根スラブの検討により、屋根スラブの二次格納施設としての機能維持の評価方針を整理した。

なお、原子炉建屋屋根トラスは、原子炉建屋の地震応答解析結果に基づく燃料取替床（地上3階）レベルの応答を入力地震動として評価を実施しており、入力地震動の不確かさ（建屋応答の不確かさ）を踏まえた場合でも許容値を満足することを確認することにより保守性に配慮した設計とする。

【参考文献】

- [1] 谷口ほか:鉄骨 X 型ブレース架構の復元力特性に関する研究, 日本建築学会構造工学論文集 Vol. 37B 号, 1991 年 3 月, pp303-316
- [2] 柴田ほか: 鉄骨筋違の履歴特性の定式化, 日本建築学会構造系論文集第 316 号, 昭和 57 年 6 月, pp18-24
- [3] 鈴木ほか: 原子力発電所鉄骨屋根トラスの終局限界に関する研究, 日本建築学会構造系論文集 Vol. 76No. 661, 2011 年 3 月, P571-580
- [4] 中込ほか (1995) :繰返し力を受ける SM490 鋼の疲労性に関する研究 日本建築学会構造系論文集 No. 469, 127-136, 1995. 3

別紙 1-1-1 原子炉建屋屋根トラスの地震時シミュレーション

原子炉建屋の屋根トラスのモデル化の妥当性を確認するために、地震観測記録を用いてシミュレーション解析を実施している。検討対象地震は、3.11地震の観測記録とし、燃料取替床（地上3階）の観測記録を入力地震動として、屋上の地震観測記録のシミュレーション解析を実施している。解析結果は補足 620-1 別紙 7 に示す。

屋上位置のシミュレーション解析と観測記録の加速度応答スペクトルを比較すると、各方向ともおおむね整合する結果となっている。

このことから、オペフロ上部の耐震壁に対する補強工事（鉄骨ブレースの設置や鉄筋コンクリート壁の増設等）前において屋根トラスのモデルについては妥当と考えられる。

なお、今回工認の屋根トラスの解析モデルにおいては、屋根トラスに対する保守性を考慮した設計的観点及び 3.11 地震後に実施した補強工事等を考慮して、表 1 に示す項目を、このシミュレーションモデルから変更している。

表 1 シミュレーション解析モデルと今回工認モデルの比較

項目		シミュレーション 解析モデル	今回工認モデル
目的		地震観測記録の再現	保守性を考慮した設計
モデル化	合成梁	主トラス上弦材, サブトラス上弦材, 母屋, 外周鉄骨梁を合成梁として考慮	考慮しない
	屋根面のシェル要素	面内剛性, 面外剛性を考慮	面内剛性のみ考慮
	オペフロ上部耐震補強工事	工事前の状態（補強なし）	工事後の追設部材をモデル化
	積載荷重	実状を勘案し, 屋根面の積載荷重は考慮しない	設計として屋根面の積載荷重を考慮

別紙 1-1-2 剛性比例型減衰の妥当性について

1. はじめに

今回工認では、原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析における減衰評価について、鉄骨造の構造物に対して一般的に適用している剛性比例型としている。

表 1-1 に原子炉建屋屋根トラスの固有値解析結果を、図 1-1 に剛性比例型減衰による減衰定数と振動数の関係を示す。

鉄骨造の屋根トラスは、水平材として鉛直方向の挙動が卓越すると考えられるため、水平材の応答に影響の大きい鉛直方向 1 次固有振動数 (3.60Hz) に対して減衰定数が 2%となる剛性比例型減衰を与えている。図 1-1 より、剛性比例型減衰の特徴として高次モードの減衰を大きくとることになるが、高次モードが屋根トラスの応答へ及ぼす影響は小さいため、剛性比例型減衰の採用が屋根トラスの応答へ与える影響は小さいと考える。

表 1-1 原子炉建屋屋根トラスの固有値解析結果

次数	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数			備考
			NS方向 (X)	EW方向 (Y)	鉛直方向 (Z)	
1	3.60	0.278	0.011	0.005	1.567	鉛直方向1次
4	6.16	0.162	-0.055	-1.527	0.012	EW方向1次
9	6.64	0.151	-3.310	0.227	-0.036	NS方向1次

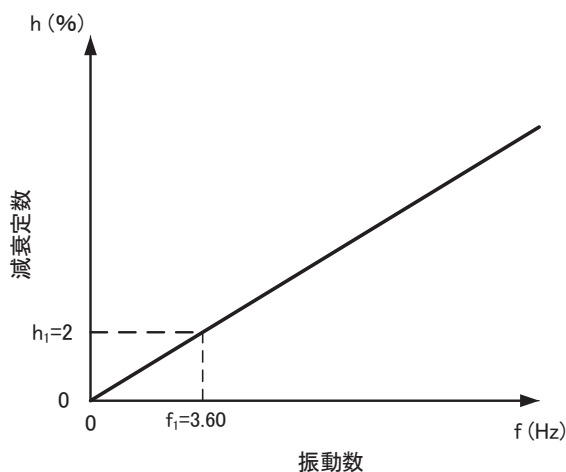


図 1-1 剛性比例型減衰による減衰定数と振動数の関係

2. 剛性比例型減衰設定の妥当性の確認

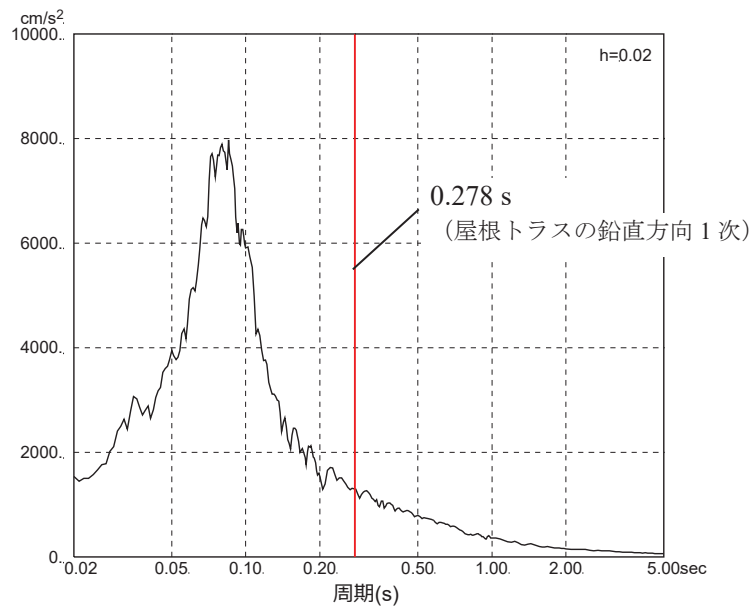
表 1-1 に示すとおり屋根トラスの水平方向の 1 次固有振動数（固有周期）は、NS 方向：6.64Hz（0.151s）、EW 方向：6.16Hz（0.162s）であり、鉛直方向の 1 次固有振動数は、3.60Hz（0.278s）である。剛性比例型減衰の採用にあたっては、上記の振動数のいずれかの振動数を基準に設定することとする。

原子炉建屋の地盤-建屋連成系の水平方向の 1 次固有振動数は NS 方向 4.21Hz（0.237s）、EW 方向 4.36Hz（0.230s）である。鉛直方向については、地盤-建屋相互作用系の 1 次固有振動数は 9.96Hz（0.100s）である。これらの 1 次固有振動数から屋根トラスの応答に影響が大きい成分を判断することは難しい。屋根トラスの構造面からは、鉛直方向の振動の影響が大きいと判断されるため、剛性比例型減衰の設定は鉛直方向の 1 次固有振動数に対して設定することとする。

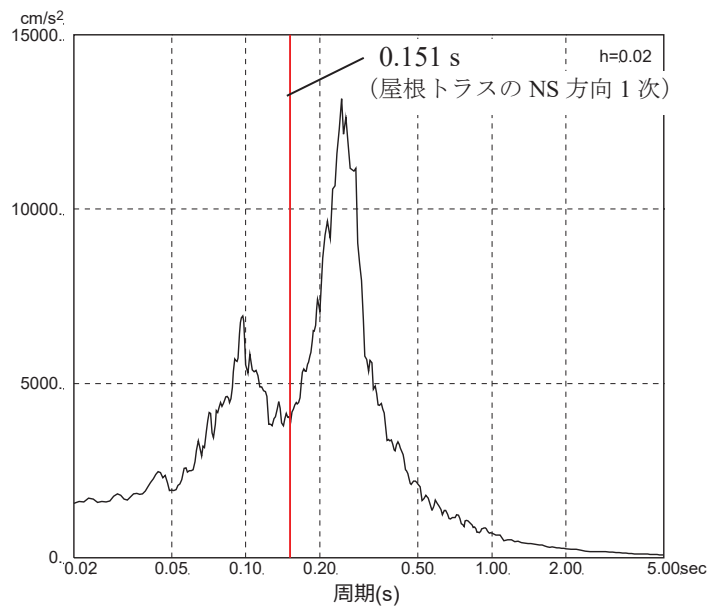
また、参考として屋根トラスの各方向の固有周期と解析モデルへの入力地震動の加速度応答スペクトルの関係を図 2-1 に示す。入力地震動の応答スペクトルの卓越周期は原子炉建屋の地盤-建屋連成系の各方向の 1 次周期におおむね対応しており、いずれの方向についても赤線で示す屋根トラスの 1 次固有周期とは離れた周期となっている。

以上のことから、屋根トラスの応答は、建屋の各方向の 1 次固有振動数（固有周期）との関連性が小さいため減衰を過大に評価することが無く、屋根トラスモデルの固有振動数のうち、応答性状に支配的と考えられる鉛直の 1 次固有振動数（3.60Hz）に対して減衰定数が 2%となる剛性比例型減衰を設定することは妥当であると考えられる。

なお、影響検討として、剛性比例型以外の減衰（例えば鉛直 1 次と主トラス方向である NS 方向の 1 次で規定したレイリー減衰）を用いて、高次モードの影響を確認することとする。

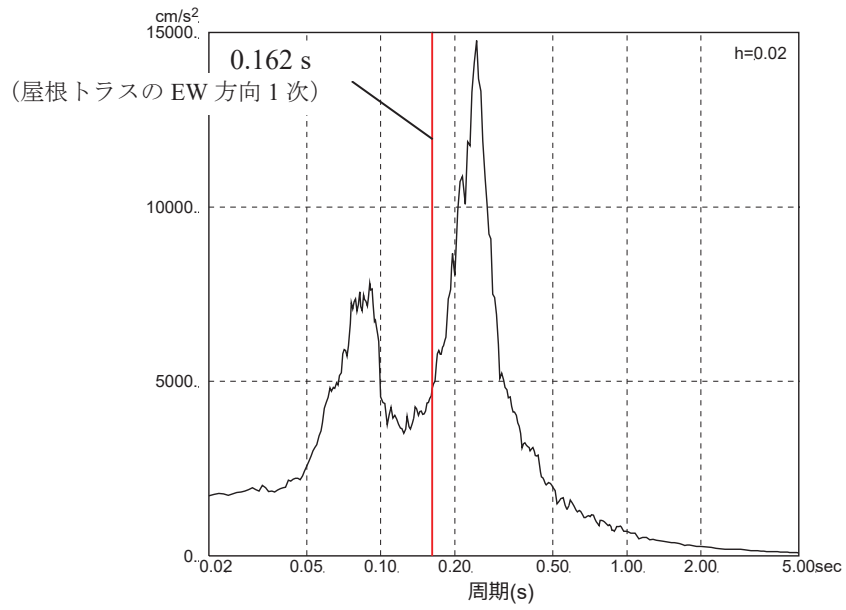


(a) 鉛直方向



(b) NS 方向

図 2-1(1) 屋根トラスの固有周期と入力地震動の加速度応答スペクトルの関係



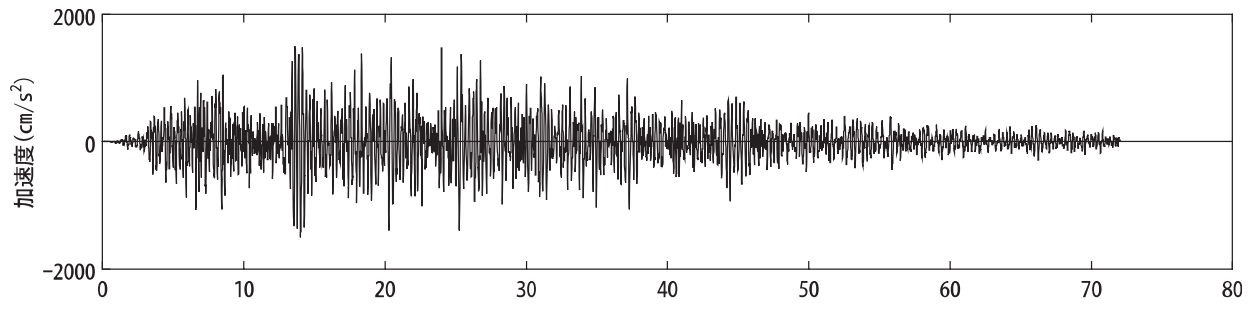
(c) EW 方向

図 2-1 (2) 屋根トラスの固有周期と入力地震動の加速度応答スペクトルの関係

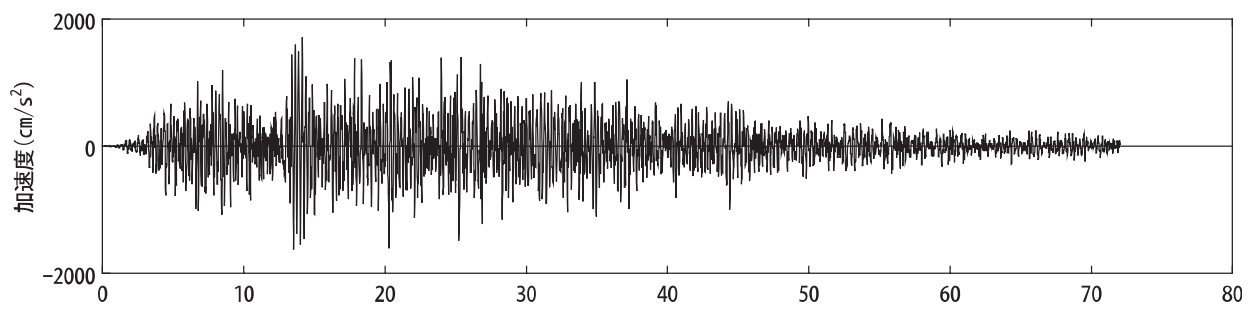
別紙 1-1-3 屋根トラスの入力地震動及び固有振動数・固有モードについて

1. 屋根トラスの入力地震動

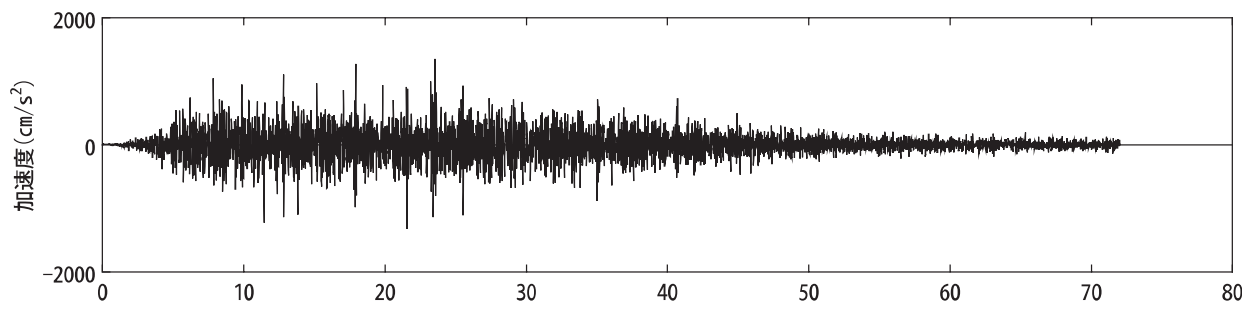
屋根トラスへの入力として用いている入力地震動（原子炉建屋の質点系モデルによる地震応答解析結果から得られる燃料取替床（地上3階）レベルの応答結果）の時刻歴波形について、基準地震動S_{s-D2}を例として図1-1に示す。地震応答解析を実施する際には、水平、鉛直成分は加速度時刻歴波形を、回転成分は回転角加速度時刻歴波形を入力している。



(a) NS 方向

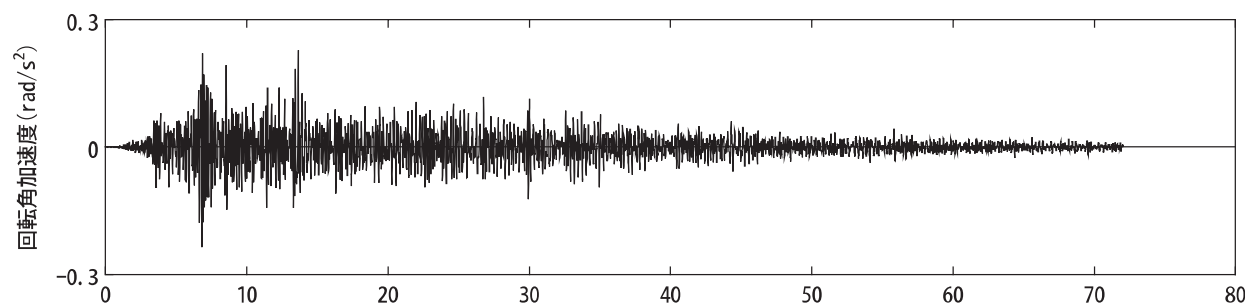


(b) EW 方向

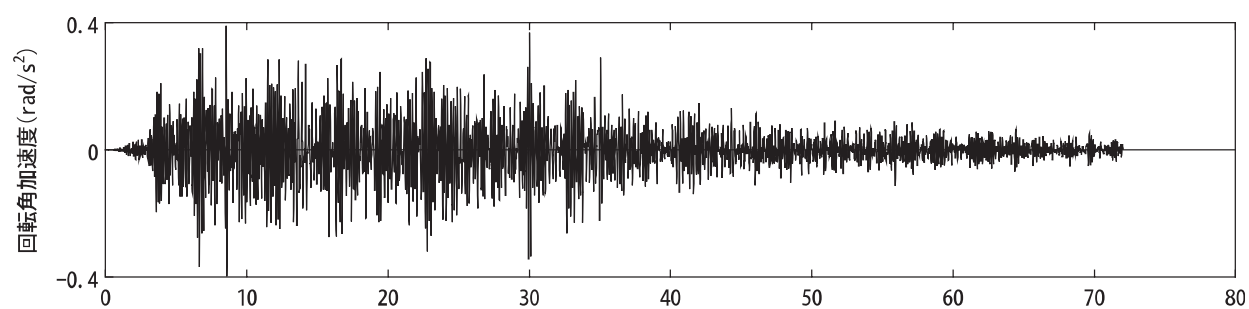


(c) UD 方向

図1-1(1) 入力地震動の時刻歴波形
(加速度, 水平, 鉛直成分)



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図1-1(2) 入力地震動の時刻歴波形
(加速度, 回転成分)

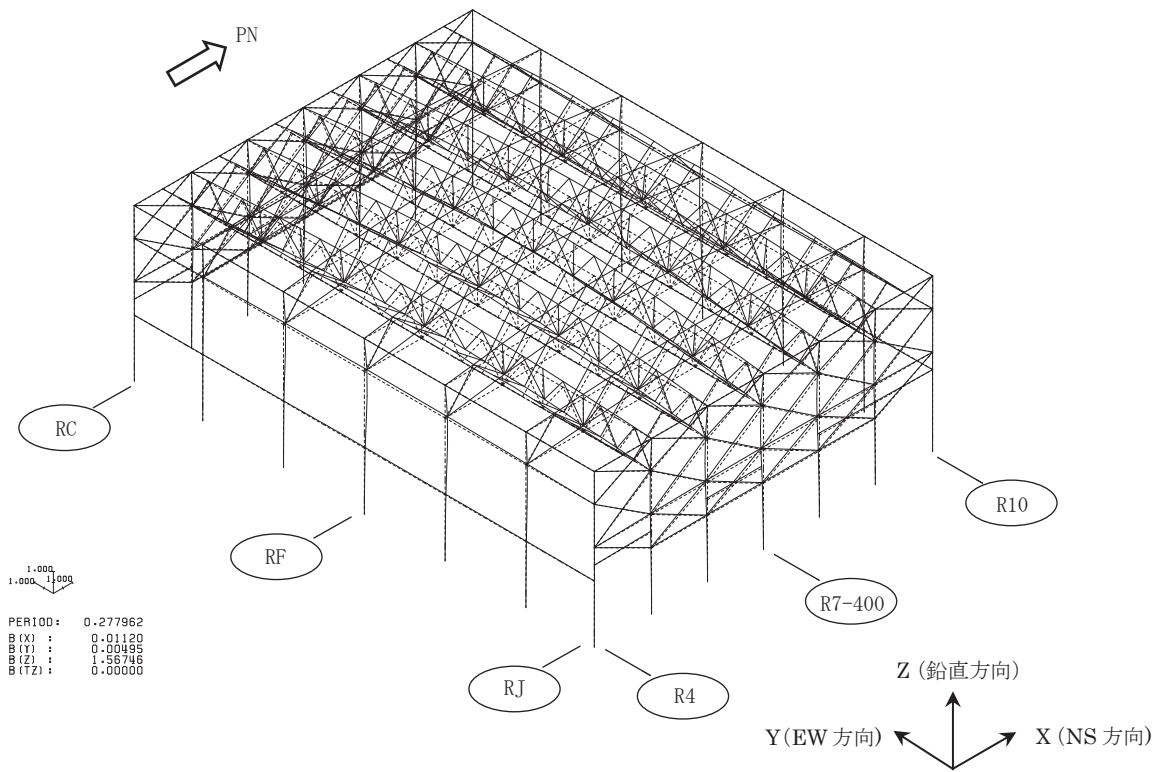
2. 屋根トラスの固有値解析結果

屋根トラスの暫定の固有値解析結果を表 2-1 及び図 2-1 に示す。

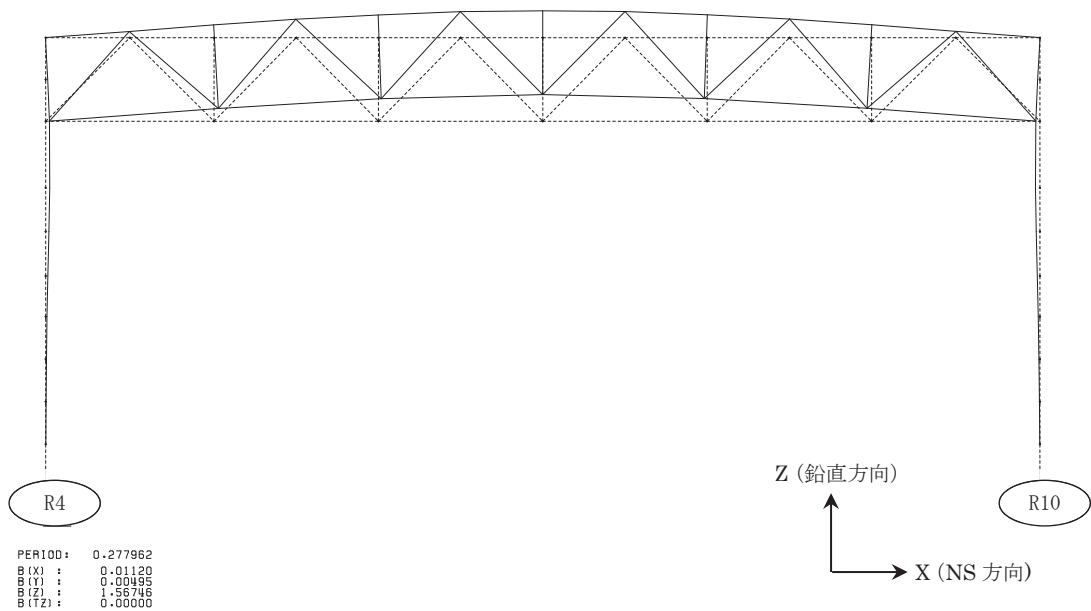
1 次固有振動数は鉛直方向で 3.60Hz, 水平方向で 6.64Hz (NS 方向), 6.16Hz (EW 方向) となる。

表 2-1 固有値解析結果

次数	固有振動数 (Hz)	固有周期 (s)	刺激係数			備考
			NS方向 (X)	EW方向 (Y)	鉛直方向 (Z)	
1	3.60	0.278	0.011	0.005	1.567	鉛直方向1次
4	6.16	0.162	-0.055	-1.527	0.012	EW方向1次
9	6.64	0.151	-3.310	0.227	-0.036	NS方向1次

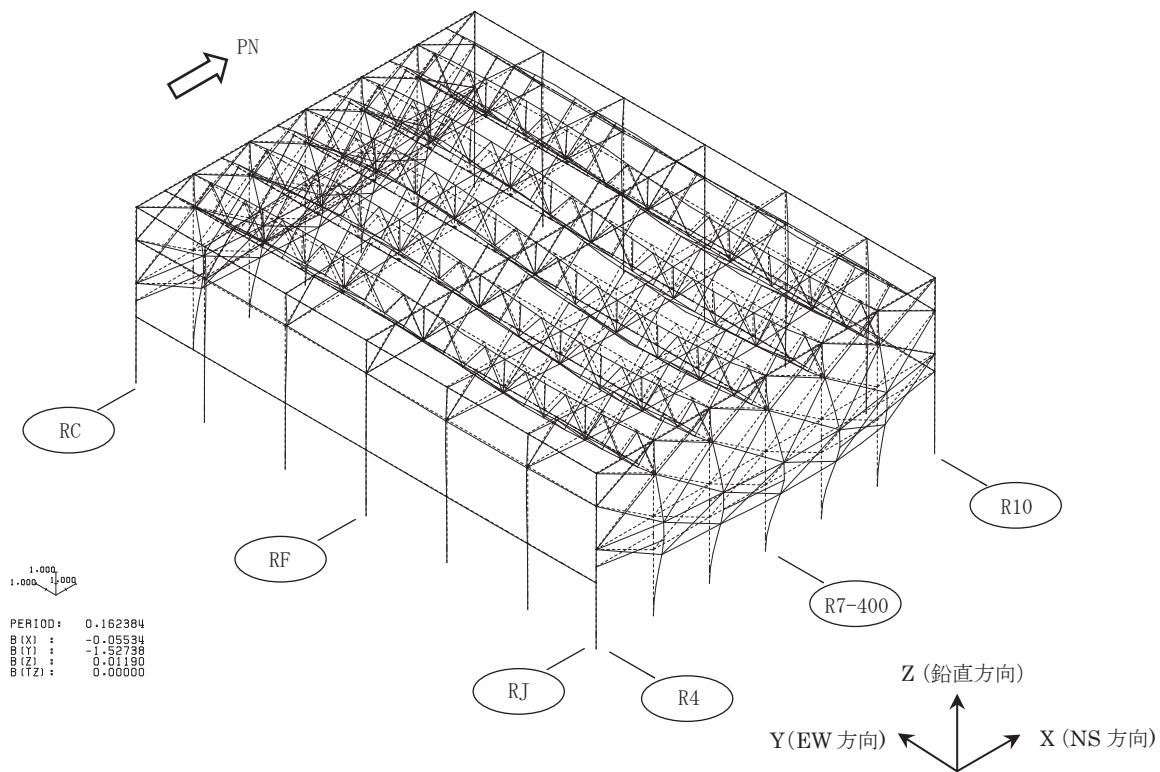


(a) 全体

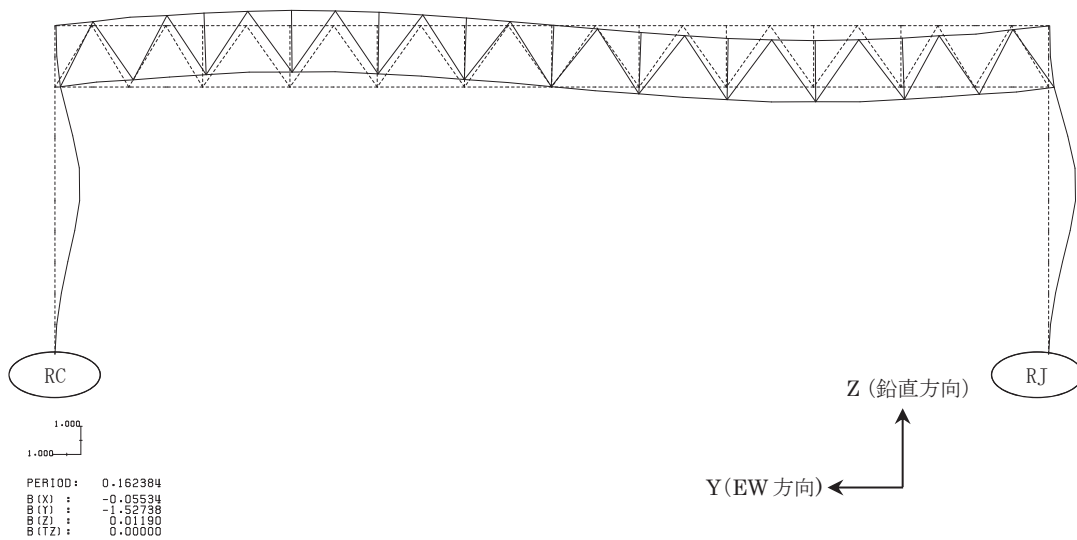


(b) 主トラス構面 (RF 通り)

図 2-1(1) 固有モード図(全体 1 次 : 屋根の鉛直 1 次)

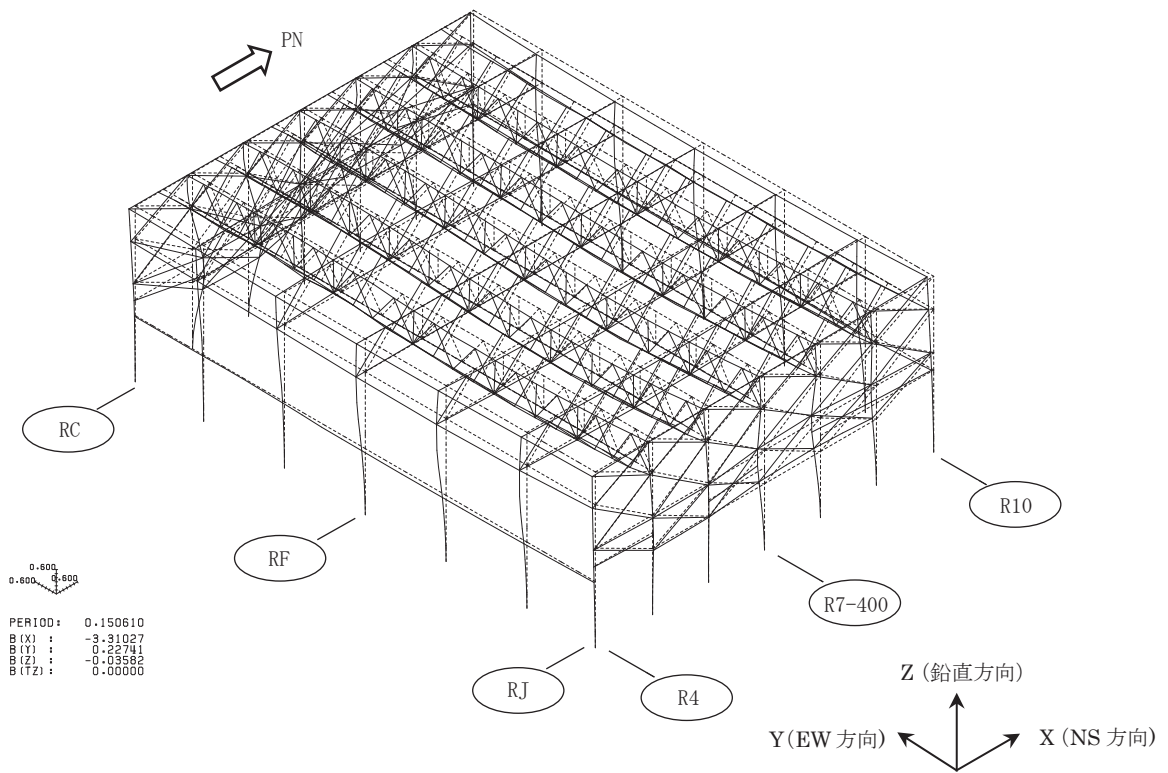


(a) 全体

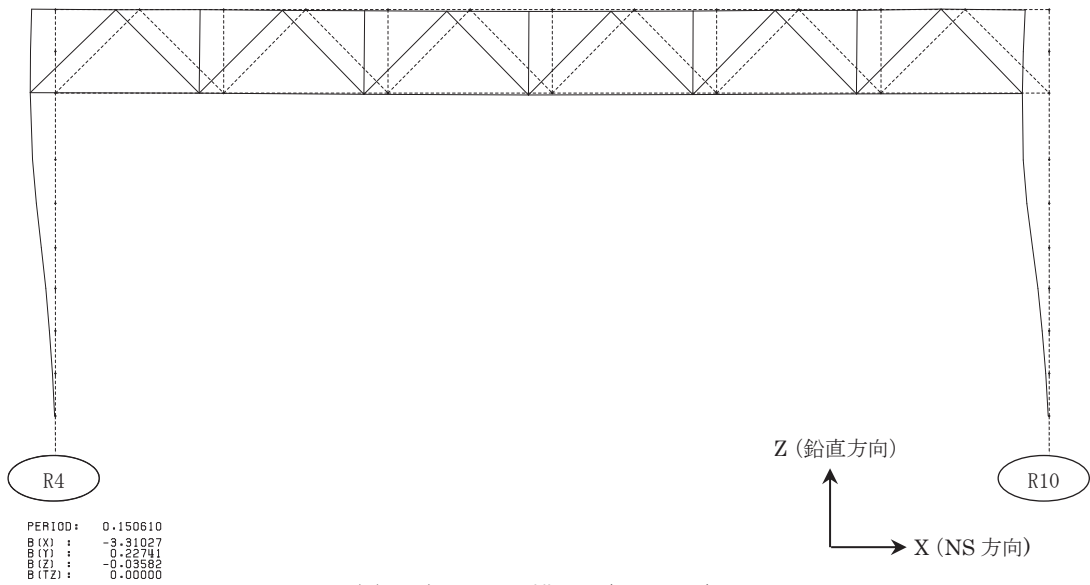


(b) サブトラス構面 (R7-400 通り)

図 2-1(2) 固有モード図(全体 4 次 : EW 方向水平 1 次)



(a) 全体



(b) 主トラス構面 (RF 通り)

図 2-1(3) 固有モード図(全体 9 次 : NS 方向水平 1 次)

別紙 1-1-4 屋根トラスの入力地震動に係る影響検討について

1. 概要

原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデルへの入力地震動は、原子炉建屋の質点系モデルによる地震応答解析結果から得られる燃料取替床（地上3階）レベルの応答時刻歴波形を用いるが、鉛直動に対する質点系モデルでは、屋根スラブの剛性は考慮していない。

鉛直動に対する質点系モデルにおいて、屋根スラブの剛性を考慮した場合についても解析を実施し、原子炉建屋屋根トラスの地震応答解析モデルへの入力地震動に与える影響を確認する。

2. 検討結果

鉛直動に対する質点系モデルを図 2-1 に、屋根スラブの面外剛性を屋根部分の剛性に考慮したモデルを図 2-2 に示す。

上記2つのモデルによる燃料取替床（地上3階）レベルの応答スペクトル（ $h=2\%$ ）の比較を、基準地震動 S_s-D1 及び S_s-D2 を例に図 2-3 に示す。

全周期帯にわたり、2つのモデルによる応答値の差はほとんど無く、屋根トラスの評価において無視できる範囲である。

設計基準強度 : $F_c = 32.4$ N/mm²
 ヤング係数 : $E_c = 2.65 \times 10^4$ N/mm²
 せん断弾性係数 : $G_c = 1.14 \times 10^4$ N/mm²
 減衰定数 : $h = 5\%$ (RC造)
 : $h = 2\%$ (トラス部)

トラス部の断面性能 (A_s, I) はRC等価な値にて与える

せん断面積(m²)
 断面2次モーメント(m⁴)
 質点重量(kN)
 軸ばね ($\times 10^7$ kN/m)

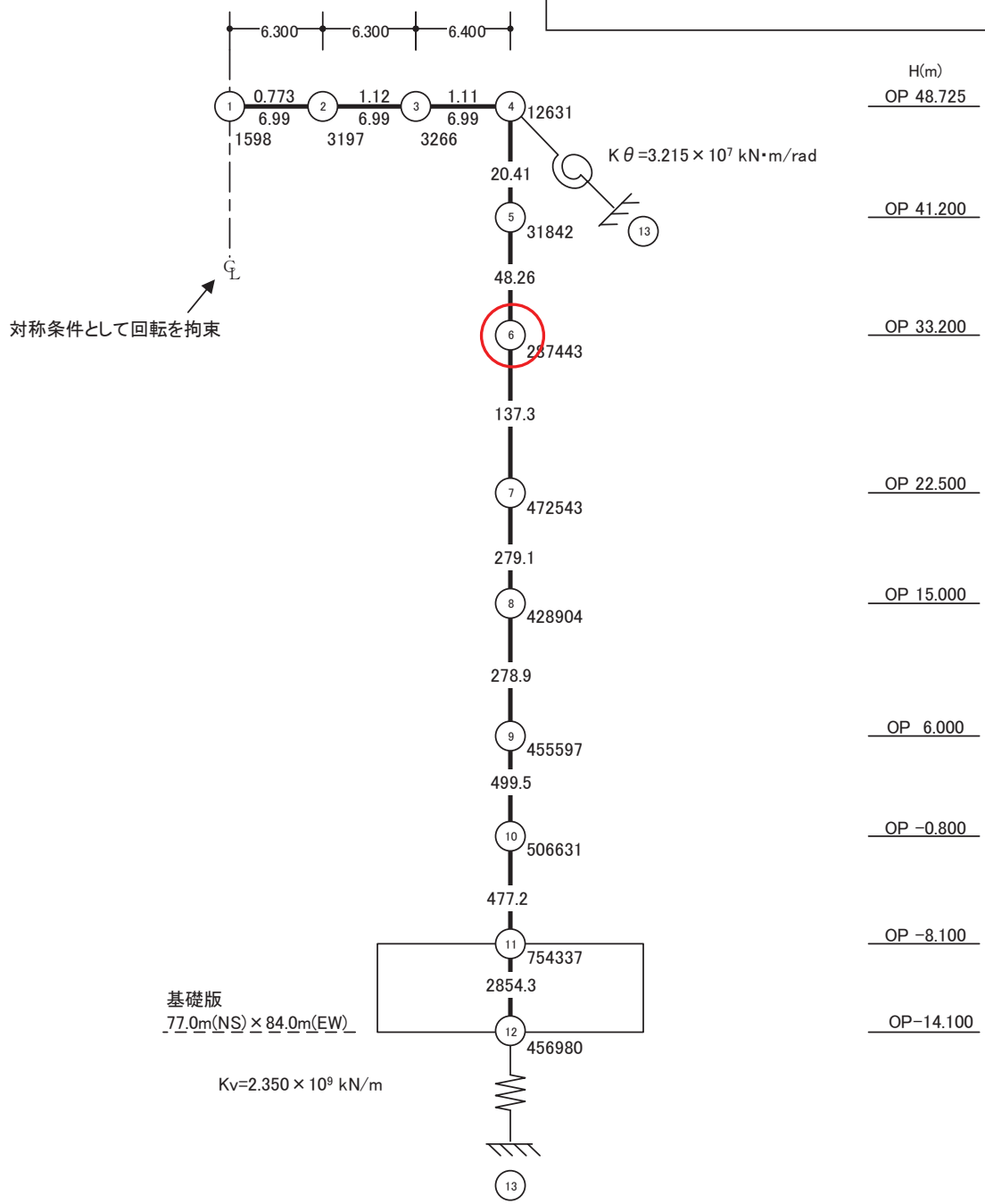


図 2-1 鉛直動に対する質点系モデル
 (屋根の面外剛性非考慮)

設計基準強度 : $F_c = 32.4$ N/mm²
 ヤング係数 : $E_c = 2.65 \times 10^4$ N/mm²
 せん断弾性係数 : $G_c = 1.14 \times 10^4$ N/mm²
 減衰定数 : $h = 5\%$ (RC造)
 : $h = 2\%$ (トラス部)

トラス部の断面性能 (A_s, I) はRC等価な値にて与える

せん断面積(m²)
 断面2次モーメント(m⁴)

No.

質点重量(kN)

軸ばね ($\times 10^7$ kN/m)

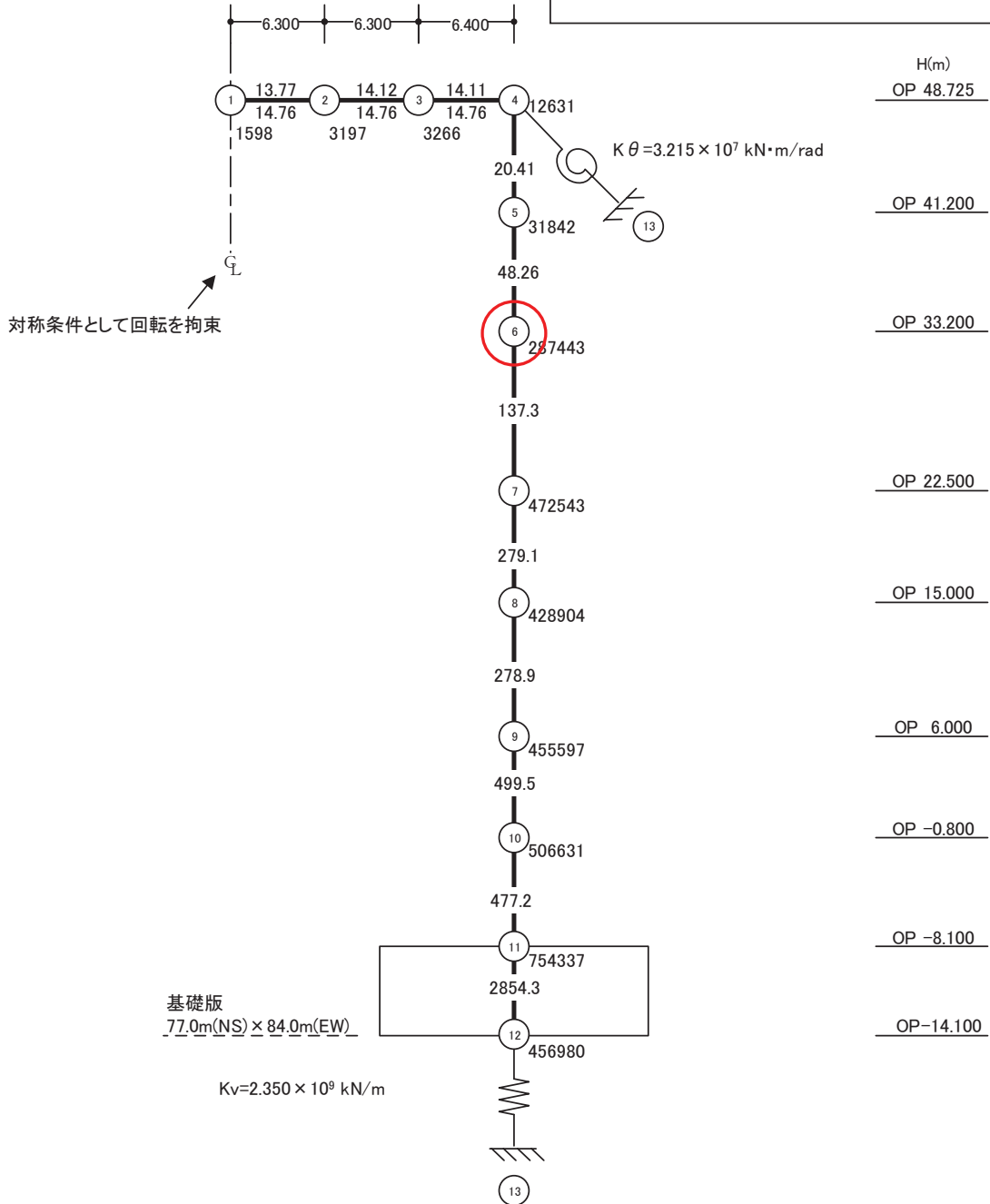
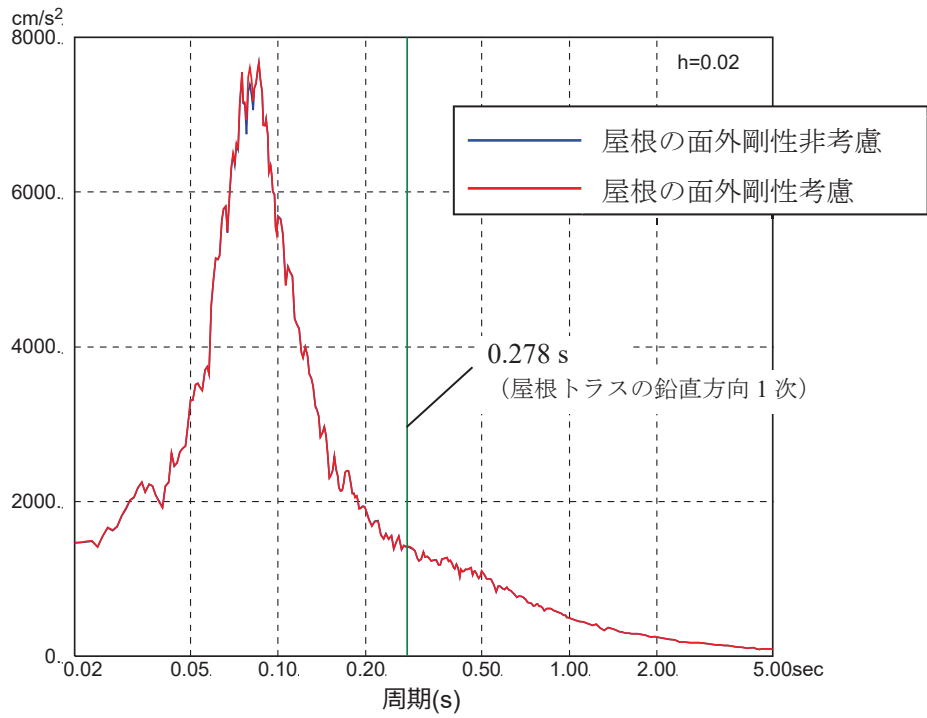
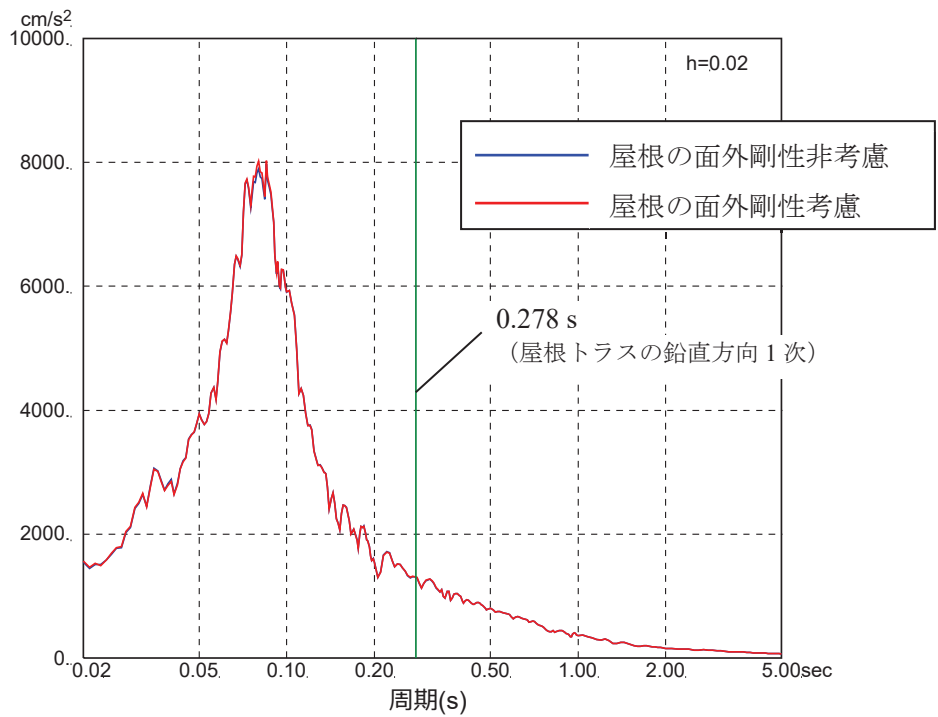


図 2-2 鉛直動に対する質点系モデル
 (屋根の面外剛性を考慮した場合)



(a) 基準地震動 S s - D 1



(b) 基準地震動 S s - D 2

図 2-3 燃料取替床 (地上 3 階) レベルの応答スペクトル (h=2%) の比較

別紙 1-2 原子炉建屋屋根トラスの補強概要

目 次

1. 概要	別紙 1-2-1
2. 補強概要	別紙 1-2-2
2.1 接合部補強	別紙 1-2-2
2.2 サブトラス、母屋の補強	別紙 1-2-3

1. 概要

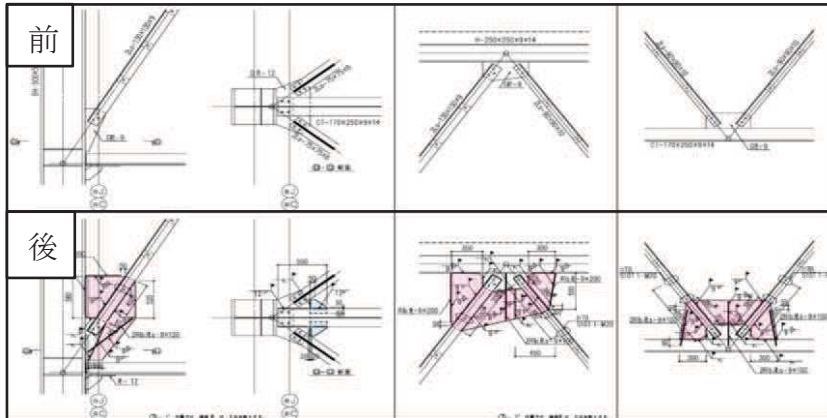
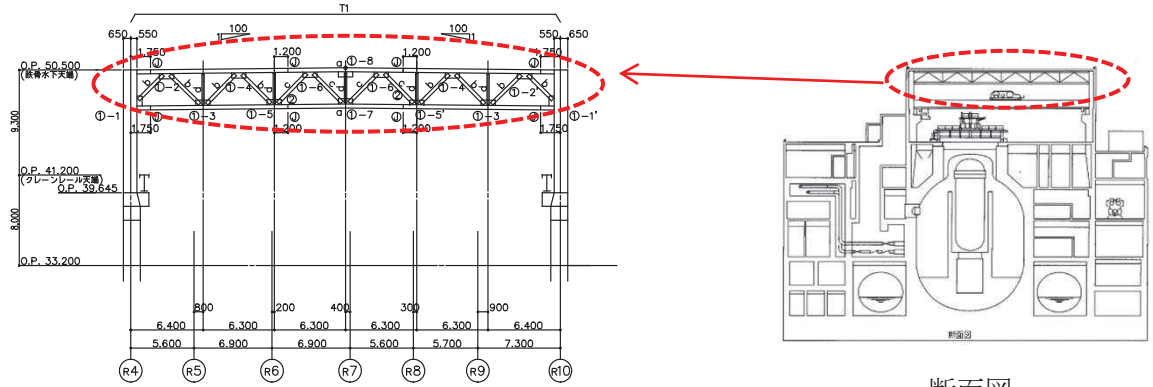
原子炉建屋の屋根トラスは、平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震（以下「3.11 地震」という。）以後に、接合部の補強及びサブトラスと母屋の補強を実施している。なお、建設時に仮設材として設置していた上下弦面の水平ブレースは撤去している。

補強概要を以下に示す。

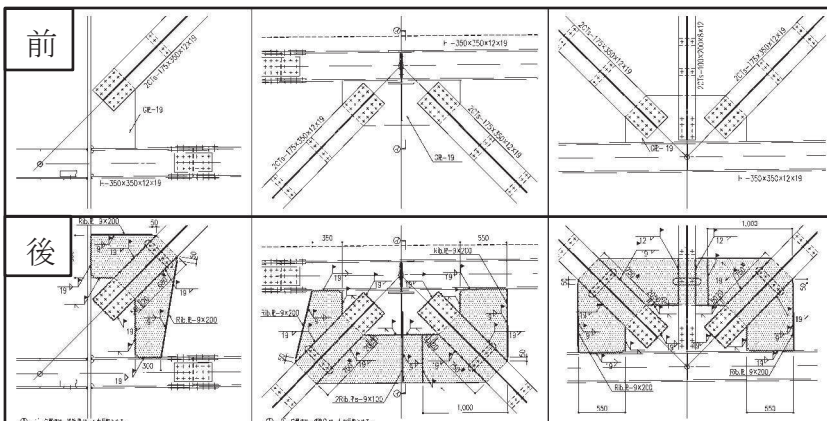
2. 補強概要

2.1 接合部補強

屋根トラスの接合部で破断しないように補強工事を実施した。補強概要を図2-1に示す。



サブトラス：補強前後



主トラス：補強前後



屋根トラス接合部の補強状況写真

図2-1 原子炉建屋屋根トラス接合部の補強概要

2.2 サブトラス及び母屋の補強

サブトラス及び母屋について、補強工事を実施した。補強概要を図2-2及び図2-3に示す。

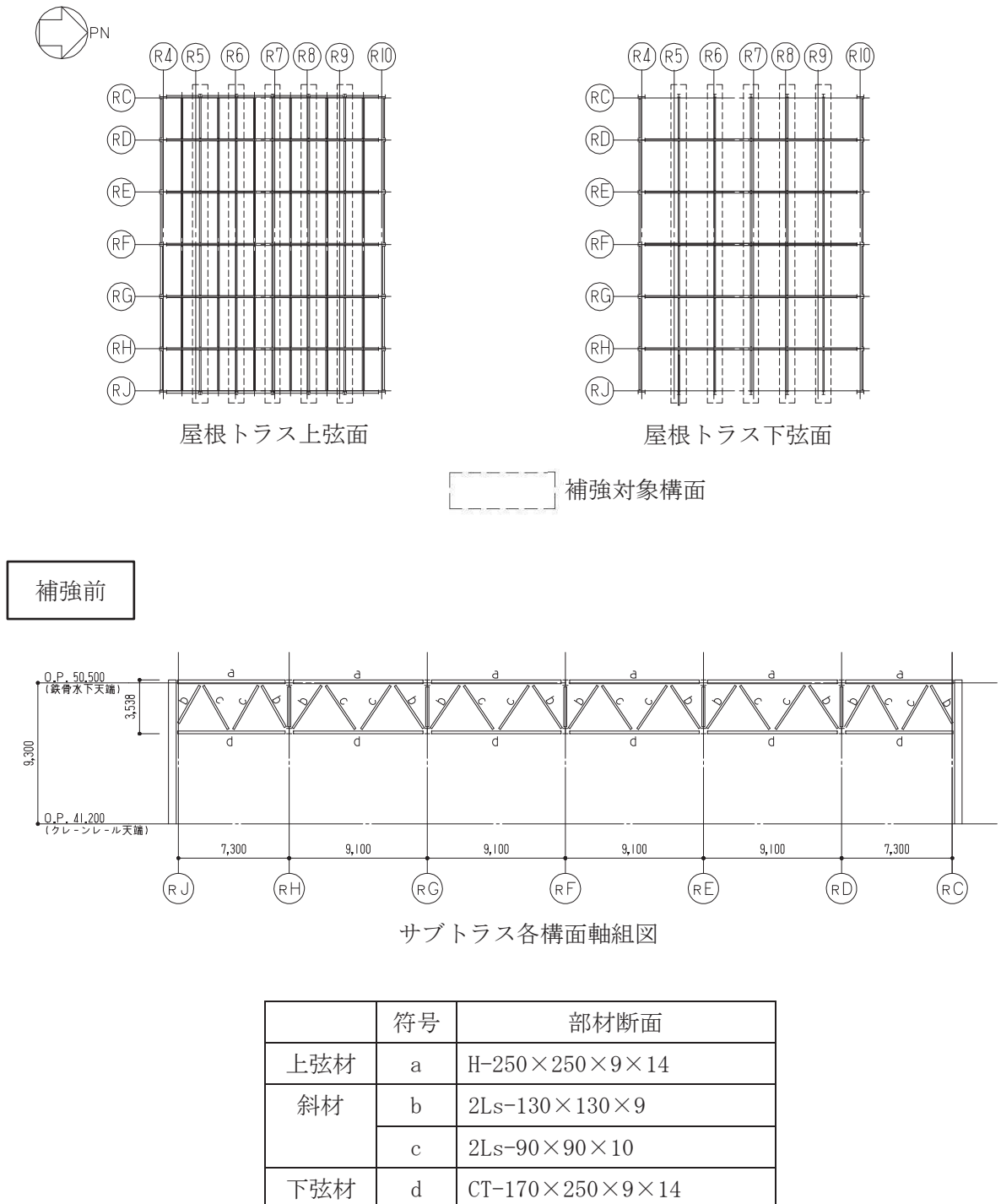
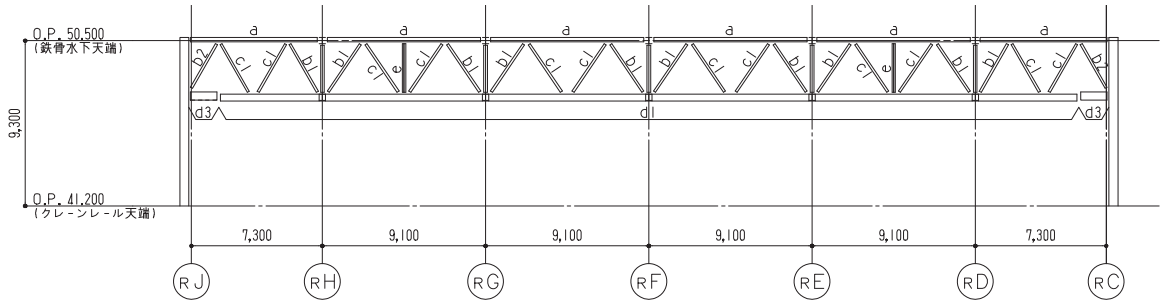
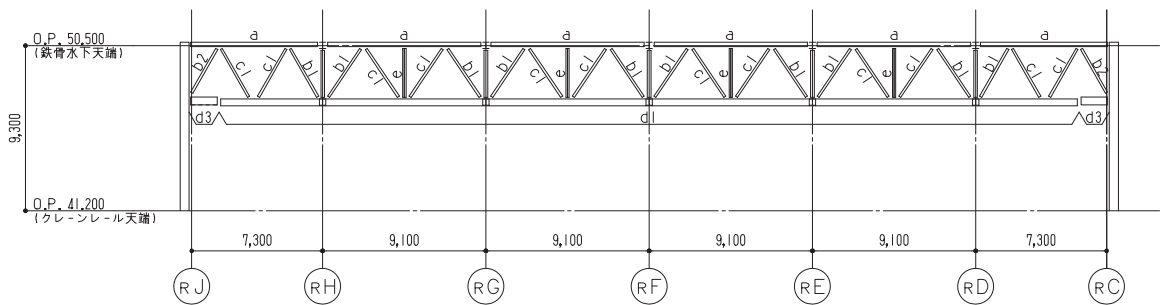


図2-2(1) サブトラス補強概要

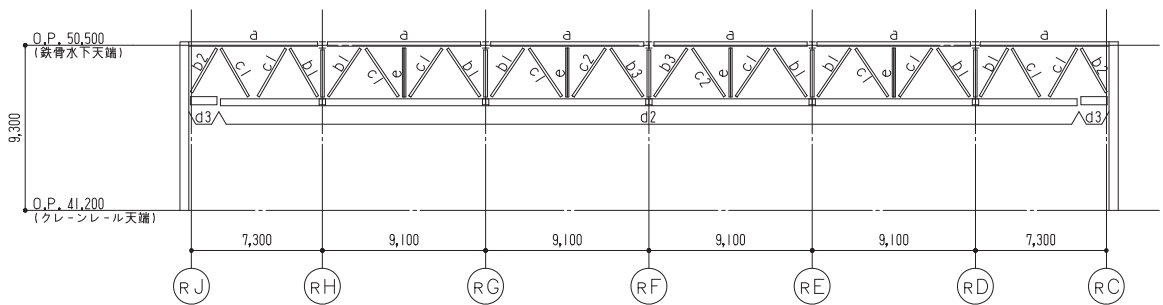
補強後



サブトラス (R5), (R9) 通り軸組図



サブトラス (R6), (R8) 通り軸組図



サブトラス (R7) 通り軸組図

図 2-2 (2) サブトラス補強概要

	符号	部材断面	備考
上弦材	a	(H-250×250×9×14)	
斜材	b1	(2Ls-130×130×9)+2Ls-150×90×12	
	b2	(2Ls-130×130×9)+2Ls-150×150×15	
	b3	(2Ls-130×130×9)+2Ls-250×90×12×16	
	c1	(2Ls-90×90×10)+2Ls-250×90×10×15	
	c2	(2Ls-90×90×10)+2Ls-300×90×11×16	
下弦材	d1	PL-19×601+ PL-25×550+ 2PLs-16×344	下図参照
	d2	PL-19×601+ PL-25×550+ 2PLs-19×344	下図参照
	d3	(CT-170×250×9×14)+BT-280×250×9×12+2PLs-16×350	下図参照
東材	e	4Ls-90×90×6	

()内は既存部材を示す

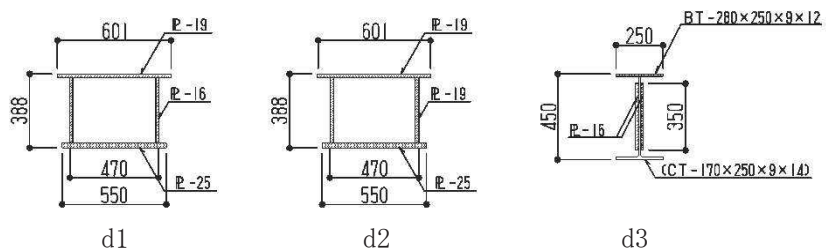
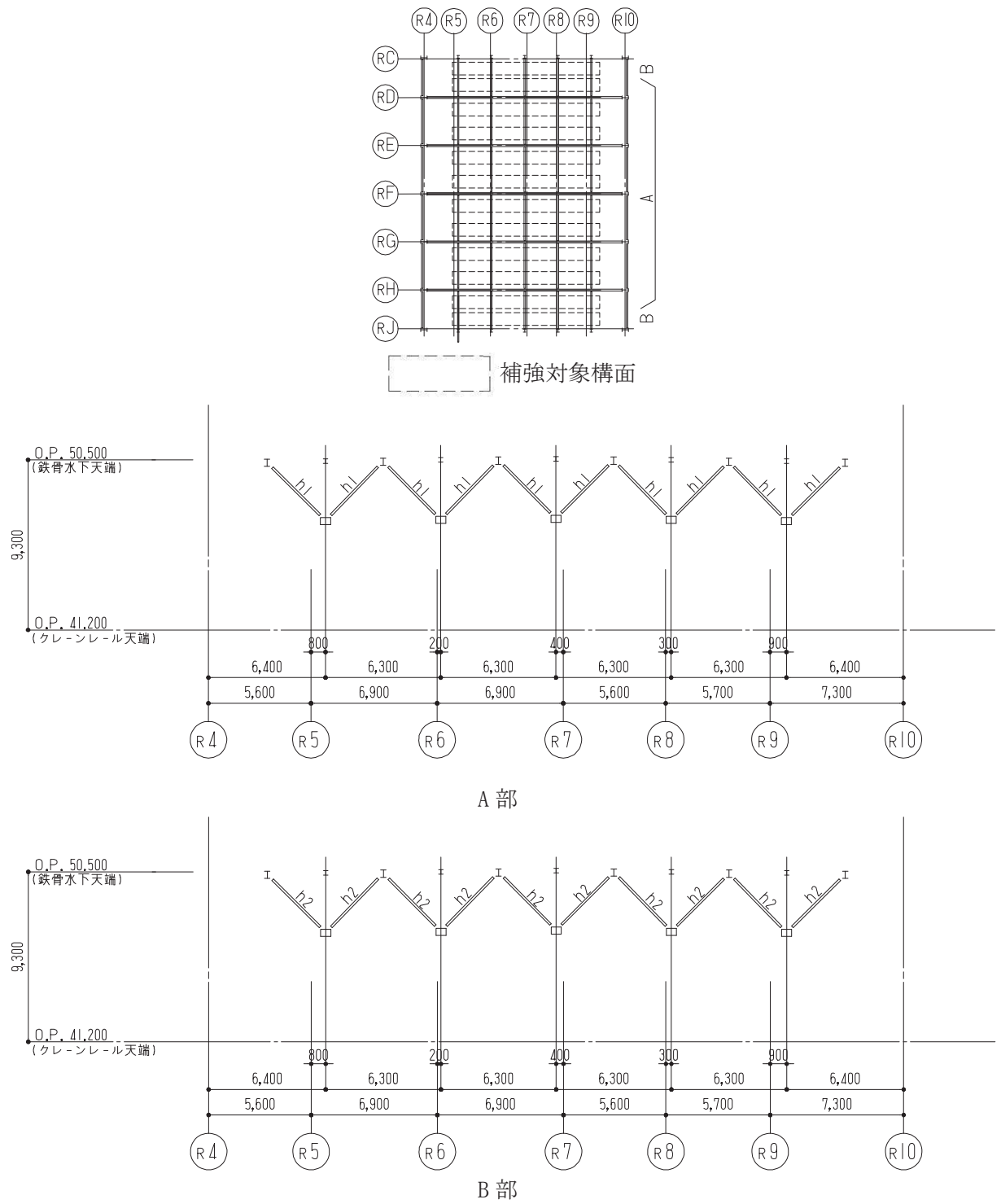


図 2-2(3) サブトラス補強概要



	符号	部材断面
方杖	h1	2Ls-130×130×9
	h2	2Ls-90×90×10

図 2-3 母屋補強概要 (方杖追加)

別紙 2 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件の考え方

目 次

1. 概要 別紙 2-1
2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件の考え方 別紙 2-2

1. 概要

本資料は、原子炉建屋屋根トラスの応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件についての概要を示すものである。

2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件

原子炉建屋屋根トラスの応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件を表 2-1 に示す。有限要素法を用いた解析モデルにおける要素分割の考え方*については，以下のとおり。

- ・トラス要素

トラス要素は要素内応力が一定であるため，部材長さに合わせて分割する。

- ・はり要素

はり要素の場合は，曲げの変位関数が 3 次で精度が高いため，基本的に要素分割の細分化は不要であるが，部材の接合点間で変位情報出力や荷重入力がある場合には複数要素に細分し，曲線部材がある場合はその曲線が直線近似できる程度の分割にすることが一般的である。また，分布荷重がある場合や分布質量が関係する自重荷重などの計算では，要素分割することにより質量分布がより正確になり，解析結果の精度が向上する。更に，要素分割の細分化により，変形図やモード図で構造物の変形状態を容易に把握することが可能となる。

注記*：構造解析のための有限要素法実践ハンドブック（非線形 CAE 協会，2008 年）

表 2-1(2) 応力解析モデル及び手法の比較 (原子炉建屋屋根トラス)

境界条件及び拘束条件
モデル下端の境界
<p>○境界条件</p> <ul style="list-style-type: none"> ・モデル下端の境界条件は、燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m) 位置について固定とする。 <p>○荷重の入力方法</p> <ul style="list-style-type: none"> ・長期荷重は、全体下向きの重力加速度を作用させることで入力する。 ・地震荷重は、質点系地震応答解析結果の燃料取替床レベル (3F, O.P. 33.2m) の質点の応答時刻歴 (水平, 鉛直, 回転: 回転中心は基礎スラブ中心) を入力する。

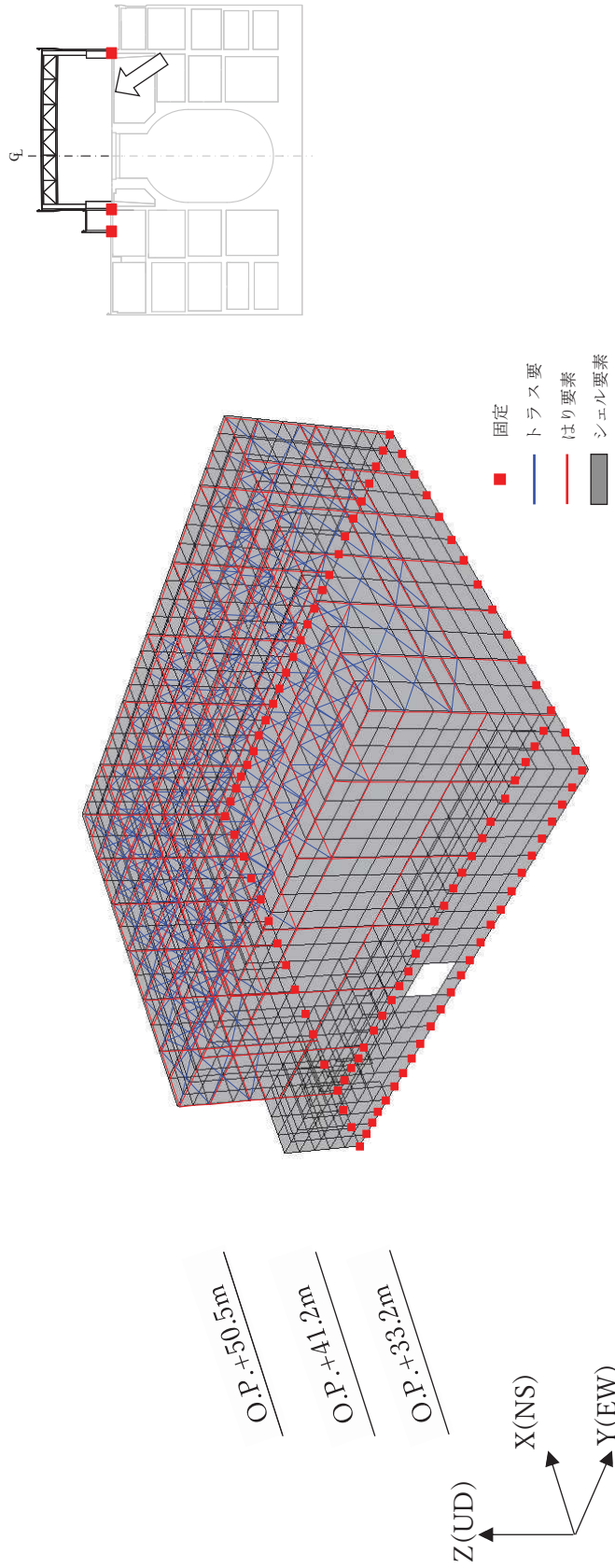


図 3 境界条件 (下方からの見上げ図)

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-8_改0
提出年月日	2021年2月22日

補足-610-8 【原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書に関する
補足説明資料】

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

VI-2-9-3-4「原子炉建屋基礎版の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙1 応力解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙1-1 原子炉建屋基礎版の応力解析モデルへの弾塑性解析の適用

別紙2 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件の考え方

別紙3 地震荷重の入力方法

別紙4 応力解析における断面の評価部位の選定

別紙5 剛性低下を考慮した影響検討

別紙6 ソリッド要素によるモデル化での影響検討

今回ご提示資料

別紙 1 応力解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法
の比較

目 次

- 1. 概要 別紙 1-1
- 2. 応力解析モデル及び手法の比較 別紙 1-2
 - 2.1 既工認時及び今回工認時の応力解析モデル及び手法の比較 別紙 1-2
 - 2.2 既工認モデルと今回工認モデルの差異について 別紙 1-6

1. 概要

本資料は、原子炉建屋基礎版の既工認時及び今回工認時の応力解析モデル及び手法の比較を示すものである。

2. 応力解析モデル及び手法の比較

2.1 既工認時及び今回工認時の応力解析モデル及び手法の比較

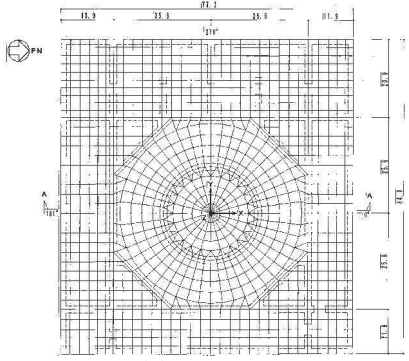
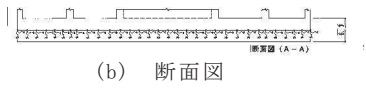
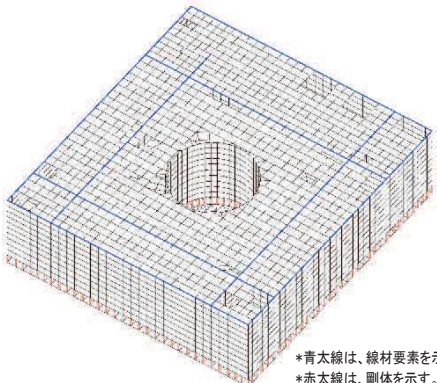
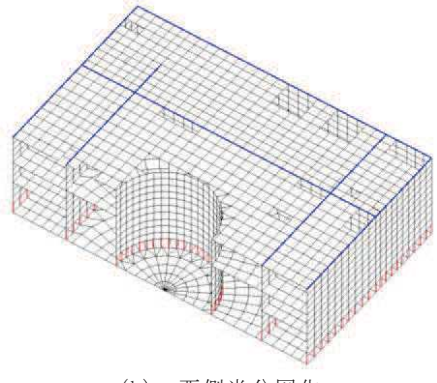
原子炉建屋基礎版の応力解析モデル及び手法の比較を表2-1に示す。

比較に用いる既工認時の応力解析モデル及び手法は、平成元年6月8日付け元資庁第2015号にて認可された既工事計画認可申請書 第1回申請 添付書類「IV-2-6-1 原子炉格納施設の基礎に関する説明書」（以下「既工認」という。）のものである。

表 2-1 (1) 応力解析モデル及び手法の比較 (原子炉建屋基礎版) (1/2)

項目	内容	既工認	今回工認	備考
解析手法		・ 3次元 FEM モデルを用いた応力解析 (弾性解析)	・ 3次元 FEM モデルを用いた応力解析 (弾塑性解析)	(1)
解析コード		・ N A S T R A N	・ A B A Q U S	(1)
モデル	モデル化範囲	(基礎版部分) ・ 基礎版 (上部構造モデル部分) ・ 基礎版より立ち上がる耐震壁	(基礎版部分) ・ 同左 (上部構造モデル部分) ・ 基礎版より立ち上がる耐震壁及び床スラブ	(2)
	材料物性	検討時の各規準, コンクリートの設計基準強度に基づき設定 ・ コンクリートのヤング係数: $E = 2.65 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (SI 換算) ・ コンクリートのポアソン比: $\nu = 0.167$	適用規準等の見直しによる再設定 耐震壁の剛性は, 原子炉建屋の地震応答解析モデルに基づき設定 ・ コンクリートのヤング係数 基礎版 : $E = 2.51 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 耐震壁 (NS 方向) : $E = 1.88 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 耐震壁 (EW 方向) : $E = 2.01 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ シェル壁 : $E = 1.945 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ 床スラブ : $E = 2.51 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ ・ コンクリートのポアソン比 : $\nu = 0.2$ ・ 鉄筋のヤング係数 : $E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$	(3)
	要素種別	・ 基礎版全体をシェル要素でモデル化 ・ 外部、内部ボックス壁、火打ち壁、シェル壁等の剛性の高い壁は、等価な剛性を考慮したはり要素でモデル化	・ 基礎版全体をシェル要素でモデル化 ・ 地下部分の一部はシェル要素でモデル化し、壁及び床スラブの立体的な形状による剛性への寄与を考慮	(2)
	境界条件	・ 底面を弾性地盤ばねにより支持 ・ 底面の弾性地盤ばねは、浮上りを考慮 ・ B3F~2Fの耐震壁の剛性を考慮	・ 底面を弾性地盤ばねにより支持 ・ 底面の弾性地盤ばねは、浮上りを考慮 ・ B3F~2Fの耐震壁の剛性を考慮 ・ B2F~1Fの床スラブの剛性を考慮	(2)
	非線形特性	・ 考慮しない	コンクリート ・ 圧縮側のコンクリート構成則 : CEB-FIP Model code に基づき設定 ・ ひび割れ発生後の引張軟化曲線: 出雲ほか (1987) による式 鉄筋 ・ バイリニア型	(1)
地震荷重との組合せ	$G + P + S_1$ $G + P + S_2$ G : 固定荷重 (浮力を含む) P : 積載荷重 S_1 : S_1 地震荷重と $3.0C_i$ 静的地震荷重の包絡荷重 (地震時土圧荷重を含む) S_2 : S_2 地震荷重 (地震時土圧荷重を含む)	$G + P + S_s$ G : 固定荷重 (浮力を含む) P : 積載荷重 S_s : S_s 地震荷重 (地震時土圧荷重, トラスサポート地震時反力を含む)	-	

表 2-1 (2) 応力解析モデル及び手法の比較 (原子炉建屋基礎版) (2/2)

項目	内容	既工認	今回工認	備考
荷重の設定	固定荷重及び積載荷重	・固定荷重, 配管荷重, 機器荷重, 積載荷重及び浮力	・同左	—
	地震荷重	・上部構造からの地震力(水平力, 曲げモーメント, 鉛直力)及び基礎部の付加地震力を入力	・同左	—
	地震時土圧荷重	$P = 10.0 + 0.6 \cdot \gamma \cdot h$ γ : 土の単位体積重量 (t/m ³) h : 地表面からの深さ (m)	$P = 0.5 \cdot \gamma \cdot h + C$ γ : 土の単位体積重量 (kN/m ³) h : 地表面からの深さ (m) C : 地震時増分土圧 (kN/m ²)	<ul style="list-style-type: none"> ・地震時土圧は, 常時土圧に地震時増分土圧を加えて算出 ・地震時増分土圧は「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社)日本電気協会)」に基づき有限要素モデルより算出した荷重を包絡したものと評価
評価方法	応力解析	・発生応力が許容応力度を超えないことを確認	・鉄筋及びコンクリートのひずみ並びに面外せん断力が評価基準値を超えないことを確認	(4) (5)
解析モデル	 <p>(a) 平面図</p>  <p>(b) 断面図</p>	 <p>(a) 全体図</p> <p>*青太線は、線材要素を示す。 *赤太線は、剛体を示す。</p>  <p>(b) 西側半分図化</p>		

【主要な差異】（表の備考欄に対応）

- (1) 既工認では弾性解析を採用しているが、今回工認では弾塑性解析を採用する。（詳細は 2.2.1 及び別紙 1-1 に示す。）
- (2) 今回工認では一部耐震壁及び床スラブをシェル要素でモデル化する。（詳細は 2.2.2 に示す。）
- (3) コンクリートのヤング係数については、「鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－」（（社）日本建築学会，1999 改定）に基づき再計算し，地震応答解析モデルと同様に，初期剛性低下については地震観測記録の分析等を踏まえてその影響を考慮する。その考え方については別紙 1-1 に示す。
- (4) 「発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格」（（社）日本機械学会，2003），「原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」（（社）日本建築学会，2005 制定）に基づき評価（詳細は別紙 1-1 に示す。）
- (5) 荷重の種類で区分した解析ステップごとに荷重を入力する一連の解析を実施し，最終的な応力又はひずみにより評価を実施する。なお，解析ステップは地震荷重以外の荷重，地震荷重の順である。（詳細は別紙 1-1 に示す。）

2.2 既工認モデルと今回工認モデルの差異について

2.2.1 弾塑性解析の採用

応力解析に弾塑性解析を採用することについては、基準地震動 S_s による入力
の増大に伴い、原子炉建屋の鉄筋コンクリート構造全体としての挙動が塑性域に
入ると考えられるため、その塑性域の挙動を適切に評価するために採用するもの
である。弾塑性解析の適用の妥当性について「別紙 1-1」に示す。

また、準拠する規格・基準について、原子炉建屋の基礎版に要求される機能は、
基準地震動 S_s に対する間接支持構造物としての機能であり、許容限界としては
機能維持となる。一方、鉄筋コンクリート造構造物に関する規格である「日本機
械学会 発電用原子力設備規格 コンクリート製原子炉格納容器規格（以下「CCV
規格」という。）」は、基準地震動 S_s に対して主要施設としての機能確保が必要な
施設に対する設計規格であるため、原子炉建屋基礎版の弾塑性解析は CCV 規格に
基づき実施する。

2.2.2 一部耐震壁及び床スラブのシェル要素でのモデル化

既工認時は、ボックス壁、火打ち壁、シェル壁等の剛性の高い壁を等価な剛性を
考慮したはり要素でモデル化している。このうち地下部分の一部をシェル要素で
モデル化することは、壁の立体的な形状による剛性への寄与を考慮することを目
的に採用するものである。既工認モデルと今回工認モデルの概念図を図 2-1 に、
既工認と今回工認の耐震壁の剛性評価及び解析上の影響について表 2-2 に示す。

既工認時はボックス壁、火打ち壁、シェル壁等の剛性の高い壁を等価な剛性を考
慮したはり要素でモデル化しているが、考慮している剛性は基礎版面外方向の剛
性のみとしている。本来、基礎版より上階において直交する耐震壁は相互につな
がっているが、その効果は考慮されない。

一方、今回工認時では地下 3 階、地下 2 階及び地下 1 階の壁をシェル要素でモ
デル化していることから、既工認時にははり要素で考慮していた基礎版に対する面
外剛性に加えて、耐震壁の面外剛性、面内剛性も考慮される。また、地下 2 階、地
下 1 階及び 1 階の床スラブをシェル要素でモデル化する。これらの壁及び床スラ
ブが全体として基礎版への拘束部材となり、より実状に近い構造挙動となる。例え
ば、地震荷重時に基礎版が面外に変形しながら浮上りを生ずる挙動に対して、地震
方向の耐震壁と直交方向の耐震壁が一体性を保持しつつ、立体的に抵抗すること
となる。また、既工認モデルのはり要素は中立軸を耐震壁の図心として評価したも
のを基礎版中心位置に設定しており偏心が考慮されないのに対し、今回工認モデ
ルではシェル要素を基礎版上端より立ち上げるため、基礎版中心（モデル化位置）
と耐震壁の図心の偏心距離が考慮されることにより曲げ剛性が大きく評価される。
これらの結果、基礎版の面外変形が既工認モデルに比較して小さくなり、基礎版の
応力は低減することとなる。

ただし、実機では基礎版上端から上部全体の耐震壁及び床スラブが一体として

拘束効果を発揮するのに対し、今回工認モデルではシェル要素でモデル化するのは基礎版直上の 3 層分の耐震壁のみであり、拘束効果は実機より小さく保守的である。

なお、耐震壁の地震力算定に用いる地震応答解析では基礎版を剛体として扱っているため、基礎版の柔性等の実際の柔らかさを考慮する場合に対し基本的に耐震壁が負担する地震力を保守的に評価している。また、耐震壁の土圧荷重の評価においては一方向版を仮定し、基礎版との接続部で固定とする等の評価を実施していることなどから耐震壁には十分な余裕があるが、シェル要素でモデル化した耐震壁に発生する応力については、念のためその影響について確認する。

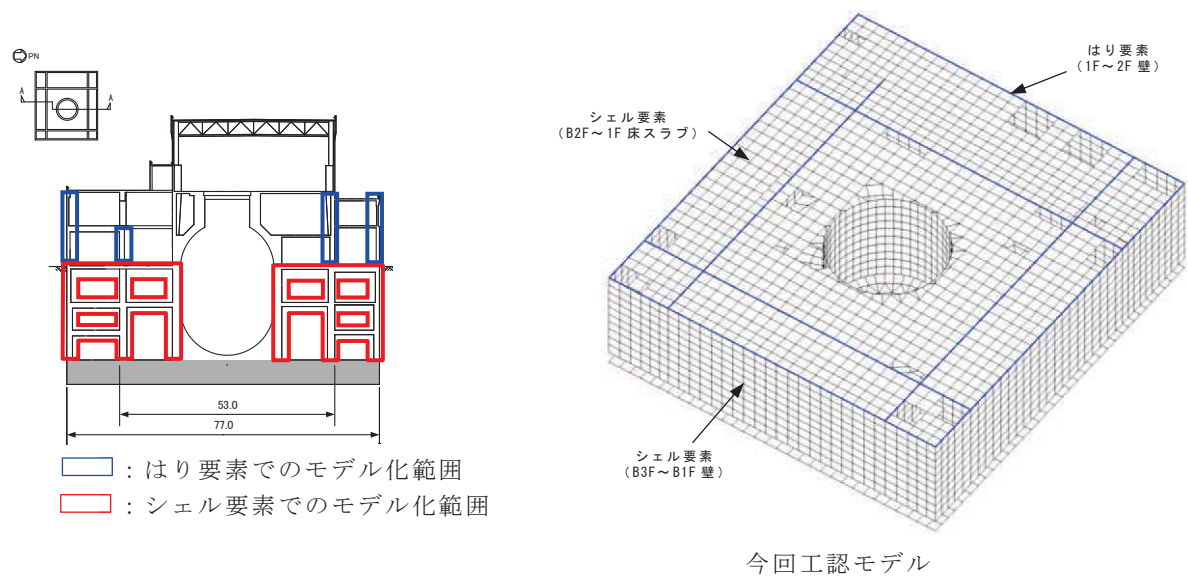
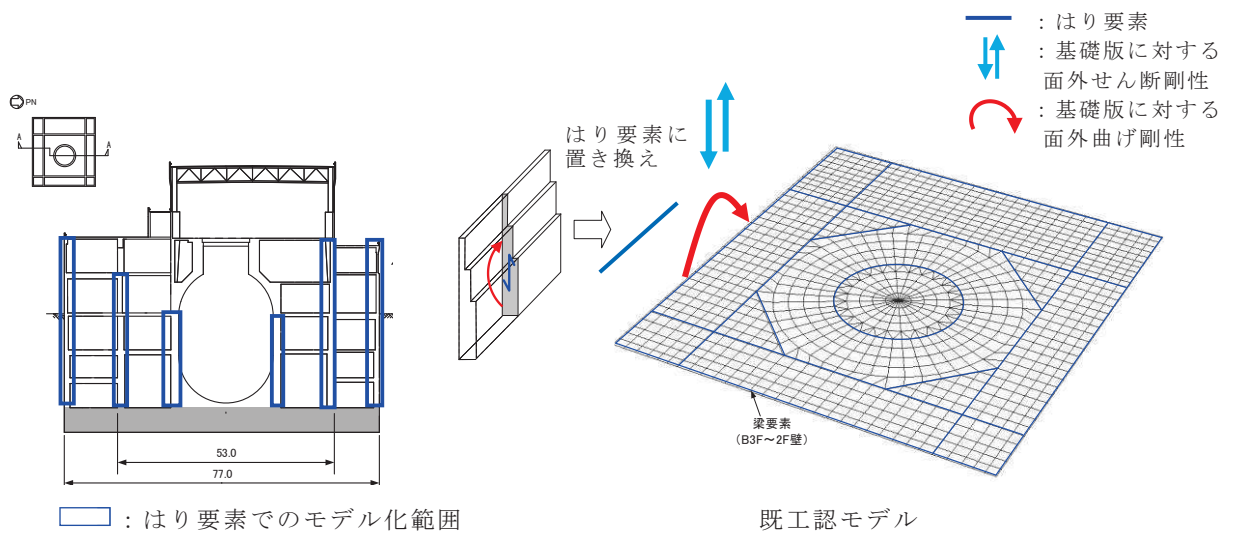
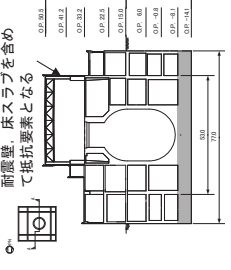
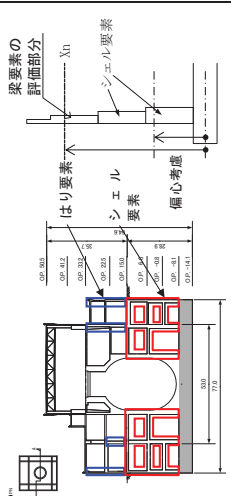
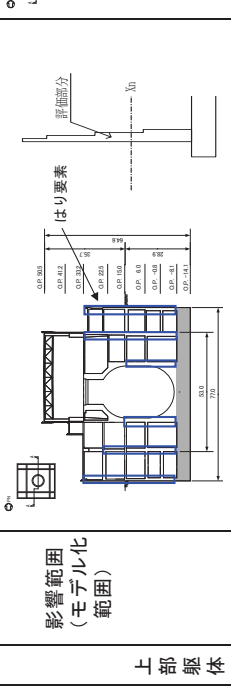


図 2-1 既工認モデルと今回工認モデルの概念図

表 2-2 一部耐震壁及び床スラブをシエル要素へ変更したことに伴う解析上の影響

項目	既工認	今回工認	実機の状態 (想定される実現象)
影響範囲 (モデル化範囲)			
上部躯体の剛性	<p>モデル化範囲の耐震壁は、等価な剛性を考慮したはり要素でモデル化</p>	<p>耐震壁は、地下3階から地下1階までをシエル要素、地上1階より上部ははり要素でモデル化 床スラブは、地下2階から地上1階までをシエル要素でモデル化</p>	<p>—</p>
要素タイプ	<p>—</p>	<p>—</p>	<p>—</p>
剛性評価	<p>地下3階から地上2階までの壁を対象としたせん断断面積、断面二次モーメントから等価な1本のはり要素に置き換えている。 ⇒拘束効果は実機及び今回工認モデルより弱い。 壁の曲げ剛性は壁の図心位置で評価したものを基礎版中心位置に設定しており偏心が考慮されないため、今回工認モデルより小さい。</p>	<p>地下3階から地下1階は層毎に中立軸に対する曲げ剛性を考慮しており、既工認モデルに比べて実機の状態に近いモデルとなっている。 ⇒拘束効果は実機より弱い。 壁の曲げ剛性は基礎版中心からの偏心が考慮されており既工認より大きい、実機よりは小さい。</p>	<p>床スラブの拘束等により、および層毎に中立軸に対する曲げ剛性が薄くと考えられ、建屋上部躯体全体として拘束効果を発揮する。</p>
土圧に対する挙動	<p>基礎版のみ</p>	<p>基礎版、シエル要素でモデル化した耐震壁 (地下3階から地下1階) 及び床スラブ (地下2階から地上1階)</p>	<p>基礎版、地下耐震壁及び床スラブ (地下3階から地表まで)</p>
土圧の負担要素	<p>土圧による荷重はすべて基礎版が負担するモデルとなっている。 ⇒実機及び今回工認モデルより負担要素は少ない。</p>	<p>基礎版に加え地下3階から地表までの3層分の耐震壁及び各階の床スラブが荷重を負担する。</p>	<p>基礎版に加え地下3階から地表までの3層分の耐震壁及び各階の床スラブが荷重を負担する。</p>
基礎版の評価におけるモデル化の特徴及び保守性	<p>既工認モデルは当時の計算能力の制約もあり、上部躯体の立体的構造をモデル化しないシンプルなモデルと評価しているため、モデル化した範囲の荷重を基礎版がすべて負担するモデルとなっている。 このようなモデル化により、基礎版の評価において実挙動に対して保守的なモデルとなっている。</p>	<p>今回工認モデルは基礎版及び地下2階から地上1階以外の床スラブはモデル化していないため、これらの床スラブを含めた建屋上部躯体全体としての拘束効果は考慮されていない。 このようなモデル化により、基礎版の評価において実挙動に対して保守的なモデルとなっている。</p>	<p>—</p>

別紙 1-1 原子炉建屋基礎版の応力解析モデルへの弾塑性解析の適用

目 次

1. 概要.....	別紙 1-1- 1
2. 原子炉建屋基礎版の概要.....	別紙 1-1- 1
2.1 原子炉建屋基礎版の構造概要.....	別紙 1-1- 1
2.2 基礎版における地震観測.....	別紙 1-1- 1
3. 弾塑性解析の採用について.....	別紙 1-1- 3
3.1 弾塑性解析を採用する目的とその効果.....	別紙 1-1- 3
3.2 弾塑性解析を採用するに当たっての解析条件.....	別紙 1-1- 4
4. 材料構成則の妥当性・適用性について.....	別紙 1-1- 8
4.2 コンクリート(圧縮側).....	別紙 1-1-16
4.3 鉄筋(引張側, 圧縮側).....	別紙 1-1-16
5. 既往研究に基づく弾塑性解析の妥当性・適用性.....	別紙 1-1-17
6. まとめ.....	別紙 1-1-23

別紙 1-1-1 許容限界設定の考え方について

別紙 1-1-2 シェル壁内部の構造物から基礎版に伝達される荷重等の考え方について

別紙 1-1-3 基礎版と耐震壁の剛性の組合せの考え方について

参考資料 1 原子炉建屋 地震計配置

参考資料 2 地震観測記録に基づく基礎版の剛性低下に係る試検討

1. 概要

原子炉建屋の基礎版等の応力解析においては、既工認では弾性解析を採用しているが、今回工認では弾塑性解析を採用する。

本資料は、基礎版の3次元弾塑性解析の妥当性・適用性について説明するものである。

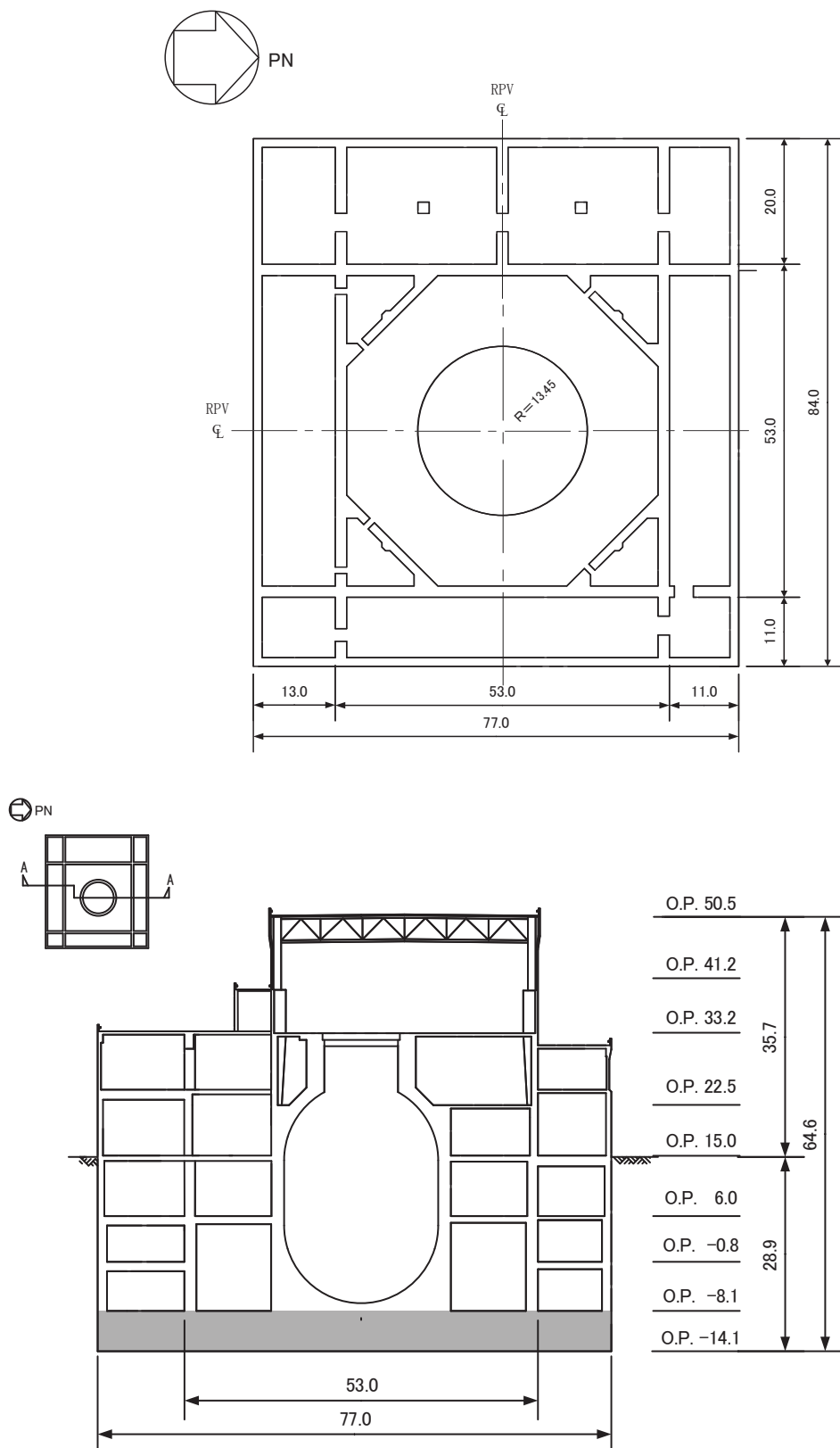
2. 原子炉建屋基礎版の概要

2.1 原子炉建屋基礎版の構造概要

基礎版は厚さ 6.0m の鉄筋コンクリートの平板であり、外部ボックス壁、内部ボックス壁、火打ち壁、シェル壁、RPV ペDESTAL等から伝わる上部構造物や機器配管系の荷重を支持する部材である。図 2-1 に基礎版の概要を示す。

2.2 基礎版における地震観測

基礎版上には地震計を複数設置して地震観測を実施しており、3.11 地震等の観測記録が得られている。解析モデルの策定に当たっては、これらの記録の分析結果を考慮する。



(単位:m)

図 2-1 基礎版の概要

3. 弾塑性解析の採用について

3.1 弾塑性解析を採用する目的とその効果

弾性解析と弾塑性解析の応答性状の違いを示した概念図を図3-1に示す。弾性解析は、どれだけ入力が大きくなっても初期の剛性が維持され続けるという仮定での解析を実施することとなるため、入力レベルが小さい場合は実現象を精度良く再現することができるが、入力の増大により挙動が塑性域に入るような場合、部材の塑性化により剛性が低下する現象を模擬できない。そのため、実挙動が塑性域に入る場合に弾性解析を用いると、応力を過大に評価する場合やひずみ（変形量）を過小に評価する場合がある。図3-1は入力を応力で与える場合の傾向を示しており、入力する応力が大きくなるに従い、ひずみが過少に評価される傾向を示している。

今回工認では、基準地震動 S_s による入力の増大に伴い、原子炉建屋の鉄筋コンクリート構造全体としての挙動が塑性域に入ると考えられることから、入力レベルに応じた構造物の挙動を適切に評価することを目的として弾塑性解析を採用することが必要であると判断した。

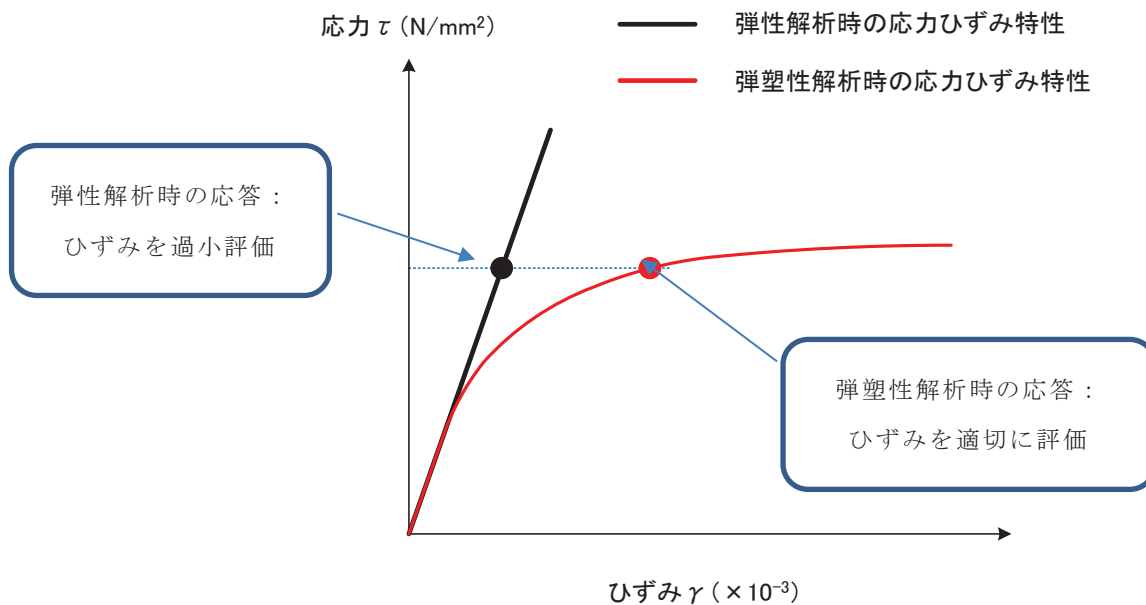


図3-1 弾性解析と弾塑性解析の違い（概念図）

3.2 弾塑性解析を採用するに当たっての解析条件

(1) 材料構成則の妥当性

基礎版の応力解析に弾塑性解析を取り入れることによる利点は、既工認で採用していた弾性解析では表現できないような大入力時の弾塑性挙動を評価できることにある。弾塑性挙動を適切に評価するには、塑性域を含めた鉄筋及びコンクリートの材料構成則（材料の応力とひずみの関係をモデル化したもの）を適切に設定し解析を実施する必要がある。

今回工認で採用する材料構成則を図 3-2 に示す。ここで、コンクリート（圧縮側）は CEB-FIP^[1]モデル、コンクリート（引張側）は RC 規準^[2]（ひび割れ点の評価）と岡村・出雲モデル^[3]（ひび割れ点以降の引張軟化曲線）、鉄筋（圧縮・引張側）は完全弾塑性型を用いているが、弾塑性挙動へ与える影響が大きいため、その設定の妥当性・適用性について検討することとする。

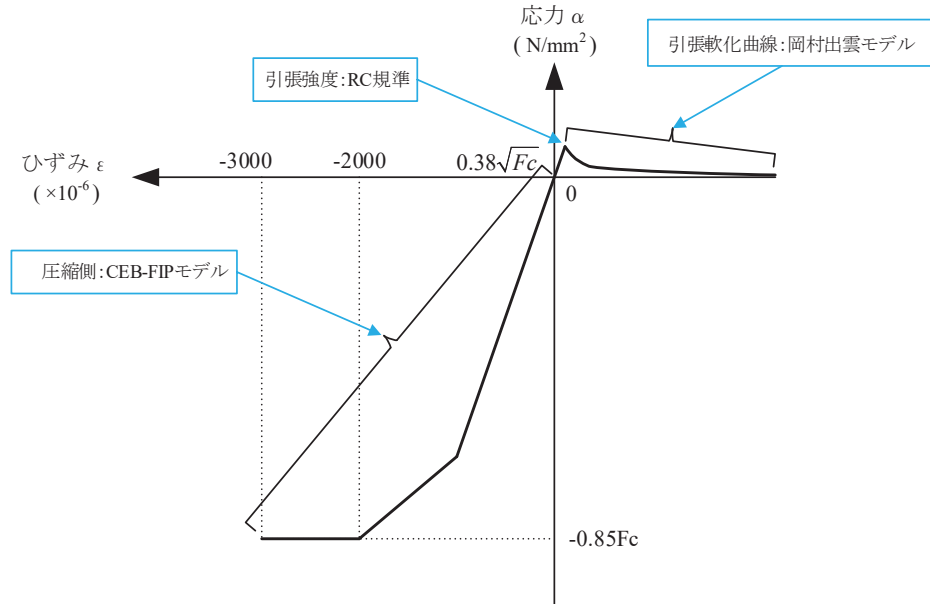
(2) 鉄筋コンクリート構造物の初期剛性低下

3.11 地震に対する原子炉建屋の質点系モデルを用いたシミュレーション解析では、耐震壁の初期剛性を低下させることにより観測記録との整合性が図られており、その傾向を基礎版の弾塑性解析にも適用する。

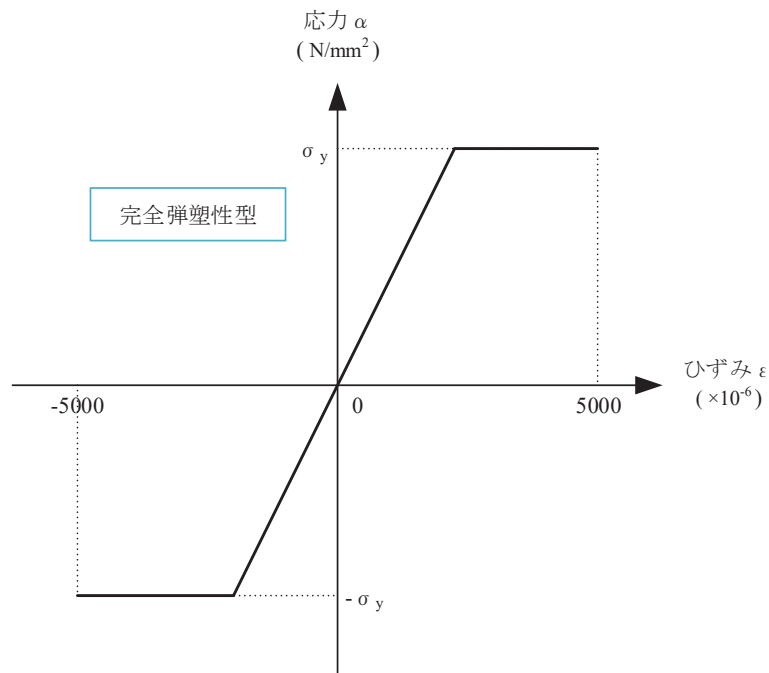
具体的には、以下の解析を実施する。

- ・基礎版の弾塑性解析では、基礎版の剛性を低下させた解析が、低下させない解析と比較し、必ずしもすべてのメッシュが安全側に評価される訳ではないことから、解析としては基礎版の初期剛性を既工認と同様に設計基準強度ベースで評価したケースを基本とし、初期剛性低下を考慮した検討も実施する。
- ・3.11 地震に関する点検・解析結果では、基礎版には地震によるひび割れは発生していないことを踏まえ、既工認と同様に設計基準強度ベースで剛性を評価したケースを基本ケースとし、初期剛性を低下させるケースは不確かさケースとして扱う。
- ・不確かさケースに用いる初期剛性の低下量については、**参考資料 3**に示す基礎版上に設置されている地震観測記録の分析等を踏まえ設定する。材料構成則への反映方法は、コンクリートの材料構成則の初期剛性を低下させることとし、圧縮側も引張側も同じ値で低下させることとする。
- ・壁部分については、質点系モデルの基本ケースにおける耐震壁の初期剛性に整合するよう剛性を補正したものを基本ケースとし、質点系モデルの不確かさケースにおける耐震壁の初期剛性に整合するよう剛性を補正したものを不確かさケースとして扱う。シェル要素についてはコンクリートの材料構成則の初期剛性を低下させることとし、圧縮側も引張側も質点系モデルと整合する値で低下させることとする。はり要素については上部耐震壁の質点系モデルの初期剛性

低下に整合するように補正する。補正の考え方を図 3-3, 図 3-4 に示す。また, 基礎版と耐震壁の剛性の組合せの考え方を別紙 1-1-3 に示す。



(a) コンクリートの応力-ひずみ関係



(b) 鉄筋の応力-ひずみ関係

F_c :コンクリートの設計基準強度, σ_y :鉄筋の降伏強度

図 3-2 採用予定の材料構成則

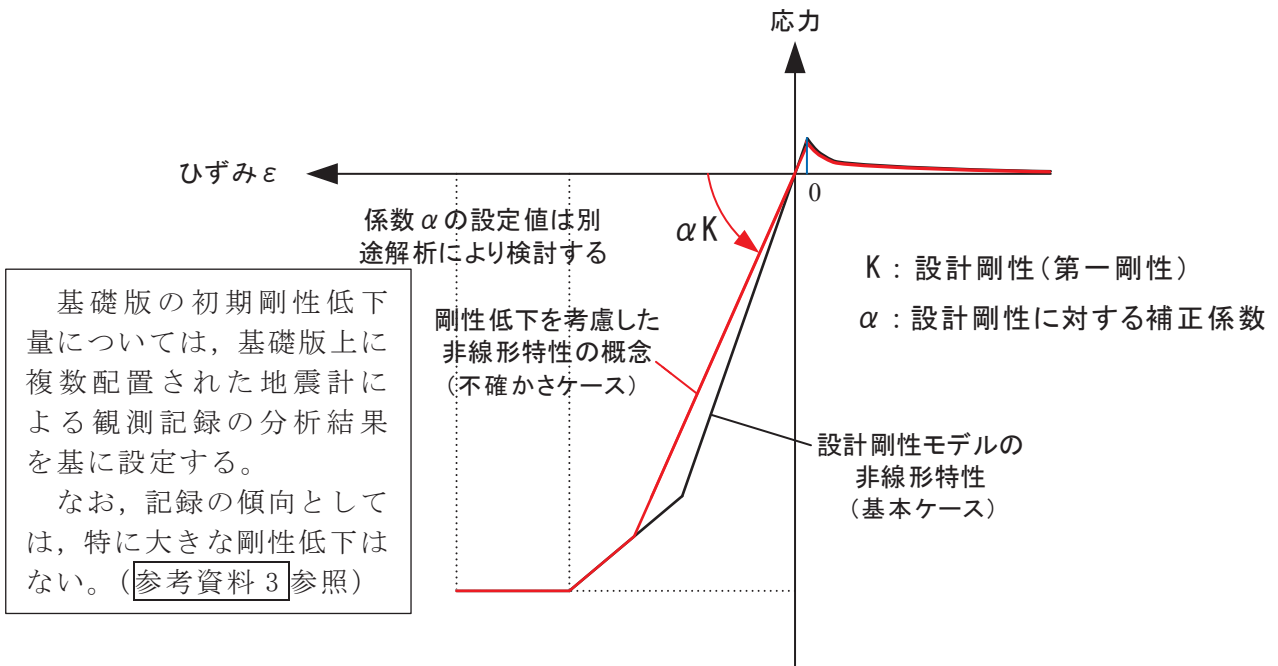
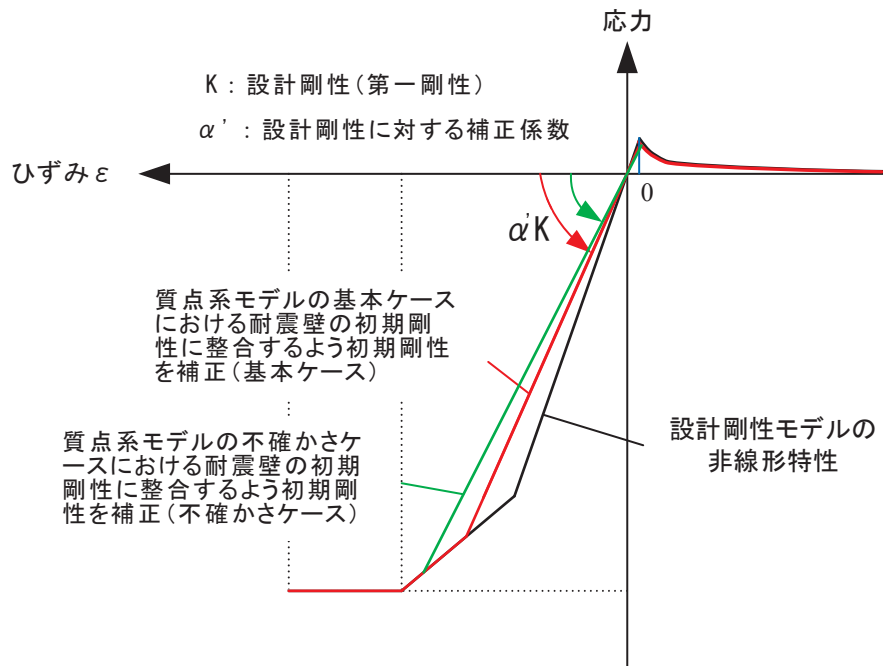
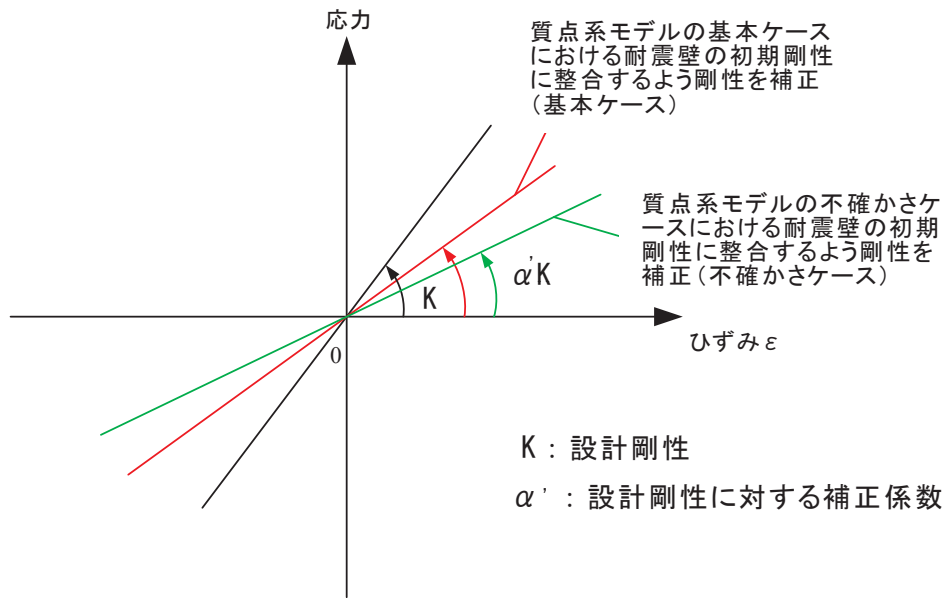


図 3-3 基礎版の剛性低下の考え方



(a) シェル要素



(b) はり要素

図 3-4 耐震壁の剛性低下の考え方

4. 材料構成則の妥当性・適用性について

基礎版の応力解析では、基準地震動 S_s による外力の増大に伴い、鉄筋コンクリート部材の塑性化が想定されることから、鉄筋コンクリートの弾塑性挙動を踏まえた適切な評価を実施するために弾塑性解析を採用する。その中でも適用した材料構成則が弾塑性挙動に直結する項目であることから、以下で設定に当たって適用した文献の内容を整理し、その妥当性・適用性を検討する。

4.1 コンクリート（引張側）

コンクリートの引張側の材料構成則のうち、ひび割れが発生するまでのコンクリートの剛性は圧縮側の初期剛性と同様の値とし、引張強度については、RC 規準^[2]における曲げひび割れ時のコンクリート引張強度に関する記載である(4.1)式を参考に、その下限値を設定している。なお、RC 規準は、既工認でも適用実績のある規格規準である。

$${}_c\sigma_t = (0.38 \sim 0.75) \sqrt{\sigma_B} \quad (4.1)$$

${}_c\sigma_t$: コンクリートの引張強度

σ_B : コンクリートの圧縮強度

また、ひび割れ発生後は応力再配分により力の大部分は鉄筋が負担することとなるものの、実現象としては、鉄筋とコンクリート間の付着によりひび割れ後のコンクリートも構造全体に生じる応力の一部を負担することから、ひび割れ後の性状を考慮するために、ひび割れ点以降のコンクリートの構成則として引張軟化曲線を定義している。引張軟化曲線としては、弾塑性解析で使用する計算機コード「ABAQUS」で、各種実験結果との対応が良いことが確認されている岡村・出雲モデル^[3]を採用する予定である。

岡村・出雲モデルは、既往文献における知見を参照して設定した項目であり、既工認で適用実績がないため、以下で、モデルの概要（モデルが提唱された論文における妥当性検証の内容含む）について整理した上で、既往の検討例を整理することにより基礎版の弾塑性解析への適用性を検討する。

(1) 岡村・出雲モデルの概要

岡村・出雲モデルは、文献^[3]に示されるコンクリートの引張軟化曲線であり、ひび割れた鉄筋コンクリートの引張軟化曲線を評価する際に設定する。鉄筋に関係なく、ひび割れ後のコンクリートの平均応力-平均ひずみの関係を与えているのが特徴であり、(4.2)式により表現される。

$$\frac{\sigma_t}{f_t} = \left(\frac{\varepsilon_{cr}}{\varepsilon_t} \right)^c \quad (4.2)$$

- σ_t : ひび割れと直角方向のコンクリートの平均引張応力
- f_t : 2軸応力下のコンクリートの引張強度
- ε_{cr} : ひび割れ発生時の平均引張ひずみ
- ε_t : ひび割れと直角方向の平均引張ひずみ
- c : 付着性状を表すパラメータ

本モデルの妥当性については、原論文においても既往の実験結果との比較により検証されているため、以下ではその概要について記載する。

原論文では、(4.2)式を用いることで既往の実験（Collins-Vecchioの実験^[4]、森田・角の実験^[5]）から求められたコンクリートの平均応力-平均ひずみ曲線をほぼ再現できることを確認している（図4-1）。ここで、付着性状を表すパラメータ c としては、鉄筋として溶接された金網を用いた Collins-Vecchioの実験^[4]では $c = 0.2$ 、異形鉄筋を用いた森田・角の実験^[5]は $c = 0.4$ が採用されている。また、ひび割れ後のコンクリートの構成則として(5.2)式を用いた検討を実施し、既往の実験時の挙動を再現できるかを確認している。ここでは、既往の実験（Collins-Vecchioの実験^[4]及び青柳・山田の実験^[6]）からコンクリートの引張剛性の影響を受ける供試体を選定し、鉄筋コンクリート部材の挙動（せん断ひずみ、鉄筋のひずみ）が実験値とよく一致する結果となることを確認している（図4-2）。このことから岡村・出雲モデルがひび割れ後の挙動をよく表現できるモデルであるとしている。

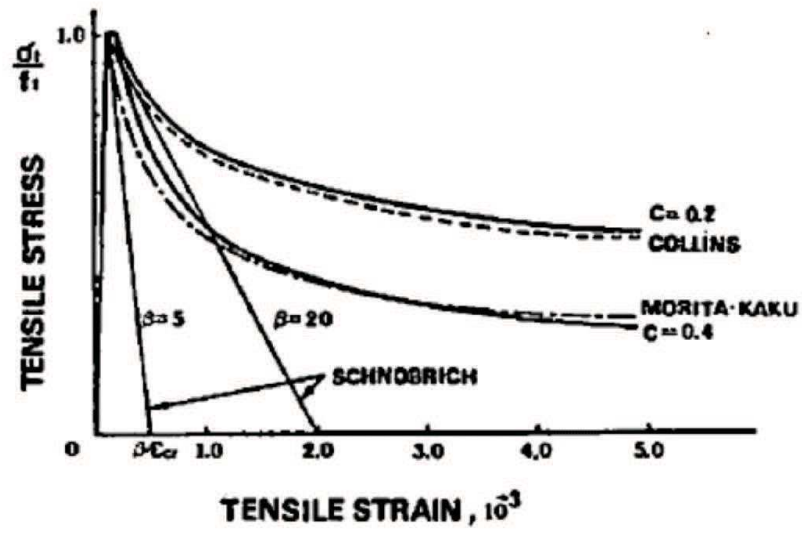


図 4-1 岡村・出雲モデルと他のモデルとの比較 ([3]より引用)

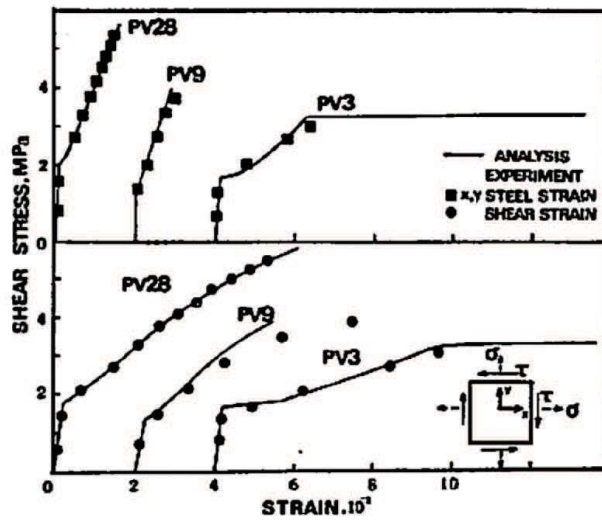


図 4-2 コンクリート引張剛性モデルの検証結果 ([3]より引用)

(2) 解析プログラム「ABAQUS」を用いた検討例

日本建築学会「コンクリート系構造の部材解析モデルと設計への応用」^[7]には、基礎版の応力解析でも用いる予定の解析プログラム「ABAQUS」を使用した解析例が示されている。

ここでもコンクリートの引張軟化曲線として岡村・出雲モデルを用いた検討例が示されており、既往の試験結果と解析結果との対応が良好であることが確認されている。

本文献においては、簡易要素ベンチマークテスト、梁せん断試験、床曲げ試験の検討例が示されている。以下にその概要を述べる。

梁せん断破壊試験については、既往の文献^[8]に示される試験体を模擬して、試験体中央部に鉛直方向単調荷重を変位制御で載荷する静的漸増非線形解析を実施し、「ABAQUS」で用いる塑性損傷モデルに係るパラメータを検討したものである(図4-3)。ここでの検討の結論としても、コンクリートの引張軟化曲線は、岡村・出雲モデルを用いた検討ケースが文献における実験結果との対応が良好とされている。

鉄筋コンクリート床の曲げ破壊試験については、既往の文献^[9]に示される試験体を模擬し、荷重積載部に鉛直方向単位荷重を変位制御で載荷する静的漸増非線形解析を実施し、「ABAQUS」で用いる塑性損傷モデルに係るパラメータを検討したものである(図4-4)。ここでの検討の結論としても、コンクリートの引張軟化曲線は、岡村・出雲モデルを用いた検討ケースが文献における実験結果との対応が良好とされている。

また、弾塑性解析による既往の検討^{[10][11]}では、基礎版をシェル要素でモデル化した場合の面外せん断変形時の応力分布性状に関する比較検討を行っており、AIJ指針、道路橋示方書、鉄道構造物等設計標準、Eurocodeに記述されている柱・梁部材の塑性ヒンジ領域の長さや部材せいの関係におおむね整合する解析結果が得られることを示している(図4-5)。

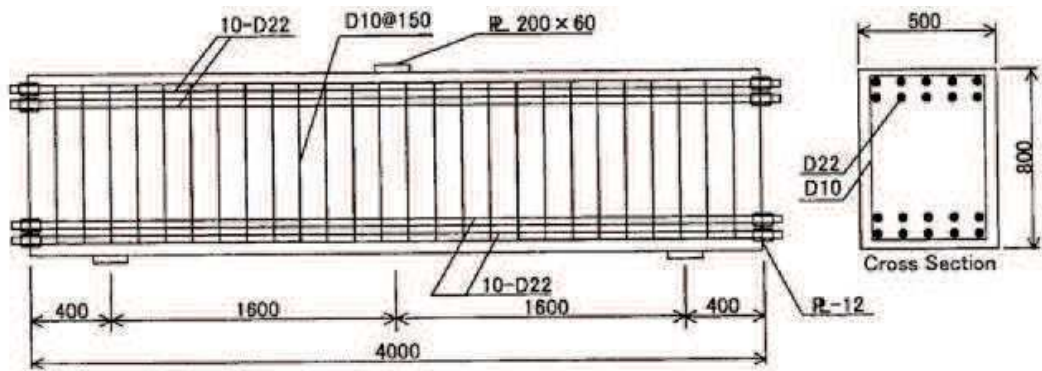


図-4.3.9 試験体諸元 (単位: mm)

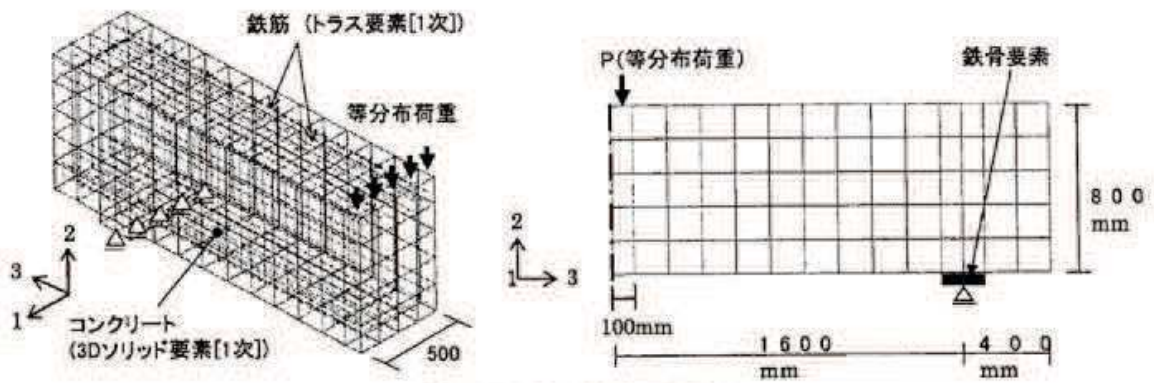


図-4.3.10 解析モデル

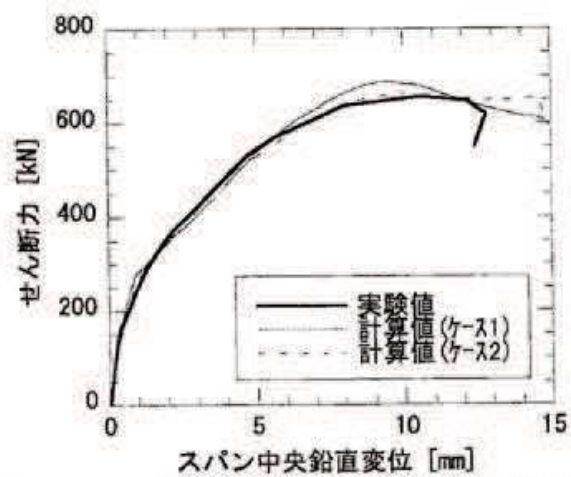


図-4.3.11 セン断力ースパン中央鉛直変位関係

図 4-3 梁せん断破壊試験に基づく検証結果 ([7]より引用)

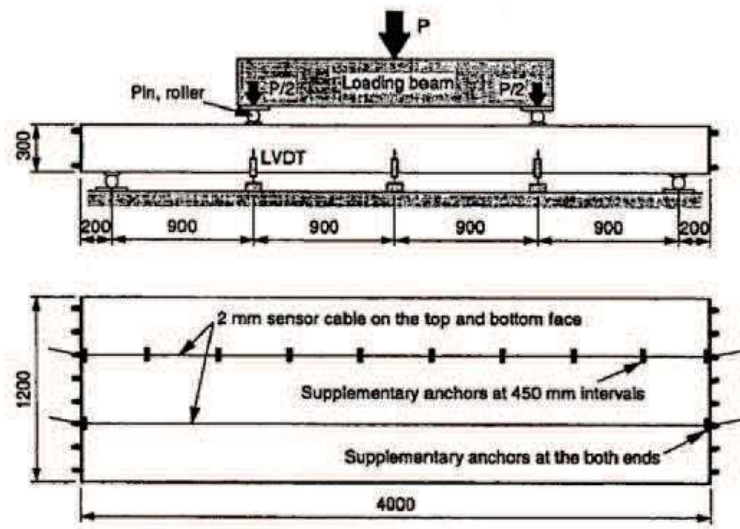


図-4.3.12 試験体諸元

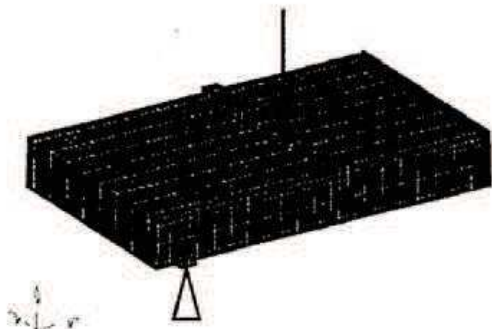


図-4.3.13 解析モデル

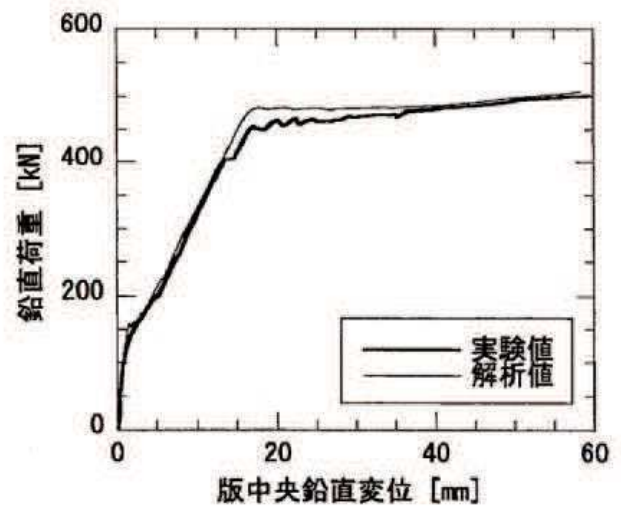


図-4.3.14 鉛直荷重—版中央鉛直変位関係

図 4-4 鉄筋コンクリートの曲げ破壊試験に基づく検証結果
 ([7]より引用)

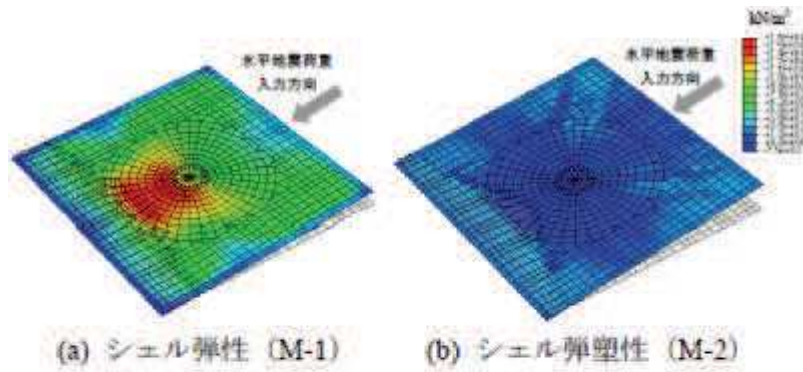


図-5 基礎スラブコンクリート部の最大主応力分布

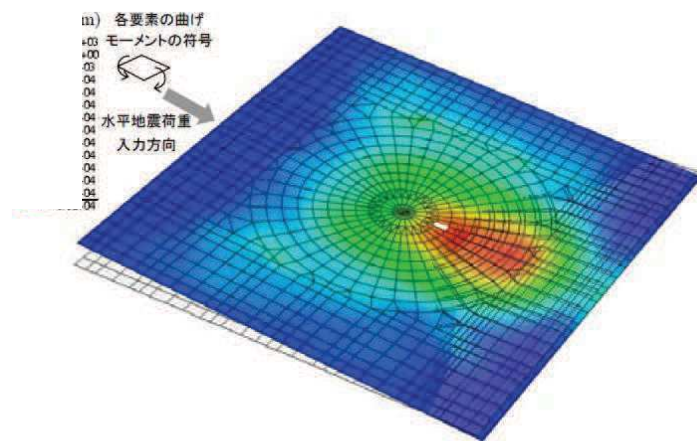


図-3 弾塑性解析 (M-2) による曲げモーメント分布

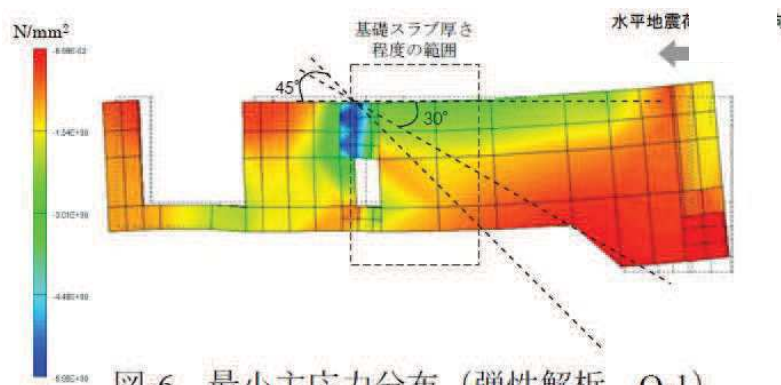


図 4-5 弾塑性解析による既往の検討例
([10], [11]より引用)

(3) 岡村・出雲モデルの基礎版応力解析への適用性について

岡村・出雲モデルは、提案時より既往の複数の実験結果を用いて妥当性が十分に検証されていることから、3次元 FEM モデルによる弾塑性解析を実施する際のコンクリート（引張側）の構成則（引張軟化曲線）として、採用することは妥当であると考えられる。

4.2 コンクリート (圧縮側)

コンクリートの圧縮応力度とひずみの関係は、CCV規格の図 CVE3511.2-1 を参考にし、パラボラ型の応力ひずみ曲線を想定するに当たって標準的な CEB-FIP Model Code^[1]に基づき設定している。

CEB-FIP Model Code におけるコンクリート (圧縮側) の構成則は以下の(4.3)式により規定されている。なお、(4.3)式に基づく場合、女川2号炉のコンクリート圧縮強度は 50MPa (N/mm²) 以下であるため、終局ひずみは 0.0035 となるが、CCV 規格における終局ひずみは 0.003 であるため基礎版の応力解析で用いるのは 0.003 までの範囲内とする。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{cd} &= 0.85f_{cd} \left[2\left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cl}}\right) - \left(\frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cl}}\right)^2 \right] && (\varepsilon_c < \varepsilon_{cl} \text{ の場合}) \\ \sigma_{cd} &= 0.85f_{cd} && (\varepsilon_{cl} \leq \varepsilon_c \leq \varepsilon_{cu} \text{ の場合}) \\ \sigma_{cd} &= 0 && (\varepsilon_{cu} < \varepsilon_c \text{ の場合}) \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

ここで $\varepsilon_{cl} = 0.002$

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 \quad (f_{ck} \leq 50\text{MPa} \text{ の場合})$$

$$\varepsilon_{cu} = 0.0035 \left(\frac{50}{f_{ck}} \right) \quad (50\text{MPa} \leq f_{ck} \leq 80\text{MPa} \text{ の場合})$$

σ_{cd} : コンクリートの応力

ε_c : コンクリートのひずみ

ε_{cu} : コンクリートの終局ひずみ

f_{cd}, f_{ck} : コンクリート圧縮強度

4.3 鉄筋 (引張側, 圧縮側)

鉄筋の非線形特性については、CCV 規格 (CVE-3511.2 の記載) に基づき完全弾塑性型として設定している。このことから、図 3-2(b) に示した鉄筋の非線形特性を採用することは妥当であると考えられる。

5. 既往研究に基づく弾塑性解析の妥当性・適用性

(1) 基礎版の応力解析における適用要素の規基準類上の扱い

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (社) 日本電気協会」の「5.3.2 応力解析」には、「格納施設の基礎マット等の厚いコンクリート構造の FEM 解析のモデル化については、基礎の幾何学的形状、上部構造及び基礎の解析モデル作成上の整合性を考慮して適切な要素を選択しなければならない。一般的に、原子炉建屋の基礎マットのようにマット厚の厚い部位の 3 次元 FEM 解析にはソリッド要素、又は面外せん断を考慮した平板要素を採用するのが良い。」と記載されている。ここで、面外せん断を考慮した平板要素とは、今回適用するシェル要素に該当する。

「原子炉施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 2005 (社) 日本建築学会」の「8 条 構造解析の基本事項」の解説には、「基礎スラブは荷重状態が複雑なため、弾性地盤に支持された板として FEM でモデル化する場合が多い。要素としてはシェル要素またはソリッド要素が用いられる。」とされており、また、「11 条 基礎スラブ」の解説には、「原子炉建屋の基礎スラブの解析モデルは図 11.1 に示すように基礎スラブの形状に応じて、シェル要素やソリッド要素によりモデル化する。また、ボックス壁やボックス壁に接合する上層の床スラブによる全体変形の拘束効果を適切に反映する。」として、シェル要素を用いた基礎版のモデル化例 (図 5-1) が記載されている。

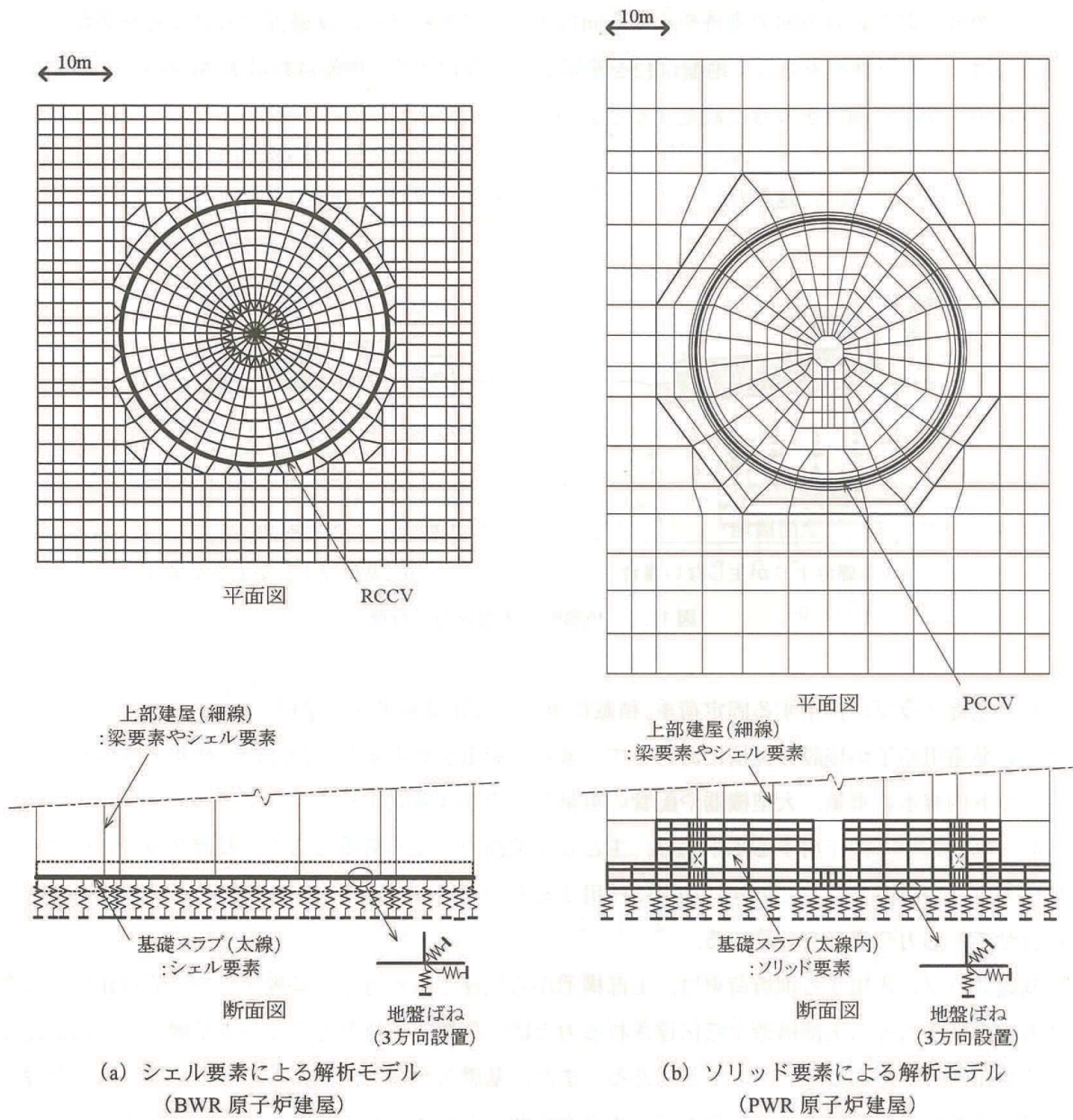


図 5-1 FEM による解析モデルの例 (文献 [12] より引用)

(2) 弾塑性解析を用いた解析的検討

小柳他が実施した「原子炉建屋基礎スラブの合理的応力評価方法に関する解析的検討」^{[10] [11]}においては、基礎版をシェル要素でモデル化した場合とソリッド要素でモデル化した場合の弾性解析及び弾塑性解析を実施し、曲げモーメント及びせん断力の応力性状について比較検討することにより、合理的な応力評価法について検討している。

検討に当たっては、曲げモーメントについては、厚さ 5.5m 程度の基礎版を対象に積層シェル要素を、面外せん断力に対しては厚さ 8m 程度の基礎版を対象にソリッド要素をそれぞれ用いて検討を実施している。解析結果の概要を図 5-2 及び図 5-3 に示す。

図 5-2 に示したシェル要素によるモデルでは、弾塑性解析結果の各要素の曲げモーメントと弾性解析結果の曲げモーメントの比率の分析から、これらの比率が一定とみなせる範囲を評価している。この結果、基礎版程度の厚さの範囲では応力比率がほぼ一定であり、弾塑性モデルにおいてコンクリートのひび割れ等により応力が平均化されていると評価している。また、この結果は既往知見に基づく柱・梁接合部の塑性ヒンジ領域と同等であるとしている。

図 5-3 に示したソリッド要素によるモデルの場合は、基礎版の断面内の応力分布から圧縮ストラット角度を $30\sim 45^\circ$ と評価し、柱・梁部材に関する既往知見とおおむね対応することを示している。圧縮ストラット角度から面外せん断力に関する平均化応力の範囲を基礎版厚さの 0.8 倍～1.4 倍、平均的には 1.0 倍程度と想定できると評価している。また、この結果は実験等による既往知見ともおおむね対応しているとしている。

本文献は、塑性化が生じる応力レベルの基礎版の部位についての合理的な応力評価法について検討した文献であり、検討の過程において厚さ 5.5m 程度の基礎版の曲げモーメントに対してはシェル要素の弾性解析及び弾塑性解析を、厚さ 8m 程度の基礎版の面外せん断力に対してはソリッド要素を用いて検討を実施している。これらより、曲げモーメントに関しては、弾性解析結果と弾塑性解析結果の比較により平均化応力の範囲を検討し、既往知見の塑性ヒンジ領域と同等であることが確認された。また、検討に用いているモデルは違うものの、シェル要素とソリッド要素を用いた検討では同程度の平均化応力の範囲を示していることが確認された。

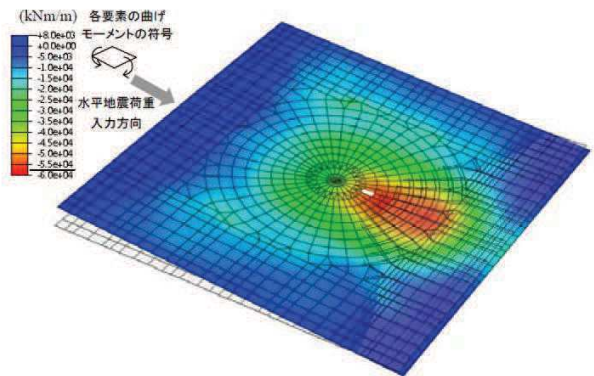


図-3 弾塑性解析 (M-2) による曲げモーメント分布

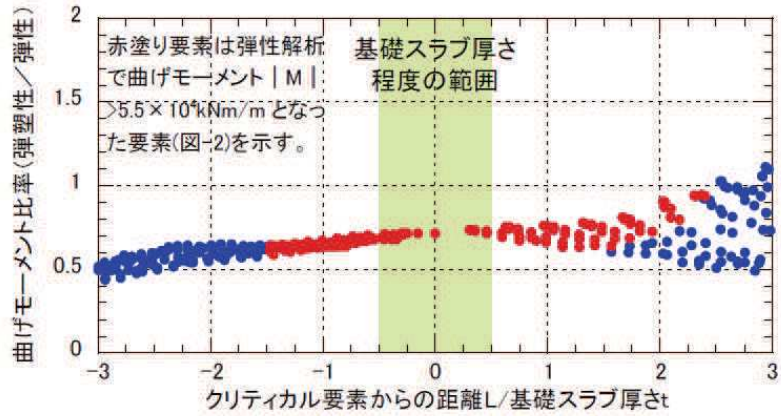


図-4 白塗り要素中心からの距離と曲げモーメント比率

図 5-2 シェル要素を用いた基礎版の弾塑性解析結果の概要 (文献 [11] より引用)

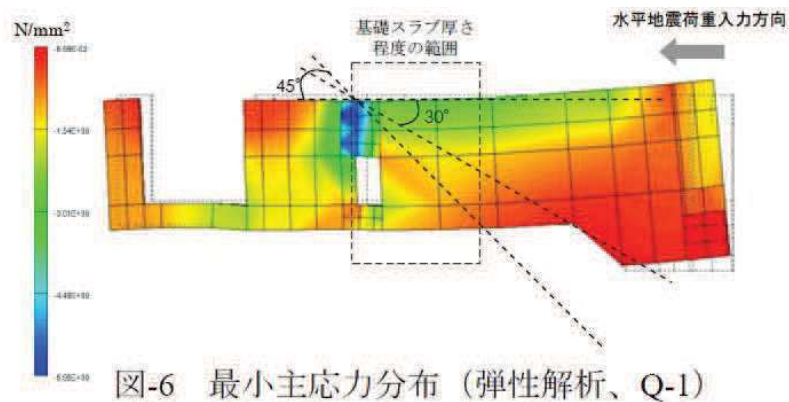


図-6 最小主応力分布 (弾性解析、Q-1)

図 5-3 ソリッド要素を用いた基礎版の弾塑性解析結果の概要 (文献 [11] より引用)

(3) ソリッド要素とはり要素及びシェル要素の比較検討

山田が実施した「FEMにおける構造モデリング—ソリッド要素と構造要素（はり，シェル）の選択—」^[13]においては、「コンピュータ性能の飛躍的な進歩により，非常に大規模な連続体の数値シミュレーションが可能となっている現状では，はり要素やシェル要素によってモデル化されてきた対象を，連続体としてソリッド要素によってモデル化し，大規模問題として複雑な構造物の応力解析を行うことが可能となっている。しかしながら，工学的観点で計算の精度や効率を考えたとき，すべてをソリッド要素でモデル化することは必ずしも適切ではない」との観点に基づき，モデル化の選択について考察を加えている。本文献では，はり要素やシェル要素の構造要素とソリッド要素とした場合について，片持ちはりを対象とした解析を行い，たわみの理論値との比較から要素選定に関する検討を行っている。

表 5-1 及び図 5-4 は，せん断変形の影響が表れる問題として，片持ちはりの長さが比較的短い場合の結果であり，たわみの数値をソリッド要素（双 1 次四辺形要素）とティモシェンコはり要素で比較したものである。表中の値は，ソリッド要素を用いた詳細な分割（1000×2000）による結果を参照解として正規化したものである。局所的な応力集中がなく曲げとほぼ一樣なせん断変形が支配的な状況においては，はり要素が適用可能であること，また，ある程度詳細な要素分割を行うことで，ソリッド要素についても適用可能であることが分かる。「以上では，はりにより議論を進めてきたが，シェル要素についても基本的には同様である」とされている。

なお，基礎版に支配的な地震時においては，ほぼ同様な応力状態にあると考えられる。

本論文では，はり，シェルの構造要素について，「一般に構造要素が適用可能な場合には，連続体としてソリッド要素によりモデル化するよりも効率的で精度の高いシミュレーションが可能となる」としている。

表 5-1 梁モデルを用いたソリッド要素とはり要素の解析結果の概要
(文献 [13] より引用)

表 3 短い片持ちはりに対するたわみ

L	双 1 次四辺形要素			ティモシェンコ はり要素	
	分割	変位型	改良型	分割	1 次要素
3	3×2	0.697	0.952	5	0.995
	6×4	0.898	0.984	10	1.002
	12×8	0.971	0.995	20	1.004
5	5×2	0.703	0.978	5	0.993
	10×4	0.902	0.992	10	1.000
	20×8	0.973	0.997	20	1.002

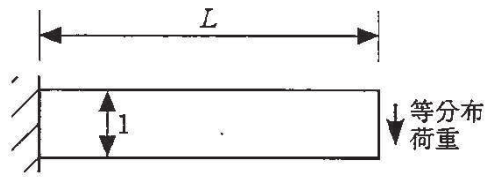


図7 一定断面片持ちはりの問題

図 5-4 梁モデルを用いたソリッド要素とはり要素の解析検討モデル概要図
(文献 [13] より引用)

(4)まとめ

既往研究に基づき、弾塑性解析の妥当性・適用性についての検討を行った結果、シェル要素を用いた基礎版の応力解析については規基準類上採用できること、また既往文献における適用実績があることを確認した。

以上より、原子炉建屋の基礎版の応力解析において、シェル要素を用いた弾塑性解析による手法を採用することは妥当であると考えられる。

また、シェル要素を用いた応力解析の検証の観点から、面外せん断応力が大きい場合には、代表ケースを選定してソリッド要素で基礎版をモデル化した解析を行い、モデル化手法による比較を行うこととする。

6. まとめ

基礎版の応力解析で採用した解析モデルについて、既工認との手法の差異を整理した。弾塑性挙動に与える影響が大きい材料構成則（鉄筋，コンクリート）について、適用文献の内容を整理し、その妥当性・適用性を確認した。また、原子炉建屋で確認されている初期剛性低下について、材料構成則への反映方法を確認した。

以上より、今回採用した応力解析モデルの妥当性を確認した。

<参考文献>

- [1] Comite Euro-International du Beton : CEB-FIP MODEL CODE 1990 (DESIGN CODE), 1993
- [2] 日本建築学会 : 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-1999, 1999年
- [3] 出雲, 島, 岡村 : 面内力を受ける鉄筋コンクリート板要素の解析モデル, コンクリート工学, Vol.25, No.9.1987.9
- [4] M.P.Collins, F.J. Vecchio: The response of reinforced concrete to in-plane shear and normal stresses, University of Toronto, March 1982
- [5] 森田司郎・角徹三 : 鉄筋コンクリート部材の引張試験による付着効果の研究, セメント技術年報, Vol.18, pp.426-430, 昭39
- [6] 山田一字・青柳征夫 : ひび割れ面におけるせん断伝達, 第2回 鉄筋コンクリート構造物のせん断問題に対する解析的研究に関するコロキウム論文集, pp.19-26, 1983.10
- [7] 日本建築学会 : コンクリート系構造の部材解析モデルと設計への応用, 2008年
- [8] Saito,H et al. : Ultimate strength of reinforced concrete members subjected to transient high temperature distribution, Transactions of the 12th international conference on Structural Mechanics in Reactor Technology (SMiRT), Volume H, pp.31-36, Aug. 1993
- [9] Kumagai,H. et al. :Fiber optic distributed sensor for concrete structures,Proceeding of the 1st fib Congress, Session 15, pp.179-184,2002
- [10] 小柳他 : 原子炉建屋基礎スラブの合理的応力評価方法に関する解析的検討 (その1) 基礎スラブの試解析, 日本建築学会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp.1039-1040, 2009
- [11] 小林他 : 原子炉建屋基礎スラブの合理的応力評価方法に関する解析的検討 (その2) 合理的応力評価法 (案), 日本建築学会学術講演梗概集, 構造Ⅱ, pp.1041-1042, 2009
- [12] 日本建築学会 : 原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 2005年
- [13] 山田貴博 : FEMにおける構造モデリング—ソリッド要素と構造要素 (はり, シェル) の選択—, 精密工学会誌 Vol. 77, No. 9, 2011

別紙 1-1-1 許容限界設定の考え方について

CCV 規格等におけるコンクリート及び鉄筋のひずみ、面外せん断力の許容限界設定の考え方について以下に示す。

1. コンクリート

CCV 規格においてコンクリートのひずみの許容値としては、 $0.003(3000\mu)$ が採用されている。

これは、American Concrete Institute「Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-02)」の Chapter 10 Flexural and axial loads の記載に基づき設定されている。

コンクリートのひずみが 3000μ に達した状態は、最大圧縮強度時のひずみ (2000μ 程度) を超えた応力下降域 (軟化域) の状態にあり、若干のひび割れが入っているものの、ある程度の強度を有している状態である。また、一般的に、コンクリートのひび割れは、スリット状ではなく、複雑な形状で生じるため、放射線の低減効果が期待でき、遮蔽性能に与える影響は無い。

なお、コンクリートの最大圧縮強度については、American Concrete Institute「Building Code Requirements for Reinforced Concrete (ACI 318-02)」の Chapter 10 Flexural and axial loads の記載に基づき、 $0.85F_c$ (設計基準強度の 0.85 倍) に制限しており、実際のコンクリートの最大圧縮強度に対して余裕を見込んだ数値が設定されている。

2. 鉄筋

CCV 規格において鉄筋のひずみの許容値としては、 $0.005(5000\mu)$ が採用されている。

鉄筋のひずみを 5000μ とした理由について、CCV 規格の解説に「部材の変形が過大にならないように配慮して定めた」とし、「一般的に多く使用されている SD345 及び SD390 の降伏ひずみ (中略) は 0.0017 及び 0.0019 であり、鉄筋の最大ひずみはこれら降伏ひずみの 2 から 3 倍程度とした」と記載されている。

一般に、鉄筋のひずみが 5000μ に達した状態は、降伏ひずみの 2~3 倍程度であり、最大引張強度に至るまでには程遠い状態である。また、JIS に示される鉄筋の機械的性質としては、SD345 及び SD390 の場合、伸びが 16~19% ($160000\sim 190000\mu$) 以上とされており、 5000μ は破断に対しても十分余裕のある状態にあるといえる。

3. 鉄筋コンクリートの面外せん断力

面外せん断力の許容値は、短期許容応力度を基本とする。

別紙 1-1-2 シェル壁内部の構造物から基礎版に伝達される荷重等の
考え方について

1. はじめに

原子炉建屋基礎版の応力解析において、シェル壁内部の構造物に関するモデル化、及び基礎版へ伝達する荷重の考え方を以下に示す。

2. 基礎版モデルの考え方

基礎版の解析モデルでは、基礎版は一律 6m の厚さとしてモデル化しており、原子炉本体他 PCV 内機器や PCV 底部コンクリート、PCV 下部コンクリートの剛性についてはモデル化上は考慮せず、これらの常時荷重、地震時の慣性力は考慮している。これは既工認と同様の考え方である。

3. 基礎版へ伝達する荷重の考え方

(1) 鉛直荷重の考え方

シェル壁内部の鉛直荷重については、基礎に作用する荷重を当該作用位置に応じて入力する。シェル壁から作用する鉛直荷重については、当該壁位置に入力している。原子炉本体他 PCV 内機器、PCV 底部コンクリート、PCV 下部コンクリートの自重および鉛直地震荷重（質点系モデルによる応答結果に基づき設定）は、基礎版に直接作用する荷重として入力しており、図 3-1 に鉛直荷重の考え方を示す。また、シェル壁内部以外の荷重についても考え方は同様である。

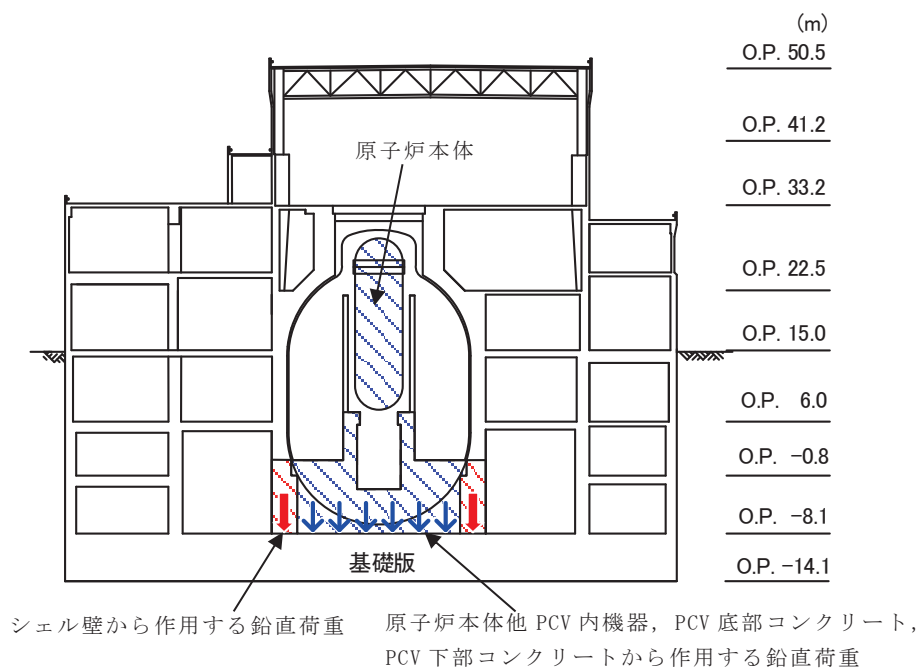


図 3-1 シェル壁内部の鉛直荷重の考え方

具体的な鉛直地震荷重の設定方法は次のとおり。

① 壁から作用する鉛直地震荷重

壁から作用する鉛直地震荷重は、基礎版の解析モデルにおいて当該部分が支える重量（原子炉本体他 PCV 内機器、PCV 底部コンクリート、PCV 下部コンクリートは含まない）に係数を乗じて算定する。算定に用いる係数は、一軸の質点系モデルによる鉛直方向の地震応答解析より算定される基礎版直上の軸力を、質点系モデルにおいて当該部分が支える重量で除して求める。ここで、鉛直方向の質点系モデルの質点重量は水平方向の質点系モデルの質点重量と整合した値としている。

② 基礎版に直接作用する鉛直地震荷重

基礎版に直接作用する鉛直地震荷重は、質点系モデルによる鉛直方向の地震応答解析より算定される基礎底面地盤ばねの軸力から、壁から作用する鉛直地震荷重を差し引いた値を、基礎版各部に直接作用する重量（原子炉本体他 PCV 内機器、PCV 底部コンクリート、PCV 下部コンクリートの他、基礎版の自重を含む）に応じて分配する。すなわち、基礎版の解析モデルにおける鉛直方向地盤ばねの反力の総和と、質点系モデルの基礎底面ばねの軸力が等価になるように設定する。図 3-2 に基礎版に直接作用する鉛直地震荷重の算定の考え方を示す。

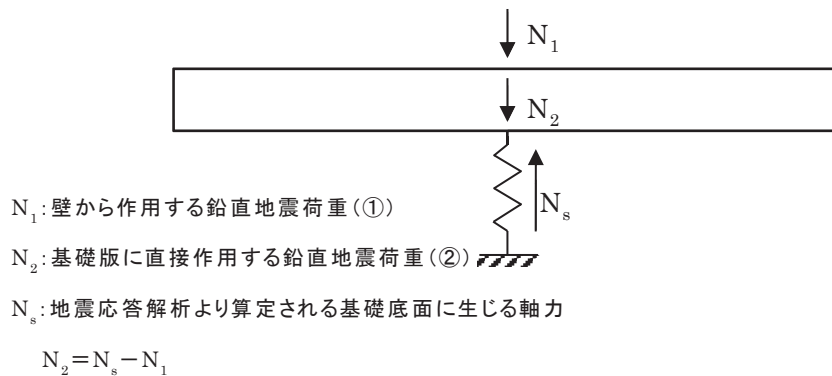


図 3-2 基礎版に直接作用する鉛直地震荷重の算定の考え方

(2) 水平荷重の考え方

シェル壁内部の水平荷重については、質点系モデルによる地震応答解析結果より得られるシェル壁脚部のせん断力、曲げモーメントを用い、基礎上端(O.P. -8.1m)と基礎版のモデル化位置である基礎版中心(O.P. -11.1m)との離間距離により付加される曲げモーメント分についても考慮のうえ、シェル壁の内側に入力する。

質点系モデルでは、原子炉本体他 PCV 内機器、PCV 底部コンクリート、PCV 下部コンクリートの重量は、シェル壁軸の質点重量に集約している。重量を算入する質点レベルは、RPV スタビライザや原子炉本体基礎脚部の位置を考慮して、図 3-3 に示すように算入している。

このため、シェル壁内部の構造物に作用する水平地震時慣性力は、原子炉建屋地震応答解析により得られるシェル壁軸の応答（せん断力、曲げモーメント）に含まれ、曲げモーメントは各重量算入質点の高さを考慮した値として得られる。

曲げモーメントの補正方法を図 3-4 に、シェル壁から伝達する水平地震荷重の基礎版解析における入力イメージを図 3-5 に示す。また、シェル壁内部以外の荷重についても考え方は同様である。

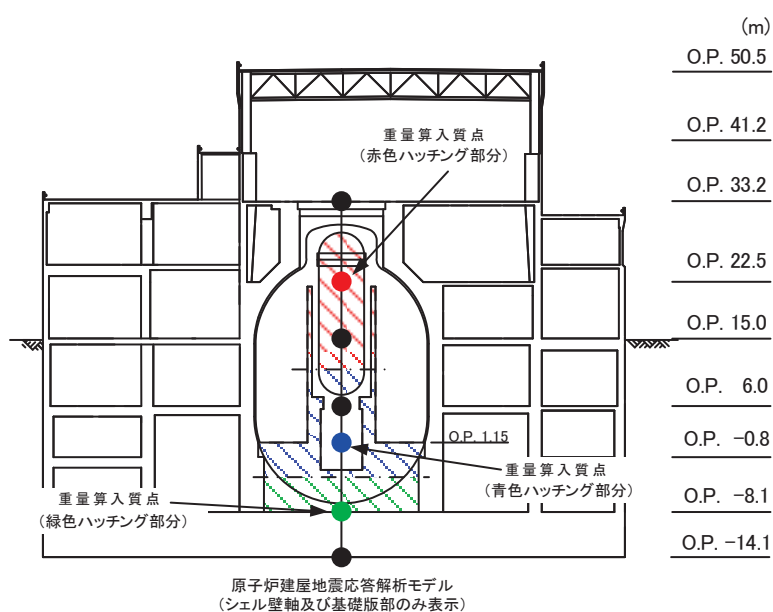


図 3-3 原子炉本体他 PCV 内機器、PCV 底部コンクリート、PCV 下部コンクリートの重量算入質点の考え方

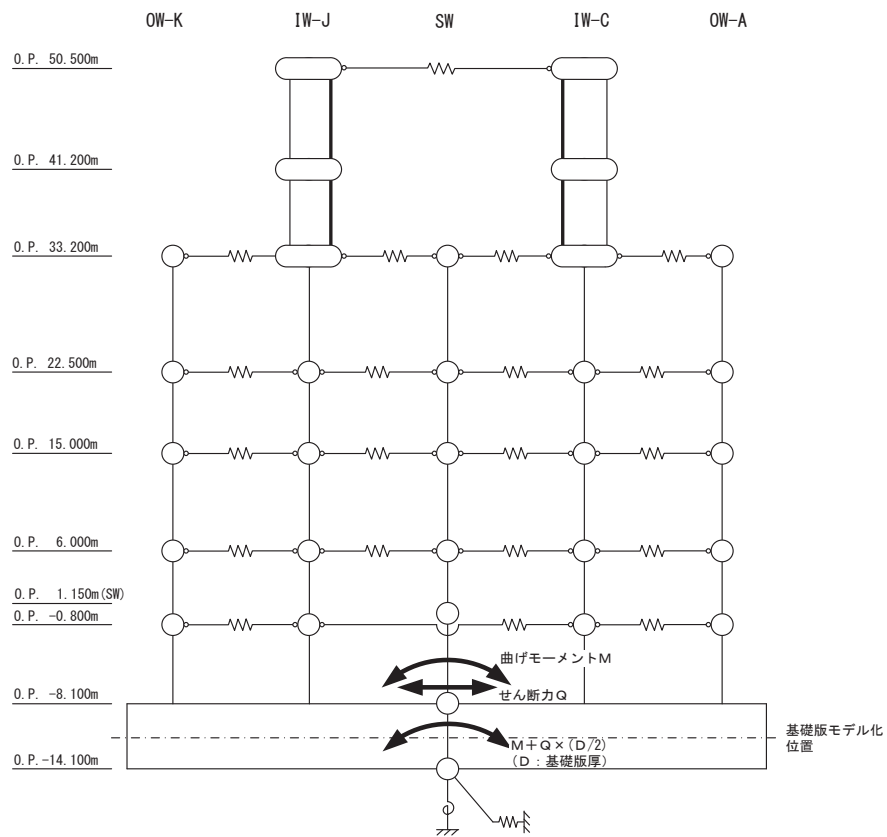


図 3-4 基礎版の解析モデルに用いる曲げモーメントの補正方法

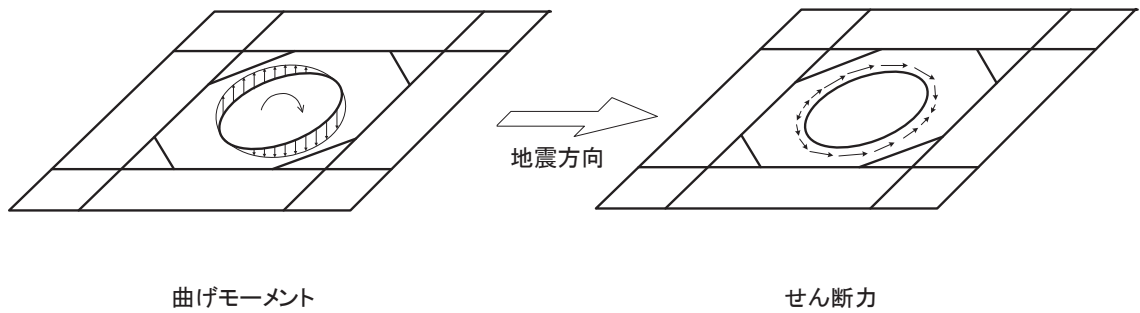


図 3-5 シェル壁から伝達する水平地震荷重の基礎版の解析モデルにおける入力イメージ

別紙 1-1-3 基礎版と耐震壁の剛性の組合せの考え方について

基礎版の評価を主体として考えた場合、定性的には基礎版の剛性が低くかつ耐震壁の剛性が低い場合が基礎版の変形が大きく評価される。従って基礎版の評価を主体とする検討においては、基礎版の剛性低下を考慮する不確かさケースと組み合わせる耐震壁の剛性は、質点系モデルの不確かさケースに合わせ低下させた値を採用する。

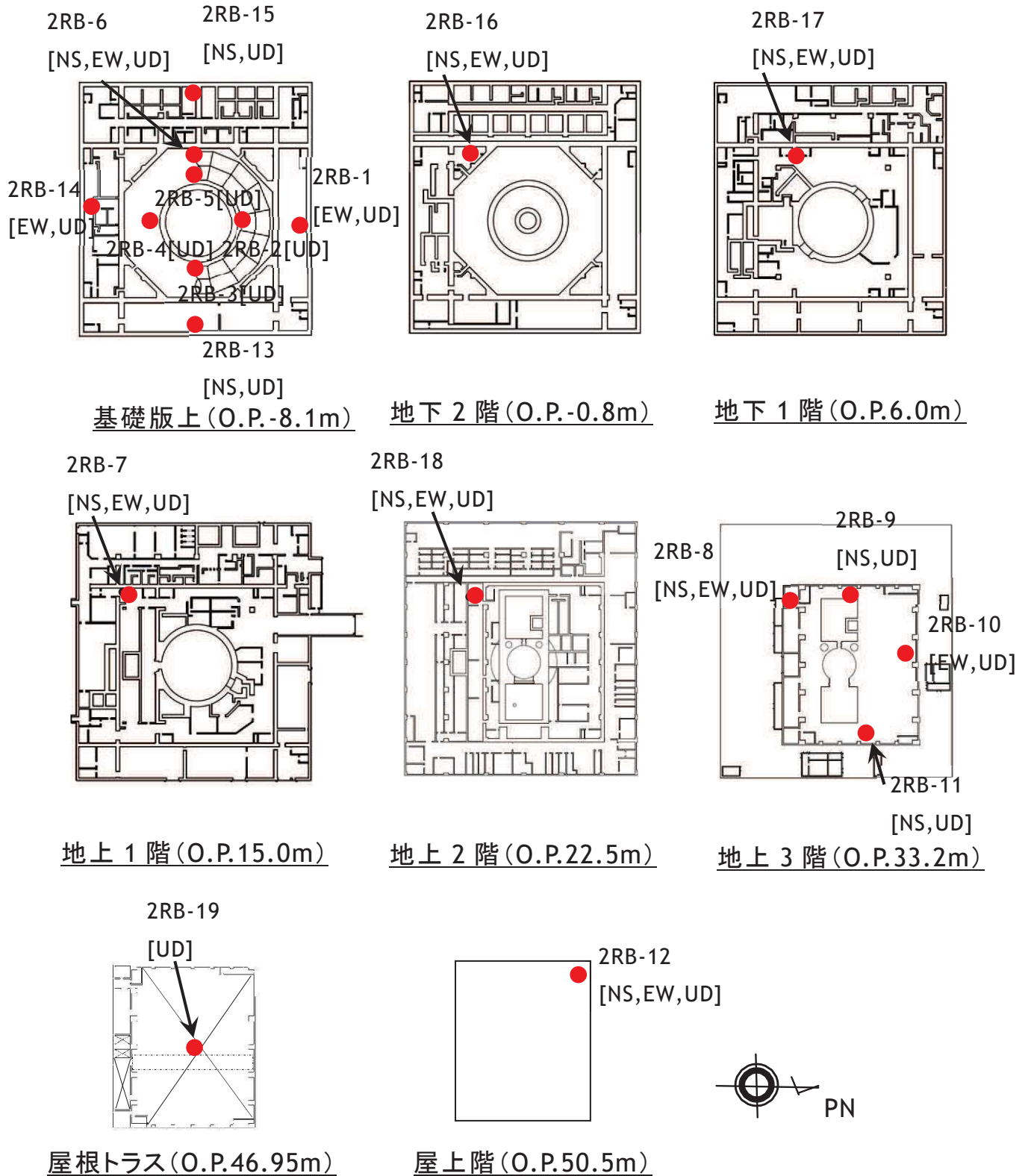
耐震壁の評価を主体として考えた場合、定性的には基礎版の剛性が低くかつ耐震壁の剛性が高い方が、耐震壁が負担する応力は大きく評価される。しかし、剛性低下の傾向は耐震壁は顕著であるものの基礎版は小さいもしくは認めにくいこと、また、もともと耐震壁の設計は保守性を有していることから、耐震壁の評価を主体とする検討においては、基礎版の剛性としては設計剛性を採用する基本ケースを用い、それと組み合わせる耐震壁の剛性は、質点系モデルの基本ケースに合わせ低下させた値を採用する。検討の結果、耐震壁の拘束効果が耐震壁の評価に及ぼす影響が大きい場合は、基礎版の剛性を低下させたケースとの組み合わせについても検討する。

表 1 基礎版と耐震壁の剛性の組合せの考え方

		耐震壁	
		【基本ケース】 質点系モデルの基本ケースにおける耐震壁の初期剛性に整合	【不確かさケース】 質点系モデルの不確かさケースにおける耐震壁の初期剛性に整合
基礎版	【基本ケース】 設計基準強度による剛性	○	—
	【不確かさケース】 地震観測記録の分析等を踏まえ初期剛性を低下	— *1	○

*1 検討の結果、耐震壁の拘束効果が耐震壁の評価に及ぼす影響が大きい場合は、基礎版の剛性を低下させたケースとの組み合わせについても検討する。

原子炉建屋 地震計配置



地震観測記録に基づく基礎版の剛性低下に係る検討

1. はじめに

基礎版の応力解析モデルについては、既工認と同様に設計基準強度ベースで剛性を評価したケースを基本ケースとし、更に初期剛性を低下させるケースは不確かさケースとして扱う方針としている。不確かさケースに用いる初期剛性の低下量については、基礎版上に設置されている地震観測記録の分析を踏まえ設定する方針としており、ここではその検討結果を示す。

2. 検討方法

基礎版上には鉛直方向の地震動を観測する地震計が NS 方向、EW 方向に各 4 箇所配置されており、3.11 地震を含めた複数地震に対して、鉛直方向の平均変位に対する相対変位量と、基礎版に作用した地震力の大きさの相関性について、以下の手順にて検討する。

検討方法の概念図を図 2-1 に、地震観測位置を図 2-2 に示す。

- ① 鉛直方向の加速度記録を積分して変位波形を算定する。
- ② 直線上に並ぶ 4 点の変位波形から平均変位波形を時刻歴上で算定する。
- ③ 平均変位波形と各観測点の変位波形の差分の最大値（絶対値）を算定する。
- ④ 算定した各観測点の変位差分の最大値と建屋への入力地震動の大きさ（例えば質点系モデルを用いたシミュレーション解析より算定されるベースシャー係数（最下層の層せん断力係数））の関係をプロットする。
- ⑤ プロットしたベースシャー係数と鉛直変位の関係より基礎版の剛性を分析する。
（おおむね比例関係であれば、特に大きな剛性低下はないと考えられる。）

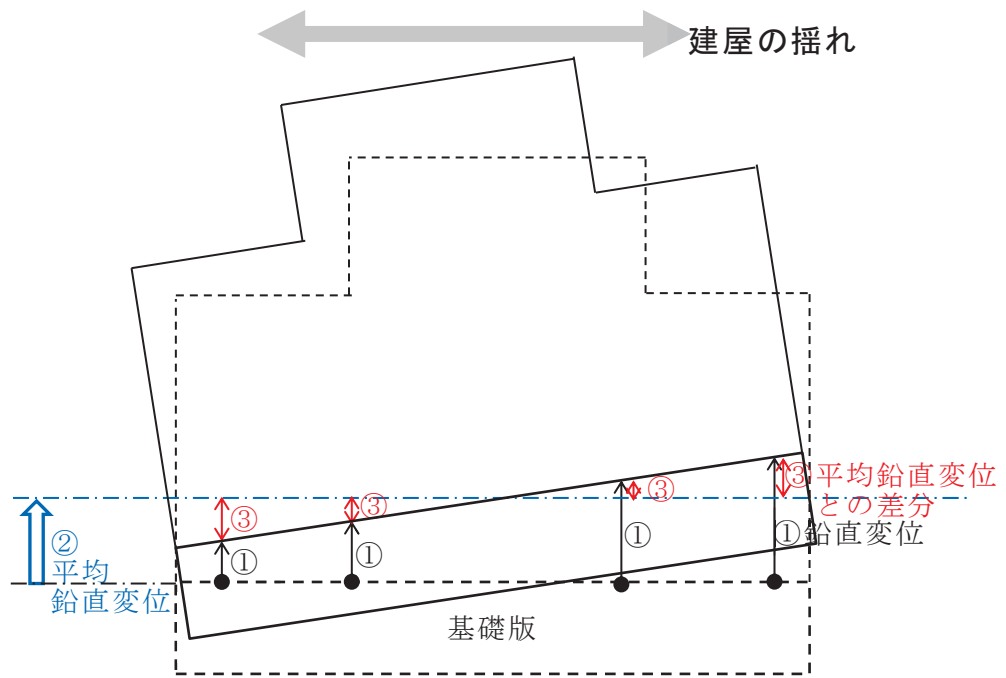
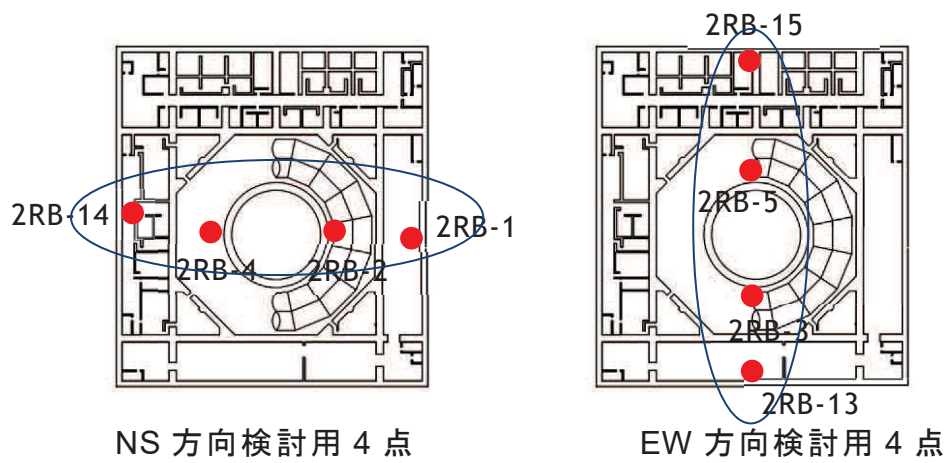


図 2-1 検討方法の概念図



基礎版上 (O.P.-8.1m)

図 2-2 地震観測位置 (原子炉建屋基礎版, 鉛直方向)

3. 検討結果

表 3-1 に示す過去の代表地震について、前述の方法により算定した鉛直変位とベースシヤール係数の関係を図 3-1 に示す。また、3.11 地震前後の中小地震に対する検討結果を図 3-2 に示す。

ここで、過去の代表地震は、比較的大きな地震観測記録として、基礎版上の最大加速度を更新した地震を選定した。3.11 地震前後の検討においては、M5 以上かつ基礎版上で 20cm/s^2 以上の観測記録を条件に、3.11 地震前については 2005 年 8 月 16 日宮城県沖の地震以降の 7 地震を選定し、3.11 地震後については、4.7 地震以降の発生順に 7 地震を選定した。

検討の結果、代表地震の比較では鉛直変位とベースシヤール係数の関係が比例関係となっており、3.11 地震前後の比較でも大きな傾向の違いは認められなかったため、基礎版部分の剛性低下は考慮しない方針とする。

表 3-1 過去の代表地震

No.	日時	検討用地震	ベースシヤール係数	
			NS 方向	EW 方向
1	1994/10/4 22:22	北海道東方沖の地震	0.03	0.02
2	1996/2/17 0:22	福島県沖の地震	0.06	0.05
3	2003/5/26 18:24	宮城県沖の地震	0.21	0.20
4	2005/8/16 11:46	宮城県沖の地震	0.36	0.20
5	2011/3/11 14:46	東北地方太平洋沖地震	0.63	0.74

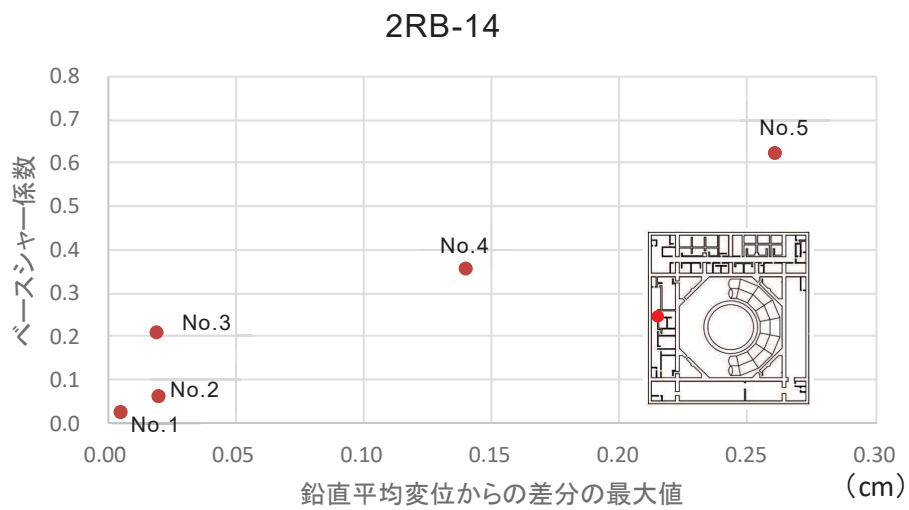
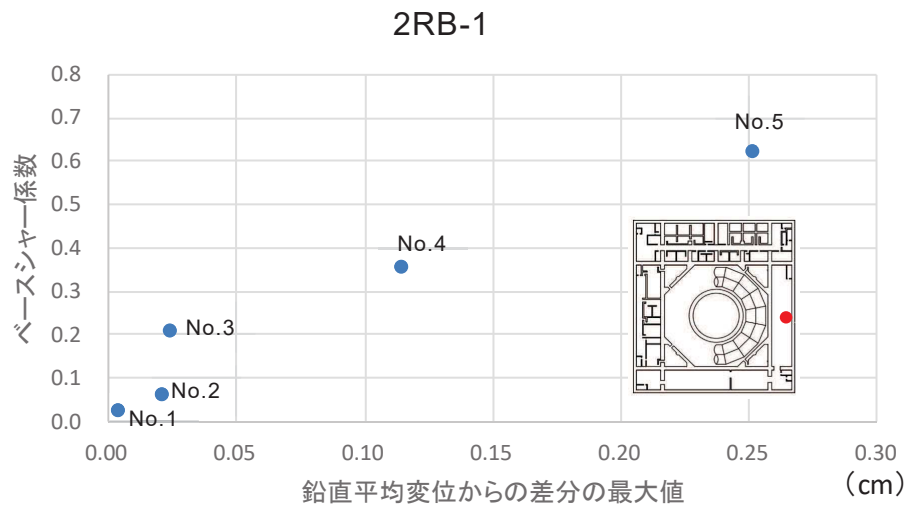


図 3-1 (1) ベースシャー係数と鉛直変位の比較 (NS 方向) (代表地震) (1)

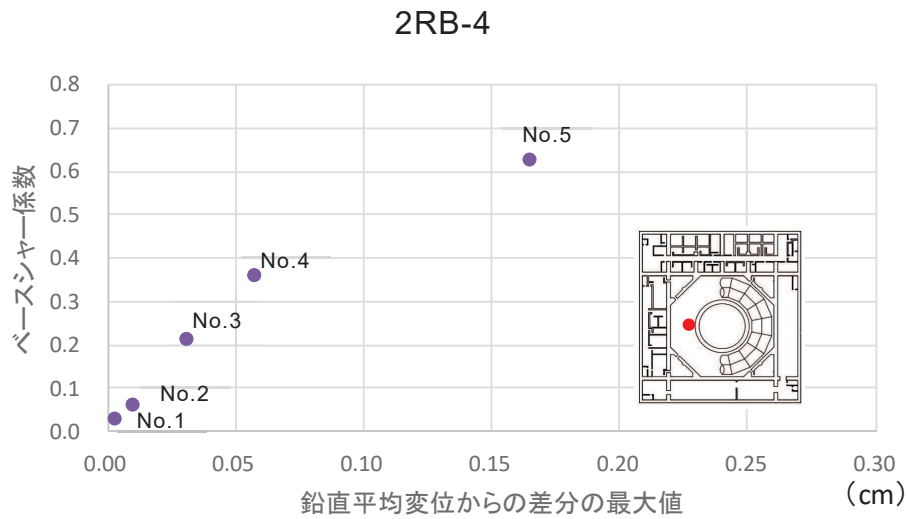
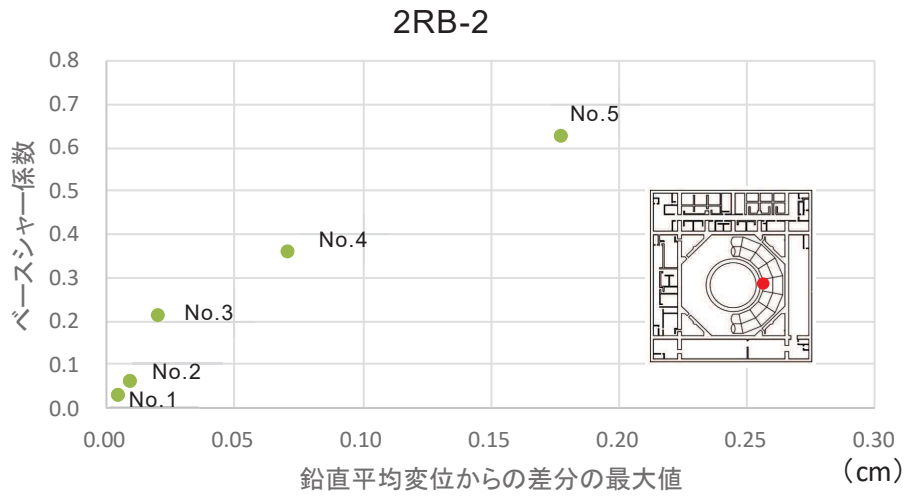
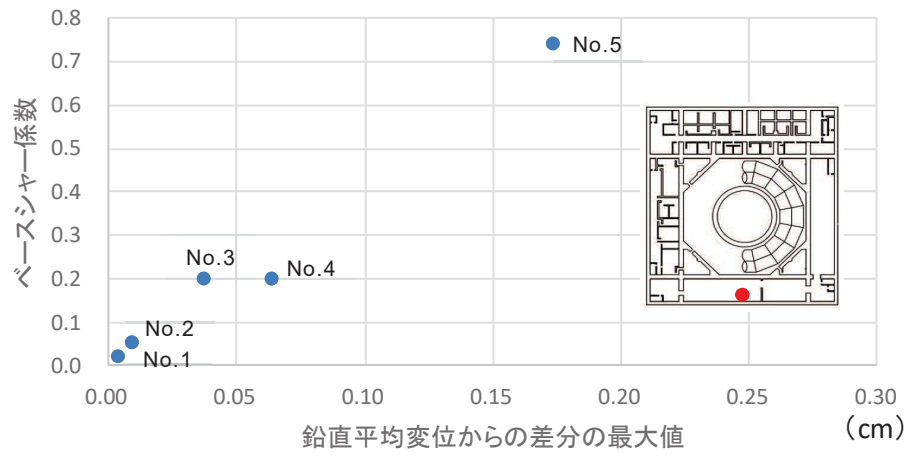


図 3-1 (2) ベースシャー係数と鉛直変位の比較 (NS 方向) (代表地震) (2)

2RB-13



2RB-15

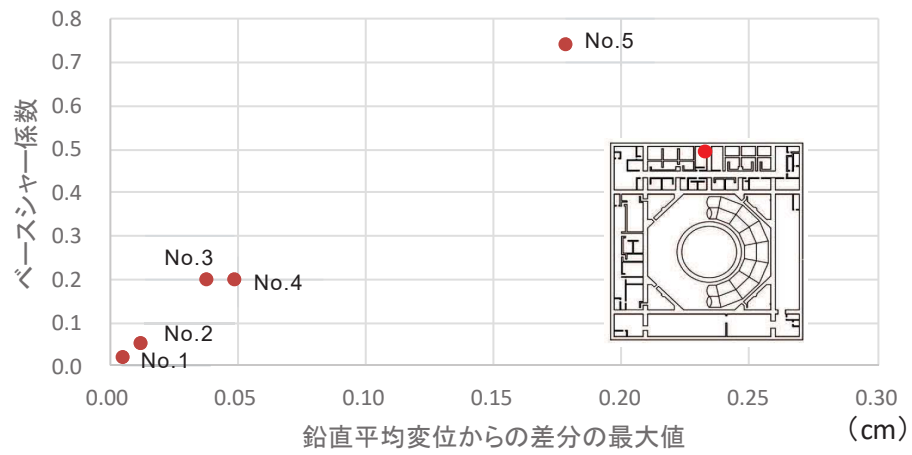


図 3-1 (3) ベースシャー係数と鉛直変位の比較 (EW 方向) (代表地震) (1)

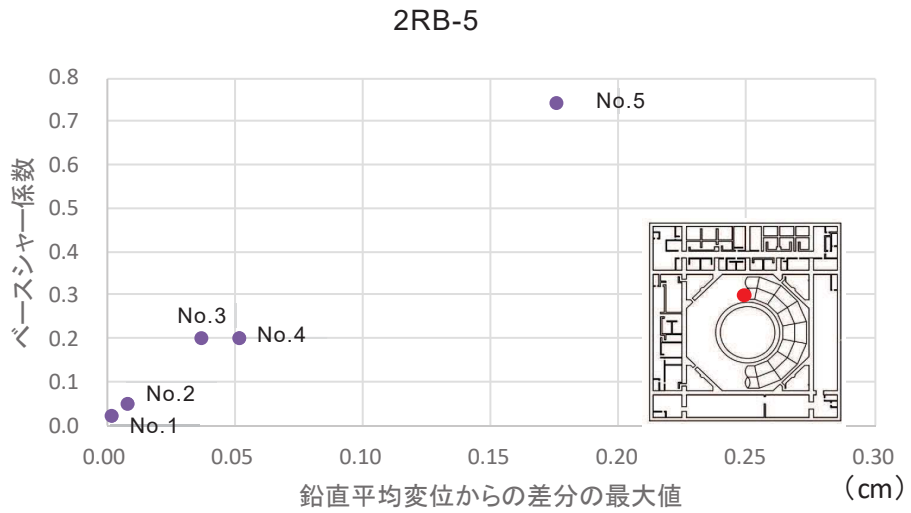
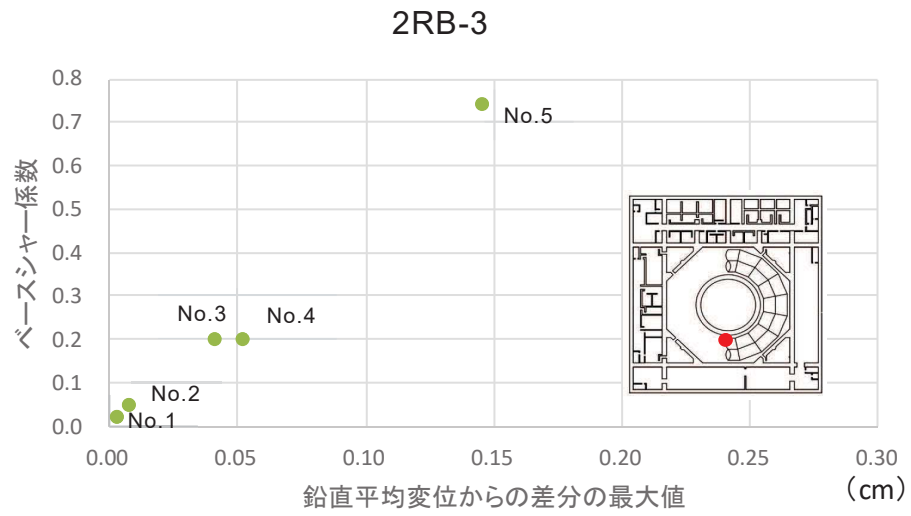


図 3-1 (4) ベースシャー係数と鉛直変位の比較 (EW 方向) (代表地震) (2)

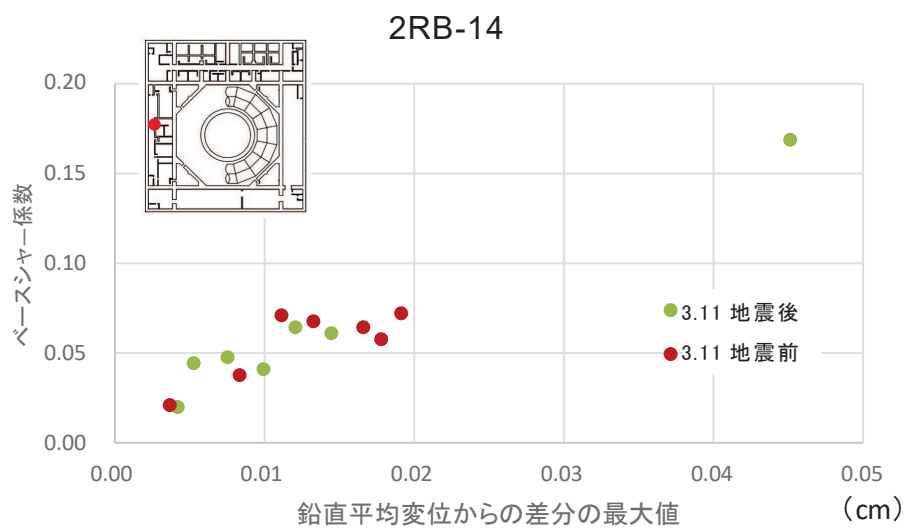
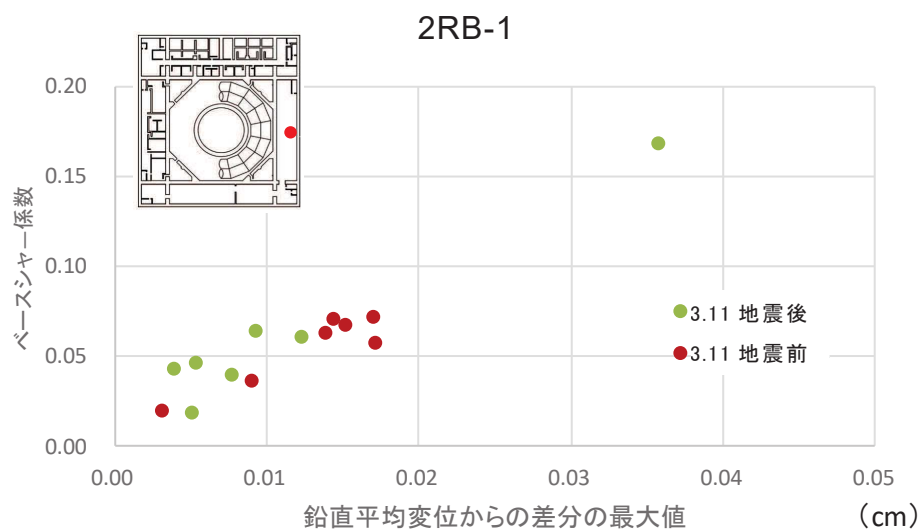


図 3-2 (1) ベースシャー係数と鉛直変位の比較 (NS 方向)
 (3.11 地震前後の中小地震) (1)

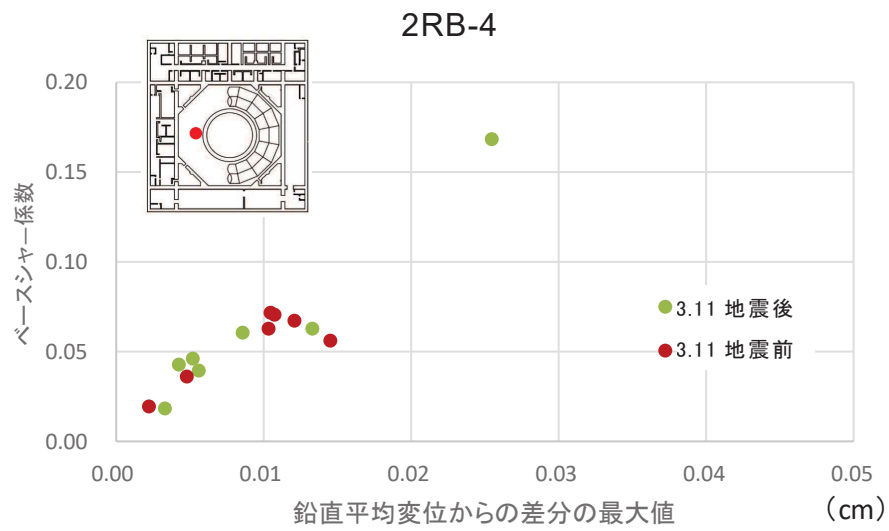
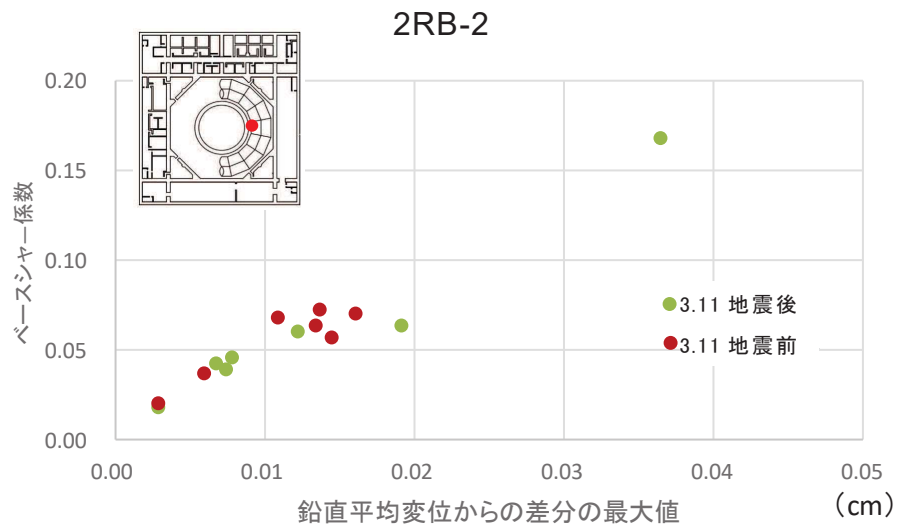


図 3-2 (2) ベースシャー係数と鉛直変位の比較 (NS 方向)
(3.11 地震前後の中小地震) (2)

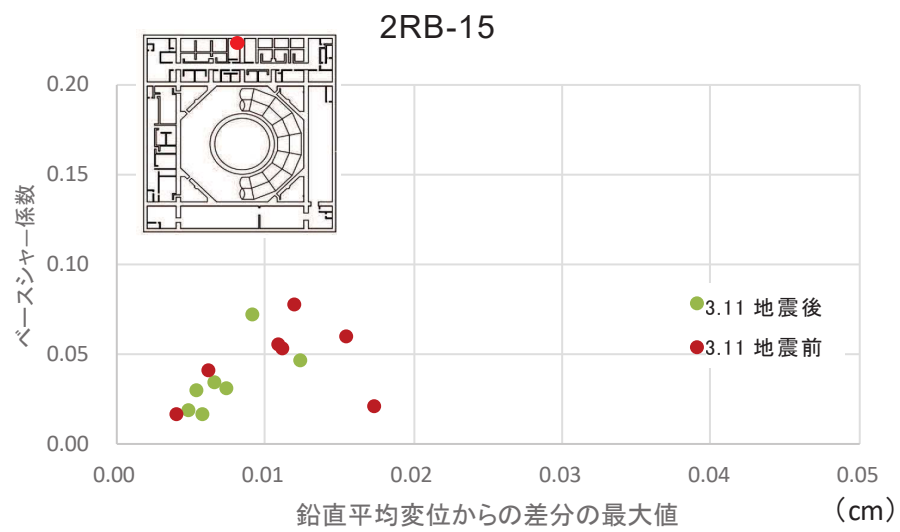
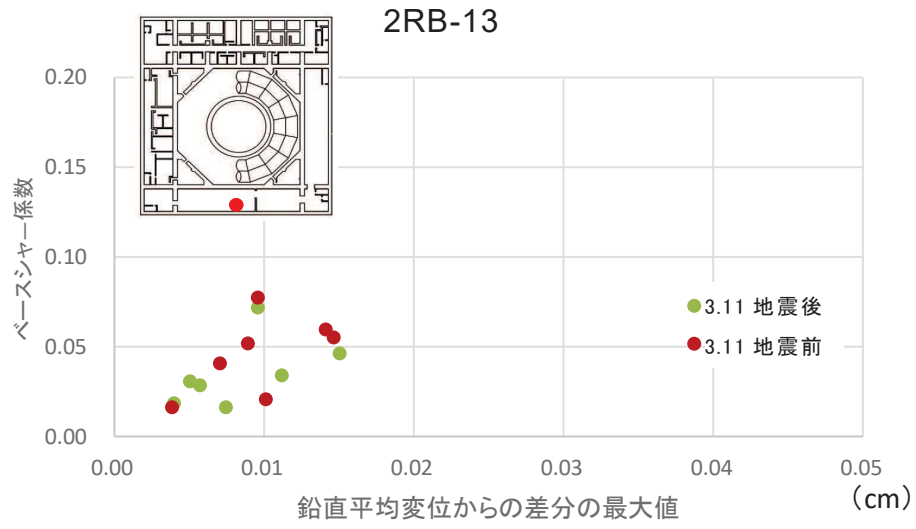


図 3-2 (3) ベースシャー係数と鉛直変位の比較 (EW 方向)
(3.11 地震前後の中小地震) (1)

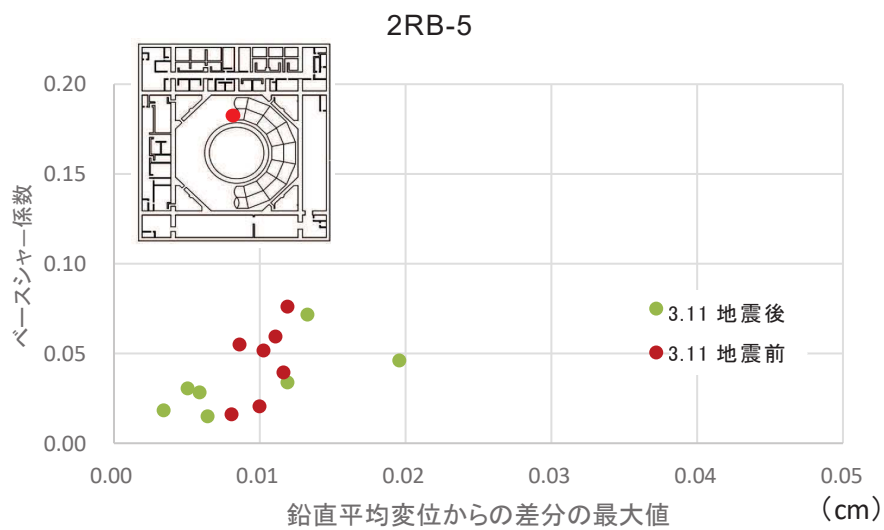
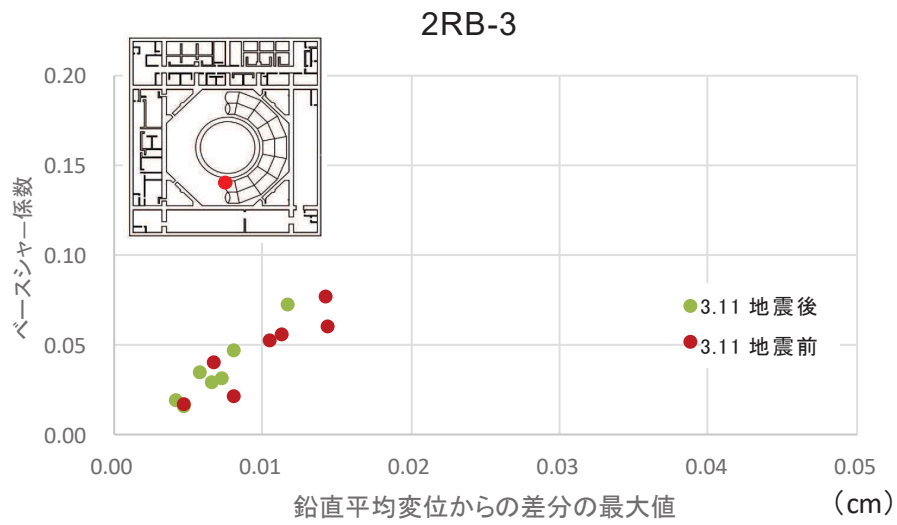


図 3-2 (4) ベースシャー係数と鉛直変位の比較 (EW 方向)
(3.11 地震前後の中小地震) (2)

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-10_改0
提出年月日	2021年3月15日

補足-610-10 【緊急用電気品建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料】

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」及び添付書類「VI-2-2-22 緊急用電気品建屋の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1-1 緊急用電気品建屋の地震応答解析における今回工認の解析モデル及び手法

別紙 1-1-1 SRモデルを適用することの妥当性について

別紙 1-2 緊急用電気品建屋の地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定

別紙 1-3 緊急用電気品建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

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

別紙 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 2-1 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方

別紙 2-2 地震荷重の入力方法

別紙 2-3 応力解析における断面の評価部位の選定

今回ご提示資料

別紙 1-1 緊急用電気品建屋の地震応答解析における解析モデル
及び手法

目次

1. 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-1-1
2. 地震応答解析モデルについて・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-1-2

1. 概要

本資料は、緊急用電気品建屋の地震応答解析における解析モデル及び手法を示すものである。

2. 地震応答解析モデルについて

緊急用電気品建屋の地震応答解析モデル及び手法を表 2-1 に示す。また、地震応答解析モデルを図 2-1 に示す。

表 2-1 緊急用電気品建屋の地震応答解析モデル及び手法

項目	内容	今回工認	備考
入力地震動の算定法	水平	周辺地盤による効果を考慮（E + F 入力）及び基礎上端及び下端位置での地盤応答を入力。また、建屋基礎底面レベルにおける補正水平力（切欠き力）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮。	(1)
	鉛直	解放基盤位置及び本建屋設置位置の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により本建屋設置位置地盤の建屋基礎底面レベルでの地盤の応答を評価して入力地震動とする。	—
解析コード		NUPP4	—
建屋のモデル化	モデル	水平：多軸床剛多質点系モデル 鉛直：1 軸多質点系モデル	—
	材料物性	RC 規準及び S 規準に基づき設定 ・コンクリートのヤング係数，ポアソン比 $E = 2.44 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ $\nu = 0.2$ ・鋼材のヤング係数，ポアソン比 $E = 2.05 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ $\nu = 0.3$	(2)
	剛性評価	耐震壁及び鉄骨フレームを考慮	
	減衰定数	・ RC：5% ・ 鋼材：2%	—
地盤のモデル化	底面ばね	・ 水平方向：水平及び回転ばねを考慮 ・ 鉛直方向：鉛直ばねを考慮	—
	側面ばね	・ 水平方向：水平ばねを考慮 ・ 鉛直方向：考慮せず	
非線形特性	耐震壁	・ 水平方向：考慮 ・ 鉛直方向：考慮せず	(3)
	底面ばね	・ 水平方向：基礎浮上りによる幾何学的非線形性考慮 ・ 鉛直方向：考慮せず	

具体的な反映事項（表の備考欄に対応）

- (1) 解放基盤表面で定義される基準地震動を用いて、一次元線形解析により算定した位置での応答波を入力する。
- (2) 「日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」及び「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準」に基づく。
- (3) 「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）」に基づく。詳細は別紙 1-2 に示す。

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

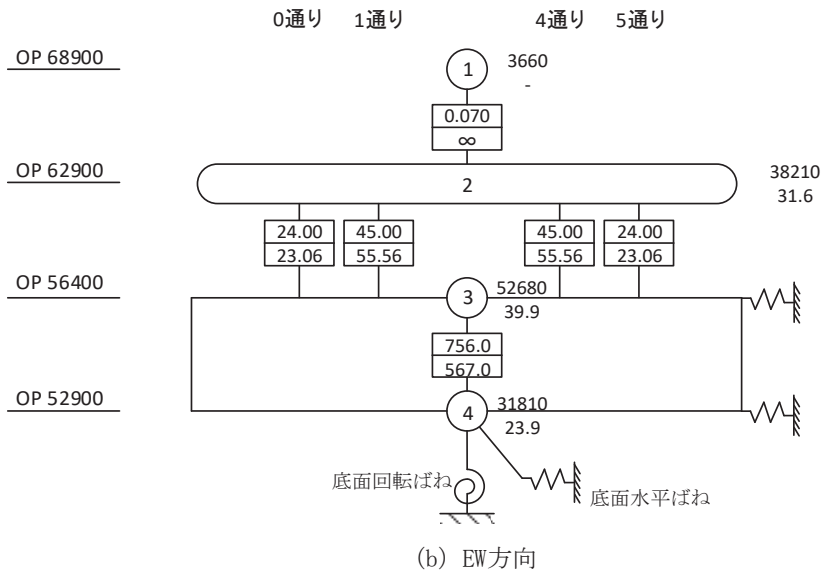
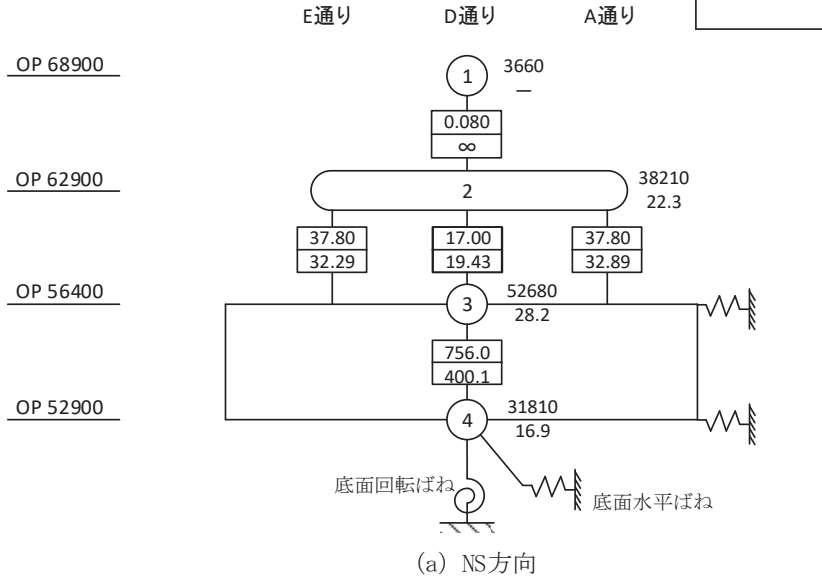
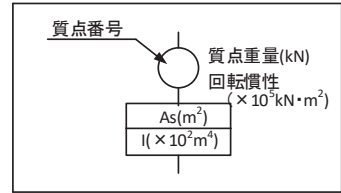


図 2-1(1) 地震応答解析モデル (水平方向)

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

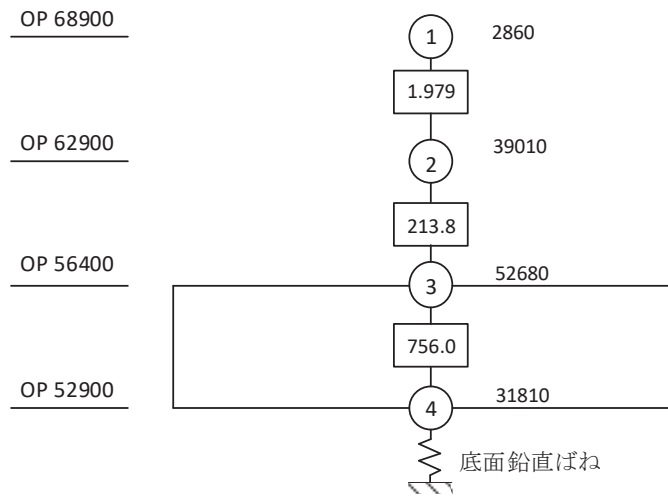
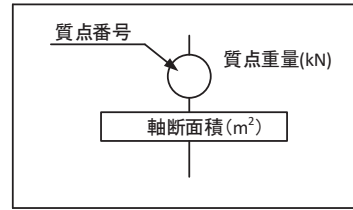


図 2-1(2) 地震応答解析モデル (鉛直方向)

別紙 1-2 緊急用電気品建屋の地震応答解析における耐震壁の
スケルトンカーブの設定

目次

1. 概要	別紙 1-2- 1
2. 耐震壁の非線形特性の設定について	別紙 1-2- 2
2.1 第1折点の設定	別紙 1-2- 3
2.2 第2折点の設定	別紙 1-2- 3
2.3 終局点の設定	別紙 1-2- 4
3. せん断力のスケルトンカーブの設定について	別紙 1-2- 5
3.1 水平方向モデル	別紙 1-2- 5
3.2 使用材料の物性値	別紙 1-2- 9
3.3 RC造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの諸数値	別紙 1-2-10
4. まとめ	別紙 1-2-14

1. 概要

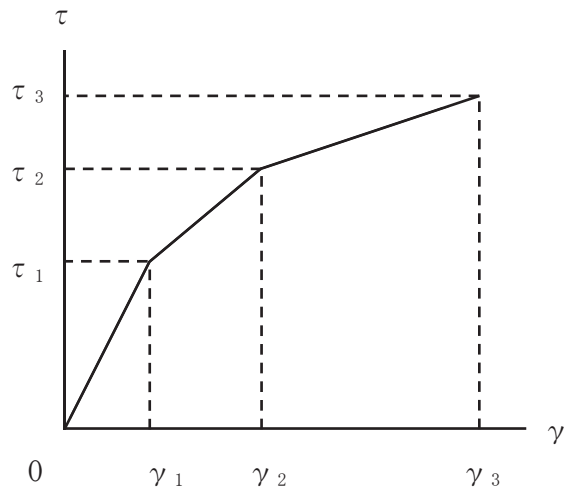
緊急用電気品建屋は、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体とした構造物である。このため、地震応答解析においては、鉄筋コンクリート造耐震壁（以下「RC造耐震壁」という。）の非線形特性を考慮している。本資料は、耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの設定について説明するものである。

また、本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」

2. 耐震壁の非線形特性の設定について

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



- τ_1 : 第 1 折点のせん断応力度
- τ_2 : 第 2 折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第 1 折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第 2 折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図 2-1 せん断応力度－せん断ひずみ関係

2.1 第1折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの第1折点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_1 = \sqrt{\sqrt{F_c} (\sqrt{F_c + \sigma_v})}$$

$$\gamma_1 = \tau_1 / G$$

ここで、

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

G : コンクリートのせん断弾性係数 (kgf/cm²)

σ_v : 縦軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

2.2 第2折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$$

$$\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$$

2.3 終局点の設定

RC 造耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

$\tau_s \leq 4.5 \sqrt{F_c}$ の場合

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

$\tau_s > 4.5 \sqrt{F_c}$ の場合

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

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

ここで、

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

ただし、 $M/QD > 1$ のとき $M/QD = 1$

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

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

P_v, P_H : 縦, 横筋比 (実数)

σ_v, σ_H : 縦, 横軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

$s \sigma_y$: 鉄筋降伏応力度 (kgf/cm²)

M/QD : シアスパン比

3. せん断力のスケルトンカーブの設定について

3.1 水平方向モデル

水平方向は，地盤との相互作用を考慮し，耐震壁等の曲げ及びせん断剛性を評価した多質点系モデルとしている。地震応答解析モデルを図 3-1 に，解析モデルの諸元を表 3-1 に示す。

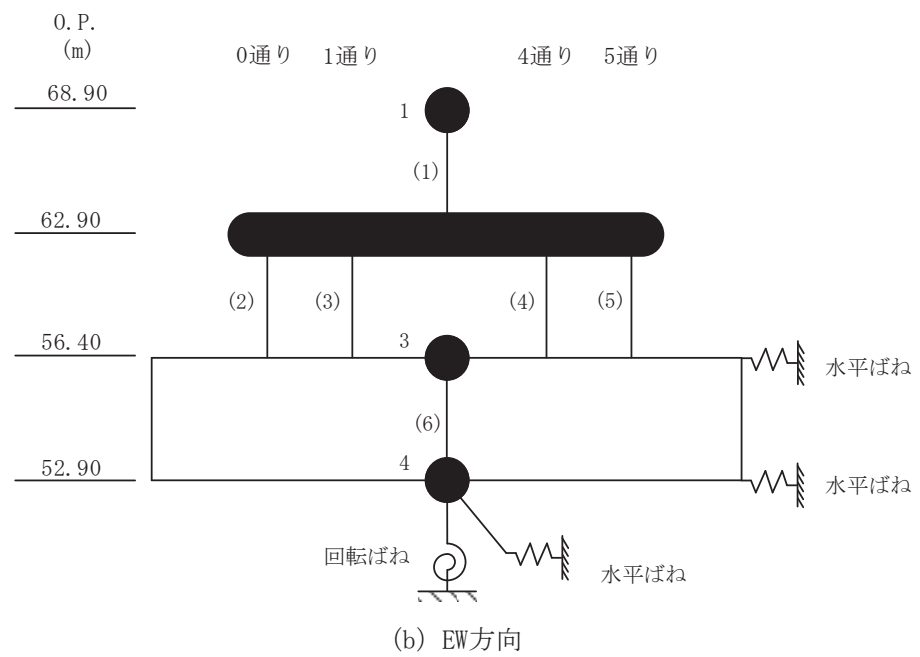
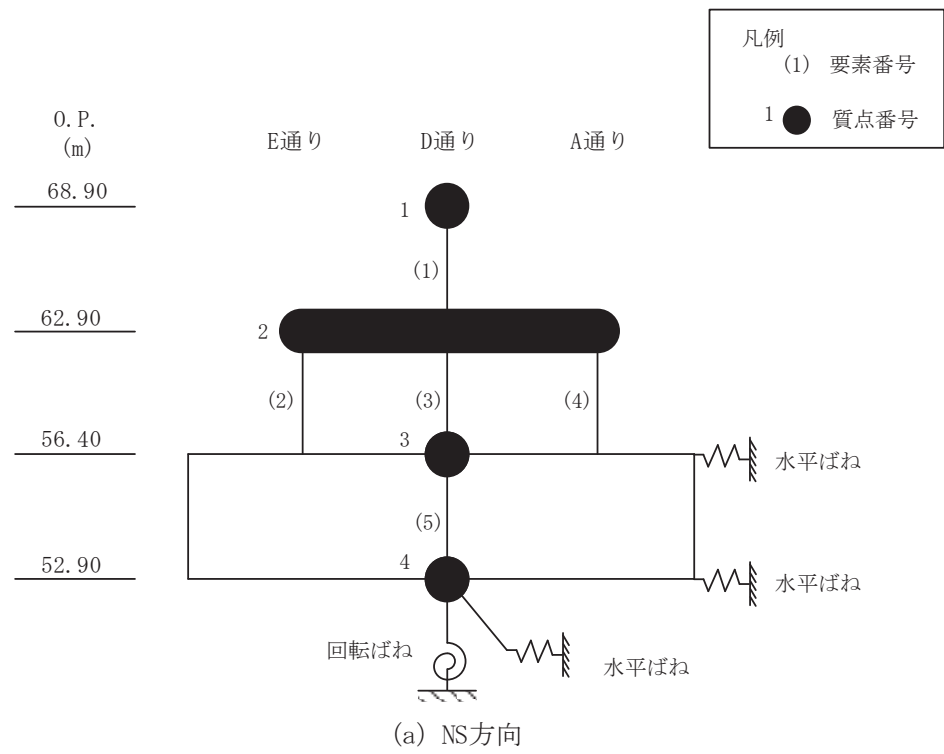


図 3-1 地震応答解析モデル (水平方向)

表 3-1(1) 地震応答解析モデル諸元 (NS 方向)

(a) 重量・回転慣性重量

標高 O.P. (m)	建屋		
	E通り	D通り	A通り
68.90	1		
	3660		
	—		
62.90	2		
	38210		
	22.3		
56.40	3		
	52680		
	28.2		
52.90	4		
	31810		
	16.9		

質点番号
質点重量(kN)
回転慣性重量($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)

(b) せん断断面積・断面二次モーメント

標高 O.P. (m)	建屋		
	E通り	D通り	A通り
68.90	(1)		
	0.08		
	∞		
62.90	(2)	(3)	(4)
	37.80	17.00	37.80
	32.29	19.43	32.89
56.40	(5)		
	756.0		
	400.1		

要素番号
せん断断面積(m^2)
断面2次モーメント($\times 10^2 \text{m}^4$)

表 3-1(2) 地震応答解析モデル諸元 (EW 方向)

(a) 重量・回転慣性重量

標高 O. P. (m)	建屋			
	0通り	1通り	4通り	5通り
68.90	1			
	3660			
	—			
62.90	2			
	38210			
	31.6			
56.40	3			
	52680			
	39.9			
52.90	4			
	31810			
	23.9			

質点番号
質点重量(kN)
回転慣性重量($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)

(b) セン断断面積・断面二次モーメント

標高 O. P. (m)	建屋			
	0通り	1通り	4通り	5通り
68.90	(1)			
	0.07			
	∞			
62.90	(2)	(3)	(4)	(5)
	24.00	45.00	45.00	24.00
	23.06	55.56	55.56	23.06
	(6)			
56.40	756.0			
	567.0			

要素番号
せん断断面積(m^2)
断面2次モーメント($\times 10^2 \text{m}^4$)

3.2 使用材料の物性値

地震応答解析に用いる緊急用電気品建屋の使用材料の物性値を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

表 3-2 使用材料の物性値 (コンクリート)

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
コンクリート : F _c = 30N/mm ²	2.44 × 10 ⁴	1.02 × 10 ⁴	5

表 3-3 使用材料の物性値 (鉄筋)

使用材料	降伏応力度 σ _y (N/mm ²)
鉄筋 (耐震壁) : SD390	390

3.3 RC造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第1折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第1折点の設定根拠を表3-4に示す。

表3-4 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第1折点)

(a) NS方向

要素番号	通り	設計基準強度 F_c (N/mm ²)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²)	断面積 A_s (m ²)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)
(2)	E	30	1.02	37.8	0.152	1.77	0.174
(3)	D	30	1.02	17.0	0.202	1.80	0.176
(4)	A	30	1.02	37.8	0.163	1.78	0.174

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量/断面積

(b) EW方向

要素番号	通り	設計基準強度 F_c (N/mm ²)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²)	断面積 A_s (m ²)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)
(2)	0	30	1.02	24.0	0.102	1.75	0.171
(3)	1	30	1.02	45.0	0.142	1.77	0.173
(4)	4	30	1.02	45.0	0.149	1.77	0.174
(5)	5	30	1.02	24.0	0.107	1.75	0.172

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量/断面積

(2) 第2折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点の設定根拠を表3-5に示す。

表3-5 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第2折点)

(a) NS 方向

要素番号	通り	τ_2^{*1} (N/mm ²)	γ_2^{*2} ($\times 10^{-3}$)
(2)	E	2.39	0.521
(3)	D	2.42	0.528
(4)	A	2.40	0.523

注記*1: $\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$

*2: $\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$

(b) EW 方向

要素番号	通り	τ_2^{*1} (N/mm ²)	γ_2^{*2} ($\times 10^{-3}$)
(2)	0	2.36	0.514
(3)	1	2.39	0.520
(4)	4	2.39	0.521
(5)	5	2.36	0.515

注記*1: $\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$

*2: $\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$

(3) 終局点

RC造耐震壁の終局点は、「2.3 終局点の設定」に基づき、各層の終局せん断応力度を算出する。

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点の設定根拠を表3-6に示す。また、緊急用電気品建屋の0.P.56.4m~0.P.62.9mについて、各耐震壁の配筋を示したものを図3-2に示す。

表3-6 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 終局点)

(a)NS 方向

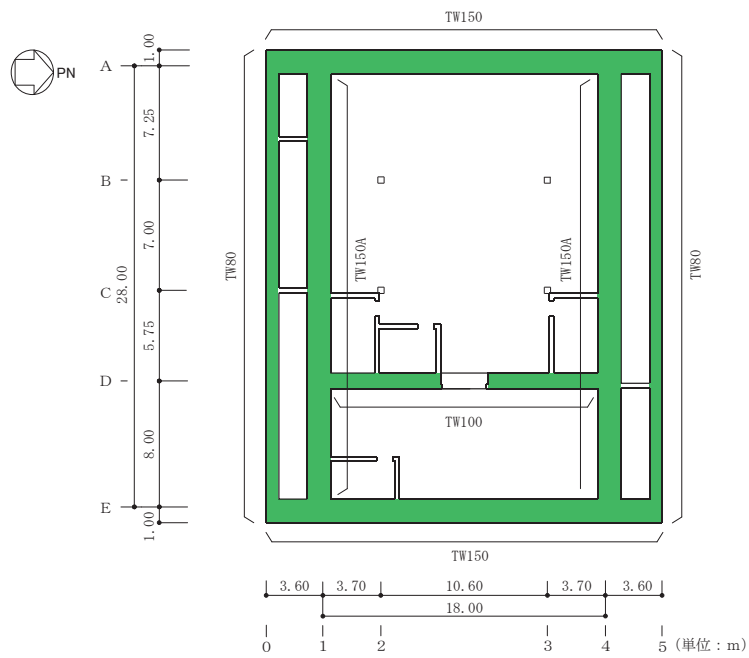
要素番号	通り	P_v (%)	P_H (%)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	M/QD	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(2)	E	1.52	1.52	0.152	0.324	6.91	4.00
(3)	D	1.14	1.14	0.202	0.510	6.01	4.00
(4)	A	1.52	1.52	0.163	0.327	6.91	4.00

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(b)EW 方向

要素番号	通り	P_v (%)	P_H (%)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	M/QD	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(2)	0	2.85	2.85	0.102	0.249	7.67	4.00
(3)	1	0.76	0.76	0.142	0.287	5.61	4.00
(4)	4	0.76	0.76	0.149	0.287	5.62	4.00
(5)	5	2.85	2.85	0.107	0.249	7.67	4.00

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積



地下 1 階伏図 (O. P. 56. 40m)

記号*	縦筋	横筋
TW150	内 : D38@200 (2 段)	内 : D38@200 (2 段)
	外 : D38@200 (2 段)	外 : D38@200 (2 段)
TW150A	内 : D38@200 (1 段)	内 : D38@200 (1 段)
	外 : D38@200 (1 段)	外 : D38@200 (1 段)
TW100	内 : D38@200 (1 段)	内 : D38@200 (1 段)
	外 : D38@200 (1 段)	外 : D38@200 (1 段)
TW80	内 : D38@200 (2 段)	内 : D38@200 (2 段)
	外 : D38@200 (2 段)	外 : D38@200 (2 段)

注記* : 記号に含まれる数値は壁厚 (cm) を表す。(例 : TW100 なら 100cm)

図 3-2 耐震壁の配筋図 (O. P. 56. 40m~O. P. 62. 90m)

4. まとめ

緊急用電気品建屋におけるせん断力のスケルトンカーブの設定について整理した。算出したせん断力のスケルトンカーブの諸数値を表 4-1 に示す。

表 4-1 緊急用電気品建屋のせん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

(a)NS 方向

要素 番号	通り	第 1 折点		第 2 折点		終局点	
		τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(2)	E	1.77	0.174	2.39	0.521	6.91	4.00
(3)	D	1.80	0.176	2.42	0.528	6.01	4.00
(4)	A	1.78	0.174	2.40	0.523	6.91	4.00

(b)EW 方向

要素 番号	通り	第 1 折点		第 2 折点		終局点	
		τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(2)	0	1.75	0.171	2.36	0.514	7.67	4.00
(3)	1	1.77	0.173	2.39	0.520	5.61	4.00
(4)	4	1.77	0.174	2.39	0.521	5.62	4.00
(5)	5	1.75	0.172	2.36	0.515	7.67	4.00

別紙 1-3 緊急用電気品建屋の地震応答解析における材料物性の
不確かさに関する検討

目次

1. 概要.....	別紙 1-3- 1
1.1 検討概要.....	別紙 1-3- 1
1.2 検討方針.....	別紙 1-3- 2
2. 材料物性の不確かさの分析.....	別紙 1-3- 3
2.1 建屋剛性の不確かさ.....	別紙 1-3- 3
2.2 地盤物性の不確かさ.....	別紙 1-3- 3
3. 材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定.....	別紙 1-3- 4
3.1 設計用地震力の設定方法.....	別紙 1-3- 4
3.2 材料物性の不確かさの設定.....	別紙 1-3- 6
4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討.....	別紙 1-3- 8
4.1 検討概要.....	別紙 1-3- 8
4.2 不確かさの影響検討.....	別紙 1-3-11
4.3 まとめ.....	別紙 1-3-40
5. 機器・配管系評価への影響.....	別紙 1-3-41

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

別紙 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

1. 概要

1.1 検討概要

本資料は、緊急用電気品建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討について説明するものである。

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

1.2 検討方針

建物・構築物の耐震性評価に用いる動的地震力は、各建物・構築物の地震応答解析（時刻歴応答解析法）により求められており、地盤物性、建物・構築物の剛性、地盤のばね定数及び減衰定数、地震動の位相特性などの影響を受ける。特に床応答スペクトルの変動に影響を及ぼす要因は、建屋剛性及び地盤物性であることが確認されている。*

地震応答解析モデルの建屋剛性は、コンクリートの設計基準強度に基づき設定しているが、今後の地震の発生により初期剛性が変動することが考えられる。

また、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮したモデルによる地震応答解析において、地盤物性は実測した地盤のせん断波速度を用いて算出していることから、地盤のせん断波速度の不確かさが建屋応答へ影響を及ぼすことが考えられる。

以上より、建屋剛性の不確かさ要因としてはコンクリート剛性を、地盤物性の不確かさ要因としては地盤のせん断波速度を考慮することとし、それぞれの不確かさが建屋応答及び耐震安全性に及ぼす影響について考察を行い、耐震性評価における材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定について検討する。また、建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮したモデルにより地震応答解析を実施し、建屋応答並びに建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性に及ぼす影響について確認する。

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

2. 材料物性の不確かさの分析

2.1 建屋剛性の不確かさ

初期剛性の多少の違いが応答結果に与える影響は小さいが、一方で、既設建屋は過去の中小地震も含めた記録では時間経過に伴い剛性が低下する傾向の他に、更新地震によっても剛性が低下する傾向が認められていることから、初期剛性低下の影響を保守的に反映するモデルを不確かさケースとして採用している。緊急用電気品建屋は新設建屋であり地震の影響を受けていないこと、また評価基準値（耐震壁の最大応答せん断ひずみ： 2.0×10^{-3} ）に対して十分な余裕を有しているため、耐震安全性は基本ケースの解析で確認可能と考えるが、念のため初期剛性の不確かさとして 0.8 倍を考慮することで設計における保守性を確保する。なお、0.8 倍の設定にあたっては、以下①～④に示すとおり、今回工認における新設建屋（緊急用電気品建屋及び緊急時対策建屋）の構造的特徴と既設建屋（原子炉建屋）との類似性や、新設建屋の詳細設計及び基準地震動 S_s に対する応答結果を踏まえて総合的に判断の上設定した。

- ① 新設建屋は岩盤に設置し、地下階を有する計画としている。主たる耐震要素は RC 造耐震壁であり全方向に耐震壁が配置されたマッシュな構造となっており、類似既設建屋（原子炉建屋）の 3.11 地震時の剛性低下率はオペフロ下部で NS 方向 0.75 倍、EW 方向 0.80 倍
- ② 新設建屋のうち、緊急用電気品建屋の基準地震動 S_s 入力時の剛性低下率は、NS 方向、EW 方向ともに 1.0 倍（剛性低下無）
- ③ 新設建屋のうち、緊急時対策建屋の基準地震動 S_s 入力時の剛性低下率は、NS 方向：0.82 倍、EW 方向：0.80 倍
- ④ 新設建屋も既設建屋と同様のコンクリート材料を使用することから、補足-620-1 に示す耐震実験 [3] の結果を踏まえ、コンクリートの乾燥収縮の進展と地震の重畳による初期剛性低下の可能性を考慮

建屋剛性の不確かさを考慮することにより、部材の発生応力については、不確かさを考慮しないケース（以下「基本ケース」という。）に対して変動すると考えられるが、耐力については変動しない。また、変位及びせん断ひずみについては、剛性が低下することから、基本ケースよりも大きくなると考えられる。

よって、建屋の耐震性評価において、建屋剛性の不確かさを考慮する。ただし、既設建屋においては鉛直方向では水平方向に比べ建設時からの剛性低下は小さく、これまでの地震の経験において設計剛性を下回っていないこと、建屋シミュレーション解析では既工認モデルで記録を再現できたことから、基本ケースで既工認モデルの剛性を採用し、不確かさは考慮しないこととしており、緊急用電気品建屋においても同様とする。

2.2 地盤物性の不確かさ

地盤物性の不確かさについては、地盤のせん断波速度が変動することにより、地盤物性が変動する。これに対応して、建屋への入力地震動の特性が変動し、建屋に考慮すべき設計用地震力も変動すると考えられる。

よって、緊急用電気品建屋の耐震性評価において、地盤物性の不確かさを考慮する。

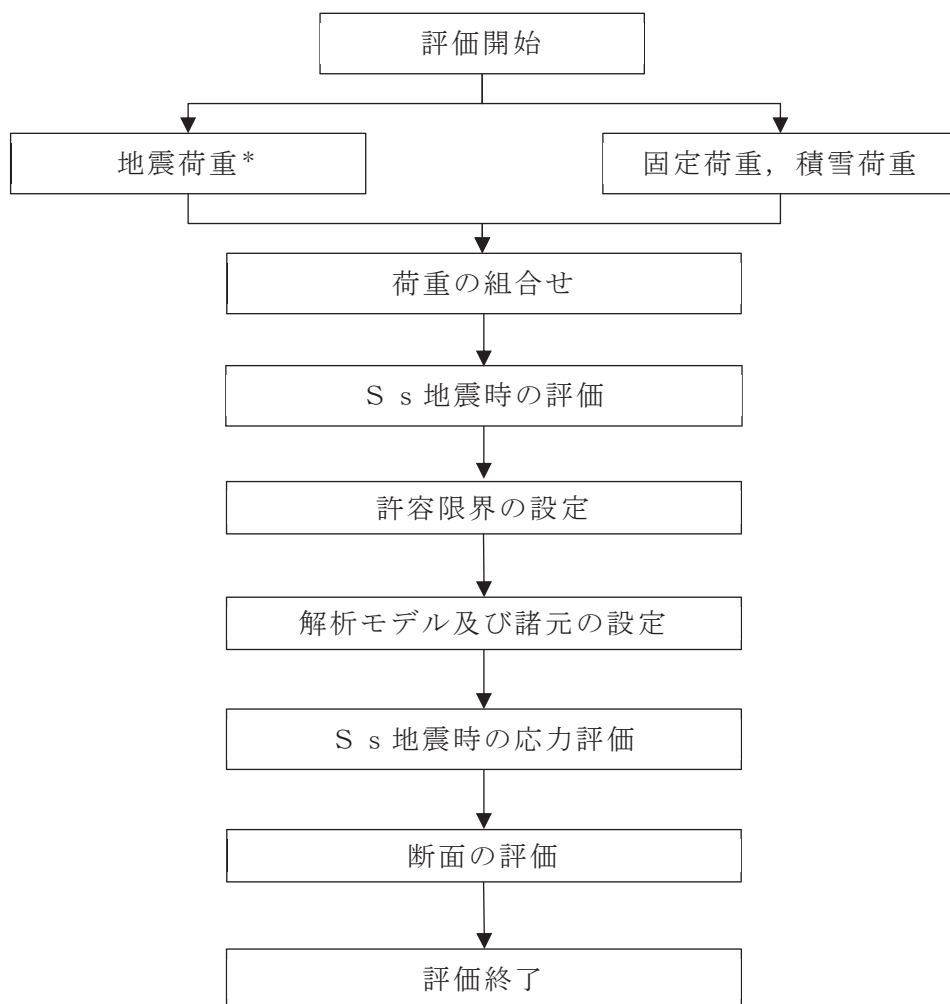
3. 材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定

3.1 設計用地震力の設定方法

基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮したケースの地震荷重を用いた解析を実施することで、材料物性の不確かさを設計用地震力として考慮する。不確かさを考慮したケースの質点系モデルによる地震応答解析は、基本ケースにおける建屋応答を確認したうえで、建屋応答への影響の大きい入力動に対して実施する（「別紙 1-3-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について」参照）。材料物性の不確かさを地震荷重として考慮した建屋の耐震性評価フローの例を図 3-1 に示す。

耐震性評価において、地震荷重は、質点系モデルによる地震応答解析により得られた最大応答値から算出し、解析モデルの各節点に配分することにより考慮している。質点系モデルによる地震応答解析により得られた最大応答値は、基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮したケース（以下「検討ケース」という。）ごとに異なるため、保守的な評価として、各質点において、検討ケースごとに得られた応答値のうち最大の応答値から算出される地震荷重を採用することとする。

材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を「別紙 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」に示す。



注記* : 建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮する

図 3-1 建屋耐震性評価フロー (応力解析による評価)

3.2 材料物性の不確かさの設定

材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの応答値の算出にあたり、建屋剛性および地盤のせん断波速度の不確かさを設定する。

建屋剛性の不確かさは、コンクリートの設計基準強度に基づいて設定した基本ケースの初期剛性に0.8倍を乗じて設定する。基本ケースの初期剛性を表3-1に、不確かさを考慮した初期剛性を表3-2に示す。なお、鉛直方向には建屋剛性の不確かさを考慮しない。

表 3-1 基本モデルの初期剛性

部位	方向	ヤング係数 E ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)
耐震壁・基礎版	NS	2.44	1.02
	EW		

表 3-2 剛性低下を考慮した初期剛性

部位	方向	ヤング係数 E ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)
耐震壁・基礎版	NS	1.95	0.816
	EW		

地盤物性の不確かさの影響検討においては、弾性波速度試験結果に基づく地盤のせん断波速度の不確かさを考慮する。

基本ケースでは、地盤調査結果の平均値を基に設定した地盤のせん断波速度により地盤物性を設定している。地盤物性の不確かさ検討に当たっては、初期せん断波速度に対して標準偏差に相当するばらつきを考慮する。地盤のせん断波速度の不確かさを表 3-3 に示す。

表 3-3 地盤のせん断波速度の不確かさ

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

4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討

本章では、建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮したモデルにより固有値解析を実施し、建屋の応答並びに耐震安全性に及ぼす影響について確認する。

4.1 検討概要

建屋剛性及び地盤物性（地盤のせん断波速度）の不確かさを考慮して検討ケースを定め、建屋応答への影響を確認する。

検討ケースを表4-1に、緊急用電気品建屋の地震応答解析モデルを図4-1に示す。ここで、建屋剛性をコンクリートの設計基準強度に基づき評価した剛性、地盤のせん断波速度を標準地盤とした検討ケースを基本ケースとする。表中の塗りつぶし部分は、基本ケースと異なる設定をしているパラメータである。

表 4-1 検討ケース一覧

ケース名	建屋減衰	コンクリート剛性		地盤のせん断波速度
		初期剛性	終局耐力	
ケース 1 (基本ケース)	5%	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価		平均値
ケース 2 (地盤物性+ σ)	5%	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価		+ σ 相当
ケース 3 (地盤物性- σ)	5%	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価		- σ 相当
ケース 4 (建屋剛性考慮)	5%	基本ケースの 0.8 倍	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価	平均値
ケース 5 (建屋剛性考慮, 地盤物性+ σ)	5%	基本ケースの 0.8 倍	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価	+ σ 相当
ケース 6 (建屋剛性考慮, 地盤物性- σ)	5%	基本ケースの 0.8 倍	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価	- σ 相当

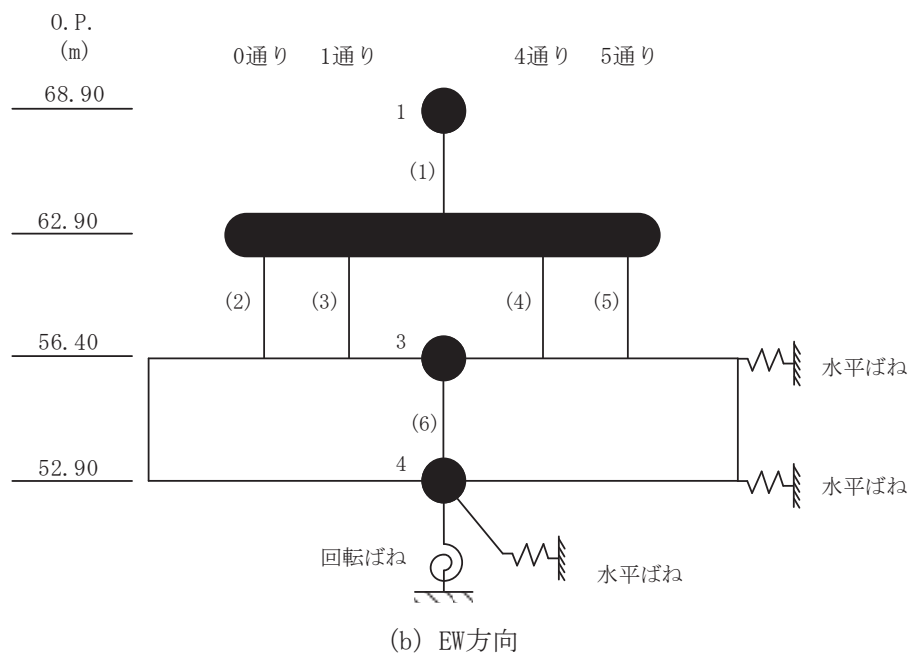
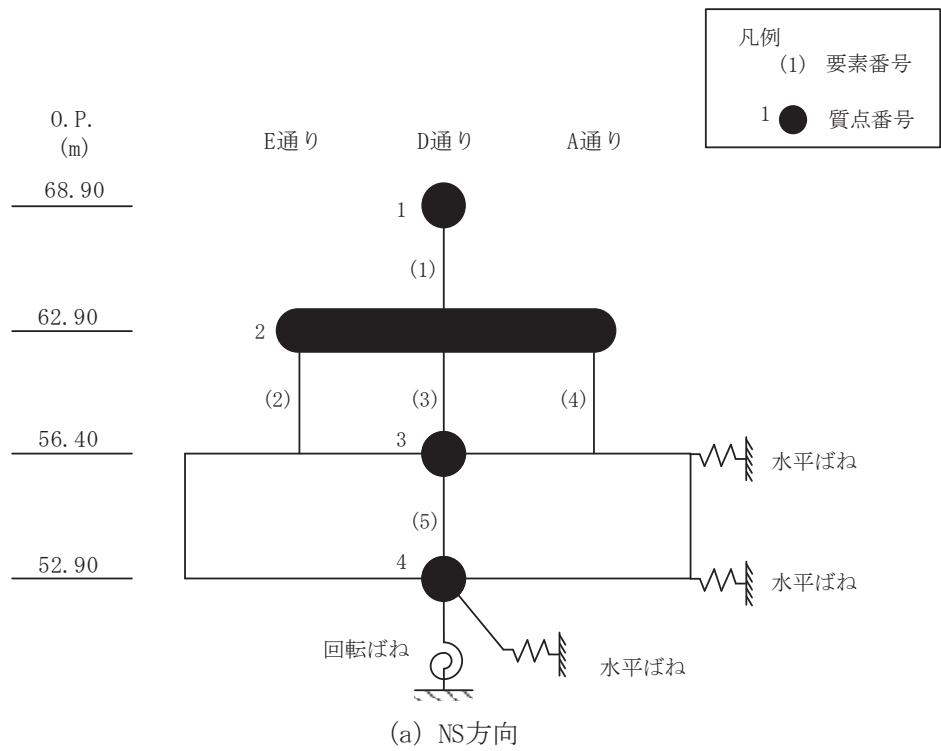


図 4-1(1) 地震応答解析モデル (水平方向)

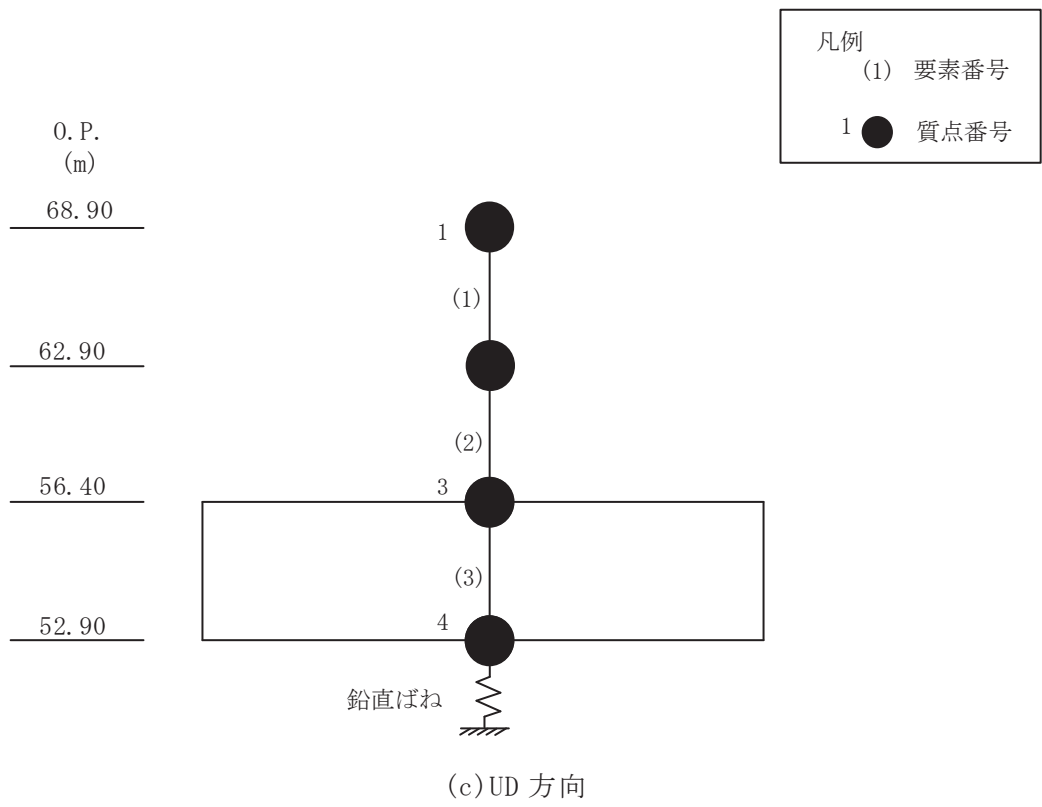


図 4-1(2) 地震応答解析モデル (鉛直方向)

4.2 不確かさの影響検討

4.2.1 建屋剛性変動による影響

(1) 影響評価方針

建屋剛性を変動させたケース（ケース 4）の固有値解析を実施し、基本ケースの結果と比較する。

(2) 固有値解析結果

建屋剛性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 4-2，刺激関数図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

基本ケースに対する建屋剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、最大で低振動数側に 8%シフトした。

表 4-2 固有値解析結果の比較（単位：Hz）

(a) NS 方向

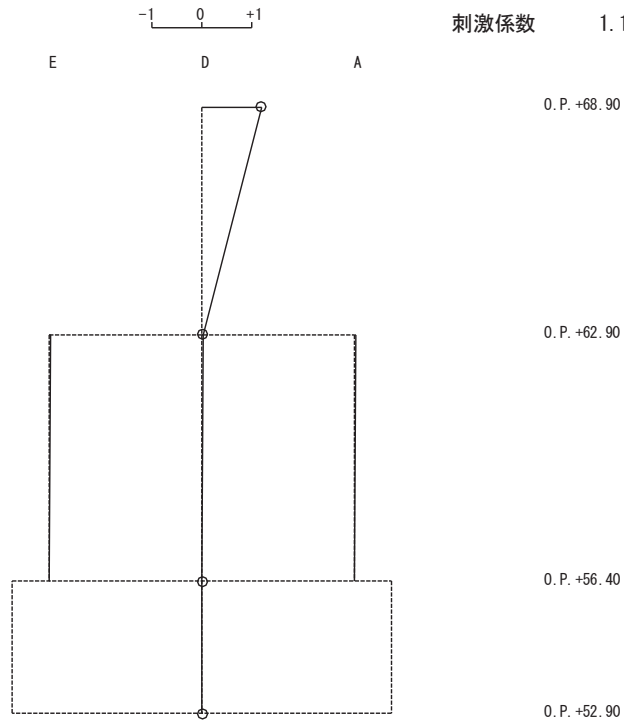
次数	NS 方向	
	ケース 1	ケース 4
1	8.39	8.38 (1.00)
2	25.52	23.39 (0.92)
3	52.90	48.53 (0.92)
4	60.37	57.79 (0.96)

(b) EW 方向

次数	EW 方向	
	ケース 1	ケース 4
1	7.87	7.87 (1.00)
2	29.30	27.10 (0.92)
3	55.41	51.66 (0.93)
4	64.84	61.20 (0.94)

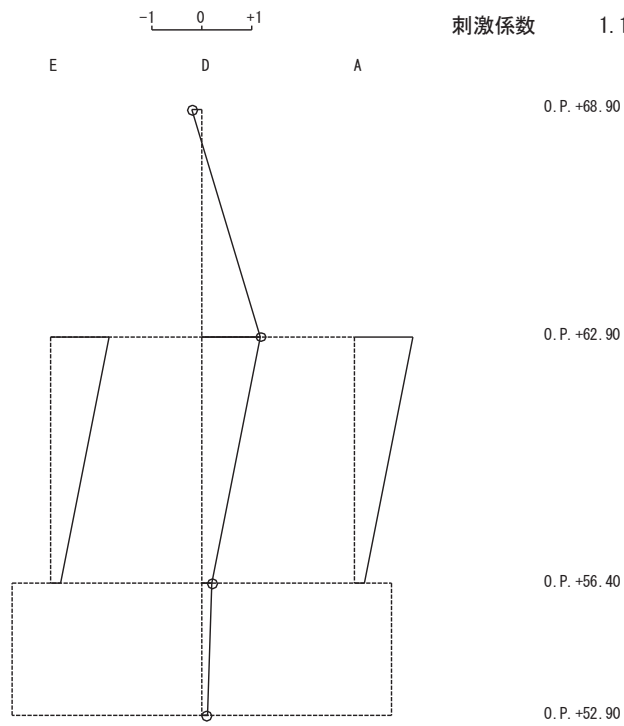
注：（ ）内は基本モデルに対する比率

固有周期 0.119 s
 固有振動数 8.38 Hz
 刺激係数 1.192



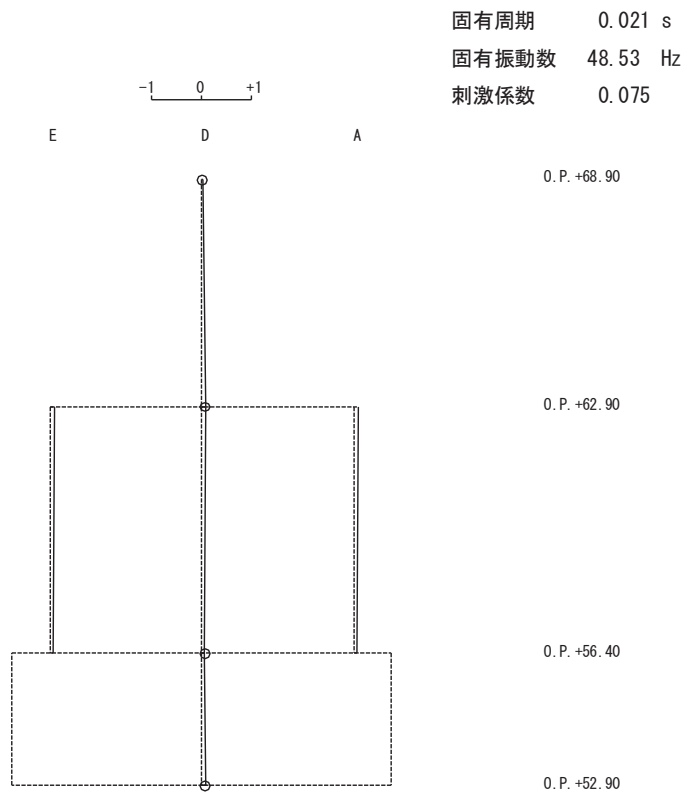
1 次

固有周期 0.043 s
 固有振動数 23.39 Hz
 刺激係数 1.174

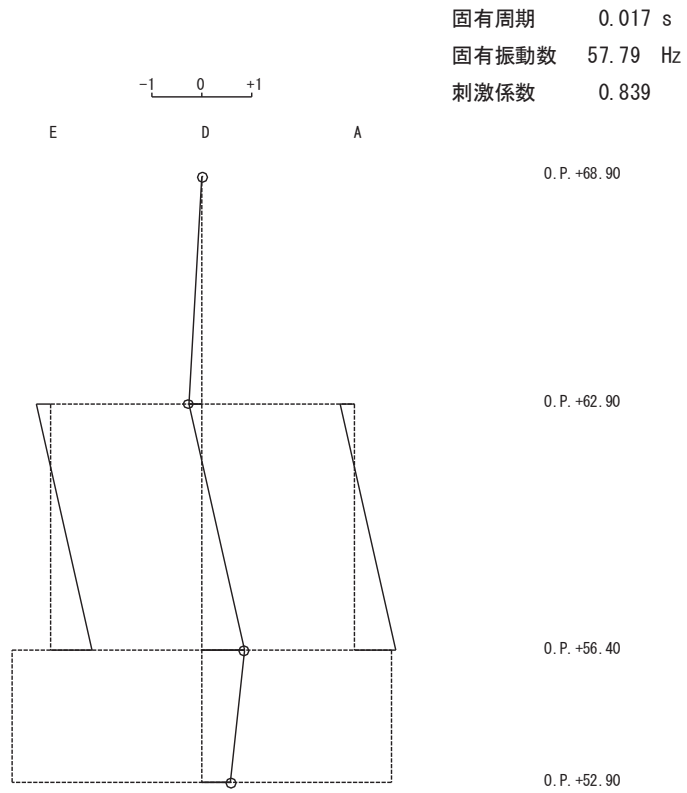


2 次

図 4-2(1) 刺激関数図 (ケース 4) (NS 方向 1 次及び 2 次)

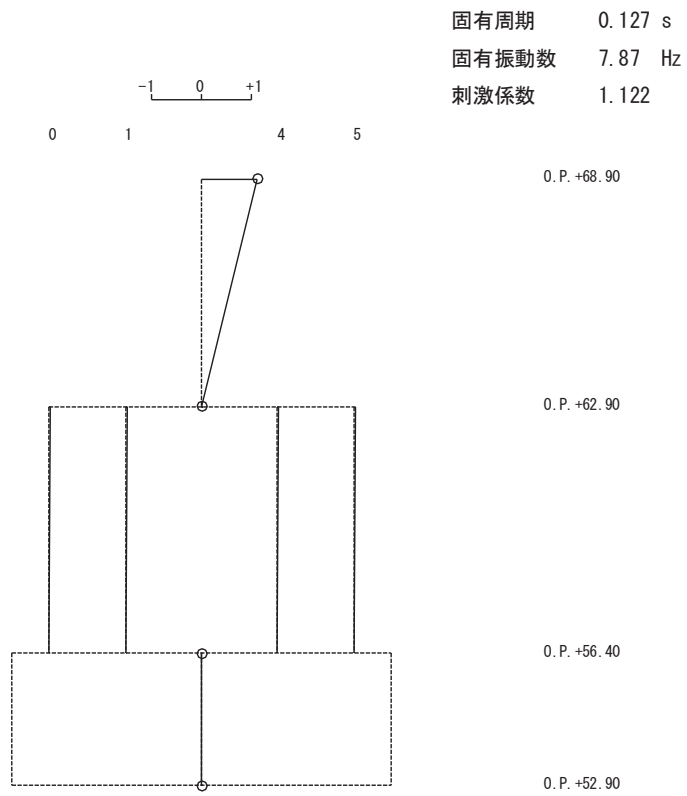


3 次

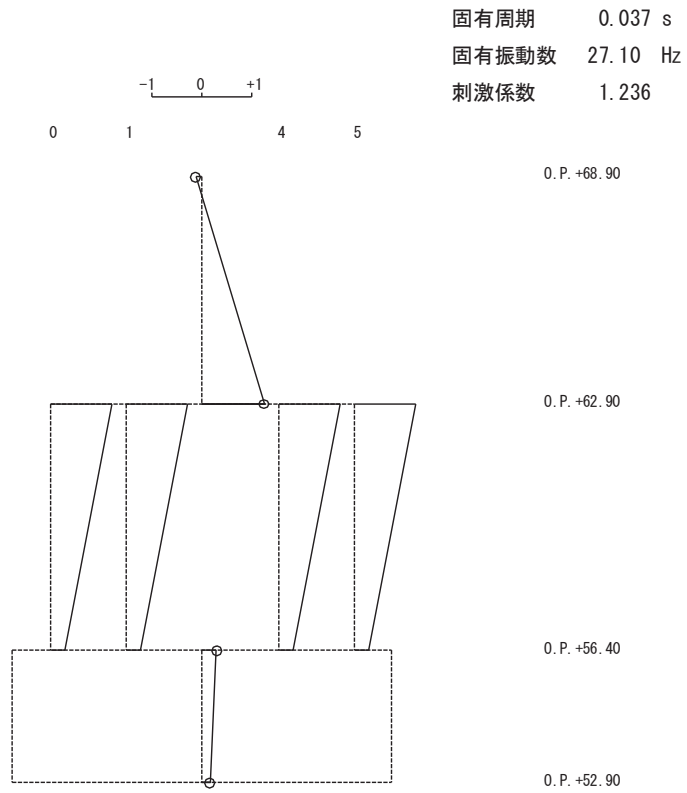


4 次

図 4-2(2) 刺激関数図 (ケース 4) (NS 方向 3 次及び 4 次)



1 次



2 次

図 4-3(1) 刺激関数図 (ケース 4) (EW 方向 1 次及び 2 次)

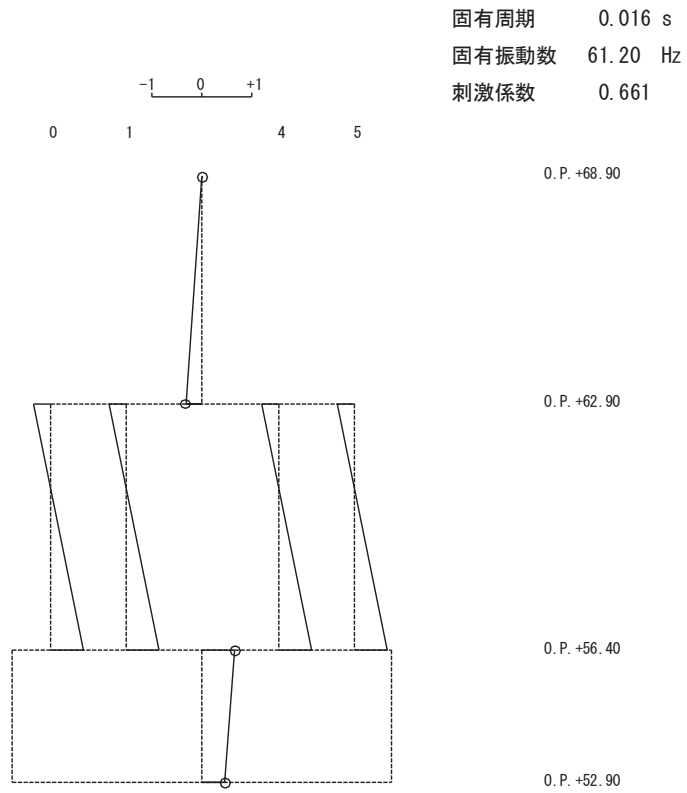
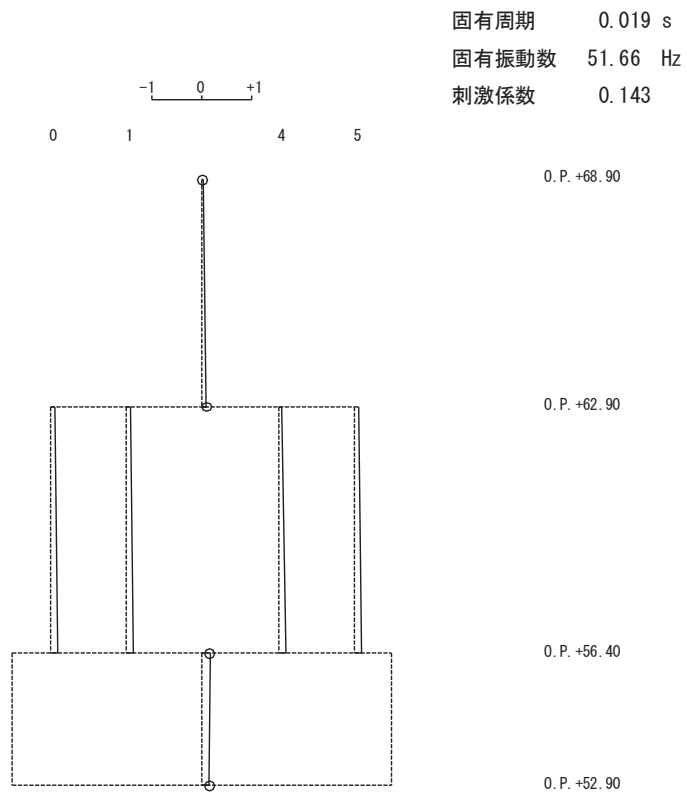


図 4-3(2) 刺激関数図 (ケース 4) (EW 方向 3 次及び 4 次)

4.2.2 地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

地盤物性を変動させたケース(ケース2及びケース3)の固有値解析を実施し、地盤物性を変動させたケースと基本ケースを比較する。

(2) 固有値解析結果

地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表4-3、刺激関数図を図4-4～図4-9に示す。

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、地盤の主要モードにあたる固有周期で変動が大きく最大で水平方向では3%程度、鉛直方向では4%程度であった。

表 4-3(1) 固有値解析結果の比較 (単位 : Hz)

(a) NS 方向

次数	NS 方向		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
1	8.39	8.39 (1.00)	8.39 (1.00)
2	25.52	25.82 (1.01)	25.16 (0.99)
3	52.90	53.62 (1.01)	51.92 (0.98)
4	60.37	62.34 (1.03)	58.41 (0.97)

(b) EW 方向

次数	EW 方向		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
1	7.87	7.88 (1.00)	7.87 (1.00)
2	29.30	29.79 (1.02)	28.72 (0.98)
3	55.41	56.62 (1.02)	53.91 (0.97)
4	64.84	66.48 (1.03)	63.22 (0.98)

注 : () 内は基本モデルに対する比率

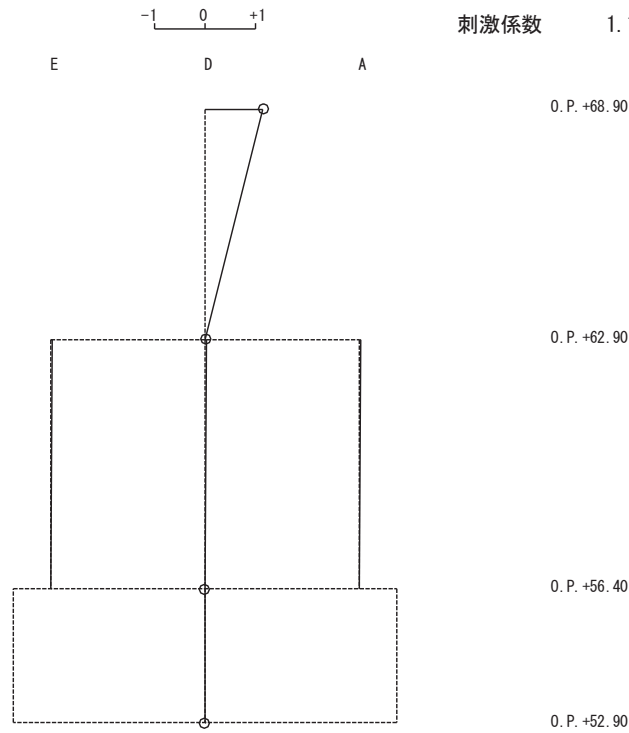
表 4-3(2) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)

(c) UD 方向

次数	UD 方向		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
1	42.00	43.43 (1.03)	40.36 (0.96)
2	76.72	77.10 (1.00)	76.31 (0.99)
3	98.09	99.05 (1.01)	97.16 (0.99)
4	271.70	273.06 (1.01)	270.35 (1.00)

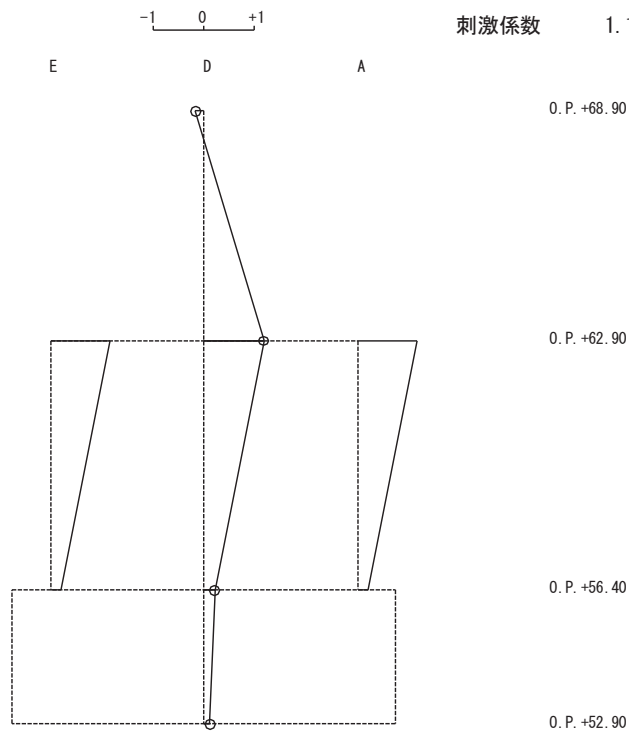
注: () 内は基本モデルに対する比率

固有周期 0.119 s
 固有振動数 8.39 Hz
 刺激係数 1.155



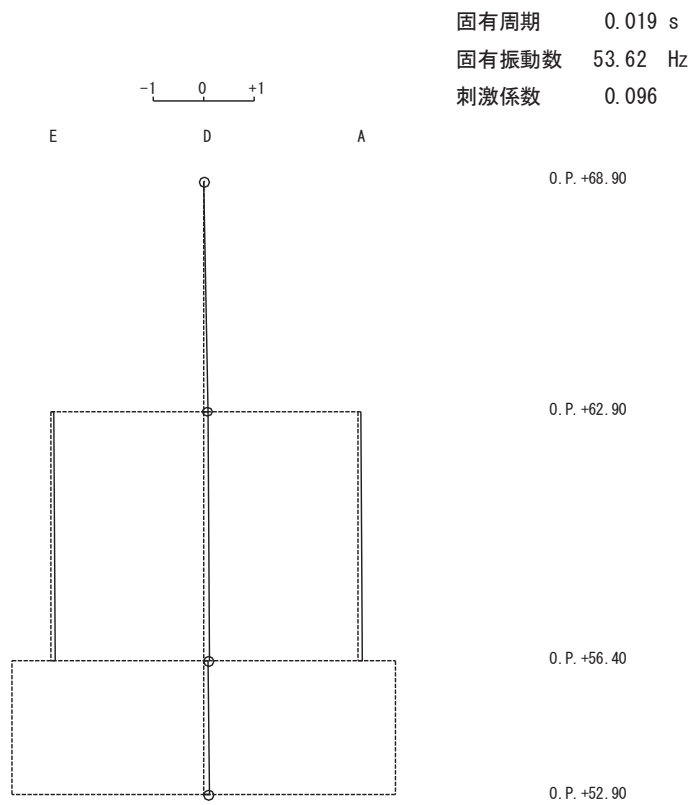
1 次

固有周期 0.039 s
 固有振動数 25.82 Hz
 刺激係数 1.192

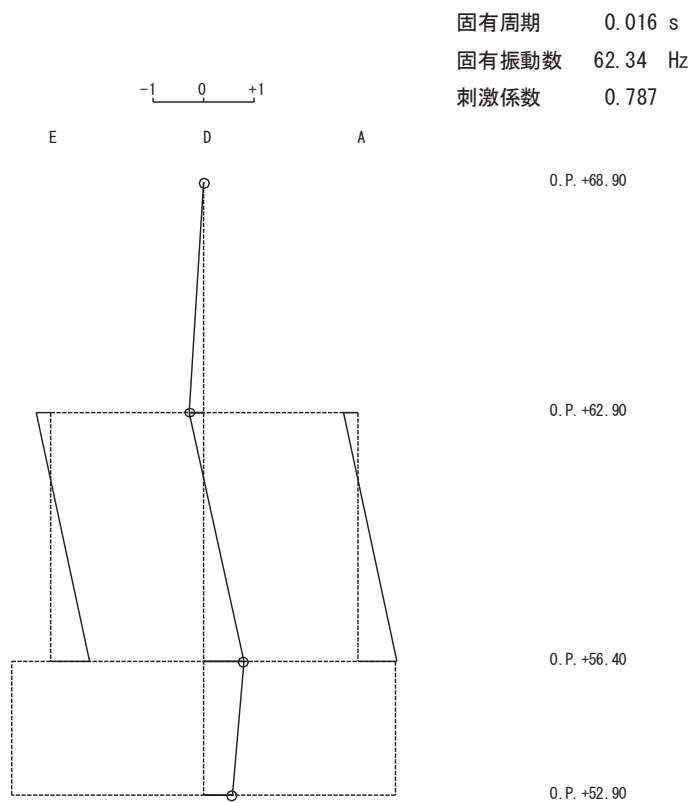


2 次

図 4-4(1) 刺激関数図 (ケース 2) (NS 方向 1 次及び 2 次)

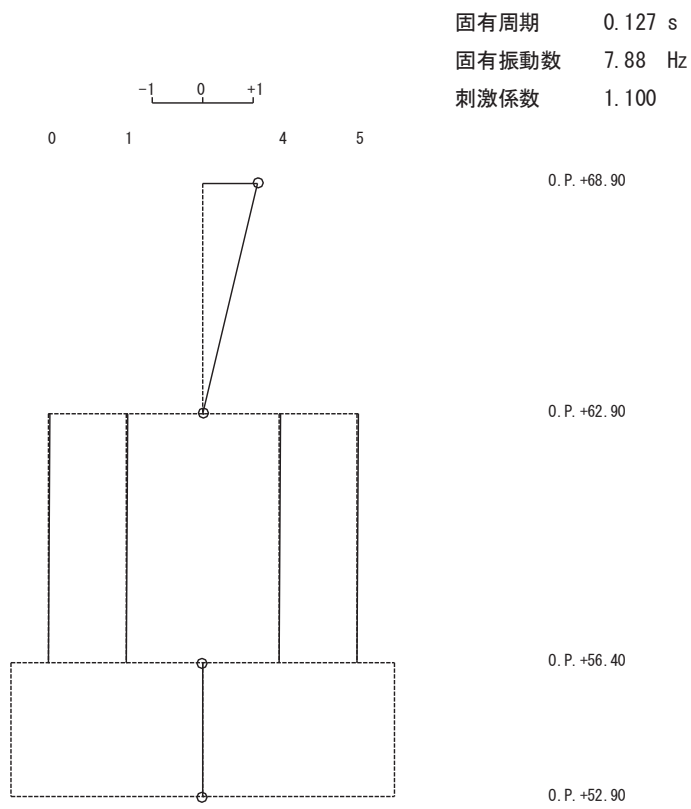


3 次

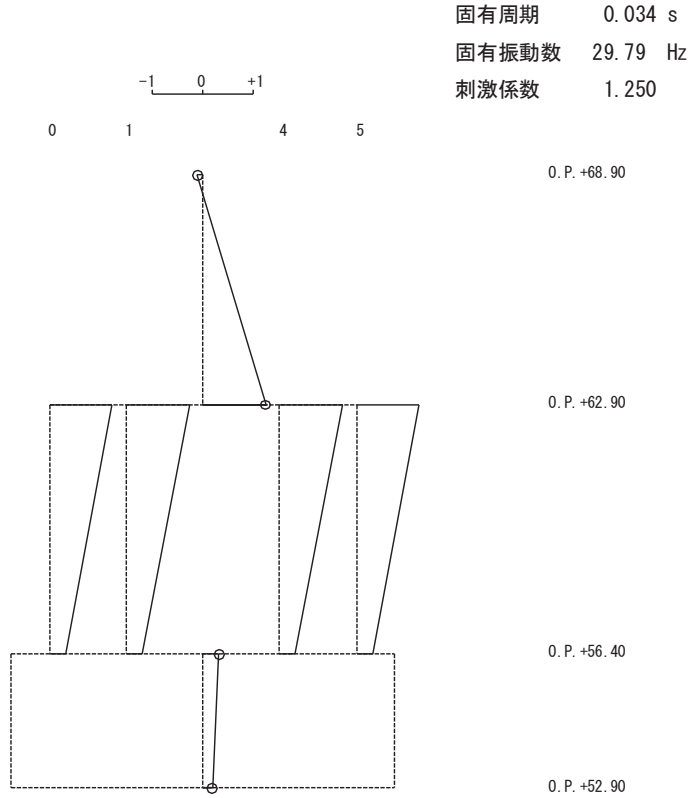


4 次

図 4-4(2) 刺激関数図 (ケース 2) (NS 方向 3 次~4 次)



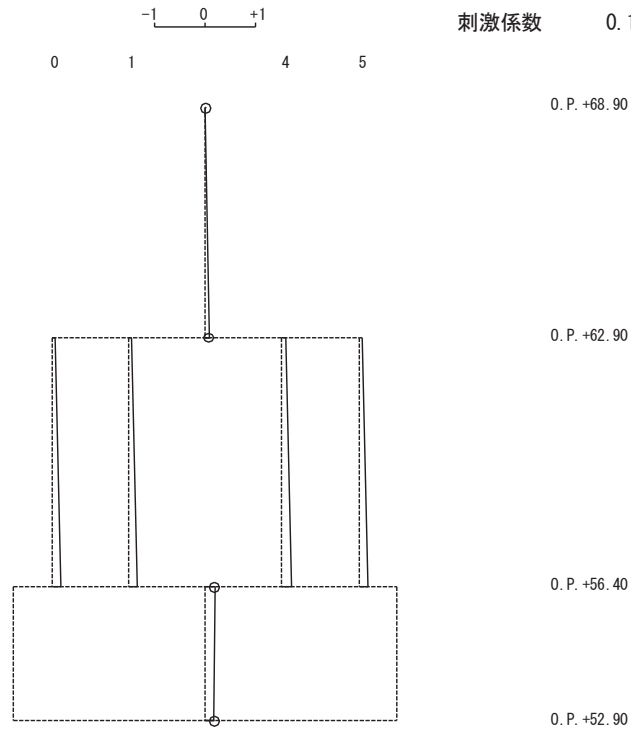
1 次



2 次

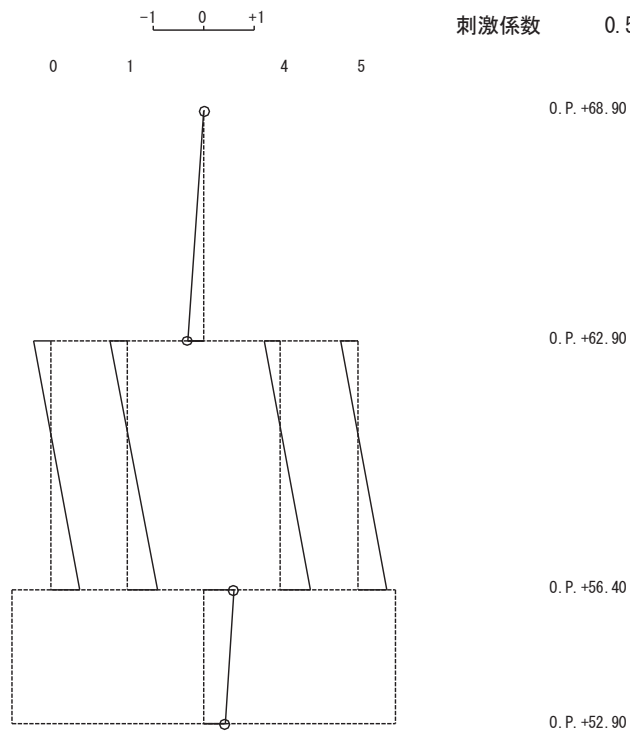
図 4-5(1) 刺激関数図 (ケース 2) (EW 方向 1 次及び 2 次)

固有周期 0.018 s
 固有振動数 56.62 Hz
 刺激係数 0.184



3 次

固有周期 0.015 s
 固有振動数 66.48 Hz
 刺激係数 0.589



4 次

図 4-5(2) 刺激関数図 (ケース 2) (EW 方向 3 次及び 4 次)

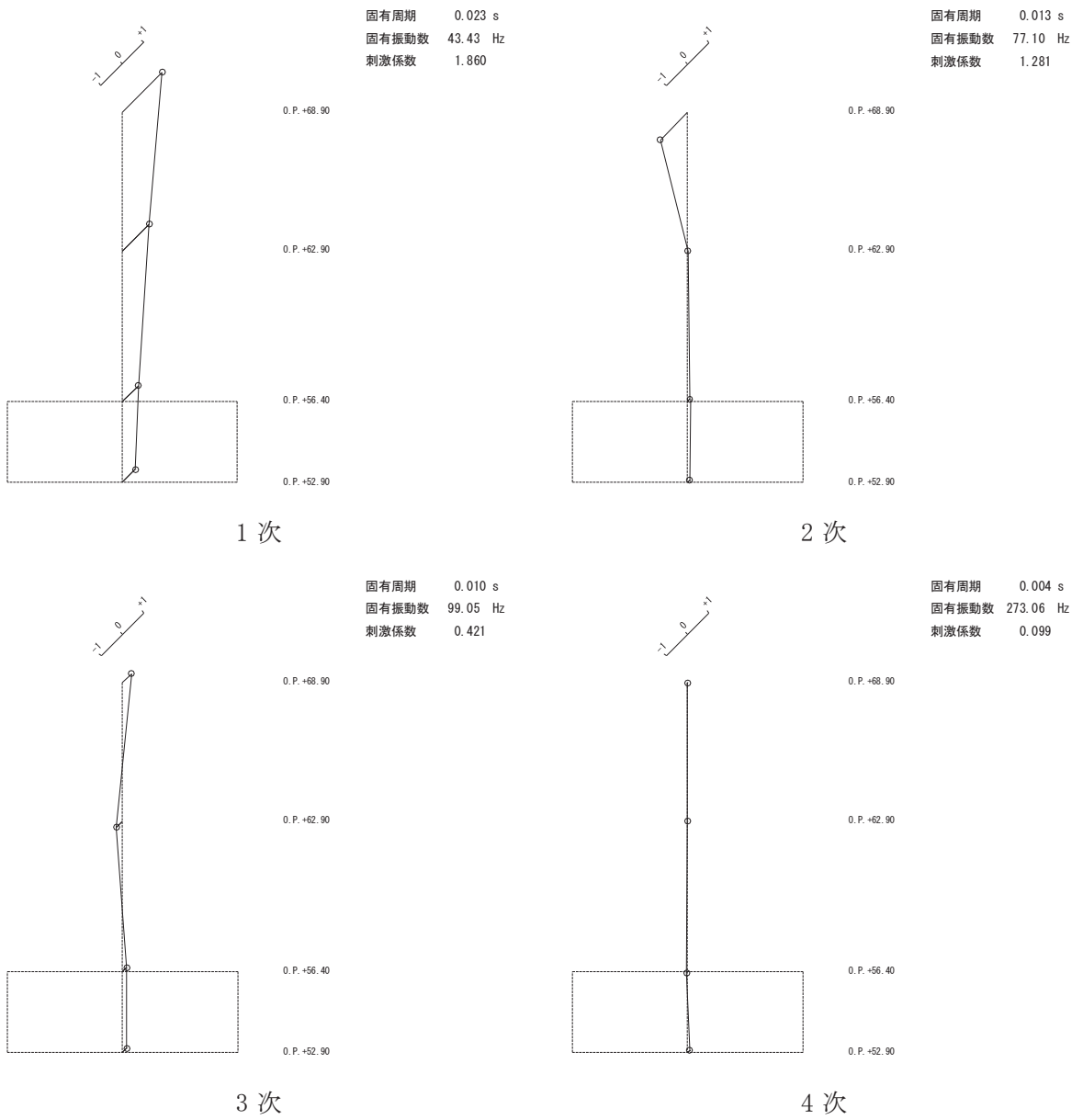
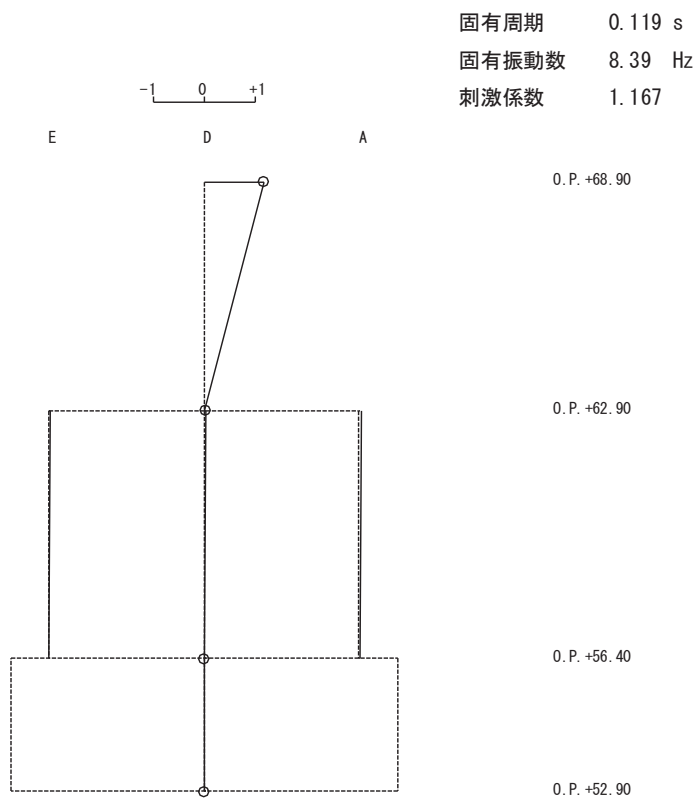
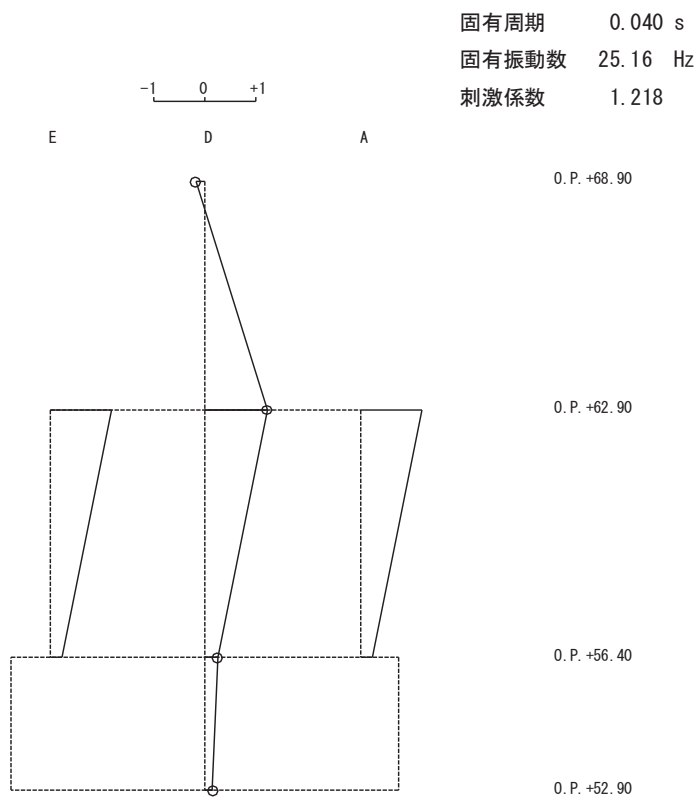


図 4-6 刺激関数図 (ケース 2) (UD 方向 1 次~4 次)

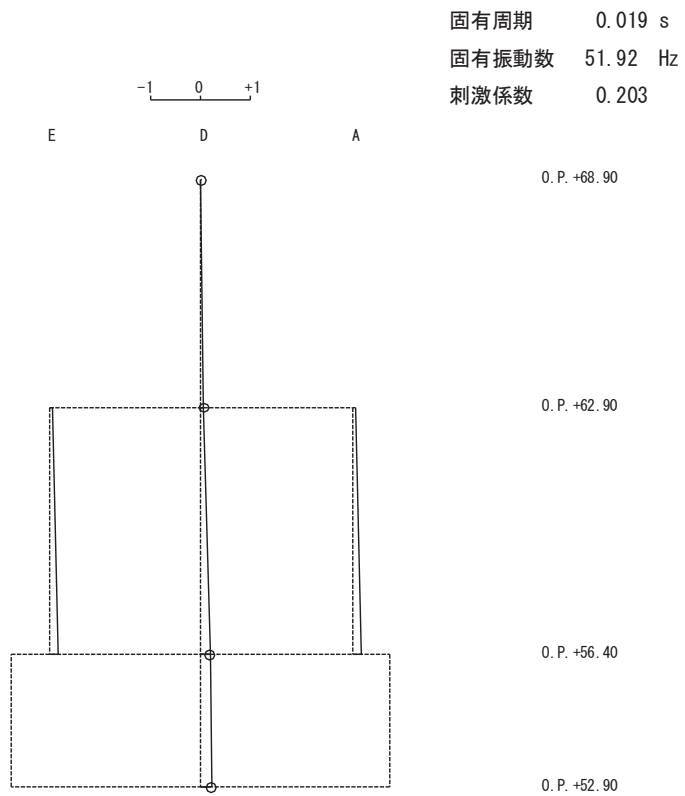


1 次

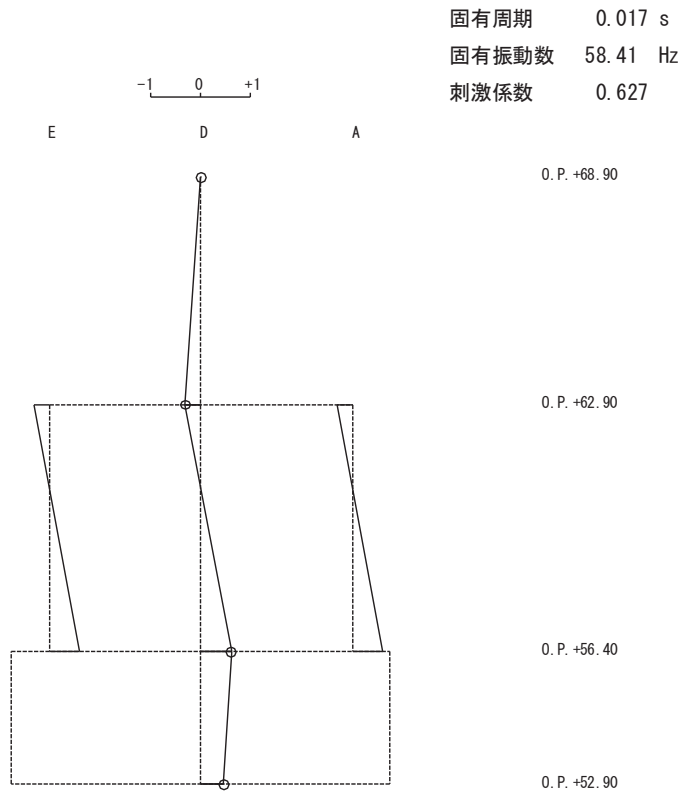


2 次

図 4-7(1) 刺激関数図 (ケース 3) (NS 方向 1 次及び 2 次)

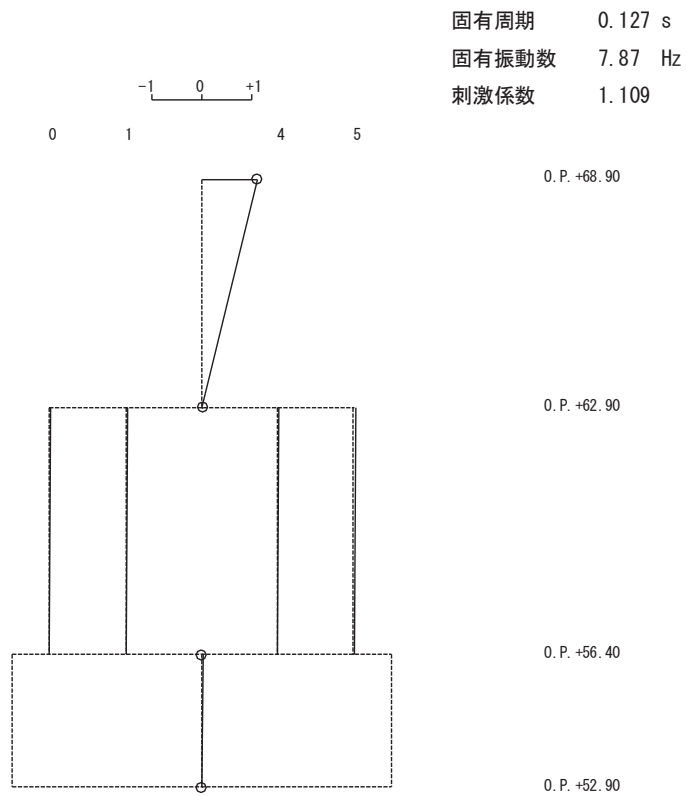


3 次

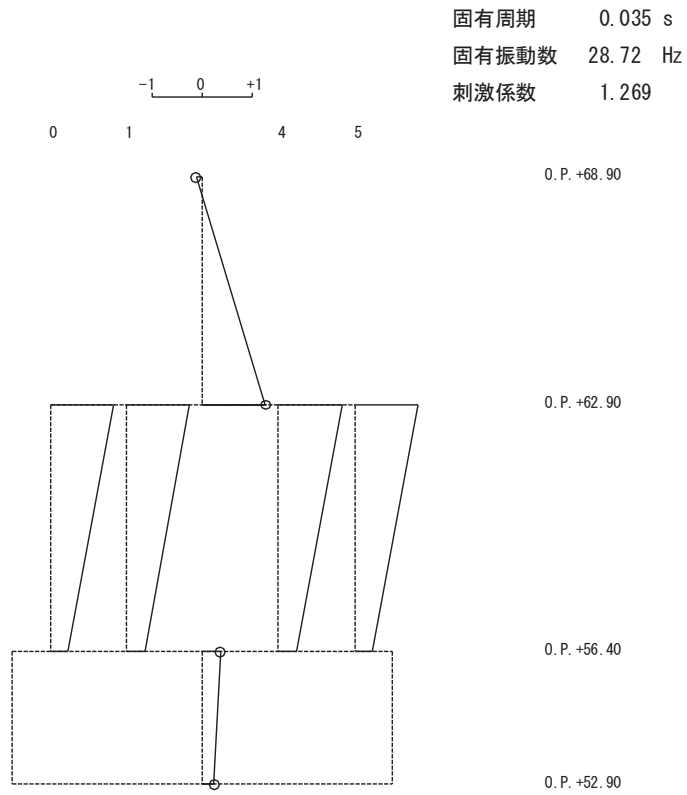


4 次

図 4-7(2) 刺激関数図 (ケース 3) (NS 方向 3 次及び 4 次)

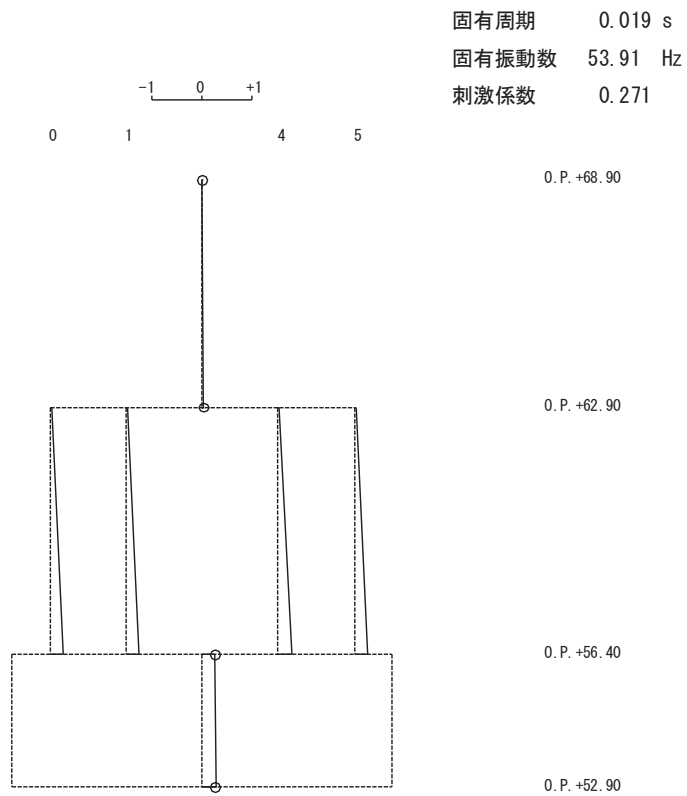


1 次

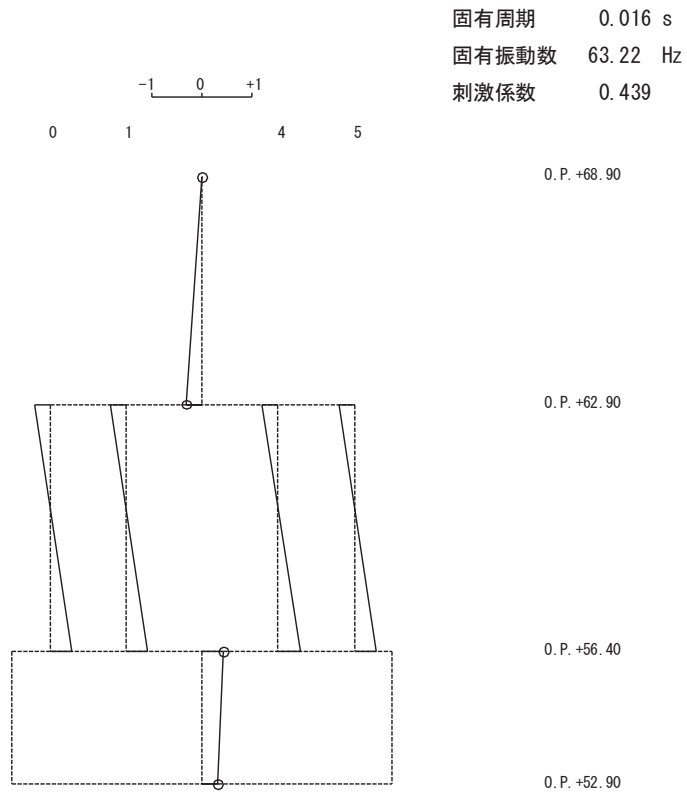


2 次

図 4-8(1) 刺激関数図 (ケース 3) (EW 方向 1 次及び 2 次)



3 次



4 次

図 4-8(2) 刺激関数図 (ケース 3) (EW 方向 3 次及び 4 次)

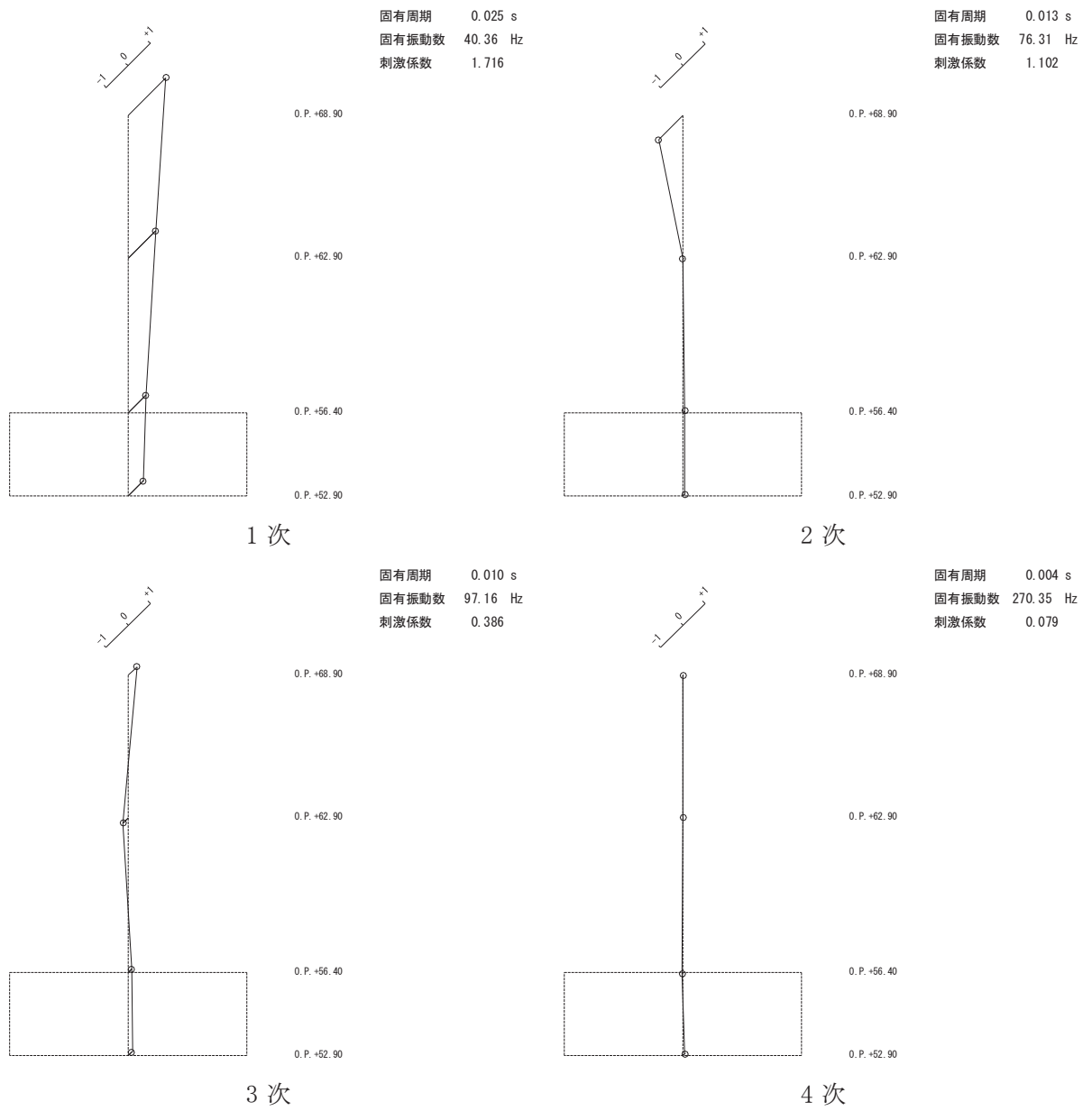


図 4-9 刺激関数図 (ケース 3) (UD 方向 1 次~4 次)

4.2.3 建屋剛性及び地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

建屋剛性及び地盤物性を変動させたケース（ケース 5 及びケース 6）の固有値解析を実施し、建屋剛性及び地盤物性を変動させたケースと基本ケースを比較する。

(2) 固有値解析結果

建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 4-4、刺激関数図を図 4-10～図 4-13 に示す。

基本ケースに対する建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、硬質岩盤に立地しているため、地盤の影響が小さく、建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ のケースで最大 7%程度、建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$ のケースで最大 9%程度低振動数側にシフトした。

表 4-4 固有値解析結果の比較 (単位 : Hz)

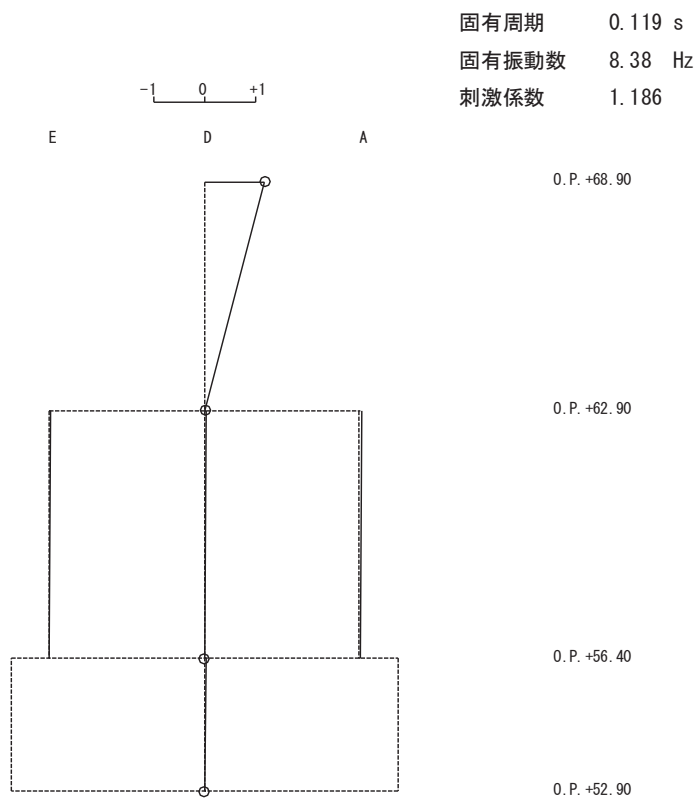
(a) NS 方向

次数	NS 方向		
	ケース 1	ケース 5	ケース 6
1	8.39	8.38 (1.00)	8.37 (1.00)
2	25.52	23.61 (0.93)	23.13 (0.91)
3	52.90	48.98 (0.93)	47.94 (0.91)
4	60.37	59.79 (0.99)	55.71 (0.92)

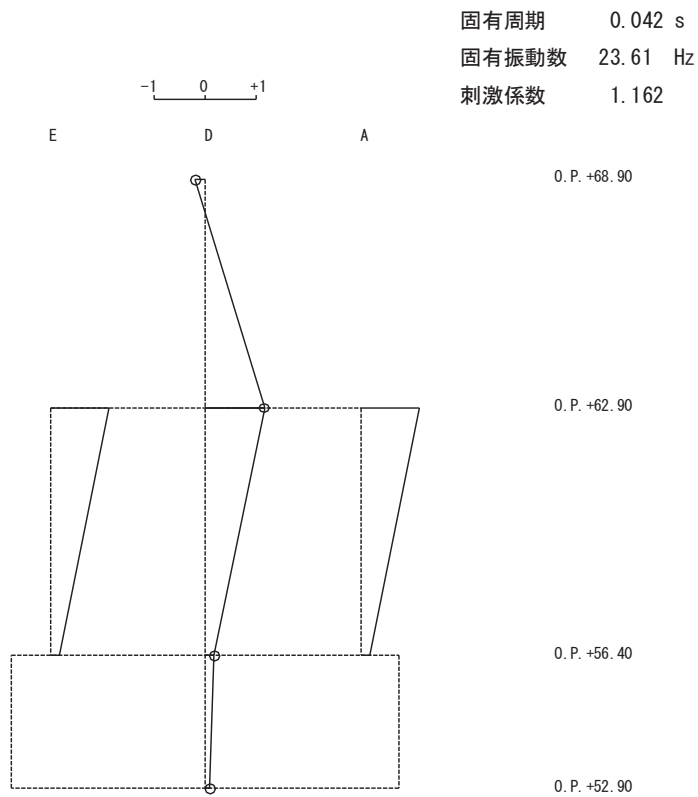
(b) EW 方向

次数	EW 方向		
	ケース 1	ケース 5	ケース 6
1	7.87	7.87 (1.00)	7.87 (1.00)
2	29.30	27.46 (0.94)	26.66 (0.91)
3	55.41	52.48 (0.95)	50.61 (0.91)
4	64.84	62.96 (0.97)	59.42 (0.92)

注 : () 内は基本モデルに対する比率

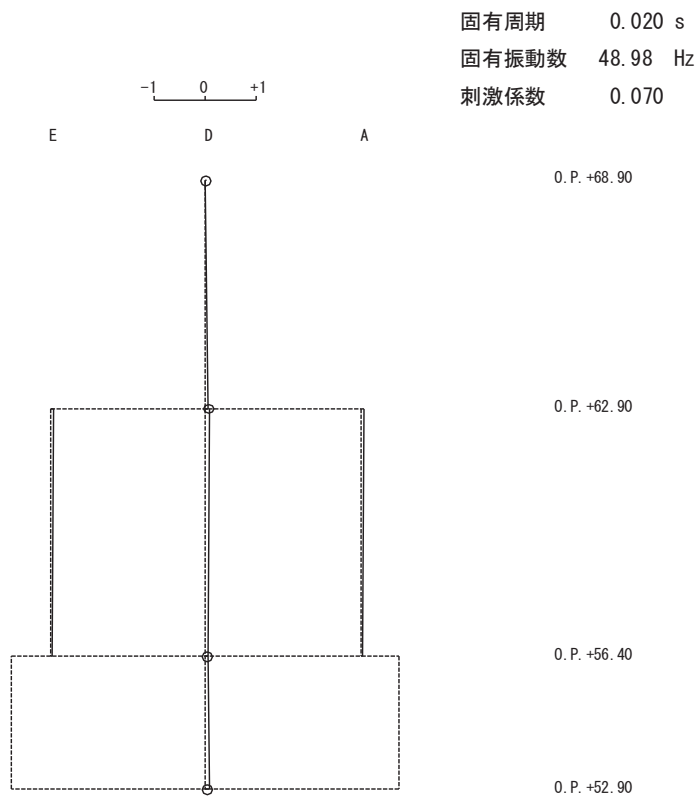


1 次

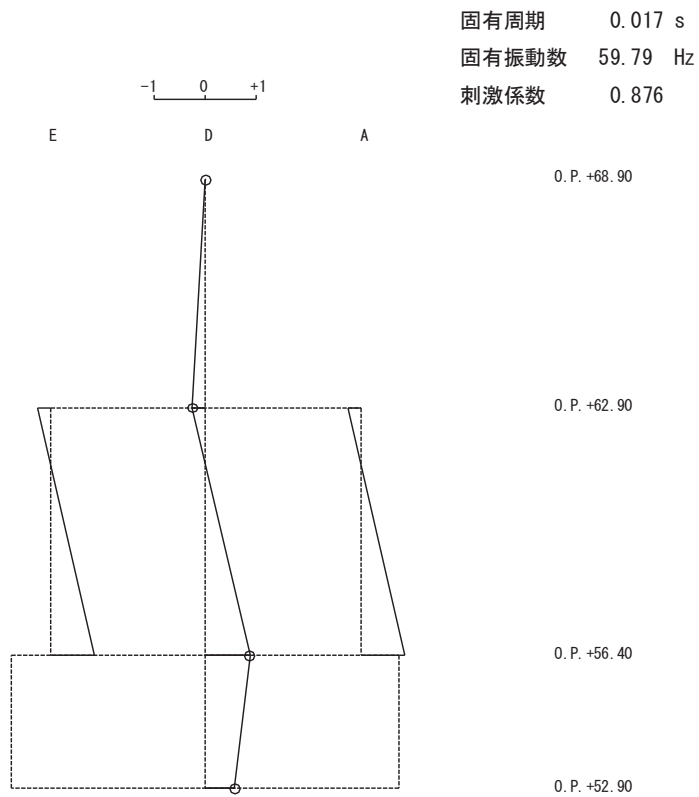


2 次

図 4-10(1) 刺激関数図 (ケース 5) (NS 方向 1 次及び 2 次)

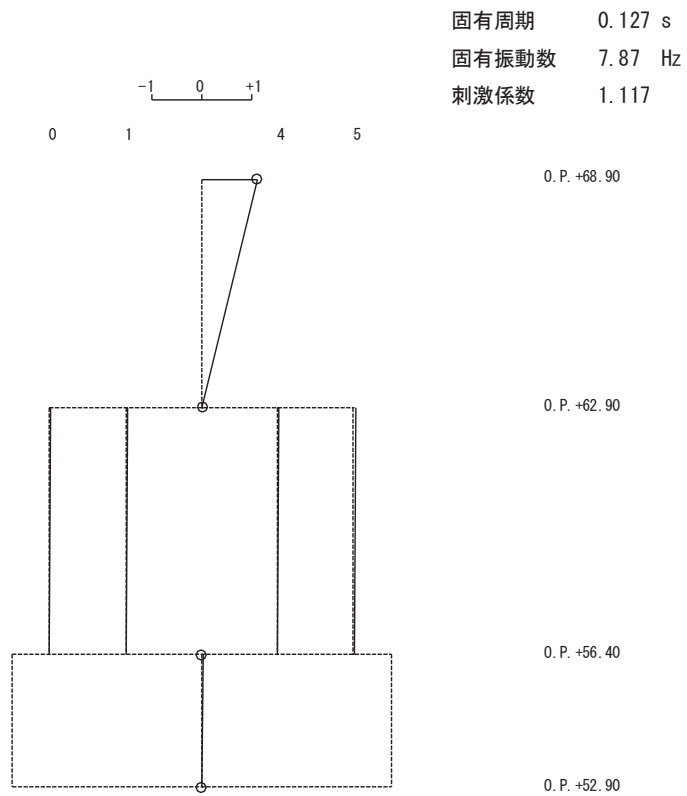


3 次

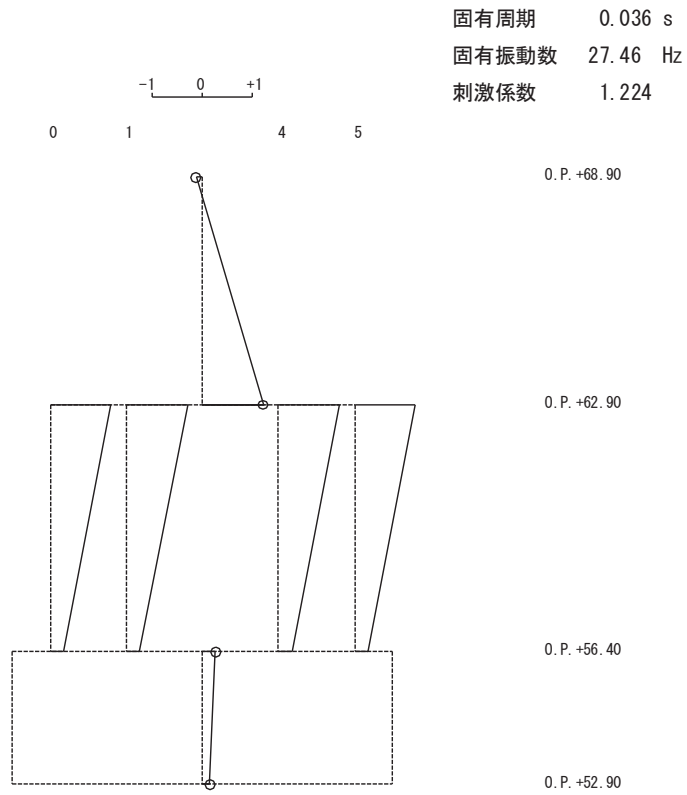


4 次

図 4-10(2) 刺激関数図 (ケース 5) (NS 方向 3 次及び 4 次)

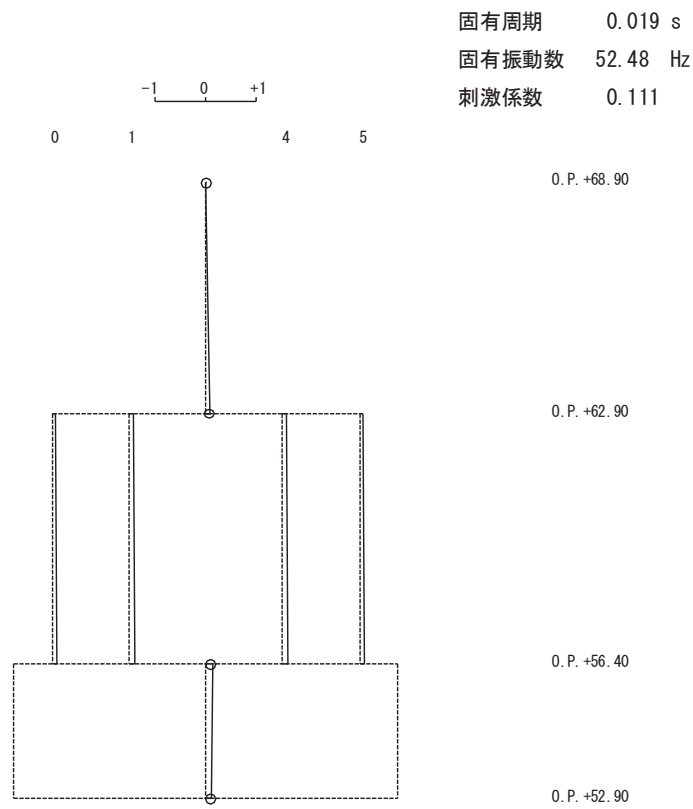


1 次

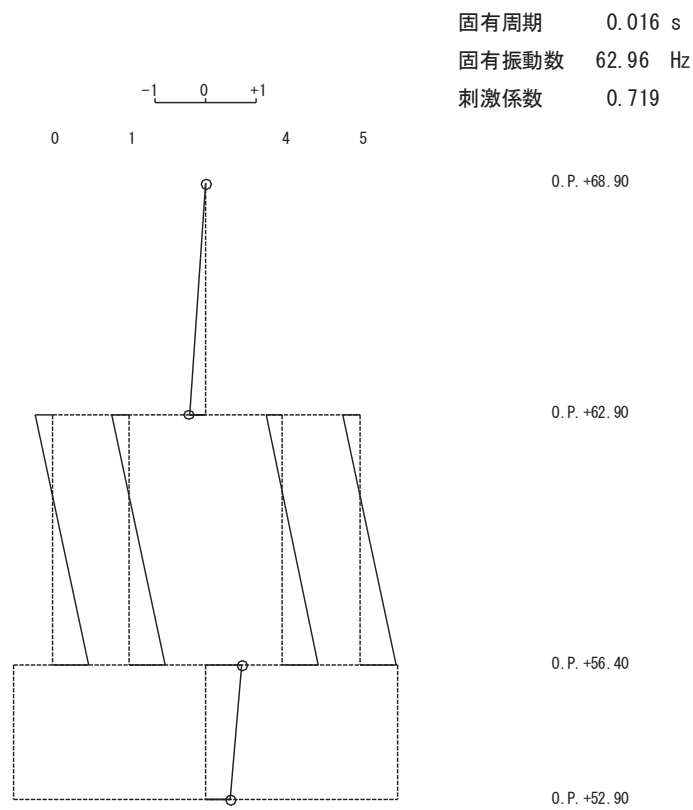


2 次

図 4-11(1) 刺激関数図 (ケース 5) (EW 方向 1 次及び 2 次)



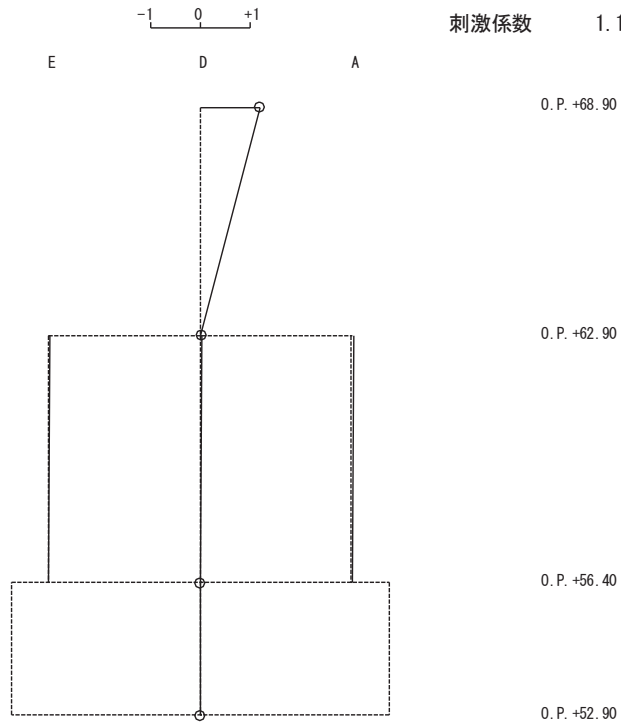
3 次



4 次

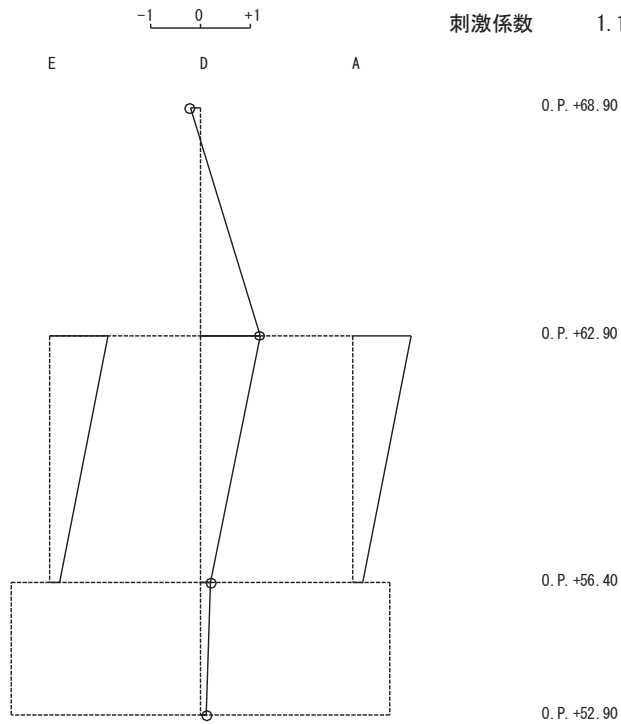
図 4-11(2) 刺激関数図 (ケース 5) (EW 方向 3 次及び 4 次)

固有周期 0.119 s
 固有振動数 8.37 Hz
 刺激係数 1.198



1 次

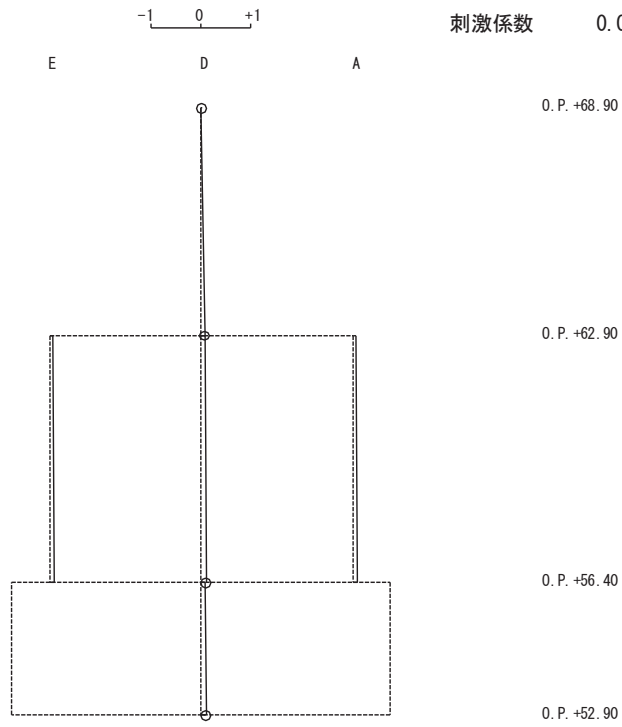
固有周期 0.043 s
 固有振動数 23.13 Hz
 刺激係数 1.188



2 次

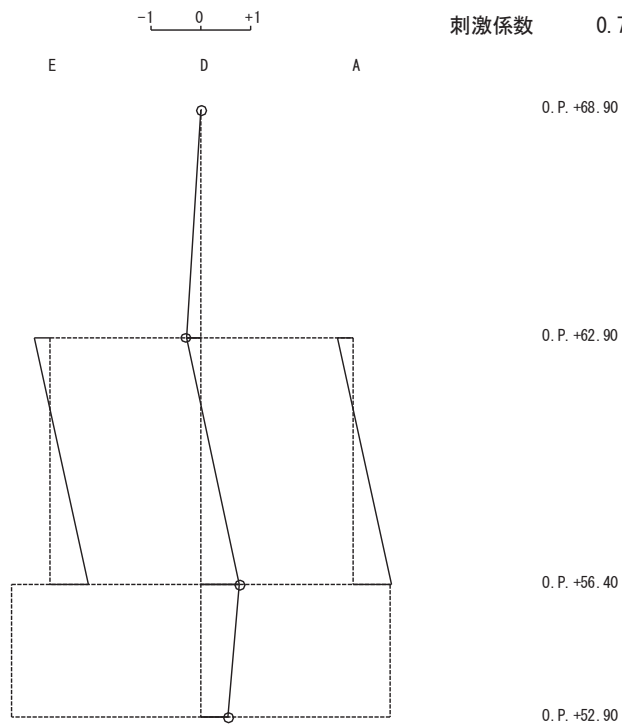
図 4-12(1) 刺激関数図 (ケース 6) (NS 方向 1 次及び 2 次)

固有周期 0.021 s
 固有振動数 47.94 Hz
 刺激係数 0.097



3 次

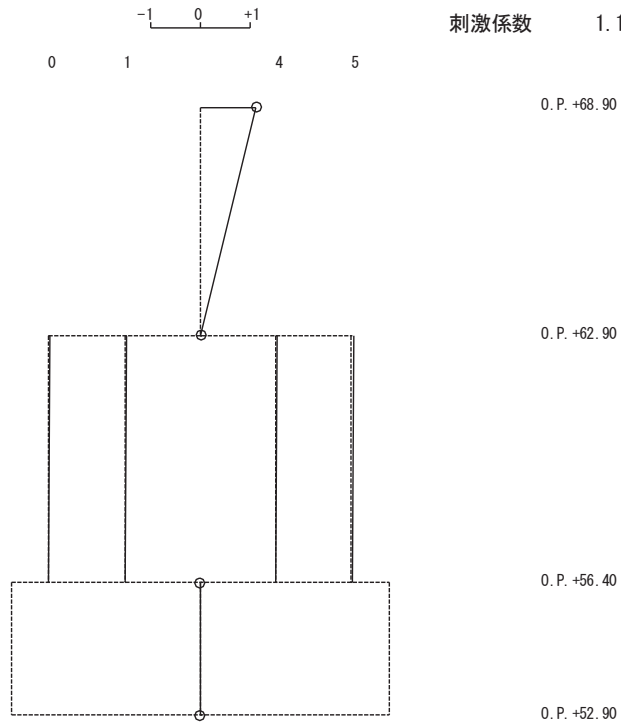
固有周期 0.018 s
 固有振動数 55.71 Hz
 刺激係数 0.786



4 次

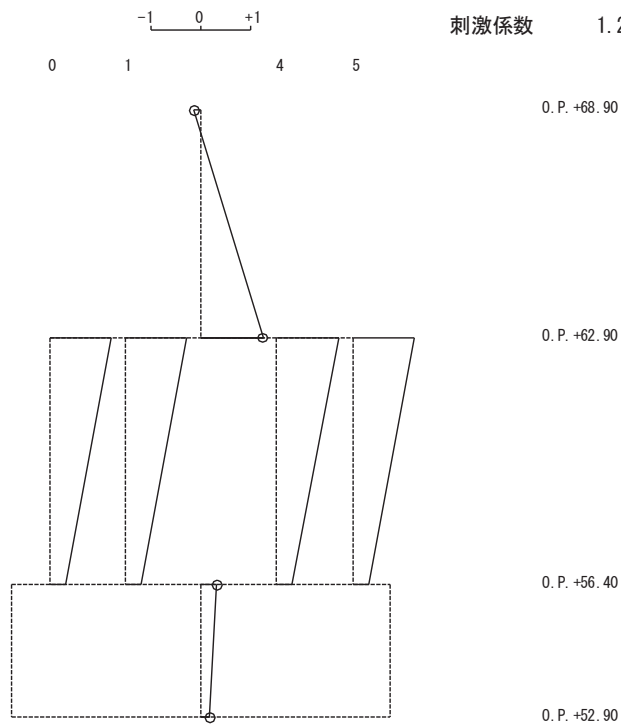
図 4-12(2) 刺激関数図 (ケース 6) (NS 方向 3 次及び 4 次)

固有周期 0.127 s
 固有振動数 7.87 Hz
 刺激係数 1.127



1 次

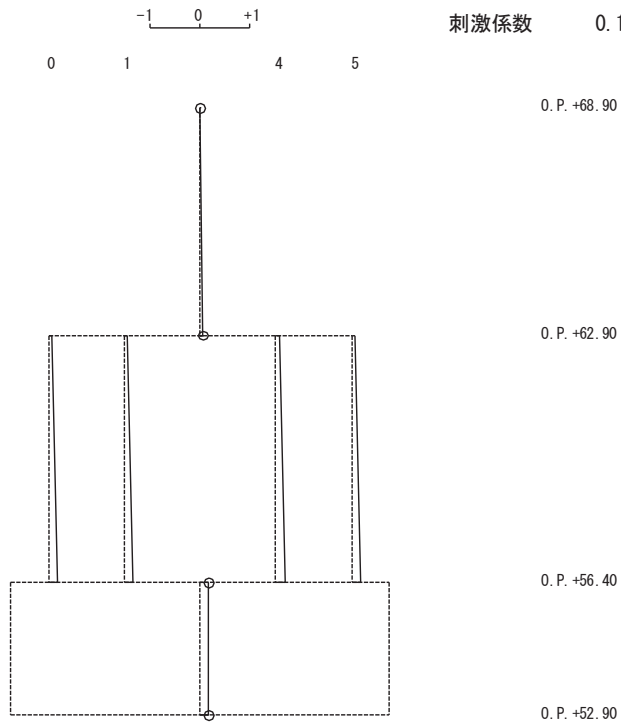
固有周期 0.038 s
 固有振動数 26.66 Hz
 刺激係数 1.248



2 次

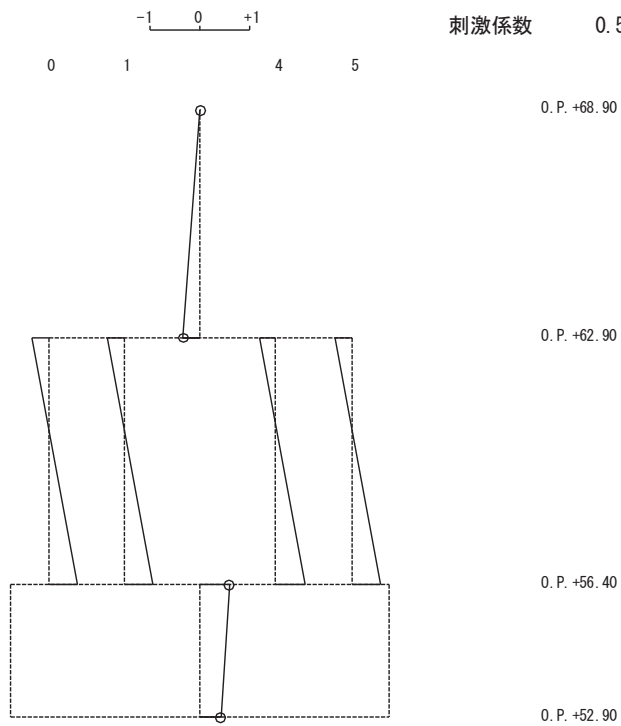
図 4-13(1) 刺激関数図 (ケース 6) (EW 方向 1 次及び 2 次)

固有周期 0.020 s
 固有振動数 50.61 Hz
 刺激係数 0.185



3 次

固有周期 0.017 s
 固有振動数 59.42 Hz
 刺激係数 0.587



4 次

図 4-13(2) 刺激関数図 (ケース 6) (EW 方向 3 次及び 4 次)

4.3 まとめ

建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮した固有値解析結果より、以下の傾向を確認した。

- ・ 建屋剛性の不確かさ

基本ケースに対する建屋剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、最大で低振動数側に 8%程度シフトした。

- ・ 地盤物性の不確かさ

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、地盤の主要モードにあたる固有周期で変動が大きく最大で水平方向では 3%程度、鉛直方向では 4%程度である。

- ・ 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ

基本ケースに対する建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、硬質岩盤に立地しているため、地盤の影響が小さく、建屋剛性考慮・地盤物性+ σ のケースで最大 7%程度、建屋剛性考慮・地盤物性- σ のケースで最大 9%程度低振動数側にシフトした。

5. 機器・配管系評価への影響

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

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

目 次

1. 概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-3-1- 1
2. 選定方法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-3-1- 1
3. 地震動の選定・・・・・・・・・・・・・・・・ 別紙 1-3-1- 3
4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動・・・・・・・・ 別紙 1-3-1- 8

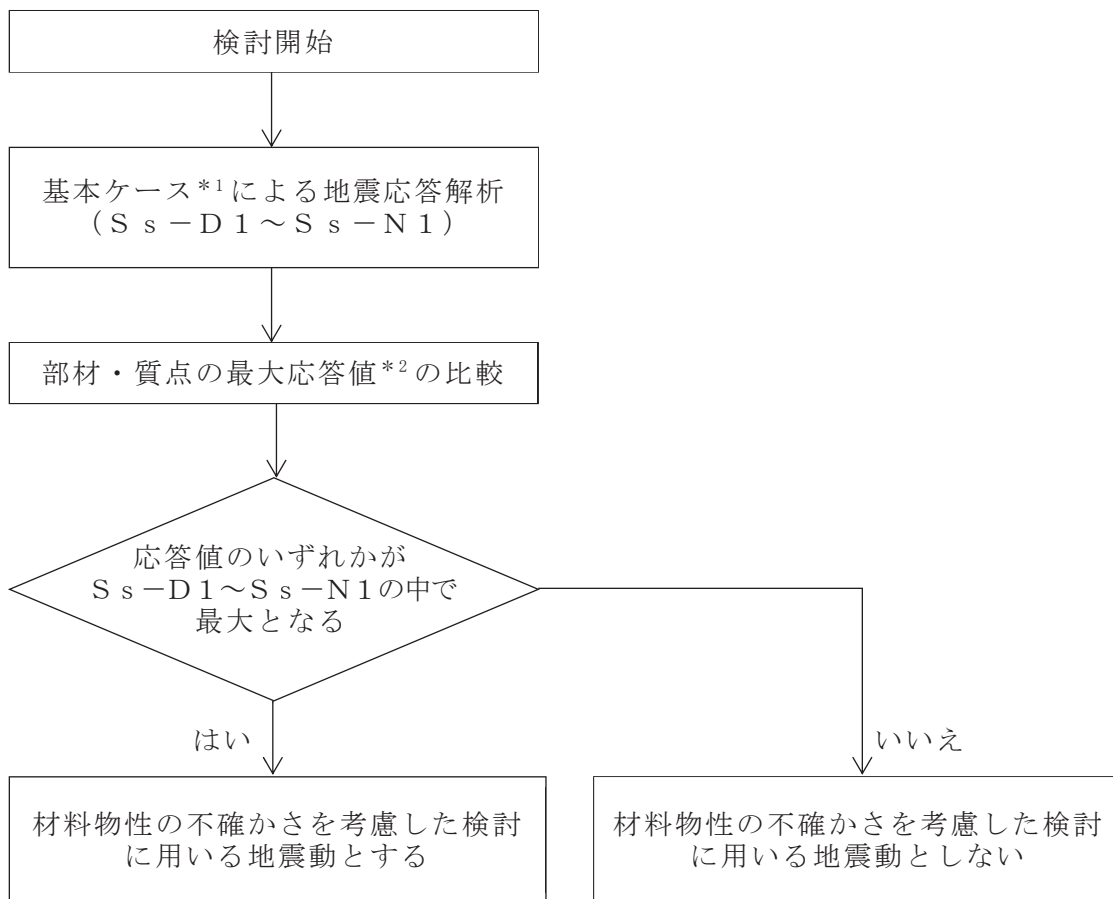
1. 概要

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

2. 選定方法

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

- ① 基本ケースによる地震応答解析を行う。
- ② 地震応答解析結果より、部材及び質点の最大応答値の比較を行う。ここで用いる応答値は、基準地震動 S_s について、加速度、変位、せん断力、曲げモーメント及び軸力とする。
- ③ 応答値のいずれかが基準地震動 S_s の中で最大となる波を、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。



注記*1：コンクリート剛性：設計基準強度に基づく剛性，
地盤のせん断波速度：標準地盤

*2：応答値は，加速度，変位，せん断力，曲げモーメント及び軸力とする。

図 2-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定法のフロー

3. 地震動の選定

緊急用電気品建屋における基準地震動 S_s に対する地震動の選定を以下に示す。緊急用電気品建屋の基準地震動 S_s に対する最大応答値を表 3-1～表 3-11 に示す。

「2. 選定方法」に基づき確認した結果、基準地震動 $S_s - D 2$ 、 $S_s - D 3$ 及び $S_s - F 3$ については、応答値のいずれかが $S_s - D 1 \sim S_s - N 1$ の中で最大となることから、不確かさ検討に用いる地震動とする。

表 3-1 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

表 3-2 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

表 3-3 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

表 3-4 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

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

注 1：上段は要素の上端，下段は要素の下端のモーメントを示す。

注 2：網掛け部分は最大値

表 3-5 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

表 3-6 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

表 3-7 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

表 3-8 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

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

注 1：上段は要素の上端，下段は要素の下端のモーメントを示す。

注 2：網掛け部分は最大値

表 3-9 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

表 3-10 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

表 3-11 最大応答軸力一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

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

注：網掛け部分は最大値

4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

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

- ・添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」

表 4-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

建屋名	材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動
	基準地震動 S_s
緊急用電気品建屋	$S_s - D 2$, $S_s - D 3$, $S_s - F 3$

別紙 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

目次

1. 概要	別紙 1-3-2-	1
2. 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果	別紙 1-3-2-	2
2.1 建屋剛性の不確かさ	別紙 1-3-2-	2
2.2 地盤物性の不確かさ	別紙 1-3-2-	33
2.3 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ	別紙 1-3-2-	73
3. まとめ	別紙 1-3-2-	104

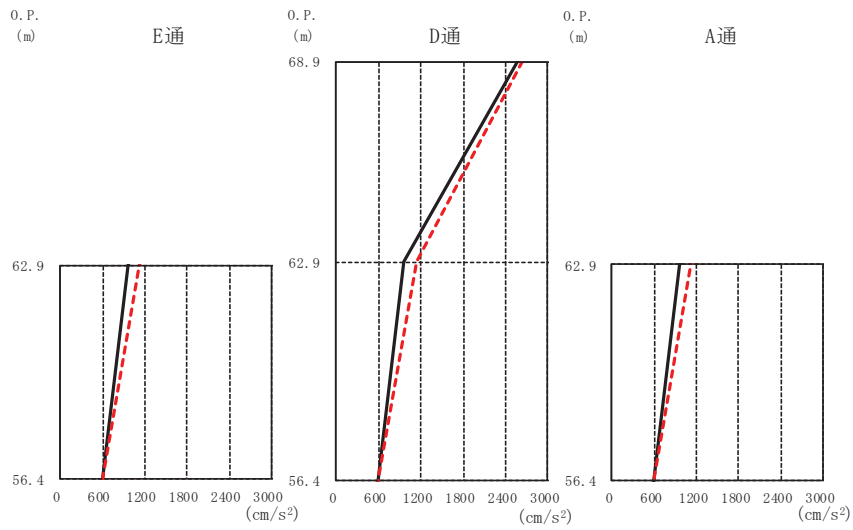
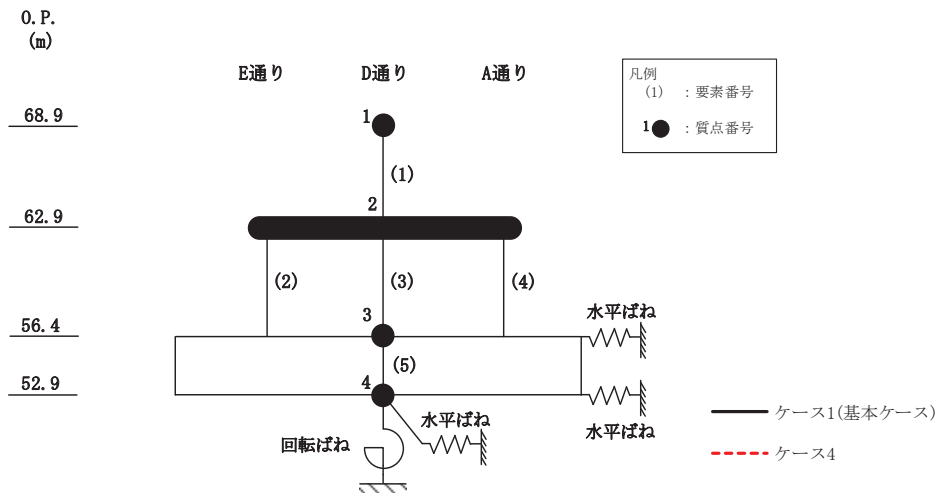
1. 概要

本資料は、緊急用電気品建屋の地震応答解析において材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を示すものである。

2. 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

2.1 建屋剛性の不確かさ

緊急用電気品建屋の建屋剛性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果の最大応答値の比較を図 2-1～図 2-14 に示す。



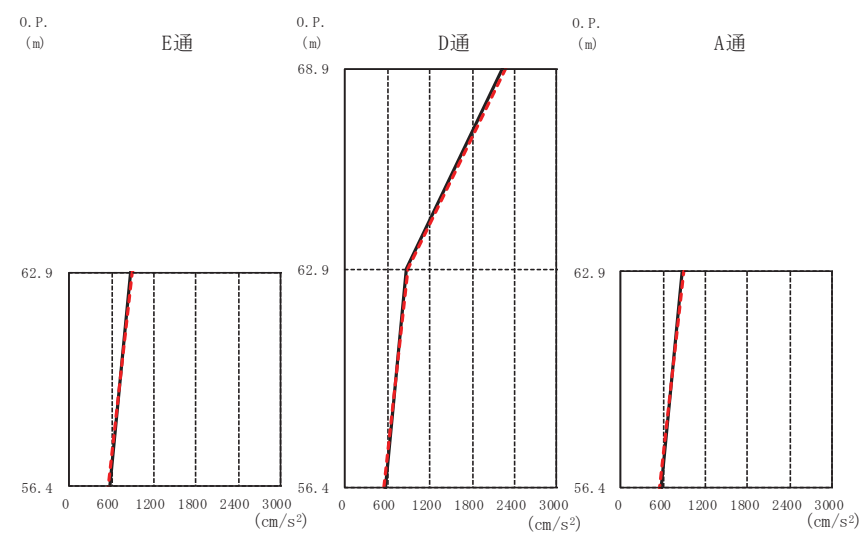
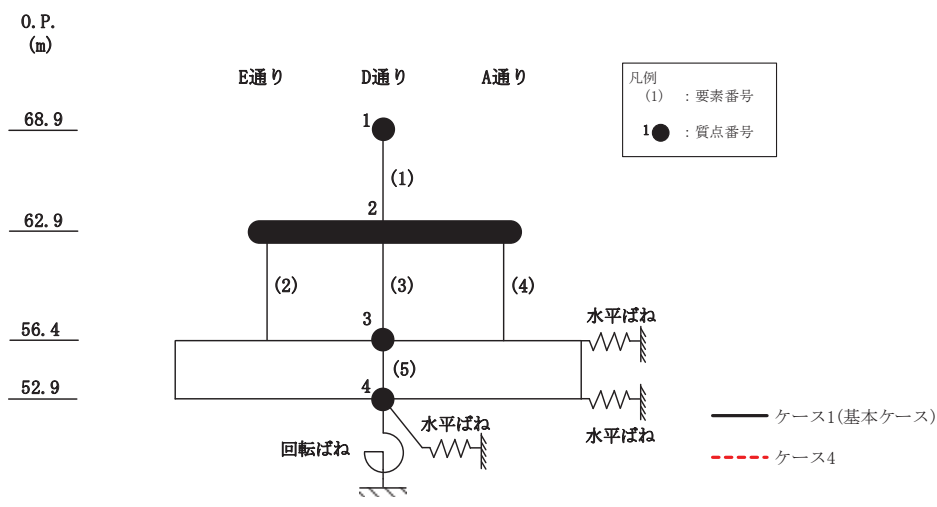
E通		(cm/s ²)	
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	
62.9	957	1131	
56.4	594	595	

D通		(cm/s ²)	
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	
68.9	2580	2652	
62.9	957	1131	
56.4	594	595	

A通		(cm/s ²)	
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	
62.9	957	1131	
56.4	594	595	

(a) S_s - D 2

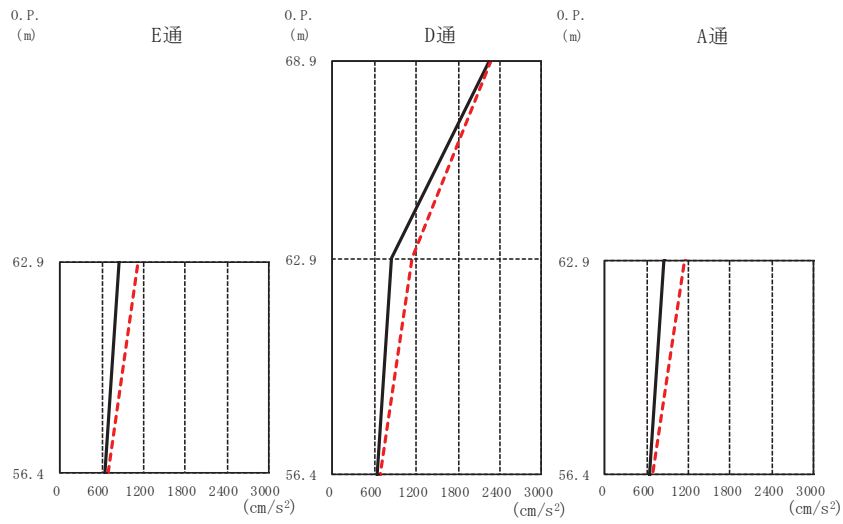
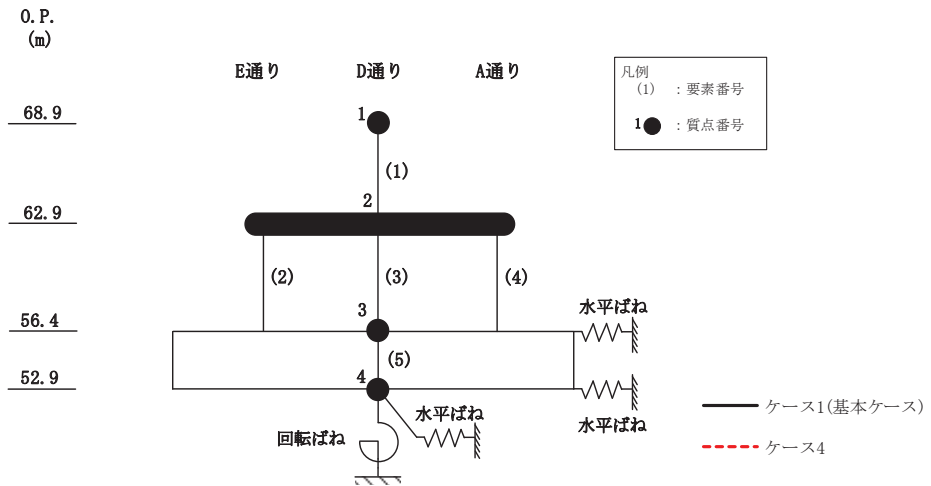
図 2-1(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (1/3)



E通		D通		A通		
(cm/s ²)		(cm/s ²)		(cm/s ²)		
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4
68.9	877	2235	2281	68.9	877	887
62.9	877	877	887	62.9	877	887
56.4	563	563	553	56.4	563	553

(b) S_s - D 3

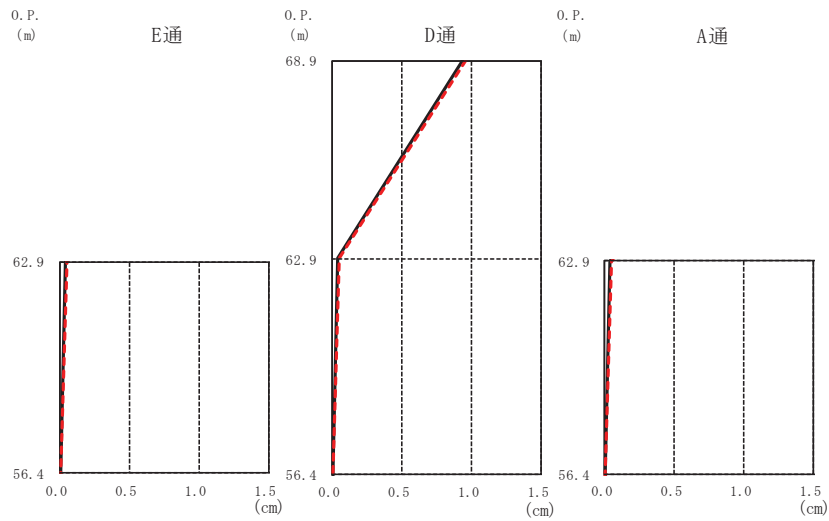
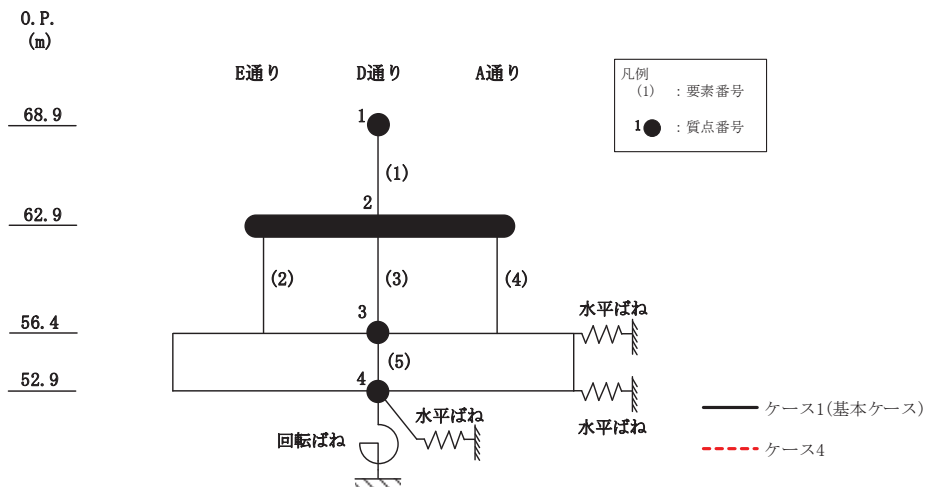
図 2-1(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/3)



E通		D通		A通		
(cm/s ²)		(cm/s ²)		(cm/s ²)		
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4
68.9	838	2253	2278	68.9	838	1131
62.9	838	838	1131	62.9	838	1131
56.4	644	644	683	56.4	644	683

(c) S_s - F 3

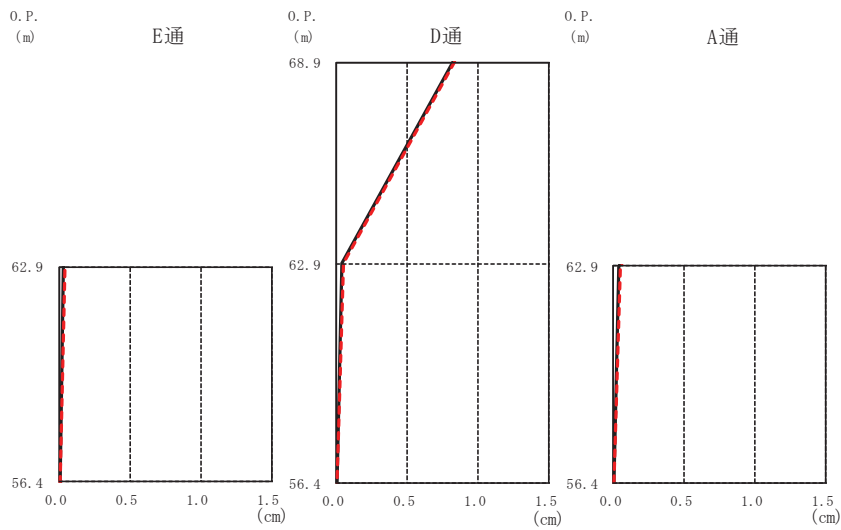
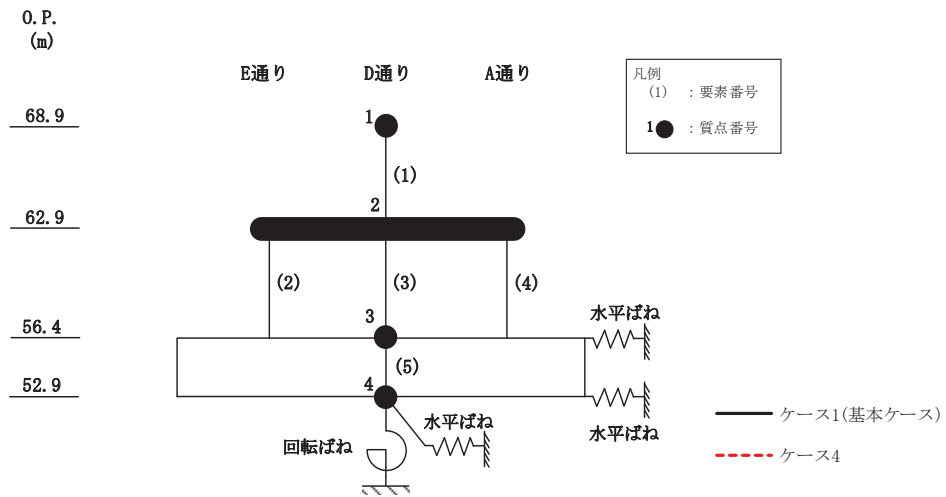
図 2-1(3) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (3/3)



E通 (cm)		D通 (cm)		A通 (cm)		
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4
68.9	0.03	0.93	0.96	68.9	0.03	0.05
62.9	0.00	0.03	0.05	62.9	0.00	0.01
56.4		0.00	0.01	56.4		

(a) S s - D 2

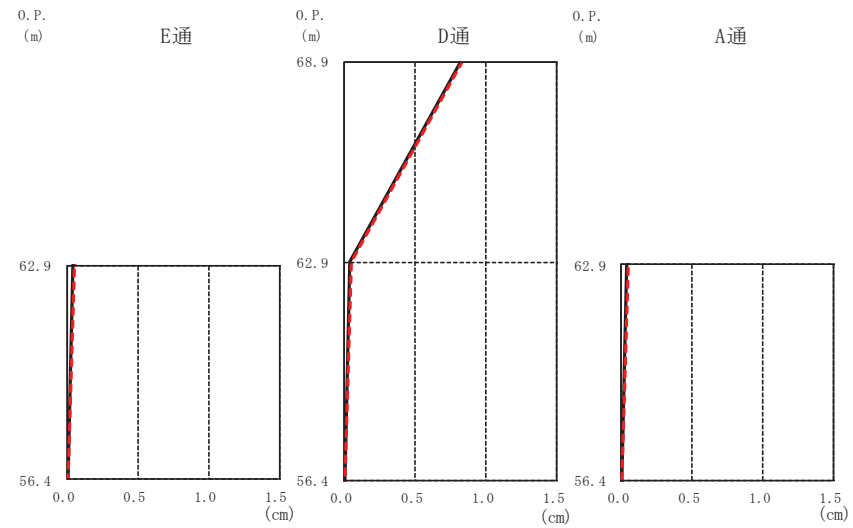
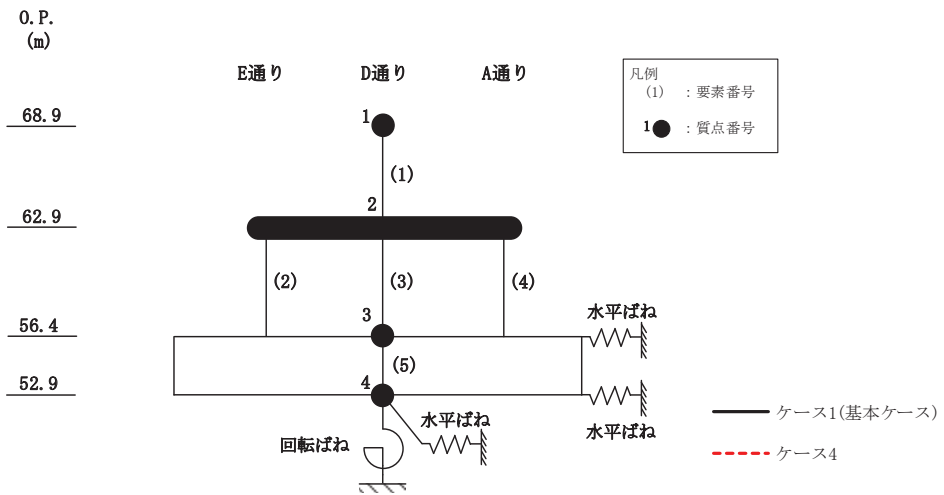
図 2-2(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



E通 (cm)		D通 (cm)		A通 (cm)		
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4
68.9	0.03	0.81	0.83	68.9	0.03	0.04
62.9	0.03	0.03	0.04	62.9	0.03	0.04
56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00

(b) $S_s - D3$

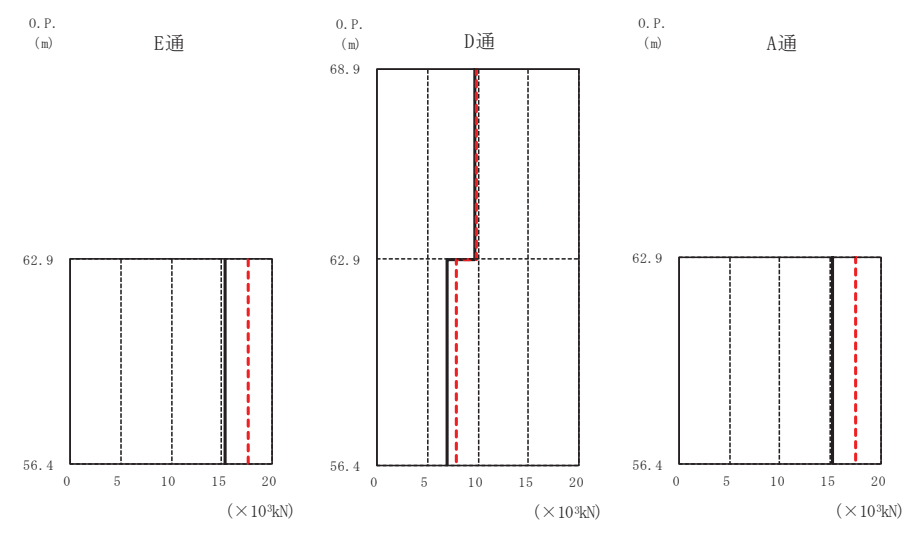
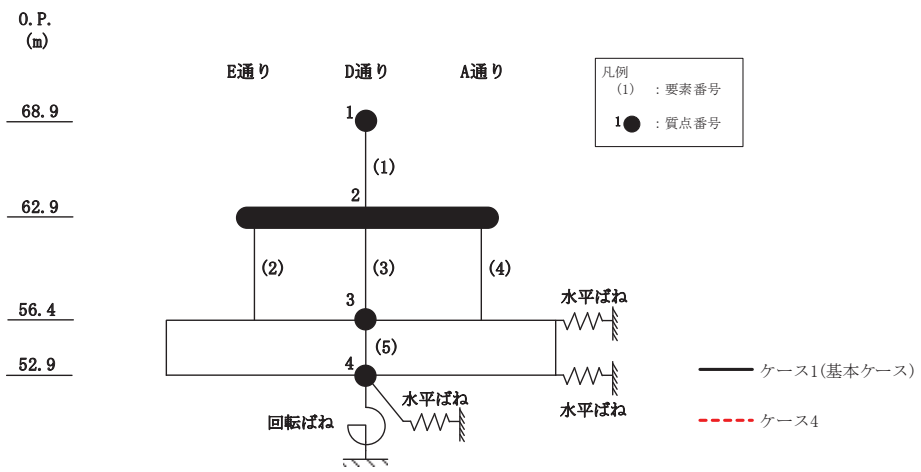
図 2-2(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (2/3)



E通 (cm)			D通 (cm)		A通 (cm)			
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4
68.9	0.03	0.05	68.9	0.82	0.83	68.9	0.03	0.05
62.9	0.00	0.00	62.9	0.03	0.05	62.9	0.00	0.05
56.4	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00

(c) $S_s - F3$

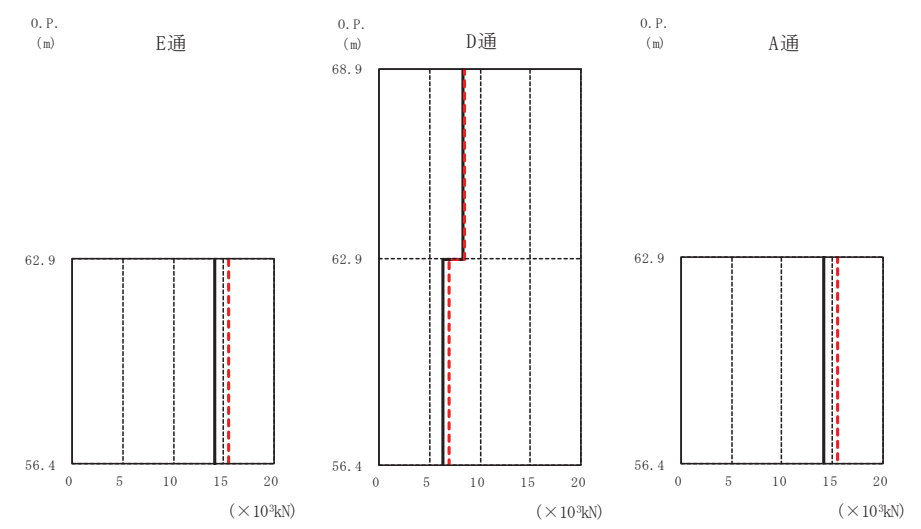
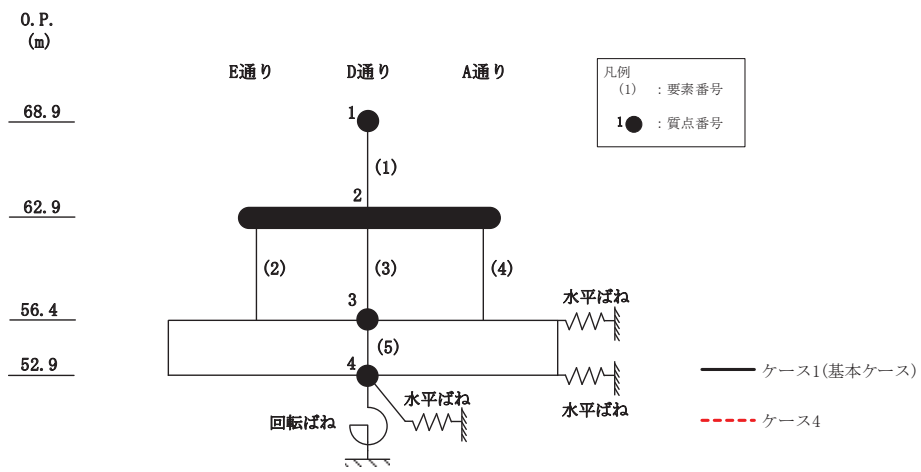
図 2-2(3) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (3/3)



O.P. (m)		E通 ($\times 10^3 \text{kN}$)		O.P. (m)		D通 ($\times 10^3 \text{kN}$)		O.P. (m)		A通 ($\times 10^3 \text{kN}$)		
68.9	62.9	ケース1 (基本ケース)	ケース4	68.9	62.9	ケース1 (基本ケース)	ケース4	62.9	68.9	62.9	ケース1 (基本ケース)	ケース4
62.9	56.4	15.29	17.56	62.9	56.4	9.62	9.88	62.9	56.4	62.9	15.29	17.57
56.4				56.4		6.91	7.93	56.4		56.4		

(a) S s - D 2

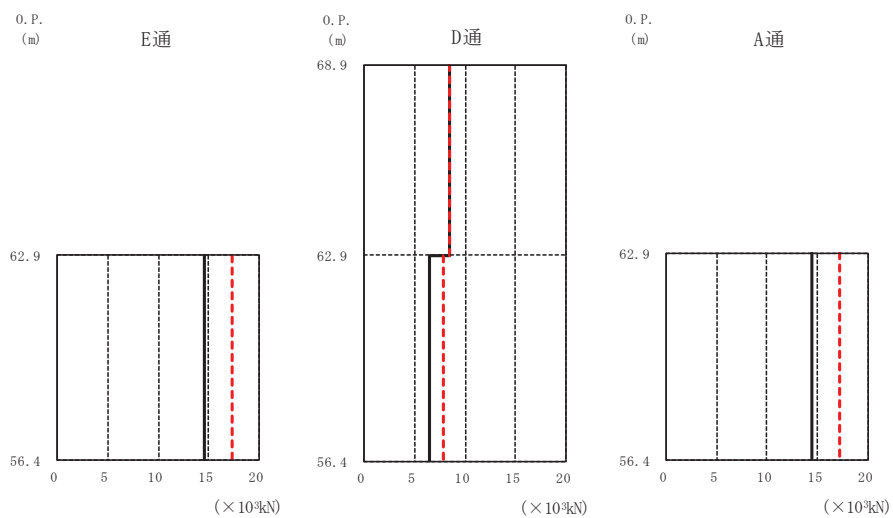
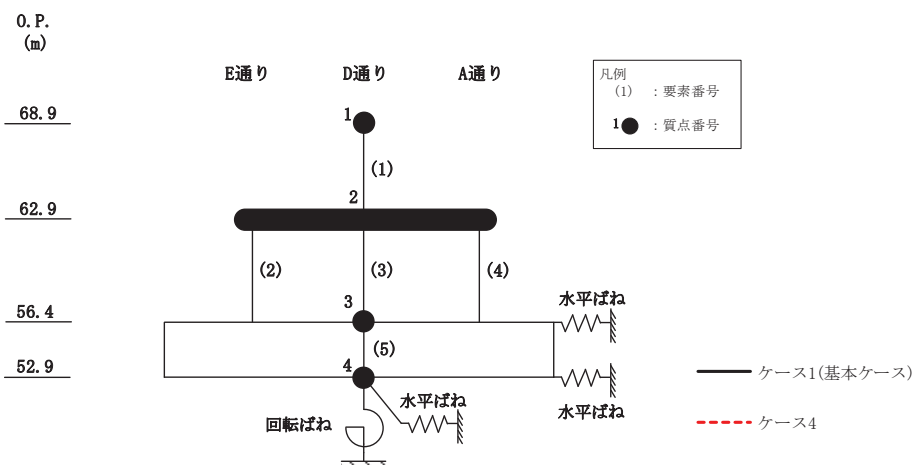
図 2-3(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



O.P. (m)	E通 ($\times 10^3 \text{kN}$)		D通 ($\times 10^3 \text{kN}$)		A通 ($\times 10^3 \text{kN}$)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4	ケース1 (基本ケース)	ケース4	ケース1 (基本ケース)	ケース4
68.9						
62.9			8.33	8.50		
56.4	14.10	15.50	6.37	7.00	14.10	15.51

(b) S s - D 3

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



O.P. (m) E通 ($\times 10^3 \text{kN}$)

O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4
62.9	14.52	17.26
56.4	14.52	17.26

O.P. (m) D通 ($\times 10^3 \text{kN}$)

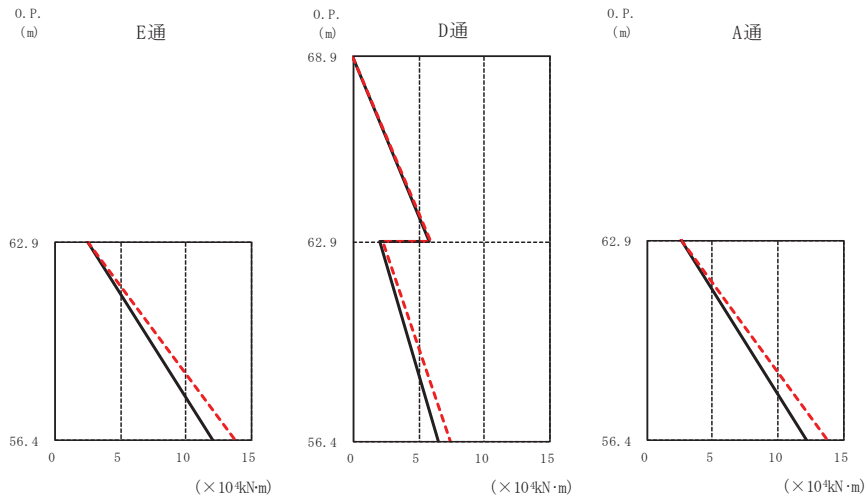
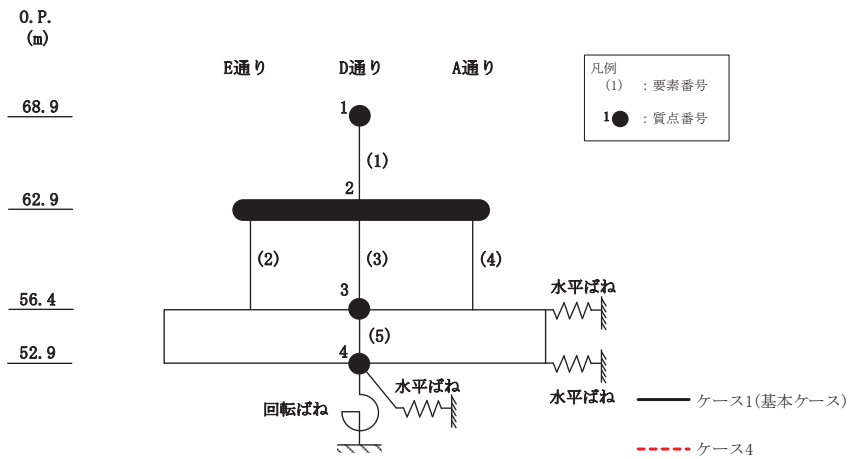
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4
68.9	8.40	8.49
62.9	8.40	8.49
56.4	6.56	7.79

O.P. (m) A通 ($\times 10^3 \text{kN}$)

O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース4
62.9	14.52	17.26
56.4	14.52	17.26

(c) S s - F 3

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



O.P. (m) E通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

ケース1 (基本ケース)	ケース4
2.49	2.49
12.08	13.75

O.P. (m) D通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

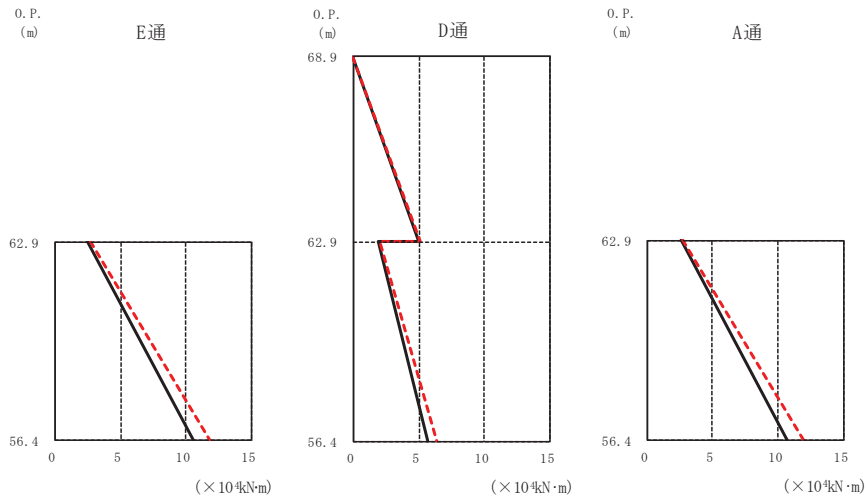
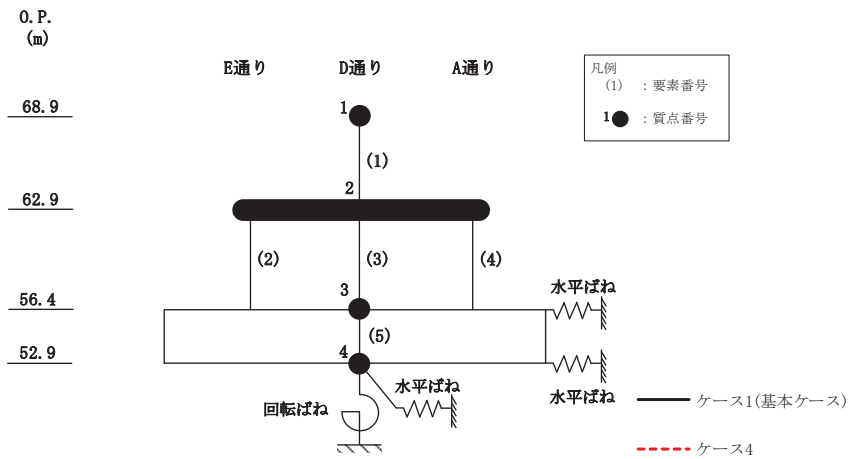
ケース1 (基本ケース)	ケース4
0.00	0.00
5.77	5.93
2.03	2.29
6.52	7.42

O.P. (m) A通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

ケース1 (基本ケース)	ケース4
2.57	2.57
12.21	13.90

(a) S s - D 2

図 2-4(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



O.P. (m)

E通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

ケース1 (基本ケース)	ケース4
2.46	2.65
10.60	11.88

O.P. (m)

D通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

ケース1 (基本ケース)	ケース4
0.00	0.00
5.00	5.10
1.90	2.06
5.71	6.39

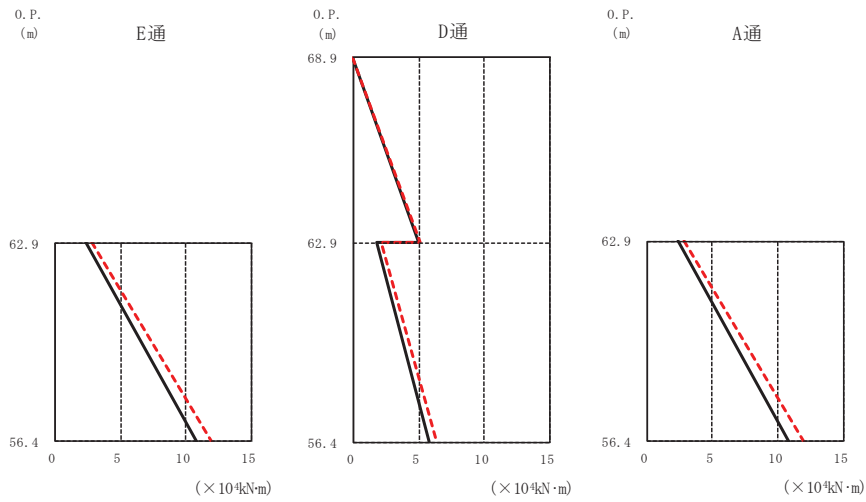
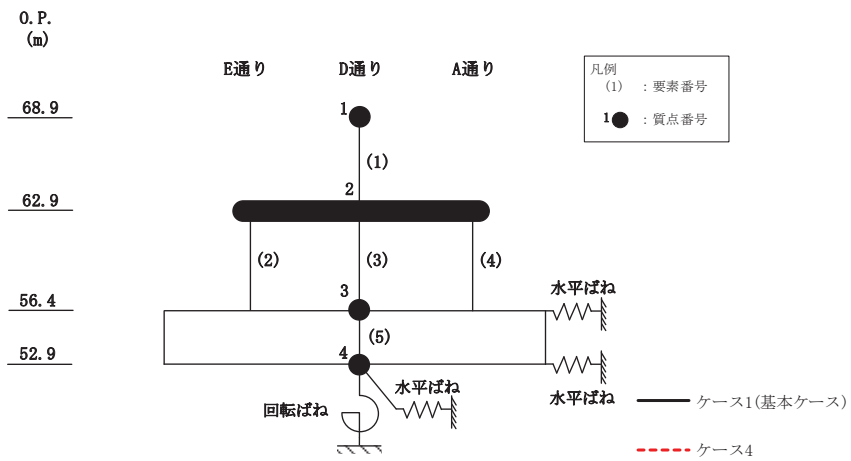
O.P. (m)

A通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

ケース1 (基本ケース)	ケース4
2.56	2.75
10.71	12.00

(b) S s - D 3

図 2-4(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (2/3)



O.P. (m)

E通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

ケース1 (基本ケース)	ケース4
2.36	2.76
10.79	11.91

O.P. (m)

D通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

ケース1 (基本ケース)	ケース4
0.00	0.00
5.04	5.09
1.78	2.14
5.79	6.38

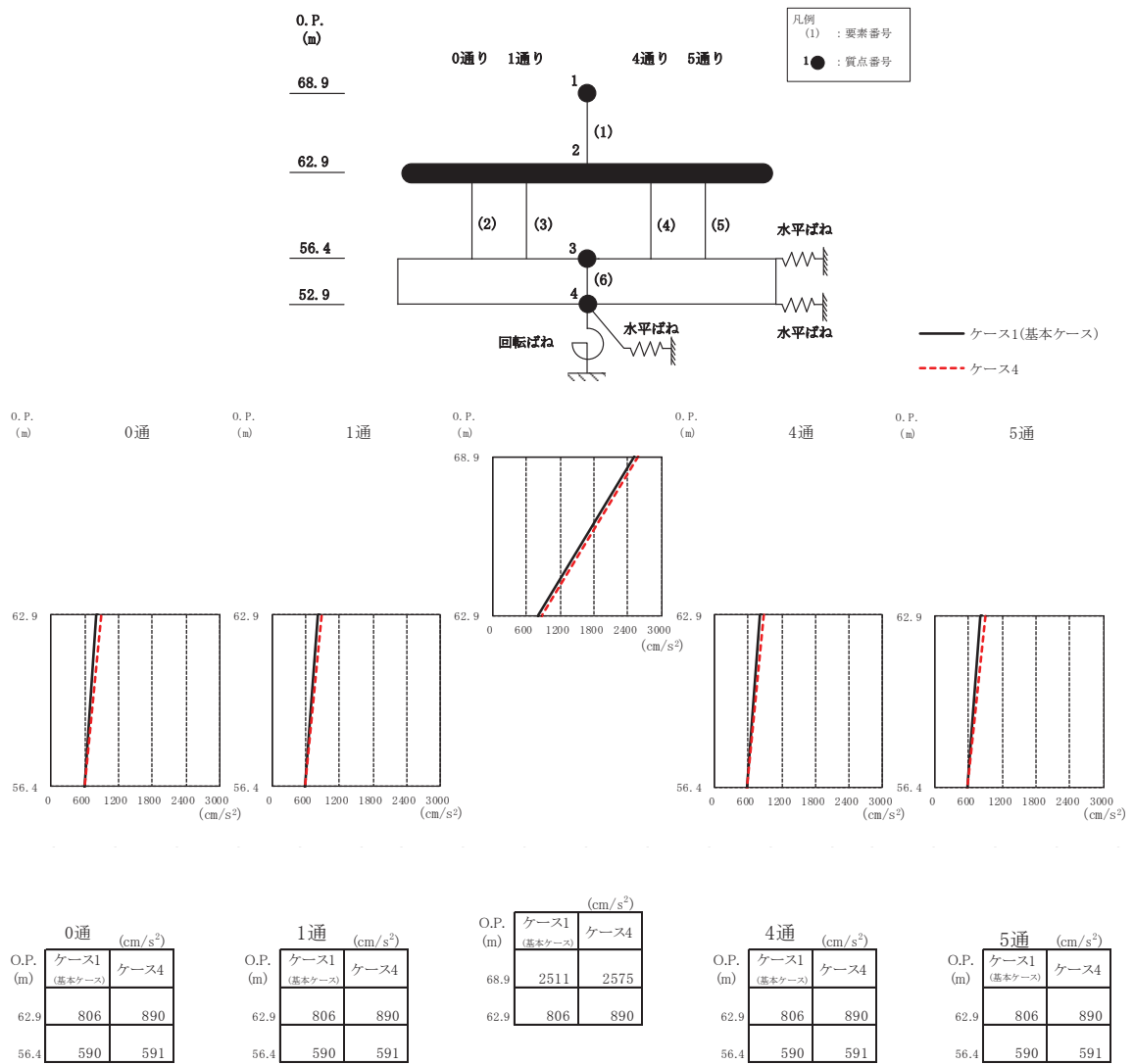
O.P. (m)

A通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)

ケース1 (基本ケース)	ケース4
2.44	2.87
10.91	12.03

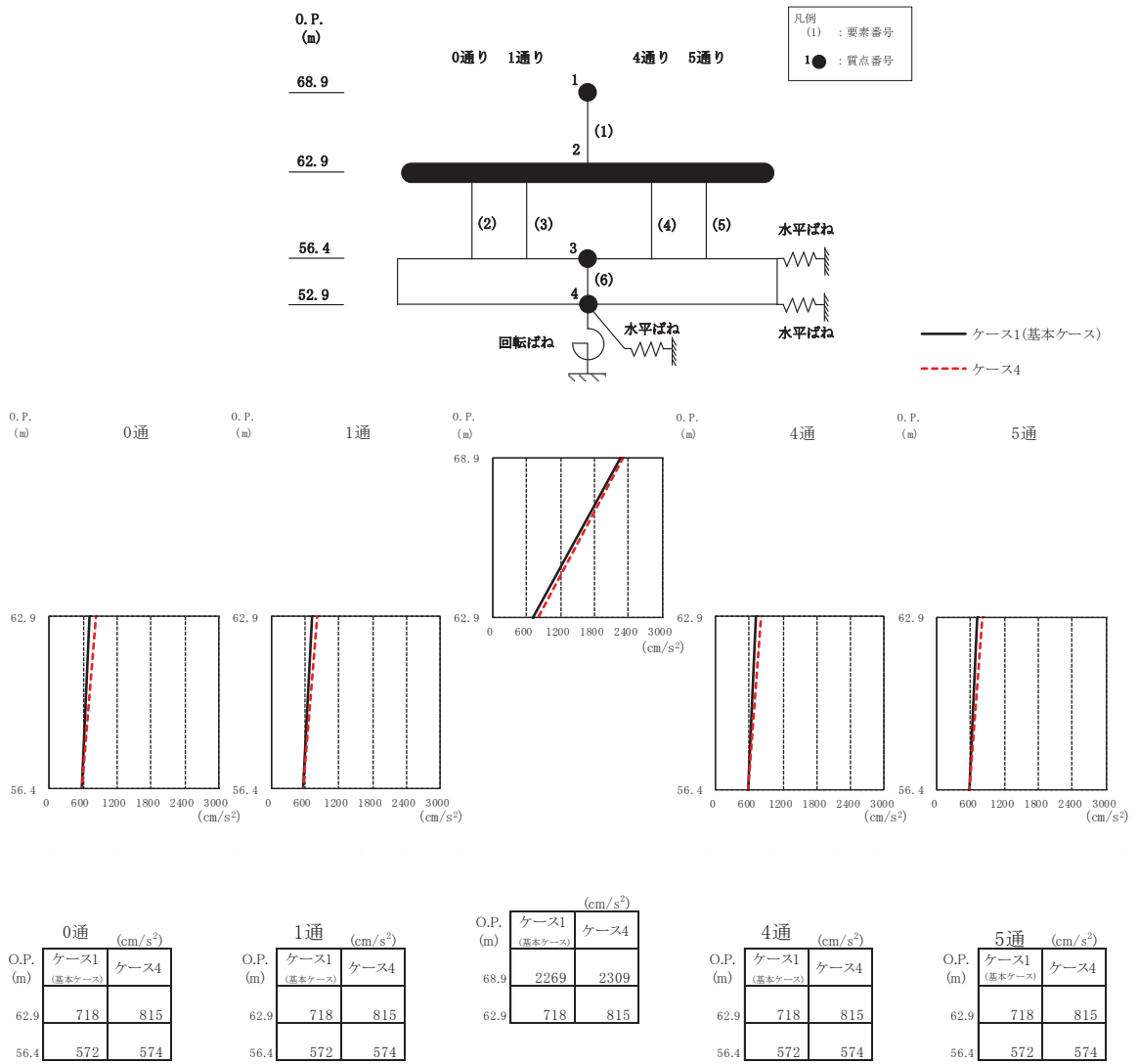
(c) S s - F 3

図 2-4(3) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (3/3)



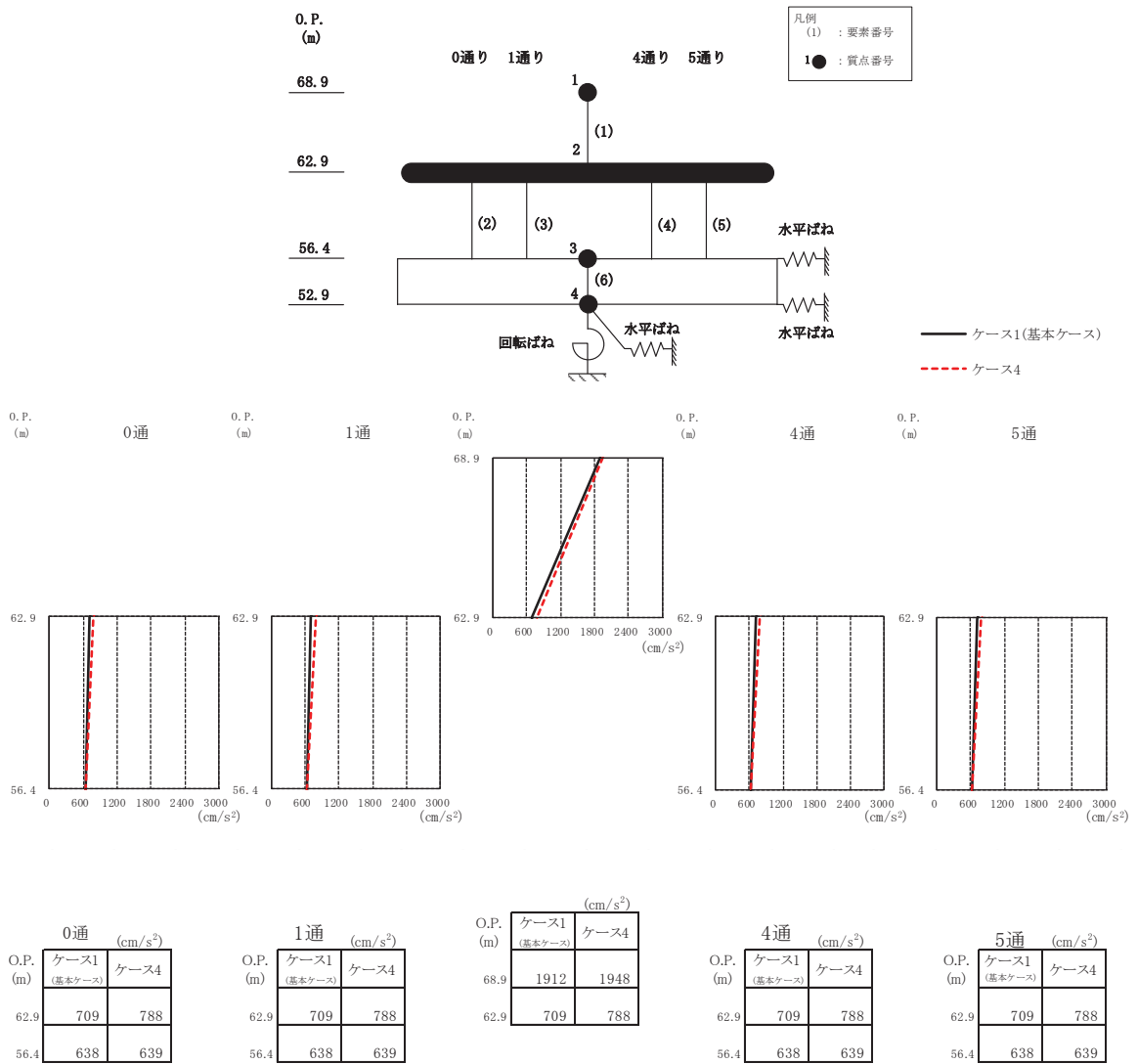
(a) S s - D 2

図 2-5(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



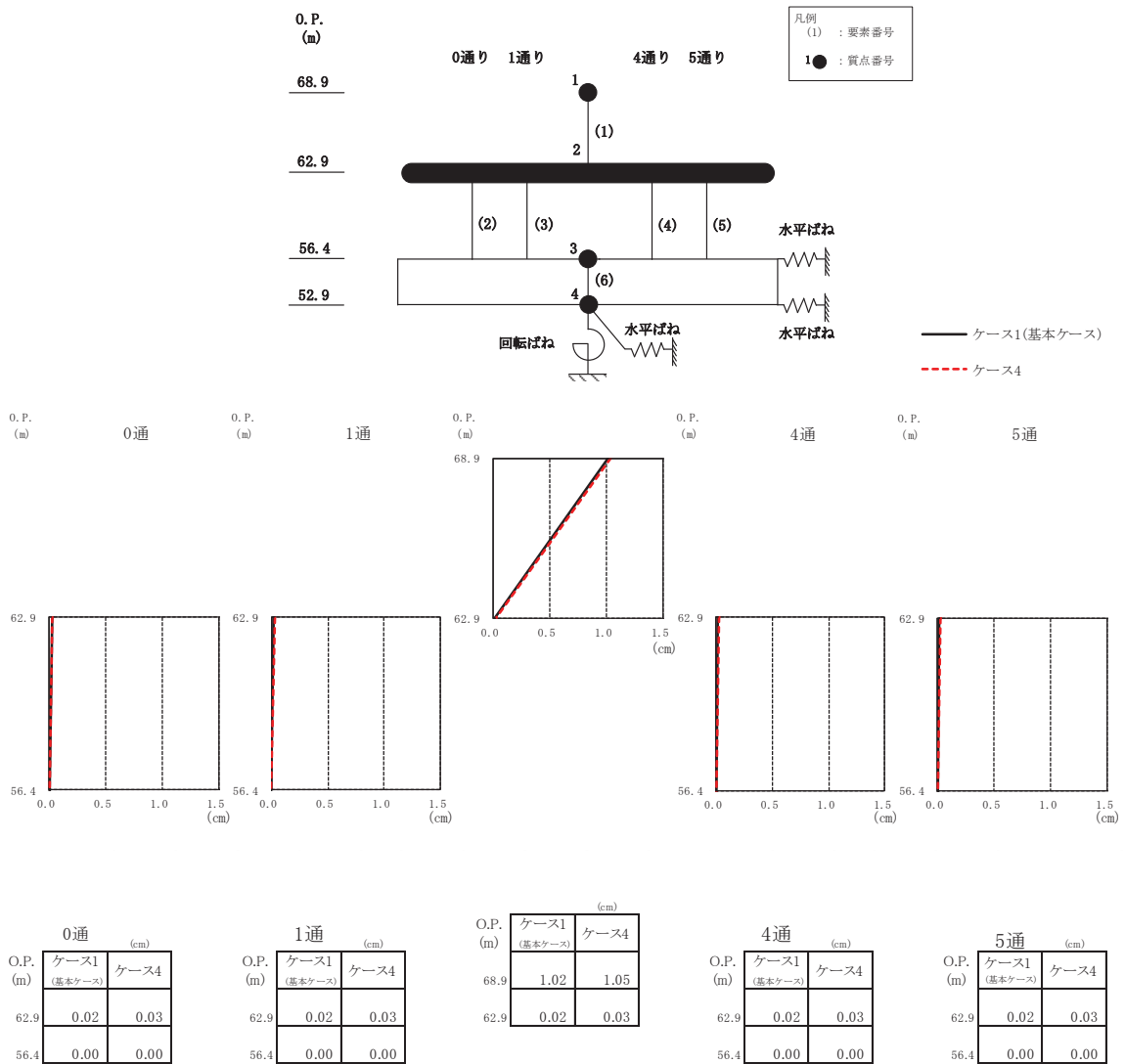
(b) S_s-D3

図2-5(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/3)



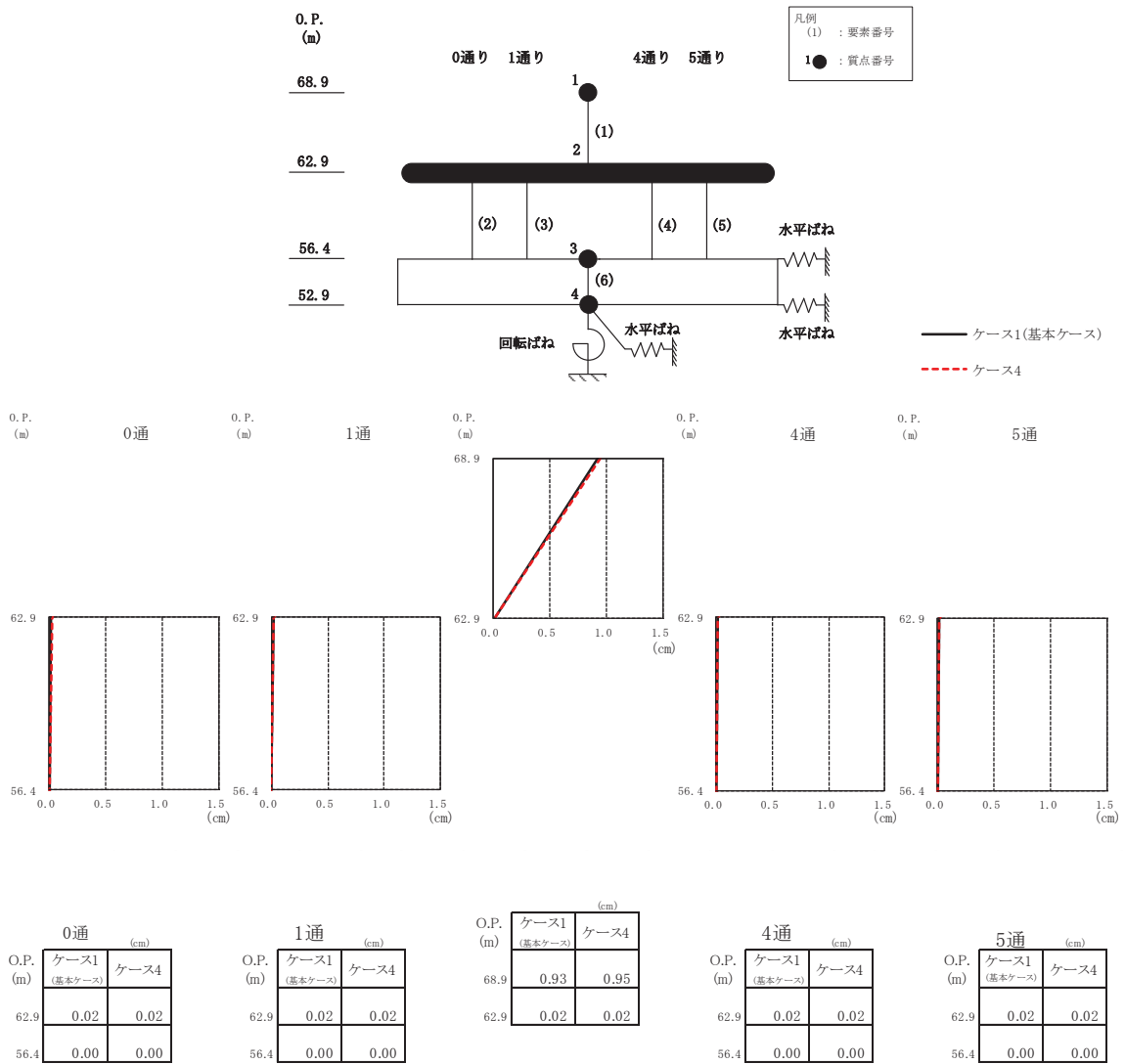
(c) S s - F 3

図 2-5(3) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)



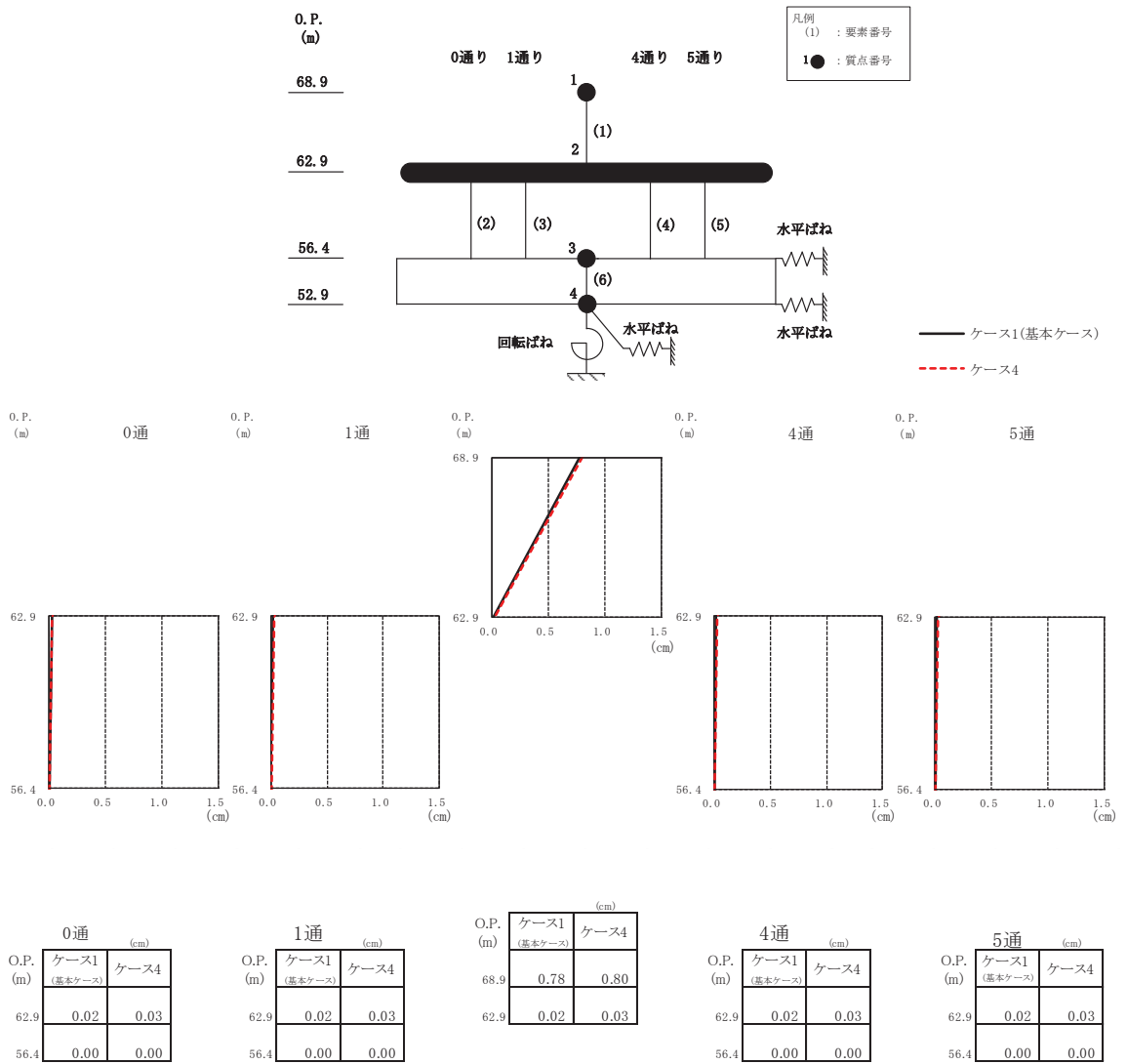
(a) S s - D 2

図 2-6(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



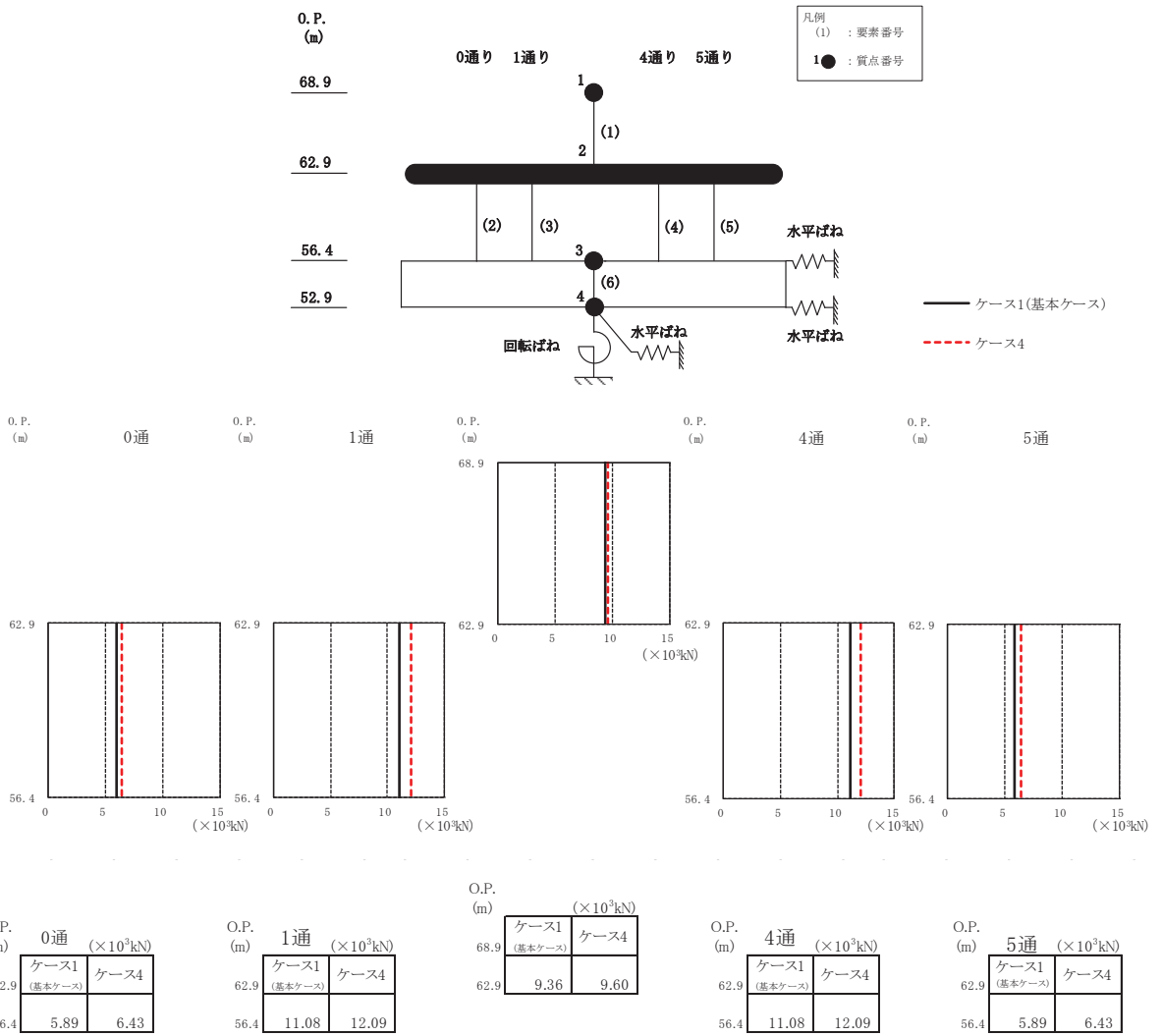
(b) S s - D 3

図 2-6(2) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (2/3)



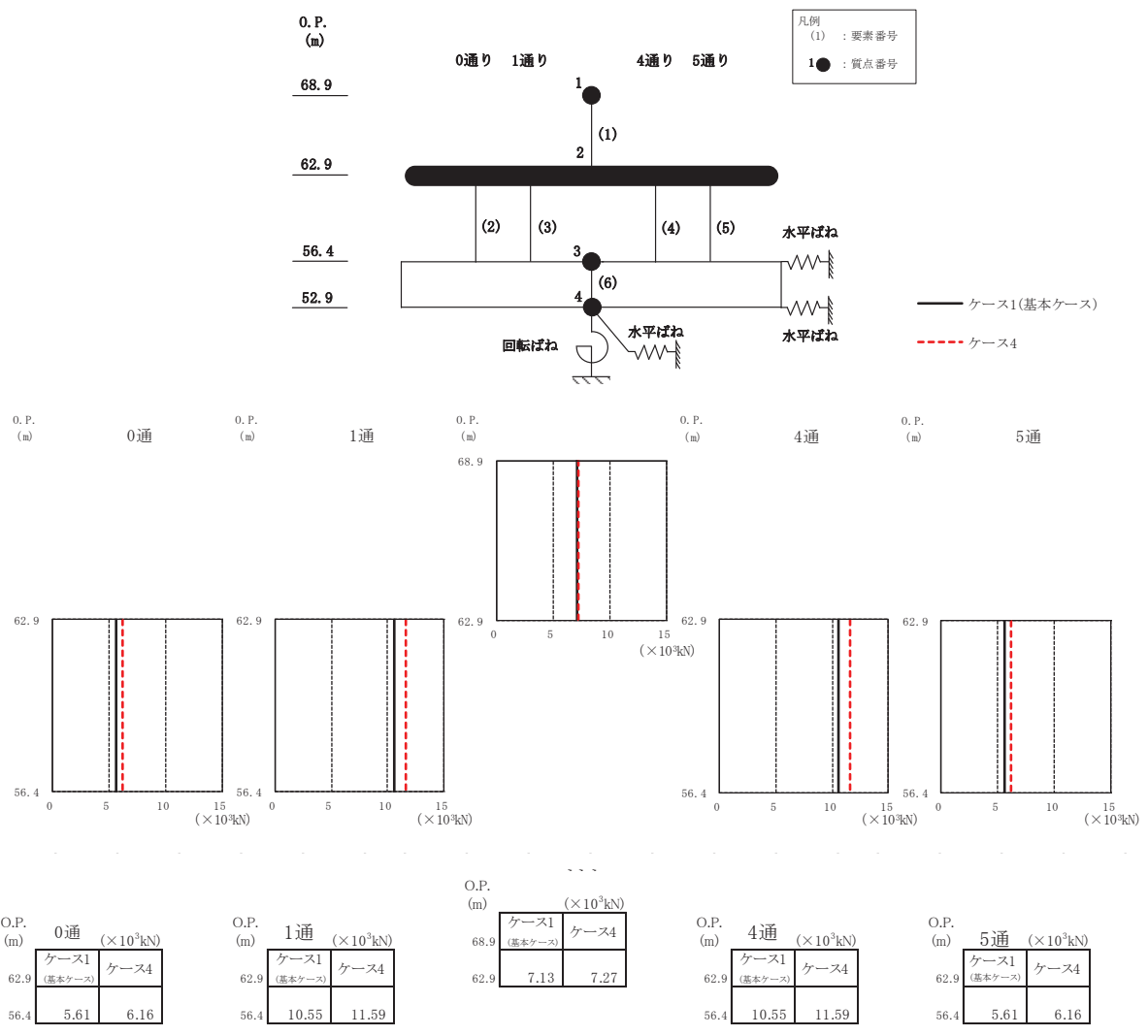
(c) S s - F 3

図 2-6(3) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)



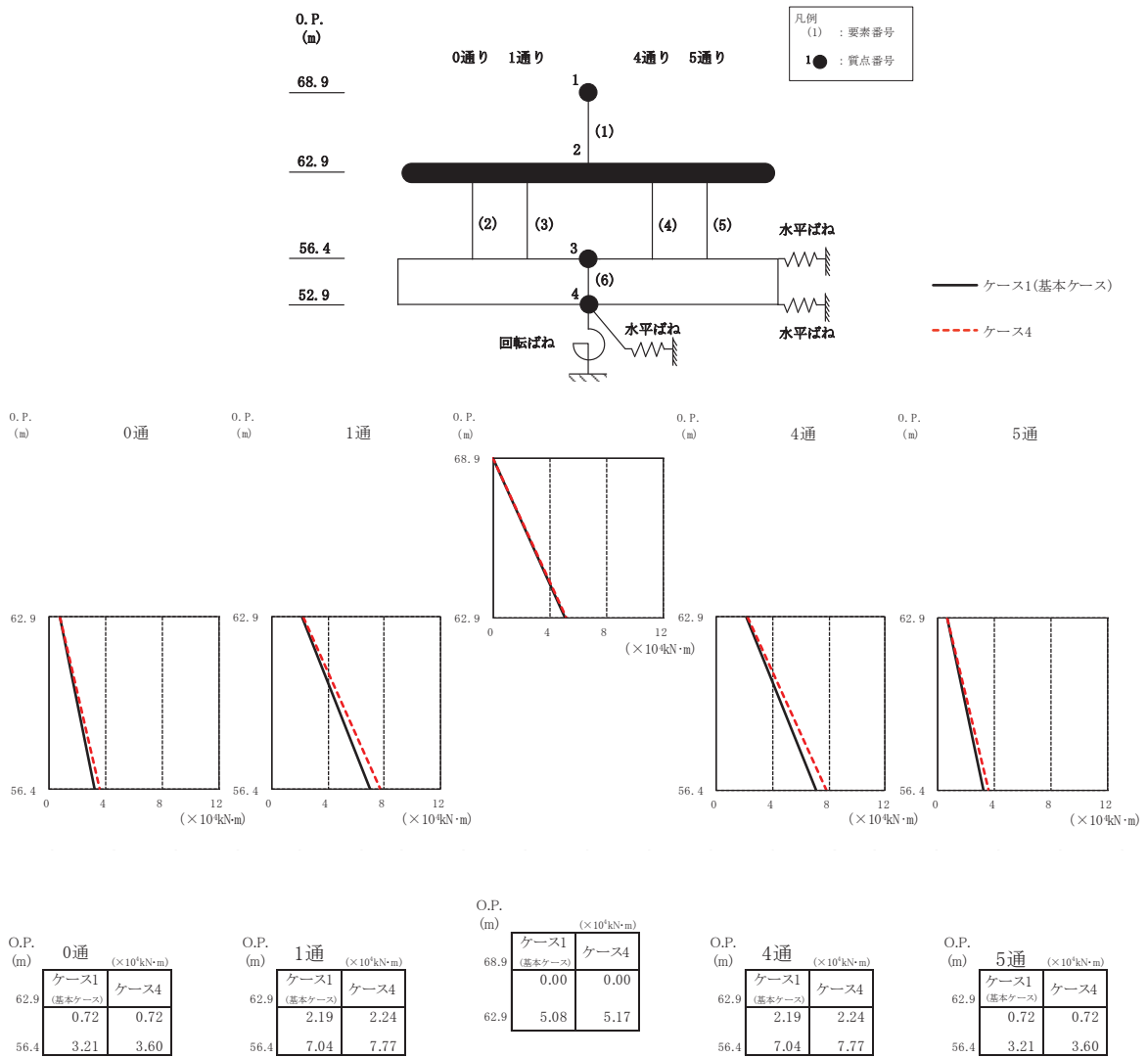
(a) S_s-D2

図2-7(1) 最大応答せん断力 (基準地震動S_s, EW方向) (1/3)



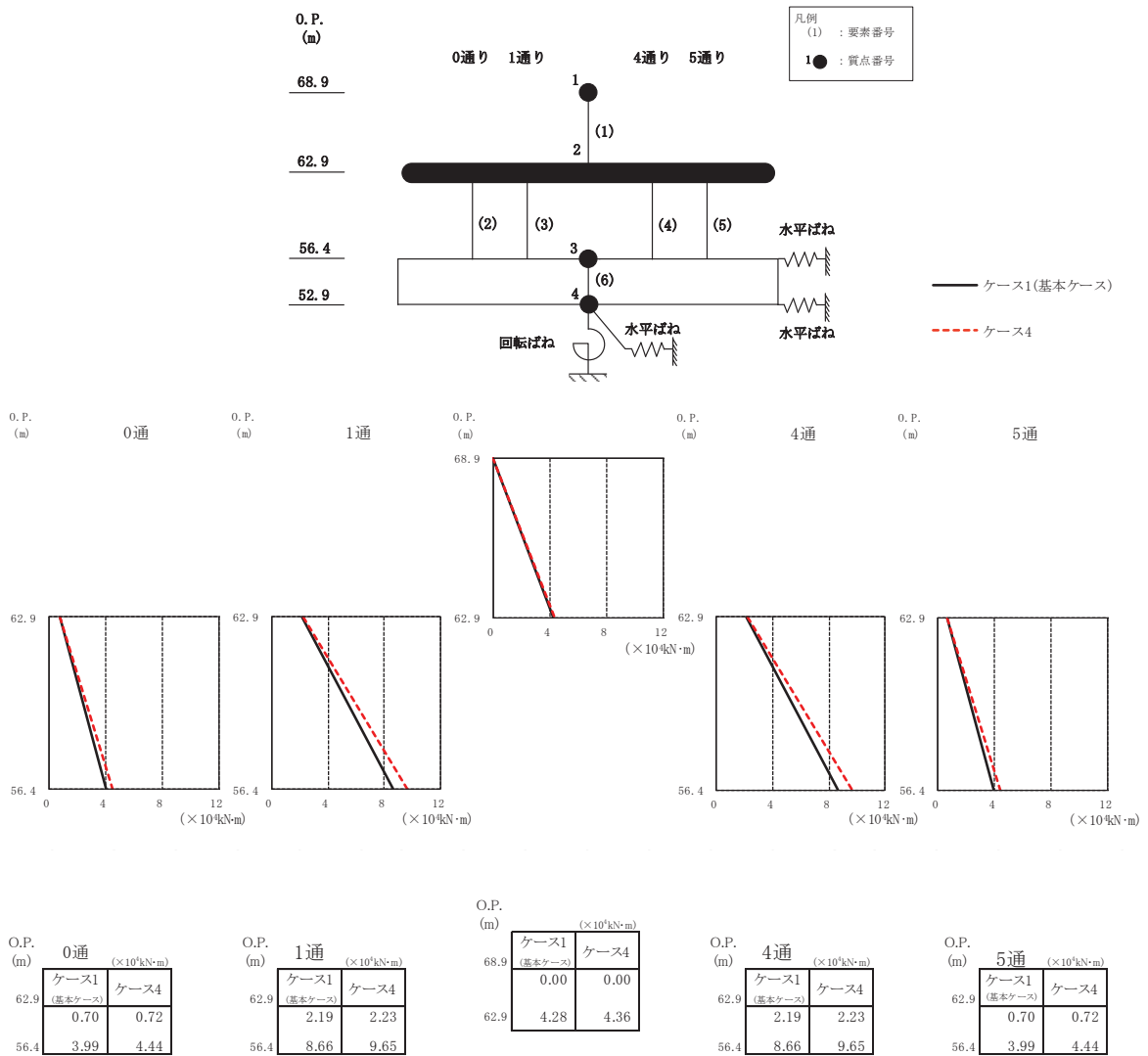
(c) S s - F 3

図 2-7(3) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)



(b) S s - D 3

図 2-8(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (2/3)



(c) S s - F 3

図 2-8(3) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)

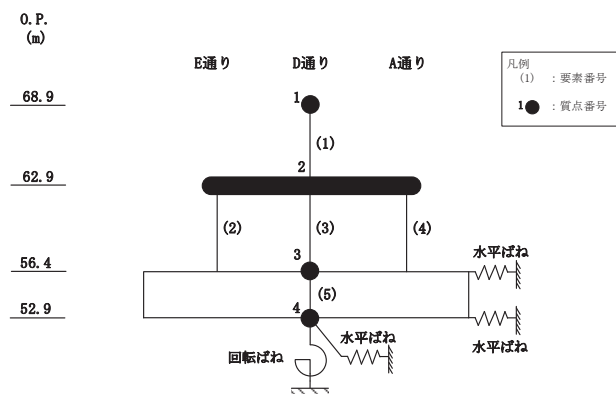
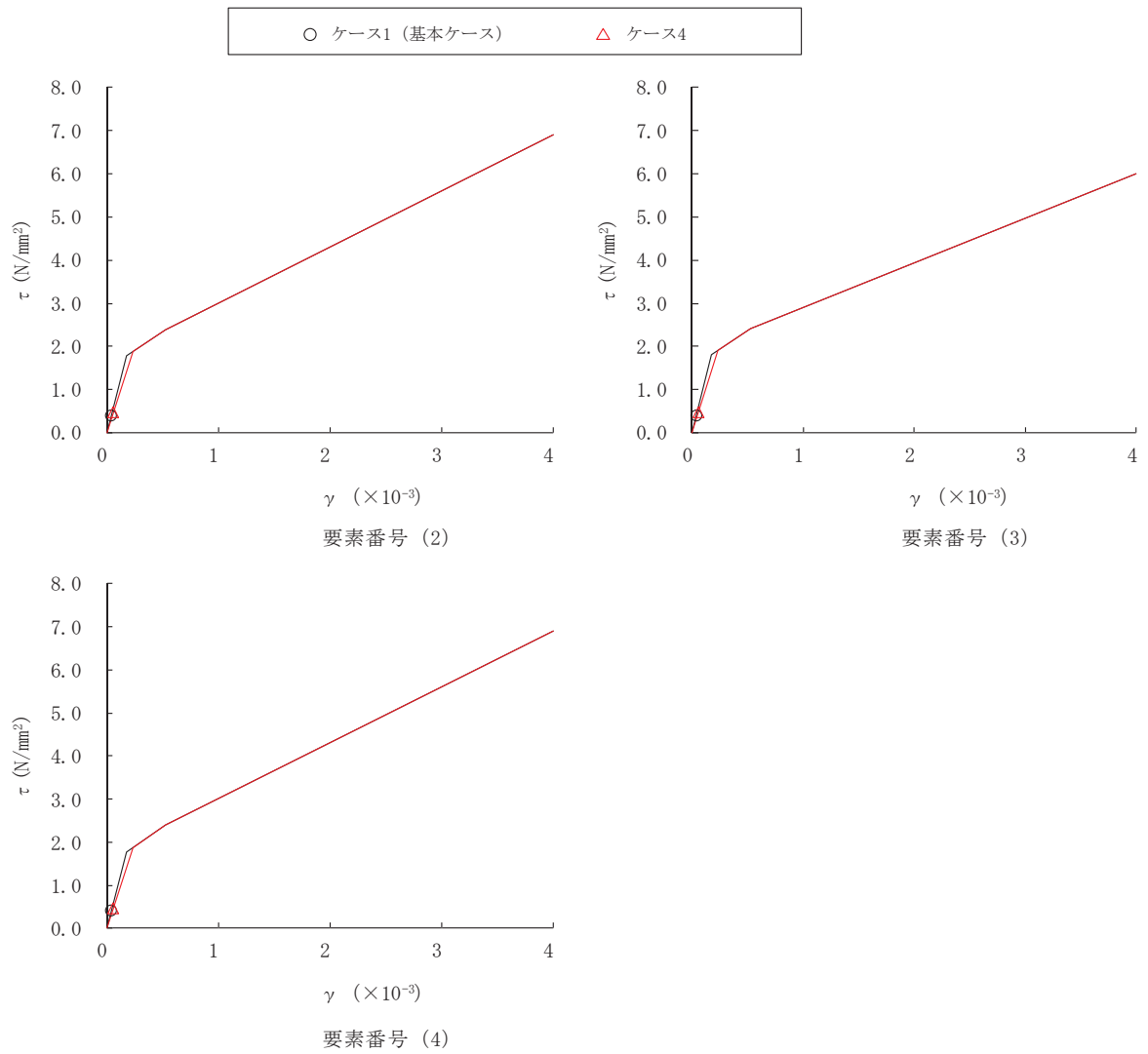


図 2-9 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)

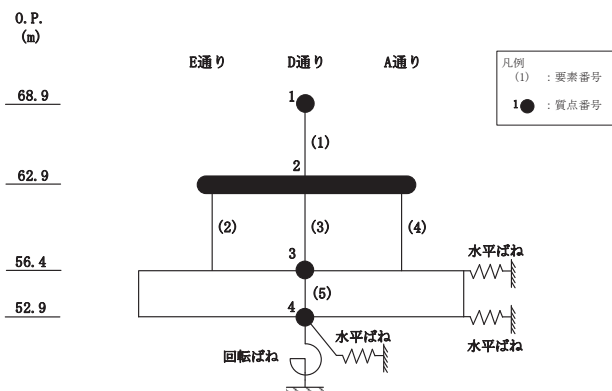
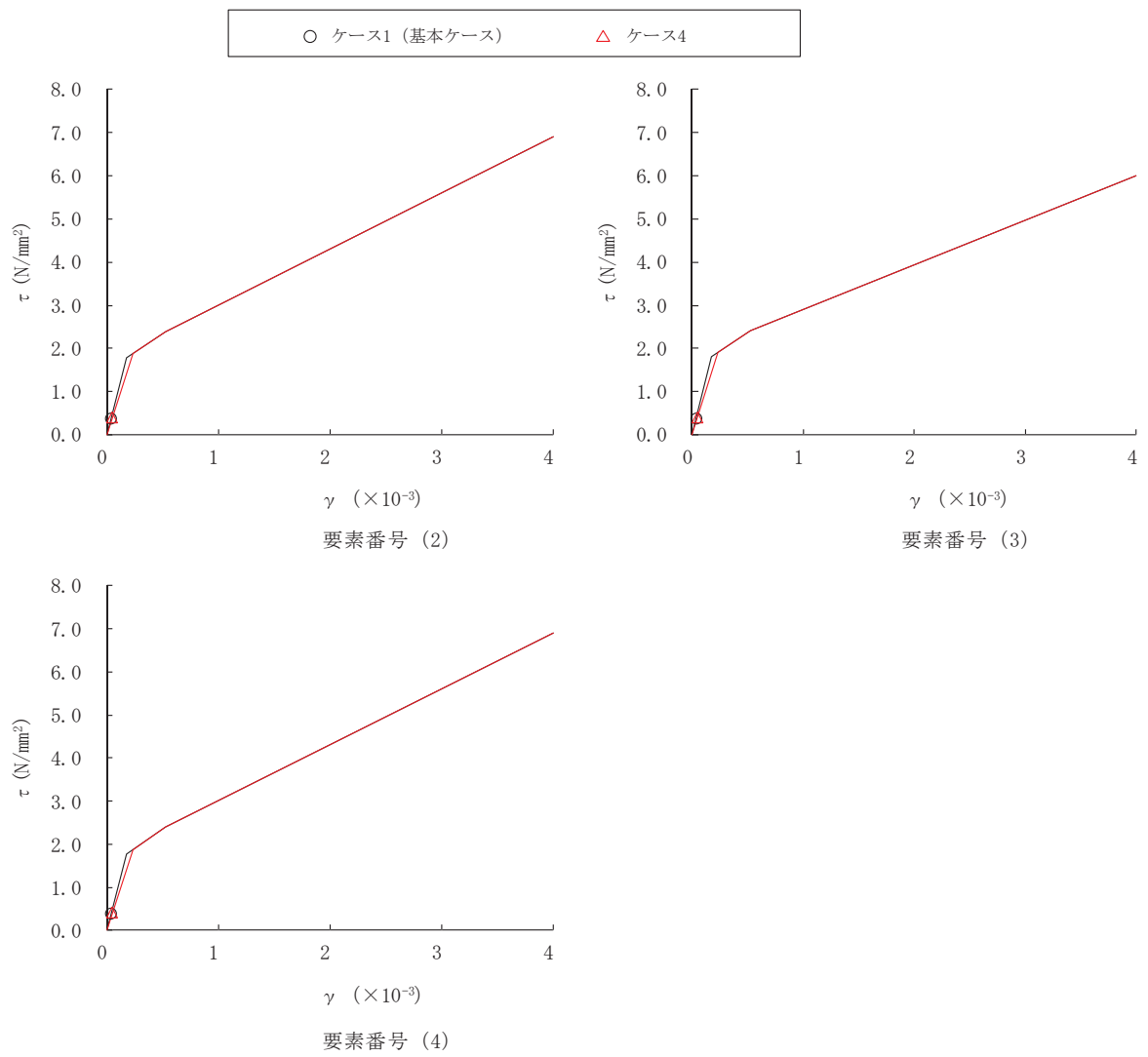


図 2-10 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, NS 方向)

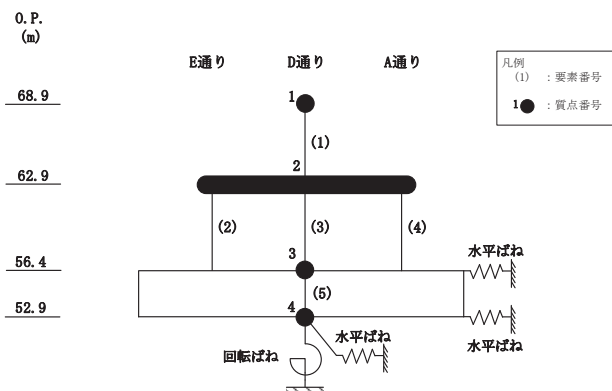
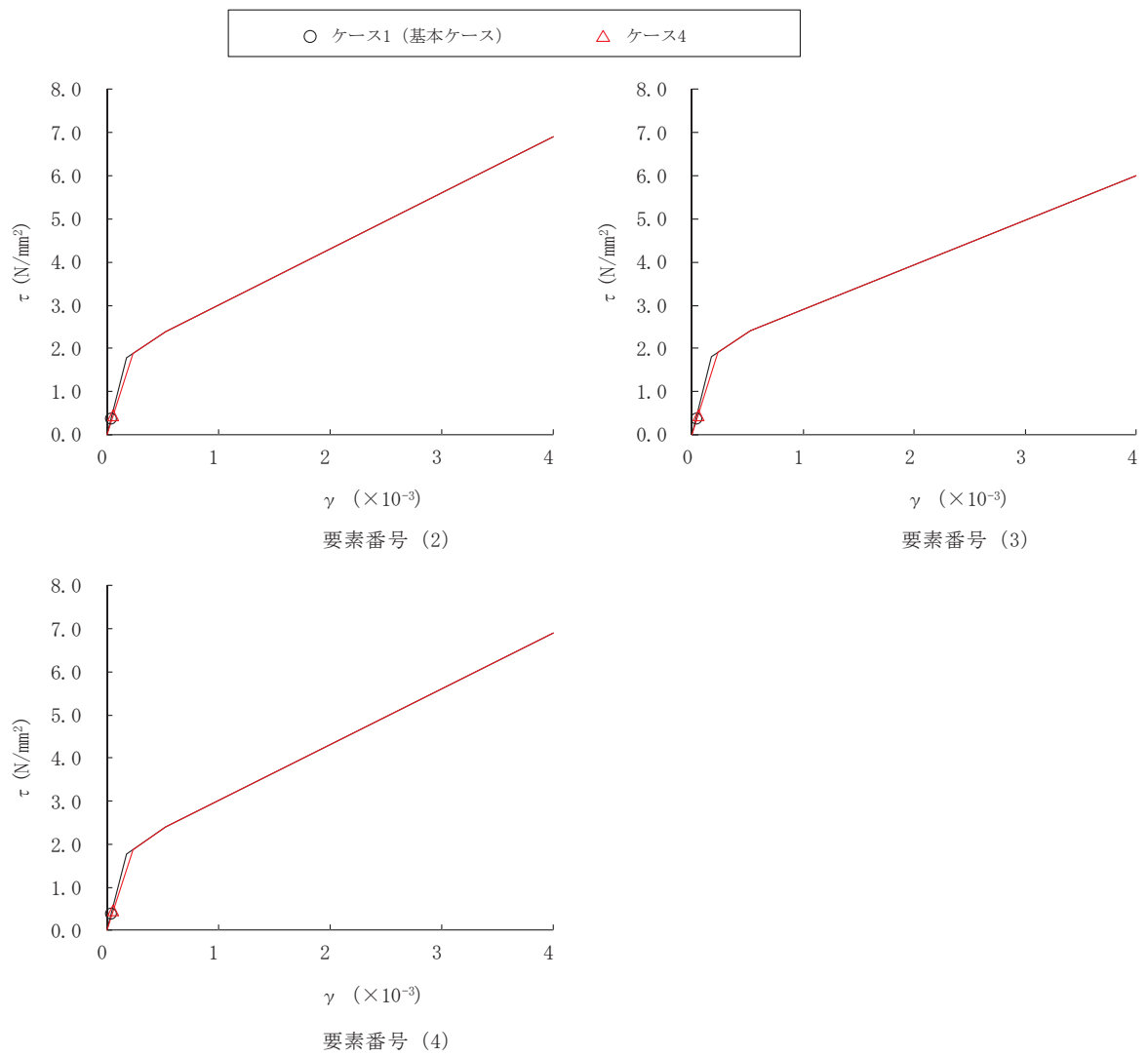


図 2-11 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)

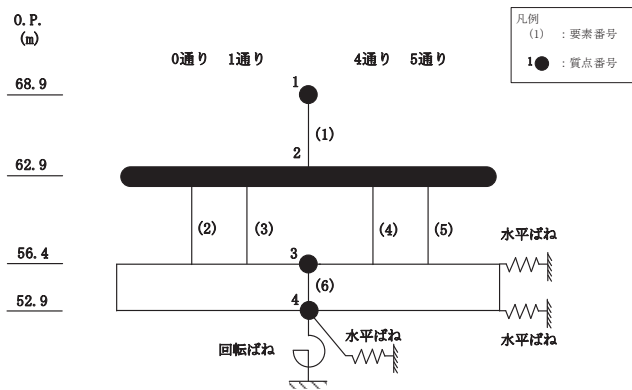
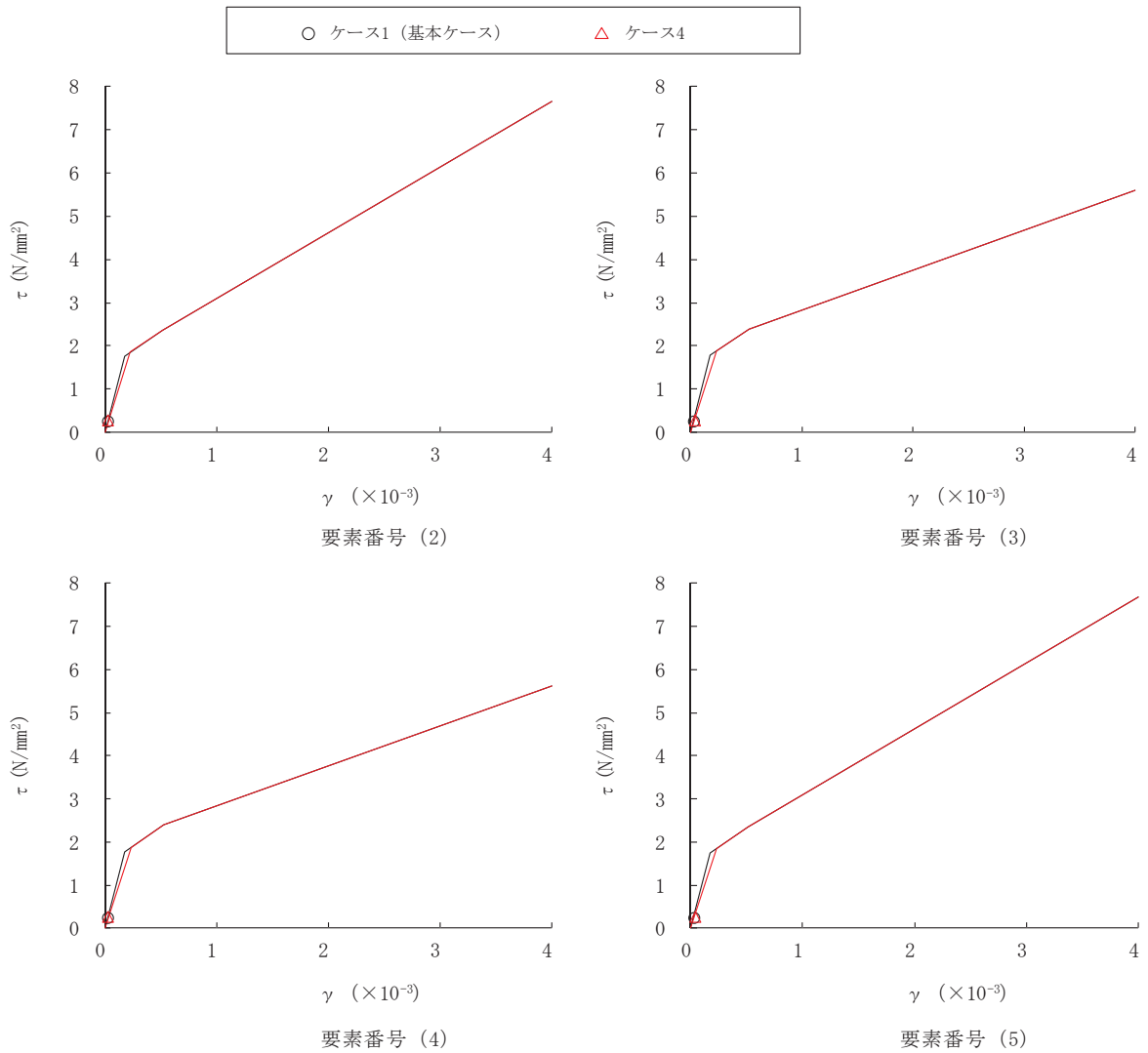


図 2-12 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)

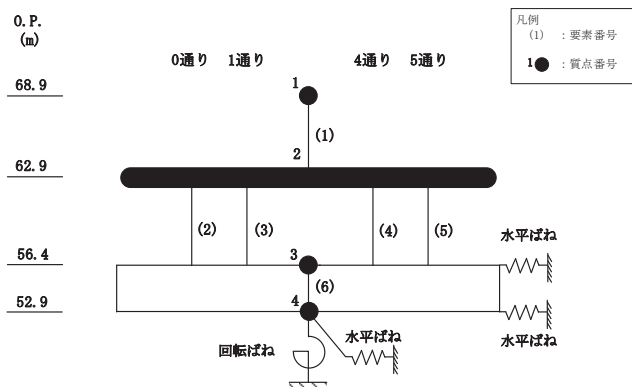
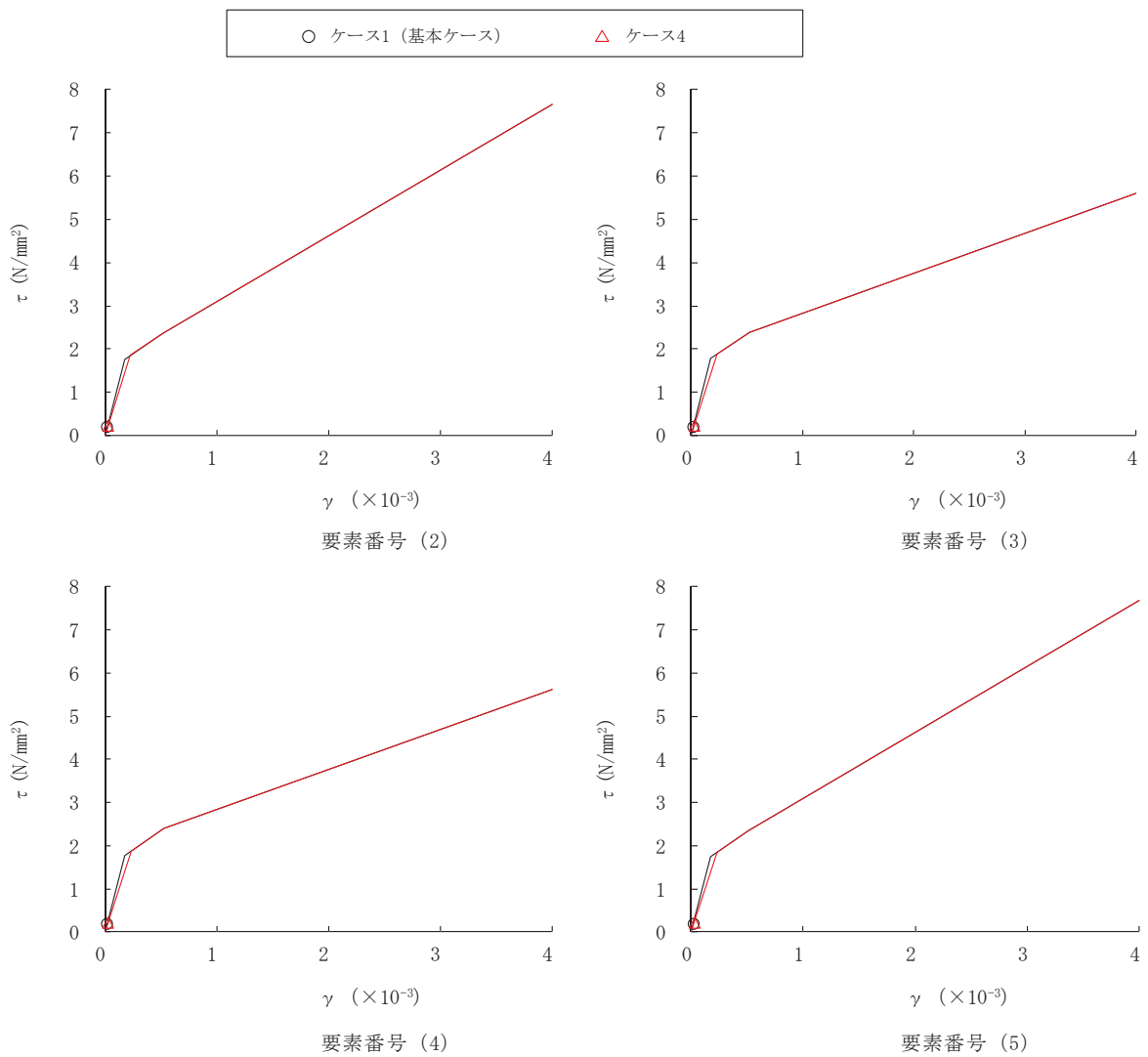


図2-13 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, EW 方向)

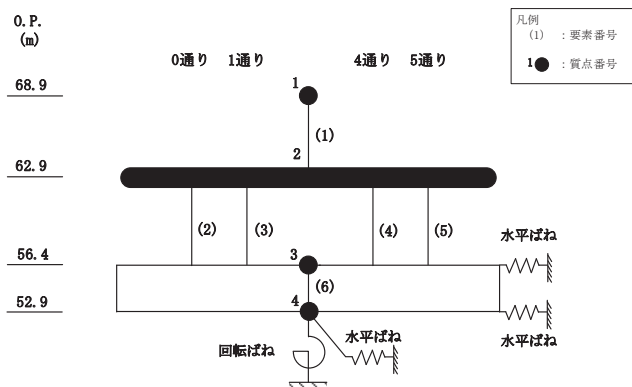
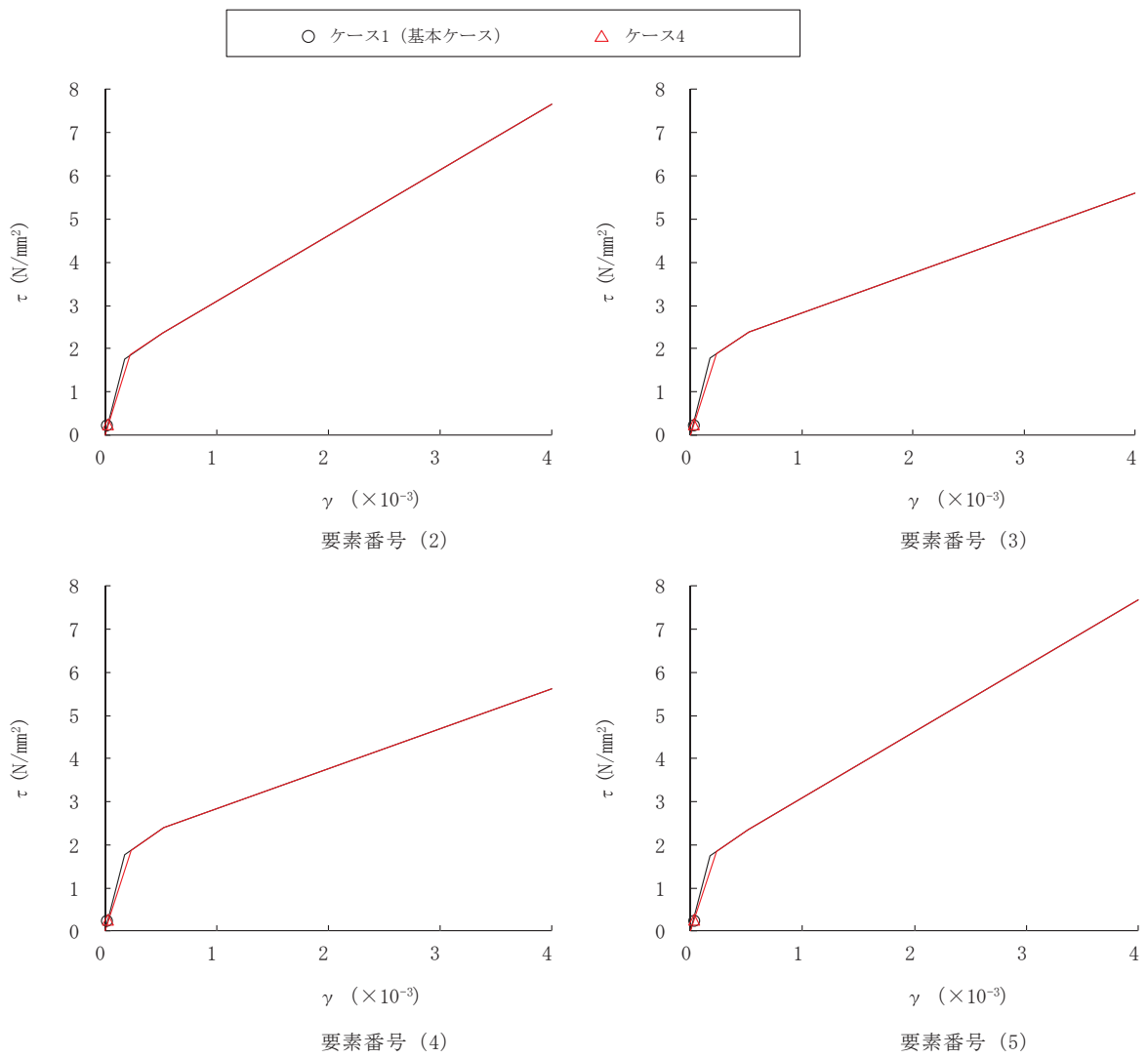
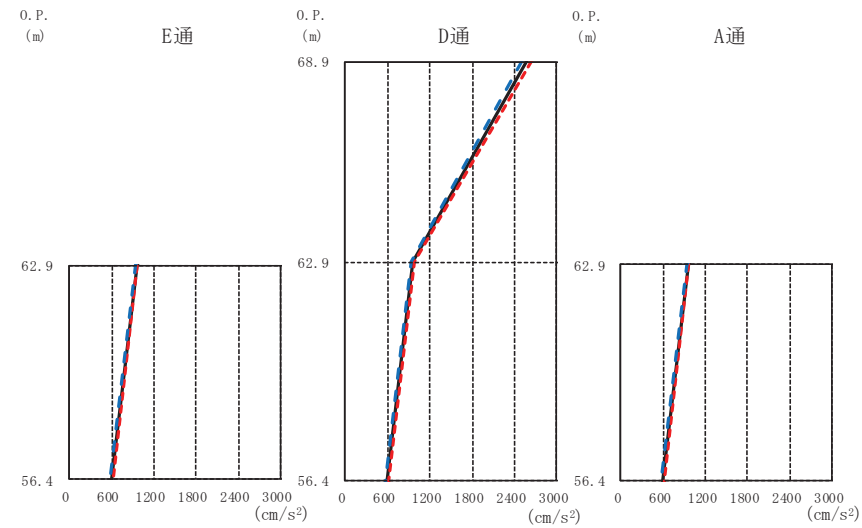
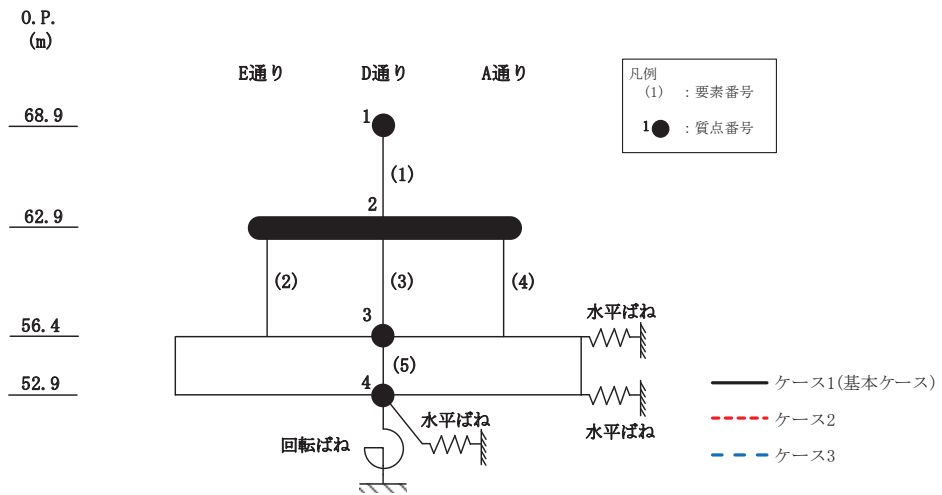


図2-14 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

2.2 地盤物性の不確かさ

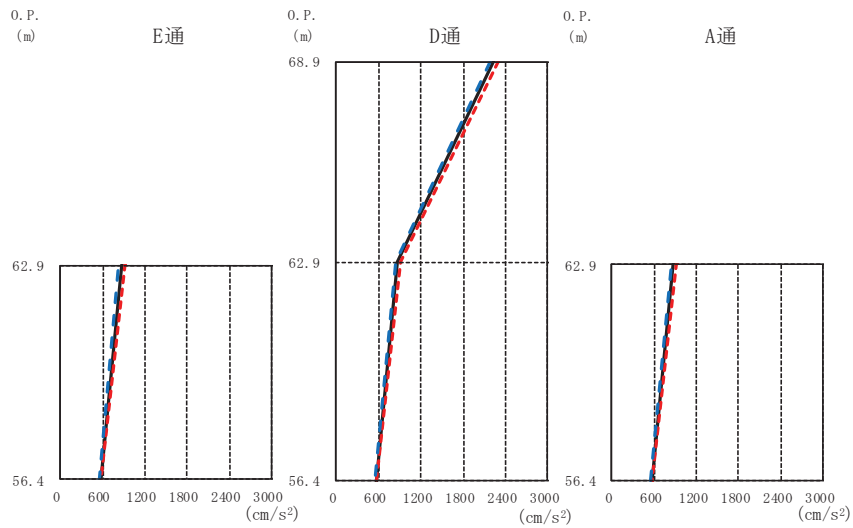
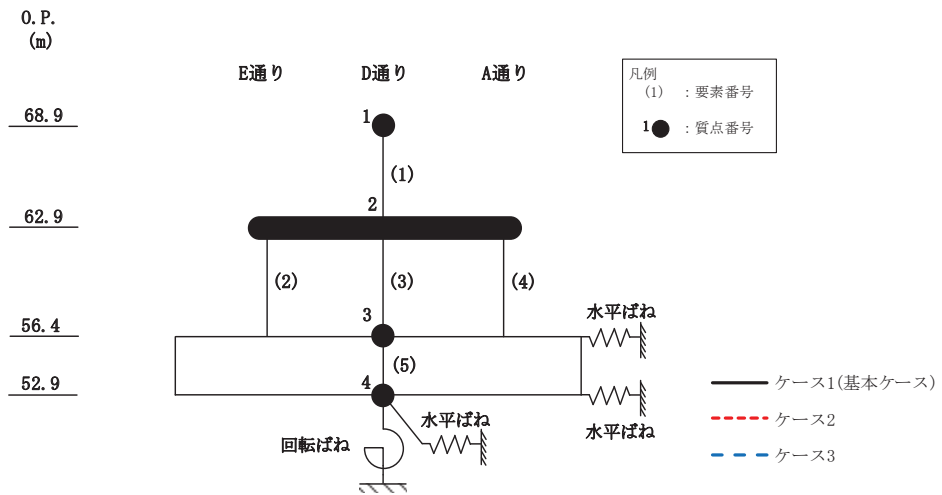
地盤物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を図 2-15～図 2-31 に示す。



E通				D通 (cm/s ²)			A通		
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9				2580	2640	2512			
62.9	957	971	936	957	971	936	957	971	936
56.4	594	611	577	594	611	577	594	611	577

(a) S s - D 2

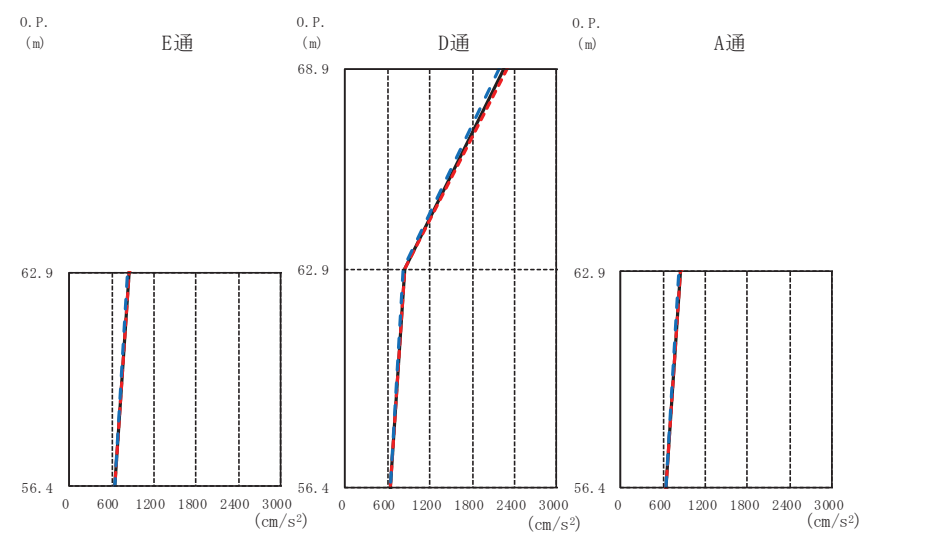
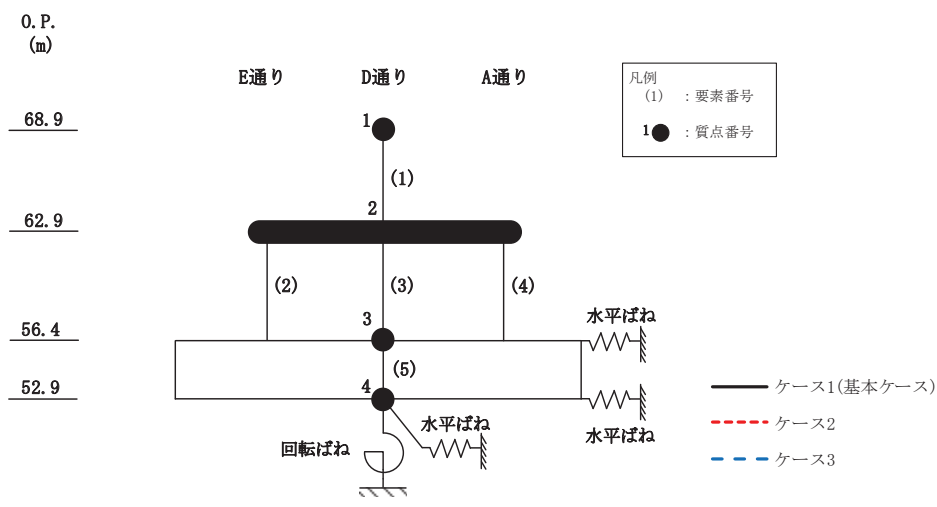
図 2-15(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



E通				D通			A通				
				(cm/s ²)							
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9				68.9	2235	2288	2180	68.9			
62.9	877	913	836	62.9	877	913	836	62.9	877	913	836
56.4	563	575	549	56.4	563	575	549	56.4	563	575	549

(b) S s - D 3

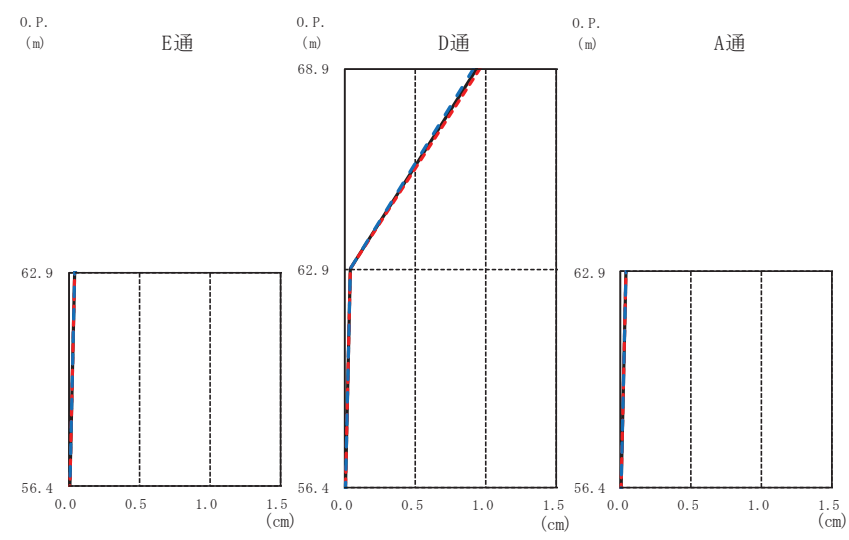
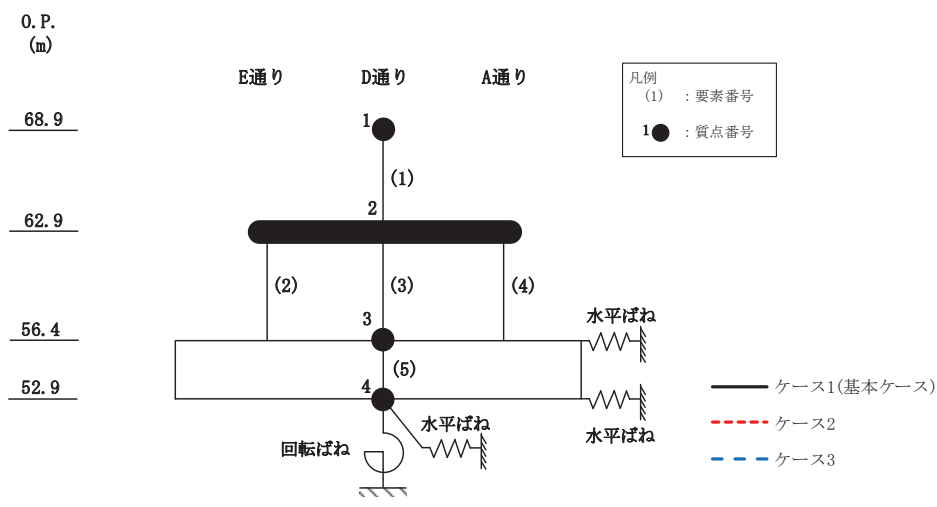
図 2-15(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, NS 方向) (2/3)



E通				D通 (cm/s ²)			A通			
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9				2253	2307	2191	68.9			
62.9	838	852	817	838	852	817	62.9	838	852	817
56.4	644	645	645	644	645	645	56.4	644	645	645

(c) S s - F 3

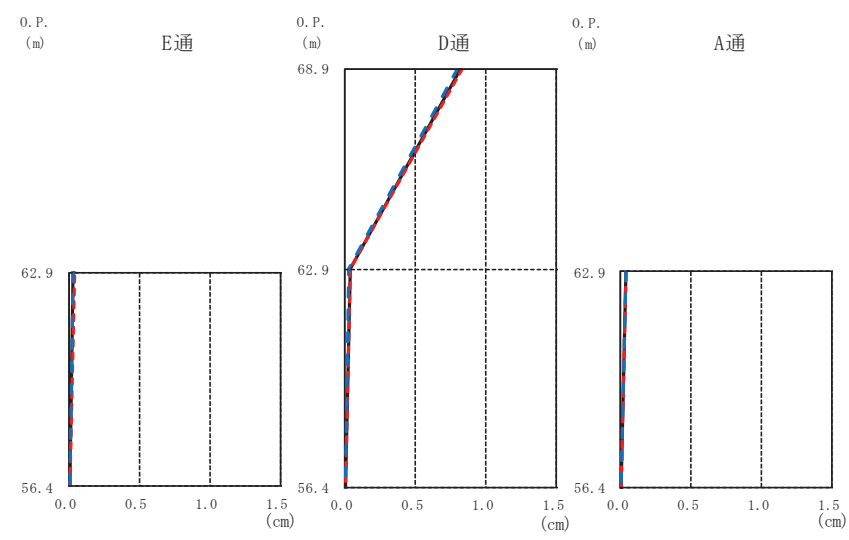
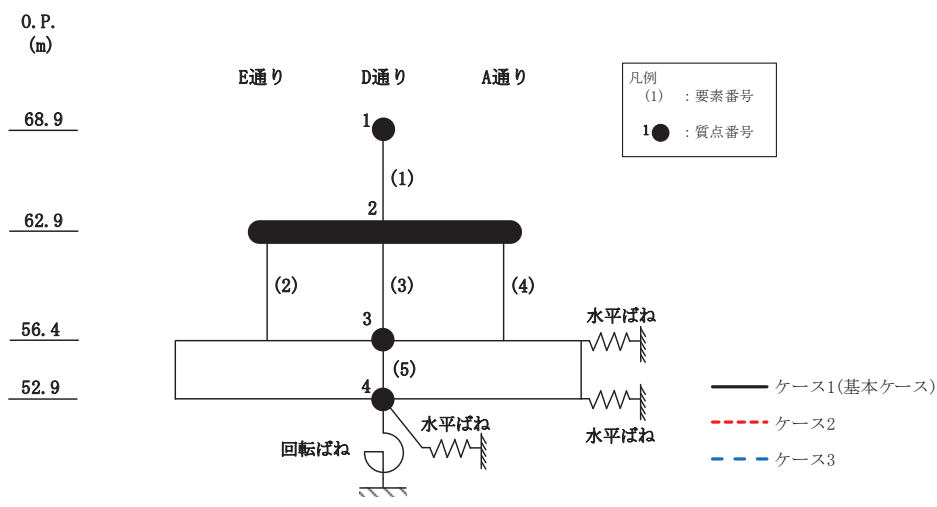
図 2-15(3) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, NS 方向) (3/3)



E通				D通			A通				
				(cm)							
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9				68.9	0.93	0.95	0.91	68.9			
62.9	0.03	0.04	0.03	62.9	0.03	0.04	0.03	62.9	0.03	0.04	0.03
56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00

(a) S s - D 2

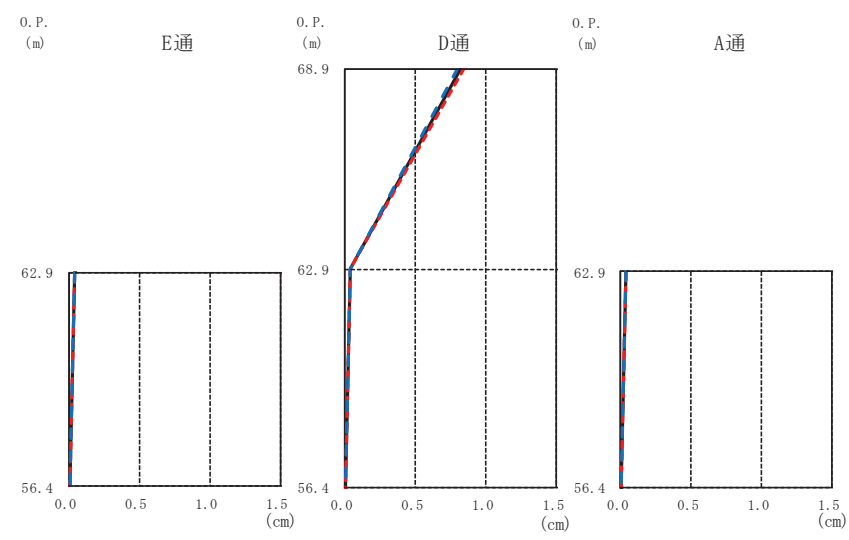
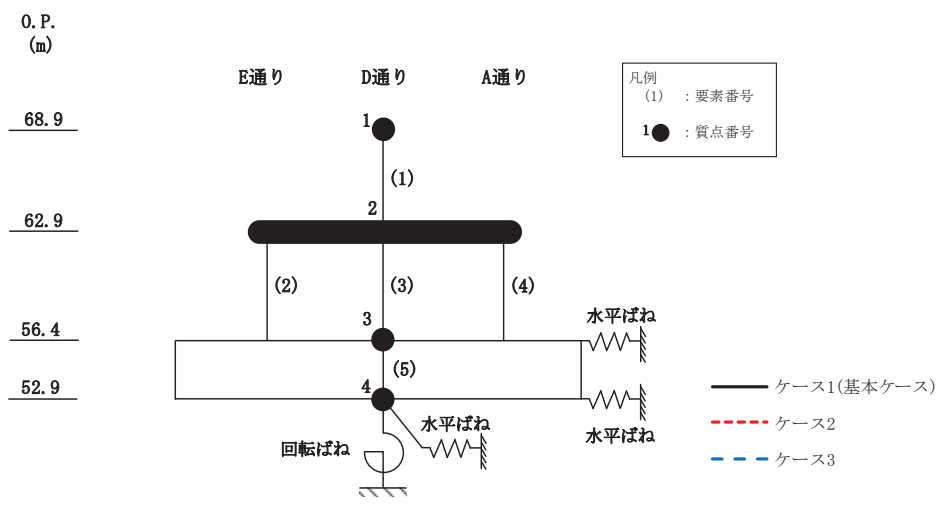
図 2-16(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



E通 (cm)				D通 (cm)			A通 (cm)				
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9				68.9	0.81	0.83	0.79	68.9			
62.9	0.03	0.03	0.03	62.9	0.03	0.03	0.03	62.9	0.03	0.03	0.03
56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00

(b) S s - D 3

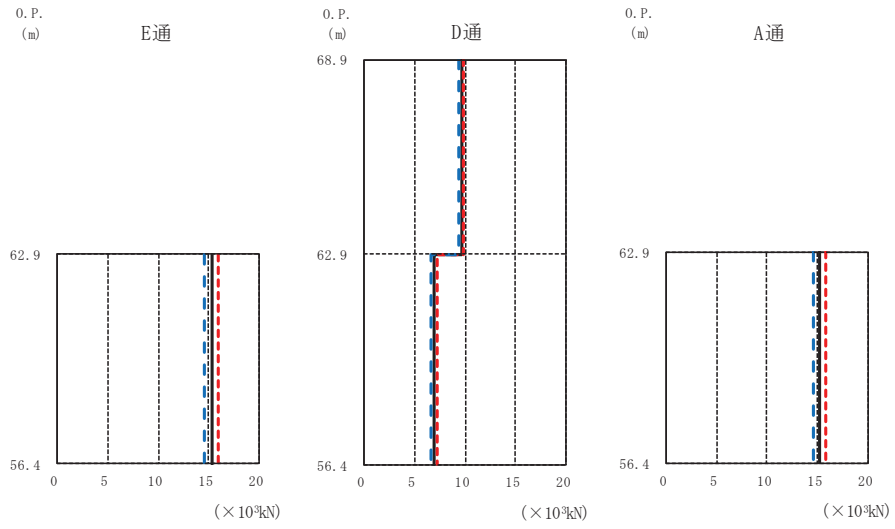
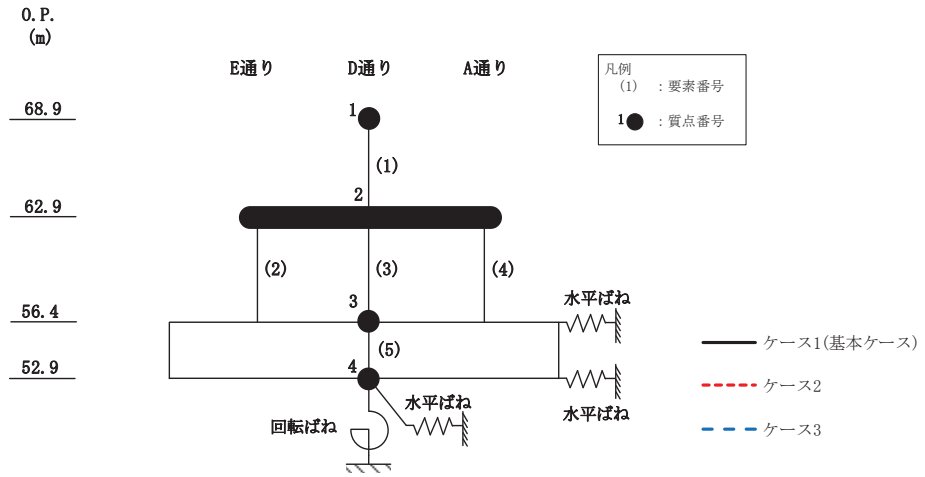
図 2-16(2) 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向) (2/3)



E通 (cm)				D通 (cm)			A通 (cm)				
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9				68.9	0.82	0.84	0.80	68.9			
62.9	0.03	0.03	0.03	62.9	0.03	0.03	0.03	62.9	0.03	0.03	0.03
56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00

(c) S s - F 3

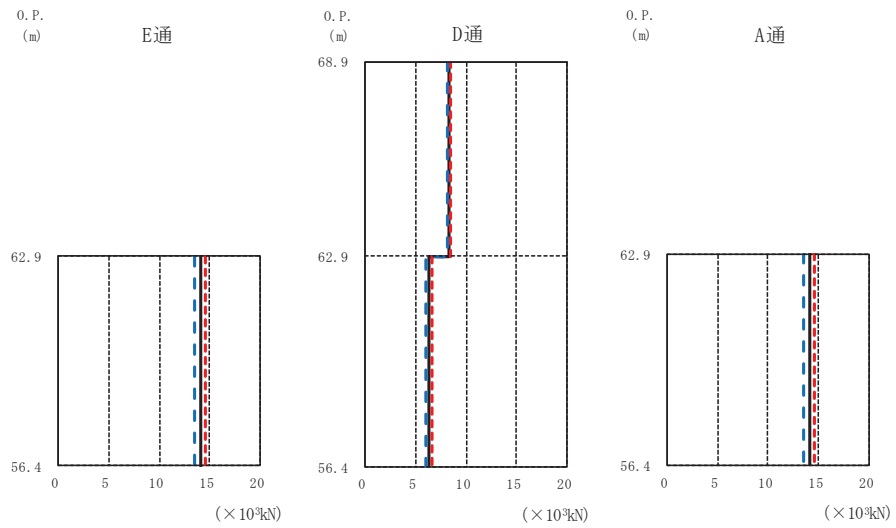
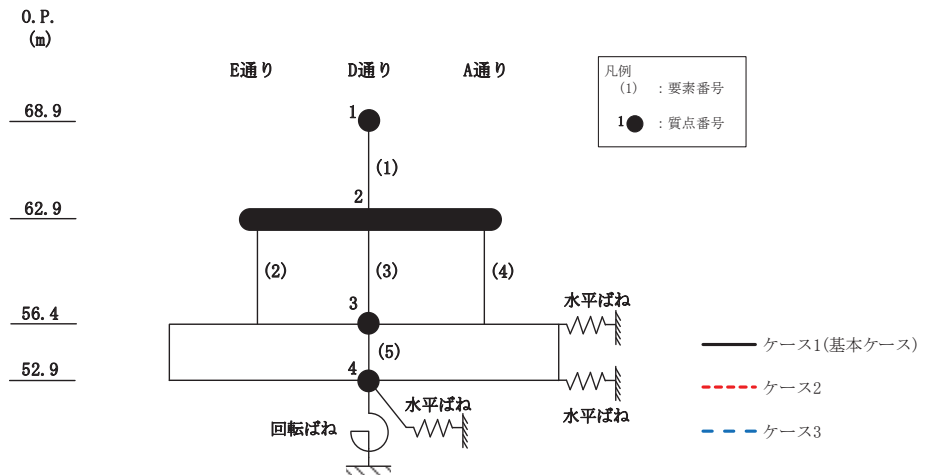
図 2-16(3) 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向) (3/3)



O.P. (m)	E通			D通			A通		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9									
62.9				9.62	9.84	9.37			
56.4	15.29	15.89	14.56	6.91	7.18	6.57	15.29	15.89	14.56

(a) S s - D 2

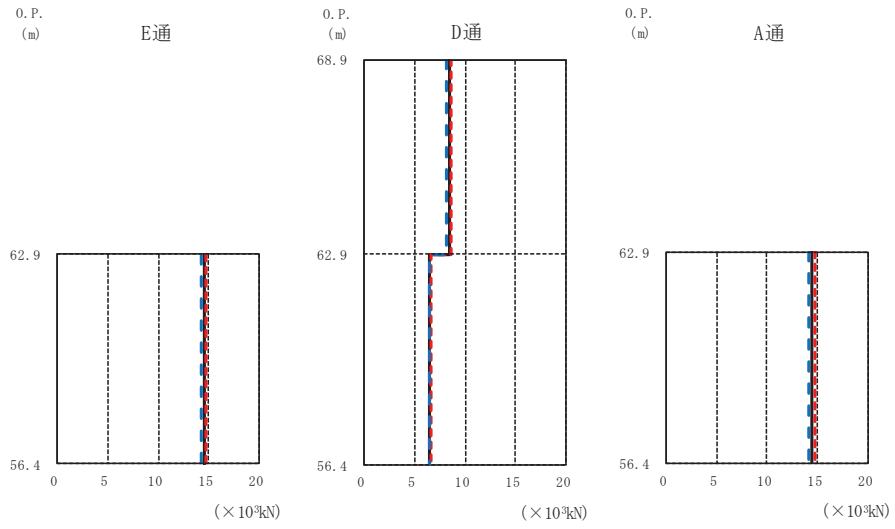
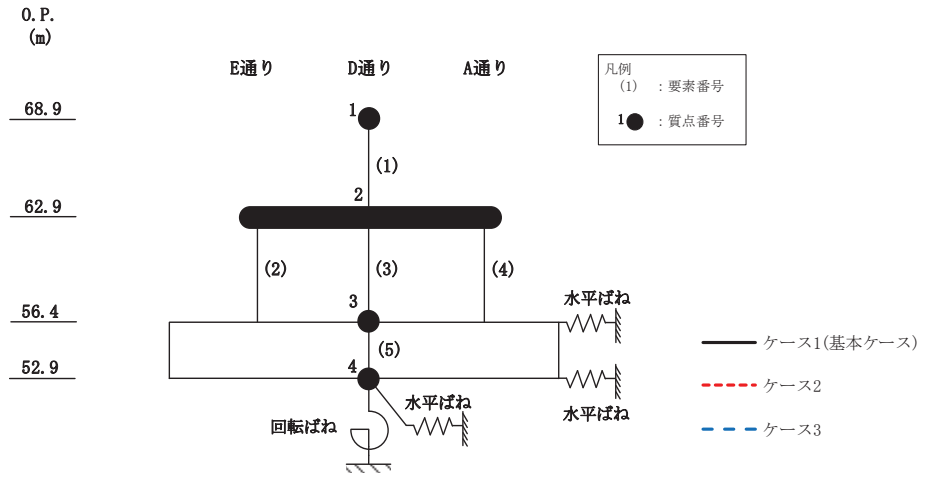
図 2-17(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



O.P. (m)	E通			D通			A通		
	($\times 10^3 \text{kN}$)			($\times 10^3 \text{kN}$)			($\times 10^3 \text{kN}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9				8.33	8.53	8.13			
62.9									
56.4	14.10	14.64	13.49	6.37	6.61	6.09	14.10	14.65	13.50

(b) S s - D 3

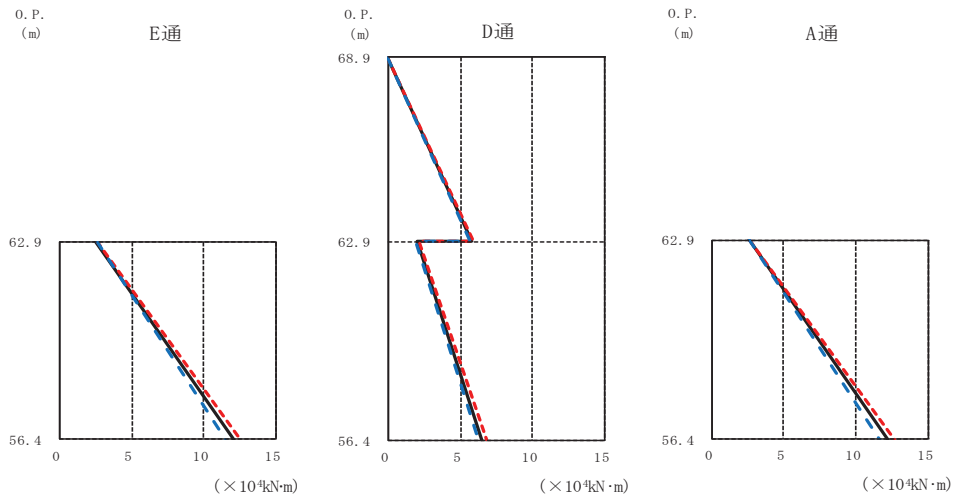
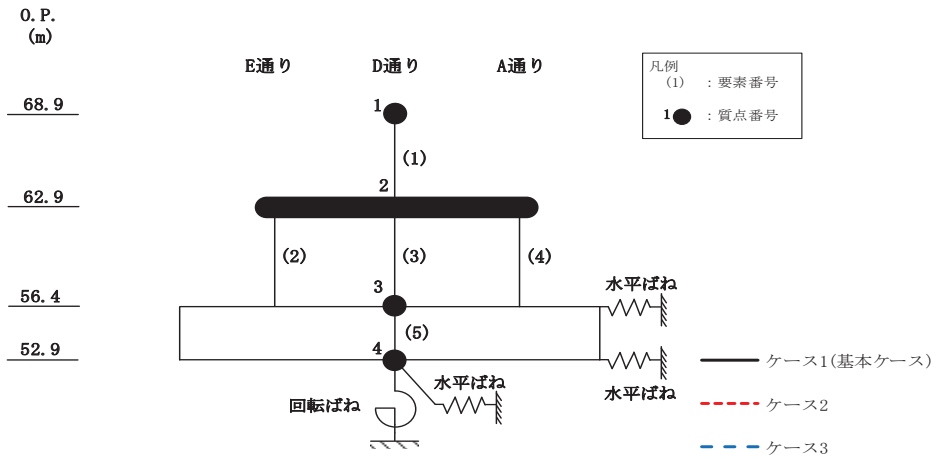
図 2-17(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (2/3)



O.P. (m)	E通			D通			A通		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
68.9									
62.9				8.40	8.60	8.17			
56.4	14.52	14.79	14.21	6.56	6.68	6.42	14.52	14.79	14.22

(c) S s - F 3

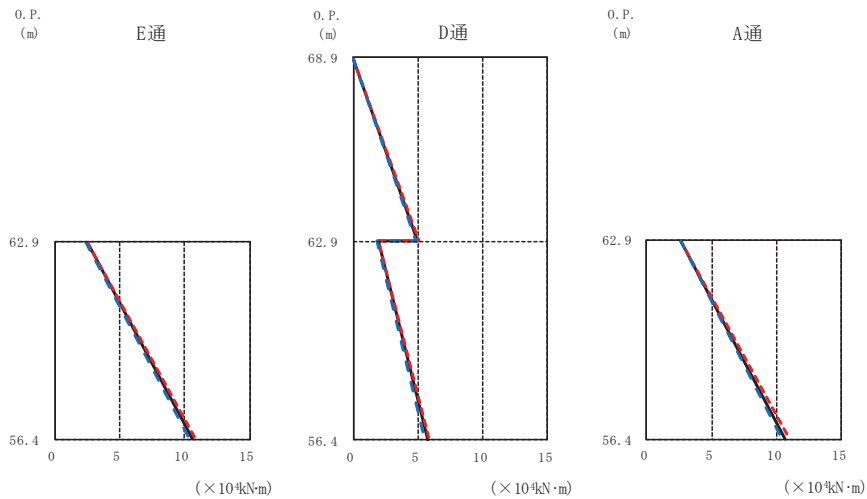
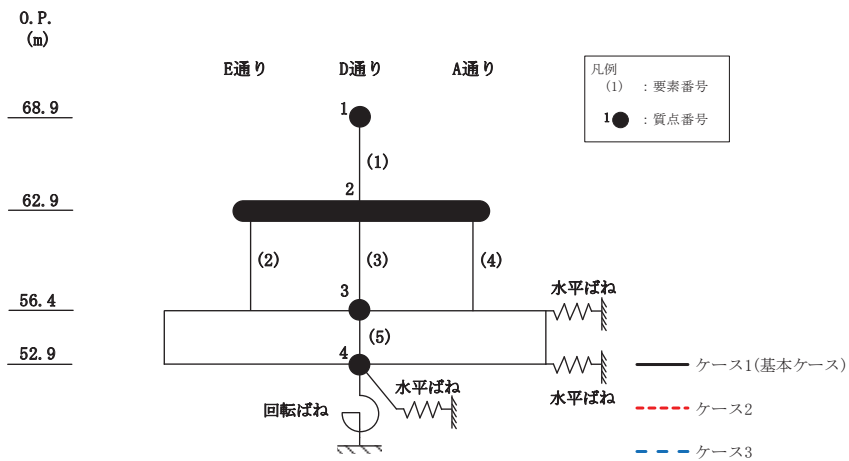
図 2-17(3) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (3/3)



O.P. (m)		E通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)			D通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)			A通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)		
		ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
62.9	68.9	2.49	2.50	2.51	0.00	0.00	0.00	2.57	2.59	2.59
56.4	62.9	12.08	12.53	11.50	5.77	5.91	5.62	12.21	12.67	11.63
	56.4				2.03	2.10	1.94			
	52.9				6.52	6.76	6.21			

(a) S s - D 2

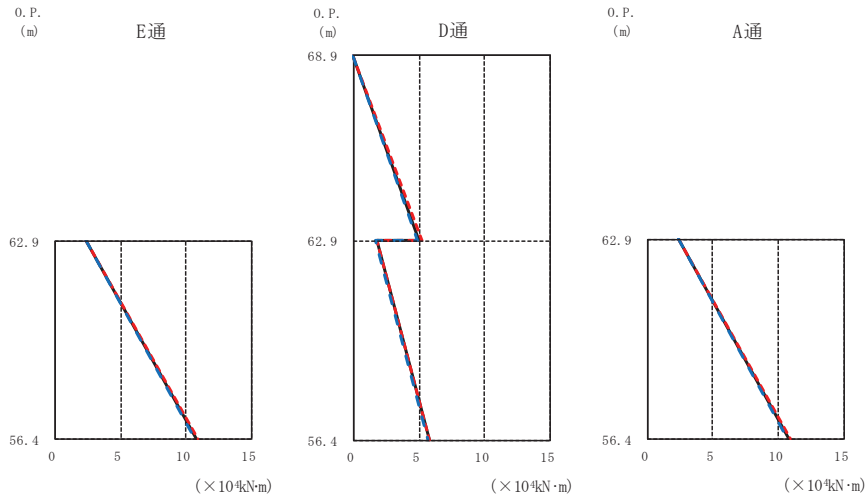
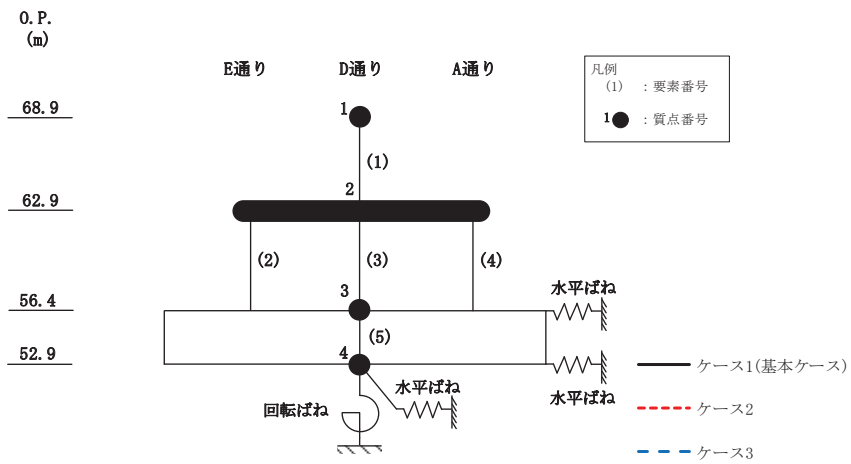
図 2-18(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



O.P. (m)		E通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)			D通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)			A通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)		
ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3		
68.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
62.9	2.46	2.46	2.43	5.00	5.12	4.88	2.56	2.56	2.53	
56.4	10.60	10.83	10.31	1.90	1.90	1.86	10.71	10.95	10.42	
				5.71	5.84	5.56				

(b) S s - D 3

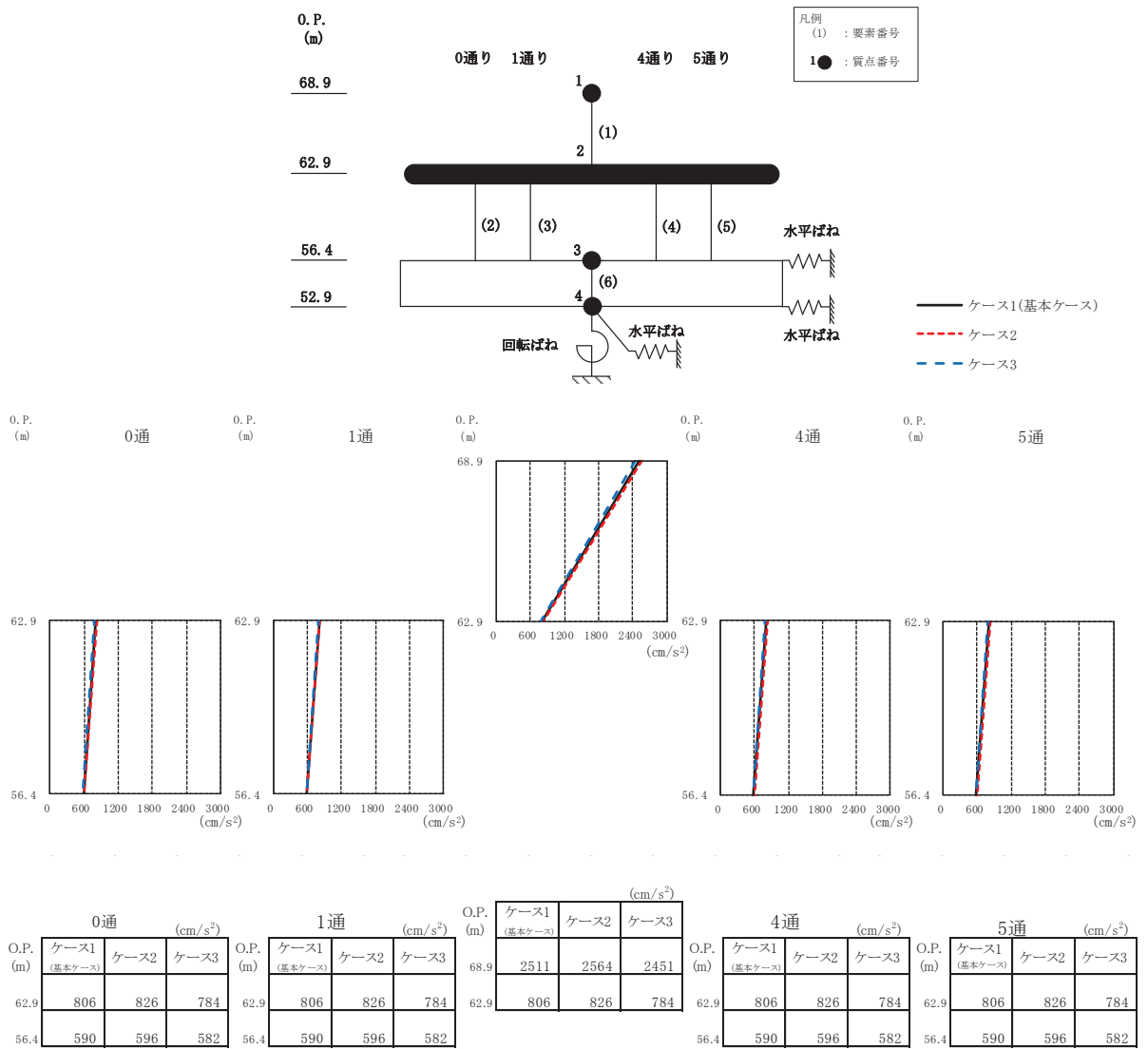
図 2-18(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (2/3)



E通				D通				A通			
O.P. (m)				O.P. (m)				O.P. (m)			
68.9				68.9				68.9			
62.9				62.9				62.9			
56.4				56.4				56.4			
52.9				52.9				52.9			
ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	(×10 ⁴ kN·m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	(×10 ⁴ kN·m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	(×10 ⁴ kN·m)
2.36	2.34	2.32		0.00	0.00	0.00		2.44	2.43	2.39	
10.79	10.90	10.65		5.04	5.16	4.90		10.91	11.02	10.76	
				1.78	1.83	1.71					
				5.79	5.84	5.71					

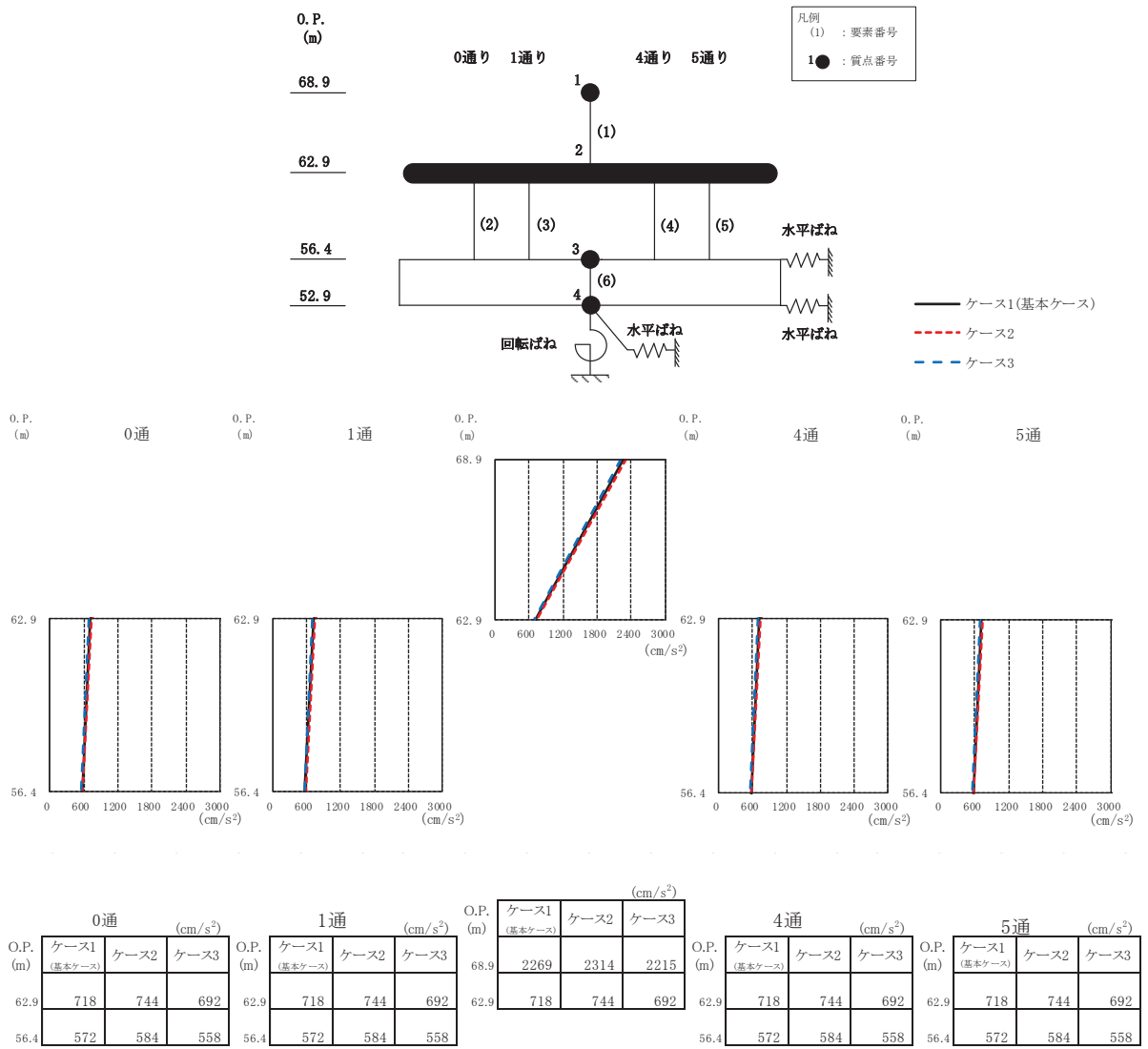
(c) S s - F 3

図 2-18(3) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (3/3)



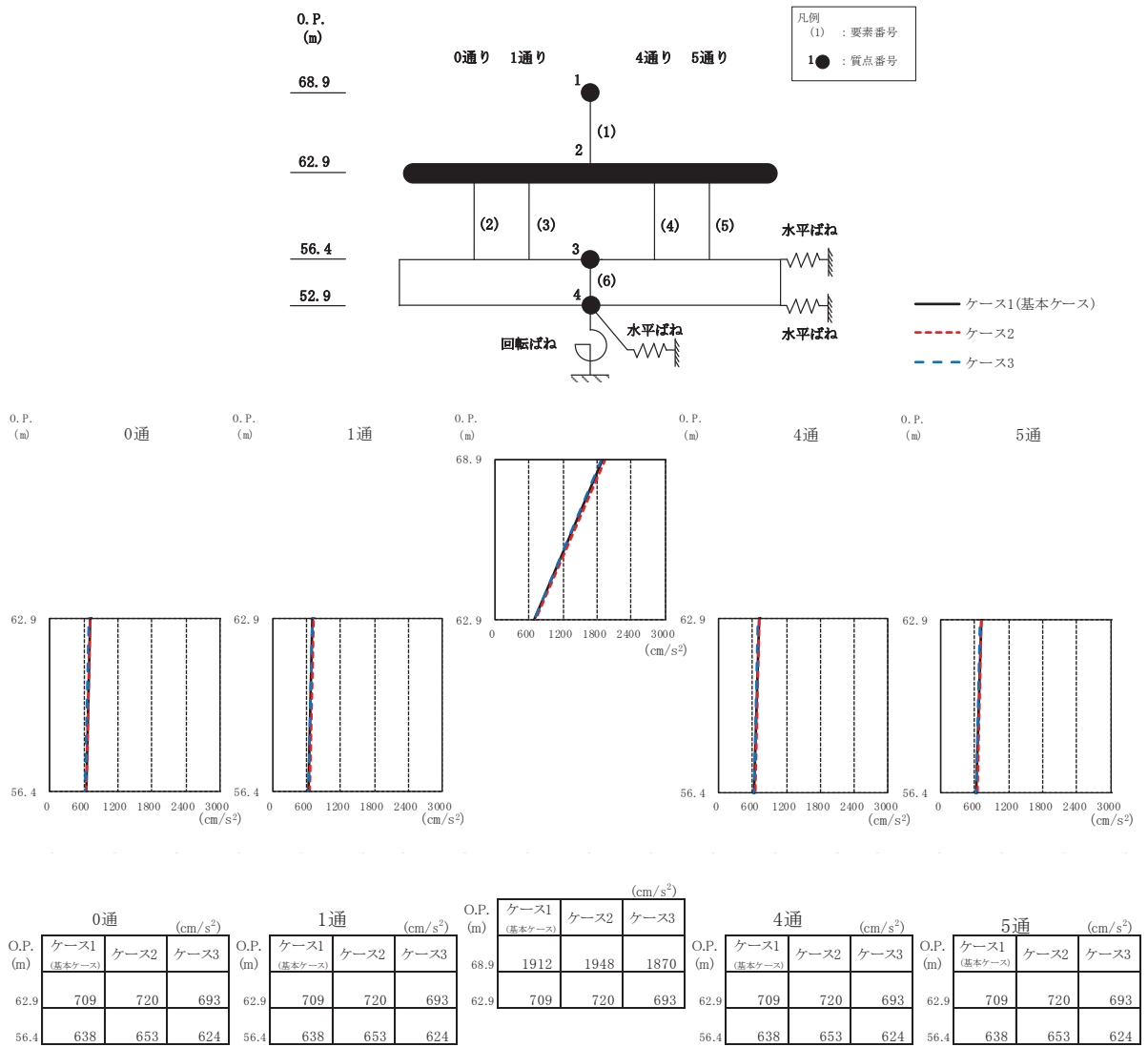
(a) S s - D 2

図 2-19(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



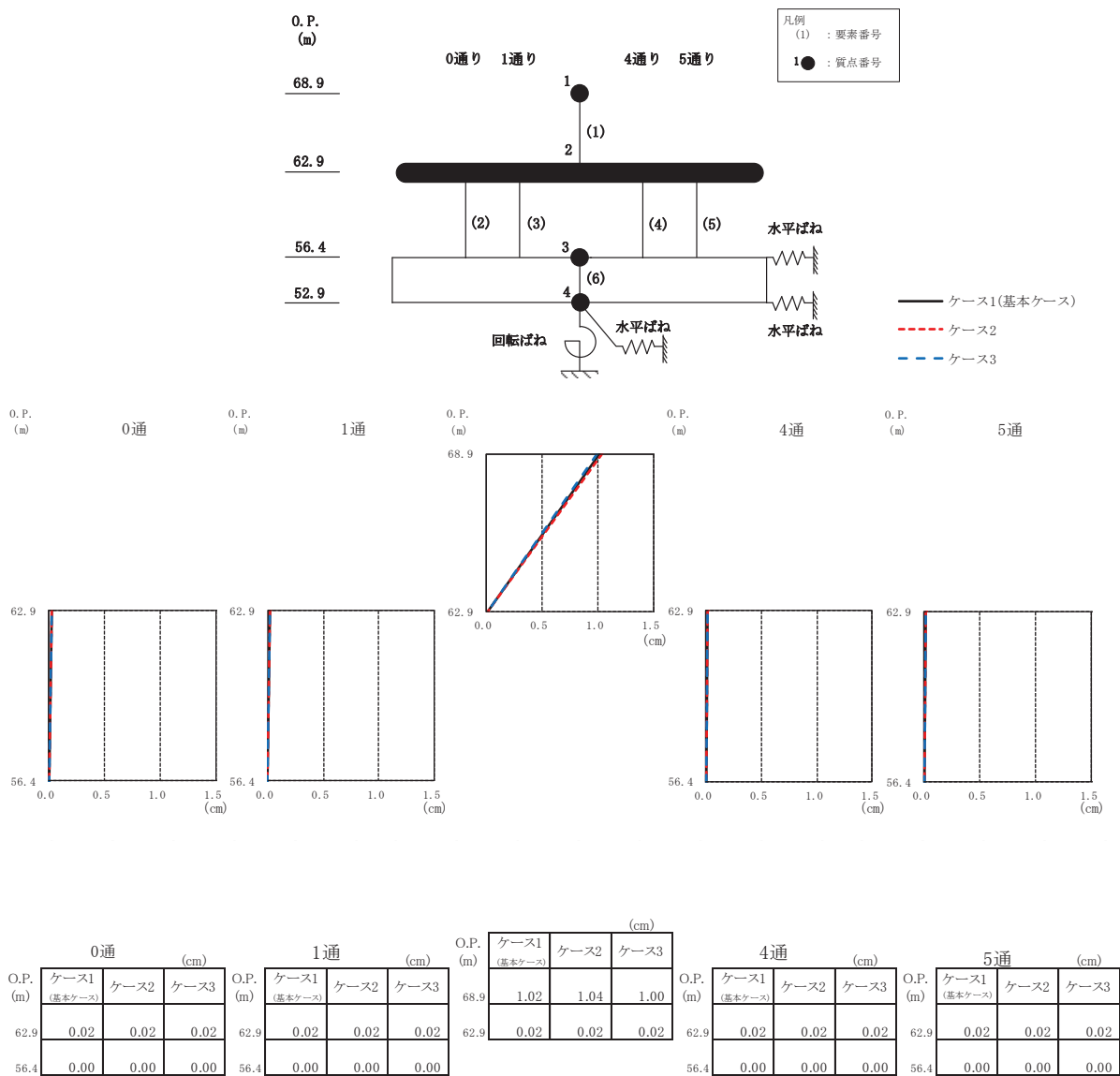
(b) S s - D 3

図 2-19(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向) (2/3)



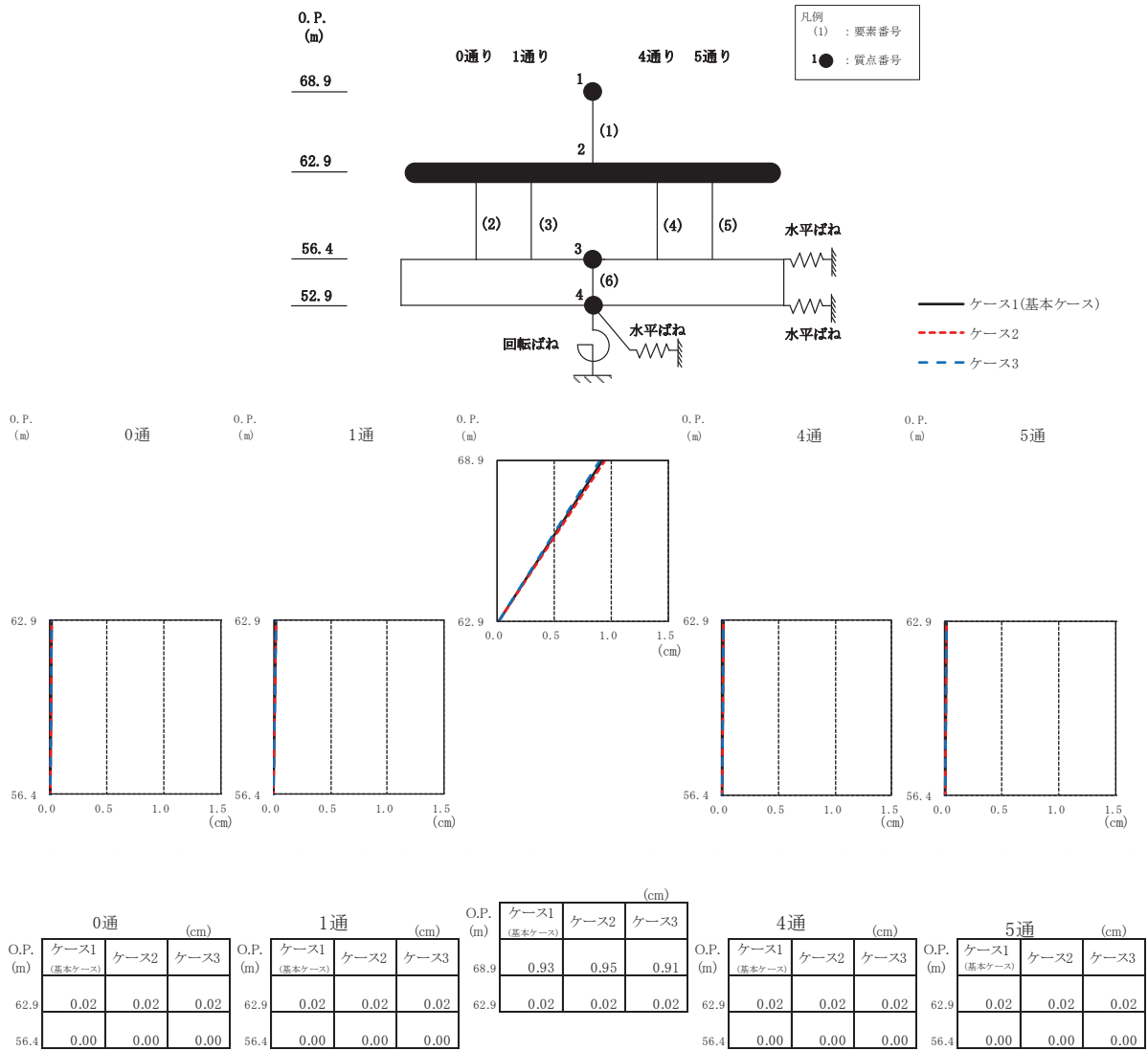
(c) S s - F 3

図 2-19(3) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)



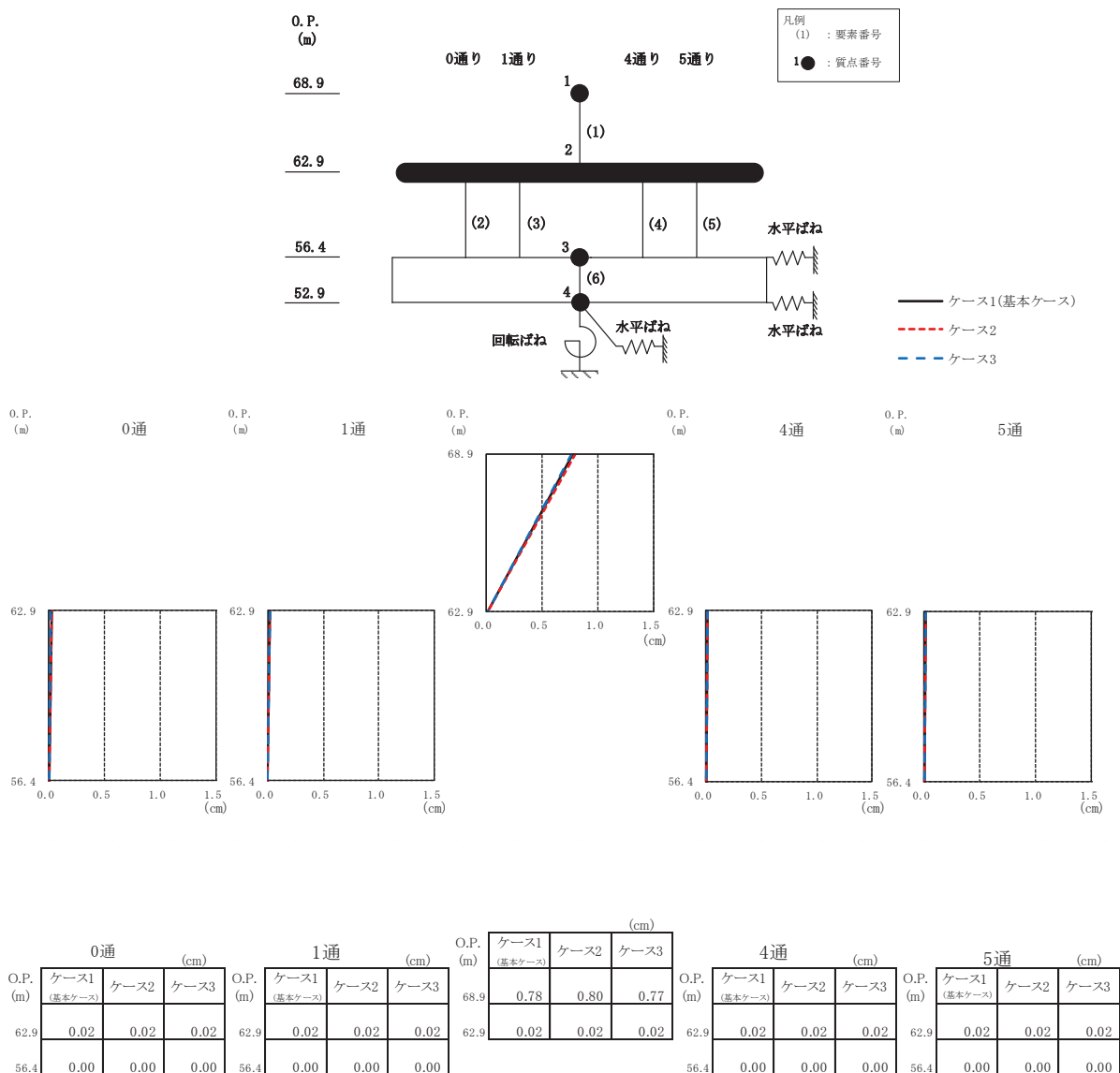
(a) S s - D 2

図 2-20(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



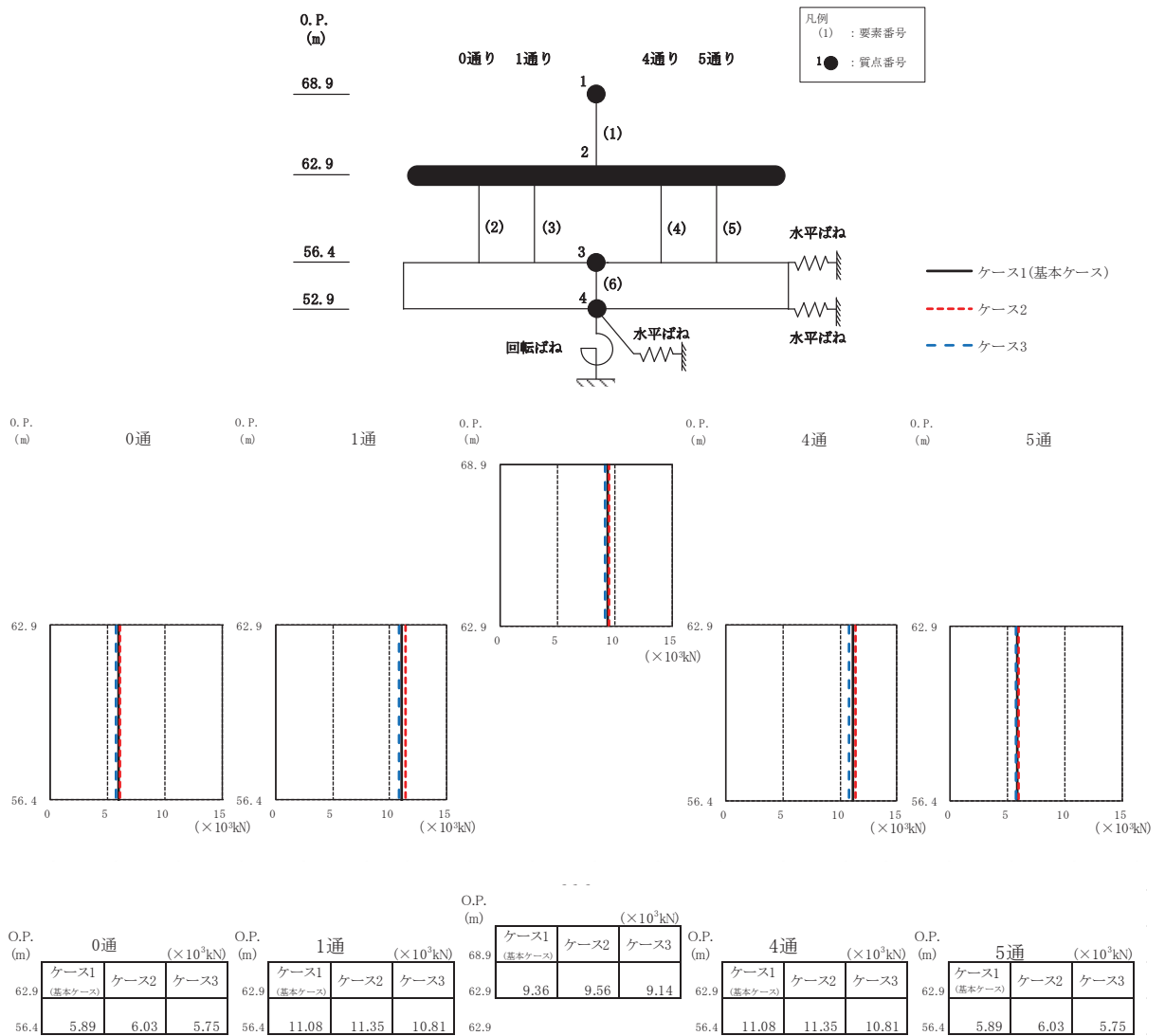
(b) S s - D 3

図 2-20(2) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (2/3)



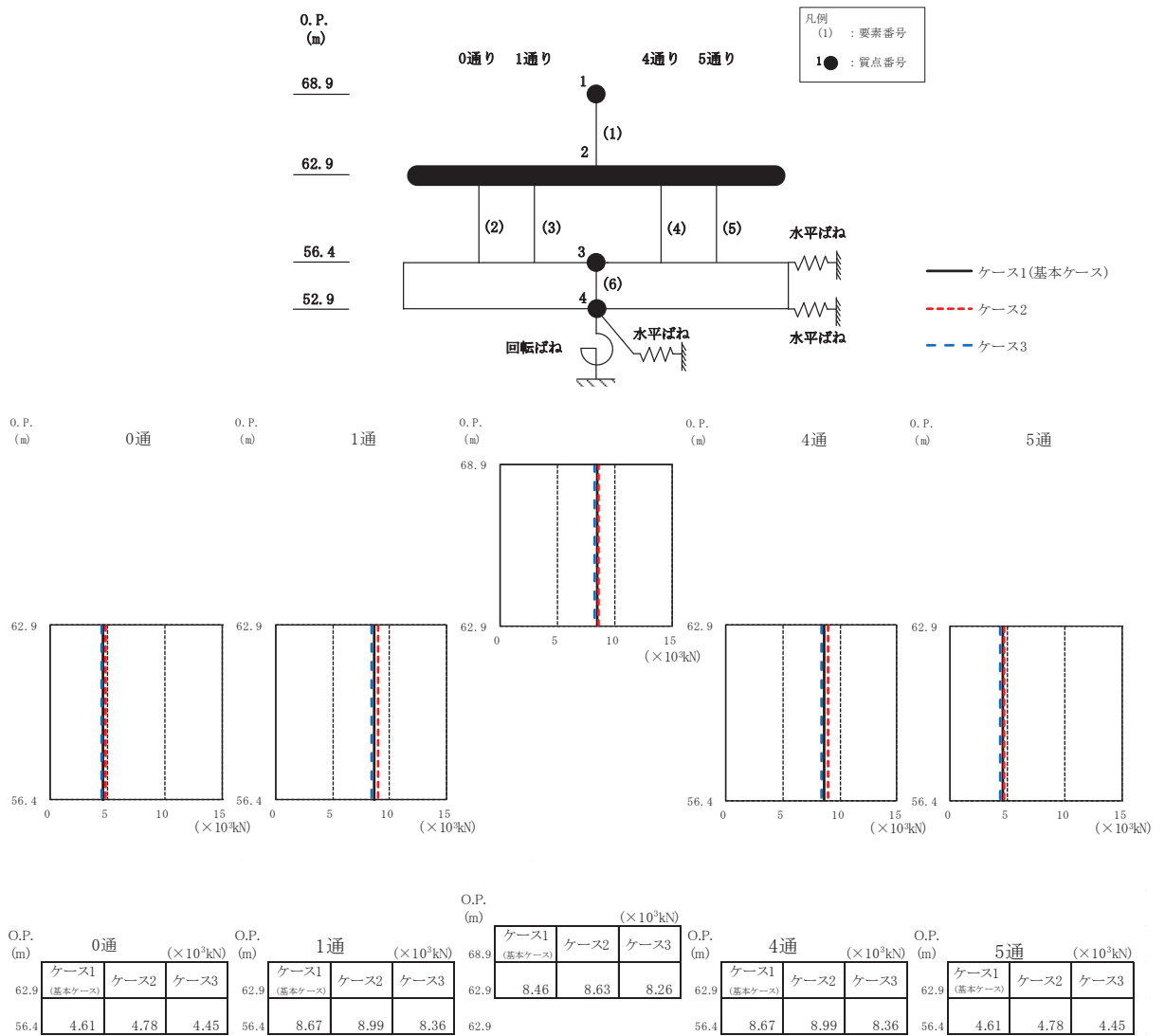
(c) S s - F 3

図 2-20(3) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)



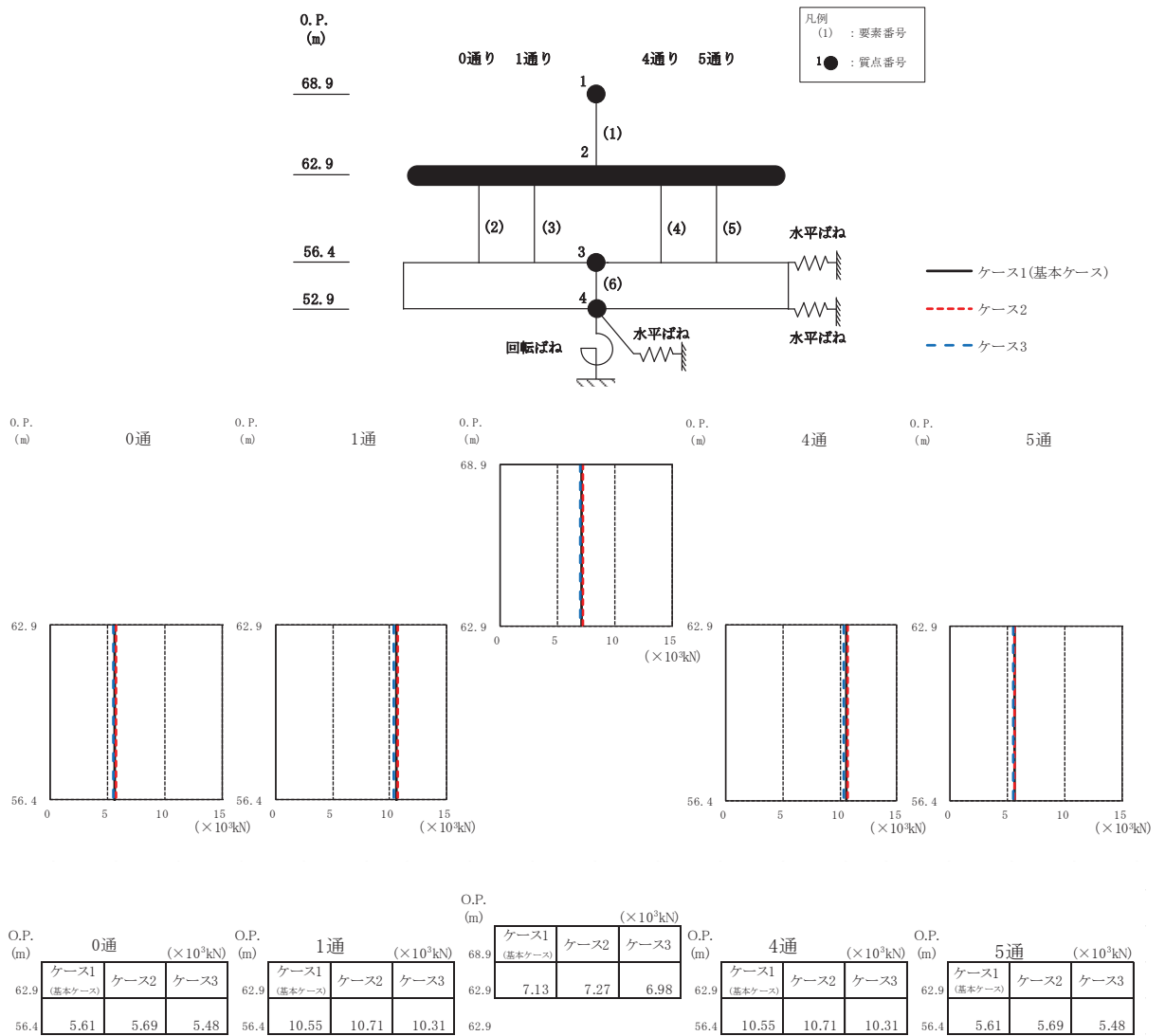
(a) S s - D 2

図 2-21(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



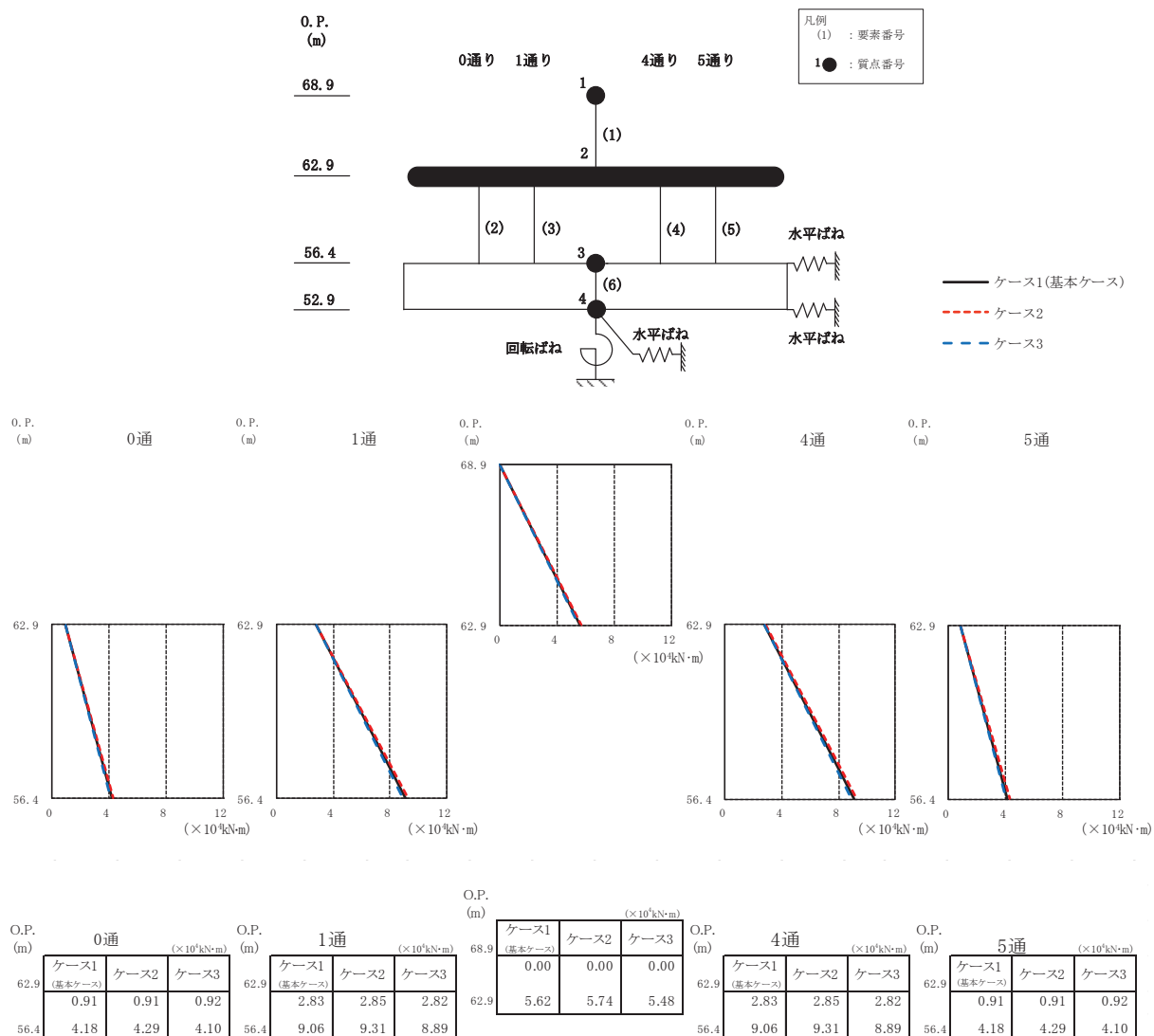
(b) S s - D 3

図 2-21 (2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (2/3)



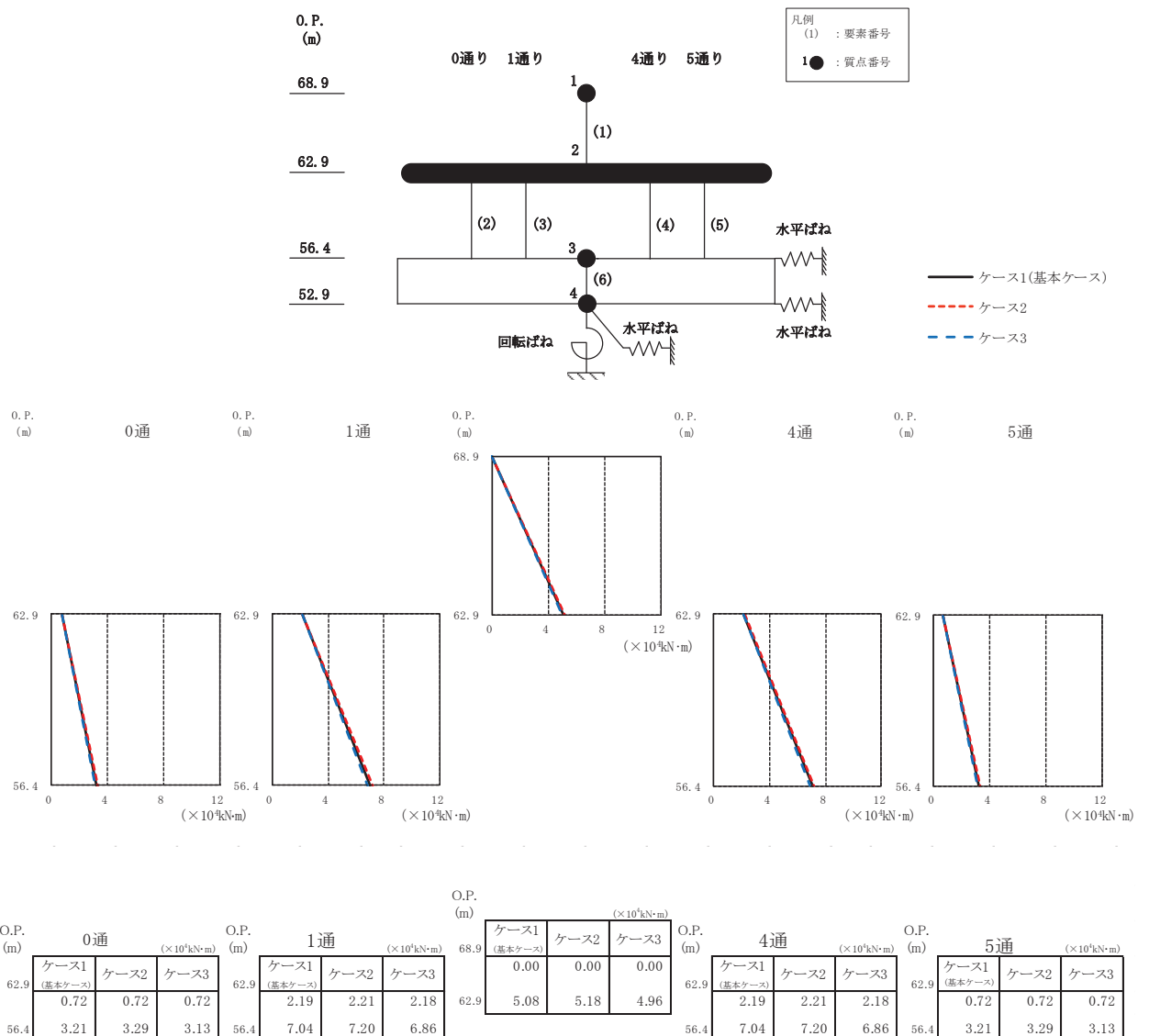
(c) S s - F 3

図 2-21 (3) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)



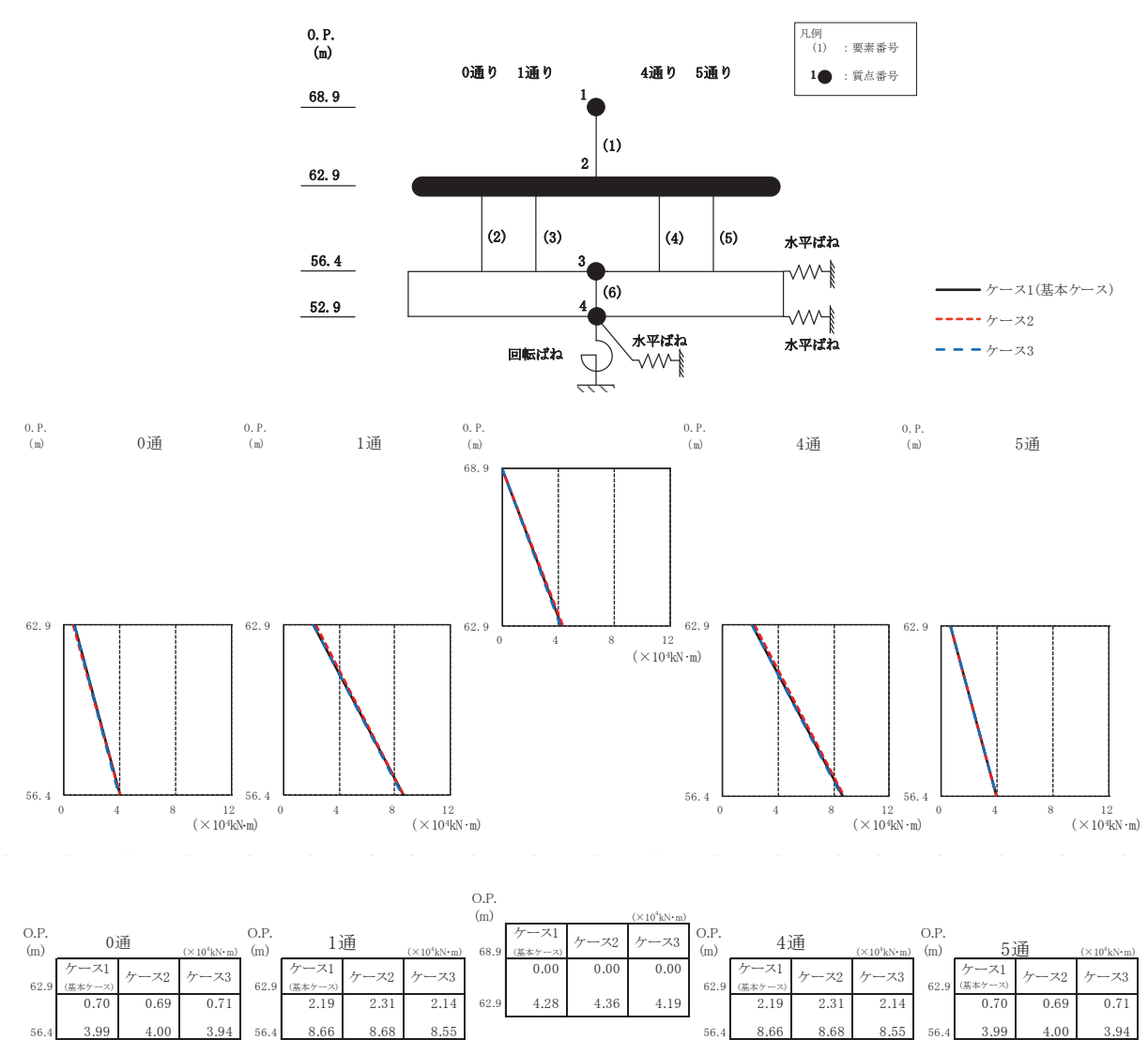
(a) S s - D 2

図 2-22(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (2/6)



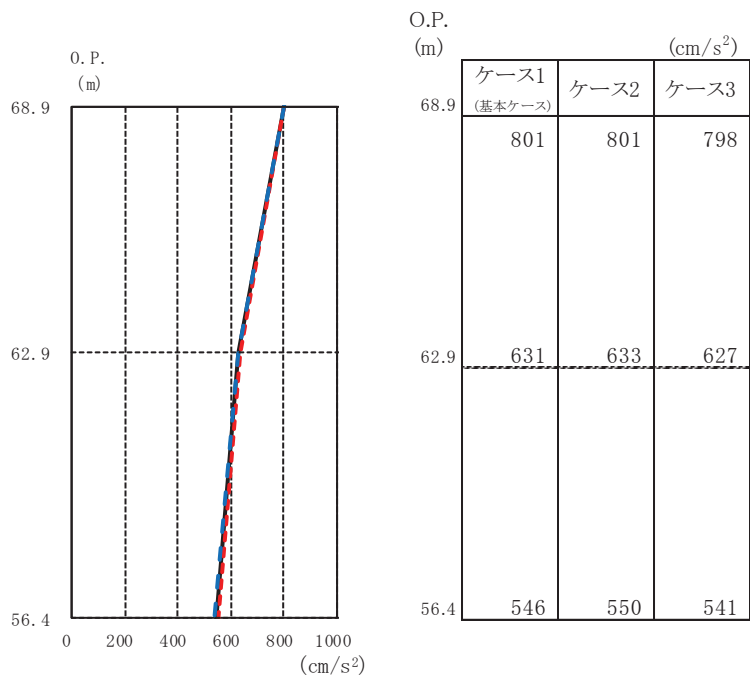
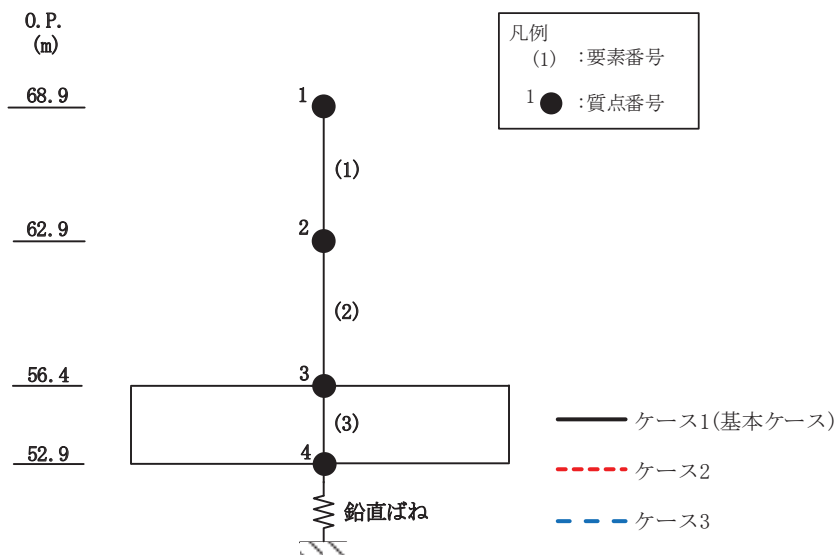
(b) S s - D 3

図 2-22 (2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (2/3)



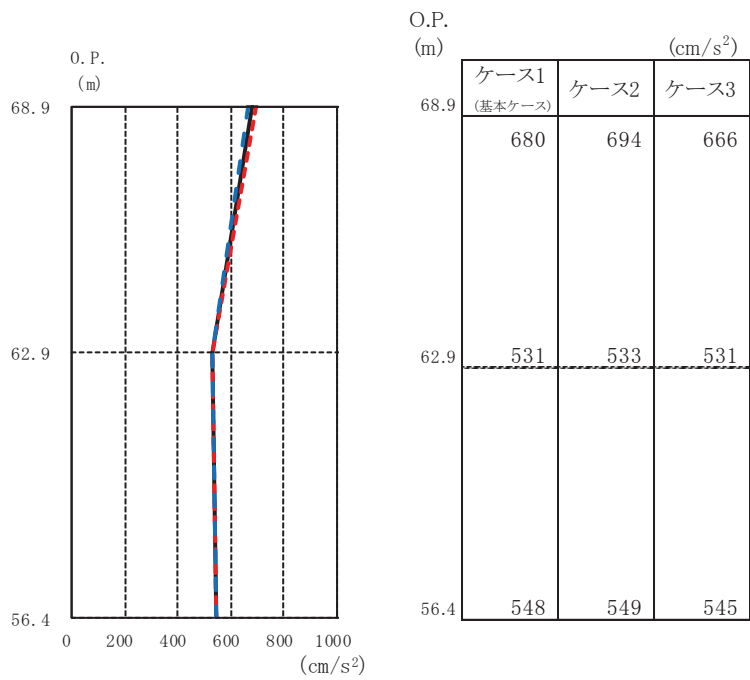
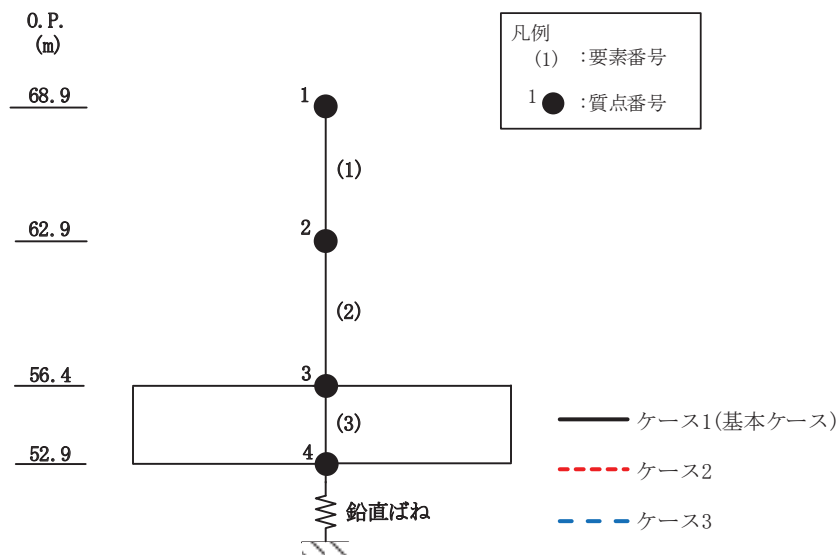
(c) S s - F 3

図 2-22 (3) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)



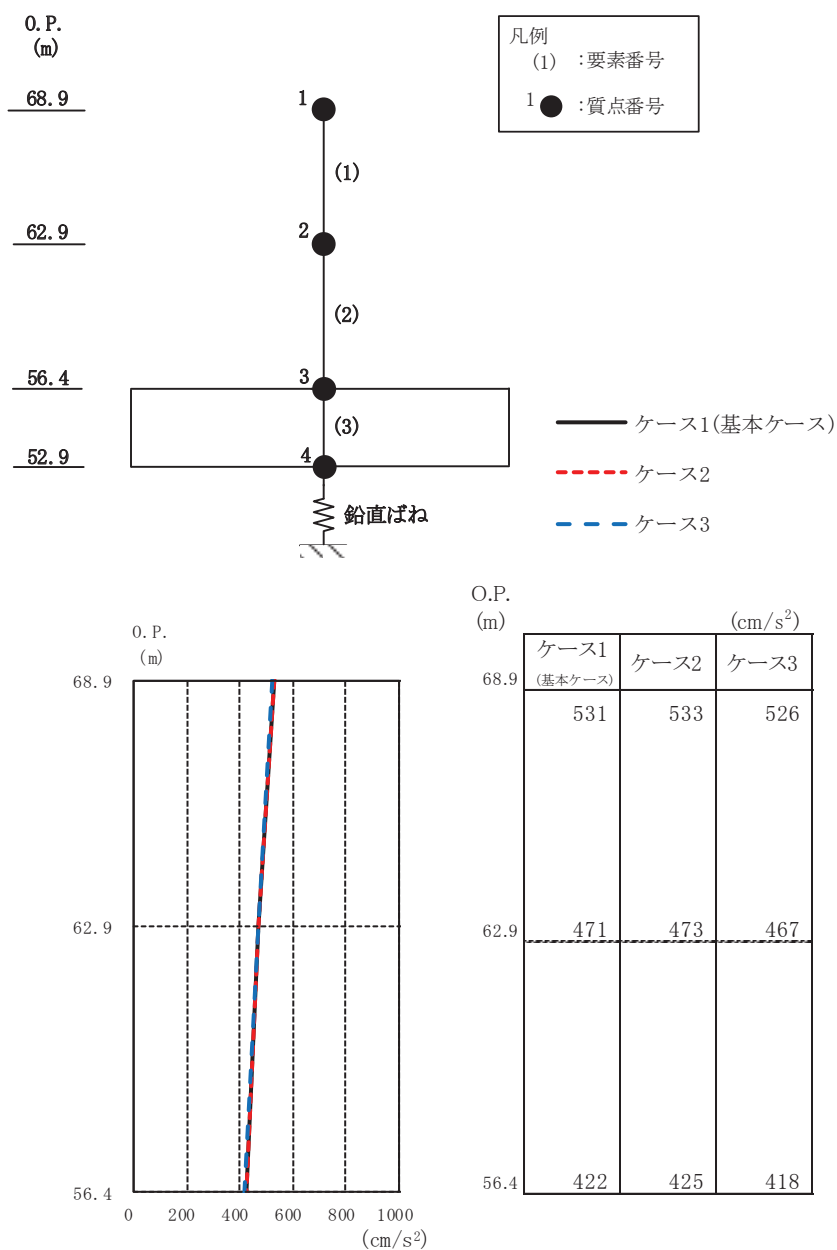
(a) S_s-D 2

図 2-23(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, UD 方向) (1/3)



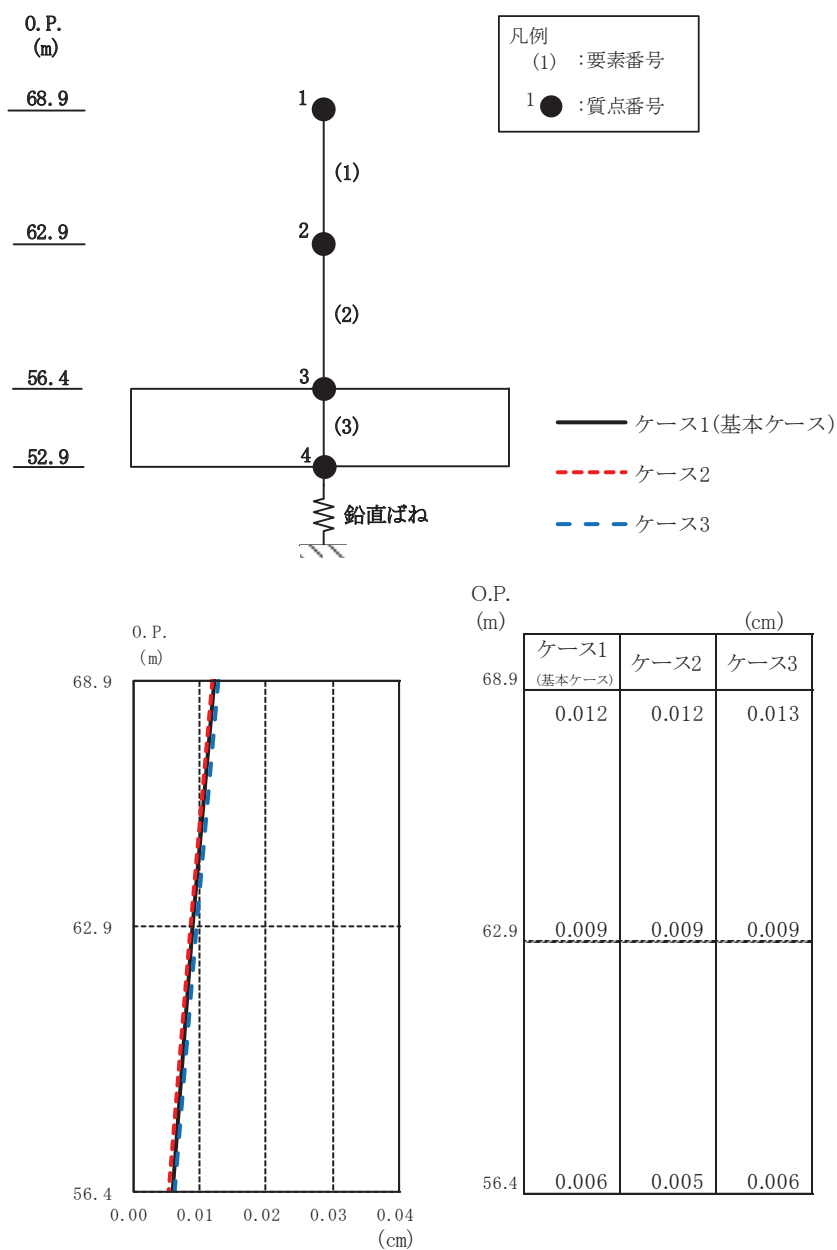
(b) $S_s - D3$

図 2-23(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s , UD 方向) (2/3)



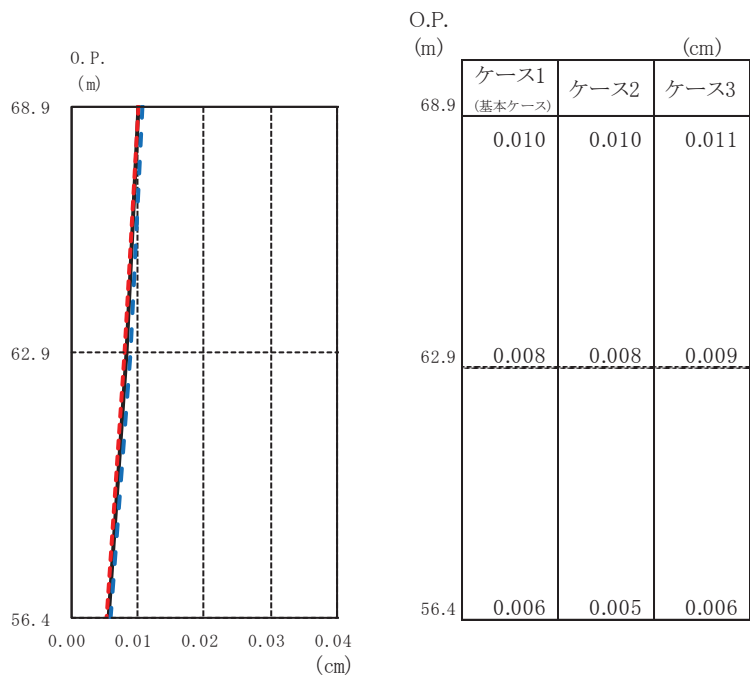
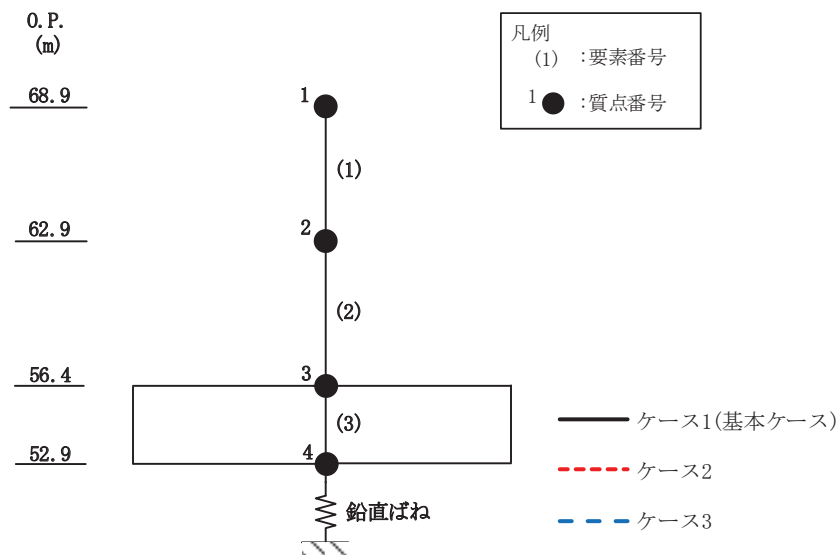
(c) $S_s - F_3$

図 2-23 (3) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s , UD 方向) (3/3)



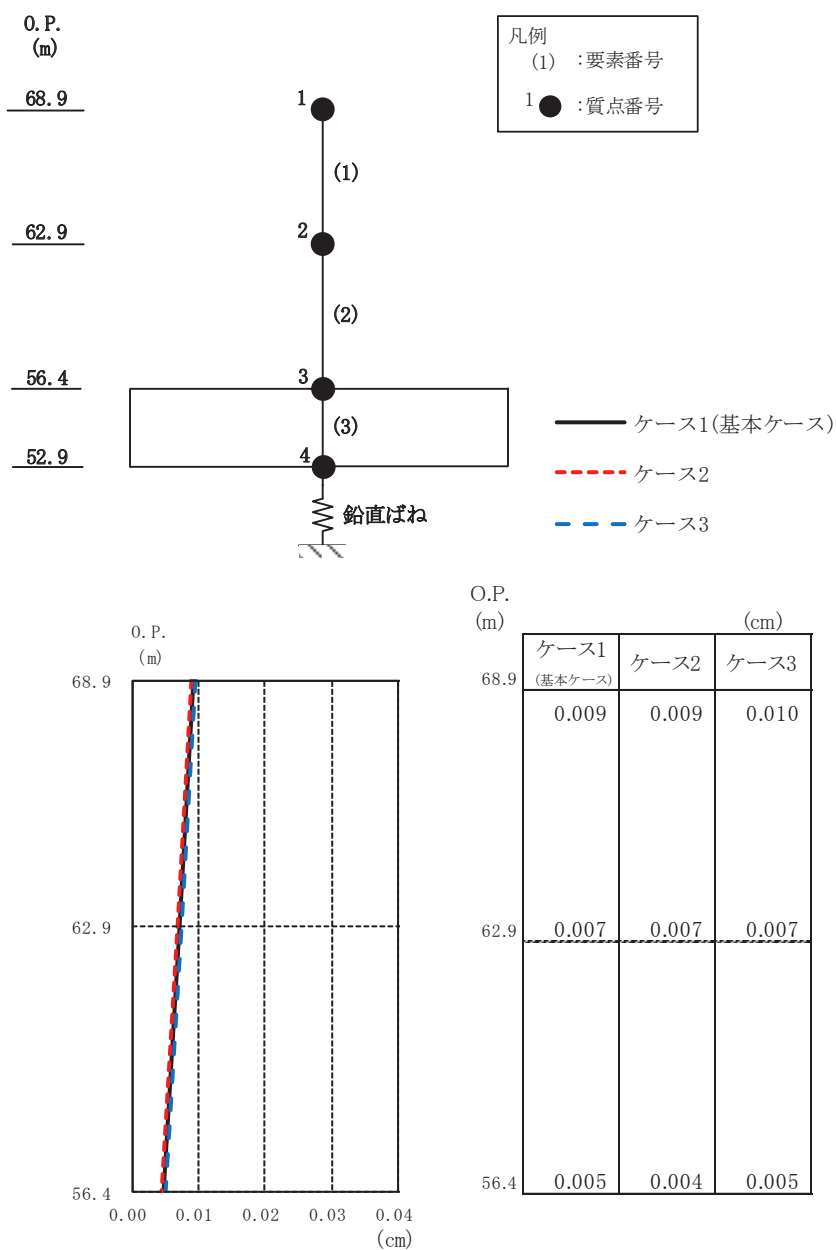
(a) $S_s - D_2$

図 2-24(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , UD 方向) (1/3)



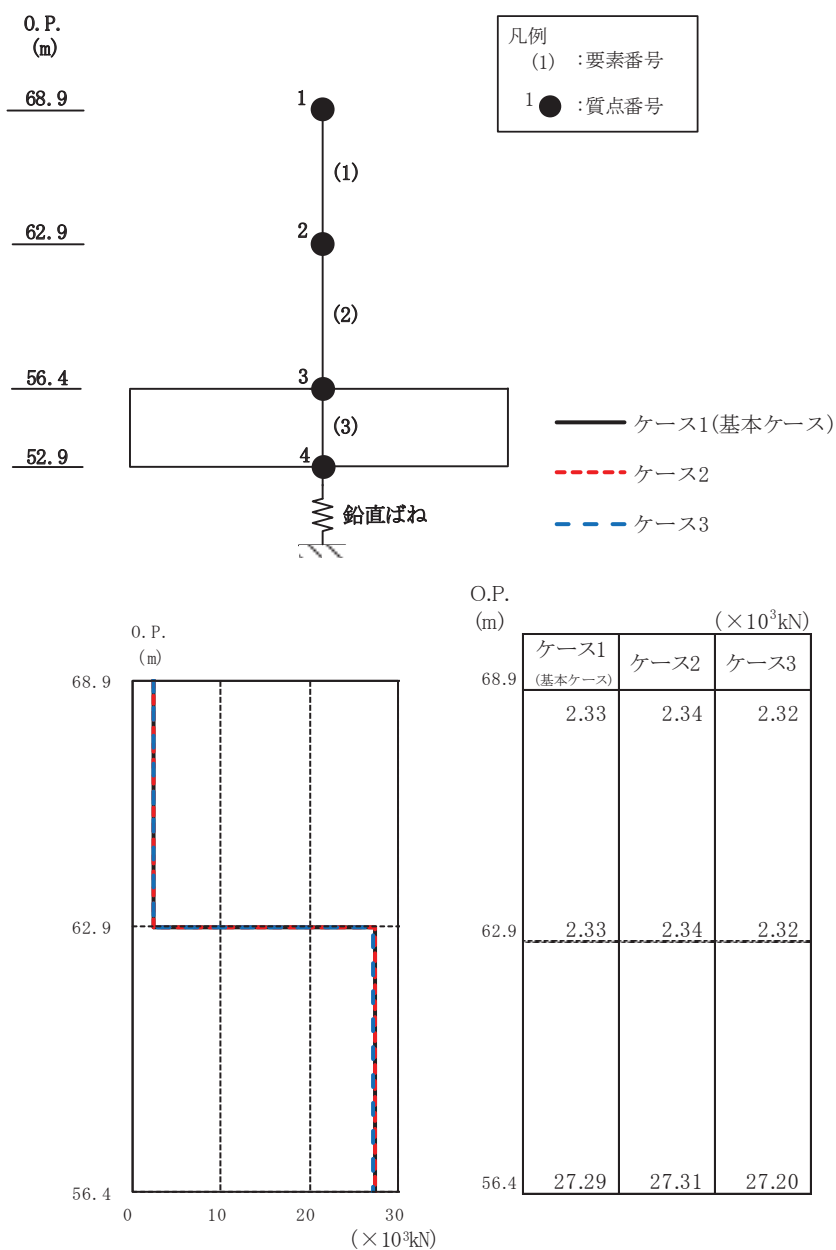
(b) $S_s - D_3$

図 2-24(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , UD 方向) (2/3)



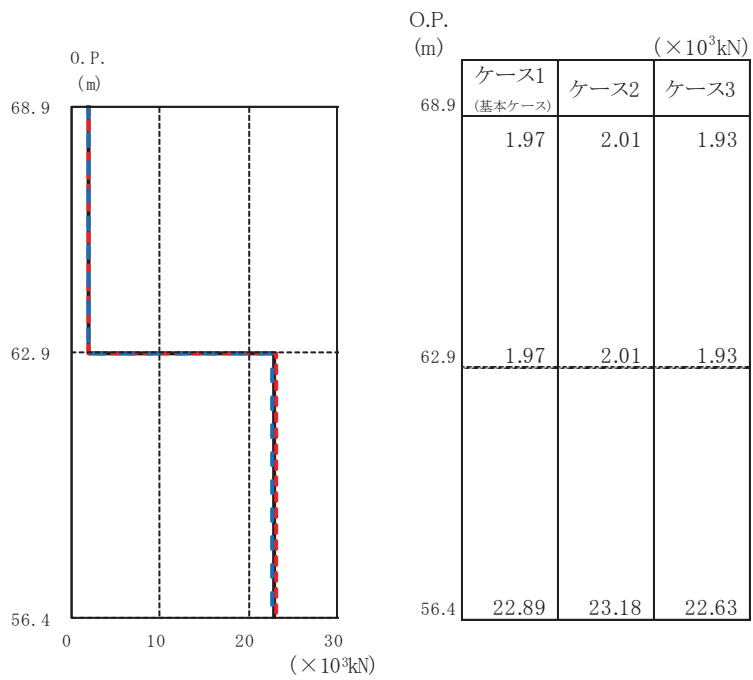
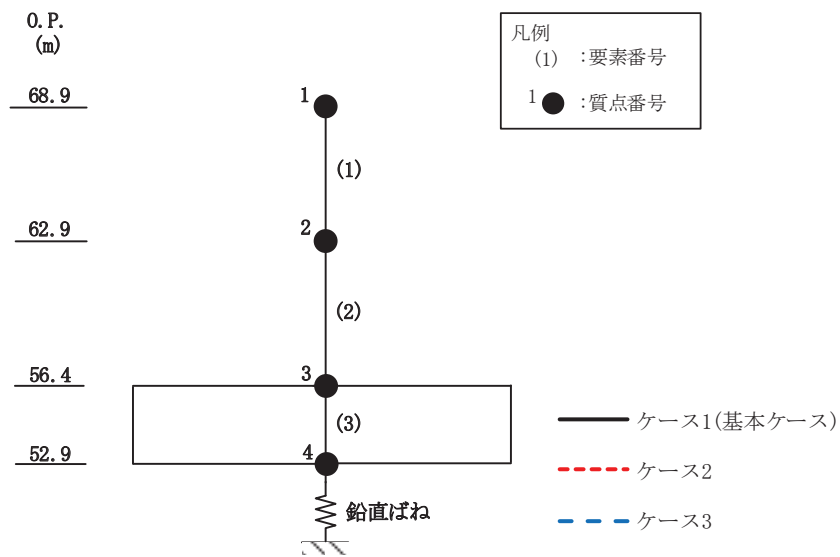
(c) $S_s - F 3$

図 2-24(3) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , UD 方向) (3/3)



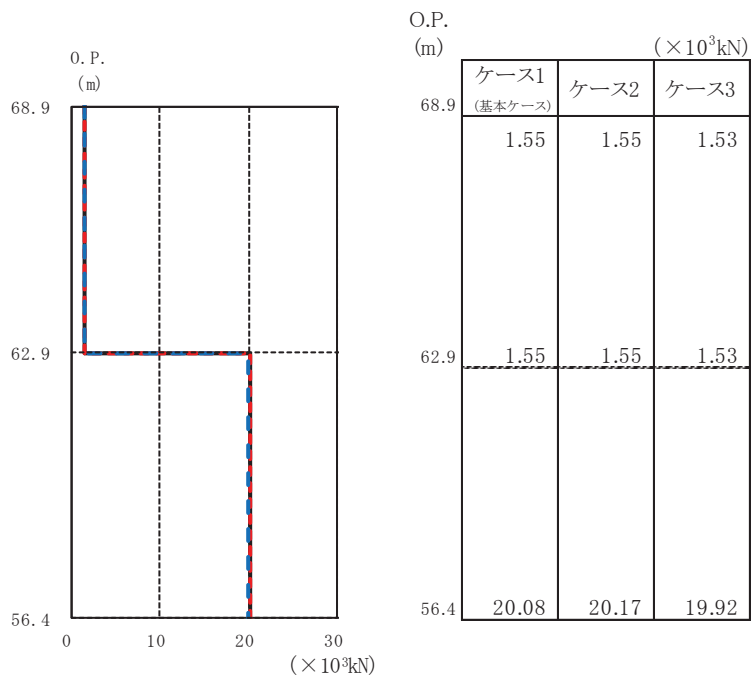
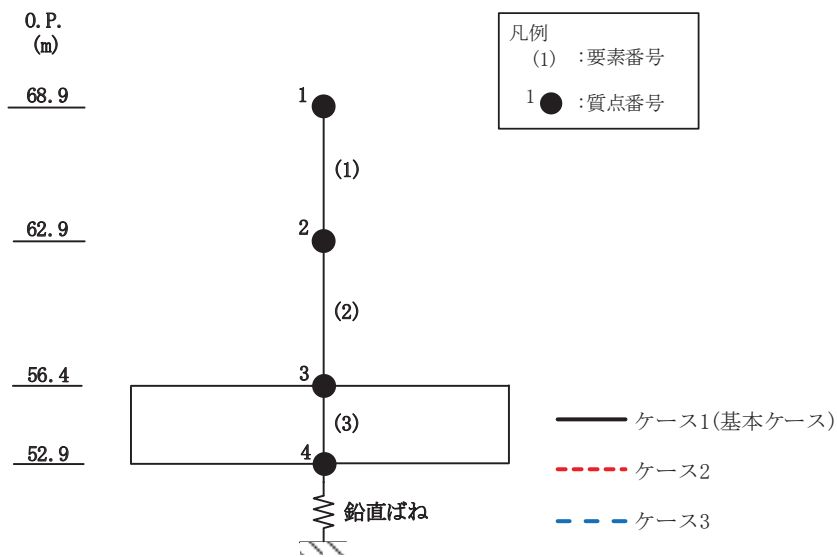
(a) S_s-D 2

図 2-25(1) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s, UD 方向) (1/3)



(b) $S_s - D3$

図 2-25(2) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s , UD 方向) (2/3)



(c) S_s - F 3

図 2-25(3) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s, UD 方向) (3/3)

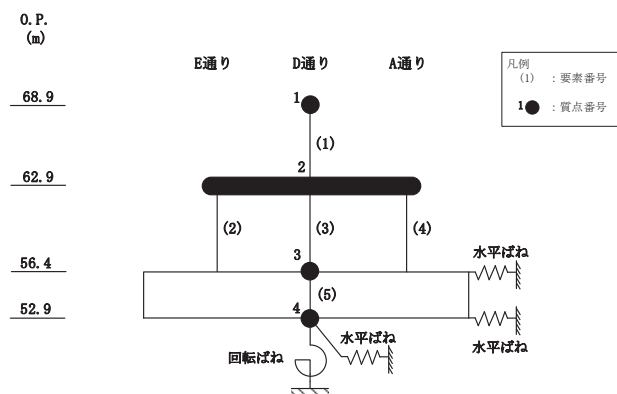
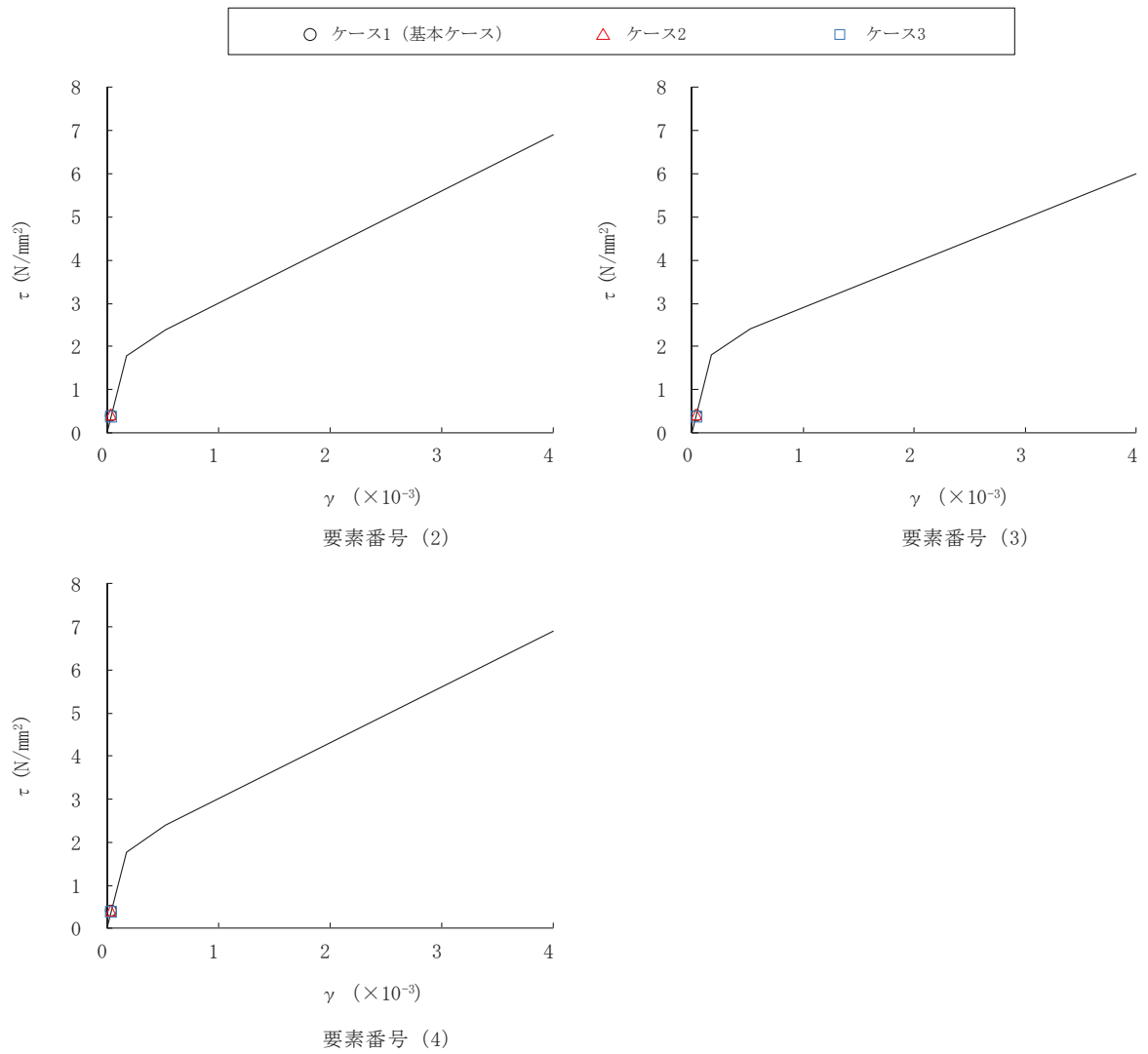


図 2-26 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)

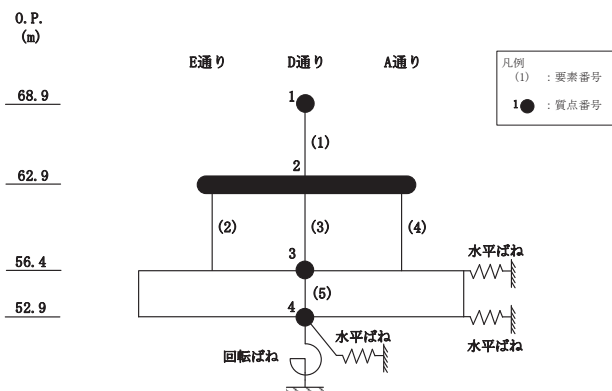
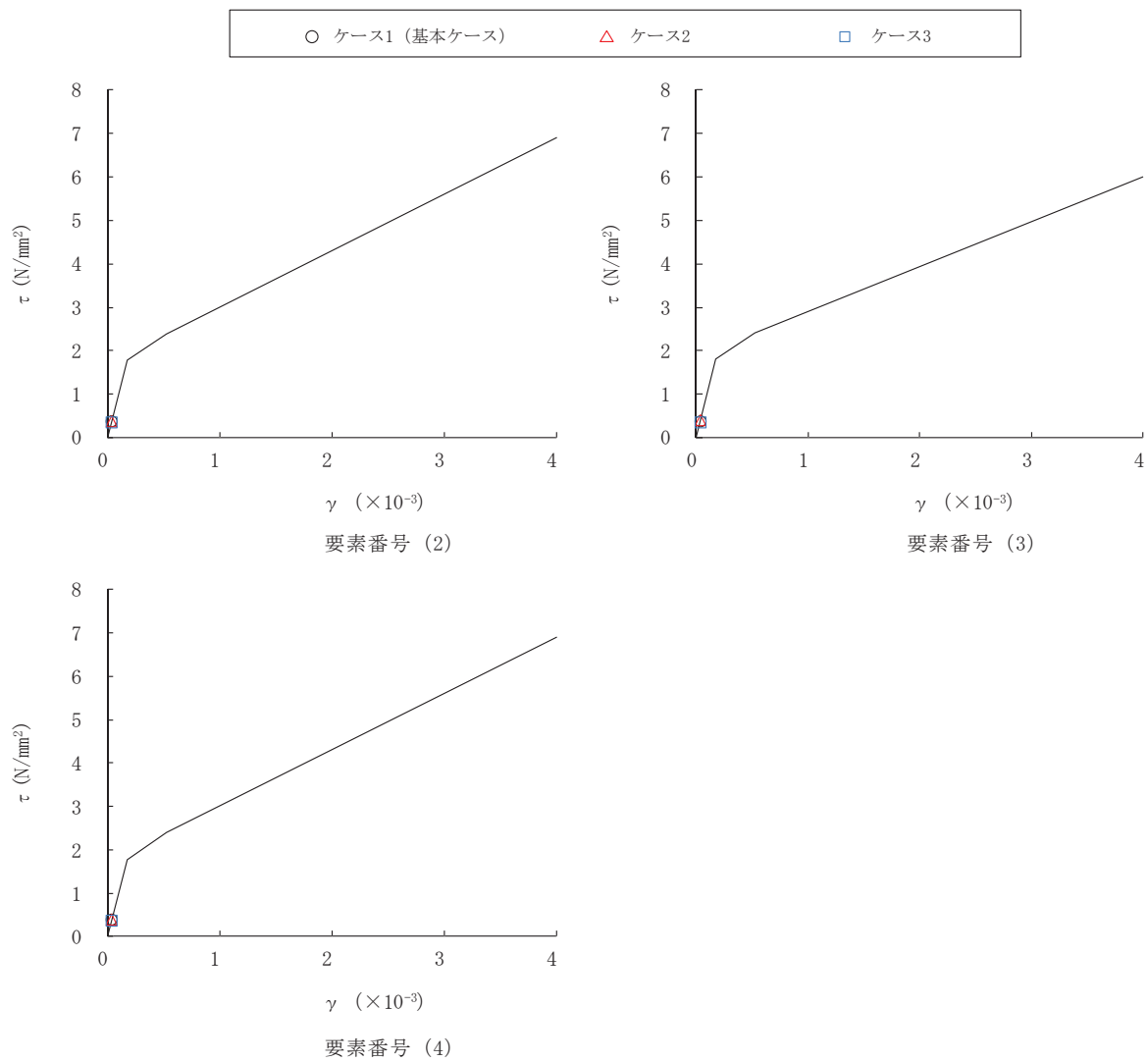


図 2-27 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, NS 方向)

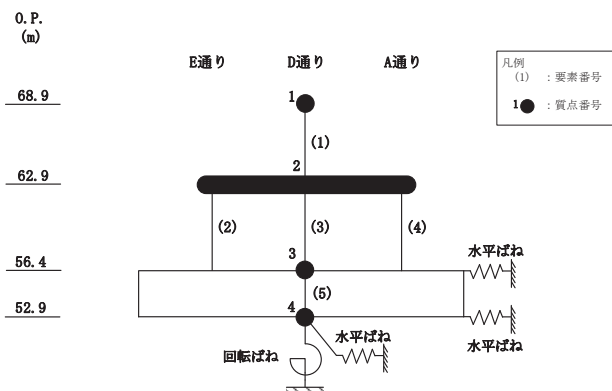
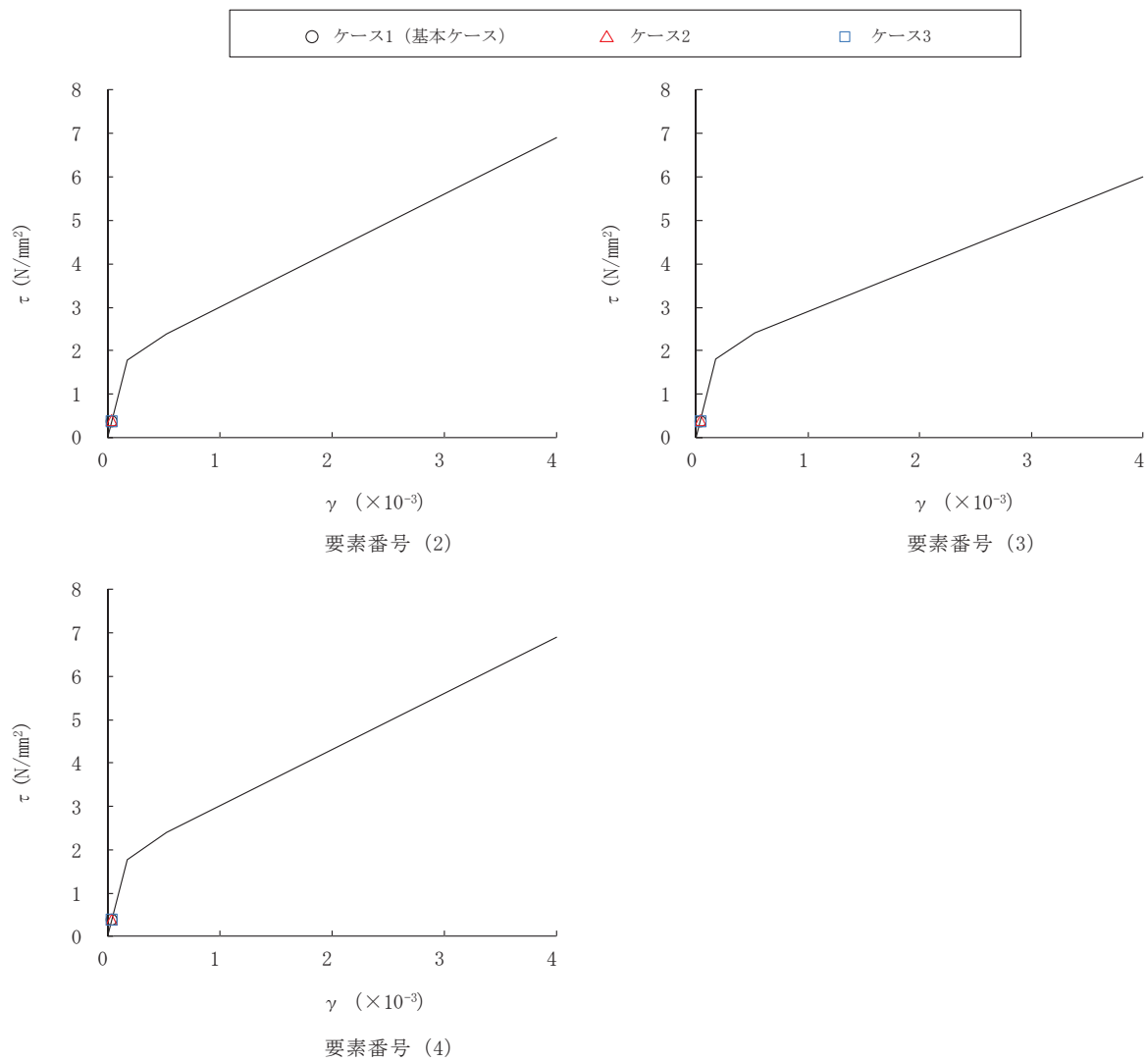


図 2-28 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)

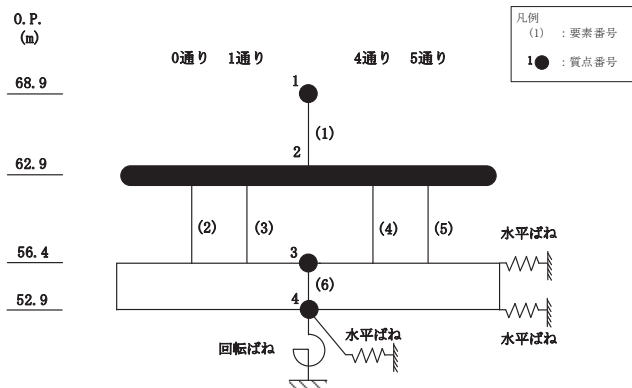
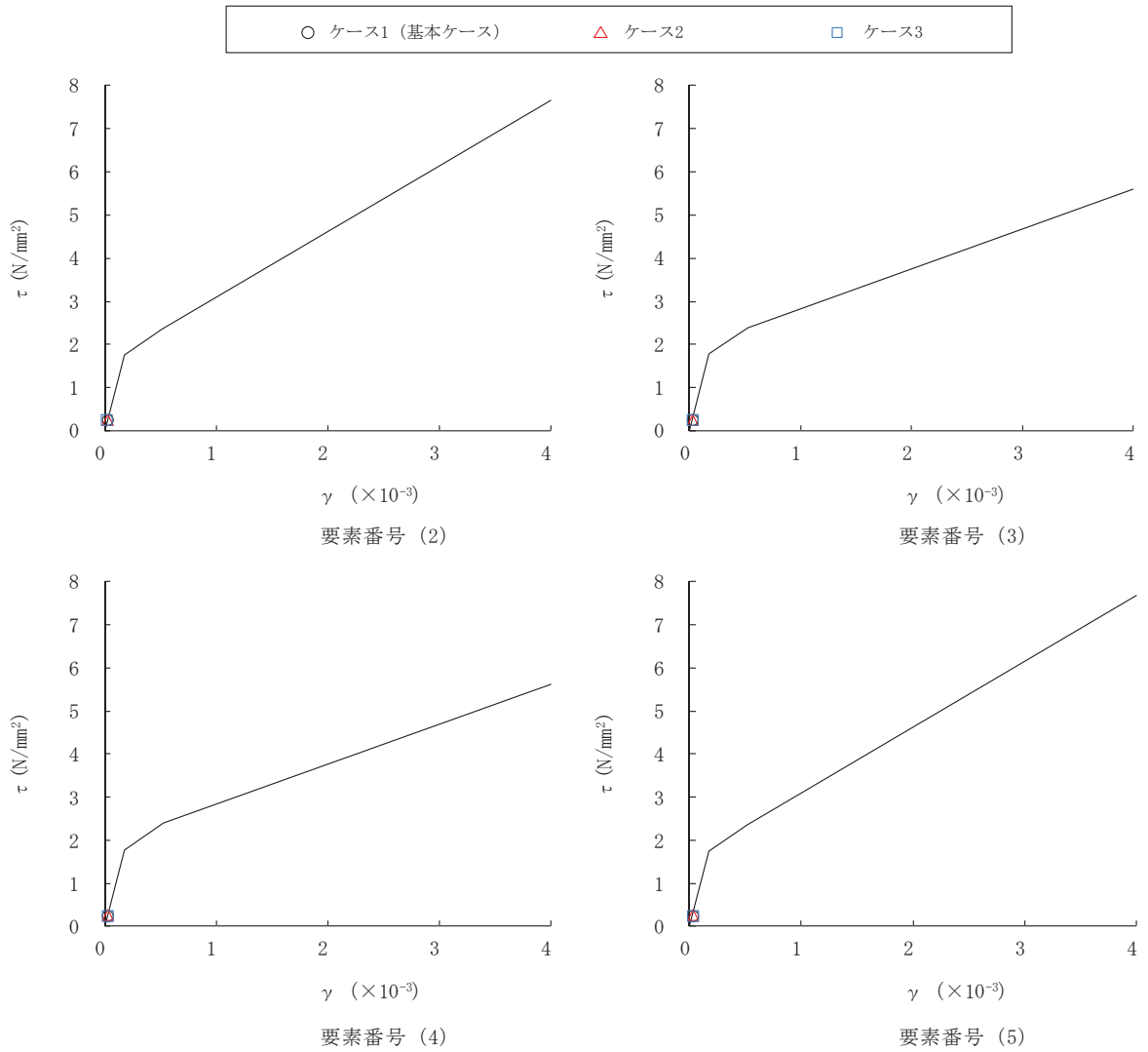


図 2-29 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)

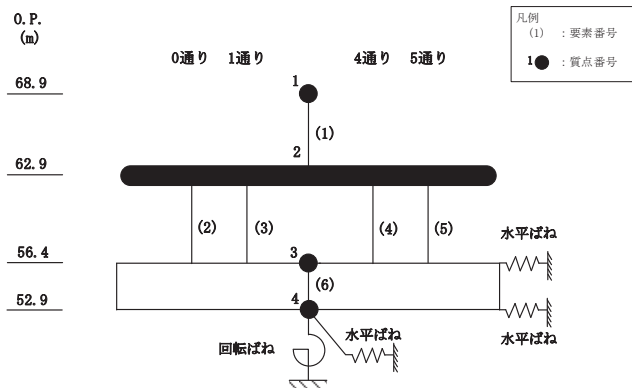
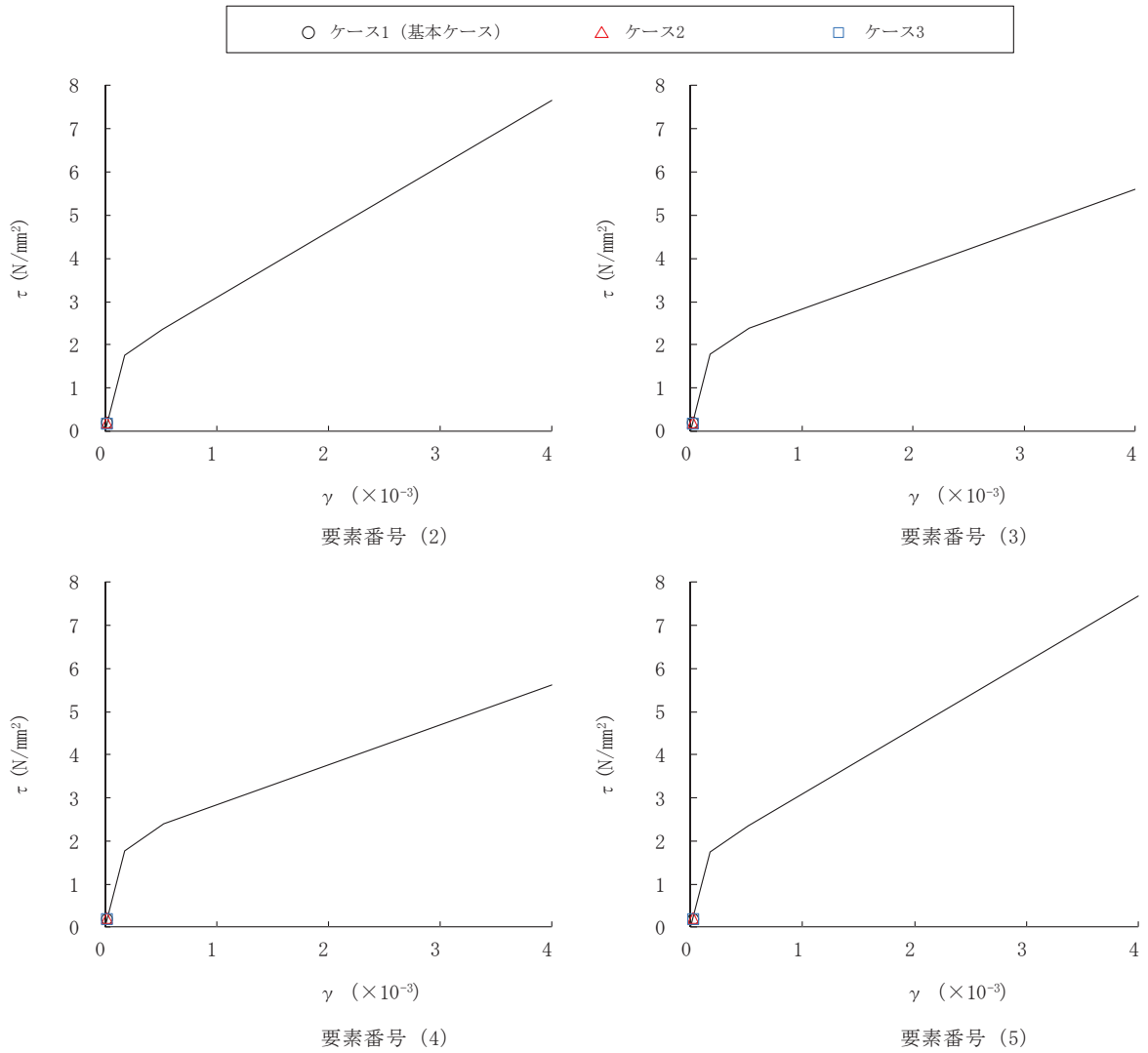


図 2-30 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, EW 方向)

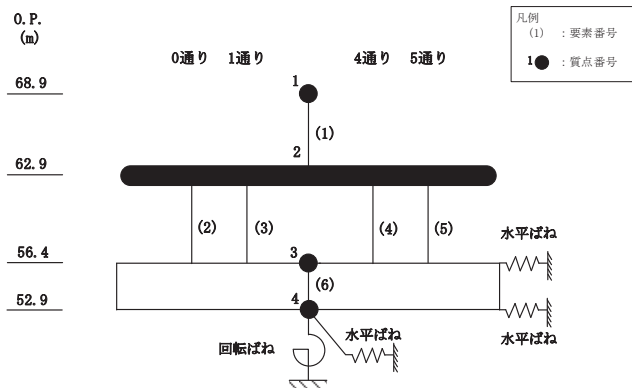
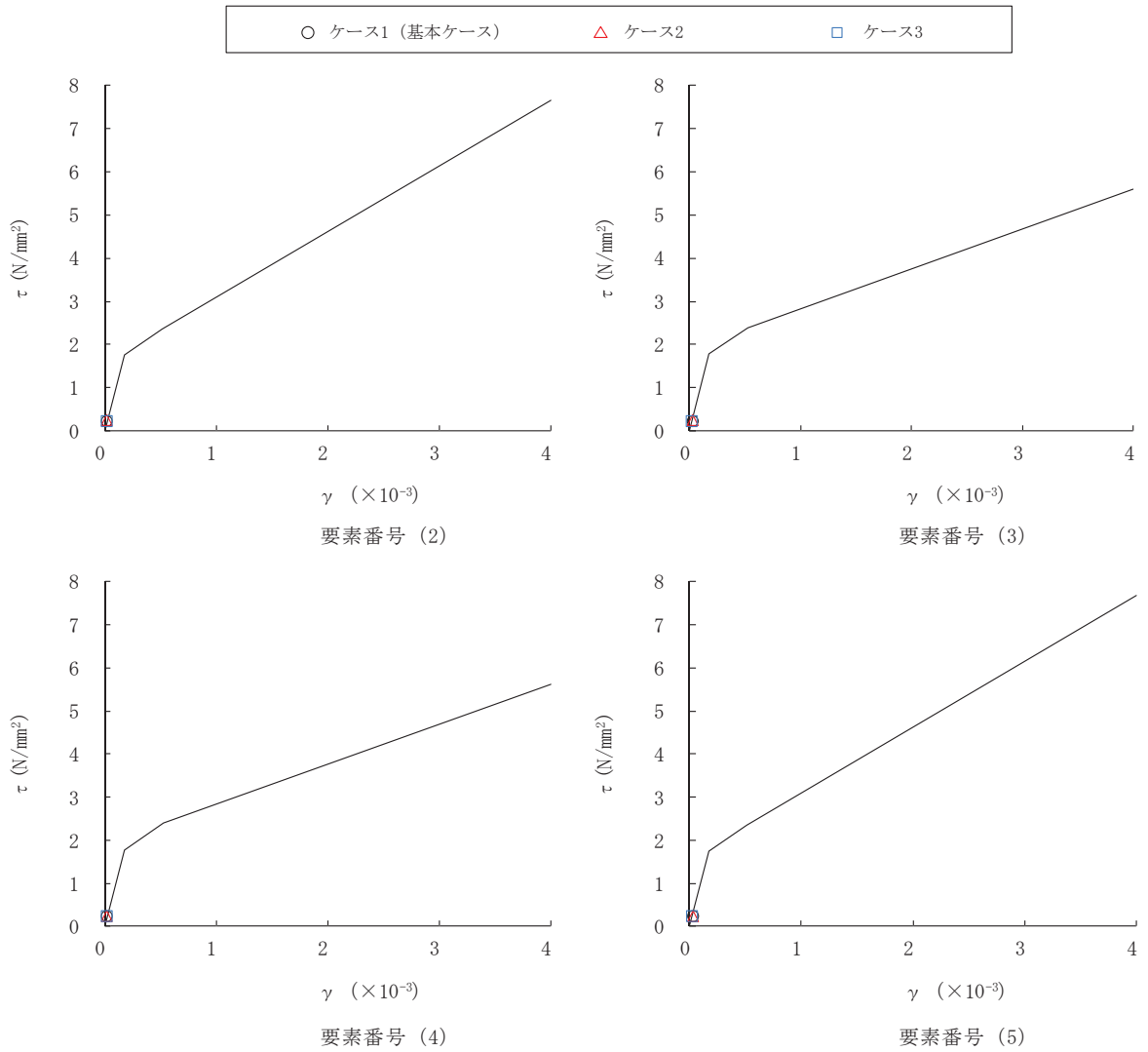
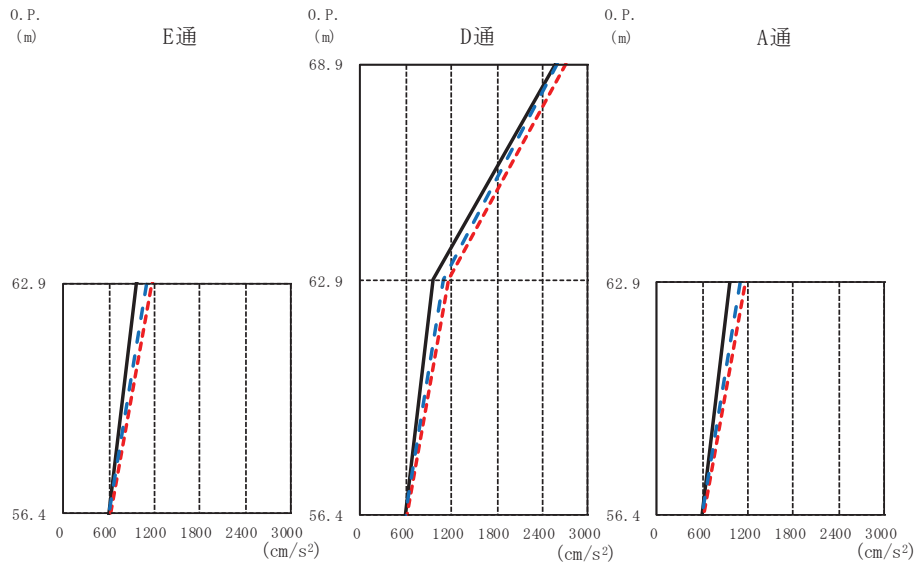
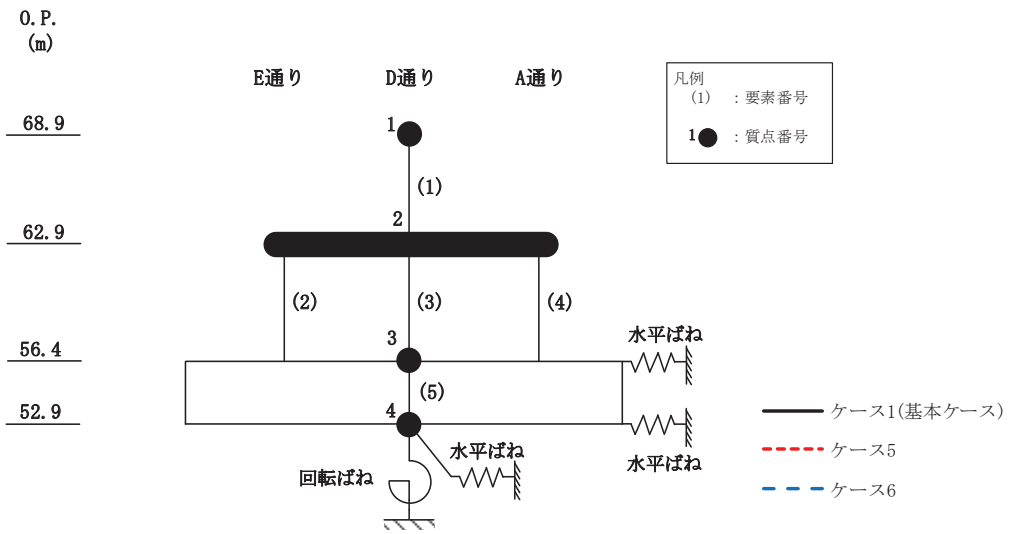


図 2-31 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

2.3 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ

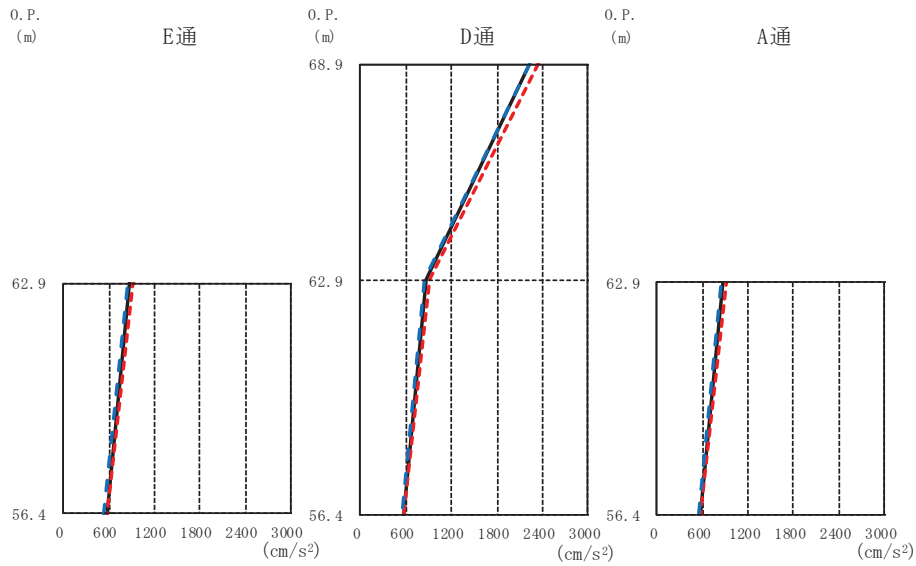
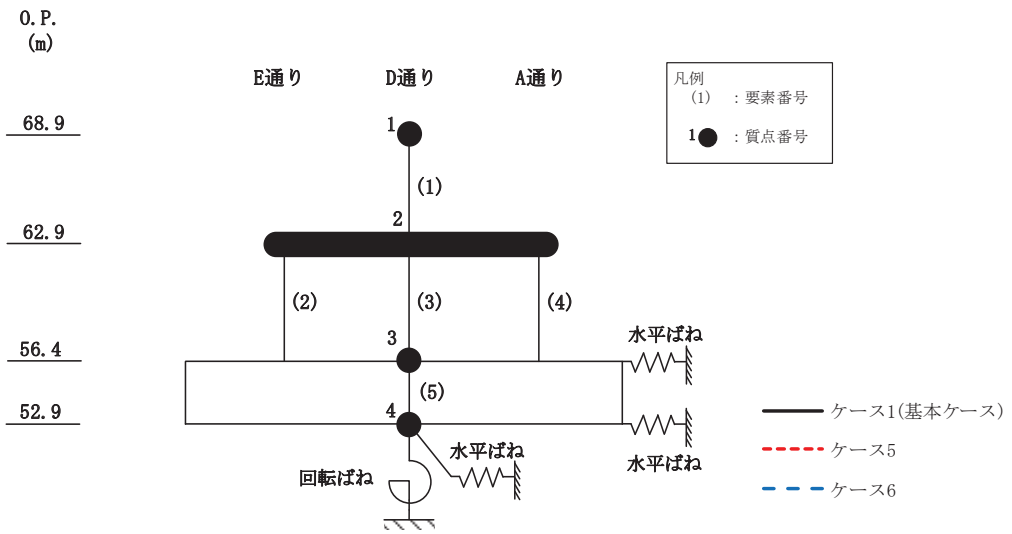
建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を図 2-32～図 2-45 に示す。



		E通			D通			A通			
		(cm/s ²)			(cm/s ²)			(cm/s ²)			
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
68.9				68.9	2580	2710	2585	68.9			
62.9	957	1162	1094	62.9	957	1162	1094	62.9	957	1162	1094
56.4	594	614	592	56.4	594	614	592	56.4	594	614	592

(a) S_s - D 2

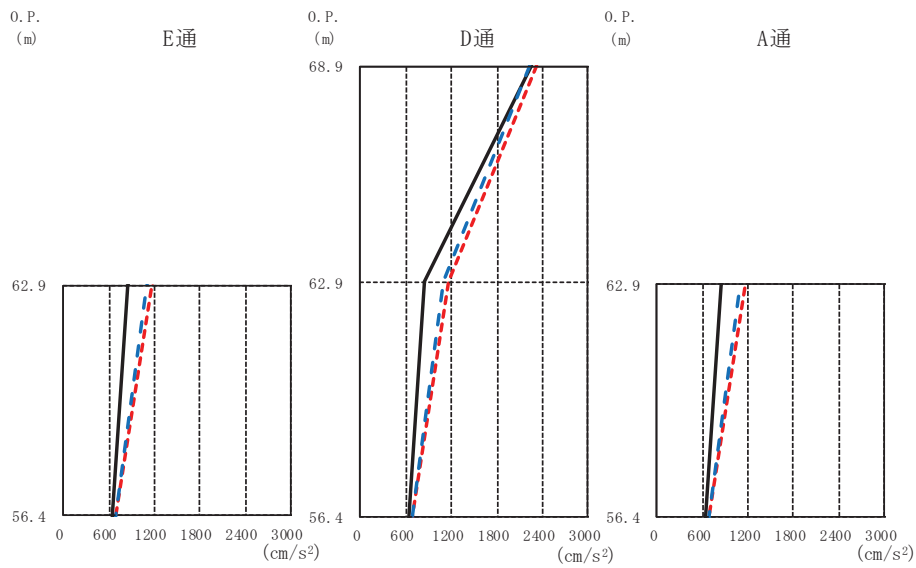
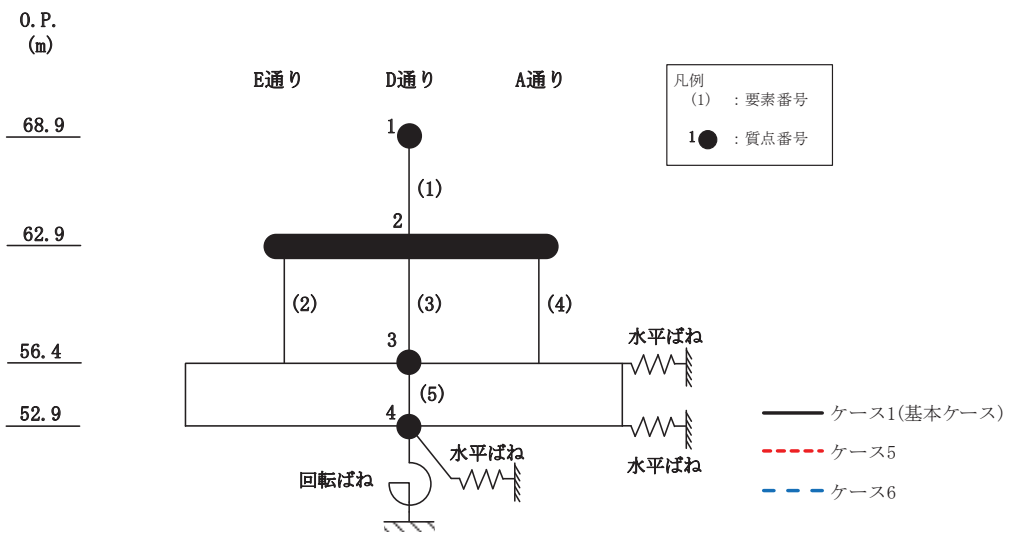
図 2-32(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (1/3)



		E通			D通			A通			
		(cm/s ²)			(cm/s ²)			(cm/s ²)			
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
68.9				68.9	2235	2336	2220	68.9			
62.9	877	922	848	62.9	877	922	848	62.9	877	922	848
56.4	563	565	538	56.4	563	565	538	56.4	563	565	538

(b) S_s - D 3

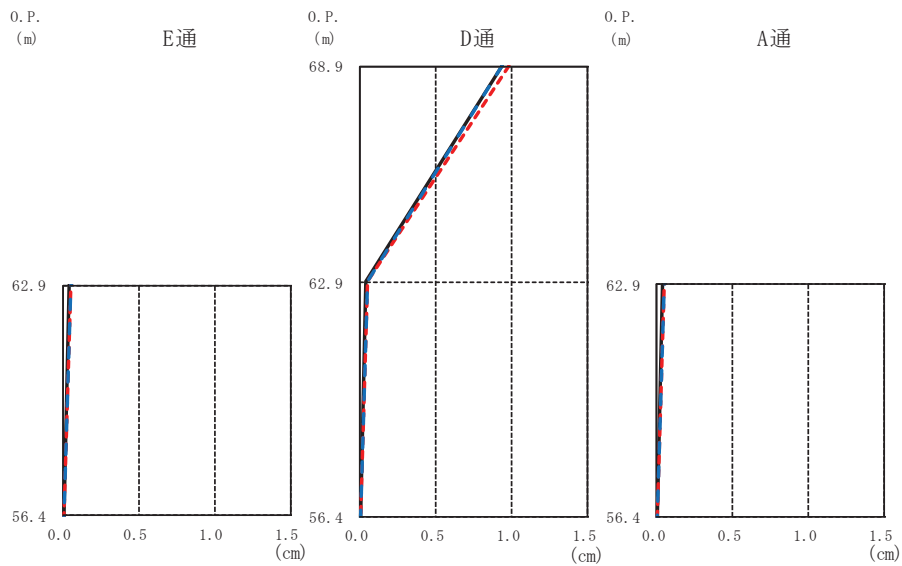
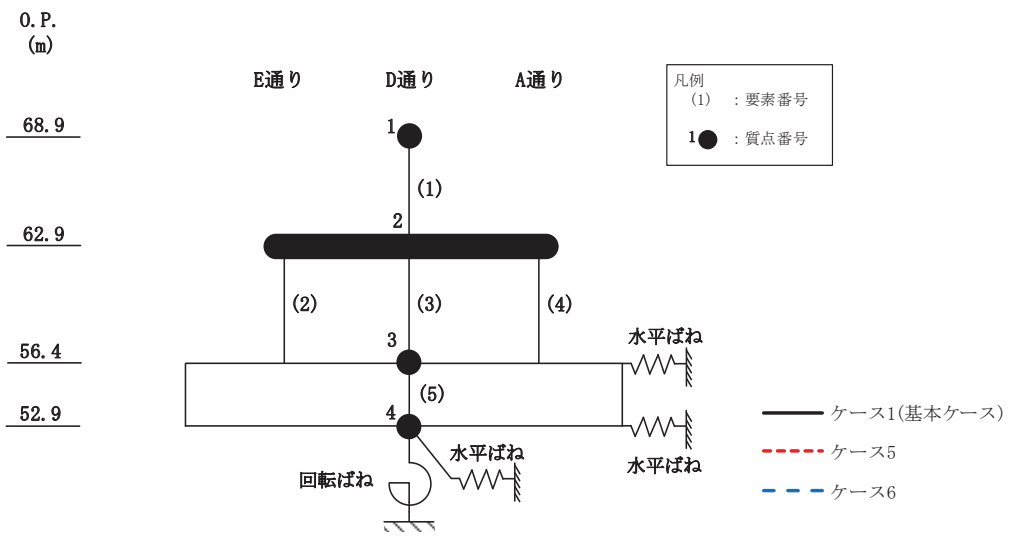
図 2-32(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/3)



E通				D通			A通				
				(cm/s ²)							
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
68.9				68.9	2253	2331	2221	68.9			
62.9	838	1159	1092	62.9	838	1159	1092	62.9	838	1159	1092
56.4	644	686	682	56.4	644	686	682	56.4	644	686	682

(c) S_s - F 3

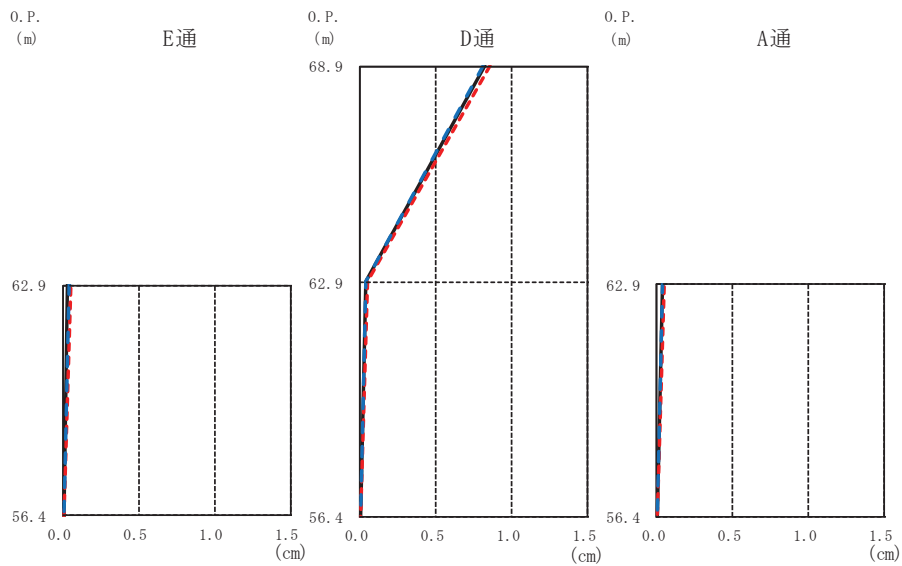
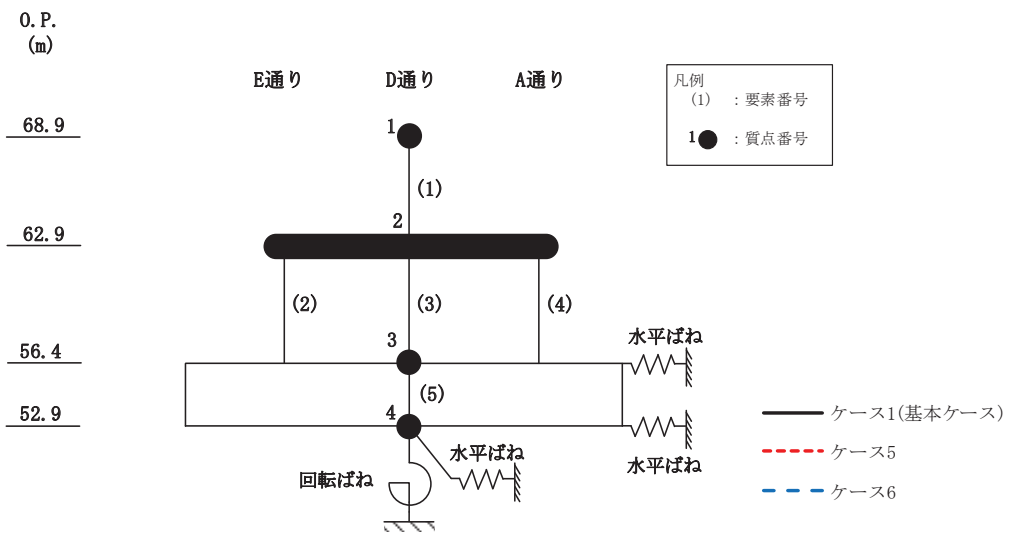
図 2-32(3) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (3/3)



E通				D通			A通				
				(cm)							
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
68.9				68.9	0.93	0.98	0.94	68.9			
62.9	0.03	0.05	0.05	62.9	0.03	0.05	0.05	62.9	0.03	0.05	0.05
56.4	0.00	0.01	0.01	56.4	0.00	0.01	0.01	56.4	0.00	0.01	0.01

(a) $S_s - D2$

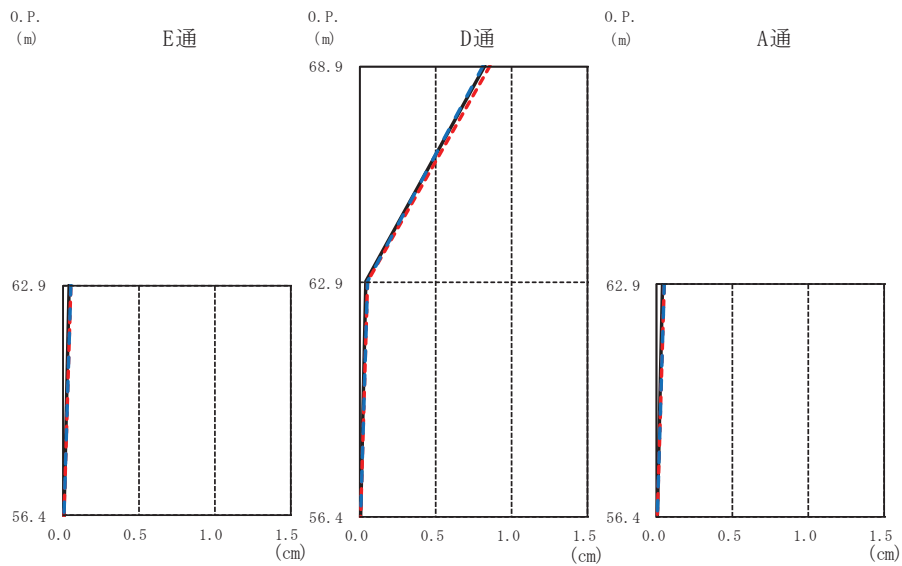
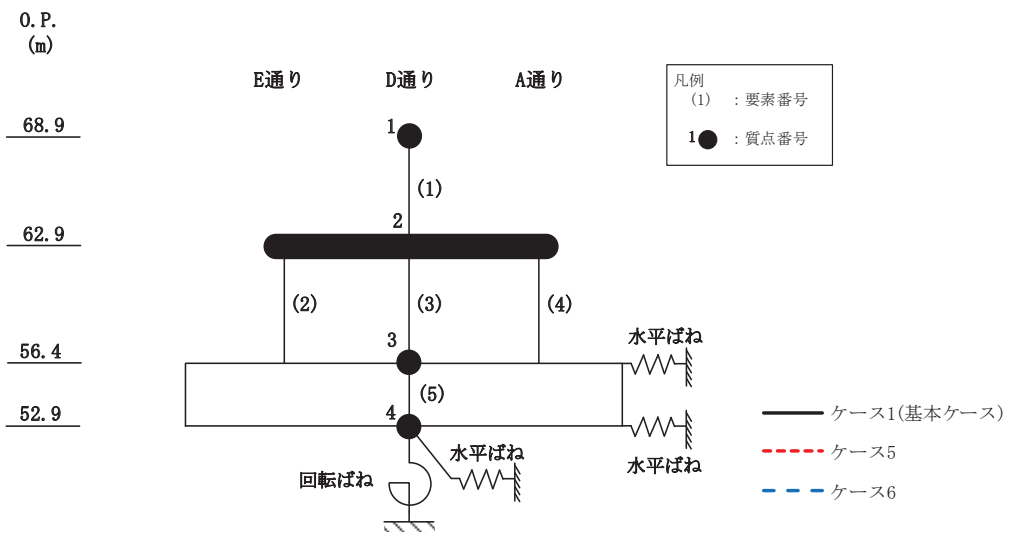
図 2-33(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (1/3)



E通				D通			A通				
				(cm)							
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
68.9				68.9	0.81	0.85	0.81	68.9			
62.9	0.03	0.04	0.04	62.9	0.03	0.04	0.04	62.9	0.03	0.04	0.04
56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00

(b) $S_s - D3$

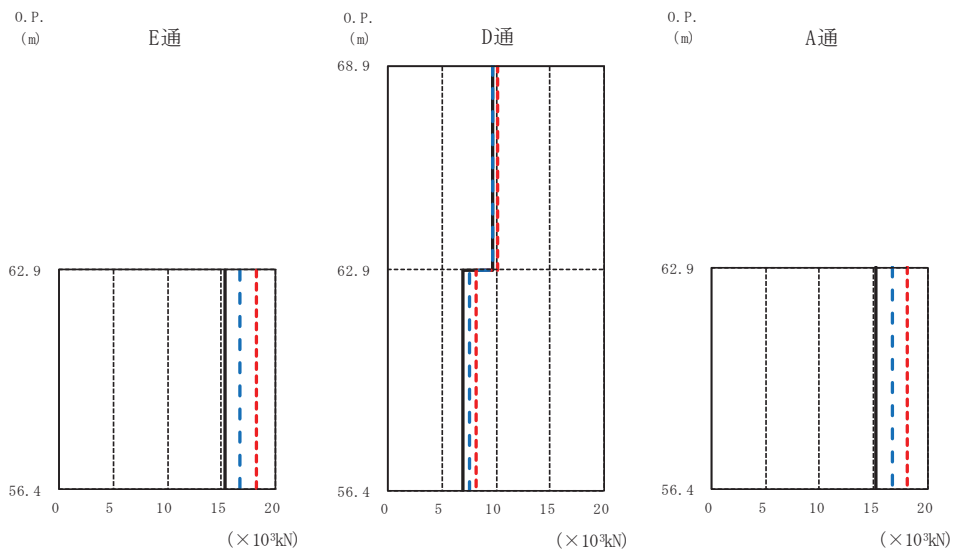
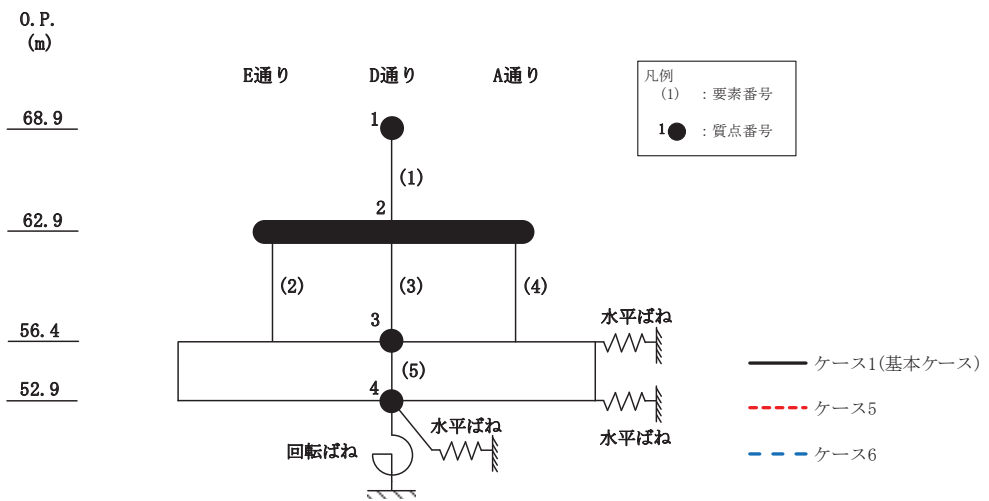
図2-33(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS方向) (2/3)



E通				D通			A通				
				(cm)							
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
68.9				68.9	0.82	0.85	0.81	68.9			
62.9	0.03	0.05	0.04	62.9	0.03	0.05	0.04	62.9	0.03	0.05	0.04
56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00	56.4	0.00	0.00	0.00

(c) $S_s - F3$

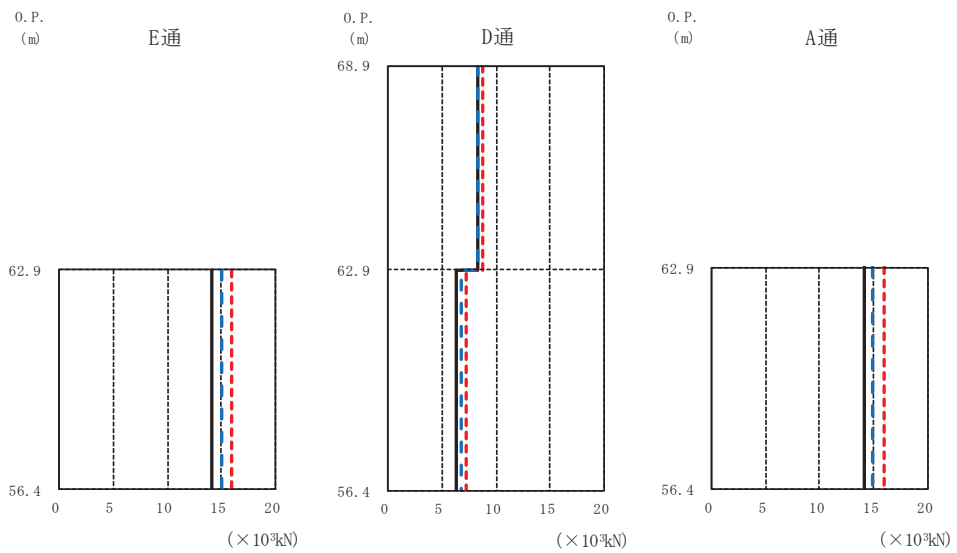
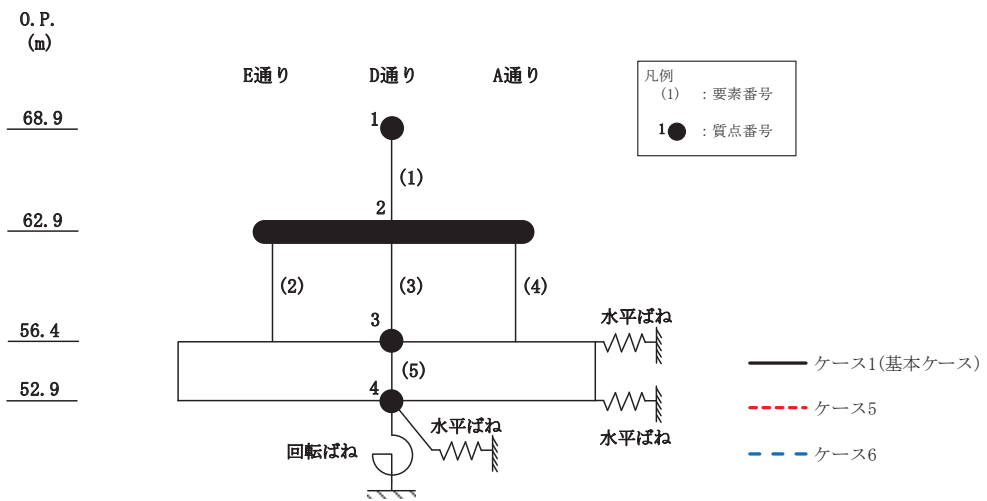
図2-33(3) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS方向) (3/3)



E通			D通			A通			
O.P. (m)			O.P. (m)			O.P. (m)			
ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	
			68.9	9.62	10.10	9.64			
			62.9						
15.29	18.21	16.76	56.4	6.91	8.22	7.57	15.29	18.21	16.76

(a) S s - D 2

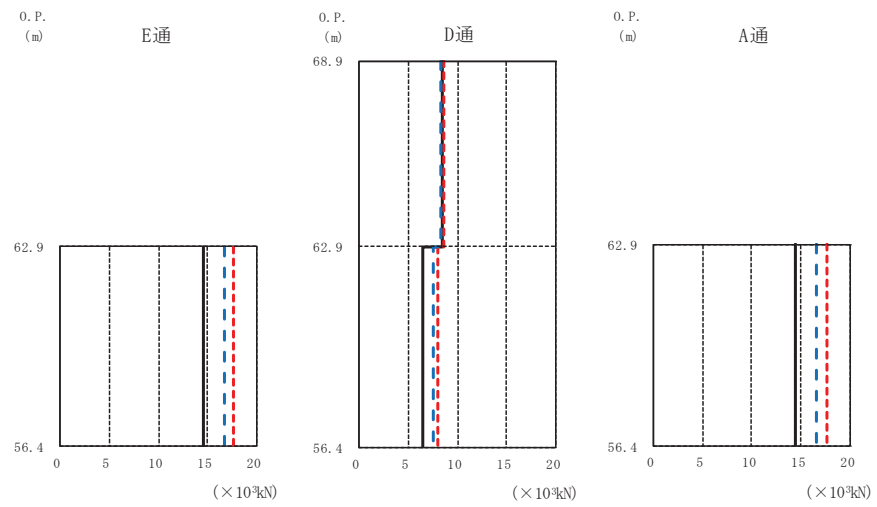
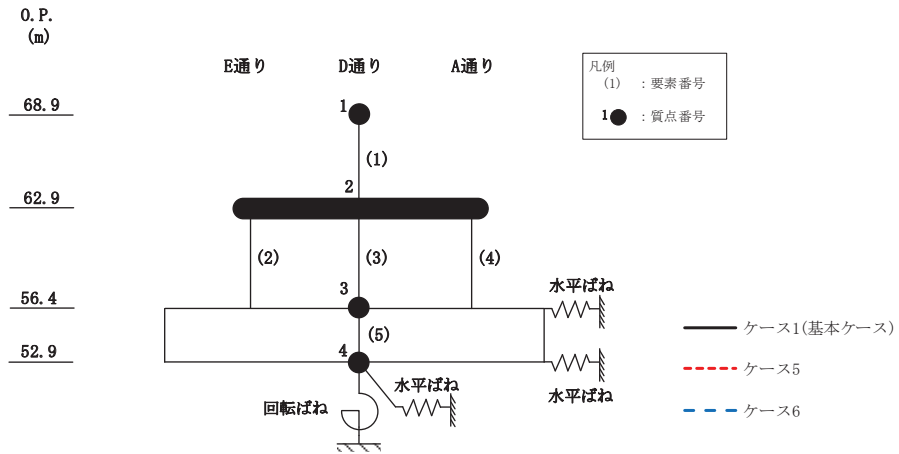
図 2-34(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



E通			D通			A通		
O.P. (m)			O.P. (m)			O.P. (m)		
ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
			68.9	8.33	8.70	8.28		
			62.9					
14.10	15.95	14.96	56.4	6.37	7.20	6.76	14.10	15.96
(×10 ³ kN)			(×10 ³ kN)			(×10 ³ kN)		

(b) S s - D 3

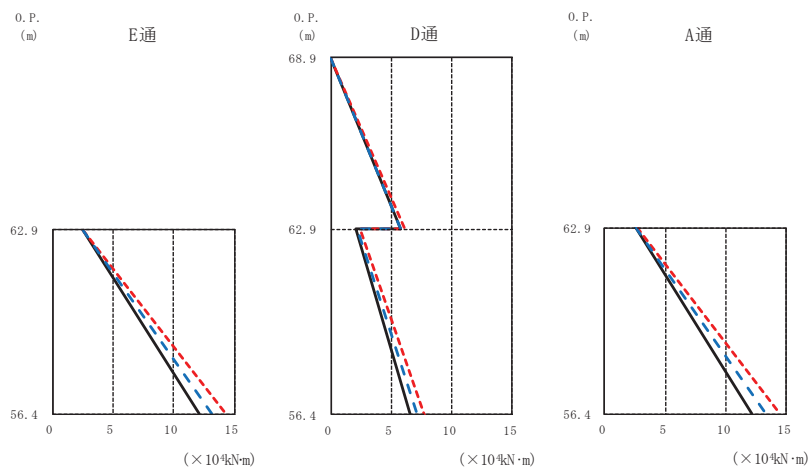
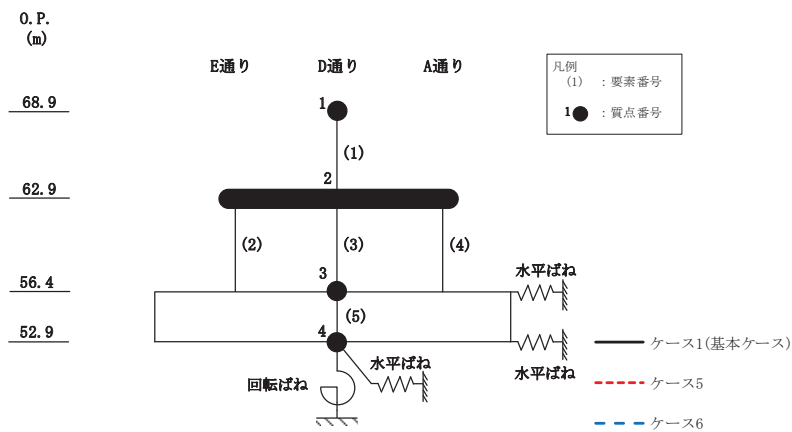
図 2-34(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (2/3)



O.P. (m)		E通			D通			A通		
		($\times 10^3 \text{kN}$)			($\times 10^3 \text{kN}$)			($\times 10^3 \text{kN}$)		
		ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
68.9	62.9				8.40	8.69	8.27			
62.9	56.4	14.52	17.68	16.69	6.56	7.98	7.54	14.52	17.68	16.69

(c) S s - F 3

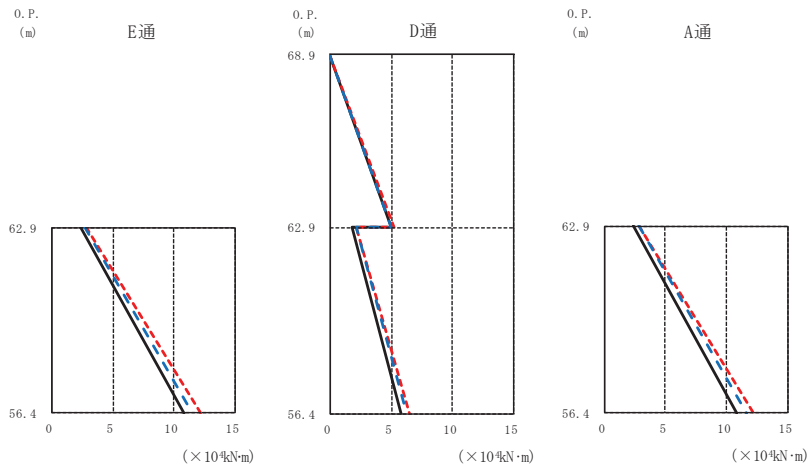
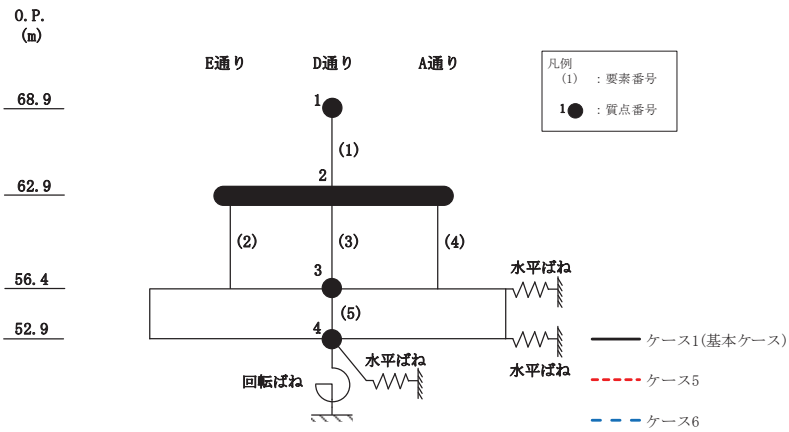
図 2-34(3) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (3/3)



O.P. (m)		E通 (×10 ⁴ kN·m)			D通 (×10 ⁴ kN·m)			A通 (×10 ⁴ kN·m)		
ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6		
68.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		
62.9	2.49	2.54	2.47	5.77	6.06	5.78	2.57	2.62	2.58	
56.4	12.08	14.26	13.14	2.03	2.36	2.20	12.21	14.42	13.29	
52.9				6.52	7.70	7.09				

(a) S s - D 2

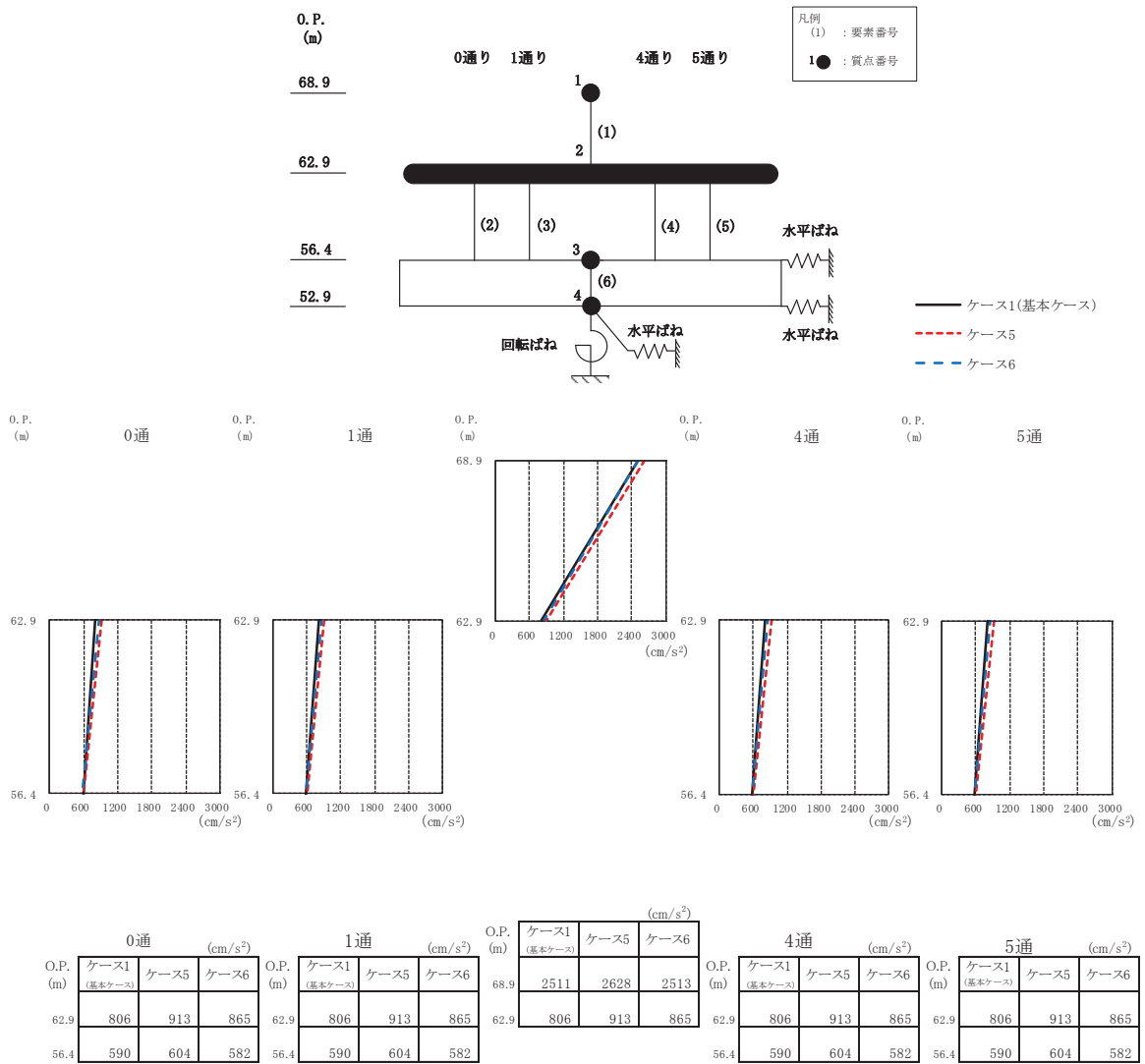
図 2-35(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (1/3)



O.P. (m)		E通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)			D通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)			A通 ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)		
		ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
68.9	62.9	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
62.9	56.4	2.36	2.75	2.70	5.04	5.21	4.96	2.44	2.86	2.81
56.4	52.9	10.79	12.17	11.56	5.79	6.52	6.20	10.91	12.30	11.68

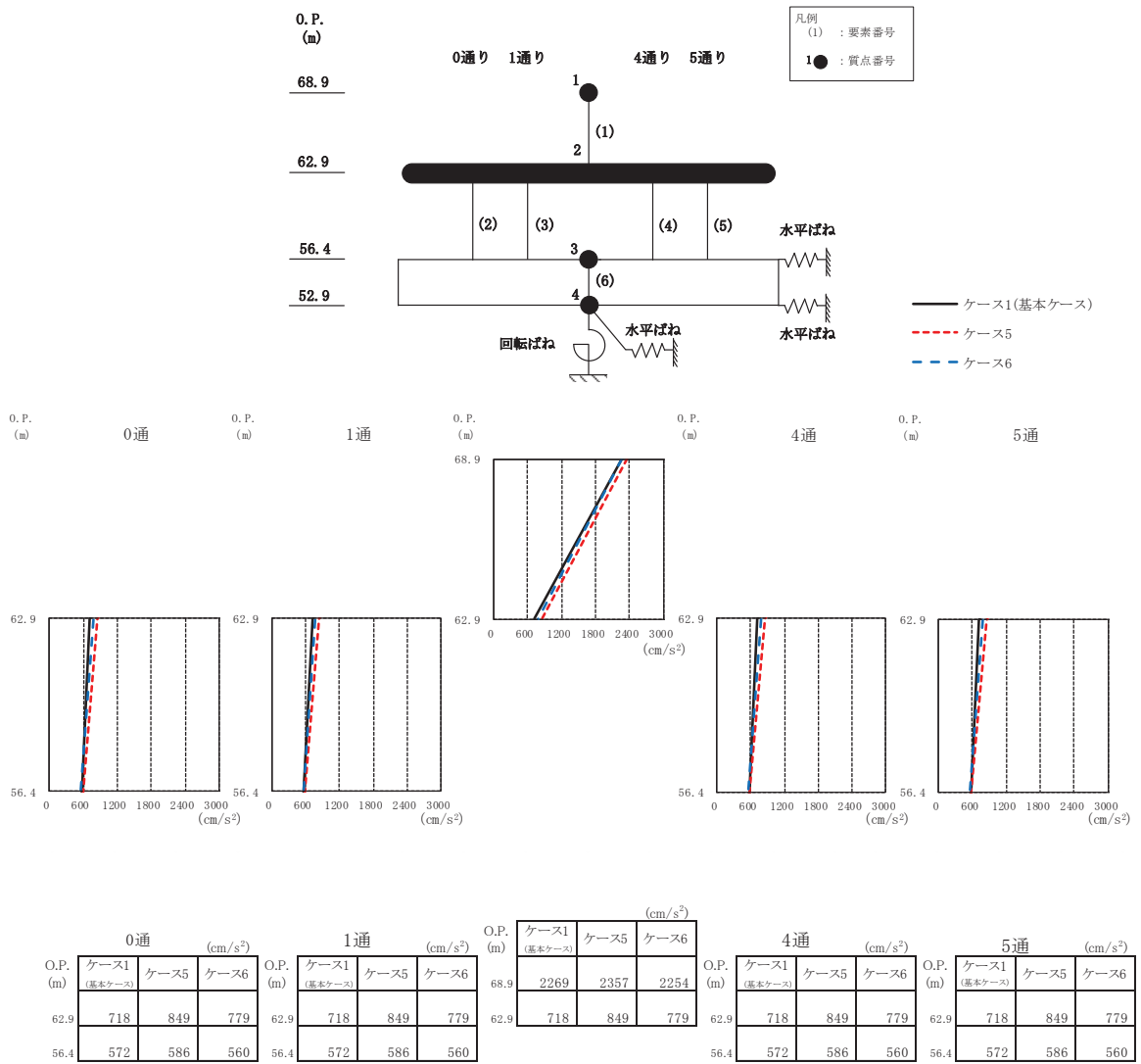
(c) S s - F 3

図 2-35(3) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (3/3)



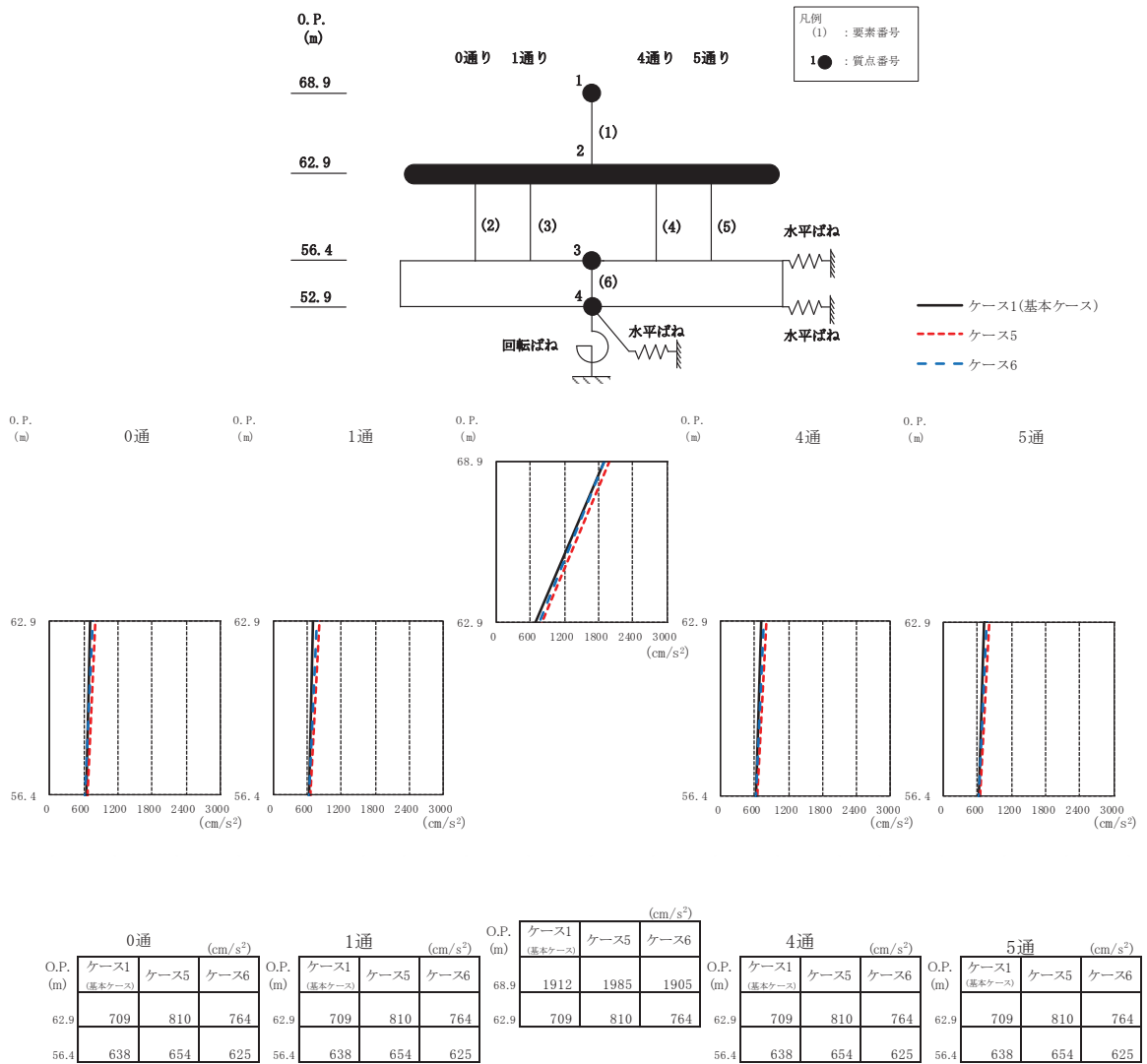
(a) S_s-D2

図2-36(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (1/3)



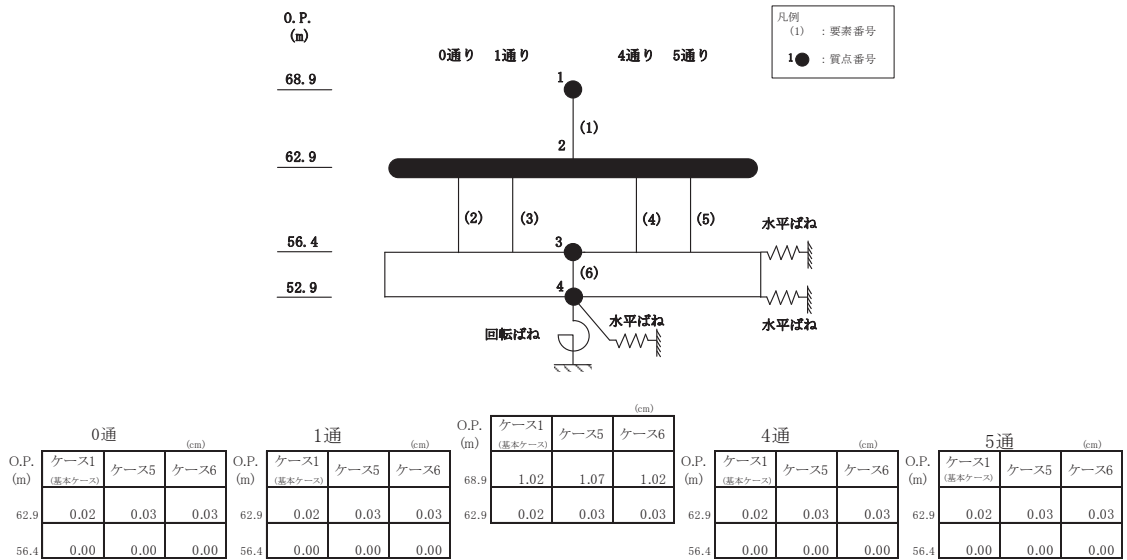
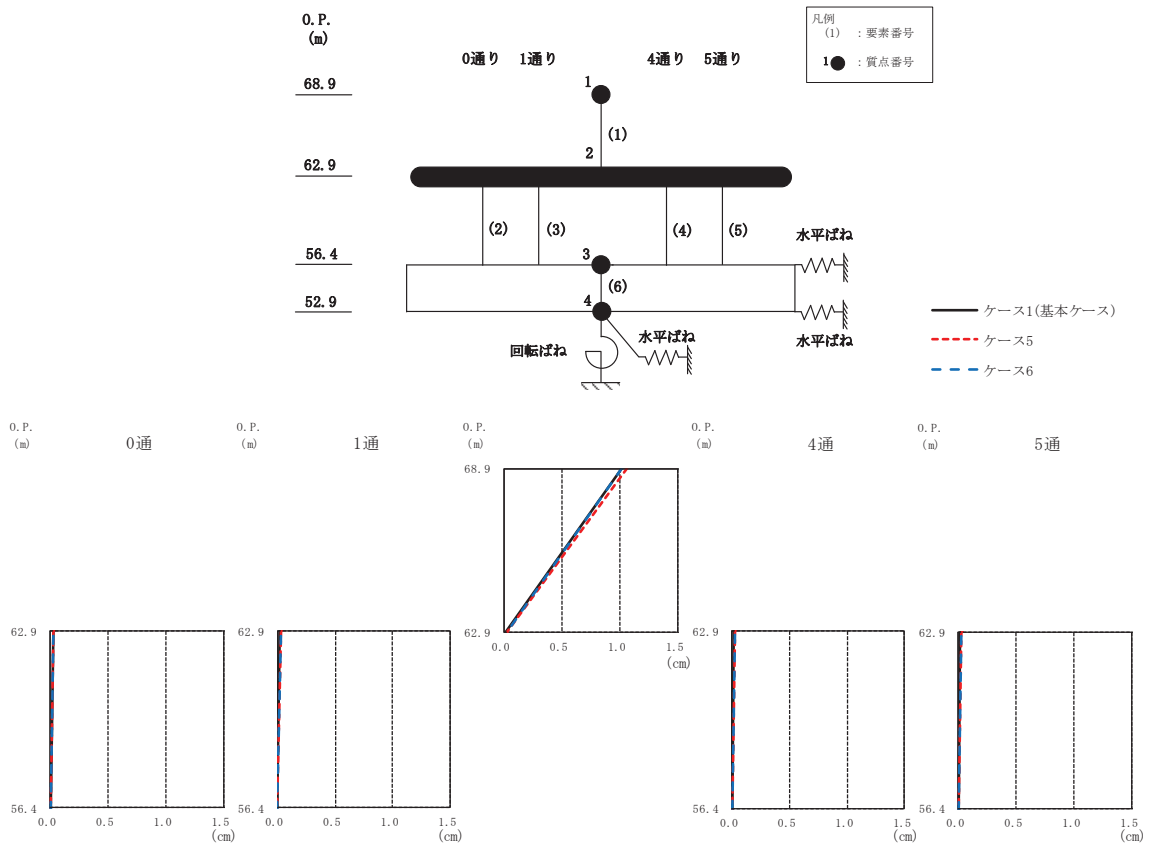
(b) S_s-D3

図2-36(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/3)



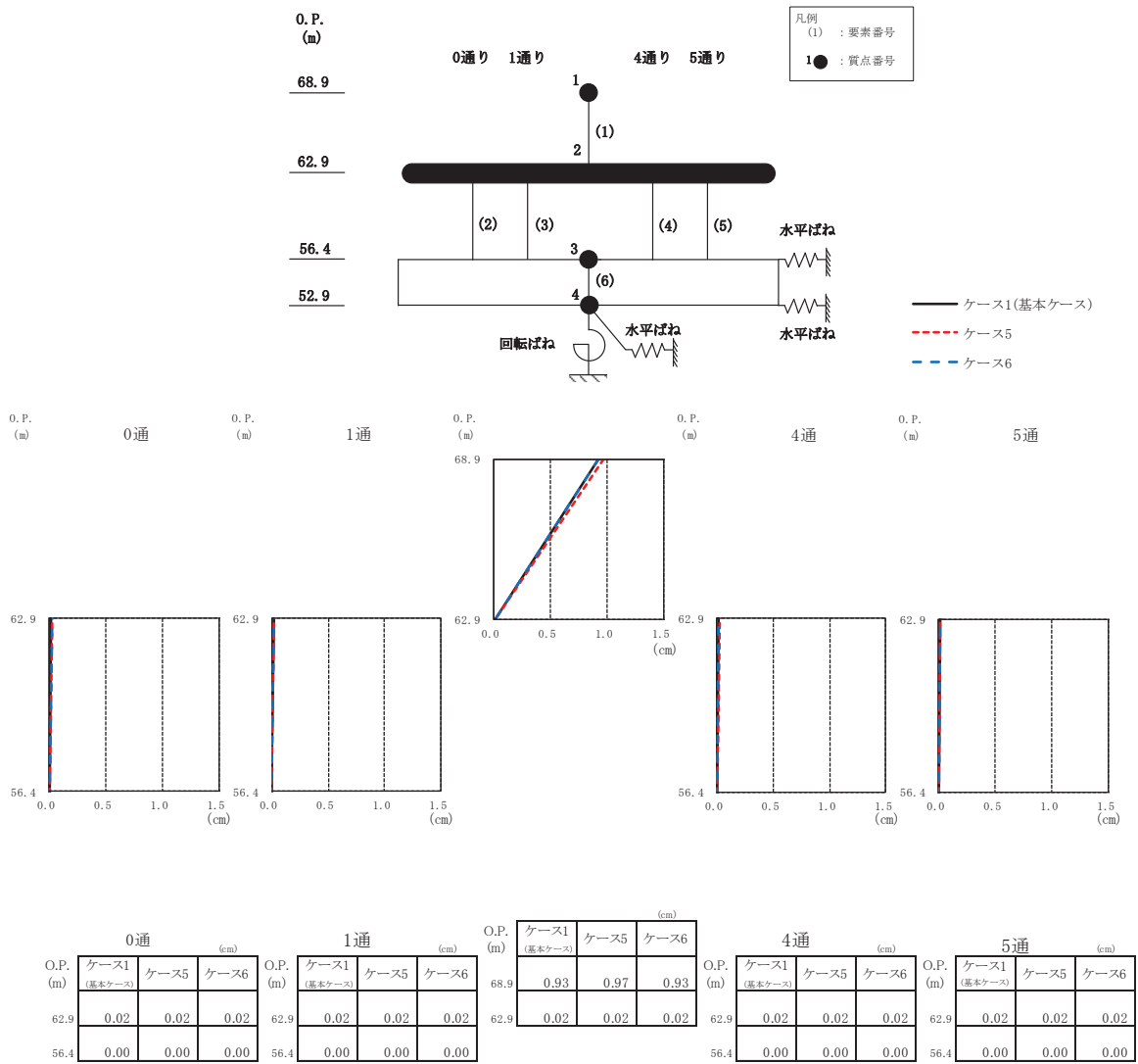
(c) S_s - F 3

図 2-36(3) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (3/3)



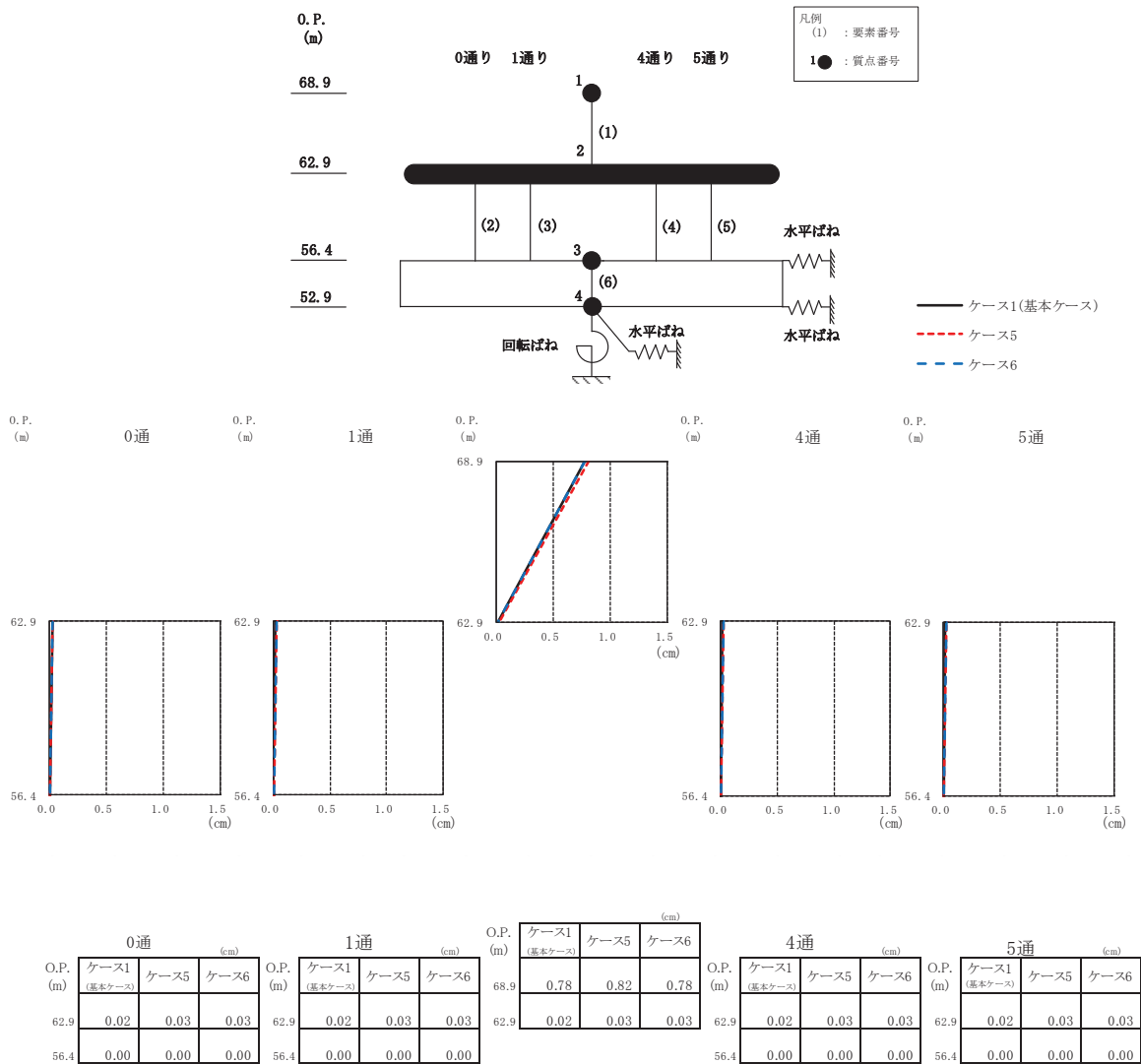
(a) S s - D 2

図 2-37(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



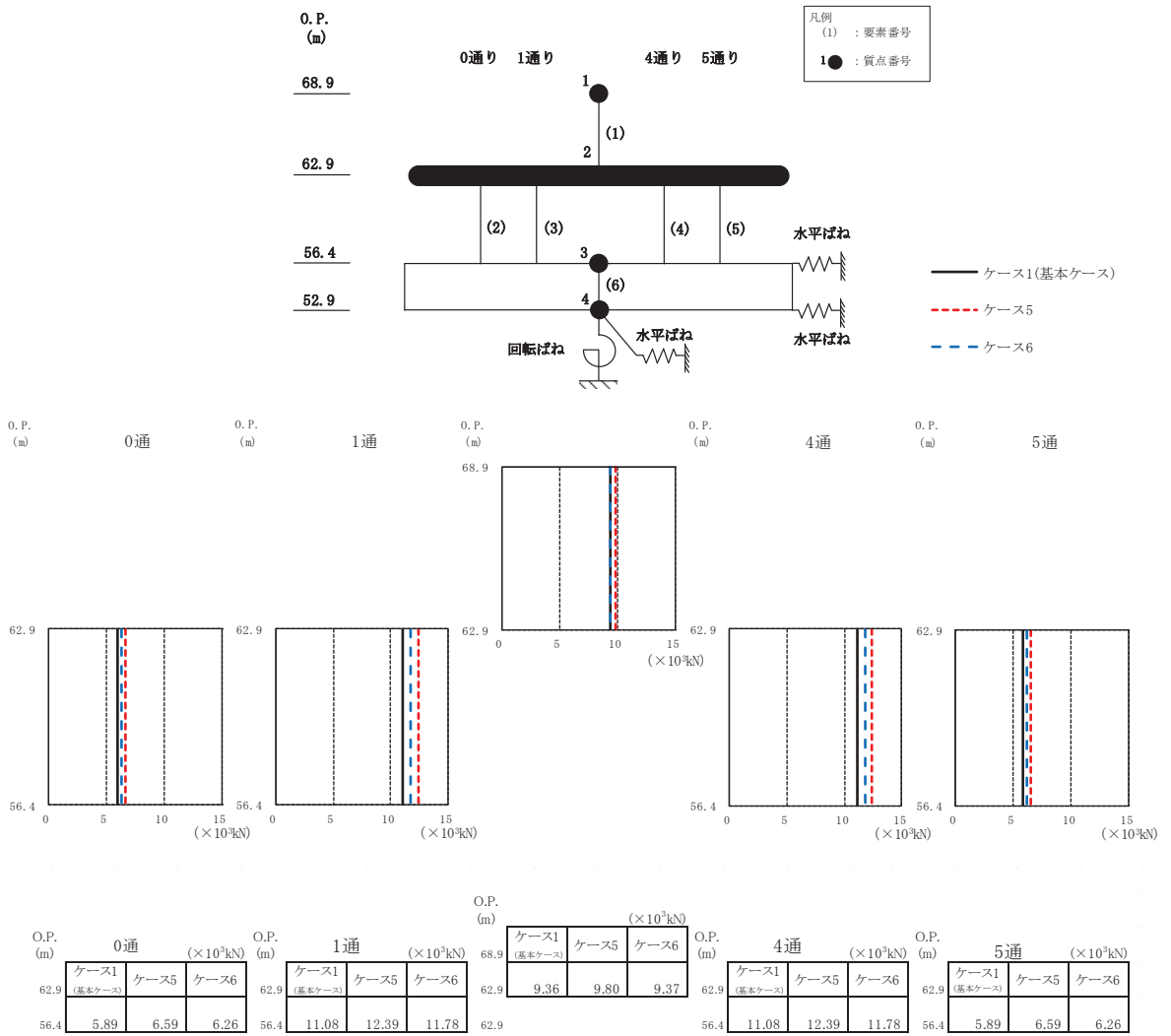
(b) S_s-D3

図2-37(2) 最大応答変位 (基準地震動S_s, EW方向) (2/3)



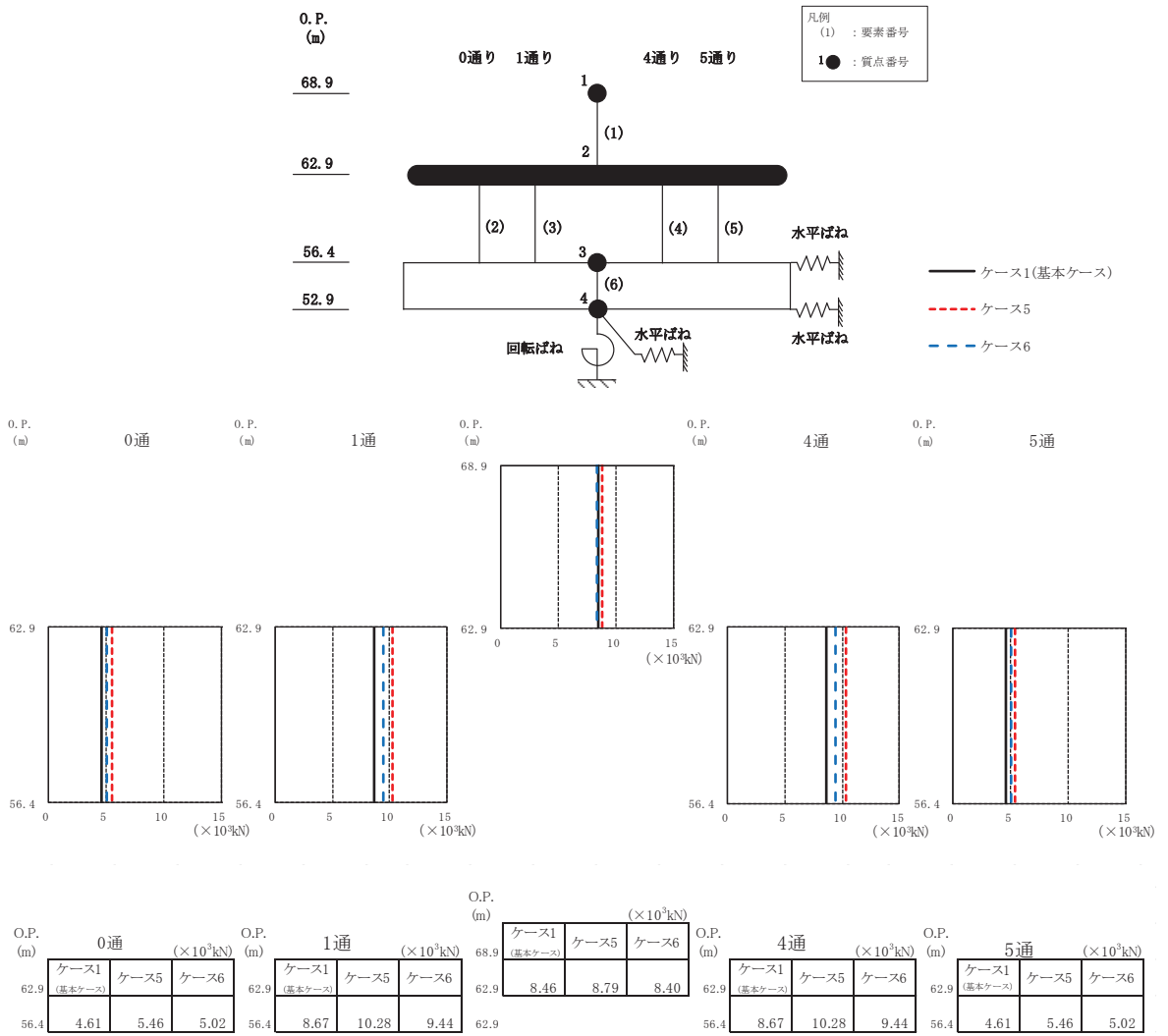
(c) S s - F 3

図 2-37(3) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (3/3)



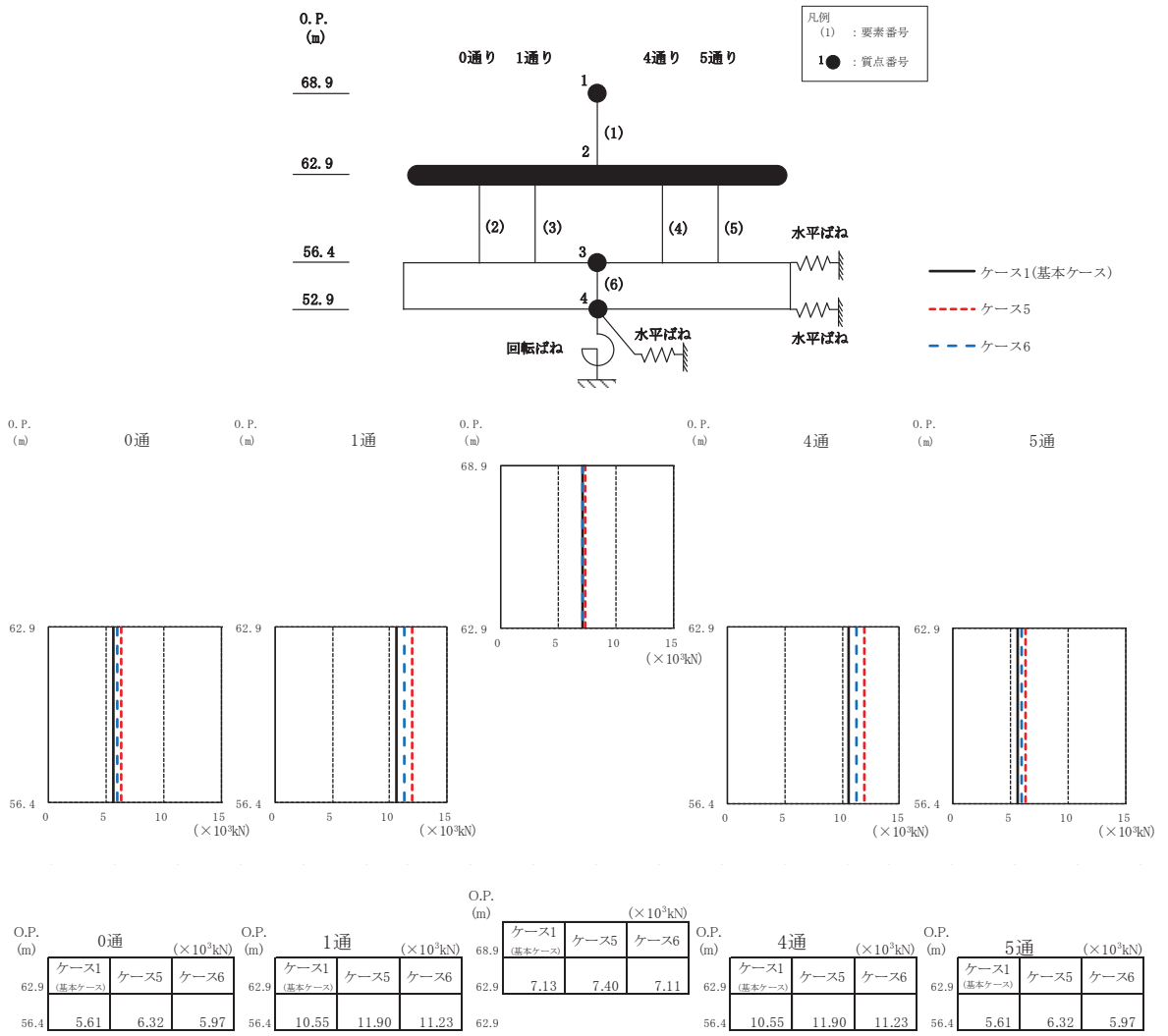
(a) S s - D 2

図 2-38(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



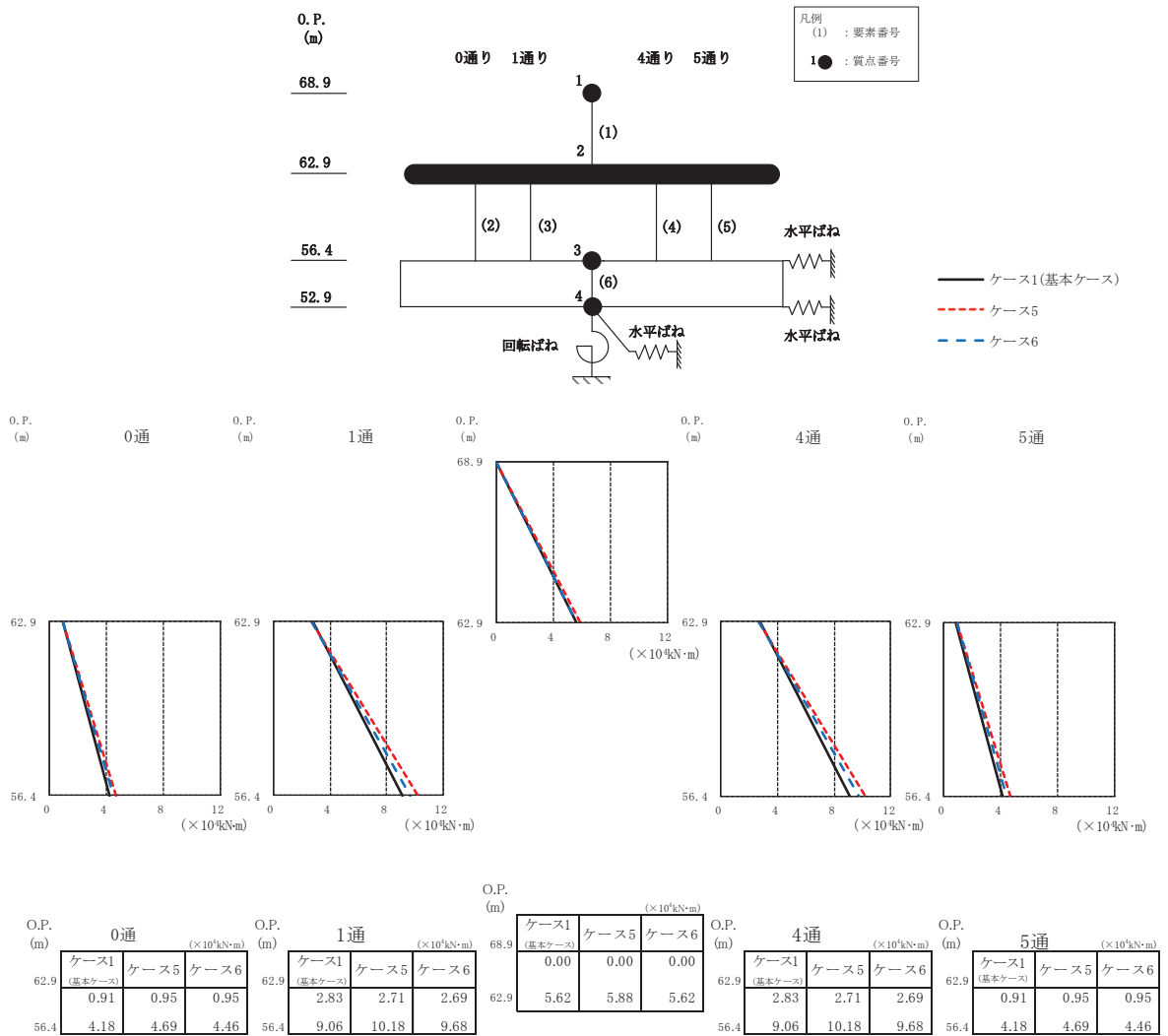
(b) S_s-D3

図2-38(2) 最大応答せん断力 (基準地震動S_s, EW方向) (2/3)



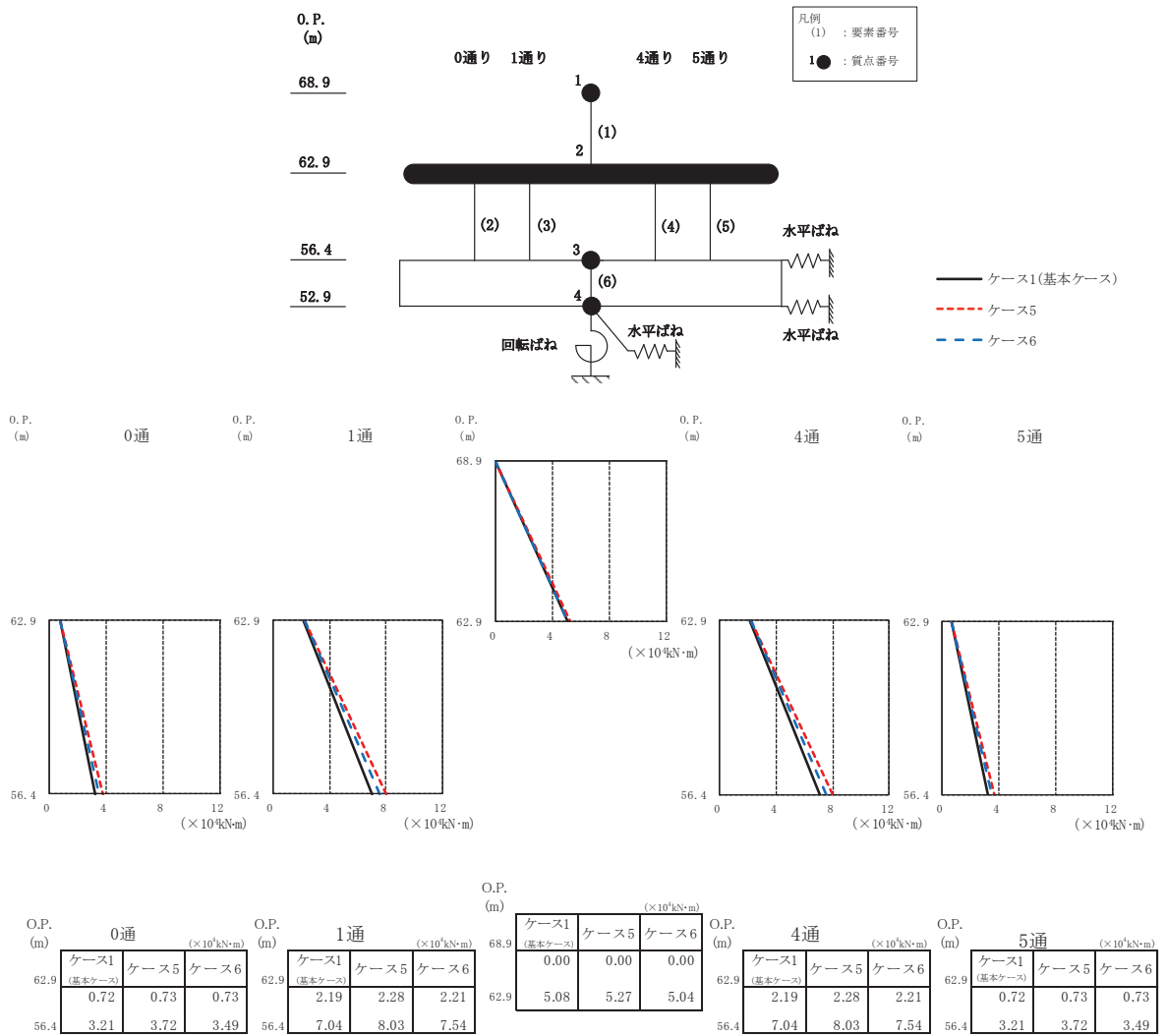
(c) $S_s - F_3$

図 2-38(3) 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s , EW 方向) (3/3)



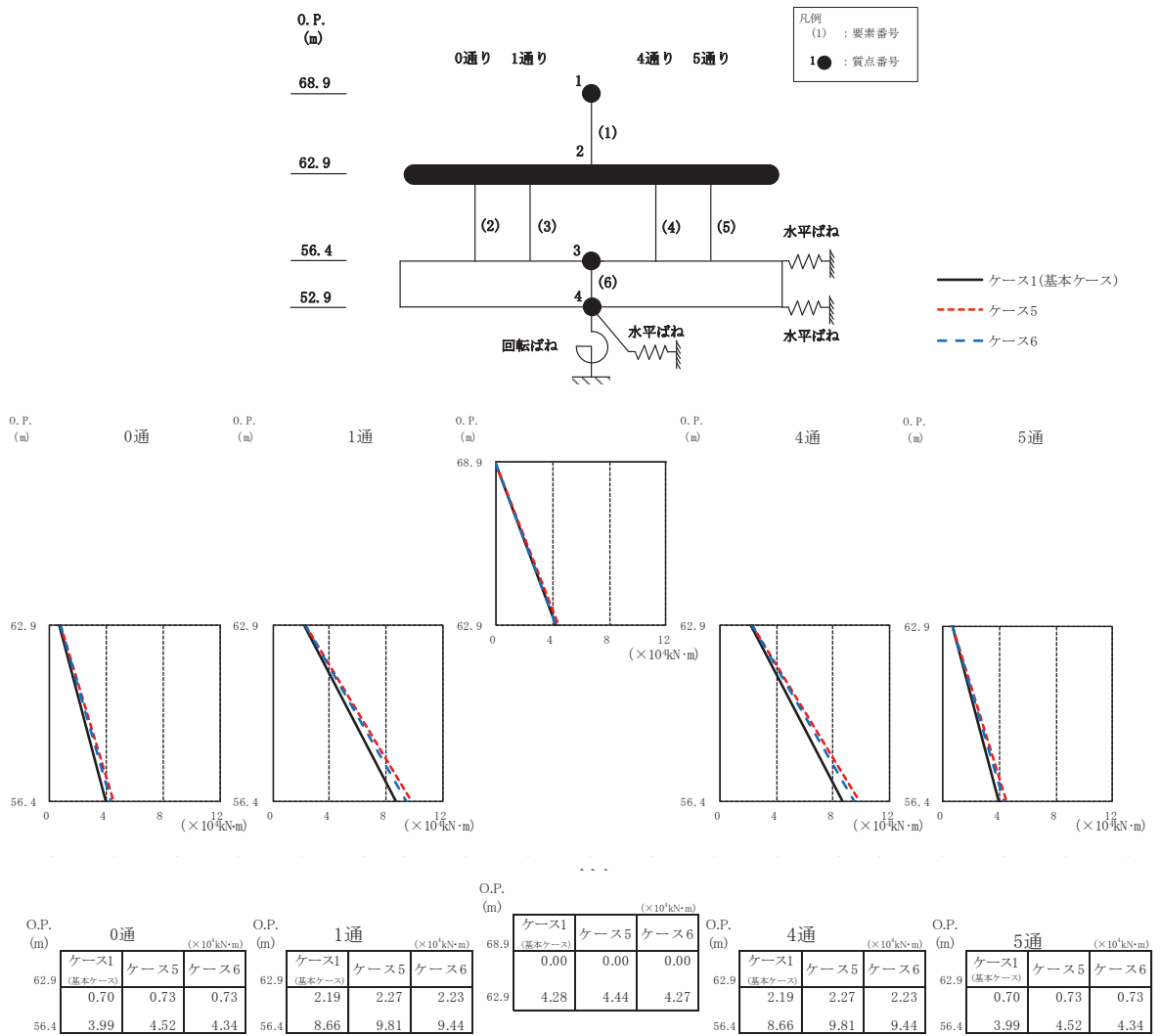
(a) S s - D 2

図 2-39(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (1/3)



(b) S s - D 3

図 2-39 (2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (2/3)



(c) S_s - F 3

図 2-39(3) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, EW 方向) (3/3)

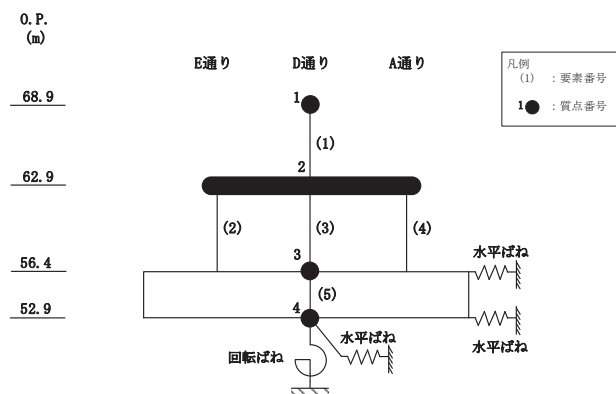
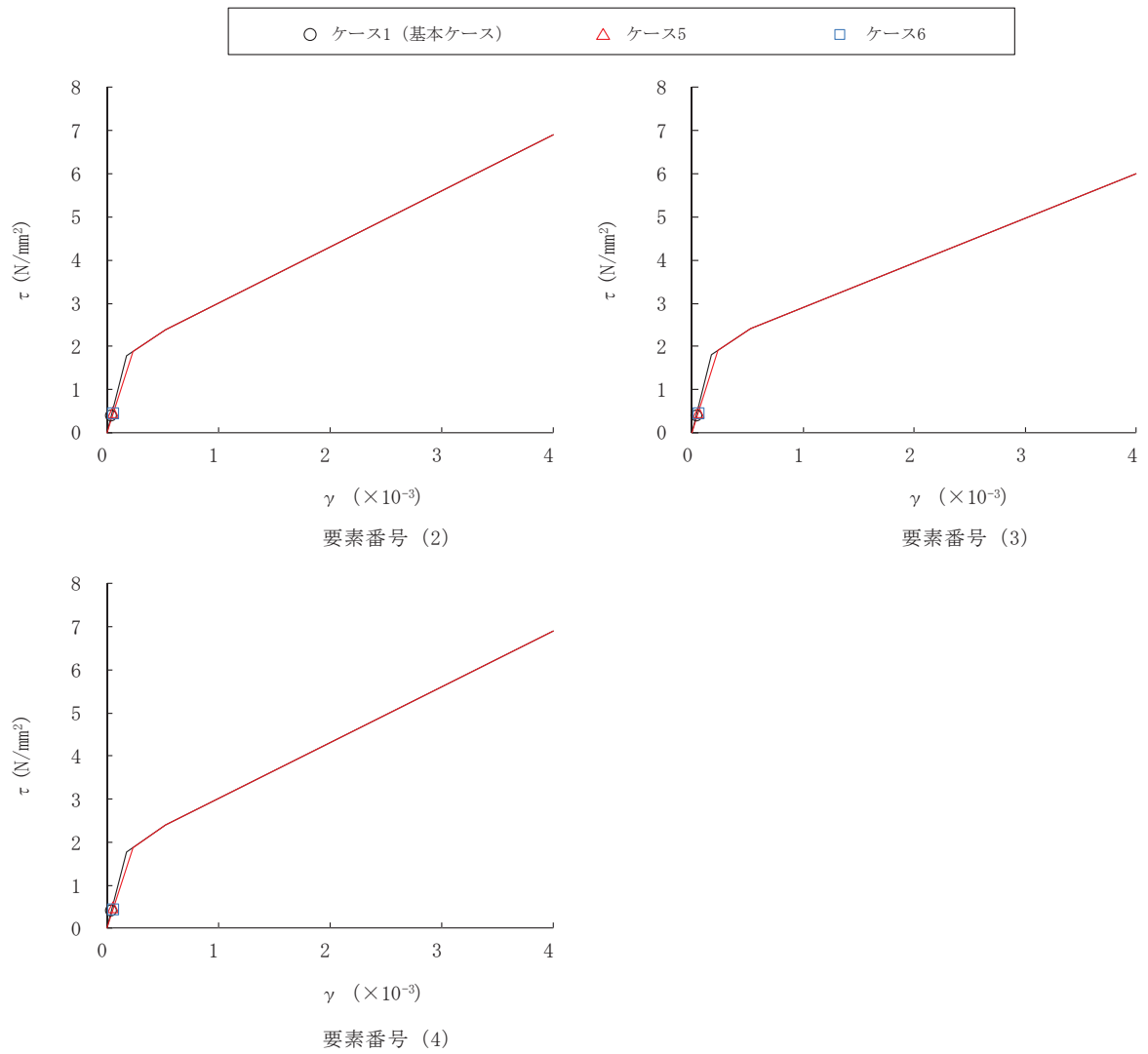


図 2-40 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)

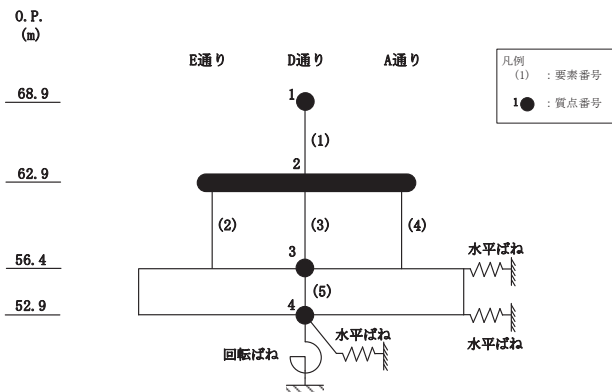
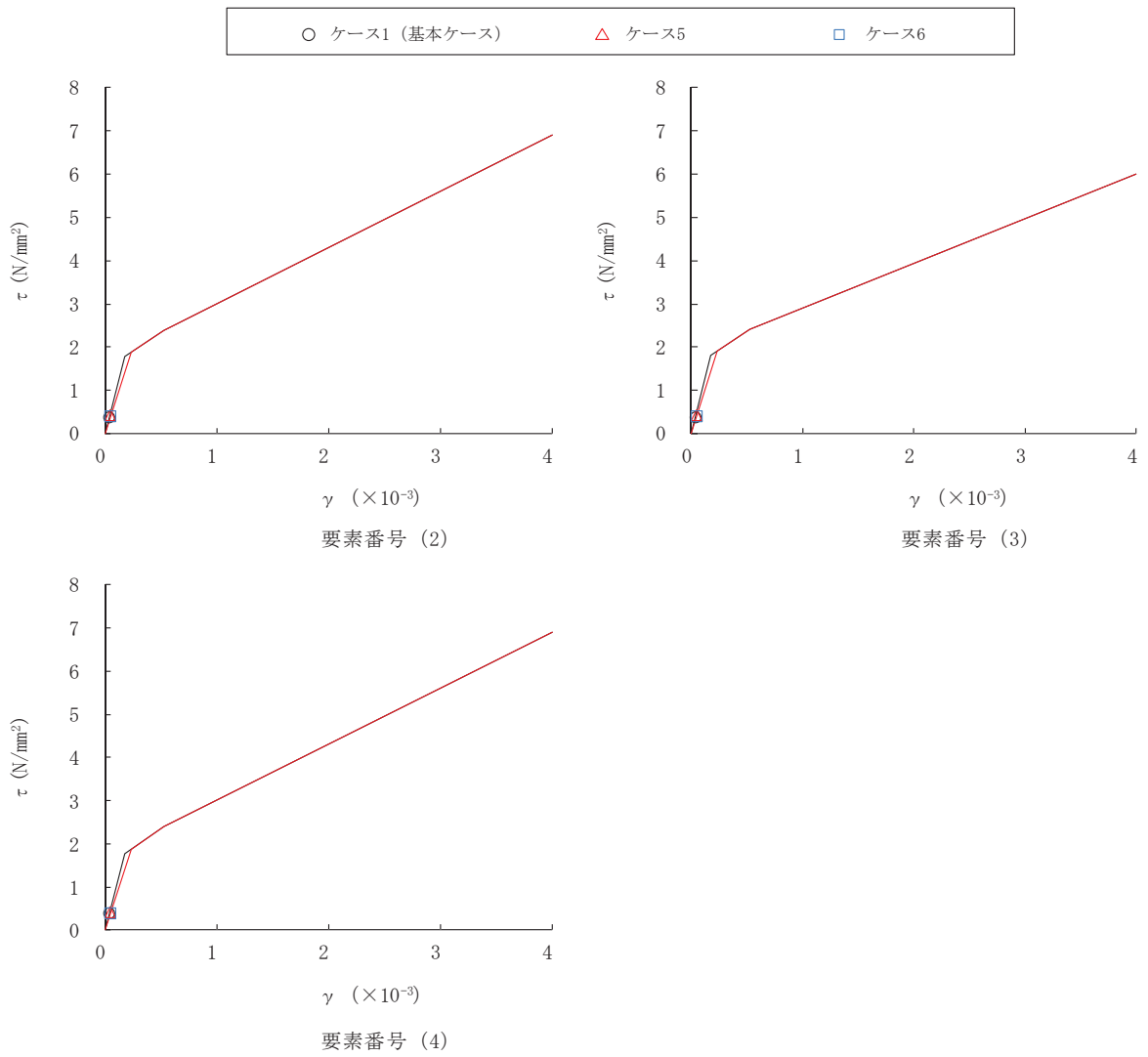


図 2-41 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, NS 方向)

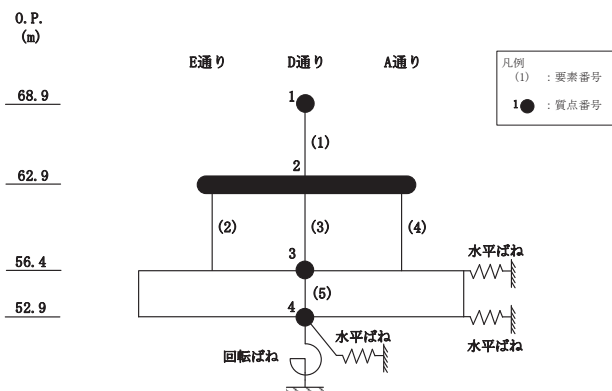
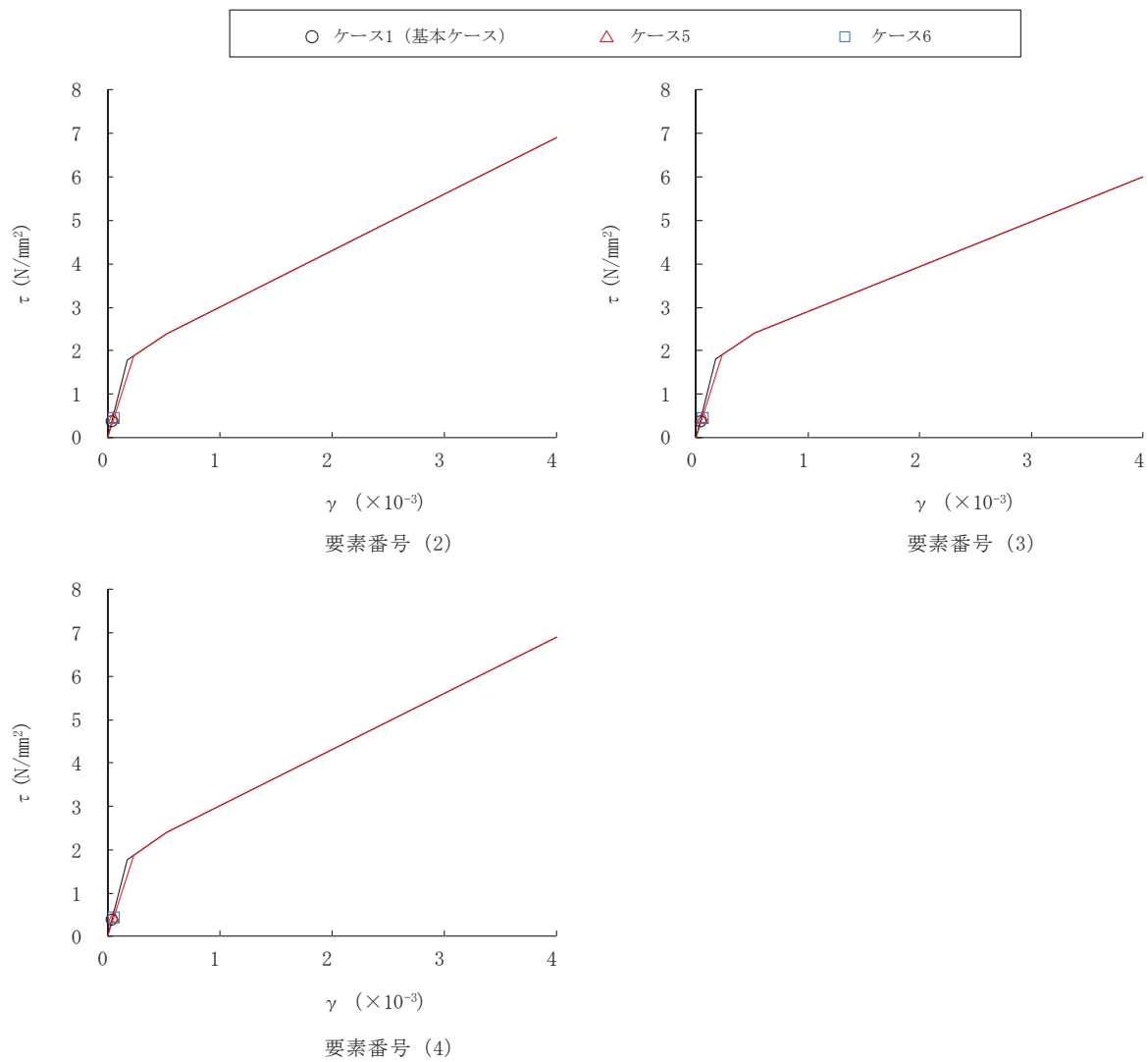


図 2-42 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)

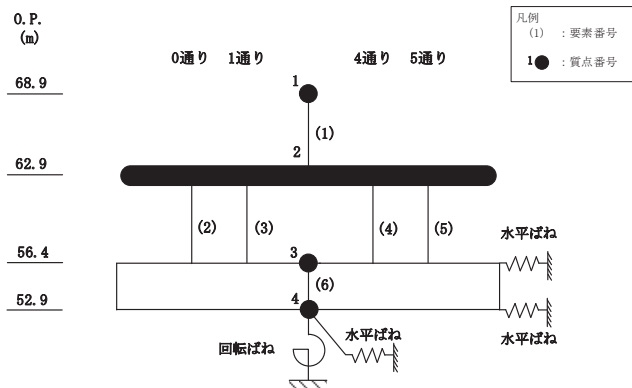
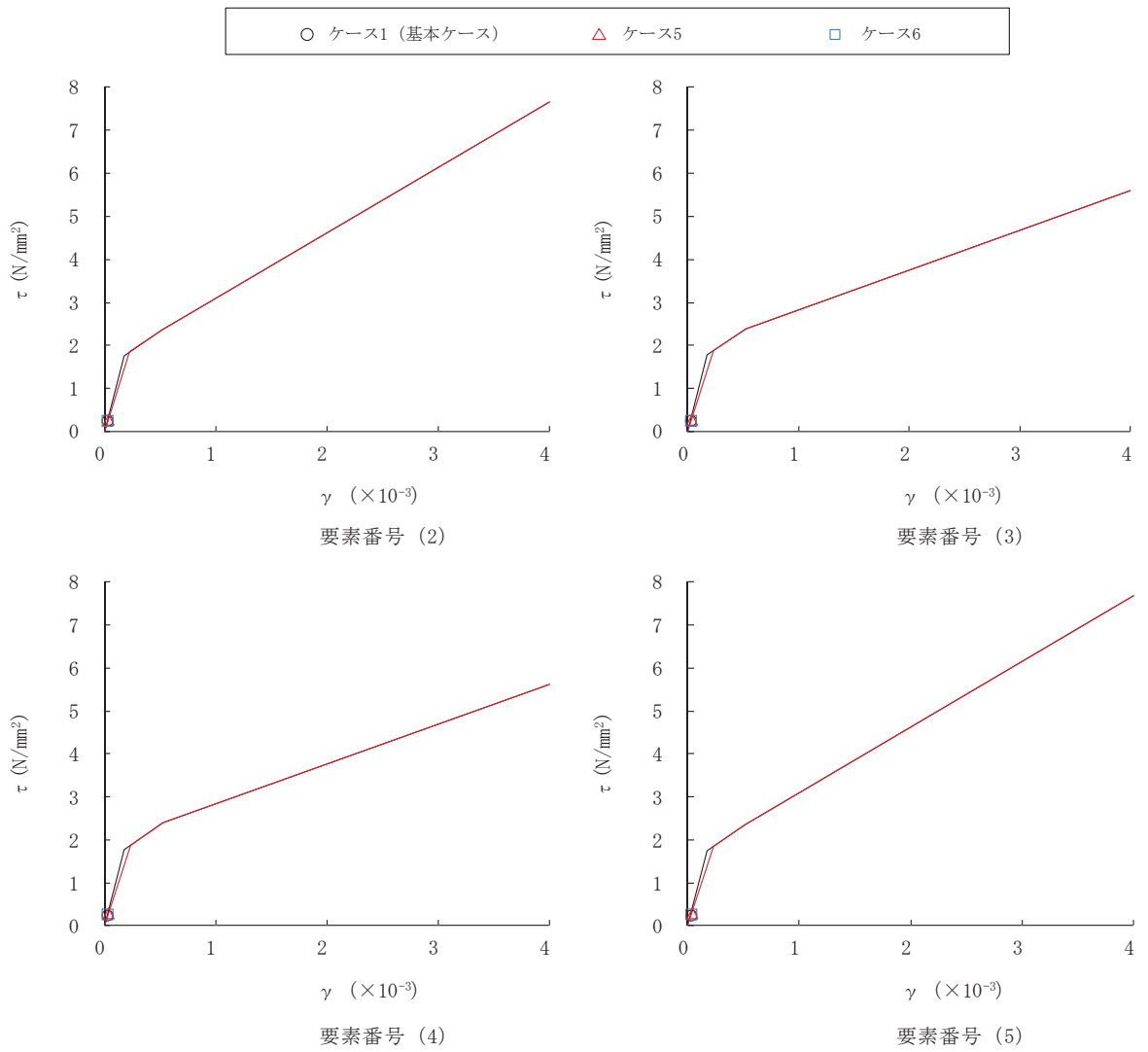


図 2-43 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)

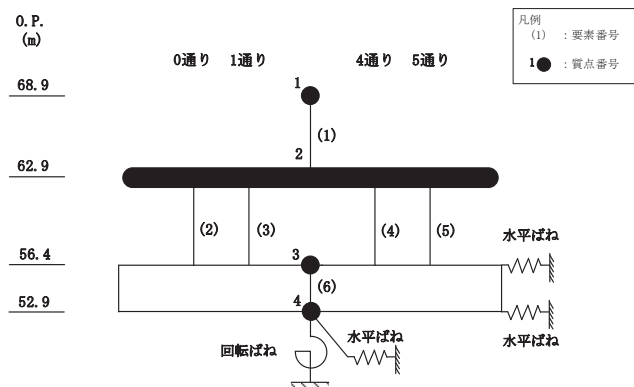
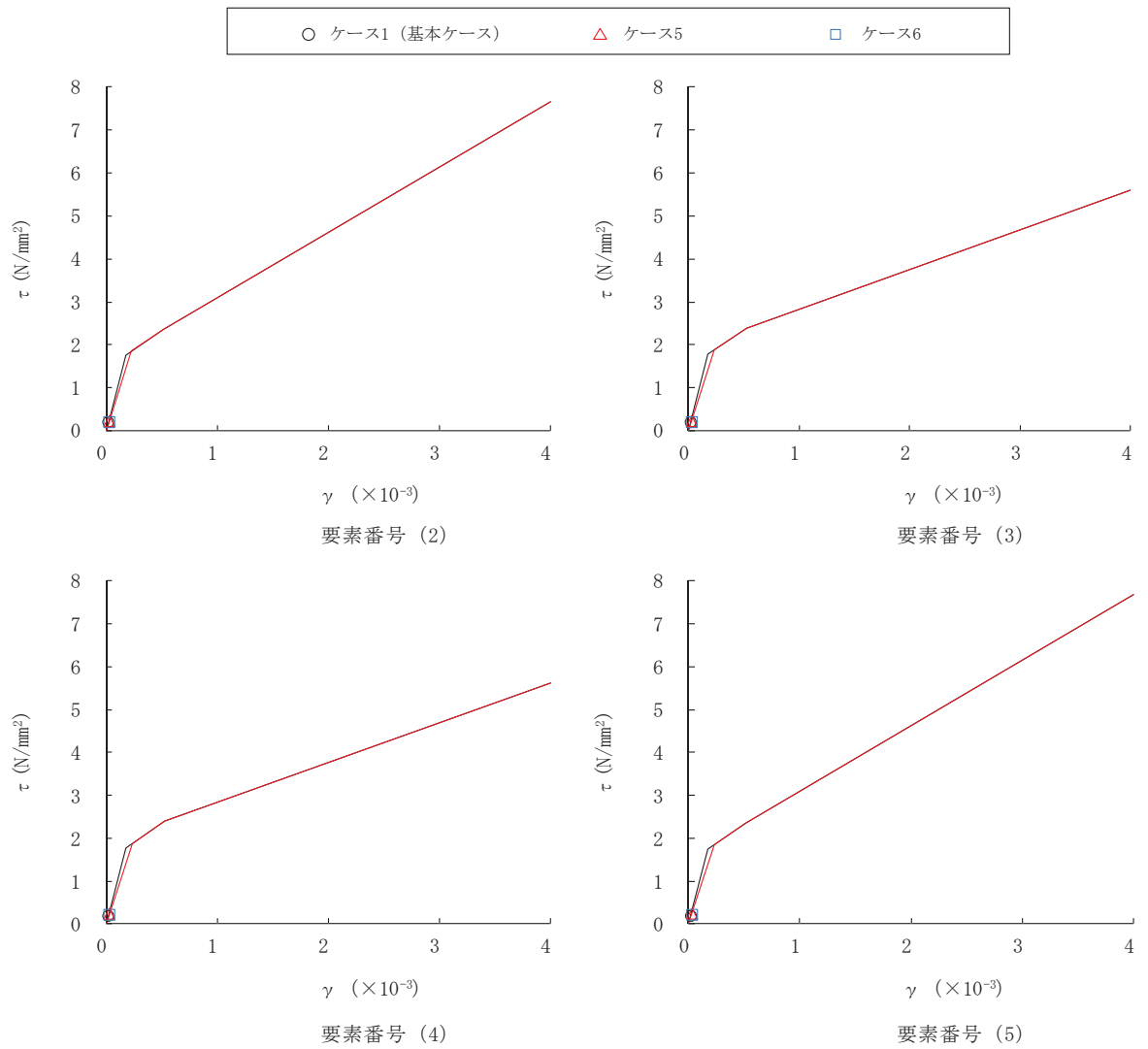


図2-44 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, EW 方向)

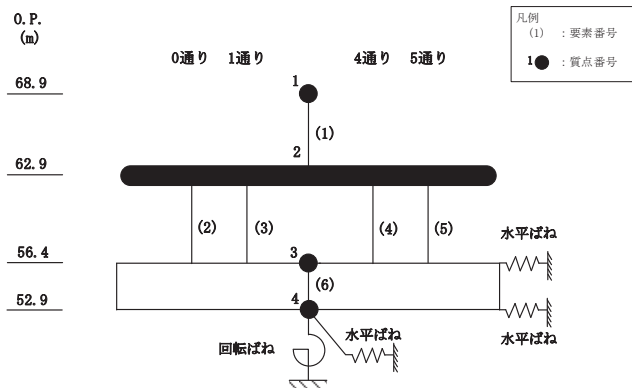
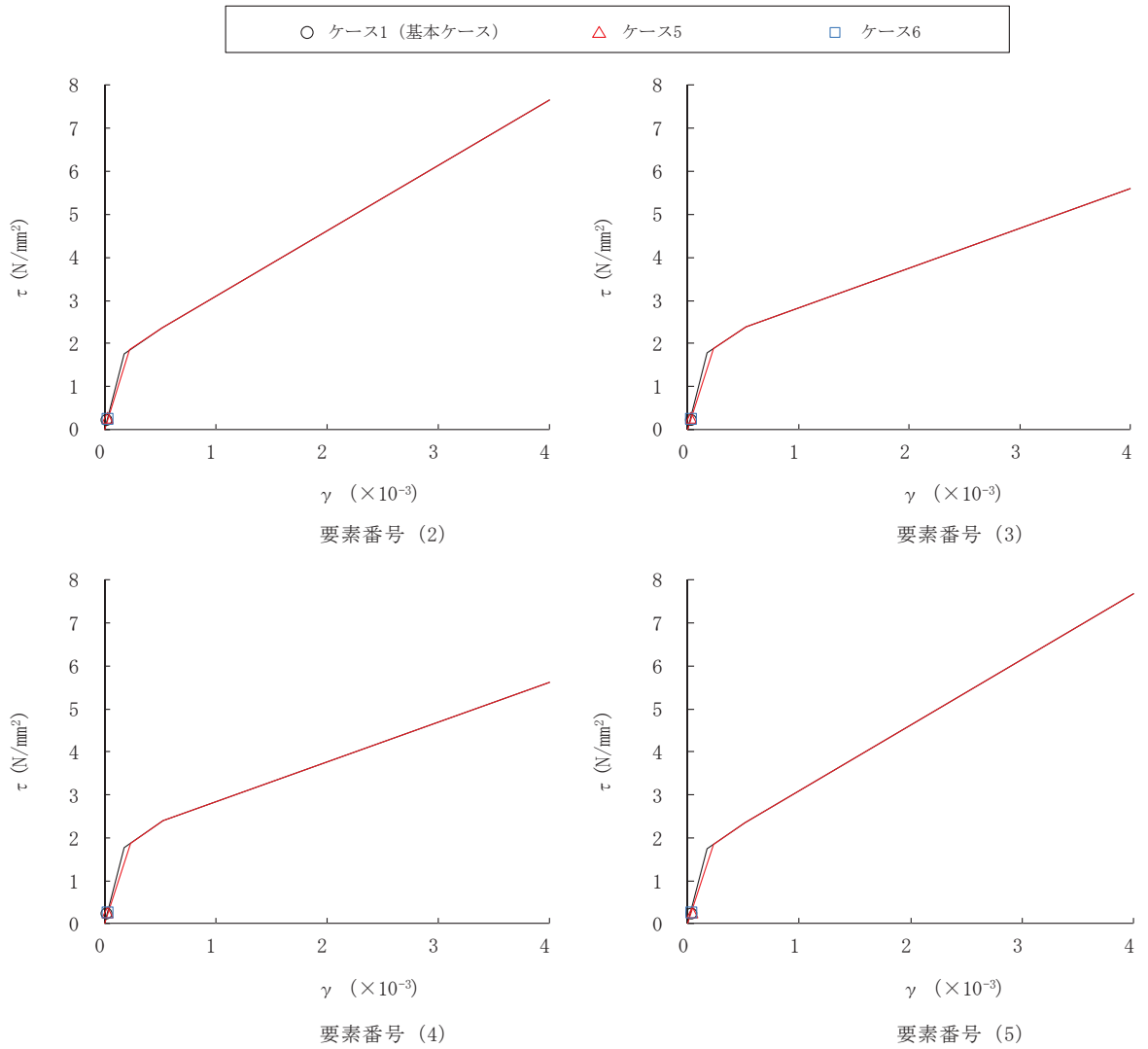


図2-45 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

3. まとめ

前章で実施した材料物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果について、基本ケースとあわせて表 3-1～表 3-11 に示す。

表 3-1 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S s, NS 方向)

(a) S s - D 2

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - D 2						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2580	2640	2512	2652	2710	2585	2580	2640	2512	2652	2710	2585
2	957	971	936	1131	1162	1094	957	971	936	1131	1162	1094
3	594	611	577	595	614	592	644	645	645	683	686	682

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(b) S s - D 3

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - D 3						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2235	2288	2180	2281	2336	2220	2580	2640	2512	2652	2710	2585
2	877	913	836	887	922	848	957	971	936	1131	1162	1094
3	563	575	549	553	565	538	644	645	645	683	686	682

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(c) S s - F 3

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - F 3						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2253	2307	2191	2278	2331	2221	2580	2640	2512	2652	2710	2585
2	838	852	817	1131	1159	1092	957	971	936	1131	1162	1094
3	644	645	645	683	686	682	644	645	645	683	686	682

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-2 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向)

(a) $S_s - D 2$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.93	0.95	0.91	0.96	0.98	0.94	0.93	0.95	0.91	0.96	0.98	0.94
2	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05
3	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - D 3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.81	0.83	0.79	0.83	0.85	0.81	0.93	0.95	0.91	0.96	0.98	0.94
2	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(c) $S_s - F 3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - F 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.82	0.84	0.80	0.83	0.85	0.81	0.93	0.95	0.91	0.96	0.98	0.94
2	0.03	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05	0.05
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-3 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向)

(a) $S_s - D 2$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	9.62	9.84	9.37	9.88	10.10	9.64	9.62	9.84	9.37	9.88	10.10	9.64
(2)	15.29	15.89	14.56	17.56	18.21	16.76	15.29	15.89	14.56	17.56	18.21	16.76
(3)	6.91	7.18	6.57	7.93	8.22	7.57	6.91	7.18	6.57	7.93	8.22	7.57
(4)	15.29	15.89	14.56	17.57	18.21	16.76	15.29	15.89	14.56	17.57	18.21	16.76

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - D 3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	8.33	8.53	8.13	8.50	8.70	8.28	9.62	9.84	9.37	9.88	10.10	9.64
(2)	14.10	14.64	13.49	15.50	15.95	14.96	15.29	15.89	14.56	17.56	18.21	16.76
(3)	6.37	6.61	6.09	7.00	7.20	6.76	6.91	7.18	6.57	7.93	8.22	7.57
(4)	14.10	14.65	13.50	15.51	15.96	14.96	15.29	15.89	14.56	17.57	18.21	16.76

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(c) $S_s - F 3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - F 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	8.40	8.60	8.17	8.49	8.69	8.27	9.62	9.84	9.37	9.88	10.10	9.64
(2)	14.52	14.79	14.21	17.26	17.68	16.69	15.29	15.89	14.56	17.56	18.21	16.76
(3)	6.56	6.68	6.42	7.79	7.98	7.54	6.91	7.18	6.57	7.93	8.22	7.57
(4)	14.52	14.79	14.22	17.26	17.68	16.69	15.29	15.89	14.56	17.57	18.21	16.76

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-4(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向) (1/2)

(a) $S_s - D2$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.77	5.91	5.62	5.93	6.06	5.78	5.77	5.91	5.62	5.93	6.06	5.78
(2)	2.49	2.50	2.51	2.49	2.54	2.47	2.49	2.50	2.51	2.76	2.75	2.70
	12.08	12.53	11.50	13.75	14.26	13.14	12.08	12.53	11.50	13.75	14.26	13.14
(3)	2.03	2.10	1.94	2.29	2.36	2.20	2.03	2.10	1.94	2.29	2.36	2.20
	6.52	6.76	6.21	7.42	7.70	7.09	6.52	6.76	6.21	7.42	7.70	7.09
(4)	2.57	2.59	2.59	2.57	2.62	2.58	2.57	2.59	2.59	2.87	2.86	2.81
	12.21	12.67	11.63	13.90	14.42	13.29	12.21	12.67	11.63	13.90	14.42	13.29

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

(b) $S_s - D3$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.00	5.12	4.88	5.10	5.22	4.97	5.77	5.91	5.62	5.93	6.06	5.78
(2)	2.46	2.46	2.43	2.65	2.63	2.63	2.49	2.50	2.51	2.76	2.75	2.70
	10.60	10.83	10.31	11.88	12.21	11.49	12.08	12.53	11.50	13.75	14.26	13.14
(3)	1.90	1.90	1.86	2.06	2.06	2.04	2.03	2.10	1.94	2.29	2.36	2.20
	5.71	5.84	5.56	6.39	6.57	6.18	6.52	6.76	6.21	7.42	7.70	7.09
(4)	2.56	2.56	2.53	2.75	2.74	2.73	2.57	2.59	2.59	2.87	2.86	2.81
	10.71	10.95	10.42	12.00	12.35	11.61	12.21	12.67	11.63	13.90	14.42	13.29

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-4(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向) (2/2)

(c) $S_s - F3$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - F3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.04	5.16	4.90	5.09	5.21	4.96	5.77	5.91	5.62	5.93	6.06	5.78
(2)	2.36	2.34	2.32	2.76	2.75	2.70	2.49	2.50	2.51	2.76	2.75	2.70
	10.79	10.90	10.65	11.91	12.17	11.56	12.08	12.53	11.50	13.75	14.26	13.14
(3)	1.78	1.83	1.71	2.14	2.15	2.09	2.03	2.10	1.94	2.29	2.36	2.20
	5.79	5.84	5.71	6.38	6.52	6.20	6.52	6.76	6.21	7.42	7.70	7.09
(4)	2.44	2.43	2.39	2.87	2.86	2.81	2.57	2.59	2.59	2.87	2.86	2.81
	10.91	11.02	10.76	12.03	12.30	11.68	12.21	12.67	11.63	13.90	14.42	13.29

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 $+\sigma$, ケース 3: 地盤物性 $-\sigma$

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$, ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-5 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S_s, EW 方向)

(a) S_s-D 2

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S _s -D 2						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2511	2564	2451	2575	2628	2513	2511	2564	2451	2575	2628	2513
2	806	826	784	890	913	865	806	826	784	890	913	865
3	590	596	582	591	604	582	638	653	624	639	654	625

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(b) S_s-D 3

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S _s -D 3						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2269	2314	2215	2309	2357	2254	2511	2564	2451	2575	2628	2513
2	718	744	692	815	849	779	806	826	784	890	913	865
3	572	584	558	574	586	560	638	653	624	639	654	625

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(c) S_s-F 3

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S _s -F 3						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	1912	1948	1870	1948	1985	1905	2511	2564	2451	2575	2628	2513
2	709	720	693	788	810	764	806	826	784	890	913	865
3	638	653	624	639	654	625	638	653	624	639	654	625

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

表 3-6 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)

(a) $S_s - D 2$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	1.02	1.04	1.00	1.05	1.07	1.02	1.02	1.04	1.00	1.05	1.07	1.02
2	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(b) $S_s - D 3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.93	0.95	0.91	0.95	0.97	0.93	1.02	1.04	1.00	1.05	1.07	1.02
2	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(c) $S_s - F 3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - F 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.78	0.80	0.77	0.80	0.82	0.78	1.02	1.04	1.00	1.05	1.07	1.02
2	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03	0.03
3	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-7 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)

(a) $S_s - D 2$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	9.36	9.56	9.14	9.60	9.80	9.37	9.36	9.56	9.14	9.60	9.80	9.37
(2)	5.89	6.03	5.75	6.43	6.59	6.26	5.89	6.03	5.75	6.43	6.59	6.26
(3)	11.08	11.35	10.81	12.09	12.39	11.78	11.08	11.35	10.81	12.09	12.39	11.78
(4)	11.08	11.35	10.81	12.09	12.39	11.78	11.08	11.35	10.81	12.09	12.39	11.78
(5)	5.89	6.03	5.75	6.43	6.59	6.26	5.89	6.03	5.75	6.43	6.59	6.26

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - D 3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	8.46	8.63	8.26	8.61	8.79	8.40	9.36	9.56	9.14	9.60	9.80	9.37
(2)	4.61	4.78	4.45	5.24	5.46	5.02	5.89	6.03	5.75	6.43	6.59	6.26
(3)	8.67	8.99	8.36	9.86	10.28	9.44	11.08	11.35	10.81	12.09	12.39	11.78
(4)	8.67	8.99	8.36	9.86	10.28	9.44	11.08	11.35	10.81	12.09	12.39	11.78
(5)	4.61	4.78	4.45	5.24	5.46	5.02	5.89	6.03	5.75	6.43	6.59	6.26

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(c) $S_s - F 3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - F 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	7.13	7.27	6.98	7.27	7.40	7.11	9.36	9.56	9.14	9.60	9.80	9.37
(2)	5.61	5.69	5.48	6.16	6.32	5.97	5.89	6.03	5.75	6.43	6.59	6.26
(3)	10.55	10.71	10.31	11.59	11.90	11.23	11.08	11.35	10.81	12.09	12.39	11.78
(4)	10.55	10.71	10.31	11.59	11.90	11.23	11.08	11.35	10.81	12.09	12.39	11.78
(5)	5.61	5.69	5.48	6.16	6.32	5.97	5.89	6.03	5.75	6.43	6.59	6.26

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-8(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

(a) $S_s - D 2$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.62	5.74	5.48	5.76	5.88	5.62	5.62	5.74	5.48	5.76	5.88	5.62
(2)	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95
	4.18	4.29	4.10	4.57	4.69	4.46	4.18	4.29	4.10	4.57	4.69	4.46
(3)	2.83	2.85	2.82	2.67	2.71	2.69	2.83	2.85	2.82	2.67	2.71	2.69
	9.06	9.31	8.89	9.92	10.18	9.68	9.06	9.31	8.89	9.92	10.18	9.68
(4)	2.83	2.85	2.82	2.67	2.71	2.69	2.83	2.85	2.82	2.67	2.71	2.69
	9.06	9.31	8.89	9.92	10.18	9.68	9.06	9.31	8.89	9.92	10.18	9.68
(5)	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95
	4.18	4.29	4.10	4.57	4.69	4.46	4.18	4.29	4.10	4.57	4.69	4.46

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

(b) $S_s - D 3$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	5.08	5.18	4.96	5.17	5.27	5.04	5.62	5.74	5.48	5.76	5.88	5.62
(2)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95
	3.21	3.29	3.13	3.60	3.72	3.49	4.18	4.29	4.10	4.57	4.69	4.46
(3)	2.19	2.21	2.18	2.24	2.28	2.21	2.83	2.85	2.82	2.67	2.71	2.69
	7.04	7.20	6.86	7.77	8.03	7.54	9.06	9.31	8.89	9.92	10.18	9.68
(4)	2.19	2.21	2.18	2.24	2.28	2.21	2.83	2.85	2.82	2.67	2.71	2.69
	7.04	7.20	6.86	7.77	8.03	7.54	9.06	9.31	8.89	9.92	10.18	9.68
(5)	0.72	0.72	0.72	0.72	0.73	0.73	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95
	3.21	3.29	3.13	3.60	3.72	3.49	4.18	4.29	4.10	4.57	4.69	4.46

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-8(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)

(c) $S_s - F3$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - F3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	4.28	4.36	4.19	4.36	4.44	4.27	5.62	5.74	5.48	5.76	5.88	5.62
(2)	0.70	0.69	0.71	0.72	0.73	0.73	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95
	3.99	4.00	3.94	4.44	4.52	4.34	4.18	4.29	4.10	4.57	4.69	4.46
(3)	2.19	2.31	2.14	2.23	2.27	2.23	2.83	2.85	2.82	2.67	2.71	2.69
	8.66	8.68	8.55	9.65	9.81	9.44	9.06	9.31	8.89	9.92	10.18	9.68
(4)	2.19	2.31	2.14	2.23	2.27	2.23	2.83	2.85	2.82	2.67	2.71	2.69
	8.66	8.68	8.55	9.65	9.81	9.44	9.06	9.31	8.89	9.92	10.18	9.68
(5)	0.70	0.69	0.71	0.72	0.73	0.73	0.91	0.91	0.92	0.94	0.95	0.95
	3.99	4.00	3.94	4.44	4.52	4.34	4.18	4.29	4.10	4.57	4.69	4.46

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-9 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S s, UD 方向)

(a) S s - D 2

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)					
	S s - D 2			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	801	801	798	801	801	798
2	631	633	627	631	633	627
3	546	550	541	548	550	545

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ

(b) S s - D 3

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)					
	S s - D 3			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	680	694	666	801	801	798
2	531	533	531	631	633	627
3	548	549	545	548	550	545

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ

(c) S s - F 3

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)					
	S s - F 3			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	531	533	526	801	801	798
2	471	473	467	631	633	627
3	422	425	418	548	550	545

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ

表 3-10 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s, UD 方向)

(a) S_s-D 2

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	S _s -D 2			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ

(b) S_s-D 3

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	S _s -D 3			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ

(c) S_s-F 3

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	S _s -F 3			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
3	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ

表 3-11 最大応答軸力一覧表 (基準地震動 S_s, UD 方向)

(a) S_s-D 2

要素 番号	最大応答軸力 (×10 ³ kN)					
	S _s -D 2			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
(1)	2.33	2.34	2.32	2.33	2.34	2.32
(2)	27.29	27.31	27.20	27.29	27.31	27.20

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ

(b) S_s-D 3

要素 番号	最大応答軸力 (×10 ³ kN)					
	S _s -D 3			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
(1)	1.97	2.01	1.93	2.33	2.34	2.32
(2)	22.89	23.18	22.63	27.29	27.31	27.20

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ

(c) S_s-F 3

要素 番号	最大応答軸力 (×10 ³ kN)					
	S _s -F 3			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
(1)	1.55	1.55	1.53	2.33	2.34	2.32
(2)	20.08	20.17	19.92	27.29	27.31	27.20

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ

別紙 2-1 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件の
考え方

目次

1. 概要 別紙 2-1-1
2. 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件 別紙 2-1-2

1. 概要

本資料は、緊急用電気品建屋基礎版の応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件についての概要を示すものである。

2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件

緊急用電気品建屋基礎版の応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件を表 2-1 に示す。

直接基礎の底面及び側面の地盤ばねの設定における基本的な考え方は，以下のとおり。

(1) 底面地盤ばね

・水平ばね

振動アドミッタンス理論に基づく水平ばねより算出する。

・鉛直ばね

基礎浮上りを考慮し，回転ばね反力として生じる転倒モーメントを適切に評価するため，振動アドミッタンス理論に基づく回転ばねより算出する。

(2) 側面地盤ばね

・水平ばね

Novak の手法に基づく水平ばねにより算出する。

・鉛直ばね

Novak の手法に基づく回転ばねにより算出する。

有限要素法を用いた解析モデルにおける要素分割の考え方*については，以下のとおり。

・はり要素

はり要素の場合は，曲げの変位関数が 3 次で精度が高いため，基本的に要素分割の細分化は不要であるが，部材の接合点間で変位情報出力や荷重入力がある場合には複数要素に細分し，曲線部材がある場合は，その曲線が直線近似できる程度の分割にすることが一般的である。また，分布荷重がある場合や分布質量が関係する自重荷重などの計算では，要素分割することにより質量分布がより正確になり，解析結果の精度が向上する。更に，要素分割の細分化により，変形図やモード図で構造物の変形状態を容易に把握することが可能となる。

・シェル要素

要素分割は，基本的には発生する応力状態によって決まり，構造形状と荷重条件より要素分割数を考慮する。要素形状の縦横比（アスペクト比）は，重要部分で 1：2 以下，その他の領域や応力変化が少ない領域では，1：3 程度までで，分割に際しては 4 角形要素を利用して格子状とするのが一般的である。曲面板構造の場合は，平板要素や軸対称シェル要素の大きさは，集中荷重や不連続部を含む曲面部近傍では $2.5\sqrt{R/t}$ を 10～20 分割すると適切な応力分布が求められ，構造物の半径（R）と板厚（t）が考慮されている。また，面内曲げ・軸力及び面外のせん断や曲げを受ける部材のシェル要素の辺の長さは，シェルの広がり方向の応力分布の状態から決まり，応力変化が大きい領域は要素を小さくする必要がある。

注記*：構造解析のための有限要素法実践ハンドブック（非線形 CAE 協会，2008 年）

表 2-1 モデル化, 境界条件及び拘束条件 (1/3)

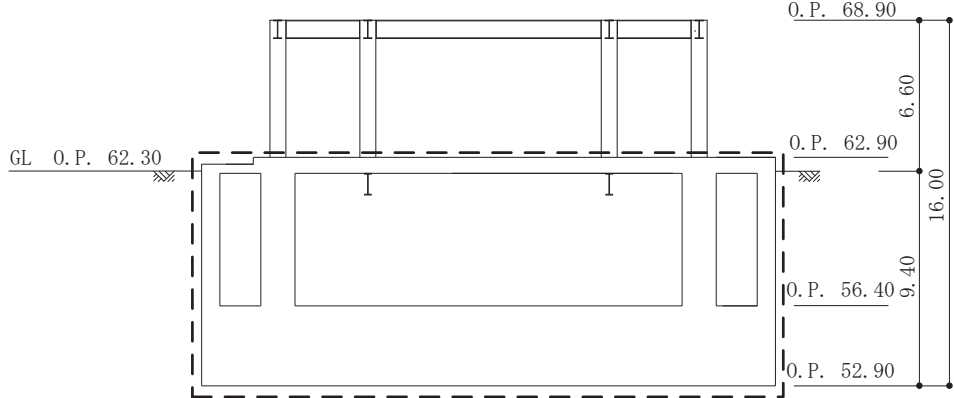
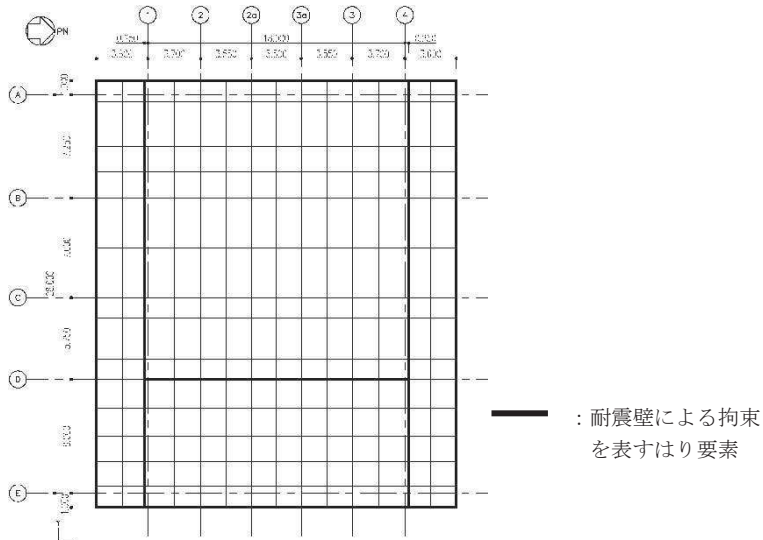
モデル概要	
<p>○モデル化範囲</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎版及び基礎版より立ち上がる O.P. 56.4m~O.P. 62.9m の耐震壁をモデル化する。 ・外壁及び内部耐震壁の剛性を境界条件として考慮する。 	 <p style="text-align: center;">(単位 : m)</p> <p style="text-align: center;">モデル化範囲 (単位 : m)</p>
<p>○使用要素</p> <ul style="list-style-type: none"> ・基礎版 : シェル要素 ・耐震壁 : はり要素 	<p>○要素分割</p> <ul style="list-style-type: none"> ・要素の一边の長さを 1.5m~2.0m 程度とし, 耐震壁の配置を考慮して分割する。
 <p style="text-align: right;">— : 耐震壁による拘束 を表すはり要素</p>	
モデル概要	

表 2-1 モデル化, 境界条件及び拘束条件 (2/3)

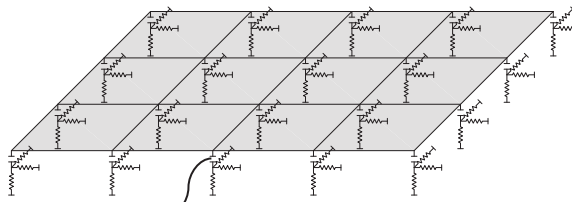
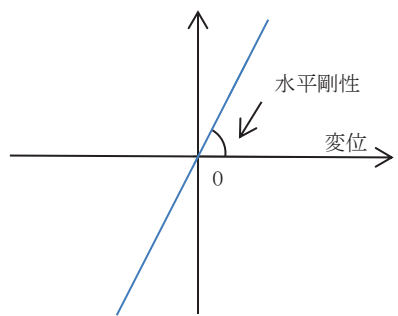
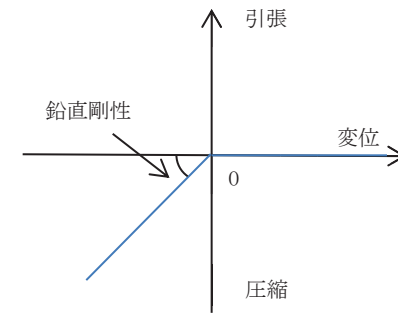
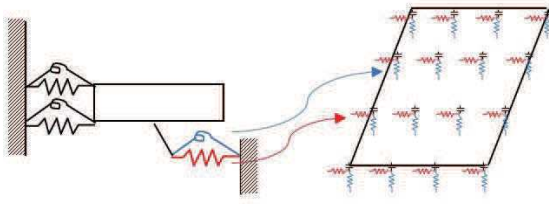
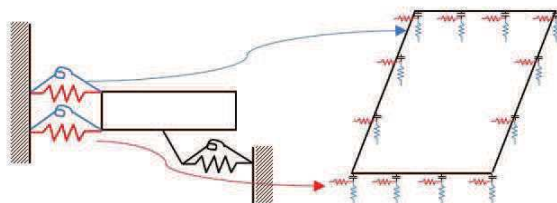
境界条件, 拘束条件	
上部構造物と基礎版の境界	
<ul style="list-style-type: none"> 基礎版と上部構造物の境界部においては, 上部構造物の剛性を考慮することで, 基礎版の応力・変形状態を評価する。 基礎版から立ち上がる鉄骨独立柱については, その剛性を考慮しない。 	
はり要素の剛性 (断面性能)	
<ul style="list-style-type: none"> 曲げ剛性 (断面二次モーメント) : $I = t \times h^3 / 12$ せん断剛性 (せん断断面積) : $A_s = t \times h$ 	<ul style="list-style-type: none"> t : 壁の厚さ h : モデル化する壁の高さ
基礎スラブと地盤の境界	
<ul style="list-style-type: none"> 地震時の評価については, 基礎スラブと底面地盤との間に底面地盤を表現するギャップ要素を設け, 基礎スラブと底面地盤との間の剥離 (基礎スラブの浮上り) を考慮する。 	 <p style="text-align: center;">ギャップ要素</p> <p style="text-align: center;">モデル概要</p>
○ギャップ要素	
鉛直ばねに引張力が発生した際に, 水平剛性及び鉛直剛性をゼロとし, 浮上りを考慮する。	
<p style="text-align: center;">水平ばね応力</p>  <p style="text-align: center;">(a) 水平剛性</p>	<p style="text-align: center;">鉛直ばね応力</p>  <p style="text-align: center;">(b) 鉛直剛性</p>
注: 鉛直ばねに引張力が発生した場合には, 水平剛性もゼロとする。	
ギャップ要素の概念図	

表 2-1 モデル化, 境界条件及び拘束条件 (3/3)

境界条件, 拘束条件	
基礎スラブと地盤の境界	
○底面地盤ばね	
水平剛性及び鉛直剛性は以下のとおり設定する。	
<ul style="list-style-type: none"> 水平剛性：振動アドミタンス理論による水平ばね K_H を節点支配面積 A_i で離散化。 $K_{Hi} = (K_{H\ NS} / A + K_{H\ EW} / A) / 2 \times A_i \quad A : \text{基礎スラブの底面積}$ 鉛直剛性：地震時は、転倒モーメントが支配的となるため振動アドミタンス理論による回転ばね K_R を節点支配面積 A_i で離散化。地震時以外は、静的地盤ばね定数 K_V を節点支配面積 A_i で離散化。 地震時 $K_{Vi} = (K_{R\ NS} / I_{NS} + K_{R\ EW} / I_{EW}) / 2 \times A_i$ $I : \text{基礎スラブの断面二次モーメント}$ 地震時以外 $K_{Vi} = (K_V / A) \times A_i \quad A : \text{基礎スラブの底面積}$ 	
 <p style="text-align: right;">基礎スラブ底面全体で離散化</p>	
底面地盤ばね	
○側面地盤ばね	
水平剛性及び鉛直剛性は以下のとおり設定する。	
<ul style="list-style-type: none"> 水平剛性：Novak の手法に基づく側面水平地盤ばね定数 ${}_sK_s$ を節点支配長さ L_i で離散化。 ${}_s k_{si} = ({}_s K_s / (2 \times L_{NS} + 2 \times L_{EW})) \times L_i$ $L_{NS} : \text{基礎スラブ辺長 (NS 方向)}$ $L_{EW} : \text{基礎スラブ辺長 (EW 方向)}$ 鉛直剛性：Novak の手法に基づく側面回転地盤ばね定数 ${}_sK_r$ を節点支配長さ L_i で離散化。 ${}_s k_{vi} = ({}_s K_r / I'_{NS} + {}_s K_r / I'_{EW}) / 2 \times L_i$ $I'_{NS(EW)} = L_{EW(NS)} \times L_{NS(EW)}^2 / 2 + L_{NS(EW)}^3 / 6$ 	
 <p style="text-align: right;">基礎スラブ外周で離散化</p>	
側面地盤ばね	

別紙 2-2 地震荷重の入力方法

目 次

1. 概要	別紙 2-2-1
2. 地震荷重の入力方法	別紙 2-2-2

1. 概要

本資料は、緊急用電気品建屋の基礎に作用する地震荷重の入力方法について示すものである。

2. 地震荷重の入力方法

緊急用電気品建屋基礎版の応力解析に当たって、FEM モデルに入力する地震荷重として、水平地震力、鉛直地震力及び地震時土圧荷重を考慮する。

地震荷重の入力は、基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を考慮し、FEM モデルの基礎版底面地盤ばねと基礎版質点位置でせん断力、曲げモーメント及び軸力が地震応答解析結果と等価になるように設定する。

具体的には、水平地震力のうち、上部構造物から作用する基礎版への地震時反力は、FEM モデルにおける上部構造物脚部に対応する各節点に、節点の支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。基礎版については、地震応答解析より求まる基礎版底面地盤ばねの最大水平力から、上部構造物から作用する水平力を差し引いた値と等価になる荷重（以下「付加せん断力」という。）を FEM モデルの基礎版の各節点に、節点の支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。

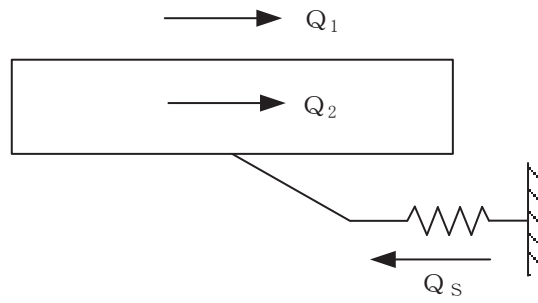
また、曲げモーメントのうち、上部構造物から作用する基礎版への地震時反力は、偶力に置換して上部構造物脚部に対応する各節点に節点荷重として入力する。

基礎版については、地震応答解析より求まる基礎版底面地盤ばねの最大曲げモーメントから、上部構造物から作用する曲げモーメントを差し引いた値と等価になる荷重（以下「付加曲げモーメント」という。）を FEM モデルの基礎版の各節点に、節点の支配面積と中心位置からの距離に応じて偶力に置換して分配し、節点荷重として入力する。

鉛直地震力のうち、上部構造物から作用する基礎版への地震時反力については、FEM モデルにおける上部構造物脚部位置に対応する各節点の支配面積に応じて上部構造物の重量を分配した支配重量に鉛直震度（軸力係数）を乗じた節点荷重として入力する。基礎版については、地震応答解析より求まる基礎スラブ底面地盤ばねの鉛直力から上部構造物から作用する鉛直力を差し引いた値と等価になる荷重（以下「付加軸力」という。）を基礎スラブの重量で除して付加軸力係数を算定する。そして、FEM モデルの基礎スラブの各節点の支配重量に付加軸力係数を乗じた節点荷重として入力する。

地下外壁部に作用する地震時土圧荷重により基礎スラブに作用する荷重は、外壁を各階スラブ位置で支持した連続ばりモデルを用いて算定する。算定した外壁脚部に生じる単位長さ当たりの曲げモーメントは、基礎スラブ外周の節点の支配長さに応じて分配し、節点モーメント荷重として入力する。

FEM モデルに入力する地震荷重の概念図を図 2-1 に示す。また、FEM モデルに入力する地震荷重を図 2-2 に示す。なお、図 2-2 における地震時土圧荷重は、地震時増分土圧荷重として示す。



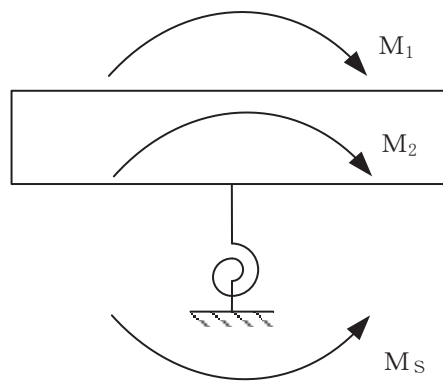
Q_1 : 地震応答解析により設定した上部構造物から基礎スラブへ作用するせん断力

Q_2 : 基礎スラブに入力する付加せん断力

Q_s : 地震応答解析により設定した基礎スラブ底面に生じる水平力

$$Q_2 = Q_s - Q_1$$

(a) 水平地震力



M_1 : 地震応答解析により設定した上部構造物から基礎スラブへ作用する曲げモーメント

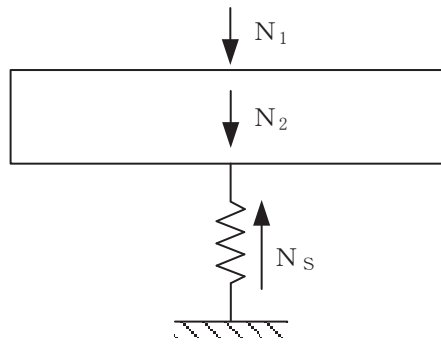
M_2 : 基礎スラブに入力する付加曲げモーメント

M_s : 地震応答解析により設定した基礎スラブ底面に生じる曲げモーメント

$$M_2 = M_s - M_1$$

(b) 曲げモーメント

図 2-1 FEM モデルに入力する地震荷重の概念図 (1/2)



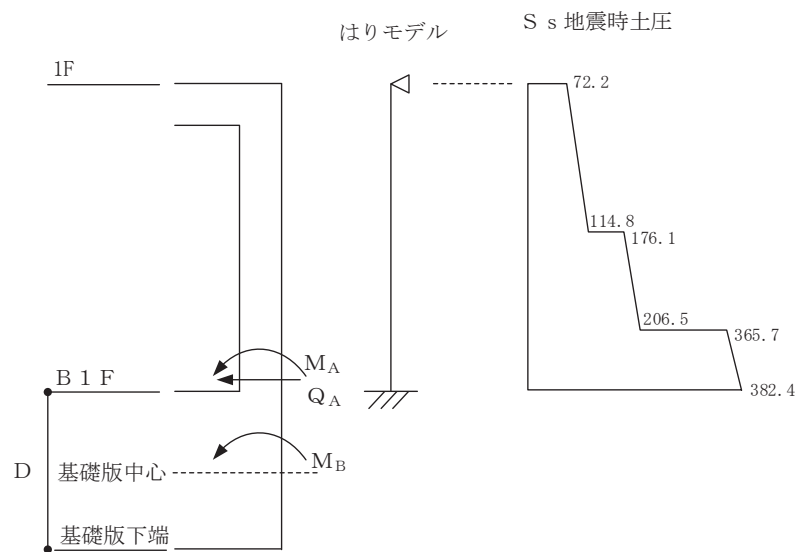
N_1 : 地震応答解析により設定した上部構造物から基礎スラブへ作用する軸力

N_2 : 基礎スラブに入力する付加軸力

N_s : 地震応答解析により設定した基礎スラブ底面に生じる鉛直力

$$N_2 = N_s - N_1$$

(c) 鉛直地震力



Q_A : 基礎版上端に壁から作用するせん断力

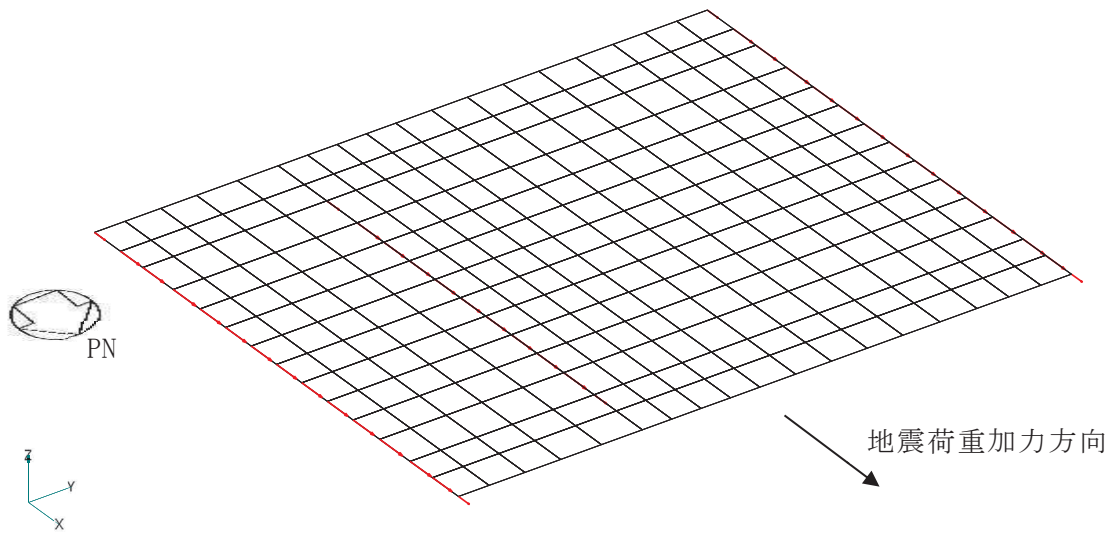
M_A : 基礎版上端に壁から作用する曲げモーメント

M_B : 基礎版に入力する曲げモーメント

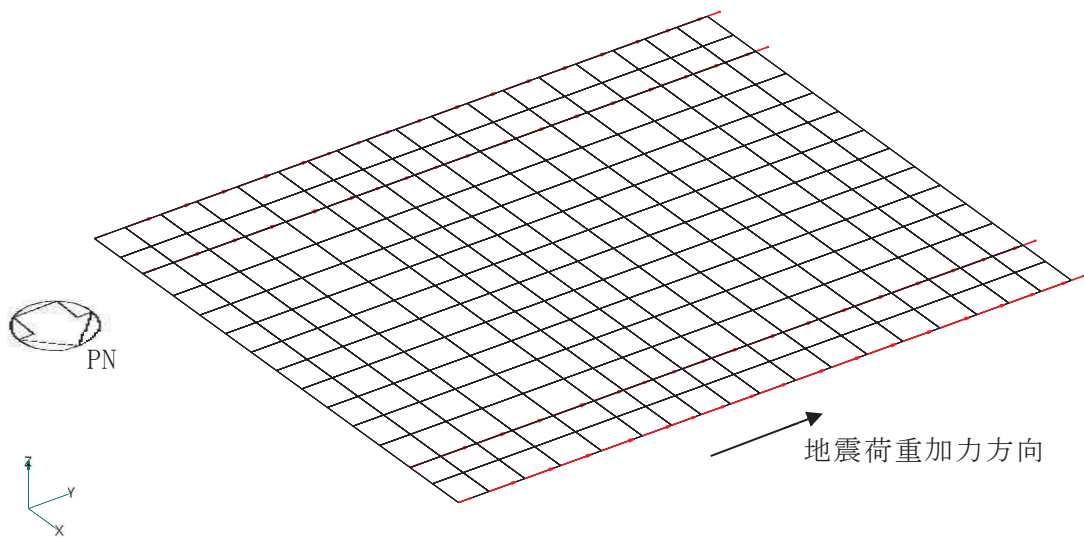
$$M_B = M_A + Q_A \cdot D / 2$$

(d) 地震時土圧荷重

図 2-1 FEM モデルに入力する地震荷重の概念図 (2/2)

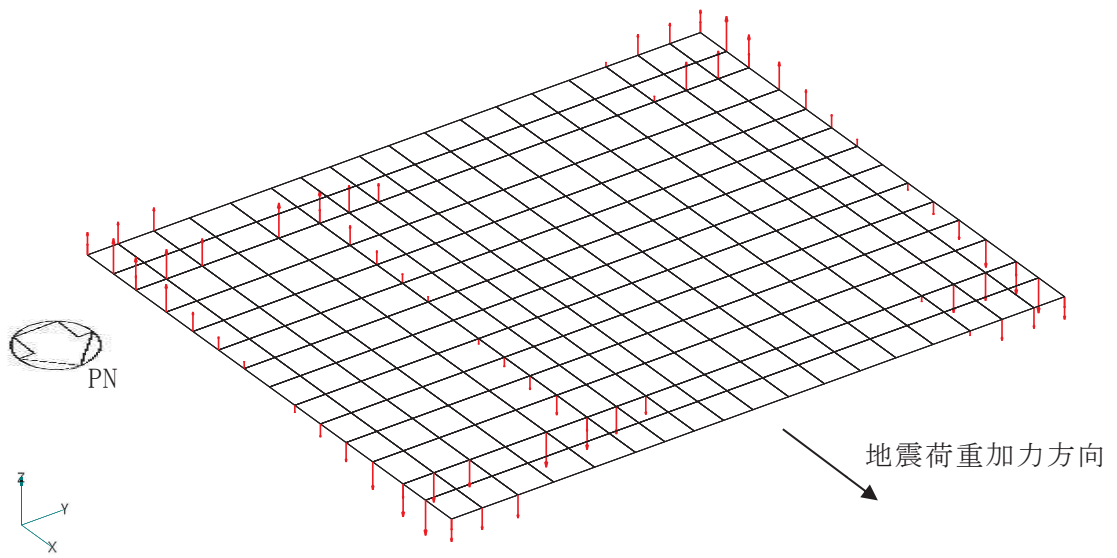


(a) 水平力 (NS 方向) 上部構造の地震力

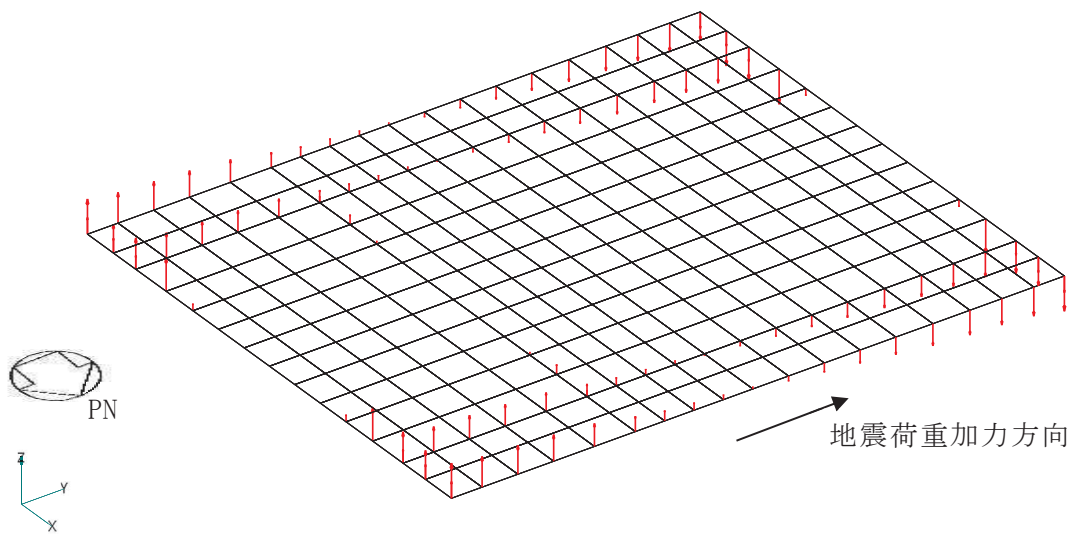


(b) 水平力 (EW 方向) 上部構造の地震力

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (1/7)

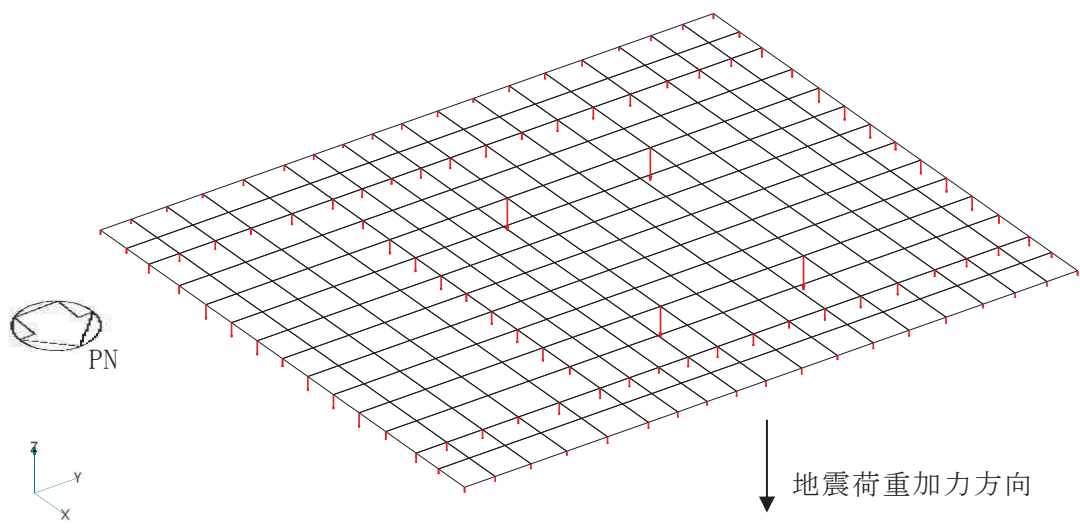


(c) 曲げモーメント (NS 方向) 上部構造の地震力



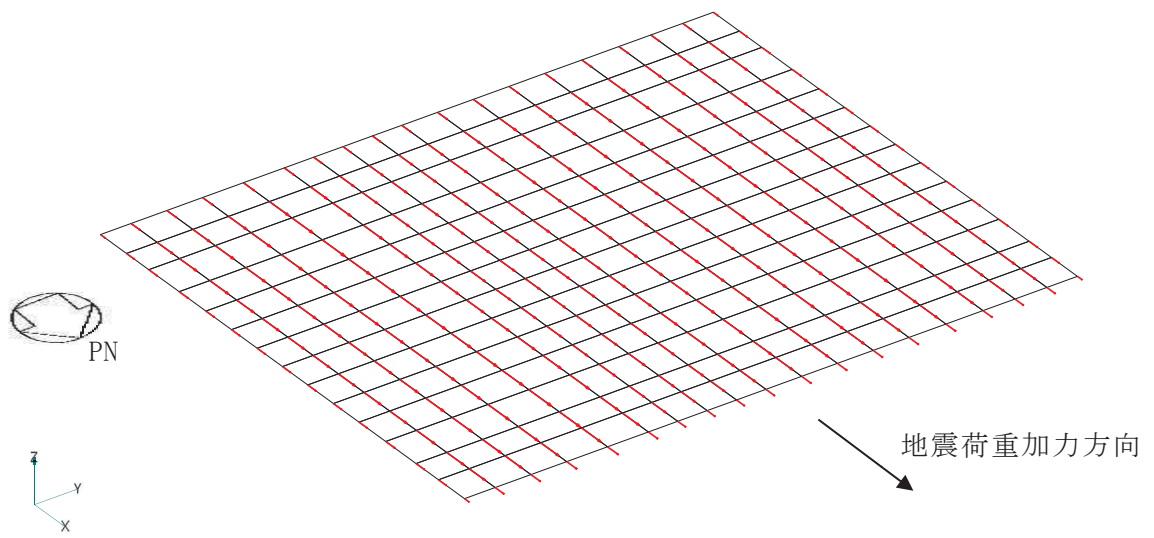
(d) 曲げモーメント (EW 方向) 上部構造の地震力

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (2/7)

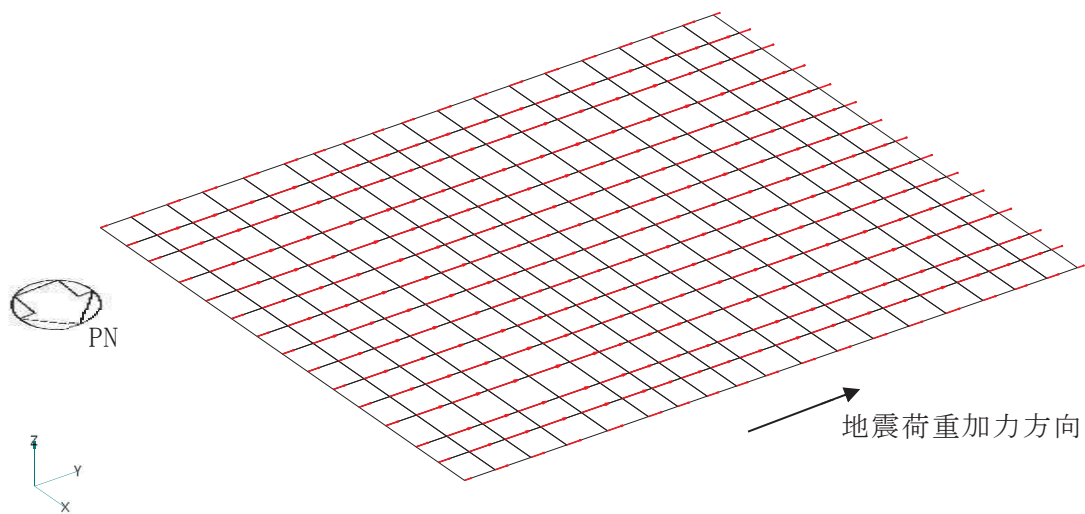


(e) 鉛直力 上部構造の地震力

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (3/7)

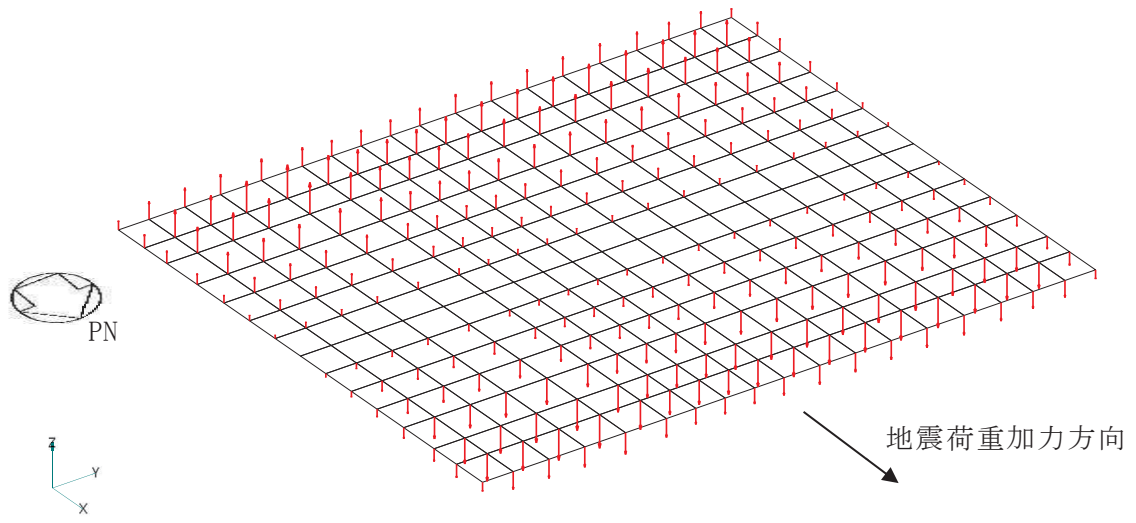


(f) 付加せん断力 (NS 方向)

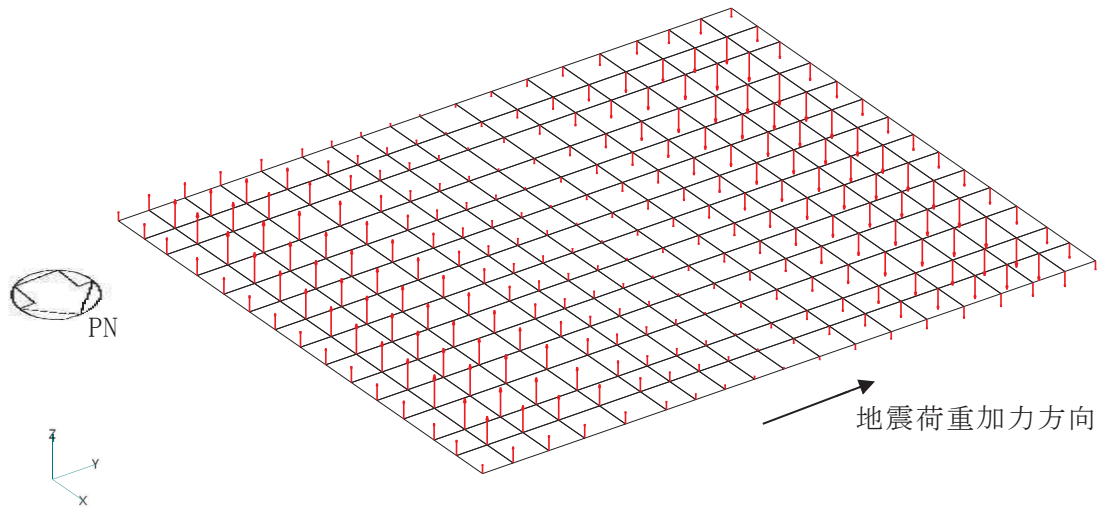


(g) 付加せん断力 (EW 方向)

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (4/7)

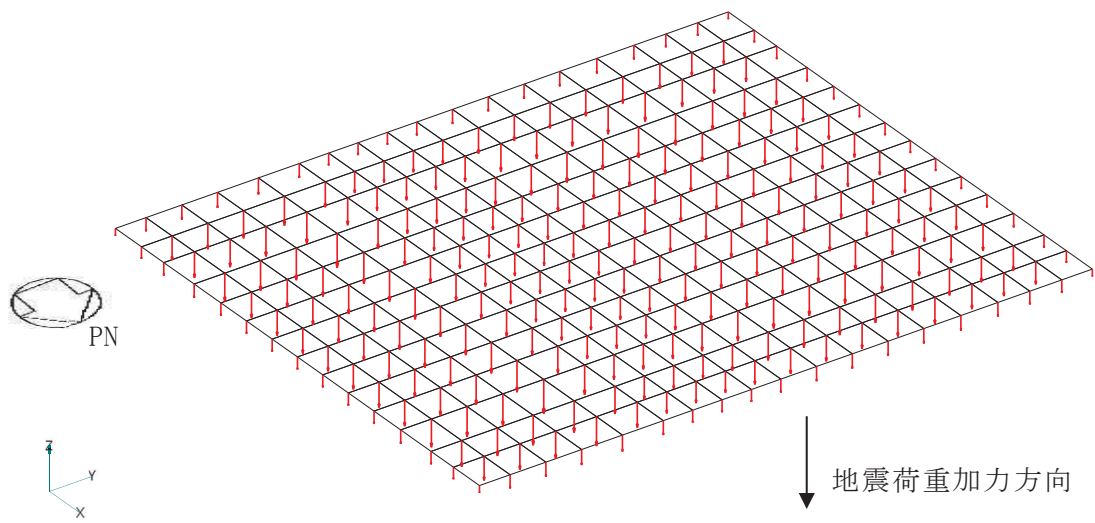


(h) 付加曲げモーメント (NS 方向)



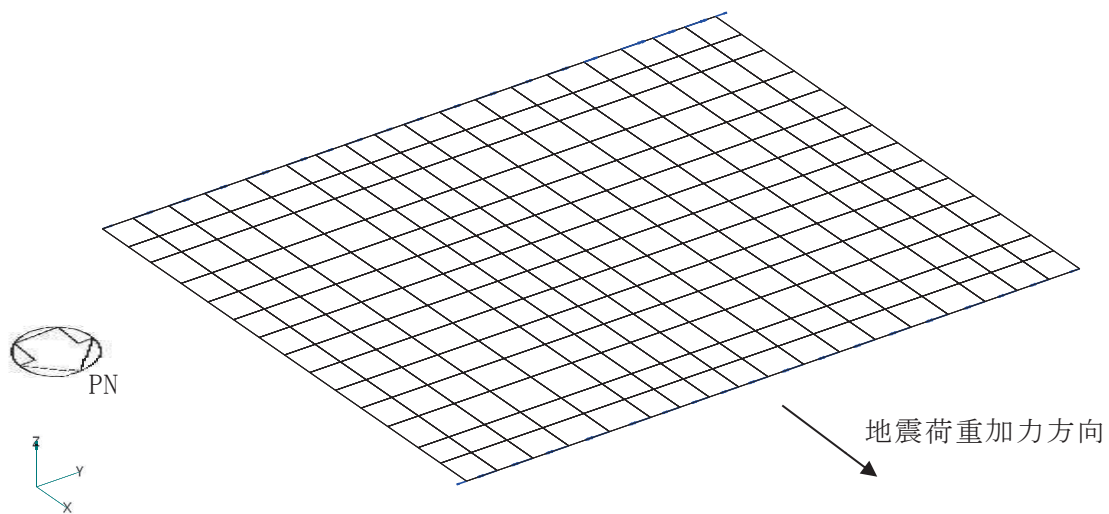
(i) 付加曲げモーメント (EW 方向)

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (5/7)

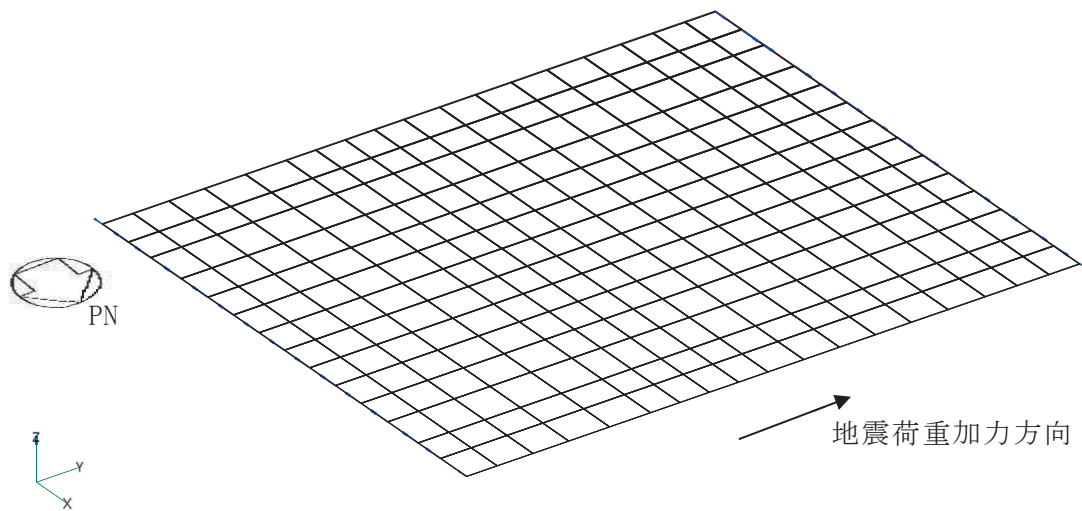


(j) 付加軸力

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (6/7)



(k) 地震時増分土圧荷重 (NS 方向) 曲げモーメント



(1) 地震時増分土圧荷重 (EW 方向) 曲げモーメント

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (7/7)

別紙 2-3 応力解析における断面の評価部位の選定

目 次

1. 概要 別紙 2-3-1
2. 断面の評価部位の選定 別紙 2-3-2

1. 概要

本資料は、緊急用電気品建屋基礎版の応力解析における断面の評価部位の選定に関し、工認記載の断面の評価要素の選定結果について示すものである。

2. 断面の評価部位の選定

基礎版の荷重の組合せケースを表 2-1 に，配筋領域図を図 2-1 に，配筋一覧を表 2-2 に示す。

各評価項目の検定値一覧を表 2-3 に，断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を図 2-2 に，断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図を図 2-3 に示す。

表 2-1 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S _s 地震時	1	$G + P + 1.0 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ UD}$
	2	$G + P + 1.0 S_{s\ NS} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3	$G + P + 1.0 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ DU}$
	4	$G + P + 1.0 S_{s\ NS} + 0.4 S_{s\ DU}$
	5	$G + P + 1.0 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	6	$G + P + 1.0 S_{s\ EW} + 0.4 S_{s\ UD}$
	7	$G + P + 1.0 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ DU}$
	8	$G + P + 1.0 S_{s\ EW} + 0.4 S_{s\ DU}$
	9	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} + 1.0 S_{s\ UD}$
	10	$G + P + 0.4 S_{s\ NS} + 1.0 S_{s\ UD}$
	11	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} + 1.0 S_{s\ DU}$
	12	$G + P + 0.4 S_{s\ NS} + 1.0 S_{s\ DU}$
	13	$G + P + 0.4 S_{s\ WE} + 1.0 S_{s\ UD}$
	14	$G + P + 0.4 S_{s\ EW} + 1.0 S_{s\ UD}$
	15	$G + P + 0.4 S_{s\ WE} + 1.0 S_{s\ DU}$
	16	$G + P + 0.4 S_{s\ EW} + 1.0 S_{s\ DU}$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$S_{s\ SN}$: S→N 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)

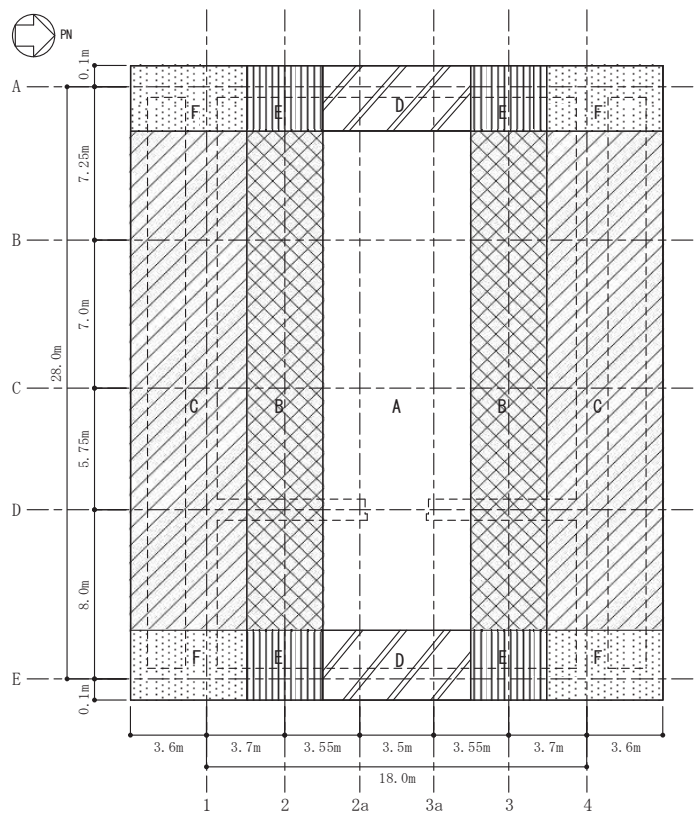
$S_{s\ NS}$: N→S 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)

$S_{s\ EW}$: E→W 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)

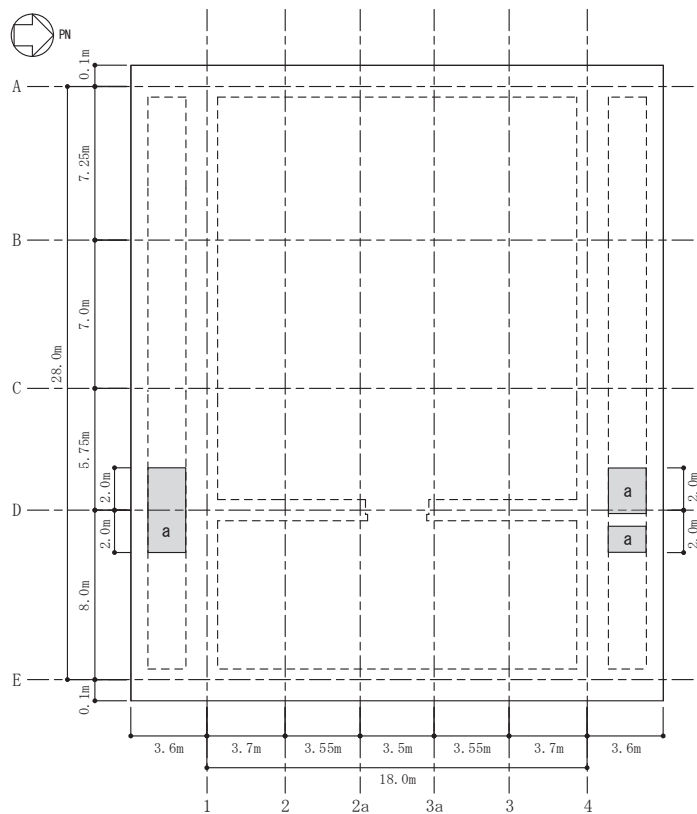
$S_{s\ WE}$: W→E 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)

$S_{s\ UD}$: 鉛直方向 (下向き) S_s 地震荷重

$S_{s\ DU}$: 鉛直方向 (上向き) S_s 地震荷重



(a) 主筋



(b) せん断補強筋

図 2-1 配筋領域図

表 2-2 配筋一覧

(a) 主筋

領域	上ば筋		下ば筋	
	方向	配筋	方向	配筋
A	NS	2-D38@200	NS	2-D38@200
	EW	2-D38@200	EW	2-D38@200
B	NS	3-D38@200	NS	3-D38@200
	EW	2-D38@200	EW	2-D38@200
C	NS	2-D51@200 + D38@200	NS	2-D51@200 + D38@200
	EW	2-D38@200	EW	2-D38@200
D	NS	2-D38@200	NS	2-D38@200
	EW	3-D38@200	EW	3-D38@200
E	NS	3-D38@200	NS	3-D38@200
	EW	3-D38@200	EW	3-D38@200
F	NS	2-D51@200 + D38@200	NS	2-D51@200 + D38@200
	EW	3-D38@200	EW	3-D38@200

(b) せん断補強筋

領域	配筋
a	D22@600 × 200

表 2-3 各評価項目の検定値一覧

評価項目			要素 番号	荷重の 組合せ ケース	検定値
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	225	3	0.07
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	4	8	0.09
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度	225	2	0.111
	EW 方向	面外せん断応力度	249	6	0.114

注：□ は，検定値が最大となる要素を示す。

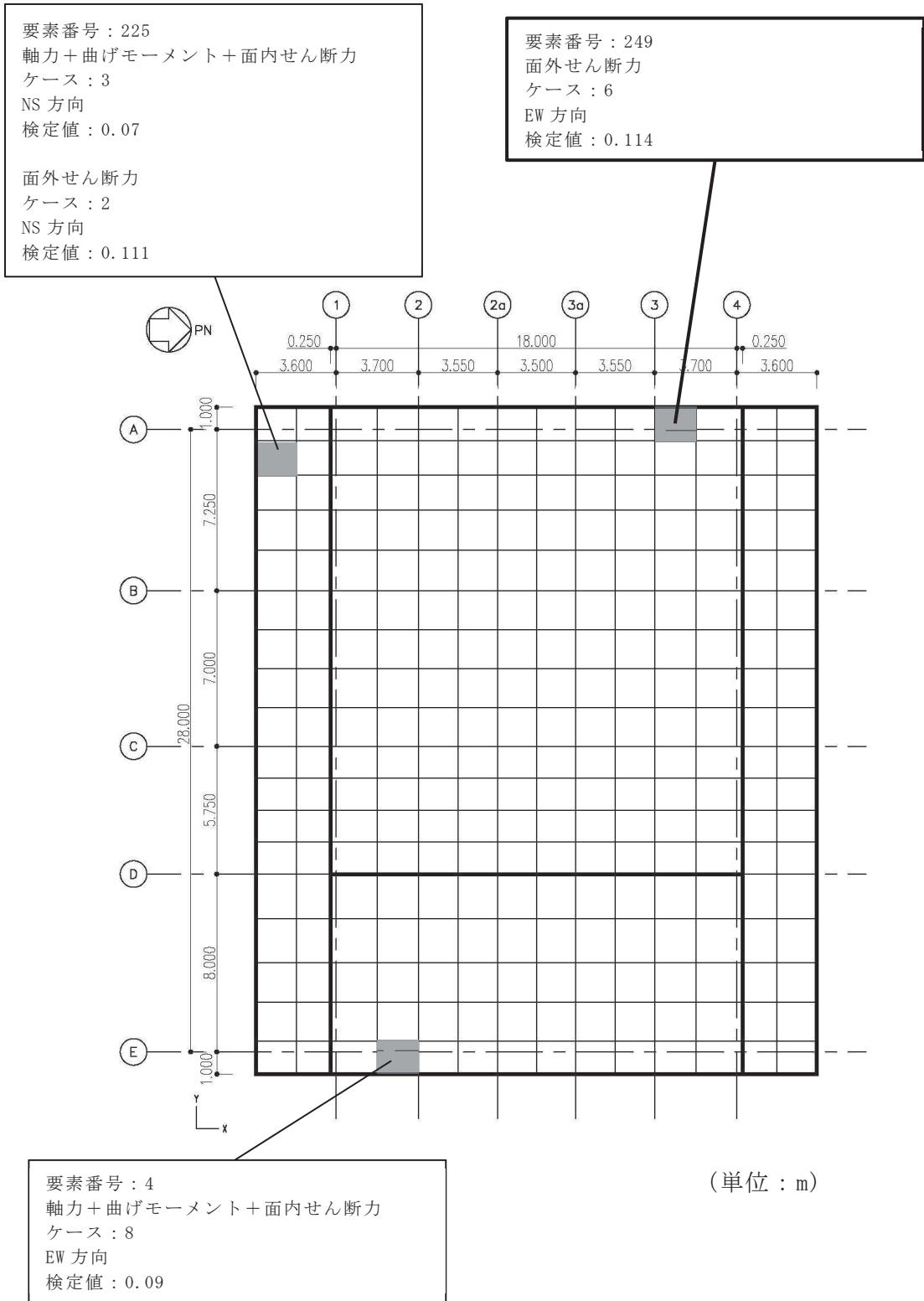
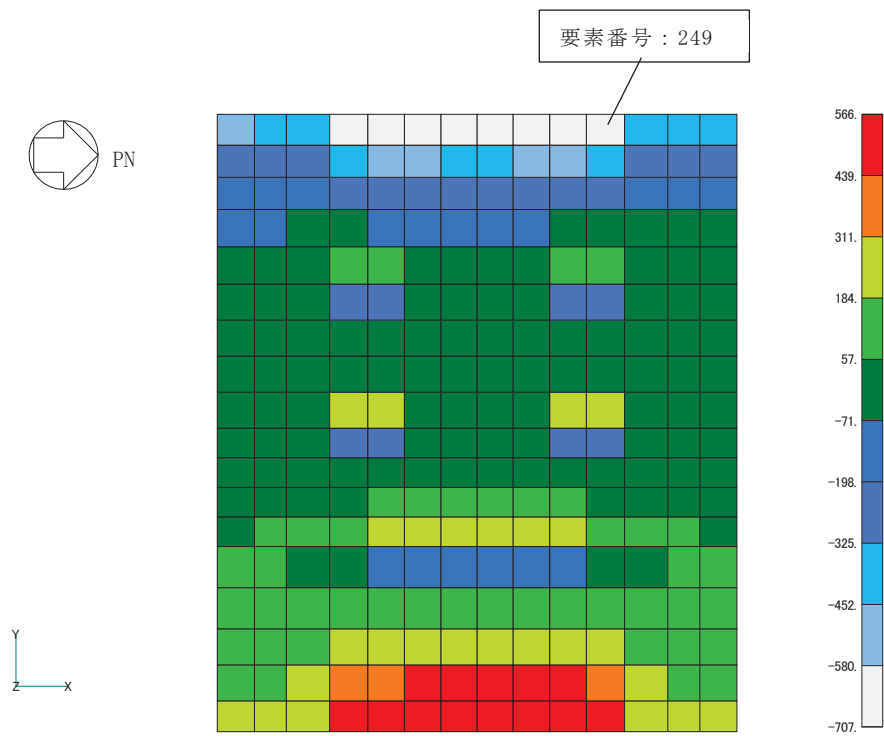


図 2-2 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果



面外せん断力 (EW 方向, ケース 6)

図 2-3 断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-11_改0
提出年月日	2021年3月15日

補足-610-11 【緊急時対策建屋の耐震性についての計算書に関する補足説明資料】

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」及び添付書類「VI-2-2-24 緊急時対策建屋の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1-1 緊急時対策建屋の地震応答解析における今回工認の解析モデル及び手法

別紙 1-1-1 SRモデルを適用することの妥当性について

別紙 1-2 緊急時対策建屋の地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定

別紙 1-3 緊急時対策建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

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

別紙 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 2-1 応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件の考え方

別紙 2-2 地震荷重の入力方法

別紙 2-3 応力解析における断面の評価部位の選定

今回ご提示資料

別紙 1-1 緊急時対策建屋の地震応答解析における解析モデル
及び手法

目次

1. 概要…………… 別紙 1-1-1
2. 地震応答解析モデルの変更点について…………… 別紙 1-1-2

1. 概要

本資料は、緊急時対策建屋の地震応答解析における解析モデル及び手法を示すものである。

2. 地震応答解析モデルの変更点について

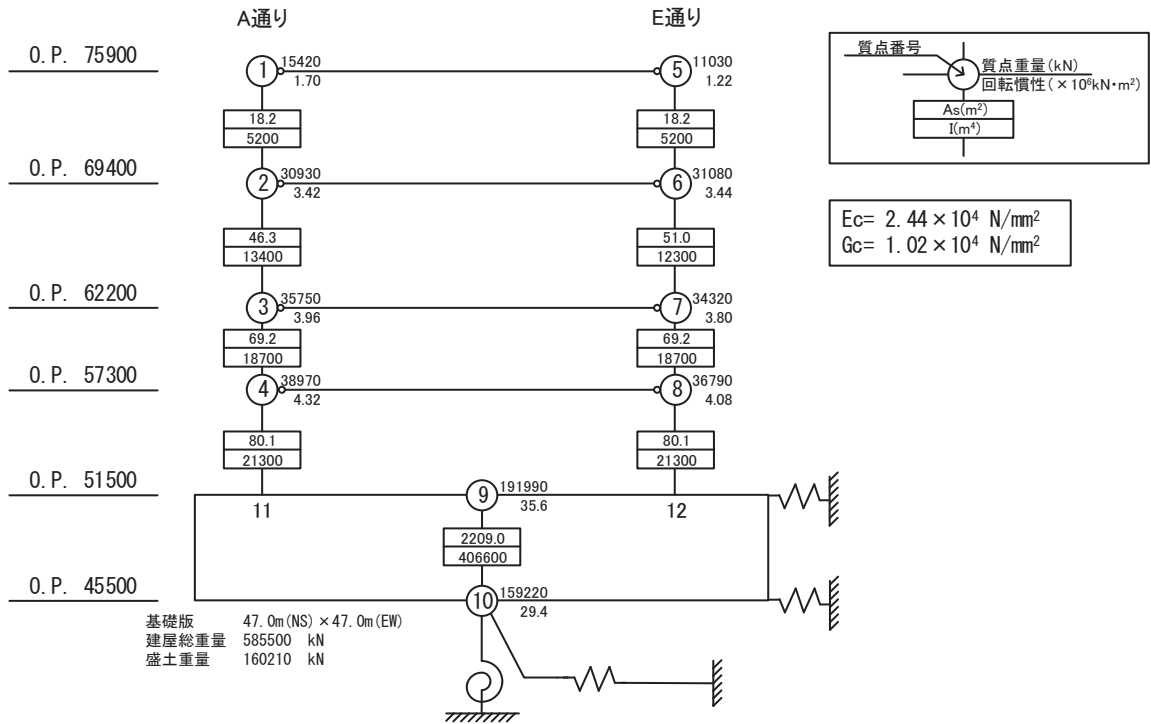
緊急時対策建屋の地震応答解析モデル及び手法を表 2-1 に示す。また、地震応答解析モデルを図 2-1 に示す。

表 2-1 緊急時対策建屋の地震応答解析モデル及び手法の比較

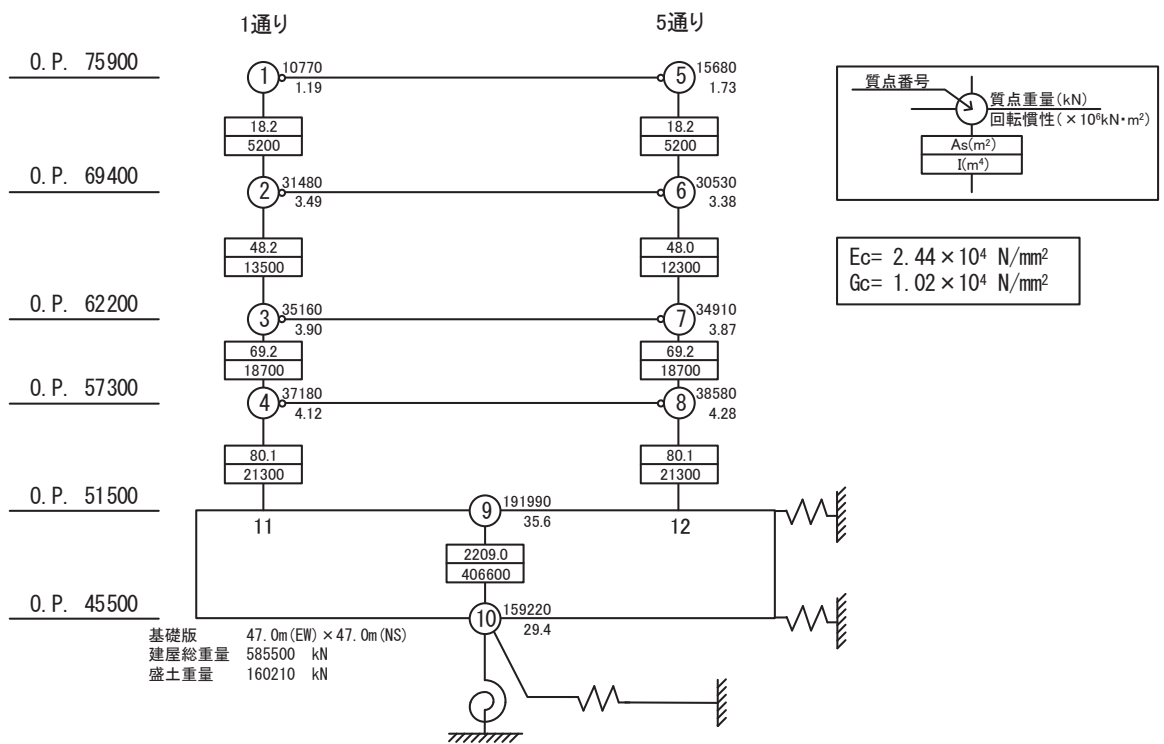
項目	内容	今回工認	備考
入力地震動の算定法	水平	周辺地盤による効果を考慮（E+F入力）及び基礎上端及び下端位置での地盤応答を入力。また、建屋基礎底面レベルにおける補正水平力（切欠き力）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮。	(1)
	鉛直	解放基盤位置及び本建屋設置位置の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により本建屋設置位置地盤の建屋基礎底面レベルでの地盤の応答を評価して入力地震動とする。	—
解析コード		NUPP4	—
建屋のモデル化	モデル	水平：多軸床剛多質点系モデル 鉛直：1軸多質点系モデル	—
	材料物性	RC規準に基づき設定 ・コンクリートのヤング係数， ポアソン比 $E = 2.44 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ $\nu = 0.2$	(2)
	剛性評価	耐震壁を考慮	
	減衰定数	・RC：5%	—
地盤のモデル化	底面ばね	・水平方向：水平及び回転ばねを考慮 ・鉛直方向：鉛直ばねを考慮	—
	側面ばね	・水平方向：水平ばねを考慮 ・鉛直方向：考慮せず	
非線形特性	耐震壁	・水平方向：考慮 ・鉛直方向：考慮せず	(3)
	底面ばね	・水平方向：基礎浮上りによる幾何学的非線形性考慮 ・鉛直方向：考慮せず	

具体的な反映事項（表の備考欄に対応）

- (1) 解放基盤表面で定義される基準地震動を用いて、一次元線形解析により算定した位置での応答波を入力する。
- (2) 「日本建築学会 1999年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」
- (3) 「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）」に基づく。詳細は別紙 1-2 に示す。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 2-1(1) 地震応答解析モデル (水平方向)

O. P. 75900

O. P. 69400

O. P. 62200

O. P. 57300

O. P. 51500

O. P. 45500

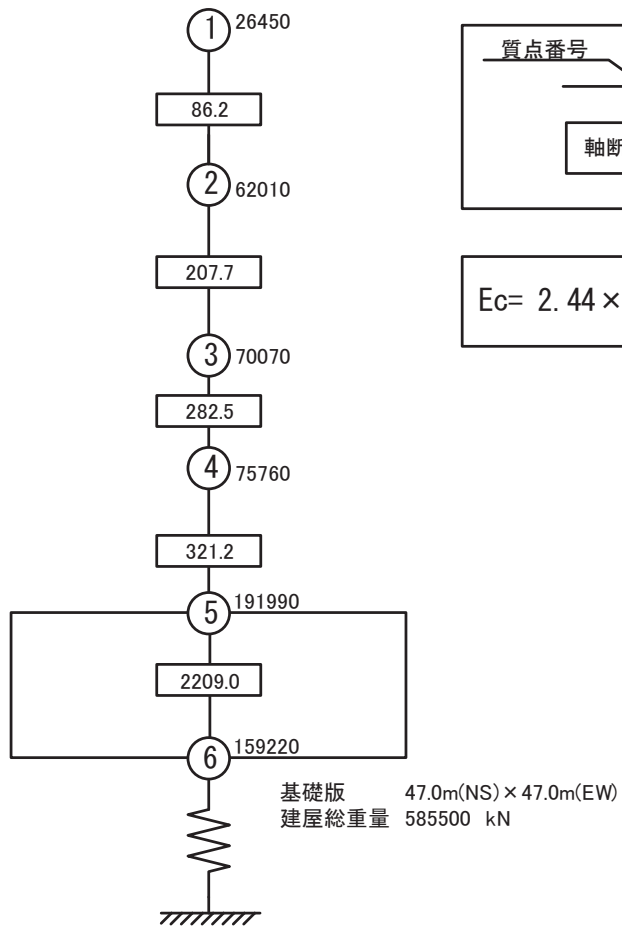


図 2-1(2) 地震応答解析モデル (鉛直方向)

別紙 1-2 緊急時対策建屋の地震応答解析における耐震壁の
スケルトンカーブの設定

目 次

1. 概要	別紙 1-2- 1
2. 耐震壁の非線形特性の設定について	別紙 1-2- 2
2.1 第 1 折点の設定	別紙 1-2- 3
2.2 第 2 折点の設定	別紙 1-2- 3
2.3 終局点の設定	別紙 1-2- 4
3. せん断力のスケルトンカーブの設定について	別紙 1-2- 5
3.1 水平方向モデル	別紙 1-2- 5
3.2 使用材料の物性値	別紙 1-2- 9
3.3 RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの諸数値	別紙 1-2-10
4. まとめ	別紙 1-2-14

1. 概要

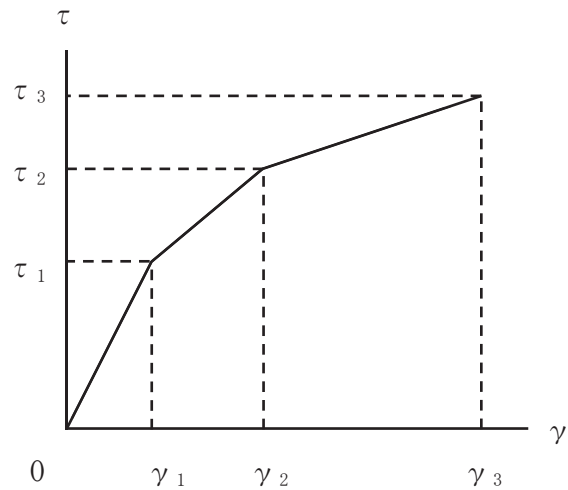
緊急時対策建屋は、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体とした構造物である。このため、地震応答解析においては、鉄筋コンクリート造耐震壁（以下「RC造耐震壁」という。）の非線形特性を考慮している。本資料は、耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの設定について説明するものである。

また、本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書」

2. 耐震壁の非線形特性の設定について

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



- τ_1 : 第1折点のせん断応力度
- τ_2 : 第2折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第2折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図2-1 せん断応力度－せん断ひずみ関係

2.1 第1折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの第1折点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_1 = \sqrt{\sqrt{F_c} (\sqrt{F_c + \sigma_v})}$$

$$\gamma_1 = \tau_1 / G$$

ここで、

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

G : コンクリートのせん断弾性係数 (kgf/cm²)

σ_v : 縦軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

2.2 第2折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$$

$$\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$$

2.3 終局点の設定

RC 造耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

$\tau_s \leq 4.5 \sqrt{F_c}$ の場合

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

$\tau_s > 4.5 \sqrt{F_c}$ の場合

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

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

ここで、

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

ただし、 $M/QD > 1$ のとき $M/QD = 1$

$$\tau_s = \frac{(P_v + P_H) \cdot {}_s \sigma_y}{2} + \frac{(\sigma_v + \sigma_H)}{2}$$

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

P_v, P_H : 縦, 横筋比 (実数)

σ_v, σ_H : 縦, 横軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

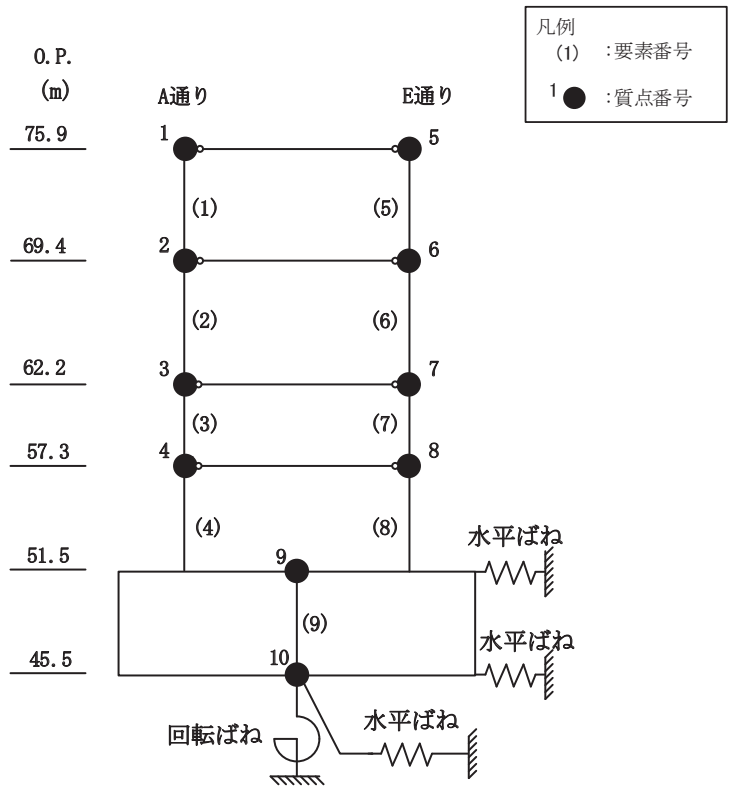
${}_s \sigma_y$: 鉄筋降伏応力度 (kgf/cm²)

M/QD : シアスパン比

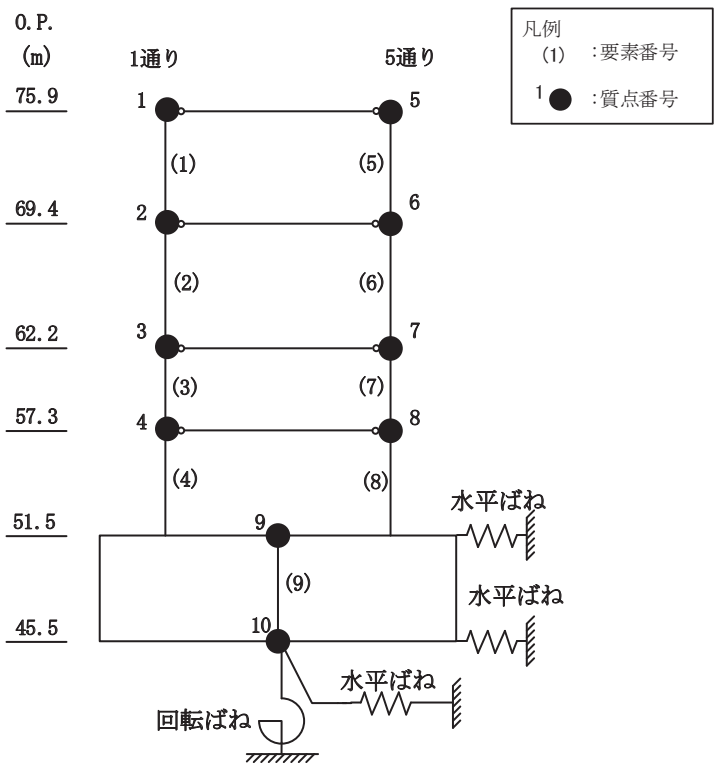
3. せん断力のスケルトンカーブの設定について

3.1 水平方向モデル

水平方向は、地盤との相互作用を考慮し、耐震壁等の曲げ及びせん断剛性を評価した多質点系モデルとしている。地震応答解析モデルを図 3-1 に、解析モデルの諸元を表 3-1 に示す。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 3-1 地震応答解析モデル (水平方向)

表 3-1(1) 地震応答解析モデル諸元 (NS 方向)

(a) 重量・回転慣性重量

標高 O.P. (m)	建屋	
	A通り	E通り
75.90	1	5
	15420	11030
	1.70	1.22
69.40	2	6
	30930	31080
	3.42	3.44
62.20	3	7
	35750	34320
	3.96	3.80
57.30	4	8
	38970	36790
	4.32	4.08
51.50	9	
	191990	
	35.6	
45.50	10	
	159220	
	29.4	

質点番号
質点重量(kN)
回転慣性重量($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)

(b) セン断断面積・断面二次モーメント

標高 O.P. (m)	建屋	
	A通り	E通り
75.90	(1)	(5)
	18.2	18.2
	5200	5200
69.40	(2)	(6)
	46.3	51.0
	13400	12300
62.20	(3)	(7)
	69.2	69.2
	18700	18700
57.30	(4)	(8)
	80.1	80.1
	21300	21300
51.50	(9)	
	2209.0	
	406600	

要素番号
せん断断面積(m^2)
断面二次モーメント(m^4)

表 3-1(2) 地震応答解析モデル諸元 (EW 方向)

(a) 重量・回転慣性重量

標高 O.P. (m)	建屋	
	1通り	5通り
75.90	1	5
	10770	15680
	1.19	1.73
69.40	2	6
	31480	30530
	3.49	3.38
62.20	3	7
	35160	34910
	3.90	3.87
57.30	4	8
	37180	38580
	4.12	4.28
51.50	9	
	191990	
	35.6	
45.50	10	
	159220	
	29.4	

質点番号
質点重量(kN)
回転慣性重量($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}^2$)

(b) セン断断面積・断面二次モーメント

標高 O.P. (m)	建屋	
	1通り	5通り
75.90	(1)	(5)
	18.2	18.2
	5200	5200
69.40	(2)	(6)
	48.2	48.0
	13500	12300
62.20	(3)	(7)
	69.2	69.2
	18700	18700
57.30	(4)	(8)
	80.1	80.1
	21300	21300
51.50	(9)	
	2209.0	
	406600	

要素番号
せん断断面積(m^2)
断面二次モーメント(m^4)

3.2 使用材料の物性値

地震応答解析に用いる緊急時対策建屋の使用材料の物性値を表 3-2 及び表 3-3 に示す。

表 3-2 使用材料の物性値 (コンクリート)

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
コンクリート : F _c = 30N/mm ²	2.44 × 10 ⁴	1.02 × 10 ⁴	5

表 3-3 使用材料の物性値 (鉄筋)

使用材料	降伏応力度 σ _y (N/mm ²)
鉄筋 (耐震壁) : SD390	390

3.3 RC造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第1折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第1折点の設定根拠を表3-4に示す。

表3-4 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第1折点)

(a) NS 方向

要素番号	通り	設計基準強度 F_c (N/mm^2)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$)	断面積 A_s (m^2)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm^2)	τ_1 (N/mm^2)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)
(1)	A	30	1.02	18.2	0.291	1.84	0.180
(2)		30	1.02	46.3	0.306	1.84	0.181
(3)		30	1.02	69.2	0.390	1.88	0.185
(4)		30	1.02	80.1	0.519	1.94	0.190
(5)	E	30	1.02	18.2	0.219	1.80	0.177
(6)		30	1.02	51.0	0.295	1.84	0.180
(7)		30	1.02	69.2	0.376	1.88	0.184
(8)		30	1.02	80.1	0.491	1.93	0.189

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量/断面積

(b) EW 方向

要素番号	通り	設計基準強度 F_c (N/mm^2)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$)	断面積 A_s (m^2)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm^2)	τ_1 (N/mm^2)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)
(1)	1	30	1.02	18.2	0.223	1.81	0.177
(2)		30	1.02	48.2	0.284	1.83	0.180
(3)		30	1.02	69.2	0.373	1.88	0.184
(4)		30	1.02	80.1	0.487	1.93	0.189
(5)	5	30	1.02	18.2	0.284	1.83	0.180
(6)		30	1.02	48.0	0.313	1.85	0.181
(7)		30	1.02	69.2	0.387	1.88	0.184
(8)		30	1.02	80.1	0.515	1.94	0.190

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量/断面積

(2) 第2折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点の設定根拠を表3-5に示す。

表3-5 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第2折点)

(a) NS 方向

要素番号	通り	τ_2^{*1} (N/mm ²)	γ_2^{*2} ($\times 10^{-3}$)
(1)	A	2.48	0.541
(2)		2.49	0.543
(3)		2.54	0.554
(4)		2.62	0.571
(5)	E	2.44	0.531
(6)		2.48	0.541
(7)		2.53	0.552
(8)		2.60	0.567

注記*1: $\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$

*2: $\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$

(b) EW 方向

要素番号	通り	τ_2^{*1} (N/mm ²)	γ_2^{*2} ($\times 10^{-3}$)
(1)	1	2.44	0.531
(2)		2.48	0.540
(3)		2.53	0.552
(4)		2.60	0.567
(5)	5	2.48	0.540
(6)		2.49	0.543
(7)		2.54	0.553
(8)		2.62	0.570

注記*1: $\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$

*2: $\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$

(3) 終局点

RC造耐震壁の終局点は、「2.3 終局点の設定」に基づき、各層の終局せん断応力度を算出する。

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点の設定根拠を表3-6に示す。また、緊急時対策建屋のO.P.51.5m~O.P.57.3mについて、各耐震壁の配筋を示したものを図3-2に示す。

表3-6 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 終局点)

(a)NS 方向

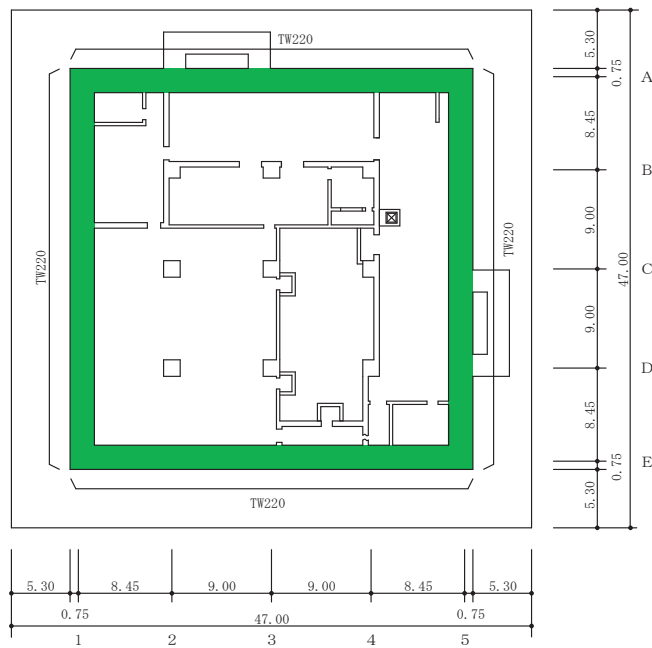
要素番号	通り	P_V (%)	P_H (%)	縦軸応力度 σ_V^* (N/mm ²)	M/QD	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	A	1.914	1.914	0.291	0.240	7.64	4.00
(2)		2.036	2.036	0.306	0.302	7.67	4.00
(3)		1.800	1.800	0.390	0.353	7.46	4.00
(4)		2.073	2.073	0.519	0.458	7.67	4.00
(5)	E	1.914	1.914	0.219	0.240	7.63	4.00
(6)		2.036	2.036	0.295	0.293	7.67	4.00
(7)		1.800	1.800	0.376	0.366	7.45	4.00
(8)		2.073	2.073	0.491	0.468	7.67	4.00

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_V =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(b)EW 方向

要素番号	通り	P_V (%)	P_H (%)	縦軸応力度 σ_V^* (N/mm ²)	M/QD	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	1	1.914	1.914	0.223	0.240	7.63	4.00
(2)		2.036	2.036	0.284	0.297	7.67	4.00
(3)		1.800	1.800	0.373	0.360	7.45	4.00
(4)		2.073	2.073	0.487	0.463	7.67	4.00
(5)	5	1.914	1.914	0.284	0.240	7.64	4.00
(6)		2.036	2.036	0.313	0.298	7.67	4.00
(7)		1.800	1.800	0.387	0.359	7.45	4.00
(8)		2.073	2.073	0.515	0.462	7.67	4.00

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_V =$ 当該部分が支える重量 / 断面積



(単位 : m)

地下 2 階伏図

記号*	縦筋	横筋
TW220	内 : D38@200 (5 段)	内 : D38@200 (5 段)
	外 : D38@200 (3 段)	外 : D38@200 (3 段)

注記* : 記号に含まれる数値は壁厚 (cm) を表す。(例 : TW220 なら 220cm)

図 3-2 耐震壁の配筋 (0. P. 51. 5m~0. P. 57. 3m)

4. まとめ

緊急時対策建屋におけるせん断力のスケルトンカーブの設定について整理した。算出したせん断力のスケルトンカーブの諸数値を表 4-1 に示す。

表 4-1 緊急時対策建屋のせん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

(a)NS 方向

要素 番号	通り	第 1 折点		第 2 折点		終局点	
		τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	A	1.84	0.180	2.48	0.541	7.64	4.00
(2)		1.84	0.181	2.49	0.543	7.67	4.00
(3)		1.88	0.185	2.54	0.554	7.46	4.00
(4)		1.94	0.190	2.62	0.571	7.67	4.00
(5)	E	1.80	0.177	2.44	0.531	7.63	4.00
(6)		1.84	0.180	2.48	0.541	7.67	4.00
(7)		1.88	0.184	2.53	0.552	7.45	4.00
(8)		1.93	0.189	2.60	0.567	7.67	4.00

(b)EW 方向

要素 番号	通り	第 1 折点		第 2 折点		終局点	
		τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	1	1.81	0.177	2.44	0.531	7.63	4.00
(2)		1.83	0.180	2.48	0.540	7.67	4.00
(3)		1.88	0.184	2.53	0.552	7.45	4.00
(4)		1.93	0.189	2.60	0.567	7.67	4.00
(5)	5	1.83	0.180	2.48	0.540	7.64	4.00
(6)		1.85	0.181	2.49	0.543	7.67	4.00
(7)		1.88	0.184	2.54	0.553	7.45	4.00
(8)		1.94	0.190	2.62	0.570	7.67	4.00

別紙 1-3 緊急時対策建屋の地震応答解析における材料物性の
不確かさに関する検討

目次

1. 概要.....	別紙 1-3- 1
1.1 検討概要.....	別紙 1-3- 1
1.2 検討方針.....	別紙 1-3- 2
2. 材料物性の不確かさの分析.....	別紙 1-3- 3
2.1 建屋剛性の不確かさ.....	別紙 1-3- 3
2.2 地盤物性の不確かさ.....	別紙 1-3- 4
3. 材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定.....	別紙 1-3- 5
3.1 設計用地震力の設定方法.....	別紙 1-3- 5
3.2 材料物性の不確かさの設定.....	別紙 1-3- 7
4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討.....	別紙 1-3- 9
4.1 検討概要.....	別紙 1-3- 9
4.2 不確かさの影響検討.....	別紙 1-3-12
4.3 まとめ.....	別紙 1-3-41
5. 機器・配管系評価への影響.....	別紙 1-3-42

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

別紙 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

1. 概要

1.1 検討概要

本資料は、緊急時対策建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討について説明するものである。

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

1.2 検討方針

建物・構築物の耐震性評価に用いる動的地震力は、各建物・構築物の地震応答解析（時刻歴応答解析法）により求められており、地盤物性、建物・構築物の剛性、地盤のばね定数及び減衰定数、地震動の位相特性などの影響を受ける。特に床応答スペクトルの変動に影響を及ぼす要因は、建屋剛性及び地盤物性であることが確認されている。*

地震応答解析モデルの建屋剛性は、コンクリートの設計基準強度に基づき設定しているが、今後の地震の発生により初期剛性が変動することが考えられる。

また、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮したモデルによる地震応答解析において、地盤物性は実測した地盤のせん断波速度を用いて算出していることから、地盤のせん断波速度の不確かさが建屋応答へ影響を及ぼすことが考えられる。

以上より、建屋剛性の不確かさ要因としてはコンクリート剛性を、地盤物性の不確かさ要因としては地盤のせん断波速度を考慮することとし、それぞれの不確かさが建屋応答及び耐震安全性に及ぼす影響について考察を行い、耐震性評価における材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定について検討する。また、建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮したモデルにより地震応答解析を実施し、建屋応答並びに建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性に及ぼす影響について確認する。

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

2. 材料物性の不確かさの分析

2.1 建屋剛性の不確かさ

初期剛性の多少の違いが応答結果に与える影響は小さいが、一方で、既設建屋は過去の中小地震も含めた記録では時間経過に伴い剛性が低下する傾向の他に、更新地震によっても剛性が低下する傾向が認められていることから、初期剛性低下の影響を保守的に反映するモデルを不確かさケースとして採用している。緊急時対策建屋は新設建屋であり地震の影響を受けていないこと、また評価基準値（耐震壁の最大応答せん断ひずみ： 2.0×10^{-3} ）に対して十分な余裕を有しているため、耐震安全性は基本ケースの解析で確認可能と考えるが、念のため初期剛性の不確かさとして 0.8 倍を考慮することで設計における保守性を確保する。なお、0.8 倍の設定にあたっては、以下①～④に示すとおり、今回工認における新設建屋（緊急用電気品建屋及び緊急時対策建屋）の構造的特徴と既設建屋（原子炉建屋）との類似性や、新設建屋の詳細設計及び基準地震動 S_s に対する応答結果を踏まえて総合的に判断の上設定した。

- ① 新設建屋は岩盤に設置し、地下階を有する計画としている。主たる耐震要素は RC 造耐震壁であり全方向に耐震壁が配置されたマッシブな構造となっており、類似既設建屋（原子炉建屋）の 3.11 地震時の剛性低下率はオペフロ下部で NS 方向 0.75 倍、EW 方向 0.80 倍
- ② 新設建屋のうち、緊急用電気品建屋の基準地震動 S_s 入力時の剛性低下率は、NS 方向、EW 方向ともに 1.0 倍（剛性低下無）
- ③ 新設建屋のうち、緊急時対策建屋の基準地震動 S_s 入力時の剛性低下率は、NS 方向：0.82 倍、EW 方向：0.80 倍
- ④ 新設建屋も既設建屋と同様のコンクリート材料を使用することから、補足-620-1 に示す耐震実験 [3] の結果を踏まえ、コンクリートの乾燥収縮の進展と地震の重畳による初期剛性低下の可能性を考慮

建屋剛性の不確かさを考慮することにより、部材の発生応力については、不確かさを考慮しないケース（以下「基本ケース」という。）に対して変動すると考えられるが、耐力については変動しない。また、変位及びせん断ひずみについては、剛性が低下することから、基本ケースよりも大きくなると考えられる。

よって、建屋の耐震性評価において、建屋剛性の不確かさを考慮する。ただし、既設建屋においては鉛直方向では水平方向に比べ建設時からの剛性低下は小さく、これまでの地震の経験において設計剛性を下回っていないこと、建屋シミュレーション解析では既工認モデルで記録を再現できたことから、基本ケースで既工認モデルの剛性を採用し、不確かさは考慮しないこととしており、緊急時対策建屋においても同様とする。

2.2 地盤物性の不確かさ

地盤物性の不確かさについては、地盤のせん断波速度が変動することにより、地盤物性が変動する。これに対応して、建屋への入力地震動の特性が変動し、建屋に考慮すべき設計用地震力も変動すると考えられる。

よって、緊急時対策建屋の耐震性評価において、地盤物性の不確かさを考慮する。

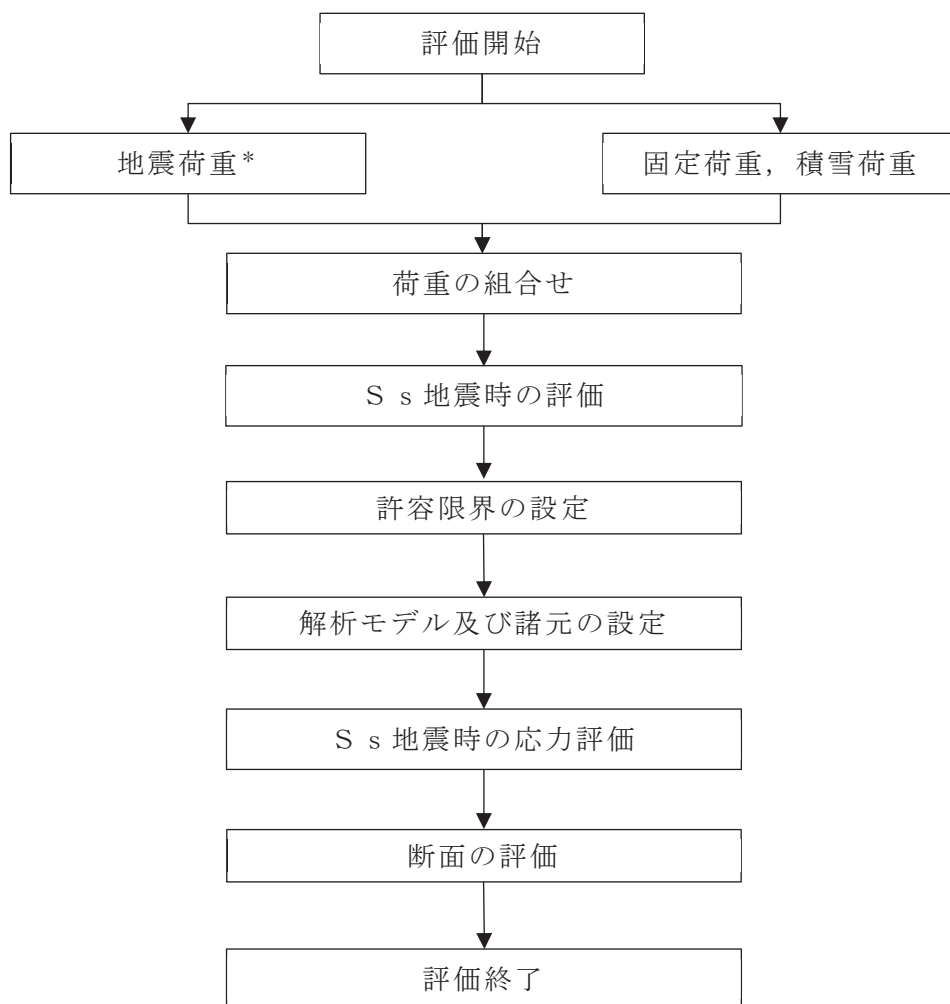
3. 材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定

3.1 設計用地震力の設定方法

基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮したケースの地震荷重を用いた解析を実施することで、材料物性の不確かさを設計用地震力として考慮する。不確かさを考慮したケースの質点系モデルによる地震応答解析は、基本ケースにおける建屋応答を確認したうえで、建屋応答への影響の大きい入力動に対して実施する（「別紙 1-3-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について」参照）。材料物性の不確かさを地震荷重として考慮した建屋の耐震性評価フローの例を図 3-1 に示す。

耐震性評価において、地震荷重は、質点系モデルによる地震応答解析により得られた最大応答値から算出し、解析モデルの各節点に配分することにより考慮している。質点系モデルによる地震応答解析により得られた最大応答値は、基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮したケース（以下「検討ケース」という。）ごとに異なるため、保守的な評価として、各質点において、検討ケースごとに得られた応答値のうち最大の応答値から算出される地震荷重を採用することとする。

材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を「別紙 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」に示す。



注記* : 建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮する

図 3-1 建屋耐震性評価フロー (応力解析による評価)

3.2 材料物性の不確かさの設定

材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの応答値の算出にあたり、建屋剛性および地盤のせん断波速度の不確かさを設定する。

建屋剛性の不確かさは、コンクリートの設計基準強度に基づいて設定した基本ケースの初期剛性に0.8倍を乗じて設定する。基本ケースの初期剛性を表3-1に、不確かさを考慮した初期剛性を表3-2に示す。なお、鉛直方向には建屋剛性の不確かさを考慮しない。

表 3-1 基本モデルの初期剛性

部位	方向	ヤング係数 E ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)
耐震壁・基礎版	NS	2.44	1.02
	EW		

表 3-2 剛性低下を考慮した初期剛性

部位	方向	ヤング係数 E ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4 \text{N/mm}^2$)
耐震壁・基礎版	NS	1.95	0.816
	EW		

地盤物性の不確かさの影響検討においては、弾性波速度試験結果に基づく地盤のせん断波速度の不確かさを考慮する。

基本ケースでは、地盤調査結果の平均値を基に設定した地盤のせん断波速度により地盤物性を設定している。地盤物性の不確かさ検討に当たっては、初期せん断波速度に対して標準偏差に相当するばらつきを考慮する。地盤のせん断波速度の不確かさを表 3-3 に示す。

表 3-3 地盤のせん断波速度の不確かさ

	O. P. (m)	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		基本ケース	+ σ 相当	- σ 相当
側面地盤	62.0	290	310	270
	61.3	710	760	660
	60.2	680	730	630
	52.8	670	710	630
	52.5	1330	1420	1240
底面地盤	45.5	1330	1420	1240
	37.7	2080	2220	1940
	23.8	2510	2680	2340
	10.4	2500	2670	2330
	-200.0	2500	2670	2330

4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討

本章では、建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮したモデルにより固有値解析を実施し、建屋の応答並びに耐震安全性に及ぼす影響について確認する。

4.1 検討概要

建屋剛性及び地盤物性（地盤のせん断波速度）の不確かさを考慮して検討ケースを定め、建屋応答への影響を確認する。

検討ケースを表 4-1 に、緊急時対策建屋の地震応答解析モデルを図 4-1 に示す。ここで、建屋剛性をコンクリートの設計基準強度に基づき評価した剛性、地盤のせん断波速度を標準地盤とした検討ケースを基本ケースとする。表中の塗りつぶし部分は、基本ケースと異なる設定をしているパラメータである。

表 4-1 検討ケース一覧

ケース名	建屋減衰	コンクリート剛性		地盤のせん断波速度
		初期剛性	終局耐力	
ケース 1 (基本ケース)	5%	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価		平均値
ケース 2 (地盤物性+ σ)	5%	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価		+ σ 相当
ケース 3 (地盤物性- σ)	5%	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価		- σ 相当
ケース 4 (建屋剛性考慮)	5%	基本ケースの 0.8 倍	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価	平均値
ケース 5 (建屋剛性考慮, 地盤物性+ σ)	5%	基本ケースの 0.8 倍	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価	+ σ 相当
ケース 6 (建屋剛性考慮, 地盤物性- σ)	5%	基本ケースの 0.8 倍	設計基準強度に基づき JEAG 式で評価	- σ 相当

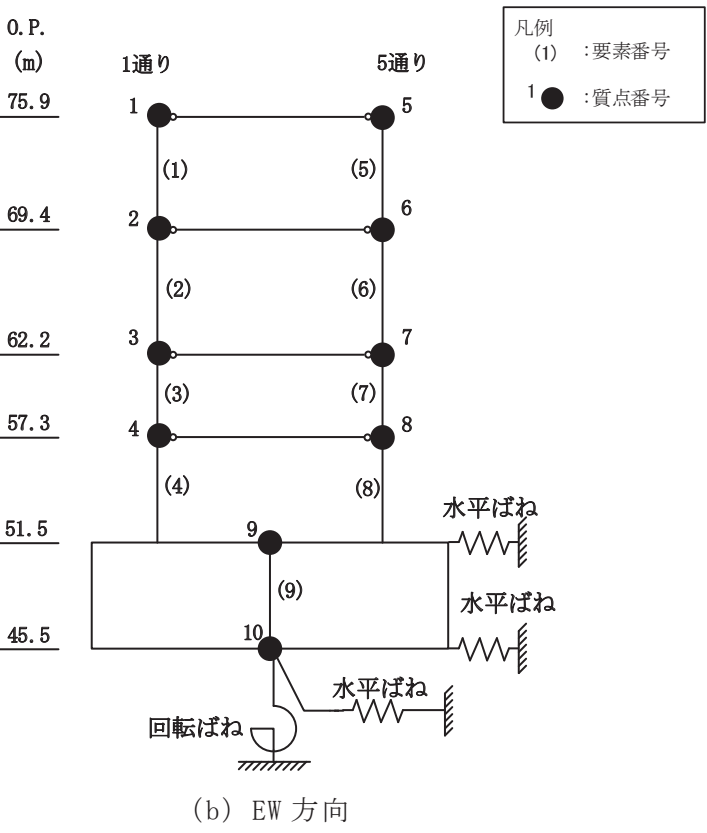
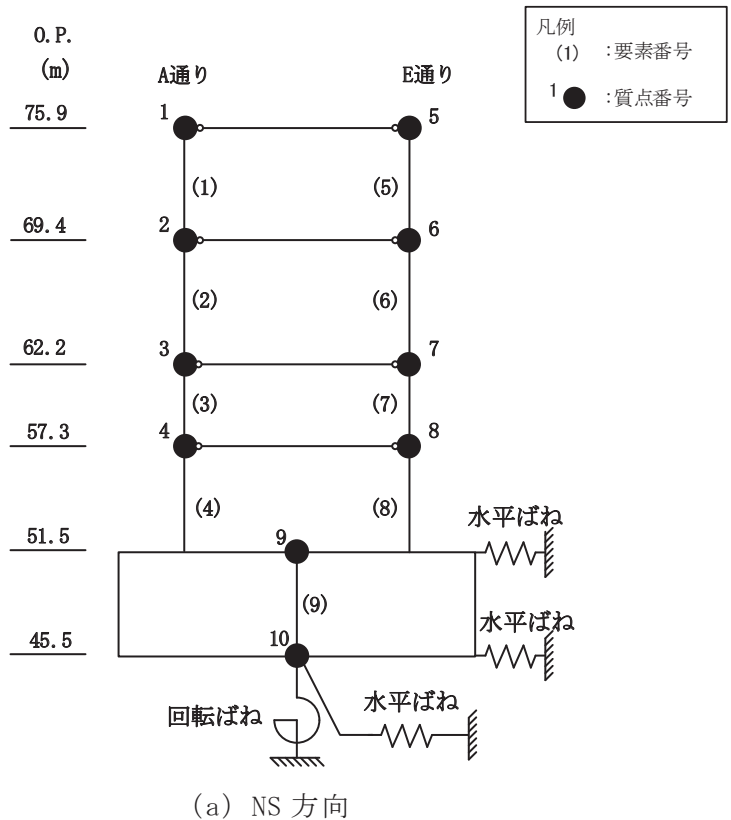
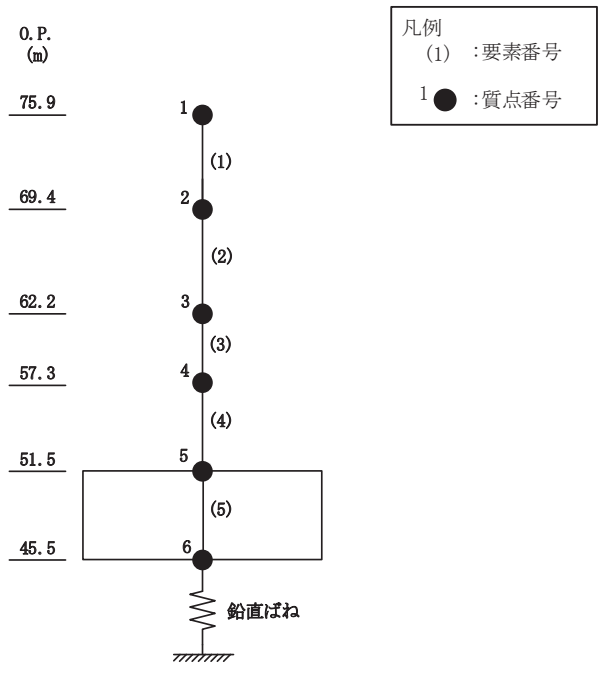


図 4-1(1) 地震応答解析モデル (水平方向)



(c) UD 方向

図 4-1(2) 地震応答解析モデル (鉛直方向)

4.2 不確かさの影響検討

4.2.1 建屋剛性変動による影響

(1) 影響評価方針

建屋剛性を変動させたケース（ケース 4）の固有値解析を実施し，基本ケースの結果と比較する。

(2) 固有値解析結果

建屋剛性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 4-2，刺激関数図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

基本ケースに対する建屋剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について，最大で低振動数側に 9%シフトした。

表 4-2 固有値解析結果の比較（単位：Hz）

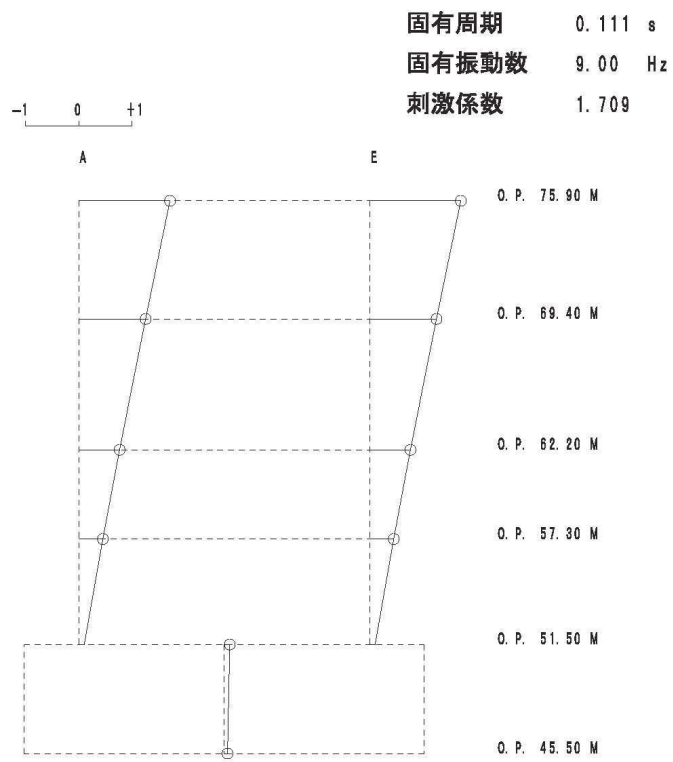
(a) NS 方向

次数	NS 方向	
	ケース 1	ケース 4
1	9.92	9.00 (0.91)
2	21.23	19.40 (0.91)
3	29.45	26.68 (0.91)
4	29.94	27.82 (0.93)

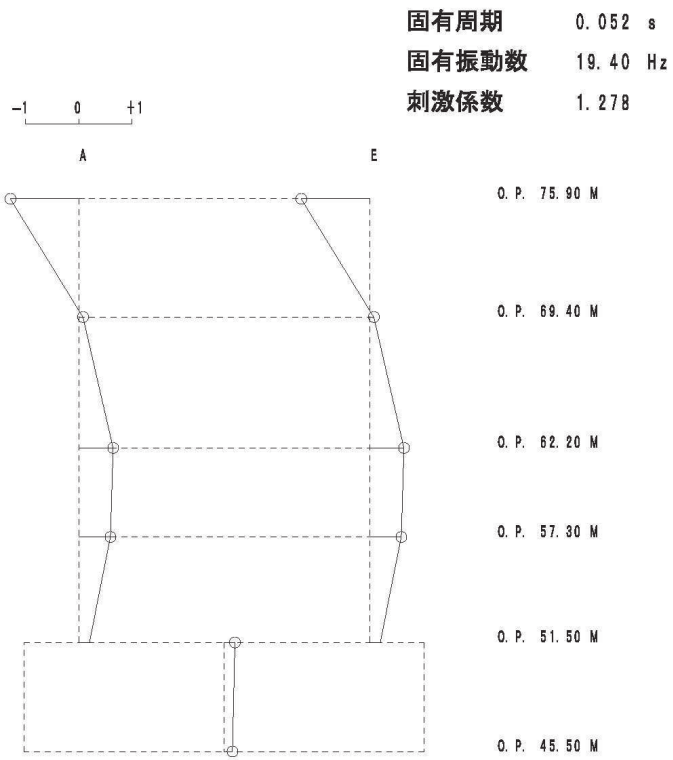
(b) EW 方向

次数	EW 方向	
	ケース 1	ケース 4
1	9.91	8.99 (0.91)
2	21.22	19.38 (0.91)
3	29.33	26.55 (0.91)
4	29.93	27.82 (0.93)

注：（ ）内は基本モデルに対する比率

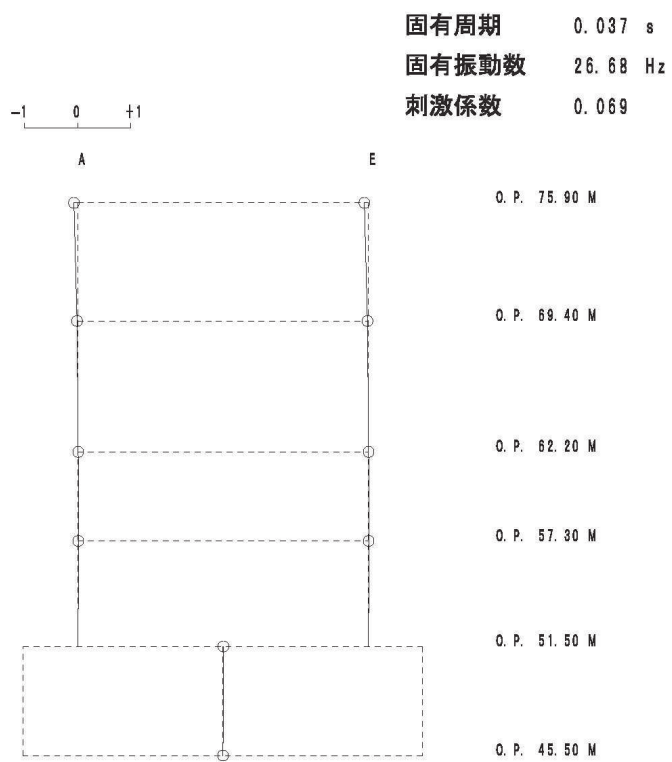


1 次

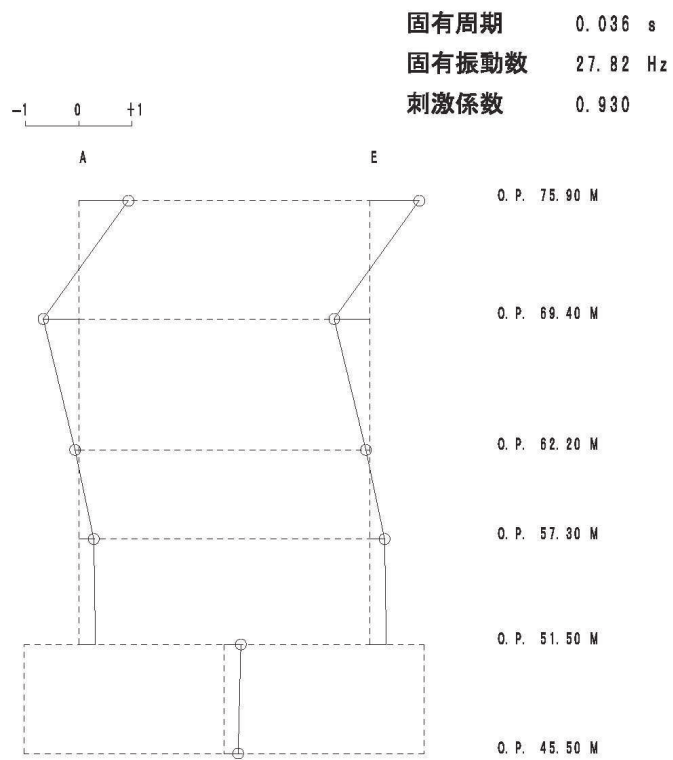


2 次

図 4-2(1) 刺激関数図 (ケース 4) (NS 方向 1 次及び 2 次)



3 次



4 次

図 4-2(2) 刺激関数図 (ケース 4) (NS 方向 3 次及び 4 次)

4.2.2 地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

地盤物性を変動させたケース(ケース2及びケース3)の固有値解析を実施し、地盤物性を変動させたケースと基本ケースを比較する。

(2) 固有値解析結果

地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表4-3、刺激関数図を図4-4～図4-9に示す。

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、硬質岩盤に立地しているため、地盤の影響は小さく、最大で水平方向では2%程度、鉛直方向では4%程度であった。

表 4-3(1) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)

(a) NS 方向

次数	NS 方向		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
1	9.92	10.01 (1.01)	9.81 (0.99)
2	21.23	21.52 (1.01)	20.86 (0.98)
3	29.45	29.71 (1.01)	28.88 (0.98)
4	29.94	30.64 (1.02)	29.41 (0.98)

(b) EW 方向

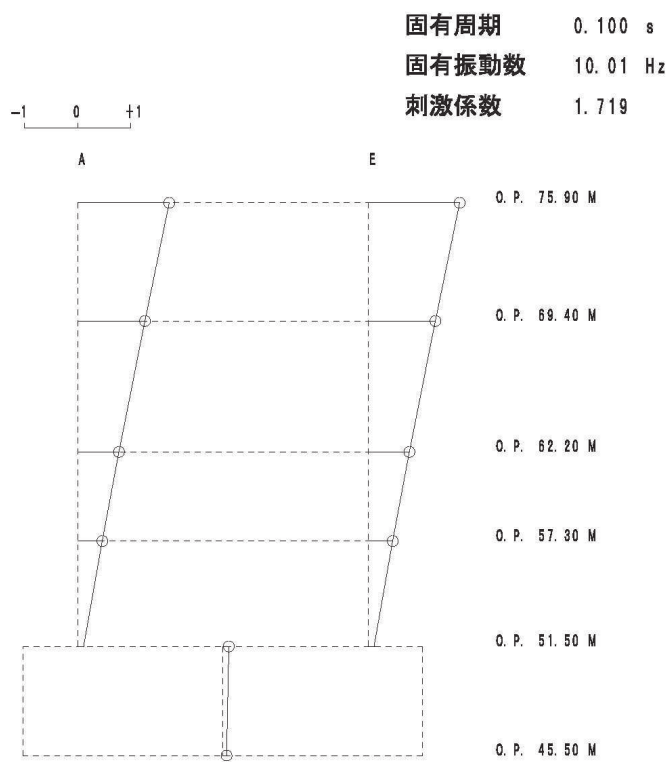
次数	EW 方向		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
1	9.91	10.00 (1.01)	9.80 (0.99)
2	21.22	21.50 (1.01)	20.84 (0.98)
3	29.33	29.58 (1.01)	28.81 (0.98)
4	29.93	30.63 (1.02)	29.36 (0.98)

注: () 内は基本モデルに対する比率

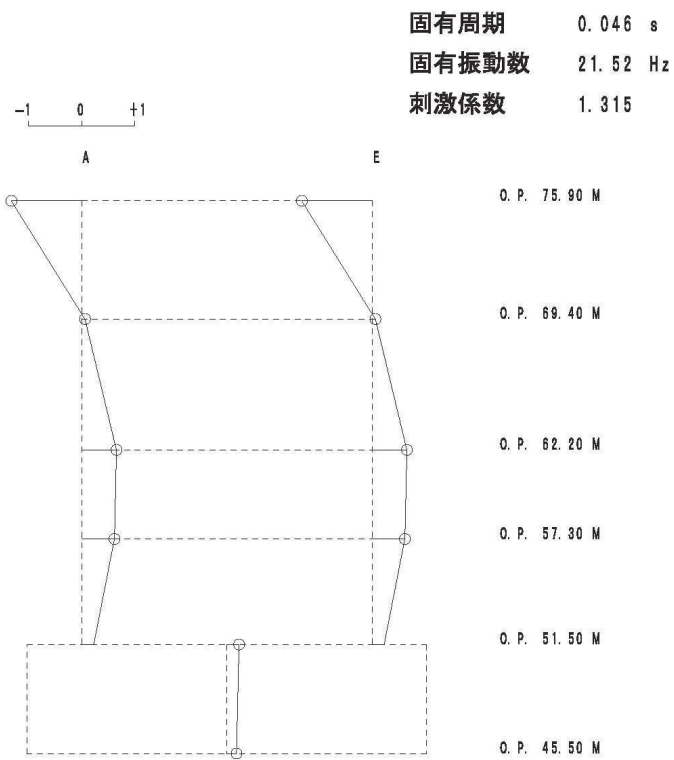
表 4-3(2) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)
(c)UD 方向

次数	UD 方向		
	ケース 1	ケース 2	ケース 3
1	19.74	20.39 (1.03)	18.99 (0.96)
2	38.13	39.09 (1.03)	37.21 (0.98)
3	60.14	60.36 (1.00)	59.94 (1.00)
4	80.45	80.51 (1.00)	80.40 (1.00)

注: () 内は基本モデルに対する比率

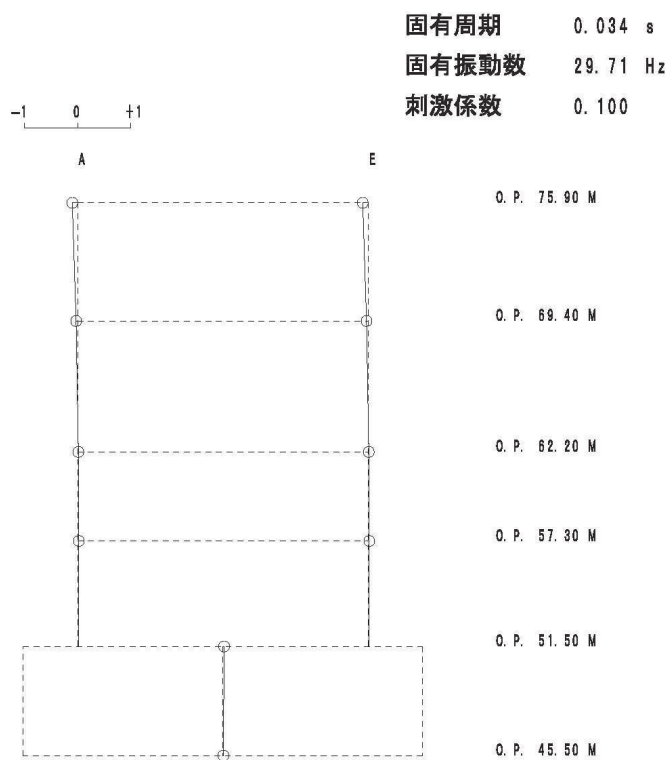


1 次

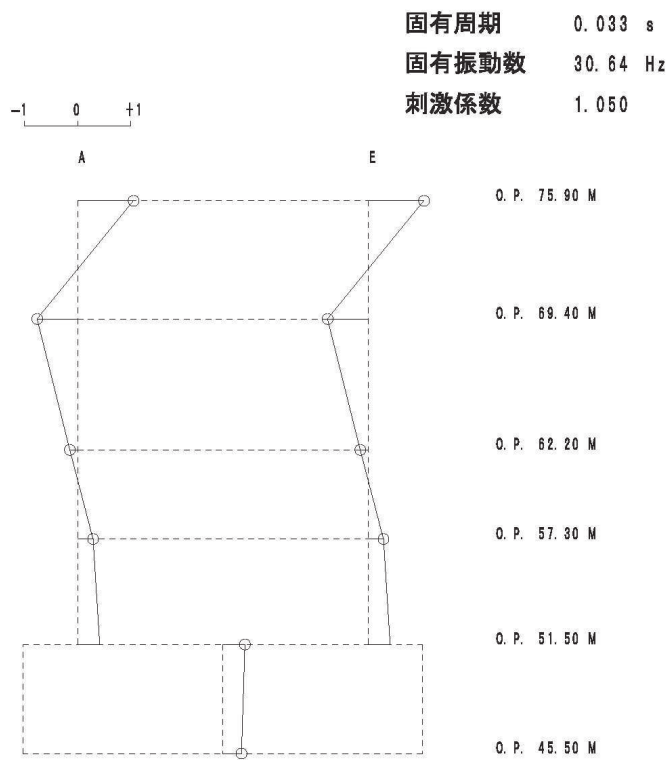


2 次

図 4-4(1) 刺激関数図 (ケース 2) (NS 方向 1 次及び 2 次)

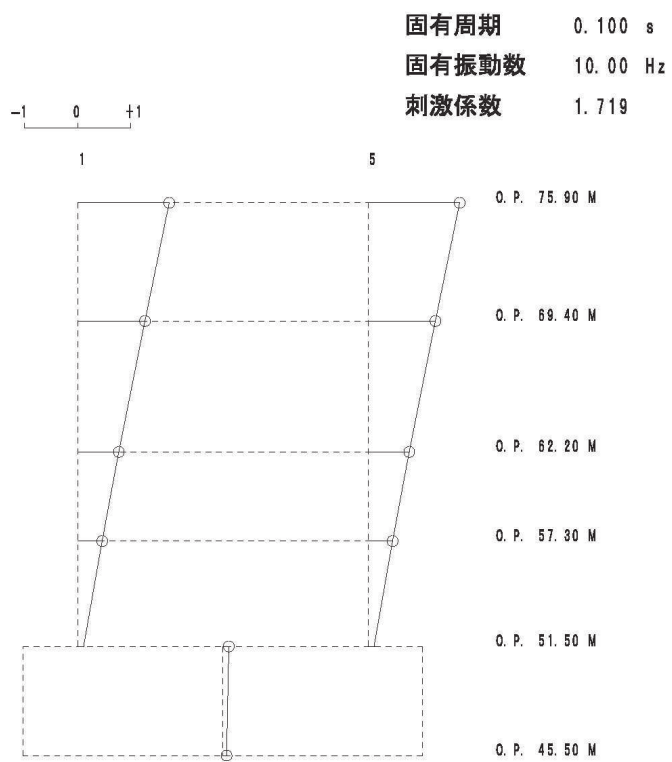


3 次

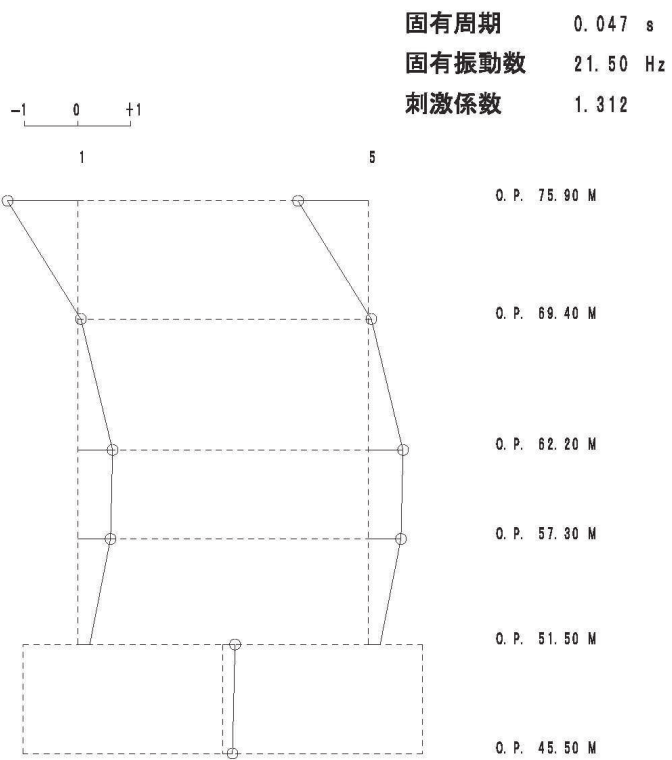


4 次

図 4-4(2) 刺激関数図 (ケース 2) (NS 方向 3 次~4 次)

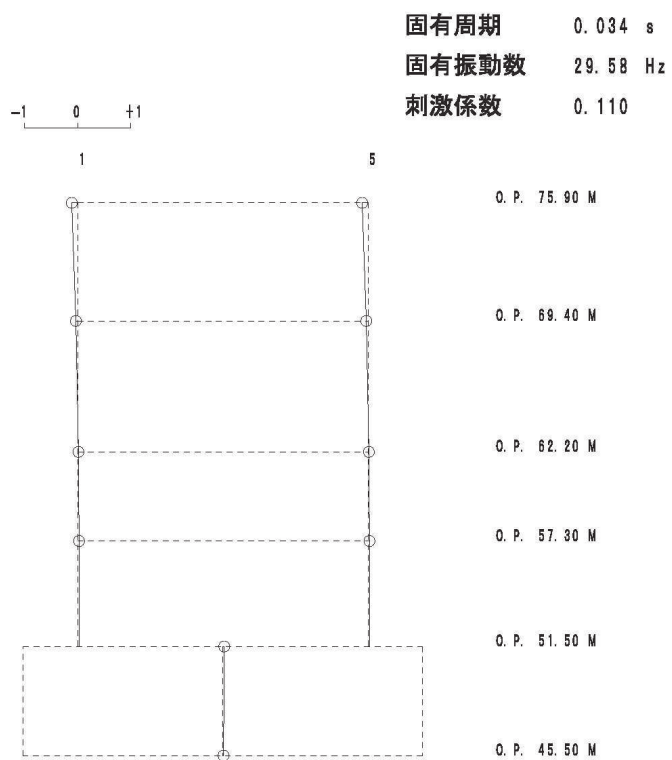


1 次



2 次

図 4-5(1) 刺激関数図 (ケース 2) (EW 方向 1 次及び 2 次)

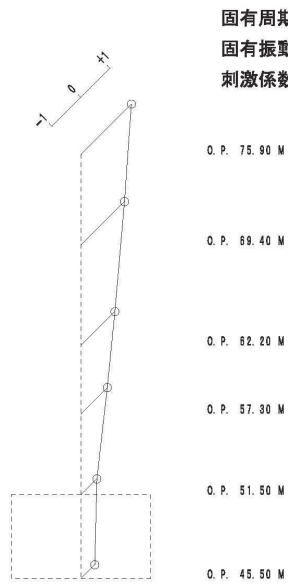


3 次

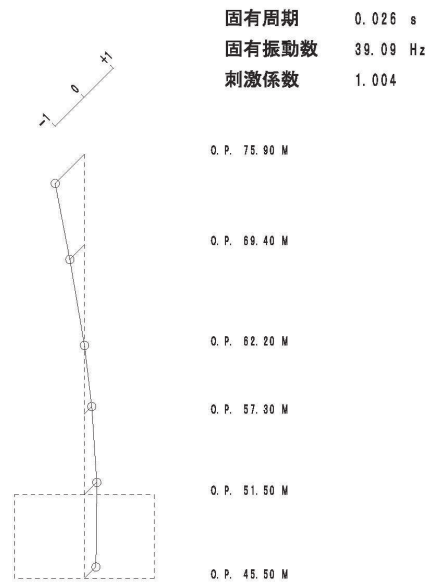


4 次

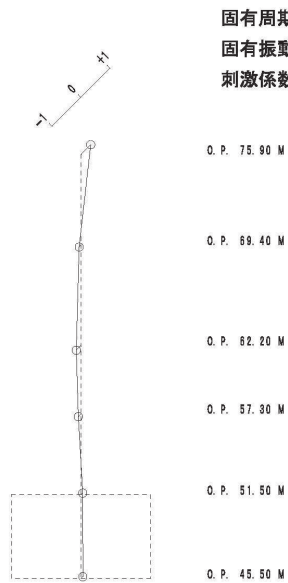
図 4-5(2) 刺激関数図 (ケース 2) (EW 方向 3 次及び 4 次)



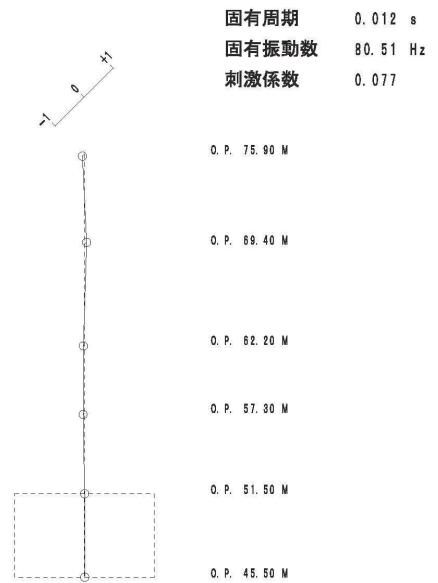
1 次



2 次



3 次



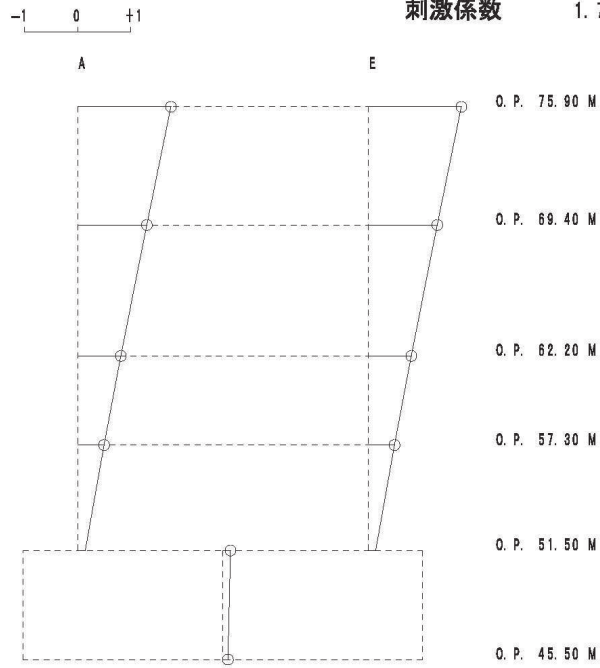
4 次

図 4-6 刺激関数図 (ケース 2) (UD 方向 1 次~4 次)

固有周期 0.102 s

固有振動数 9.81 Hz

刺激係数 1.751

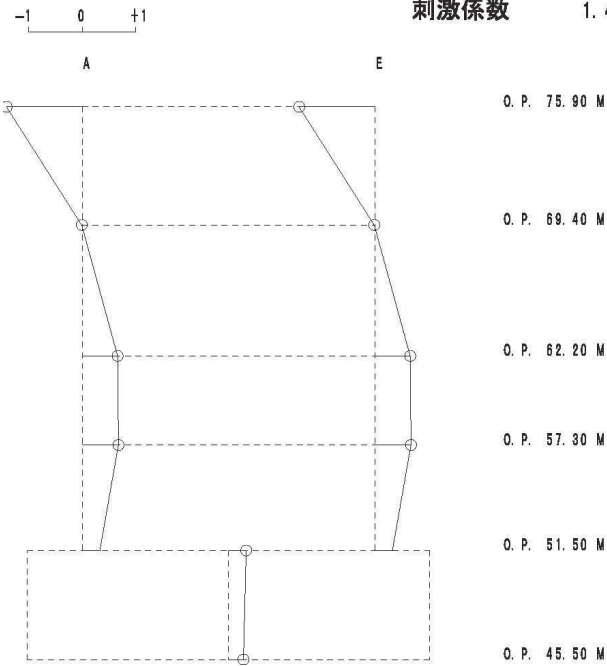


1 次

固有周期 0.048 s

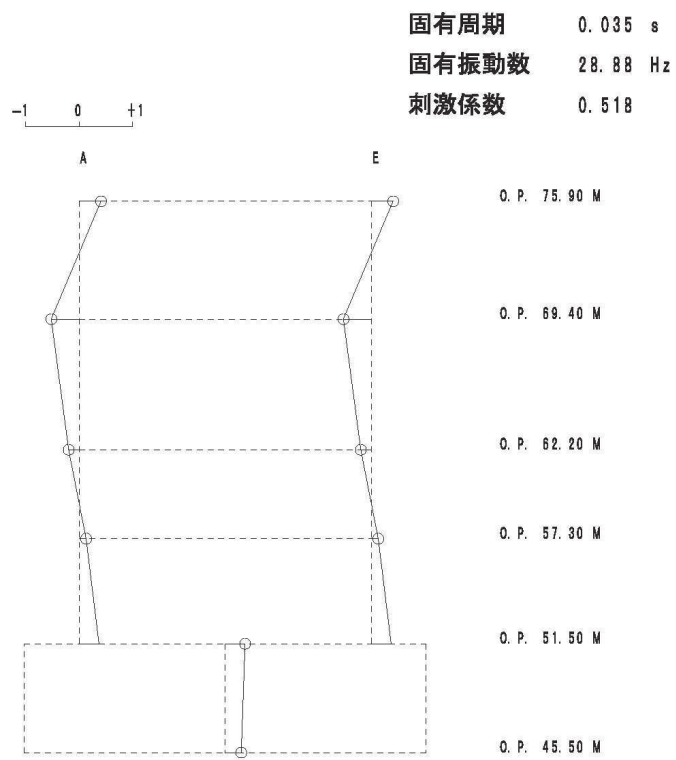
固有振動数 20.86 Hz

刺激係数 1.407

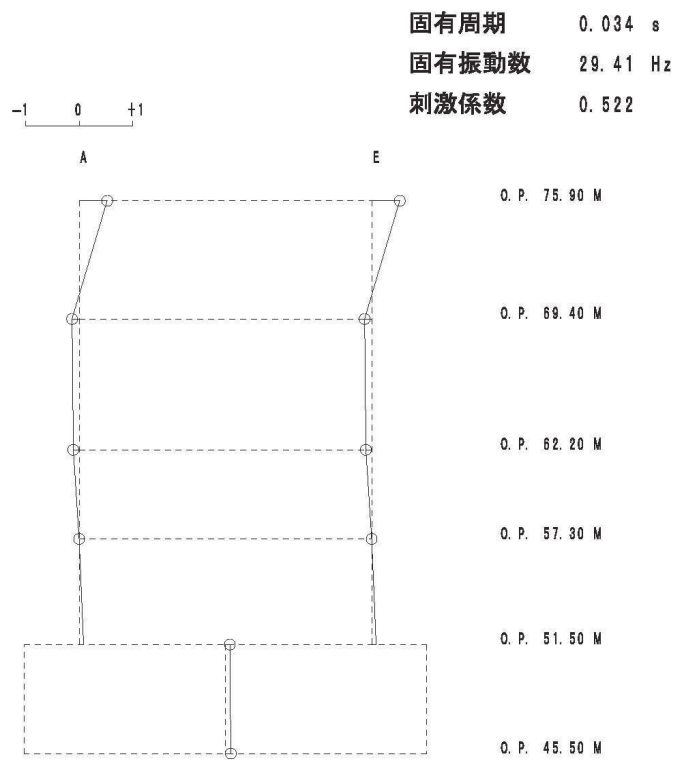


2 次

図 4-7(1) 刺激関数図 (ケース 3) (NS 方向 1 次及び 2 次)

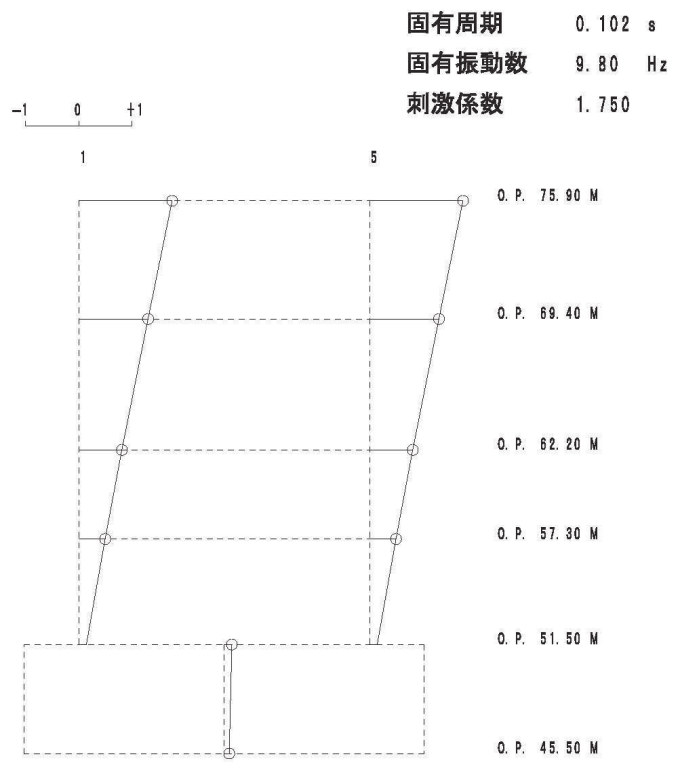


3 次

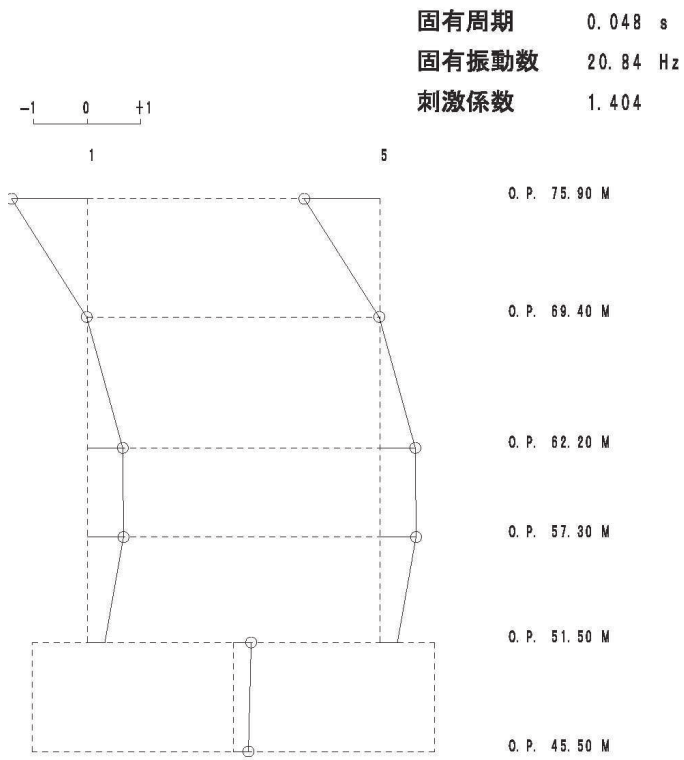


4 次

図 4-7(2) 刺激関数図 (ケース 3) (NS 方向 3 次及び 4 次)



1 次



2 次

図 4-8(1) 刺激関数図 (ケース 3) (EW 方向 1 次及び 2 次)

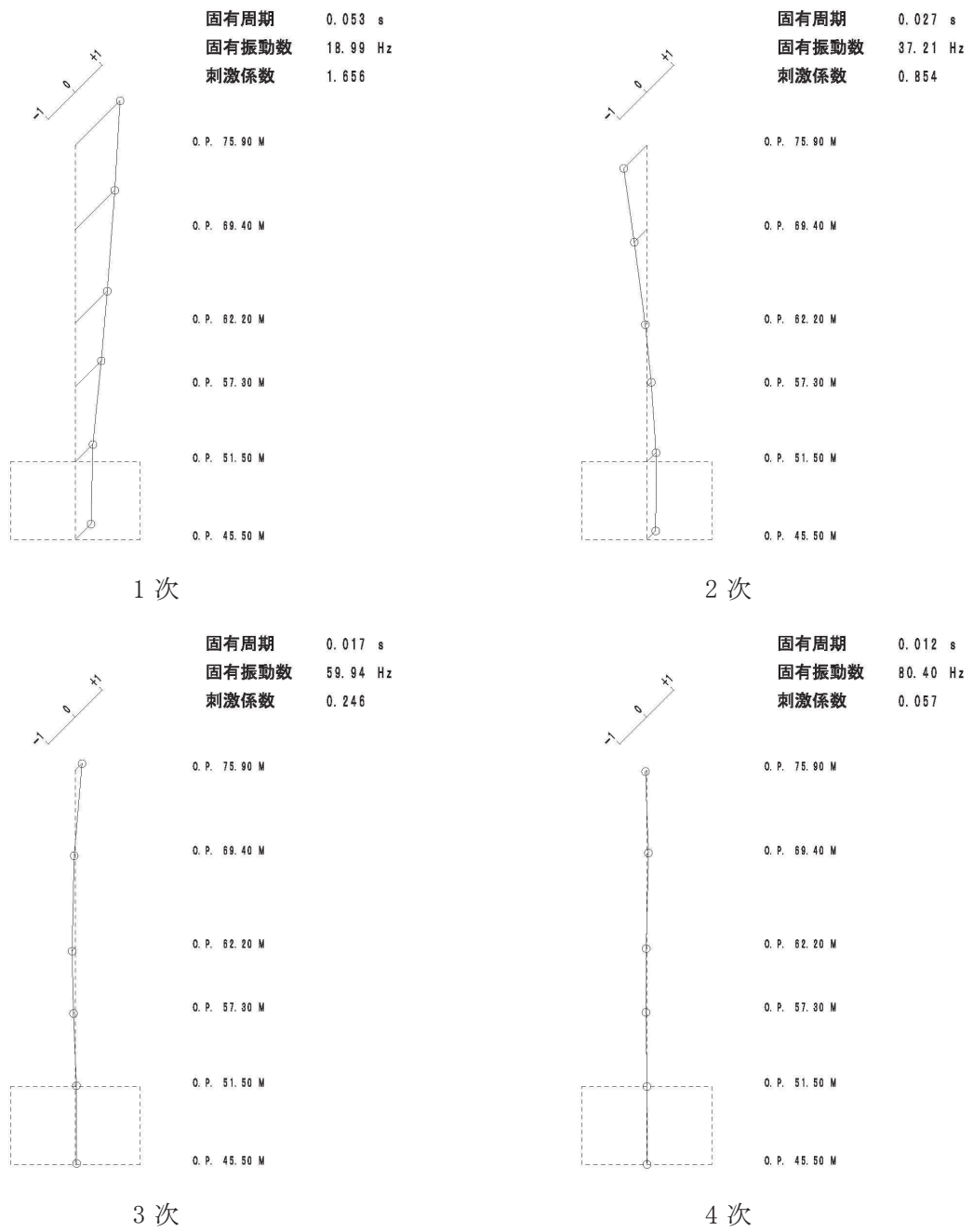


図 4-9 刺激関数図 (ケース 3) (UD 方向 1 次~4 次)

4.2.3 建屋剛性及び地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

建屋剛性及び地盤物性を変動させたケース（ケース 5 及びケース 6）の固有値解析を実施し、建屋剛性及び地盤物性を変動させたケースと基本ケースを比較する。

(2) 固有値解析結果

建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 4-4、刺激関数図を図 4-10～図 4-13 に示す。

基本ケースに対する建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、硬質岩盤に立地しているため、地盤の影響は小さいが、建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ のケースで最大 9%程度、建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$ のケースで最大 10%程度低振動数側にシフトした。

表 4-4 固有値解析結果の比較 (単位 : Hz)

(a) NS 方向

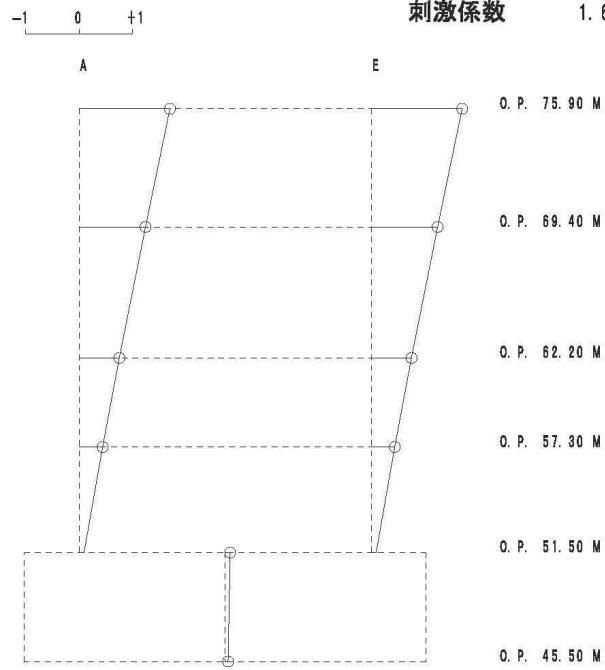
次数	NS 方向		
	ケース 1	ケース 5	ケース 6
1	9.92	9.07 (0.91)	8.92 (0.90)
2	21.23	19.58 (0.92)	19.16 (0.90)
3	29.45	26.79 (0.91)	26.50 (0.90)
4	29.94	28.07 (0.94)	27.17 (0.91)

(b) EW 方向

次数	EW 方向		
	ケース 1	ケース 5	ケース 6
1	9.91	9.06 (0.91)	8.91 (0.90)
2	21.22	19.56 (0.92)	19.14 (0.90)
3	29.33	26.66 (0.91)	26.38 (0.90)
4	29.93	28.15 (0.94)	27.16 (0.91)

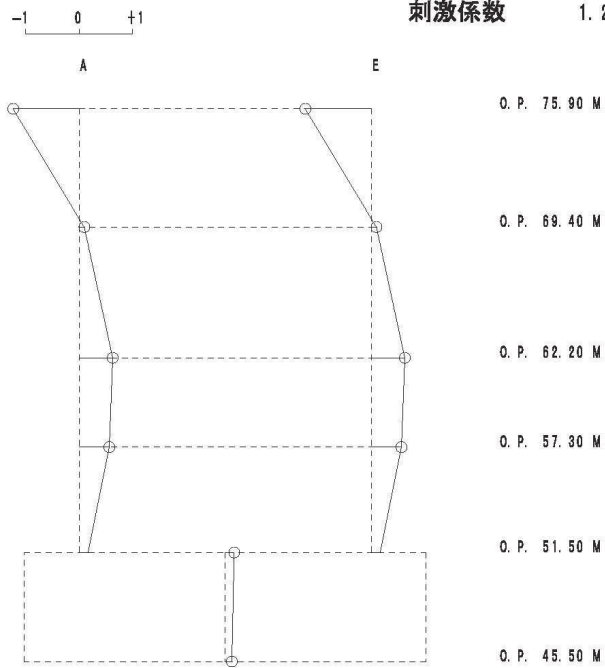
注 : () 内は基本モデルに対する比率

固有周期 0.110 s
 固有振動数 9.07 Hz
 刺激係数 1.696



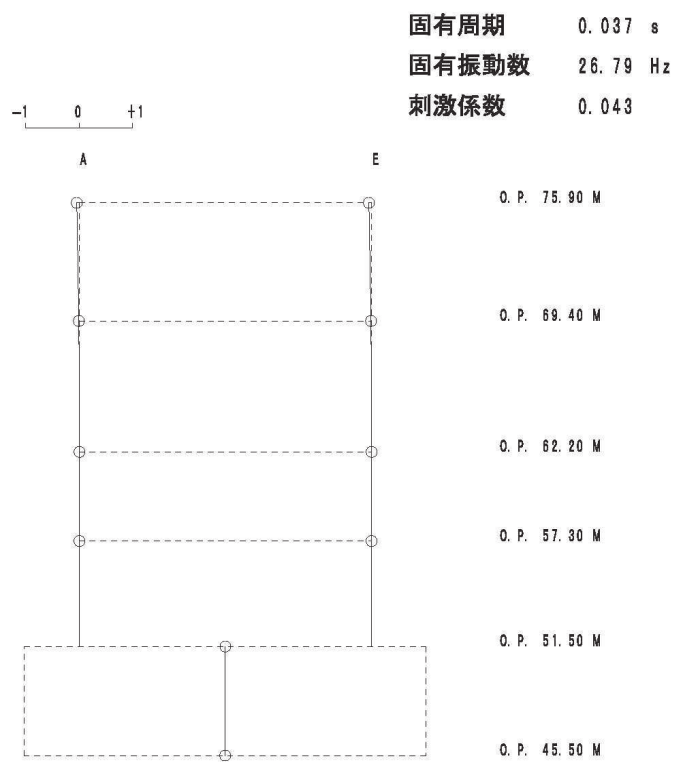
1 次

固有周期 0.051 s
 固有振動数 19.58 Hz
 刺激係数 1.227

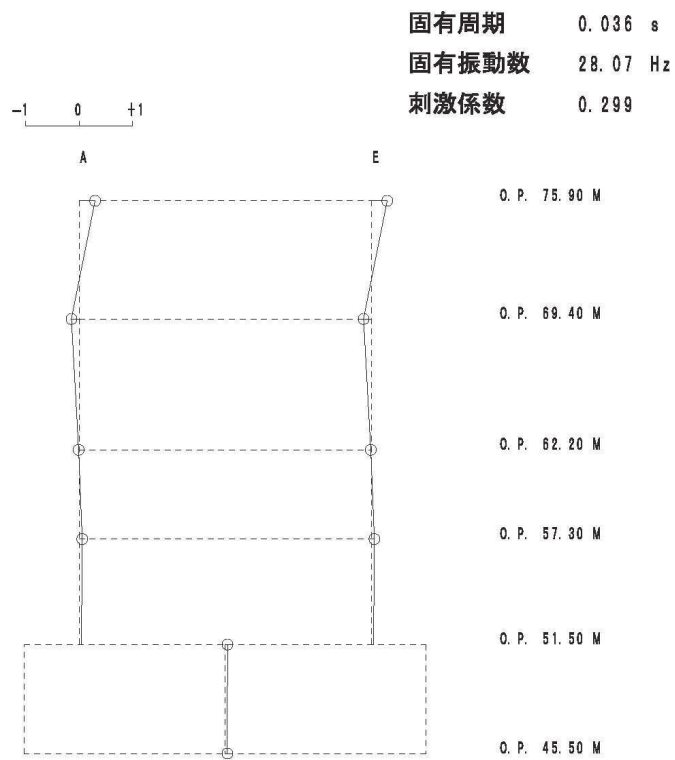


2 次

図 4-10(1) 刺激関数図 (ケース 5) (NS 方向 1 次及び 2 次)



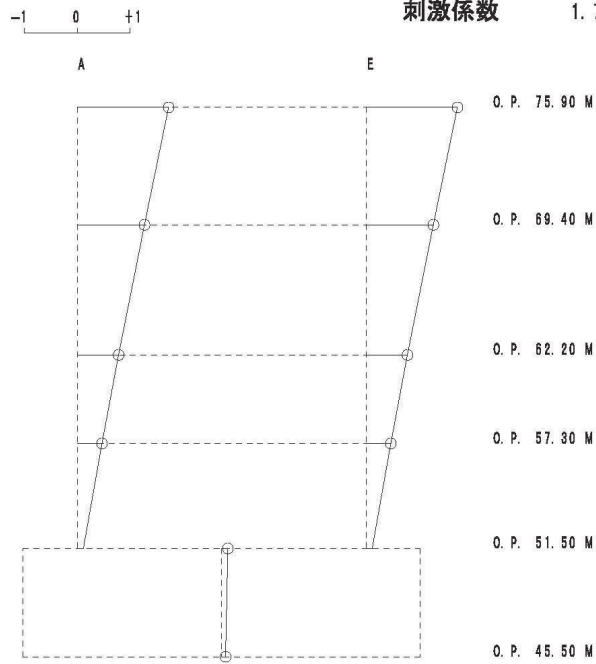
3 次



4 次

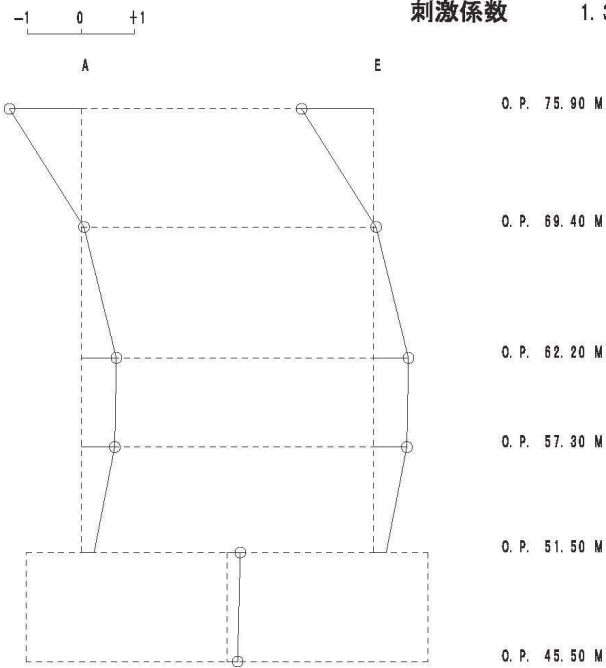
図 4-10(2) 刺激関数図 (ケース 5) (NS 方向 3 次及び 4 次)

固有周期 0.112 s
 固有振動数 8.92 Hz
 刺激係数 1.725



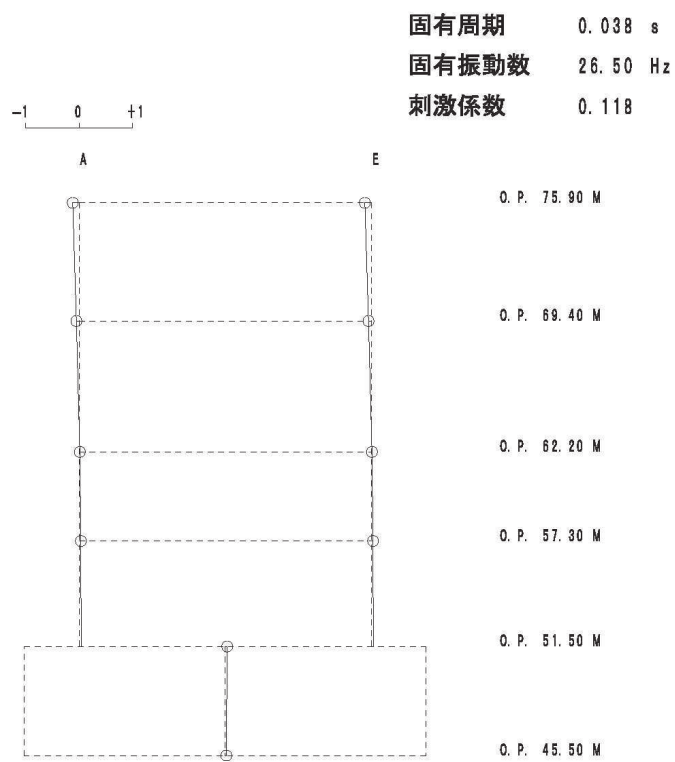
1 次

固有周期 0.052 s
 固有振動数 19.16 Hz
 刺激係数 1.333

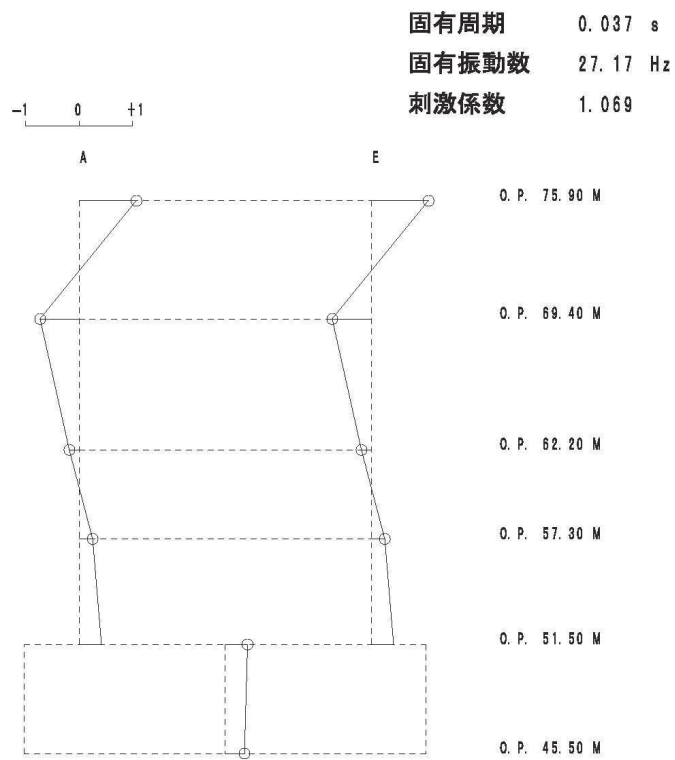


2 次

図 4-12(1) 刺激関数図 (ケース 6) (NS 方向 1 次及び 2 次)

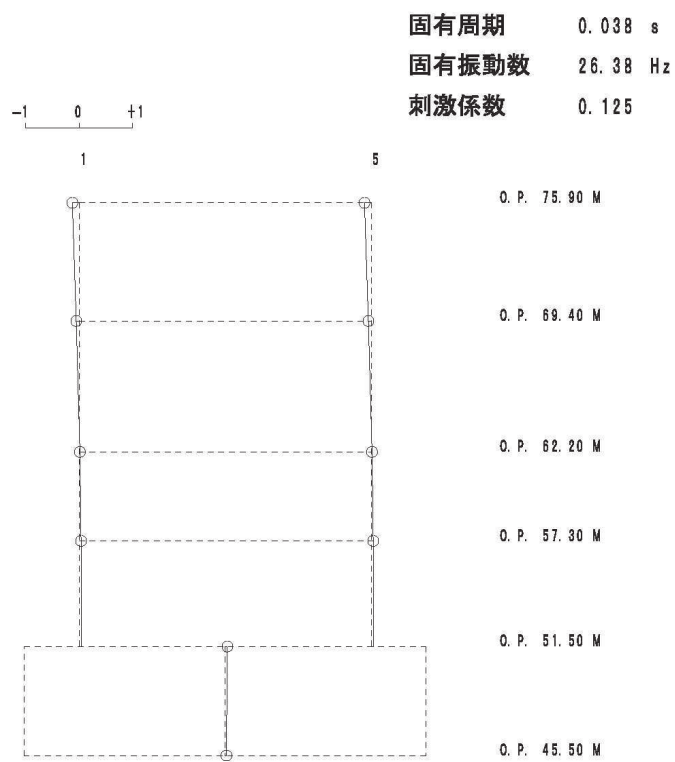


3 次

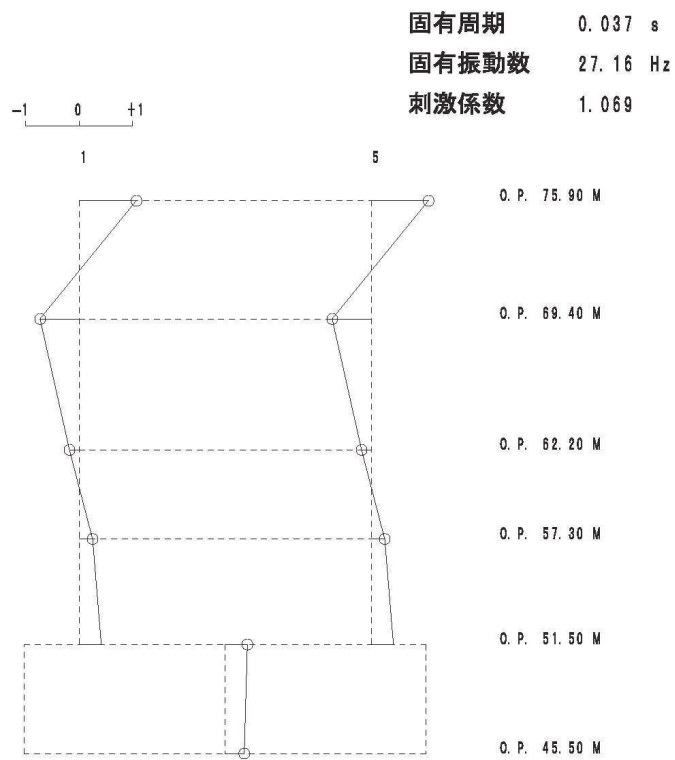


4 次

図 4-12(2) 刺激関数図 (ケース 6) (NS 方向 3 次及び 4 次)



3 次



4 次

図 4-13(2) 刺激関数図 (ケース 6) (EW 方向 3 次及び 4 次)

4.3 まとめ

建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮した固有値解析結果より，以下の傾向を確認した。

- ・ 建屋剛性の不確かさ

基本ケースに対する建屋剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について，最大で低振動数側に 9%程度シフトした。

- ・ 地盤物性の不確かさ

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について，硬質岩盤に立地しているため，地盤の影響は小さく，最大で水平方向では 2%程度，鉛直方向では 4%程度である。

- ・ 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ

基本ケースに対する建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について，硬質岩盤に立地しているため，地盤の影響は小さいが，建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ のケースで最大 9%程度，建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$ のケースで最大 10%程度低振動数側にシフトした。

5. 機器・配管系評価への影響

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

別紙 1-3-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

目次

1. 概要	別紙 1-3-2-	1
2. 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果	別紙 1-3-2-	2
2.1 建屋剛性の不確かさ	別紙 1-3-2-	2
2.2 地盤物性の不確かさ	別紙 1-3-2-	23
2.3 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ	別紙 1-3-2-	50
3. まとめ	別紙 1-3-2-	71

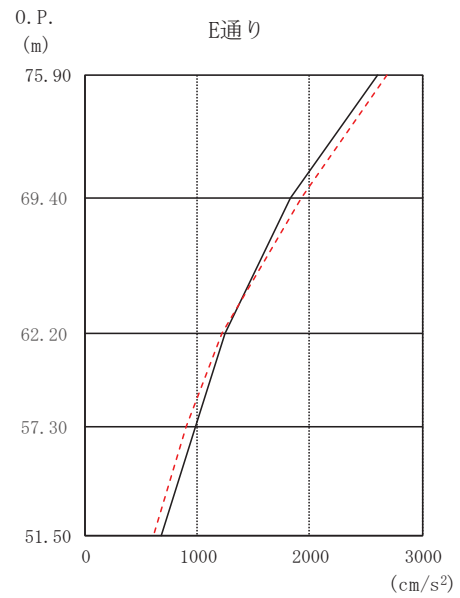
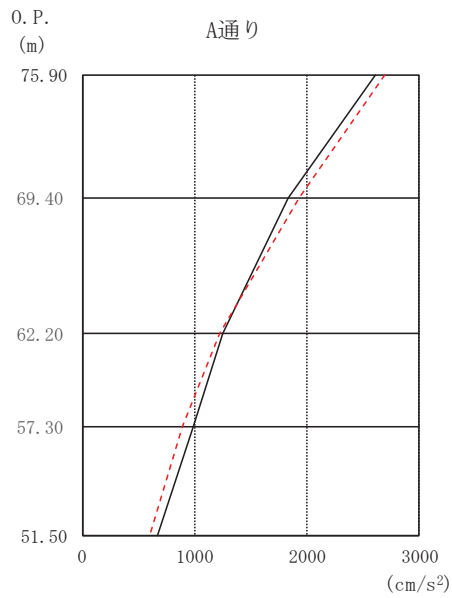
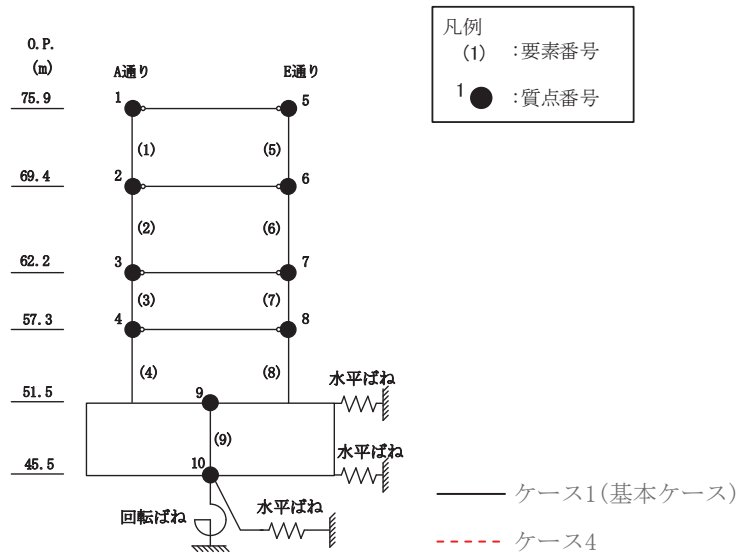
1. 概要

本資料は、緊急時対策建屋の地震応答解析において材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を示すものである。

2. 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

2.1 建屋剛性の不確かさ

緊急時対策建屋の建屋剛性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果の最大応答値の比較を図 2-1～図 2-12 に示す。

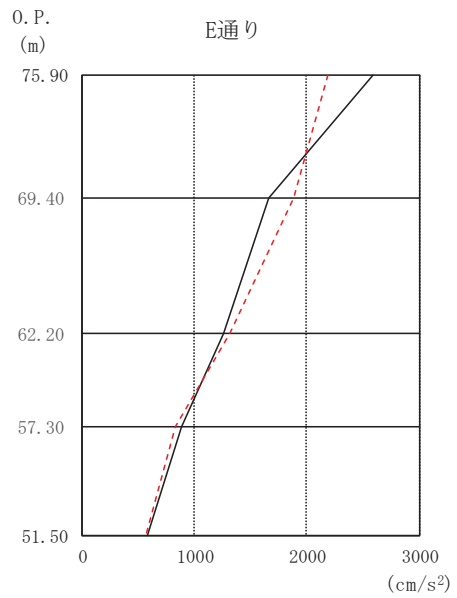
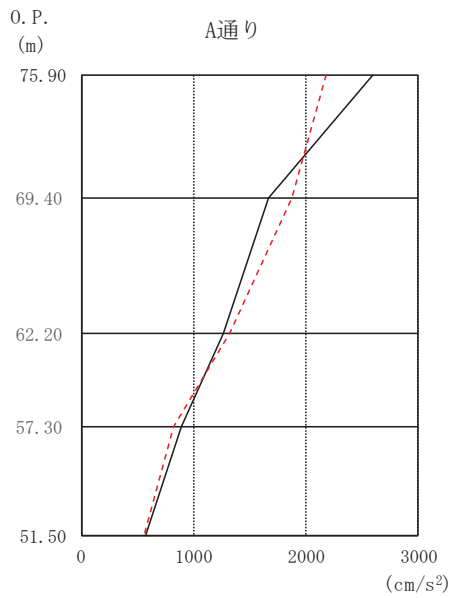
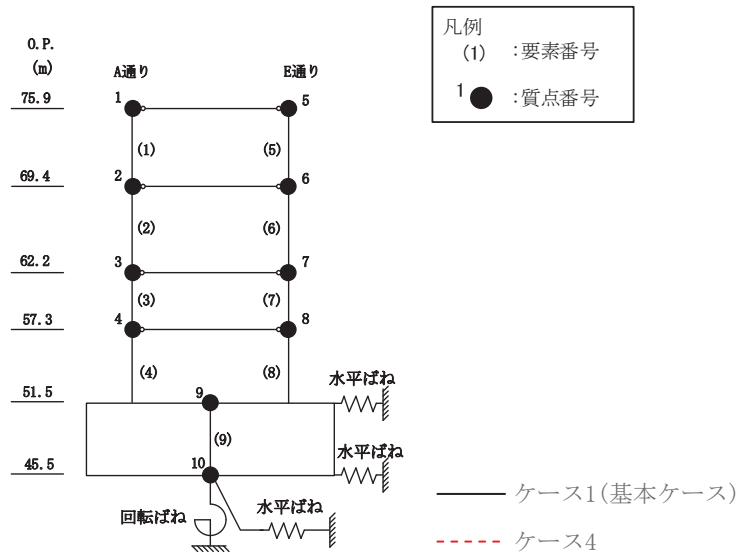


O. P. (m)	A通り (cm/s ²)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	2603	2685
69.40	1827	1928
62.20	1253	1221
57.30	984	894
51.50	673	603

O. P. (m)	E通り (cm/s ²)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	2603	2685
69.40	1827	1928
62.20	1253	1221
57.30	984	894
51.50	673	603

(a) S s - D 2

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

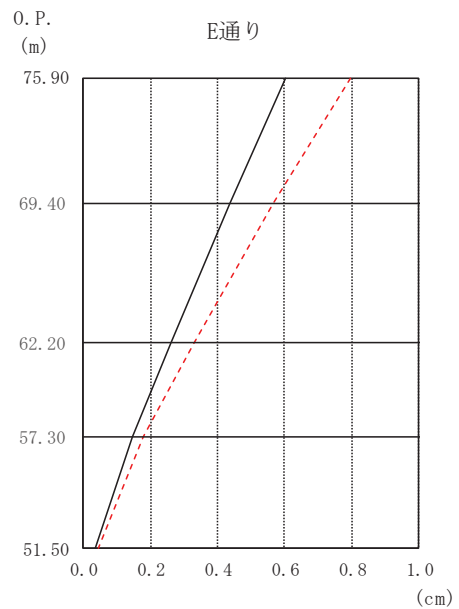
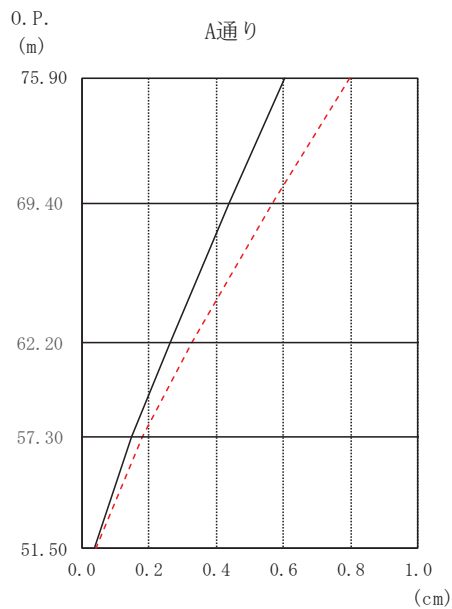
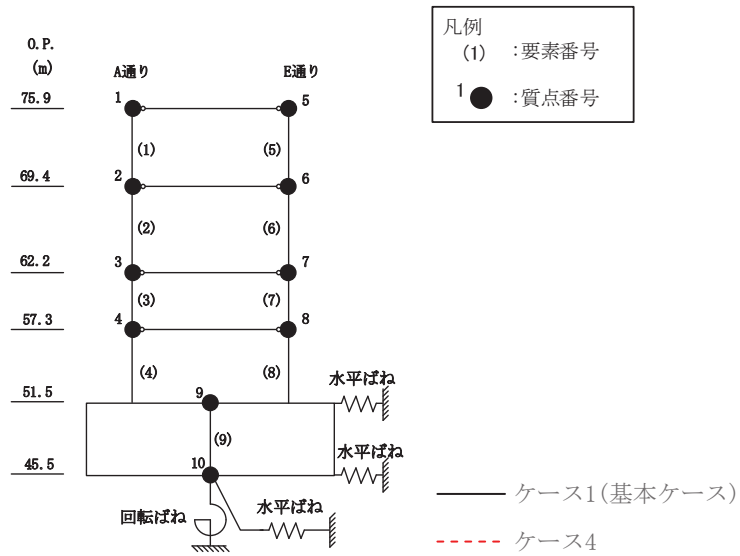


O. P. (m)	A通り (cm/s ²)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	2590	2183
69.40	1667	1879
62.20	1262	1321
57.30	891	825
51.50	579	566

O. P. (m)	E通り (cm/s ²)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	2590	2183
69.40	1667	1879
62.20	1262	1321
57.30	891	825
51.50	579	566

(b) S_s - F 3

図 2-1(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

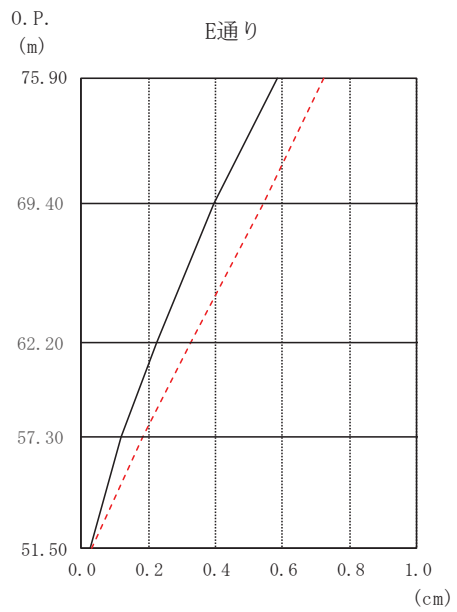
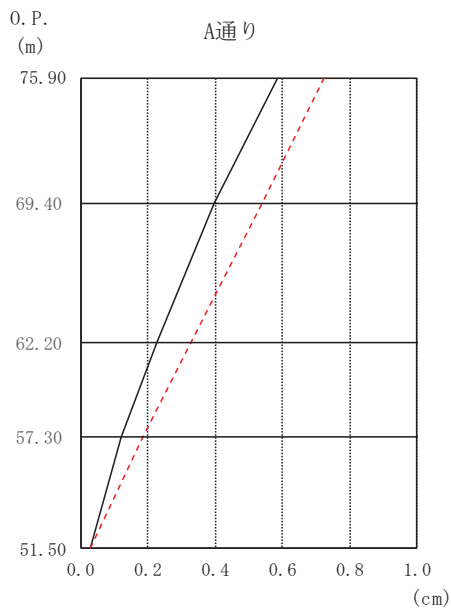
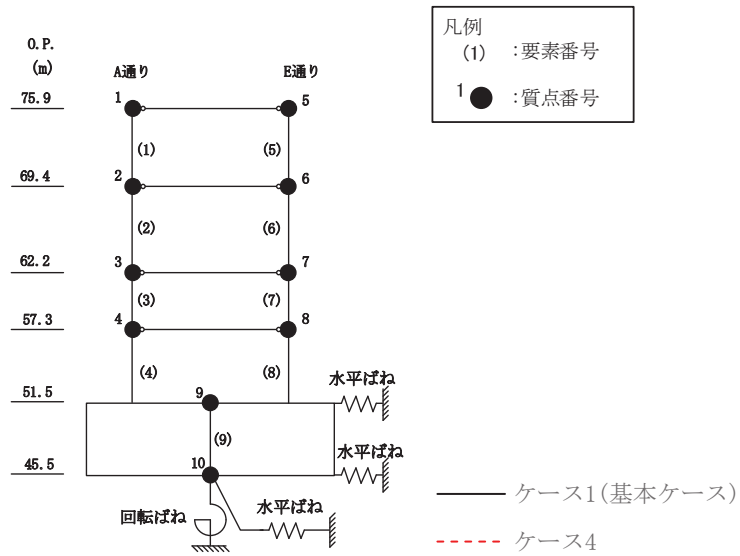


O. P. (m)	A通り (cm)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.60	0.80
69.40	0.44	0.57
62.20	0.26	0.33
57.30	0.15	0.18
51.50	0.04	0.04

O. P. (m)	E通り (cm)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.60	0.80
69.40	0.44	0.57
62.20	0.26	0.33
57.30	0.15	0.18
51.50	0.04	0.04

(a) $S_s - D_2$

図 2-2(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (1/2)

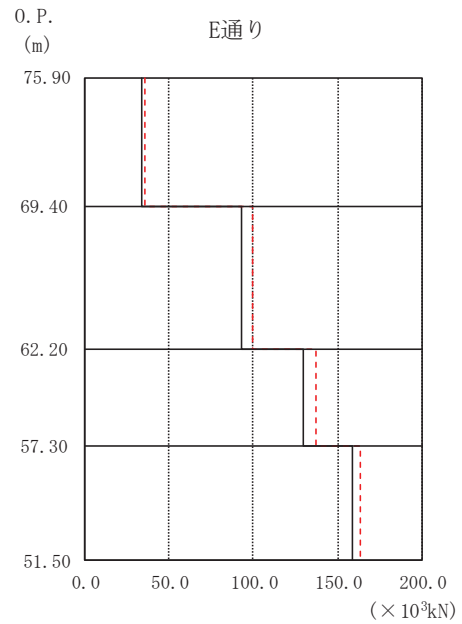
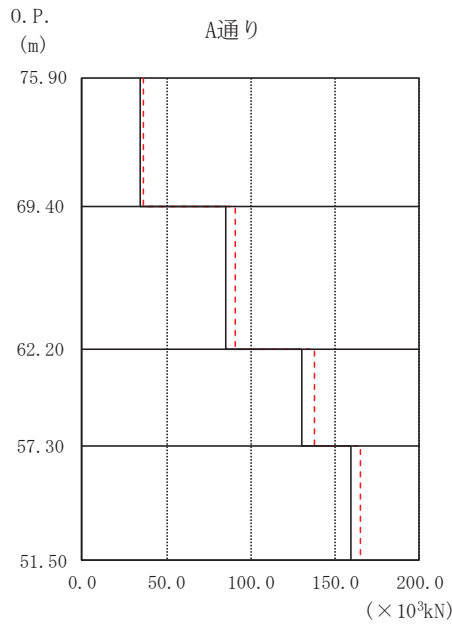
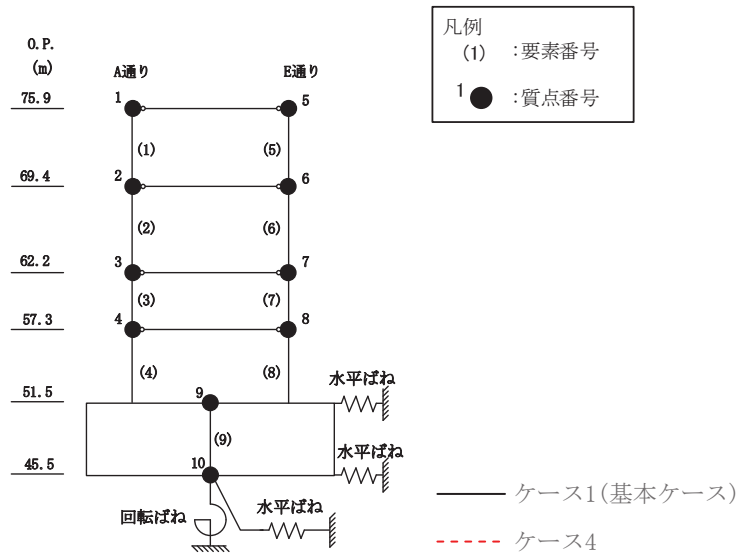


O. P. (m)	A通り (cm)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.58	0.72
69.40	0.39	0.54
62.20	0.22	0.33
57.30	0.12	0.18
51.50	0.03	0.03

O. P. (m)	E通り (cm)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.58	0.72
69.40	0.39	0.54
62.20	0.22	0.33
57.30	0.12	0.18
51.50	0.03	0.03

(b) $S_s - F_3$

図 2-2(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (2/2)

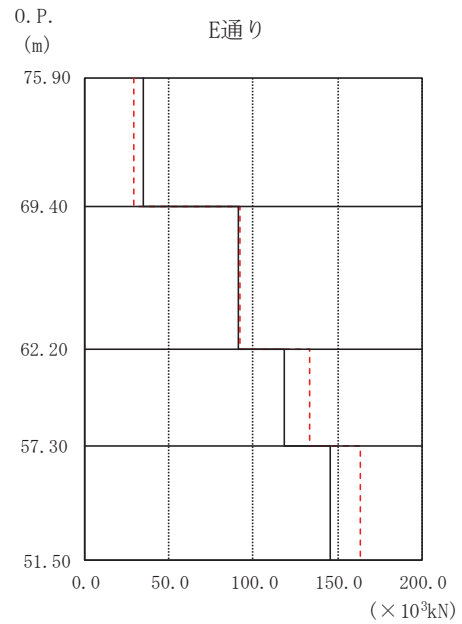
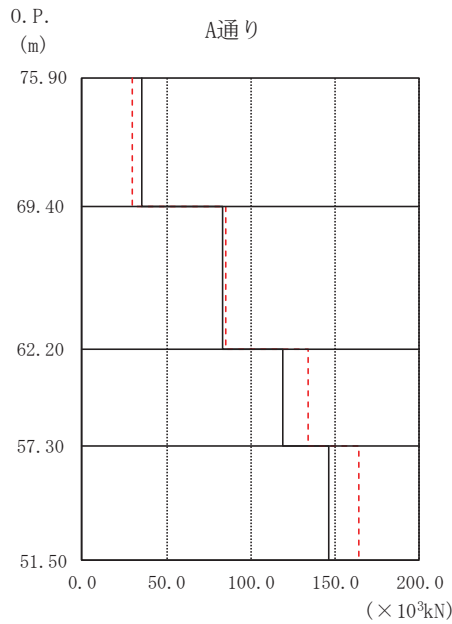
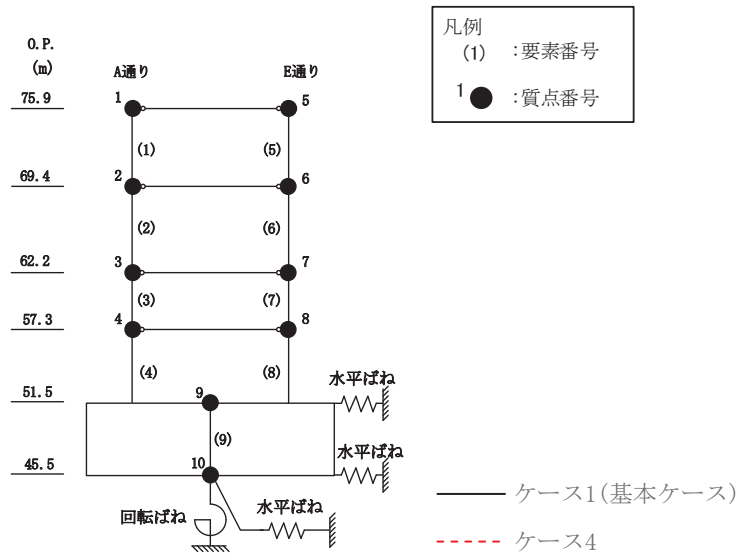


0. P. (m)	A通り ($\times 10^3 \text{kN}$)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90		
69.40	34.51	35.88
62.20	85.51	90.95
57.30	130.32	137.78
51.50	159.51	164.75

0. P. (m)	E通り ($\times 10^3 \text{kN}$)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90		
69.40	33.96	35.30
62.20	93.32	99.61
57.30	129.92	137.39
51.50	158.65	163.86

(a) $S_s - D2$

図2-3(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s , NS 方向) (1/2)

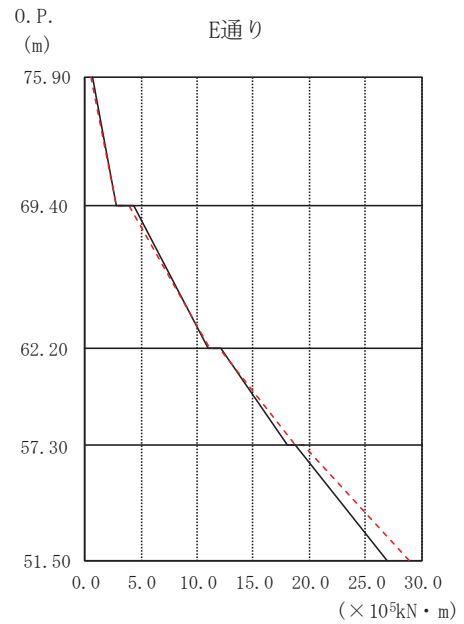
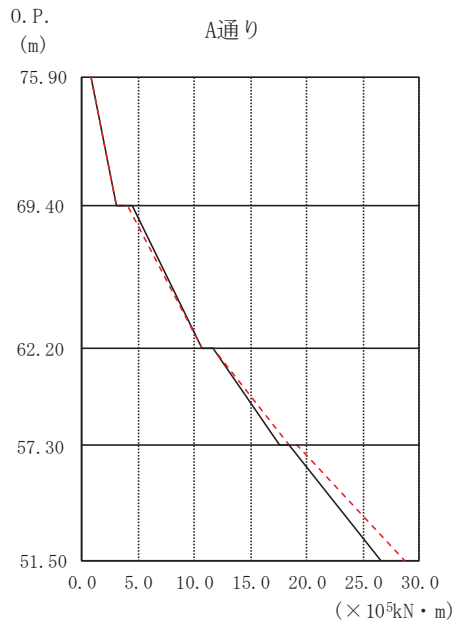
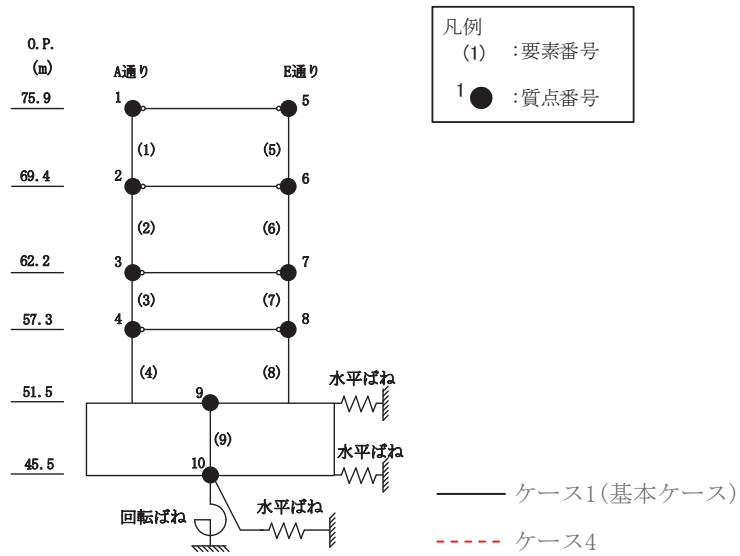


O. P. (m)	A通り (×10 ³ kN)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90		
69.40	35.14	29.65
62.20	83.33	84.68
57.30	118.62	133.71
51.50	146.21	164.19

O. P. (m)	E通り (×10 ³ kN)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90		
69.40	34.60	29.32
62.20	91.02	92.25
57.30	118.31	133.21
51.50	146.06	163.29

(b) S_s - F 3

図 2-3(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

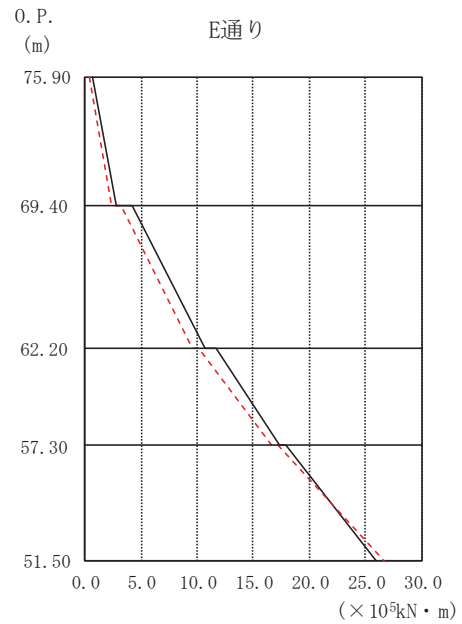
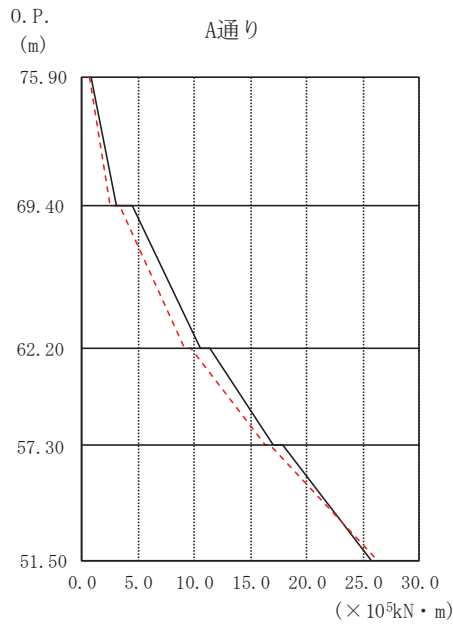
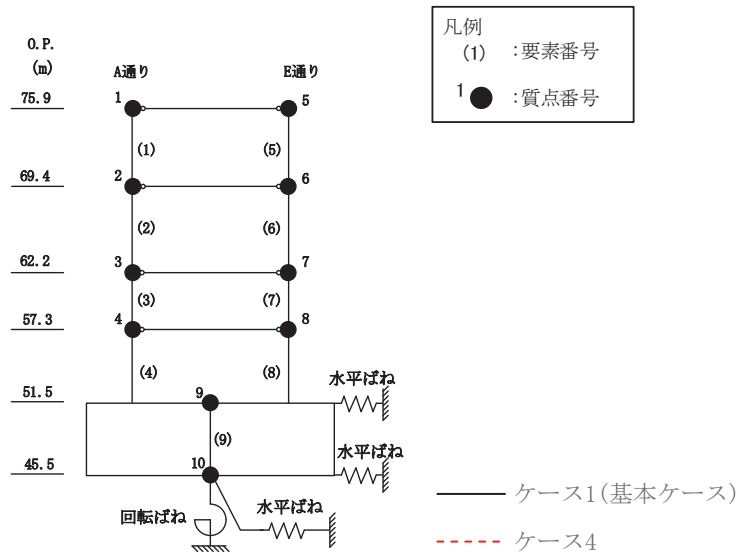


O. P. (m)	A通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.80	0.79
69.40	3.07	3.02
62.20	10.59	10.67
57.30	17.62	18.40
51.50	26.56	28.64

O. P. (m)	E通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.63	0.52
69.40	2.85	2.78
62.20	11.01	11.12
57.30	18.01	18.79
51.50	26.92	28.96

(a) S s - D 2

図 2-4(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

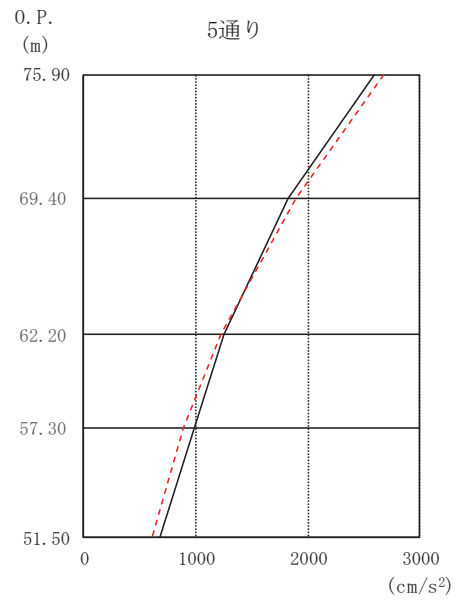
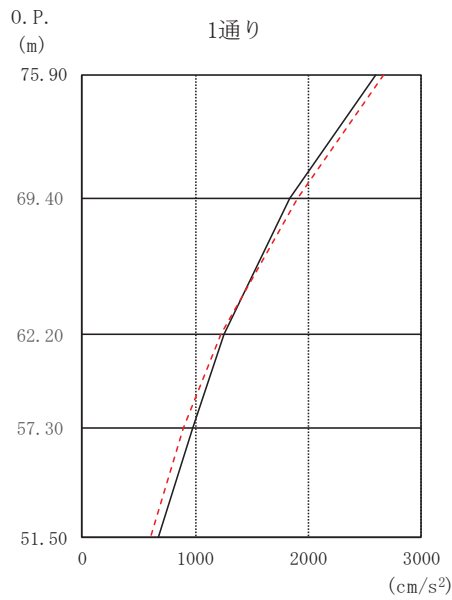
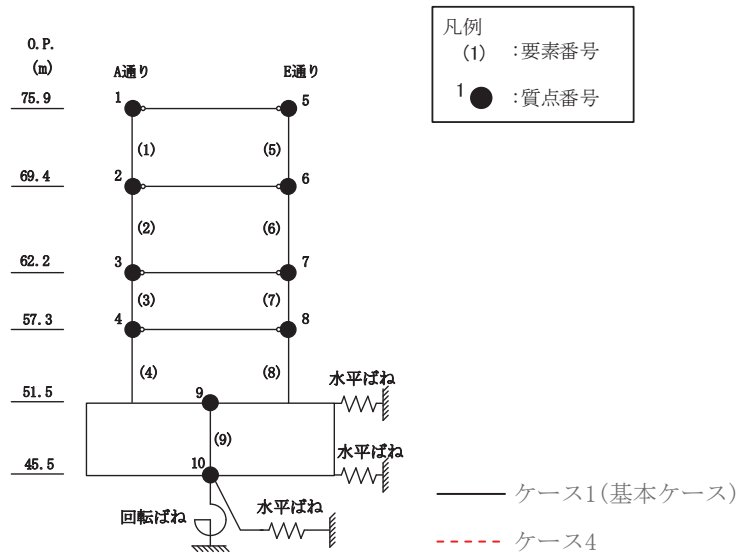


O.P. (m)	A通り (× 10 ⁵ kN・m)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.86	0.60
69.40	3.12	2.46
62.20	10.45	9.06
57.30	17.06	16.23
51.50	25.72	26.24

O.P. (m)	E通り (× 10 ⁵ kN・m)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.63	0.41
69.40	2.82	2.31
62.20	10.76	9.51
57.30	17.30	16.66
51.50	25.89	26.64

(b) S_s - F 3

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

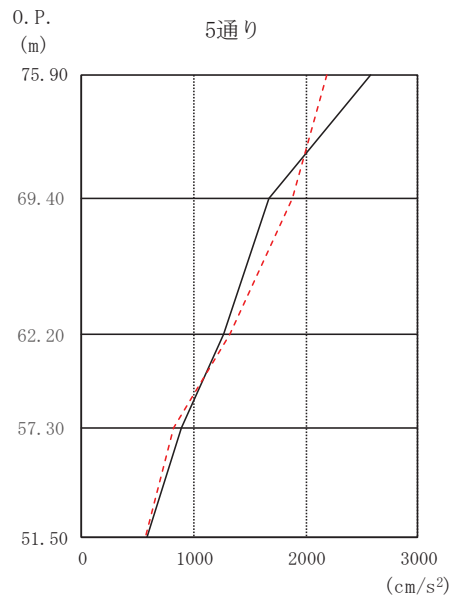
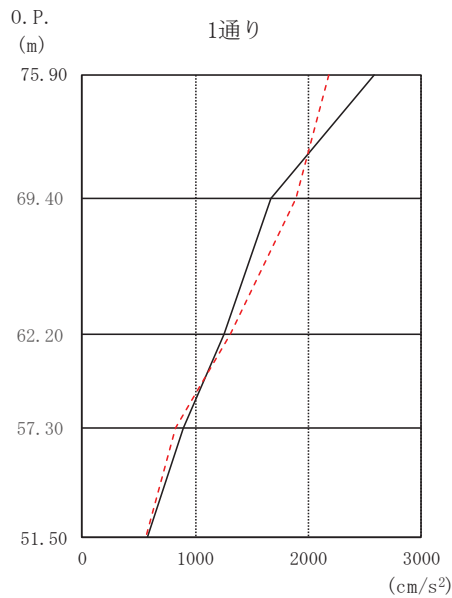
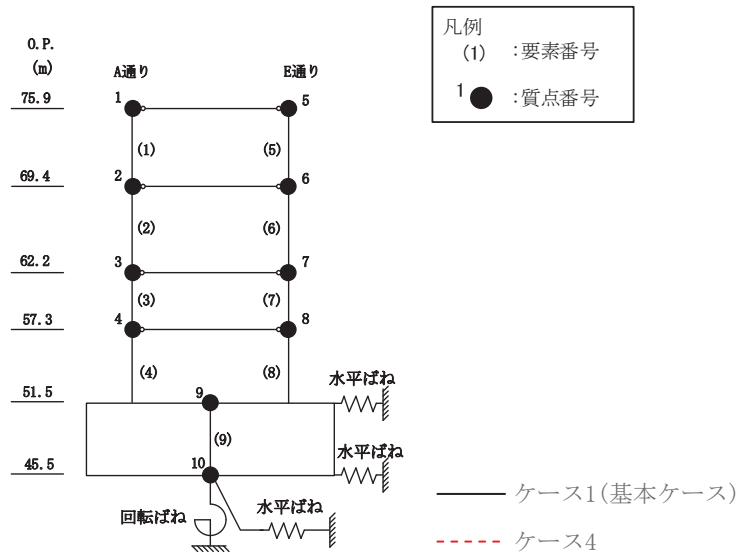


O. P. (m)	1通り (cm/s ²)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	2593	2671
69.40	1832	1901
62.20	1250	1228
57.30	982	895
51.50	673	603

O. P. (m)	5通り (cm/s ²)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	2593	2671
69.40	1832	1901
62.20	1250	1228
57.30	982	895
51.50	673	603

(a) $S_s - D_2$

図2-5(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

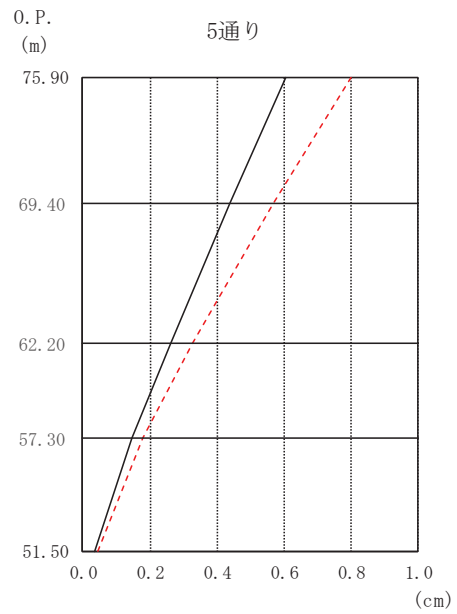
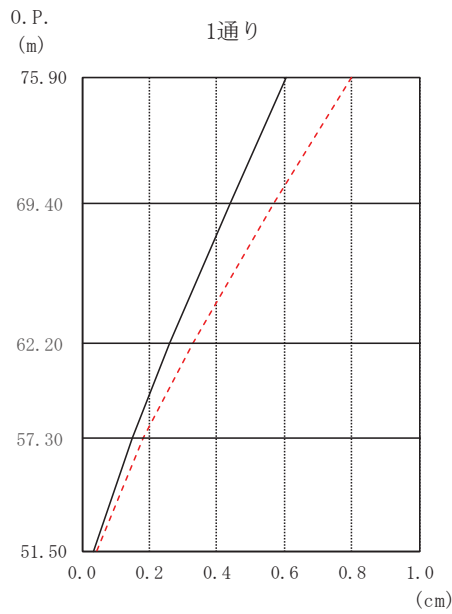
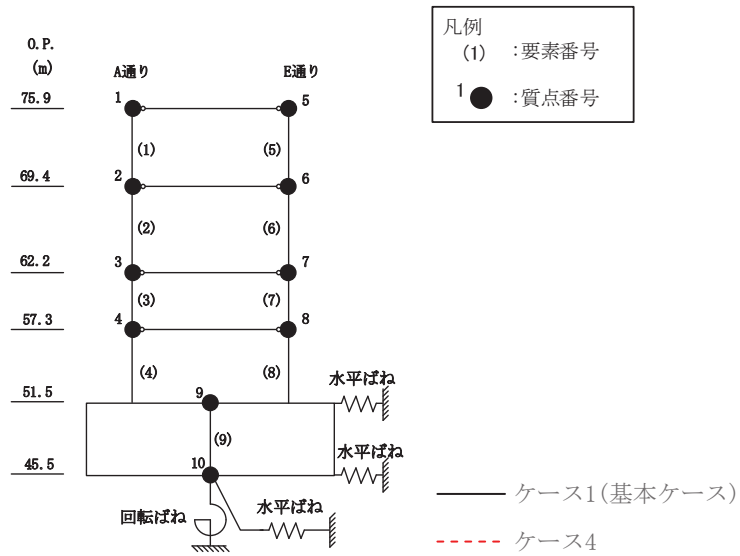


O. P. (m)	1通り (cm/s ²)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	2584	2182
69.40	1673	1887
62.20	1261	1316
57.30	890	819
51.50	579	567

O. P. (m)	5通り (cm/s ²)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	2584	2182
69.40	1673	1887
62.20	1261	1316
57.30	890	819
51.50	579	567

(b) S_s - F 3

図 2-5(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/2)

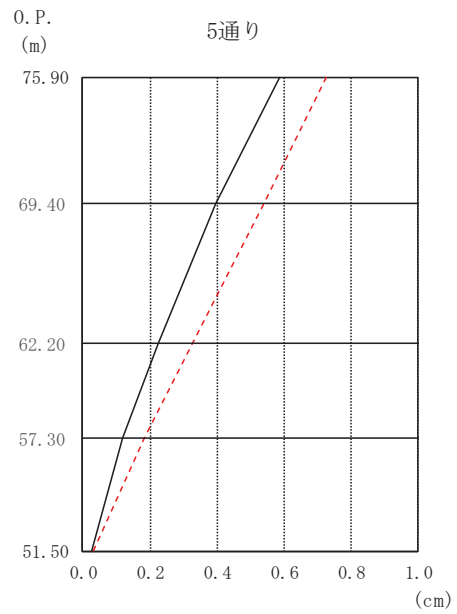
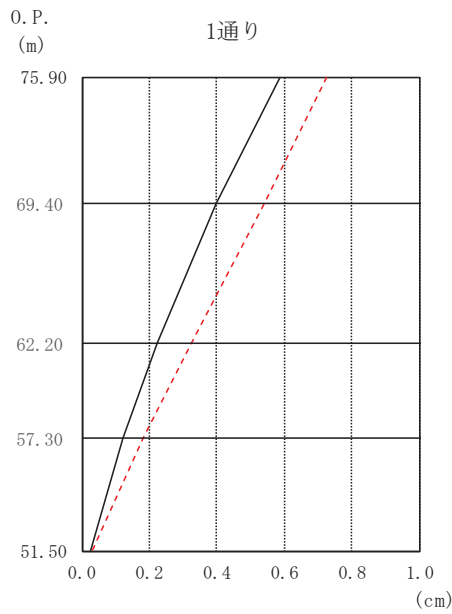
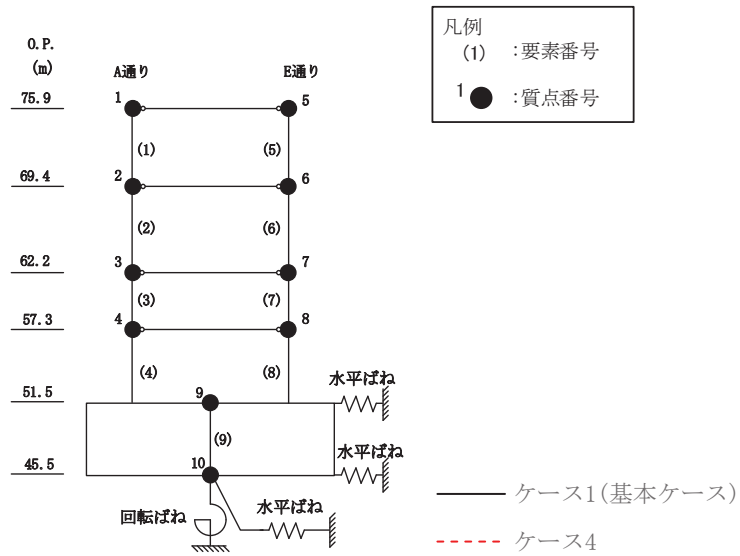


O. P. (m)	1通り (cm)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.61	0.80
69.40	0.44	0.57
62.20	0.26	0.33
57.30	0.15	0.18
51.50	0.04	0.04

O. P. (m)	5通り (cm)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.61	0.80
69.40	0.44	0.57
62.20	0.26	0.33
57.30	0.15	0.18
51.50	0.04	0.04

(a) $S_s - D_2$

図 2-6(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

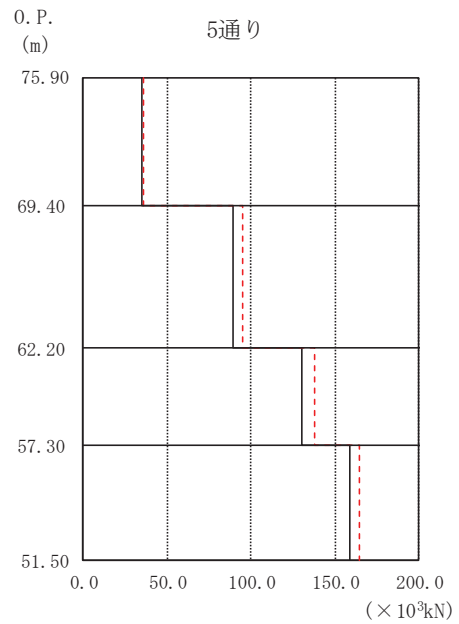
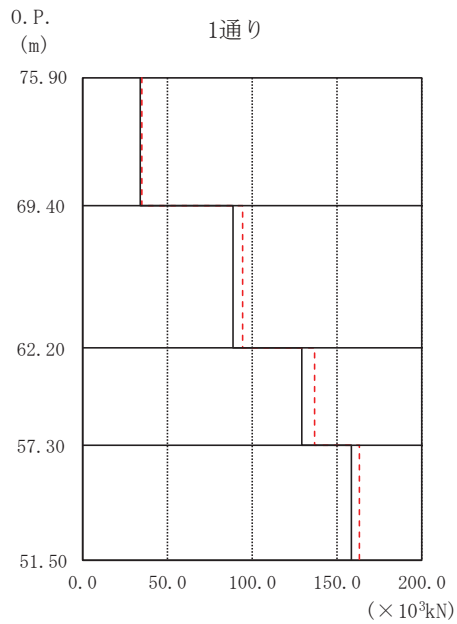
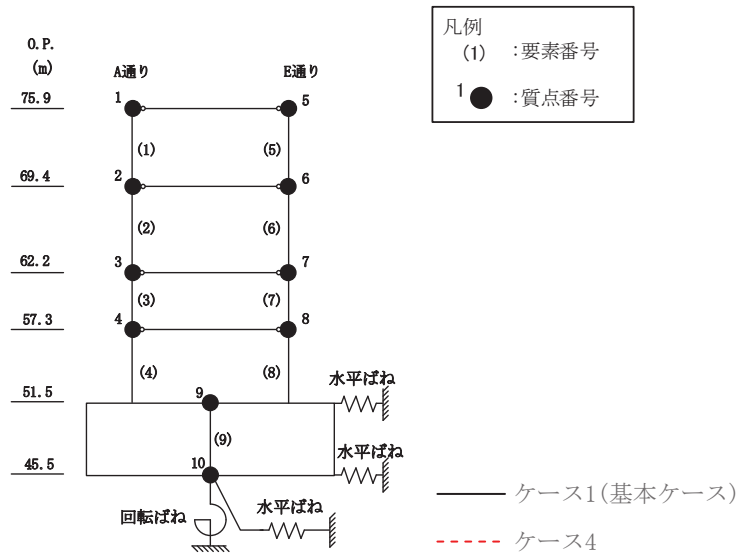


O. P. (m)	1通り (cm)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.59	0.73
69.40	0.40	0.54
62.20	0.22	0.33
57.30	0.12	0.18
51.50	0.03	0.03

O. P. (m)	5通り (cm)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.59	0.73
69.40	0.40	0.54
62.20	0.22	0.33
57.30	0.12	0.18
51.50	0.03	0.03

(b) $S_s - F_3$

図 2-6(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)

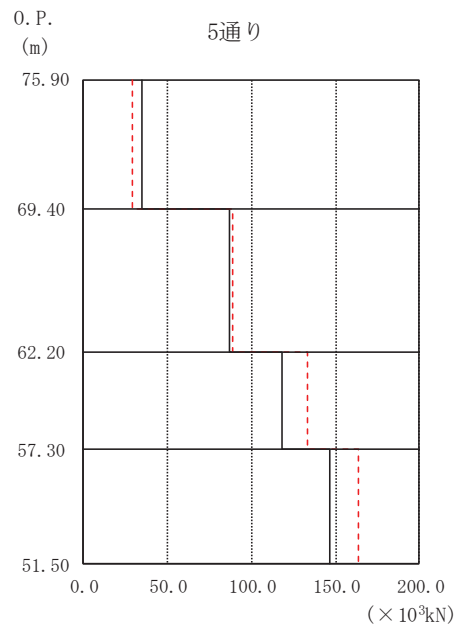
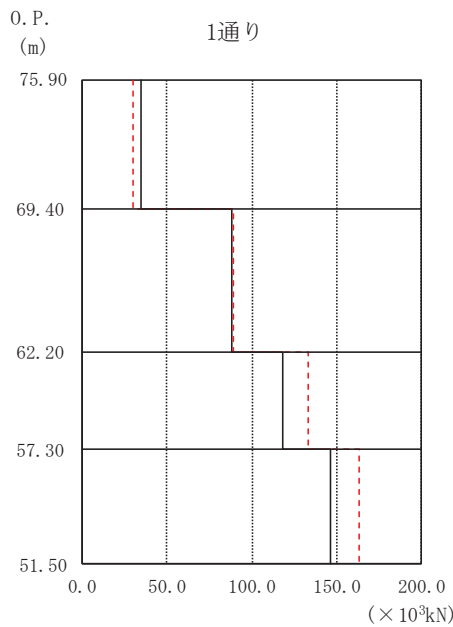
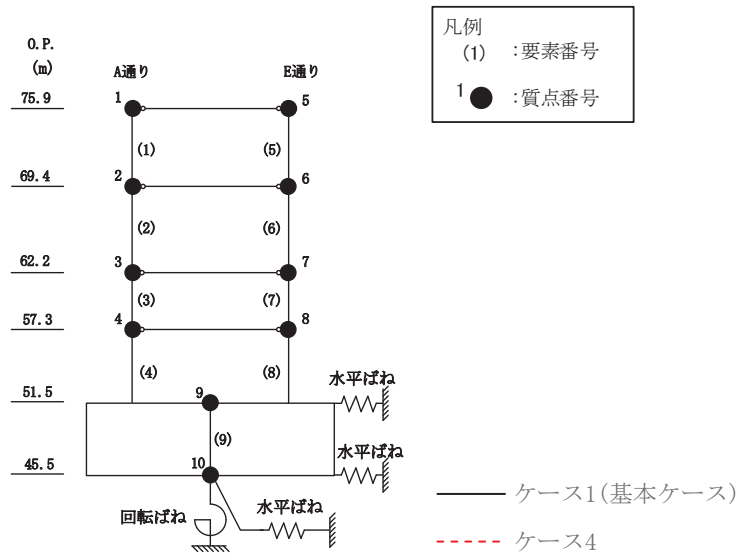


O. P. (m)	1通り ケース1 (基本ケース) ($\times 10^3 \text{kN}$)	ケース4 ($\times 10^3 \text{kN}$)
75.90		
69.40	34.08	35.42
62.20	88.74	94.54
57.30	129.89	137.36
51.50	158.62	163.78

O. P. (m)	5通り ケース1 (基本ケース) ($\times 10^3 \text{kN}$)	ケース4 ($\times 10^3 \text{kN}$)
75.90		
69.40	34.39	35.71
62.20	88.86	94.58
57.30	130.20	137.62
51.50	159.35	164.53

(a) $S_s - D2$

図2-7(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

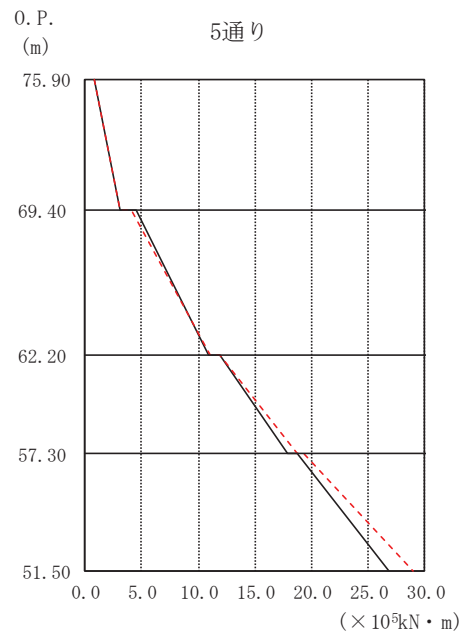
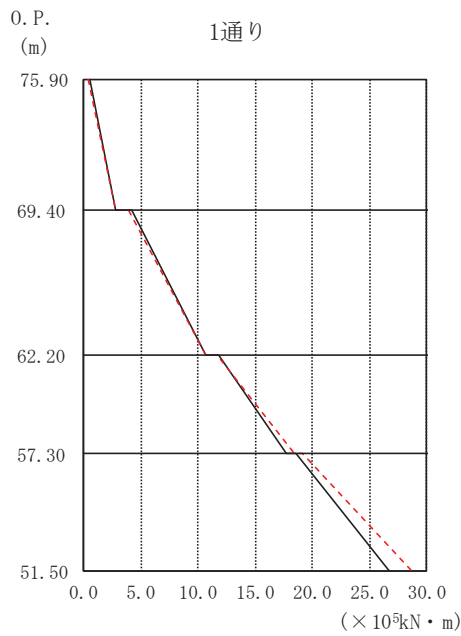
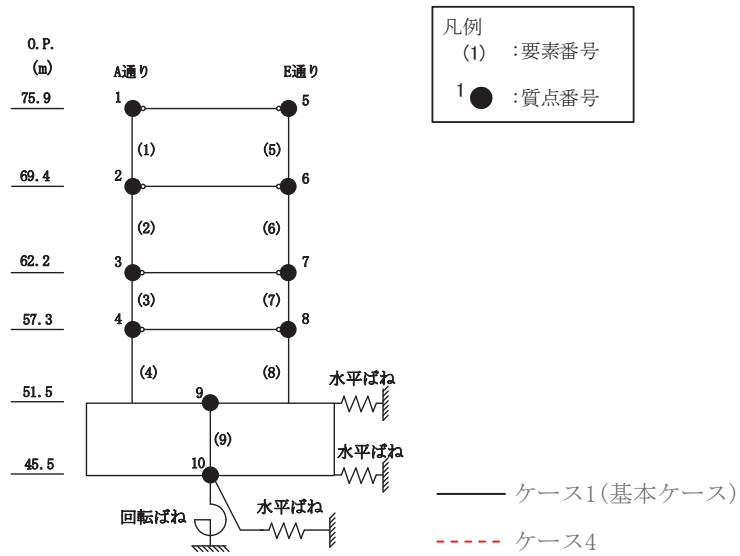


O. P. (m)	1通り ケース1 (基本ケース) ($\times 10^3 \text{kN}$)	ケース4 ($\times 10^3 \text{kN}$)
75.90		
69.40	34.73	29.71
62.20	88.07	89.10
57.30	118.67	133.47
51.50	146.12	163.19

O. P. (m)	5通り ケース1 (基本ケース) ($\times 10^3 \text{kN}$)	ケース4 ($\times 10^3 \text{kN}$)
75.90		
69.40	35.03	29.28
62.20	86.69	88.38
57.30	118.42	133.51
51.50	146.12	163.98

(b) $S_s - F_3$

図 2-7(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)

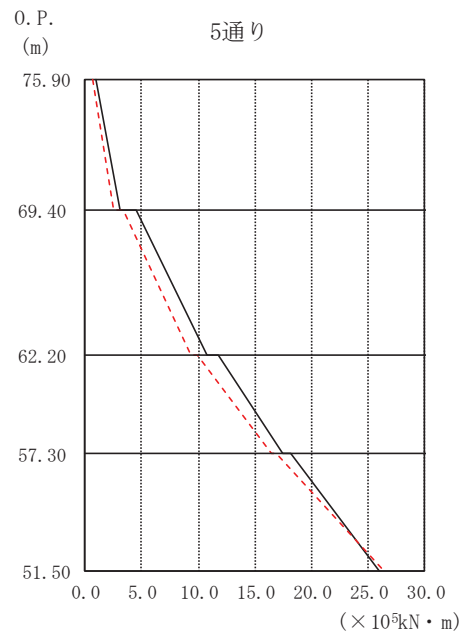
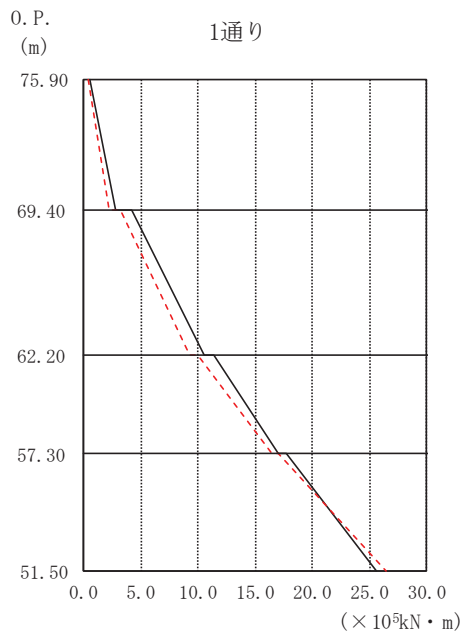
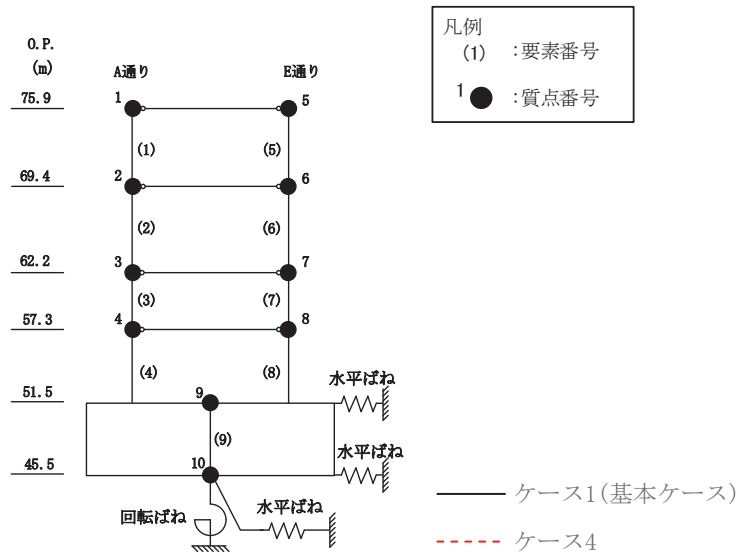


O.P. (m)	1通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.59	0.48
69.40	2.83	2.79
62.20	10.71	10.77
57.30	17.78	18.46
51.50	26.71	28.68

O.P. (m)	5通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.85	0.86
69.40	3.08	3.03
62.20	10.88	10.99
57.30	17.90	18.68
51.50	26.80	28.97

(a) S s - D 2

図 2-8(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)



O.P. (m)	1通り (× 10 ⁵ kN · m)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.57	0.38
69.40	2.83	2.30
62.20	10.50	9.30
57.30	17.06	16.48
51.50	25.65	26.49

O.P. (m)	5通り (× 10 ⁵ kN · m)	
	ケース1 (基本ケース)	ケース4
75.90	0.93	0.64
69.40	3.15	2.48
62.20	10.78	9.32
57.30	17.40	16.46
51.50	26.05	26.46

(b) S_s - F 3

図 2-8(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/2)

○ケース1 (基本ケース) △ケース4

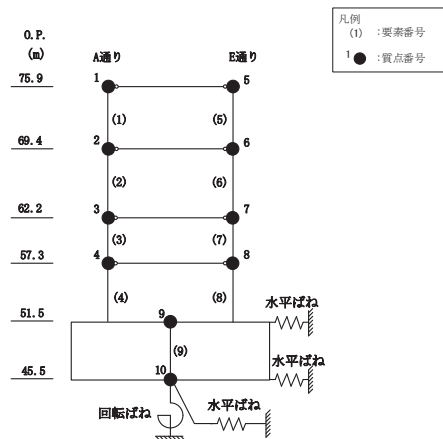
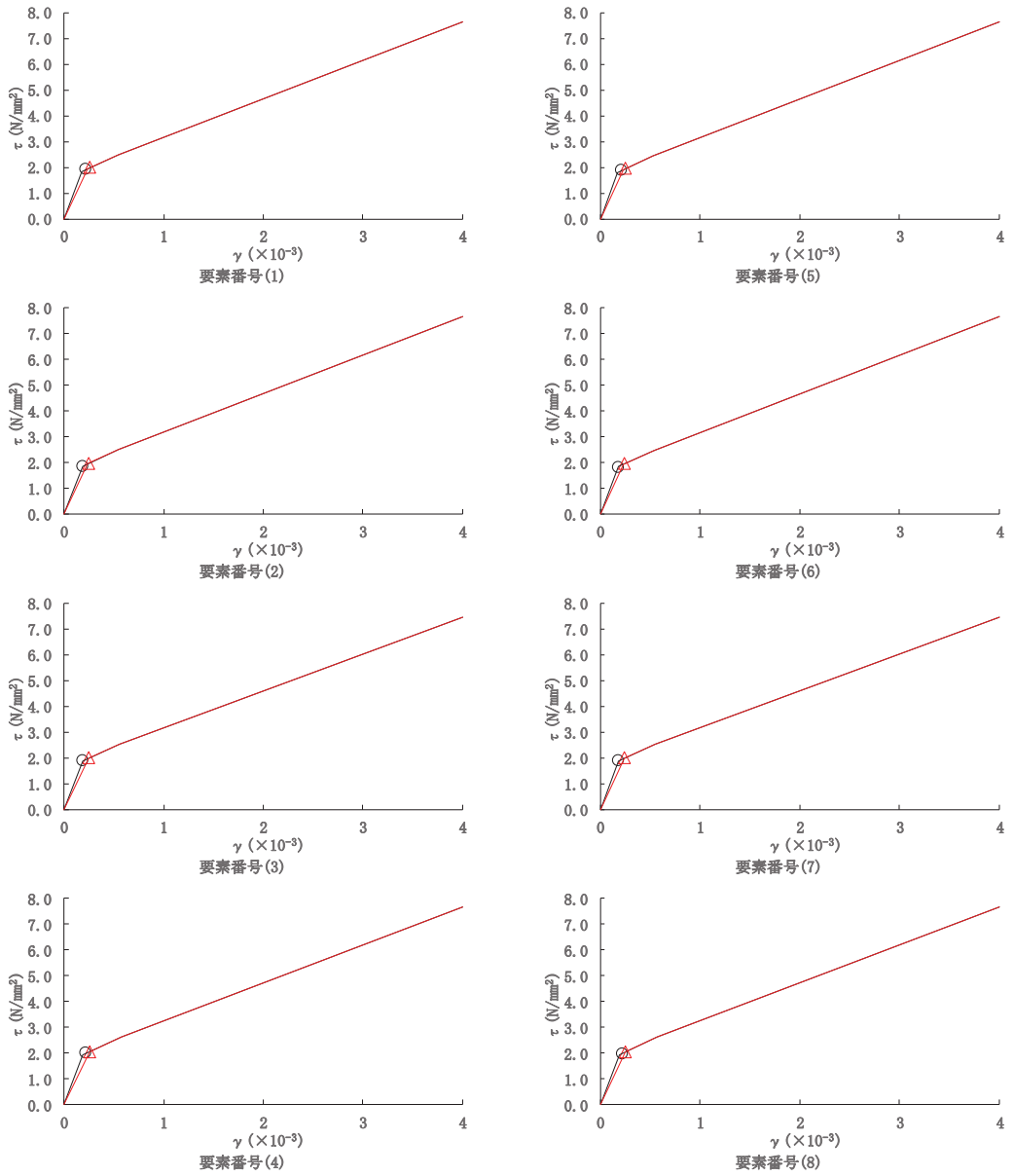


図 2-9 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース4

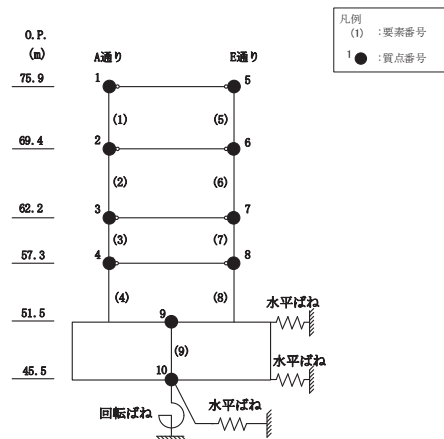
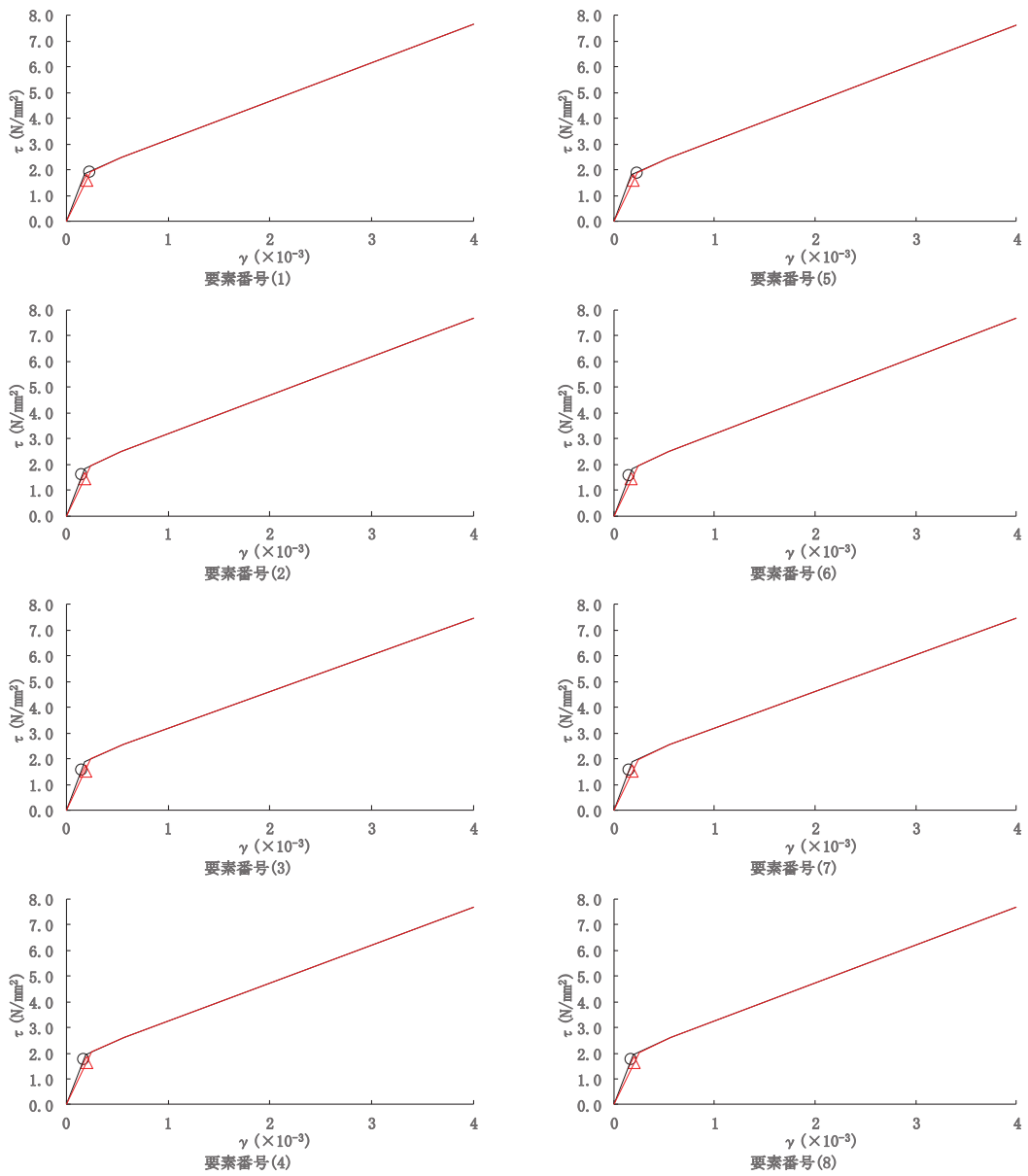


図 2-10 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース4

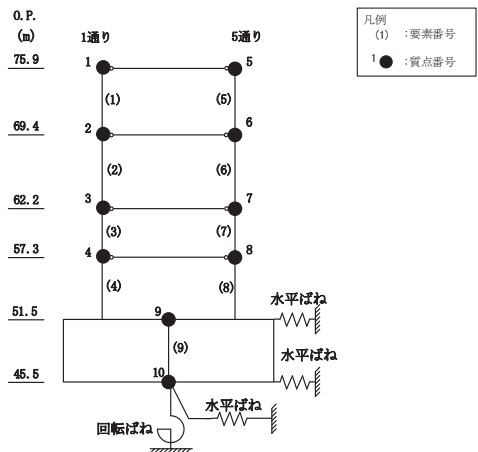
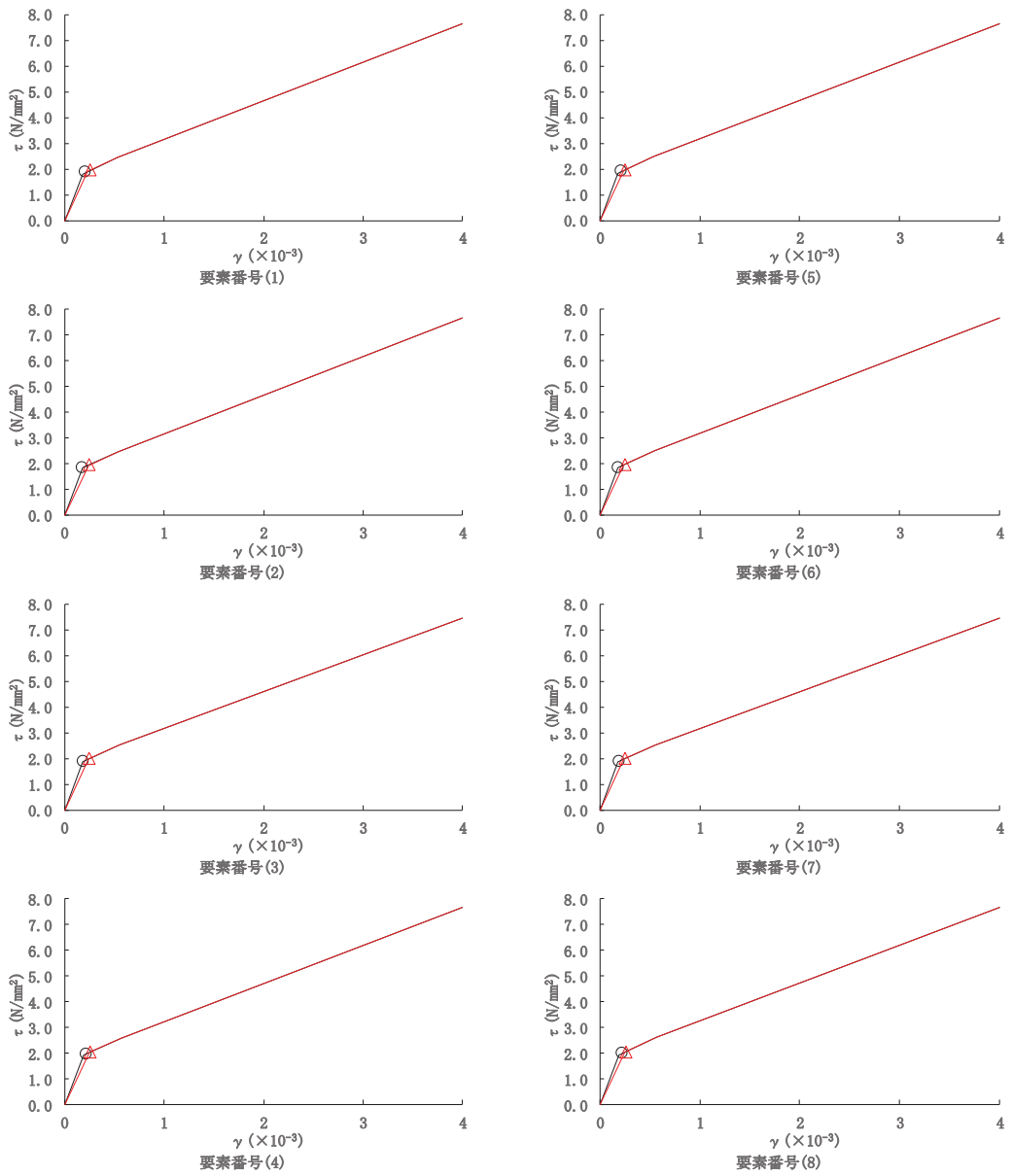


図 2-11 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース4

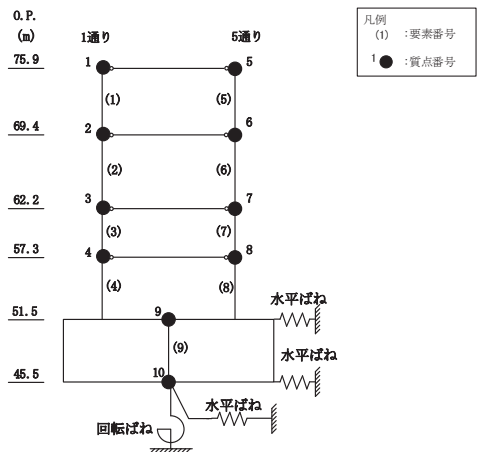
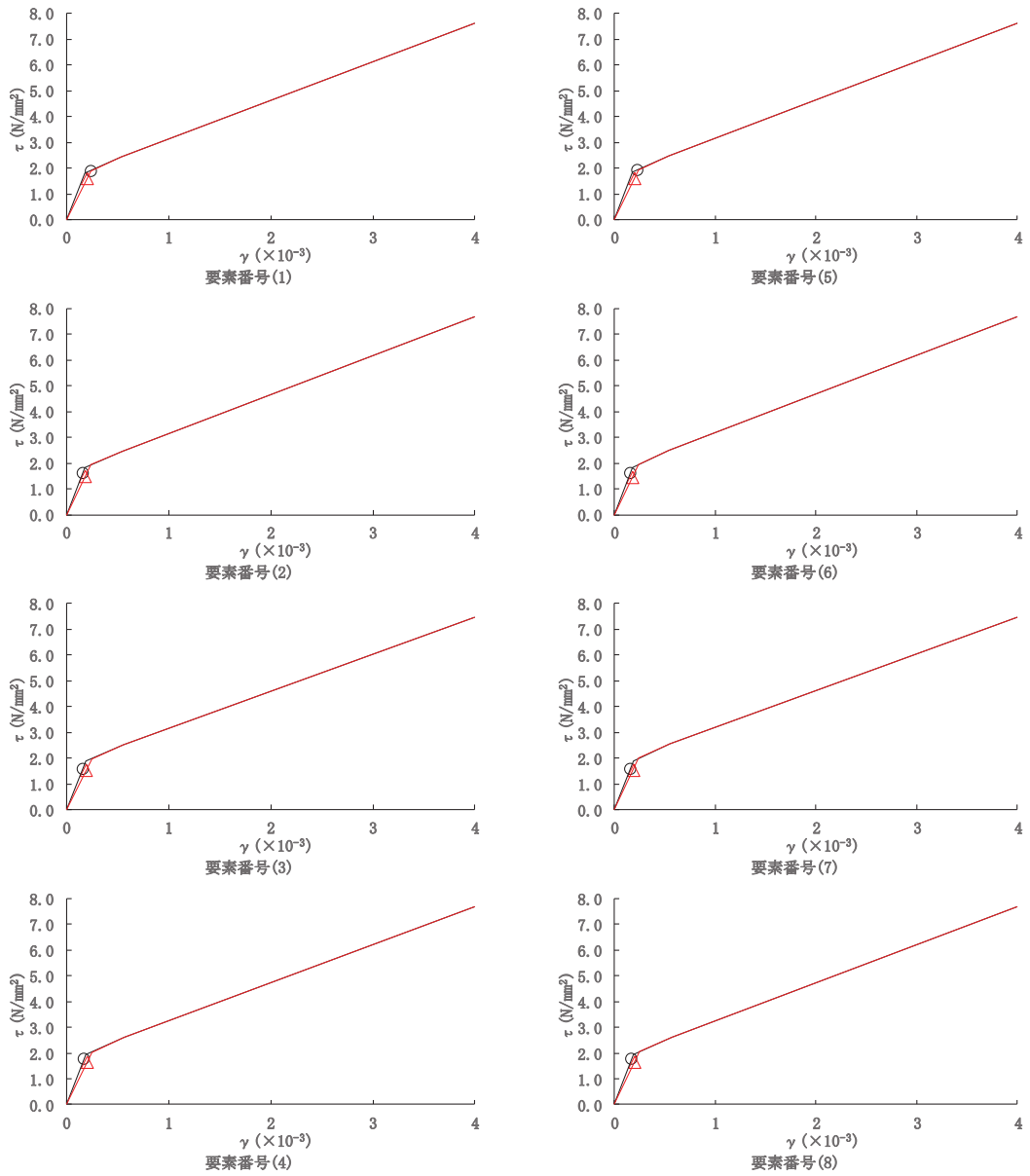
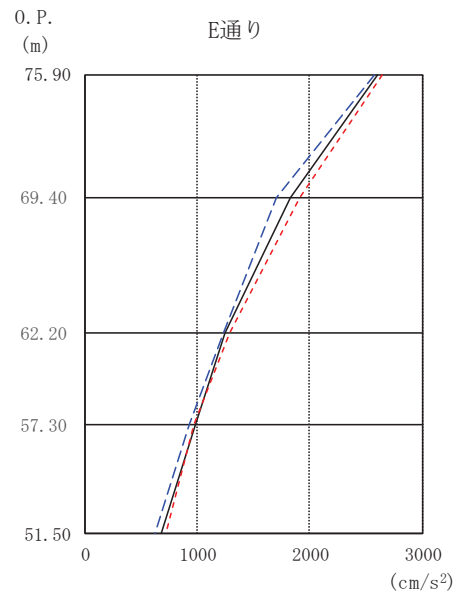
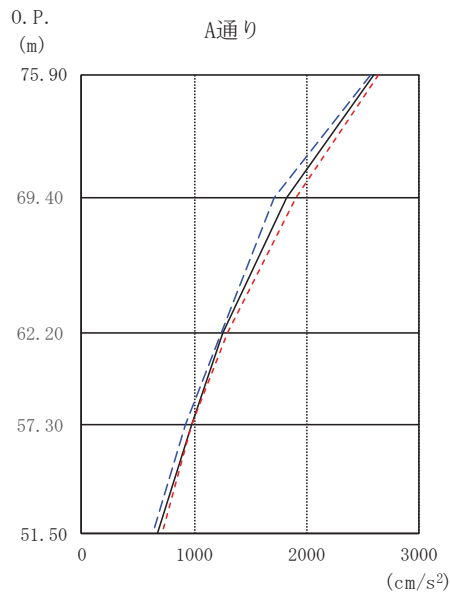
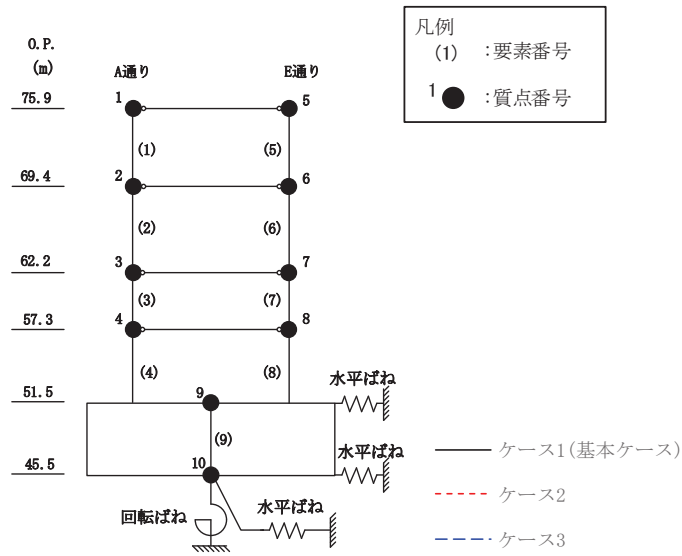


図 2-12 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

2.2 地盤物性の不確かさ

地盤物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を図 2-13～図 2-27 に示す。

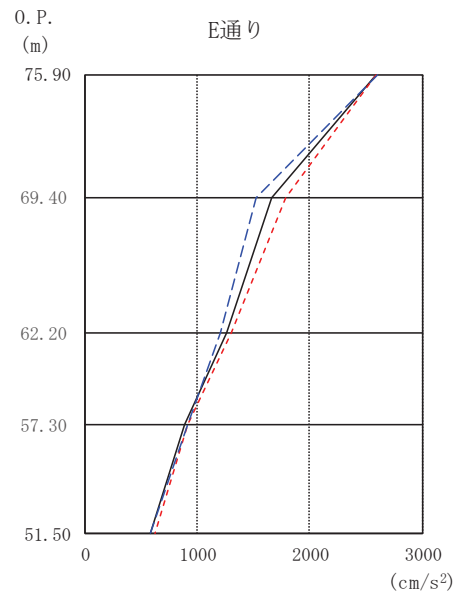
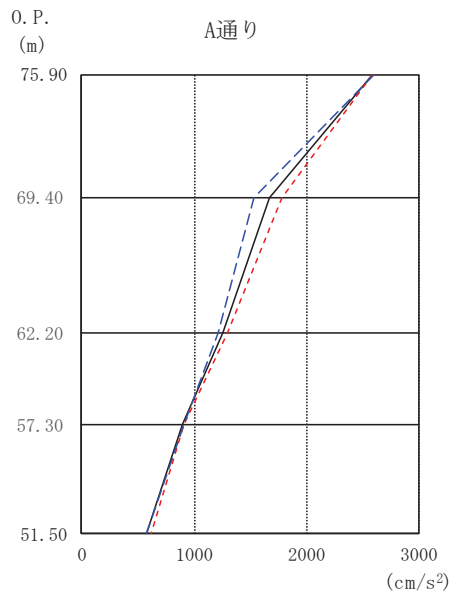
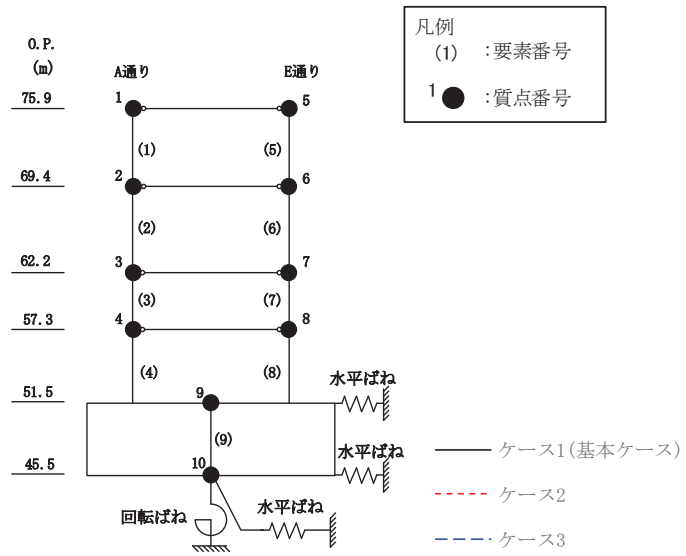


O. P. (m)	A通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	2603	2641	2579
69.40	1827	1906	1707
62.20	1253	1292	1235
57.30	984	972	929
51.50	673	717	630

O. P. (m)	E通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	2603	2641	2579
69.40	1827	1906	1707
62.20	1253	1292	1235
57.30	984	972	929
51.50	673	717	630

(a) S s - D 2

図 2-13(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

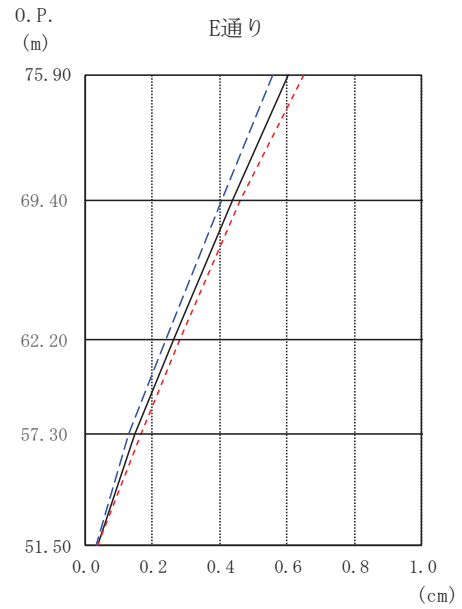
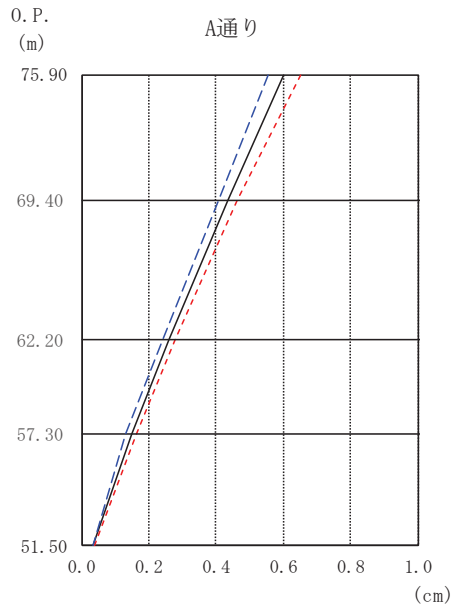
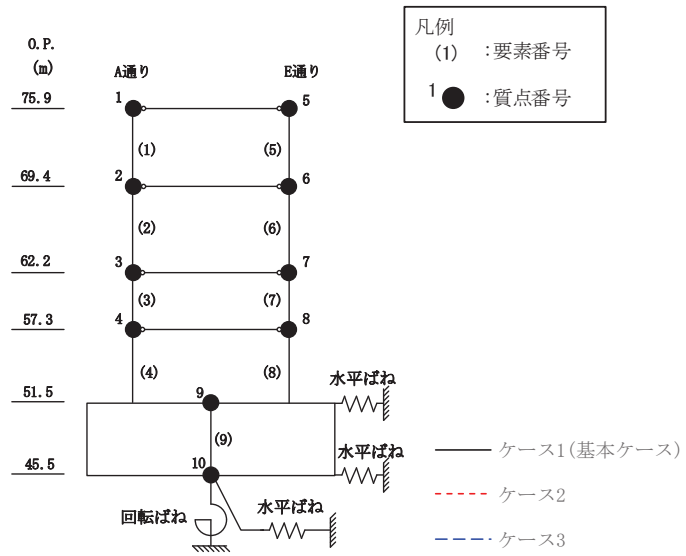


O. P. (m)	A通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	2590	2586	2603
69.40	1667	1786	1531
62.20	1262	1296	1212
57.30	891	913	914
51.50	579	621	580

O. P. (m)	E通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	2590	2586	2603
69.40	1667	1786	1531
62.20	1262	1296	1212
57.30	891	913	914
51.50	579	621	580

(b) S s - F 3

図 2-13(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, NS 方向) (2/2)

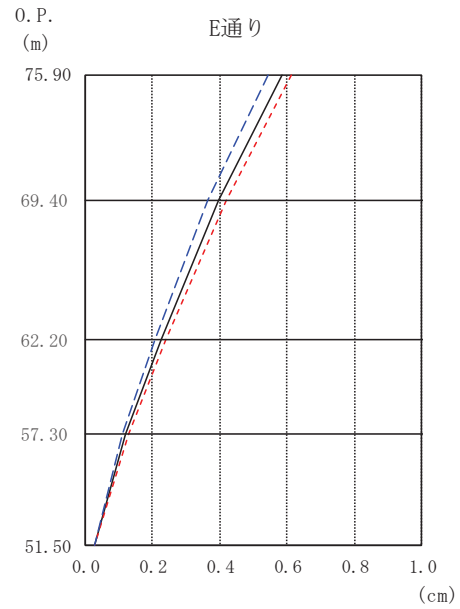
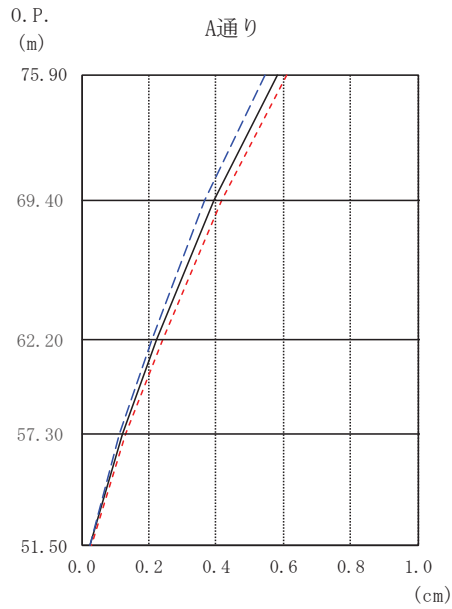
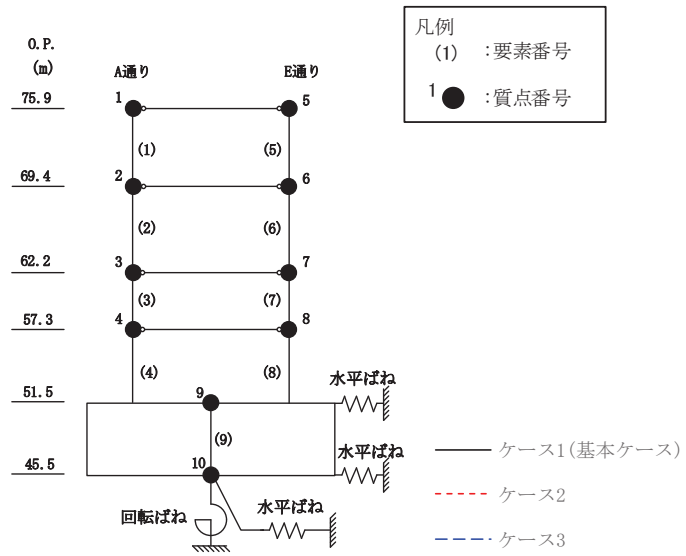


O. P. (m)	A通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.60	0.65	0.56
69.40	0.44	0.46	0.41
62.20	0.26	0.28	0.24
57.30	0.15	0.16	0.13
51.50	0.04	0.04	0.03

O. P. (m)	E通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.60	0.65	0.56
69.40	0.44	0.46	0.41
62.20	0.26	0.28	0.24
57.30	0.15	0.16	0.13
51.50	0.04	0.04	0.03

(a) S s - D 2

図 2-14(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

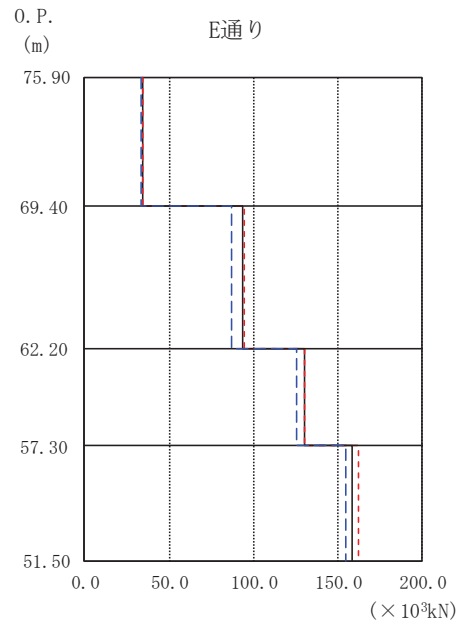
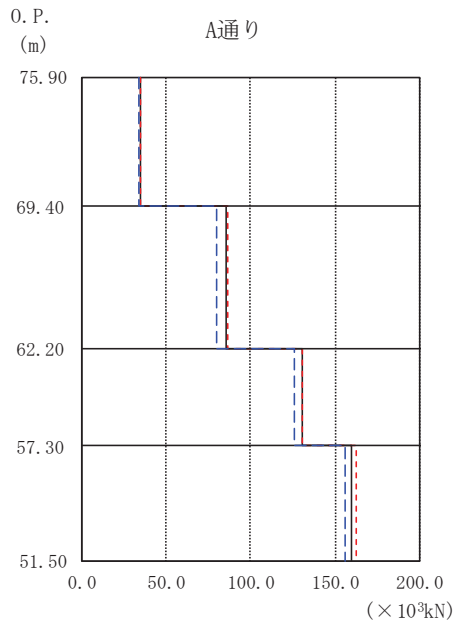
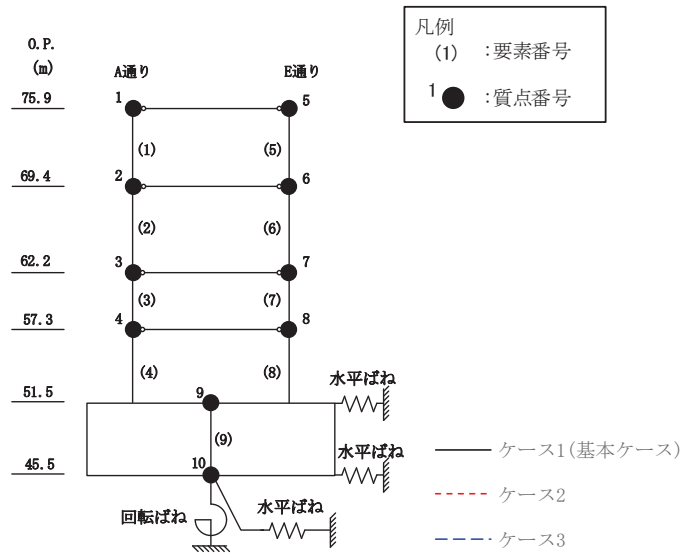


O. P. (m)	A通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.58	0.61	0.54
69.40	0.39	0.42	0.37
62.20	0.22	0.24	0.21
57.30	0.12	0.13	0.11
51.50	0.03	0.03	0.03

O. P. (m)	E通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.58	0.61	0.54
69.40	0.39	0.42	0.37
62.20	0.22	0.24	0.21
57.30	0.12	0.13	0.11
51.50	0.03	0.03	0.03

(b) S s - F 3

図 2-14(2) 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向) (2/2)

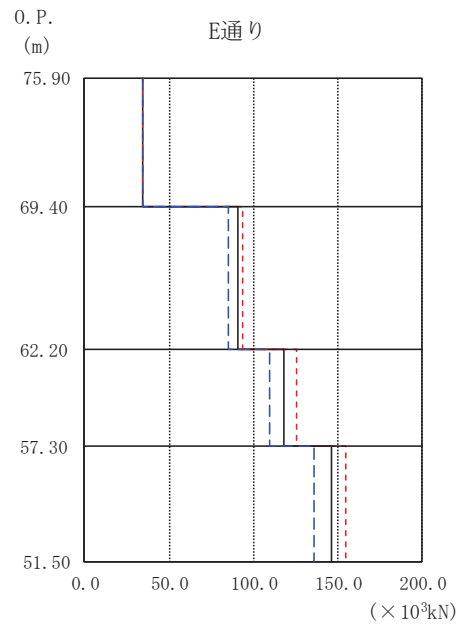
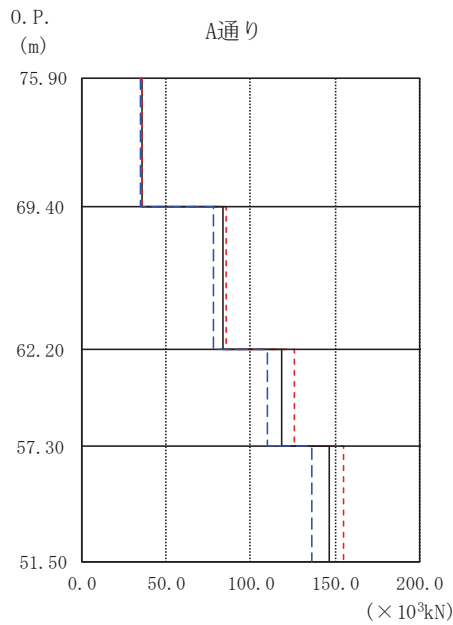
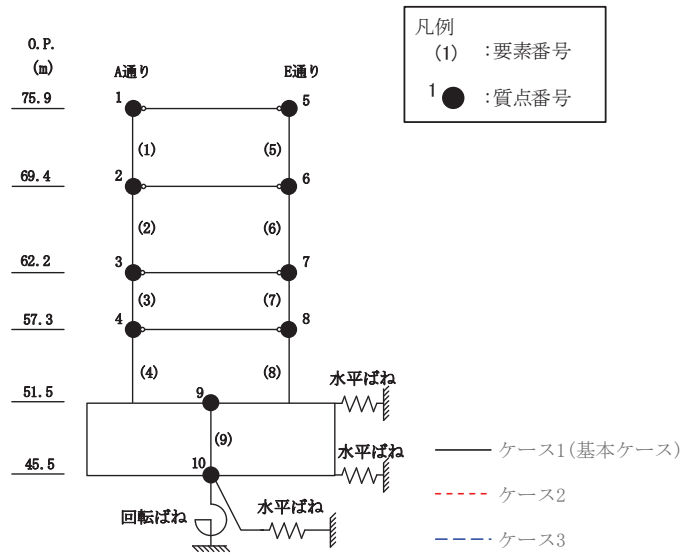


O. P. (m)	A通り (×10 ³ kN)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90			
69.40	34.51	34.64	33.97
62.20	85.51	86.73	80.04
57.30	130.32	131.05	126.22
51.50	159.51	162.88	155.93

O. P. (m)	E通り (×10 ³ kN)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90			
69.40	33.96	34.10	33.41
62.20	93.32	95.04	87.23
57.30	129.92	130.65	125.81
51.50	158.65	162.03	155.08

(a) S s - D 2

図 2-15(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

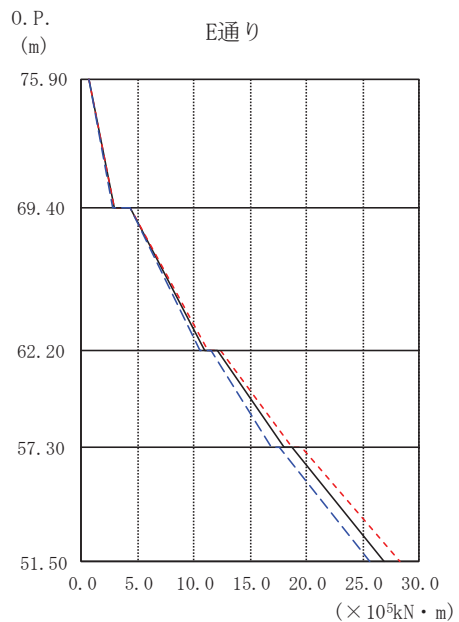
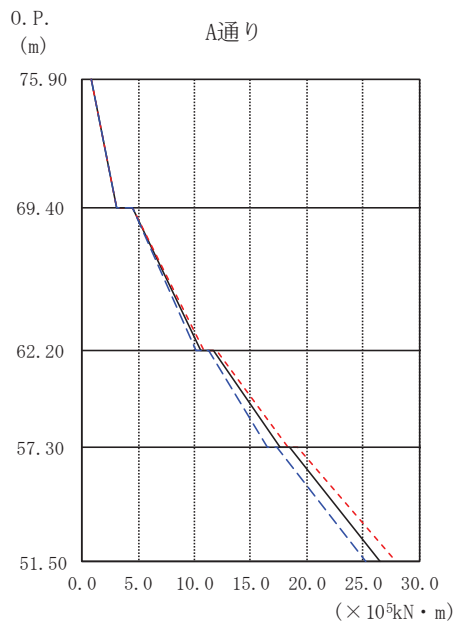
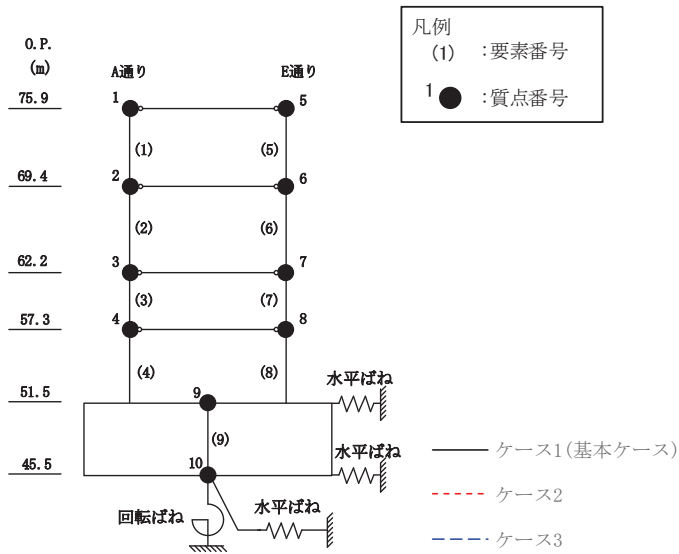


O.P. (m)	A通り (×10 ³ kN)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90			
69.40	35.14	35.35	34.47
62.20	83.33	85.87	77.73
57.30	118.62	126.22	109.56
51.50	146.21	155.00	135.77

O.P. (m)	E通り (×10 ³ kN)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90			
69.40	34.60	34.82	33.93
62.20	91.02	94.09	84.94
57.30	118.31	125.86	109.29
51.50	146.06	154.47	135.62

(b) S s - F 3

図 2-15(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (2/2)

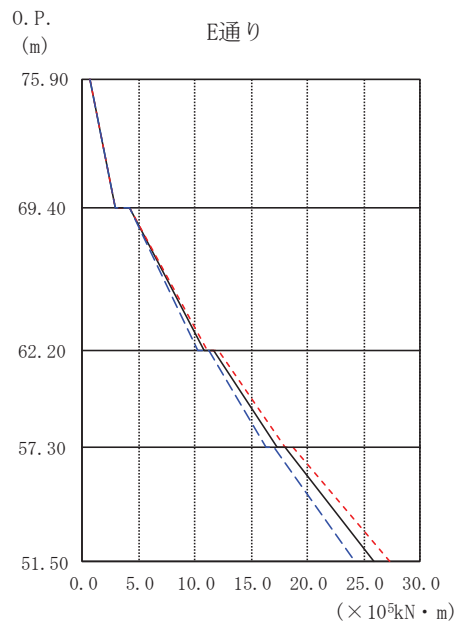
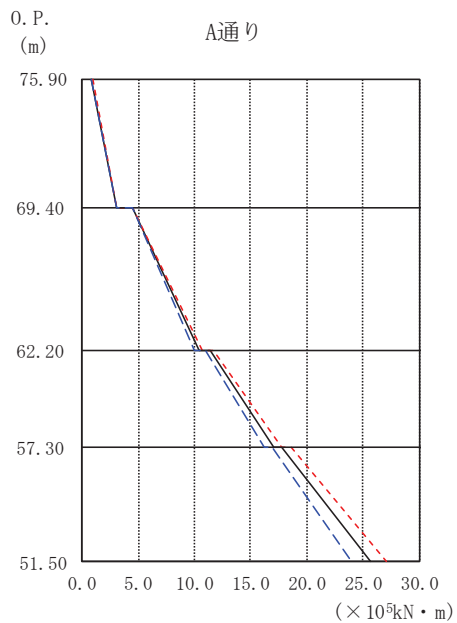
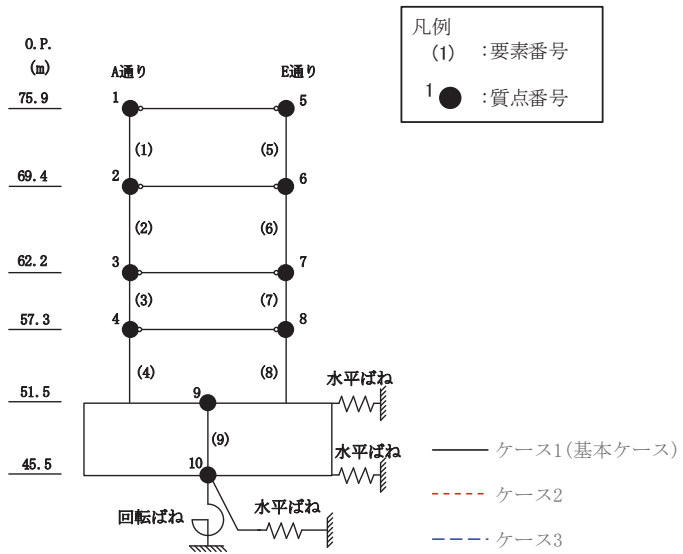


O. P. (m)	A通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.80	0.79	0.83
69.40	3.07	3.09	3.07
62.20	10.59	10.81	10.20
57.30	17.62	18.36	16.54
51.50	26.56	27.97	25.24

O. P. (m)	E通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.63	0.59	0.60
69.40	2.85	2.85	2.82
62.20	11.01	11.18	10.55
57.30	18.01	18.71	16.88
51.50	26.92	28.30	25.58

(a) S s - D 2

図 2-16(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

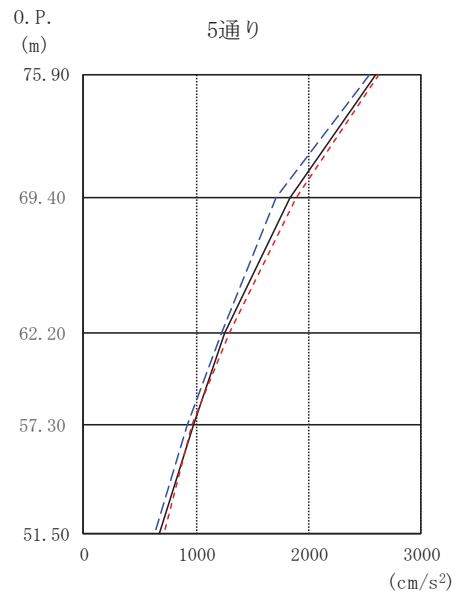
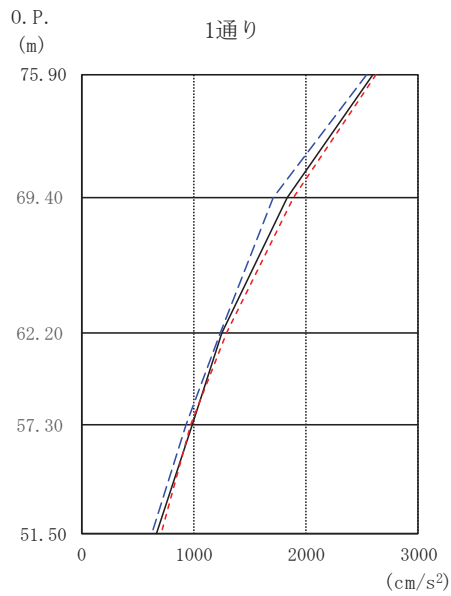
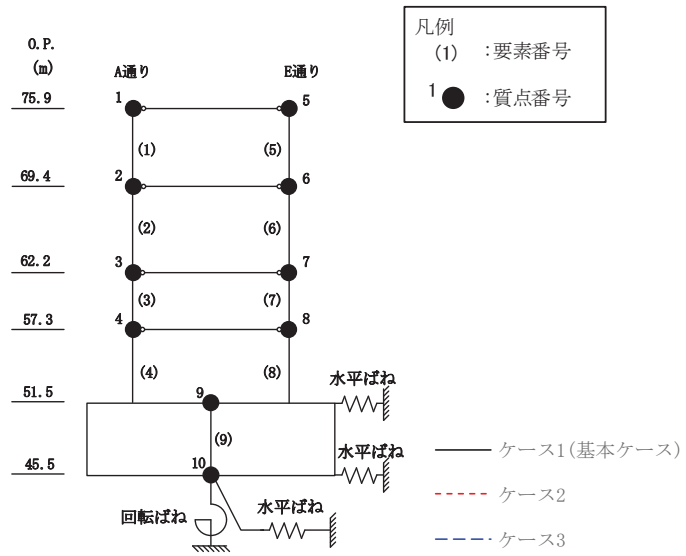


0.P. (m)	A通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.86	0.89	0.87
69.40	3.12	3.14	3.13
62.20	10.45	10.63	10.03
57.30	17.06	17.74	16.15
51.50	25.72	27.06	24.01

0.P. (m)	E通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.63	0.66	0.61
69.40	2.82	2.85	2.84
62.20	10.76	11.03	10.29
57.30	17.30	18.04	16.34
51.50	25.89	27.26	24.15

(b) S s - F 3

図 2-16(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (2/2)

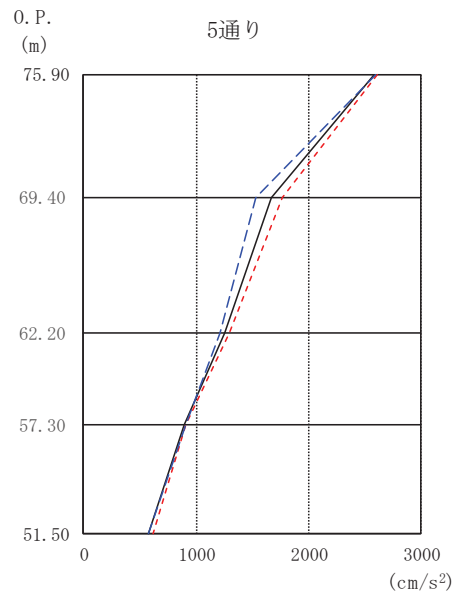
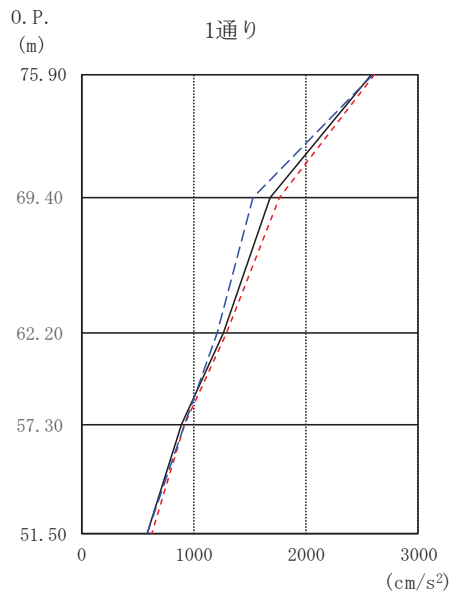
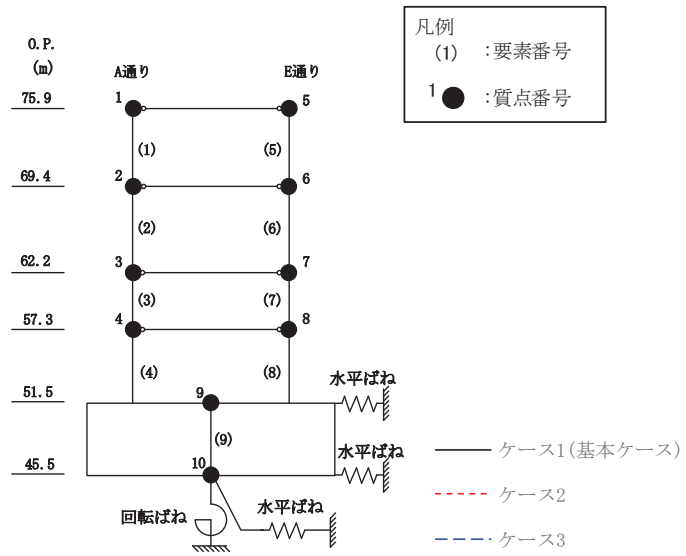


O. P. (m)	1通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	2593	2623	2537
69.40	1832	1889	1712
62.20	1250	1293	1234
57.30	982	971	927
51.50	673	712	630

O. P. (m)	5通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	2593	2623	2537
69.40	1832	1889	1712
62.20	1250	1293	1234
57.30	982	971	927
51.50	673	712	630

(a) S s - D 2

図 2-17(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)

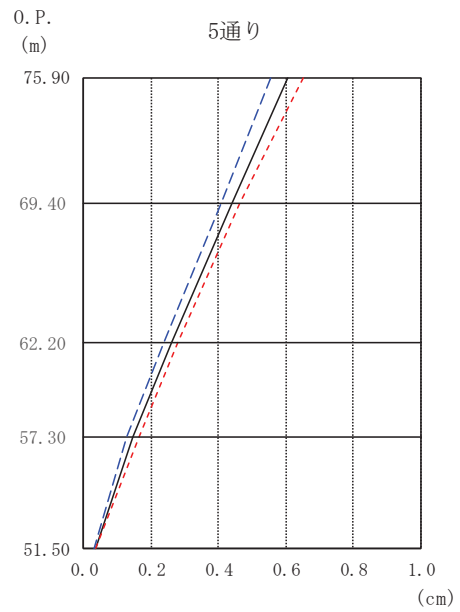
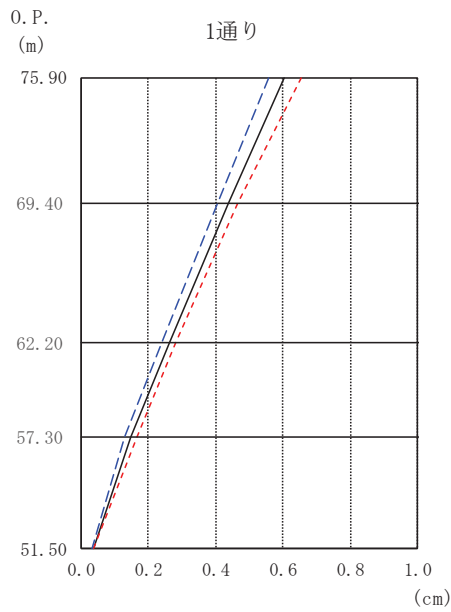
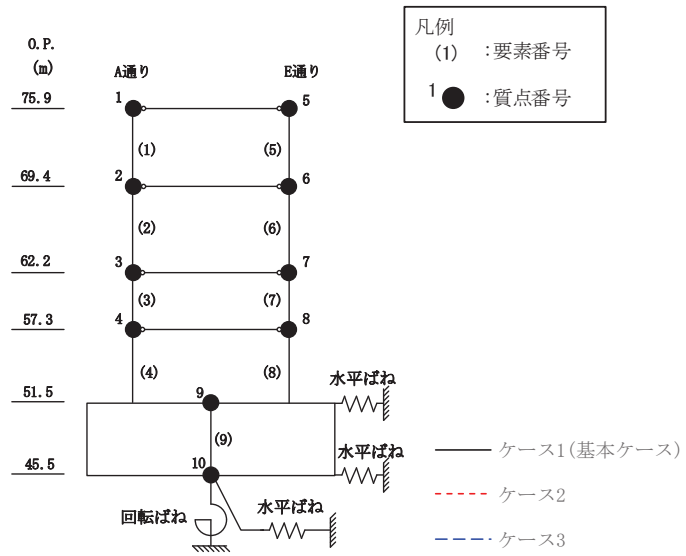


O. P. (m)	1通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	2584	2609	2592
69.40	1673	1762	1532
62.20	1261	1295	1210
57.30	890	911	911
51.50	579	621	580

O. P. (m)	5通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	2584	2609	2592
69.40	1673	1762	1532
62.20	1261	1295	1210
57.30	890	911	911
51.50	579	621	580

(b) S_s - F 3

図 2-17(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/2)

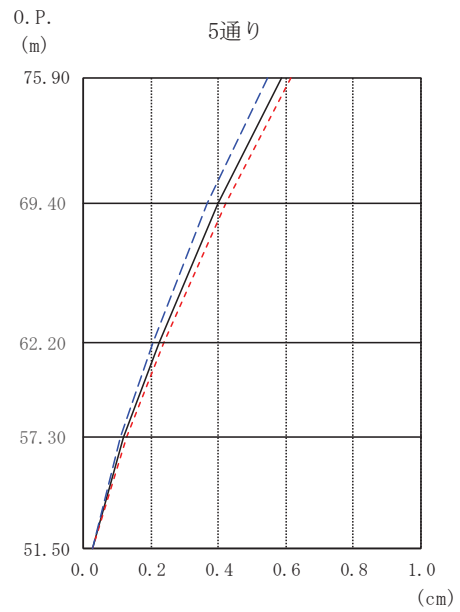
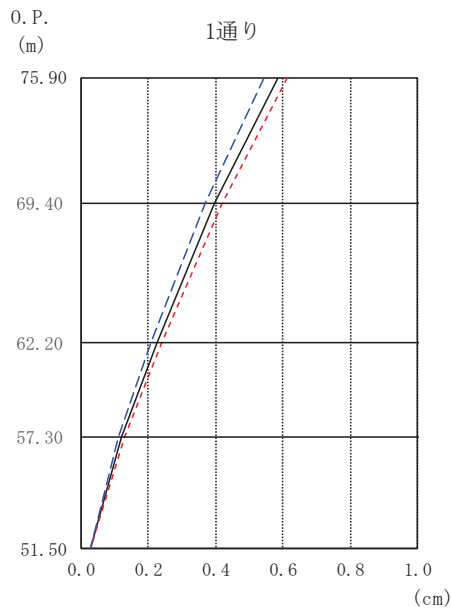
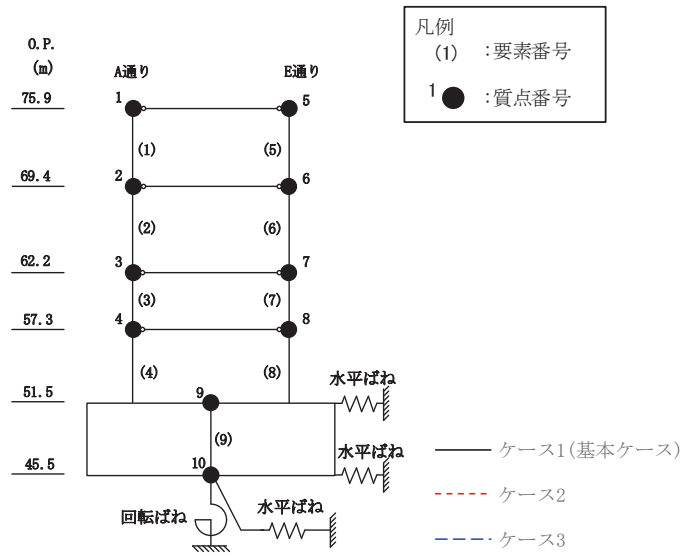


O. P. (m)	1通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.61	0.65	0.56
69.40	0.44	0.46	0.41
62.20	0.26	0.28	0.24
57.30	0.15	0.16	0.13
51.50	0.04	0.04	0.03

O. P. (m)	5通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.61	0.65	0.56
69.40	0.44	0.46	0.41
62.20	0.26	0.28	0.24
57.30	0.15	0.16	0.13
51.50	0.04	0.04	0.03

(a) S s - D 2

図 2-18(1) 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)

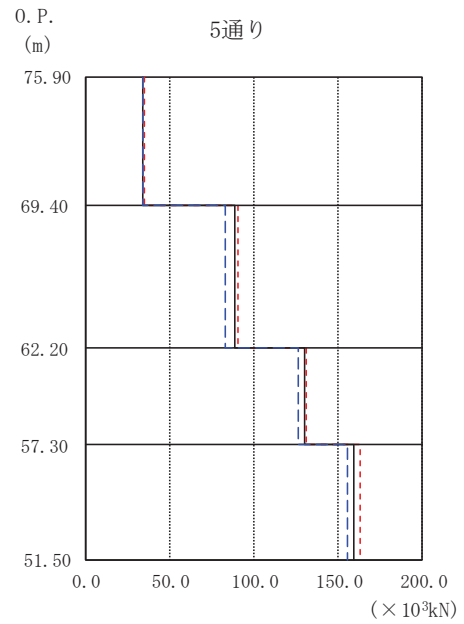
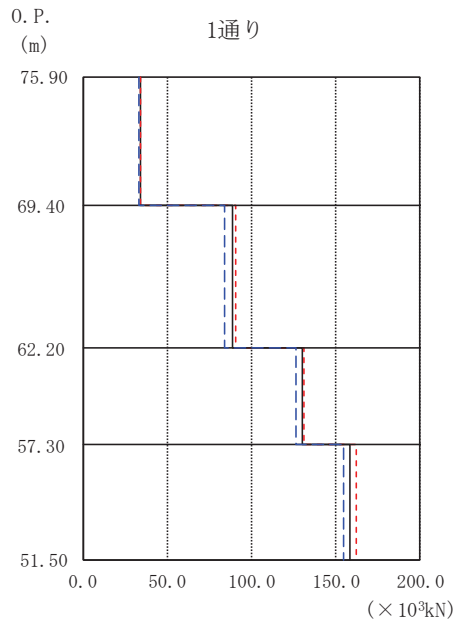
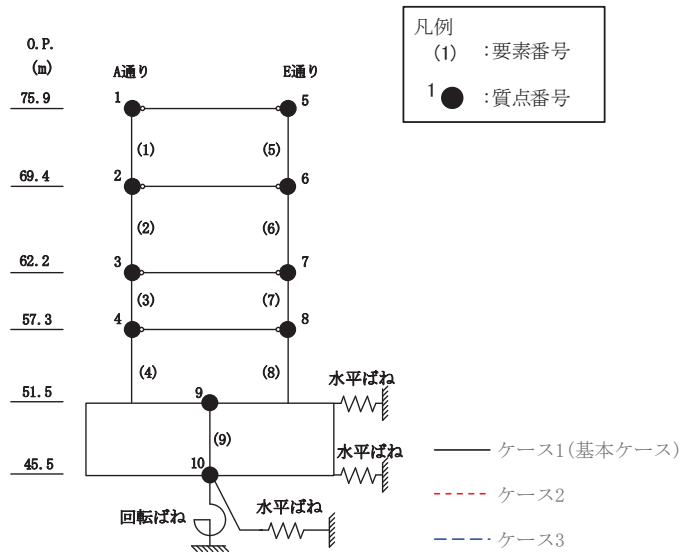


O. P. (m)	1通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.59	0.61	0.55
69.40	0.40	0.42	0.37
62.20	0.22	0.24	0.21
57.30	0.12	0.13	0.11
51.50	0.03	0.03	0.03

O. P. (m)	5通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.59	0.61	0.55
69.40	0.40	0.42	0.37
62.20	0.22	0.24	0.21
57.30	0.12	0.13	0.11
51.50	0.03	0.03	0.03

(b) S_s - F3

図 2-18(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/2)



1通り ($\times 10^3 \text{kN}$)

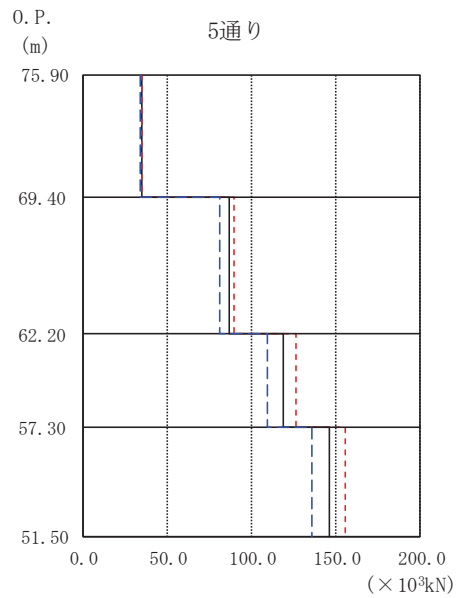
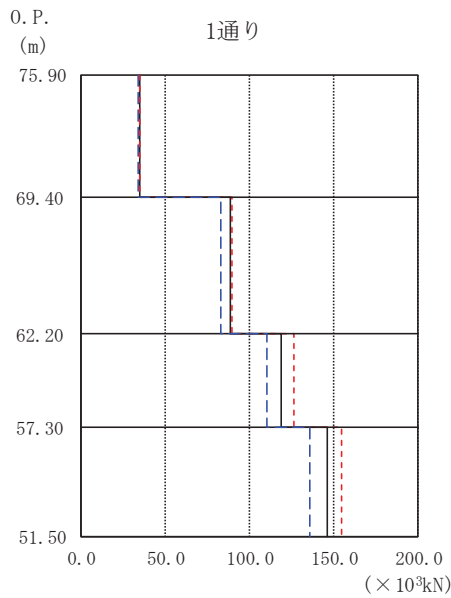
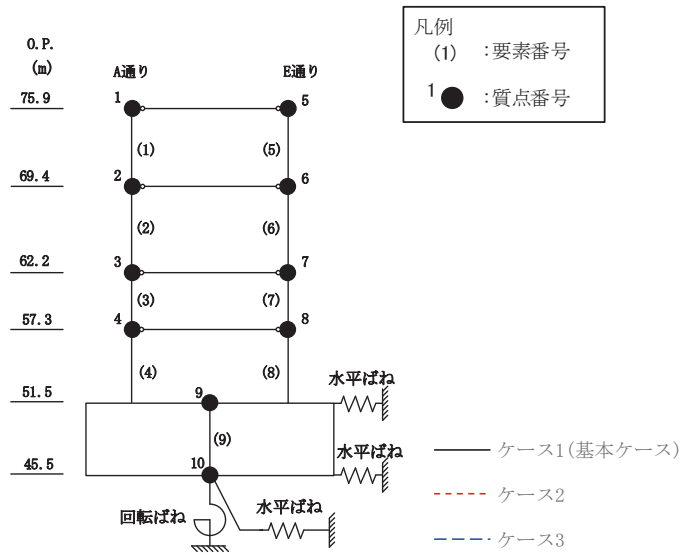
0. P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90			
69.40	34.08	34.23	33.54
62.20	88.74	90.35	84.23
57.30	129.89	130.66	126.12
51.50	158.62	161.88	155.01

5通り ($\times 10^3 \text{kN}$)

0. P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90			
69.40	34.39	34.51	33.86
62.20	88.86	90.39	83.16
57.30	130.20	130.94	126.04
51.50	159.35	162.59	155.74

(a) S s - D 2

図 2-19(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)

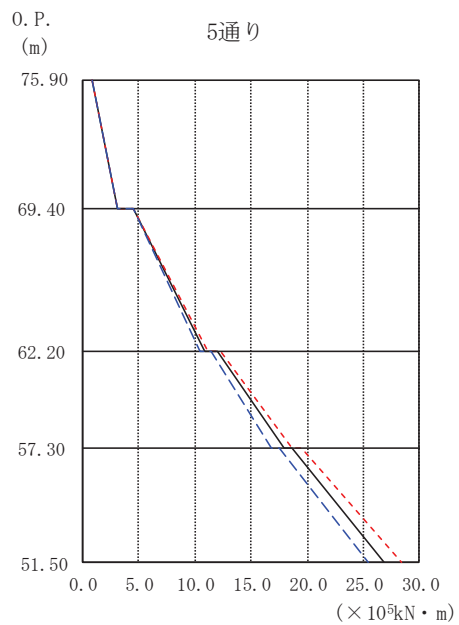
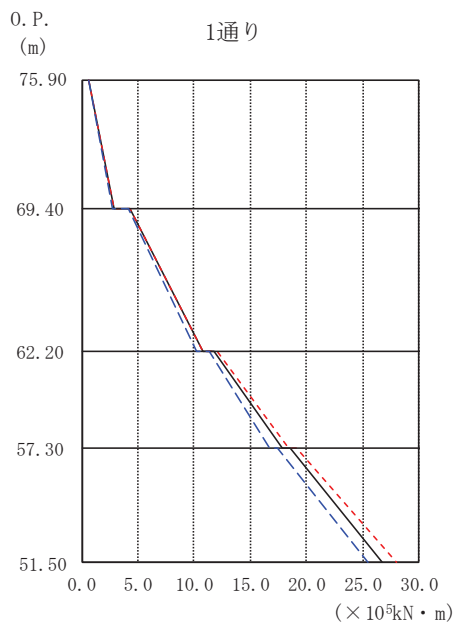
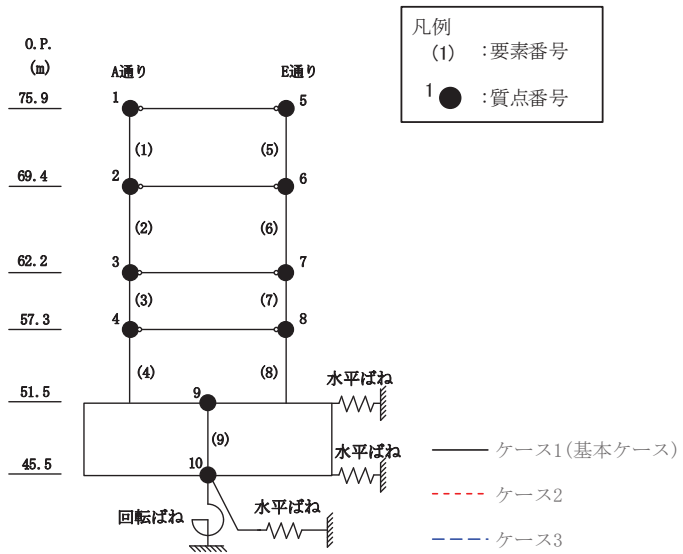


O. P. (m)	1通り (×10 ³ kN)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90			
69.40	34.73	34.90	34.04
62.20	88.07	89.20	82.18
57.30	118.67	126.28	109.60
51.50	146.12	154.41	135.56

O. P. (m)	5通り (×10 ³ kN)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90			
69.40	35.03	35.15	34.32
62.20	86.69	89.25	80.78
57.30	118.42	126.06	109.32
51.50	146.12	154.96	135.58

(b) S s - F 3

図 2-19(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (2/2)

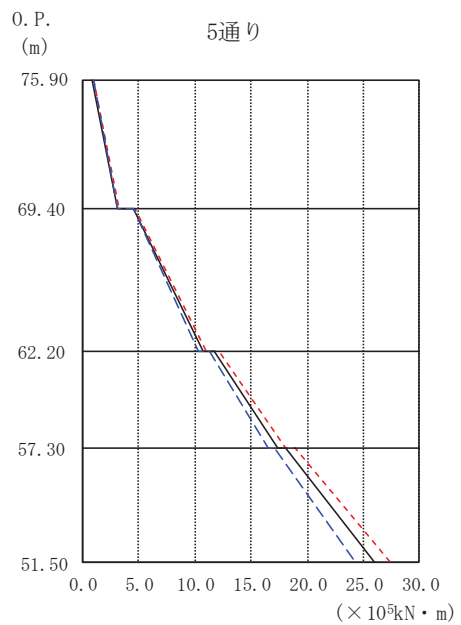
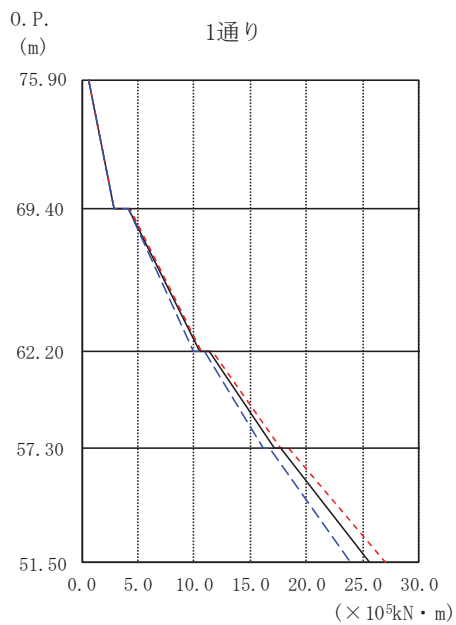
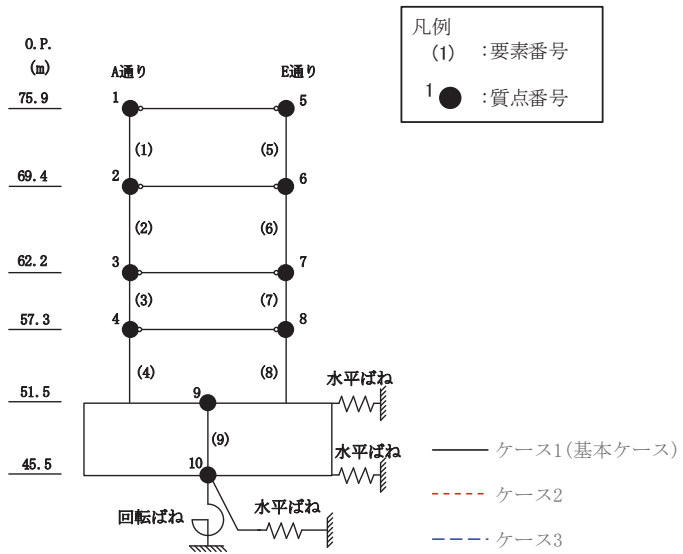


0. P. (m)	1通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.59	0.57	0.57
69.40	2.83	2.83	2.75
62.20	10.71	10.80	10.25
57.30	17.78	18.36	16.64
51.50	26.71	27.93	25.39

0. P. (m)	5通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.85	0.85	0.88
69.40	3.08	3.12	3.09
62.20	10.88	11.12	10.46
57.30	17.90	18.64	16.79
51.50	26.80	28.44	25.46

(a) S s - D 2

図 2-20(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)

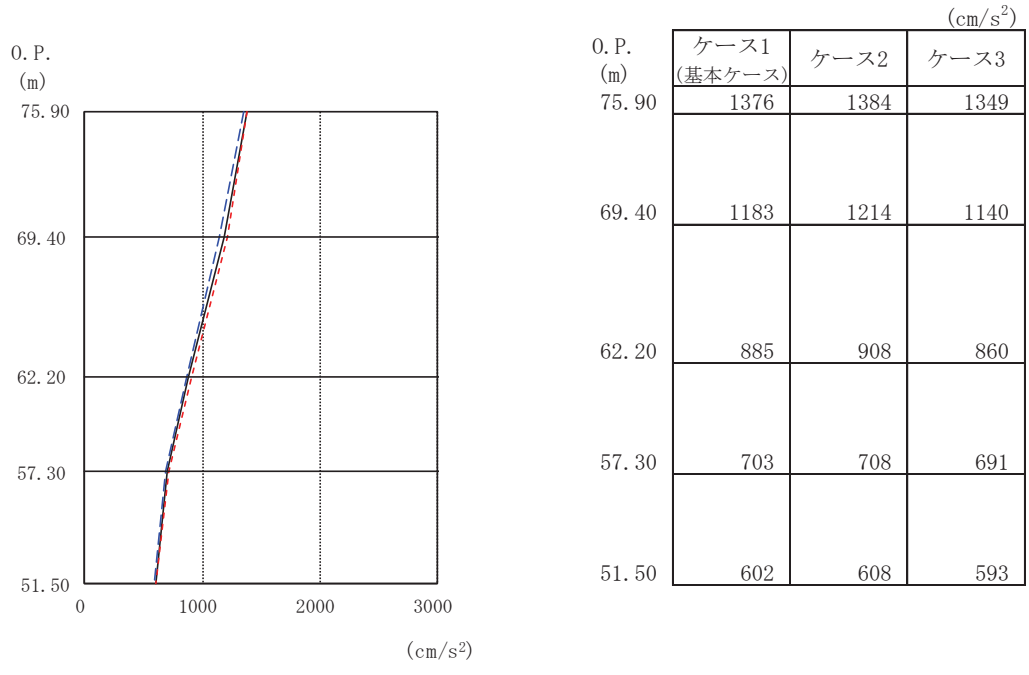
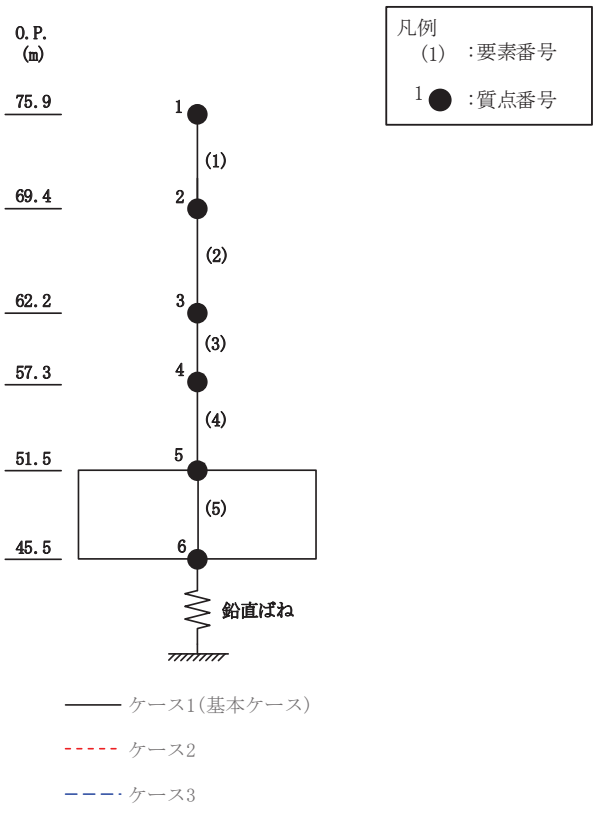


0.P. (m)	1通り (×10 ⁵ kN・m)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.57	0.63	0.57
69.40	2.83	2.88	2.81
62.20	10.50	10.65	9.99
57.30	17.06	17.70	16.07
51.50	25.65	27.01	23.89

0.P. (m)	5通り (×10 ⁵ kN・m)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
75.90	0.93	0.94	0.93
69.40	3.15	3.26	3.17
62.20	10.78	11.06	10.36
57.30	17.40	18.09	16.46
51.50	26.05	27.40	24.31

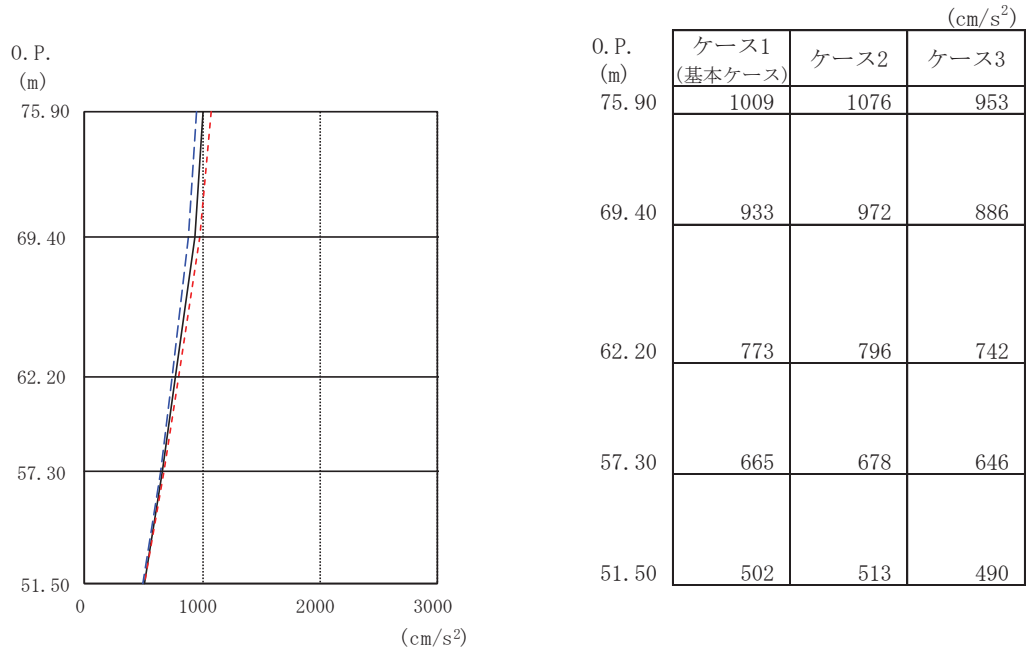
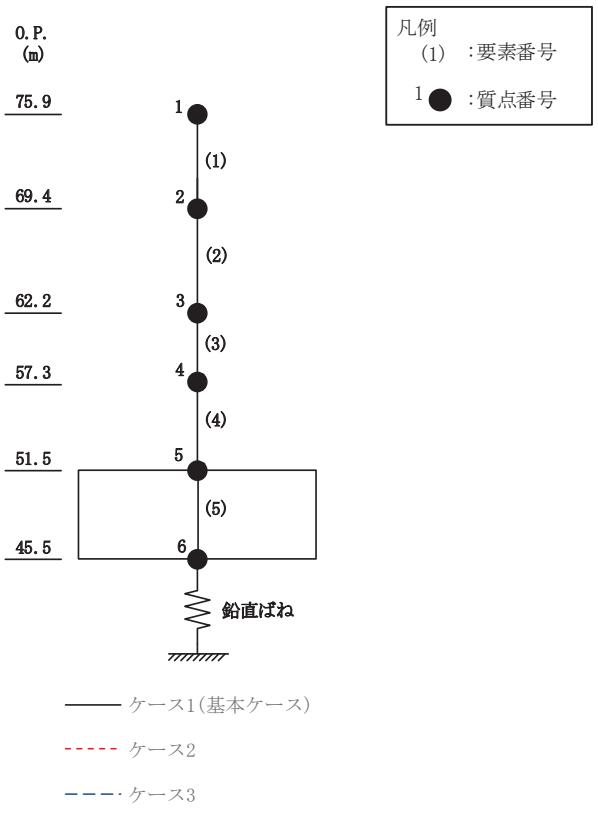
(b) S s - F 3

図 2-20(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向) (2/2)



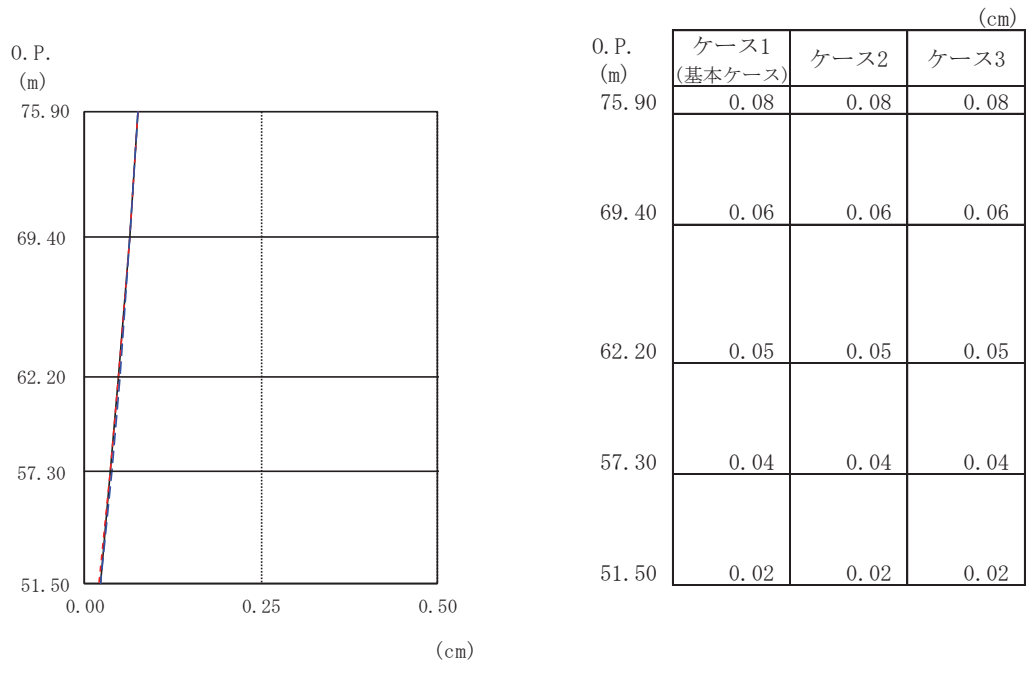
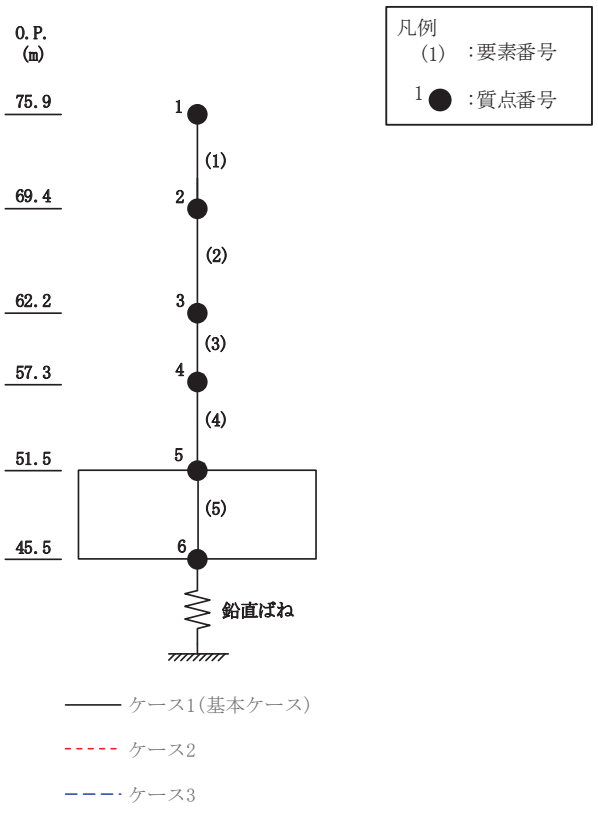
(a) S_s - D 2

図 2-21 (1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, UD 方向) (1/2)



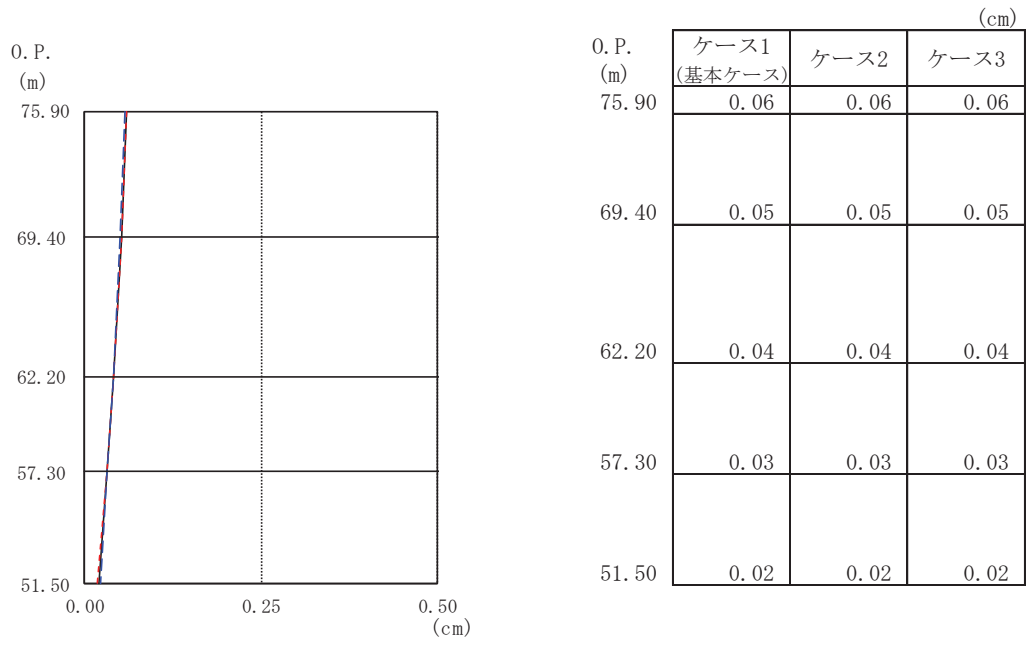
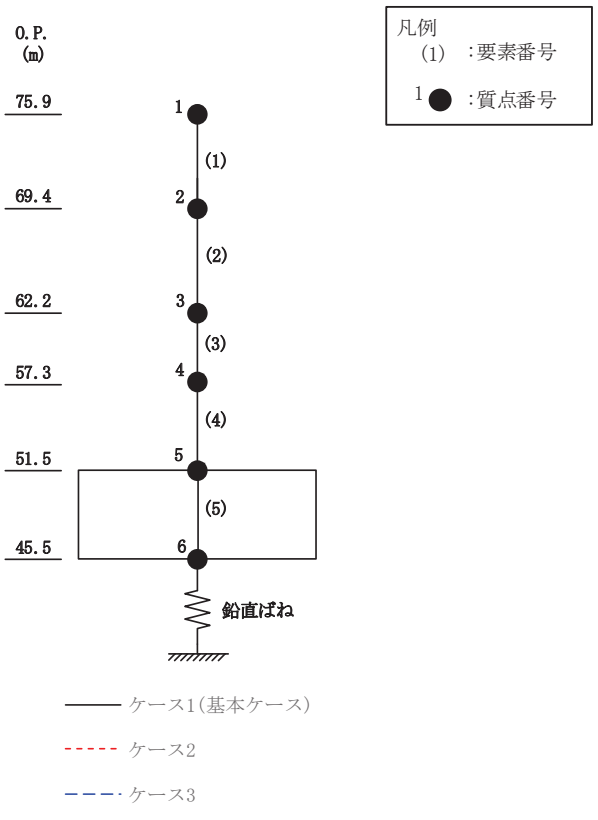
(b) S_s - F 3

図 2-21 (2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, UD 方向) (2/2)



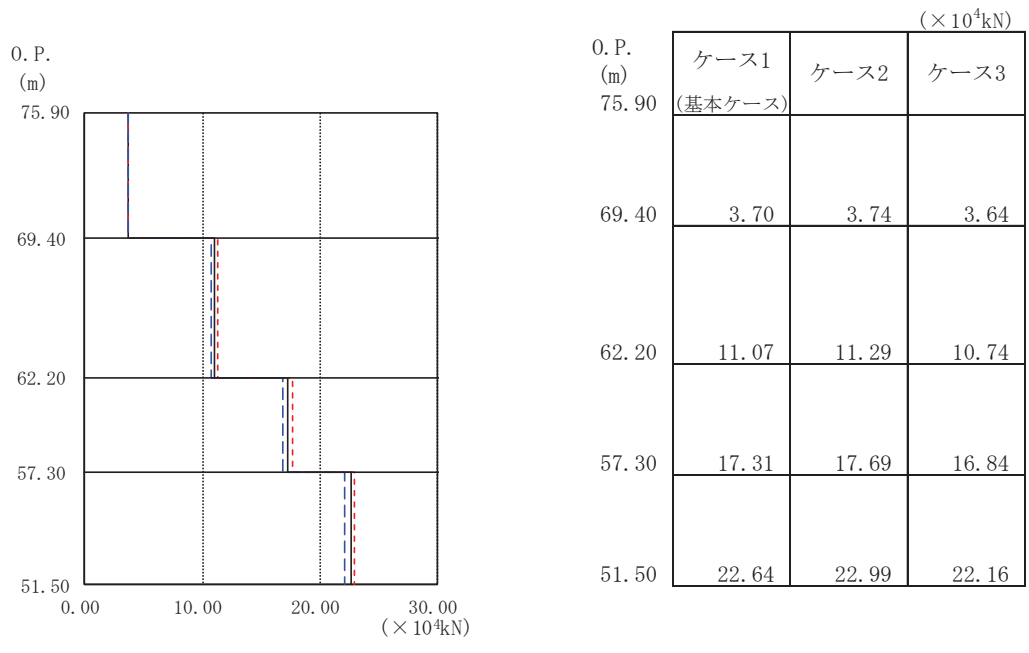
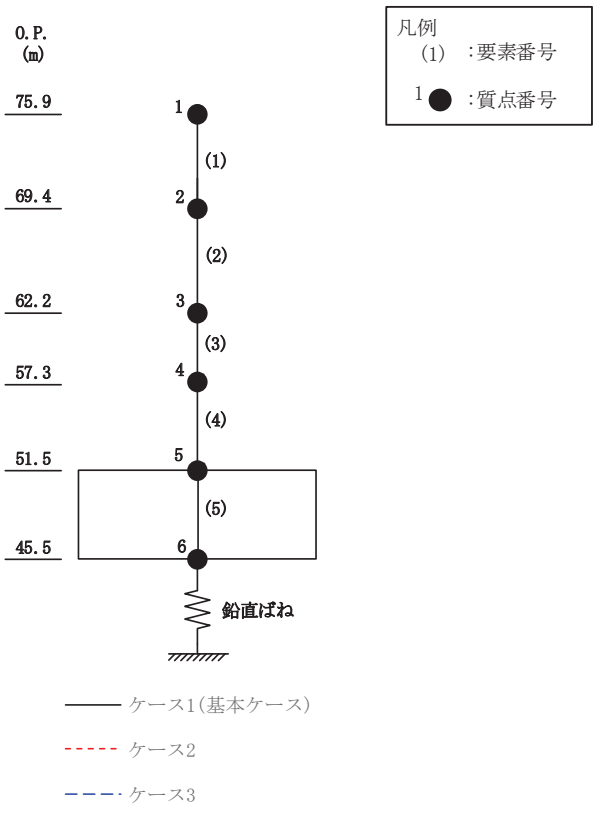
(a) S_s - D 2

図 2-22(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s, UD 方向) (1/2)



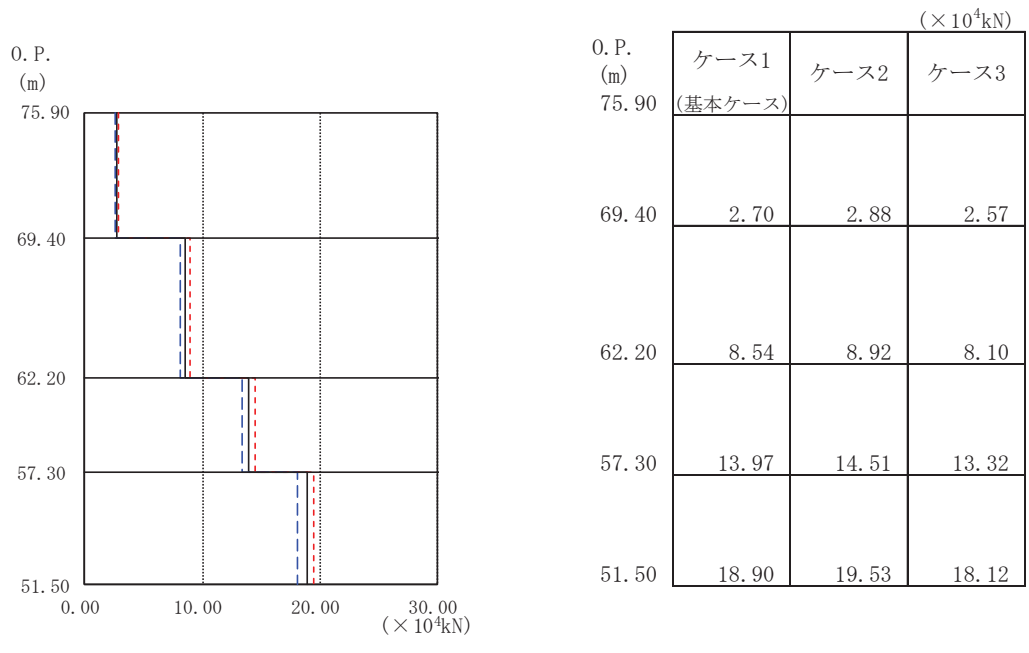
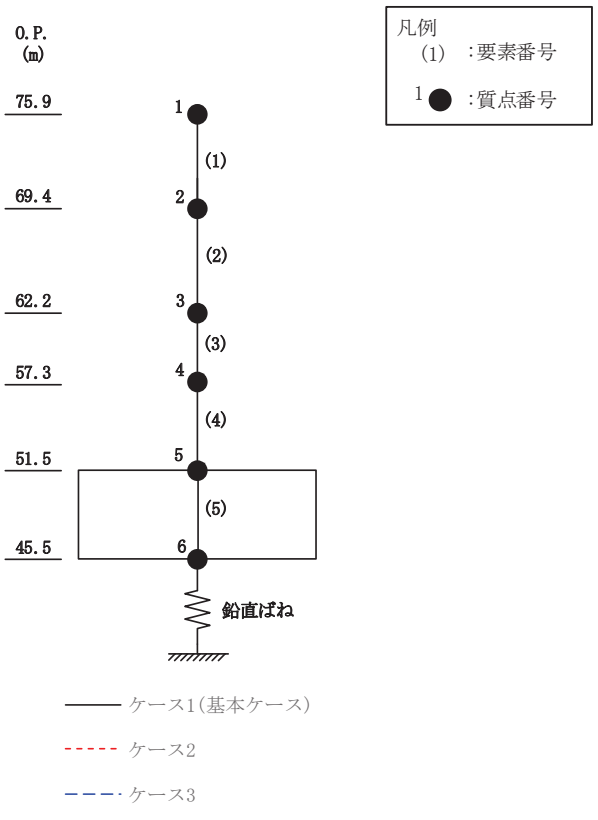
(b) S_s - F 3

図 2-22(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s, UD 方向) (2/2)



(a) S_s - D 2

図 2-23(1) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s, UD 方向) (1/2)



(b) S_s - F 3

図 2-23(2) 最大応答軸力 (基準地震動 S_s, UD 方向) (2/2)

○ケース1 (基本ケース) △ケース2 □ケース3

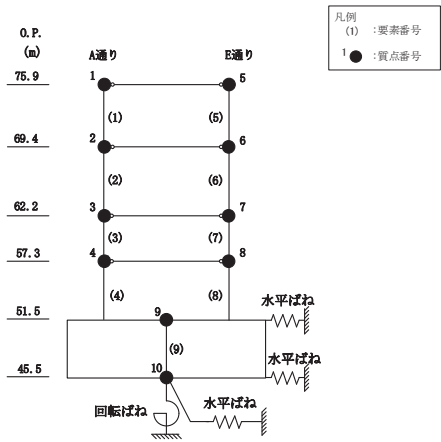
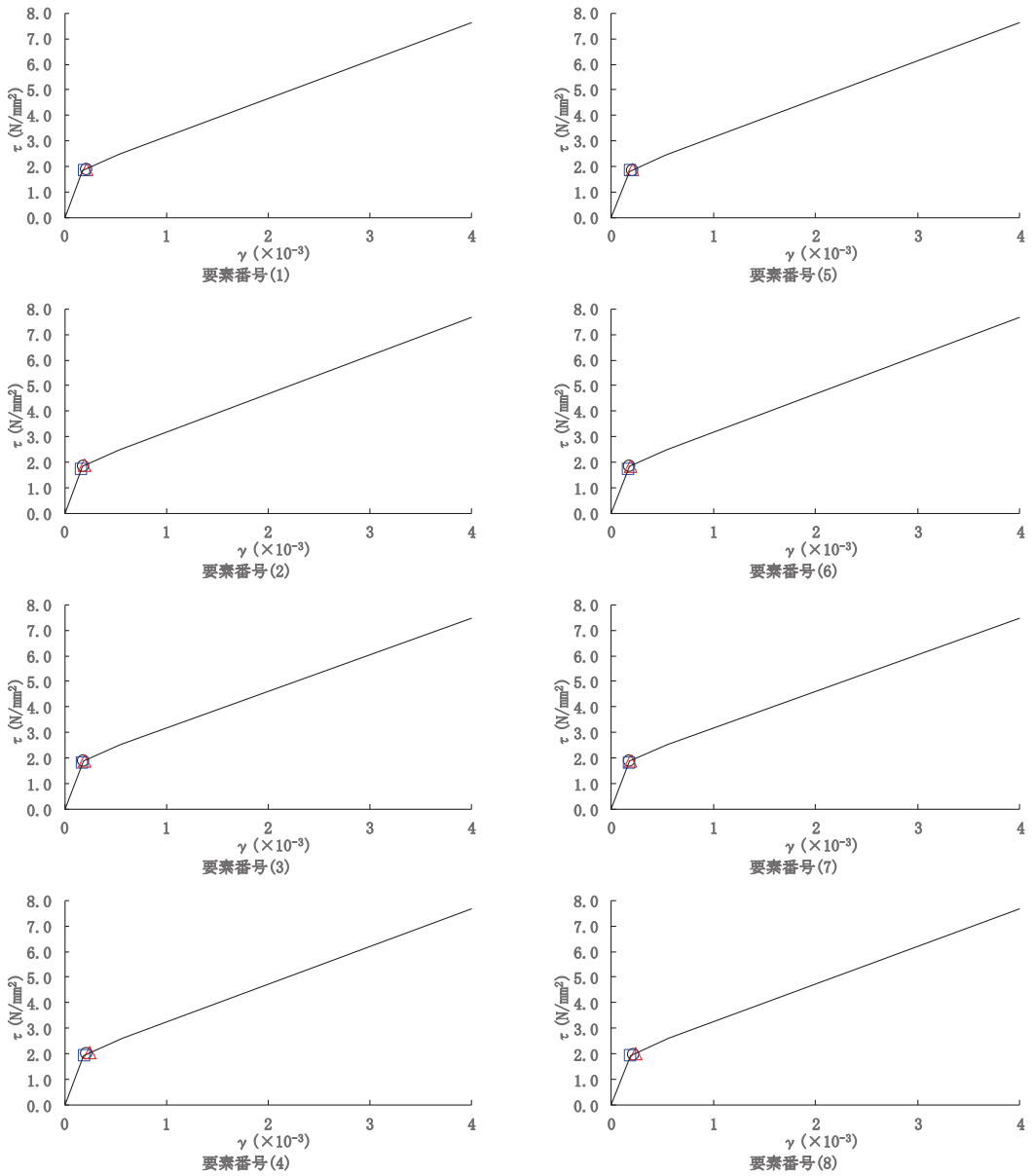


図 2-24 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース2 □ケース3

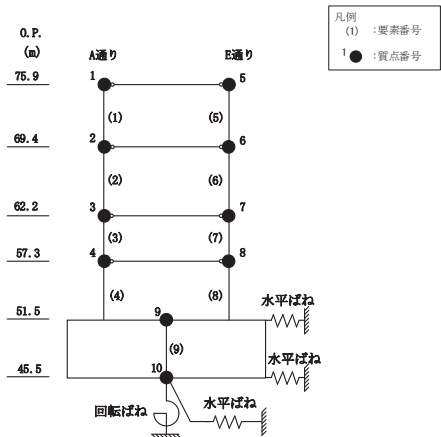
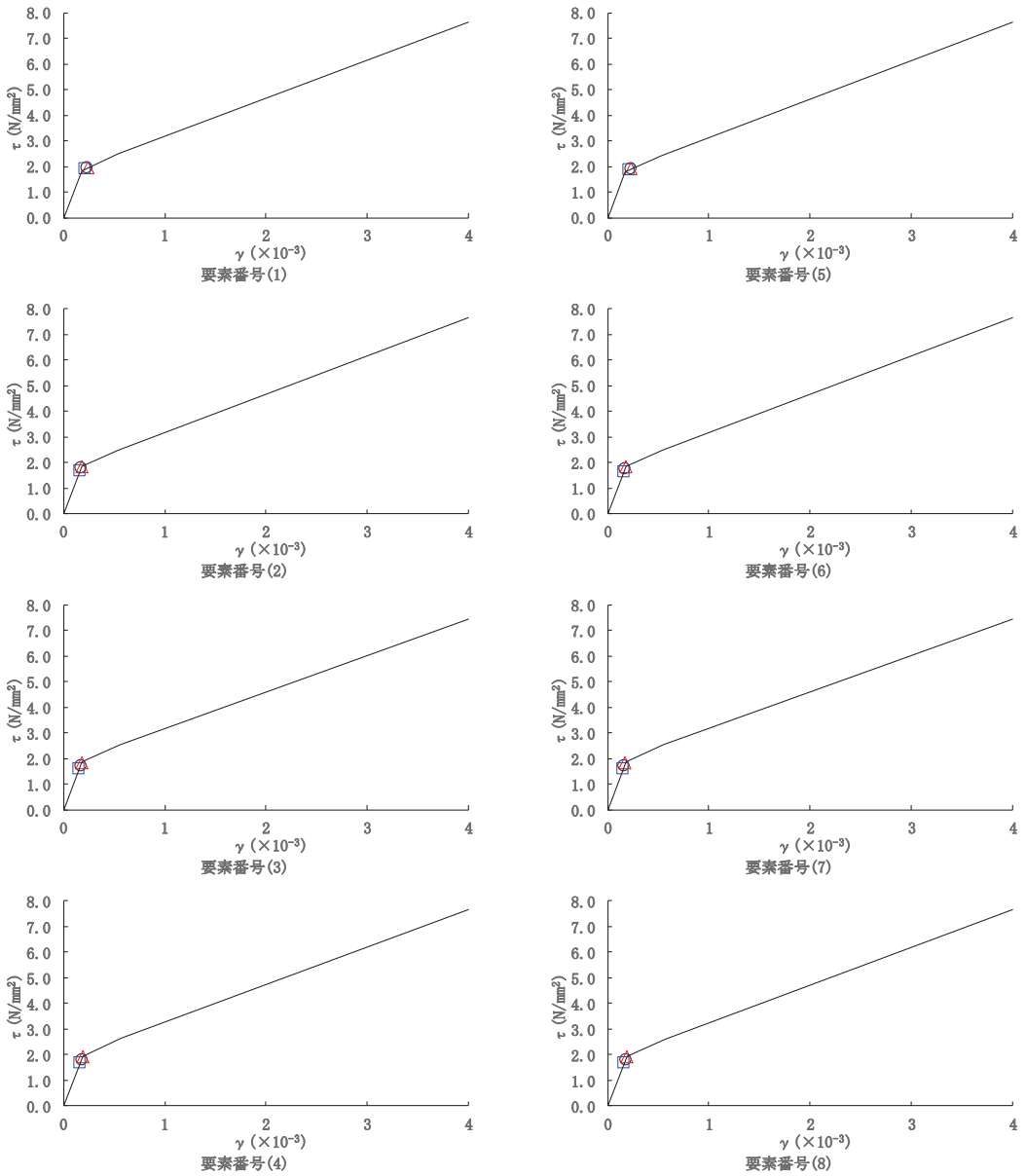


図 2-25 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース2 □ケース3

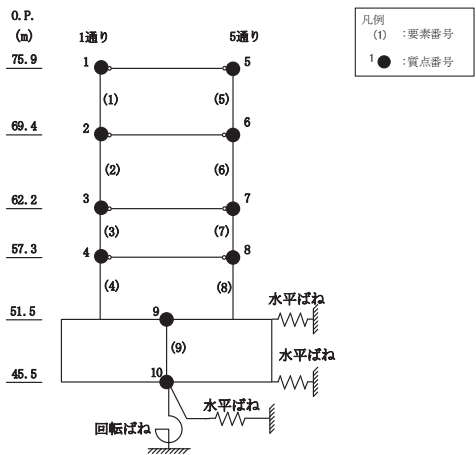
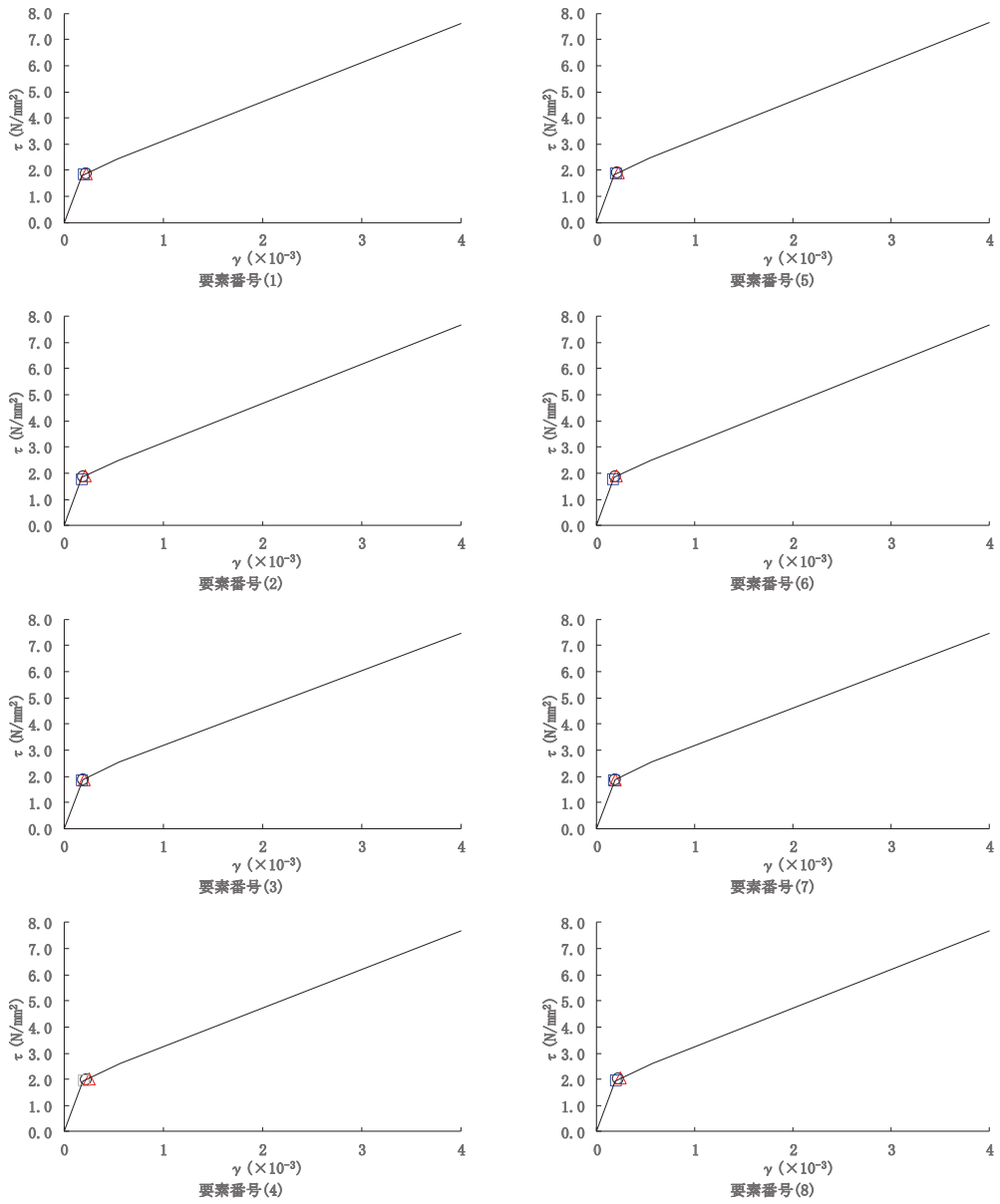


図 2-26 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース2 □ケース3

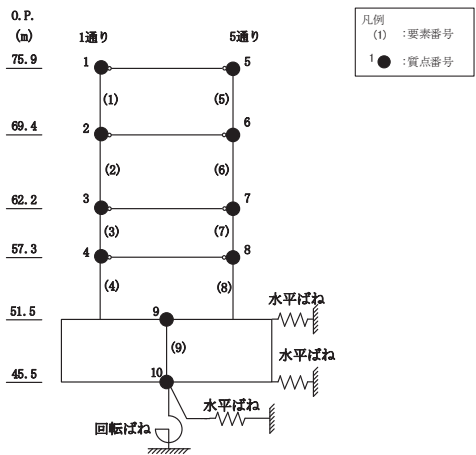
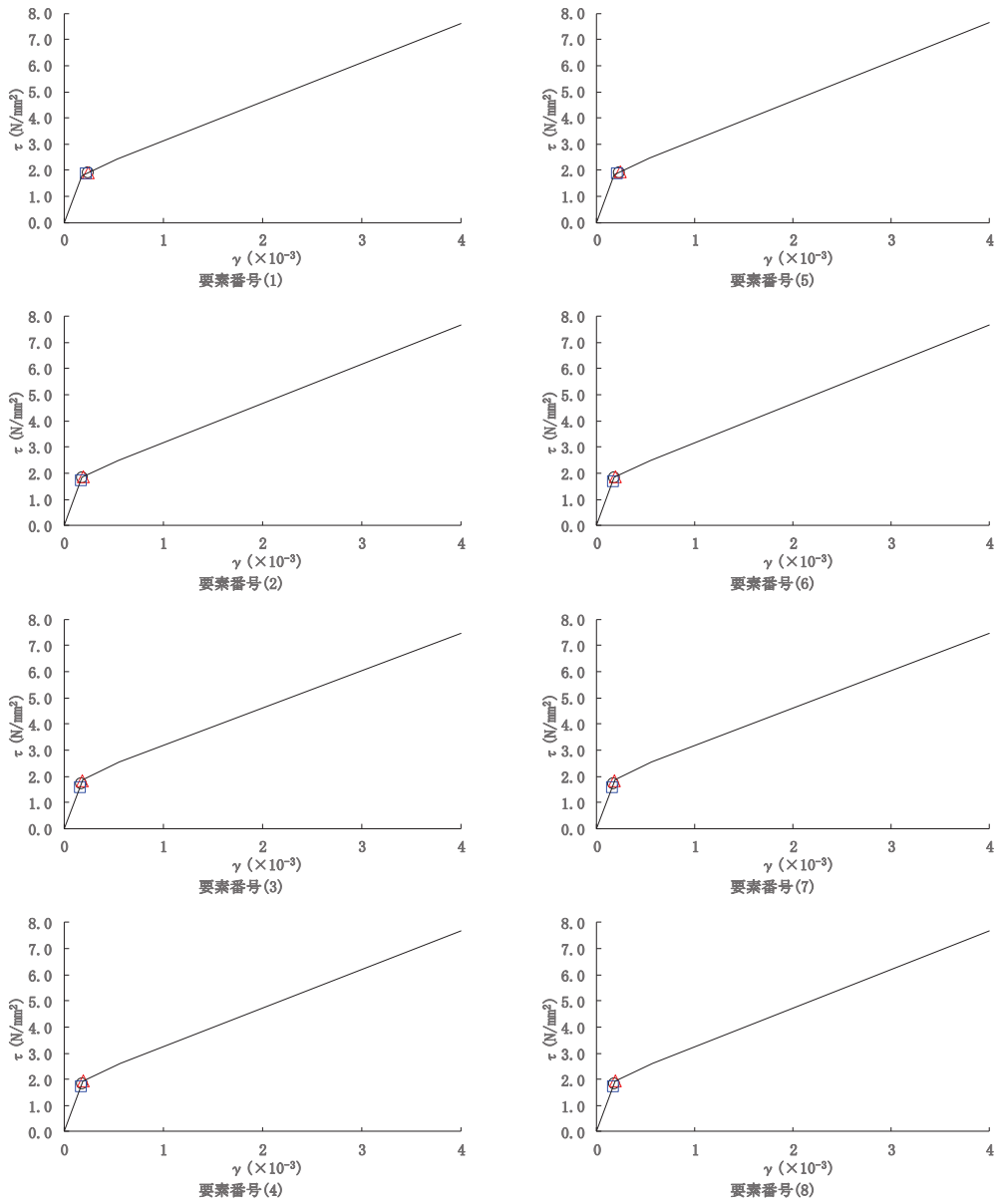
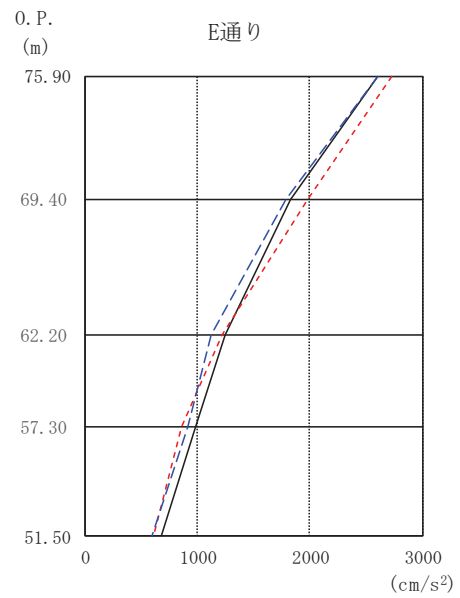
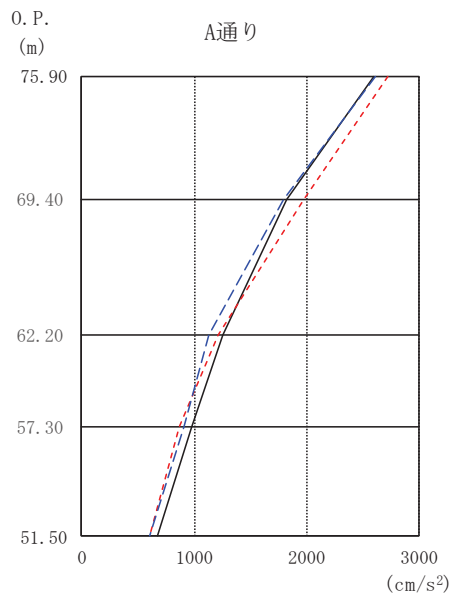
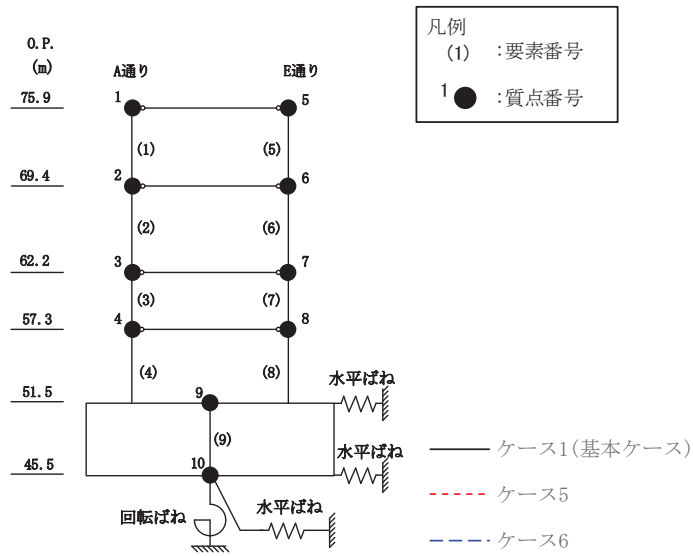


図 2-27 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

2.3 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ

建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を図 2-28～図 2-39 に示す。

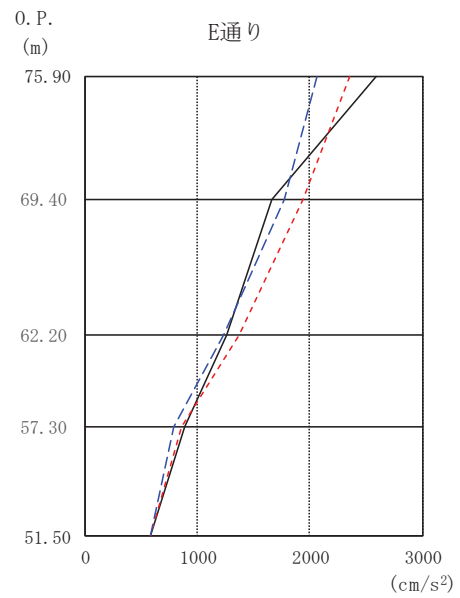
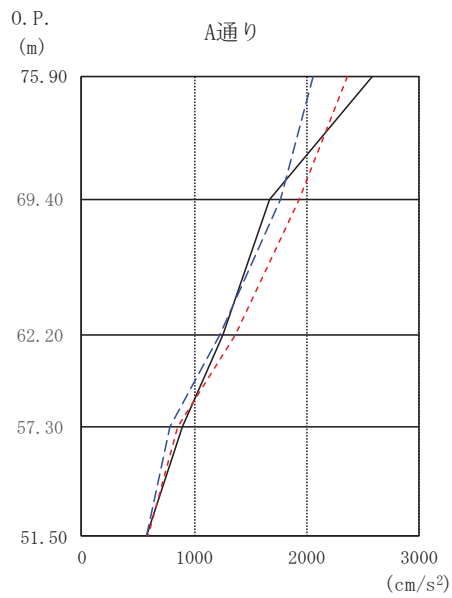
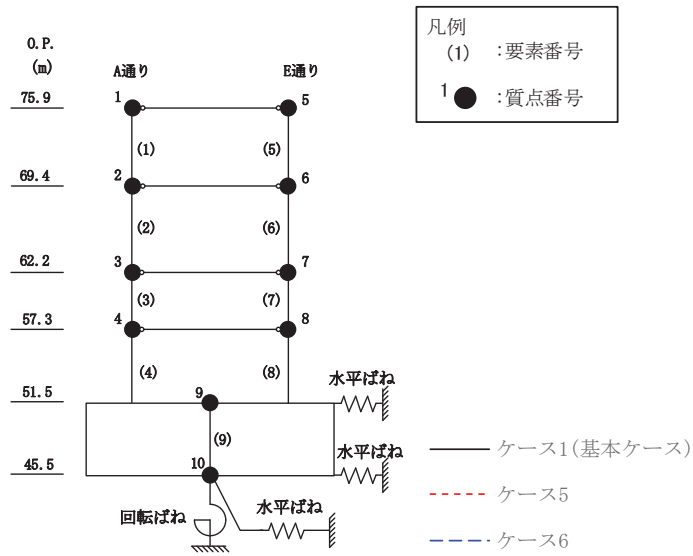


O. P. (m)	A通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	2603	2727	2608
69.40	1827	1981	1791
62.20	1253	1214	1126
57.30	984	863	911
51.50	673	610	599

O. P. (m)	E通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	2603	2727	2608
69.40	1827	1981	1791
62.20	1253	1214	1126
57.30	984	863	911
51.50	673	610	599

(a) S_s - D 2

図 2-28(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (1/2)

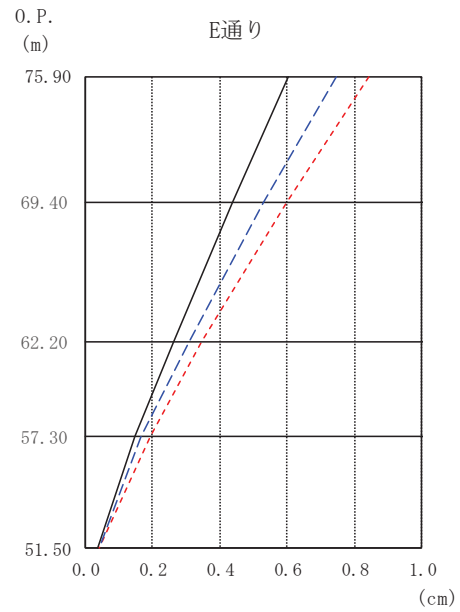
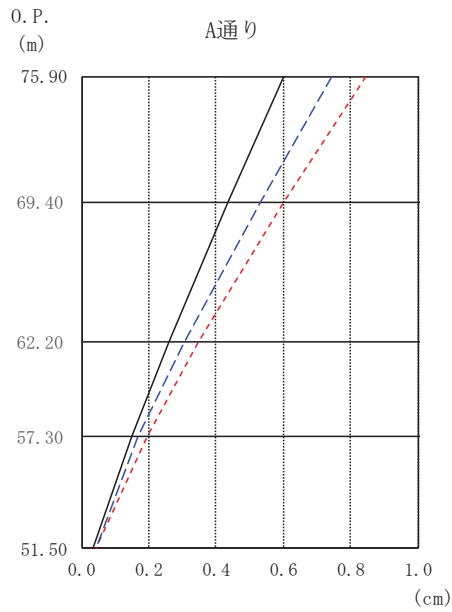
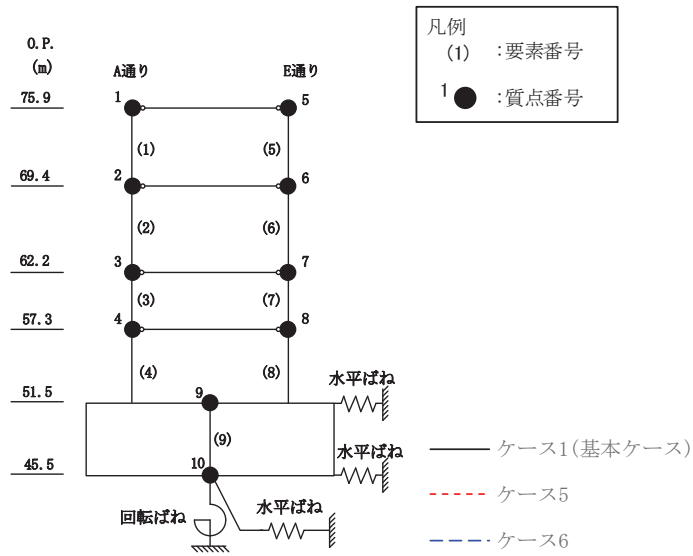


O.P. (m)	A通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	2590	2361	2060
69.40	1667	1941	1770
62.20	1262	1368	1229
57.30	891	859	785
51.50	579	584	581

O.P. (m)	E通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	2590	2361	2060
69.40	1667	1941	1770
62.20	1262	1368	1229
57.30	891	859	785
51.50	579	584	581

(b) S_s - F 3

図 2-28(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

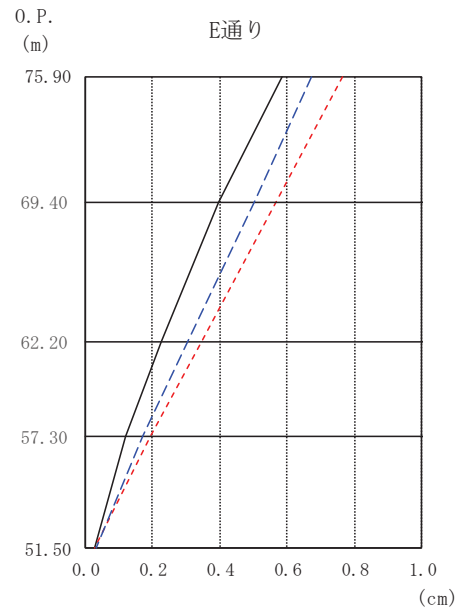
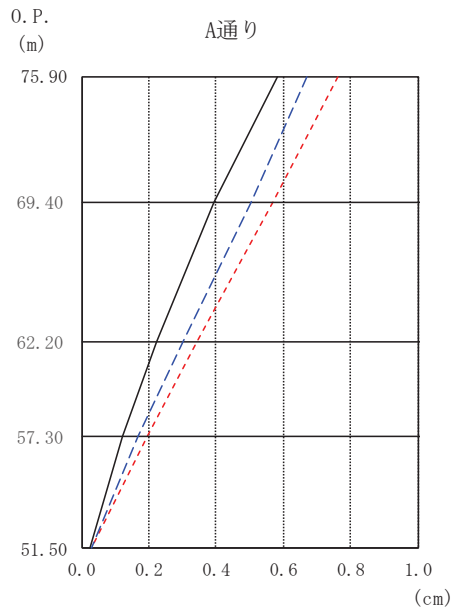
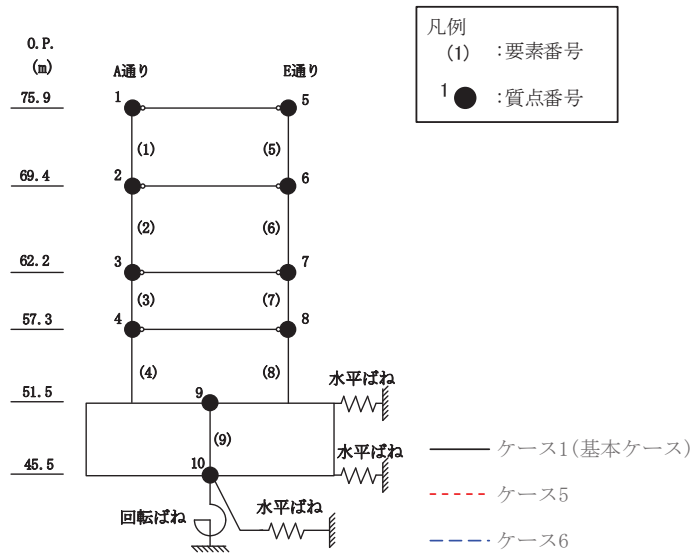


O. P. (m)	A通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.60	0.84	0.75
69.40	0.44	0.60	0.53
62.20	0.26	0.35	0.31
57.30	0.15	0.19	0.17
51.50	0.04	0.04	0.04

O. P. (m)	E通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.60	0.84	0.75
69.40	0.44	0.60	0.53
62.20	0.26	0.35	0.31
57.30	0.15	0.19	0.17
51.50	0.04	0.04	0.04

(a) $S_s - D2$

図 2-29(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (1/2)

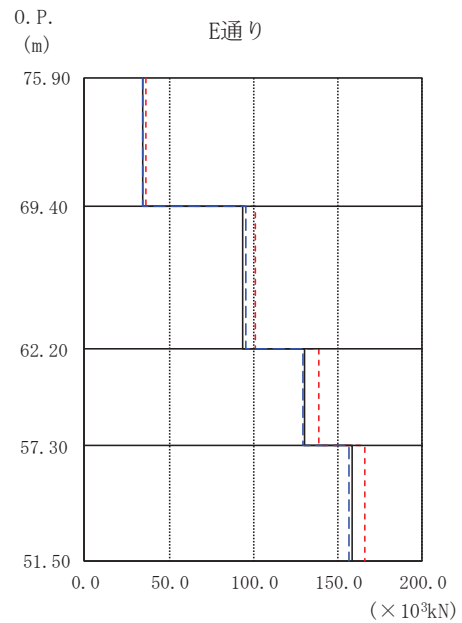
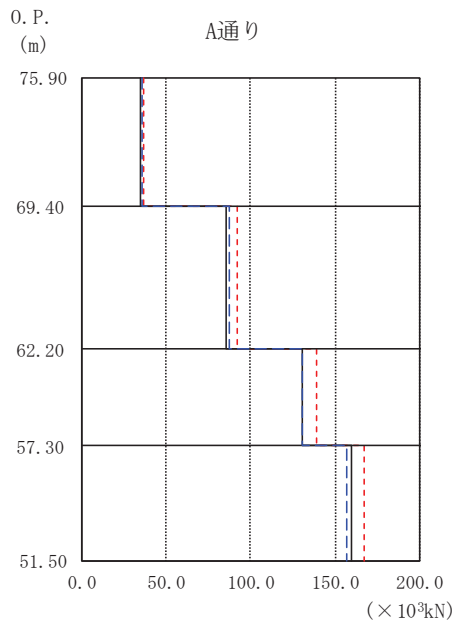
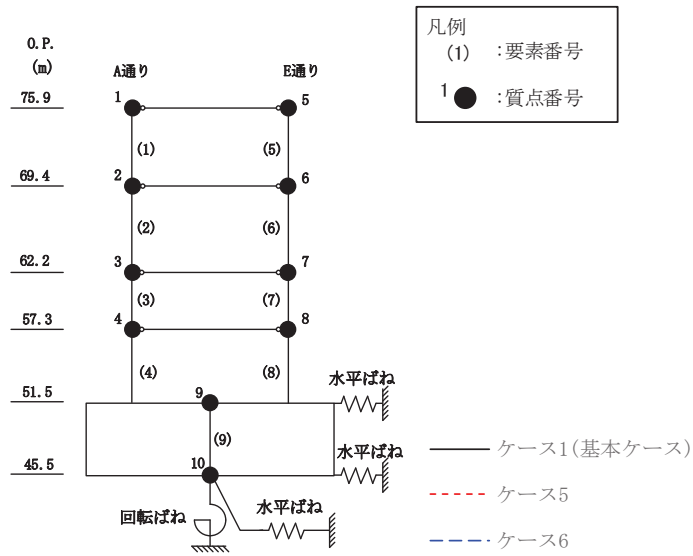


O. P. (m)	A通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.58	0.76	0.67
69.40	0.39	0.57	0.50
62.20	0.22	0.34	0.30
57.30	0.12	0.20	0.17
51.50	0.03	0.03	0.03

O. P. (m)	E通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.58	0.76	0.67
69.40	0.39	0.57	0.50
62.20	0.22	0.34	0.30
57.30	0.12	0.20	0.17
51.50	0.03	0.03	0.03

(b) $S_s - F_3$

図 2-29(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向) (2/2)

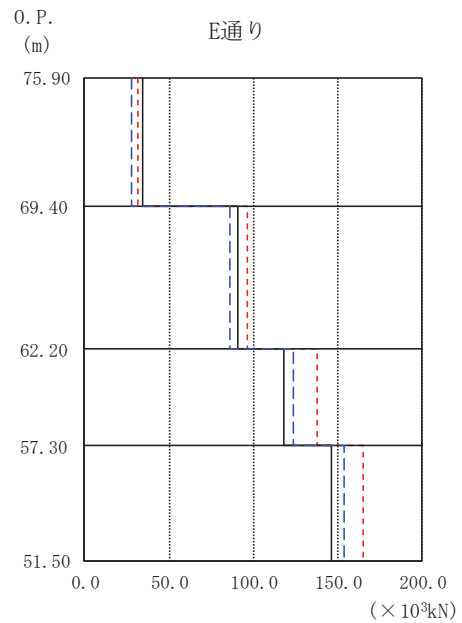
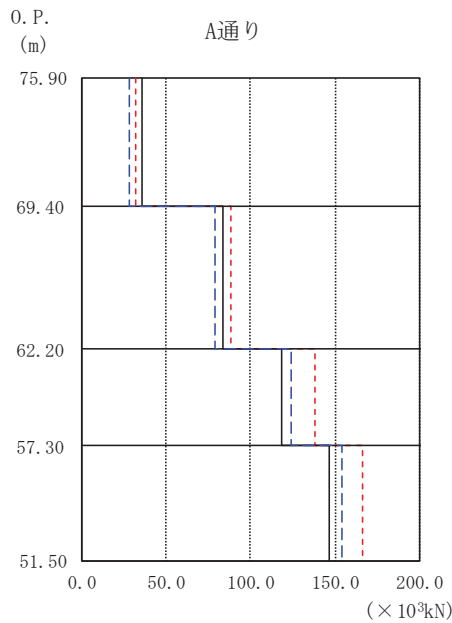
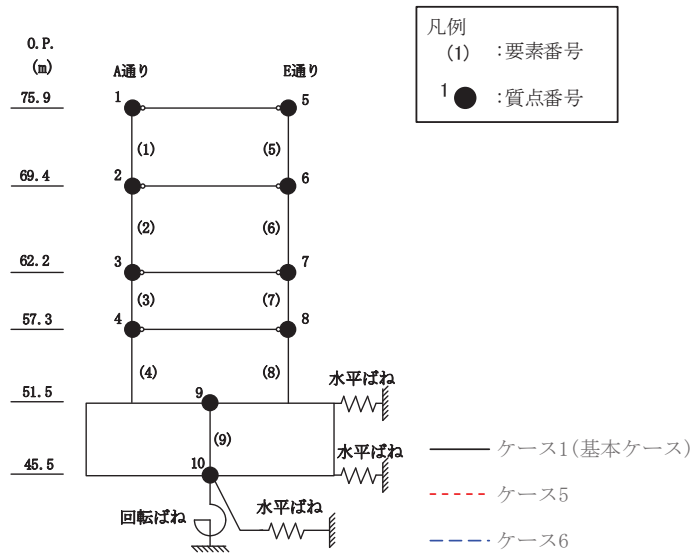


O. P. (m)	A通り ($\times 10^3 \text{kN}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90			
69.40	34.51	36.57	35.28
62.20	85.51	92.37	87.24
57.30	130.32	139.11	130.13
51.50	159.51	166.94	156.64

O. P. (m)	E通り ($\times 10^3 \text{kN}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90			
69.40	33.96	35.99	34.73
62.20	93.32	101.16	95.18
57.30	129.92	138.71	129.75
51.50	158.65	166.05	156.50

(a) S s - D 2

図 2-30(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

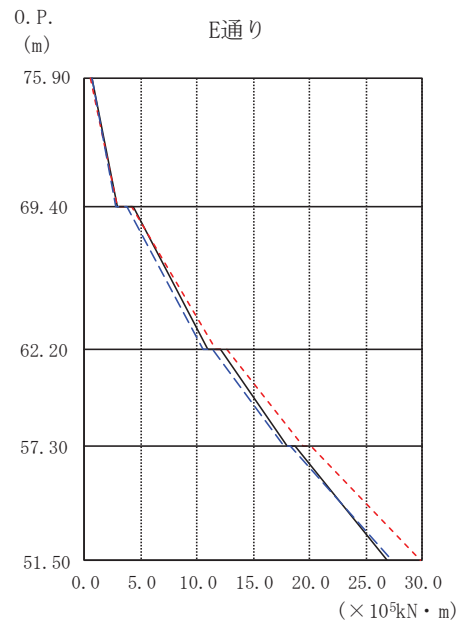
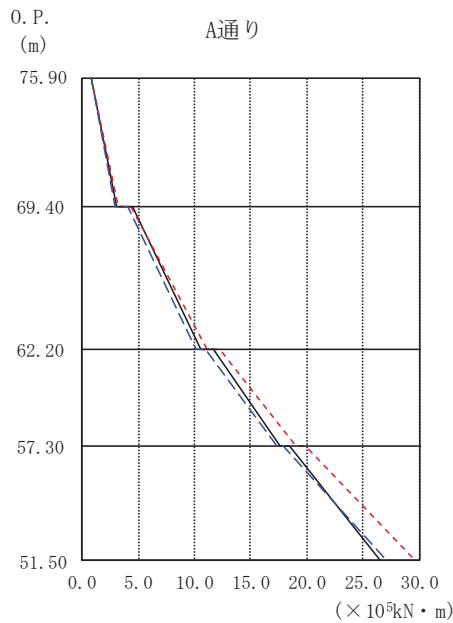
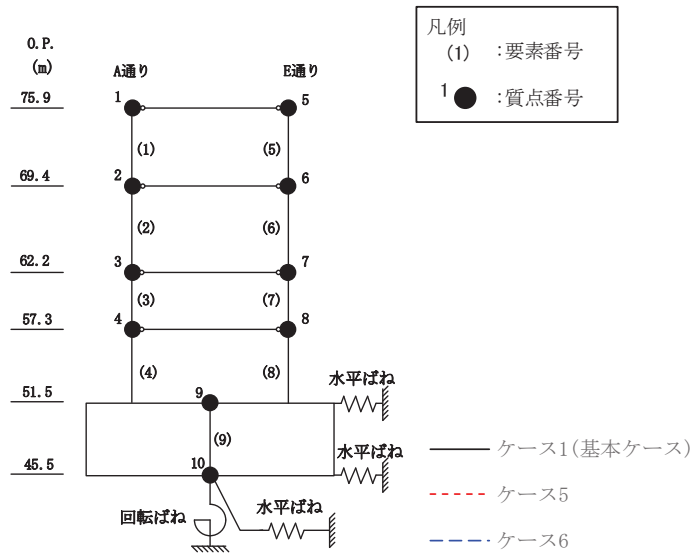


O. P. (m)	A通り (×10 ³ kN)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90			
69.40	35.14	31.68	28.04
62.20	83.33	88.70	78.69
57.30	118.62	138.00	123.88
51.50	146.21	166.49	153.69

O. P. (m)	E通り (×10 ³ kN)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90			
69.40	34.60	31.26	27.77
62.20	91.02	96.64	85.72
57.30	118.31	137.58	123.42
51.50	146.06	165.58	153.51

(b) S_s - F 3

図 2-30(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

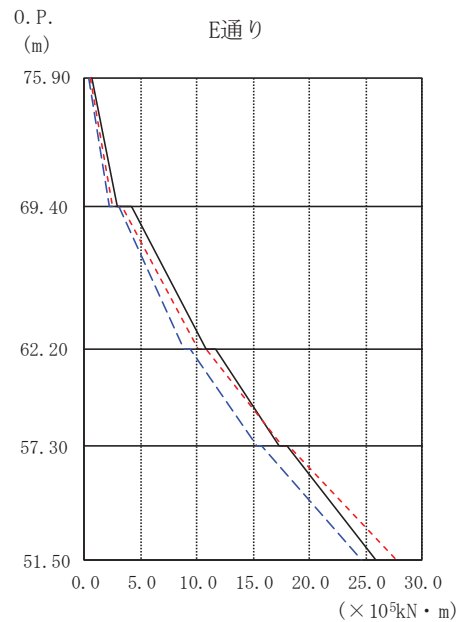
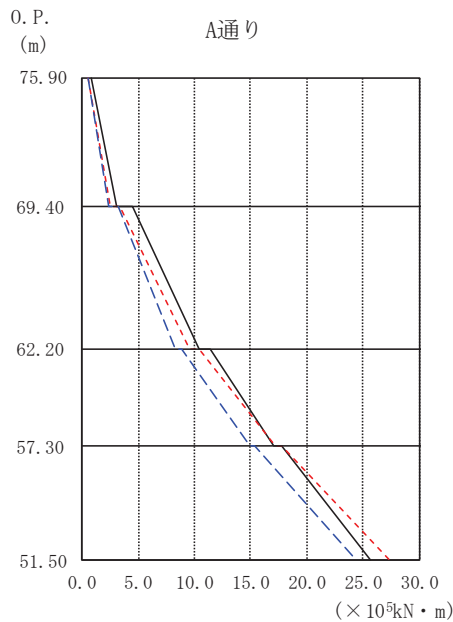
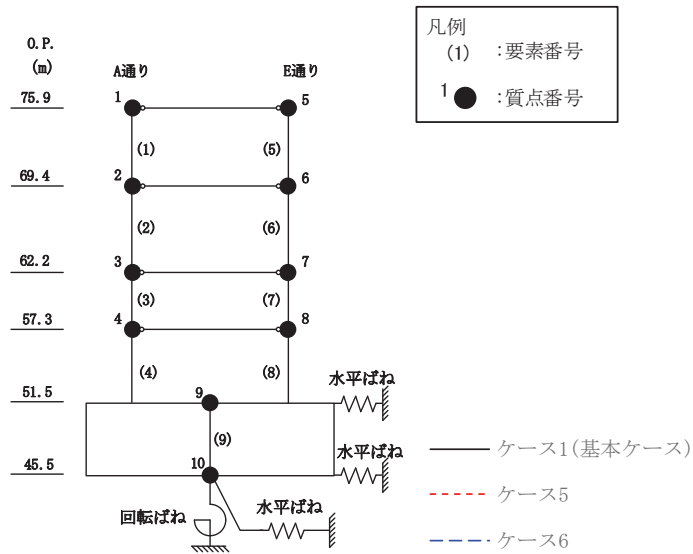


O. P. (m)	A通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.80	0.79	0.86
69.40	3.07	3.16	2.88
62.20	10.59	11.16	10.15
57.30	17.62	19.06	17.34
51.50	26.56	29.59	27.03

O. P. (m)	E通り ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.63	0.55	0.58
69.40	2.85	2.91	2.68
62.20	11.01	11.58	10.55
57.30	18.01	19.44	17.68
51.50	26.92	29.91	27.34

(a) S s - D 2

図 2-31(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向) (1/2)

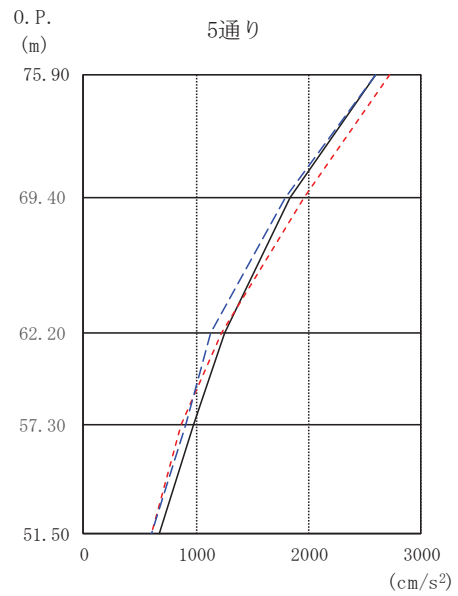
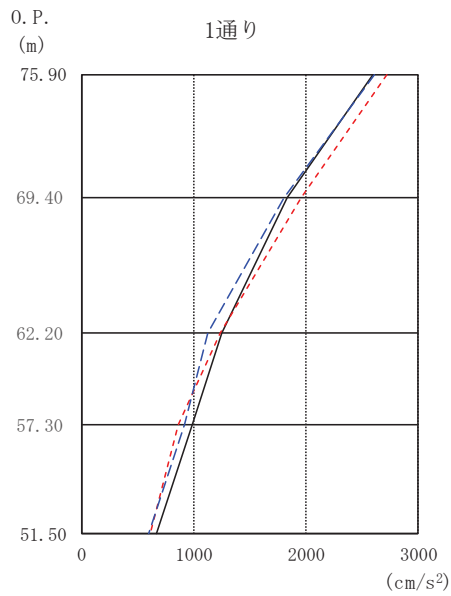
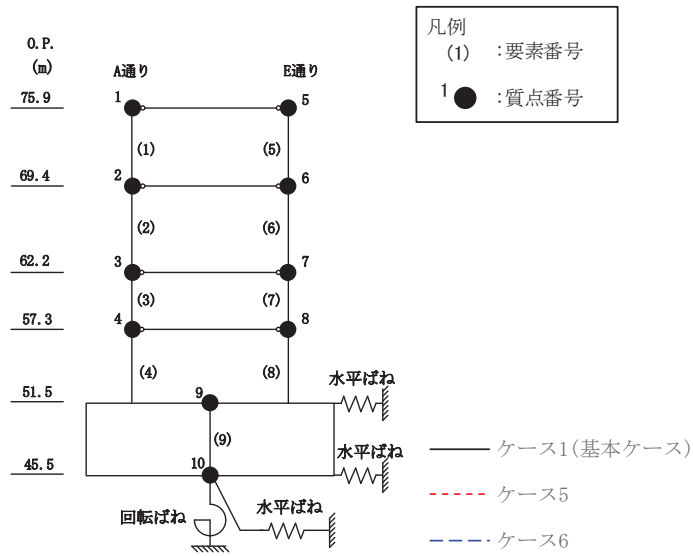


O. P. (m)	A通り (×10 ⁵ kN・m)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.86	0.56	0.61
69.40	3.12	2.54	2.34
62.20	10.45	9.61	8.36
57.30	17.06	17.15	14.97
51.50	25.72	27.34	24.32

O. P. (m)	E通り (×10 ⁵ kN・m)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.63	0.44	0.40
69.40	2.82	2.40	2.18
62.20	10.76	10.07	8.80
57.30	17.30	17.60	15.38
51.50	25.89	27.76	24.70

(b) S_s - F 3

図 2-31(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

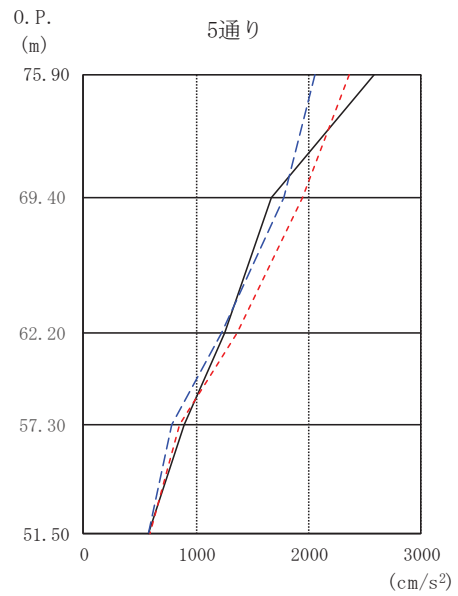
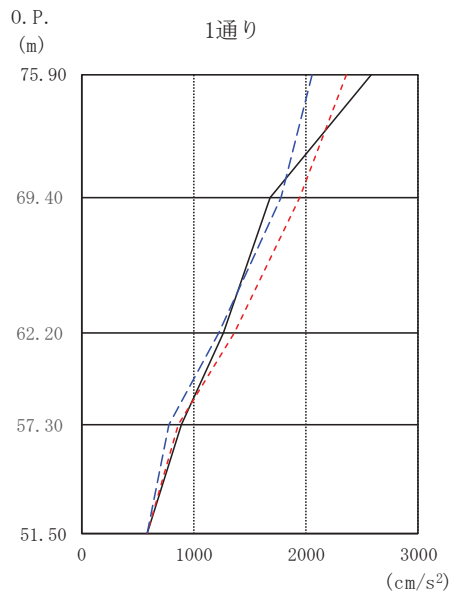
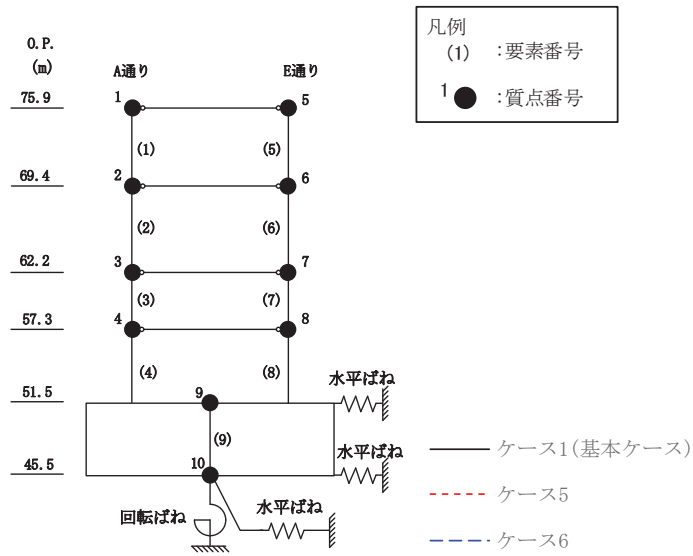


O.P. (m)	1通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	2593	2721	2605
69.40	1832	1955	1801
62.20	1250	1231	1125
57.30	982	862	911
51.50	673	609	599

O.P. (m)	5通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	2593	2721	2605
69.40	1832	1955	1801
62.20	1250	1231	1125
57.30	982	862	911
51.50	673	609	599

(a) S_s - D 2

図 2-32(1) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (1/2)

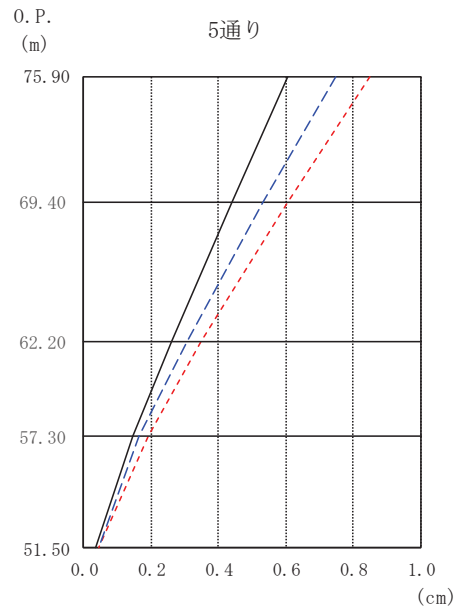
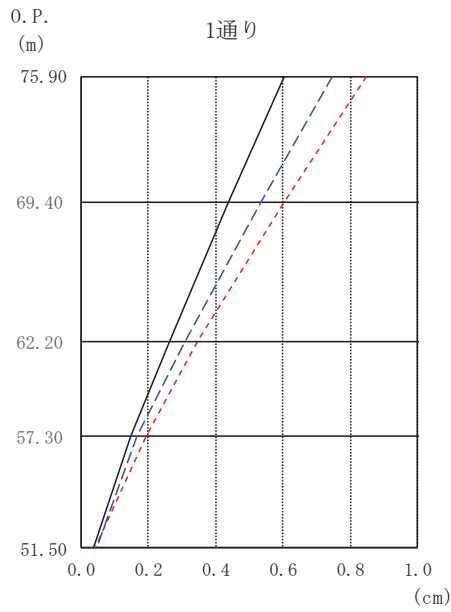
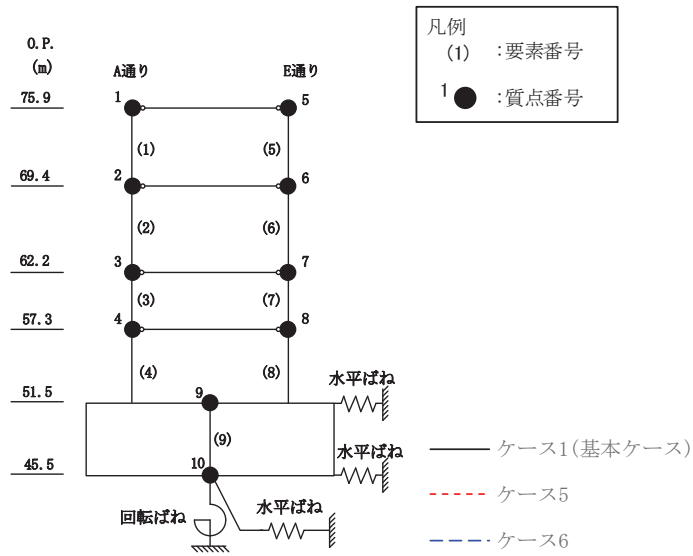


O.P. (m)	1通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	2584	2362	2059
69.40	1673	1950	1775
62.20	1261	1366	1224
57.30	890	855	781
51.50	579	584	582

O.P. (m)	5通り (cm/s ²)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	2584	2362	2059
69.40	1673	1950	1775
62.20	1261	1366	1224
57.30	890	855	781
51.50	579	584	582

(b) S_s - F 3

図 2-32(2) 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向) (2/2)

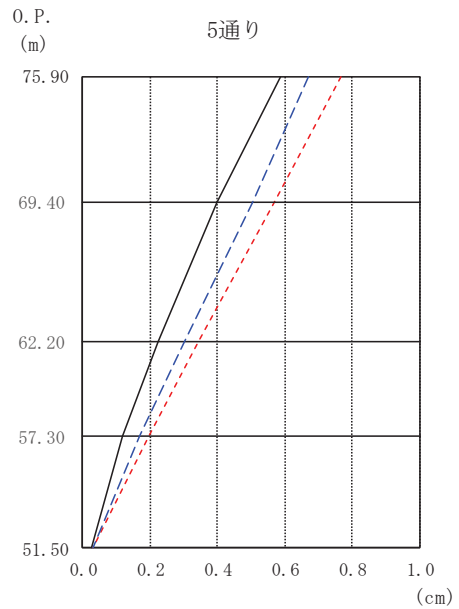
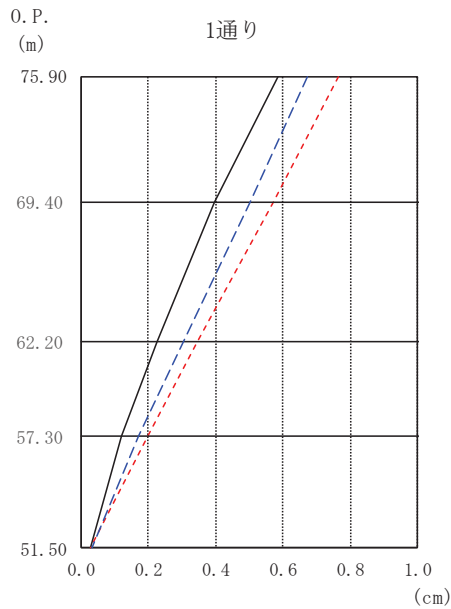
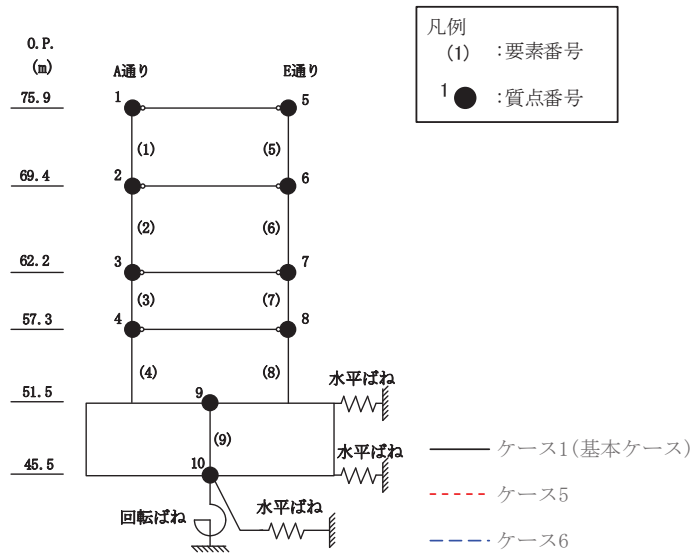


O. P. (m)	1通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.61	0.85	0.75
69.40	0.44	0.60	0.53
62.20	0.26	0.35	0.31
57.30	0.15	0.19	0.17
51.50	0.04	0.04	0.04

O. P. (m)	5通り (cm)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.61	0.85	0.75
69.40	0.44	0.60	0.53
62.20	0.26	0.35	0.31
57.30	0.15	0.19	0.17
51.50	0.04	0.04	0.04

(a) $S_s - D_2$

図 2-33(1) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

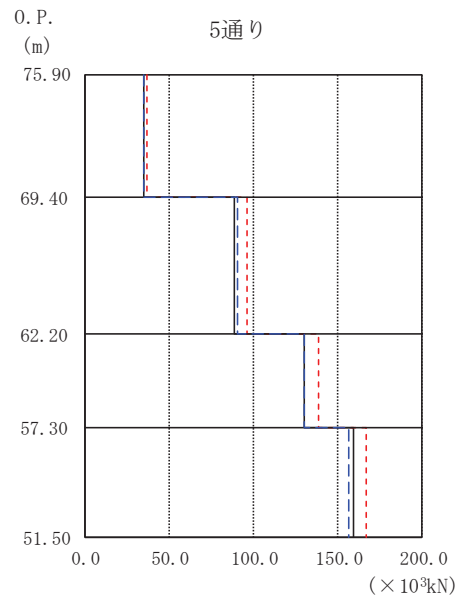
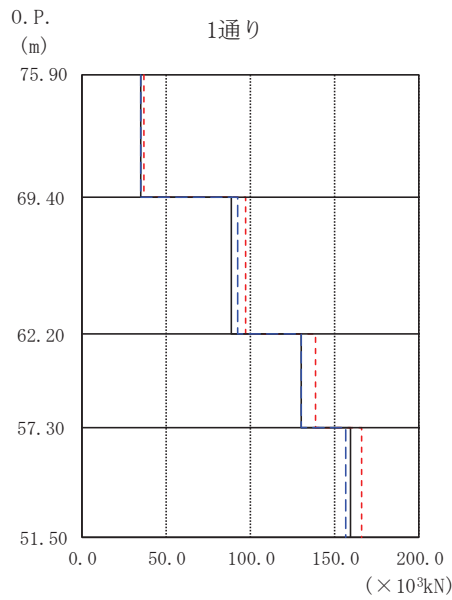
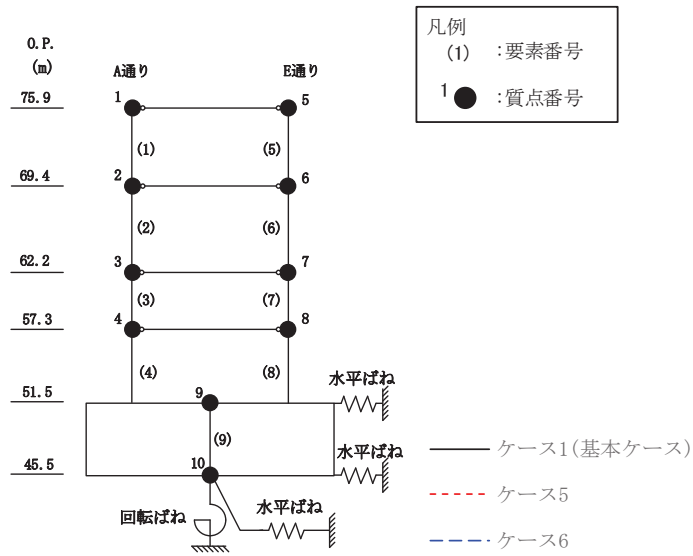


O. P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.59	0.77	0.67
69.40	0.40	0.57	0.50
62.20	0.22	0.34	0.30
57.30	0.12	0.20	0.17
51.50	0.03	0.03	0.03

O. P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.59	0.77	0.67
69.40	0.40	0.57	0.50
62.20	0.22	0.34	0.30
57.30	0.12	0.20	0.17
51.50	0.03	0.03	0.03

(b) $S_s - F3$

図 2-33(2) 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)



1通り ($\times 10^3 \text{kN}$)

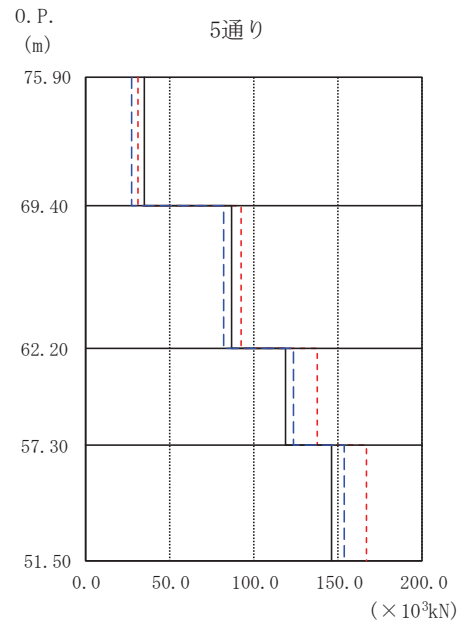
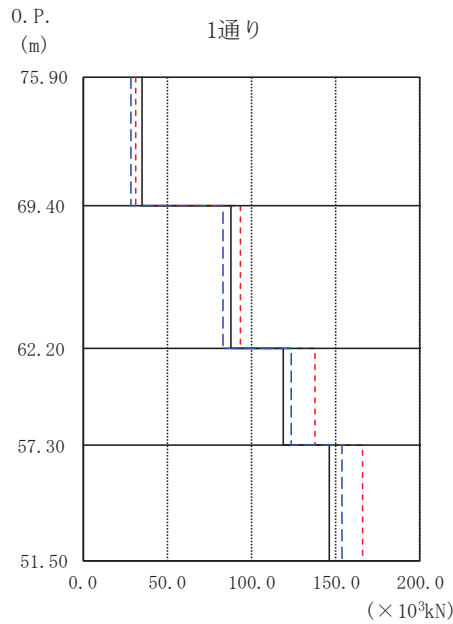
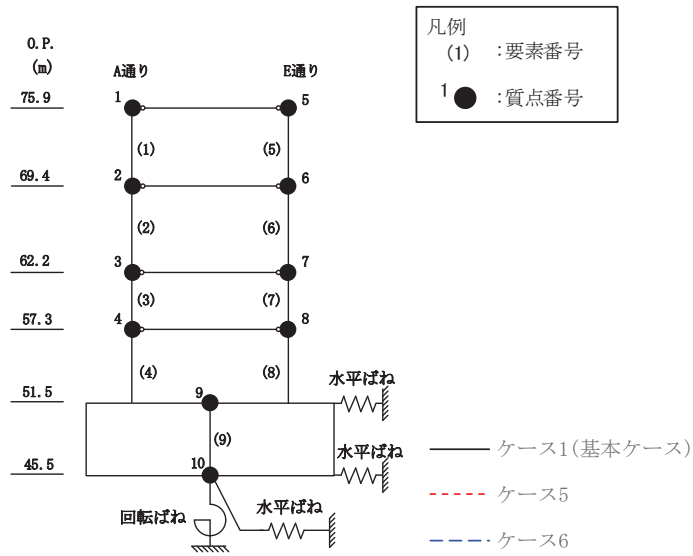
0. P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90			
69.40	34.08	36.05	34.86
62.20	88.74	96.36	91.95
57.30	129.89	138.69	130.12
51.50	158.62	166.00	156.53

5通り ($\times 10^3 \text{kN}$)

0. P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90			
69.40	34.39	36.32	34.84
62.20	88.86	96.35	90.84
57.30	130.20	138.91	129.91
51.50	159.35	166.74	156.44

(a) S s - D 2

図 2-34(1) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (1/2)



1通り ($\times 10^3 \text{kN}$)

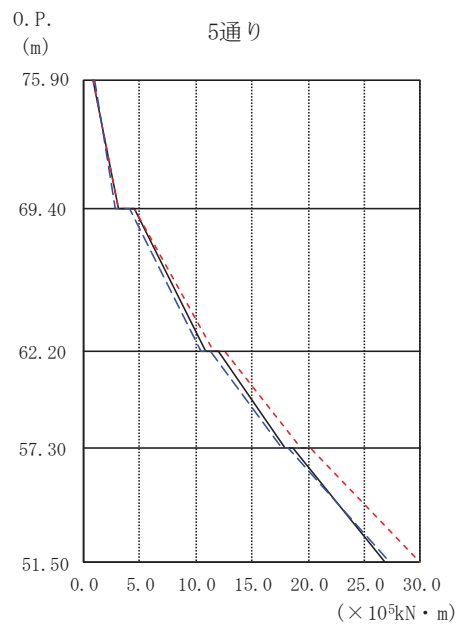
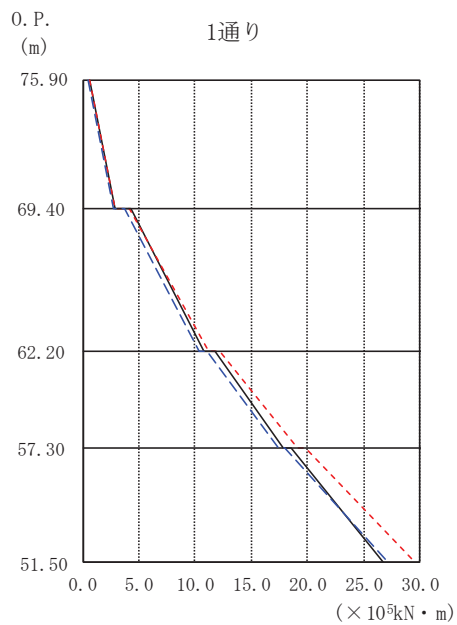
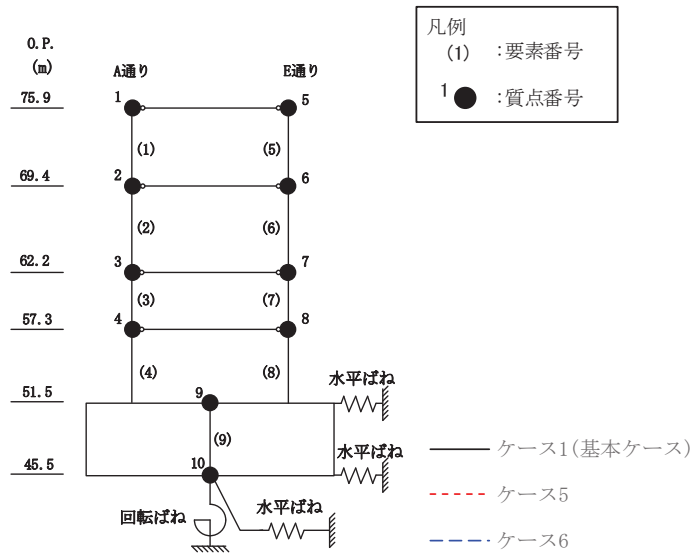
O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90			
69.40	34.73	31.66	28.12
62.20	88.07	93.31	82.72
57.30	118.67	137.60	123.61
51.50	146.12	165.48	153.41

5通り ($\times 10^3 \text{kN}$)

O.P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90			
69.40	35.03	31.30	27.67
62.20	86.69	92.55	82.07
57.30	118.42	137.90	123.66
51.50	146.12	166.26	153.43

(b) S s - F 3

図 2-34(2) 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向) (2/2)

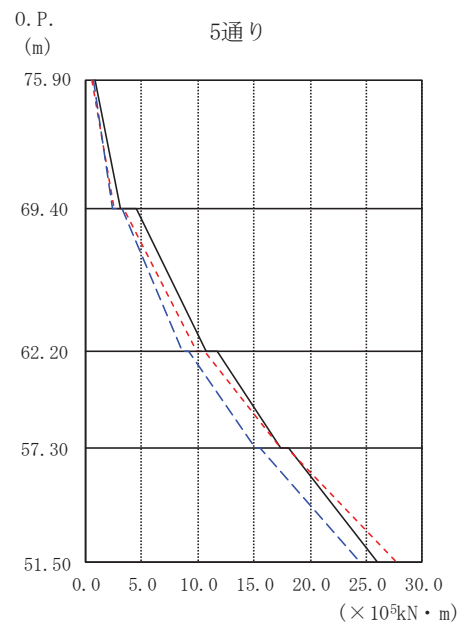
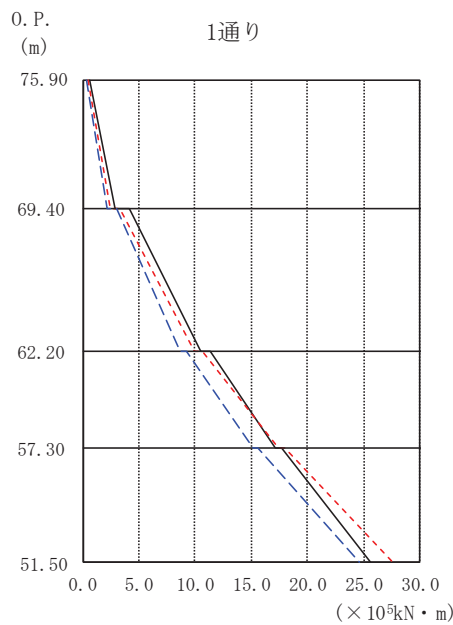
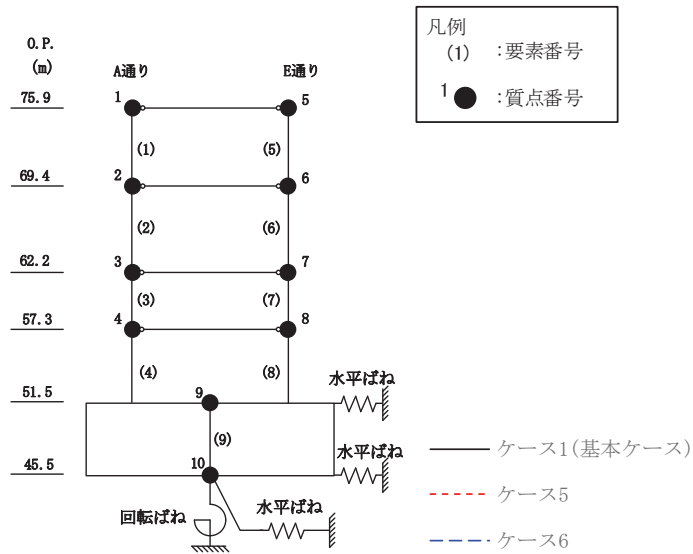


O. P. (m)	1通り (×10 ⁵ kN・m)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.59	0.55	0.53
69.40	2.83	2.91	2.68
62.20	10.71	11.18	10.29
57.30	17.78	19.07	17.45
51.50	26.71	29.56	27.12

O. P. (m)	5通り (×10 ⁵ kN・m)		
	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.85	0.82	0.94
69.40	3.08	3.18	2.88
62.20	10.88	11.54	10.45
57.30	17.90	19.42	17.61
51.50	26.80	29.93	27.30

(a) S_s-D2

図2-35(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, EW 方向) (1/2)



O. P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.57	0.41	0.37
69.40	2.83	2.39	2.17
62.20	10.50	9.86	8.60
57.30	17.06	17.40	15.21
51.50	25.65	27.55	24.54

O. P. (m)	ケース1 (基本ケース)	ケース5	ケース6
75.90	0.93	0.59	0.65
69.40	3.15	2.55	2.35
62.20	10.78	9.87	8.59
57.30	17.40	17.38	15.17
51.50	26.05	27.69	24.50

(b) $S_s - F_3$

図 2-35(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)

○ケース1 (基本ケース) △ケース5 □ケース6

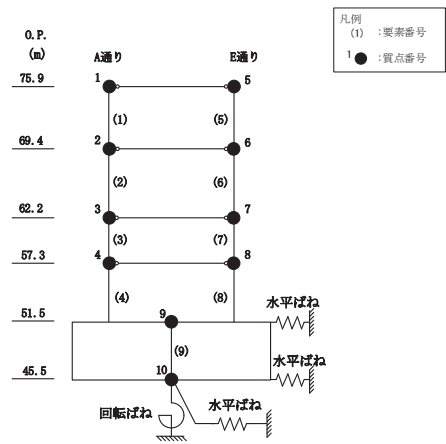
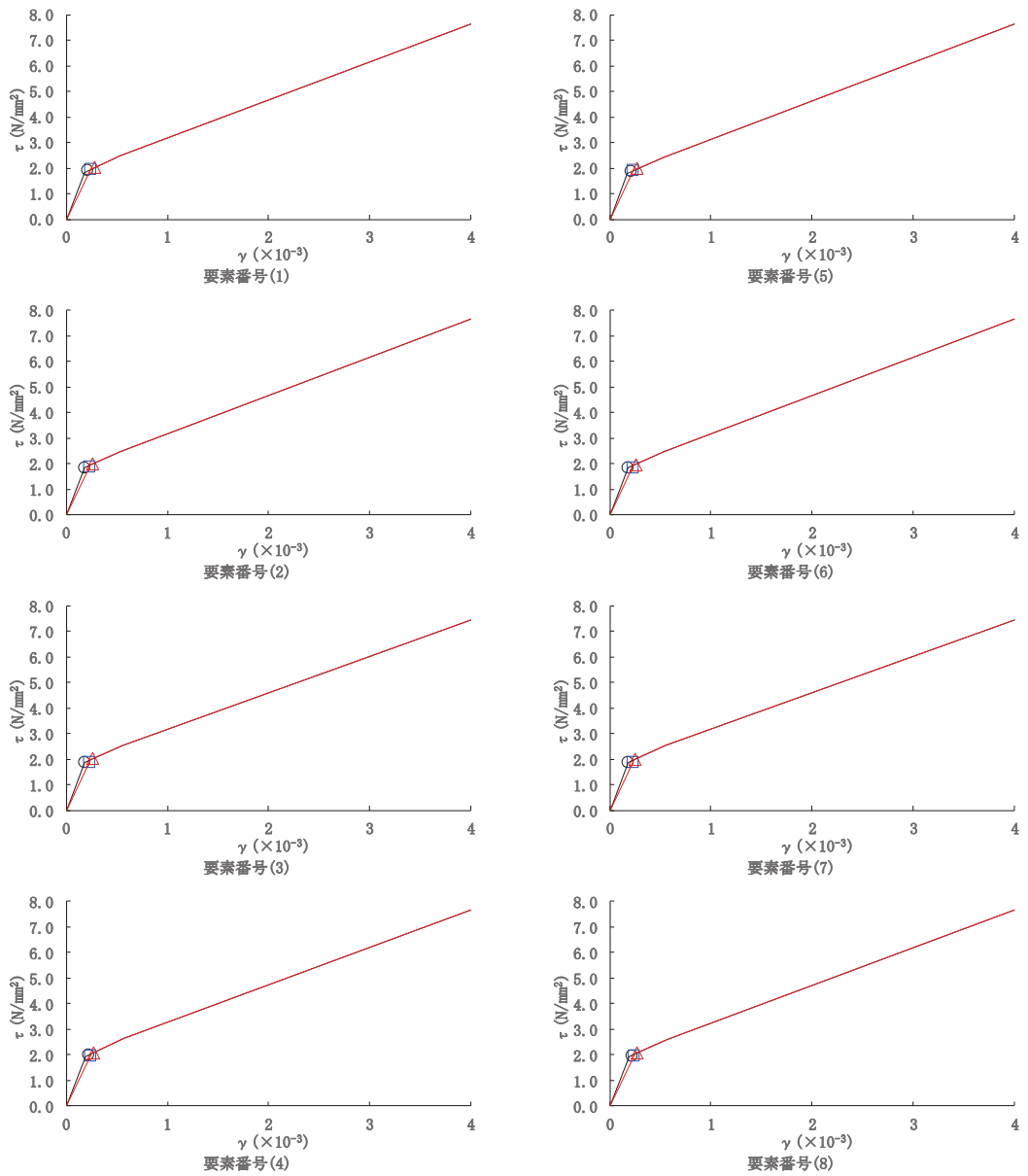


図 2-36 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース5 □ケース6

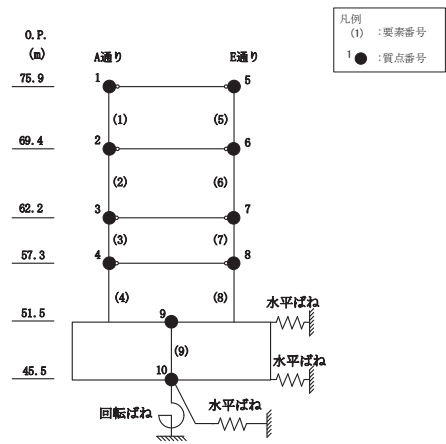
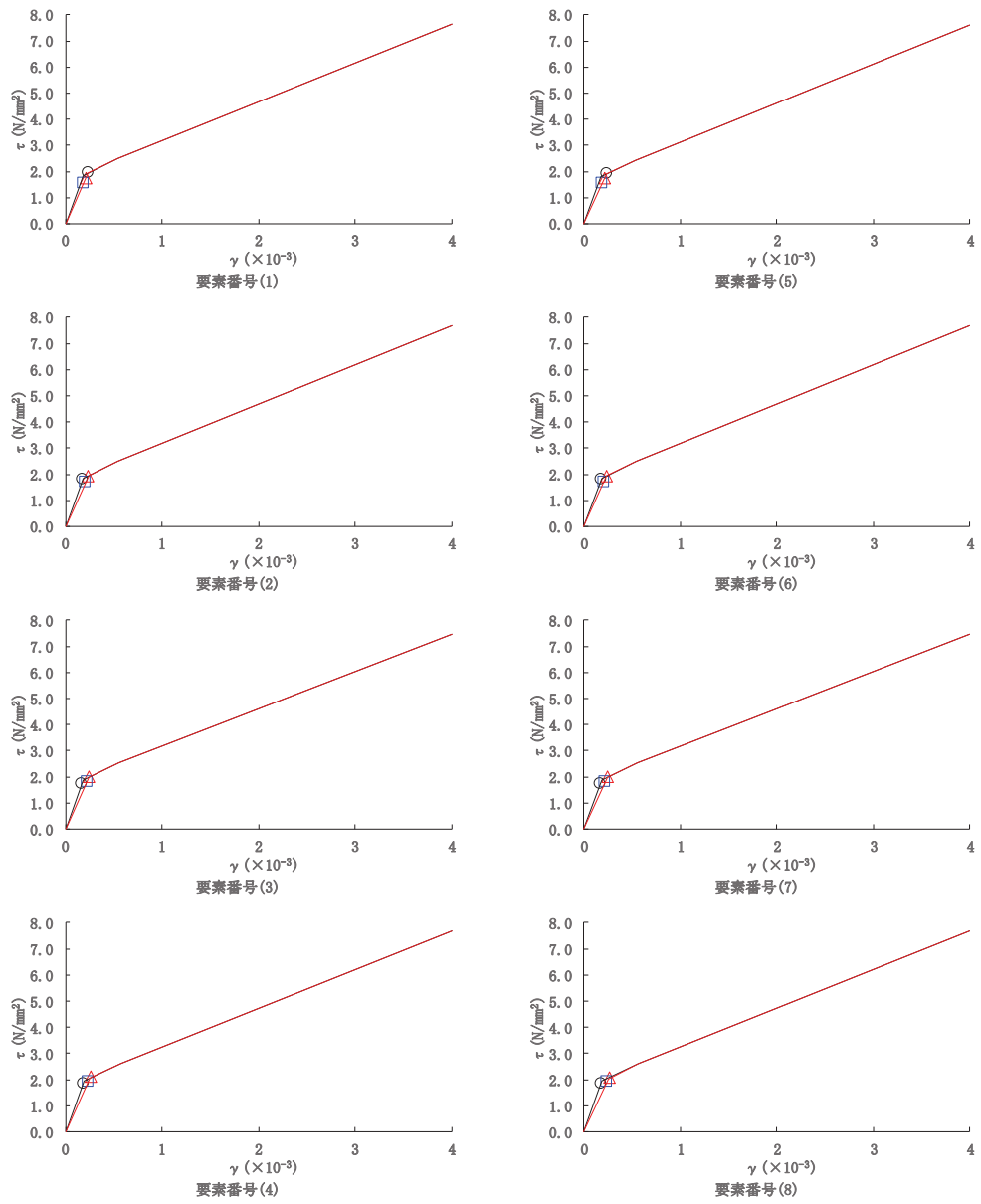


図2-37 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース5 □ケース6

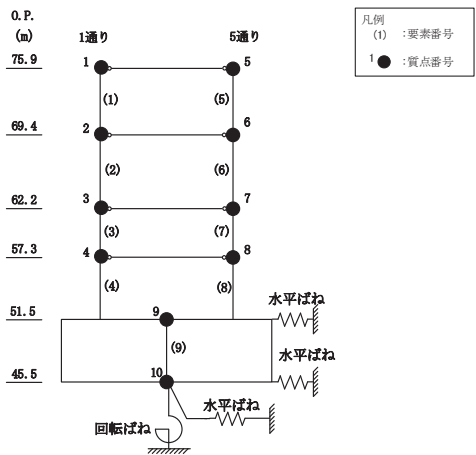
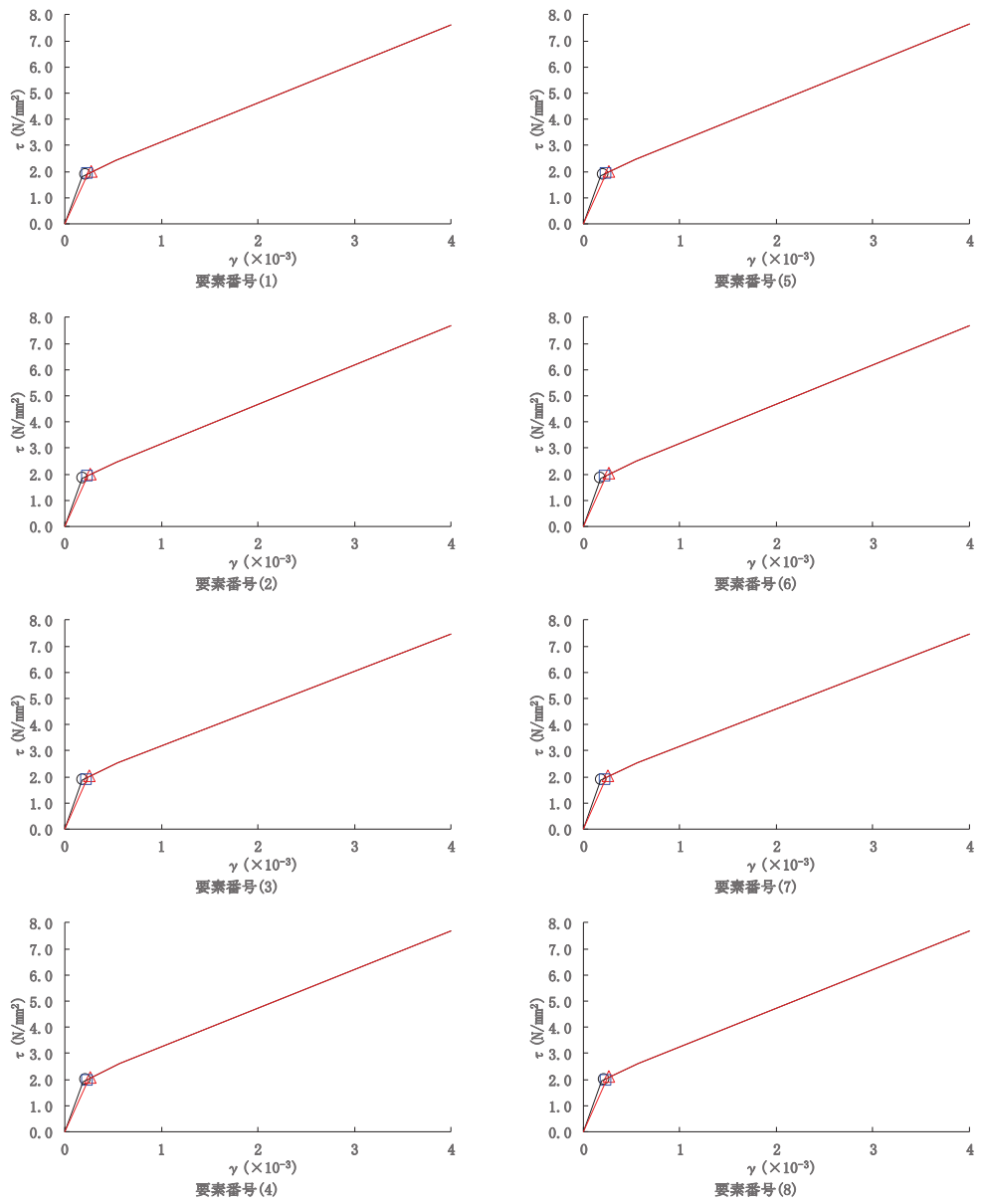


図2-38 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)

○ケース1 (基本ケース) △ケース5 □ケース6

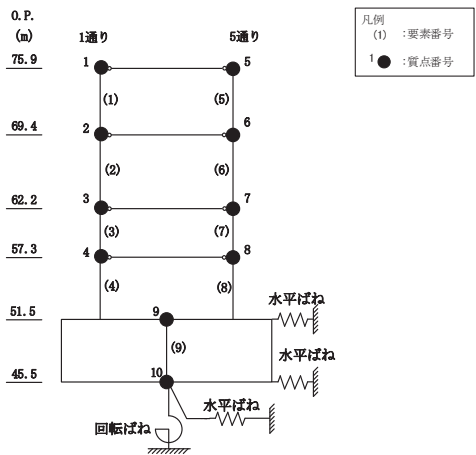
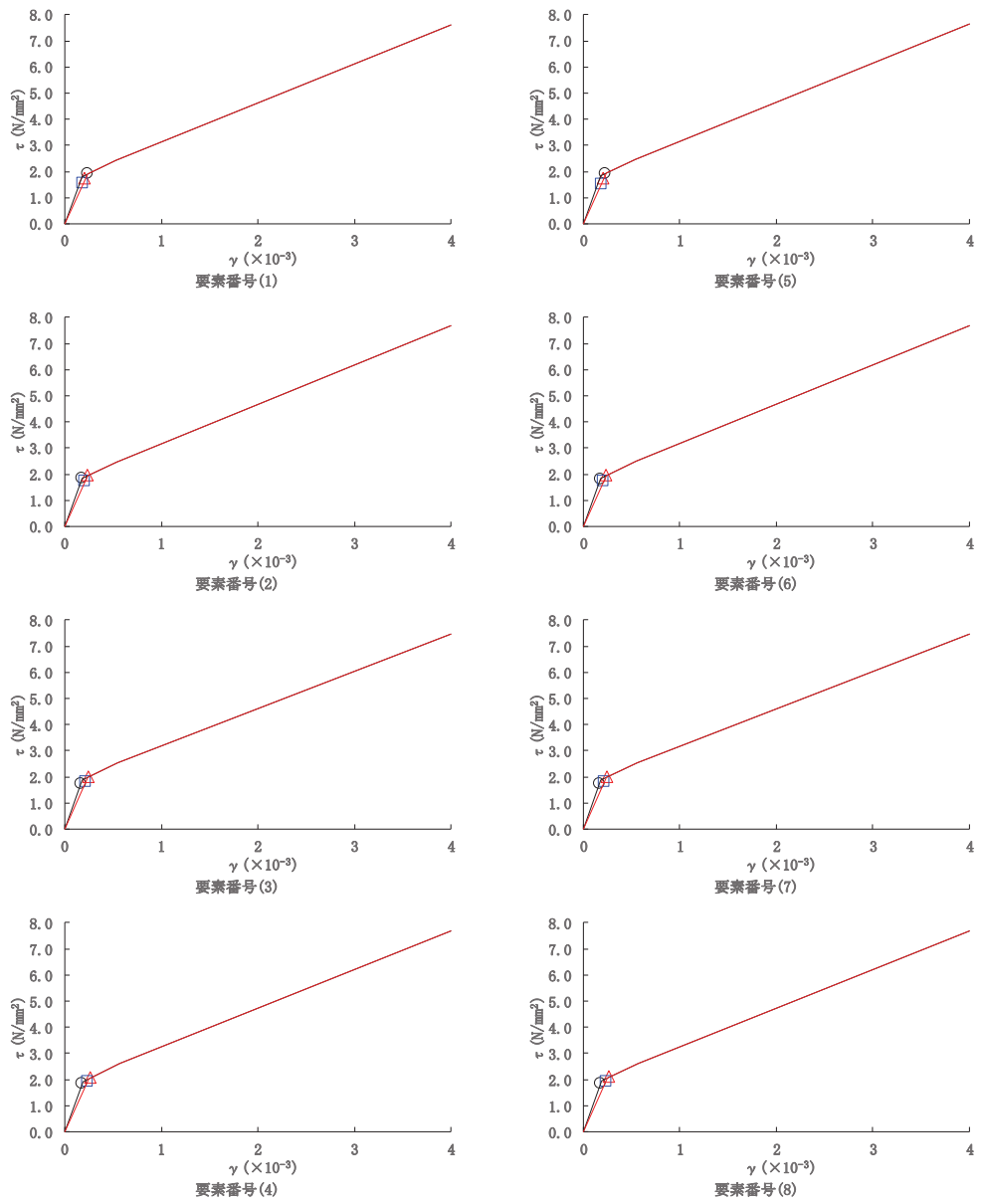


図2-39 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

3. まとめ

前章で実施した材料物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果について、基本ケースとあわせて表 3-1～表 3-11 に示す。

表 3-1 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S_s, NS 方向)

(a) S_s - D 2

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S _s - D 2						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2603	2641	2579	2685	2727	2608	2603	2641	2603	2685	2727	2668
2	1827	1906	1707	1928	1981	1791	1827	1906	1707	1928	1981	1791
3	1253	1292	1235	1221	1214	1126	1262	1296	1235	1321	1368	1229
4	984	972	929	894	863	911	984	972	929	894	864	911
5	2603	2641	2579	2685	2727	2608	2603	2641	2603	2685	2727	2668
6	1827	1906	1707	1928	1981	1791	1827	1906	1707	1928	1981	1791
7	1253	1292	1235	1221	1214	1126	1262	1296	1235	1321	1368	1229
8	984	972	929	894	863	911	984	972	929	894	864	911
9	673	717	630	603	610	599	673	717	630	612	622	599

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(b) S_s - F 3

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S _s - F 3						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2590	2586	2603	2183	2361	2060	2603	2641	2603	2685	2727	2668
2	1667	1786	1531	1879	1941	1770	1827	1906	1707	1928	1981	1791
3	1262	1296	1212	1321	1368	1229	1262	1296	1235	1321	1368	1229
4	891	913	914	825	859	785	984	972	929	894	864	911
5	2590	2586	2603	2183	2361	2060	2603	2641	2603	2685	2727	2668
6	1667	1786	1531	1879	1941	1770	1827	1906	1707	1928	1981	1791
7	1262	1296	1212	1321	1368	1229	1262	1296	1235	1321	1368	1229
8	891	913	914	825	859	785	984	972	929	894	864	911
9	579	621	580	566	584	581	673	717	630	612	622	599

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

表 3-2 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向)

(a) $S_s - D 2$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.60	0.65	0.56	0.80	0.84	0.75	0.60	0.65	0.56	0.80	0.84	0.75
2	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53
3	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31
4	0.15	0.16	0.13	0.18	0.19	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.20	0.17
5	0.60	0.65	0.56	0.80	0.84	0.75	0.60	0.65	0.56	0.80	0.84	0.75
6	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53
7	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31
8	0.15	0.16	0.13	0.18	0.19	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.20	0.17
9	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(b) $S_s - F 3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - F 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.58	0.61	0.54	0.72	0.76	0.67	0.60	0.65	0.56	0.80	0.84	0.75
2	0.39	0.42	0.37	0.54	0.57	0.50	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53
3	0.22	0.24	0.21	0.33	0.34	0.30	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31
4	0.12	0.13	0.11	0.18	0.20	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.20	0.17
5	0.58	0.61	0.54	0.72	0.76	0.67	0.60	0.65	0.56	0.80	0.84	0.75
6	0.39	0.42	0.37	0.54	0.57	0.50	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53
7	0.22	0.24	0.21	0.33	0.34	0.30	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31
8	0.12	0.13	0.11	0.18	0.20	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.20	0.17
9	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-3 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向)

(a) $S_s - D 2$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	34.51	34.64	33.97	35.88	36.57	35.28	35.14	35.35	34.47	36.06	36.57	36.05
(2)	85.51	86.73	80.04	90.95	92.37	87.24	85.51	86.73	80.04	90.95	92.37	87.24
(3)	130.32	131.05	126.22	137.78	139.11	130.13	130.32	131.05	126.22	137.78	139.11	130.13
(4)	159.51	162.88	155.93	164.75	166.94	156.64	159.51	162.88	155.93	164.75	166.94	156.64
(5)	33.96	34.10	33.41	35.30	35.99	34.73	34.60	34.82	33.93	35.50	35.99	35.49
(6)	93.32	95.04	87.23	99.61	101.16	95.18	93.32	95.04	87.23	99.61	101.16	95.18
(7)	129.92	130.65	125.81	137.39	138.71	129.75	129.92	130.65	125.81	137.39	138.71	129.75
(8)	158.65	162.03	155.08	163.86	166.05	156.50	158.65	162.03	155.08	163.86	166.05	156.50

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - F 3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - F 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	35.14	35.35	34.47	29.65	31.68	28.04	35.14	35.35	34.47	36.06	36.57	36.05
(2)	83.33	85.87	77.73	84.68	88.70	78.69	85.51	86.73	80.04	90.95	92.37	87.24
(3)	118.62	126.22	109.56	133.71	138.00	123.88	130.32	131.05	126.22	137.78	139.11	130.13
(4)	146.21	155.00	135.77	164.19	166.49	153.69	159.51	162.88	155.93	164.75	166.94	156.64
(5)	34.60	34.82	33.93	29.32	31.26	27.77	34.60	34.82	33.93	35.50	35.99	35.49
(6)	91.02	94.09	84.94	92.25	96.64	85.72	93.32	95.04	87.23	99.61	101.16	95.18
(7)	118.31	125.86	109.29	133.21	137.58	123.42	129.92	130.65	125.81	137.39	138.71	129.75
(8)	146.06	154.47	135.62	163.29	165.58	153.51	158.65	162.03	155.08	163.86	166.05	156.50

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-4(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s, NS 方向) (1/2)

(a) S_s-D 2

要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁵ kN・m)											
	S _s -D 2						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.80	0.79	0.83	0.79	0.79	0.86	0.86	0.89	0.87	0.86	0.81	0.89
	3.07	3.09	3.07	3.02	3.16	2.88	3.12	3.14	3.13	3.22	3.20	3.24
(2)	4.42	4.44	4.43	4.11	4.39	4.04	4.48	4.48	4.47	4.55	4.44	4.62
	10.59	10.81	10.20	10.67	11.16	10.15	10.59	10.81	10.20	10.67	11.16	10.15
(3)	11.65	11.96	11.21	11.62	12.20	10.96	11.65	11.96	11.21	11.62	12.20	11.13
	17.62	18.36	16.54	18.40	19.06	17.34	17.62	18.36	16.54	18.40	19.06	17.34
(4)	18.39	19.19	17.31	19.08	19.82	17.95	18.39	19.19	17.31	19.08	19.82	17.95
	26.56	27.97	25.24	28.64	29.59	27.03	26.56	27.97	25.24	28.64	29.59	27.03
(5)	0.63	0.59	0.60	0.52	0.55	0.58	0.63	0.66	0.61	0.62	0.63	0.64
	2.85	2.85	2.82	2.78	2.91	2.68	2.85	2.85	2.84	2.96	2.93	2.97
(6)	4.29	4.25	4.27	3.89	4.19	3.78	4.29	4.25	4.27	4.34	4.29	4.41
	11.01	11.18	10.55	11.12	11.58	10.55	11.01	11.18	10.55	11.12	11.58	10.55
(7)	12.07	12.33	11.57	12.03	12.60	11.32	12.07	12.33	11.57	12.03	12.60	11.41
	18.01	18.71	16.88	18.79	19.44	17.68	18.01	18.71	16.88	18.79	19.44	17.68
(8)	18.77	19.49	17.65	19.41	20.15	18.27	18.77	19.49	17.65	19.41	20.15	18.27
	26.92	28.30	25.58	28.96	29.91	27.34	26.92	28.30	25.58	28.96	29.91	27.34

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+σ, ケース 3: 地盤物性-σ
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+σ, ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性-σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-4(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

(b) S_s - F 3

要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁵ kN・m)											
	S _s - F 3						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.86	0.89	0.87	0.60	0.56	0.61	0.86	0.89	0.87	0.86	0.81	0.89
	3.12	3.14	3.13	2.46	2.54	2.34	3.12	3.14	3.13	3.22	3.20	3.24
(2)	4.48	4.48	4.47	3.31	3.39	3.25	4.48	4.48	4.47	4.55	4.44	4.62
	10.45	10.63	10.03	9.06	9.61	8.36	10.59	10.81	10.20	10.67	11.16	10.15
(3)	11.42	11.72	11.03	9.68	10.37	8.91	11.65	11.96	11.21	11.62	12.20	11.13
	17.06	17.74	16.15	16.23	17.15	14.97	17.62	18.36	16.54	18.40	19.06	17.34
(4)	17.79	18.53	16.84	16.72	17.69	15.41	18.39	19.19	17.31	19.08	19.82	17.95
	25.72	27.06	24.01	26.24	27.34	24.32	26.56	27.97	25.24	28.64	29.59	27.03
(5)	0.63	0.66	0.61	0.41	0.44	0.40	0.63	0.66	0.61	0.62	0.63	0.64
	2.82	2.85	2.84	2.31	2.40	2.18	2.85	2.85	2.84	2.96	2.93	2.97
(6)	4.23	4.22	4.20	3.23	3.36	3.06	4.29	4.25	4.27	4.34	4.29	4.41
	10.76	11.03	10.29	9.51	10.07	8.80	11.01	11.18	10.55	11.12	11.58	10.55
(7)	11.67	12.03	11.21	10.15	10.84	9.34	12.07	12.33	11.57	12.03	12.60	11.41
	17.30	18.04	16.34	16.66	17.60	15.38	18.01	18.71	16.88	18.79	19.44	17.68
(8)	17.96	18.74	16.98	17.17	18.11	15.80	18.77	19.49	17.65	19.41	20.15	18.27
	25.89	27.26	24.15	26.64	27.76	24.70	26.92	28.30	25.58	28.96	29.91	27.34

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+σ, ケース 3: 地盤物性-σ

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+σ, ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性-σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-5 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S_s, EW 方向)

(a) S_s-D 2

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S _s -D 2						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2593	2623	2537	2671	2721	2605	2593	2623	2592	2687	2721	2676
2	1832	1889	1712	1901	1955	1801	1832	1889	1712	1901	1955	1801
3	1250	1293	1234	1228	1231	1125	1261	1295	1234	1316	1366	1224
4	982	971	927	895	862	911	982	971	927	895	862	911
5	2593	2623	2537	2671	2721	2605	2593	2623	2592	2687	2721	2676
6	1832	1889	1712	1901	1955	1801	1832	1889	1712	1901	1955	1801
7	1250	1293	1234	1228	1231	1125	1261	1295	1234	1316	1366	1224
8	982	971	927	895	862	911	982	971	927	895	862	911
9	673	712	630	603	609	599	673	712	630	612	622	599

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(b) S_s-F 3

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S _s -F 3						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	2584	2609	2592	2182	2362	2059	2593	2623	2592	2687	2721	2676
2	1673	1762	1532	1887	1950	1775	1832	1889	1712	1901	1955	1801
3	1261	1295	1210	1316	1366	1224	1261	1295	1234	1316	1366	1224
4	890	911	911	819	855	781	982	971	927	895	862	911
5	2584	2609	2592	2182	2362	2059	2593	2623	2592	2687	2721	2676
6	1673	1762	1532	1887	1950	1775	1832	1889	1712	1901	1955	1801
7	1261	1295	1210	1316	1366	1224	1261	1295	1234	1316	1366	1224
8	890	911	911	819	855	781	982	971	927	895	862	911
9	579	621	580	567	584	582	673	712	630	612	622	599

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

表 3-6 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)

(a) $S_s - D 2$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.61	0.65	0.56	0.80	0.85	0.75	0.61	0.65	0.56	0.80	0.85	0.75
2	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53
3	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31
4	0.15	0.16	0.13	0.18	0.19	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.20	0.17
5	0.61	0.65	0.56	0.80	0.85	0.75	0.61	0.65	0.56	0.80	0.85	0.75
6	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53
7	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31
8	0.15	0.16	0.13	0.18	0.19	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.20	0.17
9	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(b) $S_s - F 3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - F 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
1	0.59	0.61	0.55	0.73	0.77	0.67	0.61	0.65	0.56	0.80	0.85	0.75
2	0.40	0.42	0.37	0.54	0.57	0.50	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53
3	0.22	0.24	0.21	0.33	0.34	0.30	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31
4	0.12	0.13	0.11	0.18	0.20	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.20	0.17
5	0.59	0.61	0.55	0.73	0.77	0.67	0.61	0.65	0.56	0.80	0.85	0.75
6	0.40	0.42	0.37	0.54	0.57	0.50	0.44	0.46	0.41	0.57	0.60	0.53
7	0.22	0.24	0.21	0.33	0.34	0.30	0.26	0.28	0.24	0.33	0.35	0.31
8	0.12	0.13	0.11	0.18	0.20	0.17	0.15	0.16	0.13	0.18	0.20	0.17
9	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.03	0.04	0.04	0.04

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-7 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)

(a) $S_s - D 2$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	34.08	34.23	33.54	35.42	36.05	34.86	34.73	34.90	34.04	35.68	36.05	35.64
(2)	88.74	90.35	84.23	94.54	96.36	91.95	88.74	90.35	84.23	94.54	96.36	91.95
(3)	129.89	130.66	126.12	137.36	138.69	130.12	129.89	130.66	126.12	137.36	138.69	130.12
(4)	158.62	161.88	155.01	163.78	166.00	156.53	158.62	161.88	155.01	163.78	166.00	156.53
(5)	34.39	34.51	33.86	35.71	36.32	34.84	35.03	35.15	34.32	35.94	36.32	35.90
(6)	88.86	90.39	83.16	94.58	96.35	90.84	88.86	90.39	83.16	94.58	96.35	90.84
(7)	130.20	130.94	126.04	137.62	138.91	129.91	130.20	130.94	126.04	137.62	138.91	129.91
(8)	159.35	162.59	155.74	164.53	166.74	156.44	159.35	162.59	155.74	164.53	166.74	156.44

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - F 3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - F 3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	34.73	34.90	34.04	29.71	31.66	28.12	34.73	34.90	34.04	35.68	36.05	35.64
(2)	88.07	89.20	82.18	89.10	93.31	82.72	88.74	90.35	84.23	94.54	96.36	91.95
(3)	118.67	126.28	109.60	133.47	137.60	123.61	129.89	130.66	126.12	137.36	138.69	130.12
(4)	146.12	154.41	135.56	163.19	165.48	153.41	158.62	161.88	155.01	163.78	166.00	156.53
(5)	35.03	35.15	34.32	29.28	31.30	27.67	35.03	35.15	34.32	35.94	36.32	35.90
(6)	86.69	89.25	80.78	88.38	92.55	82.07	88.86	90.39	83.16	94.58	96.35	90.84
(7)	118.42	126.06	109.32	133.51	137.90	123.66	130.20	130.94	126.04	137.62	138.91	129.91
(8)	146.12	154.96	135.58	163.98	166.26	153.43	159.35	162.59	155.74	164.53	166.74	156.44

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-8(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

(a) $S_s - D2$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^3 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D2$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.59	0.57	0.57	0.48	0.55	0.53	0.59	0.63	0.57	0.58	0.58	0.59
	2.83	2.83	2.75	2.79	2.91	2.68	2.83	2.88	2.81	2.95	2.92	2.95
(2)	4.26	4.24	4.19	3.93	4.18	3.68	4.26	4.24	4.19	4.27	4.22	4.33
	10.71	10.80	10.25	10.77	11.18	10.29	10.71	10.80	10.25	10.77	11.18	10.29
(3)	11.82	11.99	11.32	11.72	12.22	11.07	11.82	11.99	11.32	11.72	12.22	11.14
	17.78	18.36	16.64	18.46	19.07	17.45	17.78	18.36	16.64	18.46	19.07	17.45
(4)	18.55	19.17	17.41	19.13	19.82	18.04	18.55	19.17	17.41	19.13	19.82	18.04
	26.71	27.93	25.39	28.68	29.56	27.12	26.71	27.93	25.39	28.68	29.56	27.12
(5)	0.85	0.85	0.88	0.86	0.82	0.94	0.93	0.94	0.93	0.92	0.87	0.94
	3.08	3.12	3.09	3.03	3.18	2.88	3.15	3.26	3.17	3.26	3.23	3.31
(6)	4.48	4.55	4.48	4.15	4.46	4.15	4.58	4.63	4.57	4.64	4.52	4.75
	10.88	11.12	10.46	10.99	11.54	10.45	10.88	11.12	10.46	10.99	11.54	10.45
(7)	11.95	12.28	11.47	11.92	12.59	11.25	11.95	12.28	11.47	11.92	12.59	11.45
	17.90	18.64	16.79	18.68	19.42	17.61	17.90	18.64	16.79	18.68	19.42	17.61
(8)	18.68	19.49	17.56	19.37	20.19	18.23	18.68	19.49	17.56	19.37	20.19	18.23
	26.80	28.44	25.46	28.97	29.93	27.30	26.80	28.44	25.46	28.97	29.93	27.30

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-8(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)

(b) $S_s - F_3$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - F_3$						最大値					
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 4	ケース 5	ケース 6
(1)	0.57	0.63	0.57	0.38	0.41	0.37	0.59	0.63	0.57	0.58	0.58	0.59
	2.83	2.88	2.81	2.30	2.39	2.17	2.83	2.88	2.81	2.95	2.92	2.95
(2)	4.18	4.22	4.09	3.18	3.31	3.04	4.26	4.24	4.19	4.27	4.22	4.33
	10.50	10.65	9.99	9.30	9.86	8.60	10.71	10.80	10.25	10.77	11.18	10.29
(3)	11.40	11.66	10.92	9.96	10.64	9.17	11.82	11.99	11.32	11.72	12.22	11.14
	17.06	17.70	16.07	16.48	17.40	15.21	17.78	18.36	16.64	18.46	19.07	17.45
(4)	17.71	18.45	16.71	16.99	17.93	15.64	18.55	19.17	17.41	19.13	19.82	18.04
	25.65	27.01	23.89	26.49	27.55	24.54	26.71	27.93	25.39	28.68	29.56	27.12
(5)	0.93	0.94	0.93	0.64	0.59	0.65	0.93	0.94	0.93	0.92	0.87	0.94
	3.15	3.26	3.17	2.48	2.55	2.35	3.15	3.26	3.17	3.26	3.23	3.31
(6)	4.58	4.63	4.57	3.36	3.44	3.28	4.58	4.63	4.57	4.64	4.52	4.75
	10.78	11.06	10.36	9.32	9.87	8.59	10.88	11.12	10.46	10.99	11.54	10.45
(7)	11.77	12.12	11.35	9.92	10.62	9.13	11.95	12.28	11.47	11.92	12.59	11.45
	17.40	18.09	16.46	16.46	17.38	15.17	17.90	18.64	16.79	18.68	19.42	17.61
(8)	18.15	18.88	17.16	16.94	17.93	15.60	18.68	19.49	17.56	19.37	20.19	18.23
	26.05	27.40	24.31	26.46	27.69	24.50	26.80	28.44	25.46	28.97	29.93	27.30

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ
 ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-9 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S_s , UD 方向)

(a) $S_s - D 2$

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)					
	$S_s - D 2$			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	1376	1384	1349	1376	1384	1349
2	1183	1214	1140	1183	1214	1140
3	885	908	860	885	908	860
4	703	708	691	703	708	691
5	602	608	593	602	608	593

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - F 3$

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)					
	$S_s - F 3$			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	1009	1076	953	1376	1384	1349
2	933	972	886	1183	1214	1140
3	773	796	742	885	908	860
4	665	678	646	703	708	691
5	502	513	490	602	608	593

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-10 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , UD 方向)

(a) $S_s - D 2$

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	$S_s - D 2$			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
2	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - F 3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	$S_s - F 3$			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
1	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08
2	0.05	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06
3	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
4	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-11 最大応答軸力一覧表 (基準地震動 S_s, UD 方向)

(a) S_s-D 2

要素 番号	最大応答軸力 (×10 ⁴ kN)					
	S _s -D 2			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
(1)	3.70	3.74	3.64	3.70	3.74	3.64
(2)	11.07	11.29	10.74	11.07	11.29	10.74
(3)	17.31	17.69	16.84	17.31	17.69	16.84
(4)	22.64	22.99	22.16	22.64	22.99	22.16

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ

(b) S_s-F 3

要素 番号	最大応答軸力 (×10 ⁴ kN)					
	S _s -F 3			最大値		
	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3	ケース 1 (基本 ケース)	ケース 2	ケース 3
(1)	2.70	2.88	2.57	3.70	3.74	3.64
(2)	8.54	8.92	8.10	11.07	11.29	10.74
(3)	13.97	14.51	13.32	17.31	17.69	16.84
(4)	18.90	19.53	18.12	22.64	22.99	22.16

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ

別紙 2-1 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件の
考え方

目次

1. 概要 別紙 2-1-1
2. 応力解析におけるモデル化, 境界条件及び拘束条件 別紙 2-1-2

1. 概要

本資料は、緊急時対策建屋基礎版の応力解析におけるモデル化、境界条件及び拘束条件についての概要を示すものである。

2. 応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件

緊急時対策建屋基礎版の応力解析におけるモデル化，境界条件及び拘束条件を表 2-1 に示す。

直接基礎の底面及び側面の地盤ばねの設定における基本的な考え方は，以下のとおり。

(1) 底面地盤ばね

- ・ 水平ばね

振動アドミタンス理論に基づく水平ばねより算出する。

- ・ 鉛直ばね

基礎浮上りを考慮し，回転ばね反力として生じる転倒モーメントを適切に評価するため，振動アドミタンス理論に基づく回転ばねより算出する。

(2) 側面地盤ばね

- ・ 水平ばね

Novak の手法に基づく水平ばねにより算出する。

- ・ 鉛直ばね

Novak の手法に基づく回転ばねにより算出する。

有限要素法を用いた解析モデルにおける要素分割の考え方*については，以下のとおり。

- ・ はり要素

はり要素の場合は，曲げの変位関数が 3 次で精度が高いため，基本的に要素分割の細分化は不要であるが，部材の接合点間で変位情報出力や荷重入力がある場合には複数要素に細分し，曲線部材がある場合は，その曲線が直線近似できる程度の分割にすることが一般的である。また，分布荷重がある場合や分布質量が関係する自重荷重などの計算では，要素分割することにより質量分布がより正確になり，解析結果の精度が向上する。更に，要素分割の細分化により，変形図やモード図で構造物の変形状態を容易に把握することが可能となる。

- ・ シェル要素

要素分割は，基本的には発生する応力状態によって決まり，構造形状と荷重条件より要素分割数を考慮する。要素形状の縦横比（アスペクト比）は，重要部分で 1:2 以下，その他の領域や応力変化が少ない領域では，1:3 程度までで，分割に際しては 4 角形要素を利用して格子状とするのが一般的である。曲面板構造の場合は，平板要素や軸対称シェル要素の大きさは，集中荷重や不連続部を含む曲面部近傍では $2.5\sqrt{R/t}$ を 10~20 分割すると適切な応力分布が求められ，構造物の半径 (R) と板厚 (t) が考慮されている。また，面内曲げ・軸力及び面外のせん断や曲げを受ける部材のシェル要素の辺の長さは，シェルの広がり方向の応力分布の状態から決まり，応力変化が大きい領域は要素を小さくする必要がある。

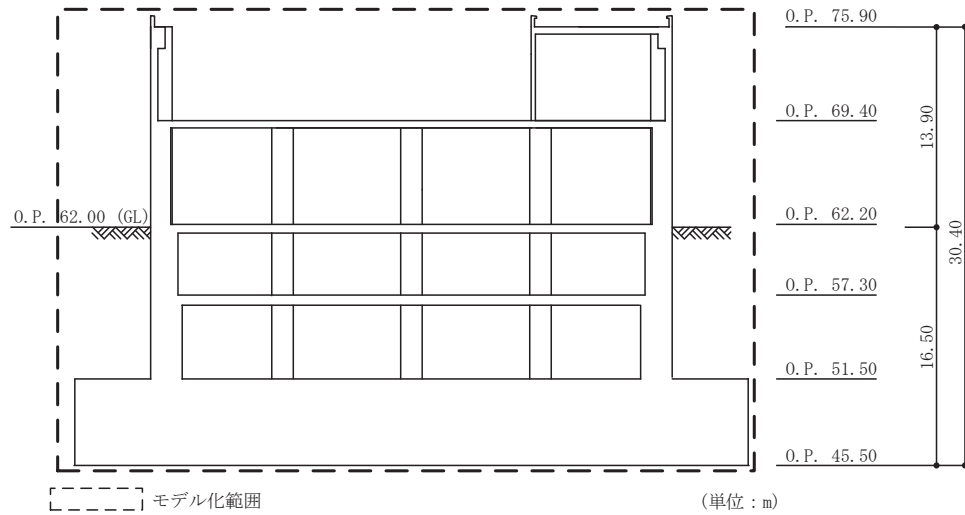
注記*：構造解析のための有限要素法実践ハンドブック（非線形 CAE 協会，2008 年）

表 2-1 モデル化, 境界条件及び拘束条件 (1/3)

モデル概要

○モデル化範囲

- ・基礎版及び基礎版より立ち上がる O. P. 51.5m~O. P. 75.9m の耐震壁をモデル化する。
- ・耐震壁の剛性を境界条件として考慮する。



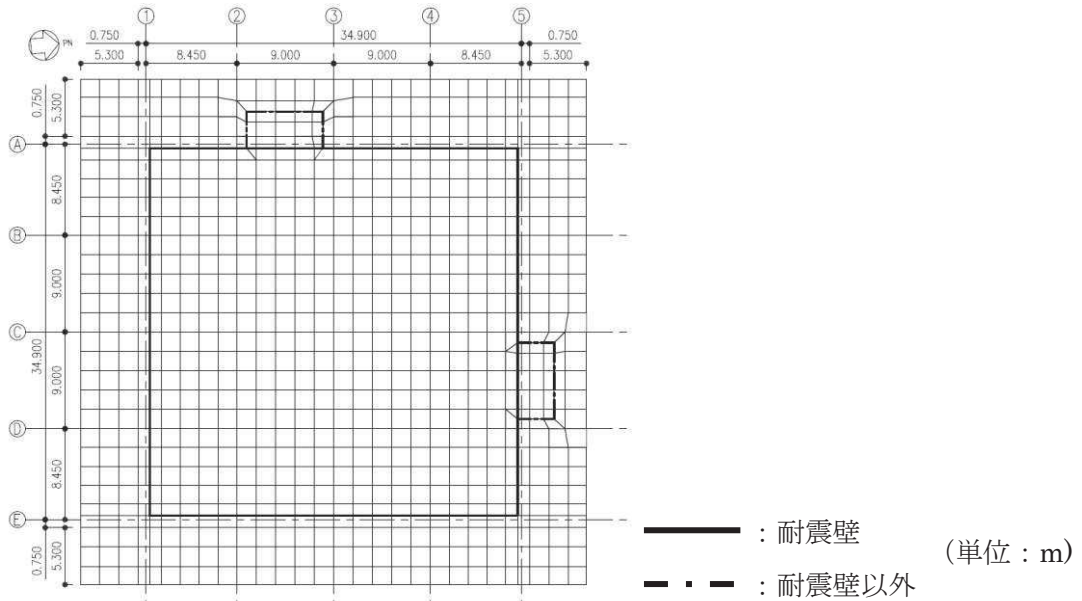
モデル化範囲 (単位: m)

○使用要素

- ・基礎版: シェル要素
- ・耐震壁: はり要素

○要素分割

- ・要素の一边の長さを 1.5m~2.0m 程度とし, 耐震壁の配置を考慮して分割する。



モデル概要

表 2-1 モデル化, 境界条件及び拘束条件 (2/3)

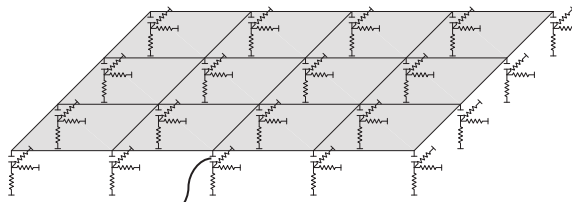
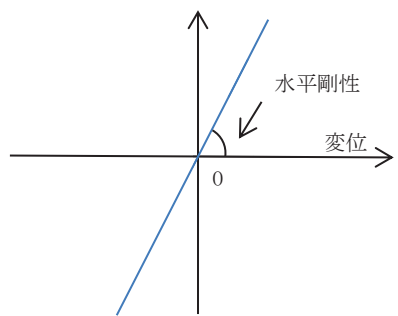
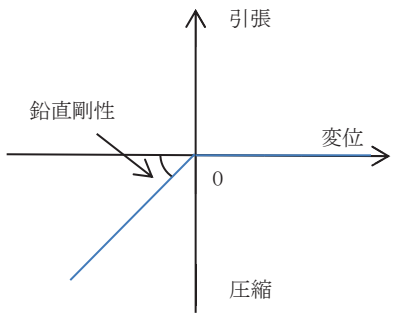
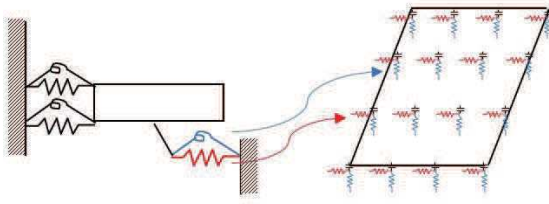
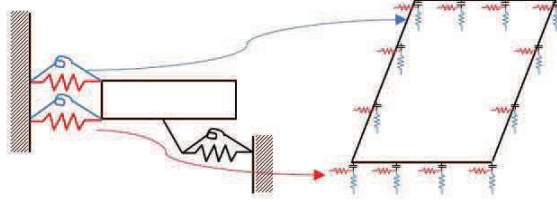
境界条件, 拘束条件	
上部構造物と基礎版の境界	
<ul style="list-style-type: none"> 基礎版と上部構造物の境界部においては, 上部構造物の剛性を考慮することで, 基礎版の応力・変形状態を評価する。 	
はり要素の剛性 (断面性能)	
<ul style="list-style-type: none"> 曲げ剛性 (断面二次モーメント) : $I = t \times h^3 / 12$ せん断剛性 (せん断断面積) : $A_s = t \times h$ 	<ul style="list-style-type: none"> t : 壁の厚さ h : モデル化する壁の高さ
基礎スラブと地盤の境界	
<ul style="list-style-type: none"> 地震時の評価については, 基礎スラブと底面地盤との間に底面地盤を表現するギャップ要素を設け, 基礎スラブと底面地盤との間の剥離 (基礎スラブの浮上り) を考慮する。 	 <p>ギャップ要素</p> <p>モデル概要</p>
○ギャップ要素	
鉛直ばねに引張力が発生した際に, 水平剛性及び鉛直剛性をゼロとし, 浮上りを考慮する。	
<p>水平ばね応力</p>  <p>(a) 水平剛性</p>	<p>鉛直ばね応力</p>  <p>(b) 鉛直剛性</p>
注: 鉛直ばねに引張力が発生した場合には, 水平剛性もゼロとする。	
ギャップ要素の概念図	

表 2-1 モデル化, 境界条件及び拘束条件 (3/3)

境界条件, 拘束条件
<p>基礎スラブと地盤の境界</p> <p>○底面地盤ばね</p> <p>水平剛性及び鉛直剛性は以下のとおり設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水平剛性：振動アドミタンス理論による水平ばね K_H を節点支配面積 A_i で離散化。 $K_{Hi} = (K_{H NS} / A + K_{H EW} / A) / 2 \times A_i \quad A: \text{基礎スラブの底面積}$ ・ 鉛直剛性：地震時は、転倒モーメントが支配的となるため振動アドミタンス理論による回転ばね K_R を節点支配面積 A_i で離散化。地震時以外は、静的地盤ばね定数 K_V を節点支配面積 A_i で離散化。 地震時 $: K_{Vi} = (K_{R NS} / I_{NS} + K_{R EW} / I_{EW}) / 2 \times A_i$ $I: \text{基礎スラブの断面二次モーメント}$ 地震時以外 $: K_{Vi} = (K_V / A) \times A_i \quad A: \text{基礎スラブの底面積}$ <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: right;">基礎スラブ底面全体で 離散化</p> <p style="text-align: center;">底面地盤ばね</p> </div> <p>○側面地盤ばね</p> <p>水平剛性及び鉛直剛性は以下のとおり設定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 水平剛性：Novak の手法に基づく側面水平地盤ばね定数 ${}_sK_s$ を節点支配長さ L_i で離散化。 ${}_s k_{si} = ({}_s K_s / (2 \times L_{NS} + 2 \times L_{EW})) \times L_i$ $L_{NS}: \text{基礎スラブ辺長 (NS 方向)}$ $L_{EW}: \text{基礎スラブ辺長 (EW 方向)}$ ・ 鉛直剛性：Novak の手法に基づく側面回転地盤ばね定数 ${}_sK_r$ を節点支配長さ L_i で離散化。 ${}_s k_{vi} = ({}_s K_r / I'_{NS} + {}_s K_r / I'_{EW}) / 2 \times L_i$ $I'_{NS(EW)} = L_{EW(NS)} \times L_{NS(EW)}^2 / 2 + L_{NS(EW)}^3 / 6$ <div style="text-align: center;">  <p style="text-align: right;">基礎スラブ外周で 離散化</p> <p style="text-align: center;">側面地盤ばね</p> </div>

別紙 2-2 地震荷重の入力方法

目 次

1. 概要 別紙 2-2-1
2. 地震荷重の入力方法 別紙 2-2-2

1. 概要

本資料は、緊急時対策建屋の基礎に作用する地震荷重の入力方法について示すものである。

2. 地震荷重の入力方法

緊急時対策建屋基礎版の応力解析に当たって、FEM モデルに入力する地震荷重として、水平地震力、鉛直地震力及び地震時土圧荷重を考慮する。

地震荷重の入力は、基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を考慮し、FEM モデルの基礎版底面地盤ばねと基礎版質点位置でせん断力、曲げモーメント及び軸力が地震応答解析結果と等価になるように設定する。

具体的には、水平地震力のうち、上部構造物から作用する基礎版への地震時反力は、FEM モデルにおける上部構造物脚部に対応する各節点に、節点の支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。基礎版については、地震応答解析より求まる基礎版底面地盤ばねの最大水平力から、上部構造物から作用する水平力を差し引いた値と等価になる荷重（以下「付加せん断力」という。）を FEM モデルの基礎版の各節点に、節点の支配面積に応じて分配し、節点荷重として入力する。

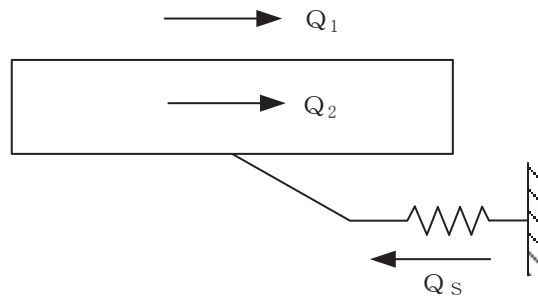
また、曲げモーメントのうち、上部構造物から作用する基礎版への地震時反力は、偶力に置換して水平力を入力位置に節点荷重として入力する。

基礎版については、地震応答解析より求まる基礎版底面地盤ばねの最大曲げモーメントから、上部構造物から作用する曲げモーメントを差し引いた値と等価になる荷重（以下「付加曲げモーメント」という。）を FEM モデルの基礎版の各節点に、節点の支配面積と中心位置からの距離に応じて偶力に置換して分配し、節点荷重として入力する。

鉛直地震力のうち、上部構造物から作用する基礎版への地震時反力については、FEM モデルにおける上部構造物脚部位置に対応する各節点の支配面積に応じて上部構造物の重量を分配した支配重量に鉛直震度（軸力係数）を乗じた節点荷重として入力する。基礎版については、地震応答解析より求まる基礎スラブ底面地盤ばねの鉛直力から上部構造物から作用する鉛直力を差し引いた値と等価になる荷重（以下「付加軸力」という。）を基礎スラブの重量で除して付加軸力係数を算定する。そして、FEM モデルの基礎スラブの各節点の支配重量に付加軸力係数を乗じた節点荷重として入力する。

地下外壁部に作用する地震時土圧荷重により基礎スラブに作用する荷重は、外壁を各階スラブ位置で支持した連続ばりモデルを用いて算定する。算定した外壁脚部に生じる単位長さ当たりの曲げモーメントは、基礎スラブ外周の節点の支配長さに応じて分配し、節点荷重として入力する。なお、曲げモーメントについては、壁厚を考慮した偶力に置換し、節点荷重として入力する。

FEM モデルに入力する地震荷重の概念図を図 2-1 に示す。また、FEM モデルに入力する地震荷重を図 2-2 に示す。なお、図 2-2 における地震時土圧荷重は、地震時増分土圧荷重として示す。



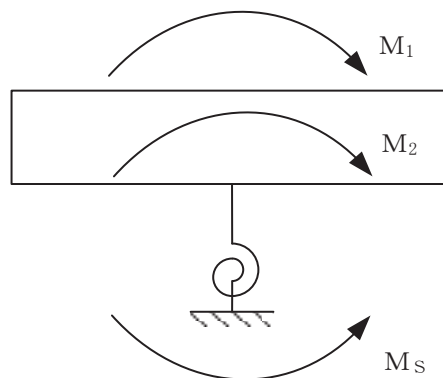
Q_1 : 地震応答解析により設定した上部構造物から基礎スラブへ作用するせん断力

Q_2 : 基礎スラブに入力する付加せん断力

Q_s : 地震応答解析により設定した基礎スラブ底面に生じる水平力

$$Q_2 = Q_s - Q_1$$

(a) 水平地震力



M_1 : 地震応答解析により設定した上部構造物から基礎スラブへ作用する曲げモーメント

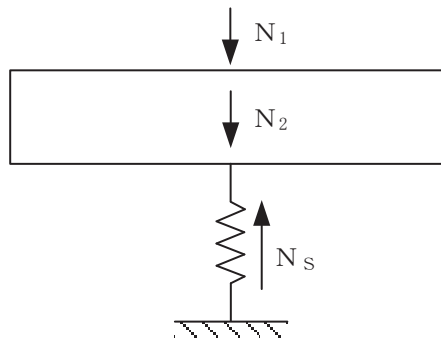
M_2 : 基礎スラブに入力する付加曲げモーメント

M_s : 地震応答解析により設定した基礎スラブ底面に生じる曲げモーメント

$$M_2 = M_s - M_1$$

(b) 曲げモーメント

図 2-1 FEM モデルに入力する地震荷重の概念図 (1/2)



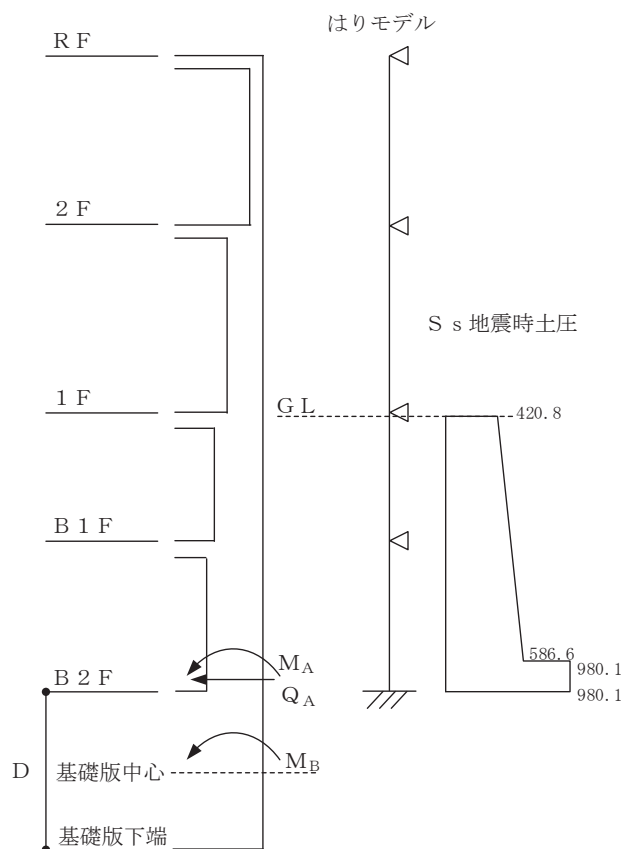
N_1 : 地震応答解析により設定した上部構造物から基礎スラブへ作用する軸力

N_2 : 基礎スラブに入力する付加軸力

N_s : 地震応答解析により設定した基礎スラブ底面に生じる鉛直力

$$N_2 = N_s - N_1$$

(c) 鉛直地震力



Q_A : 基礎版上端に壁から作用するせん断力

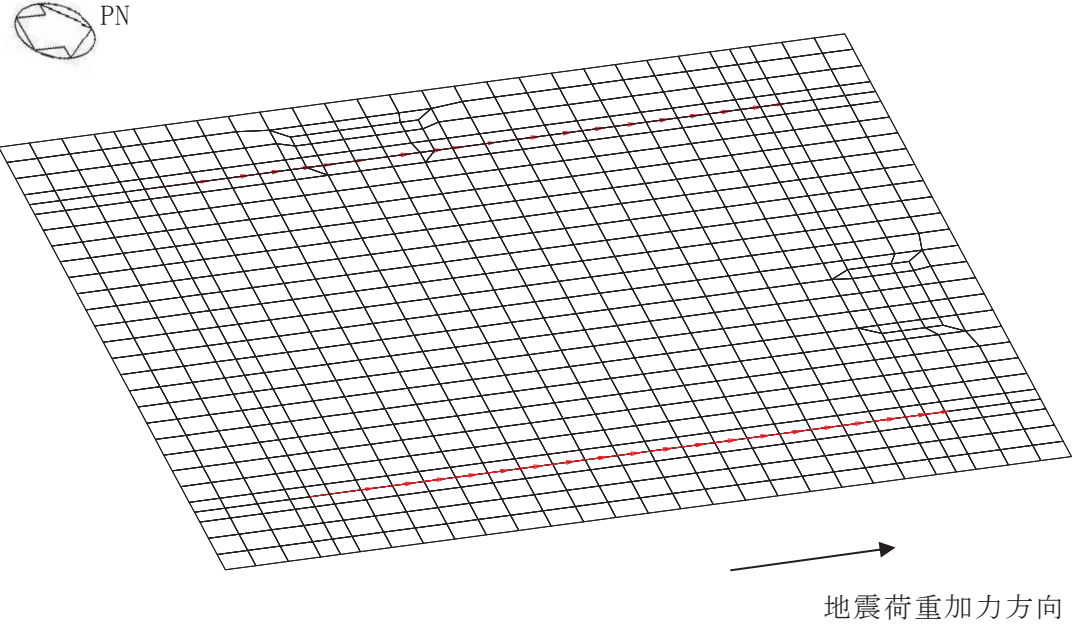
M_A : 基礎版上端に壁から作用する曲げモーメント

M_B : 基礎版に入力する曲げモーメント

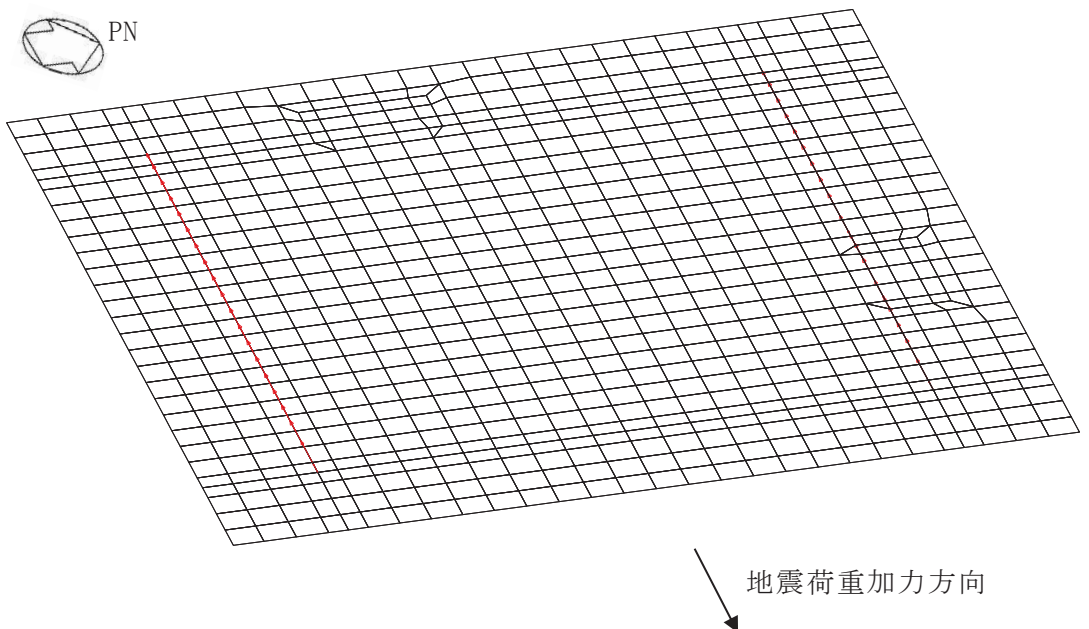
$$M_B = M_A + Q_A \cdot D / 2$$

(d) 地震時土圧荷重

図 2-1 FEM モデルに入力する地震荷重の概念図 (2/2)

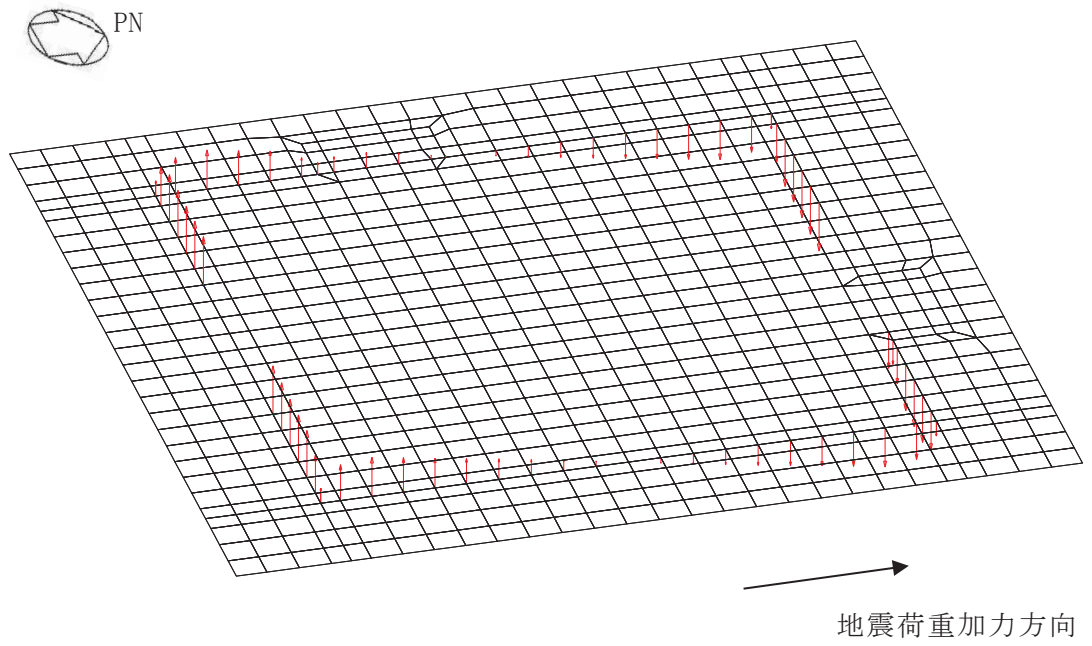


(a) 水平力 (NS 方向) 上部構造の地震力

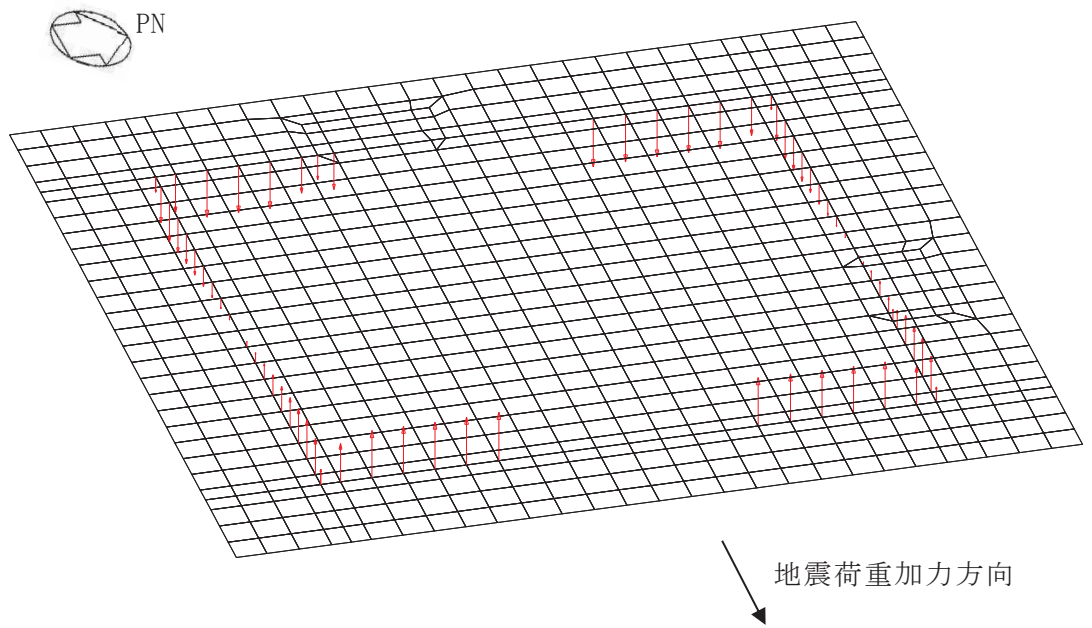


(b) 水平力 (EW 方向) 上部構造の地震力

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (1/7)

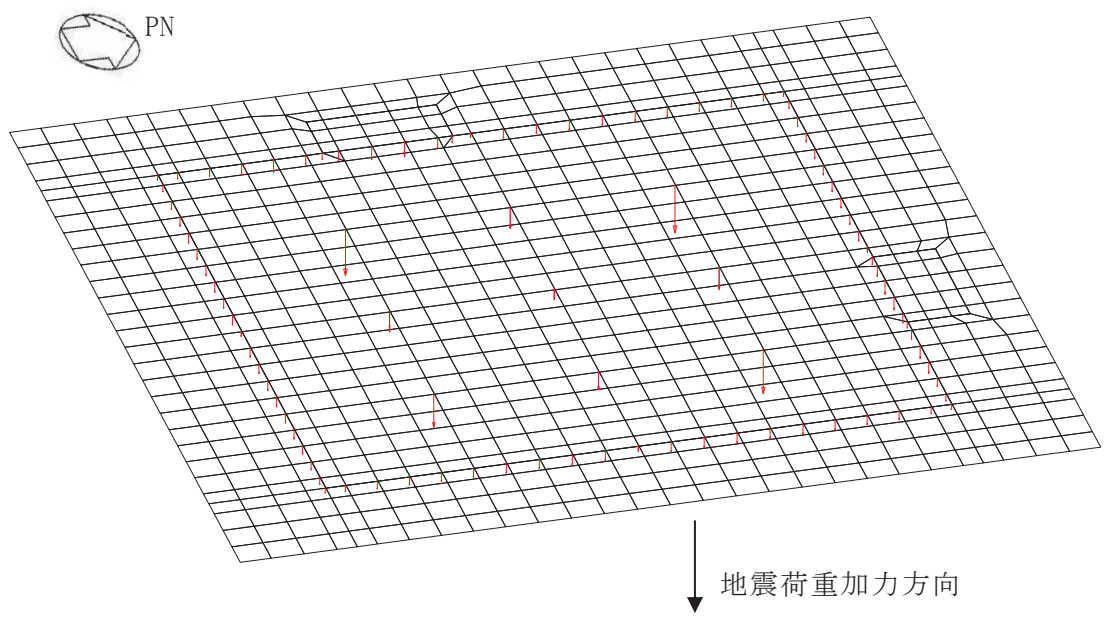


(c) 曲げモーメント (NS 方向) 上部構造の地震力



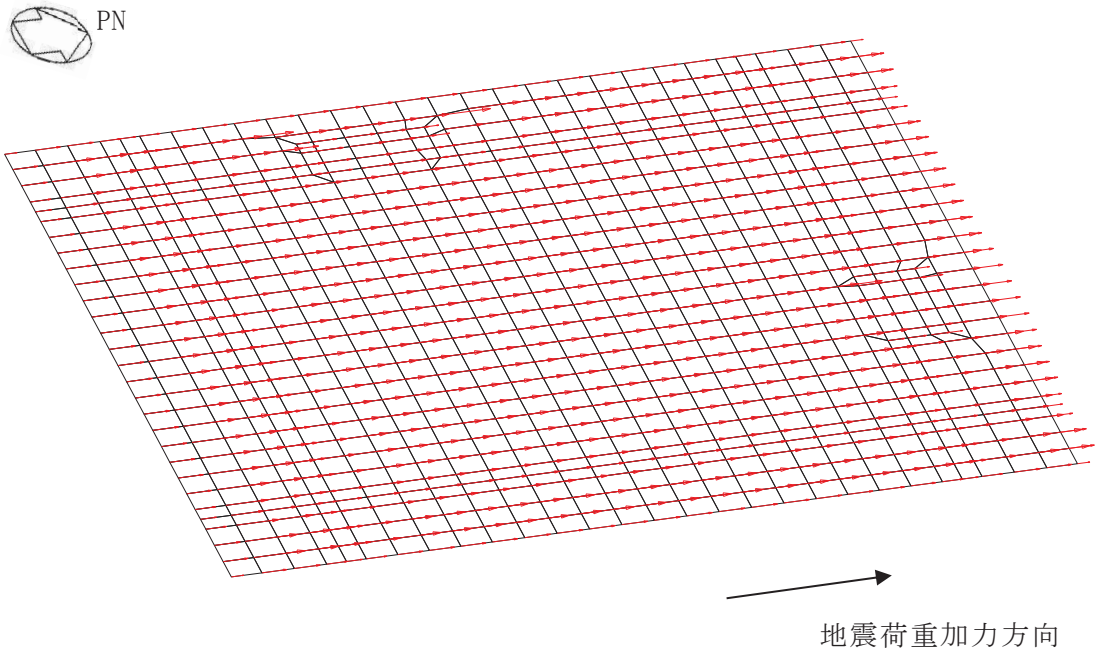
(d) 曲げモーメント (EW 方向) 上部構造の地震力

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (2/7)

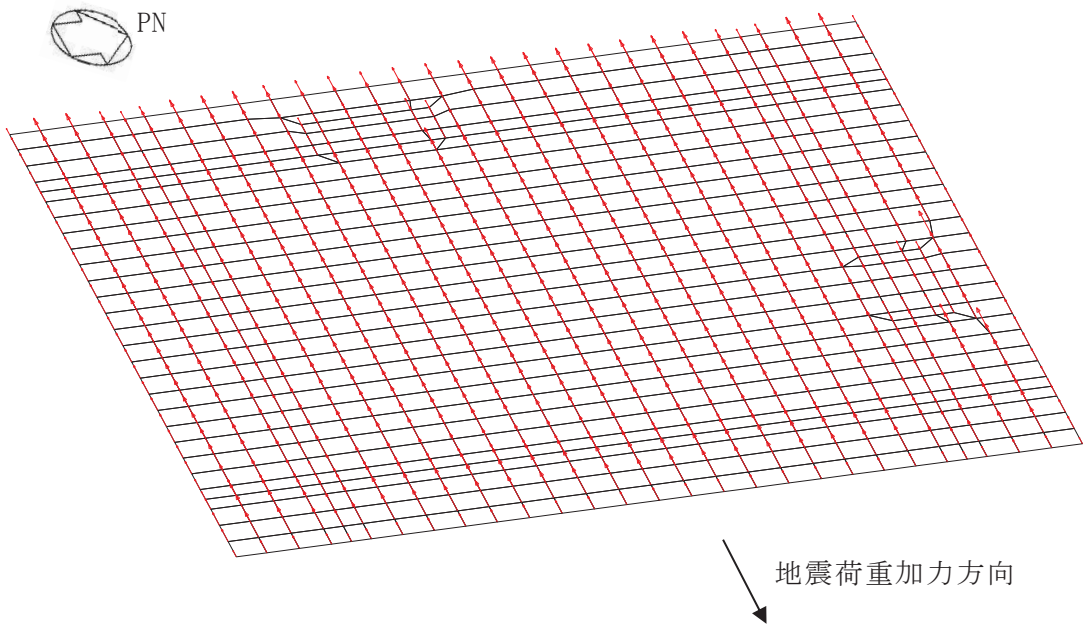


(e) 鉛直力 上部構造の地震力

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (3/7)

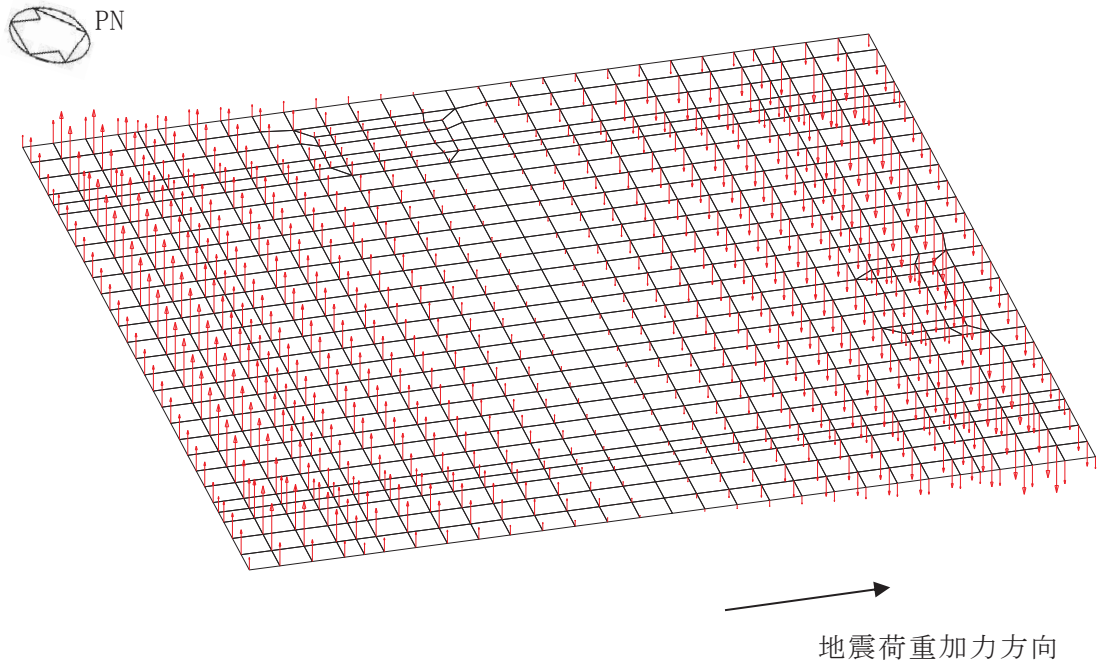


(f) 付加せん断力 (NS 方向)

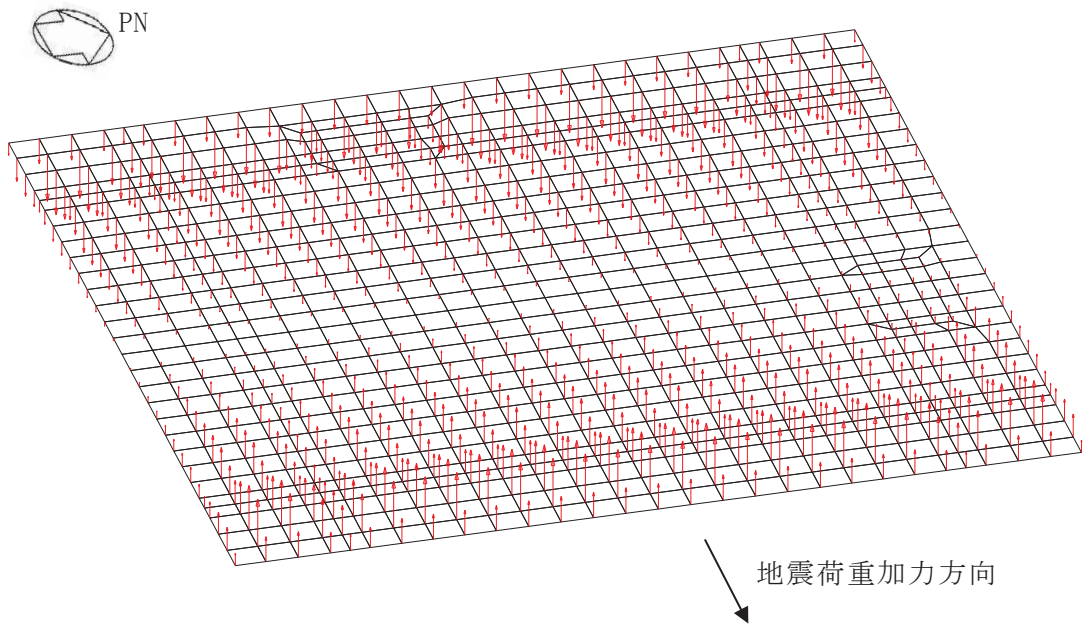


(g) 付加せん断力 (EW 方向)

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (4/7)

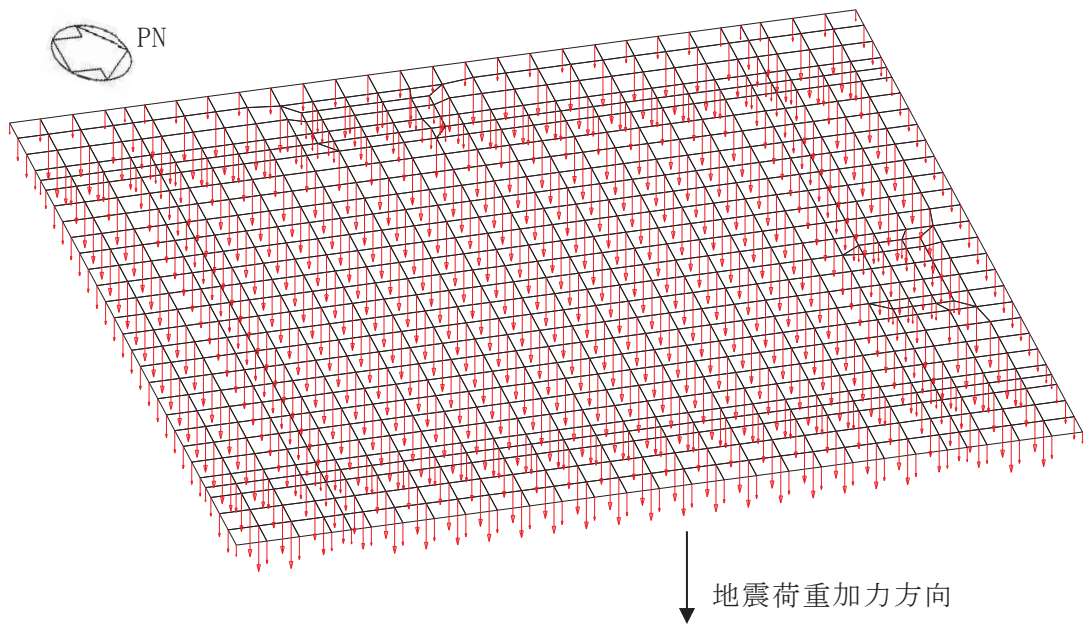


(h) 付加曲げモーメント (NS 方向)



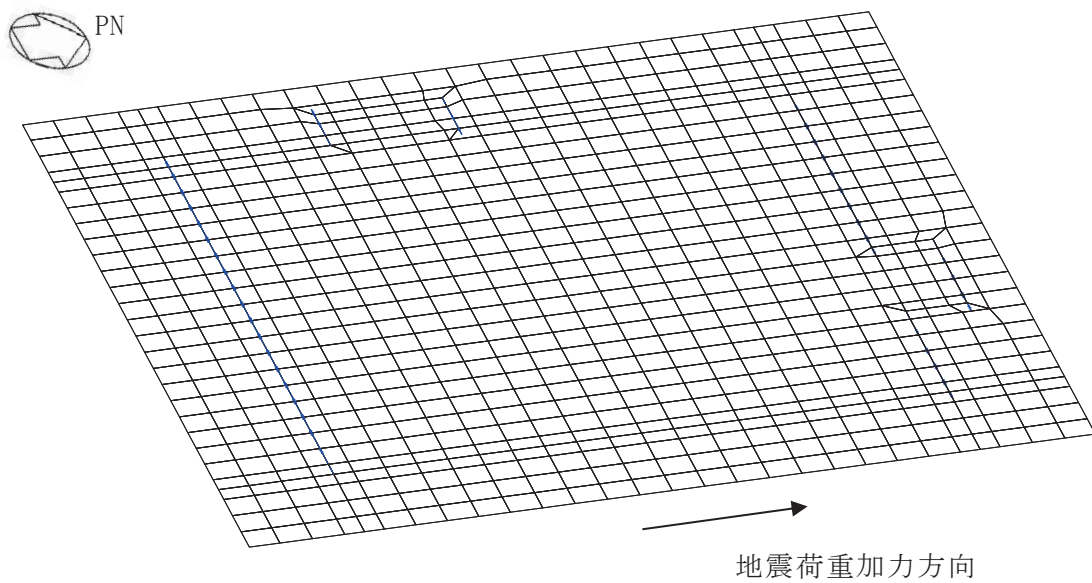
(i) 付加曲げモーメント (EW 方向)

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (5/7)

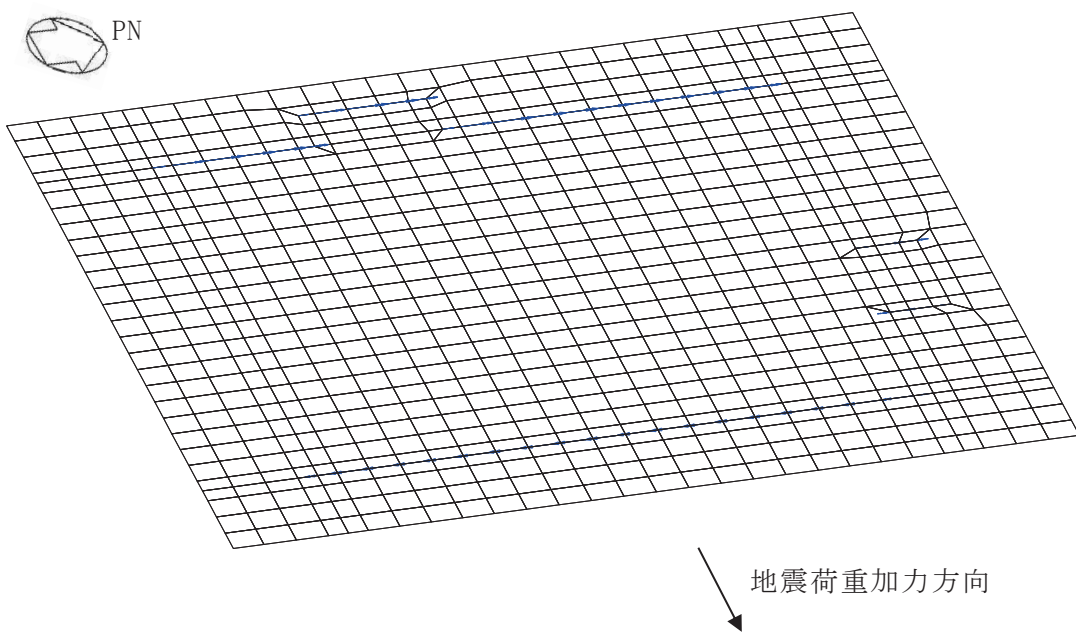


(j) 付加軸力

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (6/7)



(k) 地震時増分土圧荷重 (NS 方向) 曲げモーメント



(l) 地震時増分土圧荷重 (EW 方向) 曲げモーメント

図 2-2 FEM モデルに入力する地震荷重 (7/7)

別紙 2-3 応力解析における断面の評価部位の選定

目 次

1. 概要 別紙 2-3-1
2. 断面の評価部位の選定 別紙 2-3-2

1. 概要

本資料は、緊急時対策建屋基礎版の応力解析における断面の評価部位の選定に関し、工認記載の断面の評価要素の選定結果について示すものである。

2. 断面の評価部位の選定

基礎版の荷重の組合せケースを表 2-1 に，配筋領域図を図 2-1 に，配筋一覧を表 2-2 に示す。

各評価項目の検定値一覧を表 2-3 に，断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果を図 2-2 に，断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図を図 2-3 に示す。

表 2-1 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S _s 地震時	1	$G + P + 1.0 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ UD}$
	2	$G + P + 1.0 S_{s\ NS} + 0.4 S_{s\ UD}$
	3	$G + P + 1.0 S_{s\ SN} + 0.4 S_{s\ DU}$
	4	$G + P + 1.0 S_{s\ NS} + 0.4 S_{s\ DU}$
	5	$G + P + 1.0 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ UD}$
	6	$G + P + 1.0 S_{s\ EW} + 0.4 S_{s\ UD}$
	7	$G + P + 1.0 S_{s\ WE} + 0.4 S_{s\ DU}$
	8	$G + P + 1.0 S_{s\ EW} + 0.4 S_{s\ DU}$
	9	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} + 1.0 S_{s\ UD}$
	10	$G + P + 0.4 S_{s\ NS} + 1.0 S_{s\ UD}$
	11	$G + P + 0.4 S_{s\ SN} + 1.0 S_{s\ DU}$
	12	$G + P + 0.4 S_{s\ NS} + 1.0 S_{s\ DU}$
	13	$G + P + 0.4 S_{s\ WE} + 1.0 S_{s\ UD}$
	14	$G + P + 0.4 S_{s\ EW} + 1.0 S_{s\ UD}$
	15	$G + P + 0.4 S_{s\ WE} + 1.0 S_{s\ DU}$
	16	$G + P + 0.4 S_{s\ EW} + 1.0 S_{s\ DU}$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$S_{s\ SN}$: S→N 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)

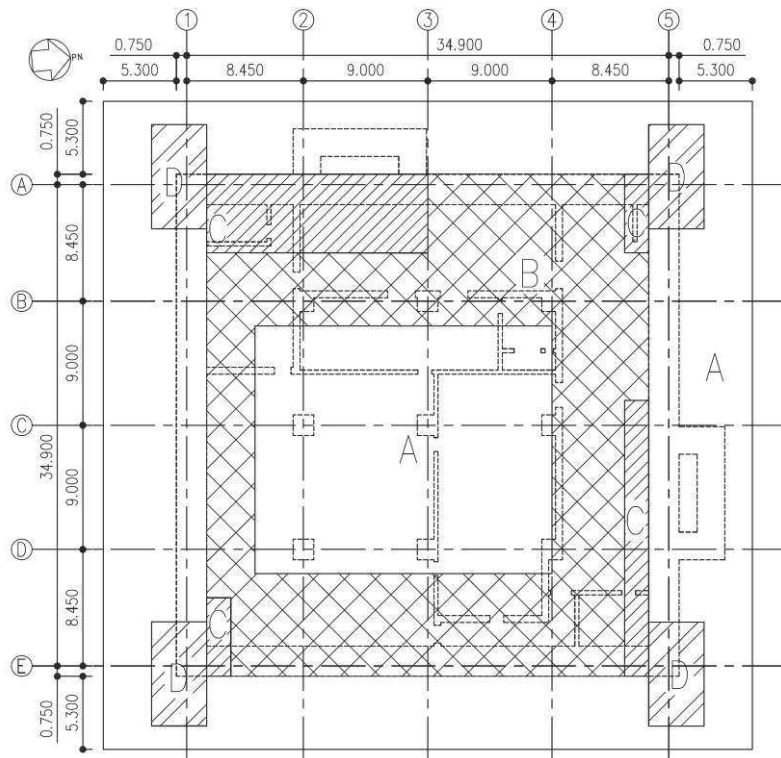
$S_{s\ NS}$: N→S 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)

$S_{s\ EW}$: E→W 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)

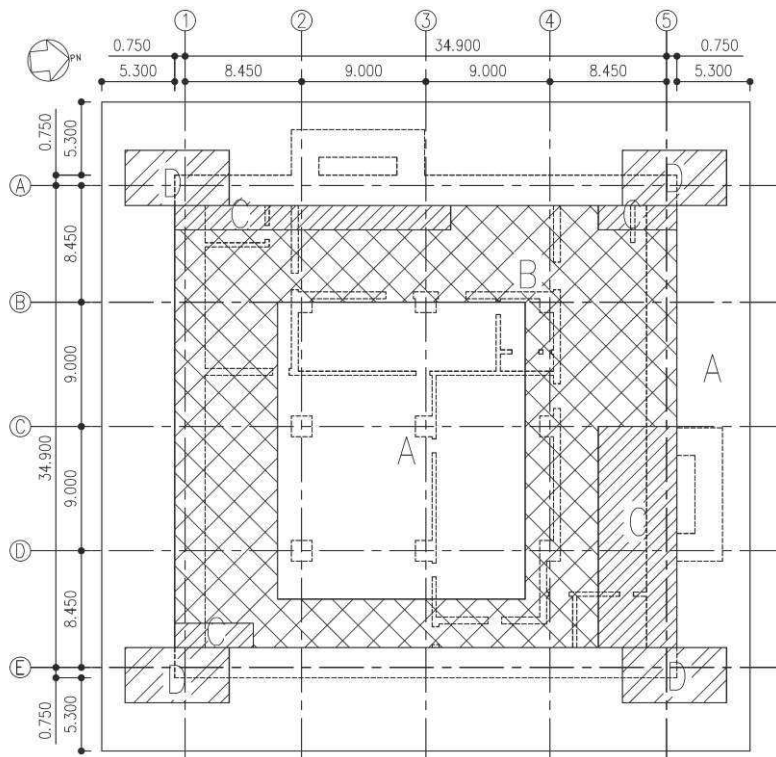
$S_{s\ WE}$: W→E 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)

$S_{s\ UD}$: 鉛直方向 (下向き) S_s 地震荷重

$S_{s\ DU}$: 鉛直方向 (上向き) S_s 地震荷重

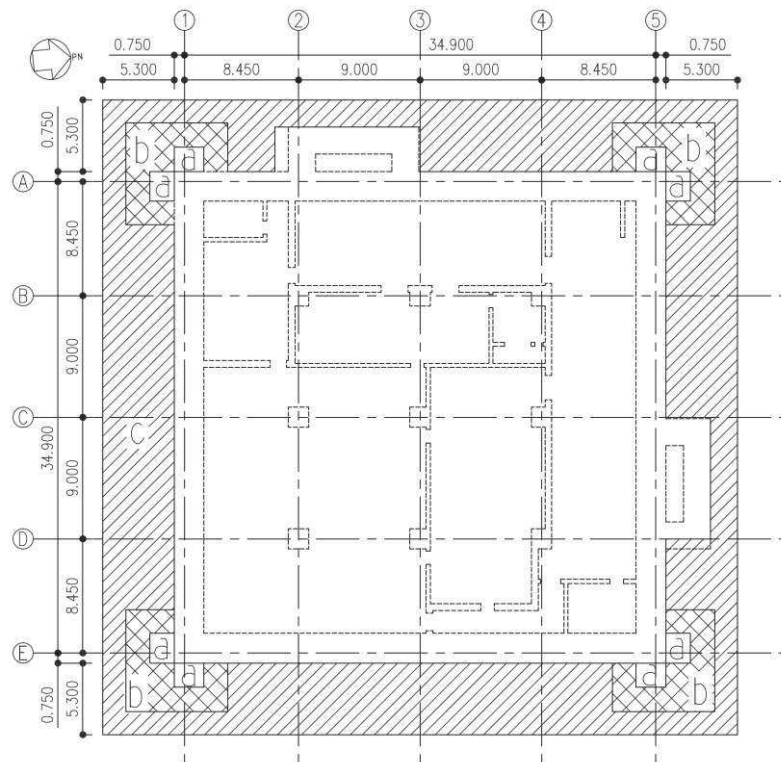


(a) NS 方向主筋



(b) EW 方向主筋

図 2-1 (1) 配筋領域図 (1/2)



(c) せん断補強筋

図 2-1 (2) 配筋領域図 (2/2)

表 2-2 配筋一覧

(a) 主筋

領域	上ば筋		下ば筋	
	方向	配筋	方向	配筋
A	NS	2-D38@200	NS	2-D38@200
	EW	2-D38@200	EW	2-D38@200
B	NS	3-D38@200	NS	3-D38@200
	EW	3-D38@200	EW	3-D38@200
C	NS	4-D38@200	NS	4-D38@200
	EW	4-D38@200	EW	4-D38@200
D	NS	8-D38@200	NS	8-D38@200
	EW	8-D38@200	EW	8-D38@200

注記：主筋はすべて SD490

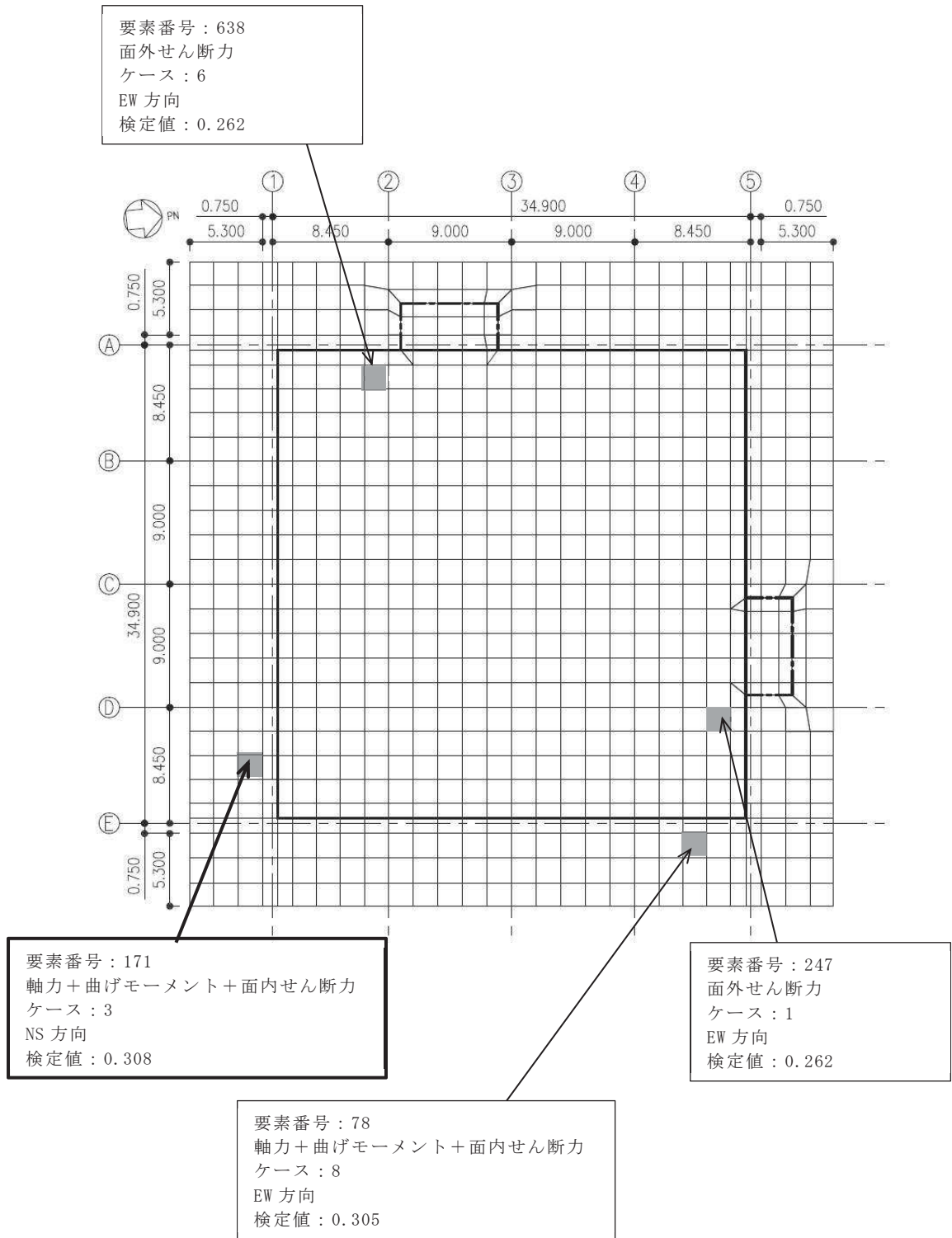
(b) せん断補強筋

領域	配筋
a	D38@400×200 (SD390)
b	D32@600×200 (SD390)
c	D19@600×200 (SD345)

表 2-3 各評価項目の検定値一覧

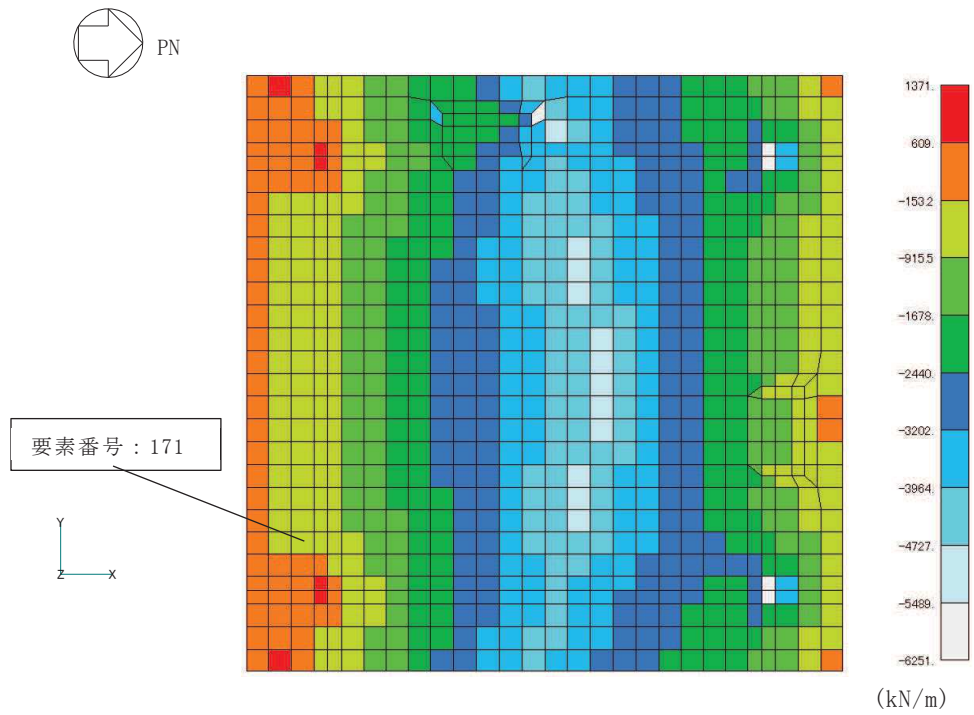
評価項目			要素 番号	荷重の 組合せ ケース	検定値
軸力 + 曲げ モーメント + 面内 せん断力	NS 方向	必要鉄筋量/配筋量	171	3	0.308
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	78	8	0.305
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度	247	1	0.262
	EW 方向	面外せん断応力度	638	6	0.262

注：□ は、検定値が最大となる要素を示す。

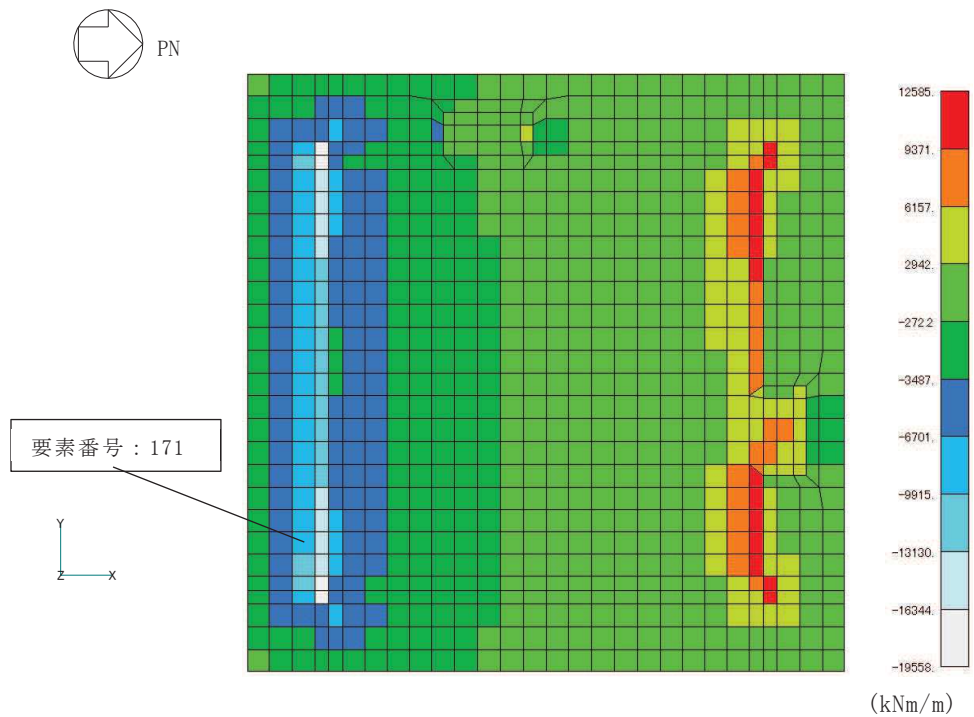


注：□は、検定値が最大となる要素を示す。

図 2-2 断面力ごとの検定値が最大となる要素及び断面の評価結果

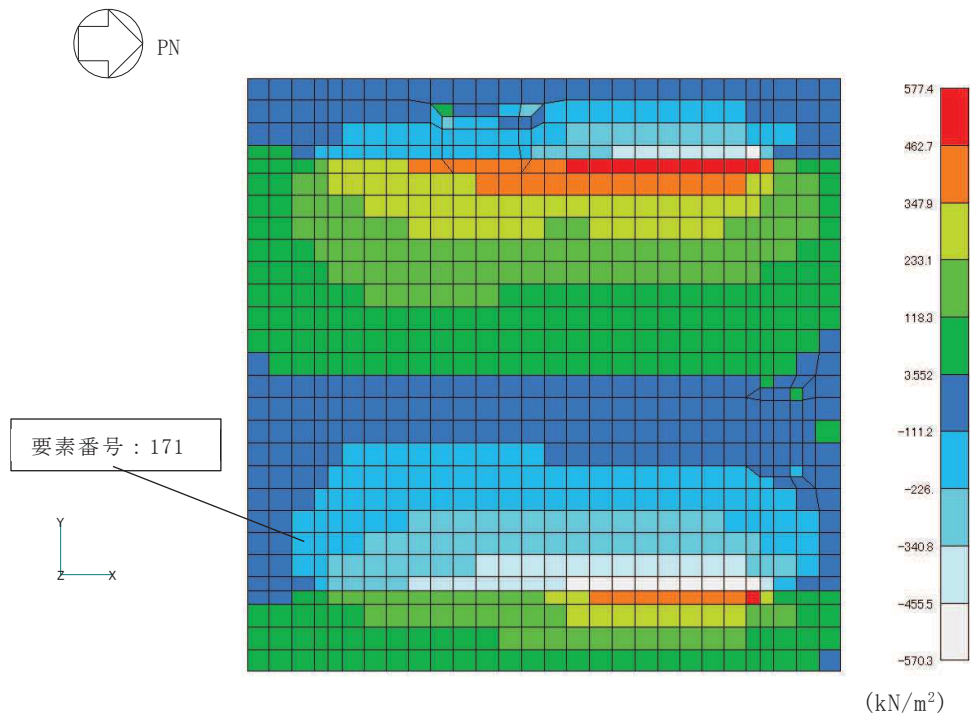


(a)軸力 (NS 方向, ケース 3)



(b)曲げモーメント (NS 方向, ケース 3)

図 2-3(1) 断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図 (1/2)



(c) 面内せん断力 (NS 方向, ケース 3)

図 2-3(2) 断面の評価部位の選定に関する荷重組合せケースの断面力コンター図 (2/2)

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-12_改0
提出年月日	2021年3月29日

補足-610-12 【第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての
計算書に関する補足説明資料】

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」及び添付書類「VI-2-2-30 第3号機海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1 東北地方太平洋沖地震等に対する第3号機海水熱交換器建屋のシミュレーション解析

別紙 2 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙 3 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定

別紙 4 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 4-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 4-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 1 東北地方太平洋沖地震等に対する第 3 号機海水熱交換器建
屋のシミュレーション解析

目次

1.	はじめに	別紙 1- 1
2.	シミュレーション解析	別紙 1- 2
2.1	地震計の配置	別紙 1- 2
2.2	耐震壁の評価	別紙 1- 4
2.3	接地圧の評価	別紙 1-33
3.	評価結果のまとめ	別紙 1-36

1. はじめに

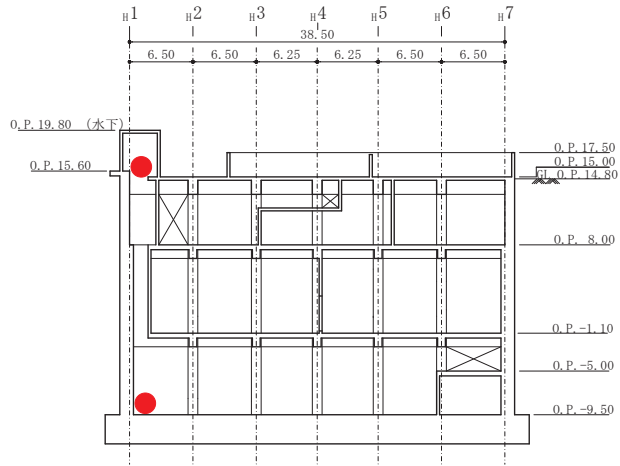
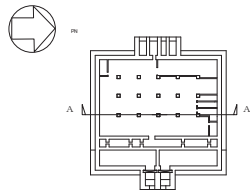
第3号機海水熱交換器建屋について、3.11地震及び4.7地震の2つの地震に対して、建屋の振動特性を確認すること及び耐震壁に構造的な影響が生じていないか確認することを目的としてシミュレーション解析を実施する。

地震による第3号機海水熱交換器建屋の構造的な影響評価は、建屋の質点系モデルを用いて建屋内外に設置された地震計の観測記録によるシミュレーション解析を行い、地震時の応力に対し鉄筋が弾性範囲内にあることを確認することにより実施する。

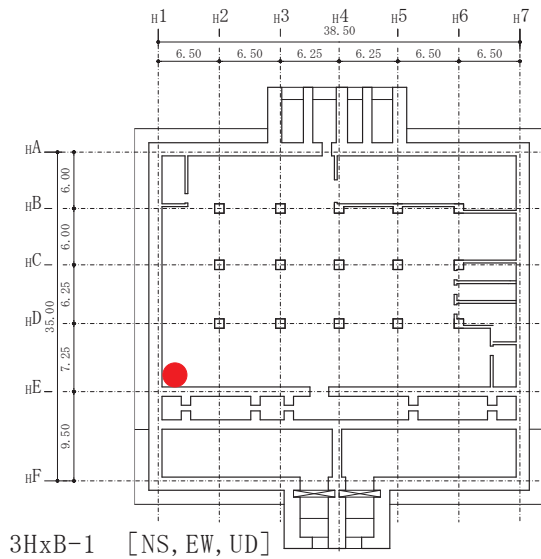
2. シミュレーション解析

2.1 地震計の配置

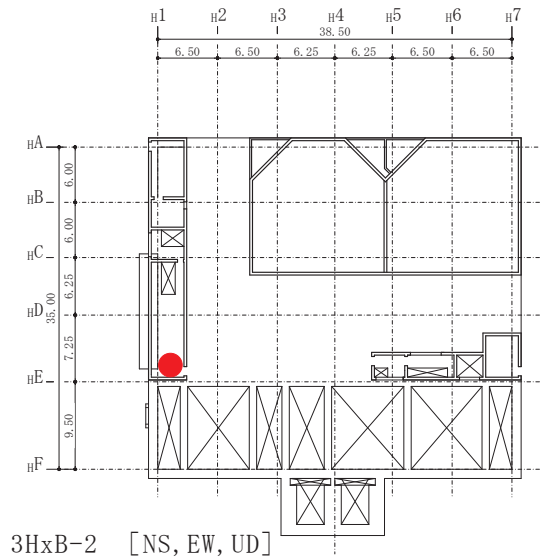
第3号機海水熱交換器建屋における地震計配置図（断面図及び平面図）を図 2-1 に示す。



断面図



基礎版上 (O.P. -9.50m)



屋上階 (O.P. 15.00m)

図 2-1 地震計配置図

2.2 耐震壁の評価

2.2.1 地震応答解析の概要

当該地震に対する第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析は、基礎版上における水平方向及び鉛直方向の地震観測記録を用いた解析（水平：非線形解析，鉛直：線形解析）とした。

解析モデルへの入力地震動は、第3号機海水熱交換器建屋の基礎版上での観測記録を線形解析モデルの基礎版上に入力し、基礎版上から建屋底面ばね外の伝達関数を用いて算定する。

解析結果と観測記録の整合性は、第3号機海水熱交換器建屋各階における最大応答加速度及び加速度応答スペクトルについて観測記録との比較によって確認する。

入力地震動の算出概念図を図2-2に示す。

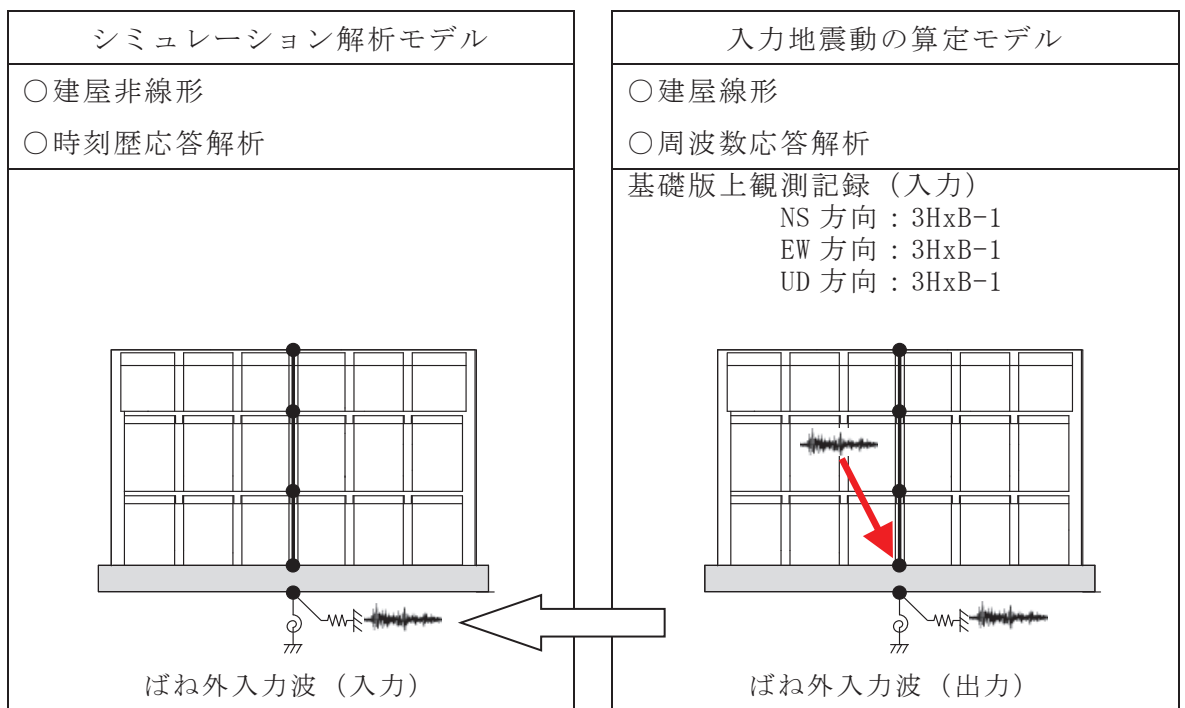


図 2-2 入力地震動の算出概念図

解析モデルは、地震観測記録と解析結果が整合するように次の2項目を見直して新たな解析モデルを構築した。

解析モデルの諸元の設定について表2-1に水平方向、表2-2に鉛直方向について示す。

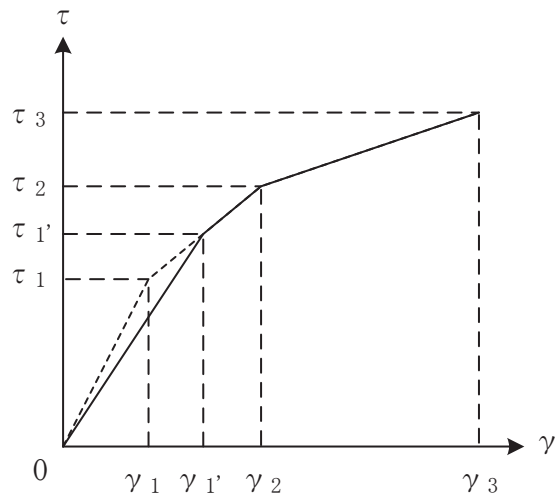
- ① 鉄筋コンクリート部の剛性評価は、耐震壁について観測記録と整合するように等価な剛性として設定し、図2-3に示すように復元力特性の第1勾配は設計時から見直した。建屋全体に一律の等価な剛性を設定した。
- ② 建屋の減衰定数は、観測記録と整合するように解析では全て鉄筋コンクリート部の減衰定数に代表させて再設定した。また、水平は両方向ともに同じ減衰定数とした。

表 2-1 解析モデル諸元の設定（水平方向）

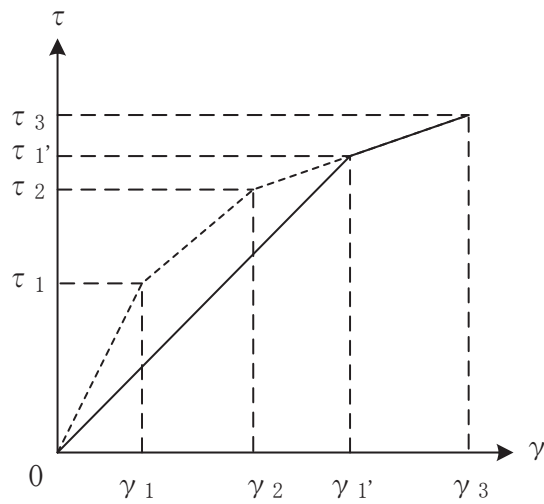
項 目		シミュレーション解析 (当該地震による評価)
応答計算法		時刻歴応答解析(非線形解析)
入力地震動		入力地震動の算定モデルで求めた 基礎底面ばね外における地震動
剛性評価	考慮範囲	耐震壁
	ヤング係数(E) せん断弾性係数(G)	観測記録との整合性を踏まえ再設定
	剛性・復元力特性の 設定の考え方	観測記録と整合する等価な剛性のモデル化は、耐震壁のヤング係数・せん断弾性係数を再設定することにより行い、復元力特性は設計時モデルのスケルトンと接続。建屋全体に一律の等価剛性を設定。
減衰定数	鉄筋コンクリート	20% (ひずみエネルギー比例型)
	減衰定数設定の 考え方	観測記録のみかけの減衰に対して、解析では全て鉄筋コンクリート部の減衰に代表させた。 なお、水平2方向は同じ値を採用。
解析 モデル	建屋-地盤相互作用	スウェイ・ロッキングモデル (側面地盤との相互作用は考慮しない)
	建屋モデル	質点系1軸モデル
	地盤ばね	J E A Gによる近似法

表 2-2 解析モデル諸元の設定（鉛直方向）

項 目		シミュレーション解析 (当該地震による評価)
応答計算法		時刻歴応答解析(線形解析)
入力地震動		入力地震動の算定モデルで求めた 基礎底面ばね外における地震動
剛性評価	考慮範囲	耐震壁
	ヤング係数(E) せん断弾性係数(G)	設計値
減衰定数	鉄筋コンクリート	5% (ひずみエネルギー比例型)
解析モデル	建屋-地盤相互作用	底面地盤ばねで考慮 (側面地盤との相互作用は考慮しない)
	建屋モデル	質点系1軸モデル
	地盤ばね	J E A Gによる近似法



(a) 第1折点～第2折点で交差する場合



(b) 第2折点以降で交差する場合

図 2-3 等価な剛性の設定による復元力特性見直しの例

2.2.2 水平方向の地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、図 2-4 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋-地盤連成系モデルとする。

観測記録と整合するように設定した鉄筋コンクリート部の等価なヤング係数、せん断弾性係数及び減衰定数を表 2-3 に示す。また、耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ度関係($\tau-\gamma$ 関係)を図 2-5 に示すようなトリリニア型スケルトンカーブに置換し、復元力特性は図 2-6 に示すような最大点指向型履歴ループを用いる。耐震壁の曲げモーメント-曲率関係($M-\phi$ 関係)は図 2-7 に示すようなトリリニア型スケルトンカーブに置換し、復元力特性は図 2-8 に示すような履歴ループを用いる。各耐震壁について算定したせん断及び曲げスケルトンカーブの諸数値を表 2-4~表 2-7 に示す。

水平方向の解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねのスウェイ及びロッキングばね定数及び減衰係数は、振動アドミタンス理論に基づいて近似的に評価する。

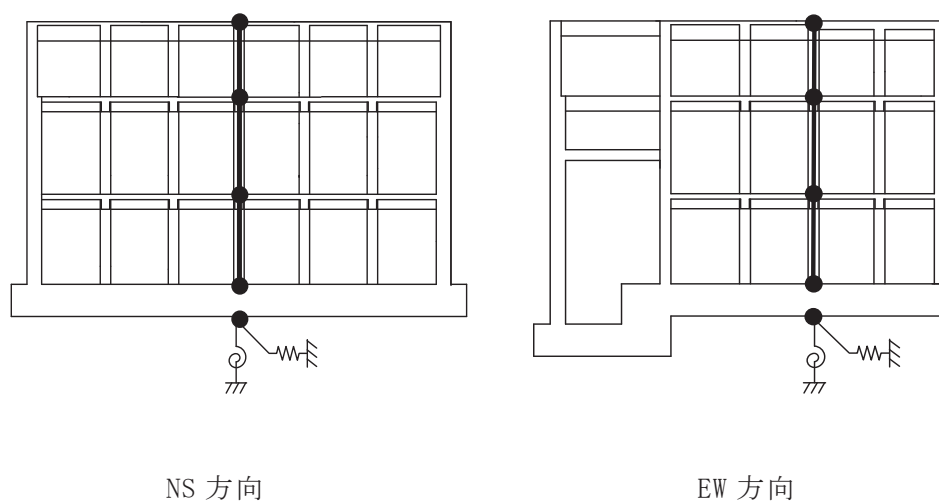


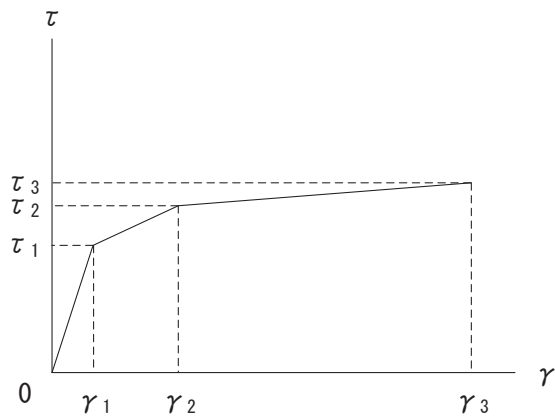
図 2-4 地震応答解析モデル（水平方向）

表 2-3 水平方向の地震応答解析に用いる物性値

材 料	方向	初期剛性 補正係数*	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)
コンクリート	NS	0.80	2.12×10^4	0.910×10^4	20
	EW	0.80	2.12×10^4	0.910×10^4	20

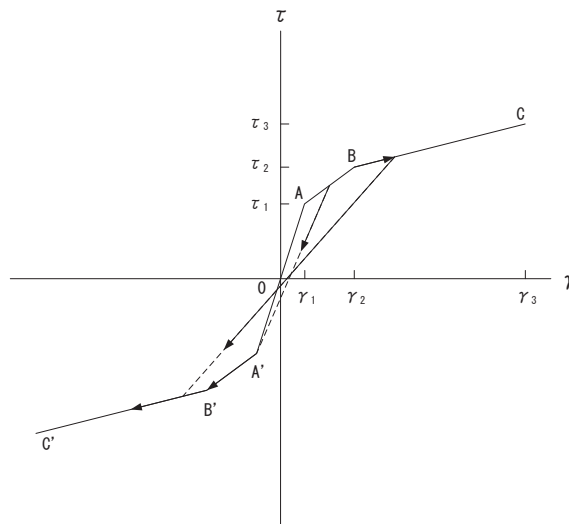
注記*：初期剛性補正係数は、観測記録と整合するように設定した耐震壁の初期剛性の設計値に対する係数

設計値	ヤング係数	2.65×10^4 N/mm ²
	せん断弾性係数	1.14×10^4 N/mm ²



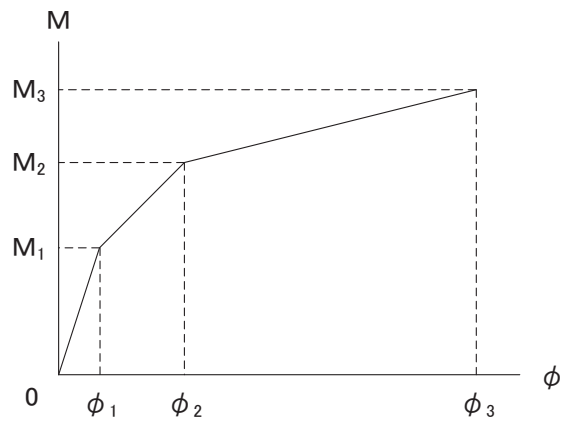
- τ_1 : 第1折点のせん断応力度
- τ_2 : 第2折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第2折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ ($=4 \times 10^{-3}$)

図 2-5 せん断応力度－せん断ひずみ関係



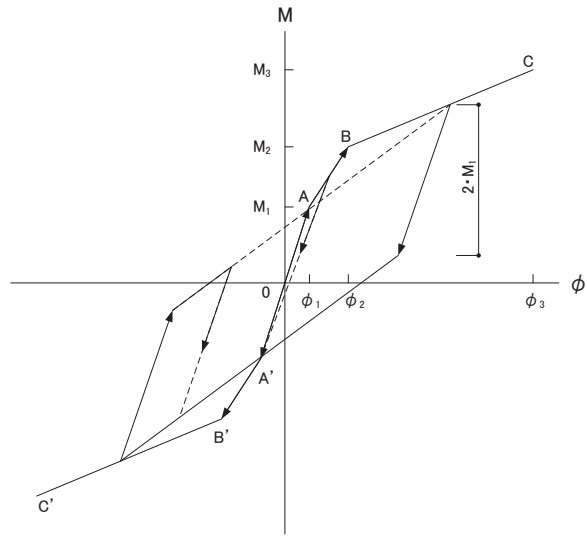
- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第1折点を越えていない時は負側第1折点に向かう。
- c. B-C 間：負側最大点指向
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 2-6 せん断応力度－せん断ひずみ関係の復元力特性



- M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント
- M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント
- M_3 : 終局点の曲げモーメント
- ϕ_1 : 第 1 折点の曲率
- ϕ_2 : 第 2 折点の曲率
- ϕ_3 : 終局点の曲率

図 2-7 曲げモーメントー曲率関係



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

図 2-8 曲げモーメントー曲率関係の復元力特性

表 2-4 せん断力のスケルトンカーブ数値表 (NS 方向)
(剛性補正係数 0.80)

0. P. (m)	τ_1' (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
15.0 ~ 8.0	1.97	2.51	5.91	0.216	0.491	4.00
8.0 ~ -1.1	2.06	2.64	5.86	0.227	0.515	4.00
-1.1 ~ -9.5	2.20	2.82	6.24	0.242	0.550	4.00

表 2-5 せん断力のスケルトンカーブ数値表 (EW 方向)
(剛性補正係数 0.80)

0. P. (m)	τ_1' (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
15.0 ~ 8.0	1.97	2.51	6.04	0.216	0.491	4.00
8.0 ~ -1.1	2.06	2.64	5.99	0.227	0.515	4.00
-1.1 ~ -9.5	2.20	2.82	6.26	0.242	0.550	4.00

表 2-6 曲げモーメントのスケルトンカーブ数値表 (NS 方向)
(剛性補正係数 0.80)

0. P. (m)	M_1' ($\times 10^6$ kN·m)	M_2 ($\times 10^6$ kN·m)	M_3 ($\times 10^6$ kN·m)	ϕ_1' ($\times 10^{-5}$ /m)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}$ /m)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}$ /m)
15.0 ~ 8.0	2.98	5.84	7.98	0.589	4.95	98.9
8.0 ~ -1.1	4.16	8.36	11.1	0.646	5.05	101
-1.1 ~ -9.5	6.73	15.0	20.1	0.746	5.27	105

表 2-7 曲げモーメントのスケルトンカーブ数値表 (EW 方向)
(剛性補正係数 0.80)

0. P. (m)	M_1' ($\times 10^6$ kN·m)	M_2 ($\times 10^6$ kN·m)	M_3 ($\times 10^6$ kN·m)	ϕ_1' ($\times 10^{-5}$ /m)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}$ /m)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}$ /m)
15.0 ~ 8.0	2.95	5.34	7.72	0.644	5.40	108
8.0 ~ -1.1	4.31	8.22	11.6	0.708	5.55	111
-1.1 ~ -9.5	4.99	11.2	15.5	0.818	5.81	116

2.2.3 鉛直方向の地震応答解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、図 2-9 に示すように、建屋を軸変形する耐震壁部からなる質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋-地盤連成系モデルとする。

観測記録と整合するように設定した鉄筋コンクリート部のヤング係数、せん断弾性係数及び減衰定数を表 2-8 に示す。なお、これらの剛性及び減衰定数は設計値とする。

基礎底面地盤ばねの鉛直ばね定数及び減衰係数は、振動アドミタンス理論に基づいて近似的に評価する。

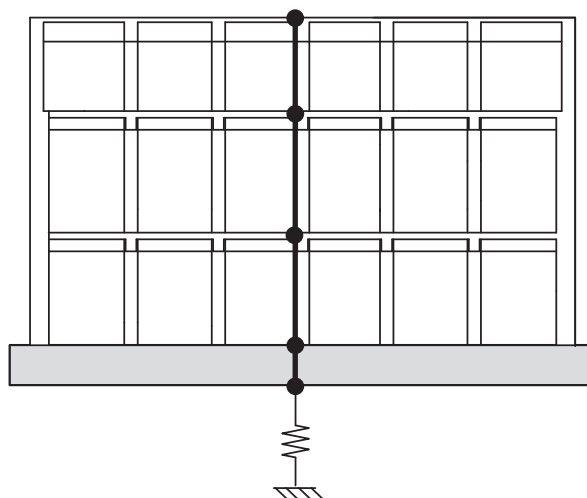


図 2-9 地震応答解析モデル（鉛直方向）

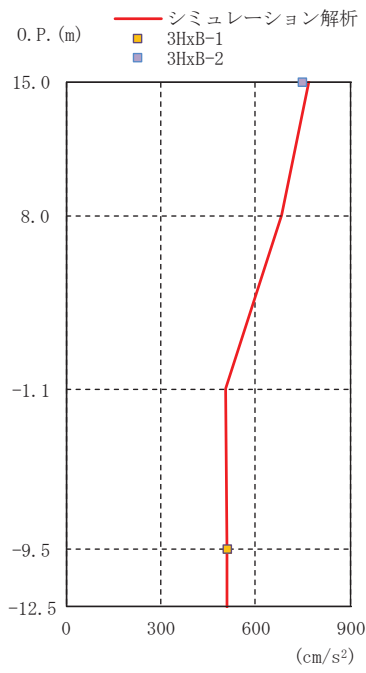
表 2-8 鉛直方向の地震応答解析に用いる物性値

材 料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
コンクリート	2.65×10^4	1.14×10^4	5

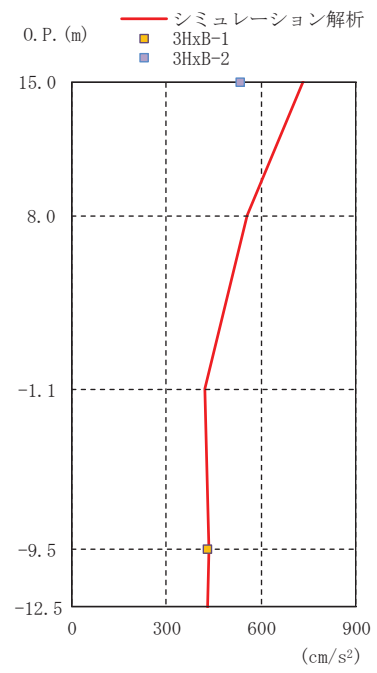
2.2.4 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた NS 方向, EW 方向及び UD 方向の最大応答加速度, 最大応答変位及び加速度応答スペクトルと 3.11 地震の観測記録との比較を図 2-10～図 2-14 に, 4.7 地震の観測記録との比較を図 2-15～図 2-19 に示す。解析モデルの固有値解析結果を表 2-9～表 2-11 及び図 2-20～図 2-22 に示す。

これより, 観測記録と解析結果の各方向の最大応答加速度, 最大応答変位及び加速度応答スペクトルは概ね整合していることを確認した。

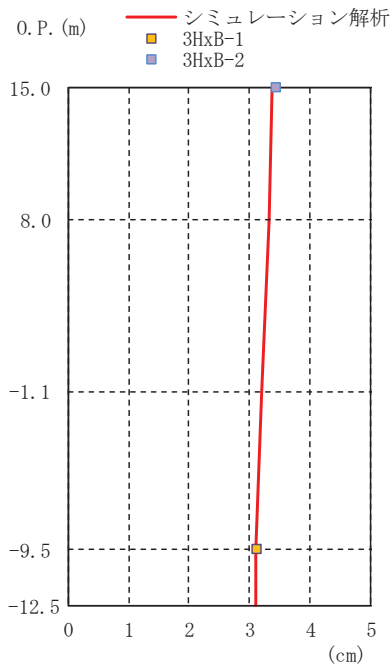


(a) NS 方向

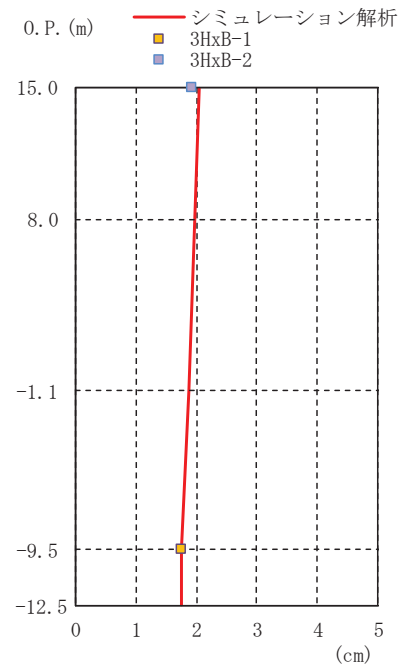


(b) EW 方向

図 2-10 最大応答加速度の比較 (3.11 地震)

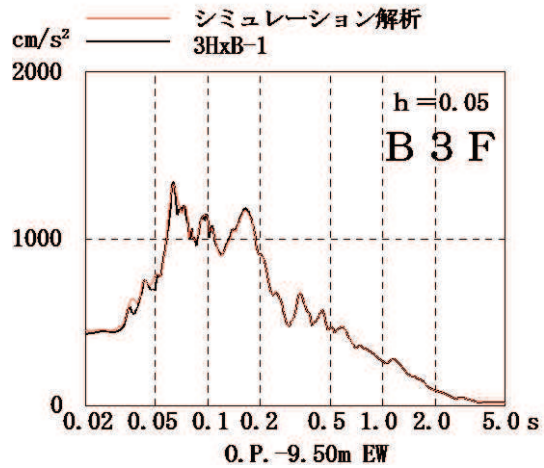
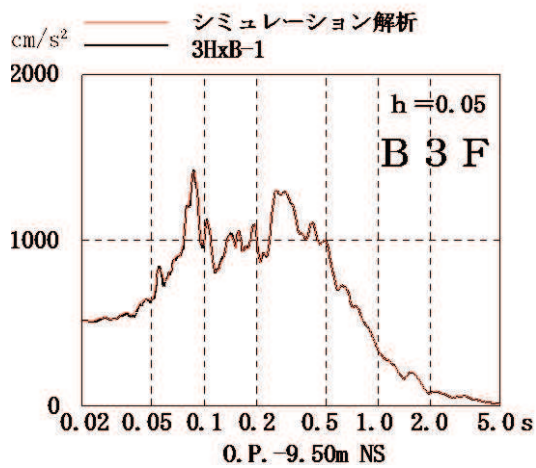
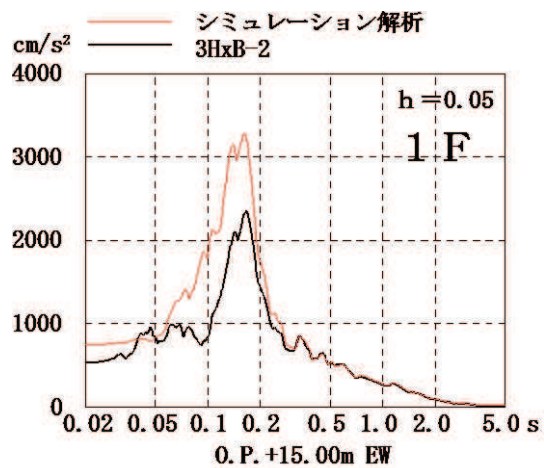
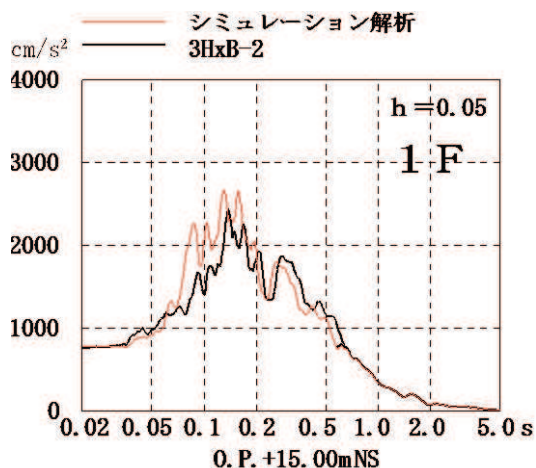


(a) NS 方向



(b) EW 方向

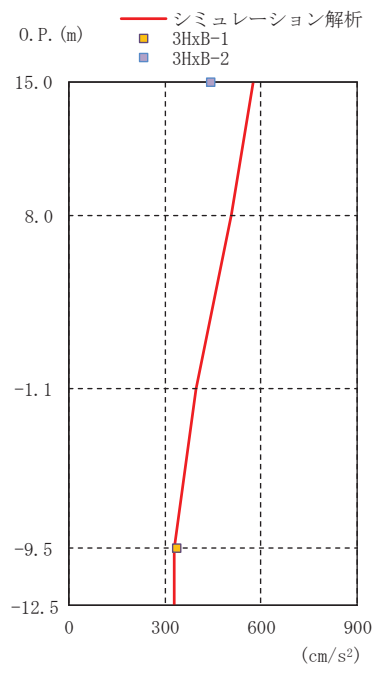
図 2-11 最大応答変位の比較 (3.11 地震)



NS 方向

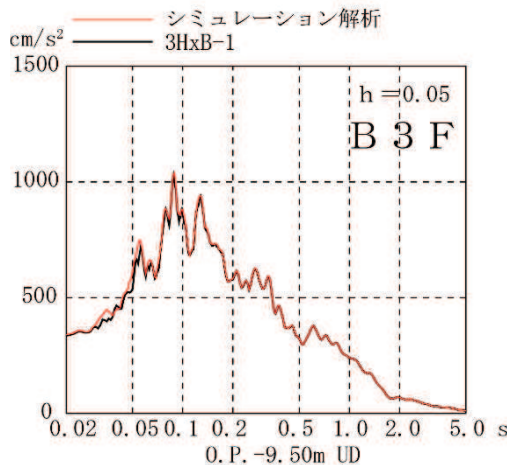
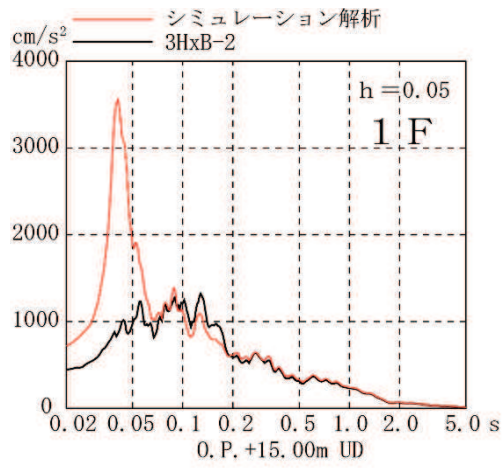
EW 方向

図 2-12 加速度応答スペクトルの比較 (3.11 地震)



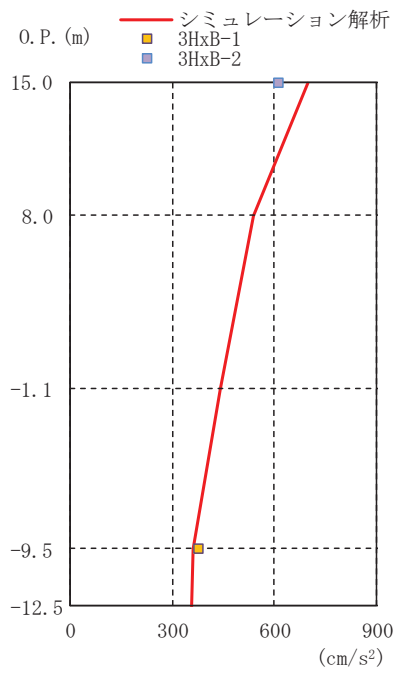
(UD 方向)

図 2-13 最大応答加速度の比較 (3.11 地震)

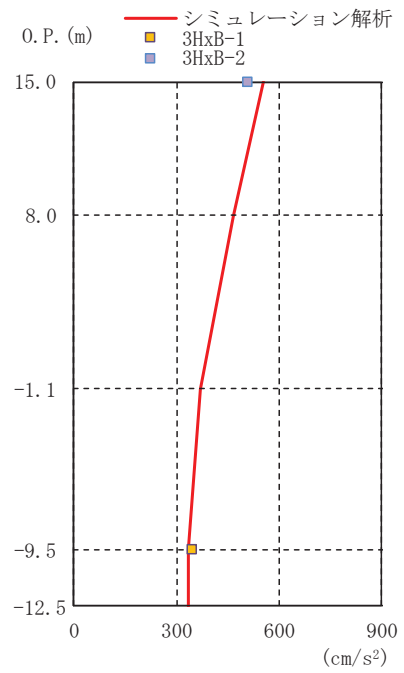


(UD 方向)

図 2-14 加速度応答スペクトルの比較 (3.11 地震)

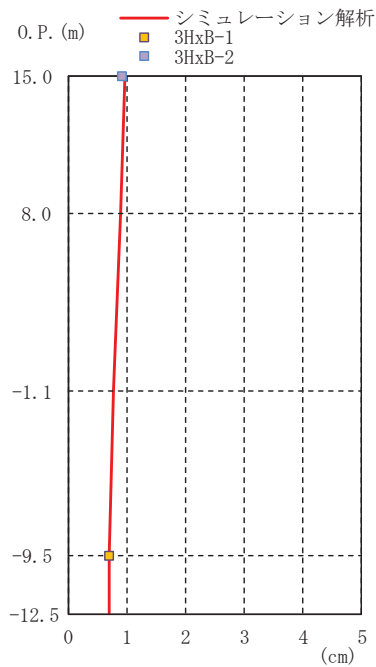


(a) NS 方向

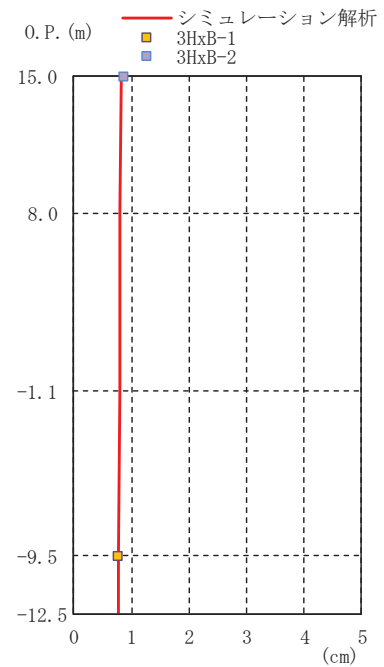


(b) EW 方向

図 2-15 最大応答加速度の比較 (4.7 地震)

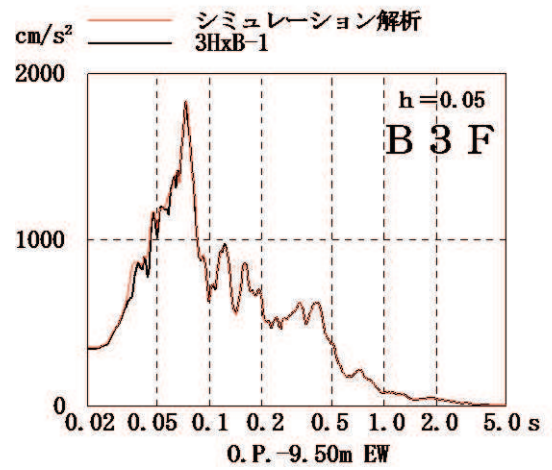
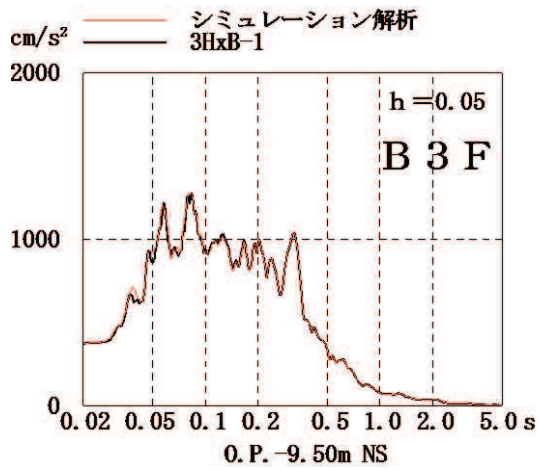
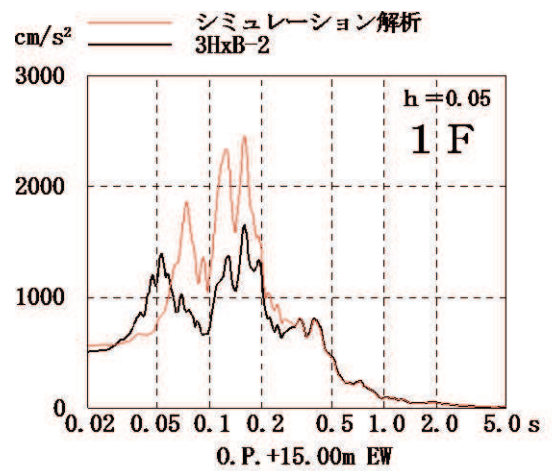
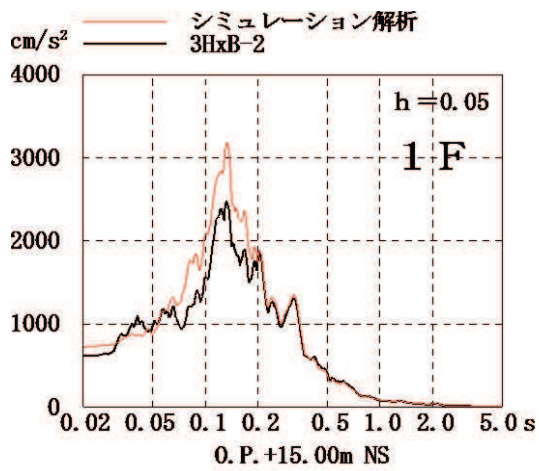


(a) NS 方向



(b) EW 方向

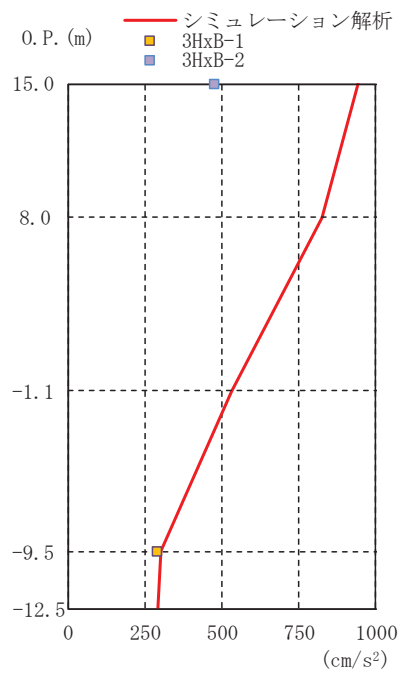
図 2-16 最大応答変位の比較 (4.7 地震)



NS 方向

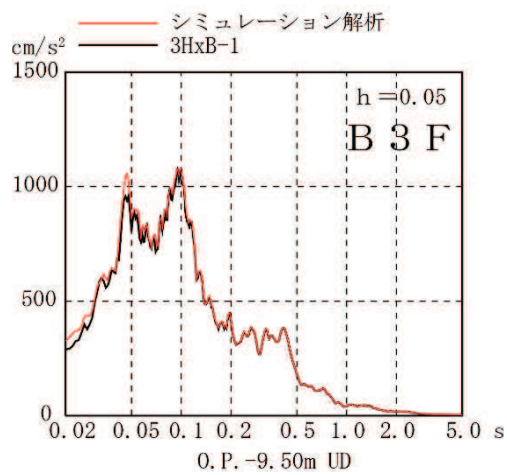
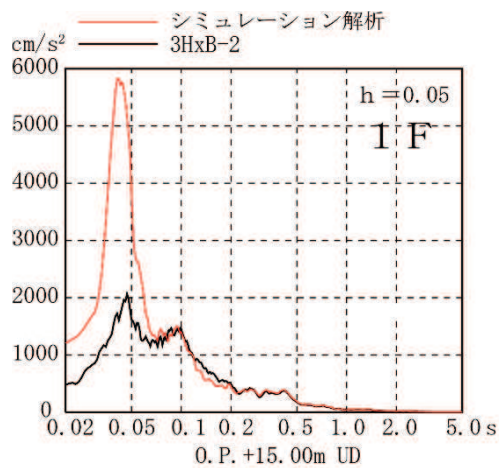
EW 方向

図 2-17 加速度応答スペクトルの比較 (4.7 地震)



(UD 方向)

図 2-18 最大応答加速度の比較 (4.7 地震)



(UD 方向)

図 2-19 加速度応答スペクトルの比較 (4.7 地震)

表 2-9 固有値解析結果(NS 方向)

(剛性補正係数 0.8)

次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.137	7.30	1.362
2	0.057	17.51	0.520
3	0.044	22.51	0.183
4	0.034	29.24	0.296

表 2-10 固有値解析結果(EW 方向)

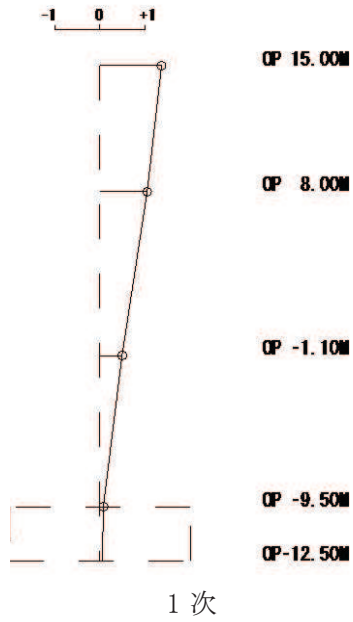
(剛性補正係数 0.8)

次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.149	6.72	1.348
2	0.061	16.31	0.488
3	0.044	22.77	0.102
4	0.035	28.53	0.272

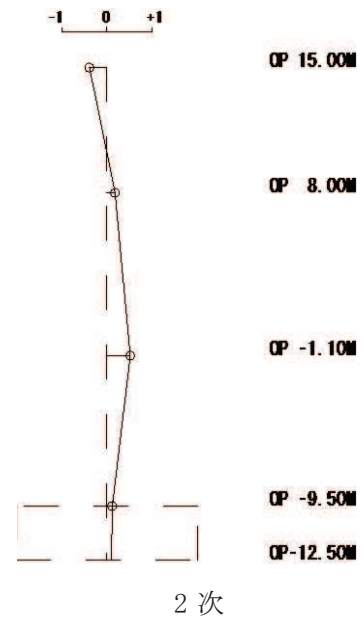
表 2-11 固有値解析結果(UD 方向)

次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.054	18.57	1.380
2	0.023	44.00	0.506
3	0.015	67.54	0.163
4	0.011	90.82	0.024

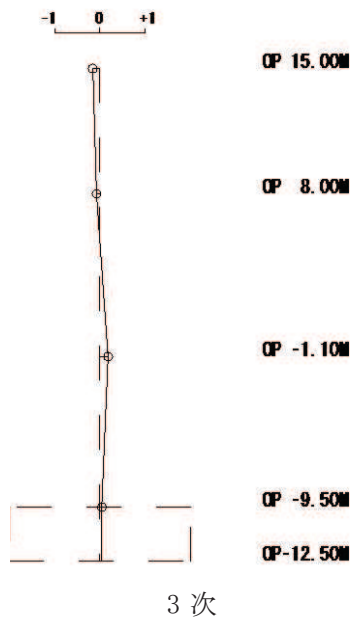
固有周期 0.137 s
固有振動数 7.30 Hz
刺激係数 1.362



固有周期 0.057 s
固有振動数 17.51 Hz
刺激係数 0.520



固有周期 0.044 s
固有振動数 22.51 Hz
刺激係数 0.183



固有周期 0.034 s
固有振動数 29.24 Hz
刺激係数 0.296

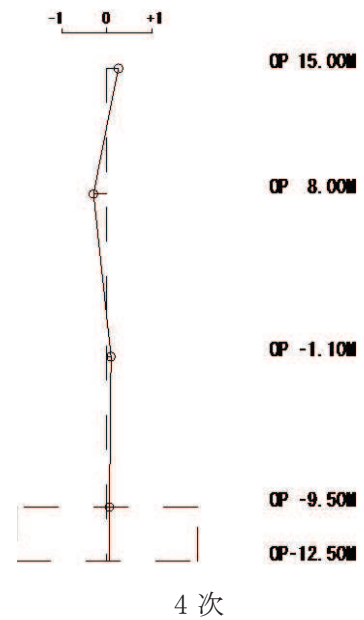
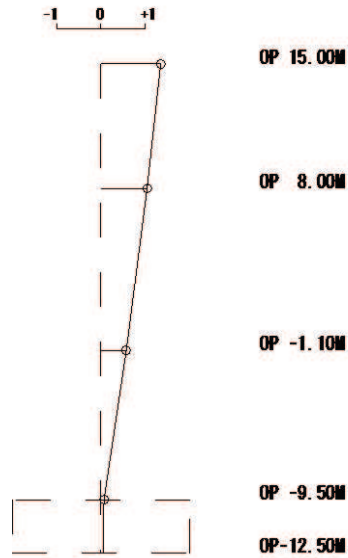


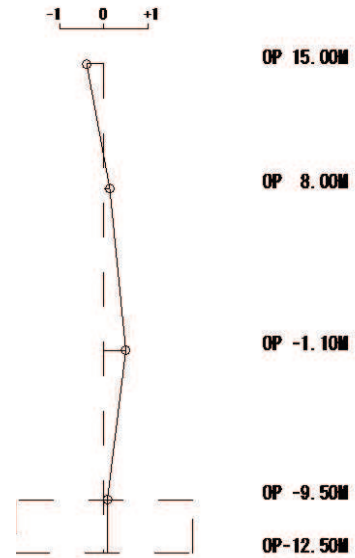
図 2-20 固有振動モード (NS 方向)

固有周期 0.149 s
固有振動数 6.72 Hz
刺激係数 1.348



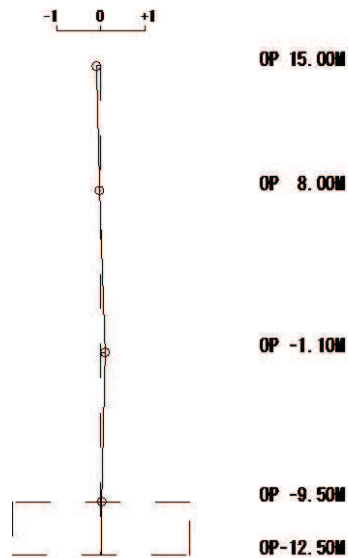
1次

固有周期 0.061 s
固有振動数 16.31 Hz
刺激係数 0.488



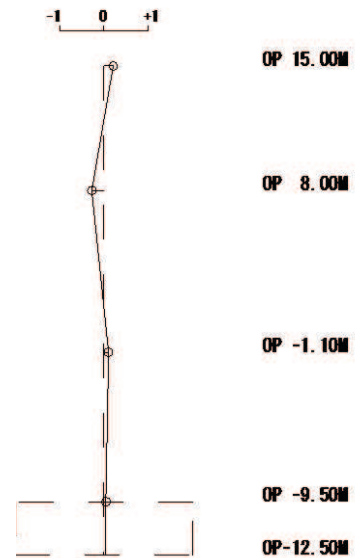
2次

固有周期 0.044 s
固有振動数 22.77 Hz
刺激係数 0.102



3次

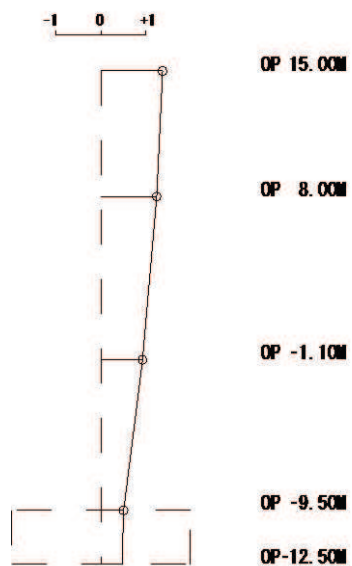
固有周期 0.035 s
固有振動数 28.53 Hz
刺激係数 0.272



4次

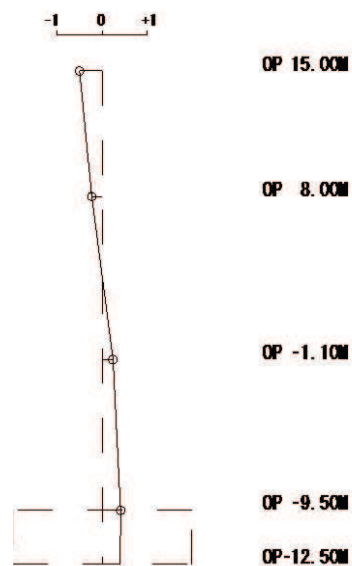
図 2-21 固有振動モード (EW 方向)

固有周期 0.054 s
固有振動数 18.57 Hz
刺激係数 1.380



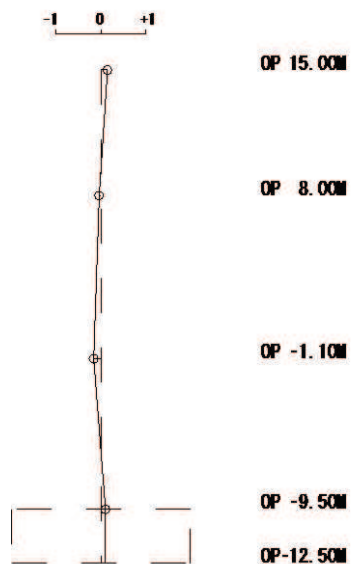
1次

固有周期 0.023 s
固有振動数 44.00 Hz
刺激係数 0.506



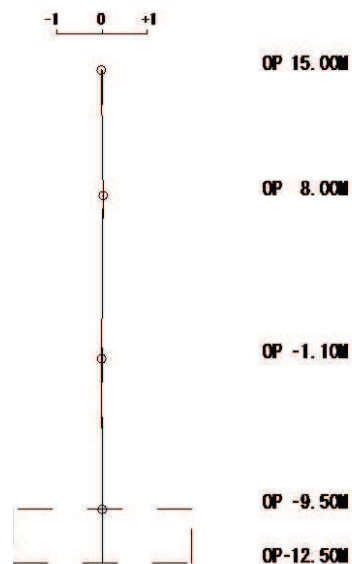
2次

固有周期 0.015 s
固有振動数 67.54 Hz
刺激係数 0.163



3次

固有周期 0.011 s
固有振動数 90.82 Hz
刺激係数 0.024



4次

図 2-22 固有振動モード (UD 方向)

2.2.5 耐震壁の評価結果

地震応答解析により得られた各階のせん断応力度を設計配筋量のみで負担できる短期許容せん断応力度 ($p_w \cdot \sigma_y^*$) と併せて図 2-23 及び図 2-26 に示す。これより、各階のせん断応力度は、設計配筋量のみで負担できる短期許容せん断応力度以下であることを確認した。

地震応答解析により得られた各階のせん断ひずみを、設計時のせん断応力度－せん断ひずみ関係の第一折点の値と併せて図 2-27 に示す。また最大応答値を再設定したせん断力のスケルトンカーブおよび曲げモーメントのスケルトンカーブ上にプロットして図 2-28 に示す。

なお、既工認時の基準地震動 S 2 の応答に対するベースシア係数は NS 方向が 1.01, EW 方向が 0.92 であった。3.11 地震のシミュレーション解析では 0.61(NS 方向)及び 0.47(EW 方向)であり、4.7 地震で 0.43(NS 方向)及び 0.43(EW 方向)であった。したがって、シミュレーション解析の地震力はいずれも基準地震動 S 2 の地震力を下回った。

以上のことから、耐震壁の鉄筋コンクリート部はひび割れが発生するものの、鉄筋は弾性範囲にあることを確認した。

注記* p_w : 耐震壁の設計鉄筋比

(タテ・ヨコ筋のうち鉄筋量の少ない方による値で、上限を 1.2%とする。)

σ_y : 鉄筋の短期許容応力度 (SD345 : 345N/mm²)

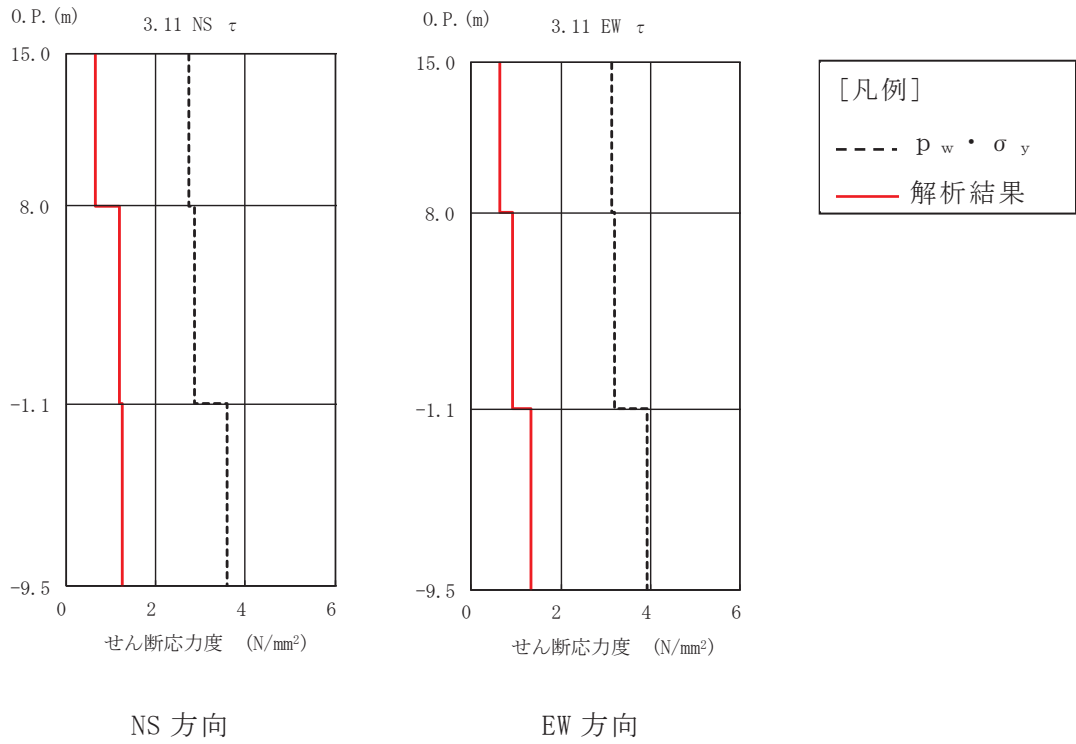


図 2-23 耐震壁のせん断応力度 (3.11 地震)

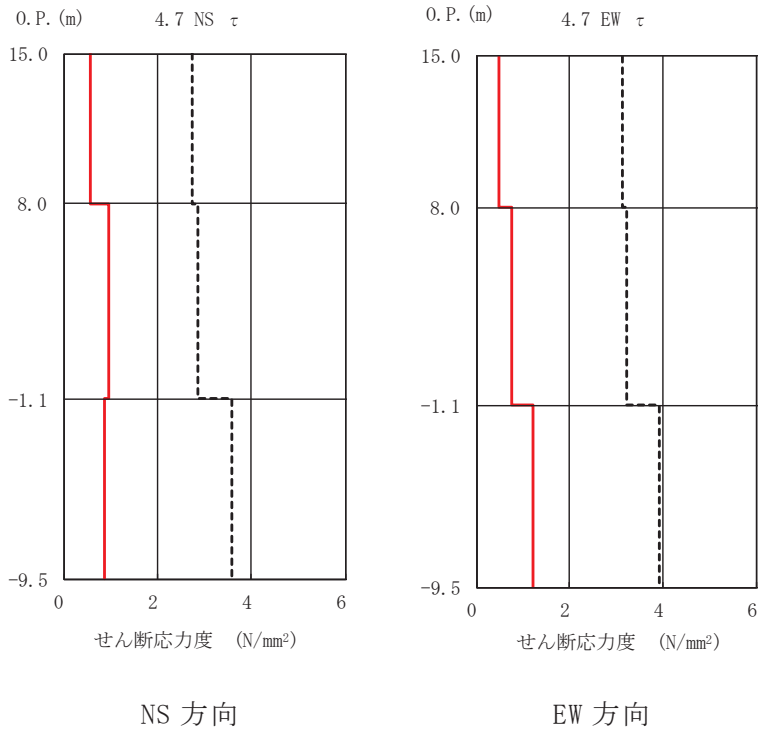


図 2-24 耐震壁のせん断応力度 (4.7 地震)

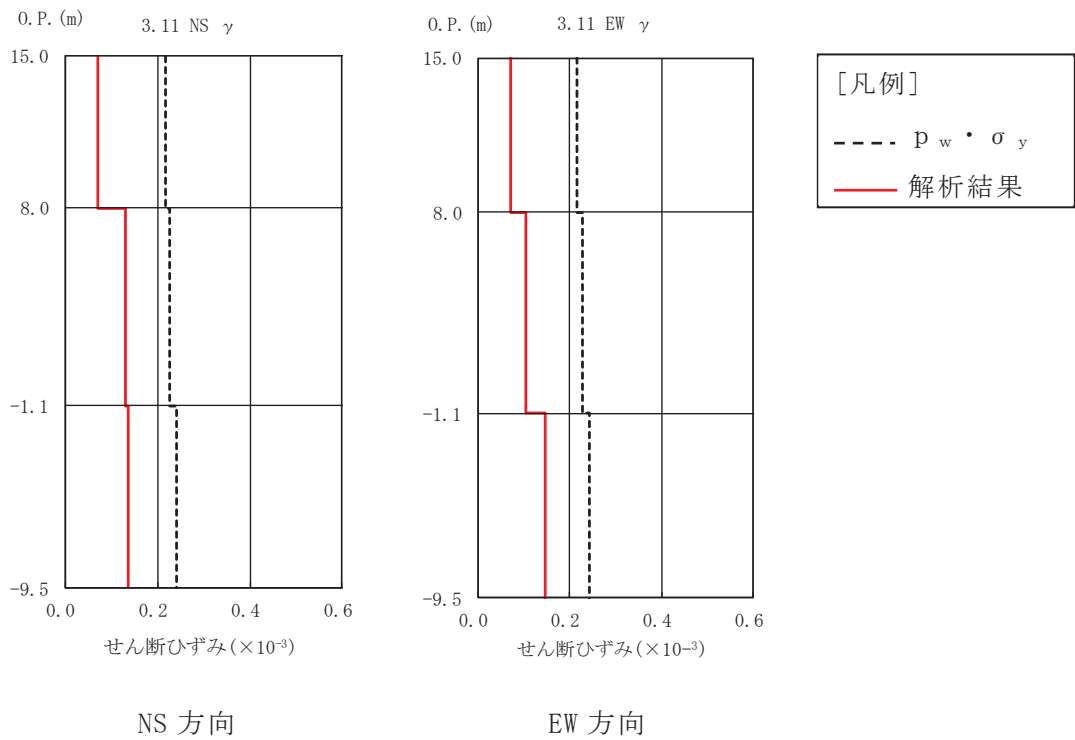


図 2-25 耐震壁のせん断ひずみ (3.11 地震)

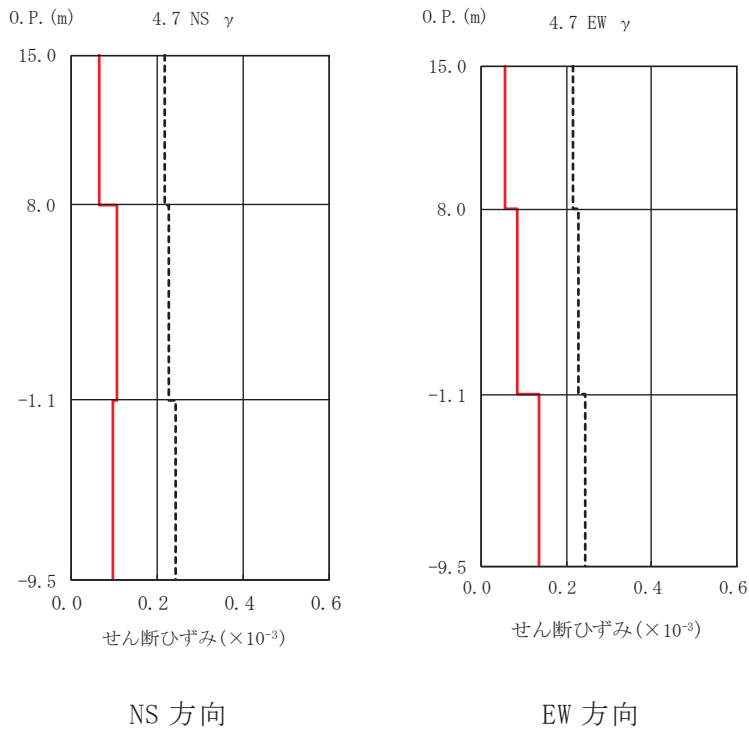
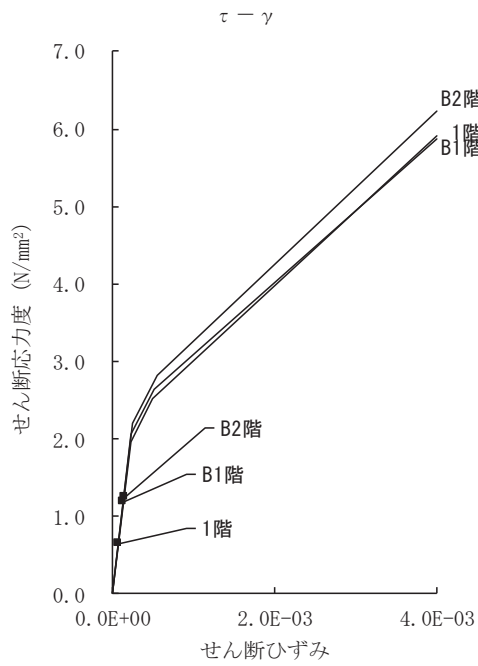
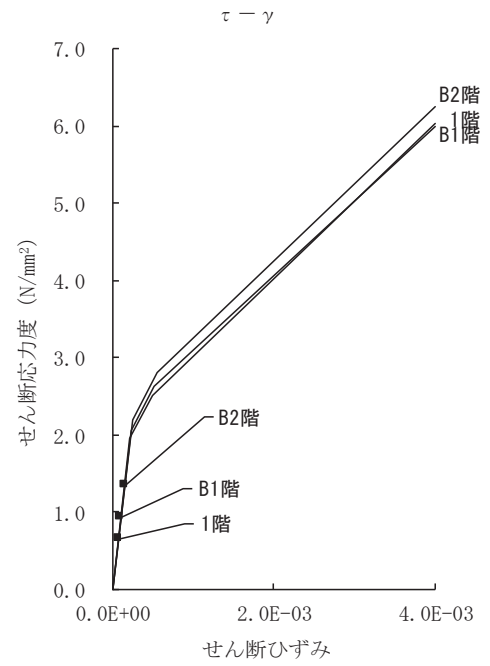


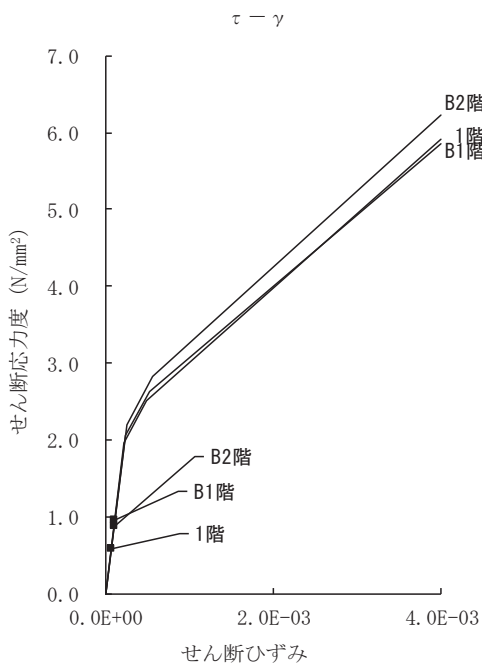
図 2-26 耐震壁のせん断ひずみ (4.7 地震)



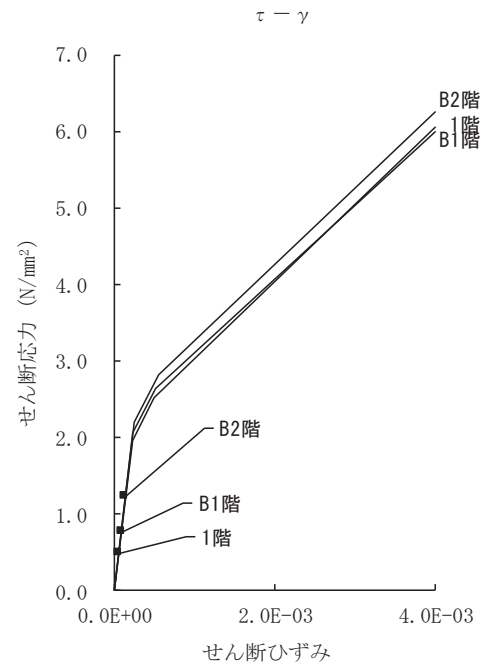
(a) NS 方向, 3.11 地震



(b) EW 方向, 3.11 地震

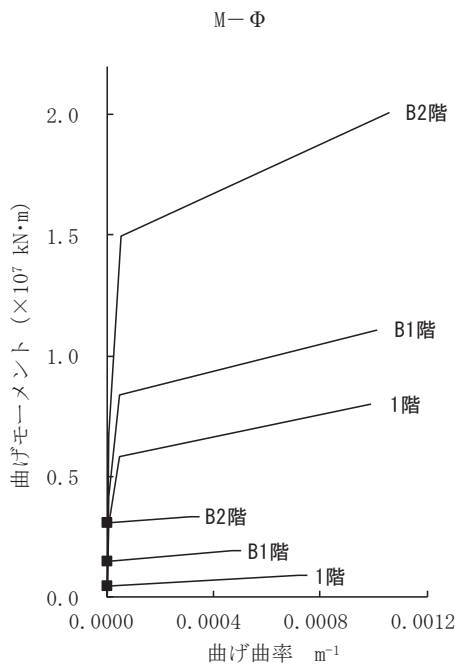


(c) NS 方向, 4.7 地震

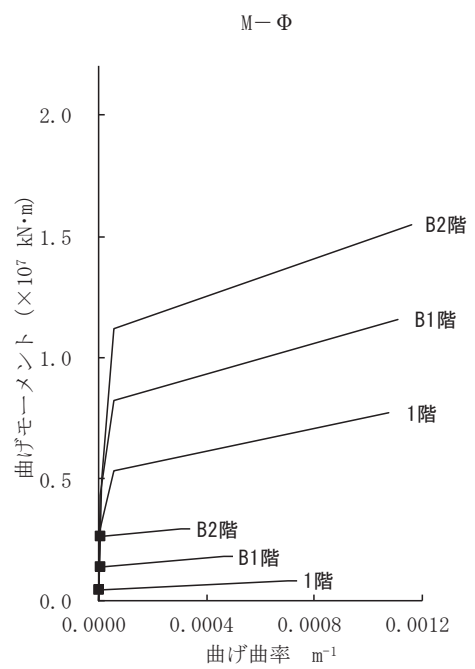


(d) EW 方向, 4.7 地震

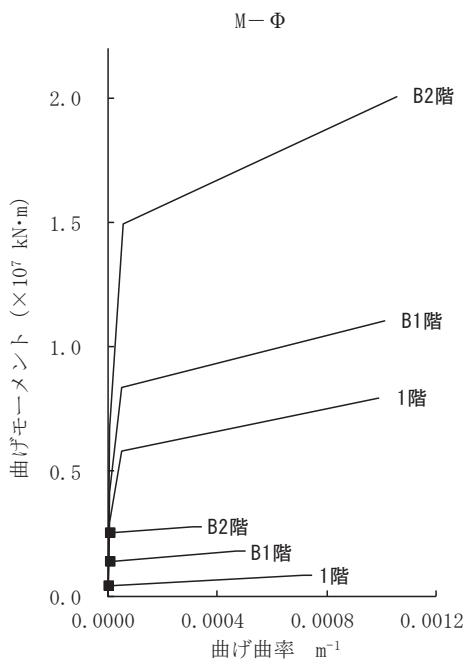
図 2-27 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値



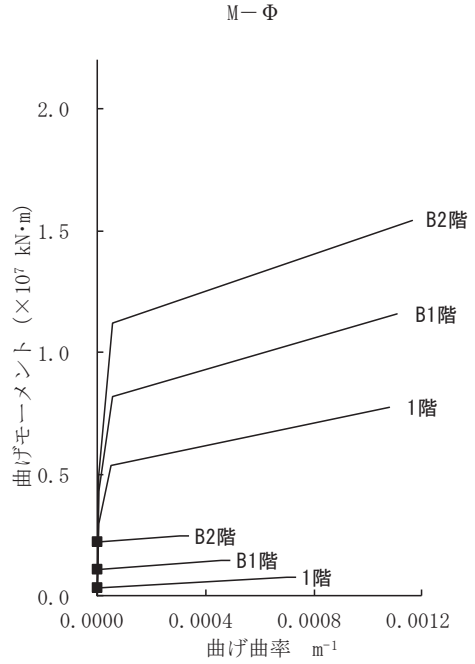
(a) NS 方向, 3.11 地震



(b) EW 方向, 3.11 地震



(c) NS 方向, 4.7 地震



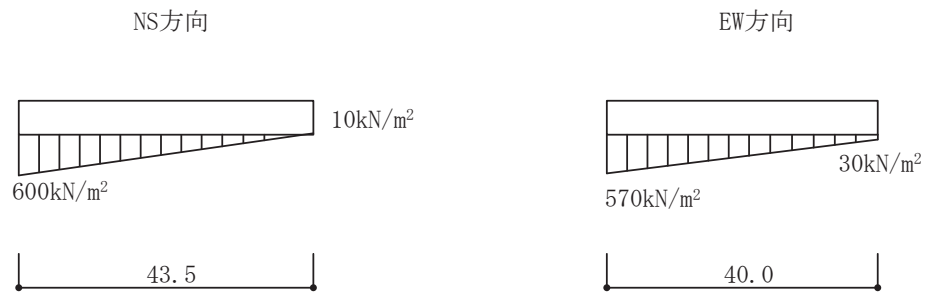
(d) EW 方向, 4.7 地震

図 2-28 曲げスkeletonカーブ上の最大応答値

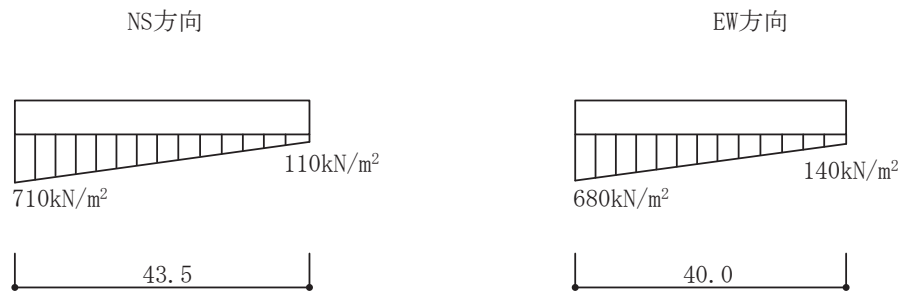
2.3 接地圧の評価

地震応答解析により得られた接地圧を図2-29及び図2-30に示す。最大接地圧は、鉛直方向地震応答解析モデルにより評価した鉛直震度を組み合わせて評価した場合でも、3.11地震NS方向入力での700kN/m²が最大であり、地盤の短期許容支持力度6860kN/m²（極限鉛直支持力度の2/3）に対して十分下回っている。

なお、地震応答解析により得られた接地率は、3.11地震に対してNS方向、EW方向ともに100%、4.7地震に対してもNS方向、EW方向ともに100%となった。

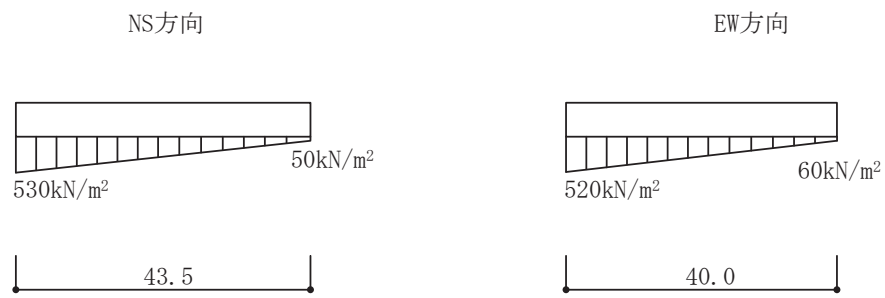


(a) 鉛直震度上向き

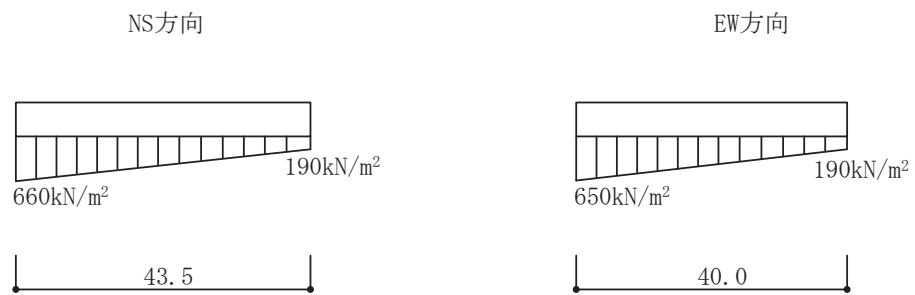


(b) 鉛直震度下向き

図 2-39 3.11 地震 最大接地圧



(a) 鉛直震度上向き



(b) 鉛直震度下向き

図 2-40 4.7 地震 最大接地圧

3. 評価結果のまとめ

第3号機海水熱交換器建屋のシミュレーション解析の結果、以下の傾向が確認された。

- ① 水平動について、建屋全体に一律の初期剛性低下を考慮したモデルを設定すると、設計で考慮している剛性をNS方向、EW方向ともに0.80倍に低下させた解析結果が、記録との整合性が良い。また、合わせて算定された応力及びひずみとの関係から、耐震壁は概ね弾性範囲であったと判断される。
- ② RC減衰については20%で観測記録との整合性が良い結果が得られた。これは、原子炉建屋の7%より大きいことが、原子炉建屋に比べ第3号機海水熱交換器建屋は建屋の埋め込まれている部分の割合が大きいことから、埋め込みによる地盤への逸散減衰が原子炉建屋に比べて大きいためであると考えられる。
- ③ 鉛直動については、設計で考慮している剛性、減衰を用いた解析結果が、記録との整合性が良い。これは原子炉建屋と同様の傾向である。

別紙 2 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における
既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

目次

1. 概要…………… 別紙 2-1
2. 地震応答解析モデルの変更点について…………… 別紙 2-2

1. 概要

本資料は、第3号機海水熱交換器建屋の既工認時及び今回工認時の地震応答解析モデル及び手法の比較を示すものである。

2. 地震応答解析モデルの変更点について

第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析モデル及び手法の比較を表 2-1 に示す。鉛直方向の地震応答解析モデル（以下「鉛直モデル」という。）の諸元の設定方法を表 2-2 に示す。また、今回工認時の地震応答解析モデルを図 2-1 に示す。

表 2-1 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析モデル及び手法の比較

項目	内容	既工認時 ^{*1*2}	今回工認	備考
入力地震動の算定法	水平	基準地震動を基礎底面に直接入力	表層地盤の影響を考慮 (E + F 入力)	(1)
	鉛直	—	基準地震動を基礎底面に直接入力	—
解析コード		N U P P II	N U P P 4	—
建屋のモデル化	モデル	水平：1 軸多質点系モデル 鉛直：応答解析を実施せず	水平：1 軸多質点系モデル 鉛直：1 軸多質点系モデル	(2)
	材料物性	検討時の規準に基づき設定 ・コンクリートのヤング係数, ポアソン比 $E = 2.65 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (SI 換算) $\nu = 0.167$	・コンクリートのヤング係数, ポアソン比 同左	(3)
	剛性評価	耐震壁を考慮	耐震壁を考慮 初期剛性はシミュレーションにて補正	(4)
	減衰定数	RC：5%	・水平方向：RC：5% ・鉛直方向：RC：5%,	—
地盤のモデル化	底面ばね	水平及び回転ばねを考慮	・水平方向：水平及び回転ばねを考慮 ・鉛直方向：鉛直ばねを考慮	(5)
	側面ばね	考慮せず	・水平方向：考慮せず ・鉛直方向：考慮せず	
非線形特性	耐震壁	考慮	・水平方向：考慮 ・鉛直方向：考慮せず	(5)
	底面ばね	考慮	・水平方向：接地率 75%を下回る場合、基礎浮上りによる幾何学的非線形性考慮 ・鉛直方向：考慮せず	
誘発上下動		考慮せず	接地率 65%を下回る場合、考慮する	—

注記*1：女川原子力発電所第 3 号機『工事計画認可申請書第 4 回 添付資料 IV-2-2-1 「海水熱交換器建屋の耐震性についての計算書」(平成 09・08・12 資第 3 号 平成 9 年 10 月 24 日認可)』

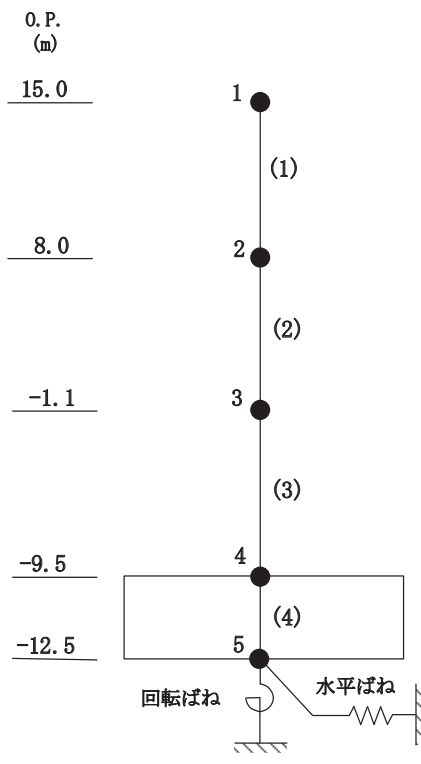
注記*2：既工認時は、水平方向のみ地震応答解析を実施し、鉛直方向は静的地震力を考慮

具体的な反映事項（表の備考欄に対応）

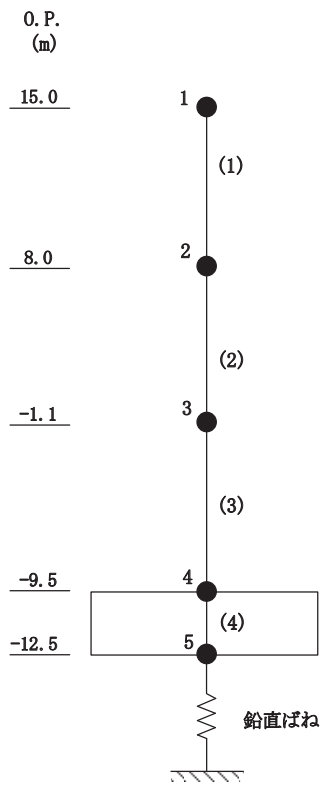
- (1) 解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に，1次元波動論により底面地盤下端の入射波を算定し，表層地盤の非線形特性を適切に考慮した上で，逐次非線形解析により地震応答解析モデルの入力位置で評価する。変更の内容を2.1に示し，詳細を補足-620-2に示す。
- (2) 変更の内容について2.3に示す。
- (3) 「日本建築学会 1991年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」に基づく。なお，「日本建築学会 1999年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-」に基づく物性値とした場合の影響については，補足-620-3に原子炉建屋を代表に示す。
- (4) 平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の地震観測記録を用いたシミュレーションを実施し，初期剛性の補正係数を設定した。設定の内容について2.2に示し，詳細を別紙1に示す。
- (5) 「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）」に基づく。詳細は別紙3に示す。

表 2-2 鉛直モデルの諸元の設定方法

部位	重量	剛性	備考
建屋全体	鉛直モデルに対応する水平モデルの質点の重量	水平方向モデルにおいて剛性を考慮している耐震壁の全軸断面積より軸剛性を算出	—



(a) 水平方向



(b) 鉛直方向

図 2-1 地震応答解析モデル

2.1 表層地盤の影響を考慮した入力地震動の算定

既工認モデルでは基準地震動を基礎底面に直接入力としていたが、今回工認モデルでは建屋の埋込み深さや周囲の地盤との接地状況を確認の上、平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の地震観測記録を用いたシミュレーション解析で直接入力（2E入力）よりも表層地盤の影響を考慮（E+F入力）した場合の方が観測記録との整合性が良いことを確認したことから表層地盤の影響を考慮する。具体的には、今回工認モデルにおける入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、1次元波動論により底面地盤下端の入射波を算定し、表層地盤の非線形特性を適切に考慮した上で、逐次非線形解析により地震応答解析モデルの入力位置で評価する。また、入力波には逐次非線形解析で求まる土中の加速度（E+F）に加えて、建屋により地盤が切り欠かれていることから、補正水平力（P）も考慮する。なお、地盤条件を考慮する場合には、地震動評価で考慮した敷地全体の地下構造との関係や対象建物・構築物位置での地質・速度構造の違いにも留意し、地盤の非線形応答に関する動的変形特性を考慮する。図2-2に入力地震動の算定概念図を示す。

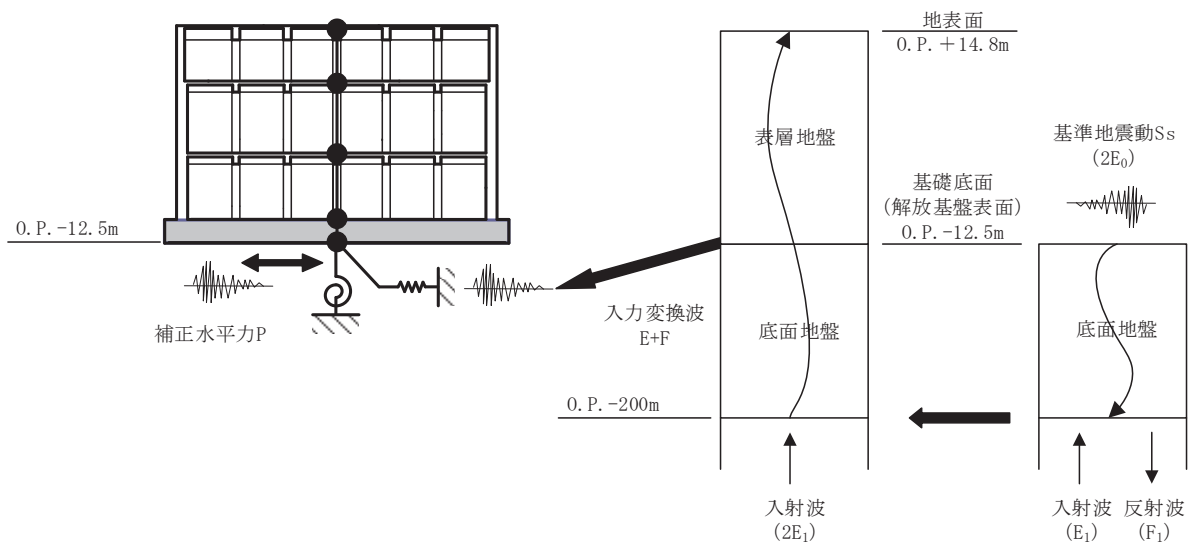
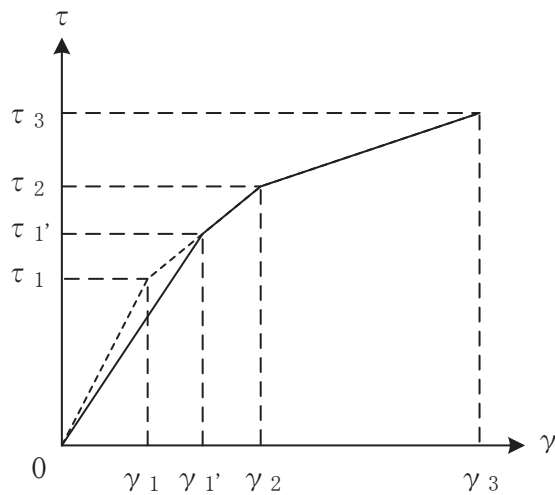


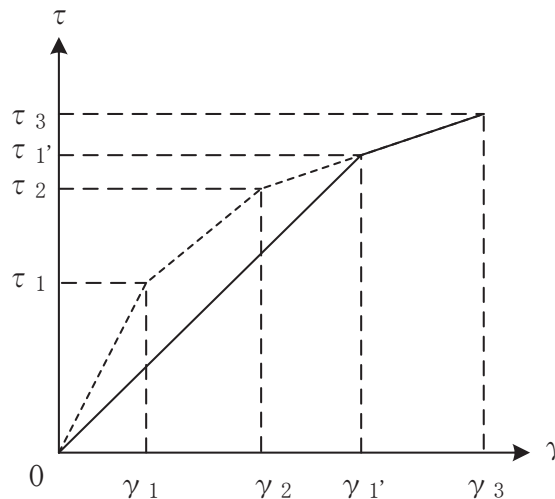
図2-2 入力地震動の算定概念図

2.2 初期剛性低下の考慮

3.11 地震や 4.7 地震に対する第3号機海水熱交換器建屋のシミュレーション解析（水平方向）では，発生応力については耐震壁は弾性範囲であったものの，剛性については設計で考慮している初期剛性に比べ2割程度低下している結果が得られた。したがって，せん断力及び曲げモーメントのスケルトンカーブの初期剛性を補正する。図2-3にせん断力のスケルトンカーブを例に補正方法を示す。また，表2-3に既工認及び今回工認における初期剛性の補正係数を示す。



(a) 補正後の初期剛性が第2勾配と交わる場合



(b) 補正後の初期剛性が第3勾配と交わる場合

図2-3 初期剛性を補正したせん断力のスケルトンカーブ

表 2-3 耐震壁の初期剛性の設計値に対する補正係数

(a) 既工認モデル

方向	建屋全体
NS	1.00
EW	1.00

(b) 今回工認モデル

方向	建屋全体
NS	0.80
EW	0.80

2.3 建屋重量の変更

2.3.1 SI 単位系への単位変換による変更

既工認モデルでは重力単位系による重量を用いていたが、今回工認モデルでは SI 単位系へ単位換算する。

2.3.2 浸水防護施設の設置による重量の変更

浸水防護施設を建屋屋上に設置するため、今回工認モデルでは重量の変更を考慮している。

2.4 既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較

表 2-4 に既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較を示す。

表 2-4 既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較

(a) 既工認モデル

標高 O. P. (m)	質点 番号	質点重量 (t)	回転慣性重量 ($\times 10^5 \text{ t}\cdot\text{m}^2$)		要素 番号	せん断面積 (m^2)		断面二次モーメント ($\times 10^3 \text{ m}^4$)	
			NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
15.0	1	6984	9.6	8.0					
					(1)	81.0	74.0	23.9	21.6
8.0	2	9391	12.9	10.8	(2)	97.2	103.6	30.4	28.8
-1.1	3	13517	18.6	15.6	(3)	143.5	103.6	42.6	28.8
-9.5	4	11857	18.8	15.9	(4)	—	—	—	—
-12.5	5	11064	17.5	14.8					

(b) 今回工認モデル

標高 O. P. (m)	質点 番号	質点重量 ($\times 10 \text{ kN}$)	回転慣性重量 ($\times 10^6 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$)		要素 番号	せん断面積 (m^2)		断面二次モーメント ($\times 10^3 \text{ m}^4$)	
			NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
15.0	1	6921	9.5	7.9					
					(1)	81.0	74.0	23.9	21.6
8.0	2	9209	12.6	10.6	(2)	97.2	103.6	30.4	28.8
-1.1	3	13497	18.6	15.6	(3)	143.5	103.6	42.6	28.8
-9.5	4	11687	18.5	15.7	(4)	1740.0	1740.0	274.4	232.0
-12.5	5	10980	17.4	14.7					

別紙 3 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における耐震壁
のスケルトンカーブの設定

目次

1. 概要	別紙 3- 1
2. 耐震壁の非線形特性の設定について	別紙 3- 2
2.1 第 1 折点の設定	別紙 3- 3
2.2 第 2 折点の設定	別紙 3- 3
2.3 終局点の設定	別紙 3- 4
2.4 初期剛性の補正	別紙 3- 5
3. せん断力のスケルトンカーブの設定について	別紙 3- 6
3.1 水平方向モデル	別紙 3- 6
3.2 使用材料の物性値と剛性補正率	別紙 3- 8
3.3 剛性低下による補正前の RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブ の諸数値	別紙 3- 9
3.4 剛性低下による補正後の RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブ の諸数値	別紙 3-13
4. まとめ	別紙 3-15

1. 概要

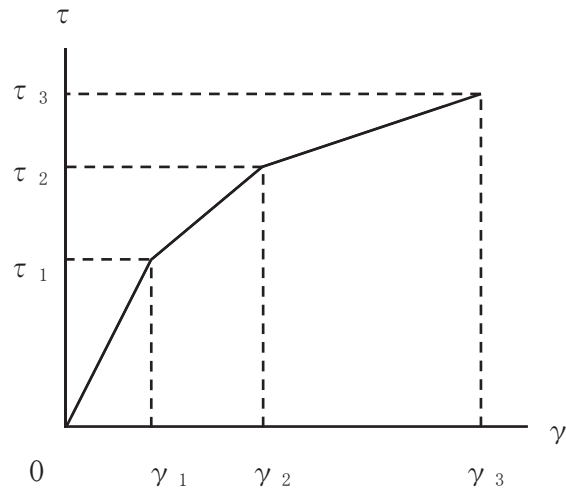
第3号機海水熱交換器建屋は、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体とした構造物である。このため、地震応答解析においては、鉄筋コンクリート造耐震壁（以下「RC造耐震壁」という。）の非線形特性を考慮している。本資料は、RC造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの設定について説明するものである。

また、本資料は、以下の添付書類の補足説明をするものである。

- ・添付書類「VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」

2. 耐震壁の非線形特性の設定について

RC造耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ τ － γ 関係）は、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1-1991 追補版）」（以下「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」という。）に基づき、トリリニア型スケルトンカーブとする。せん断応力度－せん断ひずみ関係を図2-1に示す。



τ_1 ：第1折点のせん断応力度

τ_2 ：第2折点のせん断応力度

τ_3 ：終局点のせん断応力度

γ_1 ：第1折点のせん断ひずみ

γ_2 ：第2折点のせん断ひずみ

γ_3 ：終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図2-1 せん断応力度－せん断ひずみ関係

2.1 第1折点の設定

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

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

ここで，

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

G : コンクリートのせん断弾性係数 (kgf/cm²)

σ_v : 縦軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

2.2 第2折点の設定

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

$$\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$$

$$\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$$

2.3 終局点の設定

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

$\tau_s \leq 4.5 \sqrt{F_c}$ の場合

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

$\tau_s > 4.5 \sqrt{F_c}$ の場合

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

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

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

ただし、 $M/QD > 1$ のとき $M/QD = 1$

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

ここで、

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

P_v, P_H : 縦, 横筋比 (実数)

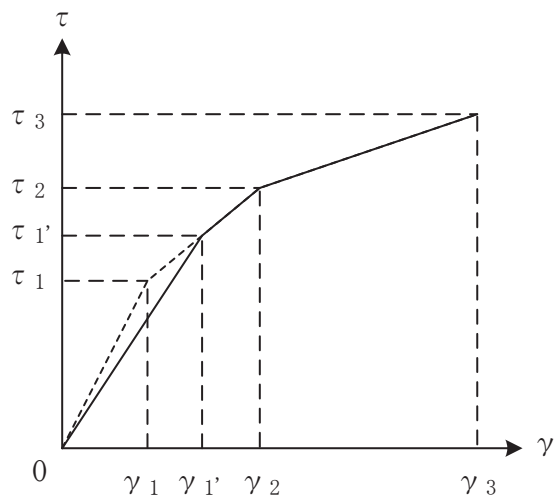
σ_v, σ_H : 縦, 横軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

$s \sigma_y$: 鉄筋降伏応力度 (kgf/cm²)

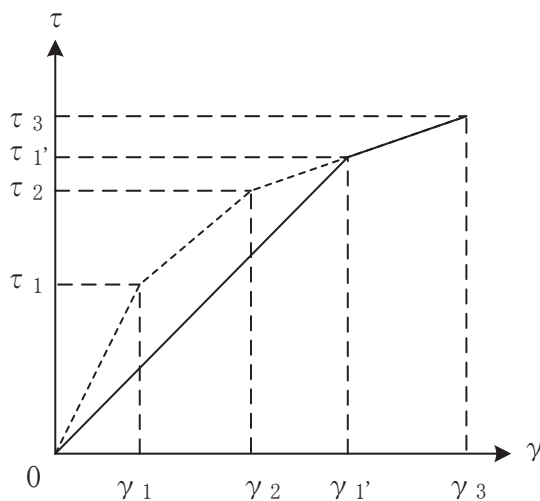
M/QD : シアスパン比

2.4 初期剛性の補正

第3号機海水熱交換器建屋の初期剛性は，地震観測記録のシミュレーション解析に基づいて設定した補正係数を乗じて補正を行っている。せん断力のスケルトンカーブの初期剛性の補正方法を図2-2に示す。



(a) 補正後の初期剛性が第2勾配と交わる場合



(b) 補正後の初期剛性が第3勾配と交わる場合

図2-2 初期剛性を補正したせん断力のスケルトンカーブ

3. せん断力のスケルトンカーブの設定について

3.1 水平方向モデル

水平方向は、地盤との相互作用を考慮し、耐震壁及び柱の曲げ及びせん断剛性を評価した多質点系モデルとしている。地震応答解析モデルを図 3-1 に、解析モデルの諸元を表 3-1 に示す。

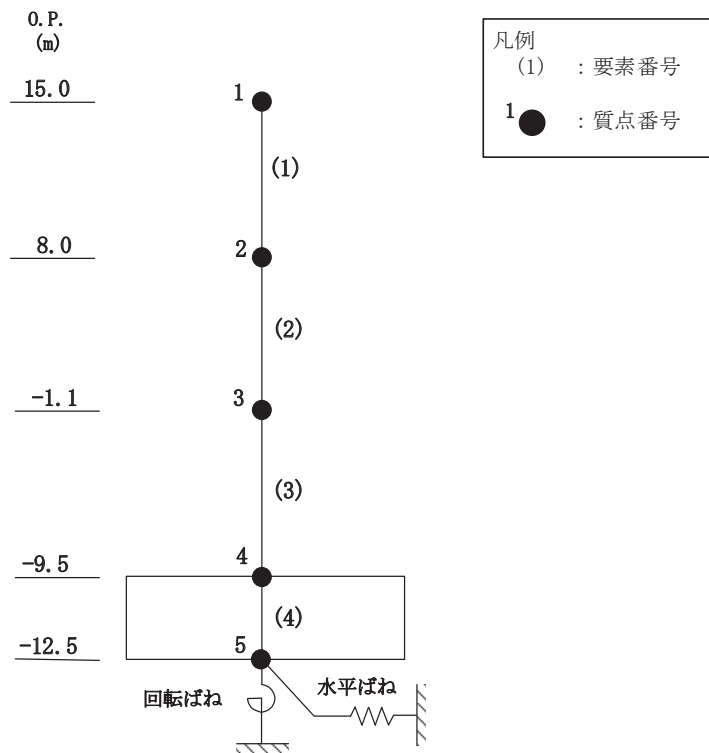


図 3-1 地震応答解析モデル

表 3-1 解析モデルの諸元

標高 O.P. (m)	質点 番号	質点重量 ($\times 10$ kN)	回転慣性重量 ($\times 10^6$ kN \cdot m 2)		要素 番号	せん断断面積 (m 2)		断面二次モーメント ($\times 10^3$ m 4)	
			NS方向	EW方向		NS方向	EW方向	NS方向	EW方向
15.0	1	6921	9.5	7.9	(1)	81.0	74.0	23.9	21.6
8.0	2	9209	12.6	10.6					
-1.1	3	13497	18.6	15.6					
-9.5	4	11687	18.5	15.7					
-12.5	5	10980	17.4	14.7					

3.2 使用材料の物性値と剛性補正係数

地震応答解析に用いる第3号機海水熱交換器建屋の使用材料の物性値を表3-2及び表3-3に示す。また、表3-4にシミュレーション解析に基づく剛性補正係数を示す。

表 3-2 使用材料の物性値（コンクリート）

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
コンクリート： F _c = 330kgf/cm ²	2.65×10 ⁴	1.14×10 ⁴	5

表 3-3 使用材料の物性値（鉄筋）

使用材料	降伏応力度 σ _y (N/mm ²)
鉄筋：SD345	345

表 3-4 耐震壁の初期剛性の設計値に対する補正係数

部位	方向	補正係数
建屋全体	NS	0.80
	EW	0.80

3.3 剛性低下による補正前の RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第 1 折点

RC 造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第 1 折点の設定根拠を表 3-5 に示す。

表 3-5 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (補正前)

(a) NS 方向

要素 番号	設計基準 強度 F_c (N/mm^2)	せん断弾性 係数 G ($\times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$)	断面積 A_s (m^2)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm^2)	τ_1 (N/mm^2)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)
(1)	32.4	1.14	81.0	0.16	1.86	0.164
(2)	32.4	1.14	97.2	0.36	1.95	0.172
(3)	32.4	1.14	143.5	0.66	2.09	0.183

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(b) EW 方向

要素 番号	設計基準 強度 F_c (N/mm^2)	せん断弾性 係数 G ($\times 10^4 \text{N}/\text{mm}^2$)	断面積 A_s (m^2)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm^2)	τ_1 (N/mm^2)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)
(1)	32.4	1.14	74.0	0.16	1.86	0.164
(2)	32.4	1.14	103.6	0.36	1.95	0.172
(3)	32.4	1.14	103.6	0.66	2.09	0.183

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(2) 第2折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点の設定根拠を表3-6に示す。

表3-6 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第2折点) (補正前)

(a)NS方向

要素 番号	τ_2^{*1} (N/mm ²)	γ_2^{*2} ($\times 10^{-3}$)
(1)	2.51	0.491
(2)	2.64	0.515
(3)	2.82	0.550

注記*1: $\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$

注記*2: $\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$

(b)EW方向

要素 番号	τ_2^{*1} (N/mm ²)	γ_2^{*2} ($\times 10^{-3}$)
(1)	2.51	0.491
(2)	2.64	0.515
(3)	2.82	0.550

注記*1: $\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$

注記*2: $\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$

(3) 終局点

RC 造耐震壁の終局点は、「2.3 終局点の設定」に基づき、各層の終局せん断応力度を算出する。シアスパン比 M/QD を評価するための M 及び Q は、建設工認時の S_2 地震時の最大応答値を用いている。

RC 造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点の設定根拠を表 3-7 に示す。また、第 3 号機海水熱交換器建屋の O.P. -9.50m~O.P. -1.10m について、各耐震壁の配筋を示したものを図 3-2 に示す。

表 3-7 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 終局点) (補正前)

(a) NS 方向

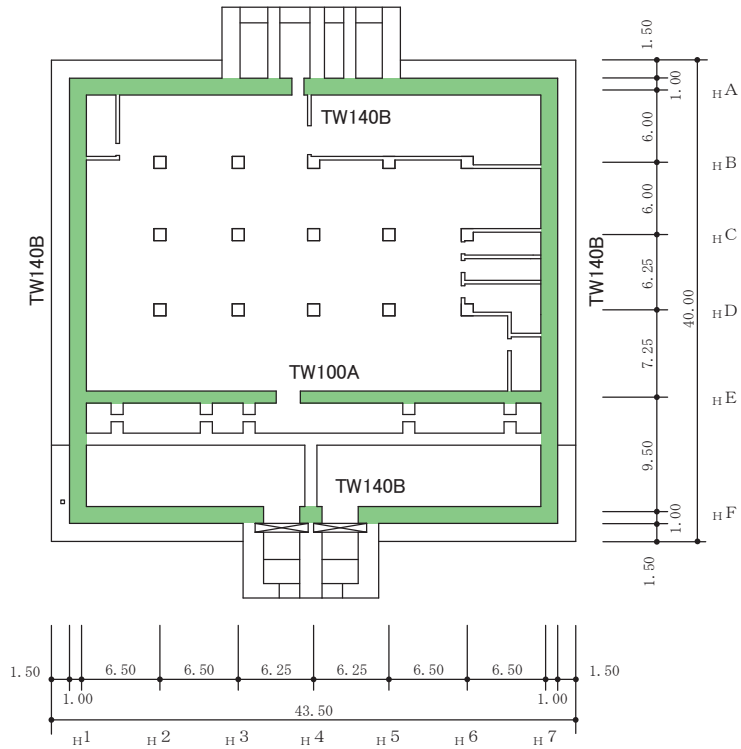
要素 番号	P_V (%)	P_H (%)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	M/QD	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	0.957	0.794	0.16	0.240	5.91	4.00
(2)	0.997	0.827	0.36	0.316	5.86	4.00
(3)	1.257	1.043	0.66	0.364	6.24	4.00

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(b) EW 方向

要素 番号	P_V (%)	P_H (%)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	M/QD	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	1.024	0.907	0.16	0.240	6.04	4.00
(2)	1.121	0.931	0.36	0.345	5.99	4.00
(3)	1.367	1.135	0.66	0.469	6.26	4.00

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積



地下3階伏図 (0.P. -9.5m)

記号	縦筋	横筋
TW100A	2-D35@200	2-D32@200
TW140B	4-D35@200	4-D32@200

注記* : 記号に含まれる数値は壁厚 (cm) を表す。(例 : TW100 なら 100cm)

図3-2 耐震壁の配筋図 (0.P. -9.5m~0.P. -1.1m)

3.4 剛性低下による補正後の RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第 1 折点

RC 造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第 1 折点の設定根拠を表 3-8 に示す。

表 3-8 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (補正後)

(a) NS 方向

要素 番号	設計基準 強度 F_c (N/mm^2)	せん断弾性 係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$)	断面積 A_s (m^2)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm^2)	τ_1' (N/mm^2)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)
(1)	32.4	1.14	81.0	0.16	1.97	0.216
(2)	32.4	1.14	97.2	0.36	2.06	0.227
(3)	32.4	1.14	143.5	0.66	2.20	0.242

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(b) EW 方向

要素 番号	設計基準 強度 F_c (N/mm^2)	せん断弾性 係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$)	断面積 A_s (m^2)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm^2)	τ_1' (N/mm^2)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)
(1)	32.4	1.14	74.0	0.16	1.97	0.216
(2)	32.4	1.14	103.6	0.36	2.06	0.227
(3)	32.4	1.14	103.6	0.66	2.20	0.242

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(2) 第 2 折点

RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの剛性低下による補正後の第 2 折点は表 3-6 で示した補正前の第 2 折点と同じ値である。

(3) 終局点

RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの剛性低下による補正後の終局点は表 3-7 で示した補正前の終局点と同じ値である。

4. まとめ

第3号機海水熱交換器建屋におけるせん断力のスケルトンカーブの設定について整理した。算出したせん断力のスケルトンカーブの諸数値を表4-1に示す。

表4-1 第3号機海水熱交換器建屋のせん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

(a) NS 方向

要素 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	τ_1' (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	1.97	0.216	2.51	0.491	5.91	4.00
(2)	2.06	0.227	2.64	0.515	5.86	4.00
(3)	2.20	0.242	2.82	0.550	6.24	4.00

(b) EW 方向

要素 番号	第1折点		第2折点		終局点	
	τ_1' (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	1.97	0.216	2.51	0.491	6.04	4.00
(2)	2.06	0.227	2.64	0.515	5.99	4.00
(3)	2.20	0.242	2.82	0.550	6.26	4.00

別紙 4 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における
材料物性の不確かさに関する検討

目次

1. 概要.....	別紙 4- 1
1.1 検討概要.....	別紙 4- 1
1.2 検討方針.....	別紙 4- 2
2. 材料物性の不確かさの分析.....	別紙 4- 3
2.1 建屋剛性の不確かさ.....	別紙 4- 3
2.2 地盤物性の不確かさ.....	別紙 4- 3
3. 材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定.....	別紙 4- 4
3.1 設計用地震力の設定方法.....	別紙 4- 4
3.2 材料物性の不確かさの設定.....	別紙 4- 6
4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討.....	別紙 4- 8
4.1 検討概要.....	別紙 4- 8
4.2 不確かさの影響検討.....	別紙 4-11
4.3 まとめ.....	別紙 4-30
5. 機器・配管系評価への影響.....	別紙 4-31

別紙 4-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 4-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

1. 概要

1.1 検討概要

本資料は、第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討について説明するものである。

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

なお、補足-620-1「東北地方太平洋沖地震等による影響を踏まえた建屋耐震設計方法への反映について」に、考え方の詳細を示す。

1.2 検討方針

建物・構築物の耐震性評価に用いる動的地震力は、各建物・構築物の地震応答解析（時刻歴応答解析法）により求められており、地盤物性、建物・構築物の剛性、地盤のばね定数及び減衰定数、地震動の位相特性などの影響を受ける。特に床応答スペクトルの変動に影響を及ぼす要因は、建屋剛性及び地盤物性であることが確認されている*。

地震応答解析モデルの建屋剛性は、シミュレーション解析に基づき設定しているが、今後の地震の発生により更に剛性が変動することが考えられる。

また、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮したモデルによる地震応答解析において、地盤物性は実測した地盤のせん断波速度を用いて算出していることから、地盤のせん断波速度の不確かさが建屋応答へ影響を及ぼすことが考えられる。

以上より、建屋剛性の不確かさ要因としてはコンクリート剛性を、地盤物性の不確かさ要因としては地盤のせん断波速度を考慮することとし、それぞれの不確かさが建屋応答及び耐震安全性に及ぼす影響について考察を行い、耐震性評価における材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定について検討する。また、建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮したモデルにより地震応答解析を実施し、建屋応答並びに建物・構築物及び機器・配管系の耐震安全性に及ぼす影響について確認する。

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

2. 材料物性の不確かさの分析

2.1 建屋剛性の不確かさ

初期剛性の多少の違いが応答結果に与える影響は小さいが、一方で、過去の中小地震も含めた記録では時間経過に伴い剛性が低下する傾向の他に、更新地震によっても剛性が低下する傾向が認められていることから、初期剛性低下の影響を保守的に反映するモデルを不確かさケースとして採用する。

具体的には、更なる剛性低下として、基本モデルを用いた基準地震動 S_s の応答結果として得られる剛性低下を考慮する。また、不確かさモデルへの適用にあたっては、この非線形化による剛性低下を初期剛性低下とみなし、全ての耐震壁におけるスケルトン曲線の初期剛性の低下として一律に考慮することにより保守性を確保する。

建屋剛性の不確かさを考慮することにより、部材の発生応力については、剛性の不確かさを考慮することにより、不確かさを考慮しないケース（以下「基本ケース」という。）に対して変動すると考えられるが、耐力については変動しない。また、変位及びせん断ひずみについては、剛性が低下することから、基本ケースよりも大きくなると考えられる。

よって、建屋の耐震性評価において、建屋剛性の不確かさを考慮する。ただし、鉛直方向では水平方向に比べ建設時からの剛性低下は小さく、これまでの地震の経験において設計剛性を下回っていないこと、建屋シミュレーション解析では設計剛性モデルで記録を再現できたことから、基本ケースで設計剛性を採用し、不確かさは考慮しない。

2.2 地盤物性の不確かさ

地盤物性の不確かさについては、地盤のせん断波速度が変動することにより、地盤物性が変動する。これに対応して、建屋への入力地震動の特性が変動し、建屋に考慮すべき設計用地震力も変動すると考えられる。

よって、第3号機海水熱交換器建屋の耐震性評価において、地盤物性の不確かさを考慮する。

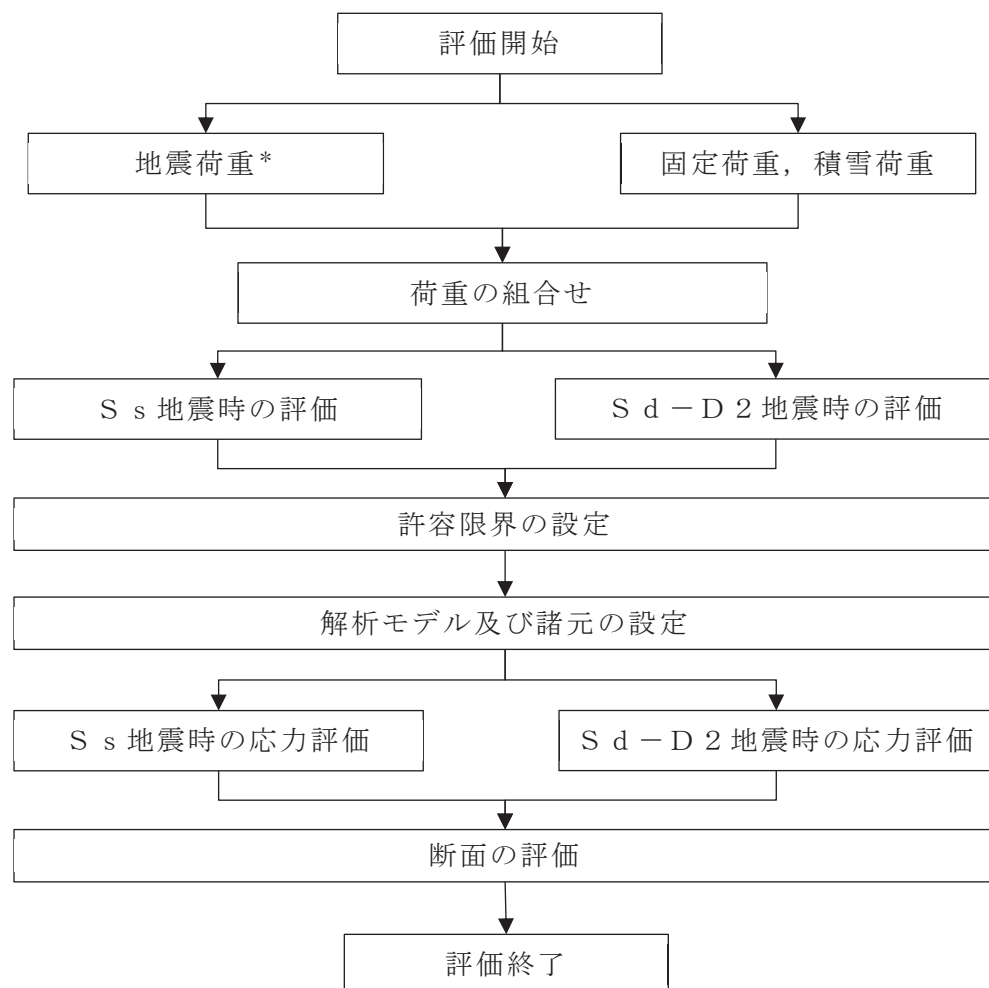
3. 材料物性の不確かさを考慮した設計用地震力の設定

3.1 設計用地震力の設定方法

基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮したケースの地震応答解析を実施することで、材料物性の不確かさを設計用地震力として考慮する。不確かさを考慮したケースの質点系モデルによる地震応答解析は、基本ケースにおける建屋応答を確認したうえで、応答への影響の大きい入力動に対して実施する（別紙 4-1「材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について」参照）。材料物性の不確かさを地震荷重として考慮した建屋の耐震性評価フローの例を図 3-1 に示す。

耐震性評価において、地震荷重は、質点系モデルによる地震応答解析により得られた最大応答値から算出し、解析モデルの各節点に配分することにより考慮している。質点系モデルによる地震応答解析により得られた最大応答値は、基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮したケース（以下「検討ケース」という。）ごとに異なるため、保守的な評価として、各質点において、検討ケースごとに得られた応答値のうち最大の応答値から算出される地震荷重を採用することとする。

材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を別紙 4-2「材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」に示す。



注記* : 剛性建屋及び地盤物性の不確かさを考慮する

図 3-1 建屋耐震性評価フロー (応力解析による評価)

3.2 材料物性の不確かさの設定

材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの応答値の算出に当たり、建屋剛性及び地盤のせん断波速度の不確かさを設定する。

建屋剛性の不確かさは、シミュレーション解析に基づいて設定した基本ケースの初期剛性に基準地震動 S_s に対する各部材の最大応答ひずみに基づく剛性の低下から算出した初期剛性補正係数（0.53 倍）を乗じて設定する。シミュレーション解析に基づき設定した基本ケースの初期剛性を表 3-1 に示し、不確かさを考慮した初期剛性を表 3-2 に示す。なお、鉛直方向には建屋剛性の不確かさを考慮しない。

表 3-1 基本モデルの初期剛性

部位	方向	初期剛性 補正係数	ヤング係数 E ($\times 10^4$ N/mm ²)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²)
建屋全体	NS	0.80	2.12	0.910
	EW	0.80	2.12	0.910

表 3-2 基準地震動 S_s による更なる剛性低下を考慮した初期剛性

部位	方向	初期剛性 補正係数	ヤング係数 E ($\times 10^4$ N/mm ²)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²)
建屋全体	NS	0.42	1.11	0.478
	EW	0.42	1.11	0.478

地盤物性の不確かさの影響検討においては、弾性波速度試験結果に基づく地盤のせん断波速度の不確かさを考慮する。

基本ケースでは、地盤調査結果の平均値を基に設定した地盤のせん断波速度により地盤物性を設定している。地盤物性の不確かさ検討に当たっては、初期せん断波速度に対して標準偏差に相当するばらつきを考慮する。底面地盤のせん断波速度の不確かさを表 3-3 に示す。

表 3-3 底面地盤のせん断波速度の不確かさ

高さ O.P. (m)	区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		基本ケース	+ σ 相当	- σ 相当
-12.50	底面 地盤	1360	1460	1260
-27.00		2040	2180	1900
-50.00		2520	2700	2340
-200.0		2520	2700	2340

4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討

本章では、建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮したモデルにより固有値解析を実施し、建屋の固有振動数に及ぼす影響について確認する。

4.1 検討概要

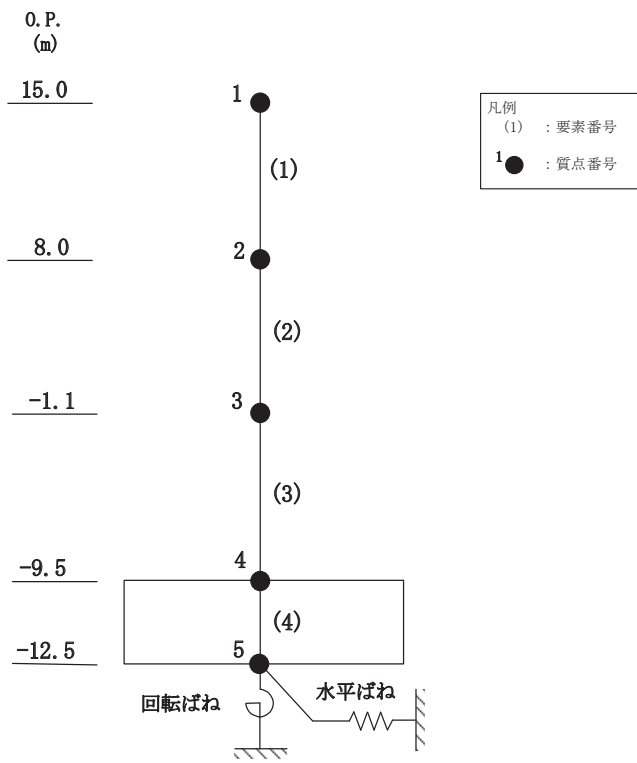
建屋剛性及び地盤物性（地盤のせん断波速度）の不確かさを考慮して検討ケースを定め、建屋応答への影響を確認する。

検討ケースを表 4-1 に、第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析モデルを図 4-1 に示す。ここで、コンクリートの剛性をシミュレーション解析に基づく補正を適用した剛性、地盤のせん断波速度を標準地盤とした検討ケースを基本ケースとする。表中の網掛け部分は、基本ケースと異なる設定をしているパラメータである。

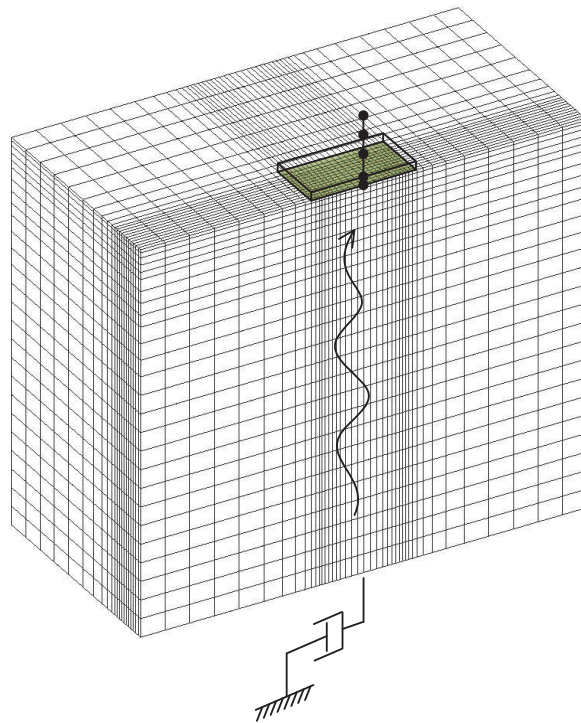
表 4-1 検討ケース一覧

ケース名	建屋剛性 (初期剛性)	地盤物性
		底面地盤ばね
ケース 1 (基本ケース)	3.11 地震シミュレーション	標準地盤 (=既工認)
ケース 2 (地盤物性+ σ)	同上	標準地盤 + σ
ケース 3 (地盤物性- σ)		標準地盤 - σ
ケース 4 (建屋剛性考慮)	基本ケースの 0.53 倍 (第 3 号機海水熱交換器建屋の場合)	標準地盤 (=既工認)
ケース 5 (建屋剛性考慮, 地盤物性+ σ)		標準地盤 + σ
ケース 6 (建屋剛性考慮, 地盤物性- σ)		標準地盤 - σ

注：網掛け部分は、基本ケースとの差異のある条件を示す。

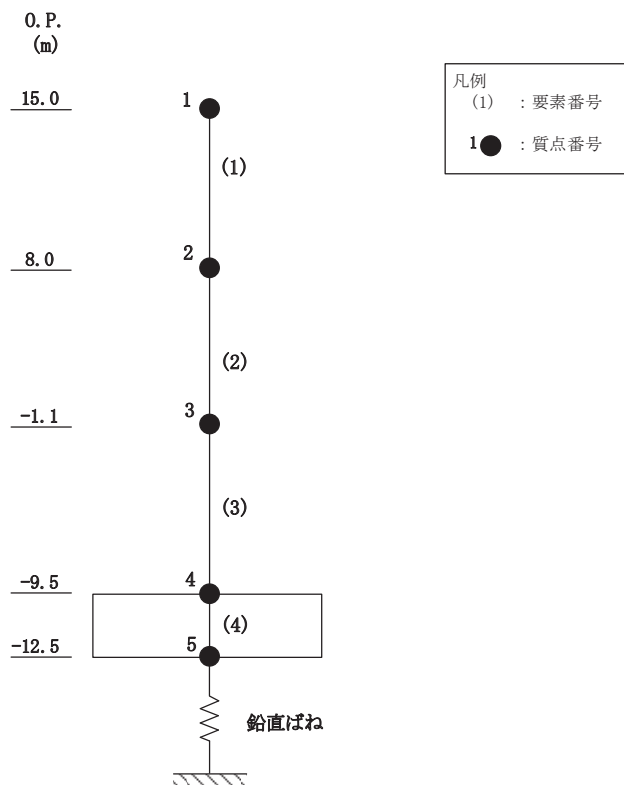


(a) 水平方向



(b) NS 方向ケース 4~6 (S_s-D 1, S_s-D 2 及び S_s-F 3)

図 4-1(1) 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析モデル



(c) 鉛直方向

図 4-1(2) 第 3 号機海水熱交換器建屋の地震応答解析モデル

4.2 不確かさの影響検討

4.2.1 建屋剛性変動による影響

(1) 影響評価方針

建屋剛性を変動させたケース（ケース 4）の固有値解析を実施し、基本ケースの結果と比較する。

(2) 固有値解析結果

建屋剛性を変動させた解析モデルの固有値解析結果を表 4-2，刺激関数図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

基本ケースに対する建屋剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、各モードで低振動数側に 26%～27%シフトした。

表 4-2 固有値解析結果の比較（単位：Hz）

(a) NS 方向

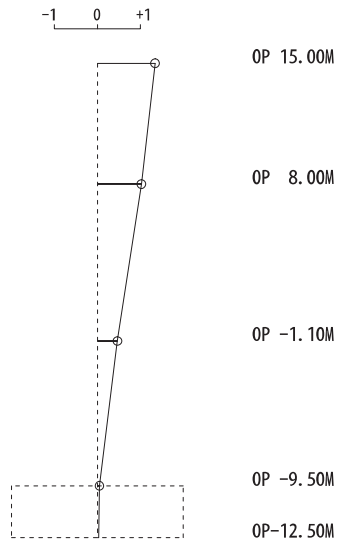
次数	NS方向	
	ケース1	ケース4
1	7.28	5.42 (0.74)
2	17.40	12.94 (0.74)
3	22.39	16.58 (0.74)
4	29.16	21.31 (0.73)

(b) EW 方向

次数	EW方向	
	ケース1	ケース4
1	6.69	4.97 (0.74)
2	16.21	11.97 (0.74)
3	22.65	16.66 (0.74)
4	28.46	20.74 (0.73)

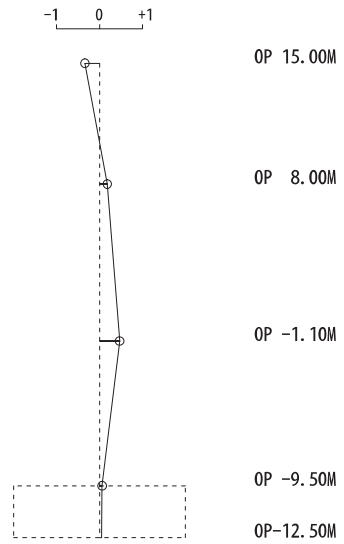
注：（ ）内は基本モデルに対する比率

固有周期 0.184 s
固有振動数 5.42 Hz
刺激係数 1.341



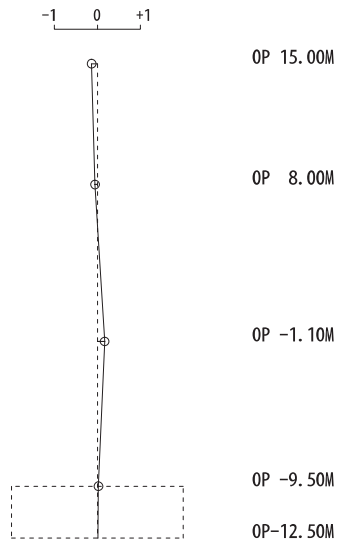
1 次

固有周期 0.077 s
固有振動数 12.94 Hz
刺激係数 0.466



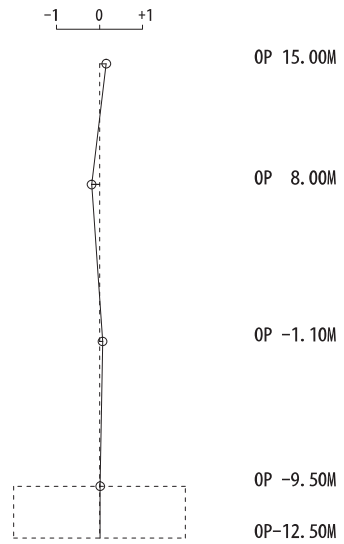
2 次

固有周期 0.060 s
固有振動数 16.58 Hz
刺激係数 0.168



3 次

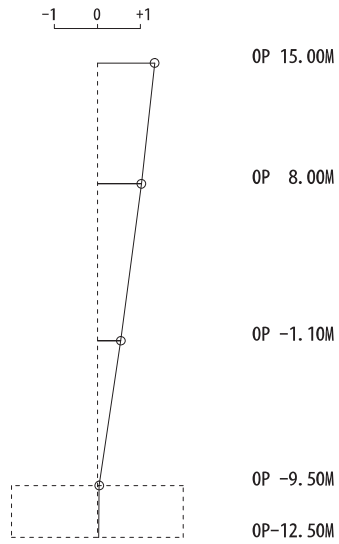
固有周期 0.047 s
固有振動数 21.31 Hz
刺激係数 0.185



4 次

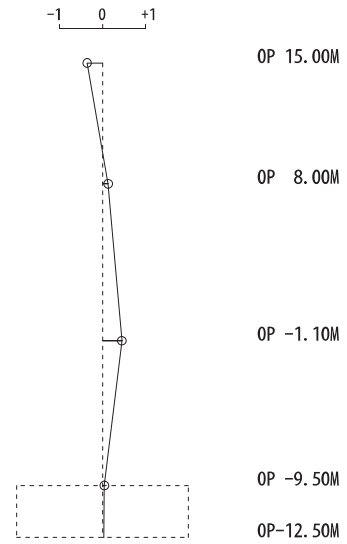
図 4-2 刺激関数図 (ケース 4) (NS 方向 1 次~4 次)

固有周期 0.201 s
 固有振動数 4.97 Hz
 刺激係数 1.331



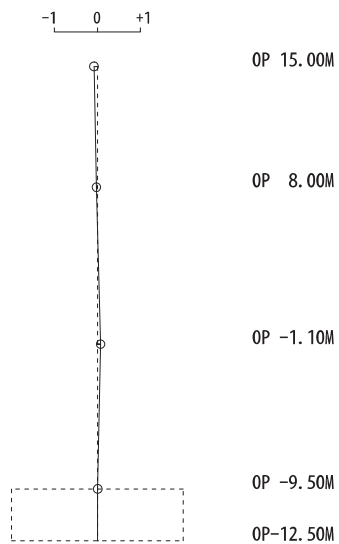
1 次

固有周期 0.084 s
 固有振動数 11.97 Hz
 刺激係数 0.448



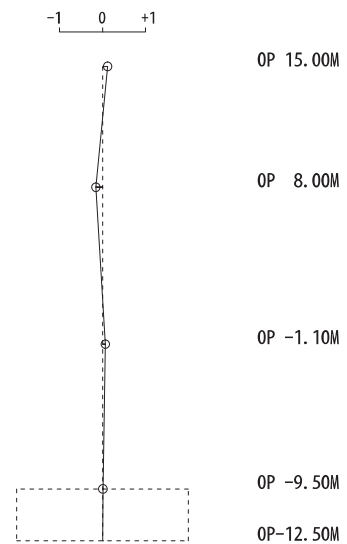
2 次

固有周期 0.060 s
 固有振動数 16.66 Hz
 刺激係数 0.080



3 次

固有周期 0.048 s
 固有振動数 20.74 Hz
 刺激係数 0.158



4 次

図 4-3 刺激関数図 (ケース 4) (EW 方向 1 次~4 次)

4.2.2 地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

地盤物性を変動させたケース(ケース2及びケース3)の固有値解析を実施し、地盤物性を変動させたケースと基本ケースを比較する。

(2) 固有値解析結果

地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表4-3、刺激関数図を図4-4～図4-9に示す。

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、変動は小さく最大で水平方向で1%、鉛直方向で4%であった。

表 4-3(1) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)

(a) NS 方向

次数	NS方向		
	ケース1	ケース2	ケース3
1	7.28	7.33 (1.01)	7.21 (0.99)
2	17.40	17.53 (1.01)	17.24 (0.99)
3	22.39	22.53 (1.01)	22.23 (0.99)
4	29.16	29.25 (1.00)	29.01 (0.99)

(b) EW 方向

次数	EW方向		
	ケース1	ケース2	ケース3
1	6.69	6.73 (1.01)	6.64 (0.99)
2	16.21	16.29 (1.00)	16.10 (0.99)
3	22.65	22.74 (1.00)	22.53 (0.99)
4	28.46	28.52 (1.00)	28.35 (1.00)

注: () 内は基本モデルに対する比率

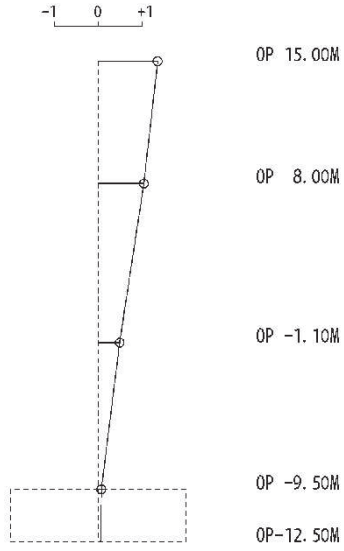
表 4-3(2) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)

(c)UD 方向

次数	UD方向		
	ケース1	ケース2	ケース3
1	18.49	19.06 (1.03)	17.84 (0.96)
2	43.79	45.03 (1.03)	42.58 (0.97)
3	67.10	67.63 (1.01)	66.64 (0.99)
4	90.57	90.59 (1.00)	90.56 (1.00)

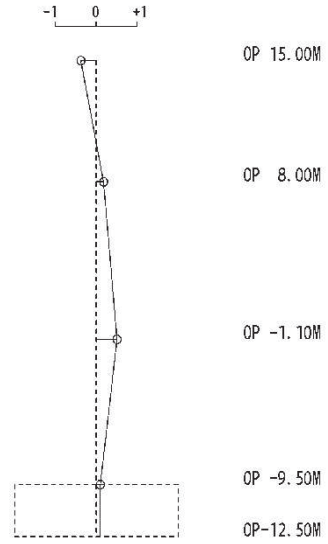
注: () 内は基本モデルに対する比率

固有周期 0.136 s
固有振動数 7.33 Hz
刺激係数 1.358



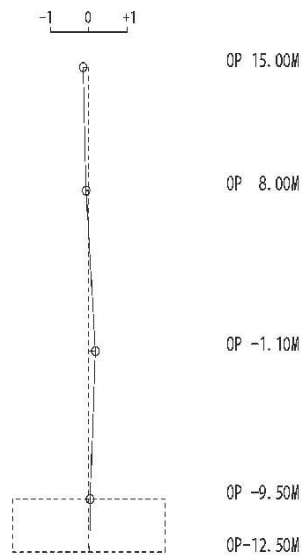
1 次

固有周期 0.057 s
固有振動数 17.53 Hz
刺激係数 0.509



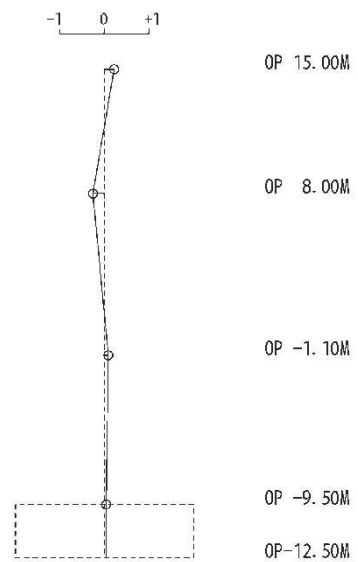
2 次

固有周期 0.044 s
固有振動数 22.53 Hz
刺激係数 0.175



3 次

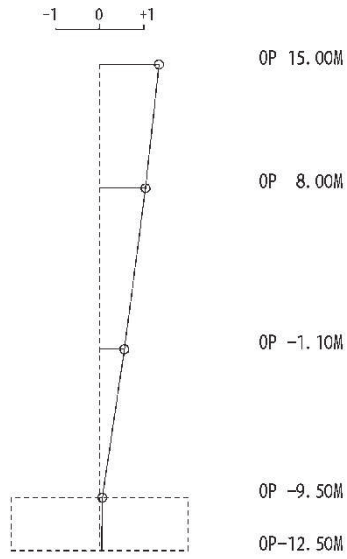
固有周期 0.034 s
固有振動数 29.25 Hz
刺激係数 0.258



4 次

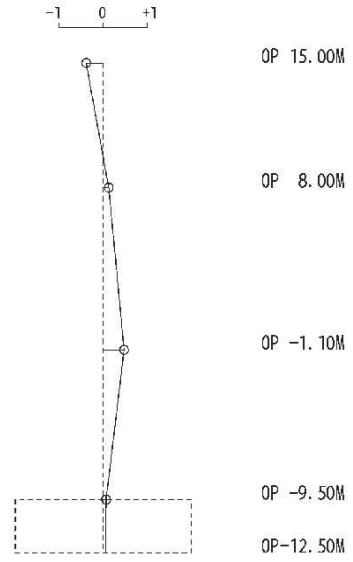
図 4-4 刺激関数図 (ケース 2) (NS 方向 1 次~4 次)

固有周期 0.148 s
固有振動数 6.73 Hz
刺激係数 1.345



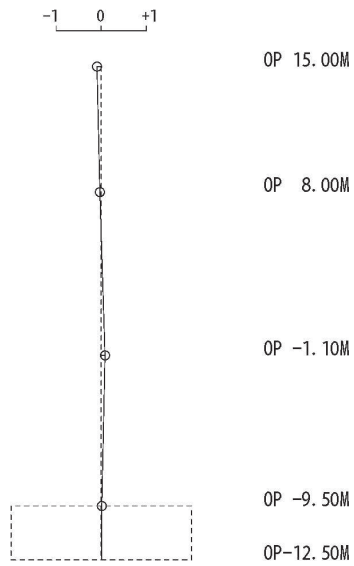
1 次

固有周期 0.061 s
固有振動数 16.29 Hz
刺激係数 0.479



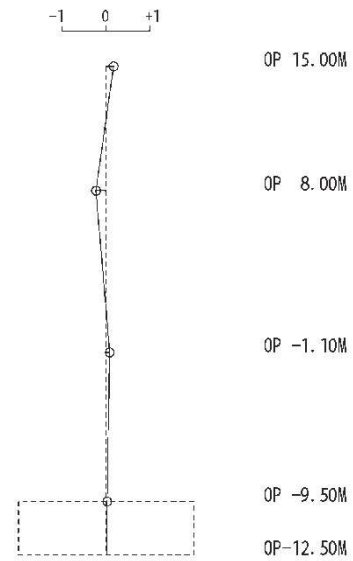
2 次

固有周期 0.044 s
固有振動数 22.74 Hz
刺激係数 0.094



3 次

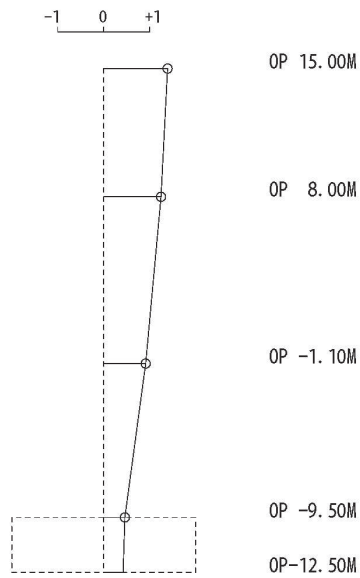
固有周期 0.035 s
固有振動数 28.52 Hz
刺激係数 0.230



4 次

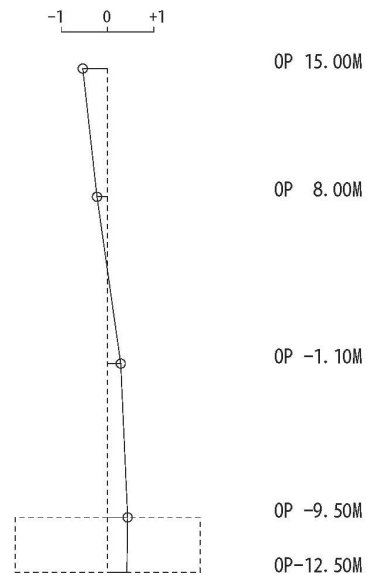
図 4-5 刺激関数図 (ケース 2) (EW 方向 1 次~4 次)

固有周期 0.052 s
固有振動数 19.06 Hz
刺激係数 1.392



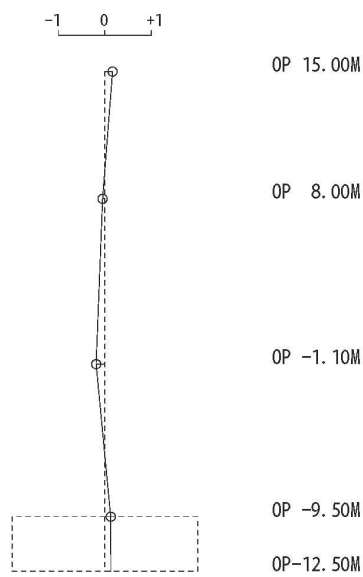
1 次

固有周期 0.022 s
固有振動数 45.03 Hz
刺激係数 0.536



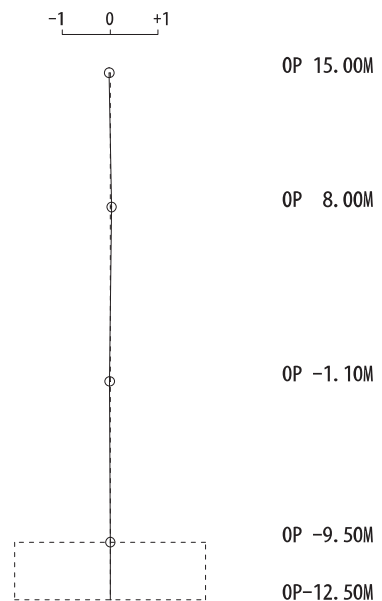
2 次

固有周期 0.015 s
固有振動数 67.63 Hz
刺激係数 0.188



3 次

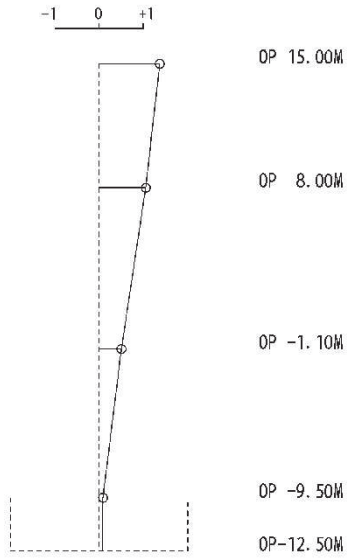
固有周期 0.011 s
固有振動数 90.59 Hz
刺激係数 0.029



4 次

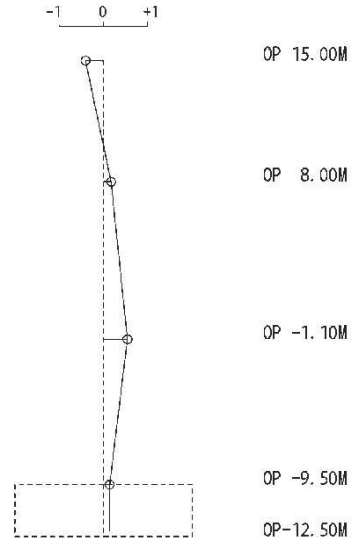
図 4-6 刺激関数図 (ケース 2) (UD 方向 1 次~4 次)

固有周期 0.139 s
固有振動数 7.21 Hz
刺激係数 1.370



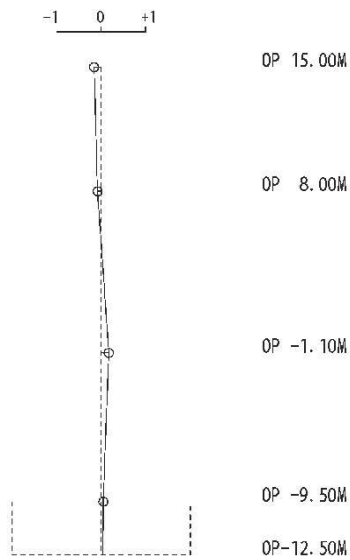
1 次

固有周期 0.058 s
固有振動数 17.24 Hz
刺激係数 0.541



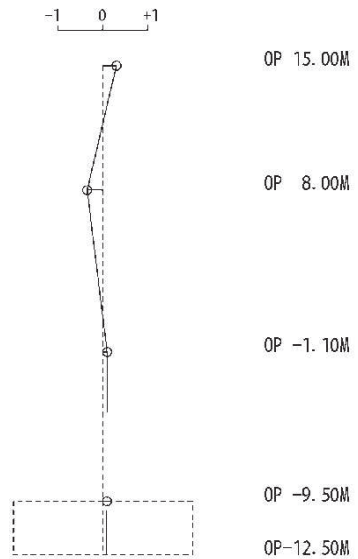
2 次

固有周期 0.045 s
固有振動数 22.23 Hz
刺激係数 0.176



3 次

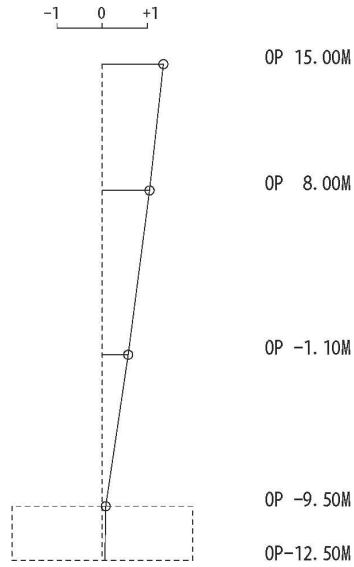
固有周期 0.034 s
固有振動数 29.01 Hz
刺激係数 0.351



4 次

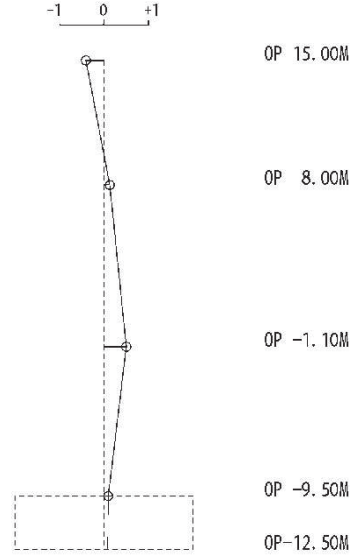
図 4-7 刺激関数図 (ケース 3) (NS 方向 1 次~4 次)

固有周期 0.151 s
固有振動数 6.64 Hz
刺激係数 1.354



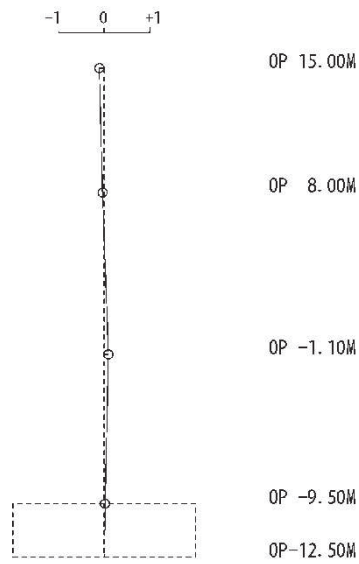
1 次

固有周期 0.062 s
固有振動数 16.10 Hz
刺激係数 0.503



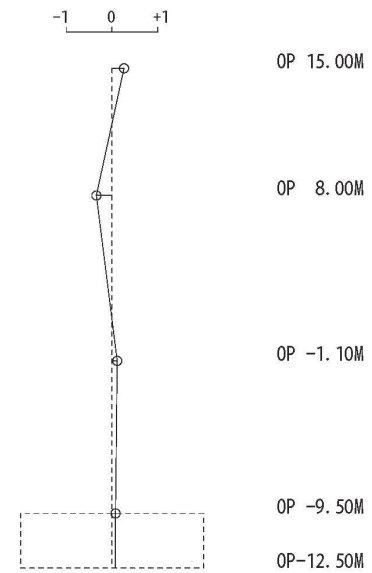
2 次

固有周期 0.044 s
固有振動数 22.53 Hz
刺激係数 0.107



3 次

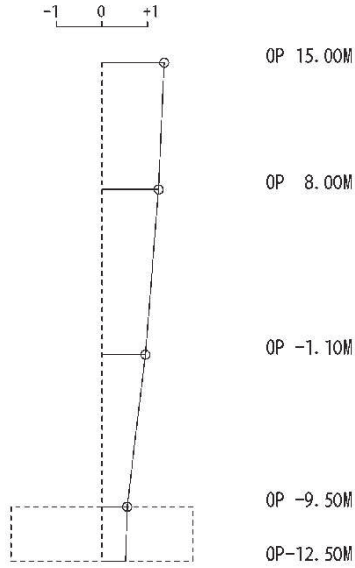
固有周期 0.035 s
固有振動数 28.35 Hz
刺激係数 0.342



4 次

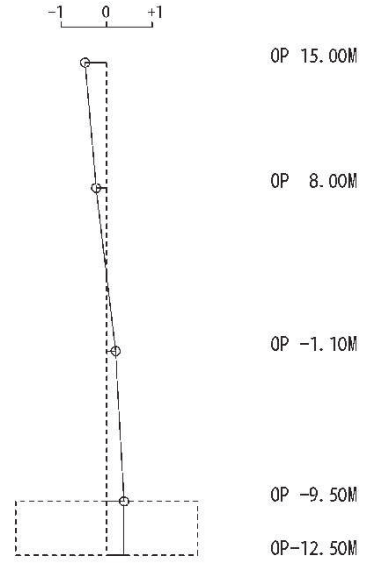
図 4-8 刺激関数図 (ケース 3) (EW 方向 1 次~4 次)

固有周期 0.056 s
固有振動数 17.84 Hz
刺激係数 1.365



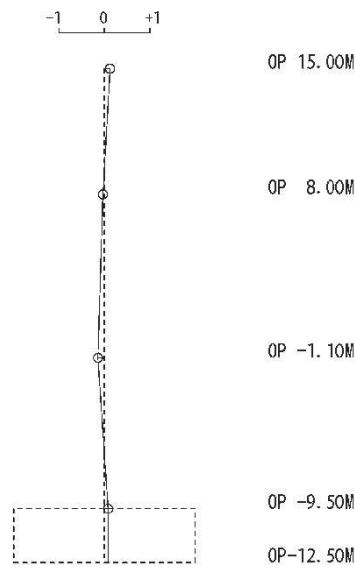
1 次

固有周期 0.023 s
固有振動数 42.58 Hz
刺激係数 0.474



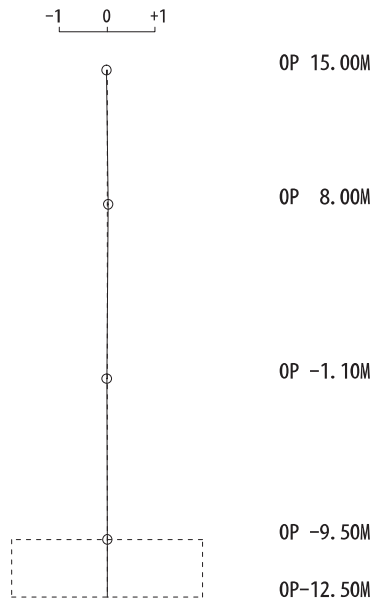
2 次

固有周期 0.015 s
固有振動数 66.64 Hz
刺激係数 0.141



3 次

固有周期 0.011 s
固有振動数 90.56 Hz
刺激係数 0.020



4 次

図 4-9 刺激関数図 (ケース 3) (UD 方向 1 次~4 次)

4.2.3 建屋剛性及び地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

建屋剛性及び地盤物性を変動させたケース（ケース 5 及びケース 6）の固有値解析を実施し、建屋剛性及び地盤物性を変動させたケースと基本ケースを比較する。

(2) 固有値解析結果

建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 4-4、刺激関数図を図 4-10～図 4-13 に示す。

基本ケースに対する建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、硬質岩盤に立地しているため、地盤の影響が小さく、建屋剛性を変動させたモデルと概ね同等で各モードで低振動数側に 25%～27%シフトした。

表 4-4 固有値解析結果の比較 (単位 : Hz)

(a) NS 方向

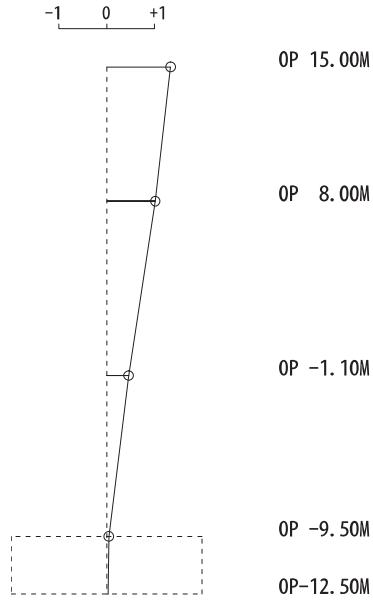
次数	NS方向		
	ケース1	ケース5	ケース6
1	7.28	5.44 (0.75)	5.39 (0.74)
2	17.40	12.99 (0.75)	12.89 (0.74)
3	22.39	16.63 (0.74)	16.52 (0.74)
4	29.16	21.33 (0.73)	21.29 (0.73)

(b) EW 方向

次数	EW方向		
	ケース1	ケース5	ケース6
1	6.69	4.99 (0.75)	4.95 (0.74)
2	16.21	12.00 (0.74)	11.93 (0.74)
3	22.65	16.69 (0.74)	16.62 (0.73)
4	28.46	20.75 (0.73)	20.73 (0.73)

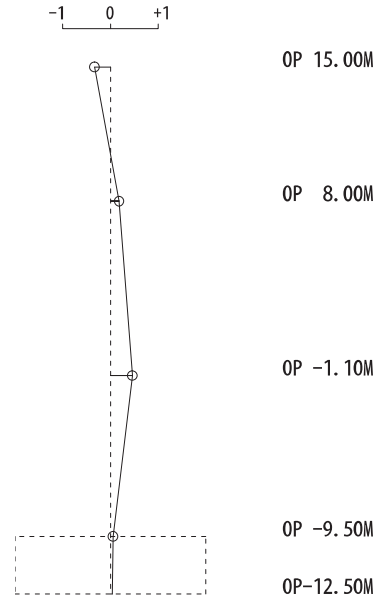
注 : () 内は基本モデルに対する比率

固有周期 0.184 s
固有振動数 5.44 Hz
刺激係数 1.337



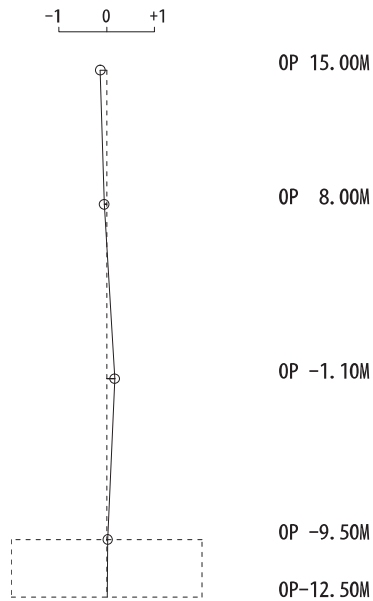
1 次

固有周期 0.077 s
固有振動数 12.99 Hz
刺激係数 0.457



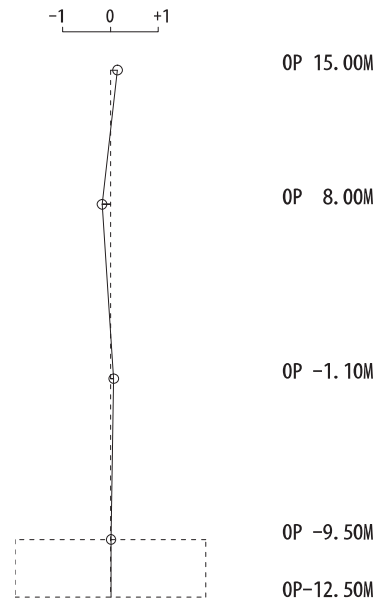
2 次

固有周期 0.060 s
固有振動数 16.63 Hz
刺激係数 0.166



3 次

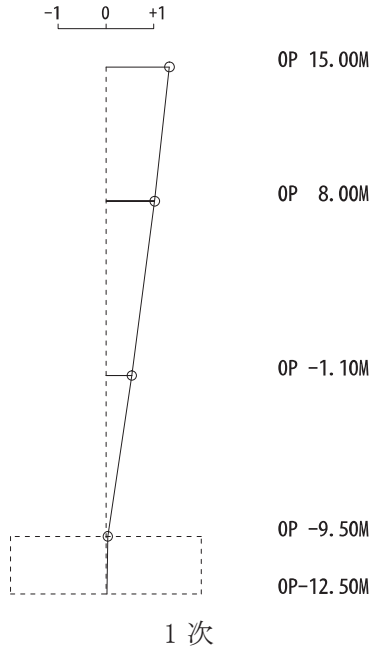
固有周期 0.047 s
固有振動数 21.33 Hz
刺激係数 0.175



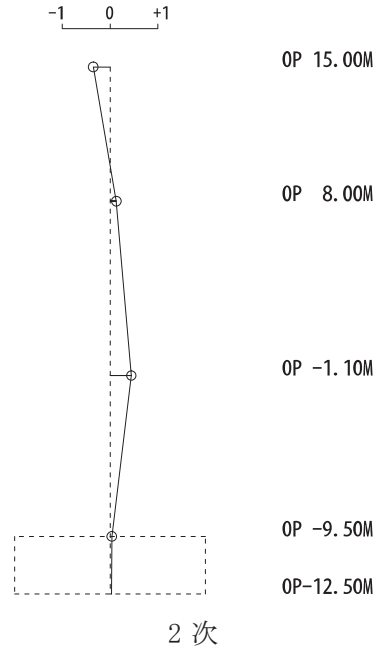
4 次

図 4-10 刺激関数図 (ケース 5) (NS 方向 1 次~4 次)

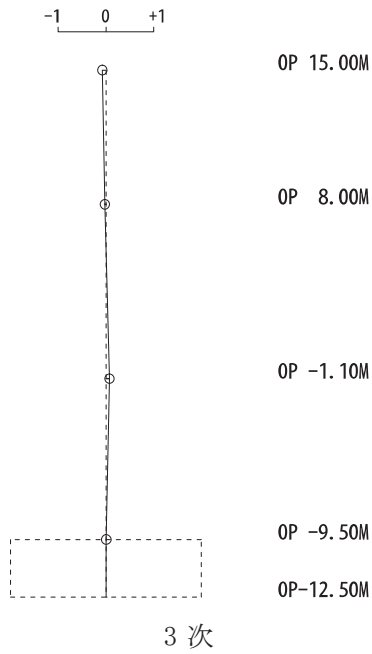
固有周期 0.200 s
固有振動数 4.99 Hz
刺激係数 1.329



固有周期 0.083 s
固有振動数 12.00 Hz
刺激係数 0.442



固有周期 0.060 s
固有振動数 16.69 Hz
刺激係数 0.077



固有周期 0.048 s
固有振動数 20.75 Hz
刺激係数 0.148

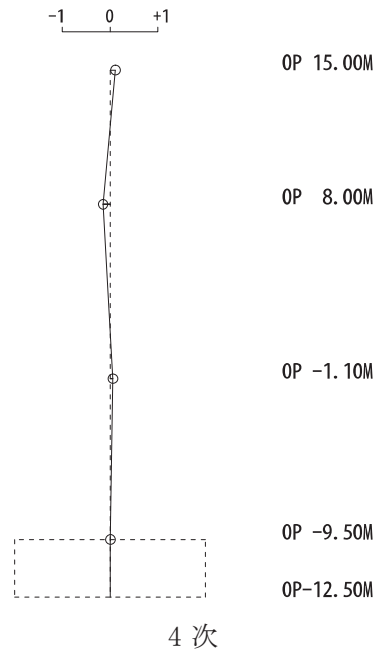
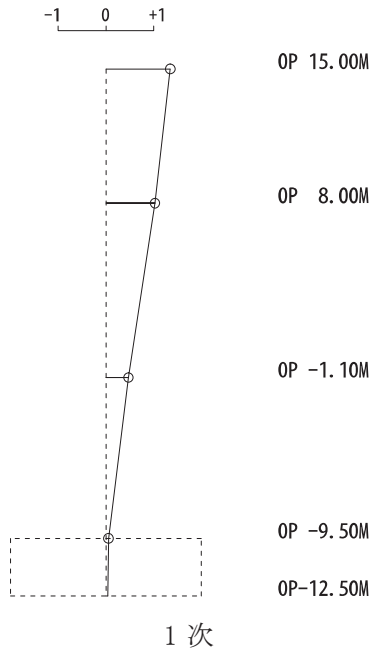
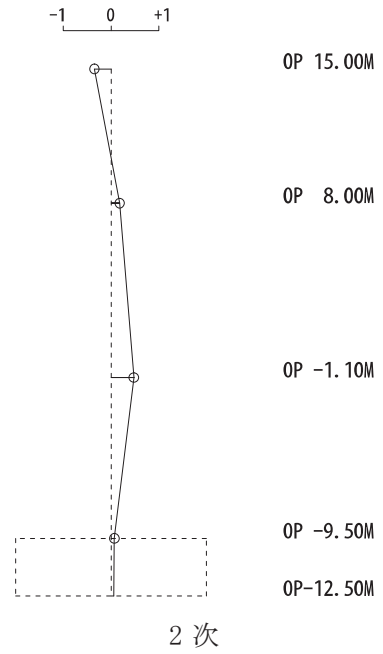


図 4-11 刺激関数図 (ケース 5) (EW 方向 1 次~4 次)

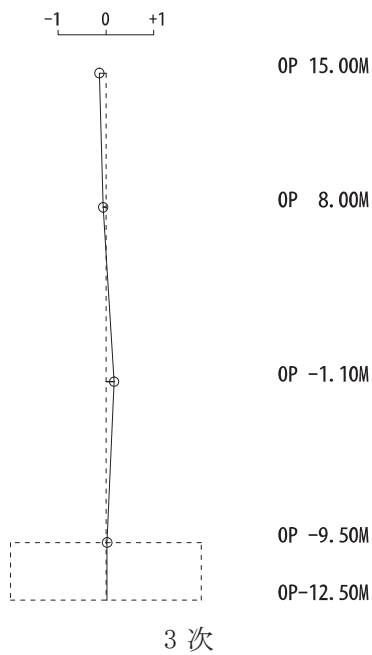
固有周期 0.185 s
固有振動数 5.39 Hz
刺激係数 1.345



固有周期 0.078 s
固有振動数 12.89 Hz
刺激係数 0.476



固有周期 0.061 s
固有振動数 16.52 Hz
刺激係数 0.170



固有周期 0.047 s
固有振動数 21.29 Hz
刺激係数 0.199

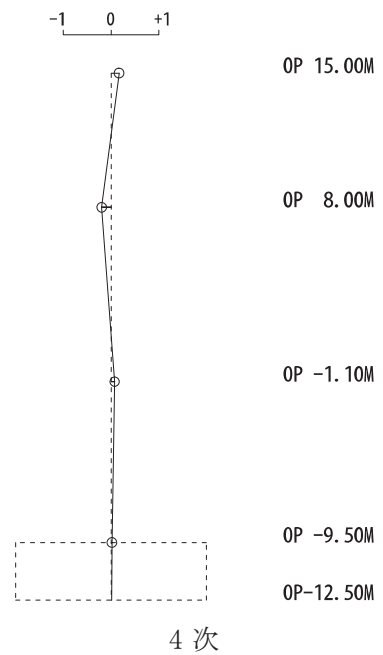
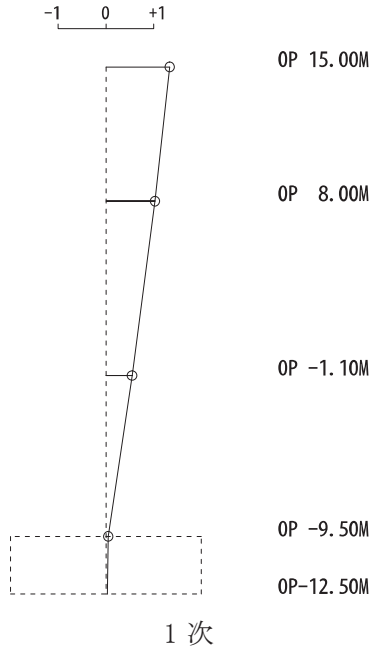
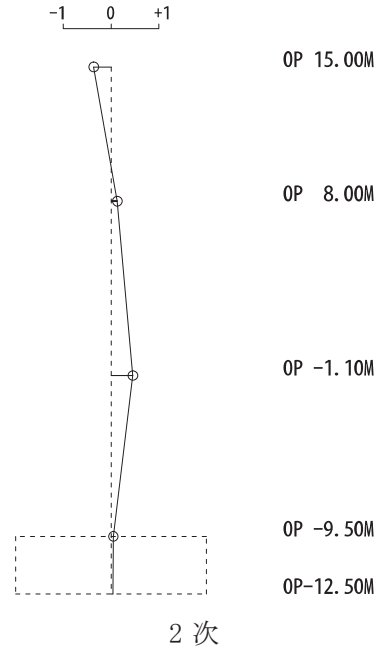


図 4-12 刺激関数図 (ケース 6) (NS 方向 1 次~4 次)

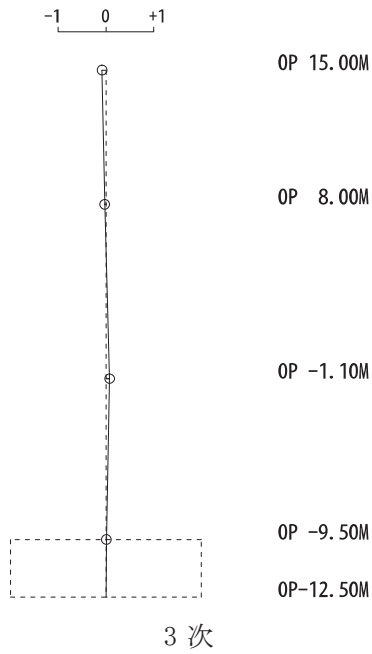
固有周期 0.202 s
 固有振動数 4.95 Hz
 刺激係数 1.335



固有周期 0.084 s
 固有振動数 11.93 Hz
 刺激係数 0.455



固有周期 0.060 s
 固有振動数 16.62 Hz
 刺激係数 0.083



固有周期 0.048 s
 固有振動数 20.73 Hz
 刺激係数 0.170

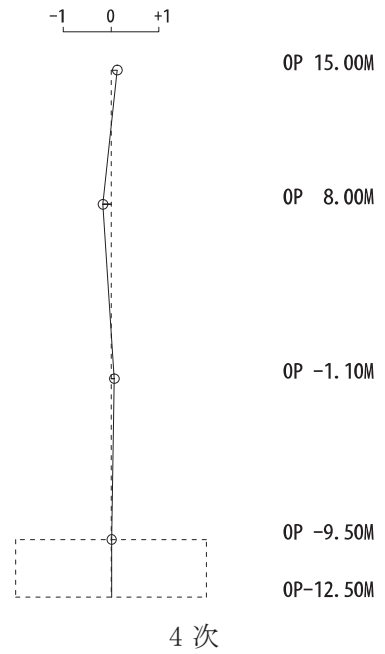


図 4-13 刺激関数図 (ケース 6) (EW 方向 1 次~4 次)

4.3 まとめ

建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮した固有値解析結果より，以下の傾向を確認した。

- ・ 建屋剛性の不確かさ

基本ケースに対する建屋剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について，各モードで低振動数側に 26%～27%シフトした。

- ・ 地盤物性の不確かさ

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について，変動は小さく最大で水平方向で 1%，鉛直方向で 4%であった。

- ・ 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ

基本ケースに対する建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について，硬質岩盤に立地しているため地盤の影響が小さく，建屋剛性を変動させたモデルと概ね同等で各モードで低振動数側に 25%～27%シフトした。

5. 機器・配管系評価への影響

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

別紙 4-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の
選定について

目次

1. 概要..... 別紙 4-1- 1
2. 選定方法..... 別紙 4-1- 1
3. 地震動の選定..... 別紙 4-1- 3
4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動..... 別紙 4-1- 9

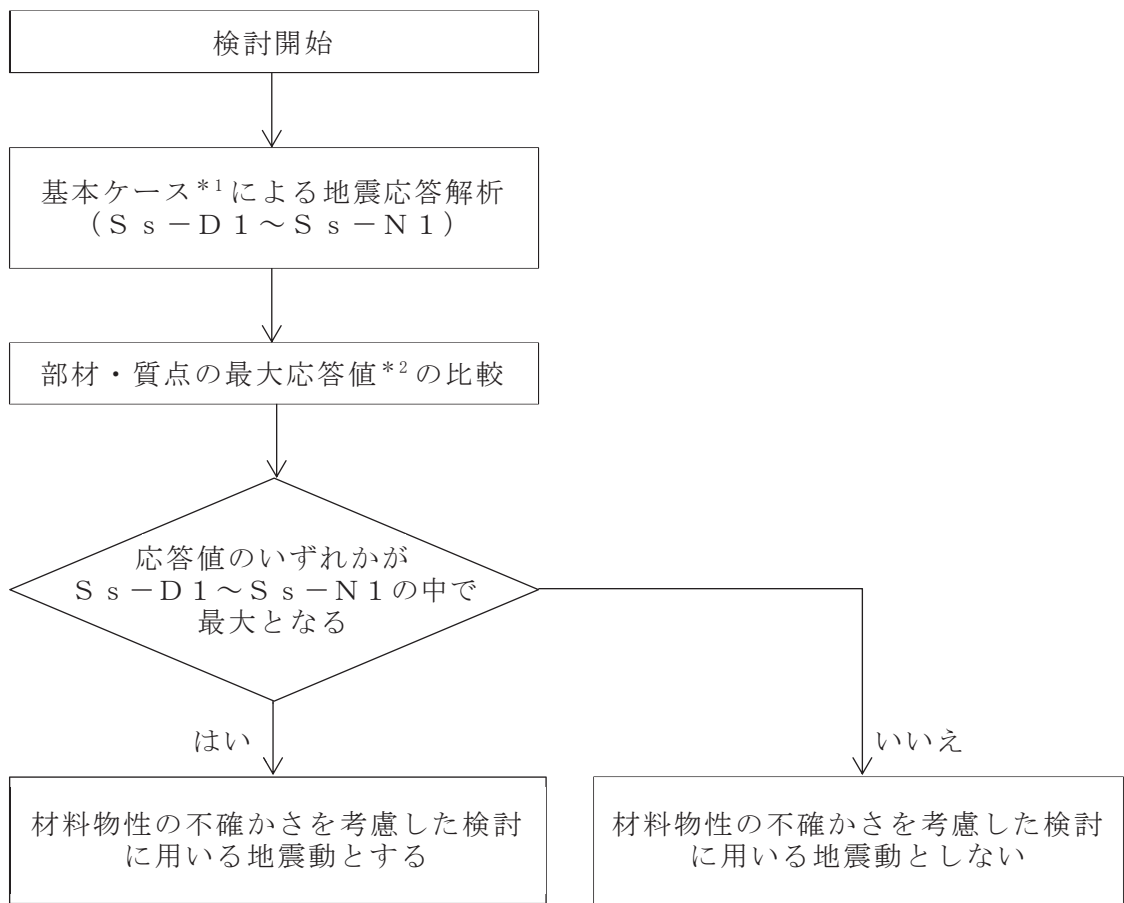
1. 概要

第3号機海水熱交換器建屋の材料物性の不確かさの考慮にあたっては、地震動（基準地震動 S_s ）ごとの基本ケースにおける建屋応答を確認した上で、建屋応答への影響の大きい波に対して検討を実施する。本資料では、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法及び地震動の選定結果について説明する。

2. 選定方法

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

- ① 基本ケースによる地震応答解析を行う。
- ② 地震応答解析結果より、質点及び部材の最大応答値の比較を行う。ここで用いる応答値は、基準地震動 S_s のそれぞれについて、加速度、変位、せん断力、曲げモーメント及び軸力とする。
- ③ 応答値のいずれかが基準地震動 S_s の中で最大となる波を、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。



注記*1：コンクリート剛性：シミュレーション解析により補正，地盤のせん断波速度：標準地盤

注記*2：応答値は，加速度，変位，せん断力，曲げモーメント及び軸力とする。

図 2-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定法のフロー

3. 地震動の選定

第3号機海水熱交換器建屋における基準地震動 S_s に対する基本ケースの地震動の選定を以下に示す。第3号機海水熱交換器建屋の基準地震動 S_s に対する最大応答値を表3-1～表3-11に示す。

「2. 選定方法」に基づき確認した結果、基準地震動 S_s-D1 、 S_s-D2 、 S_s-D3 及び S_s-F3 については、応答値のいずれかが S_s-D1 ～ S_s-N1 の中で最大となることから、不確かさ検討に用いる地震動とする。

表 3-1 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，NS 方向）

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
1	1891	1876	1820	1648	1595	1908	1108	1908
2	1498	1612	1503	1258	1397	1626	977	1626
3	1021	1401	903	882	990	1186	809	1401
4	649	740	610	583	805	860	594	860
5	619	722	611	576	753	849	584	849

注：網掛け部分は最大値

表 3-2 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s ，NS 方向）

質点 番号	最大応答変位 (cm)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
1	1.15	1.37	1.03	0.84	0.88	1.08	0.57	1.37
2	0.95	1.16	0.85	0.66	0.72	0.90	0.45	1.16
3	0.40	0.52	0.37	0.31	0.34	0.34	0.23	0.52
4	0.06	0.07	0.06	0.06	0.06	0.06	0.04	0.07
5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.04	0.05

注：網掛け部分は最大値

表 3-3 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

要素 番号	最大応答せん断（×10 ³ kN）							最大値
	S _s -D1	S _s -D2	S _s -D3	S _s -F1	S _s -F2	S _s -F3	S _s -N1	
(1)	131	131	127	116	112	130	77.5	131
(2)	255	264	243	219	222	257	166	264
(3)	351	389	349	319	337	334	276	389
(4)	411	446	388	361	417	405	347	446

注：網掛け部分は最大値

表 3-4 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

要素 番号	最大応答モーメント（×10 ⁶ kN・m）							最大値
	S _s -D1	S _s -D2	S _s -D3	S _s -F1	S _s -F2	S _s -F3	S _s -N1	
(1)	0.490	0.486	0.438	0.377	0.402	0.479	0.199	0.490
	1.25	1.19	1.30	1.12	1.08	1.28	0.650	1.30
(2)	1.77	1.65	1.71	1.58	1.47	1.69	0.836	1.77
	3.74	3.81	3.74	3.49	3.36	3.79	2.25	3.81
(3)	4.08	4.17	4.20	3.89	3.69	4.20	2.35	4.20
	6.98	7.15	6.45	6.17	6.13	6.88	4.60	7.15
(4)	7.18	7.31	6.64	6.39	6.34	7.02	4.64	7.31
	8.34	8.59	7.74	7.38	7.46	8.04	5.67	8.59

注 1：上段は要素の上端，下段は要素の下端のモーメントを示す。

注 2：網掛け部分は最大値

表 3-5 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
1	1555	1751	1875	1284	1509	1739	1156	1875
2	1243	1411	1328	1000	1095	1321	943	1411
3	1024	1141	946	767	850	1121	933	1141
4	668	753	639	556	689	764	621	764
5	634	732	617	553	691	773	616	773

注：網掛け部分は最大値

表 3-6 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

質点 番号	最大応答変位 (cm)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
1	1.26	1.60	1.24	0.81	0.95	1.49	0.73	1.60
2	1.05	1.39	1.02	0.65	0.76	1.28	0.60	1.39
3	0.74	1.00	0.66	0.39	0.48	0.94	0.39	1.00
4	0.06	0.06	0.06	0.05	0.06	0.06	0.04	0.06
5	0.06	0.05	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06

注：網掛け部分は最大値

表 3-7 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

要素 番号	最大応答せん断（ $\times 10^3 \text{kN}$ ）							最大値
	$S_s - D 1$	$S_s - D 2$	$S_s - D 3$	$S_s - F 1$	$S_s - F 2$	$S_s - F 3$	$S_s - N 1$	
(1)	108	120	129	90.4	106	120	80.8	129
(2)	216	228	225	181	202	223	167	228
(3)	314	344	305	258	280	338	266	344
(4)	360	396	328	295	310	363	328	396

注：網掛け部分は最大値

表 3-8 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

要素 番号	最大応答モーメント（ $\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$ ）							最大値
	$S_s - D 1$	$S_s - D 2$	$S_s - D 3$	$S_s - F 1$	$S_s - F 2$	$S_s - F 3$	$S_s - N 1$	
(1)	0.329	0.368	0.338	0.257	0.247	0.483	0.146	0.483
	0.948	1.21	1.18	0.846	0.976	1.27	0.689	1.27
(2)	1.20	1.38	1.38	1.14	1.23	1.81	0.834	1.81
	3.14	3.43	3.44	2.61	3.05	3.45	2.35	3.45
(3)	3.43	3.84	3.89	2.83	3.32	3.93	2.50	3.93
	5.98	6.56	6.43	4.99	5.55	6.51	4.58	6.56
(4)	6.02	6.57	6.43	5.04	5.62	6.51	4.60	6.57
	7.07	7.73	7.35	5.87	6.53	7.57	5.55	7.73

注 1：上段は要素の上端，下段は要素の下端のモーメントを示す。

注 2：網掛け部分は最大値

表 3-9 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
1	912	1213	1161	593	686	933	570	1213
2	827	1063	1050	552	631	866	534	1063
3	667	831	764	488	533	738	450	831
4	516	644	531	401	423	500	352	644
5	508	621	514	388	409	484	340	621

注：網掛け部分は最大値

表 3-10 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

質点 番号	最大応答変位 (cm)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
1	0.06	0.08	0.07	0.04	0.05	0.06	0.04	0.08
2	0.05	0.07	0.06	0.04	0.05	0.06	0.04	0.07
3	0.04	0.05	0.05	0.03	0.03	0.04	0.03	0.05
4	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02

注：網掛け部分は最大値

表 3-11 最大応答軸力一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

要素 番号	最大応答せん断 ($\times 10^3 \text{kN}$)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
(1)	63.8	85.4	81.5	41.6	48.2	65.7	40.0	85.4
(2)	141	184	179	92.1	107	146	89.7	184
(3)	230	288	283	158	180	246	151	288
(4)	281	339	327	200	228	304	192	339

注：網掛け部分は最大値

4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

第3号機海水熱交換器建屋の材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定結果を表4-1に示す。地震動の選定にあたり、基本ケースにおける建屋応答の確認は、以下の資料に基づき実施した。

- ・添付書類「VI-2-2-29 第3号機海水熱交換器建屋の地震応答計算書」

表4-1 第3号機海水熱交換器建屋の材料物性の不確かさを考慮した
検討に用いる地震動

建屋名	材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動
	基準地震動 S_s
第3号機海水熱交換器 建屋	$S_s - D1$, $S_s - D2$, $S_s - D3$, $S_s - F3$

別紙 4-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

目次

1. 概要	別紙 4-2-	1
2. 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果	別紙 4-2-	2
2.1 建屋剛性の不確かさ	別紙 4-2-	2
2.2 地盤物性の不確かさ	別紙 4-2-	19
2.3 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ	別紙 4-2-	47
3. まとめ	別紙 4-2-	64

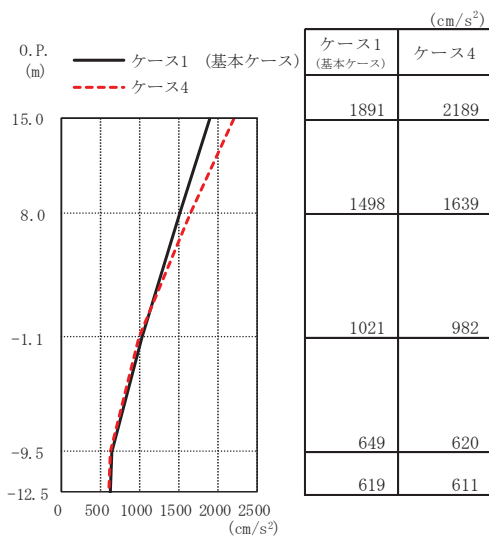
1. 概要

本資料は、第3号機海水熱交換器建屋の地震応答解析において材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を示すものである。

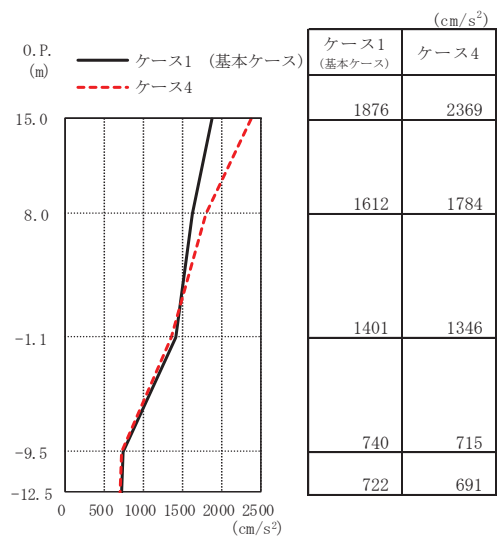
2. 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

2.1 建屋剛性の不確かさ

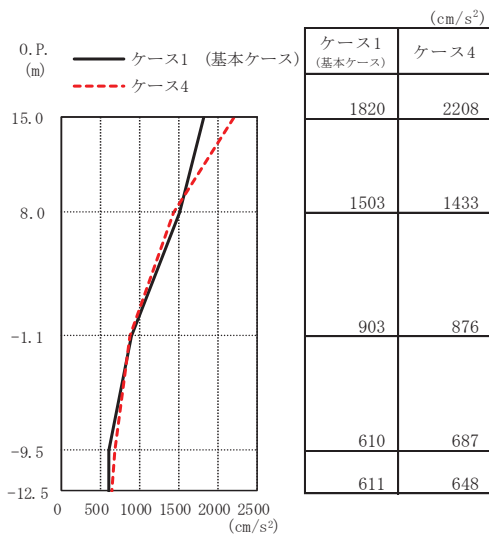
第3号機海水熱交換器建屋の建屋剛性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果の最大応答値の比較を図2-1～図2-16に示す。



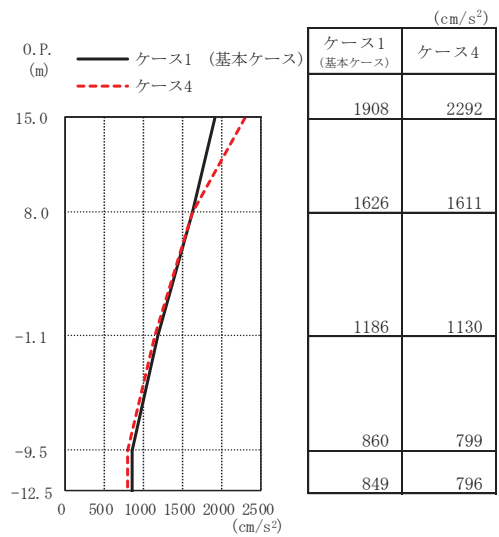
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

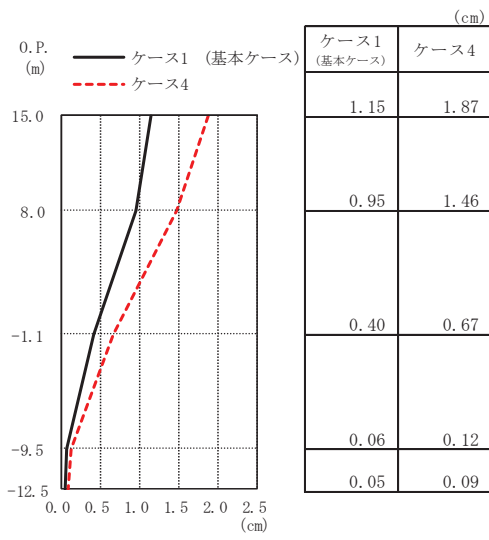


(c) S s - D 3

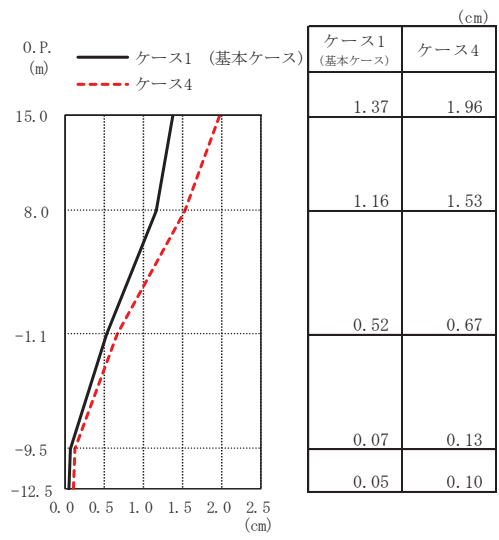


(d) S s - F 3

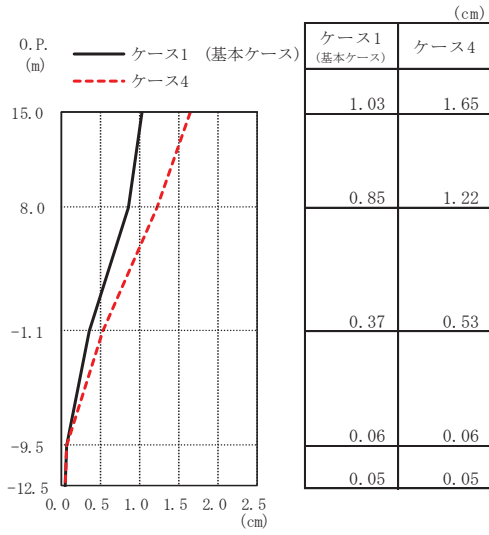
図 2-1 最大応答加速度 (基準地震動 S s, NS 方向)



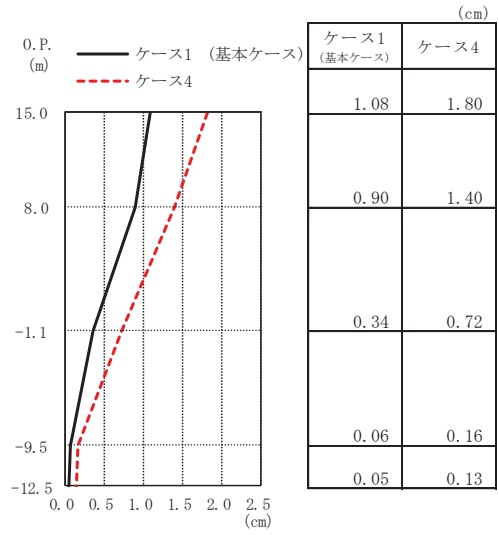
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

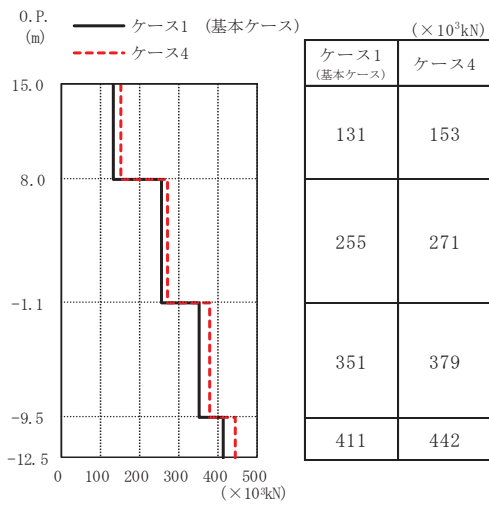


(c) S s - D 3

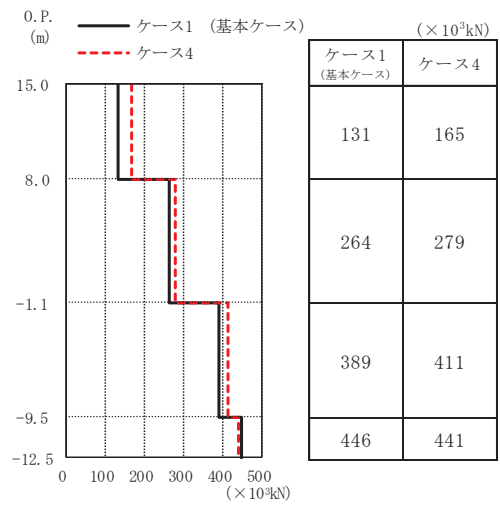


(d) S s - F 3

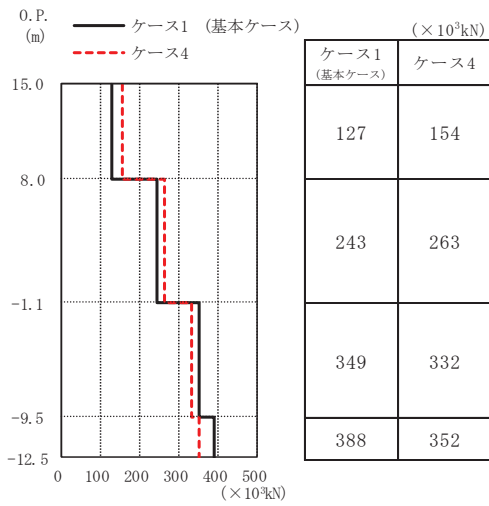
図 2-2 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向)



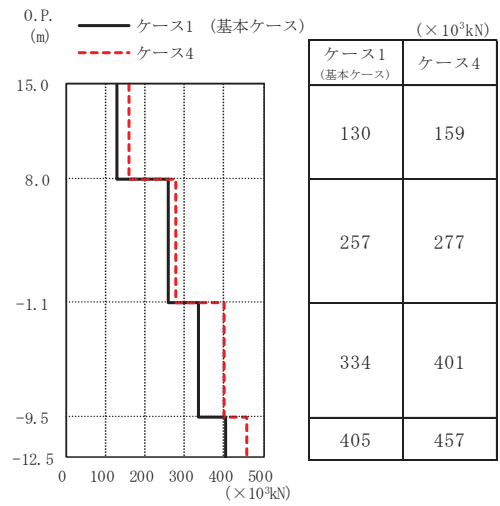
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

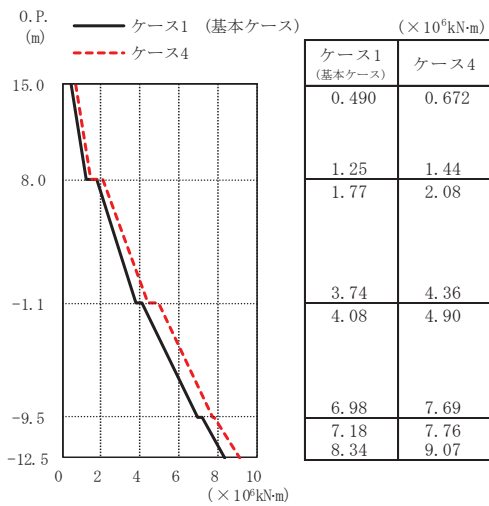


(c) S s - D 3

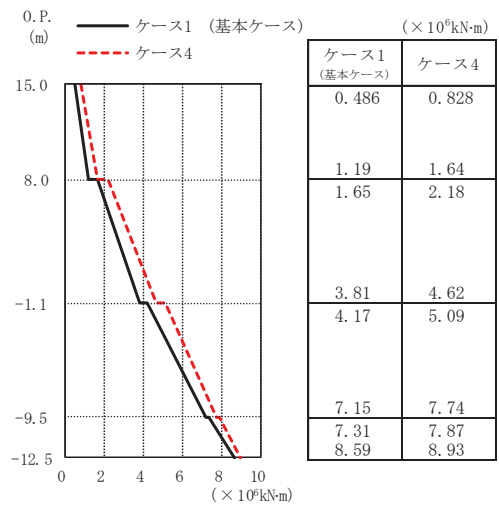


(d) S s - F 3

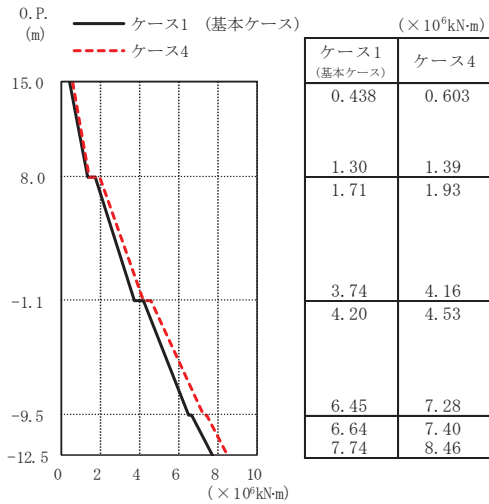
図 2-3 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向)



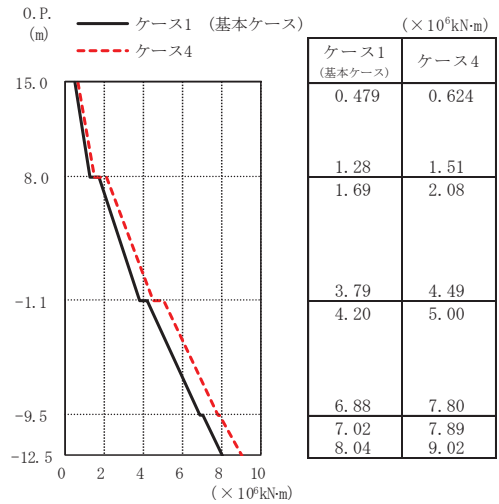
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

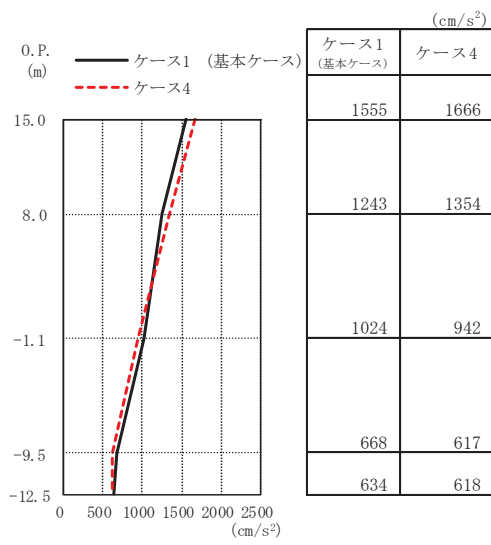


(c) S s - D 3

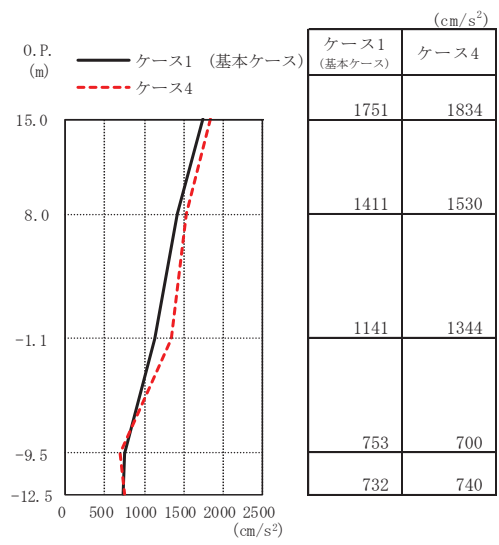


(d) S s - F 3

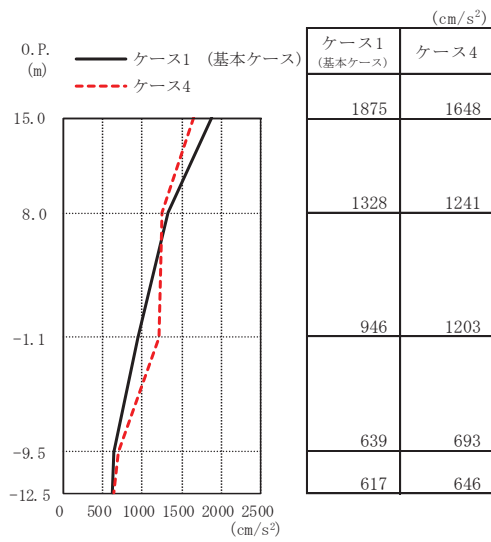
図 2-4 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向)



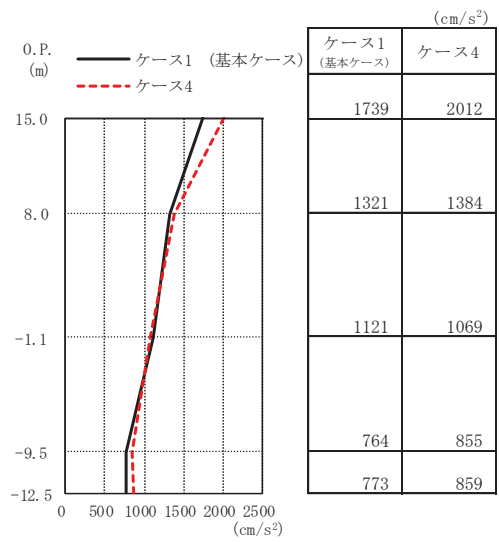
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

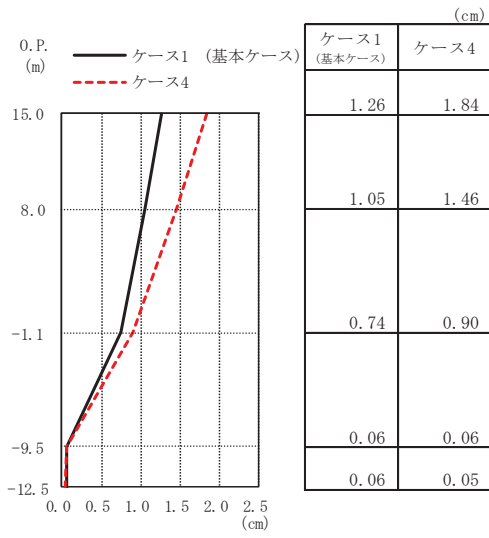


(c) S s - D 3

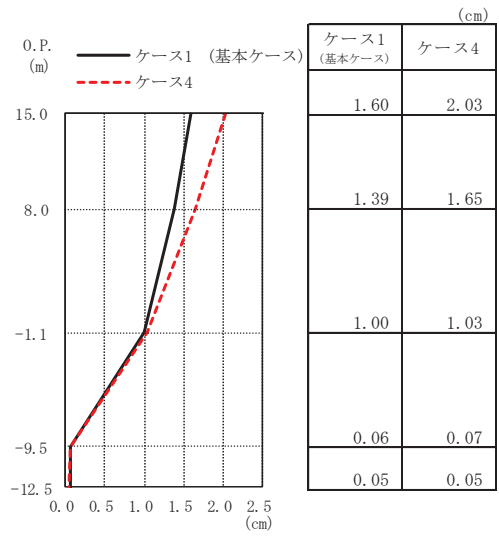


(d) S s - F 3

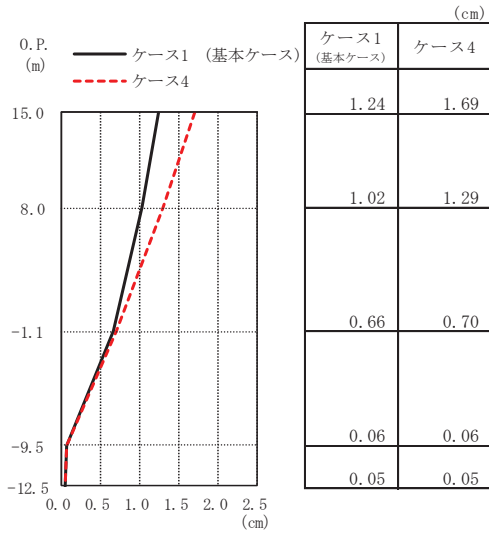
図 2-5 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向)



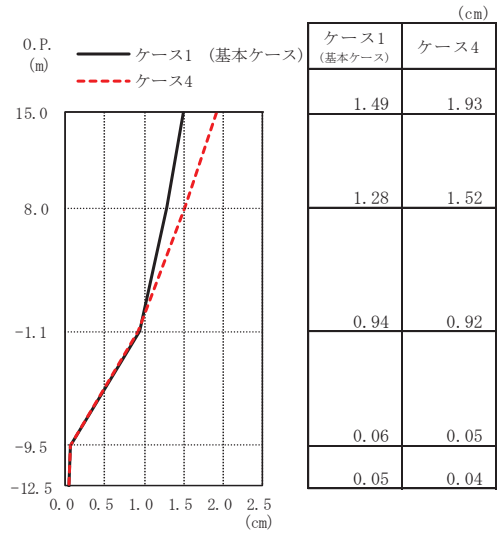
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

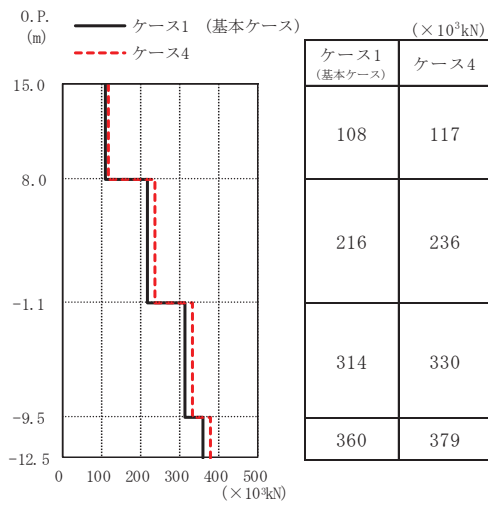


(c) S s - D 3

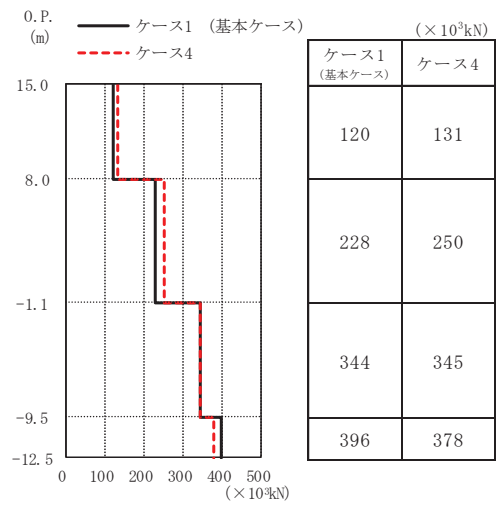


(d) S s - F 3

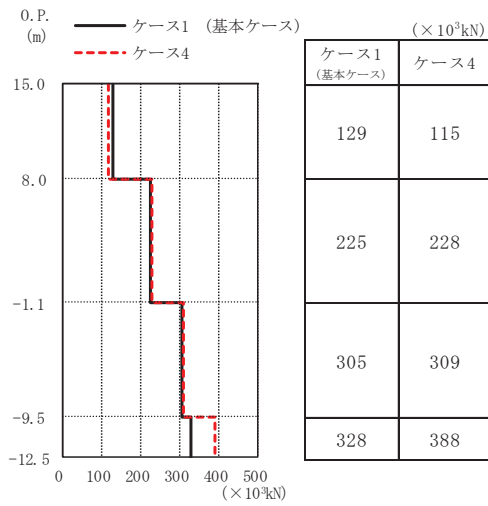
図 2-6 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向)



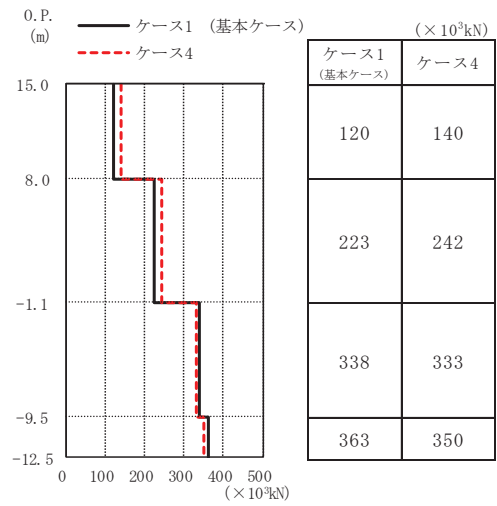
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

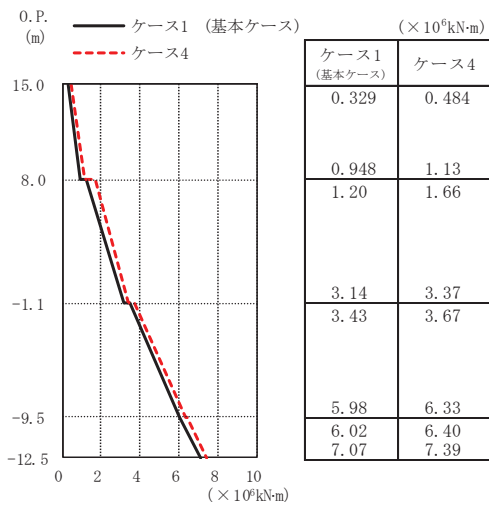


(c) S s - D 3

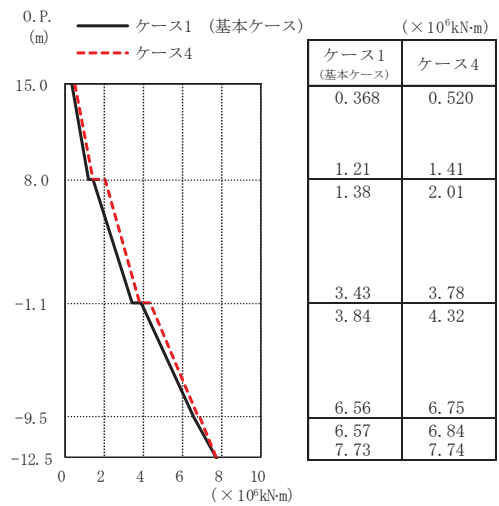


(d) S s - F 3

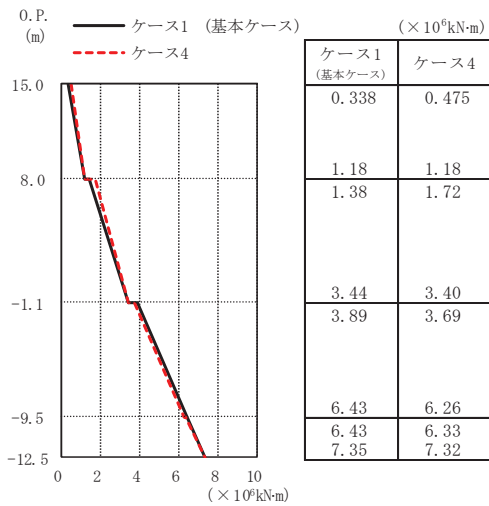
図 2-7 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, EW 方向)



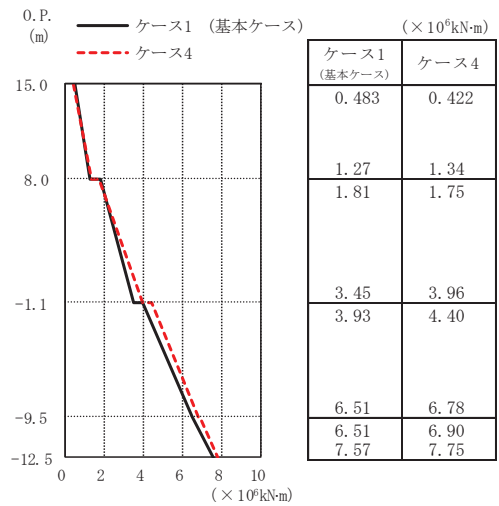
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

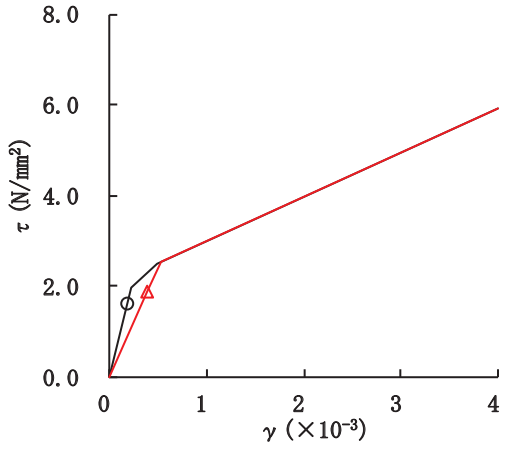
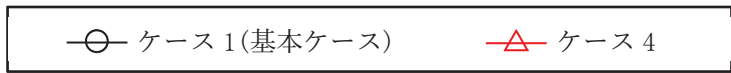


(c) S s - D 3

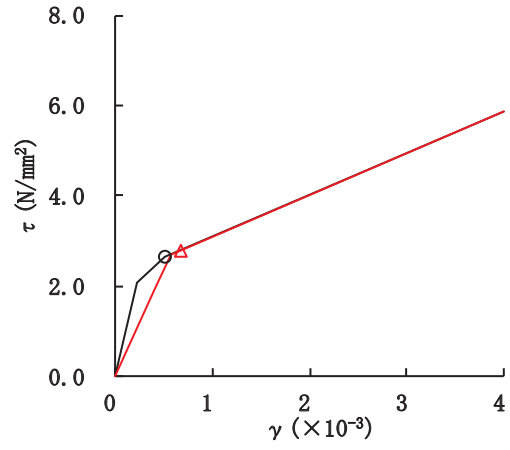


(d) S s - F 3

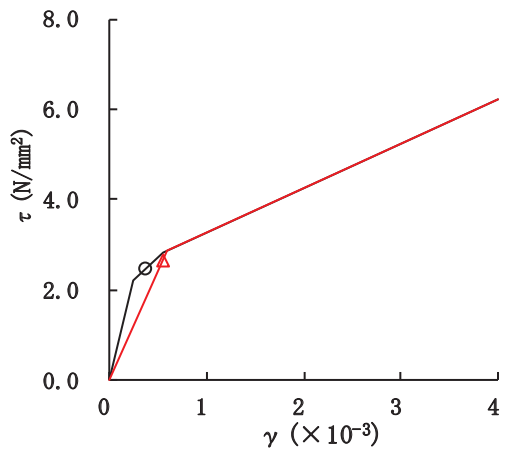
図 2-8 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

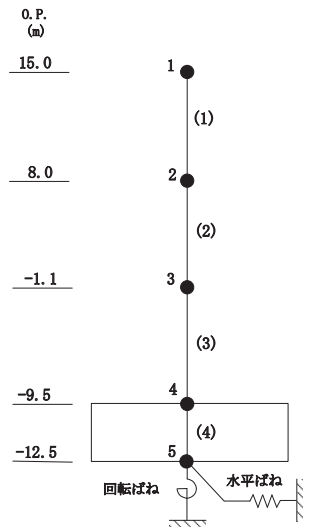
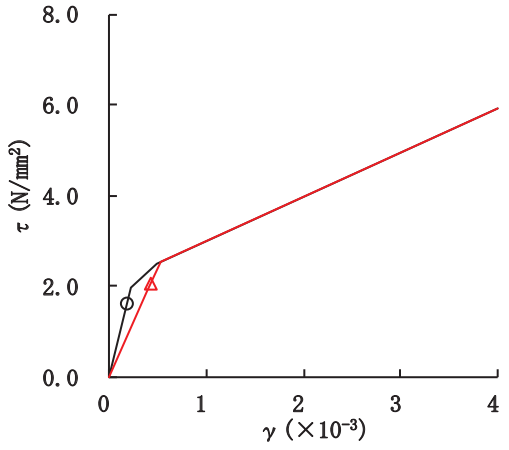
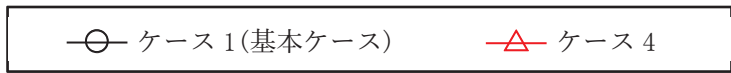
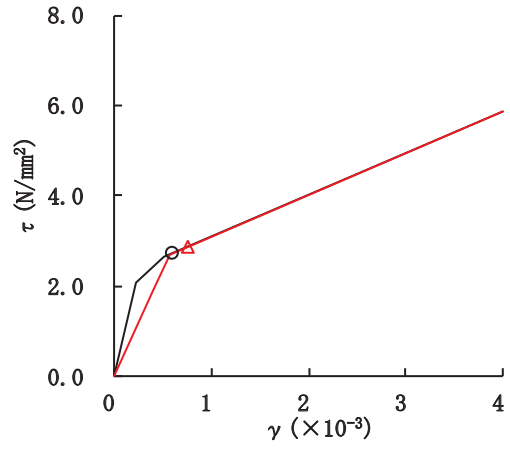


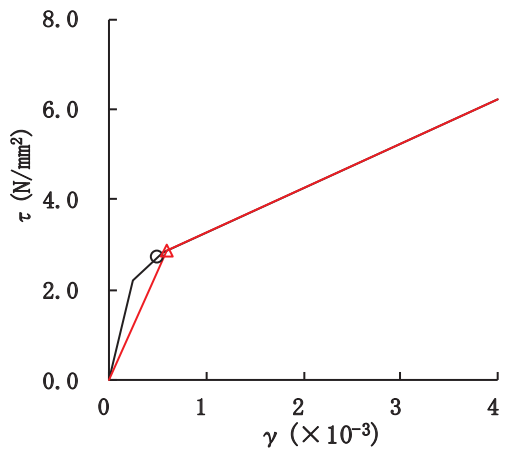
図 2-9 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

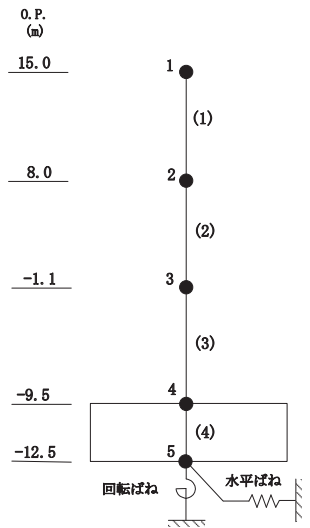
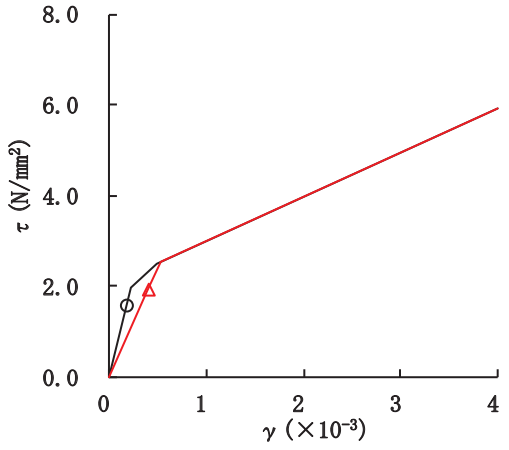
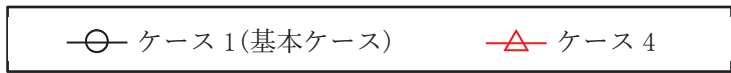
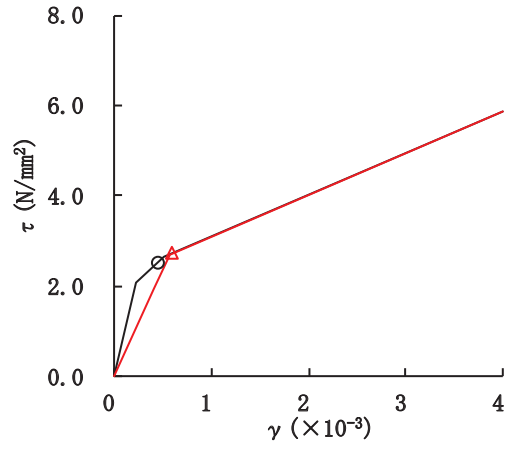


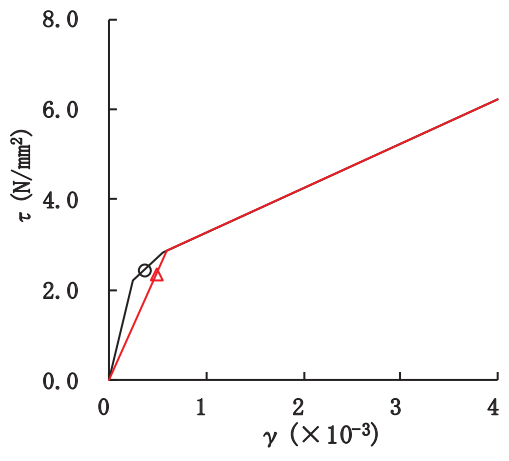
図 2-10 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

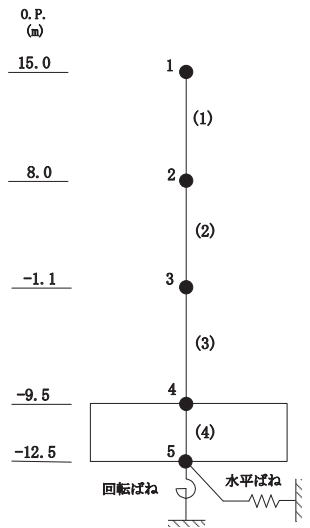
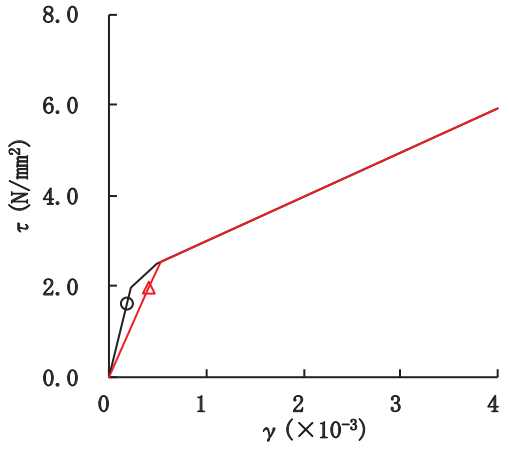
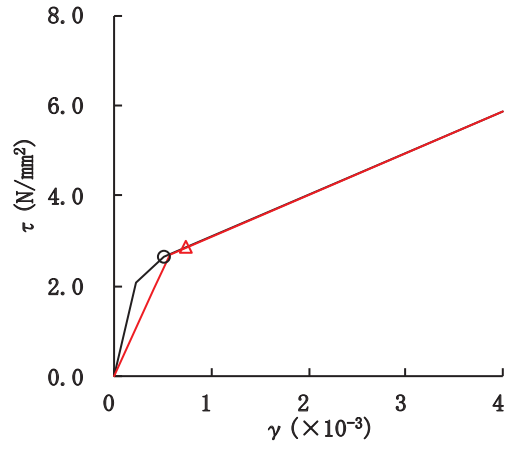


図 2-11 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, NS 方向)

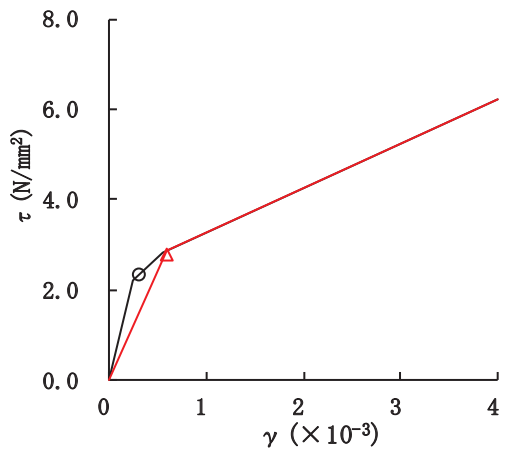
○ ケース 1(基本ケース) △ ケース 4



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

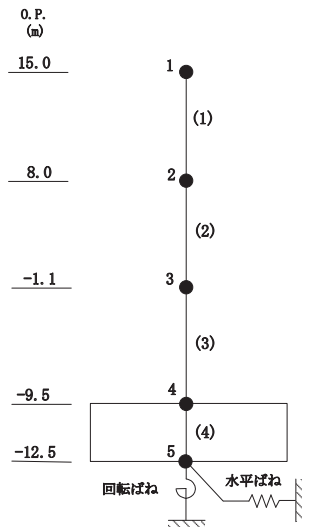
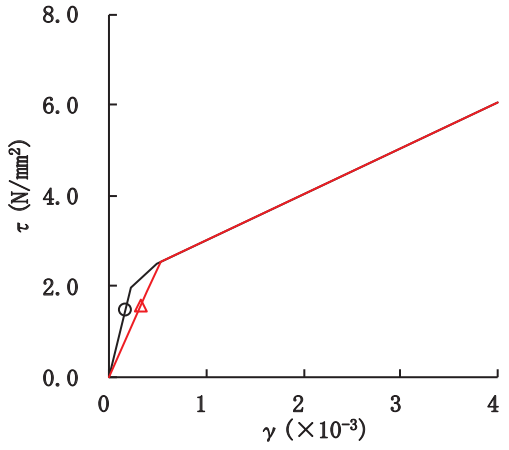
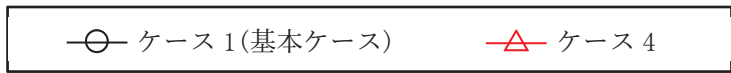
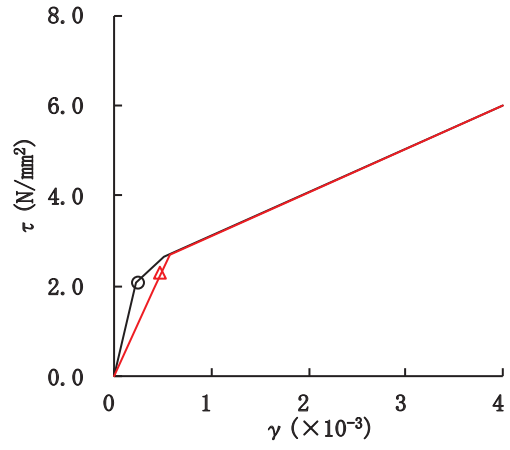


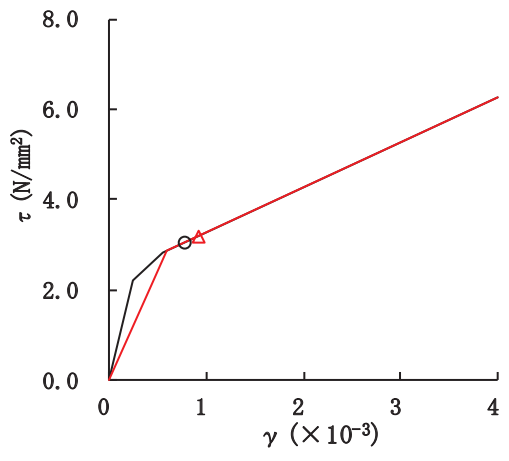
図 2-12 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

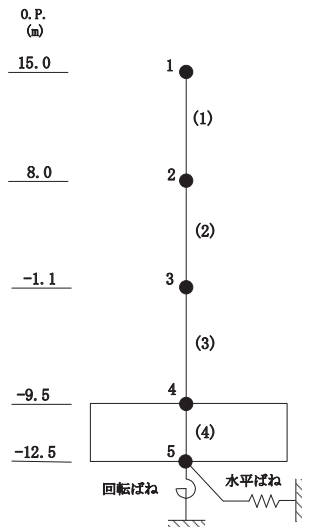
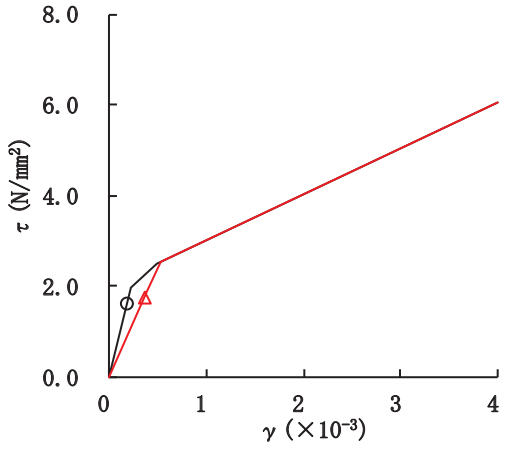
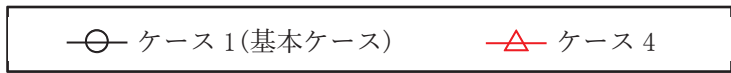
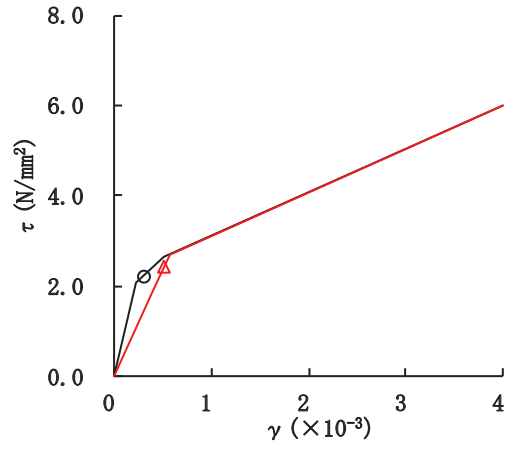


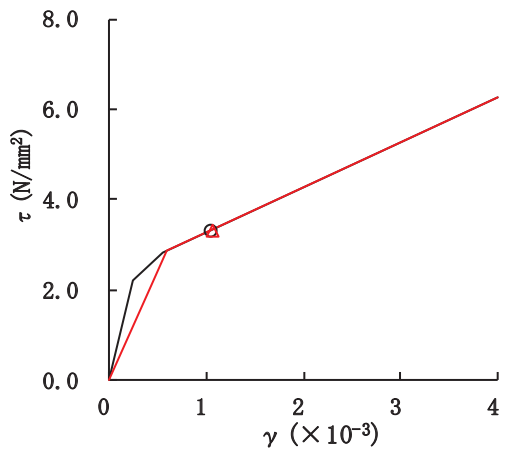
図 2-13 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

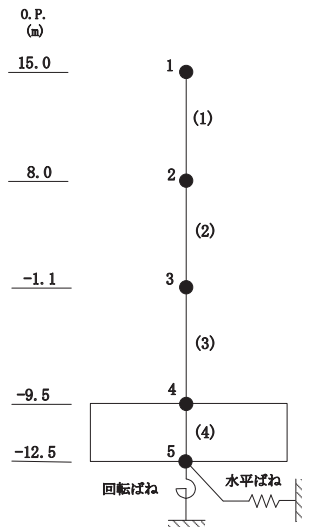
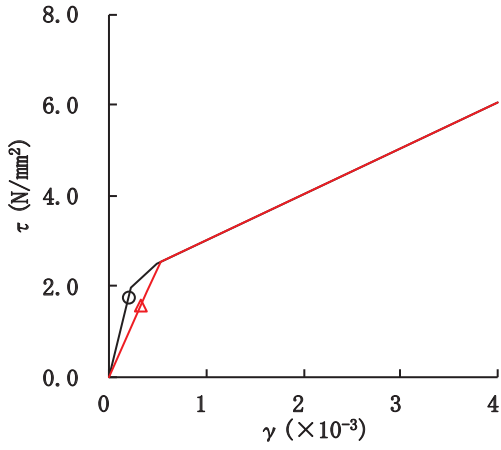
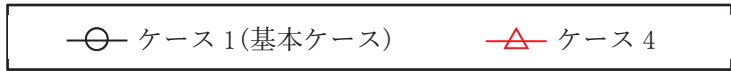
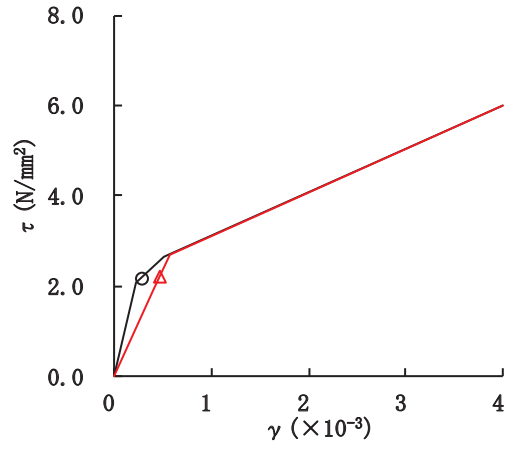


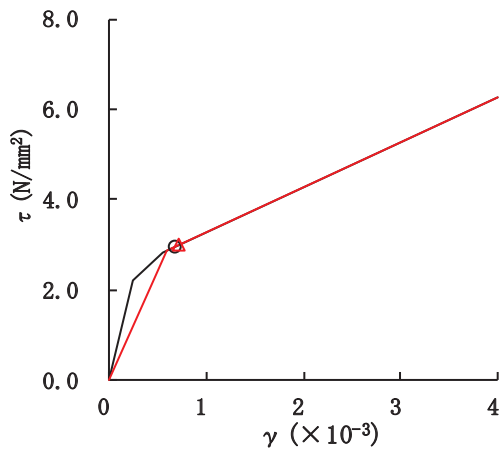
図 2-14 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

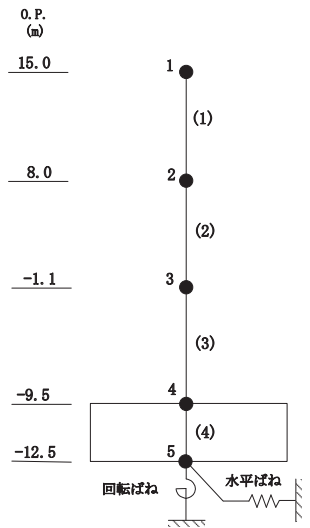
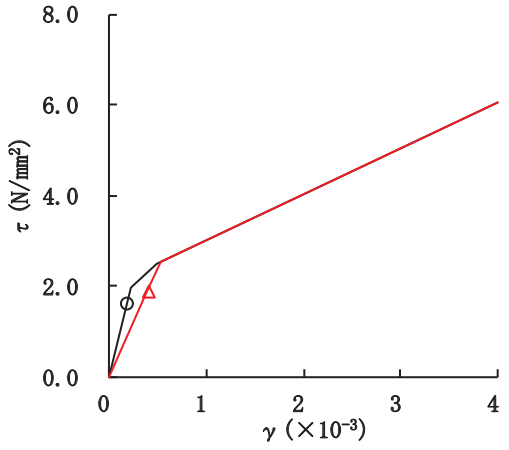
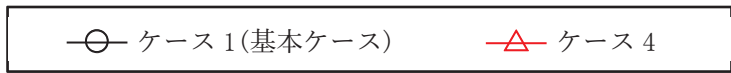
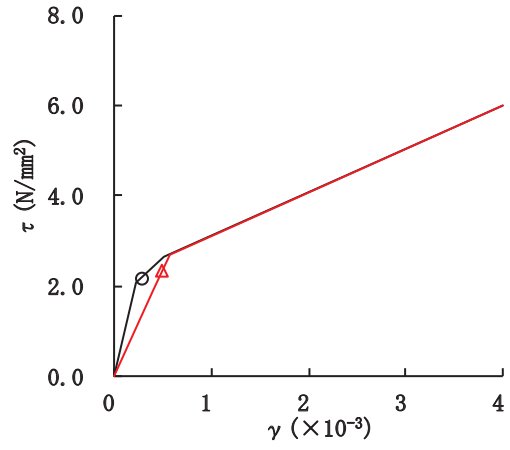


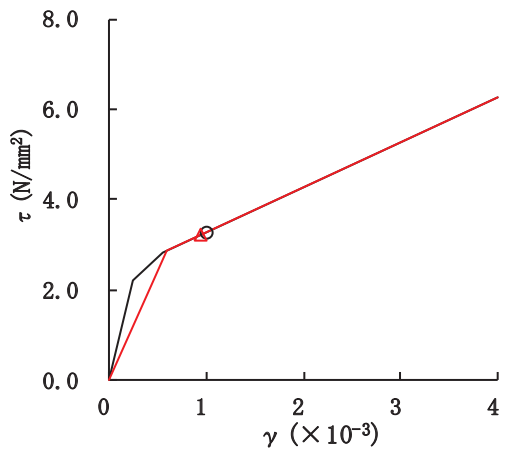
図 2-15 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

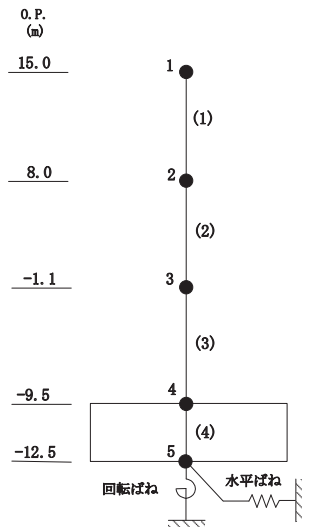
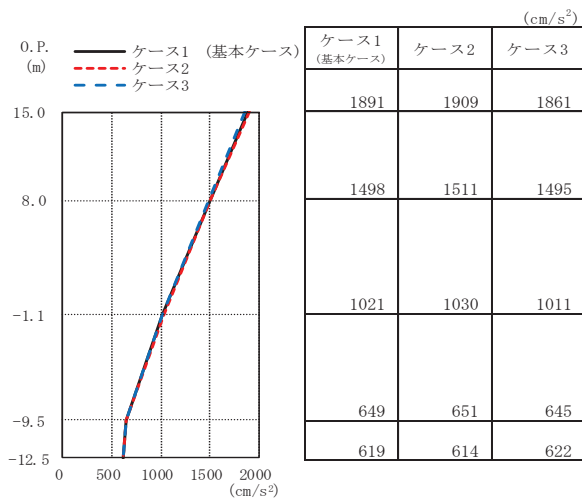


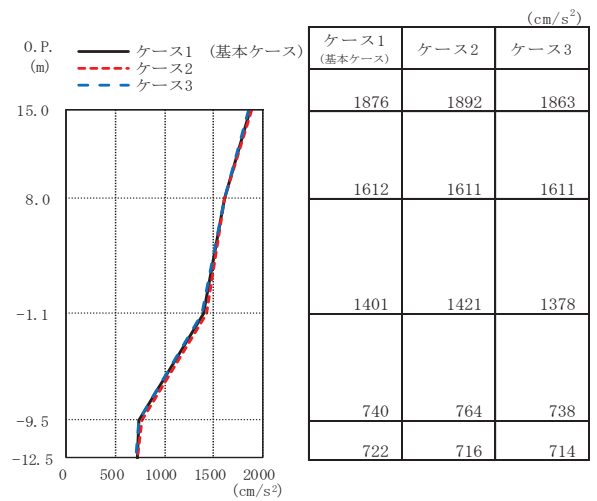
図 2-16 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

2.2 地盤物性の不確かさ

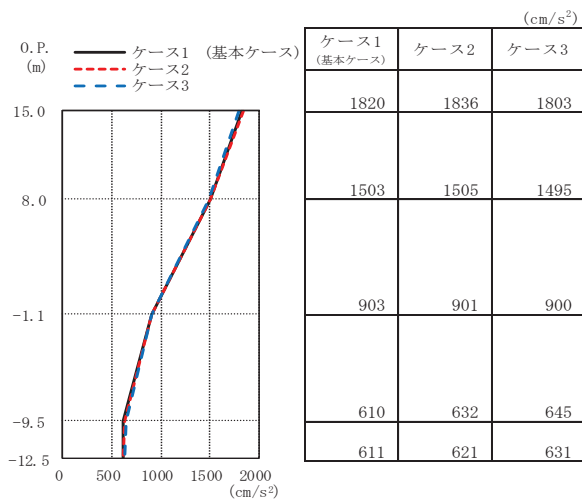
地盤物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を図 2-17～図 2-35 に、弾性設計用地震動 S_d-D2 に対する地震応答解析結果を図 2-36～図 2-48 に示す。



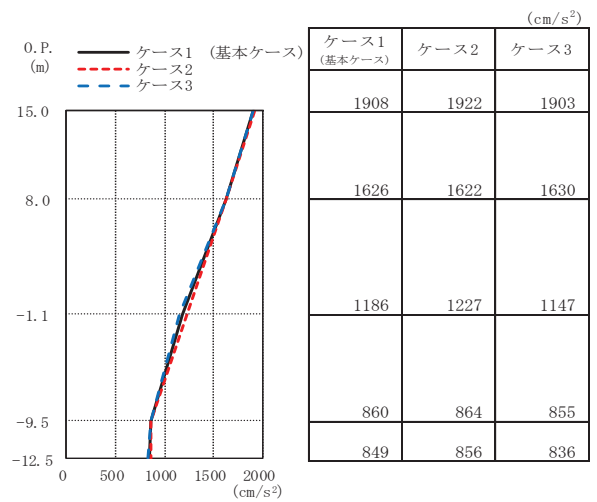
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

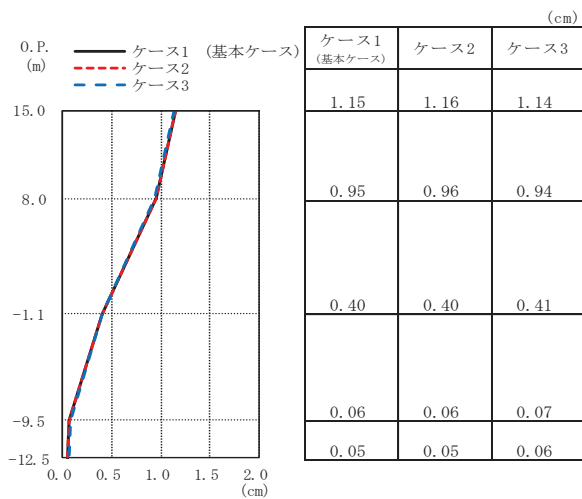


(c) S s - D 3

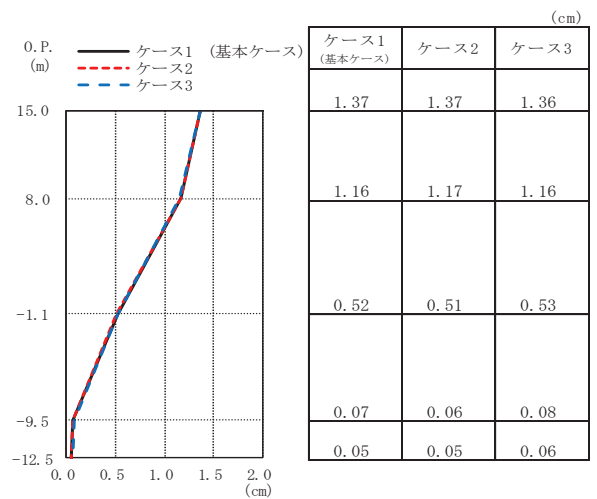


(d) S s - F 3

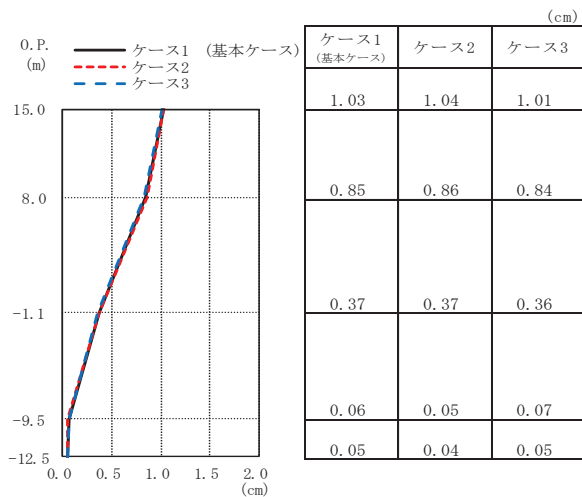
図 2-17 最大応答加速度 (基準地震動 S s, NS 方向)



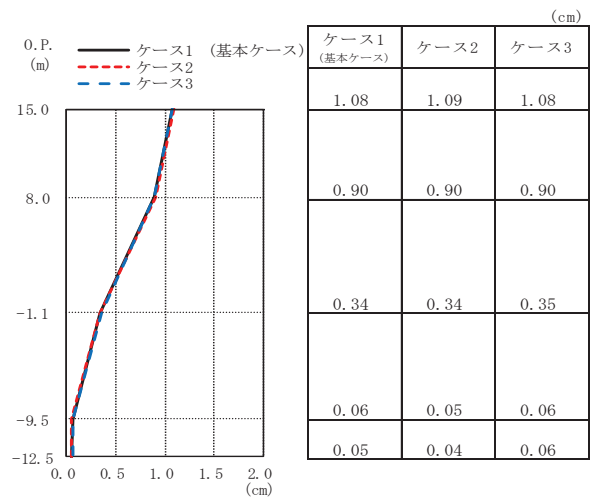
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

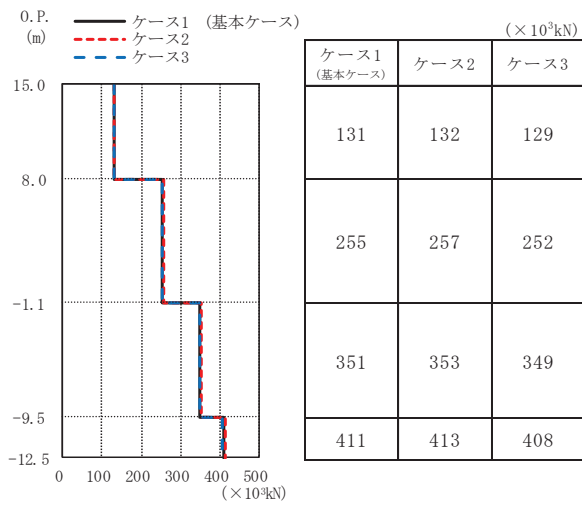


(c) S s - D 3

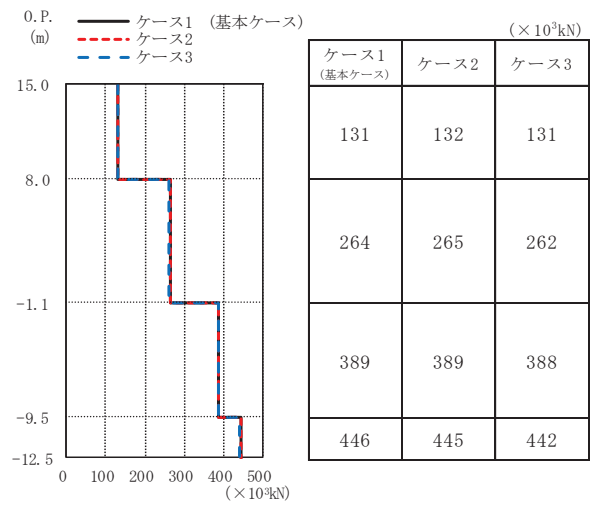


(d) S s - F 3

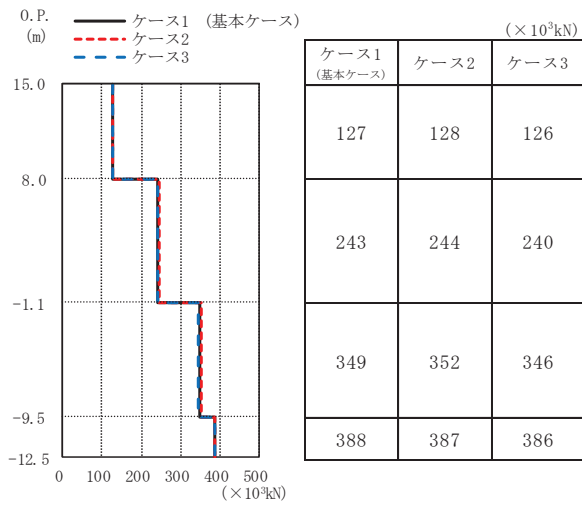
図 2-18 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向)



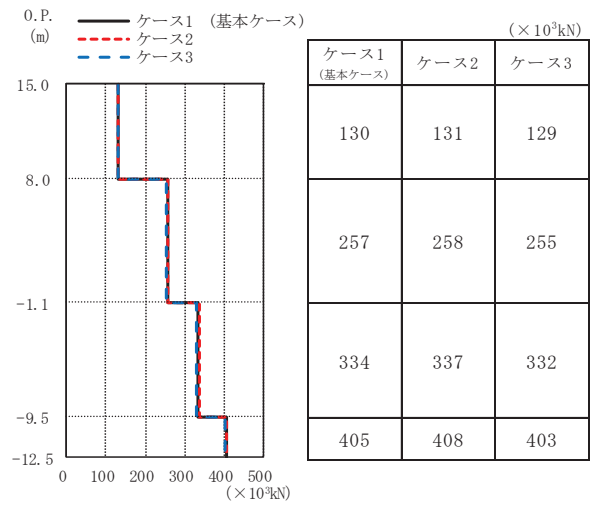
(a) S_s-D 1



(b) S_s-D 2

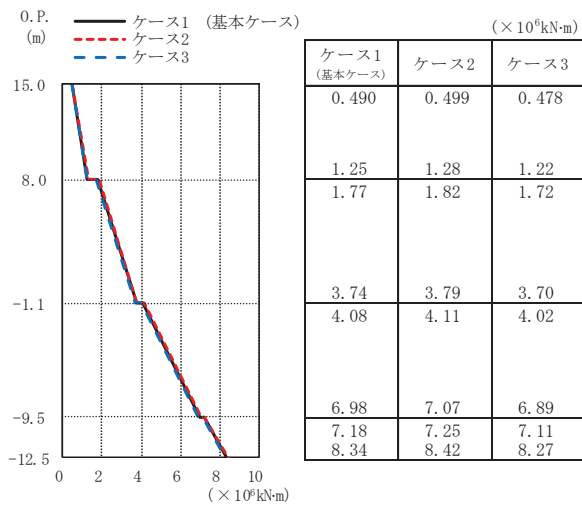


(c) S_s-D 3

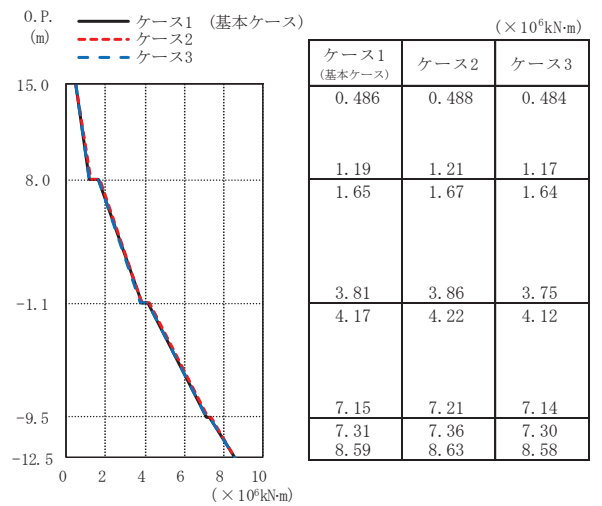


(d) S_s-F 3

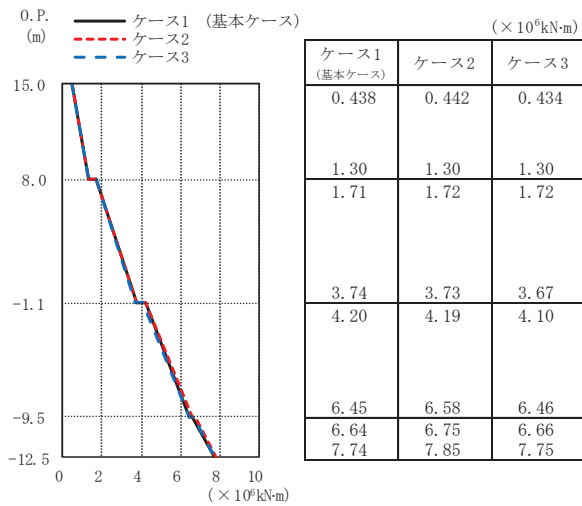
図 2-19 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s, NS 方向)



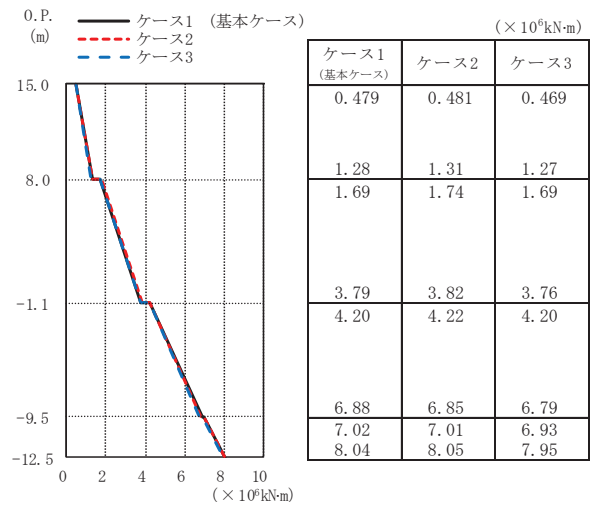
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

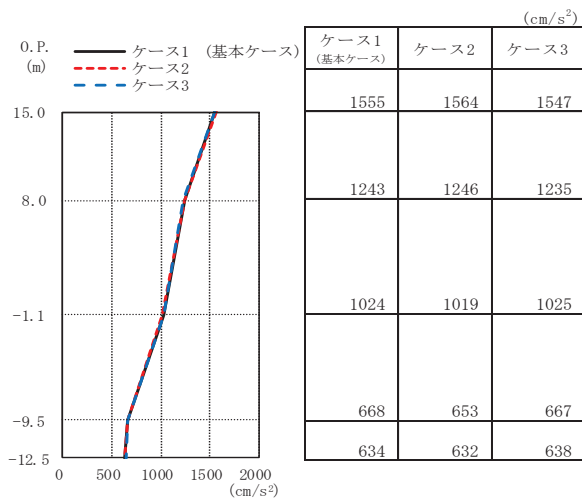


(c) S s - D 3

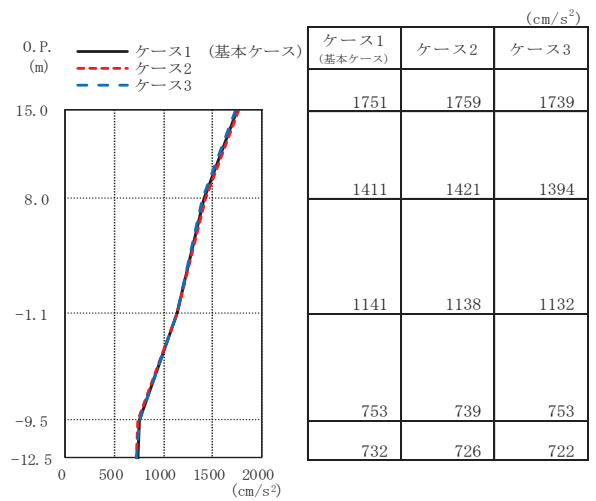


(d) S s - F 3

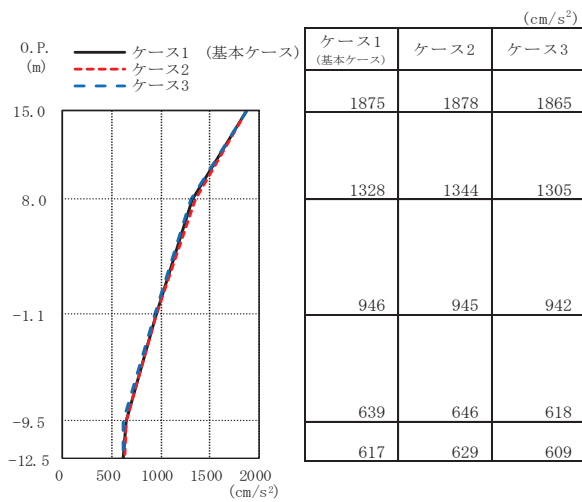
図 2-20 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向)



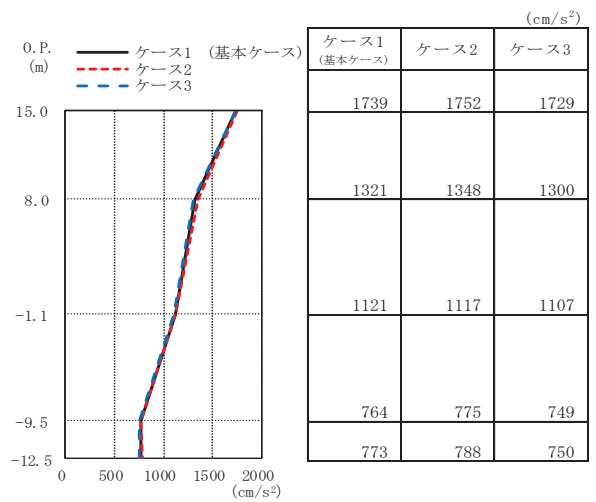
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

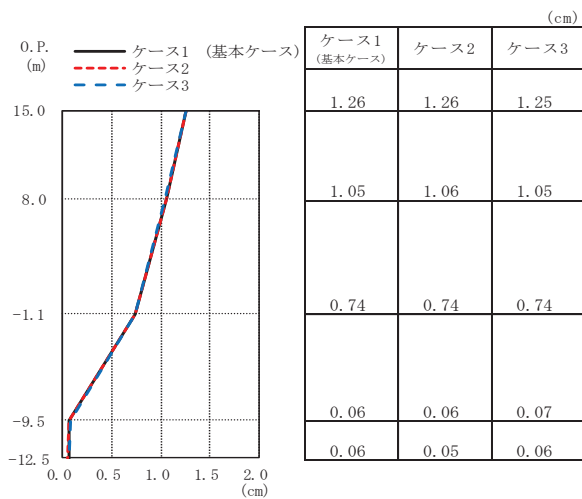


(c) S s - D 3

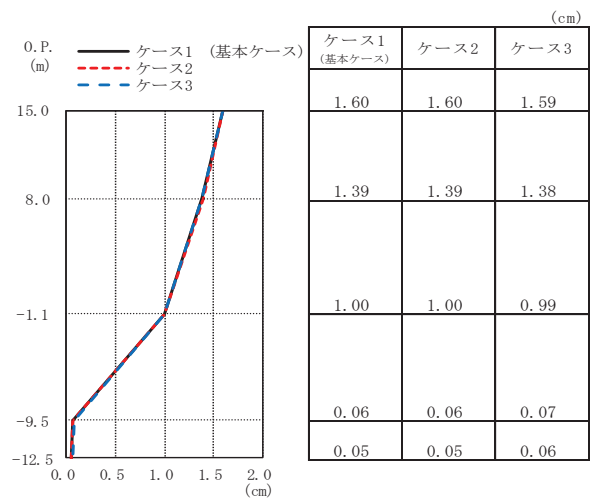


(d) S s - F 3

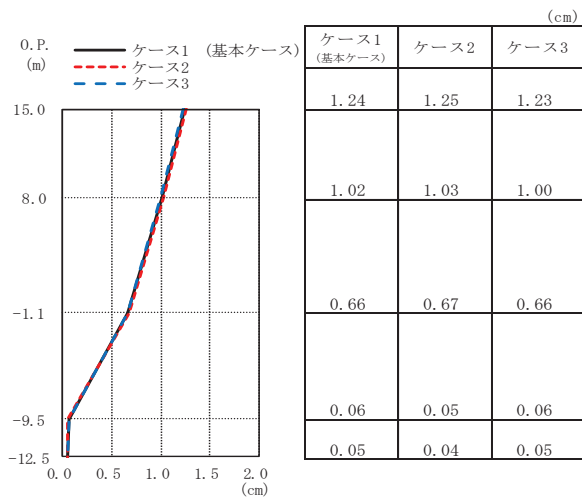
図 2-21 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向)



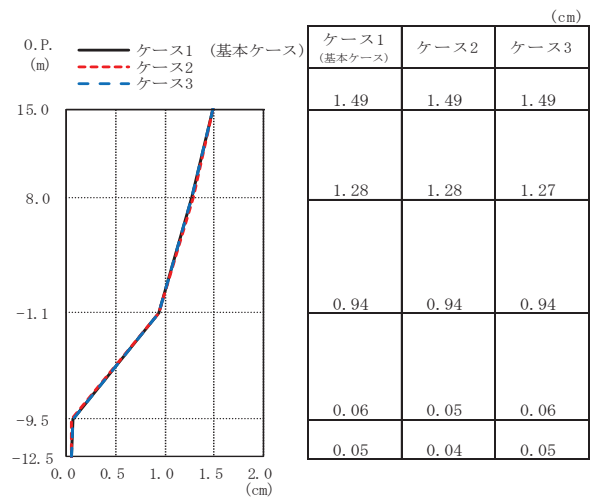
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

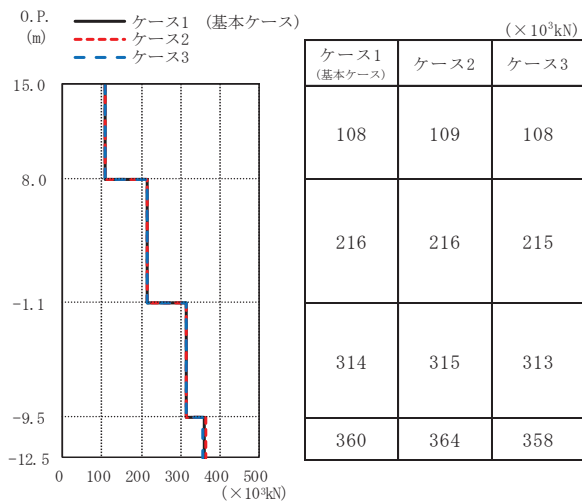


(c) S s - D 3

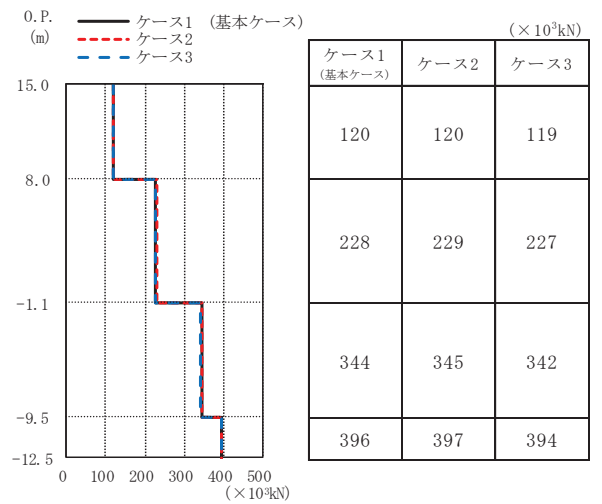


(d) S s - F 3

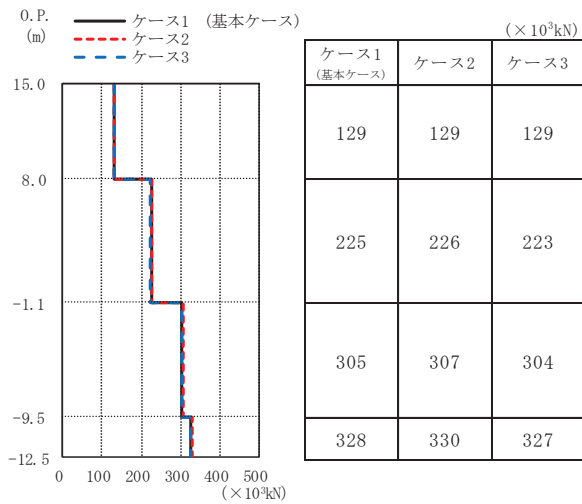
図 2-22 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向)



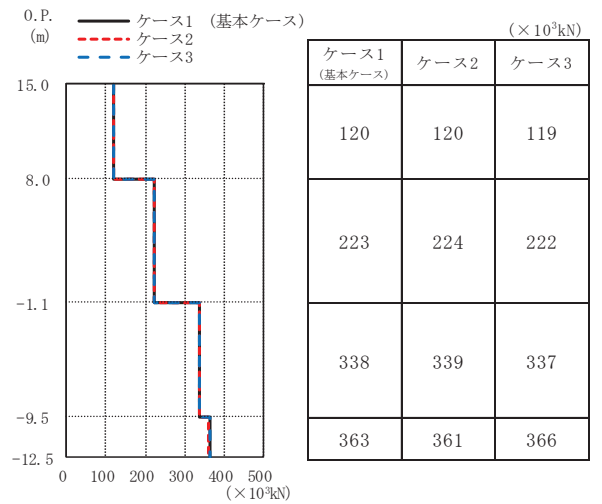
(a) S_s-D1



(b) S_s-D2

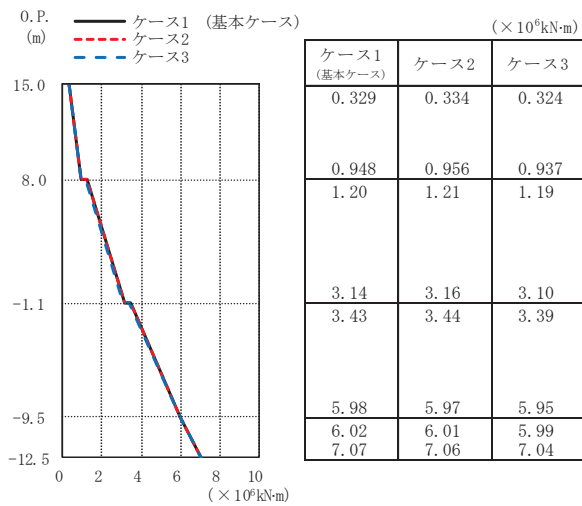


(c) S_s-D3

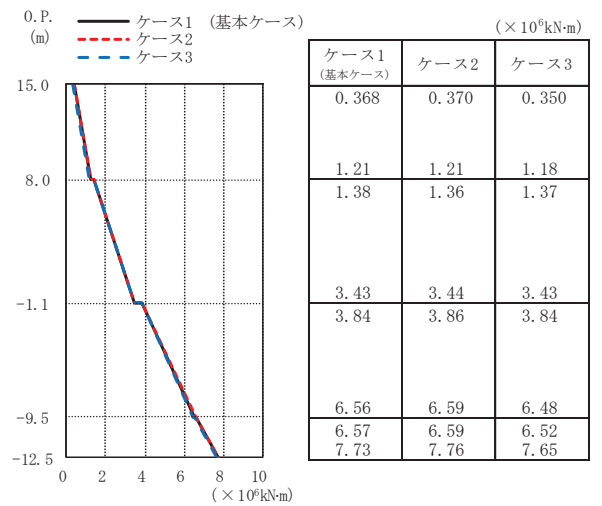


(d) S_s-F3

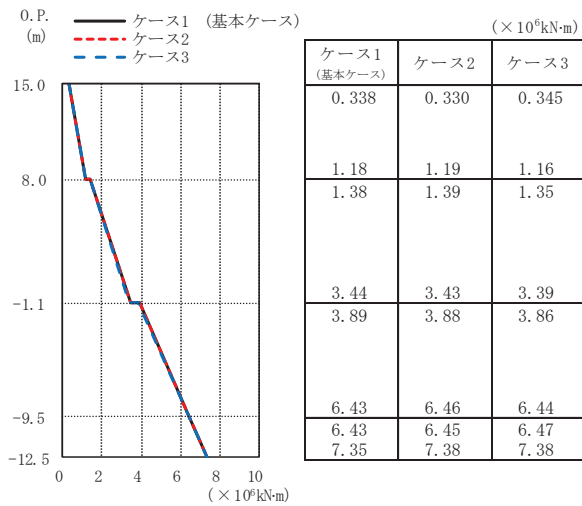
図 2-23 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s, EW 方向)



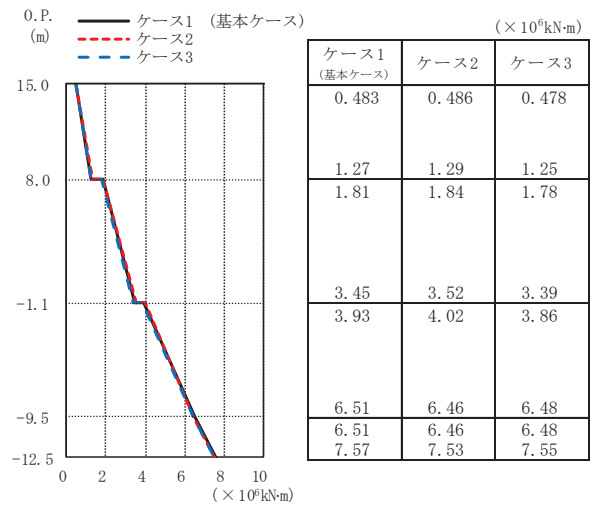
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

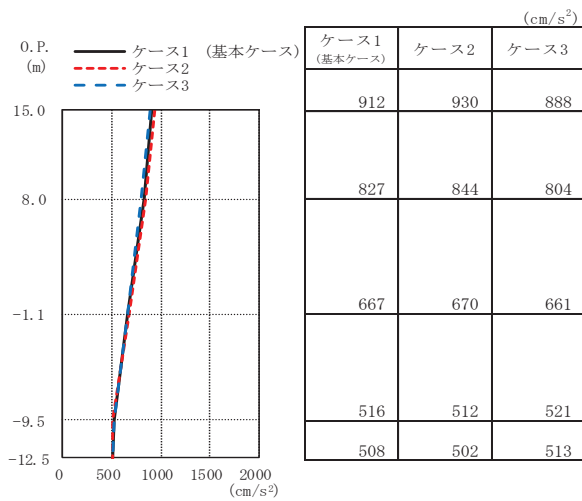


(c) S s - D 3

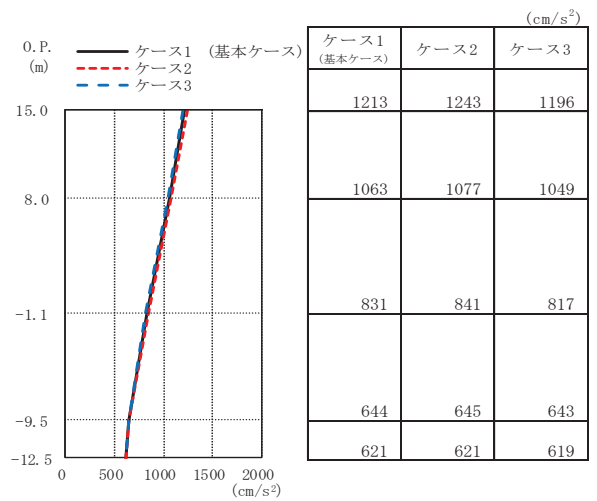


(d) S s - F 3

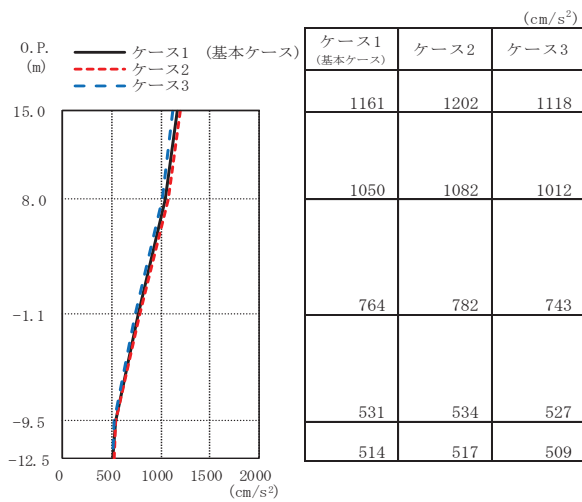
図 2-24 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向)



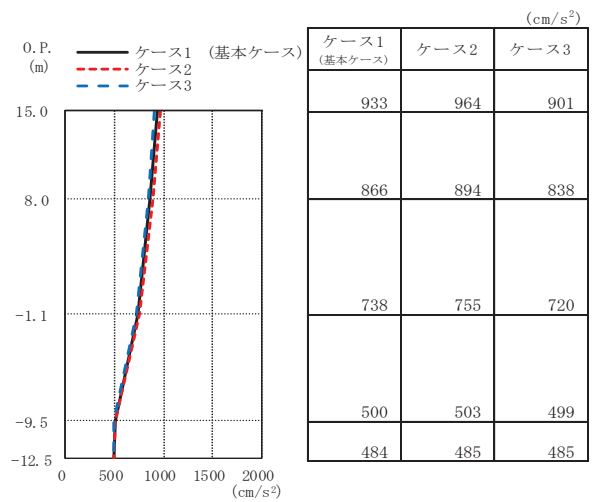
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

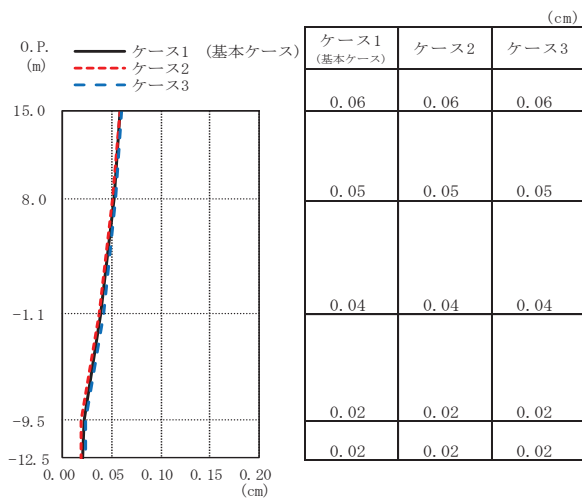


(c) S s - D 3

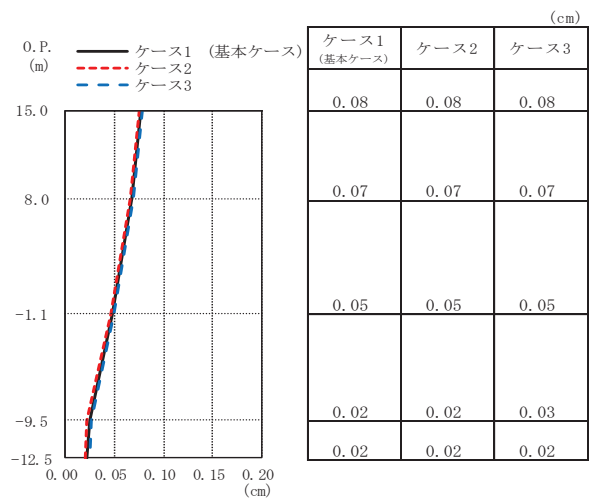


(d) S s - F 3

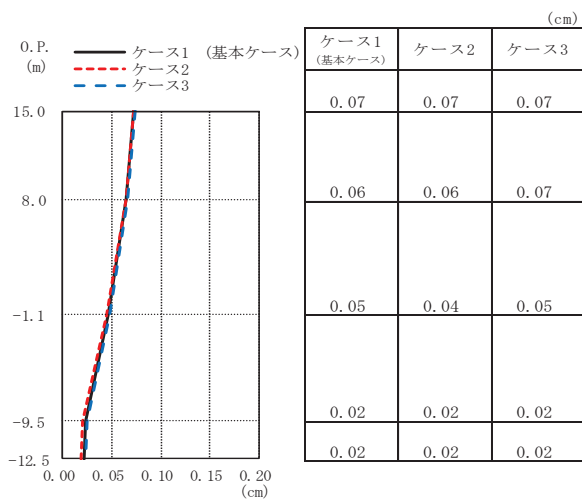
図 2-25 最大応答加速度 (基準地震動 S s, UD 方向)



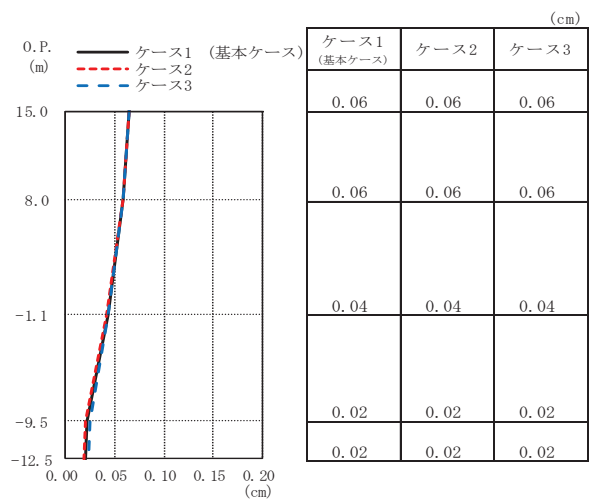
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

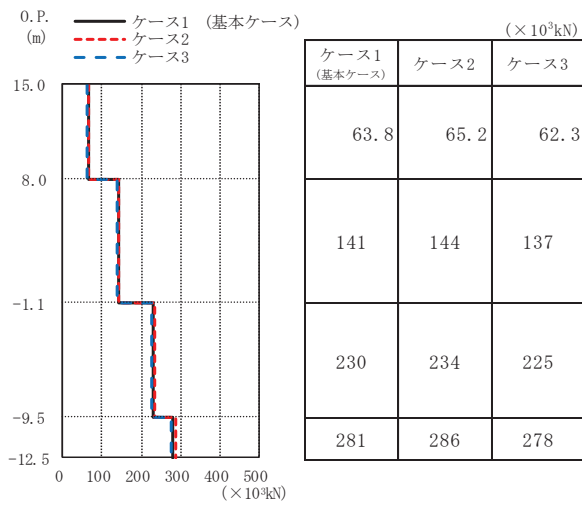


(c) S s - D 3

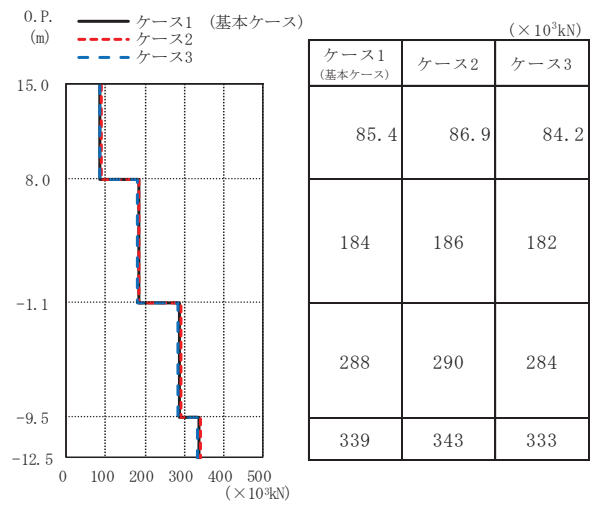


(d) S s - F 3

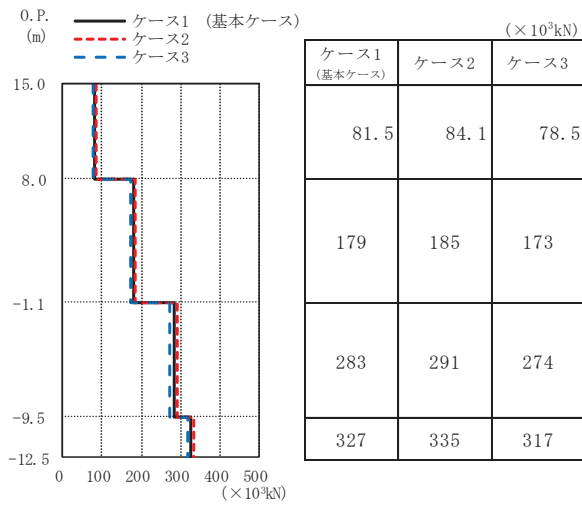
図 2-26 最大応答変位 (基準地震動 S s, UD 方向)



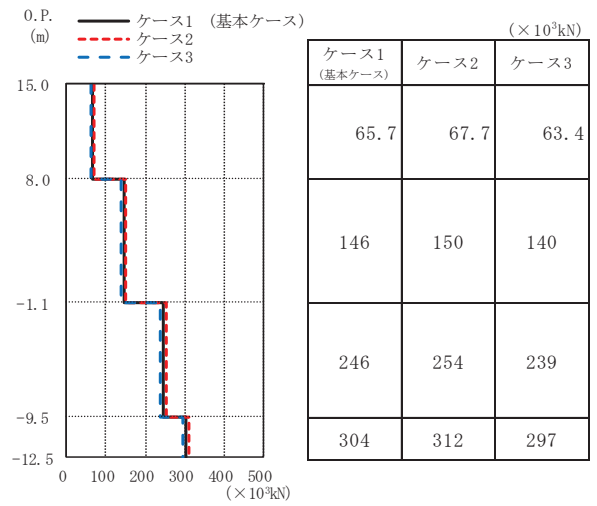
(a) S_s-D 1



(b) S_s-D 2



(c) S_s-D 3



(d) S_s-F 3

図 2-27 最大応答軸力 (基準地震動 S_s, UD 方向)

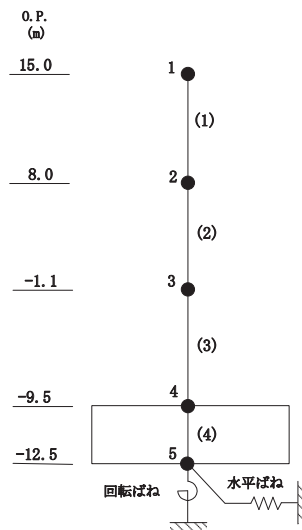
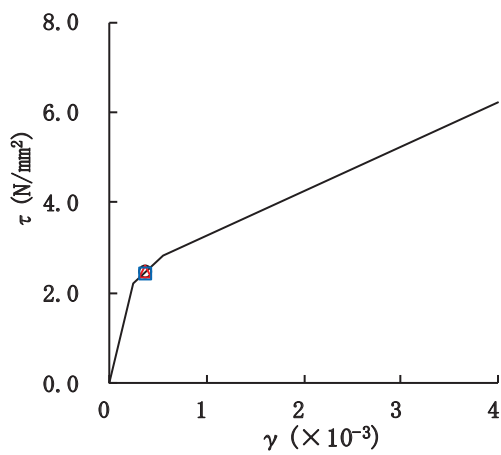
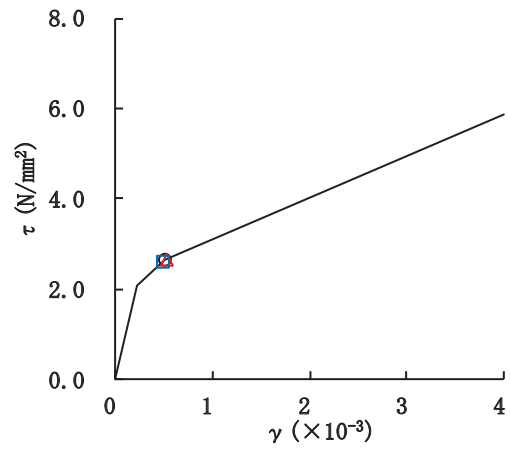
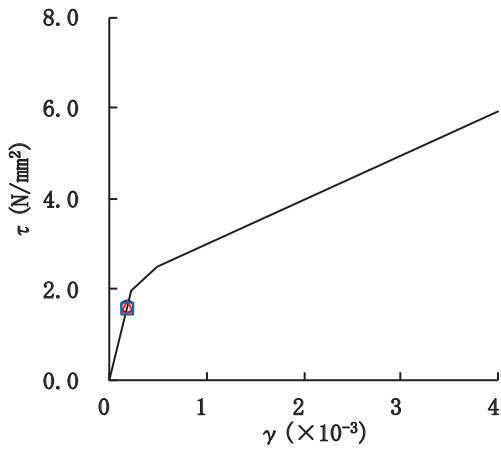
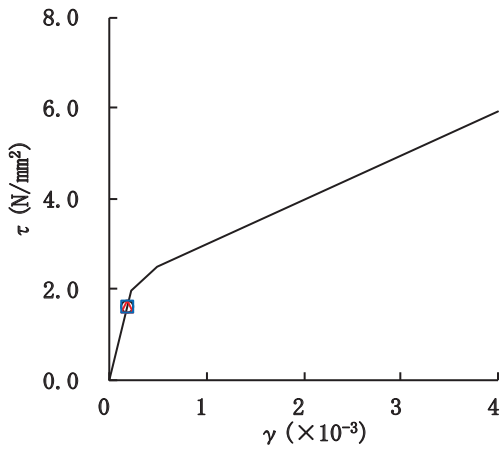
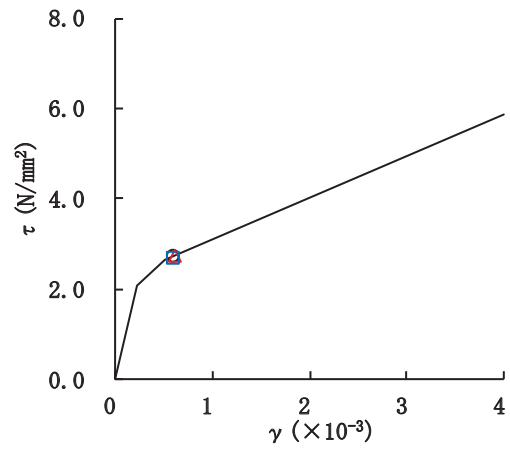


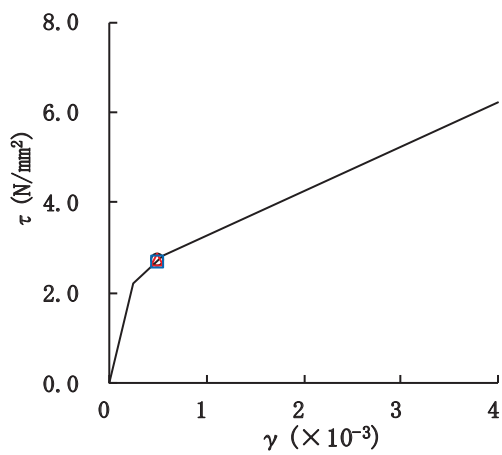
図 2-28 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

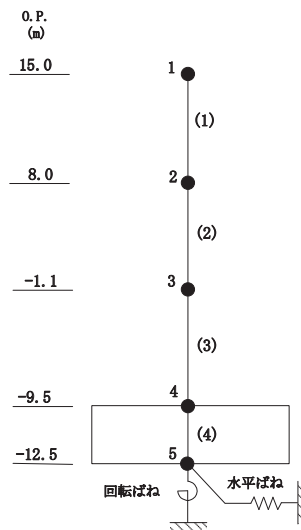


図 2-29 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)

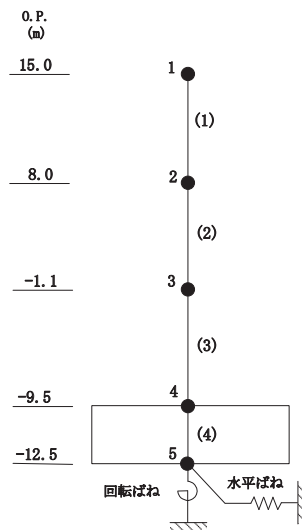
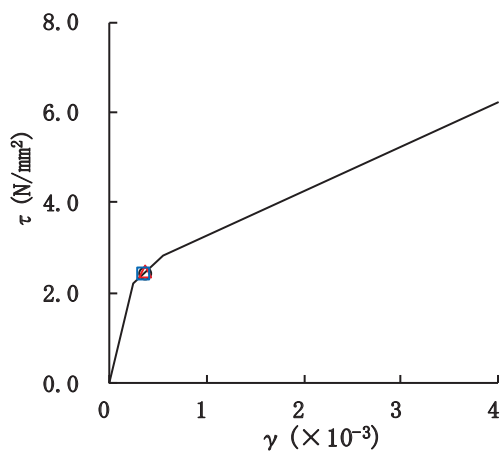
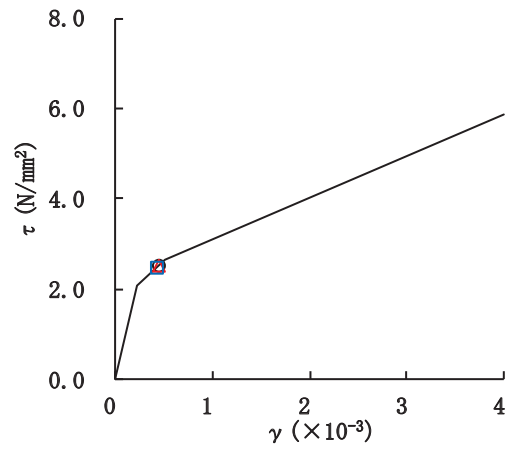
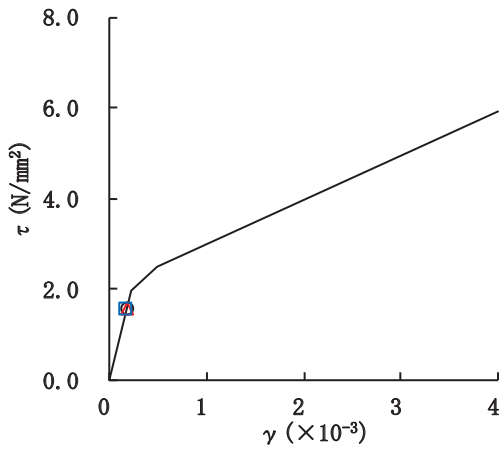
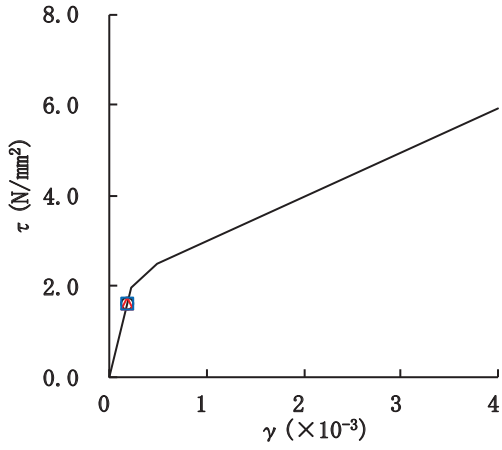
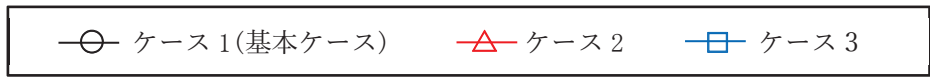
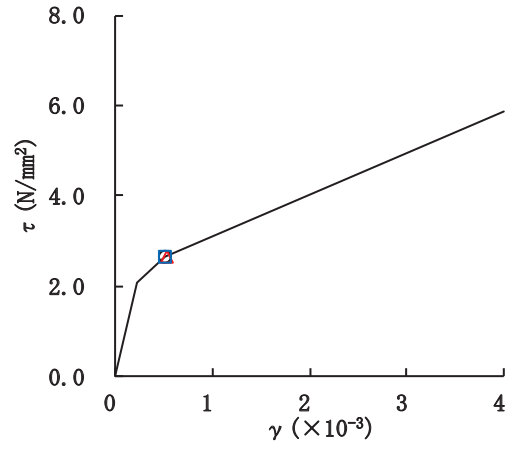


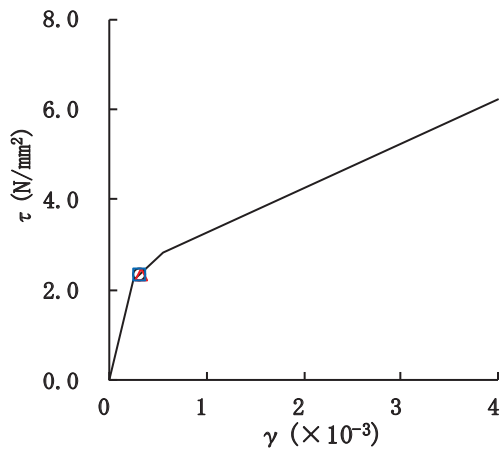
図 2-30 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

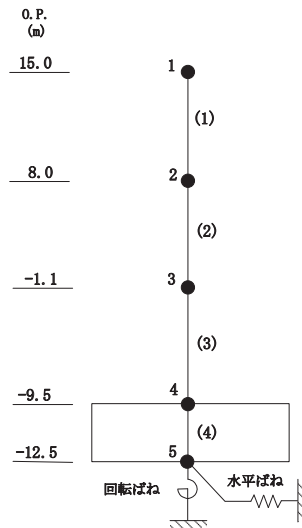


図 2-31 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)

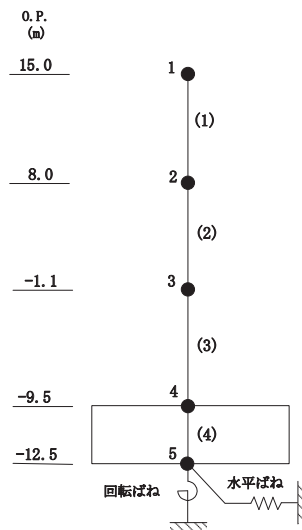
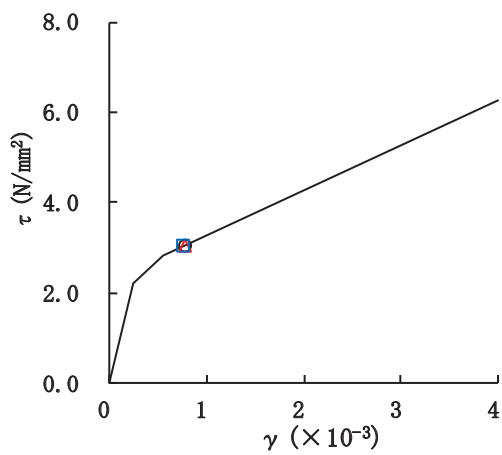
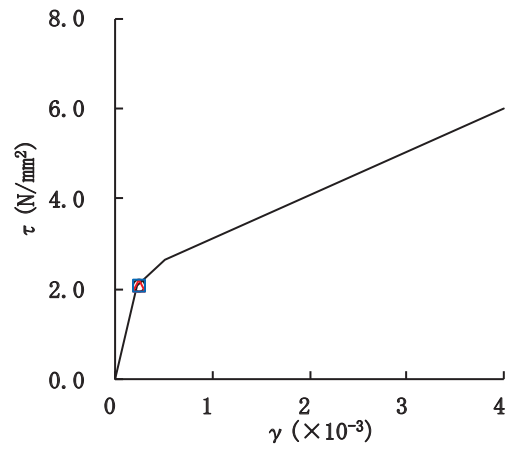
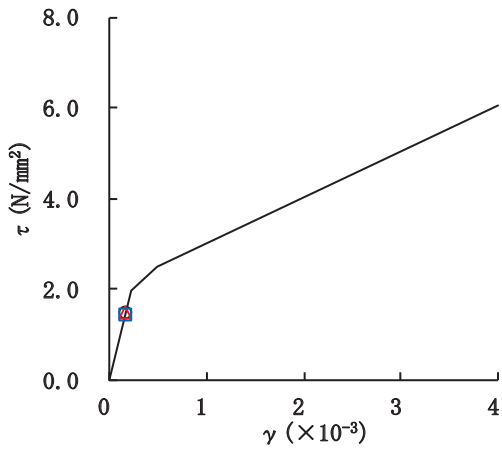


図 2-32 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, EW 方向)

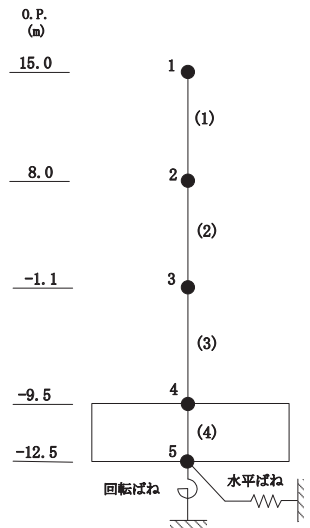
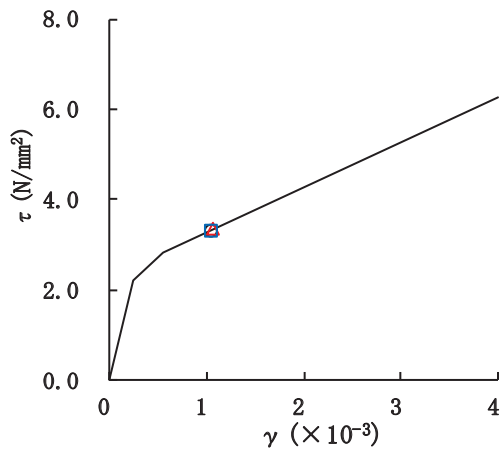
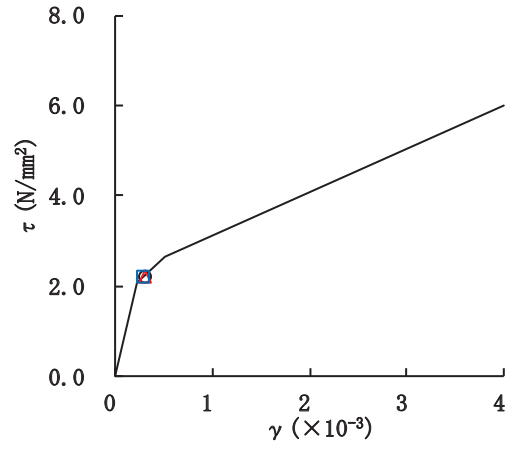
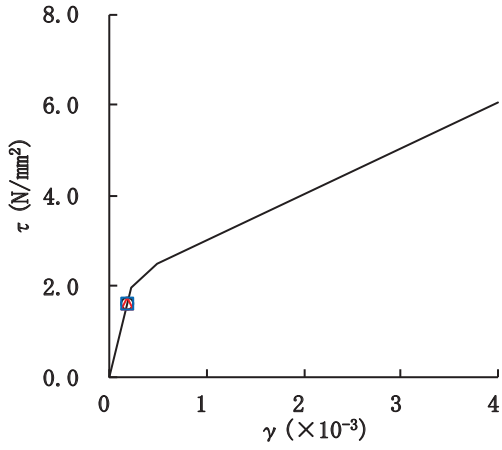
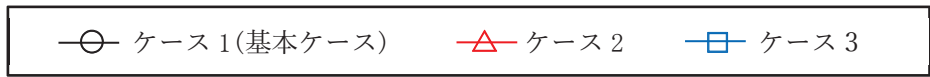
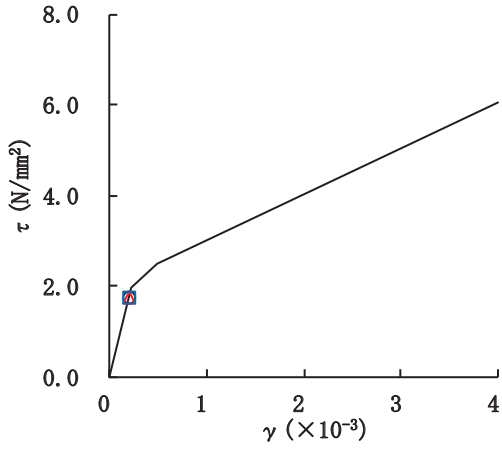
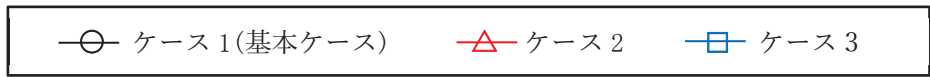
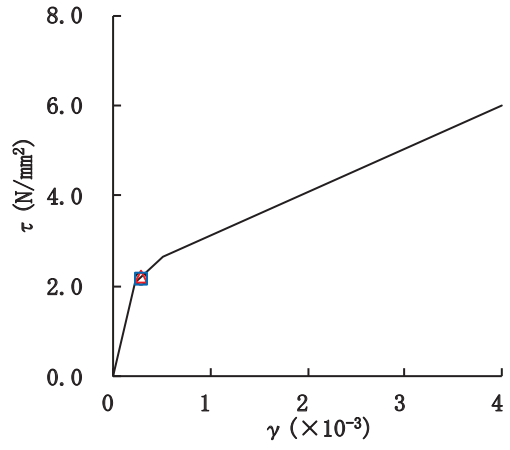


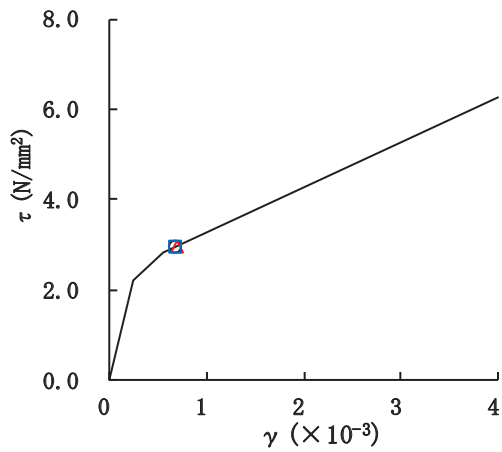
図 2-33 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

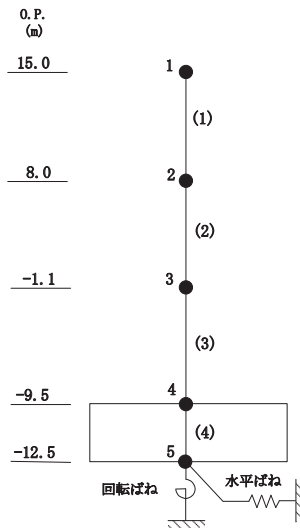


図 2-34 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, EW 方向)

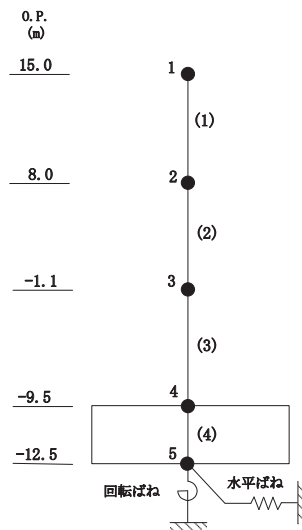
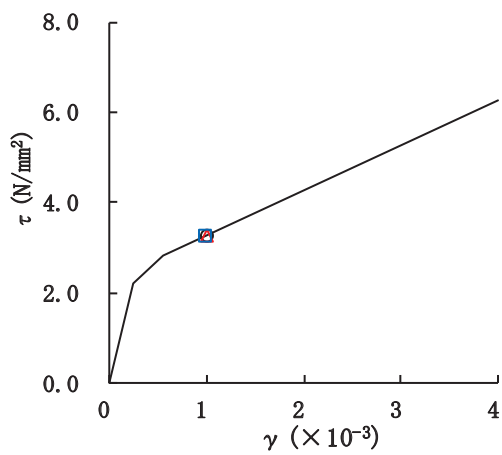
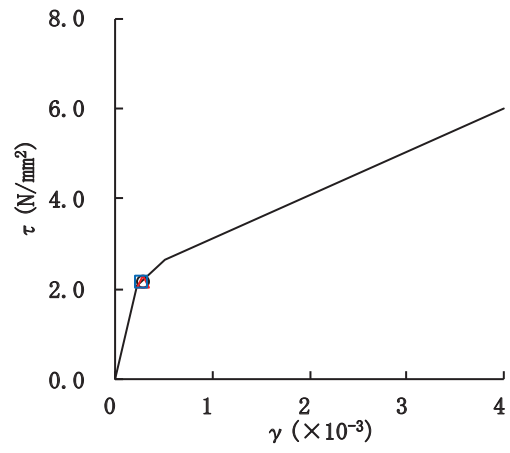
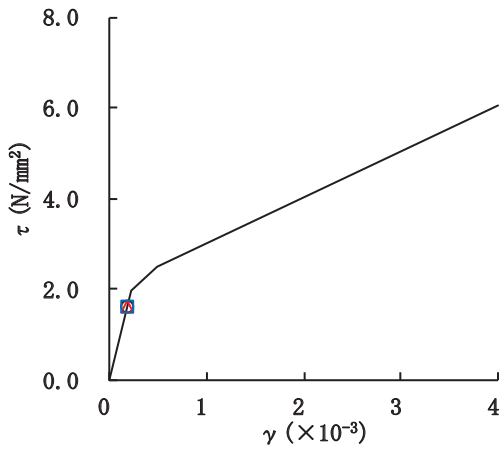


図 2-35 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

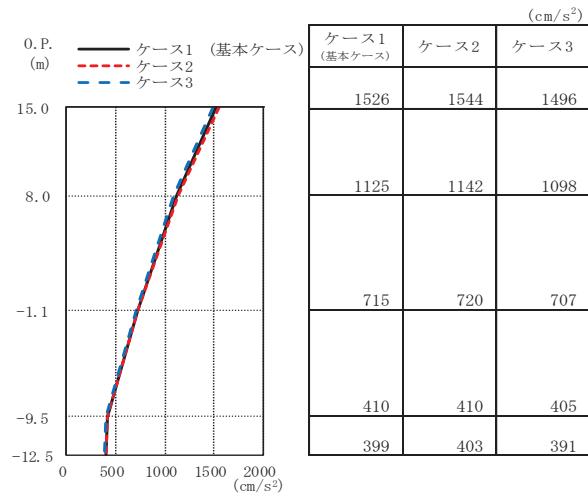


図 2-36 最大応答加速度 (S d - D 2, NS 方向)

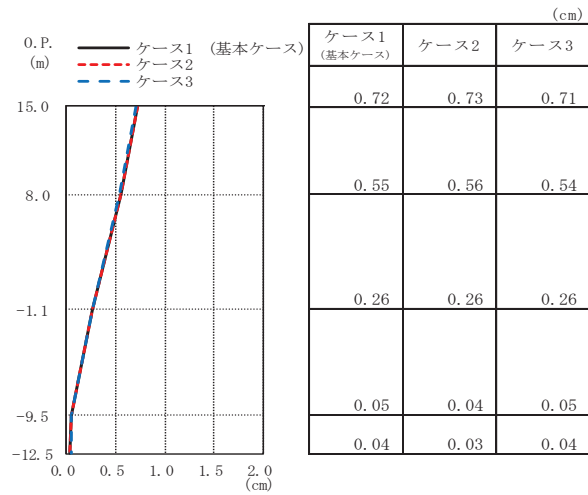


図 2-37 最大応答変位 (S d - D 2, NS 方向)

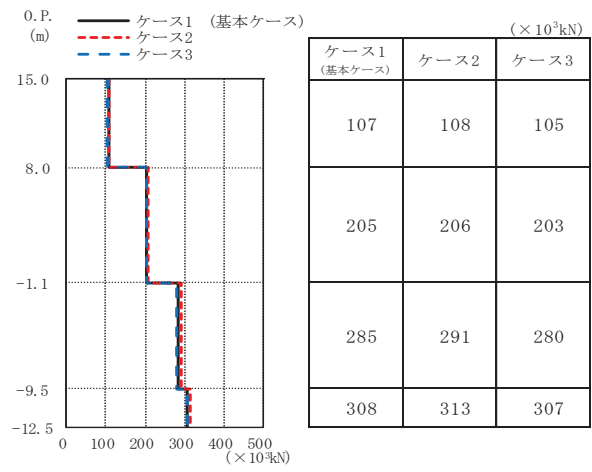


図 2-38 最大応答せん断力 (Sd-D2, NS 方向)

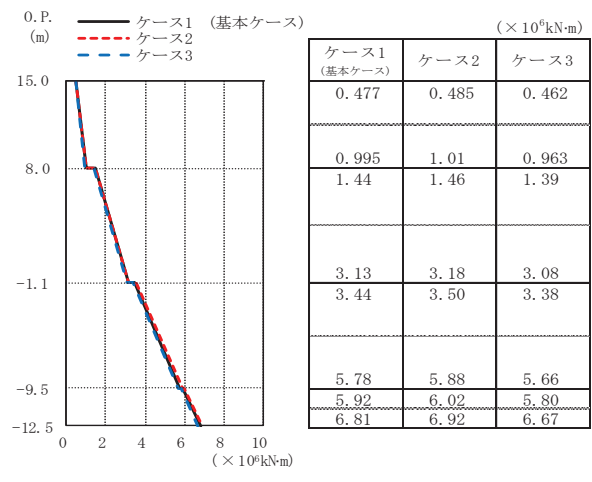


図 2-39 最大応答曲げモーメント (Sd-D2, NS 方向)

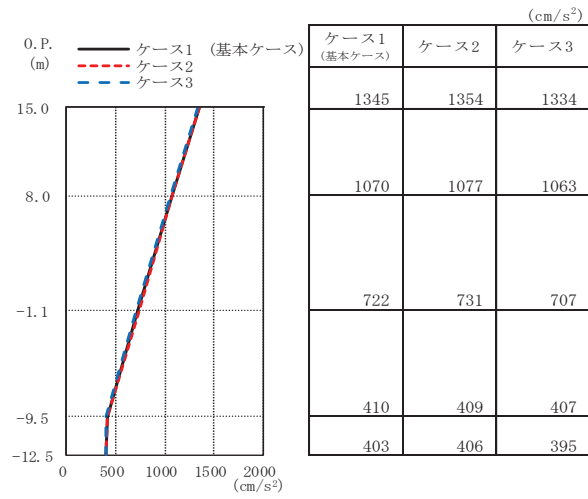


図 2-40 最大応答加速度 (S d - D 2, EW 方向)

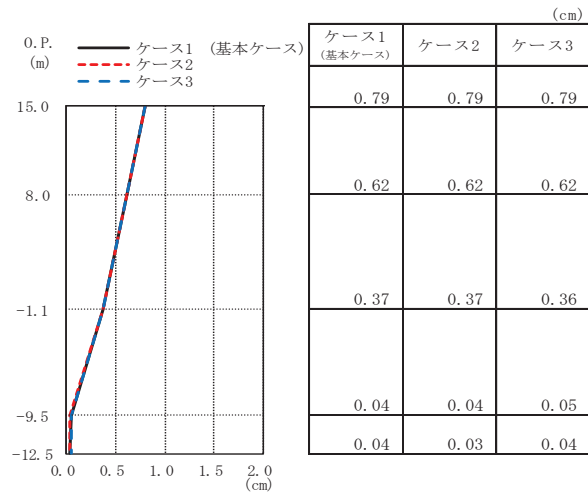


図 2-41 最大応答変位 (S d - D 2, EW 方向)

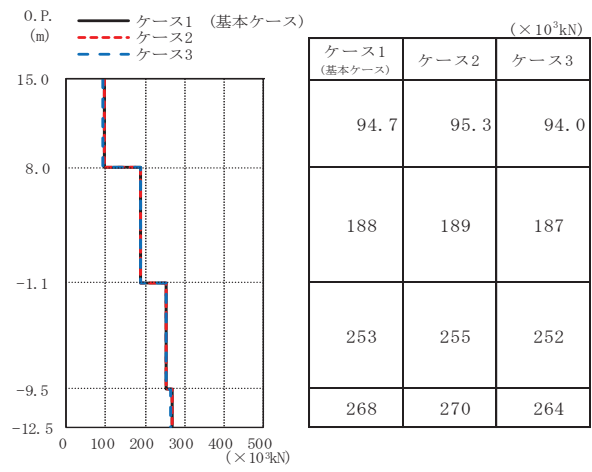


図 2-42 最大応答せん断力 (Sd-D2, EW 方向)

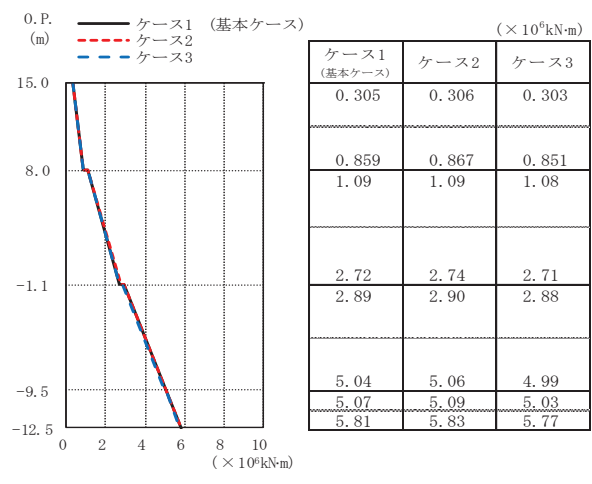


図 2-43 最大応答曲げモーメント (Sd-D2, EW 方向)

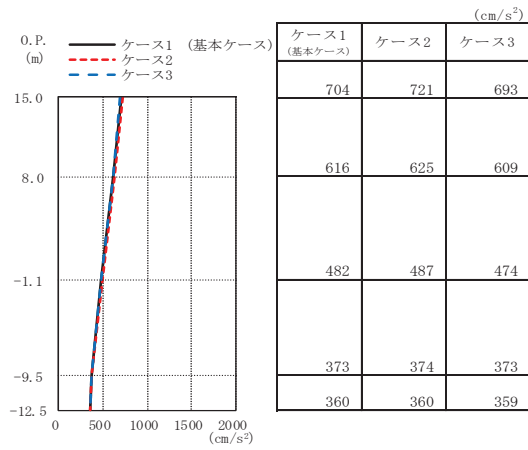


図 2-44 最大応答加速度 (S d - D 2, UD 方向)

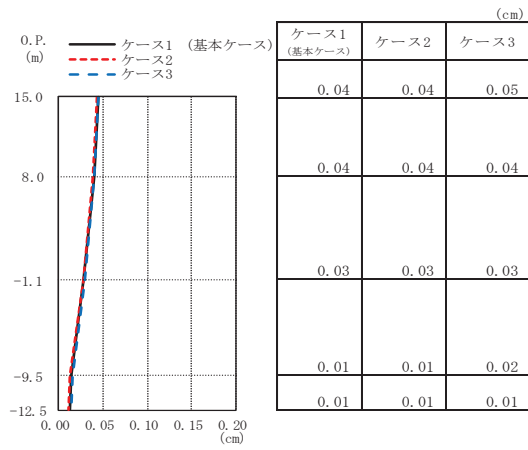


図 2-45 最大応答変位 (S d - D 2, UD 方向)

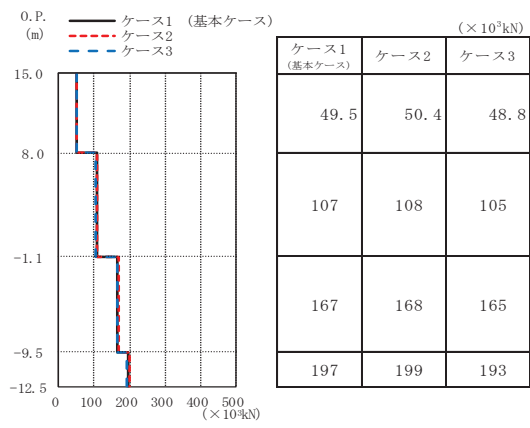
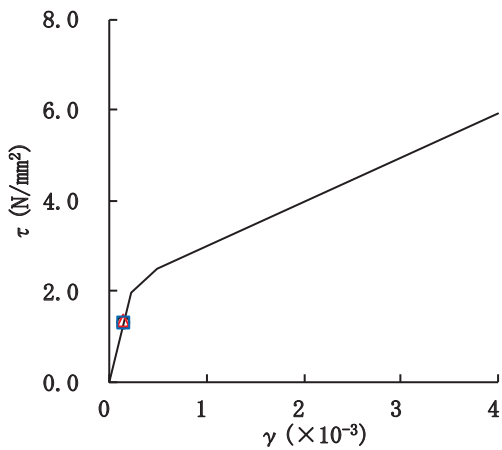
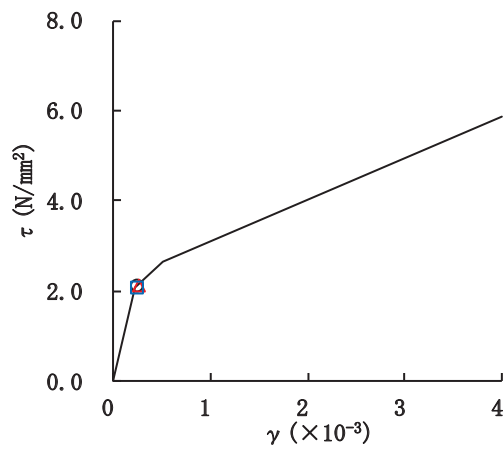


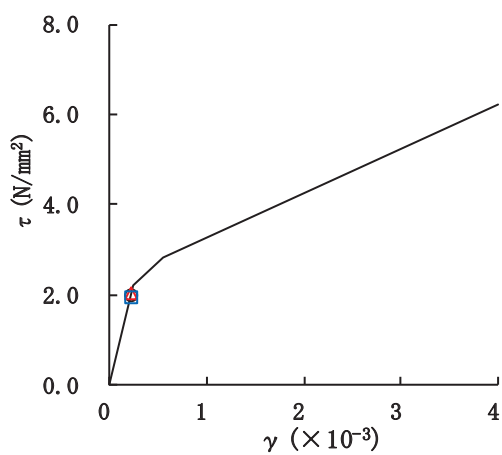
図 2-46 最大応答軸力 (S d - D 2, UD 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

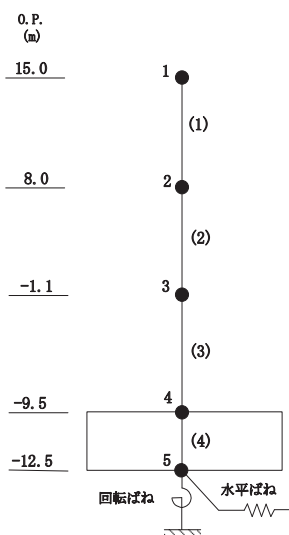
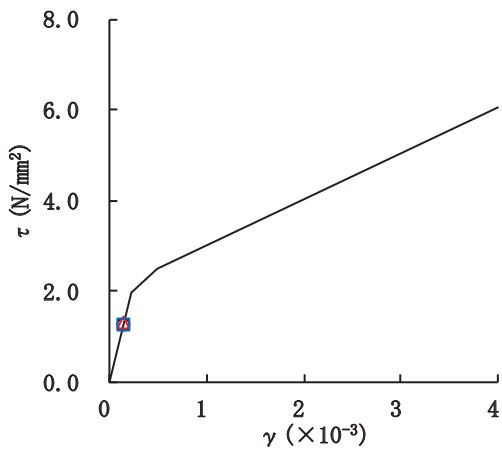
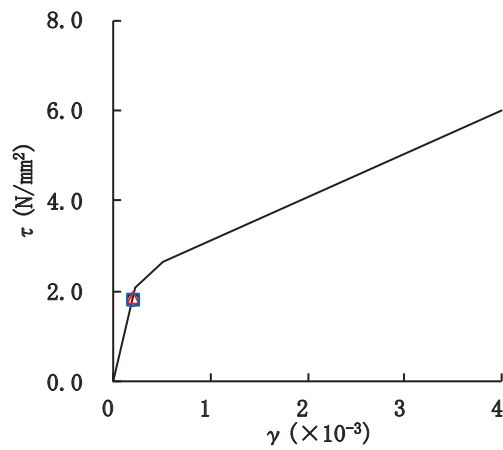


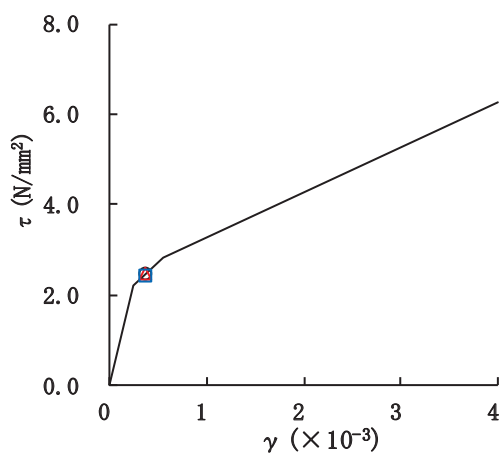
図 2-47 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S d - D 2, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

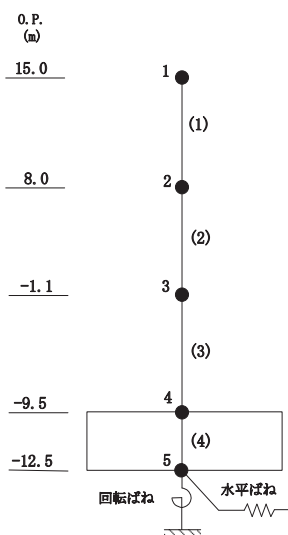
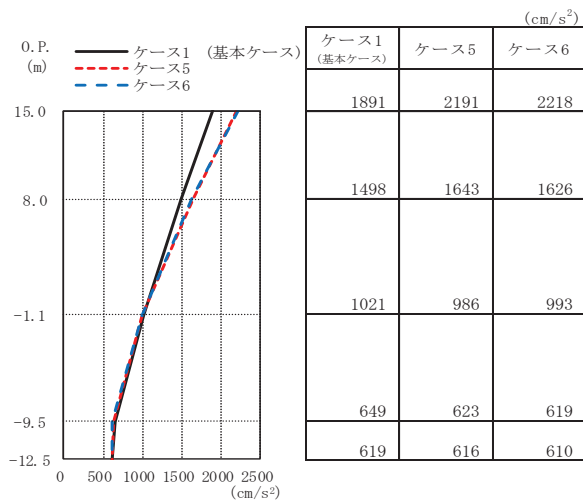


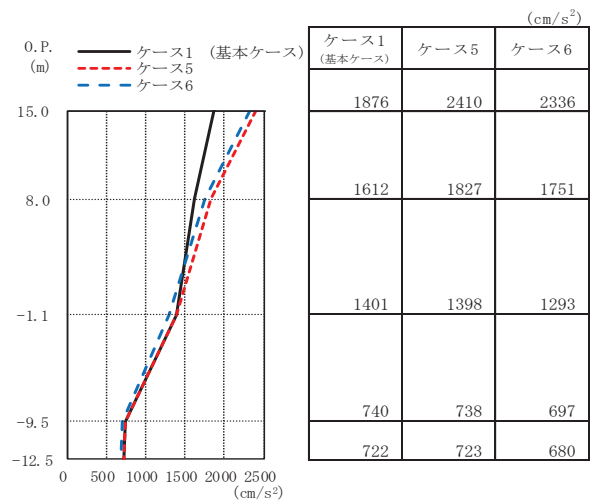
図 2-48 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S d - D 2, EW 方向)

2.3 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ

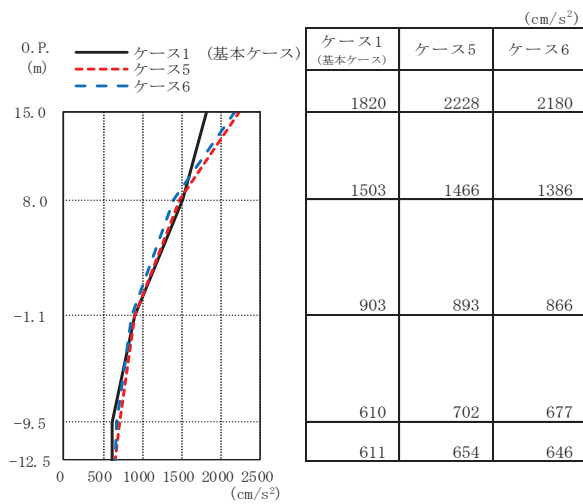
建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を図 2-49～図 2-64 に示す。



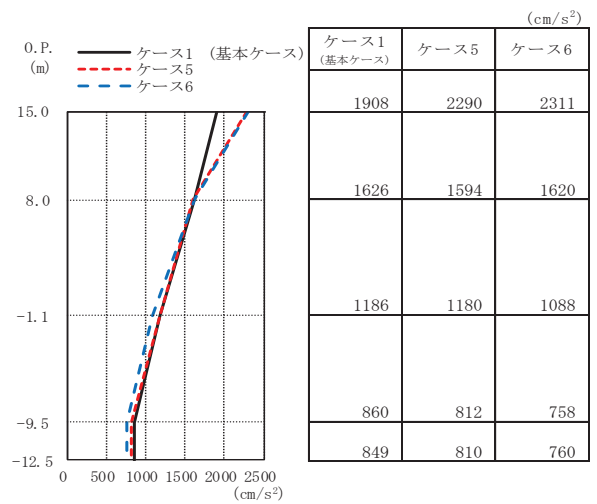
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

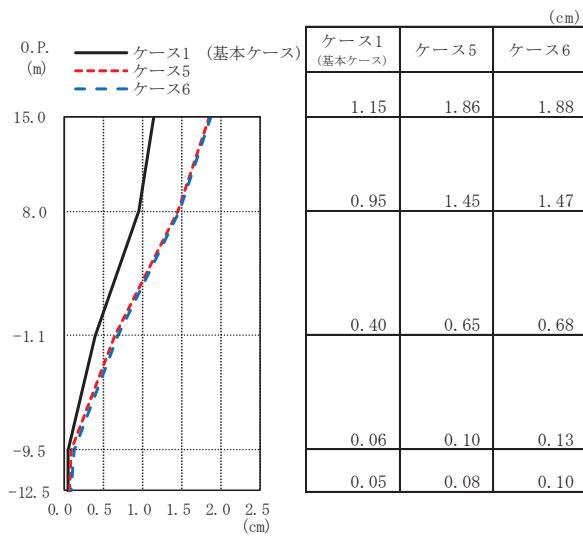


(c) S s - D 3

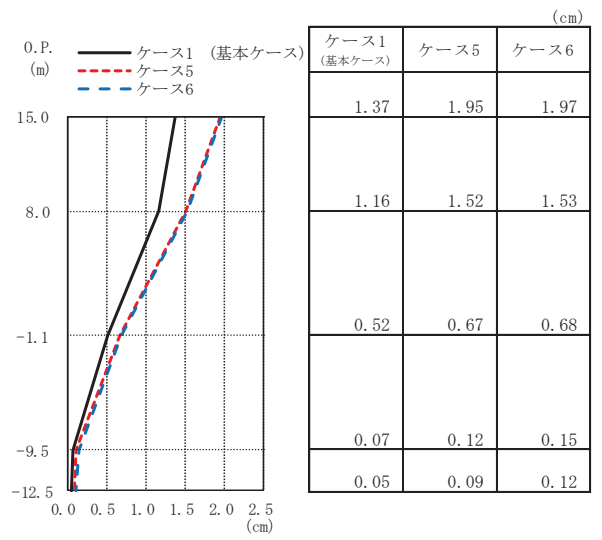


(d) S s - F 3

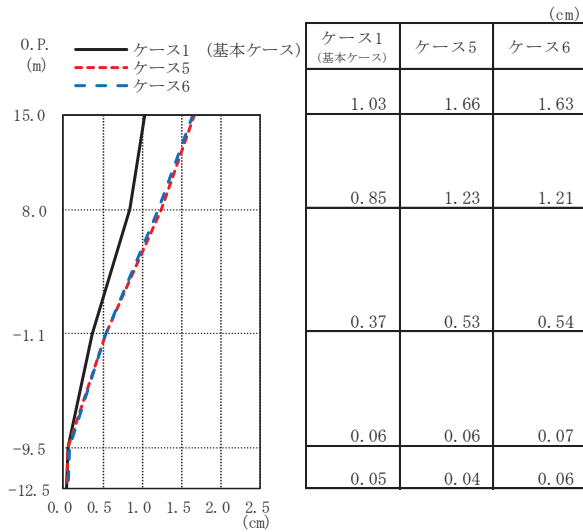
図 2-49 最大応答加速度 (基準地震動 S s, NS 方向)



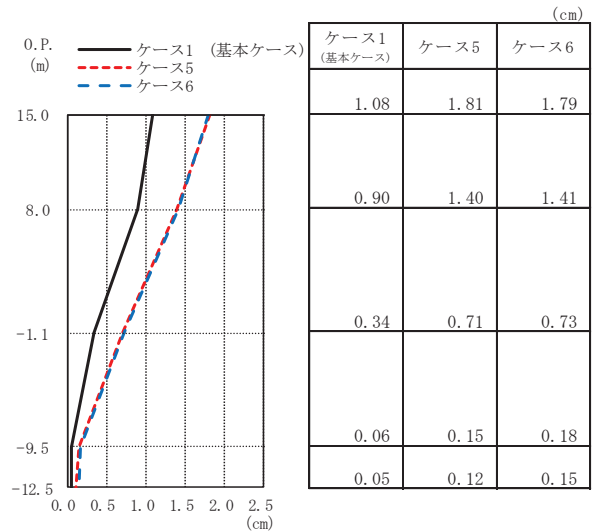
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

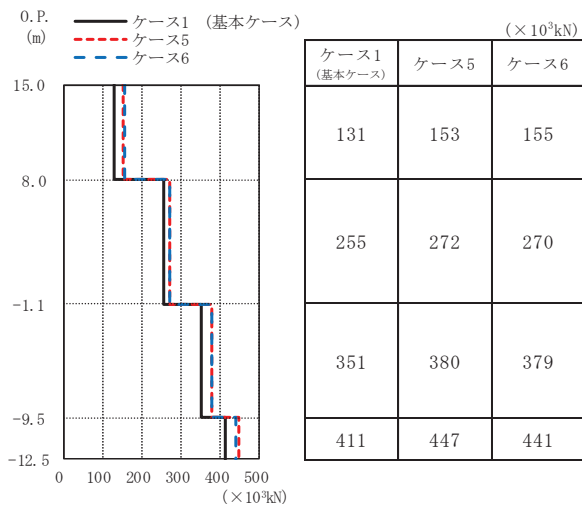


(c) S s - D 3

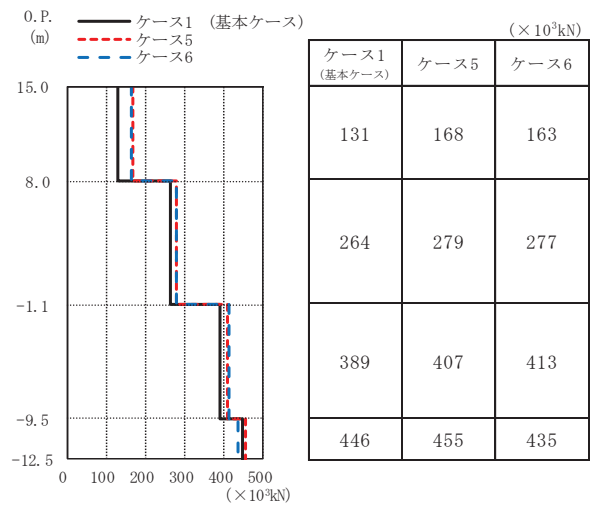


(d) S s - F 3

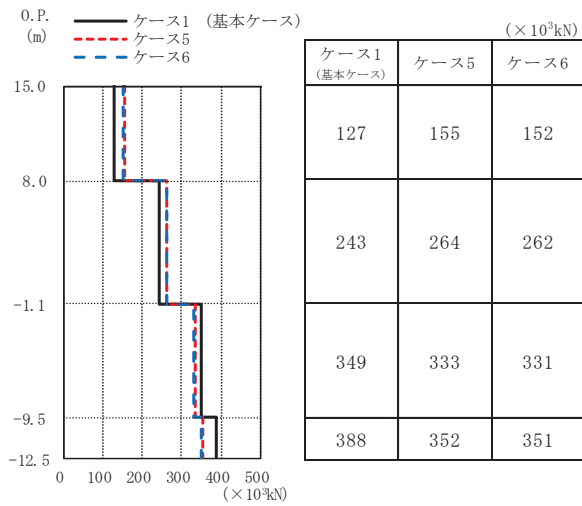
図 2-50 最大応答変位 (基準地震動 S s, NS 方向)



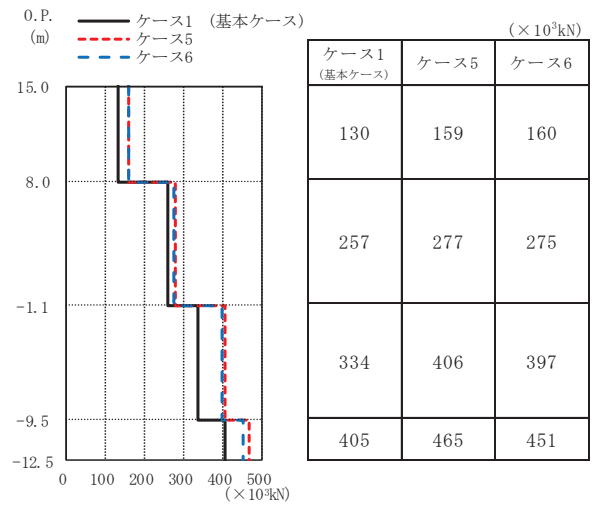
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

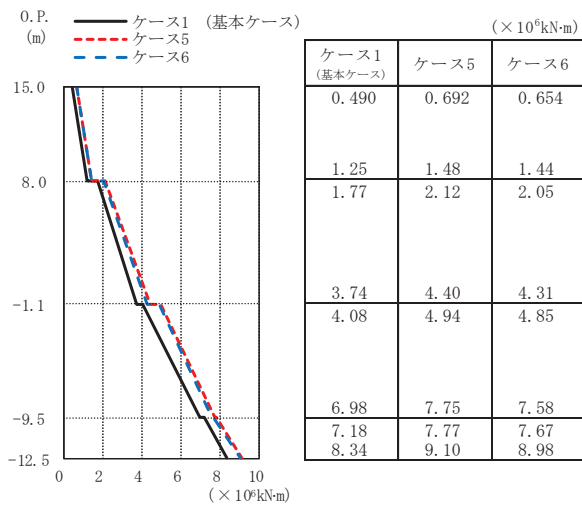


(c) S s - D 3

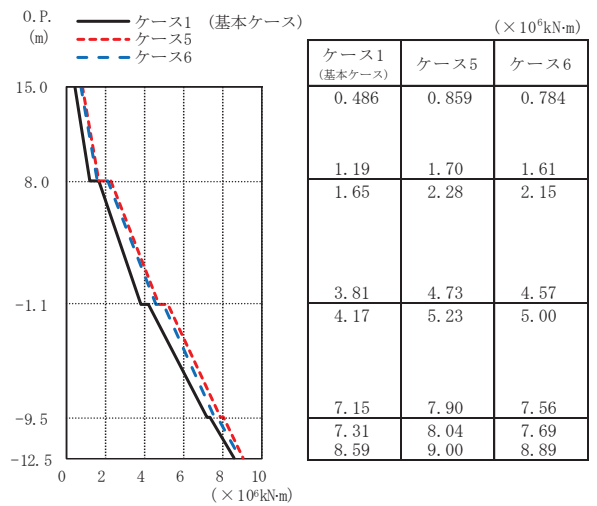


(d) S s - F 3

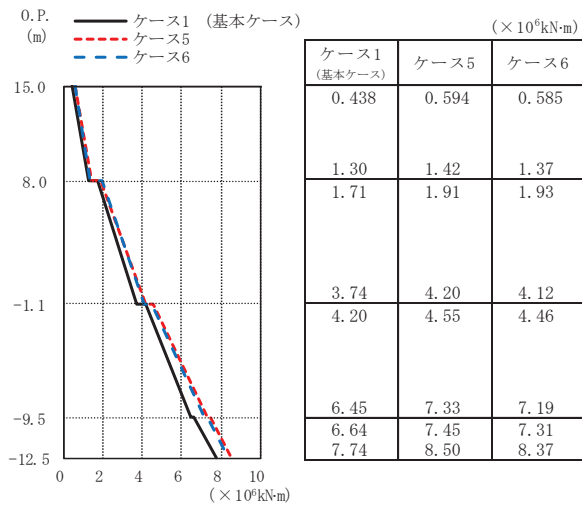
図 2-51 最大応答せん断力 (基準地震動 S s, NS 方向)



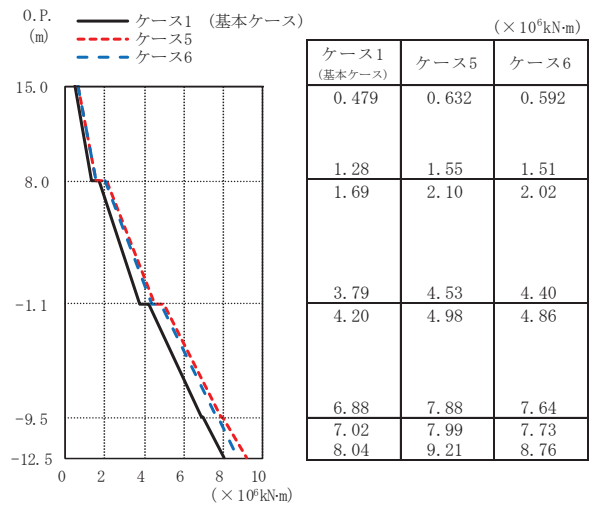
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

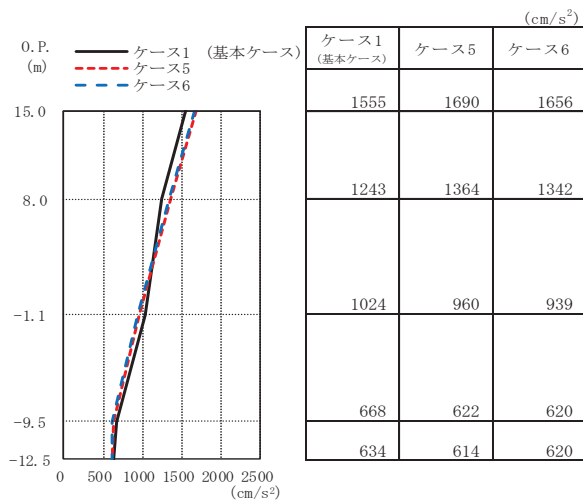


(c) S s - D 3

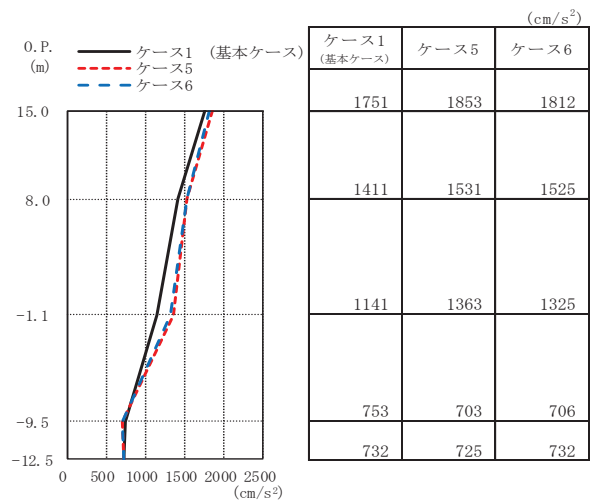


(d) S s - F 3

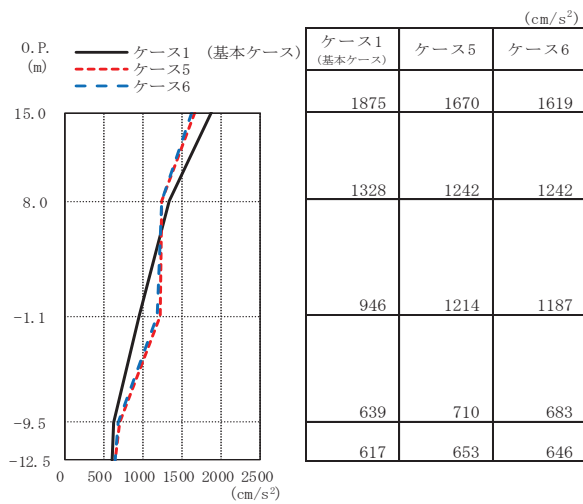
図 2-52 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, NS 方向)



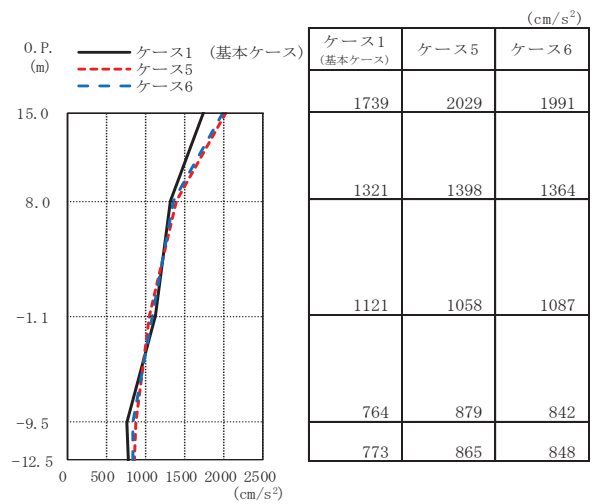
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

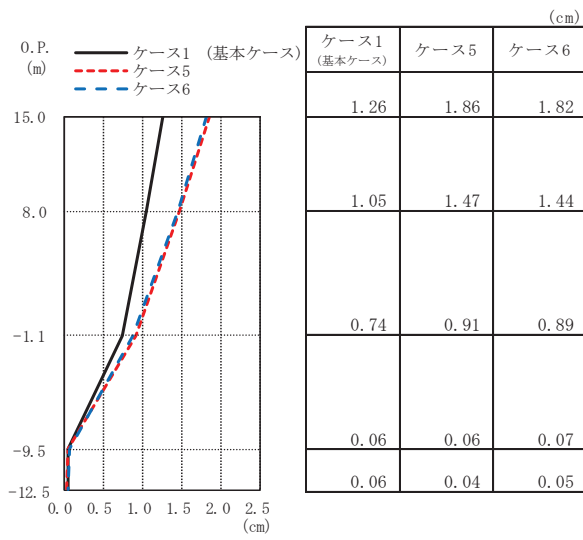


(c) S s - D 3

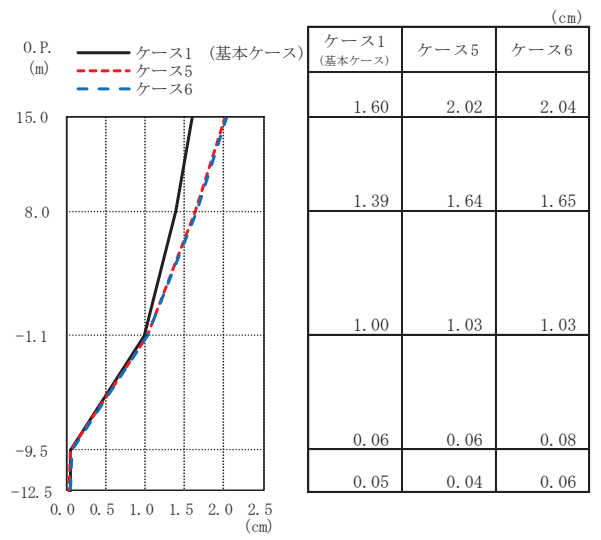


(d) S s - F 3

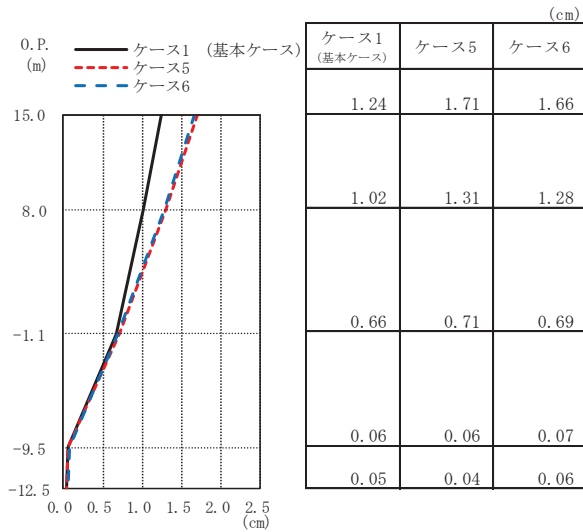
図 2-53 最大応答加速度 (基準地震動 S s, EW 方向)



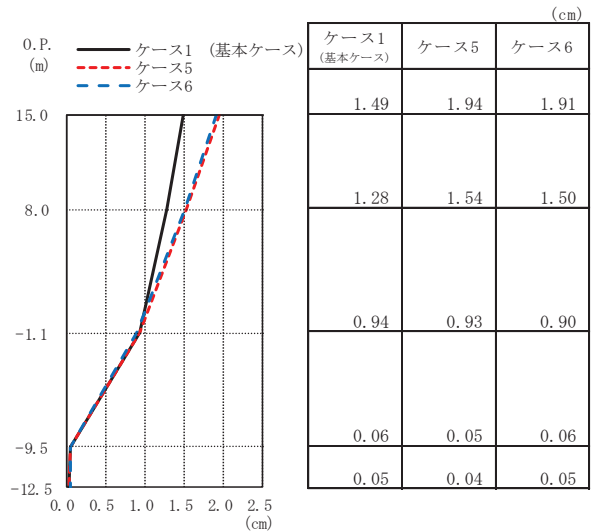
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

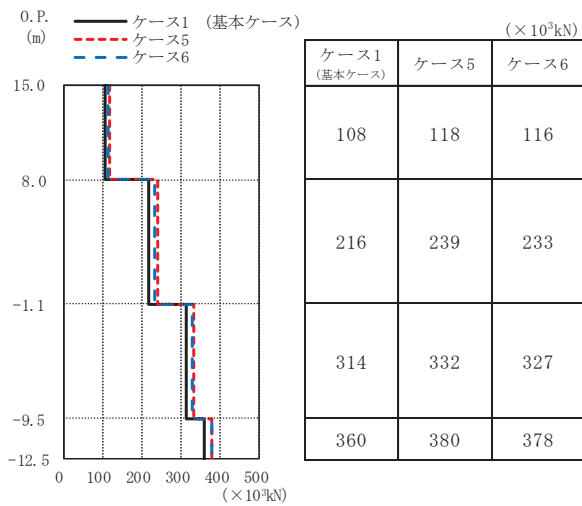


(c) S s - D 3

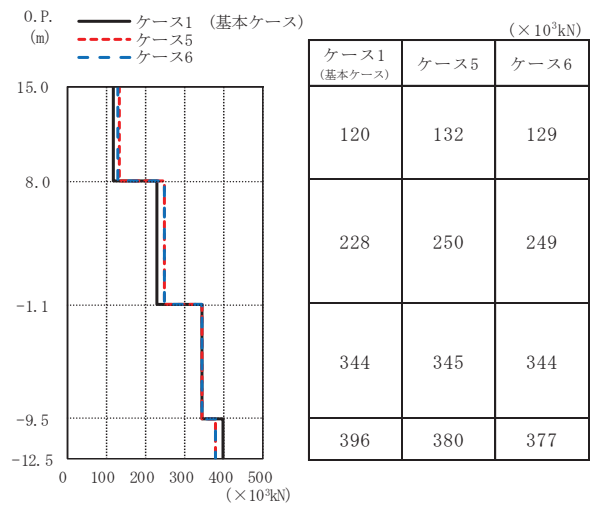


(d) S s - F 3

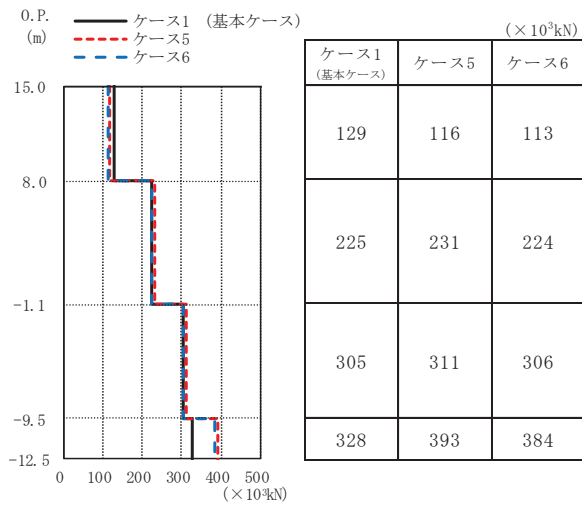
図 2-54 最大応答変位 (基準地震動 S s, EW 方向)



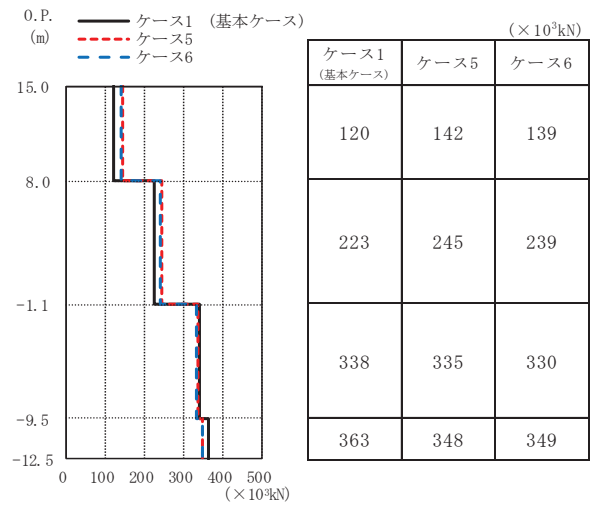
(a) S_s-D 1



(b) S_s-D 2

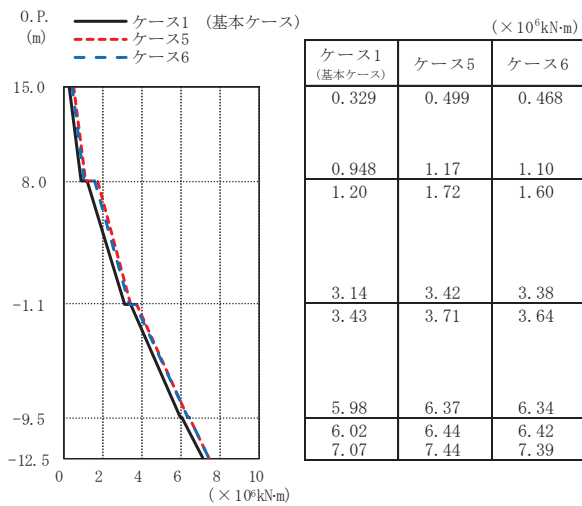


(c) S_s-D 3

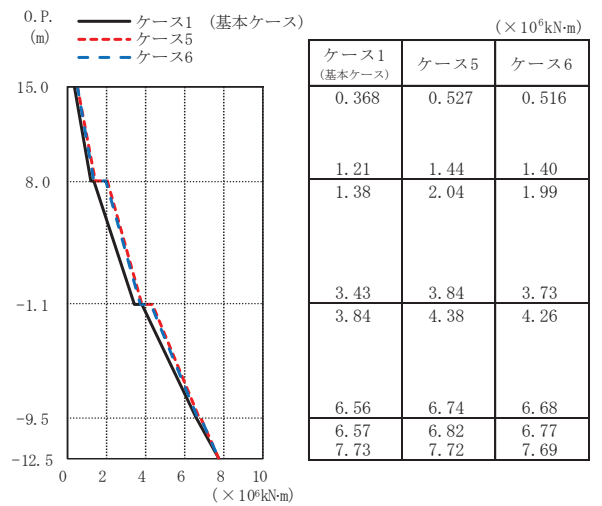


(d) S_s-F 3

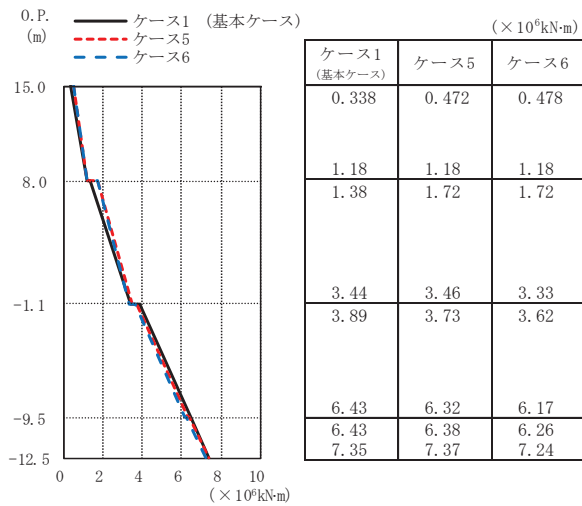
図 2-55 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s, EW 方向)



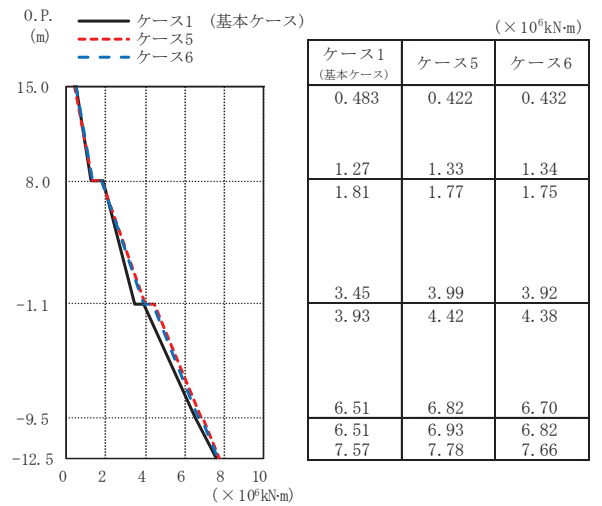
(a) S s - D 1



(b) S s - D 2

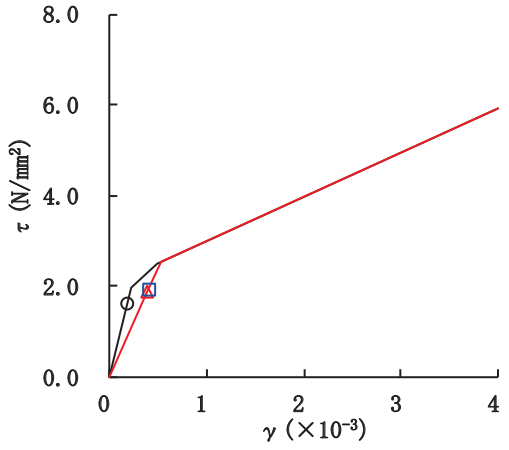


(c) S s - D 3

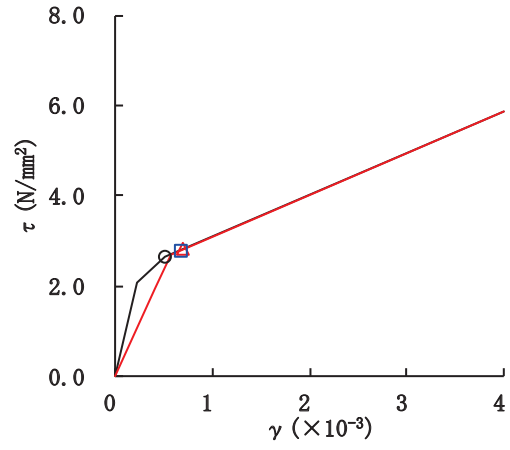


(d) S s - F 3

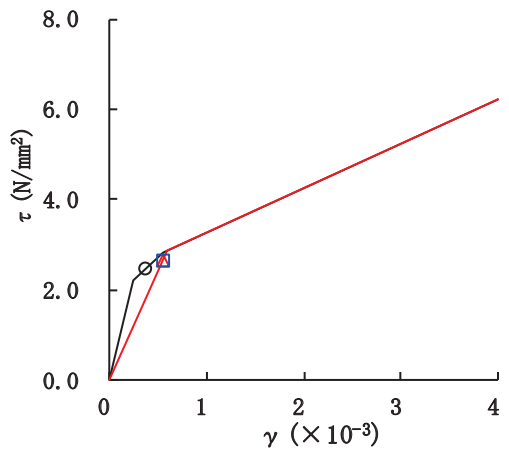
図 2-56 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S s, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

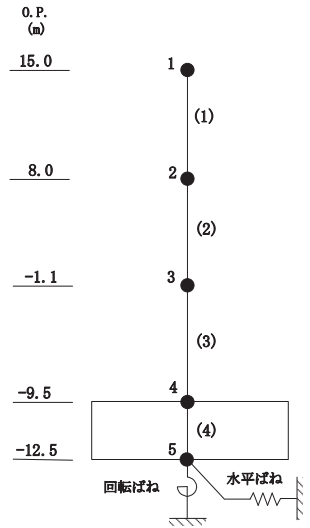
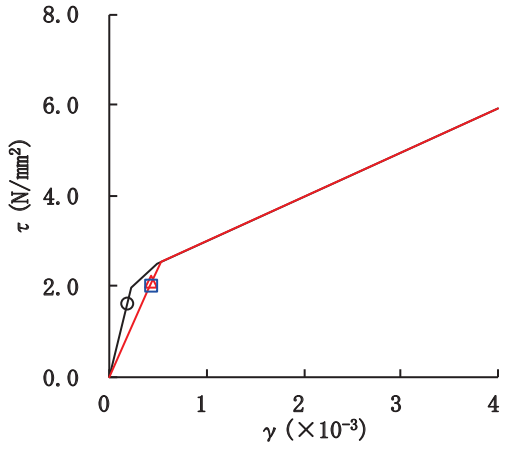
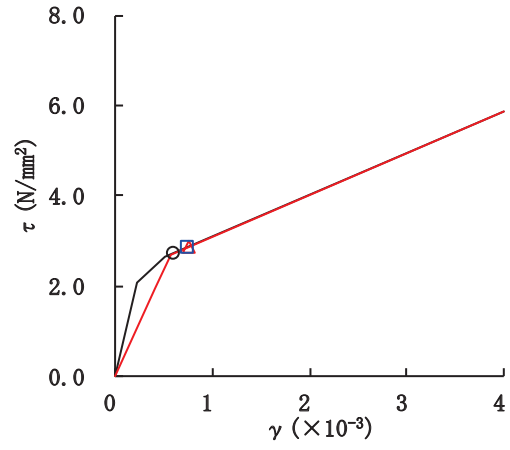


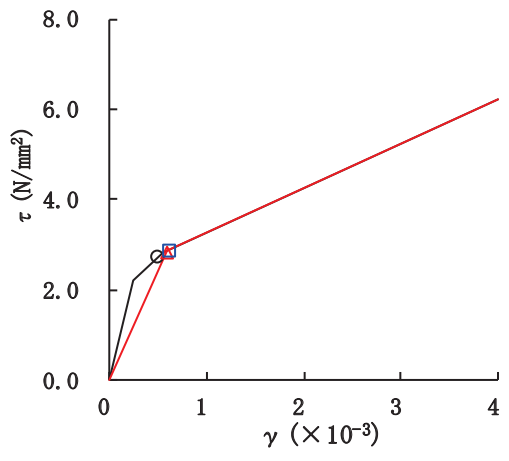
図 2-57 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

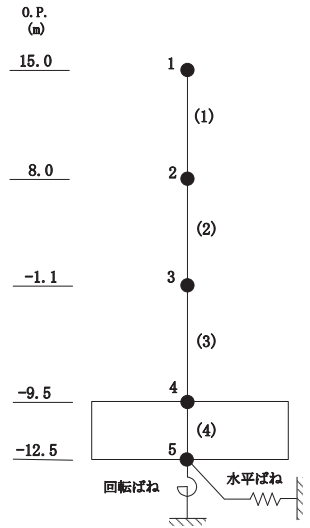
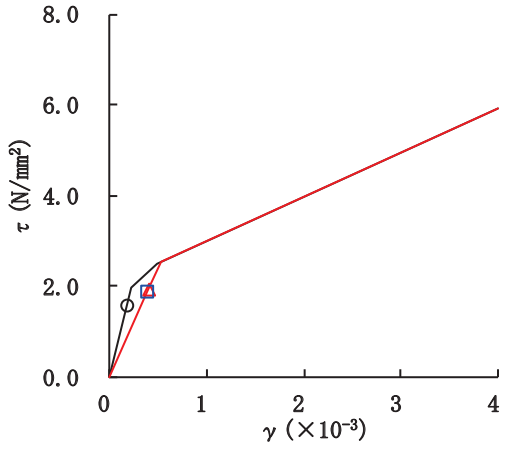
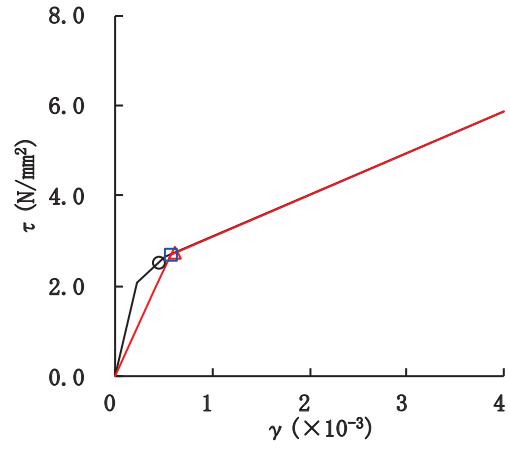


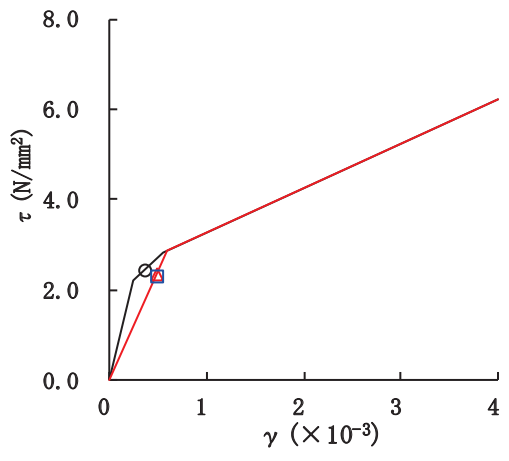
図 2-58 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

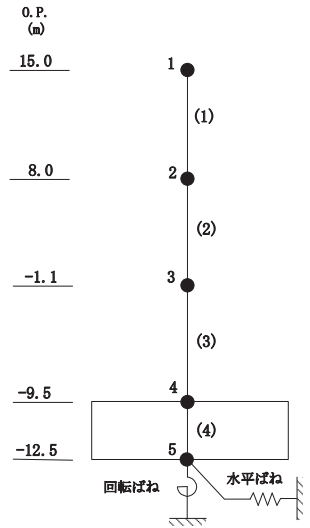
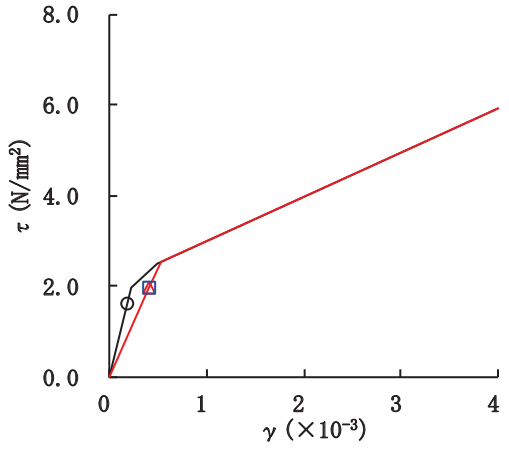
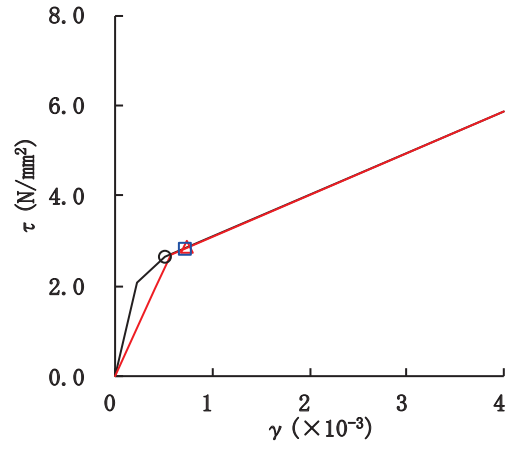


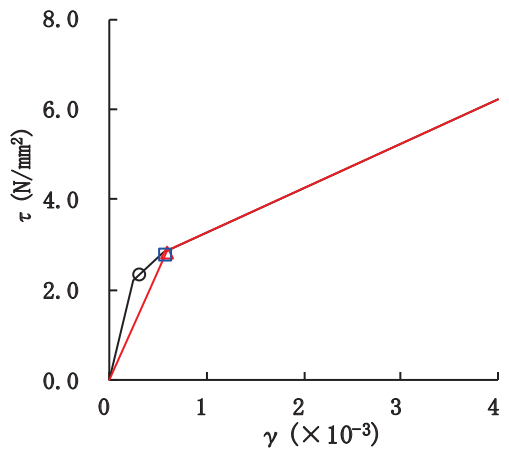
図 2-59 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

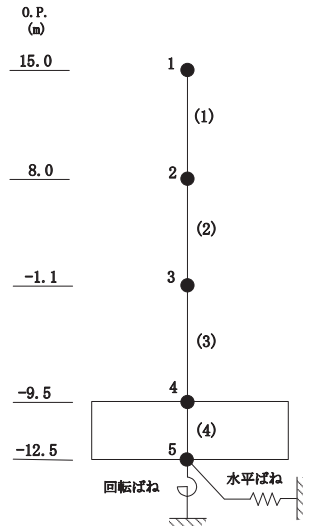
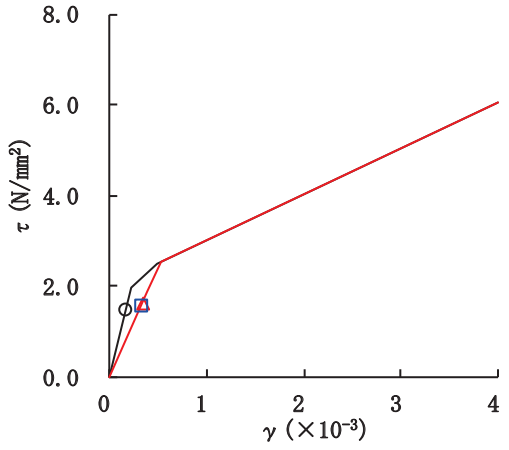
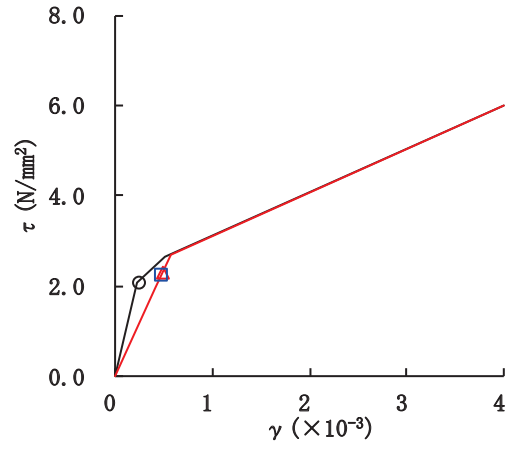


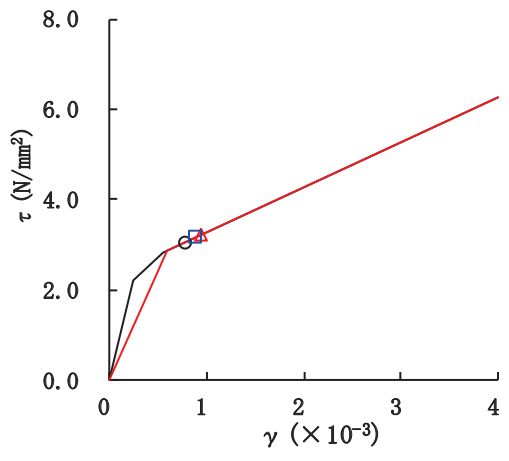
図 2-60 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

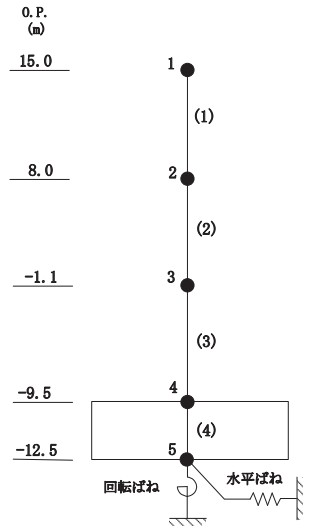
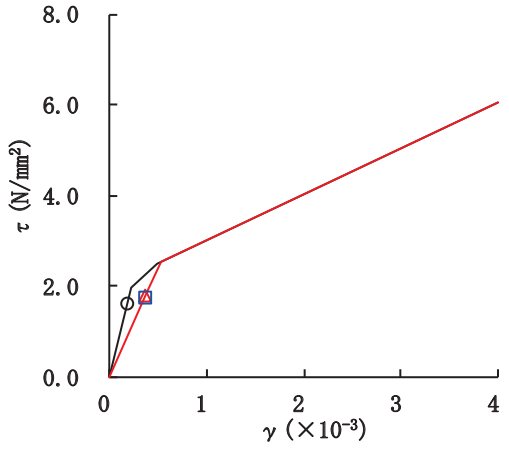
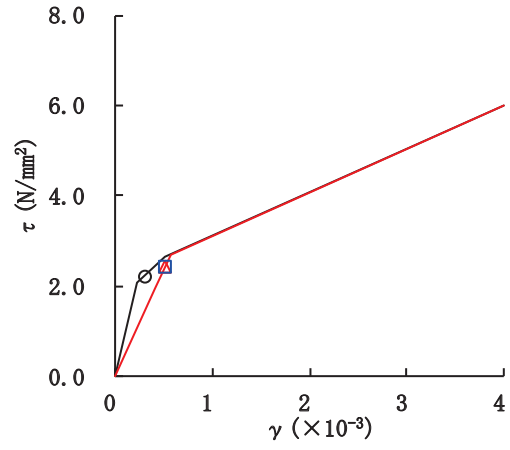


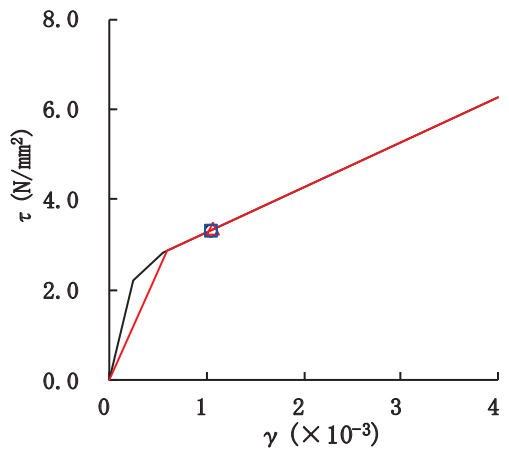
図 2-61 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

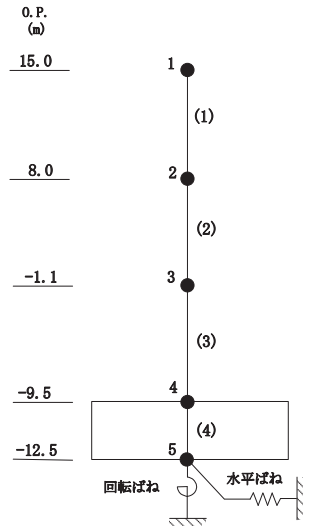
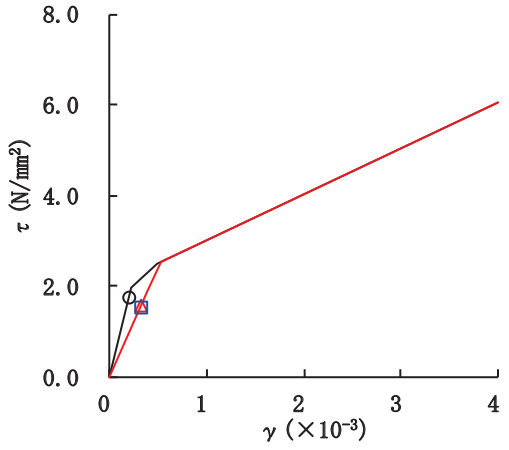
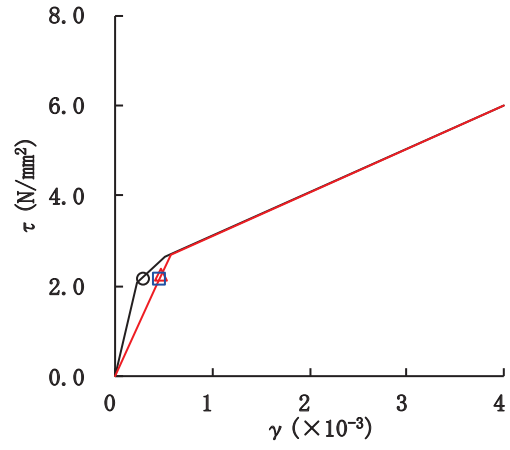


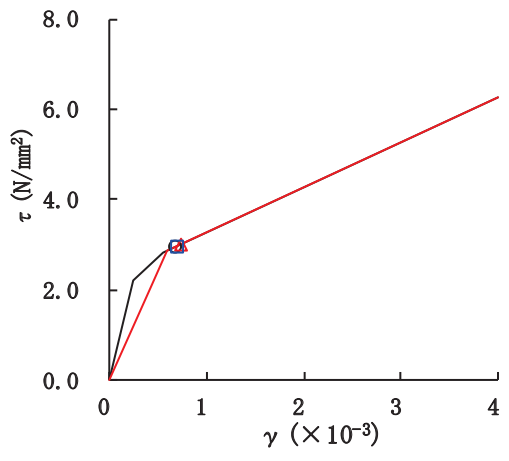
図 2-62 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

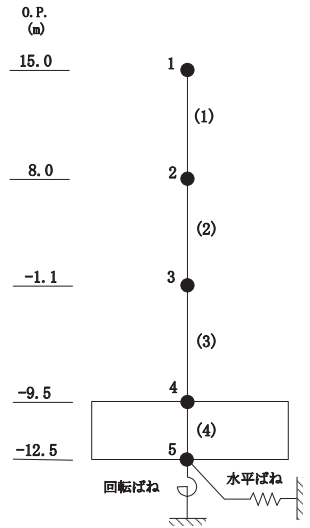
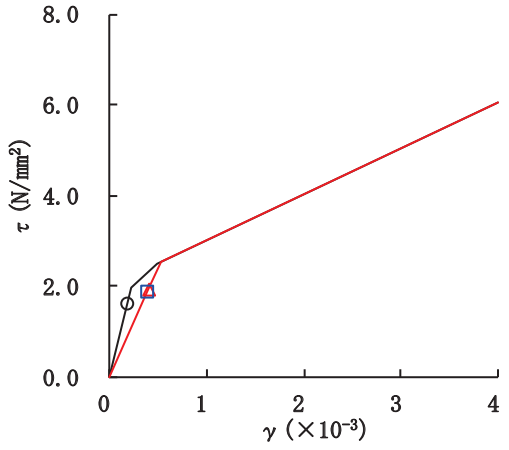
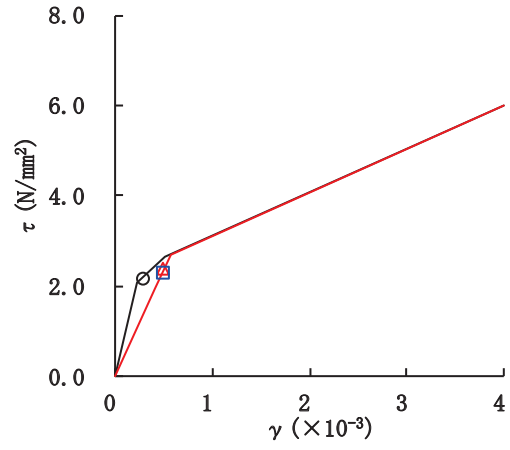


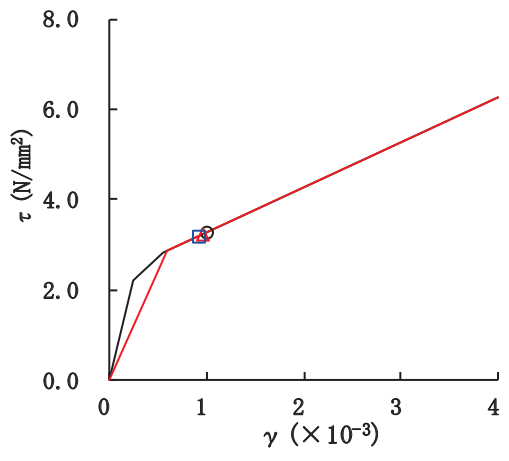
図 2-63 セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, EW 方向)



要素番号 (1)



要素番号 (2)



要素番号 (3)

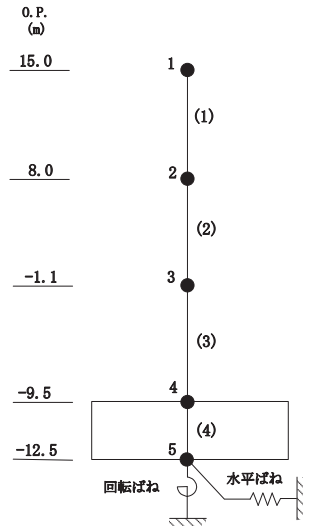


図 2-64 せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, EW 方向)

3. まとめ

前章で実施した材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を基本ケースとあわせて以下に示す。

基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果を、表 3-1～表 3-11 に示し、弾性設計用地震動 S_d-D2 に対する地震応答解析結果を表 3-12～表 3-22 に示す。

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

(a) S s - D 1

質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - D 1						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1891	1909	1861	2189	2191	2218	1908	1922	1903	2369	2410	2336
2	1498	1511	1495	1639	1643	1626	1626	1622	1630	1784	1827	1751
3	1021	1030	1011	982	986	993	1401	1421	1378	1346	1398	1293
4	649	651	645	620	623	619	860	864	855	799	812	758
5	619	614	622	611	616	610	849	856	836	796	810	760

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(b) S s - D 2

質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - D 2						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1876	1892	1863	2369	2410	2336	1908	1922	1903	2369	2410	2336
2	1612	1611	1611	1784	1827	1751	1626	1622	1630	1784	1827	1751
3	1401	1421	1378	1346	1398	1293	1401	1421	1378	1346	1398	1293
4	740	764	738	715	738	697	860	864	855	799	812	758
5	722	716	714	691	723	680	849	856	836	796	810	760

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(c) S s - D 3

質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - D 3						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1820	1836	1803	2208	2228	2180	1908	1922	1903	2369	2410	2336
2	1503	1505	1495	1433	1466	1386	1626	1622	1630	1784	1827	1751
3	903	901	900	876	893	866	1401	1421	1378	1346	1398	1293
4	610	632	645	687	702	677	860	864	855	799	812	758
5	611	621	631	648	654	646	849	856	836	796	810	760

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-1(2) 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向)
(d) $S_s - F3$

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)											
	$S_s - F3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1908	1922	1903	2292	2290	2311	1908	1922	1903	2369	2410	2336
2	1626	1622	1630	1611	1594	1620	1626	1622	1630	1784	1827	1751
3	1186	1227	1147	1130	1180	1088	1401	1421	1378	1346	1398	1293
4	860	864	855	799	812	758	860	864	855	799	812	758
5	849	856	836	796	810	760	849	856	836	796	810	760

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-2(1) 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s, NS 方向)

(a) S_s-D 1

質点番号	最大応答変位 (cm)											
	S _s -D 1						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1.15	1.16	1.14	1.87	1.86	1.88	1.37	1.37	1.36	1.96	1.95	1.97
2	0.95	0.96	0.94	1.46	1.45	1.47	1.16	1.17	1.16	1.53	1.52	1.53
3	0.40	0.40	0.41	0.67	0.65	0.68	0.52	0.51	0.53	0.72	0.71	0.73
4	0.06	0.06	0.07	0.12	0.10	0.13	0.07	0.06	0.08	0.16	0.15	0.18
5	0.05	0.05	0.06	0.09	0.08	0.10	0.05	0.05	0.06	0.13	0.12	0.15

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(b) S_s-D 2

質点番号	最大応答変位 (cm)											
	S _s -D 2						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1.37	1.37	1.36	1.96	1.95	1.97	1.37	1.37	1.36	1.96	1.95	1.97
2	1.16	1.17	1.16	1.53	1.52	1.53	1.16	1.17	1.16	1.53	1.52	1.53
3	0.52	0.51	0.53	0.67	0.67	0.68	0.52	0.51	0.53	0.72	0.71	0.73
4	0.07	0.06	0.08	0.13	0.12	0.15	0.07	0.06	0.08	0.16	0.15	0.18
5	0.05	0.05	0.06	0.10	0.09	0.12	0.05	0.05	0.06	0.13	0.12	0.15

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(c) S_s-D 3

質点番号	最大応答変位 (cm)											
	S _s -D 3						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1.03	1.04	1.01	1.65	1.66	1.63	1.37	1.37	1.36	1.96	1.95	1.97
2	0.85	0.86	0.84	1.22	1.23	1.21	1.16	1.17	1.16	1.53	1.52	1.53
3	0.37	0.37	0.36	0.53	0.53	0.54	0.52	0.51	0.53	0.72	0.71	0.73
4	0.06	0.05	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08	0.16	0.15	0.18
5	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.05	0.05	0.06	0.13	0.12	0.15

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-2(2) 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向)
(d) $S_s - F3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - F3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1.08	1.09	1.08	1.80	1.81	1.79	1.37	1.37	1.36	1.96	1.95	1.97
2	0.90	0.90	0.90	1.40	1.40	1.41	1.16	1.17	1.16	1.53	1.52	1.53
3	0.34	0.34	0.35	0.72	0.71	0.73	0.52	0.51	0.53	0.72	0.71	0.73
4	0.06	0.05	0.06	0.16	0.15	0.18	0.07	0.06	0.08	0.16	0.15	0.18
5	0.05	0.04	0.06	0.13	0.12	0.15	0.05	0.05	0.06	0.13	0.12	0.15

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-3(1) 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S_s, NS 方向)

(a) S_s-D 1

要素 番号	最大応答せん断力 (×10 ³ kN)											
	S _s -D 1						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	131	132	129	153	153	155	131	132	131	165	168	163
(2)	255	257	252	271	272	270	264	265	262	279	279	277
(3)	351	353	349	379	380	379	389	389	388	411	407	413
(4)	411	413	408	442	447	441	446	445	442	457	465	451

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(b) S_s-D 2

要素 番号	最大応答せん断力 (×10 ³ kN)											
	S _s -D 2						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	131	132	131	165	168	163	131	132	131	165	168	163
(2)	264	265	262	279	279	277	264	265	262	279	279	277
(3)	389	389	388	411	407	413	389	389	388	411	407	413
(4)	446	445	442	441	455	435	446	445	442	457	465	451

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(c) S_s-D 3

要素 番号	最大応答せん断力 (×10 ³ kN)											
	S _s -D 3						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	127	128	126	154	155	152	131	132	131	165	168	163
(2)	243	244	240	263	264	262	264	265	262	279	279	277
(3)	349	352	346	332	333	331	389	389	388	411	407	413
(4)	388	387	386	352	352	351	446	445	442	457	465	451

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

表 3-3(2) 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向)
(d) $S_s - F_3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - F_3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	130	131	129	159	159	160	131	132	131	165	168	163
(2)	257	258	255	277	277	275	264	265	262	279	279	277
(3)	334	337	332	401	406	397	389	389	388	411	407	413
(4)	405	408	403	457	465	451	446	445	442	457	465	451

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-4(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , NS 方向)

(a) $S_s - D 1$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D 1$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	0.490	0.499	0.478	0.672	0.692	0.654	0.490	0.499	0.484	0.828	0.859	0.784
	1.25	1.28	1.22	1.44	1.48	1.44	1.30	1.31	1.30	1.64	1.70	1.61
(2)	1.77	1.82	1.72	2.08	2.12	2.05	1.77	1.82	1.72	2.18	2.28	2.15
	3.74	3.79	3.70	4.36	4.40	4.31	3.81	3.86	3.76	4.62	4.73	4.57
(3)	4.08	4.11	4.02	4.90	4.94	4.85	4.20	4.22	4.20	5.09	5.23	5.00
	6.98	7.07	6.89	7.69	7.75	7.58	7.15	7.21	7.14	7.80	7.90	7.64
(4)	7.18	7.25	7.11	7.76	7.77	7.67	7.31	7.36	7.30	7.89	8.04	7.73
	8.34	8.42	8.27	9.07	9.10	8.98	8.59	8.63	8.58	9.07	9.21	8.98

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

(b) $S_s - D 2$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	0.486	0.488	0.484	0.828	0.859	0.784	0.490	0.499	0.484	0.828	0.859	0.784
	1.19	1.21	1.17	1.64	1.70	1.61	1.30	1.31	1.30	1.64	1.70	1.61
(2)	1.65	1.67	1.64	2.18	2.28	2.15	1.77	1.82	1.72	2.18	2.28	2.15
	3.81	3.86	3.75	4.62	4.73	4.57	3.81	3.86	3.76	4.62	4.73	4.57
(3)	4.17	4.22	4.12	5.09	5.23	5.00	4.20	4.22	4.20	5.09	5.23	5.00
	7.15	7.21	7.14	7.74	7.90	7.56	7.15	7.21	7.14	7.80	7.90	7.64
(4)	7.31	7.36	7.30	7.87	8.04	7.69	7.31	7.36	7.30	7.89	8.04	7.73
	8.59	8.63	8.58	8.93	9.00	8.89	8.59	8.63	8.58	9.07	9.21	8.98

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性+ σ , ケース 3: 地盤物性- σ

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性+ σ , ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性- σ

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-4(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s, NS 方向)

(c) S_s-D3

要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁶ kN·m)											
	S _s -D3						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	0.438	0.442	0.434	0.603	0.594	0.585	0.490	0.499	0.484	0.828	0.859	0.784
	1.30	1.30	1.30	1.39	1.42	1.37	1.30	1.31	1.30	1.64	1.70	1.61
(2)	1.71	1.72	1.72	1.93	1.91	1.93	1.77	1.82	1.72	2.18	2.28	2.15
	3.74	3.73	3.67	4.16	4.20	4.12	3.81	3.86	3.76	4.62	4.73	4.57
(3)	4.20	4.19	4.10	4.53	4.55	4.46	4.20	4.22	4.20	5.09	5.23	5.00
	6.45	6.58	6.46	7.28	7.33	7.19	7.15	7.21	7.14	7.80	7.90	7.64
(4)	6.64	6.75	6.66	7.40	7.45	7.31	7.31	7.36	7.30	7.89	8.04	7.73
	7.74	7.85	7.75	8.46	8.50	8.37	8.59	8.63	8.58	9.07	9.21	8.98

注1: ケース1: 基本ケース, ケース2: 地盤物性+σ, ケース3: 地盤物性-σ

ケース4: 建屋剛性考慮, ケース5: 建屋剛性考慮・地盤物性+σ, ケース6: 建屋剛性考慮・地盤物性-σ

注2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

(d) S_s-F3

要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁶ kN·m)											
	S _s -F3						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	0.479	0.481	0.469	0.624	0.632	0.592	0.490	0.499	0.484	0.828	0.859	0.784
	1.28	1.31	1.27	1.51	1.55	1.51	1.30	1.31	1.30	1.64	1.70	1.61
(2)	1.69	1.74	1.69	2.08	2.10	2.02	1.77	1.82	1.72	2.18	2.28	2.15
	3.79	3.82	3.76	4.49	4.53	4.40	3.81	3.86	3.76	4.62	4.73	4.57
(3)	4.20	4.22	4.20	5.00	4.98	4.86	4.20	4.22	4.20	5.09	5.23	5.00
	6.88	6.85	6.79	7.80	7.88	7.64	7.15	7.21	7.14	7.80	7.90	7.64
(4)	7.02	7.01	6.93	7.89	7.99	7.73	7.31	7.36	7.30	7.89	8.04	7.73
	8.04	8.05	7.95	9.02	9.21	8.76	8.59	8.63	8.58	9.07	9.21	8.98

注1: ケース1: 基本ケース, ケース2: 地盤物性+σ, ケース3: 地盤物性-σ

ケース4: 建屋剛性考慮, ケース5: 建屋剛性考慮・地盤物性+σ, ケース6: 建屋剛性考慮・地盤物性-σ

注2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-5(1) 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S s, EW 方向)

(a) S s - D 1

質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - D 1						最大値					
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1555	1564	1547	1666	1690	1656	1875	1878	1865	2012	2029	1991
2	1243	1246	1235	1354	1364	1342	1411	1421	1394	1530	1531	1525
3	1024	1019	1025	942	960	939	1141	1138	1132	1344	1363	1325
4	668	653	667	617	622	620	764	775	753	855	879	842
5	634	632	638	618	614	620	773	788	750	859	865	848

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(b) S s - D 2

質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - D 2						最大値					
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1751	1759	1739	1834	1853	1812	1875	1878	1865	2012	2029	1991
2	1411	1421	1394	1530	1531	1525	1411	1421	1394	1530	1531	1525
3	1141	1138	1132	1344	1363	1325	1141	1138	1132	1344	1363	1325
4	753	739	753	700	703	706	764	775	753	855	879	842
5	732	726	722	740	725	732	773	788	750	859	865	848

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

(c) S s - D 3

質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)											
	S s - D 3						最大値					
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1875	1878	1865	1648	1670	1619	1875	1878	1865	2012	2029	1991
2	1328	1344	1305	1241	1242	1242	1411	1421	1394	1530	1531	1525
3	946	945	942	1203	1214	1187	1141	1138	1132	1344	1363	1325
4	639	646	618	693	710	683	764	775	753	855	879	842
5	617	629	609	646	653	646	773	788	750	859	865	848

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+σ，ケース 3：地盤物性-σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+σ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性-σ

表 3-5(2) 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)
(d) $S_s - F3$

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)											
	$S_s - F3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1739	1752	1729	2012	2029	1991	1875	1878	1865	2012	2029	1991
2	1321	1348	1300	1384	1398	1364	1411	1421	1394	1530	1531	1525
3	1121	1117	1107	1069	1058	1087	1141	1138	1132	1344	1363	1325
4	764	775	749	855	879	842	764	775	753	855	879	842
5	773	788	750	859	865	848	773	788	750	859	865	848

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-6(1) 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)

(a) $S_s - D 1$

質点番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 1$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1.26	1.26	1.25	1.84	1.86	1.82	1.60	1.60	1.59	2.03	2.02	2.04
2	1.05	1.06	1.05	1.46	1.47	1.44	1.39	1.39	1.38	1.65	1.64	1.65
3	0.74	0.74	0.74	0.90	0.91	0.89	1.00	1.00	0.99	1.03	1.03	1.03
4	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08
5	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(b) $S_s - D 2$

質点番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1.60	1.60	1.59	2.03	2.02	2.04	1.60	1.60	1.59	2.03	2.02	2.04
2	1.39	1.39	1.38	1.65	1.64	1.65	1.39	1.39	1.38	1.65	1.64	1.65
3	1.00	1.00	0.99	1.03	1.03	1.03	1.00	1.00	0.99	1.03	1.03	1.03
4	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08
5	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

(c) $S_s - D 3$

質点番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - D 3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1.24	1.25	1.23	1.69	1.71	1.66	1.60	1.60	1.59	2.03	2.02	2.04
2	1.02	1.03	1.00	1.29	1.31	1.28	1.39	1.39	1.38	1.65	1.64	1.65
3	0.66	0.67	0.66	0.70	0.71	0.69	1.00	1.00	0.99	1.03	1.03	1.03
4	0.06	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08
5	0.05	0.04	0.05	0.05	0.04	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-6(2) 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)
(d) $S_s - F3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)											
	$S_s - F3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
1	1.49	1.49	1.49	1.93	1.94	1.91	1.60	1.60	1.59	2.03	2.02	2.04
2	1.28	1.28	1.27	1.52	1.54	1.50	1.39	1.39	1.38	1.65	1.64	1.65
3	0.94	0.94	0.94	0.92	0.93	0.90	1.00	1.00	0.99	1.03	1.03	1.03
4	0.06	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.06	0.08
5	0.05	0.04	0.05	0.04	0.04	0.05	0.06	0.05	0.06	0.05	0.04	0.06

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性+ σ ，ケース 3：地盤物性- σ
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性+ σ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性- σ

表 3-7(1) 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)

(a) $S_s - D 1$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 1$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	108	109	108	117	118	116	129	129	129	140	142	139
(2)	216	216	215	236	239	233	228	229	227	250	250	249
(3)	314	315	313	330	332	327	344	345	342	345	345	344
(4)	360	364	358	379	380	378	396	397	394	388	393	384

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - D 2$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	120	120	119	131	132	129	129	129	129	140	142	139
(2)	228	229	227	250	250	249	228	229	227	250	250	249
(3)	344	345	342	345	345	344	344	345	342	345	345	344
(4)	396	397	394	378	380	377	396	397	394	388	393	384

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

(c) $S_s - D 3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - D 3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	129	129	129	115	116	113	129	129	129	140	142	139
(2)	225	226	223	228	231	224	228	229	227	250	250	249
(3)	305	307	304	309	311	306	344	345	342	345	345	344
(4)	328	330	327	388	393	384	396	397	394	388	393	384

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-7(2) 最大応答せん断力一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)
(d) $S_s - F_3$

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)											
	$S_s - F_3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	120	120	119	140	142	139	129	129	129	140	142	139
(2)	223	224	222	242	245	239	228	229	227	250	250	249
(3)	338	339	337	333	335	330	344	345	342	345	345	344
(4)	363	361	366	350	348	349	396	397	394	388	393	384

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$
 ケース 4：建屋剛性考慮，ケース 5：建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 6：建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

表 3-8(1) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)

(a) $S_s - D 1$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D 1$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	0.329	0.334	0.324	0.484	0.499	0.468	0.483	0.486	0.478	0.520	0.527	0.516
	0.948	0.956	0.937	1.13	1.17	1.10	1.27	1.29	1.25	1.41	1.44	1.40
(2)	1.20	1.21	1.19	1.66	1.72	1.60	1.81	1.84	1.78	2.01	2.04	1.99
	3.14	3.16	3.10	3.37	3.42	3.38	3.45	3.52	3.43	3.96	3.99	3.92
(3)	3.43	3.44	3.39	3.67	3.71	3.64	3.93	4.02	3.86	4.40	4.42	4.38
	5.98	5.97	5.95	6.33	6.37	6.34	6.56	6.59	6.48	6.78	6.82	6.70
(4)	6.02	6.01	5.99	6.40	6.44	6.42	6.57	6.59	6.52	6.90	6.93	6.82
	7.07	7.06	7.04	7.39	7.44	7.39	7.73	7.76	7.65	7.75	7.78	7.69

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 $+\sigma$, ケース 3: 地盤物性 $-\sigma$

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$, ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

(b) $S_s - D 2$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D 2$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	0.368	0.370	0.350	0.520	0.527	0.516	0.483	0.486	0.478	0.520	0.527	0.516
	1.21	1.21	1.18	1.41	1.44	1.40	1.27	1.29	1.25	1.41	1.44	1.40
(2)	1.38	1.36	1.37	2.01	2.04	1.99	1.81	1.84	1.78	2.01	2.04	1.99
	3.43	3.44	3.43	3.78	3.84	3.73	3.45	3.52	3.43	3.96	3.99	3.92
(3)	3.84	3.86	3.84	4.32	4.38	4.26	3.93	4.02	3.86	4.40	4.42	4.38
	6.56	6.59	6.48	6.75	6.74	6.68	6.56	6.59	6.48	6.78	6.82	6.70
(4)	6.57	6.59	6.52	6.84	6.82	6.77	6.57	6.59	6.52	6.90	6.93	6.82
	7.73	7.76	7.65	7.74	7.72	7.69	7.73	7.76	7.65	7.75	7.78	7.69

注 1: ケース 1: 基本ケース, ケース 2: 地盤物性 $+\sigma$, ケース 3: 地盤物性 $-\sigma$

ケース 4: 建屋剛性考慮, ケース 5: 建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$, ケース 6: 建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

注 2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-8(2) 最大応答曲げモーメント一覧表 (基準地震動 S_s , EW 方向)

(c) $S_s - D3$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - D3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	0.338	0.330	0.345	0.475	0.472	0.478	0.483	0.486	0.478	0.520	0.527	0.516
	1.18	1.19	1.16	1.18	1.18	1.18	1.27	1.29	1.25	1.41	1.44	1.40
(2)	1.38	1.39	1.35	1.72	1.72	1.72	1.81	1.84	1.78	2.01	2.04	1.99
	3.44	3.43	3.39	3.40	3.46	3.33	3.45	3.52	3.43	3.96	3.99	3.92
(3)	3.89	3.88	3.86	3.69	3.73	3.62	3.93	4.02	3.86	4.40	4.42	4.38
	6.43	6.46	6.44	6.26	6.32	6.17	6.56	6.59	6.48	6.78	6.82	6.70
(4)	6.43	6.45	6.47	6.33	6.38	6.26	6.57	6.59	6.52	6.90	6.93	6.82
	7.35	7.38	7.38	7.32	7.37	7.24	7.73	7.76	7.65	7.75	7.78	7.69

注1: ケース1: 基本ケース, ケース2: 地盤物性 $+\sigma$, ケース3: 地盤物性 $-\sigma$

ケース4: 建屋剛性考慮, ケース5: 建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$, ケース6: 建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

注2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

(d) $S_s - F3$

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)											
	$S_s - F3$						最大値					
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース4	ケース5	ケース6
(1)	0.483	0.486	0.478	0.422	0.422	0.432	0.483	0.486	0.478	0.520	0.527	0.516
	1.27	1.29	1.25	1.34	1.33	1.34	1.27	1.29	1.25	1.41	1.44	1.40
(2)	1.81	1.84	1.78	1.75	1.77	1.75	1.81	1.84	1.78	2.01	2.04	1.99
	3.45	3.52	3.39	3.96	3.99	3.92	3.45	3.52	3.43	3.96	3.99	3.92
(3)	3.93	4.02	3.86	4.40	4.42	4.38	3.93	4.02	3.86	4.40	4.42	4.38
	6.51	6.46	6.48	6.78	6.82	6.70	6.56	6.59	6.48	6.78	6.82	6.70
(4)	6.51	6.46	6.48	6.90	6.93	6.82	6.57	6.59	6.52	6.90	6.93	6.82
	7.57	7.53	7.55	7.75	7.78	7.66	7.73	7.76	7.65	7.75	7.78	7.69

注1: ケース1: 基本ケース, ケース2: 地盤物性 $+\sigma$, ケース3: 地盤物性 $-\sigma$

ケース4: 建屋剛性考慮, ケース5: 建屋剛性考慮・地盤物性 $+\sigma$, ケース6: 建屋剛性考慮・地盤物性 $-\sigma$

注2: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

表 3-9(1) 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S_s , UD 方向)

(a) $S_s - D 1$

質点番号	最大応答加速度 (cm/s^2)					
	$S_s - D 1$			最大値		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
1	912	930	888	1213	1243	1196
2	827	844	804	1063	1082	1049
3	667	670	661	831	841	817
4	516	512	521	644	645	643
5	508	502	513	621	621	619

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

(b) $S_s - D 2$

質点番号	最大応答加速度 (cm/s^2)					
	$S_s - D 2$			最大値		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
1	1213	1243	1196	1213	1243	1196
2	1063	1077	1049	1063	1082	1049
3	831	841	817	831	841	817
4	644	645	643	644	645	643
5	621	621	619	621	621	619

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

(c) $S_s - D 3$

質点番号	最大応答加速度 (cm/s^2)					
	$S_s - D 3$			最大値		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
1	1161	1202	1118	1213	1243	1196
2	1050	1082	1012	1063	1082	1049
3	764	782	743	831	841	817
4	531	534	527	644	645	643
5	514	517	509	621	621	619

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-9(2) 最大応答加速度一覧表 (基準地震動 S_s , UD 方向)

(d) $S_s - F_3$

質点番号	最大応答加速度 (cm/s^2)					
	$S_s - F_3$			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	933	964	901	1213	1243	1196
2	866	894	838	1063	1082	1049
3	738	755	720	831	841	817
4	500	503	499	644	645	643
5	484	485	485	621	621	619

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-10(1) 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , UD 方向)

(a) $S_s - D 1$

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	$S_s - D 1$			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08
2	0.05	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07
3	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
4	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

(b) $S_s - D 2$

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	$S_s - D 2$			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
2	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
3	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.03
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

(c) $S_s - D 3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	$S_s - D 3$			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	0.07	0.07	0.07	0.08	0.08	0.08
2	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.07
3	0.05	0.04	0.05	0.05	0.05	0.05
4	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

表 3-10(2) 最大応答変位一覧表 (基準地震動 S_s , UD 方向)
(d) $S_s - F_3$

質点 番号	最大応答変位 (cm)					
	$S_s - F_3$			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08
2	0.06	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07
3	0.04	0.04	0.04	0.05	0.05	0.05
4	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 + σ ，ケース 3：地盤物性 - σ

表 3-11(1) 最大応答軸力一覧表 (基準地震動 S_s, UD 方向)

(a) S_s-D 1

要素 番号	最大応答軸力 (×10 ³ kN)					
	S _s -D 1			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	63.8	65.2	62.3	85.4	86.9	84.2
(2)	141	144	137	184	186	182
(3)	230	234	225	288	291	284
(4)	281	286	278	339	343	333

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+σ，ケース3：地盤物性-σ

(b) S_s-D 2

要素 番号	最大応答軸力 (×10 ³ kN)					
	S _s -D 2			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	85.4	86.9	84.2	85.4	86.9	84.2
(2)	184	186	182	184	186	182
(3)	288	290	284	288	291	284
(4)	339	343	333	339	343	333

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+σ，ケース3：地盤物性-σ

(c) S_s-D 3

要素 番号	最大応答軸力 (×10 ³ kN)					
	S _s -D 3			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	81.5	84.1	78.5	85.4	86.9	84.2
(2)	179	185	173	184	186	182
(3)	283	291	274	288	291	284
(4)	327	335	317	339	343	333

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+σ，ケース3：地盤物性-σ

表 3-11(2) 最大応答軸力一覧表 (基準地震動 S_s , UD 方向)
(d) $S_s - F_3$

要素 番号	最大応答軸力 ($\times 10^3 \text{kN}$)					
	$S_s - F_3$			最大値		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	65.7	67.7	63.4	85.4	86.9	84.2
(2)	146	150	140	184	186	182
(3)	246	254	239	288	291	284
(4)	304	312	297	339	343	333

注：ケース 1：基本ケース，ケース 2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース 3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-12 最大応答加速度一覧表 (S d - D 2, NS 方向)

質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	1526	1544	1496
2	1125	1142	1098
3	715	720	707
4	410	410	405
5	399	403	391

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

表 3-13 最大応答変位一覧表 (S d - D 2, NS 方向)

質点 番号	最大応答変位 (cm)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	0.72	0.73	0.71
2	0.55	0.56	0.54
3	0.26	0.26	0.26
4	0.05	0.04	0.05
5	0.04	0.03	0.04

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

表 3-14 最大応答せん断力一覧表 (S d - D 2, NS 方向)

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	107	108	105
(2)	205	206	203
(3)	285	291	280
(4)	308	313	307

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-15 最大応答曲げモーメント一覧表 (S d - D 2, NS 方向)

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	0.477	0.485	0.462
	0.995	1.01	0.963
(2)	1.44	1.46	1.39
	3.13	3.18	3.08
(3)	3.44	3.50	3.38
	5.78	5.88	5.66
(4)	5.92	6.02	5.80
	6.81	6.92	6.67

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-16 最大応答加速度一覧表 (S d - D 2, EW 方向)

質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
1	1345	1354	1334
2	1070	1077	1063
3	722	731	707
4	410	409	407
5	403	406	395

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

表 3-17 最大応答変位一覧表 (S d - D 2, EW 方向)

質点番号	最大応答変位 (cm)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本ケース)	ケース2	ケース3
1	0.79	0.79	0.79
2	0.62	0.62	0.62
3	0.37	0.37	0.36
4	0.04	0.04	0.05
5	0.04	0.03	0.04

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

表 3-18 最大応答せん断力一覧表 (S d - D 2, EW 方向)

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3$ kN)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	94.7	95.3	94.0
(2)	188	189	187
(3)	253	255	252
(4)	268	270	264

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-19 最大応答曲げモーメント一覧表 (S d - D 2, EW 方向)

要素 番号	最大応答曲げモーメント ($\times 10^6$ kN·m)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	0.305	0.306	0.303
	0.859	0.867	0.851
(2)	1.09	1.09	1.08
	2.72	2.74	2.71
(3)	2.89	2.90	2.88
	5.04	5.06	4.99
(4)	5.07	5.09	5.03
	5.81	5.83	5.77

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

表 3-20 最大応答加速度一覧表 (S d - D 2, UD 方向)

質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	704	721	693
2	616	625	609
3	482	487	474
4	373	374	373
5	360	360	359

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

表 3-21 最大応答変位一覧表 (S d - D 2, UD 方向)

質点番号	最大応答変位 (cm)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
1	0.04	0.04	0.05
2	0.04	0.04	0.04
3	0.03	0.03	0.03
4	0.01	0.01	0.02
5	0.01	0.01	0.01

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性+ σ ，ケース3：地盤物性- σ

表 3-22 最大応答軸力一覧表 (S d - D 2, UD 方向)

要素 番号	最大応答軸力 ($\times 10^3 \text{kN}$)		
	S d - D 2		
	ケース1 (基本 ケース)	ケース2	ケース3
(1)	49.5	50.4	48.8
(2)	107	108	105
(3)	167	168	165
(4)	197	199	193

注：ケース1：基本ケース，ケース2：地盤物性 $+\sigma$ ，ケース3：地盤物性 $-\sigma$

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0610-13_改1
提出年月日	2021年4月19日

補足 610-13 【タービン建屋の耐震性についての計算書に関する
補足説明資料】

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類「VI-2-11-2-3 タービン建屋の耐震性についての計算書」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

別紙 1 東北地方太平洋沖地震等に対するタービン建屋のシミュレーション解析

別紙 2 タービン建屋の地震応答解析における既工認と今回工認の解析モデル及び手法の比較

別紙 3 タービン建屋の地震応答解析における耐震壁のスケルトンカーブの設定

別紙 3-1 タービン建屋のフレーム部の構造詳細

別紙 4 タービン建屋の地震応答解析結果について

別紙 5 タービン建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討

別紙 5-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 5-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

別紙 6 タービン建屋の弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答解析結果

別紙 7 床ばねの諸元及び非線形性を考慮した解析

別紙 1 東北地方太平洋沖地震等に対するタービン建屋の
シミュレーション解析

目次

1. はじめに	別紙 1- 1
2. シミュレーション解析	別紙 1- 2
2.1 地震計の配置	別紙 1- 2
2.2 地震応答解析	別紙 1- 3
3. 評価結果のまとめ	別紙 1-32

1. はじめに

タービン建屋について，3.11地震及び4.7地震の2つの地震に対して，建屋の振動特性を確認することを目的としてシミュレーション解析を実施する。

2. シミュレーション解析

2.1 地震計の配置

タービン建屋における地震計配置図（断面図及び平面図）を図 2-1 に示す。

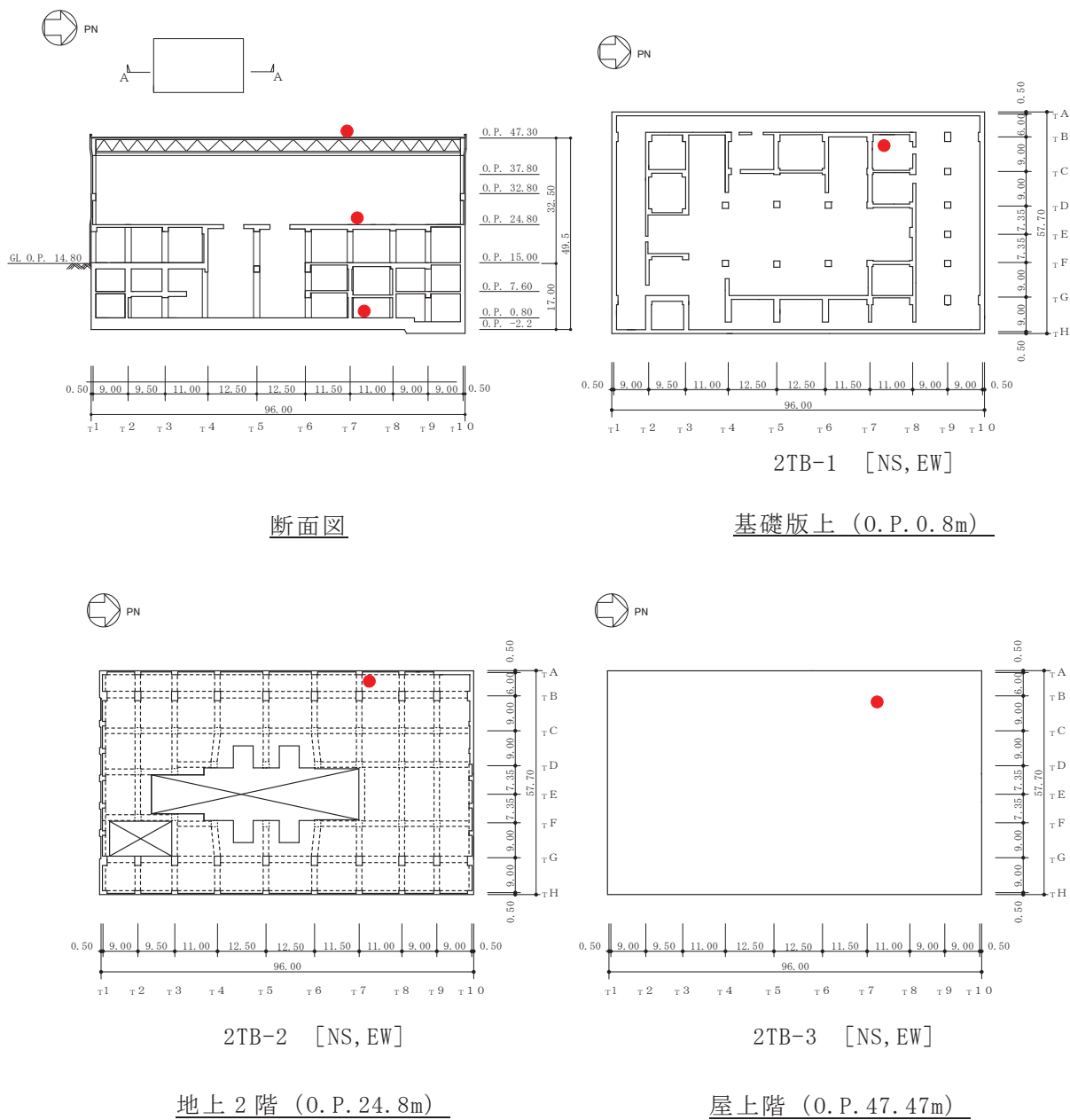


図 2-1 地震計配置図

2.2 地震応答解析

2.2.1 地震応答解析の概要

当該地震に対するタービン建屋の地震応答解析は、基礎版上における水平方向の地震観測記録を用いた解析（非線形解析）とする。

解析モデルへの入力地震動は、タービン建屋の基礎版上での観測記録を線形解析モデルの基礎版上に入力し、基礎版上から建屋底面ばね外の伝達関数を用いて算定する。

解析結果と観測記録の整合性は、タービン建屋各階における最大応答加速度、最大応答変位及び加速度応答スペクトルについて観測記録との比較によって確認する。

入力地震動の算出概念図を図 2-2 に示す。

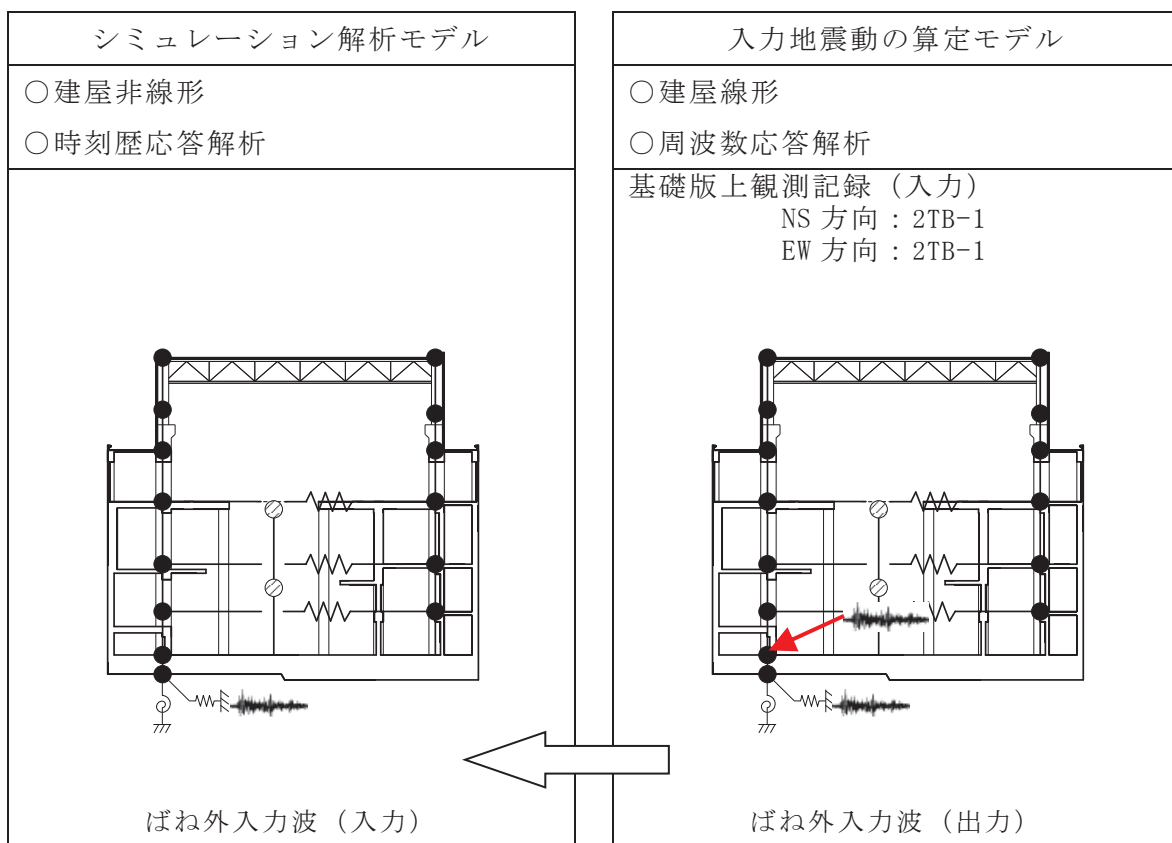


図 2-2 入力地震動の算出概念図

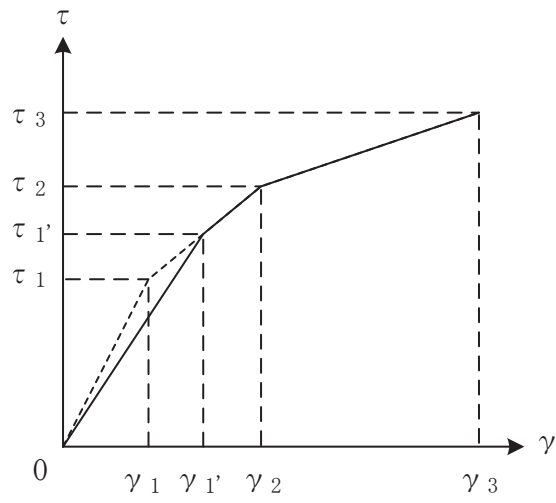
解析モデルは、地震観測記録と解析結果が整合するように次の2項目を見直して新たな解析モデルを構築した。

解析モデルの諸元の設定について表2-1に示す。

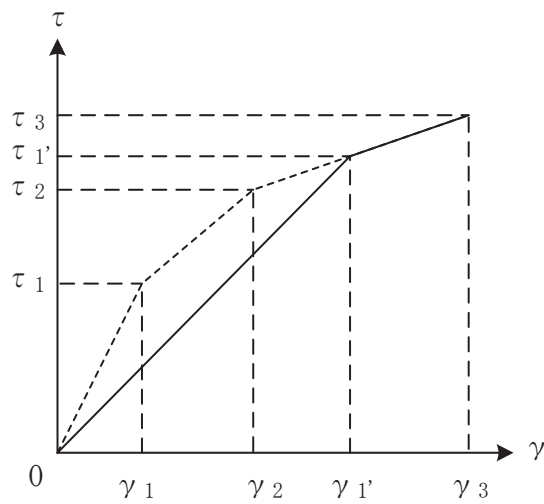
- ① 鉄筋コンクリート部の剛性評価は、耐震壁について観測記録と整合するように等価な剛性として設定し、図2-3に示すように復元力特性の第1勾配は設計時から見直した。
- ② 建屋の減衰定数は、観測記録と整合するように解析では全て鉄筋コンクリート部の減衰定数に代表させて5%に設定した。また、水平は両方向ともに同じ減衰定数とした。

表 2-1 解析モデル諸元の設定（水平方向）

項 目		シミュレーション解析 (当該地震による評価)
応答計算法		時刻歴応答解析(非線形解析)
入力地震動		入力地震動の算定モデルで求めた 基礎底面ばね外における地震動
剛性評価	考慮範囲	耐震壁
	ヤング係数(E) せん断弾性係数(G)	観測記録との整合性を踏まえ再設定
	剛性・復元力特性の 設定の考え方	観測記録と整合する等価な剛性のモデル化は、耐震壁のヤング係数・せん断弾性係数を再設定することにより行い、復元力特性は設計時モデルのスケルトンと接続。建屋全体に一律の等価剛性を設定。
減衰定数	鉄筋コンクリート	5% (ひずみエネルギー比例型)
	減衰定数設定の 考え方	観測記録のみかけの減衰に対して、解析では全て鉄筋コンクリート部の減衰に代表させた。なお、水平2方向は同じ値を採用。
解析 モデル	建屋-地盤相互作用	スウェイ・ロッキングモデル (側面地盤との相互作用は考慮しない)
	建屋モデル	質点系多軸モデル 床の柔性考慮
	地盤ばね	J E A Gによる近似法



(a) 第1折点～第2折点で交差する場合



(b) 第2折点以降で交差する場合

図 2-3 等価な剛性の設定による復元力特性見直しの例

2.2.2 地震応答解析モデル

地震応答解析モデルは、図 2-4 に示すように、建屋を曲げ変形とせん断変形をする質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋-地盤連成系モデルとする。また、各質点間の床は面内にせん断変形するものとする。

観測記録と整合するように設定した鉄筋コンクリート部の等価なヤング係数、せん断弾性係数及び減衰定数を表 2-2 に示す。なお、床のばね値の算定に用いたコンクリートの物性値は設計値を用いる。また、耐震壁のせん断応力度-せん断ひずみ度関係($\tau-\gamma$ 関係)を図 2-5 に示すようなトリリニア型スケルトンカーブに置換し、復元力特性は図 2-6 に示すような最大点指向型履歴ループを用いる。耐震壁の曲げモーメント-曲率関係($M-\phi$ 関係)は図 2-7 に示すようなトリリニア型スケルトンカーブに置換し、復元力特性は図 2-8 に示すような履歴ループを用いる。各耐震壁について算定したせん断及び曲げスケルトンカーブの諸数値を表 2-3~表 2-6 に示す。

解析モデルにおいて、基礎底面地盤ばねのスウェイ及びロッキングばね定数及び減衰係数は、振動アドミタンス理論に基づいて近似的に評価する。

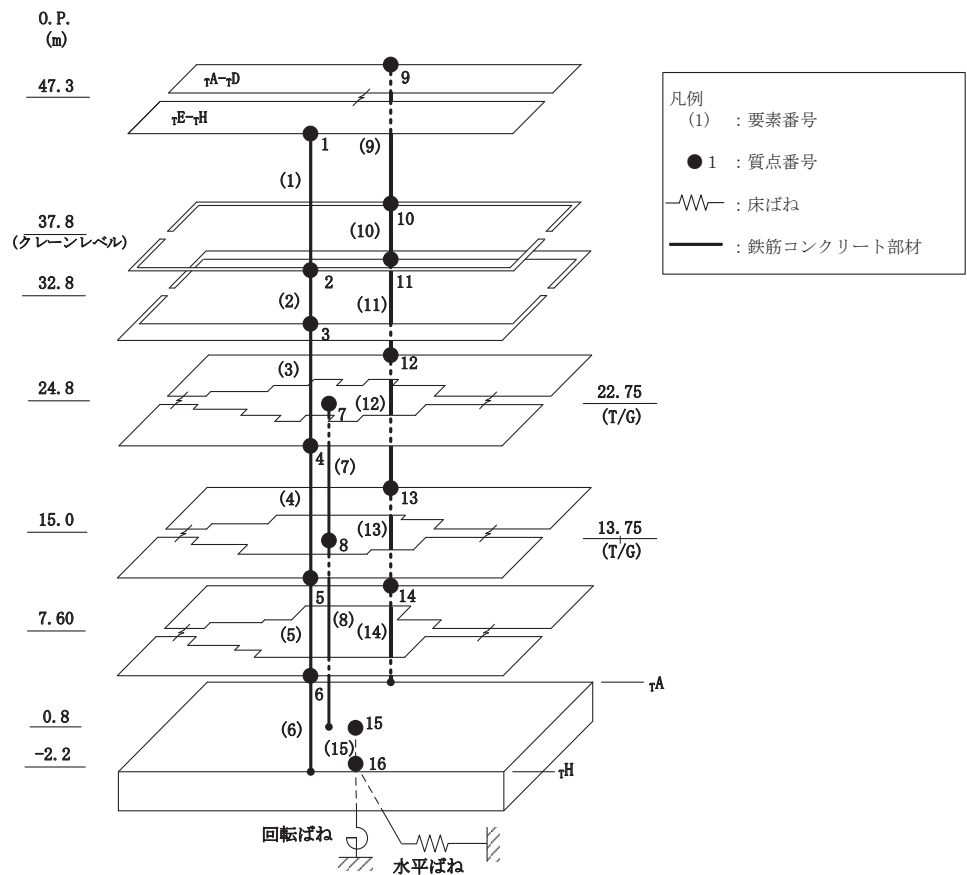


図 2-4(1) 地震応答解析モデル (NS 方向)

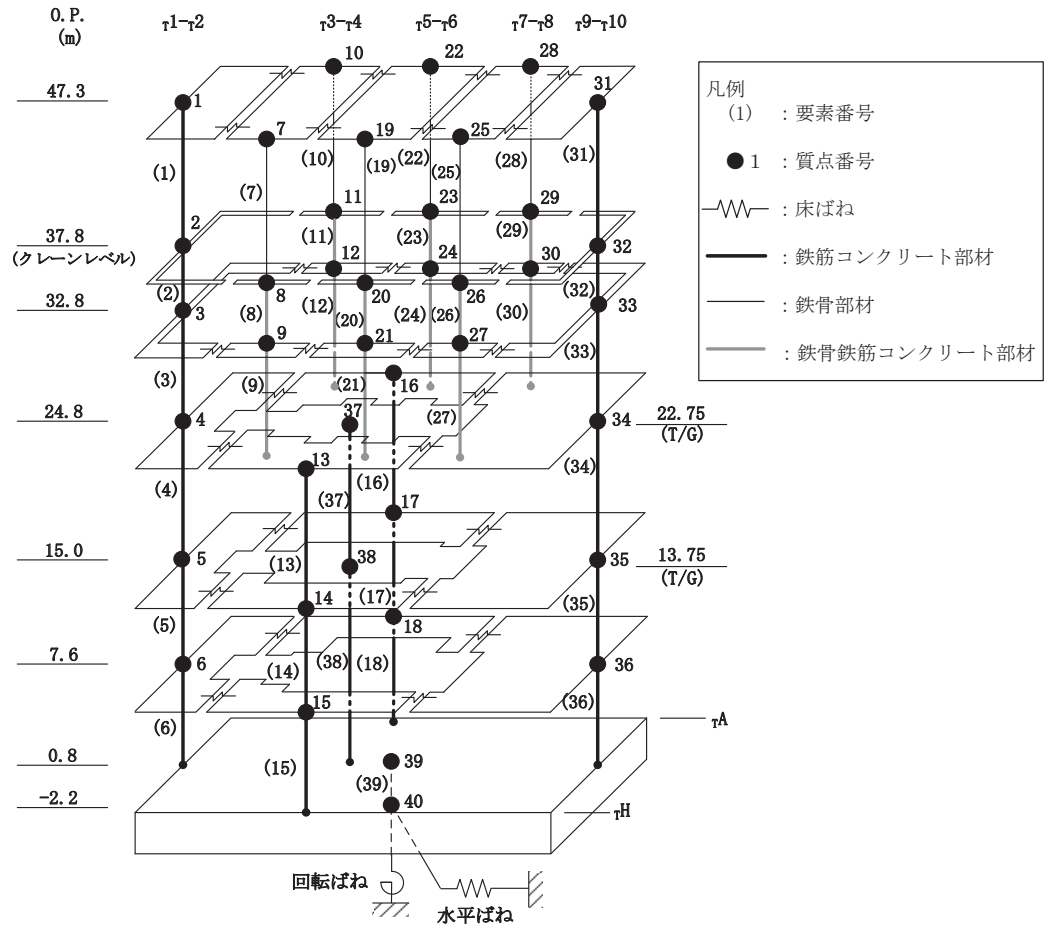


図 2-4(2) 地震応答解析モデル (EW 方向)

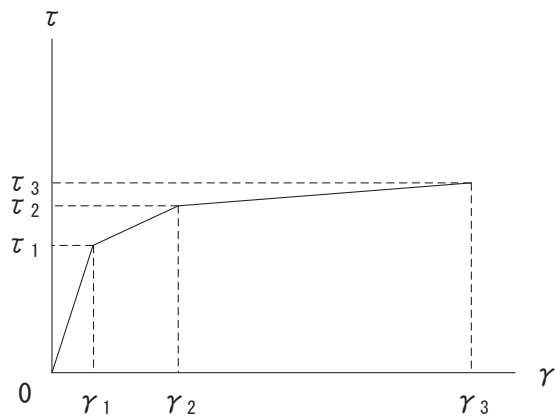
表 2-2 地震応答解析に用いる物性値

材 料	方向	初期剛性 補正係数*	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断 弾性係数 G (N/mm ²)	減衰 定数 h (%)
コンクリート (O.P. 24.8m より上部)	NS	0.30	0.79×10^4	0.34×10^4	5
	EW	0.35	0.93×10^4	0.40×10^4	5
コンクリート (O.P. 24.8m より下部)	NS	0.35	0.93×10^4	0.40×10^4	5
	EW	0.40	1.06×10^4	0.46×10^4	5

注記*：初期剛性補正係数は、観測記録と整合するように設定した耐震壁の初期剛性の設計値に対する係数

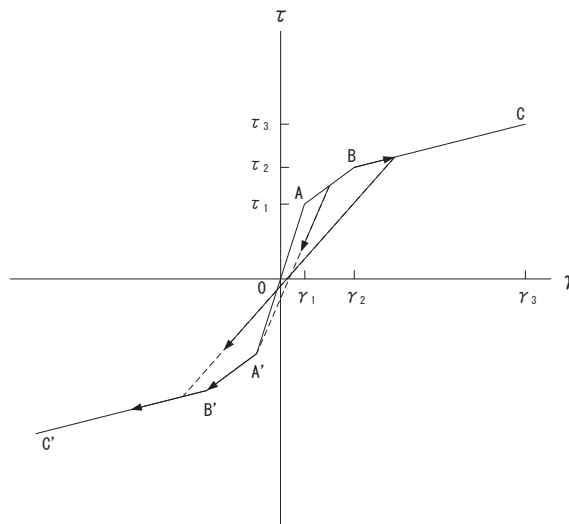
設計値 ヤング係数 2.65×10^4 N/mm²

せん断弾性係数 1.14×10^4 N/mm²



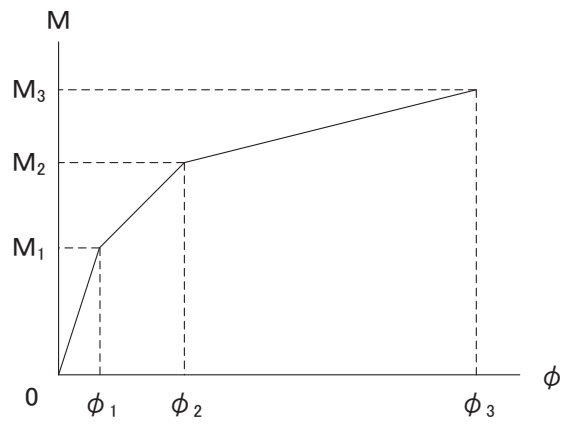
- τ_1 : 第1折点のせん断応力度
- τ_2 : 第2折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第2折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ ($=4 \times 10^{-3}$)

図 2-5 せん断応力度－せん断ひずみ関係



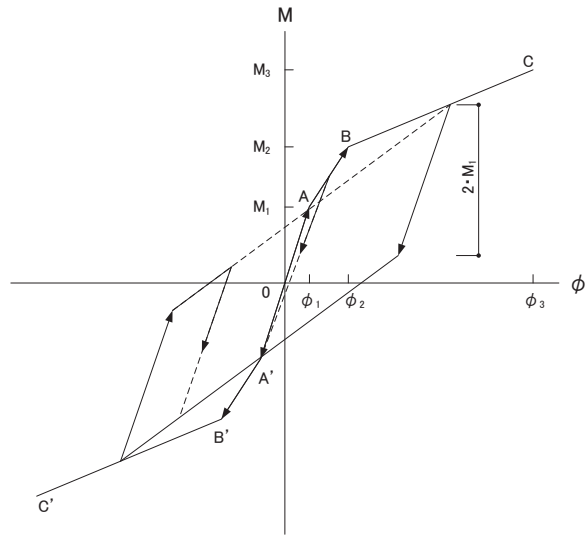
- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第1折点を越えていない時は負側第1折点に向かう。
- c. B-C 間：負側最大点指向
- d. 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 2-6 せん断応力度－せん断ひずみ関係の復元力特性



- M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント
- M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント
- M_3 : 終局点の曲げモーメント
- ϕ_1 : 第 1 折点の曲率
- ϕ_2 : 第 2 折点の曲率
- ϕ_3 : 終局点の曲率

図 2-7 曲げモーメントー曲率関係



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

図 2-8 曲げモーメント-曲率関係の復元力特性

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

NS 方向

τ E- τ H

O. P. (m)	τ_1' (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
47.3 ~ 37.8	2.80	—	5.77	0.822	—	4.00
37.8 ~ 32.8	3.47	—	6.49	1.02	—	4.00
32.8 ~ 24.8	2.76	—	5.86	0.810	—	4.00
24.8 ~ 15.0	2.95	—	5.07	0.740	—	4.00
15.0 ~ 7.6	3.11	—	5.57	0.780	—	4.00
7.6 ~ 0.8	3.30	—	5.36	0.828	—	4.00

τ A- τ D

O. P. (m)	τ_1' (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
47.3 ~ 37.8	2.80	—	5.77	0.822	—	4.00
37.8 ~ 32.8	3.47	—	6.49	1.02	—	4.00
32.8 ~ 24.8	2.73	—	5.81	0.799	—	4.00
24.8 ~ 15.0	2.88	—	4.60	0.723	—	4.00
15.0 ~ 7.6	3.13	—	5.24	0.787	—	4.00
7.6 ~ 0.8	3.31	—	5.26	0.831	—	4.00

表 2-4 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

EW 方向

$\tau_1 - \tau_2$

O. P. (m)	τ_1' (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
47.3 ~ 37.8	2.63	—	5.95	0.662	—	4.00
37.8 ~ 32.8	2.96	—	6.44	0.744	—	4.00
32.8 ~ 24.8	2.83	—	6.44	0.710	—	4.00
24.8 ~ 15.0	2.82	—	5.88	0.621	—	4.00
15.0 ~ 7.6	2.94	—	5.44	0.646	—	4.00
7.6 ~ 0.8	3.14	—	5.60	0.690	—	4.00

$\tau_3 - \tau_6$ (τ_H 側)

O. P. (m)	τ_1' (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
24.8 ~ 15.0	2.79	—	3.85	0.613	—	4.00
15.0 ~ 7.6	3.10	—	3.86	0.681	—	4.00
7.6 ~ 0.8	3.19	—	3.62	0.700	—	4.00

$\tau_3 - \tau_6$ (τ_A 側)

O. P. (m)	τ_1' (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
24.8 ~ 15.0	2.81	—	3.52	0.617	—	4.00
15.0 ~ 7.6	3.18	—	3.52	0.698	—	4.00
7.6 ~ 0.8	3.39	—	3.42	0.744	—	4.00

$\tau_9 - \tau_{10}$

O. P. (m)	τ_1' (N/mm ²)	τ_2 (N/mm ²)	τ_3 (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
47.3 ~ 37.8	2.63	—	5.95	0.662	—	4.00
37.8 ~ 32.8	2.96	—	6.43	0.743	—	4.00
32.8 ~ 24.8	2.76	—	6.01	0.694	—	4.00
24.8 ~ 15.0	2.87	—	5.49	0.631	—	4.00
15.0 ~ 7.6	3.14	—	5.33	0.691	—	4.00
7.6 ~ 0.8	3.27	—	5.19	0.719	—	4.00

表 2-5 曲げモーメントのスケルトンカーブ数値表 (M-φ 関係)

NS 方向

τE-τH

O. P. (m)	M_1' ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_2 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_3 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_1' ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)
47.3 ~ 37.8	2.14	3.13	4.44	0.830	2.06	41.2
37.8 ~ 32.8	4.61	5.31	7.42	1.79	2.26	45.2
32.8 ~ 24.8	6.59	7.66	10.4	1.74	2.20	43.9
24.8 ~ 15.0	11.1	16.8	23.4	0.873	2.22	44.5
15.0 ~ 7.6	17.9	26.6	37.7	1.22	2.38	47.6
7.6 ~ 0.8	25.5	35.9	50.2	1.36	2.53	46.9

τA-τD

O. P. (m)	M_1' ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_2 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_3 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_1' ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)
47.3 ~ 37.8	2.14	3.13	4.44	0.830	2.06	41.2
37.8 ~ 32.8	4.61	5.31	7.42	1.79	2.26	45.2
32.8 ~ 24.8	5.10	7.62	10.2	0.917	1.97	39.4
24.8 ~ 15.0	16.0	24.2	34.0	0.906	2.43	48.7
15.0 ~ 7.6	23.8	34.4	48.6	1.33	2.59	48.4
7.6 ~ 0.8	28.9	40.1	55.7	1.47	2.64	44.4

表 2-6 曲げモーメントのスケルトンカーブ数値表 (M-φ 関係)

EW 方向

τ1-τ2

O. P. (m)	M_1' ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_2 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_3 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_1' ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)
47.3 ~ 37.8	0.772	1.27	1.82	1.11	4.38	87.6
37.8 ~ 32.8	1.11	1.88	2.65	1.59	4.64	92.8
32.8 ~ 24.8	2.43	3.57	5.19	1.98	3.69	73.8
24.8 ~ 15.0	3.03	5.22	7.92	1.03	3.55	71.1
15.0 ~ 7.6	7.00	12.0	18.0	1.29	3.70	74.1
7.6 ~ 0.8	8.11	13.0	19.1	1.48	3.77	75.4

τ3-τ6 (τH 側)

O. P. (m)	M_1' ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_2 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_3 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_1' ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)
24.8 ~ 15.0	0.485	0.578	0.806	2.90	12.2	244
15.0 ~ 7.6	0.653	0.837	1.09	4.40	15.2	305
7.6 ~ 0.8	1.09	1.43	1.83	5.46	16.6	331

τ3-τ6 (τA 側)

O. P. (m)	M_1' ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_2 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_3 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_1' ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)
24.8 ~ 15.0	0.915	1.10	1.44	3.56	13.9	277
15.0 ~ 7.6	1.05	1.45	2.00	3.90	11.9	239
7.6 ~ 0.8	1.58	2.20	2.94	4.28	11.2	224

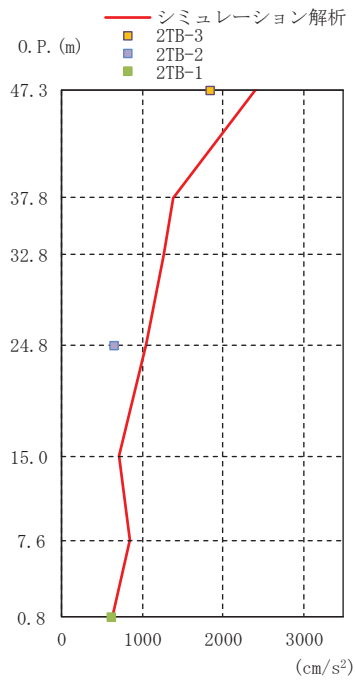
τ9-τ10

O. P. (m)	M_1' ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_2 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	M_3 ($\times 10^6 \text{kN}\cdot\text{m}$)	ϕ_1' ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_2 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)	ϕ_3 ($\times 10^{-5}/\text{m}$)
47.3 ~ 37.8	0.772	1.27	1.82	1.11	4.38	87.6
37.8 ~ 32.8	1.10	1.88	2.65	1.58	4.64	92.7
32.8 ~ 24.8	2.11	3.72	5.45	1.16	3.34	66.8
24.8 ~ 15.0	5.50	8.93	12.5	1.29	3.82	76.3
15.0 ~ 7.6	11.0	17.2	23.6	1.63	4.12	82.5
7.6 ~ 0.8	14.3	21.3	29.0	1.77	4.06	76.3

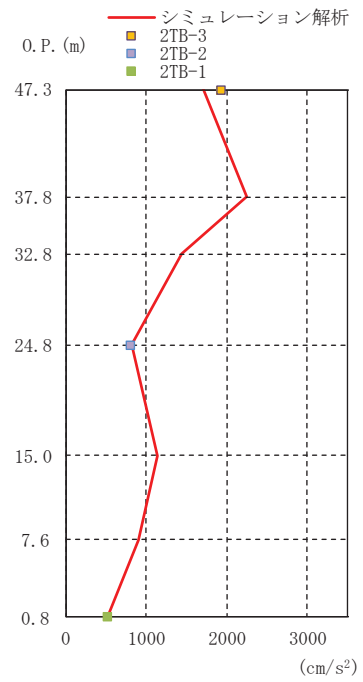
2.2.3 地震応答解析結果

地震応答解析により求められた応答と観測記録を比較する。比較する項目は NS 方向及び EW 方向の最大応答加速度，最大応答変位及び加速度応答スペクトルとする。ここで，変位の観測記録は加速度の観測記録を積分することで算出した。3.11 地震の観測記録との比較を～に，4.7 地震の観測記録との比較を～に示す。解析モデルの固有値解析結果を表 2-7，表 2-8，図 2-15 及び図 2-16 に示す。

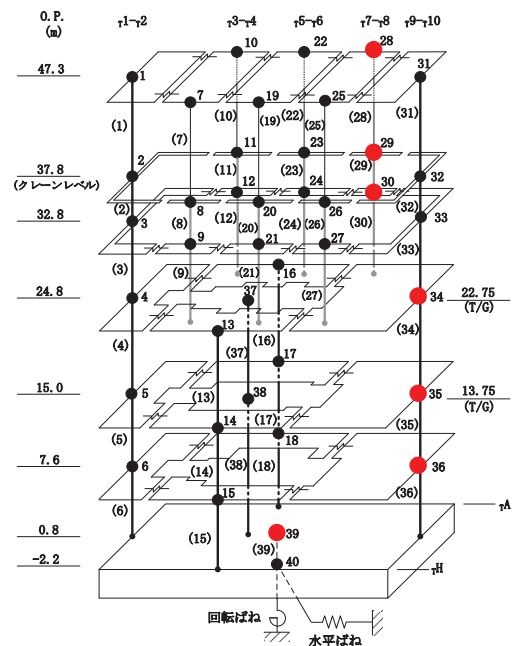
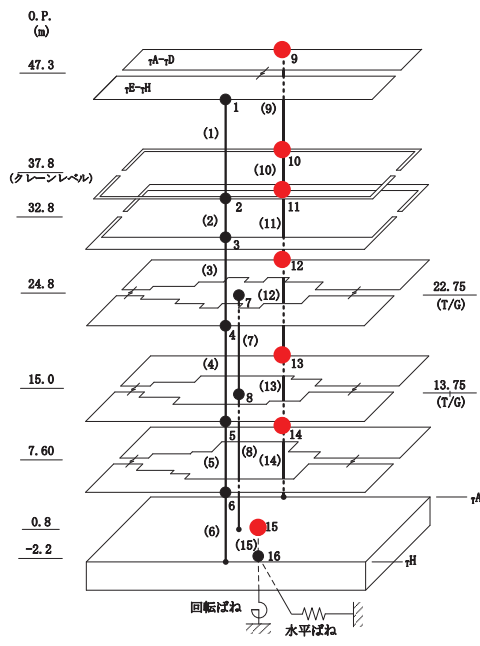
これより，観測記録と解析結果の最大応答加速度，最大応答変位及び加速度応答スペクトルは概ね整合していることを確認した。



NS 方向

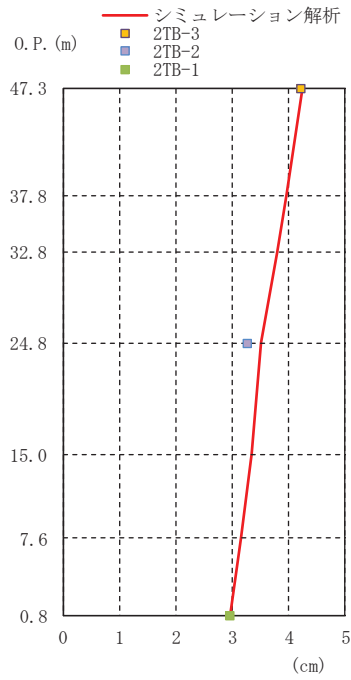


EW 方向

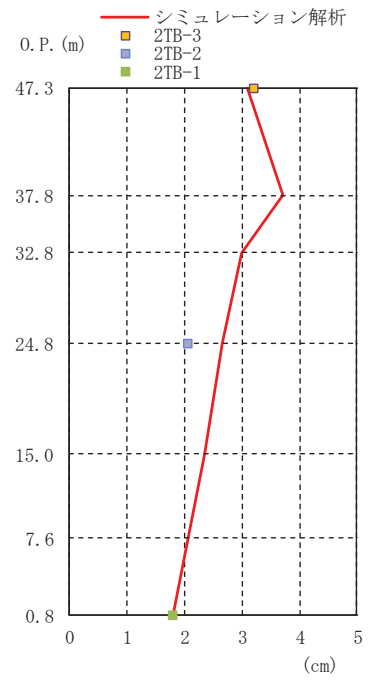


● シミュレーション解析結果を示している質点

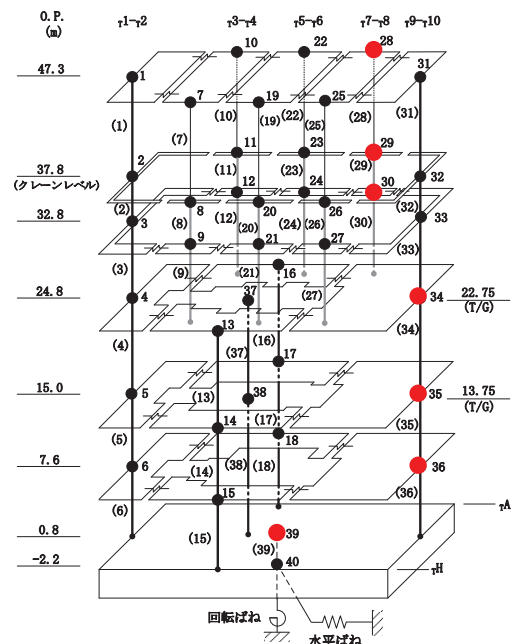
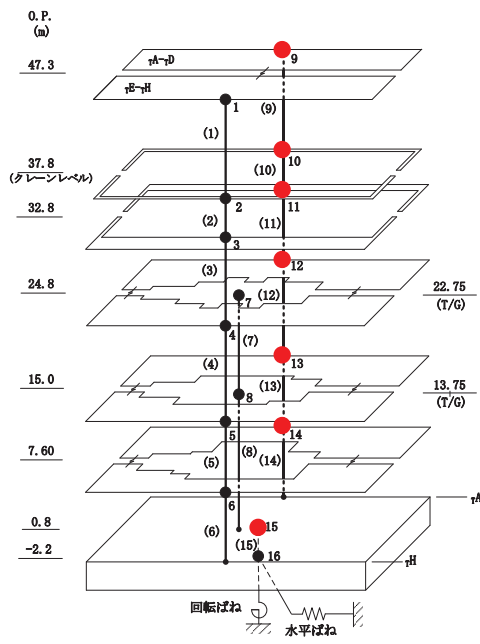
図 2-9 最大応答加速度の比較 (3.11 地震)



NS 方向

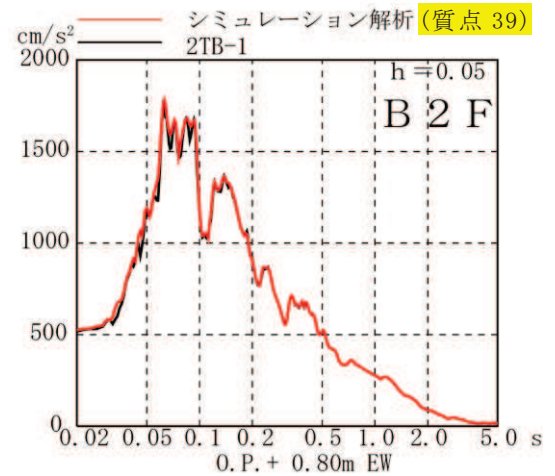
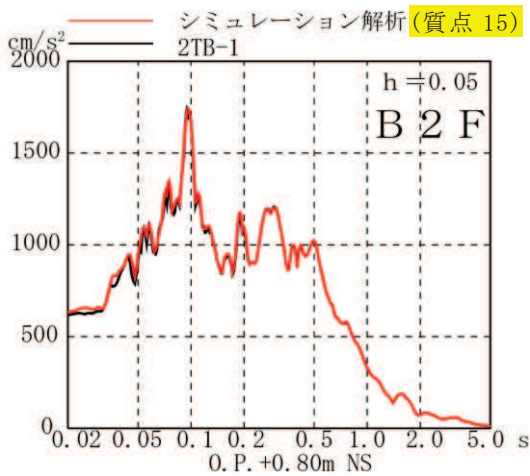
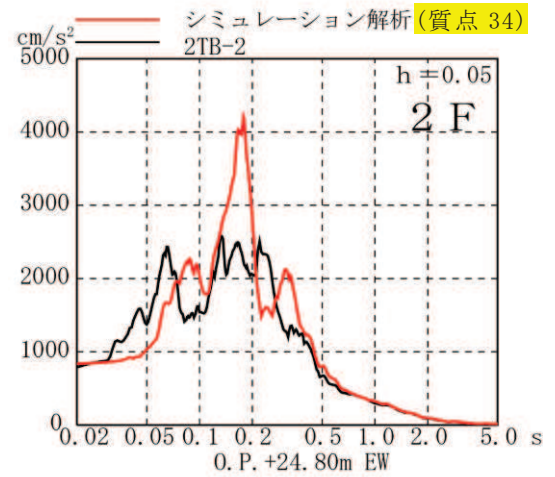
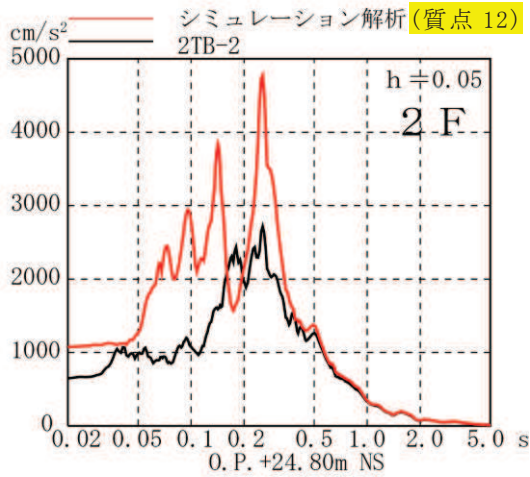
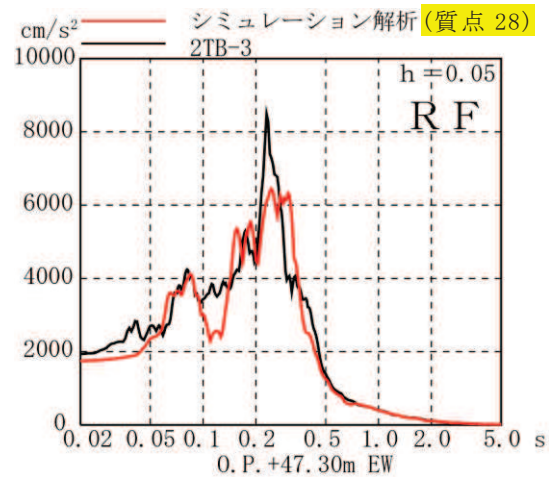
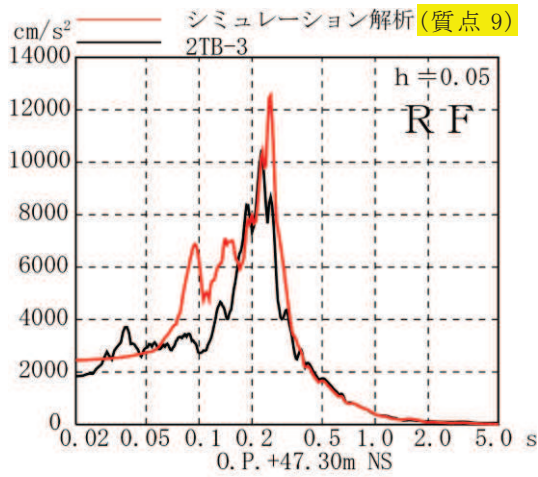


EW 方向



● シミュレーション解析結果を示している質点

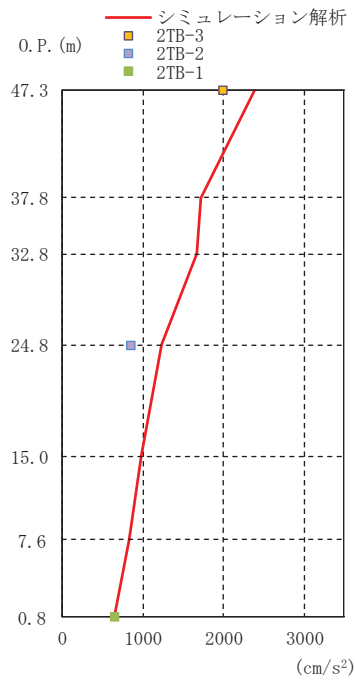
図 2-10 最大応答変位の比較 (3.11 地震)



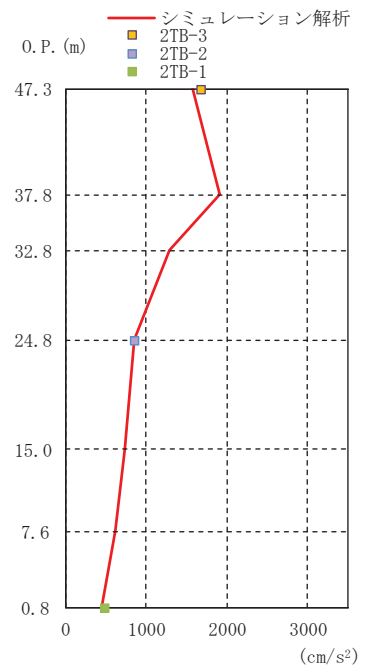
NS 方向

EW 方向

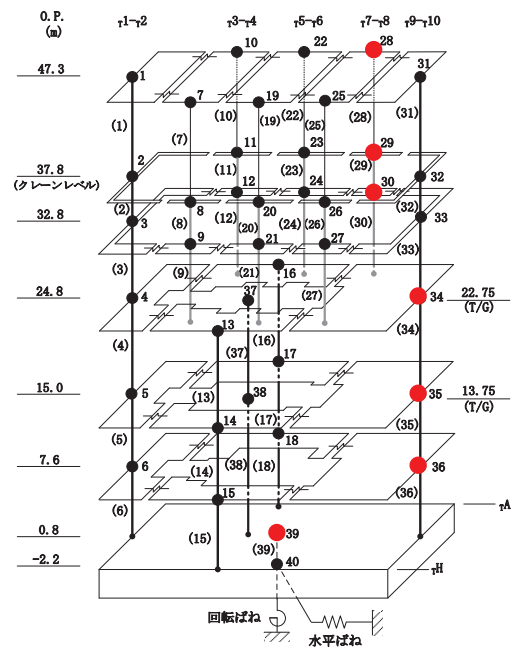
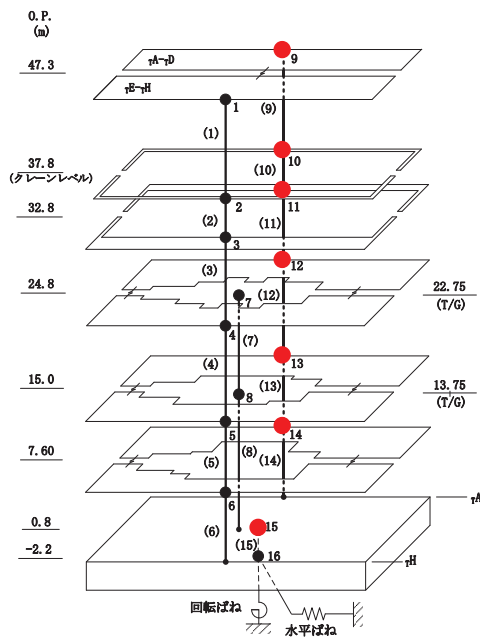
図 2-11 加速度応答スペクトルの比較 (3.11 地震)



NS 方向

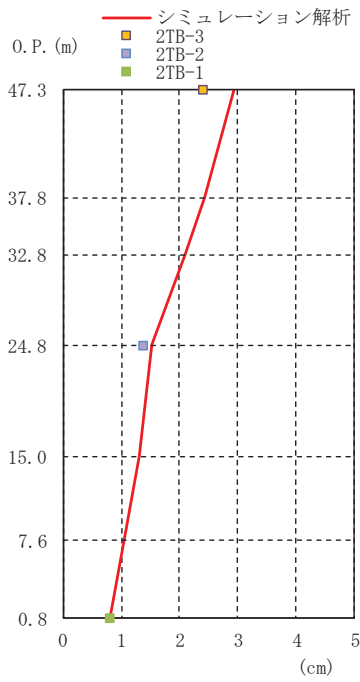


EW 方向

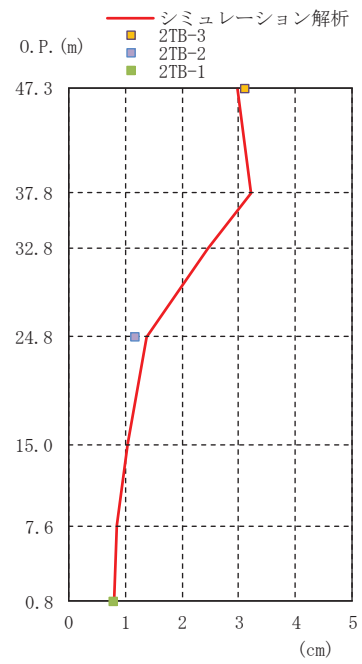


● シミュレーション解析結果を示している質点

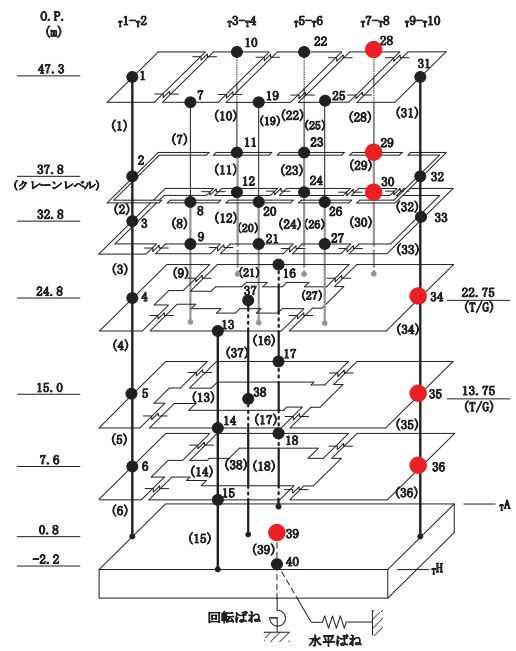
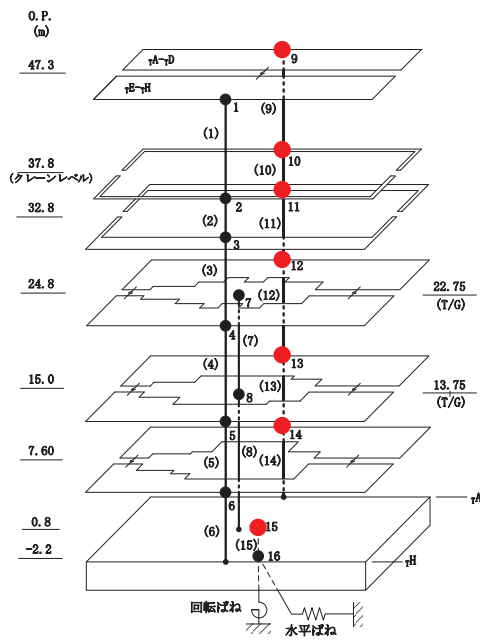
図 2-12 最大応答加速度の比較 (4.7 地震)



NS 方向

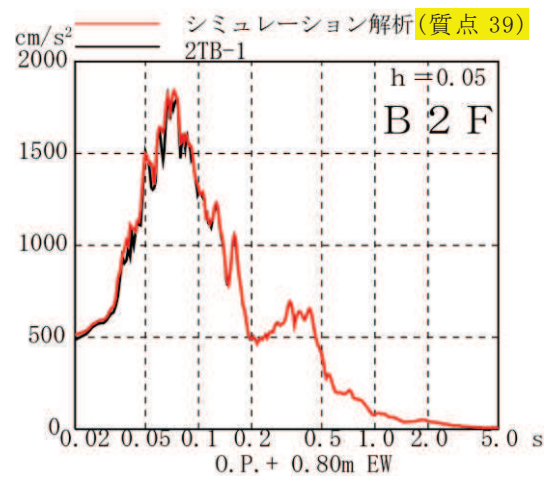
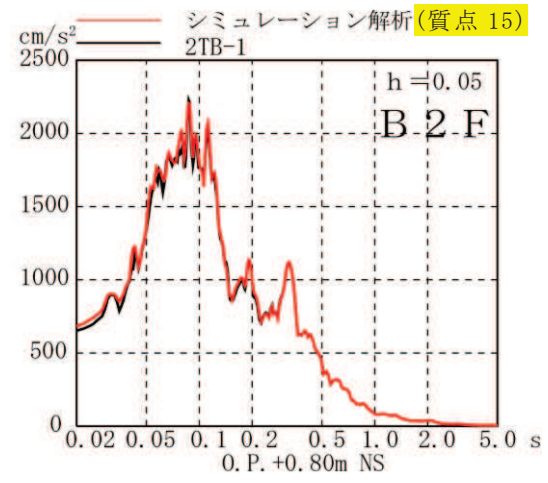
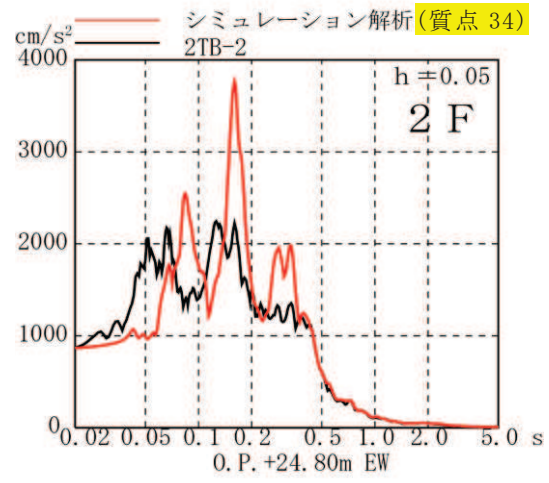
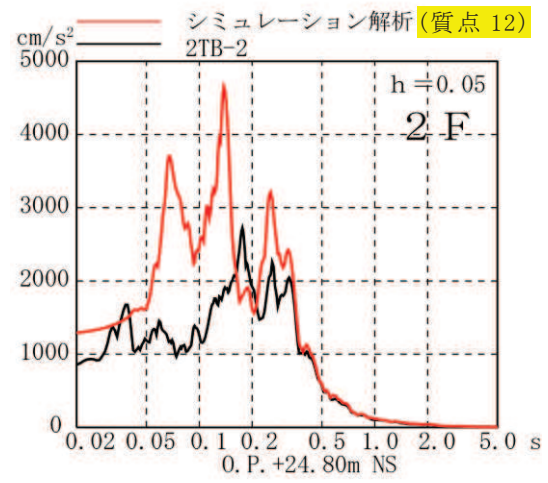
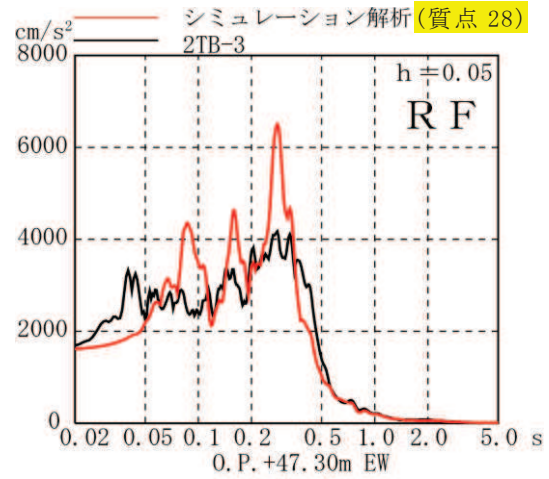
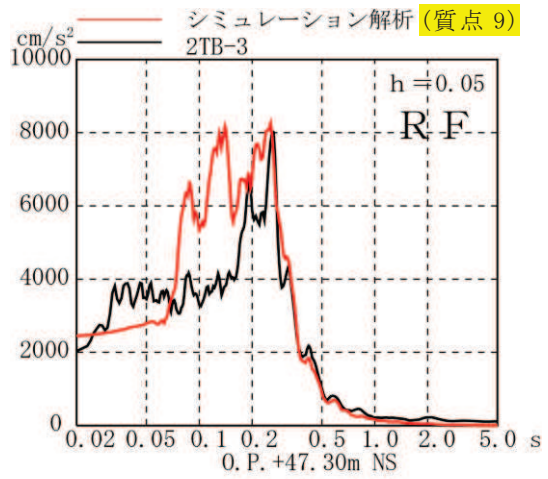


EW 方向



● シミュレーション解析結果を示している質点

図 2-13 最大応答変位の比較 (4.7 地震)



NS 方向

EW 方向

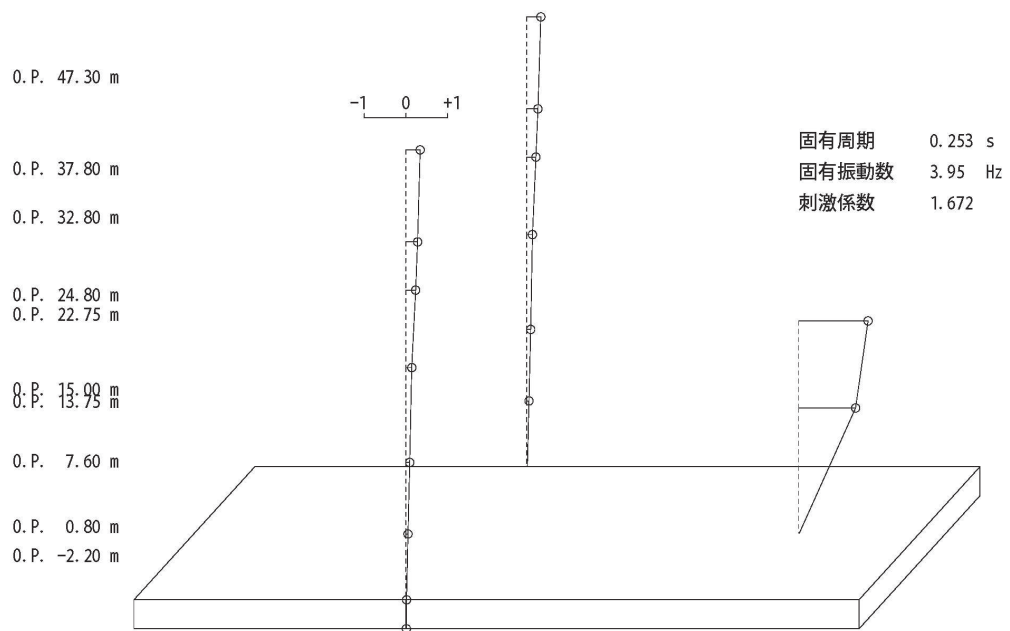
図 2-14 加速度応答スペクトルの比較 (4.7 地震)

表 2-7 固有値解析結果(NS 方向)

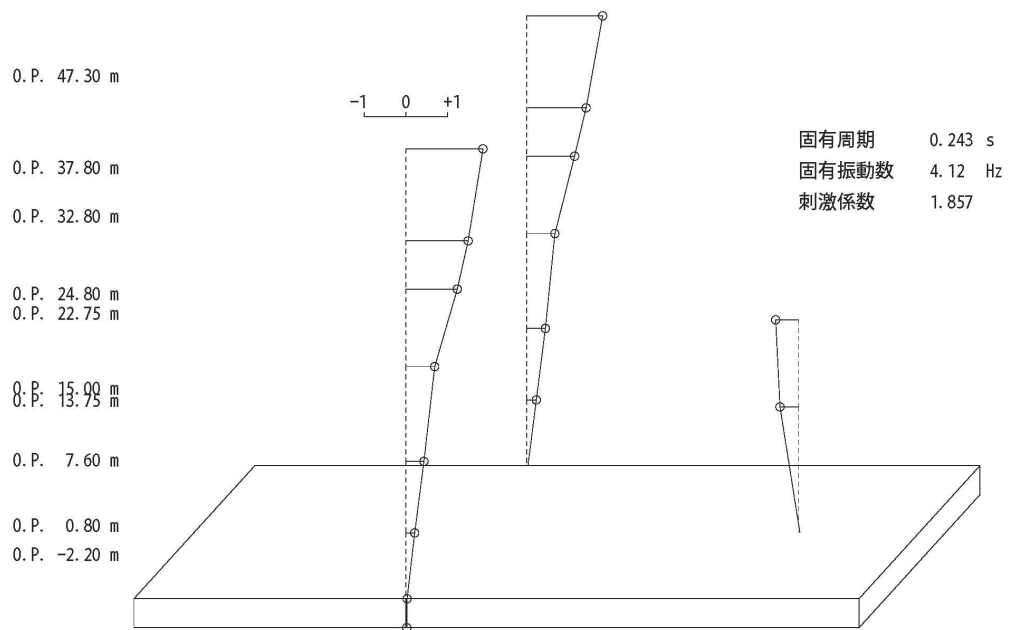
次数	固有周期 (s)	振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.253	3.95	1.672
2	0.243	4.12	1.857
3	0.143	6.97	1.565
4	0.123	8.10	0.259
5	0.089	11.26	0.061
6	0.083	12.02	0.595
7	0.067	14.95	0.456
8	0.064	15.59	0.034
9	0.063	15.88	0.106
10	0.058	17.12	0.016

表 2-8 固有値解析結果(EW 方向)

次数	固有周期(s)	振動数(Hz)	刺激係数
1	0.290	3.45	2.667
2	0.245	4.09	1.036
3	0.191	5.24	0.364
4	0.181	5.54	1.917
5	0.172	5.81	3.662
6	0.156	6.43	1.480
7	0.139	7.21	0.449
8	0.135	7.43	0.591
9	0.131	7.66	0.393
10	0.128	7.84	0.031
11	0.125	8.02	0.001
12	0.111	9.02	0.202
13	0.106	9.40	0.533
14	0.105	9.56	0.763
15	0.092	10.92	0.300
16	0.089	11.25	0.445
17	0.085	11.73	1.209
18	0.083	12.06	1.119
19	0.080	12.54	0.030
20	0.078	12.85	0.059
21	0.074	13.47	0.184
22	0.073	13.72	0.186
23	0.071	14.11	0.169
24	0.066	15.13	0.215
25	0.062	16.20	0.586
26	0.056	17.83	0.076
27	0.051	19.45	1.027

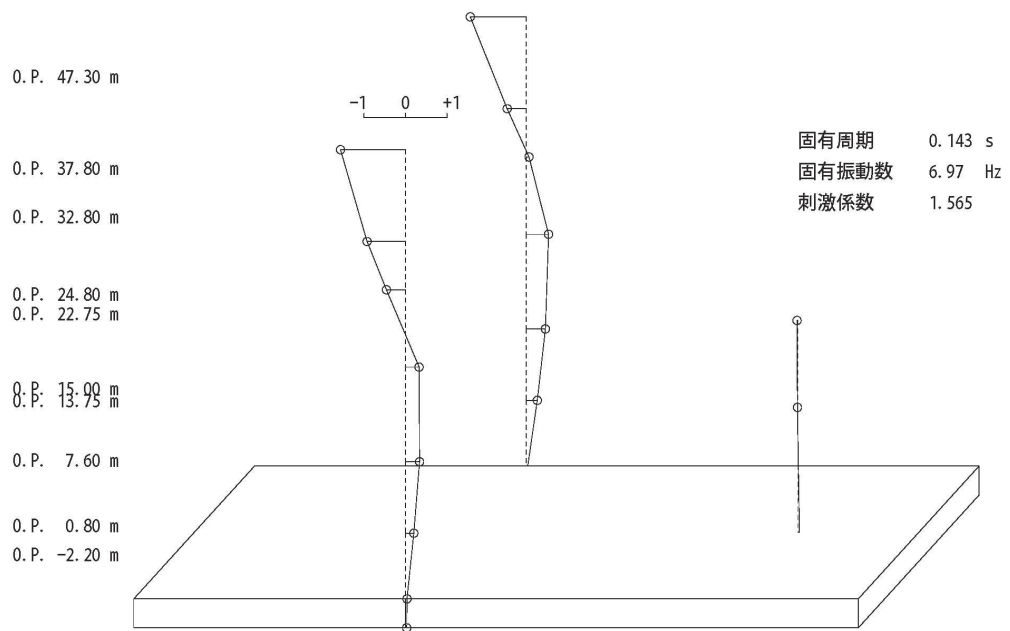


1 次

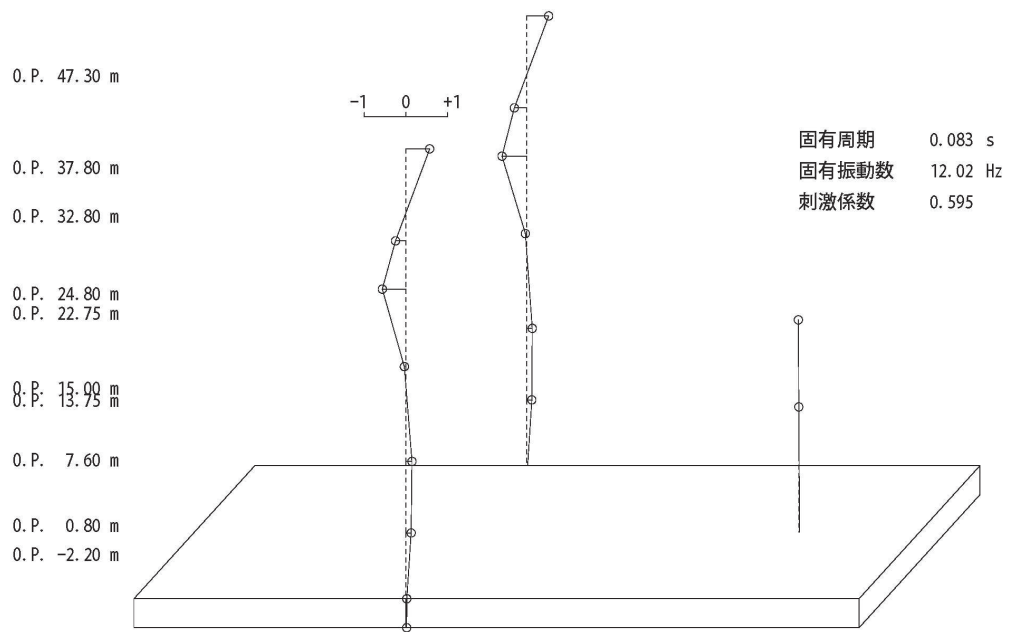


2 次

図 2-15(1) 固有振動モード (NS 方向)

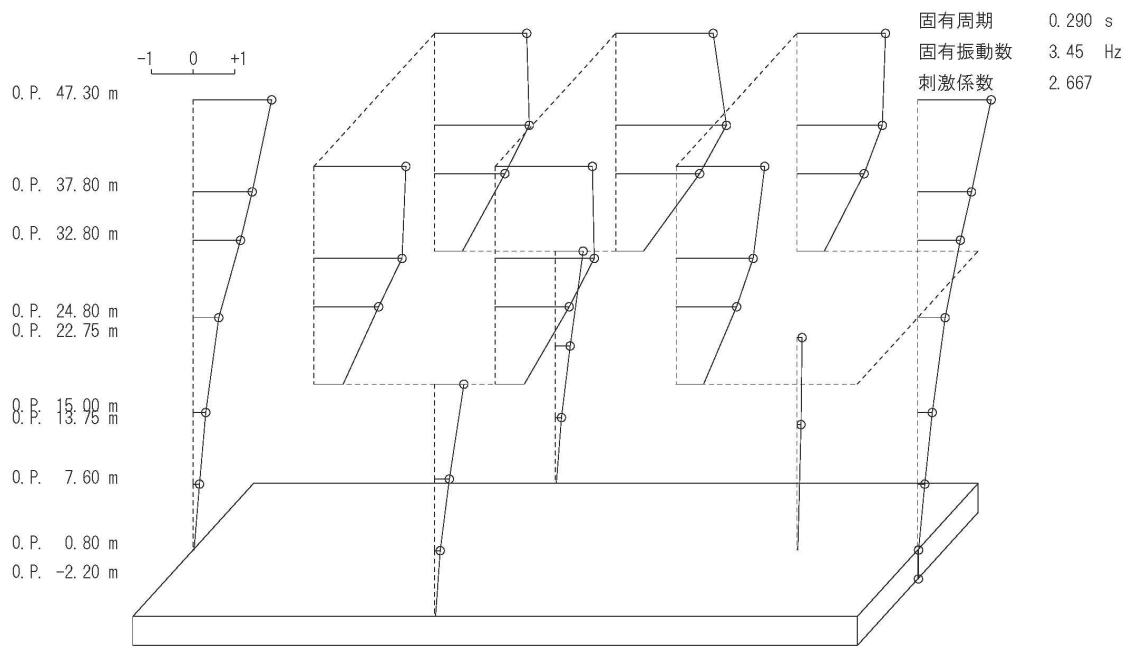


3 次

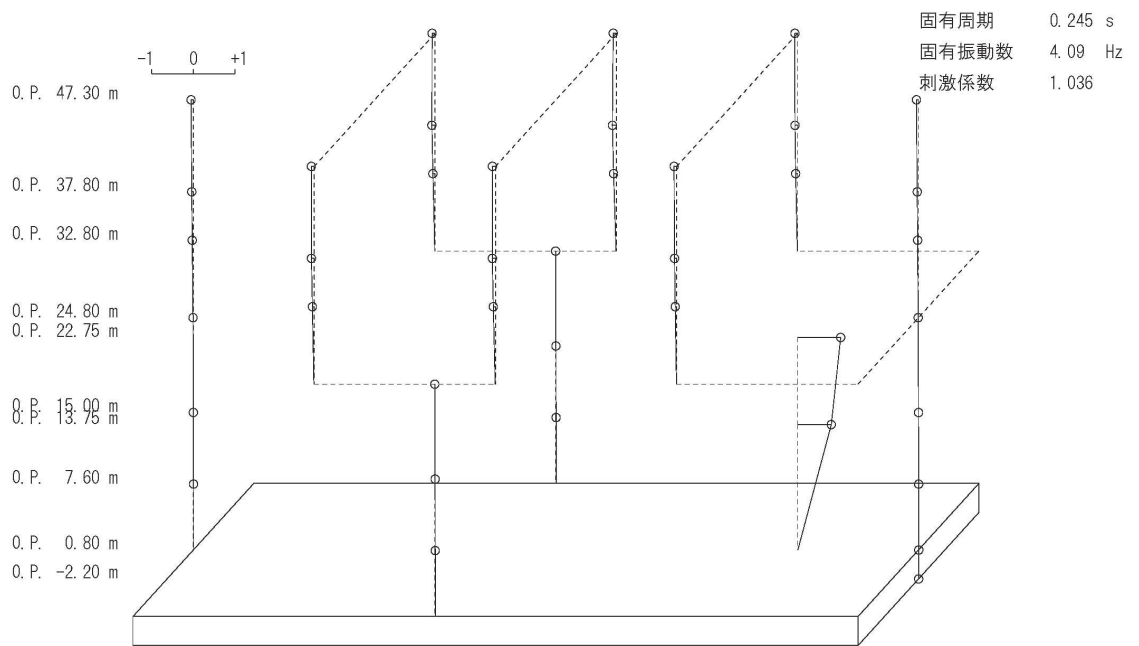


6 次

図 2-15(2) 固有振動モード (NS 方向)

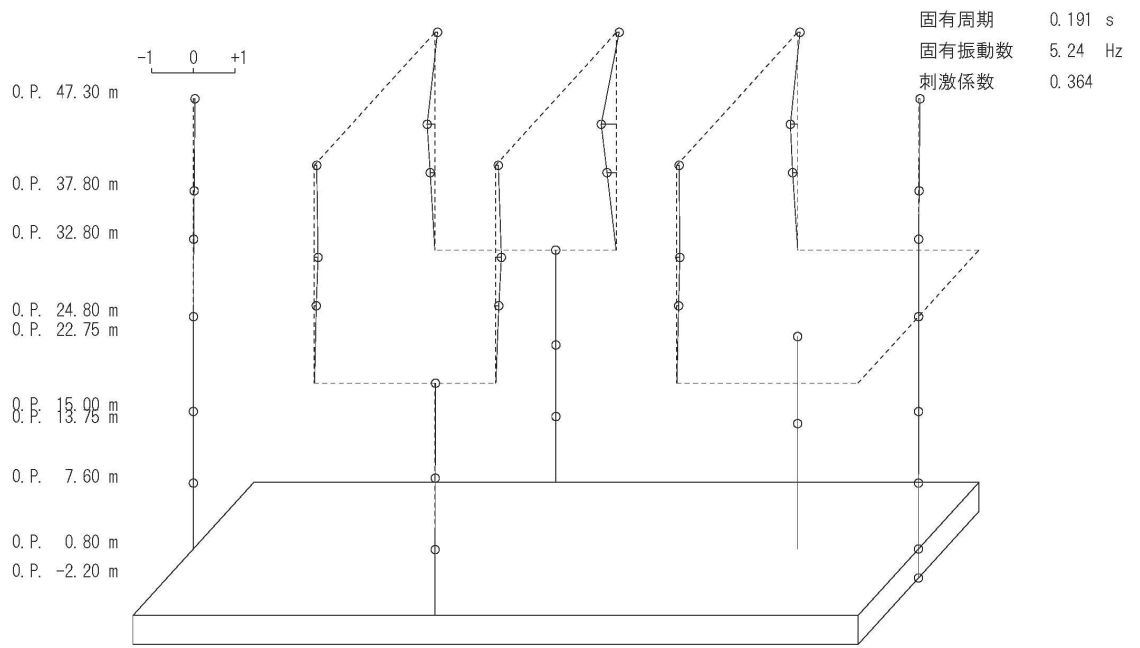


1次

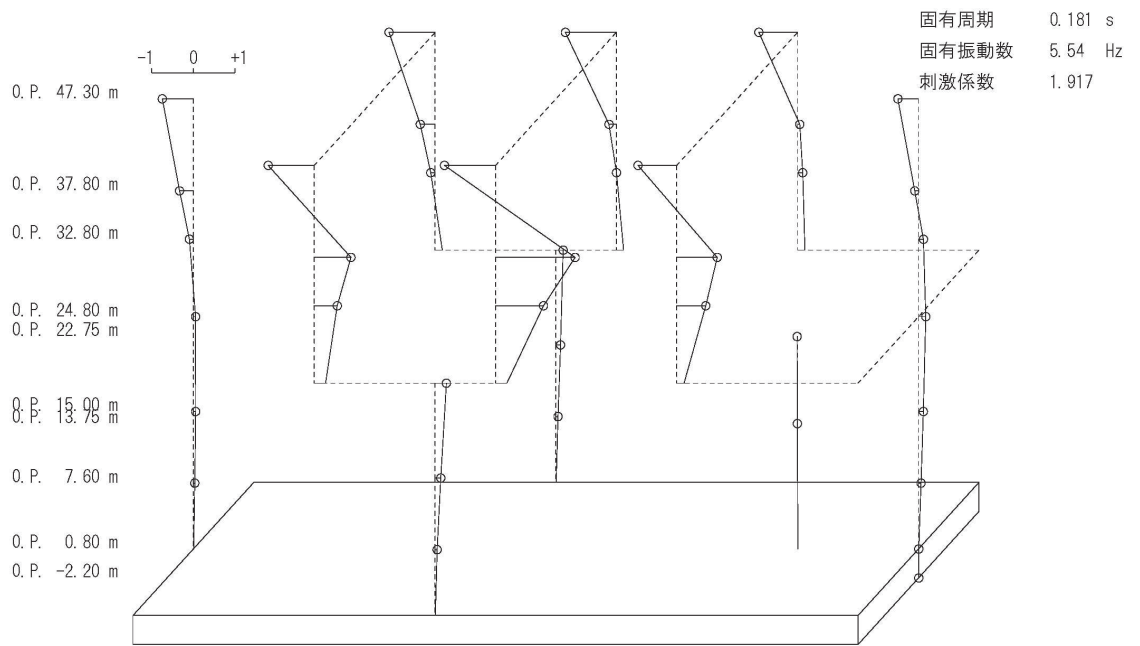


2次

図 2-16(1) 固有振動モード (EW 方向)

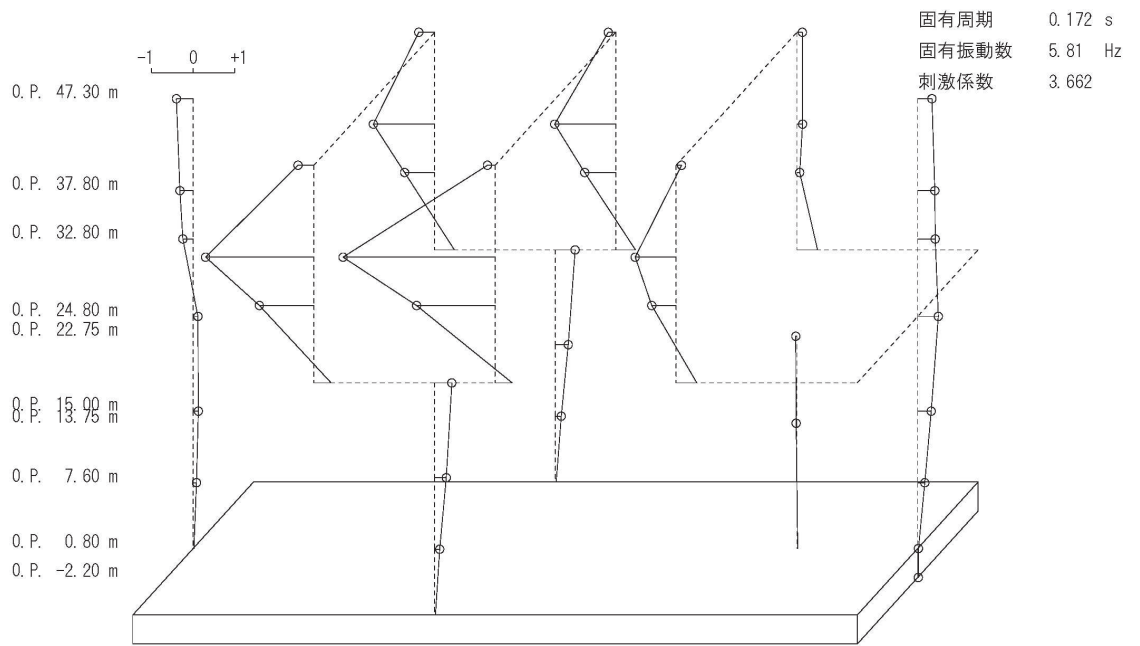


3 次

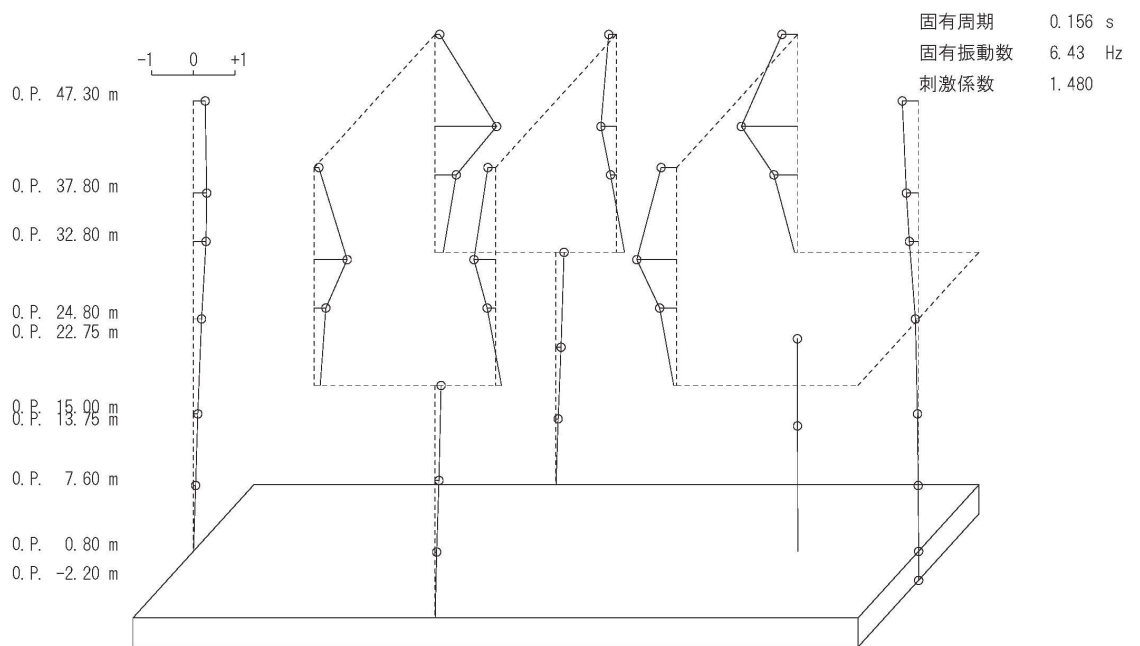


4 次

図 2-16(2) 固有振動モード (EW 方向)

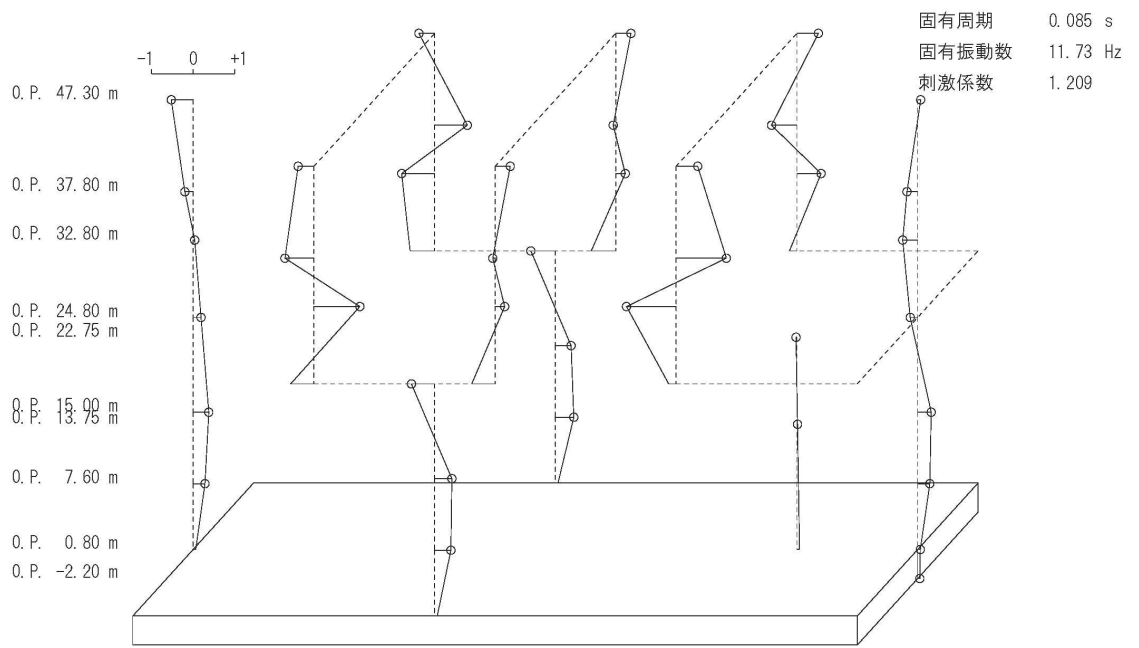


5次

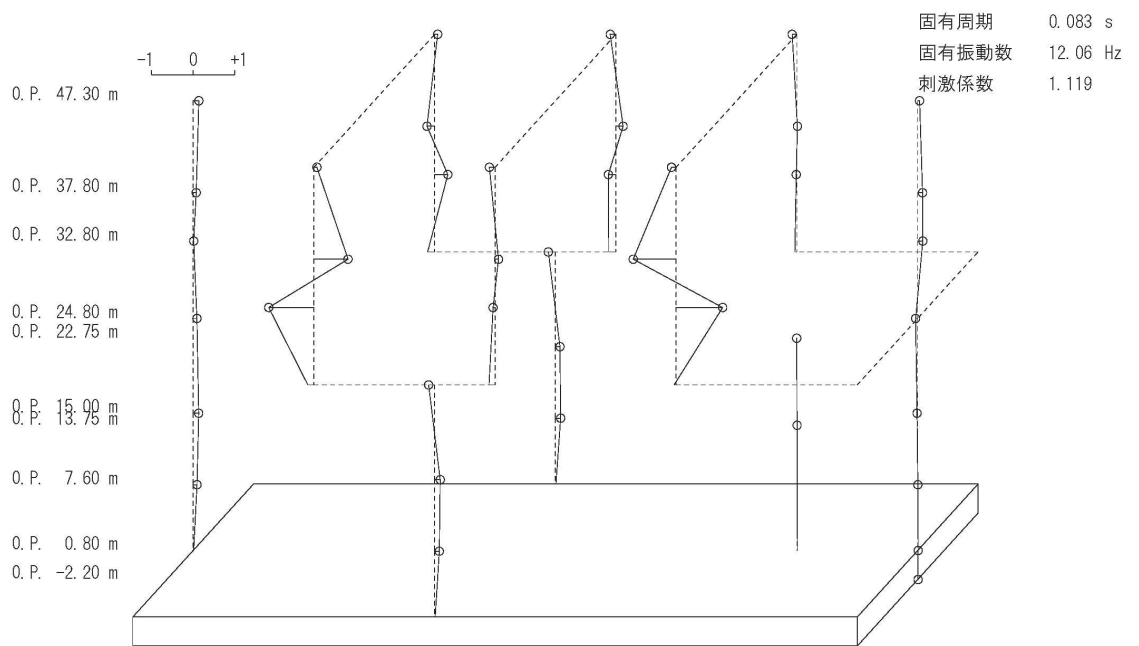


6次

図 2-16(3) 固有振動モード (EW 方向)

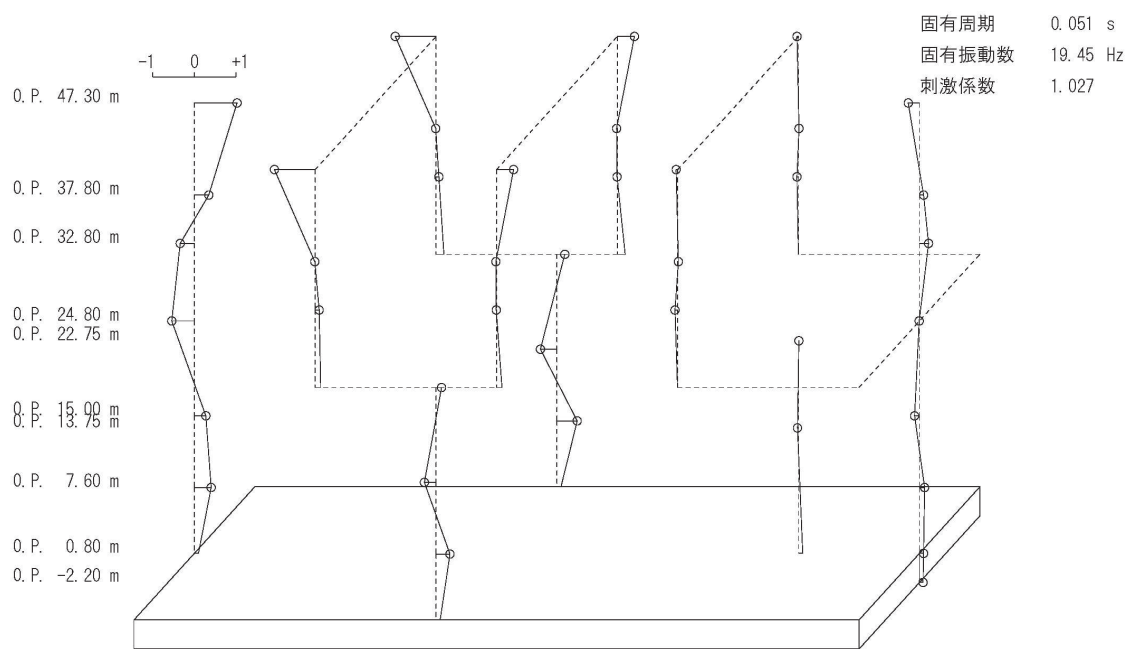


17 次



18 次

図 2-16(4) 固有振動モード (EW 方向)



27 次

図 2-16(5) 固有振動モード (EW 方向)

3. 評価結果のまとめ

タービン建屋のシミュレーション解析の結果，以下の傾向が確認された。

- ① 水平動について，初期剛性低下を考慮したモデルを設定すると，設計で考慮している剛性をNS方向で0.30倍（O.P. 24.8mより上部）及び0.35倍（O.P. 24.8mより下部），EW方向で0.35倍（O.P. 24.8mより上部）及び0.40倍（O.P. 24.8mより下部）に低下させた解析結果が，記録との整合性が良い。
- ② RC減衰については5%で観測記録との整合性が良い結果が得られた。

別紙 2 タービン建屋の地震応答解析における既工認と今回工認
の解析モデル及び手法の比較

目次

1. 概要…………… 別紙 2-1
2. 地震応答解析モデルの変更点について…………… 別紙 2-2

1. 概要

本資料は、タービン建屋の既工認時及び今回工認時の地震応答解析モデル及び手法の比較を示すものである。

2. 地震応答解析モデルの変更点について

タービン建屋の地震応答解析モデル及び手法の比較を表 2-1 に示す。また、今回工認時の地震応答解析モデルを図 2-1 に示す。

比較に用いる既工認時の地震応答解析モデル及び手法は、建設工認のものである。

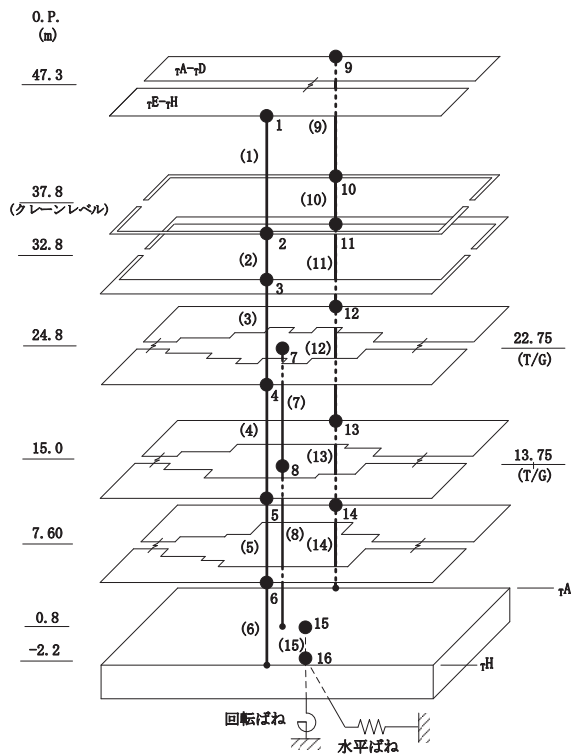
表 2-1 タービン建屋の地震応答解析モデル及び手法の比較

項目	内容	既工認時*	今回工認	備考
入力地震動の算定 法		基準地震動を基礎底面に 直接入力	表層地盤の影響を考慮 (E + F 入力)	(1)
解析コード		N U P P II	N U P P 4	—
建屋の モデル化	モデル	多軸床柔多質点系モデル	同左	—
	材料 物性	検討時の規準に基づき設定 ・コンクリートのヤング係 数, ポアソン比 $E = 2.65 \times 10^4 \text{ N/mm}^2$ (SI 換算) $\nu = 0.167$ ・鋼材のヤング係数, ポアソ ン比 $E = 2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ (SI 換算) $\nu = 0.3$	・コンクリートのヤング係 数, ポアソン比 同左 ・鋼材のヤング係数, ポアソ ン比 同左	(2)
	回転 慣性	基礎版下端に集約	同左	—
	剛性 評価	耐震壁及びフレームを考慮	耐震壁及びフレームを考慮 初期剛性はシミュレーショ ンにて補正	(3)
	減衰 定数	建屋全体 : 5%	RC : 5% 鋼材 : 2%	—
地盤の モデル化	底面 ばね	水平及び回転ばねを考慮	同左	—
	側面 ばね	考慮せず	同左	
非線形 特性	耐震壁	考慮せず	考慮	(4)
	底面 ばね	考慮せず	接地率 75%を下回る場合, 基 礎浮上りによる幾何学的非 線形性考慮	
誘発上下動		考慮せず	接地率 65%を下回る場合, 考慮する	—

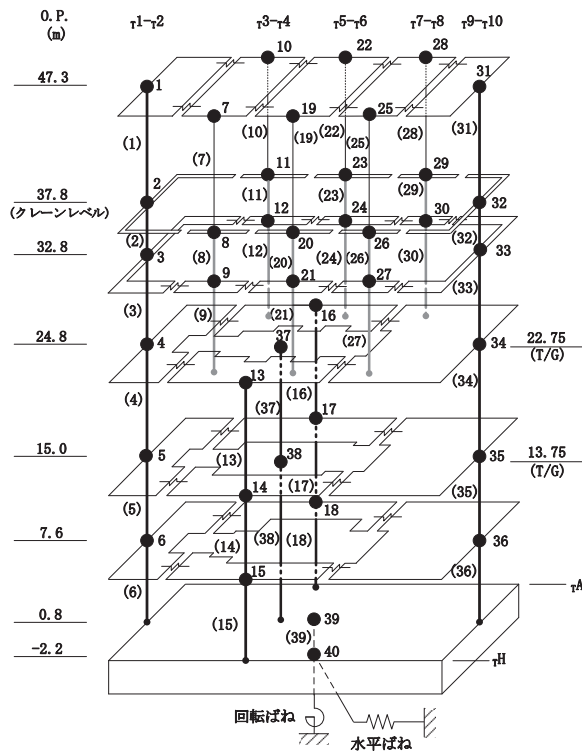
注記* : 女川原子力発電所第二号機『工事計画認可申請書第 2 回添付資料「IV-2-3 タービン建屋の耐震性についての計算書」(元資庁第 14466 号平成 2 年 5 月 24 日認可)』

具体的な反映事項（表の備考欄に対応）

- (1) 解放基盤表面で定義される基準地震動を用いて、一次元逐次非線形解析により算定した位置での応答波を入力した。変更の内容を 2.1 に示し、詳細を補足-620-2 に示す。
- (2) 「日本建築学会 1988 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説」及び「日本建築学会 2005 年 鋼構造設計規準 -許容応力度設計法-」に基づく。なお、「日本建築学会 1999 年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 -許容応力度設計法-」に基づく物性値とした場合の影響については、補足-620-3 に原子炉建屋を代表に示す。
- (3) 平成 23 年（2011 年）東北地方太平洋沖地震の地震観測記録を用いたシミュレーションを実施し、初期剛性の補正係数を設定。設定の内容について 2.2 に示し、詳細を別紙 1 に示す。
- (4) 「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）」に基づく。詳細は別紙 3 に示す。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 2-1 地震応答解析モデル (水平方向)

2.1 入力地震動の掘り込み効果の考慮

既工認モデルでは基準地震動を基礎底面に直接入力としていたが、今回工認モデルでは建屋が地盤に掘り込まれた形状を反映し、表層地盤の影響を考慮する。したがって、今回工認モデルにおける入力地震動は、解放基盤表面で定義される基準地震動 S_s を基に、1次元波動論により底面地盤下端の入射波を算定し、表層の地盤の非線形特性を適切に考慮した上で、1次元地盤応答解析により地震応答解析モデルの入力位置で評価する。また、入力波には1次元地盤応答解析で求まる土中の加速度 (E+F) に加えて、建屋により地盤が切り欠かれていることから、補正水平力 (P) も考慮する。図 2-2 に入力地震動の算定概念図を、表 2-2 にタービン建屋の地震応答解析に用いる地盤モデルを示す。表 2-2 の地盤モデルのうち表層地盤 (O.P. 14.8m~O.P. 0m) には、地盤調査結果に基づき、初期せん断剛性 G_0 、 $G/G_0-\gamma$ 曲線及び $h-\gamma$ 曲線の非線形特性を設定した。 $G/G_0-\gamma$ 曲線及び $h-\gamma$ 曲線の非線形特性を図 2-3 及び図 2-4 に示す。なお、タービン建屋の地震応答解析に用いる地盤モデルは、「補足-620-2 別紙 18 シミュレーション解析による表層地盤の影響確認 (タービン建屋、第 3 号機海水熱交換器建屋)」の検討を踏まえて設定している。

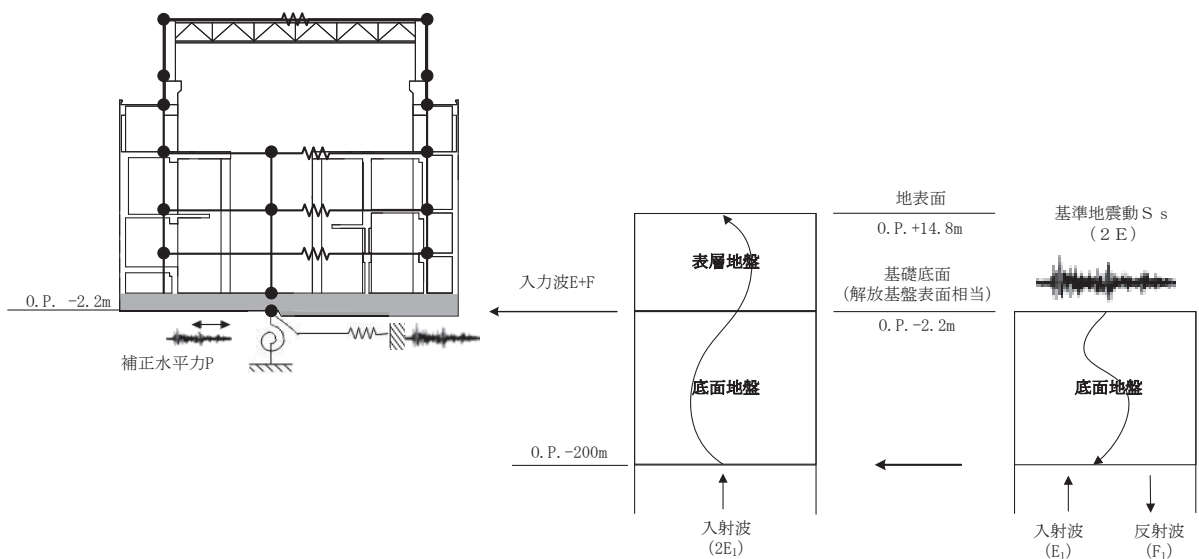


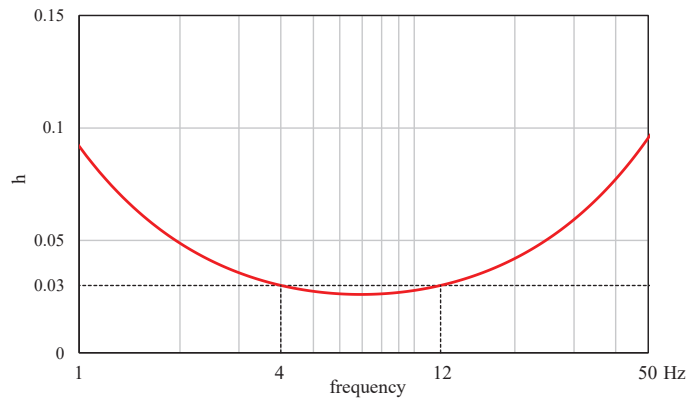
図 2-2 入力地震動の算定概念図

表 2-2 タービン建屋の地震応答解析に用いる地盤モデルの物性値

	地層レベル O.P. (m)	単位体積重量 γ (kN/m ³)	せん断波速度 V_s (m/s)	減衰定数* ² h (%)
表層地盤	14.80	18.6	*1	3* ³
	0.00	23.3	900* ⁴	3
底面地盤	-2.20	23.8	1300	3
	-25.00	24.6	2150	3
	-80.00	25.0	2440	3
	-200.0	25.0	2440	3

注記*1：O.P. 14.8m～O.P. 0m は，上載圧依存を考慮してせん断波速度と相関のある初期せん断剛性 G_0 を設定する。また，ひずみ依存による非線形特性を考慮する。地盤の応答解析においては10層に分割する。

*2：O.P. 14.8m～O.P. 0m の表層地盤の1次振動数及び2次振動数を基準として，レーリー減衰を4Hzと12Hzで設定する。



*3：ひずみ依存による非線形特性を考慮する。

*4：PS 検層結果と観測記録の分析より設定

O.P. 14.80m～O.P. 0m の表層地盤の初期せん断剛性 G_0 は，PS 検層結果により次式で設定する。

$$G_0 = 1787 \cdot \sigma_c^{0.84} \quad (3.1)$$

ここで，

$$\sigma_c = Z \cdot \rho_t \cdot 2/3 \text{ (MN/m}^2\text{)}$$

Z : 深度 (m)

$$\rho_t = 18.6 \text{ (kN/m}^3\text{)}$$

$G/G_0 - \gamma$ 曲線は、原位置せん断試験結果による強度定数と拘束圧から求めたせん断強度 τ_m と初期せん断剛性 G_0 から、基準ひずみ γ_m を算定し次式により求める。

$$G/G_0 = 1 / (1 + \gamma / \gamma_m) \quad (3.2)$$

ここで、

$$\gamma_m = \tau_m / G_0$$

$$\tau_m = \tau_0 + \sigma_m \cdot \tan \phi \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\tau_0 = 0.1 \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$\phi = 33.9 \text{ (}^\circ\text{)}$$

$$\sigma_{m,d} = 3/4 \cdot Z \cdot \rho_t \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$h - \gamma$ 曲線は、繰返し三軸試験結果に基づき次式により求める。

$$h = 0.183 \cdot \gamma / (\gamma + 0.000261) \quad (3.3)$$

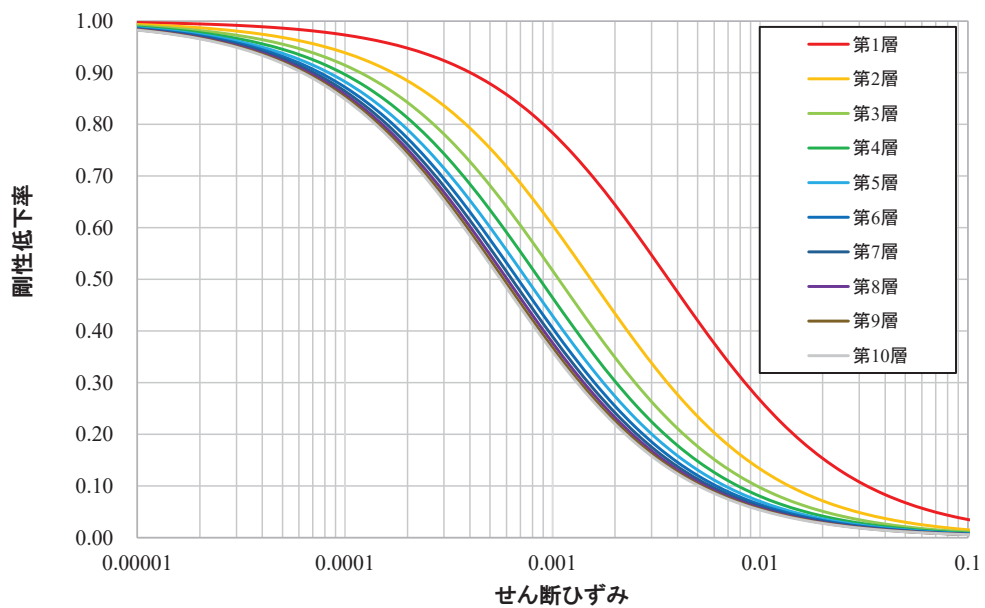


図 2-3 $G/G_0 - \gamma$ 曲線

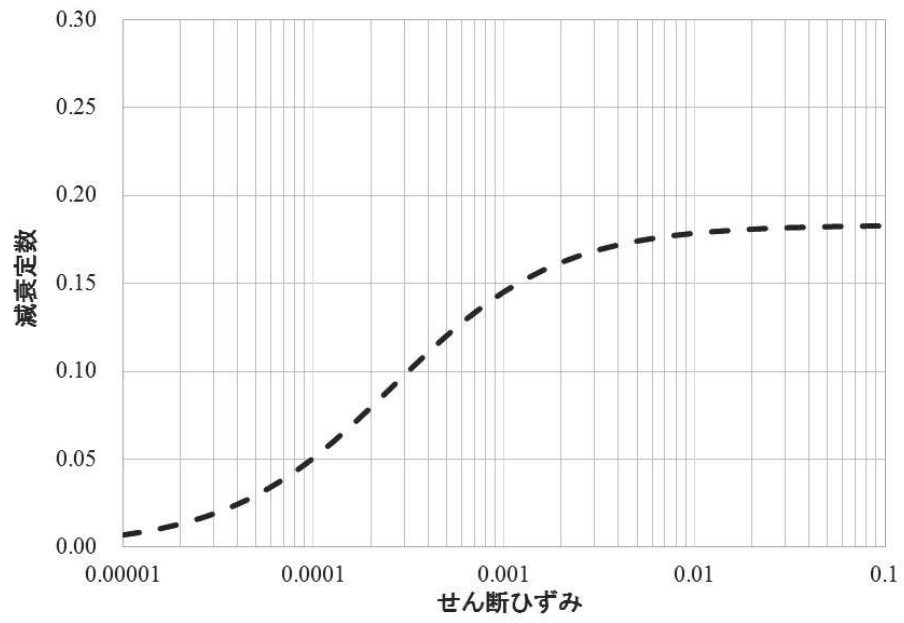
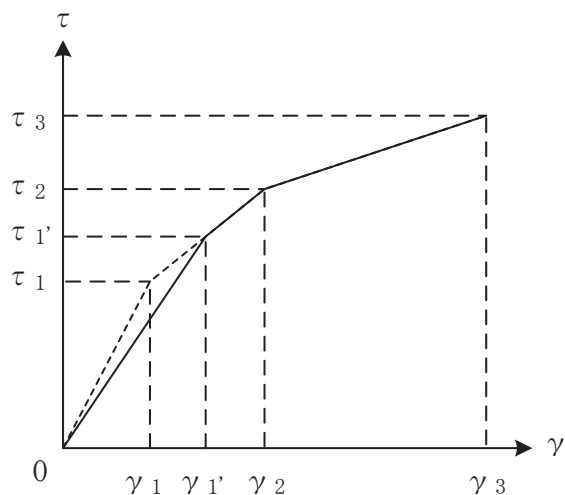


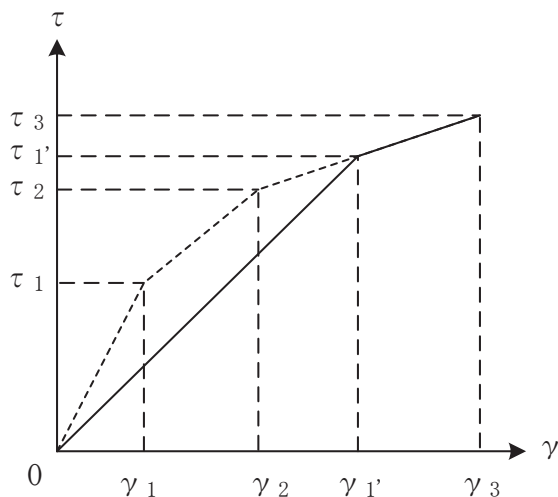
図 2-4 h- γ 曲線

2.2 初期剛性低下の考慮

3.11 地震や 4.7 地震に対するタービン建屋のシミュレーション解析（水平方向）では、6～7 割程度剛性が低下している結果が得られた。したがって、せん断力及び曲げモーメントのスケルトンカーブの初期剛性を補正する。図 2-5 にせん断力のスケルトンカーブを例に補正方法を示す。また、表 2-3 に既工認及び今回工認における初期剛性の補正係数を示す。



(a) 補正後の初期剛性が第 2 勾配と交わる場合



(b) 補正後の初期剛性が第 3 勾配と交わる場合

図 2-5 初期剛性を補正したせん断力のスケルトンカーブ

表 2-3 耐震壁の初期剛性の設計値に対する補正係数

(a) 既工認モデル

方向	建屋全体
NS	1.00
EW	1.00

(b) 今回工認モデル

方向	地上 3 階及びクレーン階 (O. P. 24. 8m より上部)	地下 2 階～地上 2 階 (O. P. 24. 8m より下部)
NS	0.30	0.35
EW	0.35	0.40

2.4 建屋重量の変更

2.4.1 SI 単位系への単位変換による変更

既工認モデルでは重力単位系による重量を用いていたが、今回工認モデルでは SI 単位系へ単位換算する。

2.4.2 屋上ブロック撤去分の屋上重量低減

3階（O.P. 32.8m）の RC 屋根及び屋上階（O.P. 47.3m）の鉄骨屋根の屋上ブロック撤去工事による屋根重量の低減を考慮している。

2.5 既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較

表 2-4 及び表 2-5 に既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較を示す。

表 2-4(1) 既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較 (NS 方向, 重量)

(a) 既工認モデル

標高 O. P. (m)	建屋		
	$\tau E-\tau H$	T/G	$\tau A-\tau D$
47.3	1		9
	2191		2191
37.8	2		10
	1244		1244
32.8	3		11
	3857		4221
24.8	4	7	12
22.75 (T/G)	11278	7840	16871
15.0	5	8	13
13.75 (T/G)	13817	5080	18090
7.6	6		14
	12576		14515
0.8	15		
	37152		
-2.2	16		
	31030		

質点番号
質点重量(t)

回転慣性重量 = $1.436 \times 10^{12} \text{t} \cdot \text{cm}^2$

(b) 今回工認モデル

標高 O. P. (m)	建屋		
	$\tau E-\tau H$	T/G	$\tau A-\tau D$
47.3	1		9
	1942		1942
37.8	2		10
	1220		1220
32.8	3		11
	3713		4089
24.8	4	7	12
22.75 (T/G)	11060	7688	16545
15.0	5	8	13
13.75 (T/G)	13550	4982	17740
7.6	6		14
	12333		14234
0.8	15		
	36434		
-2.2	16		
	30430		

質点番号
質点重量(×10kN)

回転慣性重量 = $1.404 \times 10^9 \text{kN} \cdot \text{m}^2$

表 2-4(2) 既工認モデルと今回工認モデルの重量の比較 (EW 方向, 重量)

(a) 既工認モデル

質点番号
質点重量(t)

標高 O.P. (m)	建屋							
	r1-r2	r3-r4		r5-r6		r7-r8		r9-r10
47.3	1	7	10	19	22	25	28	31
	817	448	448	498	498	433	433	807
37.8	2	8	11	20	23	26	29	32
	851	188	188	186	186	165	165	559
32.8	3	9	12	21	24	27	30	33
	1464	729	697	793	759	735	814	2087
	r1-r2	r3-r6 (TG側)		r3-r6 (TA側)		T/G	r7-r10	
24.8	4	13		16		37	34	
22.75(T/G)	4072	4378		6300		7840	13399	
15.0	5	14		17		38	35	
13.75(T/G)	5732	5393		7450		5080	13332	
7.6	6	15		18			36	
	5223	4492		5979			11397	
0.8	39							
	37152							
-2.2	40							
	31030							

回転慣性重量=0.5373×10¹²t・cm²

(b) 今回工認モデル

質点番号
質点重量(×10kN)

標高 O.P. (m)	建屋							
	r1-r2	r3-r4		r5-r6		r7-r8		r9-r10
47.3	1	7	10	19	22	25	28	31
	740	391	391	435	435	379	379	733
37.8	2	8	11	20	23	26	29	32
	835	184	184	182	182	162	162	548
32.8	3	9	12	21	24	27	30	33
	1417	698	672	761	732	705	787	2030
	r1-r2	r3-r6 (TG側)		r3-r6 (TA側)		T/G	r7-r10	
24.8	4	13		16		37	34	
22.75(T/G)	3993	4293		6178		7688	13140	
15.0	5	14		17		38	35	
13.75(T/G)	5621	5289		7306		4982	13074	
7.6	6	15		18			36	
	5122	4405		5863			11177	
0.8	39							
	36434							
-2.2	40							
	30430							

回転慣性重量=5.251×10⁸kN・m²

表 2-5(1) 既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較 (NS 方向, 剛性)

(a) 既工認モデル

標高 O.P. (m)	建屋		
	$\tau E-\tau H$	T/G	$\tau A-\tau D$
47.3	1		9
	24.0		24.0
	324.4		324.4
37.8	2		10
	24.0		24.0
	324.4		324.4
32.8	3		11
	32.6		39.8
	477.1		699.8
24.8 22.75(T/G)	4	7	12
	132.2	21.43	196.6
	1366.0	∞	1905.5
15.0 13.75(T/G)	5	8	13
	148.6	10.43	192.7
	1589.7	∞	1932.9
7.6	6		14
	177.6		198.8
	2031.4		2130.1
0.8	15		
	5539.2		
	42541.1		

耐震壁 建屋全体
 ヤング係数 E 270 t/cm²
 せん断弾性係数 G 116 t/cm²
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰定数 h 5%

要素番号
せん断断面積(m ²)
断面2次モーメント(×10 ² m ⁴)

(b) 今回工認モデル

標高 O.P. (m)	建屋		
	$\tau E-\tau H$	T/G	$\tau A-\tau D$
47.3	1		9
	24.0		24.0
	324.4		324.4
37.8	2		10
	24.0		24.0
	324.4		324.4
32.8	3		11
	32.6		39.8
	477.1		699.8
24.8 22.75(T/G)	4	7	12
	132.2	21.43	196.6
	1366.0	∞	1905.5
15.0 13.75(T/G)	5	8	13
	148.6	10.43	192.7
	1589.7	∞	1932.9
7.6	6		14
	177.6		198.8
	2031.4		2130.1
0.8	15		
	5539.2		
	42541.1		

①耐震壁 (O.P. 24.8mより上部) (要素1~3, 9~11)
 ヤング係数 E 7.94×10^3 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 3.41×10^3 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰定数 h 5%

②耐震壁 (O.P. 24.8mより下部) (要素4~6, 12~15)
 ヤング係数 E 9.27×10^3 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 3.98×10^3 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰定数 h 5%

③T/G架台 (要素7, 8)
 ヤング係数 E 2.65×10^4 (N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.14×10^4 (N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰定数 h 5%

要素番号
せん断断面積(m ²)
断面2次モーメント(×10 ² m ⁴)

表 2-5(2) 既工認モデルと今回工認モデルの諸元の比較 (EW 方向, 剛性)

(a) 既工認モデル

標高 O.P. (m)	建屋							
	1-2	3-4		5-6		7-8		9-10
47.3	1	7	10	19	22	25	28	31
	15.9	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	1.51	15.9
	75.2	0.0176	0.0176	0.0176	0.0176	0.0176	0.0176	75.2
37.8	2	8	11	20	23	26	29	32
	15.9	7.68	7.68	7.68	7.68	7.68	7.68	15.9
	75.2	0.0369	0.0369	0.0369	0.0369	0.0369	0.0369	75.2
32.8	3	9	12	21	24	27	30	33
	24.3	1.15	1.23	1.15	1.23	1.15	1.23	38.7
	132.8	2.07	1.08	2.07	1.08	2.07	1.08	196.8
24.8	1-2	3-6 (TG側)		3-6 (TA側)		T/G	7-10	
	4	13		16		37	34	
22.75 (T/G)	64.4	34.8		54.9		18.88	93.4	
	278.6	15.83		24.25		∞	403.5	
15.0	5	14		17		38	35	
	122.0	38.1		51.4		11.45	138.4	
13.75 (T/G)	511.6	14.03		25.43			638.2	
7.6	6	15		18		∞	36	
	113.0	56.7		60.7			146.6	
	516.0	18.91		34.93		762.1		
0.8	39							
	5539.2							
	15368.0							

耐震壁 建屋全体
 ヤング係数 E 270 t/cm²
 せん断弾性係数 G 116 t/cm²
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰定数 h 5%

要素番号
せん断断面積(m ²)
断面2次モーメント(×10 ² m ⁴)

(b) 今回工認モデル

標高 O.P. (m)	建屋							
	1-2	3-4		5-6		7-8		9-10
47.3	1	7	10	19	22	25	28	31
	15.9	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	15.9
	75.2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	75.2
37.8	2	8	11	20	23	26	29	32
	15.9	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	15.9
	75.2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	75.2
32.8	3	9	12	21	24	27	30	33
	24.3	0.431	0.445	0.431	0.446	0.431	0.455	38.7
	132.8	∞	∞	∞	∞	∞	∞	196.8
24.8	1-2	3-6 (TG側)		3-6 (TA側)		T/G	7-10	
	4	13		16		37	34	
22.75 (T/G)	64.4	34.8		54.9		18.88	93.4	
	278.6	15.83		24.25		∞	403.5	
15.0	5	14		17		38	35	
	122.0	38.1		51.4		11.45	138.4	
13.75 (T/G)	511.6	14.03		25.43			638.2	
7.6	6	15		18		∞	36	
	113.0	56.7		60.7			146.6	
	516.0	18.91		34.93		762.1		
0.8	39							
	5539.2							
	15368.0							

①耐震壁 (O.P. 24.8mより上部)
 (要素1~3, 8, 9, 11, 12, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 29, 30, 31~33)
 ヤング係数 E 9.27×10³(N/mm²)
 せん断弾性係数 G 3.98×10³(N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰定数 h 5%

②耐震壁 (O.P. 24.8mより下部)
 (要素4~6, 13~15, 16~18, 34~36)
 ヤング係数 E 1.06×10⁴(N/mm²)
 せん断弾性係数 G 4.55×10³(N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰定数 h 5%

③T/G架台 (要素37, 38)
 ヤング係数 E 2.65×10⁴(N/mm²)
 せん断弾性係数 G 1.14×10⁴(N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.167
 減衰定数 h 5%

④鉄骨部 (要素7, 10, 19, 22, 25, 28)
 ヤング係数 E 2.05×10⁵(N/mm²)
 せん断弾性係数 G 7.90×10⁴(N/mm²)
 ポアソン比 ν 0.3
 減衰定数 h 2%

要素番号
せん断断面積(m ²)
断面2次モーメント(×10 ² m ⁴)

別紙 3 タービン建屋の地震応答解析における耐震壁のスケルトン
カーブの設定

目次

1. 概要	別紙 3- 1
2. 耐震壁の非線形特性の設定について	別紙 3- 2
2.1 第1折点の設定	別紙 3- 3
2.2 第2折点の設定	別紙 3- 3
2.3 終局点の設定	別紙 3- 4
2.4 初期剛性の補正	別紙 3- 6
3. フレームの非線形特性の設定について	別紙 3- 7
4. せん断力のスケルトンカーブの設定について	別紙 3- 8
4.1 水平方向モデル	別紙 3- 8
4.2 使用材料の物性値と剛性補正係数	別紙 3-14
4.3 剛性低下による補正前の RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブ の諸数値	別紙 3-15
4.4 剛性低下による補正前の SRC 造フレームのせん断力のスケルトンカーブ の諸数値	別紙 3-22
4.5 S 造フレームのせん断力のスケルトンカーブの諸数値	別紙 3-25
4.6 剛性低下による補正後の RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブ の諸数値	別紙 3-28
4.7 剛性低下による補正後の SRC 造フレームのせん断力のスケルトンカーブ の諸数値	別紙 3-32
5. まとめ	別紙 3-35
5.1 耐震壁部のスケルトンカーブのまとめ	別紙 3-35
5.2 SRC 造フレームのスケルトンカーブのまとめ	別紙 3-37
5.3 S 造フレームのスケルトンカーブのまとめ	別紙 3-38

別紙 3-1 タービン建屋のフレーム部の構造詳細

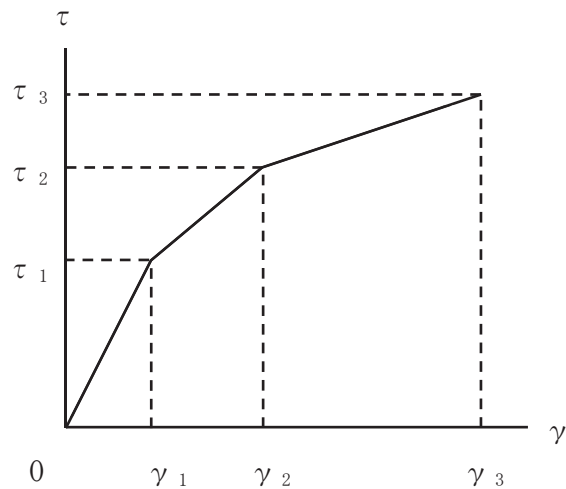
1. 概要

タービン建屋は、鉄筋コンクリート造の耐震壁を主体とし、一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造の構造物である。このため、地震応答解析においては、鉄筋コンクリート造耐震壁（以下「RC造耐震壁」という。）、鉄骨鉄筋コンクリート造フレーム（以下「SRC造フレーム」という。）及び鉄骨造フレーム（以下「S造フレーム」という。）の非線形特性を考慮している。本資料は、これらのせん断力のスケルトンカーブの設定について説明するものである。

2. 耐震壁の非線形特性の設定について

RC造耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係（ τ － γ 関係）は、「原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版）」（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）に基づき、トリリニア型スケルトンカーブとする。せん断応力度－せん断ひずみ関係を図 2-1 に示す。

複数の耐震壁の構面を集約してスケルトンを作成する場合は、個々の耐震壁のスケルトンを合算して等価なスケルトンに集約する。



τ_1 : 第 1 折点のせん断応力度

τ_2 : 第 2 折点のせん断応力度

τ_3 : 終局点のせん断応力度

γ_1 : 第 1 折点のせん断ひずみ

γ_2 : 第 2 折点のせん断ひずみ

γ_3 : 終局点のせん断ひずみ (4.0×10^{-3})

図 2-1 せん断応力度－せん断ひずみ関係

2.1 第1折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの第1折点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

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

ここで、

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

G : コンクリートのせん断弾性係数 (kgf/cm²)

σ_v : 縦軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

2.2 第2折点の設定

RC造耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$$

$$\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$$

2.3 終局点の設定

RC 造耐震壁のうち外周部におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点は、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」に基づき、以下の式より算出している。

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

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

$\tau_s > 4.5 \cdot \sqrt{F_c}$ の場合

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

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

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

ただし、 $M/QD > 1$ のとき $M/QD = 1$

$$\tau_s = \frac{(P_v + P_H) \cdot r \sigma_y}{2} + \frac{(\sigma_v + \sigma_H)}{2}$$

ここで、

F_c : コンクリートの圧縮強度 (kgf/cm²)

P_v, P_H : 縦, 横筋比 (実数)

σ_v, σ_H : 縦, 横軸応力度 (kgf/cm²) (圧縮を正とする。)

$r \sigma_y$: 鉄筋降伏応力度 (kgf/cm²)

M/QD : シアスパン比

RC 造耐震壁のうち外周部以外の耐震壁におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点は、「保有水平耐力の計算方法（平成 19 年 5 月 18 日国交省告示 594 号第四）」に基づき、以下の式より算出している。

$$\tau_u = \frac{0.068 \cdot P_{te}^{0.23} \cdot (F_c + 18)}{\sqrt{M/QD + 0.12}} + 0.85 \cdot \sqrt{\sigma_{wh} \cdot P_{wh} + 0.1 \cdot \sigma_0}$$

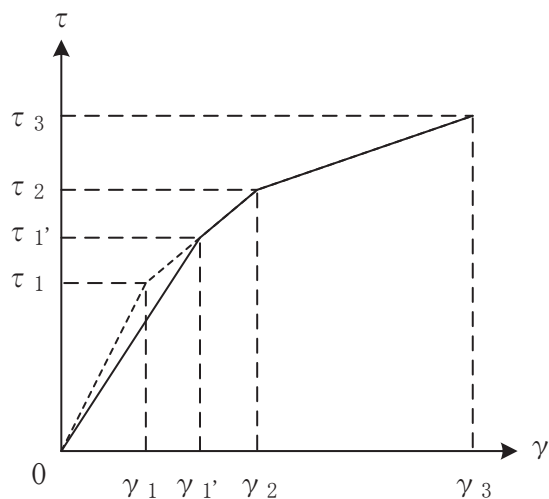
ただし、 $1 \leq M/QD \leq 3$

ここで、

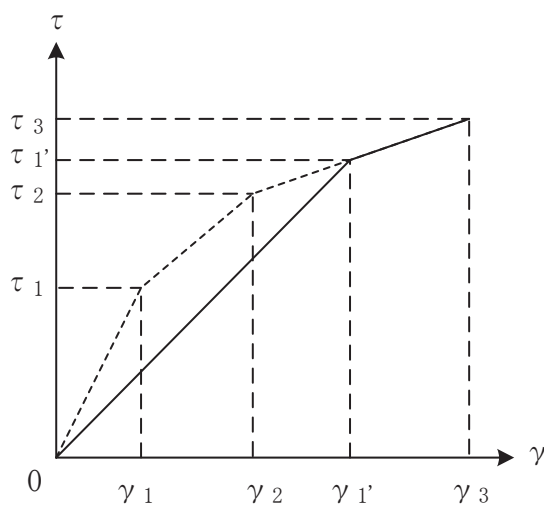
- F_c : コンクリートの圧縮強度 (N/mm²)
- P_{wh} : せん断補強筋比 (実数)
- σ_0 : 縦応力度 (N/mm²) (圧縮を正とする)
- σ_{wh} : 鉄筋降伏応力度 (N/mm²)
- M/QD : シアスパン比
- P_{te} : 等価引張鉄筋比 (%)

2.4 初期剛性の補正

タービン建屋の初期剛性は、地震観測記録のシミュレーション解析に基づいて設定した補正係数を乗じて補正を行っている。せん断力のスケルトンカーブの初期剛性の補正方法を図2-2に示す。



(a) 補正後の初期剛性が第2勾配と交わる場合



(b) 補正後の初期剛性が第3勾配と交わる場合

図2-2 初期剛性を補正したせん断力のスケルトンカーブ

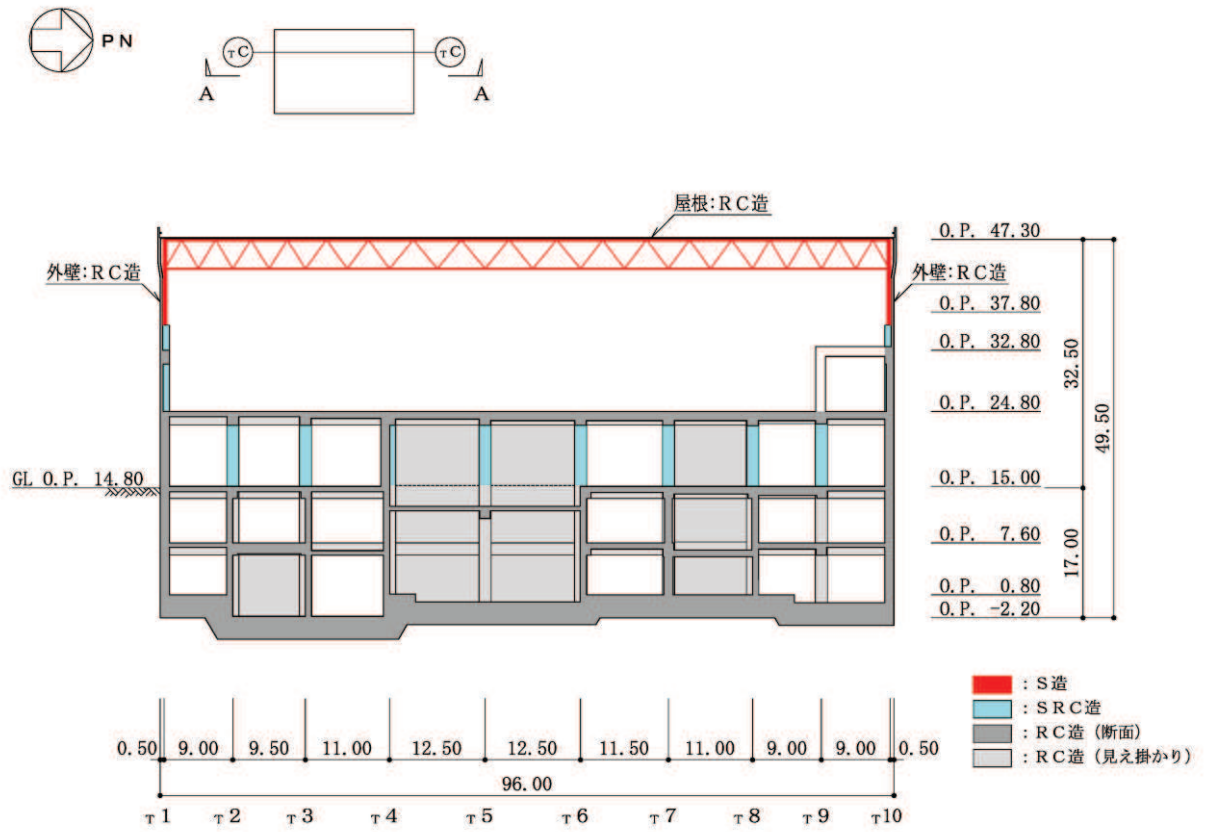
3. フレームの非線形特性の設定について

耐震壁を有しないフレームについては、当該部分の柱及び梁の弾塑性特性を考慮に入れたフレームモデルを作成した上で静的漸増解析を行い、得られる変形量に基づいた非線形特性を定める。フレームの変形には、曲げ変形とせん断変形による水平変位が生じるが、層間変位と層せん断力を3折れ線型の等価せん断スケルトンカーブとして評価する。フレームの漸増解析には解析コード「fappase」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

フレーム部の構造を図3-1に示す。フレーム部はO.P. 36.0mより上部がS造であり、O.P. 36.0mからO.P. 24.8mがSRC造である。フレーム部の等価せん断スケルトンはそれぞれの構造を反映して設定する。複数のフレームを集約して等価なスケルトンを作成する場合は、個々のフレームの等価なスケルトンを合算して集約した等価なスケルトンとする。

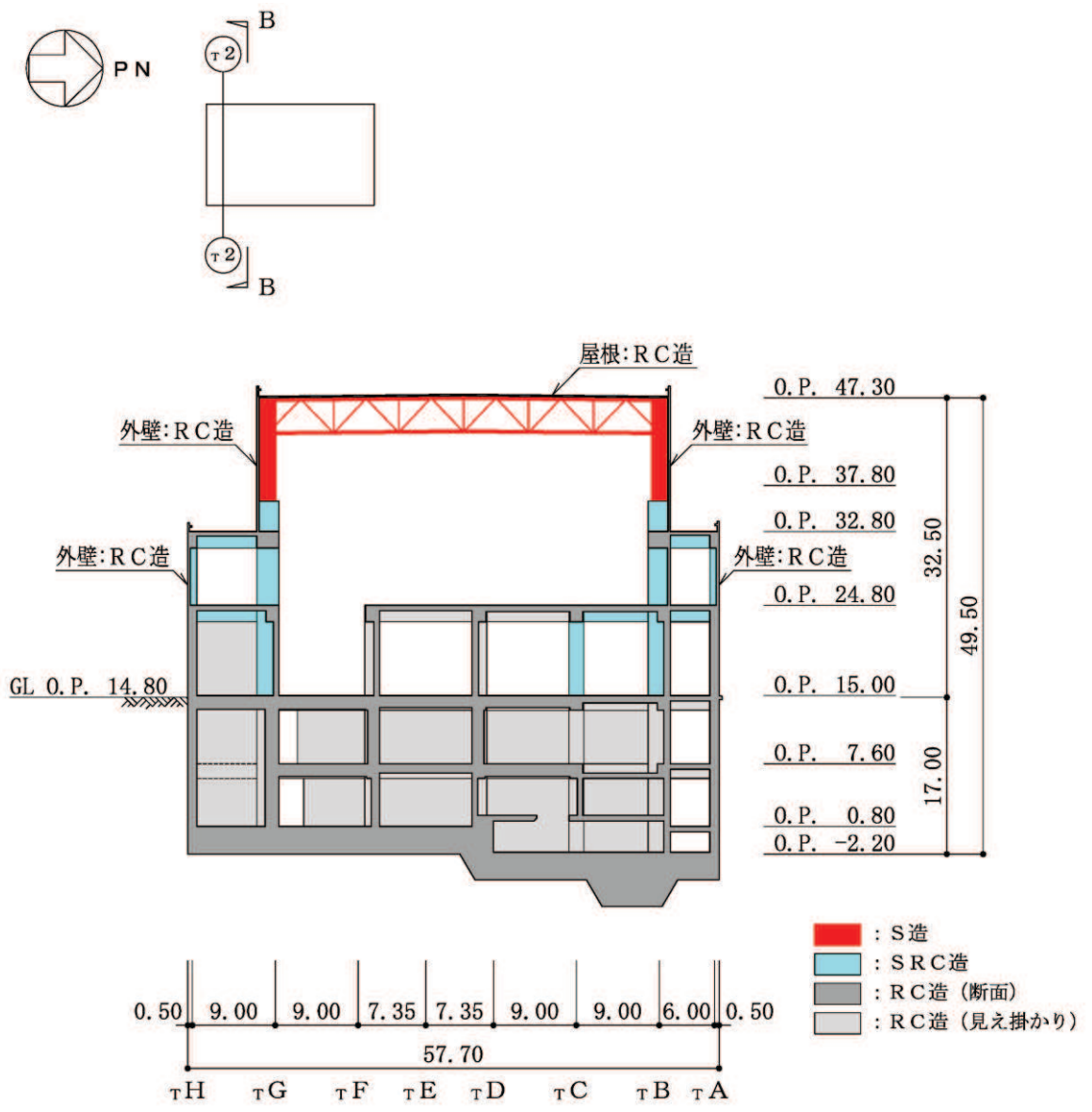
静的漸増解析においては、柱、梁、屋根トラス及び耐力壁をモデル化する。境界条件は、評価するフレーム部分の脚部を固定とし、対象とする層に漸増する水平変位(δ)を作用させ、鉛直変位は考慮しない。静的漸増解析で得られる荷重(Q)－せん断変形角(γ)関係より、最初にヒンジが発生する位置を第1折点とし、次にヒンジが発生する位置を第2折点とする3折れ線として評価する。

フレーム部の等価せん断スケルトンの設定フローを図3-2に示す。



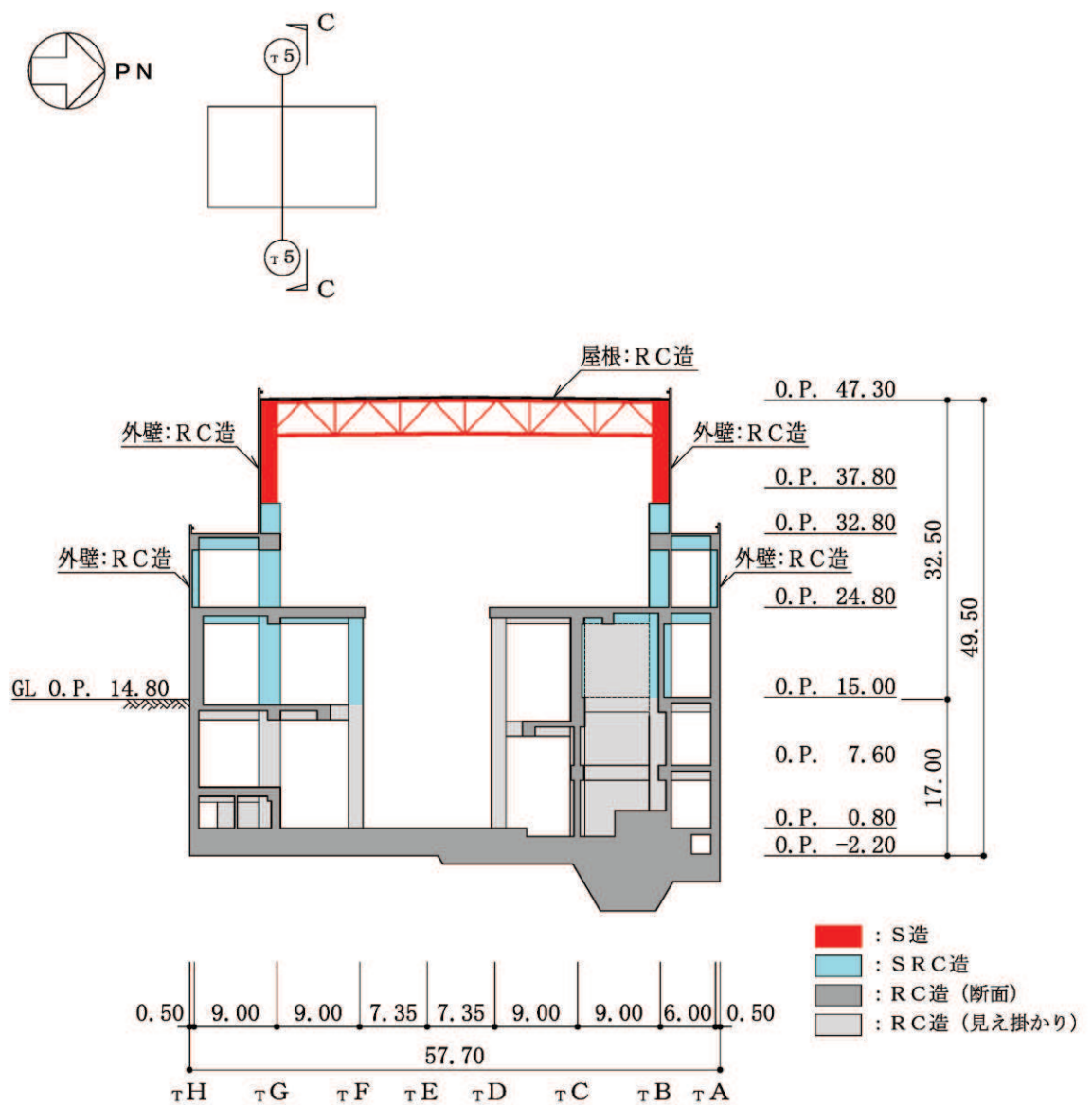
(単位 : m)

図 3-1(1) フレーム部の構造概要 (A-A 断面, NS 方向)



(単位 : m)

図 3-1 (2) フレーム部の構造概要 (B-B 断面, EW 方向)



(単位 : m)

図 3-1 (3) フレーム部の構造概要 (C-C 断面, EW 方向)

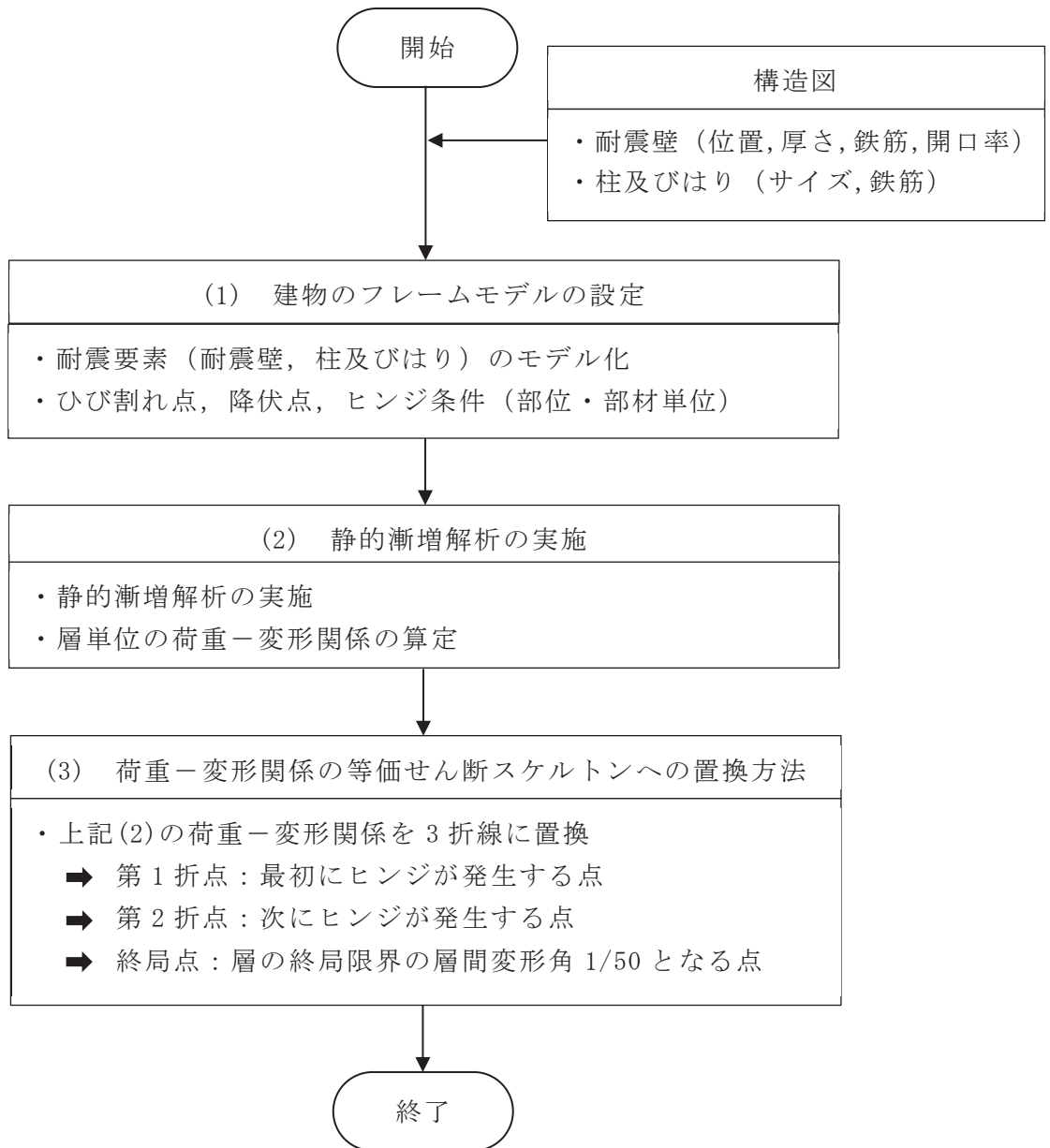


図 3-2 フレーム部スケルトンの設定フロー

(1) 建屋のフレームモデルの設定

フレーム部のモデル化では、構造的な特徴を勘案しながら、耐震要素（柱及びはり）を部位及び部材単位でフレームにモデル化し、柱及びはりにはコンクリートのひび割れ点や鉄筋降伏の影響を考慮し、材端の塑性ヒンジを設定する。鉄骨柱の柱脚部を固定として鉄骨柱の柱頭部に荷重を掛けるモデル（モデル(1)）と、クレーン階（O. P. 31. 9m）を固定として SRC 柱の柱頭部に荷重を掛けるモデル（モデル(2)）と、オペフロ（O. P. 23. 9m）を固定としてクレーン階に荷重を掛けるモデル（モデル(3)）の3つを作成する。また、フレームモデルの柱脚部（最下層）は、固定とする。

(2) 静的漸増解析の実施

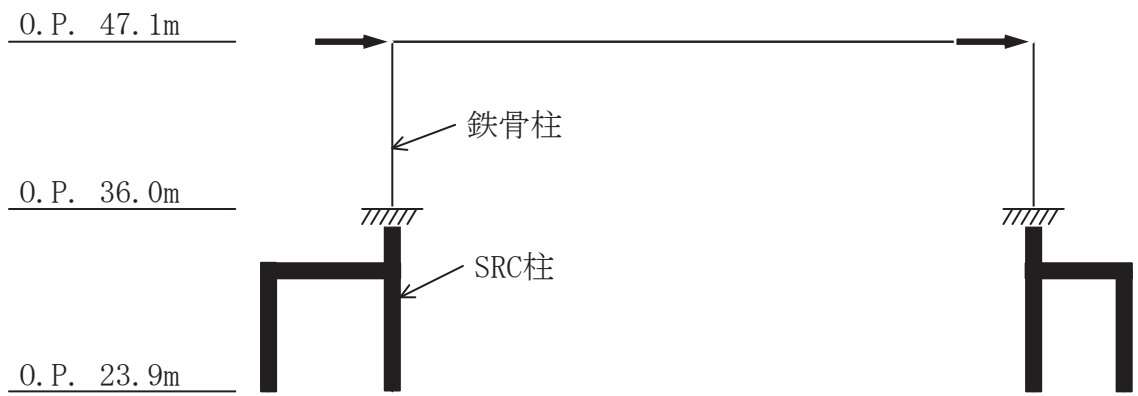
上記のフレームモデルを用い、静的漸増解析を実施し、層単位の荷重（ Q ）-変形（ γ ）関係を求める。このとき、柱部材に生じる長期の曲げ応力は小さいことから考慮していない。

複数のフレームモデルを集約して等価せん断スケルトンを作成する場合は、個々のフレームモデルで作成した等価せん断スケルトンを合算して、集約した等価なせん断スケルトンとする。

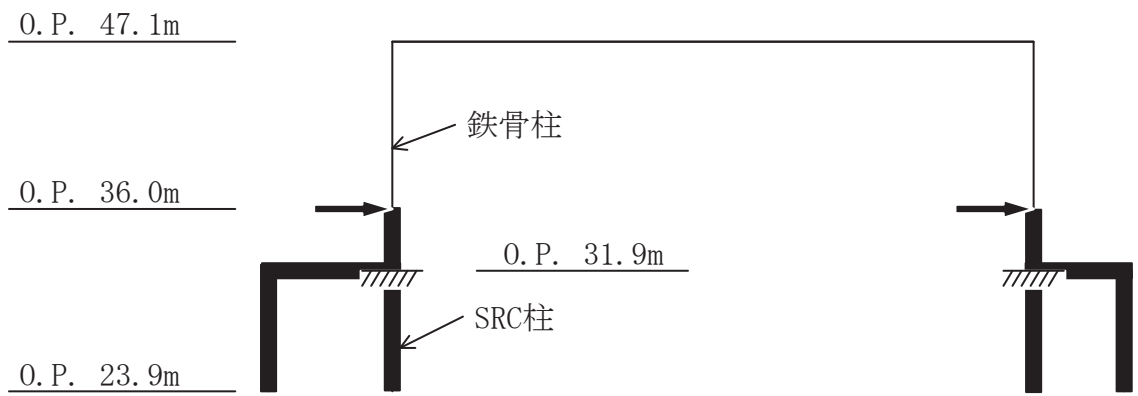
モデル(1)に関しては鉄骨柱の柱頭部のせん断力と変位の関係から $Q-\gamma$ 曲線を作成し、モデル(2)に関しては SRC 柱の柱頭部のせん断力と変位の関係から $Q-\gamma$ 曲線を作成し、モデル(3)に関しては 2 本の SRC 柱のせん断力の和とクレーン階の変位の関係から $Q-\gamma$ 曲線を作成する。

また、 ${}_{1}H-{}_{1}G$ 側、 ${}_{1}B-{}_{1}A$ 側それぞれで $Q-\gamma$ 曲線を作成する。

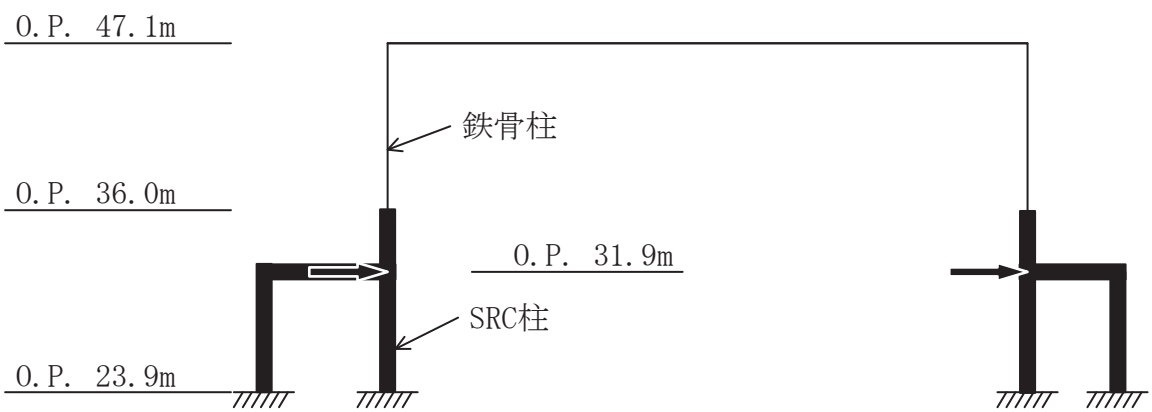
静的漸増解析の概要を図 3-3 に示す。



(a) モデル(1)



(b) モデル(2)



(c) モデル(3)

図 3-3 フレームの静的漸増解析モデルの概要

(3) 荷重－変形関係の等価せん断スケルトンへの置換方法

層単位の荷重－変形関係をスケルトンカーブとして地震応答解析モデルに適用するために、等価せん断スケルトンに置換する。

モデル(1)により求まる折れ点を、質点系モデル 0. P. 47. 3m～0. P. 37. 8m に設定し、モデル(2)により求まる折れ点を、質点系モデル 0. P. 37. 8m～0. P. 32. 8m に設定し、モデル(3)により求まる折れ点を、質点系モデル 0. P. 32. 8m～0. P. 24. 8m に設定する。

最初にヒンジが発生する点を第1折点 (γ_1, Q_1) とし、次にヒンジが発生する点を第2折点 (γ_2, Q_2) とする。また、終局点は建築基準法施行令第 82 条の 2 に定められた層間変形角の許容値である 1/120 付近までの荷重－変形関係を確実に求めるために、層の終局限界の目安として層間変形角 1/50 となる点 (γ_3, Q_3) とする。

以上の荷重－変形関係の等価せん断スケルトンへの置換方法を図 3-3 に示す。

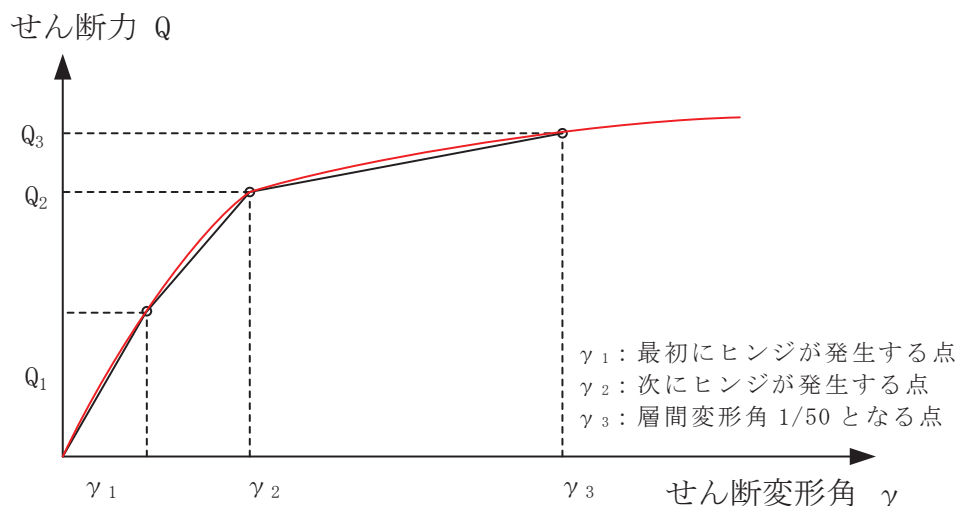
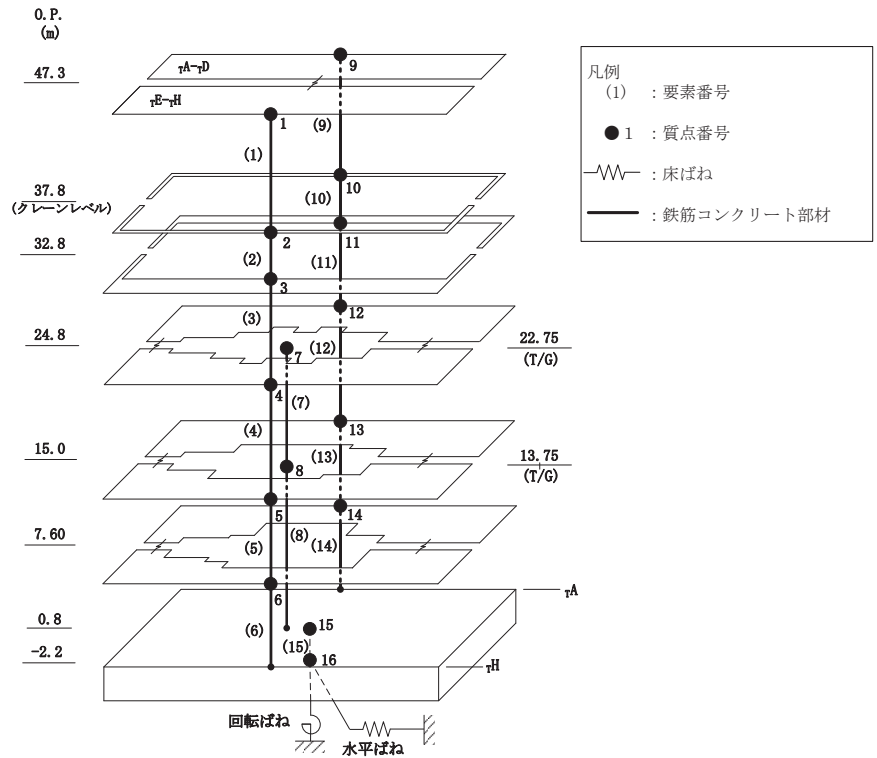


図 3-3 荷重－変形関係の等価せん断スケルトンへの置換方法

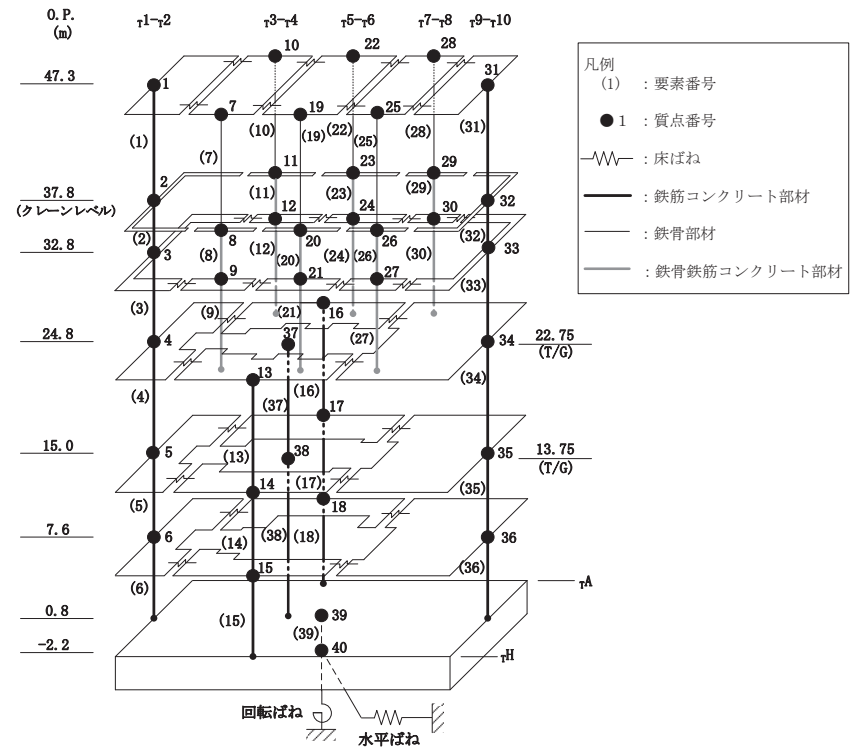
4. せん断力のスケルトンカーブの設定について

4.1 水平方向モデル

水平方向は、地盤との相互作用を考慮し、耐震壁及び柱の曲げ・せん断剛性を評価した多質点系モデルとしている。地震応答解析モデルを図 4-1 に、解析モデルの諸元を表 4-1 及び表 4-2 に示す。



NS 方向



EW 方向

図 4-1 地震応答解析モデル

表 4-1(1) 解析モデルの諸元 (NS 方向)

(a) 重量・回転慣性重量

				質点番号		
				質点重量(×10kN)		
標高 O. P. (m)	建屋					
	τ E- τ H	T/G		τ A- τ D		
47.3	1			9		
	1942			1942		
37.8	2			10		
	1220			1220		
32.8	3			11		
	3713			4089		
24.8	4	7		12		
22.75 (T/G)	11060	7688		16545		
15.0	5	8		13		
13.75 (T/G)	13550	4982		17740		
7.6	6			14		
	12333			14234		
0.8	15					
	36434					
-2.2	16					
	30430					

回転慣性重量* = $1.404 \times 10^9 \text{kN} \cdot \text{m}^2$

注記* : 回転慣性重量は基礎下質点 (質点番号16) に集約している。

表 4-1(2) 解析モデルの諸元 (NS 方向)

(b) 剛性

要素番号
せん断断面積 (m ²)
断面2次モーメント (×10 ² m ⁴)

標高 O.P. (m)	建屋			
	1E-1H	T/G	1A-1D	
47.3	1		9	
	24.0		24.0	
	324.4		324.4	
37.8	2		10	
	24.0		24.0	
	324.4		324.4	
32.8	3		11	
	32.6		39.8	
	477.1		699.8	
24.8 22.75(T/G)	4		7	12
	132.2		21.43	196.6
	1366.0	∞	1905.5	
15.0 13.75(T/G)	5	8	13	
	148.6	10.43	192.7	
	1589.7	∞	1932.9	
7.6	6		14	
	177.6		198.8	
	2031.4		2130.1	
0.8	15			
	5539.2			
	42541.1			

①耐震壁 (O.P. 24.8mより上部) (要素1~3, 9~11)

ヤング係数	E	7.94 × 10 ³ (N/mm ²)
せん断弾性係数	G	3.41 × 10 ³ (N/mm ²)
ポアソン比	ν	0.167
減衰定数	h	5%

②耐震壁 (O.P. 24.8mより下部) (要素4~6, 12~15)

ヤング係数	E	9.27 × 10 ³ (N/mm ²)
せん断弾性係数	G	3.98 × 10 ³ (N/mm ²)
ポアソン比	ν	0.167
減衰定数	h	5%

③T/G架台 (要素7, 8)

ヤング係数	E	2.65 × 10 ⁴ (N/mm ²)
せん断弾性係数	G	1.14 × 10 ⁴ (N/mm ²)
ポアソン比	ν	0.167
減衰定数	h	5%

表 4-2(1) 解析モデルの諸元 (EW 方向)

(a) 重量・回転慣性重量

質点番号
質点重量(×10kN)

標高 O. P. (m)	建屋							
	τ1-τ2	τ3-τ4		τ5-τ6		τ7-τ8		τ9-τ10
47.3	1	7	10	19	22	25	28	31
	740	391	391	435	435	379	379	733
37.8	2	8	11	20	23	26	29	32
	835	184	184	182	182	162	162	548
32.8	3	9	12	21	24	27	30	33
	1417	698	672	761	732	705	787	2030
	τ1-τ2	τ3-τ6 (TH側)		τ3-τ6 (TA側)		T/G	τ7-τ10	
24.8	4	13		16		37	34	
22.75(T/G)	3993	4293		6178		7688	13140	
15.0	5	14		17		38	35	
13.75(T/G)	5621	5289		7306		4982	13074	
7.6	6	15		18			36	
	5122	4405		5863			11177	
0.8	39							
	36434							
-2.2	40							
	30430							

回転慣性重量* = $5.251 \times 10^8 \text{kN} \cdot \text{m}^2$

注記* : 回転慣性重量は基礎下質点(質点番号40)に集約している。

表 4-2(2) 解析モデルの諸元 (EW 方向)

(b) 剛性

要素番号
せん断断面積(m ²)
断面2次モーメント(×10 ³ m ⁴)

標高 O. P. (m)	建屋							
	1-12	3-14		5-16		7-18		9-10
47.3	1	7	10	19	22	25	28	31
	15.9	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	0.0216	15.9
	75.2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	75.2
37.8	2	8	11	20	23	26	29	32
	15.9	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	0.895	15.9
	75.2	∞	∞	∞	∞	∞	∞	75.2
32.8	3	9	12	21	24	27	30	33
	24.3	0.431	0.445	0.431	0.446	0.431	0.455	38.7
	132.8	∞	∞	∞	∞	∞	∞	196.8
	1-12	3-16 (TG側)		3-16 (TA側)		T/G	7-110	
24.8	4	13		16		37	34	
	64.4	34.8		54.9		18.88	93.4	
	278.6	15.83		24.25		∞	403.5	
15.0	5	14		17		38	35	
	122.0	38.1		51.4		11.45	138.4	
	511.6	14.03		25.43			638.2	
7.6	6	15		18		∞	36	
	113.0	56.7		60.7			146.6	
	516.0	18.91		34.93		762.1		
0.8	39							
	5539.2							
	15368.0							

①耐震壁・SRC造フレーム (O. P. 24.8mより上部)

(要素1~3, 8, 9, 11, 12, 20, 21, 23, 24, 26, 27, 29, 30, 31~33)

ヤング係数	E	9.27×10 ³ (N/mm ²)
せん断弾性係数	G	3.98×10 ³ (N/mm ²)
ポアソン比	ν	0.167
減衰定数	h	5%

②耐震壁 (O. P. 24.8mより下部)

(要素4~6, 13~15, 16~18, 34~36)

ヤング係数	E	1.06×10 ⁴ (N/mm ²)
せん断弾性係数	G	4.55×10 ³ (N/mm ²)
ポアソン比	ν	0.167
減衰定数	h	5%

③T/G架台 (要素37, 38)

ヤング係数	E	2.65×10 ⁴ (N/mm ²)
せん断弾性係数	G	1.14×10 ⁴ (N/mm ²)
ポアソン比	ν	0.167
減衰定数	h	5%

④S造フレーム (要素7, 10, 19, 22, 25, 28)

ヤング係数	E	2.05×10 ⁵ (N/mm ²)
せん断弾性係数	G	7.90×10 ⁴ (N/mm ²)
ポアソン比	ν	0.3
減衰定数	h	2%

4.2 使用材料の物性値と剛性補正係数

地震応答解析に用いるタービン建屋の使用材料の物性値を表4-3～表4-5に示す。
また、表4-6にシミュレーション解析に基づく剛性補正係数を示す。

表 4-3 使用材料の物性値（コンクリート）

使用材料	ヤング係数 E (N/mm ²)	せん断弾性係数 G (N/mm ²)	減衰定数 h (%)
コンクリート： F _c = 330kgf/cm ²	2.65×10 ⁴	1.14×10 ⁴	5

表 4-4 使用材料の物性値（鉄筋）

使用材料	降伏応力度 rσ _y (N/mm ²)
鉄筋：SD345 相当*	345

注記*：建設当時の鉄筋の種類はSD35であるが、現在の規格（SD345）に読み替えた降伏応力度を示す。

表 4-5 使用材料の物性値（鉄骨）

種別	板厚	降伏応力度 sσ _y (N/mm ²)
SM490 相当*	t ≤ 40mm	325

注記*：建設当時の鋼材の種類はSM50であるが、現在の規格（SM490）に読み替えた降伏応力度を示す。

表 4-6 RC造耐震壁及びSRC造フレームの初期剛性の設計値に対する補正係数

部位	方向	補正係数
建屋全体	NS	0.35 (O.P. 24.8m より上部 0.30)
	EW	0.40 (O.P. 24.8m より上部 0.35)

4.3 剛性低下による補正前の RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第 1 折点

RC 造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第 1 折点の設定根拠を表 4-7 に示す。

表 4-7(1) せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (補正前)

(a) NS 方向

要素番号	部位	壁	設計基準強度 F_c (N/mm^2)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$)	断面積 A_s (m^2)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm^2)	τ_1 (N/mm^2)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau E - \tau H$	TG11	32.4	1.14	24.00	0.131	1.85	0.162
(2)	$\tau E - \tau H$	TG11	32.4	1.14	24.00	1.065	2.25	0.198
(3)	$\tau E - \tau H$	TH11	32.4	1.14	28.80	0.723	1.87	0.164
(4)	$\tau E - \tau H$	TF23	32.4	1.14	6.66	0.636	2.09	0.184
		TG23	32.4	1.14	6.66	1.533		
		TG68	32.4	1.14	28.92	1.010		
		TH11	32.4	1.14	89.98	0.514		
(5)	$\tau E - \tau H$	TF23	32.4	1.14	14.43	0.704	2.19	0.192
		TG23	32.4	1.14	16.65	0.939		
		TG68	32.4	1.14	23.00	1.409		
		TH11	32.4	1.14	94.50	0.808		
(6)	$\tau E - \tau H$	TF23	32.4	1.14	8.88	1.617	2.34	0.206
		TF78	32.4	1.14	11.34	1.552		
		TG28	32.4	1.14	61.35	1.403		
		TH11	32.4	1.14	96.00	1.165		
(9)	$\tau A - \tau D$	TB11	32.4	1.14	24.00	0.131	1.85	0.162
(10)	$\tau A - \tau D$	TB11	32.4	1.14	24.00	1.065	2.25	0.198
(11)	$\tau A - \tau D$	TA11	32.4	1.14	36.01	0.518	1.83	0.161
(12)	$\tau A - \tau D$	TA11	32.4	1.14	94.00	0.481	2.06	0.181
		TB28	32.4	1.14	57.54	0.870		
		TC48	32.4	1.14	37.33	0.481		
		TD23	32.4	1.14	7.77	0.892		
(13)	$\tau A - \tau D$	TA11	32.4	1.14	96.00	0.740	2.22	0.195
		TB28	32.4	1.14	49.50	1.472		
		TC48	32.4	1.14	32.78	1.045		
		TD23	32.4	1.14	14.43	0.997		
(14)	$\tau A - \tau D$	TA11	32.4	1.14	96.00	0.958	2.36	0.207
		TB28	32.4	1.14	47.73	1.896		
		TC28	32.4	1.14	37.07	1.464		
		TD23	32.4	1.14	6.66	2.079		
		TD78	32.4	1.14	11.34	1.486		

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

表 4-7(2) せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (補正前)

(b) EW 方向

要素 番号	部位	壁	設計基準 強度 F_c (N/mm ²)	せん断弾性 係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²)	断面積 A_s (m ²)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	τ_1 (N/mm ²)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau_1 - \tau_2$	T1BG	32.4	1.14	15.72	0.128	1.82	0.160
(2)	$\tau_1 - \tau_2$	T1BG	32.4	1.14	15.72	0.600	2.04	0.179
(3)	$\tau_1 - \tau_2$	T1AH	32.4	1.14	23.08	0.604	1.96	0.172
(4)	$\tau_1 - \tau_2$	T1AH	32.4	1.14	58.44	0.537	2.04	0.179
		T2GH	32.4	1.14	5.92	0.661		
(5)	$\tau_1 - \tau_2$	T1AH	32.4	1.14	69.24	0.771	2.13	0.187
		T2BH	32.4	1.14	52.76	0.758		
(6)	$\tau_1 - \tau_2$	T1AH	32.4	1.14	69.24	1.024	2.28	0.200
		T2BH	32.4	1.14	43.78	1.301		
(13)	$\tau_3 - \tau_6$ (τ_H 側)	T4FH	32.4	1.14	22.89	0.563	2.05	0.180
		T6GH	32.4	1.14	11.88	0.624		
(14)	$\tau_3 - \tau_6$ (τ_H 側)	T3GH	32.4	1.14	13.86	0.847	2.28	0.200
		T4FH	32.4	1.14	14.36	1.380		
		T6GH	32.4	1.14	9.90	1.201		
(15)	$\tau_3 - \tau_6$ (τ_H 側)	T3GH	32.4	1.14	12.87	1.379	2.35	0.207
		T4FH	32.4	1.14	18.56	1.373		
		T5GH	32.4	1.14	12.64	1.164		
		T6GH	32.4	1.14	12.64	1.358		
(16)	$\tau_3 - \tau_6$ (τ_A 側)	T3BC	32.4	1.14	8.80	0.836	2.07	0.182
		T4BD	32.4	1.14	23.19	0.504		
		T5BC	32.4	1.14	9.75	0.586		
		T6BC	32.4	1.14	13.20	0.697		
(17)	$\tau_3 - \tau_6$ (τ_A 側)	T3BC	32.4	1.14	8.80	1.583	2.35	0.206
		T4BD	32.4	1.14	15.82	1.350		
		T5BC	32.4	1.14	8.80	1.333		
		T6BD	32.4	1.14	18.00	1.139		
(18)	$\tau_3 - \tau_6$ (τ_A 側)	T3BD	32.4	1.14	17.22	1.726	2.51	0.221
		T4BD	32.4	1.14	14.22	2.275		
		T5BC	32.4	1.14	13.20	1.445		
		T6BD	32.4	1.14	16.04	1.597		
(31)	$\tau_9 - \tau_{10}$	T10BG	32.4	1.14	15.72	0.128	1.82	0.160
(32)	$\tau_9 - \tau_{10}$	T10BG	32.4	1.14	15.72	0.594	2.03	0.179
(33)	$\tau_9 - \tau_{10}$	T10AH	32.4	1.14	37.54	0.424	1.92	0.169
(34)	$\tau_7 - \tau_{10}$	T7BC	32.4	1.14	13.20	0.730	2.08	0.183
		T8BC	32.4	1.14	11.00	1.048		
		T10AH	32.4	1.14	69.24	0.570		
(35)	$\tau_7 - \tau_{10}$	T7BG	32.4	1.14	34.35	1.232	2.28	0.201
		T8BG	32.4	1.14	34.82	1.593		
		T10AH	32.4	1.14	69.24	0.896		
(36)	$\tau_7 - \tau_{10}$	T7BH	32.4	1.14	39.25	1.471	2.38	0.210
		T8BH	32.4	1.14	38.08	1.776		
		T10AH	32.4	1.14	69.24	1.189		

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(2) 第2折点

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点の設定根拠を表4-8に示す。

表4-8 せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第2折点) (補正前)

(a) NS方向

要素番号	部位	τ_2^{*1} (N/mm ²)	γ_2^{*2} ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau E - \tau H$	2.49	0.487
(2)	$\tau E - \tau H$	3.04	0.594
(3)	$\tau E - \tau H$	2.52	0.557
(4)	$\tau E - \tau H$	2.82	0.551
(5)	$\tau E - \tau H$	2.95	0.577
(6)	$\tau E - \tau H$	3.16	0.617
(9)	$\tau A - \tau D$	2.49	0.487
(10)	$\tau A - \tau D$	3.04	0.594
(11)	$\tau A - \tau D$	2.47	0.534
(12)	$\tau A - \tau D$	2.79	0.544
(13)	$\tau A - \tau D$	3.00	0.586
(14)	$\tau A - \tau D$	3.18	0.621

(b) EW方向

要素番号	部位	τ_2^{*1} (N/mm ²)	γ_2^{*2} ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau 1 - \tau 2$	2.46	0.487
(2)	$\tau 1 - \tau 2$	2.75	0.544
(3)	$\tau 1 - \tau 2$	2.64	0.544
(4)	$\tau 1 - \tau 2$	2.75	0.537
(5)	$\tau 1 - \tau 2$	2.88	0.562
(6)	$\tau 1 - \tau 2$	3.08	0.601
(13)	$\tau 3 - \tau 6$ (TH側)	2.77	0.542
(14)	$\tau 3 - \tau 6$ (TH側)	3.08	0.601
(15)	$\tau 3 - \tau 6$ (TH側)	3.18	0.620
(16)	$\tau 3 - \tau 6$ (TA側)	2.79	0.545
(17)	$\tau 3 - \tau 6$ (TA側)	3.17	0.619
(18)	$\tau 3 - \tau 6$ (TA側)	3.39	0.662
(31)	$\tau 9 - \tau 10$	2.46	0.487
(32)	$\tau 9 - \tau 10$	2.75	0.543
(33)	$\tau 9 - \tau 10$	2.60	0.523
(34)	$\tau 7 - \tau 10$	2.81	0.549
(35)	$\tau 7 - \tau 10$	3.08	0.602
(36)	$\tau 7 - \tau 10$	3.22	0.629

注記*1: $\tau_2 = 1.35 \cdot \tau_1$

*2: $\gamma_2 = 3 \cdot \gamma_1$

(3) 終局点

RC造耐震壁の終局点は、「2.3 終局点の設定」に基づき、各層の終局せん断応力度を算出する。シアスパン比 M/QD を評価するための M 及び Q は、建設工認時の S_2 地震時の最大応答値を用いている。

RC造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点の設定根拠を表4-9に示す。また、一例としてタービン建屋のO.P.0.80m~O.P.7.60mについて、各耐震壁の配筋を示したものを図4-2及び表4-10に示す。

表4-9(1) せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 終局点) (補正前)

(a) NS方向

要素番号	部位	壁	P_V (%)	P_H (%)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	M/QD	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau E-\tau H$	TG11	0.796	0.796	0.131	0.240	5.77	4.00
(2)	$\tau E-\tau H$	TG11	1.148	1.148	1.065	0.240	6.49	4.00
(3)	$\tau E-\tau H$	TH11	1.290	1.290	0.723	0.240	5.86	4.00
(4)	$\tau E-\tau H$	TF23	0.478	0.478	0.636	0.883	5.07	4.00
		TG23	0.478	0.478	1.533	0.933		
		TG68	0.535	0.535	1.010	0.421		
		TH11	0.957	0.794	0.514	0.240		
(5)	$\tau E-\tau H$	TF23	0.494	0.494	0.704	0.952	5.57	4.00
		TG23	0.529	0.529	0.939	0.887		
		TG68	0.607	0.607	1.409	0.478		
		TH11	1.436	1.191	0.808	0.240		
(6)	$\tau E-\tau H$	TF23	0.634	0.634	1.617	1.360	5.36	4.00
		TF78	0.563	0.563	1.552	0.589		
		TG28	0.635	0.635	1.403	0.240		
		TH11	1.436	1.191	1.165	0.281		
(9)	$\tau A-\tau D$	TB11	0.796	0.796	0.131	0.240	5.77	4.00
(10)	$\tau A-\tau D$	TB11	1.148	1.148	1.065	0.240	6.49	4.00
(11)	$\tau A-\tau D$	TA11	1.201	1.158	0.518	0.240	5.81	4.00
(12)	$\tau A-\tau D$	TA11	0.957	0.794	0.481	0.240	4.60	4.00
		TB28	0.517	0.517	0.870	0.240		
		TC48	0.591	0.591	0.481	0.240		
		TD23	0.553	0.553	0.892	0.878		
(13)	$\tau A-\tau D$	TA11	1.436	1.191	0.740	0.240	5.24	4.00
		TB28	0.680	0.680	1.472	0.240		
		TC48	0.770	0.770	1.045	0.283		
		TD23	0.494	0.494	0.997	0.706		
(14)	$\tau A-\tau D$	TA11	1.436	1.191	0.958	0.254	5.26	4.00
		TB28	0.685	0.685	1.896	0.286		
		TC28	0.783	0.783	1.464	0.274		
		TD23	0.645	0.645	2.079	1.249		
		TD78	0.563	0.563	1.486	0.591		

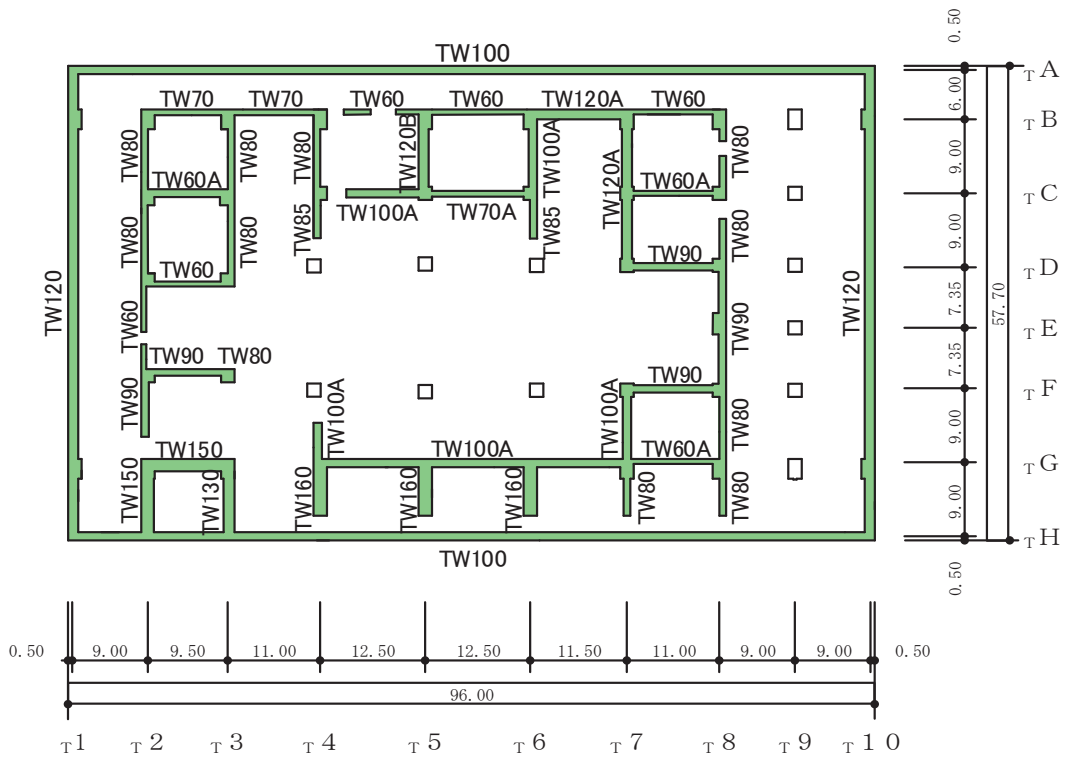
注記* : 縦軸応力度 σ_v = 当該部分が支える重量 / 断面積

表 4-9(2) せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 終局点) (補正前)

(b) EW 方向

要素 番号	部位	壁	P_V (%)	P_H (%)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	M/QD	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau_1-\tau_2$	T1BG	1.106	0.820	0.128	0.240	5.95	4.00
(2)	$\tau_1-\tau_2$	T1BG	1.449	1.106	0.600	0.295	6.44	4.00
(3)	$\tau_1-\tau_2$	T1AH	1.605	1.268	0.604	0.278	6.44	4.00
(4)	$\tau_1-\tau_2$	T1AH	1.196	0.993	0.537	0.366	5.88	4.00
		T2GH	0.634	0.634	0.661	1.077		
(5)	$\tau_1-\tau_2$	T1AH	1.595	1.196	0.771	0.520	5.44	4.00
		T2BH	0.571	0.571	0.758	0.240		
(6)	$\tau_1-\tau_2$	T1AH	1.595	1.196	1.024	0.620	5.60	4.00
		T2BH	0.602	0.602	1.301	0.291		
(13)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_H 側)	T4FH	0.535	0.535	0.563	0.528	3.85	4.00
		T6GH	0.535	0.535	0.624	1.126		
(14)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_H 側)	T3GH	0.567	0.567	0.847	0.855	3.86	4.00
		T4FH	0.654	0.654	1.380	0.962		
		T6GH	0.642	0.642	1.201	1.578		
(15)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_H 側)	T3GH	0.611	0.611	1.379	1.485	3.62	4.00
		T4FH	0.616	0.616	1.373	1.209		
		T5GH	0.598	0.598	1.164	0.764		
		T6GH	0.598	0.598	1.358	2.270		
(16)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_A 側)	T3BC	0.634	0.634	0.836	0.916	3.52	4.00
		T4BD	0.545	0.545	0.504	0.503		
		T5BC	0.494	0.494	0.586	0.990		
		T6BC	0.535	0.535	0.697	0.990		
(17)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_A 側)	T3BC	0.634	0.634	1.583	1.015	3.52	4.00
		T4BD	0.634	0.634	1.350	0.832		
		T5BC	0.634	0.634	1.333	1.373		
		T6BD	0.639	0.639	1.139	0.720		
(18)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_A 側)	T3BD	0.634	0.634	1.726	0.638	3.42	4.00
		T4BD	0.634	0.634	2.275	1.231		
		T5BC	0.535	0.535	1.445	1.672		
		T6BD	0.639	0.639	1.597	0.978		
(31)	$\tau_9-\tau_{10}$	T10BG	1.106	0.820	0.128	0.240	5.95	4.00
(32)	$\tau_9-\tau_{10}$	T10BG	1.449	1.106	0.594	0.304	6.43	4.00
(33)	$\tau_9-\tau_{10}$	T10AH	1.194	0.967	0.424	0.280	6.01	4.00
(34)	$\tau_7-\tau_{10}$	T7BC	0.662	0.662	0.730	0.990	5.49	4.00
		T8BC	0.642	0.642	1.048	0.990		
		T10AH	1.196	0.993	0.570	0.330		
(35)	$\tau_7-\tau_{10}$	T7BG	0.647	0.647	1.232	0.307	5.33	4.00
		T8BG	0.573	0.573	1.593	0.259		
		T10AH	1.595	1.196	0.896	0.452		
(36)	$\tau_7-\tau_{10}$	T7BH	0.653	0.653	1.471	0.340	5.19	4.00
		T8BH	0.605	0.605	1.776	0.320		
		T10AH	1.595	1.196	1.189	0.556		

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積



(単位 : m)

地下 2 階伏図

図4-2 耐震壁の配筋図 (0.P.0.8m ~ 0.P.7.6m)

表4-10 耐震壁の配筋 (O.P. 0.8m ~ O.P. 7.6m)

記号	壁厚	縦筋	横筋
TW60	600	2-D22@200	2-D22@200
TW60A	600	2-D25@200	2-D25@200
TW70	700	2-D25@200	2-D25@200
TW70A	700	2-D29@200	2-D29@200
TW80	800	2-D25@200	2-D25@200
TW85	850	2-D25@200	2-D25@200
TW90	900	2-D25@200	2-D25@200
TW100	1000	2-D35@200 + 2-D35@400	2-D32@200 + 2-D32@400
TW100A	1000	2-D29@200	2-D29@200
TW120	1200	4-D35@200	2-D35@200 + 2-D35@400
TW120A	1200	2-D32@200	2-D32@200
TW120B	1200	2-D29@200	2-D29@200
TW130	1300	2-D32@200	2-D32@200
TW150	1500	2-D32@200	2-D32@200
TW160	1600	2-D35@200	2-D35@200

4.4 剛性低下による補正前の SRC 造フレームのせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第 1 折点

SRC 造フレームの各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第 1 折点の諸数値を表 4-11 に示す。

表 4-11 せん断力のスケルトンカーブ (Q- γ 関係, 第 1 折点) (補正前)
EW 方向

要素 番号	部位	Q_1 (kN)	γ_1^* ($\times 10^{-3}$)
(8)	$\tau 3-\tau 4$	16083	1.58
(9)	$\tau 3-\tau 4$	15455	3.15
(11)	$\tau 3-\tau 4$	16083	1.58
(12)	$\tau 3-\tau 4$	15799	3.12
(20)	$\tau 5-\tau 6$	16171	1.59
(21)	$\tau 5-\tau 6$	15661	3.19
(23)	$\tau 5-\tau 6$	16171	1.59
(24)	$\tau 5-\tau 6$	16004	3.15
(26)	$\tau 7-\tau 8$	16053	1.58
(27)	$\tau 7-\tau 8$	15396	3.14
(29)	$\tau 7-\tau 8$	16053	1.58
(30)	$\tau 7-\tau 8$	15965	3.15

注記* : 層間変位 δ を階高 h で除して算出したせん断変形角を表す。

(2) 第2折点

SRC造フレームの各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点の諸数値を表4-12に示す。

表4-12 せん断力のスケルトンカーブ(Q- γ 関係, 第2折点)(補正前)

EW方向

要素番号	部位	Q ₂ (kN)	γ_{2}^* ($\times 10^{-3}$)
(8)	$\Gamma 3-\Gamma 4$	26409	15.0
(9)	$\Gamma 3-\Gamma 4$	18083	4.88
(11)	$\Gamma 3-\Gamma 4$	26409	15.0
(12)	$\Gamma 3-\Gamma 4$	18162	4.86
(20)	$\Gamma 5-\Gamma 6$	26498	15.0
(21)	$\Gamma 5-\Gamma 6$	18211	4.88
(23)	$\Gamma 5-\Gamma 6$	26498	15.0
(24)	$\Gamma 5-\Gamma 6$	18289	4.85
(26)	$\Gamma 7-\Gamma 8$	26390	15.0
(27)	$\Gamma 7-\Gamma 8$	18074	4.89
(29)	$\Gamma 7-\Gamma 8$	26390	15.0
(30)	$\Gamma 7-\Gamma 8$	18260	4.88

注記* : 層間変位 δ を階高 h で除して算出したせん断変形角を表す。

(3) 終局点

SRC 造フレームの各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点の諸数値を表 4-13 に示す。

表 4-13 せん断力のスケルトンカーブ (Q- γ 関係, 終局点) (補正前)

EW 方向

要素 番号	部位	Q ₃ (kN)	γ_{3}^{*} ($\times 10^{-3}$)
(8)	T3-T4	26644	20.0
(9)	T3-T4	20182	20.0
(11)	T3-T4	26644	20.0
(12)	T3-T4	20077	19.0
(20)	T5-T6	26720	20.0
(21)	T5-T6	20429	20.0
(23)	T5-T6	26720	20.0
(24)	T5-T6	20409	20.0
(26)	T7-T8	26618	20.0
(27)	T7-T8	20154	20.0
(29)	T7-T8	26618	20.0
(30)	T7-T8	20393	20.0

注記* : 層間変位 δ を階高 h で除して算出したせん断変形角を表す。

4.5 S造フレームのせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第1折点

S造フレームの各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第1折点の諸数値を表4-14に示す。S造では剛性低下を考慮しない。

表4-14 せん断力のスケルトンカーブ（Q- γ 関係，第1折点）

EW方向

要素番号	部位	Q ₁ (kN)	γ_1^* ($\times 10^{-3}$)
(7)	$\tau 3-\tau 4$	5658	3.30
(10)	$\tau 3-\tau 4$	5658	3.30
(19)	$\tau 5-\tau 6$	5658	3.30
(22)	$\tau 5-\tau 6$	5658	3.30
(25)	$\tau 7-\tau 8$	5658	3.30
(28)	$\tau 7-\tau 8$	5658	3.30

注記*：層間変位 δ を階高 h で除して算出したせん断変形角を表す。

(2) 第2折点

S造フレームの各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第2折点の諸数値を表4-15に示す。

表4-15 せん断力のスケルトンカーブ (Q- γ 関係, 第2折点)

EW方向

要素番号	部位	Q ₂ (kN)	γ_{2}^* ($\times 10^{-3}$)
(7)	$\tau 3-\tau 4$	7639	7.82
(10)	$\tau 3-\tau 4$	7639	7.82
(19)	$\tau 5-\tau 6$	7639	7.82
(22)	$\tau 5-\tau 6$	7639	7.82
(25)	$\tau 7-\tau 8$	7639	7.82
(28)	$\tau 7-\tau 8$	7639	7.82

注記* : 層間変位 δ を階高 h で除して算出したせん断変形角を表す。

(3) 終局点

S 造フレームの各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの終局点の諸数値を表 4-16 に示す。

表 4-16 せん断力のスケルトンカーブ (Q - γ 関係, 終局点)

EW 方向

要素 番号	部位	Q ₃ (kN)	γ_{3}^{*} ($\times 10^{-3}$)
(7)	$\tau 3-\tau 4$	7645	20.0
(10)	$\tau 3-\tau 4$	7645	20.0
(19)	$\tau 5-\tau 6$	7645	20.0
(22)	$\tau 5-\tau 6$	7645	20.0
(25)	$\tau 7-\tau 8$	7645	20.0
(28)	$\tau 7-\tau 8$	7645	20.0

注記* : 層間変位 δ を階高 h で除して算出したせん断変形角を表す。

4.6 剛性低下による補正後の RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第 1 折点

RC 造耐震壁の各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第 1 折点の設定根拠を表 4-17 に示す。

表 4-17(1) せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (補正後)

(a) NS 方向

要素番号	部位	壁	設計基準強度 F_c (N/mm^2)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4 N/mm^2$)	断面積 A_s (m^2)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm^2)	τ_1' (N/mm^2)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau E - \tau H$	TG11	32.4	1.14	24.00	0.131	2.80	0.822
(2)	$\tau E - \tau H$	TG11	32.4	1.14	24.00	1.065	3.47	1.02
(3)	$\tau E - \tau H$	TH11	32.4	1.14	28.80	0.723	2.76	0.810
(4)	$\tau E - \tau H$	TF23	32.4	1.14	6.66	0.636	2.95	0.740
		TG23			6.66	1.533		
		TG68			28.92	1.010		
		TH11			89.98	0.514		
(5)	$\tau E - \tau H$	TF23	32.4	1.14	14.43	0.704	3.11	0.780
		TG23			16.65	0.939		
		TG68			23.00	1.409		
		TH11			94.50	0.808		
(6)	$\tau E - \tau H$	TF23	32.4	1.14	8.88	1.617	3.30	0.828
		TF78			11.34	1.552		
		TG28			61.35	1.403		
		TH11			96.00	1.165		
(9)	$\tau A - \tau D$	TB11	32.4	1.14	24.00	0.131	2.80	0.822
(10)	$\tau A - \tau D$	TB11	32.4	1.14	24.00	1.065	3.47	1.02
(11)	$\tau A - \tau D$	TA11	32.4	1.14	36.01	0.518	2.73	0.799
(12)	$\tau A - \tau D$	TA11	32.4	1.14	94.00	0.481	2.88	0.723
		TB28			57.54	0.870		
		TC48			37.33	0.481		
		TD23			7.77	0.892		
(13)	$\tau A - \tau D$	TA11	32.4	1.14	96.00	0.740	3.13	0.787
		TB28			49.50	1.472		
		TC48			32.78	1.045		
		TD23			14.43	0.997		
(14)	$\tau A - \tau D$	TA11	32.4	1.14	96.00	0.958	3.31	0.831
		TB28			47.73	1.896		
		TC28			37.07	1.464		
		TD23			6.66	2.079		
		TD78			11.34	1.486		

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

表 4-17(2) せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係, 第 1 折点) (補正後)

(b) EW 方向

要素 番号	部位	壁	設計基準 強度 F_c (N/mm ²)	せん断弾性 係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²)	断面積 A_s (m ²)	縦軸応力度 σ_v^* (N/mm ²)	τ_1' (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau 1-\tau 2$	T1BG	32.4	1.14	15.72	0.128	2.63	0.662
(2)	$\tau 1-\tau 2$	T1BG	32.4	1.14	15.72	0.600	2.96	0.744
(3)	$\tau 1-\tau 2$	T1AH	32.4	1.14	23.08	0.604	2.83	0.710
(4)	$\tau 1-\tau 2$	T1AH	32.4	1.14	58.44	0.537	2.82	0.621
		T2GH	32.4	1.14	5.92	0.661		
(5)	$\tau 1-\tau 2$	T1AH	32.4	1.14	69.24	0.771	2.94	0.646
		T2BH	32.4	1.14	52.76	0.758		
(6)	$\tau 1-\tau 2$	T1AH	32.4	1.14	69.24	1.024	3.14	0.690
		T2BH	32.4	1.14	43.78	1.301		
(13)	$\tau 3-\tau 6$ (τH 側)	T4FH	32.4	1.14	22.89	0.563	2.79	0.613
		T6GH	32.4	1.14	11.88	0.624		
(14)	$\tau 3-\tau 6$ (τH 側)	T3GH	32.4	1.14	13.86	0.847	3.10	0.681
		T4FH	32.4	1.14	14.36	1.380		
		T6GH	32.4	1.14	9.90	1.201		
(15)	$\tau 3-\tau 6$ (τH 側)	T3GH	32.4	1.14	12.87	1.379	3.19	0.700
		T4FH	32.4	1.14	18.56	1.373		
		T5GH	32.4	1.14	12.64	1.164		
		T6GH	32.4	1.14	12.64	1.358		
(16)	$\tau 3-\tau 6$ (τA 側)	T3BC	32.4	1.14	8.80	0.836	2.81	0.617
		T4BD	32.4	1.14	23.19	0.504		
		T5BC	32.4	1.14	9.75	0.586		
		T6BC	32.4	1.14	13.20	0.697		
(17)	$\tau 3-\tau 6$ (τA 側)	T3BC	32.4	1.14	8.80	1.583	3.18	0.698
		T4BD	32.4	1.14	15.82	1.350		
		T5BC	32.4	1.14	8.80	1.333		
		T6BD	32.4	1.14	18.00	1.139		
(18)	$\tau 3-\tau 6$ (τA 側)	T3BD	32.4	1.14	17.22	1.726	3.39	0.744
		T4BD	32.4	1.14	14.22	2.275		
		T5BC	32.4	1.14	13.20	1.445		
		T6BD	32.4	1.14	16.04	1.597		
(31)	$\tau 9-\tau 10$	T10BG	32.4	1.14	15.72	0.128	2.63	0.662
(32)	$\tau 9-\tau 10$	T10BG	32.4	1.14	15.72	0.594	2.96	0.743
(33)	$\tau 9-\tau 10$	T10AH	32.4	1.14	37.54	0.424	2.76	0.694
(34)	$\tau 7-\tau 10$	T7BC	32.4	1.14	13.20	0.730	2.87	0.631
		T8BC	32.4	1.14	11.00	1.048		
		T10AH	32.4	1.14	69.24	0.570		
(35)	$\tau 7-\tau 10$	T7BG	32.4	1.14	34.35	1.232	3.14	0.691
		T8BG	32.4	1.14	34.82	1.593		
		T10AH	32.4	1.14	69.24	0.896		
(36)	$\tau 7-\tau 10$	T7BH	32.4	1.14	39.25	1.471	3.27	0.719
		T8BH	32.4	1.14	38.08	1.776		
		T10AH	32.4	1.14	69.24	1.189		

注記* : 縦軸応力度 $\sigma_v =$ 当該部分が支える重量 / 断面積

(2) 第 2 折点

RC 造耐震壁の補正後の初期剛性が第 3 勾配と交わるため第 2 折点は設定されない。

(3) 終局点

RC 造耐震壁のせん断力のスケルトンカーブの剛性低下による補正後の終局点は表 4-9 で示した補正前の終局点と同じ値である。

4.7 剛性低下による補正後の SRC 造フレームのせん断力のスケルトンカーブの諸数値

(1) 第 1 折点

SRC 造フレームの各要素におけるせん断力のスケルトンカーブの第 1 折点の諸数値を表 4-18 に示す。

表 4-18 せん断力のスケルトンカーブ (Q- γ 関係, 第 1 折点) (補正後)

(a) EW 方向

要素 番号	部位	Q_1' (kN)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)
(8)	$\tau_{3-\tau 4}$	18966	5.32
(9)	$\tau_{3-\tau 4}$	18937	11.0
(11)	$\tau_{3-\tau 4}$	18966	5.32
(12)	$\tau_{3-\tau 4}$	18956	10.7
(20)	$\tau_{5-\tau 6}$	19074	5.35
(21)	$\tau_{5-\tau 6}$	19133	11.1
(23)	$\tau_{5-\tau 6}$	19074	5.35
(24)	$\tau_{5-\tau 6}$	19113	10.8
(26)	$\tau_{7-\tau 8}$	18937	5.31
(27)	$\tau_{7-\tau 8}$	18917	11.0
(29)	$\tau_{7-\tau 8}$	18937	5.31
(30)	$\tau_{7-\tau 8}$	19094	10.8

(2) 第2折点

SRC造フレームのせん断力のスケルトンカーブの剛性低下による補正後の第2折点は、O.P. 37.8m～O.P. 32.8mでは表4-12で示した補正前の第2折点と同じ値である。O.P. 32.8m～O.P. 24.8mでは、補正後の初期剛性が第3勾配と交わるため第2折点は設定されない。

(3) 終局点

SRC 造フレームのせん断力のスケルトンカーブの剛性低下による補正後の終局点は表 4-13 で示した補正前の終局点と同じ値である。

5. まとめ

5.1 耐震壁部のスケルトンカーブのまとめ

タービン建屋の耐震壁部におけるせん断力のスケルトンカーブの設定について整理した。算出したせん断力のスケルトンカーブの諸数値を表 5-1 に示す。

表 5-1(1) 耐震壁部のせん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

(a) NS 方向

要素 番号	部位	τ_1' (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau E - \tau H$	2.80	0.822	—	—	5.77	4.00
(2)	$\tau E - \tau H$	3.47	1.02	—	—	6.49	4.00
(3)	$\tau E - \tau H$	2.76	0.810	—	—	5.86	4.00
(4)	$\tau E - \tau H$	2.95	0.740	—	—	5.07	4.00
(5)	$\tau E - \tau H$	3.11	0.780	—	—	5.57	4.00
(6)	$\tau E - \tau H$	3.30	0.828	—	—	5.36	4.00
(9)	$\tau A - \tau D$	2.80	0.822	—	—	5.77	4.00
(10)	$\tau A - \tau D$	3.47	1.02	—	—	6.49	4.00
(11)	$\tau A - \tau D$	2.73	0.799	—	—	5.81	4.00
(12)	$\tau A - \tau D$	2.88	0.723	—	—	4.60	4.00
(13)	$\tau A - \tau D$	3.13	0.787	—	—	5.24	4.00
(14)	$\tau A - \tau D$	3.31	0.831	—	—	5.26	4.00

表 5-1(2) 耐震壁部のせん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係)

(b) EW 方向

要素 番号	部位	τ_1' (N/mm ²)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	τ_2 (N/mm ²)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	τ_3 (N/mm ²)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(1)	$\tau_1-\tau_2$	2.63	0.662	—	—	5.95	4.00
(2)	$\tau_1-\tau_2$	2.96	0.744	—	—	6.44	4.00
(3)	$\tau_1-\tau_2$	2.83	0.710	—	—	6.44	4.00
(4)	$\tau_1-\tau_2$	2.82	0.621	—	—	5.88	4.00
(5)	$\tau_1-\tau_2$	2.94	0.646	—	—	5.44	4.00
(6)	$\tau_1-\tau_2$	3.14	0.690	—	—	5.60	4.00
(13)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_H 側)	2.79	0.613	—	—	3.85	4.00
(14)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_H 側)	3.10	0.681	—	—	3.86	4.00
(15)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_H 側)	3.19	0.700	—	—	3.62	4.00
(16)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_A 側)	2.81	0.617	—	—	3.52	4.00
(17)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_A 側)	3.18	0.698	—	—	3.52	4.00
(18)	$\tau_3-\tau_6$ (τ_A 側)	3.39	0.744	—	—	3.42	4.00
(31)	$\tau_9-\tau_{10}$	2.63	0.662	—	—	5.95	4.00
(32)	$\tau_9-\tau_{10}$	2.96	0.743	—	—	6.43	4.00
(33)	$\tau_9-\tau_{10}$	2.76	0.694	—	—	6.01	4.00
(34)	$\tau_7-\tau_{10}$	2.87	0.631	—	—	5.49	4.00
(35)	$\tau_7-\tau_{10}$	3.14	0.691	—	—	5.33	4.00
(36)	$\tau_7-\tau_{10}$	3.27	0.719	—	—	5.19	4.00

5.2 SRC 造フレームのスケルトンカーブのまとめ

タービン建屋の SRC 造フレームにおけるせん断力のスケルトンカーブの設定について整理した。算出したせん断力のスケルトンカーブの諸数値を表 5-2 に示す。

表 5-2 SRC 造フレームのせん断力のスケルトンカーブ (Q - γ 関係)

EW 方向

要素 番号	部位	構造	Q_1' (kN)	γ_1' ($\times 10^{-3}$)	Q_2 (kN)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	Q_3 (kN)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(8)	$\tau 3-\tau 4$	SRC	18966	5.32	26409	15.0	26644	20.0
(9)	$\tau 3-\tau 4$	SRC	18937	11.0	—	—	20182	20.0
(11)	$\tau 3-\tau 4$	SRC	18966	5.32	26409	15.0	26644	20.0
(12)	$\tau 3-\tau 4$	SRC	18956	10.7	—	—	20077	19.0
(20)	$\tau 5-\tau 6$	SRC	19074	5.35	26498	15.0	26720	20.0
(21)	$\tau 5-\tau 6$	SRC	19133	11.1	—	—	20429	20.0
(23)	$\tau 5-\tau 6$	SRC	19074	5.35	26498	15.0	26720	20.0
(24)	$\tau 5-\tau 6$	SRC	19113	10.8	—	—	20409	20.0
(26)	$\tau 7-\tau 8$	SRC	18937	5.31	26390	15.0	26618	20.0
(27)	$\tau 7-\tau 8$	SRC	18917	11.0	—	—	20154	20.0
(29)	$\tau 7-\tau 8$	SRC	18937	5.31	26390	15.0	26618	20.0
(30)	$\tau 7-\tau 8$	SRC	19094	10.8	—	—	20393	20.0

5.3 S造フレームのスケルトンカーブのまとめ

タービン建屋のS造フレームにおけるせん断力のスケルトンカーブの設定について整理した。算出したせん断力のスケルトンカーブの諸数値を表5-3に示す。

表5-3 S造フレームのせん断力のスケルトンカーブ (Q- γ 関係)

EW方向

要素番号	部位	構造	Q ₁ (kN)	γ_1 ($\times 10^{-3}$)	Q ₂ (kN)	γ_2 ($\times 10^{-3}$)	Q ₃ (kN)	γ_3 ($\times 10^{-3}$)
(7)	r3-r4	S	5658	3.30	7639	7.82	7645	20.0
(10)	r3-r4	S	5658	3.30	7639	7.82	7645	20.0
(19)	r5-r6	S	5658	3.30	7639	7.82	7645	20.0
(22)	r5-r6	S	5658	3.30	7639	7.82	7645	20.0
(25)	r7-r8	S	5658	3.30	7639	7.82	7645	20.0
(28)	r7-r8	S	5658	3.30	7639	7.82	7645	20.0

別紙 3-1 タービン建屋のフレーム部の構造詳細

目次

1. タービン建屋のフレーム部の構造詳細..... 別紙 3-1-1

1. タービン建屋のフレーム部の構造詳細

タービン建屋の地震応答解析モデルにおける等価せん断スケルトンの設定にあたっては、鉄筋コンクリート造、鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造のフレームの非線形特性を考慮した静的漸増解析を実施している。

本資料は、タービン建屋のフレーム部の構造詳細について、T5通りを代表構面として部材断面を説明するものである。タービン建屋 T5通り構面の概略断面図を図3-1、断面詳細図を図3-2に示す。

T5通り構面の O. P. 24. 8m より上部をフレーム部として扱っている。

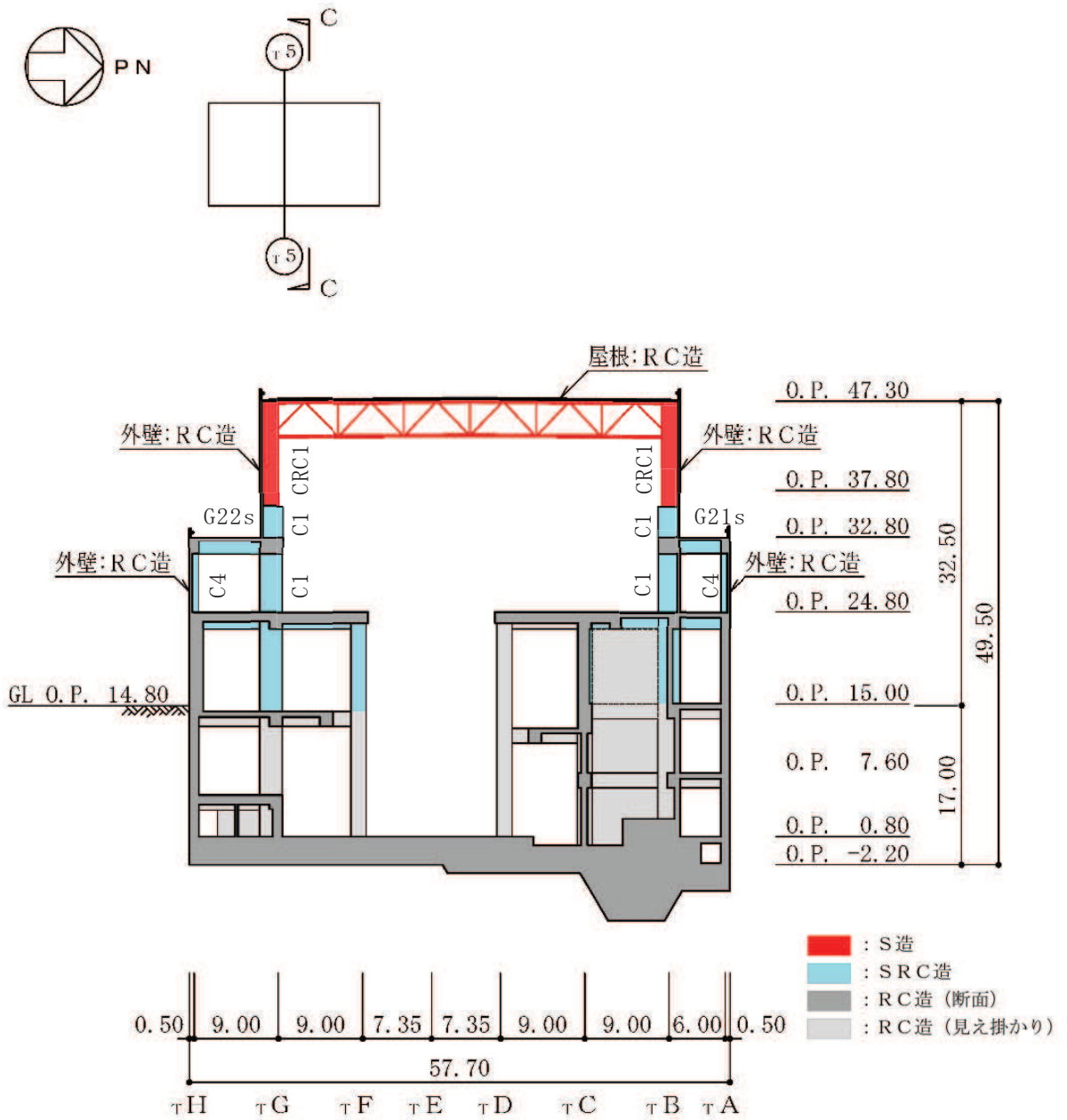


図 3-1 タービン建屋の概略断面図 (T5 通り)

大梁の断面	3階	符号	G21s		
		位置	TA,TH端	中央	TB,TG端
		鉄骨	BH-1300×500×28×40		BH-1300×700×28×40
		上端筋	8-D38	8-D38	8-D38
		下端筋	8-D38	8-D38	8-D38
		あばら筋	2-D16@200		
			G22s		
			TB端	中央	TA端
		鉄骨	BH-1300×700×28×40	BH-1300×500×28×40	
		上端筋	8-D38	8-D38	8-D38
		下端筋	14-D38	14-D38	8-D38
		あばら筋	2-D16@200		

注：3階の大梁はO.P.32.80mに位置する。

図3-2(1) タービン建屋の断面詳細図 (T5通り) (1/2)

柱の断面	2階	符号	C1	C4
		位置	全断面	全断面
		断面		
		主筋	28-D38	20-D38
		帯筋	D19@200	D16@200
		鉄骨	BH-1700×700×28×40	BH-500×500×19×32
	3階	符号	C1	
		位置	全断面	
		断面		
		主筋	28-D38	
	帯筋	D19@200		
	鉄骨	BH-1700×700×28×40		
	CR階	符号	CR C1	
断面				
主材	BH-1700×700×28×40			

注：2階は O.P. 32.80m～O.P. 24.80m，3階は O.P. 37.8m0～O.P. 32.80m，CR階は O.P. 47.30m～O.P. 37.80m である。

図 3-2(2) タービン建屋の断面詳細図 (T5 通り) (2/2)

別紙 4 タービン建屋の地震応答解析結果について

目次

1. 概要..... 別紙 4-1
2. 固有値解析結果..... 別紙 4-1
3. 地震応答解析結果..... 別紙 4-9

1. 概要

本資料は、タービン建屋について、基準地震動 S_s に基づく基本ケースの地震応答解析結果を示すものである。

2. 固有値解析結果

基本ケースの地震応答解析モデルの固有値解析結果（固有周期，固有振動数及び刺激係数）を表 2-1 に示す。刺激関数図を図 2-1～図 2-3 に示す。

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

表 2-1(1) 固有値解析結果

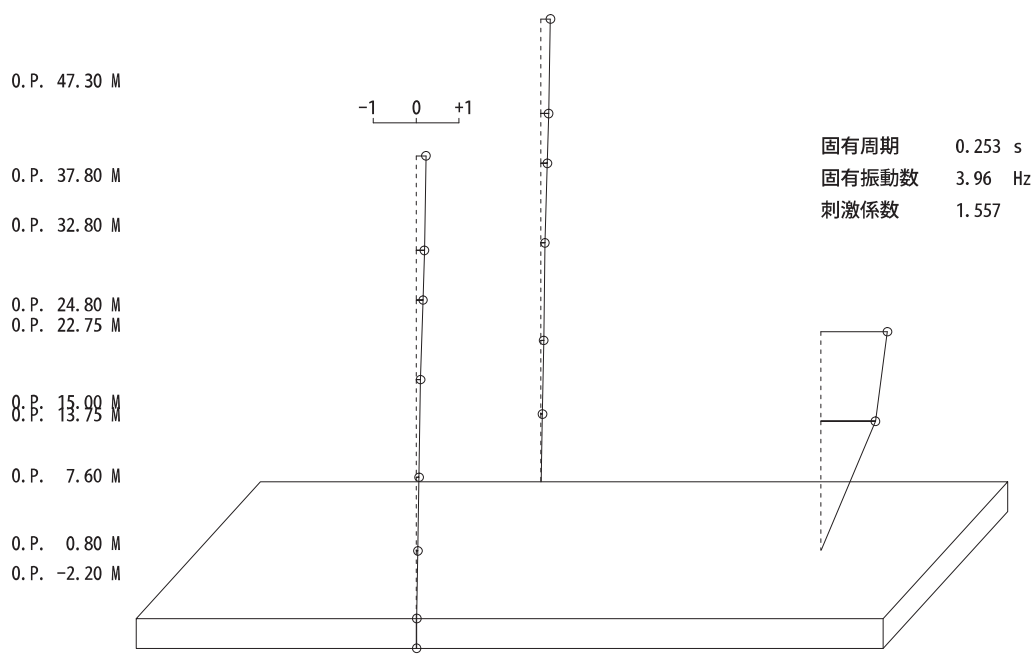
(a) NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.253	3.96	1.557	T/G 架台 1 次
2	0.239	4.18	1.971	建屋全体 1 次
3	0.141	7.11	1.570	建屋全体 2 次
4	0.123	8.16	0.293	
5	0.088	11.32	0.061	
6	0.082	12.22	0.625	建屋全体 3 次
7	0.067	14.98	0.447	
8	0.063	15.88	0.105	
9	0.062	16.15	0.027	
10	0.058	17.21	0.020	

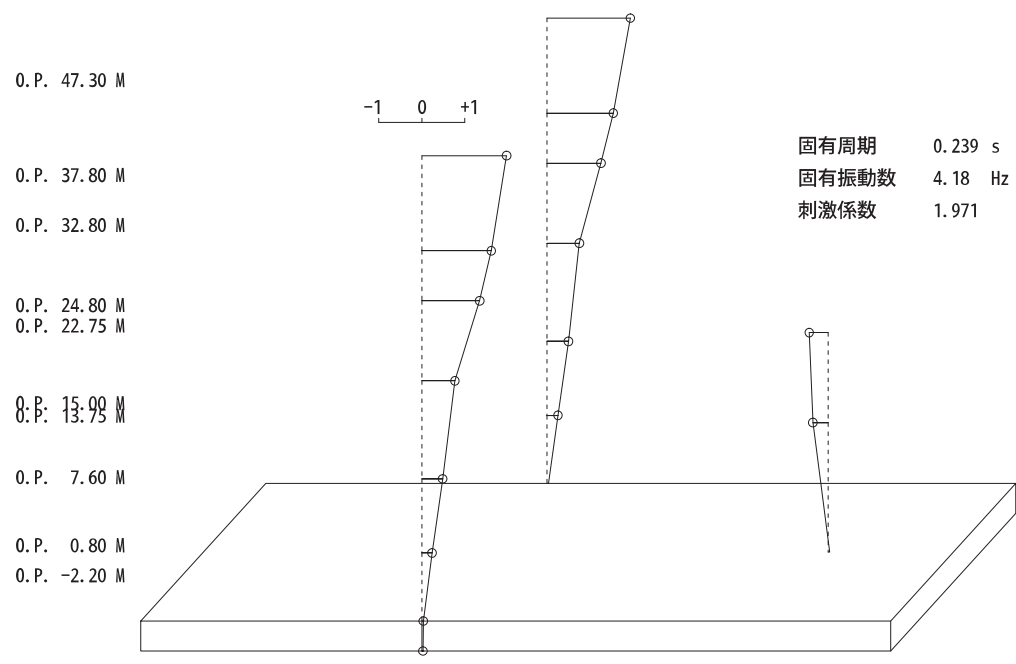
表 2-1(2) 固有値解析結果

(b) EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.283	3.53	2.455	建屋全体 1 次
2	0.245	4.09	1.003	T/G 架台 1 次
3	0.171	5.85	2.659	建屋全体 2 次
4	0.166	6.03	1.153	
5	0.149	6.70	0.725	建屋全体 3 次
6	0.148	6.77	0.507	
7	0.126	7.92	0.006	
8	0.116	8.64	0.224	
9	0.111	8.99	0.246	
10	0.107	9.35	0.462	
11	0.101	9.92	0.469	
12	0.100	10.05	0.807	
13	0.087	11.45	0.256	
14	0.085	11.82	1.300	建屋全体 4 次
15	0.082	12.26	0.197	
16	0.080	12.46	0.029	
17	0.077	12.92	0.085	
18	0.077	13.00	0.518	
19	0.074	13.52	0.195	
20	0.072	13.82	0.281	
21	0.072	13.93	0.389	
22	0.069	14.44	0.181	
23	0.068	14.78	0.126	
24	0.066	15.13	0.209	
25	0.060	16.79	0.587	
26	0.054	18.49	0.179	
27	0.051	19.59	0.782	



1 次



2 次

図 2-1(1) 刺激関数図 (NS 方向)

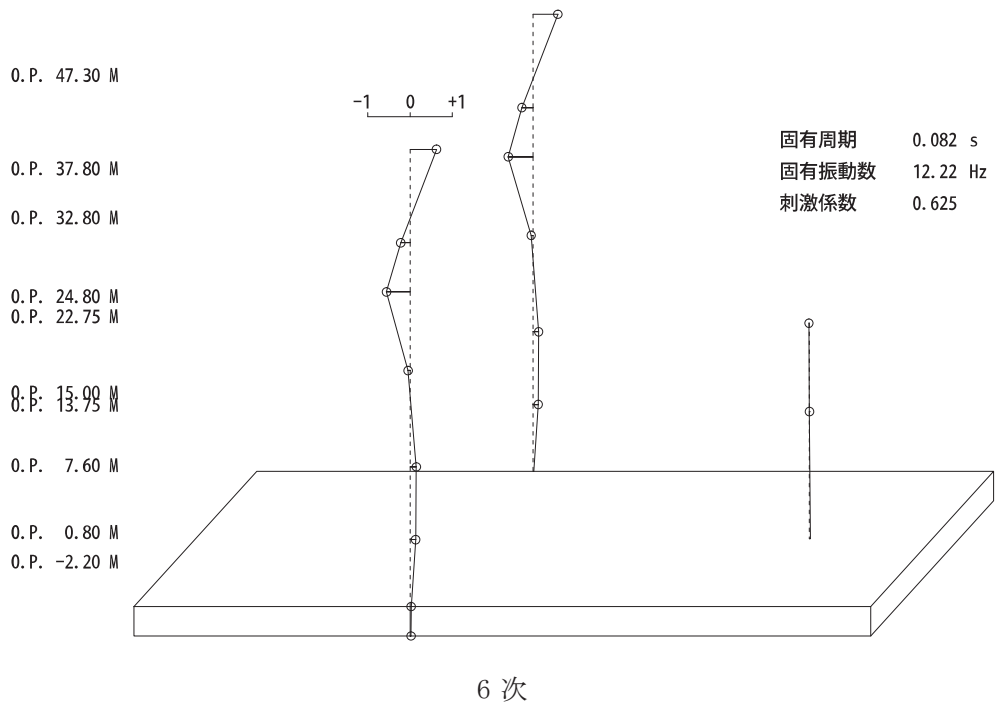
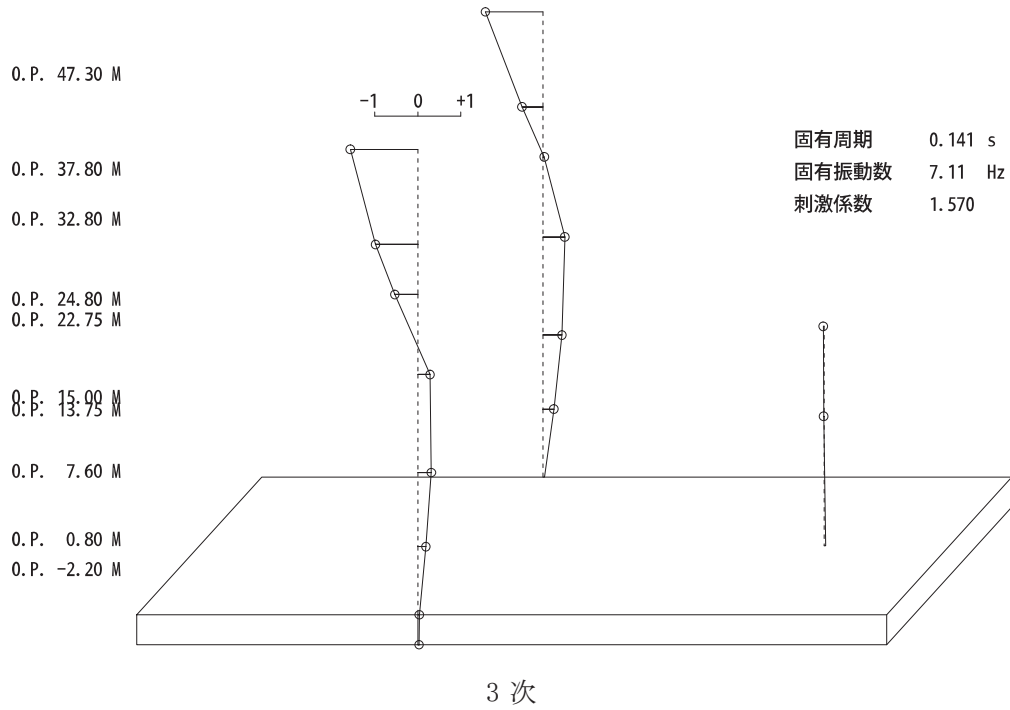
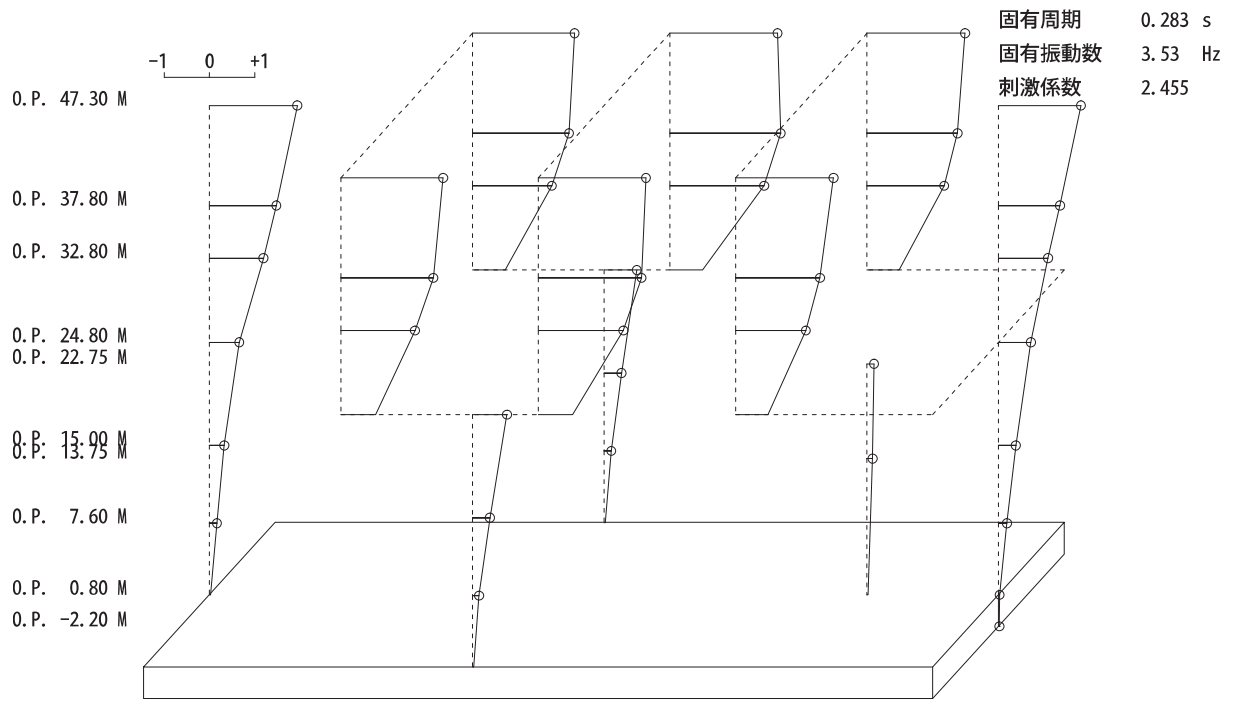
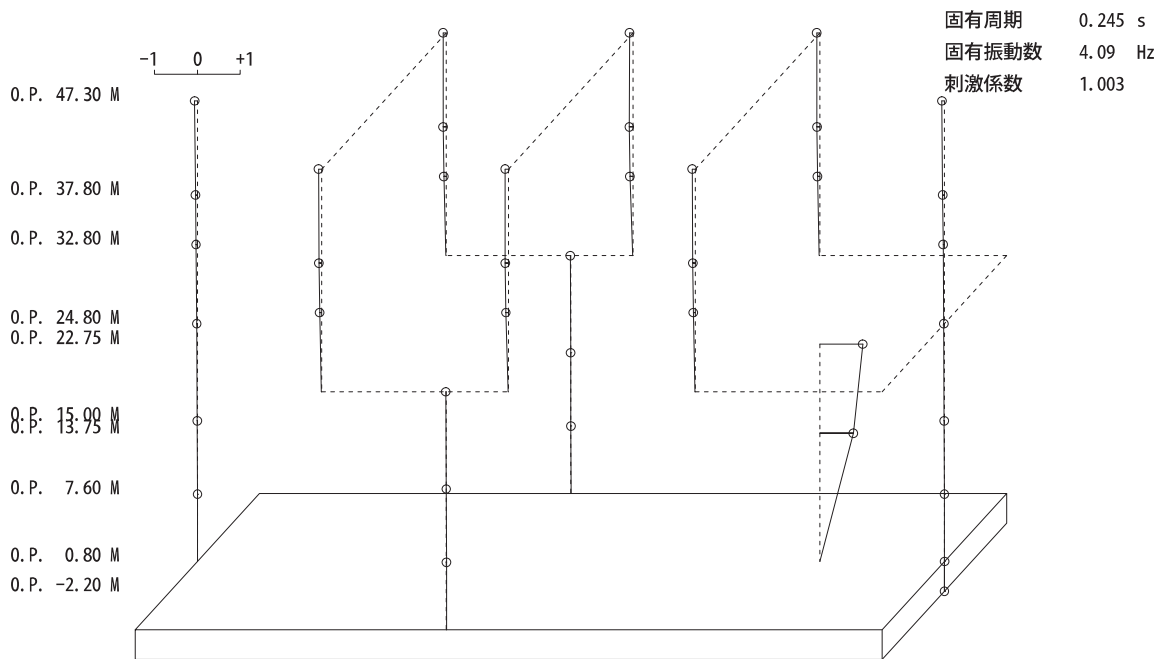


図 2-1(2) 刺激関数図 (NS 方向)

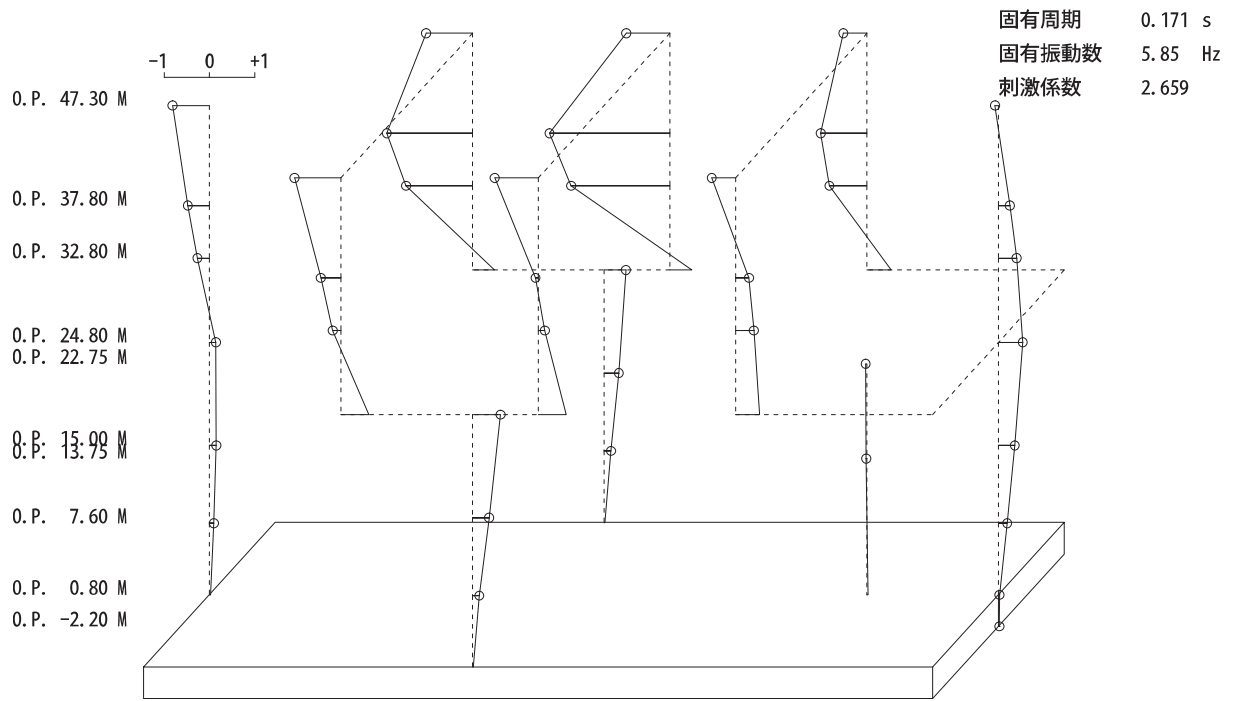


1 次

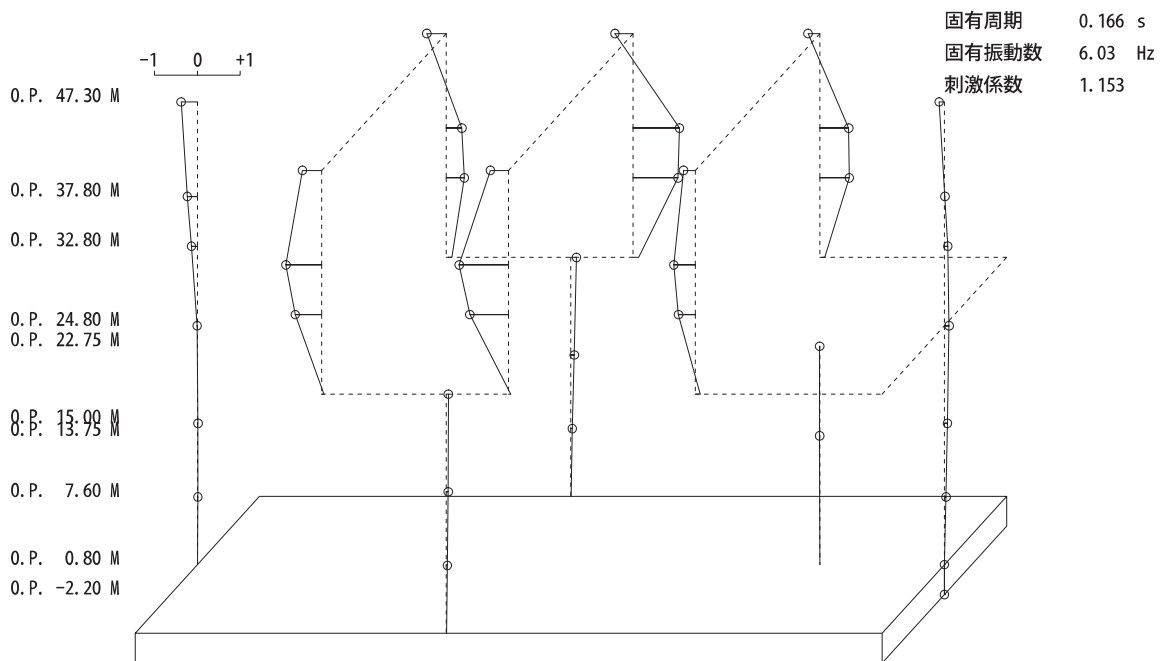


2 次

図 2-2(1) 刺激関数図 (EW 方向)



3 次



4 次

図 2-2(2) 刺激関数図 (EW 方向)

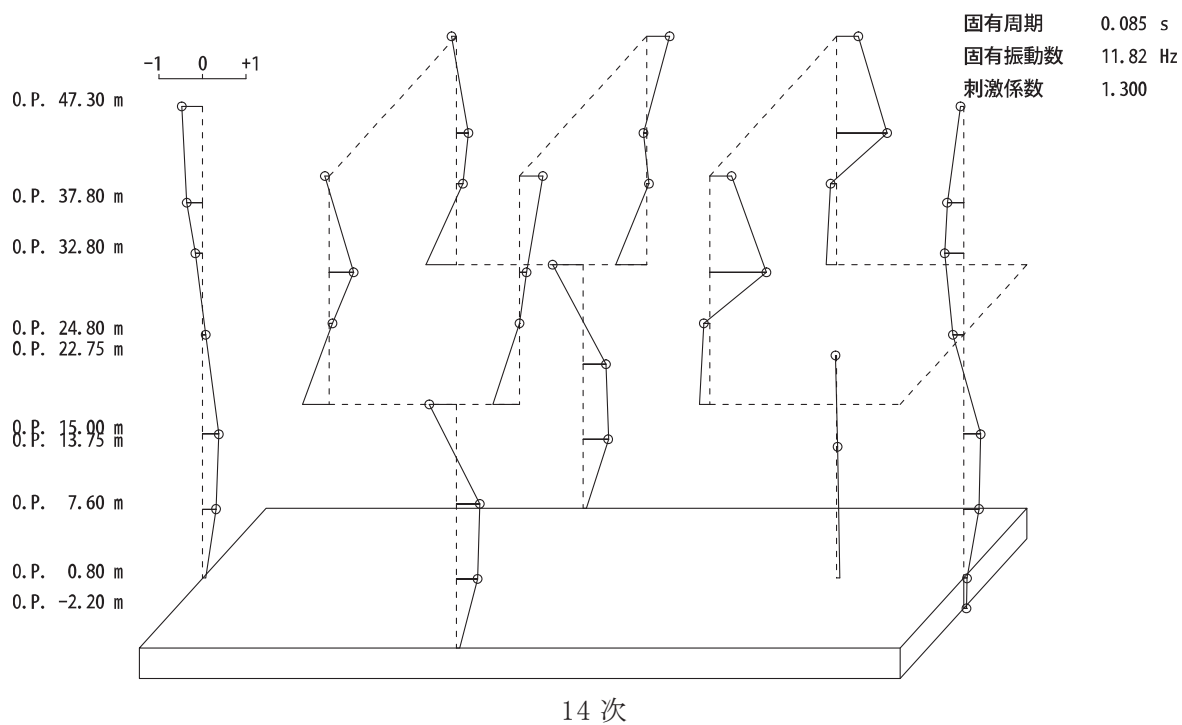
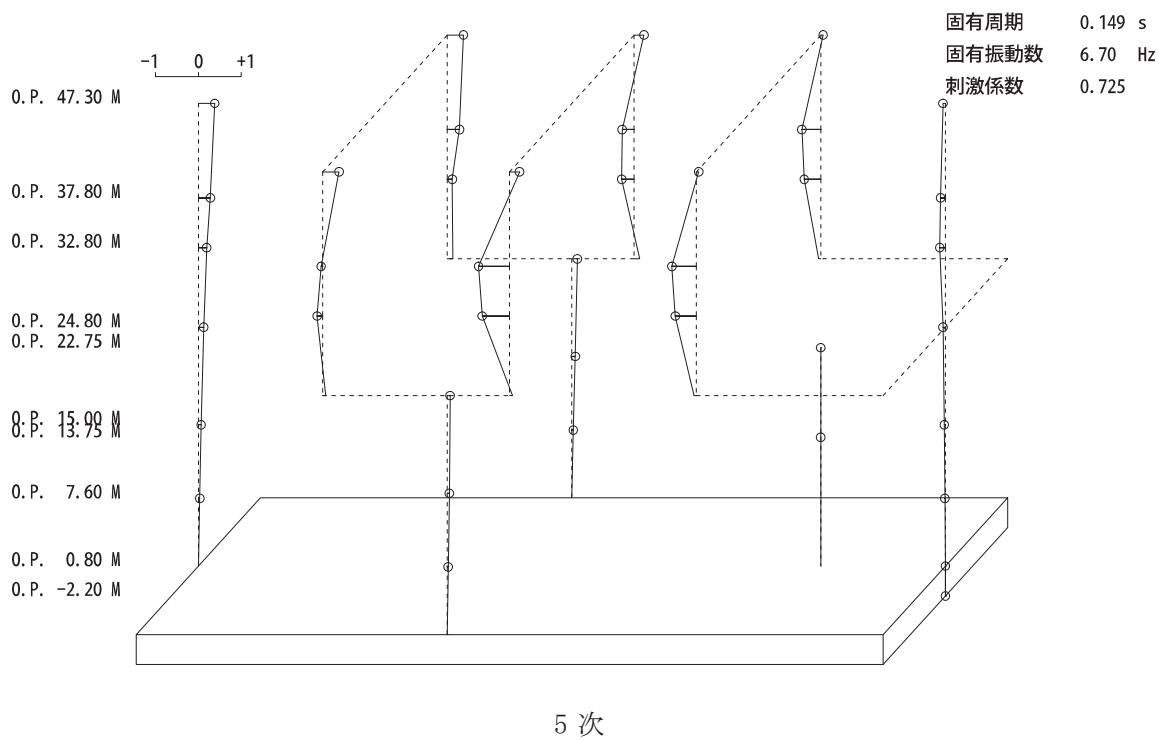
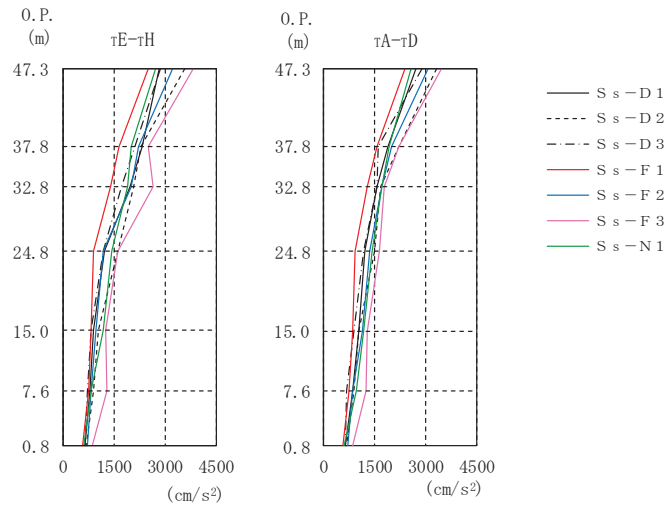


図 2-2(3) 刺激関数図 (EW 方向)

3. 地震応答解析結果

基準地震動 S_s に基づく基本ケースの地震応答解析結果を図 3-1～図 3-8 及び表 3-1～表 3-7 に示す。



部 位	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)							最大値
		S s - D 1	S s - D 2	S s - D 3	S s - F 1	S s - F 2	S s - F 3	S s - N 1	
τE-τH	1	2834	3588	2872	2512	3207	3847	2723	3847
	2	2314	2301	2123	1633	2217	2512	2005	2512
	3	1958	2087	1703	1400	2010	2666	1889	2666
	4	1223	1614	1178	886	1180	1624	1442	1624
	5	898	1021	815	840	951	1235	1173	1235
	6	787	890	699	760	828	1282	833	1282
τA-τD	9	2702	3344	2902	2400	3075	3482	2589	3482
	10	1909	2204	1613	1565	2005	2229	1923	2229
	11	1577	1682	1587	1278	1725	1772	1719	1772
	12	1216	1487	1187	936	1342	1651	1442	1651
	13	1051	1053	906	858	1155	1281	1190	1281
	14	865	897	688	740	841	1238	962	1238

注：網掛け部分は最大値

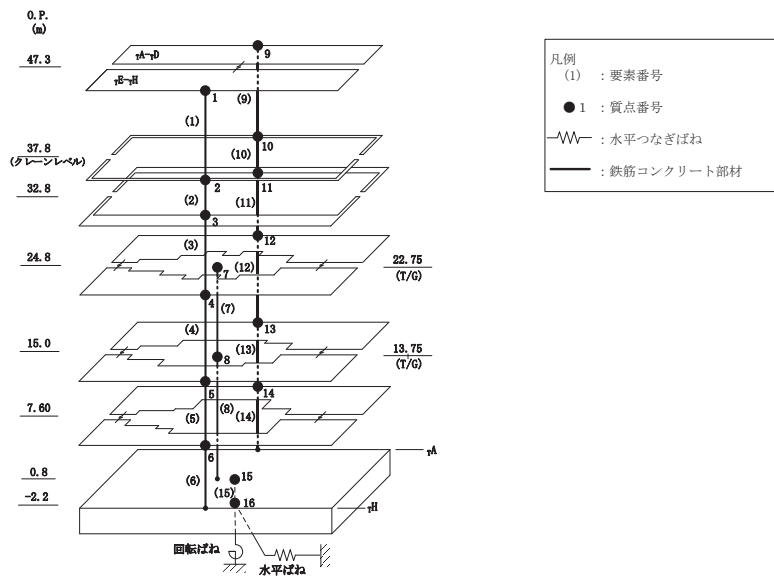
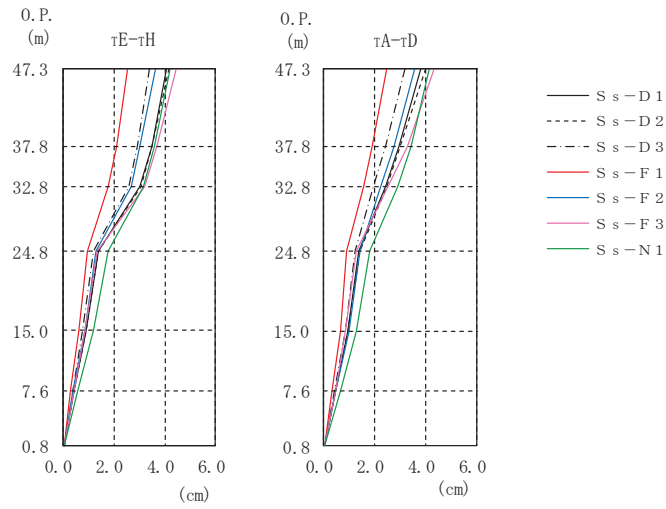


図 3-1 最大応答加速度（基準地震動 S s , NS 方向）



部 位	質点 番号	最大応答変位 (cm)							最大値
		S _s -D 1	S _s -D 2	S _s -D 3	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -F 3	S _s -N 1	
τE-τH	1	4.05	4.15	3.39	2.53	3.64	4.47	4.21	4.47
	2	3.49	3.48	2.95	2.10	3.04	3.71	3.61	3.71
	3	3.03	3.07	2.57	1.80	2.67	3.19	3.16	3.19
	4	1.41	1.41	1.19	0.97	1.30	1.37	1.79	1.79
	5	0.92	0.93	0.78	0.63	0.86	0.87	1.21	1.21
	6	0.45	0.46	0.38	0.31	0.42	0.43	0.61	0.61
τA-τD	9	3.84	4.02	3.19	2.50	3.59	4.36	4.16	4.36
	10	2.97	3.01	2.46	1.94	2.76	3.30	3.44	3.44
	11	2.46	2.48	1.98	1.58	2.26	2.55	2.94	2.94
	12	1.39	1.43	1.25	0.93	1.43	1.31	1.81	1.81
	13	0.96	0.98	0.86	0.67	0.99	0.89	1.27	1.27
14	0.50	0.50	0.44	0.35	0.50	0.47	0.68	0.68	

注：網掛け部分は最大値

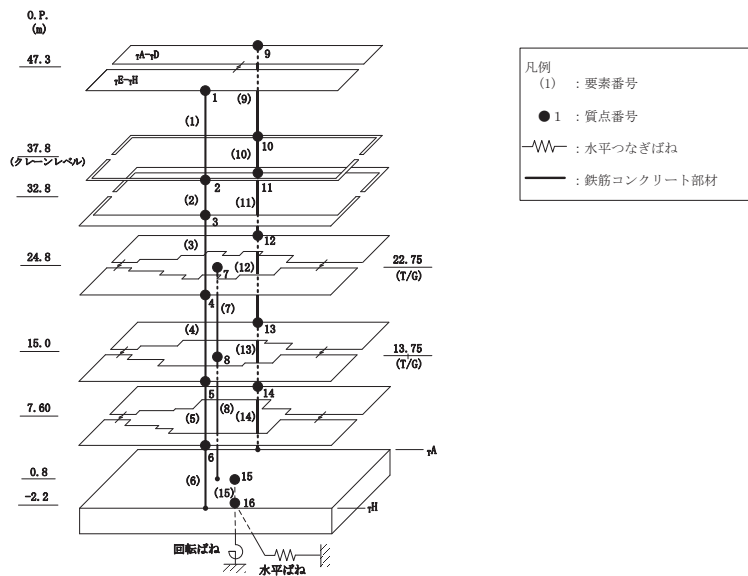
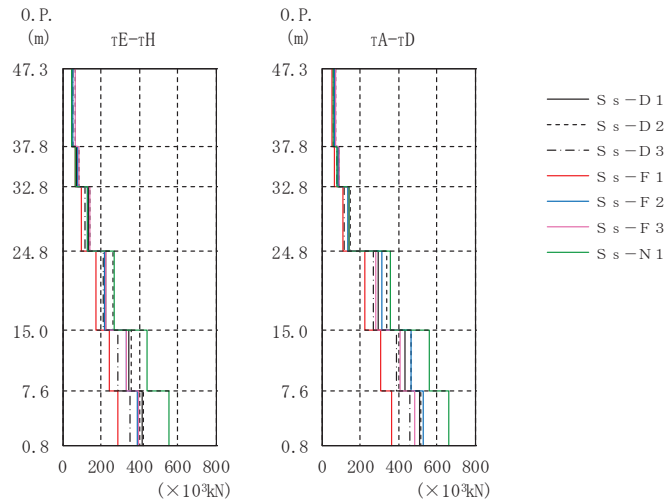


図 3-2 最大応答変位 (基準地震動 S_s, NS 方向)



部 位	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 ³ kN)							最大値
		S _s -D 1	S _s -D 2	S _s -D 3	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -F 3	S _s -N 1	
τE-τH	(1)	44.1	62.7	54.9	44.4	56.0	67.7	46.7	67.7
	(2)	69.1	84.0	72.4	62.7	78.2	85.3	66.0	85.3
	(3)	138	144	117	95.8	132	144	127	144
	(4)	227	262	209	176	221	226	268	268
	(5)	343	361	291	241	335	331	441	441
	(6)	413	424	355	287	389	395	555	555
τA-τD	(9)	65.2	71.2	61.3	54.5	69.0	71.6	58.3	71.6
	(10)	84.9	93.0	78.5	68.7	84.9	91.8	75.6	93.0
	(11)	139	148	115	109	136	142	140	148
	(12)	293	340	270	223	315	282	360	360
	(13)	437	467	393	309	466	408	563	563
	(14)	513	519	460	364	529	485	664	664

注：網掛け部分は最大値

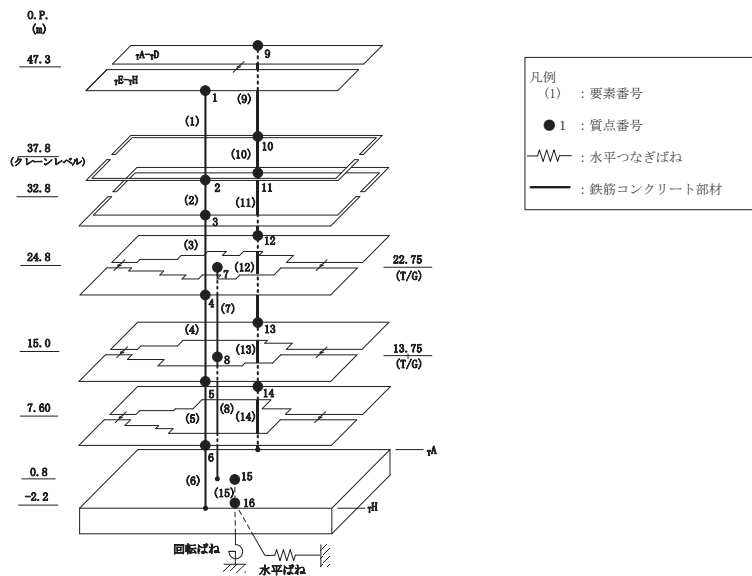


図 3-3 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s, NS 方向)

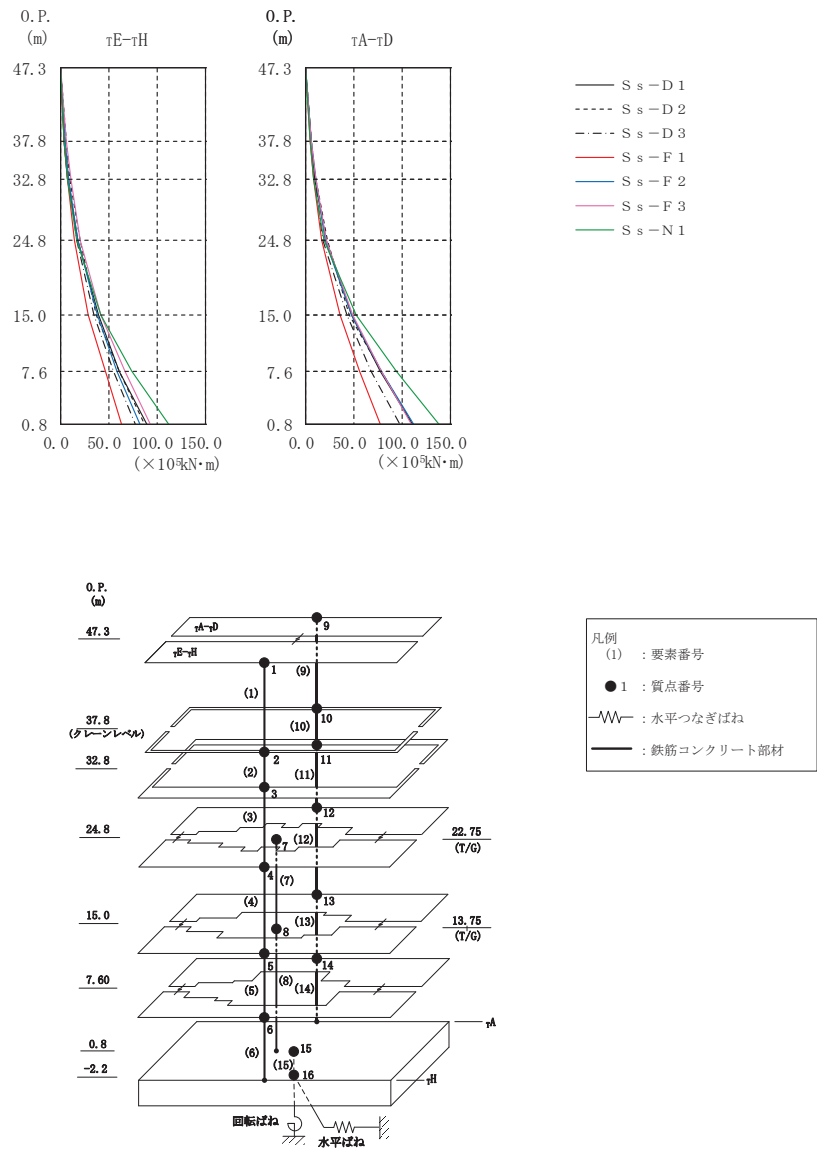


図 3-4 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, NS 方向)

表 3-1 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, NS 方向)

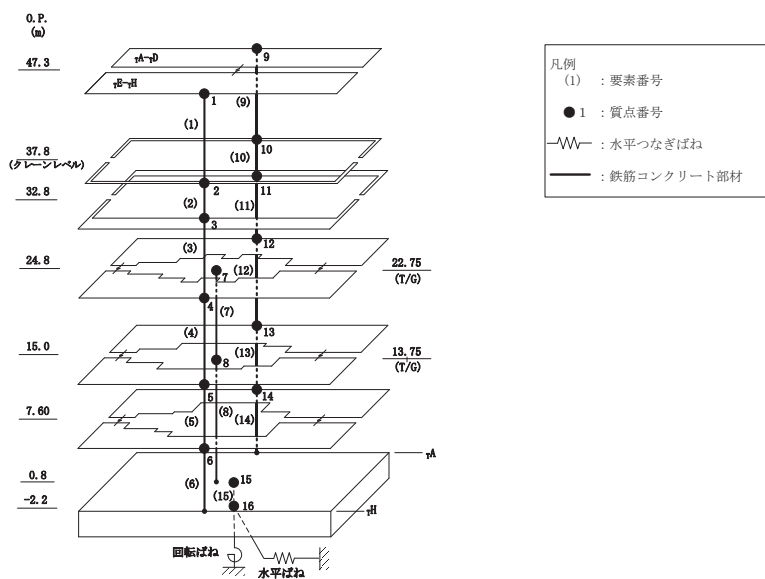
部 位	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁵ kN・m)							最大値
		S _s -D 1	S _s -D 2	S _s -D 3	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -F 3	S _s -N 1	
E ₁ H	(1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		4.19	5.95	5.21	4.22	5.32	6.46	4.43	6.46
	(2)	4.19	5.95	5.21	4.22	5.32	6.46	4.43	6.46
		7.64	10.2	8.83	7.35	9.23	10.7	7.72	10.7
	(3)	7.64	10.2	8.83	7.35	9.23	10.7	7.72	10.7
		18.2	21.0	16.6	14.9	18.5	20.5	16.7	21.0
	(4)	18.2	21.0	16.6	14.9	18.5	20.5	16.7	21.0
		39.3	37.2	34.7	29.6	38.3	42.6	42.1	42.6
	(5)	39.3	37.2	34.7	29.6	38.3	42.6	42.1	42.6
		61.6	61.0	55.4	46.6	58.9	67.1	74.3	74.3
	(6)	61.6	61.0	55.4	46.6	58.9	67.1	74.3	74.3
		89.3	87.1	78.4	64.1	82.2	92.9	112	112
A ₁ D	(9)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		6.19	6.91	5.83	5.18	6.63	6.89	5.54	6.91
	(10)	6.19	6.91	5.83	5.18	6.63	6.89	5.54	6.91
		10.4	11.6	9.72	8.34	10.8	11.5	9.31	11.6
	(11)	10.4	11.6	9.7	8.34	10.8	11.5	9.31	11.6
		21.4	23.6	18.6	16.9	21.2	22.3	19.2	23.6
	(12)	21.4	23.6	18.6	16.9	21.2	22.3	19.2	23.6
		47.8	46.2	43.1	36.1	48.5	49.7	53.1	53.1
	(13)	47.8	46.2	43.1	36.1	48.5	49.7	53.1	53.1
		77.6	78.5	68.9	56.9	78.9	79.0	94.2	94.2
	(14)	77.6	78.5	68.9	56.9	78.9	79.0	94.2	94.2
		111	111	97.9	77.4	113	110	139	139

注：網掛け部分は最大値

表 3-2 最大応答せん断ひずみ一覧（基準地震動 S_s ，NS 方向）

要素 番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
(1)	0.54	0.77	0.67	0.54	0.68	0.84	0.57	0.84
(2)	0.84	1.05	0.88	0.77	0.96	1.10	0.81	1.10
(3)	2.32	2.52	1.66	0.99	2.13	2.50	1.98	2.52
(4)	0.43	0.50	0.40	0.33	0.42	0.43	0.51	0.51
(5)	0.58	0.61	0.49	0.41	0.57	0.56	0.75	0.75
(6)	0.58	0.60	0.50	0.41	0.55	0.56	0.78	0.78
(9)	0.80	1.00	0.75	0.67	0.90	1.01	0.71	1.01
(10)	1.08	1.42	0.96	0.84	1.08	1.37	0.92	1.42
(11)	1.58	1.84	0.98	0.81	1.51	1.68	1.61	1.84
(12)	0.37	0.43	0.34	0.29	0.40	0.36	0.46	0.46
(13)	0.57	0.61	0.51	0.40	0.61	0.53	0.73	0.73
(14)	0.65	0.66	0.58	0.46	0.67	0.61	0.88	0.88

注：網掛け部分は最大値



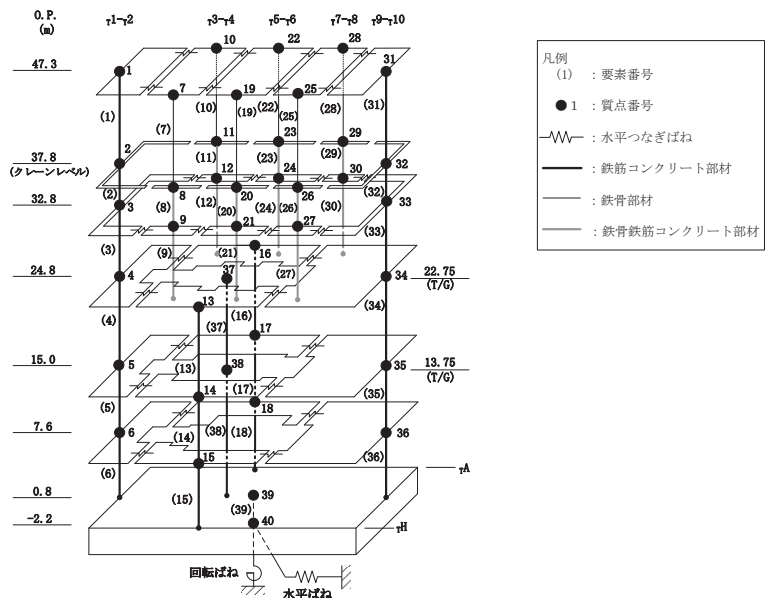
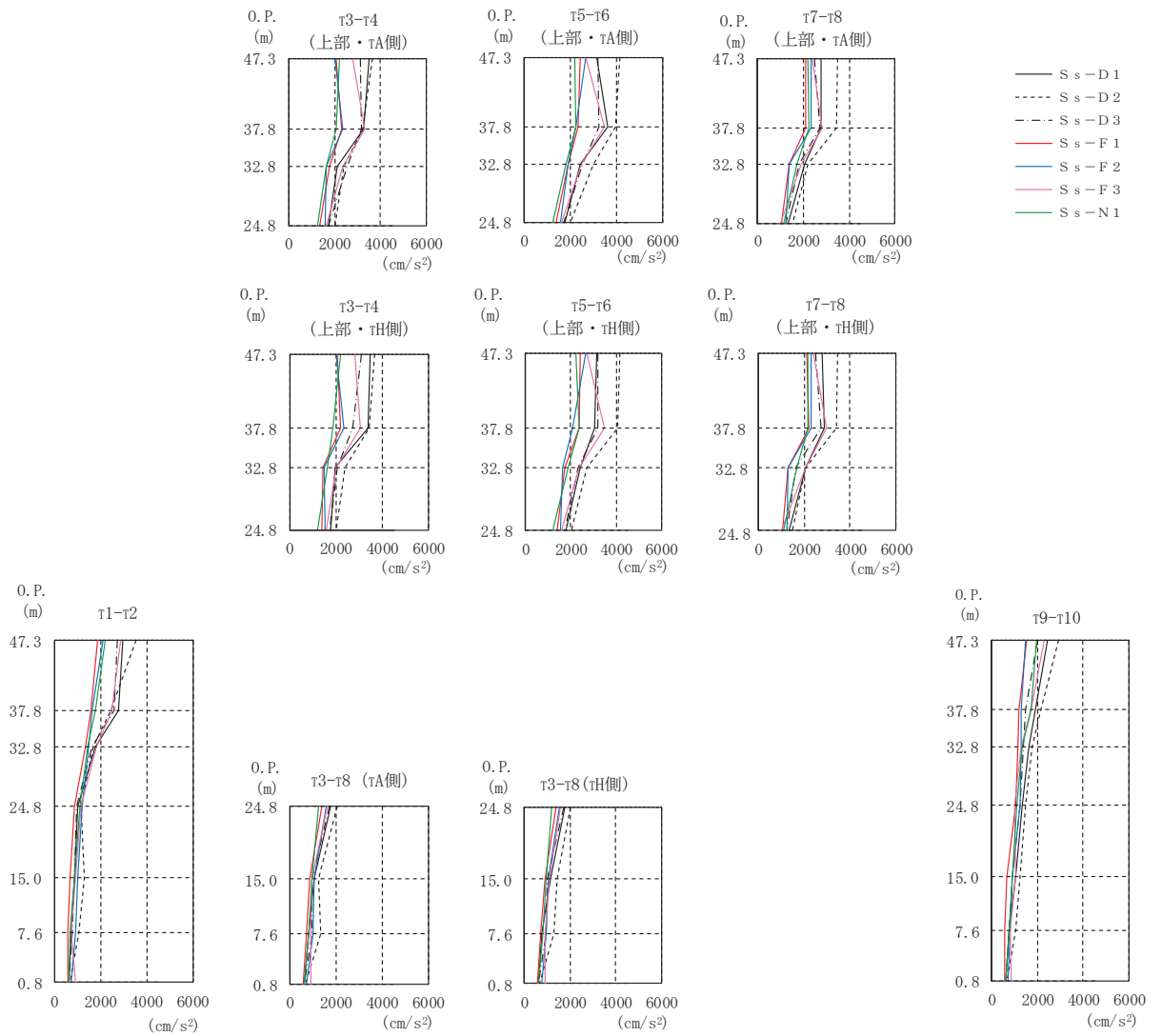


図 3-5 最大応答加速度 (基準地震動 S_s , EW 方向)

表 3-3 最大応答加速度 (基準地震動 S_s , EW 方向)

部 位	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)							
		S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	最大値
τ_{1-2}	1	2960	3529	2705	1871	2100	2842	2180	3529
	2	2782	2428	2559	1597	1613	2501	1754	2782
	3	1765	1657	1644	1358	1480	1821	1423	1821
	4	1013	1154	949	837	1176	1149	1109	1176
	5	869	1294	877	664	990	889	843	1294
	6	694	1071	766	567	903	700	681	1071
τ_{3-4} (上部・ τ_H 側)	7	3490	3663	3119	2061	2009	2803	2184	3663
	8	3364	3439	2715	2198	2325	3056	1862	3439
	9	1976	2408	2063	1453	1482	2027	1623	2408
τ_{3-4} (上部・ τ_A 側)	10	3490	3663	3119	2061	2009	2803	2184	3663
	11	3267	3236	3152	2314	2343	3299	2087	3299
	12	2118	2408	2560	1763	1656	2342	1613	2560
τ_{3-8} (下部・ τ_H 側)	13	1764	2020	1734	1383	1538	1586	1211	2020
	14	1148	1422	994	894	1025	1089	939	1422
	15	772	1294	932	712	942	906	786	1294
τ_{3-8} (下部・ τ_A 側)	16	1747	2027	1728	1368	1564	1638	1227	2027
	17	1070	1252	938	850	1047	969	944	1252
	18	799	1333	962	723	1005	920	807	1333
τ_{5-6} (上部・ τ_H 側)	19	3137	4170	3197	2431	2677	2686	2209	4170
	20	3030	4068	3193	2387	2091	3482	2380	4068
	21	2399	2714	2301	1741	1611	2361	1884	2714
τ_{5-6} (上部・ τ_A 側)	22	3137	4170	3197	2431	2677	2686	2209	4170
	23	3633	3955	3248	2342	2254	3467	2227	3955
	24	2433	3023	2516	1914	1901	2480	1808	3023
τ_{7-8} (上部・ τ_H 側)	25	2784	3471	2499	2110	2323	2385	2181	3471
	26	2878	3418	2739	2188	2283	2969	2172	3418
	27	2091	2054	1661	1310	1323	2054	1688	2091
τ_{7-8} (上部・ τ_A 側)	28	2784	3471	2499	2110	2323	2385	2181	3471
	29	2762	3435	2706	2116	2320	2802	2246	3435
	30	2068	2222	1813	1381	1364	1922	1728	2222
τ_{9-10}	31	2467	2954	2020	1553	1490	2290	1995	2954
	32	1919	2158	1487	1223	1292	1725	1718	2158
	33	1641	1782	1395	1152	1314	1315	1351	1782
	34	1348	1513	1259	1044	1262	1022	1127	1513
	35	1056	1240	941	683	923	1041	940	1240
	36	798	1043	769	591	809	835	772	1043

注：網掛け部分は最大値

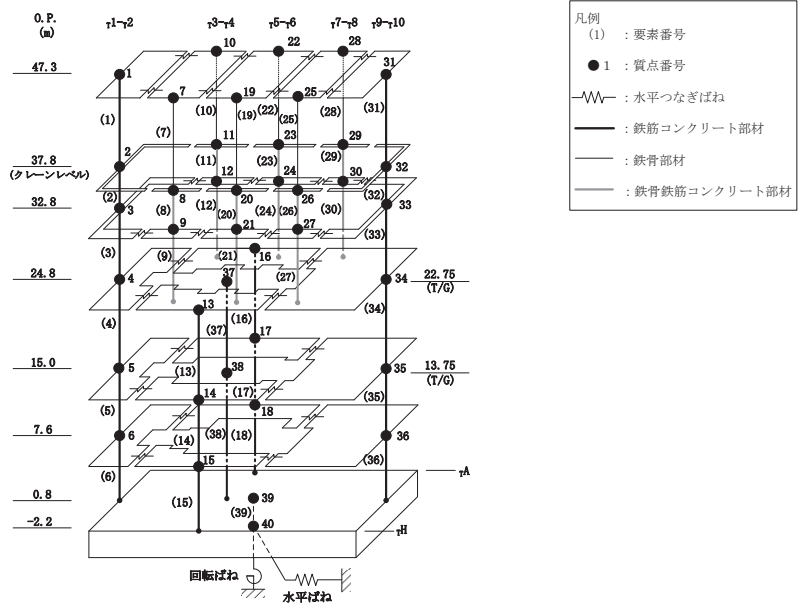
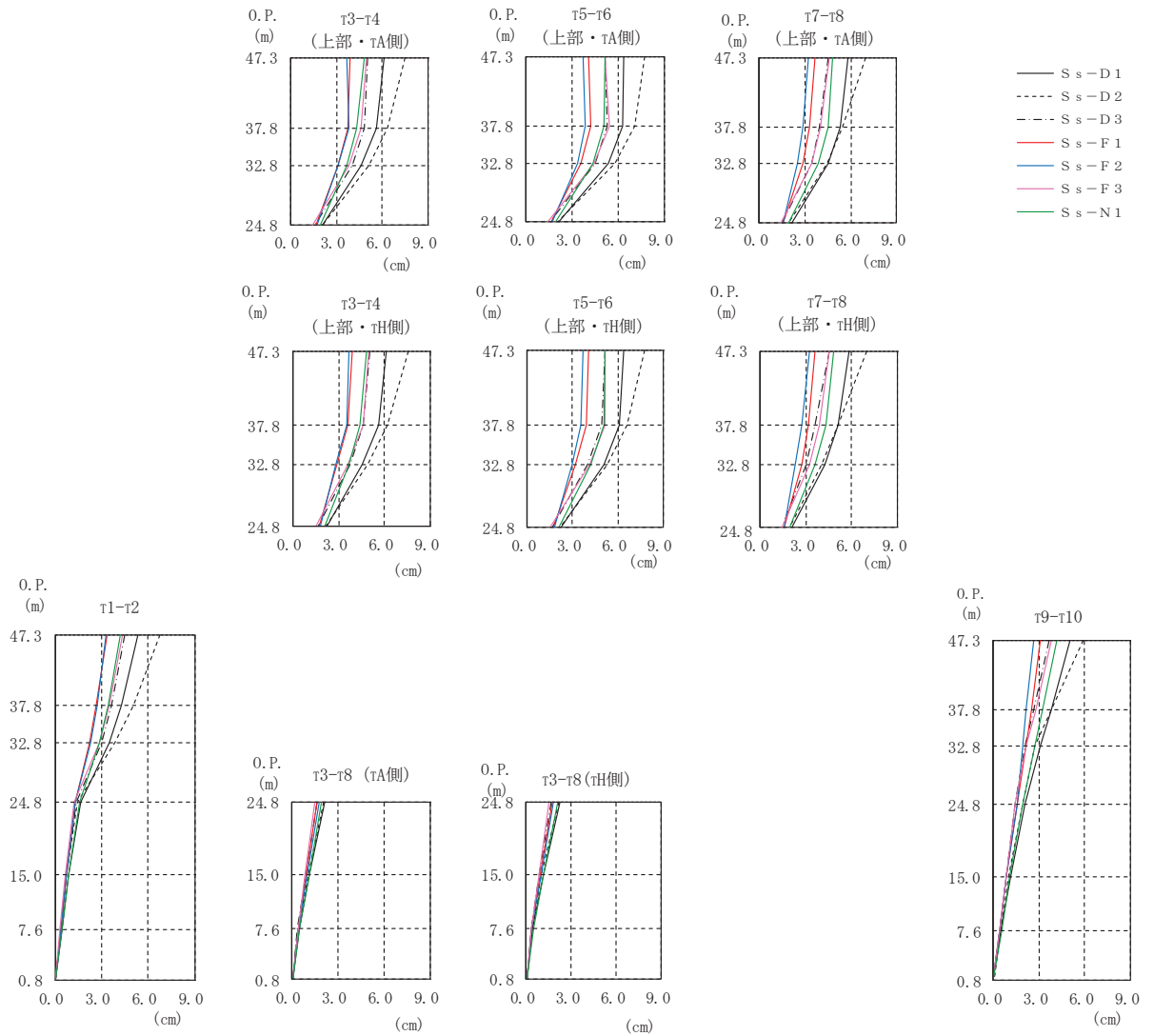


図 3-6 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向)

表 3-4 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向)

部 位	質点 番号	最大応答変位 (cm)							
		S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	最大値
τ_{1-2}	1	5.36	6.73	4.46	3.36	3.30	4.38	4.22	6.73
	2	4.26	5.06	3.61	2.65	2.69	3.52	3.39	5.06
	3	3.48	3.83	3.03	2.21	2.29	2.88	2.87	3.83
	4	1.62	1.41	1.35	1.31	1.33	1.21	1.60	1.62
	5	0.85	0.74	0.70	0.70	0.74	0.64	0.88	0.88
	6	0.43	0.38	0.36	0.37	0.39	0.34	0.46	0.46
τ_{3-4} (上部・ τ_H 側)	7	6.09	7.51	5.07	3.90	3.70	4.96	4.82	7.51
	8	5.61	6.21	4.63	3.56	3.55	4.61	4.39	6.21
	9	4.51	4.86	3.76	2.85	2.83	3.60	3.65	4.86
τ_{3-4} (上部・ τ_A 側)	10	6.09	7.51	5.07	3.90	3.70	4.96	4.82	7.51
	11	5.59	6.30	4.84	3.76	3.80	4.59	4.33	6.30
	12	4.63	5.07	4.02	3.09	3.09	3.78	3.70	5.07
τ_{3-8} (下部・ τ_H 側)	13	2.26	2.16	1.68	1.74	1.80	1.52	2.07	2.26
	14	1.18	1.03	0.89	0.92	0.97	0.86	1.16	1.18
	15	0.44	0.41	0.33	0.36	0.38	0.38	0.48	0.48
τ_{3-8} (下部・ τ_A 側)	16	2.12	2.06	1.62	1.67	1.75	1.47	1.96	2.12
	17	1.18	1.07	0.90	0.93	1.00	0.83	1.16	1.18
	18	0.49	0.45	0.37	0.40	0.43	0.41	0.52	0.52
τ_{5-6} (上部・ τ_H 側)	19	6.38	7.76	5.19	4.09	3.70	5.15	5.13	7.76
	20	6.08	6.64	4.96	3.91	3.57	5.14	5.05	6.64
	21	5.06	5.28	3.96	3.19	2.95	4.10	4.21	5.28
τ_{5-6} (上部・ τ_A 側)	22	6.38	7.76	5.19	4.09	3.70	5.15	5.13	7.76
	23	6.31	7.10	5.29	4.25	3.91	5.42	5.12	7.10
	24	5.34	5.79	4.48	3.58	3.34	4.45	4.38	5.79
τ_{7-8} (上部・ τ_H 側)	25	5.85	6.97	4.51	3.63	3.23	4.56	4.80	6.97
	26	5.08	5.14	3.64	3.17	2.72	3.88	4.31	5.14
	27	4.25	4.07	3.06	2.74	2.29	3.25	3.63	4.25
τ_{7-8} (上部・ τ_A 側)	28	5.85	6.97	4.51	3.63	3.23	4.56	4.80	6.97
	29	5.30	5.44	3.93	3.30	2.86	4.05	4.49	5.44
	30	4.51	4.44	3.41	2.89	2.51	3.47	3.84	4.51
τ_{9-10}	31	5.06	5.88	3.68	3.12	2.68	3.81	4.18	5.88
	32	3.83	3.83	2.68	2.50	2.20	2.80	3.25	3.83
	33	3.11	2.76	2.12	2.14	1.98	2.20	2.72	3.11
	34	2.13	1.92	1.47	1.58	1.58	1.42	1.94	2.13
	35	1.14	1.03	0.85	0.89	0.90	0.86	1.12	1.14
	36	0.55	0.50	0.43	0.44	0.45	0.44	0.56	0.56

注：網掛け部分は最大値

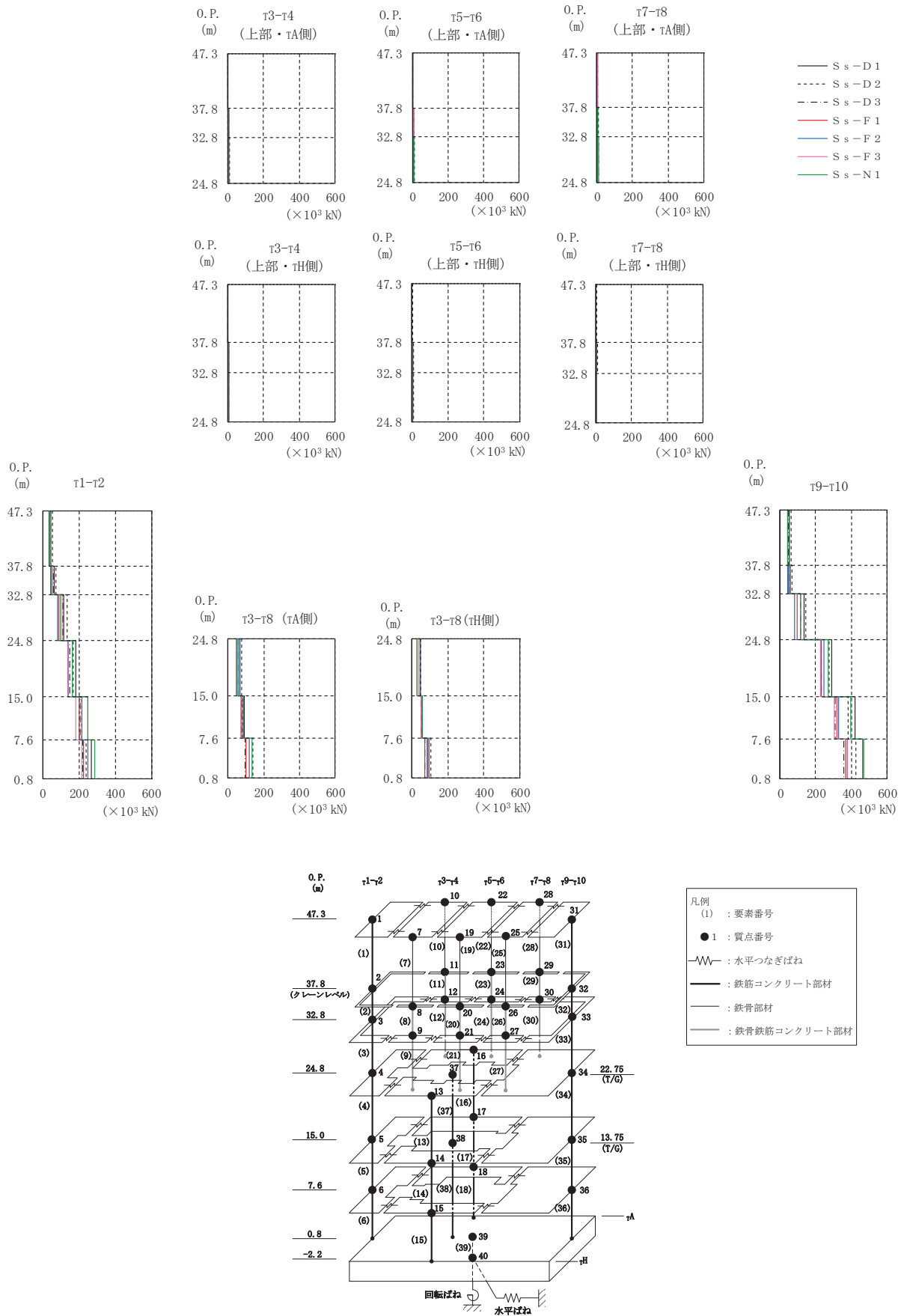


図 3-7 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s , EW 方向)

表 3-5 最大応答せん断力（基準地震動 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-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
τ_{1-2}	(1)	44.4	54.4	42.6	35.0	31.4	43.4	35.8	54.4
	(2)	62.1	70.5	58.5	42.2	41.8	52.9	48.1	70.5
	(3)	116	134	111	86.9	82.1	106	96.6	134
	(4)	181	166	148	140	140	136	162	181
	(5)	248	216	206	201	215	181	249	249
	(6)	269	239	219	223	246	217	288	288
τ_{3-4} (上部・ τ_H 側)	(7)	1.66	2.76	1.37	0.877	1.06	1.35	0.741	2.76
	(8)	6.40	7.71	5.03	3.70	4.29	5.39	3.36	7.71
	(9)	5.21	7.57	5.52	3.85	3.62	4.68	3.42	7.57
τ_{3-4} (上部・ τ_A 側)	(10)	1.26	1.99	1.52	1.04	1.30	1.36	0.993	1.99
	(11)	5.91	7.14	5.48	3.66	3.95	5.08	3.41	7.14
	(12)	6.47	8.79	6.83	4.50	4.43	5.60	4.11	8.79
τ_{3-8} (下部・ τ_H 側)	(13)	45.8	49.3	39.8	30.3	37.1	36.4	29.6	49.3
	(14)	59.0	54.9	51.7	50.2	57.8	51.7	56.8	59.0
	(15)	84.4	105	73.0	71.7	85.7	90.2	93.4	105
τ_{3-8} (下部・ τ_A 側)	(16)	67.1	76.3	59.7	48.3	57.1	54.0	47.6	76.3
	(17)	92.5	83.7	77.4	76.4	88.8	74.3	87.7	92.5
	(18)	122	138	98.2	102	122	120	133	138
τ_{5-6} (上部・ τ_H 側)	(19)	2.02	3.58	1.49	1.04	1.10	1.43	1.23	3.58
	(20)	5.72	7.63	5.53	4.32	3.72	5.14	3.29	7.63
	(21)	6.00	8.22	5.69	4.47	4.18	4.88	3.90	8.22
τ_{5-6} (上部・ τ_A 側)	(22)	1.28	2.32	1.40	1.17	1.22	1.54	1.16	2.32
	(23)	5.80	7.81	5.27	3.68	3.76	4.96	3.09	7.81
	(24)	7.63	10.2	7.33	5.21	5.46	6.35	4.85	10.2
τ_{7-8} (上部・ τ_H 側)	(25)	2.57	3.45	2.09	0.973	1.02	1.94	1.10	3.45
	(26)	5.52	8.70	4.70	4.13	4.52	4.77	4.01	8.70
	(27)	4.84	5.95	3.98	2.89	2.65	3.89	3.56	5.95
τ_{7-8} (上部・ τ_A 側)	(28)	1.92	2.93	1.39	0.632	0.683	1.43	0.795	2.93
	(29)	5.13	8.18	4.59	3.88	4.14	4.49	3.80	8.18
	(30)	5.71	7.01	4.86	3.57	3.37	4.65	4.11	7.01
τ_{9-10}	(31)	51.4	63.7	49.5	41.0	41.7	44.6	41.7	63.7
	(32)	58.2	69.2	53.3	45.5	44.4	51.7	49.5	69.2
	(33)	136	144	116	95.4	81.5	117	115	144
	(34)	289	277	233	233	247	229	270	289
	(35)	421	380	310	319	329	306	395	421
	(36)	465	426	356	366	378	378	472	472

注：網掛け部分は最大値

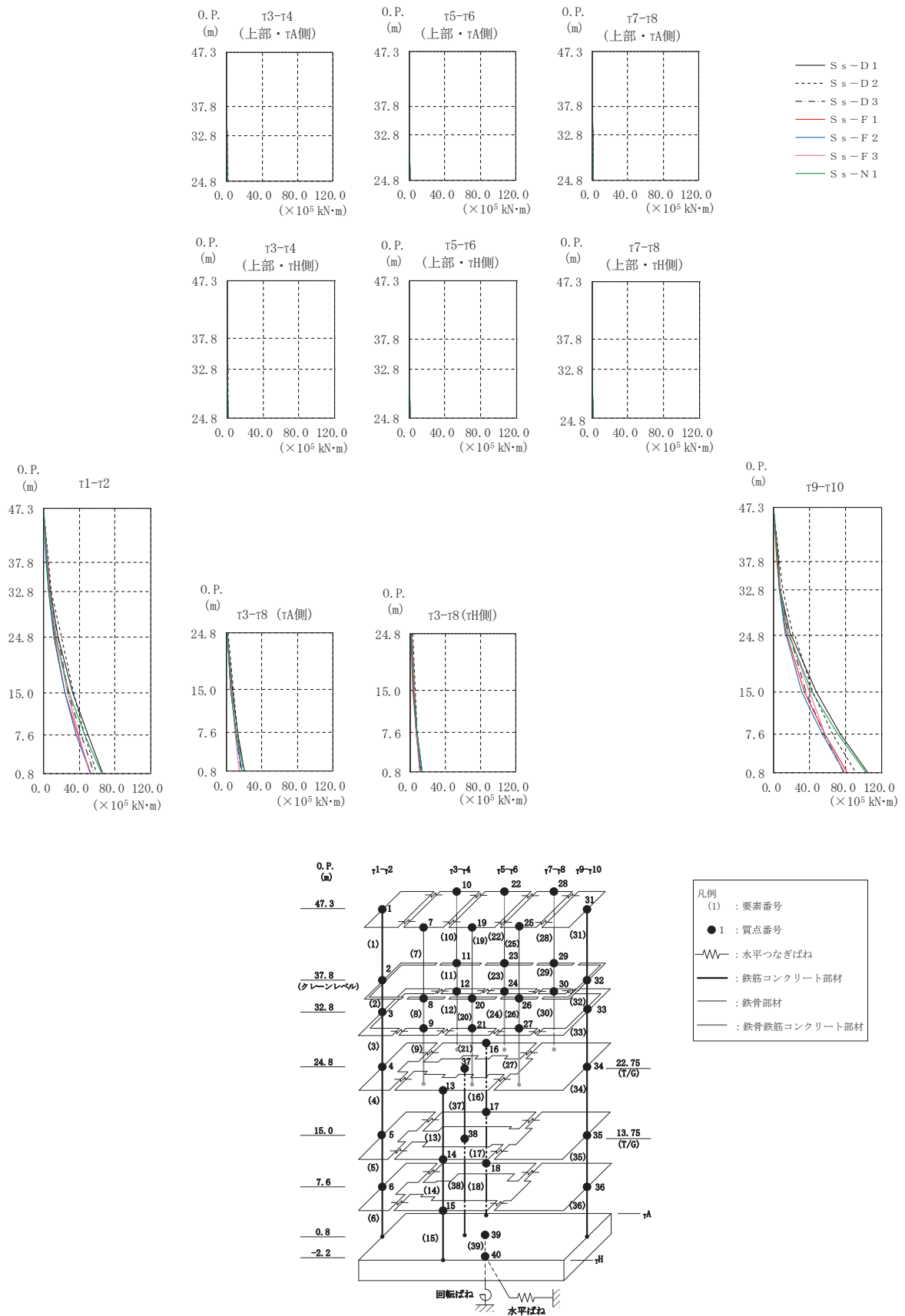


図 3-8 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, EW 方向)

表 3-6(1) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

部 位	要素 番号	最大応答曲げモーメント ($10^5\text{kN}\cdot\text{m}$)							最大値
		S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
$\tau_{1-\tau_2}$	(1)	0.000 4.23	0.000 5.27	0.000 4.08	0.000 3.33	0.000 2.98	0.000 4.15	0.000 3.40	0.000 5.27
	(2)	4.23 7.13	5.27 8.74	4.08 6.83	3.33 5.39	2.98 5.05	4.15 6.63	3.40 5.78	5.27 8.74
	(3)	7.13 16.5	8.74 19.5	6.83 15.6	5.39 12.0	5.05 11.2	6.63 14.6	5.78 13.5	8.74 19.5
	(4)	16.5 32.7	19.5 33.3	15.6 27.6	12.0 23.5	11.2 23.5	14.6 27.1	13.5 28.4	19.5 33.3
	(5)	32.7 49.8	33.3 45.9	27.6 41.9	23.5 38.2	23.5 36.5	27.1 39.1	28.4 45.9	33.3 49.8
	(6)	49.8 66.5	45.9 59.8	41.9 56.8	38.2 53.2	36.5 52.9	39.1 51.6	45.9 65.1	49.8 66.5
$\tau_{3-\tau_4}$ (上部・ τ_H 側)	(7)	0.001 0.158	0.000 0.261	0.001 0.130	0.001 0.083	0.000 0.101	0.000 0.128	0.000 0.070	0.001 0.261
	(8)	0.158 0.334	0.262 0.535	0.130 0.289	0.083 0.207	0.101 0.224	0.128 0.330	0.070 0.153	0.262 0.535
	(9)	0.334 0.728	0.535 1.14	0.289 0.727	0.207 0.514	0.224 0.511	0.330 0.701	0.153 0.397	0.535 1.14
$\tau_{3-\tau_4}$ (上部・ τ_A 側)	(10)	0.001 0.120	0.001 0.189	0.001 0.144	0.000 0.099	0.000 0.123	0.000 0.129	0.000 0.094	0.001 0.189
	(11)	0.120 0.281	0.189 0.502	0.144 0.260	0.099 0.198	0.124 0.195	0.129 0.265	0.095 0.124	0.189 0.502
	(12)	0.281 0.771	0.502 1.20	0.260 0.785	0.198 0.555	0.195 0.543	0.265 0.696	0.124 0.449	0.502 1.20
$\tau_{3-\tau_8}$ (下部・ τ_H 側)	(13)	1.43 4.39	2.31 5.24	1.46 4.43	1.07 3.11	1.05 3.41	1.33 4.36	0.777 3.55	2.31 5.24
	(14)	4.39 7.87	5.24 7.81	4.43 6.82	3.11 6.78	3.41 6.94	4.36 6.38	3.55 7.13	5.24 7.87
	(15)	7.87 13.1	7.81 12.2	6.82 11.1	6.78 11.5	6.94 11.9	6.38 10.8	7.13 13.3	7.87 13.3
$\tau_{3-\tau_8}$ (下部・ τ_A 側)	(16)	1.55 6.66	2.47 8.02	1.55 6.48	1.13 4.97	1.13 5.46	1.34 6.40	0.891 5.45	2.47 8.02
	(17)	6.66 12.6	8.02 12.7	6.48 10.7	4.97 10.6	5.46 11.1	6.40 10.2	5.45 11.3	8.02 12.7
	(18)	12.6 20.2	12.7 19.1	10.7 16.8	10.6 17.3	11.1 18.1	10.2 15.1	11.3 20.1	12.7 20.2

注：網掛け部分は最大値

表 3-6(2) 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)

部 位	要素 番号	最大応答曲げモーメント ($10^5\text{kN}\cdot\text{m}$)							最大値
		S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
$\tau^5-\tau^6$ (上部・ τ^H 側)	(19)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.192	0.341	0.142	0.100	0.104	0.135	0.117	0.341
	(20)	0.191	0.340	0.142	0.099	0.104	0.136	0.117	0.340
$\tau^5-\tau^6$ (上部・ τ^A 側)	(21)	0.375	0.555	0.287	0.216	0.209	0.312	0.120	0.555
		0.710	1.18	0.729	0.556	0.543	0.630	0.388	1.18
	(22)	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
$\tau^5-\tau^6$ (上部・ τ^H 側)	(23)	0.122	0.221	0.133	0.111	0.116	0.146	0.110	0.221
		0.275	0.458	0.196	0.183	0.154	0.218	0.107	0.458
	(24)	0.275	0.458	0.196	0.183	0.154	0.218	0.107	0.458
$\tau^7-\tau^8$ (上部・ τ^H 側)	(25)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.244	0.328	0.199	0.092	0.097	0.184	0.105	0.328
	(26)	0.244	0.328	0.199	0.092	0.097	0.184	0.105	0.328
$\tau^7-\tau^8$ (上部・ τ^A 側)	(27)	0.403	0.716	0.380	0.263	0.297	0.299	0.252	0.716
		0.760	1.18	0.662	0.493	0.506	0.579	0.535	1.18
	(28)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\tau^7-\tau^8$ (上部・ τ^A 側)	(29)	0.183	0.278	0.132	0.060	0.065	0.136	0.076	0.278
		0.332	0.637	0.314	0.234	0.236	0.236	0.211	0.637
	(30)	0.332	0.637	0.314	0.234	0.236	0.236	0.211	0.637
$\tau^9-\tau^{10}$	(31)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		4.88	6.17	4.75	3.89	3.96	4.25	3.97	6.17
	(32)	4.88	6.17	4.75	3.89	3.96	4.25	3.97	6.17
		7.67	9.76	7.32	6.10	6.18	6.86	6.39	9.76
	(33)	7.67	9.76	7.32	6.10	6.18	6.86	6.39	9.76
		18.4	21.2	16.6	13.7	12.7	16.3	15.5	21.2
	(34)	19.9	23.5	17.9	14.7	13.7	17.4	16.5	23.5
46.9		44.0	36.0	33.7	30.9	39.3	42.8	46.9	
(35)	46.9	44.0	36.0	33.7	30.9	39.3	42.8	46.9	
	74.2	65.9	56.1	57.1	54.2	57.3	71.2	74.2	
(36)	74.2	65.9	56.1	57.1	54.2	57.3	71.2	74.2	
		105	91.6	77.9	81.8	78.6	78.6	103	105

注：網掛け部分は最大値

表 3-7(1) 最大応答せん断ひずみ一覧 (基準地震動 S_s , EW 方向)

要素 番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
(1)	0.82	1.46	0.70	0.55	0.50	0.75	0.57	1.46
(2)	1.63	2.13	1.42	0.67	0.66	1.09	0.80	2.13
(3)	2.48	3.16	2.29	1.39	1.21	2.11	1.75	3.16
(4)	0.62	0.57	0.51	0.48	0.48	0.46	0.55	0.62
(5)	0.45	0.39	0.37	0.36	0.39	0.33	0.45	0.45
(6)	0.52	0.47	0.43	0.43	0.48	0.42	0.56	0.56
(13)	0.29	0.31	0.25	0.19	0.23	0.23	0.19	0.31
(14)	0.34	0.32	0.30	0.29	0.33	0.30	0.33	0.34
(15)	0.33	0.41	0.28	0.28	0.33	0.35	0.36	0.41
(16)	0.27	0.31	0.24	0.19	0.23	0.22	0.19	0.31
(17)	0.40	0.36	0.33	0.33	0.38	0.32	0.38	0.40
(18)	0.44	0.50	0.36	0.37	0.44	0.43	0.48	0.50

注：網掛け部分は最大値

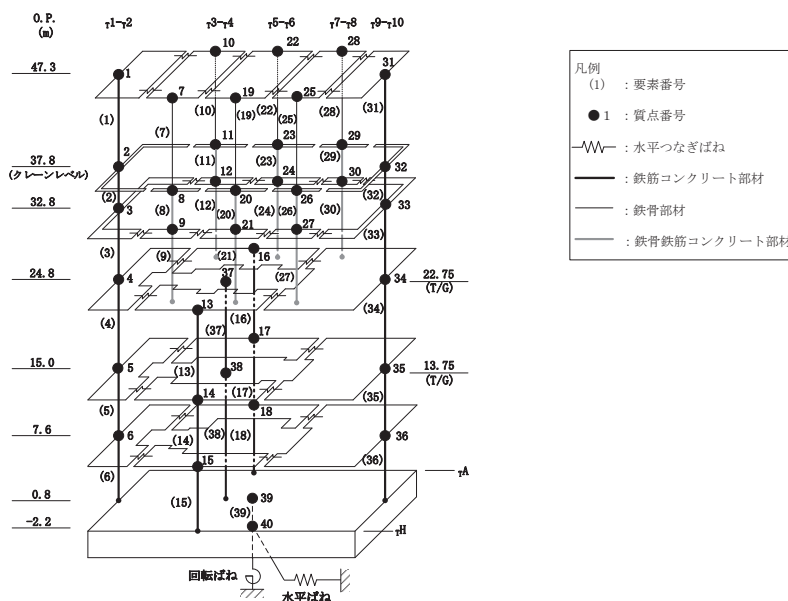
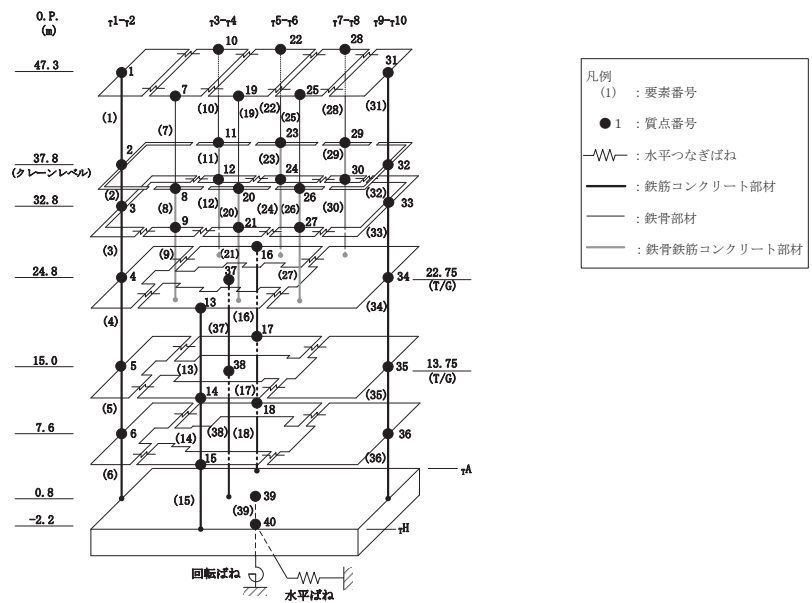


表 3-7(2) 最大応答せん断ひずみ一覧 (基準地震動 S_s , EW 方向)

要素 番号	最大応答せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
(31)	1.27	2.04	1.14	0.65	0.66	0.83	0.66	2.04
(32)	1.40	2.05	1.11	0.72	0.70	1.02	0.89	2.05
(33)	1.46	1.68	0.93	0.62	0.53	0.97	0.90	1.68
(34)	0.91	0.76	0.55	0.55	0.58	0.54	0.65	0.91
(35)	0.67	0.60	0.49	0.51	0.52	0.49	0.63	0.67
(36)	0.70	0.64	0.53	0.55	0.57	0.57	0.71	0.71

注：網掛け部分は最大値



別紙 5 タービン建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさ
に関する検討

目次

1. 概要.....	別紙 5- 1
1.1 検討概要.....	別紙 5- 1
1.2 検討方針.....	別紙 5- 2
2. 材料物性の不確かさの分析.....	別紙 5- 3
2.1 建屋剛性の不確かさ.....	別紙 5- 3
2.2 地盤物性の不確かさ.....	別紙 5- 3
3. 材料物性の不確かさの設定.....	別紙 5- 4
3.1 不確かさを考慮した地震応答解析.....	別紙 5- 4
3.2 材料物性の不確かさの設定.....	別紙 5- 5
4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討.....	別紙 5- 7
4.1 検討概要.....	別紙 5- 7
4.2 不確かさの影響検討.....	別紙 5- 9
4.3 まとめ.....	別紙 5-45

別紙 5-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について

別紙 5-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

1. 概要

1.1 検討概要

本資料は、タービン建屋の地震応答解析における材料物性の不確かさに関する検討について説明するものである。

地震応答解析に用いる材料定数は材料物性の不確かさの変動幅を適切に考慮することとしているが、本資料では、地震応答解析結果に影響を及ぼす建屋剛性（コンクリート剛性）及び地盤物性（地盤のせん断波速度）の不確かさについて検討を行うとともに、その変動幅を設定し、地震応答解析結果における影響を検討する。

1.2 検討方針

建物・構築物の耐震性評価に用いる動的地震力は、各建物・構築物の地震応答解析（時刻歴応答解析法）により求められており、地盤物性、建物・構築物の剛性、地盤のばね定数及び減衰定数、地震動の位相特性などの影響を受ける。

地震応答解析モデルの建屋剛性は、シミュレーション解析に基づき設定しているが、今後の地震の発生により更に剛性が変動することが考えられる。

また、建物・構築物と地盤との相互作用を考慮したモデルによる地震応答解析において、地盤物性は実測した地盤のせん断波速度を用いて算出していることから、地盤のせん断波速度の不確かさが建屋応答へ影響を及ぼすことが考えられる。

以上より、建屋剛性の不確かさ要因としてはコンクリート剛性を、地盤物性の不確かさ要因としては地盤のせん断波速度を考慮することとし、それぞれの不確かさが建屋固有振動数に及ぼす影響について考察を行う。また、建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮したモデルにより地震応答解析を実施し、建屋応答に及ぼす影響について確認する。

2. 材料物性の不確かさの分析

2.1 建屋剛性の不確かさ

初期剛性の多少の違いが応答結果に与える影響は小さいが、一方で、過去の中小地震も含めた記録では時間経過に伴い剛性が低下する傾向の他に、更新地震によっても剛性が低下する傾向が認められていることから、初期剛性低下の影響を保守的に反映するモデルを不確かさケースとして採用する。

具体的には、更なる剛性低下として、基本モデルを用いた基準地震動 S_s の応答結果として得られる剛性低下を考慮する。また、不確かさモデルへの適用にあたっては、この非線形化による剛性低下を初期剛性低下とみなし、全ての耐震壁におけるスケルトン曲線の初期剛性の低下として一律に考慮することにより保守性を確保する。

建屋剛性の不確かさを考慮することにより、部材の発生応力については、剛性の不確かさを考慮することにより、不確かさを考慮しないケース（以下「基本ケース」という。）に対して変動すると考えられるが、耐力については変動しない。また、変位及びせん断ひずみについては、剛性が低下することから、基本ケースよりも大きくなると考えられる。

よって、建屋の応答評価において、建屋剛性の不確かさを考慮する。

2.2 地盤物性の不確かさ

地盤物性の不確かさについては、地盤のせん断波速度が変動することにより、地盤物性が変動する。これに対応して、建屋への入力地震動の特性が変動し、建屋応答も変動すると考えられる。

よって、建屋の応答評価において、地盤物性の不確かさを考慮する。

3. 材料物性の不確かさの設定

3.1 不確かさを考慮した地震応答解析

不確かさを考慮したケースの質点系モデルによる地震応答解析は、基本ケースにおける建屋応答を確認したうえで、応答への影響の大きい入力動に対して実施する（「別紙 5-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定について」参照）。

質点系モデルによる地震応答解析により得られた最大応答値は、基本ケース及び材料物性の不確かさを考慮したケース（以下「検討ケース」という。）ごとに異なるため、保守的な評価として、各質点において、検討ケースごとに得られた応答値のうち最大の応答値から算出される地震荷重を採用することとする。

材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を「別紙 5-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果」に示す。

3.2 材料物性の不確かさの設定

材料物性の不確かさを考慮した質点系モデルの応答値の算出に当たり、建屋剛性および地盤のせん断波速度の不確かさを設定する。

建屋剛性の不確かさは、シミュレーション解析に基づいて設定した基本ケースの初期剛性に基準地震動 S_s に対する各部材の最大応答ひずみに基づく剛性の低下から算出した初期剛性補正係数（0.81倍）を乗じて設定する。シミュレーション解析に基づき設定した基本ケースの初期剛性を表 3-1 に示し、不確かさを考慮した初期剛性を表 3-2 に示す。

表 3-1 基本モデルの初期剛性

部位	方向	初期剛性 補正係数	ヤング係数 E ($\times 10^4$ N/mm ²)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²)
O. P. 24.8m より下部	NS	0.35	0.93	0.40
	EW	0.40	1.06	0.46
O. P. 24.8m より上部	NS	0.30	0.79	0.34
	EW	0.35	0.93	0.40
T/G 架台	NS	1.00	2.65	2.65
	EW	—	—	—

表 3-2 基準地震動 S_s による更なる剛性低下を考慮した初期剛性

部位	方向	初期剛性 補正係数	ヤング係数 E ($\times 10^4$ N/mm ²)	せん断弾性係数 G ($\times 10^4$ N/mm ²)
O. P. 24.8m より下部	NS	0.28	0.74	0.32
	EW	0.32	0.85	0.36
O. P. 24.8m より上部	NS	0.24	0.64	0.27
	EW	0.28	0.74	0.32
T/G 架台	NS	1.00	2.65	2.65
	EW	—	—	—

地盤物性の不確かさの影響検討においては、弾性波速度試験結果に基づく地盤のせん断波速度の不確かさを考慮する。

基本ケースでは、地盤調査結果の平均値を基に設定した地盤のせん断波速度により地盤物性を設定している。地盤物性の不確かさ検討に当たっては、初期せん断波速度に対して標準偏差に相当するばらつきを考慮する。表層地盤のせん断波速度の不確かさを表 3-3 に示し、底面地盤のせん断波速度の不確かさを表 3-4 に示す。

表 3-3 表層地盤のせん断波速度の不確かさ

高さ O.P. (m)	区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		基本ケース	+ σ 相当	- σ 相当
0.0 ~ -2.2	表層 地盤	900	1000	800

表 3-4 底面地盤のせん断波速度の不確かさ

高さ O.P. (m)	区分	地盤のせん断波速度 (m/s)		
		基本ケース	+ σ 相当	- σ 相当
-2.2 ~ -25.0	底面 地盤	1300	1390	1210
-25.0 ~ -80.0		2150	2300	2000
-80.0 ~ -200.0		2440	2610	2270

4. 地震応答解析による材料物性の不確かさの影響検討

本章では，建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮したモデルにより固有値解析を実施し，建屋の固有振動数に及ぼす影響について確認する。

4.1 検討概要

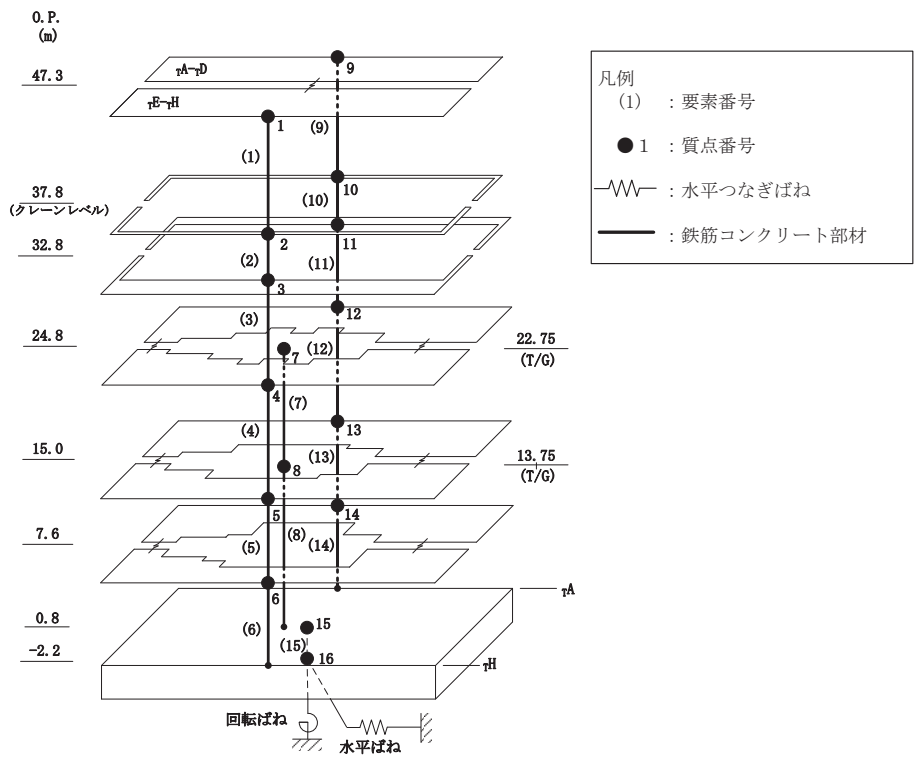
建屋剛性及び地盤物性（地盤のせん断波速度）の不確かさを考慮して検討ケースを定め，建屋応答への影響を確認する。

検討ケースを表 4-1 に，タービン建屋の地震応答解析モデルを図 4-1 に示す。ここで，コンクリートの剛性をシミュレーション解析に基づく補正を適用した剛性，地盤のせん断波速度を標準地盤とした検討ケースを基本ケースとする。表中の網掛け部分は，基本ケースと異なる設定をしているパラメータである。

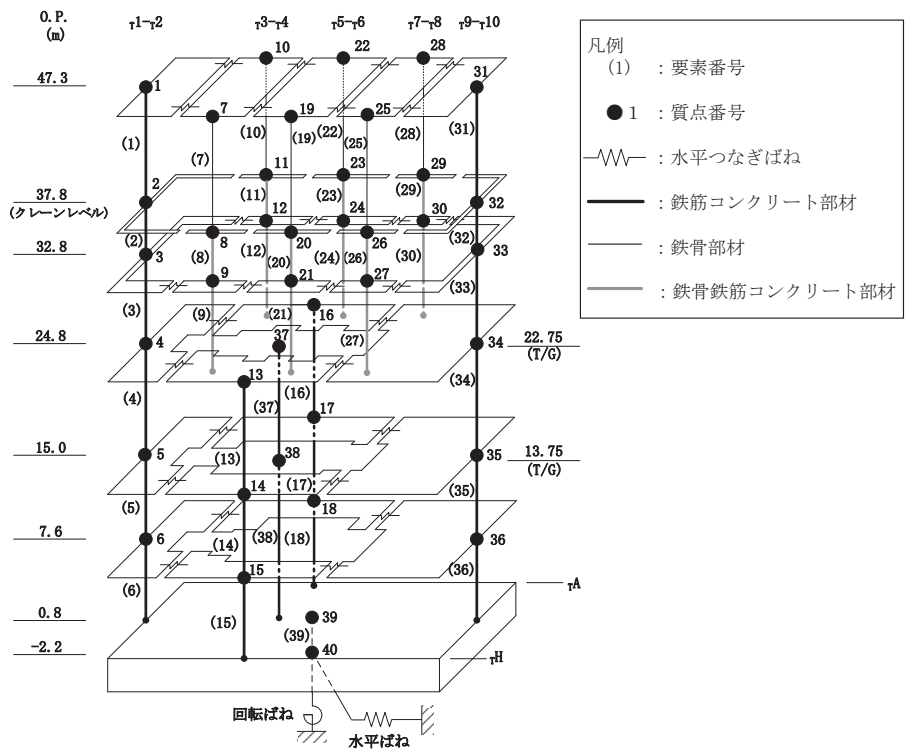
表 4-1 検討ケース一覧

ケース名	建屋剛性 (初期剛性)	地盤物性
		底面地盤ばね
ケース 1 (基本ケース)	2011 年 3 月 11 日東北地方太平洋沖地震の観測記録を用いたシミュレーション解析により補正	標準地盤 (=既工認)
ケース 2 (地盤物性+ σ)	同上	標準地盤 + σ
ケース 3 (地盤物性- σ)		標準地盤 - σ
ケース 4 (建屋剛性考慮)	基本ケースの 0.81 倍 (タービン建屋の場合)	標準地盤 (=既工認)
ケース 5 (建屋剛性考慮, 地盤物性+ σ)		標準地盤 + σ
ケース 6 (建屋剛性考慮, 地盤物性- σ)		標準地盤 - σ

注：網掛け部分は，基本ケースとの差異のある条件を示す。



(a) NS 方向



(b) EW 方向

図 4-1 タービン建屋の地震応答解析モデル

4.2 不確かさの影響検討

4.2.1 建屋剛性変動による影響

(1) 影響評価方針

建屋剛性を変動させたケース（ケース 4）の固有値解析を実施し，基本ケースの結果と比較する。

(2) 固有値解析結果

建屋剛性を変動させた解析モデルの固有値解析結果を表 4-2，刺激関数図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

基本ケースに対する建屋剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について，1 次モードでは 6%（NS 方向）及び 9%（EW 方向）低振動数側にシフトした。

表 4-2(1) 固有値解析結果の比較 (単位 : Hz)

(a) NS 方向

次数	NS方向	
	ケース1	ケース4
1	3.96	3.74 (0.94)
2	4.18	3.97 (0.95)
3	7.11	6.39 (0.90)
4	8.16	7.66 (0.94)
5	11.32	10.60 (0.94)
6	12.22	10.95 (0.90)
7	14.98	13.48 (0.90)
8	15.88	15.24 (0.96)
9	16.15	15.87 (0.98)
10	17.21	15.94 (0.93)

注 : () 内は基本モデルに対する比率

表 4-2(2) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)
 (b)EW 方向 (1/2)

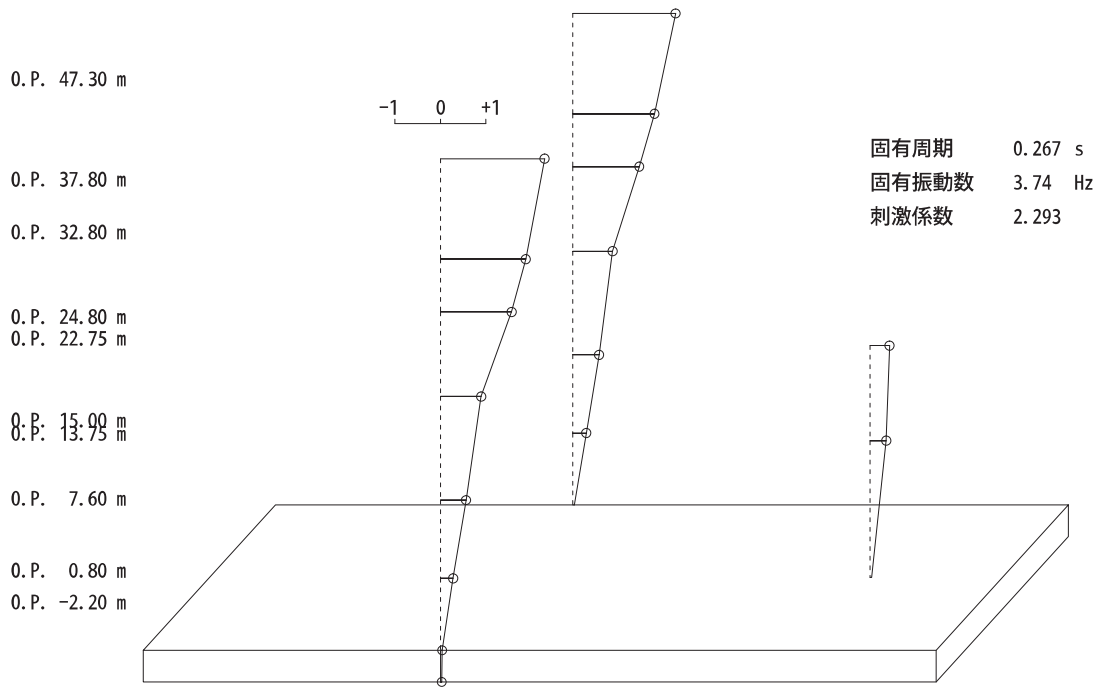
次数	EW方向	
	ケース1	ケース4
1	3.53	3.21 (0.91)
2	4.09	4.09 (1.00)
3	5.85	5.43 (0.93)
4	6.03	5.90 (0.98)
5	6.70	6.44 (0.96)
6	6.77	6.54 (0.97)
7	7.92	7.72 (0.97)
8	8.64	8.31 (0.96)
9	8.99	8.68 (0.97)
10	9.35	8.96 (0.96)
11	9.92	9.42 (0.95)
12	10.05	9.64 (0.96)
13	11.45	10.71 (0.94)
14	11.82	10.82 (0.92)
15	12.26	11.24 (0.92)

注: () 内は基本モデルに対する比率

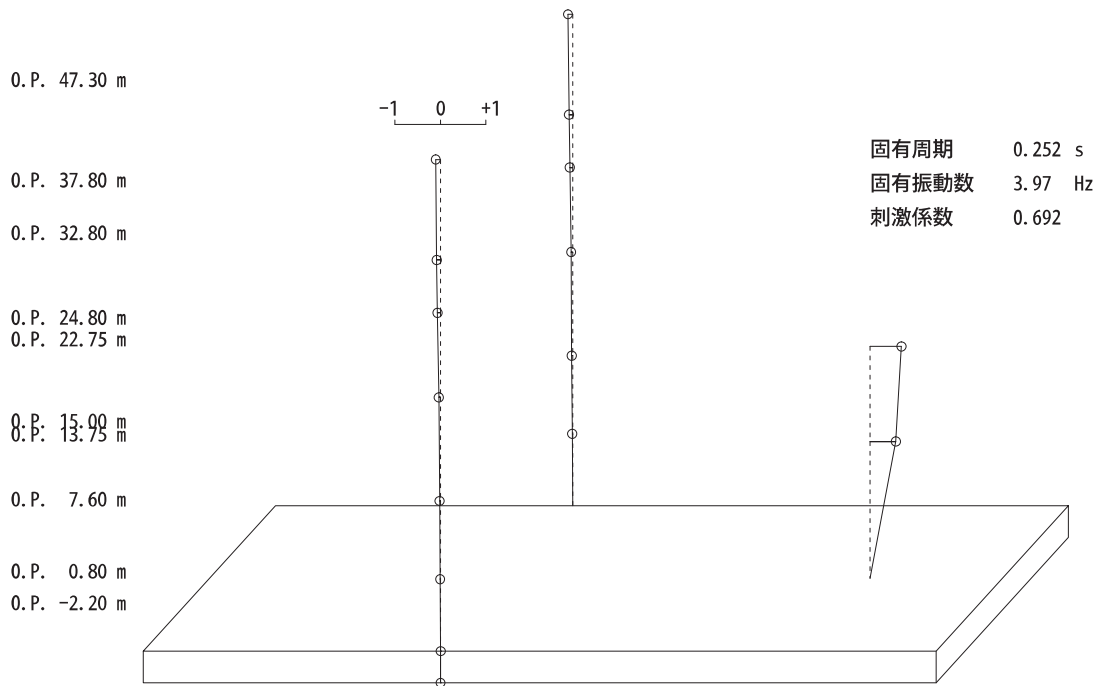
表 4-2(3) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)
(b)EW 方向 (2/2)

次数	EW方向	
	ケース1	ケース4
16	12.46	11.57 (0.93)
17	12.92	11.94 (0.92)
18	13.00	11.99 (0.92)
19	13.52	12.61 (0.93)
20	13.82	13.04 (0.94)
21	13.93	13.15 (0.94)
22	14.44	13.59 (0.94)
23	14.78	14.22 (0.96)
24	15.13	15.13 (1.00)
25	16.79	15.94 (0.95)
26	18.49	17.41 (0.94)
27	19.59	17.86 (0.91)

注: () 内は基本モデルに対する比率

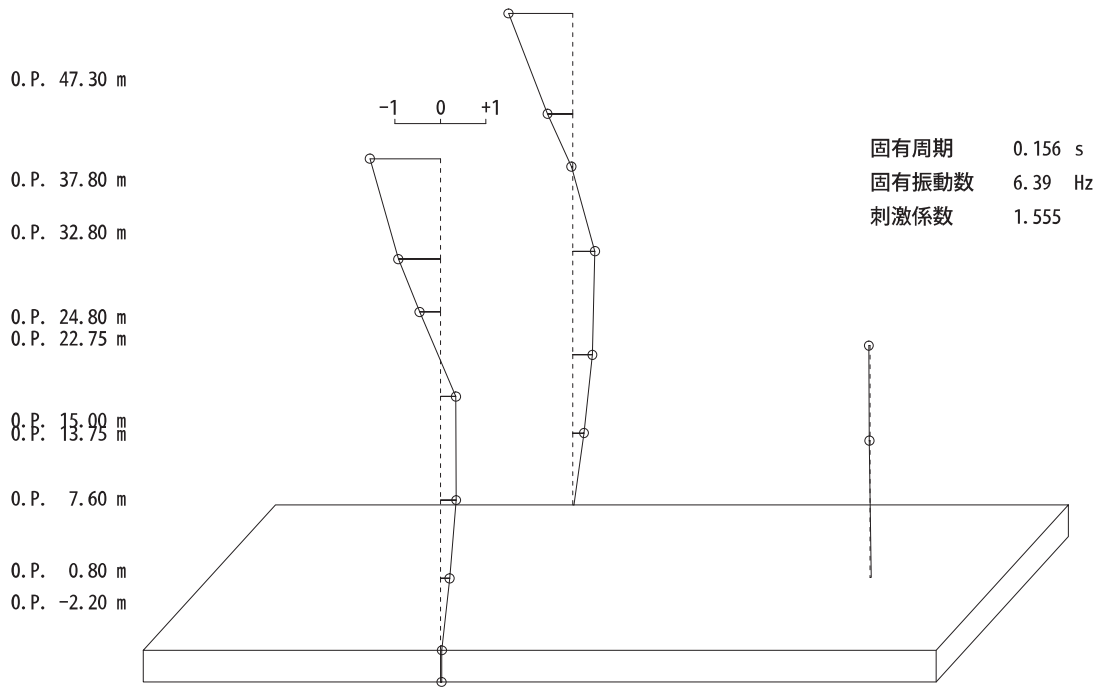


1次

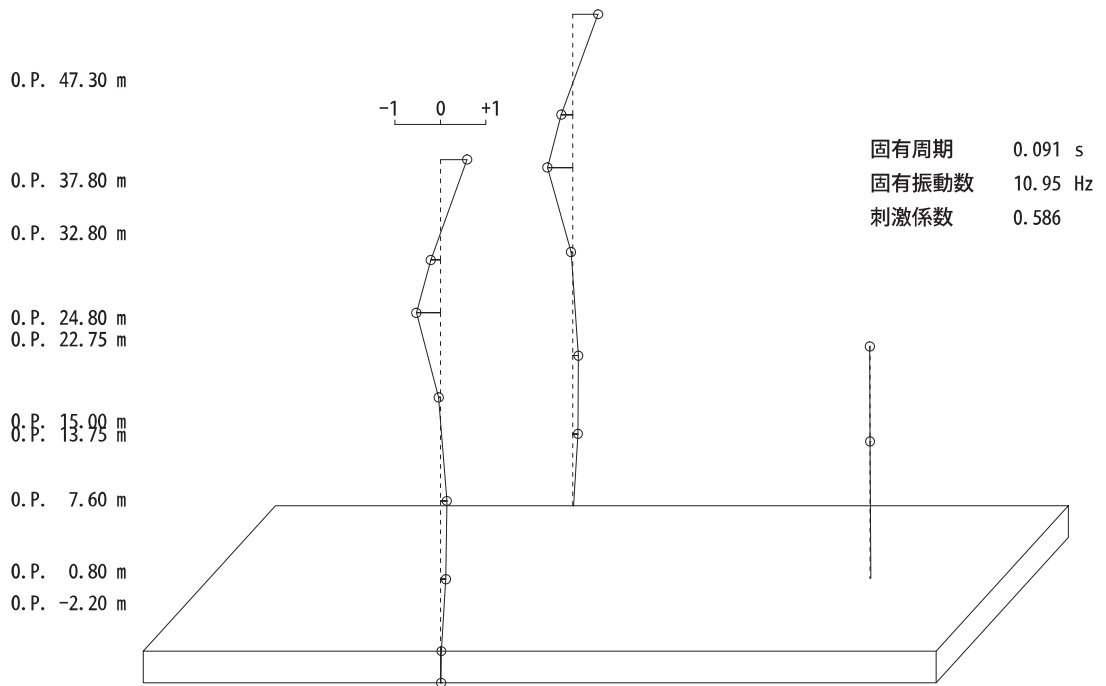


2次

図 4-2(1) 刺激関数図 (ケース 4) (NS 方向)

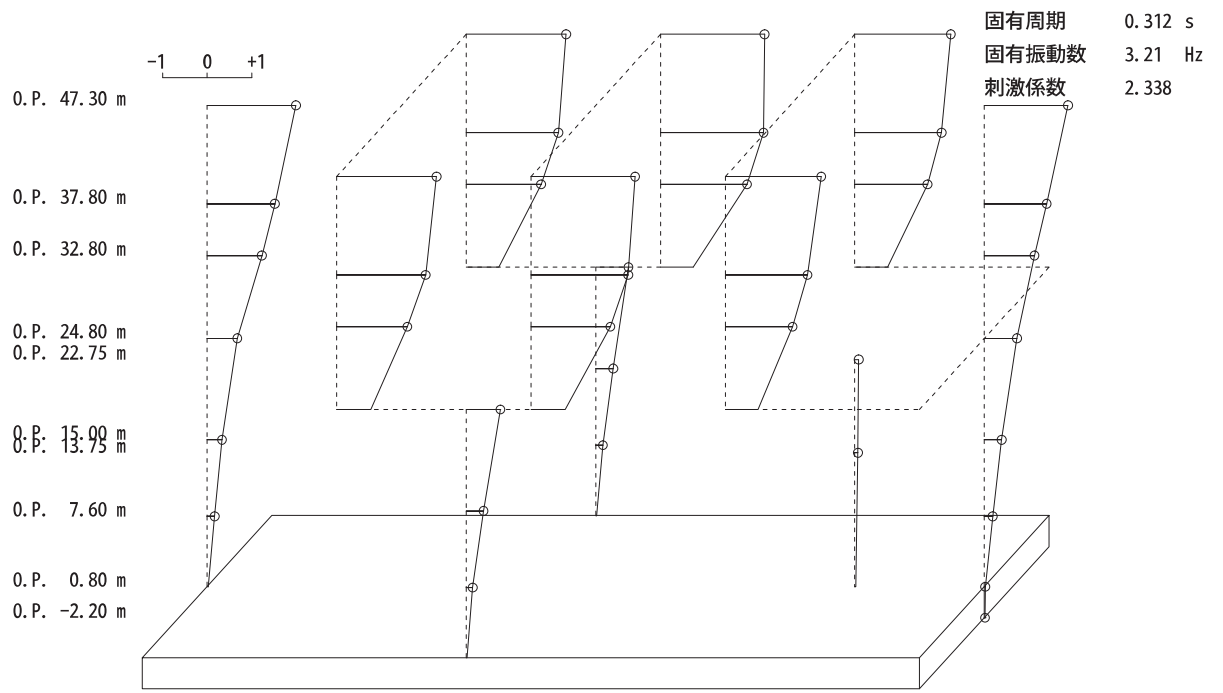


3 次

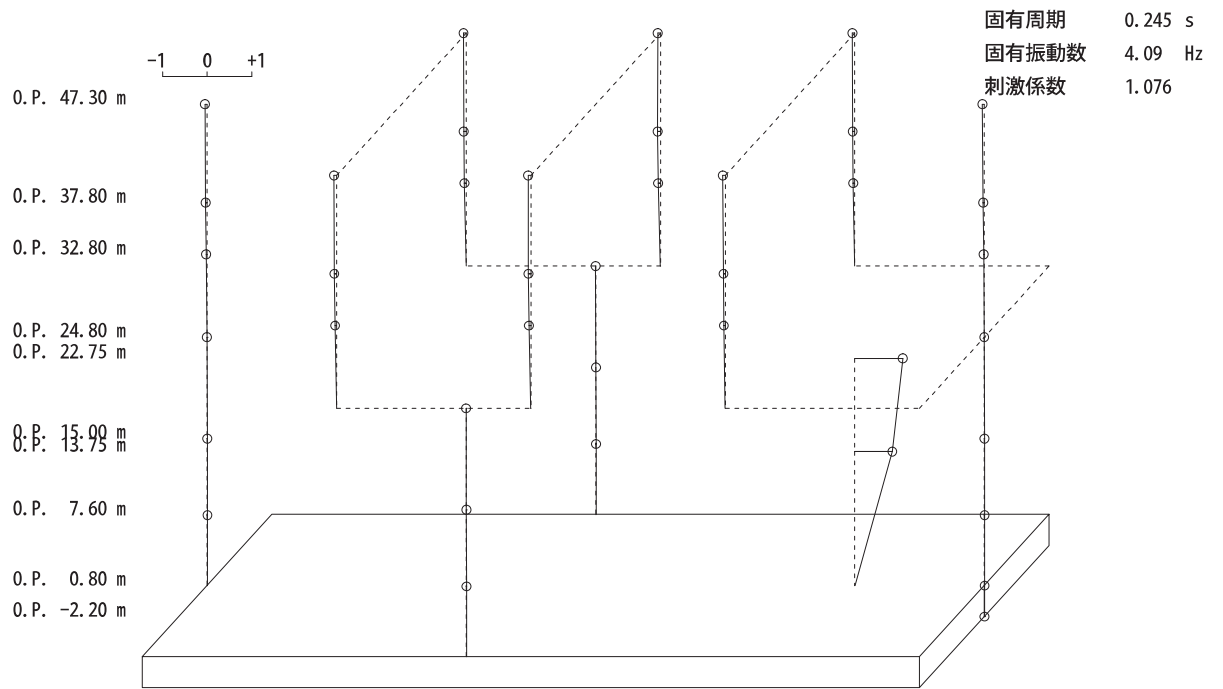


6 次

図 4-2(2) 刺激関数図 (ケース 4) (NS 方向)

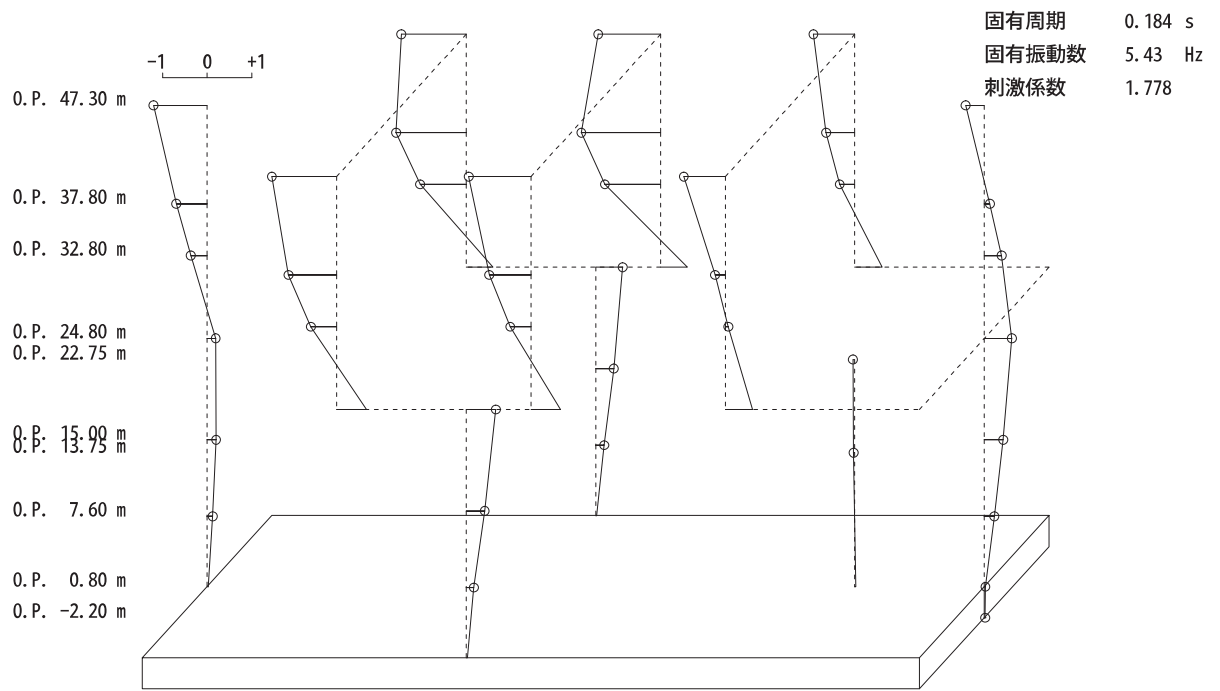


1次

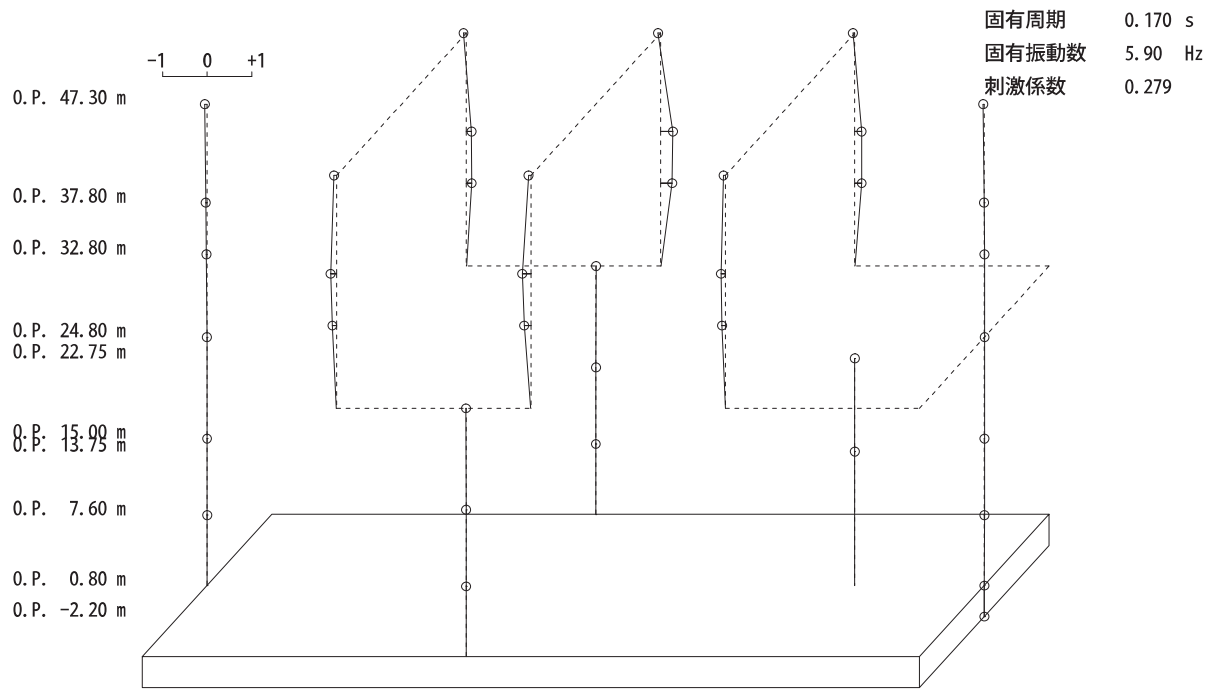


2次

図 4-3(1) 刺激関数図 (ケース 4) (EW 方向)

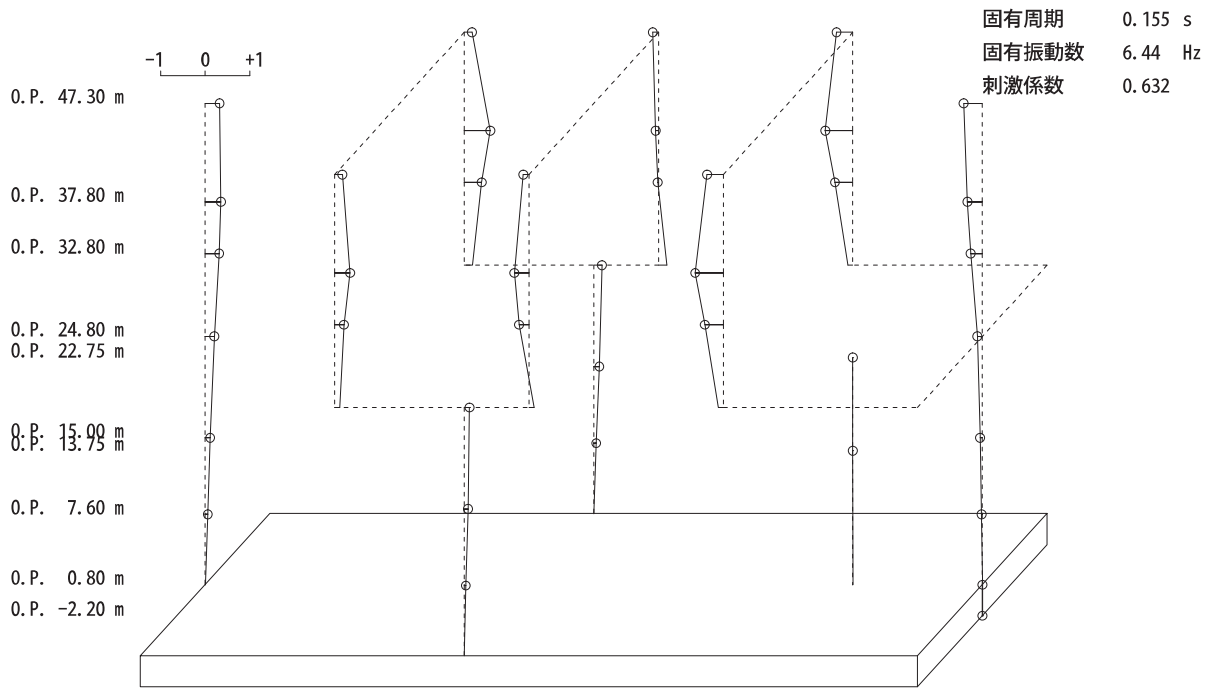


3 次

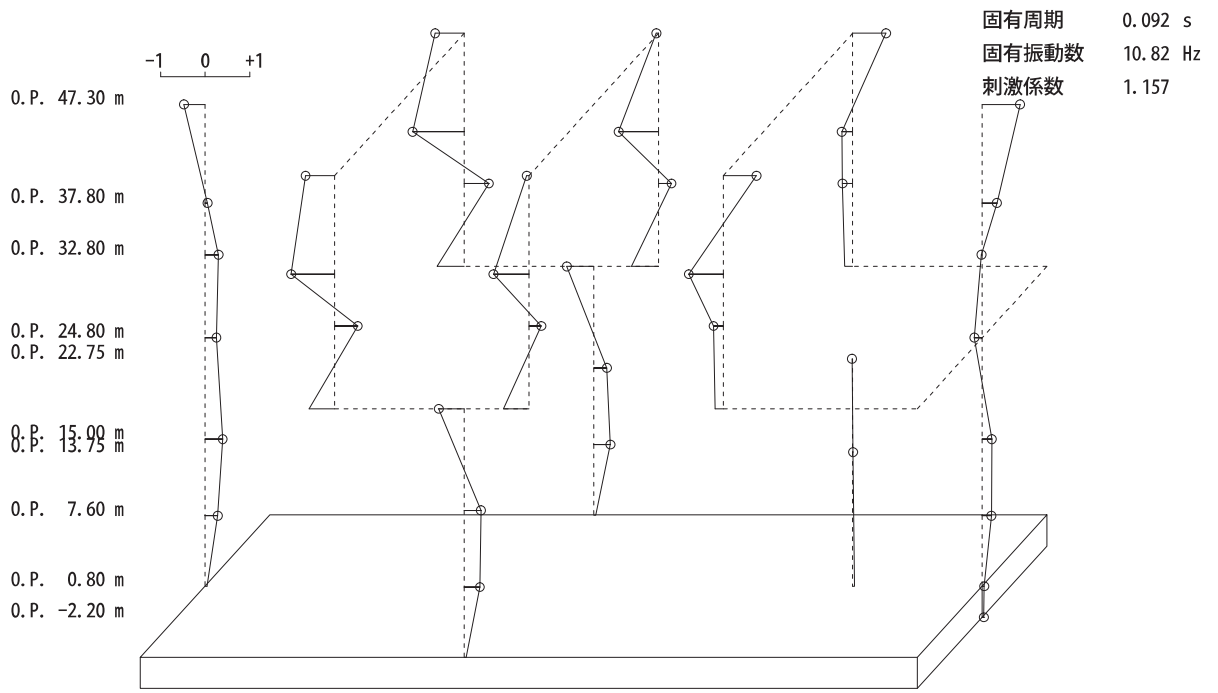


4 次

図 4-3(2) 刺激関数図 (ケース 4) (EW 方向)



5 次



14 次

図 4-3(3) 刺激関数図 (ケース 4) (EW 方向)

4.2.2 地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

地盤物性を変動させたケース（ケース 2 及びケース 3）の固有値解析を実施し、地盤物性を変動させたケースと基本ケースを比較する。

(2) 固有値解析結果

地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 4-3、刺激関数図を図 4-4～図 4-7 に示す。

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動は小さく、1 次モードでは NS、EW とともに 1%未満であった。

表 4-3(1) 固有値解析結果の比較 (単位 : Hz)

(a) NS 方向

次数	NS方向		
	ケース1	ケース2	ケース3
1	3.96	3.96 (1.00)	3.95 (1.00)
2	4.18	4.19 (1.00)	4.17 (1.00)
3	7.11	7.12 (1.00)	7.09 (1.00)
4	8.16	8.16 (1.00)	8.16 (1.00)
5	11.32	11.32 (1.00)	11.32 (1.00)
6	12.22	12.24 (1.00)	12.20 (1.00)
7	14.98	15.04 (1.00)	14.90 (0.99)
8	15.88	15.88 (1.00)	15.88 (1.00)
9	16.15	16.15 (1.00)	16.15 (1.00)
10	17.21	17.21 (1.00)	17.21 (1.00)

注 : () 内は基本モデルに対する比率

表 4-3(2) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)
(b)EW 方向 (1/2)

次数	EW方向		
	ケース1	ケース2	ケース3
1	3.53	3.54 (1.00)	3.52 (1.00)
2	4.09	4.09 (1.00)	4.09 (1.00)
3	5.85	5.85 (1.00)	5.84 (1.00)
4	6.03	6.03 (1.00)	6.03 (1.00)
5	6.70	6.70 (1.00)	6.70 (1.00)
6	6.77	6.77 (1.00)	6.77 (1.00)
7	7.92	7.92 (1.00)	7.92 (1.00)
8	8.64	8.64 (1.00)	8.64 (1.00)
9	8.99	8.99 (1.00)	8.99 (1.00)
10	9.35	9.35 (1.00)	9.35 (1.00)
11	9.92	9.92 (1.00)	9.92 (1.00)
12	10.05	10.05 (1.00)	10.05 (1.00)
13	11.45	11.45 (1.00)	11.44 (1.00)
14	11.82	11.86 (1.00)	11.76 (0.99)
15	12.26	12.26 (1.00)	12.26 (1.00)

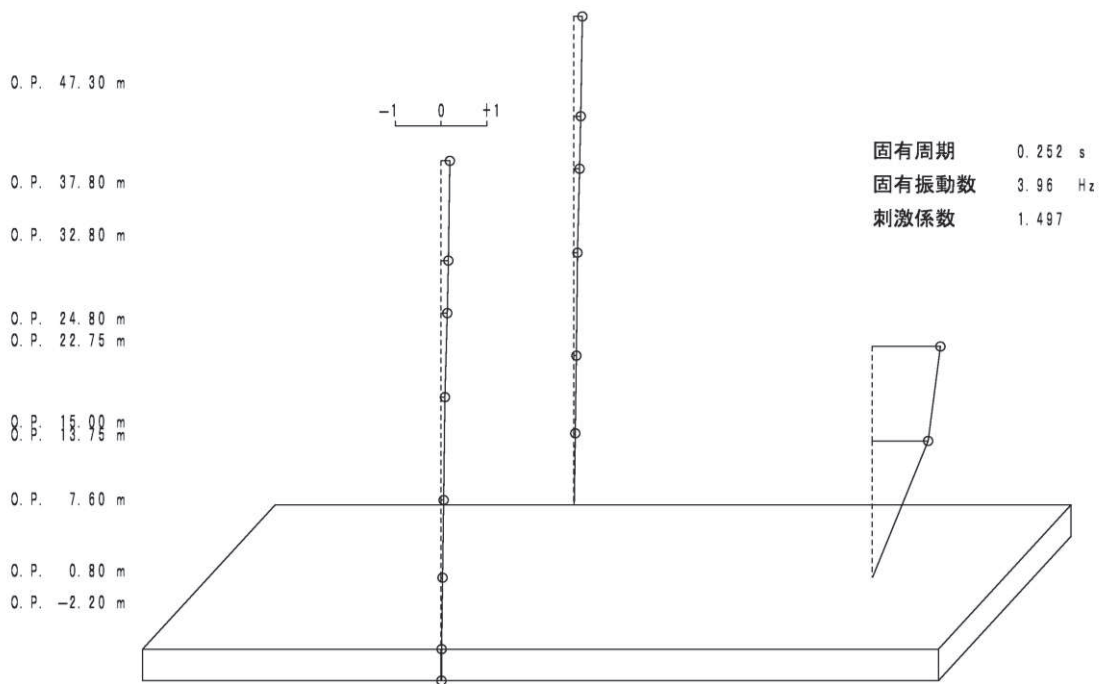
注: () 内は工認基本モデルに対する比率

表 4-3(3) 固有値解析結果の比較 (単位 : Hz)

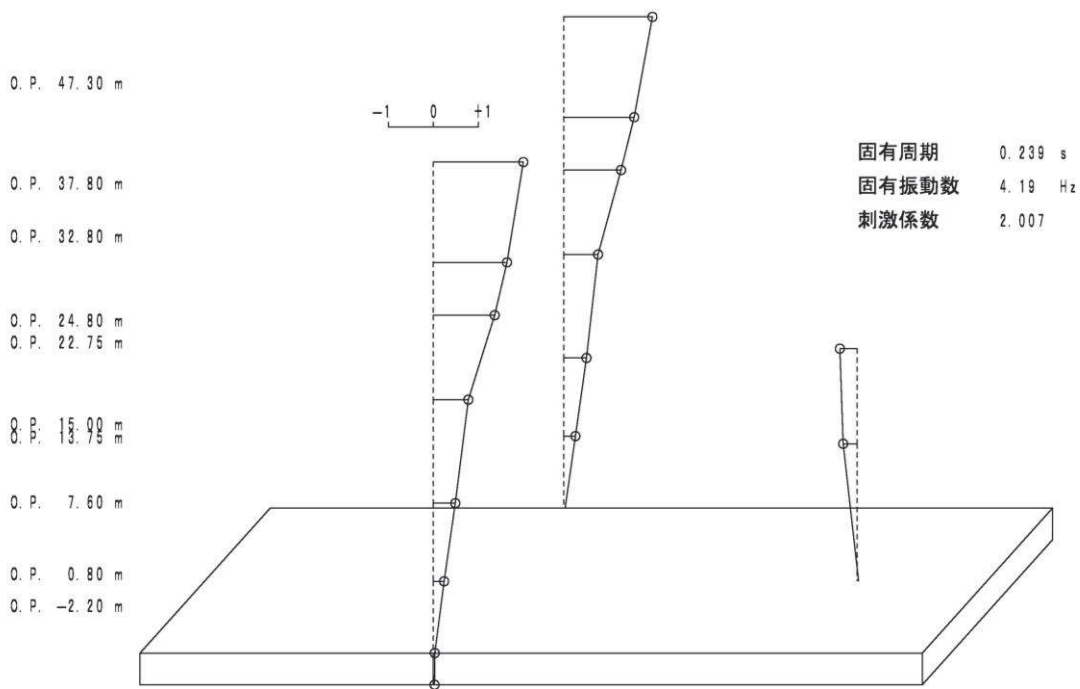
(b)EW 方向 (2/2)

次数	EW方向		
	ケース1	ケース2	ケース3
16	12.46	12.46 (1.00)	12.46 (1.00)
17	12.92	12.92 (1.00)	12.92 (1.00)
18	13.00	13.00 (1.00)	13.00 (1.00)
19	13.52	13.52 (1.00)	13.52 (1.00)
20	13.82	13.82 (1.00)	13.82 (1.00)
21	13.93	13.93 (1.00)	13.93 (1.00)
22	14.44	14.44 (1.00)	14.44 (1.00)
23	14.78	14.78 (1.00)	14.78 (1.00)
24	15.13	15.13 (1.00)	15.13 (1.00)
25	16.79	16.80 (1.00)	16.78 (1.00)
26	18.49	18.49 (1.00)	18.48 (1.00)
27	19.59	19.70 (1.01)	19.42 (0.99)

注 : () 内は工認基本モデルに対する比率

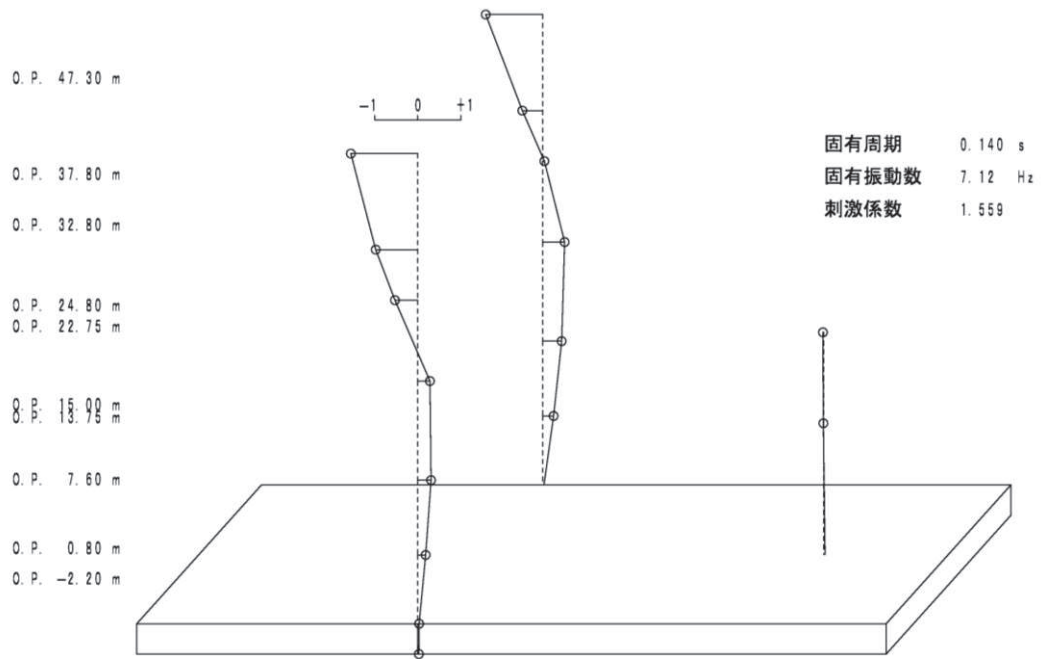


1 次

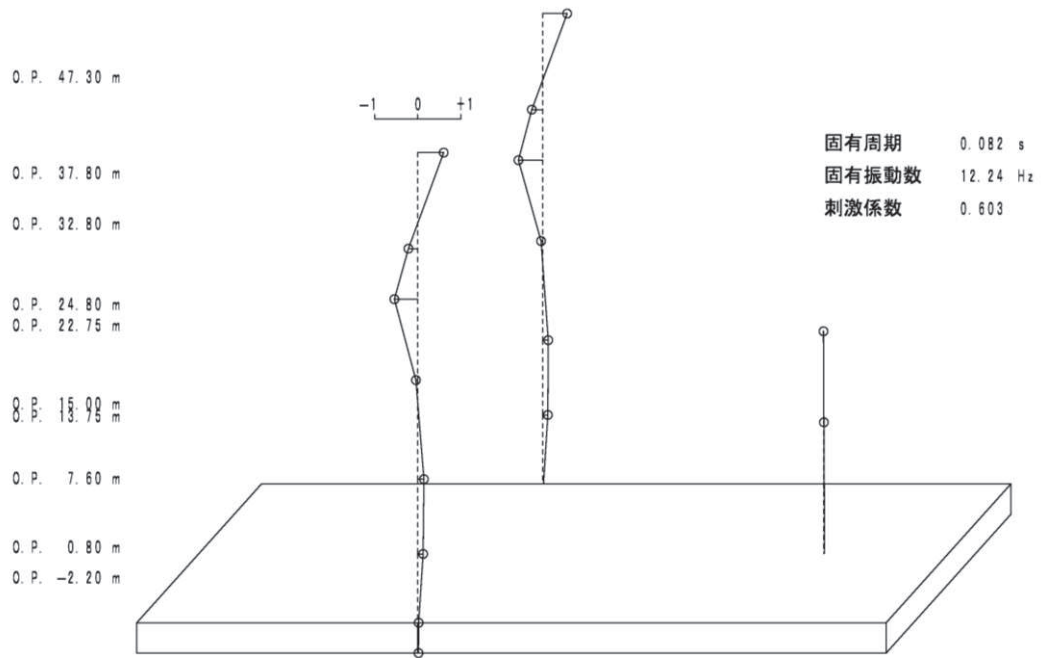


2 次

図 4-4(1) 刺激関数図 (ケース 2) (NS 方向) (1/2)

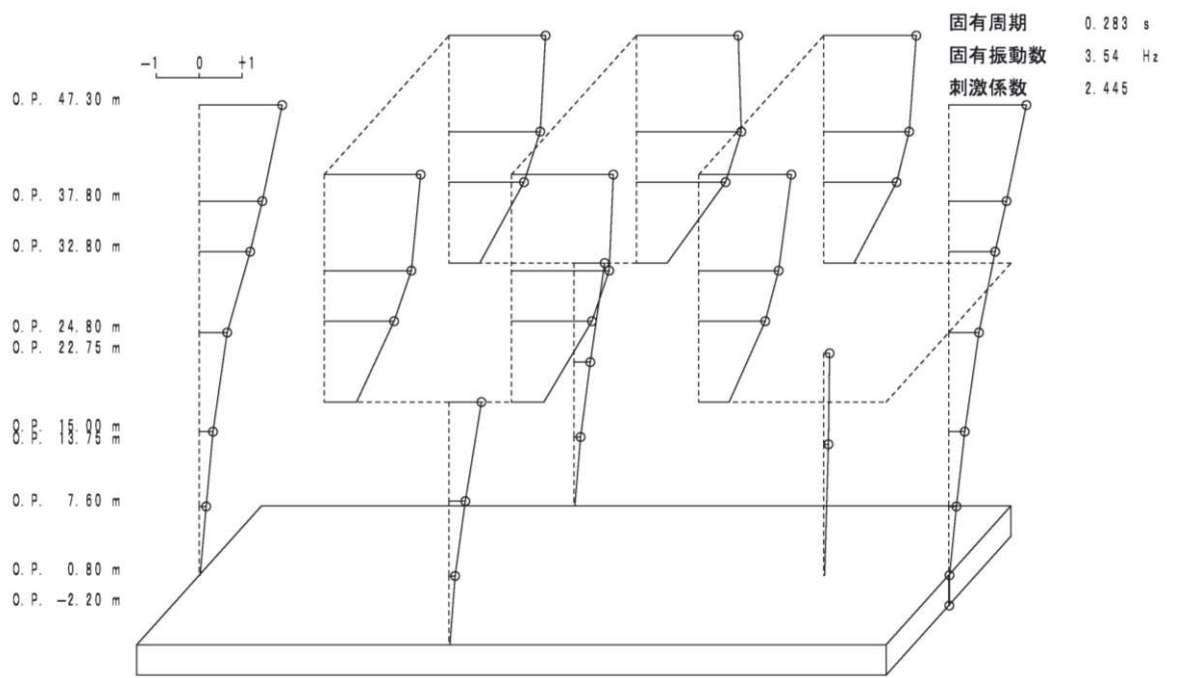


3次

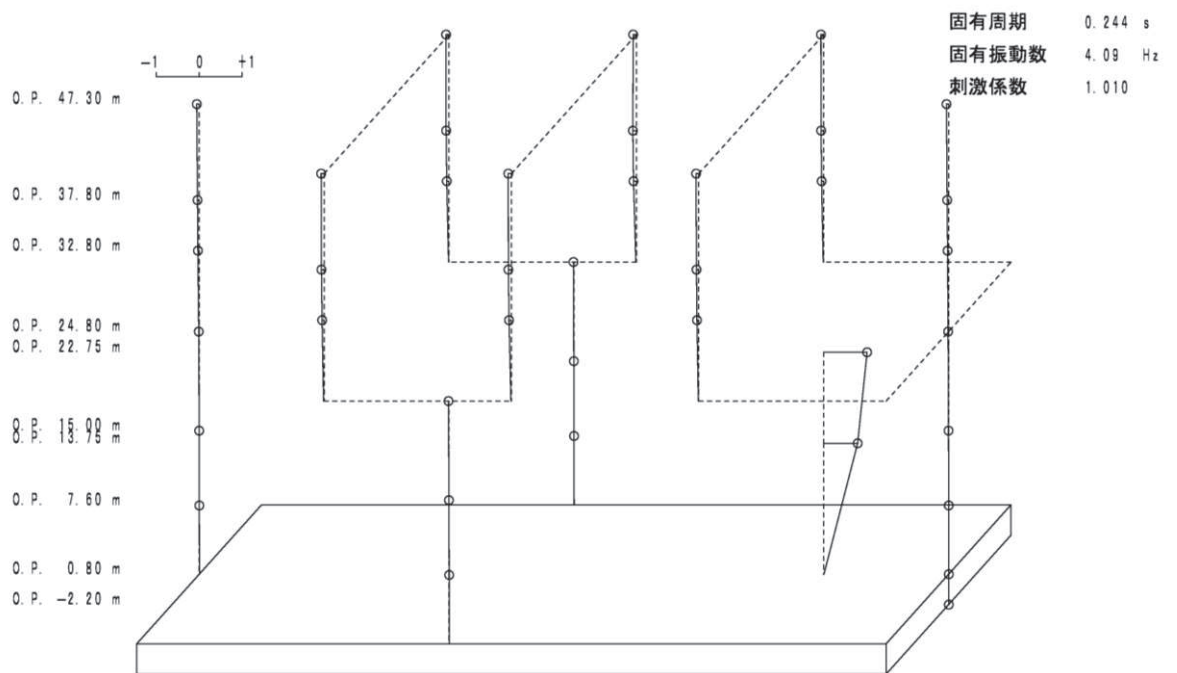


6次

図 4-4(2) 刺激関数図 (ケース 2) (NS 方向) (2/2)

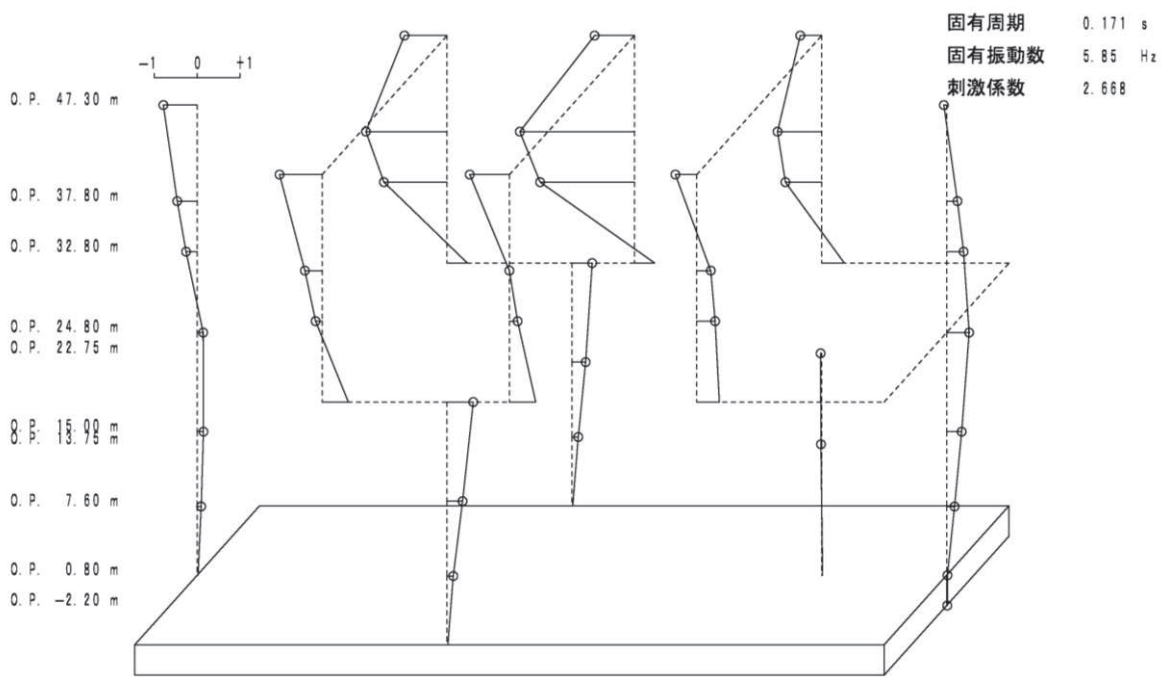


1 次

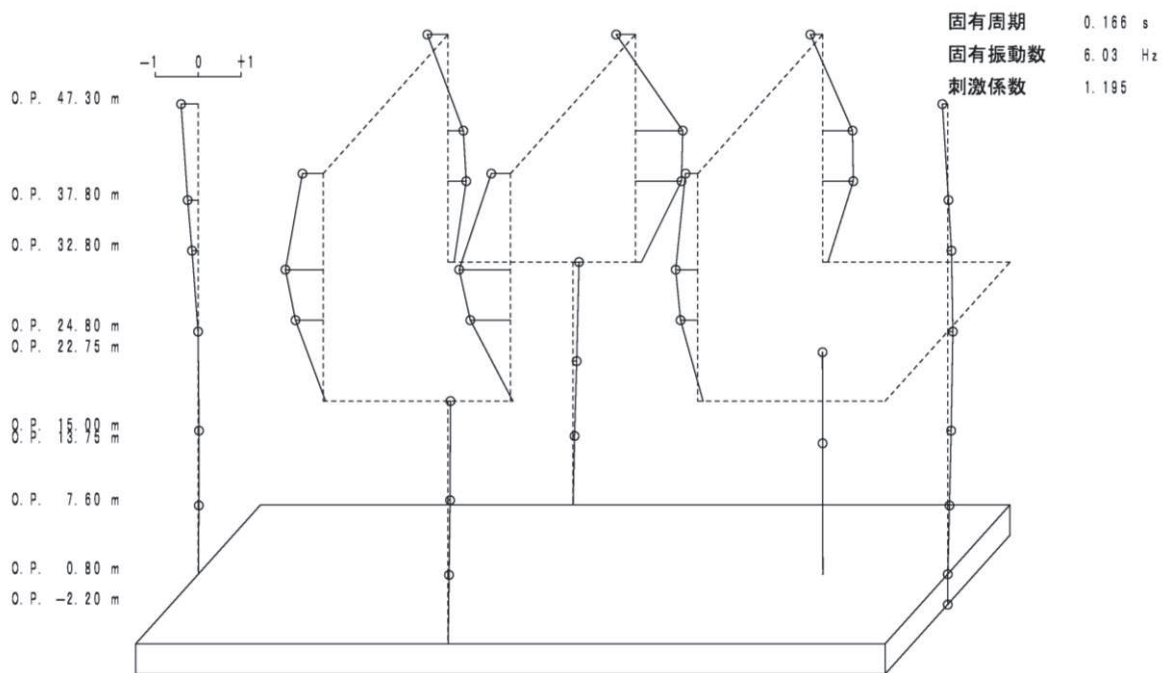


2 次

図 4-5(1) 刺激関数図 (ケース 2) (EW 方向) (1/3)

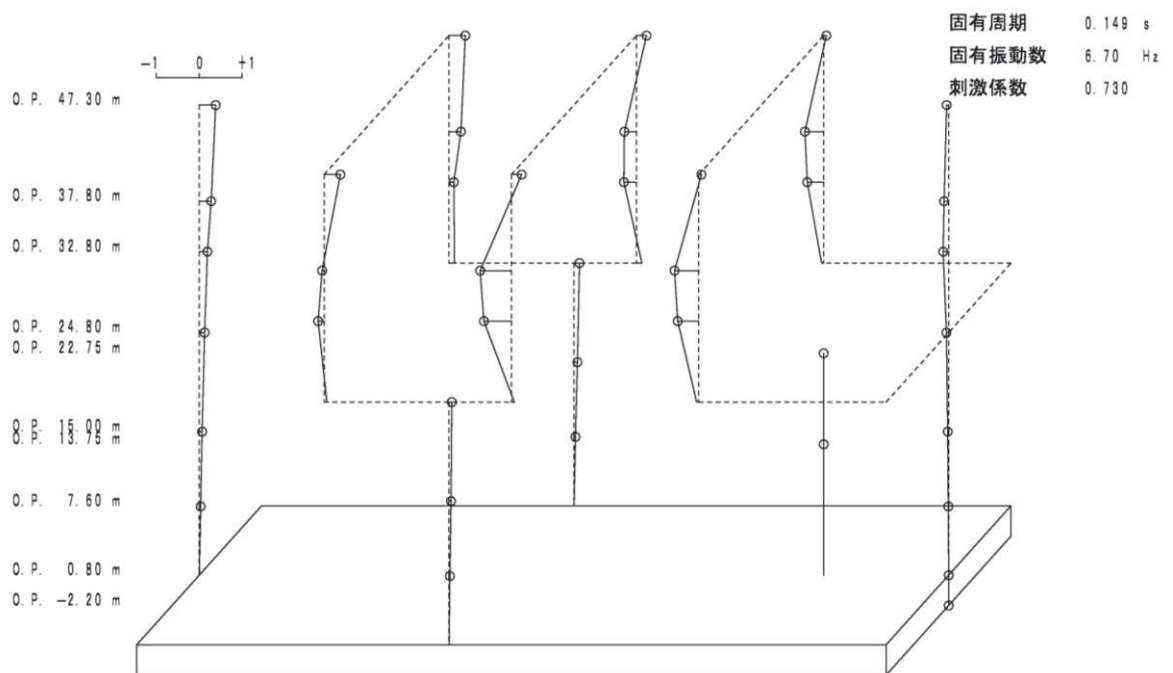


3 次

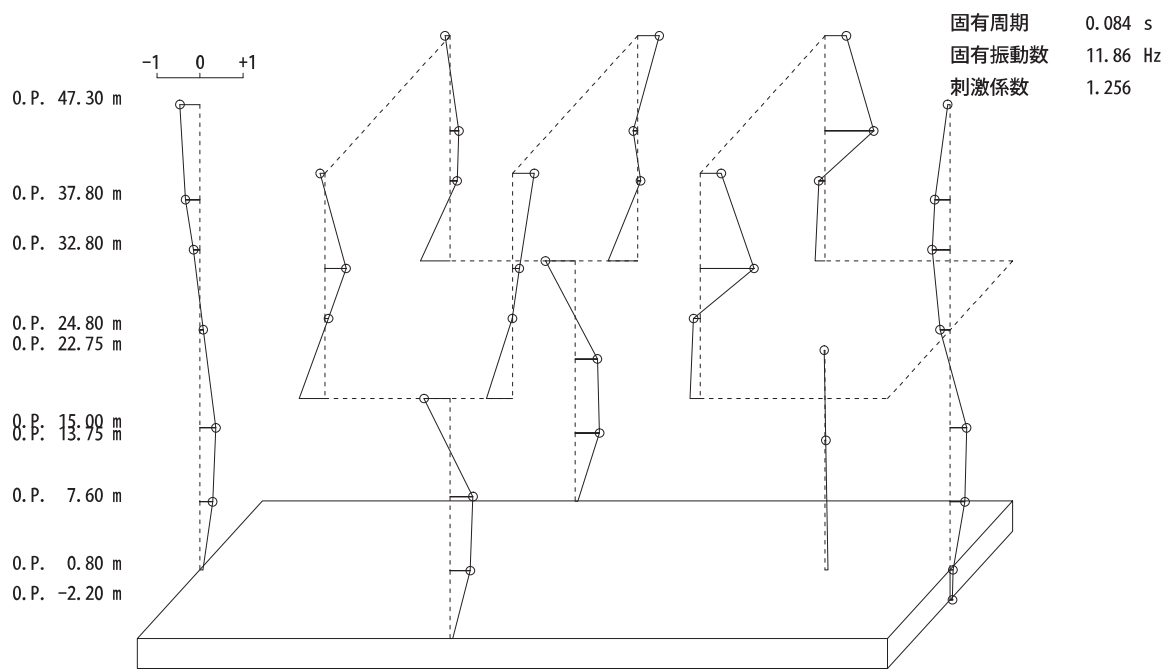


4 次

図 4-5(2) 刺激関数図 (ケース 2) (EW 方向) (2/3)

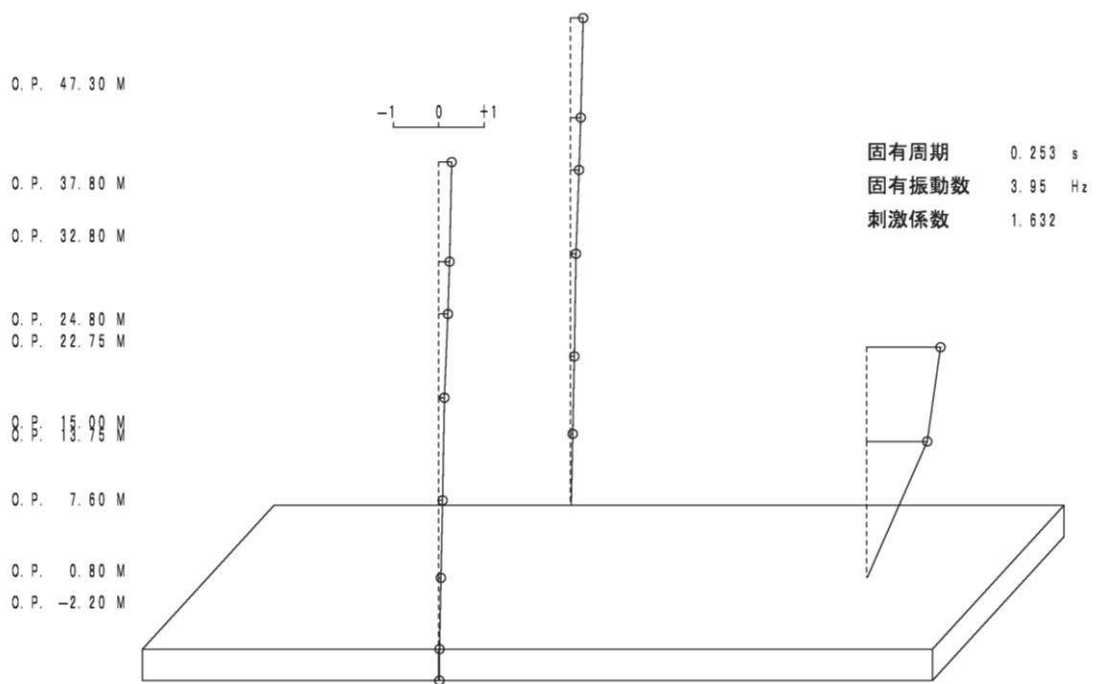


5次

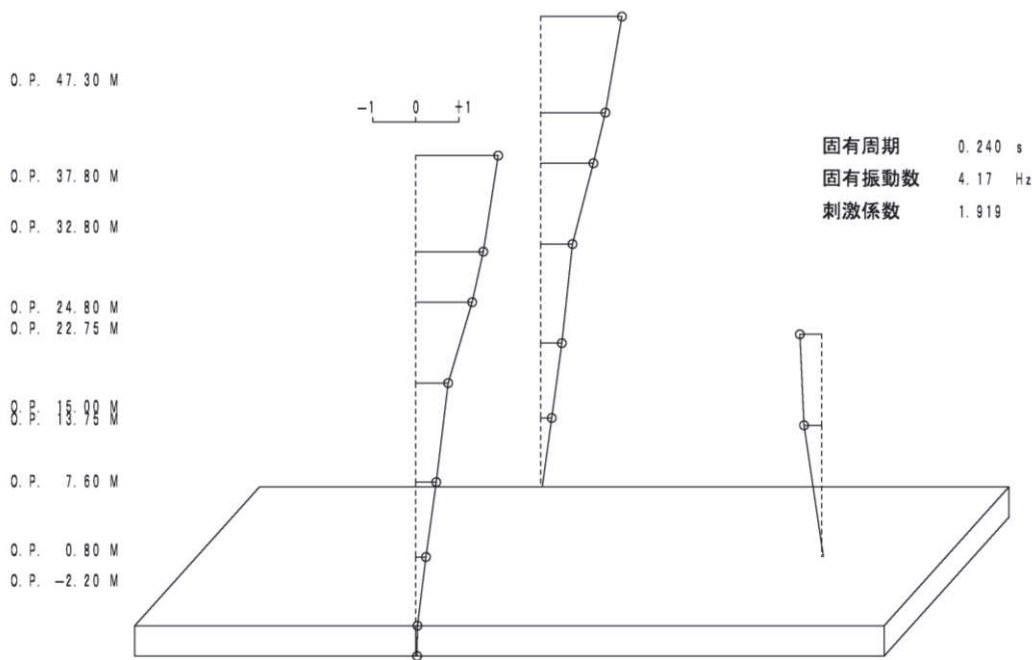


14次

図 4-5(3) 刺激関数図 (ケース 2) (EW 方向) (3/3)

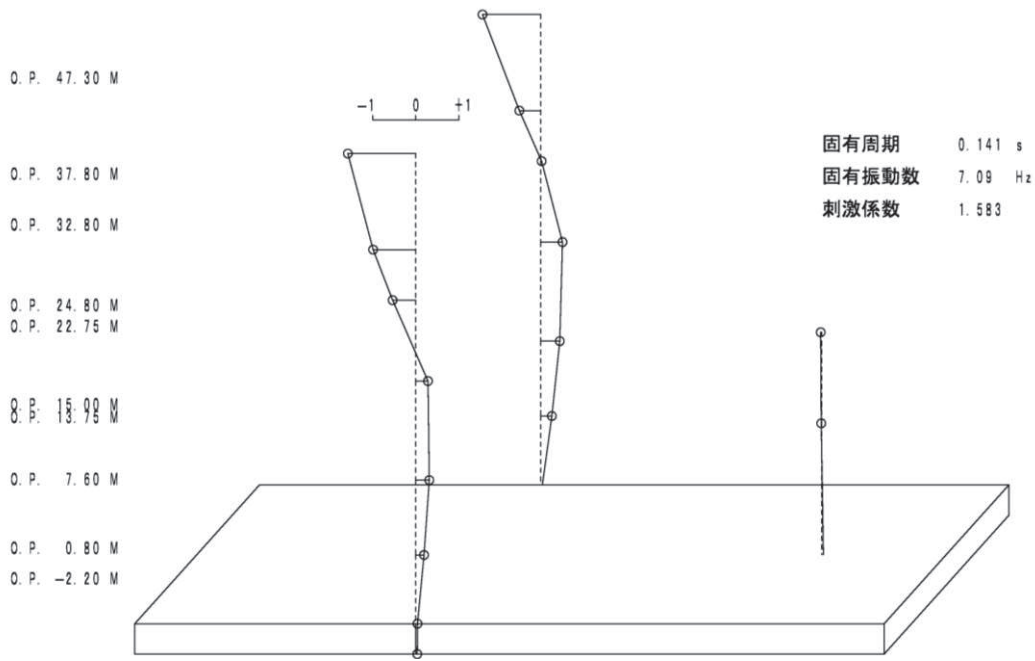


1次

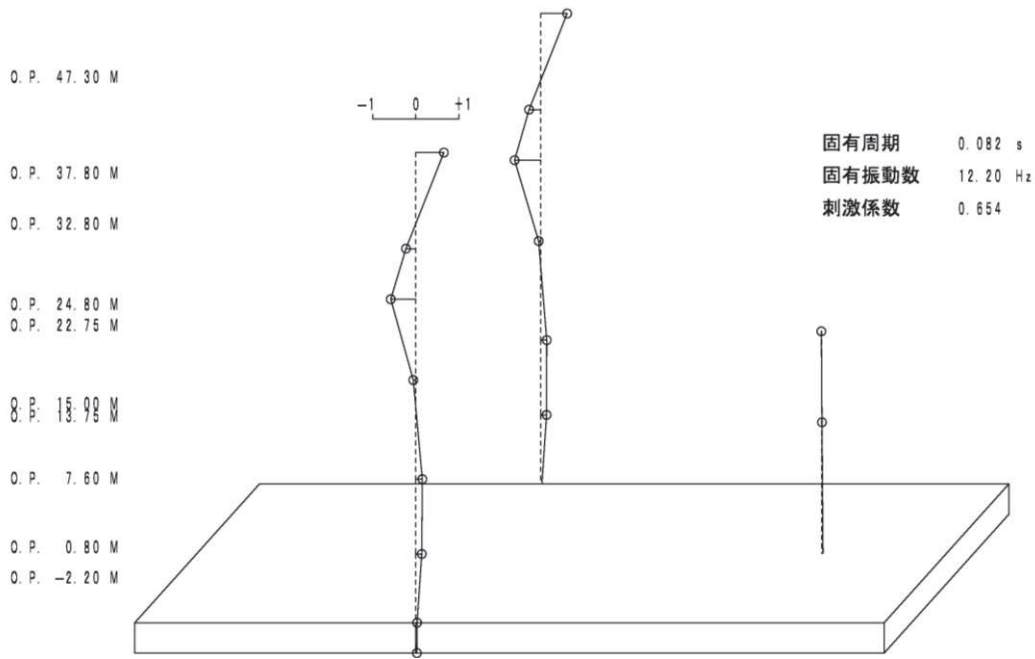


2次

図 4-6(1) 刺激関数図 (ケース 3) (NS 方向) (1/2)

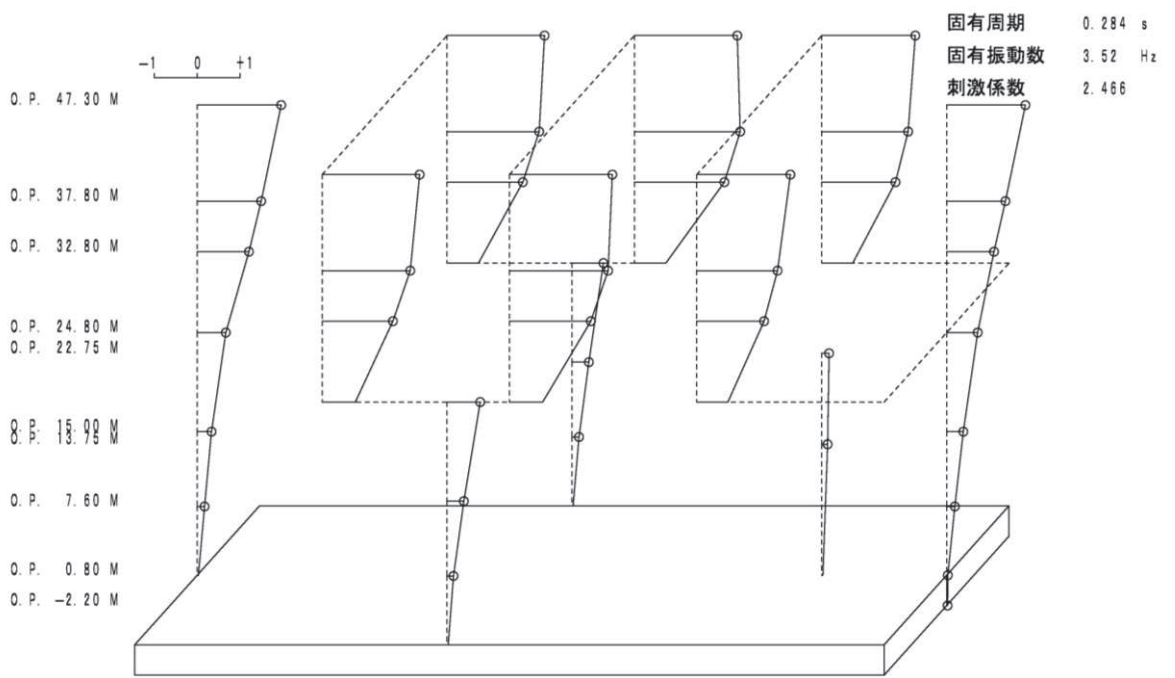


3次

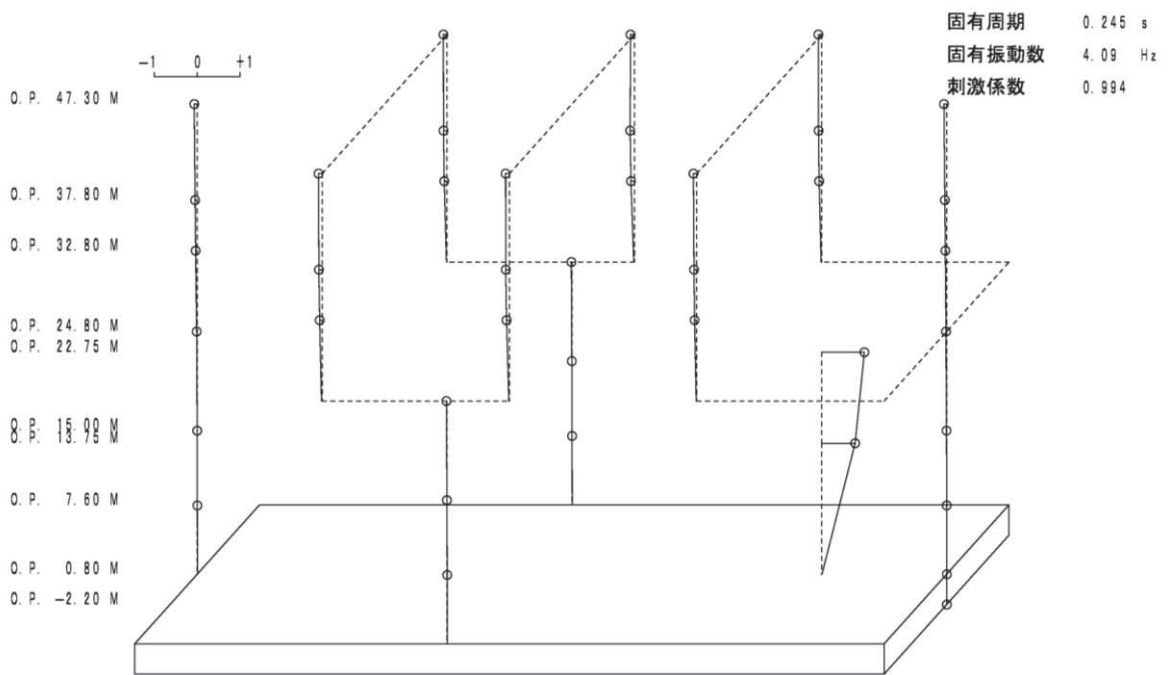


6次

図 4-6(2) 刺激関数図 (ケース 3) (NS 方向) (2/2)

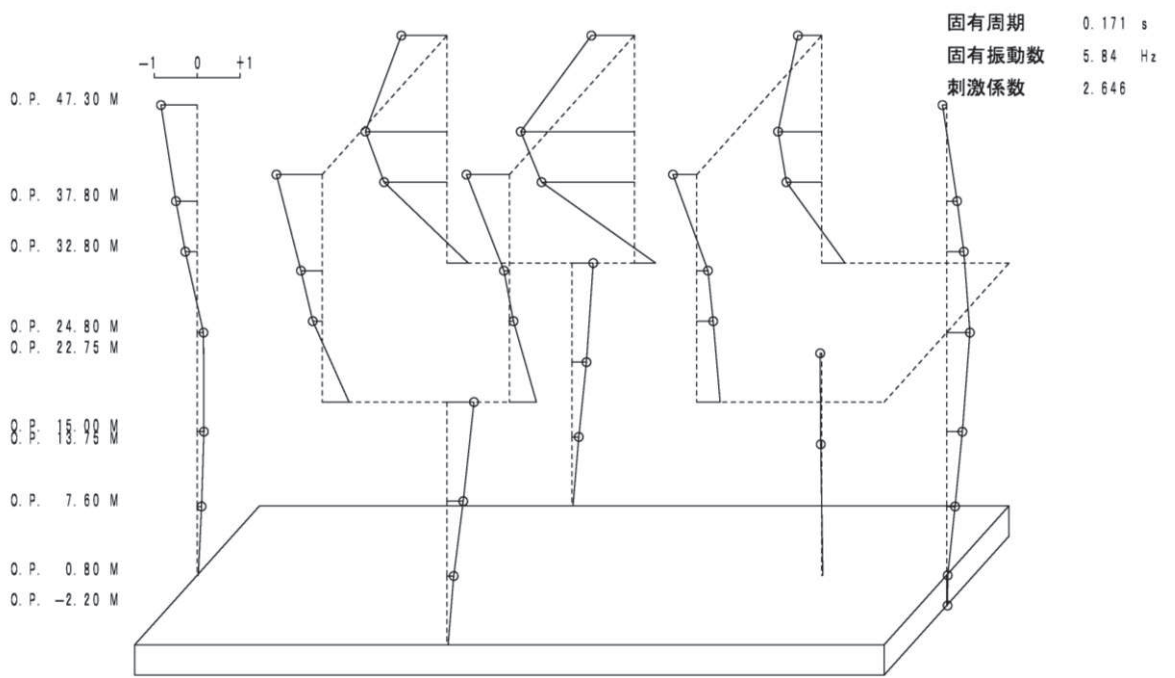


1次

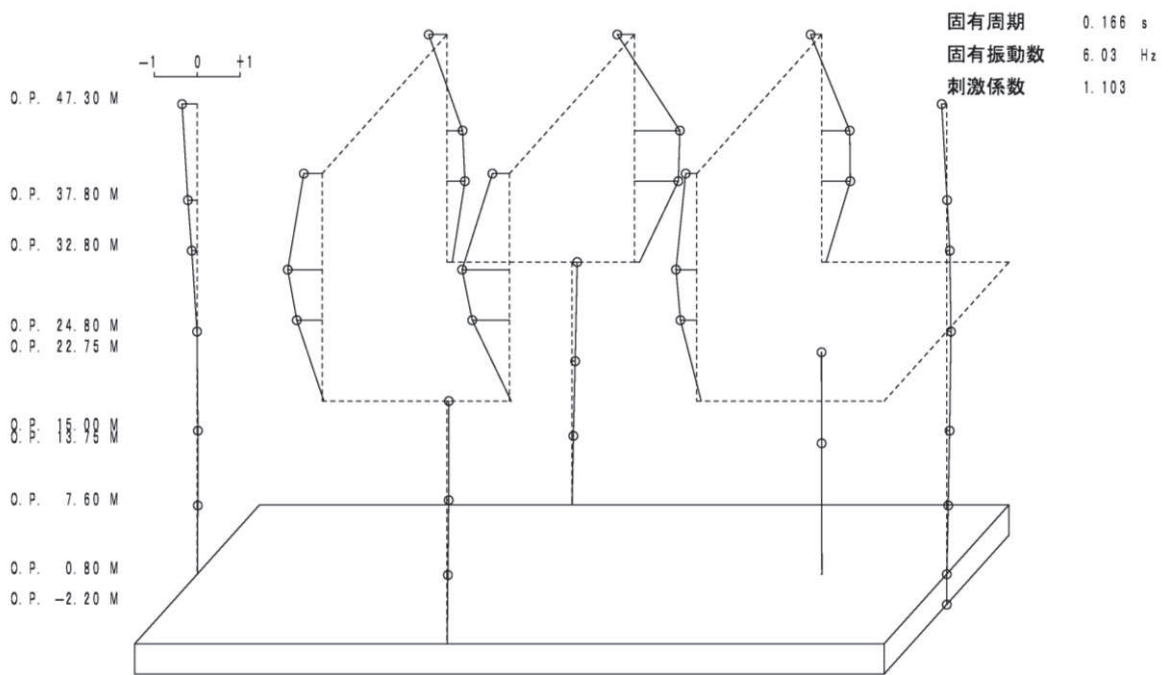


2次

図 4-7(1) 刺激関数図 (ケース 3) (EW 方向) (1/3)

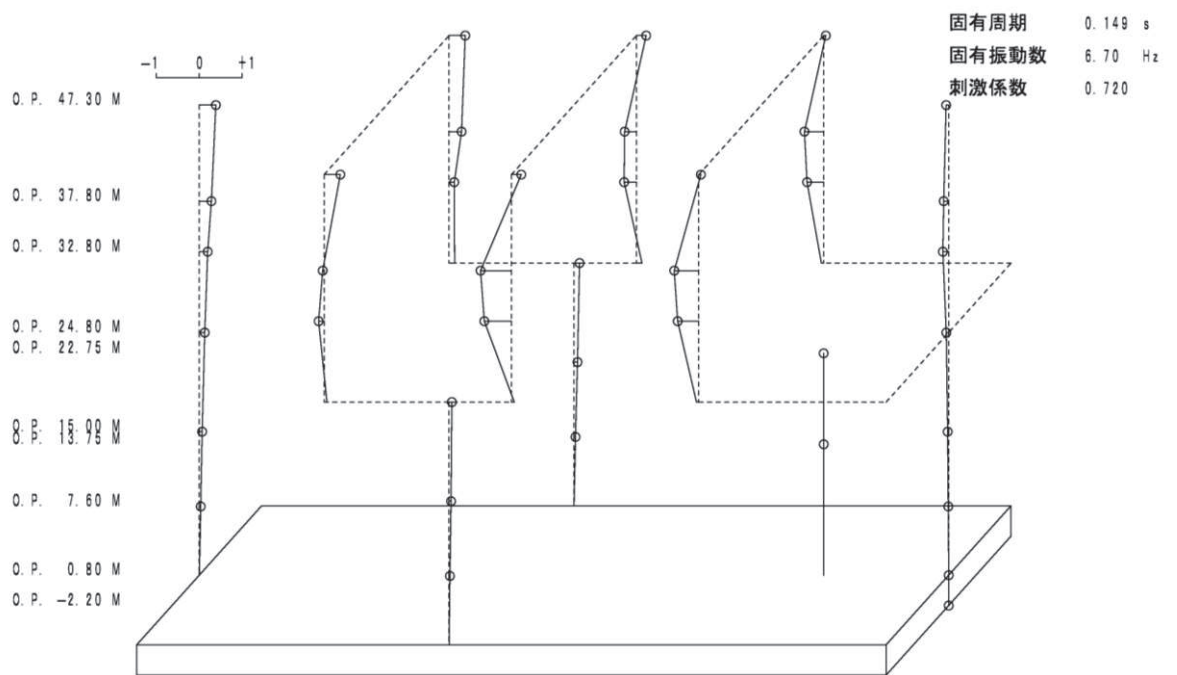


3 次

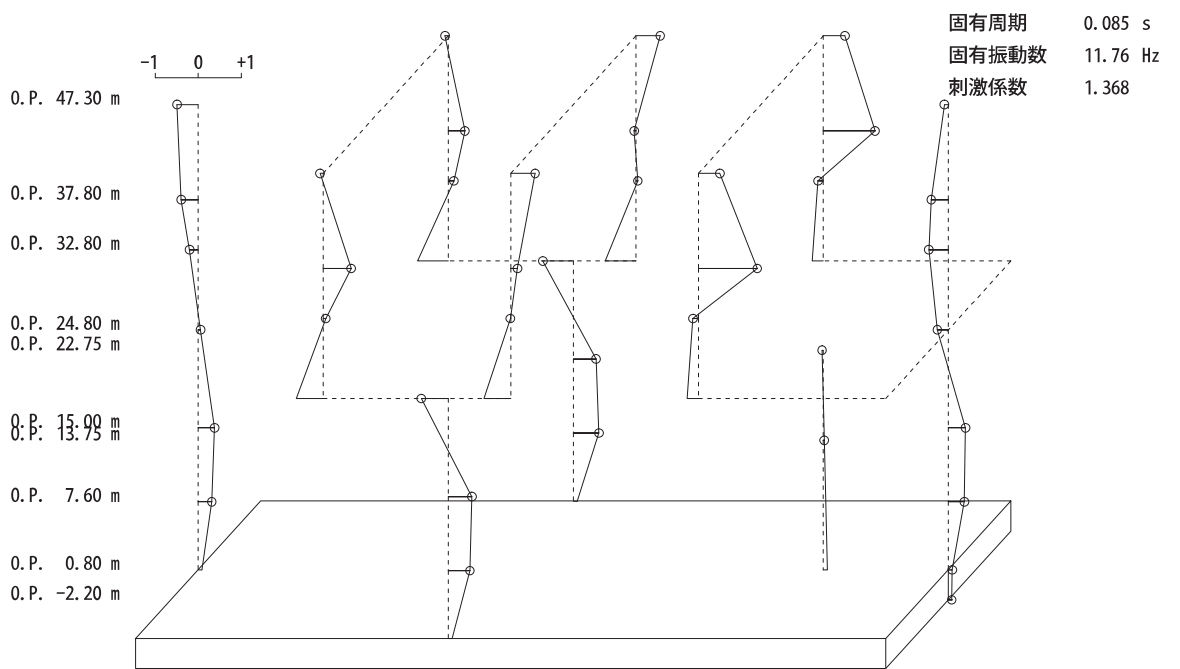


4 次

図 4-7(2) 刺激関数図 (ケース 3) (EW 方向) (2/3)



5 次



14 次

図 4-7(3) 刺激関数図 (ケース 3) (EW 方向) (3/3)

4.2.3 建屋剛性及び地盤物性の変動による影響

(1) 影響評価方針

建屋剛性及び地盤物性を変動させたケース（ケース 5 及びケース 6）の固有値解析を実施し、建屋剛性及び地盤物性を変動させたケースと基本ケースを比較する。

(2) 固有値解析結果

建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルにより固有値解析を実施した。固有値解析結果を表 4-4、刺激関数図を図 4-8～図 4-11 に示す。

基本ケースに対する建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、硬質岩盤に立地しているため、地盤の影響が小さく、建屋剛性を変動させたモデルと概ね同等で、1 次モードでケース 5 が 5%（NS 方向）及び 9%（EW 方向）、ケース 6 が 6%（NS 方向）及び 9%（EW 方向）低振動数側にシフトした。

表 4-4(1) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)

(a) NS 方向

次数	NS方向		
	ケース1	ケース5	ケース6
1	3.96	3.75 (0.95)	3.73 (0.94)
2	4.18	3.97 (0.95)	3.97 (0.95)
3	7.11	6.40 (0.90)	6.38 (0.90)
4	8.16	7.66 (0.94)	7.66 (0.94)
5	11.32	10.60 (0.94)	10.60 (0.94)
6	12.22	10.96 (0.90)	10.94 (0.90)
7	14.98	13.52 (0.90)	13.43 (0.90)
8	15.88	15.24 (0.96)	15.24 (0.96)
9	16.15	15.88 (0.98)	15.87 (0.98)
10	17.21	15.94 (0.93)	15.94 (0.93)

注: () 内は基本モデルに対する比率

表 4-4(2) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)

(b)EW 方向 (1/2)

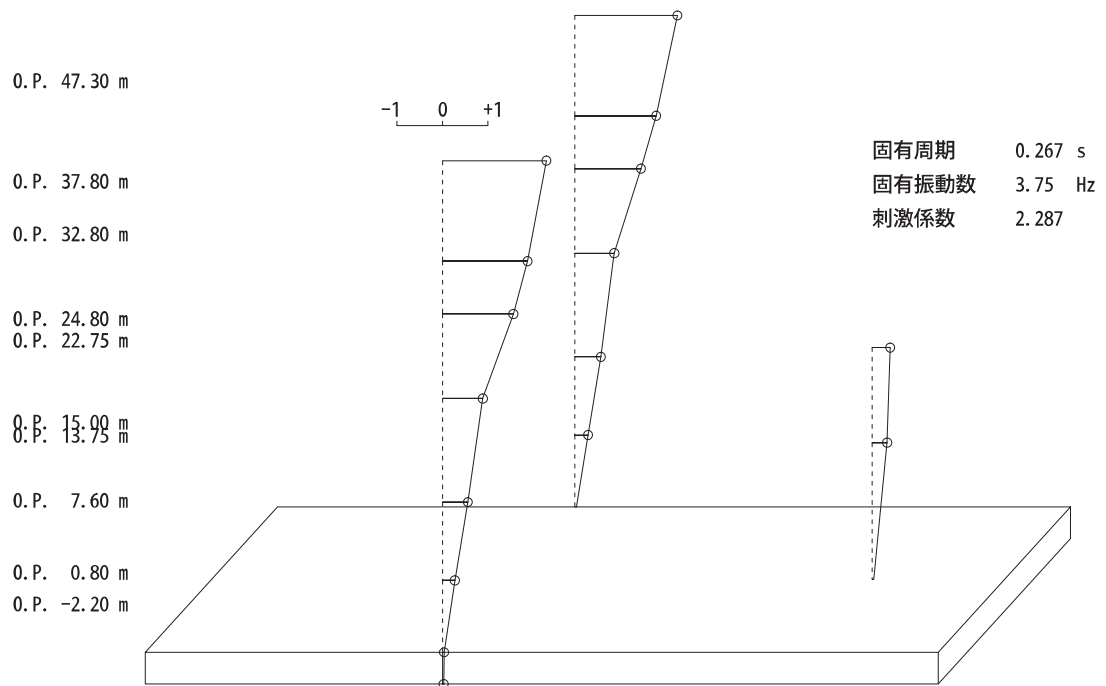
次数	EW方向		
	ケース1	ケース5	ケース6
1	3.53	3.21 (0.91)	3.20 (0.91)
2	4.09	4.09 (1.00)	4.08 (1.00)
3	5.85	5.44 (0.93)	5.42 (0.93)
4	6.03	5.90 (0.98)	5.90 (0.98)
5	6.70	6.44 (0.96)	6.44 (0.96)
6	6.77	6.54 (0.97)	6.54 (0.97)
7	7.92	7.72 (0.97)	7.72 (0.97)
8	8.64	8.31 (0.96)	8.31 (0.96)
9	8.99	8.68 (0.97)	8.68 (0.97)
10	9.35	8.96 (0.96)	8.96 (0.96)
11	9.92	9.42 (0.95)	9.42 (0.95)
12	10.05	9.64 (0.96)	9.64 (0.96)
13	11.45	10.71 (0.94)	10.69 (0.93)
14	11.82	10.85 (0.92)	10.80 (0.91)
15	12.26	11.24 (0.92)	11.24 (0.92)

注: () 内は基本モデルに対する比率

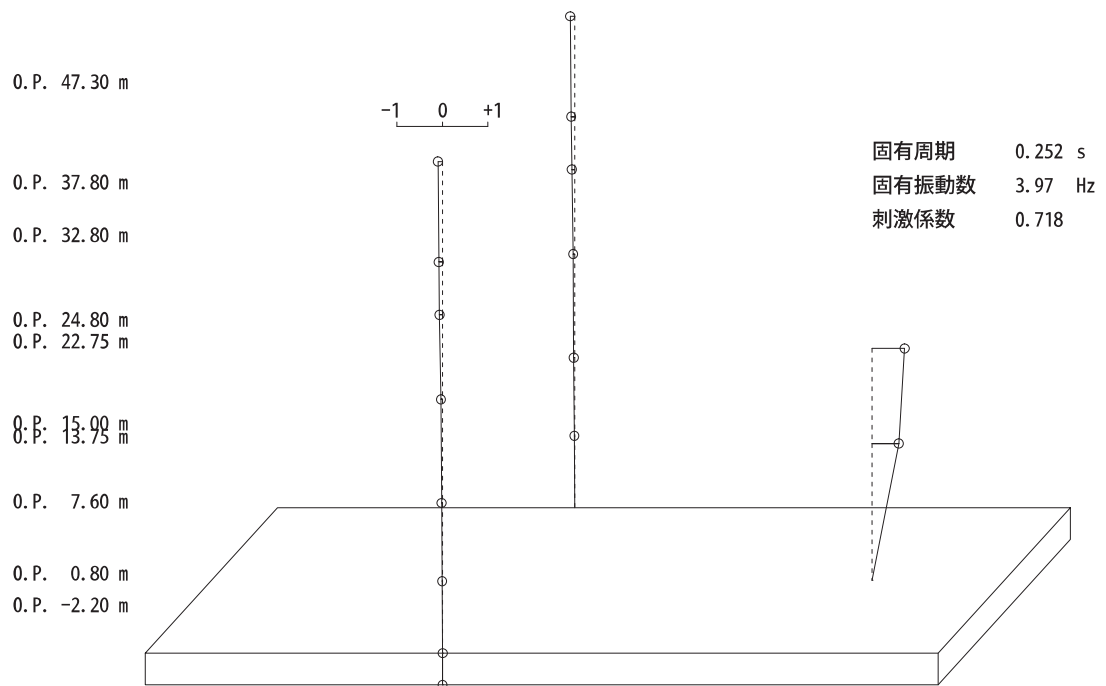
表 4-4(3) 固有値解析結果の比較 (単位: Hz)
(b)EW 方向 (2/2)

次数	EW方向		
	ケース1	ケース5	ケース6
16	12.46	11.57 (0.93)	11.56 (0.93)
17	12.92	11.94 (0.92)	11.94 (0.92)
18	13.00	11.99 (0.92)	11.99 (0.92)
19	13.52	12.61 (0.93)	12.61 (0.93)
20	13.82	13.04 (0.94)	13.04 (0.94)
21	13.93	13.15 (0.94)	13.15 (0.94)
22	14.44	13.59 (0.94)	13.59 (0.94)
23	14.78	14.22 (0.96)	14.22 (0.96)
24	15.13	15.13 (1.00)	15.13 (1.00)
25	16.79	15.95 (0.95)	15.93 (0.95)
26	18.49	17.41 (0.94)	17.40 (0.94)
27	19.59	17.91 (0.91)	17.78 (0.91)

注: () 内は基本モデルに対する比率

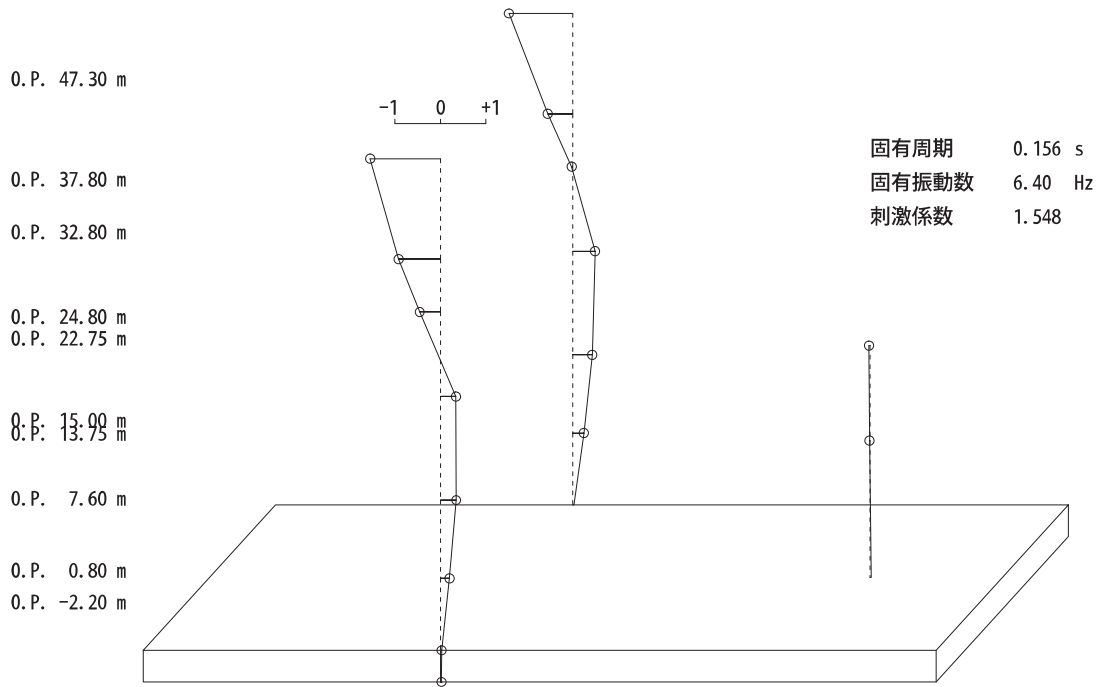


1次

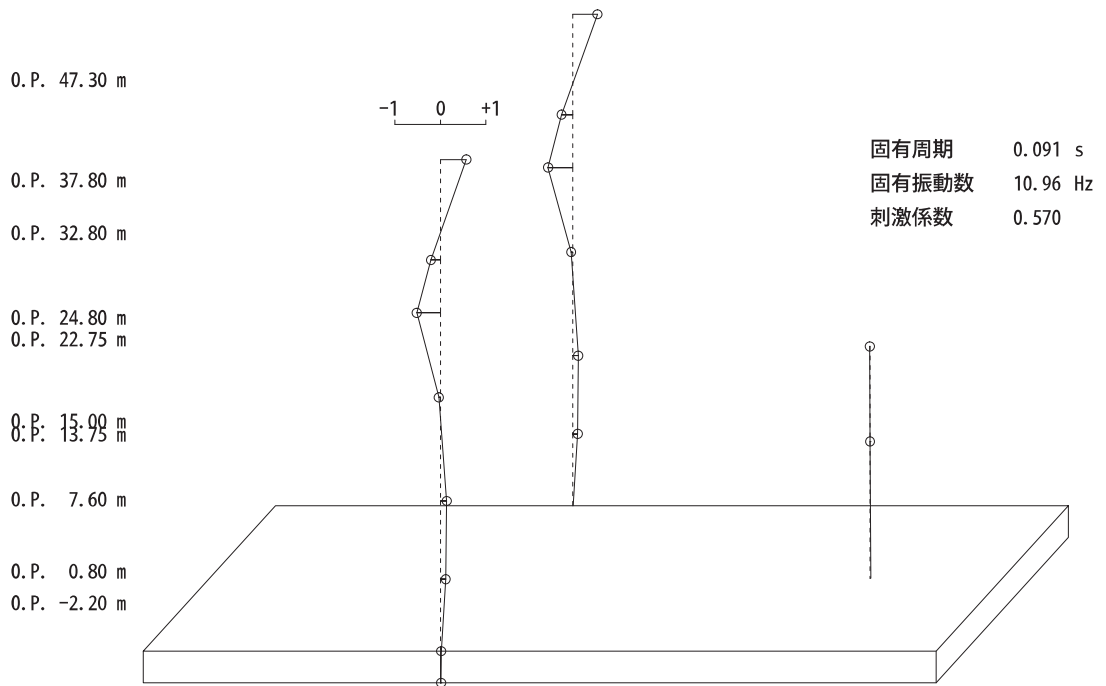


2次

図 4-8(1) 刺激関数図 (ケース 5) (NS 方向) (1/2)

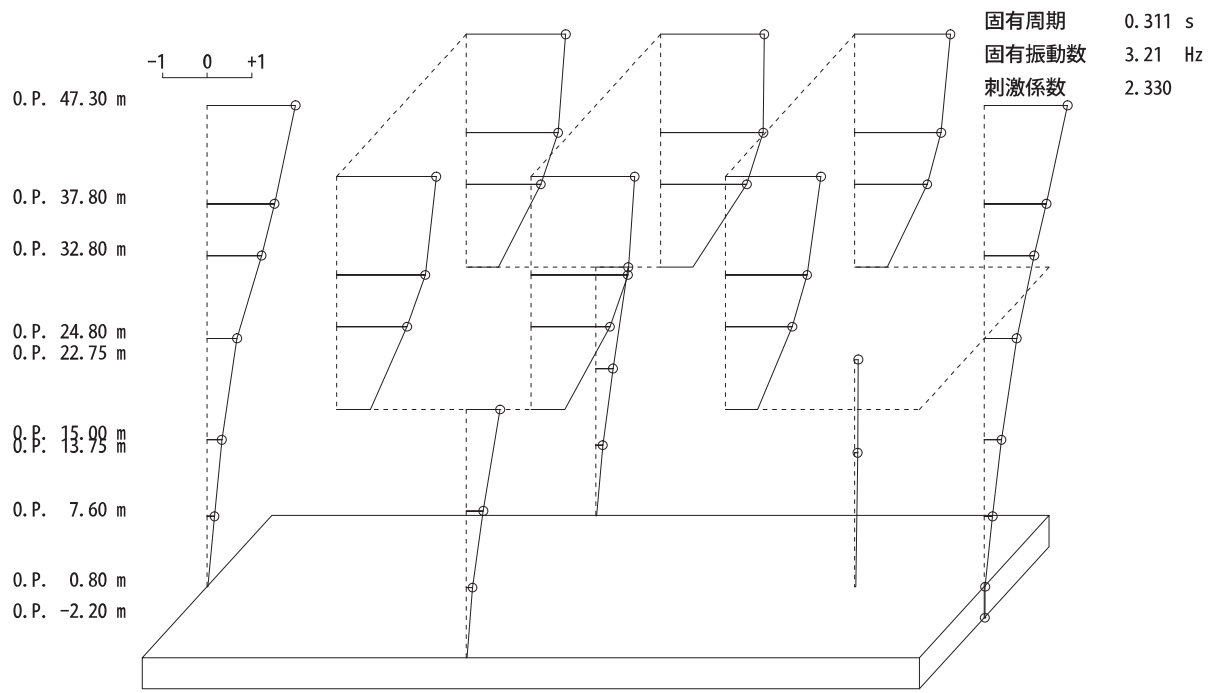


3 次

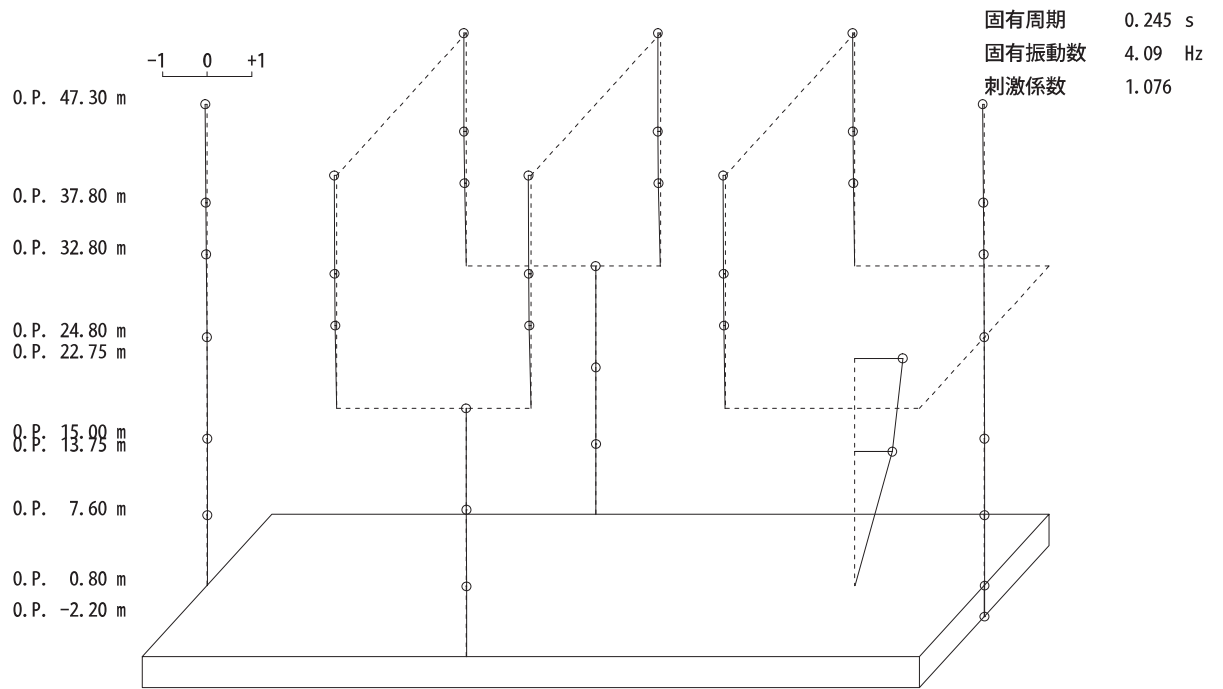


6 次

図 4-8(2) 刺激関数図 (ケース 5) (NS 方向) (2/2)

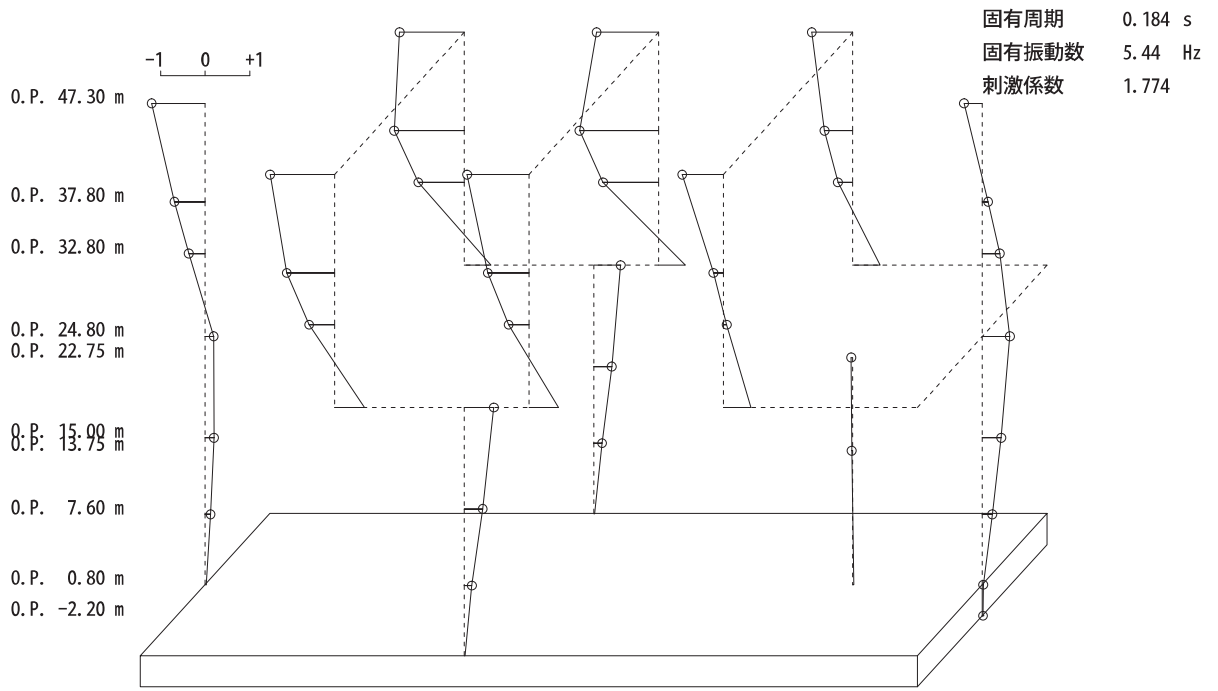


1次

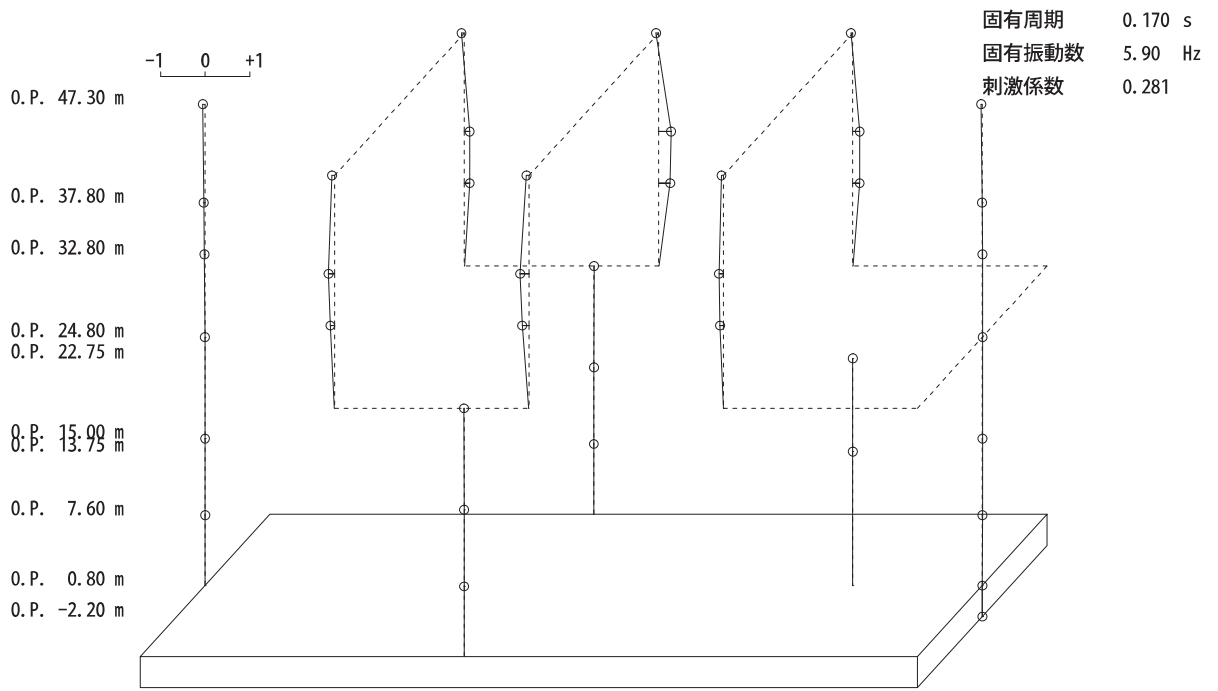


2次

図 4-9(1) 刺激関数図 (ケース 5) (EW 方向) (1/3)

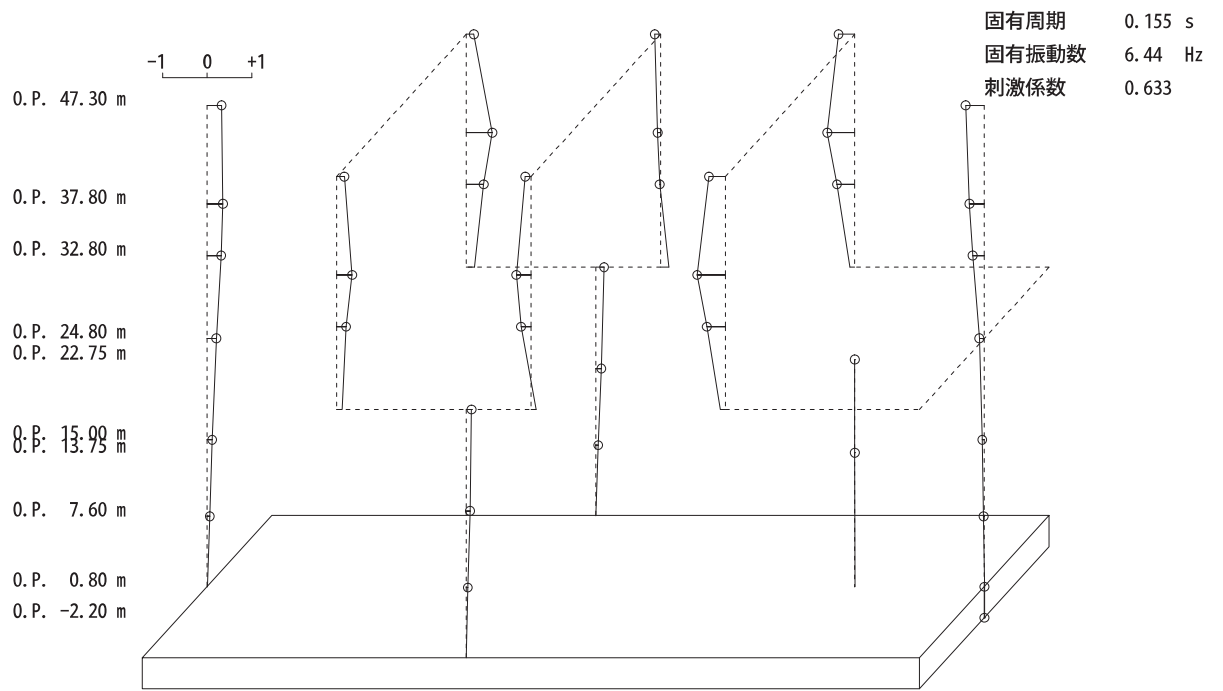


3 次

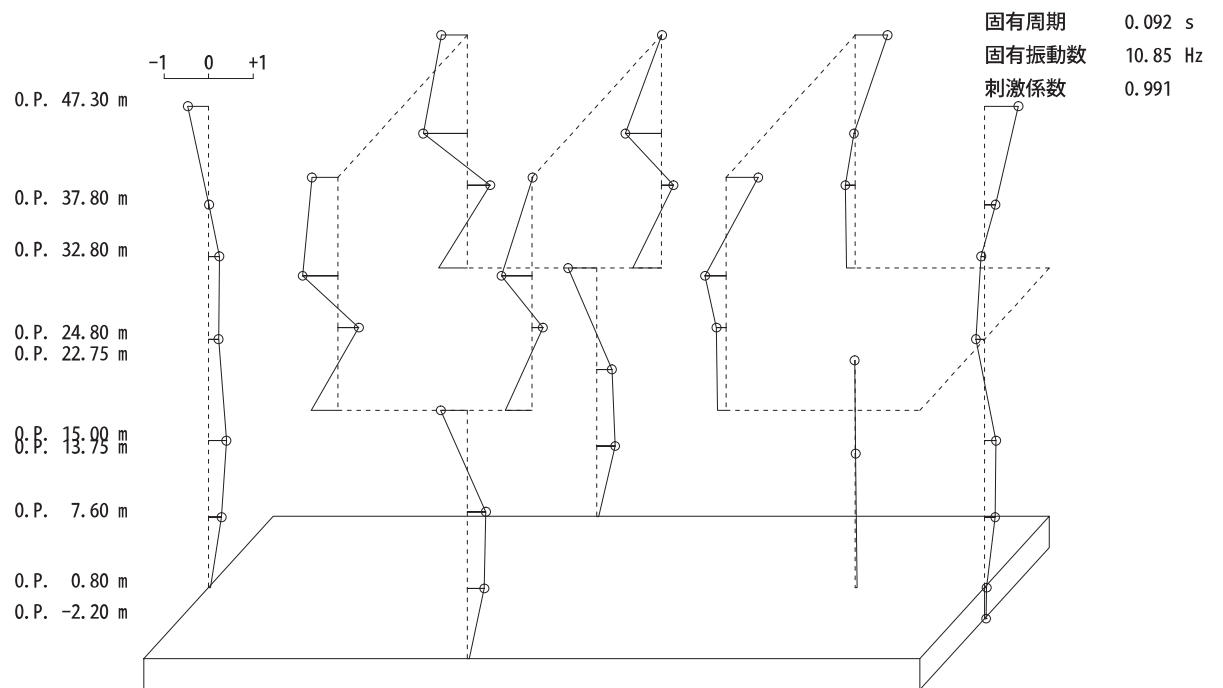


4 次

図 4-9(2) 刺激関数図 (ケース 5) (EW 方向) (2/3)

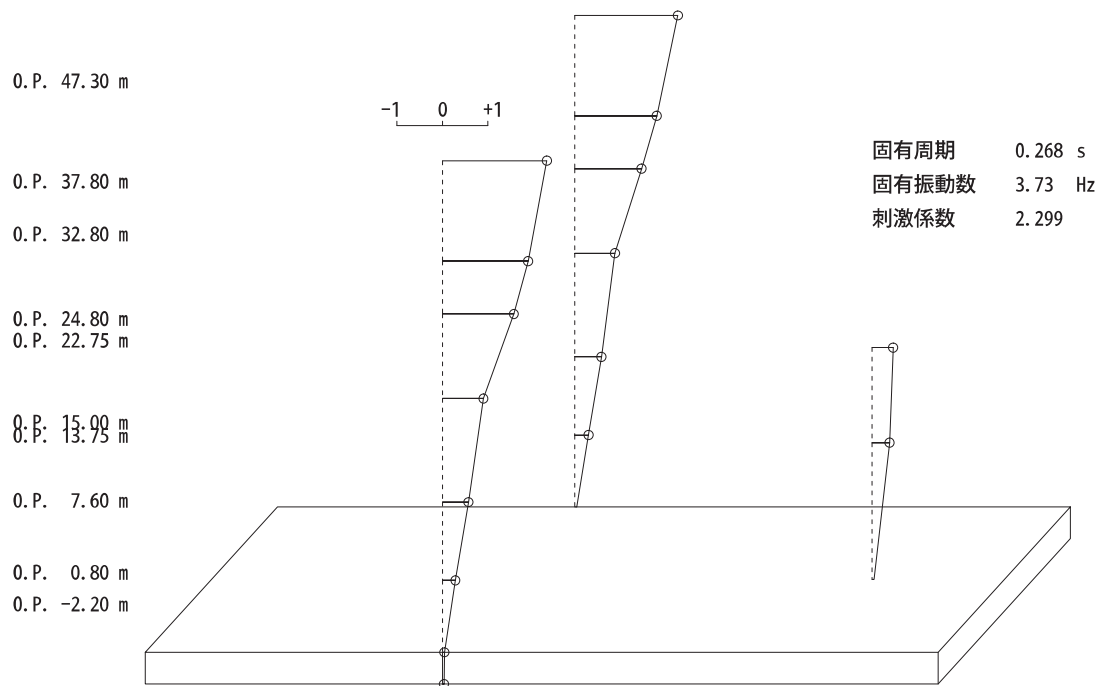


5次

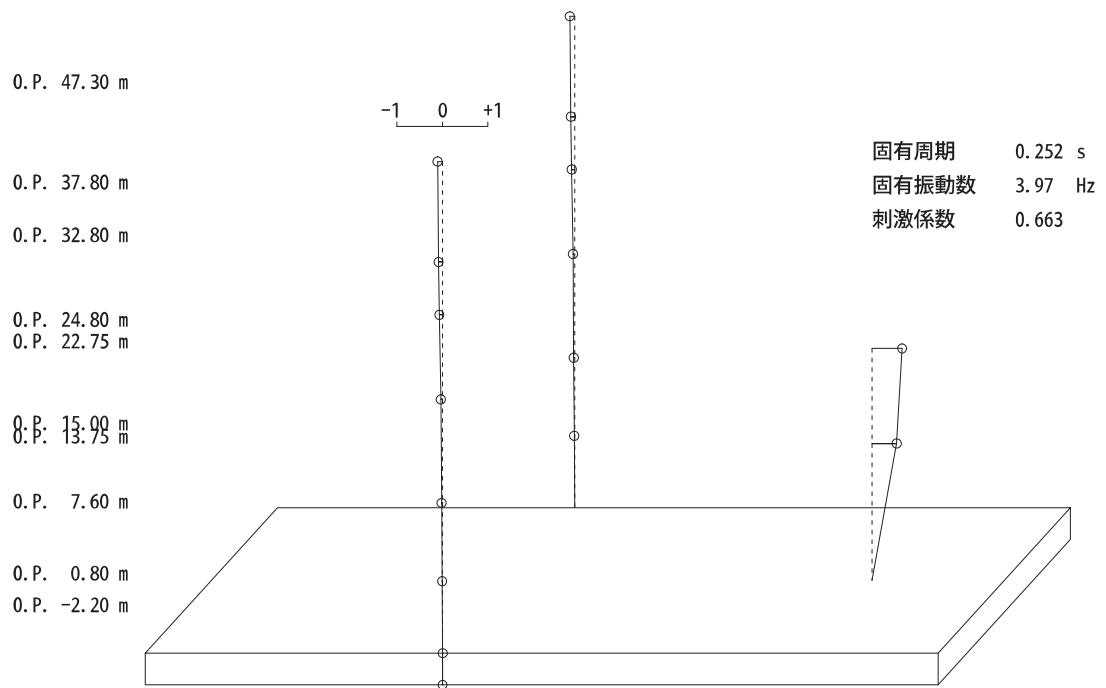


14次

図 4-9(3) 刺激関数図 (ケース 5) (EW 方向) (3/3)

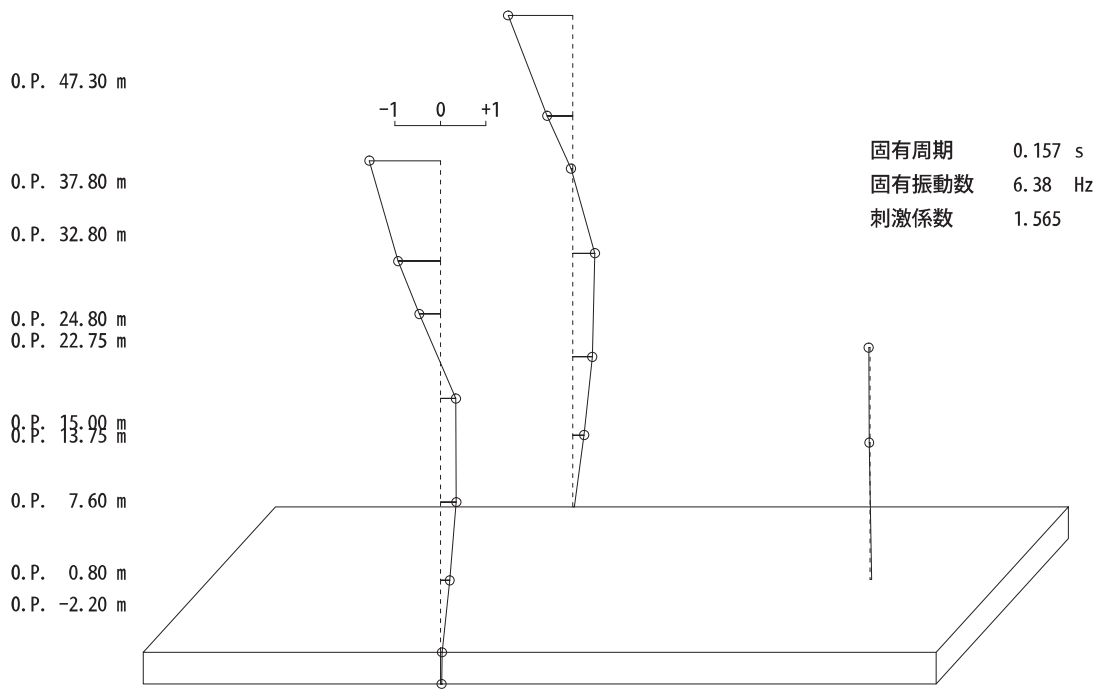


1次

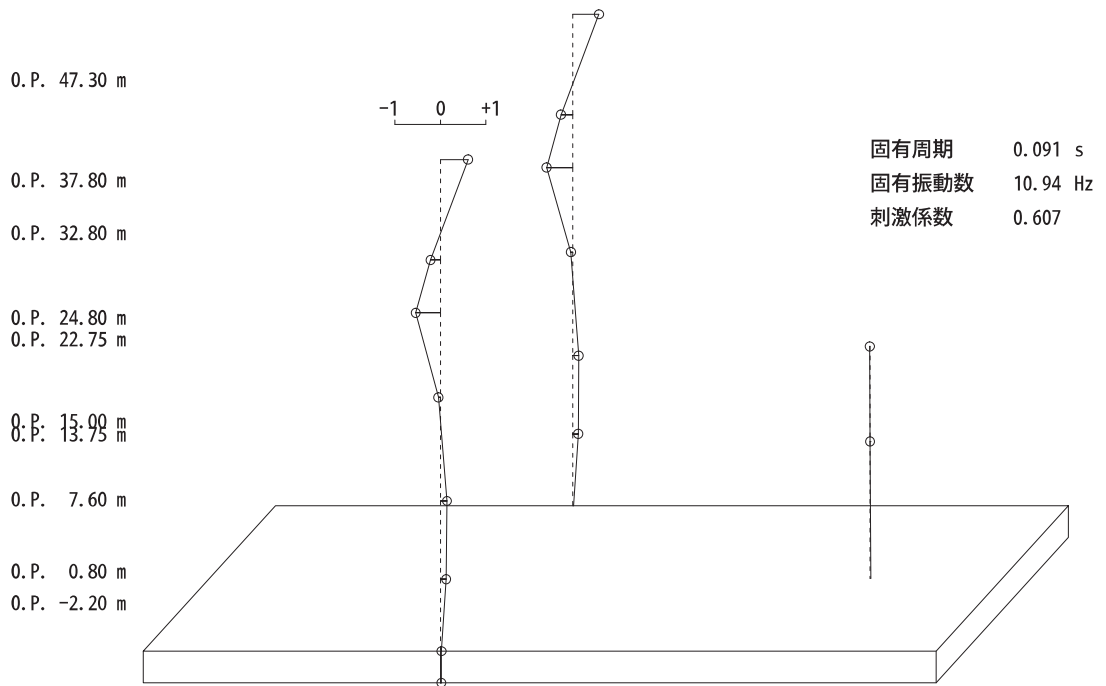


2次

図 4-10(1) 刺激関数図 (ケース 6) (NS 方向) (1/2)

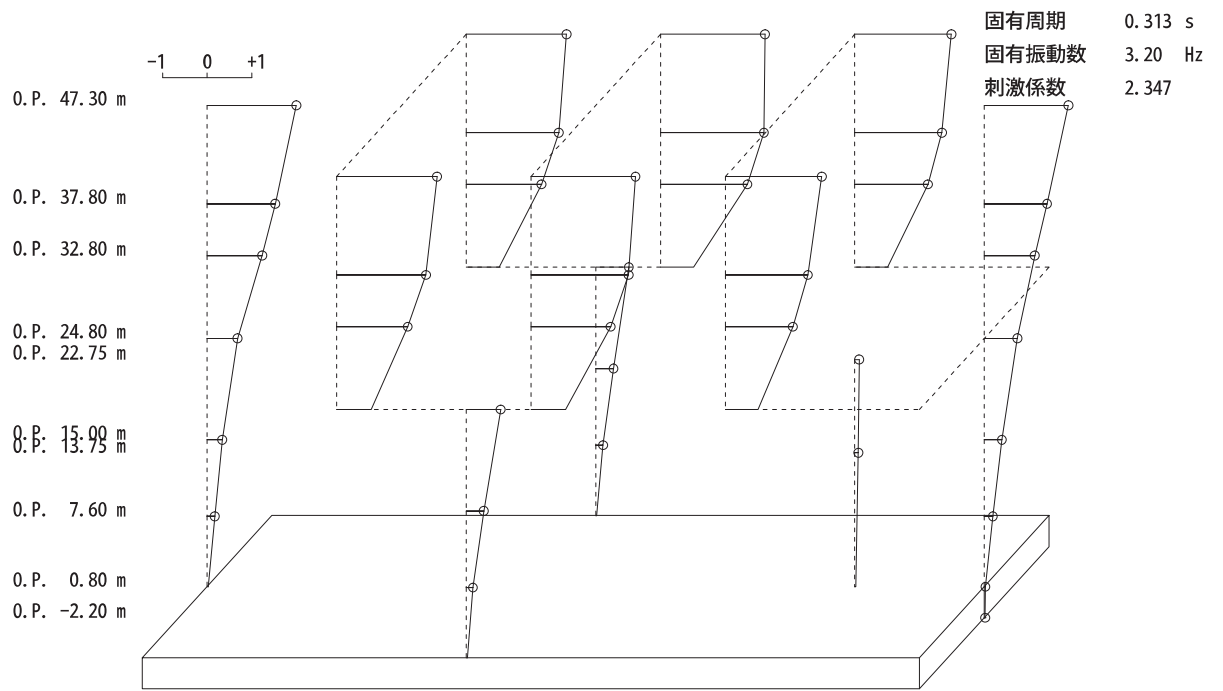


3 次

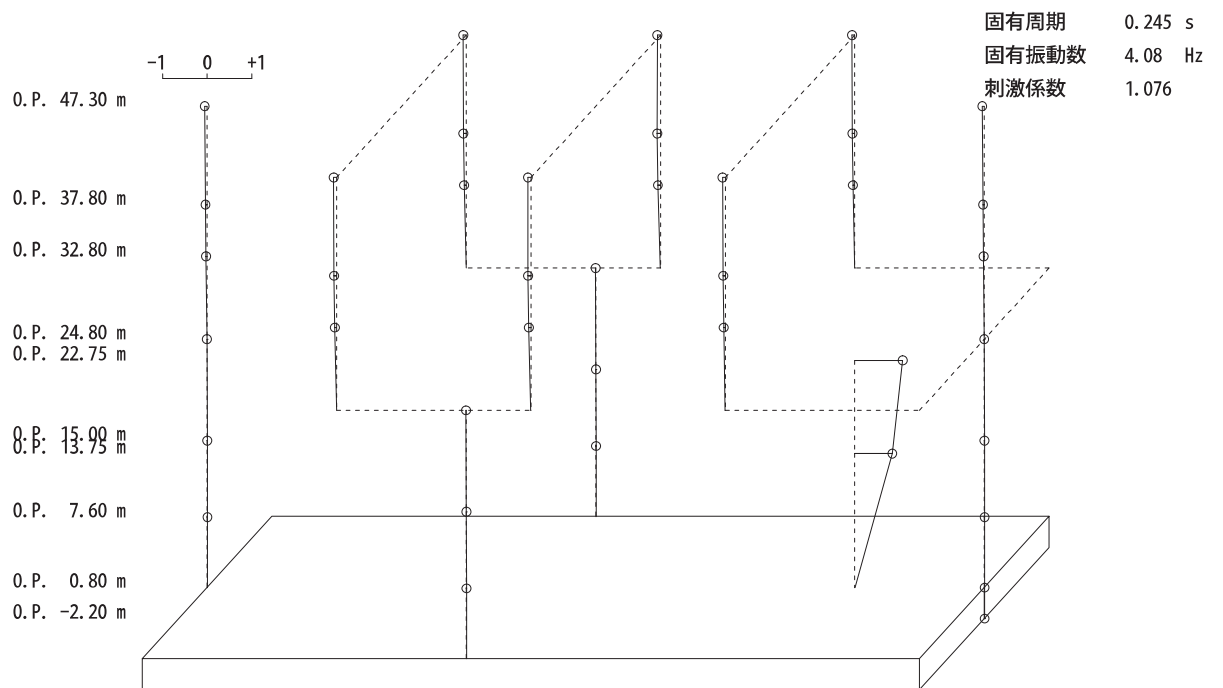


6 次

図 4-10(2) 刺激関数図 (ケース 6) (NS 方向) (2/2)

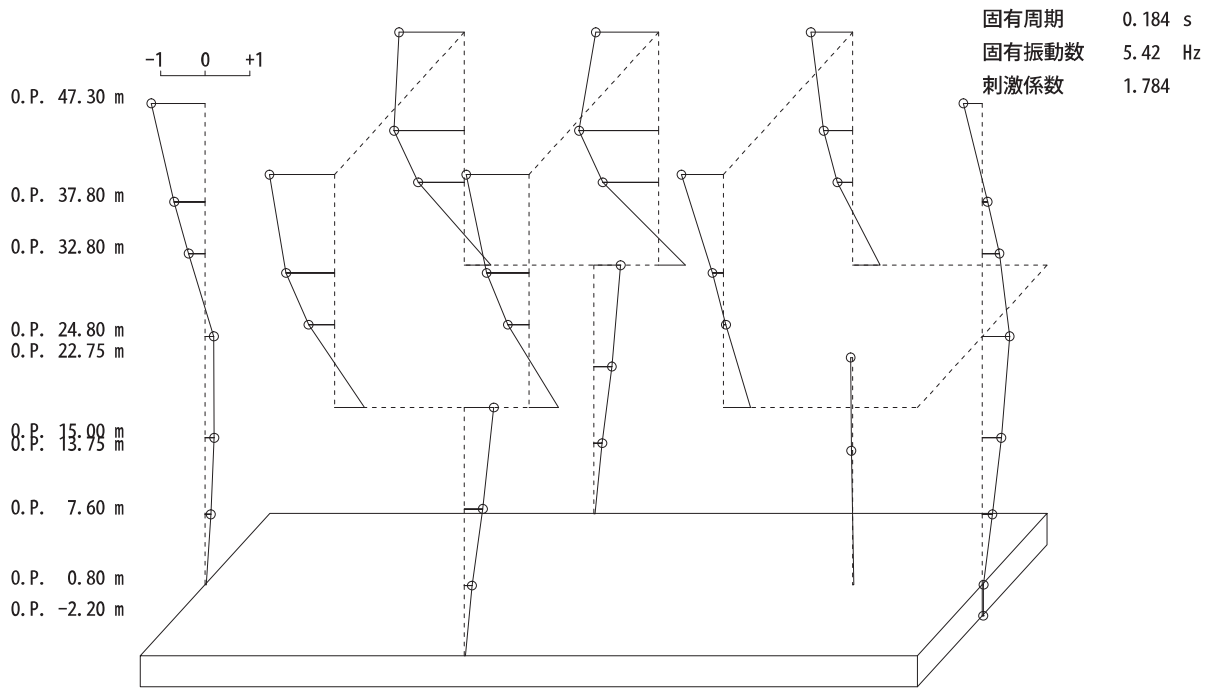


1次

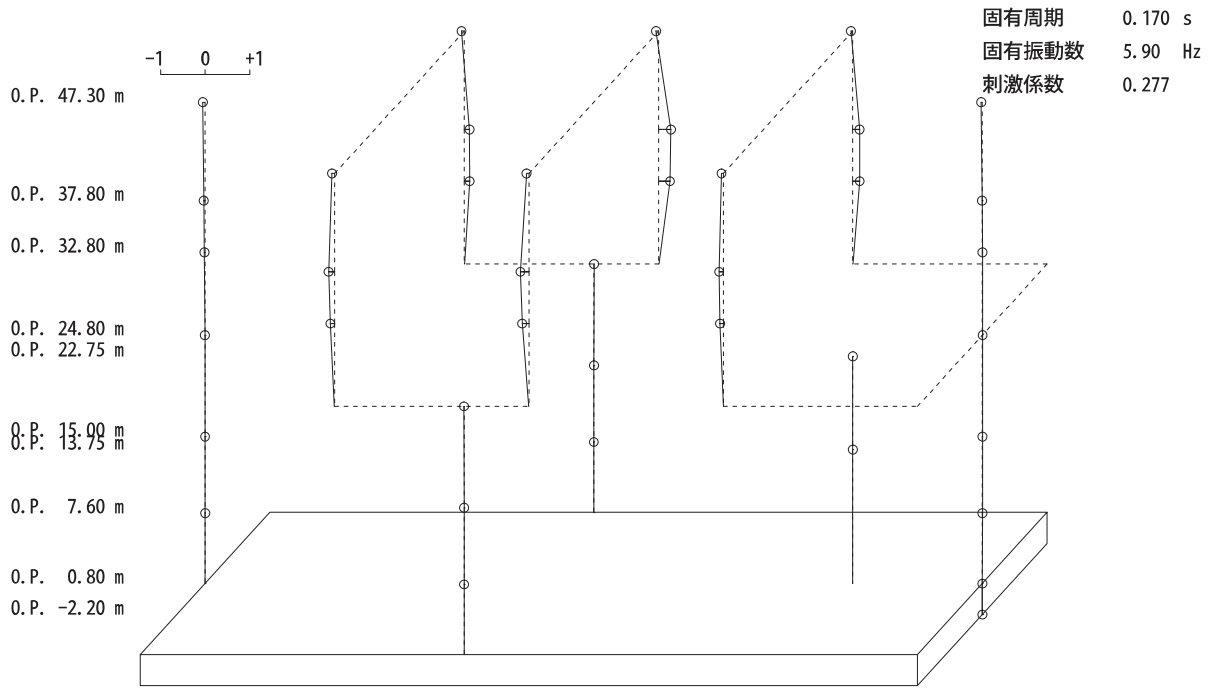


2次

図 4-11(1) 刺激関数図 (ケース 6) (EW 方向) (1/3)

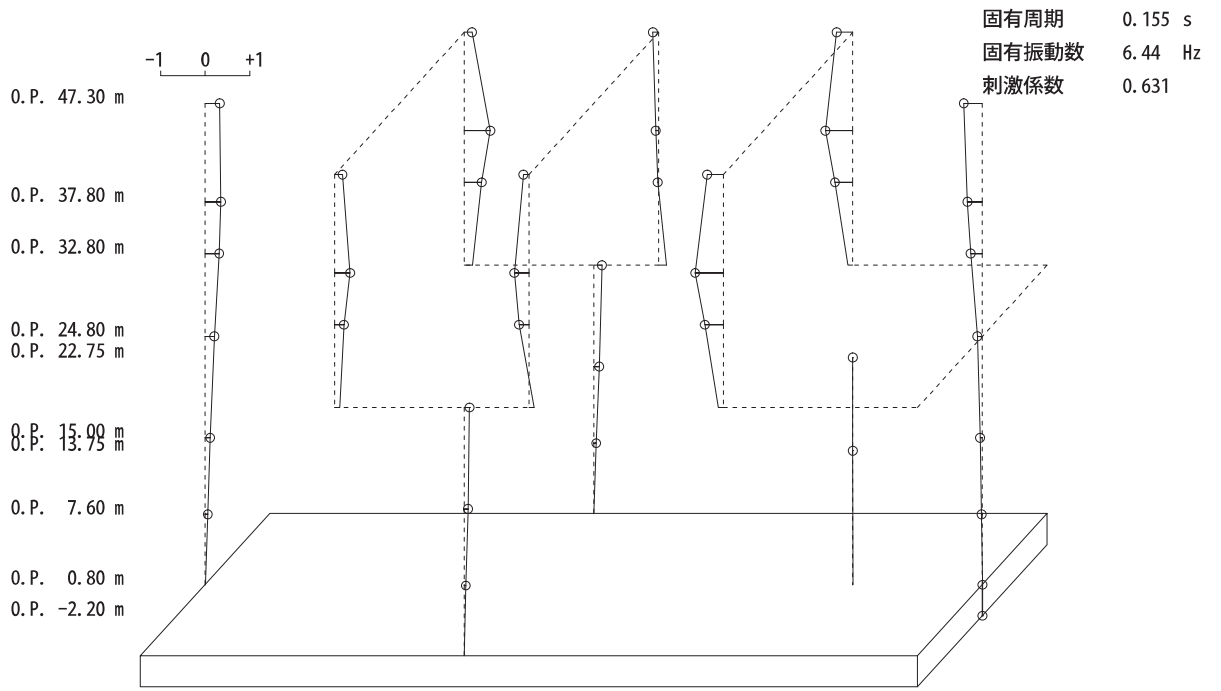


3 次

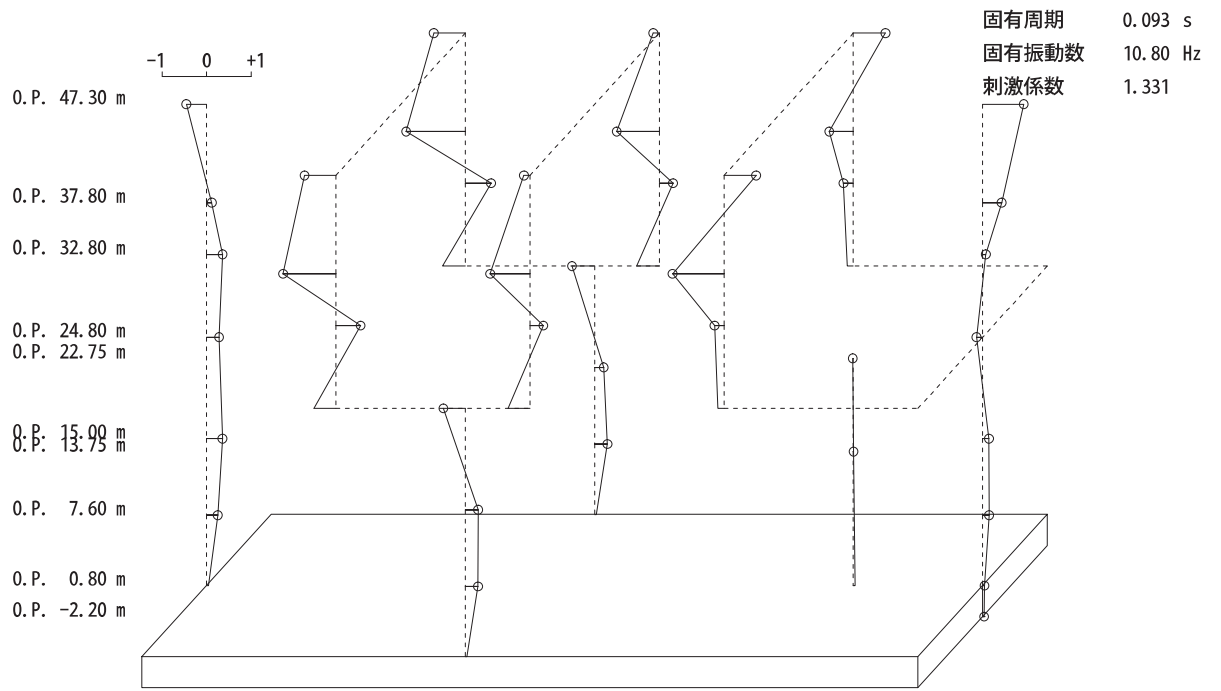


4 次

図 4-11(2) 刺激関数図 (ケース 6) (EW 方向) (2/3)



5次



14次

図 4-11(3) 刺激関数図 (ケース 6) (EW 方向) (3/3)

4.3 まとめ

建屋剛性及び地盤物性の不確かさを考慮した固有値解析結果より、以下の傾向を確認した。

- ・ 建屋剛性の不確かさ

基本ケースに対する建屋剛性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、1次モードでは6%（NS方向）及び9%（EW方向）低振動数側にシフトした。

- ・ 地盤物性の不確かさ

基本ケースに対する地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動は小さく、1次モードではNS，EWともに1%未満であった。

- ・ 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ

基本ケースに対する建屋剛性及び地盤物性を変動させた解析モデルの固有振動数の変動について、硬質岩盤に立地しているため地盤の影響が小さく、建屋剛性を変動させたモデルと概ね同等で、1次モードでケース5が5%（NS方向）及び9%（EW方向）、ケース6が6%（NS方向）及び9%（EW方向）低振動数側にシフトした。

別紙 5-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の
選定について

目次

1. 概要..... 別紙 5-1- 1
2. 選定方法..... 別紙 5-1- 1
3. 地震動の選定..... 別紙 5-1- 3
4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動..... 別紙 5-1-12

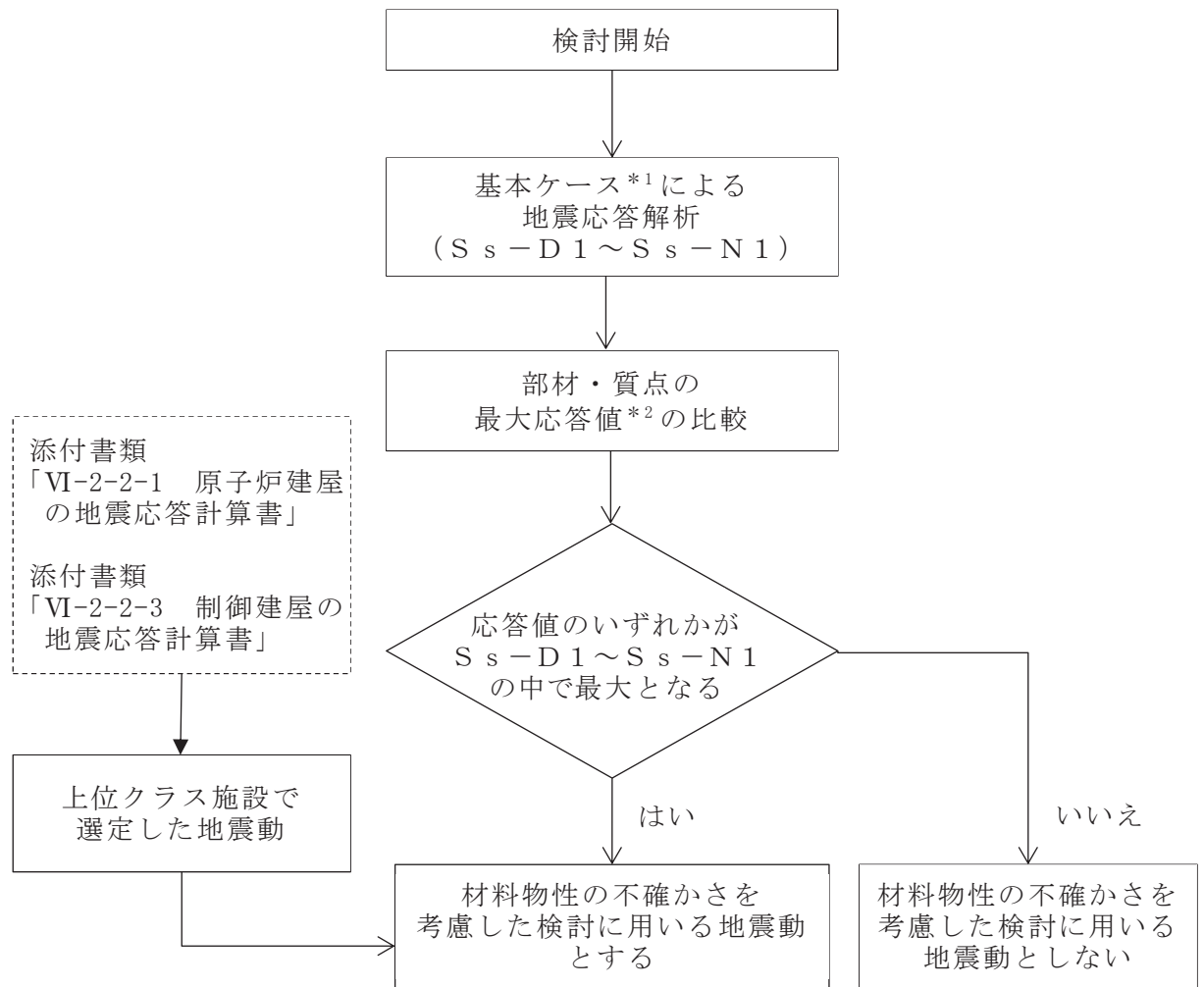
1. 概要

タービン建屋の材料物性の不確かさの考慮にあたっては、基本ケースにおける建屋応答を確認した上で、建屋応答への影響の大きい地震動に対して検討を実施する。さらにタービン建屋は波及的影響の評価対象であることから、上位クラス施設（原子炉建屋及び制御建屋）で選定した地震動についても検討を実施する。本資料では、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定方法及び地震動の選定結果について説明する。

2. 選定方法

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

- ① 基本ケースによる地震応答解析を行う。
- ② 地震応答解析結果より、部材及び質点の最大応答値の比較を行う。ここで用いる応答値は、基準地震動 S_s のそれぞれについて、加速度、変位、せん断力及び曲げモーメントとする。
- ③ 応答値のいずれかが基準地震動 S_s の中で最大となる地震動を、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。
- ④ ③に加えて、上位クラス施設（原子炉建屋及び制御建屋）で選定した地震動を、材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動とする。



注記*1：コンクリート剛性：シミュレーション解析により補正

*2：応答値は，加速度，変位，せん断力及び曲げモーメントとする。

図 2-1 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定法のフロー

3. 地震動の選定

タービン建屋における基準地震動 S_s に対する地震動の選定を以下に示す。タービン建屋の基準地震動 S_s に対する最大応答値を表 3-1～表 3-8 に示す。また、上位クラス施設（原子炉建屋及び制御建屋）で選定した地震動を表 3-9 に示す。

「2. 選定方法」に基づき確認した結果、基準地震動 $S_s - D 1$ 、 $S_s - D 2$ 、 $S_s - D 3$ 、 $S_s - F 2$ 、 $S_s - F 3$ 及び $S_s - N 1$ については、応答値のいずれかが $S_s - D 1 \sim S_s - N 1$ の中で最大、又は上位クラス施設（原子炉建屋及び制御建屋）で選定した地震動となることから、不確かさ検討に用いる地震動とする。なお、 $S_s - F 1$ については、EW 方向の曲げモーメントで頂部（要素(19)及び(31)）において最大となるが、その値は最小表示桁 $1.0 \times 10^2 \text{kN} \cdot \text{m}$ の範囲で 0 であり、評価に影響しないことから選定しない。

表 3-1 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

部 位	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s ²)							最大値
		S _s -D 1	S _s -D 2	S _s -D 3	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -F 3	S _s -N 1	
↑E-↑H	1	2834	3588	2872	2512	3207	3847	2723	3847
	2	2314	2301	2123	1633	2217	2512	2005	2512
	3	1958	2087	1703	1400	2010	2666	1889	2666
	4	1223	1614	1178	886	1180	1624	1442	1624
	5	898	1021	815	840	951	1235	1173	1235
	6	787	890	699	760	828	1282	833	1282
↑A-↑D	9	2702	3344	2902	2400	3075	3482	2589	3482
	10	1909	2204	1613	1565	2005	2229	1923	2229
	11	1577	1682	1587	1278	1725	1772	1719	1772
	12	1216	1487	1187	936	1342	1651	1442	1651
	13	1051	1053	906	858	1155	1281	1190	1281
	14	865	897	688	740	841	1238	962	1238
基礎版	15	642	675	628	587	729	849	623	849

注：網掛け部分は最大値

表 3-2 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

部 位	質点 番号	最大応答変位 (cm)							最大値
		S _s -D 1	S _s -D 2	S _s -D 3	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -F 3	S _s -N 1	
↑E-↑H	1	4.05	4.15	3.39	2.53	3.64	4.47	4.21	4.47
	2	3.49	3.48	2.95	2.10	3.04	3.71	3.61	3.71
	3	3.03	3.07	2.57	1.80	2.67	3.19	3.16	3.19
	4	1.41	1.41	1.19	0.97	1.30	1.37	1.79	1.79
	5	0.92	0.93	0.78	0.63	0.86	0.87	1.21	1.21
	6	0.45	0.46	0.38	0.31	0.42	0.43	0.61	0.61
↑A-↑D	9	3.84	4.02	3.19	2.50	3.59	4.36	4.16	4.36
	10	2.97	3.01	2.46	1.94	2.76	3.30	3.44	3.44
	11	2.46	2.48	1.98	1.58	2.26	2.55	2.94	2.94
	12	1.39	1.43	1.25	0.93	1.43	1.31	1.81	1.81
	13	0.96	0.98	0.86	0.67	0.99	0.89	1.27	1.27
	14	0.50	0.50	0.44	0.35	0.50	0.47	0.68	0.68
基礎版	15	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.06	0.06

注：網掛け部分は最大値

表 3-3 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

部 位	要素 番号	最大応答せん断力 (×10 ³ kN)							最大値
		S _s -D 1	S _s -D 2	S _s -D 3	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -F 3	S _s -N 1	
τE-τH	(1)	44.1	62.7	54.9	44.4	56.0	67.7	46.7	67.7
	(2)	69.1	84.0	72.4	62.7	78.2	85.3	66.0	85.3
	(3)	138	144	117	95.8	132	144	127	144
	(4)	227	262	209	176	221	226	268	268
	(5)	343	361	291	241	335	331	441	441
	(6)	413	424	355	287	389	395	555	555
τA-τD	(9)	65.2	71.2	61.3	54.5	69.0	71.6	58.3	71.6
	(10)	84.9	93.0	78.5	68.7	84.9	91.8	75.6	93.0
	(11)	139	148	115	109	136	142	140	148
	(12)	293	340	270	223	315	282	360	360
	(13)	437	467	393	309	466	408	563	563
	(14)	513	519	460	364	529	485	664	664
基礎版	(15)	1190	1150	1000	782	993	1130	1610	1610

注：網掛け部分は最大値

表 3-4 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

部 位	要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁵ kN・m)							最大値
		S _s -D 1	S _s -D 2	S _s -D 3	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -F 3	S _s -N 1	
τE-τH	(1)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		4.19	5.95	5.21	4.22	5.32	6.46	4.43	6.46
	(2)	4.19	5.95	5.21	4.22	5.32	6.46	4.43	6.46
		7.64	10.2	8.83	7.35	9.23	10.7	7.72	10.7
	(3)	7.64	10.2	8.83	7.35	9.23	10.7	7.72	10.7
		18.2	21.0	16.6	14.9	18.5	20.5	16.7	21.0
	(4)	18.2	21.0	16.6	14.9	18.5	20.5	16.7	21.0
		39.3	37.2	34.7	29.6	38.3	42.6	42.1	42.6
	(5)	39.3	37.2	34.7	29.6	38.3	42.6	42.1	42.6
		61.6	61.0	55.4	46.6	58.9	67.1	74.3	74.3
	(6)	61.6	61.0	55.4	46.6	58.9	67.1	74.3	74.3
		89.3	87.1	78.4	64.1	82.2	92.9	112	112
τA-τD	(9)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		6.19	6.91	5.83	5.18	6.63	6.89	5.54	6.91
	(10)	6.19	6.91	5.83	5.18	6.63	6.89	5.54	6.91
		10.4	11.6	9.72	8.34	10.8	11.5	9.31	11.6
	(11)	10.4	11.6	9.72	8.34	10.8	11.5	9.31	11.6
		21.4	23.6	18.6	16.9	21.2	22.3	19.2	23.6
	(12)	21.4	23.6	18.6	16.9	21.2	22.3	19.2	23.6
		47.8	46.2	43.1	36.1	48.5	49.7	53.1	53.1
	(13)	47.8	46.2	43.1	36.1	48.5	49.7	53.1	53.1
		77.6	78.5	68.9	56.9	78.9	79.0	94.2	94.2
(14)	77.6	78.5	68.9	56.9	78.9	79.0	94.2	94.2	
	111	111	97.9	77.4	113	110	139	139	
基礎版	(15)	233	230	198	161	212	227	284	284
267		259	226	180	241	259	333	333	

注 1：上段は要素の上端，下段は要素の下端のモーメントを示す。

注 2：網掛け部分は最大値

表 3-5 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s , EW 方向）

部 位	質点 番号	最大応答加速度 (cm/s^2)							最大値
		$S_s - D 1$	$S_s - D 2$	$S_s - D 3$	$S_s - F 1$	$S_s - F 2$	$S_s - F 3$	$S_s - N 1$	
$\tau 1-\tau 2$	1	2960	3529	2705	1871	2100	2842	2180	3529
	2	2782	2428	2559	1597	1613	2501	1754	2782
	3	1765	1657	1644	1358	1480	1821	1423	1821
	4	1013	1154	949	837	1176	1149	1109	1176
	5	869	1294	877	664	990	889	843	1294
	6	694	1071	766	567	903	700	681	1071
$\tau 3-\tau 4$ (上部・ τH 側)	7	3490	3663	3119	2061	2009	2803	2184	3663
	8	3364	3439	2715	2198	2325	3056	1862	3439
	9	1976	2408	2063	1453	1482	2027	1623	2408
$\tau 3-\tau 4$ (上部・ τA 側)	10	3490	3663	3119	2061	2009	2803	2184	3663
	11	3267	3236	3152	2314	2343	3299	2087	3299
	12	2118	2408	2560	1763	1656	2342	1613	2560
$\tau 3-\tau 8$ (下部・ τH 側)	13	1764	2020	1734	1383	1538	1586	1211	2020
	14	1148	1422	994	894	1025	1089	939	1422
	15	772	1294	932	712	942	906	786	1294
$\tau 3-\tau 8$ (下部・ τA 側)	16	1747	2027	1728	1368	1564	1638	1227	2027
	17	1070	1252	938	850	1047	969	944	1252
	18	799	1333	962	723	1005	920	807	1333
$\tau 5-\tau 6$ (上部・ τH 側)	19	3137	4170	3197	2431	2677	2686	2209	4170
	20	3030	4068	3193	2387	2091	3482	2380	4068
	21	2399	2714	2301	1741	1611	2361	1884	2714
$\tau 5-\tau 6$ (上部・ τA 側)	22	3137	4170	3197	2431	2677	2686	2209	4170
	23	3633	3955	3248	2342	2254	3467	2227	3955
	24	2433	3023	2516	1914	1901	2480	1808	3023
$\tau 7-\tau 8$ (上部・ τH 側)	25	2784	3471	2499	2110	2323	2385	2181	3471
	26	2878	3418	2739	2188	2283	2969	2172	3418
	27	2091	2054	1661	1310	1323	2054	1688	2091
$\tau 7-\tau 8$ (上部・ τA 側)	28	2784	3471	2499	2110	2323	2385	2181	3471
	29	2762	3435	2706	2116	2320	2802	2246	3435
	30	2068	2222	1813	1381	1364	1922	1728	2222
$\tau 9-\tau 10$	31	2467	2954	2020	1553	1490	2290	1995	2954
	32	1919	2158	1487	1223	1292	1725	1718	2158
	33	1641	1782	1395	1152	1314	1315	1351	1782
	34	1348	1513	1259	1044	1262	1022	1127	1513
	35	1056	1240	941	683	923	1041	940	1240
	36	798	1043	769	591	809	835	772	1043
基礎版	39	626	668	630	588	736	884	610	884

注：網掛け部分は最大値

表 3-6 最大応答変位一覧 (基準地震動 S_s , EW 方向)

部 位	質点 番号	最大応答変位 (cm)							
		$S_s - D 1$	$S_s - D 2$	$S_s - D 3$	$S_s - F 1$	$S_s - F 2$	$S_s - F 3$	$S_s - N 1$	最大値
τ_{1-2}	1	5.36	6.73	4.46	3.36	3.30	4.38	4.22	6.73
	2	4.26	5.06	3.61	2.65	2.69	3.52	3.39	5.06
	3	3.48	3.83	3.03	2.21	2.29	2.88	2.87	3.83
	4	1.62	1.41	1.35	1.31	1.33	1.21	1.60	1.62
	5	0.85	0.74	0.70	0.70	0.74	0.64	0.88	0.88
	6	0.43	0.38	0.36	0.37	0.39	0.34	0.46	0.46
τ_{3-4} (上部・ τ_H 側)	7	6.09	7.51	5.07	3.90	3.70	4.96	4.82	7.51
	8	5.61	6.21	4.63	3.56	3.55	4.61	4.39	6.21
	9	4.51	4.86	3.76	2.85	2.83	3.60	3.65	4.86
τ_{3-4} (上部・ τ_A 側)	10	6.09	7.51	5.07	3.90	3.70	4.96	4.82	7.51
	11	5.59	6.30	4.84	3.76	3.80	4.59	4.33	6.30
	12	4.63	5.07	4.02	3.09	3.09	3.78	3.70	5.07
τ_{3-8} (下部・ τ_H 側)	13	2.26	2.16	1.68	1.74	1.80	1.52	2.07	2.26
	14	1.18	1.03	0.89	0.92	0.97	0.86	1.16	1.18
	15	0.44	0.41	0.33	0.36	0.38	0.38	0.48	0.48
τ_{3-8} (下部・ τ_A 側)	16	2.12	2.06	1.62	1.67	1.75	1.47	1.96	2.12
	17	1.18	1.07	0.90	0.93	1.00	0.83	1.16	1.18
	18	0.49	0.45	0.37	0.40	0.43	0.41	0.52	0.52
τ_{5-6} (上部・ τ_H 側)	19	6.38	7.76	5.19	4.09	3.70	5.15	5.13	7.76
	20	6.08	6.64	4.96	3.91	3.57	5.14	5.05	6.64
	21	5.06	5.28	3.96	3.19	2.95	4.10	4.21	5.28
τ_{5-6} (上部・ τ_A 側)	22	6.38	7.76	5.19	4.09	3.70	5.15	5.13	7.76
	23	6.31	7.10	5.29	4.25	3.91	5.42	5.12	7.10
	24	5.34	5.79	4.48	3.58	3.34	4.45	4.38	5.79
τ_{7-8} (上部・ τ_H 側)	25	5.85	6.97	4.51	3.63	3.23	4.56	4.80	6.97
	26	5.08	5.14	3.64	3.17	2.72	3.88	4.31	5.14
	27	4.25	4.07	3.06	2.74	2.29	3.25	3.63	4.25
τ_{7-8} (上部・ τ_A 側)	28	5.85	6.97	4.51	3.63	3.23	4.56	4.80	6.97
	29	5.30	5.44	3.93	3.30	2.86	4.05	4.49	5.44
	30	4.51	4.44	3.41	2.89	2.51	3.47	3.84	4.51
τ_{9-10}	31	5.06	5.88	3.68	3.12	2.68	3.81	4.18	5.88
	32	3.83	3.83	2.68	2.50	2.20	2.80	3.25	3.83
	33	3.11	2.76	2.12	2.14	1.98	2.20	2.72	3.11
	34	2.13	1.92	1.47	1.58	1.58	1.42	1.94	2.13
	35	1.14	1.03	0.85	0.89	0.90	0.86	1.12	1.14
	36	0.55	0.50	0.43	0.44	0.45	0.44	0.56	0.56
基礎版	39	0.04	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05

注：網掛け部分は最大値

表 3-7 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s，EW 方向）

部 位	要素 番号	最大応答せん断力（×10 ³ kN）							最大値
		S _s -D 1	S _s -D 2	S _s -D 3	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -F 3	S _s -N 1	
τ ₁ -τ ₂	(1)	44.4	54.4	42.6	35.0	31.4	43.4	35.8	54.4
	(2)	62.1	70.5	58.5	42.2	41.8	52.9	48.1	70.5
	(3)	116	134	111	86.9	82.1	106	96.6	134
	(4)	181	166	148	140	140	136	162	181
	(5)	248	216	206	201	215	181	249	249
	(6)	269	239	219	223	246	217	288	288
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	(7)	1.66	2.76	1.37	0.877	1.06	1.35	0.741	2.76
	(8)	6.40	7.71	5.03	3.70	4.29	5.39	3.36	7.71
	(9)	5.21	7.57	5.52	3.85	3.62	4.68	3.42	7.57
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	(10)	1.26	1.99	1.52	1.04	1.30	1.36	0.993	1.99
	(11)	5.91	7.14	5.48	3.66	3.95	5.08	3.41	7.14
	(12)	6.47	8.79	6.83	4.50	4.43	5.60	4.11	8.79
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	(13)	45.8	49.3	39.8	30.3	37.1	36.4	29.6	49.3
	(14)	59.0	54.9	51.7	50.2	57.8	51.7	56.8	59.0
	(15)	84.4	105	73.0	71.7	85.7	90.2	93.4	105
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	(16)	67.1	76.3	59.7	48.3	57.1	54.0	47.6	76.3
	(17)	92.5	83.7	77.4	76.4	88.8	74.3	87.7	92.5
	(18)	122	138	98.2	102	122	120	133	138
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	(19)	2.02	3.58	1.49	1.04	1.10	1.43	1.23	3.58
	(20)	5.72	7.63	5.53	4.32	3.72	5.14	3.29	7.63
	(21)	6.00	8.22	5.69	4.47	4.18	4.88	3.90	8.22
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	(22)	1.28	2.32	1.40	1.17	1.22	1.54	1.16	2.32
	(23)	5.80	7.81	5.27	3.68	3.76	4.96	3.09	7.81
	(24)	7.63	10.2	7.33	5.21	5.46	6.35	4.85	10.2
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	(25)	2.57	3.45	2.09	0.973	1.02	1.94	1.10	3.45
	(26)	5.52	8.70	4.70	4.13	4.52	4.77	4.01	8.70
	(27)	4.84	5.95	3.98	2.89	2.65	3.89	3.56	5.95
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	(28)	1.92	2.93	1.39	0.632	0.683	1.43	0.795	2.93
	(29)	5.13	8.18	4.59	3.88	4.14	4.49	3.80	8.18
	(30)	5.71	7.01	4.86	3.57	3.37	4.65	4.11	7.01
τ ₉ -τ ₁₀	(31)	51.4	63.7	49.5	41.0	41.7	44.6	41.7	63.7
	(32)	58.2	69.2	53.3	45.5	44.4	51.7	49.5	69.2
	(33)	136	144	116	95.4	81.5	117	115	144
	(34)	289	277	233	233	247	229	270	289
	(35)	421	380	310	319	329	306	395	421
	(36)	465	426	356	366	378	378	472	472
基礎版	(39)	1120	1080	848	937	1000	1050	1350	1350

注：網掛け部分は最大値

表 3-8(1) 最大応答曲げモーメント一覧 (基準地震動 S_s , EW 方向) (1/2)

部 位	要素 番号	最大応答曲げモーメント ($10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)							最大値
		S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
$\tau_{1-\tau 2}$	(1)	0.000 4.23	0.000 5.27	0.000 4.08	0.000 3.33	0.000 2.98	0.000 4.15	0.000 3.40	0.000 5.27
	(2)	4.23 7.13	5.27 8.74	4.08 6.83	3.33 5.39	2.98 5.05	4.15 6.63	3.40 5.78	5.27 8.74
	(3)	7.13 16.5	8.74 19.5	6.83 15.6	5.39 12.0	5.05 11.2	6.63 14.6	5.78 13.5	8.74 19.5
	(4)	16.5 32.7	19.5 33.3	15.6 27.6	12.0 23.5	11.2 23.5	14.6 27.1	13.5 28.4	19.5 33.3
	(5)	32.7 49.8	33.3 45.9	27.6 41.9	23.5 38.2	23.5 36.5	27.1 39.1	28.4 45.9	33.3 49.8
	(6)	49.8 66.5	45.9 59.8	41.9 56.8	38.2 53.2	36.5 52.9	39.1 51.6	45.9 65.1	49.8 66.5
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_H 側)	(7)	0.001 0.158	0.000 0.261	0.001 0.130	0.001 0.083	0.000 0.101	0.000 0.128	0.000 0.070	0.001 0.261
	(8)	0.158 0.334	0.262 0.535	0.130 0.289	0.083 0.207	0.101 0.224	0.128 0.330	0.070 0.153	0.262 0.535
	(9)	0.334 0.728	0.535 1.14	0.289 0.727	0.207 0.514	0.224 0.511	0.330 0.701	0.153 0.397	0.535 1.14
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_A 側)	(10)	0.001 0.120	0.001 0.189	0.001 0.144	0.000 0.099	0.000 0.123	0.000 0.129	0.000 0.094	0.001 0.189
	(11)	0.120 0.281	0.189 0.502	0.144 0.260	0.099 0.198	0.124 0.195	0.129 0.265	0.095 0.124	0.189 0.502
	(12)	0.281 0.771	0.502 1.20	0.260 0.785	0.198 0.555	0.195 0.543	0.265 0.696	0.124 0.449	0.502 1.20
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_H 側)	(13)	1.43 4.39	2.31 5.24	1.46 4.43	1.07 3.11	1.05 3.41	1.33 4.36	0.777 3.55	2.31 5.24
	(14)	4.39 7.87	5.24 7.81	4.43 6.82	3.11 6.78	3.41 6.94	4.36 6.38	3.55 7.13	5.24 7.87
	(15)	7.87 13.1	7.81 12.2	6.82 11.1	6.78 11.5	6.94 11.9	6.38 10.8	7.13 13.3	7.87 13.3
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_A 側)	(16)	1.55 6.66	2.47 8.02	1.55 6.48	1.13 4.97	1.13 5.46	1.34 6.40	0.891 5.45	2.47 8.02
	(17)	6.66 12.6	8.02 12.7	6.48 10.7	4.97 10.6	5.46 11.1	6.40 10.2	5.45 11.3	8.02 12.7
	(18)	12.6 20.2	12.7 19.1	10.7 16.8	10.6 17.3	11.1 18.1	10.2 15.1	11.3 20.1	12.7 20.2

注 1: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

注 2: 網掛け部分は最大値

表 3-8(2) 最大応答曲げモーメント一覧 (基準地震動 S_s , EW 方向) (2/2)

部 位	要素 番号	最大応答曲げモーメント ($10^5\text{kN}\cdot\text{m}$)							最大値
		S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
$\tau_5-\tau_6$ (上部・ τ_H 側)	(19)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
		0.192	0.341	0.142	0.100	0.104	0.135	0.117	0.341
	(20)	0.191	0.340	0.142	0.099	0.104	0.136	0.117	0.340
$\tau_5-\tau_6$ (上部・ τ_H 側)	(21)	0.375	0.555	0.287	0.216	0.209	0.312	0.120	0.555
		0.710	1.18	0.729	0.556	0.543	0.630	0.388	1.18
	(22)	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
$\tau_5-\tau_6$ (上部・ τ_A 側)	(23)	0.121	0.221	0.133	0.111	0.116	0.146	0.110	0.221
		0.122	0.221	0.133	0.111	0.116	0.146	0.110	0.221
	(24)	0.275	0.458	0.196	0.183	0.154	0.218	0.107	0.458
$\tau_7-\tau_8$ (上部・ τ_H 側)	(25)	0.275	0.458	0.196	0.183	0.154	0.218	0.107	0.458
		0.778	1.27	0.767	0.580	0.588	0.642	0.453	1.27
	(26)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
$\tau_7-\tau_8$ (上部・ τ_H 側)	(27)	0.244	0.328	0.199	0.092	0.097	0.184	0.105	0.328
		0.403	0.716	0.380	0.263	0.297	0.299	0.252	0.716
	(28)	0.403	0.716	0.380	0.263	0.297	0.299	0.252	0.716
$\tau_7-\tau_8$ (上部・ τ_A 側)	(29)	0.760	1.18	0.662	0.493	0.506	0.579	0.535	1.18
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	(30)	0.183	0.278	0.132	0.060	0.065	0.136	0.076	0.278
$\tau_7-\tau_8$ (上部・ τ_A 側)	(31)	0.183	0.278	0.132	0.060	0.065	0.136	0.076	0.278
		0.332	0.637	0.314	0.234	0.236	0.236	0.211	0.637
	(32)	0.332	0.637	0.314	0.234	0.236	0.236	0.211	0.637
$\tau_9-\tau_{10}$	(33)	0.770	1.18	0.669	0.497	0.505	0.587	0.539	1.18
		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
	(34)	4.88	6.17	4.75	3.89	3.96	4.25	3.97	6.17
		7.67	9.76	7.32	6.10	6.18	6.86	6.39	9.76
	(35)	19.9	23.5	17.9	14.7	13.7	17.4	16.5	23.5
		46.9	44.0	36.0	33.7	30.9	39.3	42.8	46.9
(36)	74.2	65.9	56.1	57.1	54.2	57.3	71.2	74.2	
	105	91.6	77.9	81.8	78.6	78.6	103	105	
基礎版	(39)	229	188	166	174	166	182	234	234
		261	210	191	202	193	211	273	273

注 1: 上段は要素の上端, 下段は要素の下端のモーメントを示す。

注 2: 網掛け部分は最大値

表 3-9 上位クラス施設（原子炉建屋及び制御建屋）で選定した地震動

建屋名	材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動
	基準地震動 S_s
原子炉建屋	$S_s - D 1$, $S_s - D 2$, $S_s - D 3$, $S_s - F 2$, $S_s - F 3$, $S_s - N 1$
制御建屋	$S_s - D 1$, $S_s - D 2$, $S_s - D 3$, $S_s - F 3$, $S_s - N 1$

4. 材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

タービン建屋の材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動の選定結果を表 4-1 に示す。地震動の選定にあたり，基本ケースにおける建屋応答の確認は，以下の資料に基づき実施した。

- ・添付書類「VI-2-11-2-3 タービン建屋の耐震性に関する計算書」

表 4-1 タービン建屋の材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動

建屋名	材料物性の不確かさを考慮した検討に用いる地震動
	基準地震動 S_s
タービン建屋	$S_s - D 1$, $S_s - D 2$, $S_s - D 3$ $S_s - F 2$, $S_s - F 3$, $S_s - N 1$

別紙 5-2 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

目次

1. 概要	別紙 5-2-	1
2. 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果	別紙 5-2-	2
2.1 建屋剛性の不確かさ	別紙 5-2-	2
2.2 地盤物性の不確かさ	別紙 5-2-	117
2.3 建屋剛性及び地盤物性の不確かさ	別紙 5-2-	232

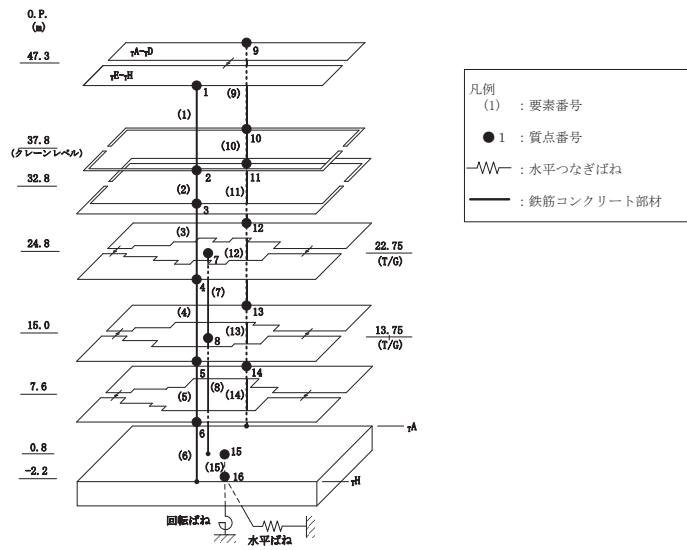
1. 概要

本資料は、タービン建屋の地震応答解析において材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を示すものである。

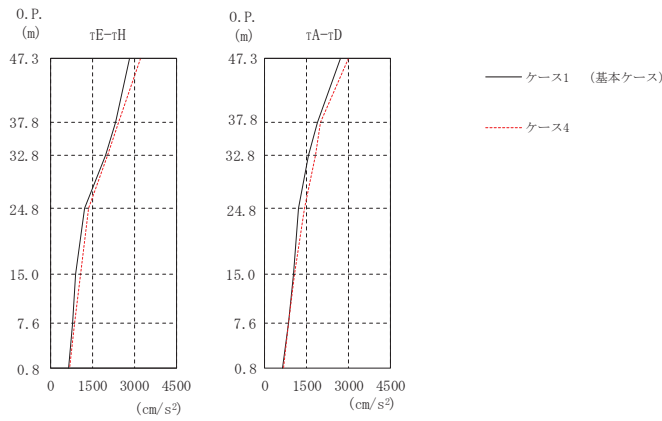
2. 材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果

2.1 建屋剛性の不確かさ

タービン建屋の建屋剛性の不確かさを考慮した基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果の最大応答値の比較を図 2-1～図 2-60 に示す。



(a) モデル図

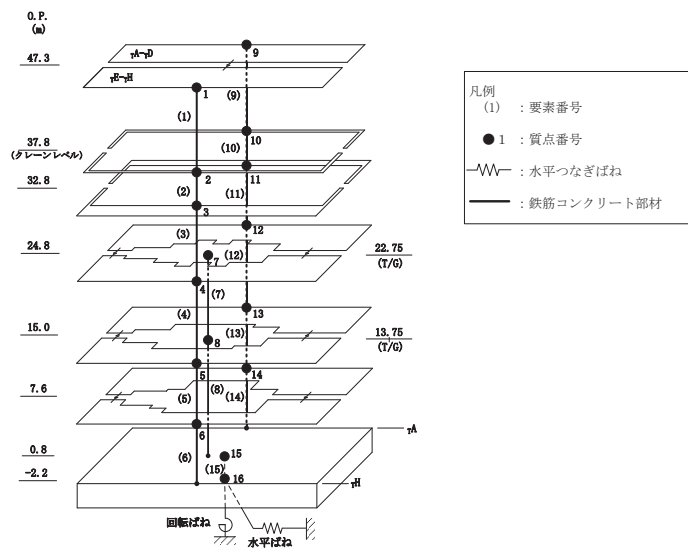


(b) 応答図

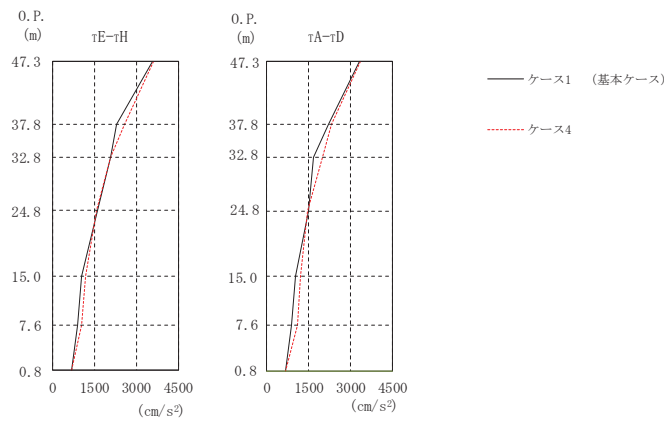
		(cm/s ²)	
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
rE-rH	1	2834	3228
	2	2314	2435
	3	1958	2058
	4	1223	1362
	5	898	1079
	6	787	853
rA-rD	9	2702	3006
	10	1909	2018
	11	1577	1825
	12	1216	1434
	13	1051	1085
	14	865	870
基礎版	15	642	673

(c) 応答一覧表

図 2-1 最大応答加速度 (S s - D 1, NS 方向)



(a) モデル図

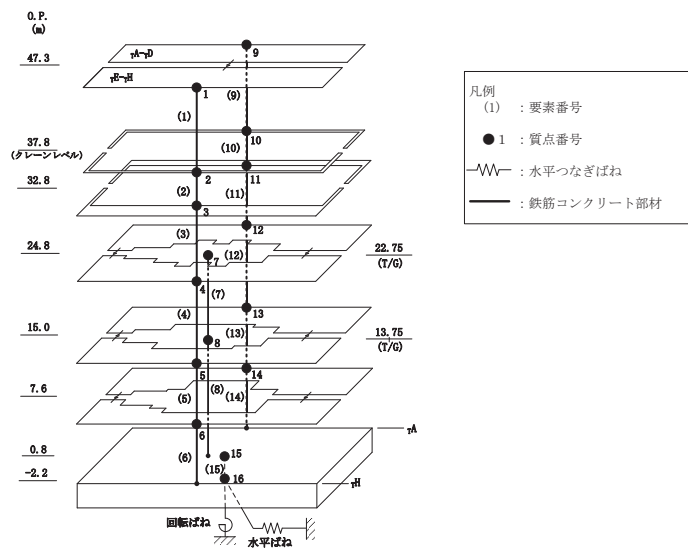


(b) 応答図

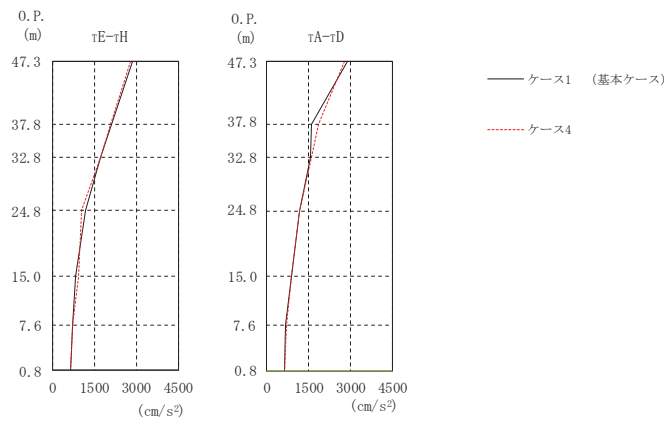
		(cm/s ²)	
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	1	3588	3618
	2	2301	2575
	3	2087	2079
	4	1614	1577
	5	1021	1185
	6	890	1052
τA-τD	9	3344	3374
	10	2204	2331
	11	1682	1988
	12	1487	1453
	13	1053	1198
	14	897	1110
基礎版	15	675	675

(c) 応答一覧表

図 2-2 最大応答加速度 (S s - D 2, NS 方向)



(a) モデル図

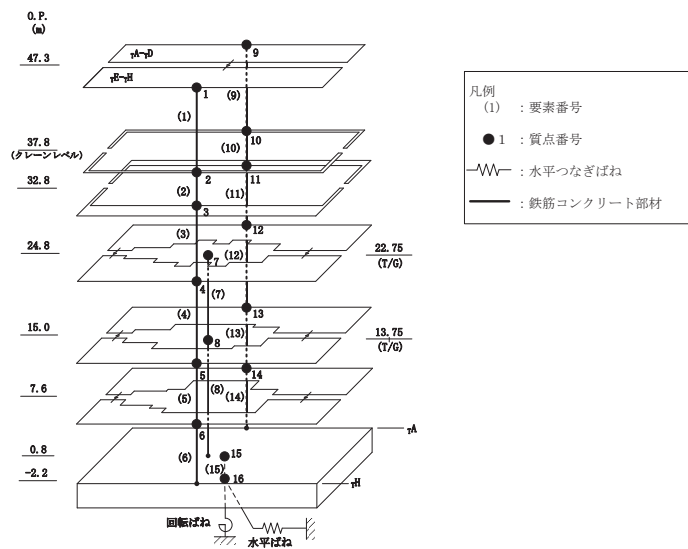


(b) 応答図

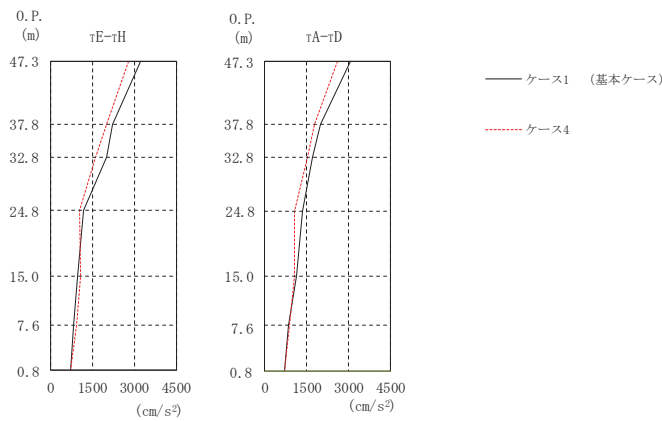
(cm/s ²)			
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
rE-rH	1	2872	2784
	2	2123	2066
	3	1703	1708
	4	1178	1048
	5	815	914
	6	699	708
rA-rD	9	2902	2778
	10	1613	1847
	11	1587	1621
	12	1187	1165
	13	906	892
	14	688	710
基礎版	15	628	634

(c) 応答一覧表

図 2-3 最大応答加速度 (S s - D 3, NS 方向)



(a) モデル図

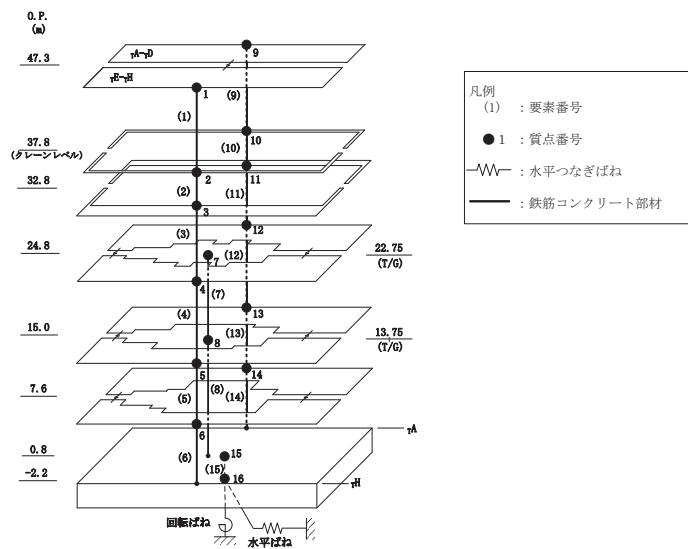


(b) 応答図

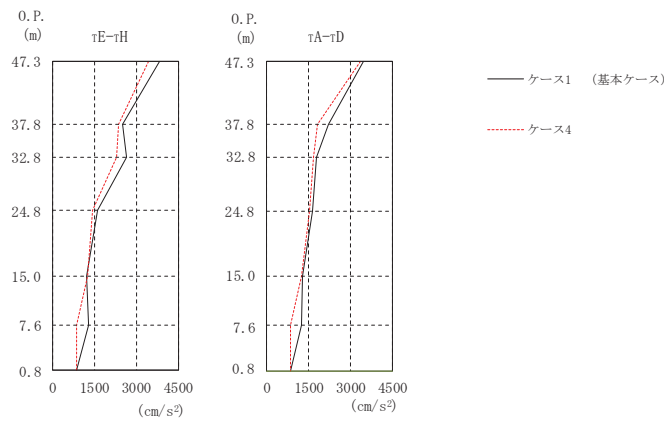
		(cm/s ²)	
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
rE-rH	1	3207	2800
	2	2217	1993
	3	2010	1609
	4	1180	1043
	5	951	1081
	6	828	915
rA-rD	9	3075	2617
	10	2005	1784
	11	1725	1543
	12	1342	1082
	13	1155	1079
	14	841	901
基礎版	15	729	728

(c) 応答一覧表

図 2-4 最大応答加速度 (S s - F 2, NS 方向)



(a) モデル図

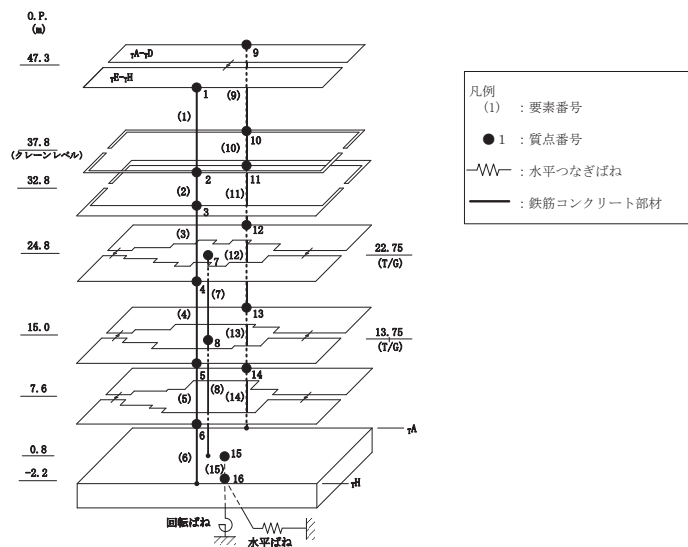


(b) 応答図

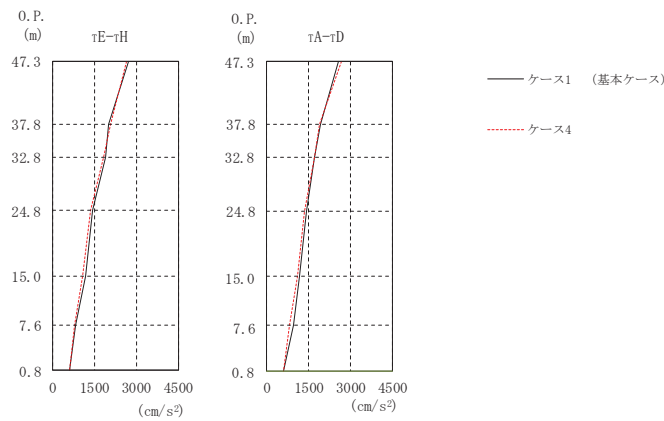
		(cm/s ²)	
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
rE-rH	1	3847	3452
	2	2512	2376
	3	2666	2278
	4	1624	1438
	5	1235	1253
	6	1282	874
rA-rD	9	3482	3382
	10	2229	1820
	11	1772	1678
	12	1651	1545
	13	1281	1238
	14	1238	862
基礎版	15	849	871

(c) 応答一覧表

図 2-5 最大応答加速度 (S s - F 3, NS 方向)



(a) モデル図

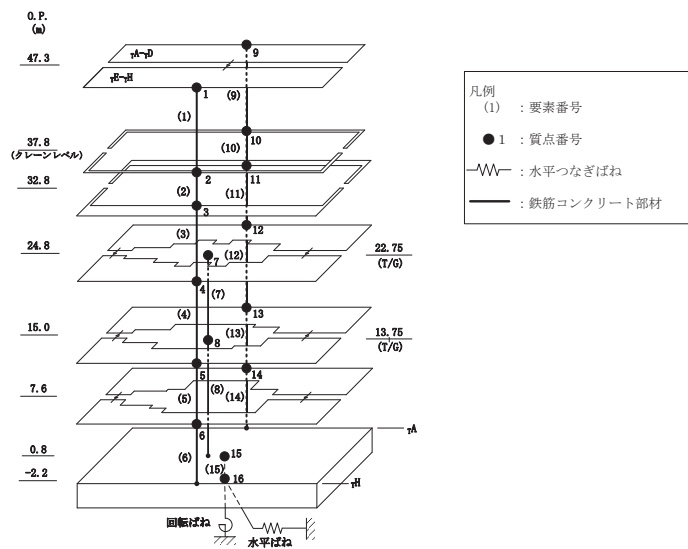


(b) 応答図

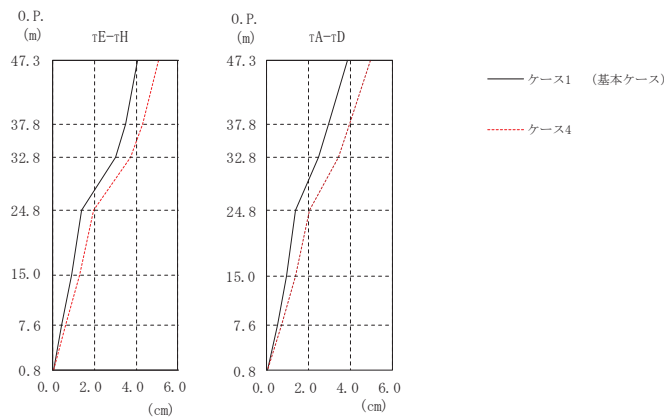
		(cm/s ²)	
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	1	2723	2649
	2	2005	2062
	3	1889	1830
	4	1442	1360
	5	1173	1065
	6	833	791
τA-τD	9	2589	2691
	10	1923	1900
	11	1719	1709
	12	1442	1348
	13	1190	1120
	14	962	834
基礎版	15	623	607

(c) 応答一覧表

図 2-6 最大応答加速度 (S s - N 1, NS 方向)



(a) モデル図



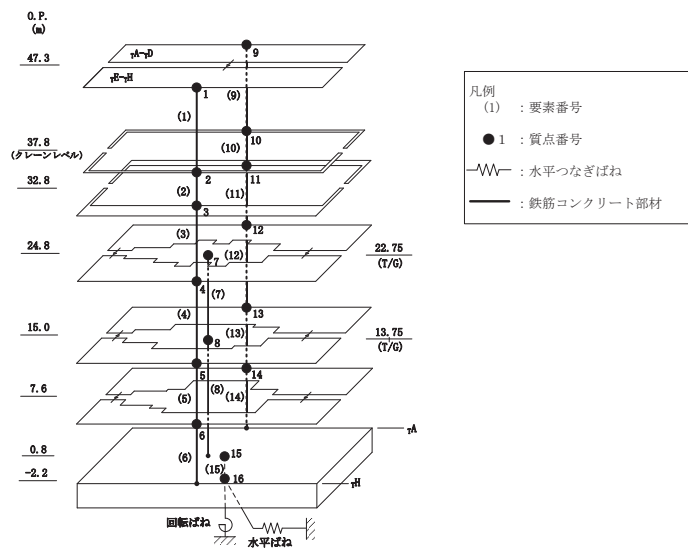
(b) 応答図

(cm)

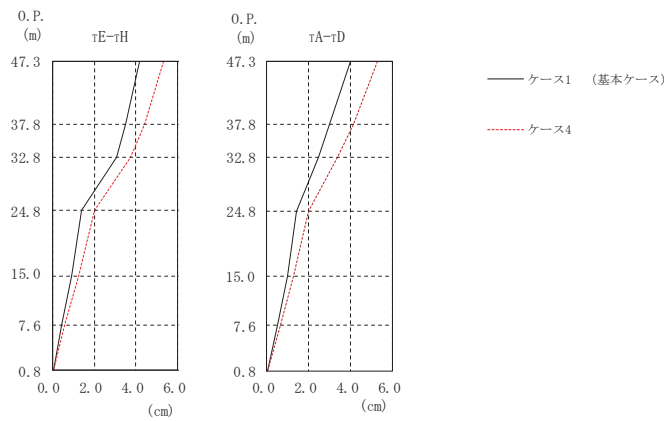
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	1	4.05	5.08
	2	3.49	4.32
	3	3.03	3.75
	4	1.41	1.99
	5	0.92	1.30
	6	0.45	0.64
τA-τD	9	3.84	4.94
	10	2.97	3.96
	11	2.46	3.41
	12	1.39	2.03
	13	0.96	1.38
	14	0.50	0.70
基礎版	15	0.05	0.07

(c) 応答一覧表

図 2-7 最大応答変位 (S s - D 1, NS 方向)



(a) モデル図



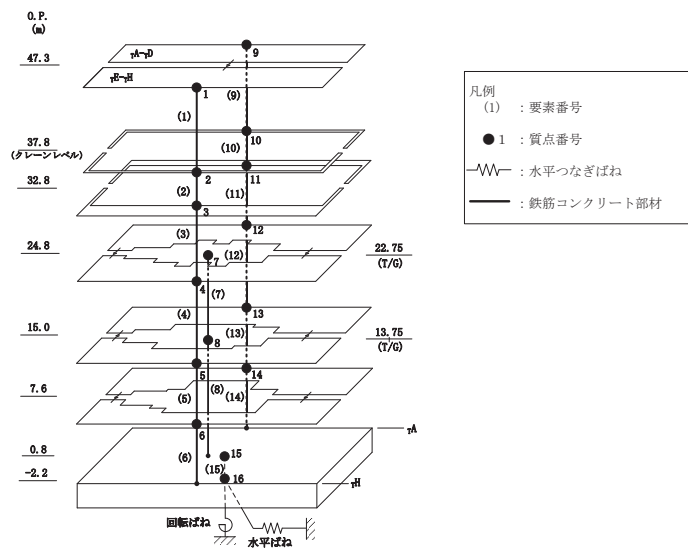
(b) 応答図

(cm)

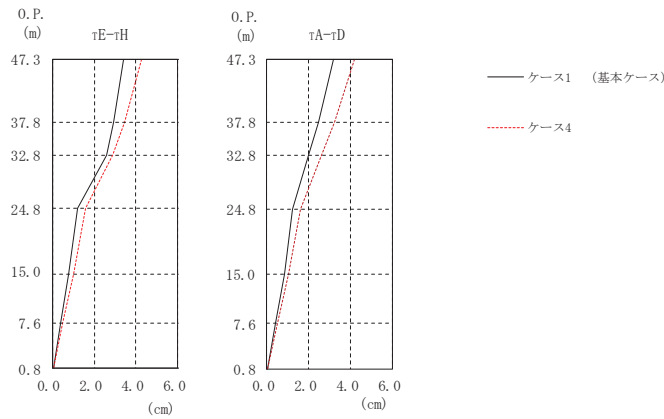
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	1	4.15	5.33
	2	3.48	4.39
	3	3.07	3.72
	4	1.41	2.04
	5	0.93	1.26
	6	0.46	0.61
τA-τD	9	4.02	5.27
	10	3.01	4.14
	11	2.48	3.37
	12	1.43	2.01
	13	0.98	1.30
基礎版	15	0.05	0.07

(c) 応答一覧表

図 2-8 最大応答変位 (S s - D 2, NS 方向)



(a) モデル図



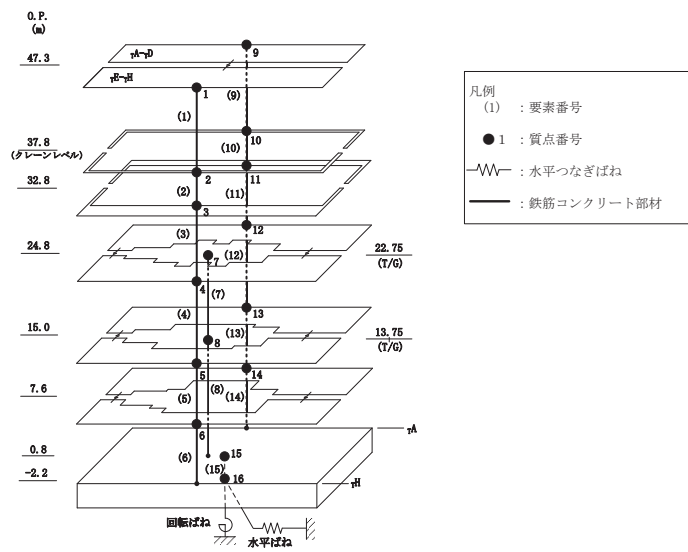
(b) 応答図

(cm)

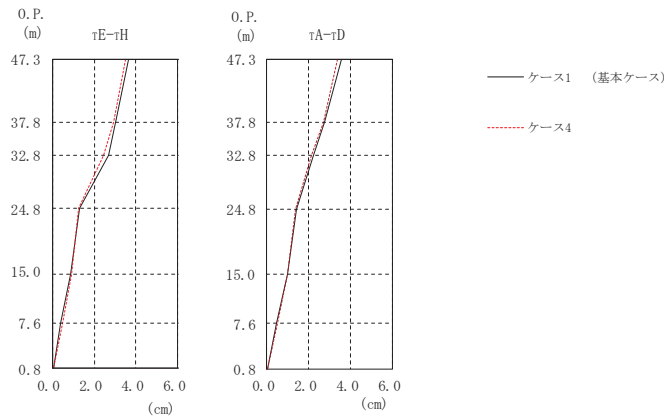
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	1	3.39	4.27
	2	2.95	3.43
	3	2.57	2.86
	4	1.19	1.60
	5	0.78	1.00
	6	0.38	0.48
τA-τD	9	3.19	4.21
	10	2.46	3.25
	11	1.98	2.63
	12	1.25	1.61
	13	0.86	1.06
	14	0.44	0.53
基礎版	15	0.05	0.06

(c) 応答一覧表

図 2-9 最大応答変位 (S s - D 3, NS 方向)



(a) モデル図



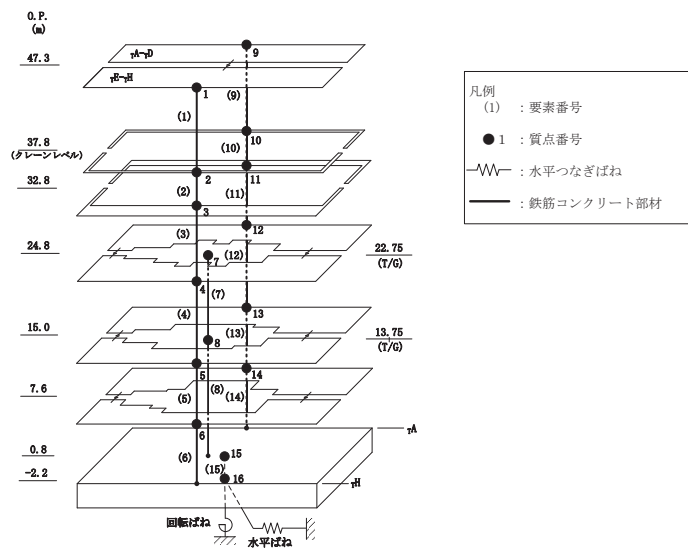
(b) 応答図

(cm)

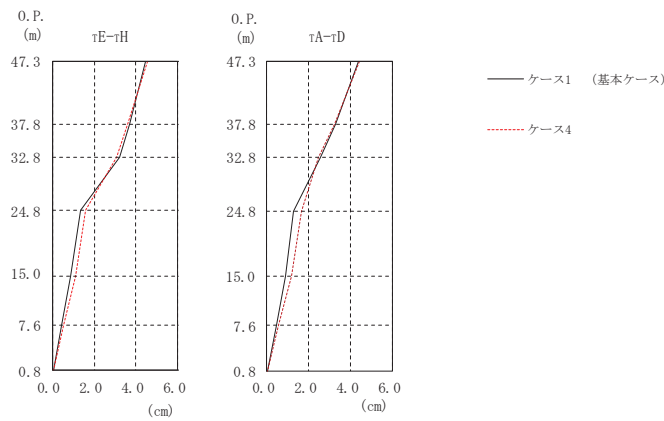
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	1	3.64	3.48
	2	3.04	2.91
	3	2.67	2.44
	4	1.30	1.28
	5	0.86	0.93
	6	0.42	0.49
τA-τD	9	3.59	3.40
	10	2.76	2.69
	11	2.26	2.16
	12	1.43	1.36
	13	0.99	0.98
	14	0.50	0.53
基礎版	15	0.06	0.06

(c) 応答一覧表

図 2-10 最大応答変位 (S_s - F 2, NS 方向)



(a) モデル図



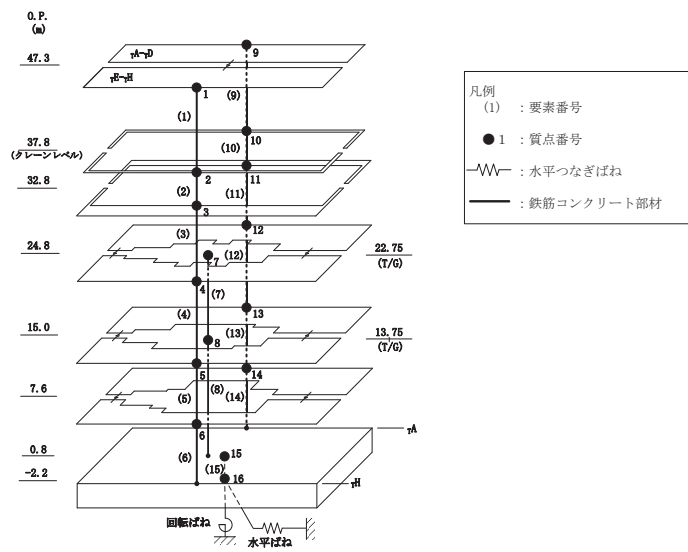
(b) 応答図

(cm)

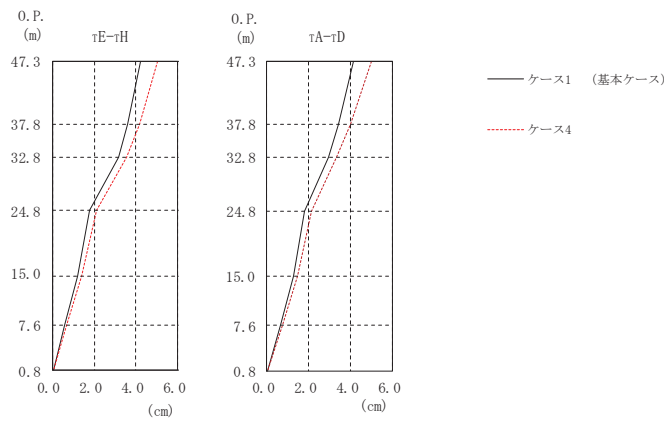
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	1	4.47	4.55
	2	3.71	3.62
	3	3.19	3.05
	4	1.37	1.60
	5	0.87	1.10
	6	0.43	0.54
τA-τD	9	4.36	4.44
	10	3.30	3.24
	11	2.55	2.48
	12	1.31	1.67
	13	0.89	1.17
	14	0.47	0.59
基礎版	15	0.05	0.06

(c) 応答一覧表

図 2-11 最大応答変位 (S_s - F 3, NS 方向)



(a) モデル図



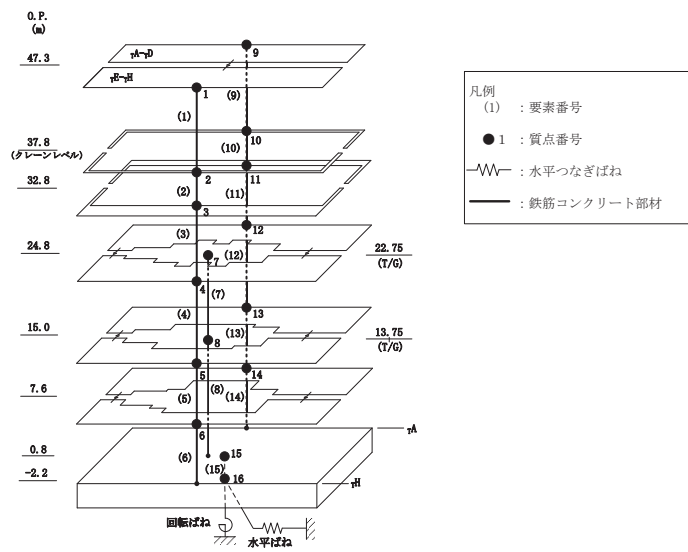
(b) 応答図

(cm)

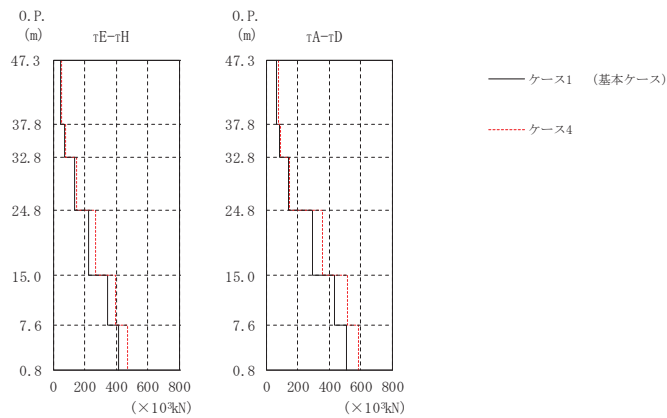
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	1	4.21	5.03
	2	3.61	4.16
	3	3.16	3.55
	4	1.79	2.12
	5	1.21	1.39
	6	0.61	0.70
τA-τD	9	4.16	4.98
	10	3.44	4.01
	11	2.94	3.34
	12	1.81	2.12
	13	1.27	1.46
基礎版	15	0.06	0.06

(c) 応答一覧表

図 2-12 最大応答変位 (S s - N 1, NS 方向)



(a) モデル図



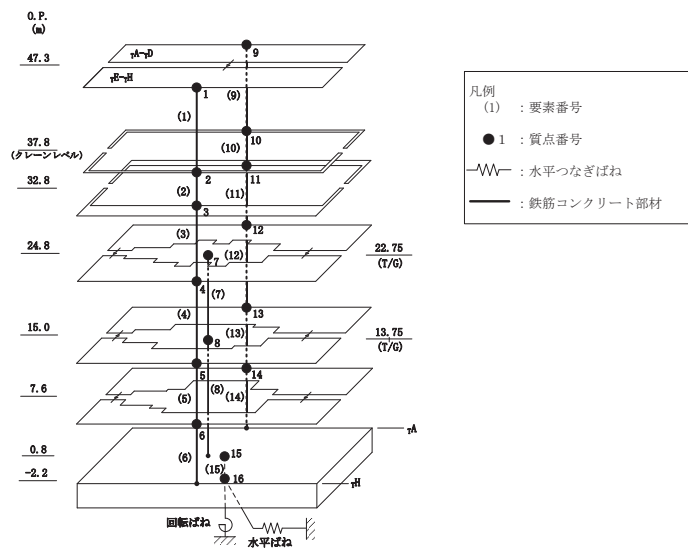
(b) 応答図

(×10³kN)

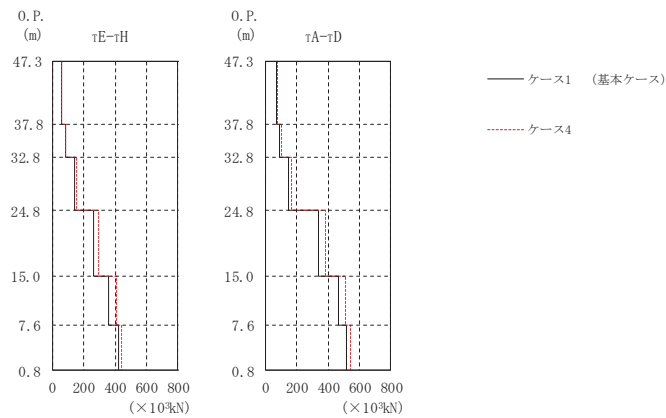
部 位	要素番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	(1)	44.1	53.6
	(2)	69.1	76.7
	(3)	138	147
	(4)	227	267
	(5)	343	398
	(6)	413	473
τA-τD	(9)	65.2	75.5
	(10)	84.9	93.8
	(11)	139	149
	(12)	293	361
	(13)	437	518
基礎版	(15)	1190	1270

(c) 応答一覧表

図 2-13 最大応答せん断力 (S s - D 1, NS 方向)



(a) モデル図



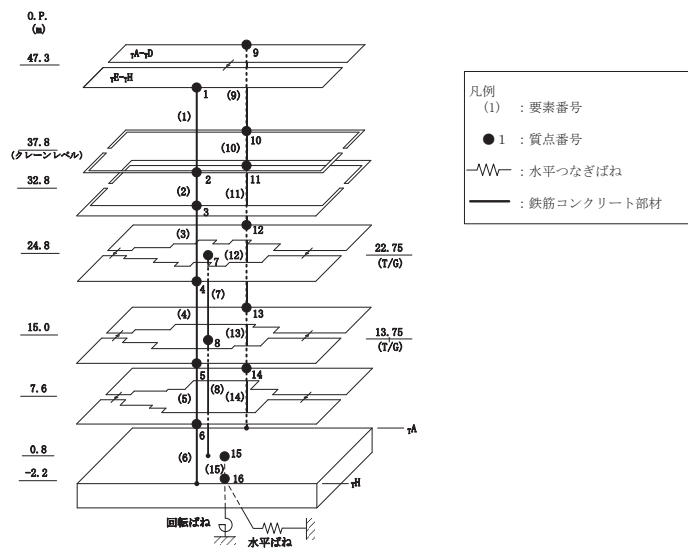
(b) 応答図

(×10³kN)

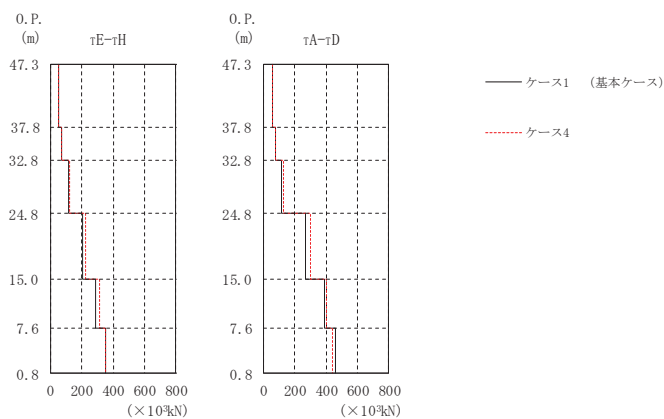
部 位	要素番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	(1)	62.7	58.8
	(2)	84.0	87.5
	(3)	144	155
	(4)	262	292
	(5)	361	408
	(6)	424	443
τA-τD	(9)	71.2	77.1
	(10)	93.0	101
	(11)	148	168
	(12)	340	386
	(13)	467	514
基礎版	(15)	1150	1260

(c) 応答一覧表

図 2-14 最大応答せん断力 (S s - D 2, NS 方向)



(a) モデル図



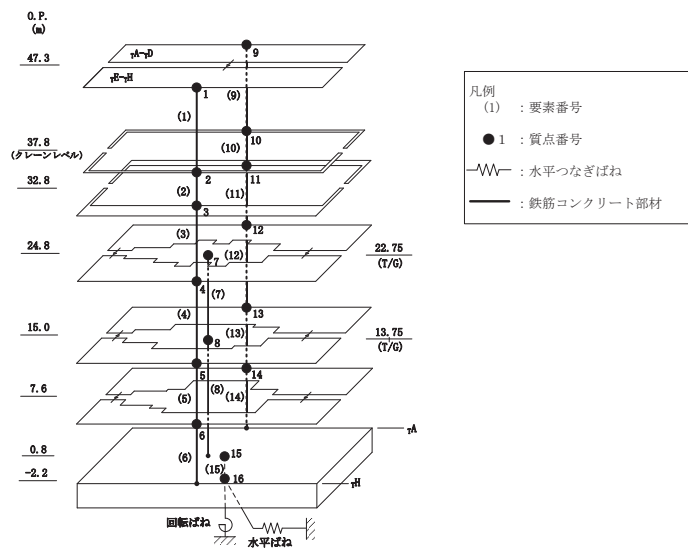
(b) 応答図

(×10³kN)

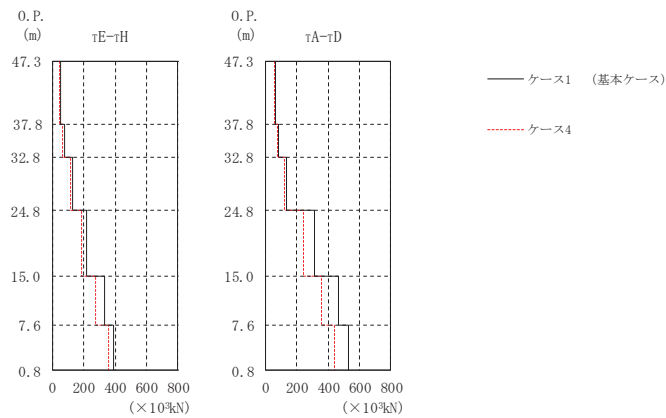
部 位	要素番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	(1)	54.9	50.6
	(2)	72.4	71.1
	(3)	117	123
	(4)	209	227
	(5)	291	312
	(6)	355	353
τA-τD	(9)	61.3	60.6
	(10)	78.5	80.5
	(11)	115	127
	(12)	270	301
	(13)	393	405
基礎版	(15)	1000	940

(c) 応答一覧表

図 2-15 最大応答せん断力 (S s - D 3, NS 方向)



(a) モデル図



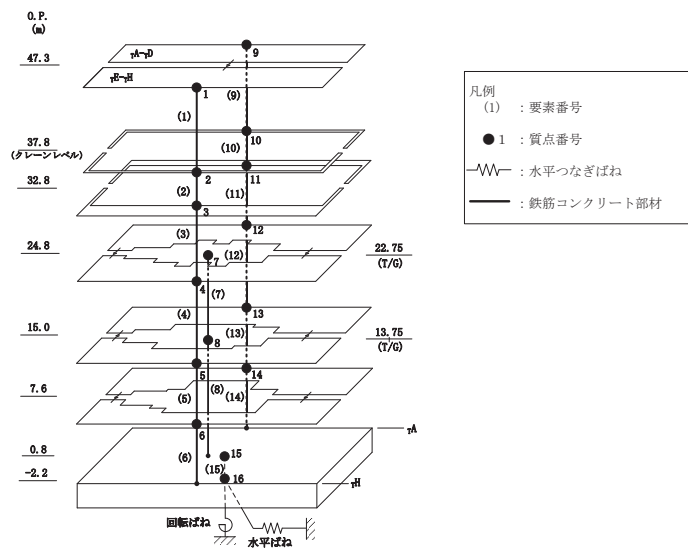
(b) 応答図

(×10³kN)

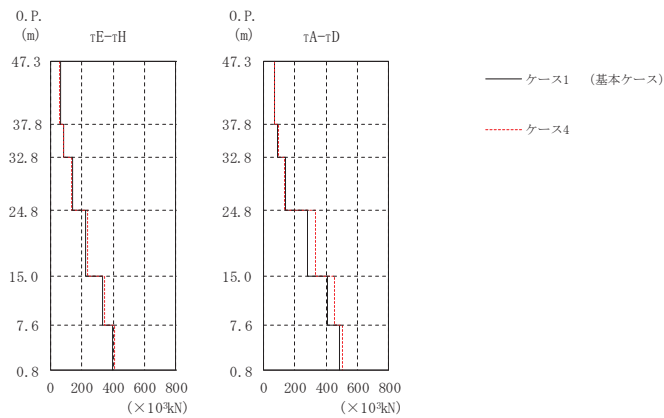
部 位	要素番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	(1)	56.0	45.0
	(2)	78.2	67.1
	(3)	132	116
	(4)	221	188
	(5)	335	275
	(6)	389	360
τA-τD	(9)	69.0	61.5
	(10)	84.9	78.2
	(11)	136	124
	(12)	315	245
	(13)	466	356
基礎版	(15)	993	1020

(c) 応答一覧表

図 2-16 最大応答せん断力 (S s - F 2, NS 方向)



(a) モデル図



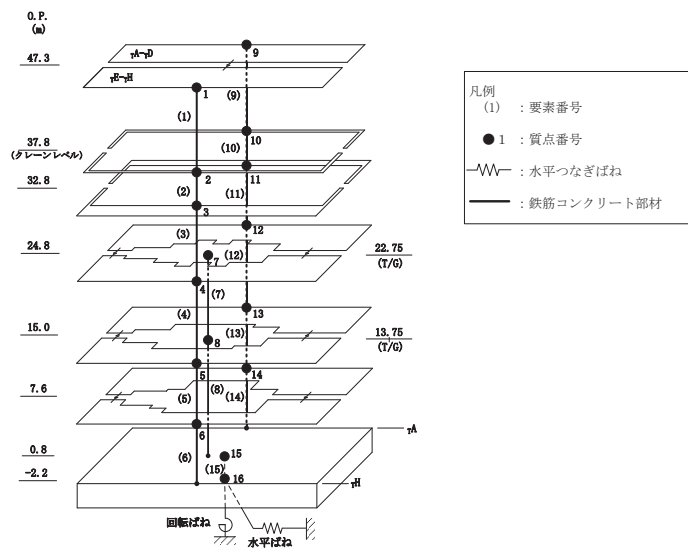
(b) 応答図

(×10³kN)

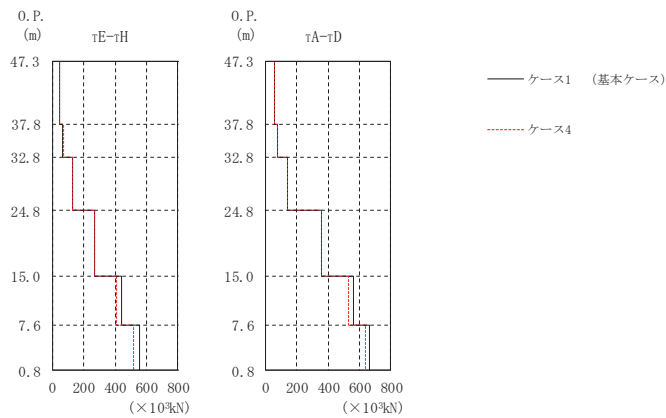
部 位	要素番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	(1)	67.7	61.4
	(2)	85.3	83.6
	(3)	144	137
	(4)	226	235
	(5)	331	346
	(6)	395	412
τA-τD	(9)	71.6	75.2
	(10)	91.8	94.8
	(11)	142	133
	(12)	282	330
	(13)	408	453
基礎版	(15)	1130	1040

(c) 応答一覧表

図 2-17 最大応答せん断力 (S s - F 3, NS 方向)



(a) モデル図



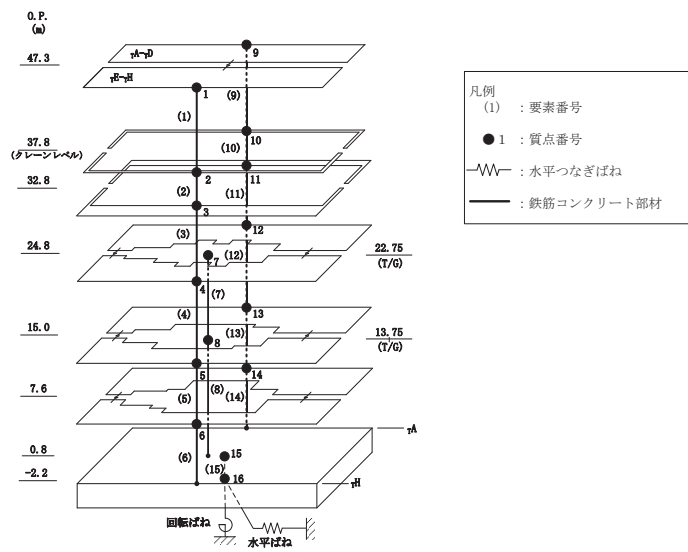
(b) 応答図

(×10³kN)

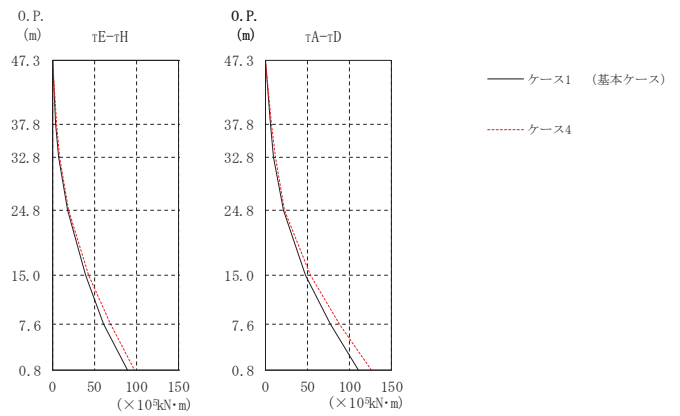
部 位	要素番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τE-τH	(1)	46.7	48.6
	(2)	66.0	69.7
	(3)	127	131
	(4)	268	268
	(5)	441	410
	(6)	555	517
τA-τD	(9)	58.3	57.1
	(10)	75.6	79.0
	(11)	140	143
	(12)	360	357
	(13)	563	527
基礎版	(15)	1610	1530

(c) 応答一覧表

図 2-18 最大応答せん断力 (S s - N 1, NS 方向)



(a) モデル図



(b) 応答図

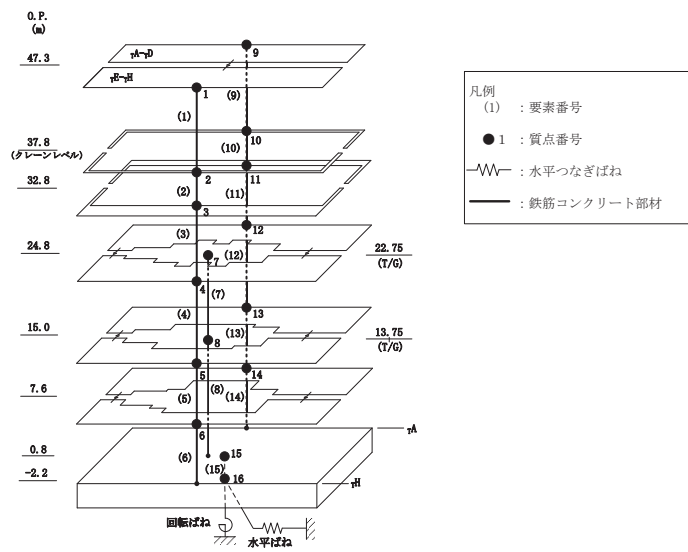
図 2-19(1) 最大応答曲げモーメント (S s - D 1, NS 方向) (1/2)

($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)

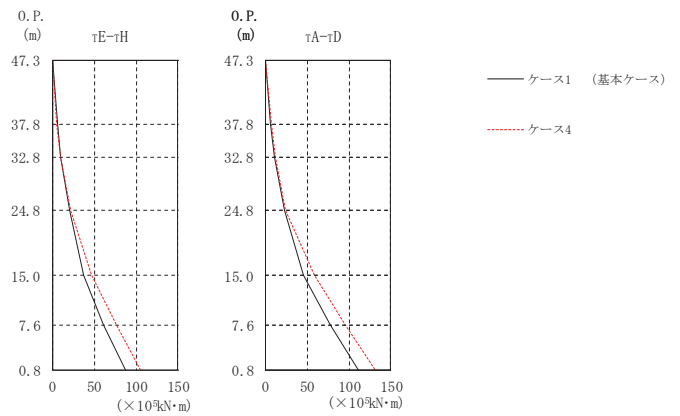
部 位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau E-\tau H$	(1)	0.000	0.000
		4.19	5.09
	(2)	4.19	5.09
		7.64	8.73
	(3)	7.64	8.73
		18.2	19.8
(4)	18.2	19.8	
	39.3	43.7	
(5)	39.3	43.7	
	61.6	69.8	
(6)	61.6	69.8	
	89.3	98.6	
$\tau A-\tau D$	(9)	0.000	0.000
		6.19	7.20
	(10)	6.19	7.20
		10.4	11.9
	(11)	10.4	11.9
		21.4	23.1
(12)	21.4	23.1	
	47.8	54.2	
(13)	47.8	54.2	
	77.6	89.1	
(14)	77.6	89.1	
	111	127	
基礎版	(15)	233	253
		267	289

(c) 応答一覧表

図 2-19(2) 最大応答曲げモーメント (S s - D 1, NS 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

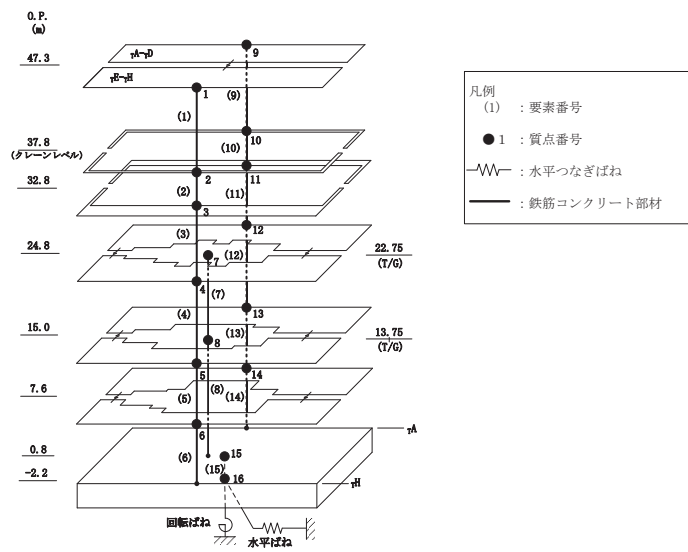
図 2-20(1) 最大応答曲げモーメント (S s - D 2, NS 方向) (1/2)

($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)

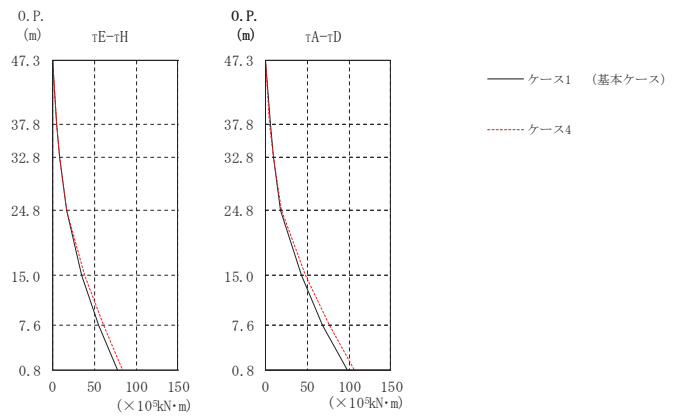
部 位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau E-\tau H$	(1)	0.000	0.000
		5.95	5.58
	(2)	5.95	5.58
		10.2	9.95
	(3)	10.2	9.95
		21.0	22.1
(4)	21.0	22.1	
	37.2	47.1	
(5)	37.2	47.1	
	61.0	76.7	
(6)	61.0	76.7	
	87.1	105	
$\tau A-\tau D$	(9)	0.000	0.000
		6.91	7.43
	(10)	6.91	7.43
		11.6	12.5
	(11)	11.6	12.5
		23.6	24.8
(12)	23.6	24.8	
	46.2	59.2	
(13)	46.2	59.2	
	78.5	96.3	
(14)	78.5	96.3	
	111	131	
基礎版	(15)	230	266
		259	296

(c) 応答一覧表

図 2-20(2) 最大応答曲げモーメント (S s - D 2, NS 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

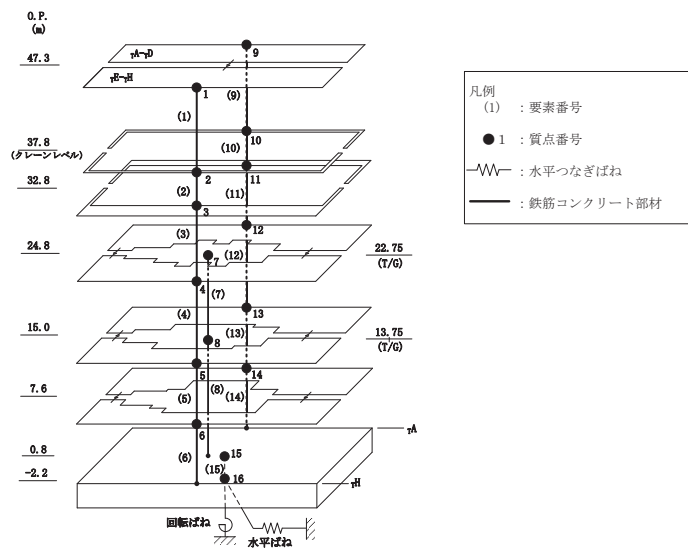
図 2-21(1) 最大応答曲げモーメント (S s - D 3, NS 方向) (1/2)

($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)

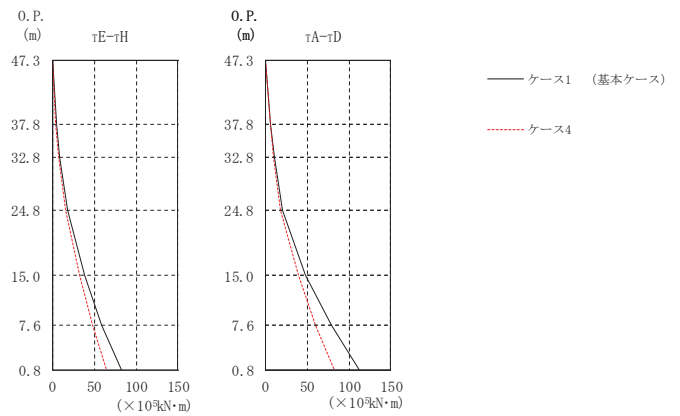
部 位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau E-\tau H$	(1)	0.000	0.000
		5.21	4.81
	(2)	5.21	4.81
		8.83	8.36
	(3)	8.83	8.36
		16.6	17.5
(4)	16.6	17.5	
	34.7	38.7	
(5)	34.7	38.7	
	55.4	61.2	
(6)	55.4	61.2	
	78.4	83.5	
$\tau A-\tau D$	(9)	0.000	0.000
		5.83	5.75
	(10)	5.83	5.75
		9.72	9.73
	(11)	9.72	9.73
		18.6	19.8
(12)	18.6	19.8	
	43.1	48.0	
(13)	43.1	48.0	
	68.9	77.2	
(14)	68.9	77.2	
	97.9	106	
基礎版	(15)	198	210
		226	236

(c) 応答一覧表

図 2-21(2) 最大応答曲げモーメント (S s - D 3, NS 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

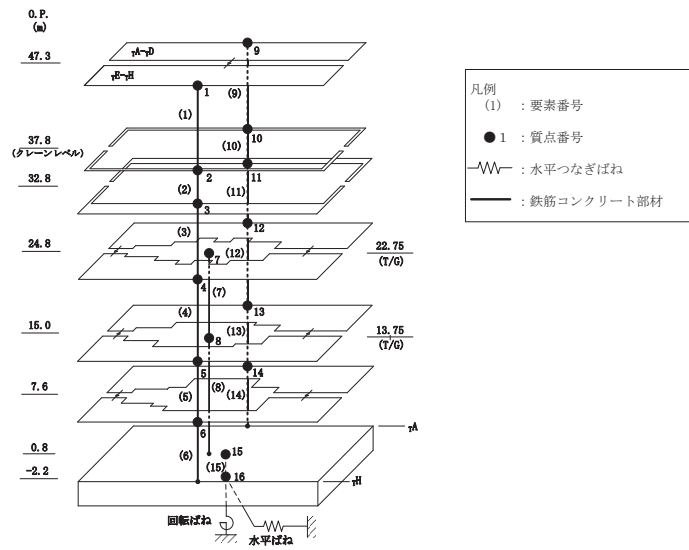
図 2-22(1) 最大応答曲げモーメント (S s - F 2, NS 方向) (1/2)

($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)

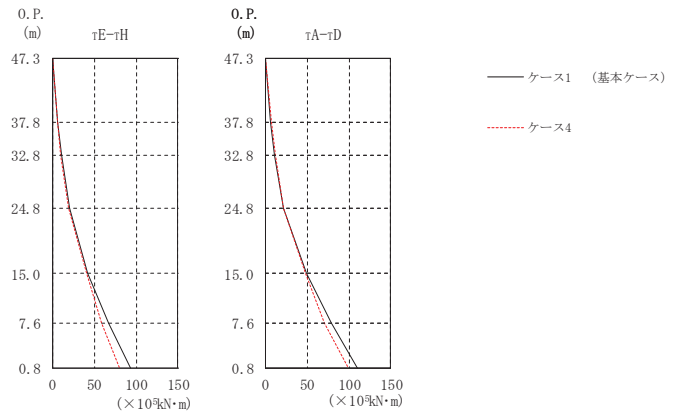
部 位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau E-\tau H$	(1)	0.000	0.000
		5.32	4.28
	(2)	5.32	4.28
		9.23	7.63
	(3)	9.23	7.63
		18.5	16.4
(4)	18.5	16.4	
	38.3	32.2	
(5)	38.3	32.2	
	58.9	48.6	
(6)	58.9	48.6	
	82.2	65.1	
$\tau A-\tau D$	(9)	0.000	0.000
		6.63	5.84
	(10)	6.63	5.84
		10.8	9.75
	(11)	10.8	9.75
		21.2	18.2
(12)	21.2	18.2	
	48.5	39.2	
(13)	48.5	39.2	
	78.9	60.1	
(14)	78.9	60.1	
	113	82.4	
基礎版	(15)	212	169
		241	191

(c) 応答一覧表

図 2-22(2) 最大応答曲げモーメント (S s - F 2, NS 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

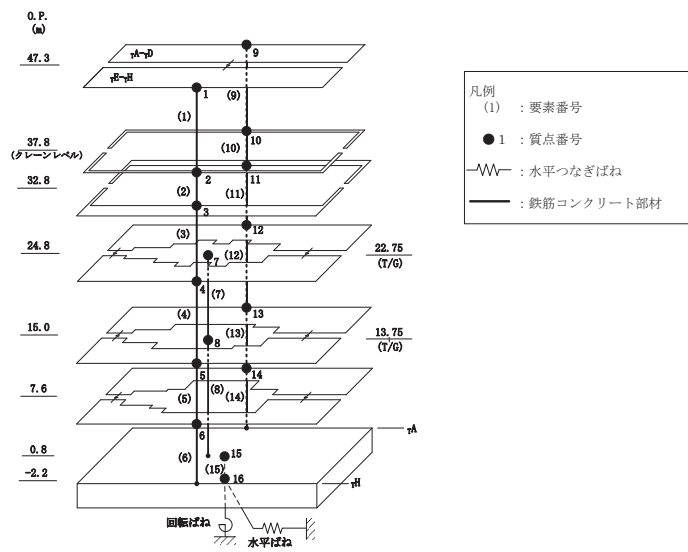
図 2-23(1) 最大応答曲げモーメント (S s - F 3, NS 方向) (1/2)

($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)

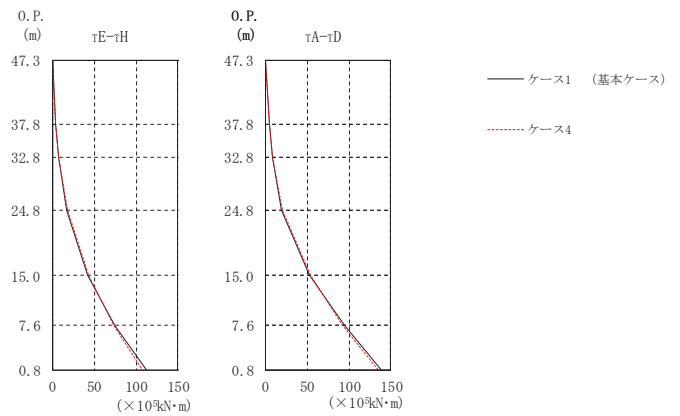
部 位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau E-\tau H$	(1)	0.000	0.000
		6.46	5.83
	(2)	6.46	5.83
		10.7	10.0
	(3)	10.7	10.0
		20.5	19.2
(4)	20.5	19.2	
	42.6	40.4	
(5)	42.6	40.4	
	67.1	59.4	
(6)	67.1	59.4	
	92.9	80.8	
$\tau A-\tau D$	(9)	0.000	0.000
		6.89	7.19
	(10)	6.89	7.19
		11.5	11.9
	(11)	11.5	11.9
		22.3	22.4
(12)	22.3	22.4	
	49.7	48.5	
(13)	49.7	48.5	
	79.0	71.2	
(14)	79.0	71.2	
	110	99.7	
基礎版	(15)	227	204
		259	235

(c) 応答一覧表

図 2-23 (2) 最大応答曲げモーメント (S s - F 3, NS 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

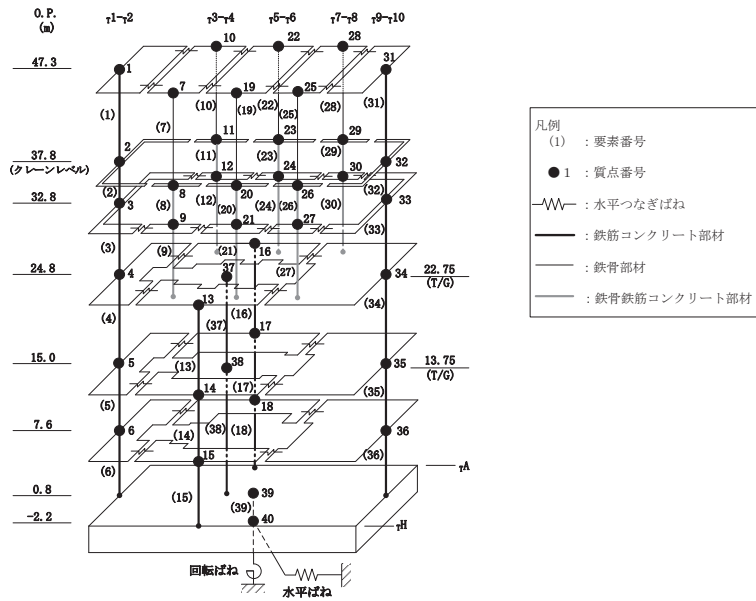
図 2-24(1) 最大応答曲げモーメント (S s - N 1, NS 方向) (1/2)

($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)

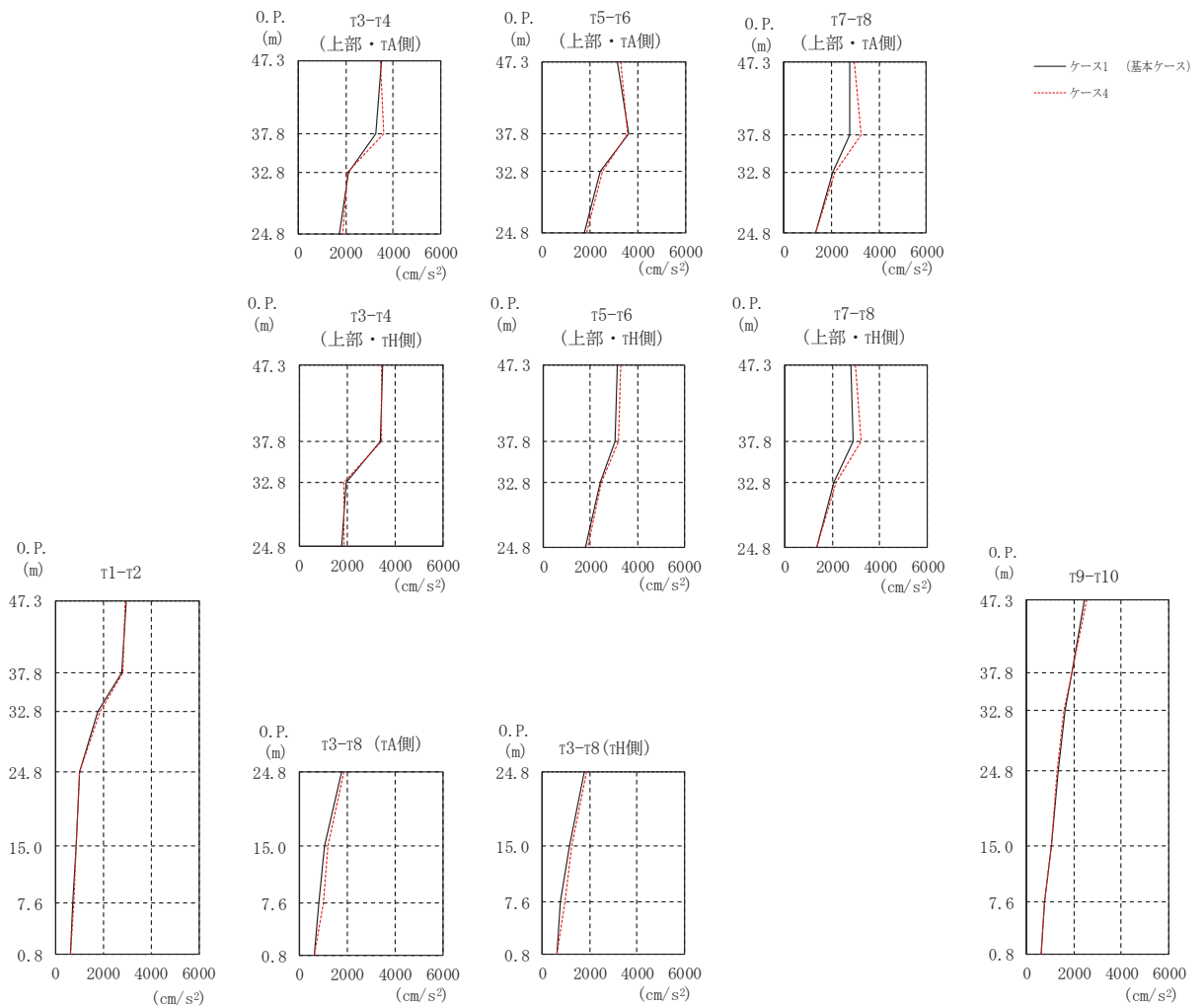
部 位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
E-H	(1)	0.000	0.000
		4.43	4.62
	(2)	4.43	4.62
		7.72	8.09
	(3)	7.72	8.09
		16.7	18.1
(4)	16.7	18.1	
	42.1	43.4	
(5)	42.1	43.4	
	74.3	73.4	
(6)	74.3	73.4	
	112	108	
A-D	(9)	0.000	0.000
		5.54	5.42
	(10)	5.54	5.42
		9.31	9.37
	(11)	9.31	9.37
		19.2	20.6
(12)	19.2	20.6	
	53.1	54.3	
(13)	53.1	54.3	
	94.2	92.7	
(14)	94.2	92.7	
	139	135	
基礎版	(15)	284	277
		333	321

(c) 応答一覧表

図 2-24(2) 最大応答曲げモーメント (S s - N 1, NS 方向) (2/2)



(a) モデル図



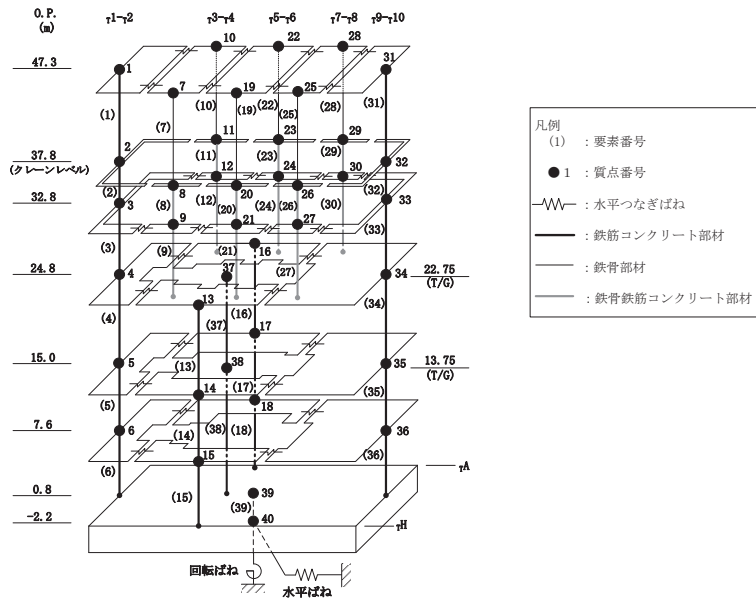
(b) 応答図

図 2-25(1) 最大応答加速度 (S s - D 1, EW 方向) (1/2)

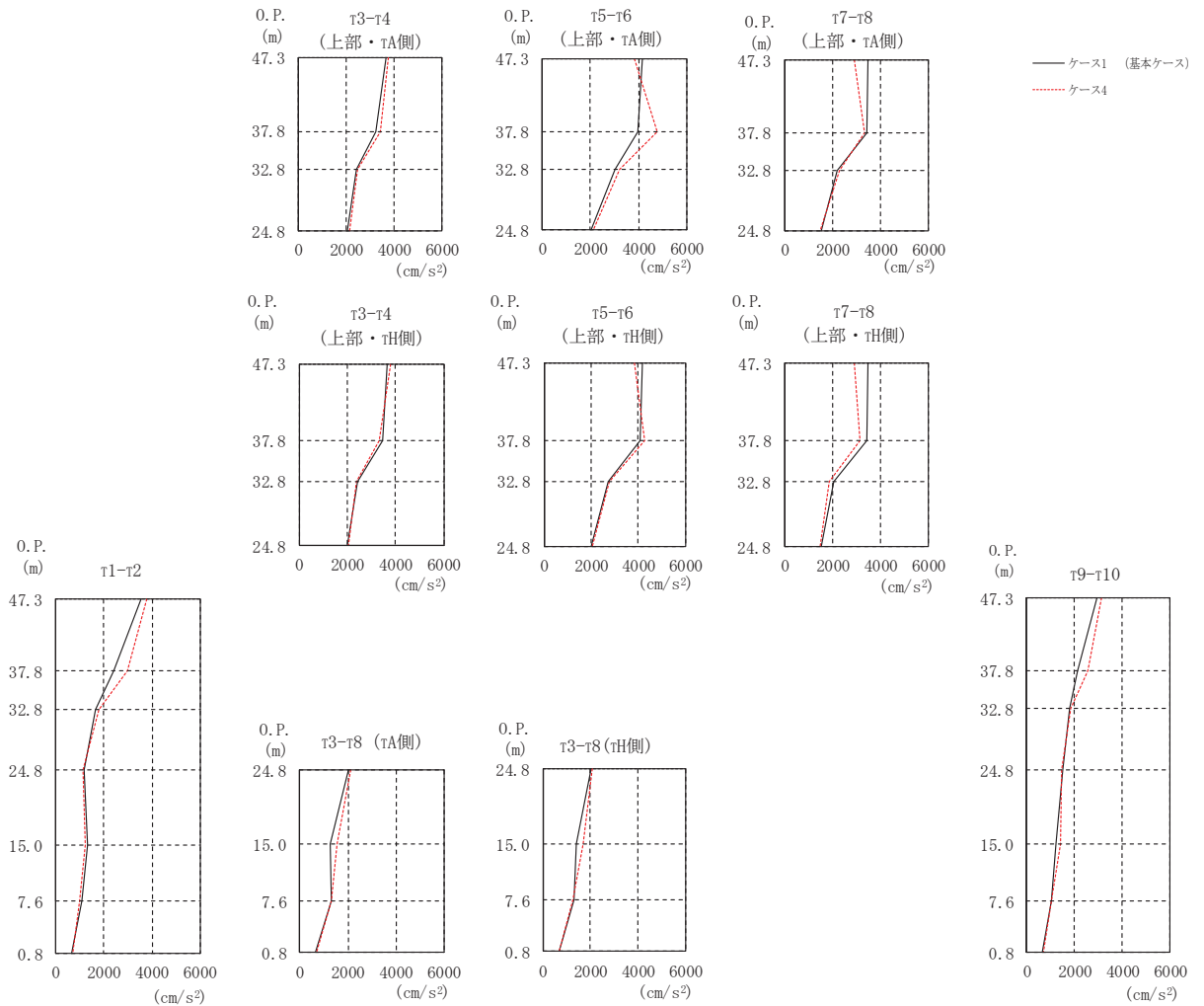
(cm/s ²)			
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	1	2960	2925
	2	2782	2795
	3	1765	1858
	4	1013	1007
	5	869	859
	6	694	745
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	7	3490	3452
	8	3364	3448
	9	1976	1849
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	10	3490	3452
	11	3267	3597
	12	2118	2067
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	13	1764	1881
	14	1148	1260
	15	772	971
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	16	1747	1859
	17	1070	1178
	18	799	1008
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	19	3137	3277
	20	3030	3209
	21	2399	2453
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	22	3137	3277
	23	3633	3597
	24	2433	2514
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	25	2784	2982
	26	2878	3227
	27	2091	2153
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	28	2784	2982
	29	2762	3274
	30	2068	2133
τ ₉ -τ ₁₀	31	2467	2556
	32	1919	1915
	33	1641	1595
	34	1348	1327
	35	1056	1077
	36	798	777
基礎版	39	626	621

(c) 応答一覧表

図 2-25(2) 最大応答加速度 (S s - D 1, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



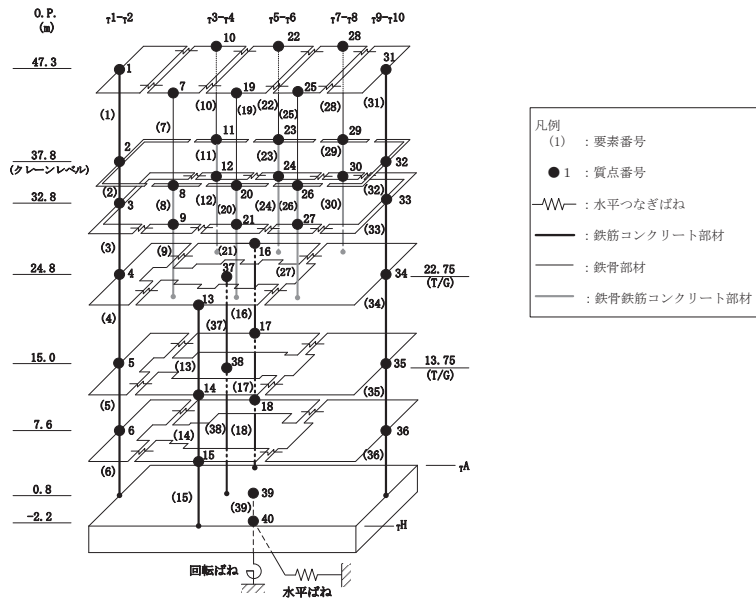
(b) 応答図

図 2-26(1) 最大応答加速度 (S s - D 2, EW 方向) (1/2)

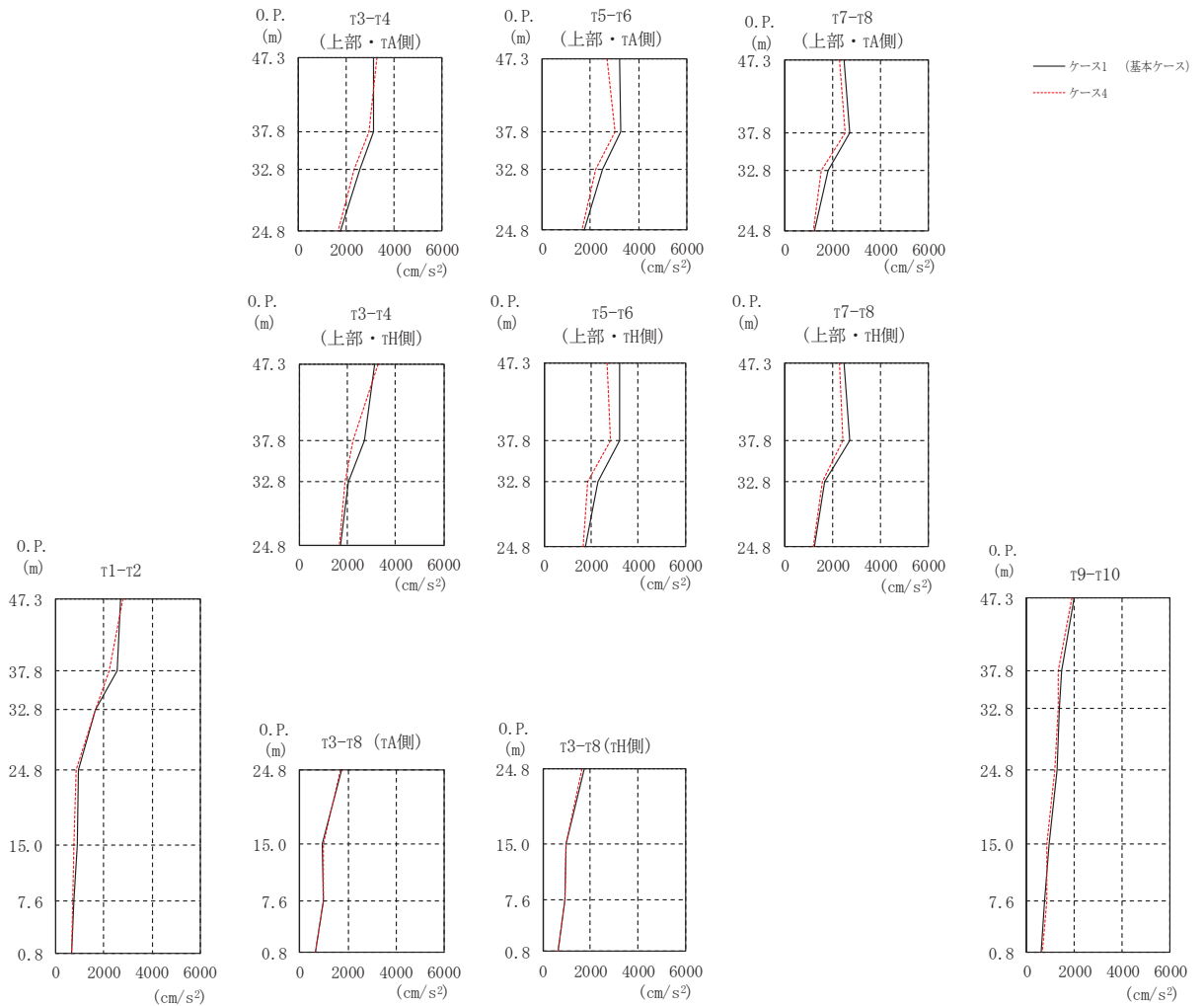
(cm/s ²)			
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	1	3529	3803
	2	2428	2978
	3	1657	1772
	4	1154	1109
	5	1294	1238
	6	1071	960
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	7	3663	3774
	8	3439	3315
	9	2408	2380
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	10	3663	3774
	11	3236	3394
	12	2408	2475
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	13	2020	2062
	14	1422	1700
	15	1294	1244
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	16	2027	2111
	17	1252	1532
	18	1333	1322
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	19	4170	3825
	20	4068	4253
	21	2714	2771
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	22	4170	3825
	23	3955	4769
	24	3023	3220
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	25	3471	2928
	26	3418	3163
	27	2054	1881
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	28	3471	2928
	29	3435	3345
	30	2222	2297
τ ₉ -τ ₁₀	31	2954	3155
	32	2158	2554
	33	1782	1875
	34	1513	1480
	35	1240	1425
	36	1043	1062
基礎版	39	668	688

(c) 応答一覧表

図 2-26(2) 最大応答加速度 (S s - D 2, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



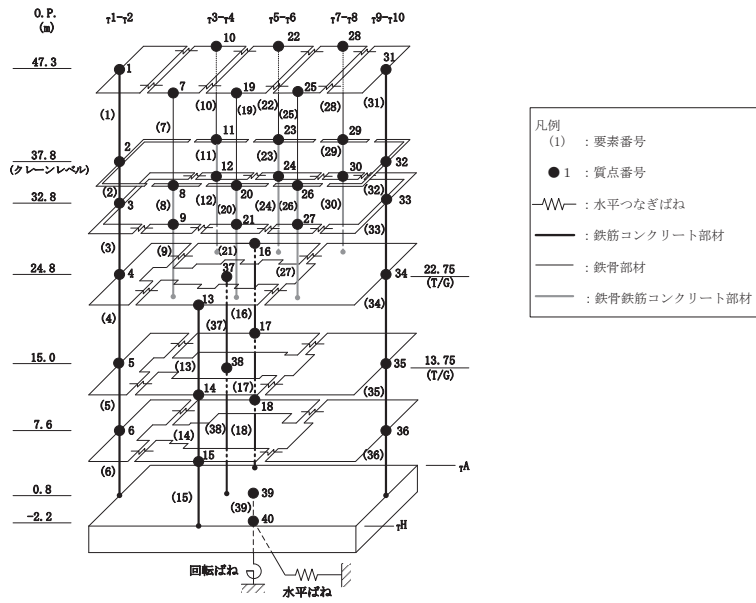
(b) 応答図

図 2-27(1) 最大応答加速度 (S s - D 3, EW 方向) (1/2)

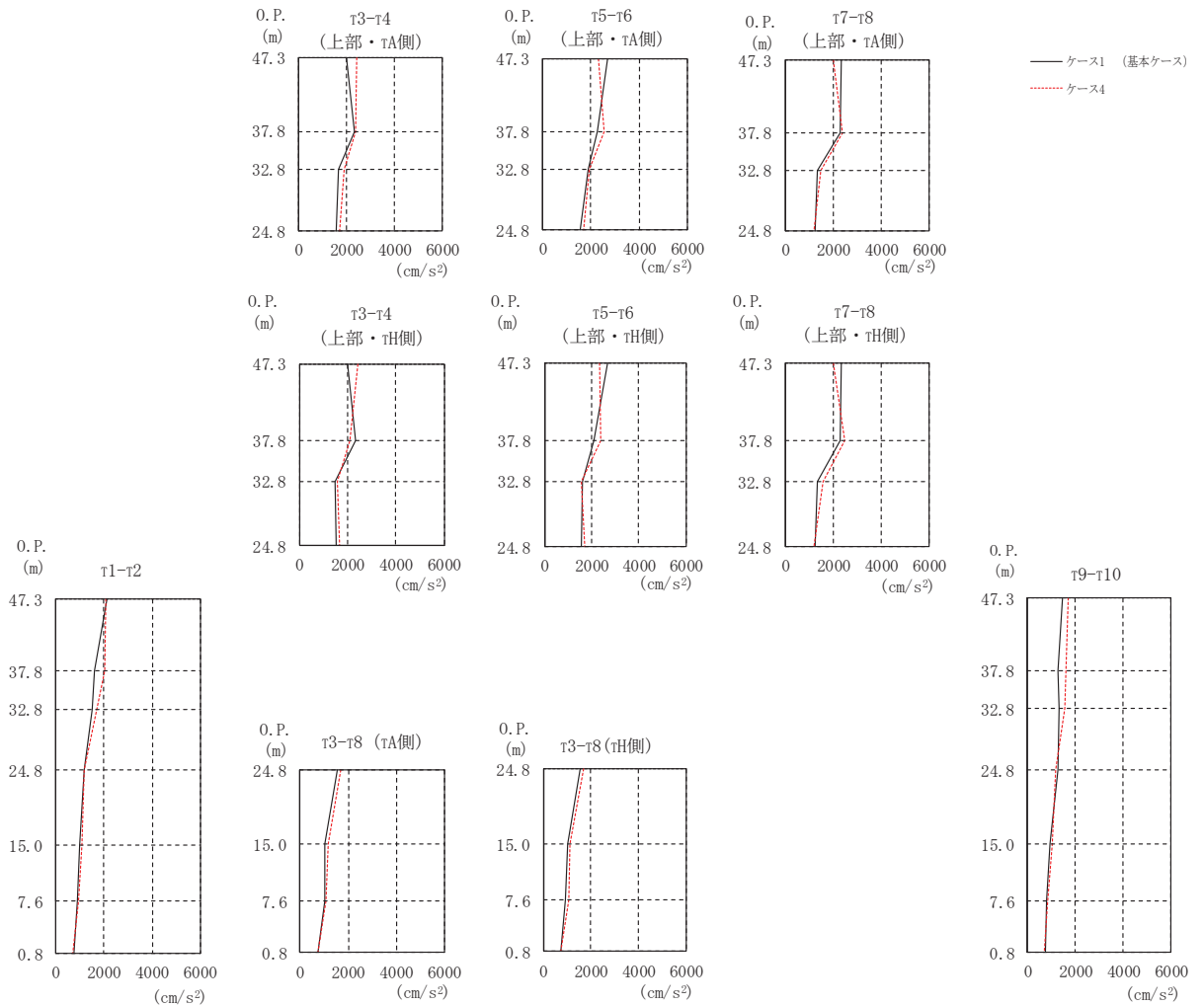
(cm/s ²)			
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	1	2705	2791
	2	2559	2231
	3	1644	1640
	4	949	846
	5	877	733
	6	766	703
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	7	3119	3294
	8	2715	2221
	9	2063	1924
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	10	3119	3294
	11	3152	2935
	12	2560	2329
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	13	1734	1665
	14	994	995
	15	932	948
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	16	1728	1669
	17	938	968
	18	962	956
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	19	3197	2684
	20	3193	2798
	21	2301	1873
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	22	3197	2684
	23	3248	3018
	24	2516	2192
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	25	2499	2280
	26	2739	2430
	27	1661	1559
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	28	2499	2280
	29	2706	2515
	30	1813	1556
τ ₉ -τ ₁₀	31	2020	1884
	32	1487	1341
	33	1395	1318
	34	1259	1190
	35	941	873
	36	769	831
基礎版	39	630	650

(c) 応答一覧表

図 2-27(2) 最大応答加速度 (S s - D 3, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

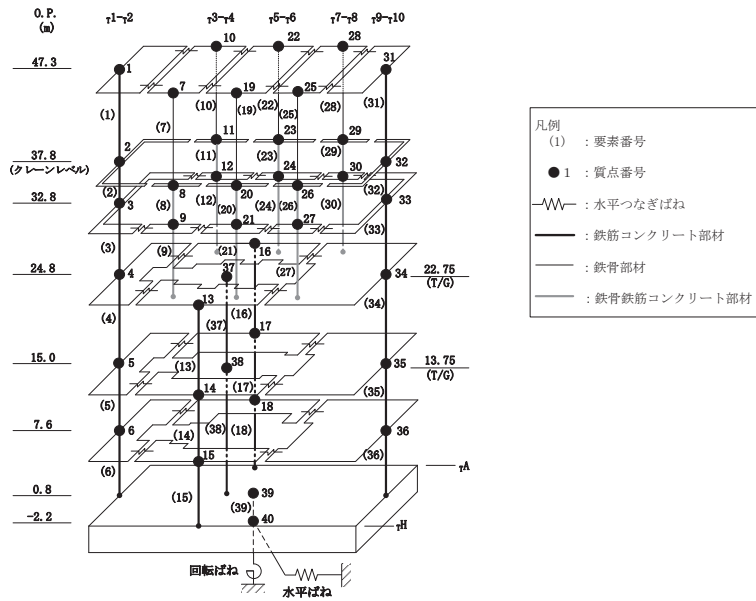
図 2-28(1) 最大応答加速度 (S_s-F2, EW 方向) (1/2)

(cm/s²)

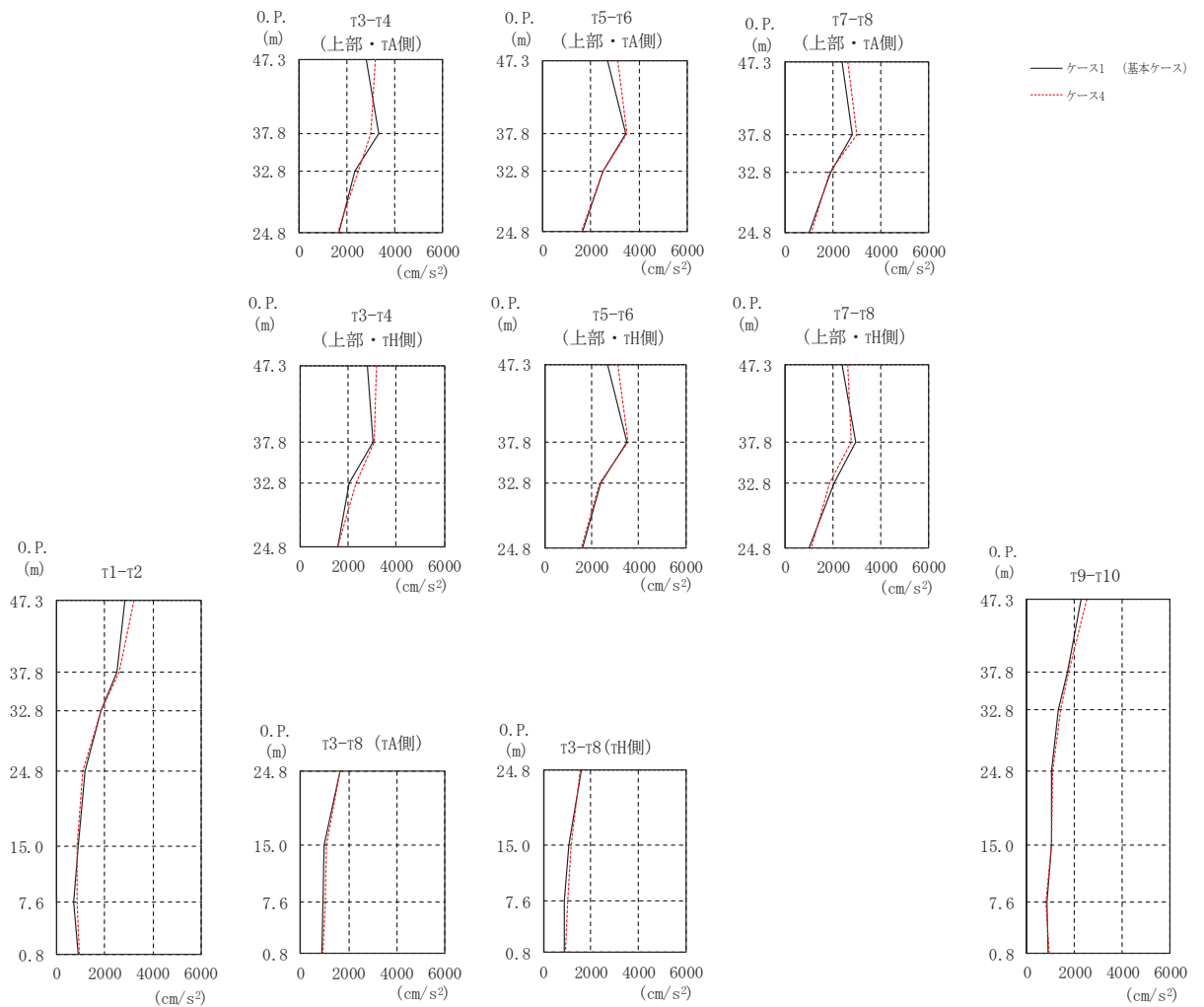
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ1-τ2	1	2100	2080
	2	1613	2044
	3	1480	1712
	4	1176	1192
	5	990	1082
	6	903	910
τ3-τ4 (上部・τH側)	7	2009	2406
	8	2325	2099
	9	1482	1582
τ3-τ4 (上部・τA側)	10	2009	2406
	11	2343	2350
	12	1656	1883
τ3-τ8 (下部・τH側)	13	1538	1682
	14	1025	1140
	15	942	1064
τ3-τ8 (下部・τA側)	16	1564	1695
	17	1047	1155
	18	1005	1091
τ5-τ6 (上部・τH側)	19	2677	2320
	20	2091	2378
	21	1611	1548
τ5-τ6 (上部・τA側)	22	2677	2320
	23	2254	2567
	24	1901	1927
τ7-τ8 (上部・τH側)	25	2323	2007
	26	2283	2480
	27	1323	1573
τ7-τ8 (上部・τA側)	28	2323	2007
	29	2320	2412
	30	1364	1504
τ9-τ10	31	1490	1706
	32	1292	1636
	33	1314	1543
	34	1262	1195
	35	923	1028
	36	809	874
基礎版	39	736	718

(c) 応答一覧表

図 2-28(2) 最大応答加速度 (S s - F 2, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

図 2-29(1) 最大応答加速度 (S s - F 3, EW 方向) (1/2)

(cm/s ²)			
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	1	2842	3217
	2	2501	2585
	3	1821	1842
	4	1149	1098
	5	889	816
	6	700	842
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	7	2803	3169
	8	3056	3096
	9	2027	2346
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	10	2803	3169
	11	3299	3012
	12	2342	2449
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	13	1586	1549
	14	1089	1150
	15	906	1021
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	16	1638	1620
	17	969	1059
	18	920	1015
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	19	2686	3121
	20	3482	3551
	21	2361	2343
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	22	2686	3121
	23	3467	3498
	24	2480	2479
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	25	2385	2639
	26	2969	2752
	27	2054	1854
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	28	2385	2639
	29	2802	2994
	30	1922	1887
τ ₉ -τ ₁₀	31	2290	2535
	32	1725	1734
	33	1315	1420
	34	1022	1107
	35	1041	1043
	36	835	800
基礎版	39	884	931

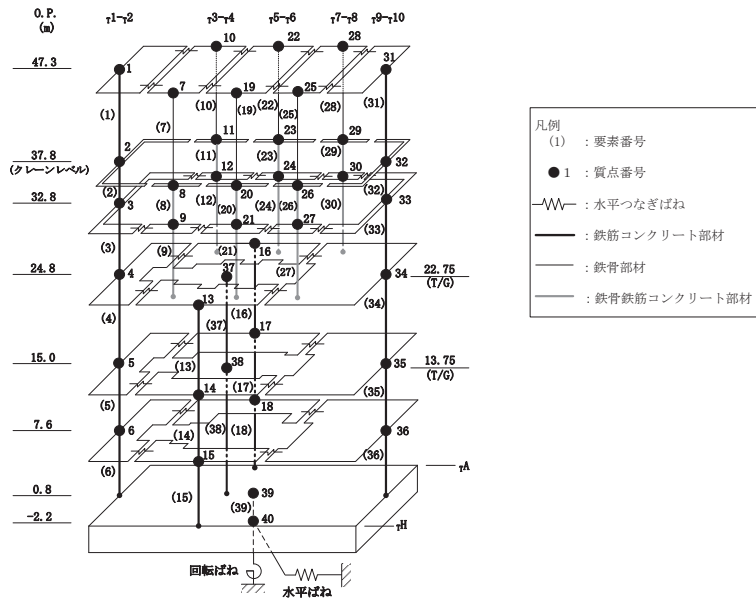
(c) 応答一覧表

図 2-29(2) 最大応答加速度 (S s - F 3, EW 方向) (2/2)

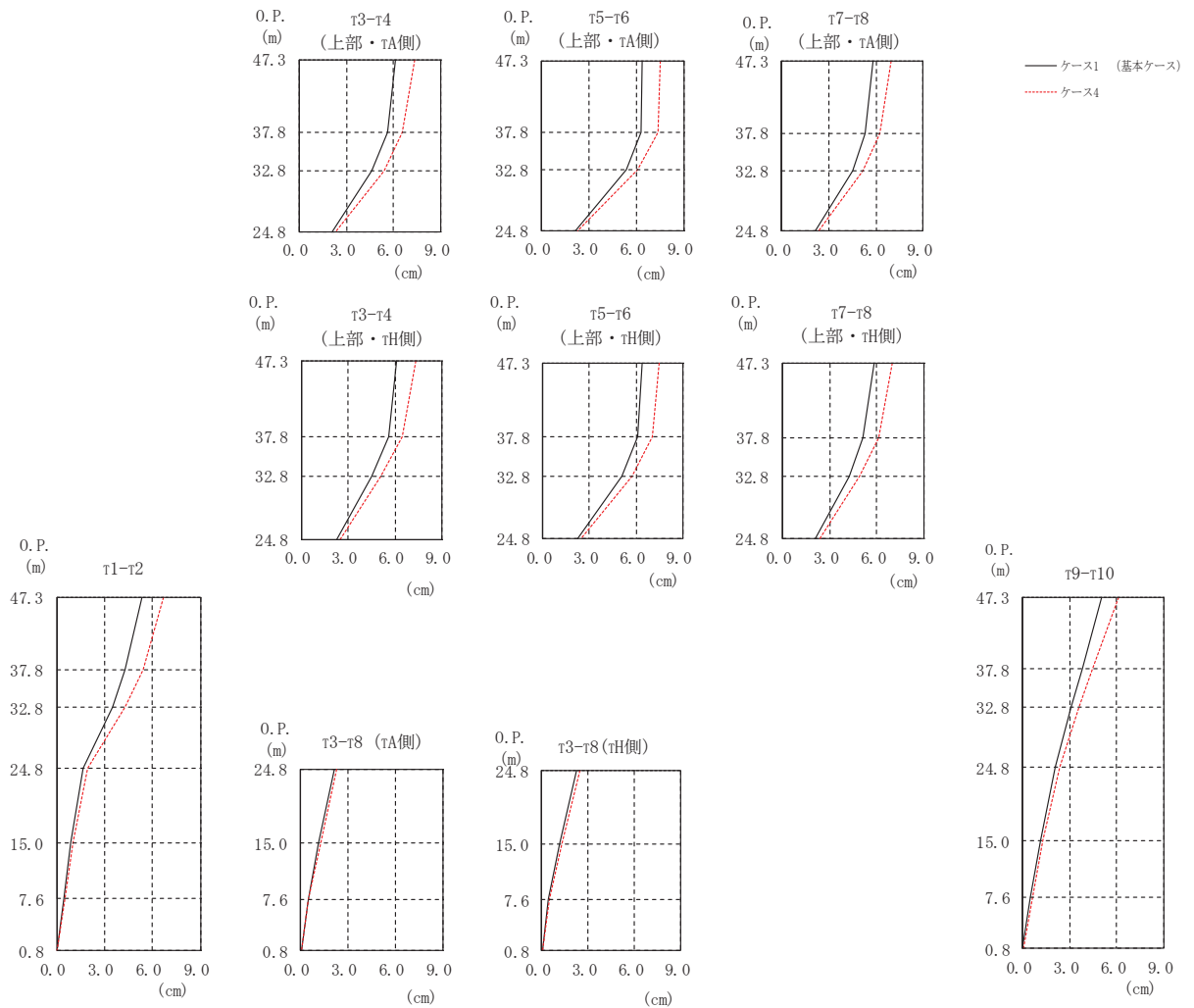
(cm/s ²)			
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	1	2180	1755
	2	1754	1465
	3	1423	1246
	4	1109	1149
	5	843	810
	6	681	683
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	7	2184	1755
	8	1862	1632
	9	1623	1453
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	10	2184	1755
	11	2087	1824
	12	1613	1462
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	13	1211	1150
	14	939	803
	15	786	725
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	16	1227	1156
	17	944	825
	18	807	725
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	19	2209	2007
	20	2380	2181
	21	1884	1679
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	22	2209	2007
	23	2227	2096
	24	1808	1719
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	25	2181	2027
	26	2172	1961
	27	1688	1521
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	28	2181	2027
	29	2246	2155
	30	1728	1654
τ ₉ -τ ₁₀	31	1995	1897
	32	1718	1509
	33	1351	1294
	34	1127	1033
	35	940	790
	36	772	653
基礎版	39	610	615

(c) 応答一覧表

図 2-30(2) 最大応答加速度 (S s - N 1, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

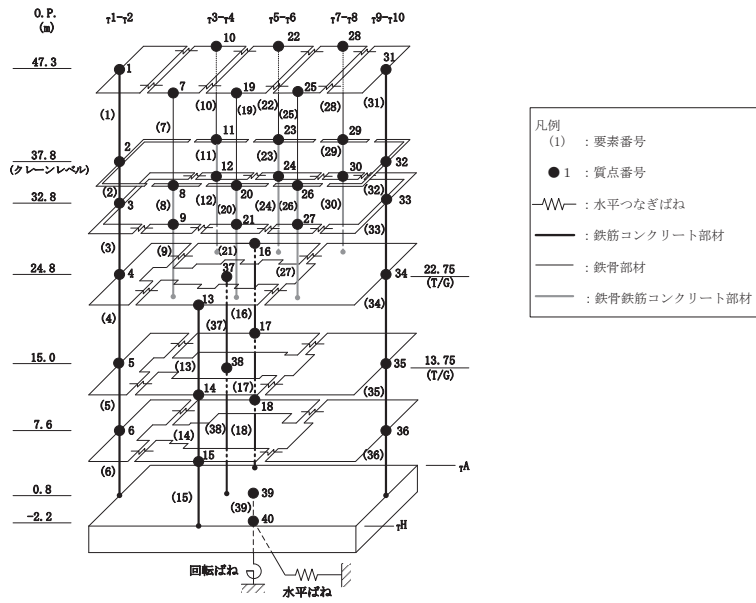
図2-31(1) 最大応答変位 (S_s-D1, EW方向) (1/2)

(cm)

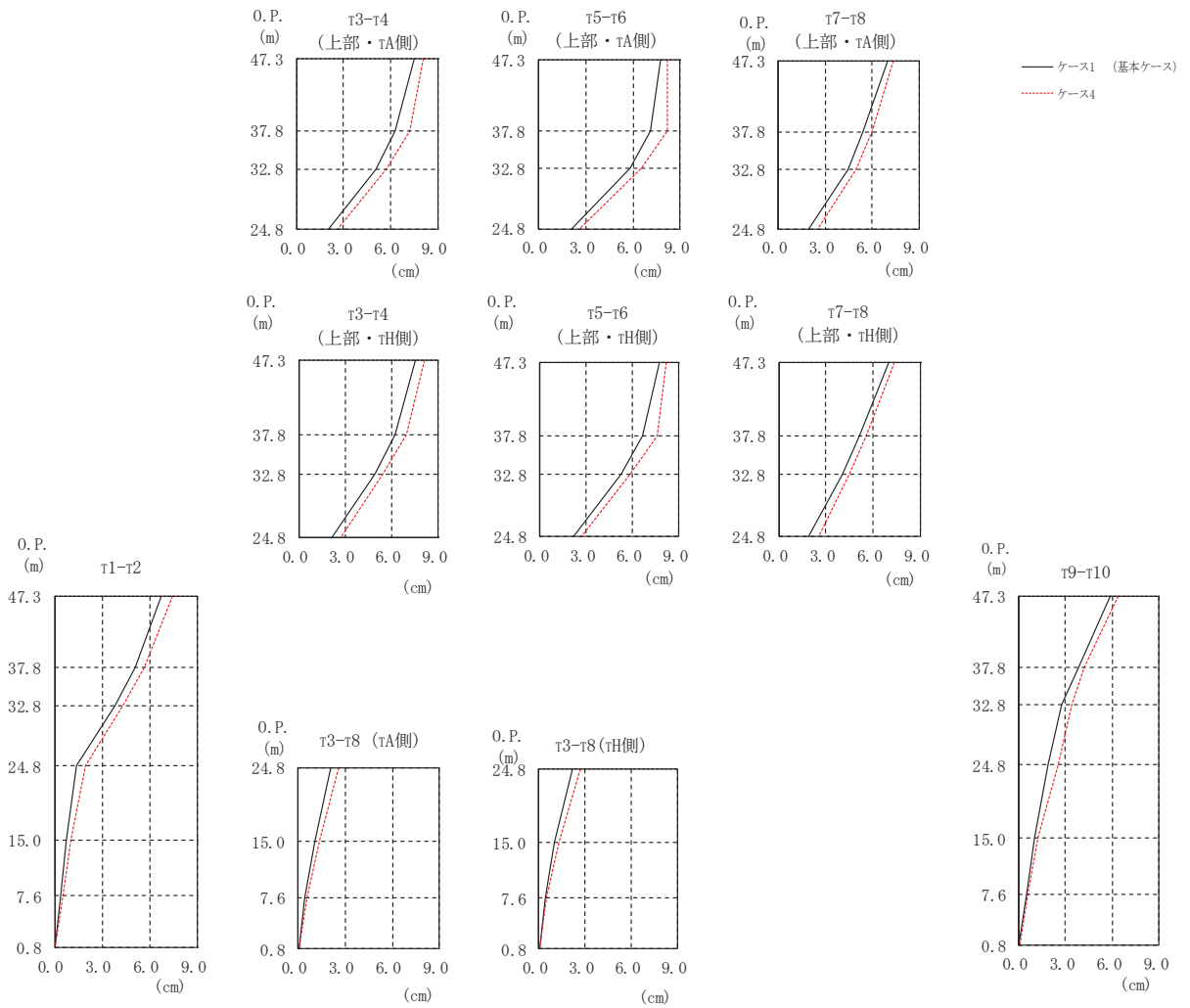
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau_{1-\tau 2}$	1	5.36	6.71
	2	4.26	5.39
	3	3.48	4.29
	4	1.62	1.92
	5	0.85	0.99
	6	0.43	0.50
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_{H} 側)	7	6.09	7.31
	8	5.61	6.46
	9	4.51	5.10
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_{A} 側)	10	6.09	7.31
	11	5.59	6.53
	12	4.63	5.39
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_{H} 側)	13	2.26	2.47
	14	1.18	1.28
	15	0.44	0.48
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_{A} 側)	16	2.12	2.31
	17	1.18	1.28
	18	0.49	0.53
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_{H} 側)	19	6.38	7.52
	20	6.08	7.06
	21	5.06	5.72
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_{A} 側)	22	6.38	7.52
	23	6.31	7.35
	24	5.34	6.06
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_{H} 側)	25	5.85	6.95
	26	5.08	6.11
	27	4.25	4.87
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_{A} 側)	28	5.85	6.95
	29	5.30	6.26
	30	4.51	5.15
$\tau_{9-\tau 10}$	31	5.06	6.10
	32	3.83	4.50
	33	3.11	3.60
	34	2.13	2.40
	35	1.14	1.31
	36	0.55	0.63
基礎版	39	0.04	0.05

(c) 応答一覧表

図 2-31(2) 最大応答変位 (S s - D 1, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

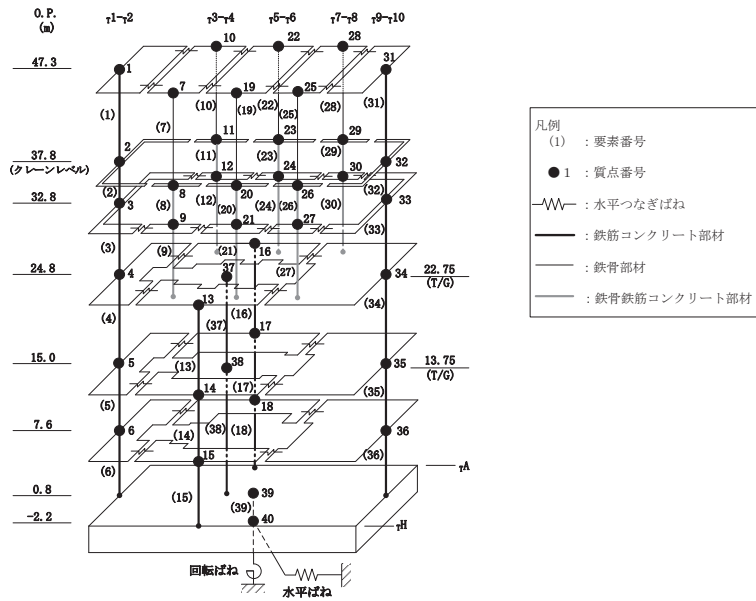
図 2-32(1) 最大応答変位 (S_s-D 2, EW 方向) (1/2)

(cm)

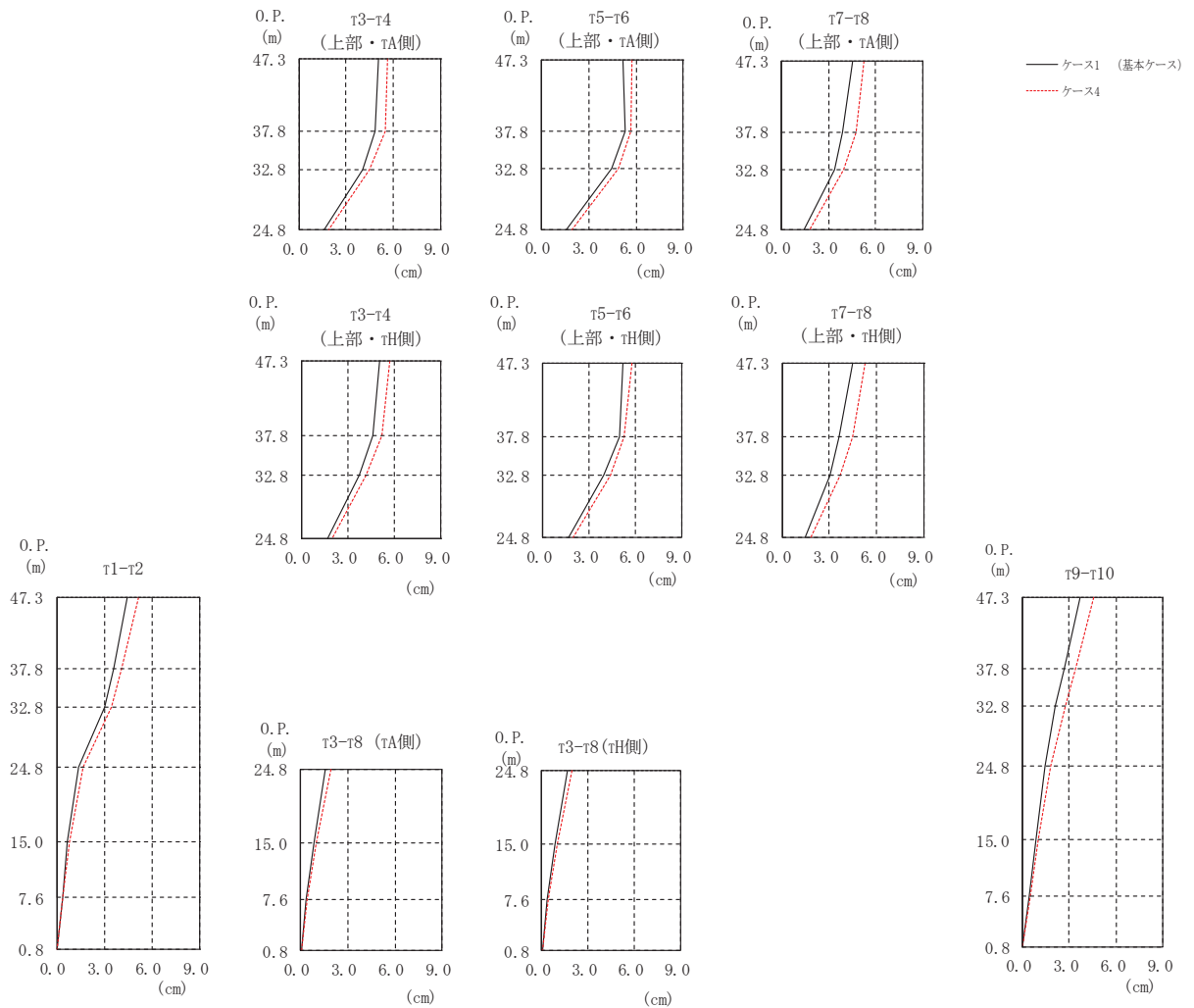
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau_{1-\tau 2}$	1	6.73	7.41
	2	5.06	5.62
	3	3.83	4.32
	4	1.41	1.92
	5	0.74	1.01
	6	0.38	0.50
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_{H} 側)	7	7.51	8.07
	8	6.21	6.96
	9	4.86	5.39
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_{A} 側)	10	7.51	8.07
	11	6.30	7.19
	12	5.07	5.71
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_{H} 側)	13	2.16	2.72
	14	1.03	1.31
	15	0.41	0.53
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_{A} 側)	16	2.06	2.60
	17	1.07	1.34
	18	0.45	0.59
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_{H} 側)	19	7.76	8.20
	20	6.64	7.56
	21	5.28	5.83
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_{A} 側)	22	7.76	8.20
	23	7.10	8.21
	24	5.79	6.55
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_{H} 側)	25	6.97	7.36
	26	5.14	5.57
	27	4.07	4.49
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_{A} 側)	28	6.97	7.36
	29	5.44	6.00
	30	4.44	5.00
$\tau_{9-\tau 10}$	31	5.88	6.36
	32	3.83	4.20
	33	2.76	3.39
	34	1.92	2.54
	35	1.03	1.28
	36	0.50	0.61
基礎版	39	0.05	0.06

(c) 応答一覧表

図 2-32(2) 最大応答変位 (S s - D 2, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

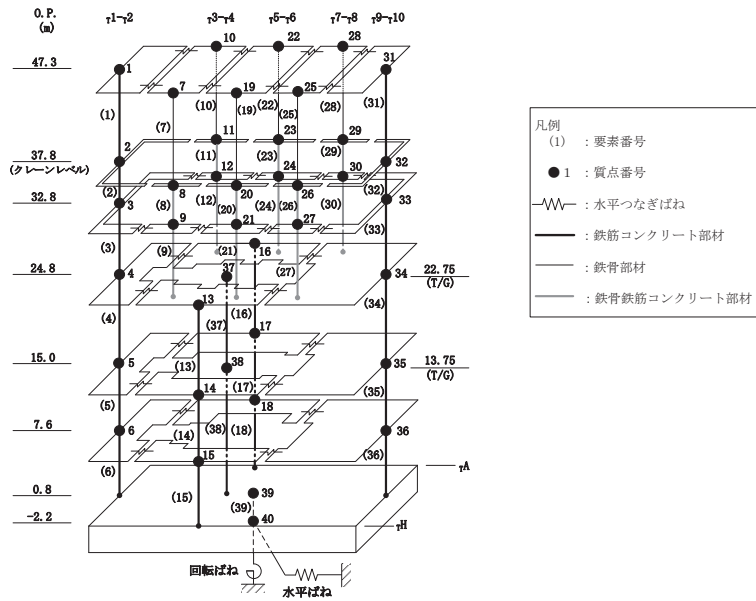
図 2-33(1) 最大応答変位 (S_s-D 3, EW 方向) (1/2)

(cm)

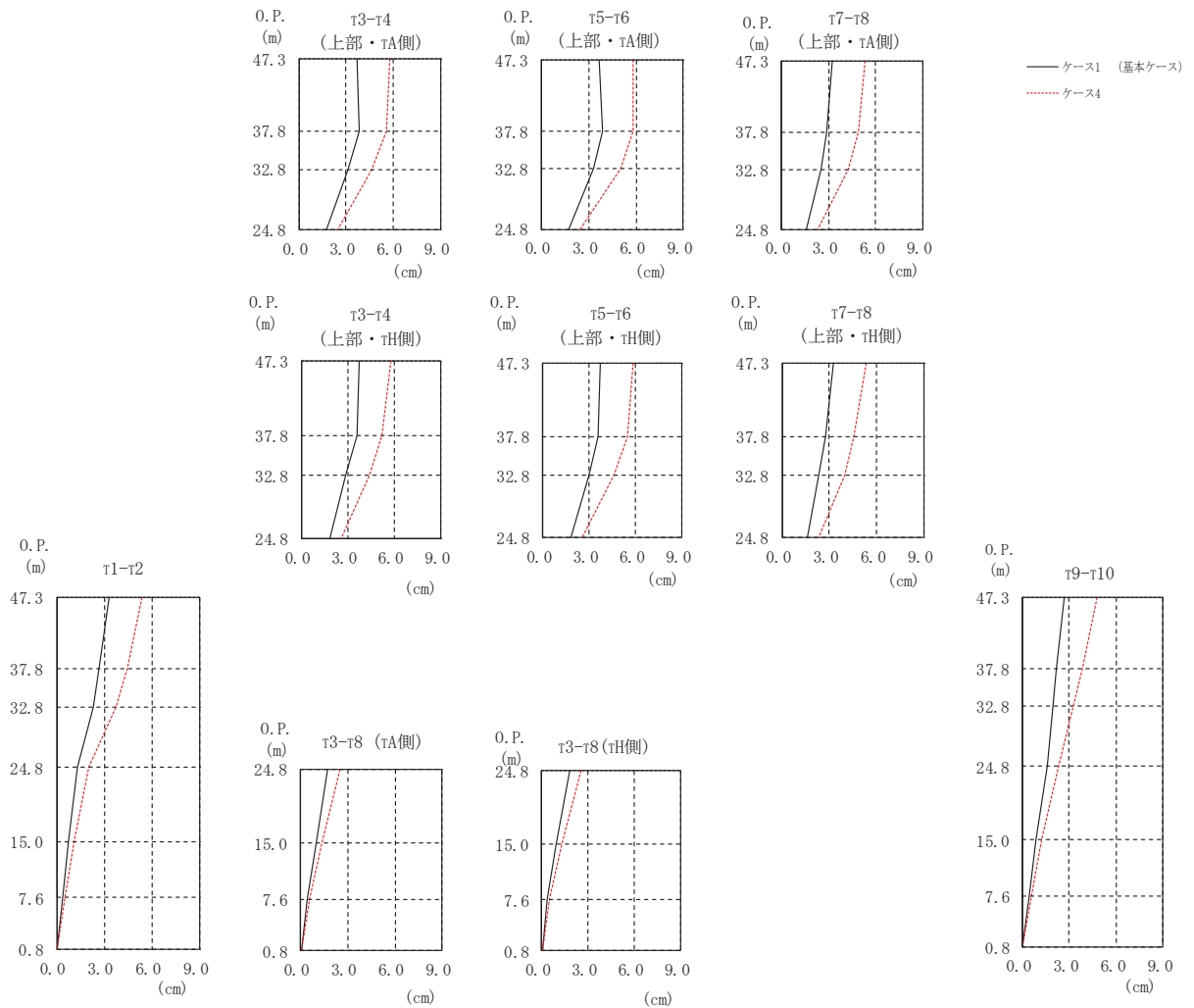
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau_{1-\tau 2}$	1	4.46	5.14
	2	3.61	4.11
	3	3.03	3.46
	4	1.35	1.68
	5	0.70	0.84
	6	0.36	0.42
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_H 側)	7	5.07	5.66
	8	4.63	5.19
	9	3.76	4.16
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_A 側)	10	5.07	5.66
	11	4.84	5.47
	12	4.02	4.47
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_H 側)	13	1.68	1.98
	14	0.89	0.99
	15	0.33	0.41
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_A 側)	16	1.62	1.91
	17	0.90	1.01
	18	0.37	0.44
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_H 側)	19	5.19	5.78
	20	4.96	5.25
	21	3.96	4.37
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_A 側)	22	5.19	5.78
	23	5.29	5.71
	24	4.48	4.87
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_H 側)	25	4.51	5.28
	26	3.64	4.48
	27	3.06	3.68
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_A 側)	28	4.51	5.28
	29	3.93	4.72
	30	3.41	3.98
$\tau_{9-\tau 10}$	31	3.68	4.58
	32	2.68	3.43
	33	2.12	2.77
	34	1.47	1.83
	35	0.85	1.00
	36	0.43	0.51
基礎版	39	0.05	0.05

(c) 応答一覧表

図 2-33(2) 最大応答変位 (S s - D 3, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

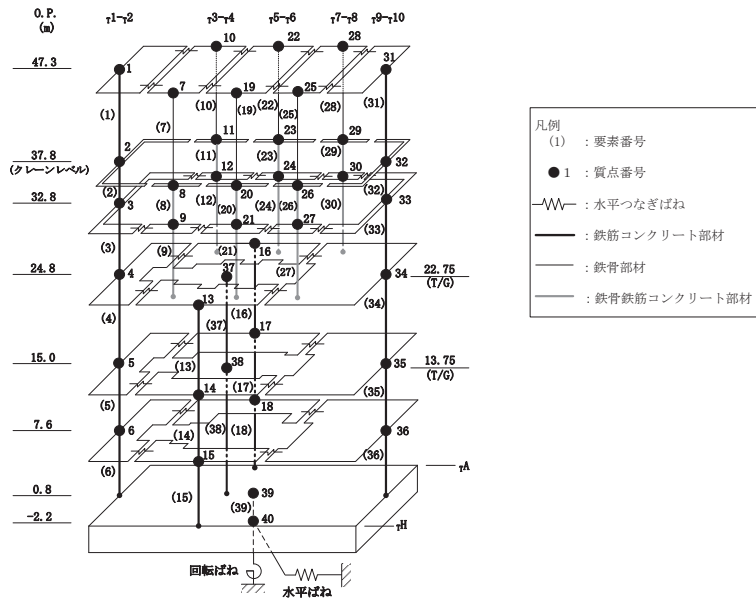
図 2-34(1) 最大応答変位 (S_s-F 2, EW 方向) (1/2)

(cm)

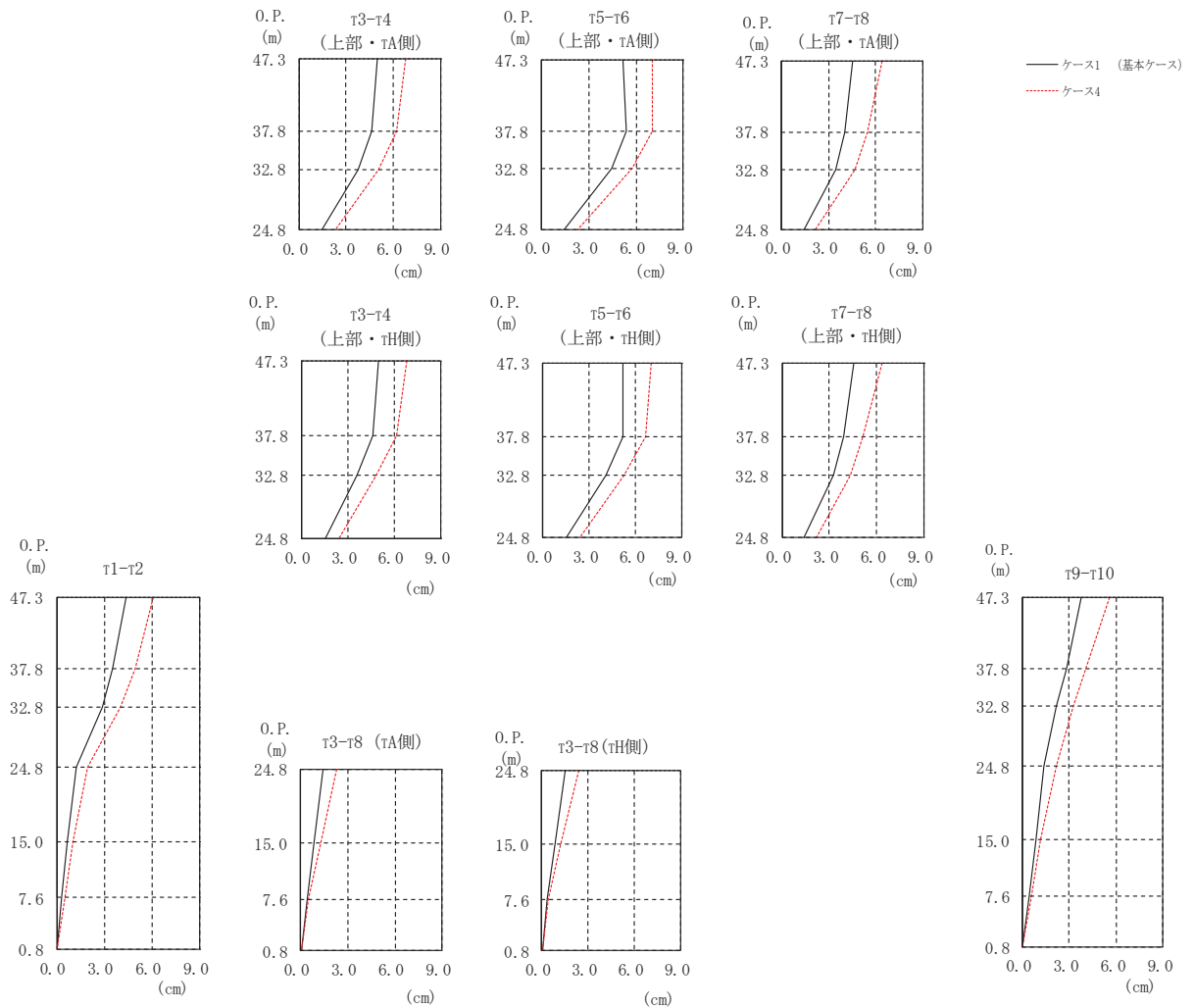
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau_{1-\tau 2}$	1	3.30	5.36
	2	2.69	4.41
	3	2.29	3.75
	4	1.33	2.04
	5	0.74	1.08
	6	0.39	0.55
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_H 側)	7	3.70	5.78
	8	3.55	5.17
	9	2.83	4.35
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_A 側)	10	3.70	5.78
	11	3.80	5.53
	12	3.09	4.65
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_H 側)	13	1.80	2.57
	14	0.97	1.33
	15	0.38	0.52
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_A 側)	16	1.75	2.49
	17	1.00	1.38
	18	0.43	0.60
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_H 側)	19	3.70	5.84
	20	3.57	5.48
	21	2.95	4.59
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_A 側)	22	3.70	5.84
	23	3.91	5.84
	24	3.34	5.04
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_H 側)	25	3.23	5.35
	26	2.72	4.58
	27	2.29	4.00
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_A 側)	28	3.23	5.35
	29	2.86	4.87
	30	2.51	4.28
$\tau_{9-\tau 10}$	31	2.68	4.79
	32	2.20	3.81
	33	1.98	3.24
	34	1.58	2.32
	35	0.90	1.27
	36	0.45	0.62
基礎版	39	0.04	0.05

(c) 応答一覧表

図 2-34(2) 最大応答変位 (S s - F 2, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

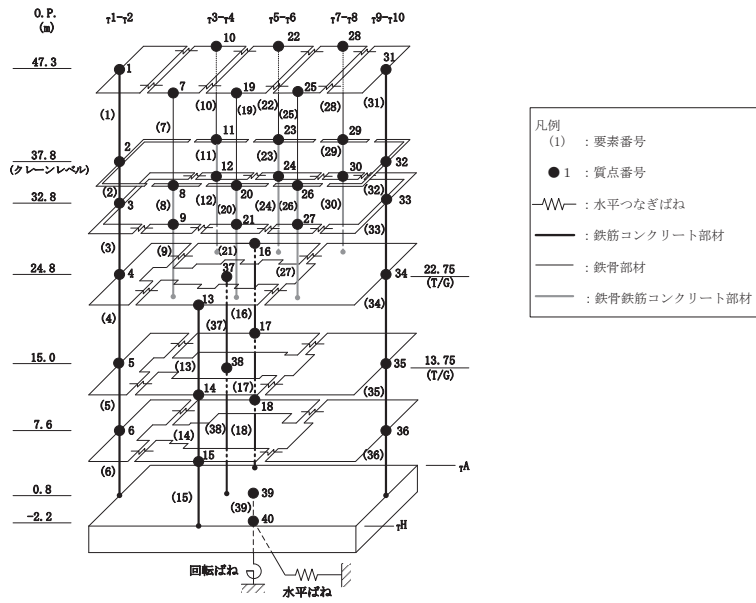
図2-35(1) 最大応答変位 (S_s - F₃, EW方向) (1/2)

(cm)

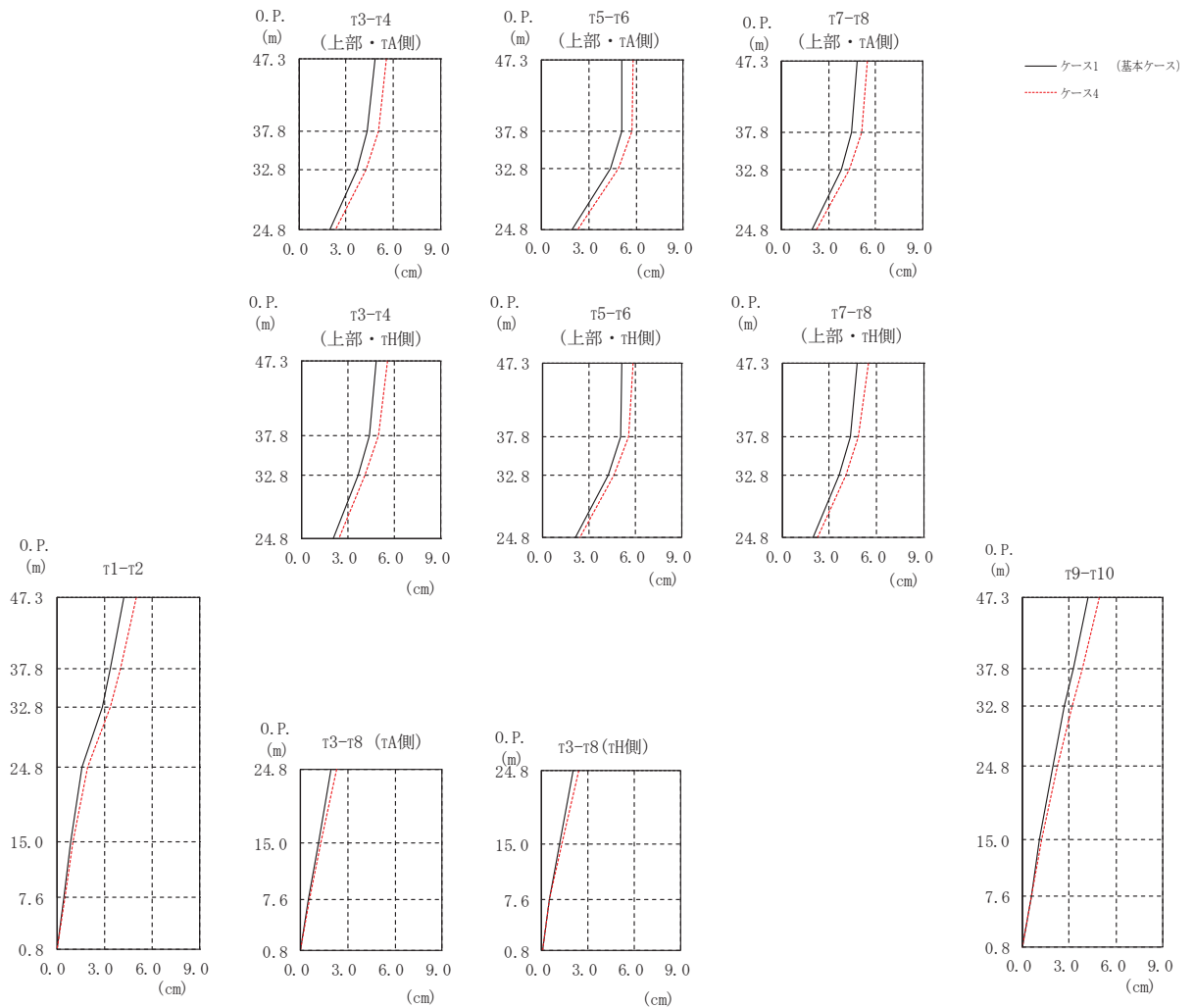
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau_{1-\tau 2}$	1	4.38	6.10
	2	3.52	4.96
	3	2.88	4.01
	4	1.21	1.92
	5	0.64	1.01
	6	0.34	0.50
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_H 側)	7	4.96	6.76
	8	4.61	6.16
	9	3.60	4.79
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_A 側)	10	4.96	6.76
	11	4.59	6.24
	12	3.78	5.06
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_H 側)	13	1.52	2.42
	14	0.86	1.26
	15	0.38	0.45
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_A 側)	16	1.47	2.33
	17	0.83	1.27
	18	0.41	0.51
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_H 側)	19	5.15	7.02
	20	5.14	6.63
	21	4.10	5.27
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_A 側)	22	5.15	7.02
	23	5.42	7.03
	24	4.45	5.76
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_H 側)	25	4.56	6.38
	26	3.88	5.14
	27	3.25	4.37
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_A 側)	28	4.56	6.38
	29	4.05	5.48
	30	3.47	4.69
$\tau_{9-\tau 10}$	31	3.81	5.54
	32	2.80	4.08
	33	2.20	3.24
	34	1.42	2.18
	35	0.86	1.19
	36	0.44	0.57
基礎版	39	0.04	0.05

(c) 応答一覧表

図 2-35(2) 最大応答変位 (S s - F 3, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

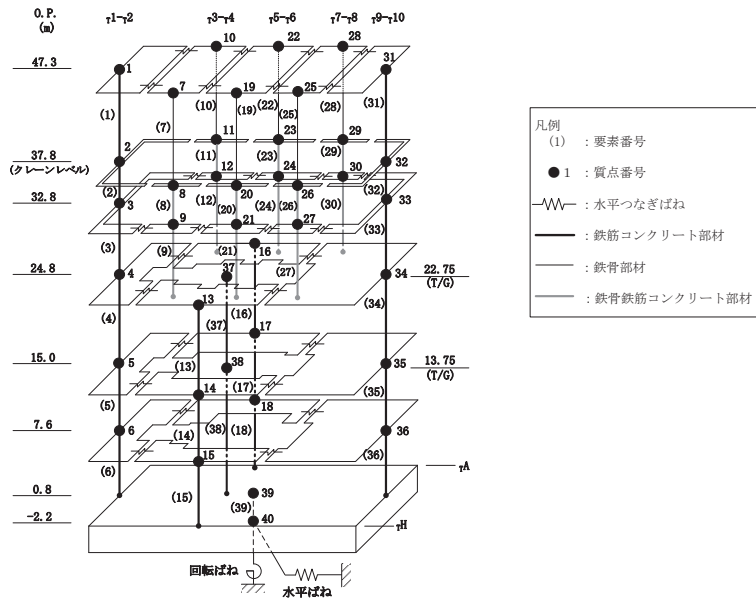
図 2-36(1) 最大応答変位 (S_s-N1, EW 方向) (1/2)

(cm)

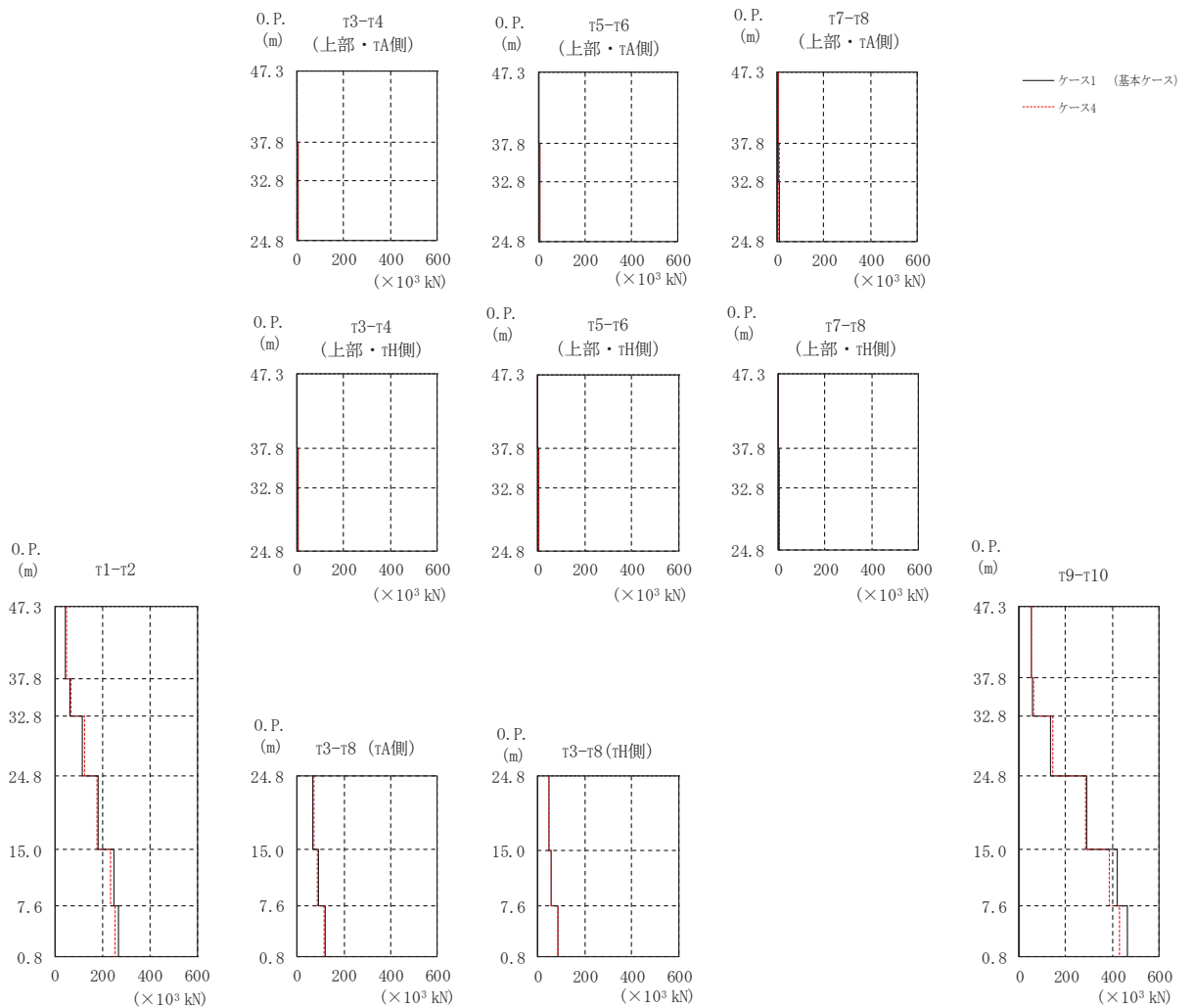
部 位	質点 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau_{1-\tau 2}$	1	4.22	4.99
	2	3.39	3.98
	3	2.87	3.37
	4	1.60	1.96
	5	0.88	1.06
	6	0.46	0.54
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_{H} 側)	7	4.82	5.55
	8	4.39	4.93
	9	3.65	4.11
$\tau_{3-\tau 4}$ (上部・ τ_{A} 側)	10	4.82	5.55
	11	4.33	5.07
	12	3.70	4.27
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_{H} 側)	13	2.07	2.38
	14	1.16	1.31
	15	0.48	0.52
$\tau_{3-\tau 8}$ (下部・ τ_{A} 側)	16	1.96	2.29
	17	1.16	1.31
	18	0.52	0.57
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_{H} 側)	19	5.13	5.82
	20	5.05	5.57
	21	4.21	4.62
$\tau_{5-\tau 6}$ (上部・ τ_{A} 側)	22	5.13	5.82
	23	5.12	5.74
	24	4.38	4.91
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_{H} 側)	25	4.80	5.49
	26	4.31	4.87
	27	3.63	4.06
$\tau_{7-\tau 8}$ (上部・ τ_{A} 側)	28	4.80	5.49
	29	4.49	5.11
	30	3.84	4.33
$\tau_{9-\tau 10}$	31	4.18	4.91
	32	3.25	3.82
	33	2.72	3.19
	34	1.94	2.25
	35	1.12	1.28
	36	0.56	0.63
基礎版	39	0.04	0.04

(c) 応答一覧表

図 2-36(2) 最大応答変位 (S s - N 1, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

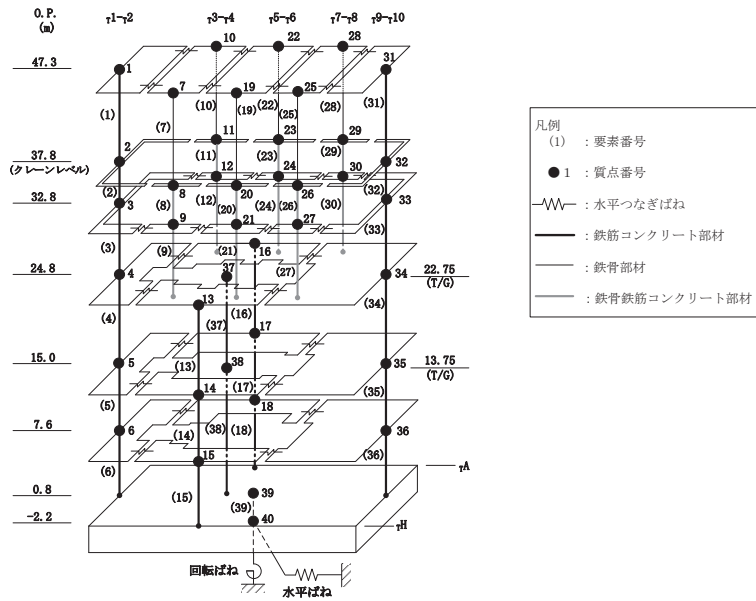
図 2-37(1) 最大応答せん断力 (S_s-D 1, EW 方向) (1/2)

(×10³kN)

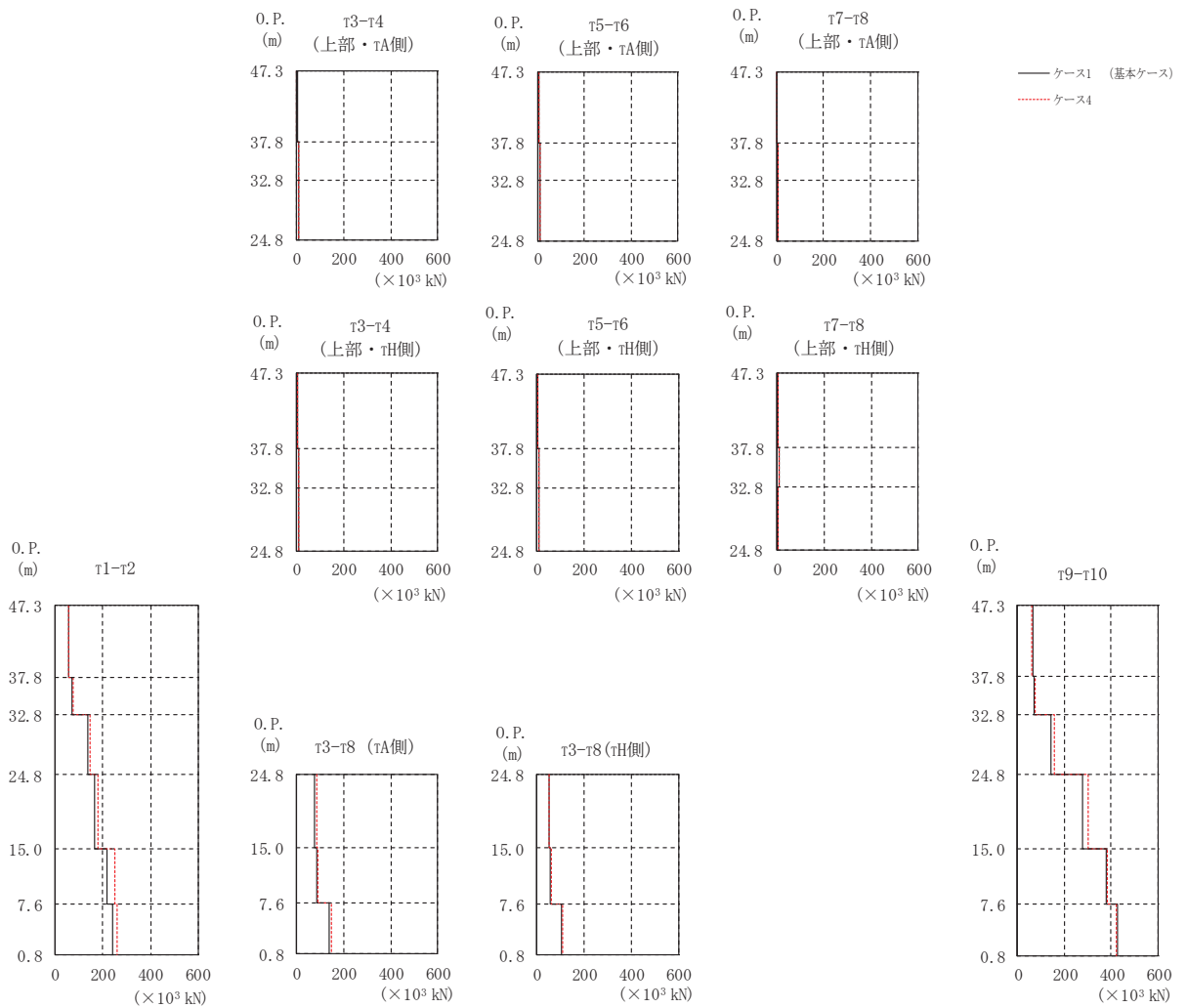
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	(1)	44.4	48.7
	(2)	62.1	65.7
	(3)	116	123
	(4)	181	175
	(5)	248	235
	(6)	269	254
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	(7)	1.66	1.30
	(8)	6.40	6.39
	(9)	5.21	4.60
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	(10)	1.26	1.26
	(11)	5.91	6.19
	(12)	6.47	5.60
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	(13)	45.8	48.2
	(14)	59.0	56.3
	(15)	84.4	86.8
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	(16)	67.1	72.3
	(17)	92.5	87.6
	(18)	122	117
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	(19)	2.02	1.89
	(20)	5.72	5.54
	(21)	6.00	5.32
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	(22)	1.28	1.13
	(23)	5.80	5.65
	(24)	7.63	6.74
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	(25)	2.57	2.61
	(26)	5.52	6.32
	(27)	4.84	4.47
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	(28)	1.92	2.05
	(29)	5.13	5.63
	(30)	5.71	5.24
τ ₉ -τ ₁₀	(31)	51.4	54.4
	(32)	58.2	62.9
	(33)	136	145
	(34)	289	285
	(35)	421	386
	(36)	465	430
基礎版	(39)	1120	1070

(c) 応答一覧表

図 2-37(2) 最大応答せん断力 (S_s-D 1, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

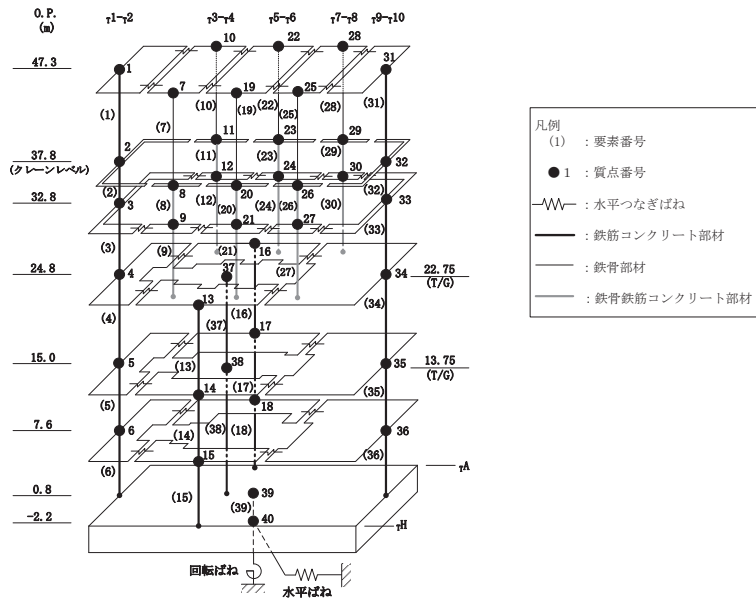
図 2-38(1) 最大応答せん断力 (S_s-D 2, EW 方向) (1/2)

(×10³kN)

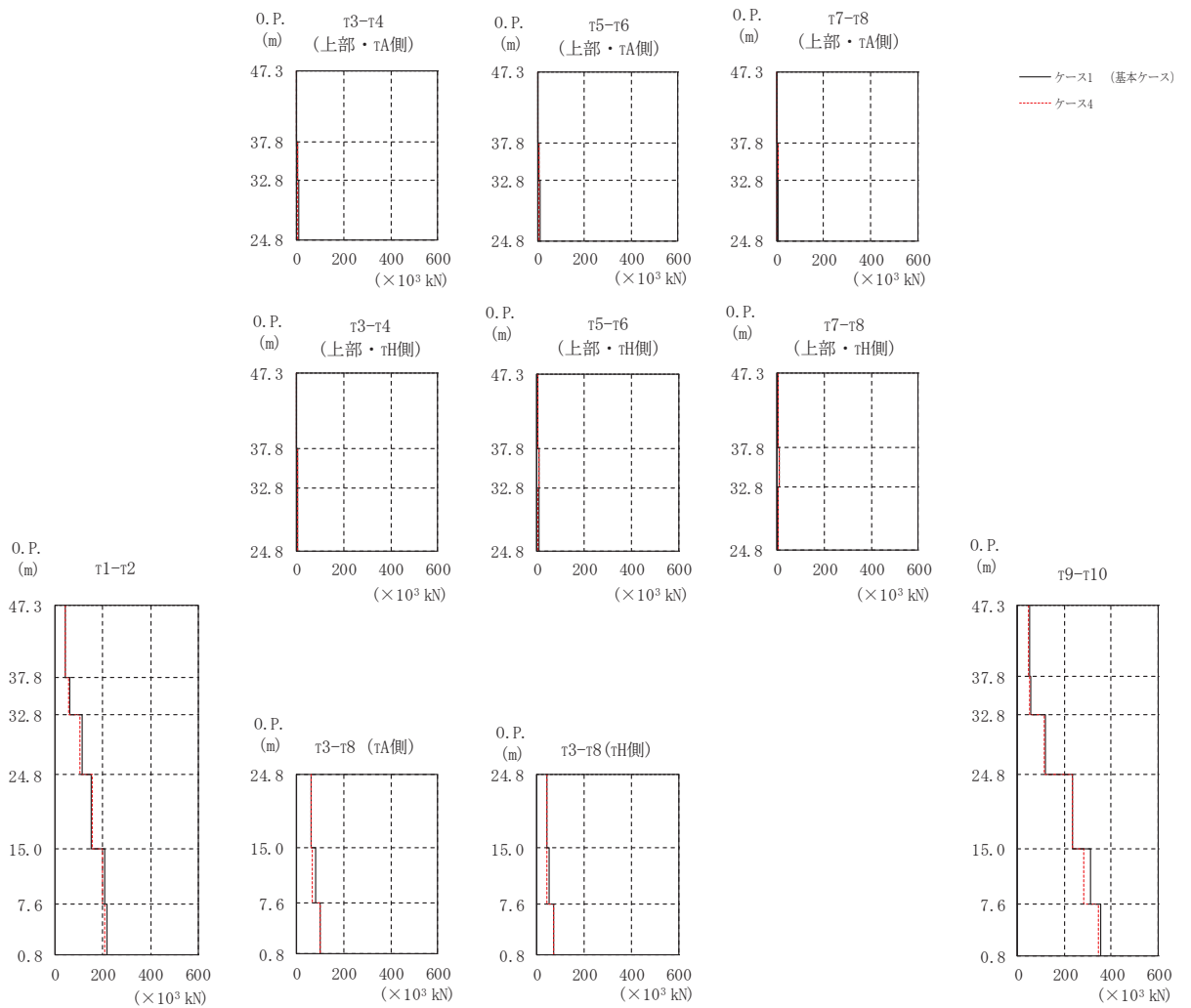
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ1-τ2	(1)	54.4	53.9
	(2)	70.5	75.3
	(3)	134	144
	(4)	166	179
	(5)	216	248
	(6)	239	258
τ3-τ4 (上部・τH側)	(7)	2.76	1.96
	(8)	7.71	7.19
	(9)	7.57	6.26
τ3-τ4 (上部・τA側)	(10)	1.99	1.52
	(11)	7.14	6.59
	(12)	8.79	7.38
τ3-τ8 (下部・τH側)	(13)	49.3	53.7
	(14)	54.9	61.5
	(15)	105	110
τ3-τ8 (下部・τA側)	(16)	76.3	85.6
	(17)	83.7	90.7
	(18)	138	146
τ5-τ6 (上部・τH側)	(19)	3.58	2.68
	(20)	7.63	7.79
	(21)	8.22	6.63
τ5-τ6 (上部・τA側)	(22)	2.32	2.28
	(23)	7.81	7.86
	(24)	10.2	8.51
τ7-τ8 (上部・τH側)	(25)	3.45	3.29
	(26)	8.70	6.45
	(27)	5.95	4.98
τ7-τ8 (上部・τA側)	(28)	2.93	2.65
	(29)	8.18	6.20
	(30)	7.01	5.97
τ9-τ10	(31)	63.7	62.2
	(32)	69.2	73.6
	(33)	144	155
	(34)	277	300
	(35)	380	382
	(36)	426	422
基礎版	(39)	1080	1100

(c) 応答一覧表

図 2-38(2) 最大応答せん断力 (S s - D 2, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

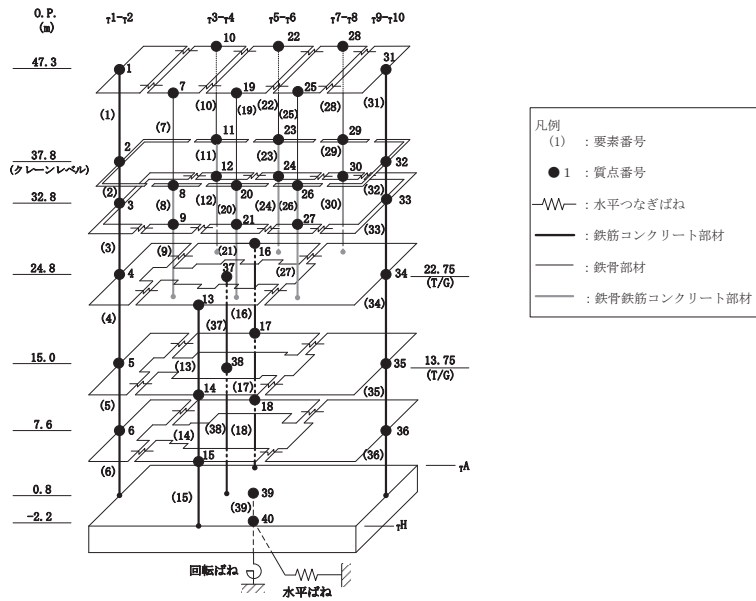
図 2-39(1) 最大応答せん断力 (S_s-D3, EW 方向) (1/2)

(×10³kN)

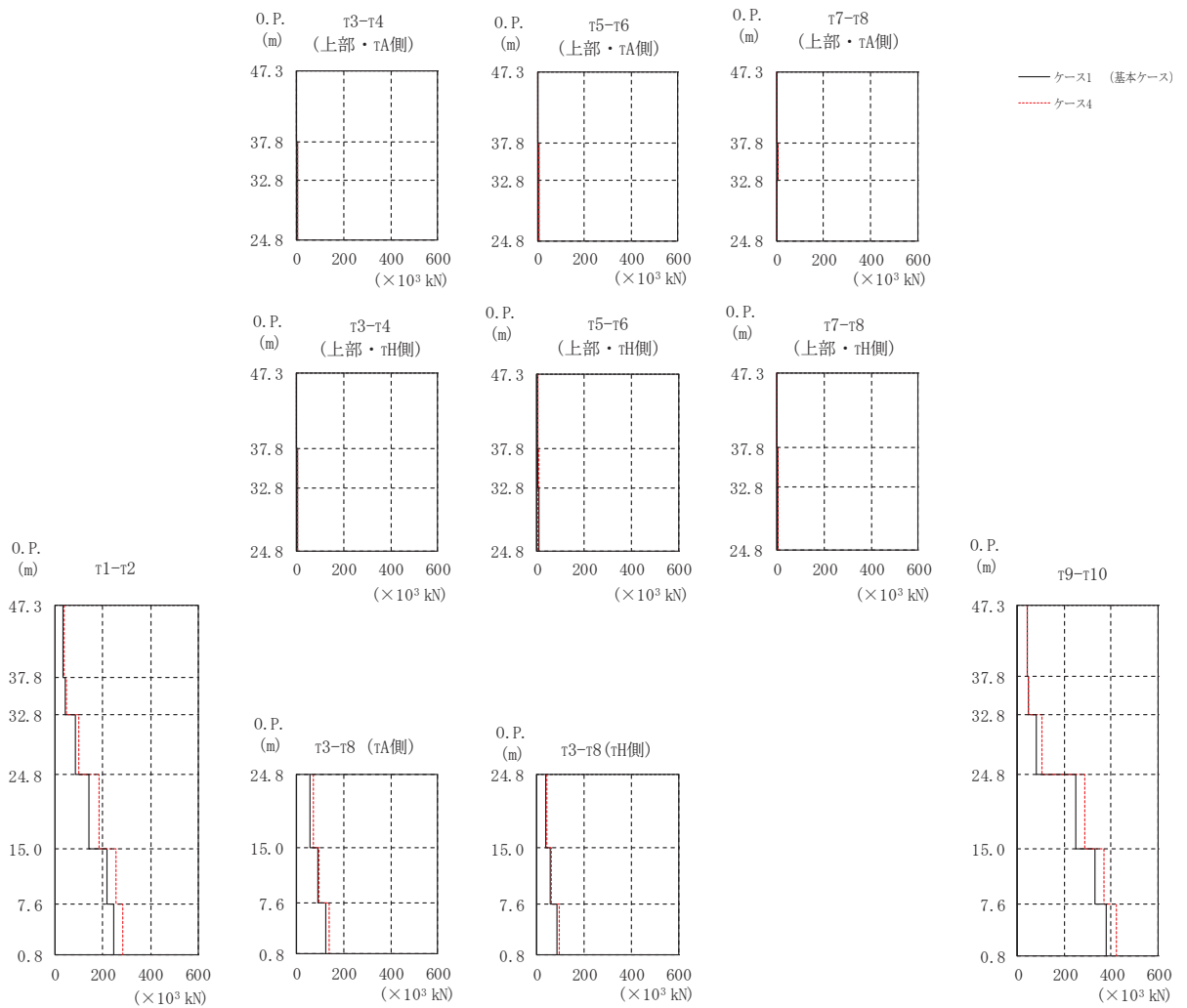
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ1-τ2	(1)	42.6	41.8
	(2)	58.5	55.9
	(3)	111	105
	(4)	148	153
	(5)	206	197
	(6)	219	205
τ3-τ4 (上部・τH側)	(7)	1.37	1.14
	(8)	5.03	4.77
	(9)	5.52	4.21
τ3-τ4 (上部・τA側)	(10)	1.52	1.33
	(11)	5.48	5.19
	(12)	6.83	5.22
τ3-τ8 (下部・τH側)	(13)	39.8	42.8
	(14)	51.7	43.9
	(15)	73.0	72.8
τ3-τ8 (下部・τA側)	(16)	59.7	61.2
	(17)	77.4	66.3
	(18)	98.2	97.3
τ5-τ6 (上部・τH側)	(19)	1.49	1.57
	(20)	5.53	4.95
	(21)	5.69	4.19
τ5-τ6 (上部・τA側)	(22)	1.40	1.15
	(23)	5.27	4.75
	(24)	7.33	5.62
τ7-τ8 (上部・τH側)	(25)	2.09	2.03
	(26)	4.70	4.59
	(27)	3.98	2.98
τ7-τ8 (上部・τA側)	(28)	1.39	1.26
	(29)	4.59	4.40
	(30)	4.86	3.55
τ9-τ10	(31)	49.5	47.9
	(32)	53.3	52.2
	(33)	116	114
	(34)	233	235
	(35)	310	281
	(36)	356	346
基礎版	(39)	848	793

(c) 応答一覧表

図 2-39(2) 最大応答せん断力 (S s -D 3, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

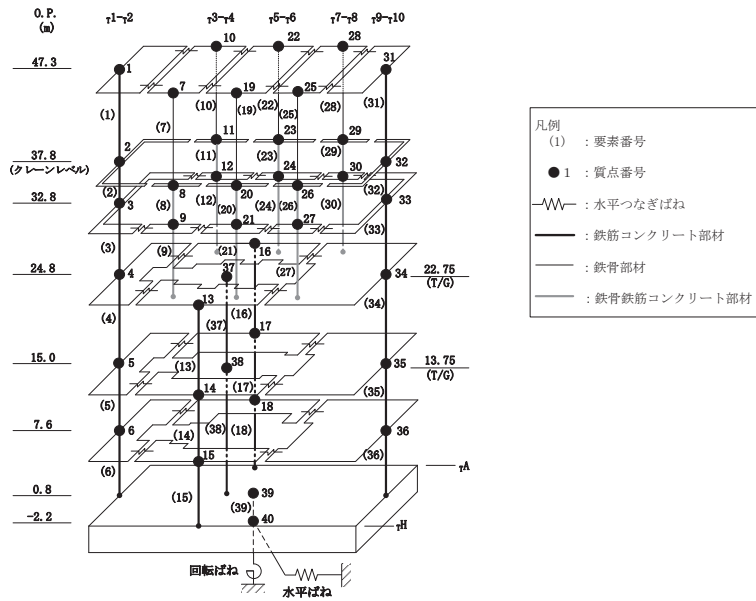
図 2-40(1) 最大応答せん断力 (S_s-F 2, EW 方向) (1/2)

(×10³kN)

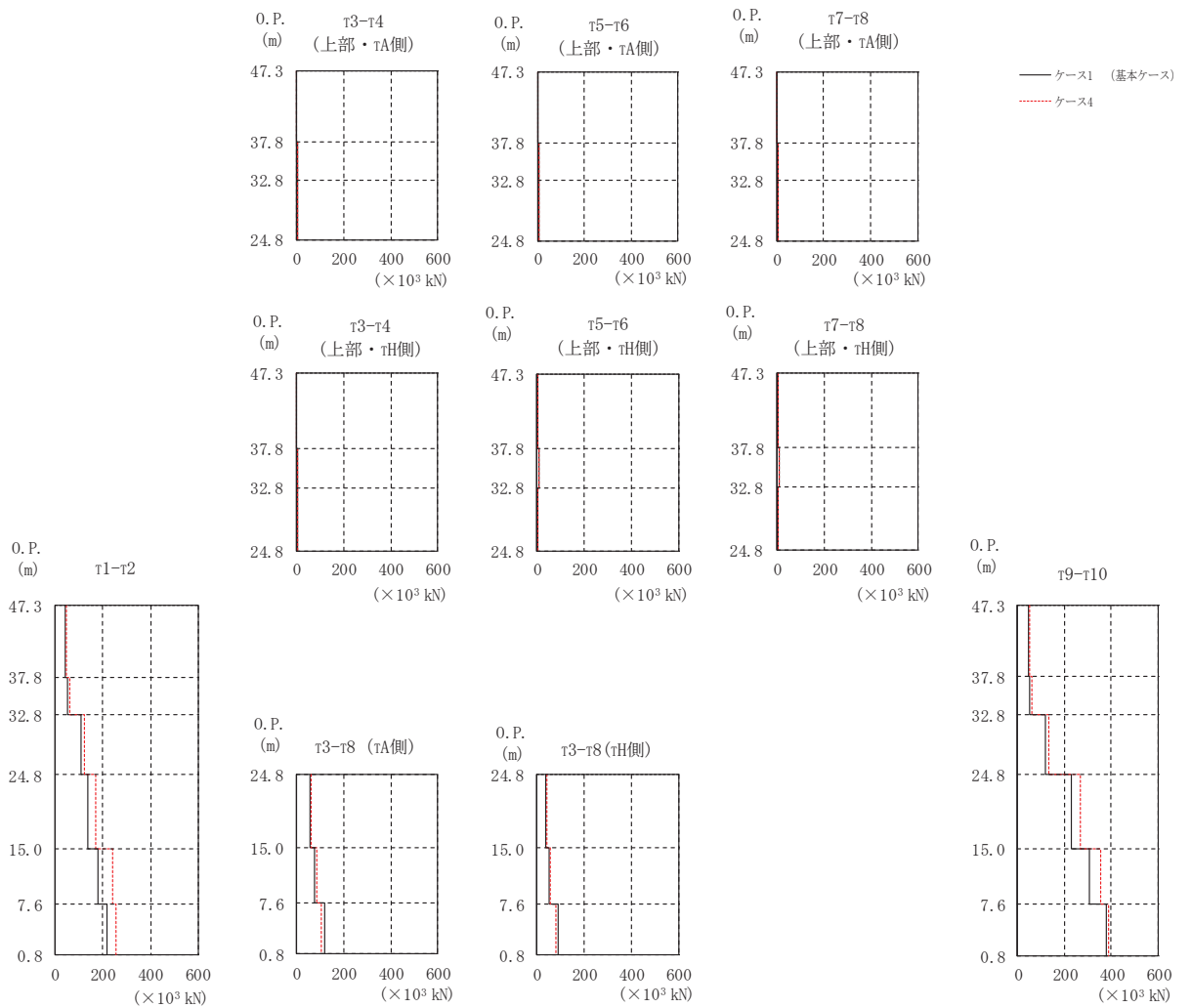
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	(1)	31.4	37.2
	(2)	41.8	48.1
	(3)	82.1	99.3
	(4)	140	183
	(5)	215	255
	(6)	246	283
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	(7)	1.06	1.11
	(8)	4.29	3.73
	(9)	3.62	3.06
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	(10)	1.30	1.08
	(11)	3.95	3.81
	(12)	4.43	3.85
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	(13)	37.1	44.2
	(14)	57.8	61.7
	(15)	85.7	96.1
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	(16)	57.1	70.6
	(17)	88.8	96.2
	(18)	122	135
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	(19)	1.10	1.37
	(20)	3.72	4.47
	(21)	4.18	3.54
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	(22)	1.22	1.62
	(23)	3.76	4.13
	(24)	5.46	4.78
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	(25)	1.02	1.18
	(26)	4.52	4.57
	(27)	2.65	2.54
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	(28)	0.683	0.791
	(29)	4.14	4.10
	(30)	3.37	3.28
τ ₉ -τ ₁₀	(31)	41.7	43.0
	(32)	44.4	47.8
	(33)	81.5	106
	(34)	247	289
	(35)	329	370
	(36)	378	421
基礎版	(39)	1000	1070

(c) 応答一覧表

図 2-40(2) 最大応答せん断力 (S_s-F₂, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

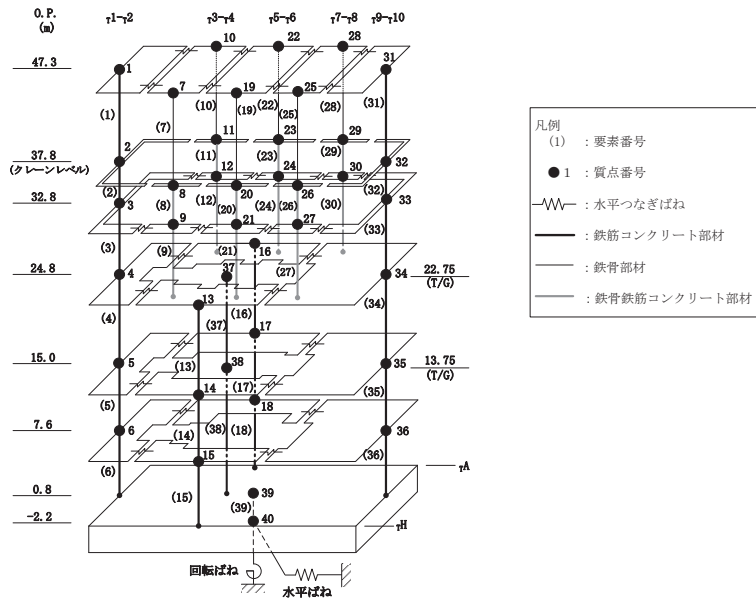
図 2-41(1) 最大応答せん断力 (S_s - F₃, EW 方向) (1/2)

(×10³kN)

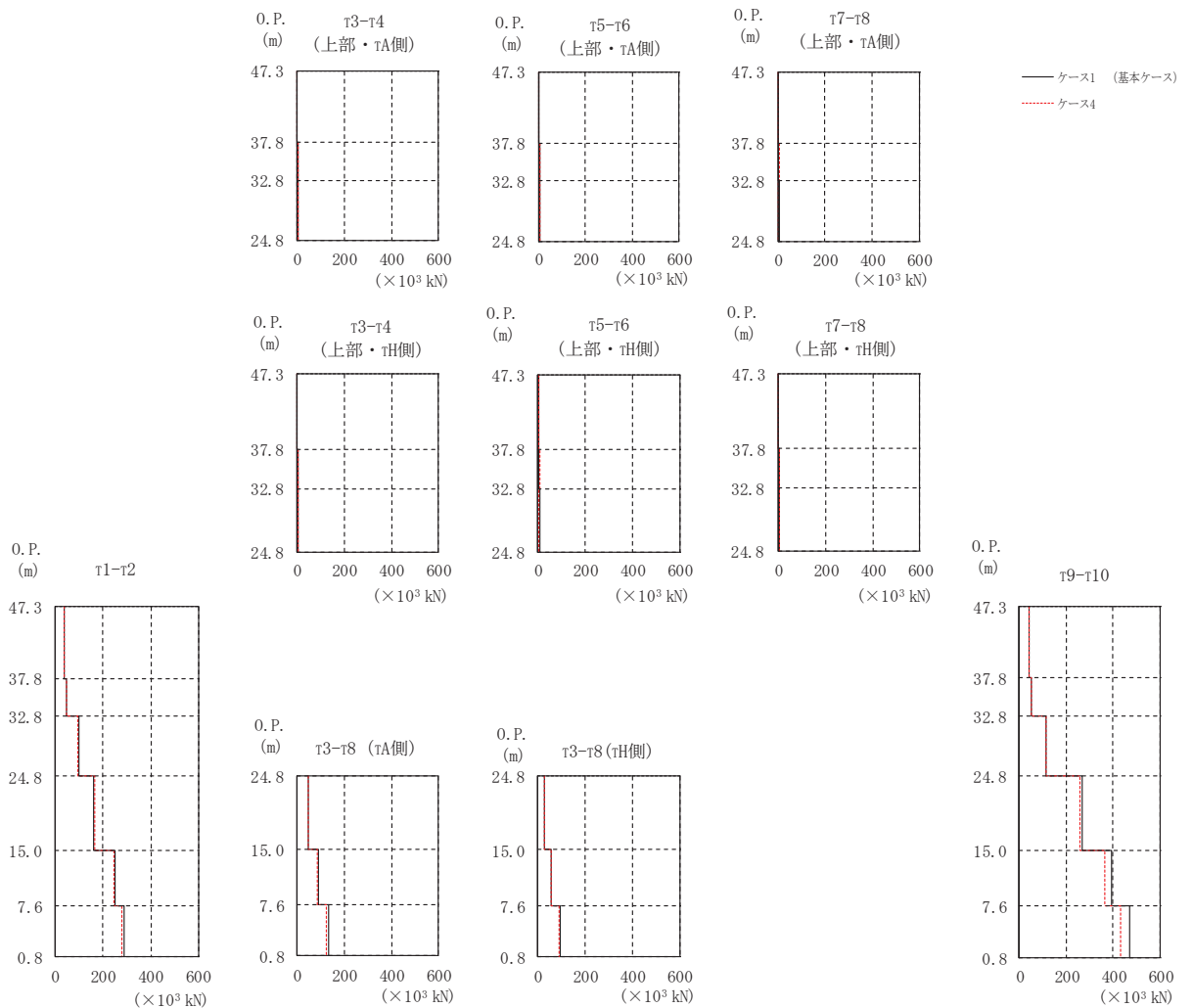
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	(1)	43.4	46.8
	(2)	52.9	60.6
	(3)	106	121
	(4)	136	171
	(5)	181	242
	(6)	217	255
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	(7)	1.35	1.40
	(8)	5.39	5.33
	(9)	4.68	4.39
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	(10)	1.36	1.20
	(11)	5.08	4.72
	(12)	5.60	5.36
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	(13)	36.4	40.7
	(14)	51.7	56.9
	(15)	90.2	80.1
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	(16)	54.0	61.4
	(17)	74.3	86.4
	(18)	120	106
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	(19)	1.43	1.94
	(20)	5.14	5.48
	(21)	4.88	4.43
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	(22)	1.54	1.44
	(23)	4.96	5.13
	(24)	6.35	5.93
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	(25)	1.94	2.08
	(26)	4.77	5.32
	(27)	3.89	3.85
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	(28)	1.43	1.62
	(29)	4.49	4.69
	(30)	4.65	4.61
τ ₉ -τ ₁₀	(31)	44.6	51.4
	(32)	51.7	59.9
	(33)	117	134
	(34)	229	268
	(35)	306	356
	(36)	378	387
基礎版	(39)	1050	1030

(c) 応答一覧表

図 2-41(2) 最大応答せん断力 (S_s-F₃, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

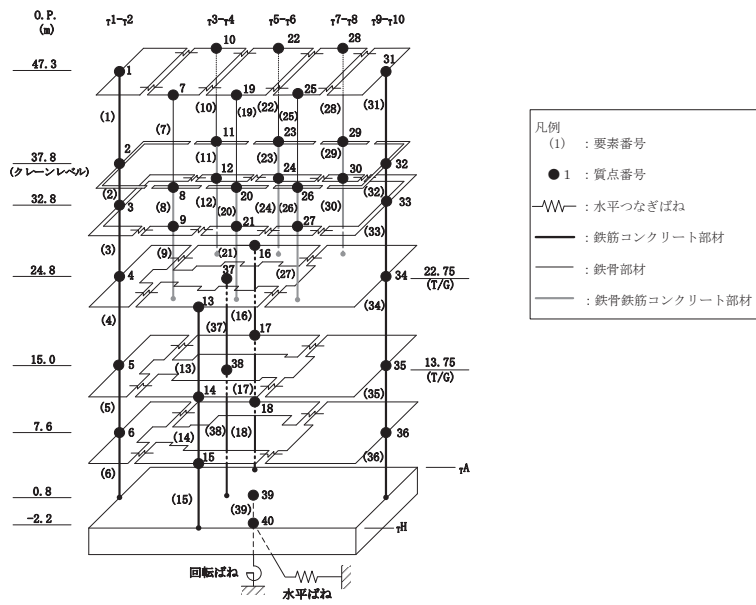
図 2-42(1) 最大応答せん断力 (S_s-N 1, EW 方向) (1/2)

(×10³kN)

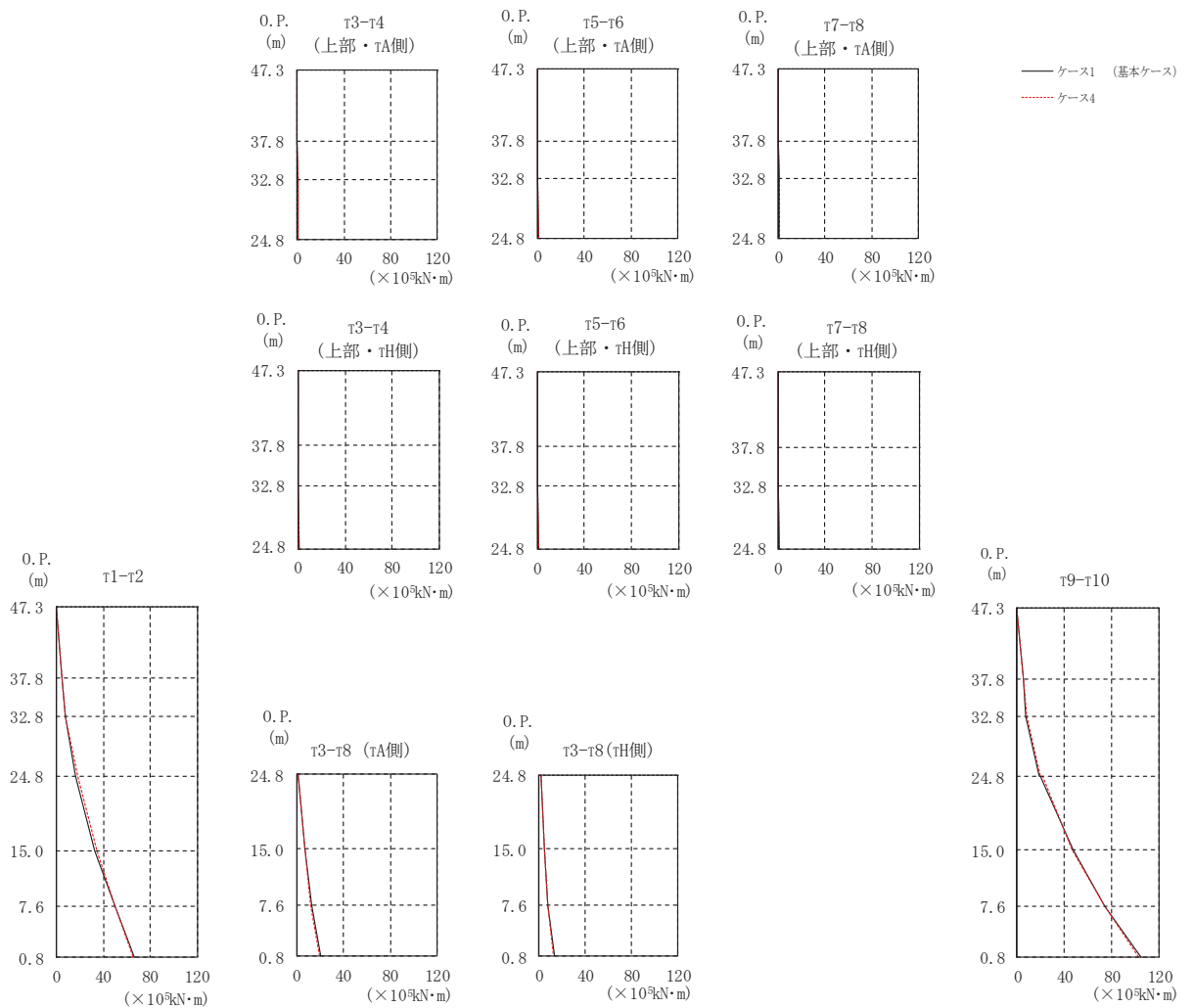
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	(1)	35.8	34.5
	(2)	48.1	46.8
	(3)	96.6	94.6
	(4)	162	164
	(5)	249	246
	(6)	288	277
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	(7)	0.741	0.857
	(8)	3.36	2.90
	(9)	3.42	2.32
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	(10)	0.993	1.03
	(11)	3.41	2.97
	(12)	4.11	2.91
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	(13)	29.6	27.9
	(14)	56.8	54.4
	(15)	93.4	87.9
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	(16)	47.6	46.7
	(17)	87.7	85.5
	(18)	133	121
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	(19)	1.23	1.10
	(20)	3.29	3.02
	(21)	3.90	3.00
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	(22)	1.16	1.24
	(23)	3.09	2.84
	(24)	4.85	3.91
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	(25)	1.10	1.00
	(26)	4.01	3.94
	(27)	3.56	2.88
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	(28)	0.795	0.742
	(29)	3.80	3.85
	(30)	4.11	3.42
τ ₉ -τ ₁₀	(31)	41.7	40.3
	(32)	49.5	48.8
	(33)	115	114
	(34)	270	259
	(35)	395	366
	(36)	472	430
基礎版	(39)	1350	1270

(c) 応答一覧表

図 2-42(2) 最大応答せん断力 (S_s-N1, EW 方向) (2/2)



(a) モデル図



(b) 応答図

図 2-43 (1) 最大応答曲げモーメント (S s - D 1, EW 方向) (1/3)

(×10⁵kN・m)

部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ1-τ2	(1)	0.000	0.000
		4.23	4.65
	(2)	4.23	4.65
		7.13	7.70
	(3)	7.13	7.70
		16.5	17.6
(4)	16.5	17.6	
	32.7	34.3	
(5)	32.7	34.3	
	49.8	50.1	
(6)	49.8	50.1	
	66.5	65.5	
τ3-τ4 (上部・τH側)	(7)	0.001	0.001
		0.158	0.124
	(8)	0.158	0.124
0.334		0.321	
(9)	0.334	0.320	
	0.728	0.657	
τ3-τ4 (上部・τA側)	(10)	0.001	0.001
		0.120	0.121
	(11)	0.120	0.120
0.281		0.268	
(12)	0.281	0.268	
	0.771	0.715	
τ3-τ8 (下部・τH側)	(13)	1.43	1.33
		4.39	4.62
	(14)	4.39	4.62
7.87		7.55	
(15)	7.87	7.55	
	13.1	12.8	
τ3-τ8 (下部・τA側)	(16)	1.55	1.44
		6.66	7.09
	(17)	6.66	7.09
12.6		11.9	
(18)	12.6	11.9	
	20.2	19.4	

(c) 応答一覧表 (1/2)

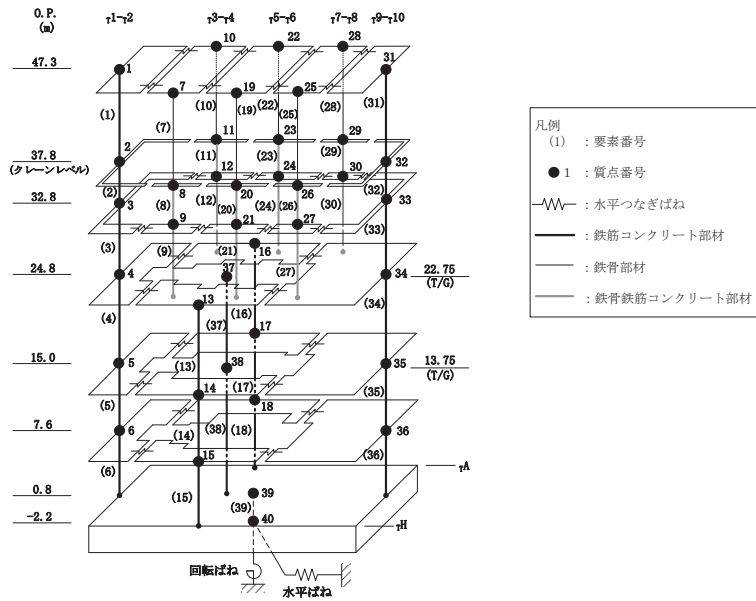
図 2-43 (2) 最大応答曲げモーメント (S s - D 1, EW 方向) (2/3)

(×10⁵kN・m)

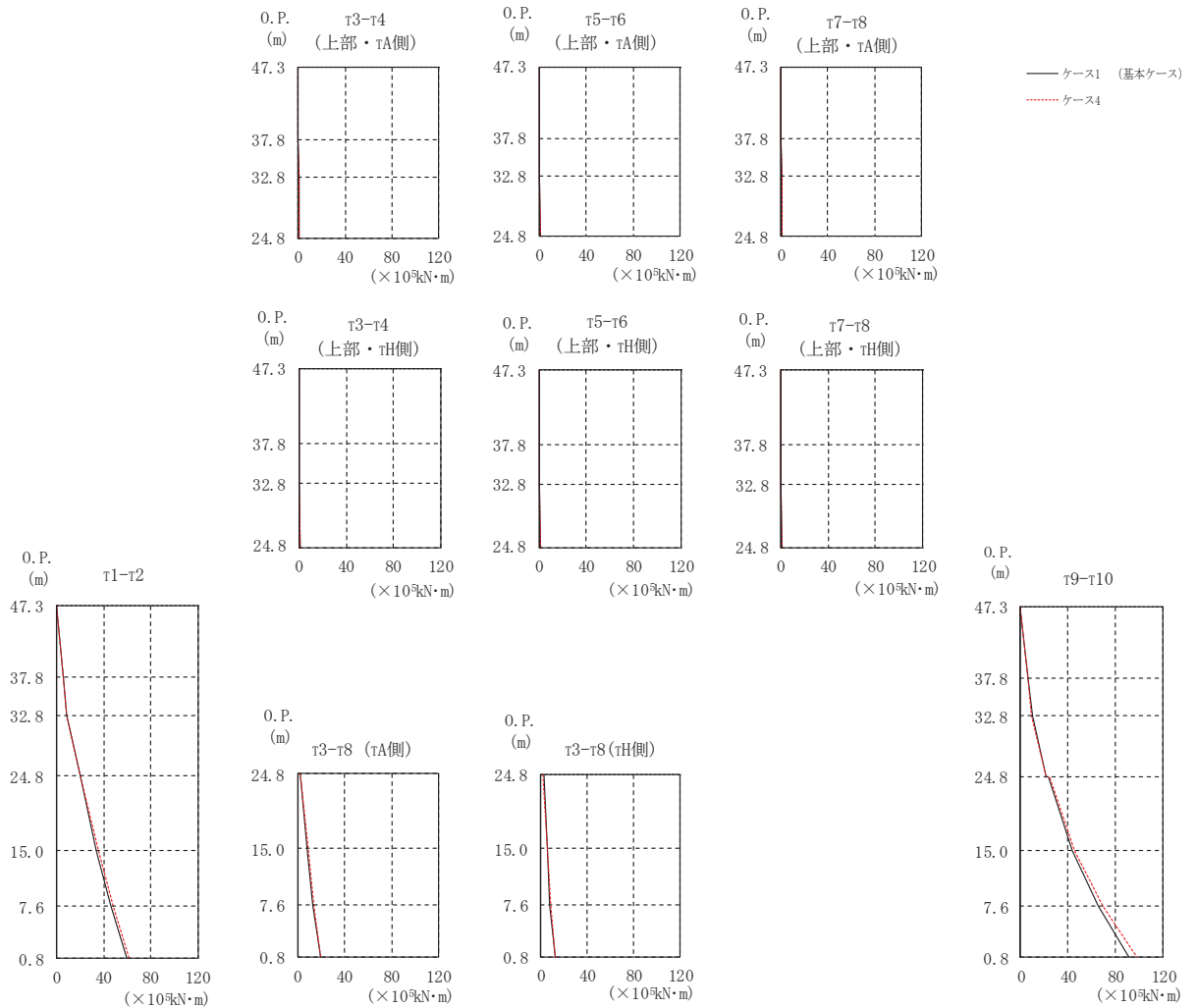
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ⁵ -τ ⁶ (上部・τH側)	(19)	0.000 0.192	0.001 0.179
	(20)	0.191 0.375	0.179 0.315
	(21)	0.375 0.710	0.315 0.678
τ ⁵ -τ ⁶ (上部・τA側)	(22)	0.000 0.121	0.001 0.107
	(23)	0.122 0.275	0.107 0.247
	(24)	0.275 0.778	0.247 0.728
τ ⁷ -τ ⁸ (上部・τH側)	(25)	0.000 0.244	0.000 0.247
	(26)	0.244 0.403	0.247 0.447
	(27)	0.403 0.760	0.447 0.797
τ ⁷ -τ ⁸ (上部・τA側)	(28)	0.000 0.183	0.000 0.195
	(29)	0.183 0.332	0.195 0.383
	(30)	0.332 0.770	0.383 0.786
τ ⁹ -τ ¹⁰	(31)	0.000 4.88	0.000 5.15
	(32)	4.88 7.67	5.15 8.19
	(33)	7.67 18.4	8.19 19.9
	(34)	19.9 46.9	21.5 46.8
	(35)	46.9 74.2	46.8 74.3
	(36)	74.2 105	74.3 103
基礎版	(39)	229 261	217 247

(c) 応答一覧表 (2/2)

図 2-43 (3) 最大応答曲げモーメント (S s - D 1, EW 方向) (3/3)



(a) モデル図



(b) 応答図

図 2-44(1) 最大応答曲げモーメント (S s - D 2, EW 方向) (1/3)

($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau 1-\tau 2$	(1)	0.000	0.000
		5.27	5.14
	(2)	5.27	5.14
		8.74	8.84
	(3)	8.74	8.84
		19.5	20.4
(4)	19.5	20.4	
	33.3	35.3	
(5)	33.3	35.3	
	45.9	48.2	
(6)	45.9	48.2	
	59.8	61.1	
$\tau 3-\tau 4$ (上部・ τH 側)	(7)	0.000	0.001
		0.261	0.186
	(8)	0.262	0.186
0.535		0.479	
(9)	0.535	0.479	
	1.14	0.970	
$\tau 3-\tau 4$ (上部・ τA 側)	(10)	0.001	0.001
		0.189	0.145
	(11)	0.189	0.145
0.502		0.419	
(12)	0.502	0.419	
	1.20	1.00	
$\tau 3-\tau 8$ (下部・ τH 側)	(13)	2.31	1.93
		5.24	5.57
	(14)	5.24	5.57
7.81		8.14	
(15)	7.81	8.14	
	12.2	12.6	
$\tau 3-\tau 8$ (下部・ τA 側)	(16)	2.47	2.01
		8.02	8.84
	(17)	8.02	8.84
12.7		13.4	
(18)	12.7	13.4	
	19.1	19.9	

(c) 応答一覧表 (1/2)

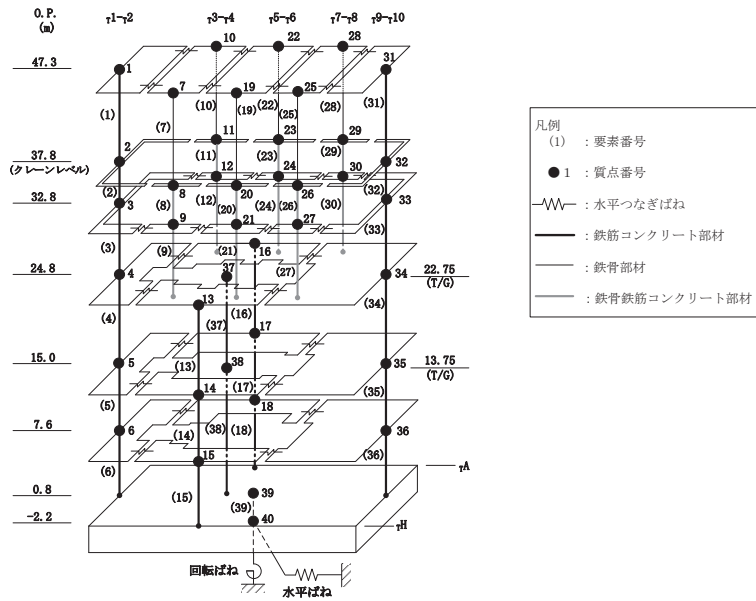
図 2-44 (2) 最大応答曲げモーメント (S s - D 2, EW 方向) (2/3)

(×10⁵kN・m)

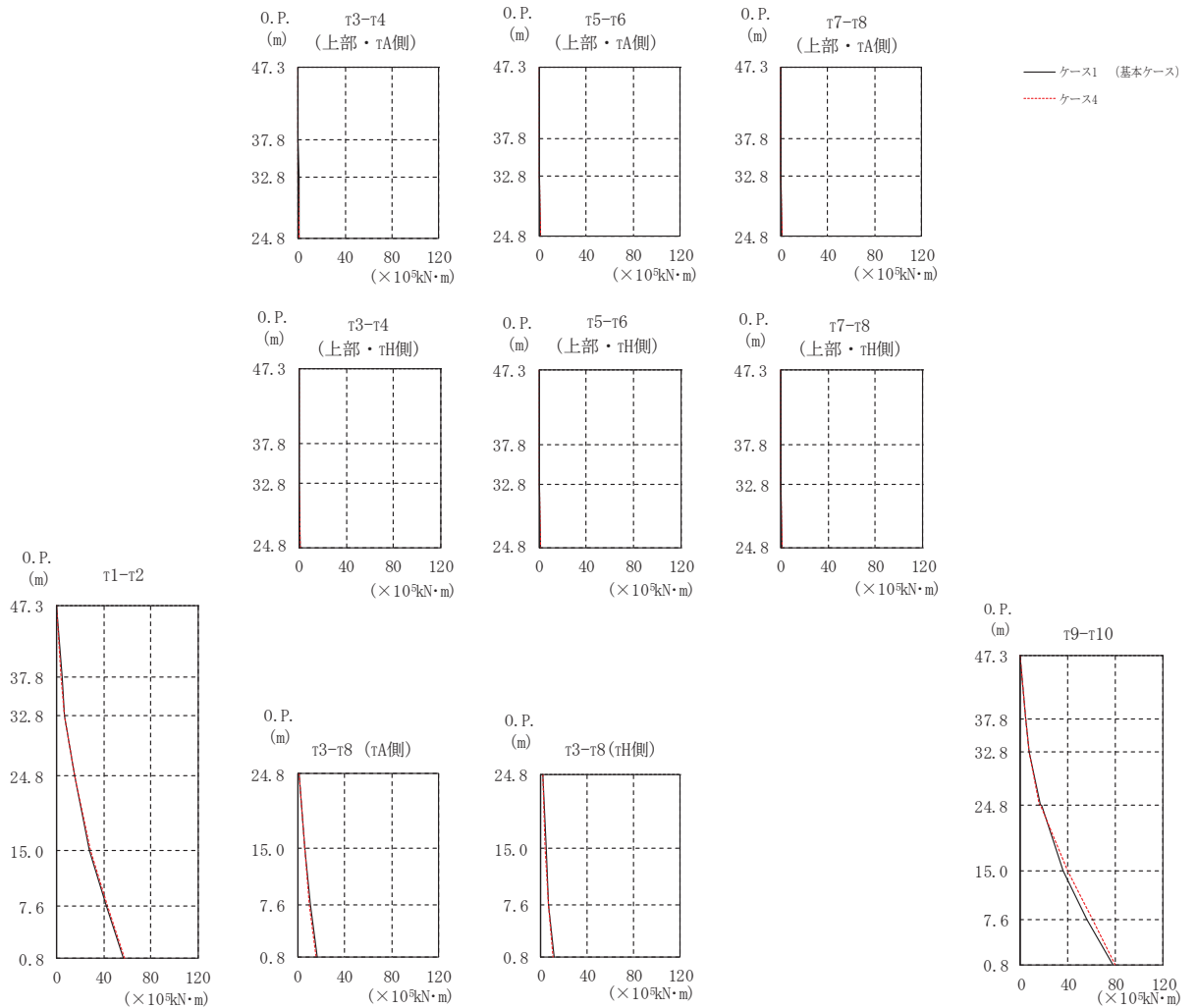
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	(19)	0.000 0.341	0.000 0.255
	(20)	0.340 0.555	0.255 0.449
	(21)	0.555 1.18	0.449 0.962
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	(22)	0.001 0.221	0.000 0.217
	(23)	0.221 0.458	0.217 0.377
	(24)	0.458 1.27	0.377 1.01
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	(25)	0.000 0.328	0.000 0.313
	(26)	0.328 0.716	0.313 0.604
	(27)	0.716 1.18	0.604 0.999
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	(28)	0.000 0.278	0.000 0.252
	(29)	0.278 0.637	0.252 0.536
	(30)	0.637 1.18	0.536 0.996
τ ₉ -τ ₁₀	(31)	0.000 6.17	0.000 5.98
	(32)	6.17 9.76	5.98 9.56
	(33)	9.76 21.2	9.56 22.0
	(34)	23.5 44.0	24.0 45.6
	(35)	44.0 65.9	45.6 69.4
	(36)	65.9 91.6	69.4 97.6
基礎版	(39)	188 210	192 220

(c) 応答一覧表 (2/2)

図 2-44 (3) 最大応答曲げモーメント (S s - D 2, EW 方向) (3/3)



(a) モデル図



(b) 応答図

図 2-45(1) 最大応答曲げモーメント (S s - D 3, EW 方向) (1/3)

(×10⁵kN・m)

部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ1-τ2	(1)	0.000	0.000
		4.08	3.97
	(2)	4.08	3.97
		6.83	6.72
	(3)	6.83	6.72
		15.6	15.2
(4)	15.6	15.2	
	27.6	29.0	
(5)	27.6	29.0	
	41.9	43.5	
(6)	41.9	43.5	
	56.8	57.5	
τ3-τ4 (上部・τH側)	(7)	0.001	0.000
		0.130	0.109
	(8)	0.130	0.109
(9)	0.289	0.292	
	0.727	0.626	
τ3-τ4 (上部・τA側)	(10)	0.001	0.001
		0.144	0.127
	(11)	0.144	0.126
(12)	0.260	0.232	
	0.785	0.650	
τ3-τ8 (下部・τH側)	(13)	1.46	1.23
		4.43	3.97
	(14)	4.43	3.97
(15)	6.82	6.61	
	11.1	10.4	
τ3-τ8 (下部・τA側)	(16)	1.55	1.26
		6.48	5.81
	(17)	6.48	5.81
(18)	10.7	10.4	
	10.7	10.4	
		16.8	15.8

(c) 応答一覧表 (1/2)

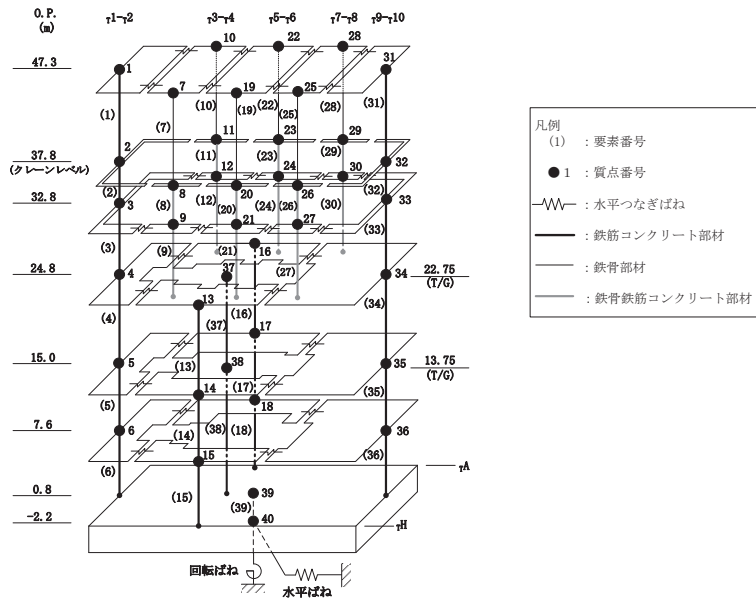
図 2-45 (2) 最大応答曲げモーメント (S s - D 3, EW 方向) (2/3)

(×10⁵kN・m)

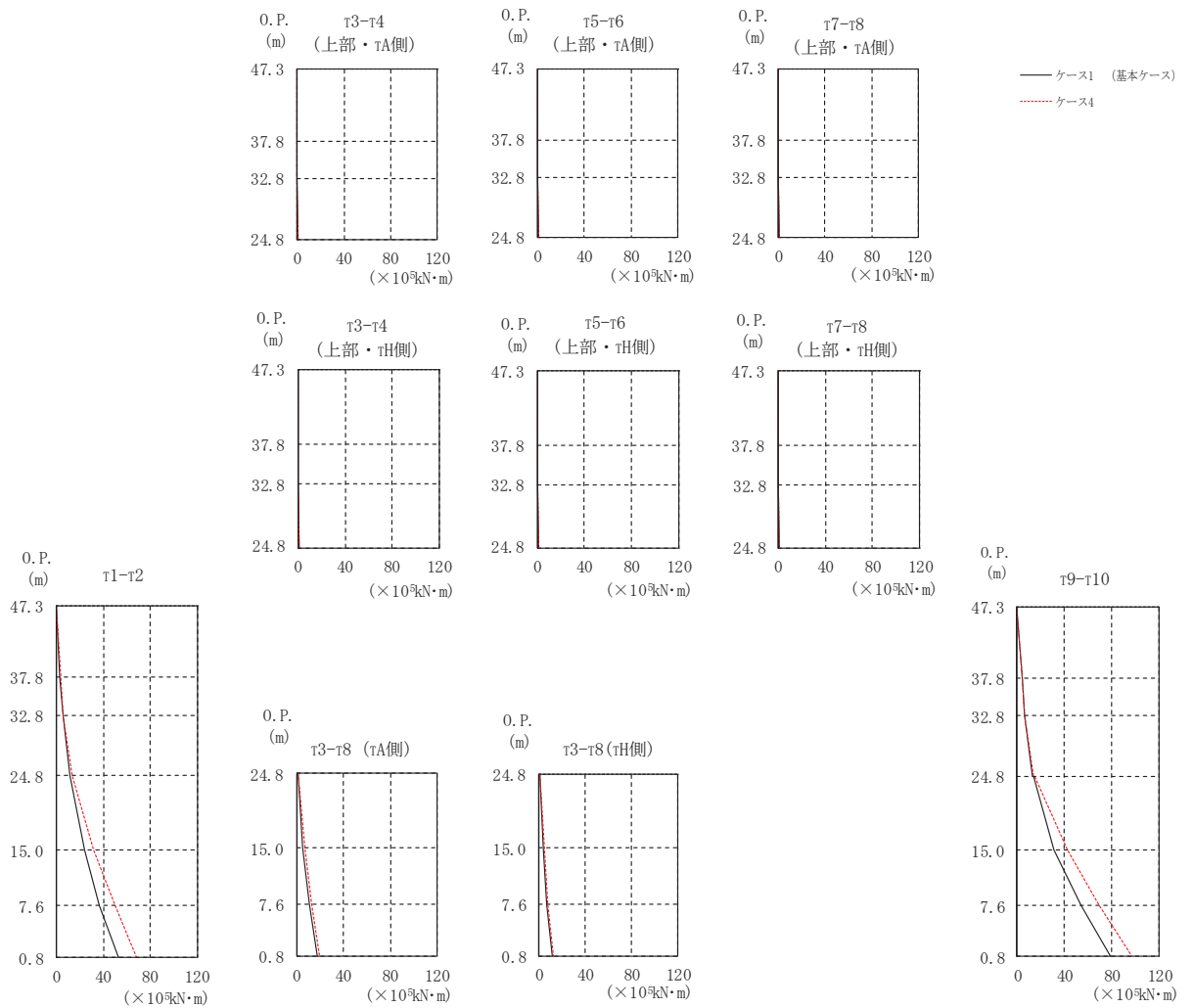
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _H 側)	(19)	0.000 0.142	0.001 0.150
	(20)	0.142 0.287	0.150 0.275
	(21)	0.287 0.729	0.275 0.605
τ ₅ -τ ₆ (上部・τ _A 側)	(22)	0.000 0.133	0.000 0.109
	(23)	0.133 0.196	0.109 0.186
	(24)	0.196 0.767	0.186 0.611
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _H 側)	(25)	0.000 0.199	0.000 0.192
	(26)	0.199 0.380	0.192 0.358
	(27)	0.380 0.662	0.358 0.581
τ ₇ -τ ₈ (上部・τ _A 側)	(28)	0.000 0.132	0.000 0.120
	(29)	0.132 0.314	0.120 0.297
	(30)	0.314 0.669	0.297 0.577
τ ₉ -τ ₁₀	(31)	0.000 4.75	0.000 4.56
	(32)	4.75 7.32	4.56 7.12
		7.32 16.6	7.12 15.8
	(34)	17.9 36.0	16.9 39.6
		36.0 56.1	39.6 60.3
	(36)	56.1 77.9	60.3 80.1
基礎版	(39)	166 191	169 189

(c) 応答一覧表 (2/2)

図 2-45 (3) 最大応答曲げモーメント (S s - D 3, EW 方向) (3/3)



(a) モデル図



(b) 応答図

図 2-46(1) 最大応答曲げモーメント (S s - F 2, EW 方向) (1/3)

(×10⁵kN・m)

部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ₁ -τ ₂	(1)	0.000	0.000
		2.98	3.54
	(2)	2.98	3.54
		5.05	5.85
	(3)	5.05	5.85
		11.2	13.3
(4)	11.2	13.3	
	23.5	31.2	
(5)	23.5	31.2	
	36.5	49.5	
(6)	36.5	49.5	
	52.9	67.9	
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _H 側)	(7)	0.000	0.001
		0.101	0.105
	(8)	0.101	0.105
0.224		0.221	
(9)	0.224	0.221	
	0.511	0.465	
τ ₃ -τ ₄ (上部・τ _A 側)	(10)	0.000	0.001
		0.123	0.102
	(11)	0.124	0.102
0.195		0.190	
(12)	0.195	0.190	
	0.543	0.498	
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _H 側)	(13)	1.05	0.968
		3.41	4.54
	(14)	3.41	4.54
6.94		7.82	
(15)	6.94	7.82	
	11.9	12.9	
τ ₃ -τ ₈ (下部・τ _A 側)	(16)	1.13	1.02
		5.46	7.25
	(17)	5.46	7.25
11.1		12.9	
(18)	11.1	12.9	
	18.1	20.0	

(c) 応答一覧表 (1/2)

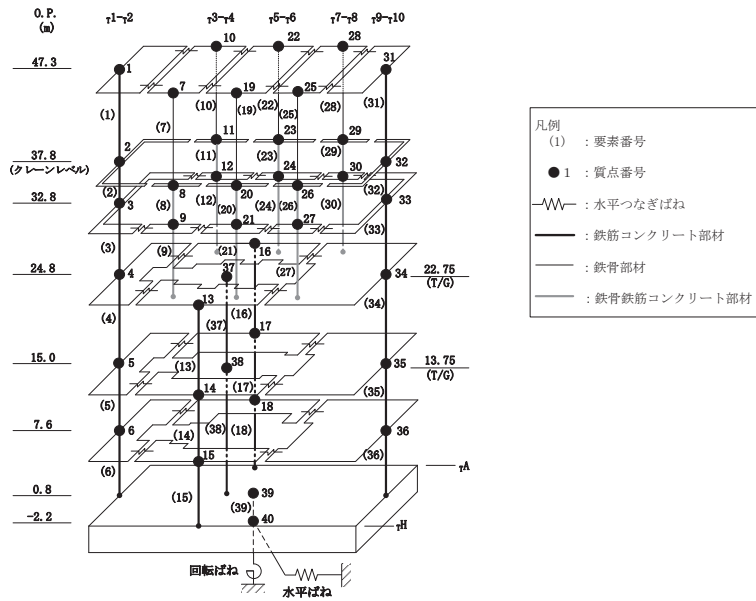
図 2-46 (2) 最大応答曲げモーメント (S s - F 2, EW 方向) (2/3)

(×10⁵kN・m)

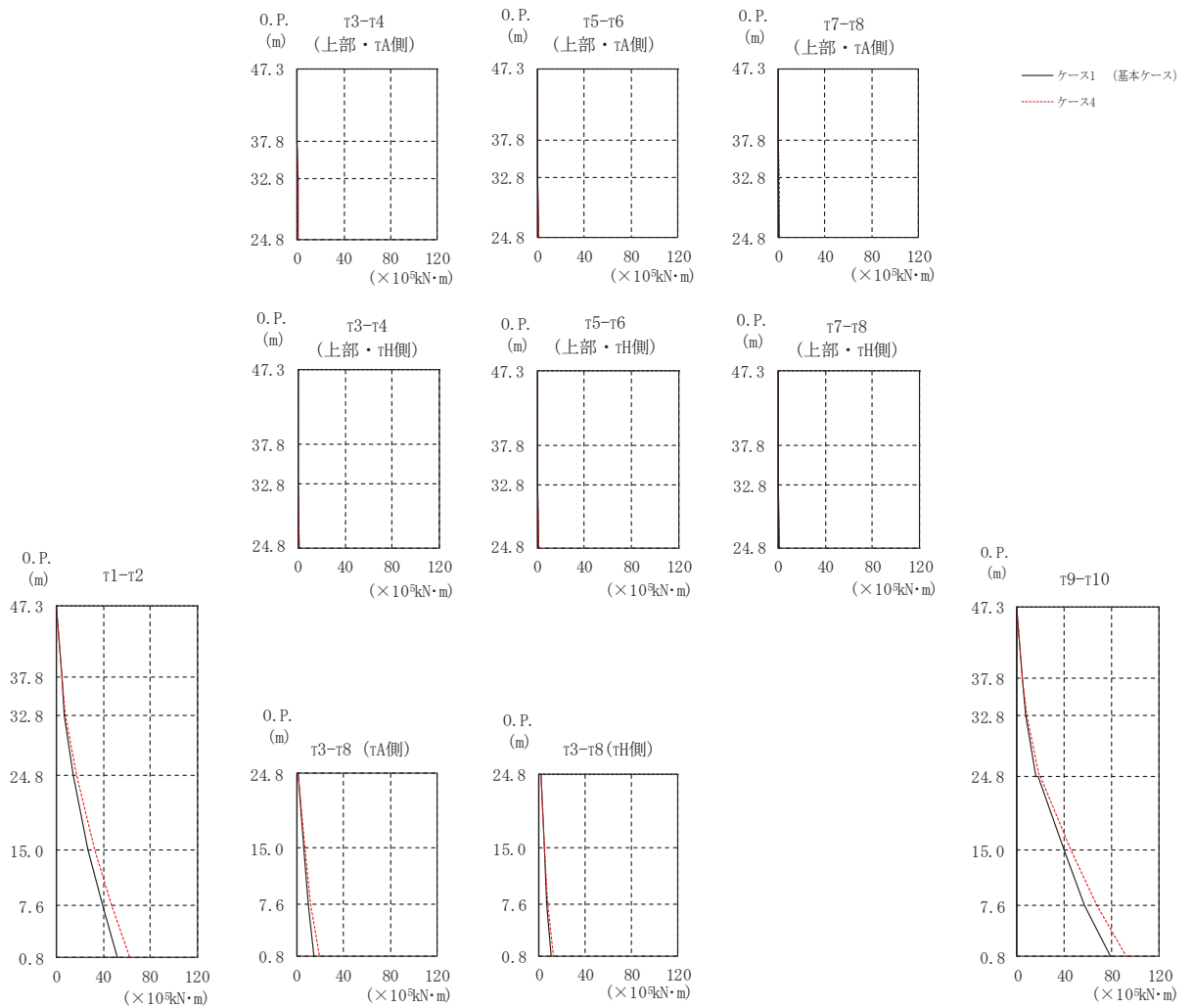
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ⁵ -τ ⁶ (上部・τH側)	(19)	0.000 0.104	0.001 0.131
	(20)	0.104 0.209	0.131 0.221
	(21)	0.209 0.543	0.221 0.503
τ ⁵ -τ ⁶ (上部・τA側)	(22)	0.000 0.116	0.001 0.154
	(23)	0.116 0.154	0.154 0.139
	(24)	0.154 0.588	0.139 0.518
τ ⁷ -τ ⁸ (上部・τH側)	(25)	0.000 0.097	0.000 0.113
	(26)	0.097 0.297	0.112 0.308
	(27)	0.297 0.506	0.308 0.510
τ ⁷ -τ ⁸ (上部・τA側)	(28)	0.000 0.065	0.000 0.075
	(29)	0.065 0.236	0.075 0.242
	(30)	0.236 0.505	0.242 0.504
τ ⁹ -τ ¹⁰	(31)	0.000 3.96	0.000 4.08
	(32)	3.96 6.18	4.08 6.47
	(33)	6.18 12.7	6.47 14.1
	(34)	13.7 30.9	15.1 42.8
	(35)	30.9 54.2	42.8 69.5
	(36)	54.2 78.6	69.5 97.1
基礎版	(39)	166 193	206 235

(c) 応答一覧表 (2/2)

図 2-46 (3) 最大応答曲げモーメント (S s - F 2, EW 方向) (3/3)



(a) モデル図



(b) 応答図

図 2-47(1) 最大応答曲げモーメント (S s - F 3, EW 方向) (1/3)

($\times 10^5 \text{kN}\cdot\text{m}$)

部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
$\tau 1-\tau 2$	(1)	0.000	0.000
		4.15	4.48
	(2)	4.15	4.48
		6.63	7.20
	(3)	6.63	7.20
		14.6	16.6
(4)	14.6	16.6	
	27.1	32.5	
(5)	27.1	32.5	
	39.1	47.1	
(6)	39.1	47.1	
	51.6	62.8	
$\tau 3-\tau 4$ (上部・ τH 側)	(7)	0.000	0.000
		0.128	0.133
	(8)	0.128	0.133
(9)	0.330	0.339	
	0.701	0.644	
$\tau 3-\tau 4$ (上部・ τA 側)	(10)	0.000	0.001
		0.129	0.113
	(11)	0.129	0.114
(12)	0.265	0.306	
	0.696	0.645	
$\tau 3-\tau 8$ (下部・ τH 側)	(13)	1.33	1.29
		4.36	4.68
	(14)	4.36	4.68
(15)	6.38	7.63	
	10.8	12.5	
$\tau 3-\tau 8$ (下部・ τA 側)	(16)	1.34	1.30
		6.40	7.03
	(17)	6.40	7.03
(18)	10.2	12.2	
	10.2	12.2	
		15.1	19.2

(c) 応答一覧表 (1/2)

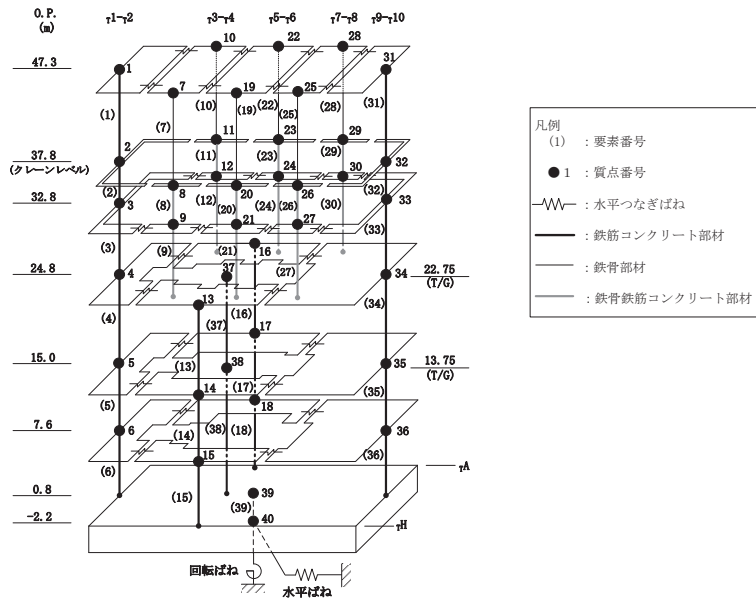
図 2-47 (2) 最大応答曲げモーメント (S s - F 3, EW 方向) (2/3)

(×10⁵kN・m)

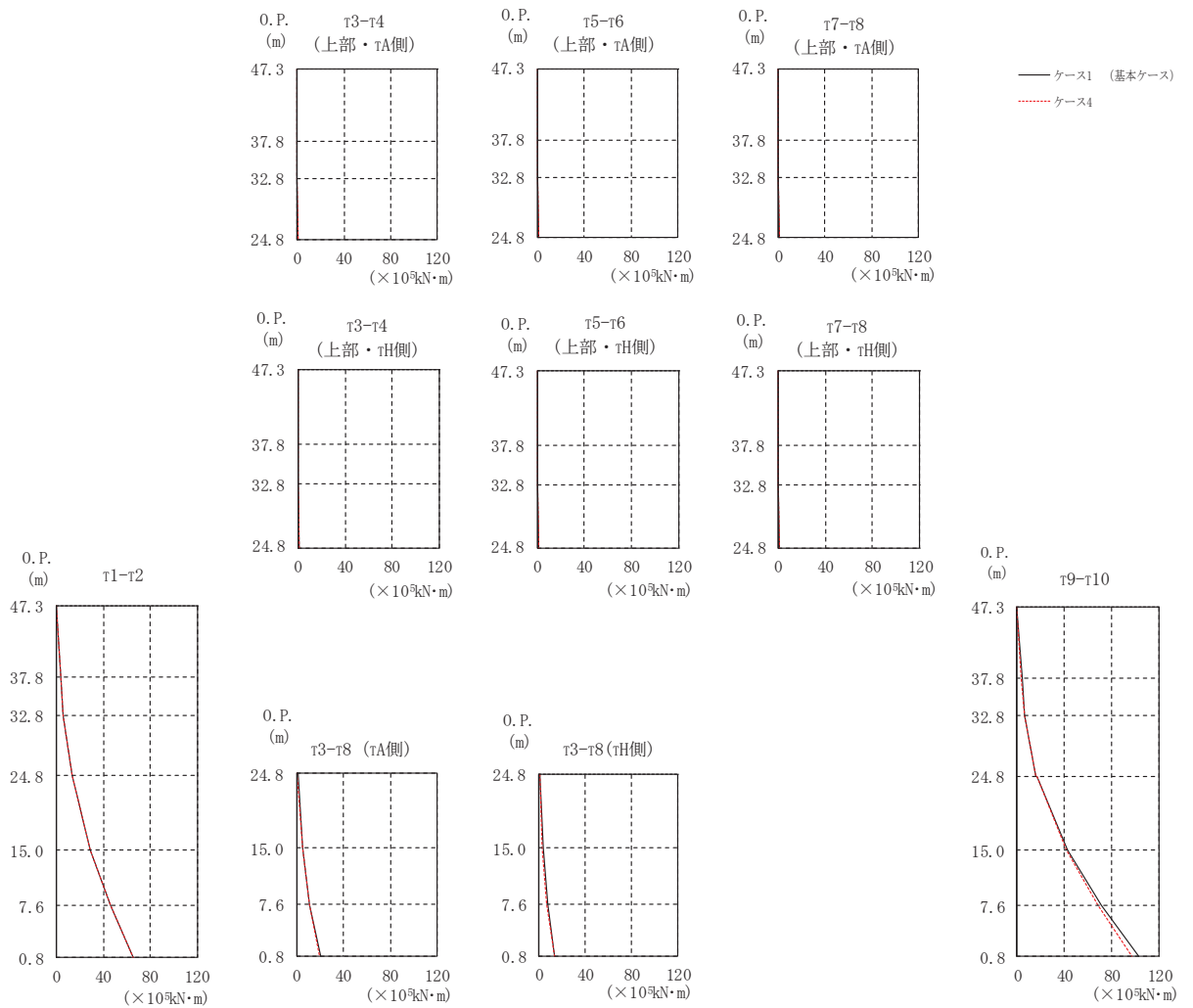
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ⁵ -τ ⁶ (上部・τH側)	(19)	0.000 0.135	0.000 0.185
	(20)	0.136 0.312	0.185 0.350
	(21)	0.311 0.630	0.350 0.648
τ ⁵ -τ ⁶ (上部・τA側)	(22)	0.000 0.146	0.000 0.136
	(23)	0.146 0.218	0.137 0.288
	(24)	0.218 0.642	0.288 0.656
τ ⁷ -τ ⁸ (上部・τH側)	(25)	0.000 0.184	0.000 0.198
	(26)	0.184 0.299	0.198 0.410
	(27)	0.299 0.579	0.410 0.703
τ ⁷ -τ ⁸ (上部・τA側)	(28)	0.000 0.136	0.000 0.154
	(29)	0.136 0.236	0.154 0.355
	(30)	0.236 0.587	0.355 0.687
τ ⁹ -τ ¹⁰	(31)	0.000 4.25	0.000 4.86
	(32)	4.25 6.86	4.86 7.86
	(33)	6.86 16.3	7.86 18.6
	(34)	17.4 39.3	20.0 45.1
	(35)	39.3 57.3	45.1 67.6
	(36)	57.3 78.6	67.6 91.8
基礎版	(39)	182 211	197 223

(c) 応答一覧表 (2/2)

図 2-47 (3) 最大応答曲げモーメント (S s - F 3, EW 方向) (3/3)



(a) モデル図



(b) 応答図

図 2-48(1) 最大応答曲げモーメント (S s - N 1, EW 方向) (1/3)

(×10⁵kN・m)

部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ1-τ2	(1)	0.000	0.000
		3.40	3.27
	(2)	3.40	3.27
		5.78	5.60
	(3)	5.78	5.60
		13.5	13.2
(4)	13.5	13.2	
	28.4	28.4	
(5)	28.4	28.4	
	45.9	46.3	
(6)	45.9	46.3	
	65.1	65.1	
τ3-τ4 (上部・τH側)	(7)	0.000	0.000
		0.070	0.081
	(8)	0.070	0.081
(9)	0.153	0.141	
	0.397	0.289	
τ3-τ4 (上部・τA側)	(10)	0.000	0.000
		0.094	0.098
	(11)	0.095	0.098
(12)	0.124	0.129	
	0.449	0.332	
τ3-τ8 (下部・τH側)	(13)	0.777	0.601
		3.55	3.10
	(14)	3.55	3.10
(15)	7.13	7.03	
	13.3	13.0	
τ3-τ8 (下部・τA側)	(16)	0.891	0.684
		5.45	5.04
	(17)	5.45	5.04
(18)	11.3	11.3	
	11.3	11.3	
		20.1	19.5

(c) 応答一覧表 (1/2)

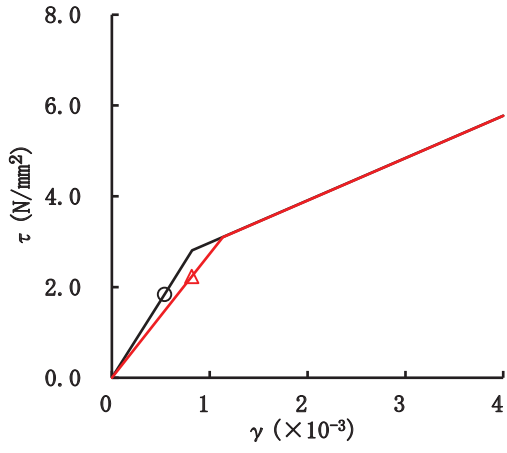
図 2-48 (2) 最大応答曲げモーメント (S s - N 1, EW 方向) (2/3)

(×10⁵kN・m)

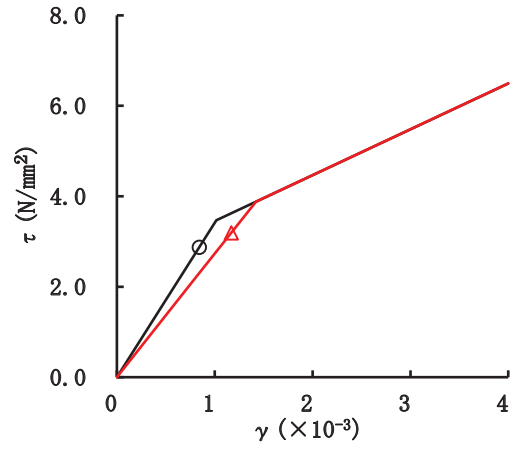
部位	要素 番号	ケース1 (基本ケース)	ケース4
τ ⁵ -τ ⁶ (上部・τH側)	(19)	0.000 0.117	0.000 0.104
	(20)	0.117 0.120	0.105 0.123
	(21)	0.120 0.388	0.123 0.312
τ ⁵ -τ ⁶ (上部・τA側)	(22)	0.000 0.110	0.000 0.117
	(23)	0.110 0.107	0.118 0.093
	(24)	0.107 0.453	0.093 0.358
τ ⁷ -τ ⁸ (上部・τH側)	(25)	0.000 0.105	0.000 0.095
	(26)	0.105 0.252	0.095 0.264
	(27)	0.252 0.535	0.264 0.494
τ ⁷ -τ ⁸ (上部・τA側)	(28)	0.000 0.076	0.000 0.070
	(29)	0.076 0.211	0.070 0.221
	(30)	0.211 0.539	0.221 0.493
τ ⁹ -τ ¹⁰	(31)	0.000 3.97	0.000 3.82
	(32)	3.97 6.39	3.82 6.26
	(33)	6.39 15.5	6.26 15.4
	(34)	16.5 42.8	16.4 41.3
	(35)	42.8 71.2	41.3 68.0
	(36)	71.2 103	68.0 96.6
基礎版	(39)	234 273	228 265

(c) 応答一覧表 (2/2)

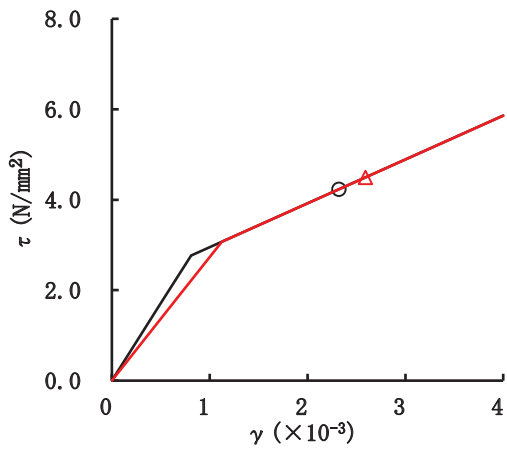
図 2-48 (3) 最大応答曲げモーメント (S s - N 1, EW 方向) (3/3)



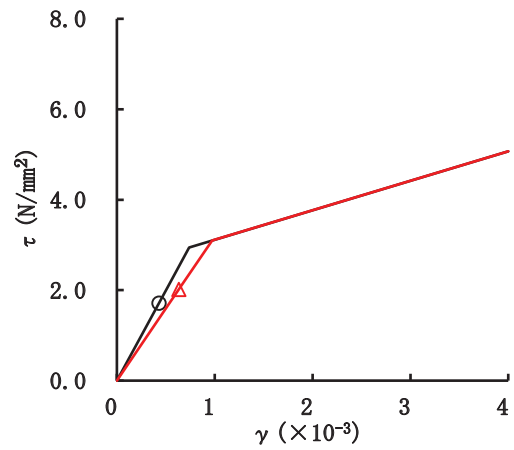
要素番号(1)



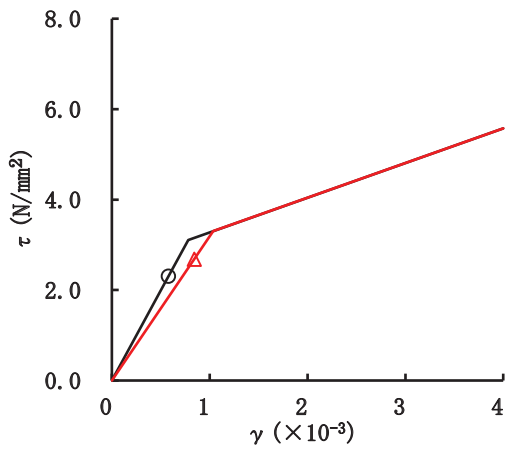
要素番号(2)



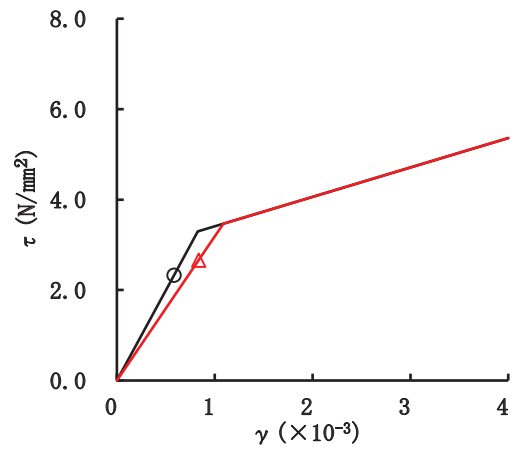
要素番号(3)



要素番号(4)



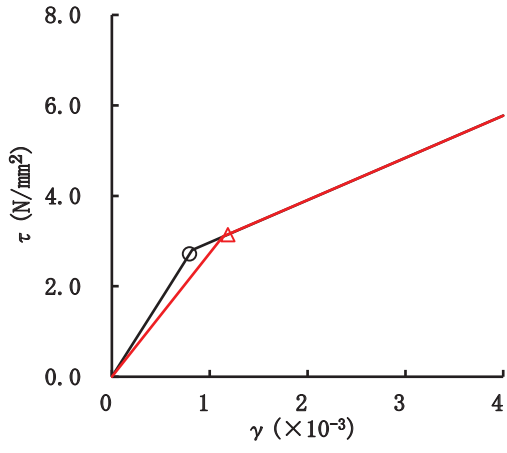
要素番号(5)



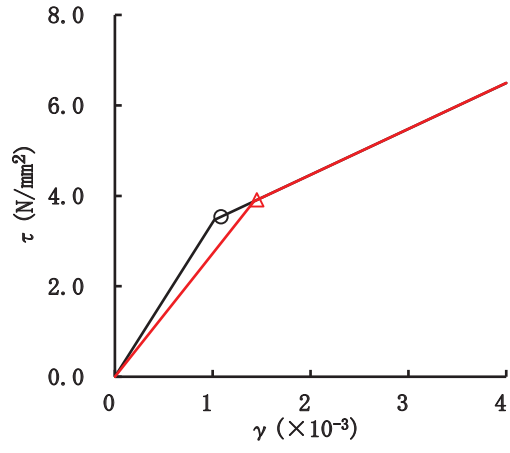
要素番号(6)

図 2-49(1) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, NS 方向) (1/2)

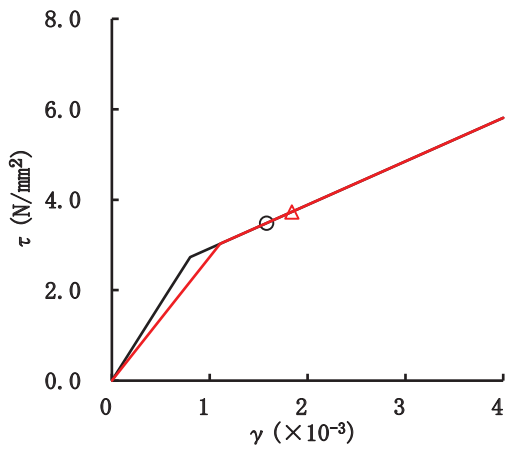
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



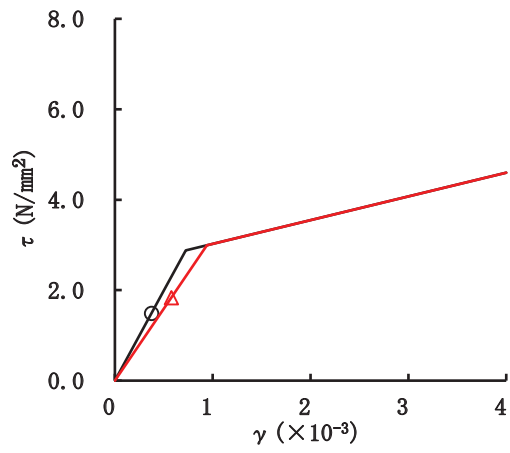
要素番号(9)



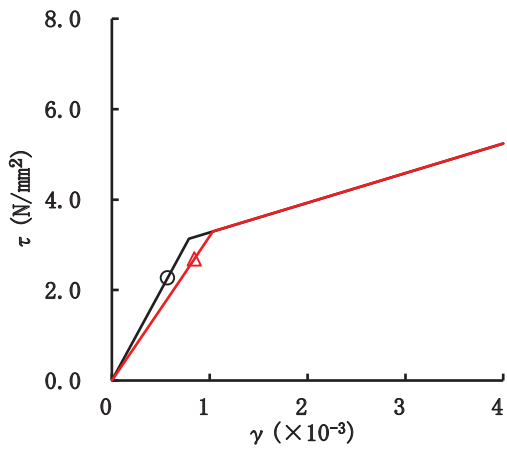
要素番号(10)



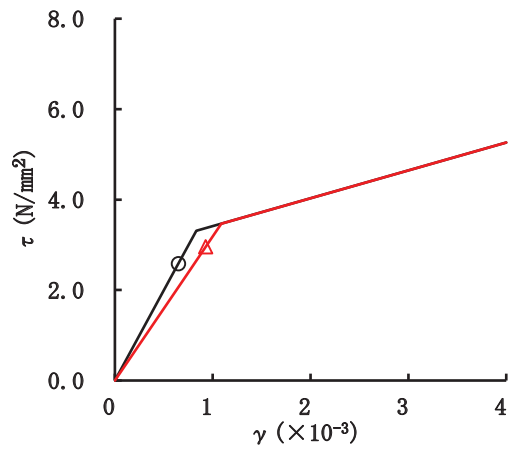
要素番号(11)



要素番号(12)



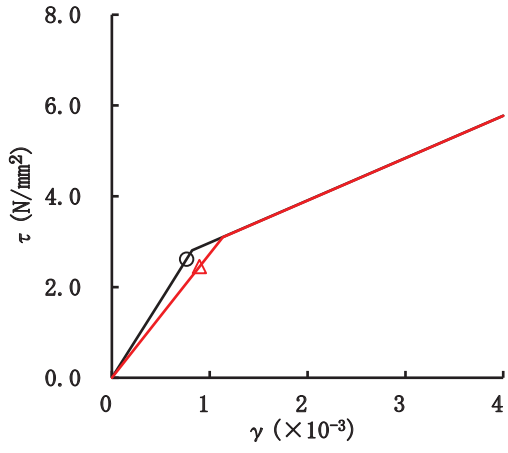
要素番号(13)



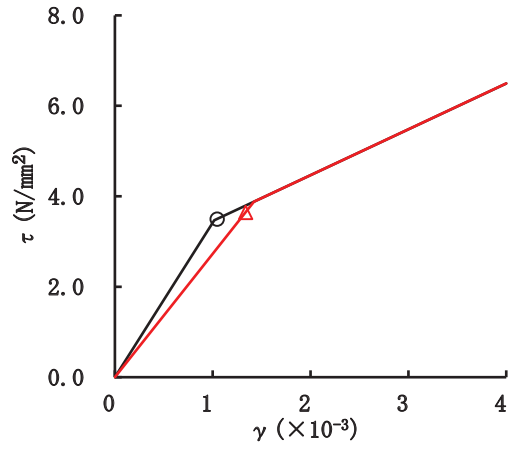
要素番号(14)

図 2-49(2) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, NS 方向) (2/2)

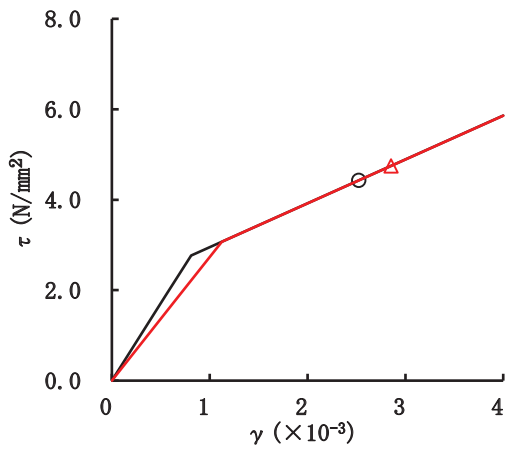
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



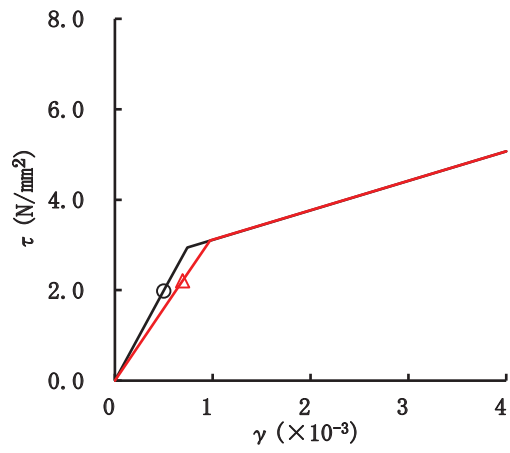
要素番号(1)



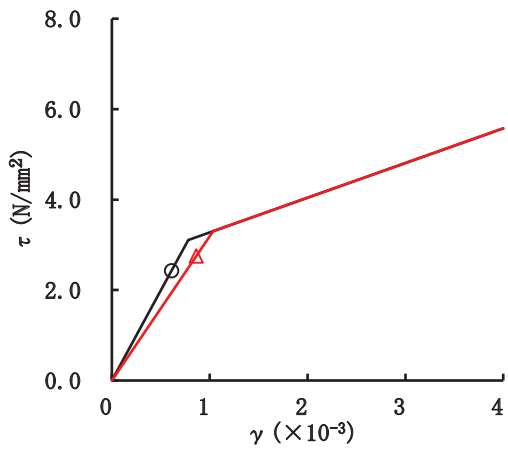
要素番号(2)



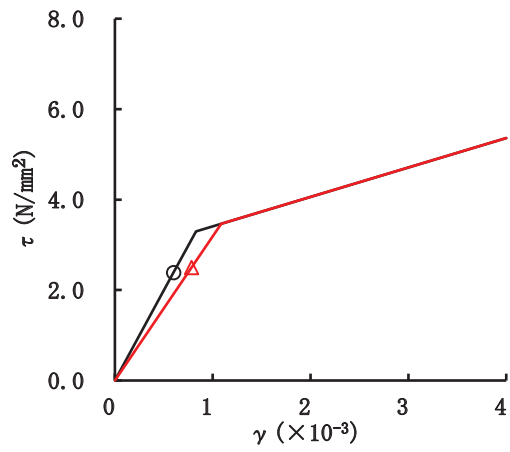
要素番号(3)



要素番号(4)



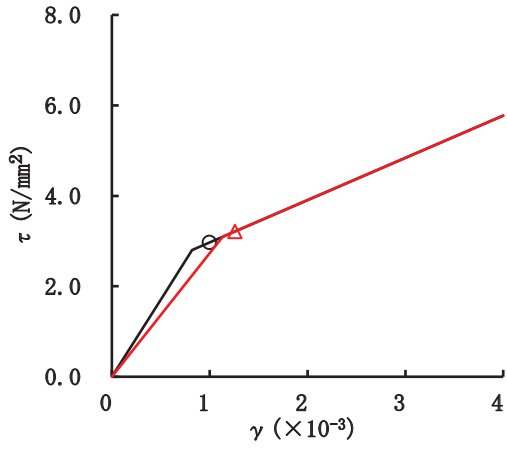
要素番号(5)



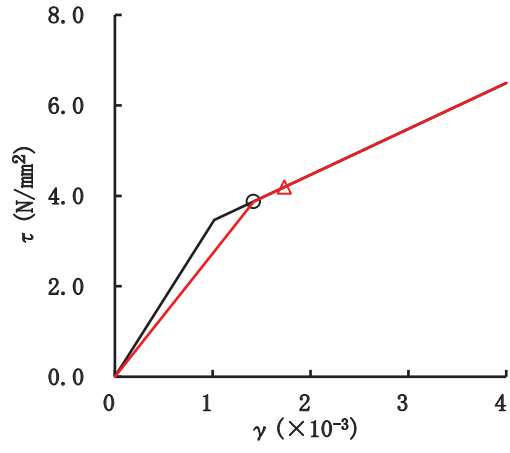
要素番号(6)

図 2-50(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向) (1/2)

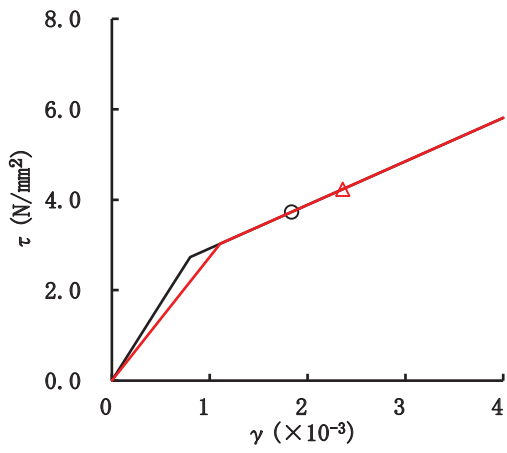
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



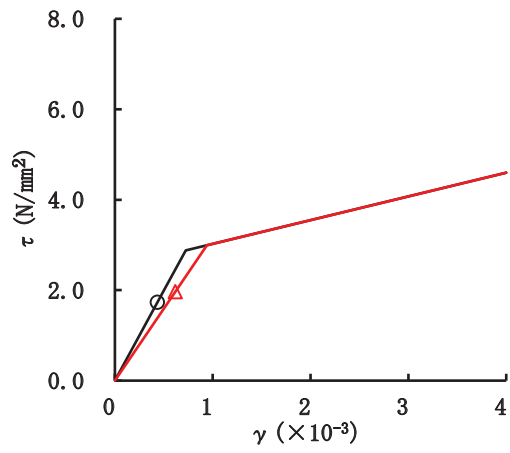
要素番号(9)



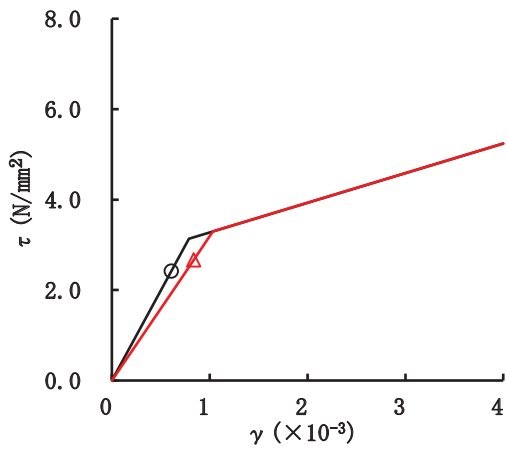
要素番号(10)



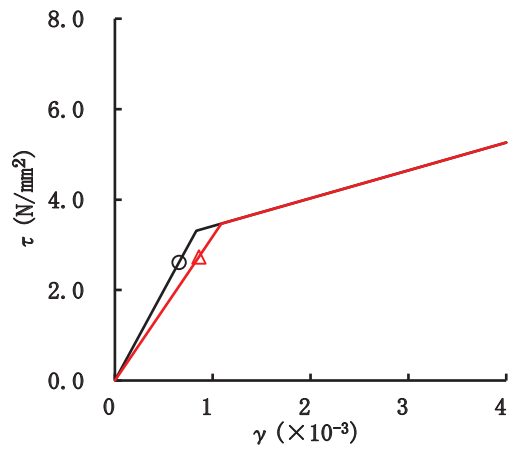
要素番号(11)



要素番号(12)



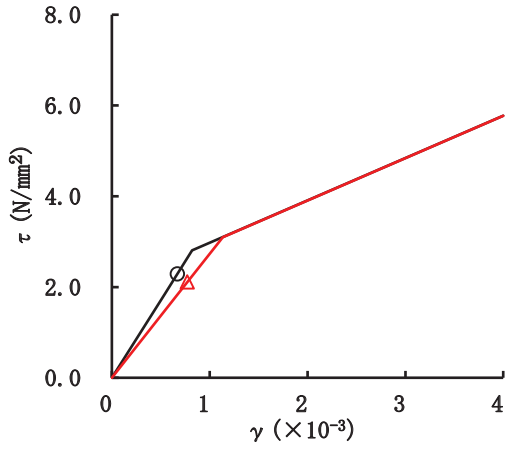
要素番号(13)



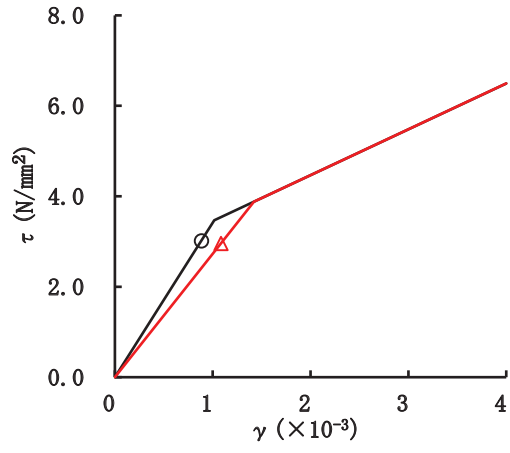
要素番号(14)

図 2-50(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, NS 方向) (2/2)

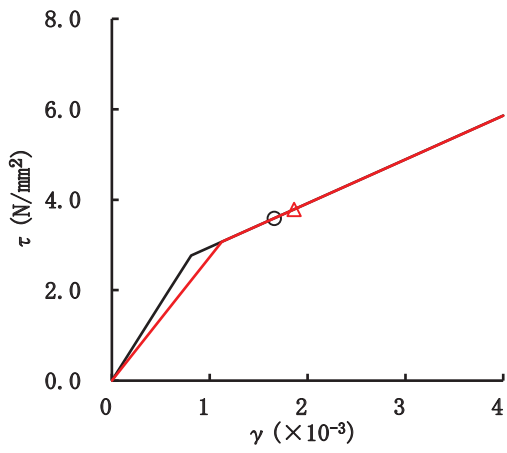
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



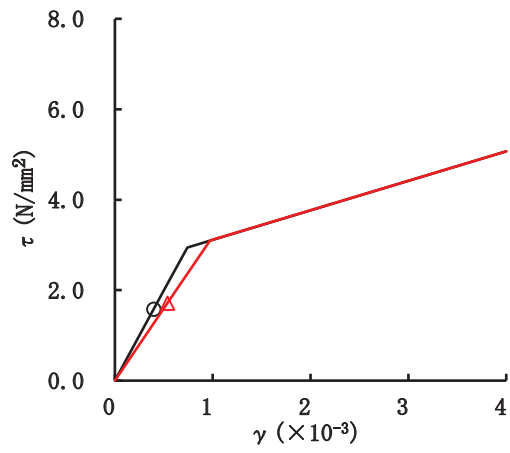
要素番号(1)



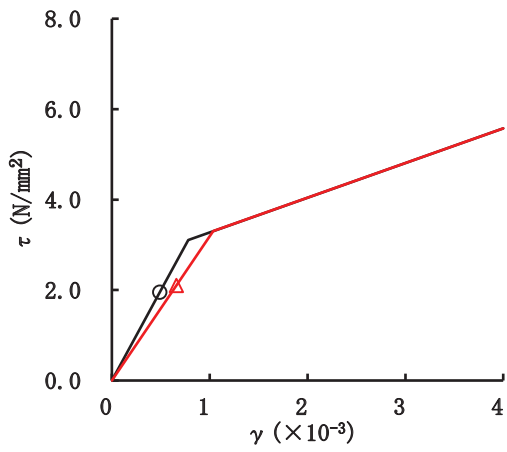
要素番号(2)



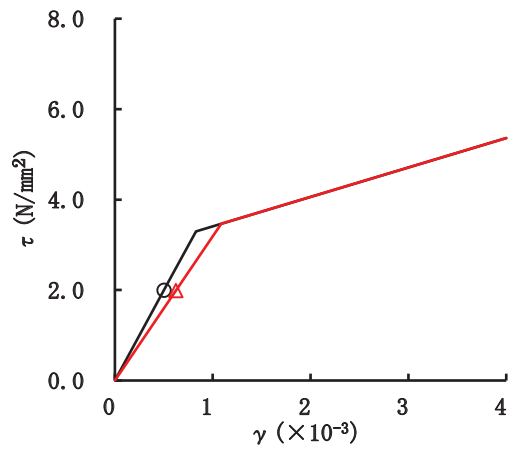
要素番号(3)



要素番号(4)



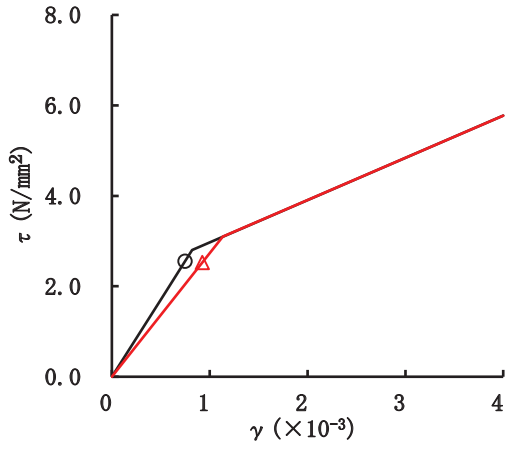
要素番号(5)



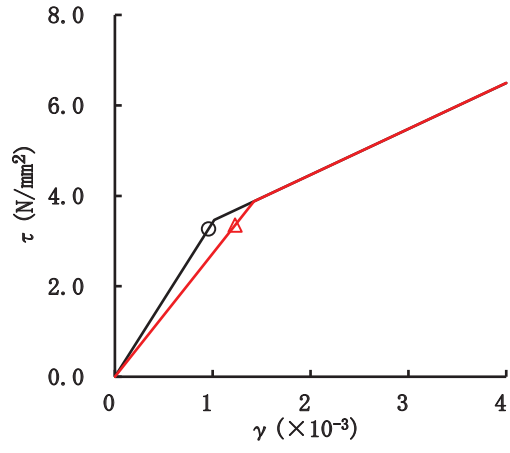
要素番号(6)

図 2-51(1) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, NS 方向) (1/2)

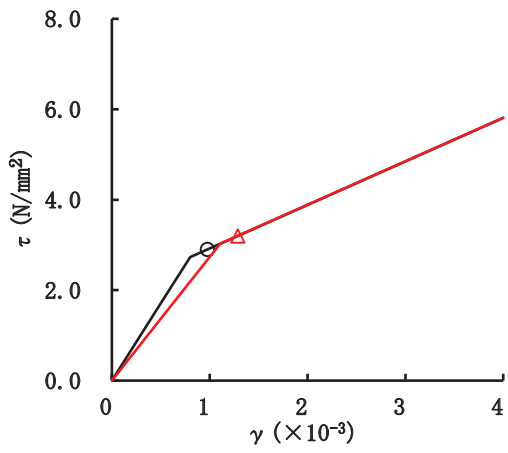
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



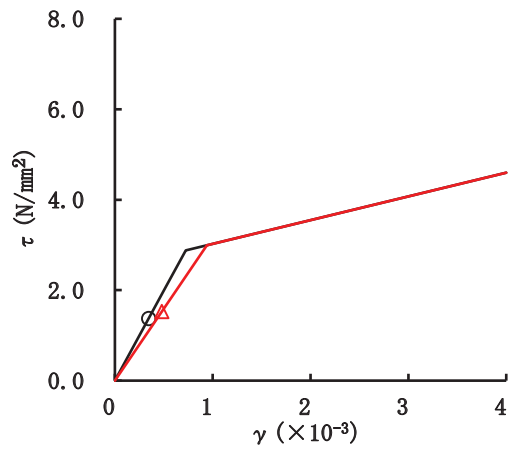
要素番号(9)



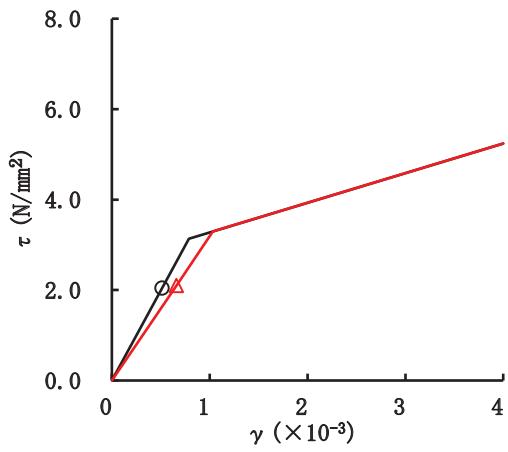
要素番号(10)



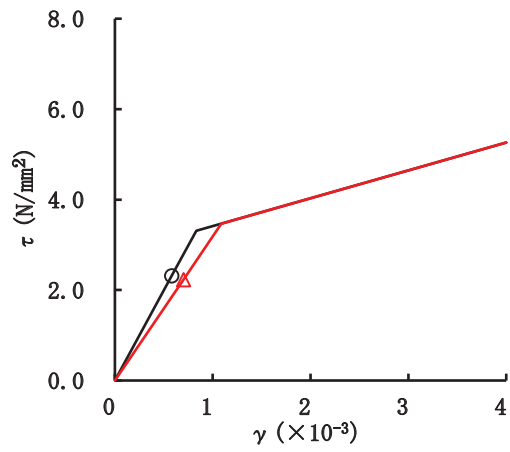
要素番号(11)



要素番号(12)



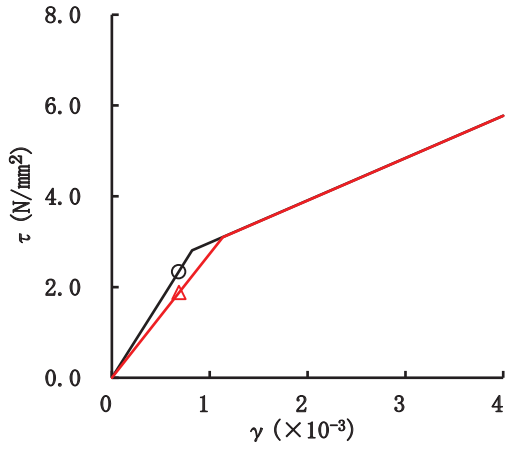
要素番号(13)



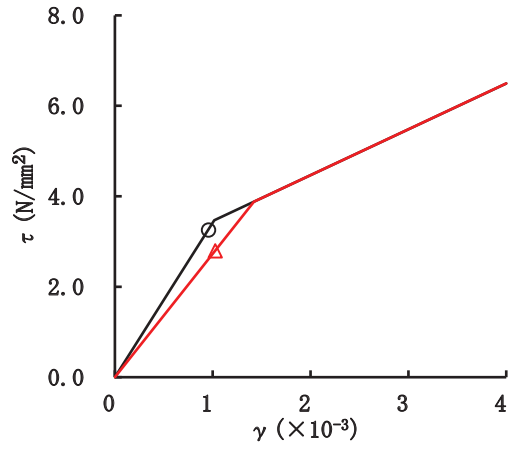
要素番号(14)

図 2-51(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 3, NS 方向) (2/2)

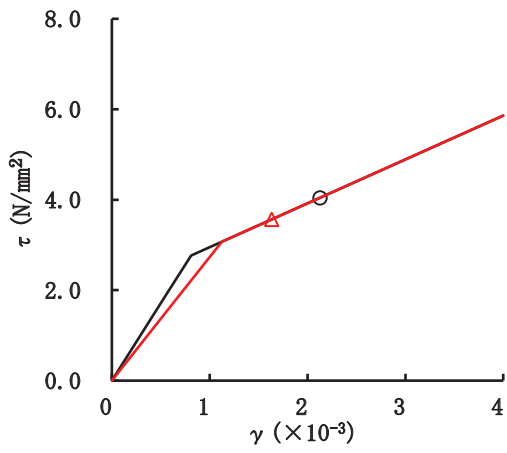
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



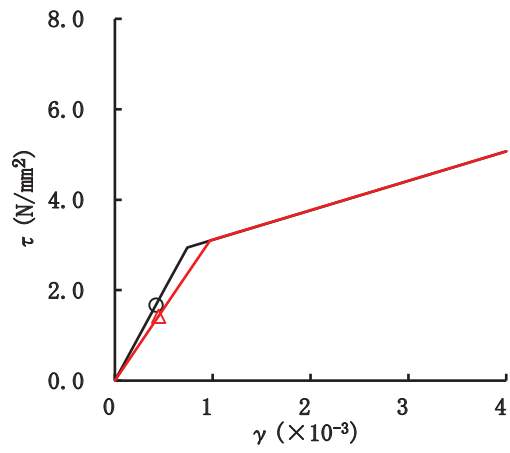
要素番号(1)



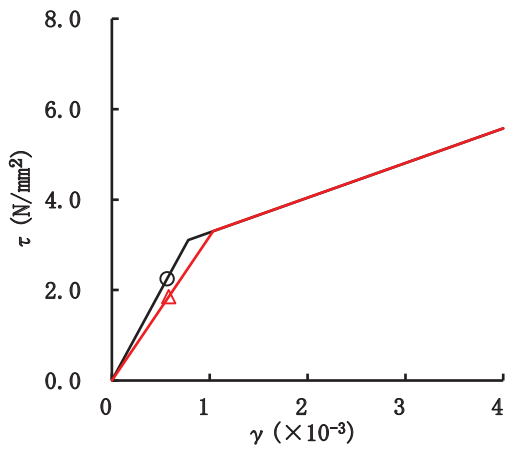
要素番号(2)



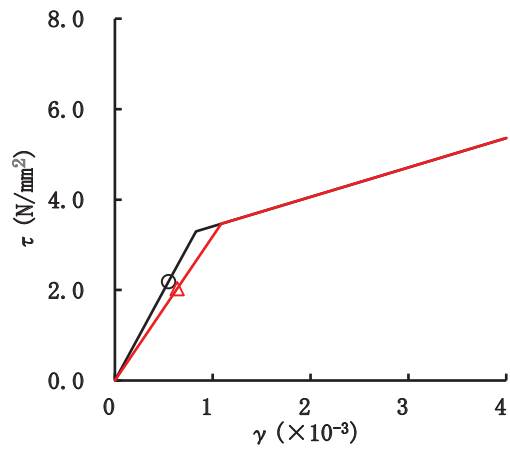
要素番号(3)



要素番号(4)



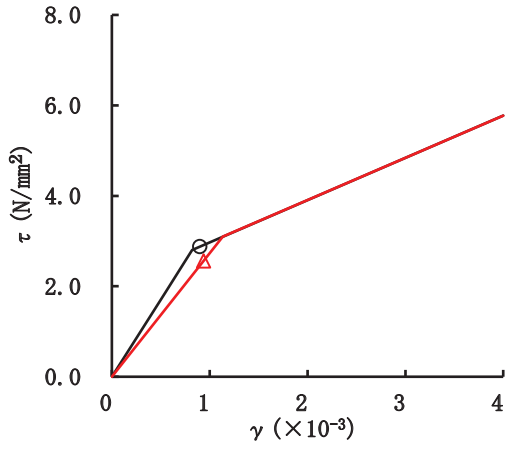
要素番号(5)



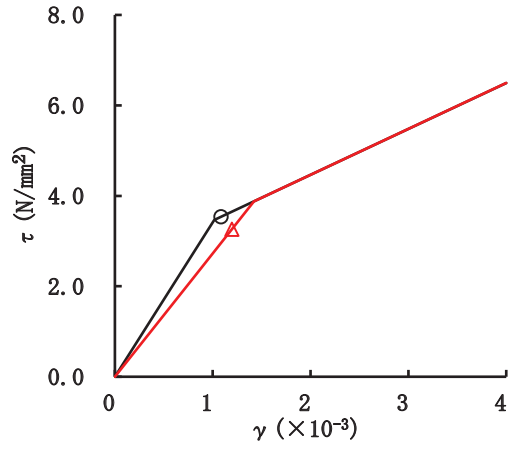
要素番号(6)

図 2-52(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 2, NS 方向) (1/2)

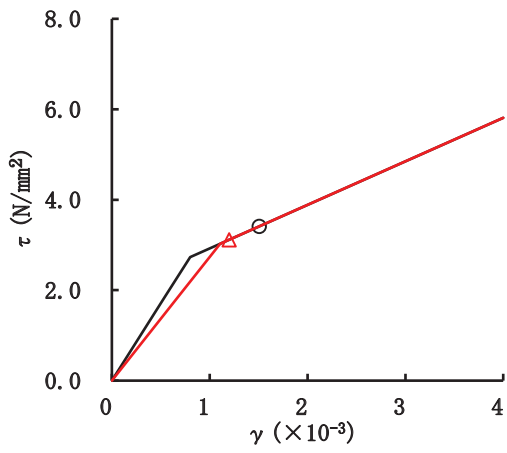
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



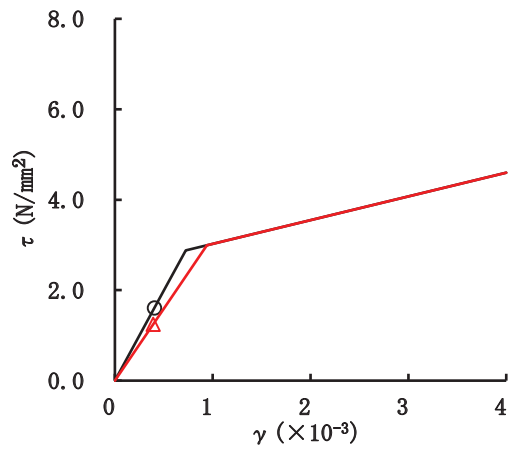
要素番号(9)



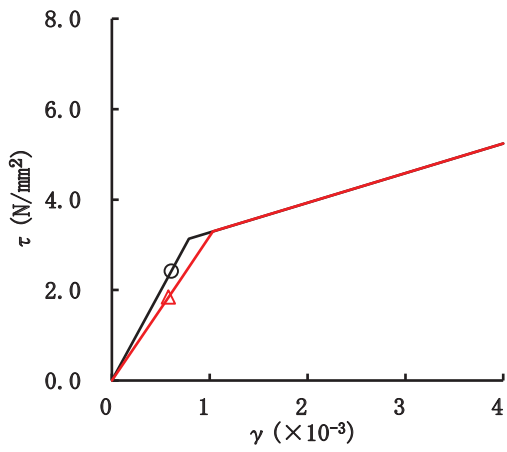
要素番号(10)



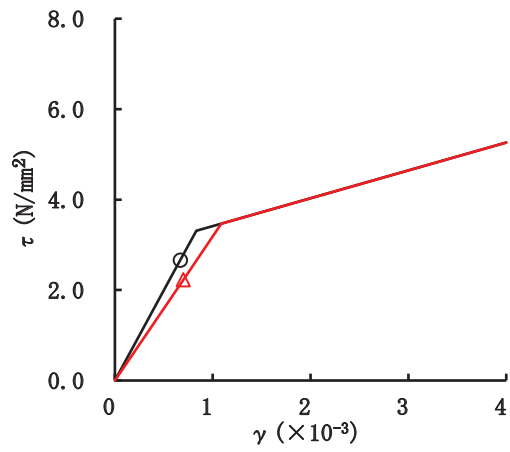
要素番号(11)



要素番号(12)



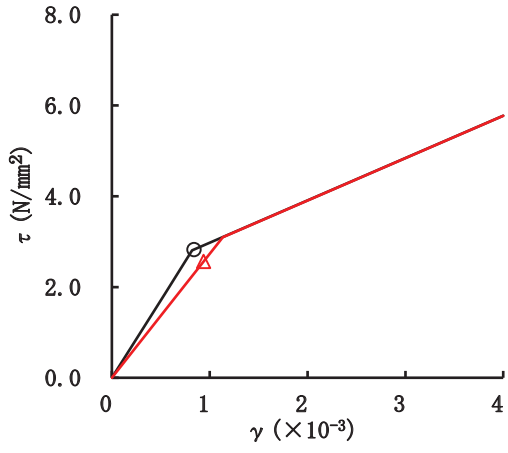
要素番号(13)



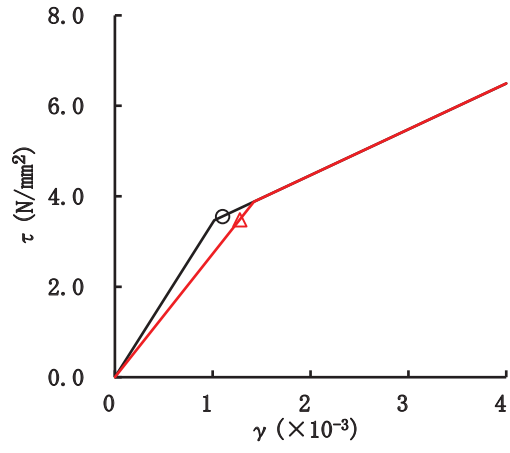
要素番号(14)

図 2-52(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 2, NS 方向) (2/2)

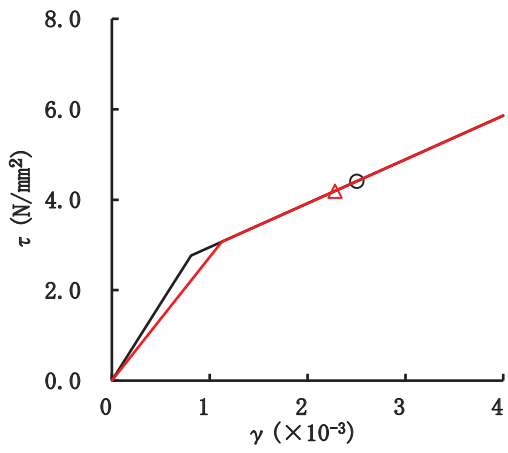
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



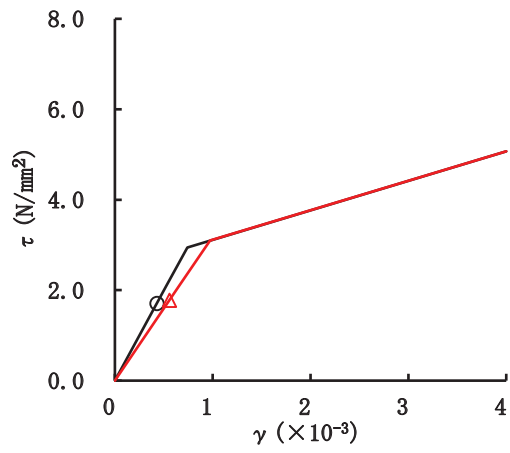
要素番号(1)



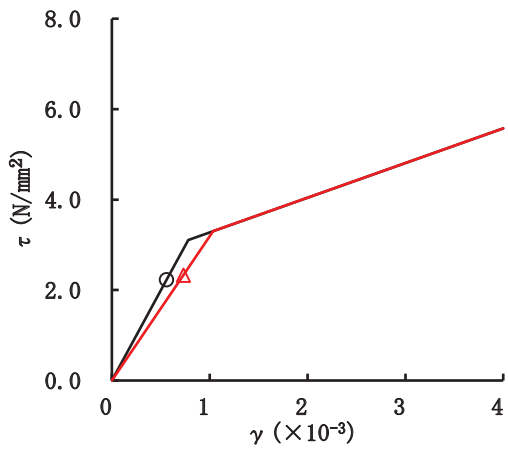
要素番号(2)



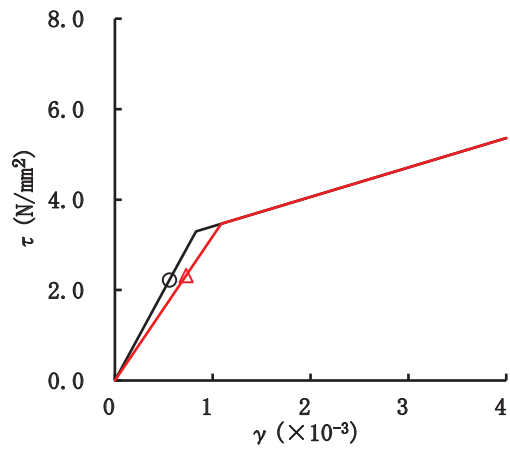
要素番号(3)



要素番号(4)



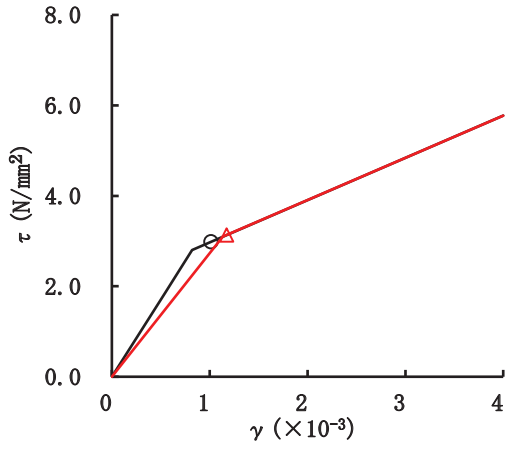
要素番号(5)



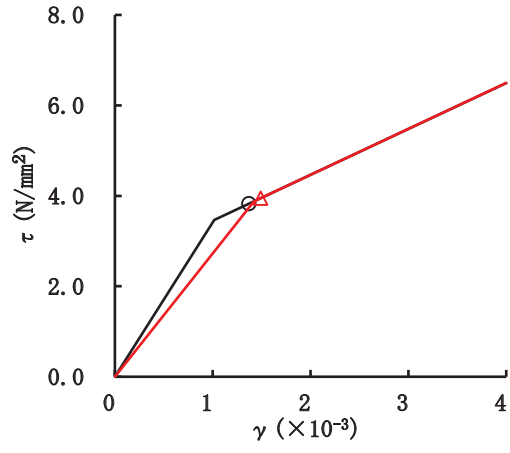
要素番号(6)

図 2-53(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向) (1/2)

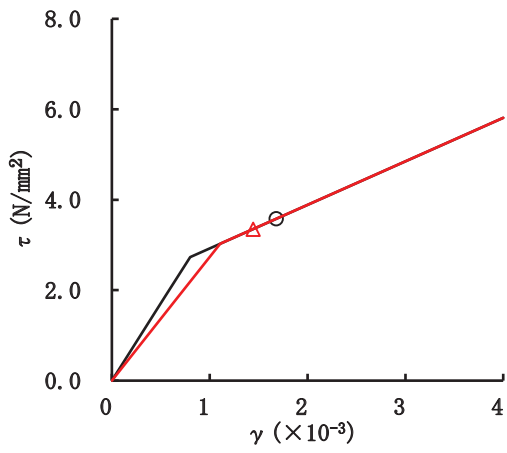
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



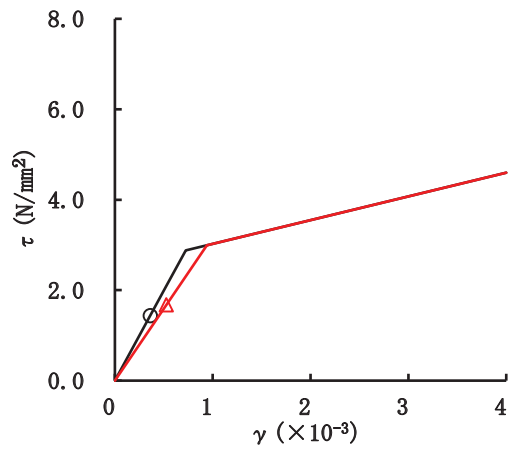
要素番号(9)



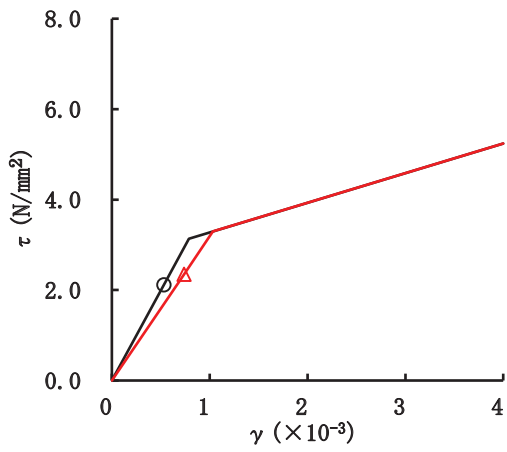
要素番号(10)



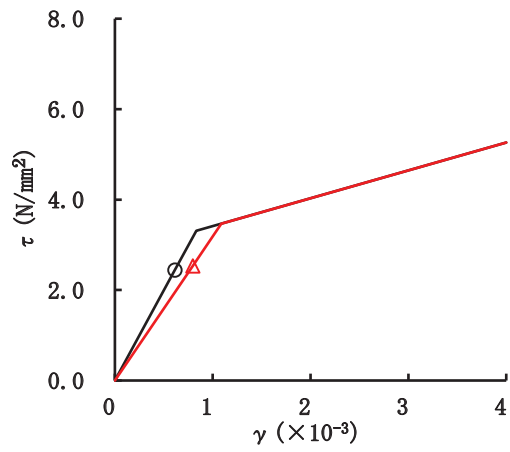
要素番号(11)



要素番号(12)



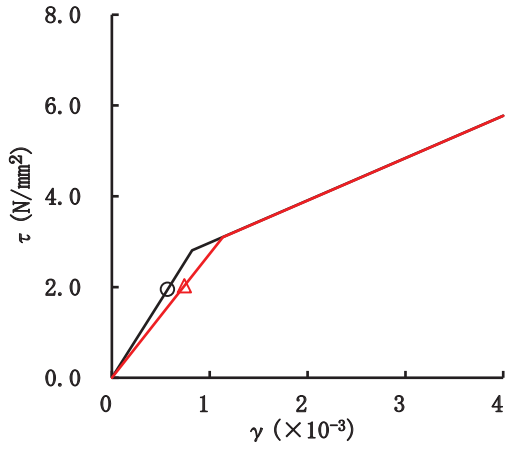
要素番号(13)



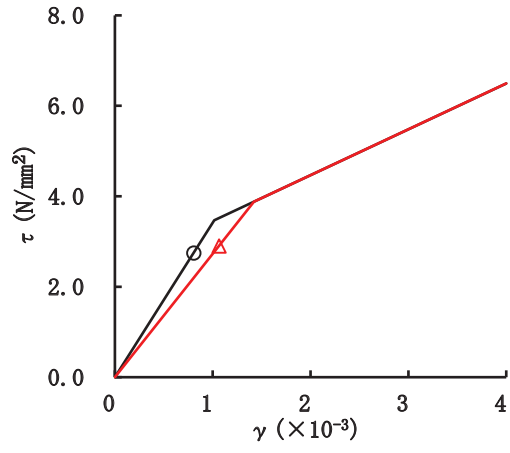
要素番号(14)

図 2-53(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - F 3, NS 方向) (2/2)

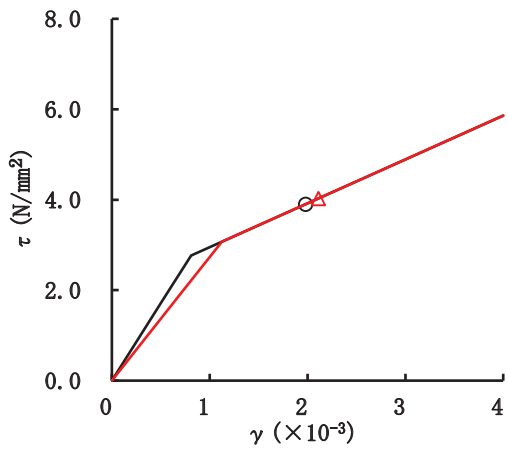
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



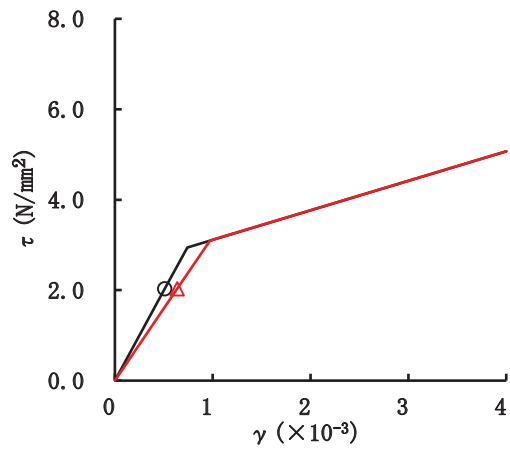
要素番号(1)



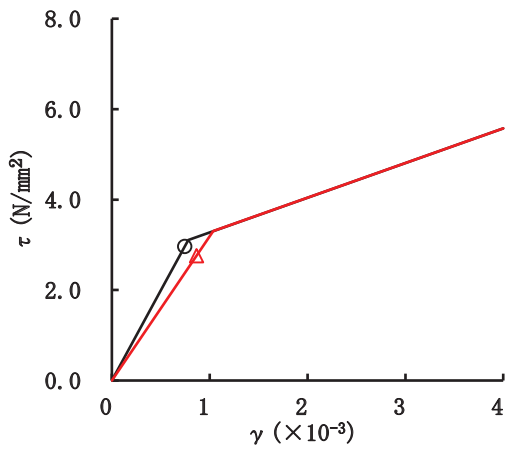
要素番号(2)



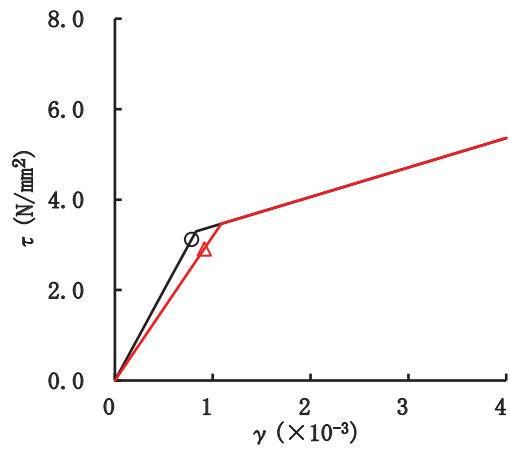
要素番号(3)



要素番号(4)

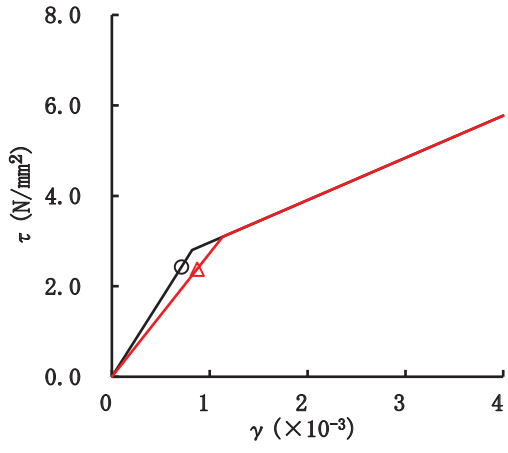


要素番号(5)

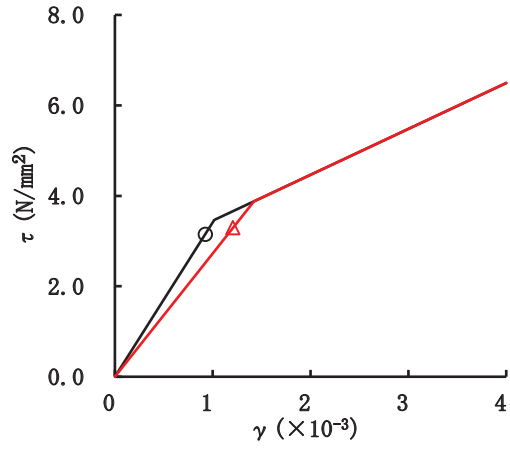


要素番号(6)

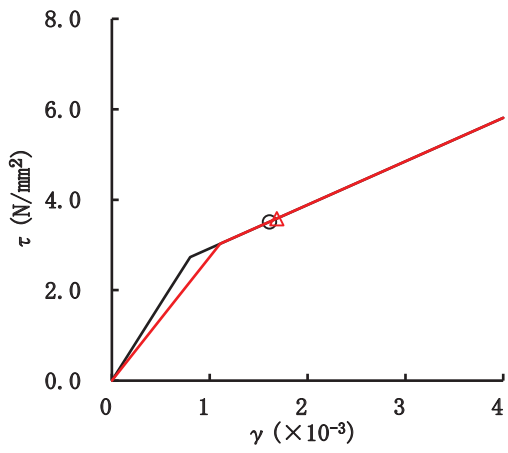
図 2-54(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - N 1, NS 方向) (1/2)



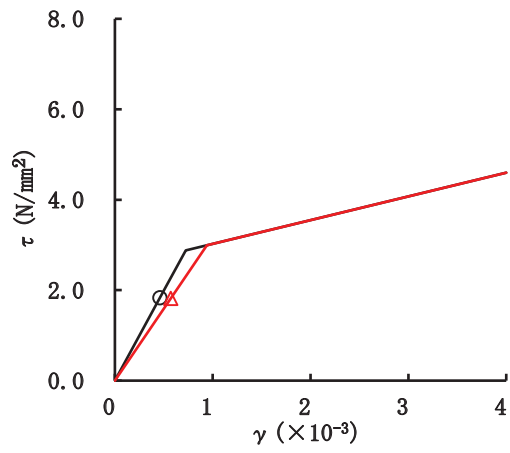
要素番号(9)



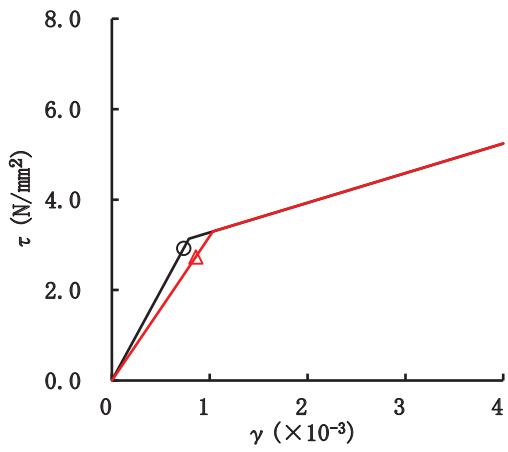
要素番号(10)



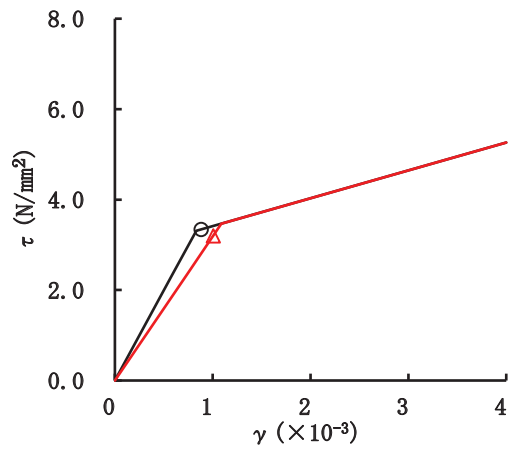
要素番号(11)



要素番号(12)



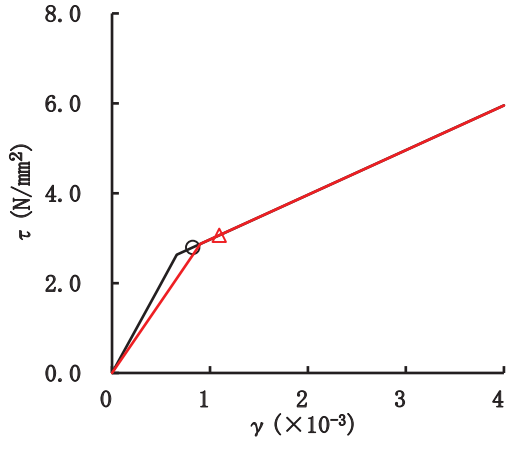
要素番号(13)



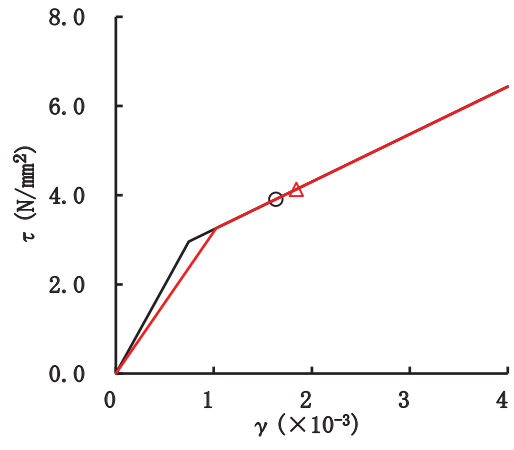
要素番号(14)

図 2-54(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - N 1, NS 方向) (2/2)

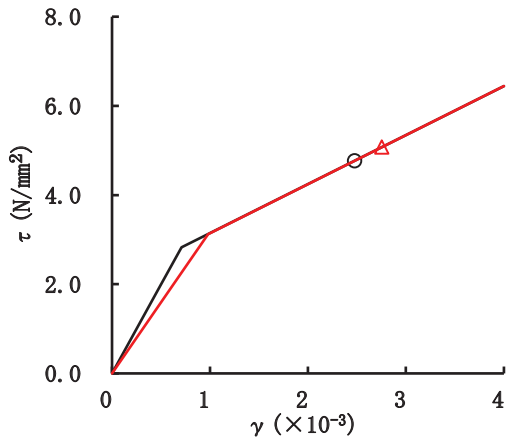
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



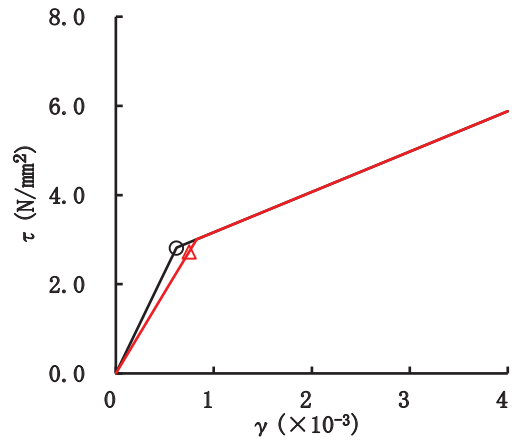
要素番号(1)



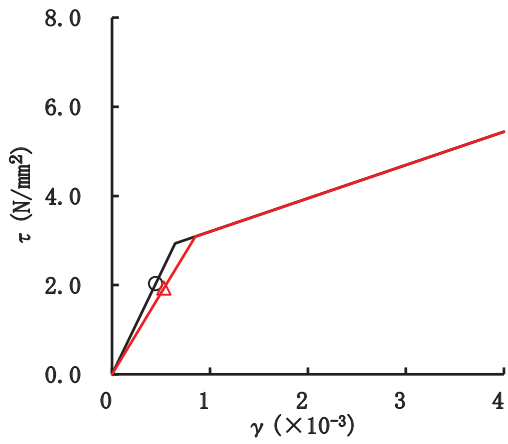
要素番号(2)



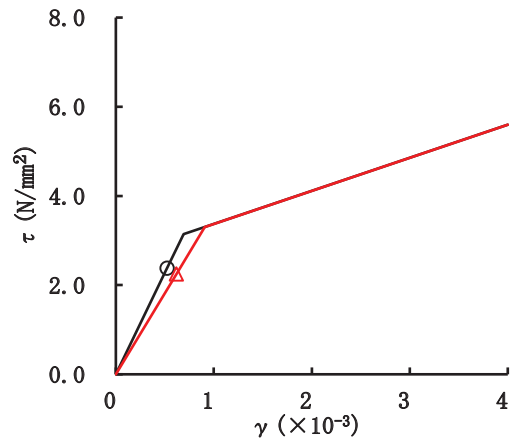
要素番号(3)



要素番号(4)



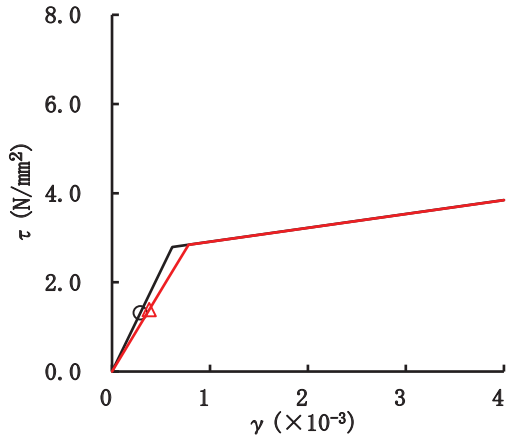
要素番号(5)



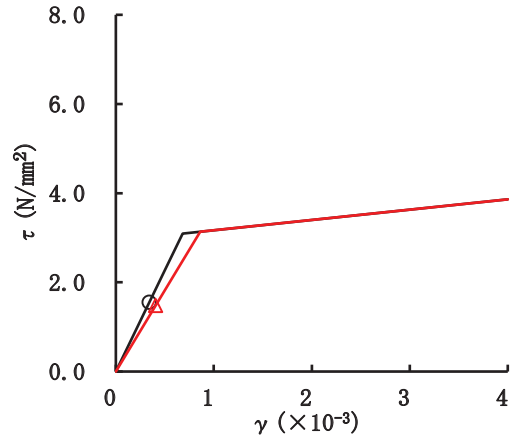
要素番号(6)

図 2-55(1) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s -D 1, EW 方向) (1/3)

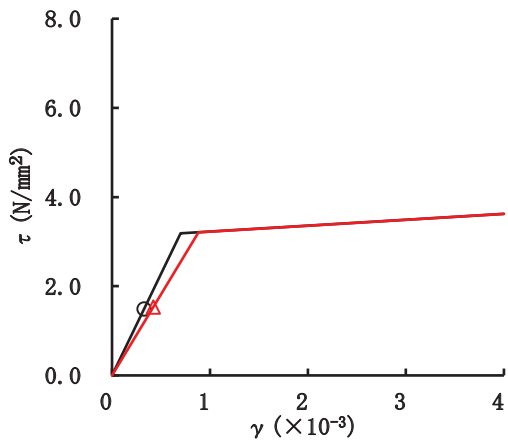
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



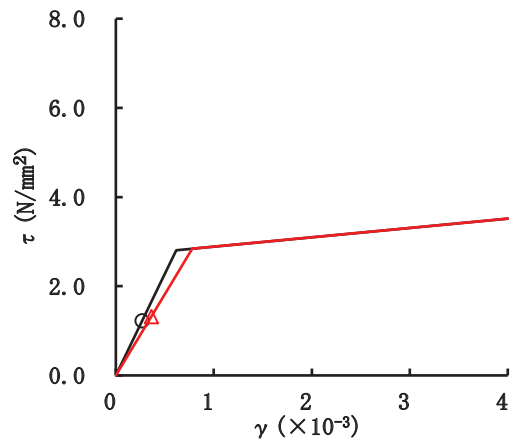
要素番号(13)



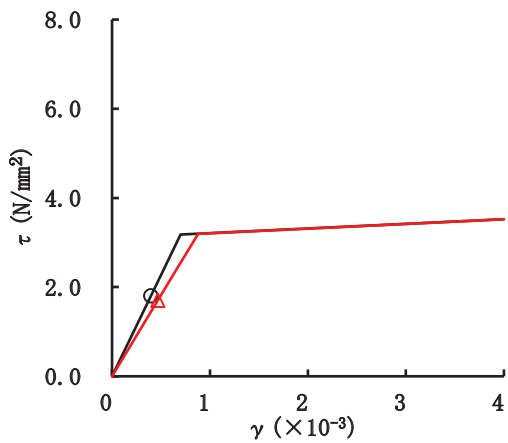
要素番号(14)



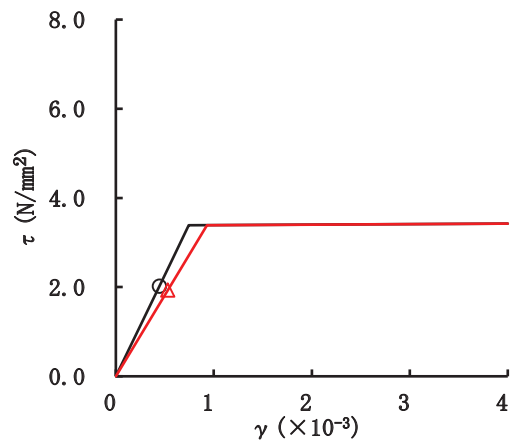
要素番号(15)



要素番号(16)

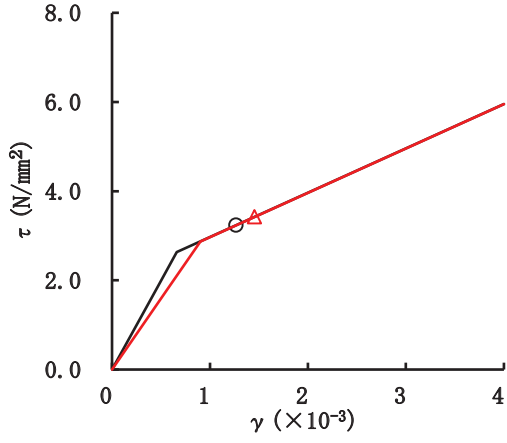


要素番号(17)

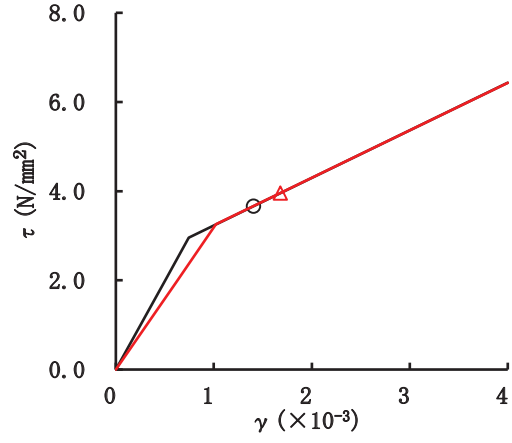


要素番号(18)

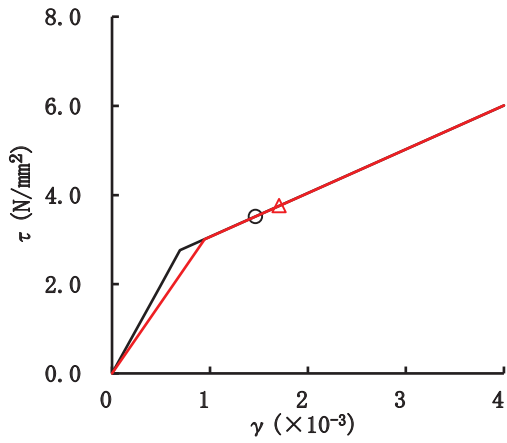
図 2-55(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s-D 1, EW 方向) (2/3)



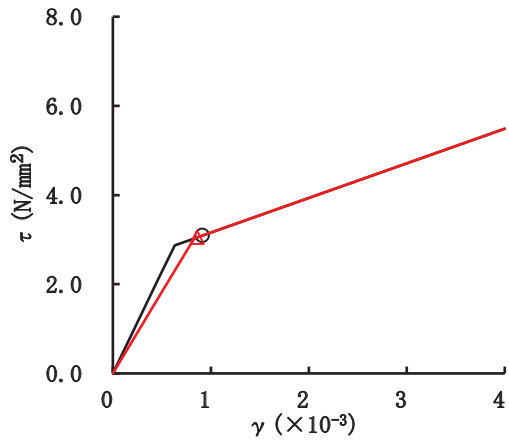
要素番号(31)



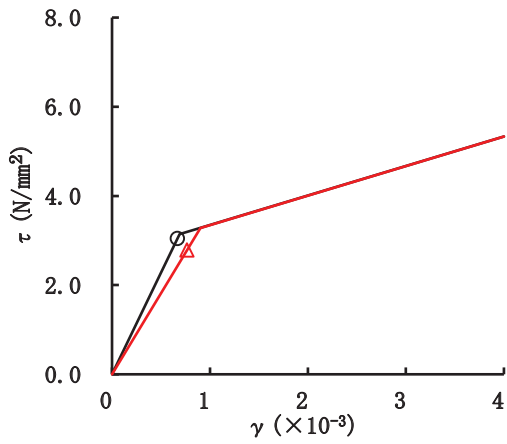
要素番号(32)



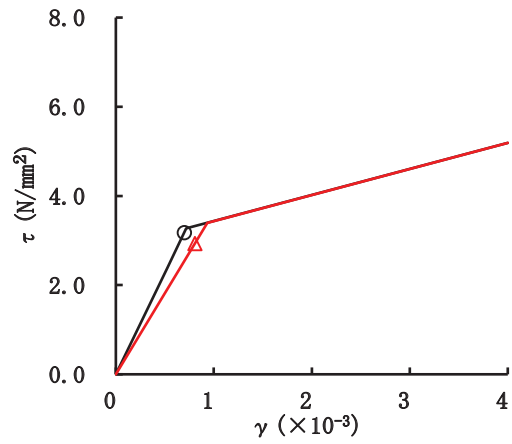
要素番号(33)



要素番号(34)



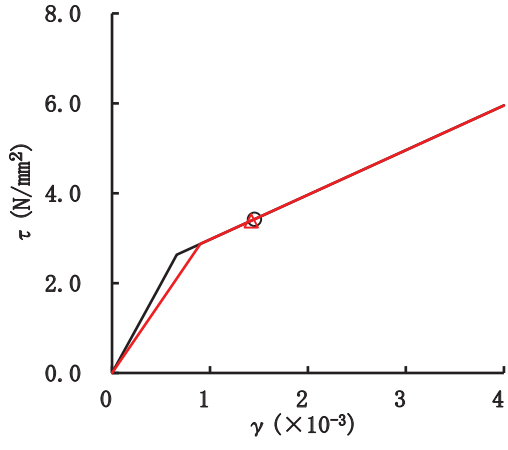
要素番号(35)



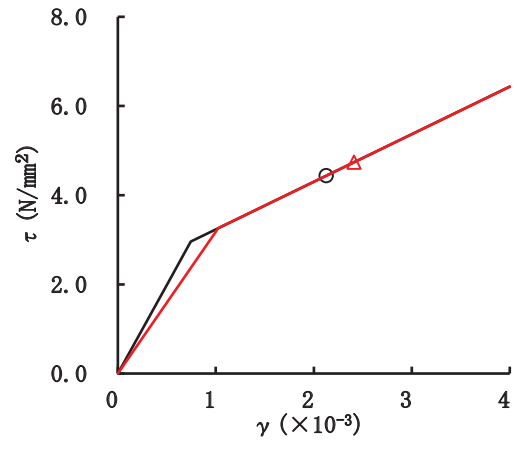
要素番号(36)

図 2-55(3) セン断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 1, EW 方向) (3/3)

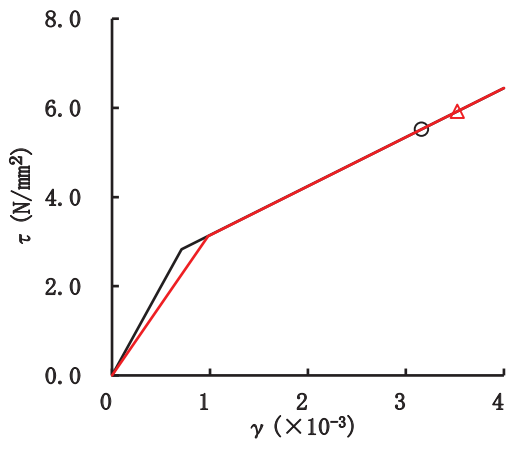
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



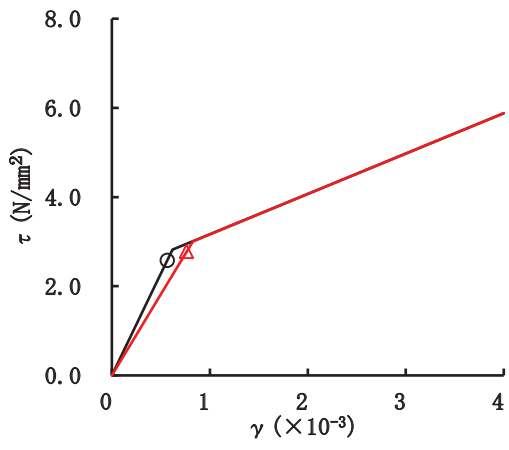
要素番号(1)



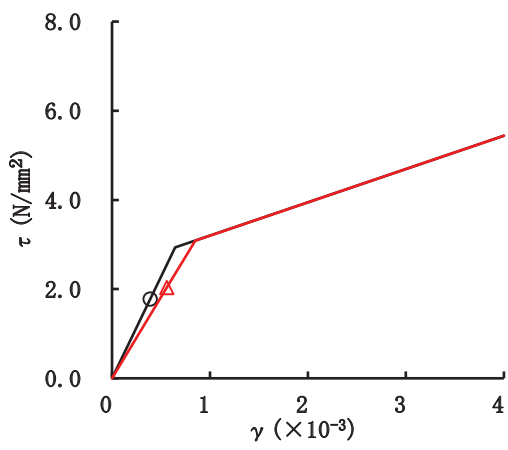
要素番号(2)



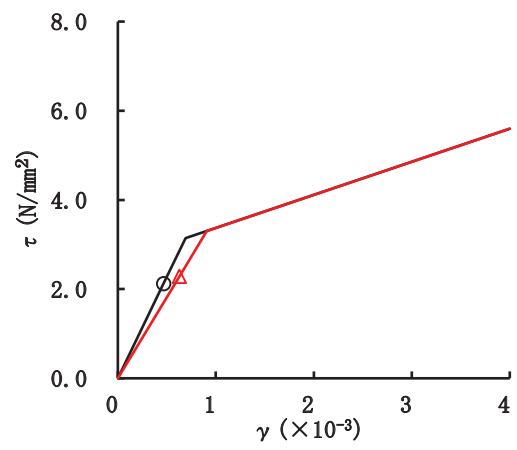
要素番号(3)



要素番号(4)



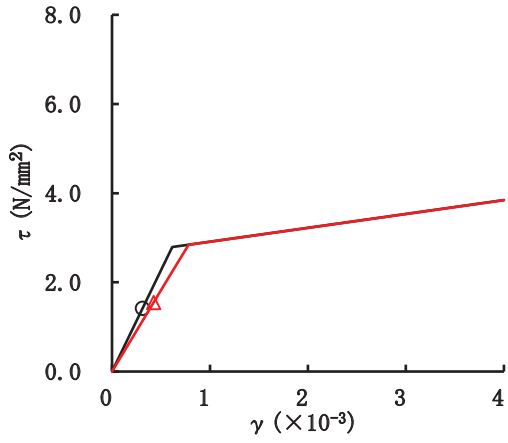
要素番号(5)



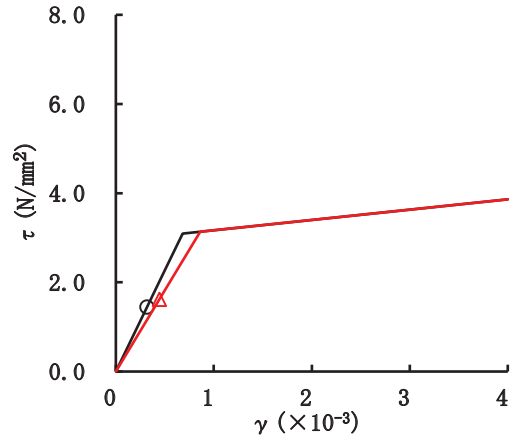
要素番号(6)

図 2-56(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s-D 2, EW 方向) (1/3)

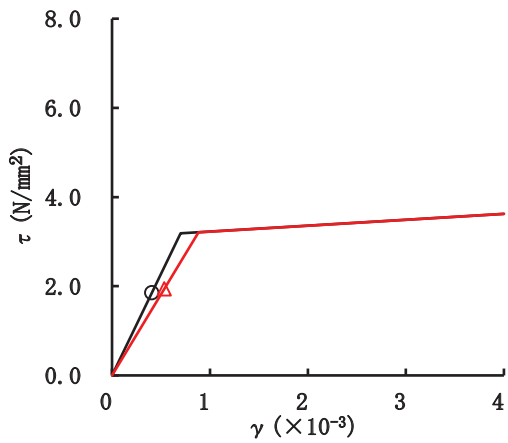
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



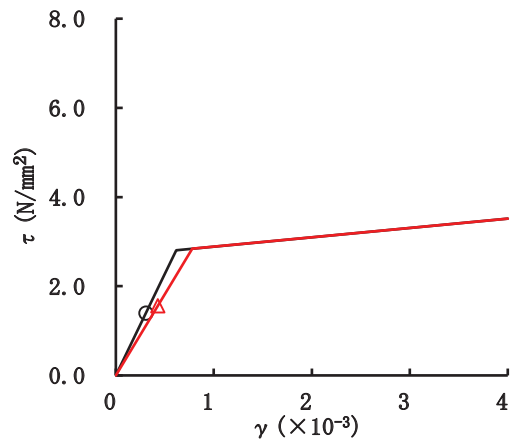
要素番号(13)



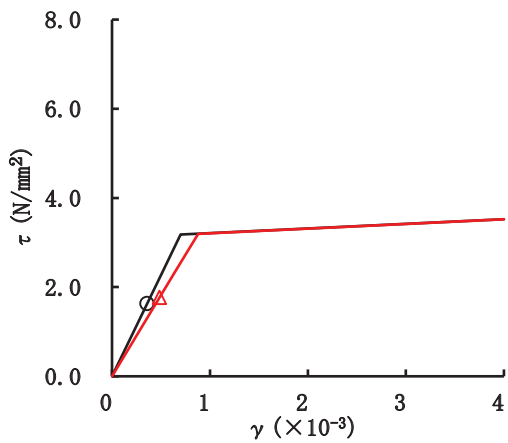
要素番号(14)



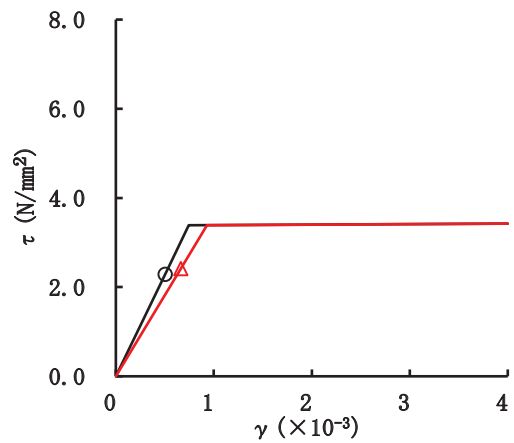
要素番号(15)



要素番号(16)

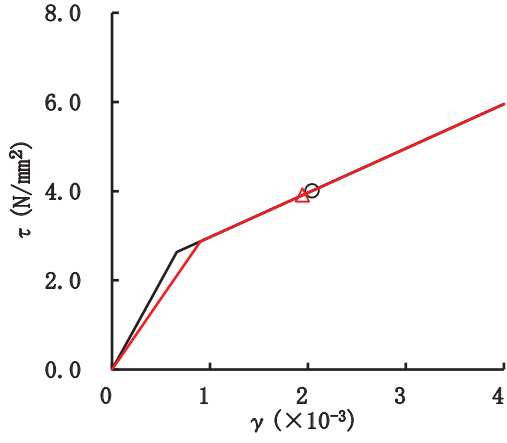


要素番号(17)

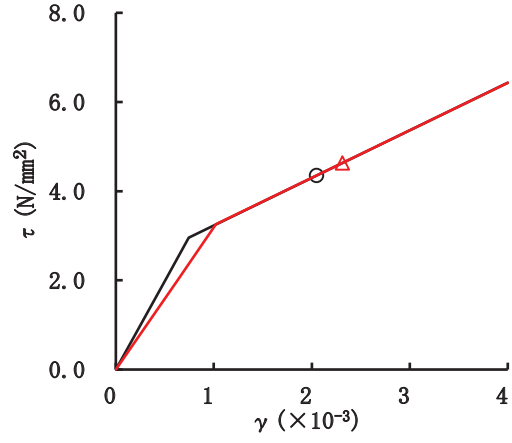


要素番号(18)

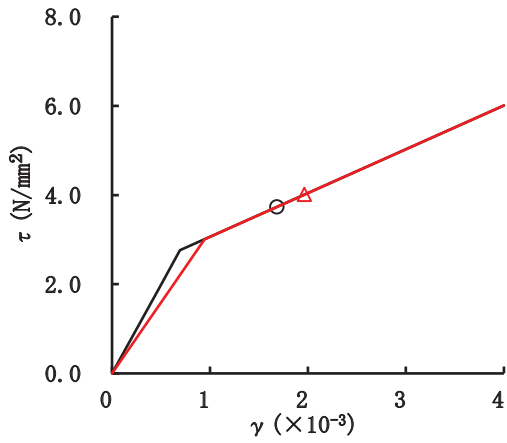
図 2-56(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向) (2/3)



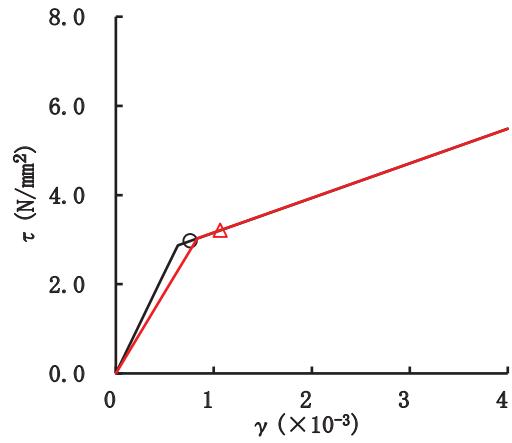
要素番号(31)



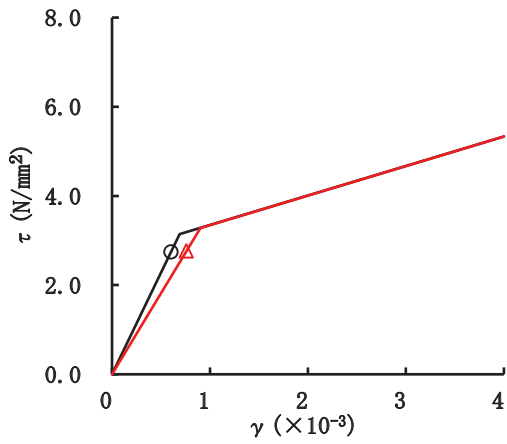
要素番号(32)



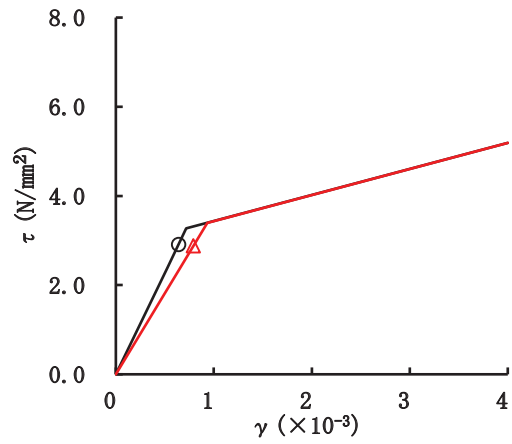
要素番号(33)



要素番号(34)

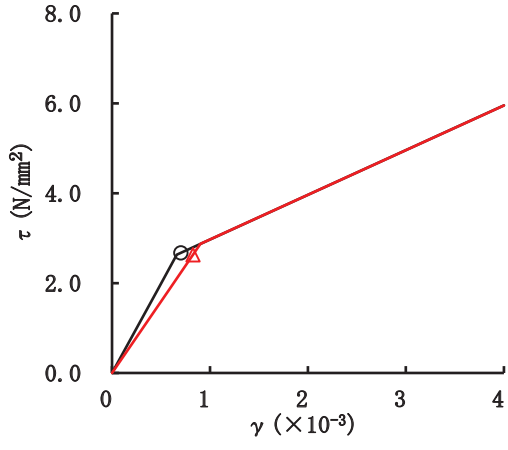


要素番号(35)

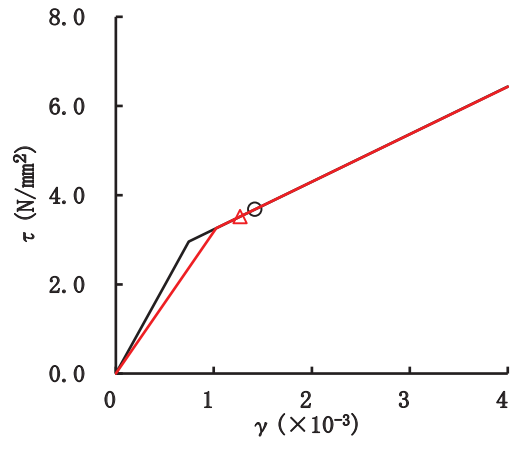


要素番号(36)

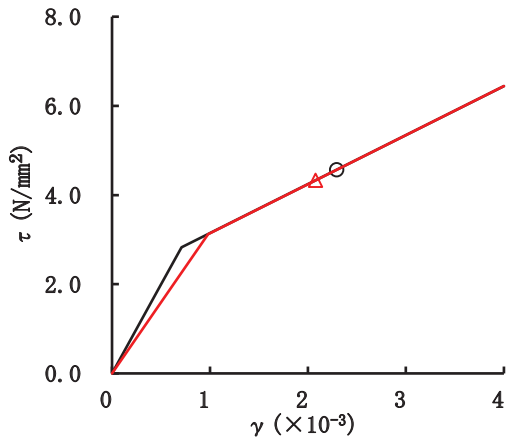
図 2-56(3) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s - D 2, EW 方向) (3/3)



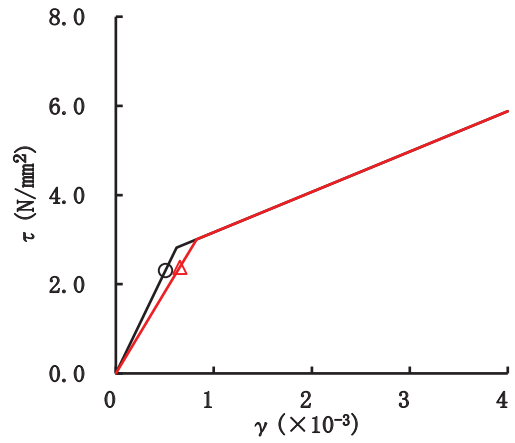
要素番号(1)



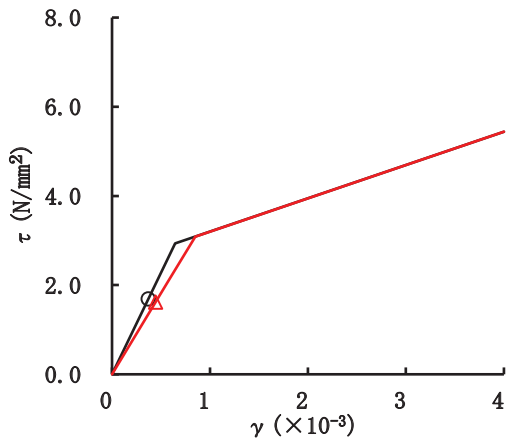
要素番号(2)



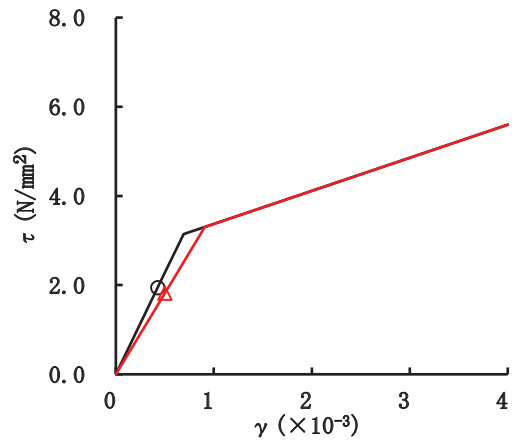
要素番号(3)



要素番号(4)



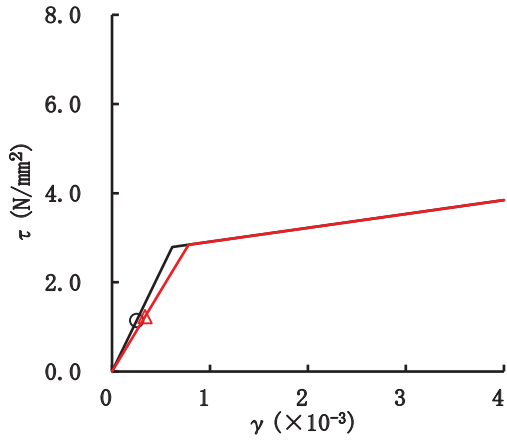
要素番号(5)



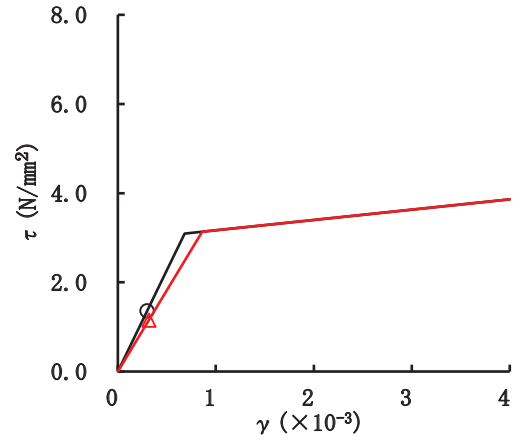
要素番号(6)

図 2-57(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s-D 3, EW 方向) (1/3)

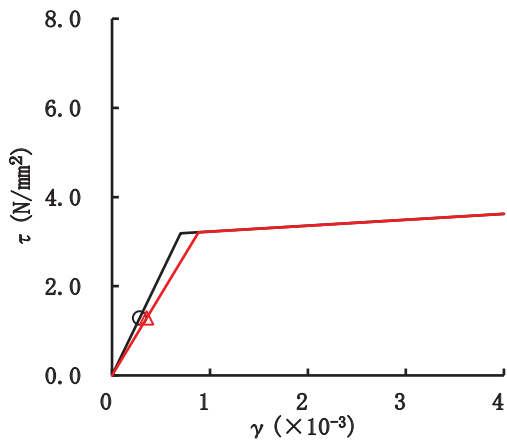
○ ケース 1 (基本ケース) △ ケース 4



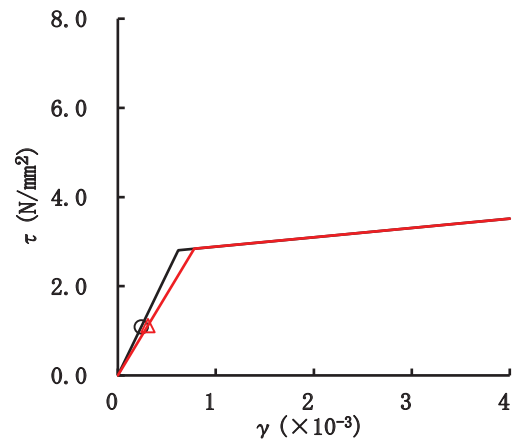
要素番号(13)



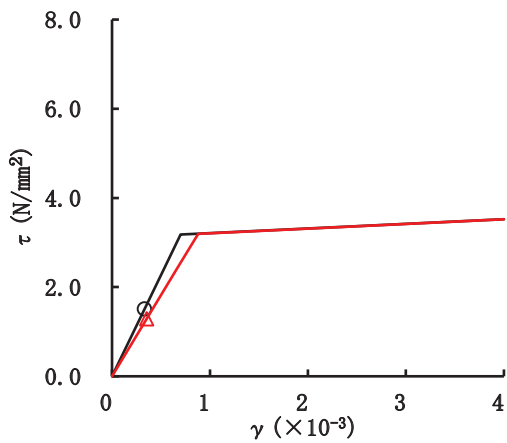
要素番号(14)



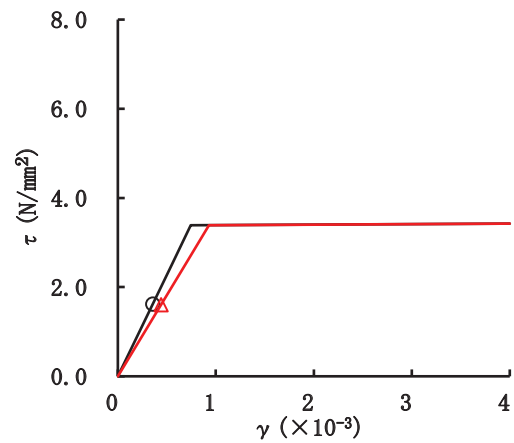
要素番号(15)



要素番号(16)



要素番号(17)



要素番号(18)

図 2-57(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値 (S s-D 3, EW 方向) (2/3)