

VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	5
2.4 適用基準	7
3. 解析方法	8
3.1 地震時荷重算出断面	8
3.2 解析方法	10
3.2.1 構造部材	10
3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき	10
3.2.3 減衰定数	11
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	12
3.3 荷重及び荷重の組合せ	14
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	14
3.3.2 荷重	14
3.3.3 荷重の組合せ	15
3.4 入力地震動	16
3.5 解析モデル及び諸元	45
3.5.1 解析モデル	45
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	48
3.5.3 地盤の物性値	48
3.5.4 地下水位	49
4. 解析結果	51
4.1 南北方向の解析結果	51
4.2 東西方向の解析結果	108

1. 概要

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

本地震応答解析は、軽油タンク室 (H) が耐震性に関する技術基準へ適合することを確認するために用いる応答値を抽出するものである。

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

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

2. 基本方針

2.1 位置

軽油タンク室 (H) の位置を図 2-1 に示す。

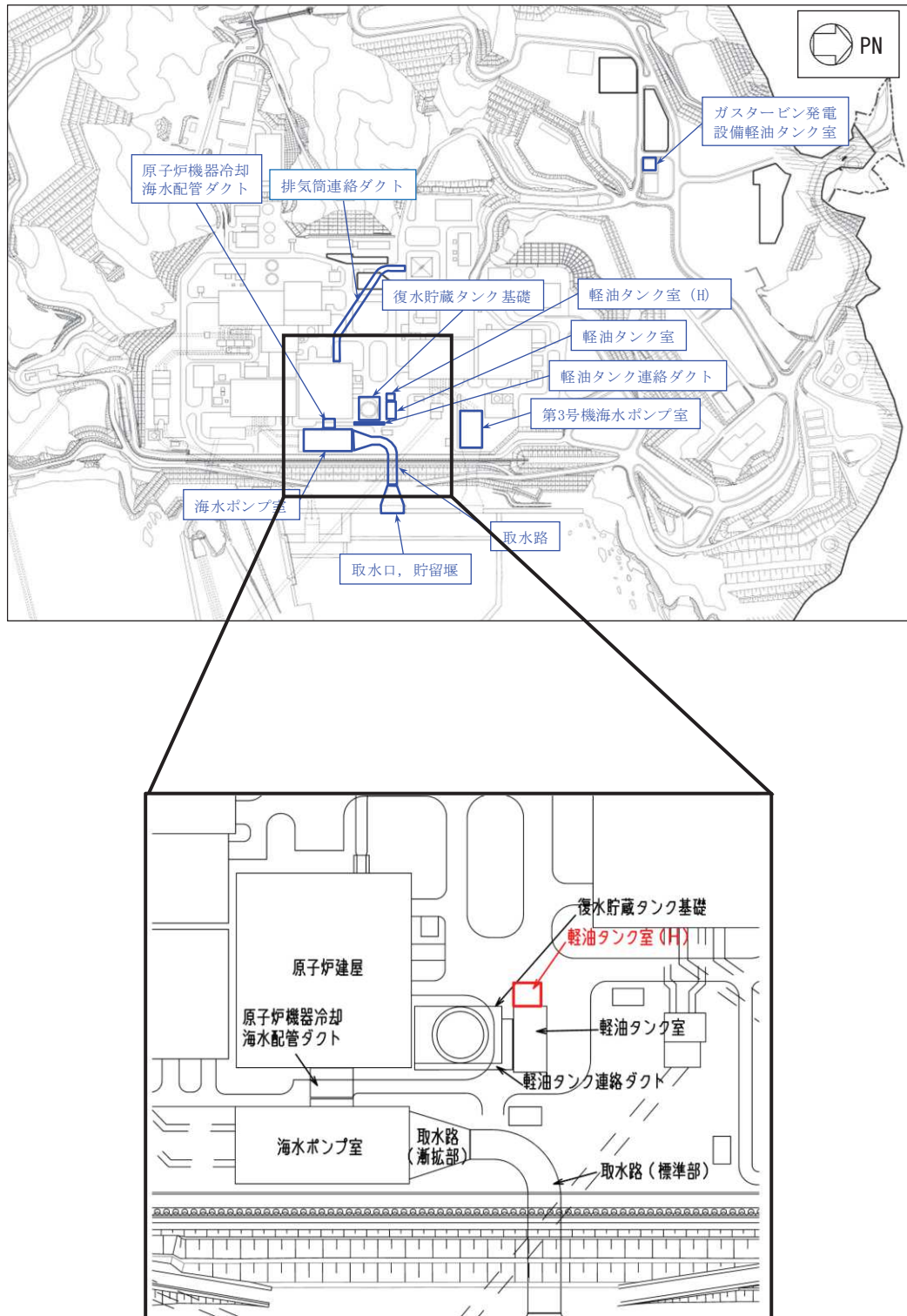


図 2-1 軽油タンク室 (H) の位置図

2.2 構造概要

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

軽油タンク室 (H) は、軽油タンク等を間接支持しており、支持機能が要求される。

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

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

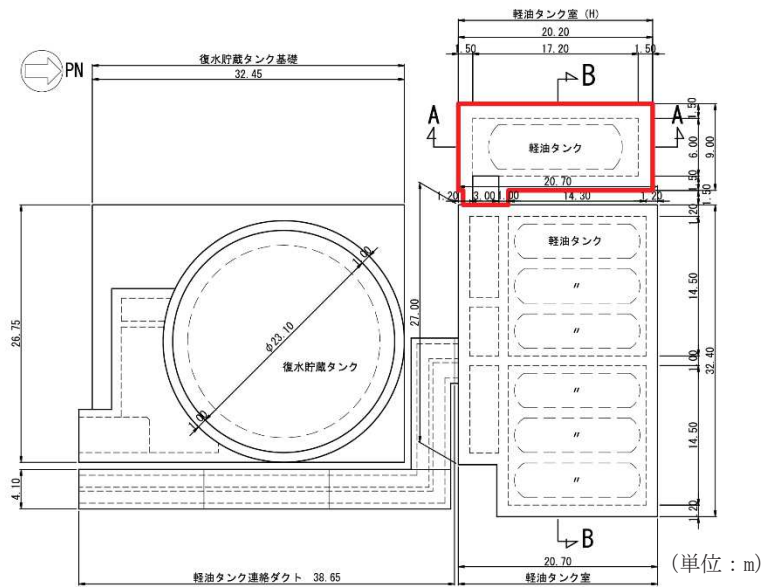


図 2-2 軽油タンク室 (H) 平面図

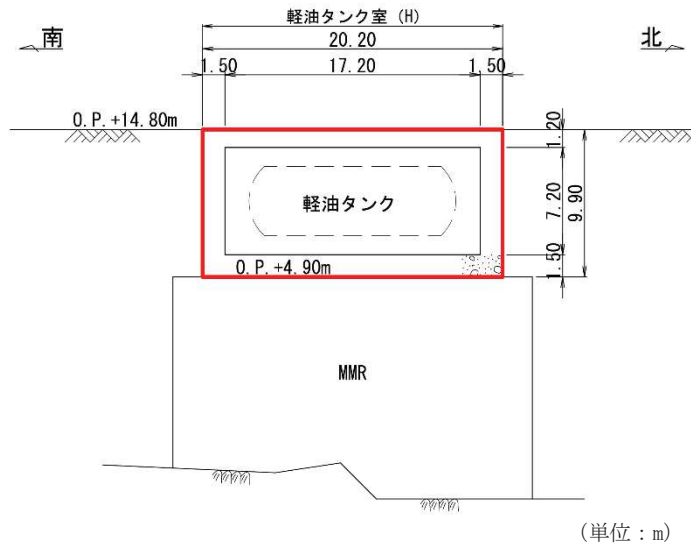


図 2-3 軽油タンク室 (H) 断面図 (A-A 断面, 南北)

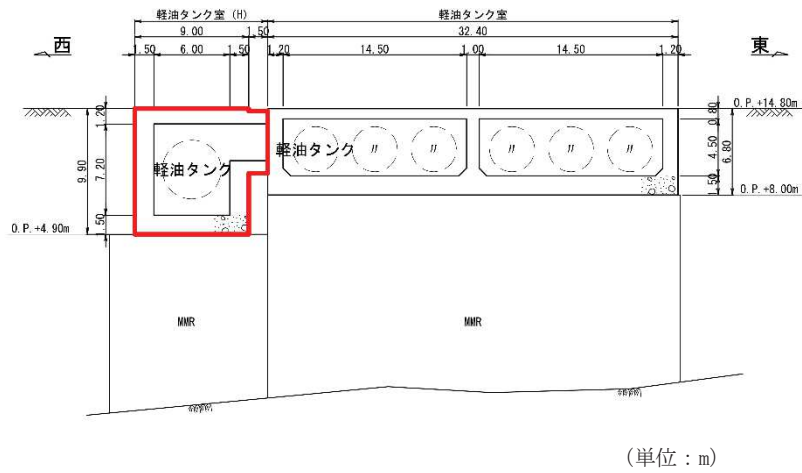


図 2-4 軽油タンク室 (H) 断面図 (B-B 断面, 東西)

2.3 解析方針

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

図 2-5 に軽油タンク室 (H) の地震応答解析フローを示す。

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

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

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

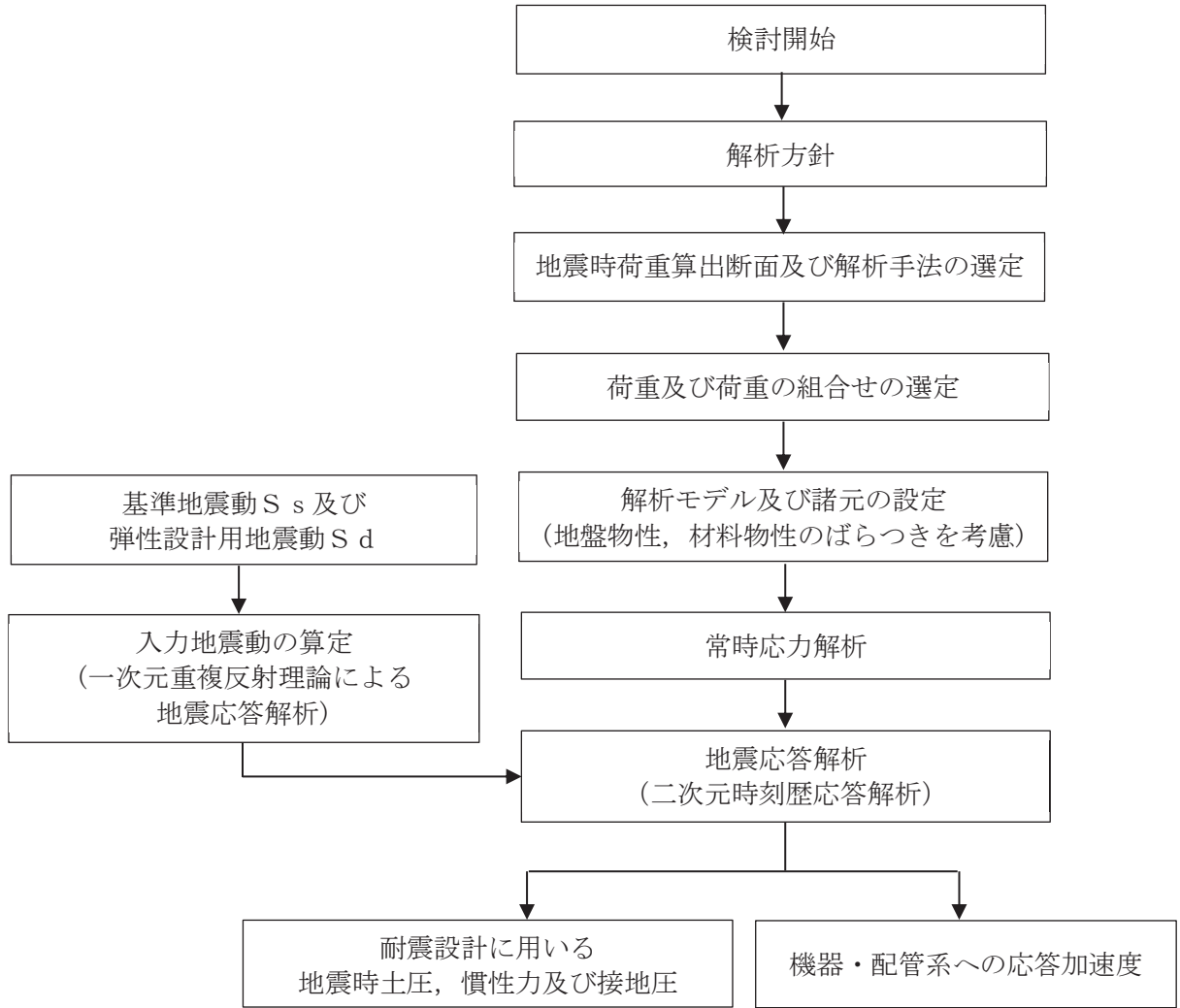


図 2-5 軽油タンク室 (H) の地震応答解析フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会 2002 年制定）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005 年 6 月）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）

3. 解析方法

3.1 地震時荷重算出断面

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

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

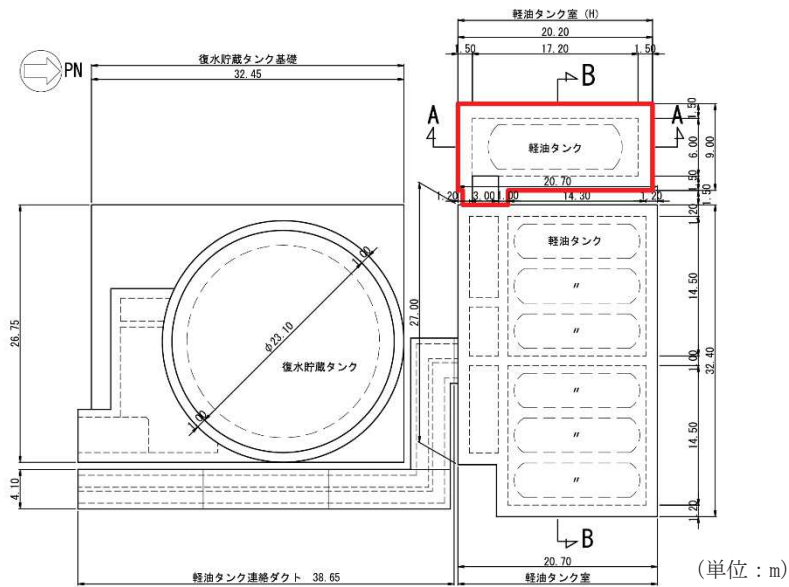


図 3-1 軽油タンク室 (H) の地震時荷重算出断面位置図

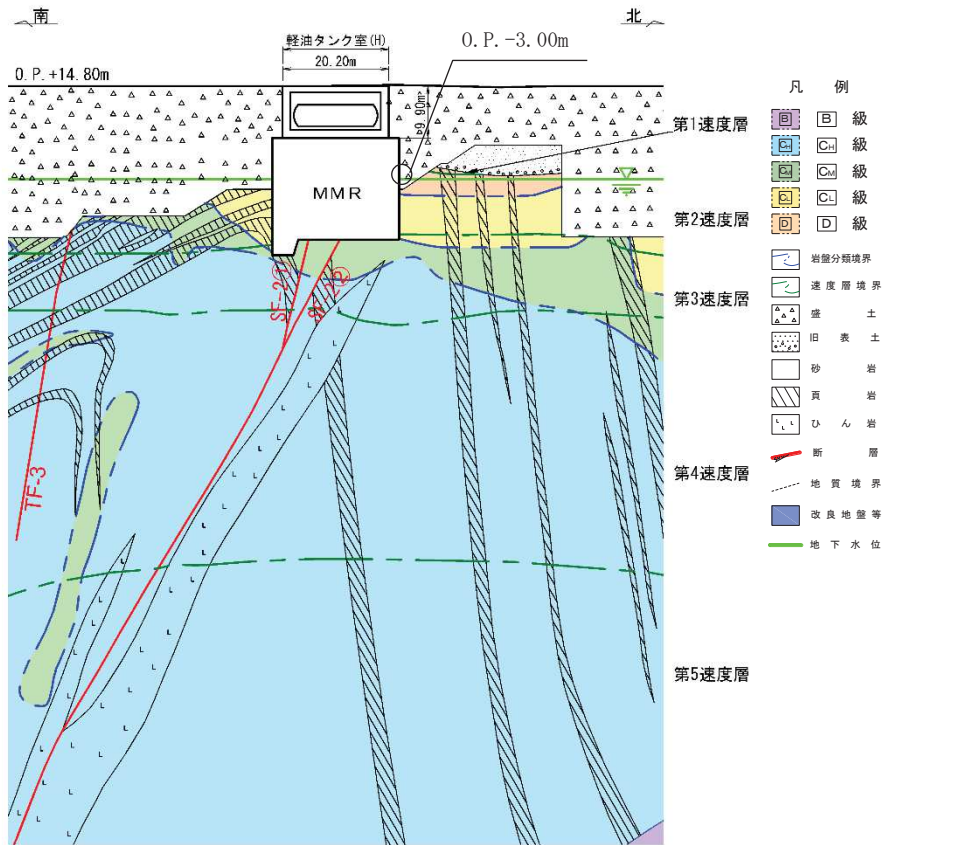


図 3-2 軽油タンク室 (H) 地震時荷重算出用地質断面図 (A-A 断面, 南北)

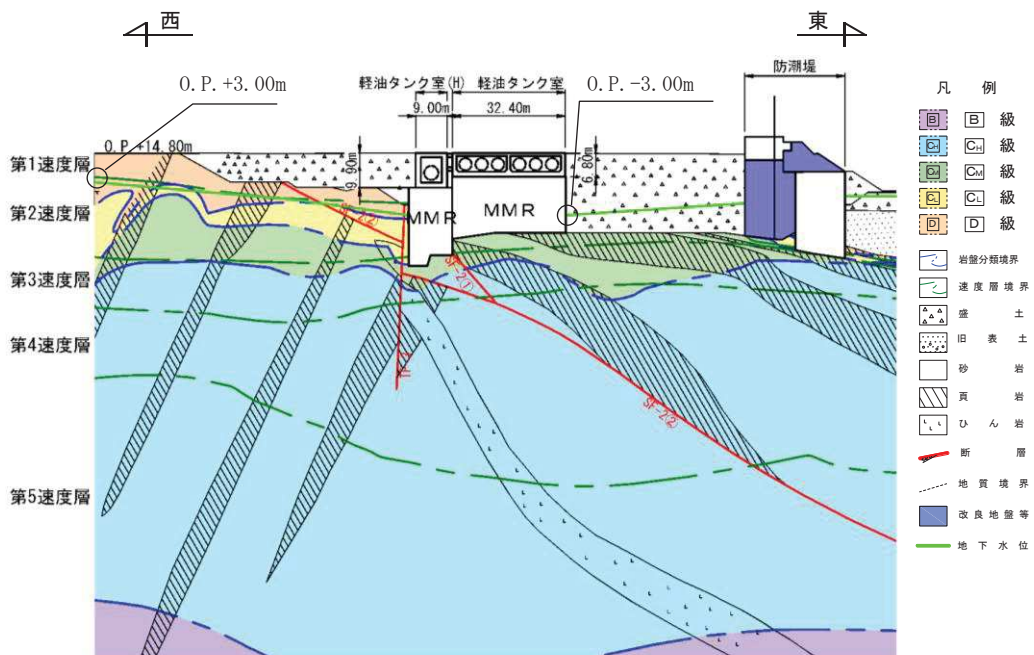


図 3-3 軽油タンク室 (H) 地震時荷重算出用地質断面図 (B-B 断面, 東西)

3.2 解析方法

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

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析（全応力解析）により行う。

東西方向において、軽油タンク室 (H) は、東側に設置されている軽油タンク室の MMR と接しており、お互いの振動の影響を受けることから、軽油タンク室とその MMR 及び軽油タンクをモデル化する。

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

地震応答解析については、解析コード「SLAP Ver. 6. 64」を使用する。なお解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。

3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

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

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

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

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

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

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

表 3-1 解析ケース

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

注記* : 新設構造物のため, 推定した圧縮強度とする。

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は, 粘性減衰で考慮する。

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

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

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

地震時荷重算出断面	α	β
南北方向	2.848×10^{-1}	1.053×10^{-3}
東西方向	2.315×10^{-1}	1.296×10^{-3}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①		ケース②		ケース③	
		基本ケース		地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース		地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース	
地盤物性		平均値		平均値+1 σ		平均値-1 σ	
材料物性		設計基準強度		設計基準強度		設計基準強度	
地震動 (位相)	$S_s - D 1$	++*	○	基準地震動 S_s (7 波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波により照査を行ったケース① (基本ケース) の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。			
		-+*	○				
	$S_s - D 2$	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - D 3$	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - F 1$	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - F 2$	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - F 3$	++*	○				
		-+*	○				
	$S_s - N 1$	++*	○				
		-+*	○				

注記*：耐震評価にあたっては、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005 年 6 月）（以下「土木学会マニュアル」という。）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

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

表 3-4 機器・配管系の応答加速度及び応答変位抽出のための解析ケース

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

注記*1：地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表す。

*2：新設構造物のため，推定した圧縮強度とする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

軽油タンク室 (H) の地震応答解析において、地震以外に考慮する状態を以下に示す。

(1) 運転時の状態

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

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

軽油タンク室 (H) の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

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

(3) 積雪荷重 (P_s)

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

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(5) 地震荷重 (S_d)

弾性設計用地震動 S_d による荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s
地震時 (S _d) *	G + P + S _d

注記* : 機器・配管系の耐震設計に用いる。

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m² を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

S_d : 地震荷重 (弾性設計用地震動 S_d)

3.4 入力地震動

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

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

図3-4に入力地震動算定の概念図を、図3-5～図3-32に入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE Ver.1.6」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

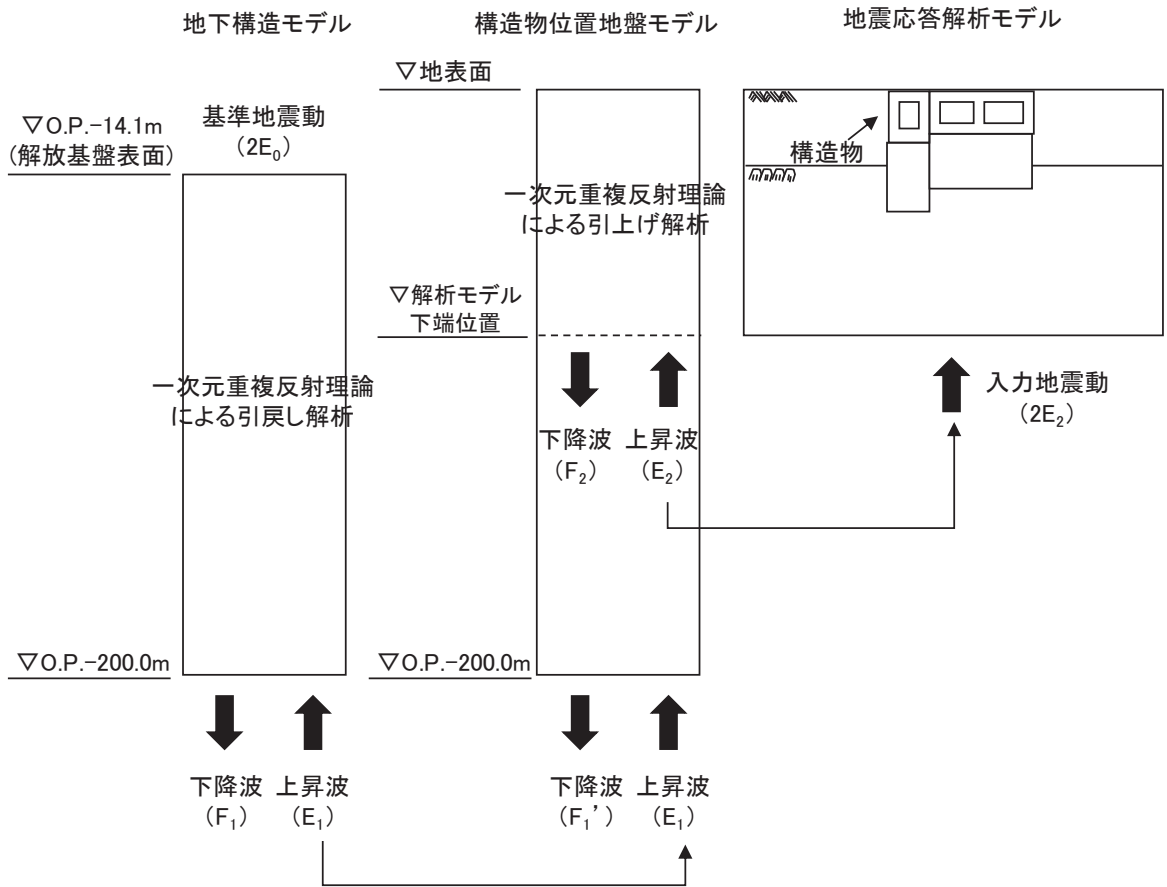
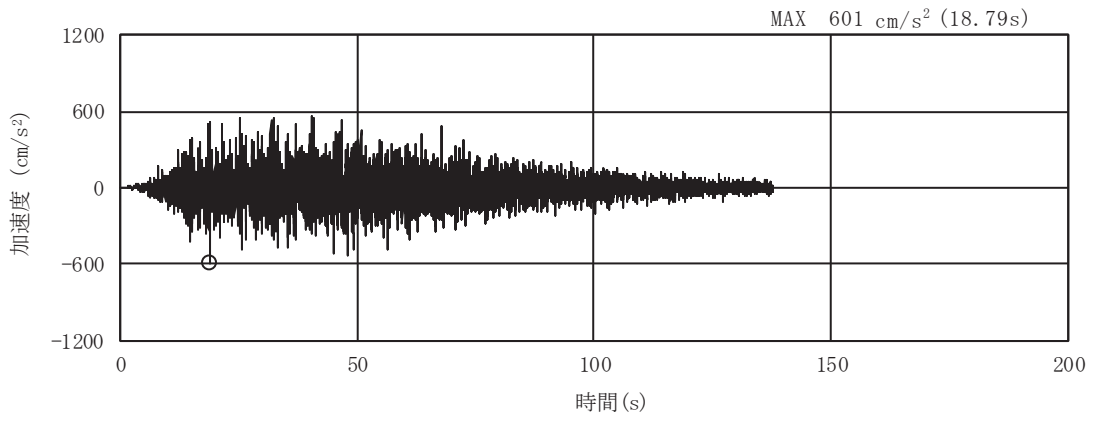
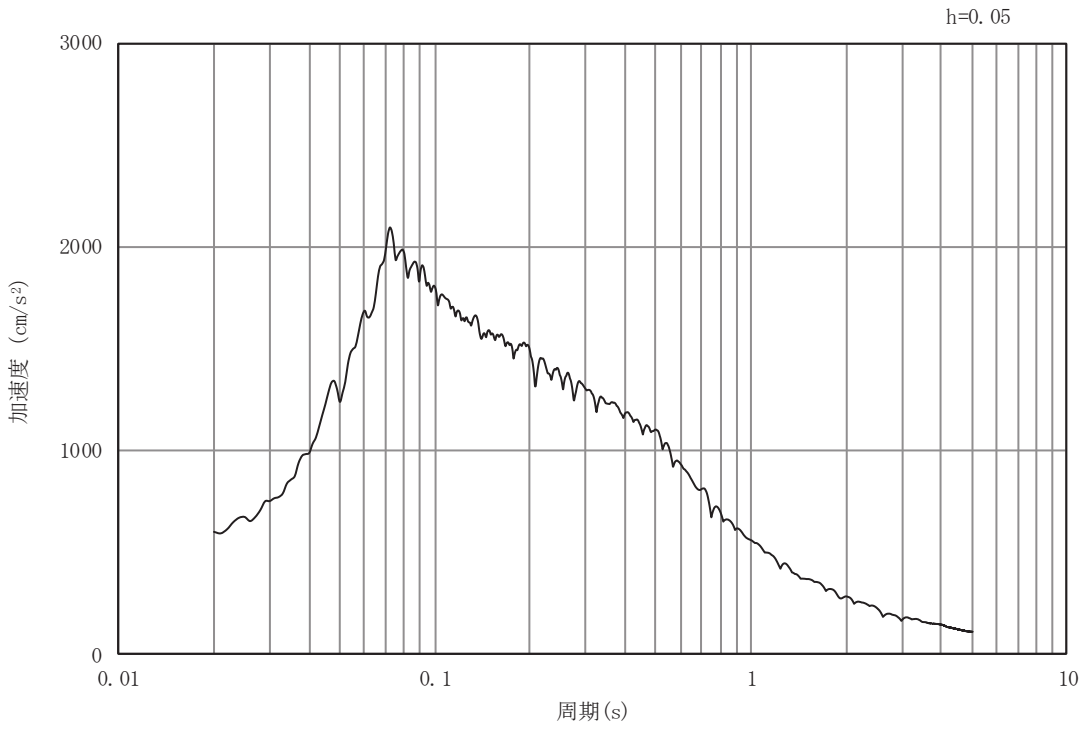


図 3-4 入力地震動算定の概念図

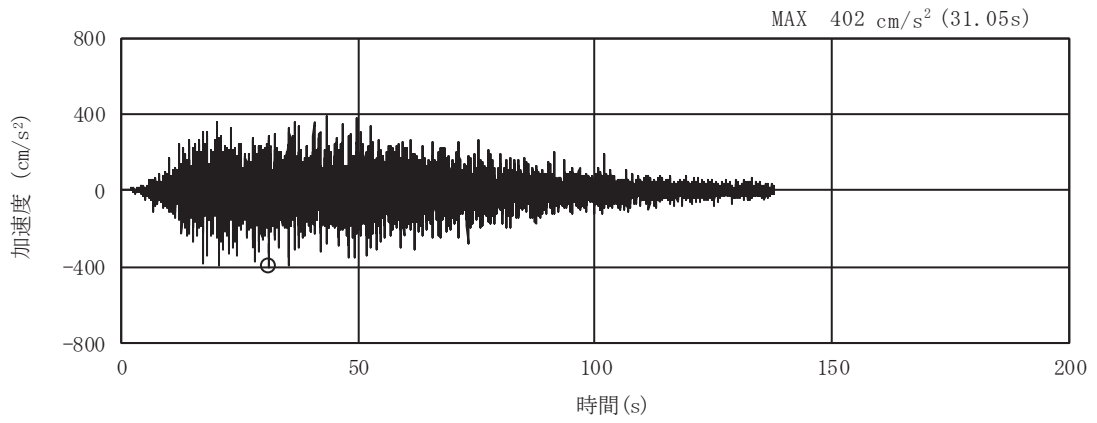


(a) 加速度時刻歴波形

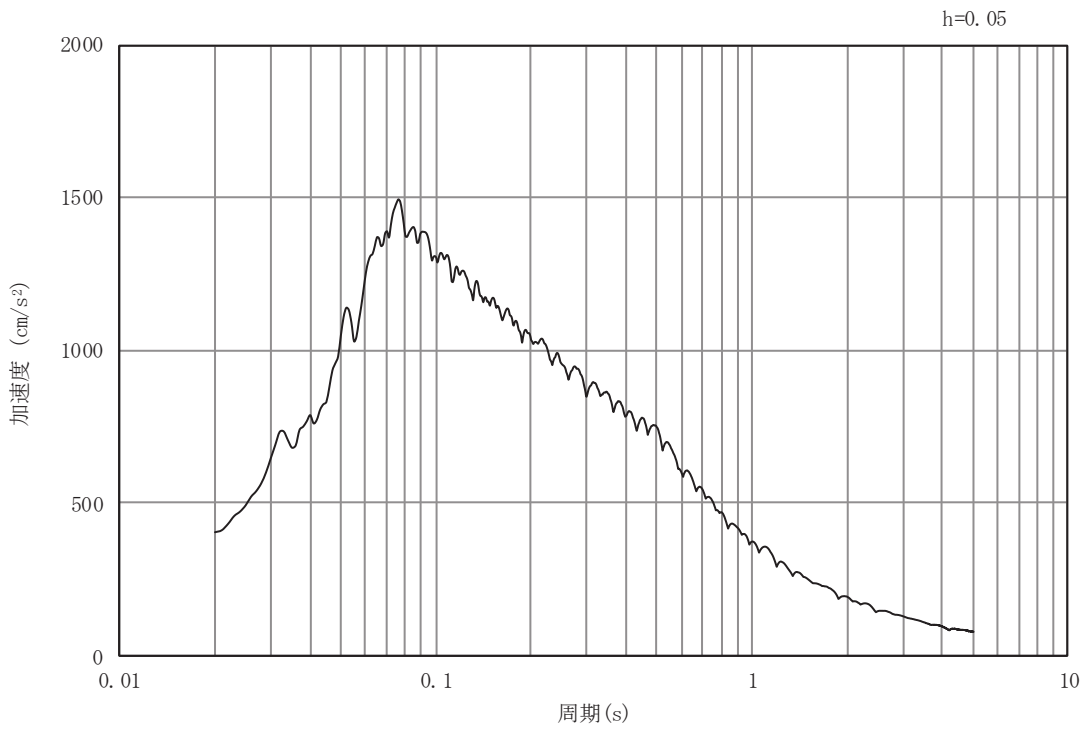


(b) 加速度応答スペクトル

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

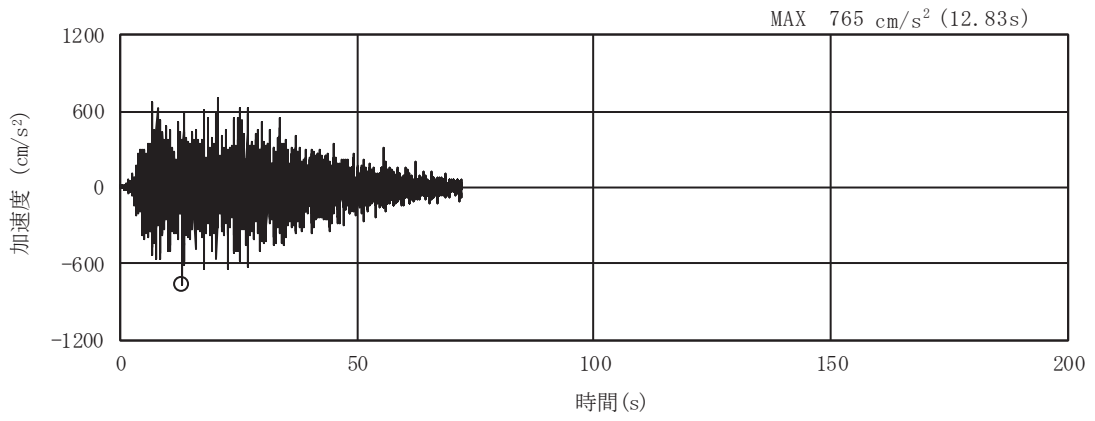


(a) 加速度時刻歴波形

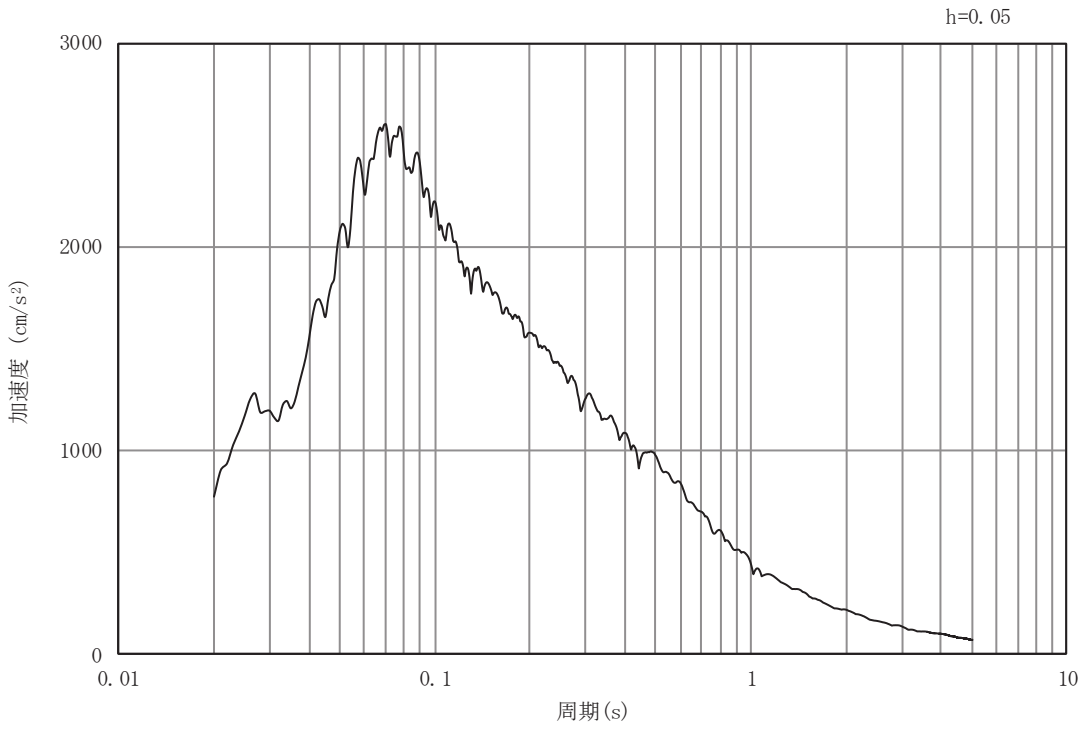


(b) 加速度応答スペクトル

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

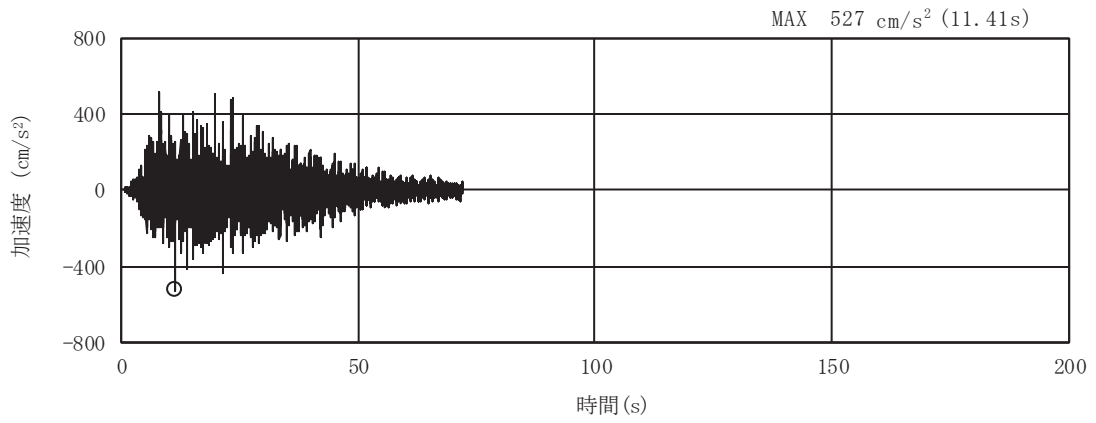


(a) 加速度時刻歴波形

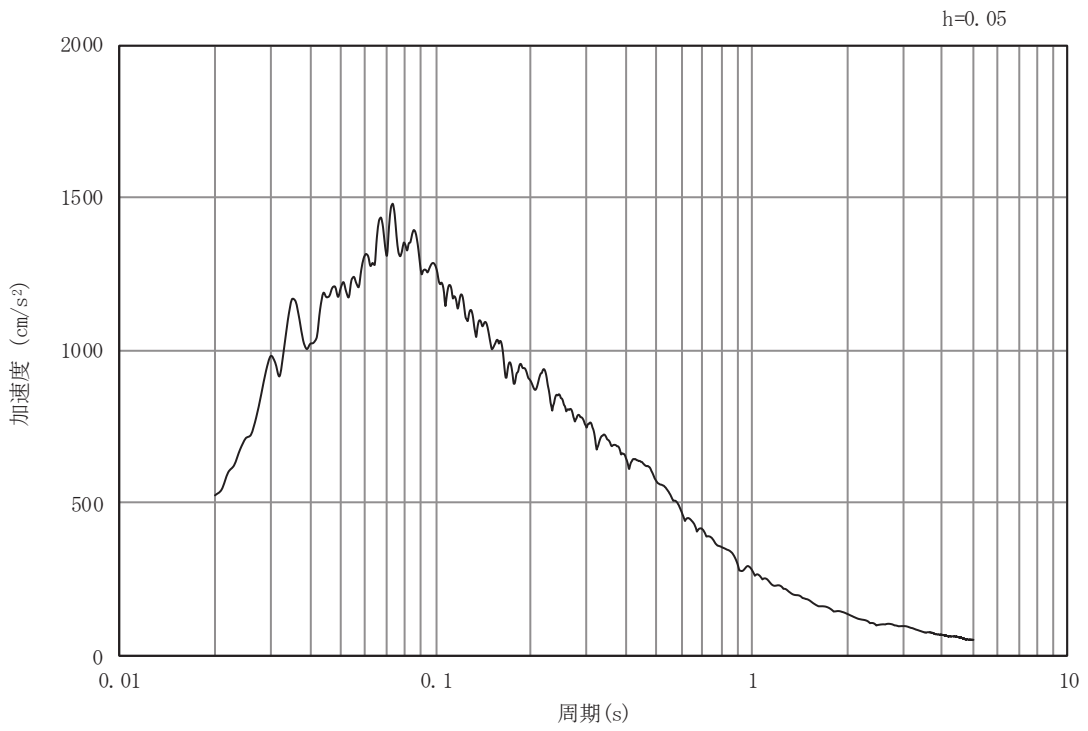


(b) 加速度応答スペクトル

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

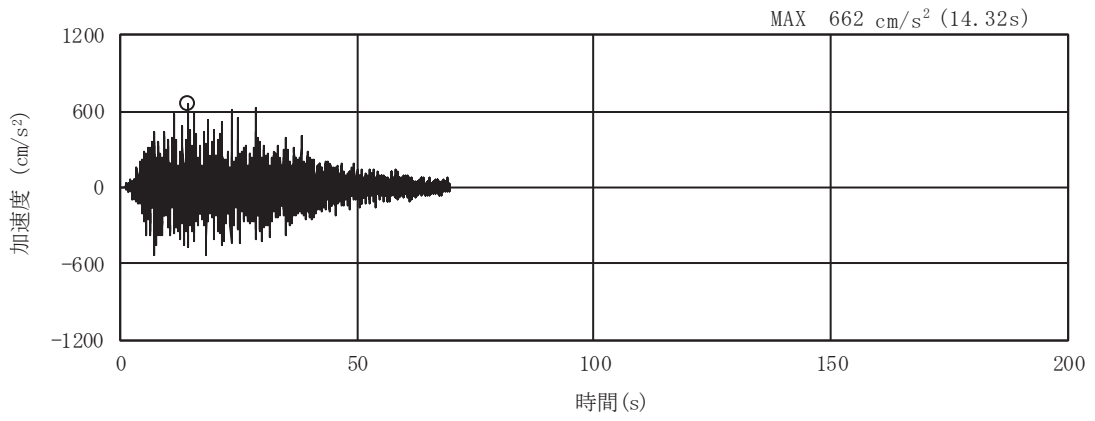


(a) 加速度時刻歴波形

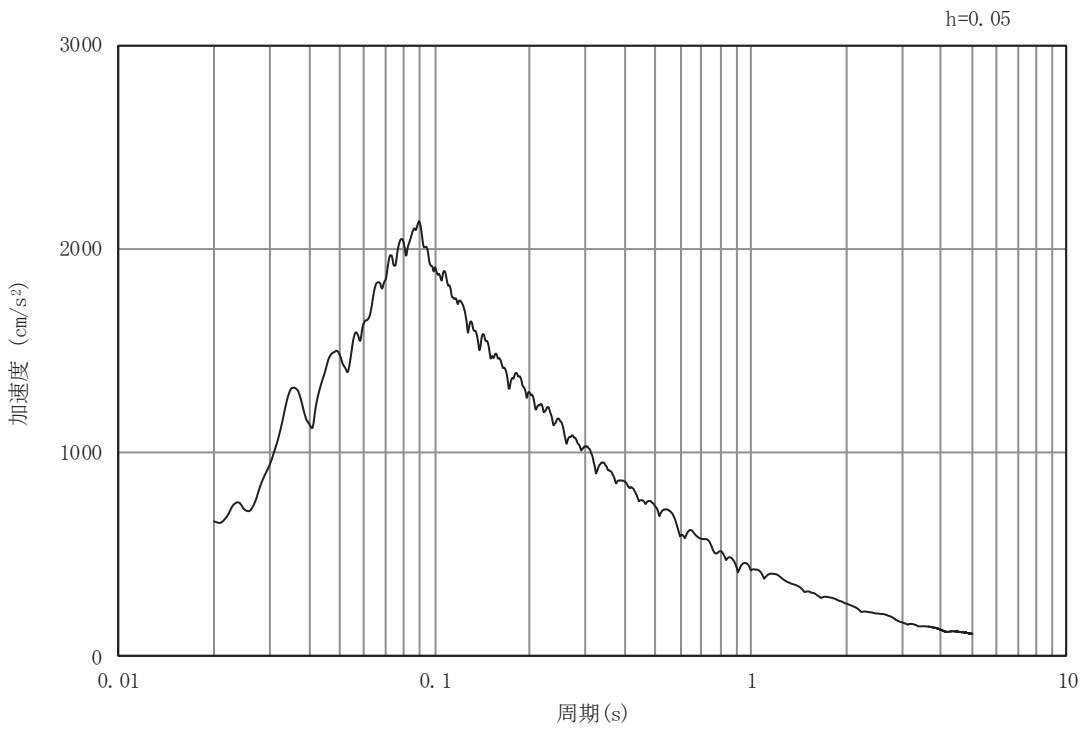


(b) 加速度応答スペクトル

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

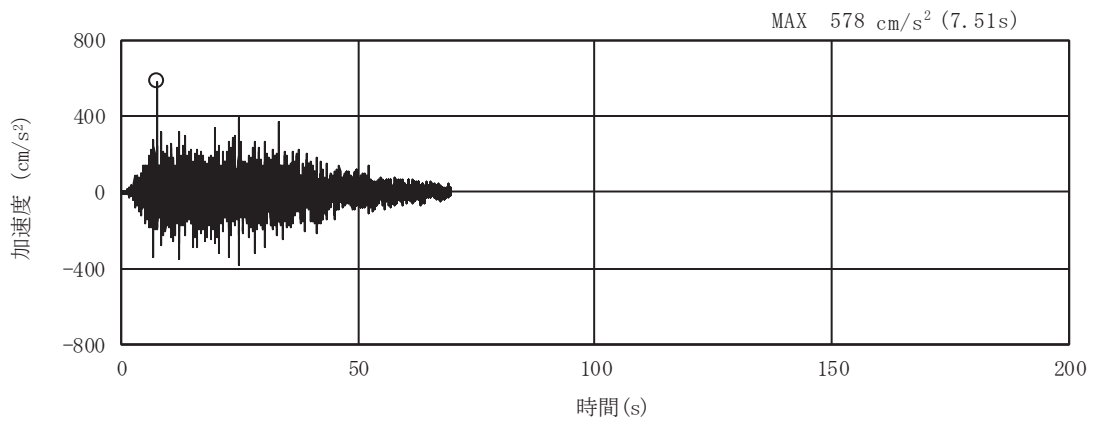


(a) 加速度時刻歴波形

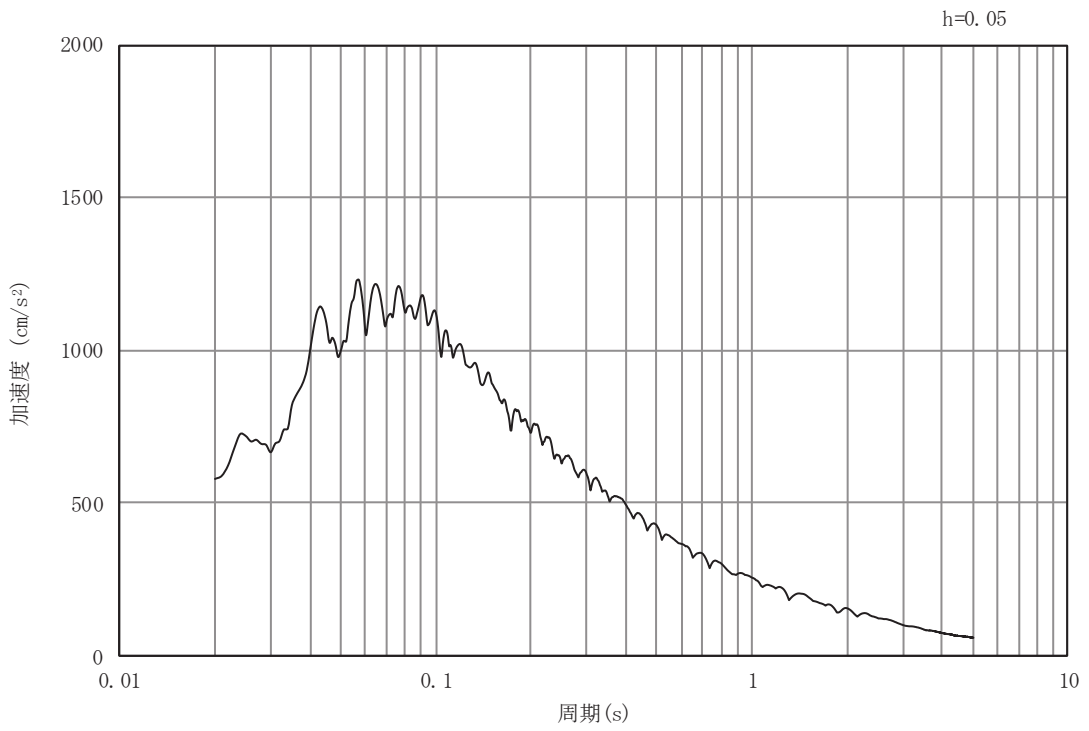


(b) 加速度応答スペクトル

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

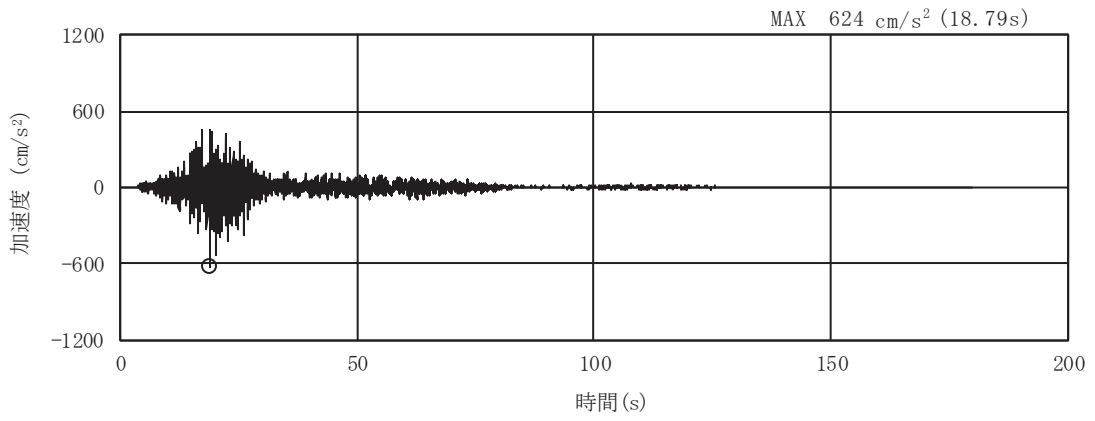


(a) 加速度時刻歴波形

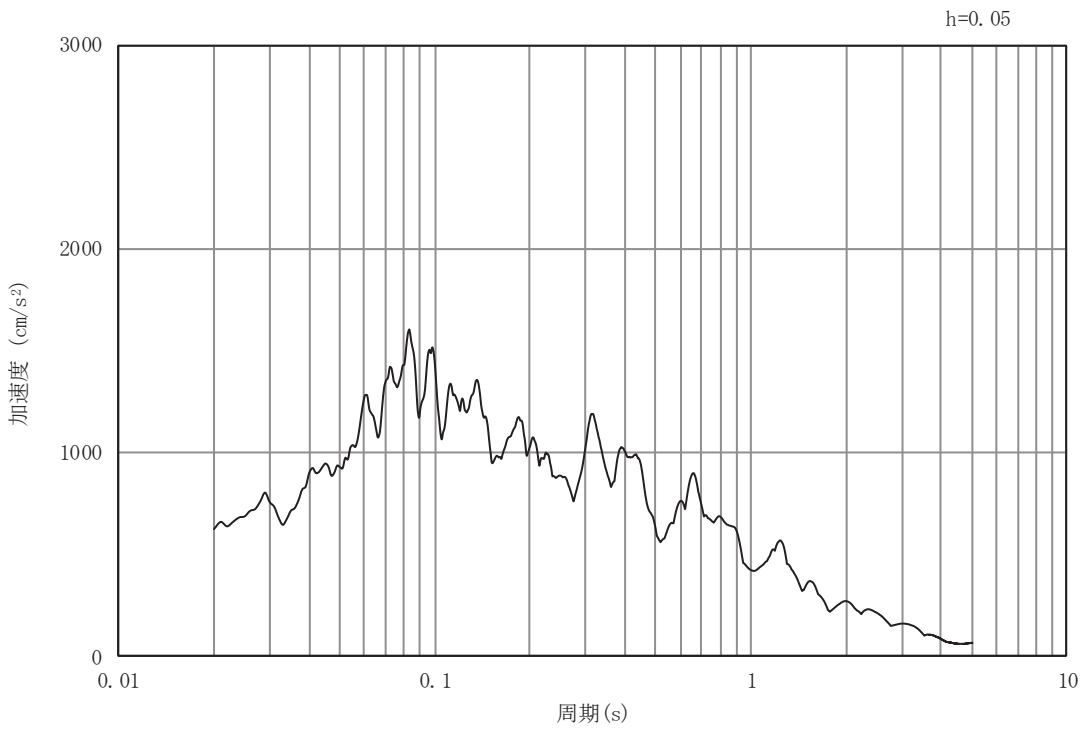


(b) 加速度応答スペクトル

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

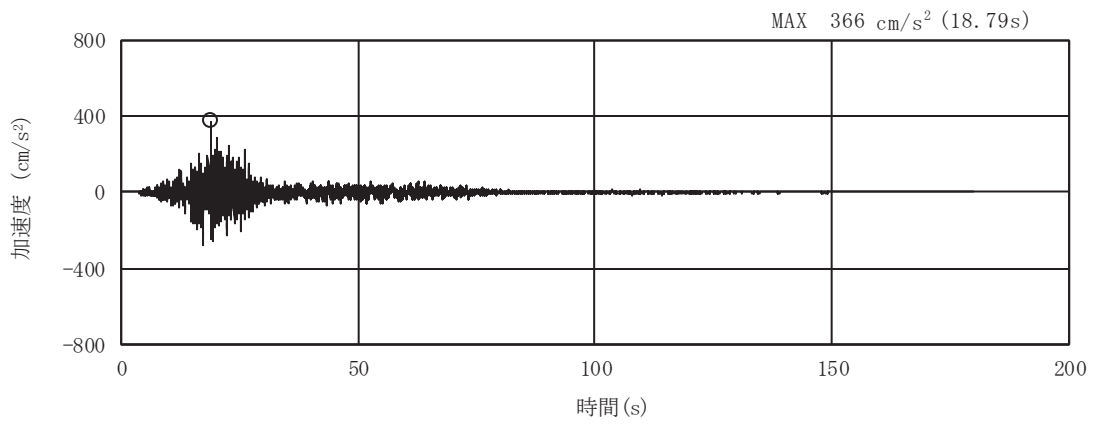


(a) 加速度時刻歴波形

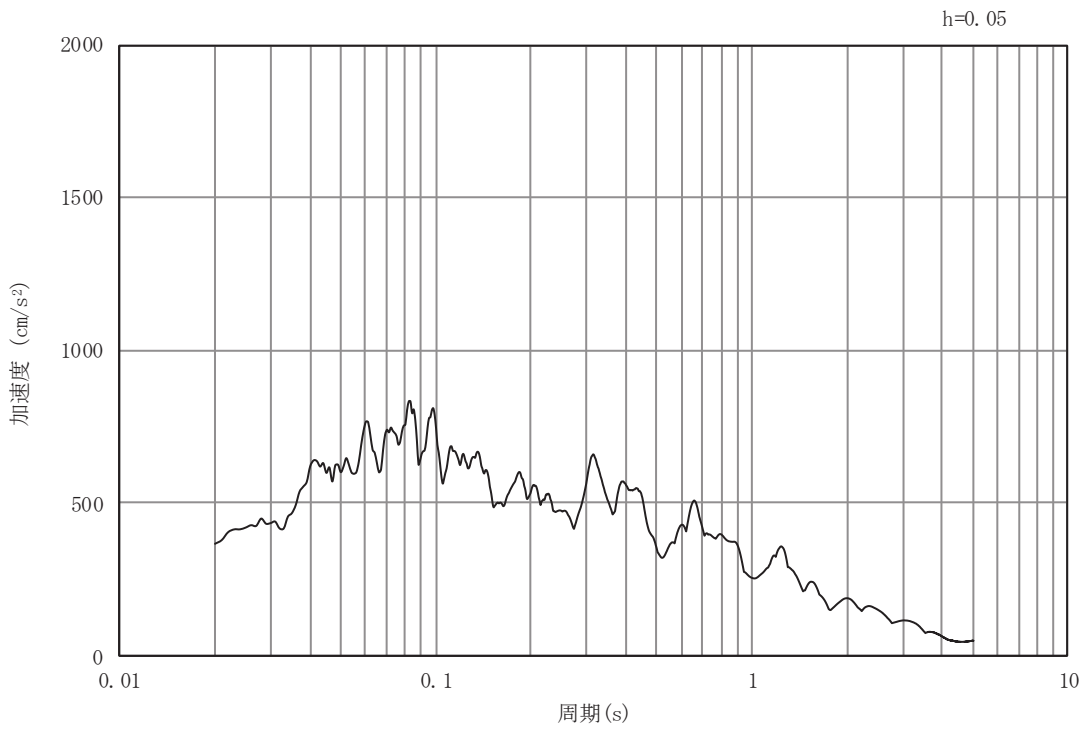


(b) 加速度応答スペクトル

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

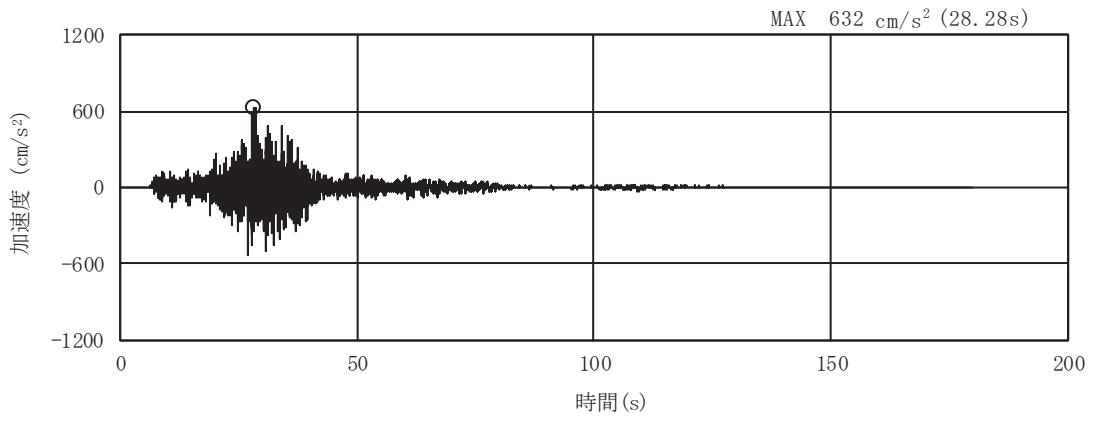


(a) 加速度時刻歴波形

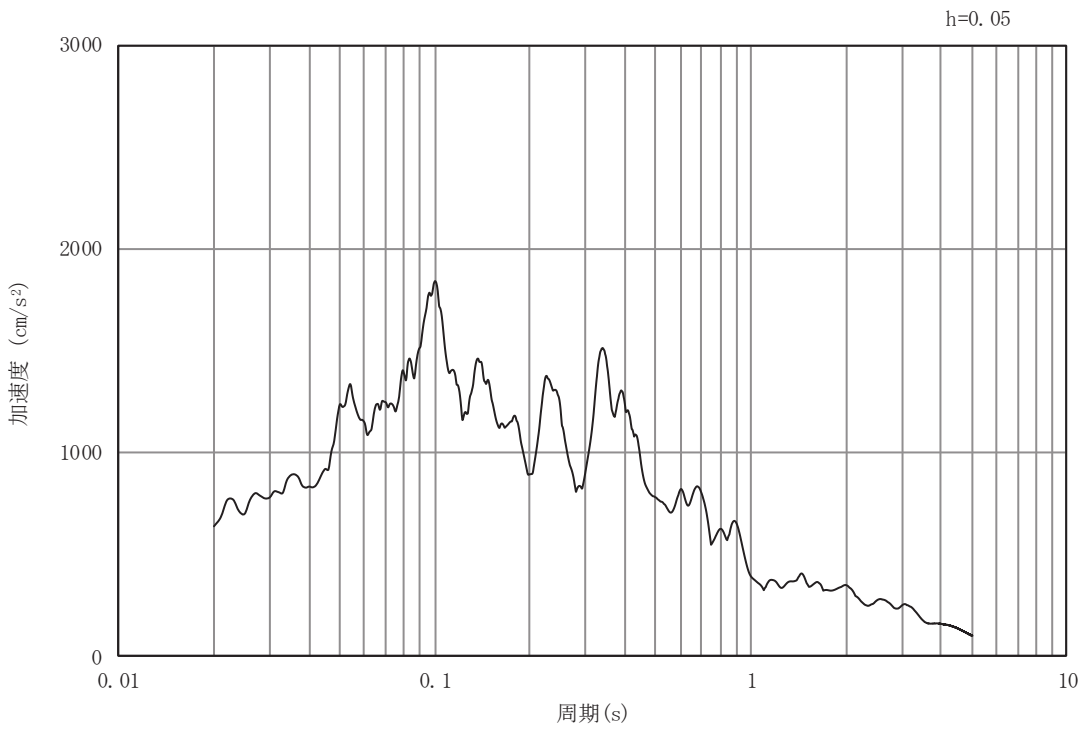


(b) 加速度応答スペクトル

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

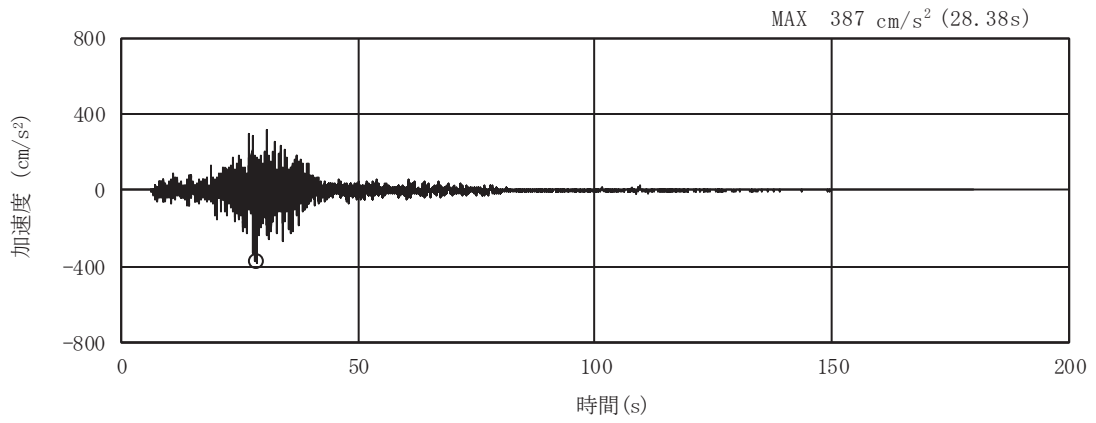


(a) 加速度時刻歴波形

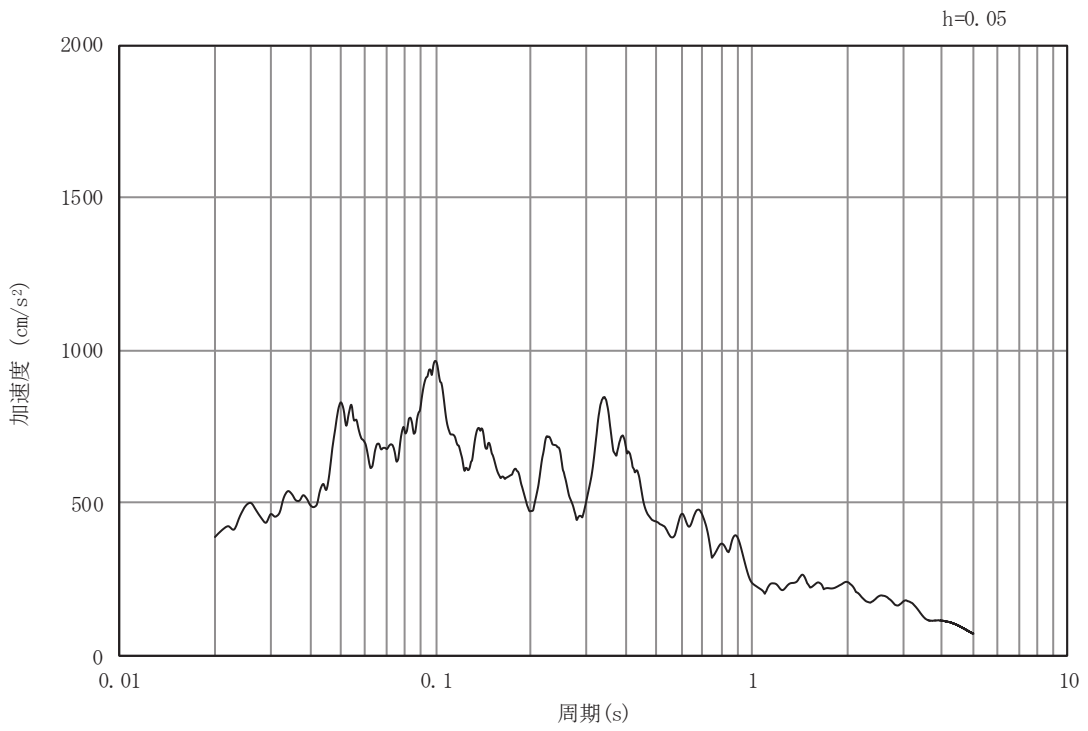


(b) 加速度応答スペクトル

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

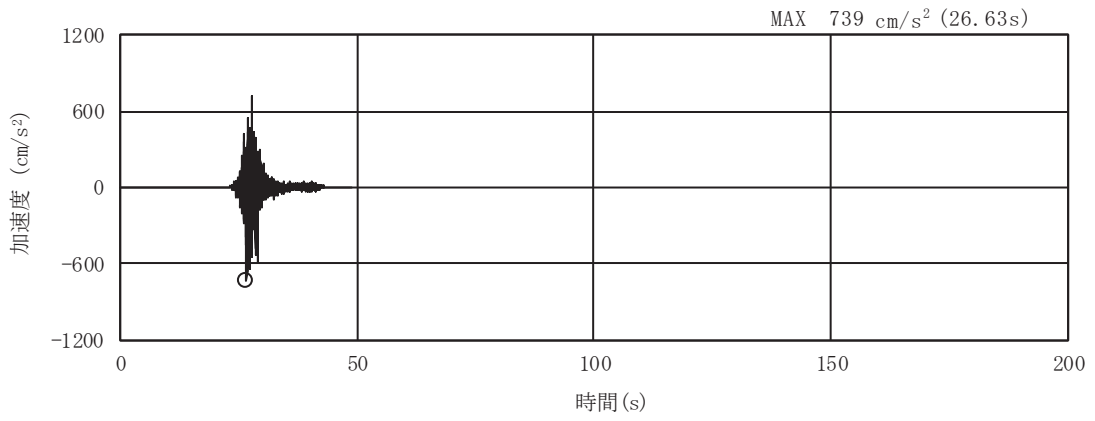


(a) 加速度時刻歴波形

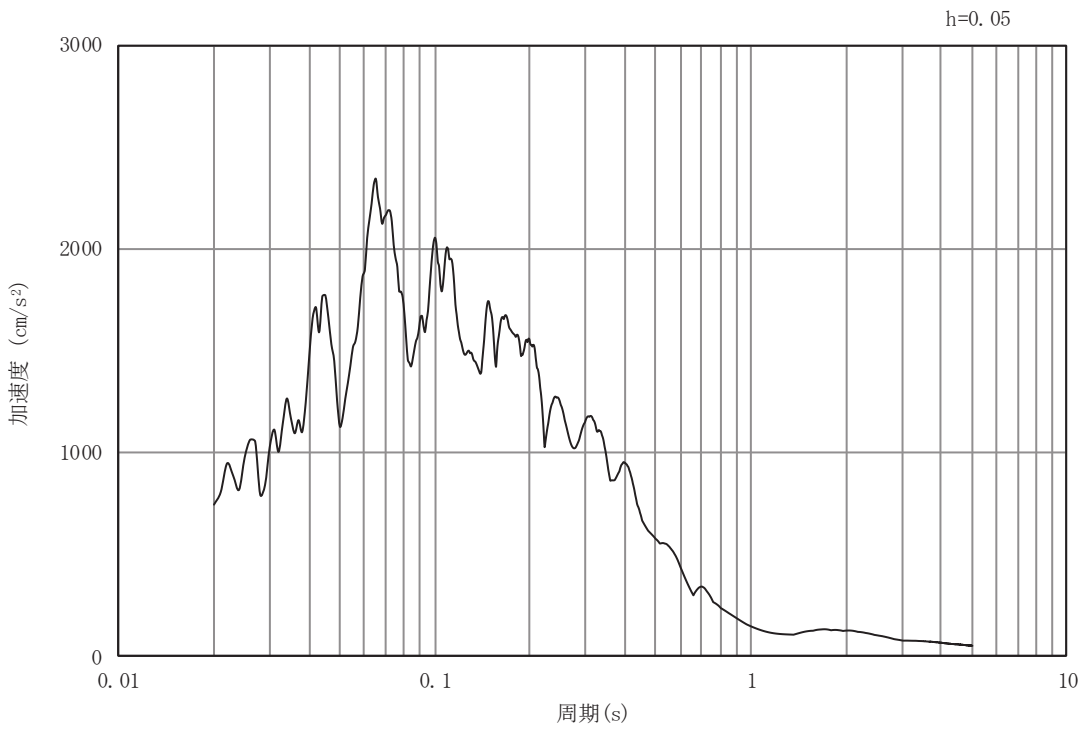


(b) 加速度応答スペクトル

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

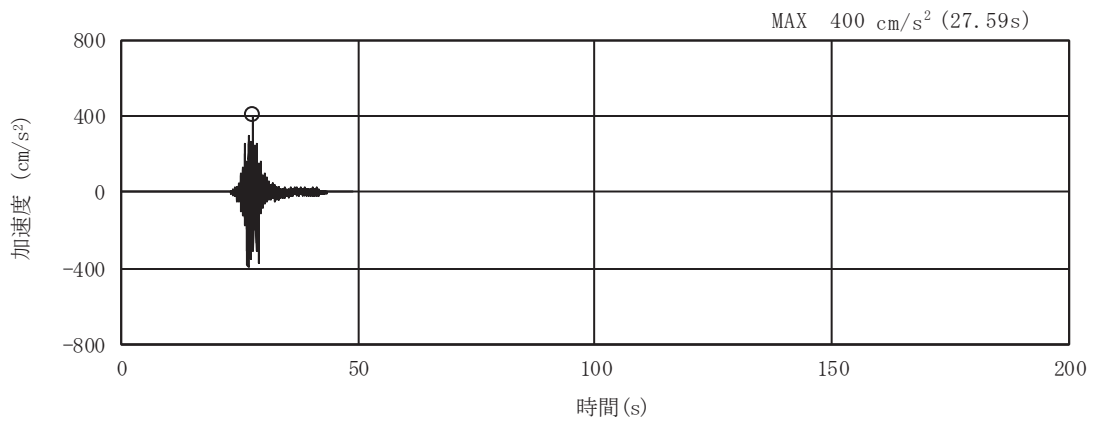


(a) 加速度時刻歴波形

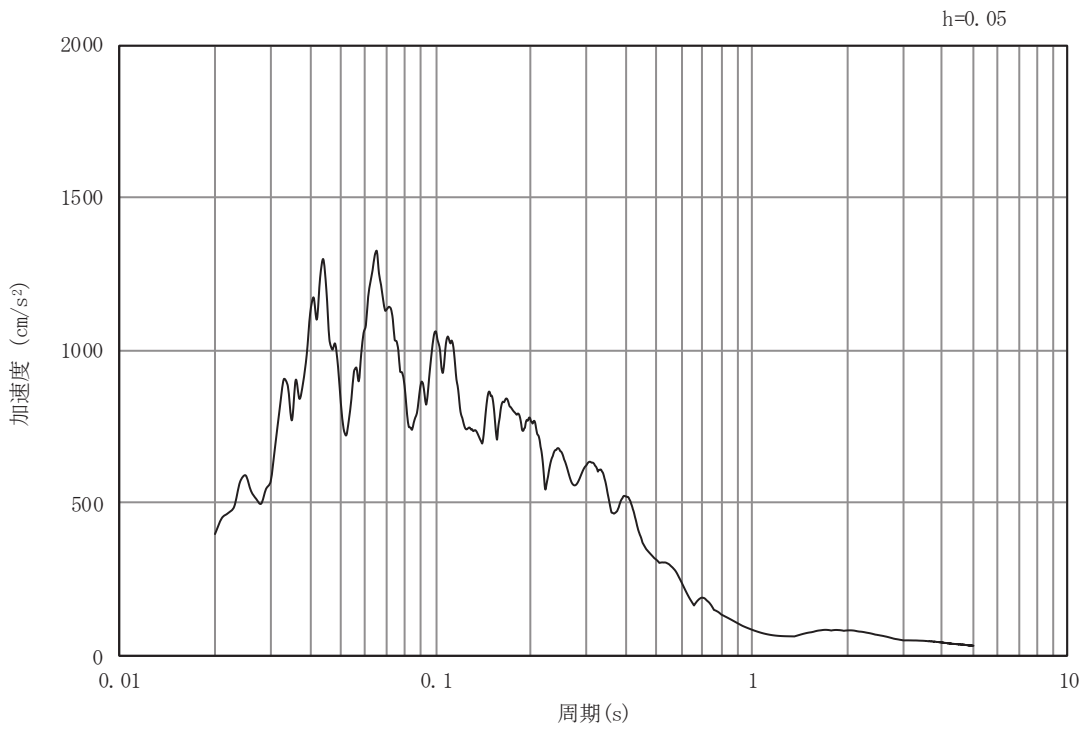


(b) 加速度応答スペクトル

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

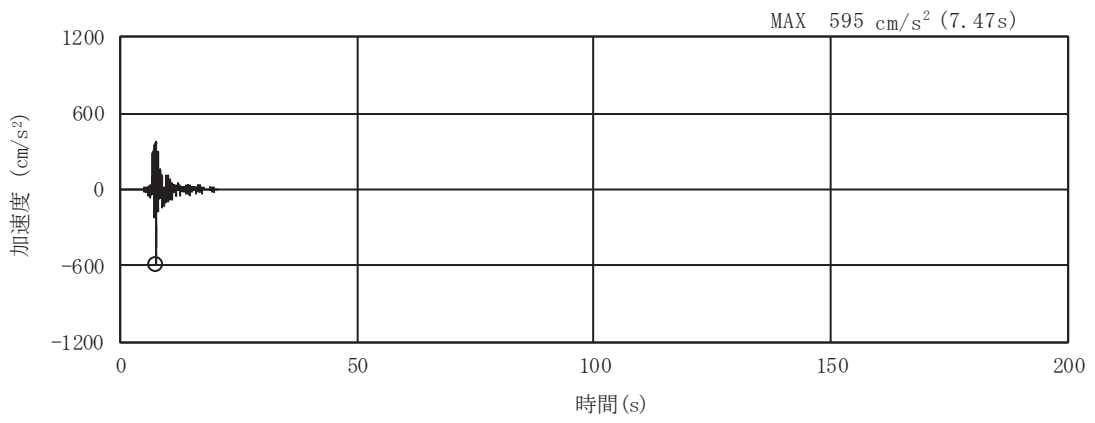


(a) 加速度時刻歴波形

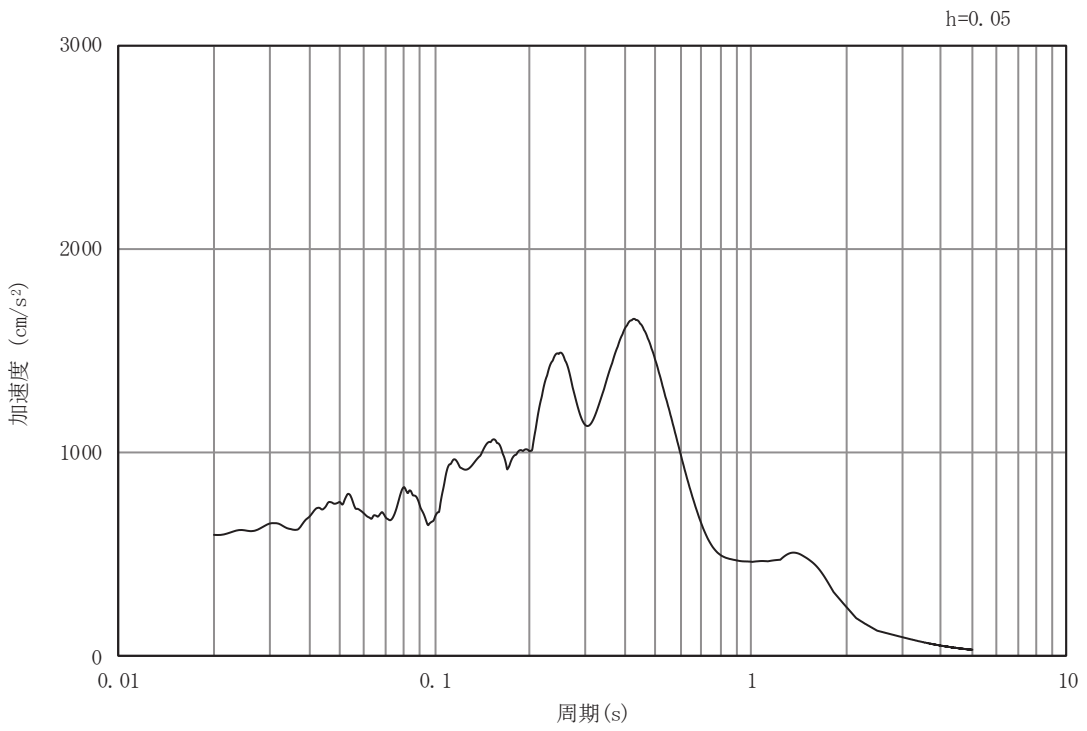


(b) 加速度応答スペクトル

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

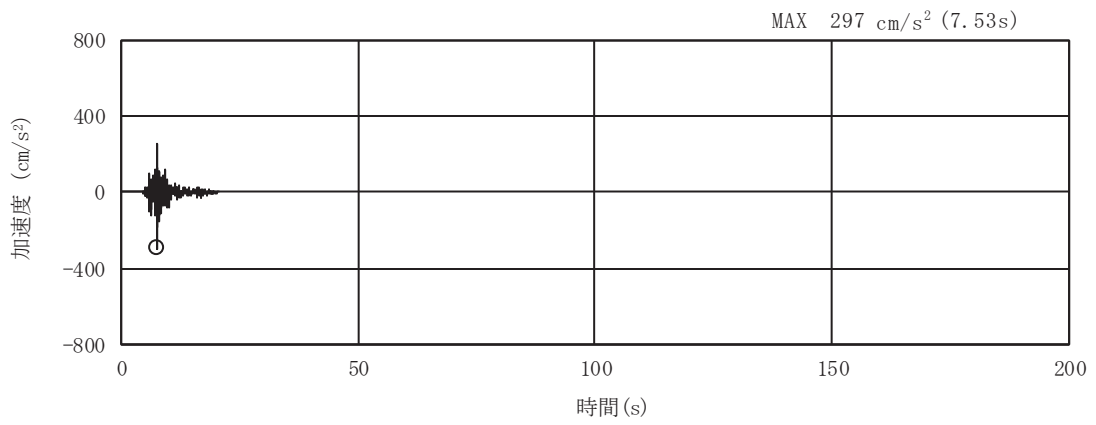


(a) 加速度時刻歴波形

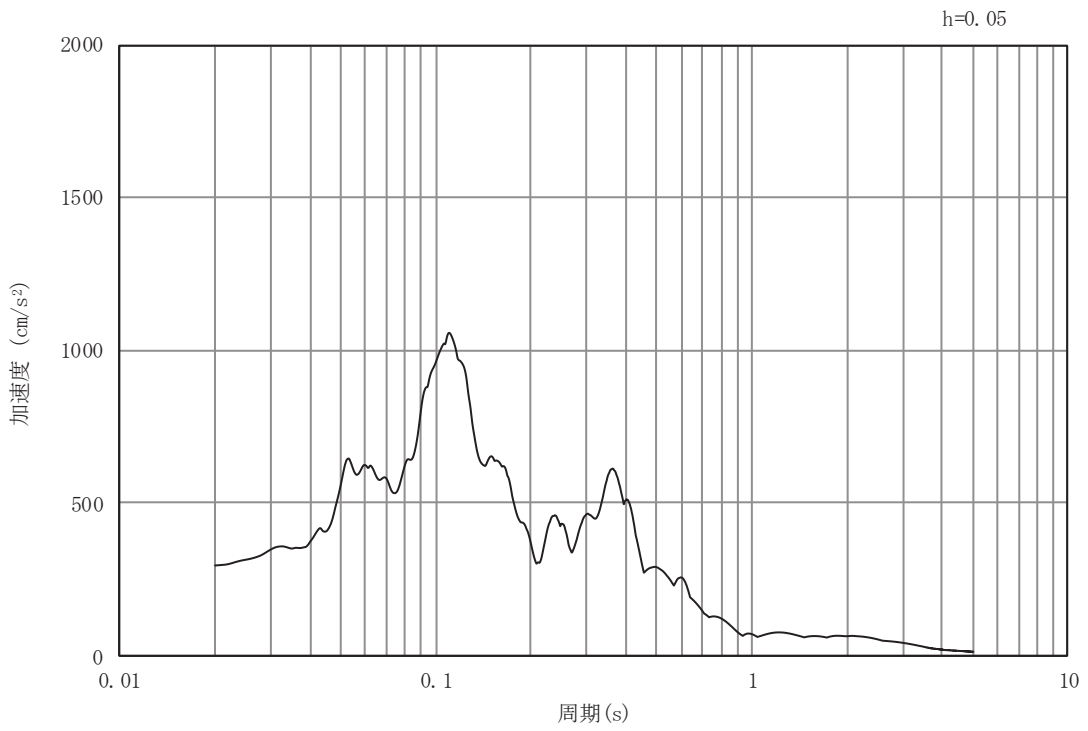


(b) 加速度応答スペクトル

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

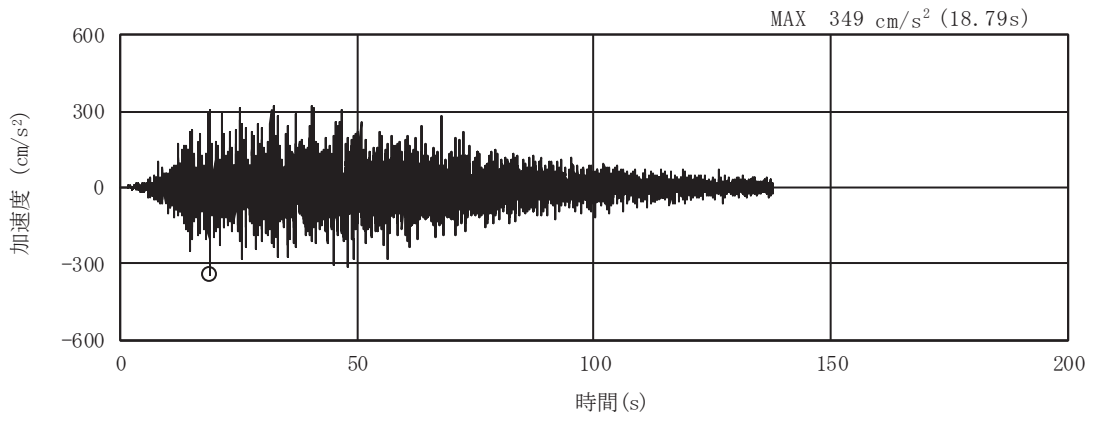


(a) 加速度時刻歴波形

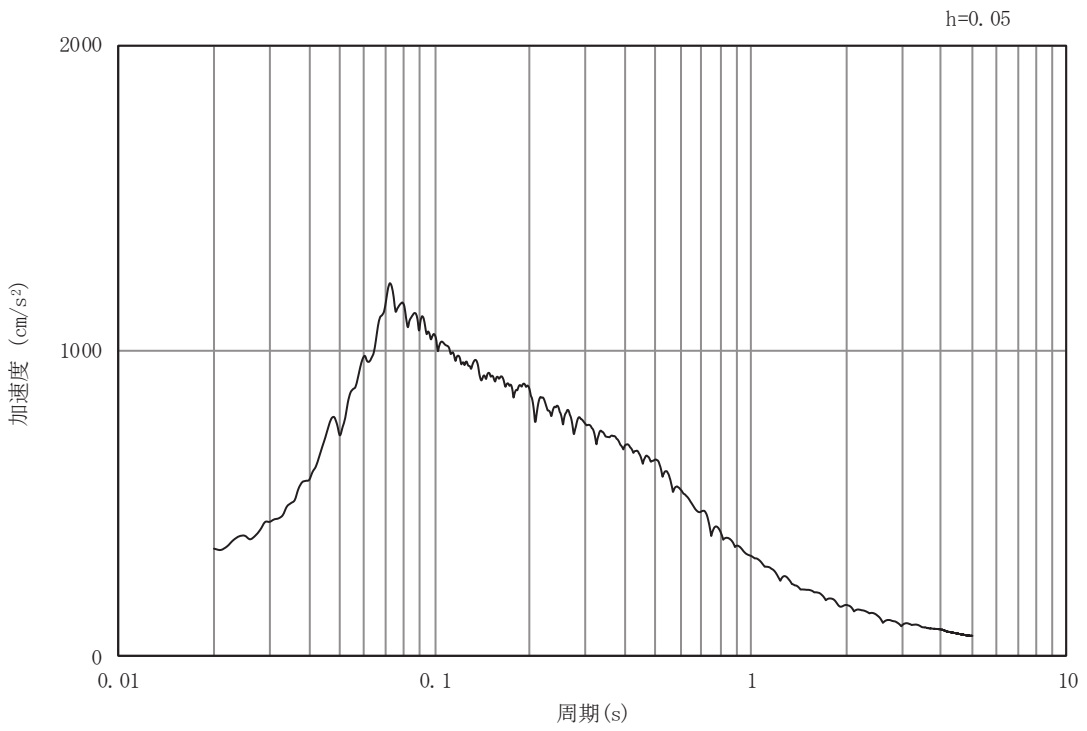


(b) 加速度応答スペクトル

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

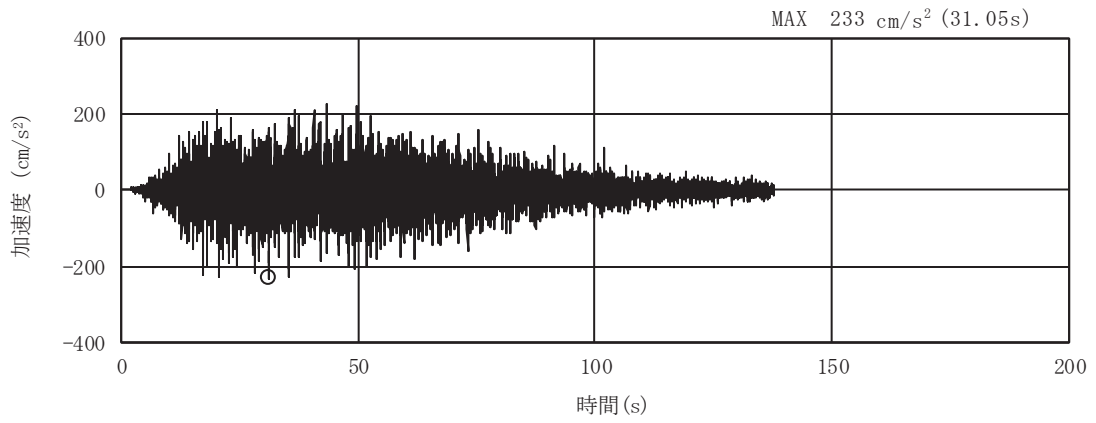


(a) 加速度時刻歴波形

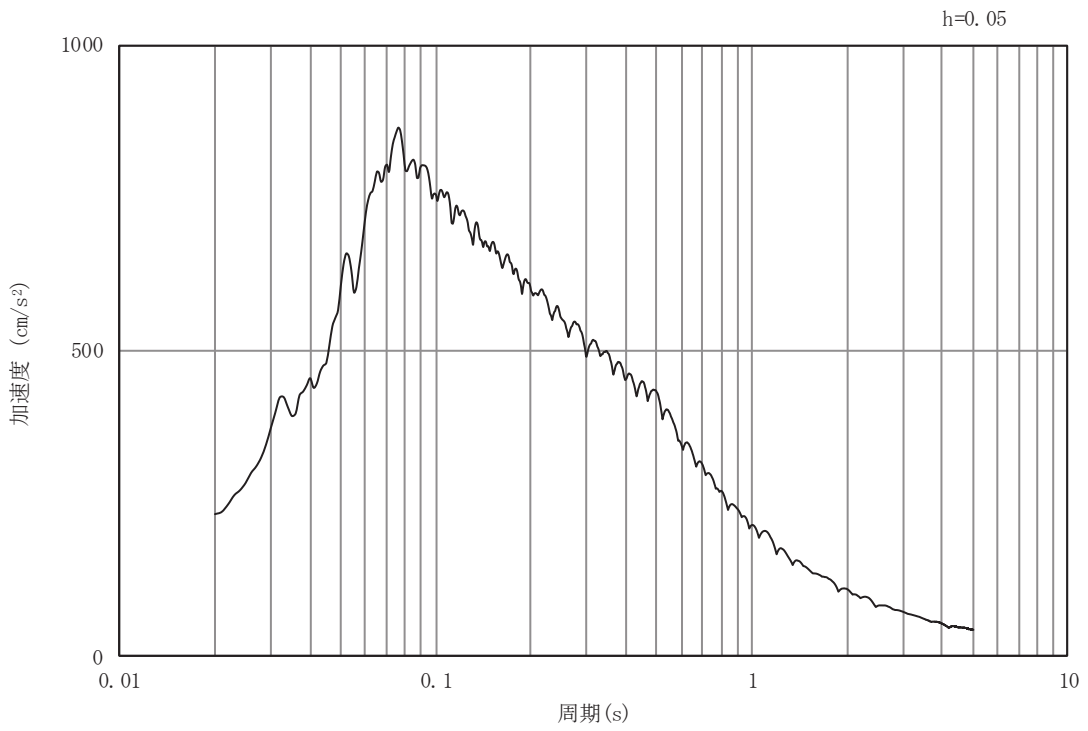


(b) 加速度応答スペクトル

図3-19 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S d - D 1)

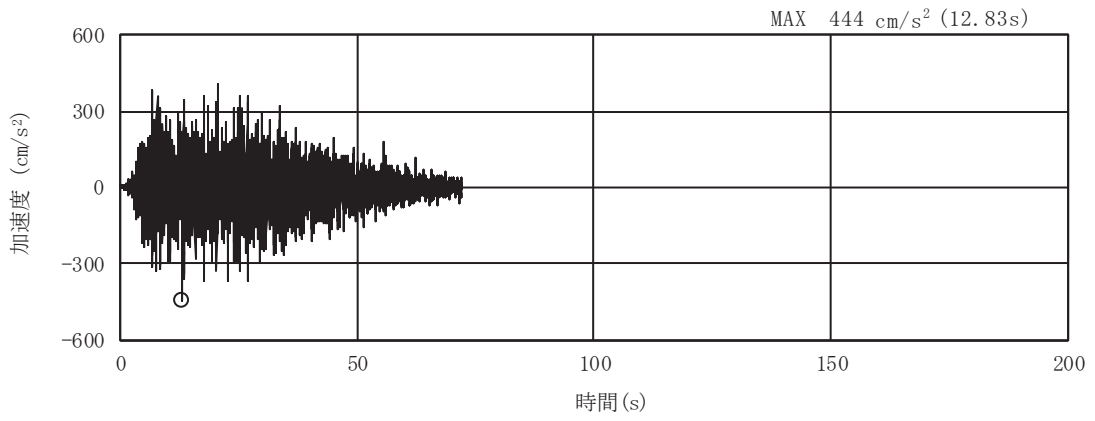


(a) 加速度時刻歴波形

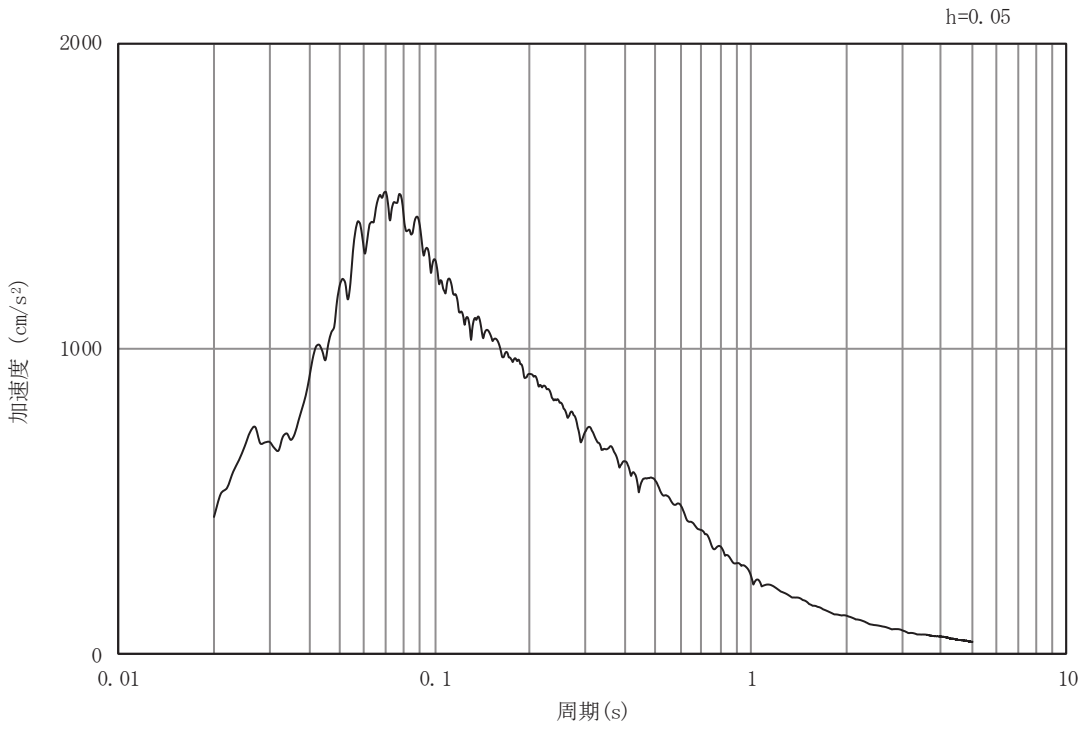


(b) 加速度応答スペクトル

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

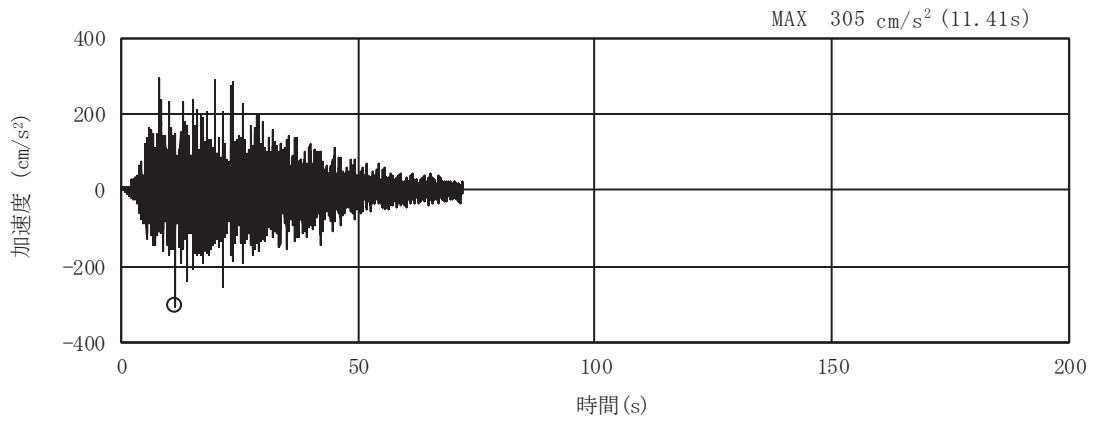


(a) 加速度時刻歴波形

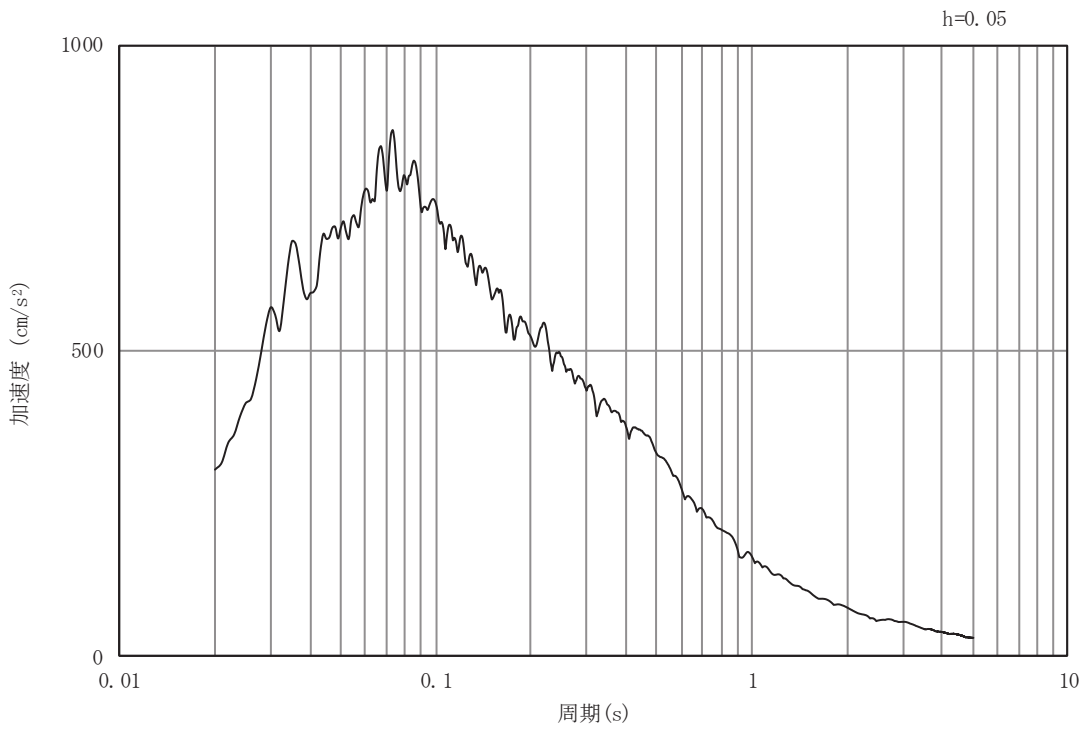


(b) 加速度応答スペクトル

図3-21 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S d - D 2)

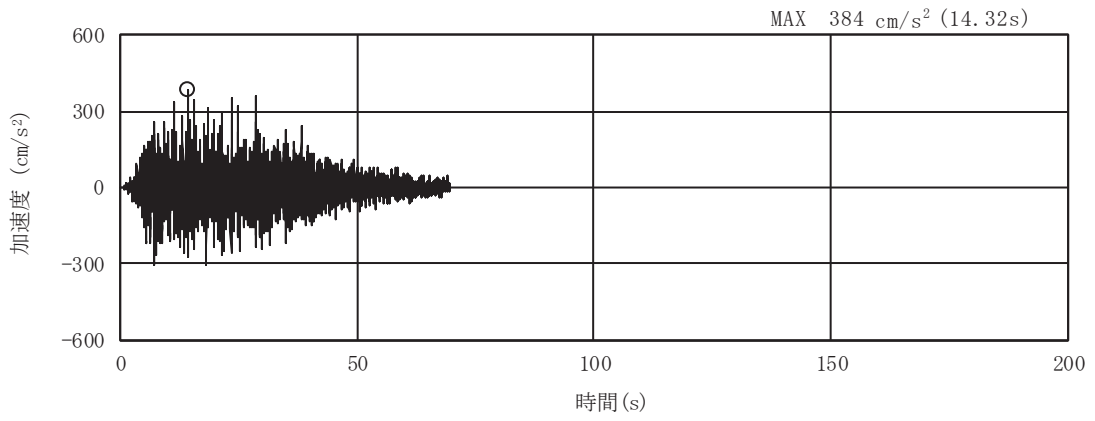


(a) 加速度時刻歴波形

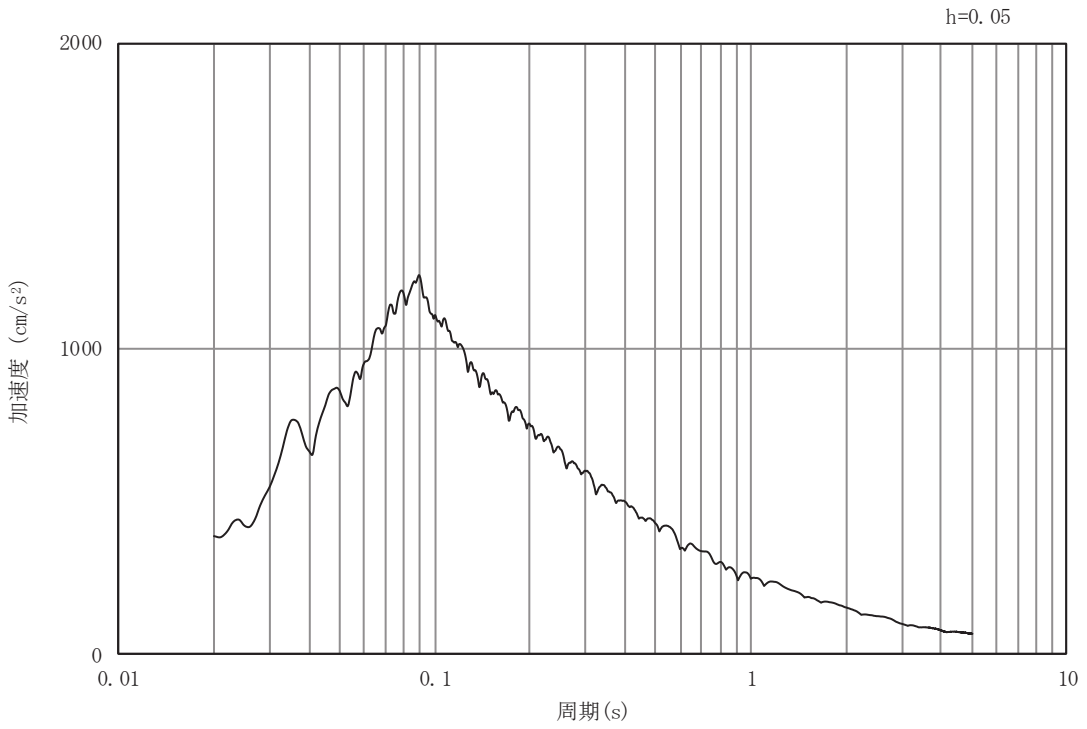


(b) 加速度応答スペクトル

図3-22 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S d - D 2)

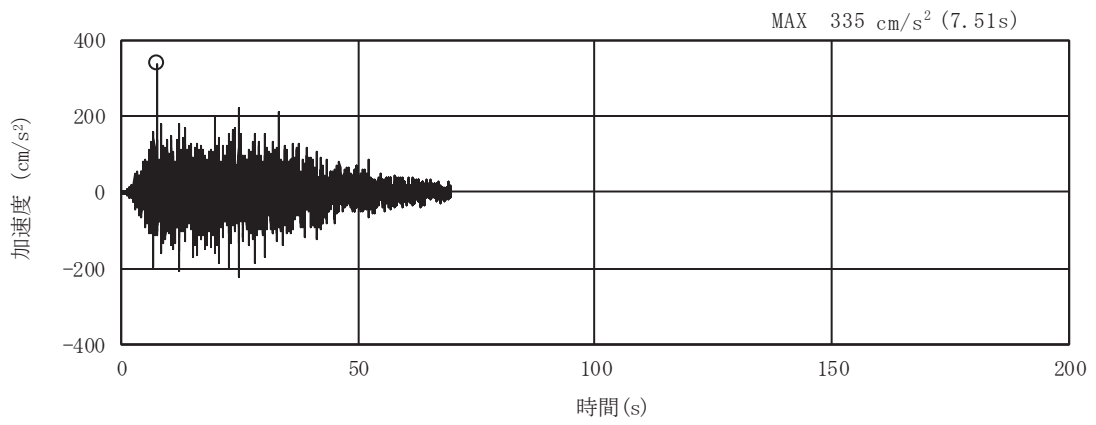


(a) 加速度時刻歴波形

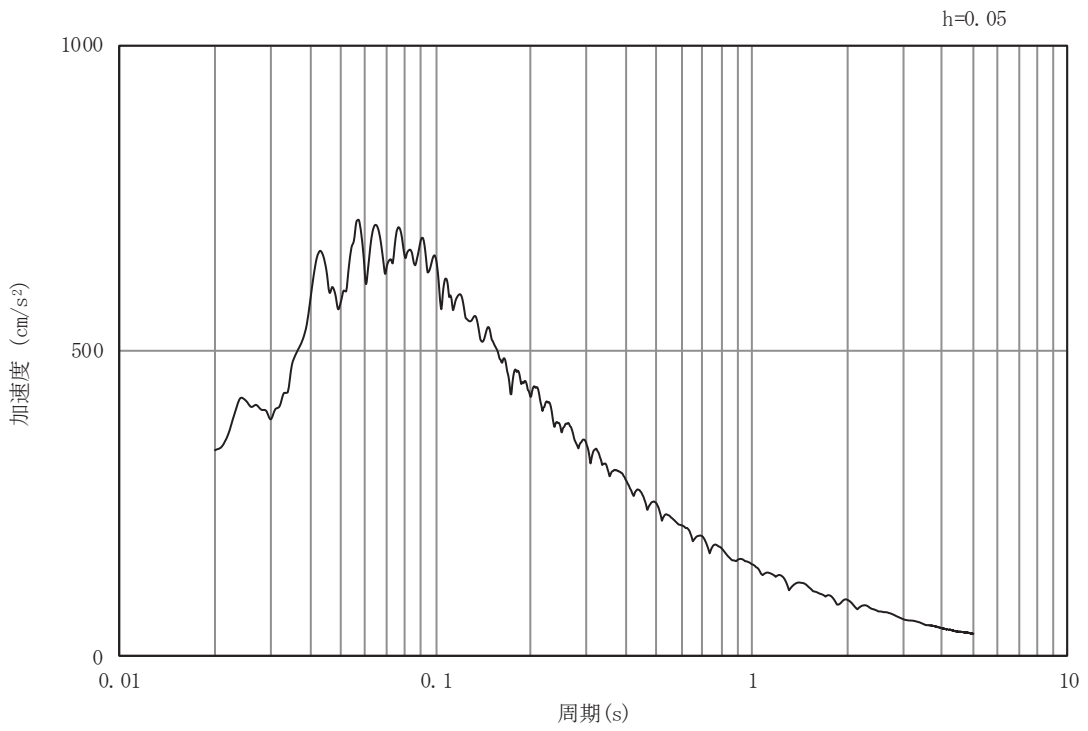


(b) 加速度応答スペクトル

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

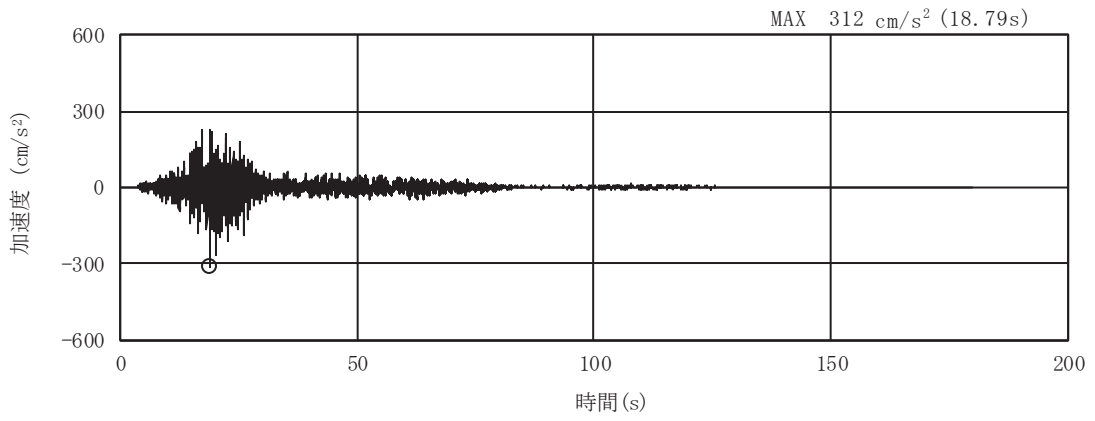


(a) 加速度時刻歴波形

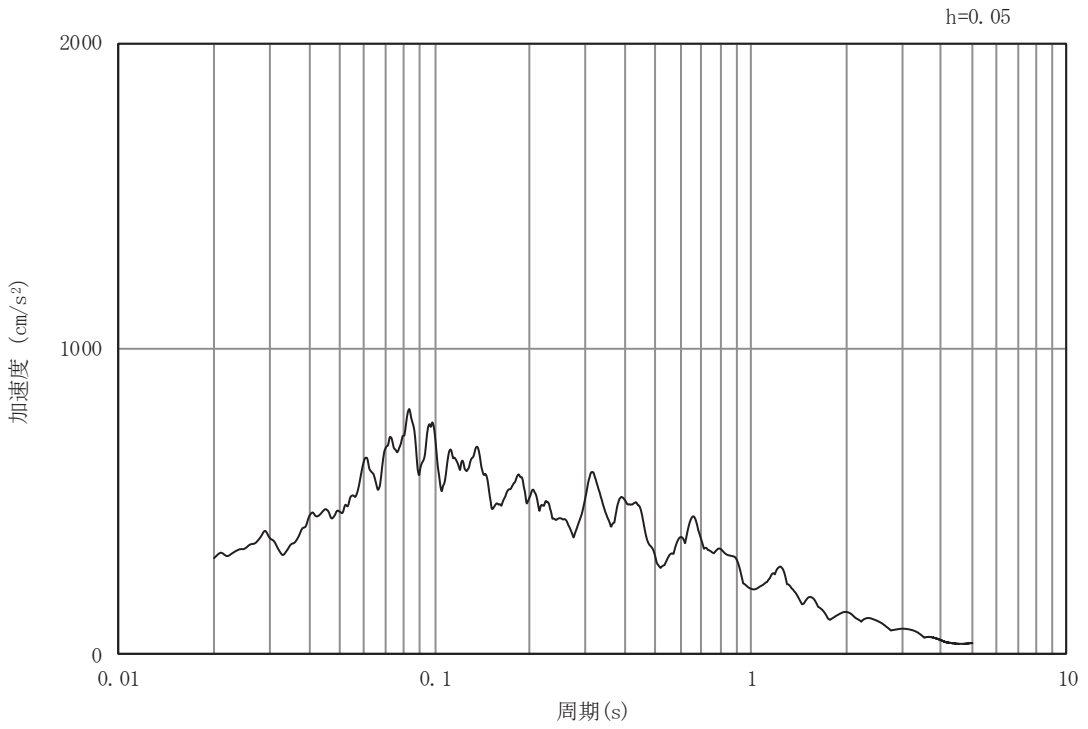


(b) 加速度応答スペクトル

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

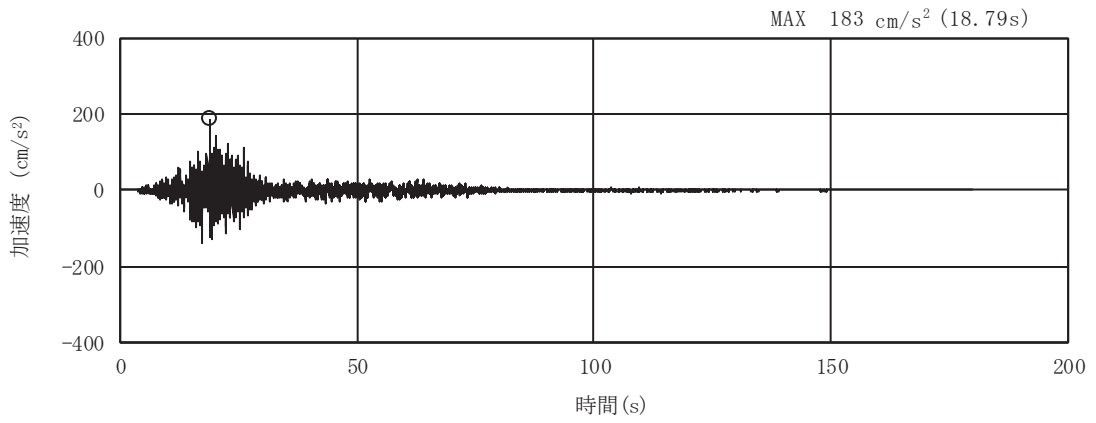


(a) 加速度時刻歴波形

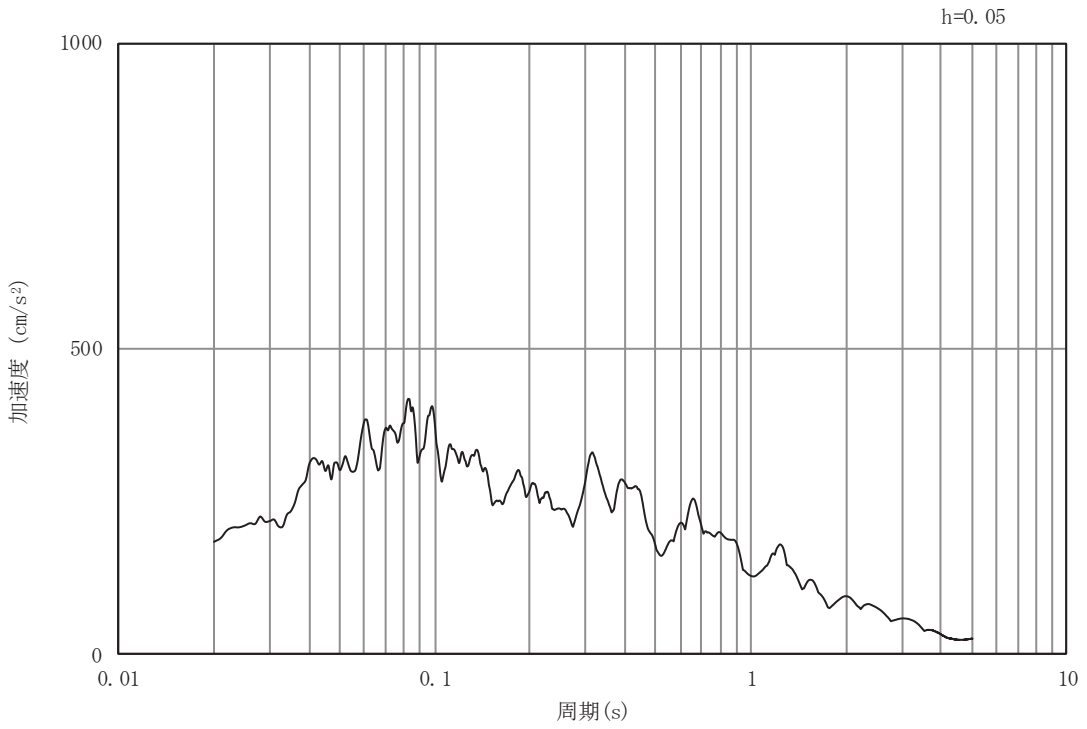


(b) 加速度応答スペクトル

図3-25 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S d - F 1)

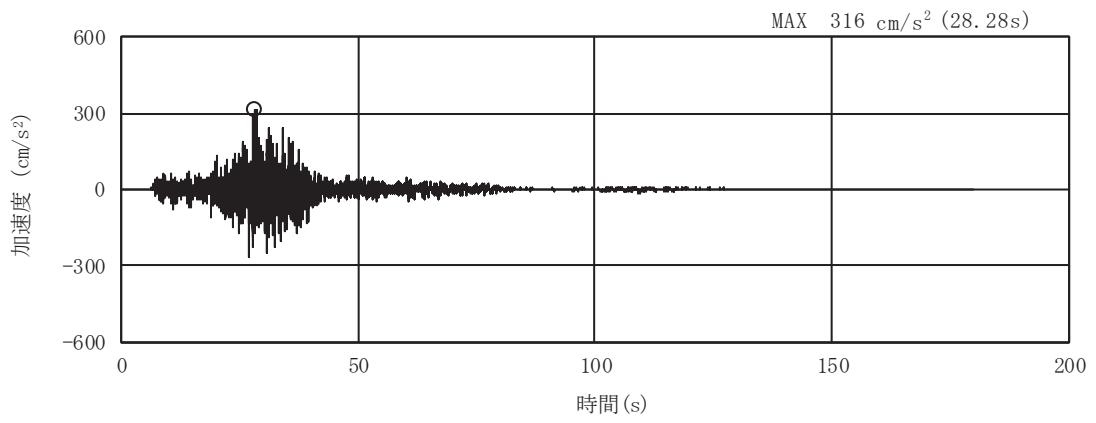


(a) 加速度時刻歴波形

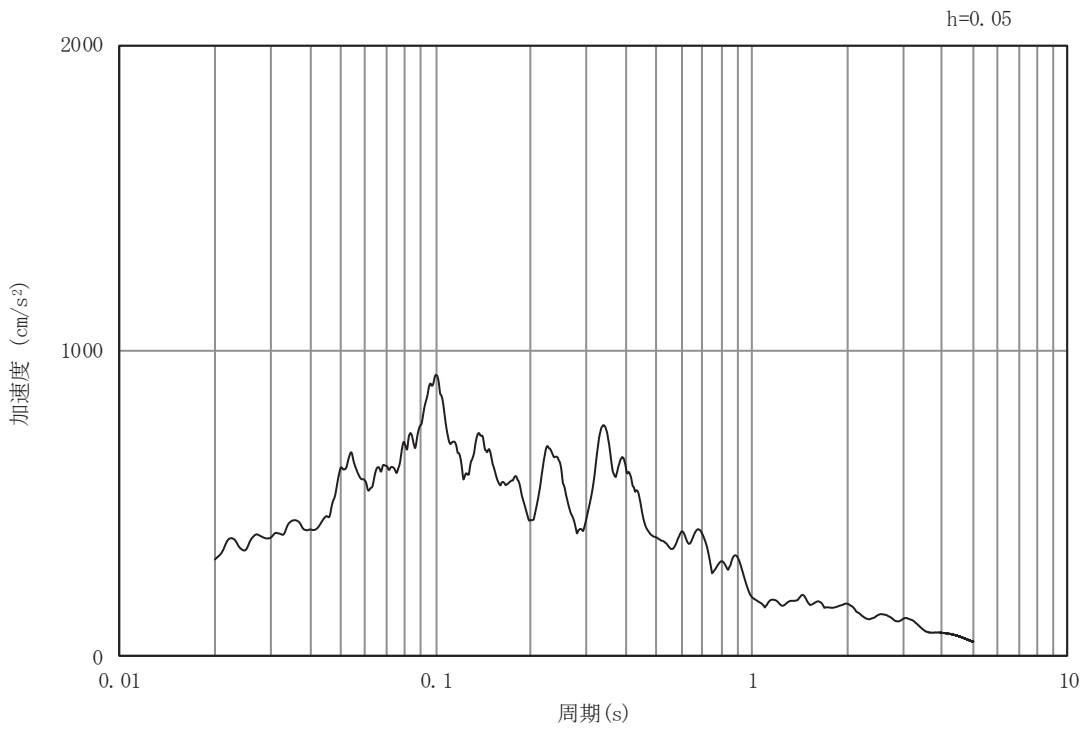


(b) 加速度応答スペクトル

図3-26 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S d - F 1)

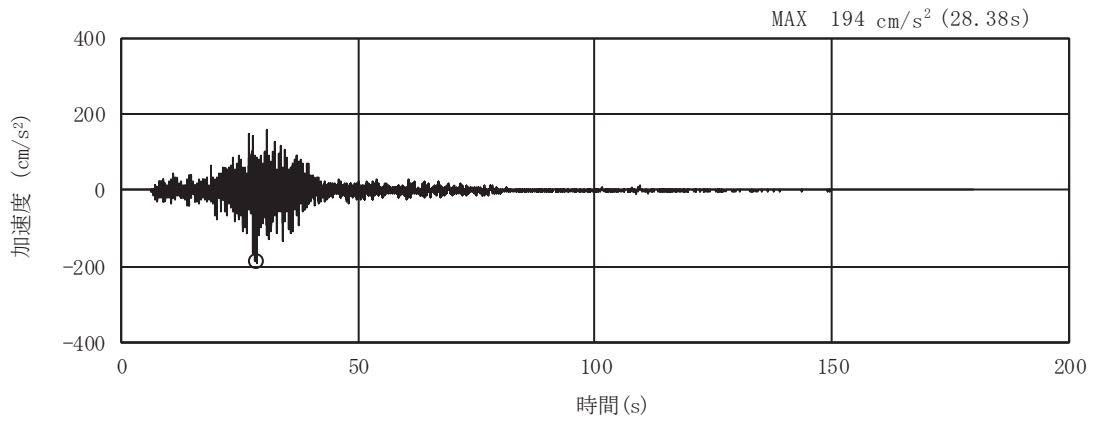


(a) 加速度時刻歴波形

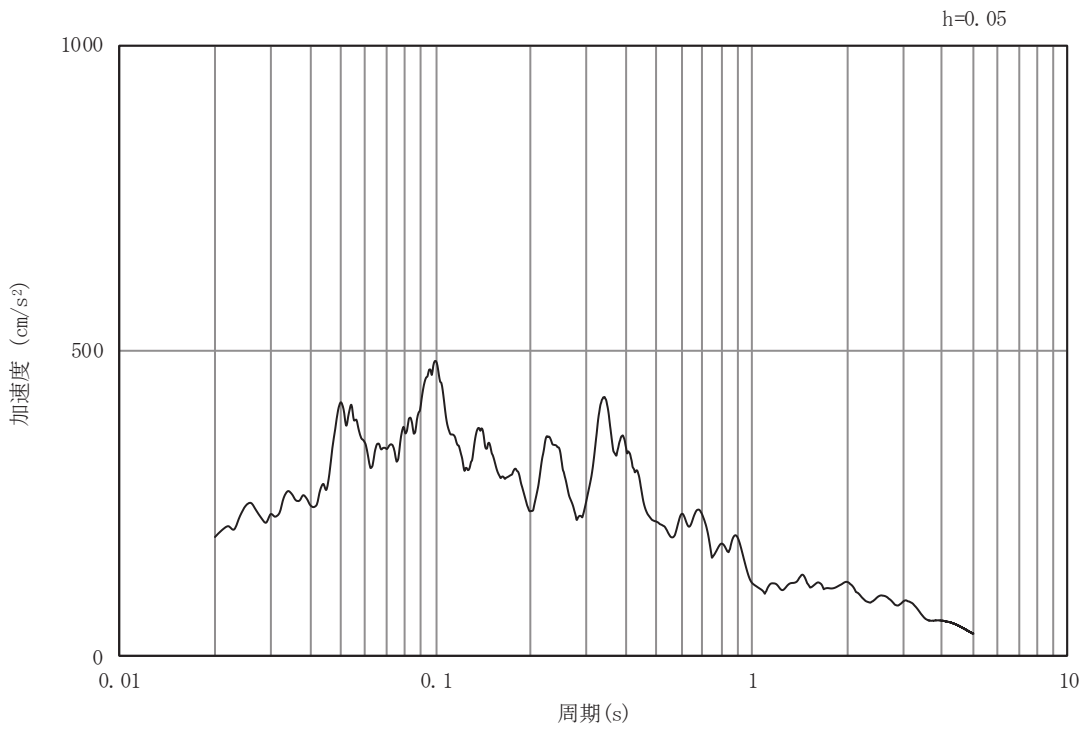


(b) 加速度応答スペクトル

図3-27 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S d - F 2)

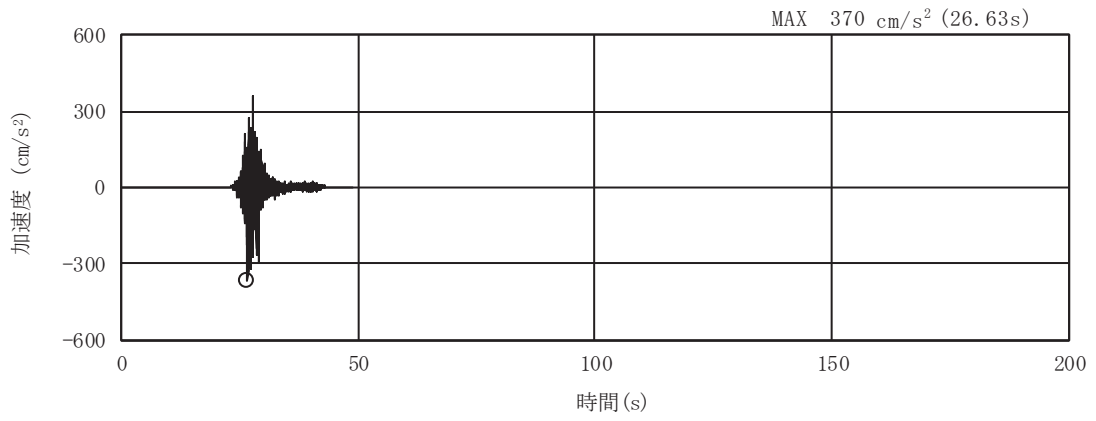


(a) 加速度時刻歴波形

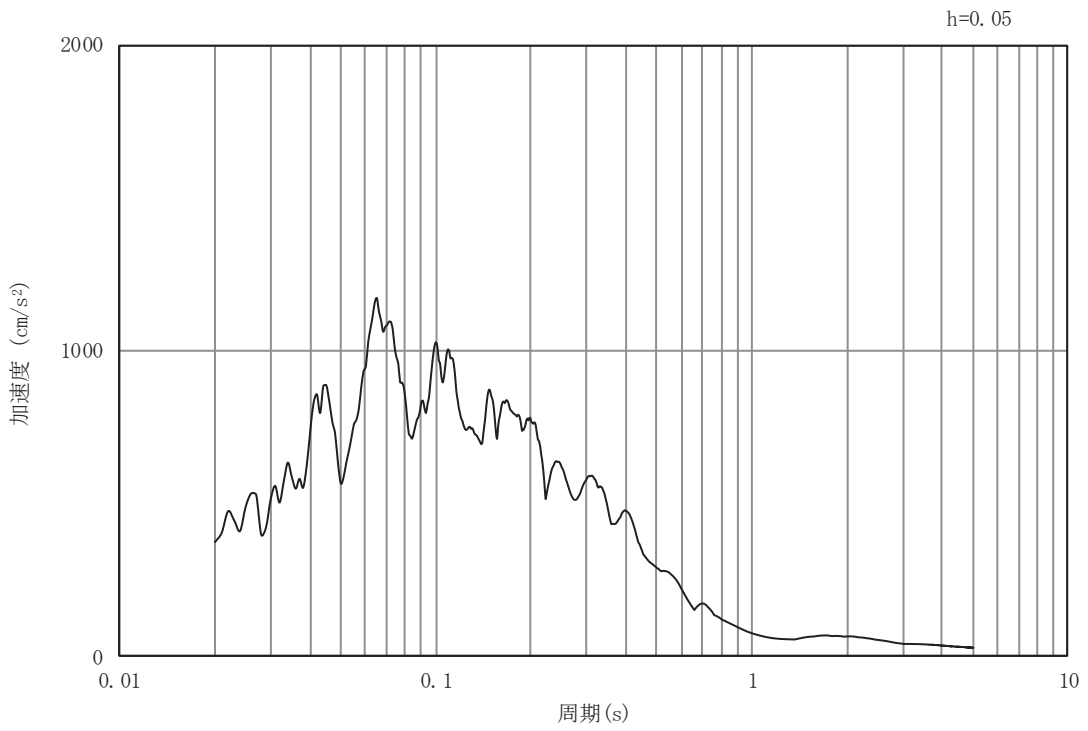


(b) 加速度応答スペクトル

図3-28 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S d - F 2)

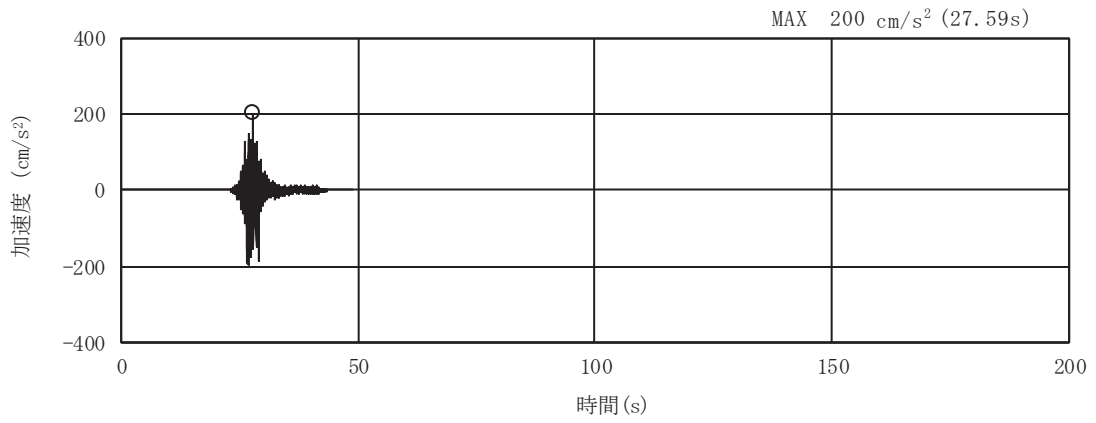


(a) 加速度時刻歴波形

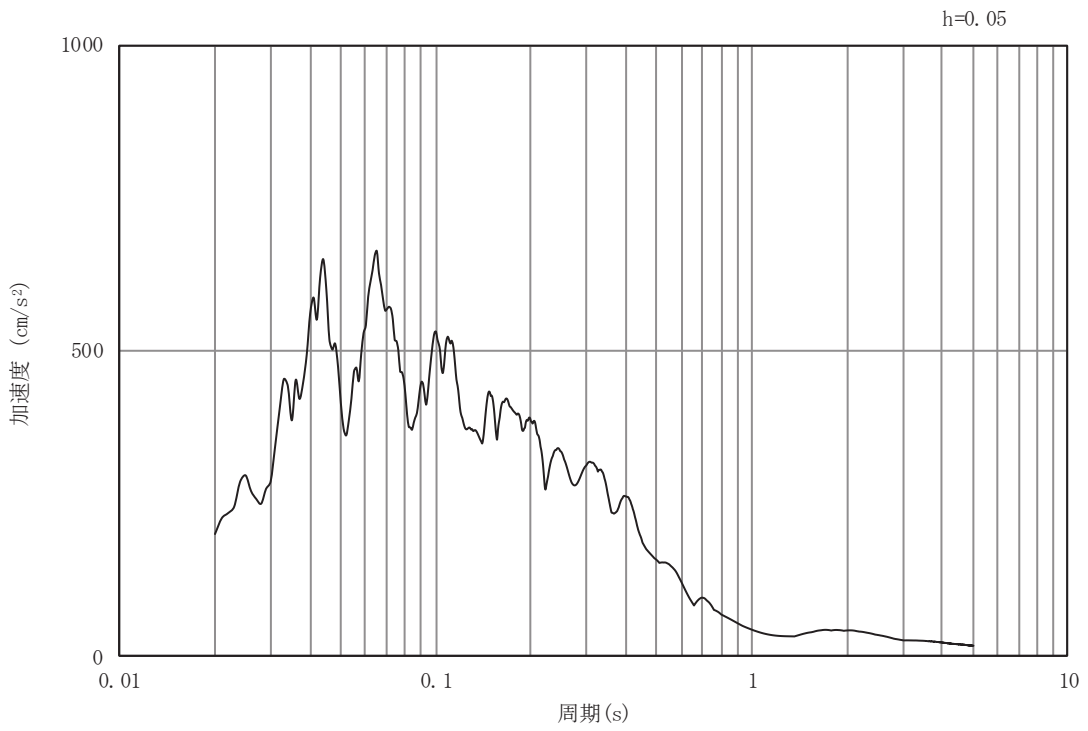


(b) 加速度応答スペクトル

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

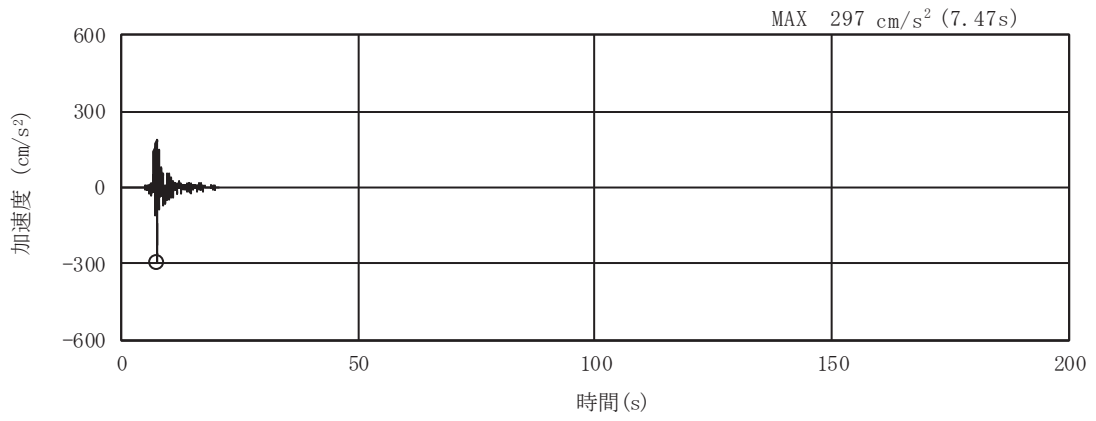


(a) 加速度時刻歴波形

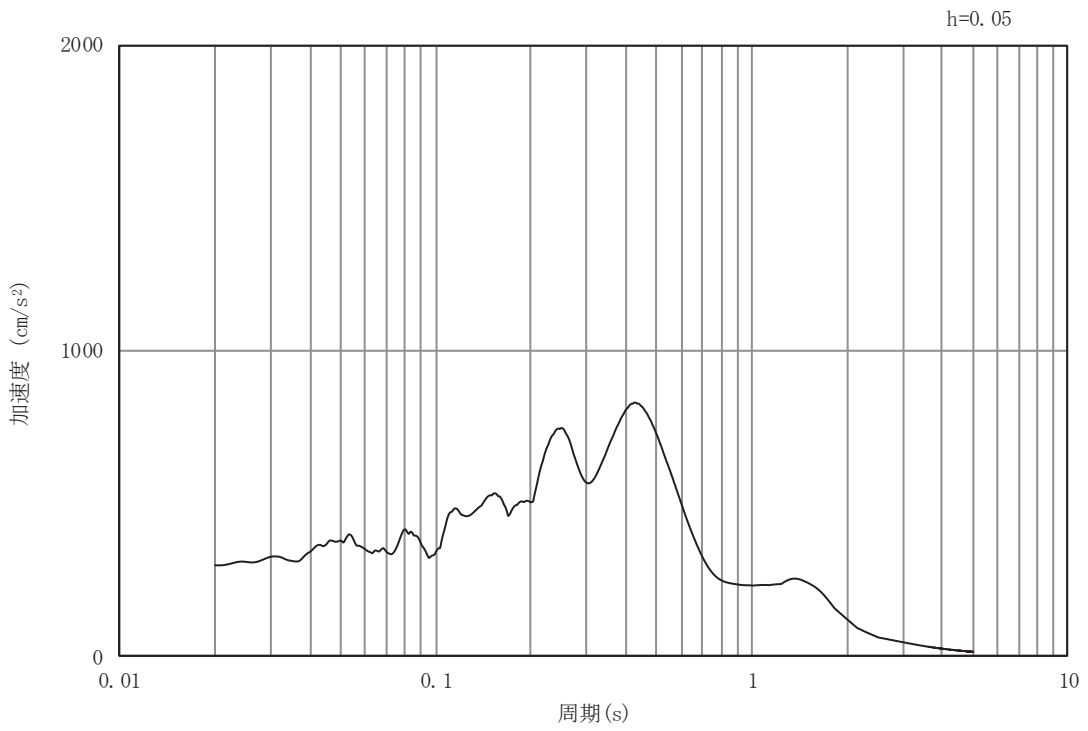


(b) 加速度応答スペクトル

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

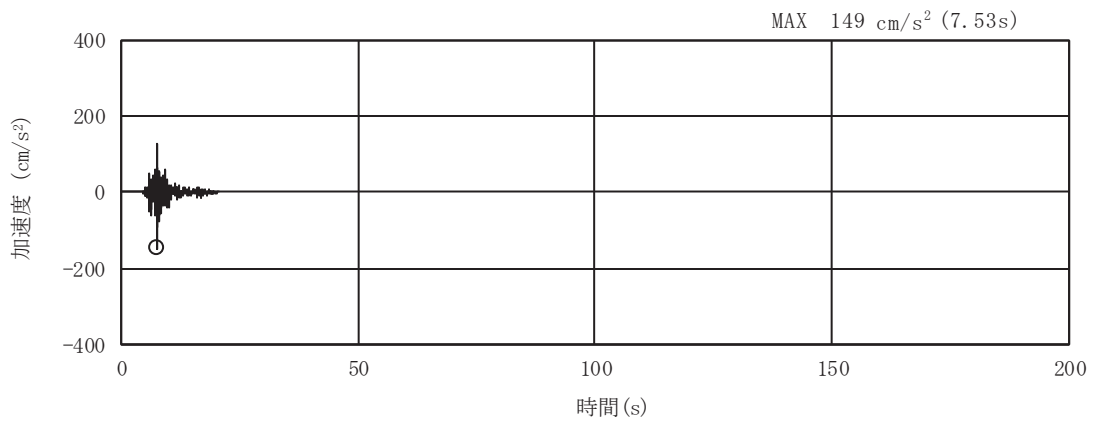


(a) 加速度時刻歴波形

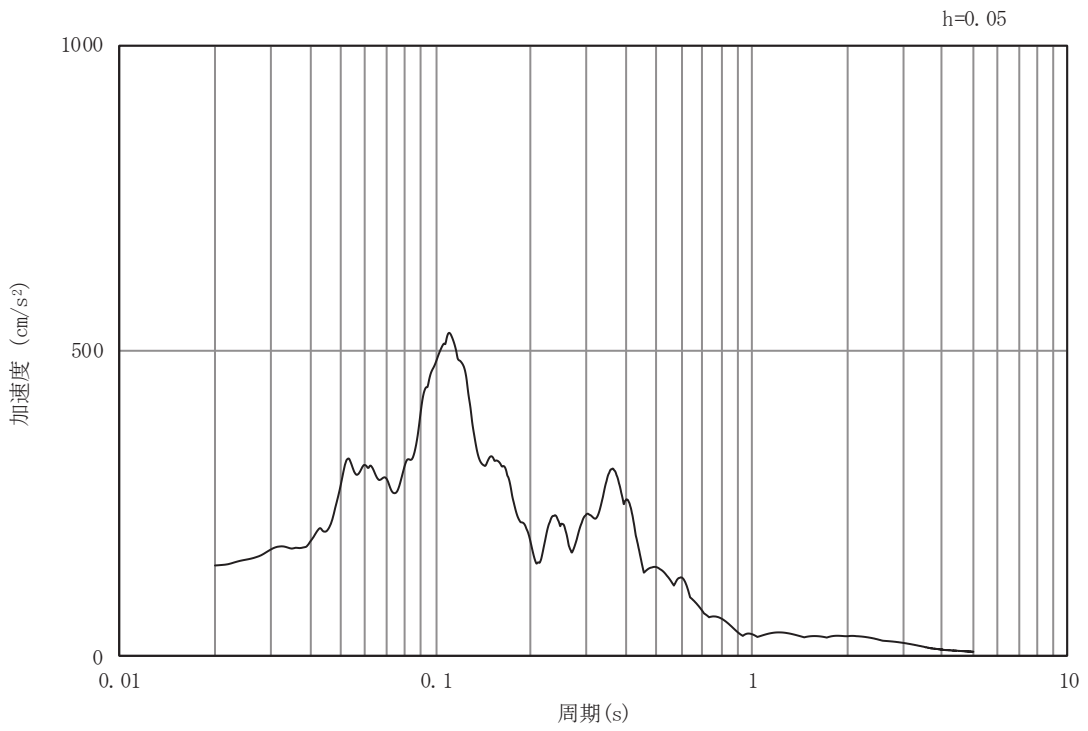


(b) 加速度応答スペクトル

図3-31 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(水平成分：S d - N 1)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図3-32 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S d - N 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

軽油タンク室（H）の地震応答解析モデルを図 3-33 及び図 3-34 に示す。

(1) 解析領域

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

(2) 境界条件

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

(3) 構造物のモデル化

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

(4) 地盤のモデル化

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

(5) 隣接構造物のモデル化

軽油タンク室のMMRと接しており、お互いの振動の影響を受けることから、軽油タンク室とそのMMR及び軽油タンクをモデル化する。

(6) ジョイント要素の設定

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

- 凡 例
- | | | |
|---|--|--|
| B級 | 旧表土 | 軽油タンク室(H) |
| C ₁ 級 | 盛土 | 軽油タンク及び軽油タンク室(H) |
| C ₂ 級 | セメント改良土 | |
| C ₃ 級 | MMR | |
| D級 | 地盤改良土 | |
| 速度層境界 | | |

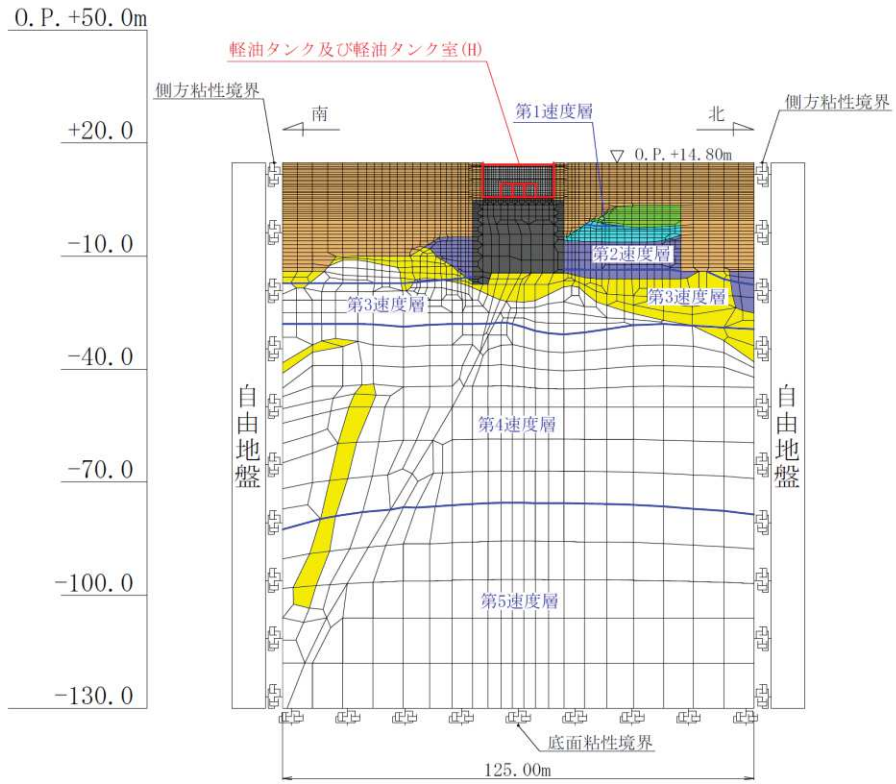


図 3-33 軽油タンク室 (H) の地震応答解析モデル図 (南北方向)

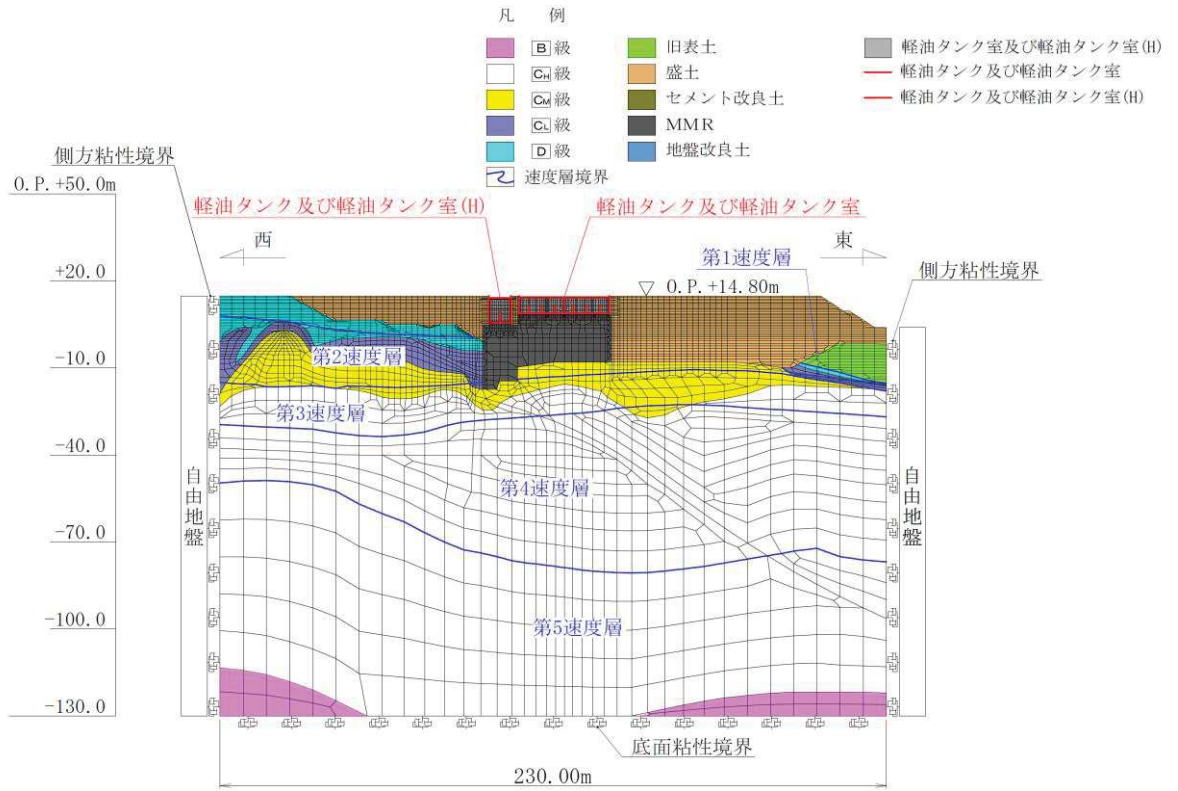


図 3-34 軽油タンク室 (H) の地震応答解析モデル図 (東西方向)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

材料	仕様
コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
鉄筋（主鉄筋）	SD390
鉄筋（せん断補強鉄筋）	SD345
軽油タンク	SM490C

表 3-7 材料の物性値（構造部材）

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

注記*：新設構造物のため、推定した圧縮強度とする。

3.5.3 地盤の物性値

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

3.5.4 地下水位

設計用地下水位は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従い、設定する。設計用地下水位の一覧を表 3-8 に、設計用地下水位を図 3-35 及び図 3-36 に示す。

表 3-8 設計用地下水位の一覧

施設名称	地震時荷重算出断面	設計用地下水位
軽油タンク室 (H)	南北方向	O. P. -3.00 m
	東西方向	O. P. -3.00 m~O. P. +3.00 m

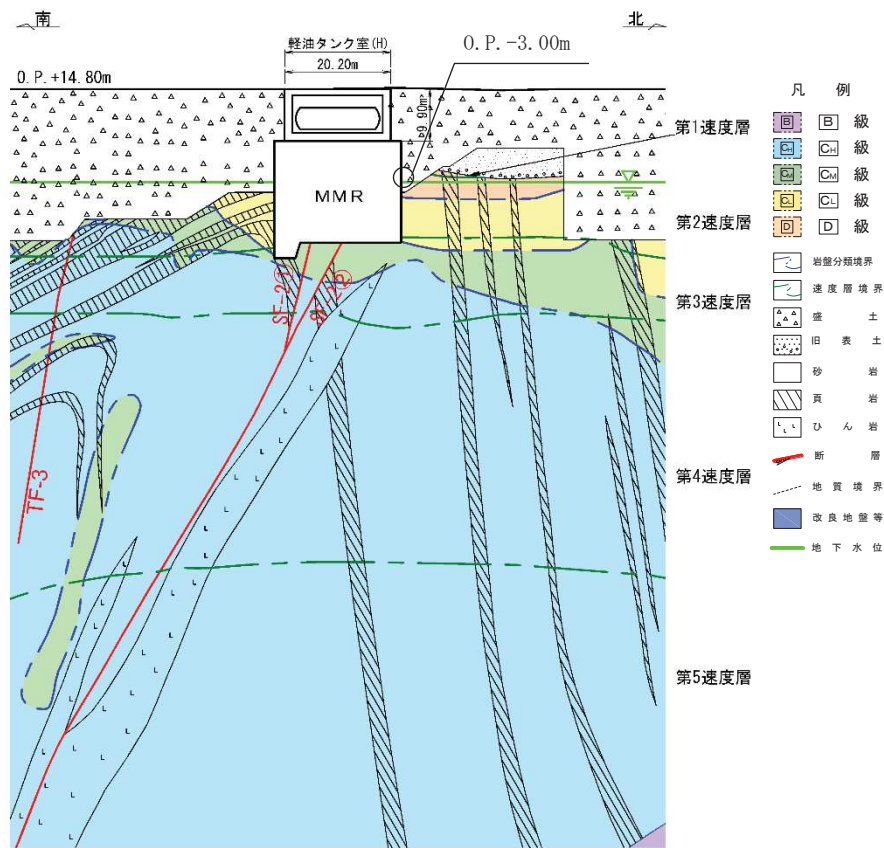


図 3-35 設計用地下水位 (南北)

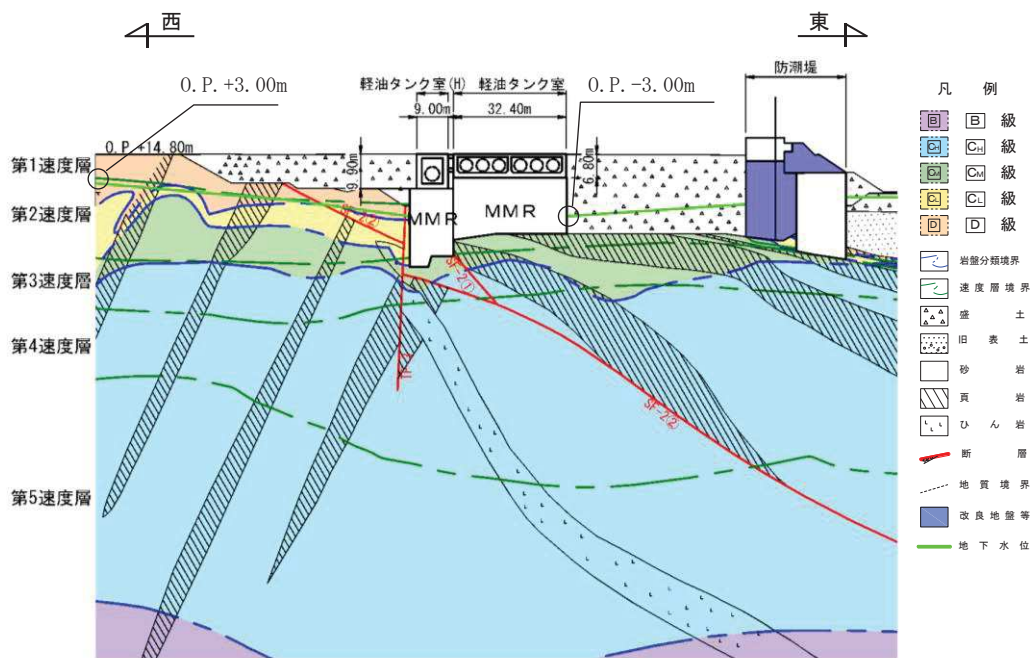
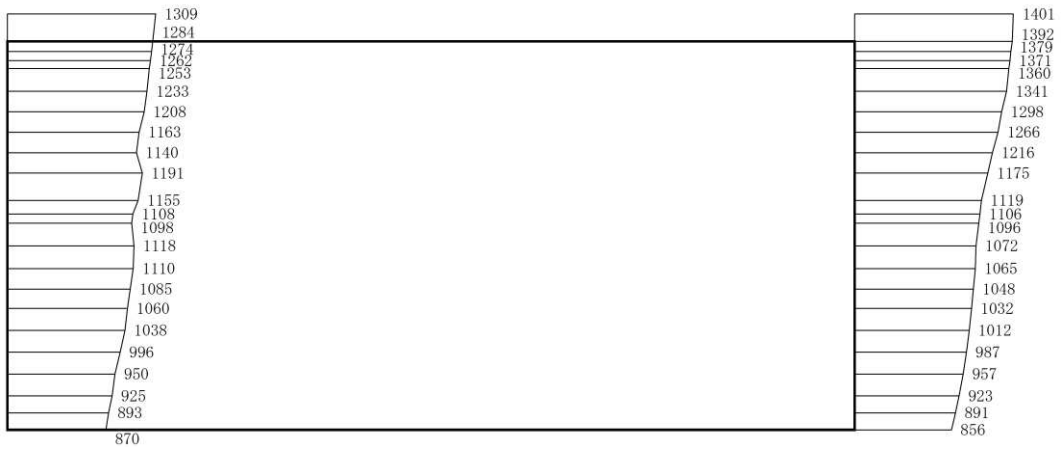


図 3-36 設計用地下水水位 (東西)

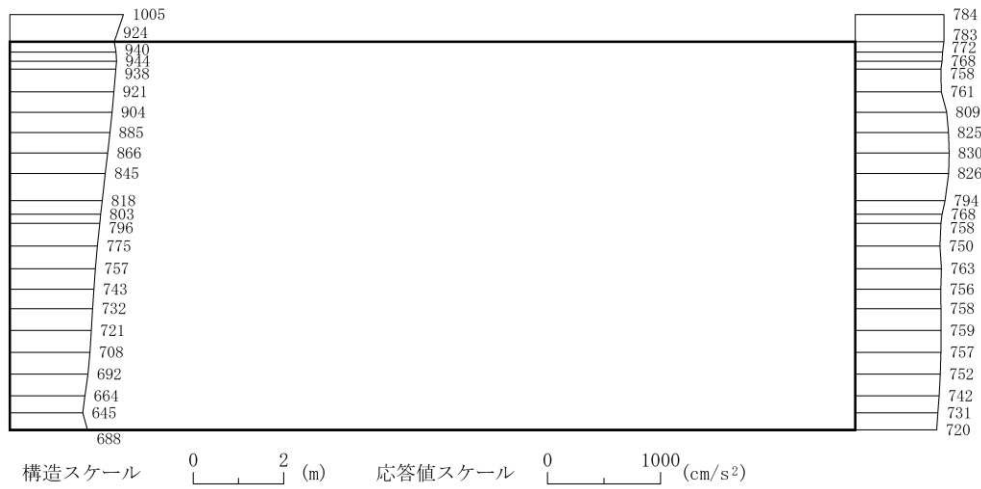
4. 解析結果

4.1 南北方向の解析結果

機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース①（基本ケース）～④について、すべての基準地震動 S_s 及びに対する最大加速度分布図を図4-1～図4-28に示す。また、解析ケース①～④についてすべての弾性設計用地震動 S_d に対する最大加速度分布図を図4-29～図4-56に示す。

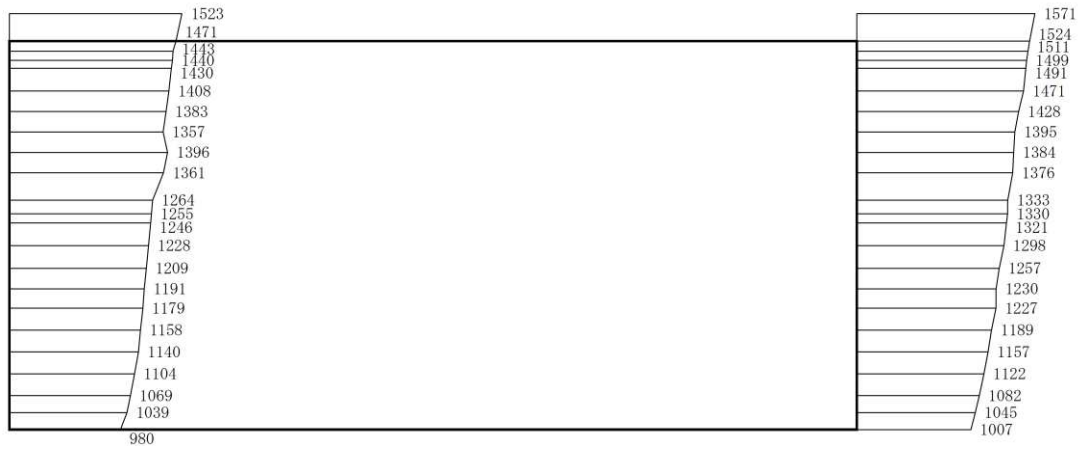


(a) S s - D 1 (++) 水平

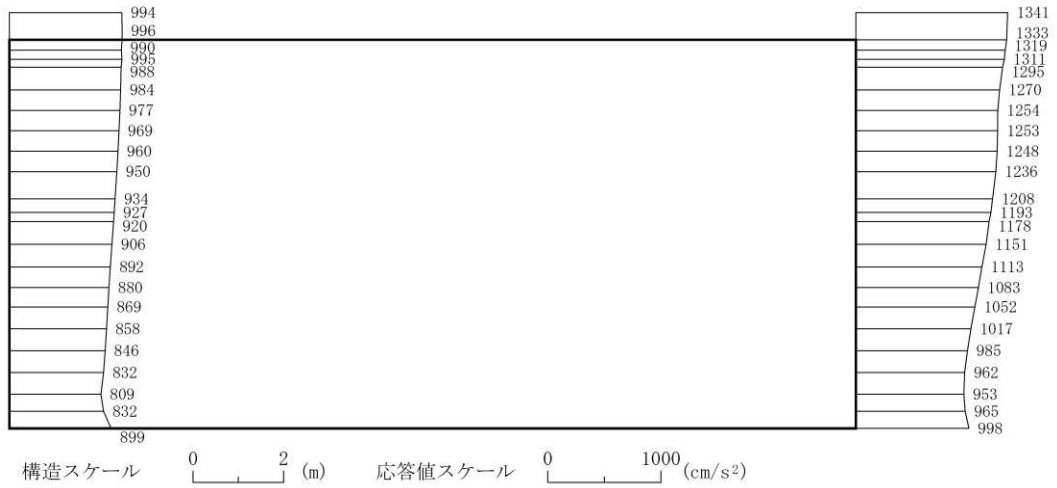


(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-1 最大加速度分布図 (1/56) (解析ケース①)

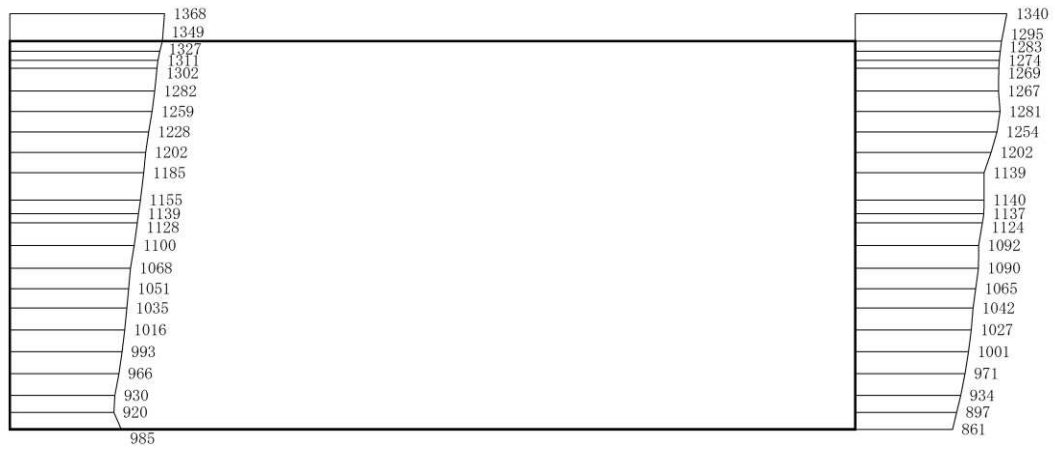


(a) S s - D 2 (++) 水平

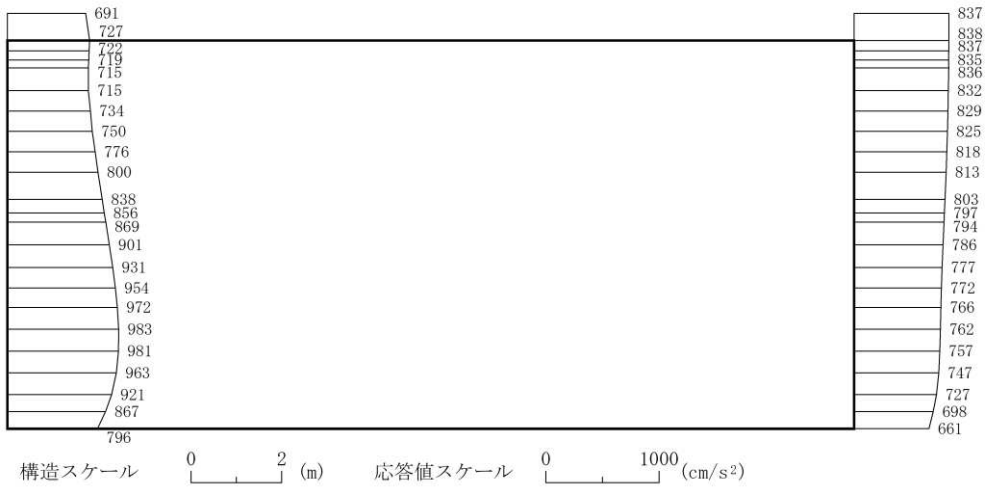


(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-2 最大加速度分布図 (2/56) (解析ケース①)

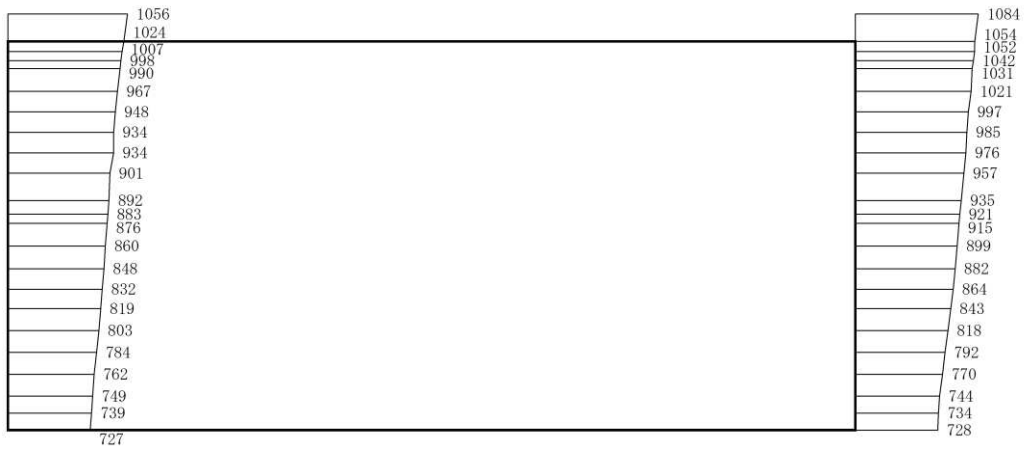


(a) S s - D 3 (++) 水平

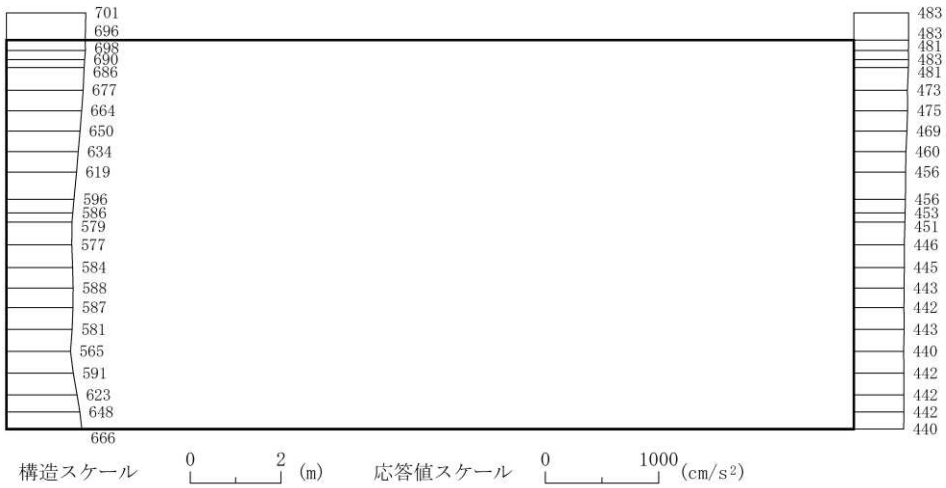


(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-3 最大加速度分布図 (3/56) (解析ケース①)

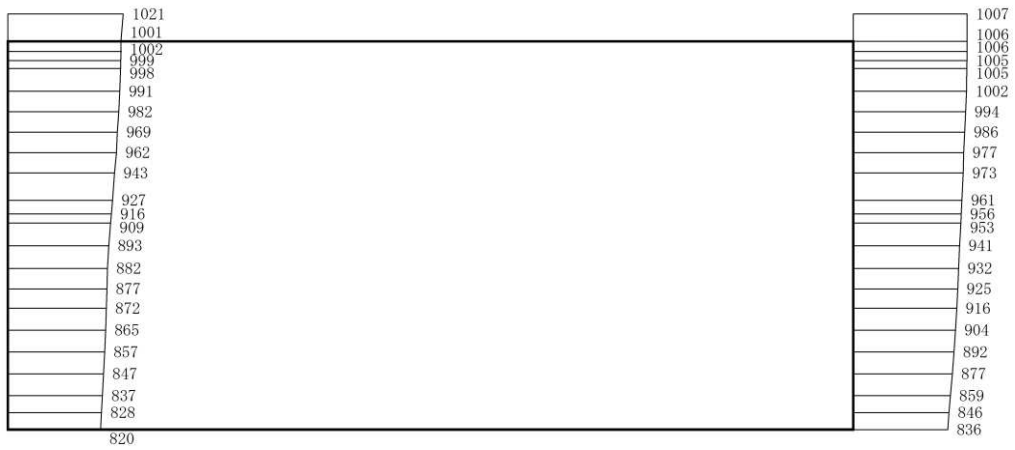


(a) S s - F 1 (++) 水平

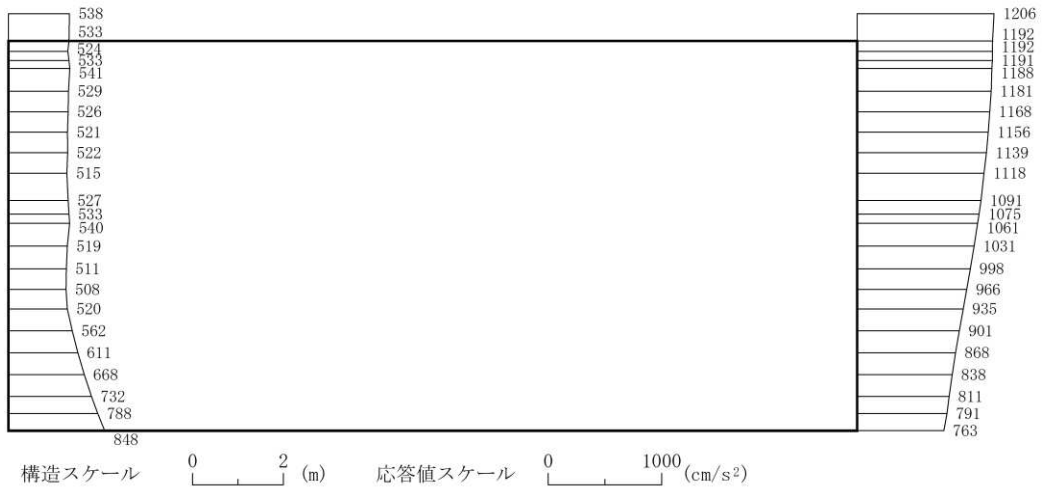


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-4 最大加速度分布図 (4/56) (解析ケース①)

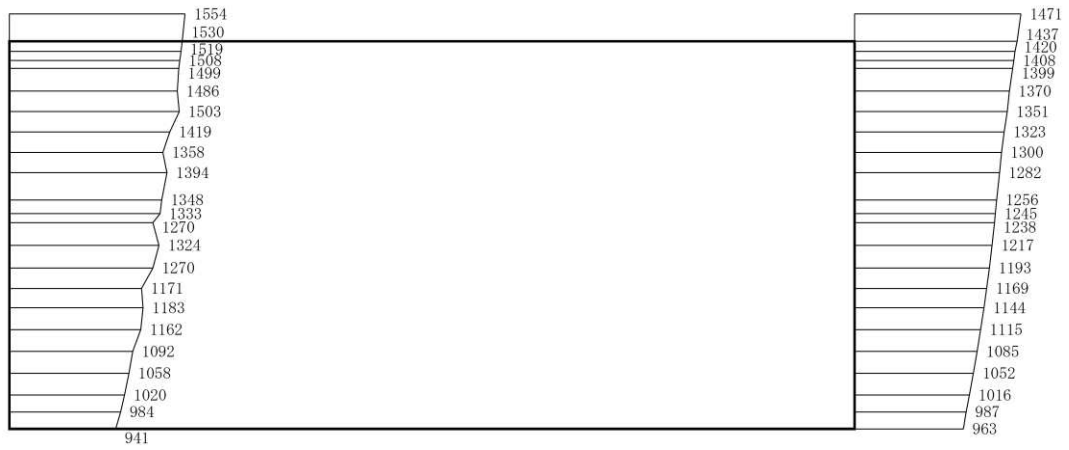


(a) $S_s - F 2 (++)$ 水平

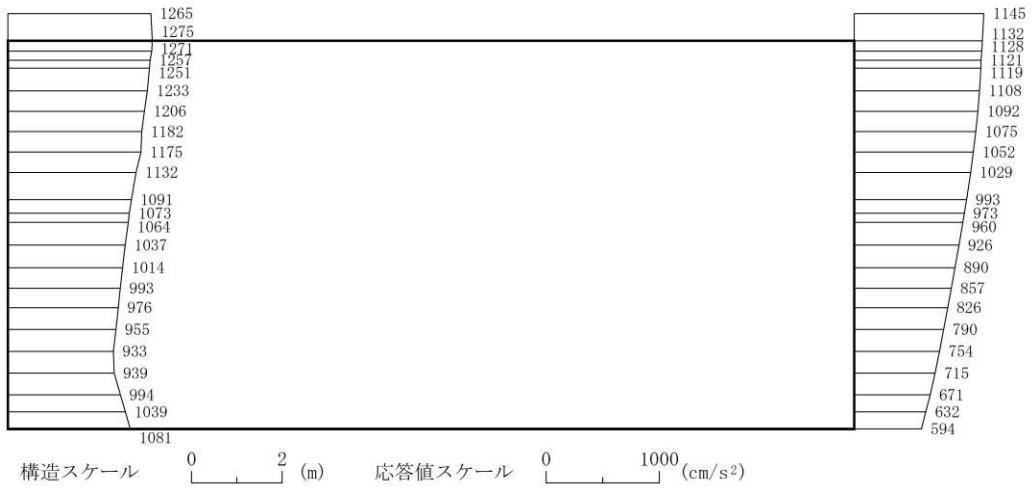


(b) $S_s - F 2 (++)$ 鉛直

図 4-5 最大加速度分布図 (5/56) (解析ケース①)

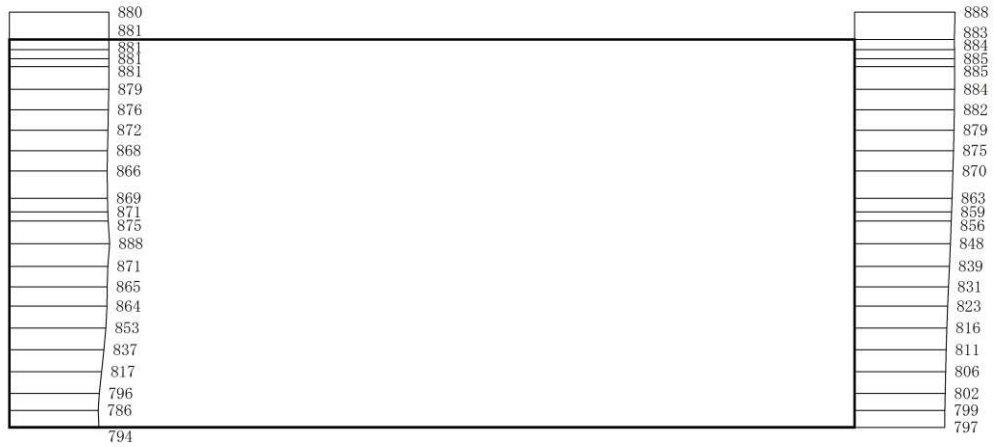


(a) S s - F 3 (++) 水平

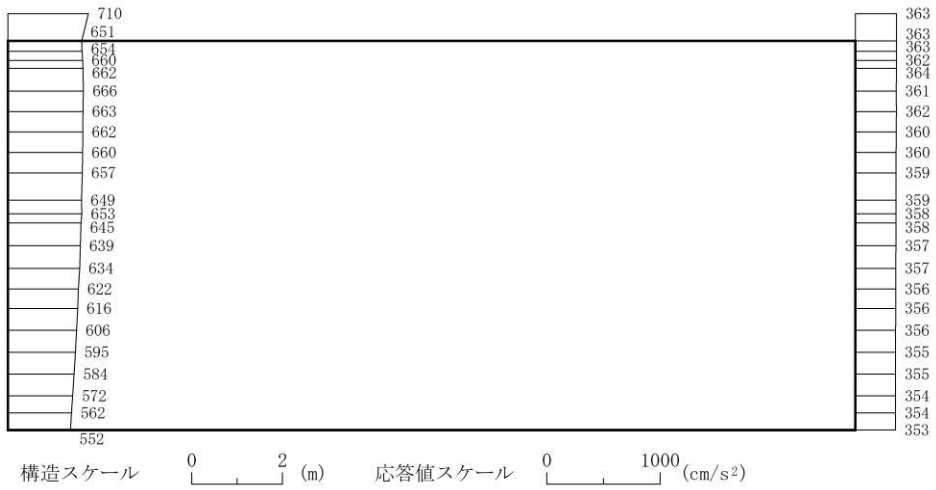


(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-6 最大加速度分布図 (6/56) (解析ケース①)

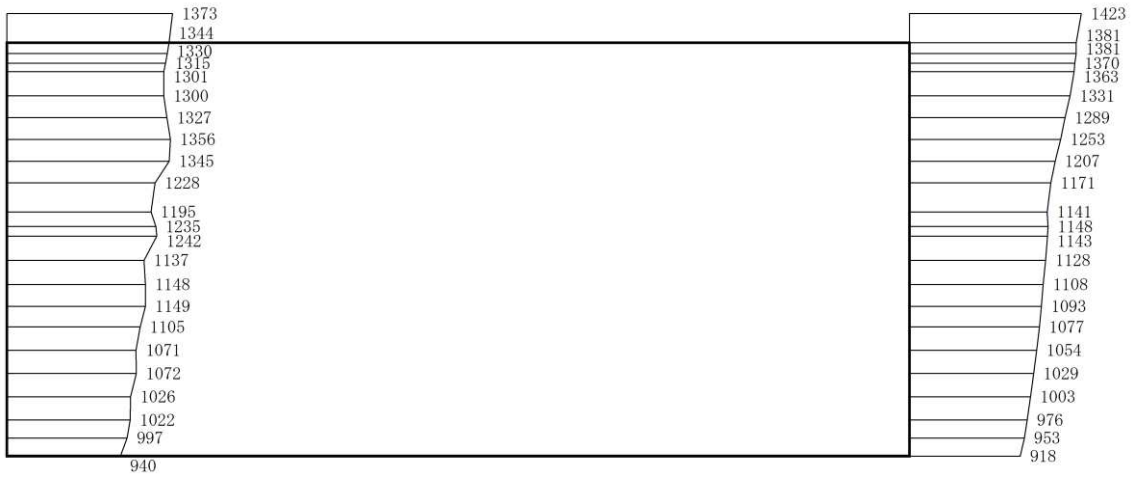


(a) $S_s - N1$ (++) 水平

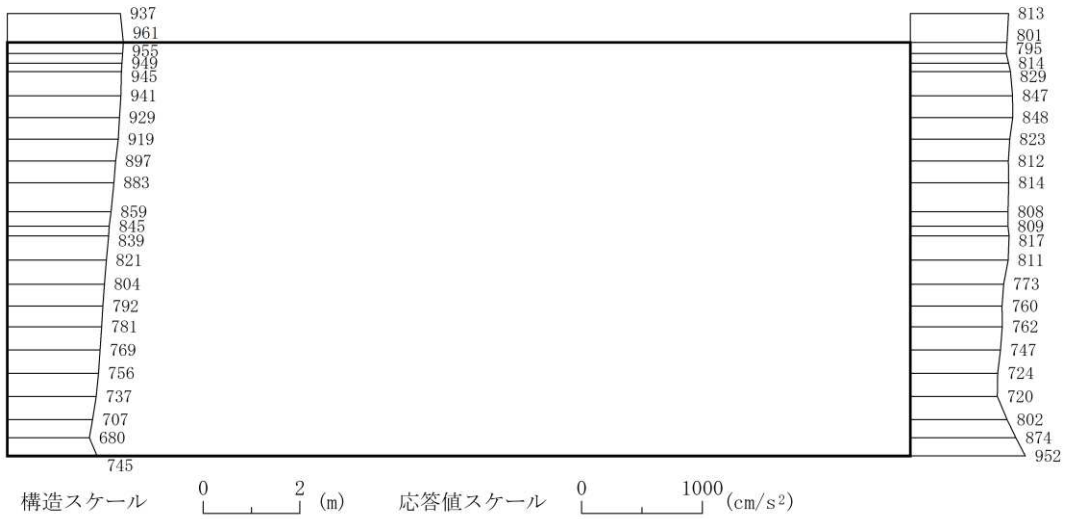


(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-7 最大加速度分布図 (7/56) (解析ケース①)

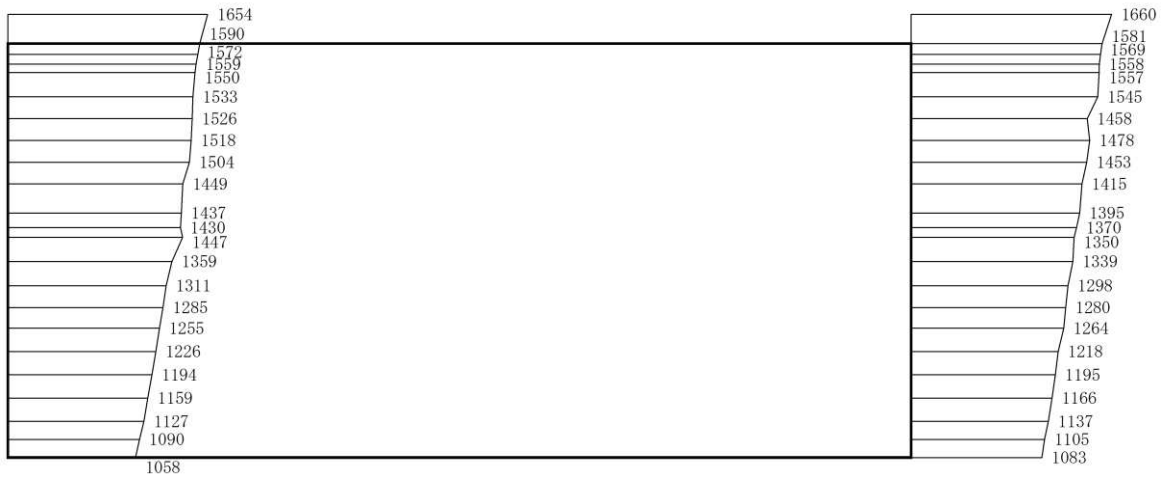


(a) S s - D 1 (++) 水平

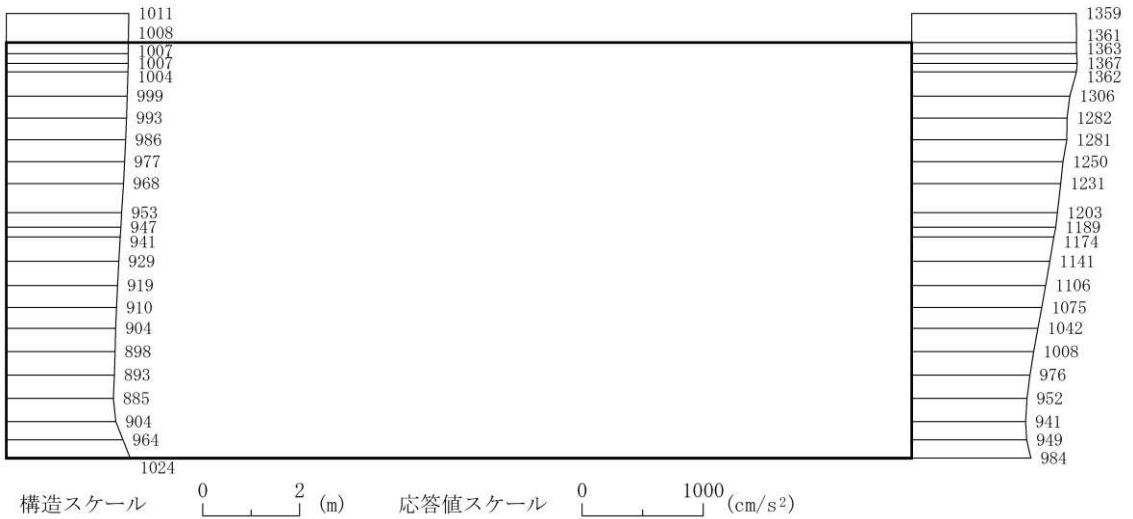


(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-8 最大加速度分布図 (8/56) (解析ケース②)

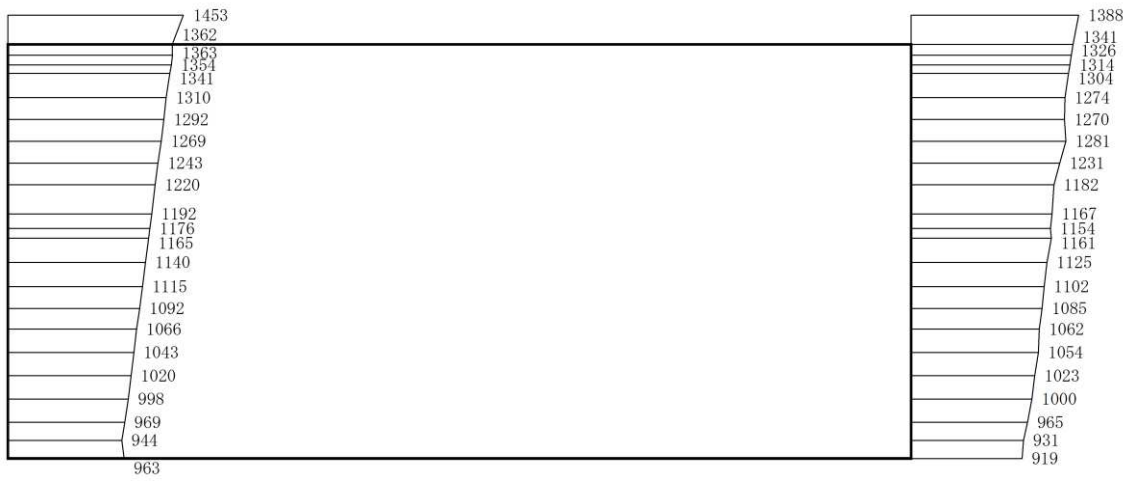


(a) S s - D 2 (++) 水平

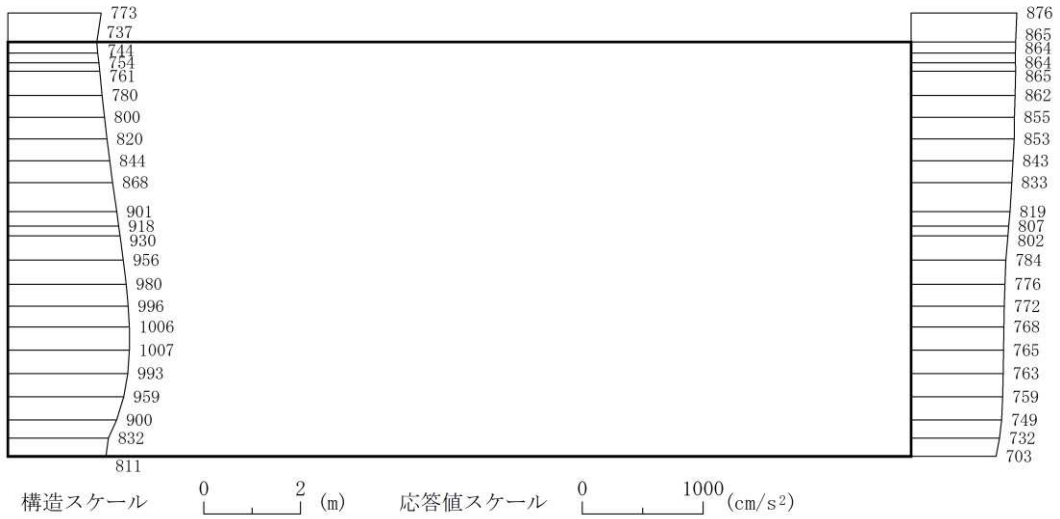


(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-9 最大加速度分布図 (9/56) (解析ケース②)

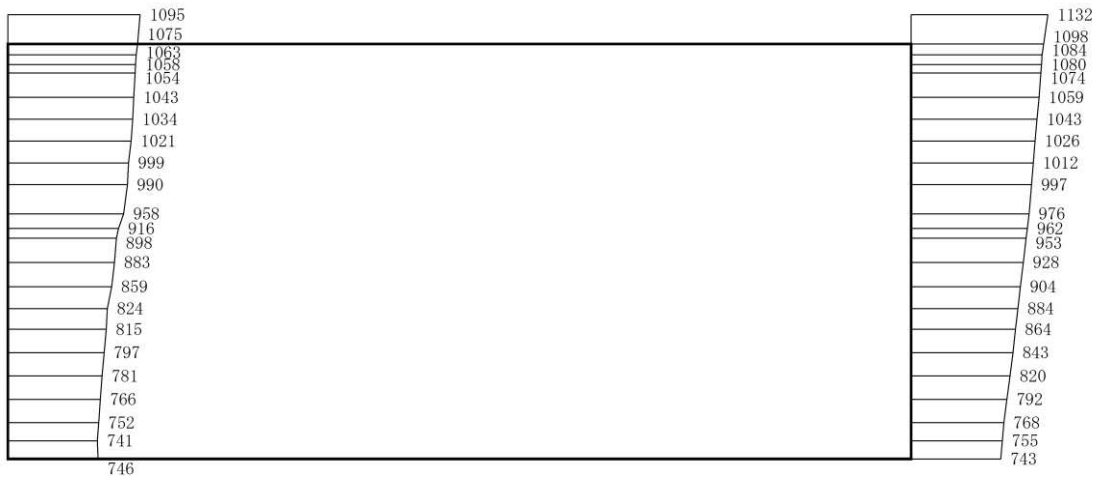


(a) S s - D 3 (++) 水平

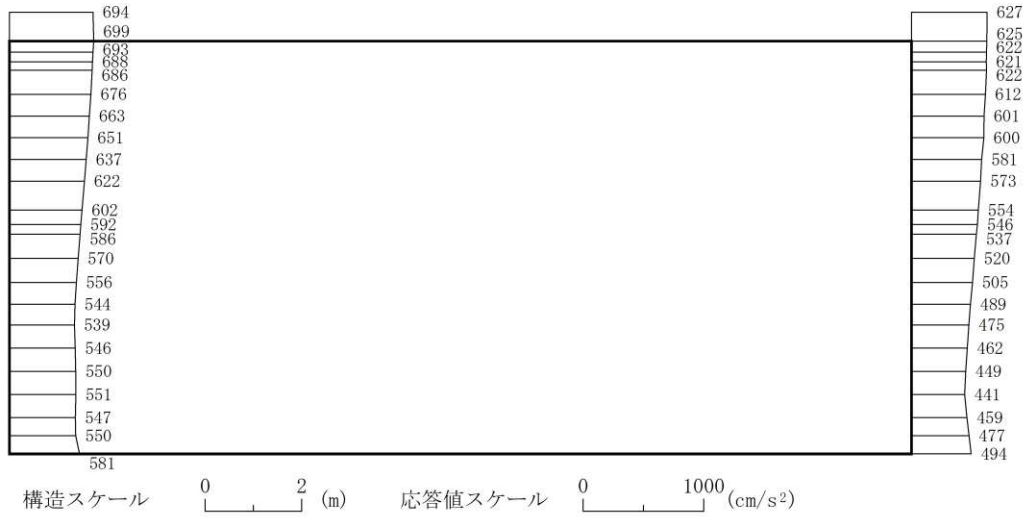


(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-10 最大加速度分布図 (10/56) (解析ケース②)

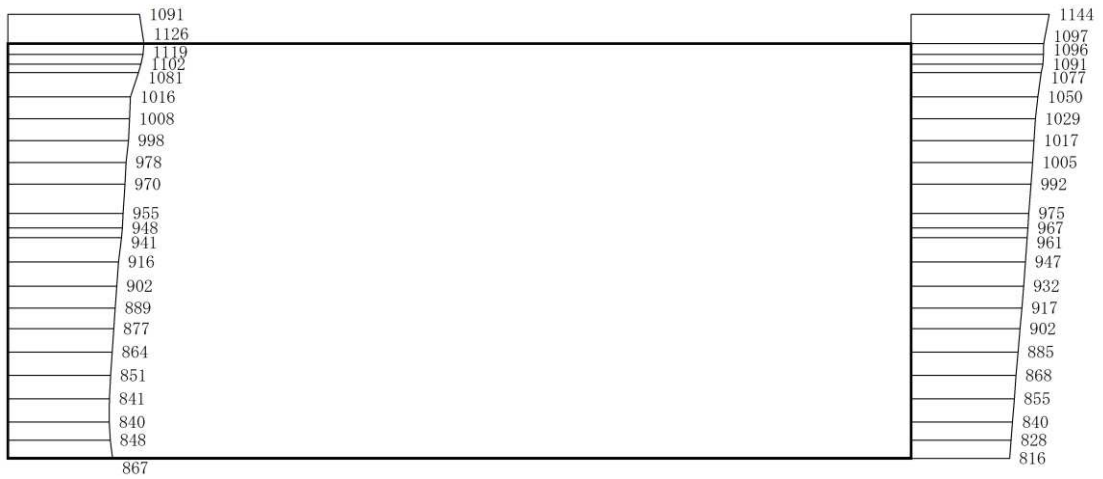


(a) $S_s - F1$ (++) 水平

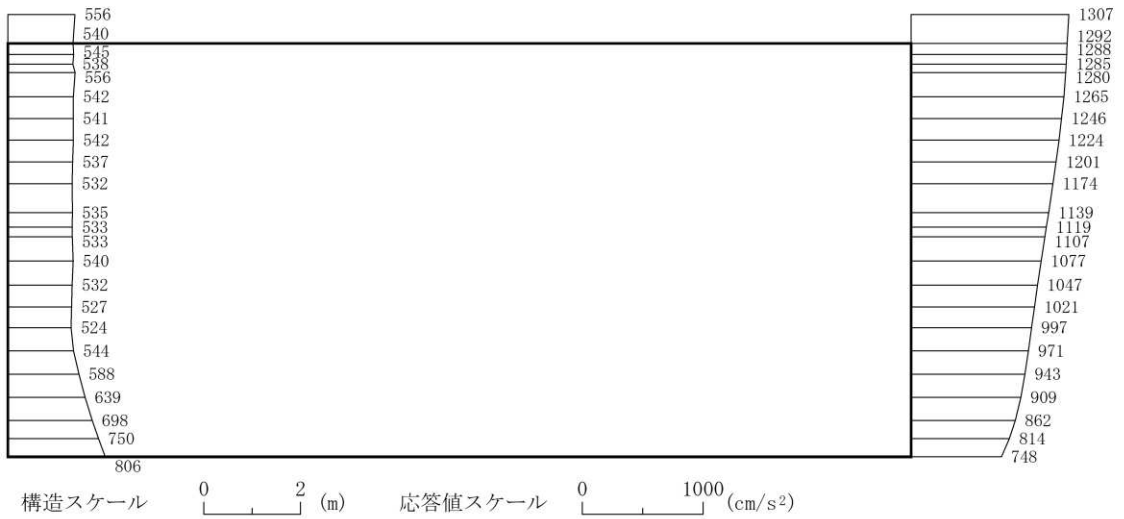


(b) $S_s - F1$ (++) 鉛直

図 4-11 最大加速度分布図 (11/56) (解析ケース②)

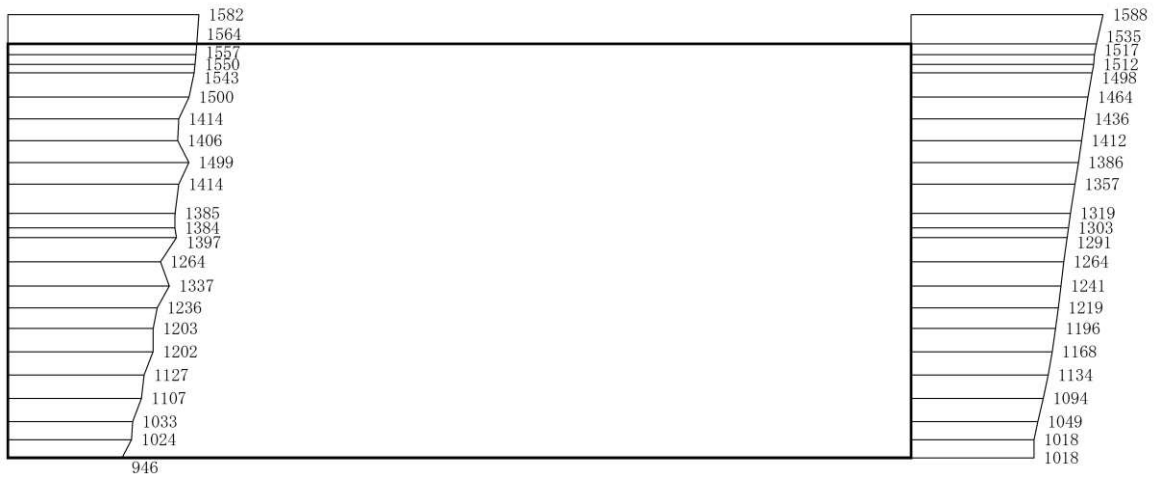


(a) S s - F 2 (++) 水平

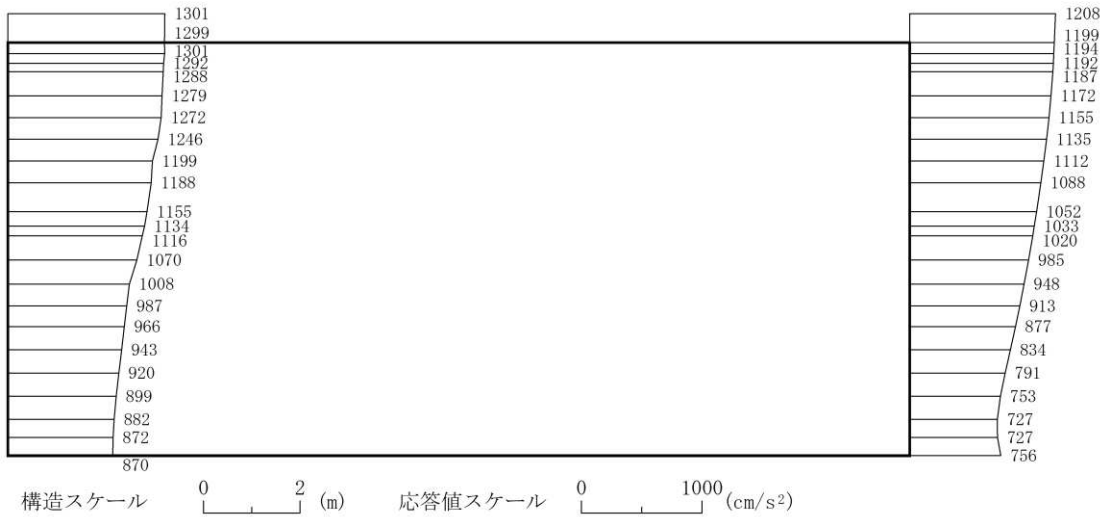


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-12 最大加速度分布図 (12/56) (解析ケース②)

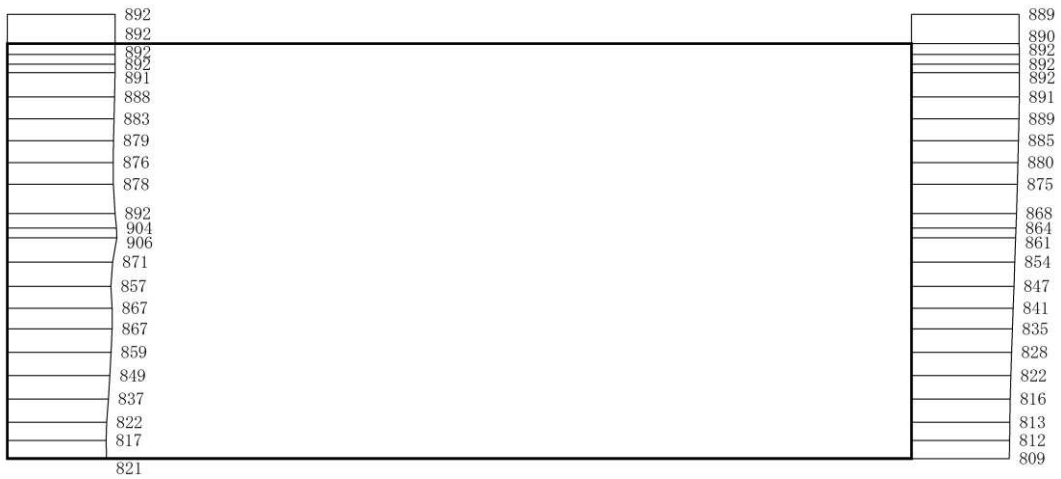


(a) S s - F 3 (++) 水平

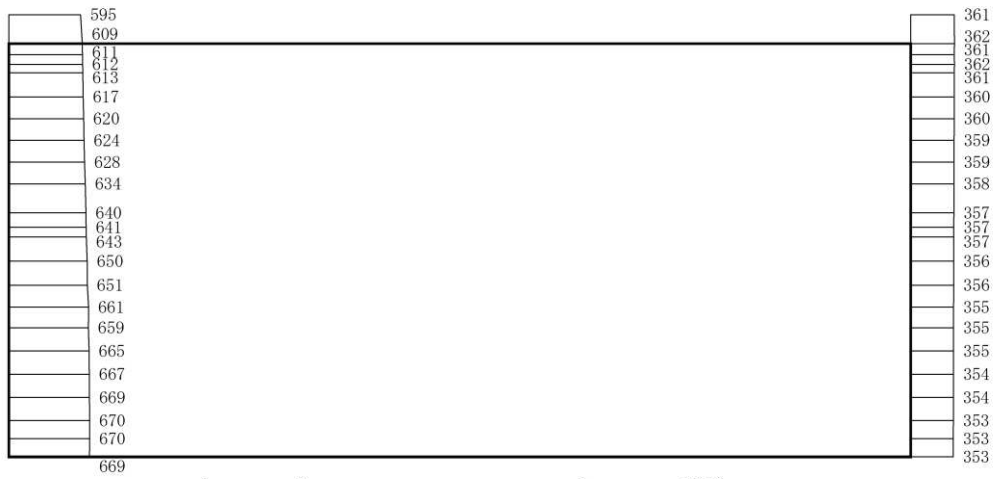


(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-13 最大加速度分布図 (13/56) (解析ケース②)



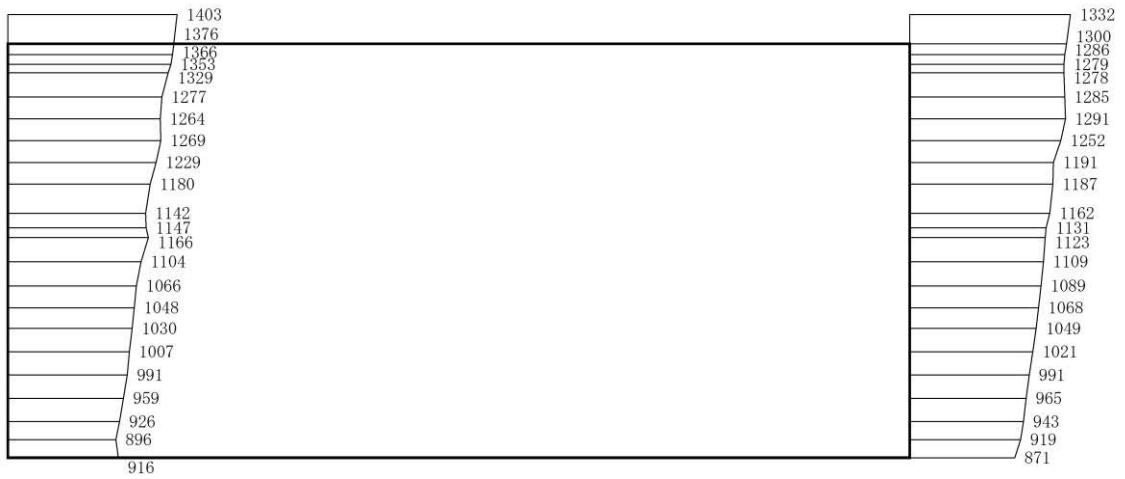
(a) $S_s - N1$ (++) 水平



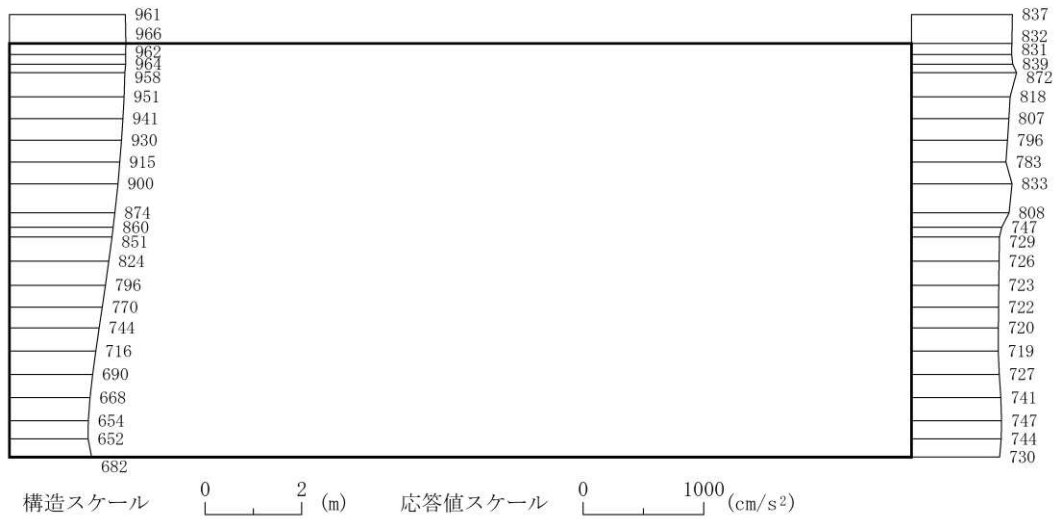
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-14 最大加速度分布図 (14/56) (解析ケース②)

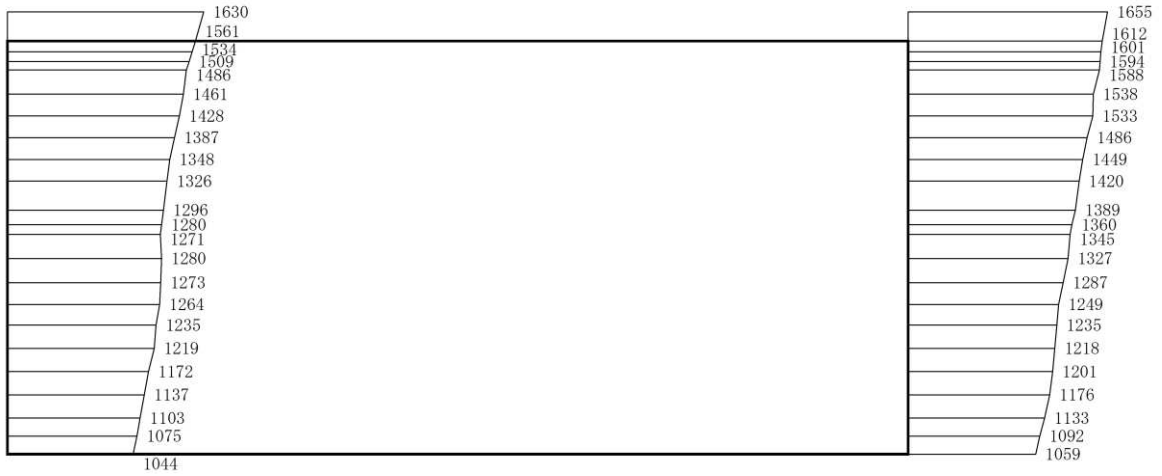


(a) S s - D 1 (++) 水平

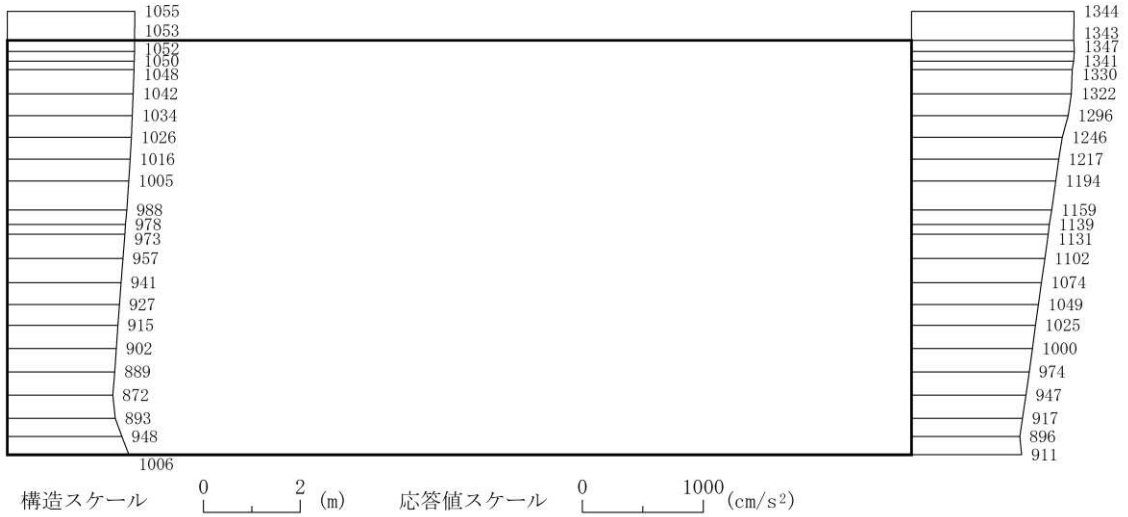


(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-15 最大加速度分布図 (15/56) (解析ケース③)

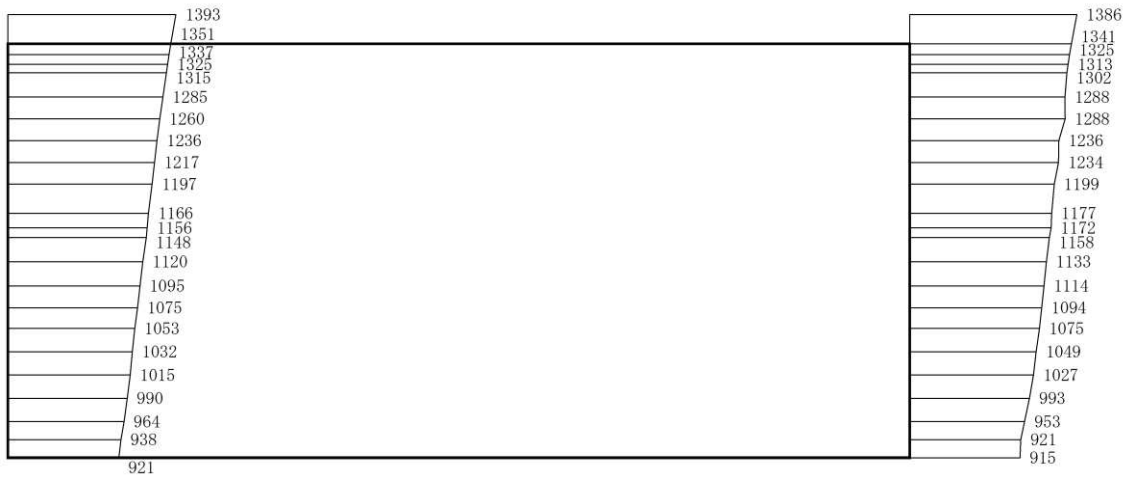


(a) S s - D 2 (++) 水平

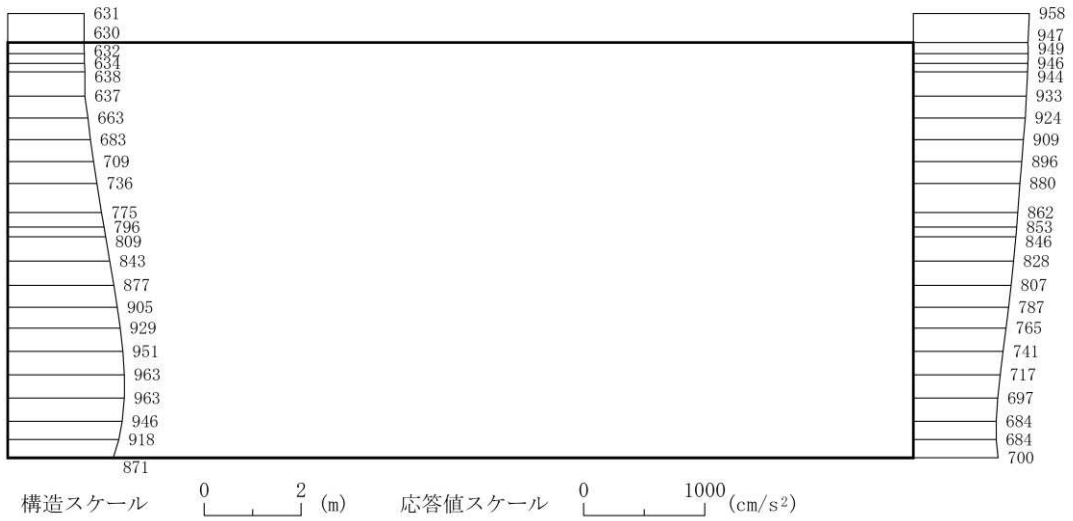


(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-16 最大加速度分布図 (16/56) (解析ケース③)

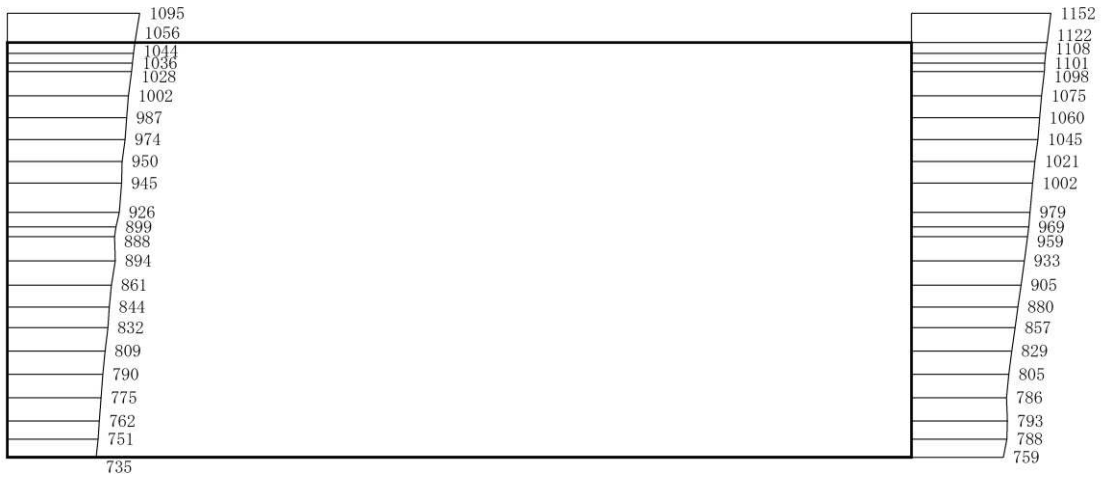


(a) S s - D 3 (++) 水平

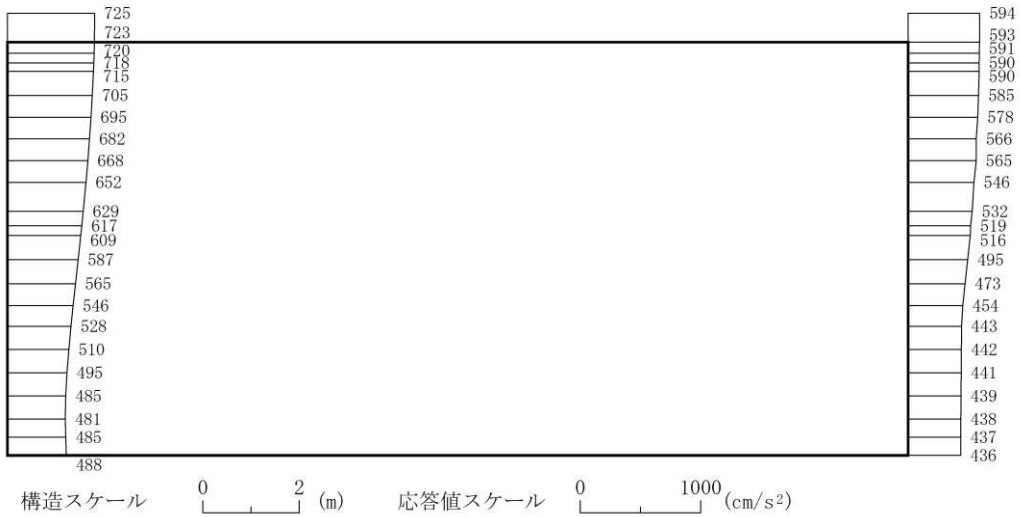


(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-17 最大加速度分布図 (17/56) (解析ケース③)

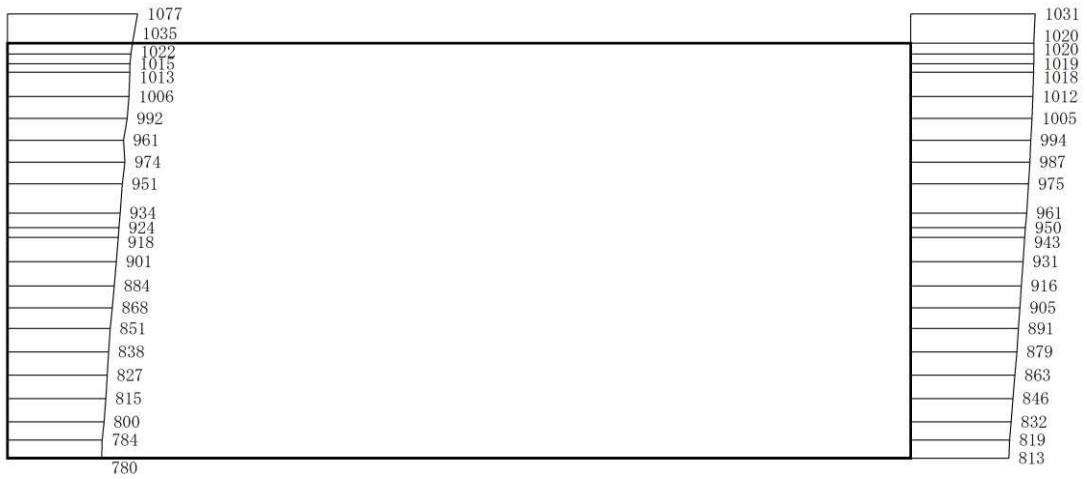


(a) S s - F 1 (++) 水平

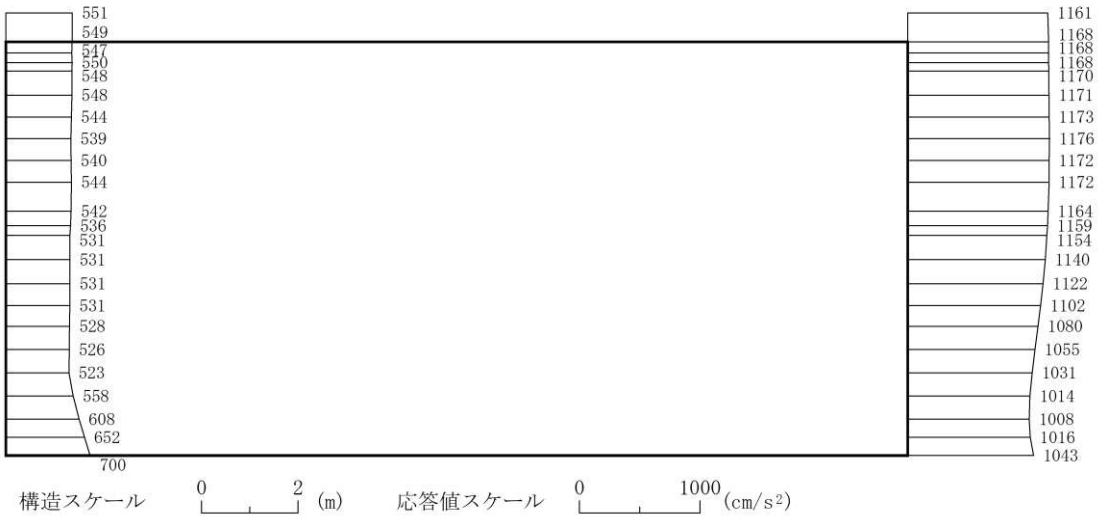


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-18 最大加速度分布図 (18/56) (解析ケース③)

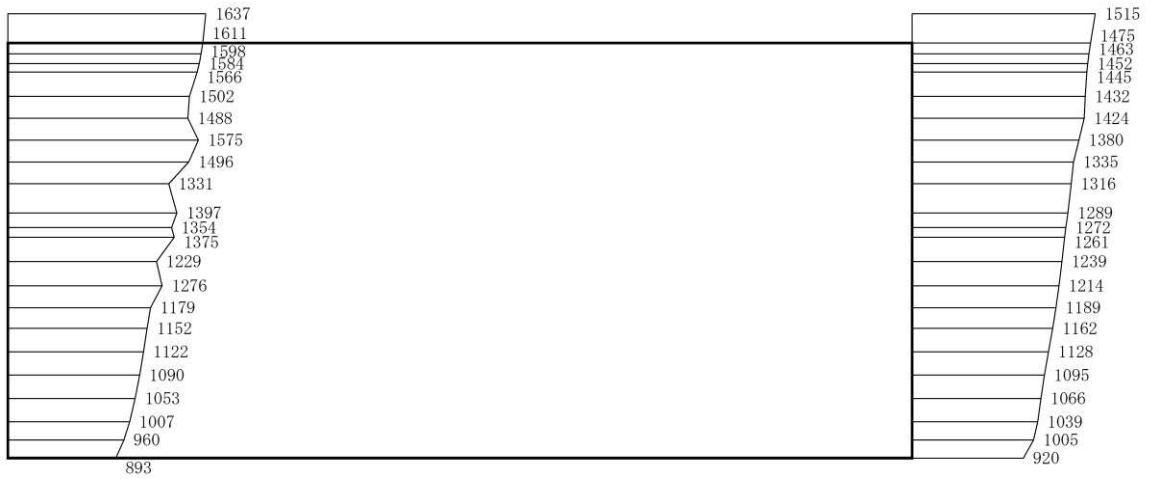


(a) $S_s - F 2 (+ +)$ 水平

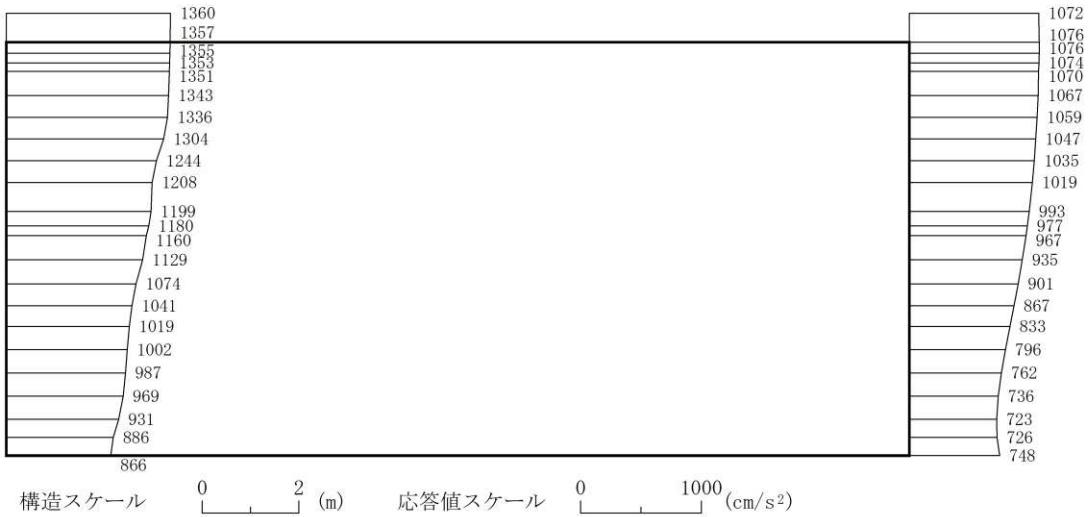


(b) $S_s - F 2 (+ +)$ 鉛直

図 4-19 最大加速度分布図 (19/56) (解析ケース③)

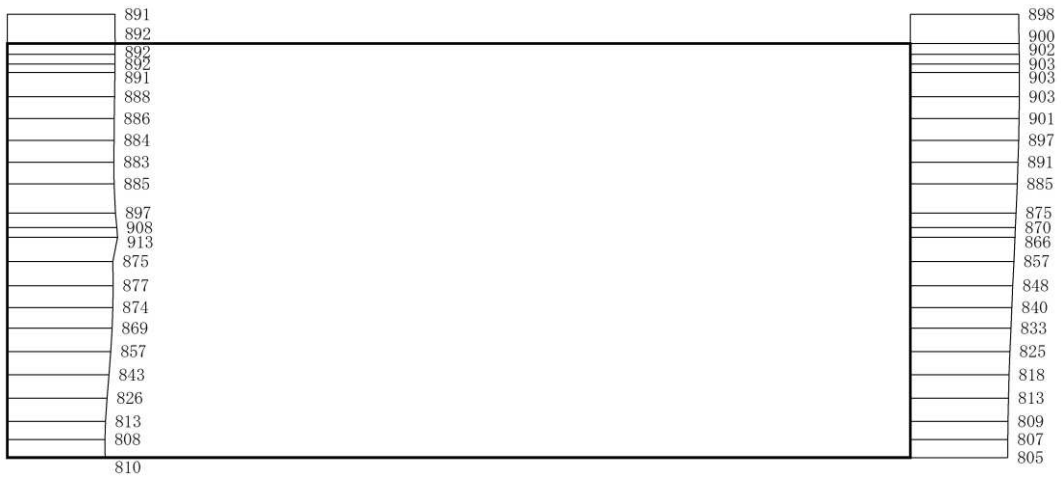


(a) S s - F 3 (++) 水平

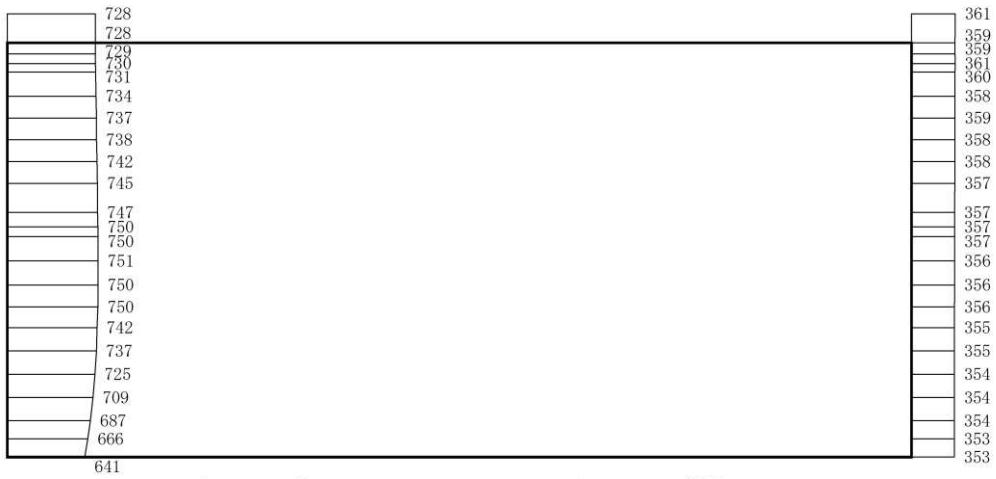


(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-20 最大加速度分布図 (20/56) (解析ケース③)



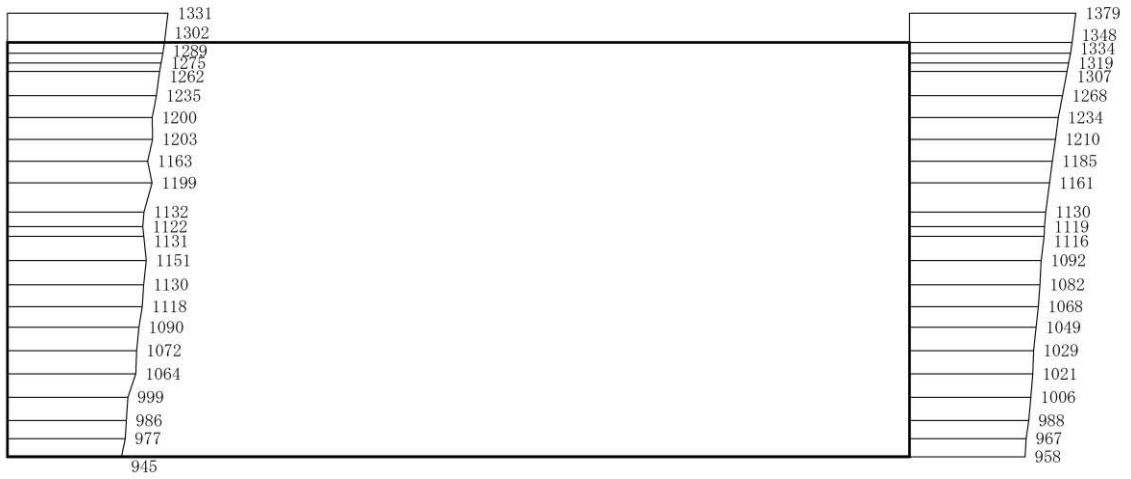
(a) S s - N 1 (++) 水平



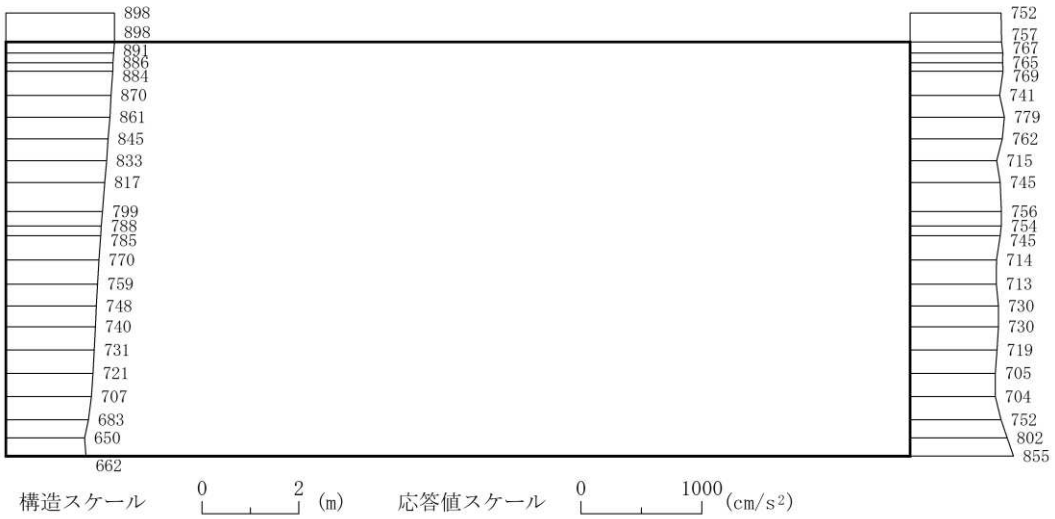
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-21 最大加速度分布図 (21/56) (解析ケース③)

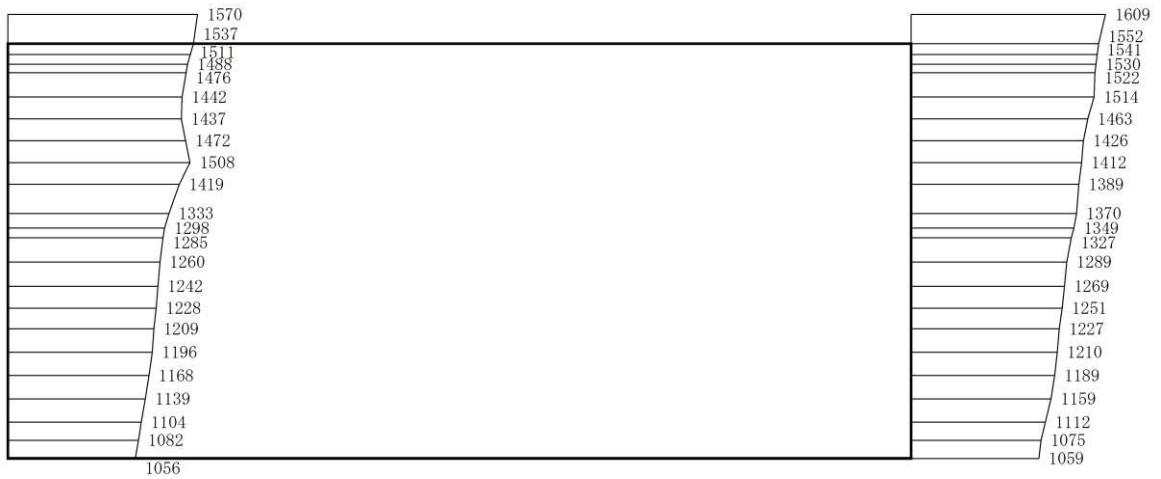


(a) S s - D 1 (++) 水平

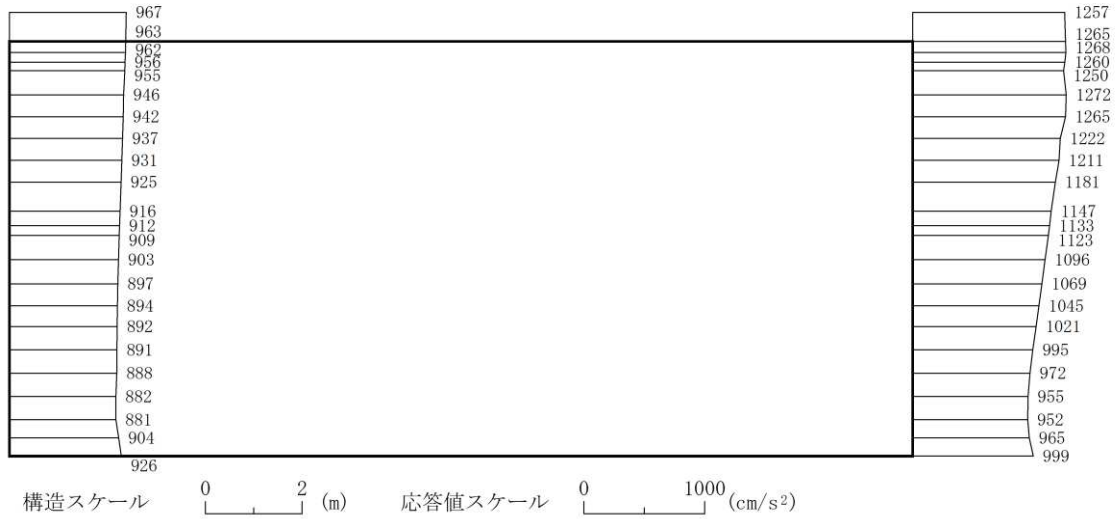


(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-22 最大加速度分布図 (22/56) (解析ケース④)

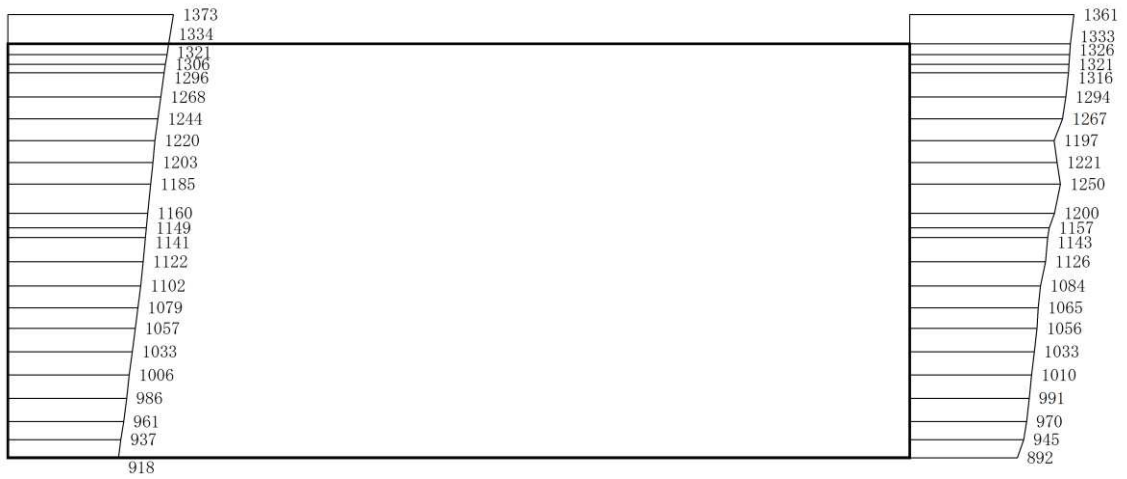


(a) $S_s - D 2 (+ +)$ 水平

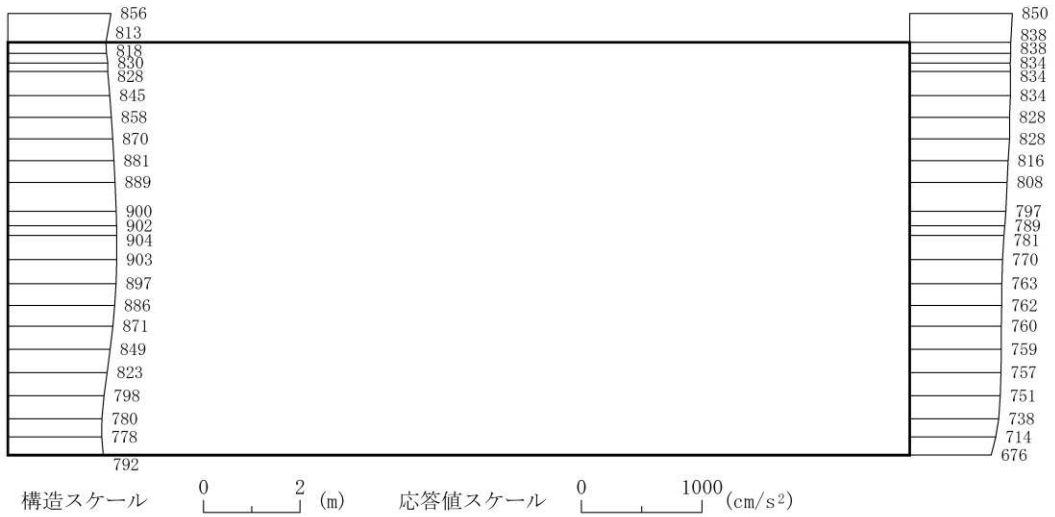


(b) $S_s - D 2 (+ +)$ 鉛直

図 4-23 最大加速度分布図 (23/56) (解析ケース④)



(a) S s - D 3 (++) 水平

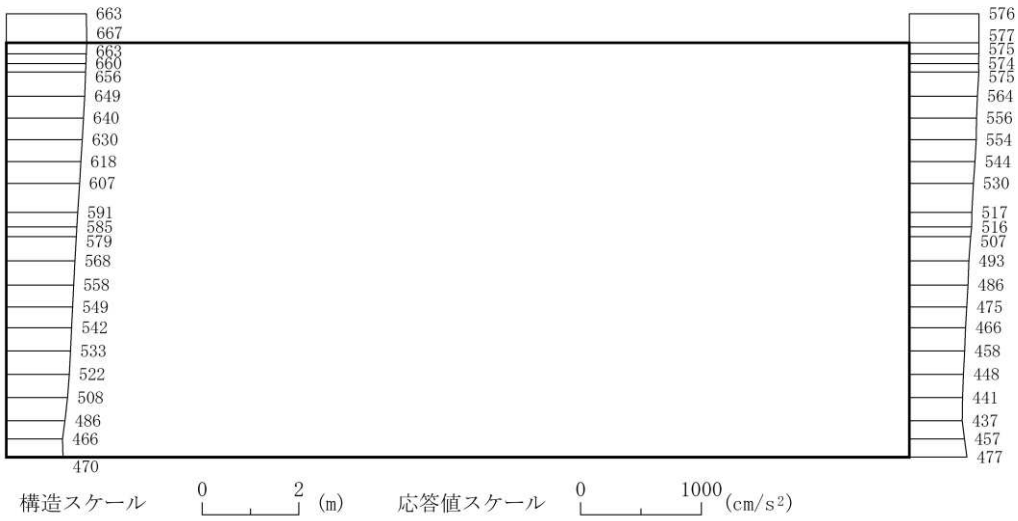


(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-24 最大加速度分布図 (24/56) (解析ケース④)

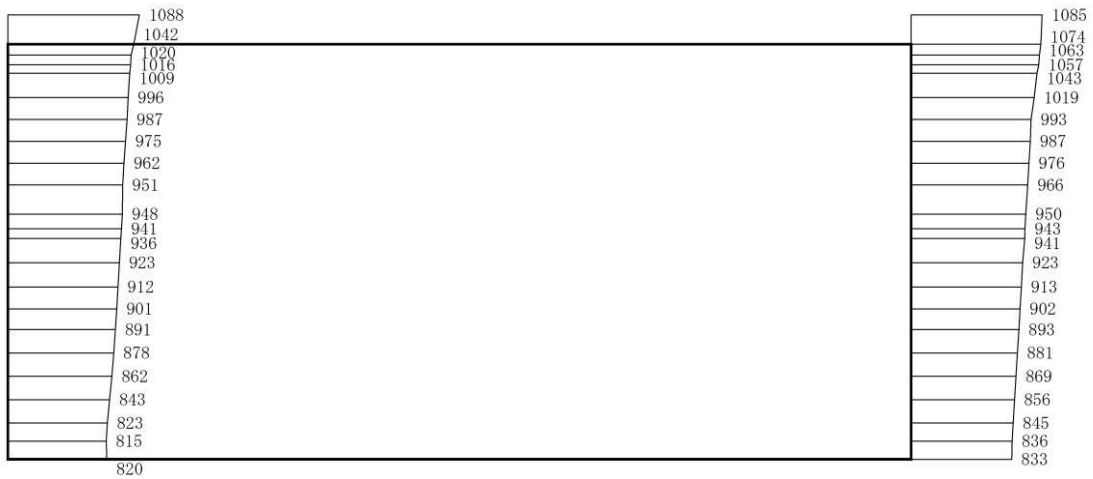


(a) S s - F 1 (++) 水平

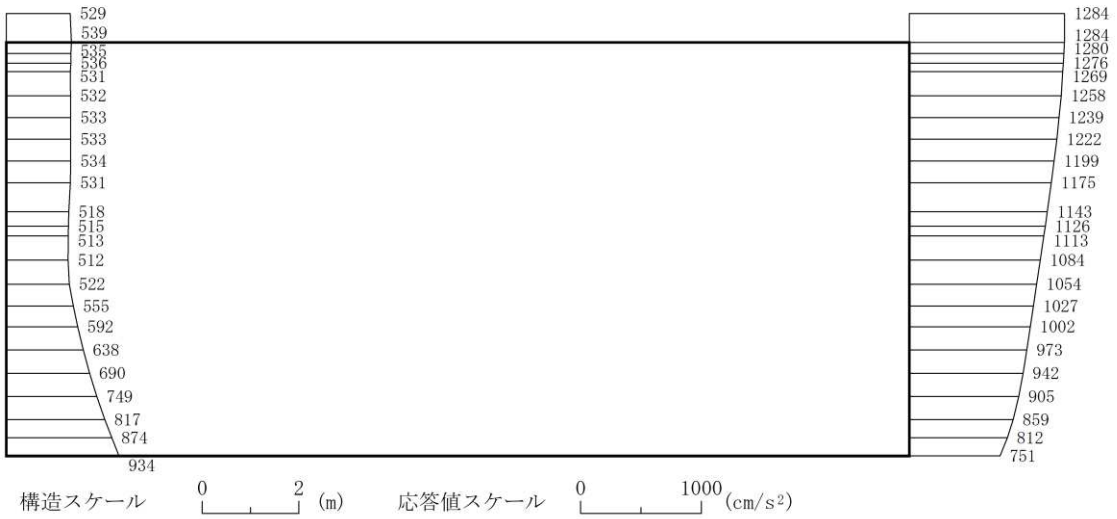


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-25 最大加速度分布図 (25/56) (解析ケース④)

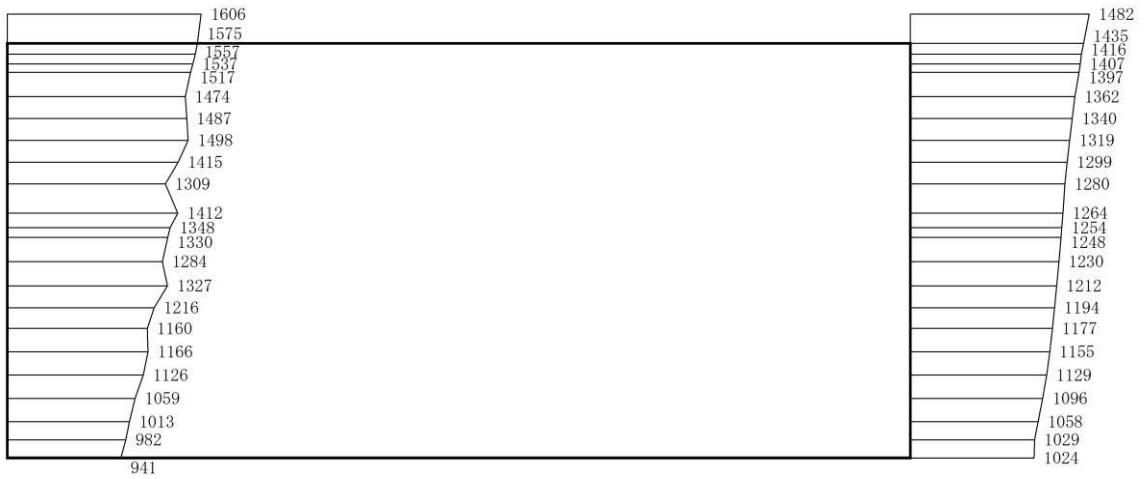


(a) $S_s - F 2 (++)$ 水平

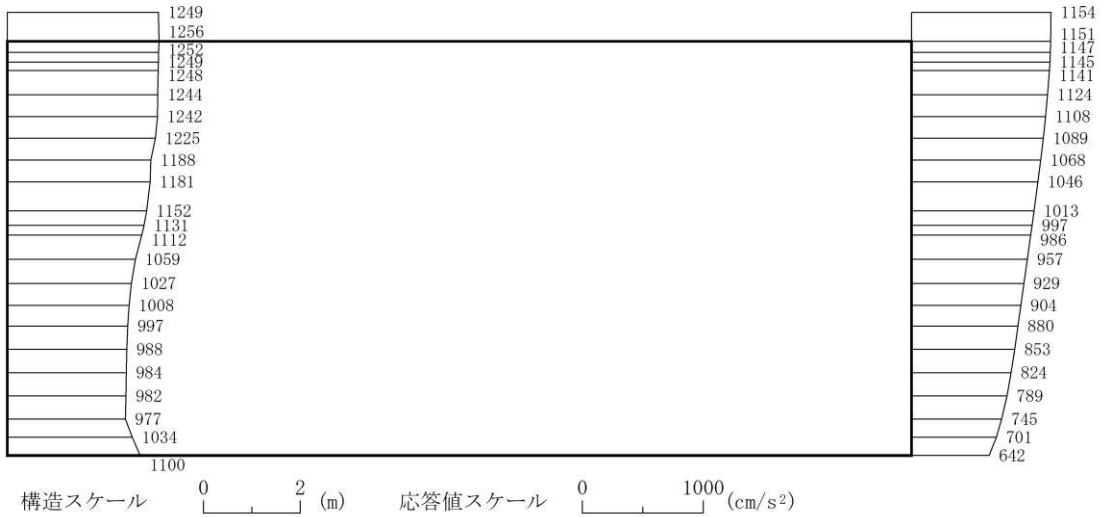


(b) $S_s - F 2 (++)$ 鉛直

図 4-26 最大加速度分布図 (26/56) (解析ケース④)

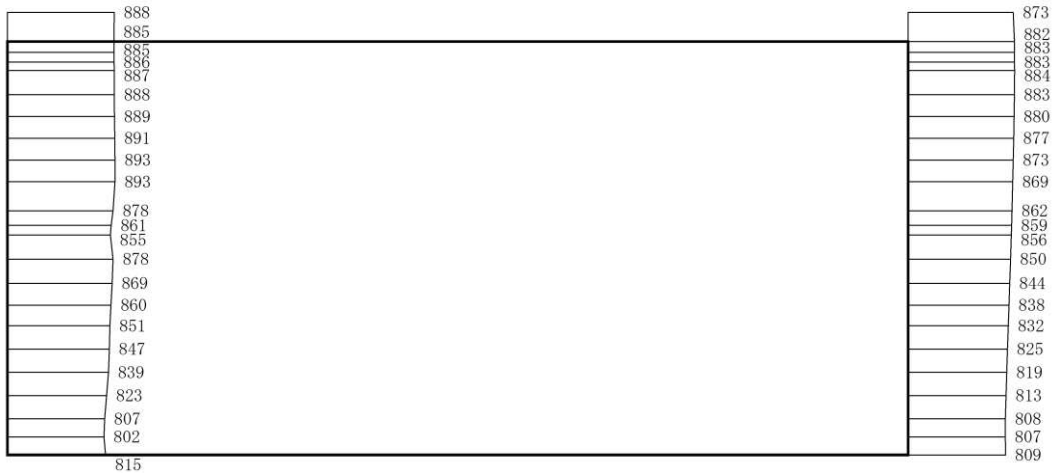


(a) $S_s - F3$ (++) 水平

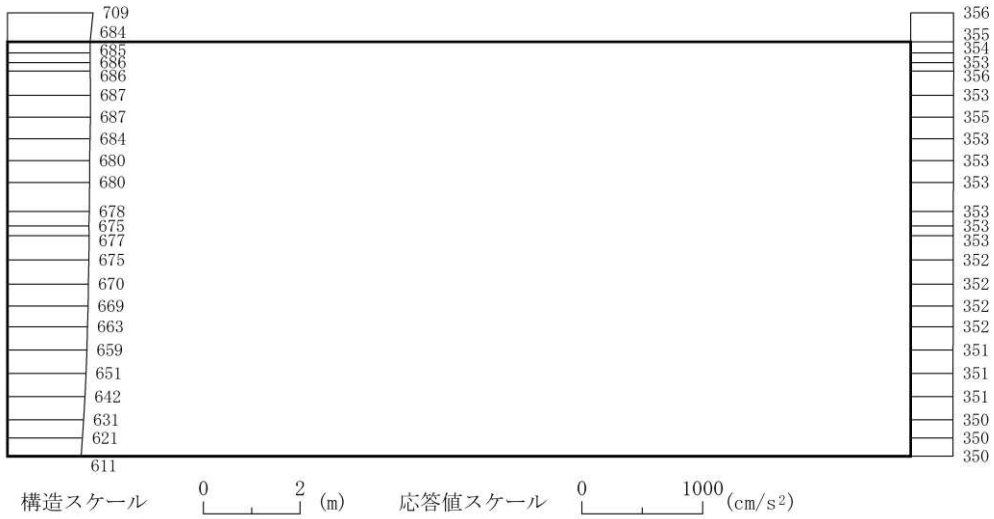


(b) $S_s - F3$ (++) 鉛直

図 4-27 最大加速度分布図 (27/56) (解析ケース④)

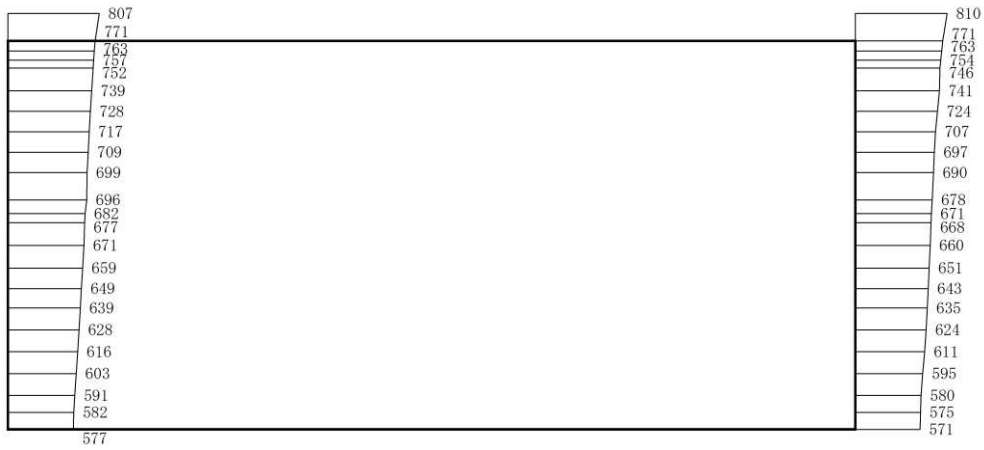


(a) S s - N 1 (++) 水平

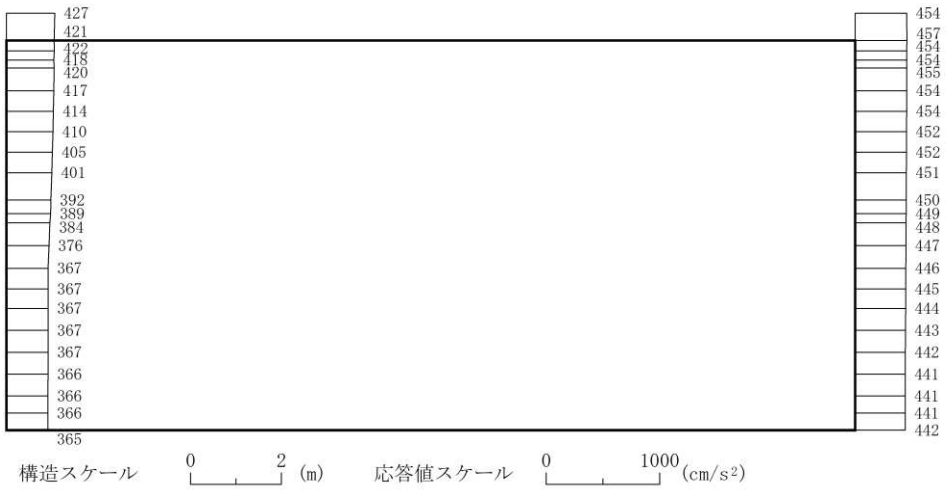


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-28 最大加速度分布図 (28/56) (解析ケース④)

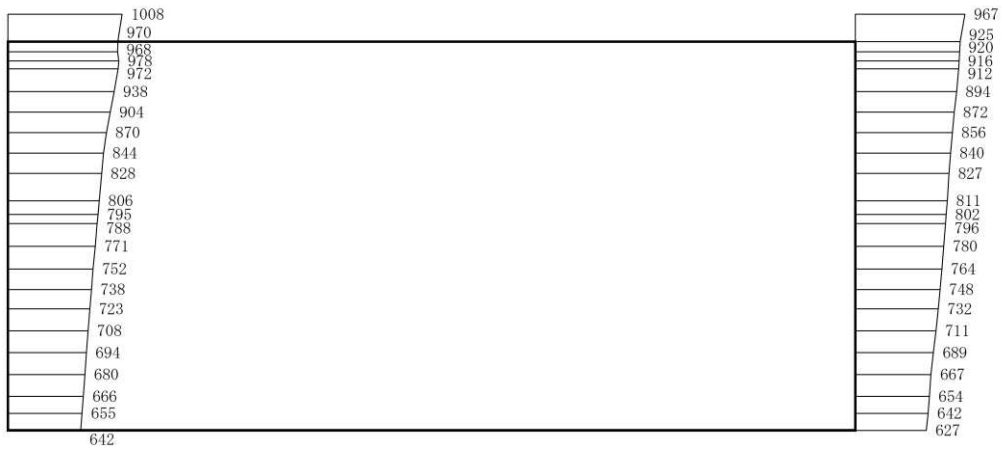


(a) S d - D 1 (++) 水平

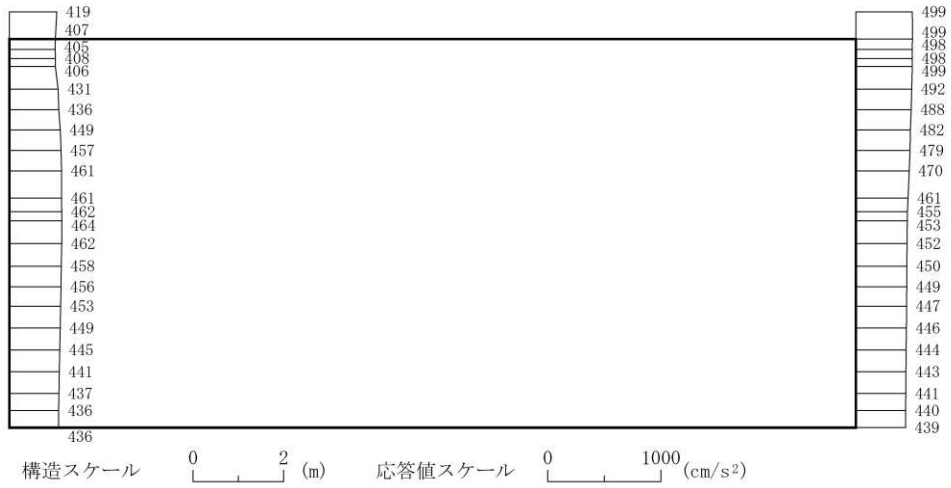


(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-29 最大加速度分布図 (29/56) (解析ケース①)

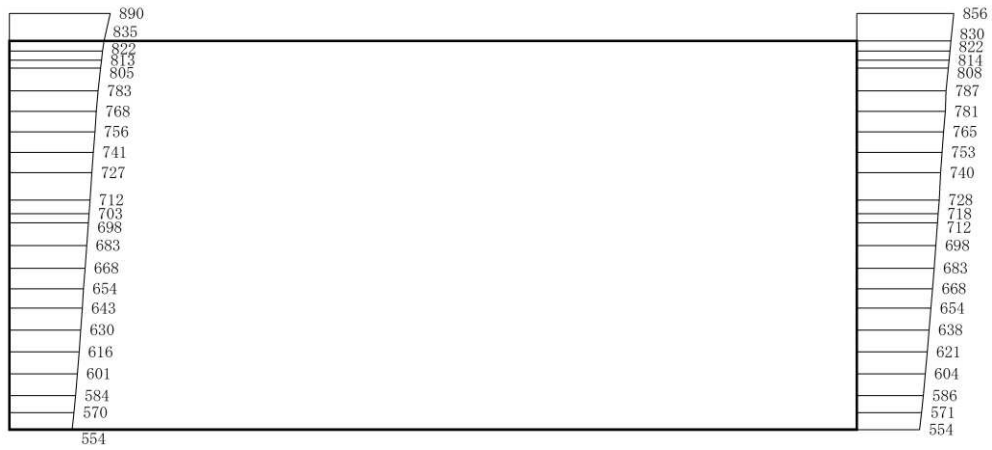


(a) S d - D 2 (++) 水平

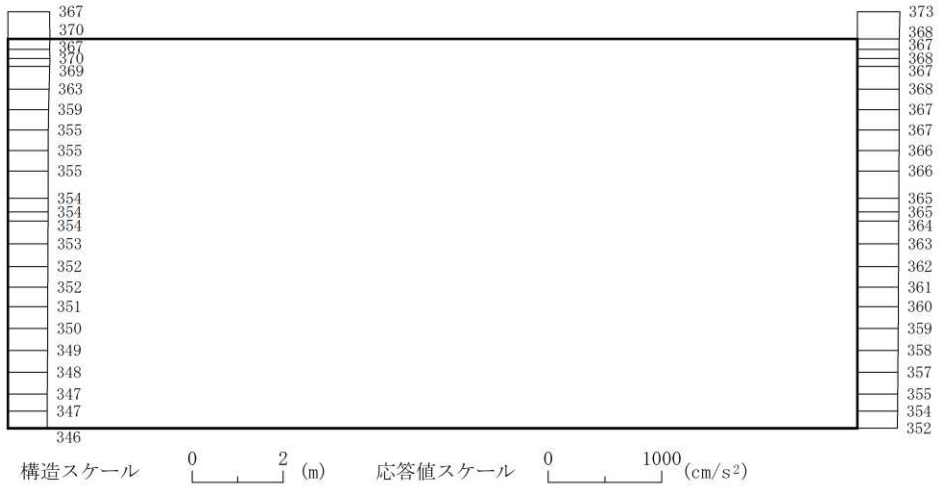


(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-30 最大加速度分布図 (30/56) (解析ケース①)

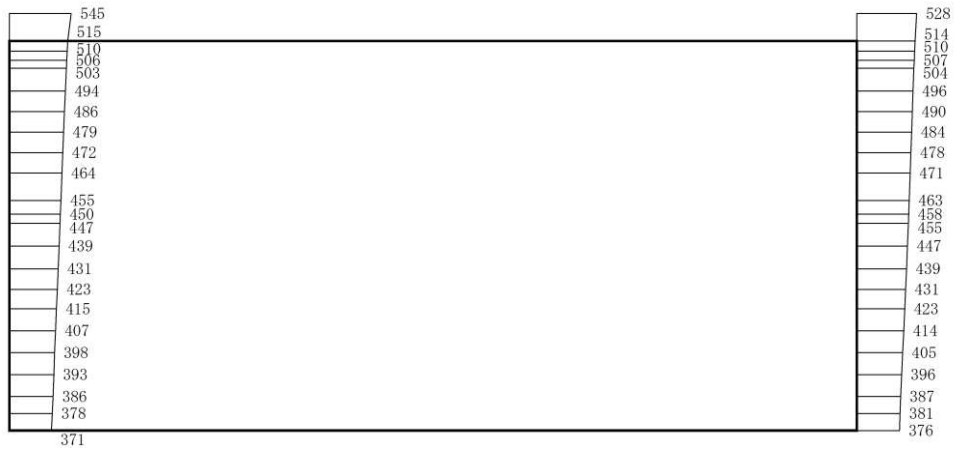


(a) S d - D 3 (++) 水平

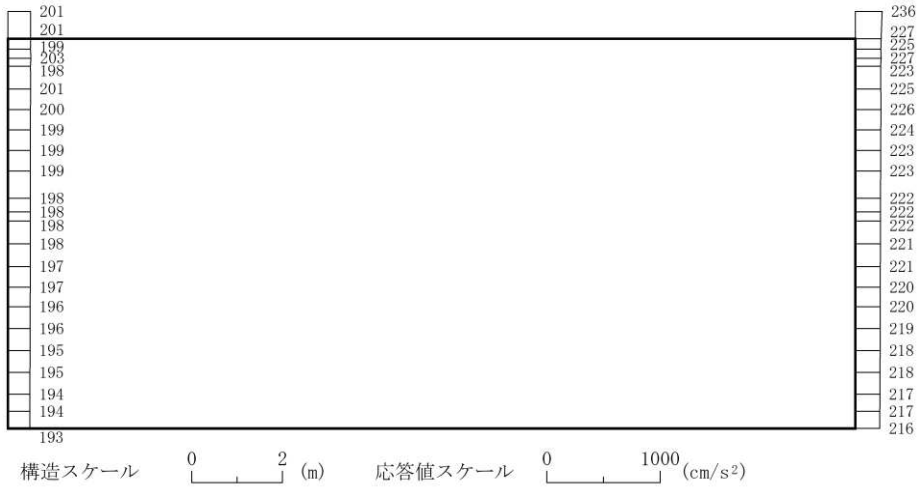


(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-31 最大加速度分布図 (31/56) (解析ケース①)

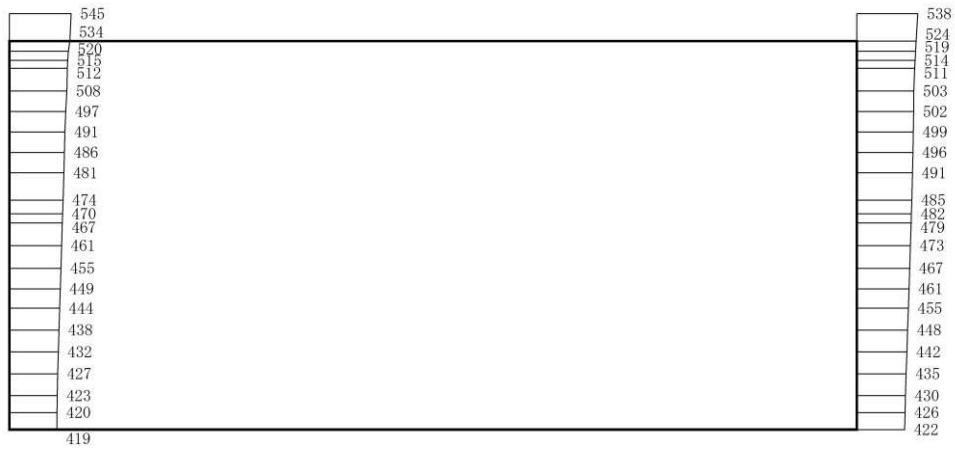


(a) S d - F 1 (++) 水平

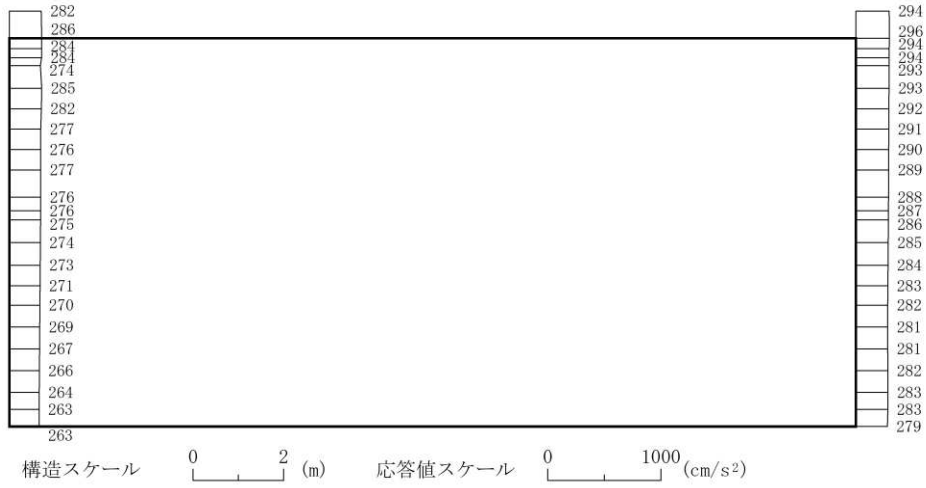


(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-32 最大加速度分布図 (32/56) (解析ケース①)

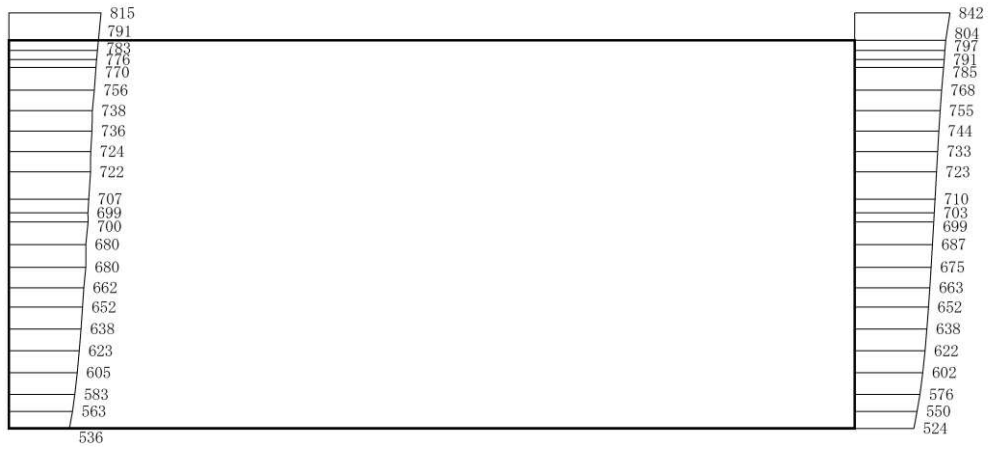


(a) S d - F 2 (++) 水平

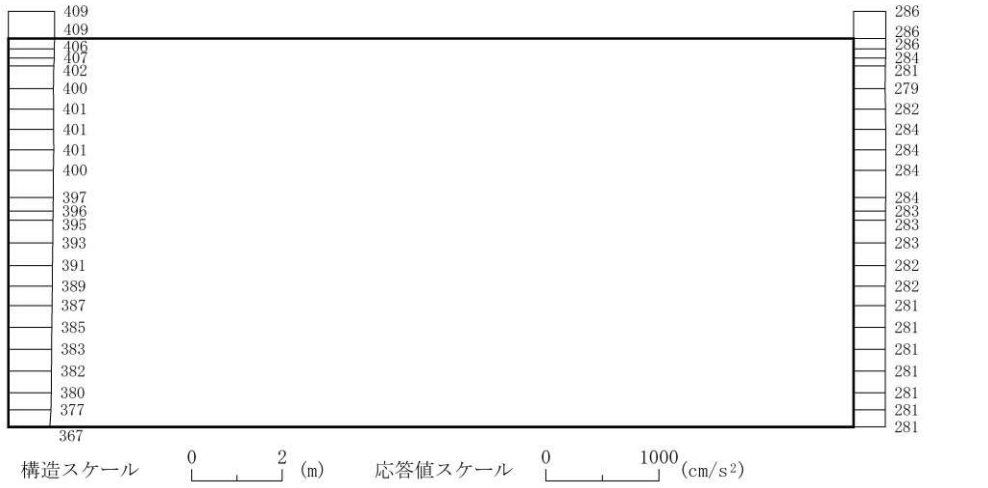


(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-33 最大加速度分布図 (33/56) (解析ケース①)

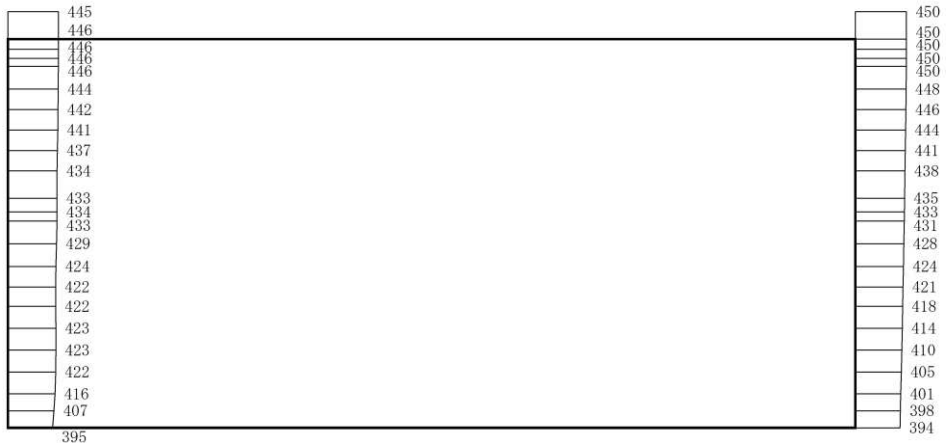


(a) S d - F 3 (++) 水平

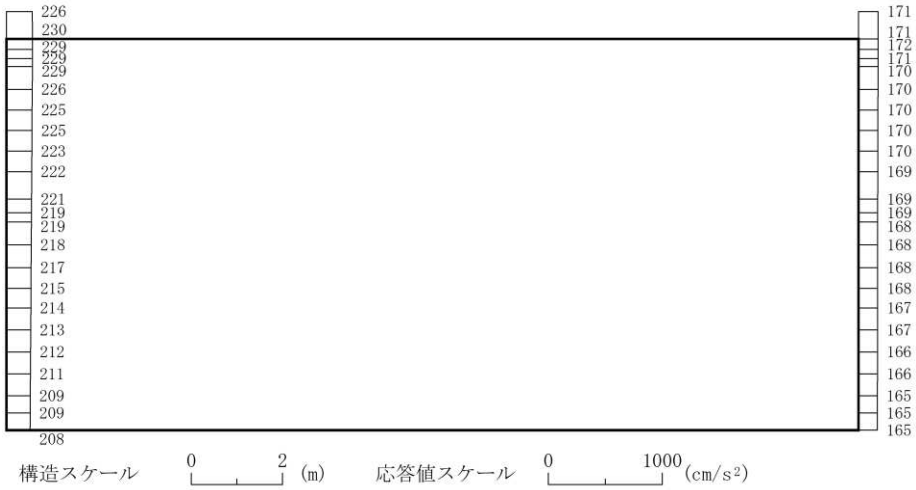


(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-34 最大加速度分布図 (34/56) (解析ケース①)

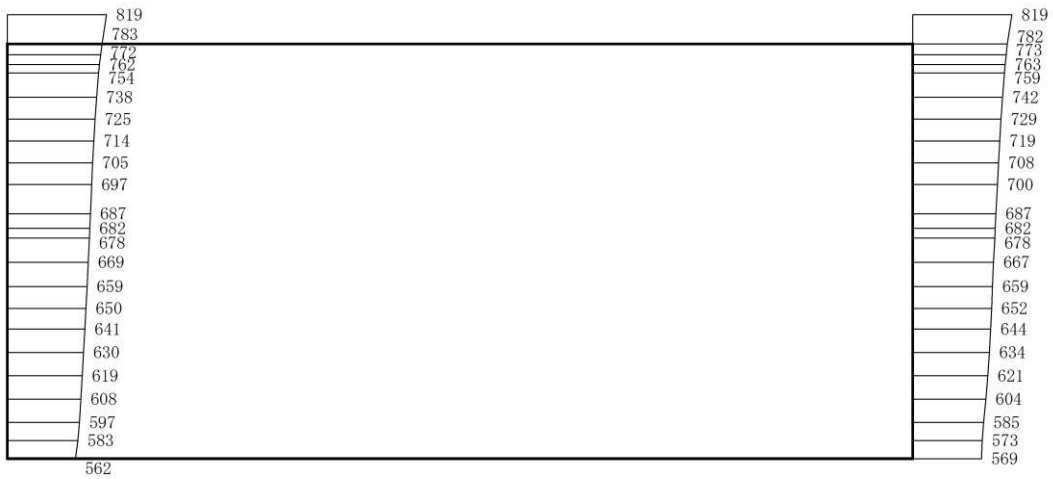


(a) S d - N 1 (++) 水平

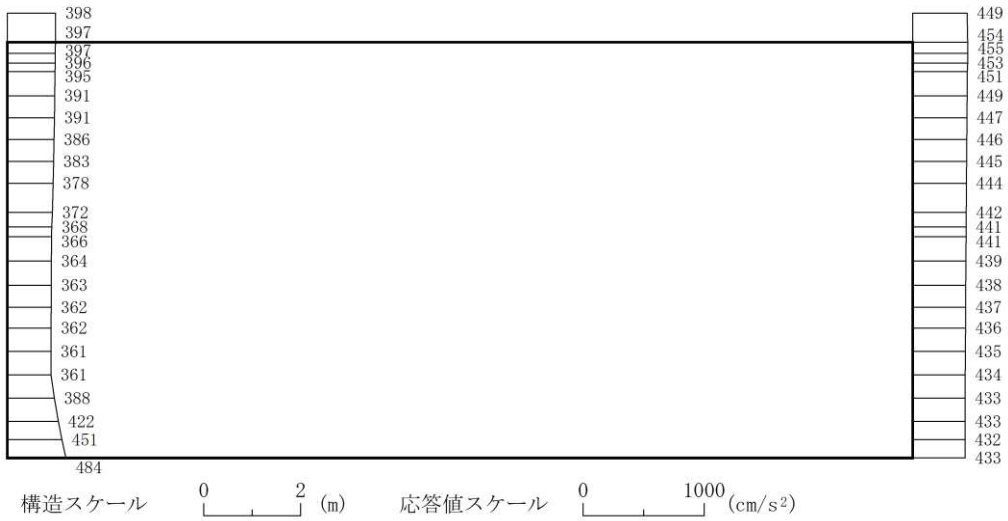


(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-35 最大加速度分布図 (35/56) (解析ケース①)

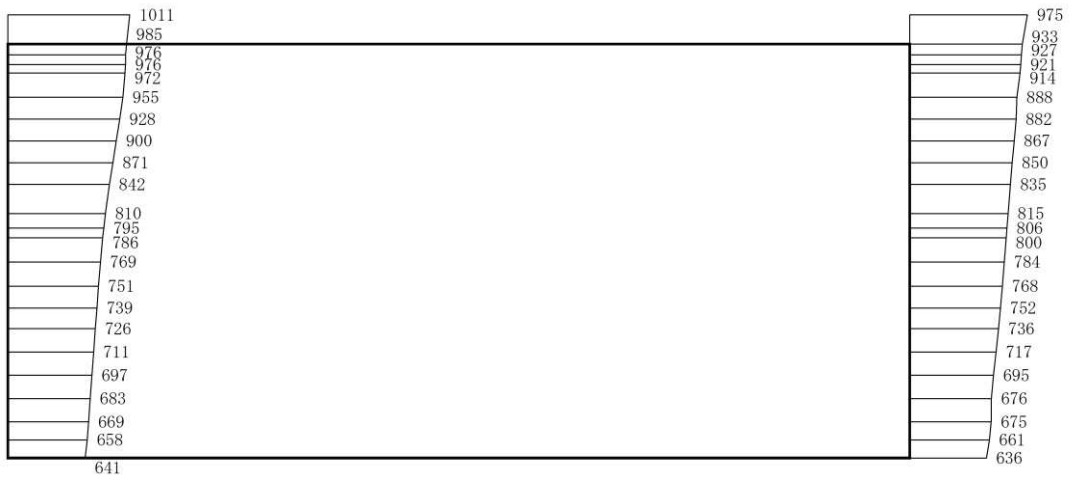


(a) S d - D 1 (++) 水平

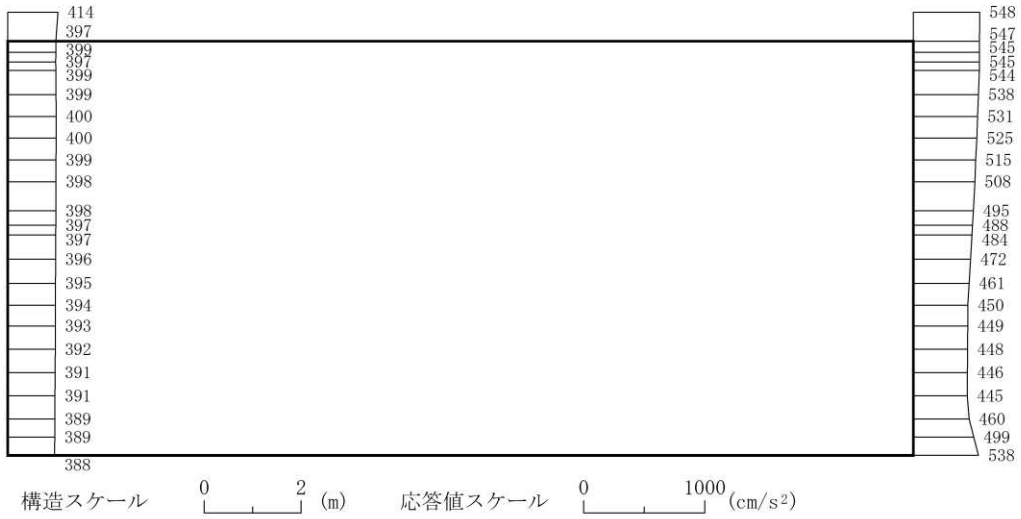


(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-36 最大加速度分布図 (36/56) (解析ケース②)

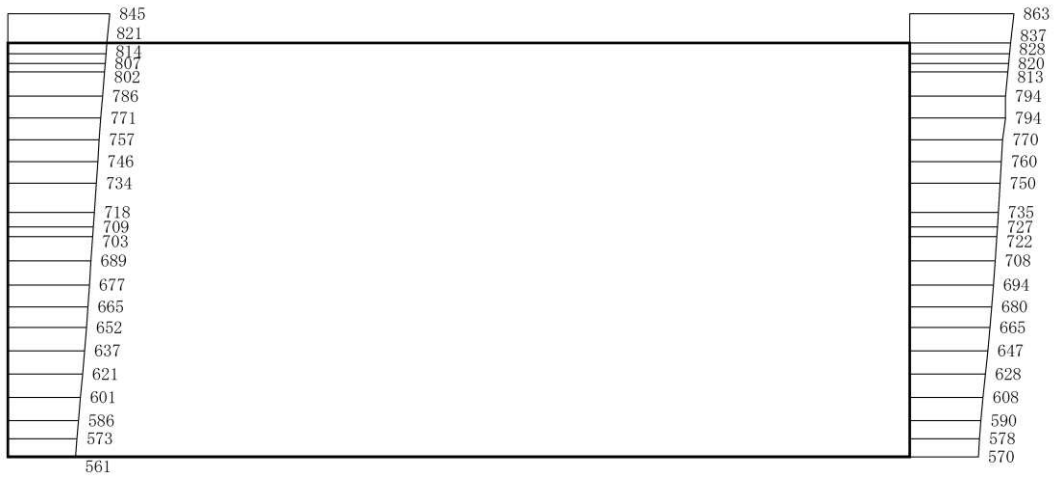


(a) S d - D 2 (++) 水平

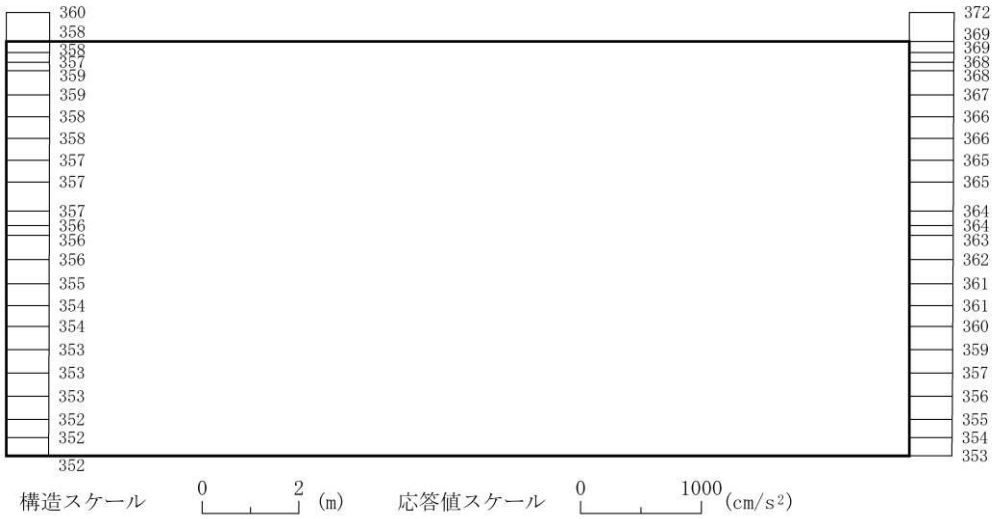


(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-37 最大加速度分布図 (37/56) (解析ケース②)

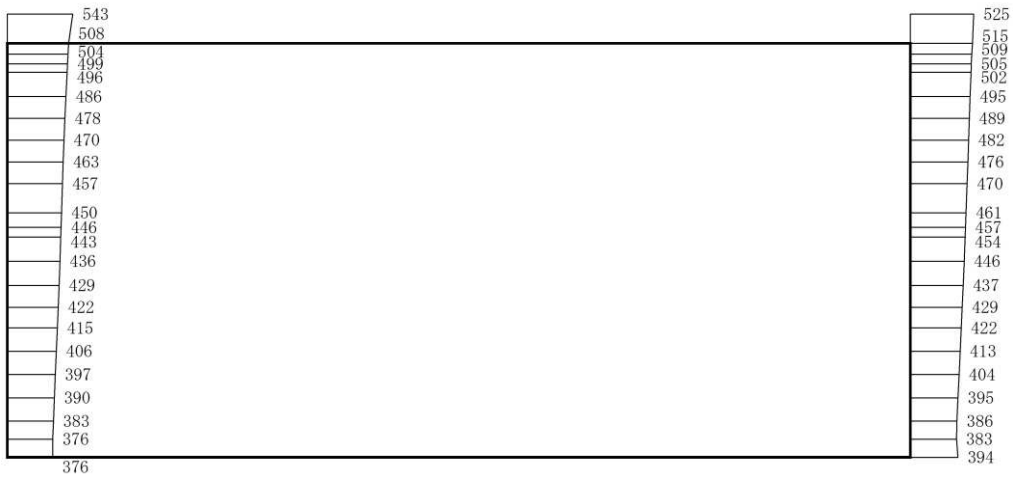


(a) S d - D 3 (++) 水平

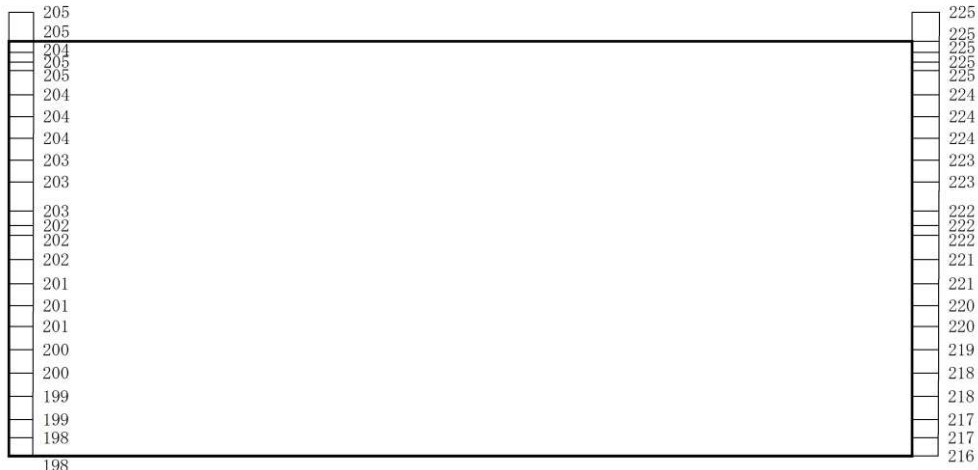


(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-38 最大加速度分布図 (38/56) (解析ケース②)



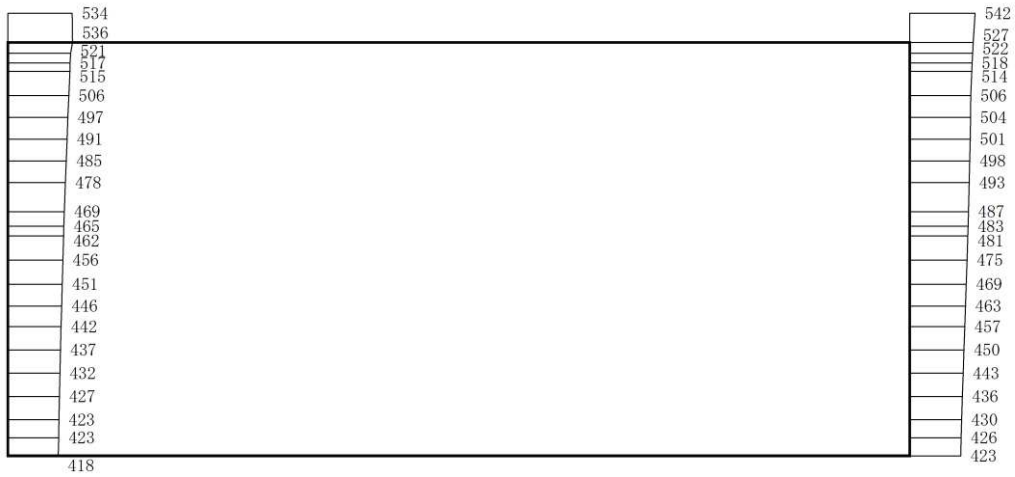
(a) S d - F 1 (++) 水平



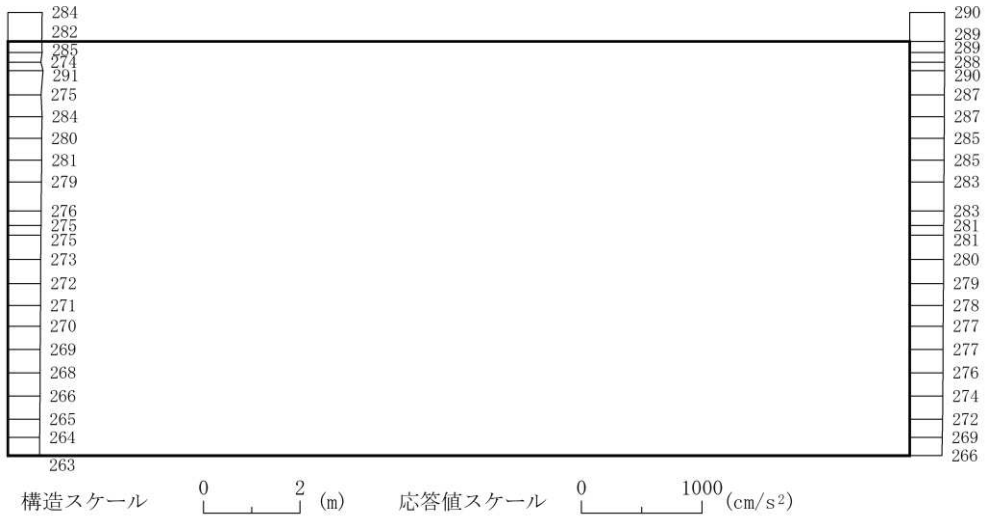
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-39 最大加速度分布図 (39/56) (解析ケース②)

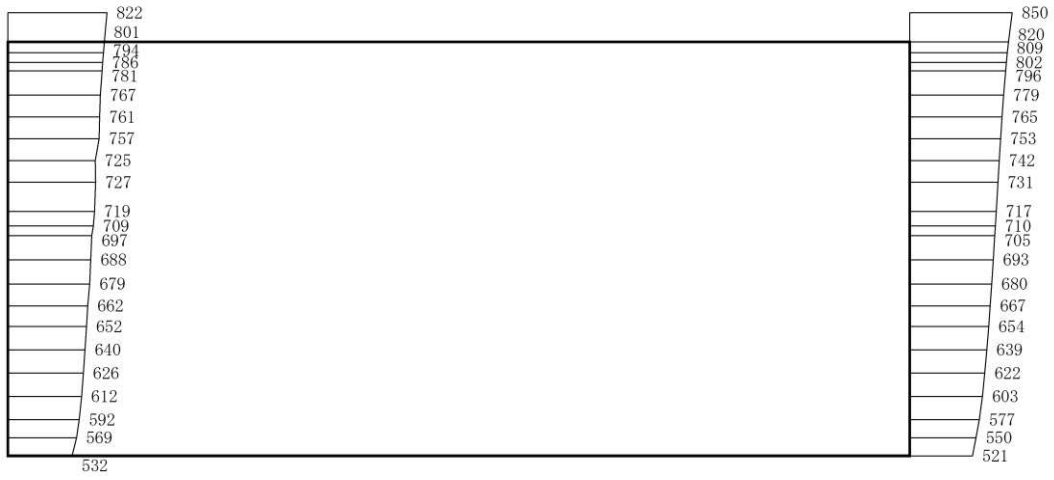


(a) S d - F 2 (++) 水平

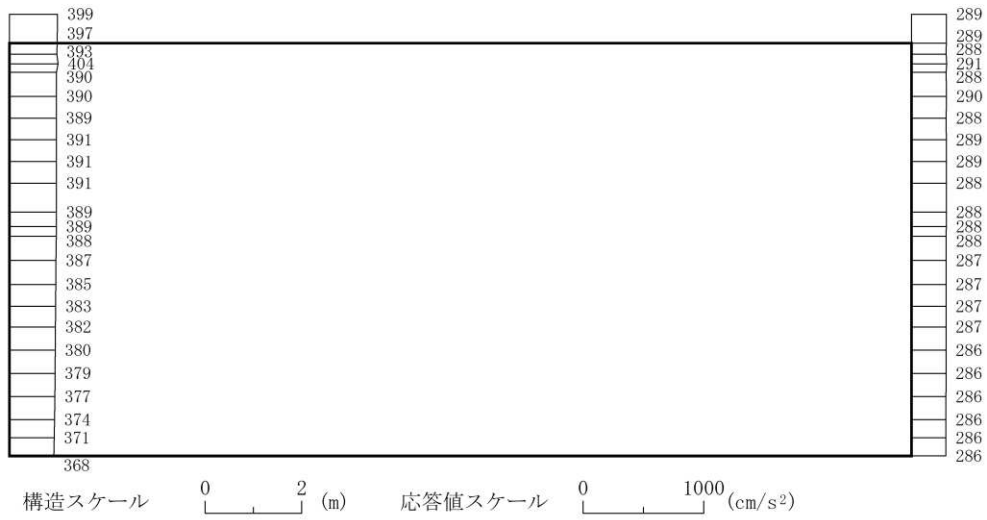


(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-40 最大加速度分布図 (40/56) (解析ケース②)



(a) S d - F 3 (++) 水平

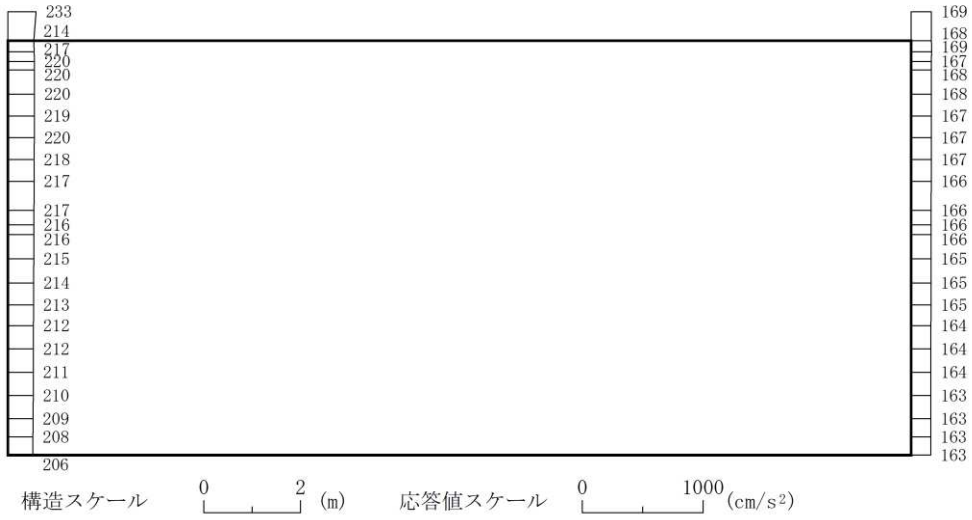


(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-41 最大加速度分布図 (41/56) (解析ケース②)

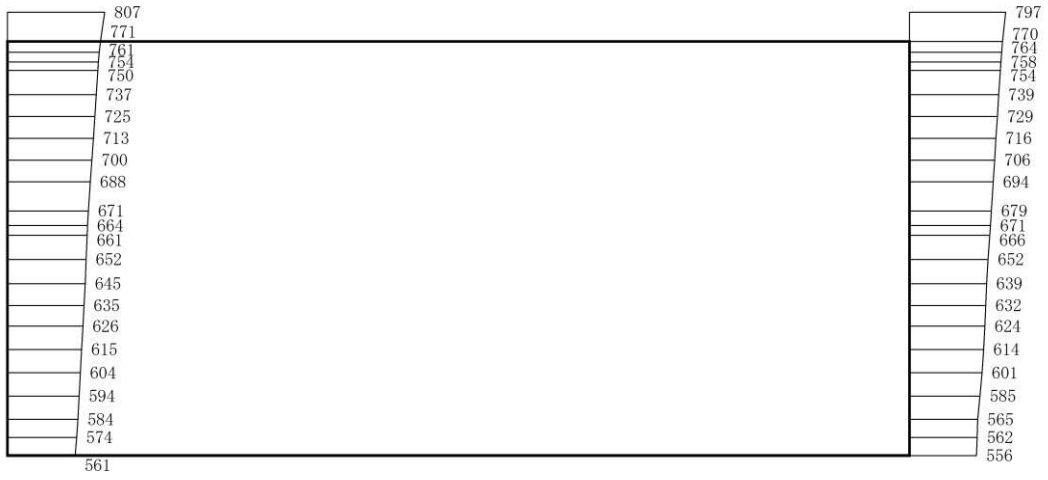


(a) S d - N 1 (++) 水平

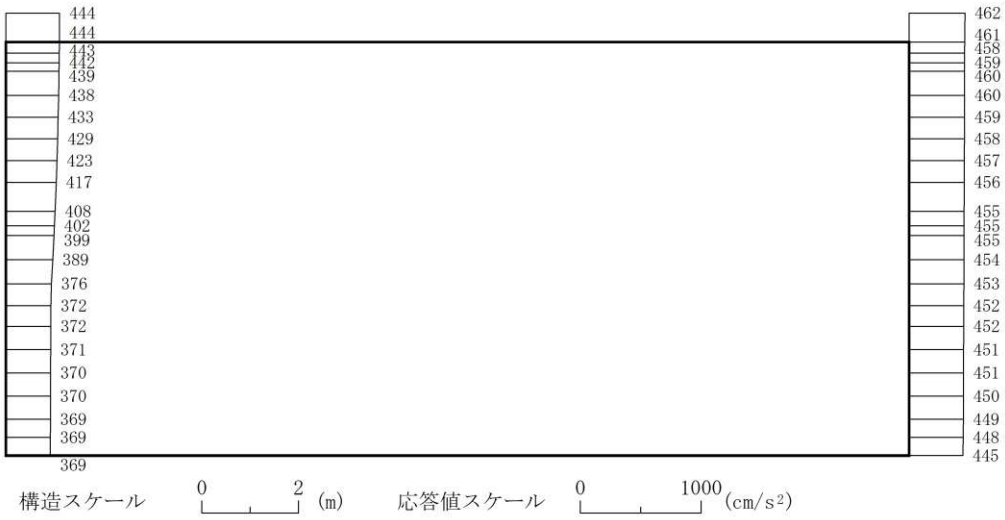


(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-42 最大加速度分布図 (42/56) (解析ケース②)

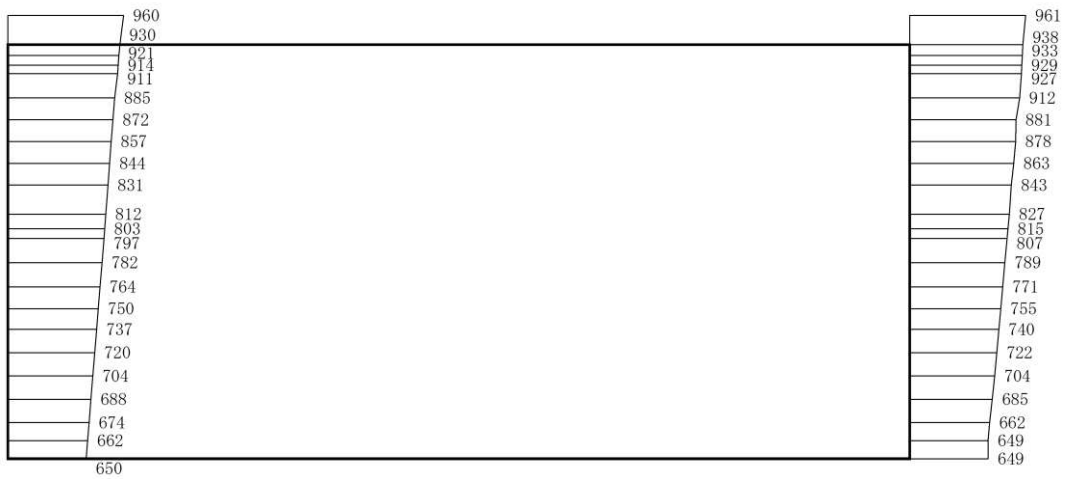


(a) S d - D 1 (++) 水平

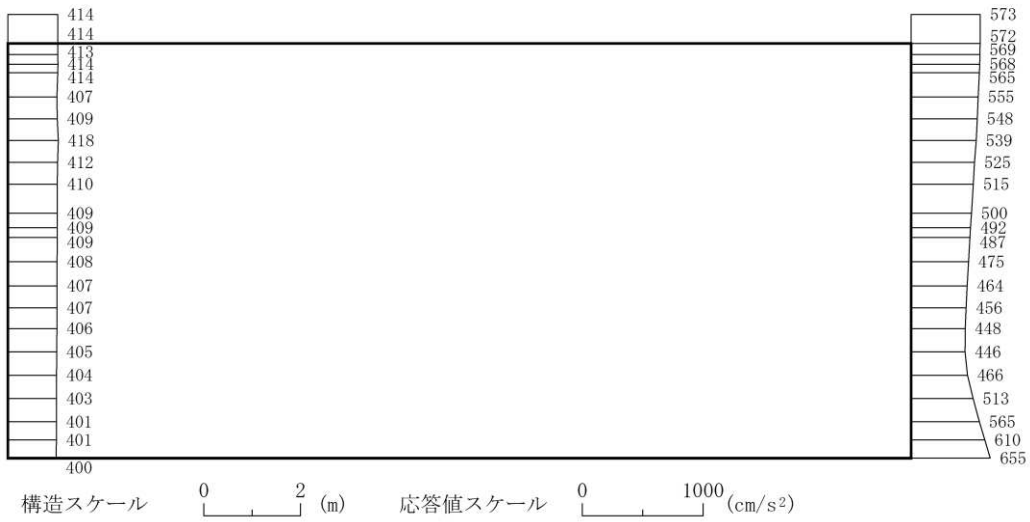


(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-43 最大加速度分布図 (43/56) (解析ケース③)

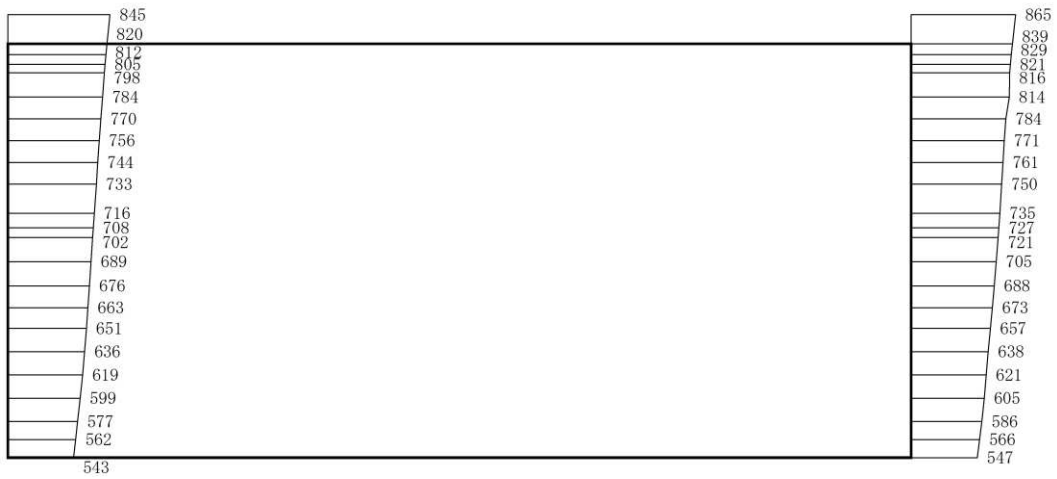


(a) S d - D 2 (++) 水平

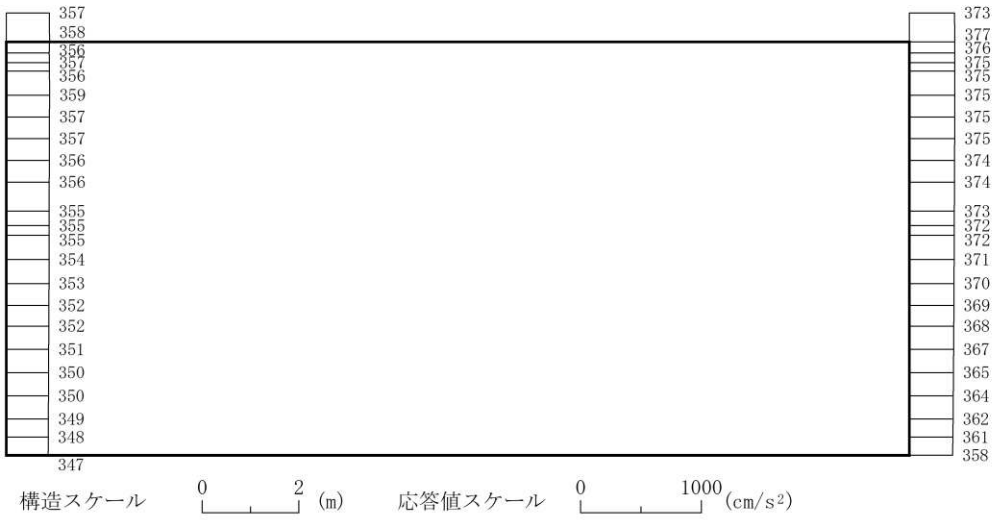


(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-44 最大加速度分布図 (44/56) (解析ケース③)

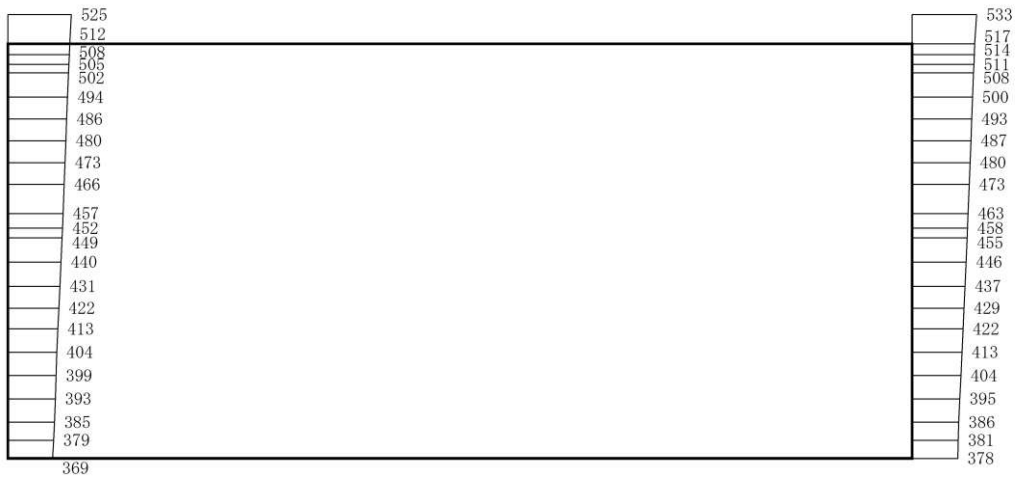


(a) S d - D 3 (++) 水平

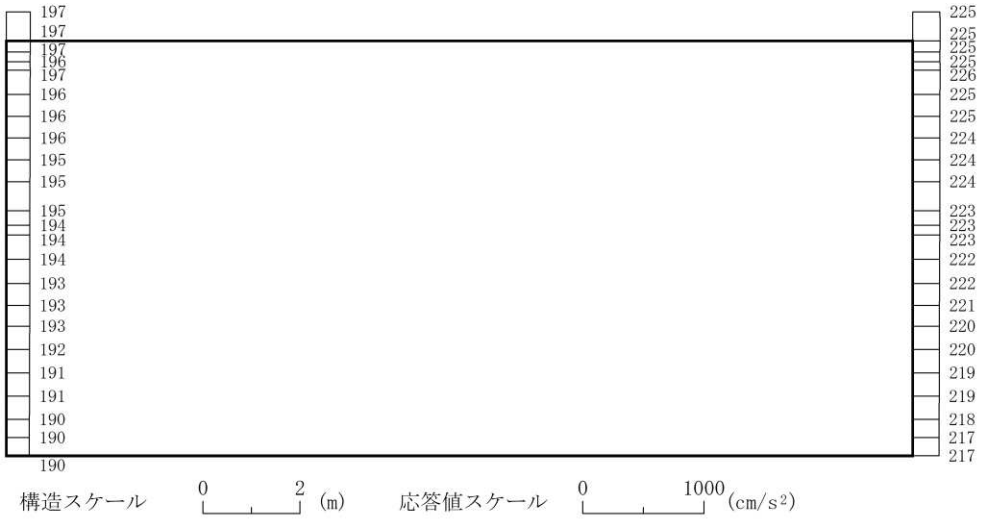


(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-45 最大加速度分布図 (45/56) (解析ケース③)



(a) S d - F 1 (++) 水平

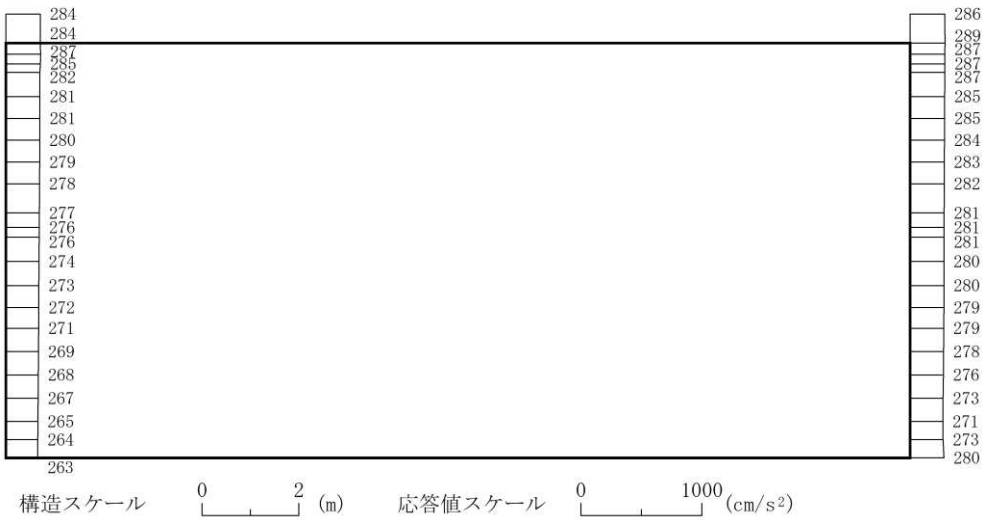


(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-46 最大加速度分布図 (46/56) (解析ケース③)

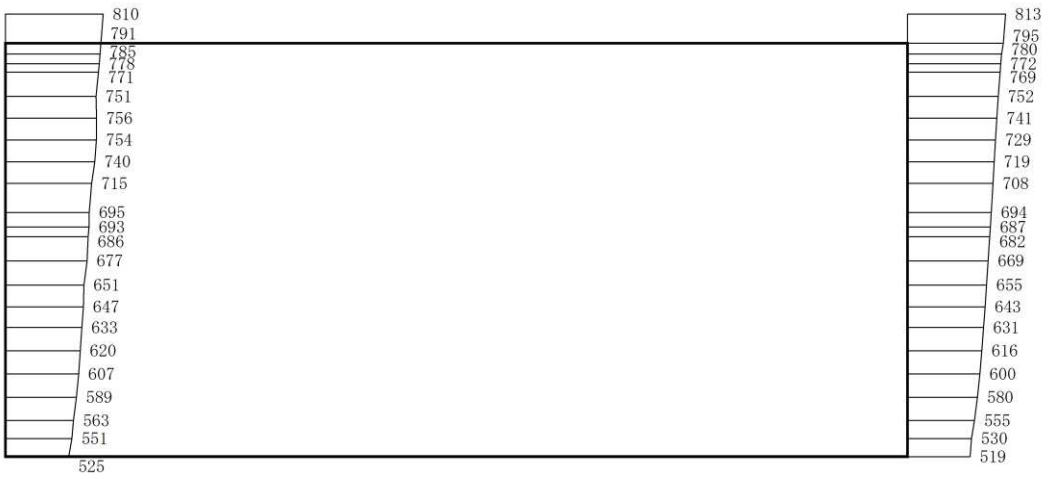


(a) S d - F 2 (++) 水平

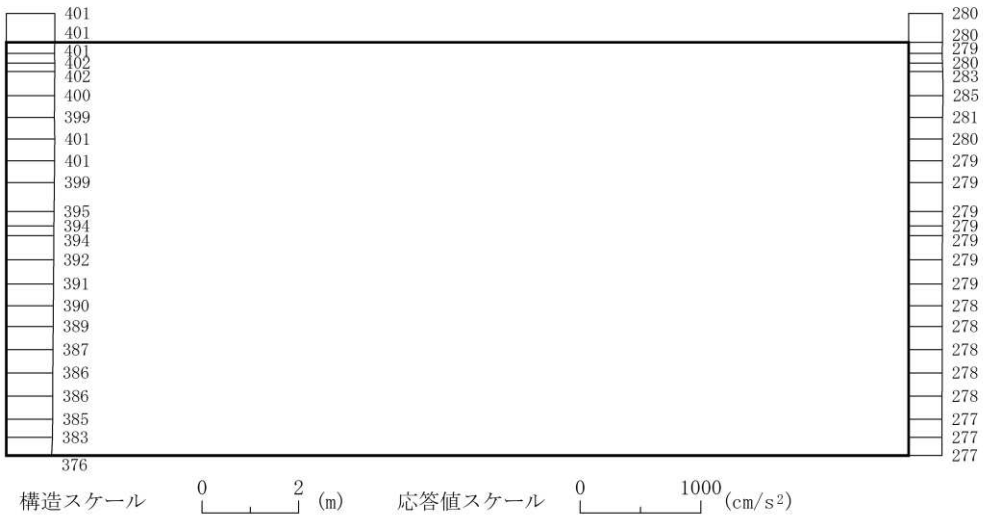


(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-47 最大加速度分布図 (47/56) (解析ケース③)

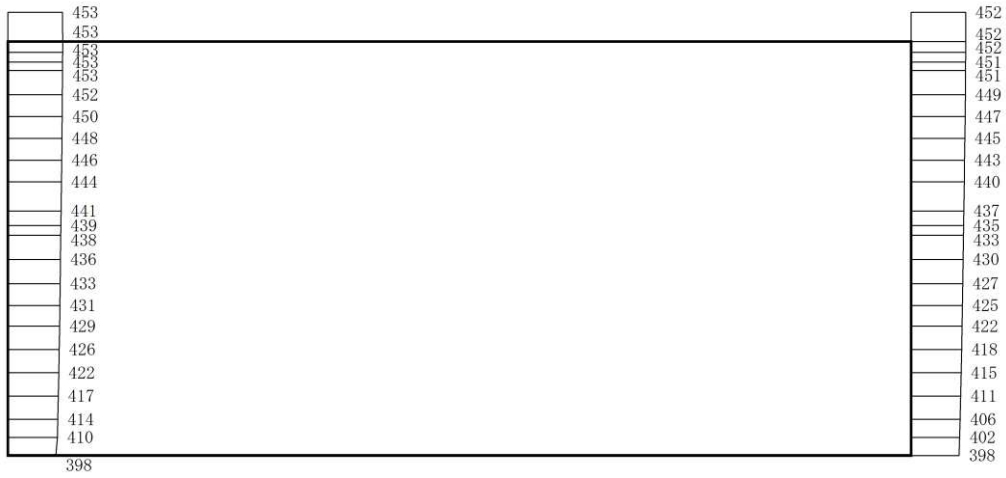


(a) S d - F 3 (++) 水平

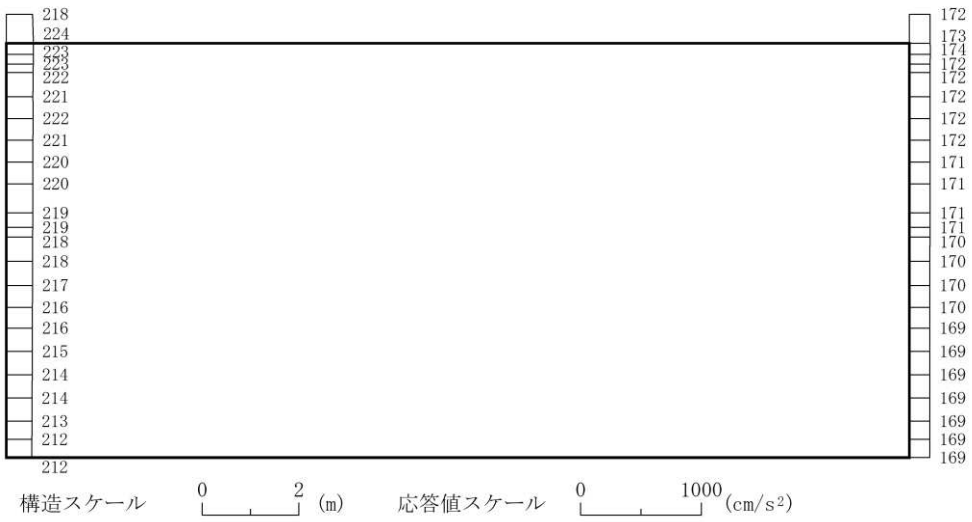


(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-48 最大加速度分布図 (48/56) (解析ケース③)

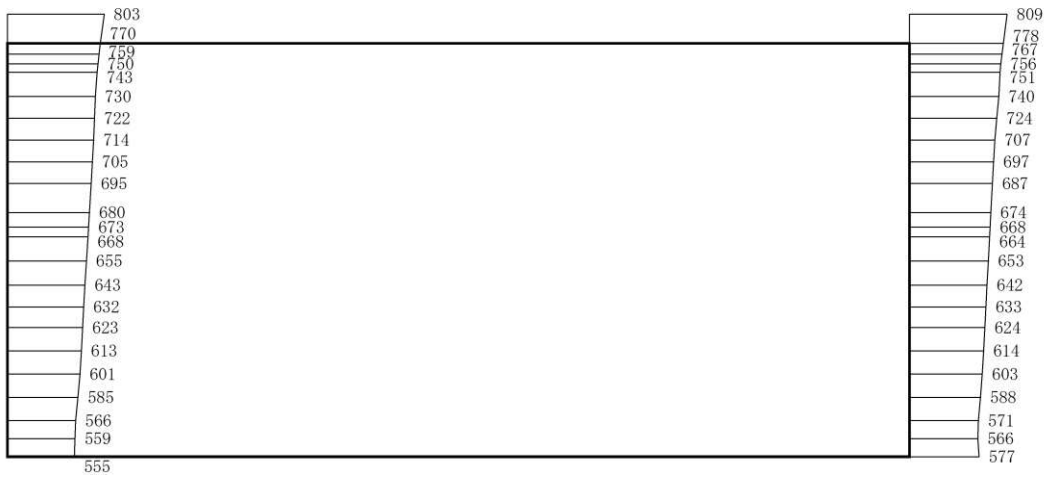


(a) S d - N 1 (++) 水平

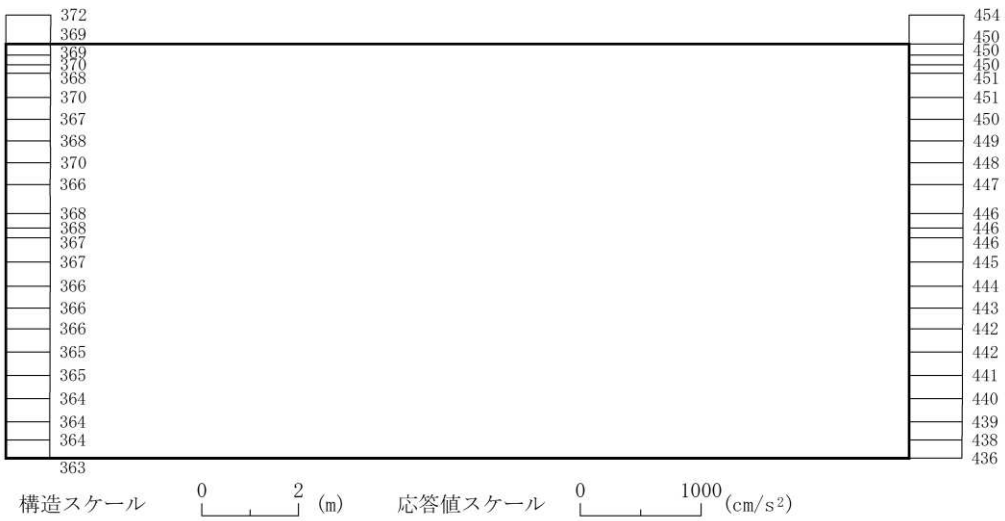


(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-49 最大加速度分布図 (49/56) (解析ケース③)

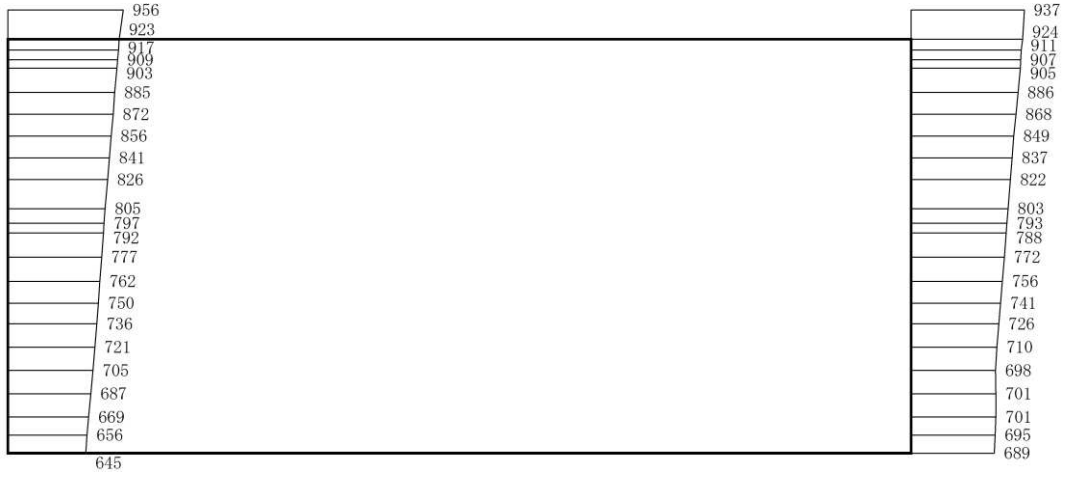


(a) S d - D 1 (++) 水平

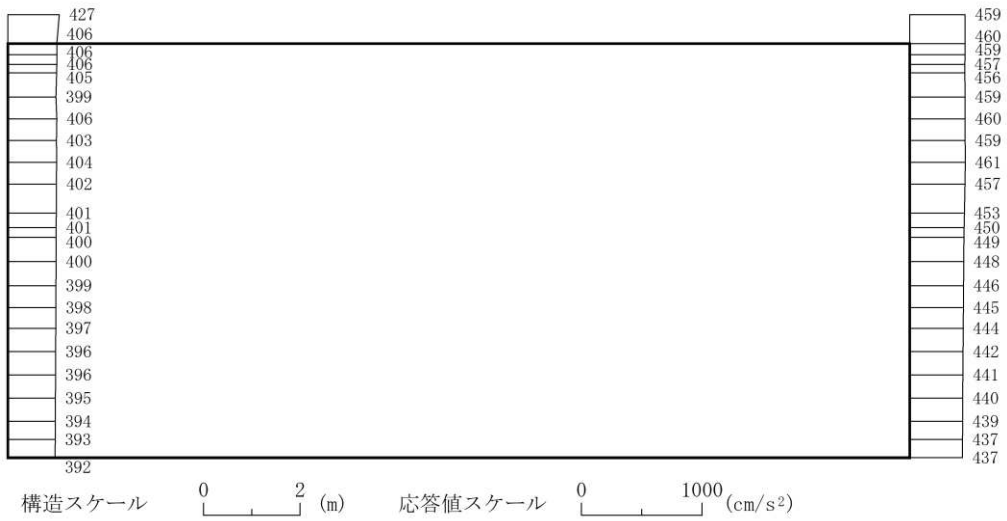


(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-50 最大加速度分布図 (50/56) (解析ケース④)

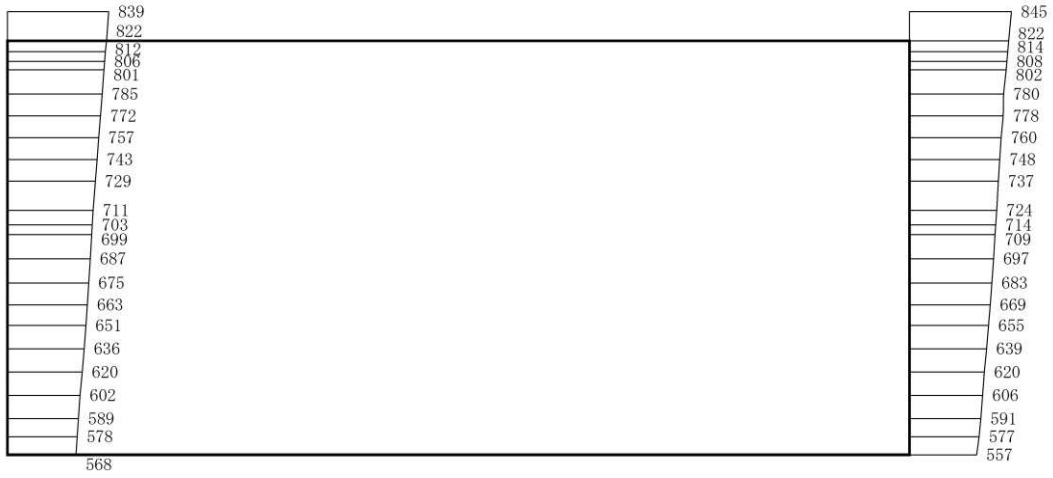


(a) S d - D 2 (++) 水平

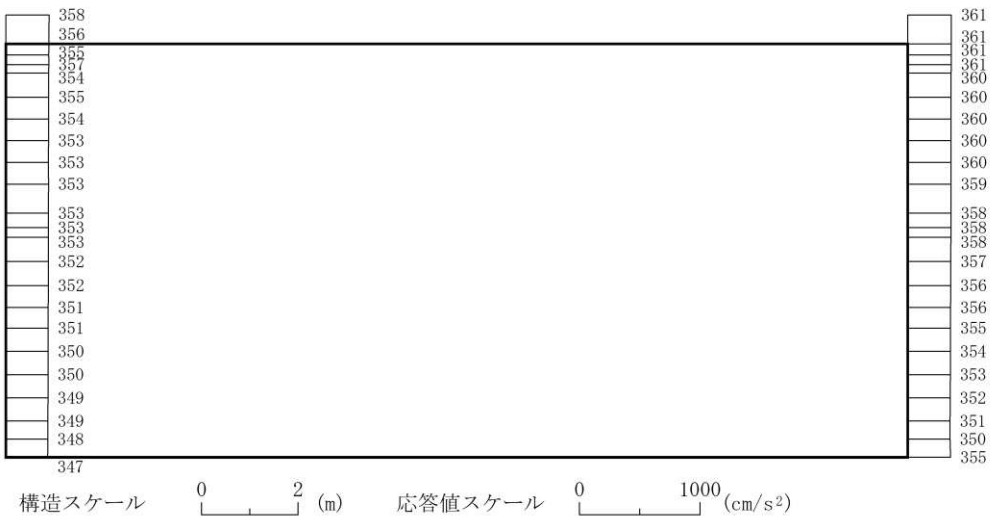


(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-51 最大加速度分布図 (51/56) (解析ケース④)

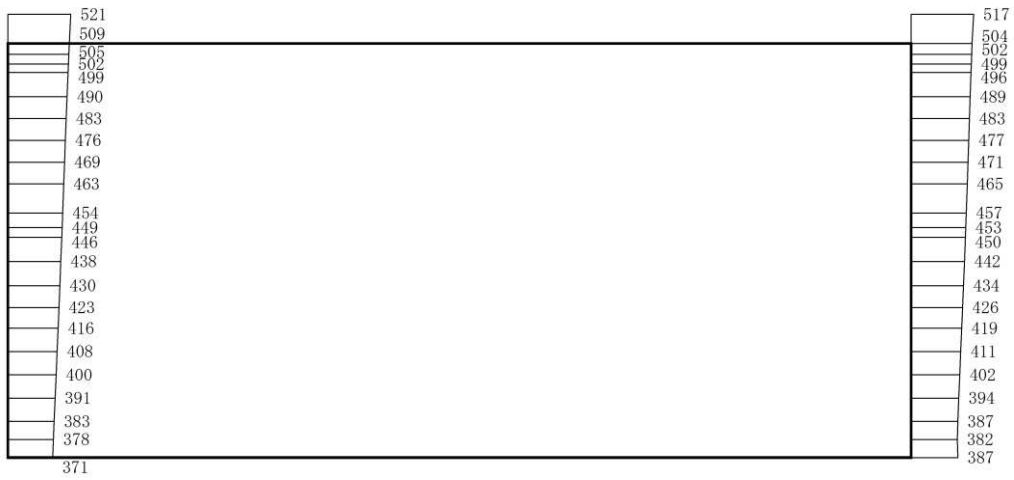


(a) S d - D 3 (++) 水平

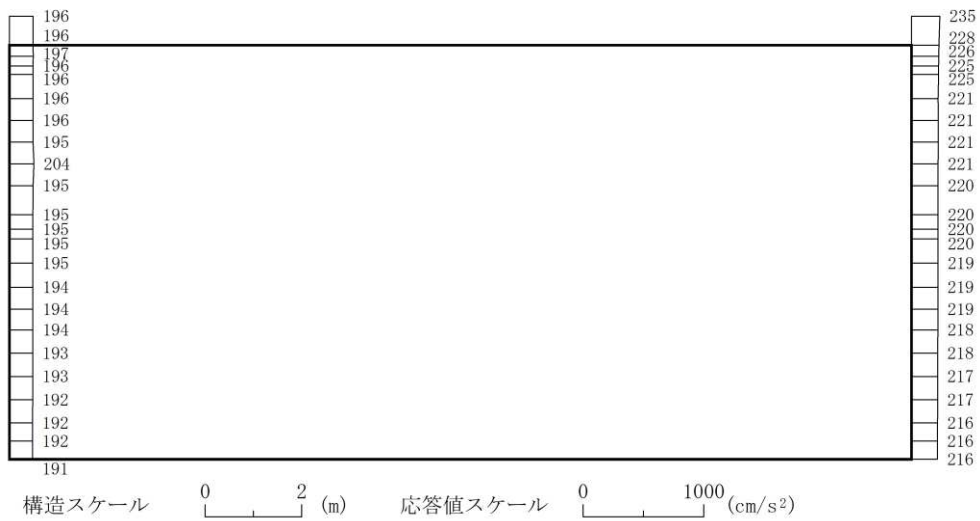


(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-52 最大加速度分布図 (52/56) (解析ケース④)

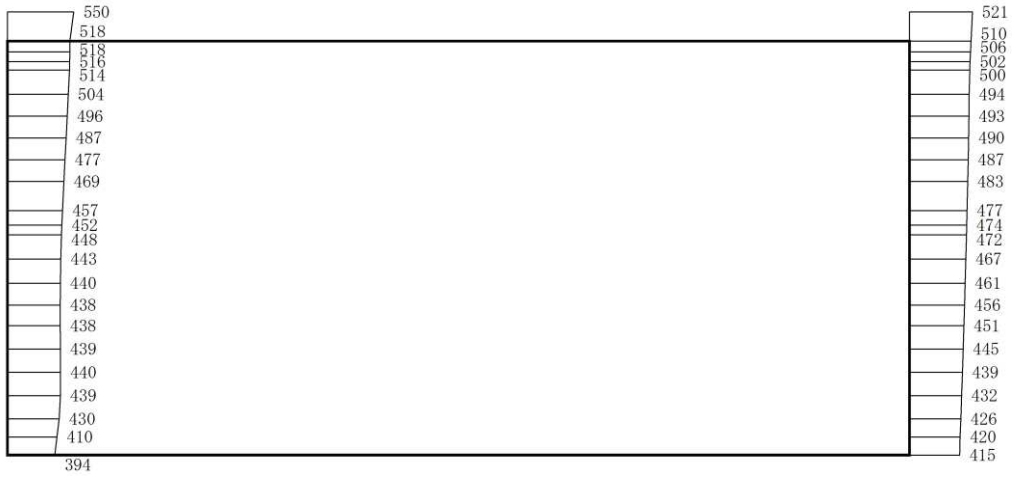


(a) S d - F 1 (++) 水平

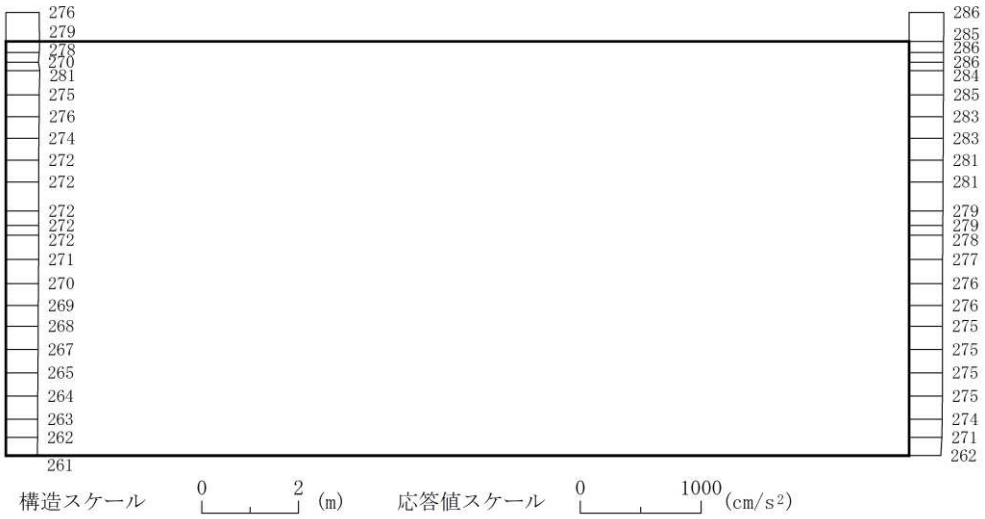


(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-53 最大加速度分布図 (53/56) (解析ケース④)

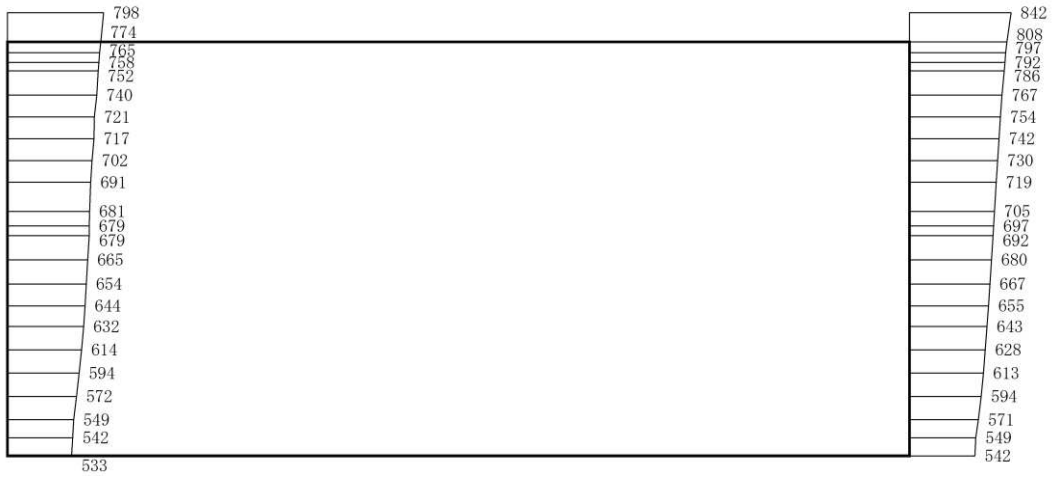


(a) S d - F 2 (++) 水平

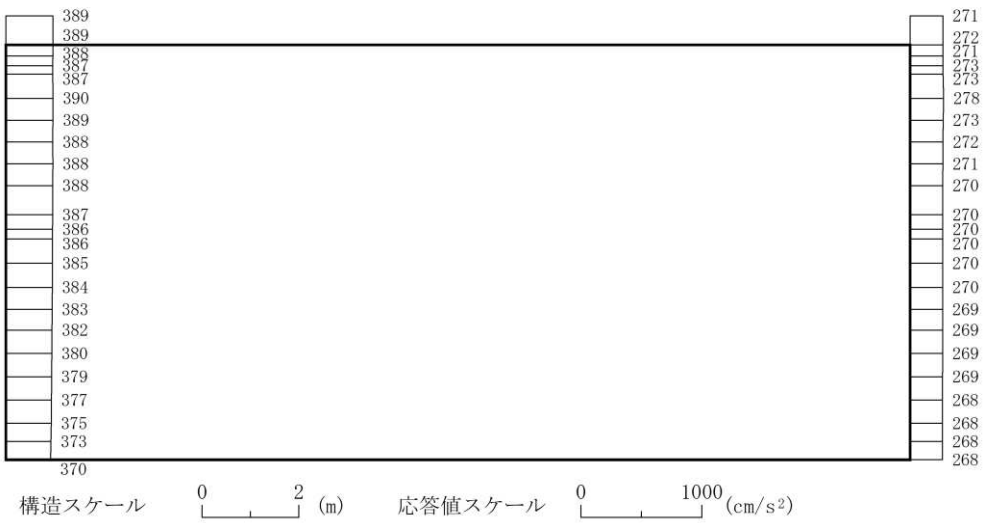


(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-54 最大加速度分布図 (54/56) (解析ケース④)

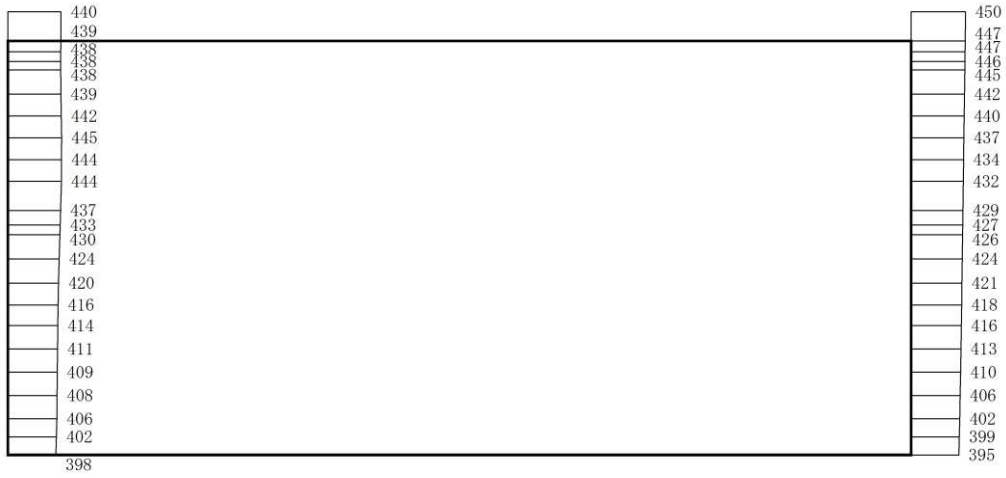


(a) S d - F 3 (++) 水平

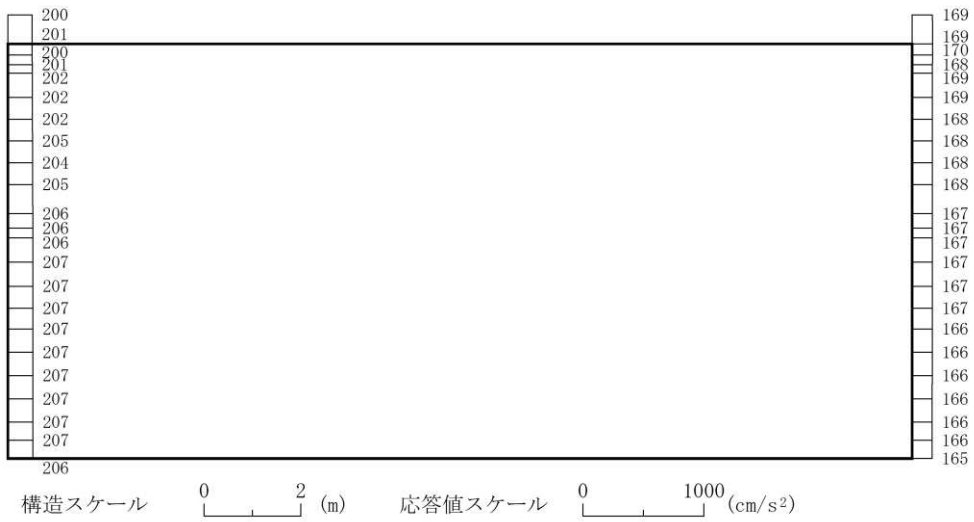


(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-55 最大加速度分布図 (55/56) (解析ケース④)



(a) S d - N 1 (++) 水平



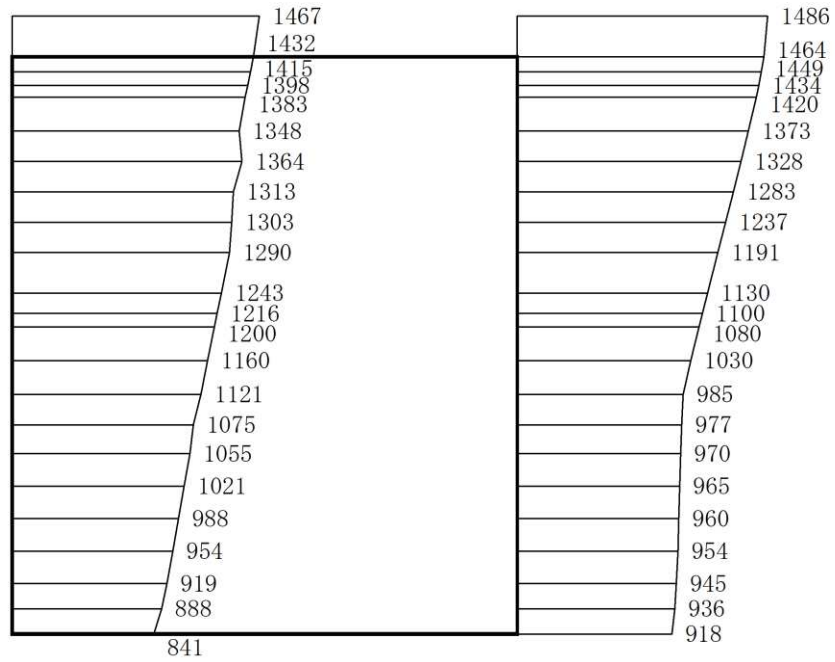
(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-56 最大加速度分布図 (56/56) (解析ケース④)

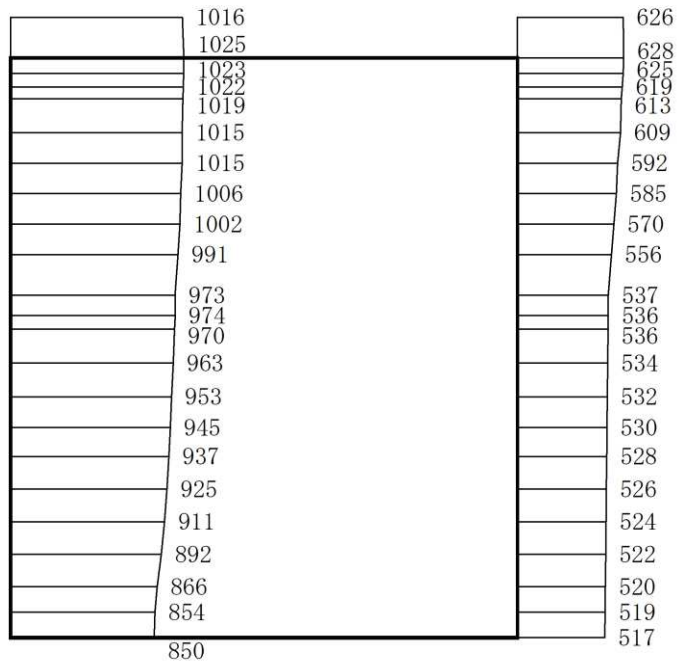
4.2 東西方向の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①（基本ケース）について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図 4-57～図 4-70 に示す。また、解析ケース①において、照査項目ごとに照査値が 0.5 を超えるケースで照査値が最大となる地震動について、解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図 4-71 及び図 4-72 に示す。

これらに加え、機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース②～④についてすべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図 4-73～図 4-93 に示す。また、解析ケース①～④についてすべての弾性設計用地震動 S_d に対する最大加速度分布図を図 4-94～図 4-121 に示す。



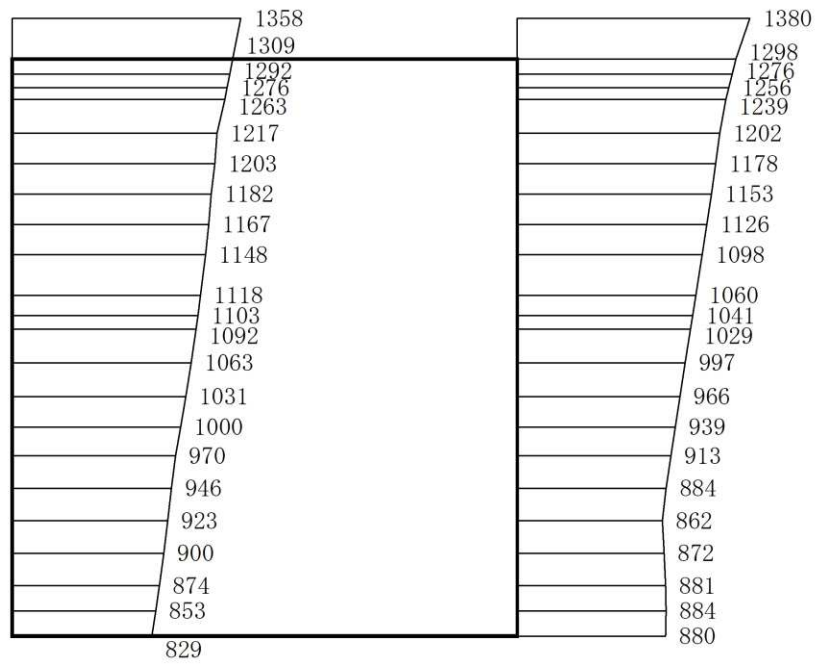
(a) S s - D 1 (++) 水平



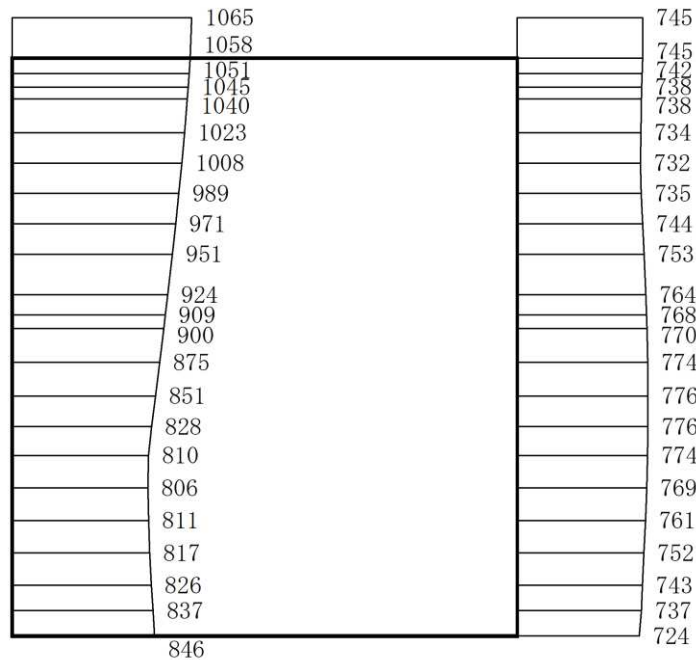
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-57 最大加速度分布図 (1/16) (解析ケース①)



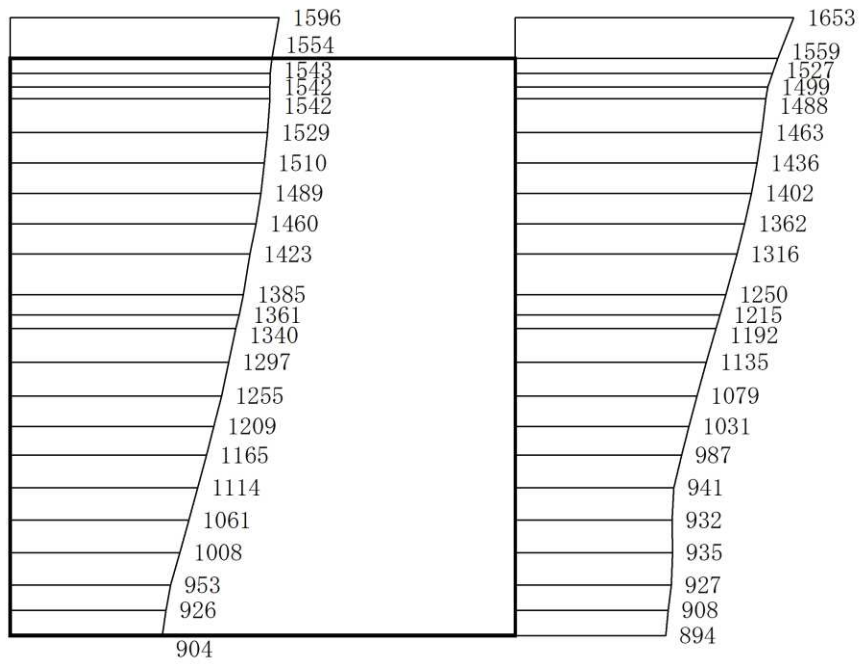
(a) S s - D 1 (- +) 水平



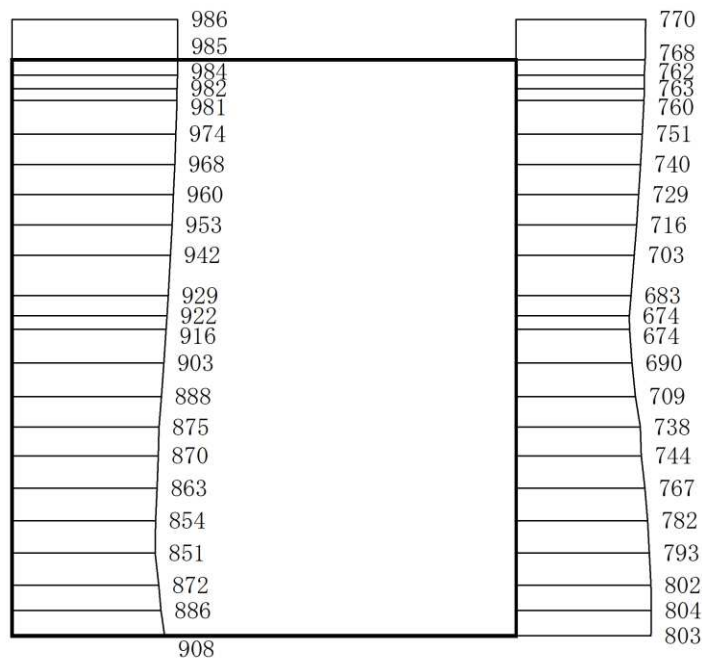
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (- +) 鉛直

図 4-58 最大加速度分布図 (2/16) (解析ケース①)



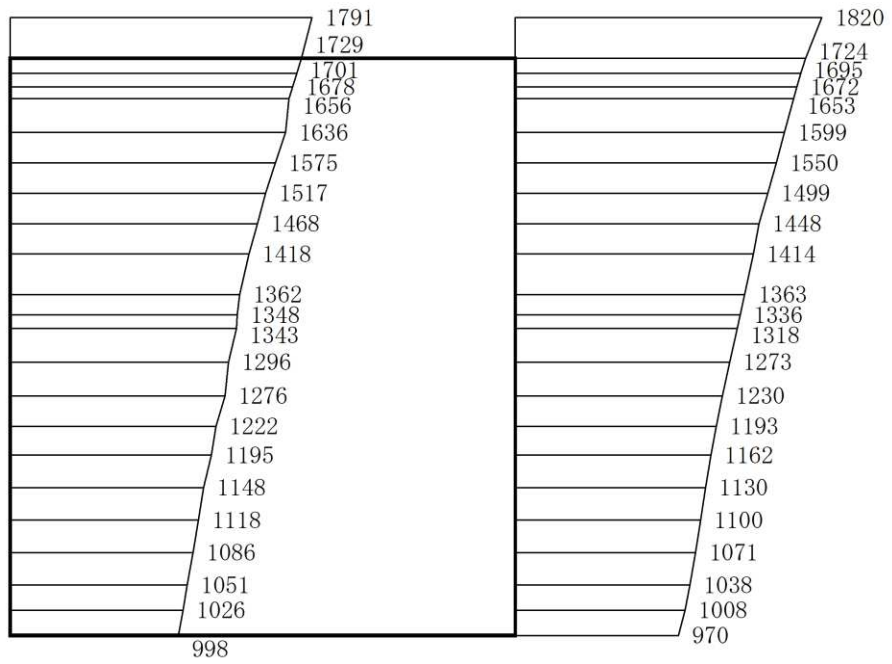
(a) S s - D 2 (++) 水平



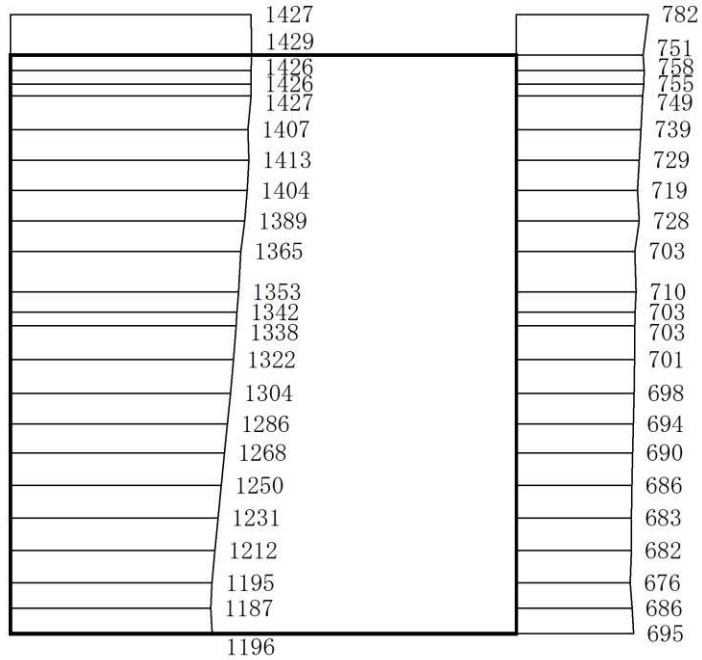
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-59 最大加速度分布図 (3/16) (解析ケース①)



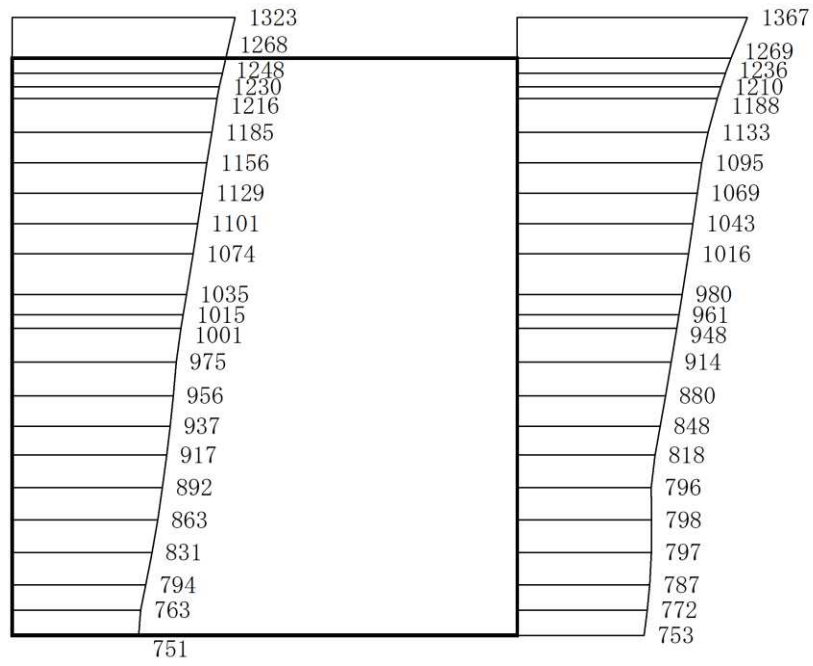
(a) S s - D 2 (-+) 水平



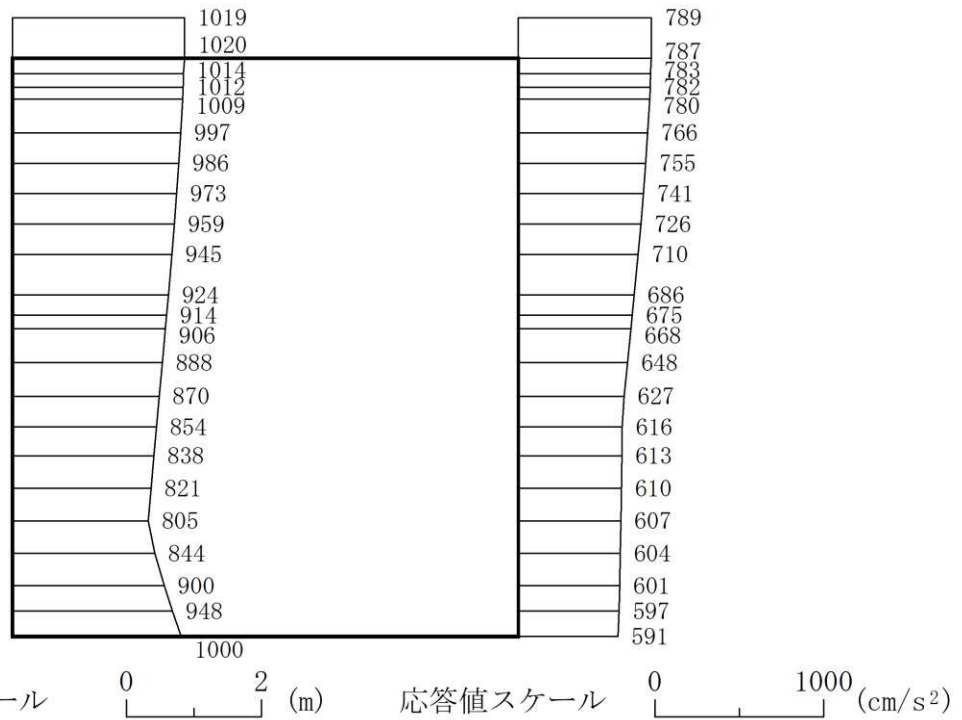
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

図 4-60 最大加速度分布図 (4/16) (解析ケース①)

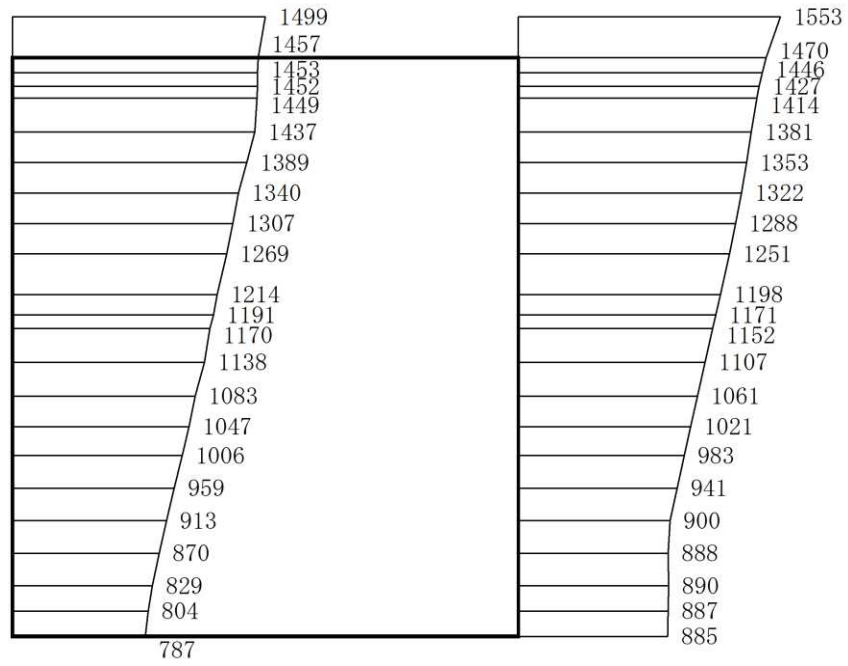


(a) S s - D 3 (++) 水平

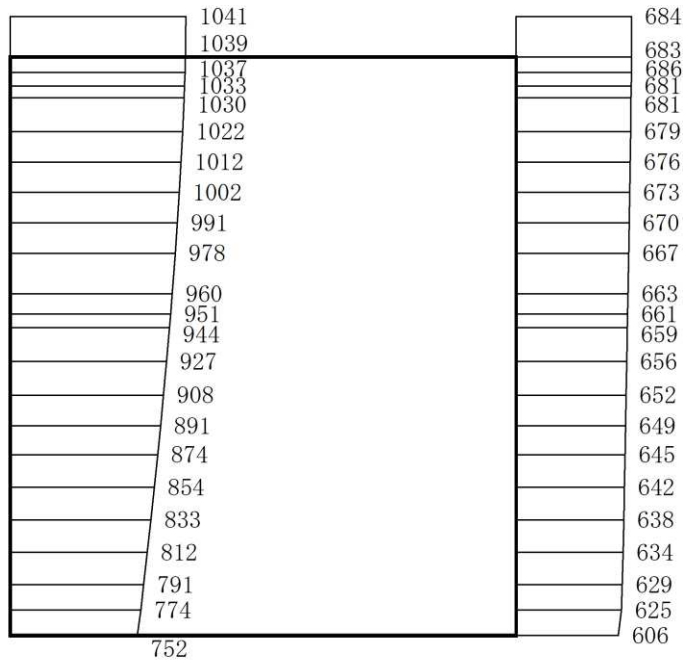


(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-61 最大加速度分布図 (5/16) (解析ケース①)



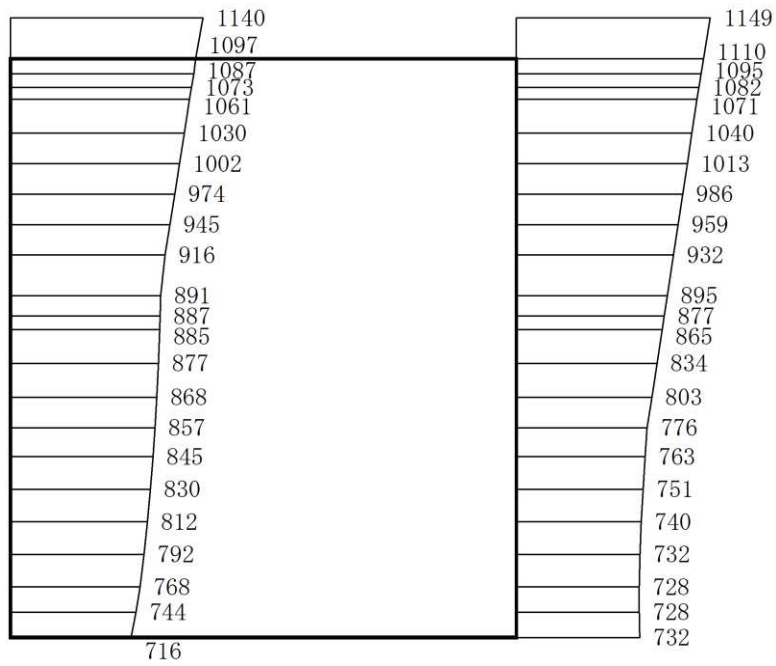
(a) S s - D 3 (- +) 水平



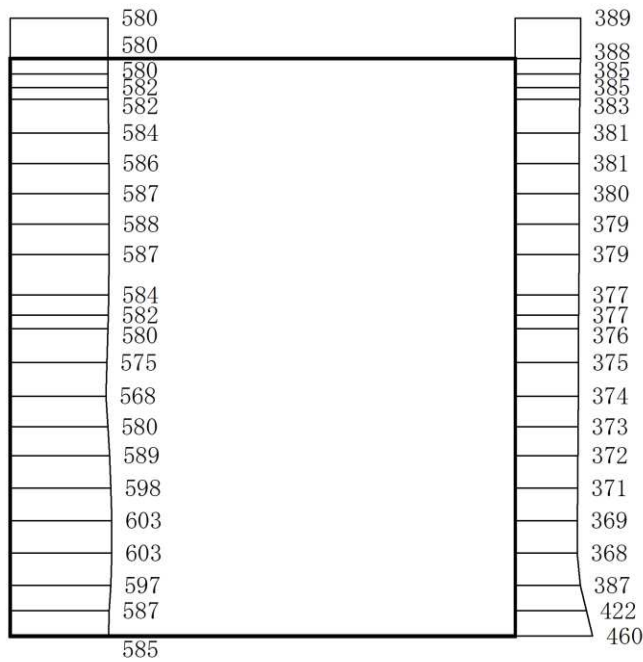
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (- +) 鉛直

図 4-62 最大加速度分布図 (6/16) (解析ケース①)



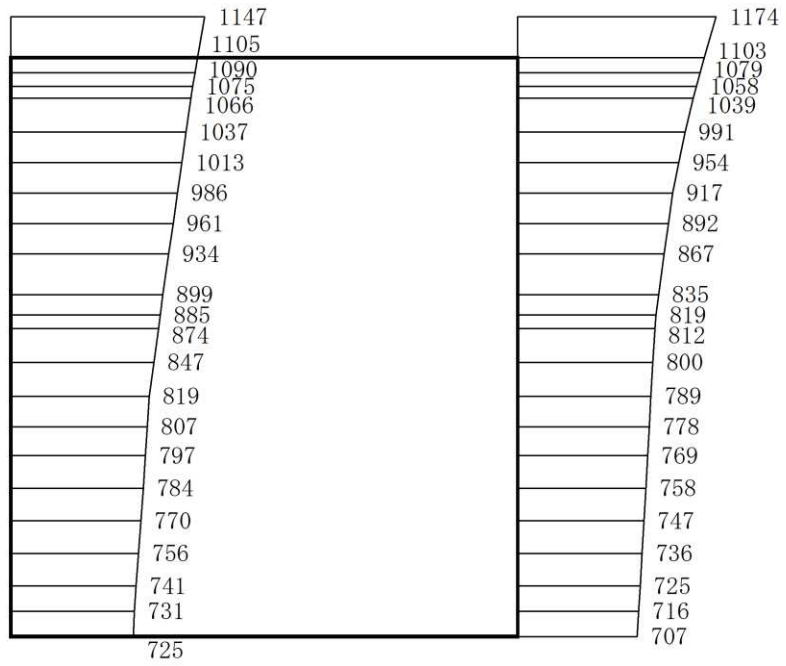
(a) S s - F 1 (++) 水平



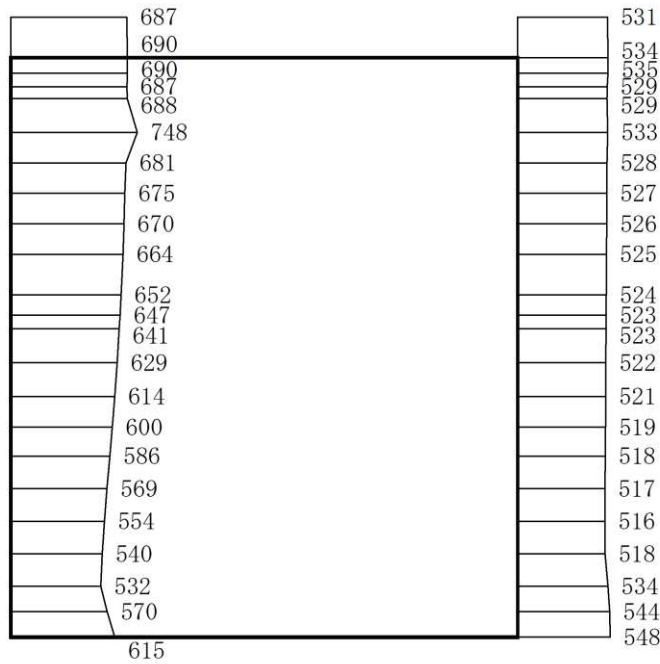
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-63 最大加速度分布図 (7/16) (解析ケース①)



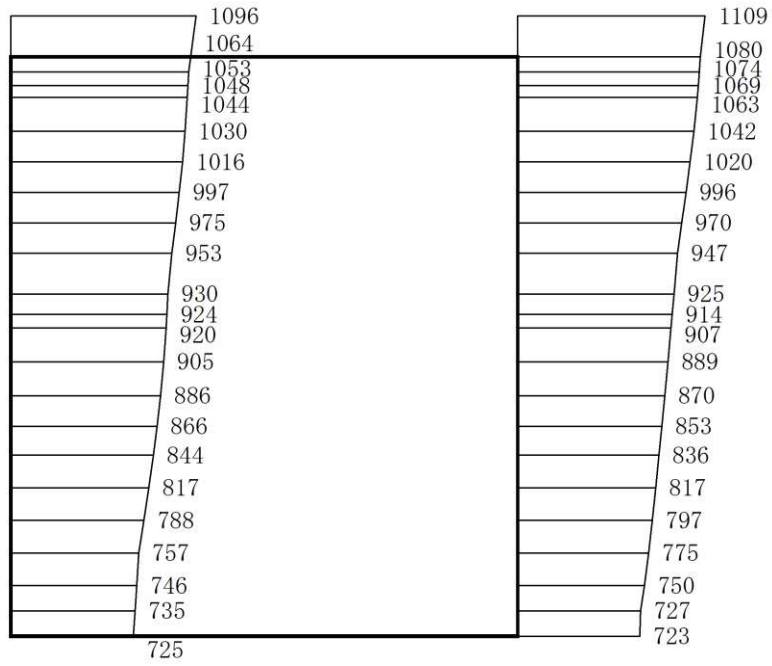
(a) S s - F 1 (-+) 水平



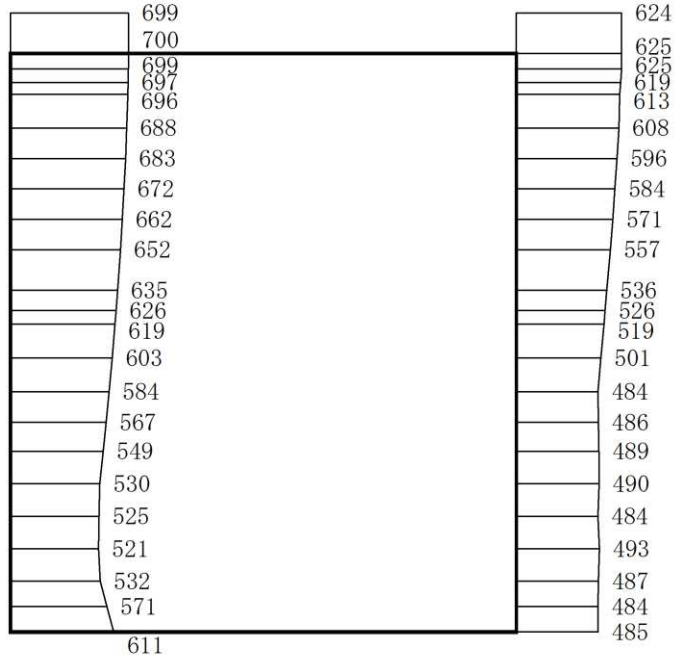
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

図 4-64 最大加速度分布図 (8/16) (解析ケース①)



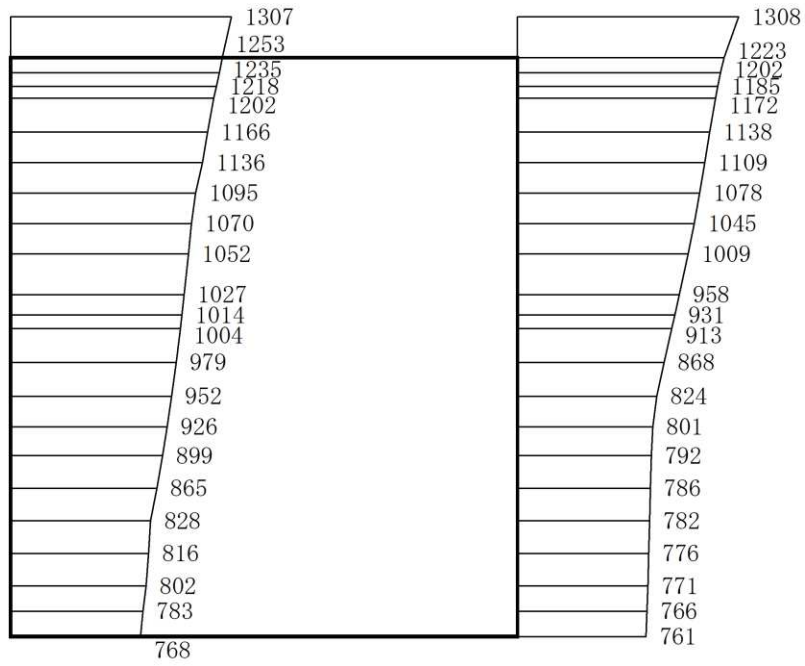
(a) S s - F 2 (++) 水平



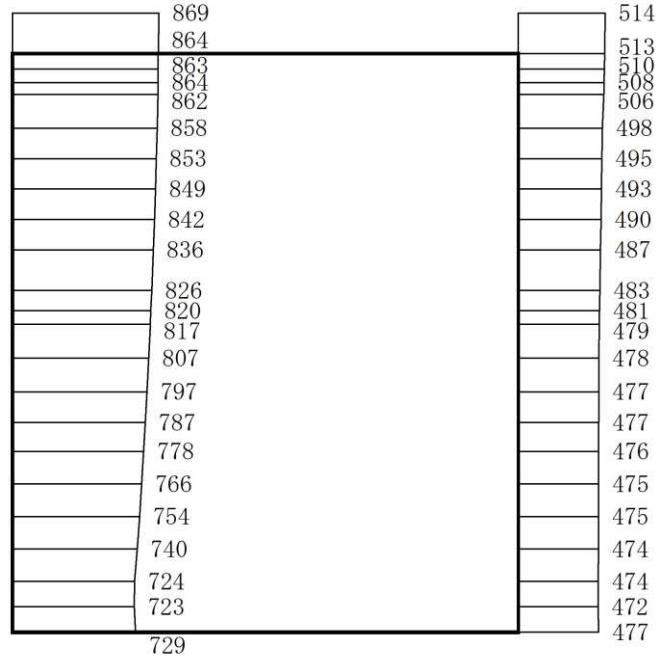
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-65 最大加速度分布図 (9/16) (解析ケース①)



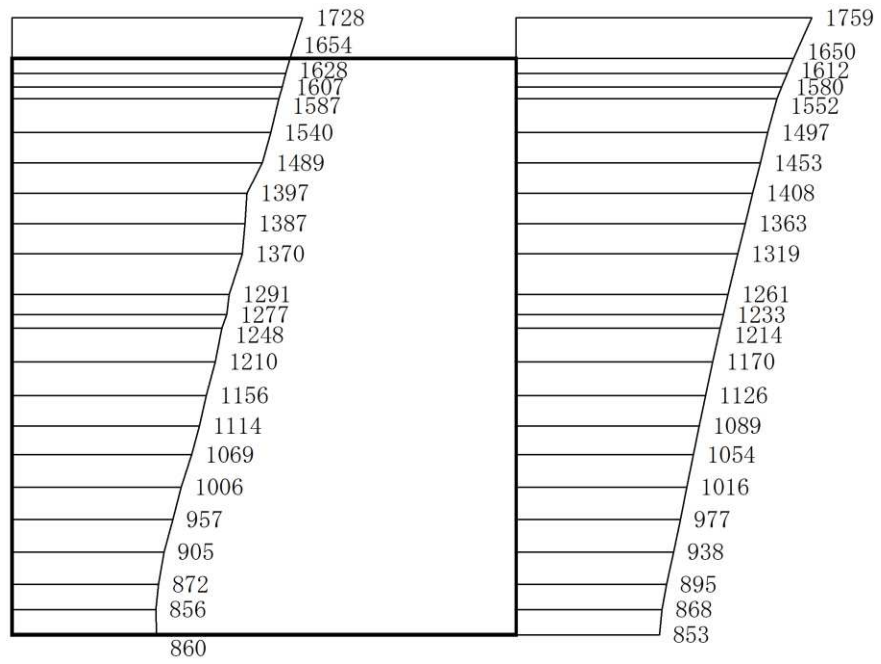
(a) S s - F 2 (-+) 水平



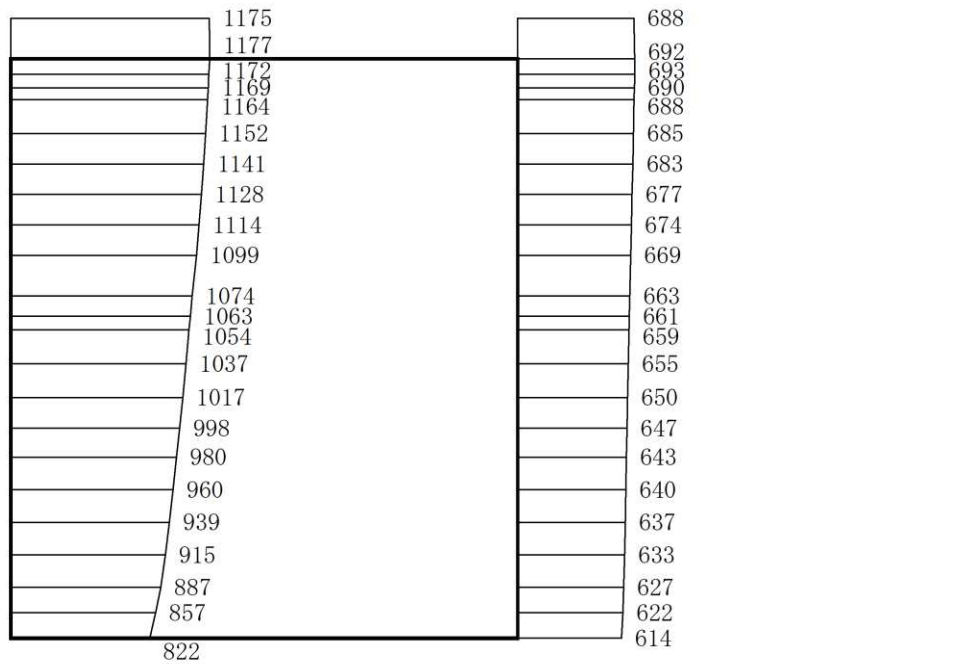
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

図 4-66 最大加速度分布図 (10/16) (解析ケース①)



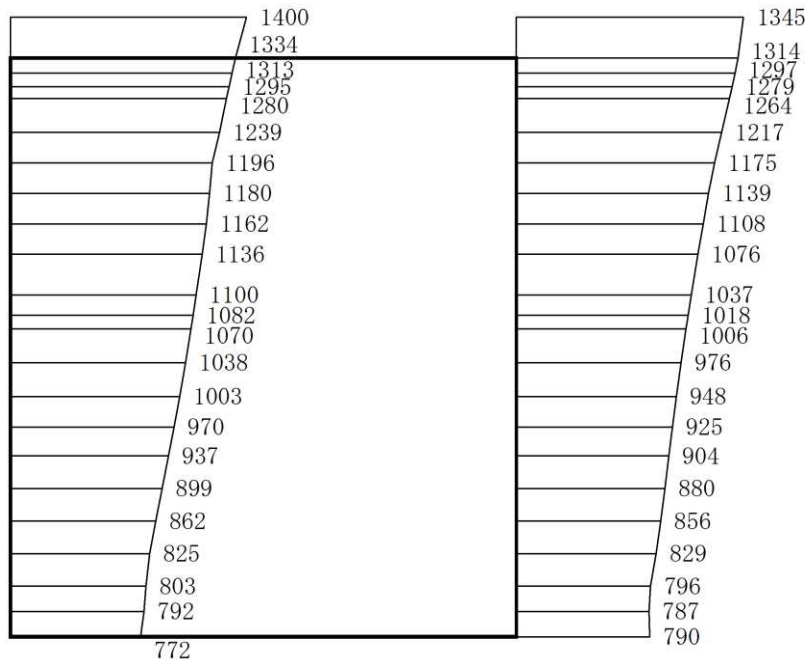
(a) S s - F 3 (++) 水平



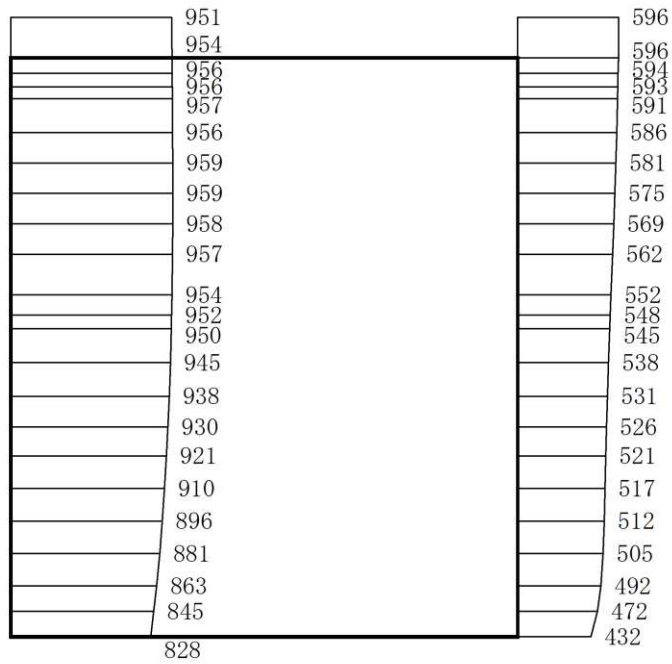
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-67 最大加速度分布図 (11/16) (解析ケース①)



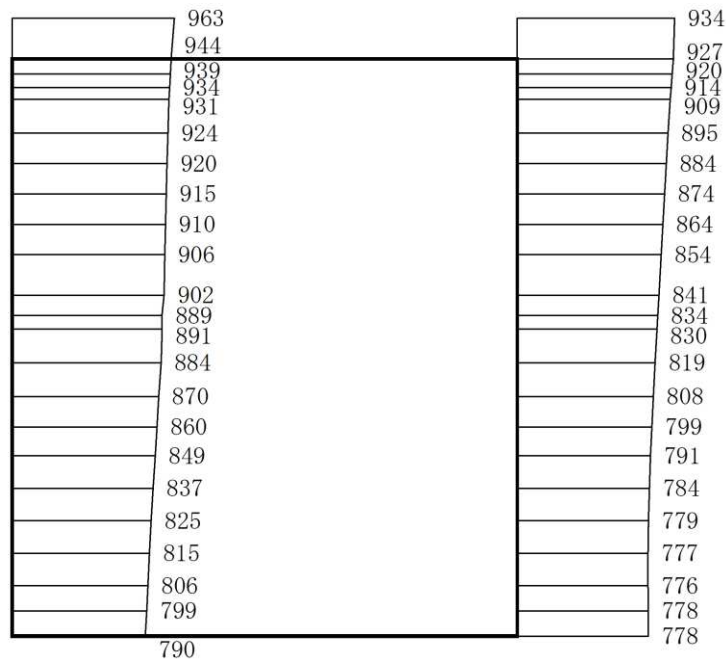
(a) S s - F 3 (-+) 水平



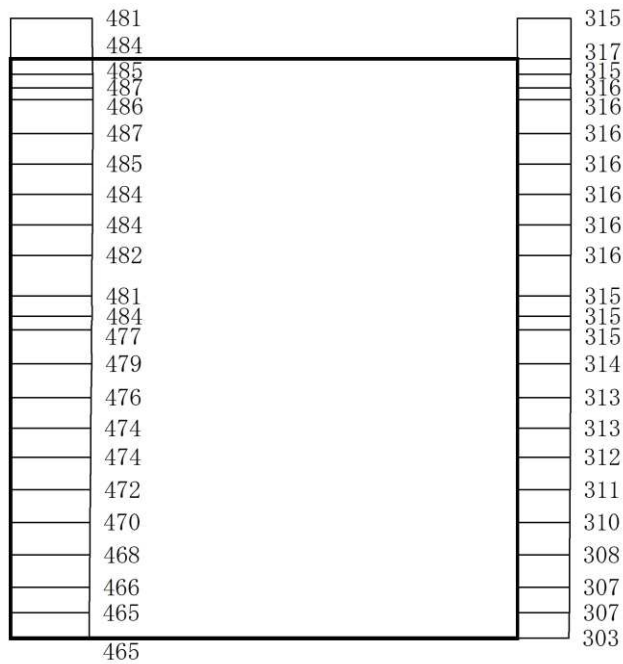
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

図 4-68 最大加速度分布図 (12/16) (解析ケース①)



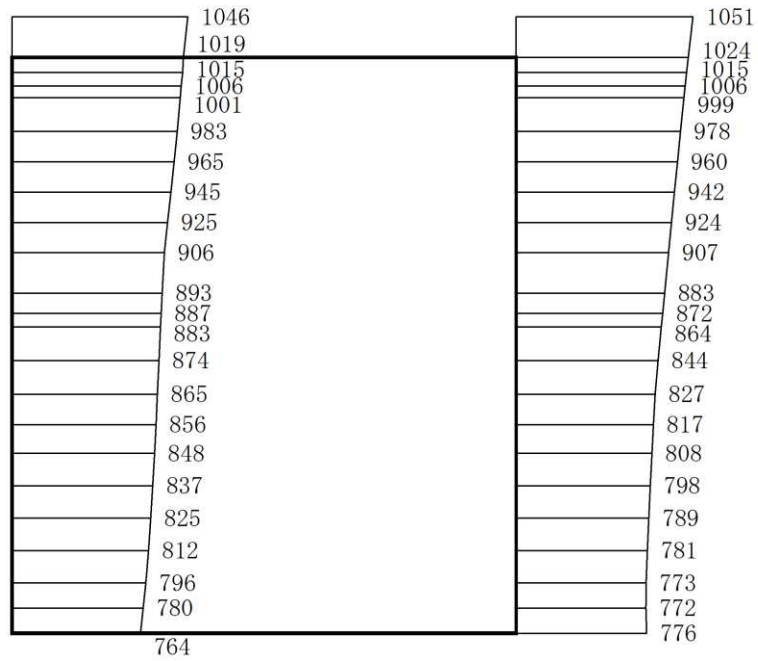
(a) S s - N 1 (++) 水平



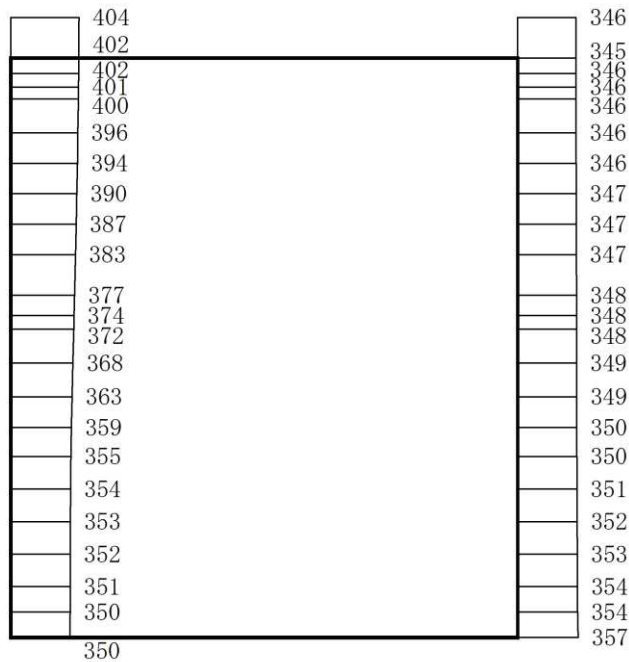
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-69 最大加速度分布図 (13/16) (解析ケース①)



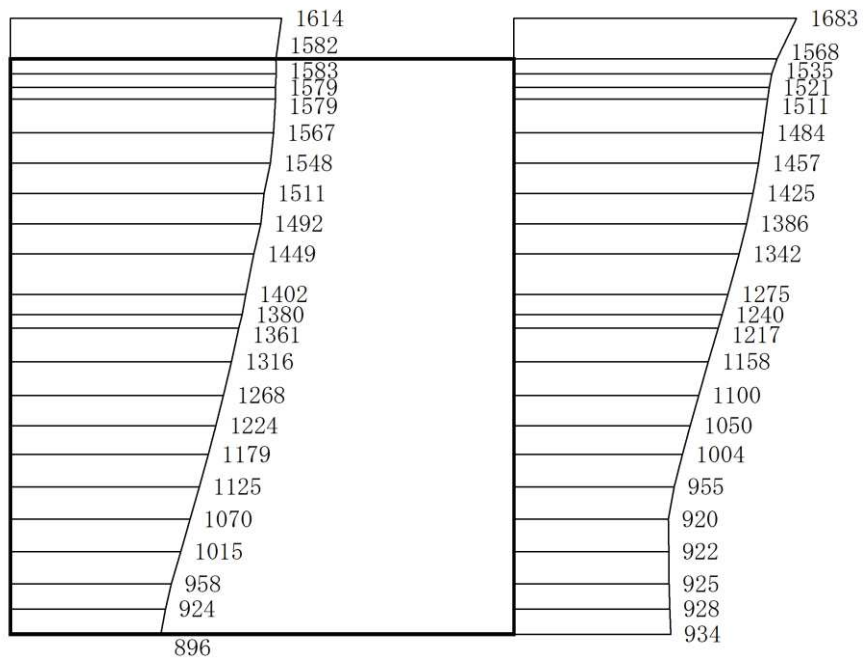
(a) S s - N 1 (-+) 水平



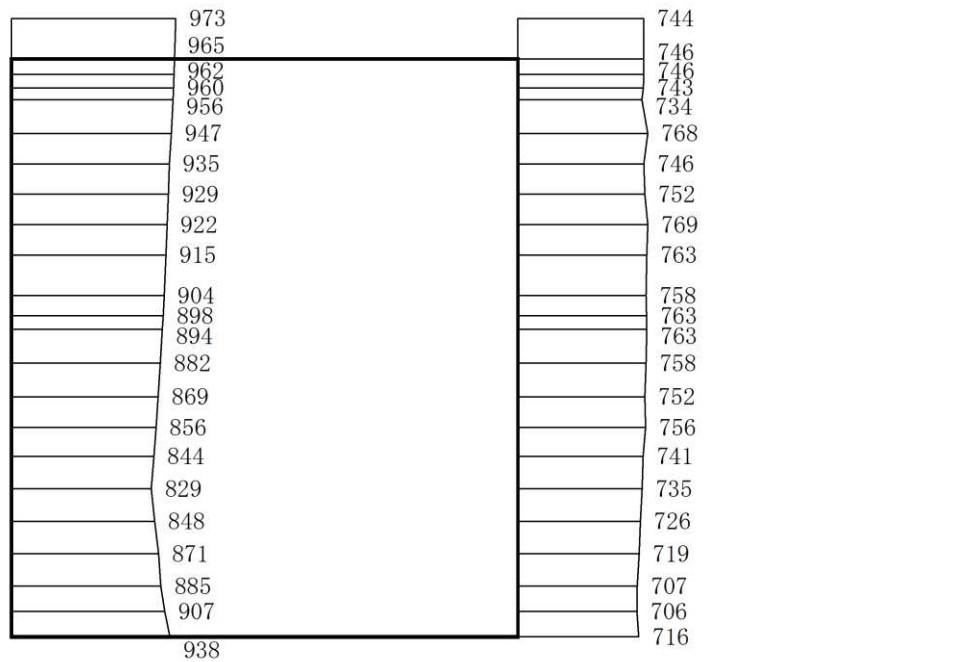
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-70 最大加速度分布図 (14/16) (解析ケース①)



(a) S s - D 2 (++) 水平

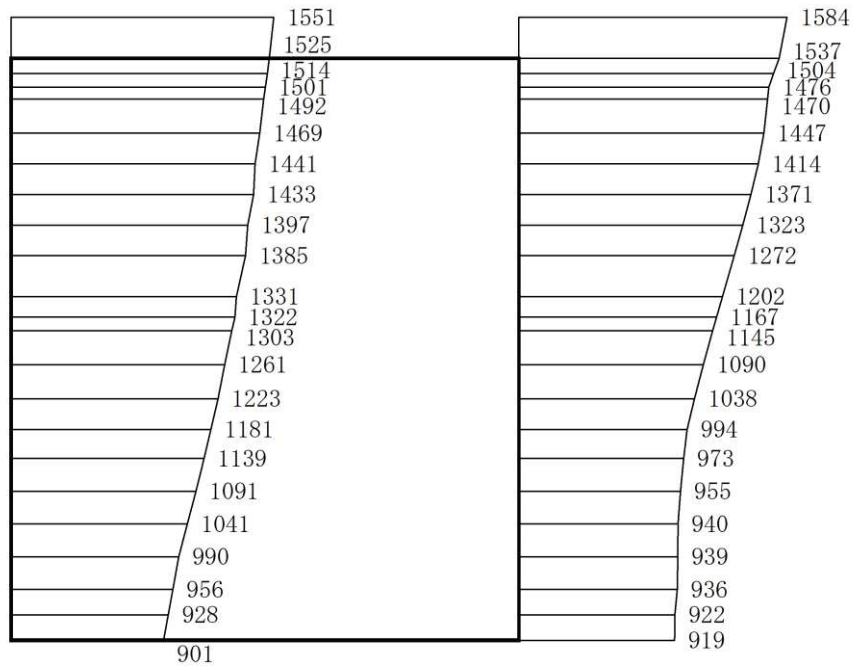


構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

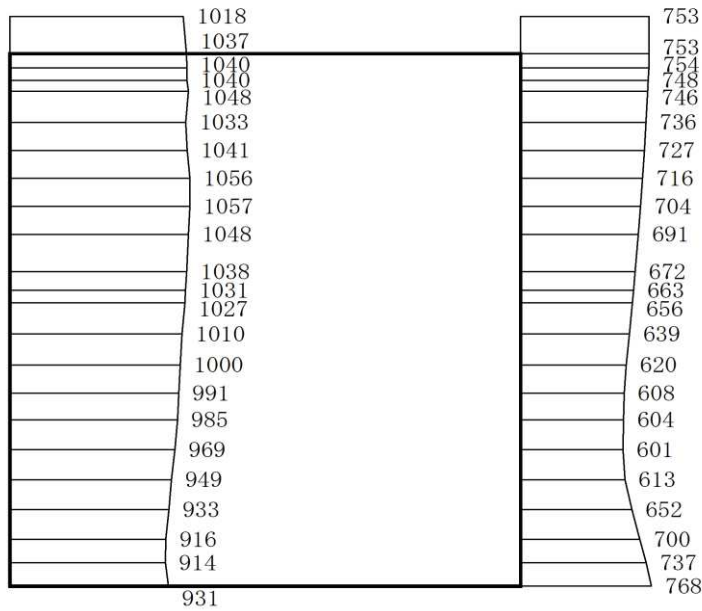
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-71 最大加速度分布図 (15/16)

(解析ケース②：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - D 2 (++) 水平

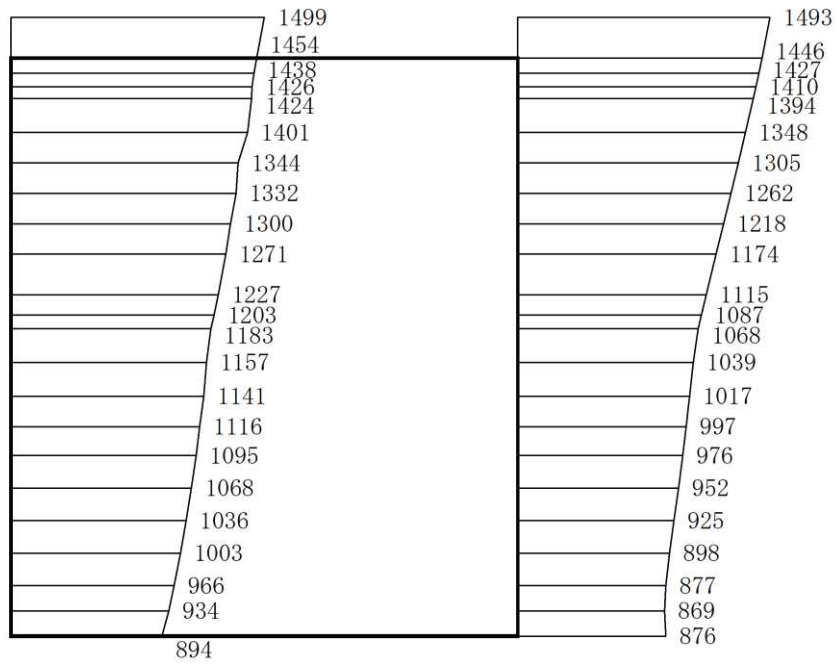


構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

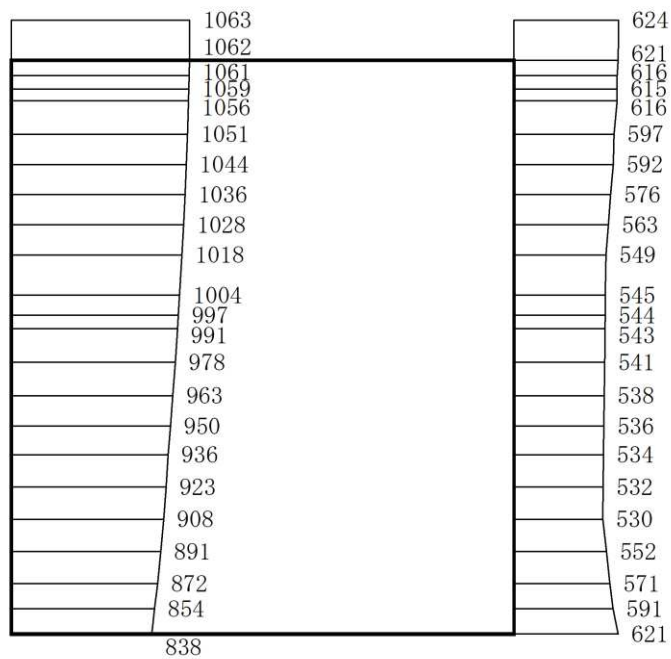
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-72 最大加速度分布図 (16/16)

(解析ケース③：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース)



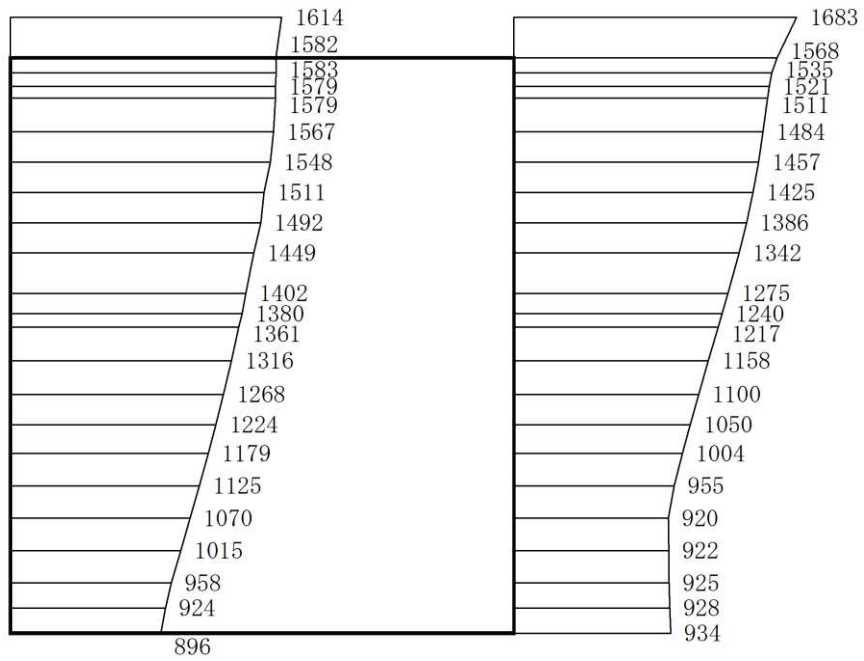
(a) S s - D 1 (++) 水平



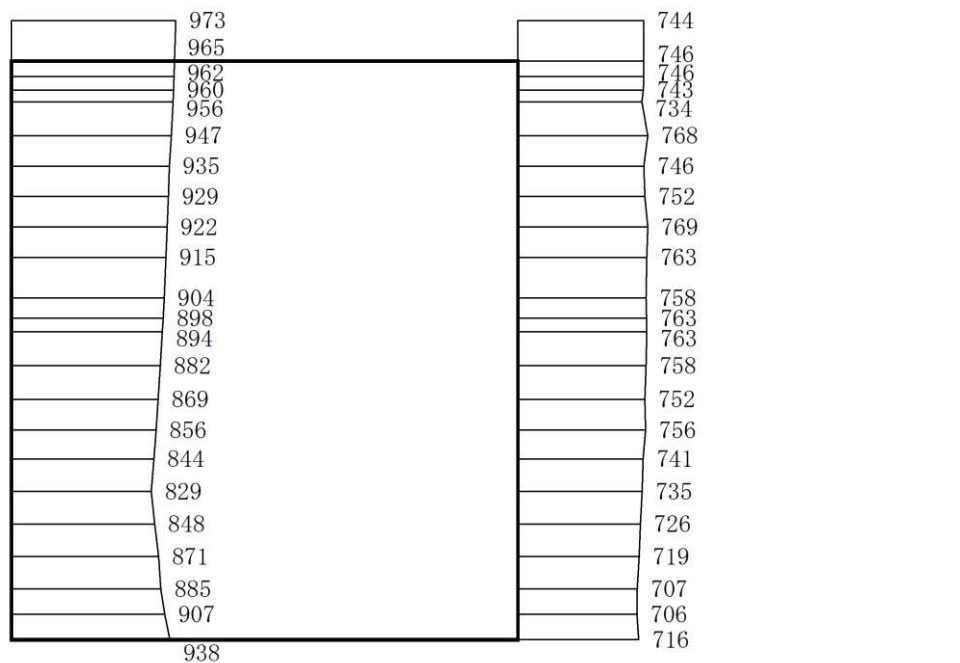
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-73 最大加速度分布図 (1/49) (解析ケース②)



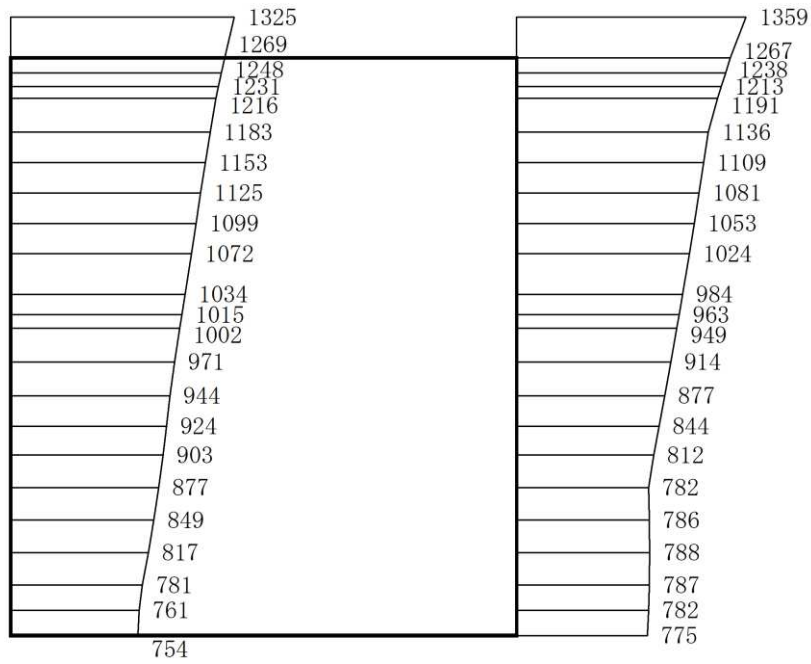
(a) S s - D 2 (++) 水平



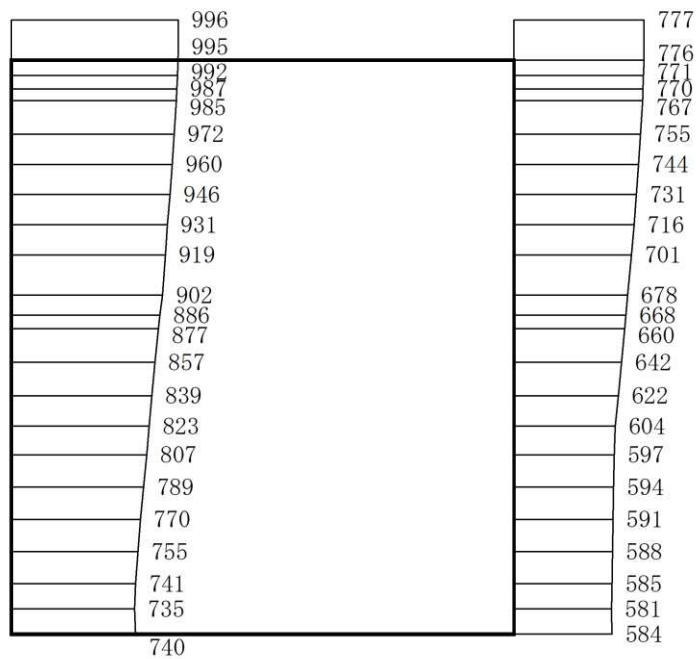
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-74 最大加速度分布図 (2/49) (解析ケース②)



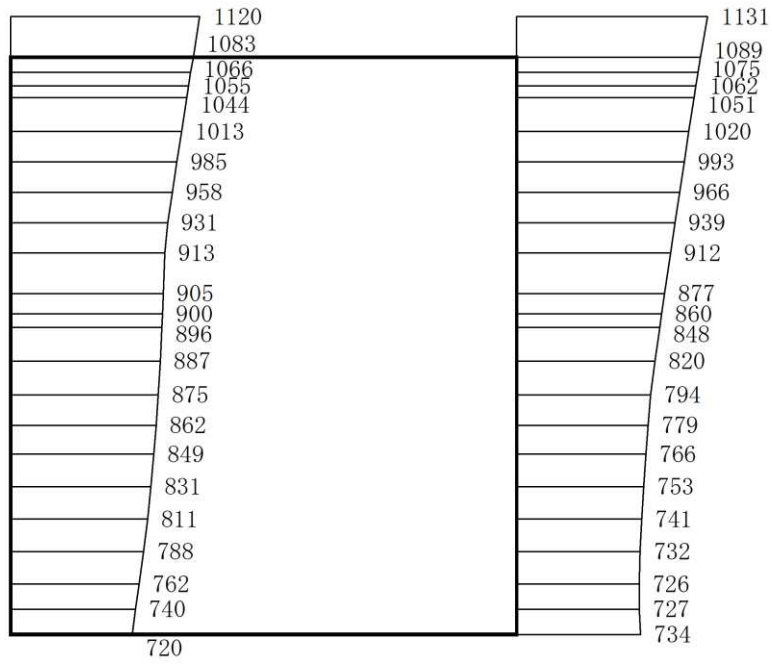
(a) S s - D 3 (++) 水平



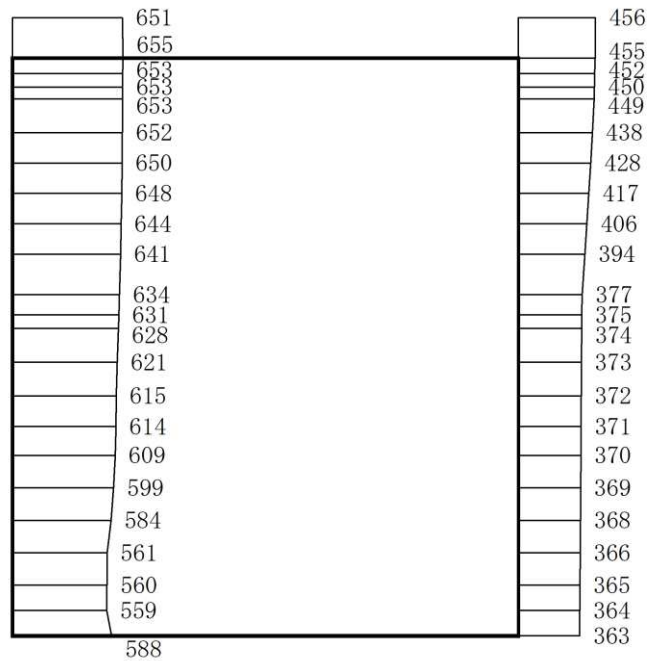
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-75 最大加速度分布図 (3/49) (解析ケース②)



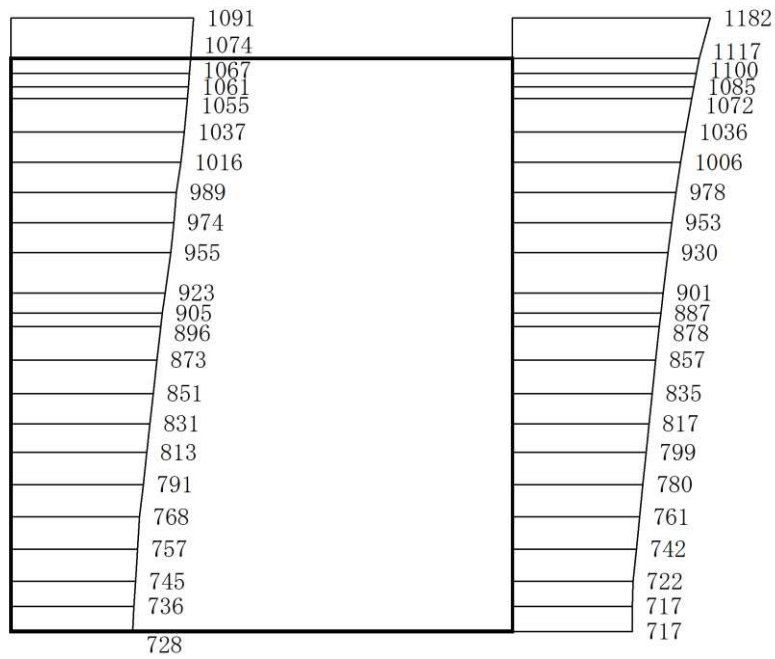
(a) S s - F 1 (++) 水平



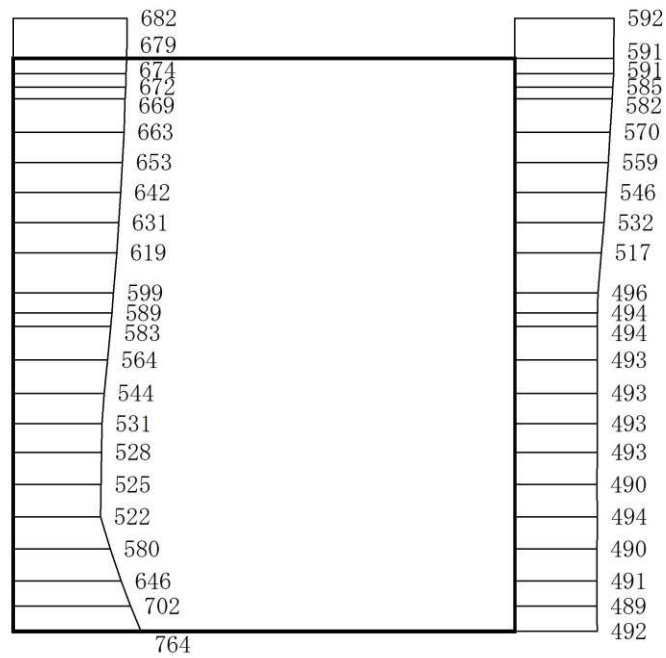
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-76 最大加速度分布図 (4/49) (解析ケース②)



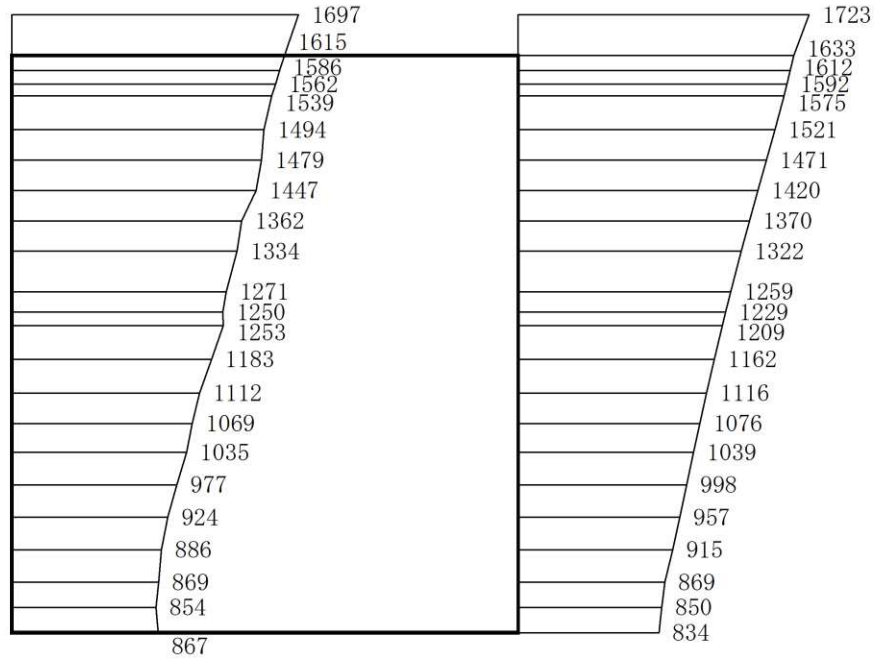
(a) S s - F 2 (++) 水平



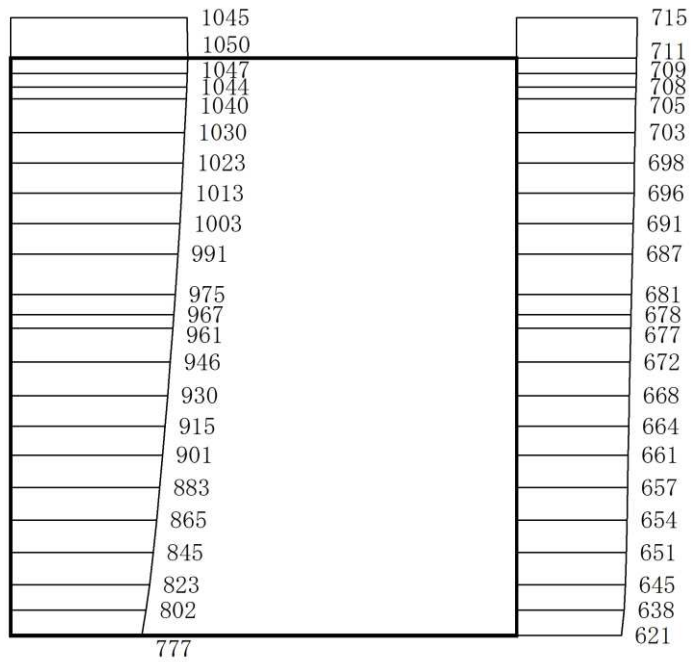
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-77 最大加速度分布図 (5/49) (解析ケース②)



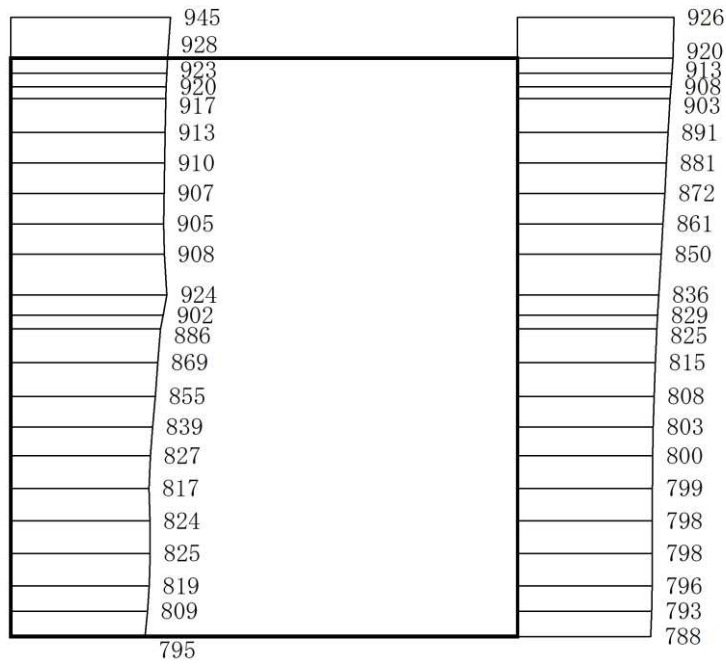
(a) S s - F 3 (++) 水平



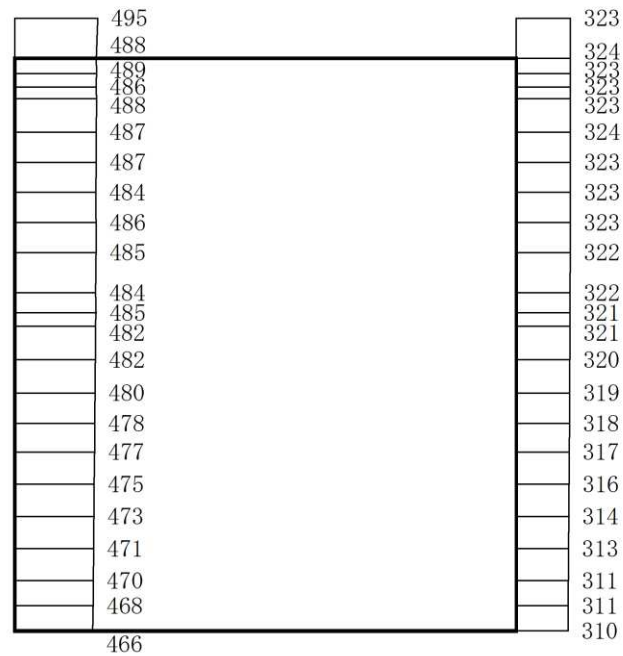
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-78 最大加速度分布図 (6/49) (解析ケース②)



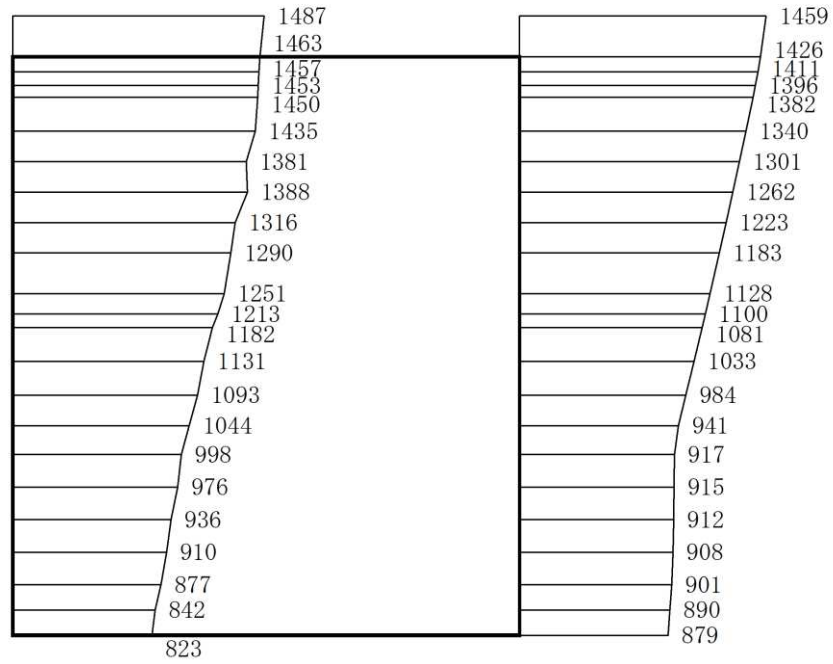
(a) S s - N 1 (++) 水平



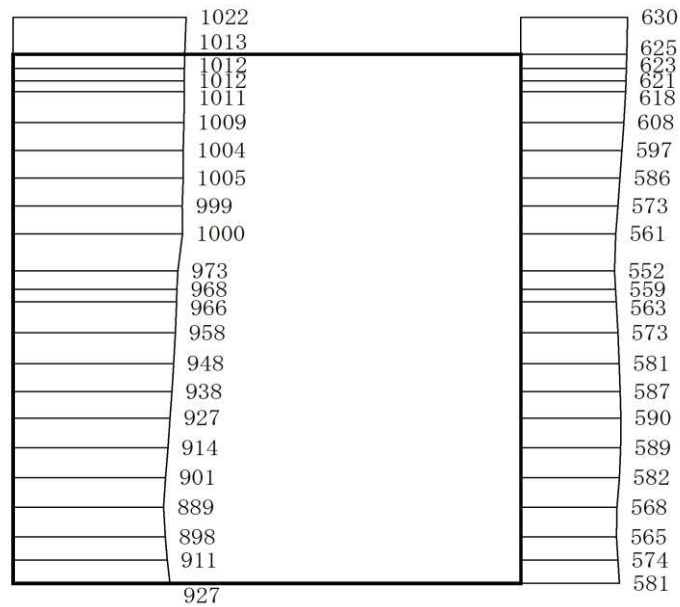
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-79 最大加速度分布図 (7/49) (解析ケース②)



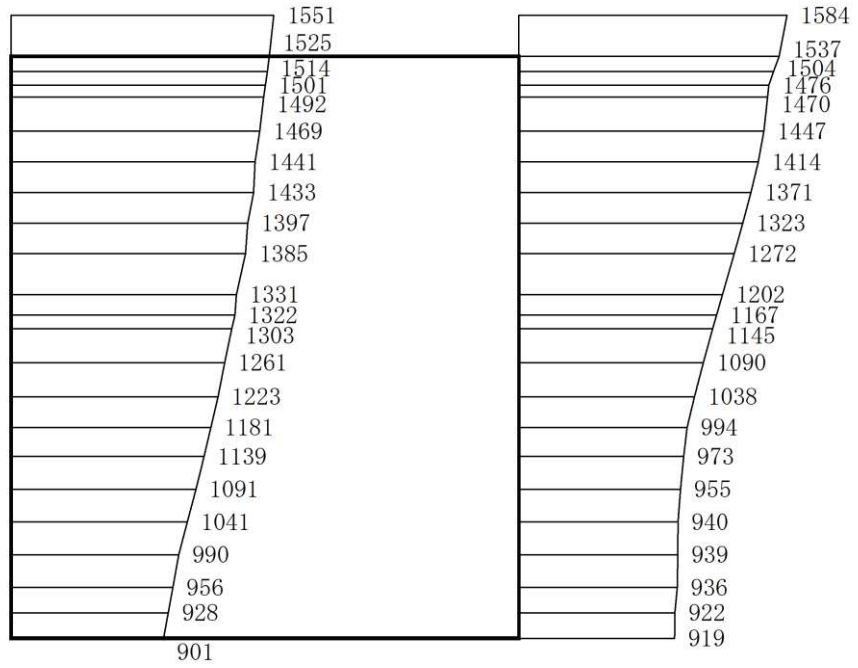
(a) S s - D 1 (++) 水平



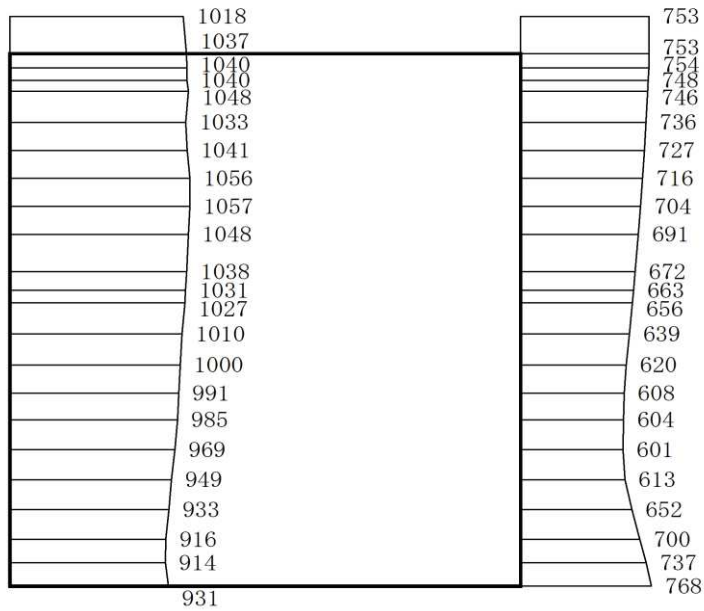
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-80 最大加速度分布図 (8/49) (解析ケース③)



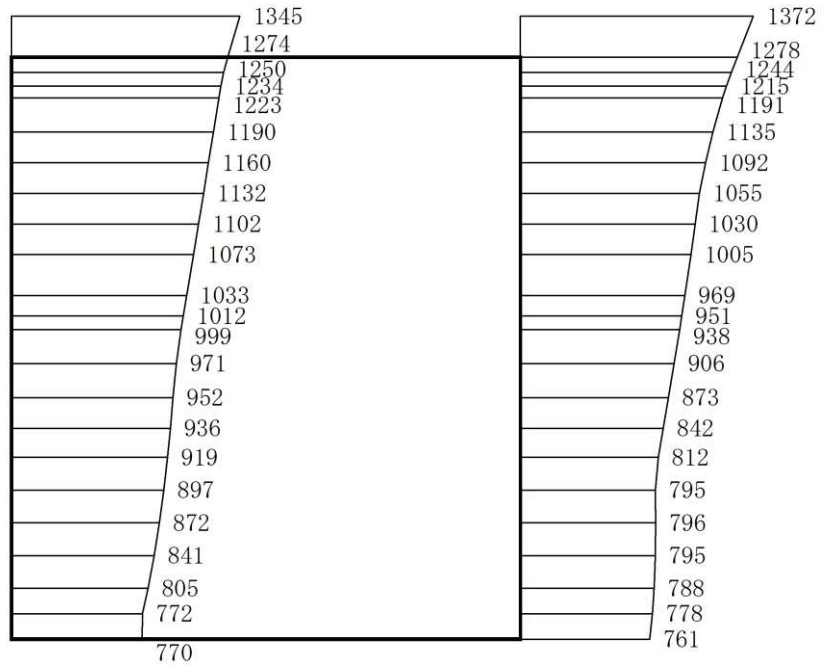
(a) S s - D 2 (++) 水平



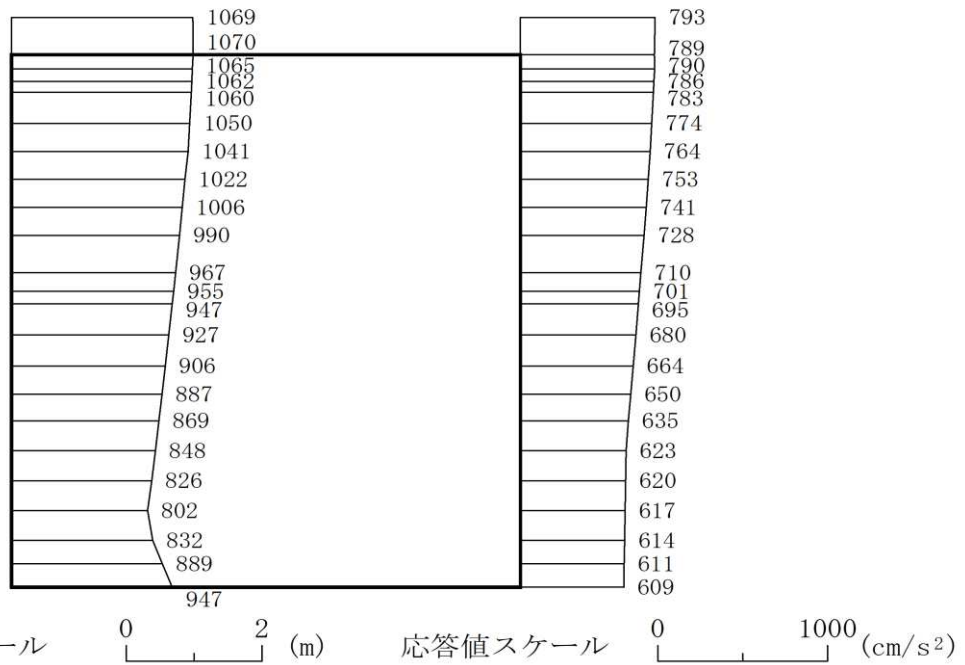
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-81 最大加速度分布図 (9/49) (解析ケース③)

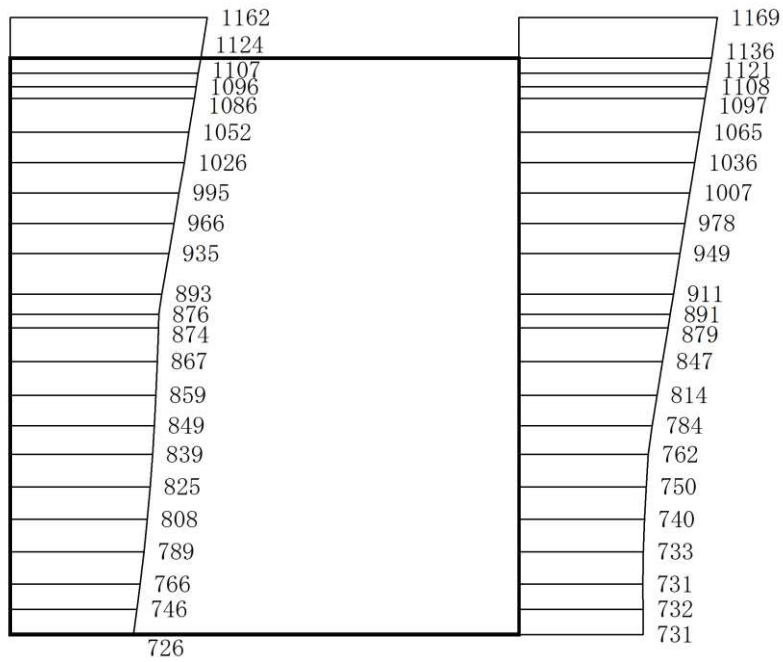


(a) S s - D 3 (++) 水平

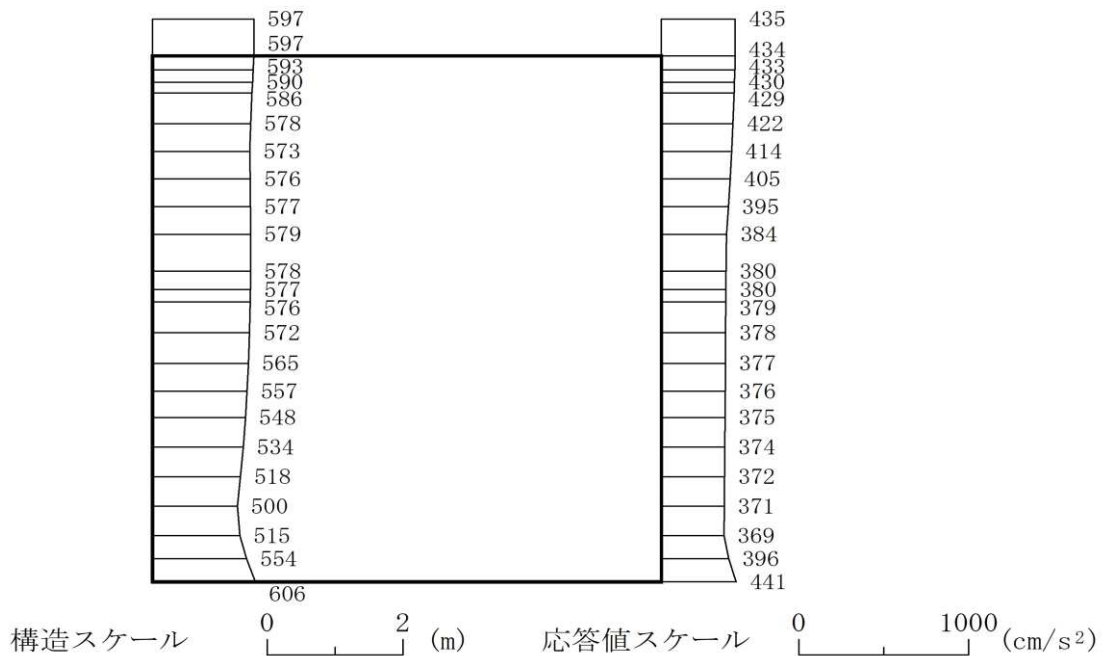


(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-82 最大加速度分布図 (10/49) (解析ケース③)

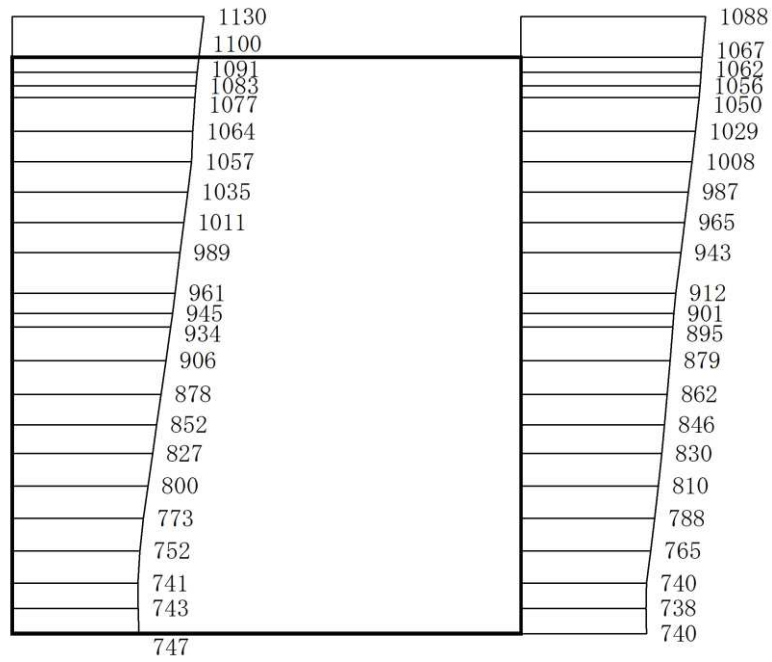


(a) S s - F 1 (++) 水平

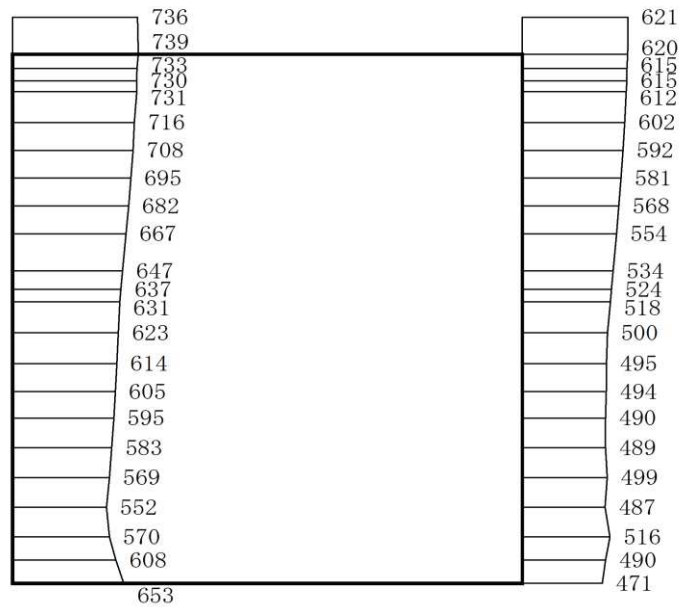


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-83 最大加速度分布図 (11/49) (解析ケース③)



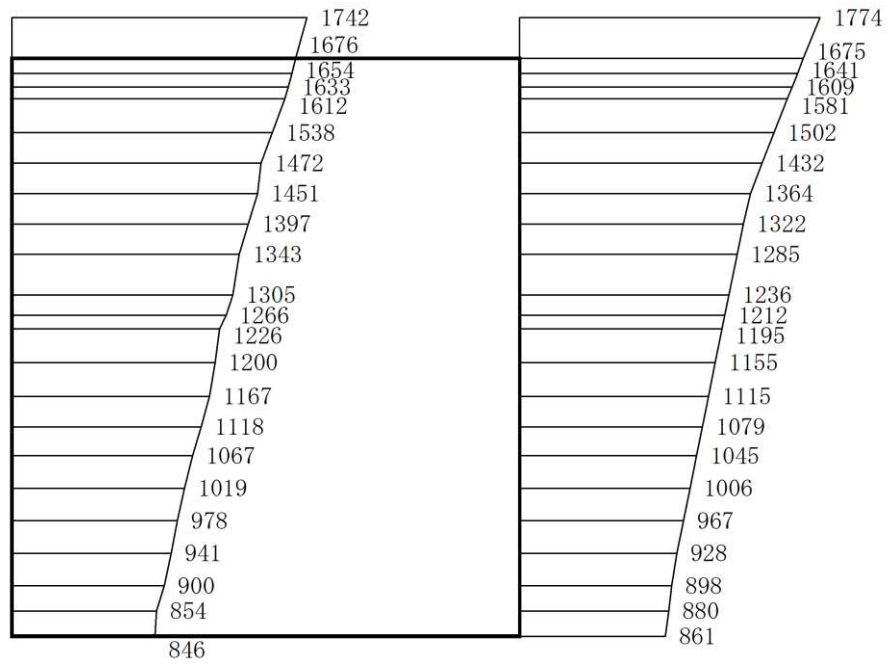
(a) S s - F 2 (++) 水平



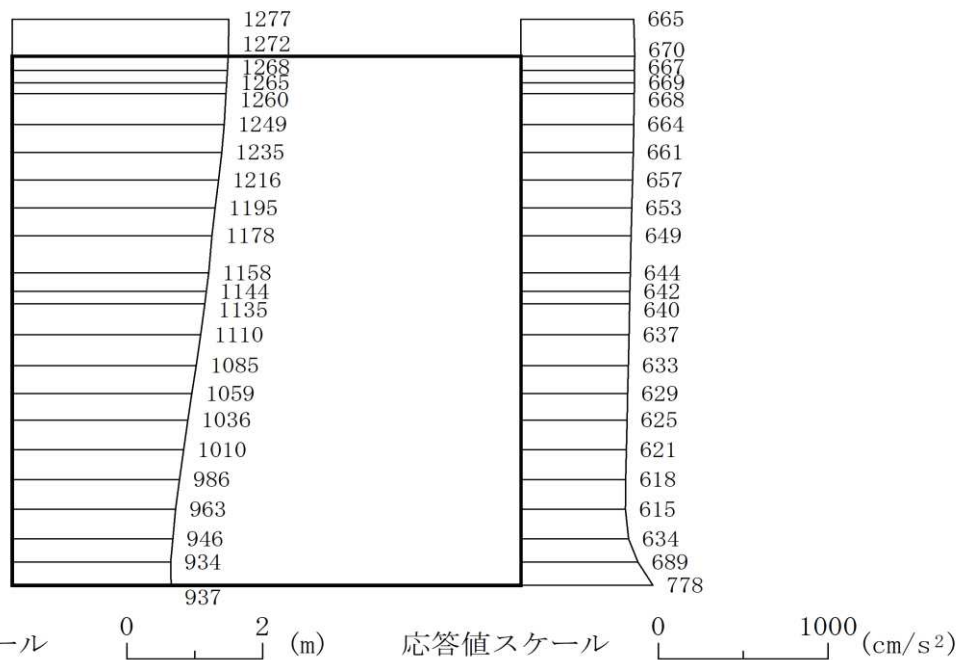
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-84 最大加速度分布図 (12/49) (解析ケース③)

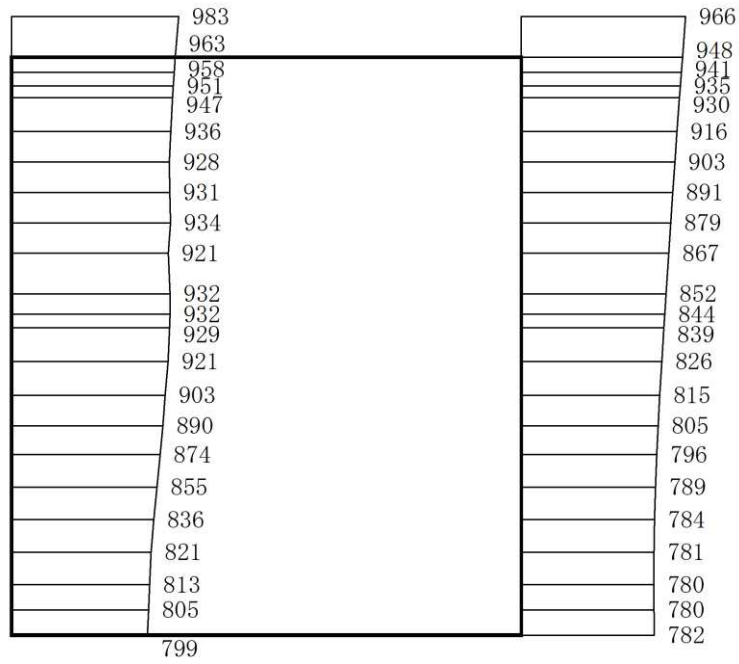


(a) S s - F 3 (++) 水平

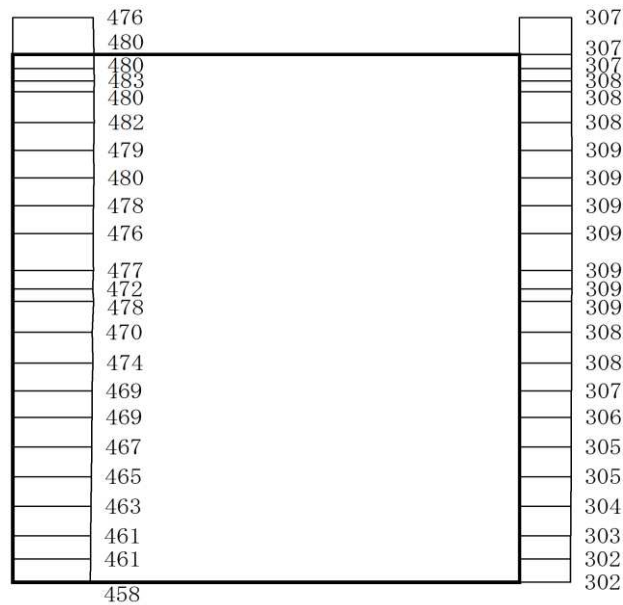


(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-85 最大加速度分布図 (13/49) (解析ケース③)



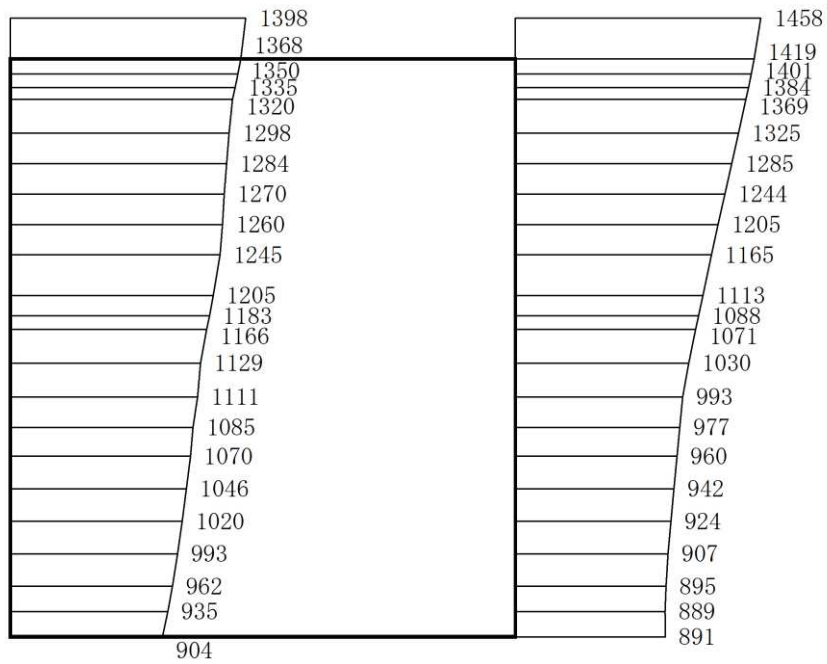
(a) S s - N 1 (++) 水平



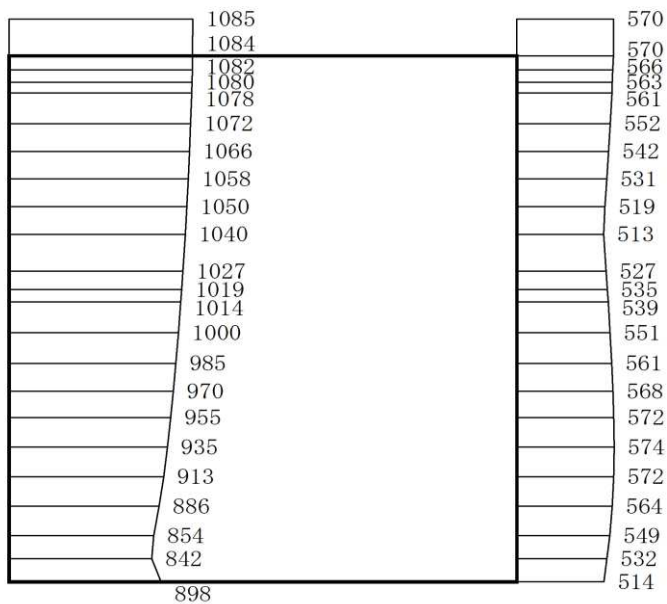
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-86 最大加速度分布図 (14/49) (解析ケース③)



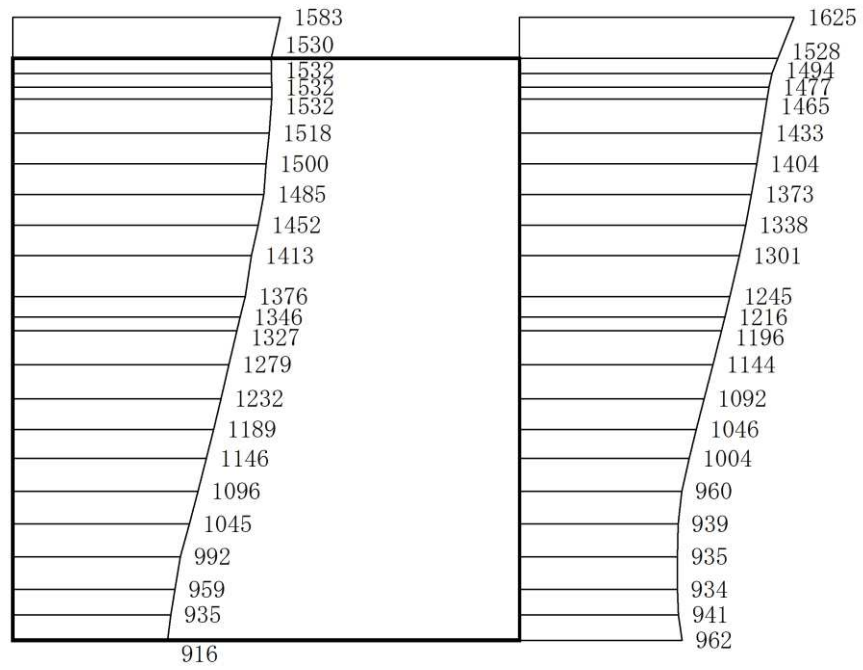
(a) S s - D 1 (++) 水平



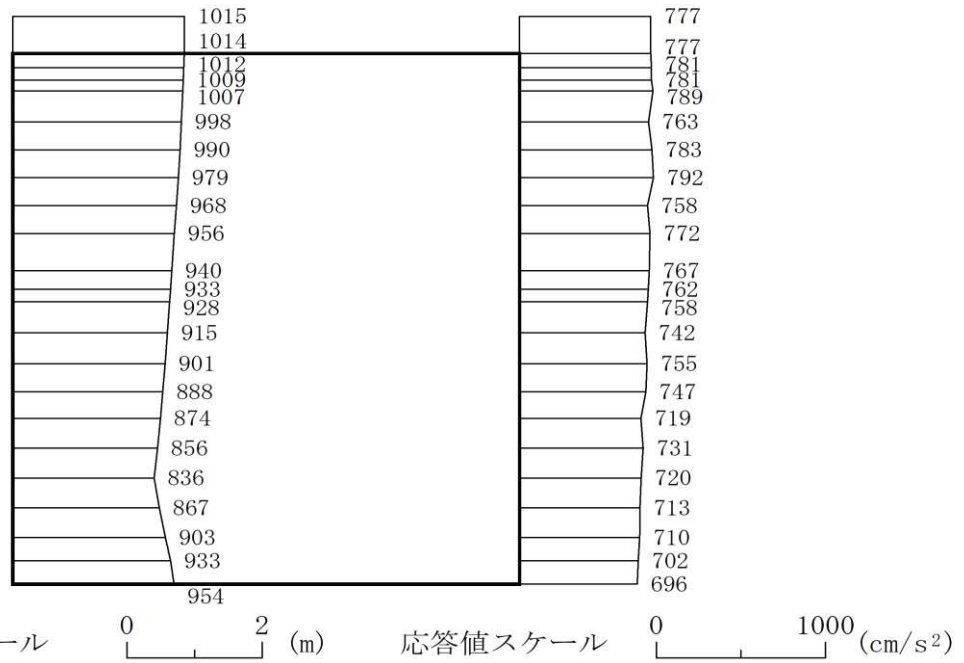
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-87 最大加速度分布図 (15/49) (解析ケース④)

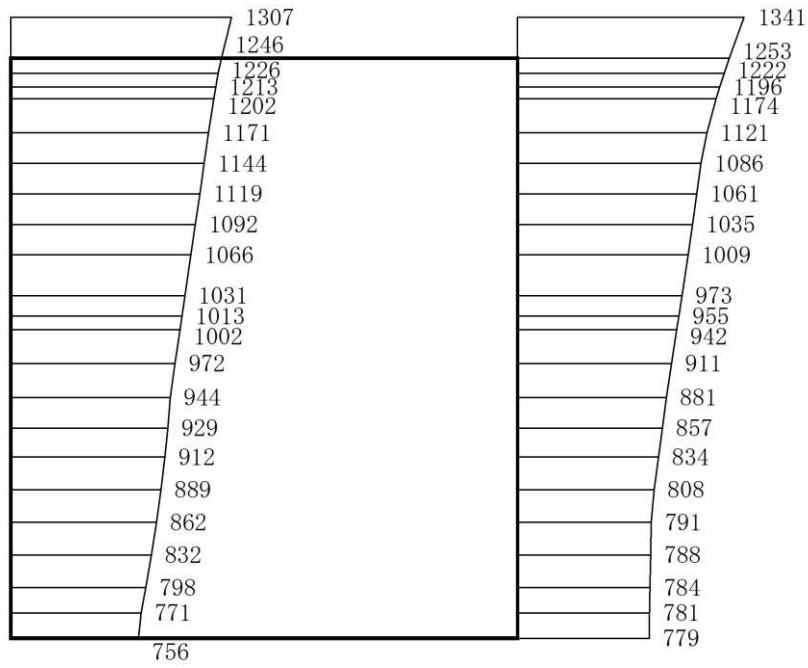


(a) S s - D 2 (++) 水平

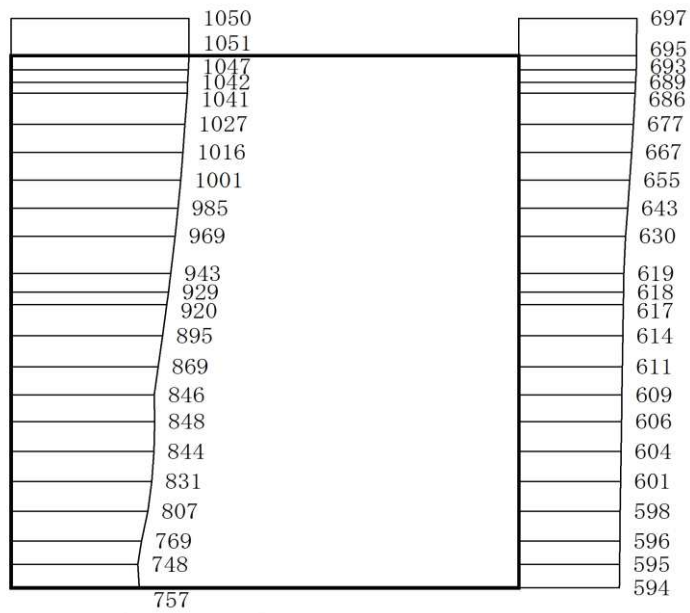


(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-88 最大加速度分布図 (16/49) (解析ケース④)



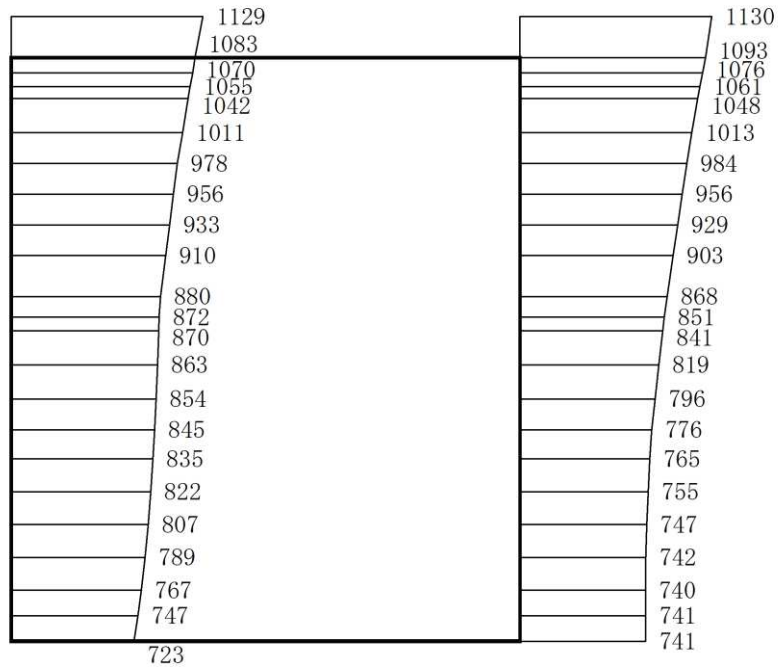
(a) S s - D 3 (++) 水平



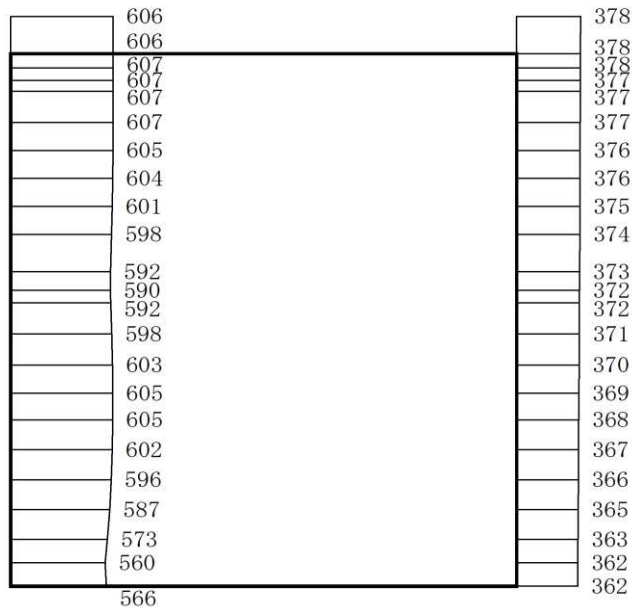
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-89 最大加速度分布図 (17/49) (解析ケース④)



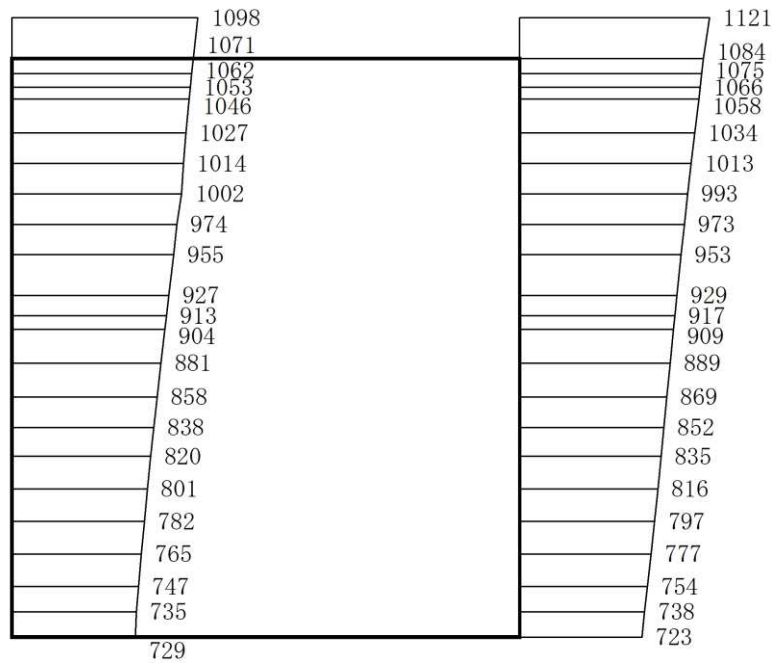
(a) S s - F 1 (++) 水平



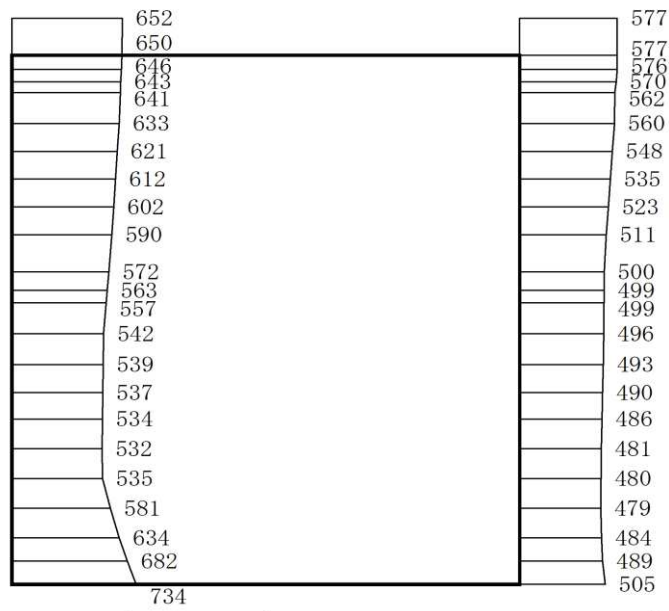
構造スケール 0 └───┘ 2 (m) 応答値スケール 0 └───┘ 1000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-90 最大加速度分布図 (18/49) (解析ケース④)



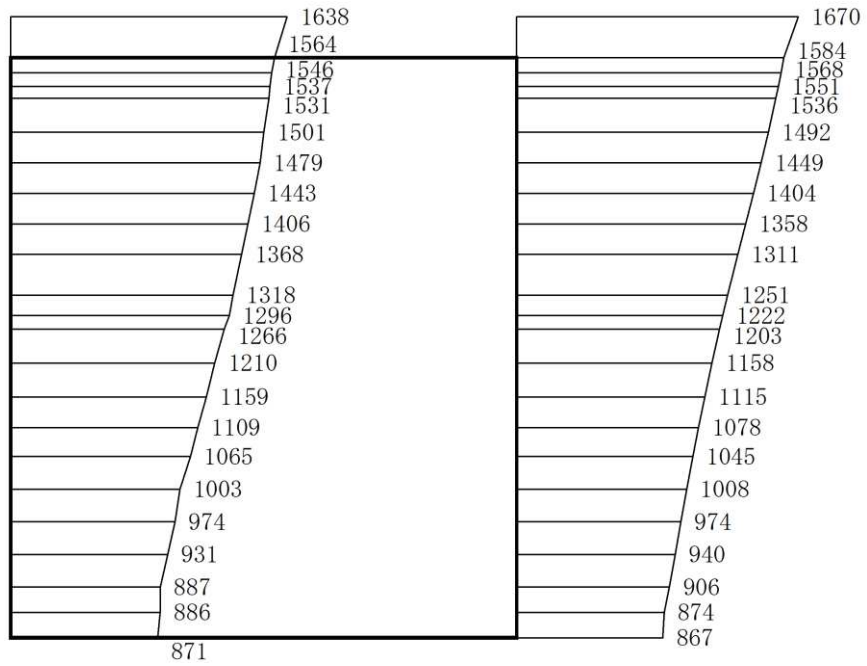
(a) S s - F 2 (++) 水平



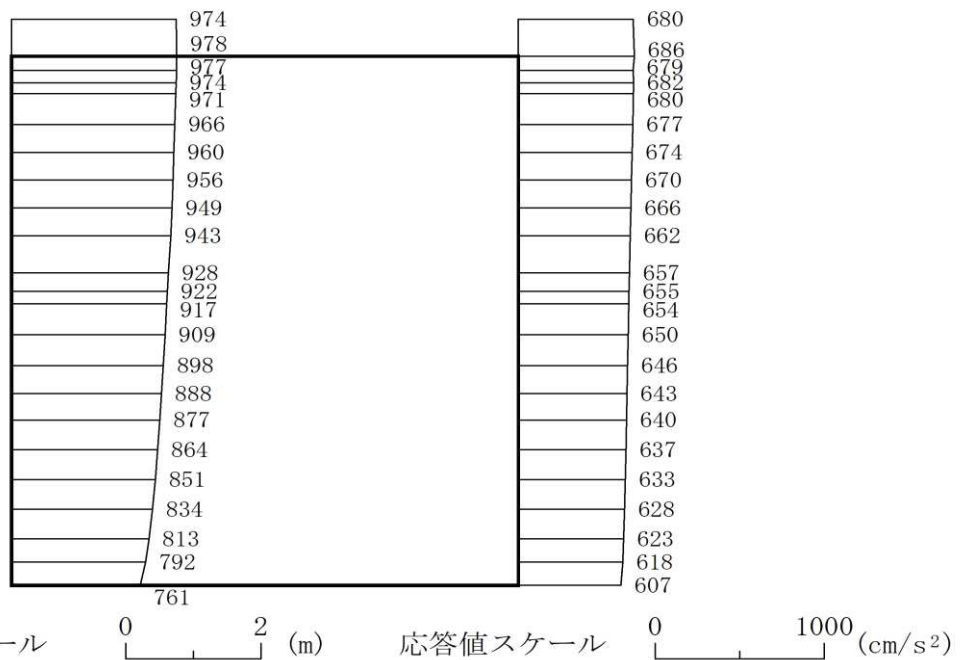
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-91 最大加速度分布図 (19/49) (解析ケース④)

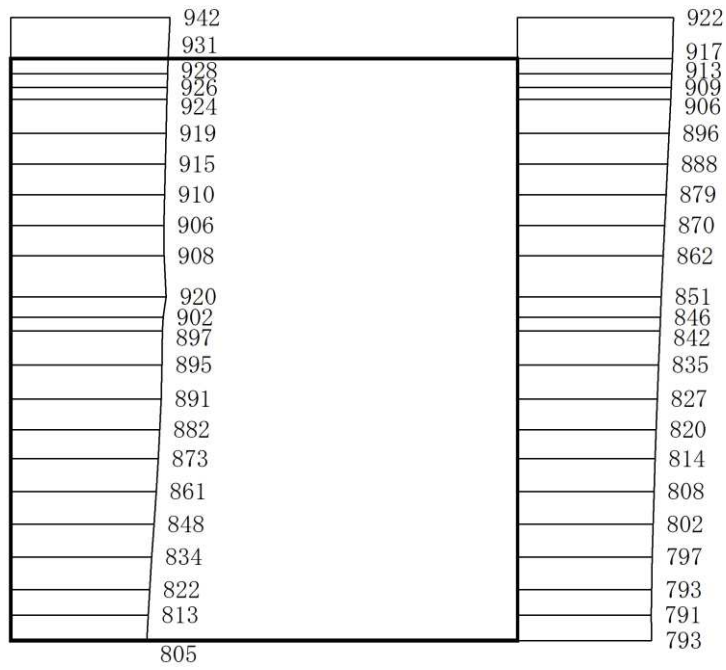


(a) S s - F 3 (++) 水平

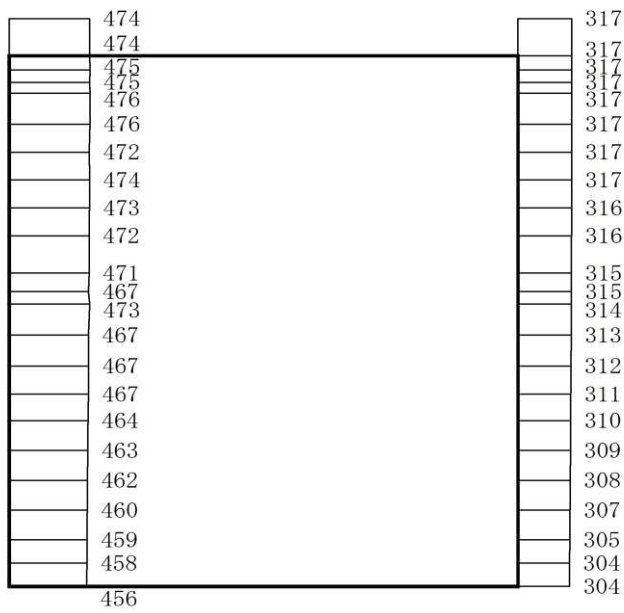


(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-92 最大加速度分布図 (20/49) (解析ケース④)



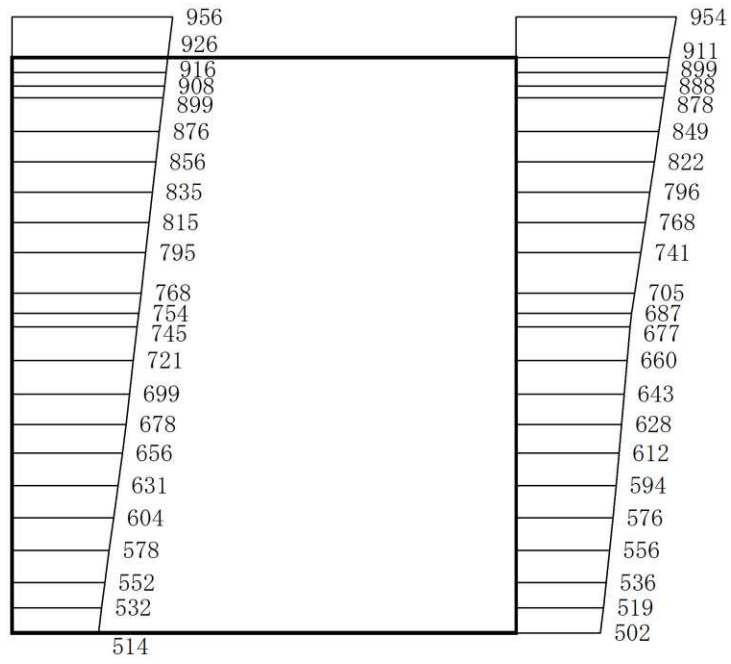
(a) S s - N 1 (++) 水平



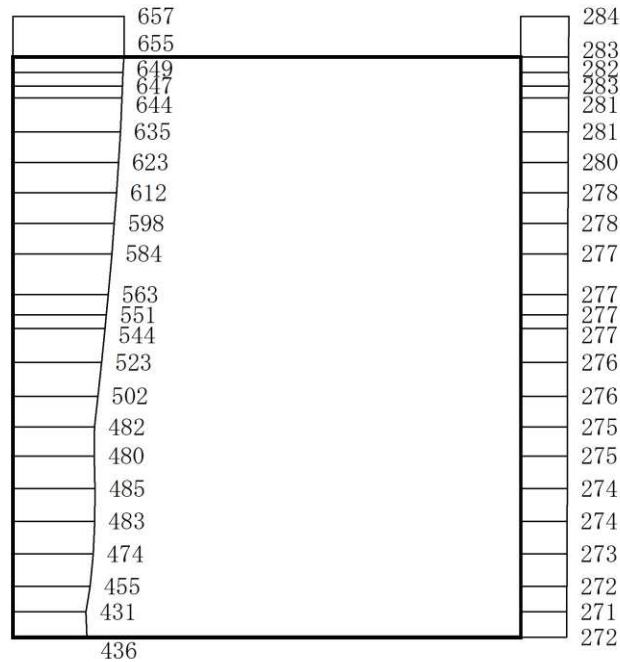
構造スケール $0 \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad 1000$ (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-93 最大加速度分布図 (21/49) (解析ケース④)



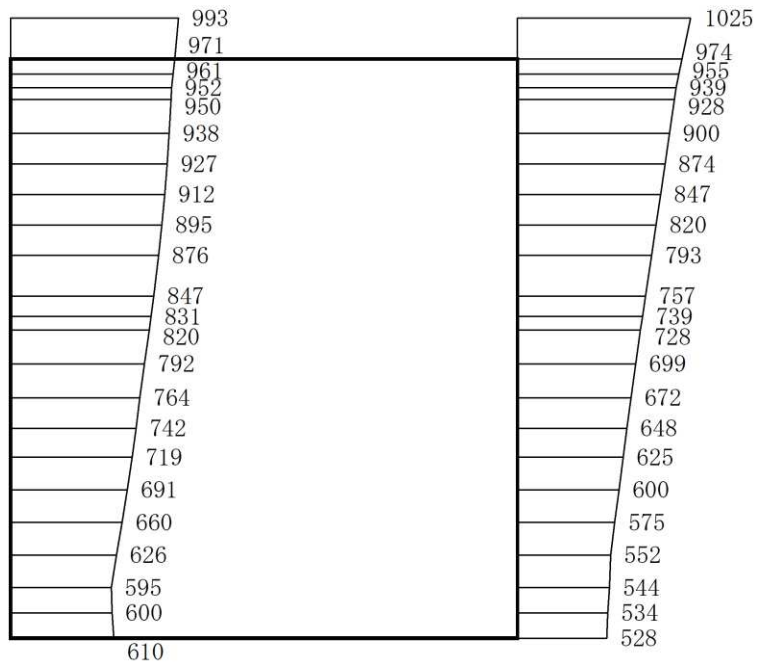
(a) S d - D 1 (++) 水平



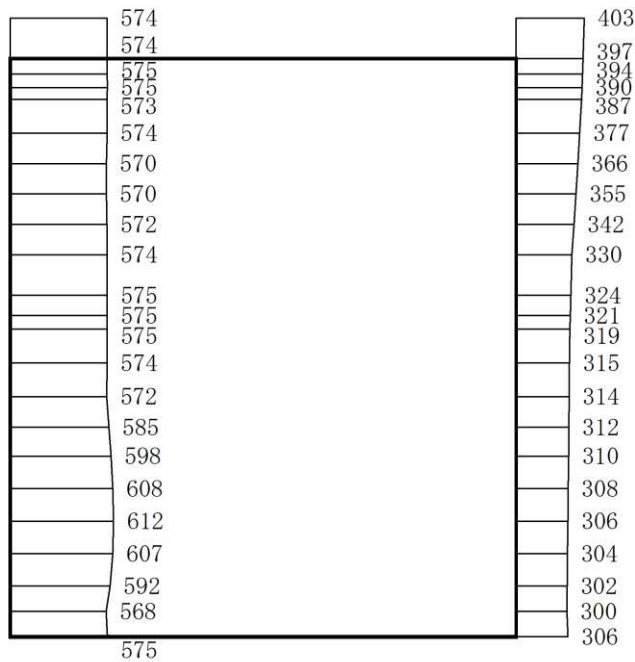
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-94 最大加速度分布図 (22/49) (解析ケース①)



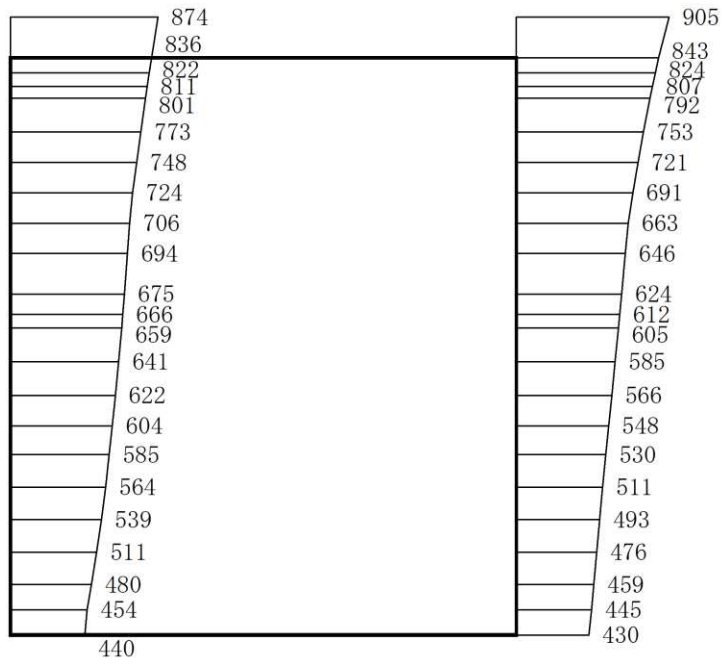
(a) S d - D 2 (++) 水平



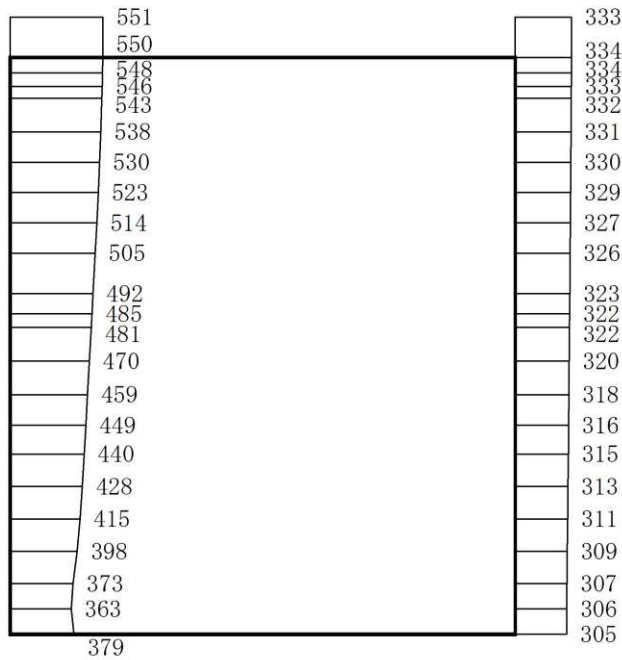
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-95 最大加速度分布図 (23/49) (解析ケース①)



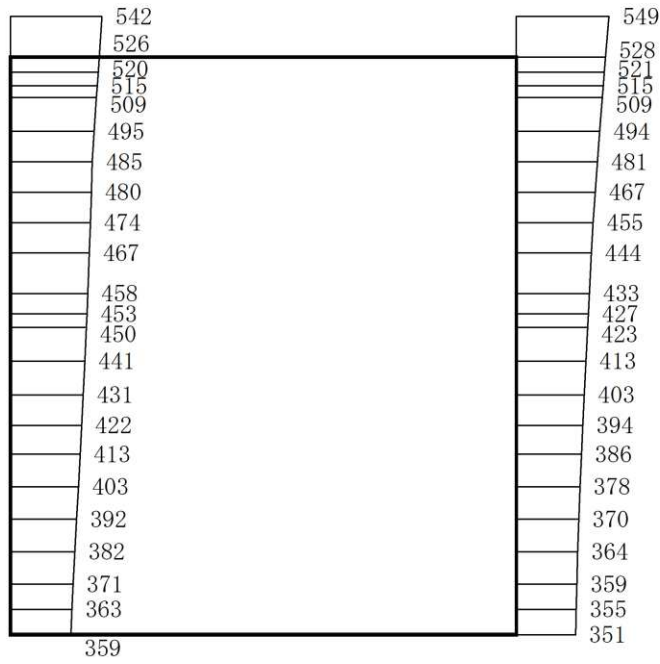
(a) S d - D 3 (++) 水平



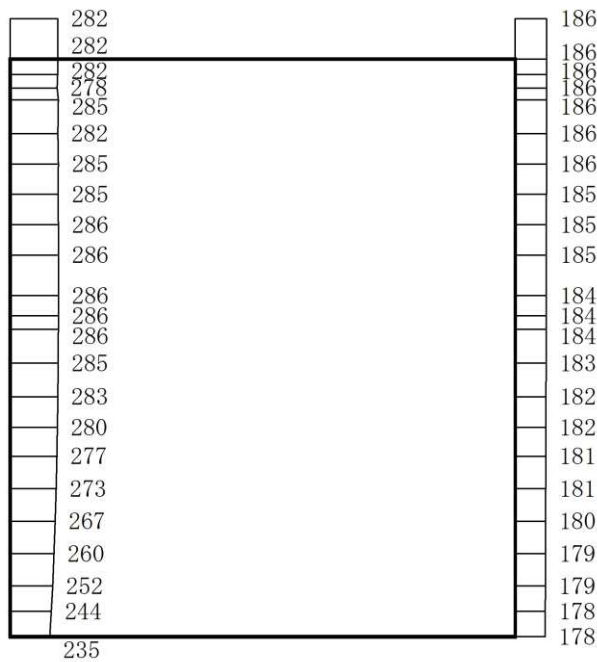
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-96 最大加速度分布図 (24/49) (解析ケース①)



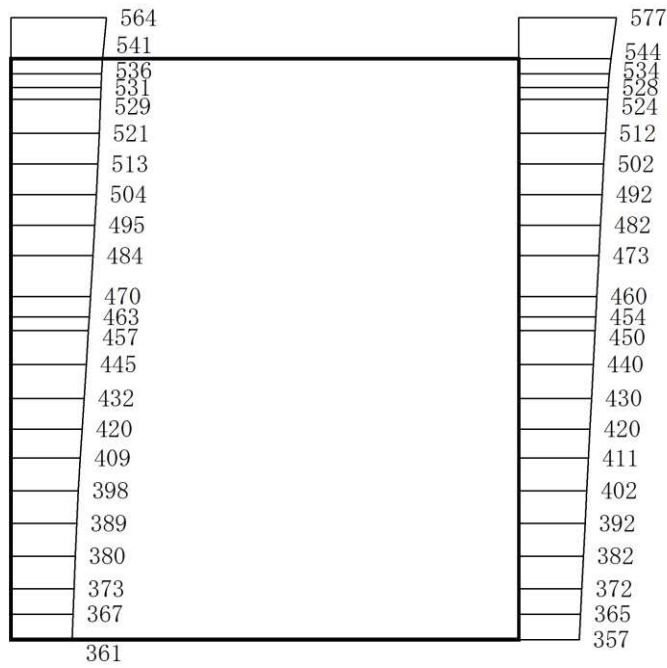
(a) S d - F 1 (++) 水平



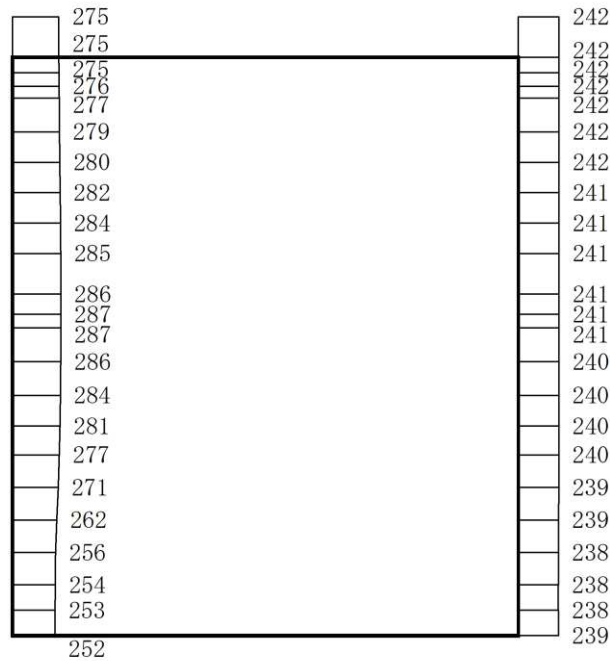
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-97 最大加速度分布図 (25/49) (解析ケース①)



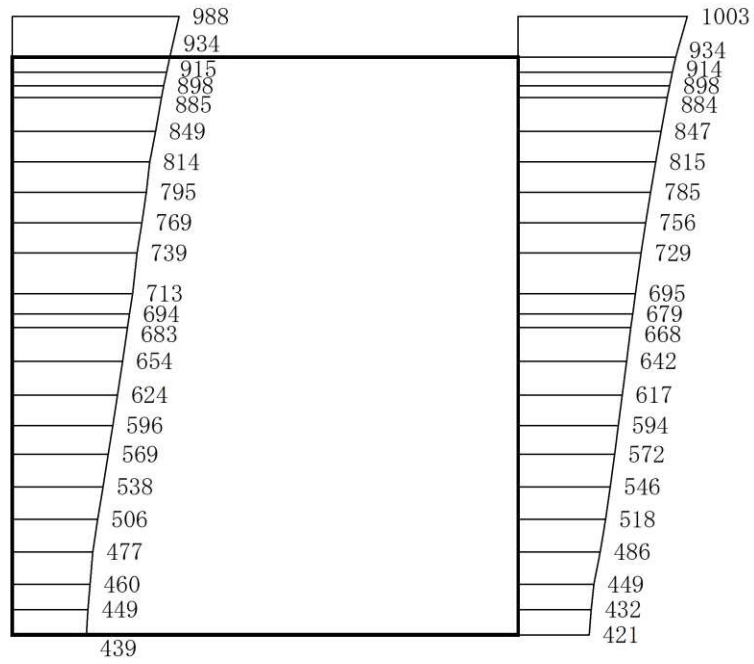
(a) S d - F 2 (++) 水平



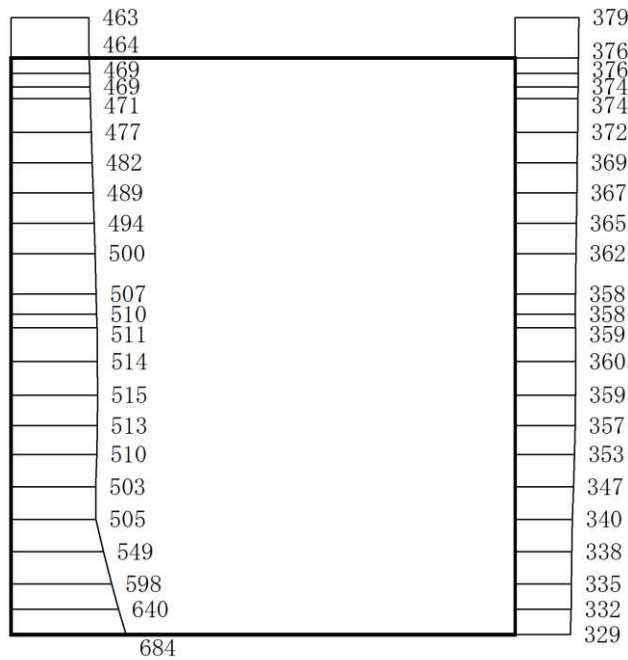
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-98 最大加速度分布図 (26/49) (解析ケース①)



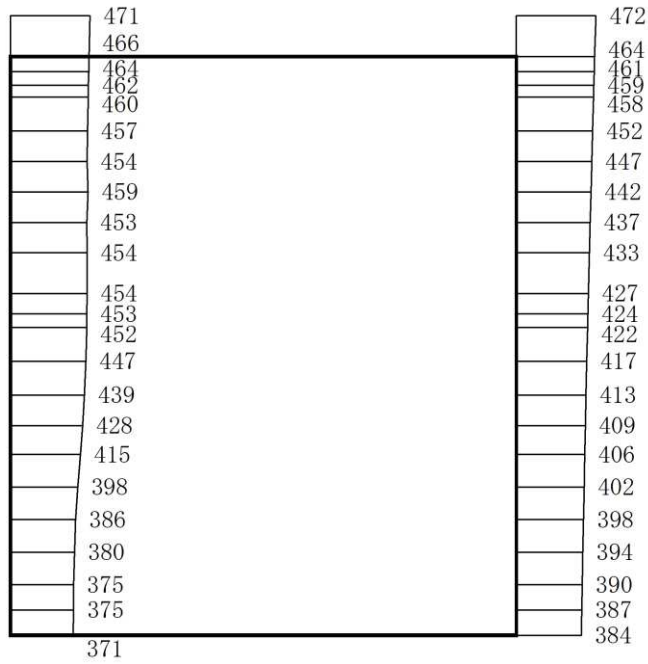
(a) S d - F 3 (++) 水平



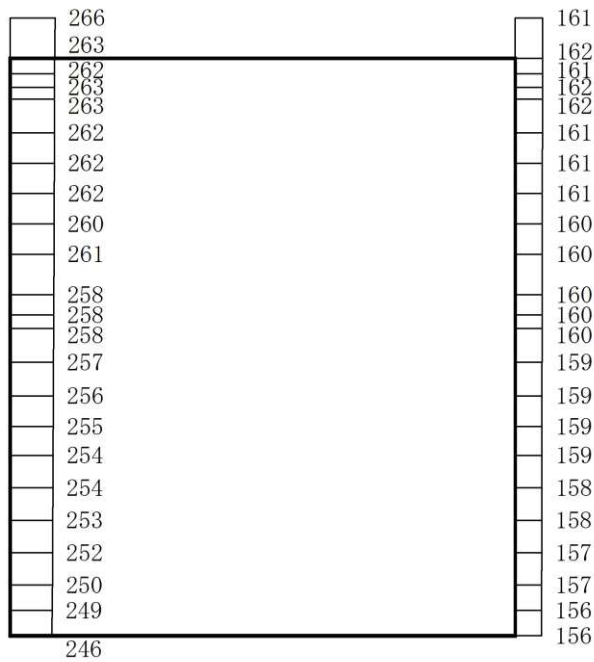
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-99 最大加速度分布図 (27/49) (解析ケース①)



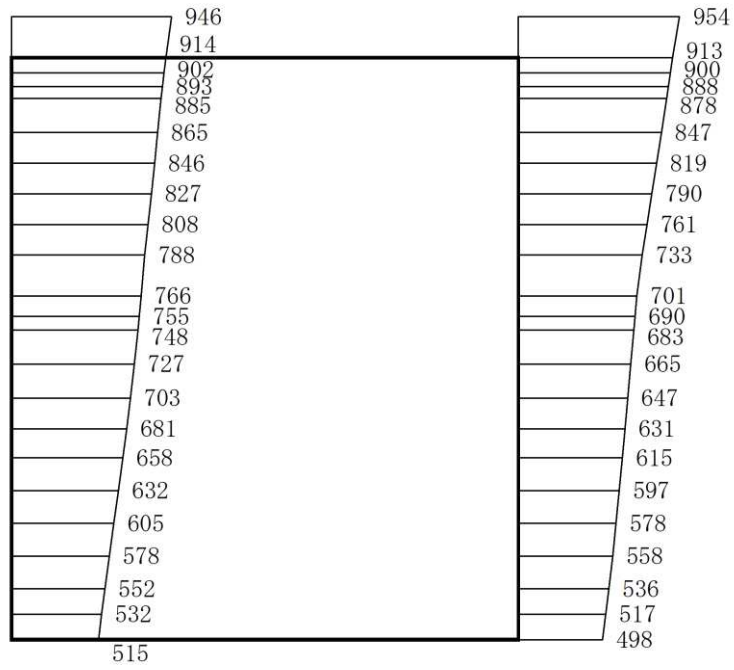
(a) S d - N 1 (++) 水平



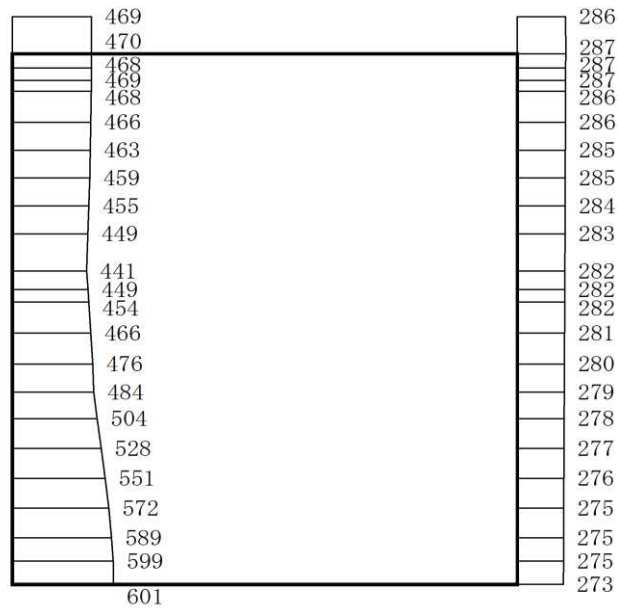
構造スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 2 \\ \hline \end{array}$ (m) 応答値スケール $\begin{array}{|c|c|} \hline 0 & 1000 \\ \hline \end{array}$ (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-100 最大加速度分布図 (28/49) (解析ケース①)



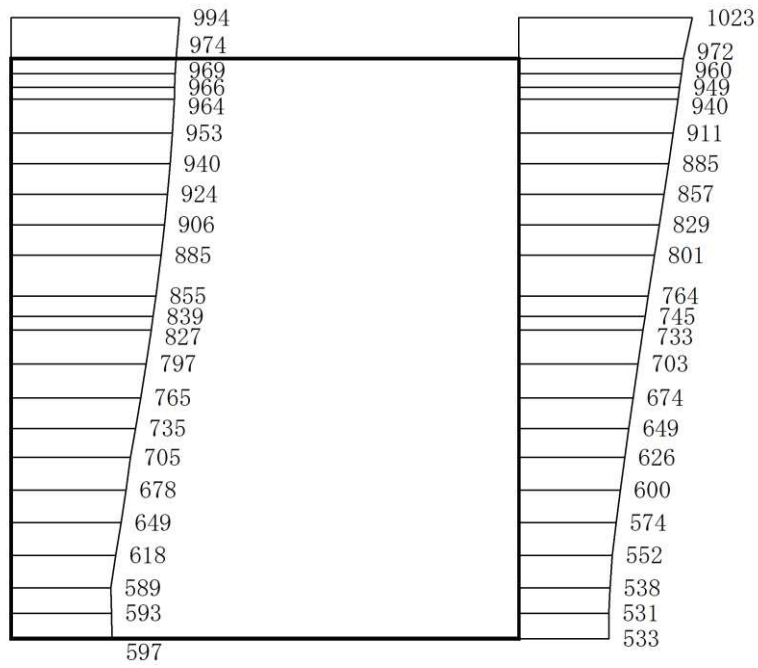
(a) S d - D 1 (+ +) 水平



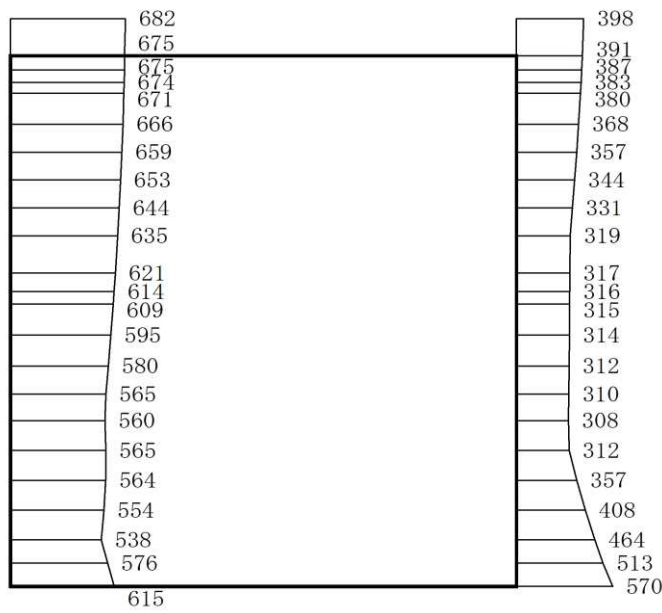
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (+ +) 鉛直

図 4-101 最大加速度分布図 (29/49) (解析ケース②)



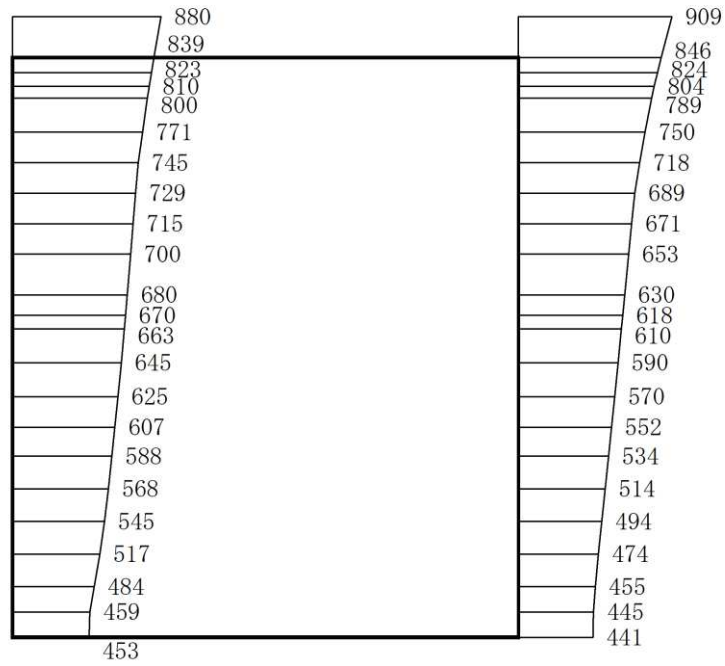
(a) S d - D 2 (+ +) 水平



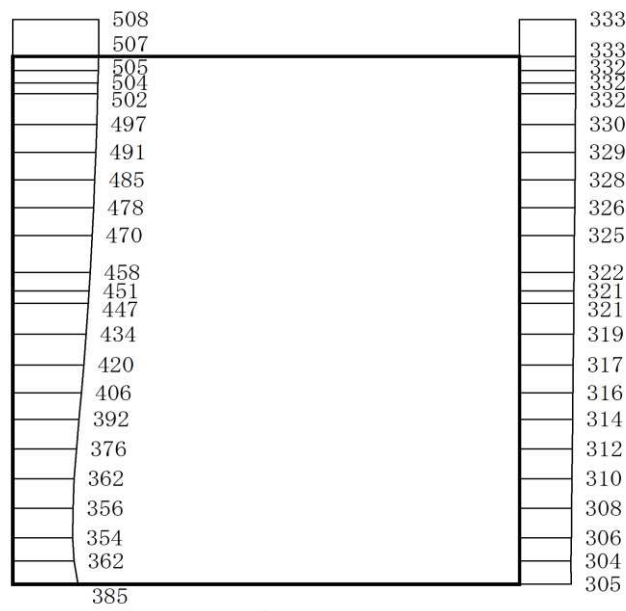
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (+ +) 鉛直

図 4-102 最大加速度分布図 (30/42) (解析ケース②)



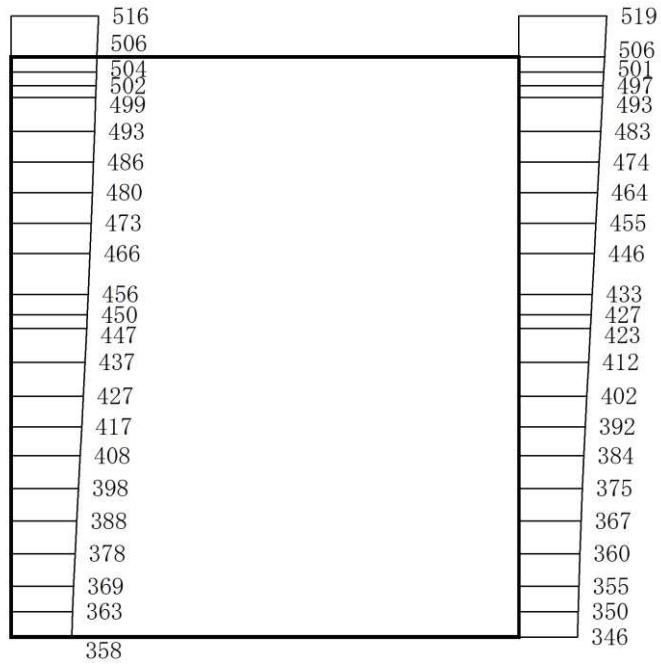
(a) S d - D 3 (++) 水平



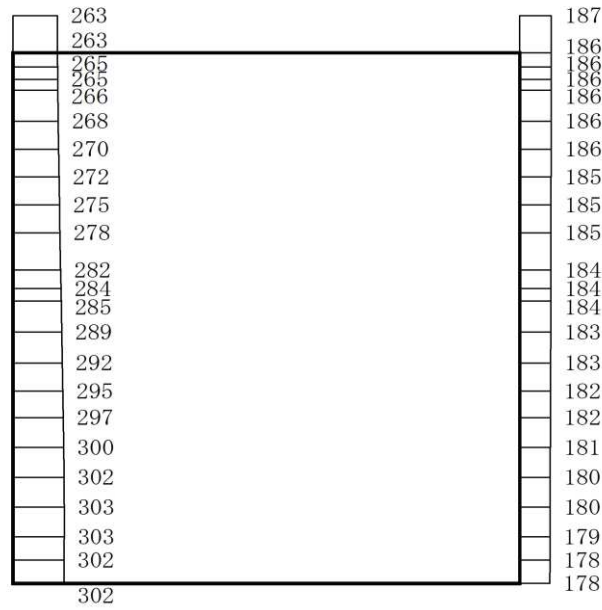
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-103 最大加速度分布図 (31/49) (解析ケース②)



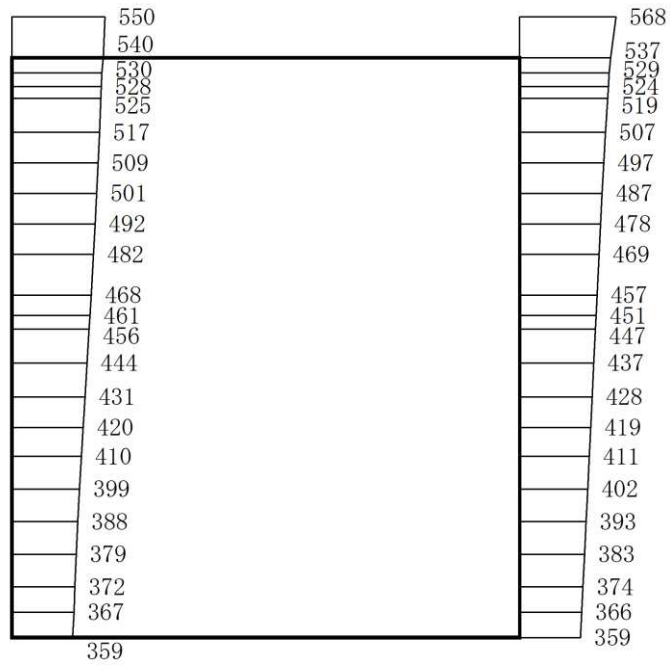
(a) S d - F 1 (++) 水平



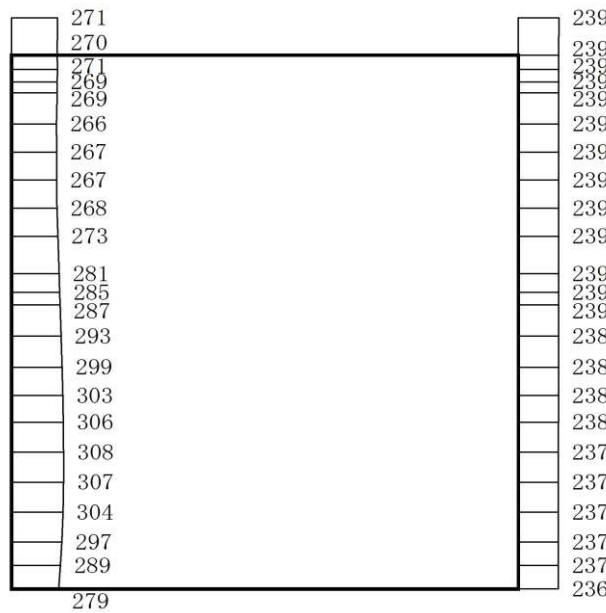
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-104 最大加速度分布図 (32/49) (解析ケース②)



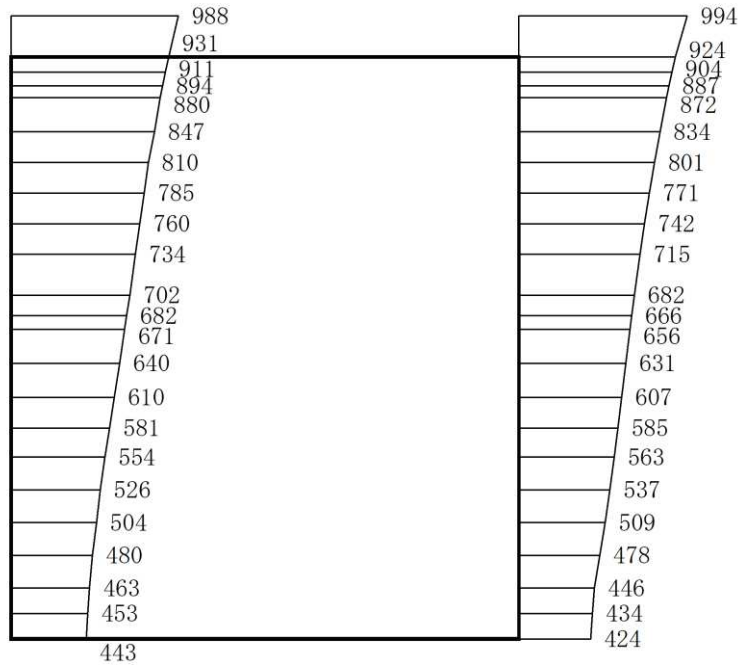
(a) S d - F 2 (++) 水平



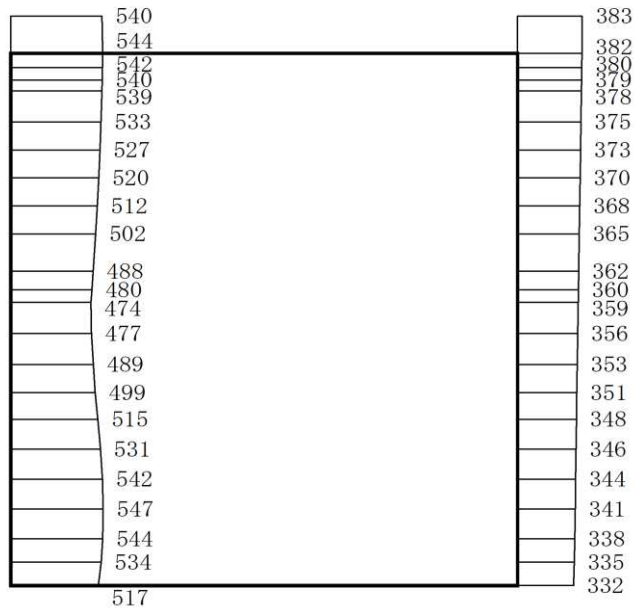
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-105 最大加速度分布図 (33/49) (解析ケース②)



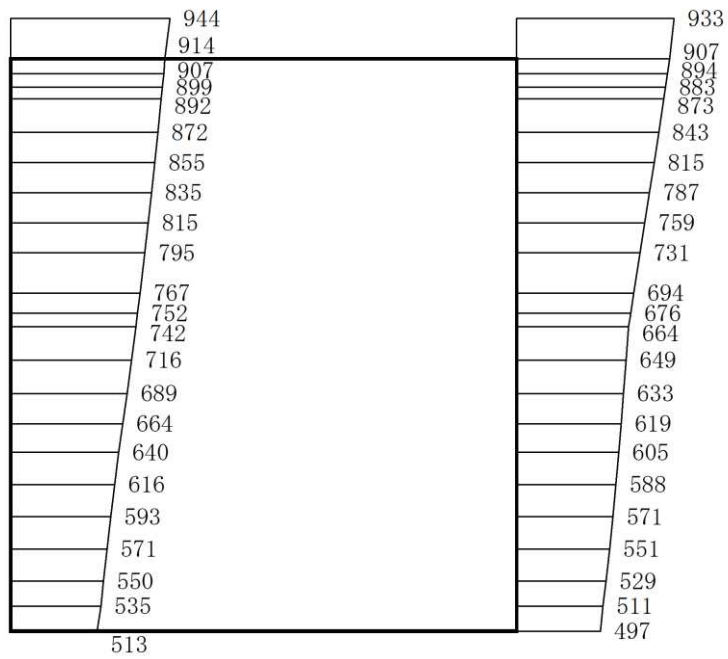
(a) S d - F 3 (++) 水平



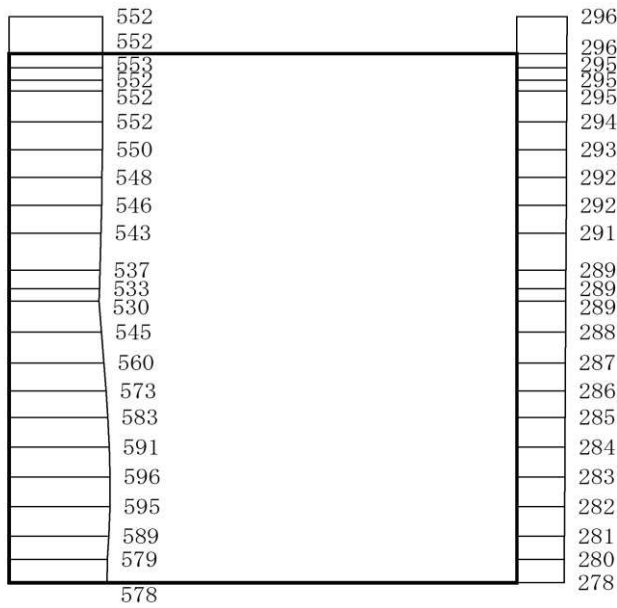
構造スケール 0 └───┘ 2 (m) 応答値スケール 0 └───┘ 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-106 最大加速度分布図 (34/49) (解析ケース②)



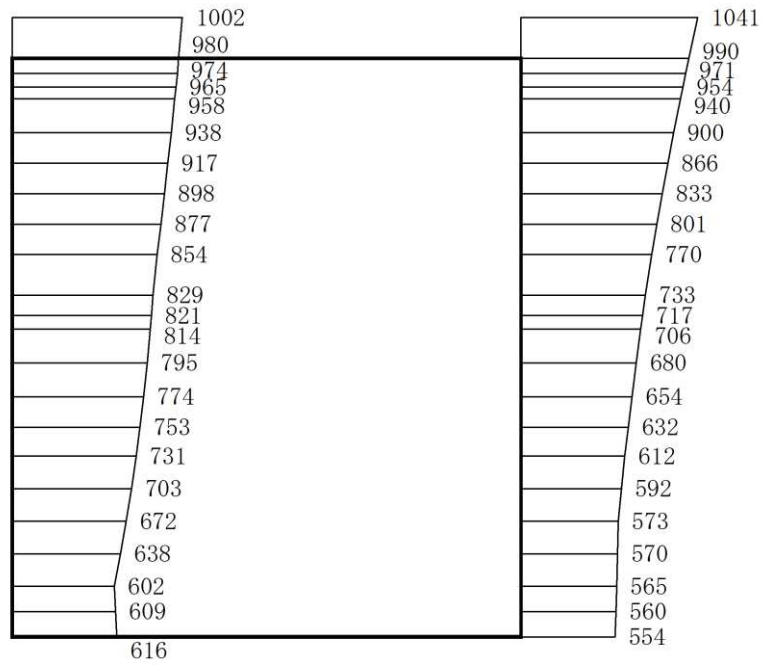
(a) S d - D 1 (+ +) 水平



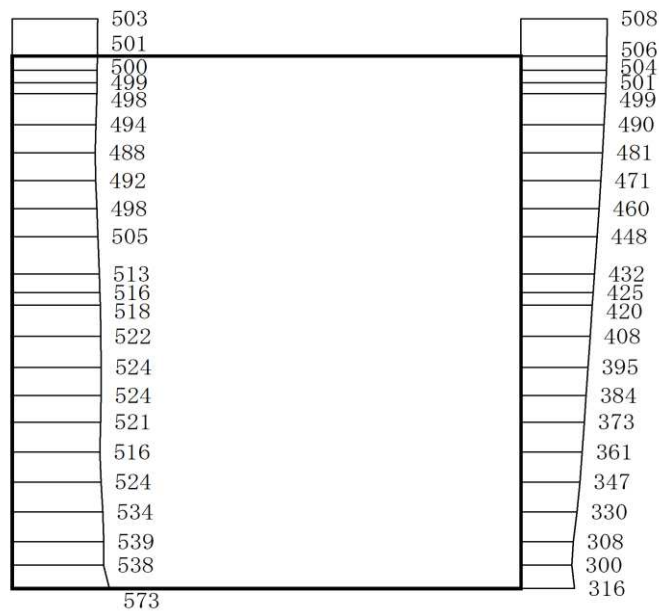
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (+ +) 鉛直

図 4-108 最大加速度分布図 (36/49) (解析ケース③)



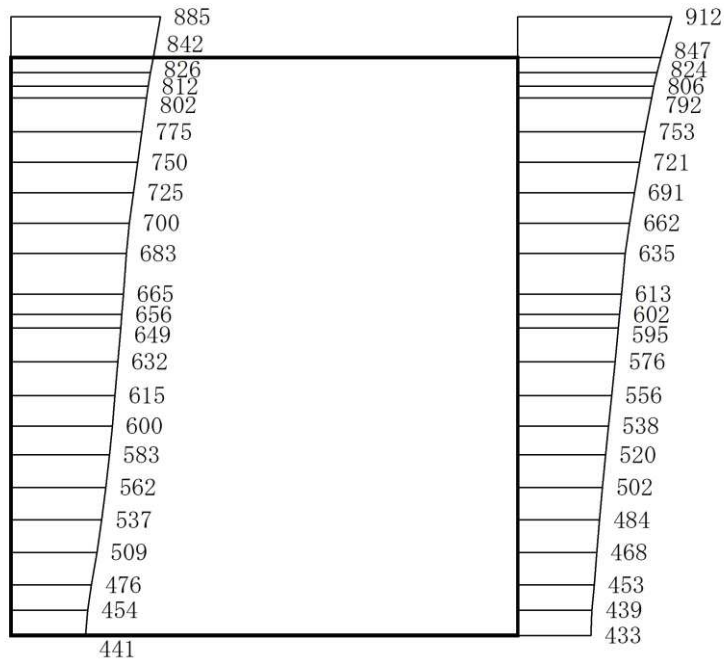
(a) S d - D 2 (++) 水平



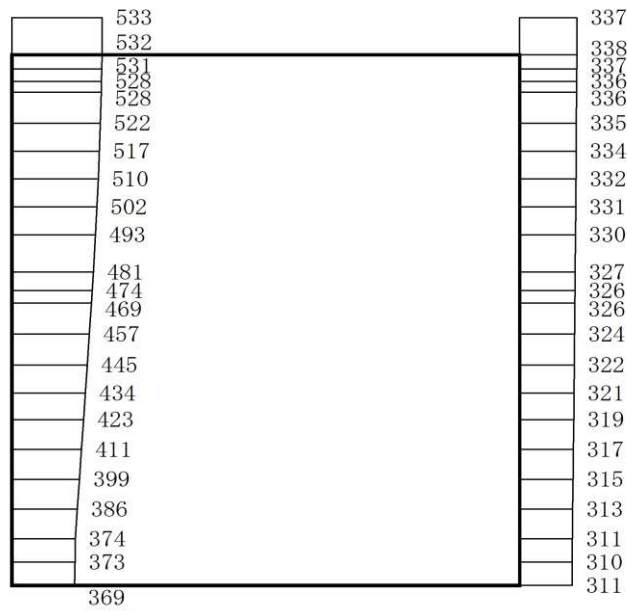
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-109 最大加速度分布図 (37/49) (解析ケース③)



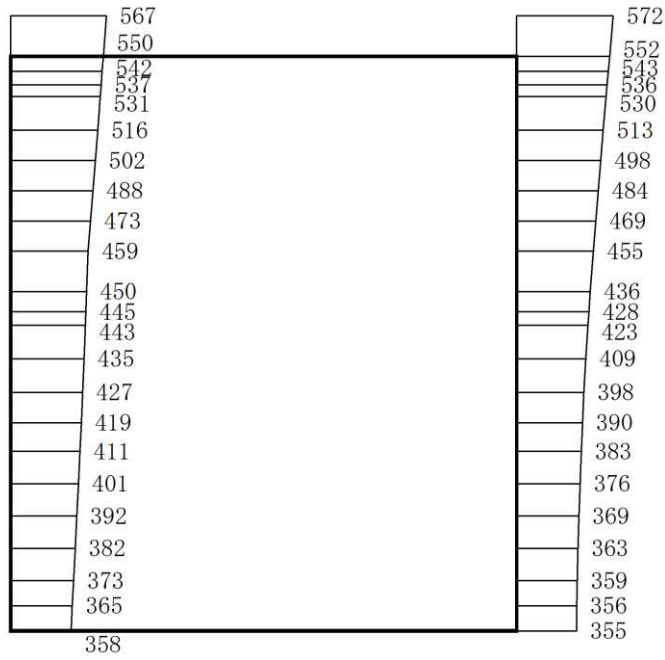
(a) S d - D 3 (++) 水平



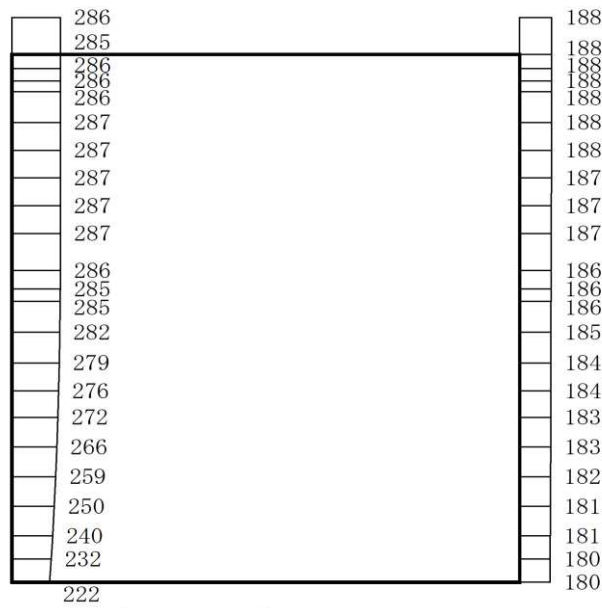
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-110 最大加速度分布図 (38/49) (解析ケース③)



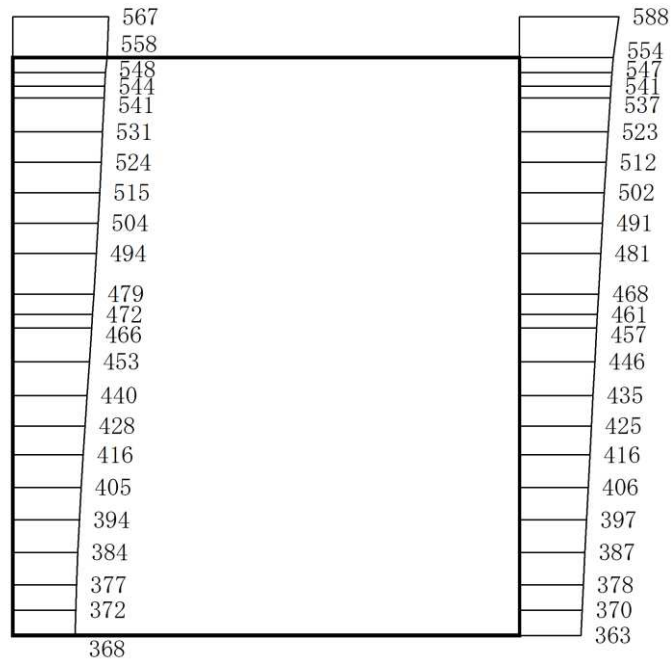
(a) S d - F 1 (++) 水平



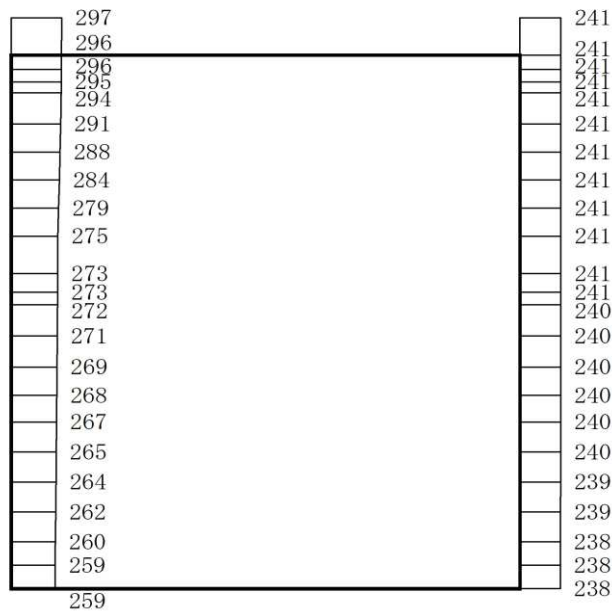
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-111 最大加速度分布図 (39/49) (解析ケース③)



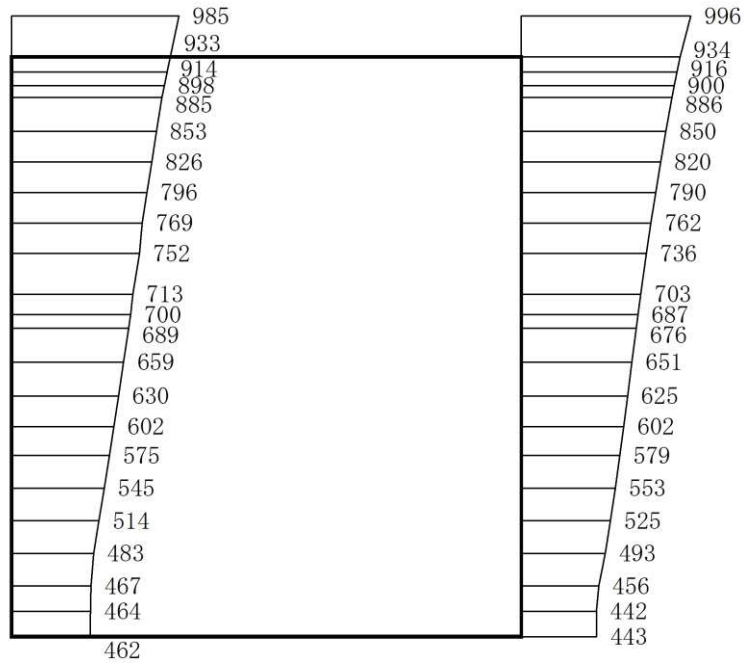
(a) S d - F 2 (++) 水平



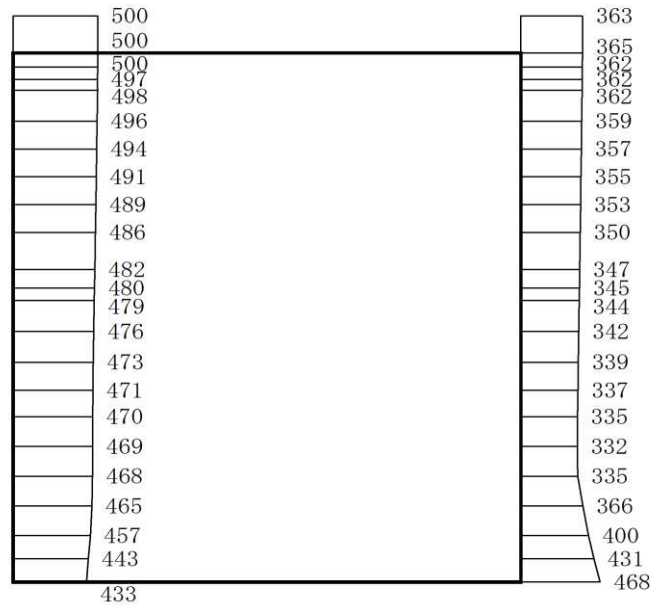
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-112 最大加速度分布図 (40/49) (解析ケース③)



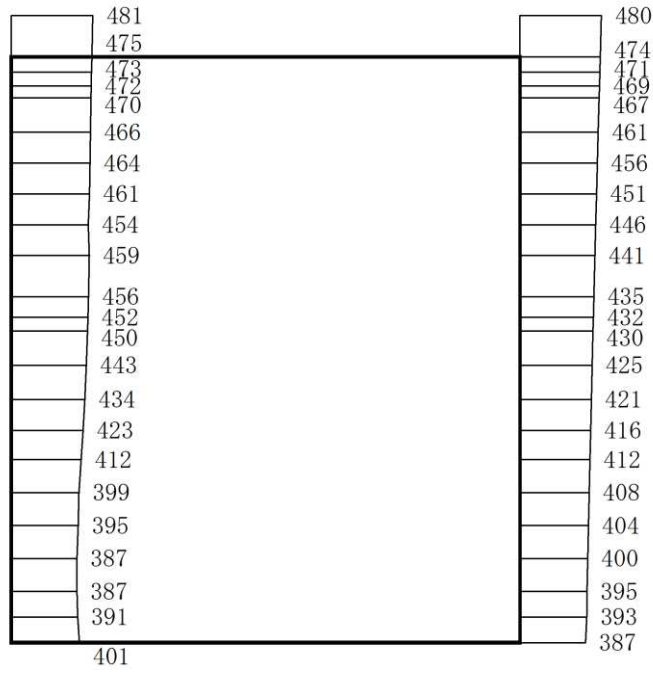
(a) S d - F 3 (++) 水平



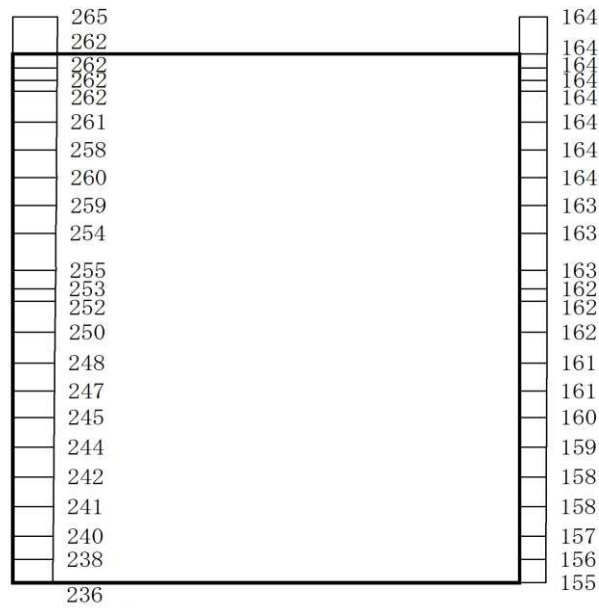
構造スケール 0 └───┘ 2 (m) 応答値スケール 0 └───┘ 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-113 最大加速度分布図 (41/49) (解析ケース③)



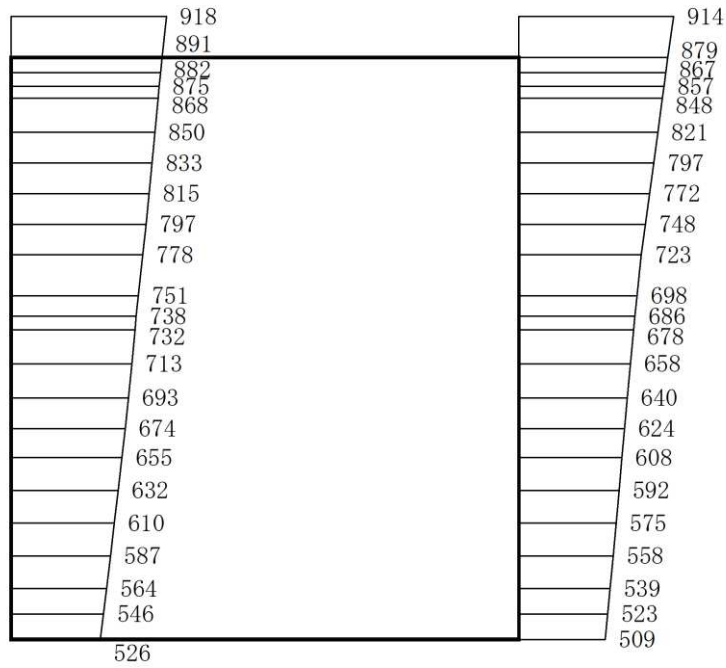
(a) S d - N 1 (++) 水平



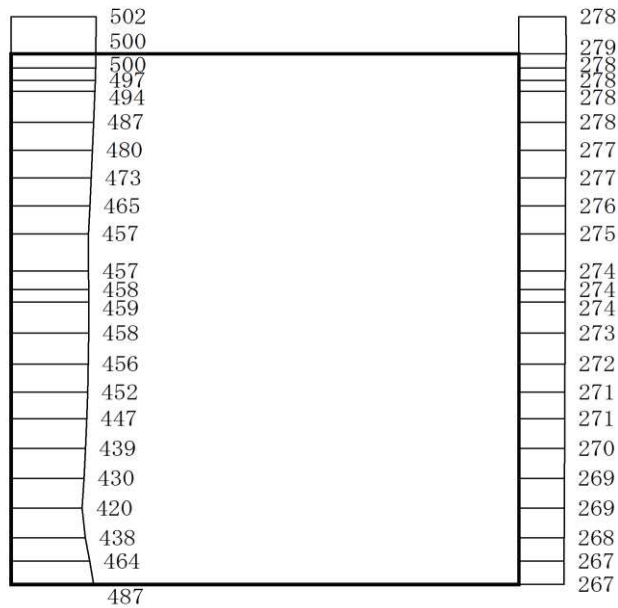
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-114 最大加速度分布図 (42/49) (解析ケース③)



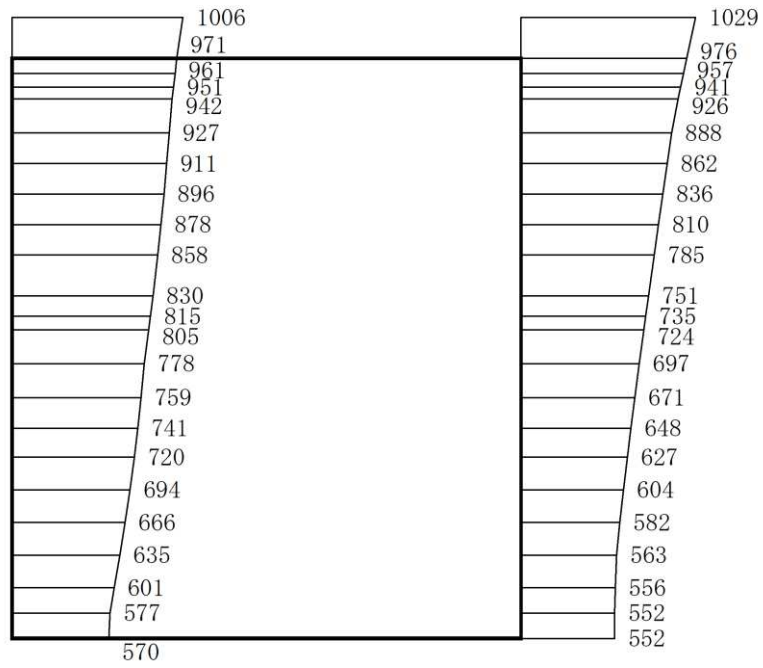
(a) S d - D 1 (++) 水平



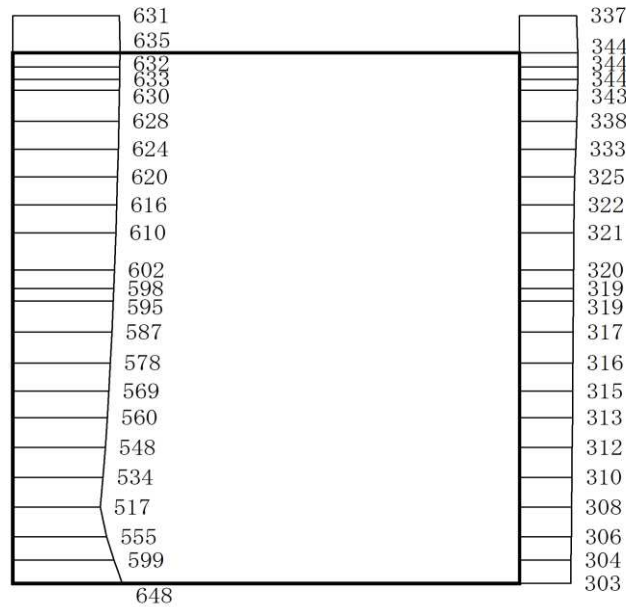
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-115 最大加速度分布図 (43/49) (解析ケース④)



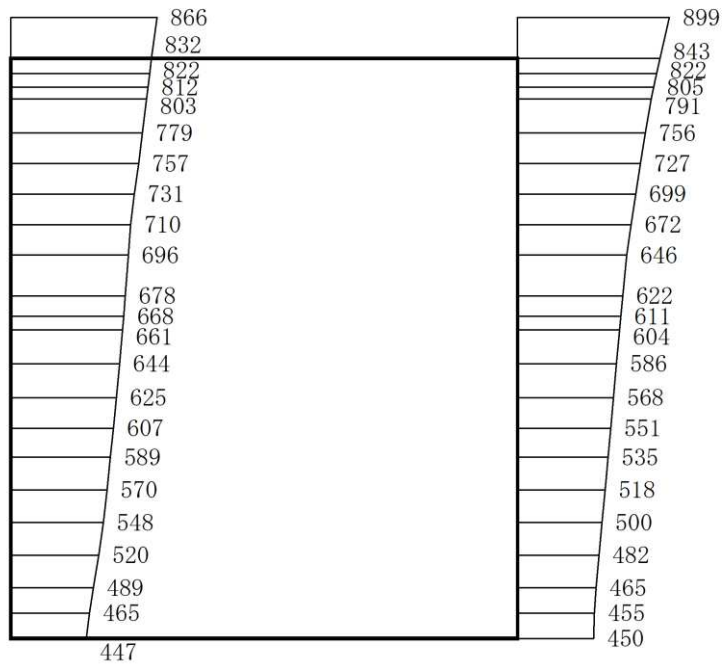
(a) S d - D 2 (++) 水平



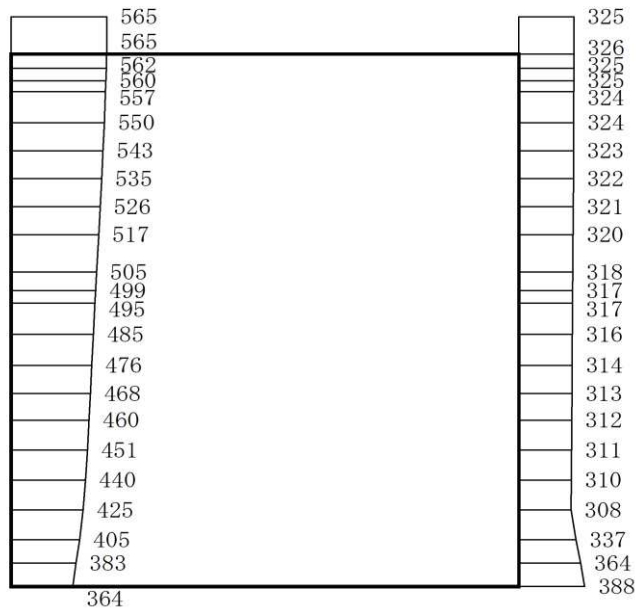
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-116 最大加速度分布図 (44/49) (解析ケース④)



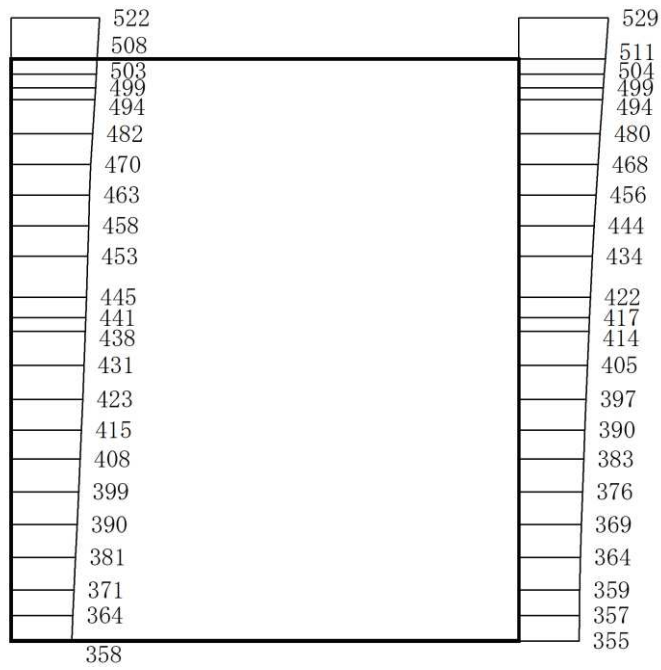
(a) S d - D 3 (++) 水平



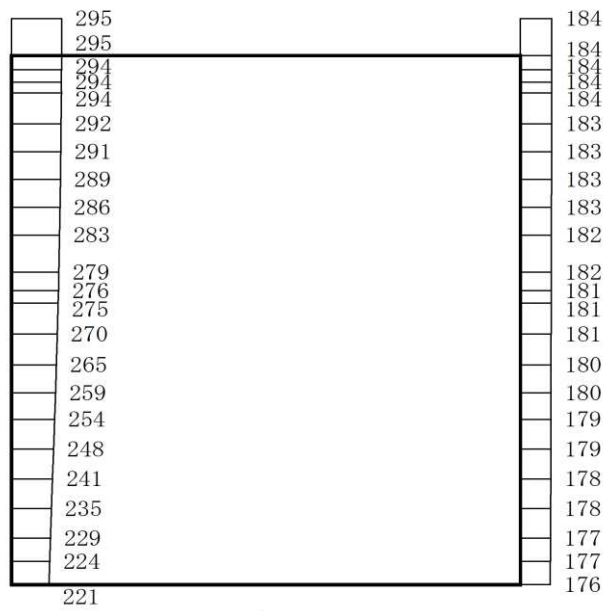
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-117 最大加速度分布図 (45/49) (解析ケース④)



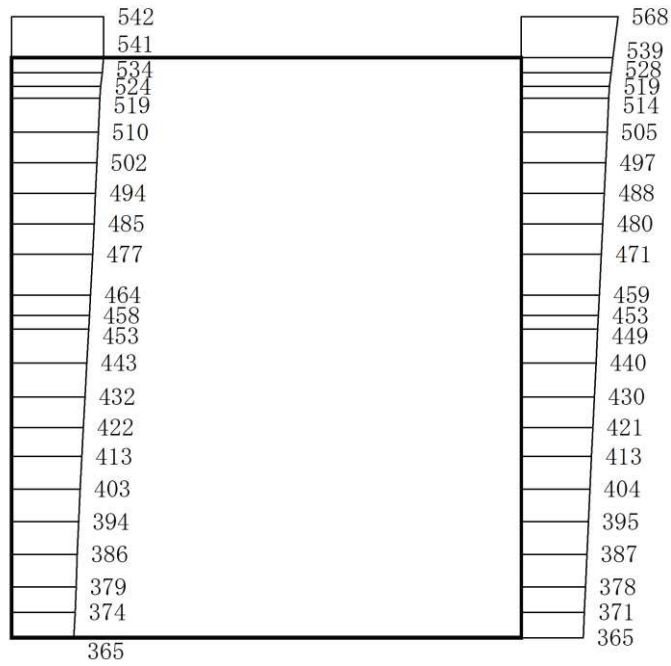
(a) S d - F 1 (++) 水平



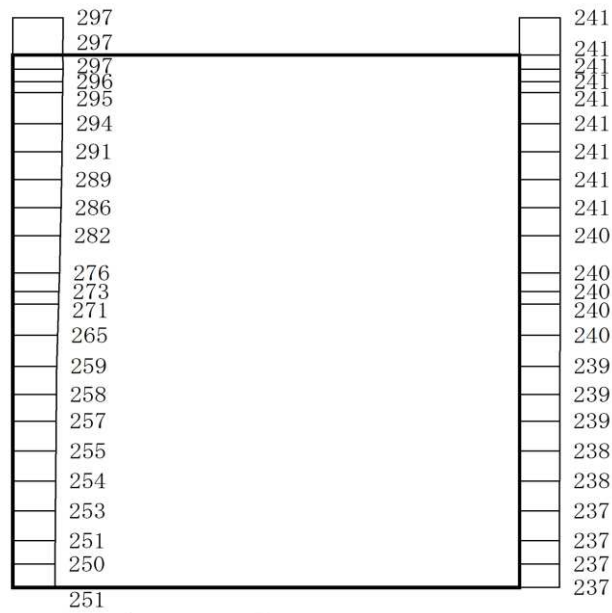
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-118 最大加速度分布図 (46/49) (解析ケース④)



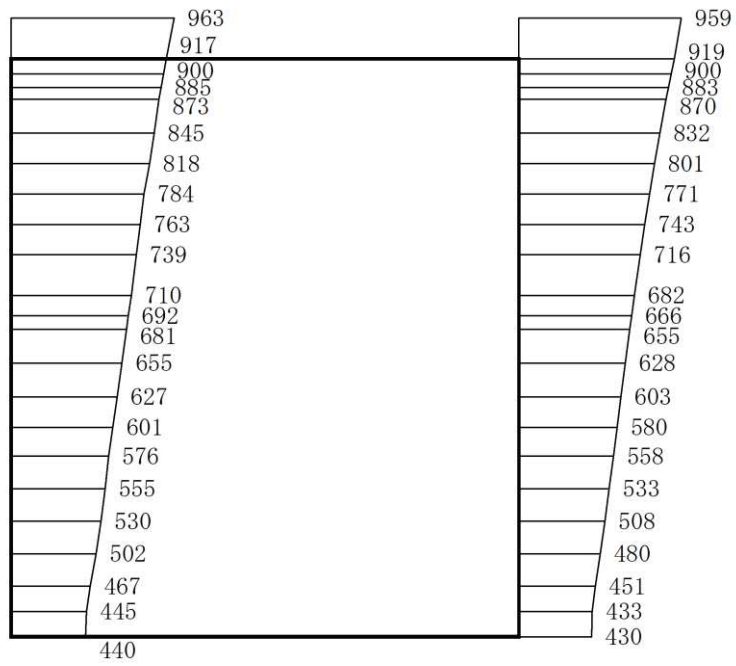
(a) S d - F 2 (++) 水平



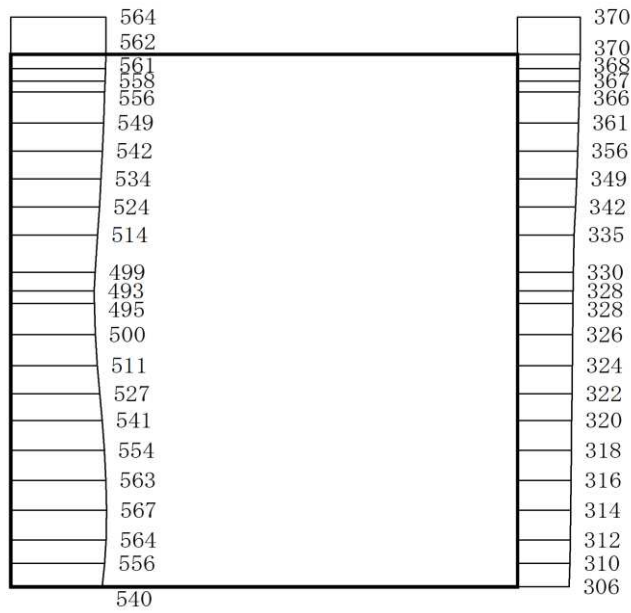
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-119 最大加速度分布図 (47/49) (解析ケース④)



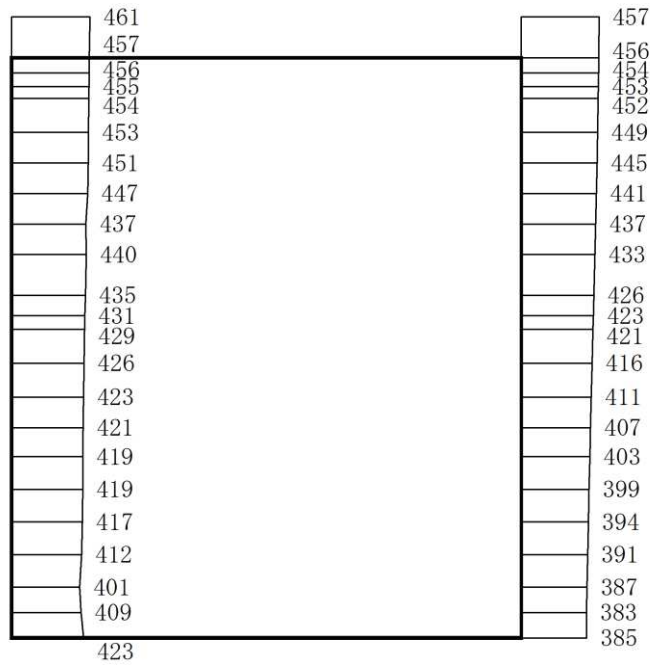
(a) S d - F 3 (++) 水平



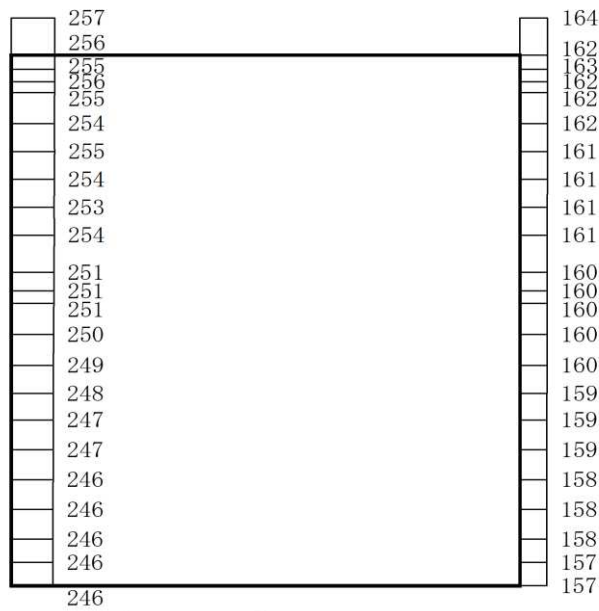
構造スケール 0 └───┘ 2 (m) 応答値スケール 0 └───┘ 1000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-120 最大加速度分布図 (48/49) (解析ケース④)



(a) S d - N 1 (++) 水平



構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-121 最大加速度分布図 (49/49) (解析ケース④)

VI-2-2-16 軽油タンク室 (H) の耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.4 適用基準	9
3. 耐震評価	10
3.1 地震時荷重算出断面及び解析手法の選定	10
3.2 使用材料及び材料の物性値	12
3.3 許容限界	13
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	13
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	14
3.4 評価方法	15
3.4.1 構造部材の健全性評価	15
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	20
4. 構造部材の地震時応答	21
5. 耐震評価結果	31
5.1 構造部材の健全性及び支持機能に対する評価結果	31
5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	34
5.2.1 基礎地盤（狐崎部層）	34
5.2.2 MMR（新設）	35

1. 概要

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

軽油タンク室（H）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析により算定した荷重を三次元構造解析モデルに作用させて、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

軽油タンク室 (H) の位置を図 2-1 に示す。

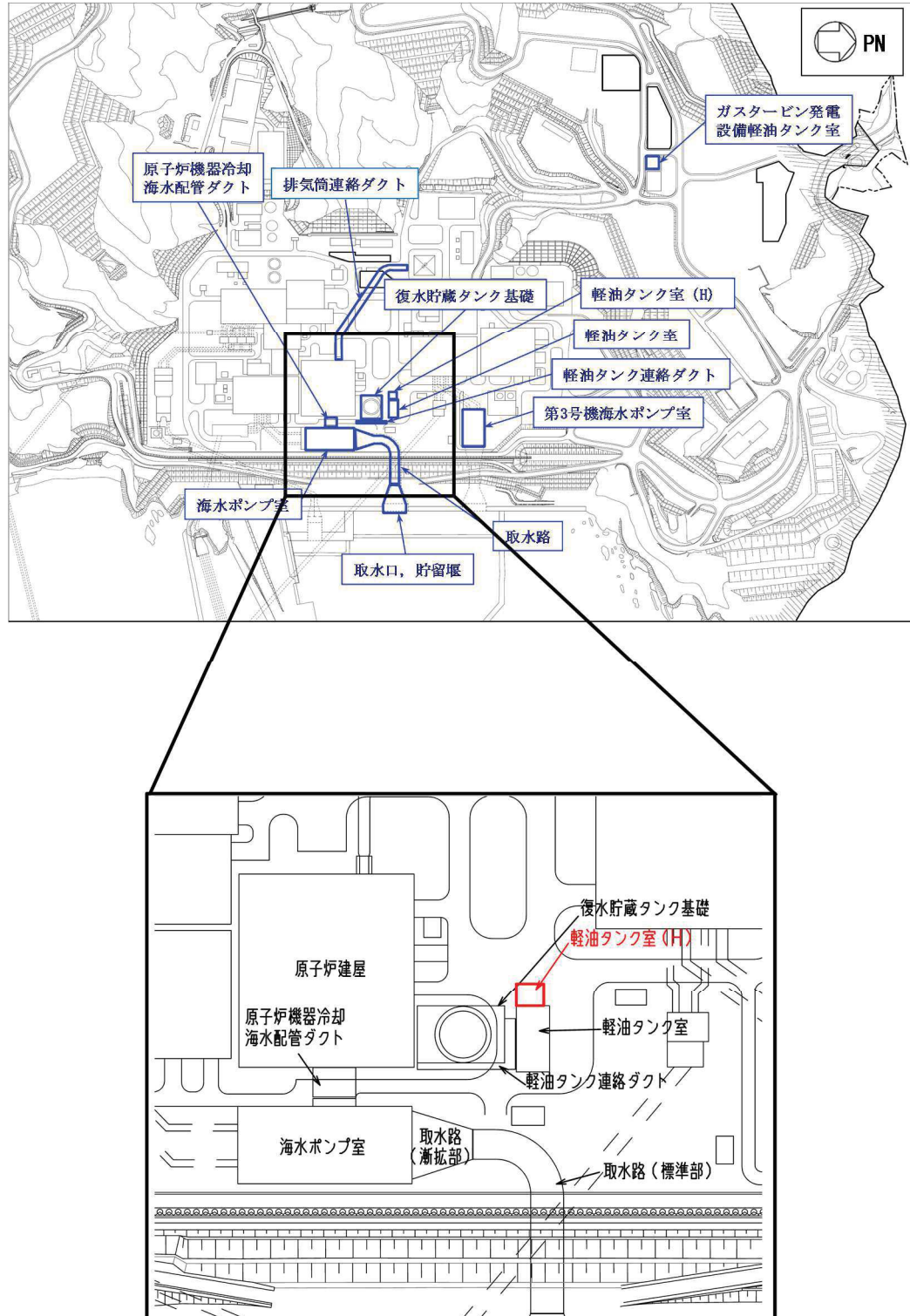


図 2-1 軽油タンク室 (H) の位置図

2.2 構造概要

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

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

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

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

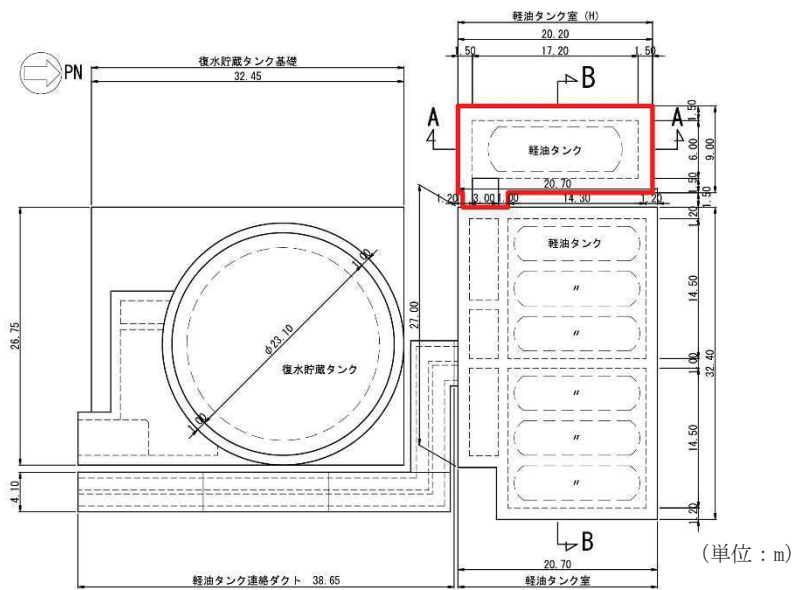


図 2-2 軽油タンク室 (H) 平面図

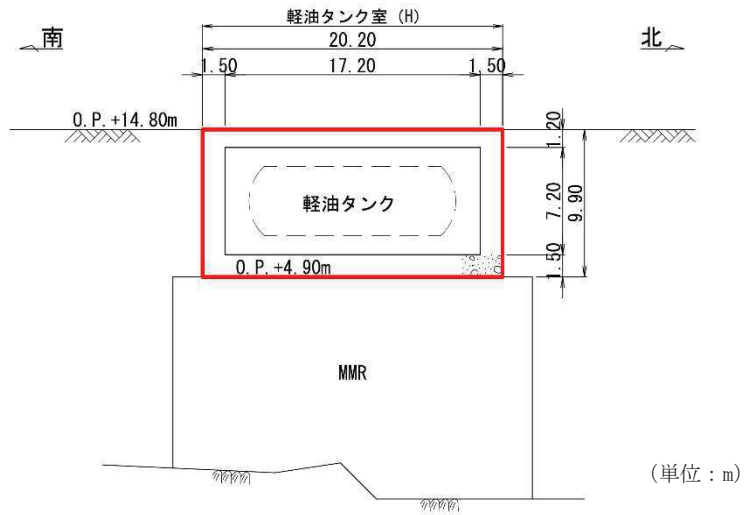


図 2-3 軽油タンク室 (H) 断面図 (A-A 断面, 南北)

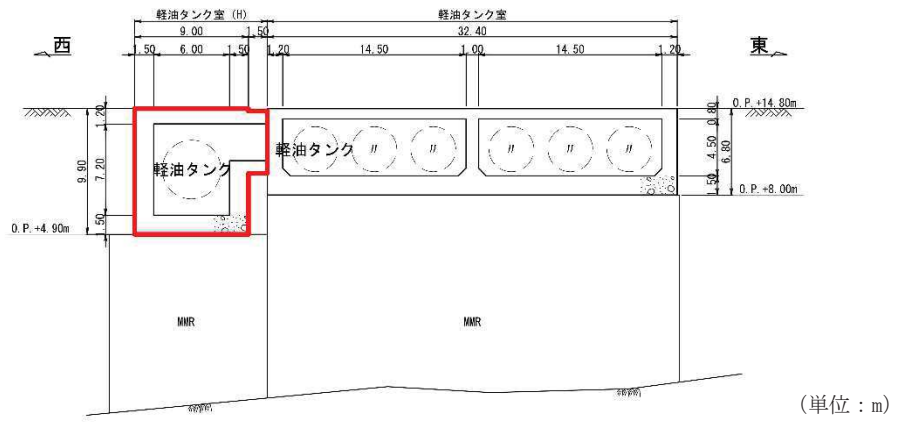


図 2-4 軽油タンク室 (H) 断面図 (B-B 断面, 東西)

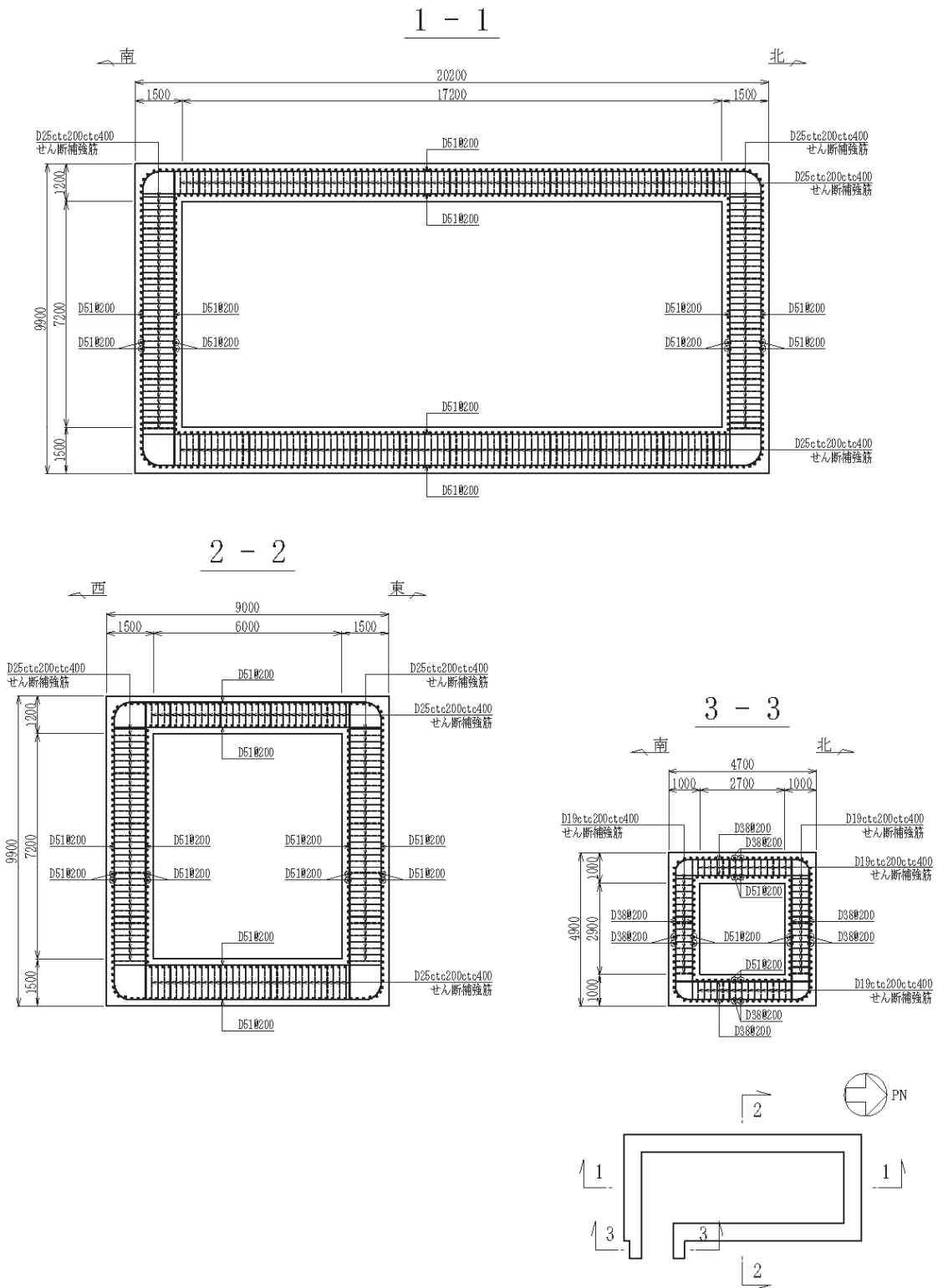


図 2-5 軽油タンク室 (H) 概略配筋図

2.3 評価方針

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

軽油タンク室 (H) の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

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

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

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

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

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

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

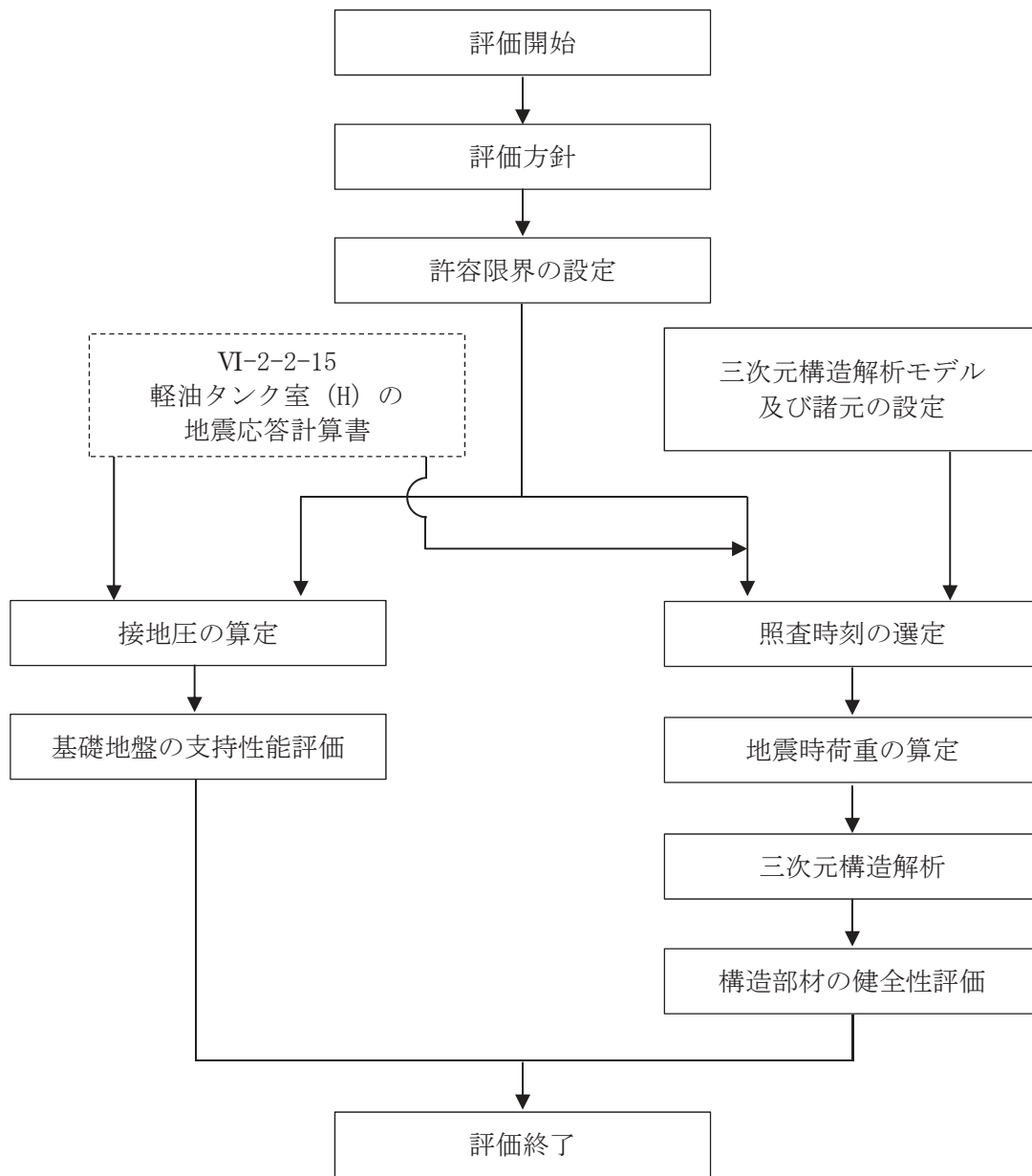


図 2-6 軽油タンク室 (H) の耐震評価フロー

表 2-1 軽油タンク室 (H) の評価項目

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

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- 道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

3. 耐震評価

3.1 地震時荷重算出断面及び解析手法の選定

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

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

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

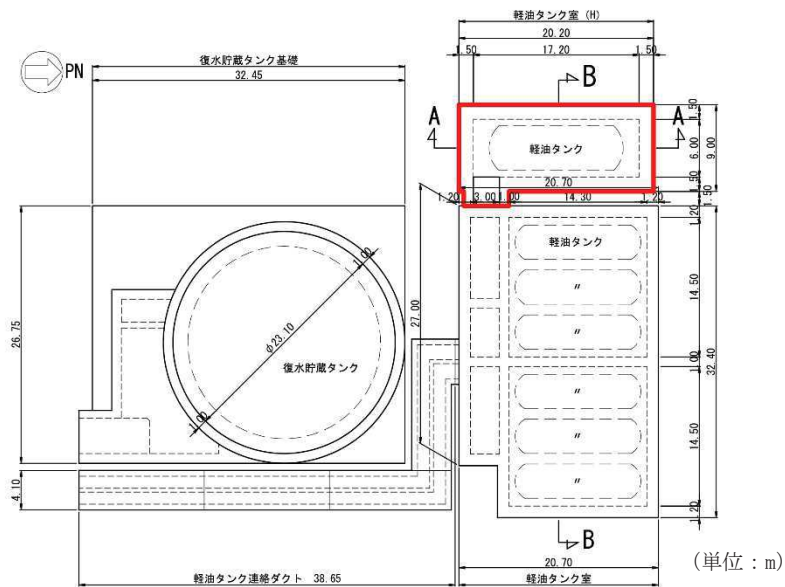


図 3-1 軽油タンク室 (H) の地震時荷重算出断面位置図

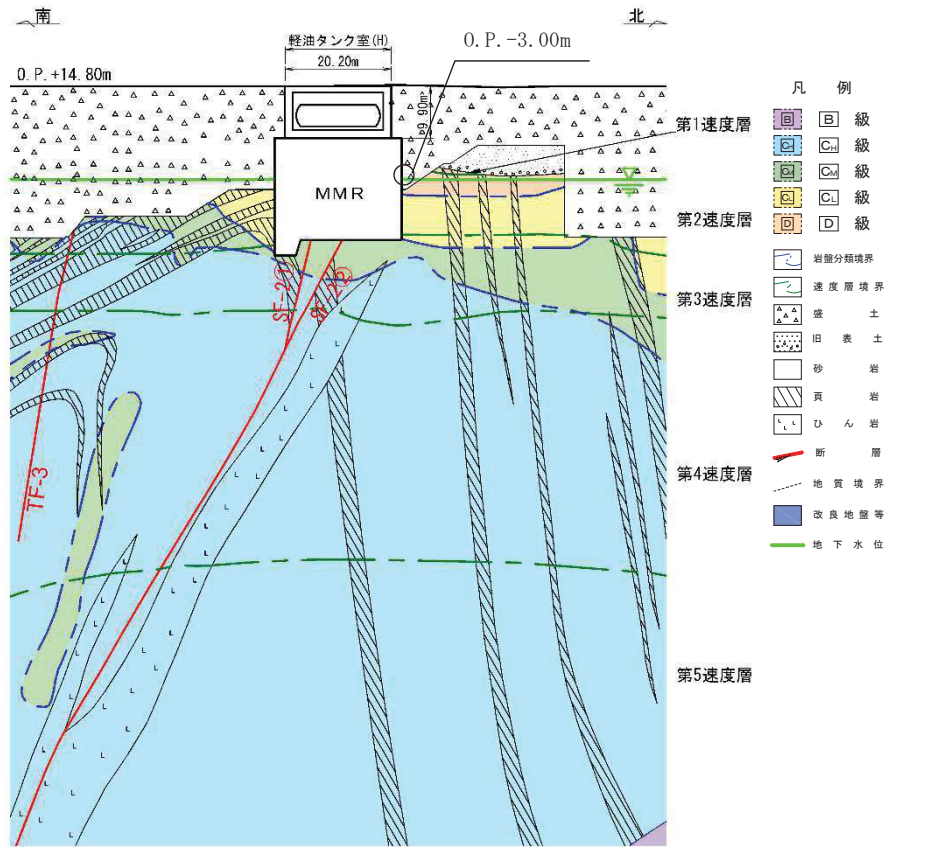


図 3-2 軽油タンク室 (H) 地震時荷重算出用地質断面図
(A-A 断面, 南北)

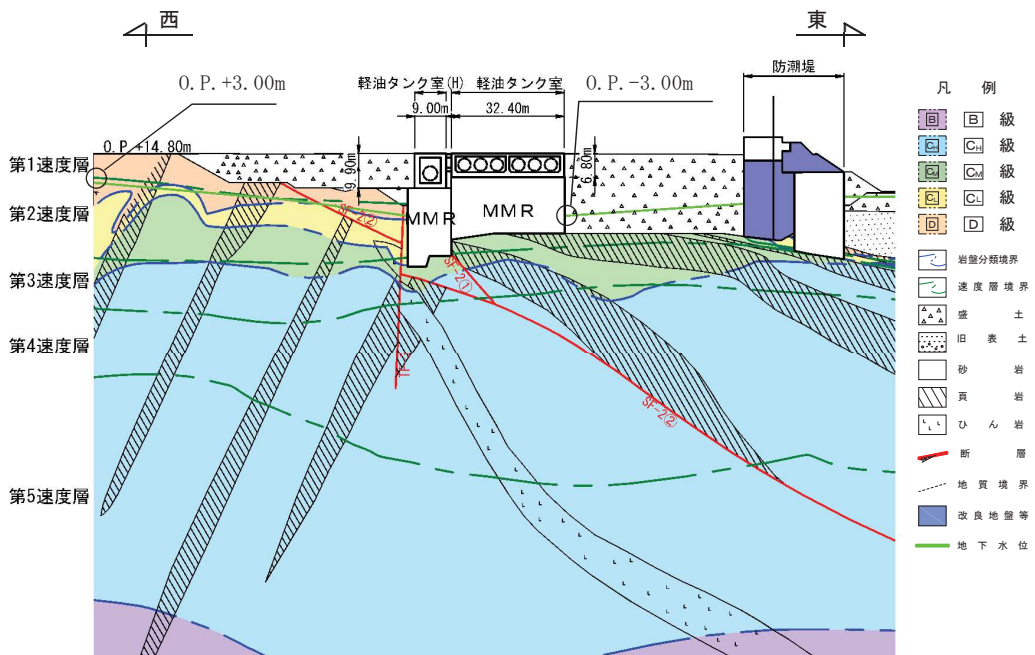


図 3-3 軽油タンク室 (H) 地震時荷重算出用地質断面図
(B-B 断面, 東西)

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1, 材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

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

表 3-2 材料の物性値 (構造部材)

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

注記* : 新設構造物のため, 推定した圧縮強度とする。

3.3 許容限界

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

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

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

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

表3-3 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	f'ck=24.0(N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ'_{ca}	9.0
許容せん断応力度 τ_{al}		0.45	0.675

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

表3-4 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	SD345	許容引張応力度 σ_{sa}	196
SD390	206		309

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

(2) せん断破壊に対する許容限界

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

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

(1) 基礎地盤（狐崎部層）

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

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表3-5に示す。

表3-5 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	狐崎部層	13.7

(2) MMR（新設）

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

MMR（新設）の許容限界を表3-6に示す。

表3-6 MMR（新設）の支持性能に対する許容限界

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

3.4 評価方法

3.4.1 構造部材の健全性評価

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

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

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

(1) 解析モデル

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

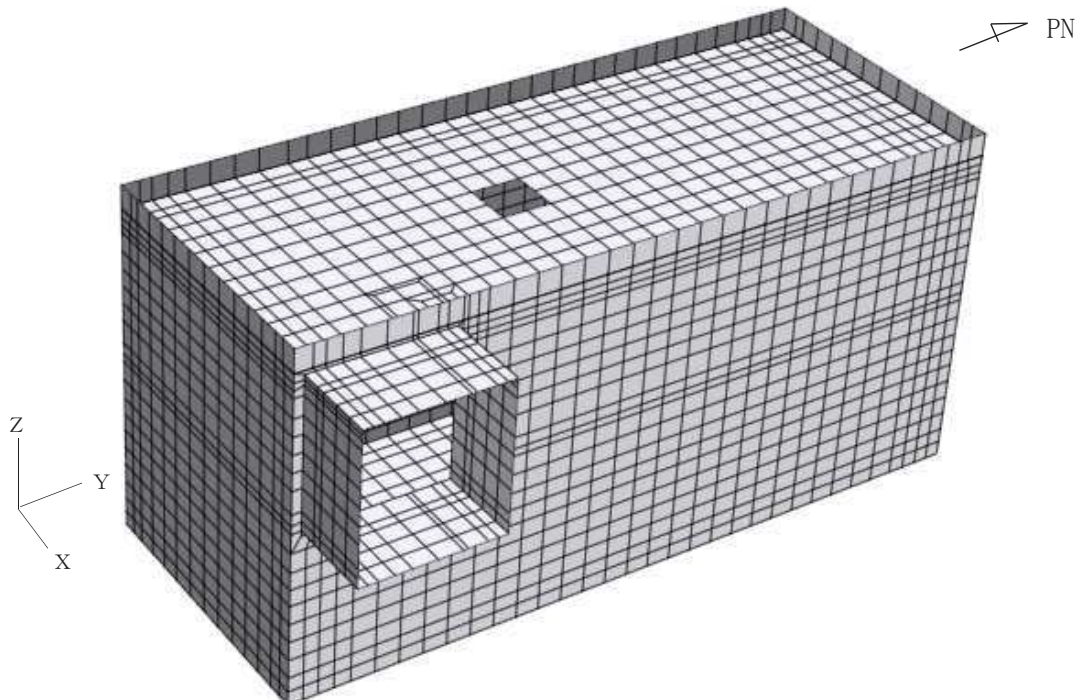


図3-4 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図）

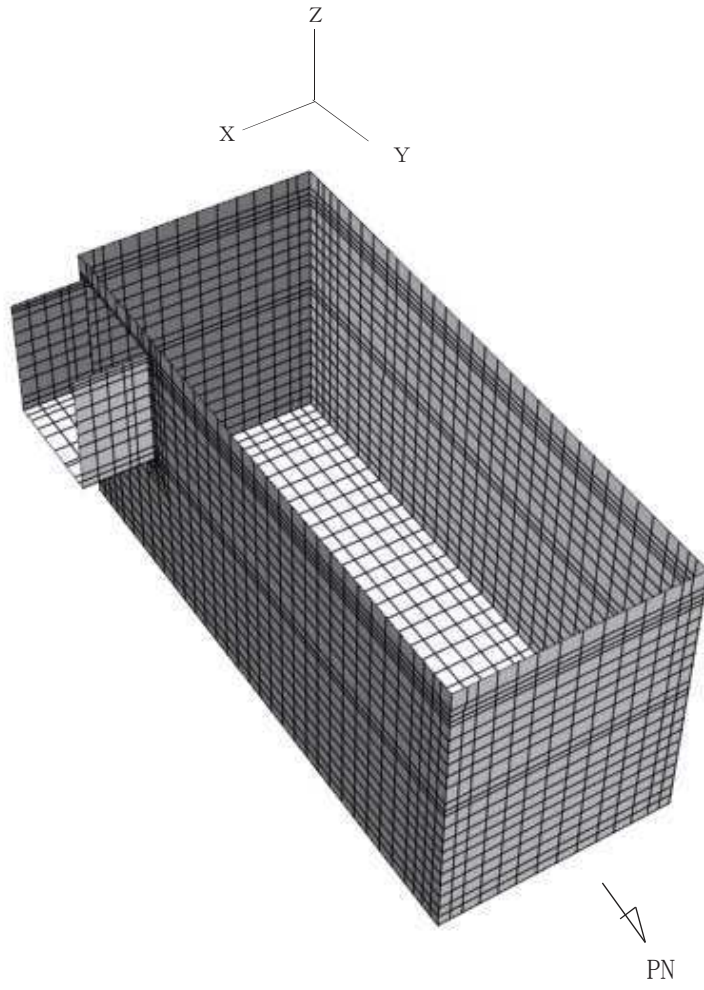



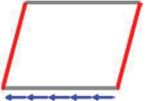

図3-5 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図（頂版非表示））

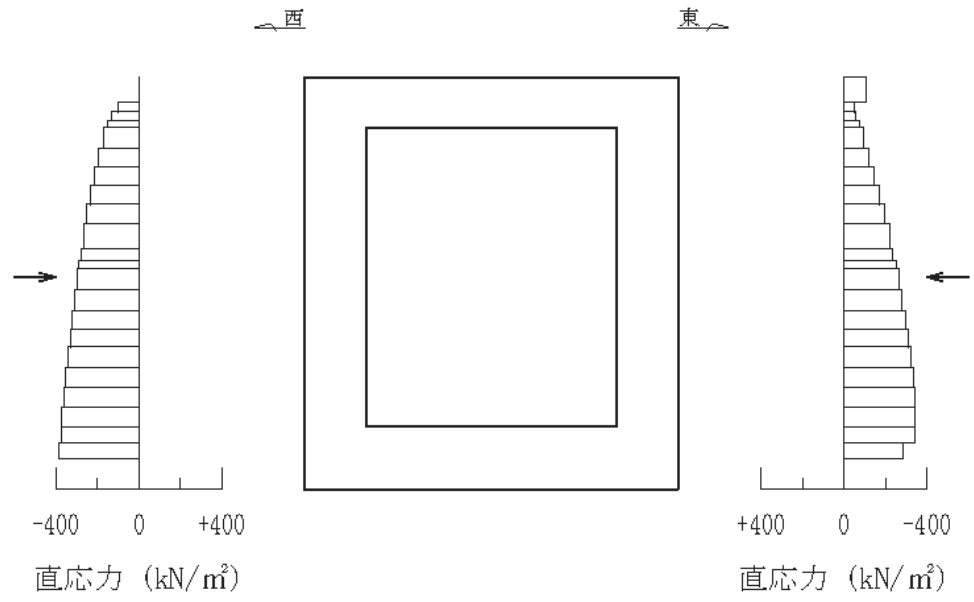
(2) 照査時刻

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

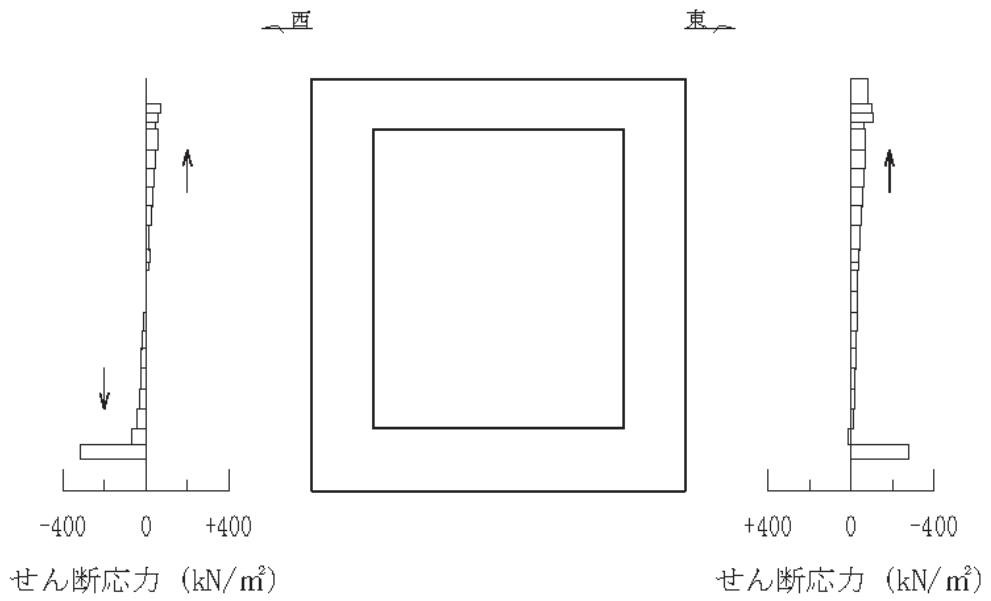
なお、照査値が最大となる曲げ・軸力系の破壊に対する照査の地震動及び解析ケースにおける作用荷重分布図を図 3-6 及び図 3-7 に示す。

表 3-7 照査時刻の考え方

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



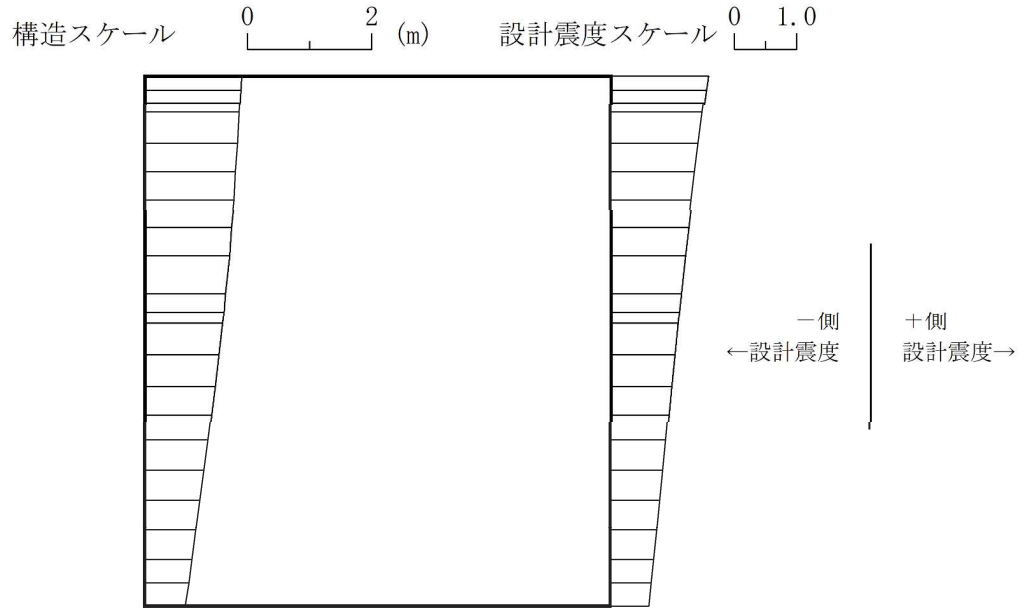
直応力



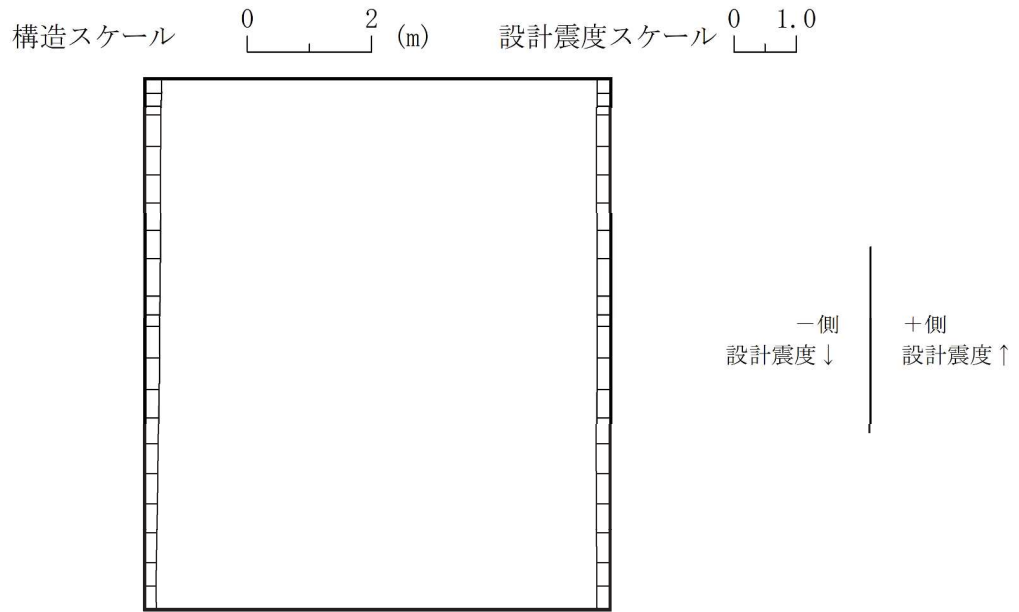
せん断応力

図中の矢印は荷重の作用方向を示す

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



設計水平震度



設計鉛直震度

図 3-7 作用荷重分布図 (設計震度分布)
(解析ケース③, S s - D 2 (++) , 東西)

(3) 入力荷重

三次元構造解析の入力荷重は、設計値及び添付書類「VI-2-2-15 軽油タンク室 (H) の地震応答計算書」より得られた地震応答解析に基づく「(2) 照査時刻」で選定した照査時刻における応答値を用いて算定する。入力荷重の一覧を表 3-8 に示す。

表 3-8 三次元構造解析における入力荷重

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

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

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

4. 構造部材の地震時応答

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

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

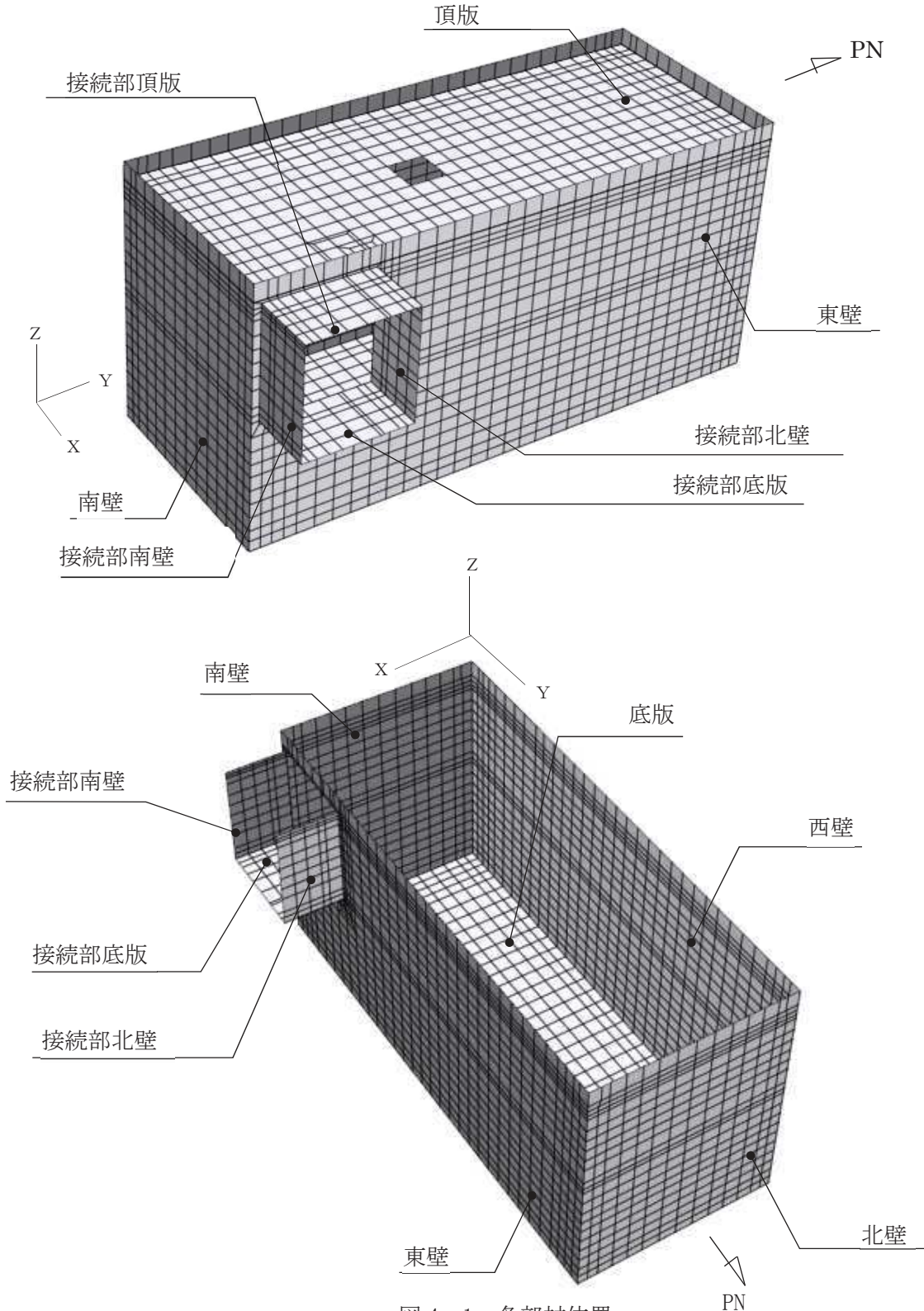
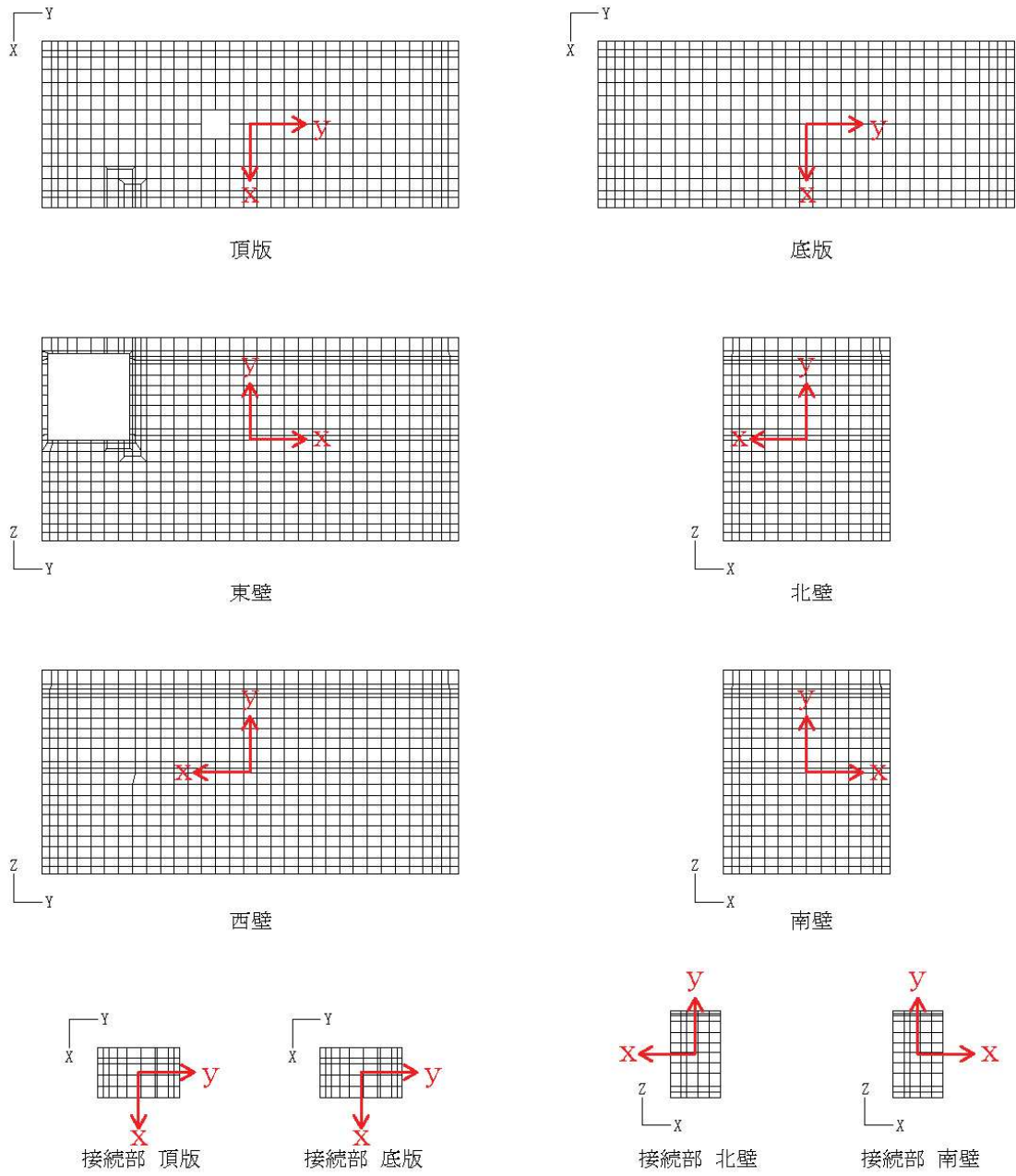
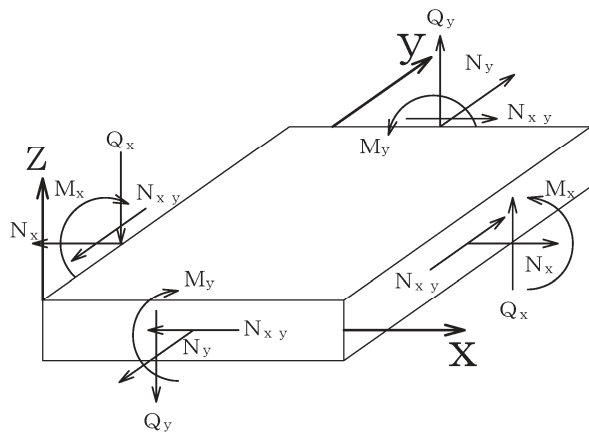


図4-1 各部材位置



黒：全体座標系を示す
赤：要素座標系を示す

図 4-2 各部材の要素座標系



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

図 4-3 シェル要素における断面力の方向

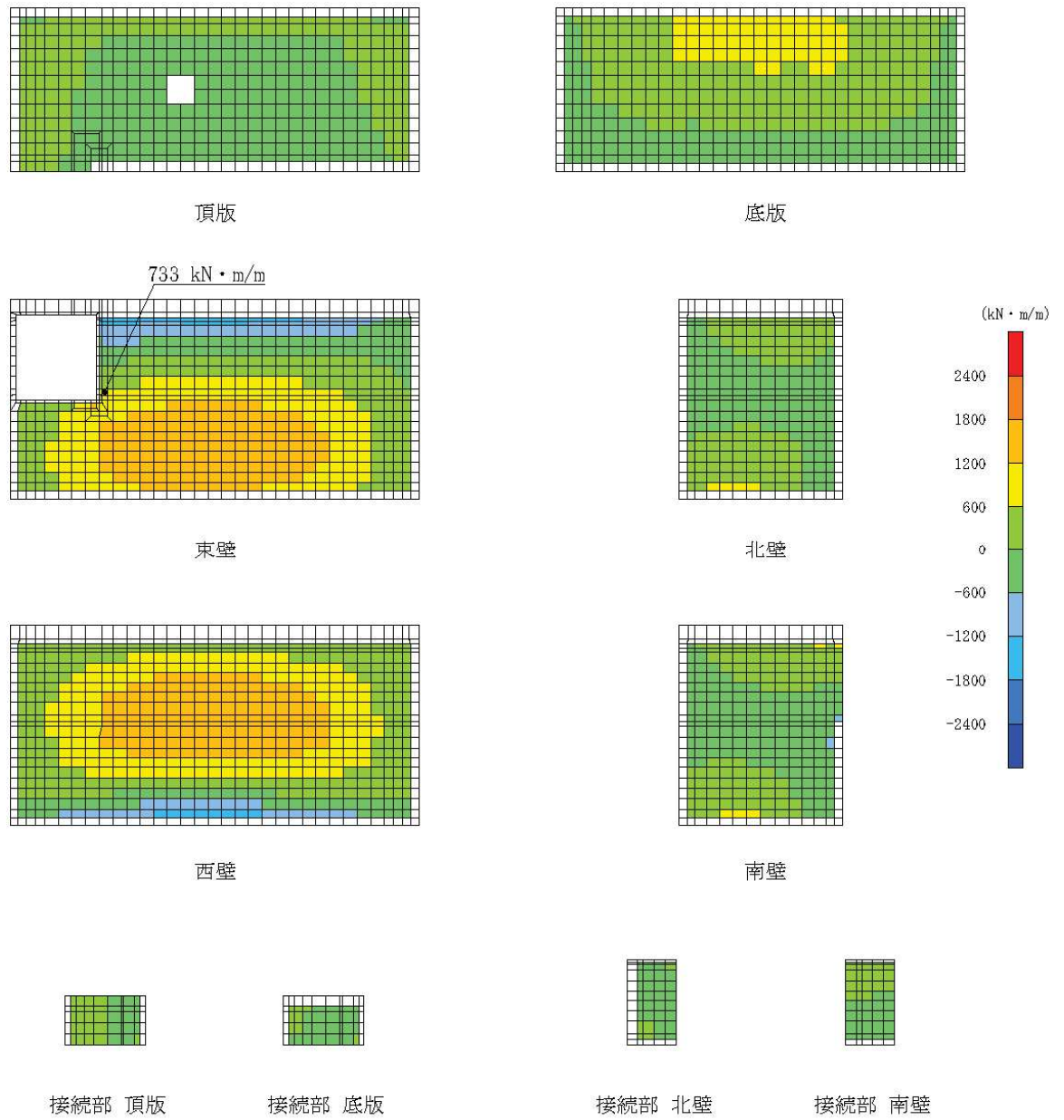


図 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN・m/m) : M_y)
 (東壁, 解析ケース③, S s - D 2 (++))

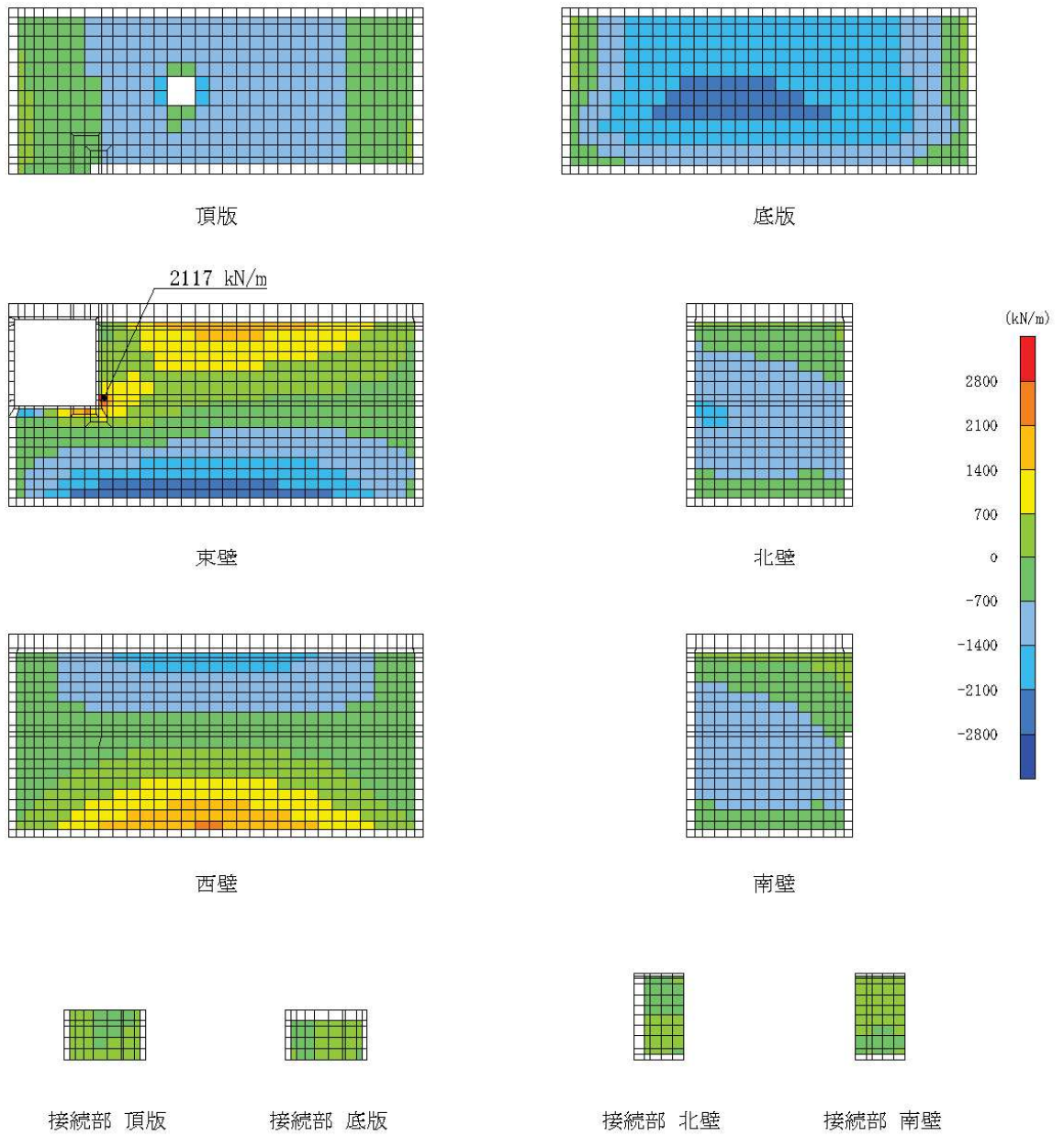


図 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_x)
 (東壁, 解析ケース③, $S_s - D 2$ (++))

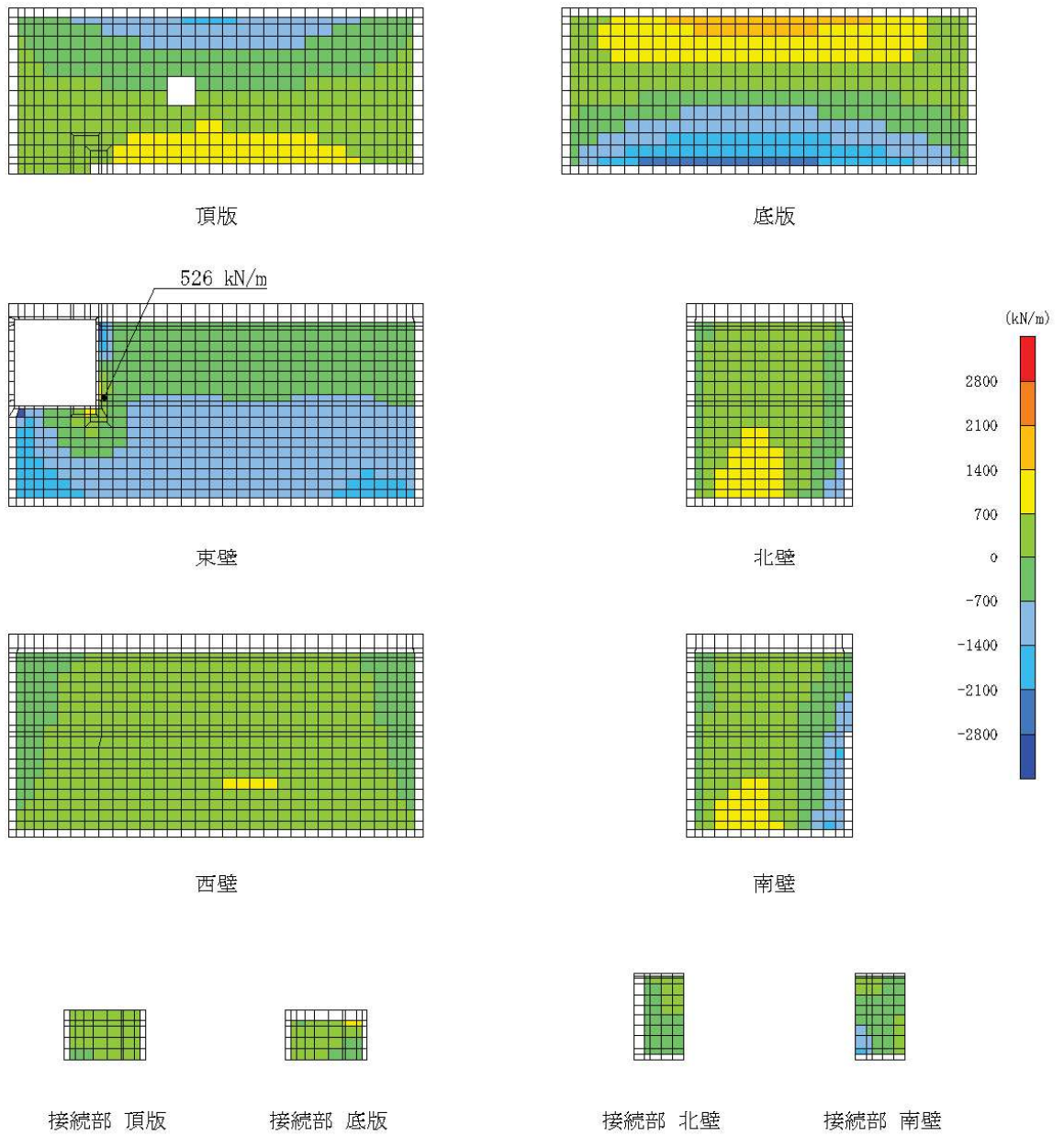


図 4-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (軸力 (kN/m) : N_y)
 (東壁, 解析ケース③, $S_s - D 2$ (++))

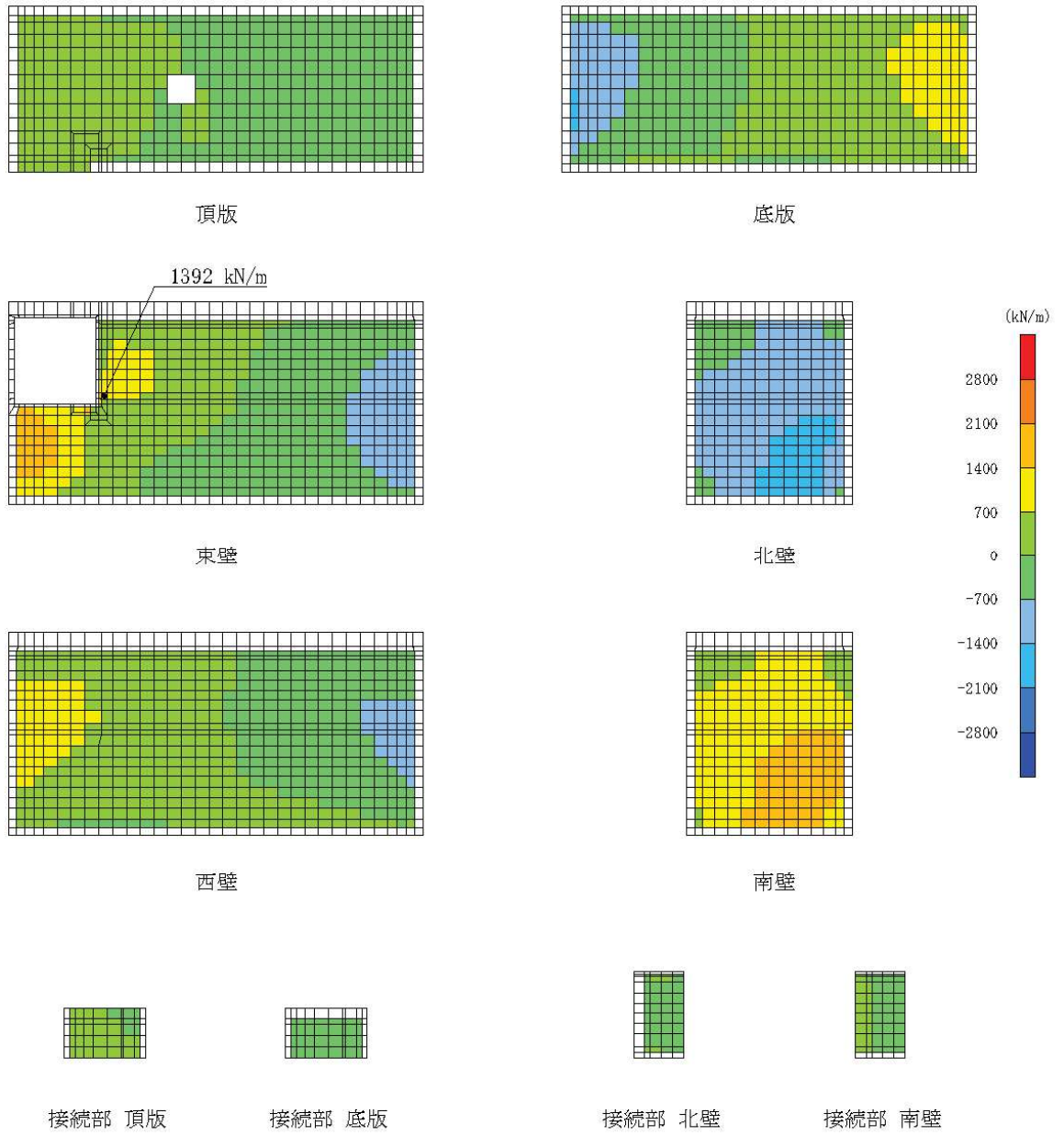


図 4-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (面内せん断力 (kN/m) : N_{xy})
 (東壁, 解析ケース③, $S_s - D 2 (+ +)$)

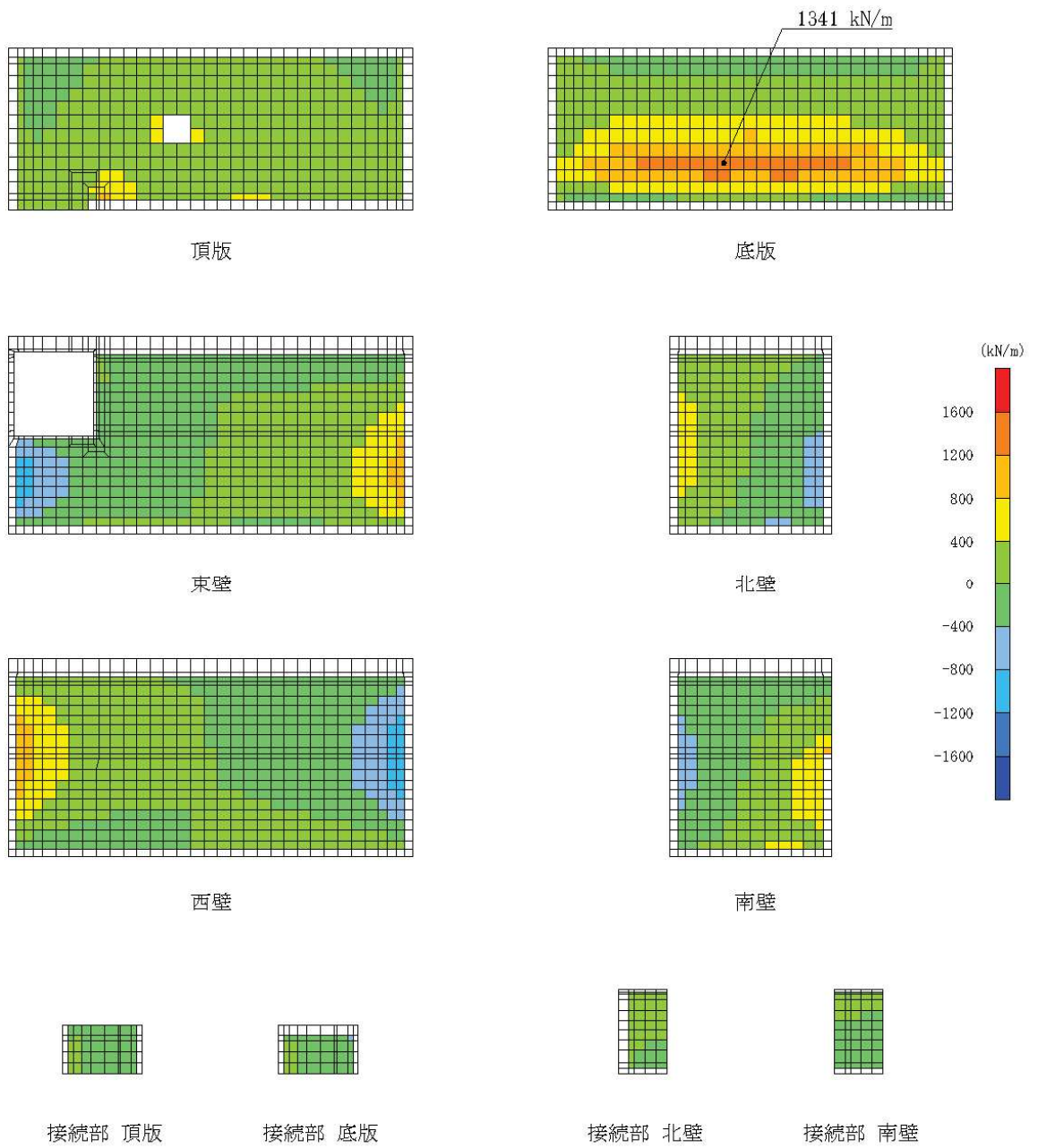


図 4-9 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (底板, 解析ケース③, $S_s - D 2 (+ +)$)

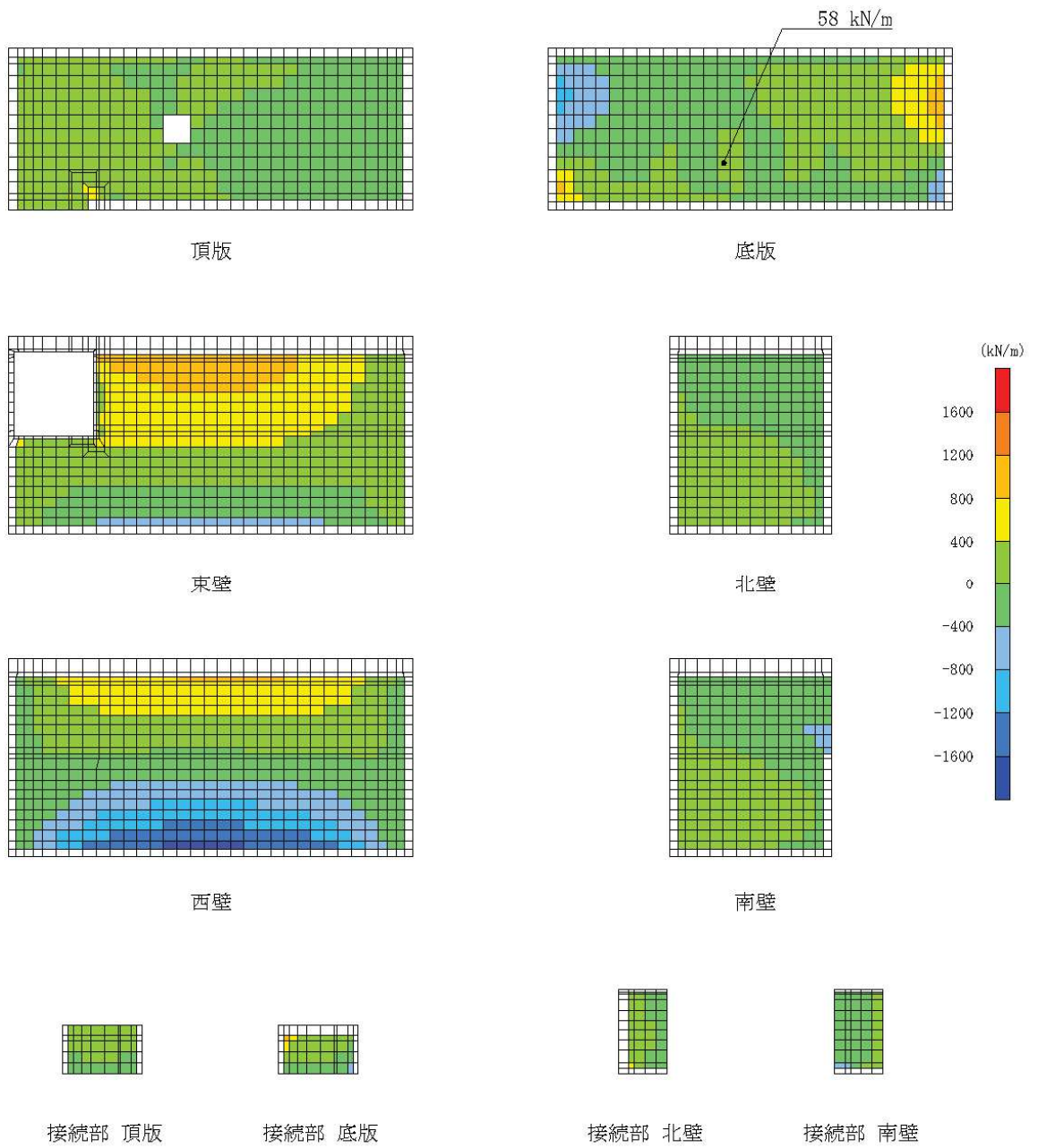


図 4-10 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_y)
 (底板, 解析ケース③, $S_s - D 2 (+ +)$)

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性及び支持機能に対する評価結果

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

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

表 5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査 (コンクリート)

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

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-2 曲げ・軸力系の破壊に対する照査 (鉄筋)

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

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-3 せん断破壊に対する照査

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

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

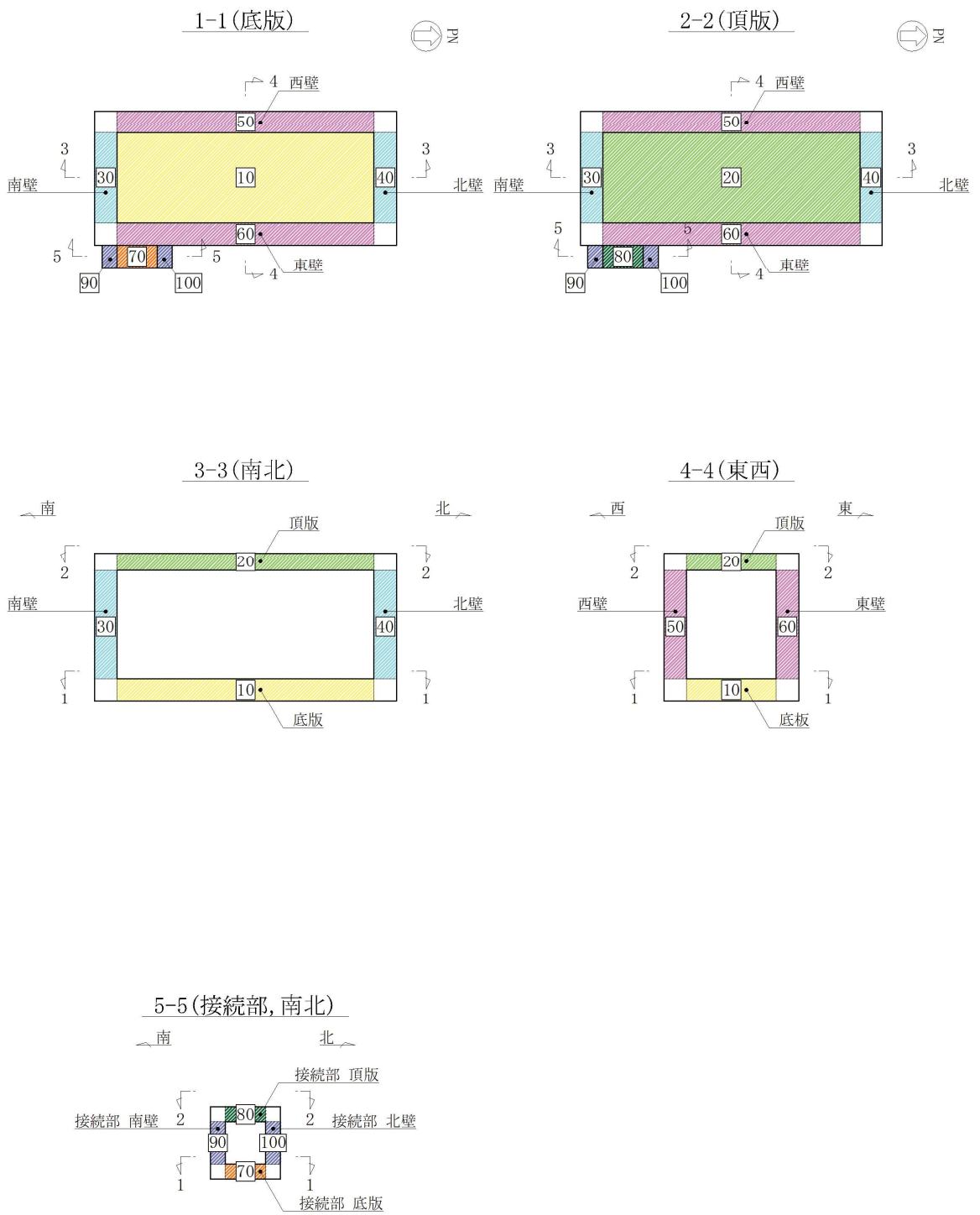


図 5-1 評価位置図

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

5.2.1 基礎地盤（狐崎部層）

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

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

表5-4 基礎地盤の支持性能照査結果

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S s - D 1 (++)	2.0	13.7	0.15

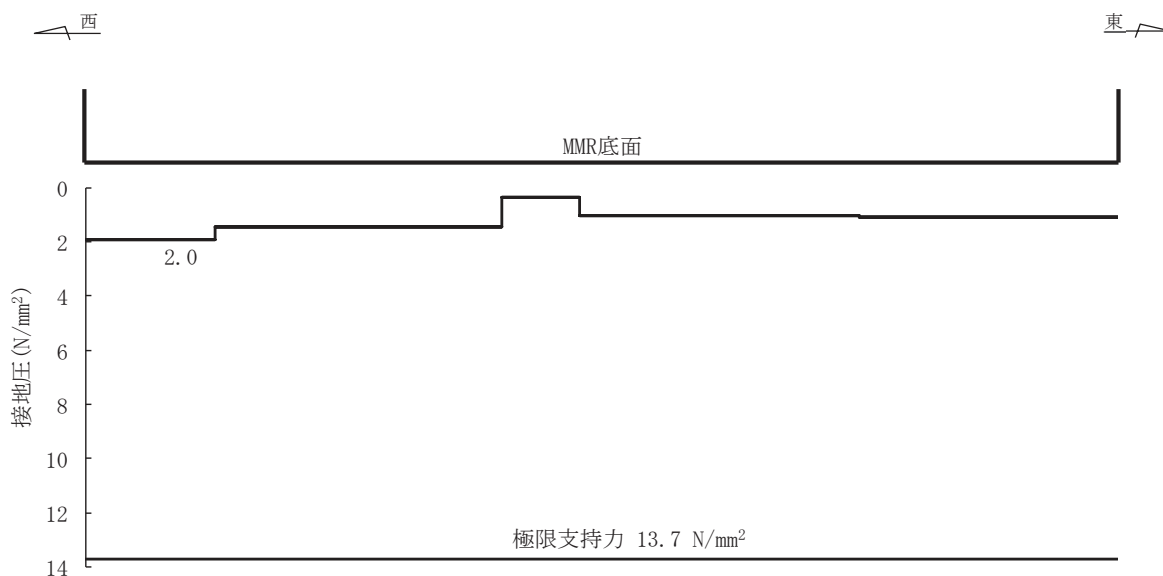


図5-2 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース①, S s - D 1 (++))

5.2.2 MMR（新設）

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

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

表5-5 MMR（新設）の支持性能照査結果

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d / f'_a
③	S _s -D2 (++)	3.9	26.5	0.15

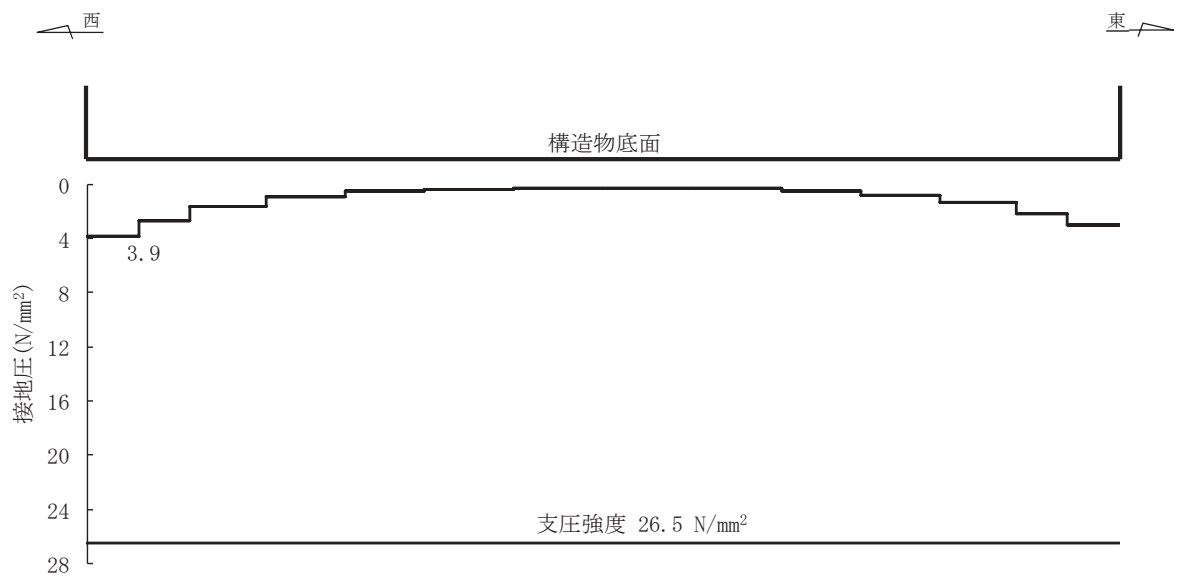


図5-3 MMR（新設）の最大接地圧分布図
(解析ケース③, S_s-D2 (++))

VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	5
2.4 適用基準	7
3. 解析方法	8
3.1 地震時荷重算出断面	8
3.2 解析方法	10
3.2.1 構造部材	10
3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき	10
3.2.3 減衰定数	11
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	12
3.3 荷重及び荷重の組合せ	14
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	14
3.3.2 荷重	14
3.3.3 荷重の組合せ	15
3.4 入力地震動	16
3.5 解析モデル及び諸元	31
3.5.1 解析モデル	31
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	33
3.5.3 地盤の物性値	33
3.5.4 地下水位	34
4. 解析結果	35
4.1 南北方向の解析結果	35
4.2 東西方向の解析結果	64

1. 概要

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

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

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

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

2. 基本方針

2.1 位置

ガスタービン発電設備軽油タンク室の位置を図 2-1 に示す。

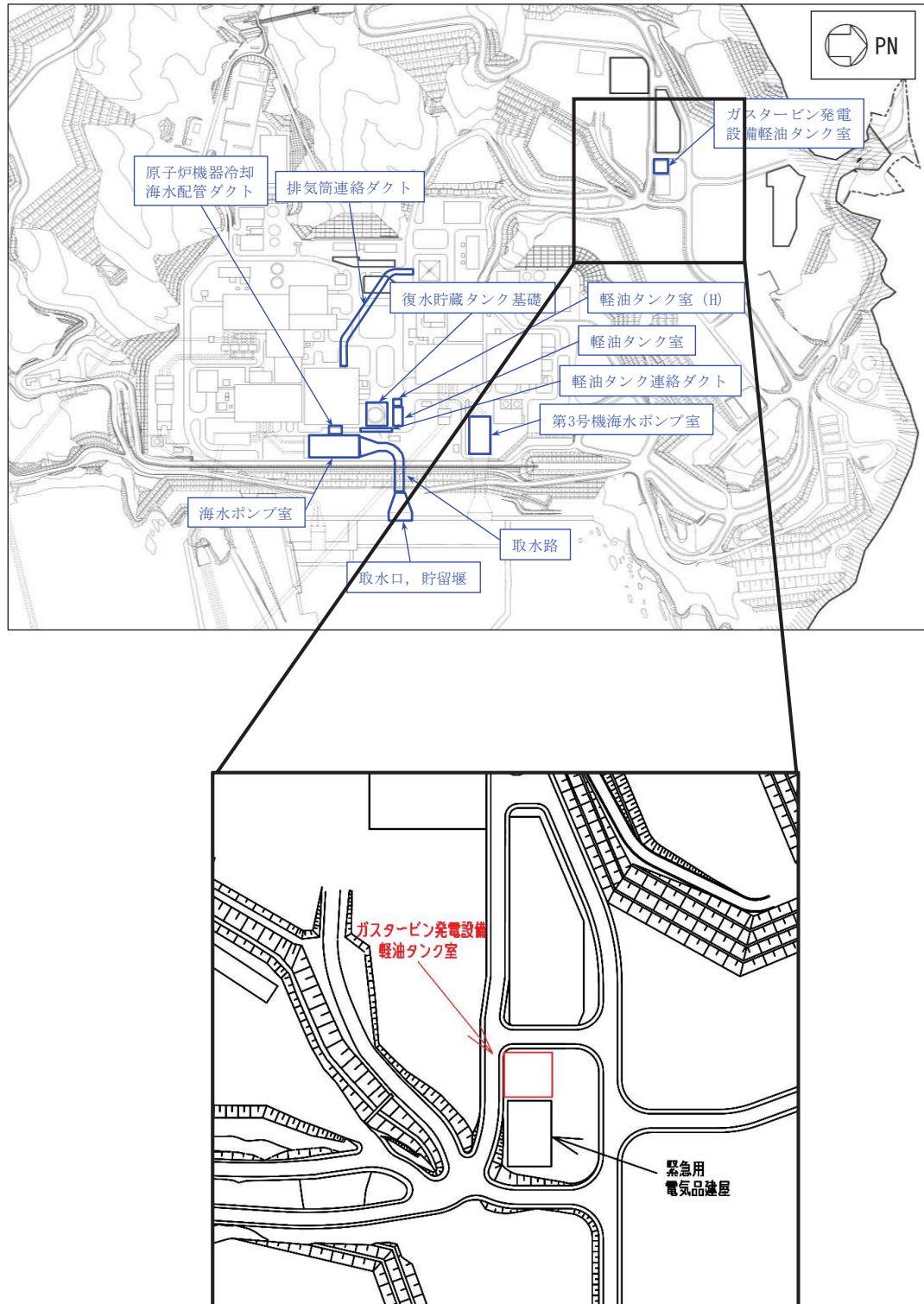


図 2-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の位置図

2.2 構造概要

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

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

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

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

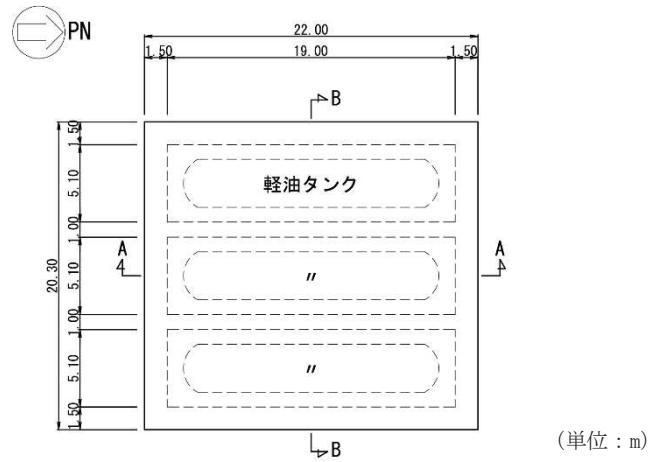


図 2-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室平面図

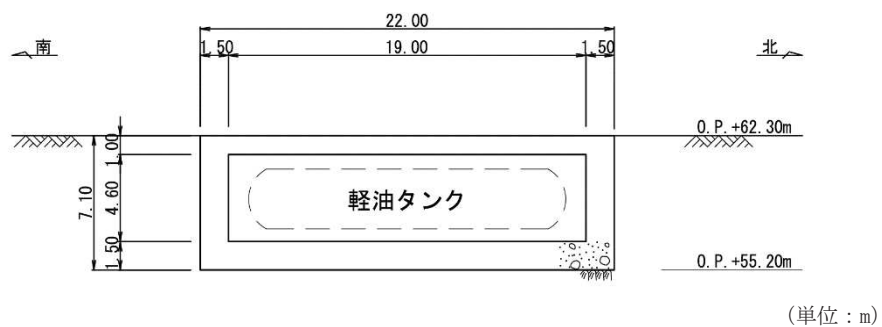


図 2-3 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (A-A 断面, 南北)

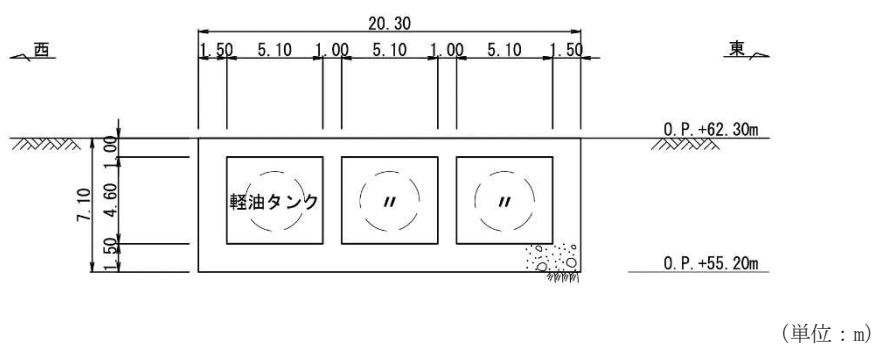


図 2-4 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (B-B 断面, 東西)

2.3 解析方針

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

図2-5にガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析フローを示す。

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

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

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

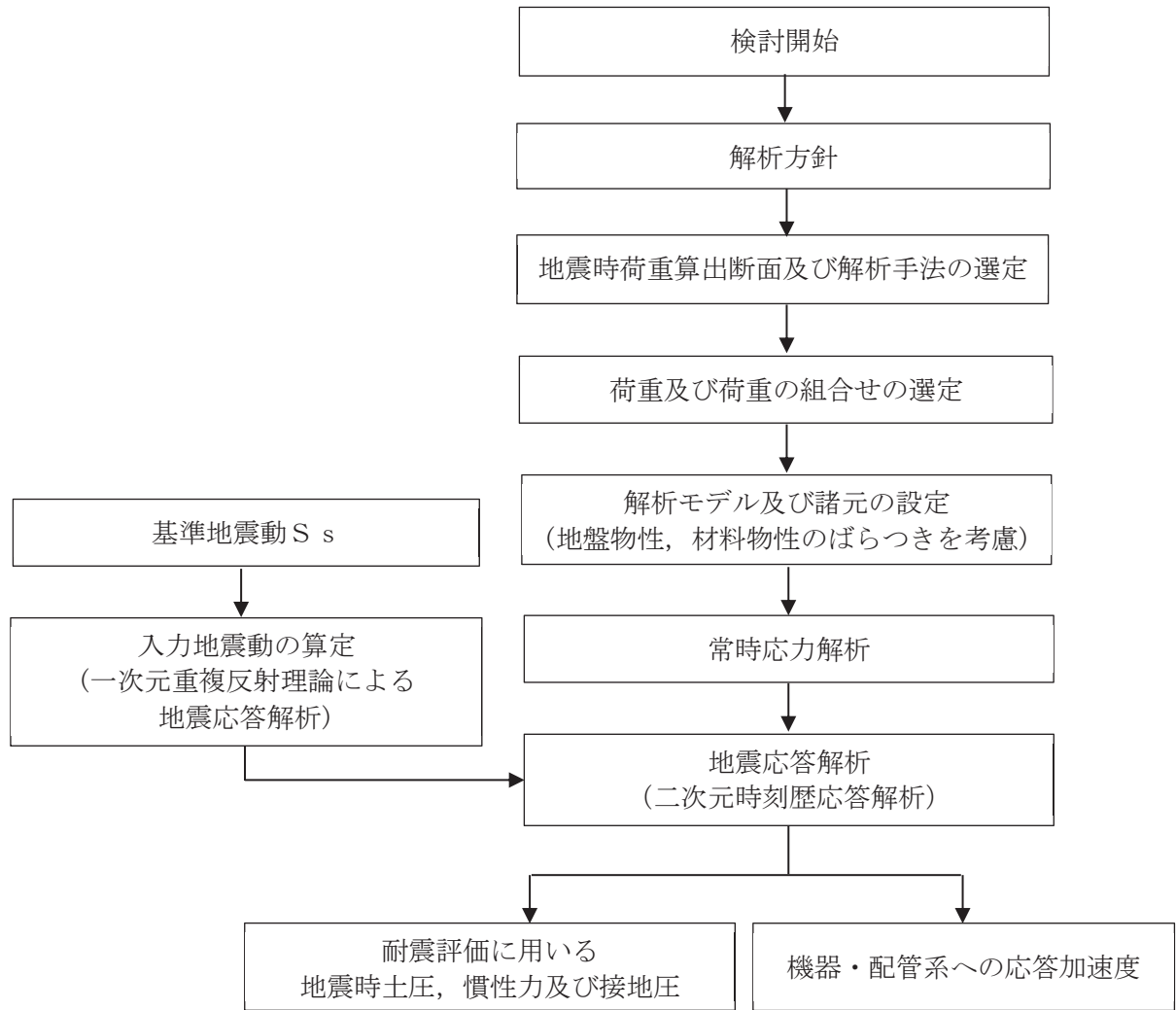


図 2-5 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005年6月）
- ・原子力発電所耐震評価技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）

3. 解析方法

3.1 地震時荷重算出断面

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

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

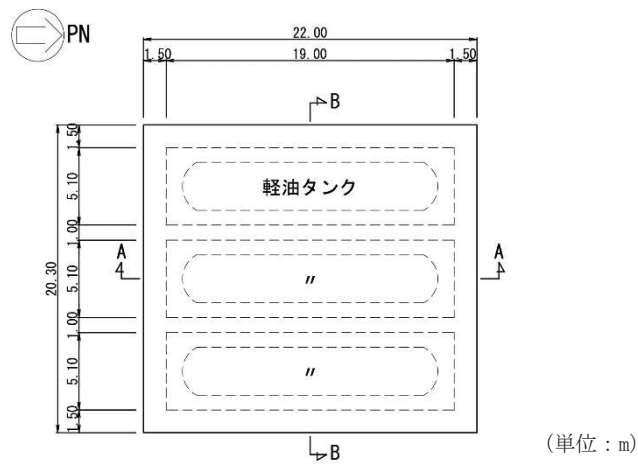


図 3-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震時荷重算出断面位置図

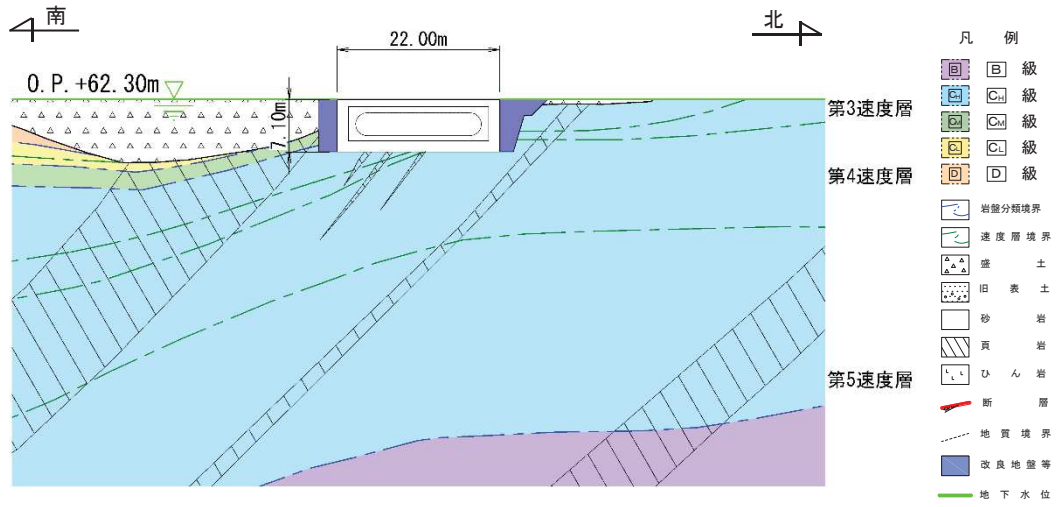


図3-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室 地震時荷重算出用地質断面図
(A-A断面, 南北)

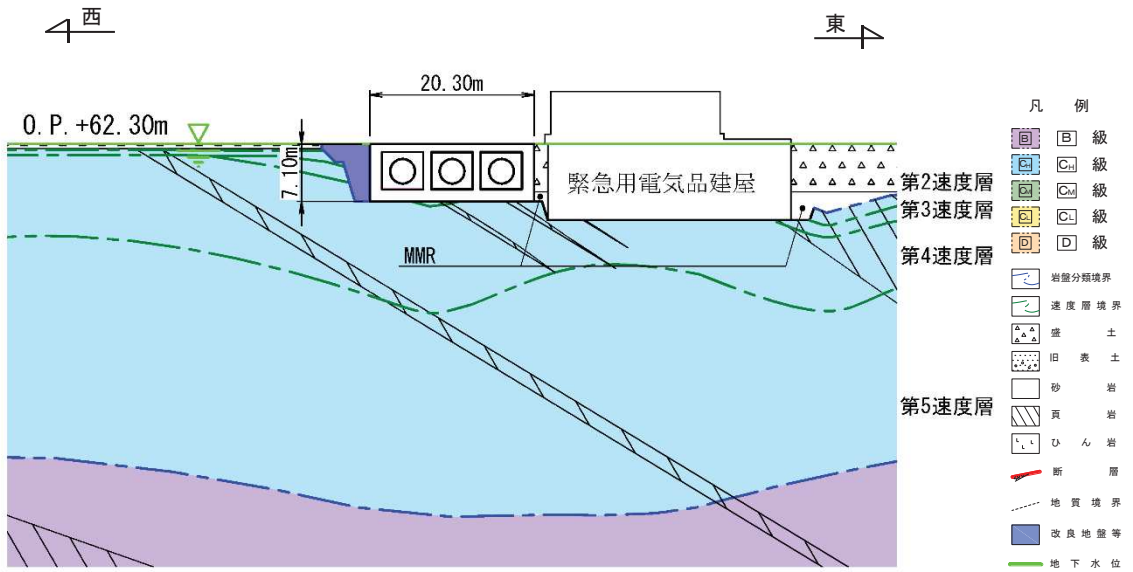


図3-3 ガスタービン発電設備軽油タンク室 地震時荷重算出用地質断面図
(B-B断面, 東西)

3.2 解析方法

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

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析（全応力解析）により行う。

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

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

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

3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。

3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

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

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

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

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

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

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

表 3-1 解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		盛土, D級岩盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C _L 級岩盤, C _M 級岩盤, C _H 級岩盤, B級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値+1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値-1 σ	平均値
ケース④	実強度に基づく 圧縮強度*	平均値	平均値

注記*: 新設構造物のため, 推定した圧縮強度とする。

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は, 粘性減衰で考慮する。

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

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

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

α , β : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α , β の設定結果

地震時荷重算出断面	α	β
南北方向	9.726×10^{-1}	3.085×10^{-4}
東西方向	8.928×10^{-1}	3.360×10^{-4}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す解析ケース②及び③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度
地震動 (位相)	$S_s - D 1$	++*	○	基準地震動 S_s (7 波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波により照査を行ったケース① (基本ケース) の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②~③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②~③を実施する。
		-+*	○	
	$S_s - D 2$	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - D 3$	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - F 1$	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - F 2$	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - F 3$	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - N 1$	++*	○	
		-+*	○	

注記*：耐震評価にあたっては、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会 原子力土木委員会, 2005 年 6 月) (以下「土木学会マニュアル」という。) に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動、右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

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

表 3-4 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

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

注記*1：地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表す。

*2：新設構造物のため，推定した圧縮強度とする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

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

(1) 運転時の状態

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

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

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

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

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

(3) 積雪荷重 (P_s)

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

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_sを含めて 4.9kN/m²を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

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

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

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

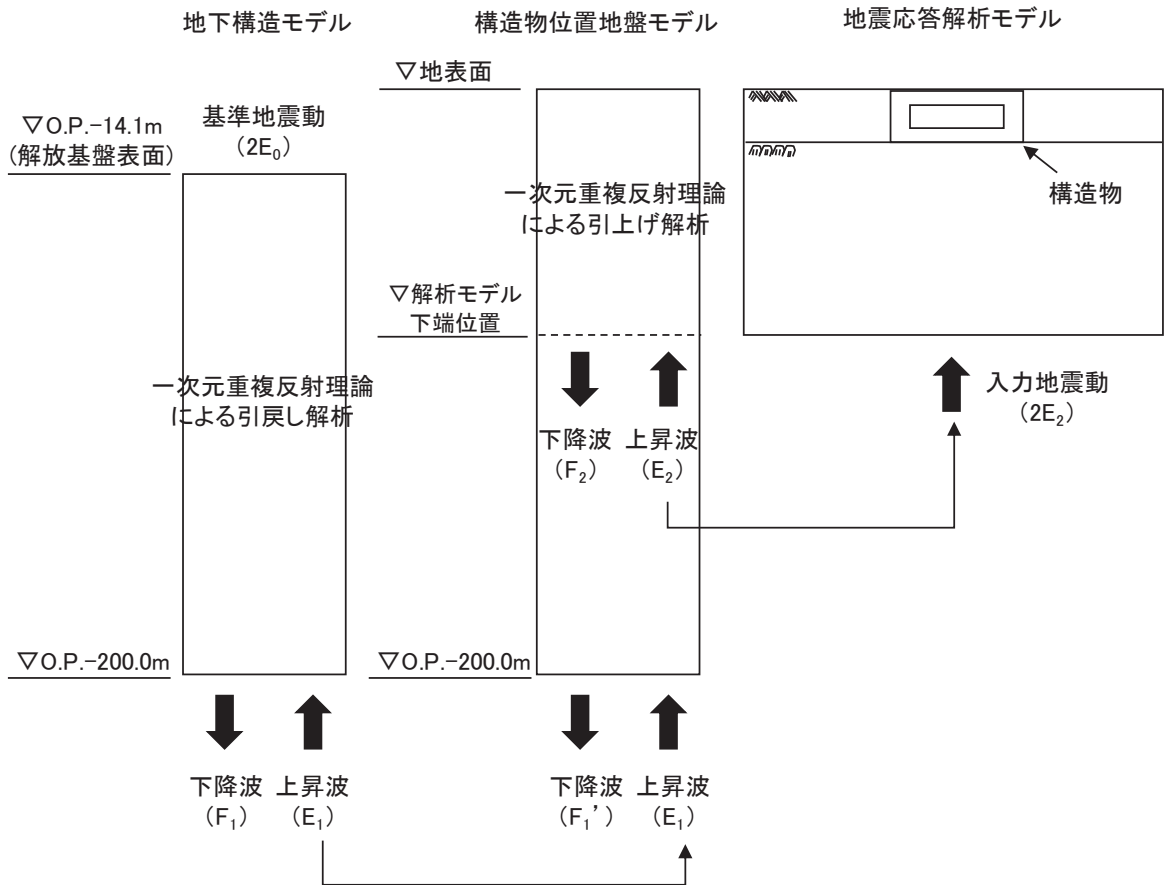
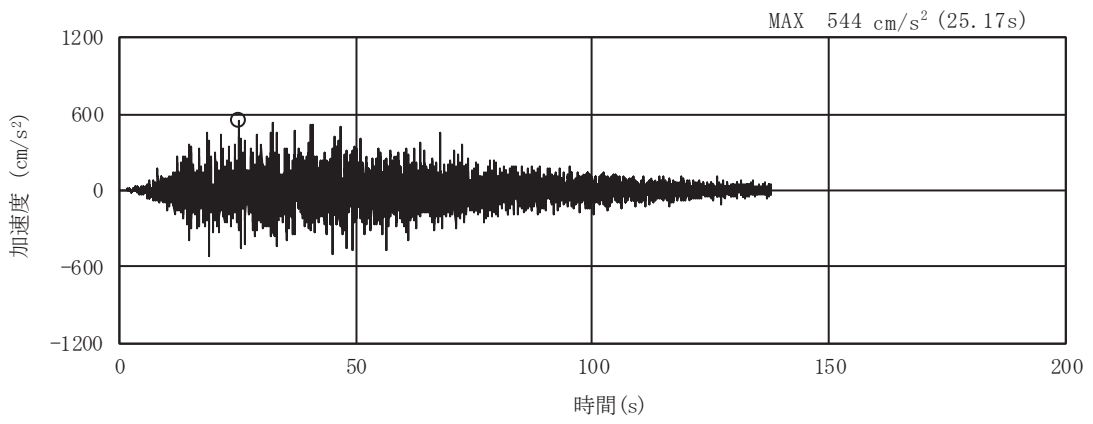
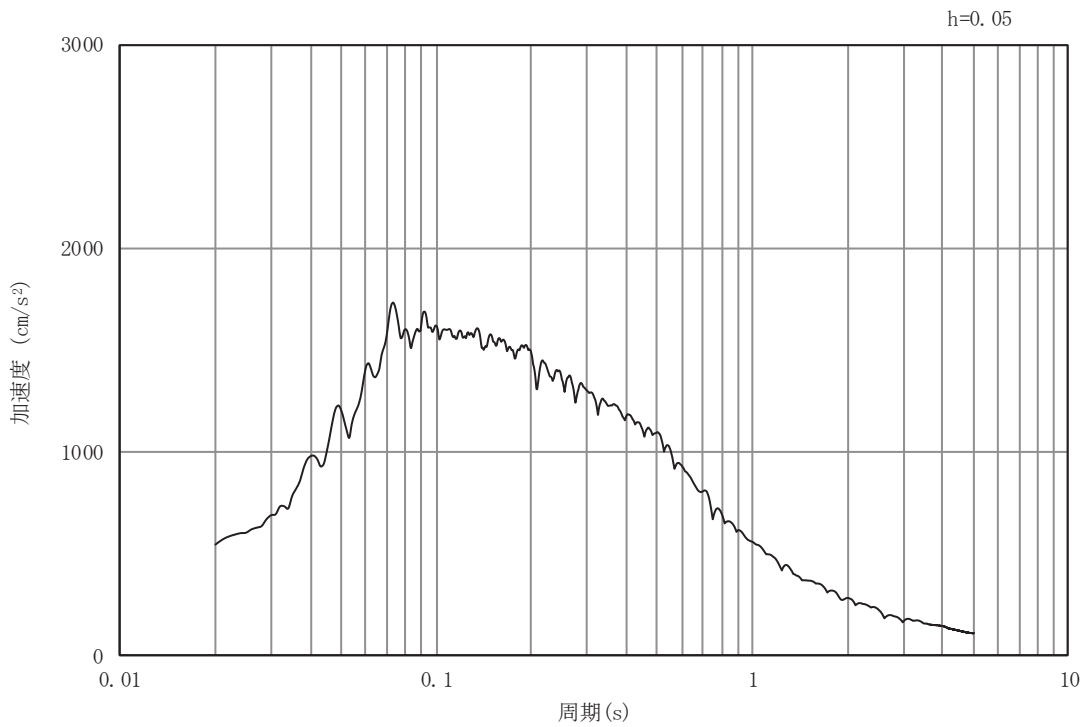


図 3-4 入力地震動算定の概念図

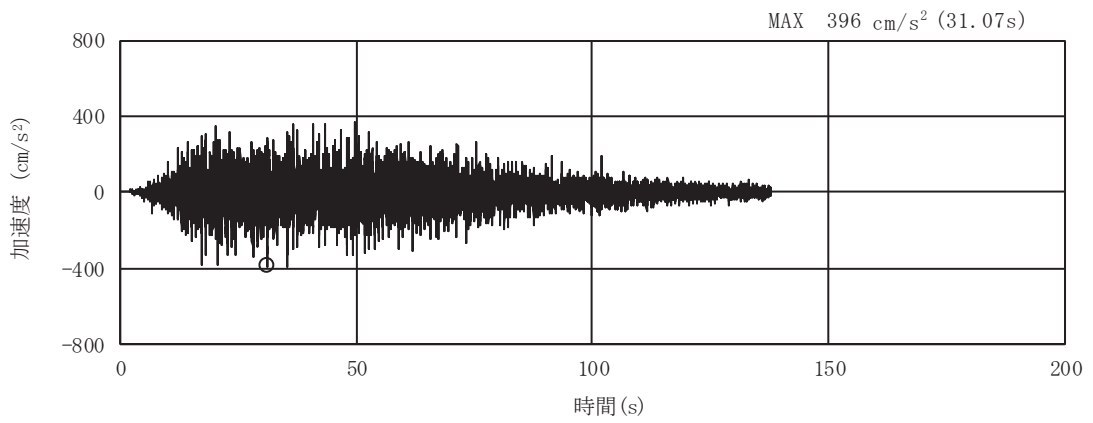


(a) 加速度時刻歴波形

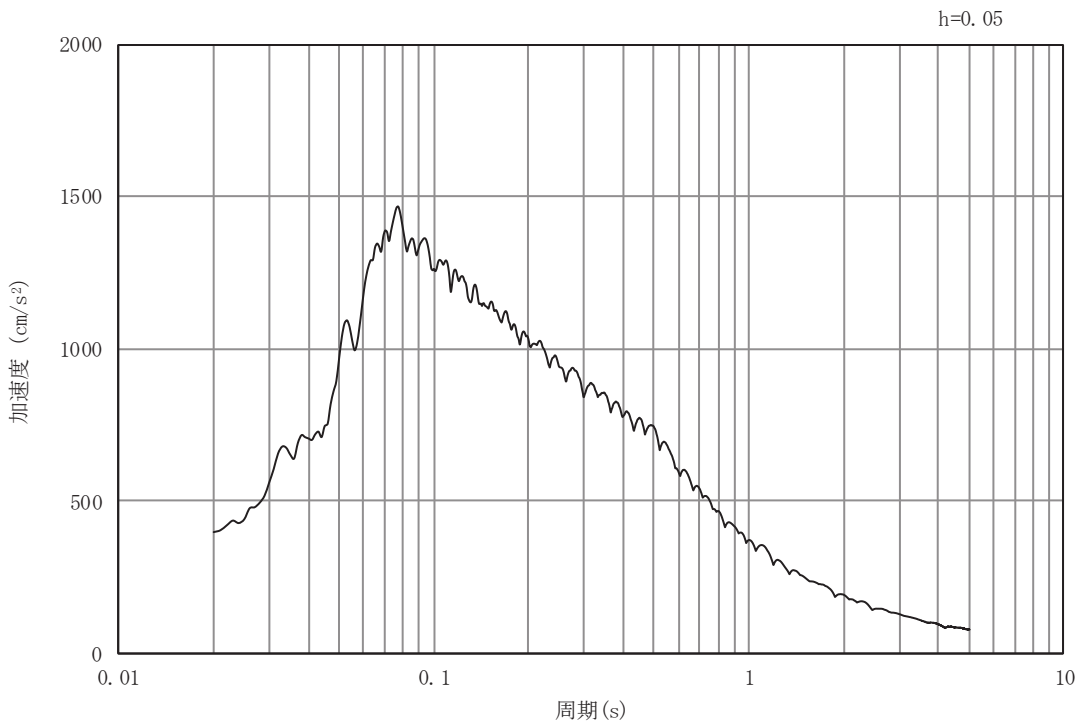


(b) 加速度応答スペクトル

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

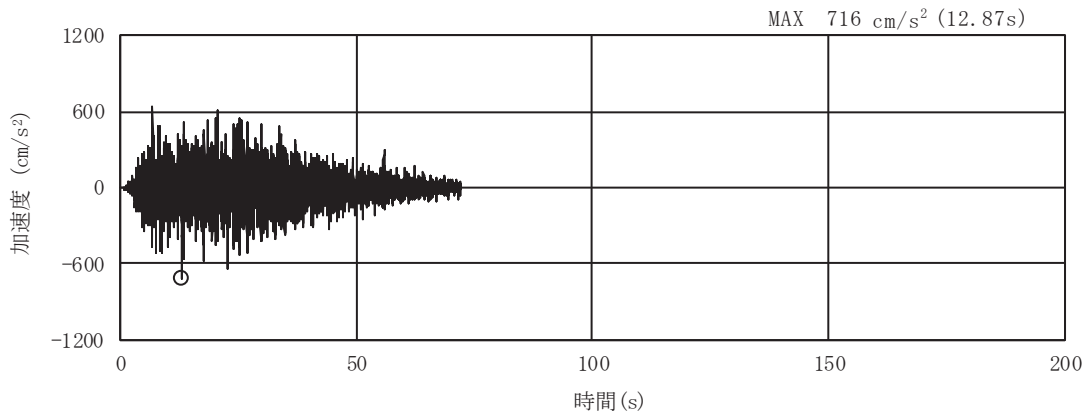


(a) 加速度時刻歴波形

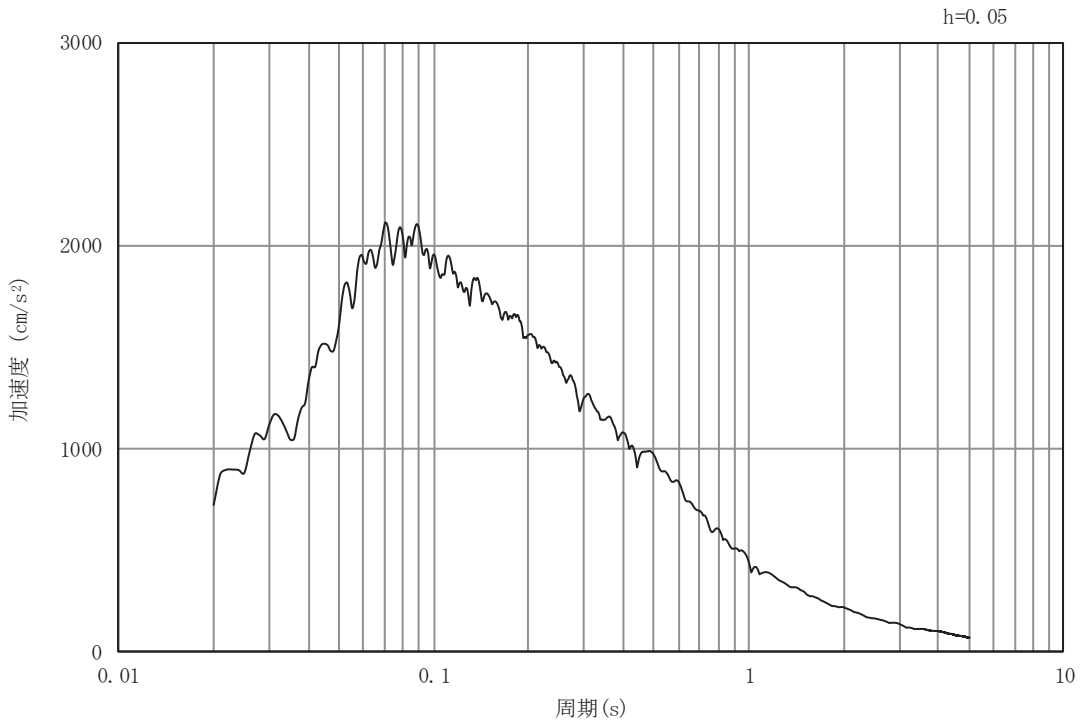


(b) 加速度応答スペクトル

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

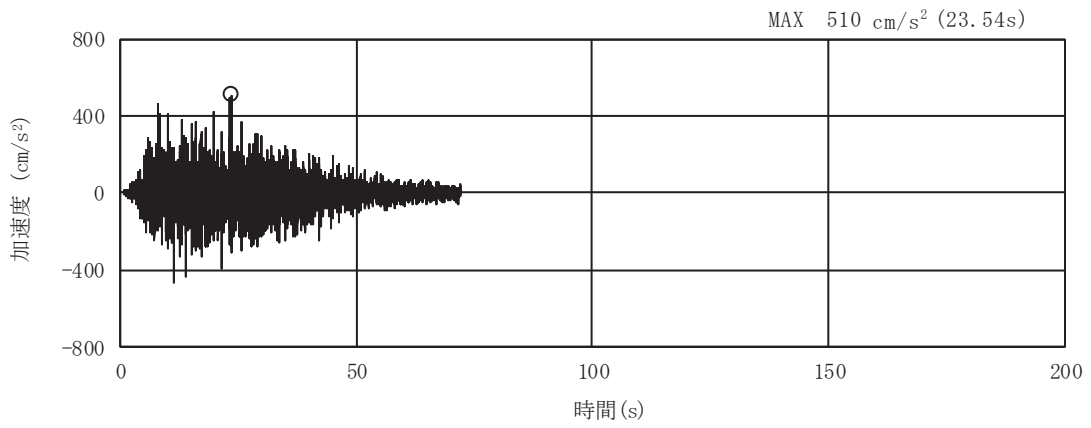


(a) 加速度時刻歴波形

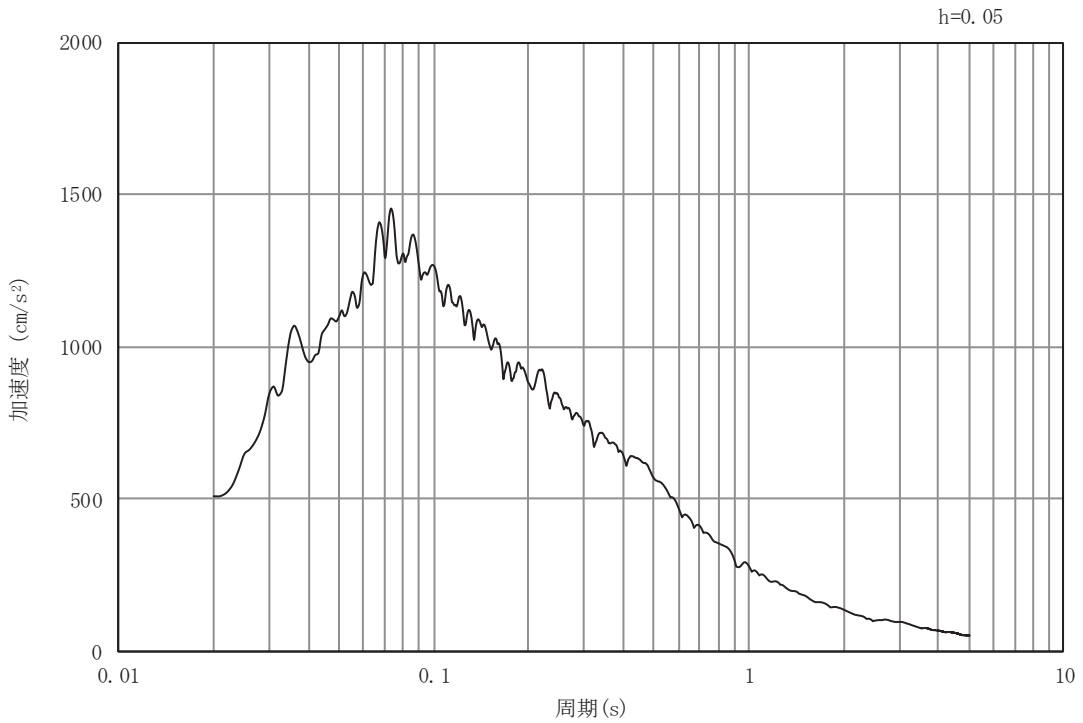


(b) 加速度応答スペクトル

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

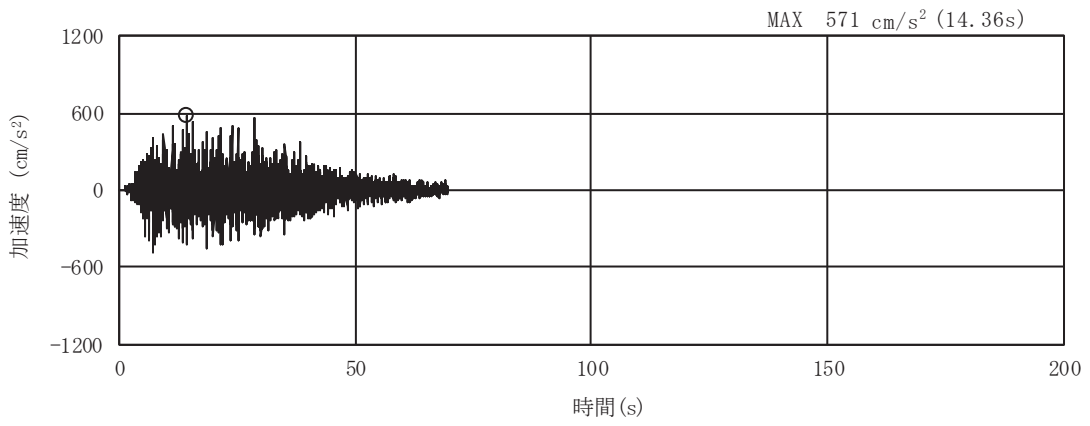


(a) 加速度時刻歴波形

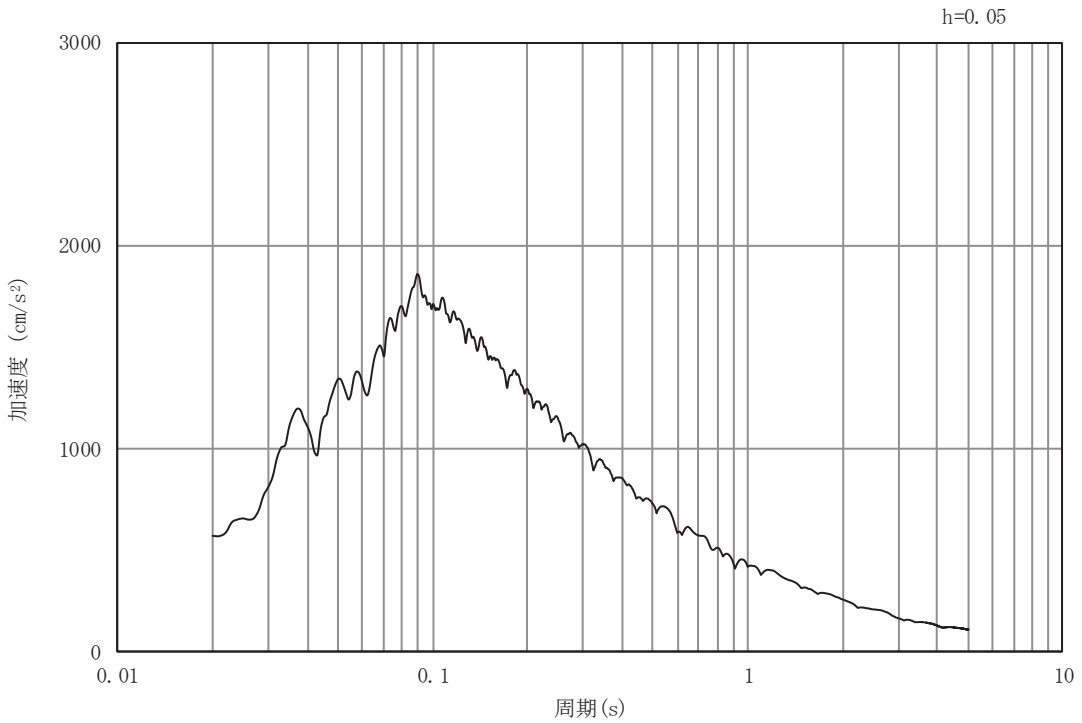


(b) 加速度応答スペクトル

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

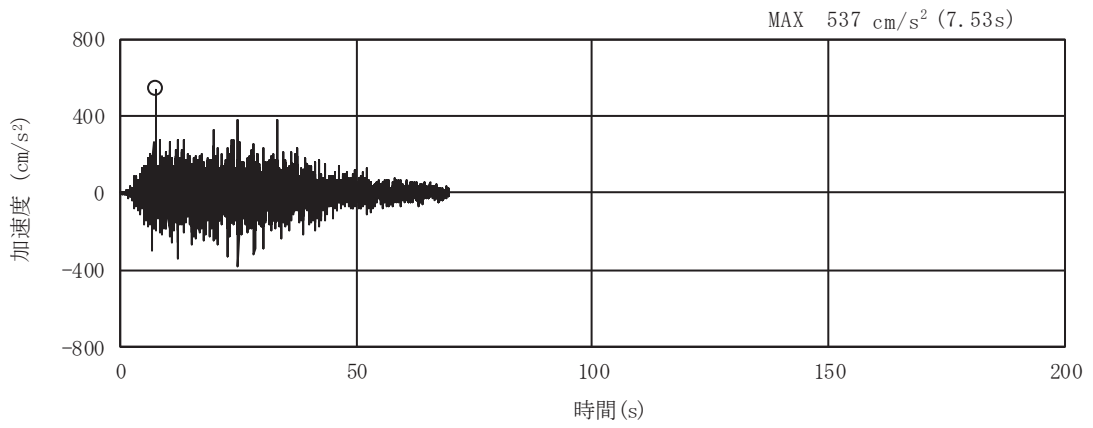


(a) 加速度時刻歴波形

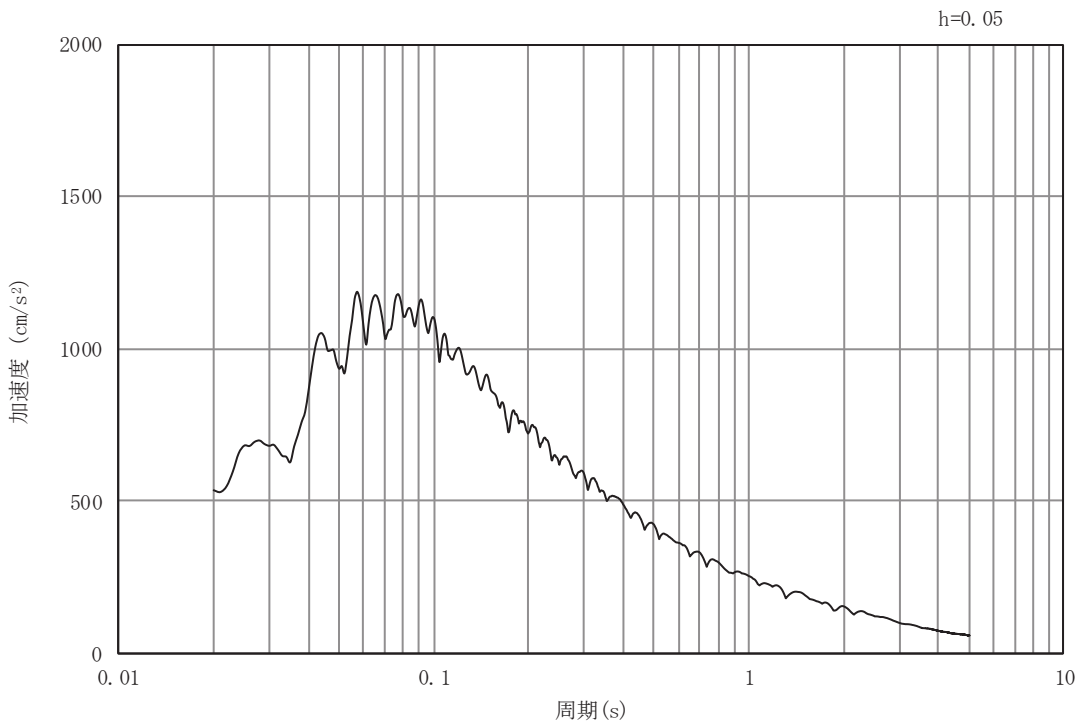


(b) 加速度応答スペクトル

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

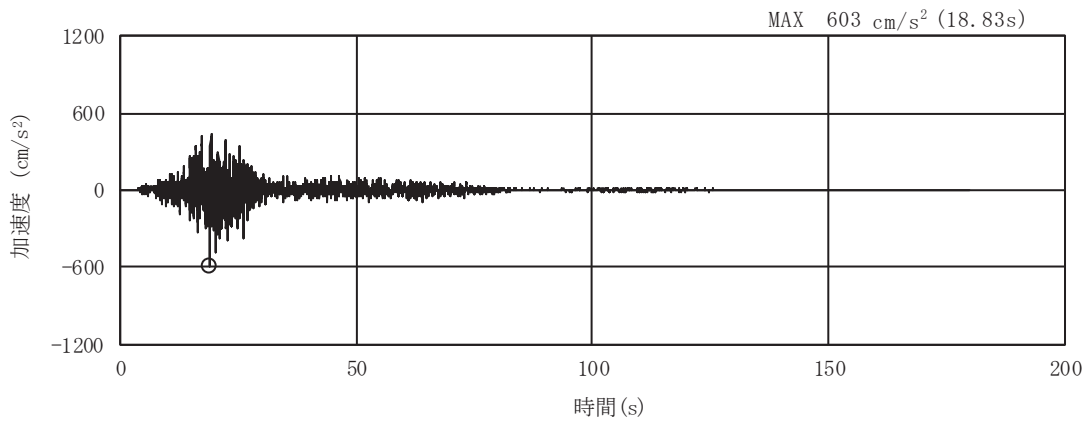


(a) 加速度時刻歴波形

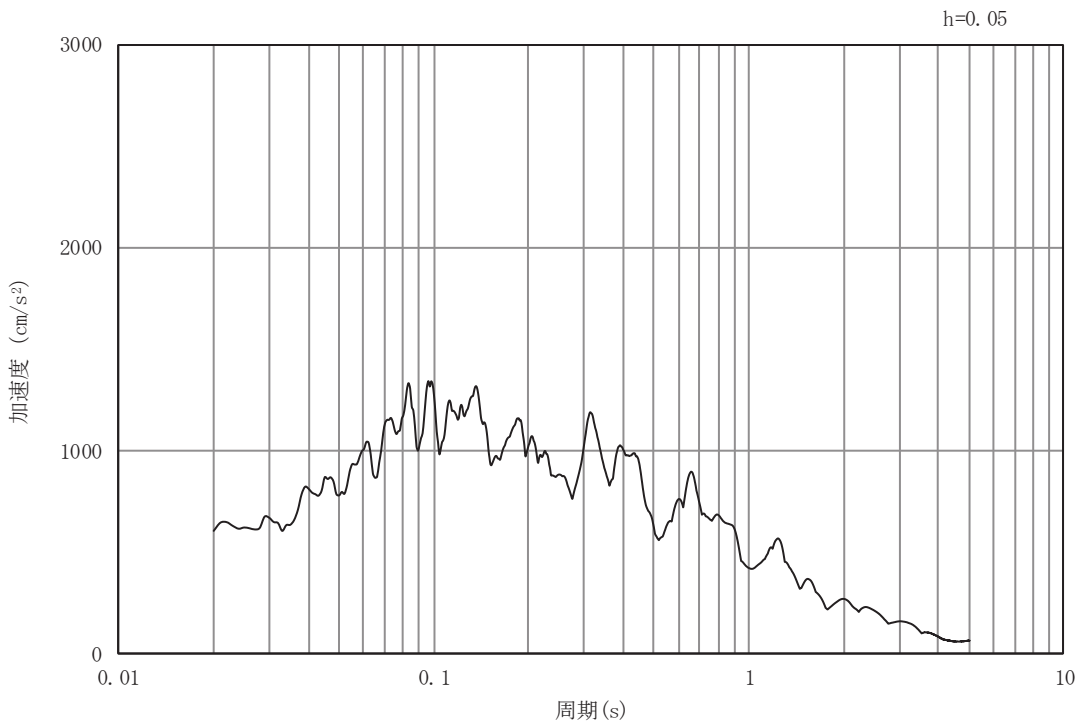


(b) 加速度応答スペクトル

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

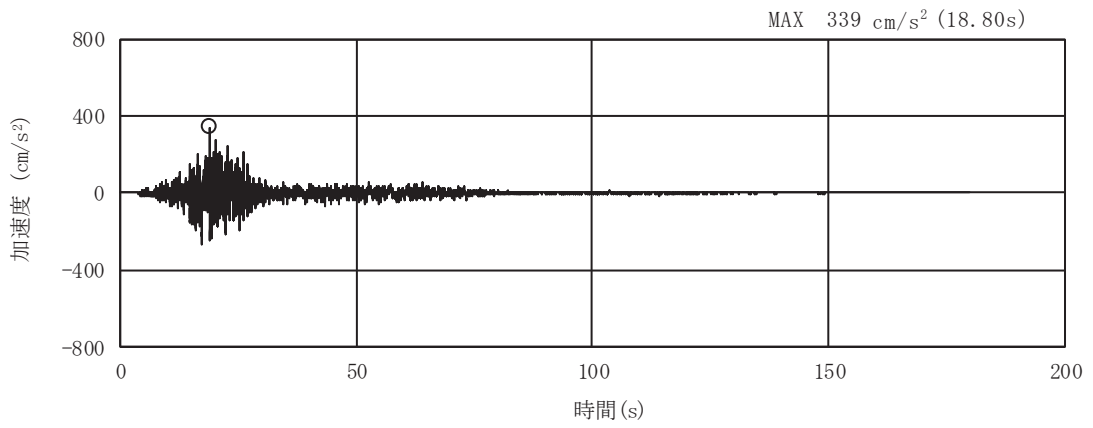


(a) 加速度時刻歴波形

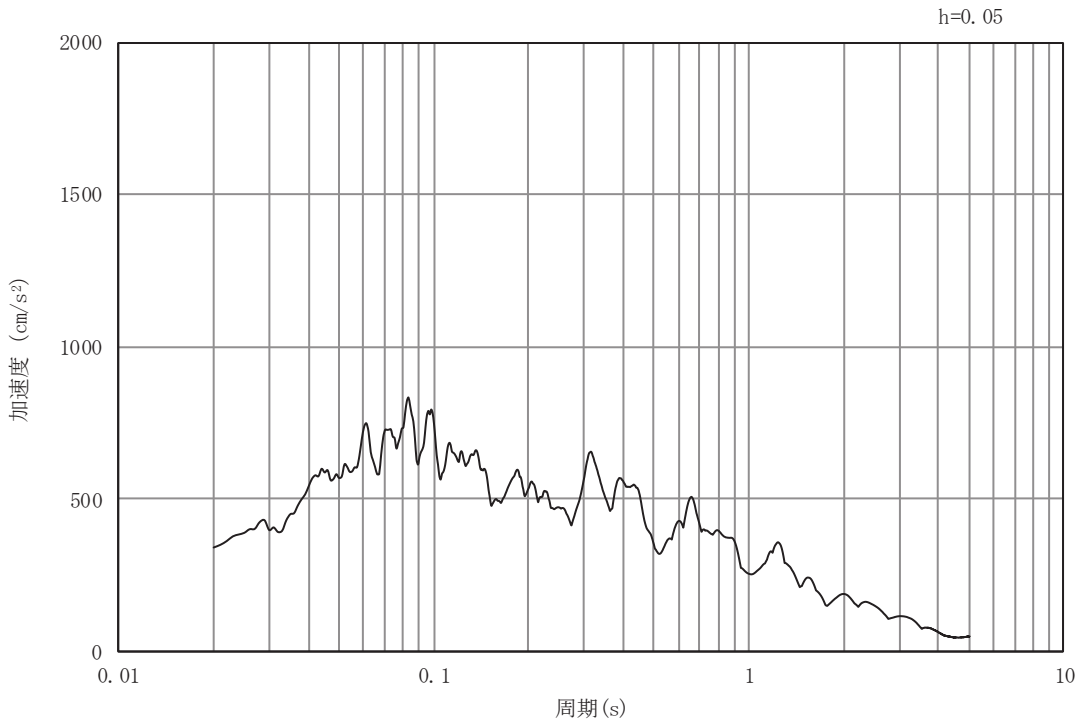


(b) 加速度応答スペクトル

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

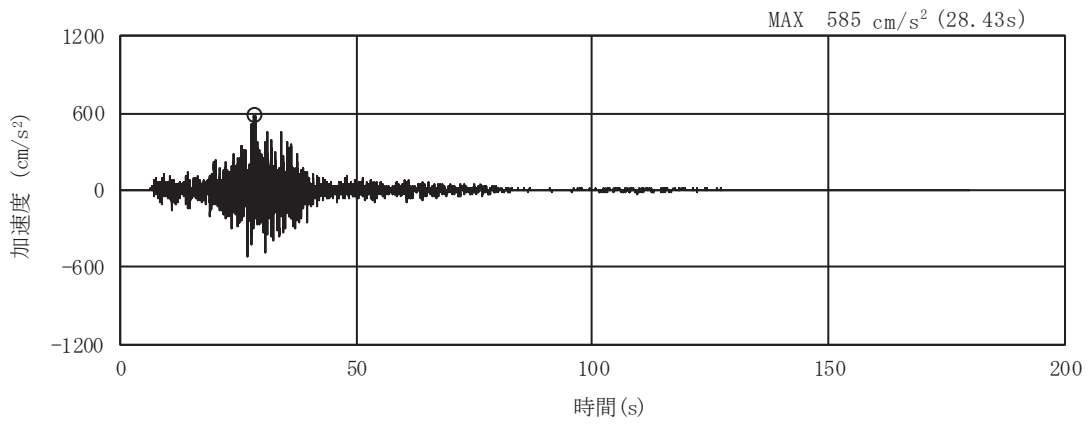


(a) 加速度時刻歴波形

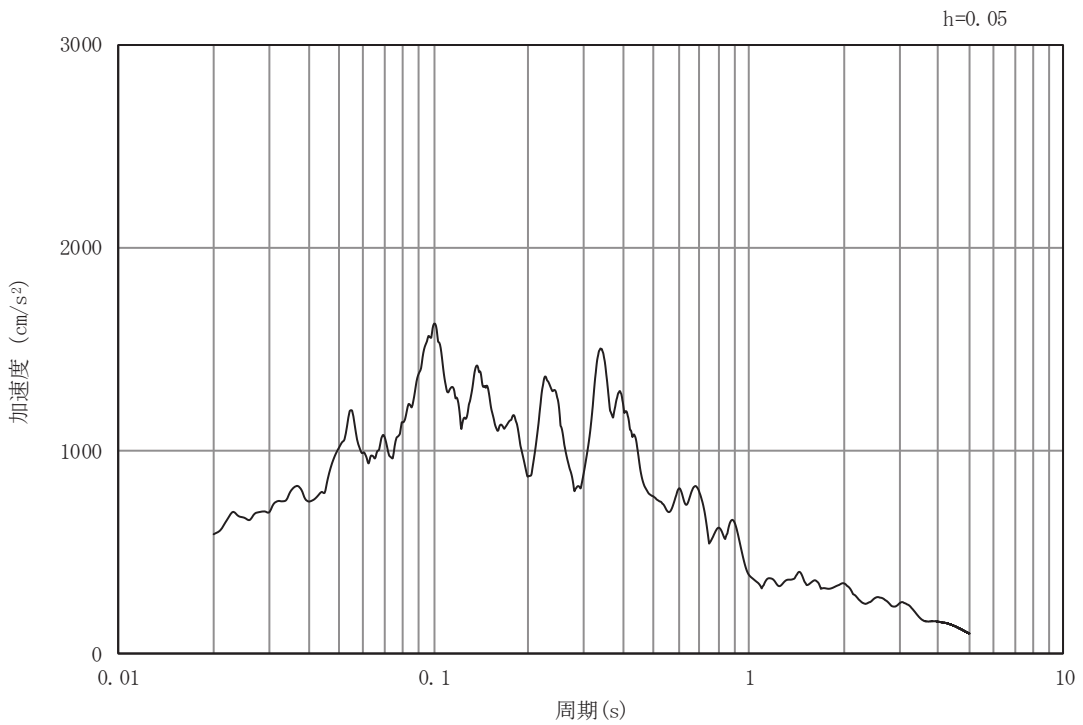


(b) 加速度応答スペクトル

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

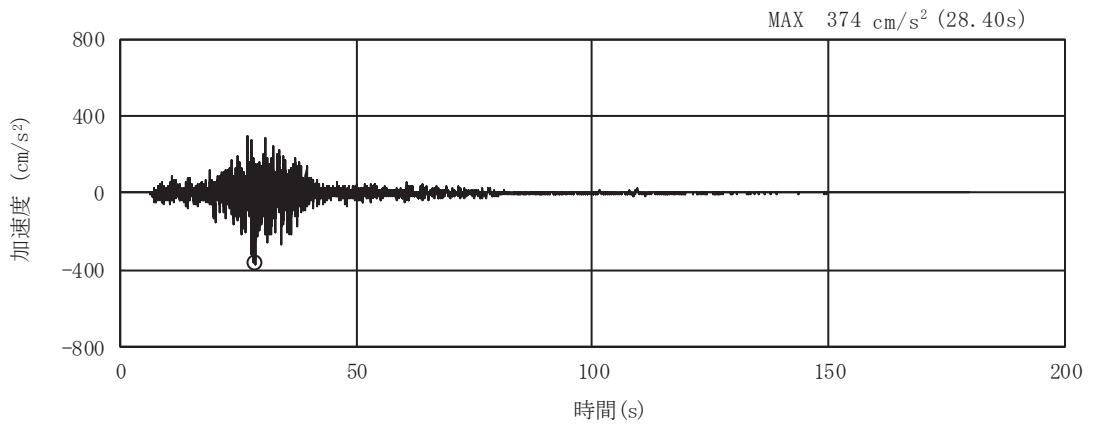


(a) 加速度時刻歴波形

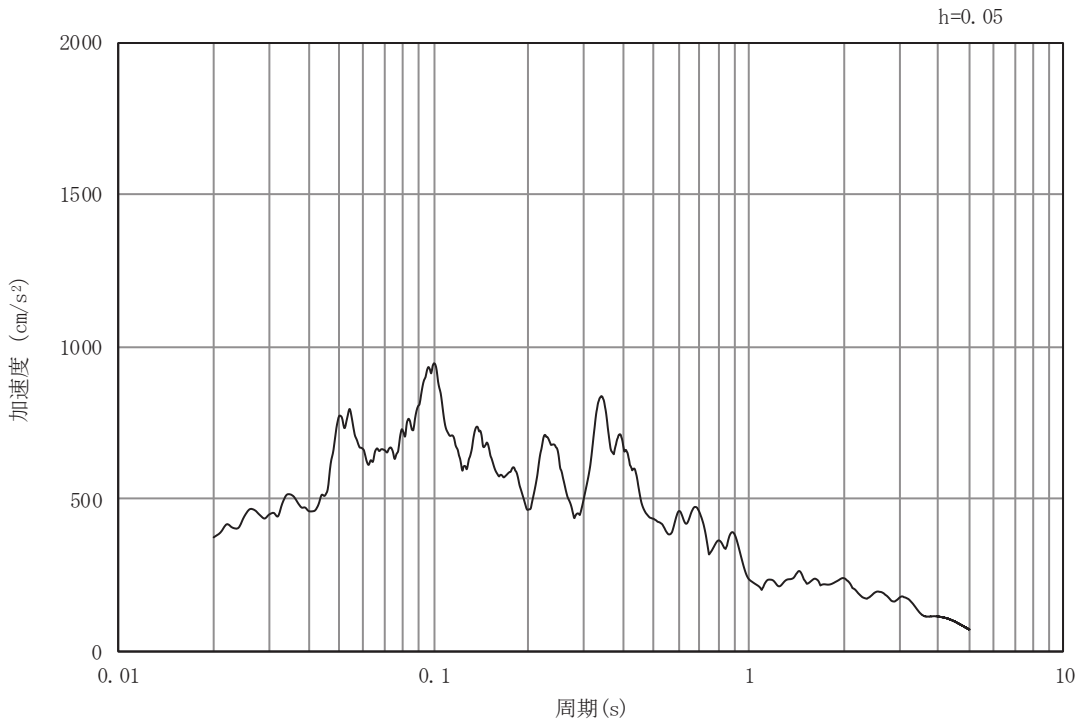


(b) 加速度応答スペクトル

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

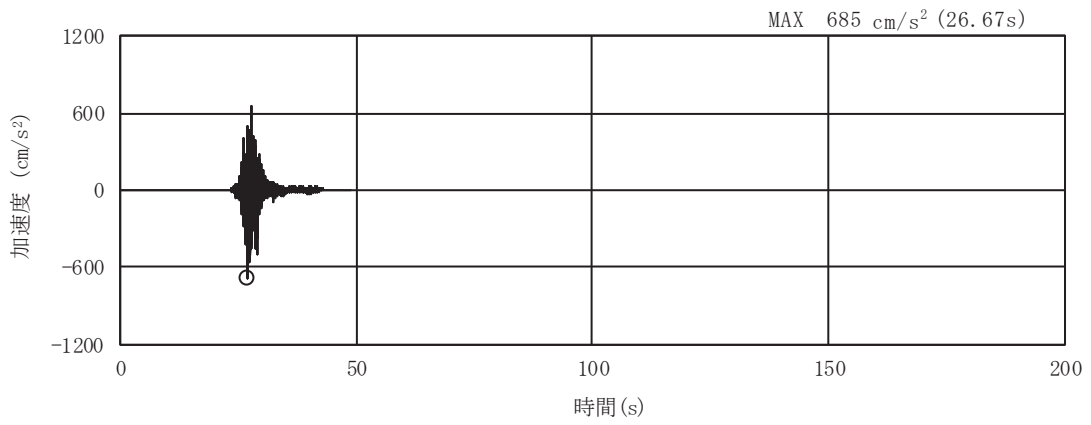


(a) 加速度時刻歴波形

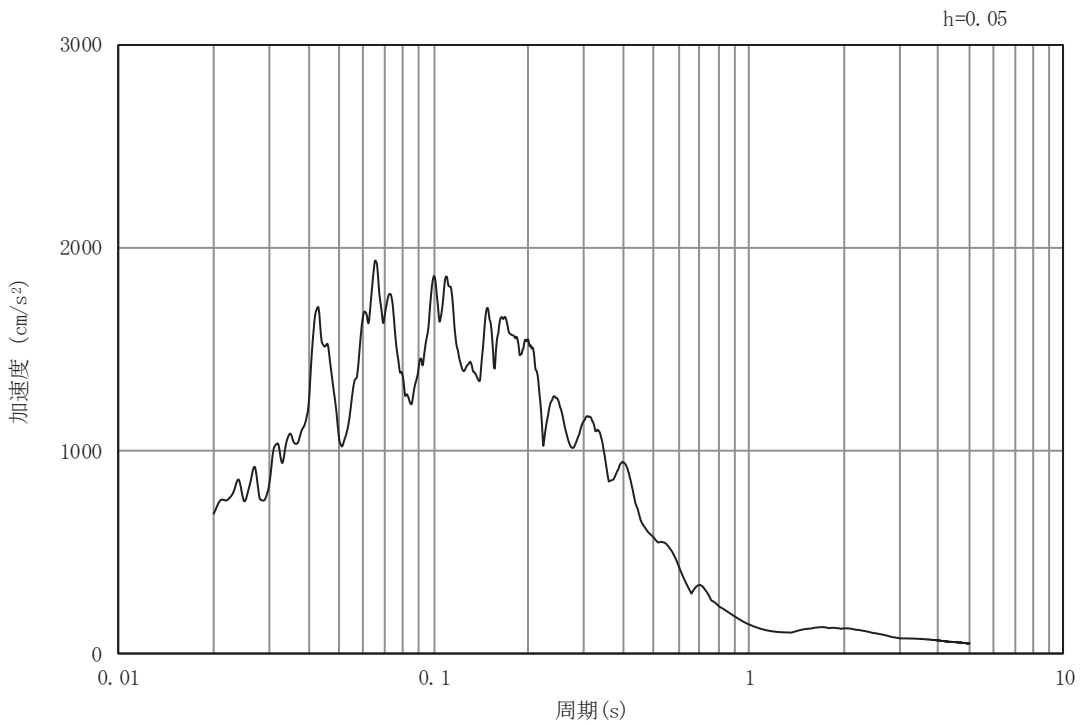


(b) 加速度応答スペクトル

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

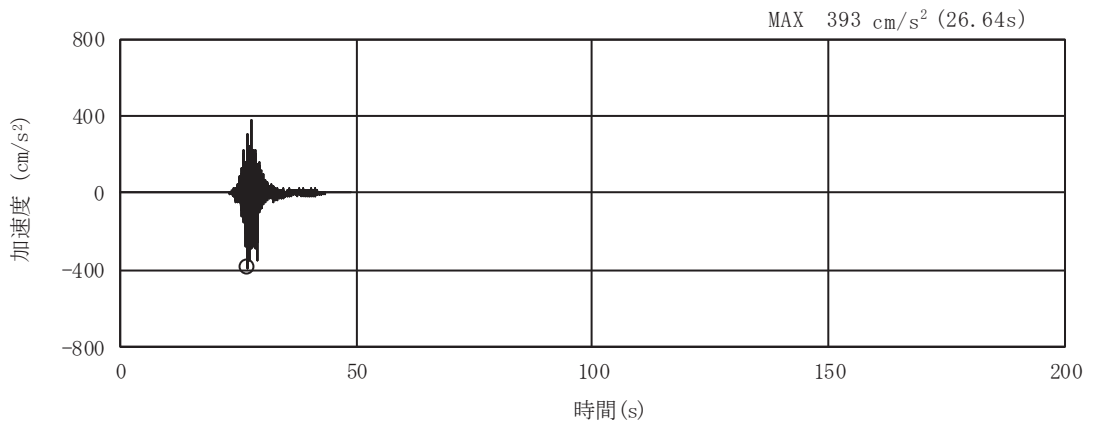


(a) 加速度時刻歴波形

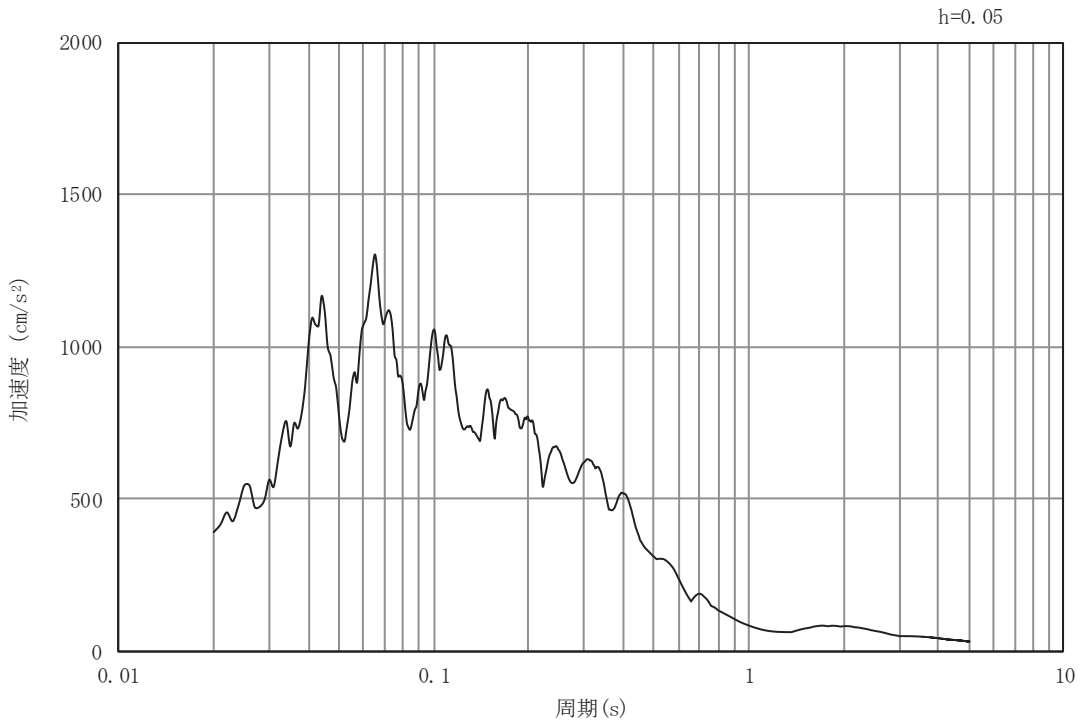


(b) 加速度応答スペクトル

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

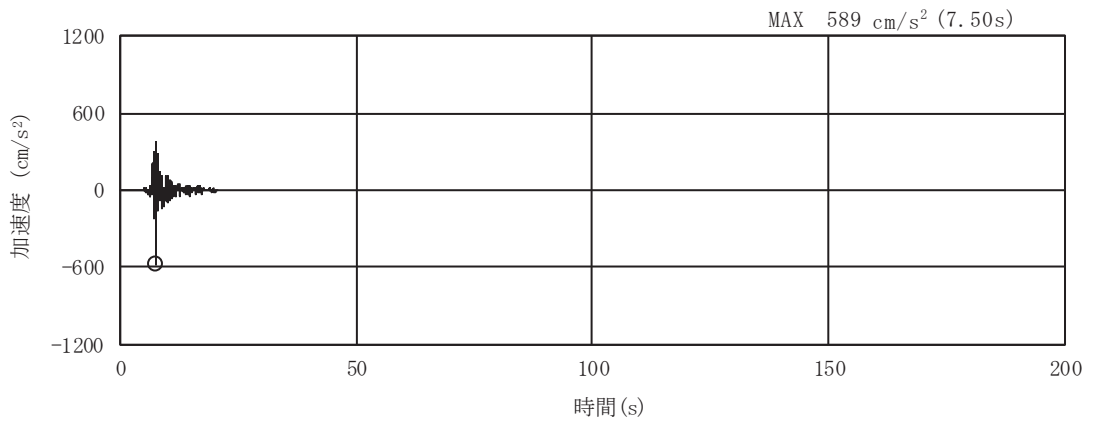


(a) 加速度時刻歴波形

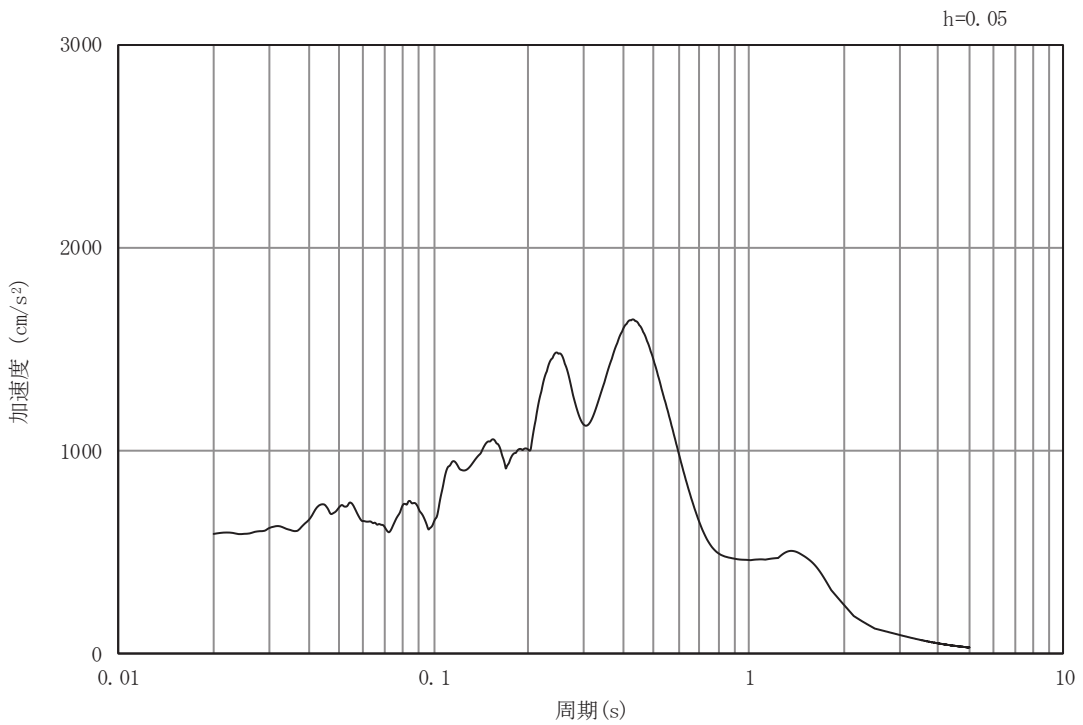


(b) 加速度応答スペクトル

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

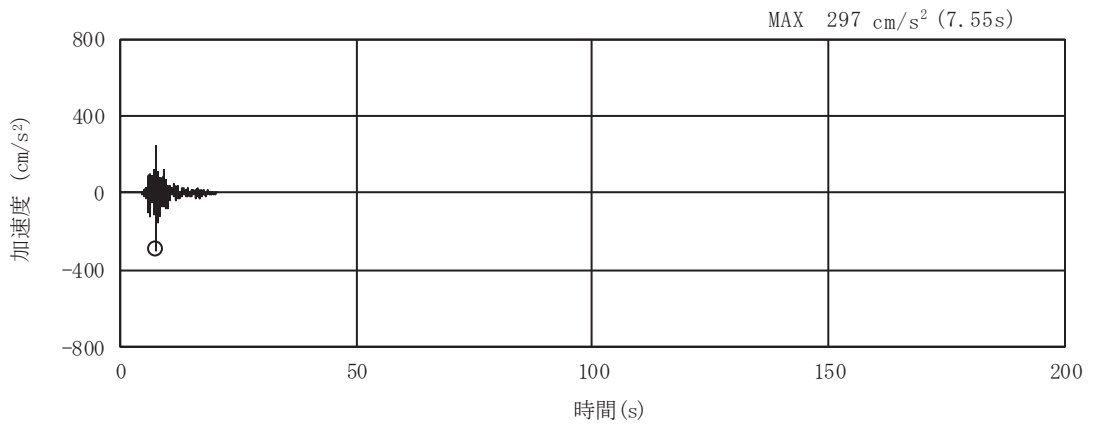


(a) 加速度時刻歴波形

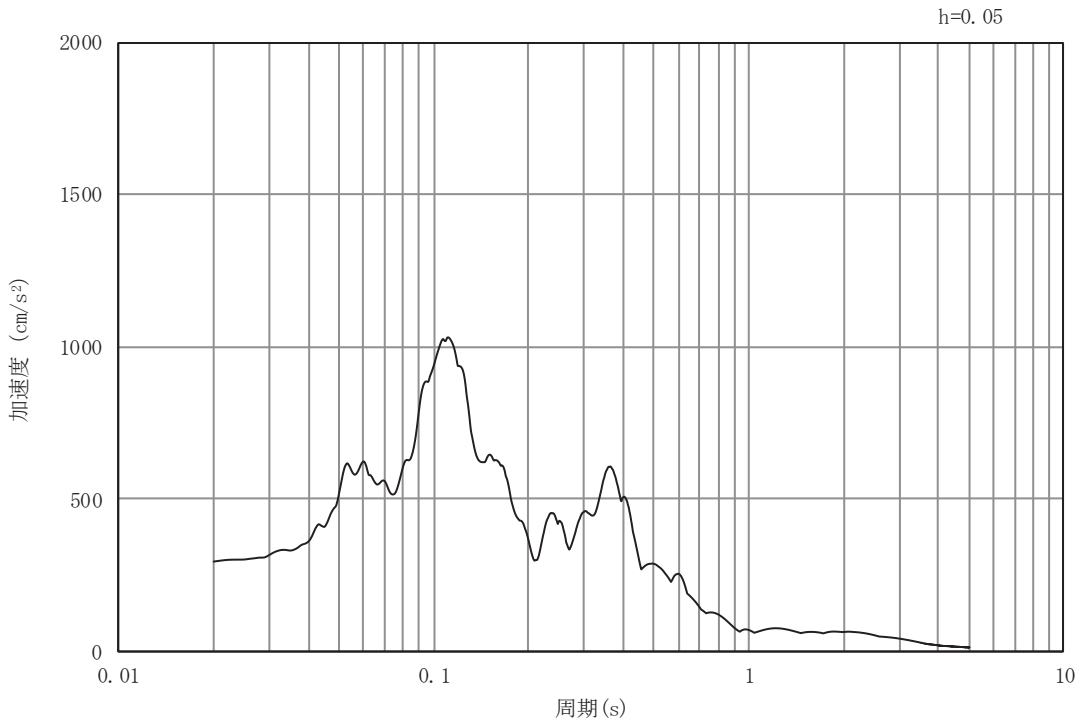


(b) 加速度応答スペクトル

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



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

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

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

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

(1) 解析領域

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

(2) 境界条件

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

(3) 構造物のモデル化

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

(4) 地盤のモデル化

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

(5) 隣接構造物のモデル化

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

(6) ジョイント要素の設定

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

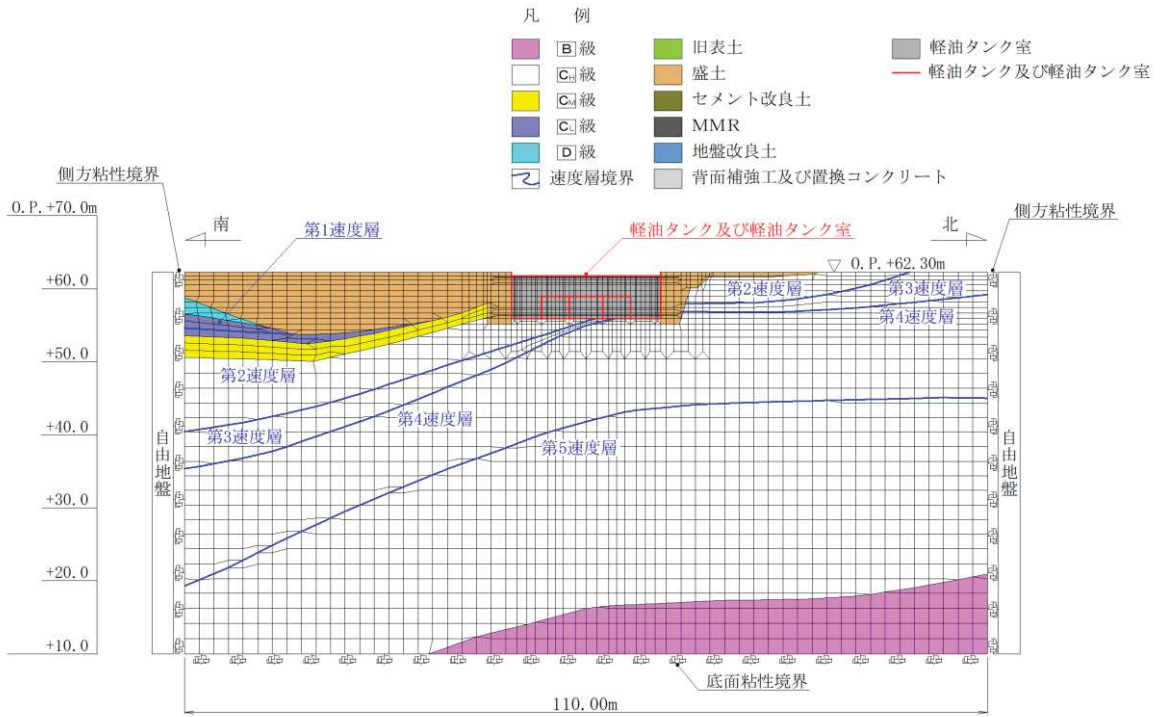


図 3-19 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析モデル図（南北方向）

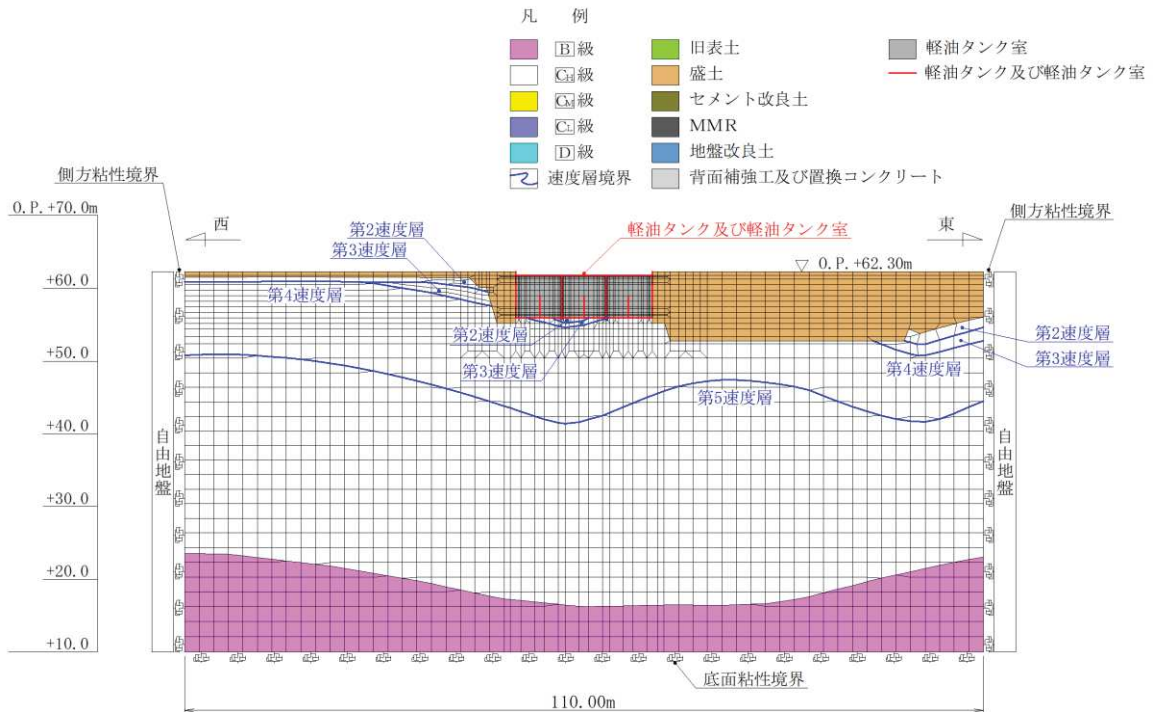


図 3-20 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答解析モデル図（東西方向）

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

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

表 3-7 材料の物性値（構造部材）

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

注記*：新設構造物のため、推定した圧縮強度とする。

3.5.3 地盤の物性値

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

3.5.4 地下水位

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

表3-8 設計用地下水位の一覧

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

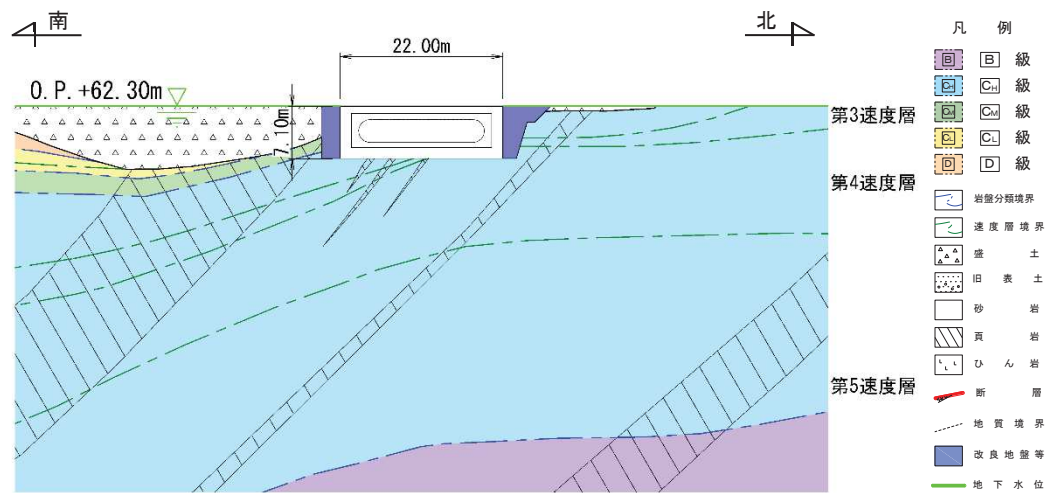


図3-21 設計用地下水位（南北方向）

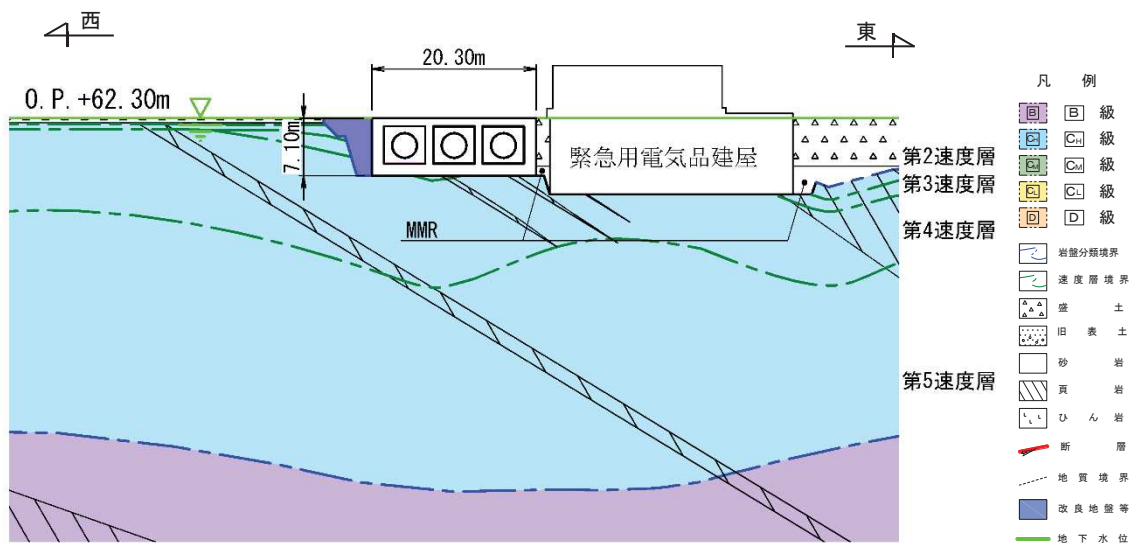


図3-22 設計用地下水位（東西方向）

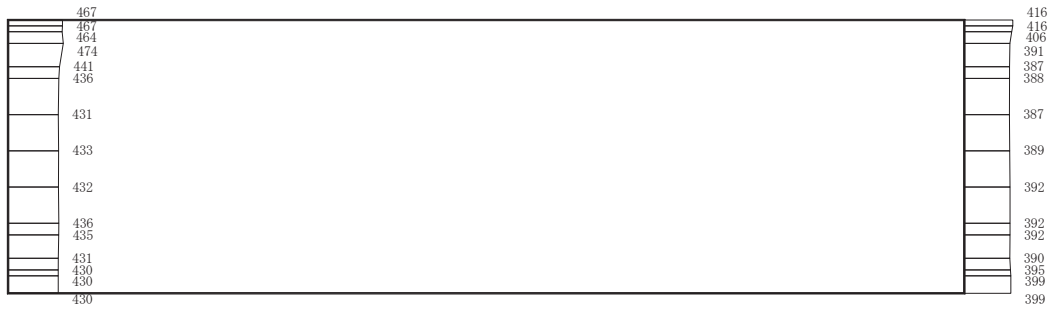
4. 解析結果

4.1 南北方向の解析結果

機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース①（基本ケース）～④について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図 4-1～図 4-28 に示す。



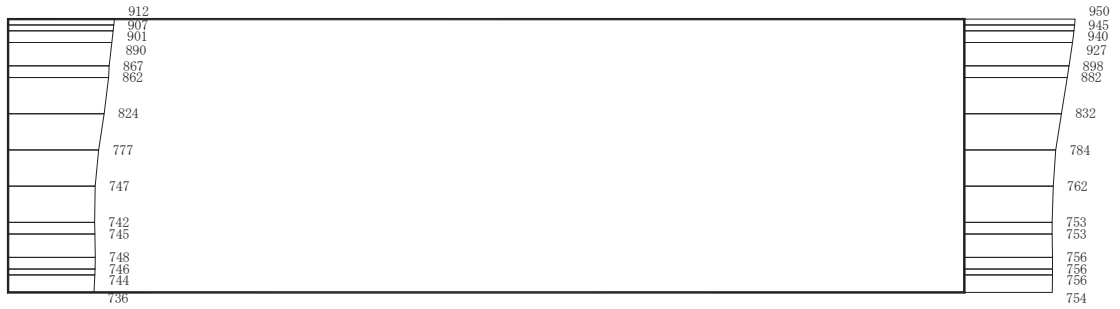
(a) S s - D 1 (++) 水平



(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m)
 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-1 最大加速度分布図 (1/28) (解析ケース①)



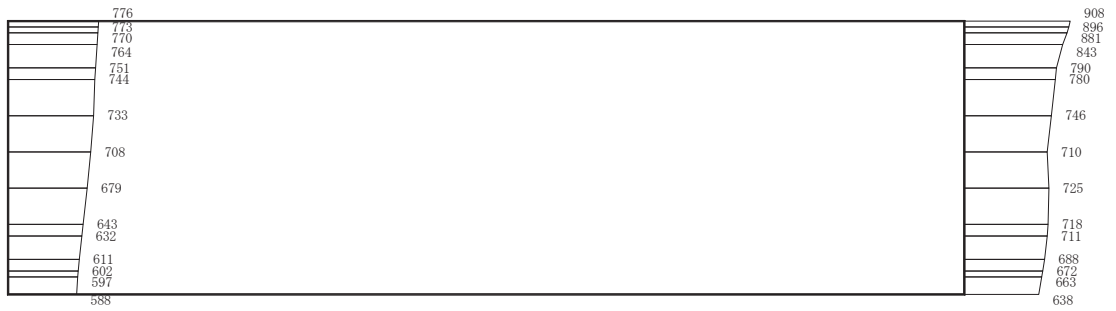
(a) S s - D 2 (++) 水平



(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-2 最大加速度分布図 (2/28) (解析ケース①)



(a) S s - D 3 (++) 水平



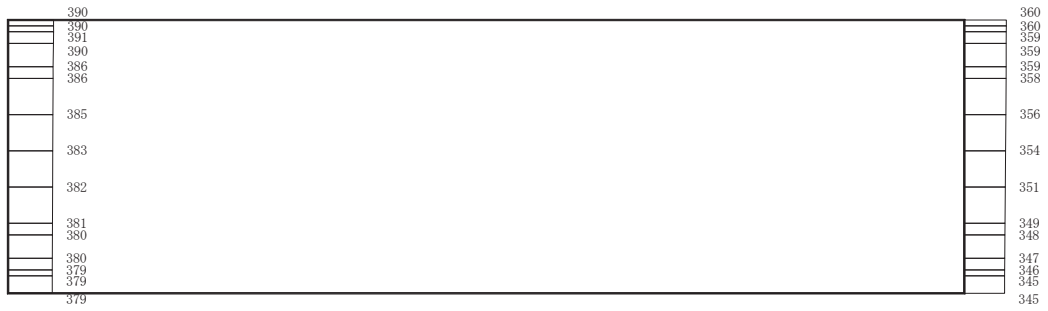
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-3 最大加速度分布図 (3/28) (解析ケース①)



(a) $S_s - F1$ (++) 水平



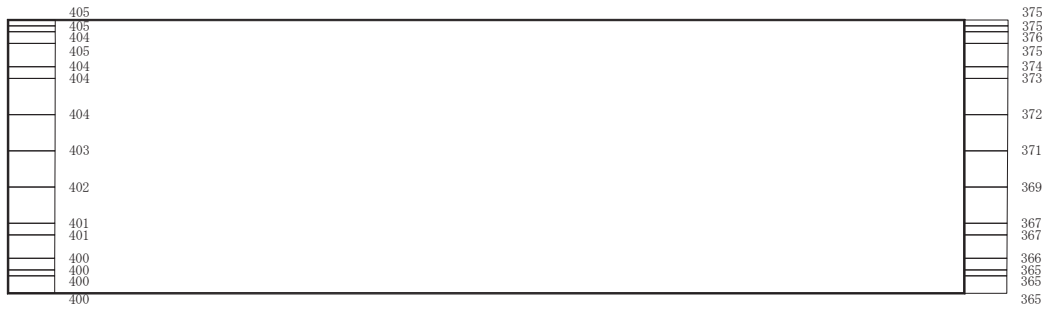
(b) $S_s - F1$ (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-4 最大加速度分布図 (4/28) (解析ケース①)



(a) $S_s - F_2$ (++) 水平



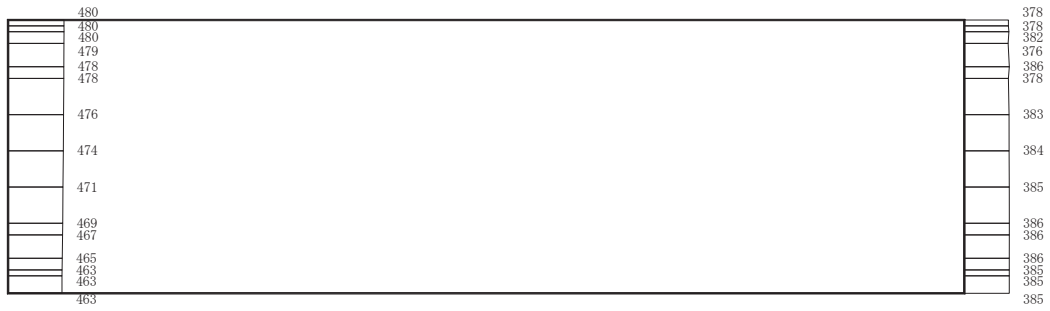
(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-5 最大加速度分布図 (5/28) (解析ケース①)



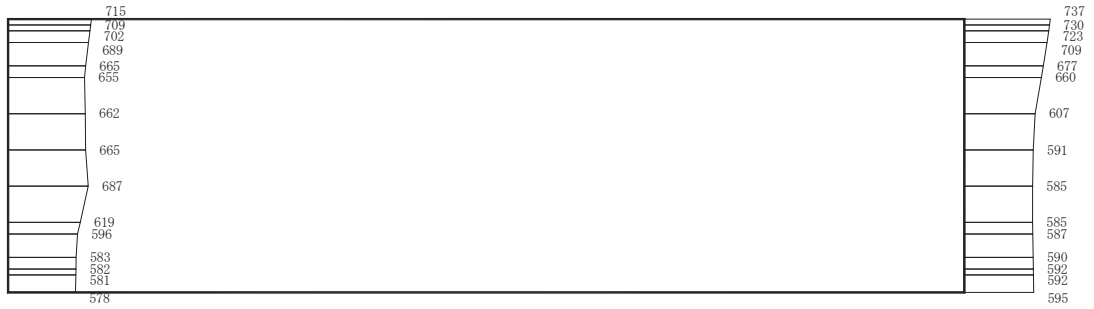
(a) S s - F 3 (++) 水平



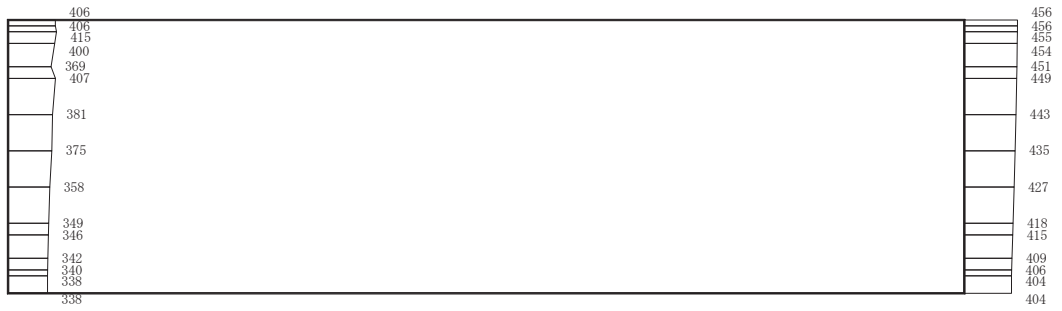
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-6 最大加速度分布図 (6/28) (解析ケース①)



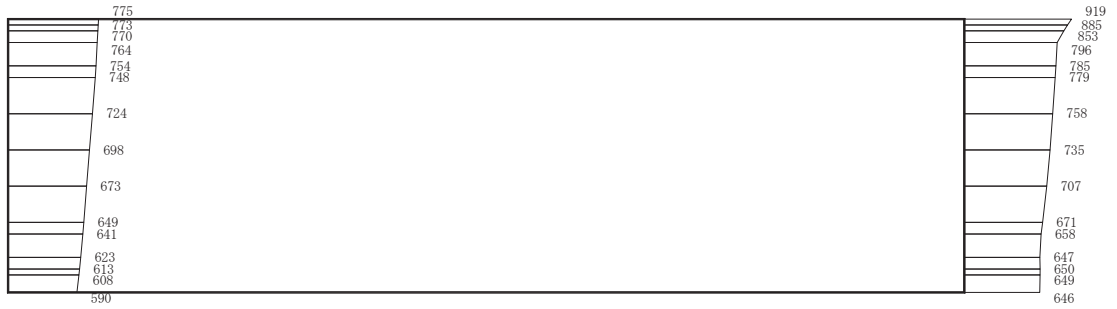
(a) S s - N 1 (++) 水平



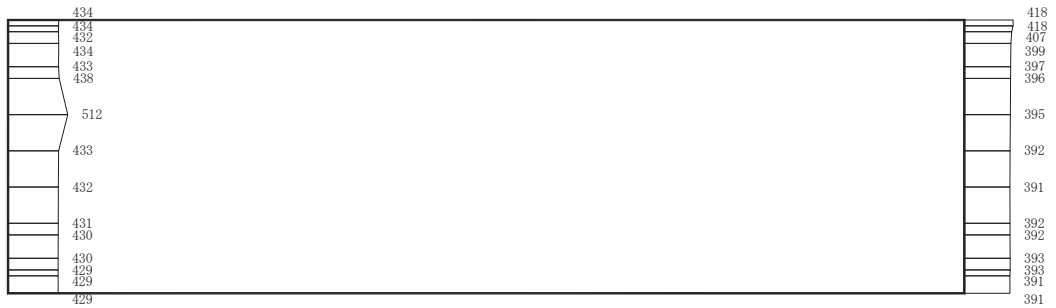
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)
 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-7 最大加速度分布図 (7/28) (解析ケース①)



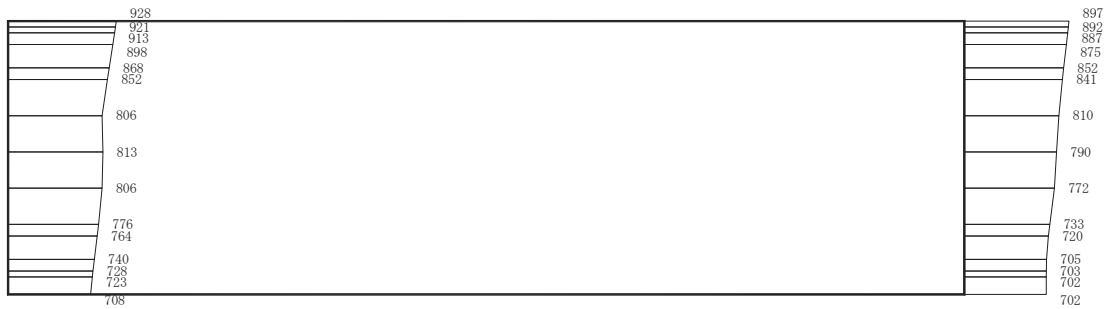
(a) S s - D 1 (++) 水平



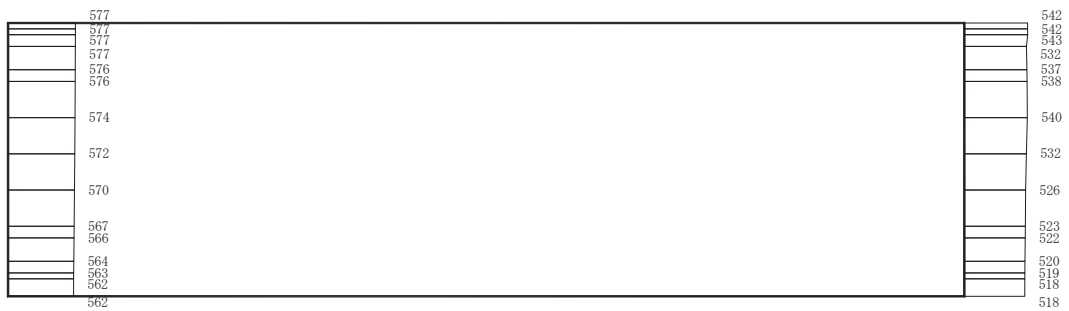
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)
 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-8 最大加速度分布図 (8/28) (解析ケース②)



(a) S s - D 2 (++) 水平



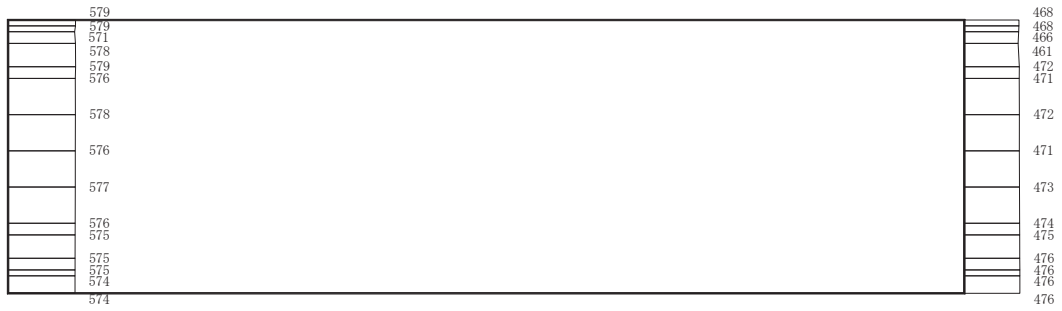
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)
 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-9 最大加速度分布図 (9/28) (解析ケース②)



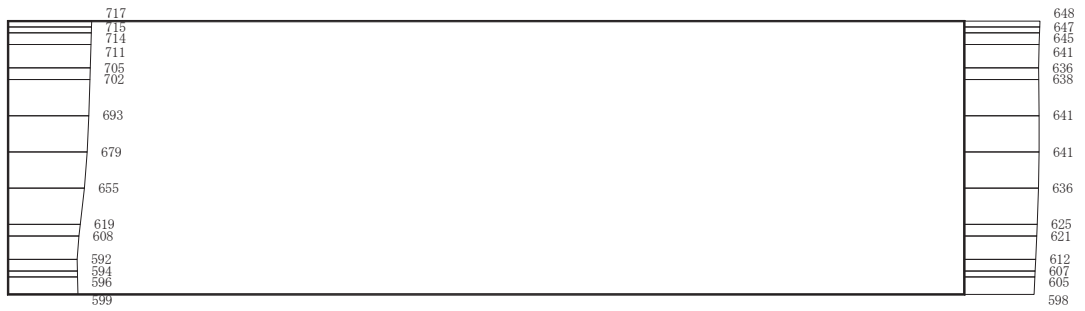
(a) $S_s - D3$ (++) 水平



(b) $S_s - D3$ (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-10 最大加速度分布図 (10/28) (解析ケース②)



(a) $S_s - F1$ (++) 水平



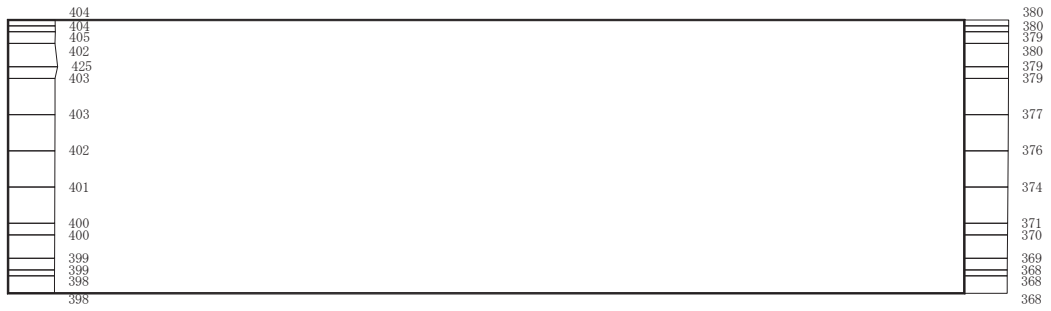
(b) $S_s - F1$ (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-11 最大加速度分布図 (11/28) (解析ケース②)



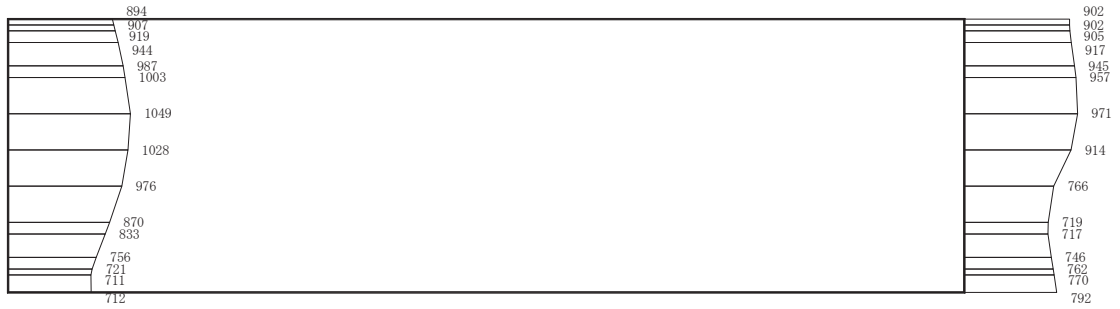
(a) $S_s - F_2$ (++) 水平



(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-12 最大加速度分布図 (12/28) (解析ケース②)



(a) S s - F 3 (++) 水平



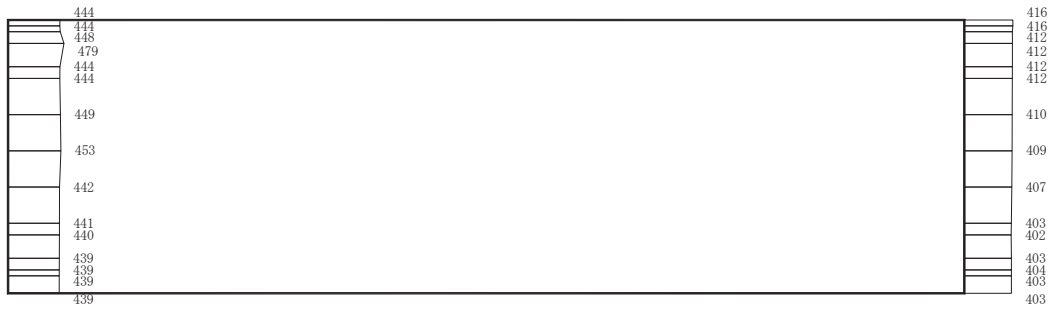
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)
 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-13 最大加速度分布図 (13/28) (解析ケース②)



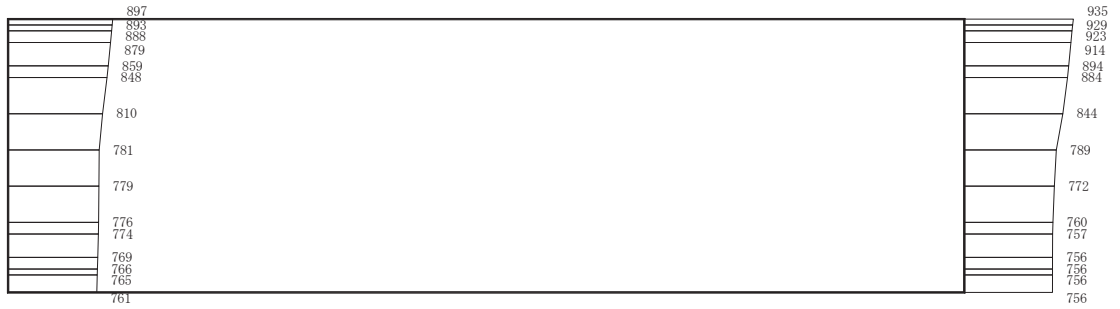
(a) S s - D 1 (++) 水平



(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-15 最大加速度分布図 (15/28) (解析ケース③)



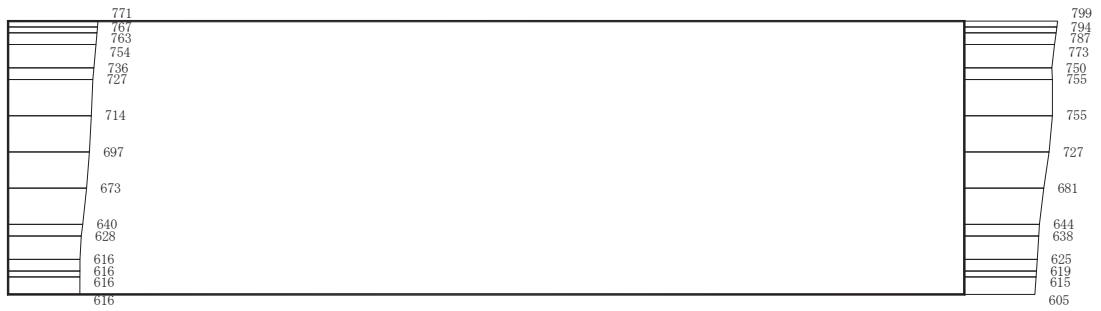
(a) $S_s - D 2$ (++) 水平



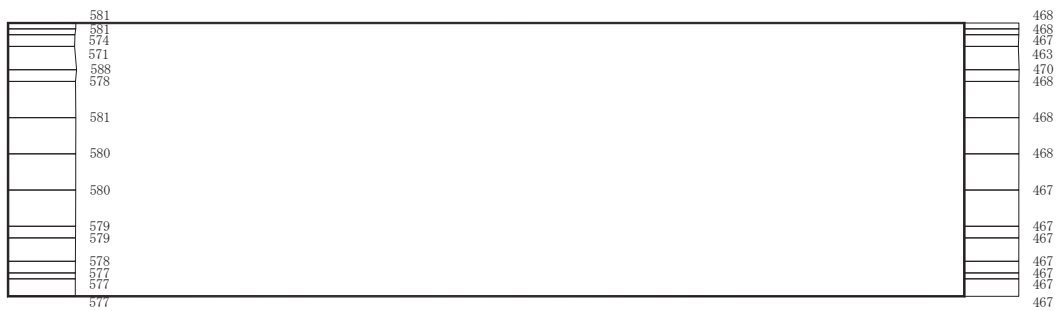
(b) $S_s - D 2$ (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-16 最大加速度分布図 (16/28) (解析ケース③)



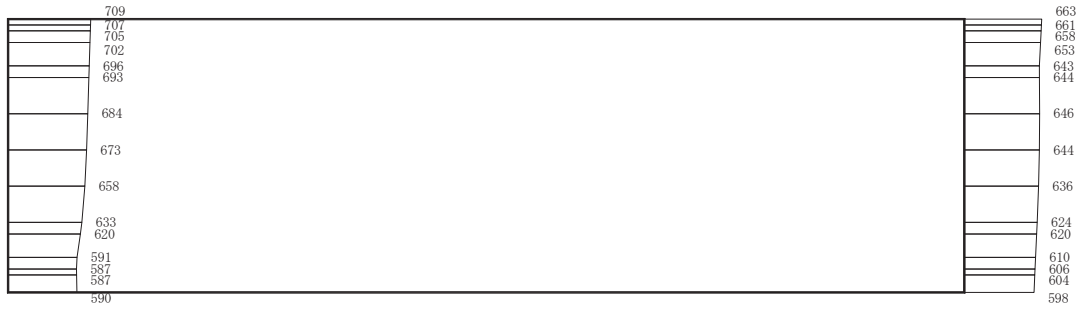
(a) $S_s - D3$ (++) 水平



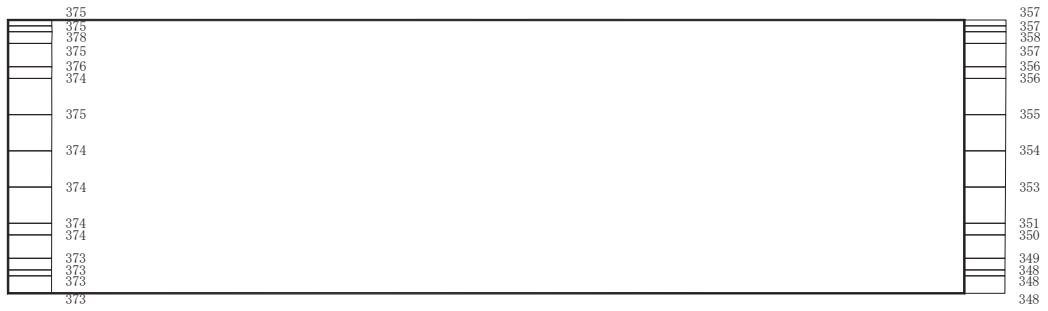
(b) $S_s - D3$ (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-17 最大加速度分布図 (17/28) (解析ケース③)



(a) S s - F 1 (++) 水平



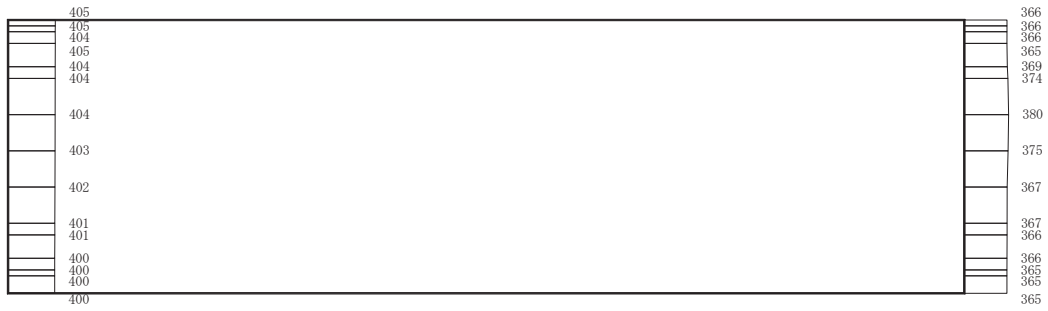
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-18 最大加速度分布図 (18/28) (解析ケース③)



(a) $S_s - F_2$ (++) 水平



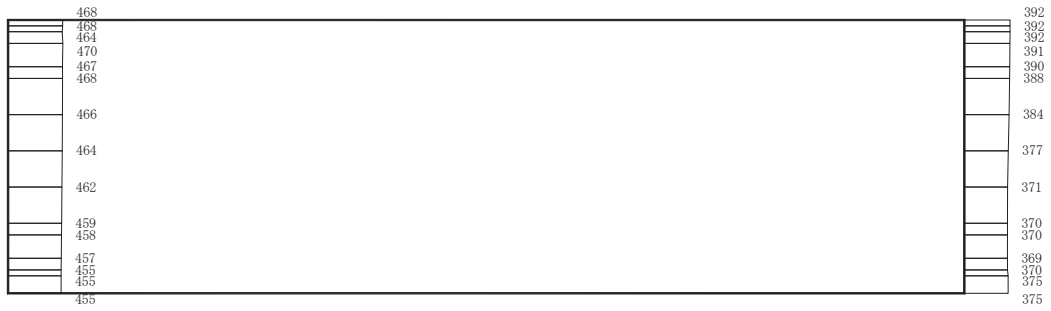
(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-19 最大加速度分布図 (19/28) (解析ケース③)



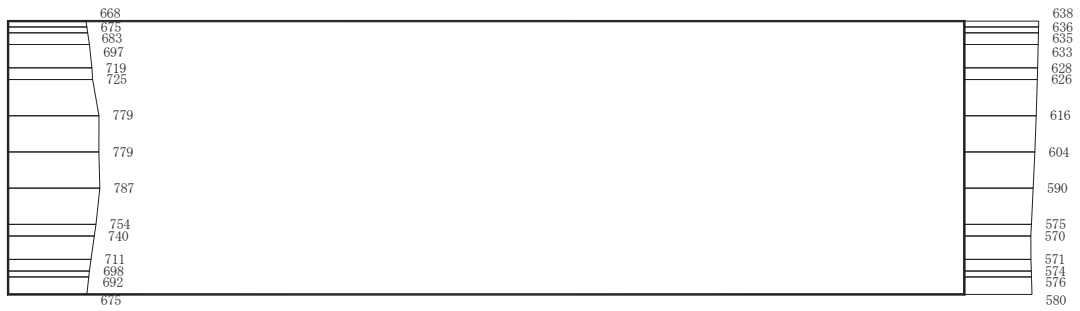
(a) S s - F 3 (++) 水平



(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-20 最大加速度分布図 (20/28) (解析ケース③)



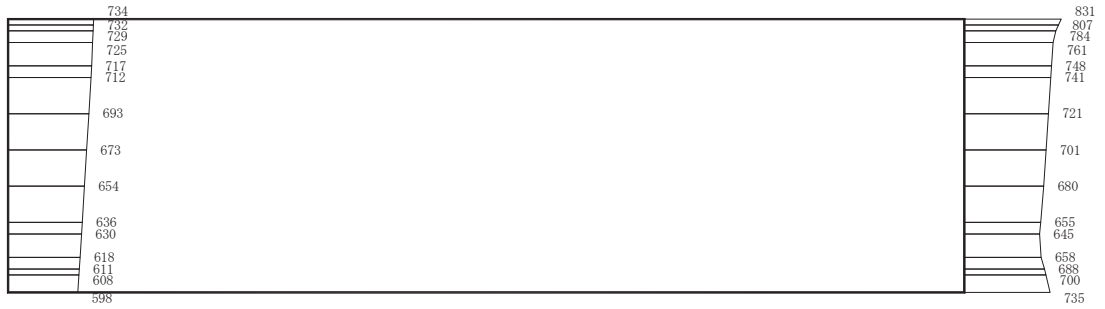
(a) $S_s - N1$ (++) 水平



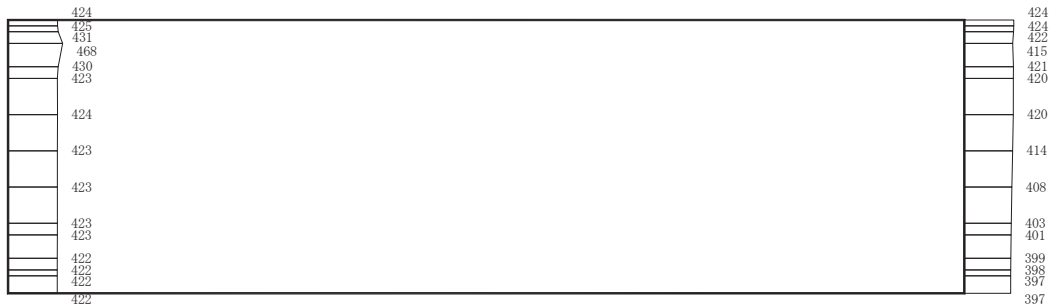
(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-21 最大加速度分布図 (21/28) (解析ケース③)



(a) S s - D 1 (++) 水平



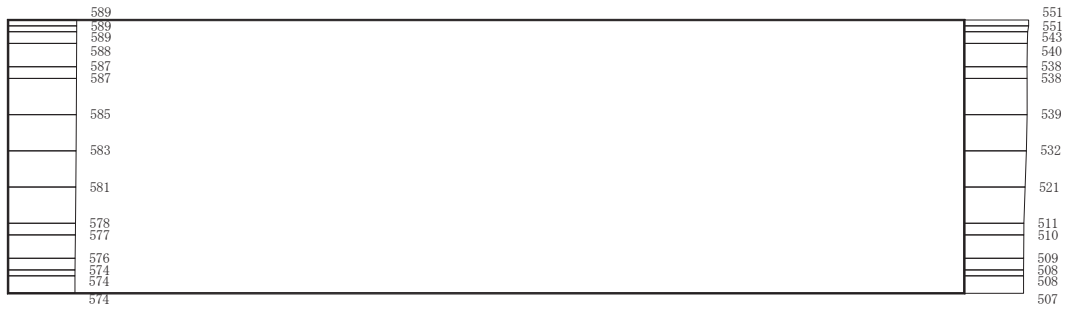
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-22 最大加速度分布図 (22/28) (解析ケース④)



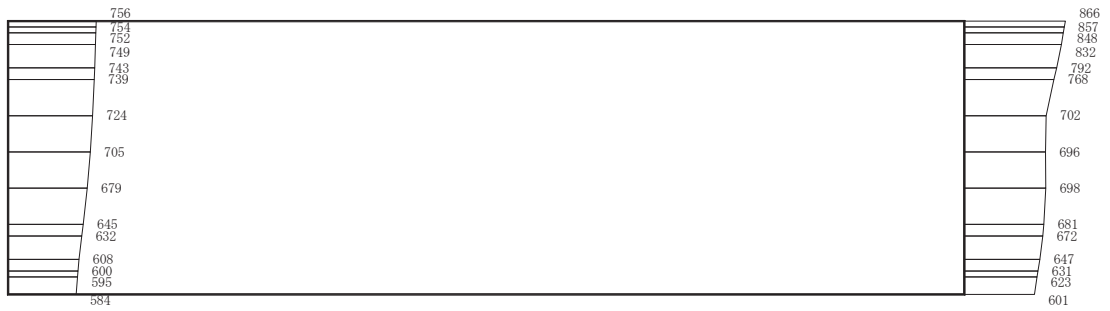
(a) S s - D 2 (++) 水平



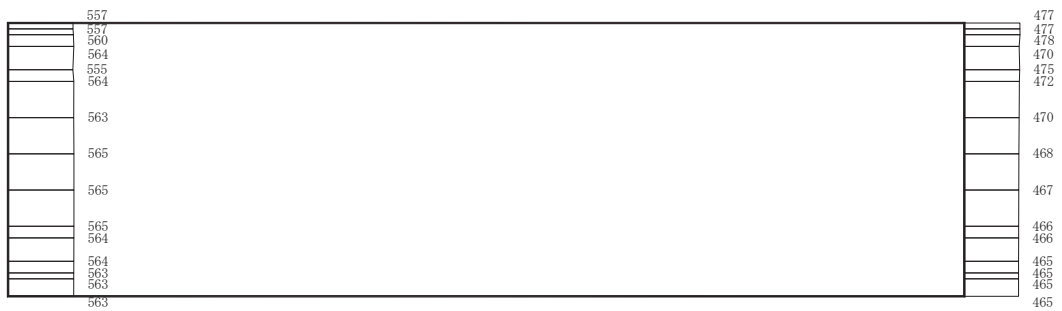
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)
 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-23 最大加速度分布図 (23/28) (解析ケース④)



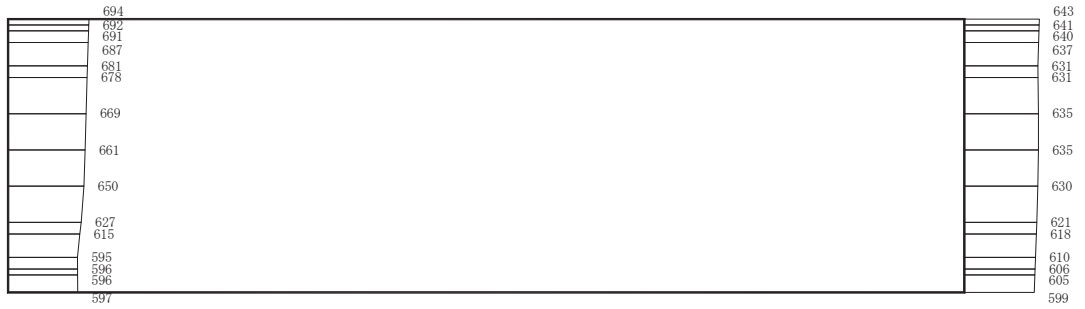
(a) S s - D 3 (++) 水平



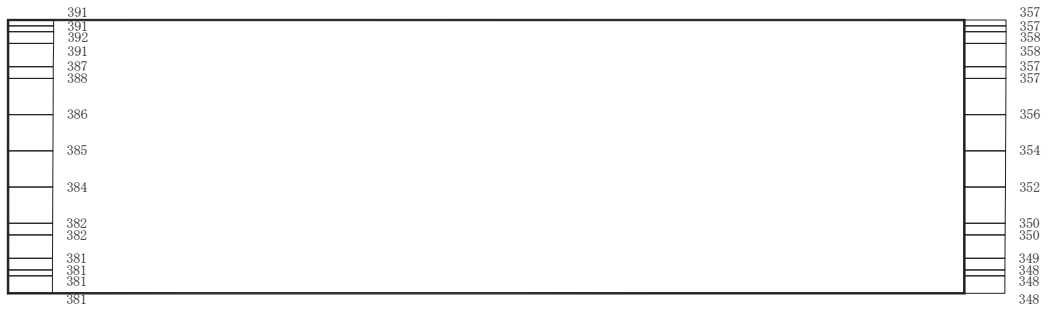
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)
 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-24 最大加速度分布図 (24/28) (解析ケース④)



(a) S s - F 1 (++) 水平



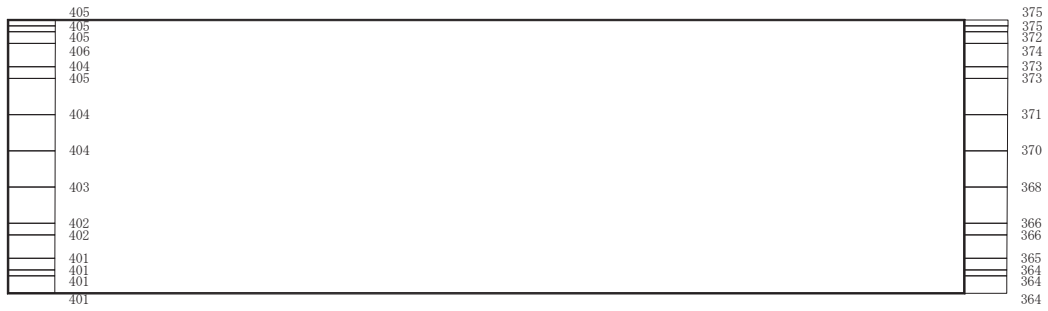
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-25 最大加速度分布図 (25/28) (解析ケース④)



(a) S s - F 2 (++) 水平



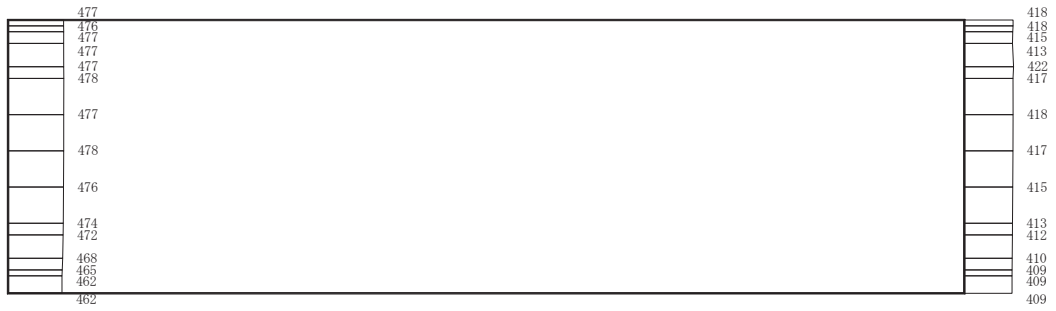
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)
 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-26 最大加速度分布図 (26/28) (解析ケース④)



(a) S s - F 3 (++) 水平



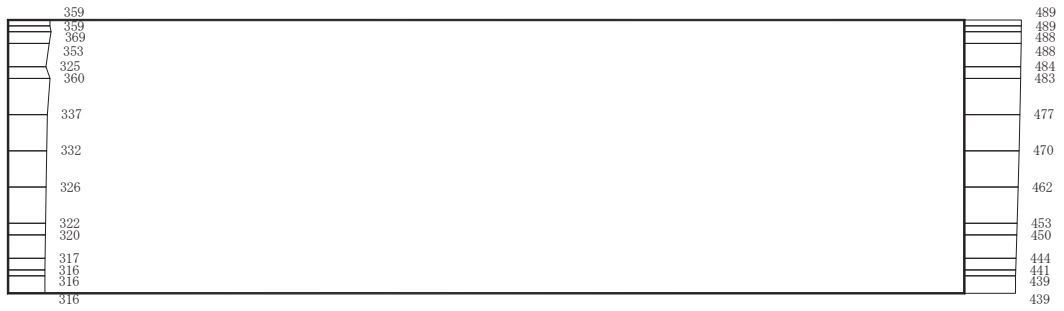
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-27 最大加速度分布図 (27/28) (解析ケース④)



(a) S s - N 1 (++) 水平



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

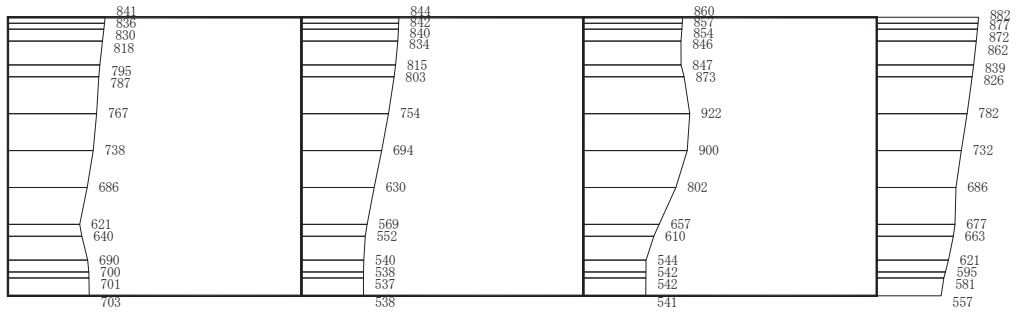
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-28 最大加速度分布図 (28/28) (解析ケース④)

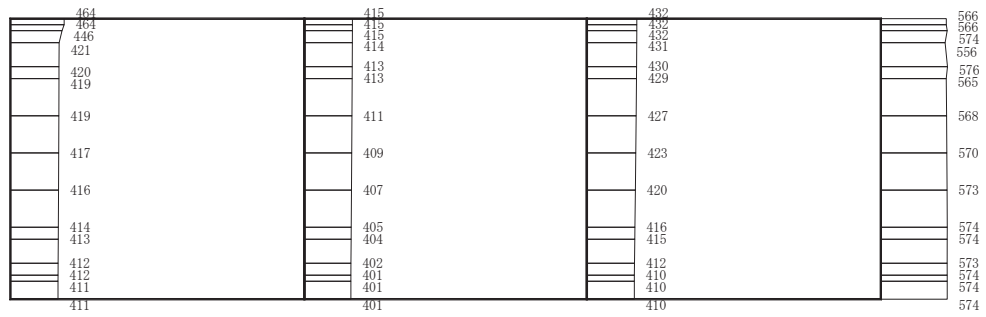
4.2 東西方向の解析結果

耐震評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①（基本ケース）について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-29～図4-42に示す。また、解析ケース①において、照査項目ごとに照査値が0.5を超えるケースで照査値が最大となる地震動について、解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図4-43及び図4-44に示す。

これらに加え、機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース②～④について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-45～図4-65に示す。



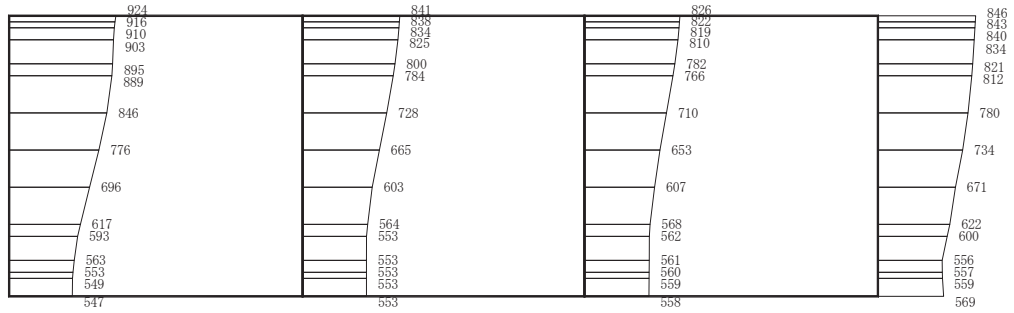
(a) S s - D 1 (++) 水平



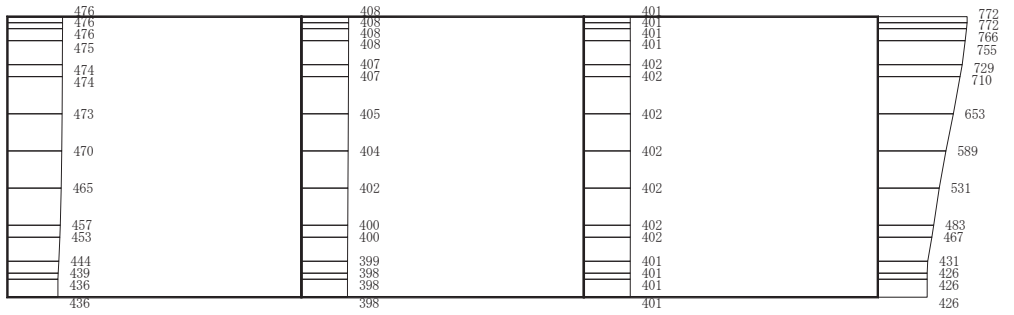
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 (m) 応答値スケール 0 (cm/s²)

図 4-29 断面の最大加速度分布図 (1/16) (解析ケース①)



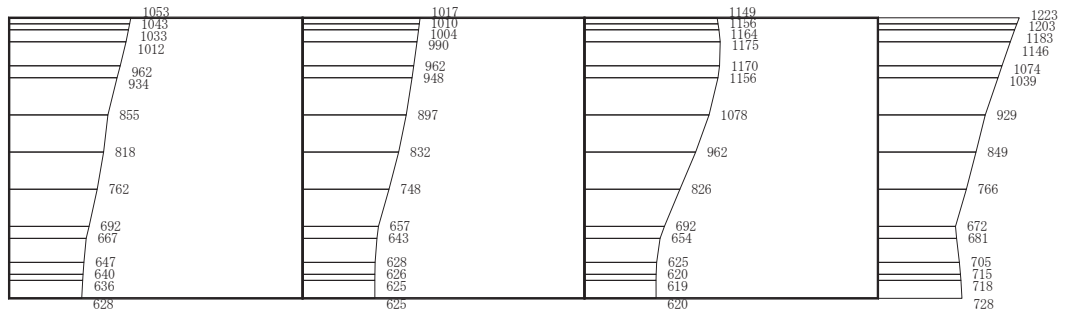
(a) S s - D 1 (-+) 水平



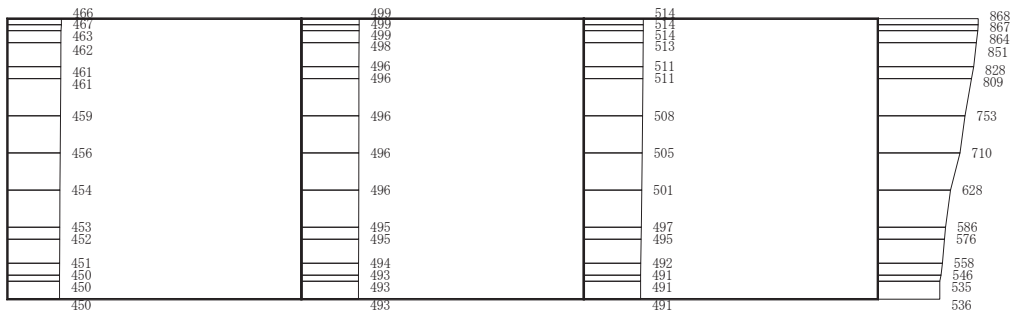
(b) S s - D 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0 _____ 2 (m) 応答値スケール 0 _____ 1000 (cm/s²)

図 4-30 最大加速度分布図 (2/16) (解析ケース①)



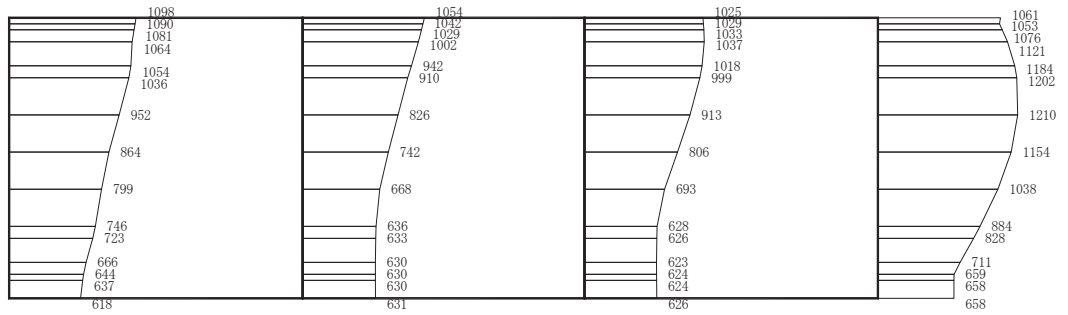
(a) S s - D 2 (++) 水平



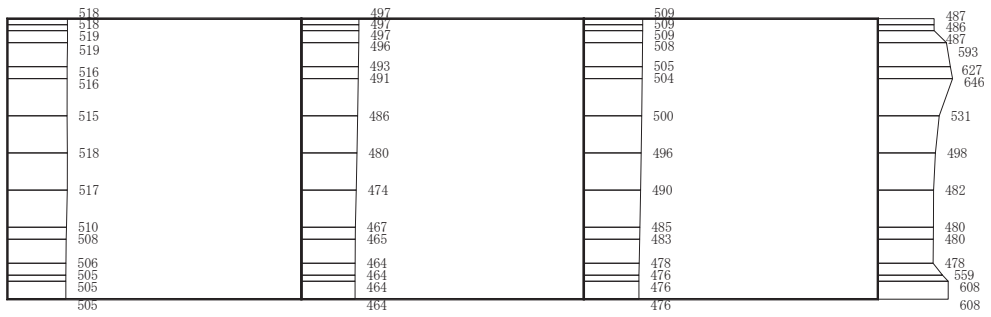
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-31 最大加速度分布図 (3/16) (解析ケース①)



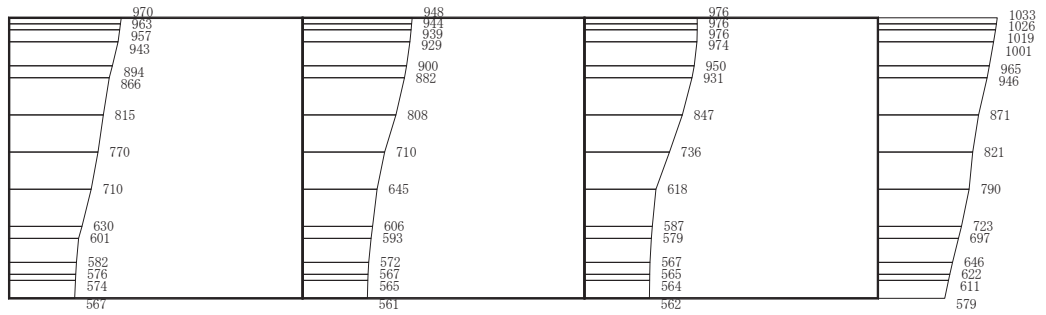
(a) S s - D 2 (-+) 水平



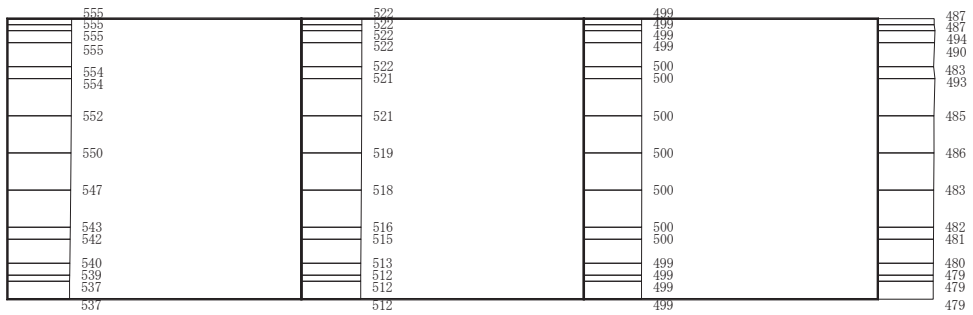
(b) S s - D 2 (-+) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-32 最大加速度分布図 (4/16) (解析ケース①)



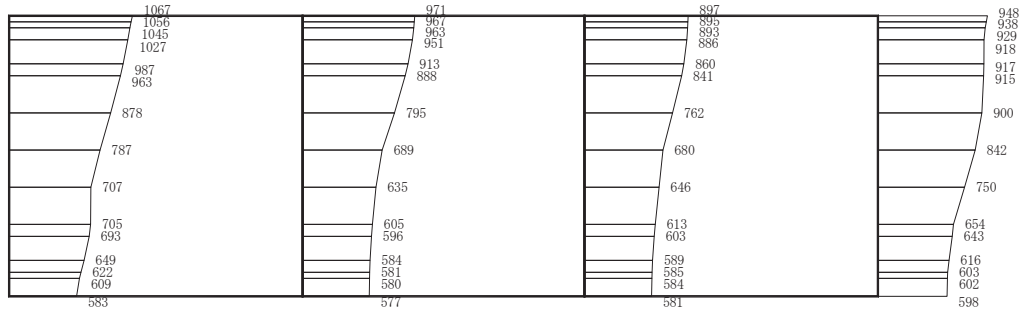
(a) S s - D 3 (++) 水平



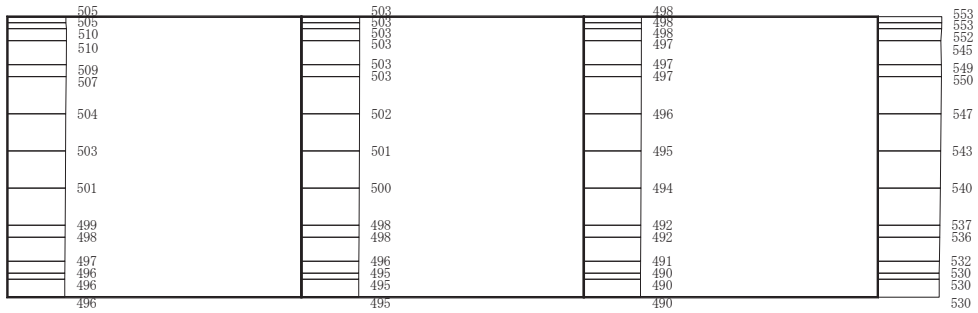
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール $0 \sim 2$ (m) 応答値スケール $0 \sim 1000$ (cm/s²)

図 4-33 最大加速度分布図 (5/16) (解析ケース①)



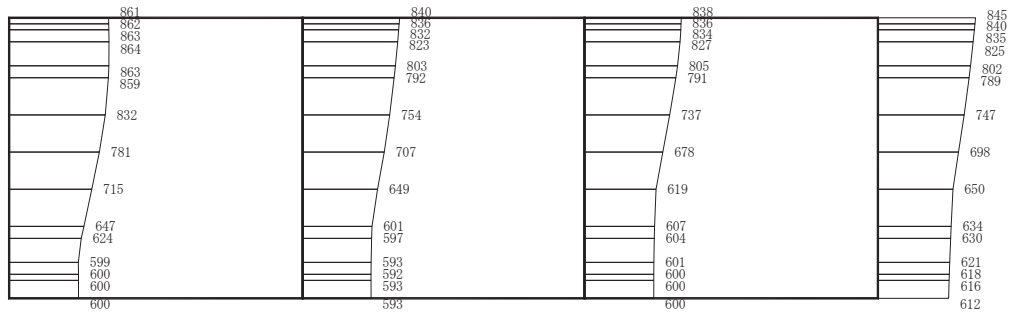
(a) S s - D 3 (-+) 水平



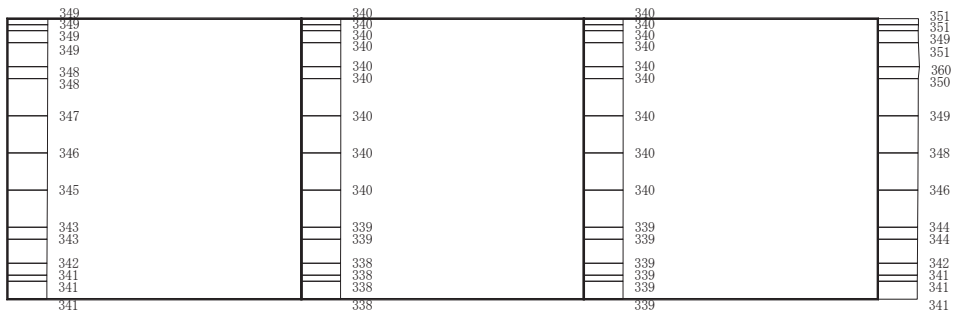
(b) S s - D 3 (-+) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-34 最大加速度分布図 (6/16) (解析ケース①)



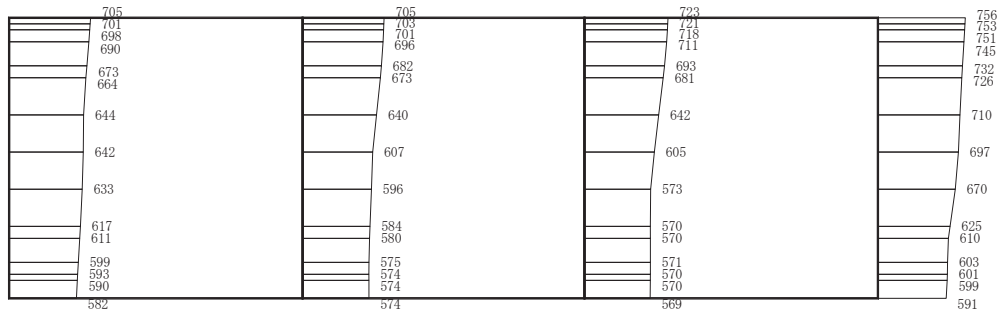
(a) $S_s - F 1$ (++) 水平



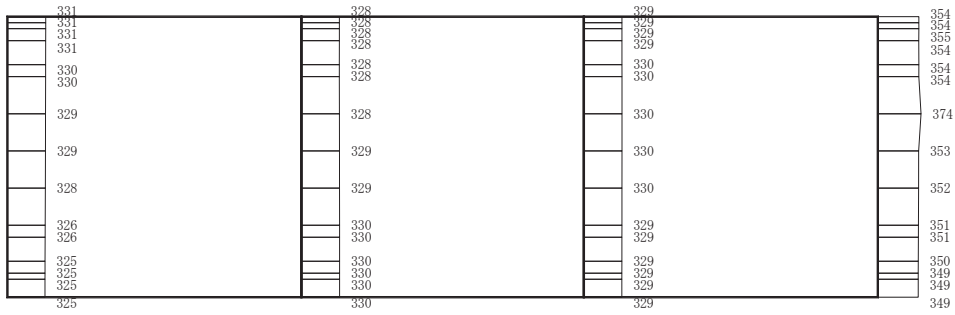
(b) $S_s - F 1$ (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-35 最大加速度分布図 (7/16) (解析ケース①)



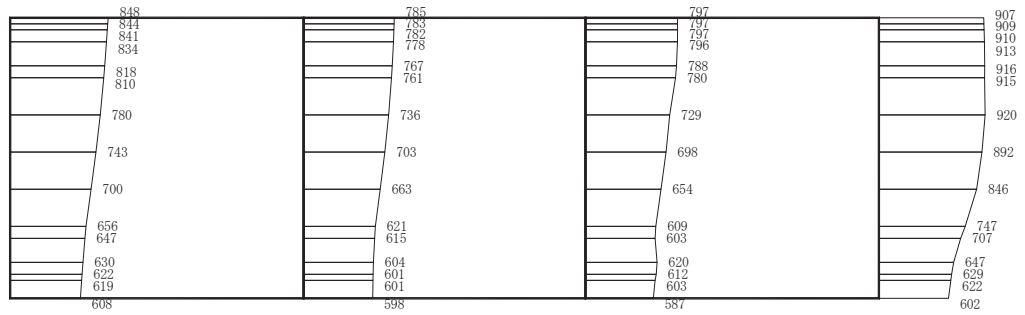
(a) S s - F 1 (-+) 水平



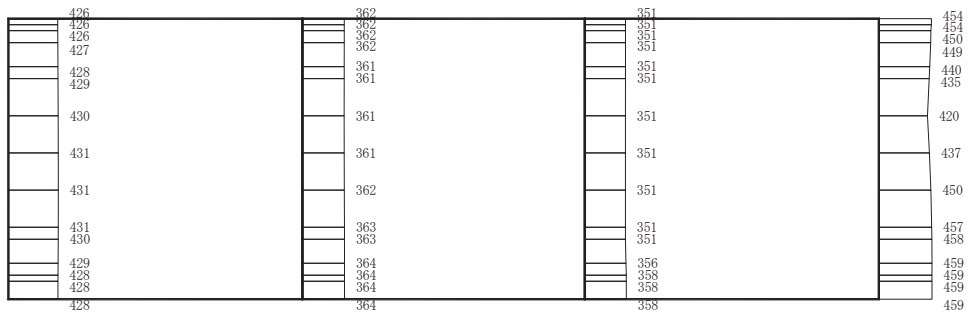
(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-36 最大加速度分布図 (8/16) (解析ケース①)



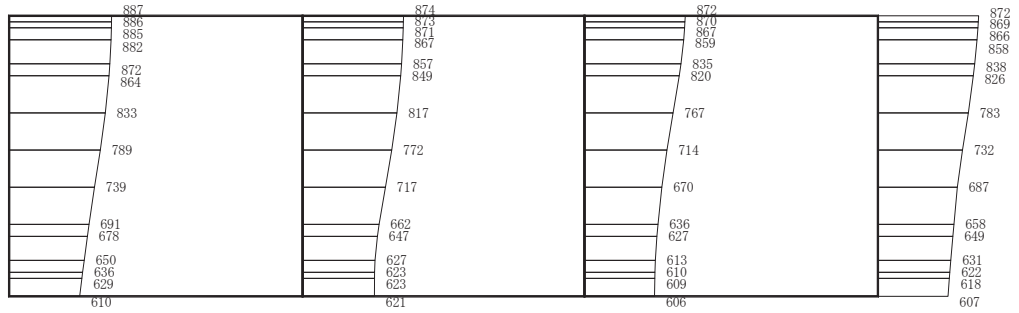
(a) S s - F 2 (++) 水平



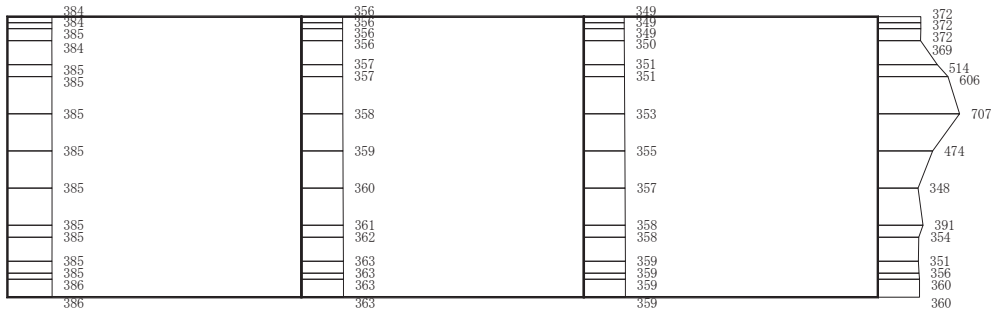
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-37 最大加速度分布図 (9/16) (解析ケース①)



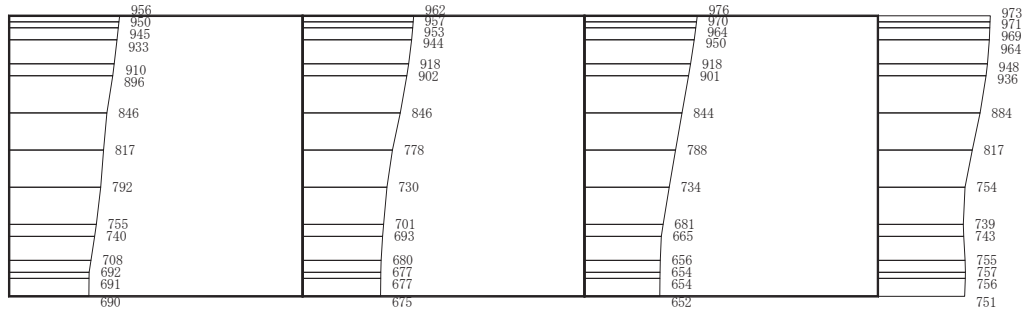
(a) S s - F 2 (-+) 水平



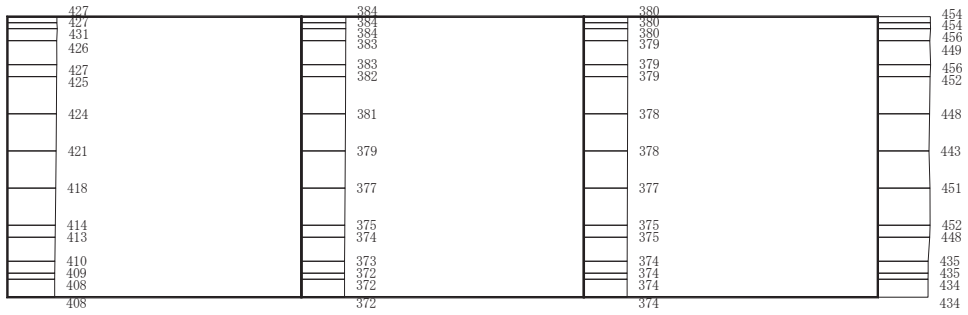
(b) S s - F 2 (-+) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-38 最大加速度分布図 (10/16) (解析ケース①)



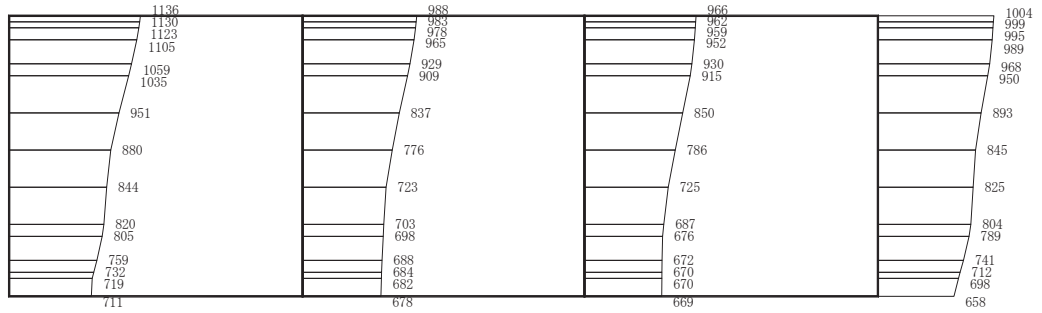
(a) $S_s - F 3$ (++) 水平



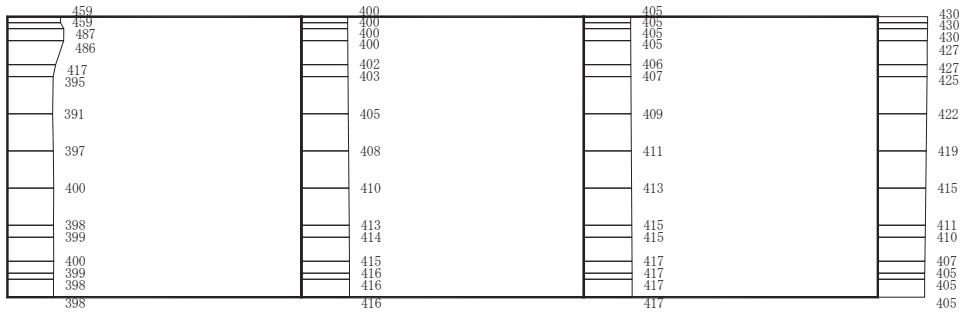
(b) $S_s - F 3$ (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-39 最大加速度分布図 (11/16) (解析ケース①)



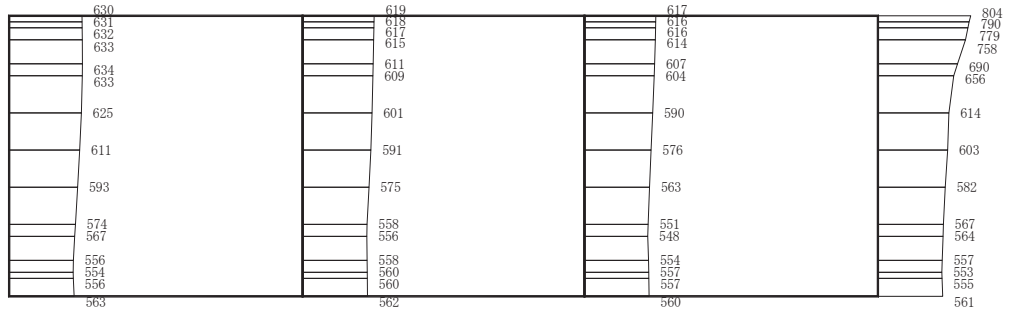
(a) S s - F 3 (-+) 水平



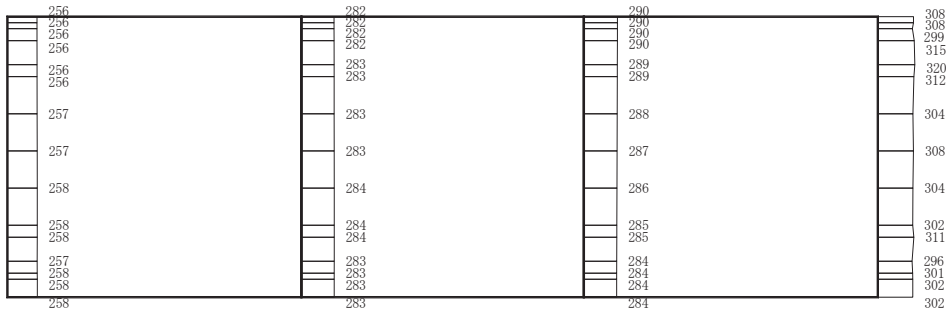
(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m)
 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-40 最大加速度分布図 (12/16) (解析ケース①)



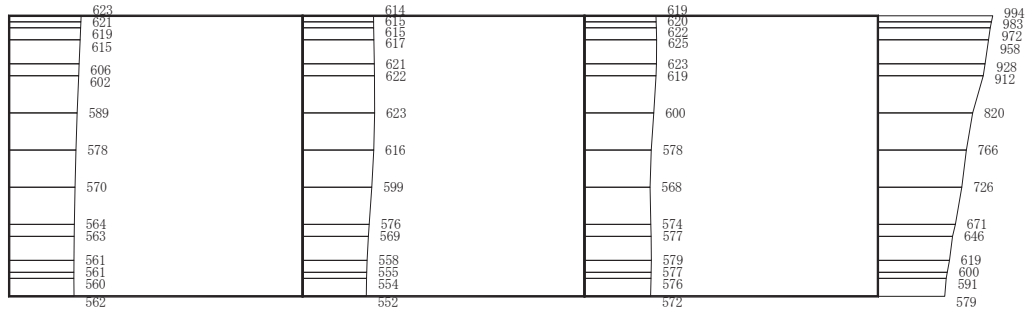
(a) S s - N 1 (++) 水平



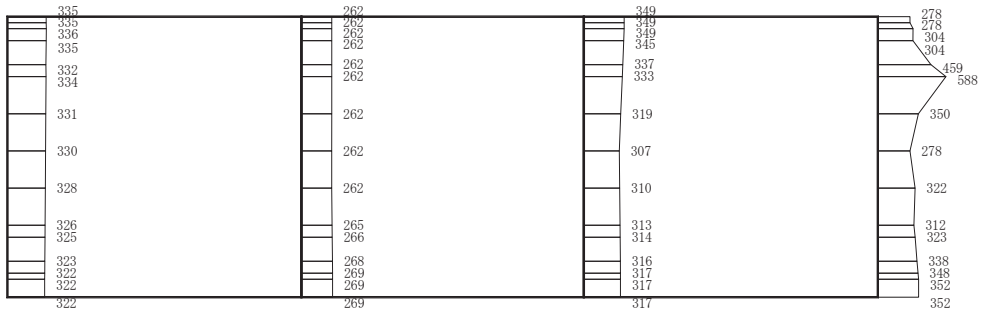
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-41 最大加速度分布図 (13/16) (解析ケース①)



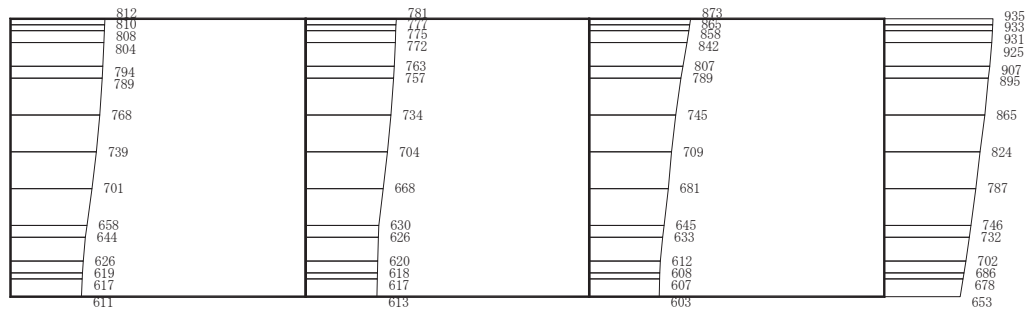
(a) S s - N 1 (-+) 水平



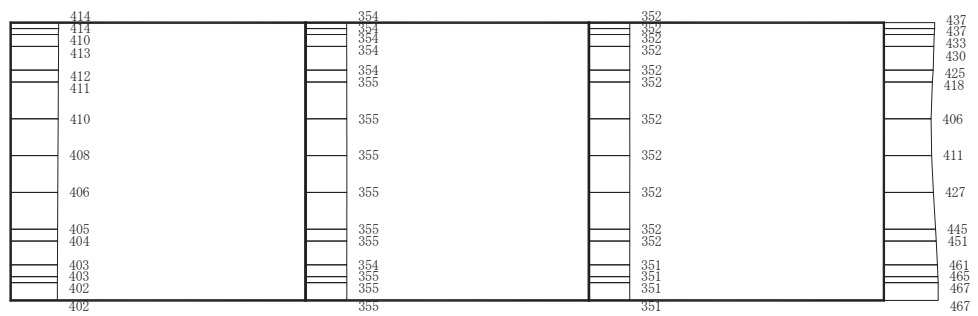
(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-42 最大加速度分布図 (14/16) (解析ケース①)



(a) S s - F 2 (++) 水平

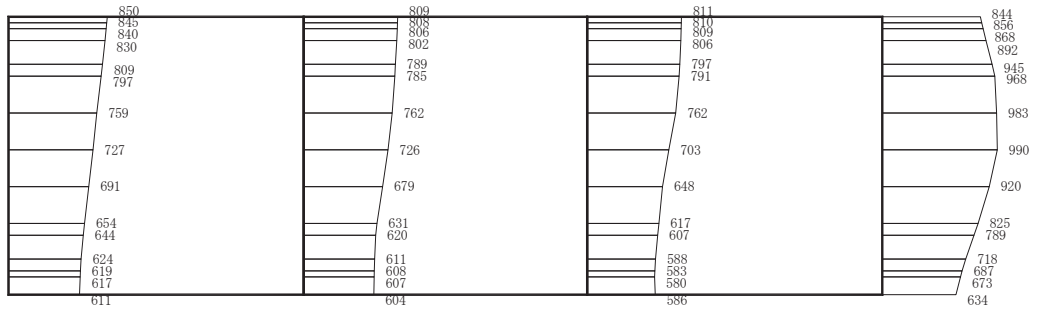


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

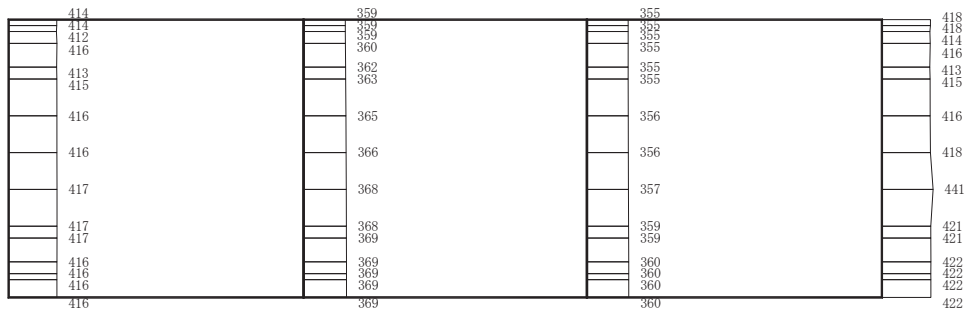
構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-43 最大加速度分布図 (15/16)

(解析ケース②：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース)



(a) S s - F 2 (++) 水平

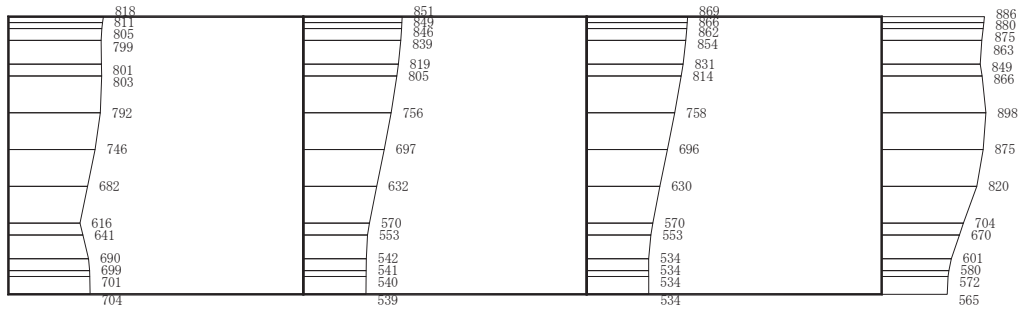


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

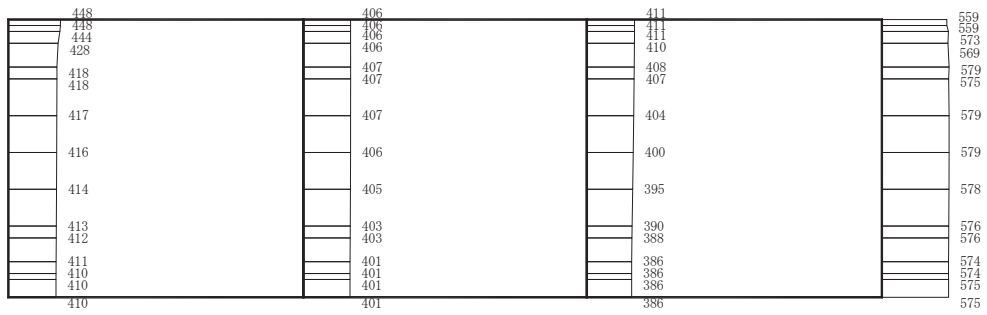
構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-44 最大加速度分布図 (16/16)

(解析ケース③：曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値ケース)



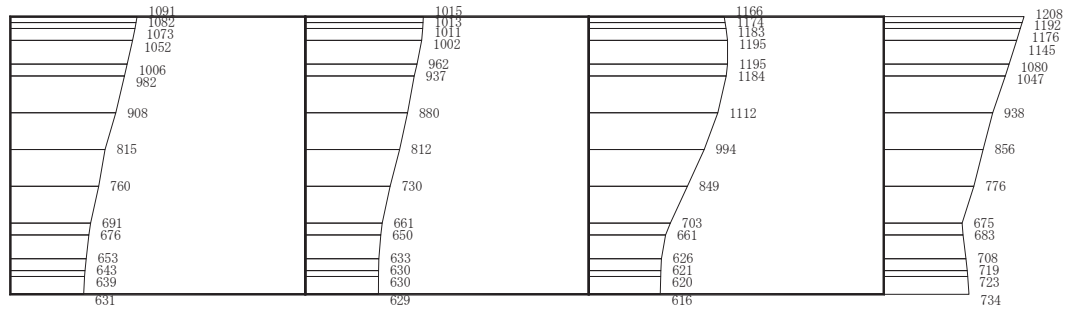
(a) S s - D 1 (++) 水平



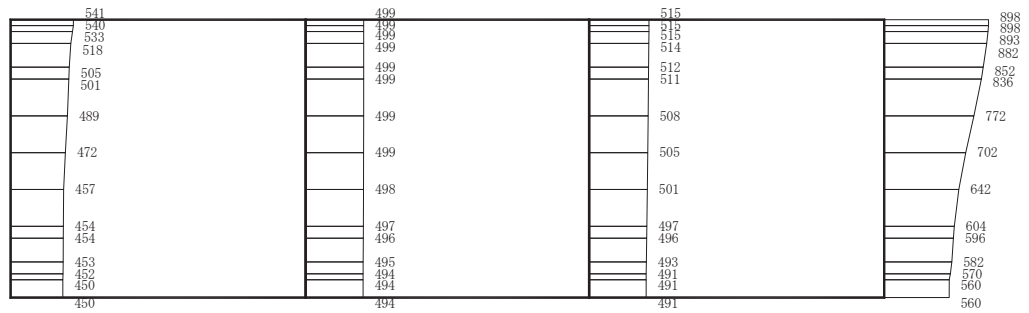
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-45 最大加速度分布図 (1/21) (解析ケース②)



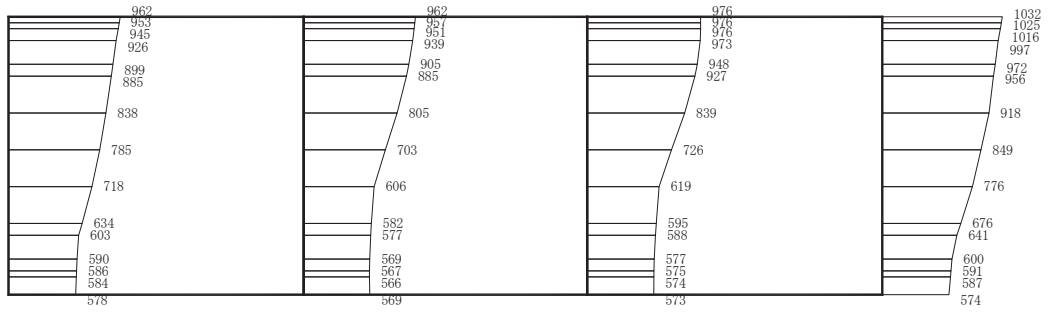
(a) S s - D 2 (++) 水平



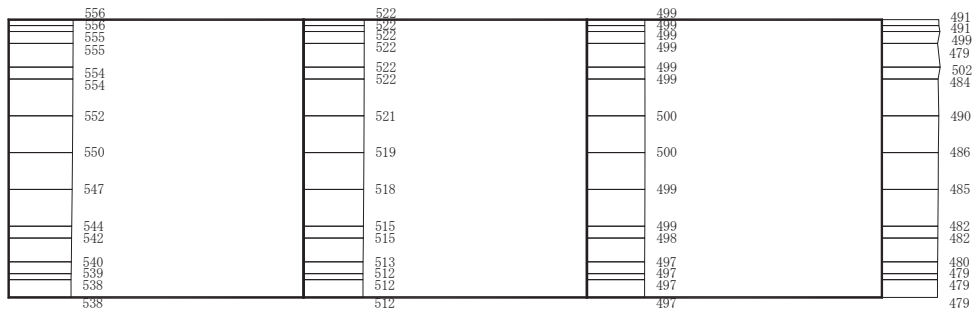
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-46 最大加速度分布図 (2/21) (解析ケース②)



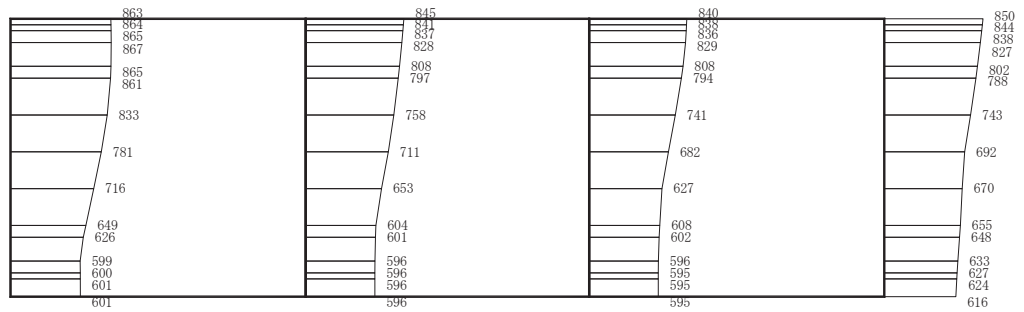
(a) S s - D 3 (++) 水平



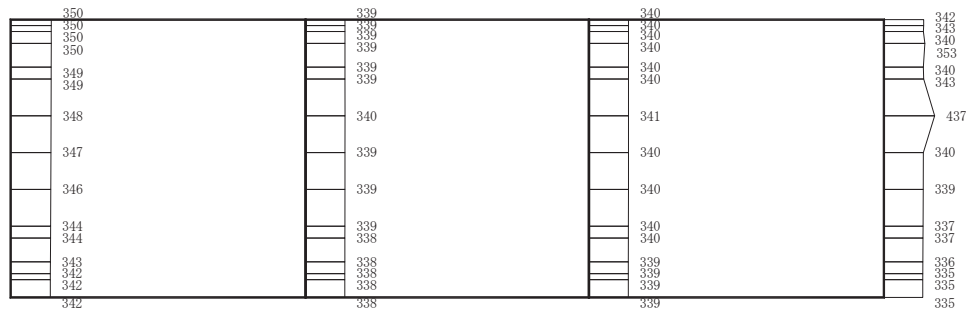
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-47 最大加速度分布図 (3/21) (解析ケース②)



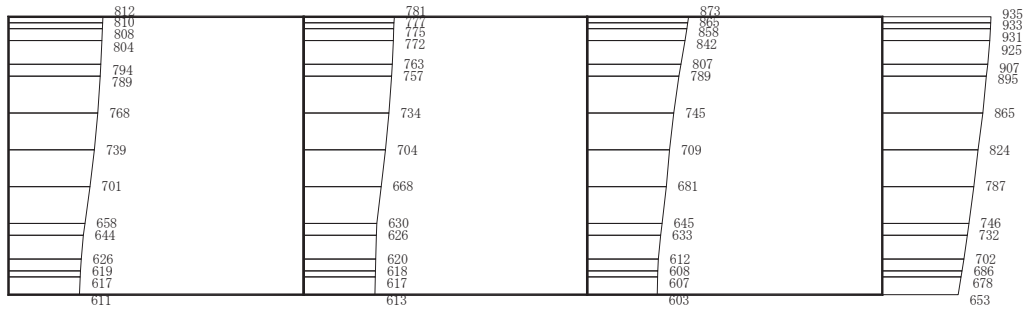
(a) S s - F 1 (++) 水平



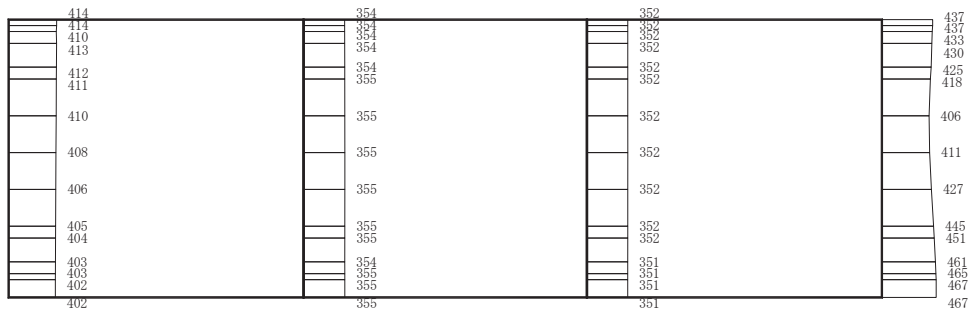
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-48 最大加速度分布図 (4/21) (解析ケース②)



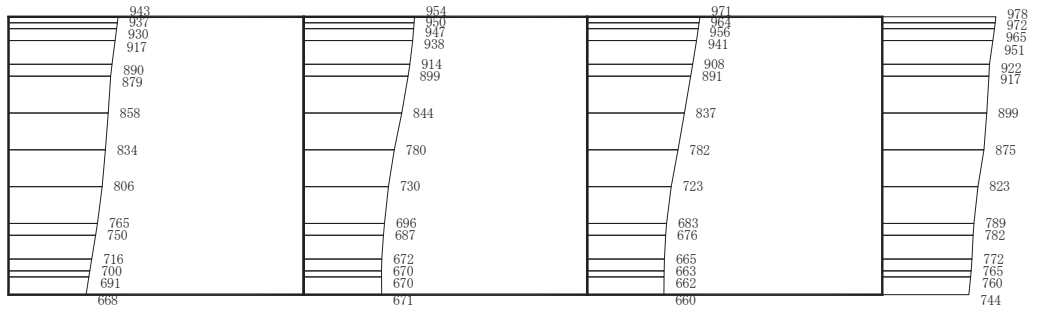
(a) S_s - F₂ (++) 水平



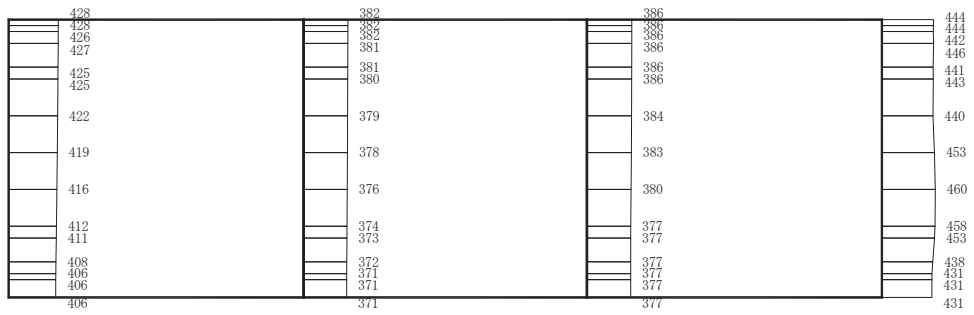
(b) S_s - F₂ (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-49 最大加速度分布図 (5/21) (解析ケース②) (図 4-43 の再掲)



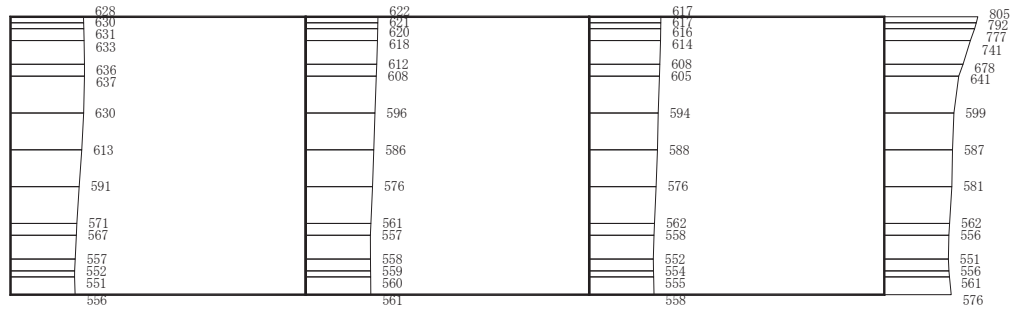
(a) S s - F 3 (++) 水平



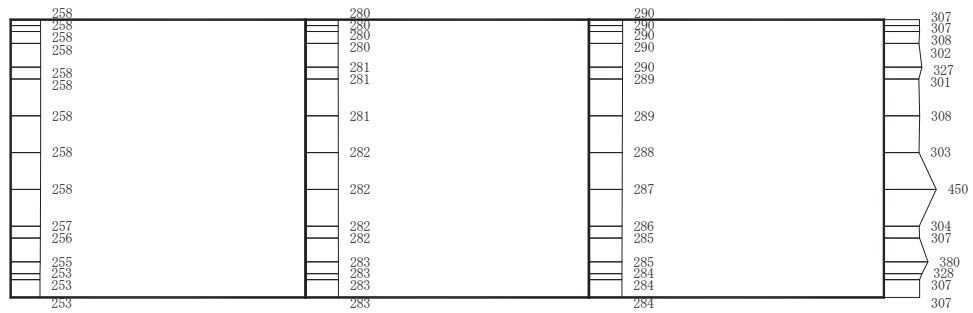
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-50 最大加速度分布図 (6/21) (解析ケース②)



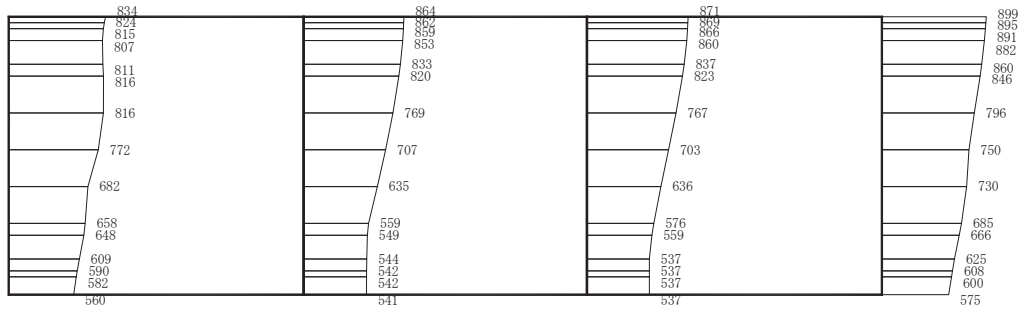
(a) S s - N 1 (++) 水平



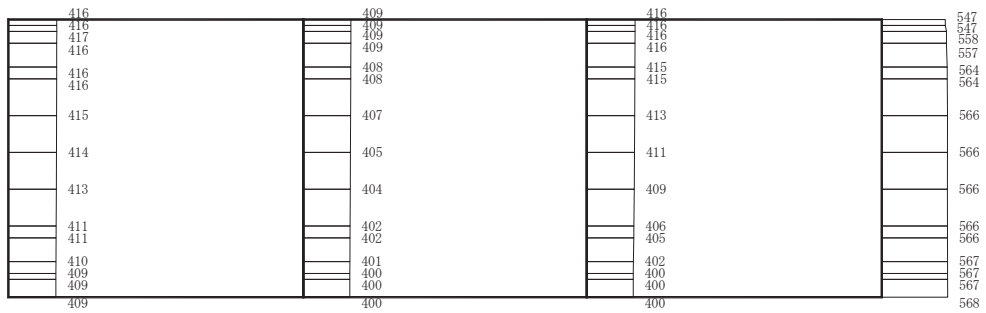
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-51 最大加速度分布図 (7/21) (解析ケース②)



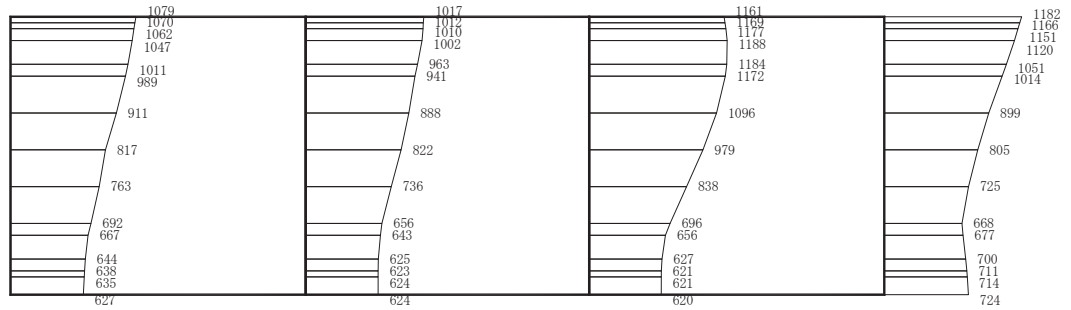
(a) S s - D 1 (++) 水平



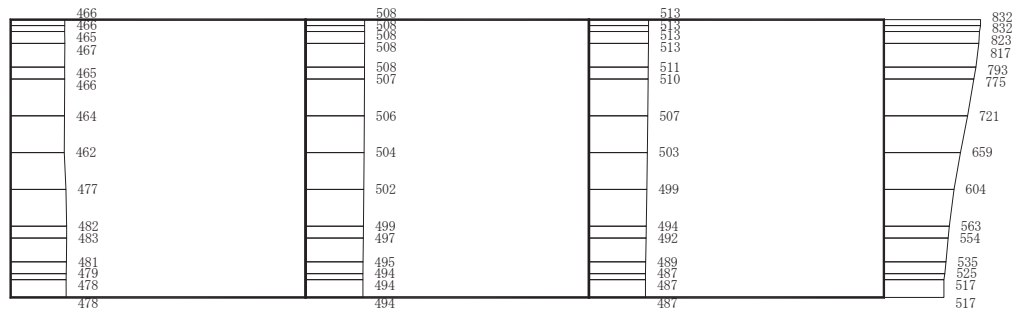
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール $0 \sim 2$ (m) 応答値スケール $0 \sim 1000$ (cm/s²)

図 4-52 最大加速度分布図 (8/21) (解析ケース③)



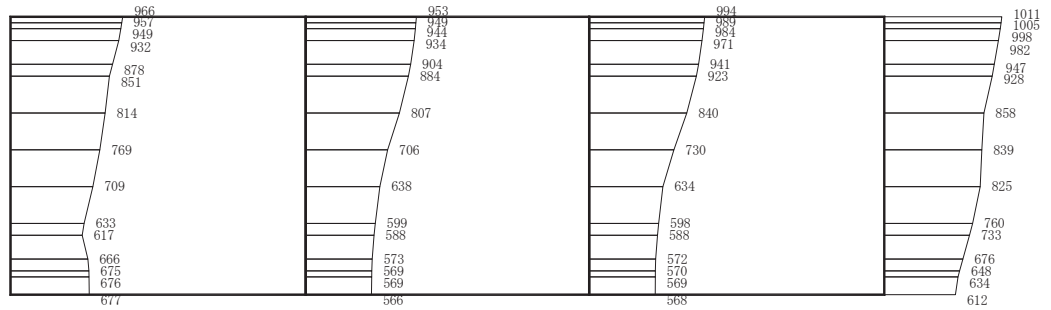
(a) S s - D 2 (++) 水平



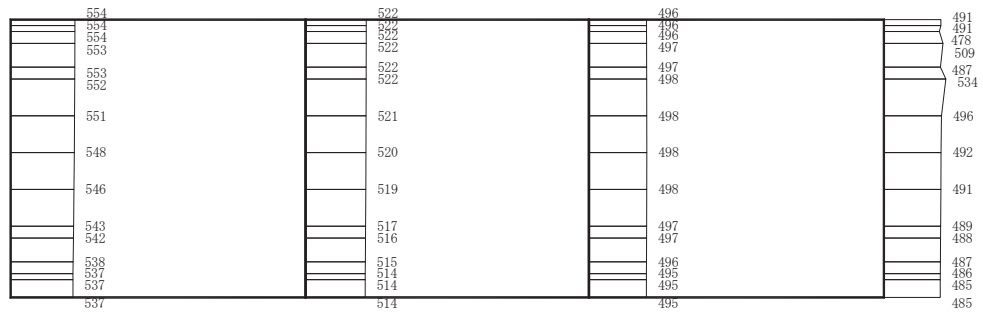
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m)
 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-53 最大加速度分布図 (9/21) (解析ケース③)



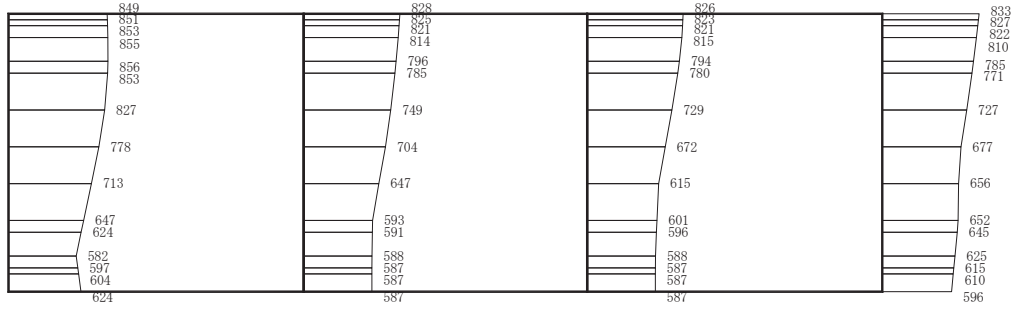
(a) S s - D 3 (++) 水平



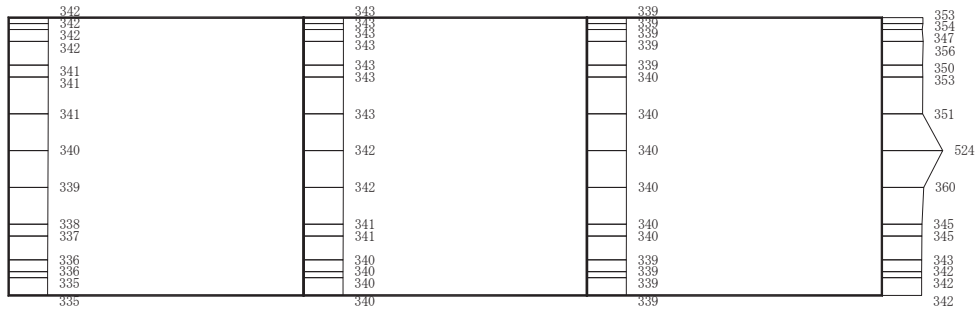
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-54 最大加速度分布図 (10/21) (解析ケース③)



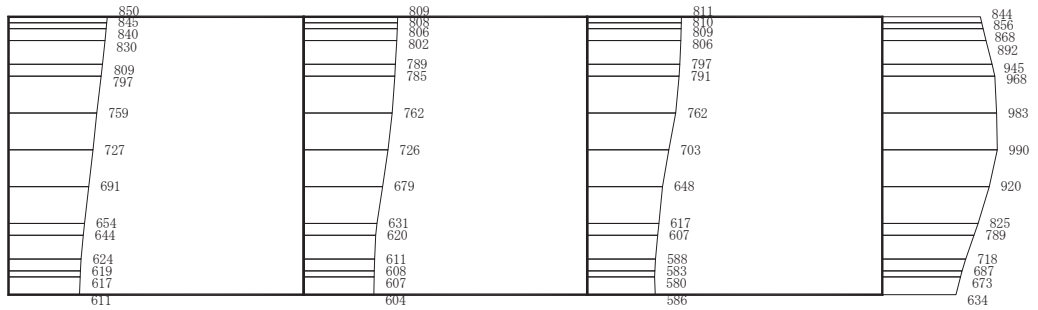
(a) S s - F 1 (++) 水平



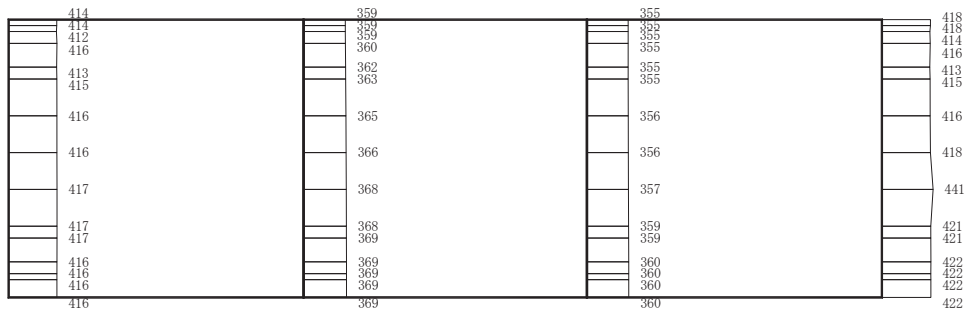
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-55 最大加速度分布図 (11/21) (解析ケース③)



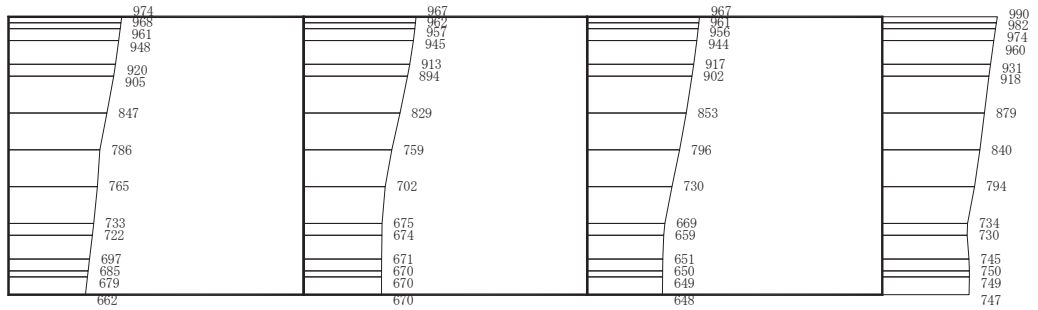
(a) S s - F 2 (++) 水平



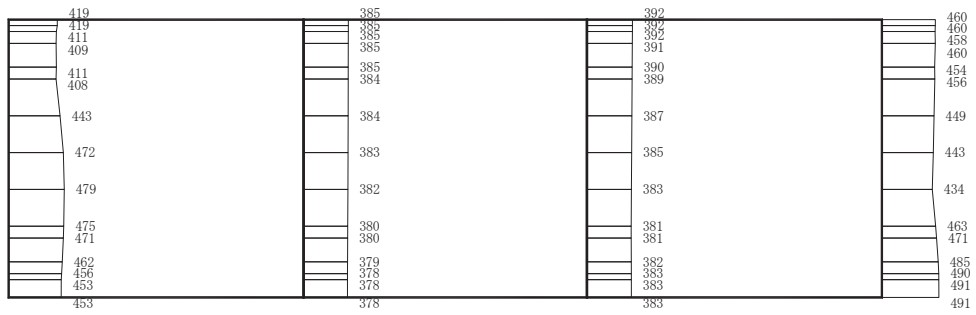
(b) S s - F 2 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \underline{\hspace{1cm}} \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-56 最大加速度分布図 (12/21) (解析ケース③) (図 4-44 の再掲)



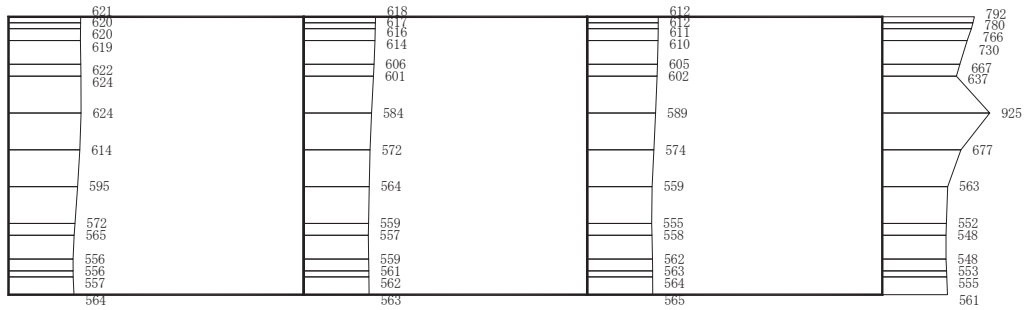
(a) S s - F 3 (++) 水平



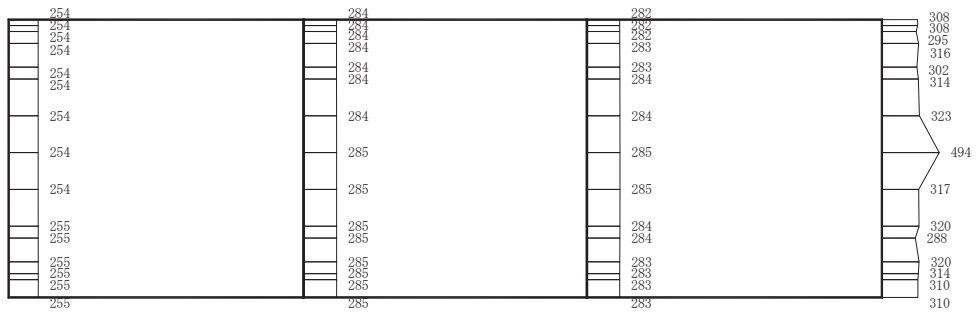
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-57 最大加速度分布図 (13/21) (解析ケース③)



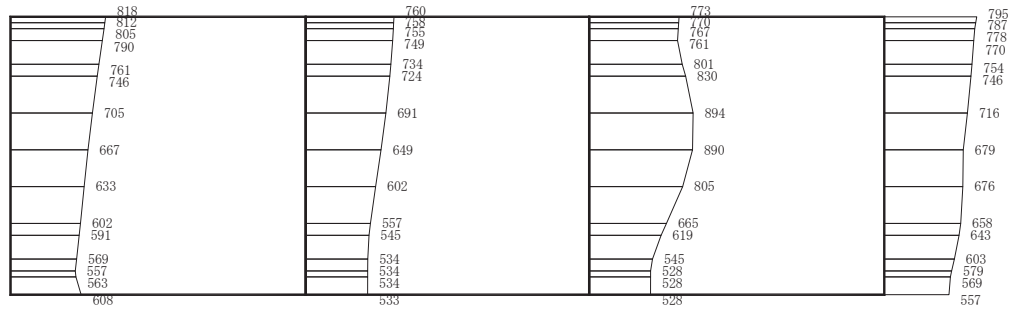
(a) S s - N 1 (++) 水平



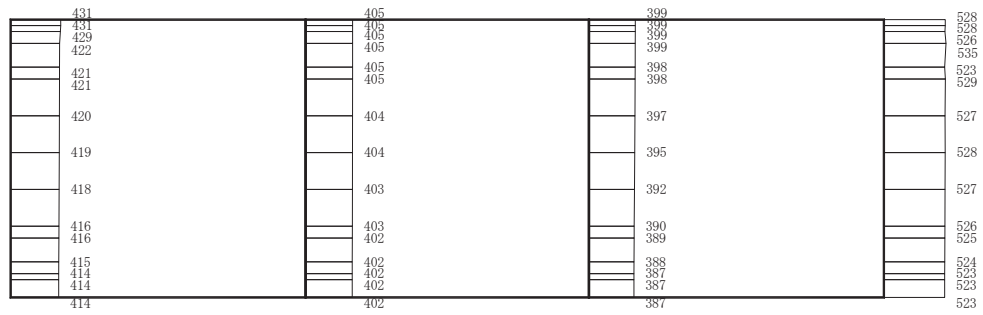
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 ——— 2 (m) 応答値スケール 0 ——— 1000 (cm/s²)

図 4-58 最大加速度分布図 (14/21) (解析ケース③)



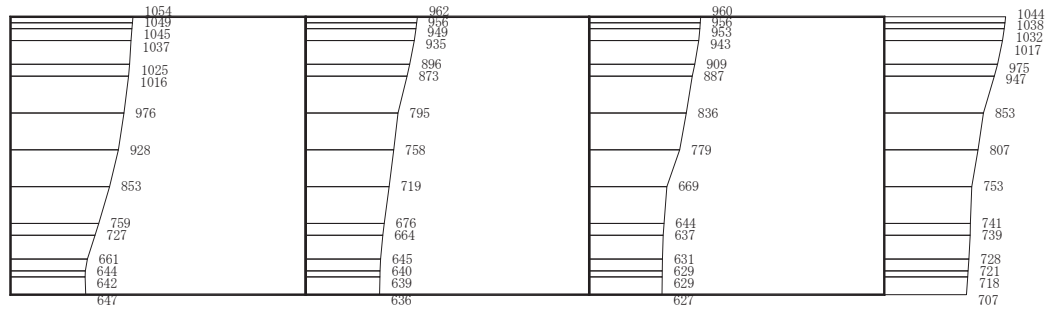
(a) S s - D 1 (++) 水平



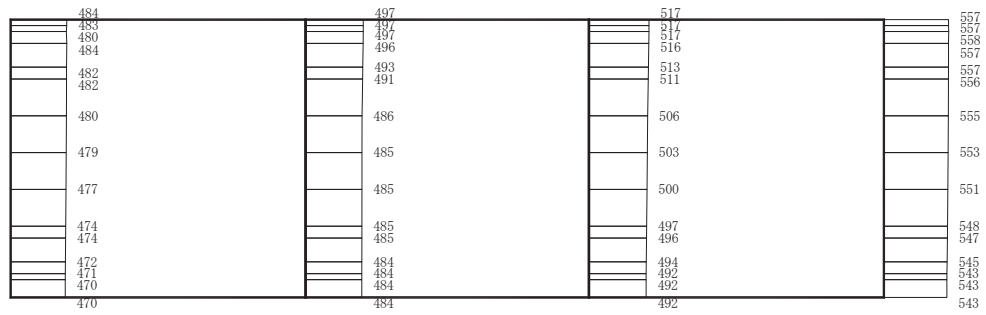
(b) S s - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-59 最大加速度分布図 (15/21) (解析ケース④)



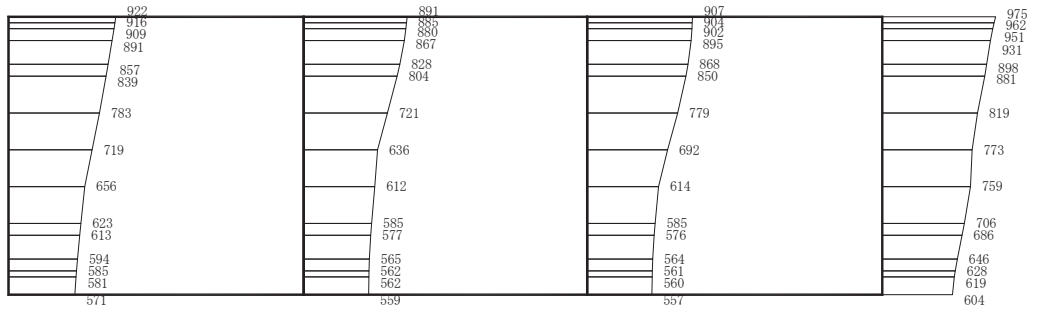
(a) S s - D 2 (++) 水平



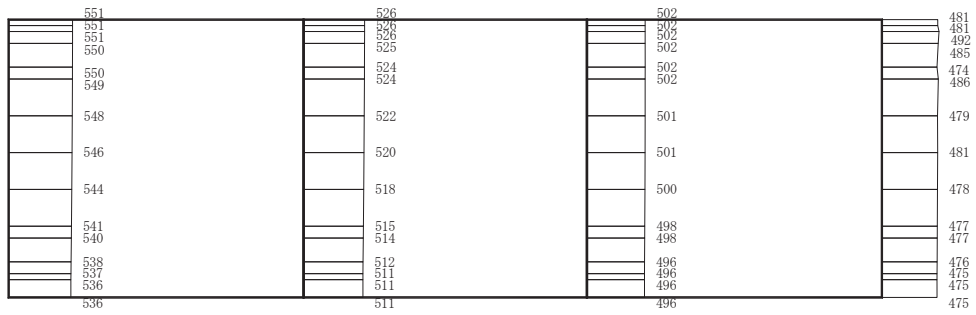
(b) S s - D 2 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-60 最大加速度分布図 (16/21) (解析ケース④)



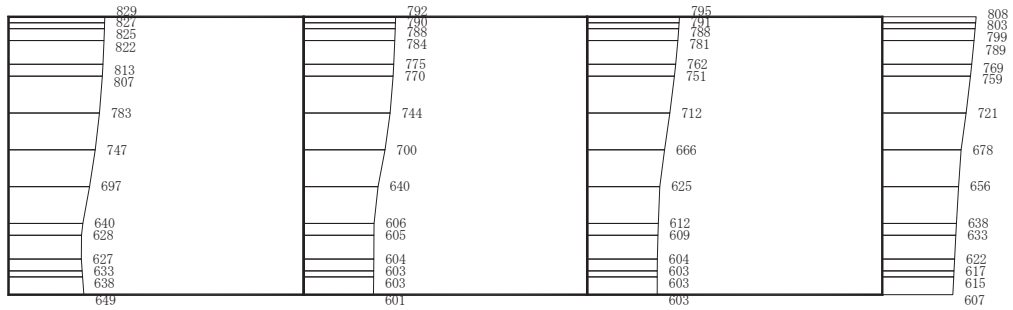
(a) S s - D 3 (++) 水平



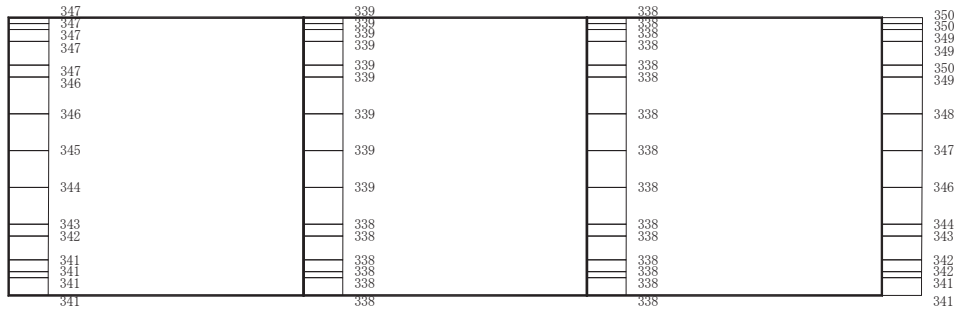
(b) S s - D 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-61 最大加速度分布図 (17/21) (解析ケース④)



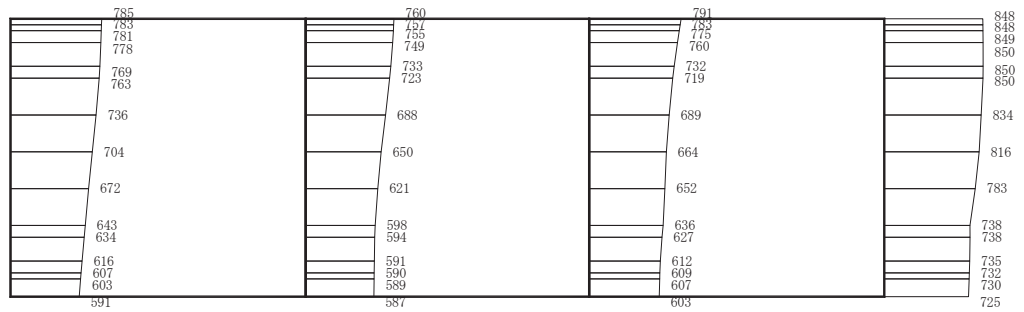
(a) S s - F 1 (++) 水平



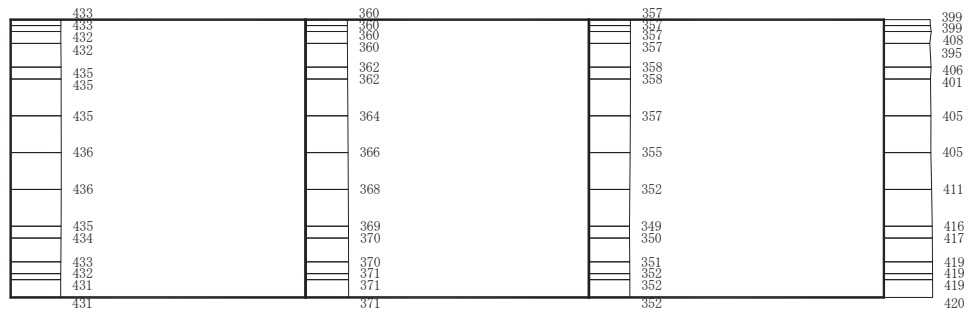
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-62 最大加速度分布図 (18/21) (解析ケース④)



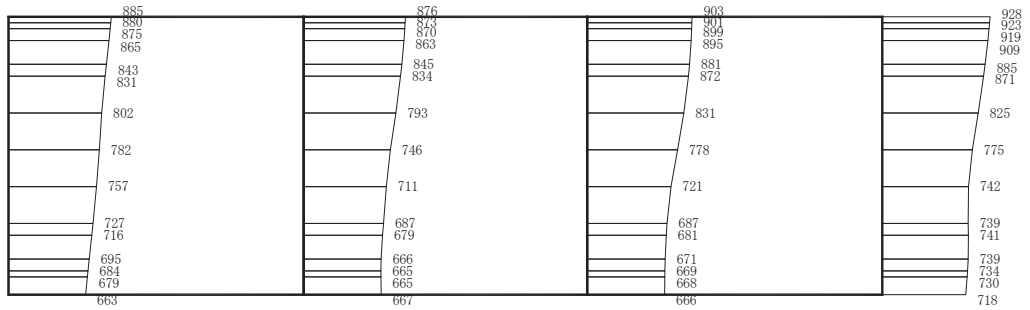
(a) $S_s - F_2 (++)$ 水平



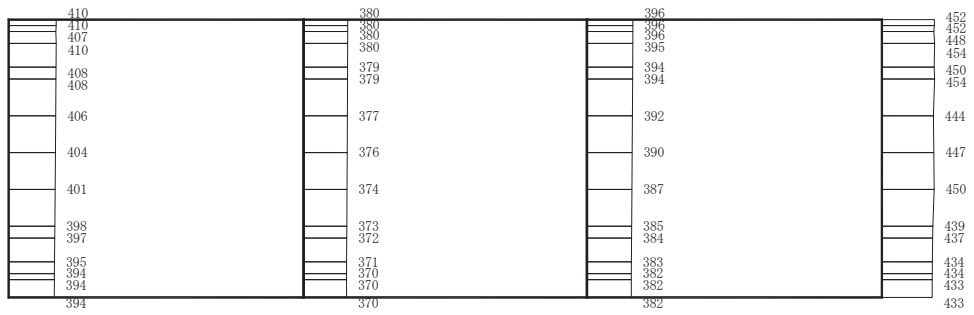
(b) $S_s - F_2 (++)$ 鉛直

構造スケール $0 \quad \quad \quad 2$ (m) 応答値スケール $0 \quad \quad \quad 1000$ (cm/s²)

図 4-63 最大加速度分布図 (19/21) (解析ケース④)



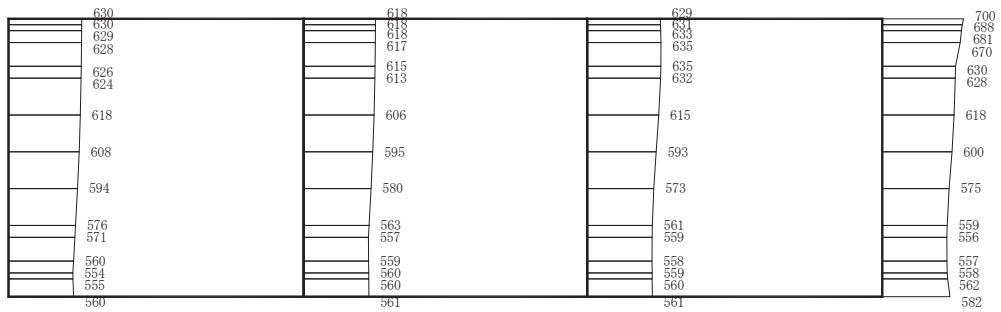
(a) S s - F 3 (++) 水平



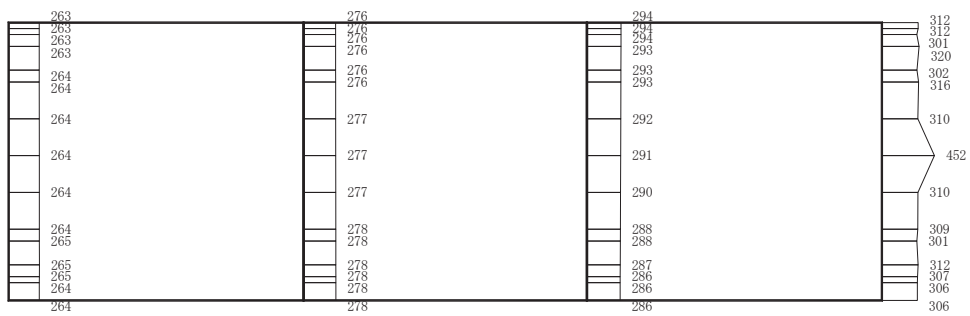
(b) S s - F 3 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-64 最大加速度分布図 (20/21) (解析ケース④)



(a) S s - N 1 (++) 水平



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 2 (m) 応答値スケール 0 1000 (cm/s²)

図 4-65 最大加速度分布図 (21/21) (解析ケース④)

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

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.4 適用基準	9
3. 耐震評価	10
3.1 地震時荷重算出断面及び解析手法の選定	10
3.2 使用材料及び材料の物性値	12
3.3 許容限界	13
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	13
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	14
3.4 評価方法	15
3.4.1 構造部材の健全性評価	15
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	19
4. 構造部材の地震時応答	20
5. 耐震評価結果	30
5.1 構造部材の健全性及び支持機能に対する評価結果	30
5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	33

1. 概要

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

ガスタービン発電設備軽油タンク室に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析により算定した荷重を三次元構造解析モデルに作用させて、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

ガスタービン発電設備軽油タンク室の位置を図2-1に示す。

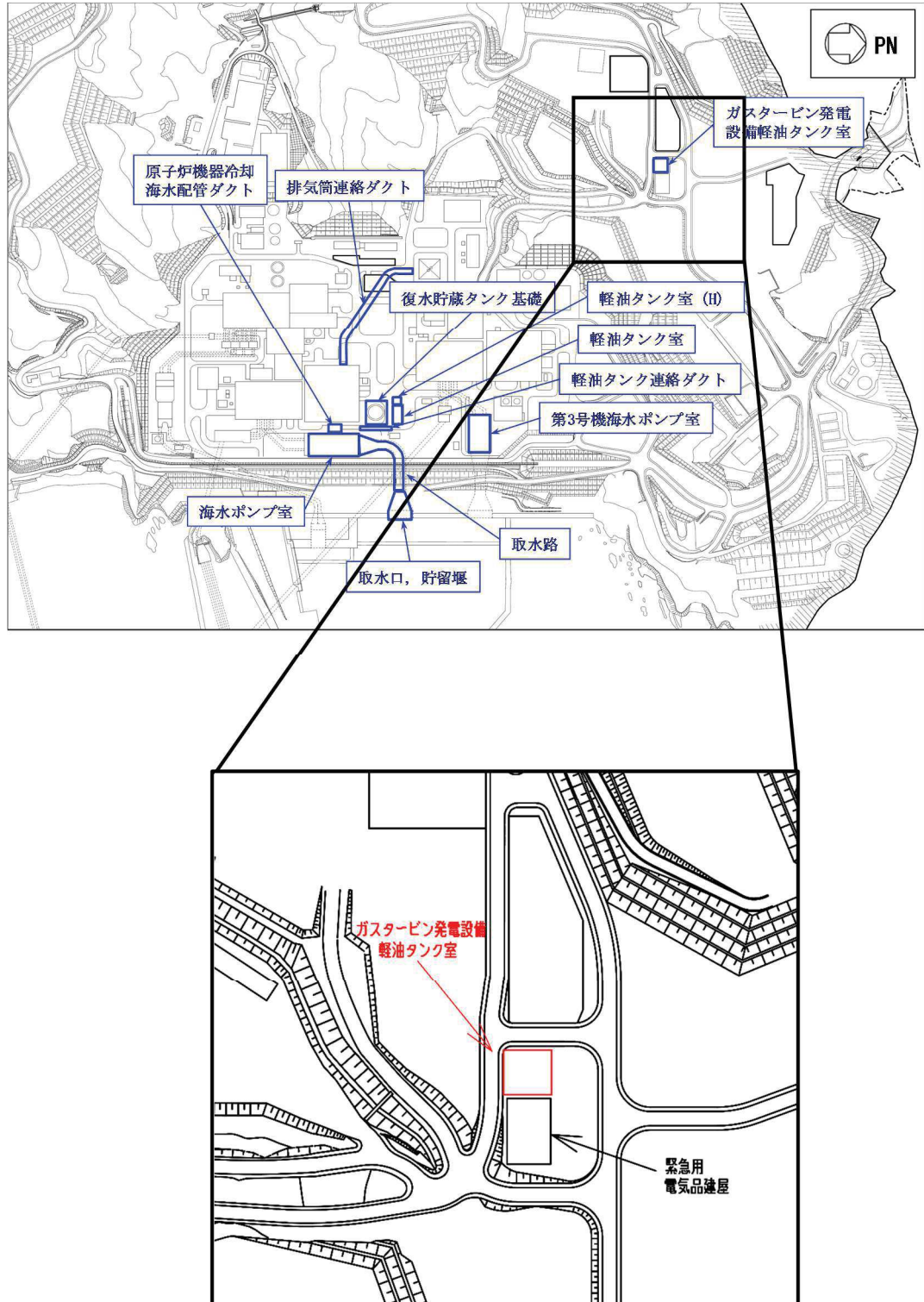


図2-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の位置図

2.2 構造概要

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

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

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

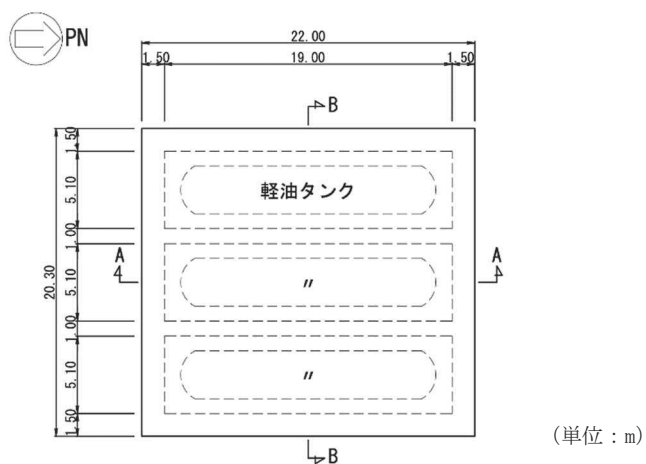


図 2-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室平面図

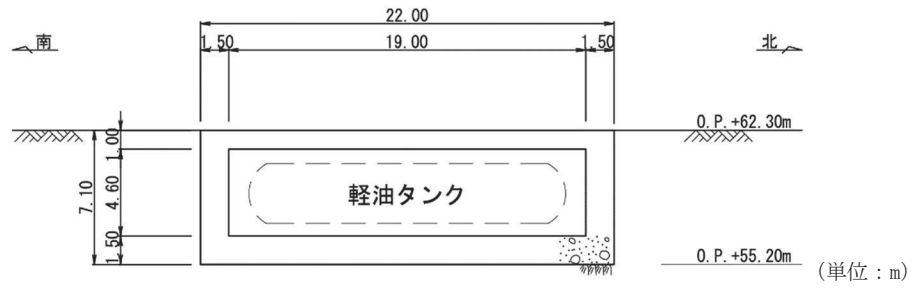


図 2-3 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (A-A 断面, 南北)

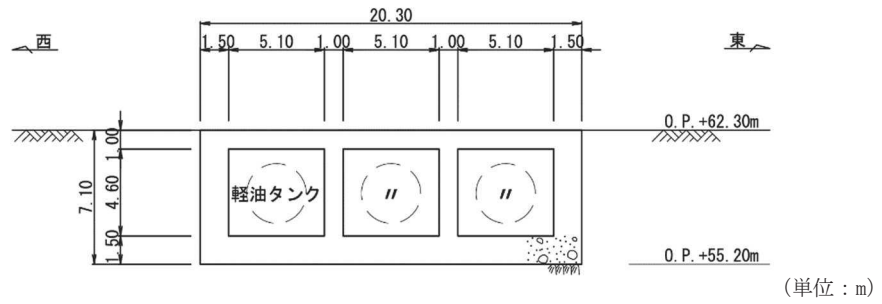


図 2-4 ガスタービン発電設備軽油タンク室断面図 (B-B 断面, 東西)

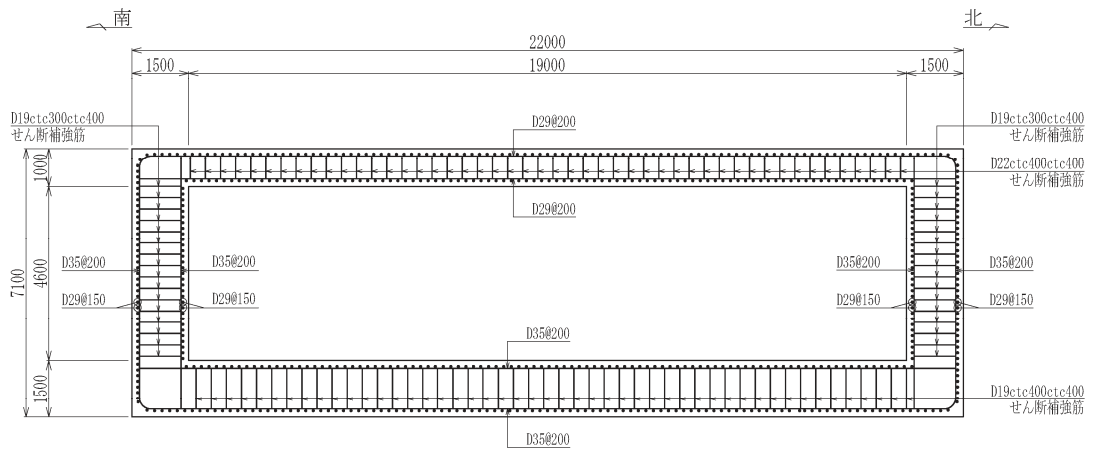


図 2-5 ガスタービン発電設備軽油タンク室概略配筋図 (A-A 断面, 南北)

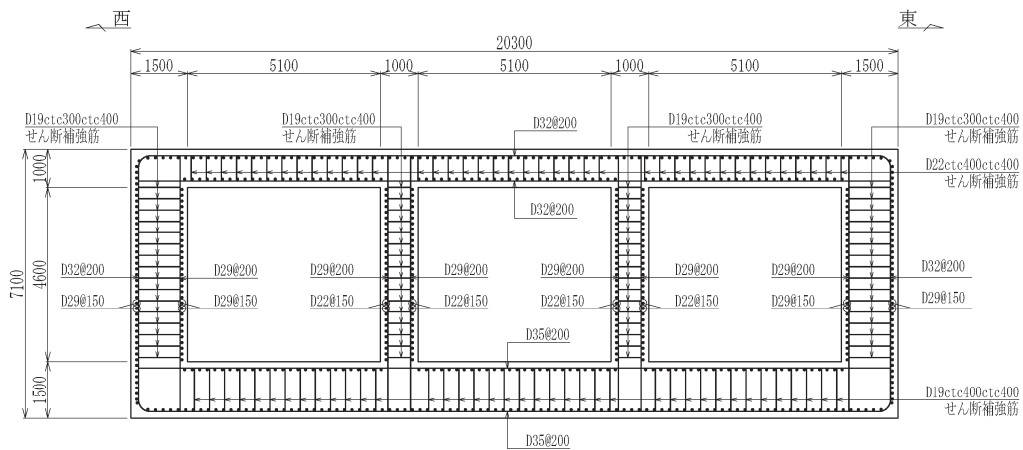


図 2-6 ガスタービン発電設備軽油タンク室概略配筋図 (B-B 断面, 東西)

2.3 評価方針

ガスタービン発電設備軽油タンク室は、常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設に分類される。

ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価フローを図2-7に示す。

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

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有すること並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を支持する機能を損なわないことを確認する。

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

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

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

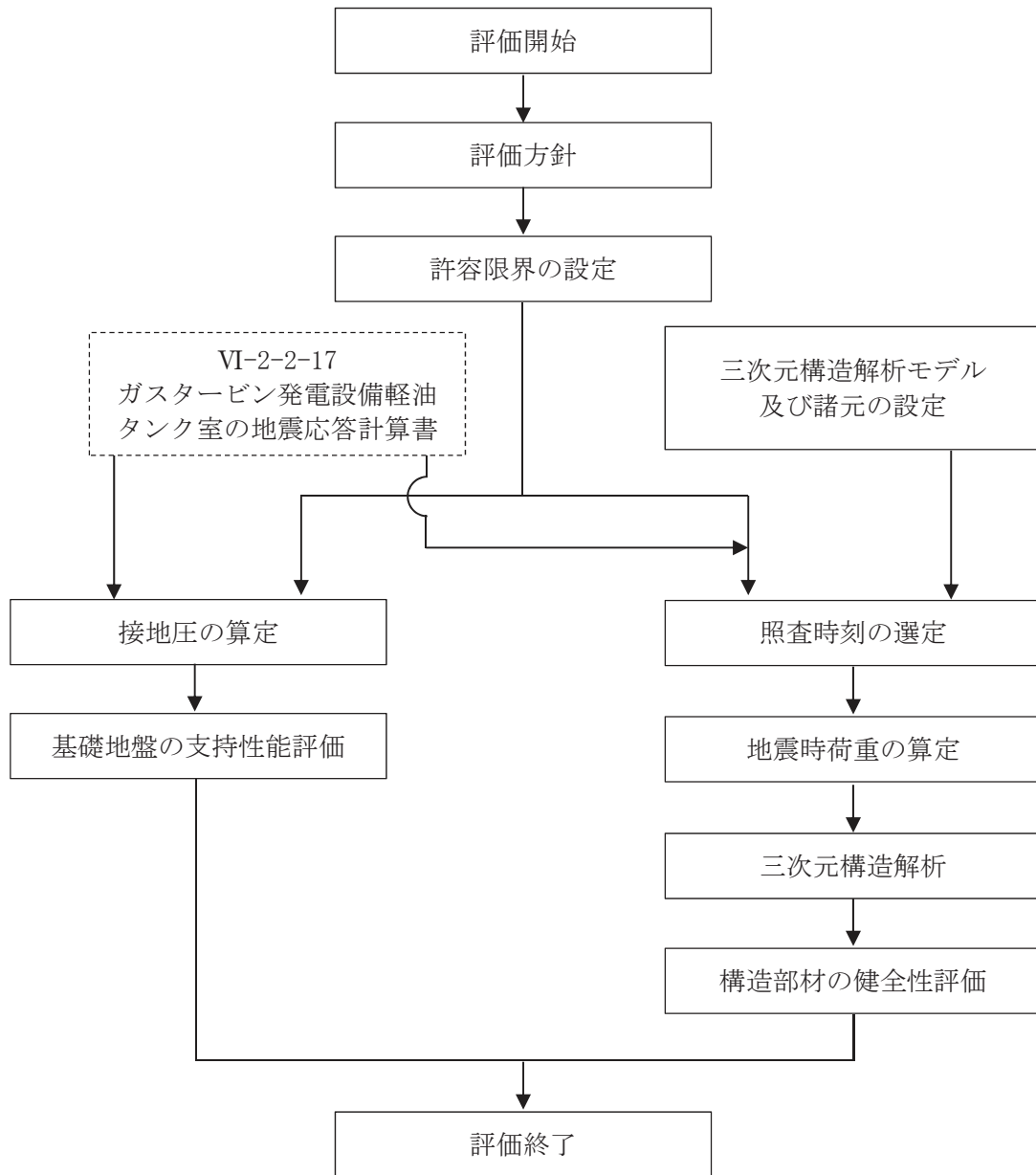


図 2-7 ガスタービン発電設備軽油タンク室の耐震評価フロー

表 2-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を支持する機能を損なわないこと	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	発生する応力が許容限界を下回ることを確認	曲げ・軸力	短期許容応力度
				せん断力	短期許容せん断力
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認	岩盤の極限支持力*	

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）
- 道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- 道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）

3. 耐震評価

3.1 地震時荷重算出断面及び解析手法の選定

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

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

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

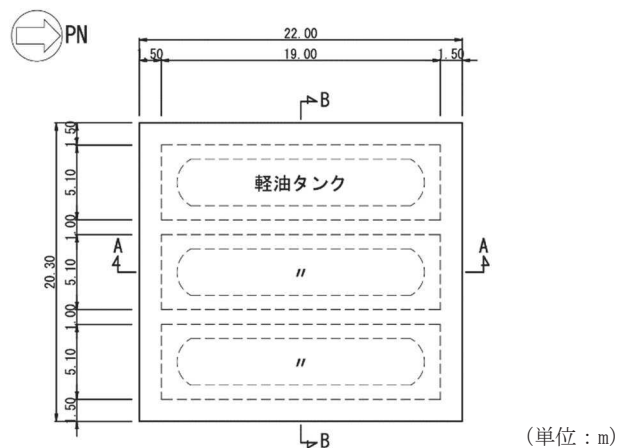


図 3-1 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震時荷重算出断面位置図

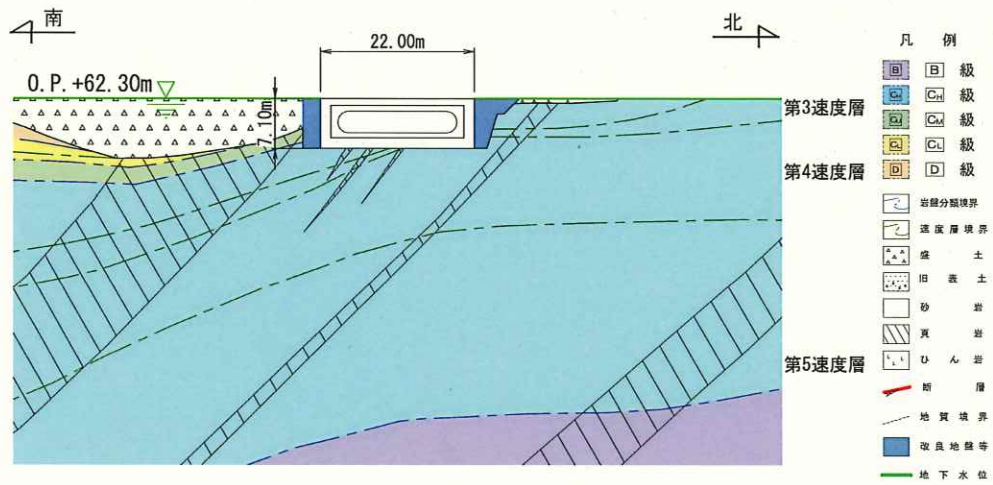


図 3-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室 地震時荷重算出用地質断面図
(A-A 断面, 南北)

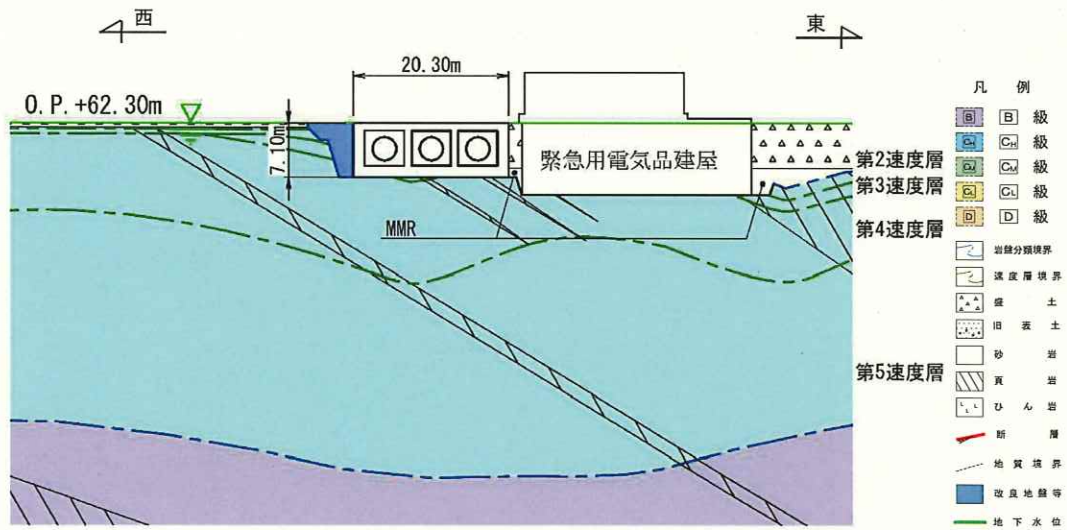


図 3-3 ガスタービン発電設備軽油タンク室 地震時荷重算出用地質断面図
(B-B 断面, 東西)

O 2 ③ VI-2-2-18 R 0

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1, 材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料	仕様
コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-2 材料の物性値 (構造部材)

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

注記* : 新設構造物のため, 推定した圧縮強度とする。

3.3 許容限界

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

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 3-3 及び表 3-4 に示す。

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

表 3-3 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	f'ck=24.0(N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ'_{ca}	9.0
許容せん断応力度 τ_{al}		0.45	0.675

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

表 3-4 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	SD345	許容引張応力度 σ_{sa}	196

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

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を支持する機能を損なわないことの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、表 3-3 及び表 3-4 に示すコンクリートと鉄筋の短期許容応力度から算定した短期許容せん断力とする。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

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

基礎地盤（牧の浜部層）の許容限界を表 3-5 に示す。

表 3-5 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

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

3.4 評価方法

3.4.1 構造部材の健全性評価

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

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

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

(1) 解析モデル

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

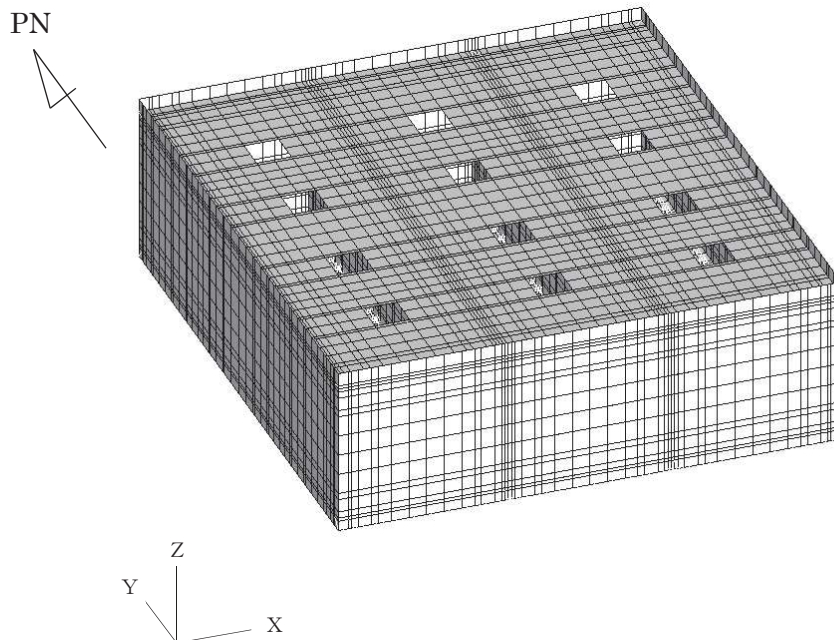


図3-4 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図）

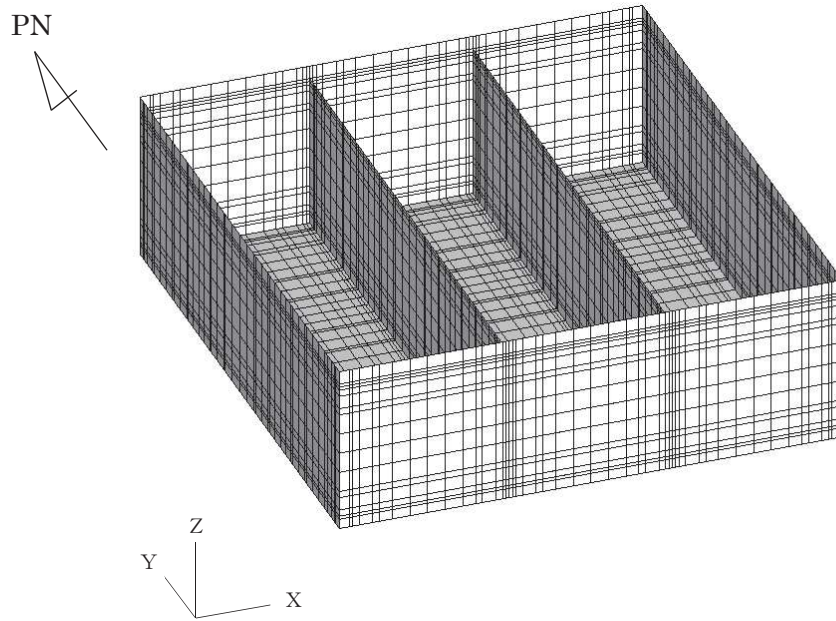


図3-5 三次元構造解析モデル図（鳥瞰図（頂版非表示））

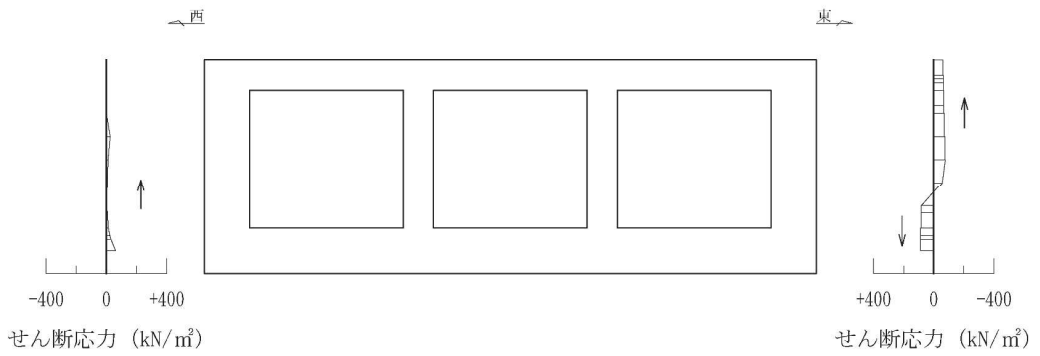
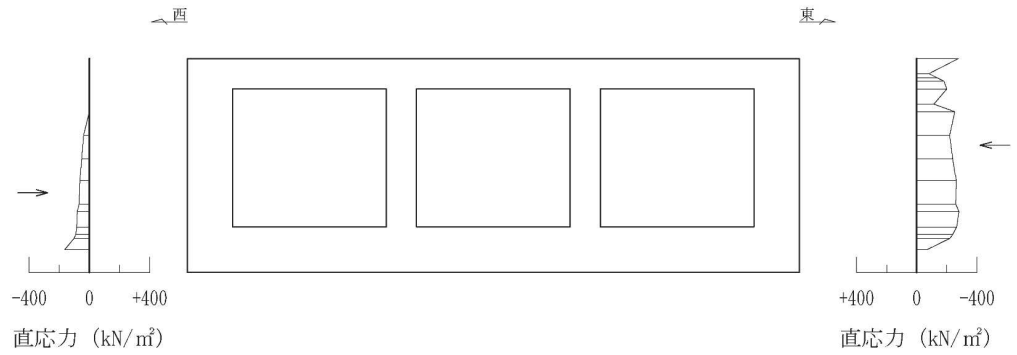
(2) 照査時刻

構造部材の健全性評価において、照査時刻は構造的な特徴を踏まえ、損傷モードごと及び部材ごとに評価が厳しくなる時刻を地震応答解析の結果から複数選定する。表 3-6 に照査時刻の選定の考え方を示す。

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

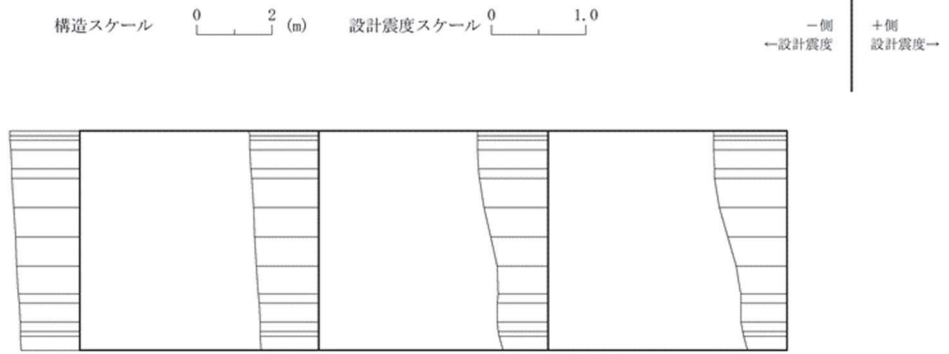
表 3-6 照査時刻の考え方

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

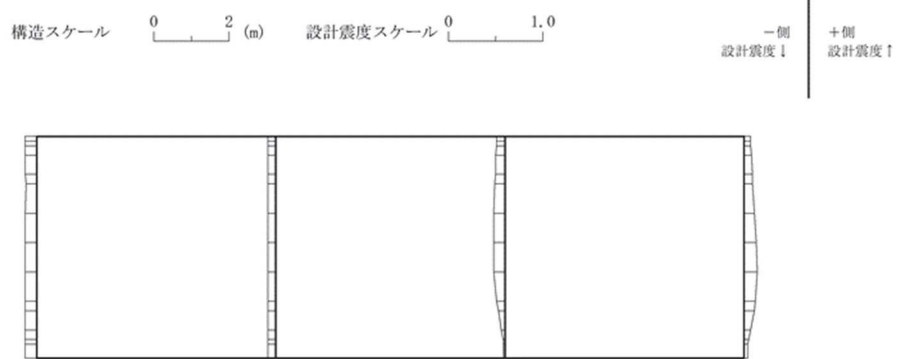


図中の矢印は荷重の作用方向を示す

図 3-6 作用荷重分布図 (直応力及びせん断応力)
(解析ケース①, $S_s - F_2$ (++))



設計水平震度



設計鉛直震度

図 3-7 作用荷重分布図 (設計震度分布)
(解析ケース①, S s - F 2 (++))

(3) 入力荷重

三次元構造解析の入力荷重は、設計値及び添付書類「VI-2-2-17 ガスタービン発電設備軽油タンク室の地震応答計算書」より得られた地震応答解析に基づく「(2) 照査時刻」で選定した照査時刻における応答値を用いて算定する。入力荷重の一覧を表 3-7 に示す。

表 3-7 三次元構造解析における入力荷重

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

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

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

4. 構造部材の地震時応答

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

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

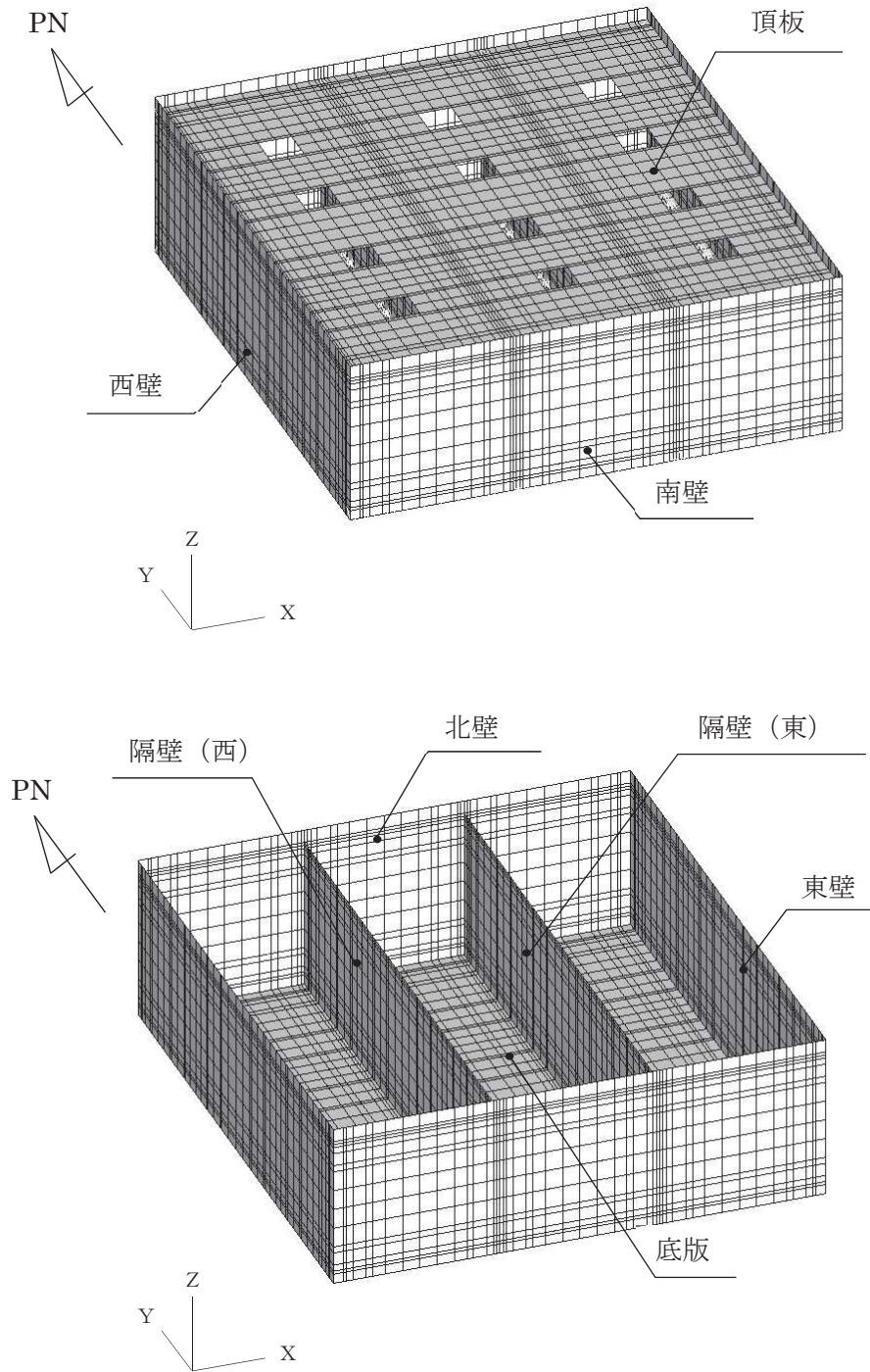
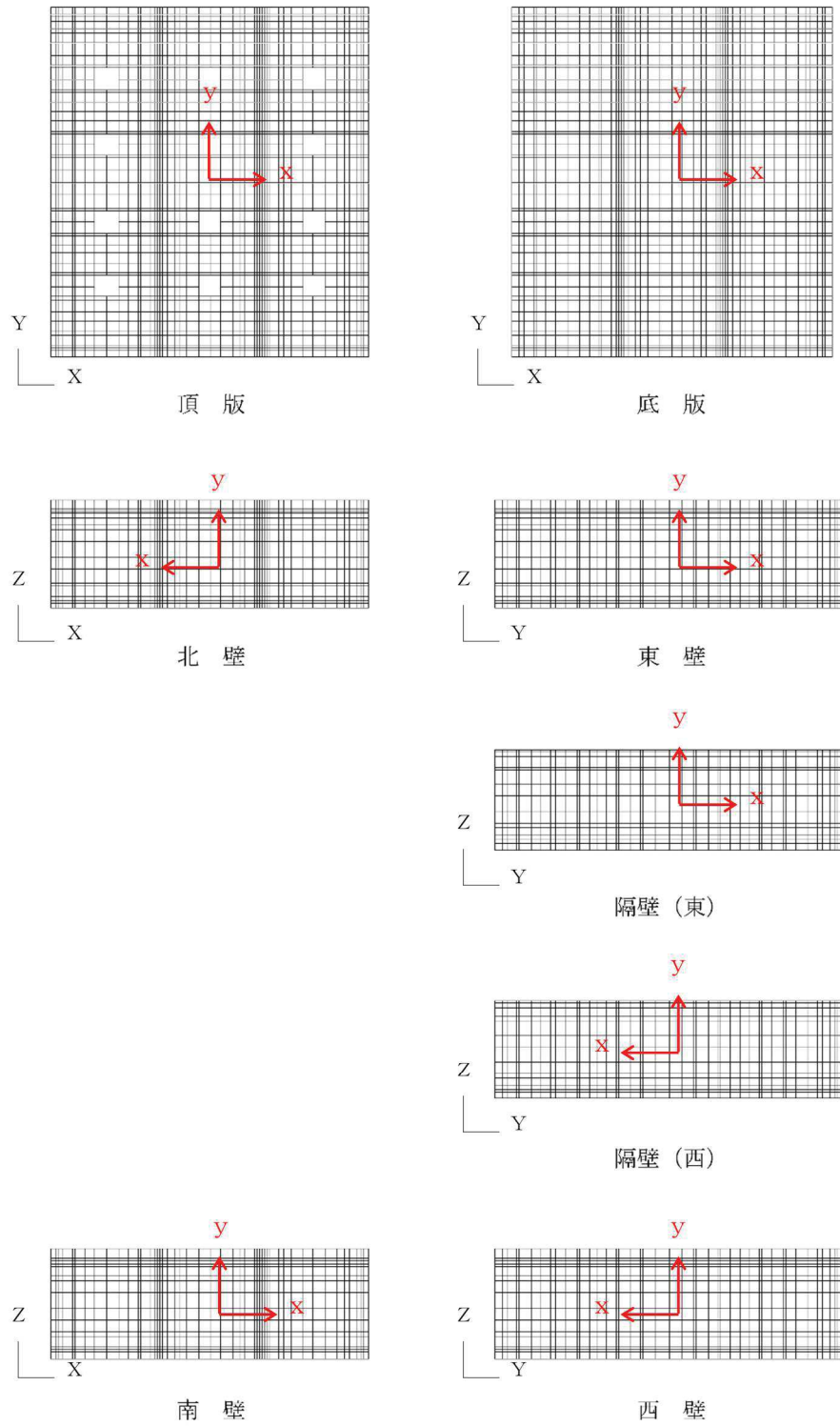


図4-1 各部材位置



黒：全体座標系を示す
赤：要素座標系を示す

図 4-2 各部材の要素座標系

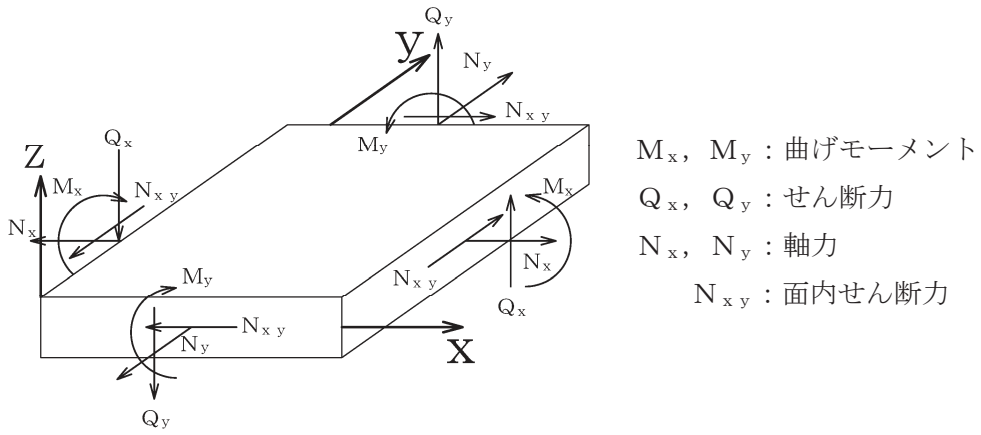


図 4-3 シェル要素における断面力の方向

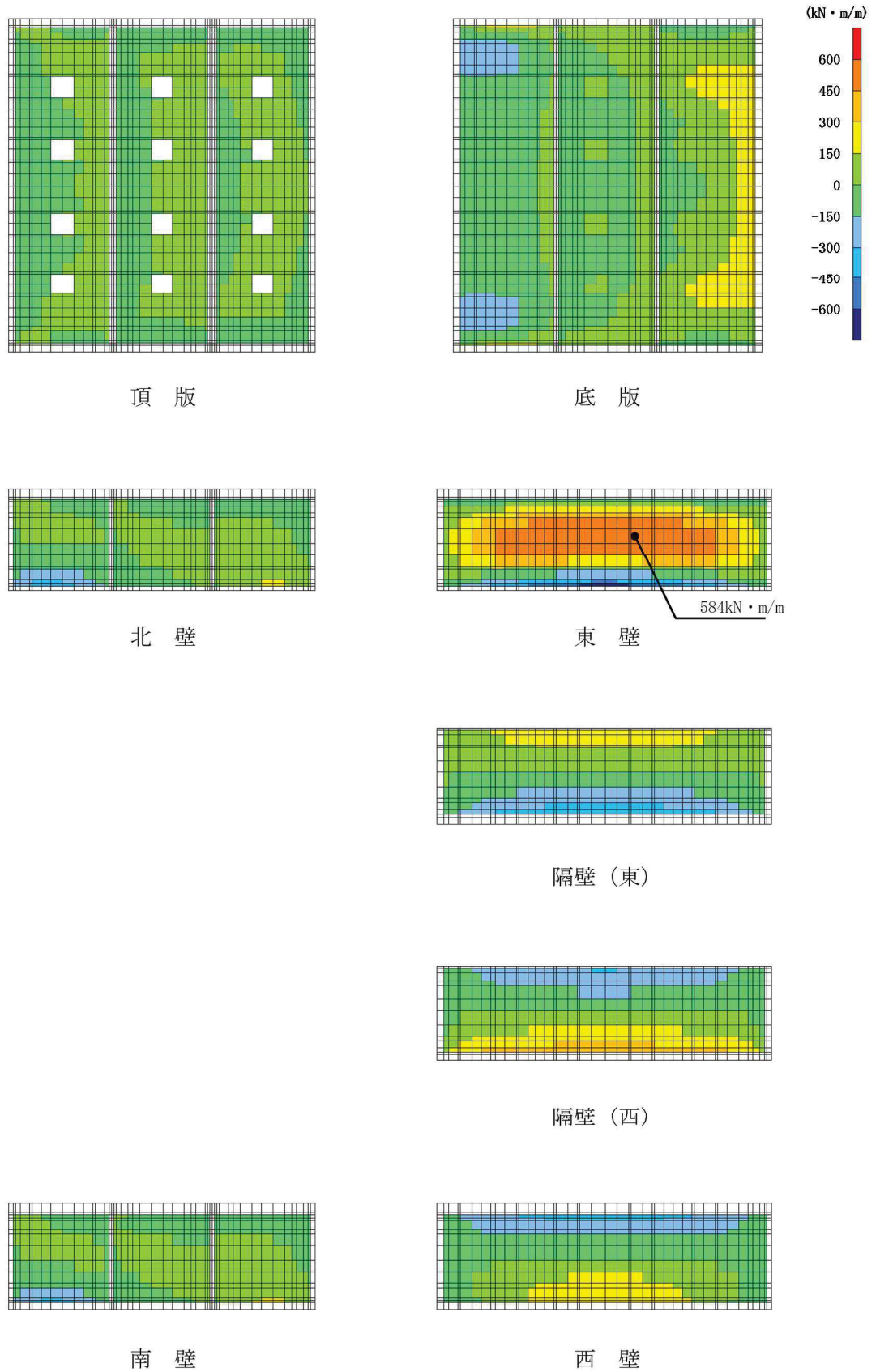


図 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (曲げモーメント (kN · m/m) : M_y)
 (東壁, 解析ケース①, $S_s - F_2$ (++)

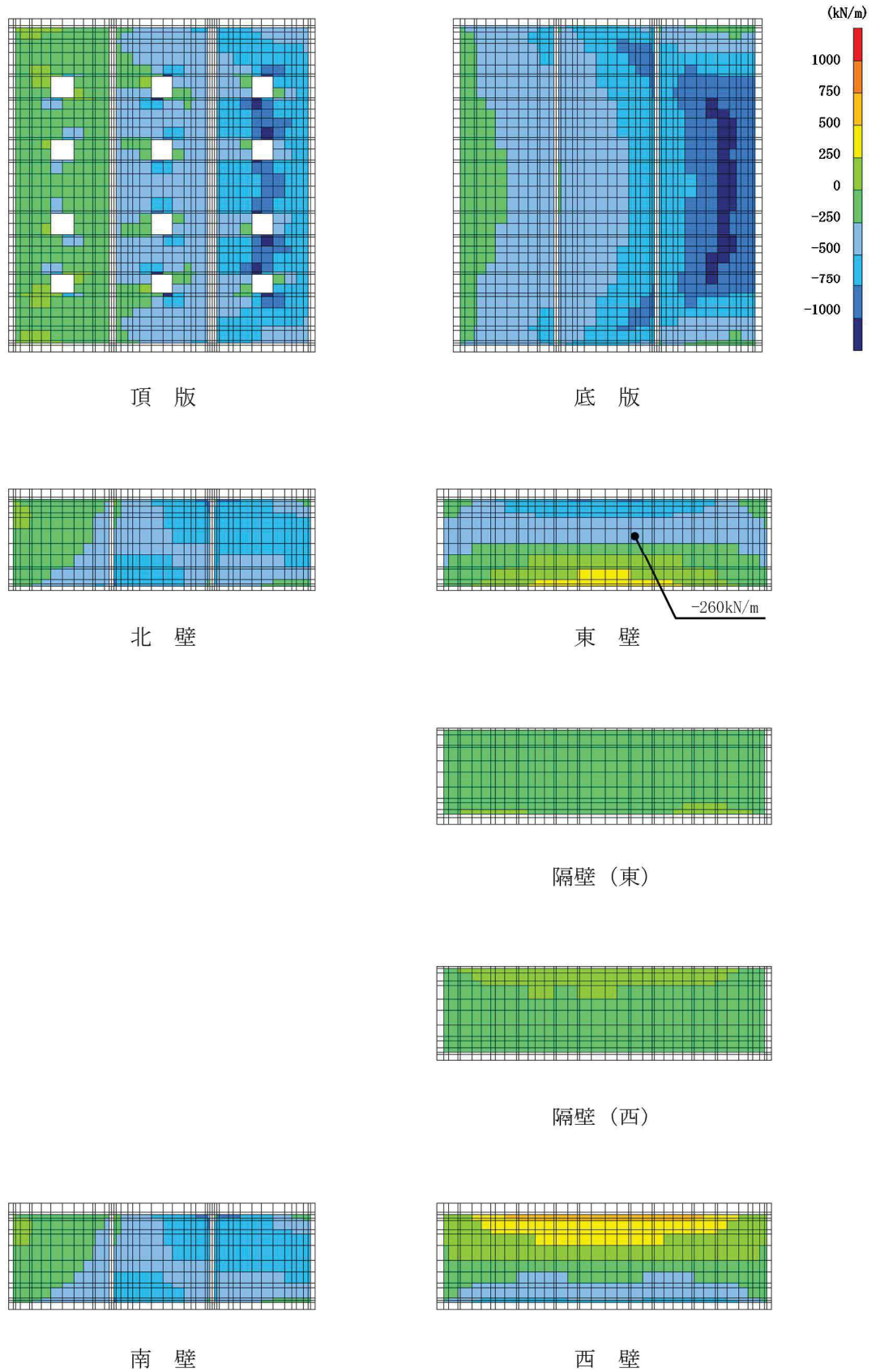


図 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(軸力 (kN/m) : N_x)

(東壁, 解析ケース①, $S_s - F_2$ (++))

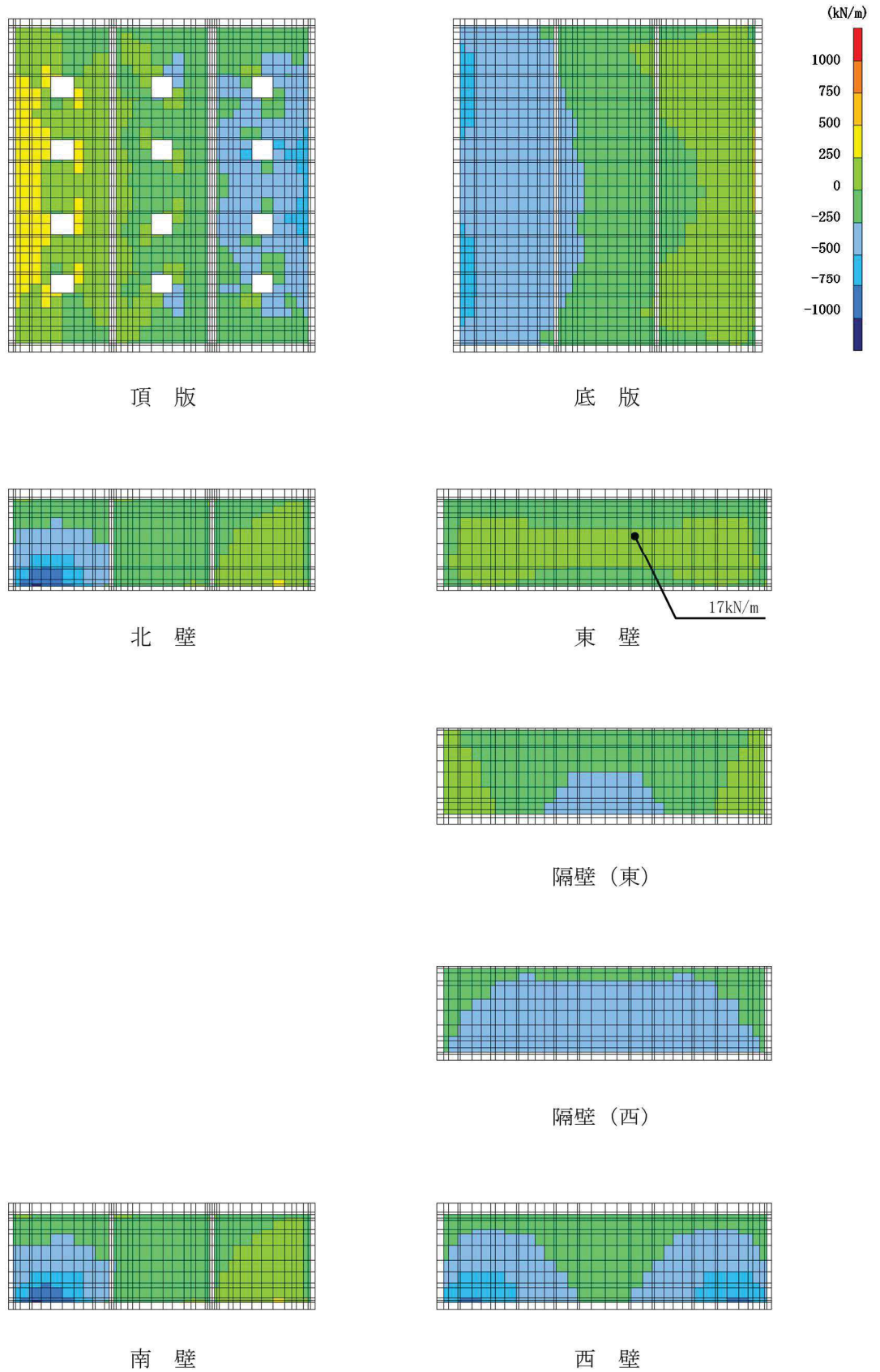


図 4-7 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図

(軸力 (kN/m) : N_y)

(東壁, 解析ケース①, $S_s - F_2$ (++)

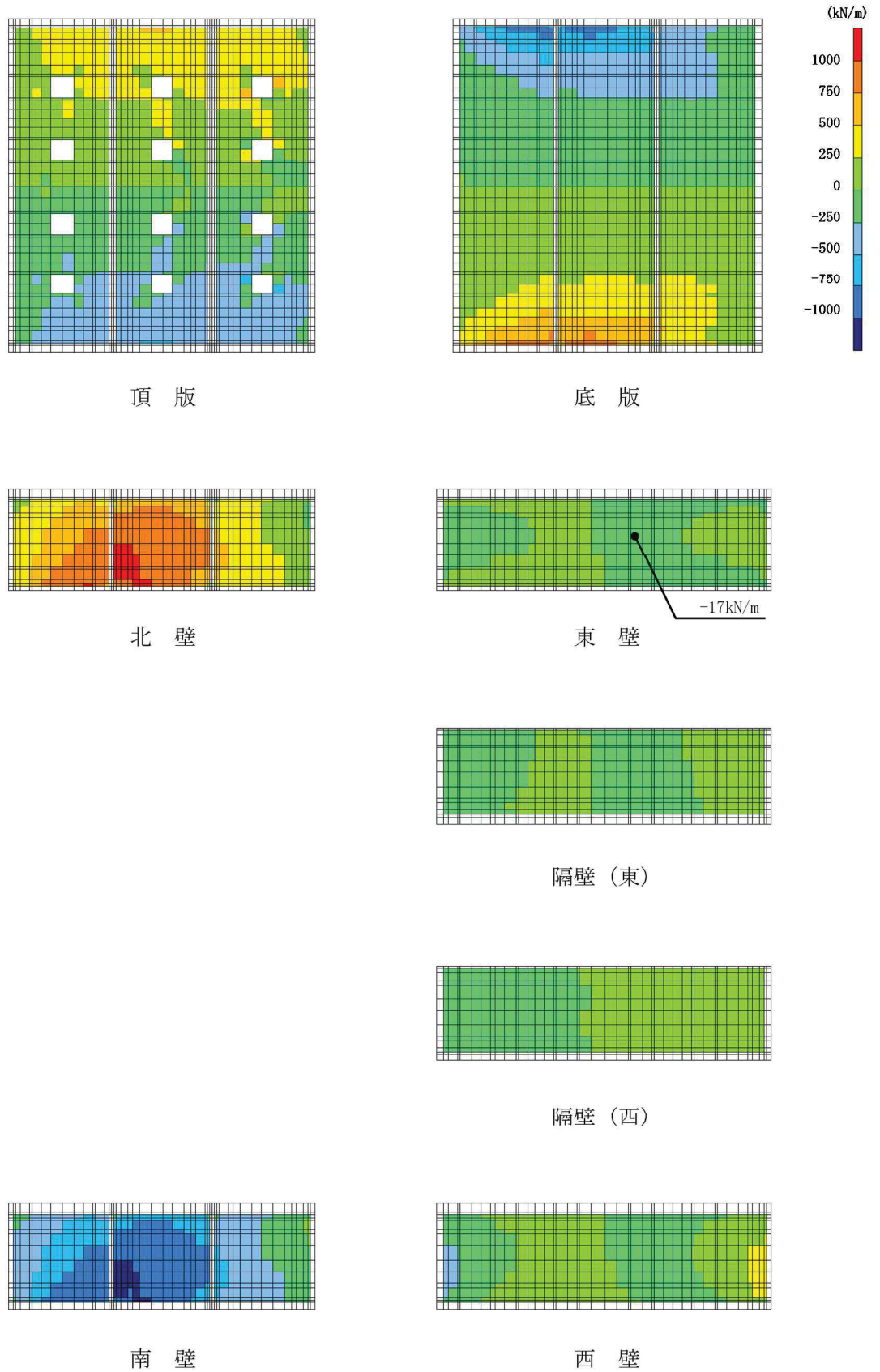


図 4-8 曲げ・軸力系の破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (面内せん断力 (kN/m) : N_{xy})
 (東壁, 解析ケース①, $S_s - F_2$ (++)

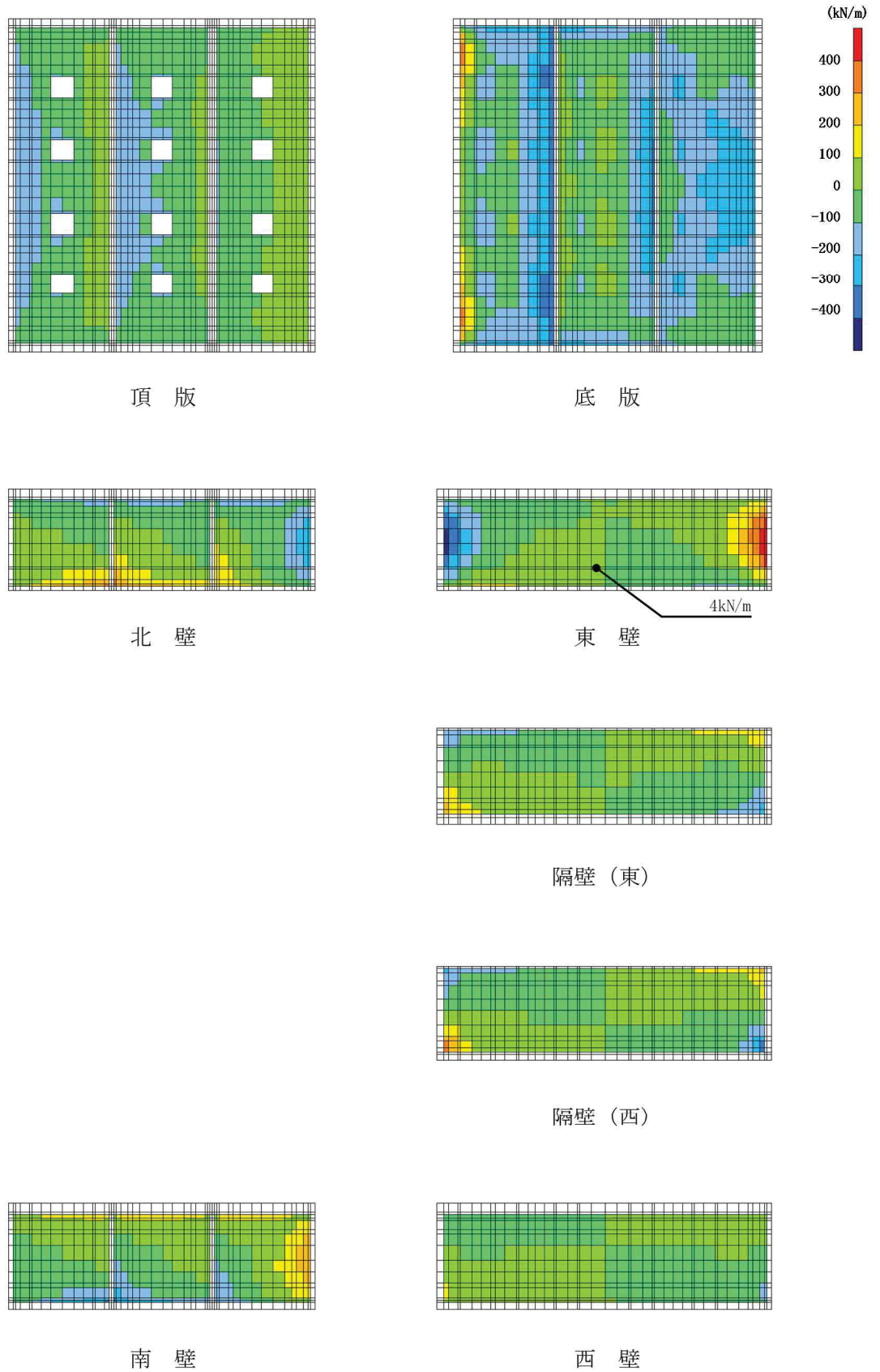


図 4-9 セン断破壊に対する照査値最大時の断面力分布図
 (せん断力 (kN/m) : Q_x)
 (東壁, 解析ケース①, $S_s - F_2$ (++))

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性及び支持機能に対する評価結果

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

ガスタービン発電設備軽油タンク室の発生応力度及び発生せん断力が、構造部材の健全性並びに常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備を支持する機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（コンクリート）

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

注記*：評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-2 曲げ・軸力系の破壊に対する照査（鉄筋）

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

注記*：評価位置は図 5-1 に示す。

表 5-3 せん断破壊に対する照査

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

注記* : 評価位置は図 5-1 に示す。

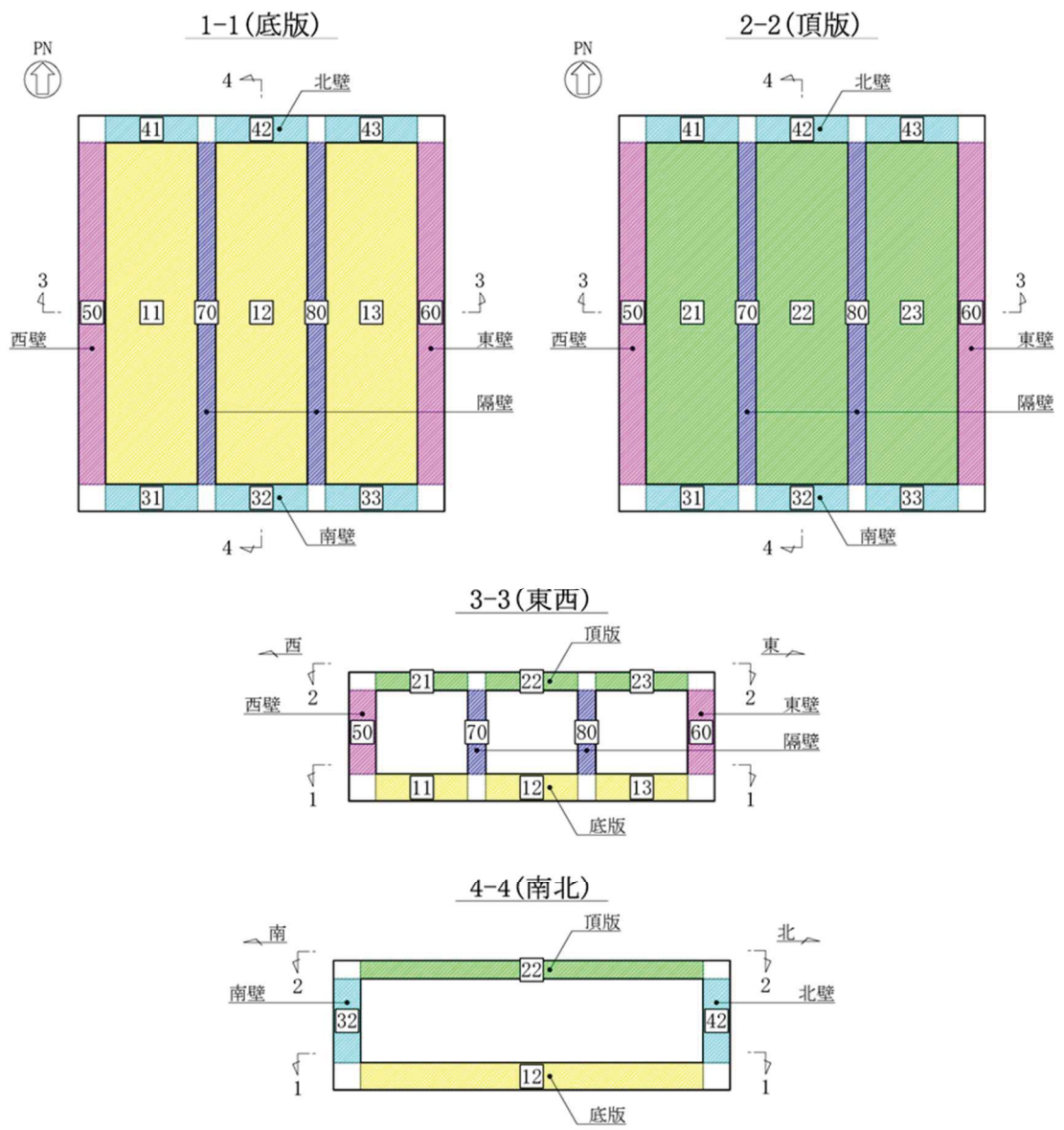


图 5-1 評価位置図

5.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

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

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

表5-4 基礎地盤の支持性能照査結果

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S _s -F3 (++)	0.9	11.4	0.08

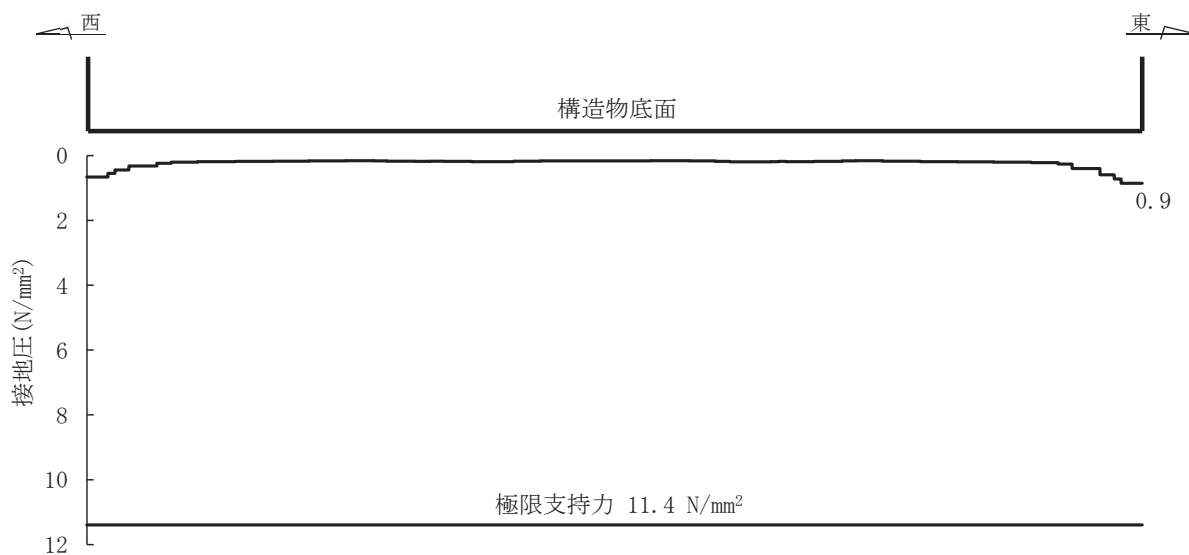


図5-2 ガスタービン発電設備軽油タンク室の基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース①, S_s-F3 (++))

VI-2-2-19 軽油タンク連絡ダクトの地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	6
2.4 適用基準	8
3. 解析方法	9
3.1 評価対象断面	9
3.2 解析方法	11
3.2.1 構造部材	11
3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき	13
3.2.3 減衰定数	14
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	15
3.3 荷重及び荷重の組合せ	17
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	17
3.3.2 荷重	17
3.3.3 荷重の組合せ	18
3.4 入力地震動	19
3.5 解析モデル及び諸元	48
3.5.1 解析モデル	48
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	50
3.5.3 地盤の物性値	50
3.5.4 地下水位	51
4. 解析結果	52

1. 概要

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

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

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

2. 基本方針

2.1 位置

軽油タンク連絡ダクトの位置を図2-1に示す。

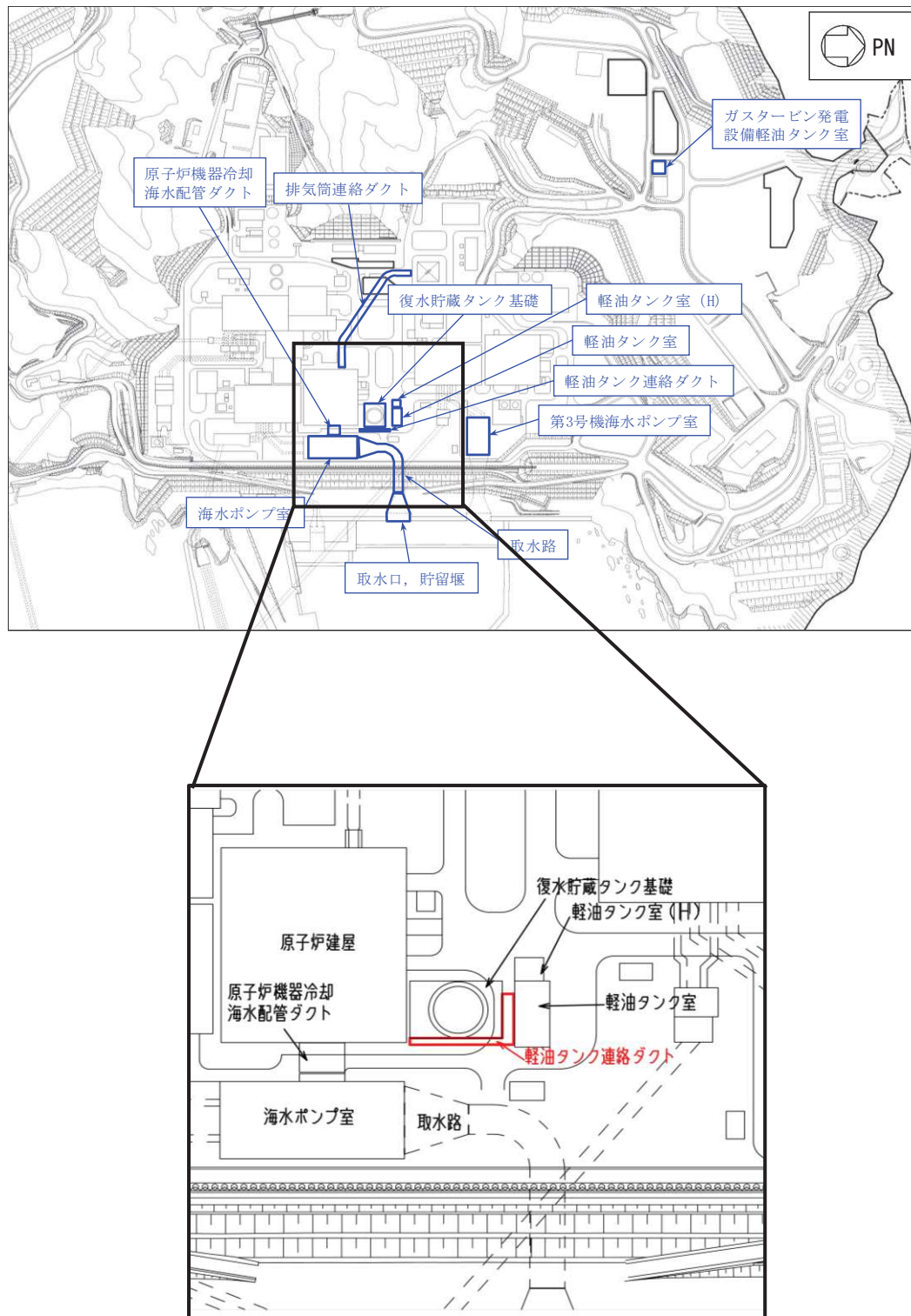


図2-1 軽油タンク連絡ダクトの位置図

2.2 構造概要

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

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

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

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

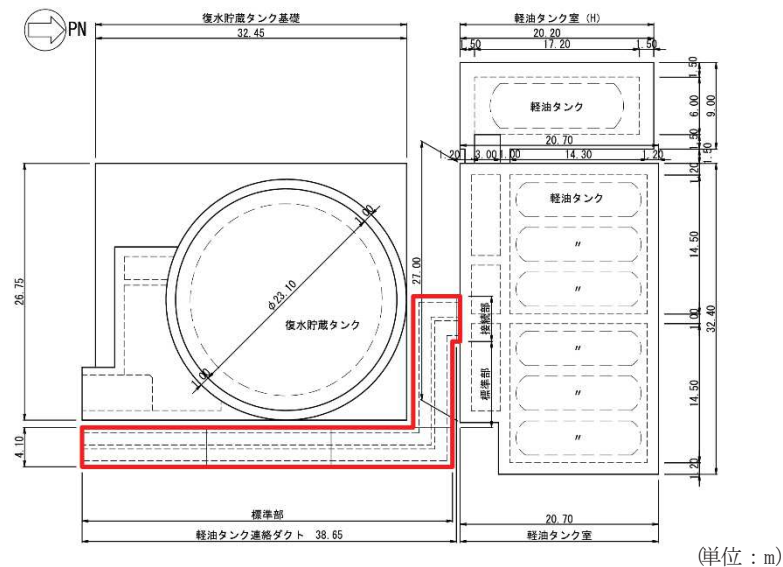


図 2-2 軽油タンク連絡ダクト平面図

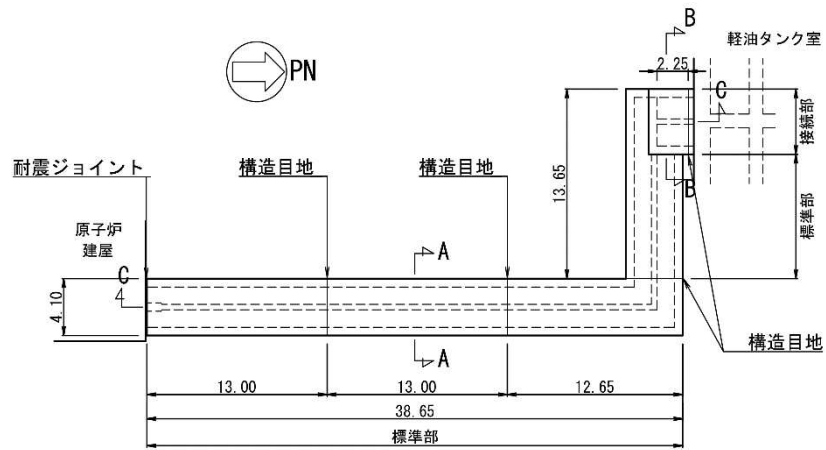
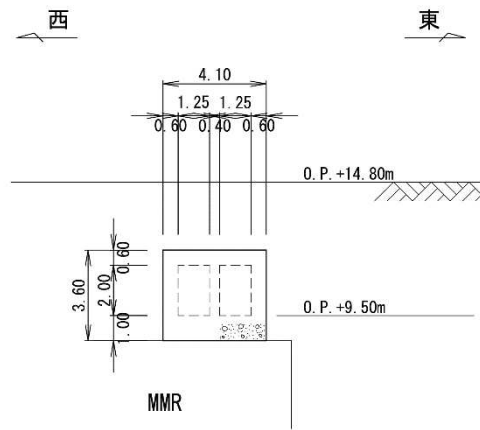
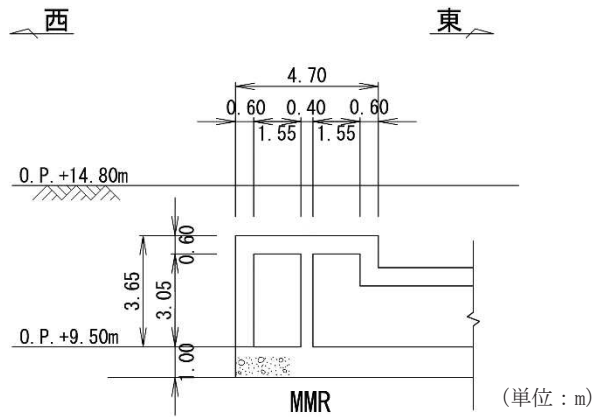


図 2-3 軽油タンク連絡ダクト平面図 (詳細)



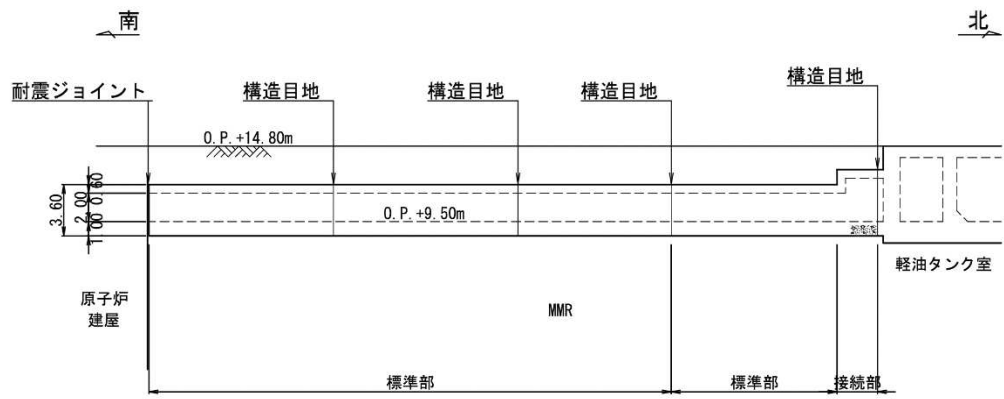
(単位 : m)

図 2-4 軽油タンク連絡ダクト断面図 (A-A 断面, 標準部)



(単位 : m)

図 2-5 軽油タンク連絡ダクト断面図 (B-B 断面, 接続部)



(単位：m)

図 2-6 軽油タンク連絡ダクト縦断面図 (C-C 断面)

2.3 解析方針

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

図2-7に軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析フローを示す。

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

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

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

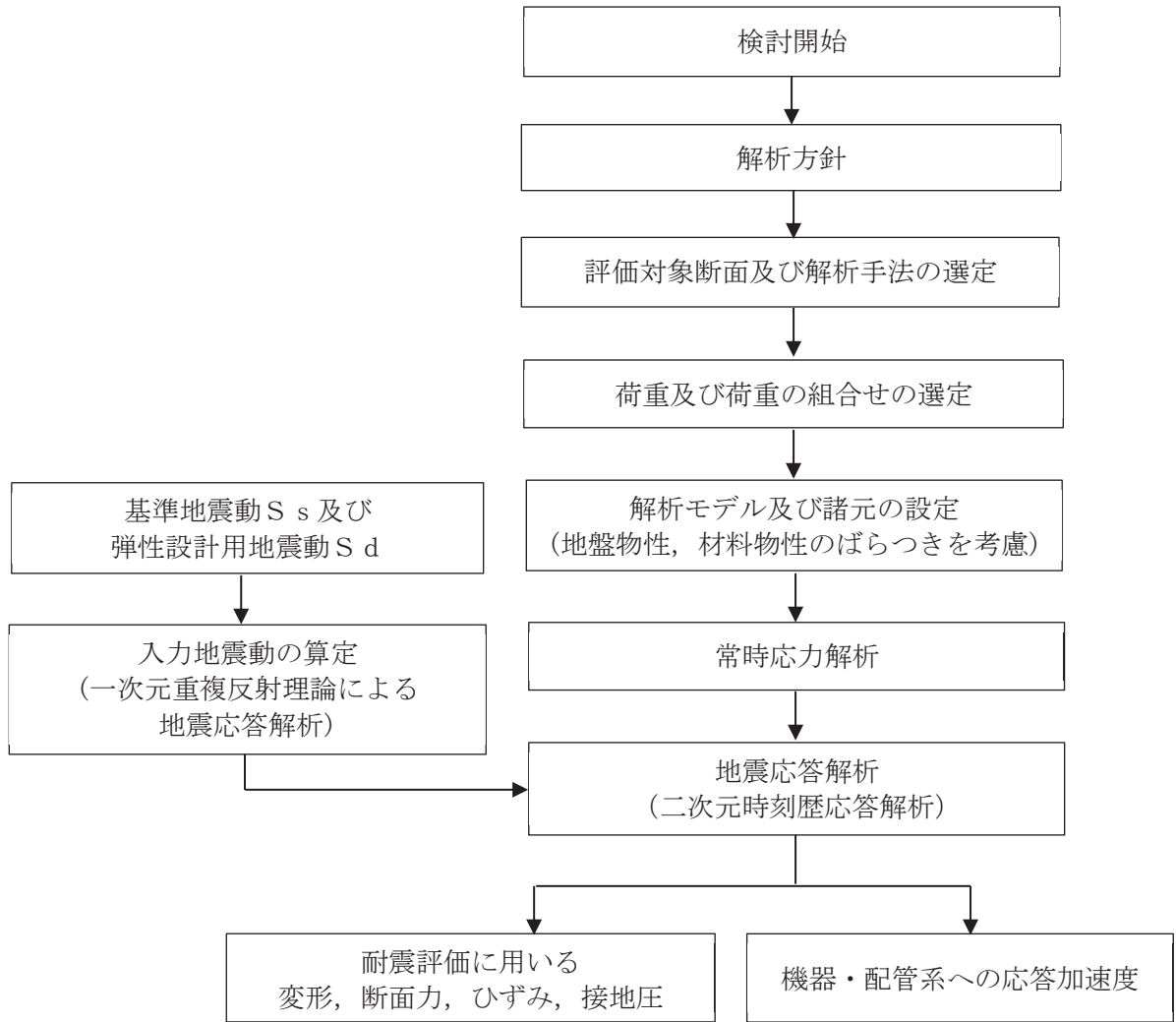


図 2-7 軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析フロー

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）
- 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005年6月）
- コンクリート標準示方書[設計編]（土木学会，2017年制定）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

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

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

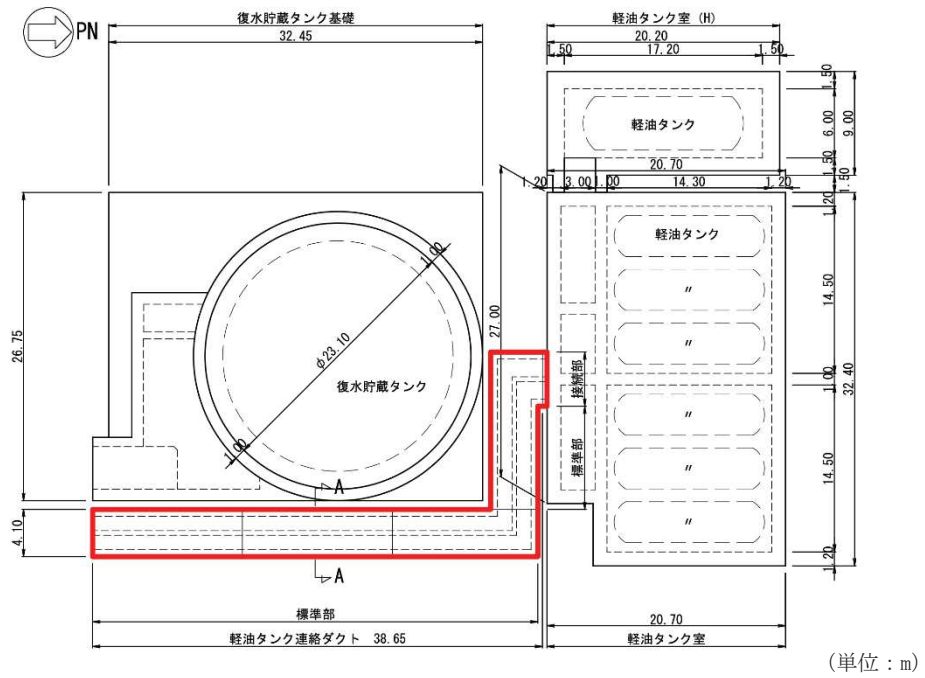


図 3-1 軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置図

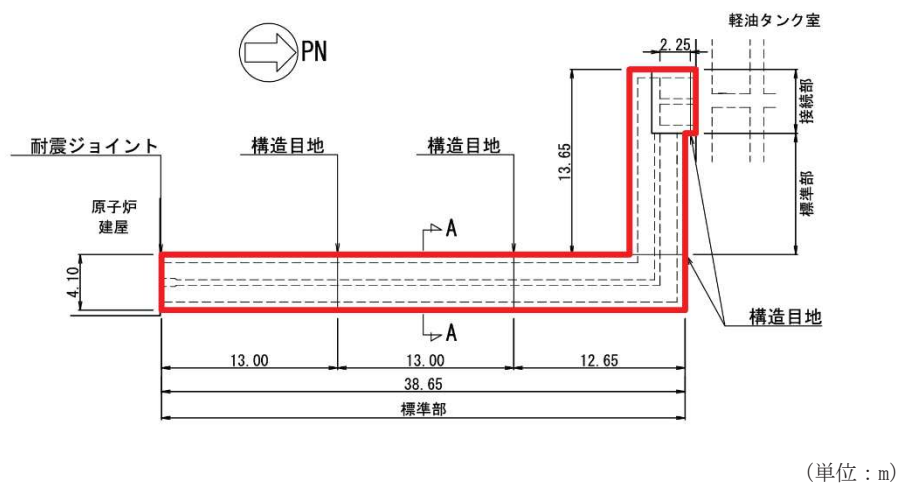


図 3-2 軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置図 (詳細)

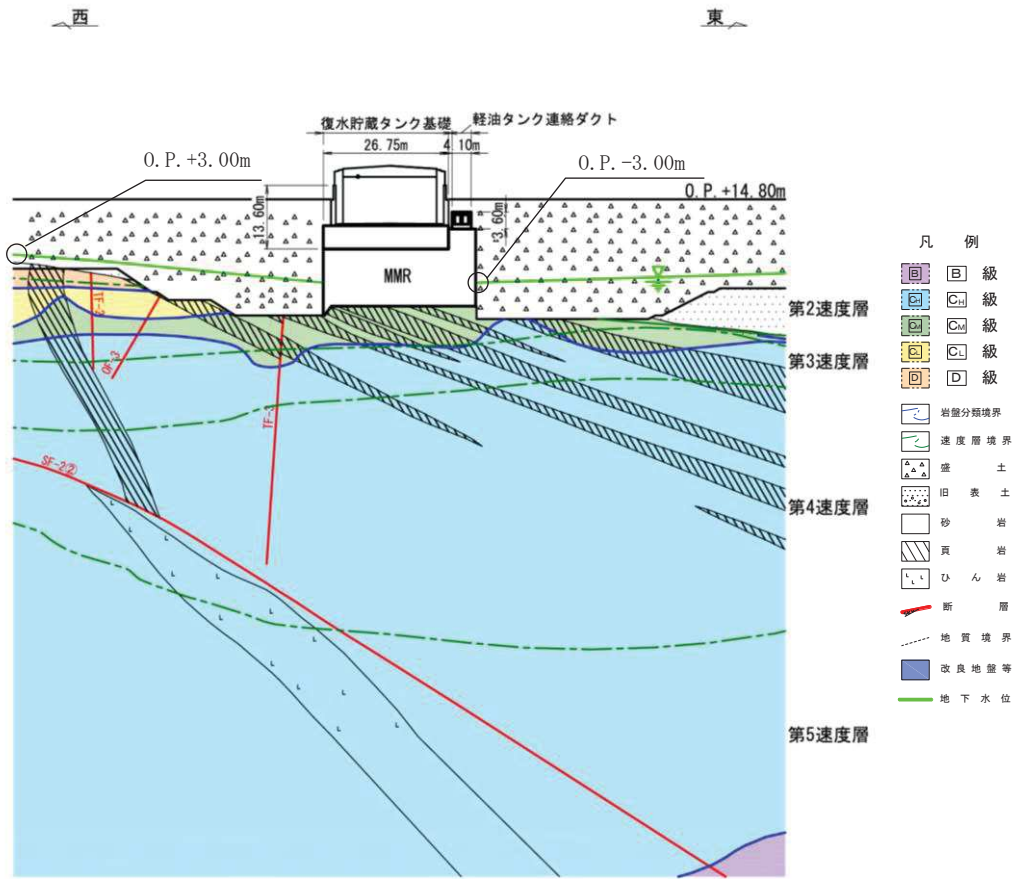


図 3-3 軽油タンク連絡ダクト 評価対象地質断面図 (A-A 断面)

3.2 解析方法

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

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる二次元有限要素法により、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析（全応力解析）により行う。

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

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

3.2.1 構造部材

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

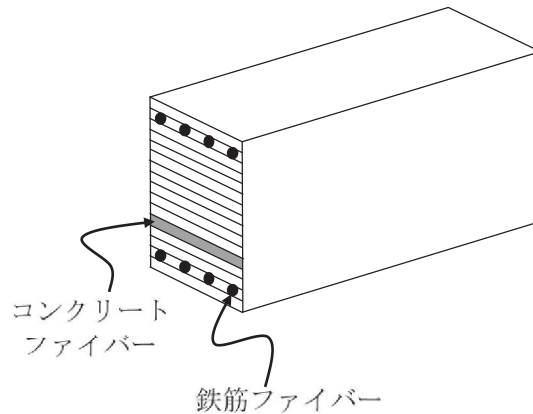


図3-4 ファイバーモデルの概念図

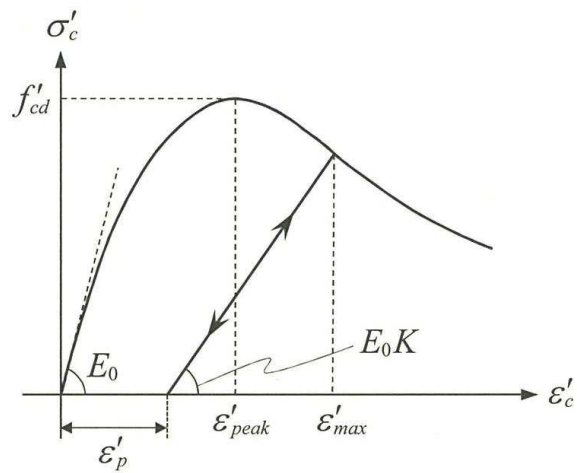


図 3-5 材料の非線形特性（コンクリートの応力-ひずみ関係）
 （コンクリート標準示方書[設計編]（土木学会，2017年制定）より引用）

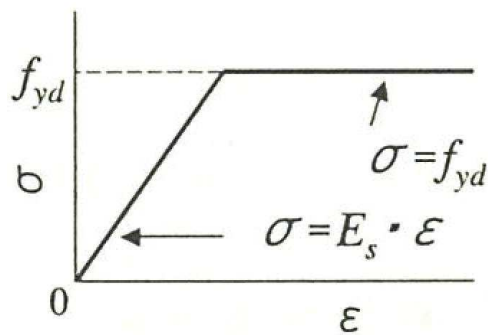


図 3-6 材料の非線形特性（鉄筋の応力-ひずみ関係）
 （コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）より引用）

3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

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

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

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

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

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

表 3-1 解析ケース

解析ケース	材料物性 (コンクリート) (E_0 : ヤング係数)	地盤物性	
		盛土, 旧表土, D 級岩盤 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	C_L 級岩盤, C_M 級岩盤, C_H 級岩盤, B 級岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	設計基準強度	平均値	平均値
ケース②	設計基準強度	平均値+1 σ	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値-1 σ	平均値
ケース④	実強度に基づく 圧縮強度*	平均値	平均値

注記*: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

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

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

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

α 、 β : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α 、 β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A 断面	2.667×10^{-1}	1.125×10^{-3}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

(1) 耐震評価における解析ケース

耐震評価においては、すべての基準地震動 S_s に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す解析ケース②～④を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-3 に示す。

表 3-3 耐震評価における解析ケース

解析ケース		ケース①	ケース②	ケース③	ケース④
		基本ケース	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮した解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 σ) を考慮した解析ケース	材料物性（コンクリート）に実強度を考慮した解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1 σ	平均値-1 σ	平均値
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度	実強度に基づく圧縮強度*2
地震動 (位相)	$S_s - D 1$	++*1	○	基準地震動 S_s (7 波) に水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波により照査を行ったケース①（基本ケース）の結果から、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び基礎地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 以上となる照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②～④を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 未満の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②～④を実施する。	
		-+*1	○		
	$S_s - D 2$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - D 3$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 1$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 2$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - F 3$	++*1	○		
		-+*1	○		
	$S_s - N 1$	++*1	○		
		-+*1	○		

注記*1：耐震評価にあたっては、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005 年 6 月）（以下「土木学会マニュアル」という。）に従い、水平方向の位相反転を考慮する。地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表し、「-」は位相を反転させたケースを示す。

*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

(2) 機器・配管系に対する応答加速度抽出のための解析ケース

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

表 3-4 機器・配管系の応答加速度抽出のための解析ケース

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

注記*1：地震動の位相について、++の左側は水平動，右側は鉛直動を表す。

*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

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

(1) 運転時の状態

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

(2) 設計基準事故時の状態

設計基準事故時の影響を受けないことから考慮しない。

(3) 設計用自然条件

積雪を考慮する。埋設構造物であるため風の影響は考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重、機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

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

(3) 積雪荷重 (P_s)

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

(4) 地震荷重 (S_s)

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

(5) 地震荷重 (S_d)

弾性設計用地震動 S_d による荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-5 に示す。

表 3-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 (S _s)	G + P + S _s
地震時 (S _d) *	G + P + S _d

注記* : 機器・配管系の耐震設計に用いる。

G : 固定荷重

P : 積載荷重 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m² を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

S_d : 地震荷重 (弾性設計用地震動 S_d)

3.4 入力地震動

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

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

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

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

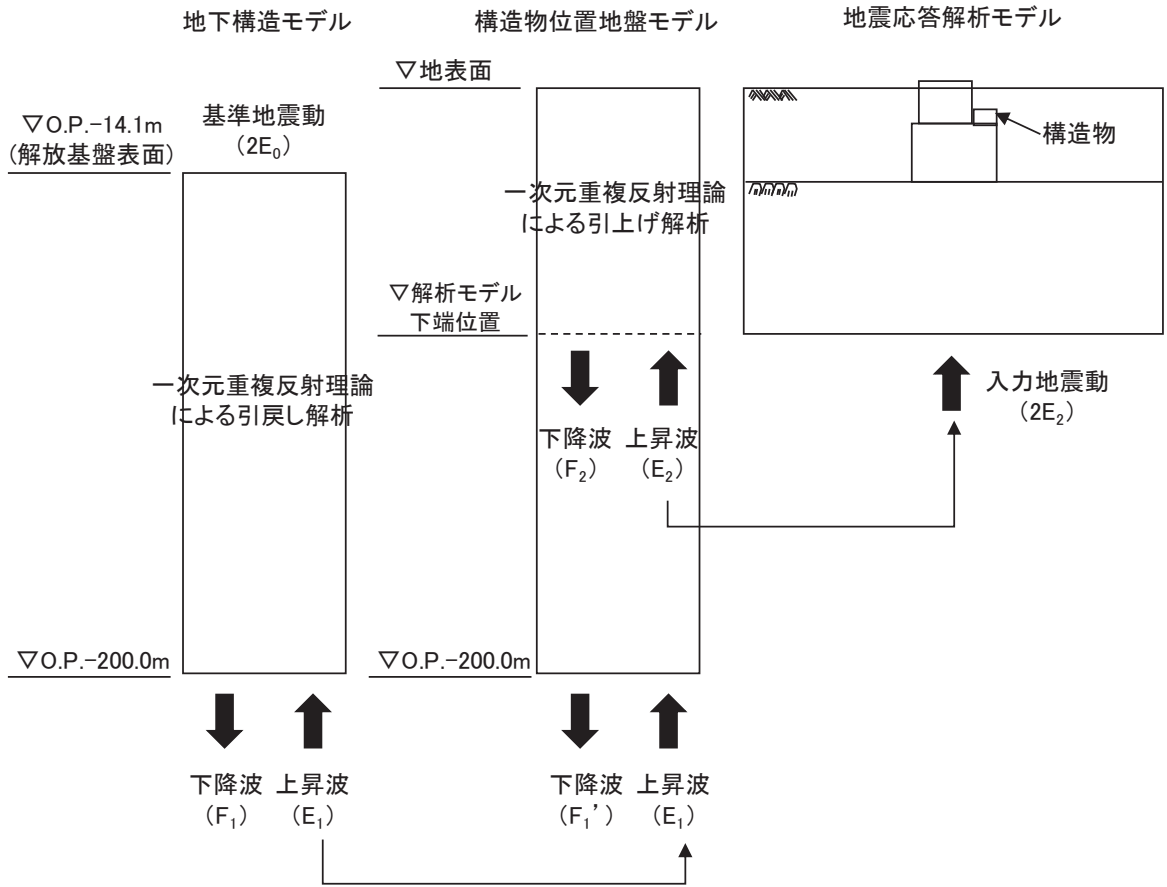
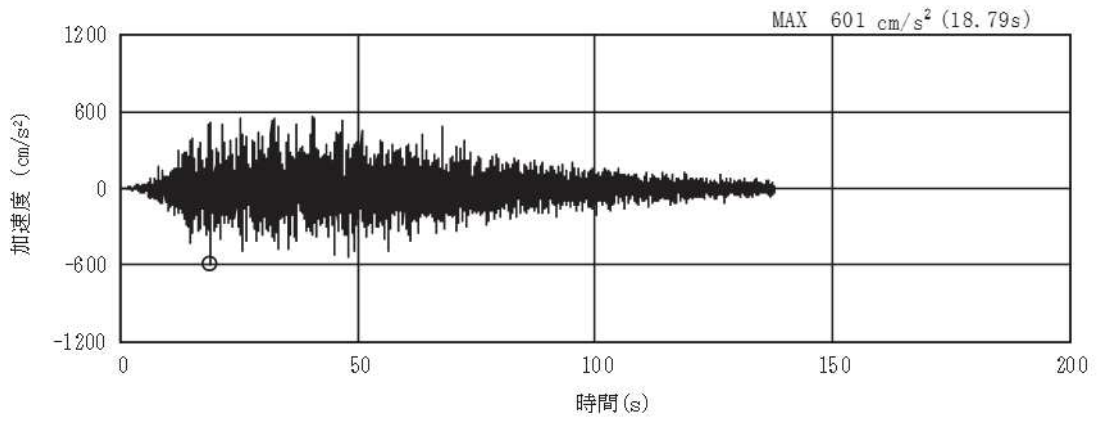
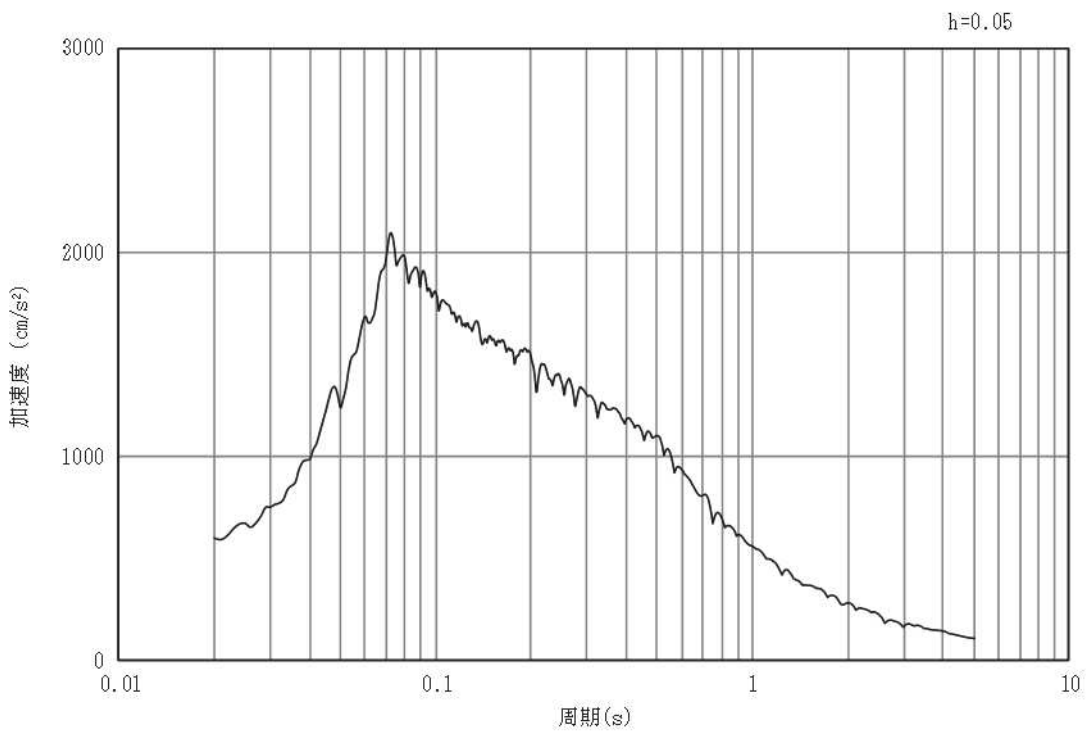


図 3-7 入力地震動算定の概念図

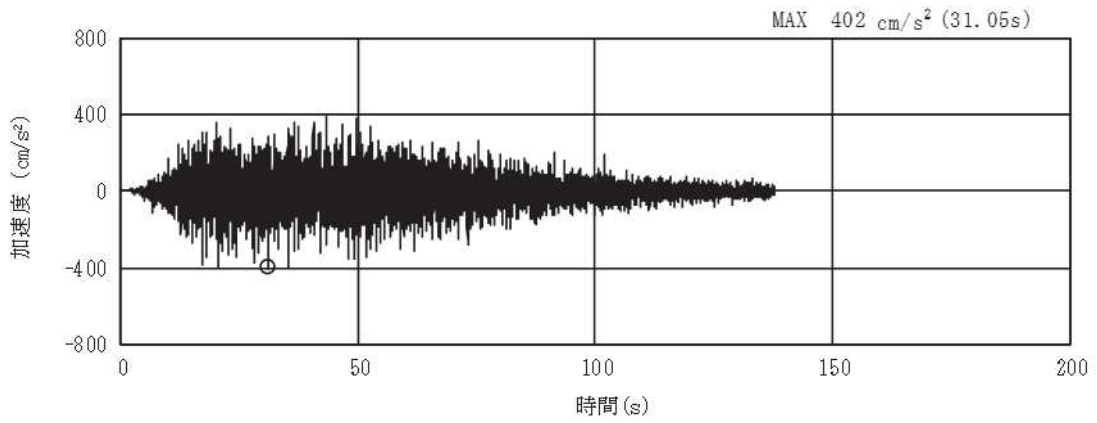


(a) 加速度時刻歴波形

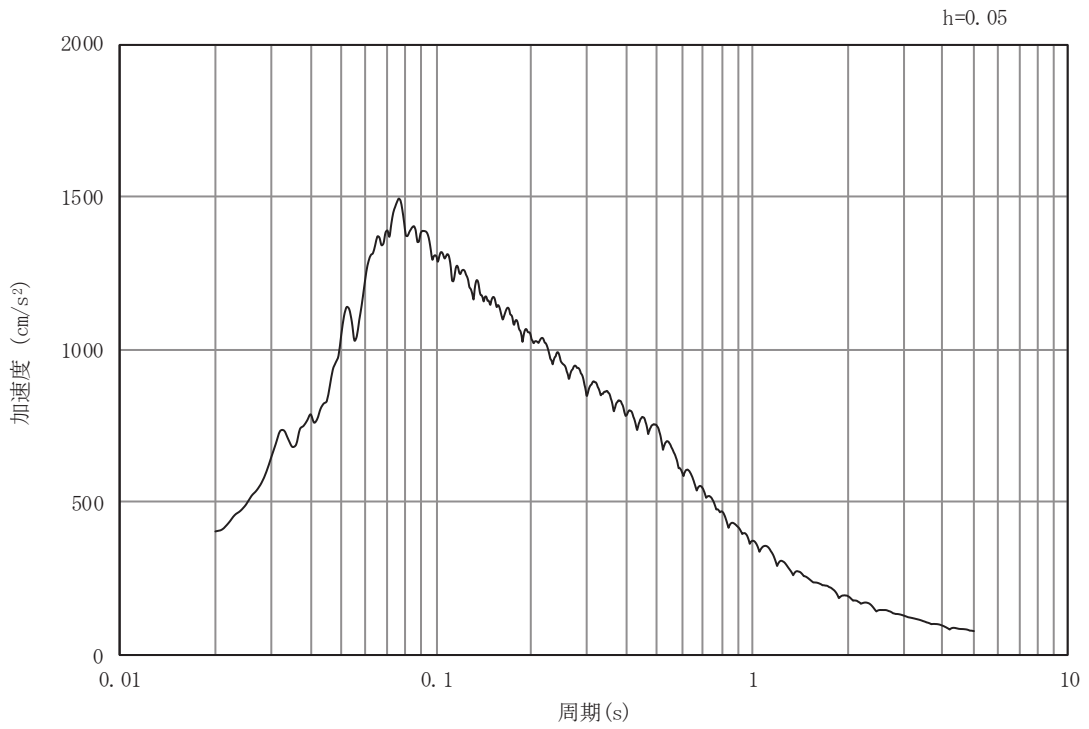


(b) 加速度応答スペクトル

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

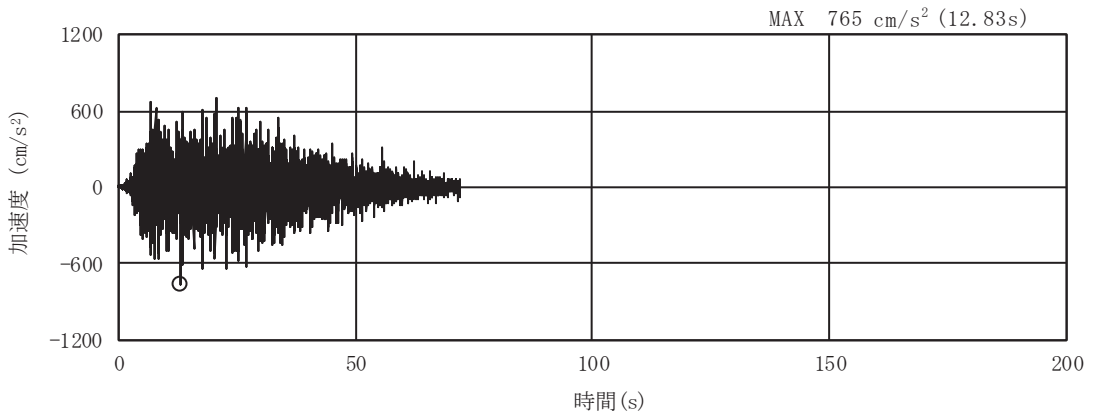


(a) 加速度時刻歴波形

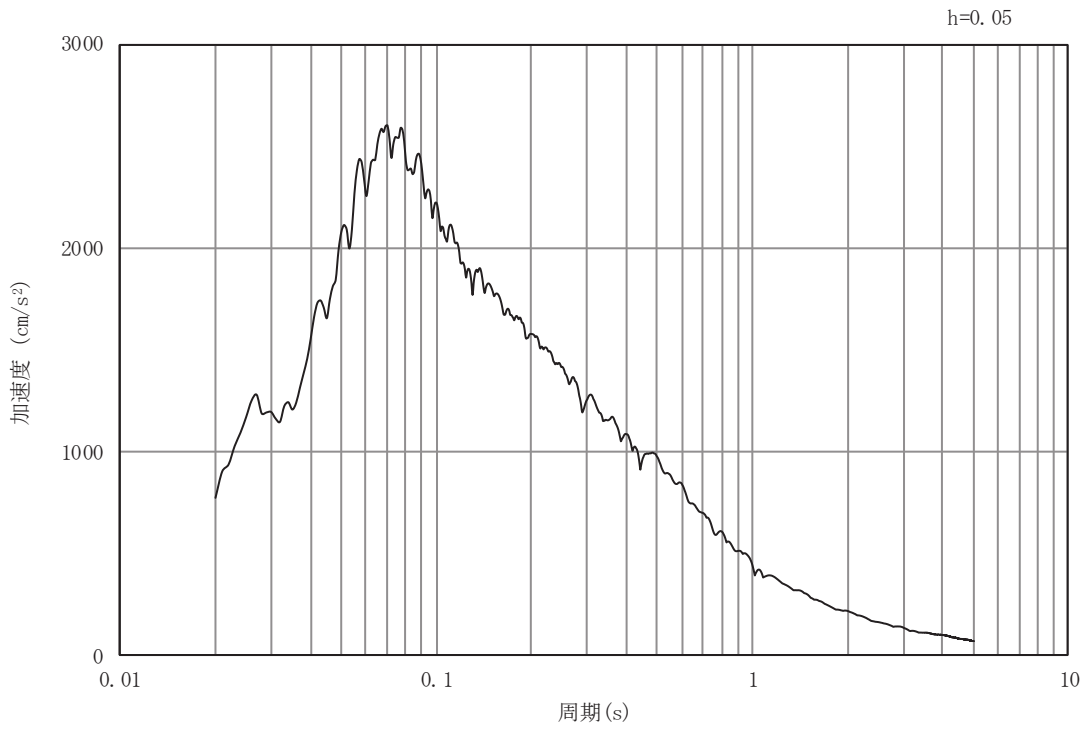


(b) 加速度応答スペクトル

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

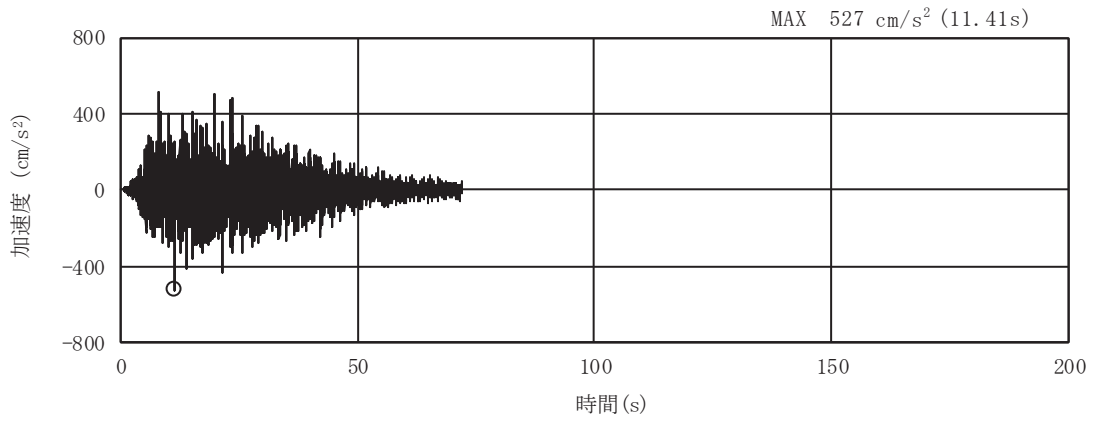


(a) 加速度時刻歴波形

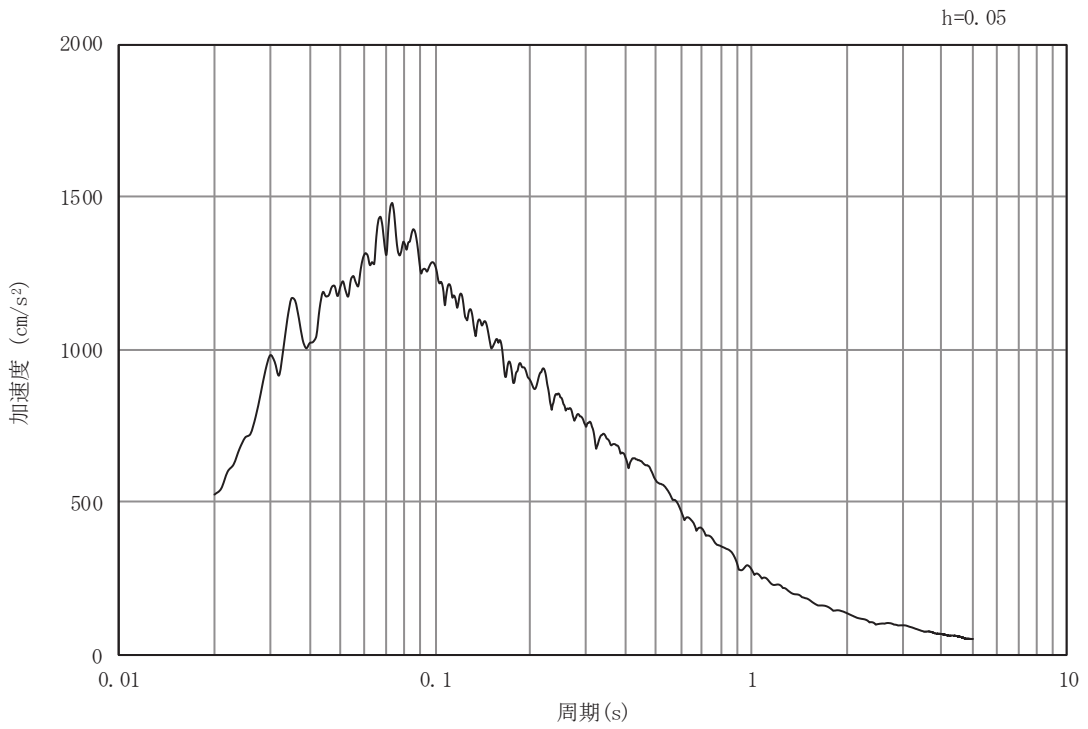


(b) 加速度応答スペクトル

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

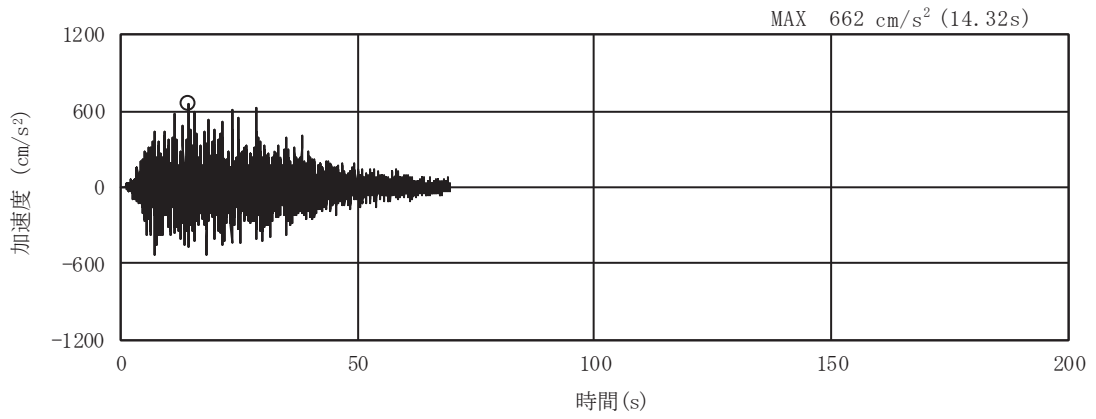


(a) 加速度時刻歴波形

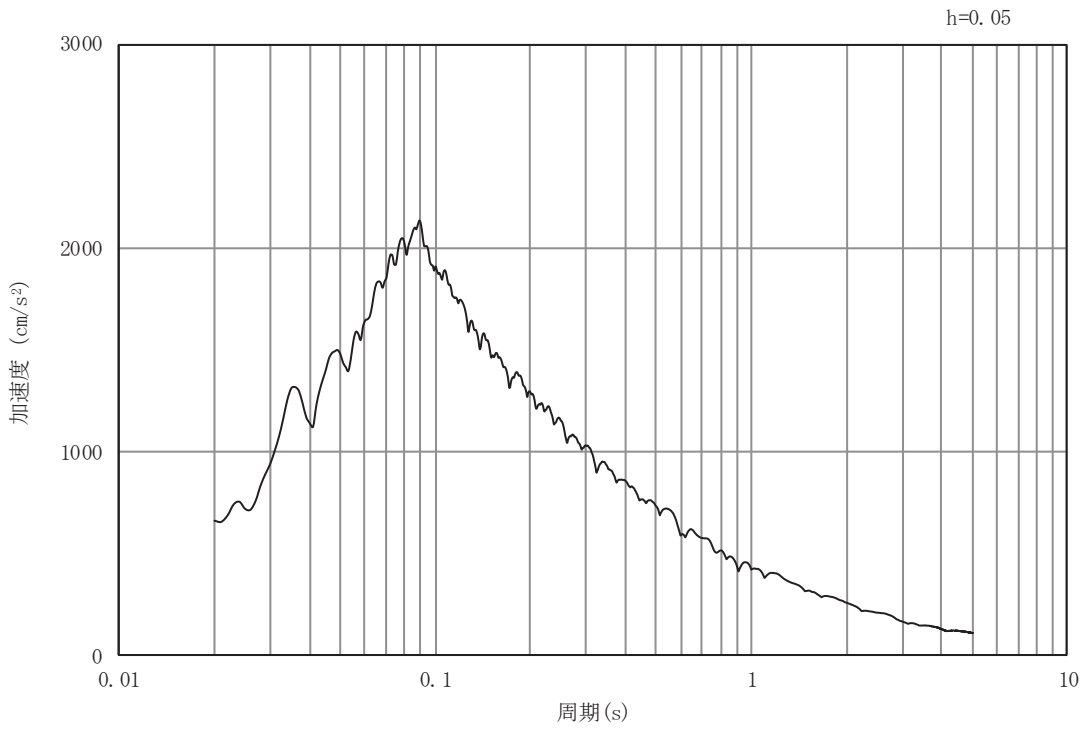


(b) 加速度応答スペクトル

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

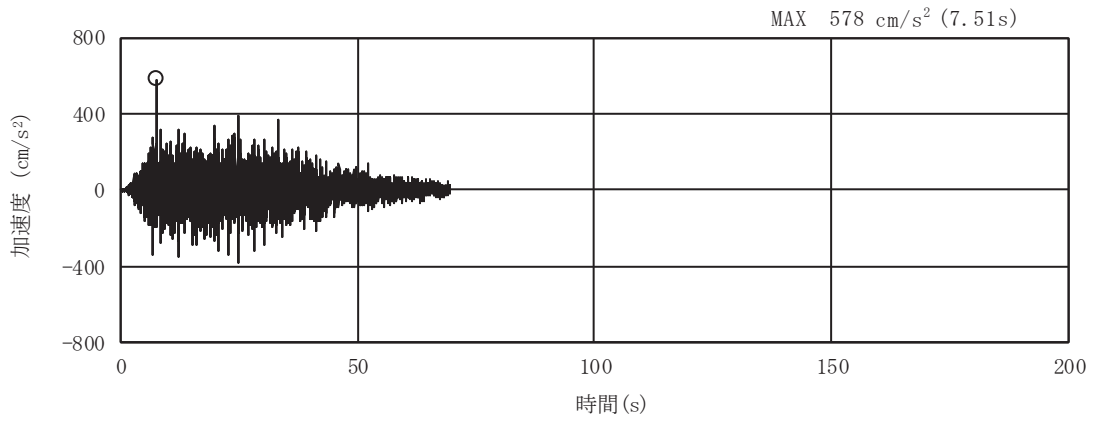


(a) 加速度時刻歴波形

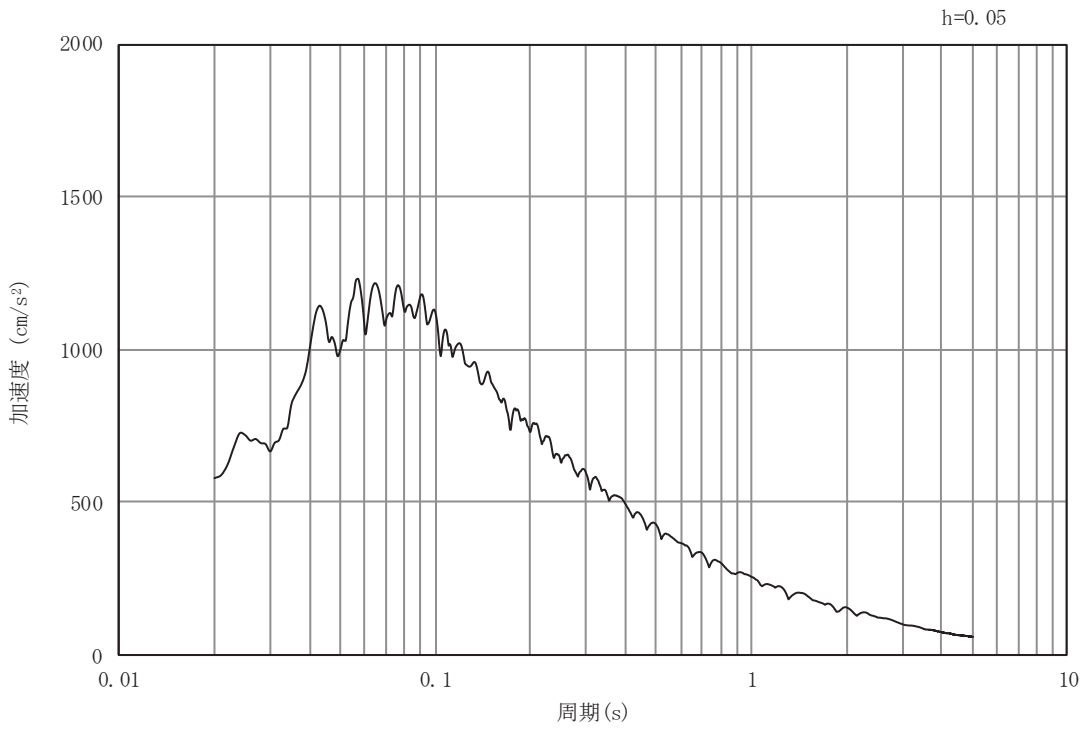


(b) 加速度応答スペクトル

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

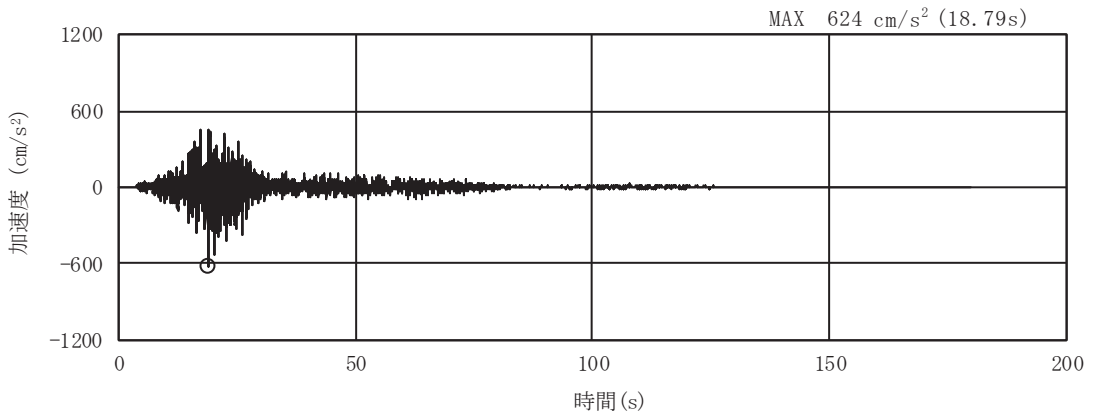


(a) 加速度時刻歴波形

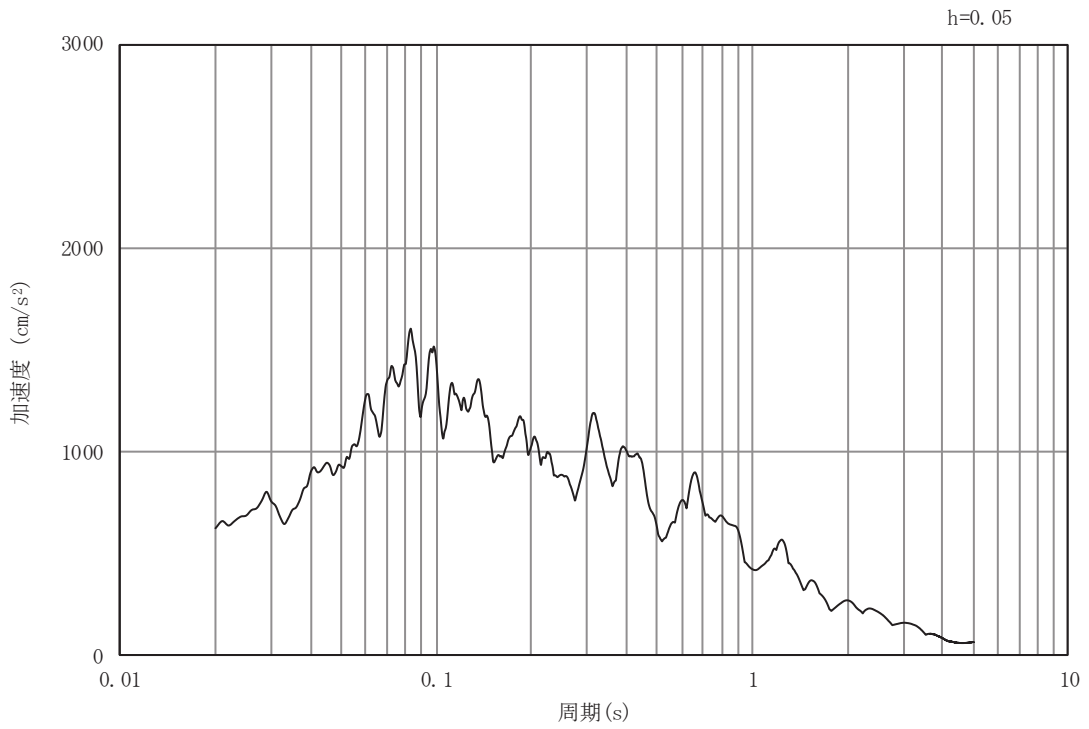


(b) 加速度応答スペクトル

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

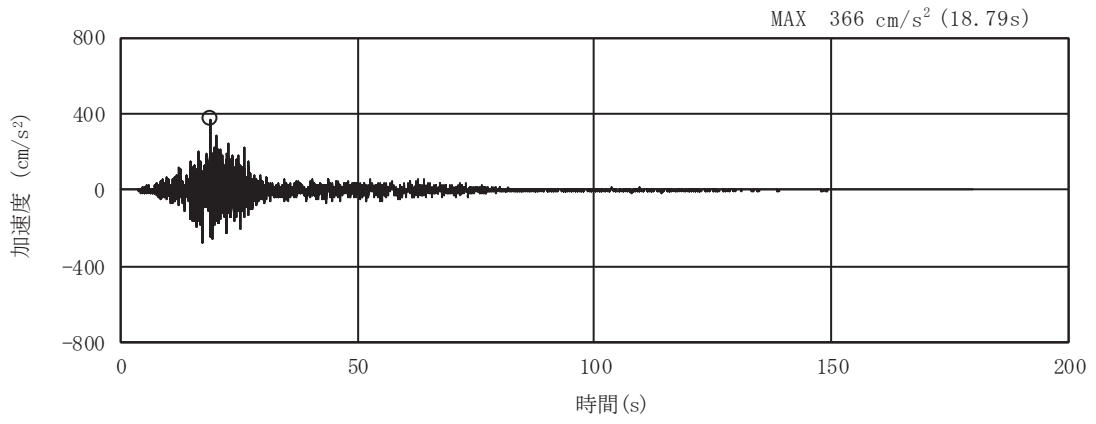


(a) 加速度時刻歴波形

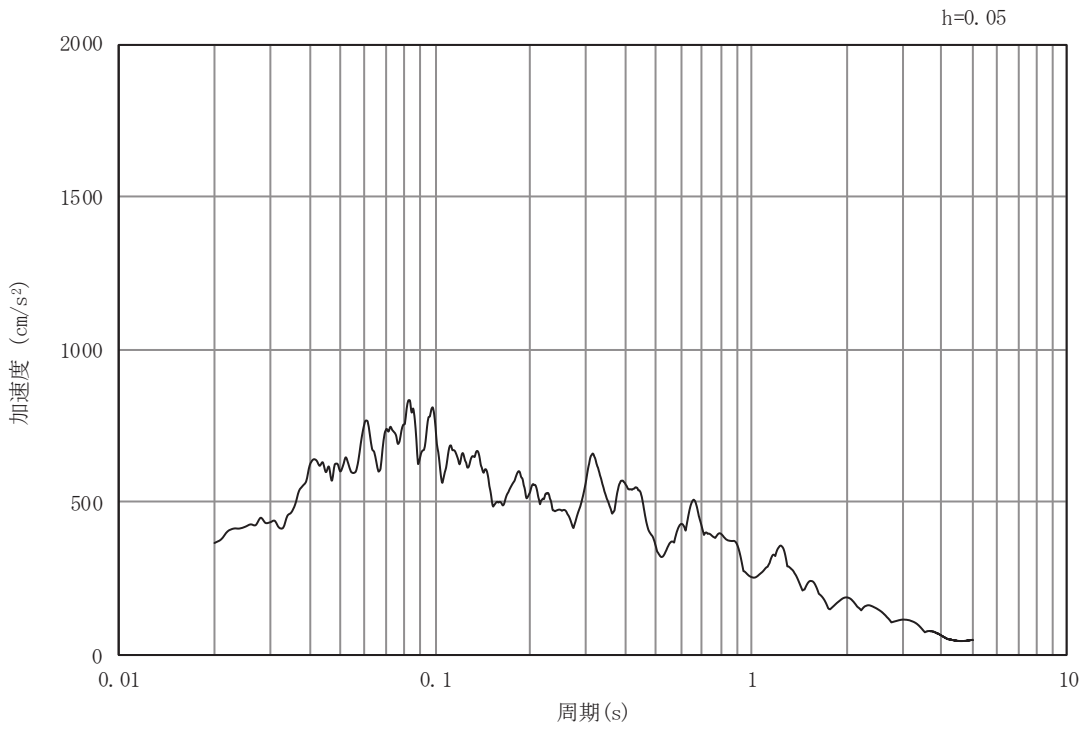


(b) 加速度応答スペクトル

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

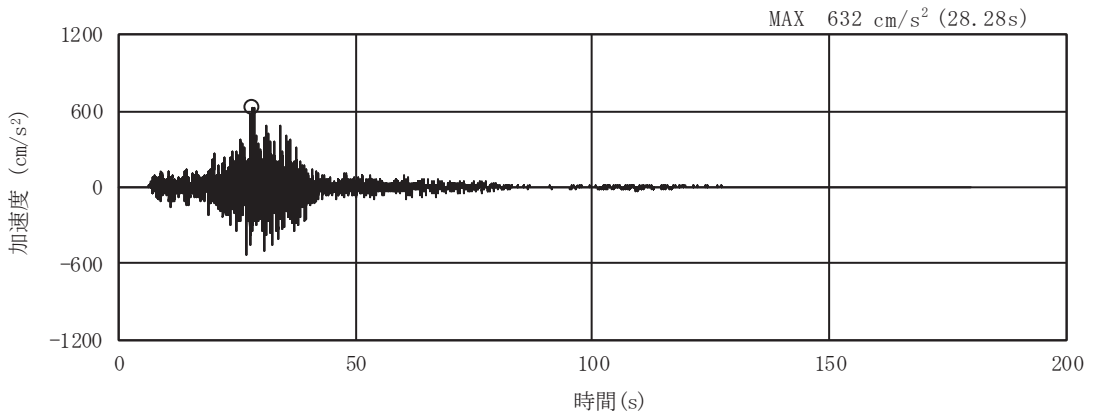


(a) 加速度時刻歴波形

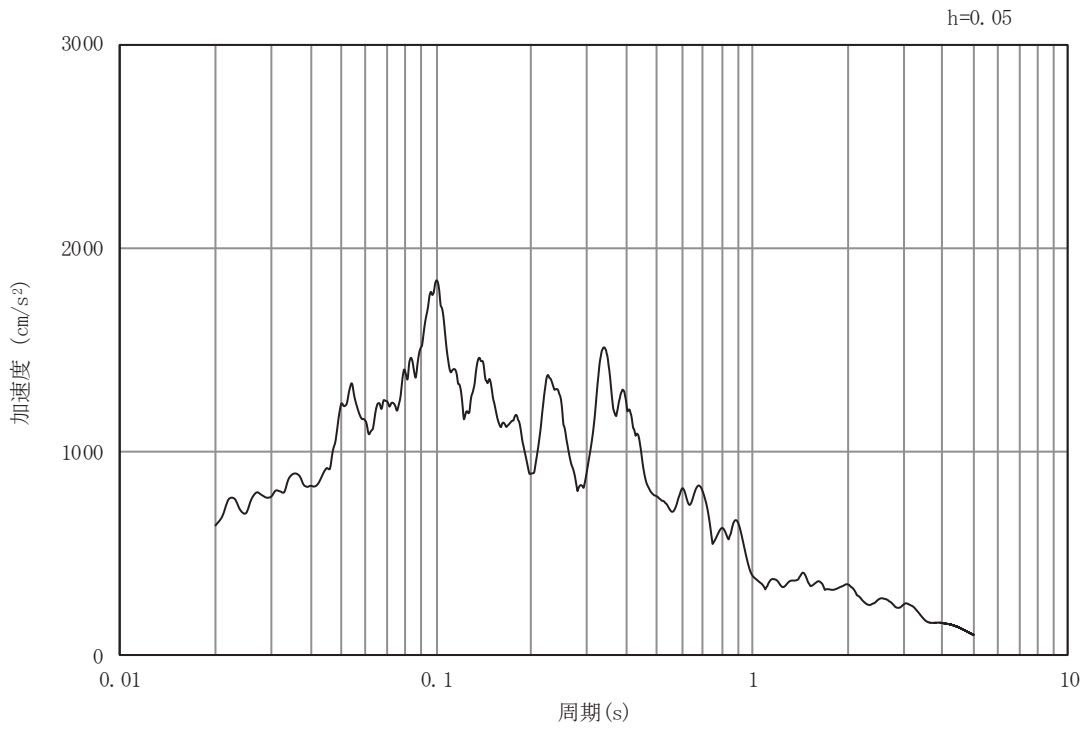


(b) 加速度応答スペクトル

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

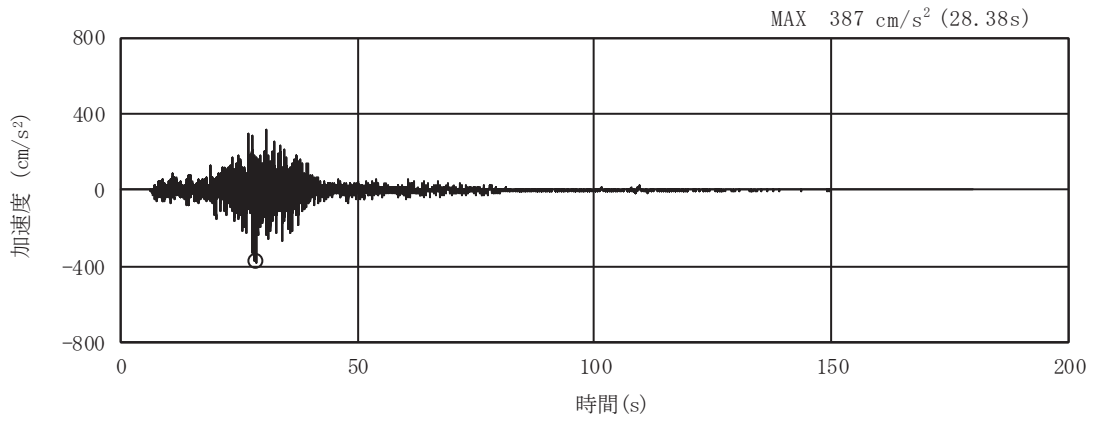


(a) 加速度時刻歴波形

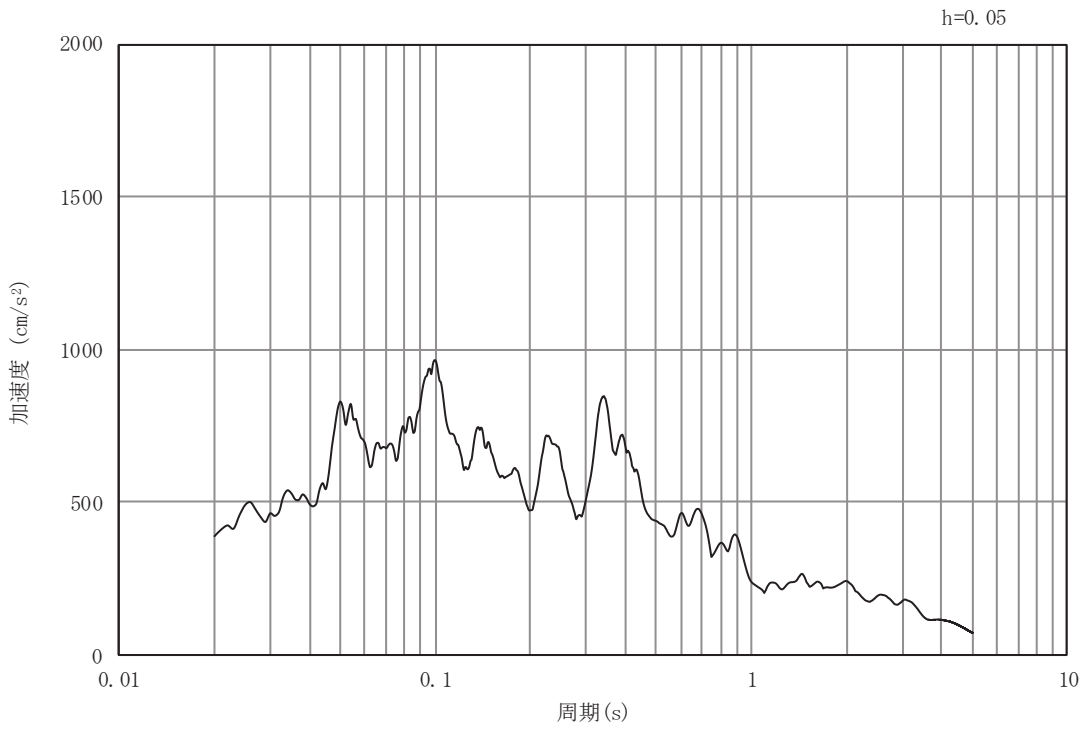


(b) 加速度応答スペクトル

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

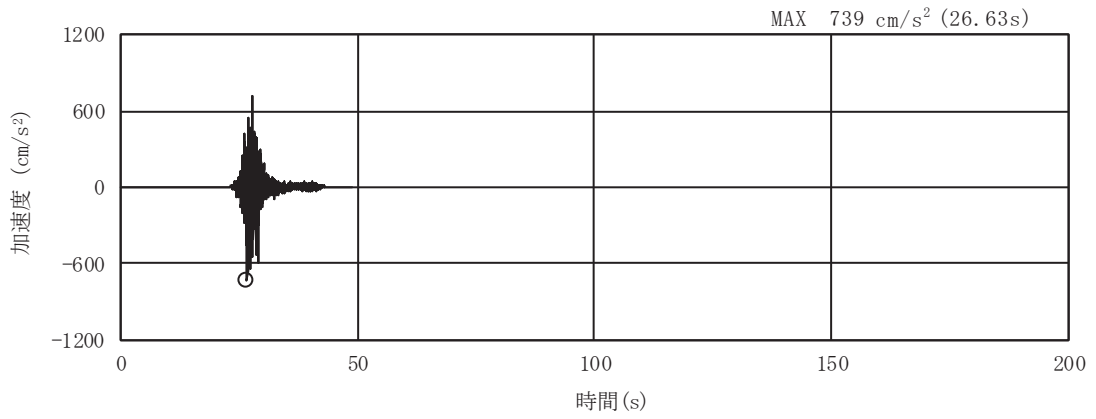


(a) 加速度時刻歴波形

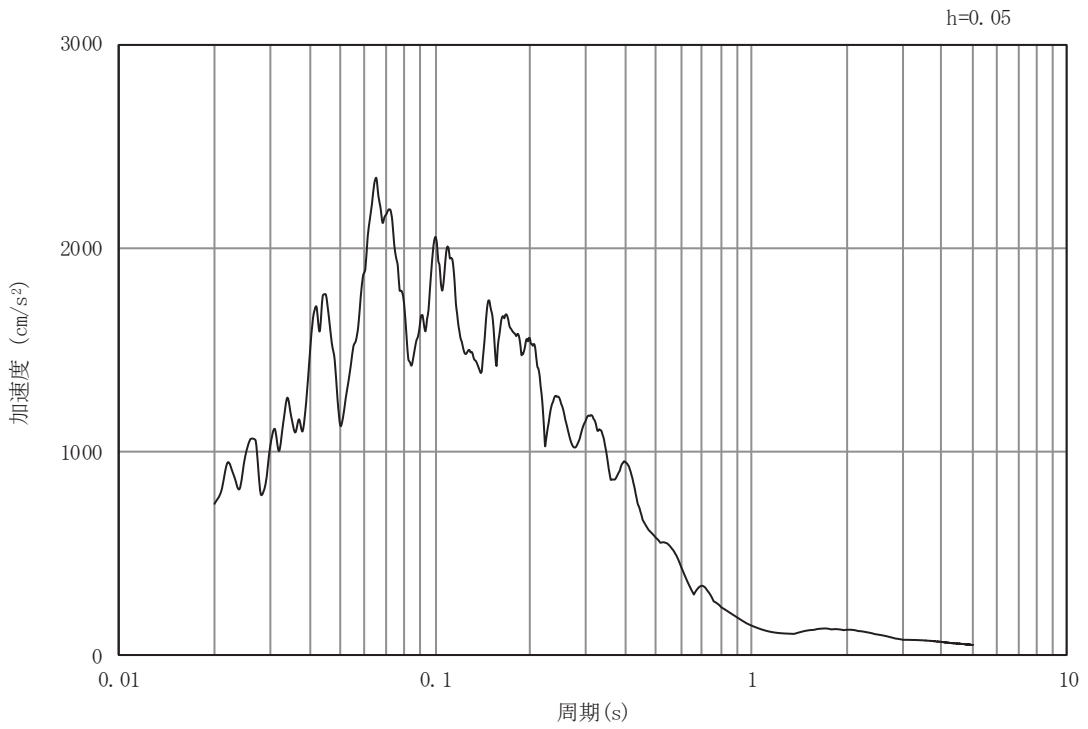


(b) 加速度応答スペクトル

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

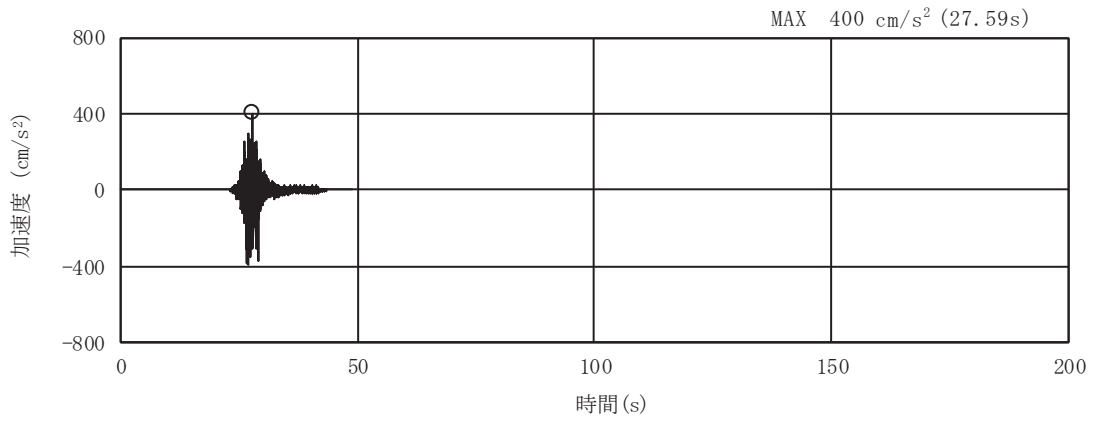


(a) 加速度時刻歴波形

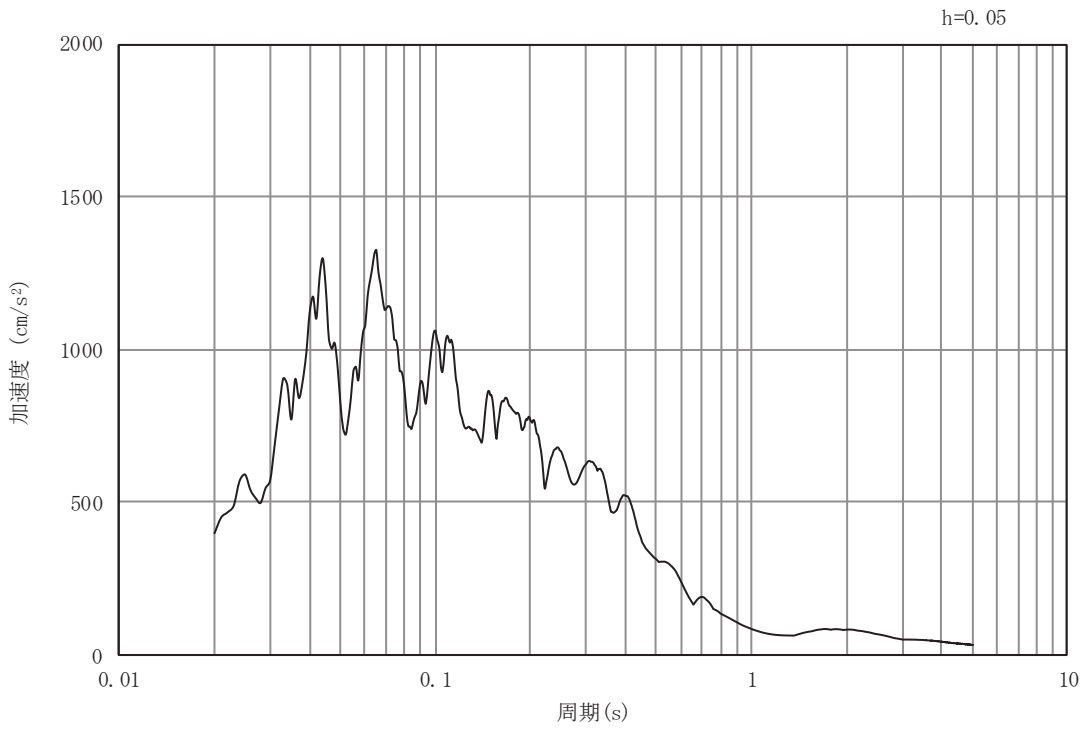


(b) 加速度応答スペクトル

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

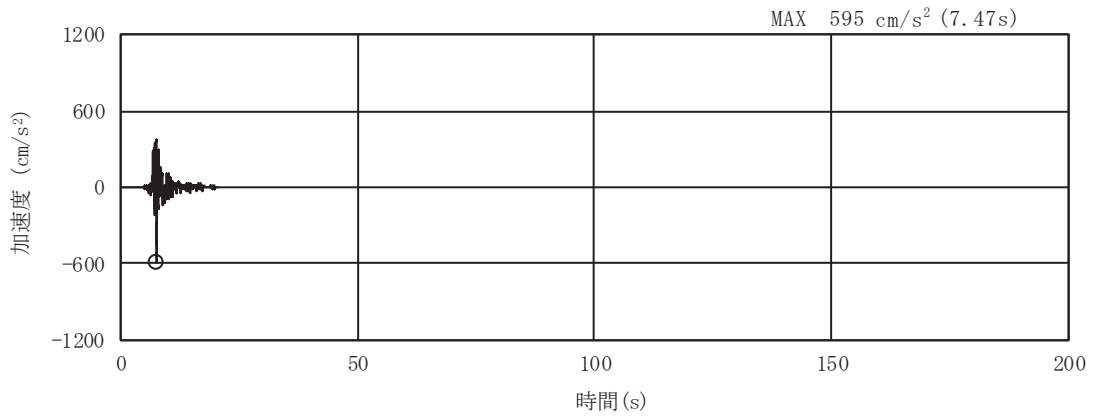


(a) 加速度時刻歴波形

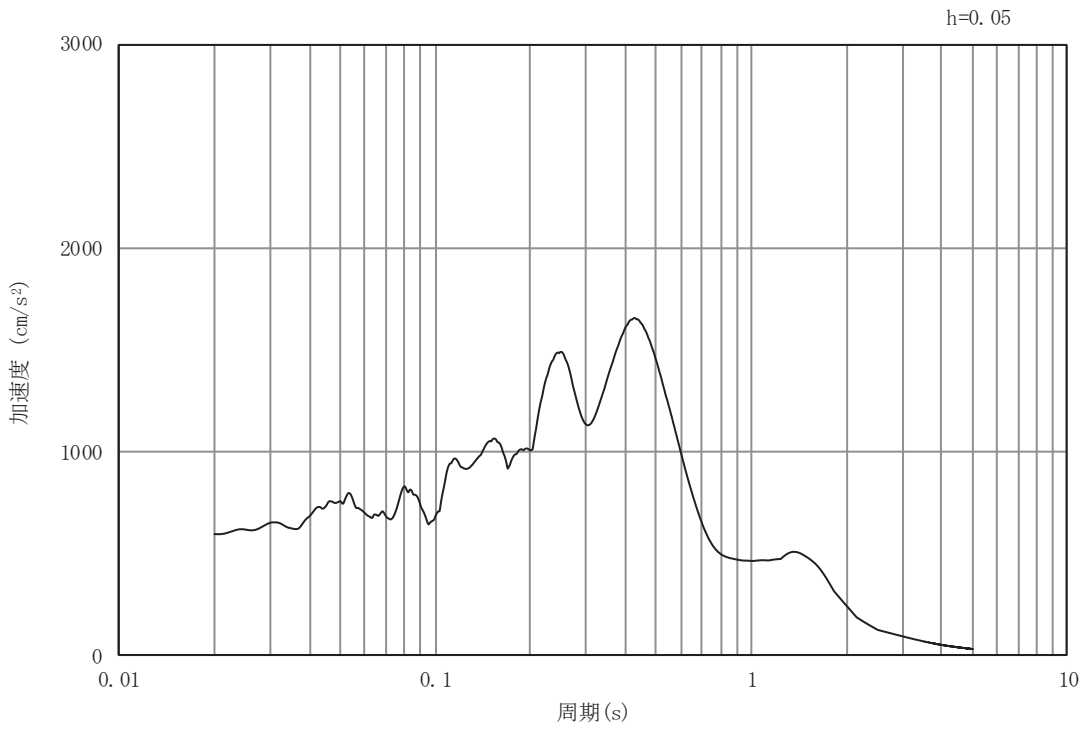


(b) 加速度応答スペクトル

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

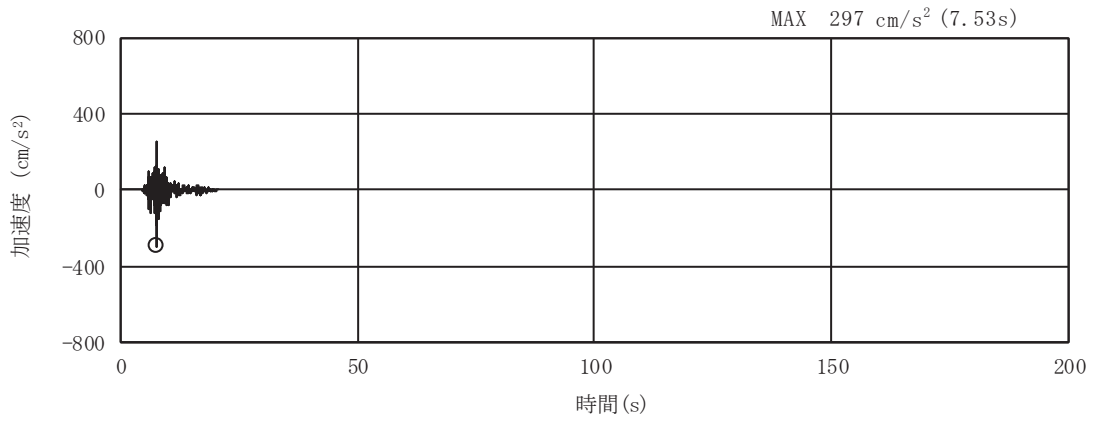


(a) 加速度時刻歴波形

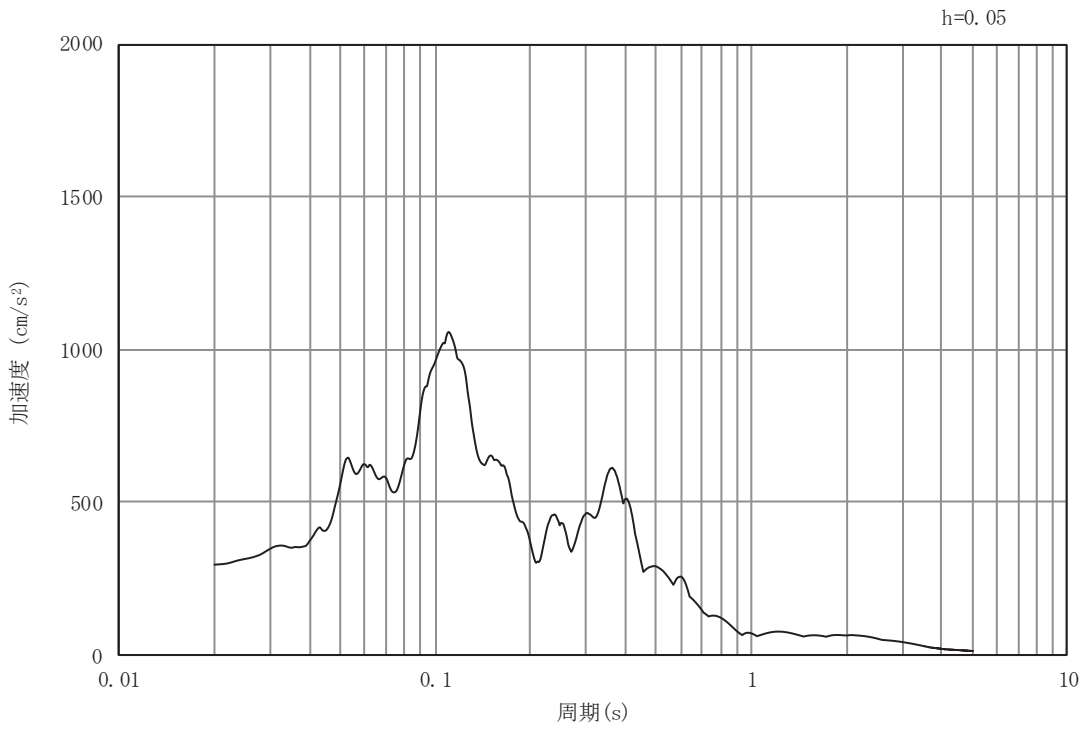


(b) 加速度応答スペクトル

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

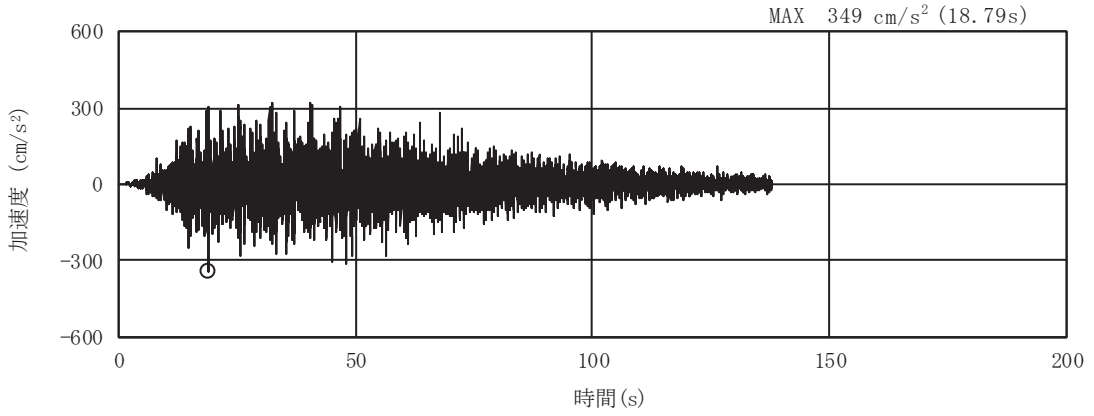


(a) 加速度時刻歴波形

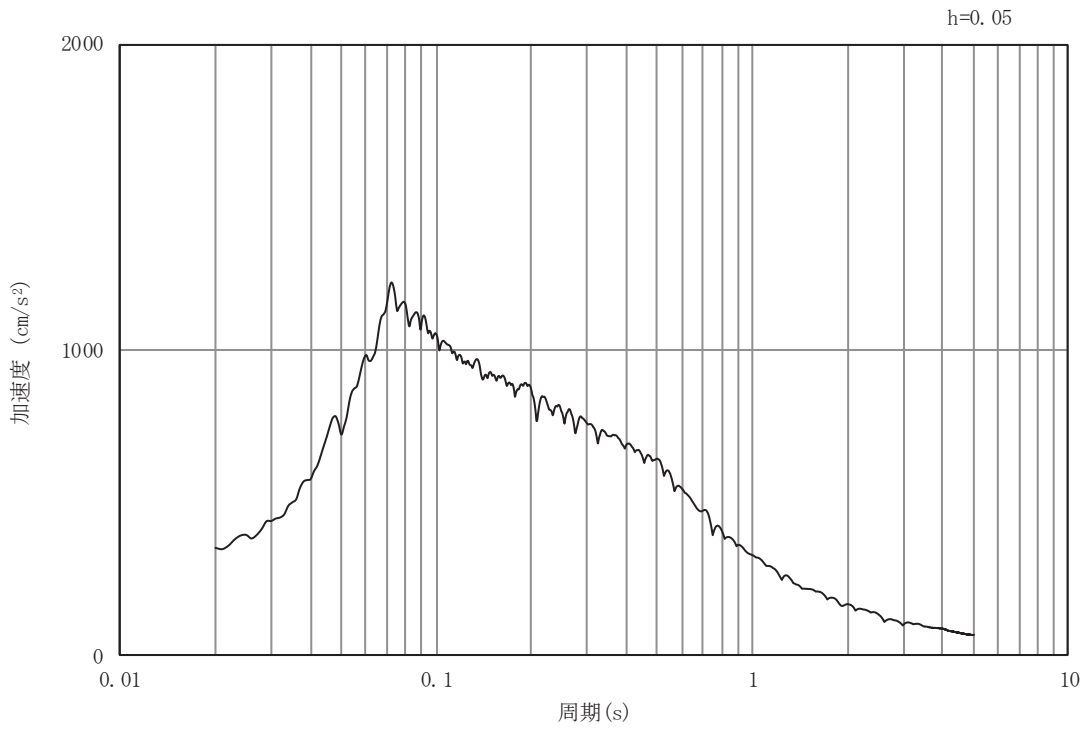


(b) 加速度応答スペクトル

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

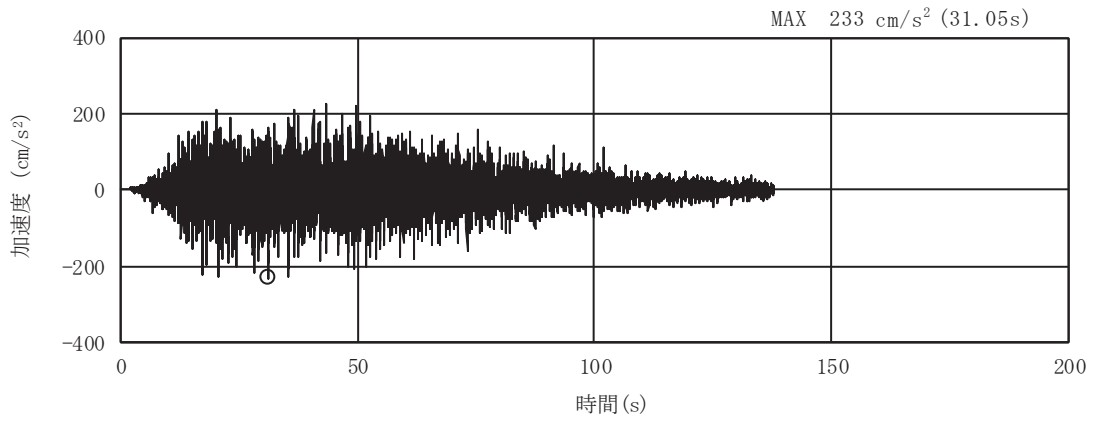


(a) 加速度時刻歴波形

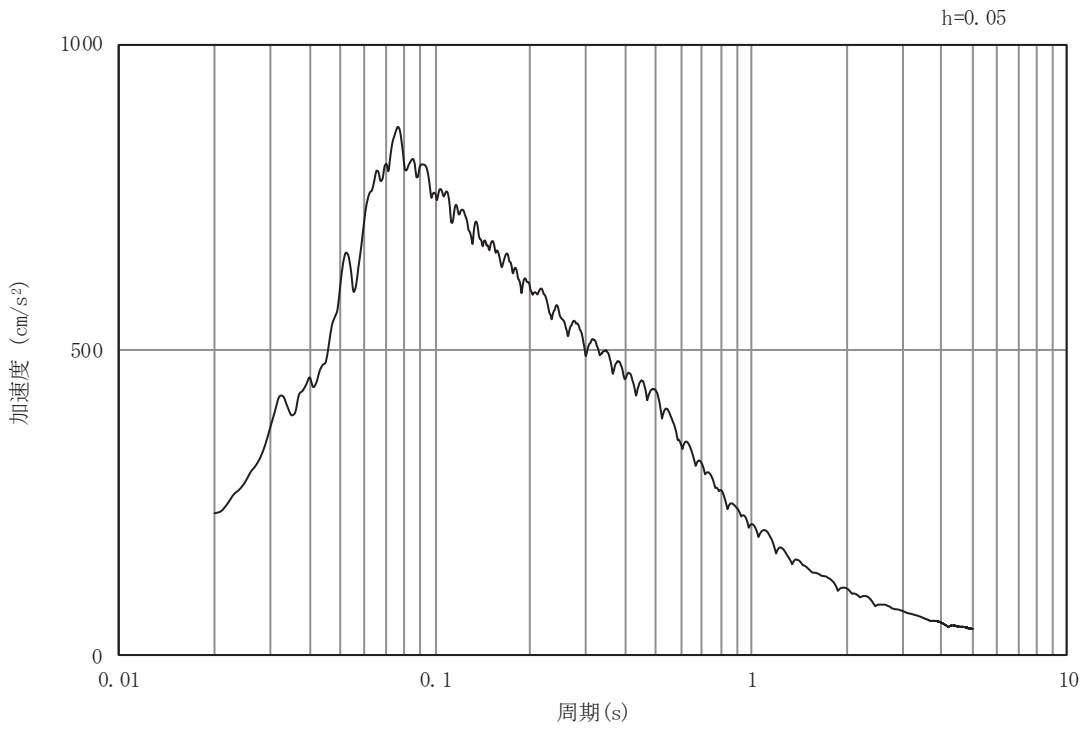


(b) 加速度応答スペクトル

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

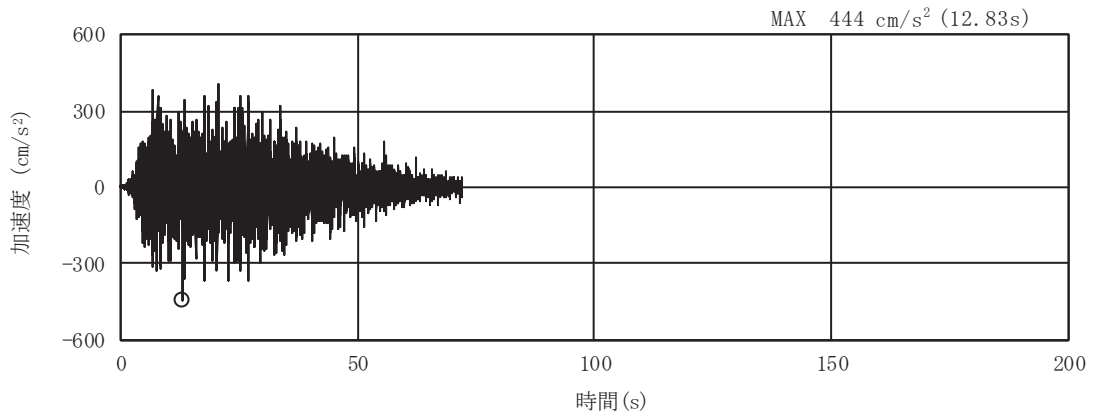


(a) 加速度時刻歴波形

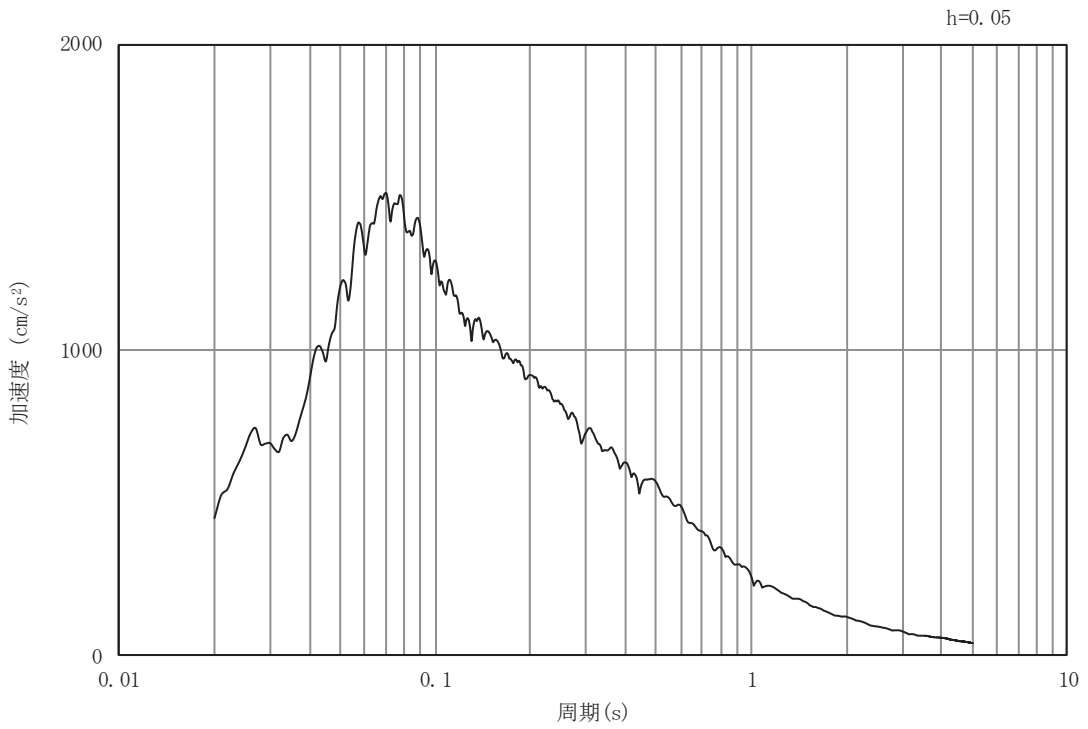


(b) 加速度応答スペクトル

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

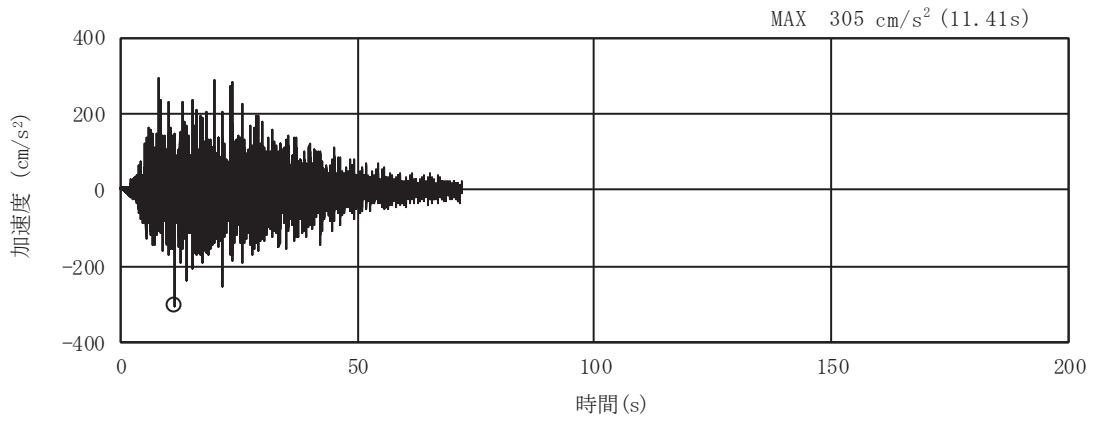


(a) 加速度時刻歴波形

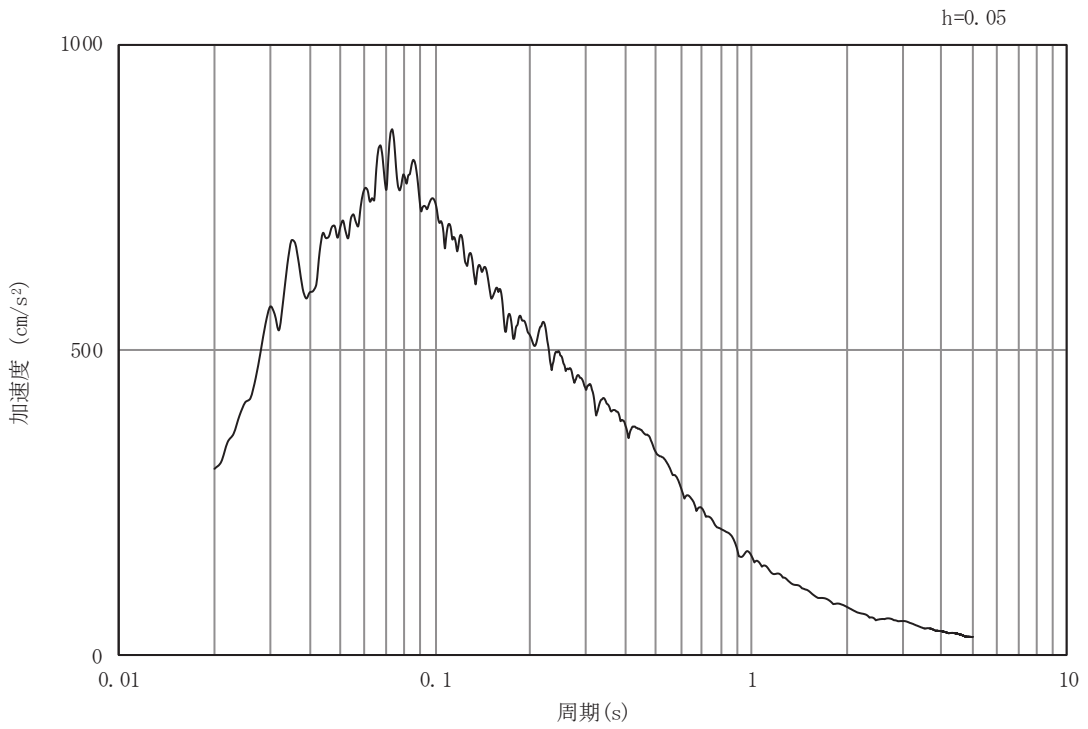


(b) 加速度応答スペクトル

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

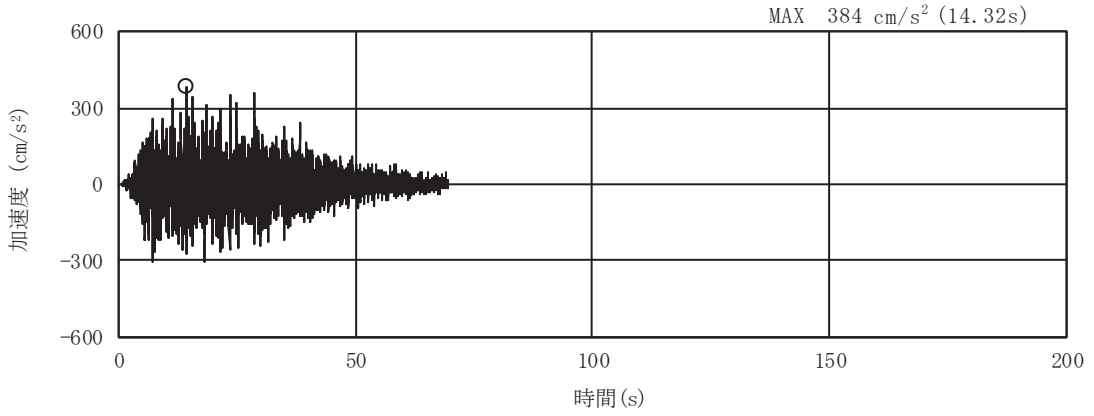


(a) 加速度時刻歴波形

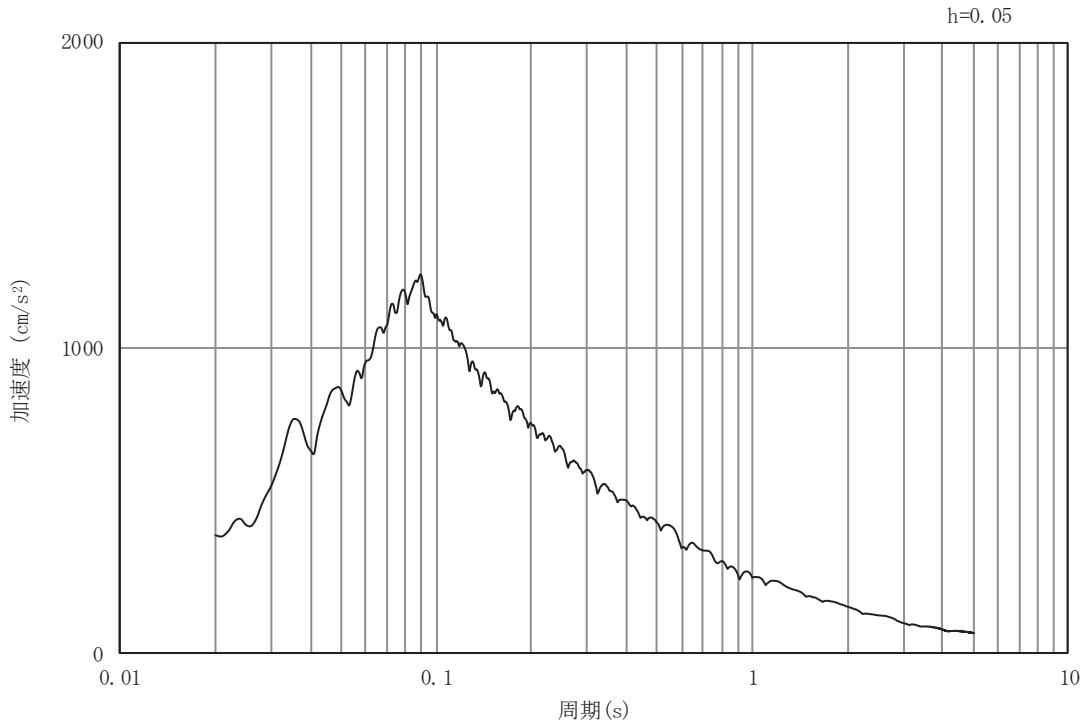


(b) 加速度応答スペクトル

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

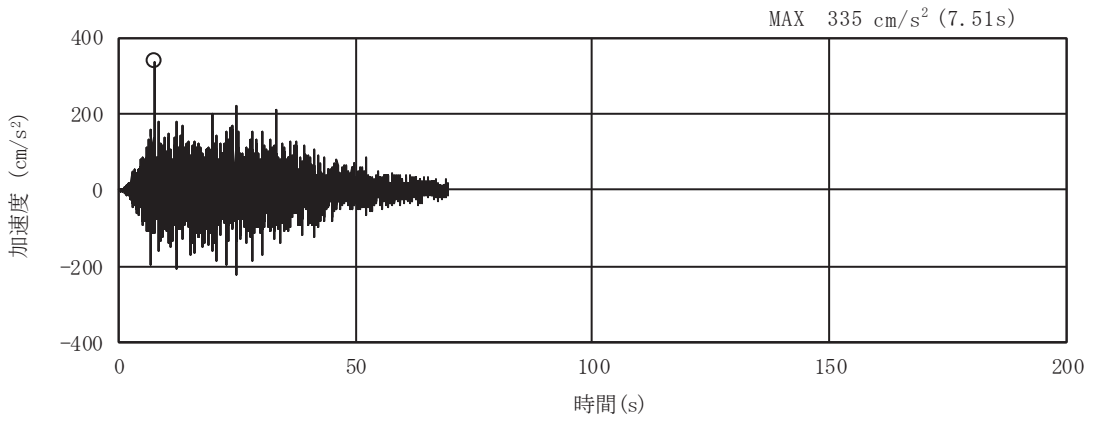


(a) 加速度時刻歴波形

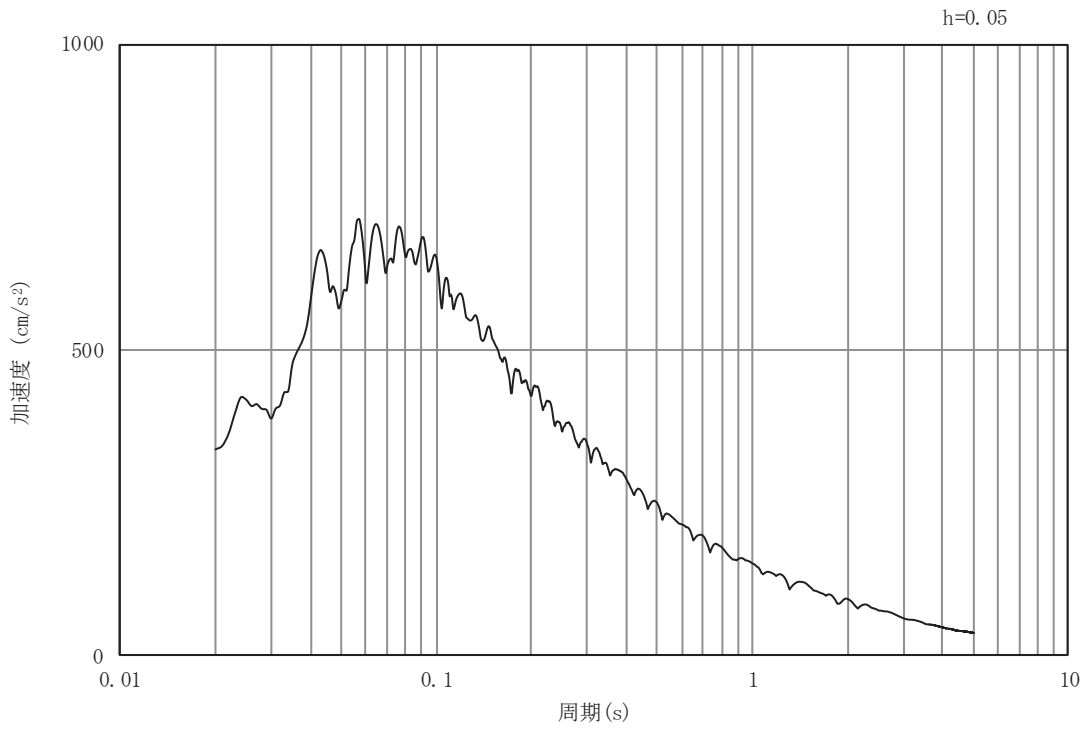


(b) 加速度応答スペクトル

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

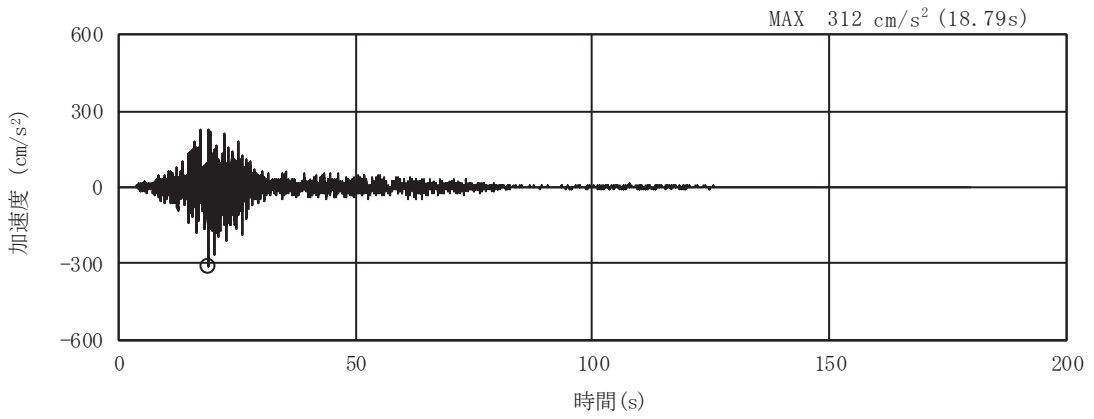


(a) 加速度時刻歴波形

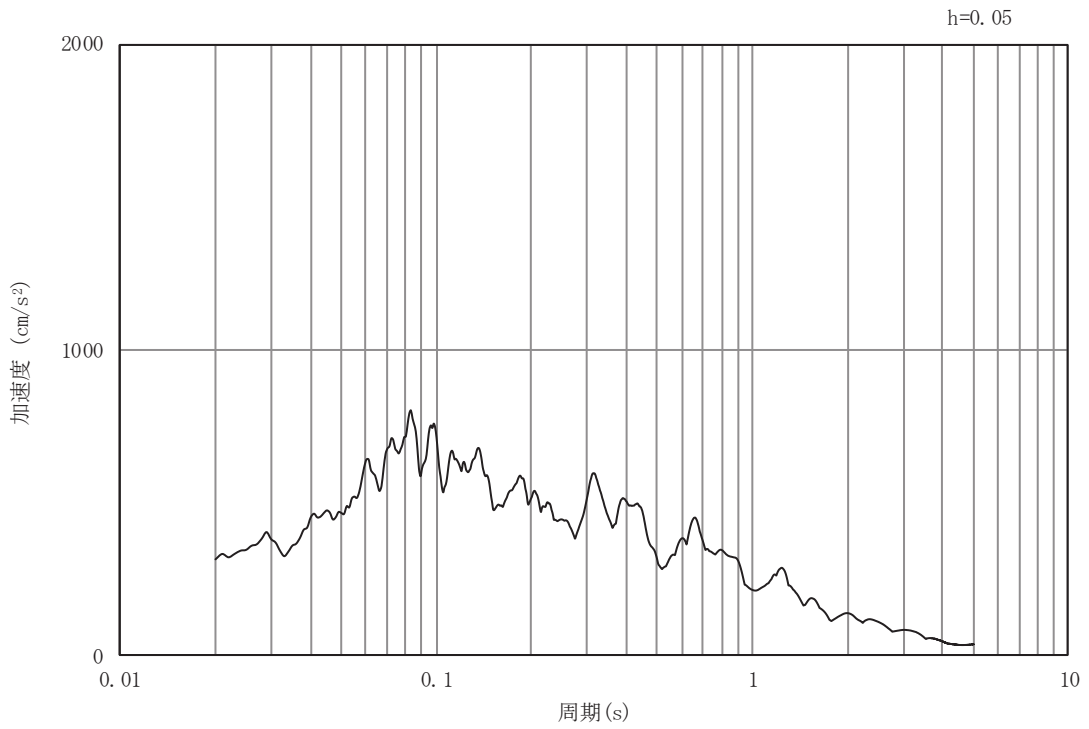


(b) 加速度応答スペクトル

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

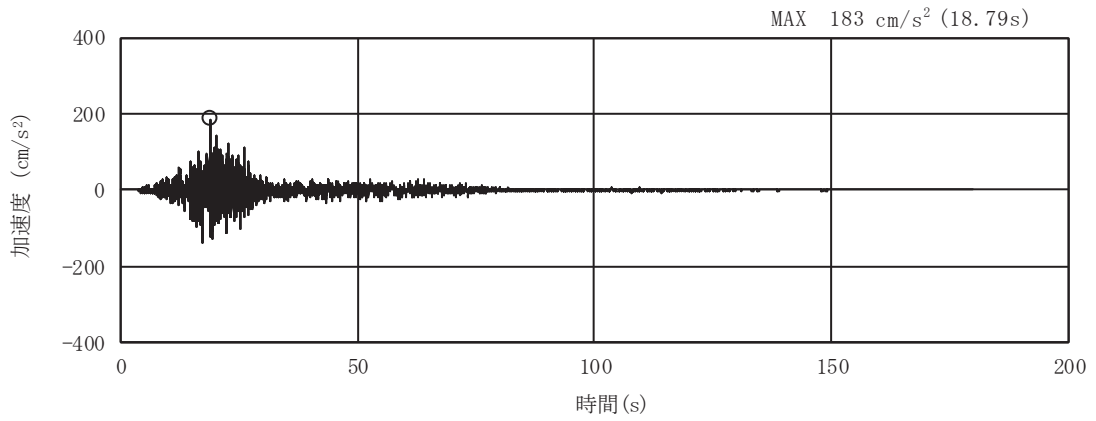


(a) 加速度時刻歴波形

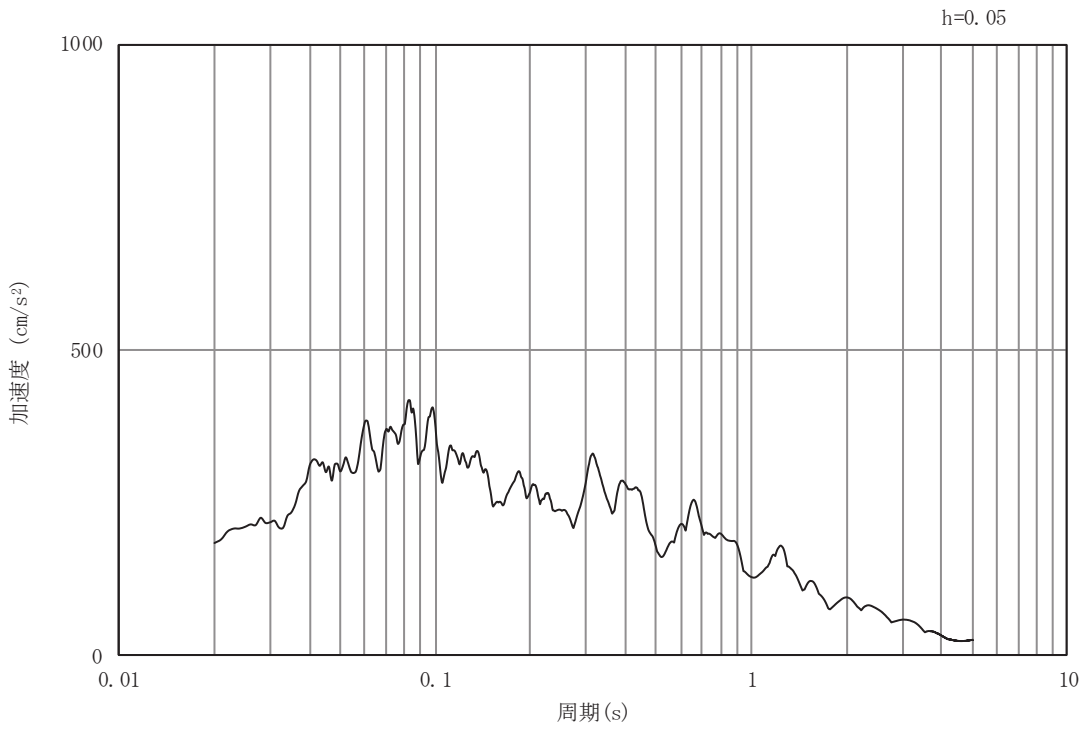


(b) 加速度応答スペクトル

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

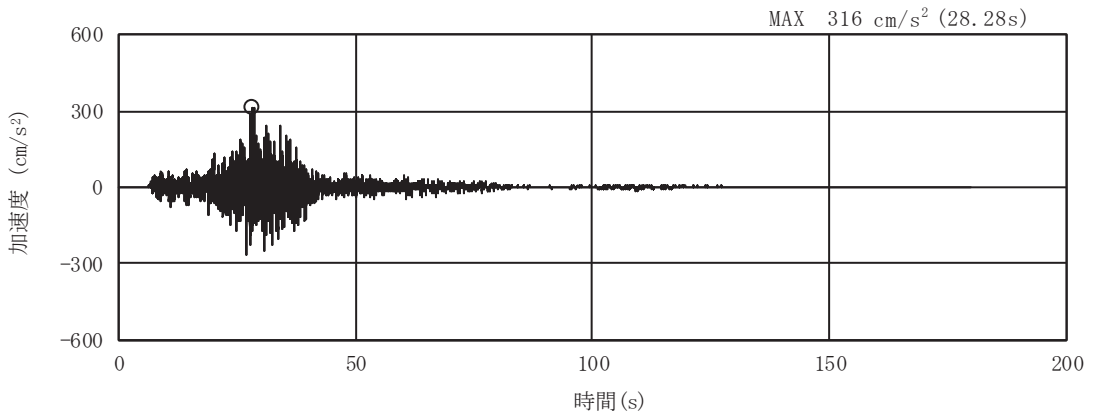


(a) 加速度時刻歴波形

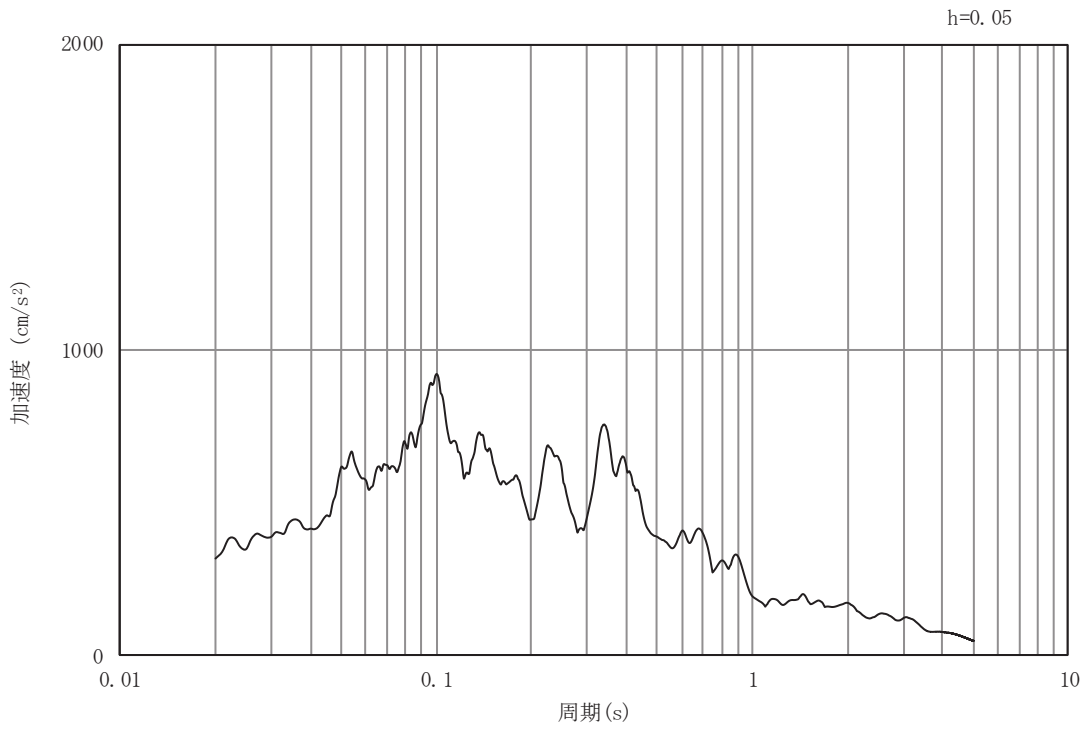


(b) 加速度応答スペクトル

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

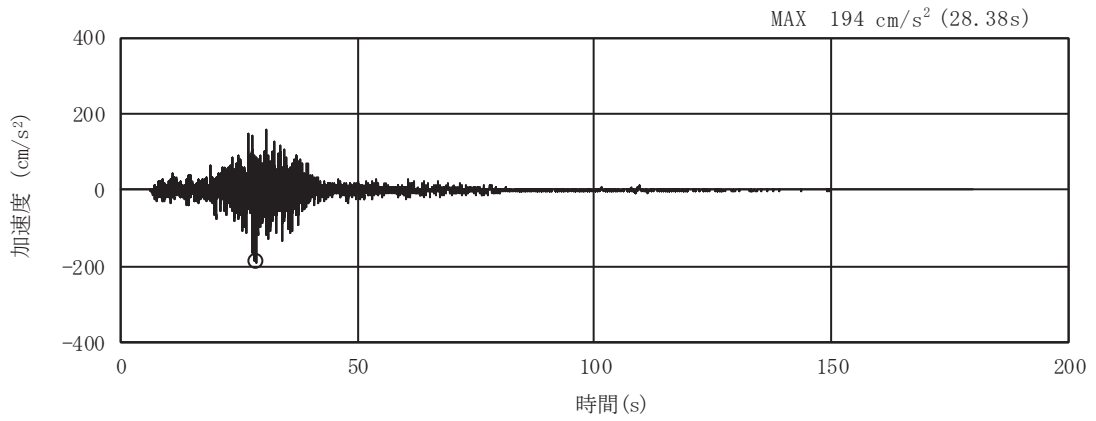


(a) 加速度時刻歴波形

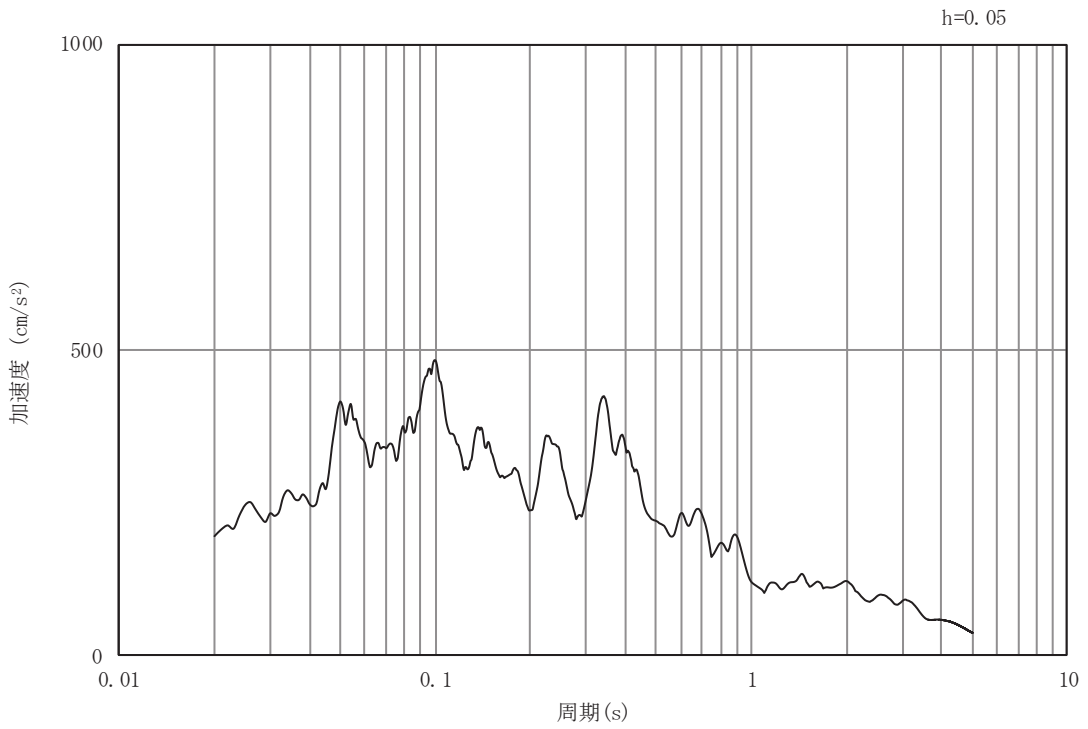


(b) 加速度応答スペクトル

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

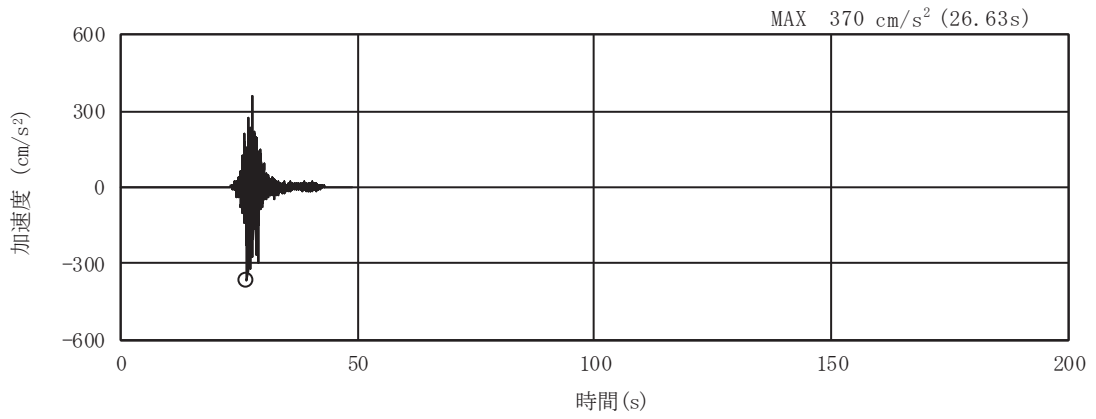


(a) 加速度時刻歴波形

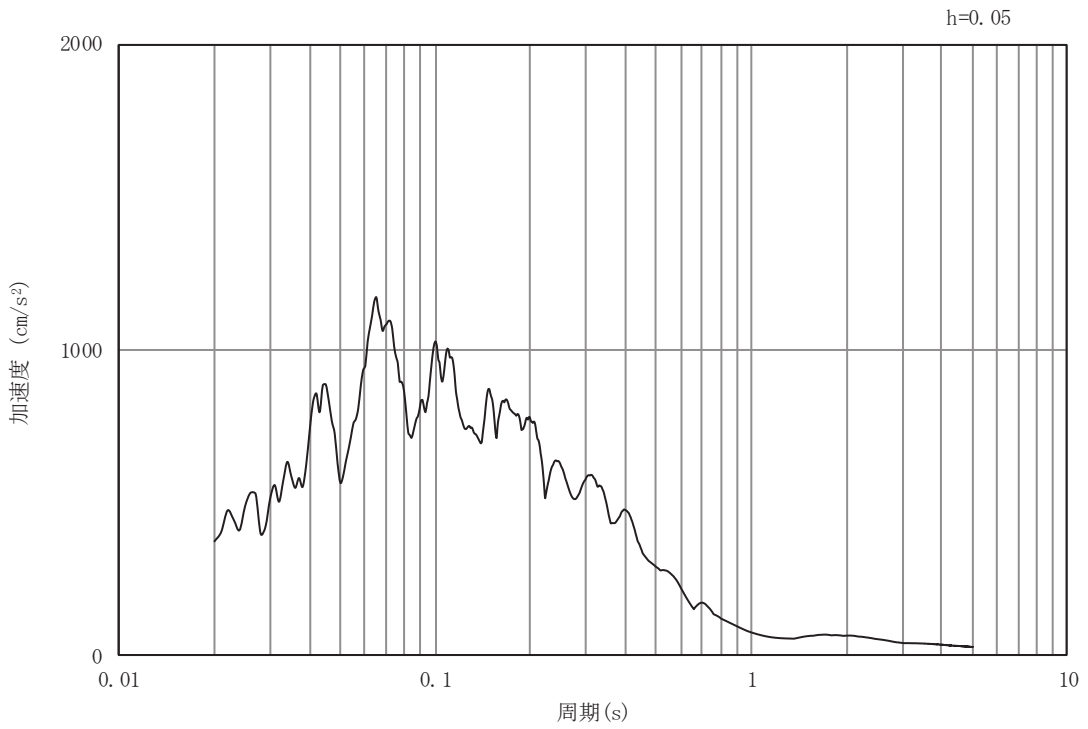


(b) 加速度応答スペクトル

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

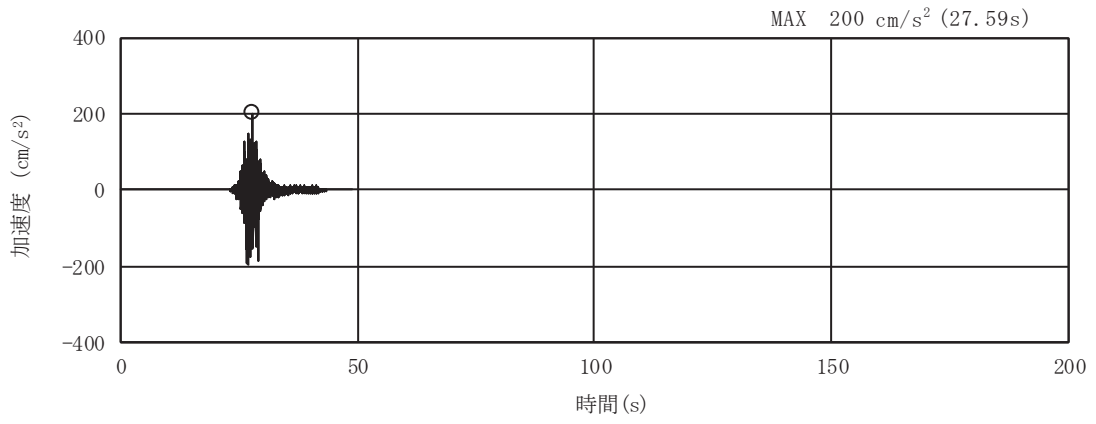


(a) 加速度時刻歴波形

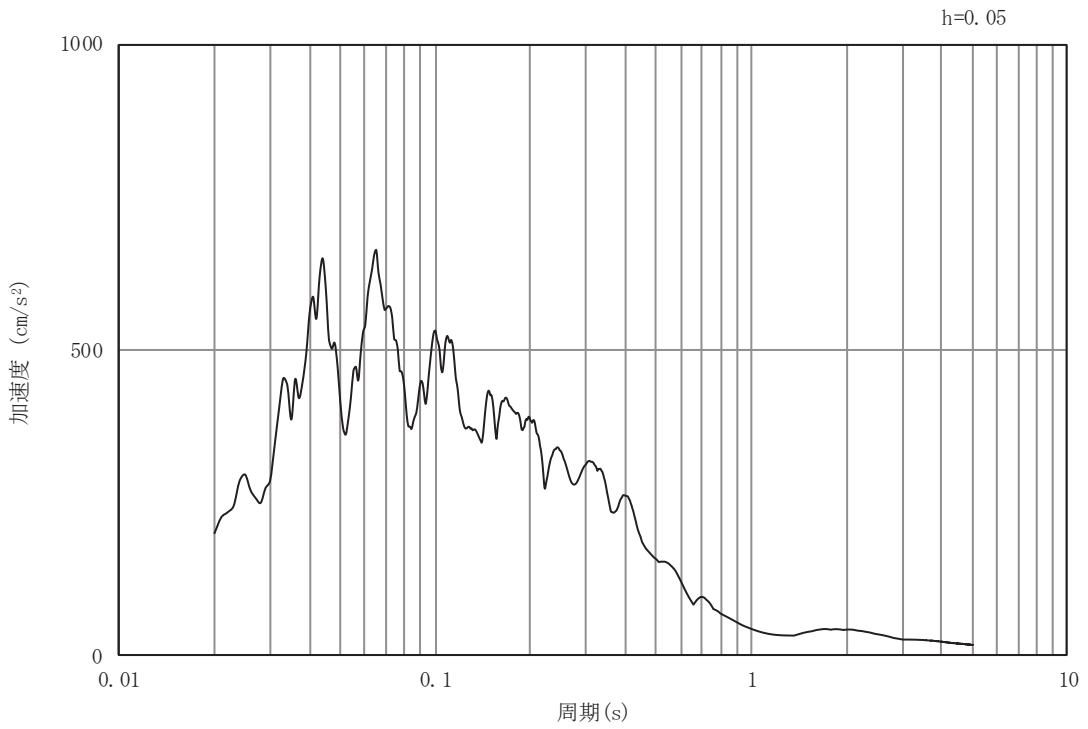


(b) 加速度応答スペクトル

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

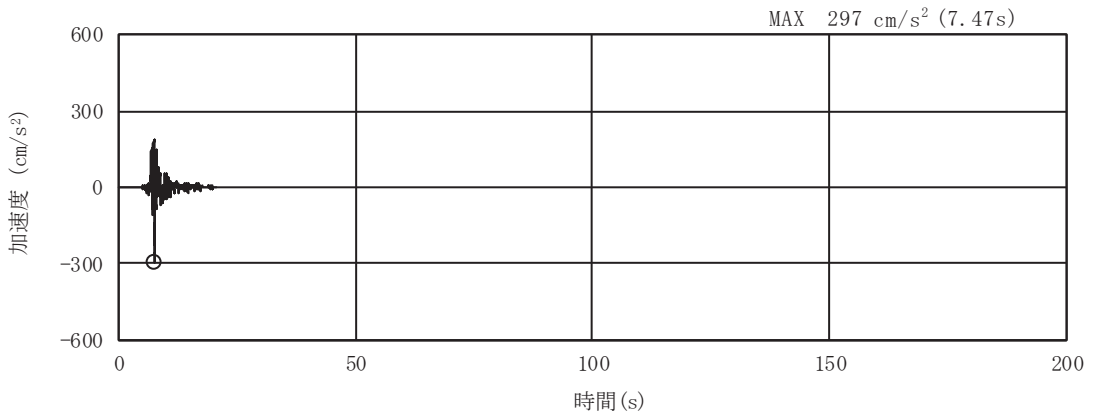


(a) 加速度時刻歴波形

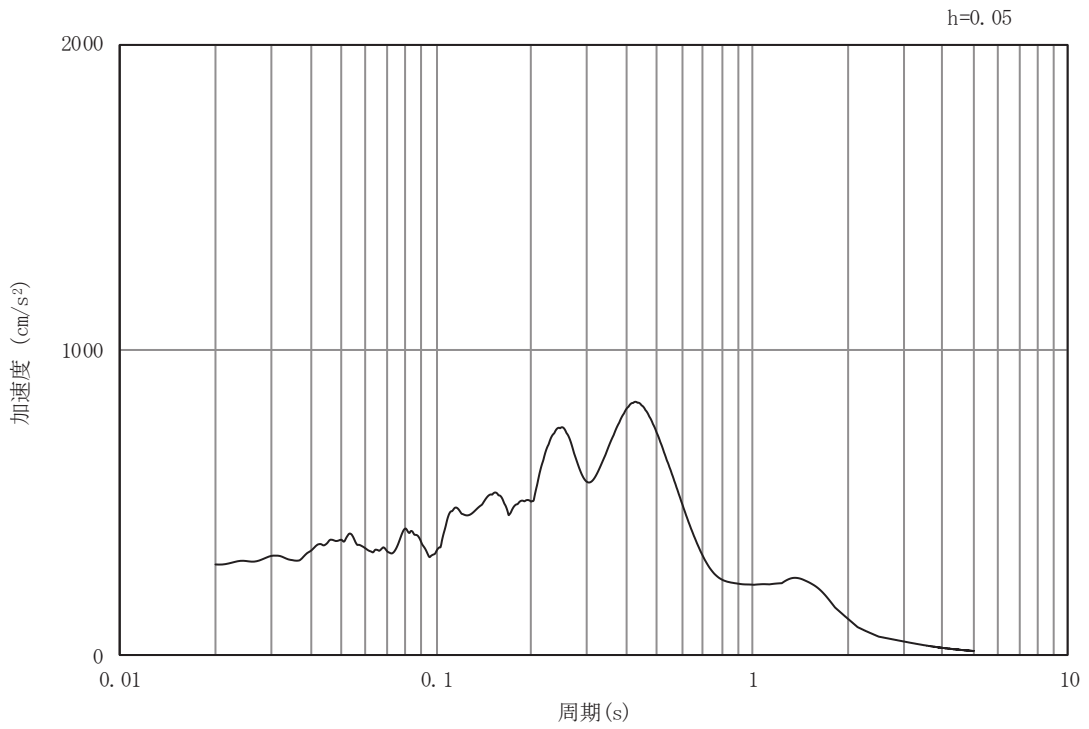


(b) 加速度応答スペクトル

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

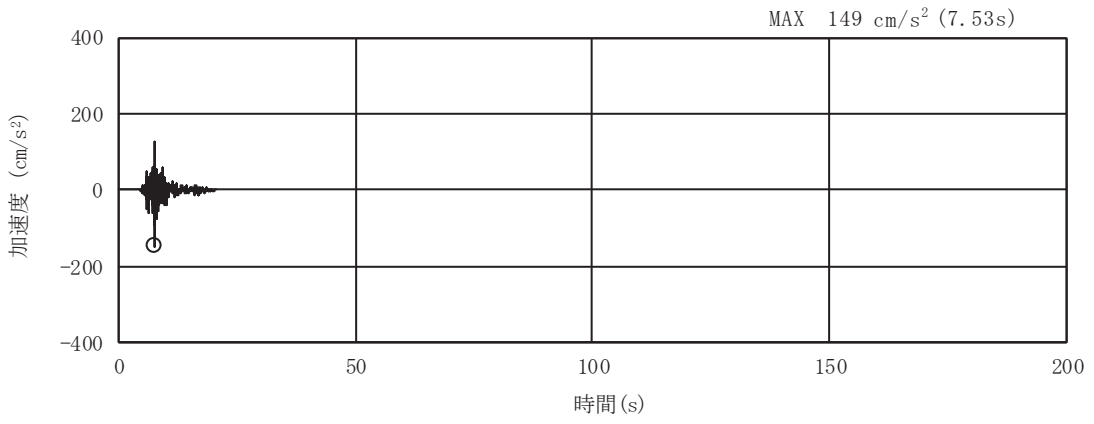


(a) 加速度時刻歴波形

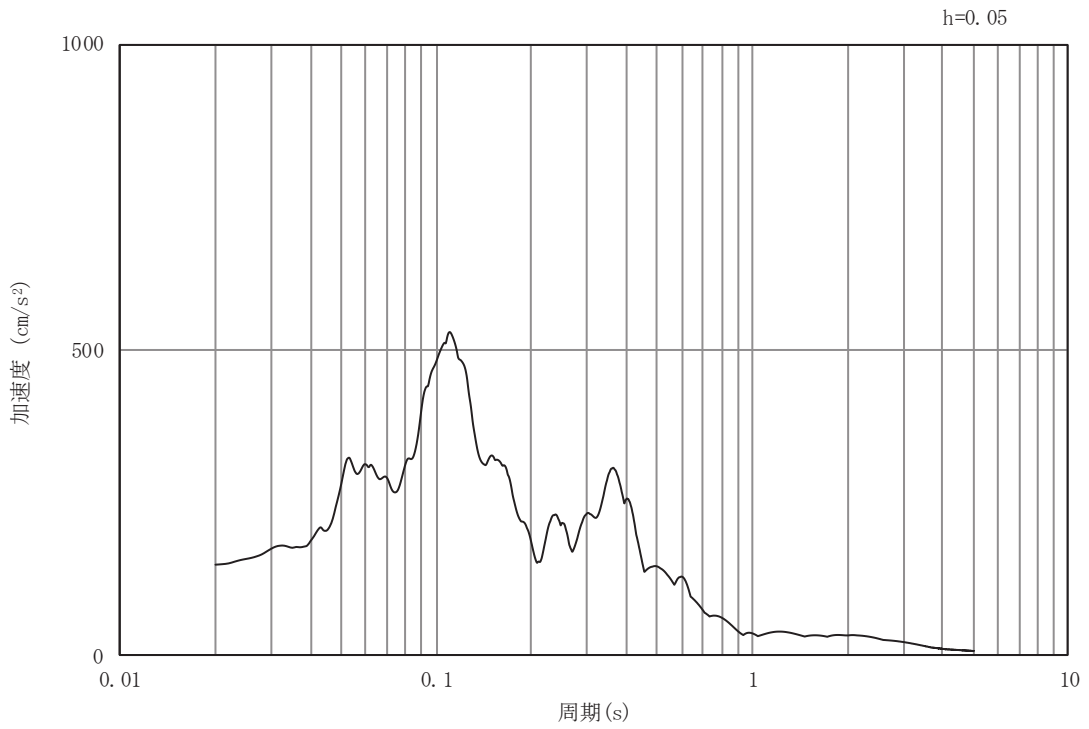


(b) 加速度応答スペクトル

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



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

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

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析モデルを図 3-36 に示す。

(1) 解析領域

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

(2) 境界条件

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

(3) 構造物のモデル化

鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素によりモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

D₁級を除く岩盤は、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、盛土、旧表土及び D₂級岩盤は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) 隣接構造物のモデル化

隣接構造物となる復水貯蔵タンク基礎は、線形はり要素でモデル化する。

(6) ジョイント要素の設定

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

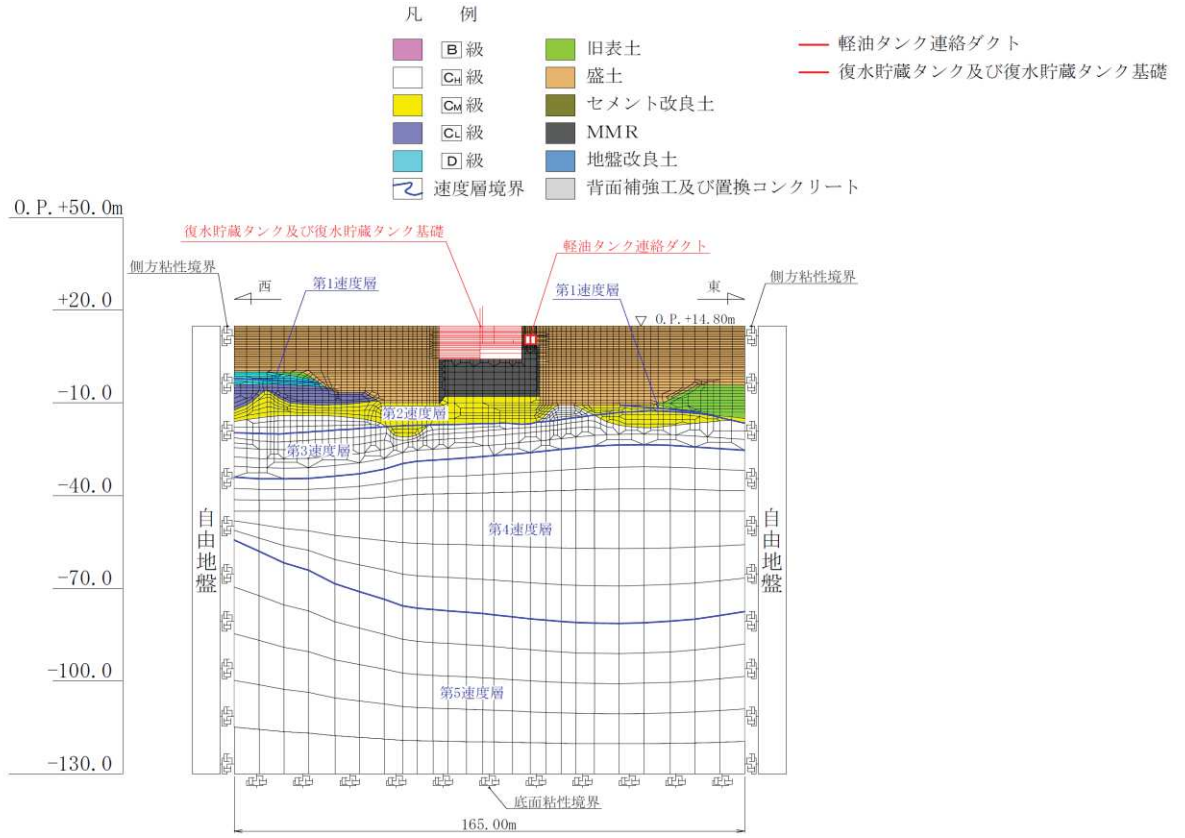


図 3-36 軽油タンク連絡ダクトの地震応答解析モデル図

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

材料	仕様
コンクリート	設計基準強度 20.5N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-7 材料の物性値 (構造部材)

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

注記* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.5.3 地盤の物性値

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

3.5.4 地下水位

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

表3-8 設計用地下水位の一覧

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

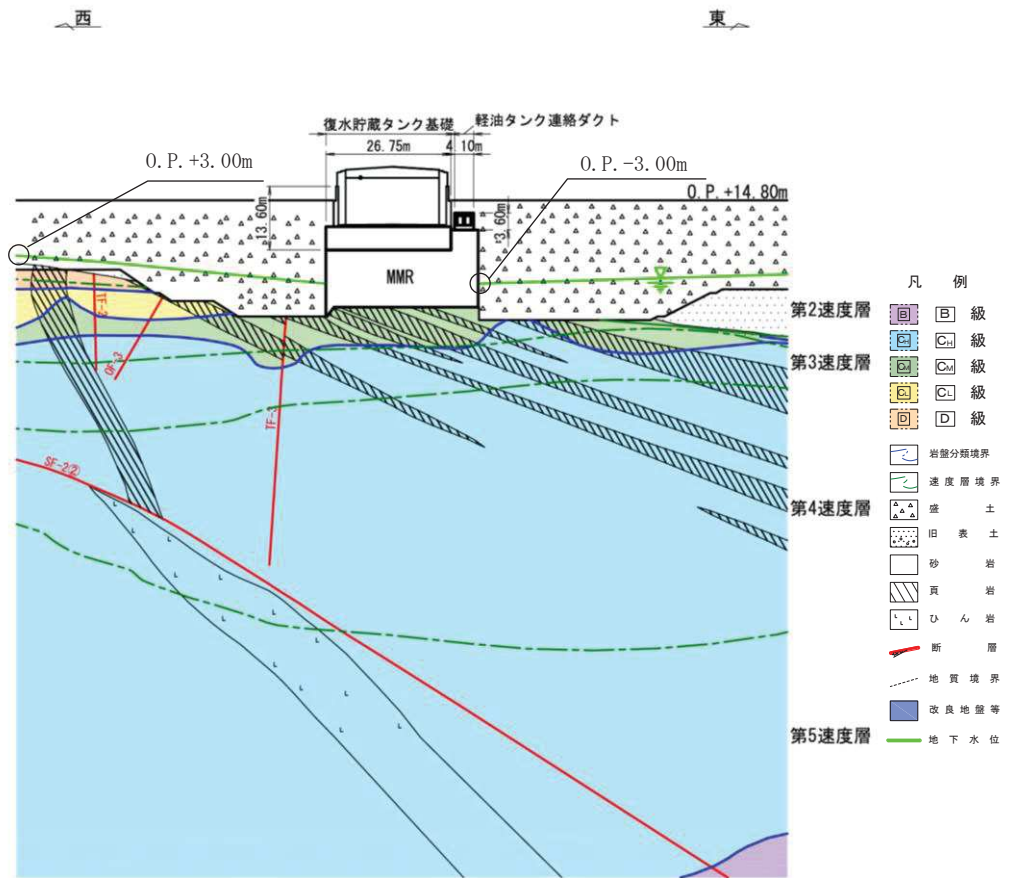
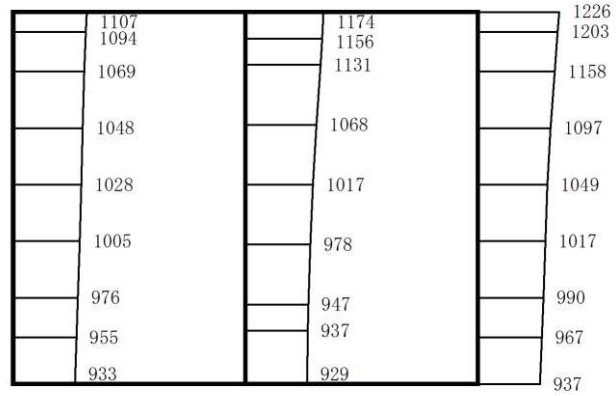


図3-37 設計用地下水位

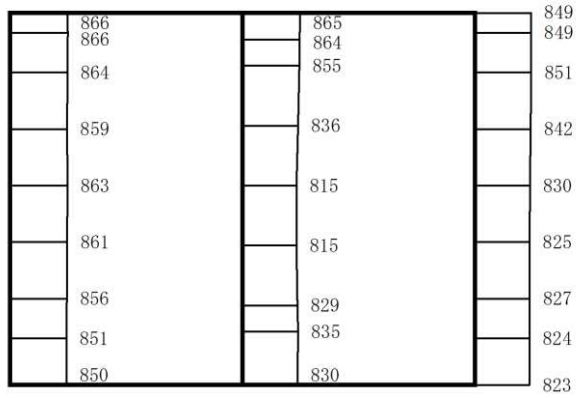
4. 解析結果

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

これらに加え、機器・配管系に対する応答加速度抽出として、解析ケース②～④についてすべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-18～図4-38に示す。また、解析ケース①～④についてすべての弾性設計用地震動 S_d に対する最大加速度分布図を図4-39～図4-66に示す。



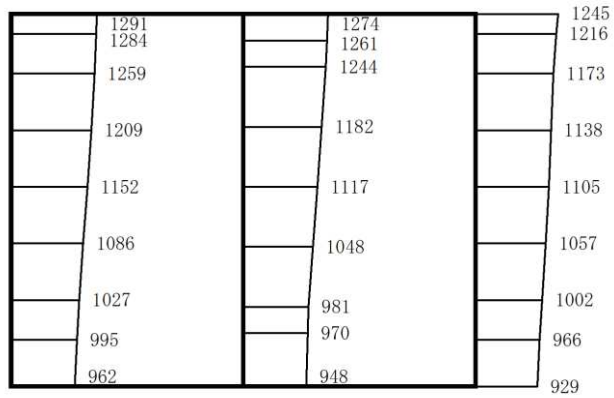
(a) S s - D 1 (++) 水平



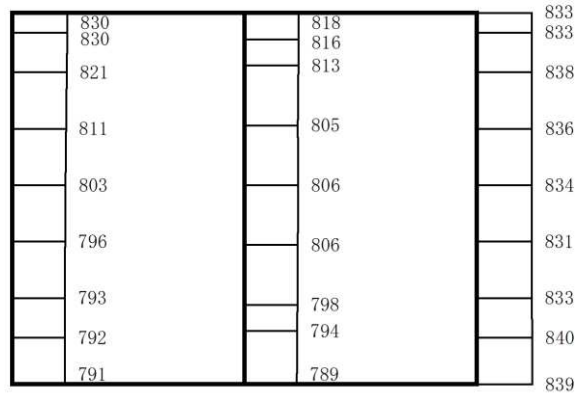
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-1 最大加速度分布図 (1/17) (解析ケース①)



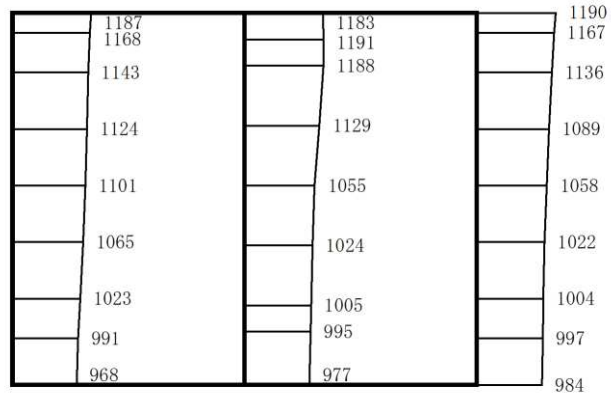
(a) S s - D 1 (- +) 水平



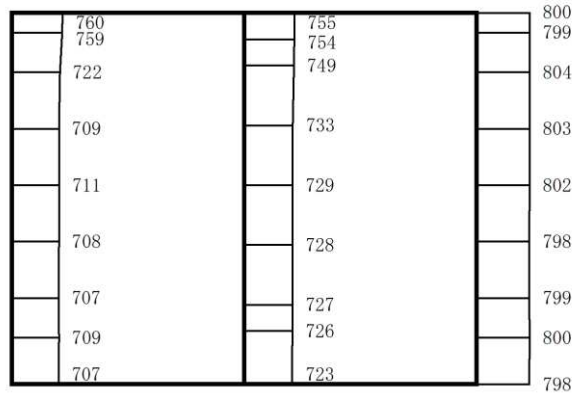
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (- +) 鉛直

図 4-2 最大加速度分布図 (2/17) (解析ケース①)



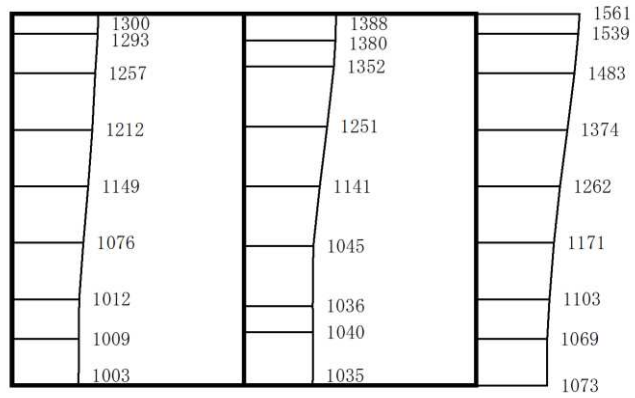
(a) S s - D 2 (++) 水平



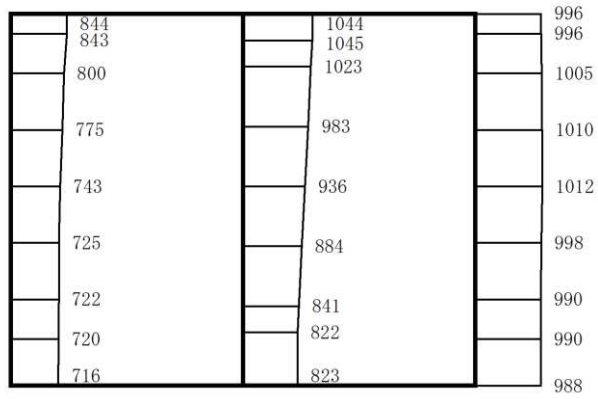
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-3 最大加速度分布図 (3/17) (解析ケース①)



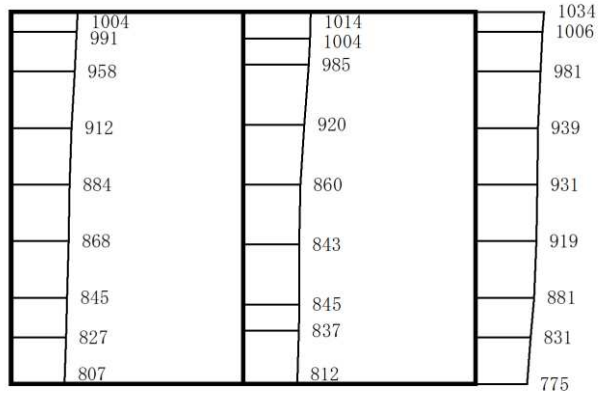
(a) S s - D 2 (- +) 水平



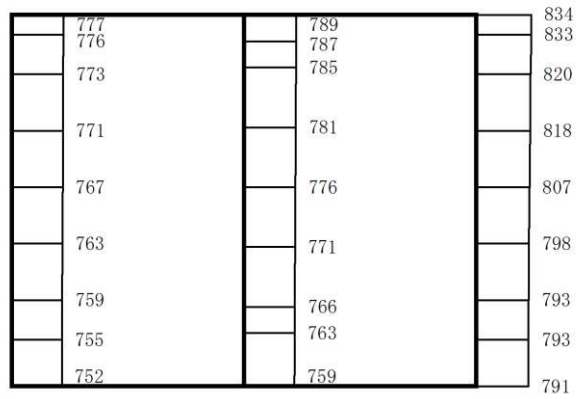
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

図 4-4 最大加速度分布図 (4/17) (解析ケース①)



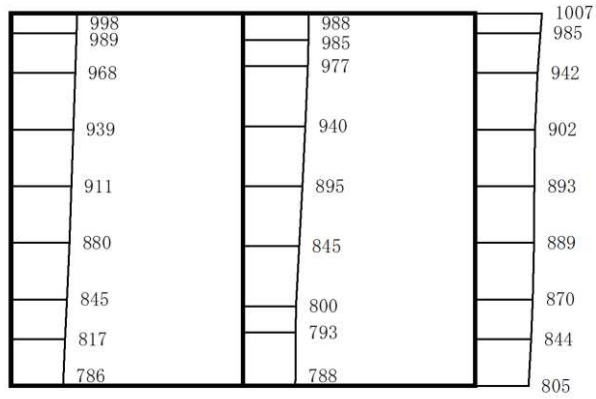
(a) S s - D 3 (++) 水平



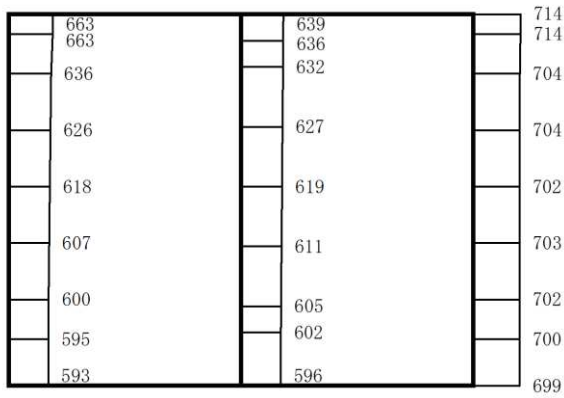
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-5 最大加速度分布図 (5/17) (解析ケース①)



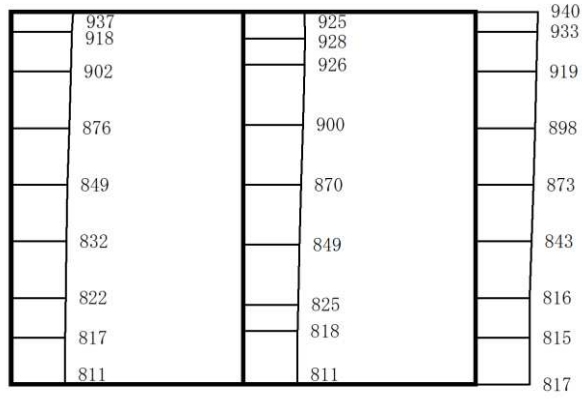
(a) S s - D 3 (- +) 水平



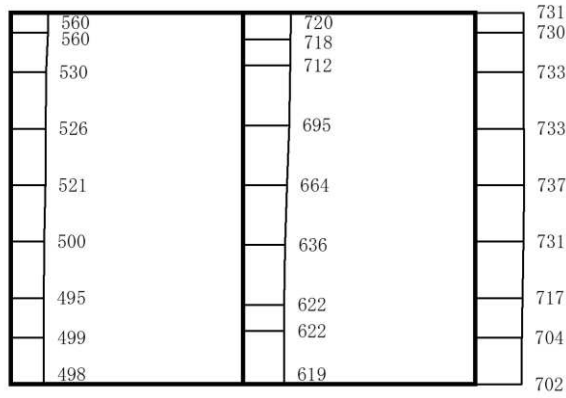
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (- +) 鉛直

図 4-6 最大加速度分布図 (6/17) (解析ケース①)



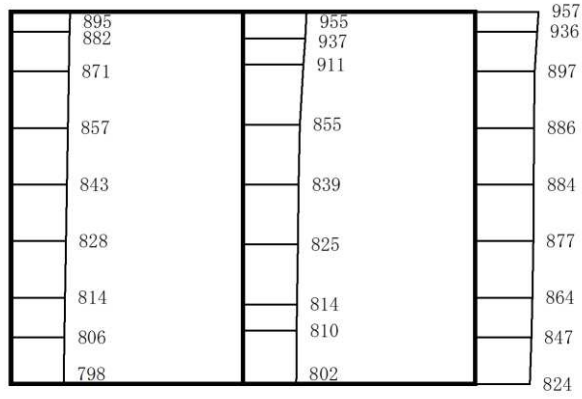
(a) S s - F 1 (++) 水平



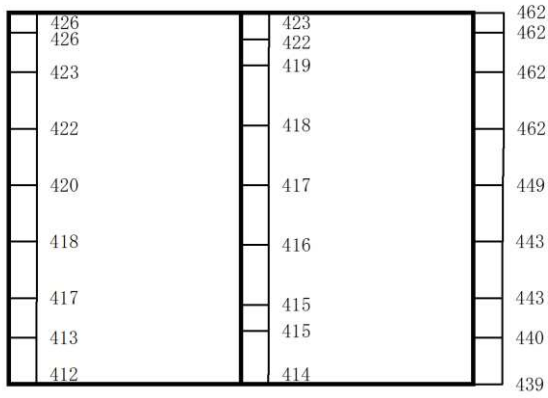
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-7 最大加速度分布図 (7/17) (解析ケース①)



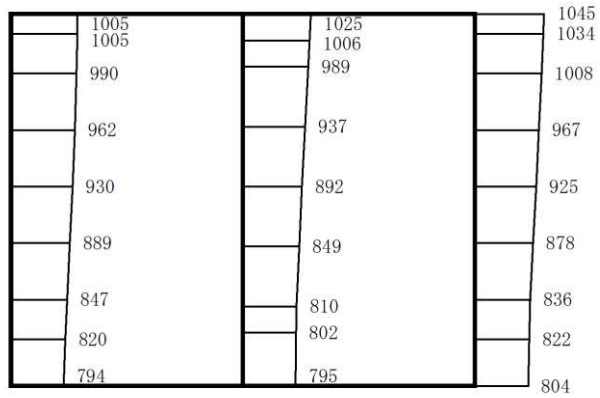
(a) S s - F 1 (-+) 水平



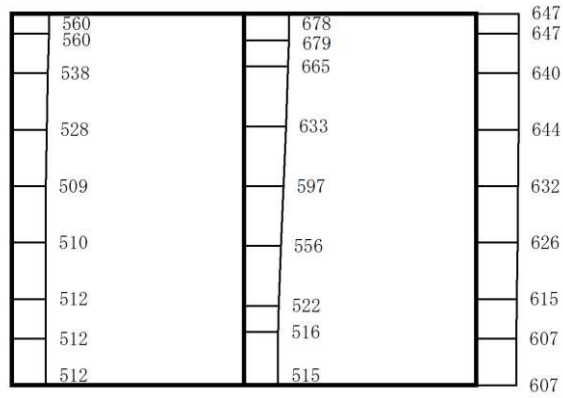
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (-+) 鉛直

図 4-8 最大加速度分布図 (8/17) (解析ケース①)



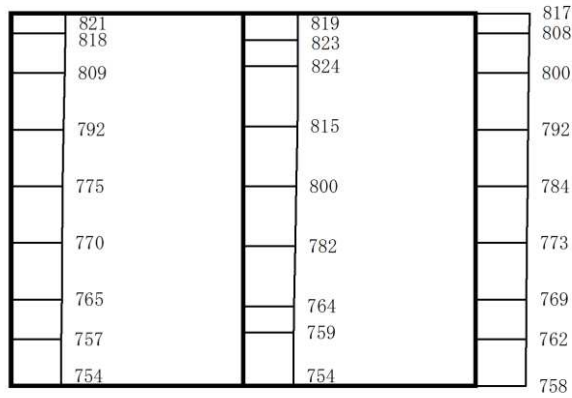
(a) S s - F 2 (++) 水平



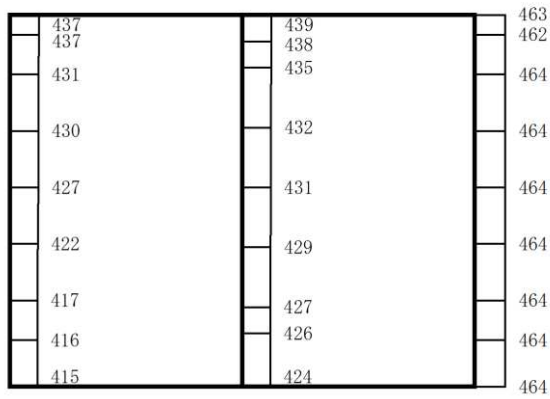
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-9 最大加速度分布図 (9/17) (解析ケース①)



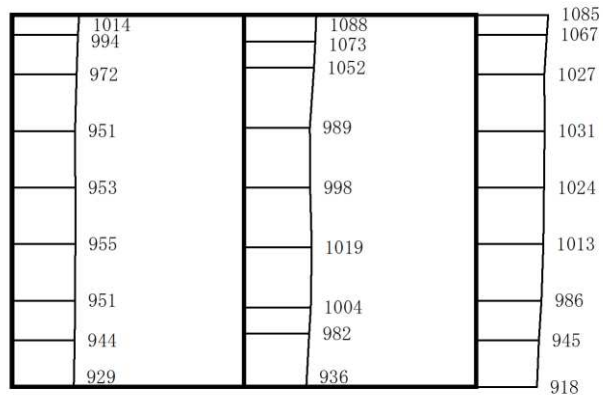
(a) S_s-F₂ (-+) 水平



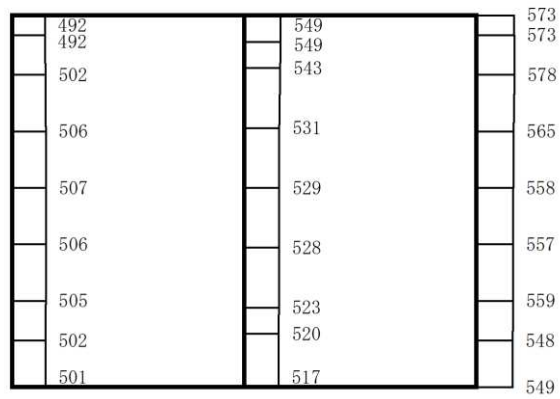
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S_s-F₂ (-+) 鉛直

図 4-10 最大加速度分布図 (10/17) (解析ケース①)



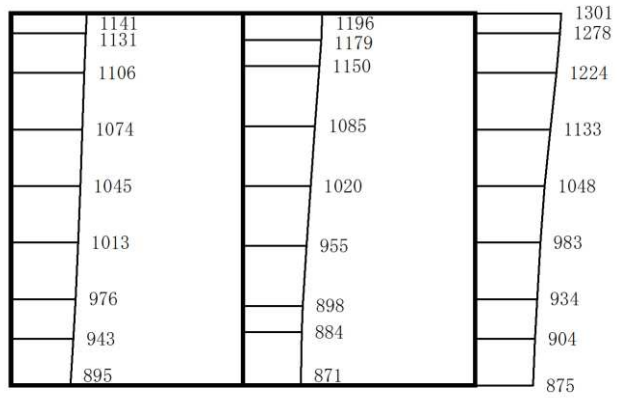
(a) S s - F 3 (++) 水平



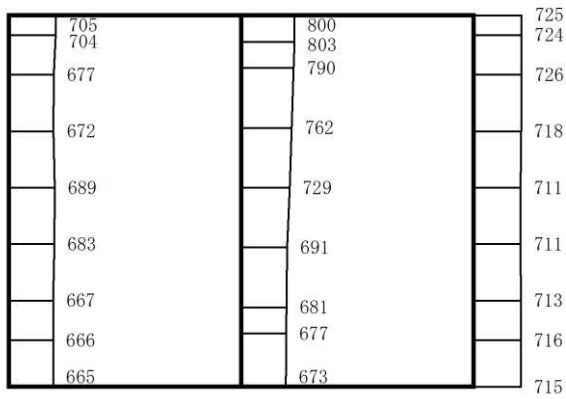
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-11 最大加速度分布図 (11/17) (解析ケース①)



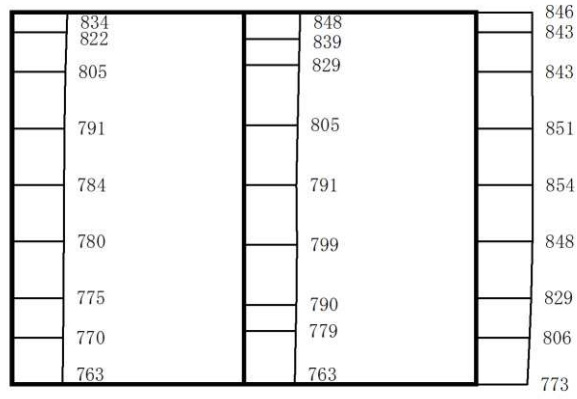
(a) S s - F 3 (-+) 水平



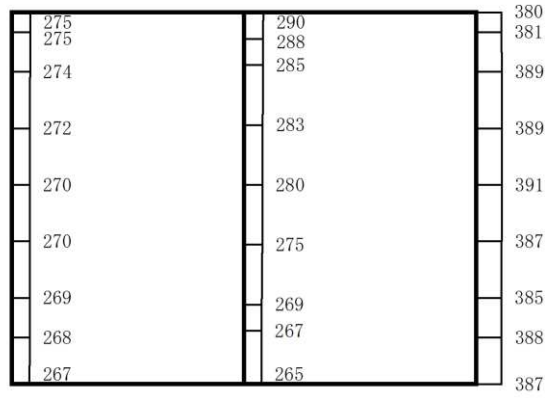
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (-+) 鉛直

図 4-12 最大加速度分布図 (12/17) (解析ケース①)



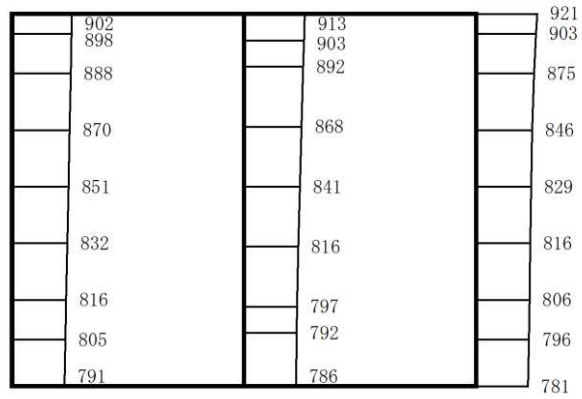
(a) S s - N 1 (++) 水平



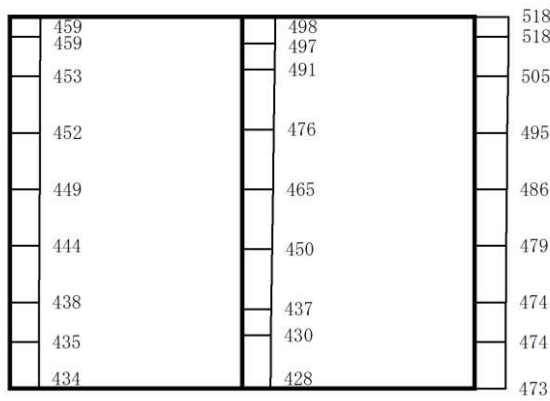
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-13 最大加速度分布図 (13/17) (解析ケース①)



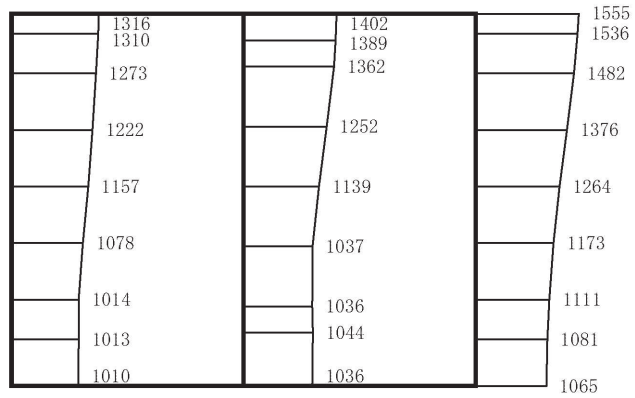
(a) S s - N 1 (- +) 水平



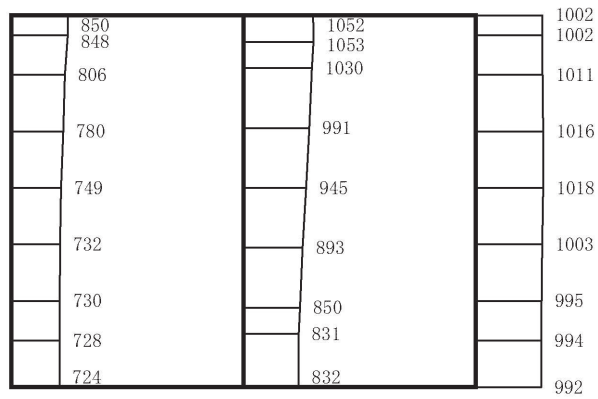
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-14 最大加速度分布図 (14/17) (解析ケース①)



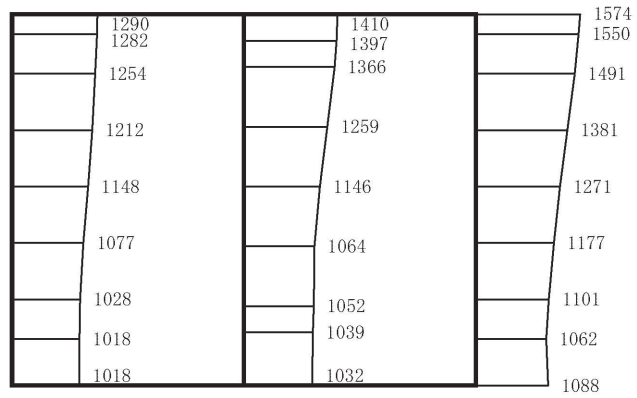
(a) S s - D 2 (- +) 水平



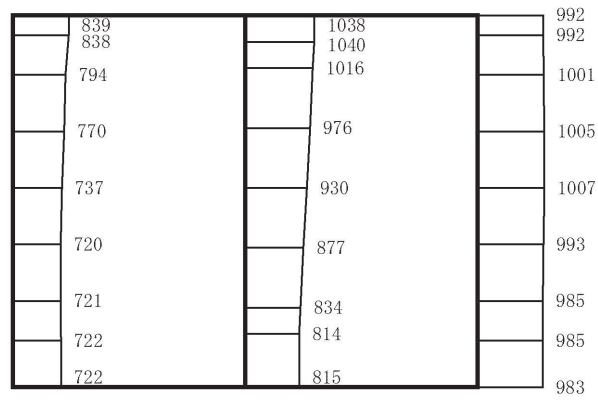
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

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



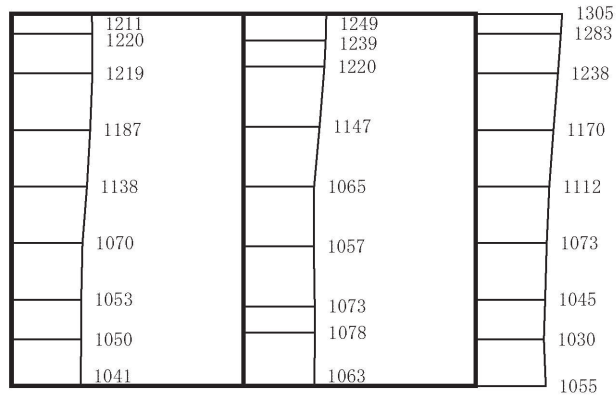
(a) S s - D 2 (- +) 水平



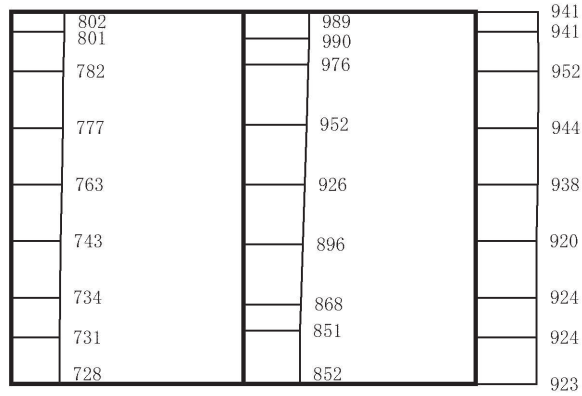
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

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



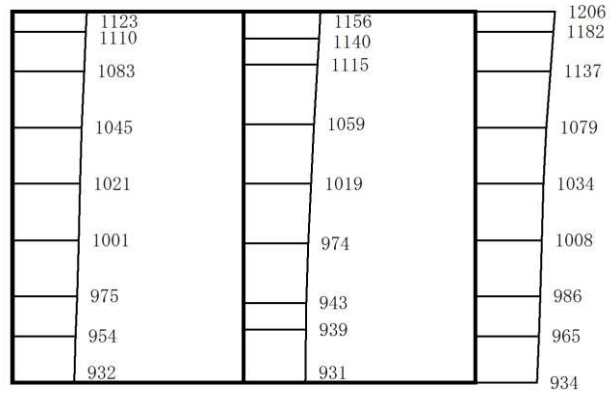
(a) S s - D 2 (- +) 水平



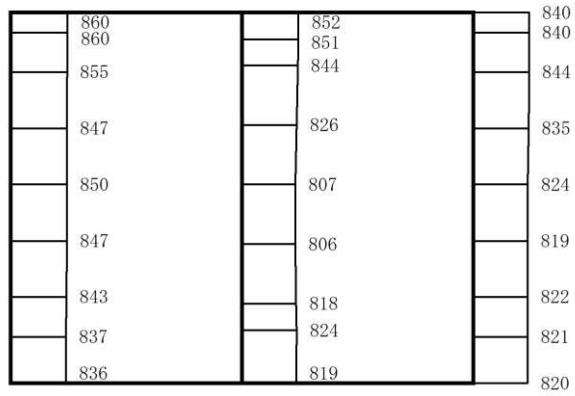
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (- +) 鉛直

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



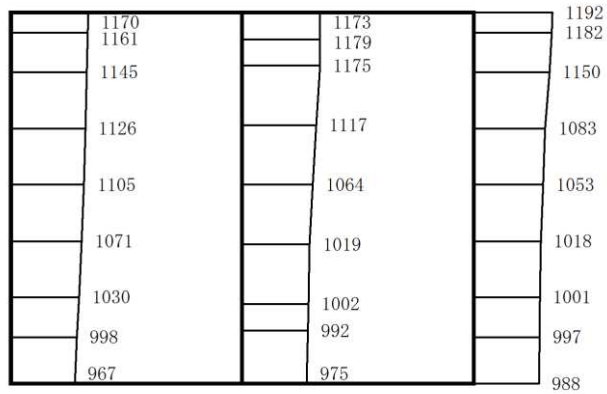
(a) S s - D 1 (++) 水平



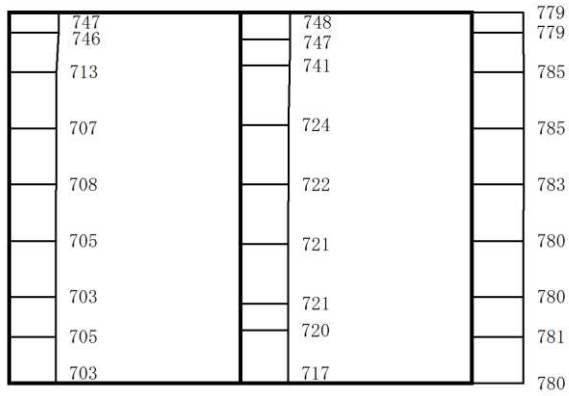
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-18 最大加速度分布図 (1/49) (解析ケース②)



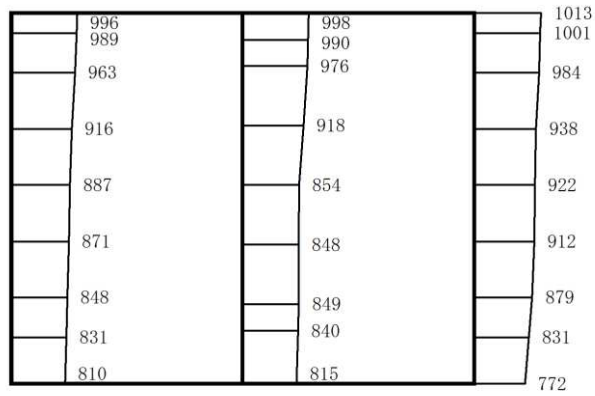
(a) S s - D 2 (++) 水平



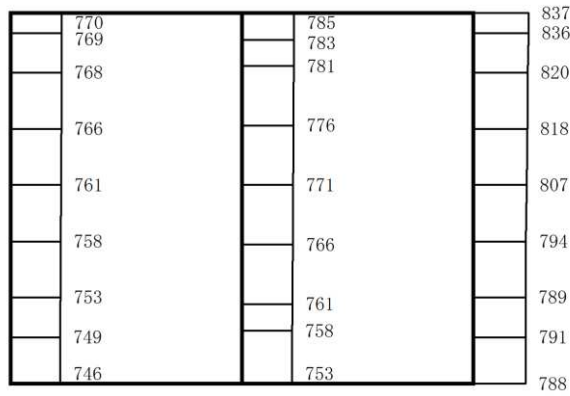
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-19 最大加速度分布図 (2/49) (解析ケース②)



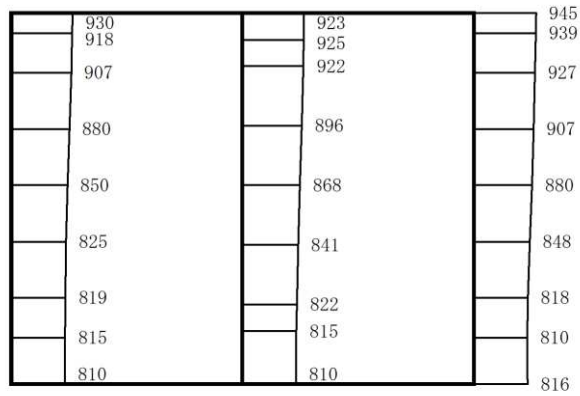
(a) S s - D 3 (++) 水平



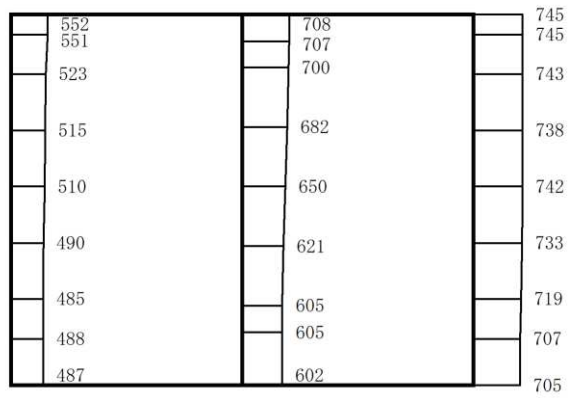
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-20 最大加速度分布図 (3/49) (解析ケース②)



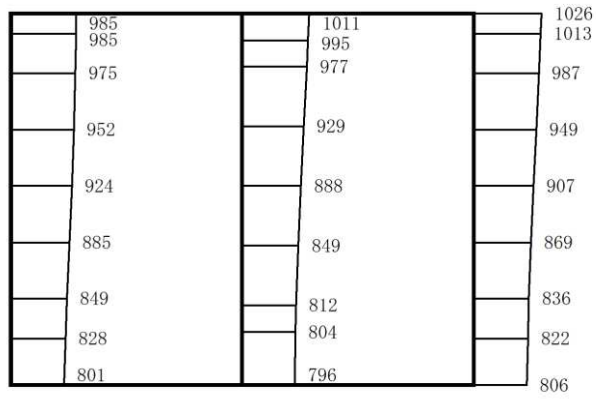
(a) S s - F 1 (++) 水平



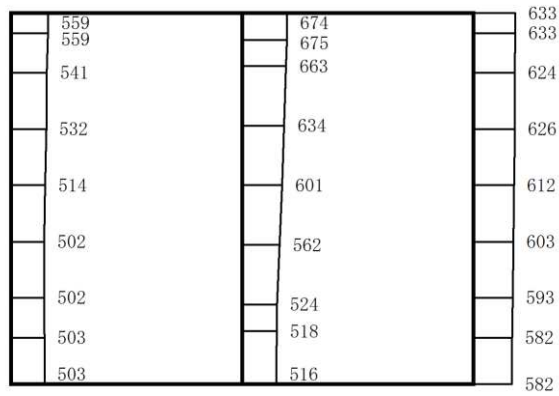
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-21 最大加速度分布図 (4/49) (解析ケース②)



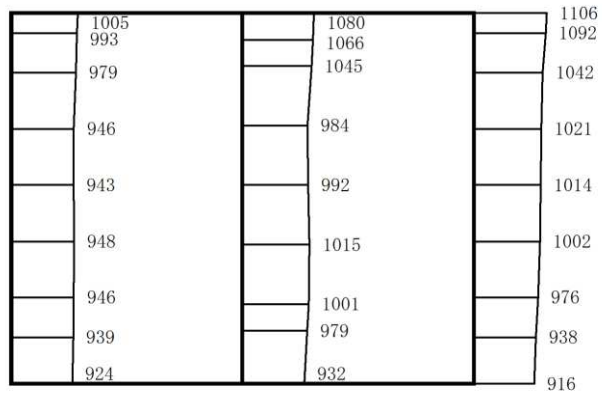
(a) S s - F 2 (++) 水平



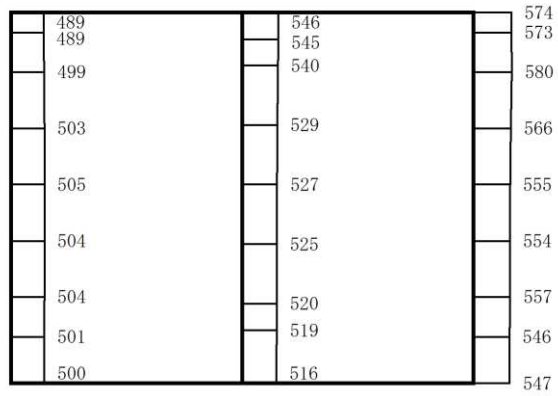
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-22 最大加速度分布図 (5/49) (解析ケース②)



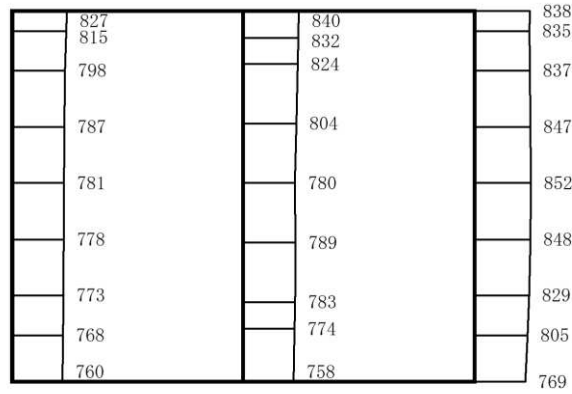
(a) S s - F 3 (++) 水平



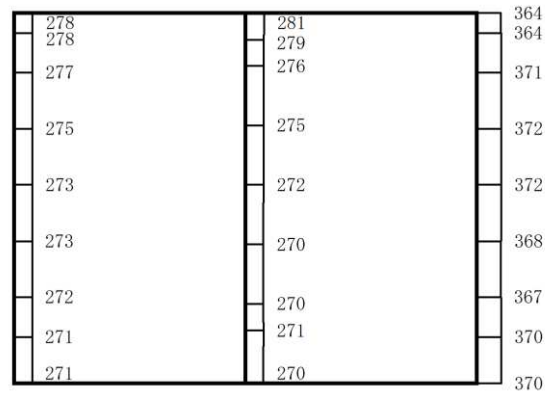
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-23 最大加速度分布図 (6/49) (解析ケース②)



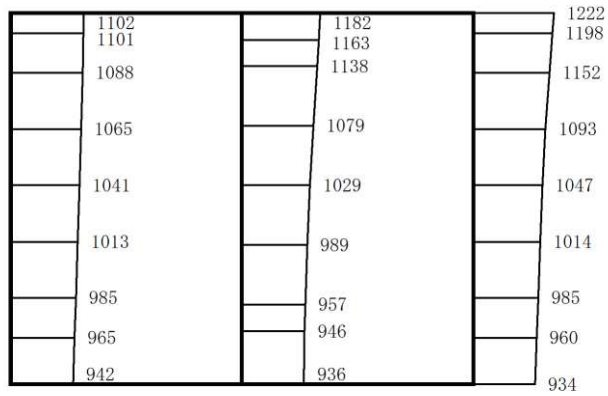
(a) S s - N 1 (++) 水平



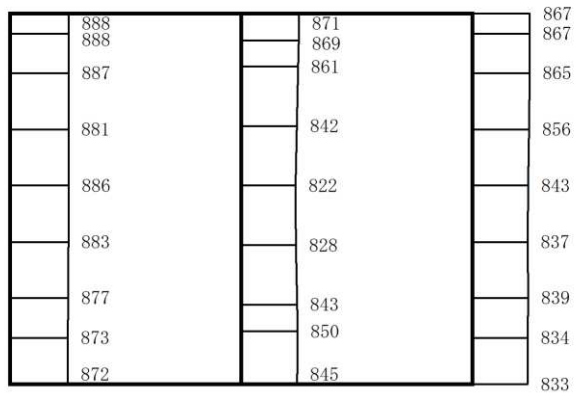
(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-24 最大加速度分布図 (7/49) (解析ケース②)



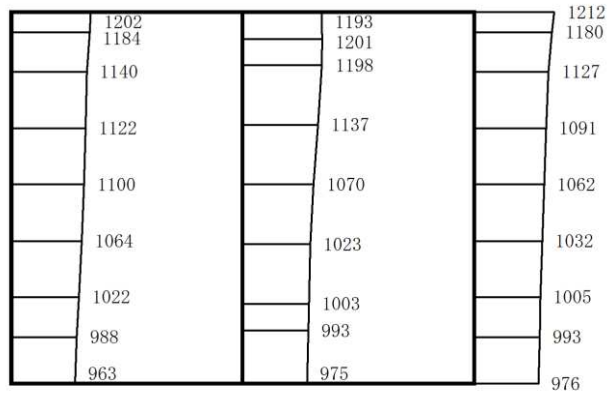
(a) S s - D 1 (++) 水平



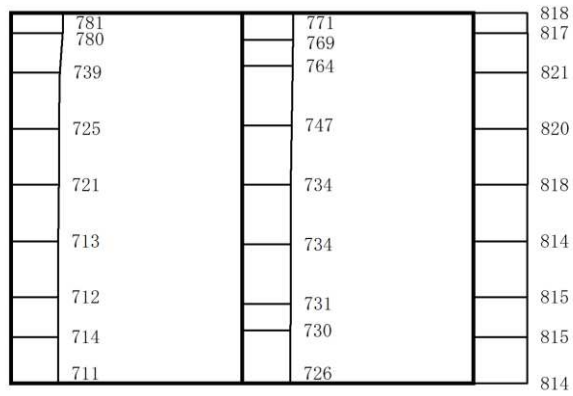
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-25 最大加速度分布図 (8/49) (解析ケース③)



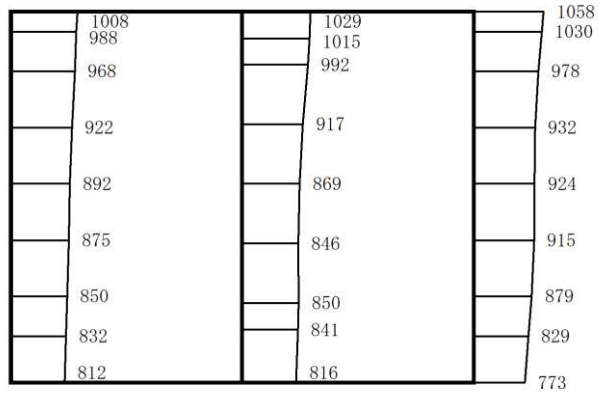
(a) S s - D 2 (++) 水平



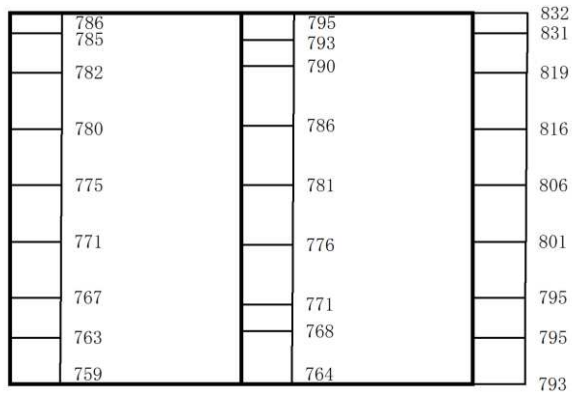
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-26 最大加速度分布図 (9/49) (解析ケース③)



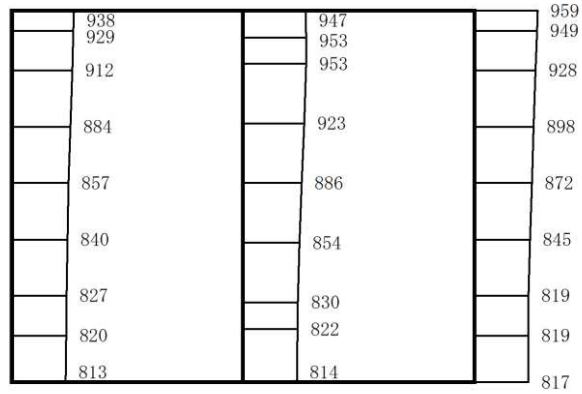
(a) S s - D 3 (++) 水平



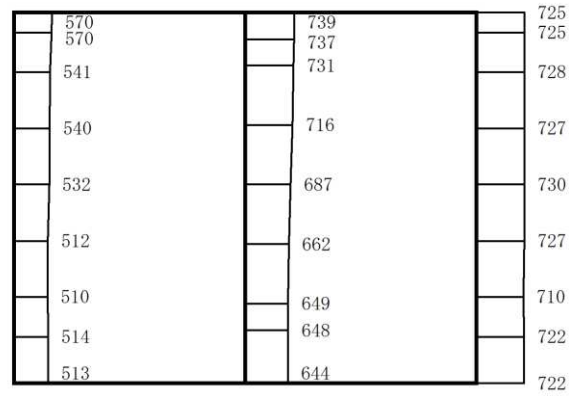
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-27 最大加速度分布図 (10/49) (解析ケース③)



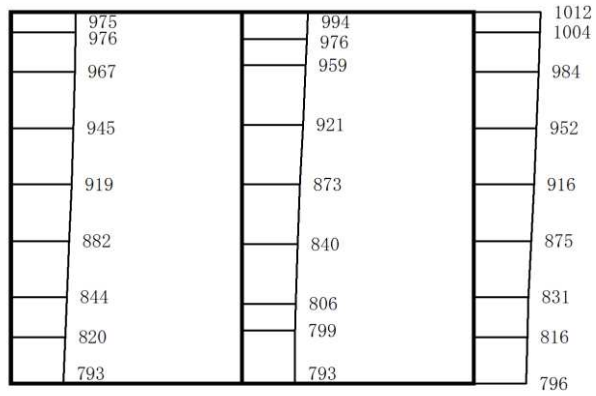
(a) S s - F 1 (++) 水平



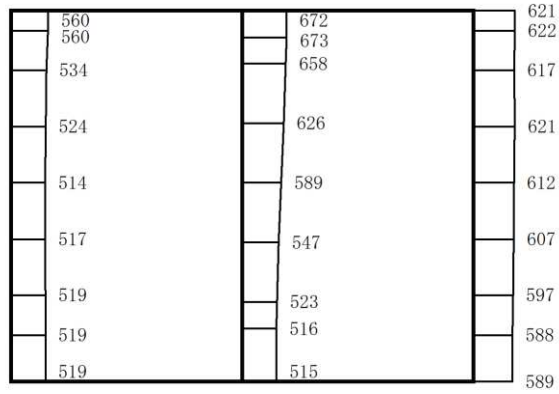
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-28 最大加速度分布図 (11/49) (解析ケース③)



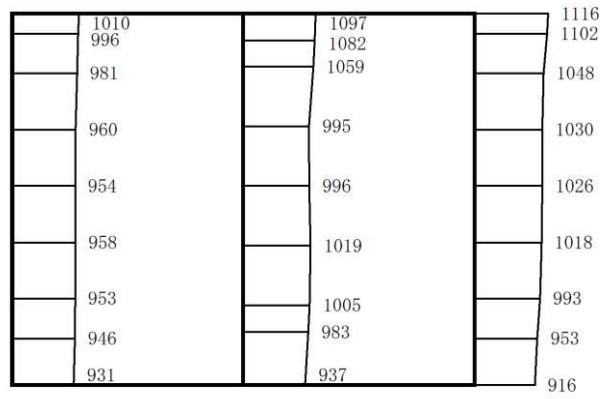
(a) $S_s - F_2 (++)$ 水平



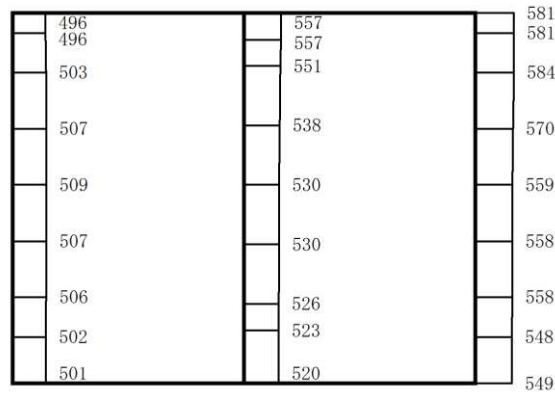
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) $S_s - F_2 (++)$ 鉛直

図 4-29 最大加速度分布図 (12/49) (解析ケース③)



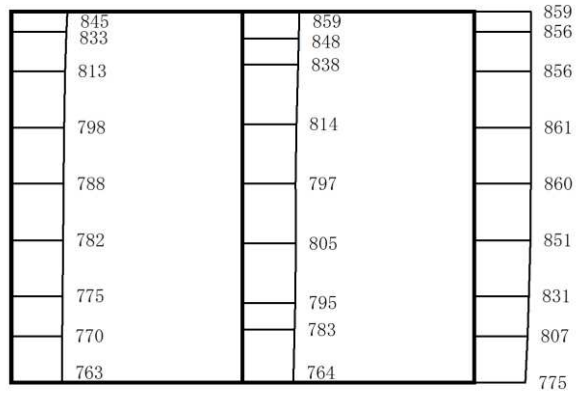
(a) S s - F 3 (++) 水平



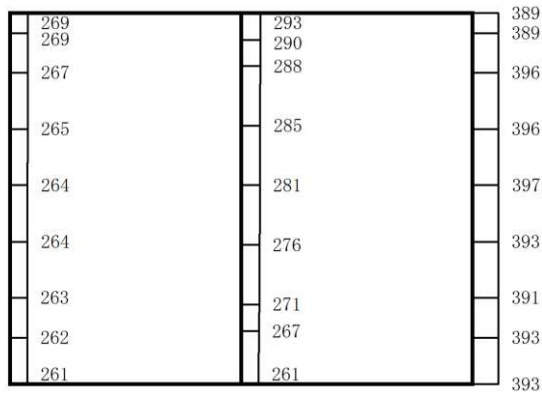
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - F 3 (++) 鉛直

図 4-30 最大加速度分布図 (13/49) (解析ケース③)



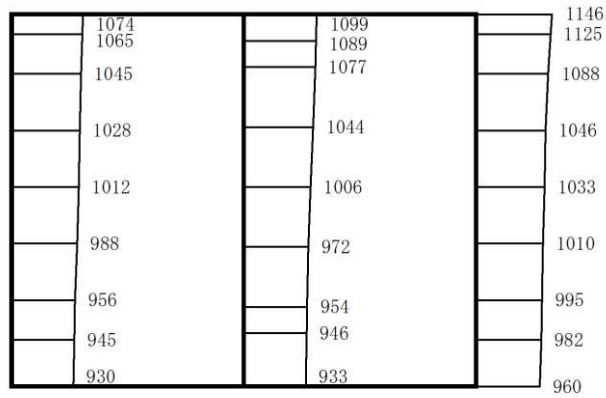
(a) S s - N 1 (++) 水平



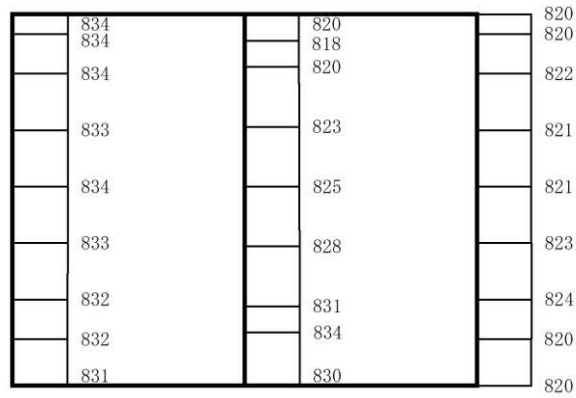
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-31 最大加速度分布図 (14/49) (解析ケース③)



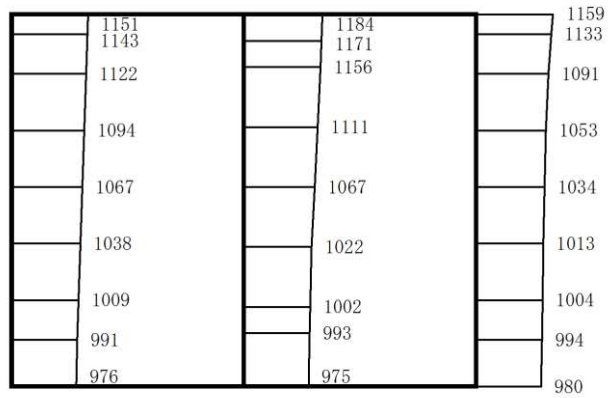
(a) S s - D 1 (++) 水平



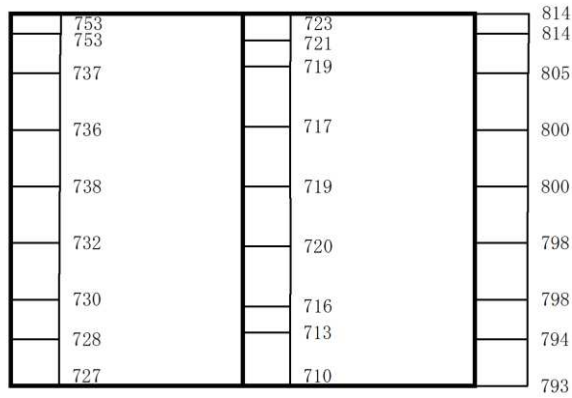
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 1 (++) 鉛直

図 4-32 最大加速度分布図 (15/49) (解析ケース④)



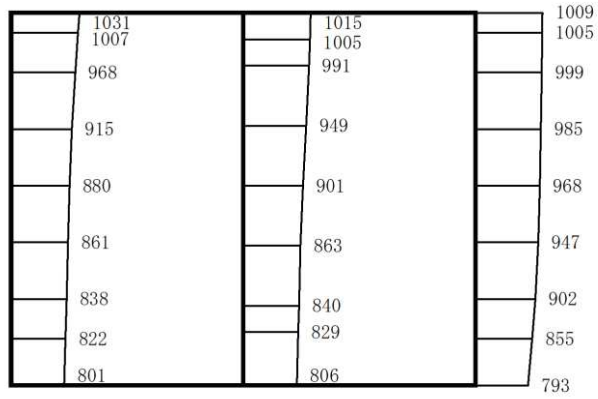
(a) S s - D 2 (++) 水平



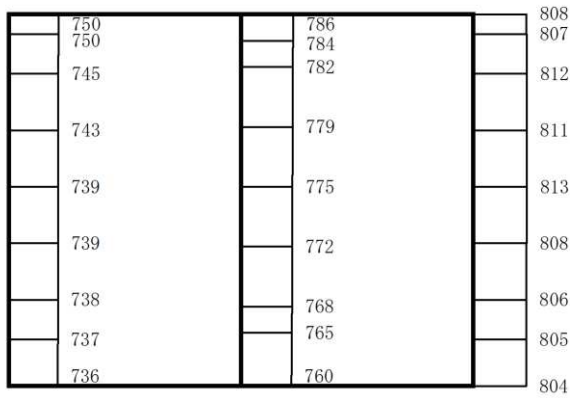
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 2 (++) 鉛直

図 4-33 最大加速度分布図 (16/49) (解析ケース④)



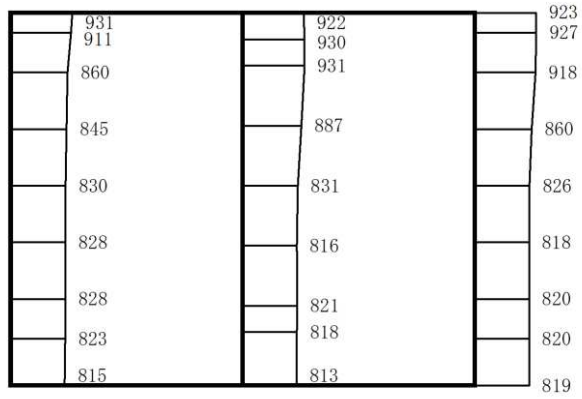
(a) S s - D 3 (++) 水平



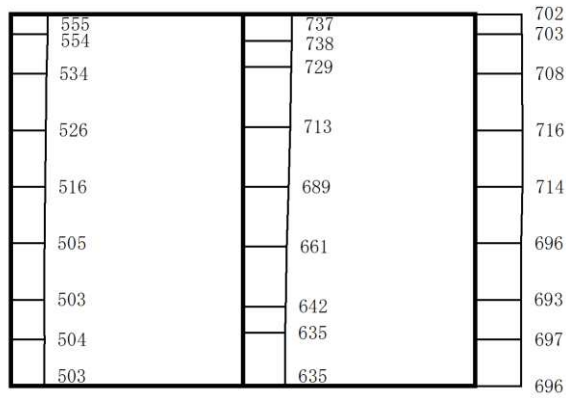
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - D 3 (++) 鉛直

図 4-34 最大加速度分布図 (17/49) (解析ケース④)



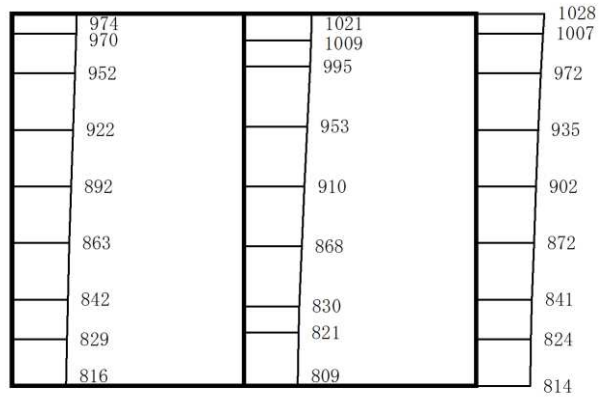
(a) S s - F 1 (++) 水平



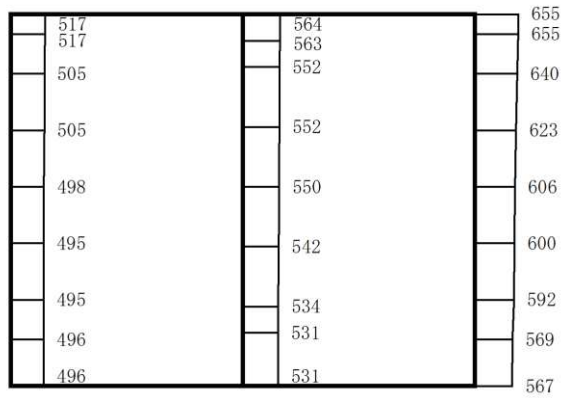
(b) S s - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-35 最大加速度分布図 (18/49) (解析ケース④)



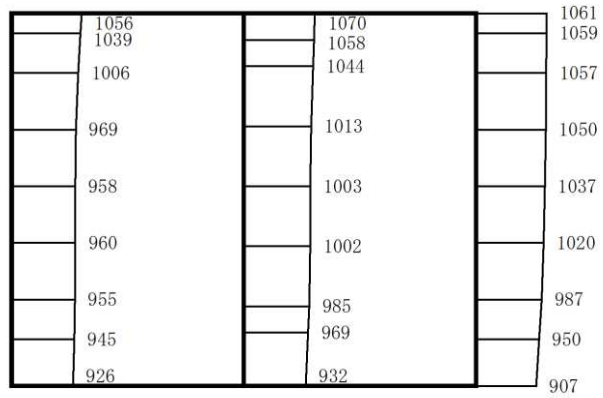
(a) $S_s - F 2$ (++) 水平



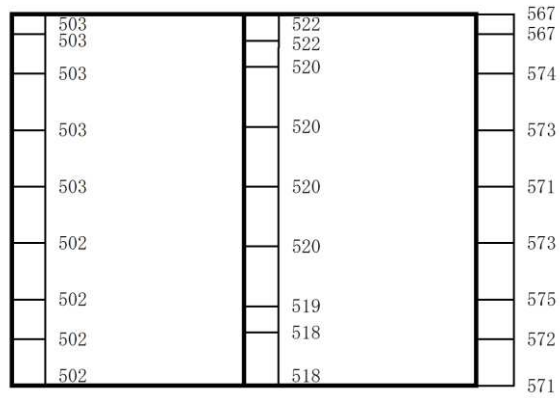
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) $S_s - F 2$ (++) 鉛直

図 4-36 最大加速度分布図 (19/49) (解析ケース④)



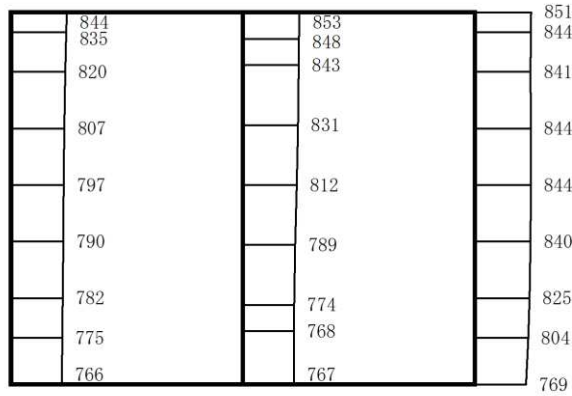
(a) S_s-F 3 (++) 水平



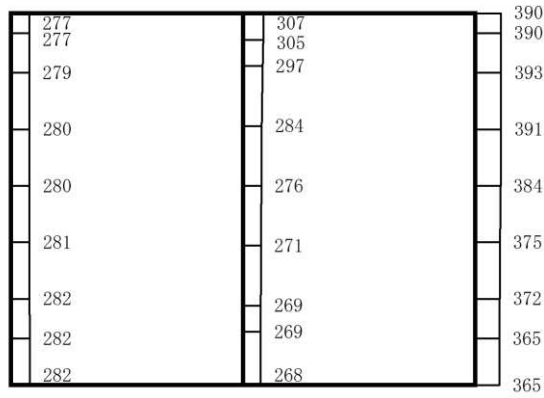
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S_s-F 3 (++) 鉛直

図 4-37 最大加速度分布図 (20/49) (解析ケース④)



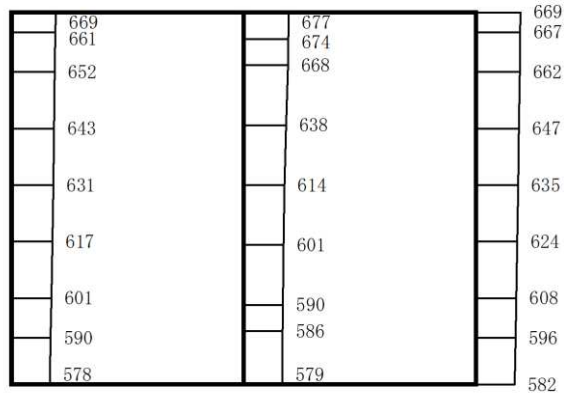
(a) S s - N 1 (++) 水平



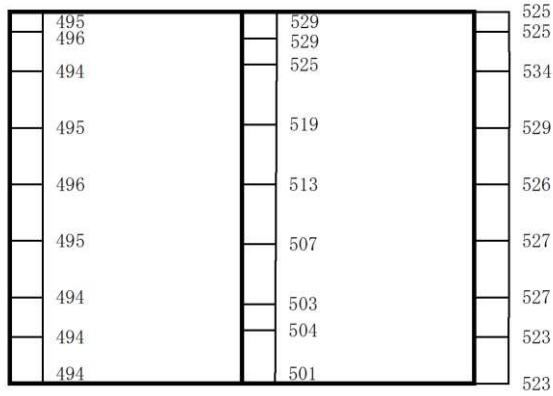
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-38 最大加速度分布図 (21/49) (解析ケース④)



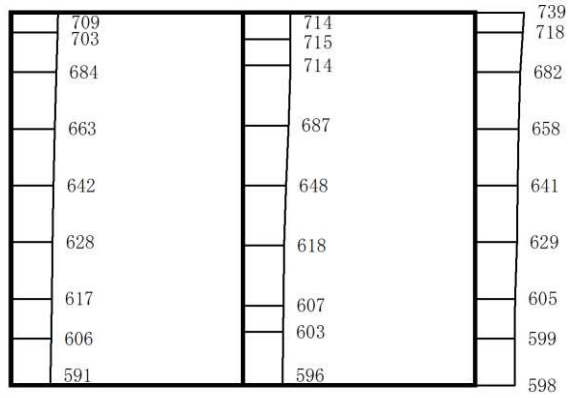
(a) S d - D 1 (++) 水平



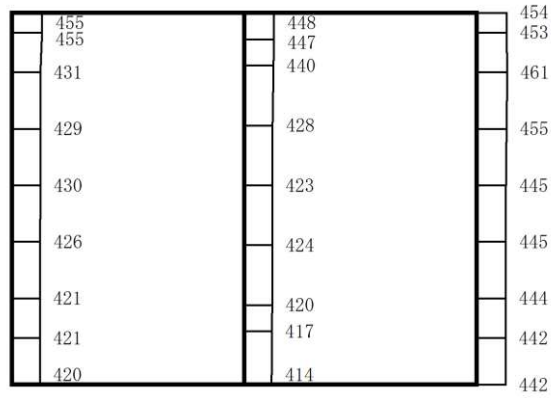
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-39 最大加速度分布図 (22/49) (解析ケース①)



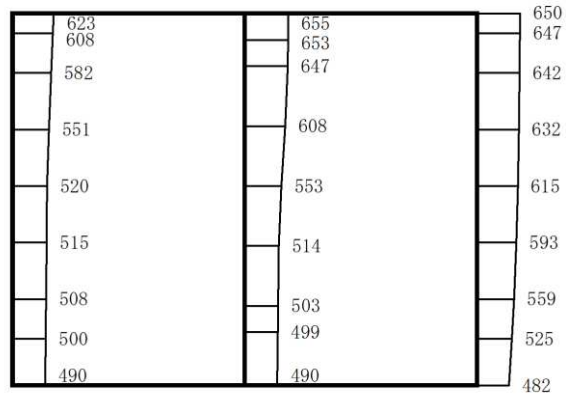
(a) S d - D 2 (++) 水平



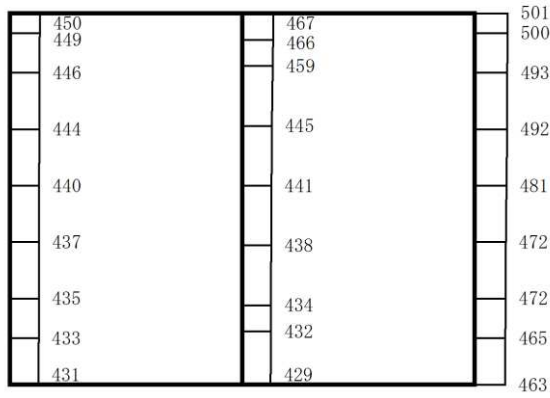
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-40 最大加速度分布図 (23/29) (解析ケース①)



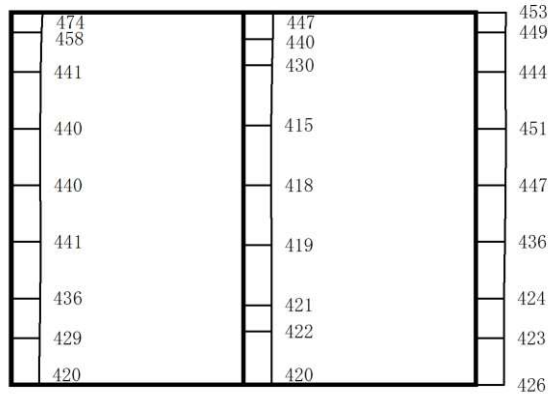
(a) S d - D 3 (++) 水平



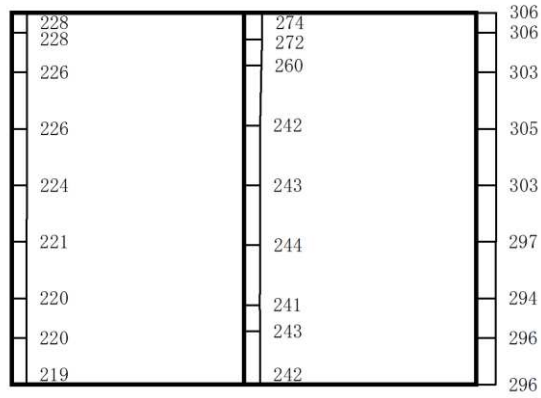
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-41 最大加速度分布図 (24/49) (解析ケース①)



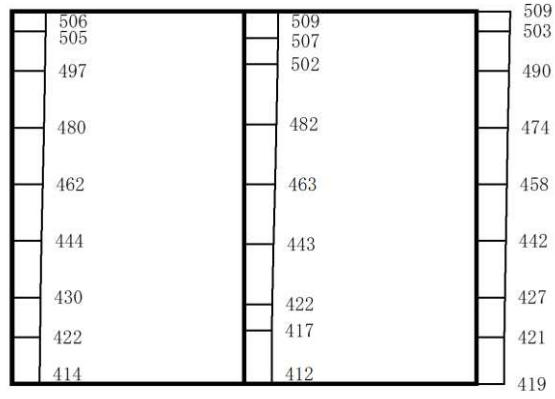
(a) S d - F 1 (++) 水平



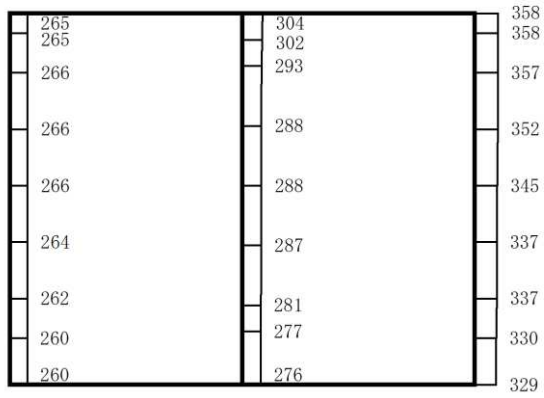
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-42 最大加速度分布図 (25/49) (解析ケース①)



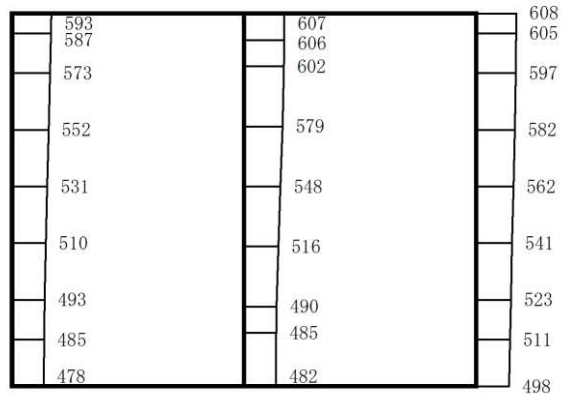
(a) S d - F 2 (++) 水平



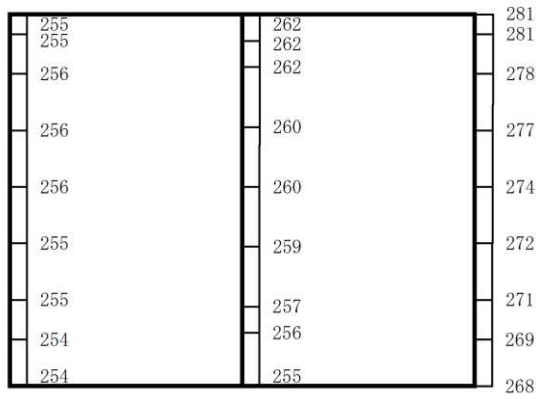
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-43 最大加速度分布図 (26/49) (解析ケース①)



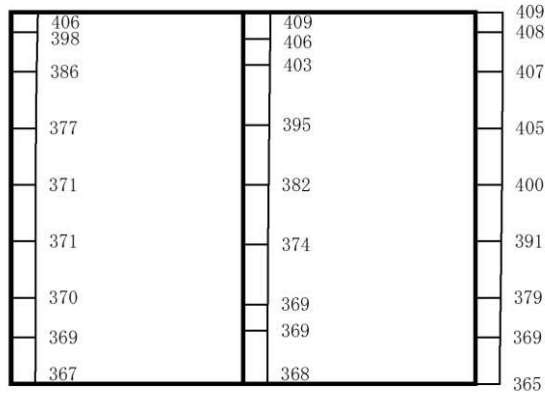
(a) S d - F 3 (++) 水平



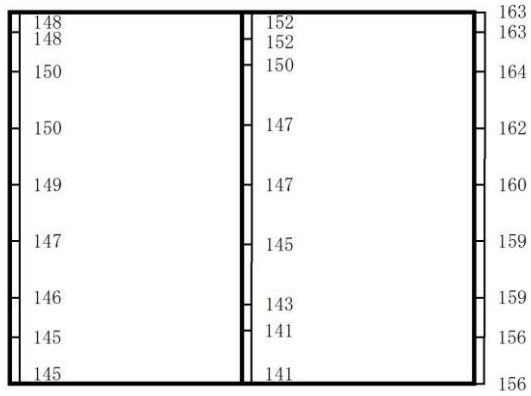
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-44 最大加速度分布図 (27/49) (解析ケース①)



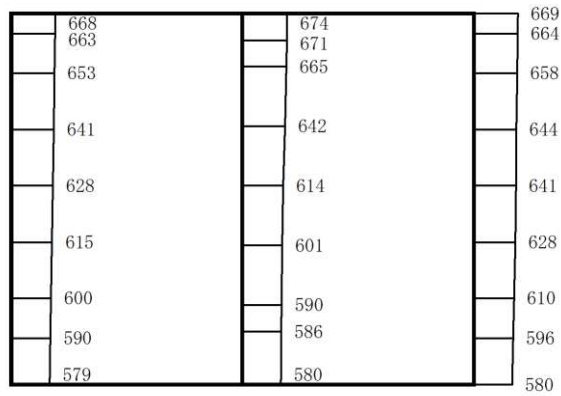
(a) S d - N 1 (++) 水平



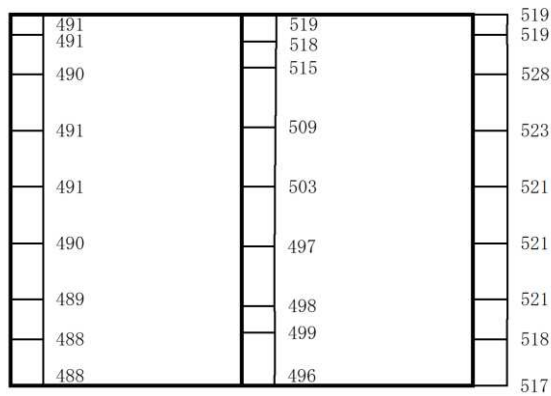
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-45 最大加速度分布図 (28/49) (解析ケース①)



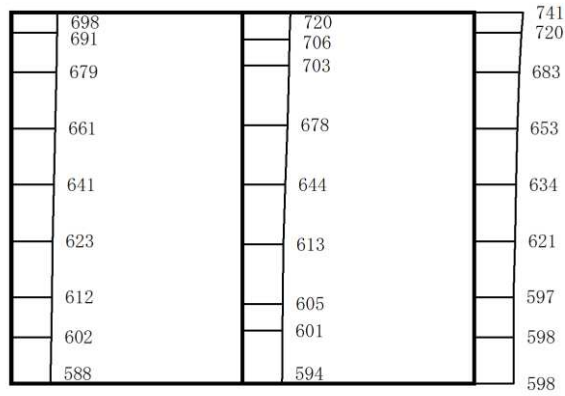
(a) S d - D 1 (++) 水平



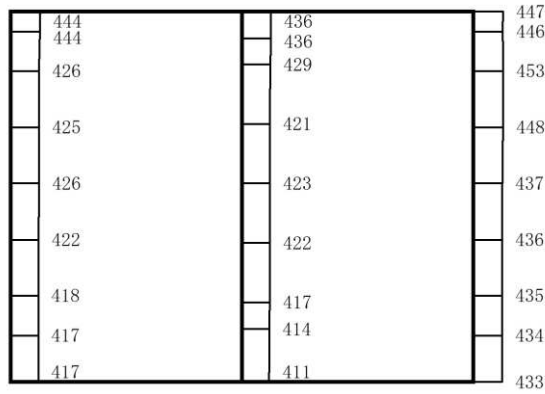
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-46 最大加速度分布図 (29/49) (解析ケース②)



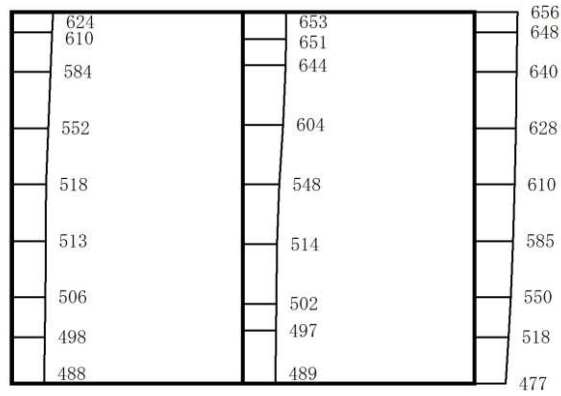
(a) S d - D 2 (++) 水平



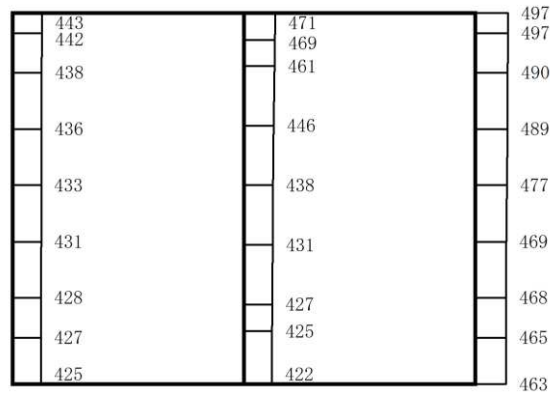
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-47 最大加速度分布図 (30/49) (解析ケース②)



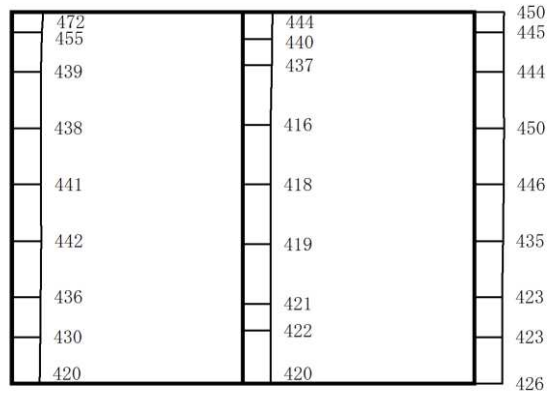
(a) S d - D 3 (++) 水平



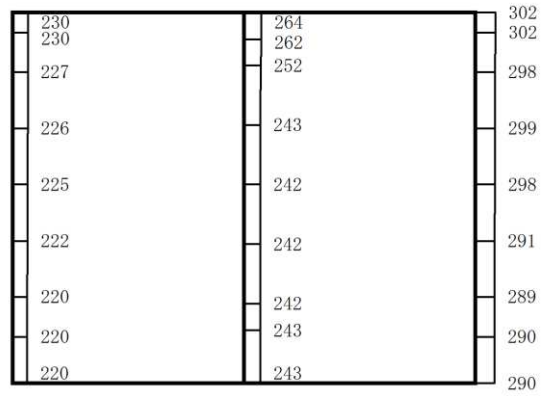
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-48 最大加速度分布図 (31/49) (解析ケース②)



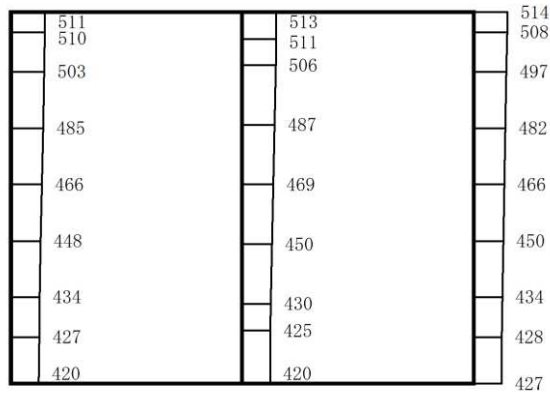
(a) S d - F 1 (++) 水平



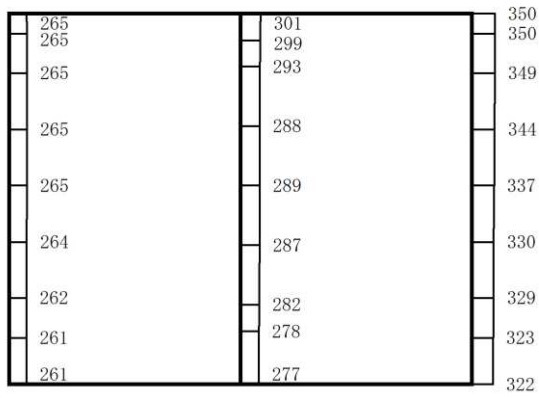
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-49 最大加速度分布図 (32/49) (解析ケース②)



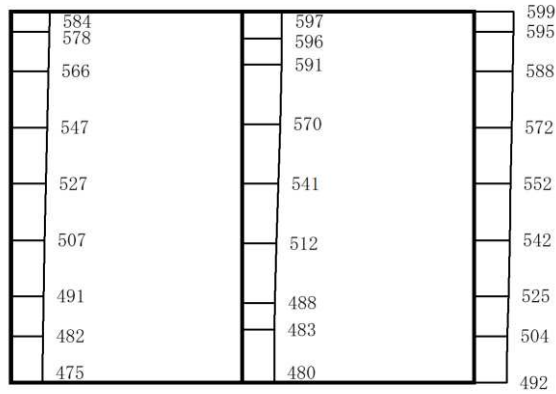
(a) S d - F 2 (++) 水平



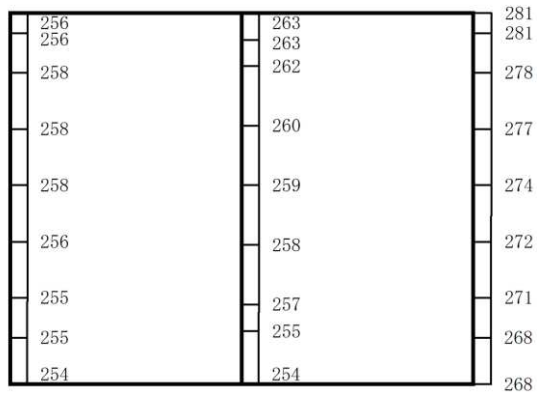
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-50 最大加速度分布図 (33/49) (解析ケース②)



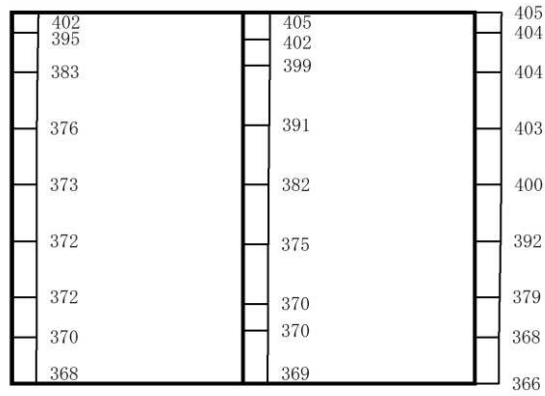
(a) S d - F 3 (++) 水平



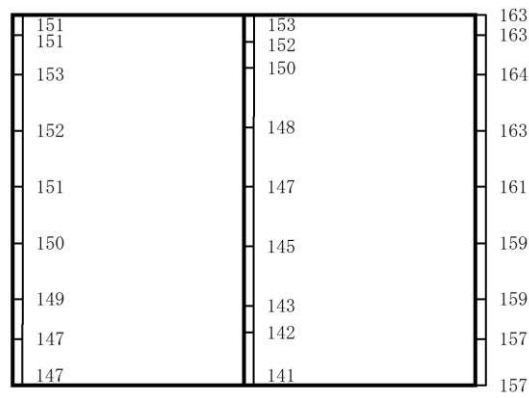
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-51 最大加速度分布図 (34/49) (解析ケース②)



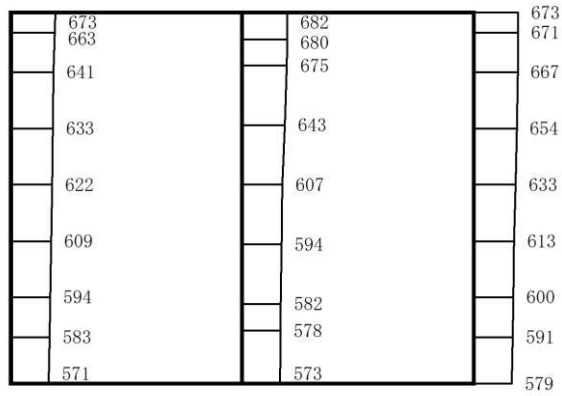
(a) S d - N 1 (++) 水平



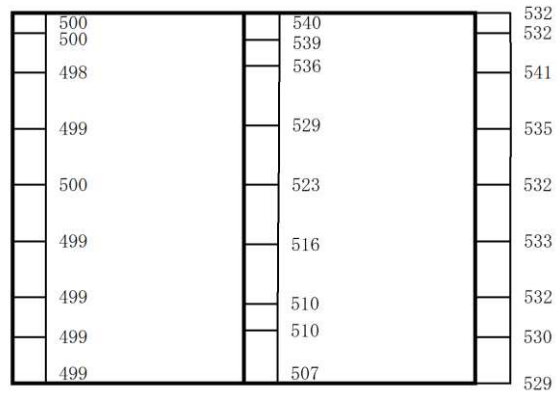
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-52 最大加速度分布図 (35/49) (解析ケース②)



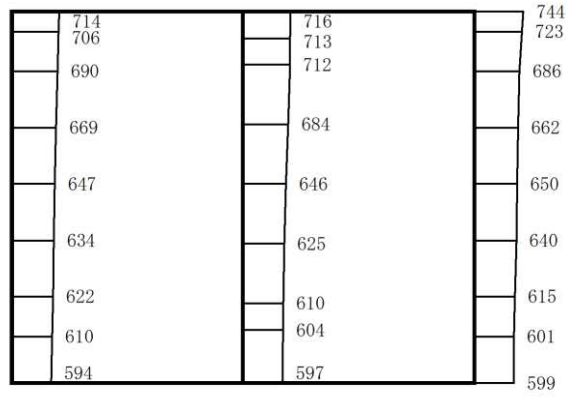
(a) S d - D 1 (++) 水平



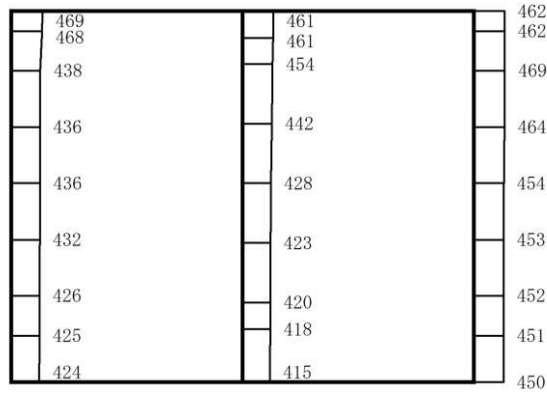
(b) S d - D 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-53 最大加速度分布図 (36/49) (解析ケース③)



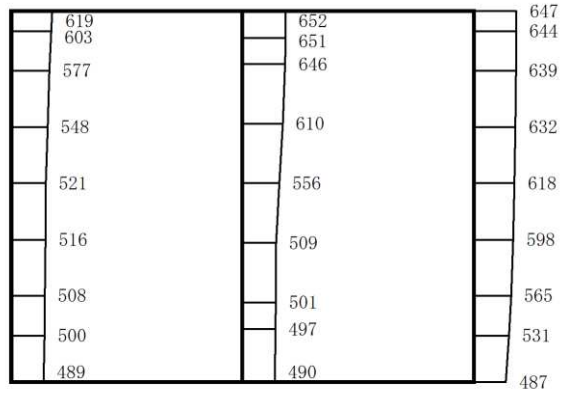
(a) S d - D 2 (++) 水平



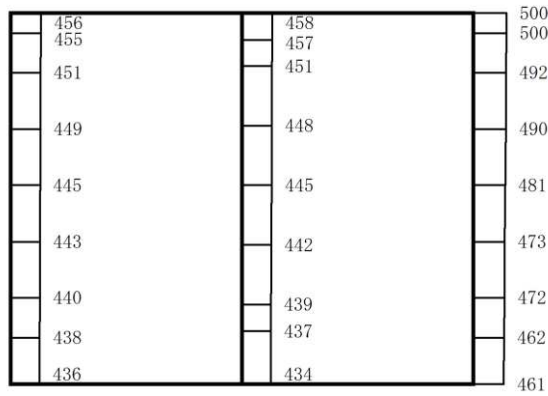
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-54 最大加速度分布図 (37/49) (解析ケース③)



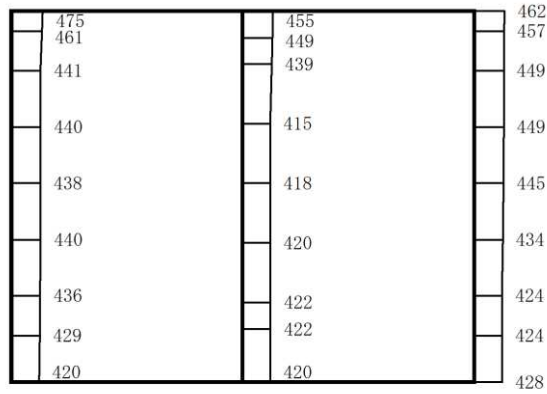
(a) S d - D 3 (++) 水平



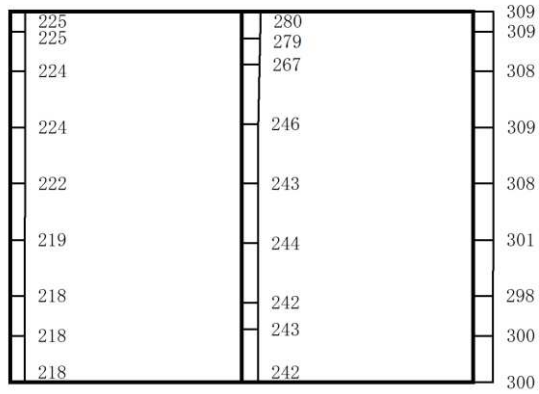
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-55 最大加速度分布図 (38/49) (解析ケース③)



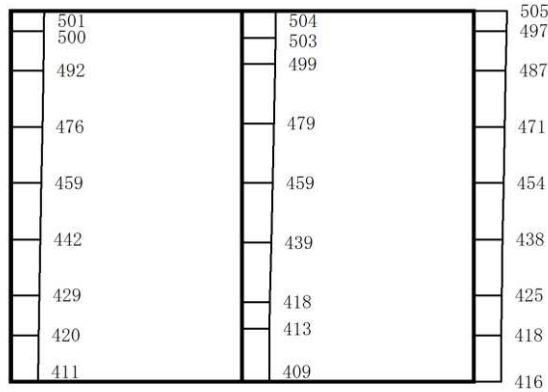
(a) S d - F 1 (++) 水平



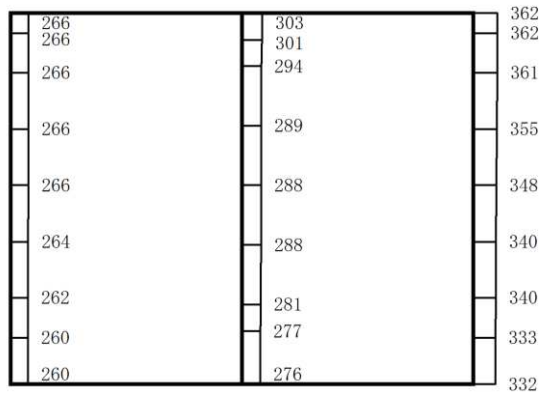
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 1 (++) 鉛直

図 4-56 最大加速度分布図 (39/49) (解析ケース③)



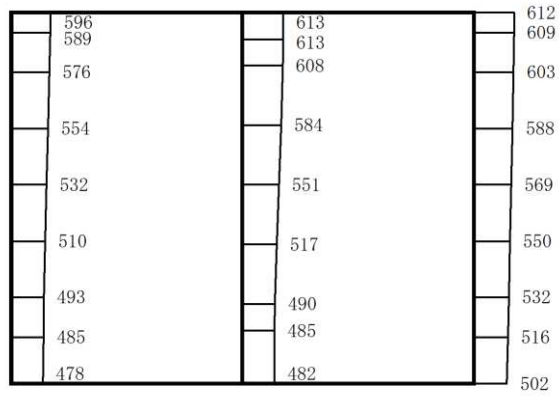
(a) S d - F 2 (++) 水平



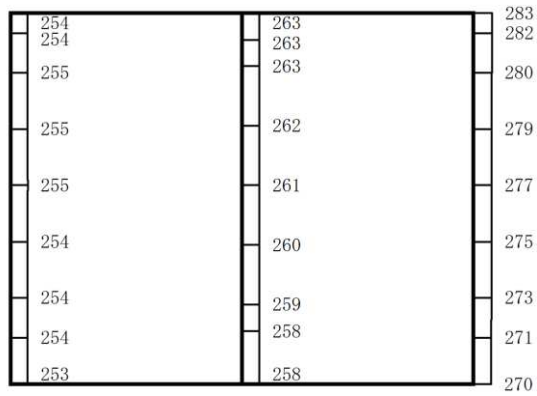
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-57 最大加速度分布図 (40/49) (解析ケース③)



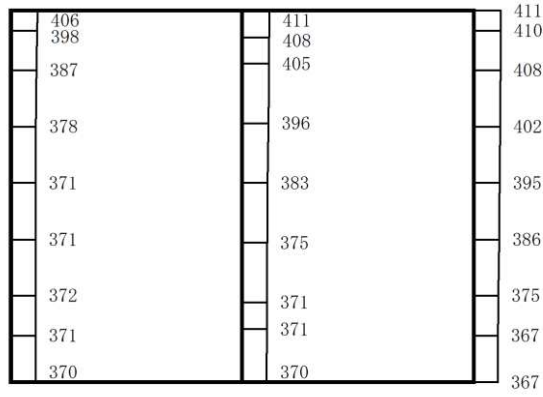
(a) S d - F 3 (++) 水平



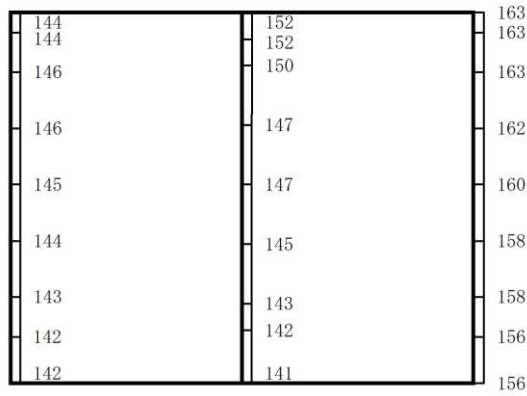
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-58 最大加速度分布図 (41/49) (解析ケース③)



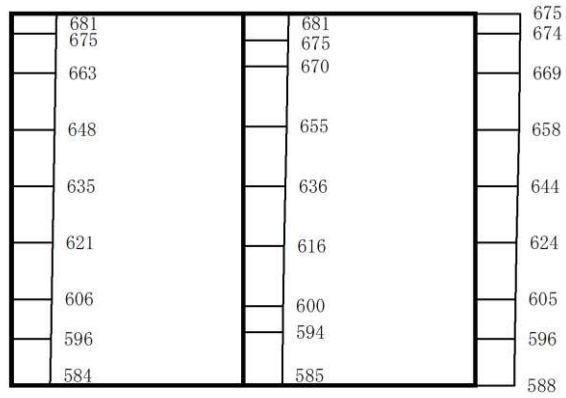
(a) S d - N 1 (++) 水平



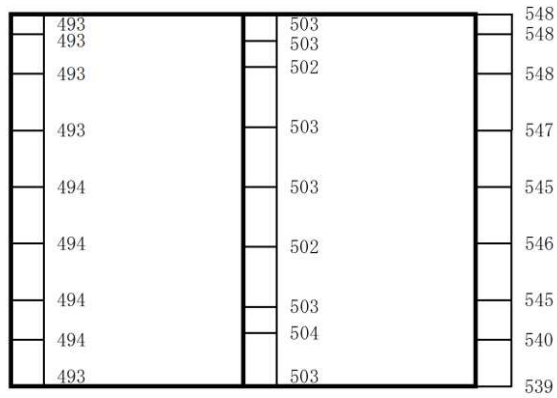
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-59 最大加速度分布図 (42/49) (解析ケース③)



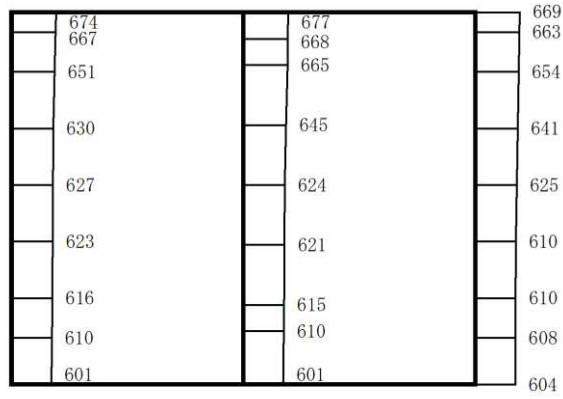
(a) S d - D 1 (++) 水平



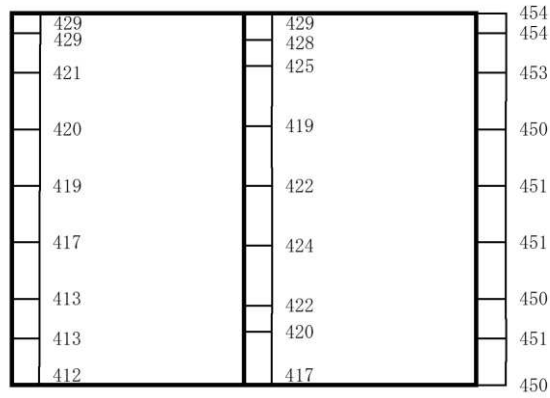
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 1 (++) 鉛直

図 4-60 最大加速度分布図 (43/49) (解析ケース④)



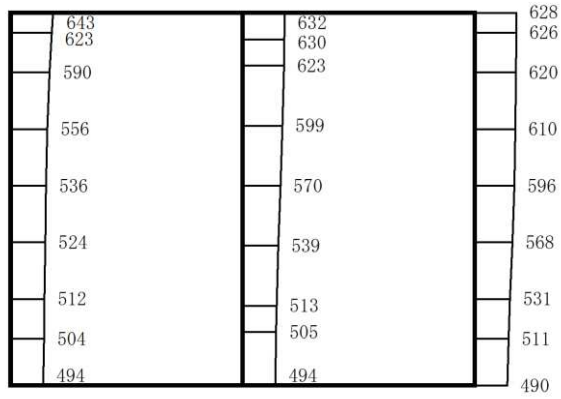
(a) S d - D 2 (++) 水平



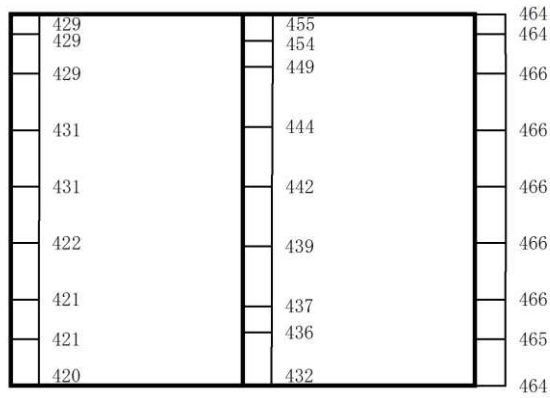
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 2 (++) 鉛直

図 4-61 最大加速度分布図 (44/49) (解析ケース④)



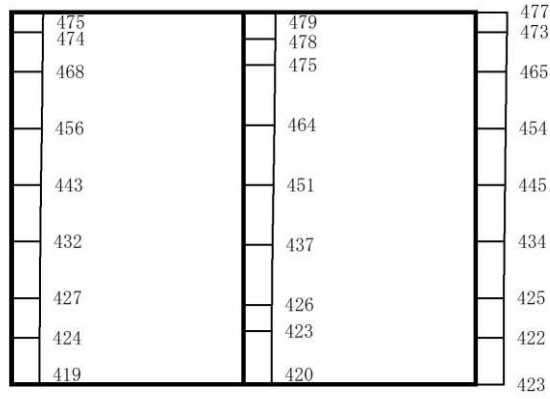
(a) S d - D 3 (++) 水平



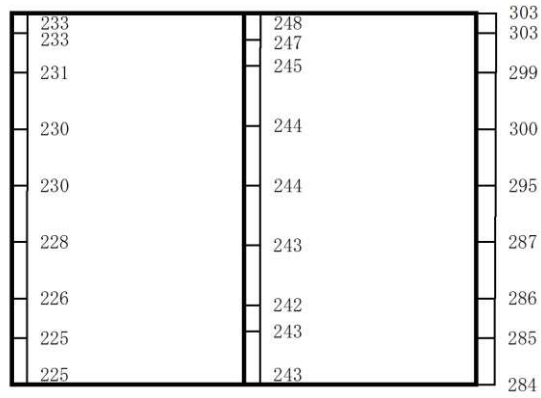
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - D 3 (++) 鉛直

図 4-62 最大加速度分布図 (45/49) (解析ケース④)



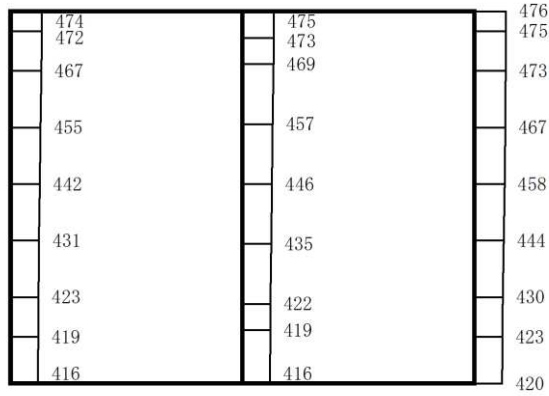
(a) S d - F 1 (++) 水平



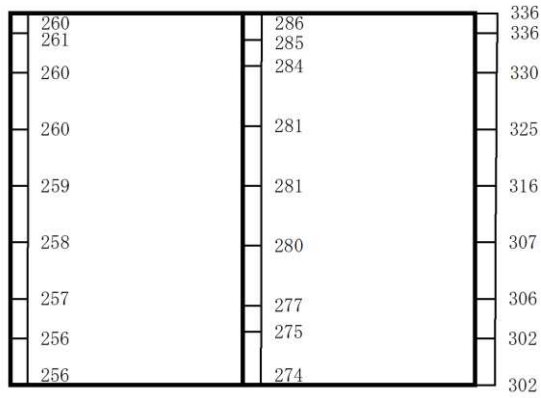
(b) S d - F 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

図 4-63 最大加速度分布図 (46/49) (解析ケース④)



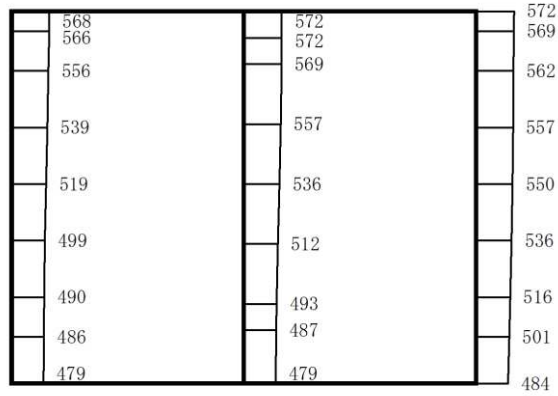
(a) S d - F 2 (++) 水平



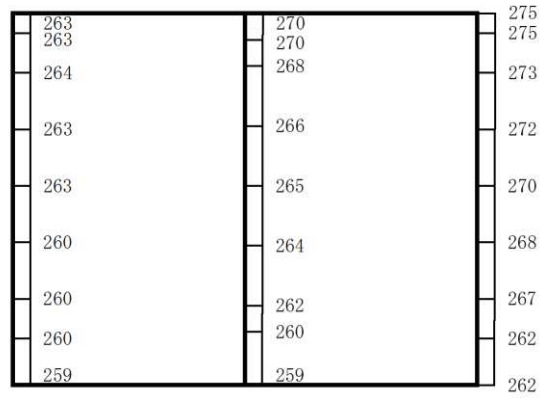
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 2 (++) 鉛直

図 4-64 最大加速度分布図 (47/49) (解析ケース④)



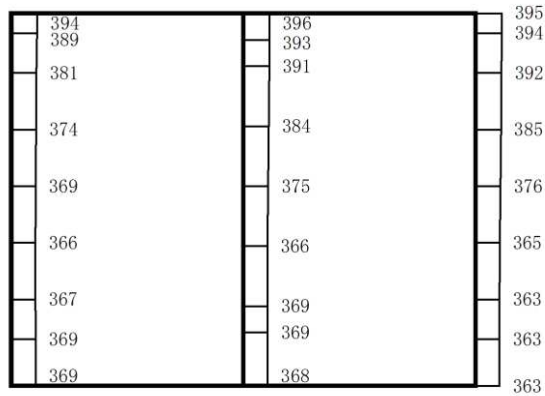
(a) S d - F 3 (++) 水平



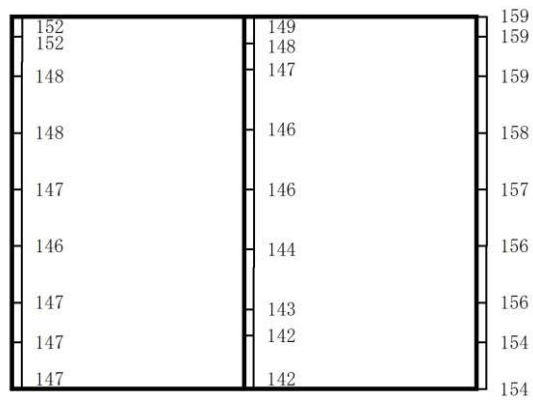
構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - F 3 (++) 鉛直

図 4-65 最大加速度分布図 (48/49) (解析ケース④)



(a) S d - N 1 (++) 水平



構造スケール 0 1 (m) 応答値スケール 0 2000 (cm/s²)

(b) S d - N 1 (++) 鉛直

図 4-66 最大加速度分布図 (49/49) (解析ケース④)

VI-2-2-20 軽油タンク連絡ダクトの耐震性についての計算書

目次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	7
2.4 適用基準	10
3. 耐震評価	11
3.1 評価対象断面	11
3.2 使用材料及び材料の物性値	13
3.3 許容限界	14
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	14
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	15
3.4 評価方法	16
3.4.1 構造部材の健全性評価	16
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	16
4. 構造部材の地震時応答	17
5. 耐震評価結果	20
5.1 構造部材の健全性に対する評価結果	20
5.2 Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果	21
5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	22
5.3.1 基礎地盤（狐崎部層）	22
5.3.2 MMR（既設）	23

1. 概要

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

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

2. 基本方針

2.1 位置

軽油タンク連絡ダクトの位置を図2-1に示す。

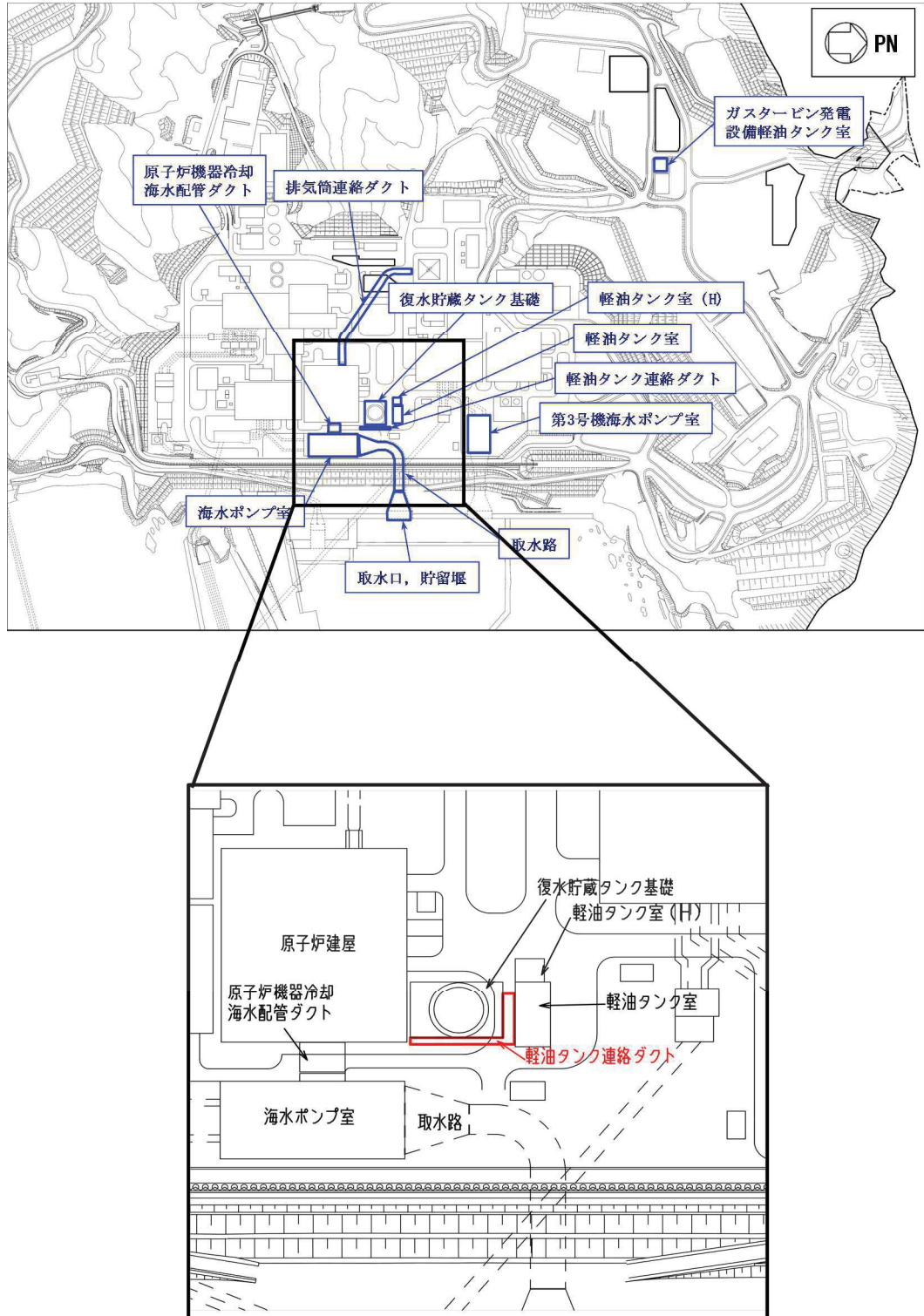


図2-1 軽油タンク連絡ダクトの位置図

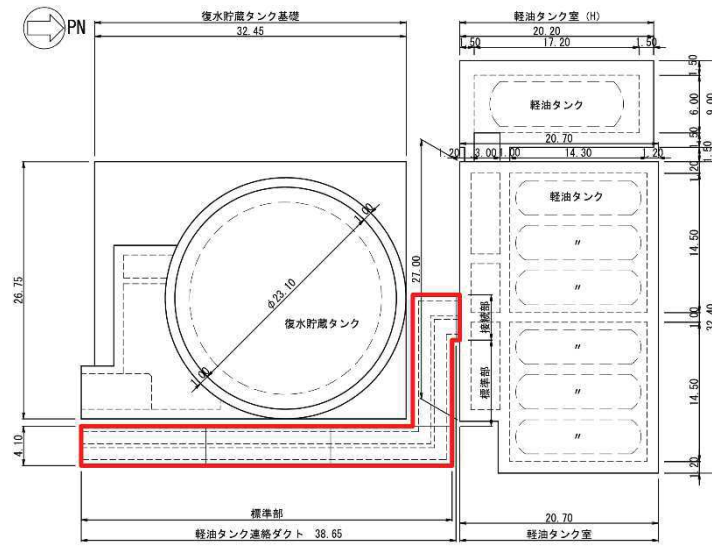
2.2 構造概要

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

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

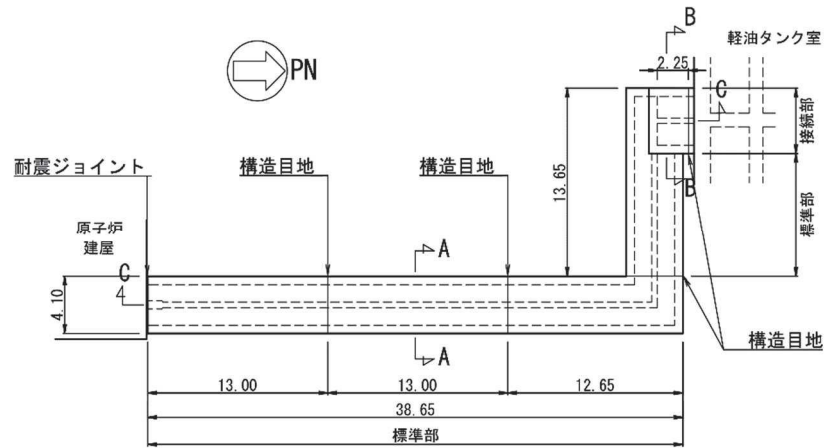
軽油タンク連絡ダクトは、軽油タンク室と原子炉建屋を結ぶ、鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、延長52.30m、内空幅1.25m、内空高さ2.00mの二連ボックスカルバート構造の標準部（以下「標準部」という。）と、内空幅1.55m（東西）×2.25m（南北）、内空高さ3.05mの軽油タンク室と接続する接続部（以下「接続部」という。）から構成され、マンメイドロック（以下「MMR」という。）を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置されている。

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



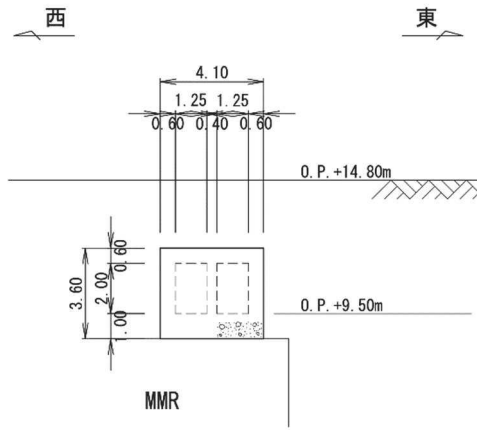
(単位：m)

図 2-2 軽油タンク連絡ダクト平面図



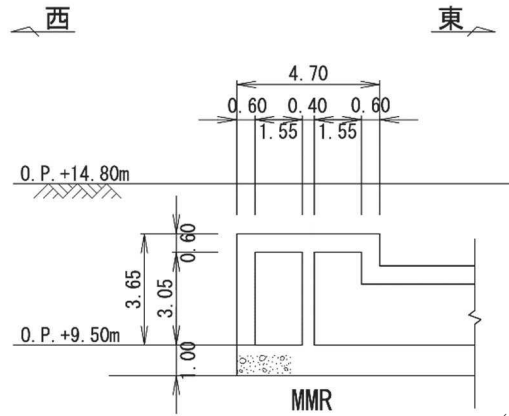
(単位：m)

図 2-3 軽油タンク連絡ダクト平面図 (詳細)



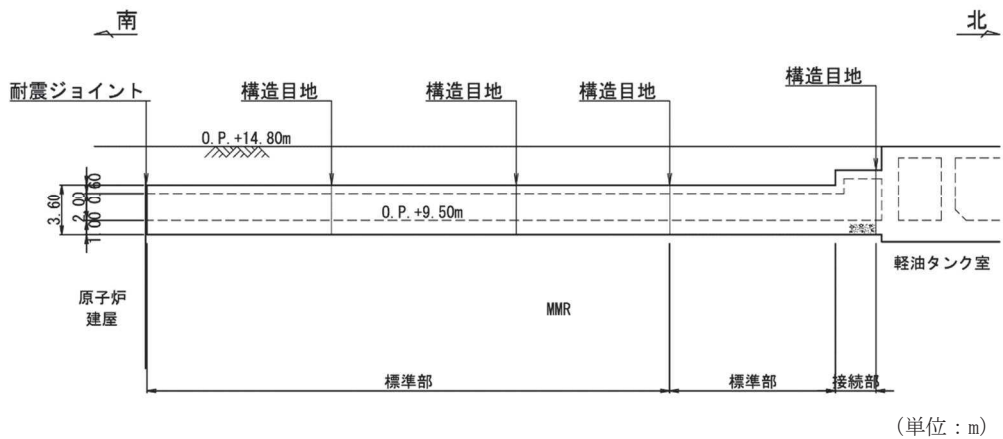
(単位：m)

図 2-4 軽油タンク連絡ダクト断面図 (標準部 A-A)



(単位：m)

図 2-5 軽油タンク連絡ダクト断面図 (接続部 B-B)



(単位：m)

図 2-6 軽油タンク連絡ダクト縦断面図 (C-C)

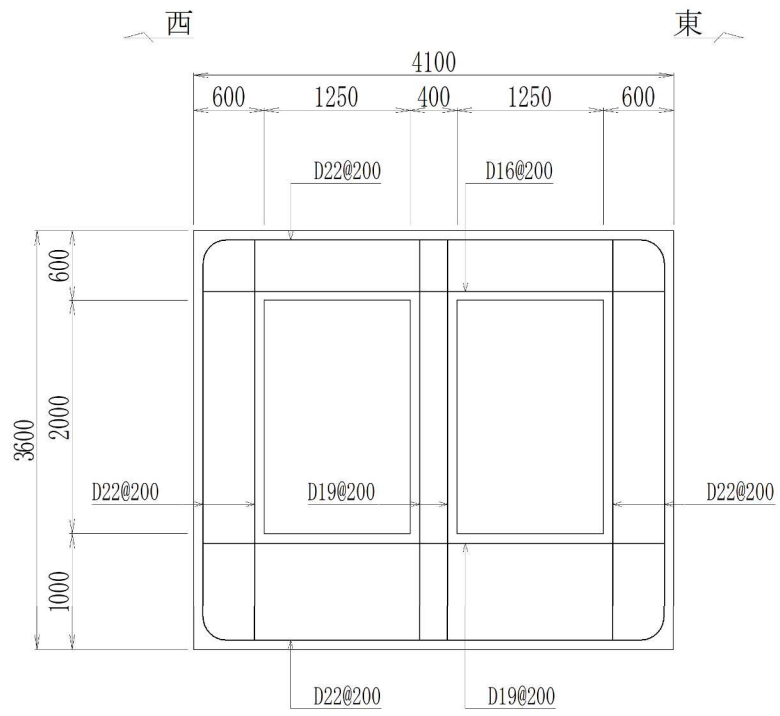


図 2-7 軽油タンク連絡ダクト概略配筋図

2.3 評価方針

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

軽油タンク連絡ダクトの耐震評価フローを図2-8に示す。

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

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

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

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

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

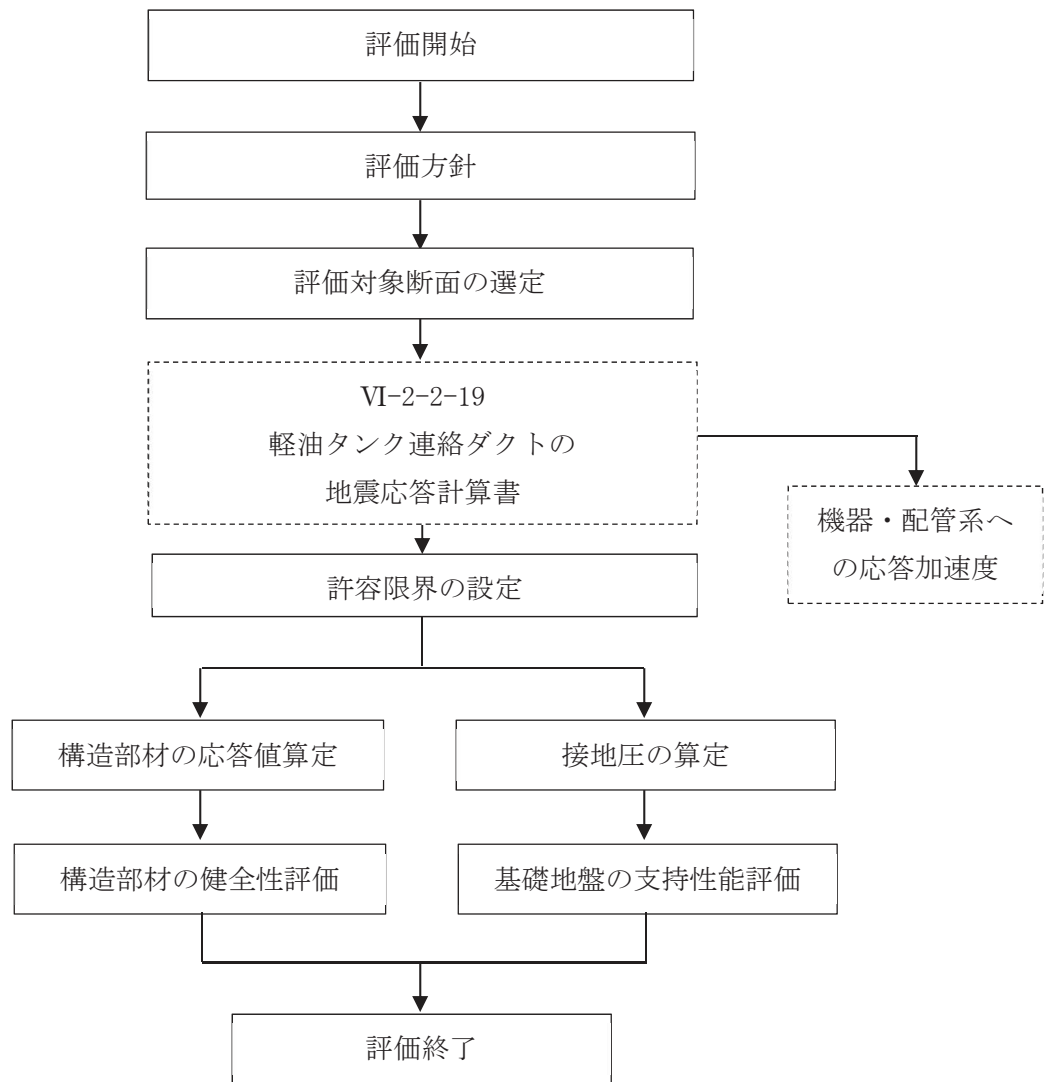


図 2-8 軽油タンク連絡ダクトの耐震評価フロー

表 2-1 軽油タンク連絡ダクトの評価項目

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

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002年制定）
- コンクリート標準示方書[設計編]（土木学会，2017年制定）
- 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会 原子力土木委員会，2005年6月）
- 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社団法人 日本電気協会 電気技術基準調査委員会）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置を図3-1及び図3-2に示す。

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

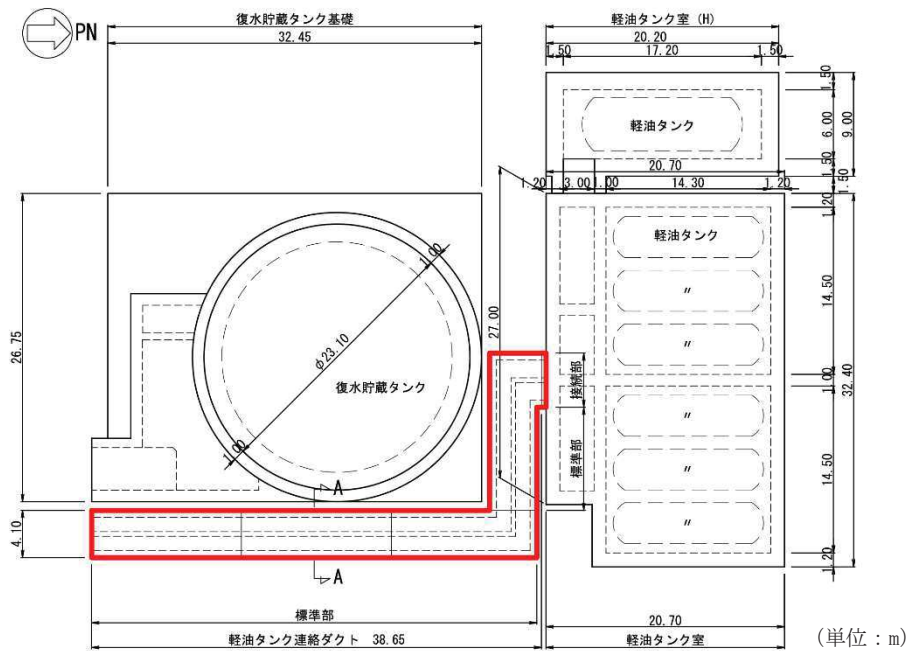
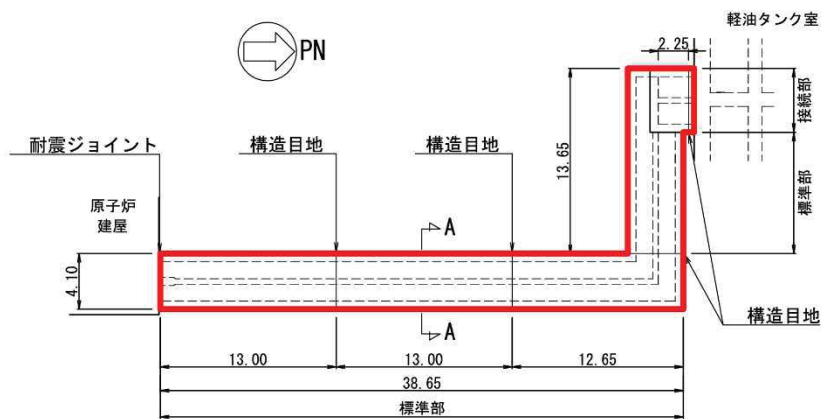


図3-1 軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置図



(単位：m)

図3-2 軽油タンク連絡ダクトの評価対象断面位置図（詳細）

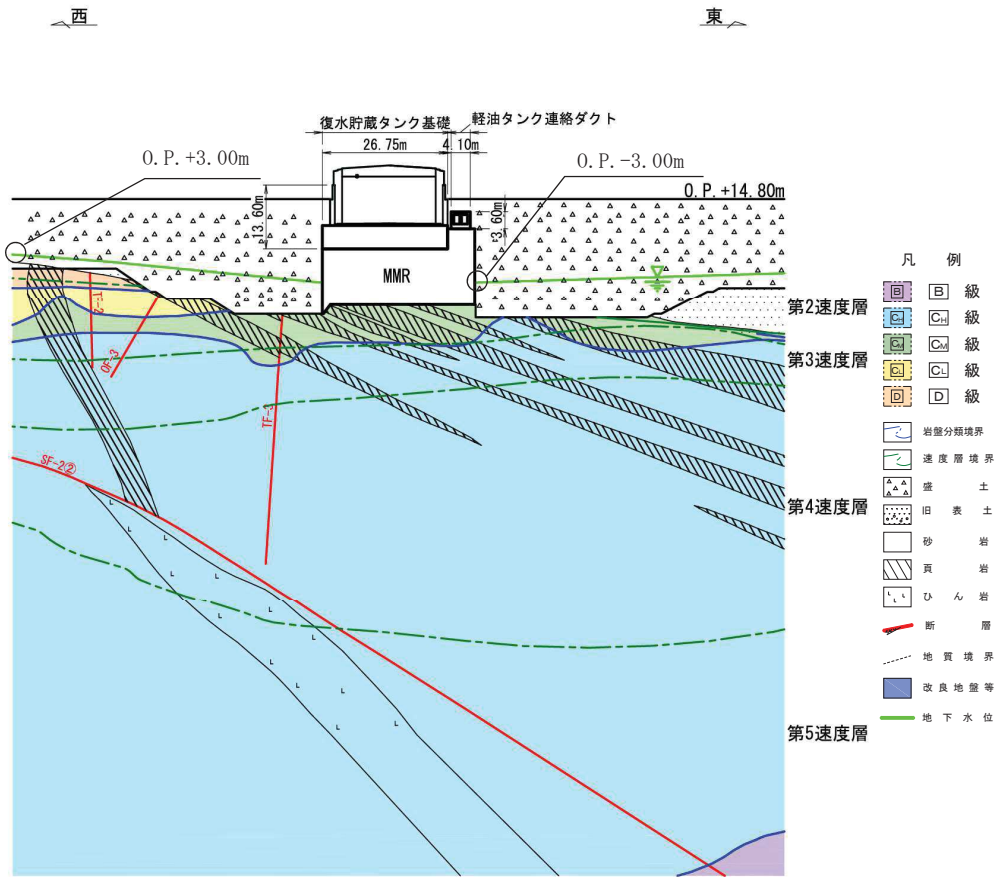


図 3-3 軽油タンク連絡ダクト評価対象地質断面図 (A-A 断面)

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-1, 材料の物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料	仕様
コンクリート	設計基準強度 20.5N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-2 材料の物性値 (構造部材)

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

注記* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.3 許容限界

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

3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（2005年6月 土木学会 原子力土木委員会）（以下「土木学会マニュアル」という。）に基づき、限界層間変形角（層間変形角 1/100）とする。

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

また、隔壁のアンカー定着部に要求される S クラスの施設を支持する機能を損なわないことの確認においては、主鉄筋のひずみ及びコンクリートの圧縮ひずみについて、おおむね弾性範囲に相当するひずみ（主鉄筋：1725 μ ，コンクリート：2000 μ ）とする。

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 軽油タンク連絡ダクトの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

確認項目	許容限界	
	構造強度を有すること	限界層間変形角
S クラスの施設を支持する機能を損なわないこと	限界ひずみ	主鉄筋(SD345)：1725 μ コンクリート：2000 μ

(2) せん断破壊に対する許容限界

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

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

(1) 基礎地盤（狐崎部層）

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

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表 3-4 に示す。

表 3-4 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	狐崎部層	13.7

(2) MMR（既設）

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

MMR（既設）の許容限界を表 3-5 に示す。

表 3-5 MMR（既設）の支持性能に対する許容限界

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

3.4 評価方法

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

3.4.1 構造部材の健全性評価

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

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

3.4.2 基礎地盤の支持性能評価

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

4. 構造部材の地震時応答

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

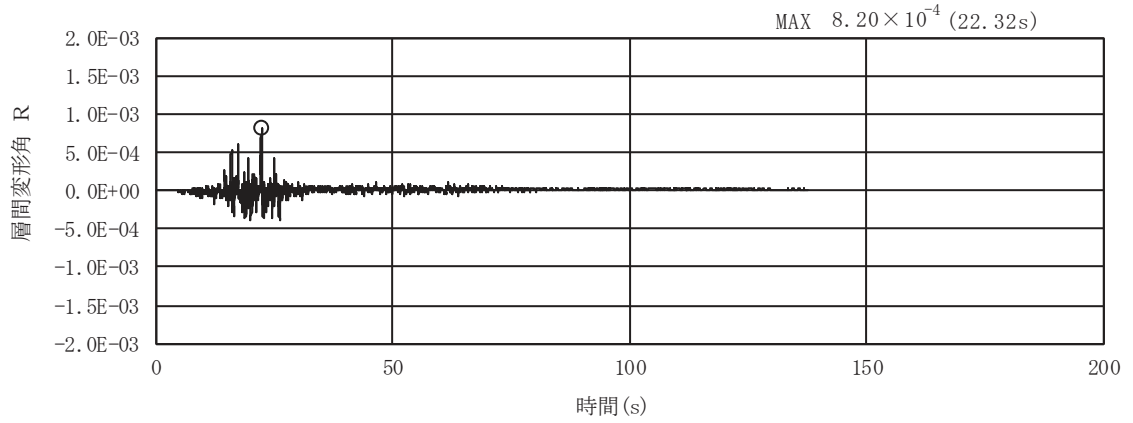
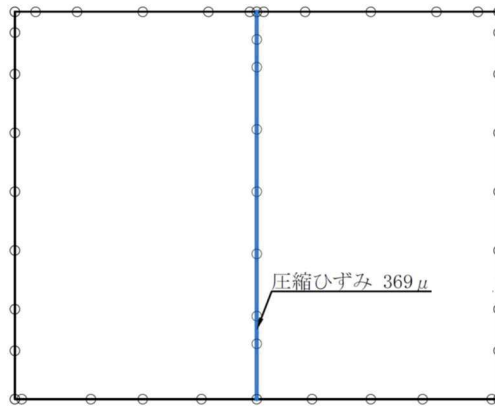
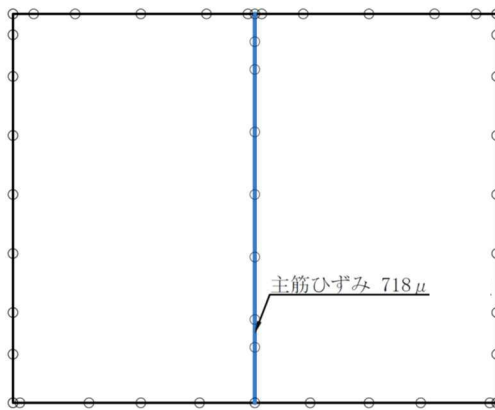


図 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における層間変形角の時刻歴波形
(解析ケース①, S s - F 1 (-+))



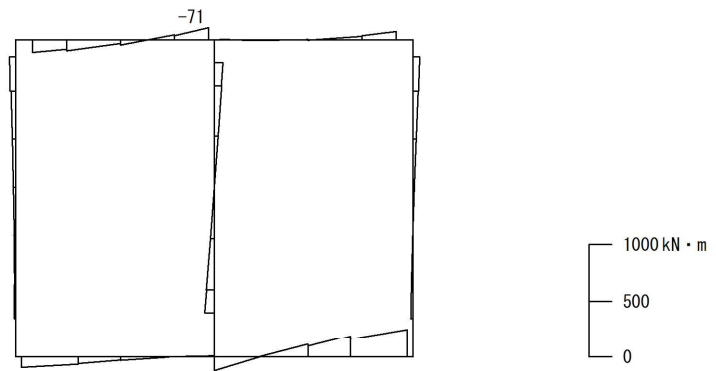
注記* : ■ はSクラスの施設を支持する部材（隔壁）を示す

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

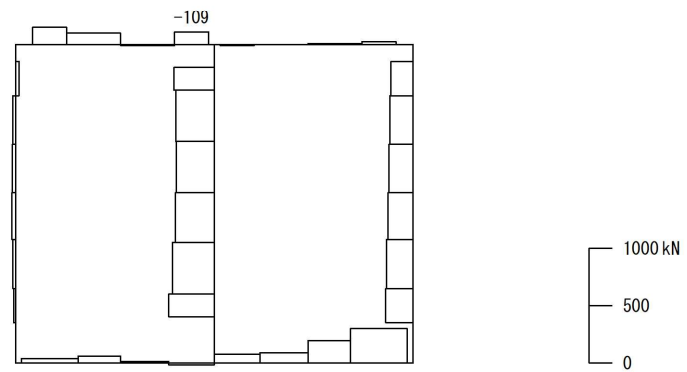


注記* : ■ はSクラスの施設を支持する部材（隔壁）を示す

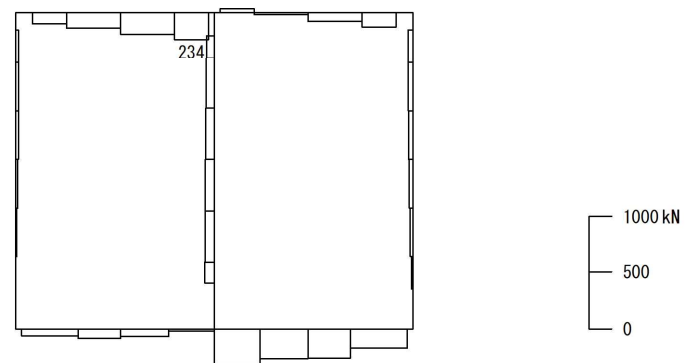
図4-3 曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる部材位置及び応答値（鉄筋）
（隔壁，解析ケース①， $S_s - F1 (-+)$ ）



数値：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)



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



数値：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

図 4-4 せん断破壊に対する照査値最大時*の断面力図

(頂版, 解析ケース③, S_s-D2 (-+))

注記*：材料非線形解析による評価結果

5. 耐震評価結果

5.1 構造部材の健全性に対する評価結果

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

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

表 5-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

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

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

表 5-2 せん断破壊に対する最大照査値

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	3	③	S s - D 2 (-+)	247	539^{*4}	0.46
側壁	7	②	S s - D 2 (-+)	318	848^{*4}	0.38
隔壁	6	①	S s - D 2 (++)	60	227^{*4}	0.27
底版	2	①	S s - F 1 (-+)	308	515^{*3}	0.60

注記*1：評価位置は図 5-1 に示す。

*2：照査用せん断力 = 発生せん断力 \times 構造解析係数 γ_a

*3：せん断耐力式によるせん断耐力

*4：材料非線形解析によるせん断耐力

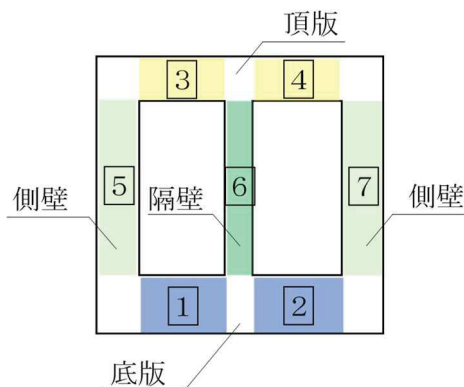


図 5-1 評価位置図

5.2 Sクラスの施設を支持する機能に対する評価結果

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

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

表5-3 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（コンクリートの圧縮ひずみ）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d/ϵ_R
隔壁	6	①	S s - F 1 (-+)	443 μ	2000 μ	0.23

注記*1：評価位置は図5-1に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表5-4 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（主鉄筋ひずみ）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用ひずみ*2 ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d/ϵ_R
隔壁	6	①	S s - F 1 (-+)	862 μ	1725 μ	0.50

注記*1：評価位置は図5-1に示す。

*2：照査用ひずみ＝発生ひずみ×構造解析係数 γ_a

表5-5 せん断破壊に対する最大照査値（再掲）

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

注記*1：評価位置は図5-1に示す。

*2：照査用せん断力＝発生せん断力×構造解析係数 γ_a

*3：材料非線形解析によるせん断耐力

5.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

5.3.1 基礎地盤（狐崎部層）

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

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

表 5-6 基礎地盤の支持性能照査結果

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

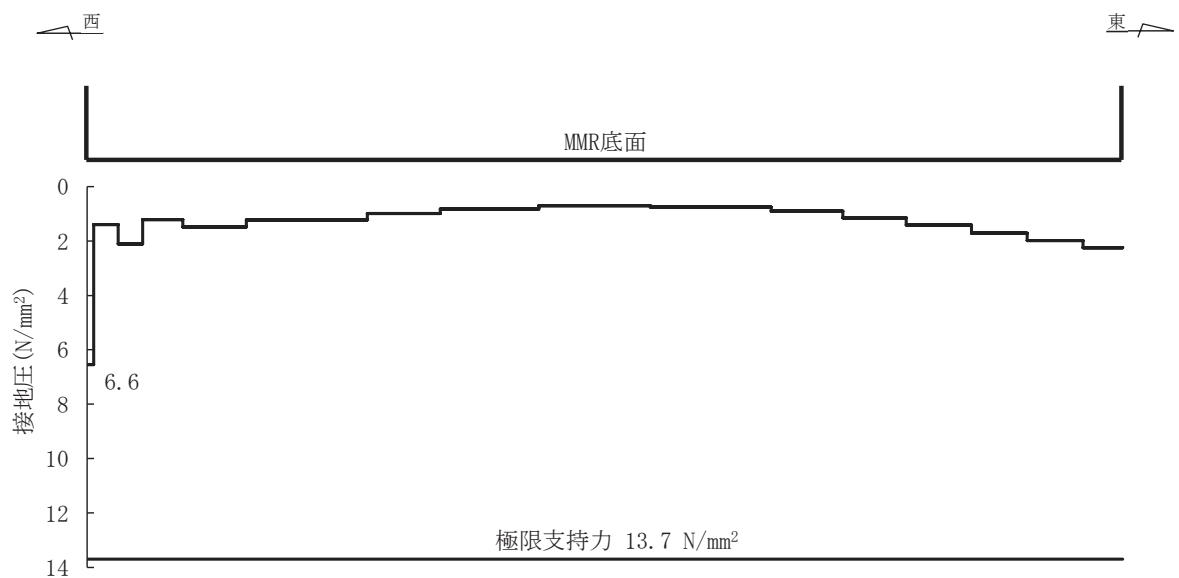


図 5-2 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース①, S s - D 1 (++))

5.3.2 MMR（既設）

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

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

表 5-7 MMR（既設）の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
①	S _s -F1 (-+)	2.0	15.6	0.13

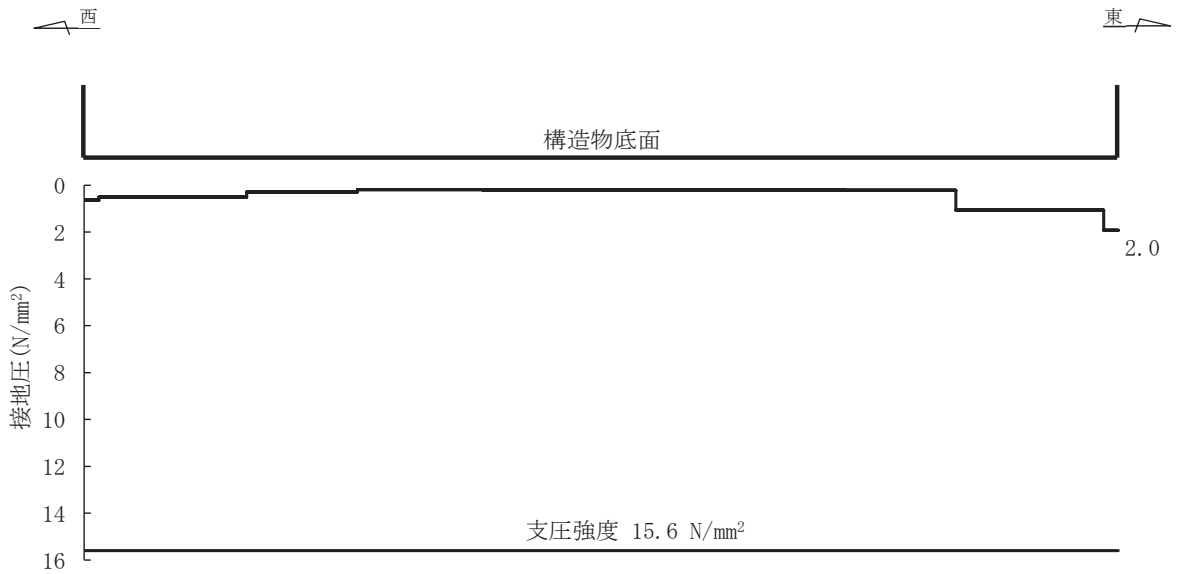


図 5-3 MMR（既設）の最大接地圧分布図
(解析ケース①, S_s-F1 (-+))

VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	6
2.4 適用規格・基準等	8
3. 解析方法	9
3.1 設計に用いる地震波	9
3.2 地震応答解析モデル	17
3.3 解析方法	29
3.4 解析条件	32
4. 解析結果	42
4.1 動的解析	42
4.2 必要保有水平耐力	68

1. 概要

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

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

2. 基本方針

2.1 位置

緊急用電気品建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

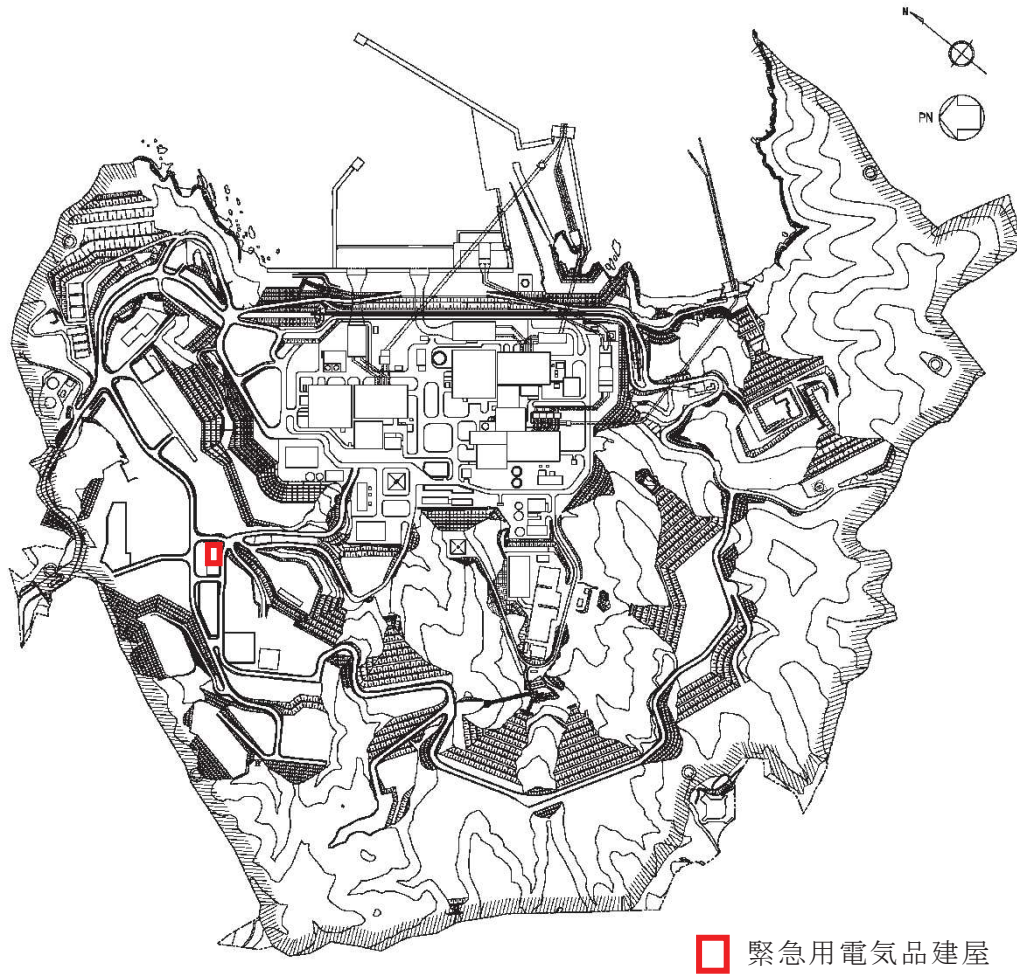


図 2-1 緊急用電気品建屋の設置位置

2.2 構造概要

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

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

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

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

緊急用電気品建屋の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

注記* : 建屋寸法は壁外面押えとする。

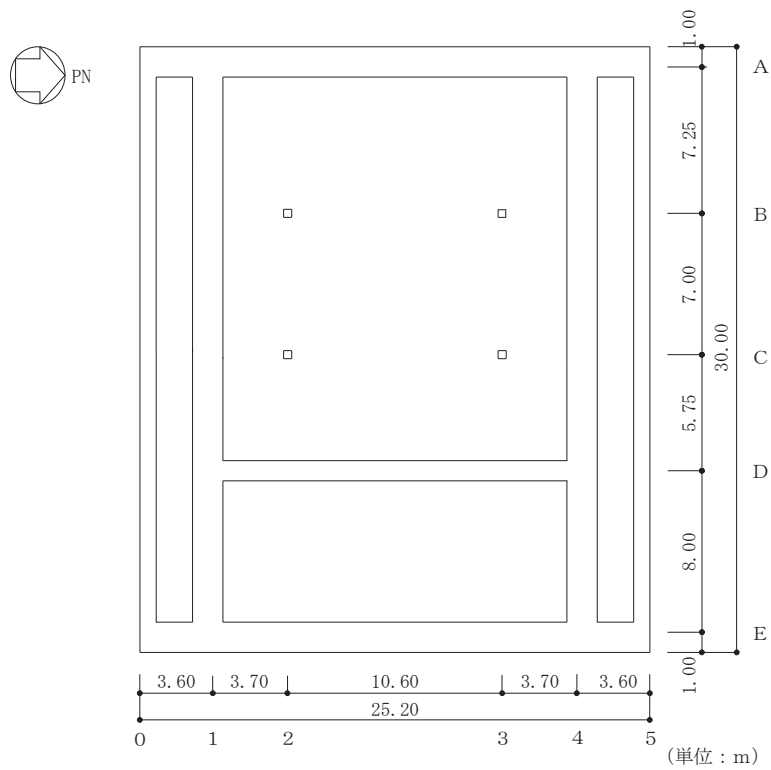


図 2-2(1) 緊急用電気品建屋の概略平面図(0. P. * 56. 4m)

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

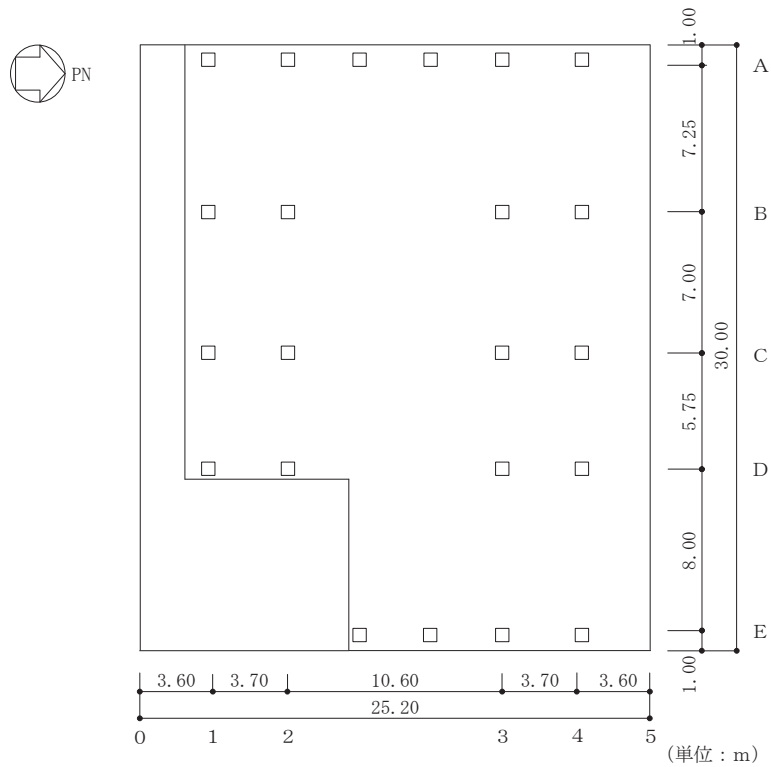


図 2-2(2) 緊急用電気品建屋の概略平面図(0. P. 62. 9m)

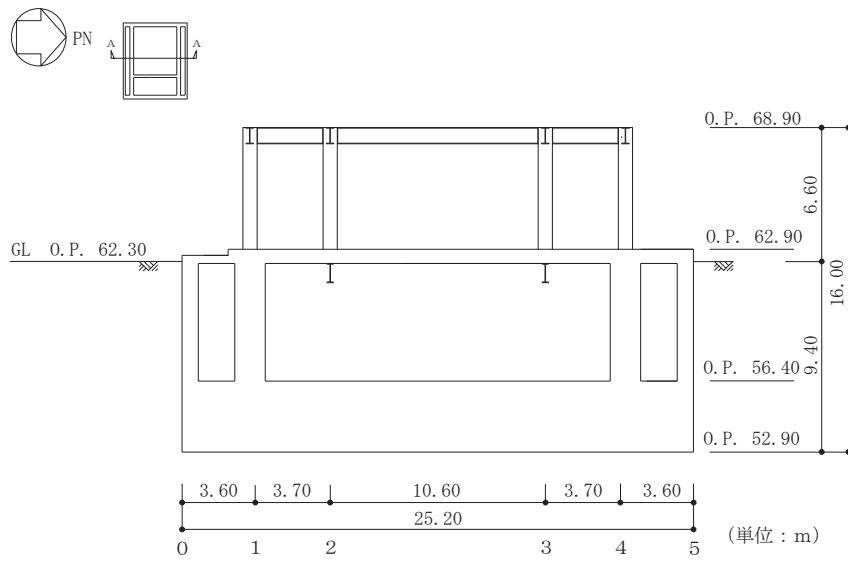


図 2-3(1) 緊急用電気品建屋の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

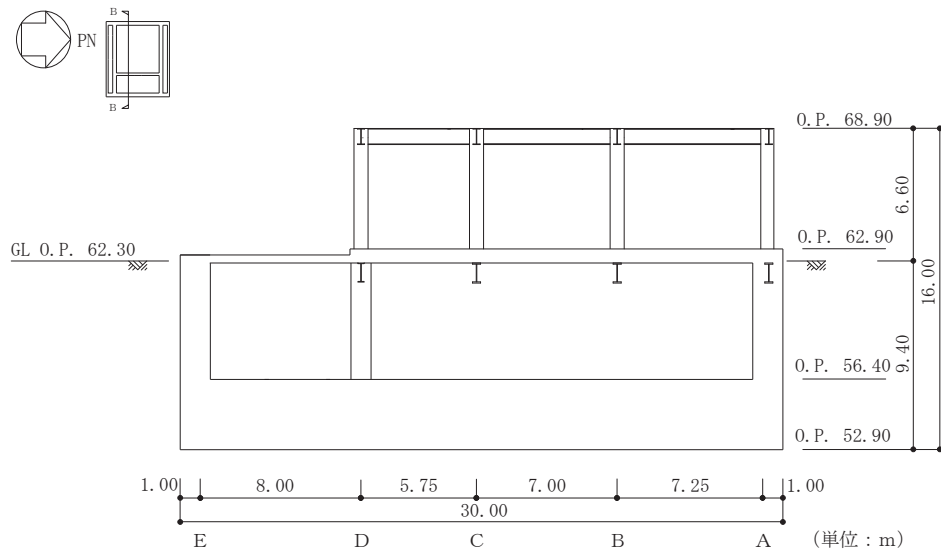


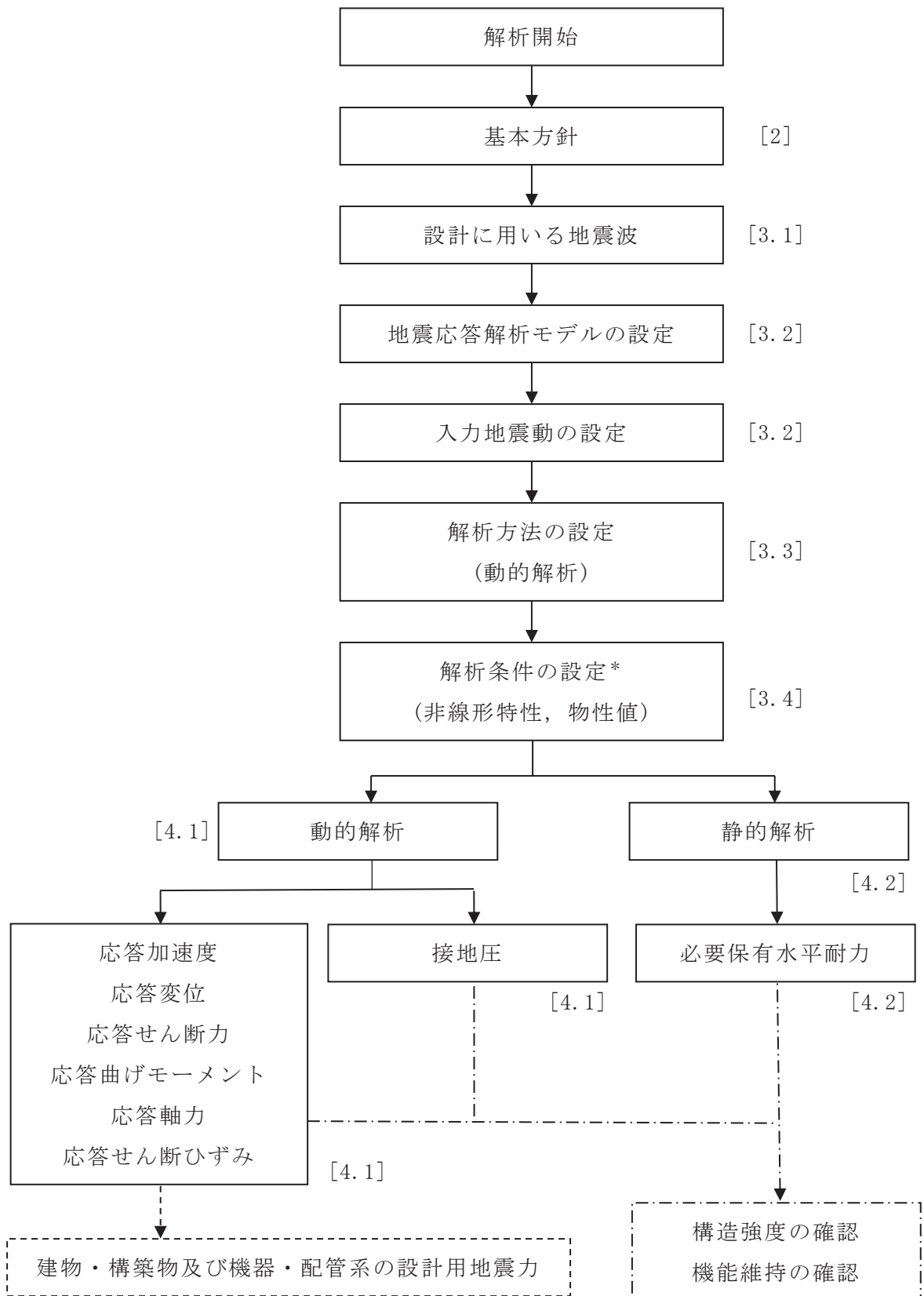
図 2-3(2) 緊急用電気品建屋の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

2.3 解析方針

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

図2-4に緊急用電気品建屋の地震応答解析フローを示す。

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



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

図 2-4 緊急用電気品建屋の地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

緊急用電気品建屋の地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

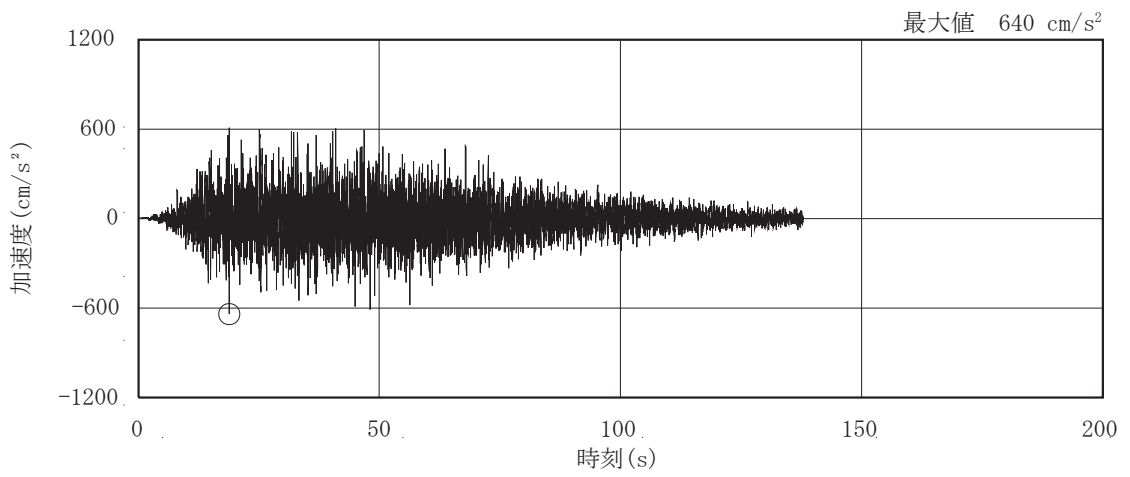
- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，1999年改定）
- ・ 鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005年改定）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）

3. 解析方法

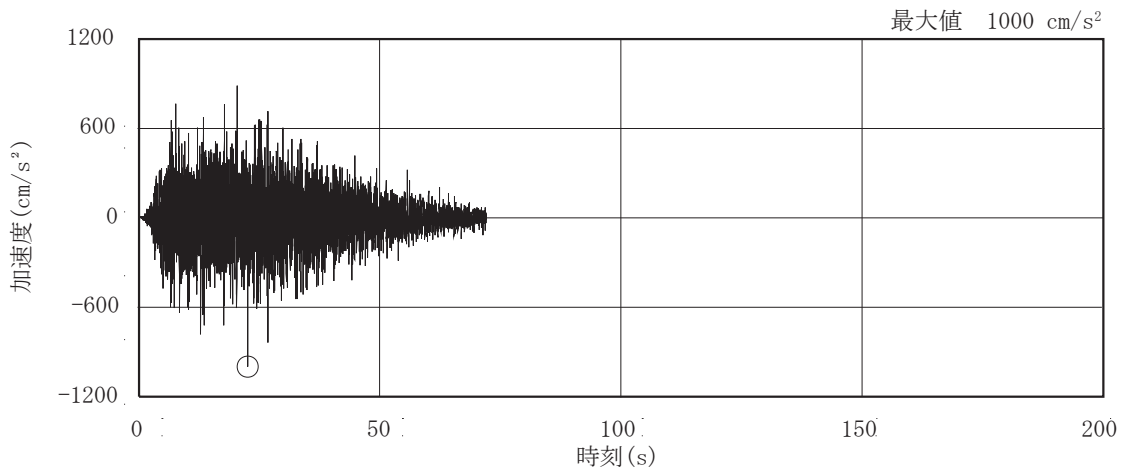
3.1 設計に用いる地震波

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

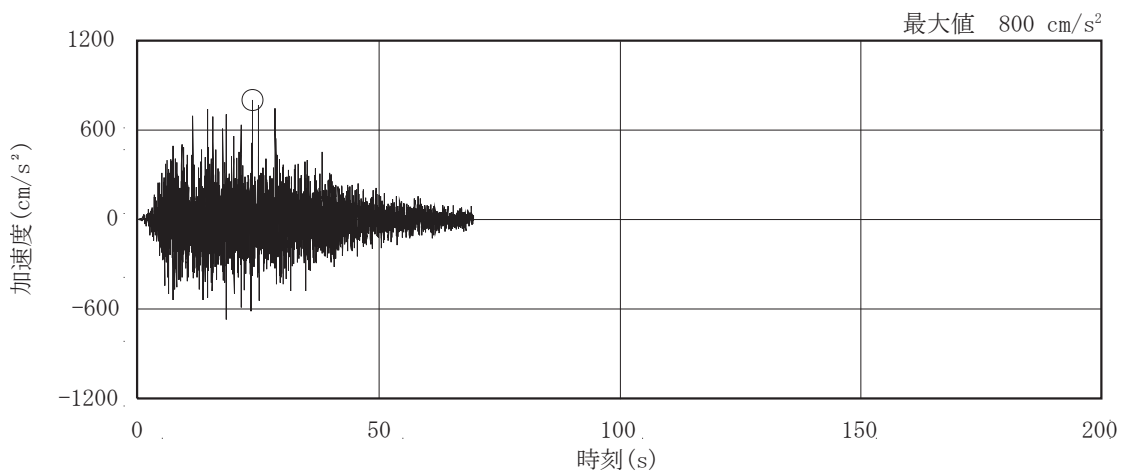
基準地震動 S_s の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-1 及び図 3-2 に示す。



(a) S s - D 1

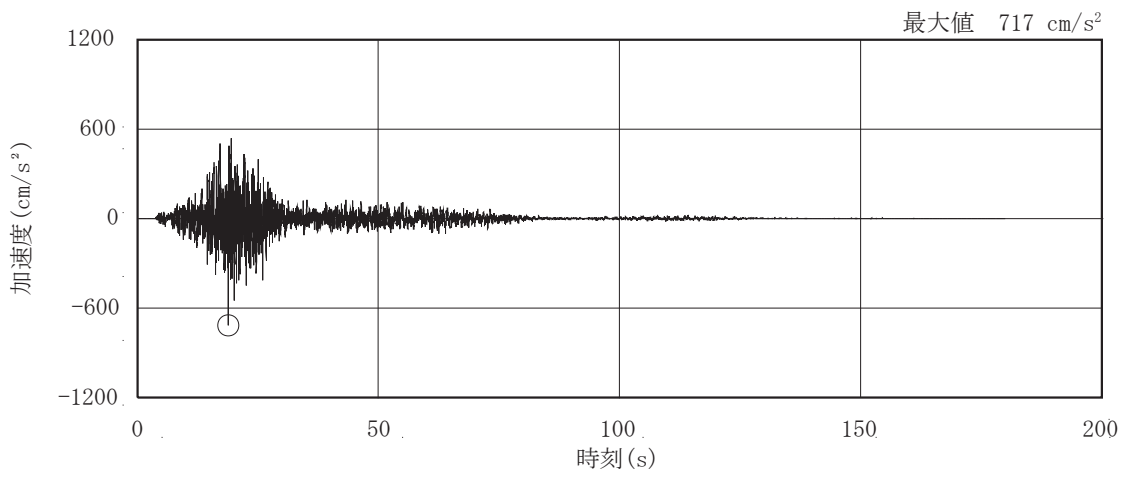


(b) S s - D 2

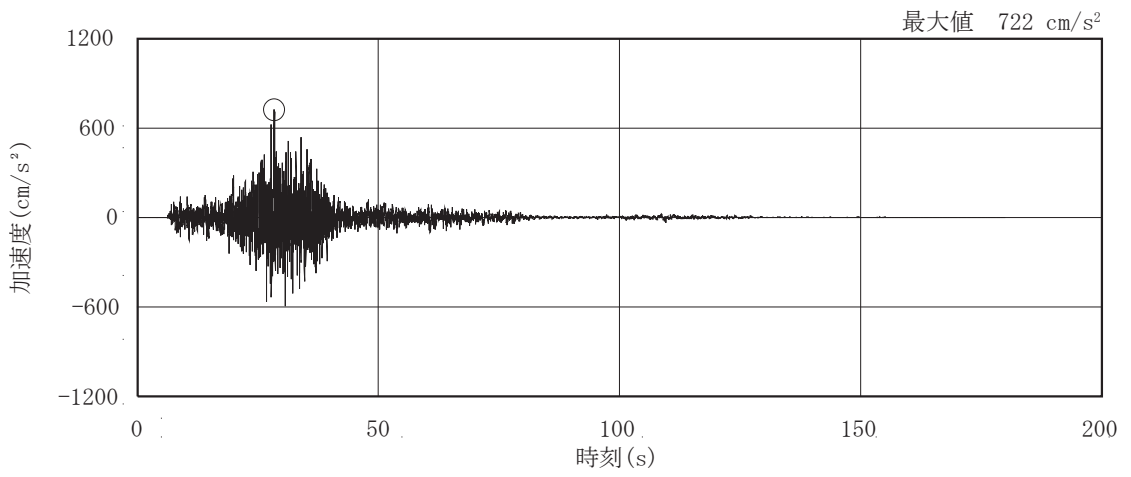


(c) S s - D 3

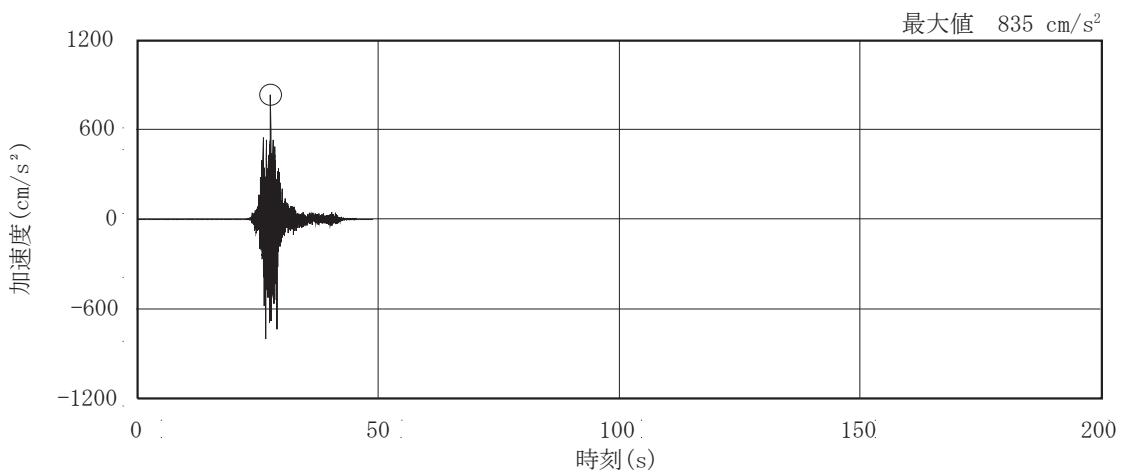
图 3-1(1) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, 水平方向) (1/3)



(d) S s - F 1

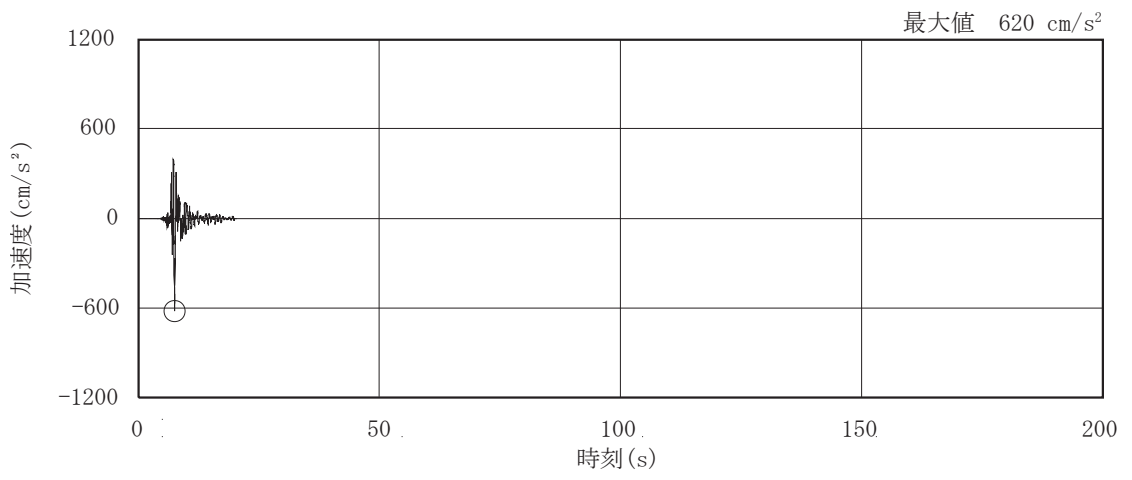


(e) S s - F 2



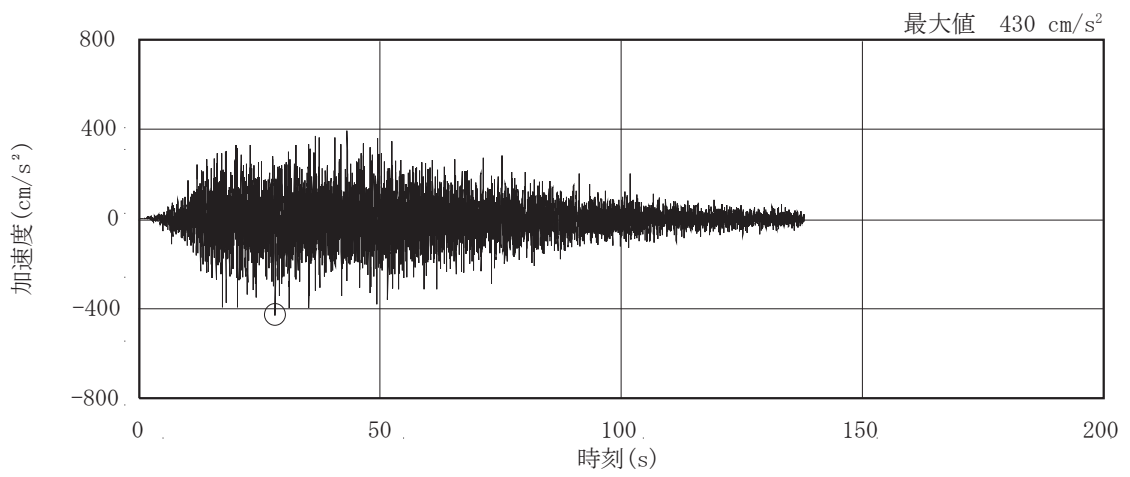
(f) S s - F 3

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

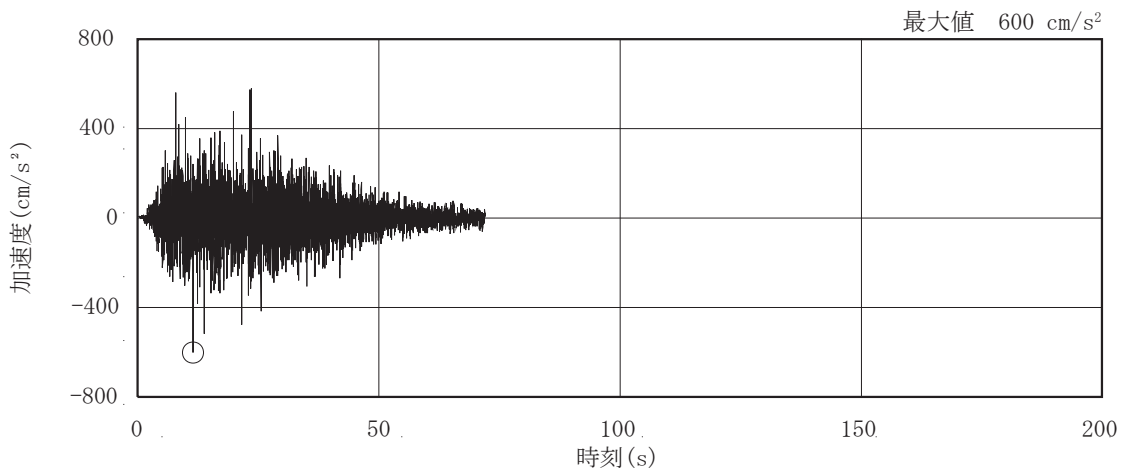


(g) S s - N 1

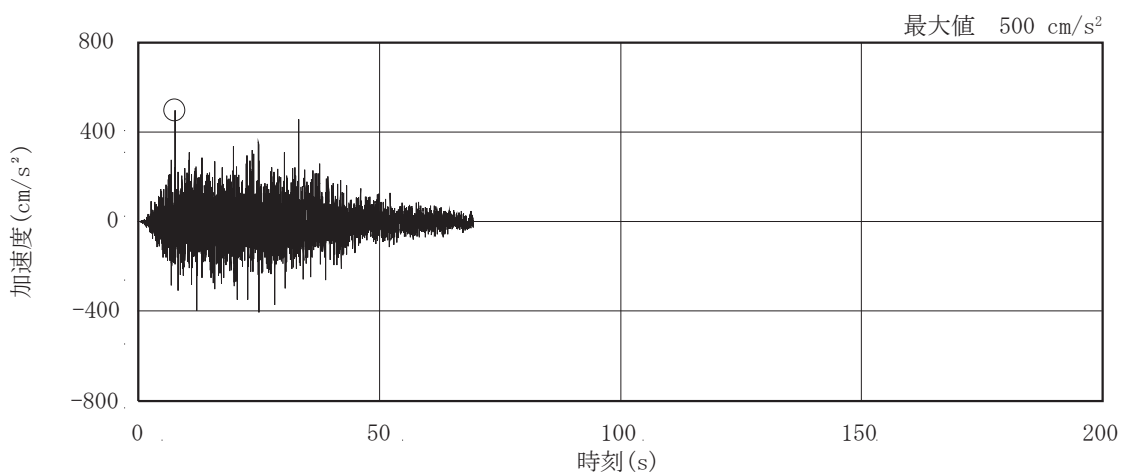
图 3-1(3) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s , 水平方向) (3/3)



(a) S s - D 1

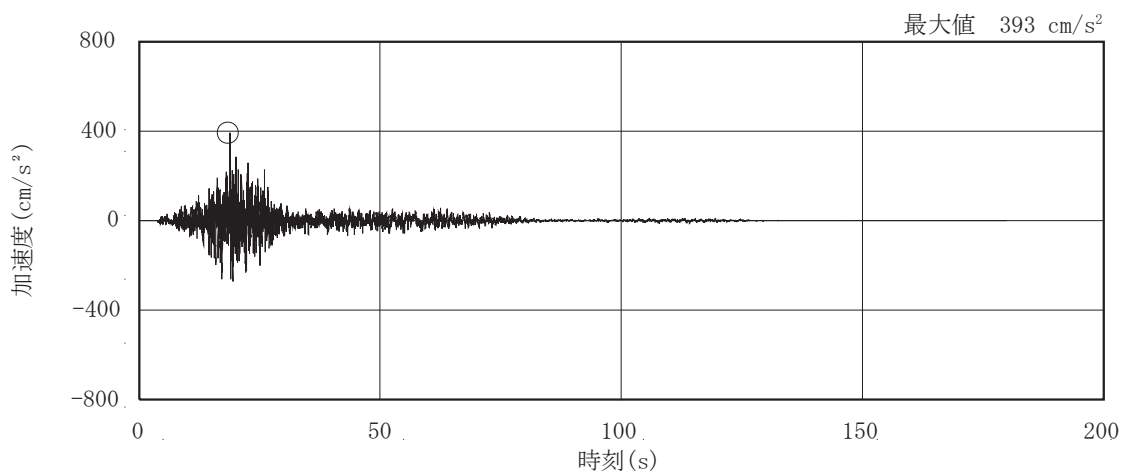


(b) S s - D 2

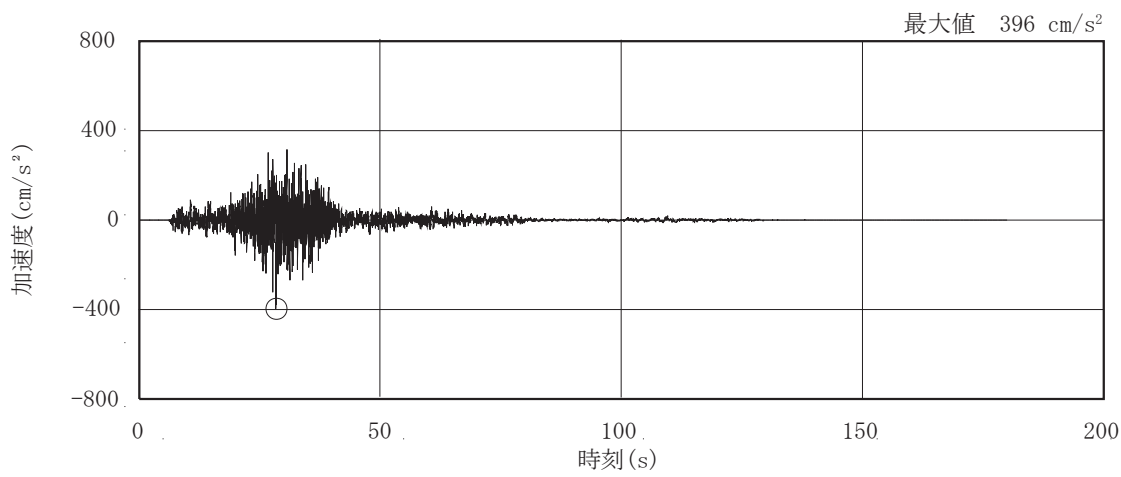


(c) S s - D 3

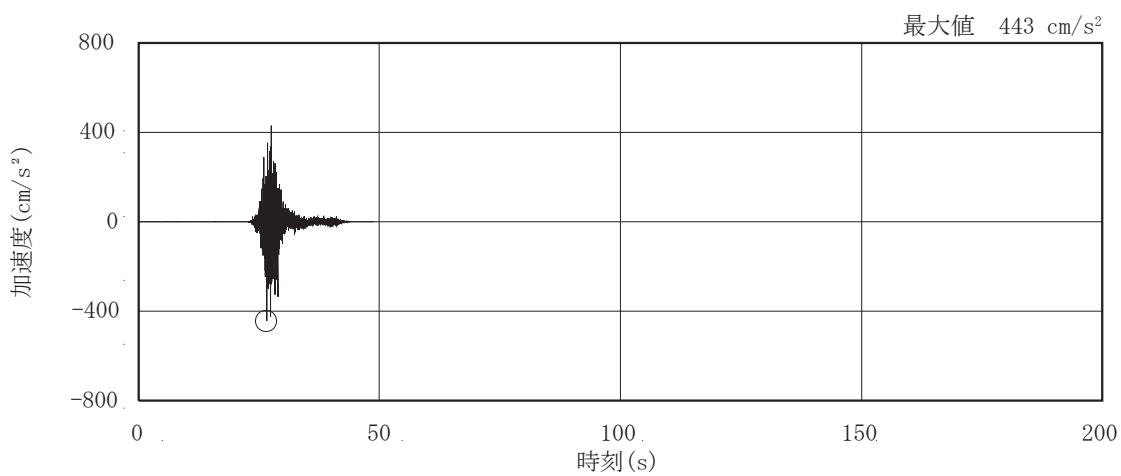
图 3-1(4) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s, 鉛直方向) (1/3)



(d) S s - F 1

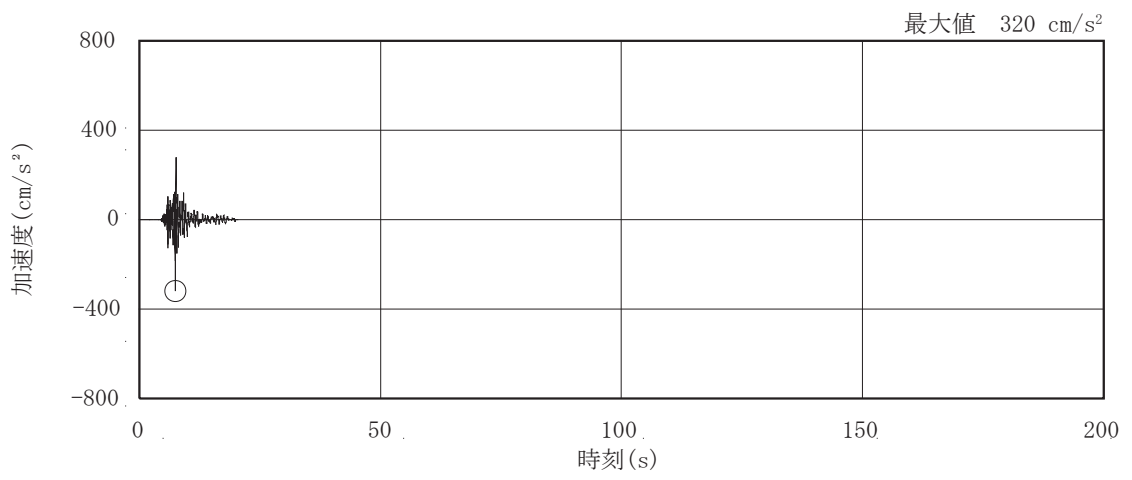


(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

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



(g) S s - N 1

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

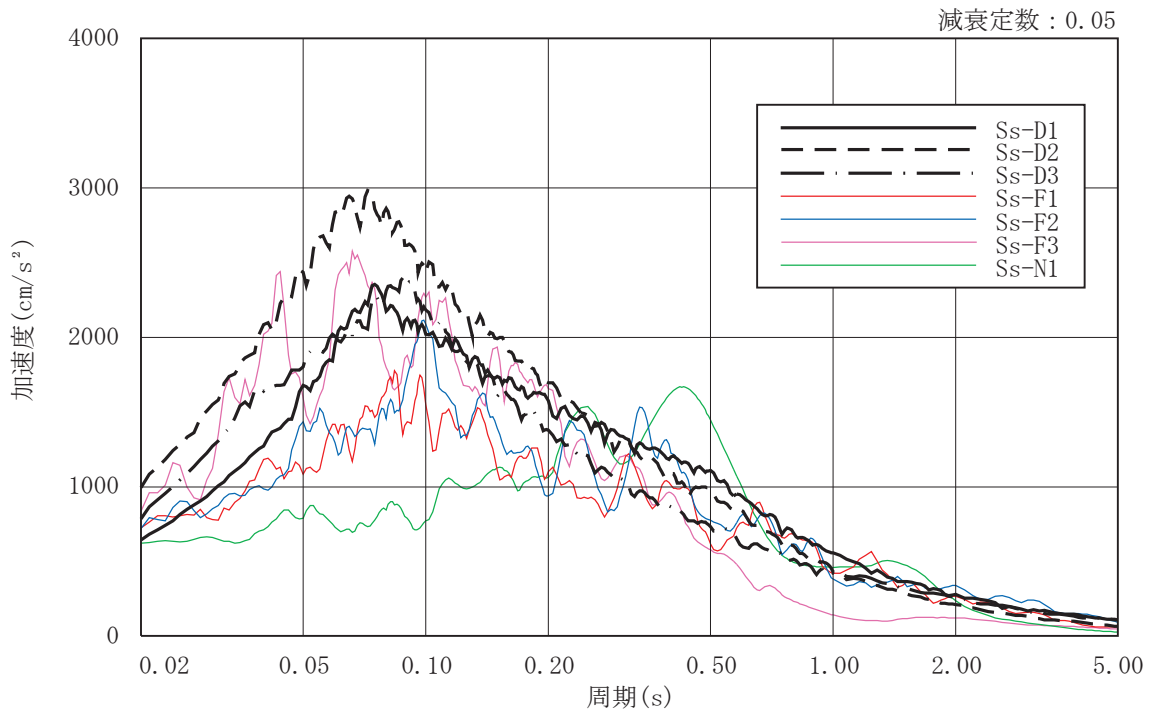


図 3-2(1) 加速度応答スペクトル (基準地震動 S_s , 水平方向)

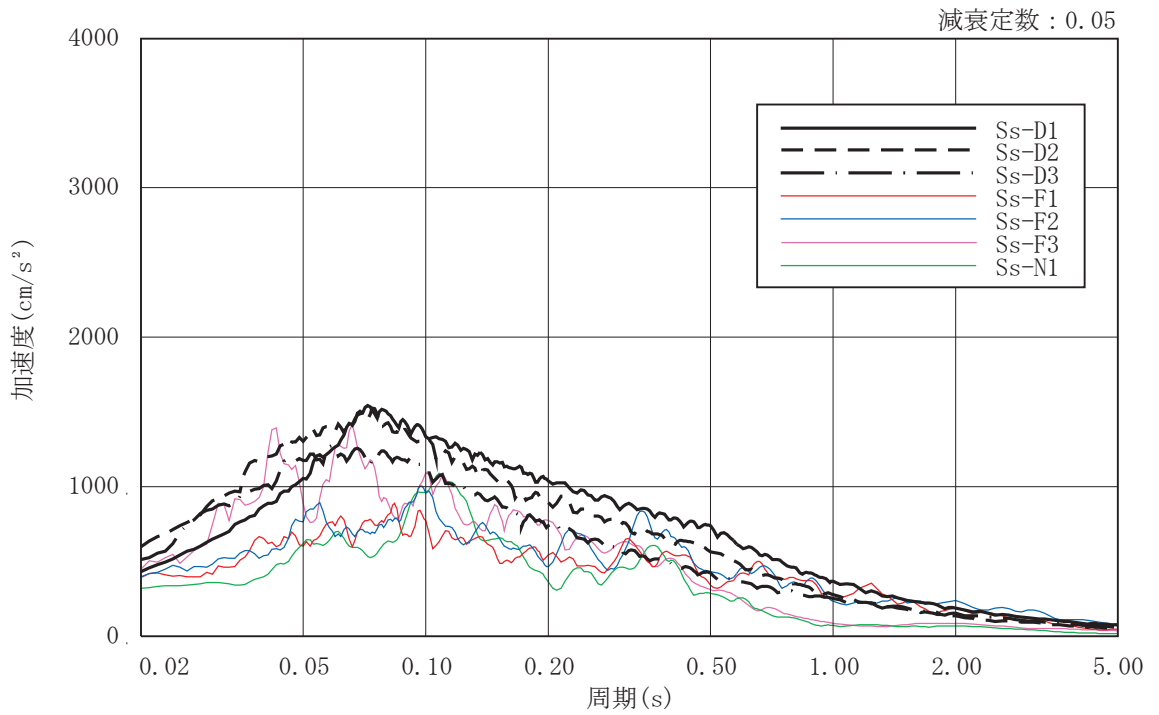


図 3-2(2) 加速度応答スペクトル (基準地震動 S_s , 鉛直方向)

3.2 地震応答解析モデル

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

表 3-1 使用材料の物性値

部位	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 (%)
建屋部 (B1F) 基礎版	鉄筋コンクリート コンクリート： F _c = 30 (N/mm ²) 鉄筋：SD390	2.44 × 10 ⁴	1.02 × 10 ⁴	5
建屋部 (1F)	鉄骨：BCP325, SN400B, SN490B	2.05 × 10 ⁵	7.90 × 10 ⁴	2

3.2.1 水平方向

(1) 地震応答解析モデル

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

水平方向の地震応答解析モデル及び諸元を図 3-3 に示す。

(2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、水平方向の地震応答解析モデルにおいては底面水平ばね及び底面回転ばねで置換している。この底面水平ばね及び底面回転ばねは、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価している。いずれのばねも振動数に依存した複素剛性として表現されるが、図 3-4 に示すようにばね定数として、実部の静的な値(K_0)を、また、減衰係数(C_0)として、建屋－地盤連成モデルの 1 次固有円振動数(ω_1)に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。このうち、底面回転ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。

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

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

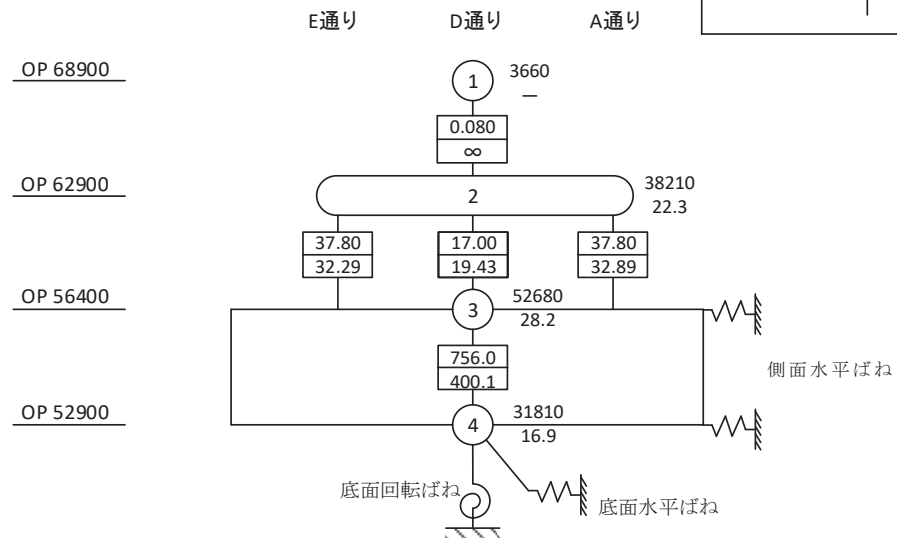
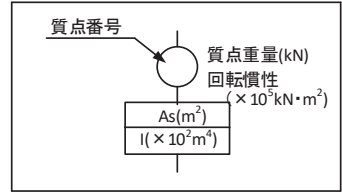
地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-2 に、地盤モデルの物性値を表 3-3 に示す。

(3) 入力地震動

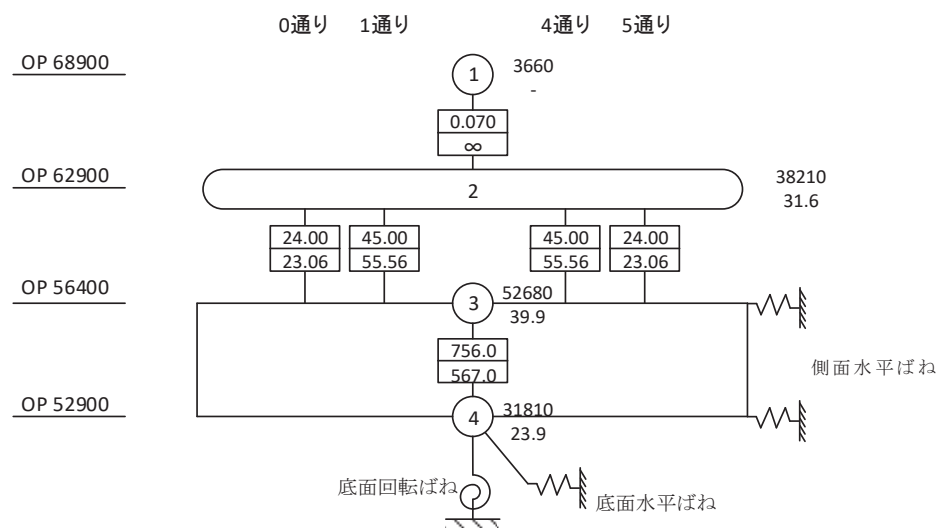
地震応答解析モデルへの入力地震動は、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s から以下の手順で算定する。まず、地下構造モデルの解放基盤表面以深の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により O.P.-200m の入射波を算定する。算定した O.P.-200m の入射波を建屋位置地盤モデルに入力して線形解析を行い、建屋基礎底面レベルでの地盤及び基礎の上下端レベルの建屋側面の地盤の応答を評価して入力地震動とする。また、建屋基礎底面レベルにおける補正水平力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。図 3-5 に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を、設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置 (O.P. 52.9m) における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3-6 に示す。入

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

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



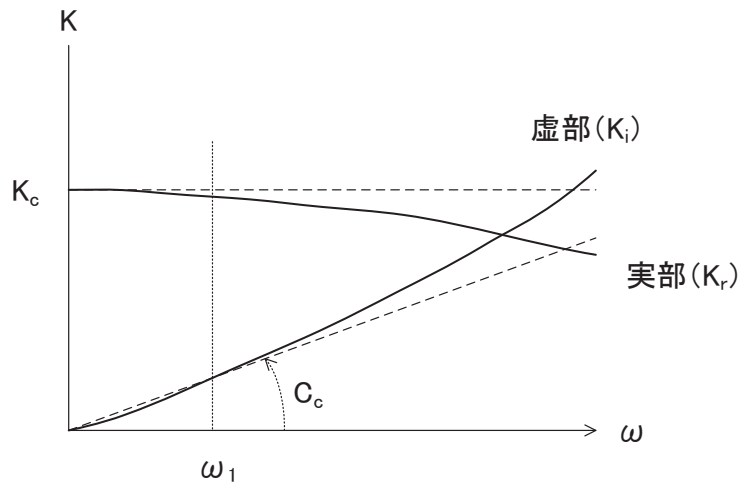
(a) NS方向



(b) EW方向

図 3-3 地震応答解析モデル及び諸元(水平方向)

O 2 ③ VI-2-2-21 R 0



ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数 K_c で定数化

減衰係数：建屋—地盤連成系の 1 次固有円振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C_c で定数化

図 3-4 地盤ばねの定数化の概要

表 3-2 地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

(a) NS 方向

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

(b) EW 方向

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

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

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

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

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

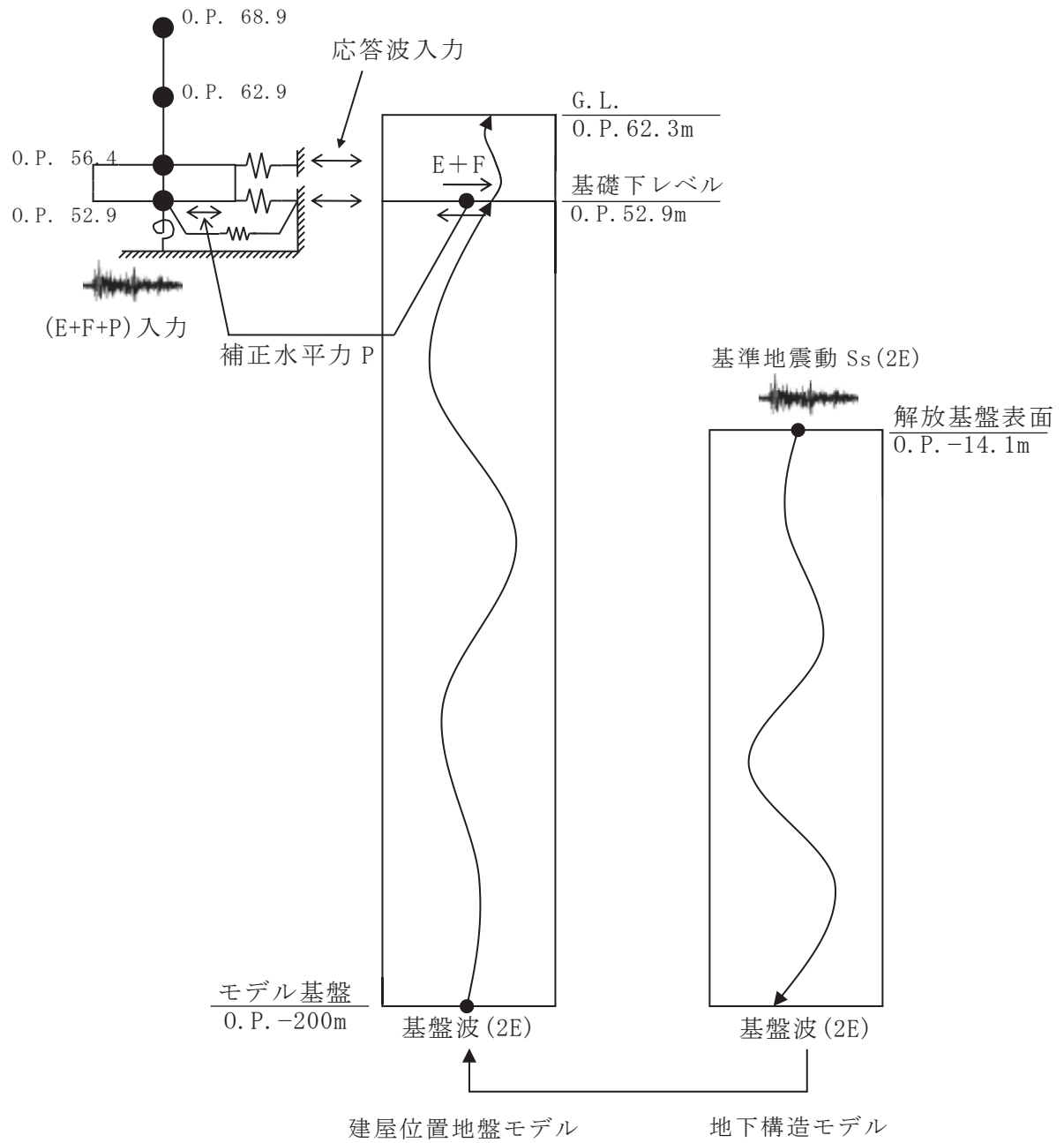


図 3-5 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図 (水平方向)

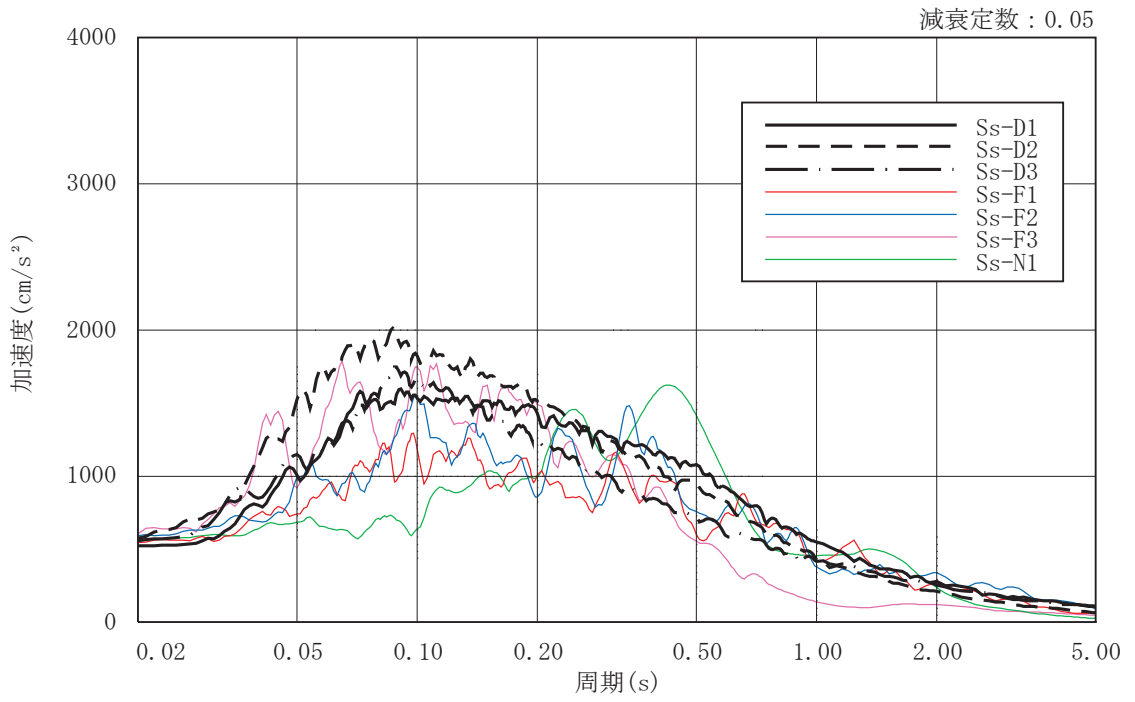


図 3-6 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S s , 水平方向. O.P. 52.9m)

3.2.2 鉛直方向

(1) 地震応答解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、軸変形をする耐震壁部からなる質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデル及び諸元を図 3-7 に示す。

(2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、鉛直方向の地震応答解析モデルにおいては鉛直ばねで置換している。この鉛直ばねは、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価しており、振動数に依存した複素剛性として表現される。図 3-8 に示すようにばね定数として、実部の静的な値(K_0)を、また、減衰係数(C_0)として、建屋－地盤連成モデルの 1 次固有円振動数(ω_1)に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-4 に示す。

(3) 入力地震動

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

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

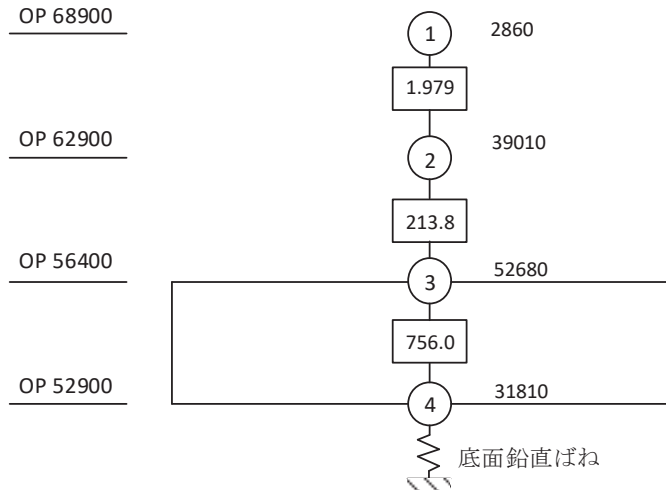
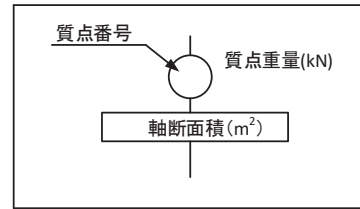
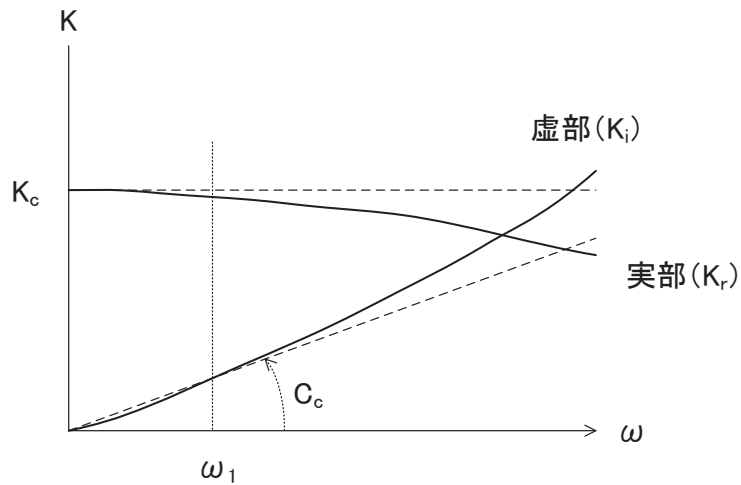


図 3-7 地震応答解析モデル及び諸元(鉛直方向)



ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数 K_c で定数化

減衰係数：建屋—地盤連成系の 1 次固有円振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C_c で定数化

図 3-8 鉛直地盤ばねの定数化の概要

表 3-4 地盤ばね定数と減衰係数（鉛直方向）

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

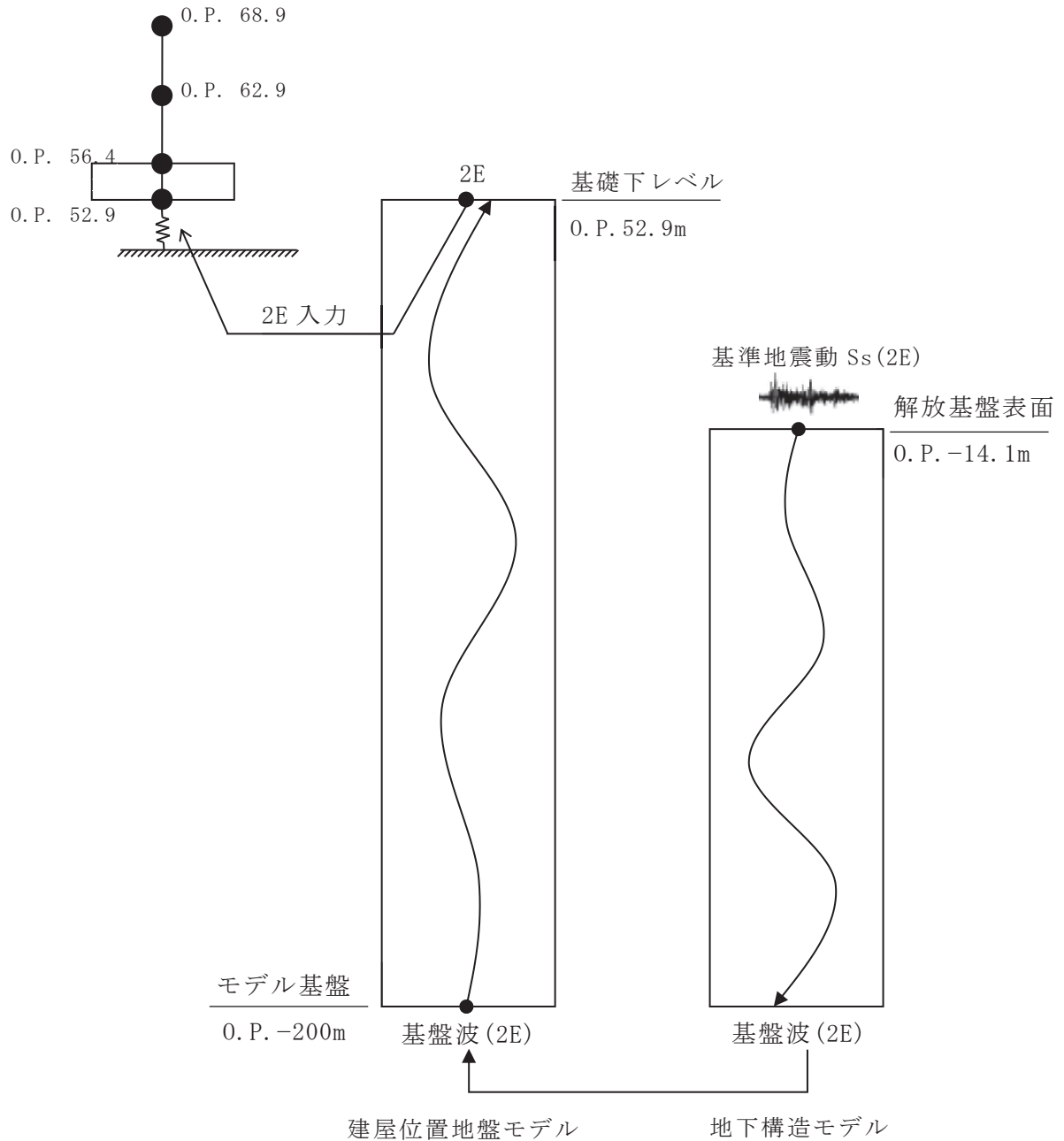


図 3-9 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図（鉛直方向）

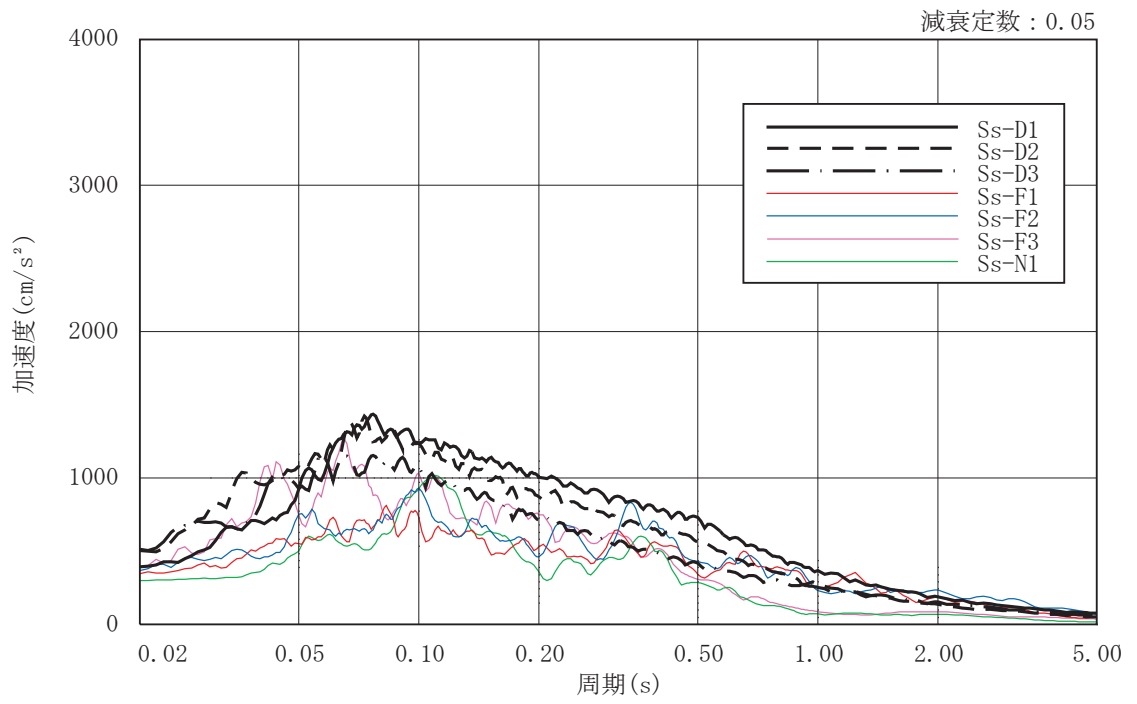


図 3-10 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S s , 鉛直方向, O.P. 52.9m)

3.3 解析方法

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

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

3.3.1 動的解析

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

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

3.3.2 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 Q_{un} は、次式により算出する。

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

ここで、

D_s : 各層の構造特性係数

F_{es} : 各層の形状特性係数

地震力によって各層に生じる水平力 Q_{ud} は、次式により算出する。

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

ここで、

n : 施設の重要度分類に応じた係数 (1.0)

C_i : 第*i*層の地震層せん断力係数

W_i : 第*i*層が支える重量

地震層せん断力係数 C_i は、次式により算出する。

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

ここで、

Z : 地震地域係数 (1.0)

R_t : 振動特性係数 (0.8)

A_i : 第*i*層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 (1.0)

なお、 A_i はモーダル解析により以下のとおり算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

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

ここで、

n : 建物・構築物の層数

w_m : 第*m*層の重量

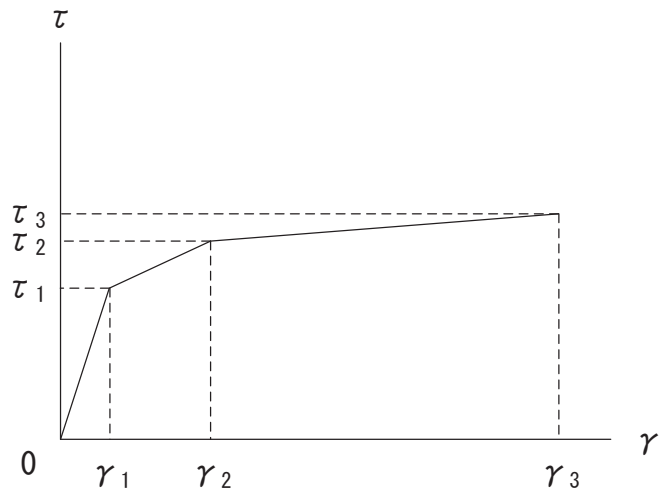
- $\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数
- T_j : 固有値解析により得られる建物・構築物の j 次固有周期
- $R_t(T_j)$: 周期 T_j に対応する加速度応答スペクトルの値
(建築基準法施行令第88条第1項に与えられている振動特性係数 R_t の T_j に対する値とする。地盤種別は第1種地盤とする。)
- k : 考慮すべき最高次数

3.4 解析条件

3.4.1 建物・構築物の復元力特性

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

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



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

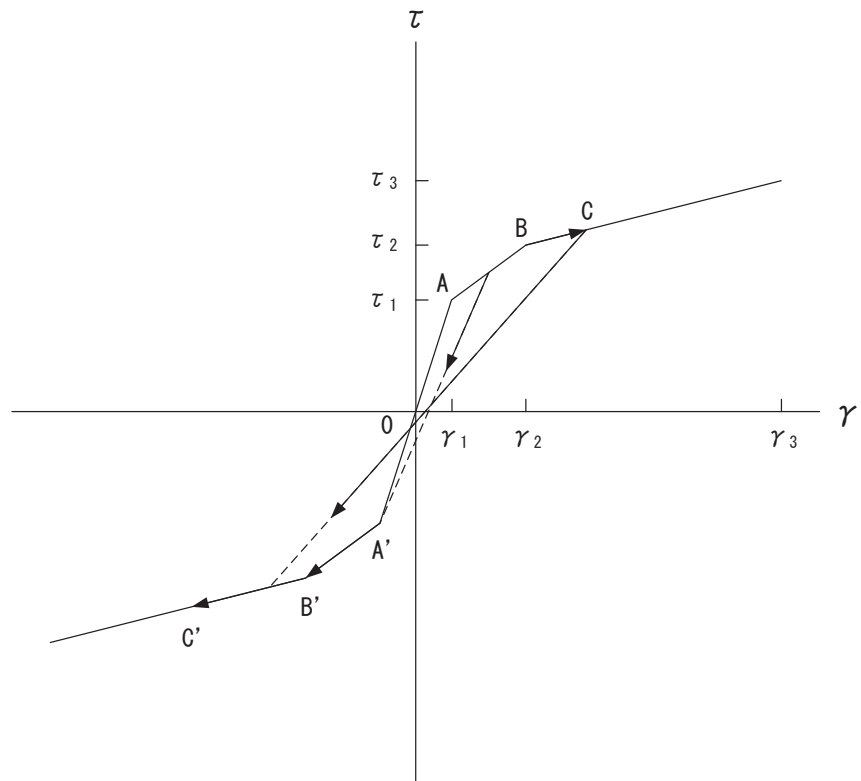
γ_2 : 第2折点のせん断ひずみ

γ_3 : 終局点のせん断ひずみ ($=4.0 \times 10^{-3}$)

図 3-11 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

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

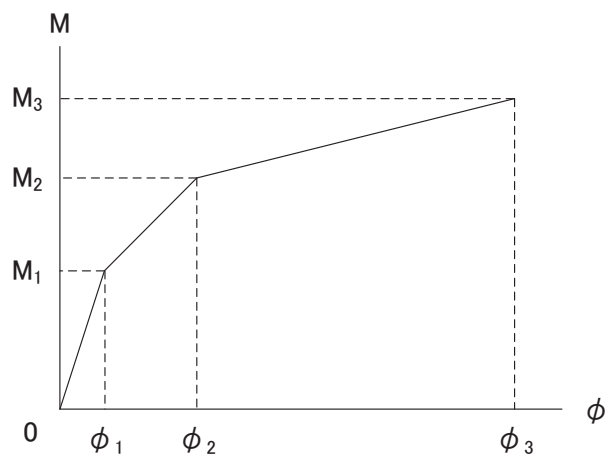


- a. 0-A 間：弾性範囲
- b. A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし，負側最大点が第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- c. B-C 間：負側最大点指向
- d. 各最大点は，スケルトン上を移動することにより更新される。
- e. 安定ループは面積を持たない。

図 3-12 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係)

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



M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント

M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント

M_3 : 終局点の曲げモーメント

ϕ_1 : 第 1 折点の曲率

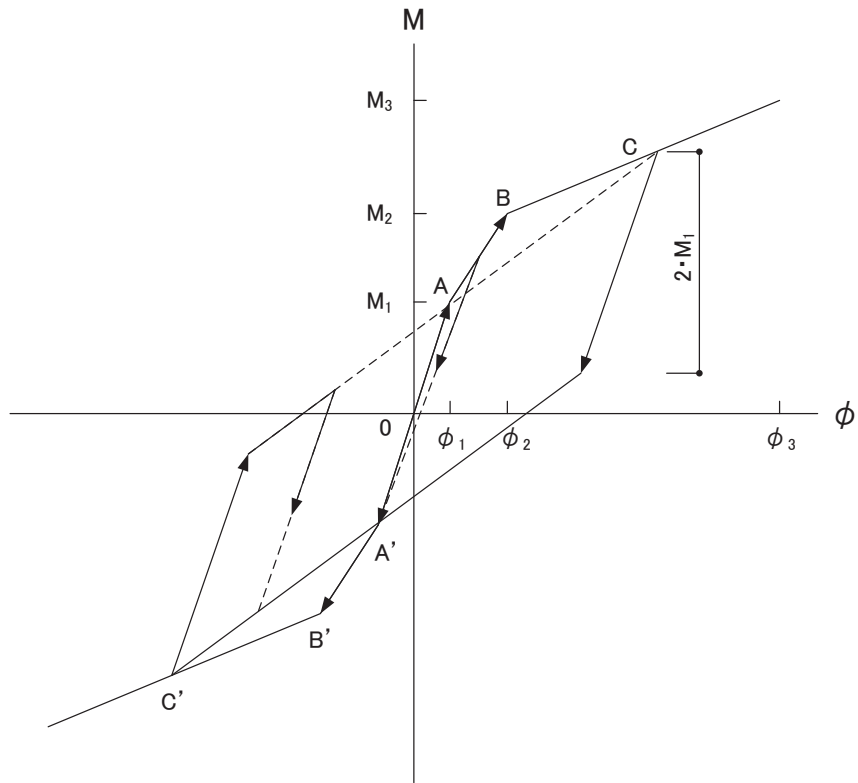
ϕ_2 : 第 2 折点の曲率

ϕ_3 : 終局点の曲率

図 3-13 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

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



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

図 3-14 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトンカーブの諸数値

緊急用電気品建屋の各耐震壁について算出したせん断力及び曲げモーメントのスケルトンカーブの諸数値を表 3-5 及び表 3-6 に示す。

表 3-5(1) せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係) NS 方向

O. P. (m)	通り	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 ($\times 10^{-3}$)
56.40~62.90	A	1.78	2.40	6.91	0.174	0.523	4.00
	D	1.80	2.42	6.01	0.176	0.528	4.00
	E	1.77	2.39	6.91	0.174	0.521	4.00

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

O. P. (m)	通り	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 ($\times 10^{-3}$)
56.40~62.90	0	1.75	2.36	7.67	0.171	0.514	4.00
	1	1.77	2.39	5.61	0.173	0.520	4.00
	4	1.77	2.39	5.62	0.174	0.521	4.00
	5	1.75	2.36	7.67	0.172	0.515	4.00

表 3-6(1) 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) NS 方向

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

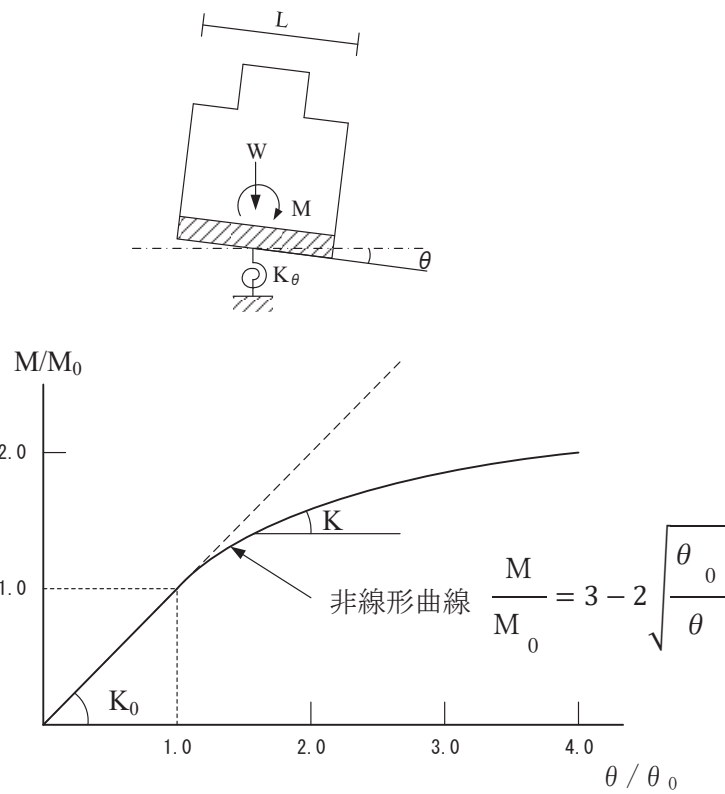
表 3-6(2) 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) EW 方向

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

3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性

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

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



- M : 転倒モーメント
- M₀ : 浮上り限界転倒モーメント (=W・L/6)
- θ : 回転角
- θ₀ : 浮上り限界回転角
- K₀ : 地盤の回転ばね定数 (浮上り前)
- K : 地盤の回転ばね定数 (浮上り後)
- W : 建屋総重量
- L : 建屋基礎幅

図 3-15 地盤の回転ばねの曲げモーメントと回転角の関係

3.4.3 材料物性の不確かさ

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

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

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

材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケースを表 3-7 に、地盤物性の不確かさを考慮した解析用地盤物性を表 3-8 に示す。

表 3-7 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

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

表 3-8(1) 地盤物性の不確かさを考慮した地下構造モデルの解析用地盤物性

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

表 3-8(2) 地盤物性の不確かさを考慮した建屋位置地盤モデルの解析用地盤物性

	O. P. (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. 解析結果

4.1 動的解析

本資料においては、代表として基本ケースの地震応答解析結果を示す。

4.1.1 固有値解析結果

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

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

4.1.2 地震応答解析結果

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

表 4-1 固有值解析結果

(a) NS 方向

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

(b) EW 方向

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

(c) UD 方向

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

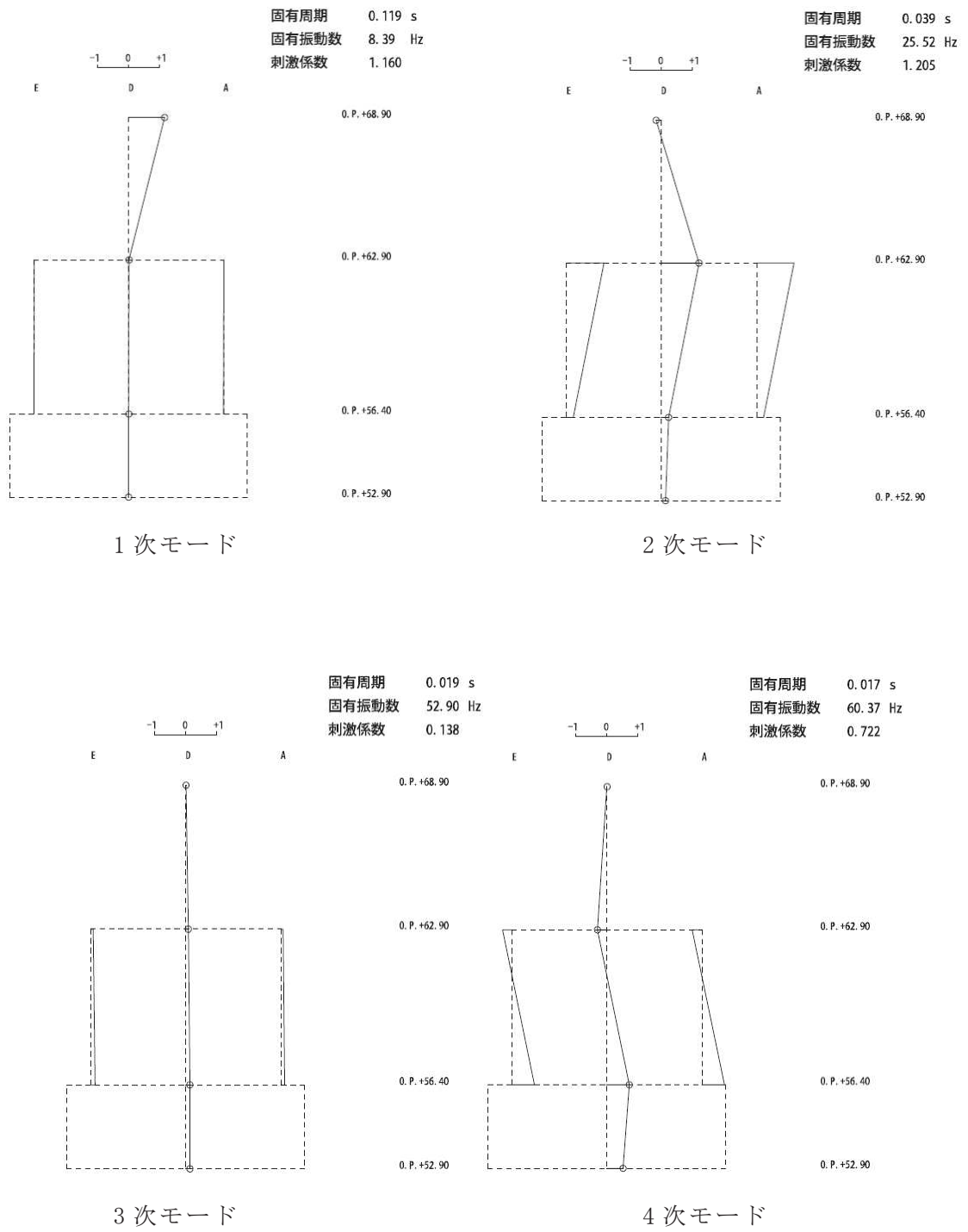


図 4-1(1) 刺激関数図 (NS 方向)

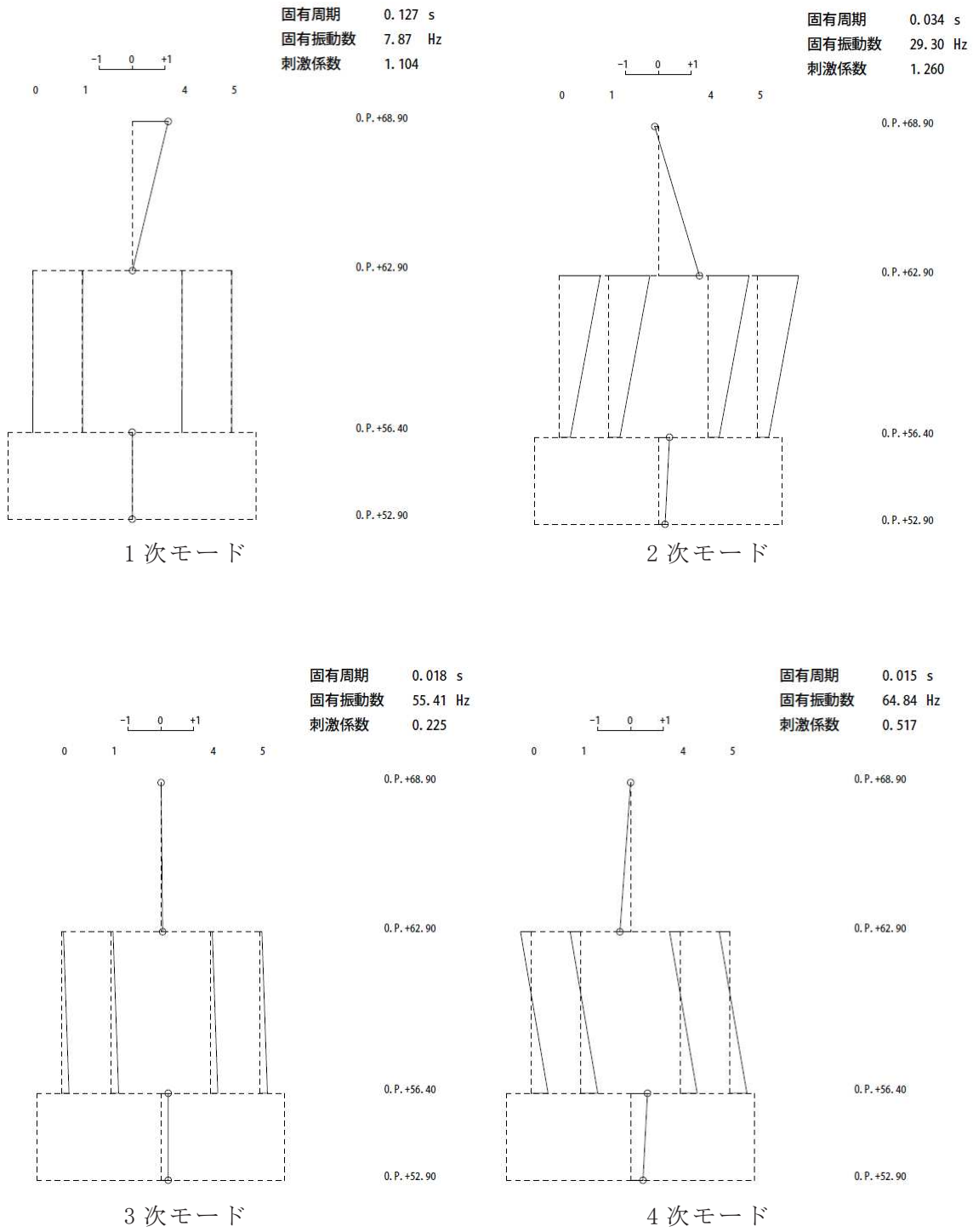


図 4-1(2) 刺激関数図 (EW 方向)

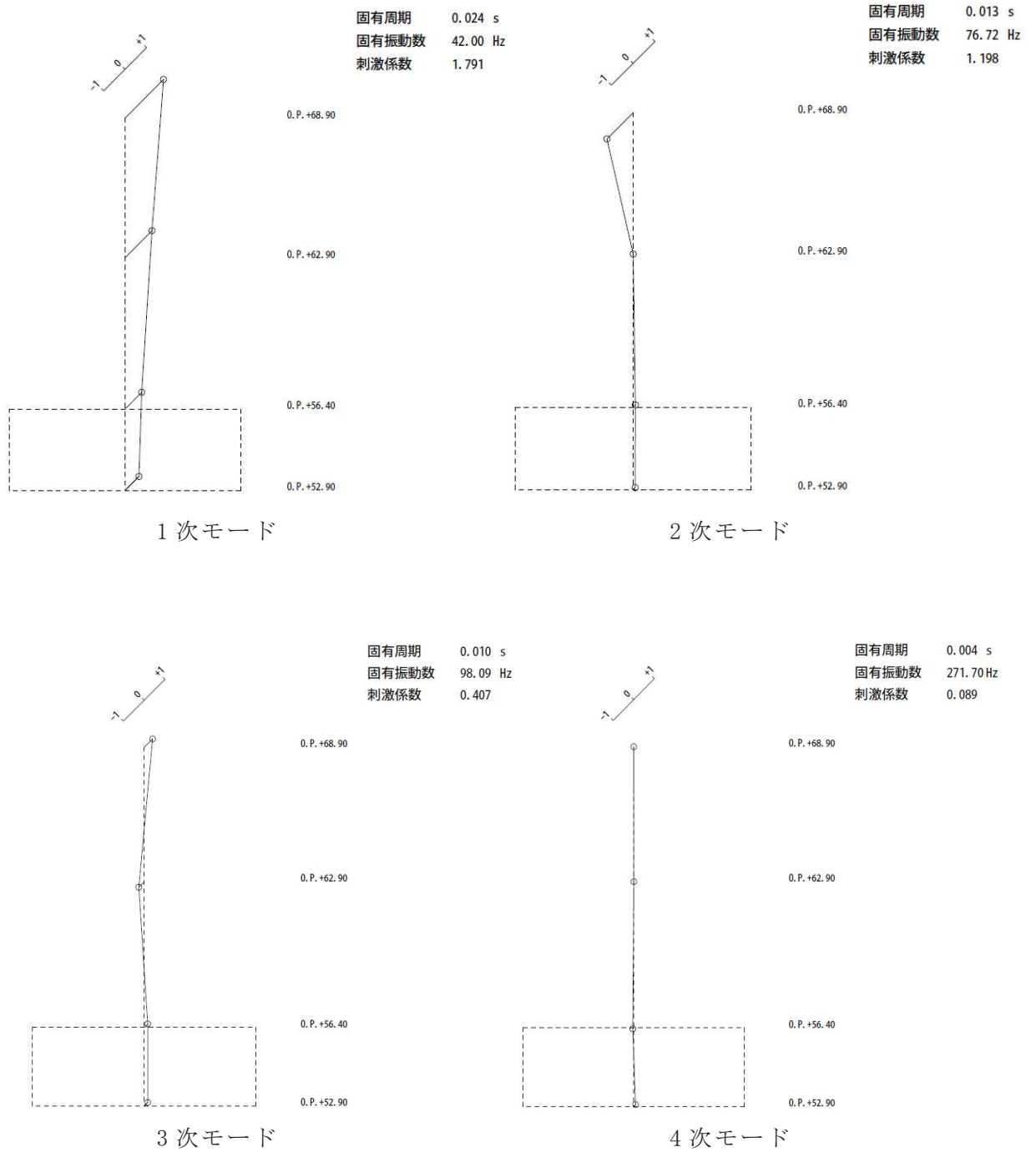


図 4-1(3) 刺激関数図 (UD 方向)

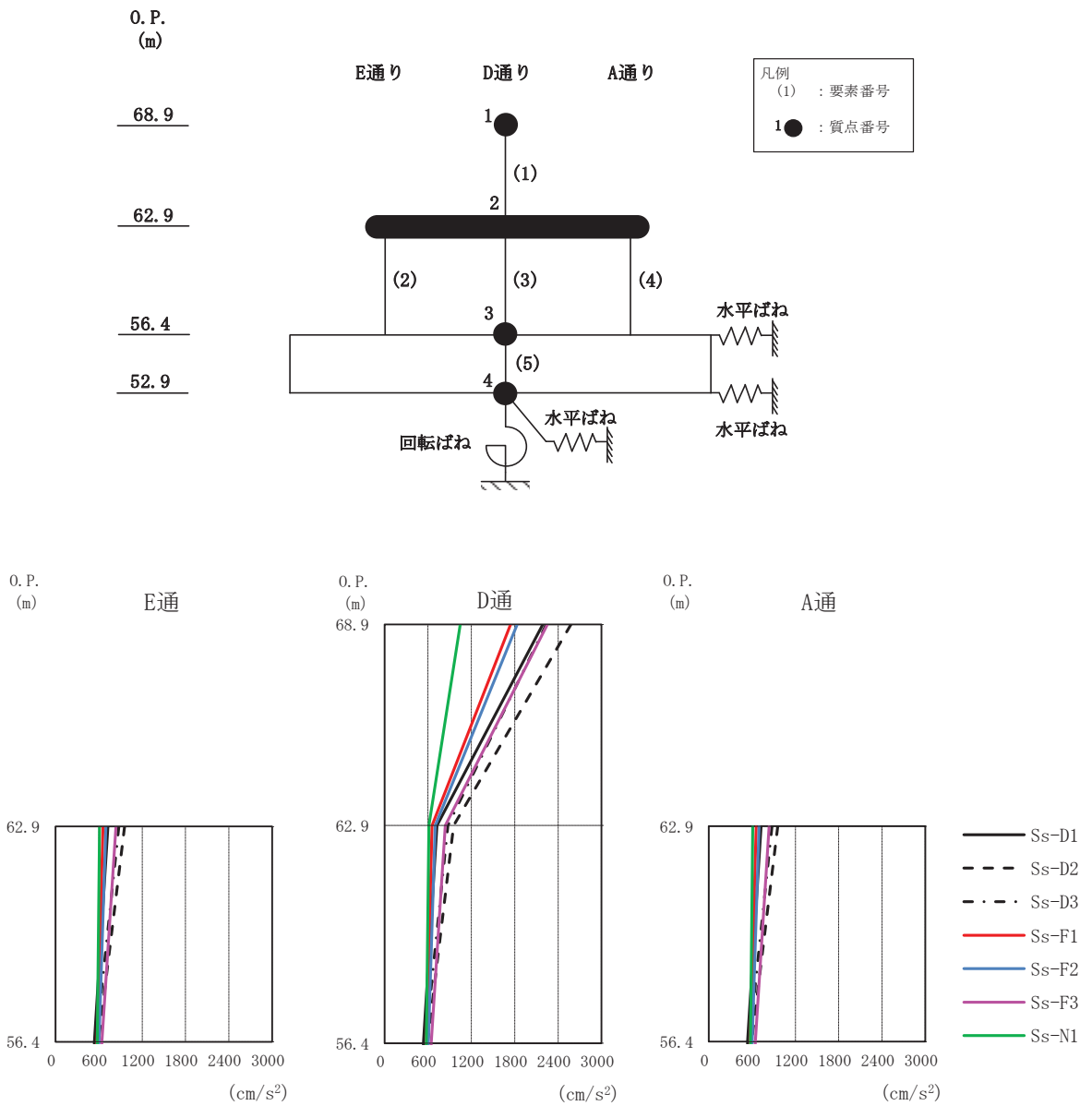


図 4-2 最大応答加速度（基準地震動 S_s，NS 方向）

表 4-2 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

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

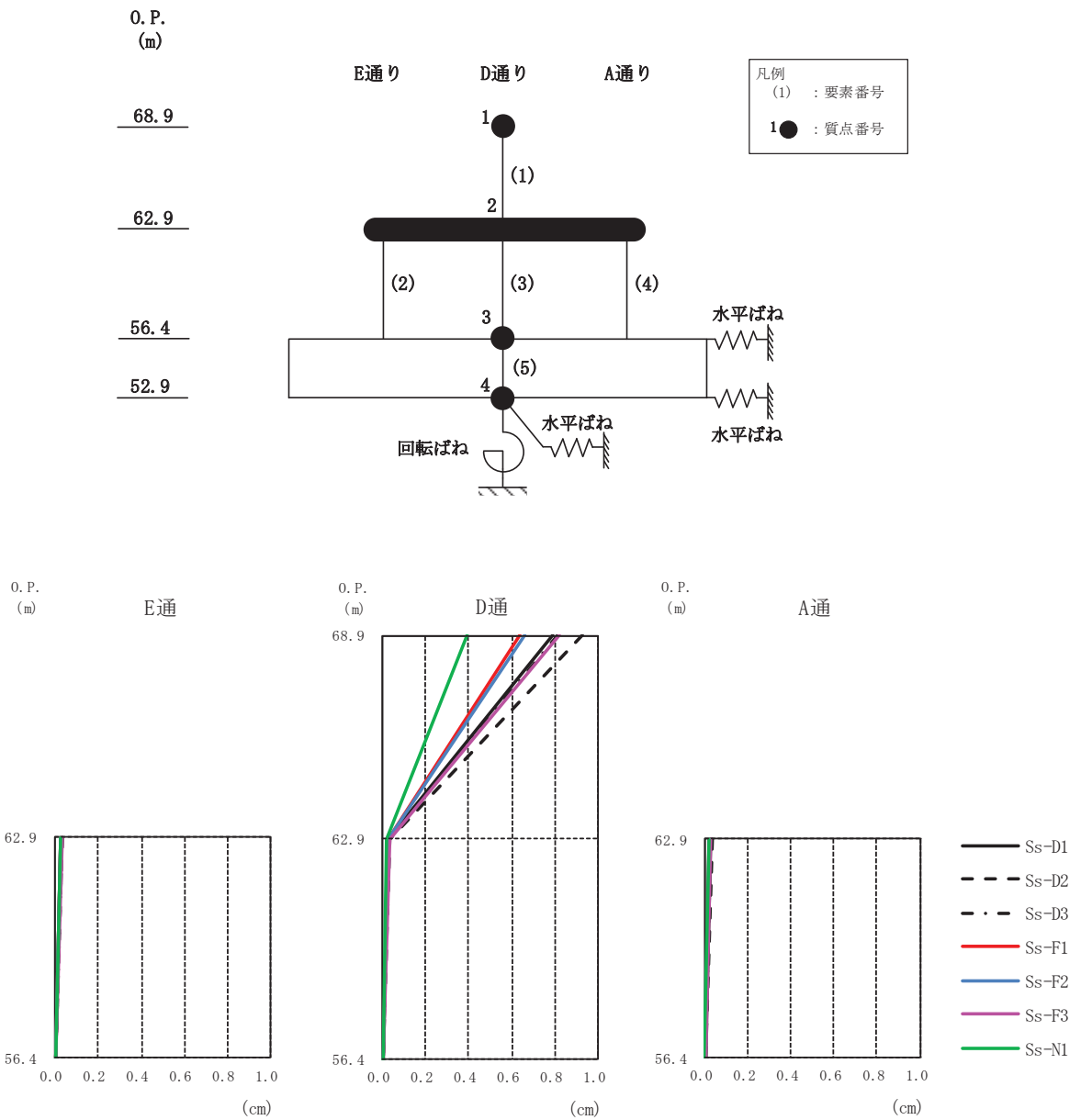


図 4-3 最大応答変位 (基準地震動 S_s , NS 方向)

表 4-3 最大応答変位一覧 (基準地震動 S_s , NS 方向)

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

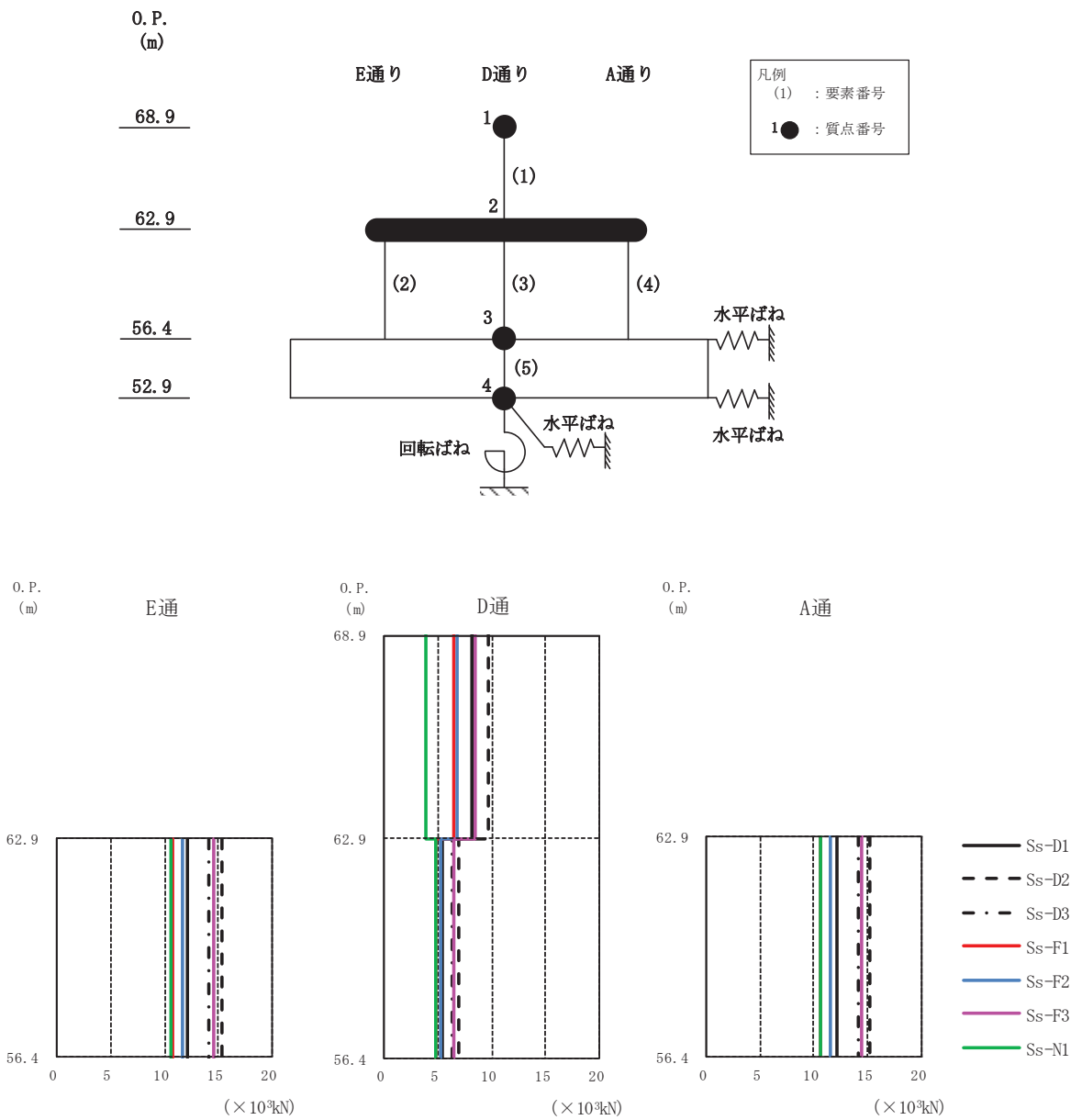


図 4-4 最大応答せん断力（基準地震動 S_s，NS 方向）

表 4-4 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s，NS 方向）

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

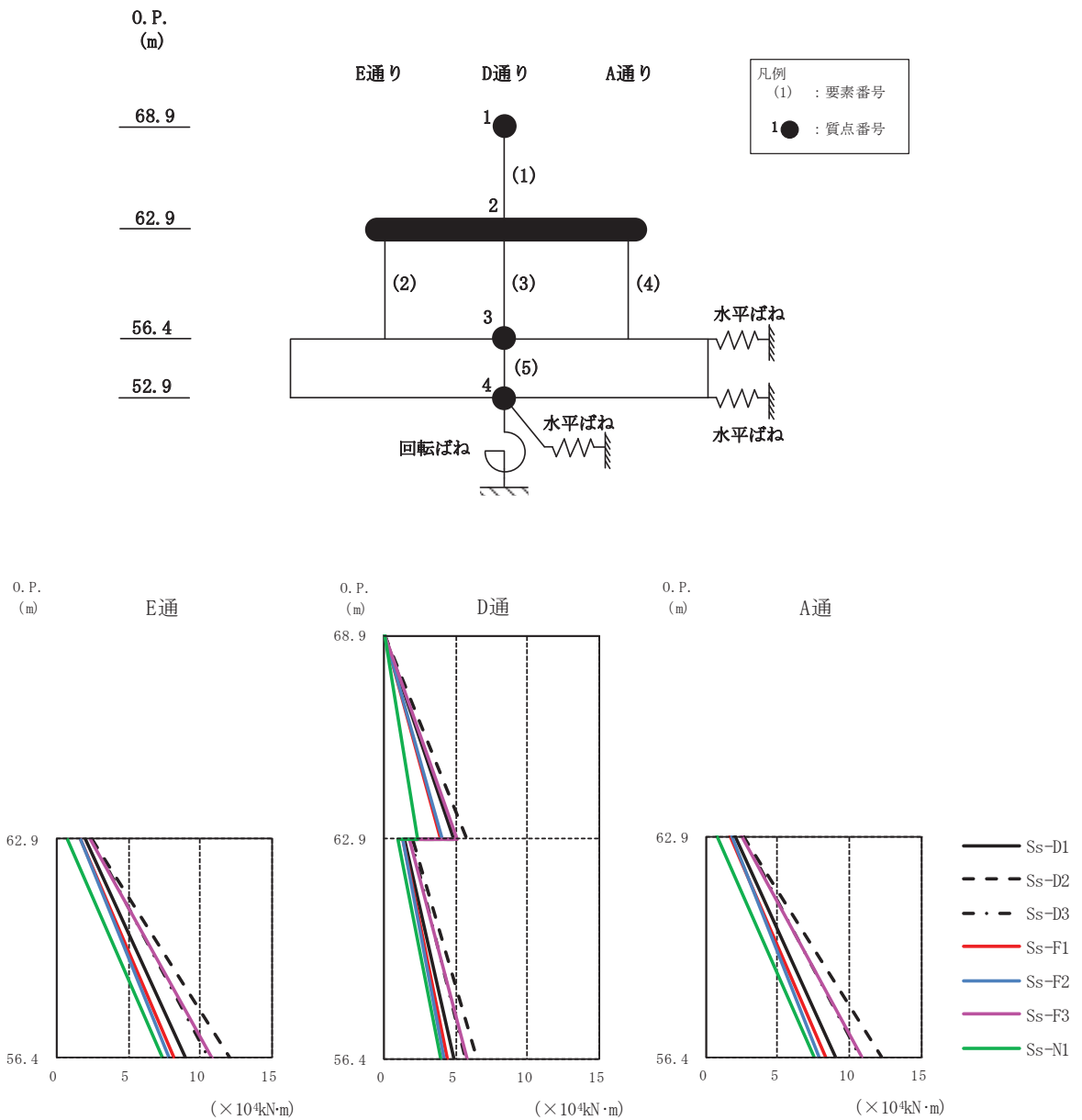


図 4-5 最大応答曲げモーメント（基準地震動 S_s ，NS 方向）

表 4-5 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動 S_s ，NS 方向）

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

表 4-6 最大応答せん断ひずみ一覧（基準地震動 S_s ，NS 方向）

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

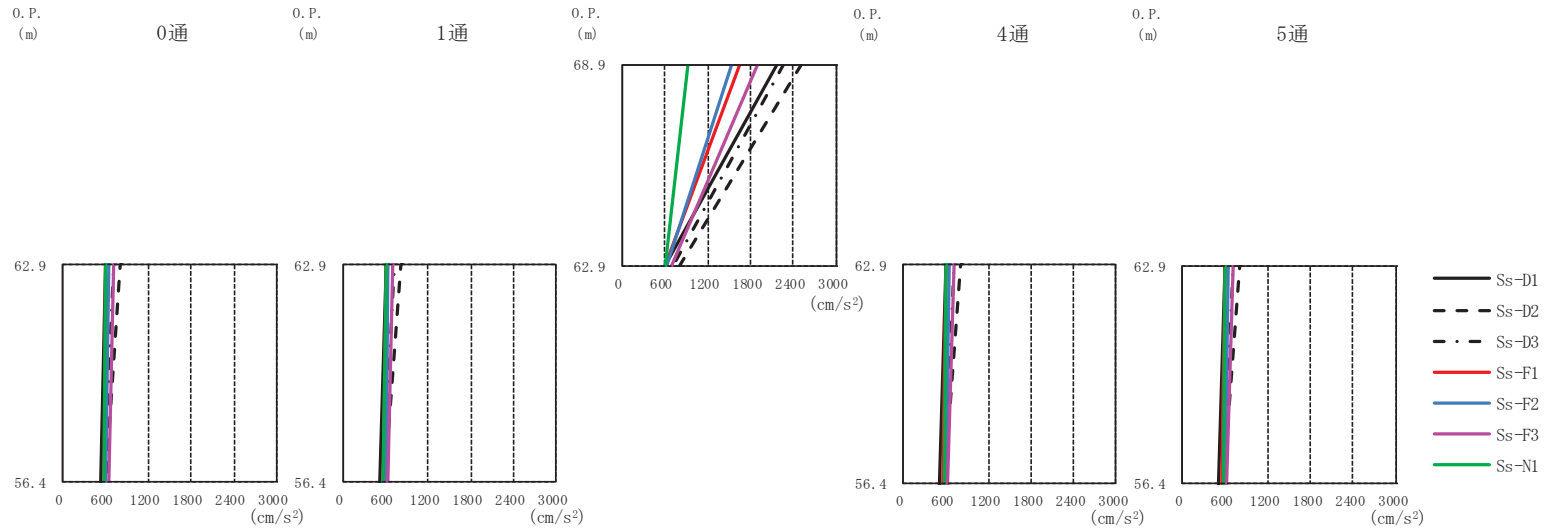
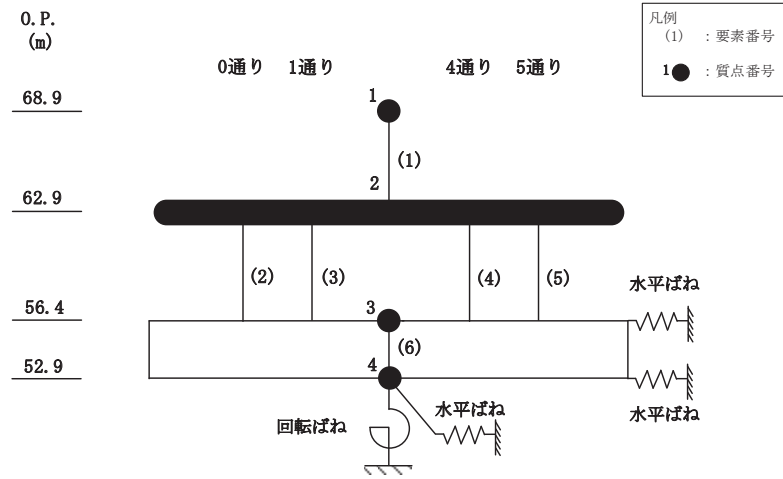


図 4-6 最大応答加速度 (基準地震動 S_s , EW 方向)

表 4-7 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

質点 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

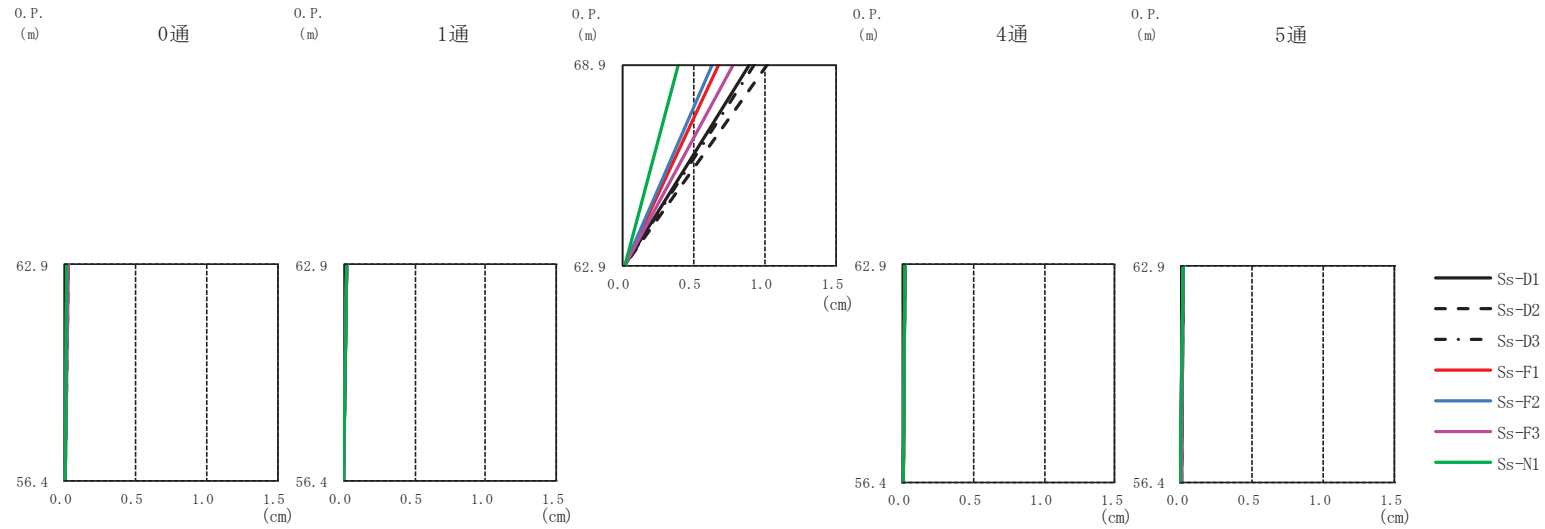
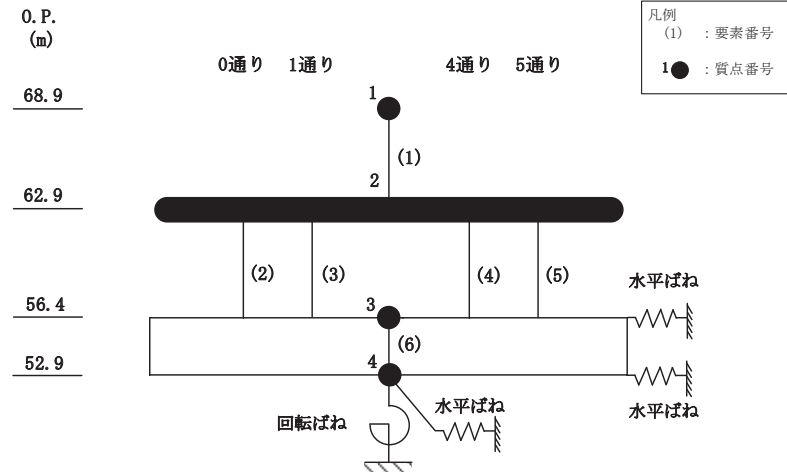
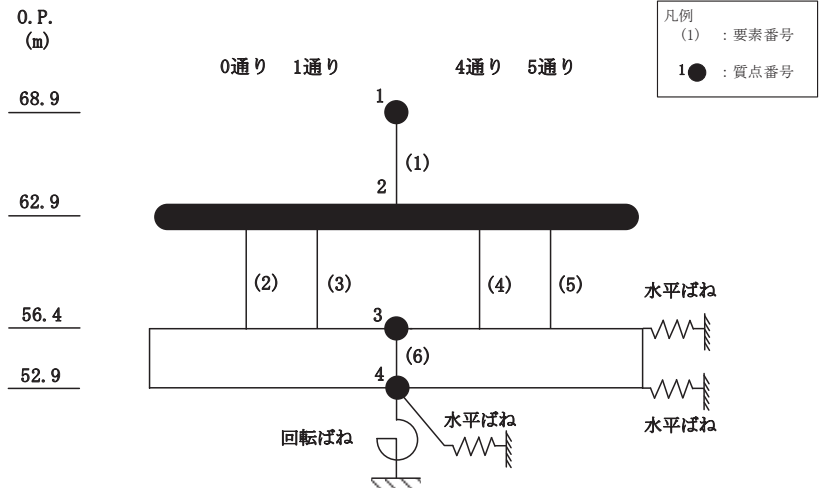


図 4-7 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向)

表 4-8 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

質点 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



O.P.
(m)
68.9
62.9
56.4
52.9

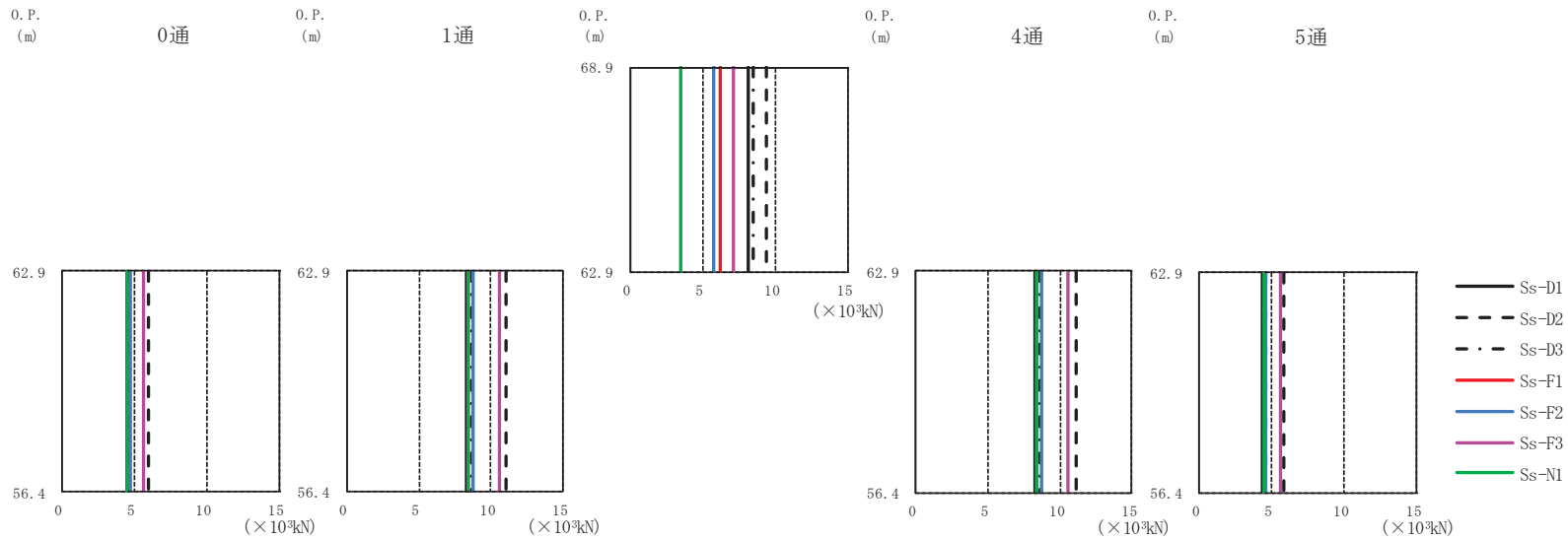


図 4-8 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s , EW 方向)

表 4-9 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

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

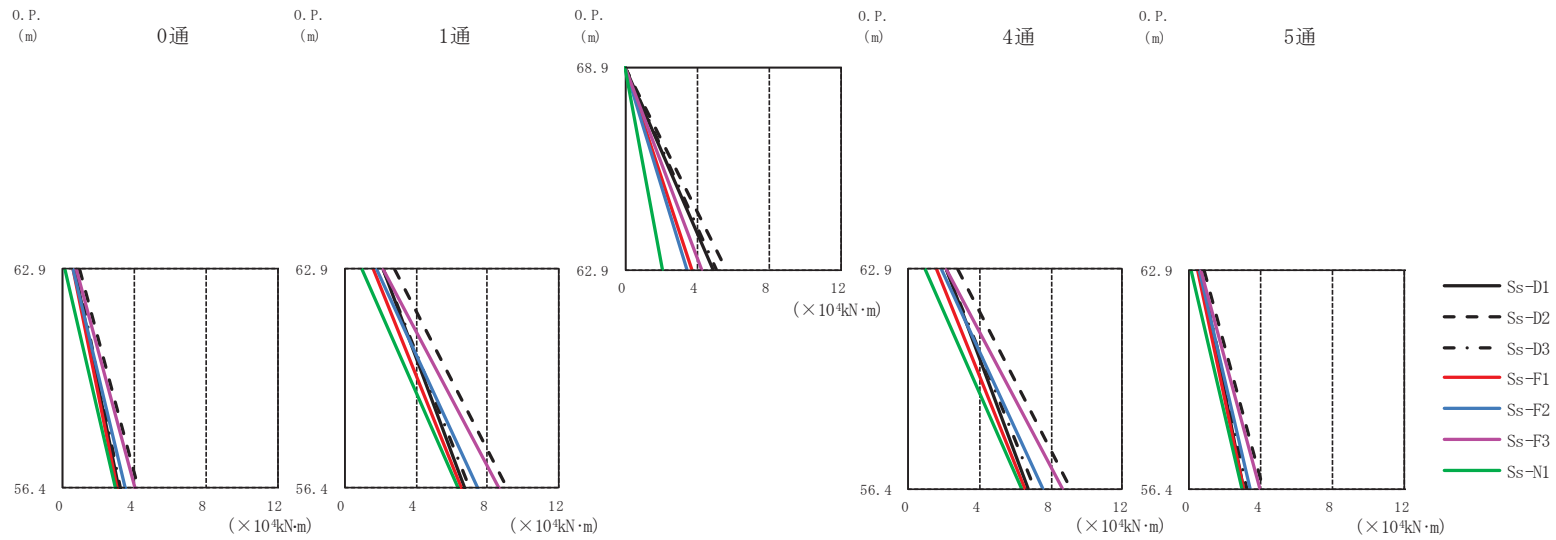
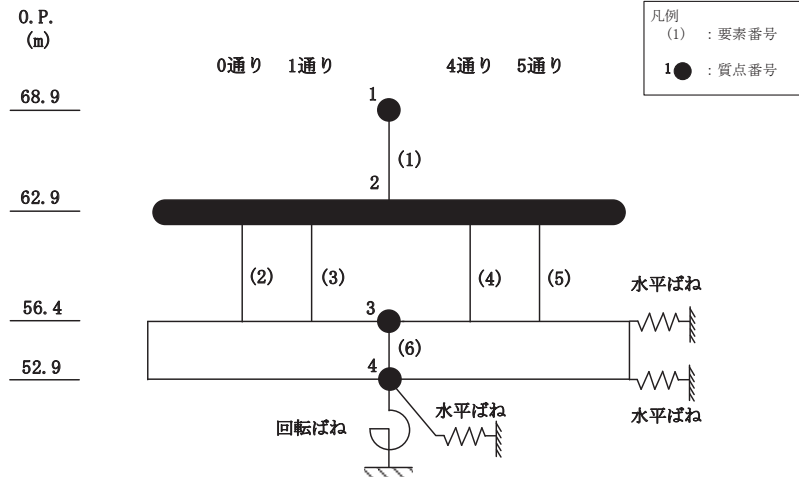


図 4-9 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s , EW 方向)

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

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

表 4-11 最大応答せん断ひずみ一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

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

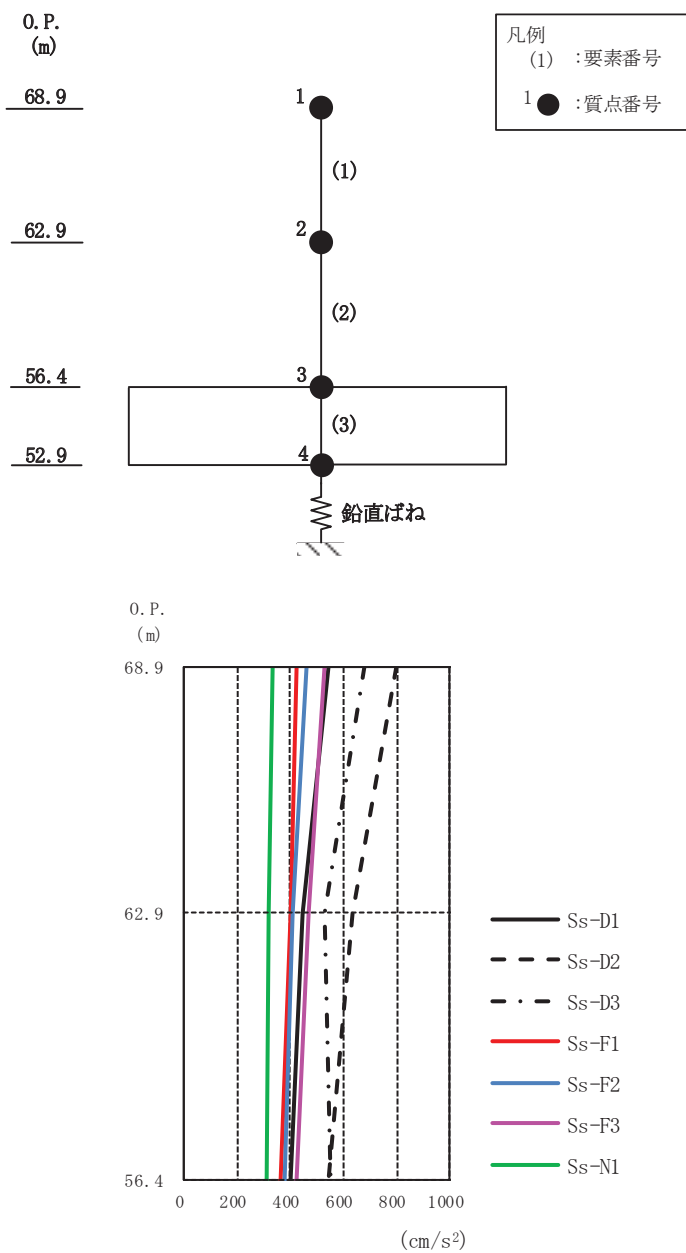


図 4-10 最大応答加速度（基準地震動 S_s ，UD 方向）

表 4-12 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

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

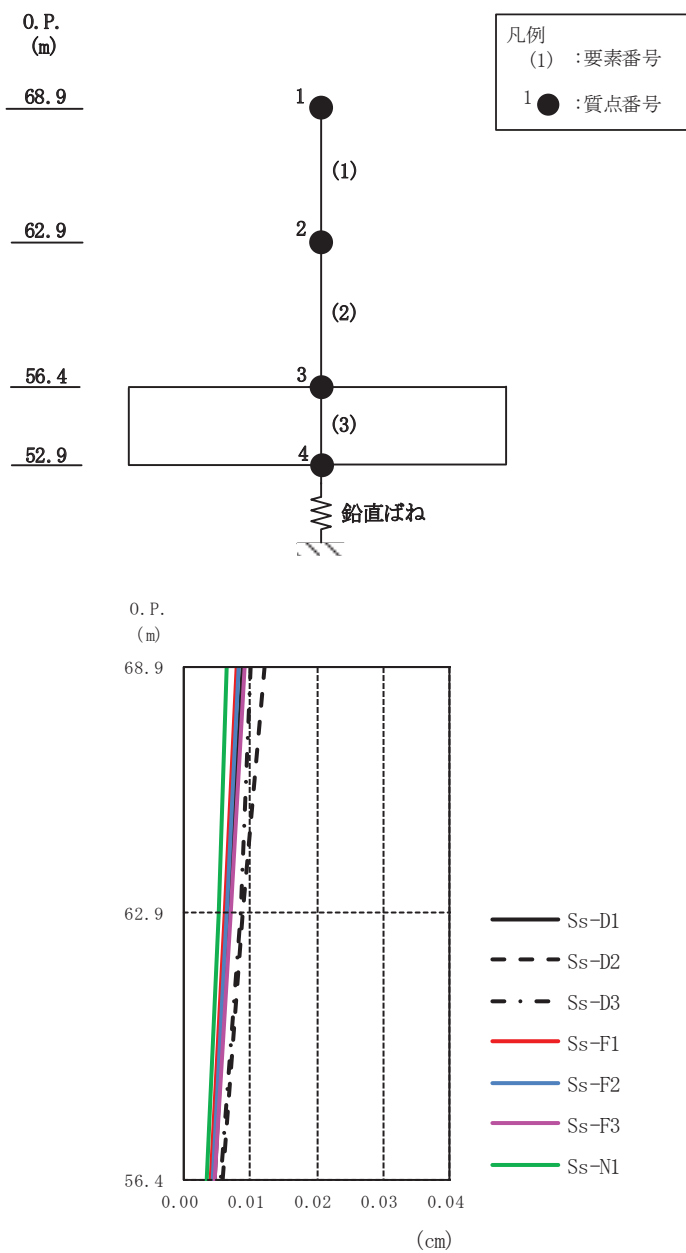


図 4-11 最大応答変位（基準地震動 S_s ，UD 方向）

表 4-13 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

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

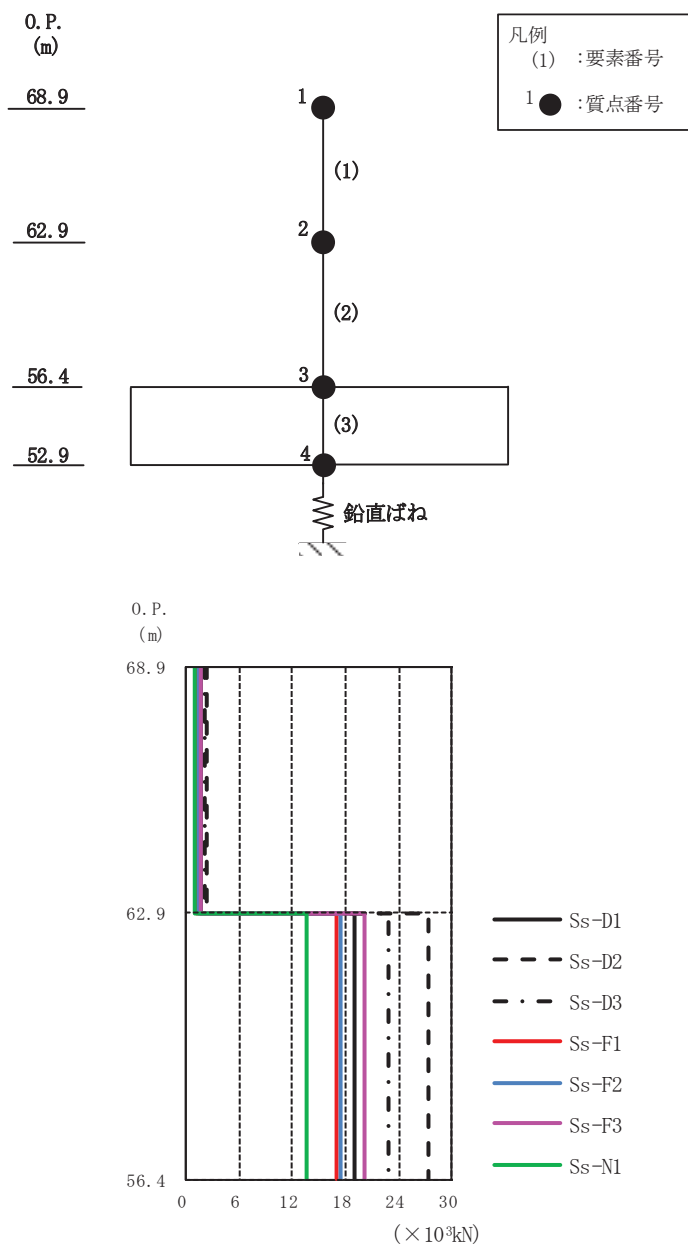
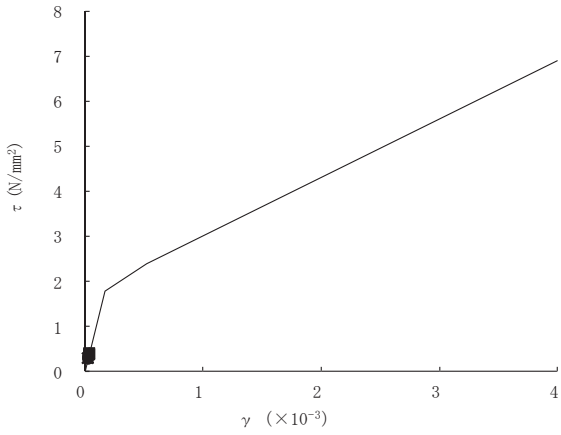


図 4-12 最大応答軸力（基準地震動 S_s ，UD 方向）

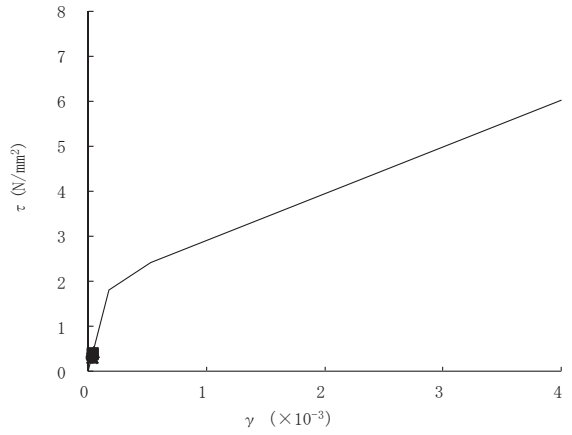
表 4-14 最大応答軸力一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

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

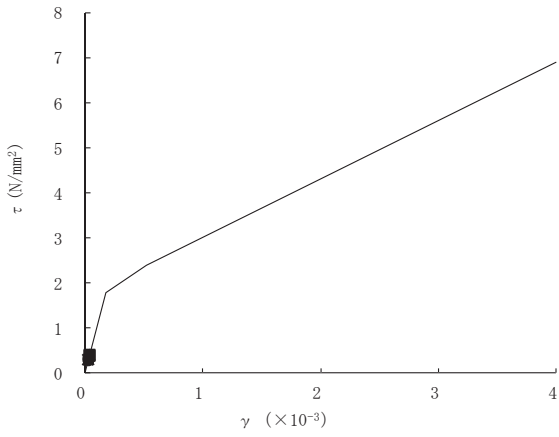
○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



要素番号(2)



要素番号(3)

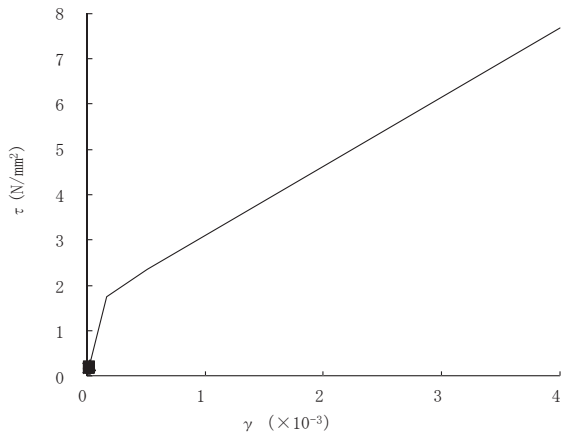


要素番号(4)

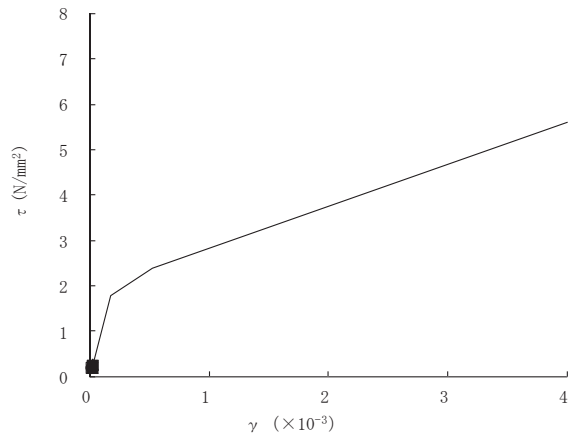
図 4-13(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, NS 方向)

○ 2 ③ VI-2-2-21 R 0

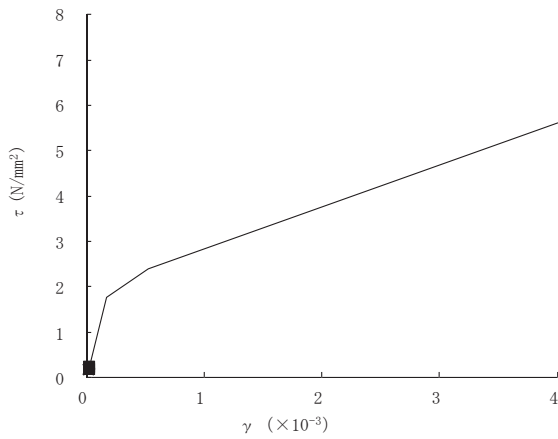
○ S_s-D1 △ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



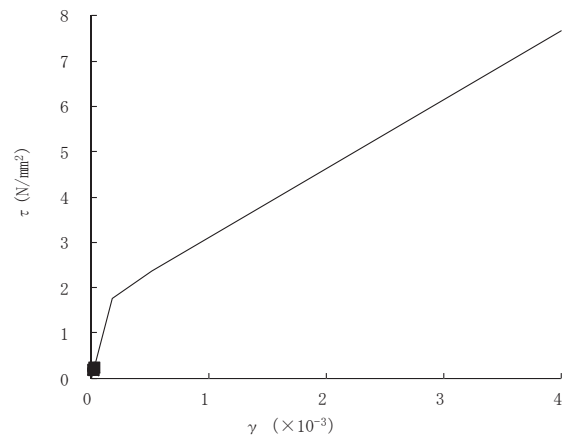
要素番号(2)



要素番号(3)



要素番号(4)



要素番号(5)

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

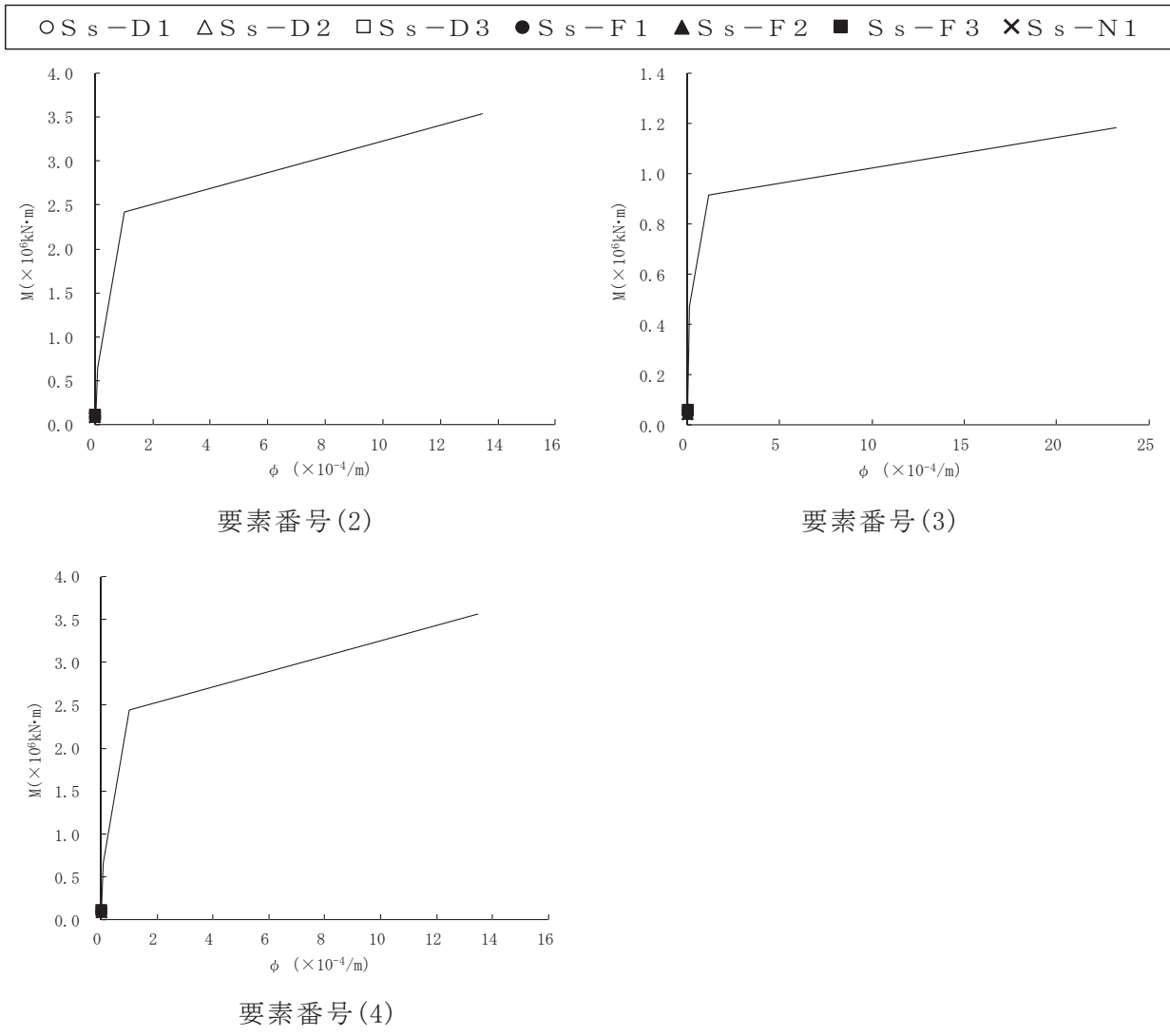


図 4-14(1) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, NS 方向)

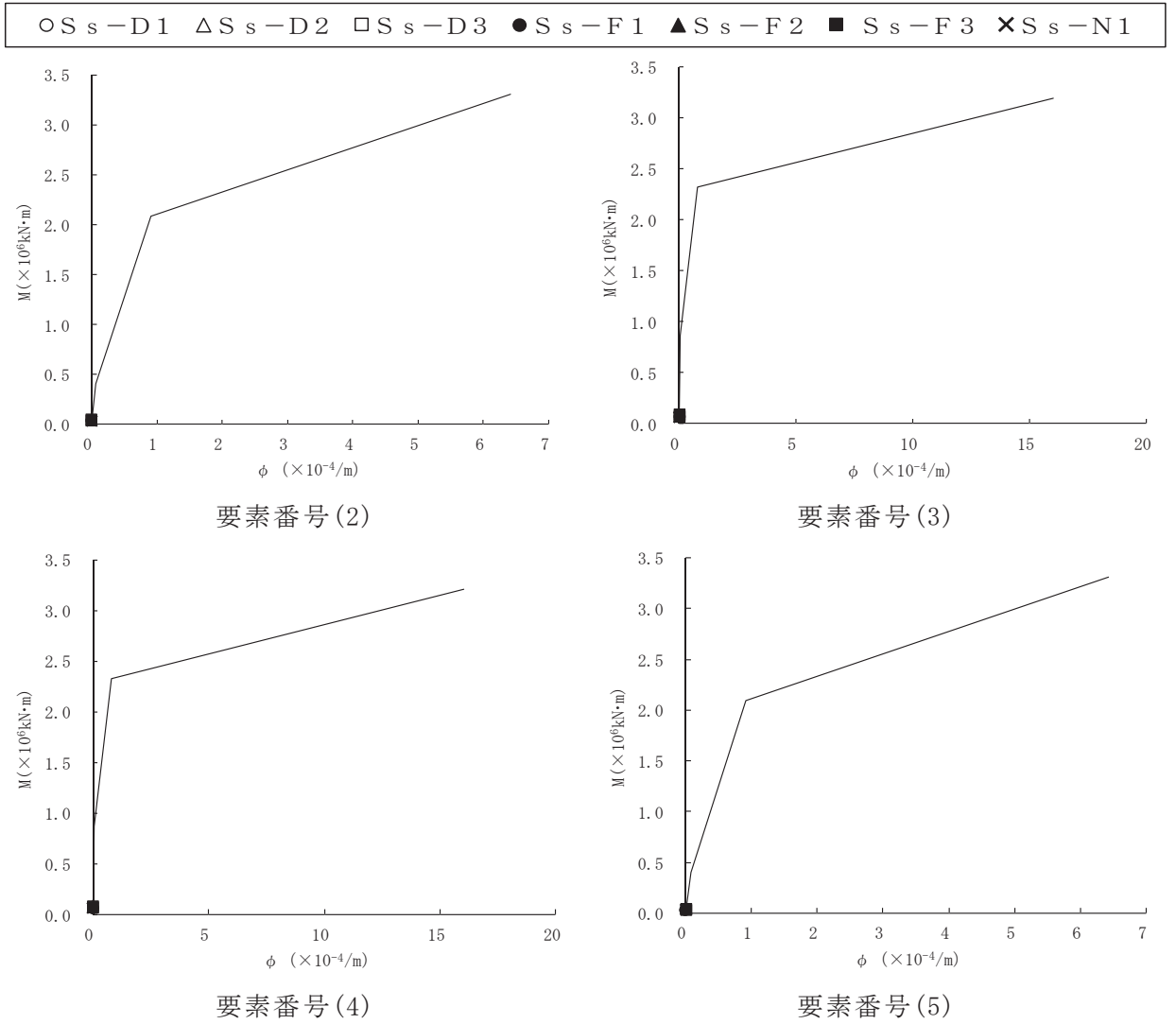


図 4-14(2) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, EW 方向)

表 4-15 基準地震動 S_s による地震応答解析結果に基づく接地率

(a) NS 方向

地震動	最大接地圧 (kN/m ²)	最大転倒モーメント (×10 ⁵ kN・m)	最小接地率 (%)
S _s -D 1	332	4.34	100.0
S _s -D 2	363	5.03	100.0
S _s -D 3	358	4.89	100.0
S _s -F 1	316	3.91	100.0
S _s -F 2	325	4.17	100.0
S _s -F 3	365	5.34	99.7
S _s -N 1	313	3.95	100.0

(b) EW 方向

地震動	最大接地圧 (kN/m ²)	最大転倒モーメント (×10 ⁵ kN・m)	最小接地率 (%)
S _s -D 1	296	3.81	100.0
S _s -D 2	341	5.09	100.0
S _s -D 3	309	3.95	100.0
S _s -F 1	297	3.93	100.0
S _s -F 2	301	4.05	100.0
S _s -F 3	331	5.04	100.0
S _s -N 1	292	3.94	100.0

4.2 必要保有水平耐力

「3.3 解析方法」による解析方法で算出した必要保有水平耐力 Q_{un} を表 4-16 に示す。

表 4-16 必要保有水平耐力

(a) NS 方向

階	O. P. (m)	構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{es}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)
1F	62.90 ~ 68.90	0.25	1.00	763
B1F	56.40 ~ 62.90	0.55	1.00	18423

(b) EW 方向

階	O. P. (m)	構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{es}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)
1F	62.90 ~ 68.90	0.25	1.00	687
B1F	56.40 ~ 62.90	0.55	1.00	18423

VI-2-2-22 緊急用電気品建屋の耐震性についての計算書

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	6
2.4	適用規格・基準等	8
3.	地震応答解析による評価方法	9
4.	応力解析による評価方法	11
4.1	評価対象部位及び評価方針	11
4.2	荷重及び荷重の組合せ	12
4.3	許容限界	16
4.4	解析モデル及び諸元	18
4.5	評価方法	20
5.	地震応答解析による評価結果	23
5.1	耐震壁のせん断ひずみの評価結果	23
5.2	接地圧の検討結果	25
5.3	保有水平耐力の評価結果	26
6.	応力解析による評価結果	27

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、緊急用電気品建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認について説明するものであり、その評価は、地震応答解析による評価及び応力解析による評価に基づき行う。

緊急用電気品建屋は、重大事故等対処施設において「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

以下、「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」としての分類に応じた耐震評価を示す。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急用電気品建屋の設置位置を図2-1に示す。

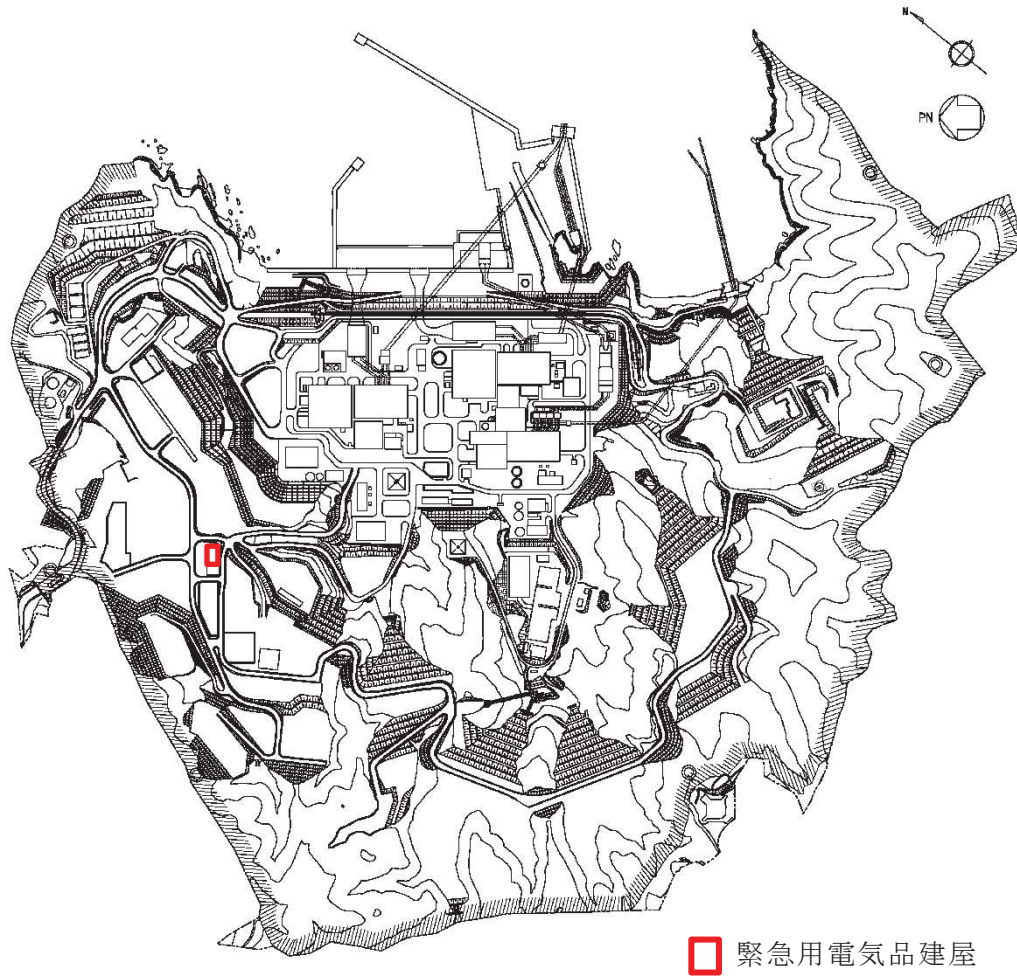


図 2-1 緊急用電気品建屋の設置位置

2.2 構造概要

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

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

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

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

緊急用電気品建屋の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

注記* : 建屋寸法は壁外面押えとする。

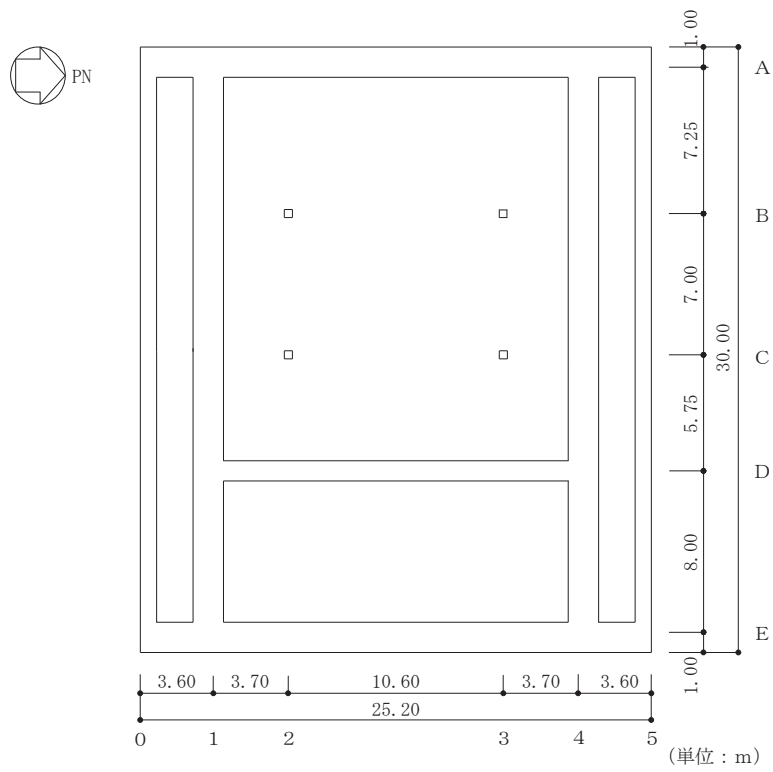


図 2-2(1) 緊急用電気品建屋の概略平面図 (O. P. *56.4m)

注記* : O. P. は女川原子力発電所工事用基準面であり，東京湾平均海面 (T. P.)-0.74m である。

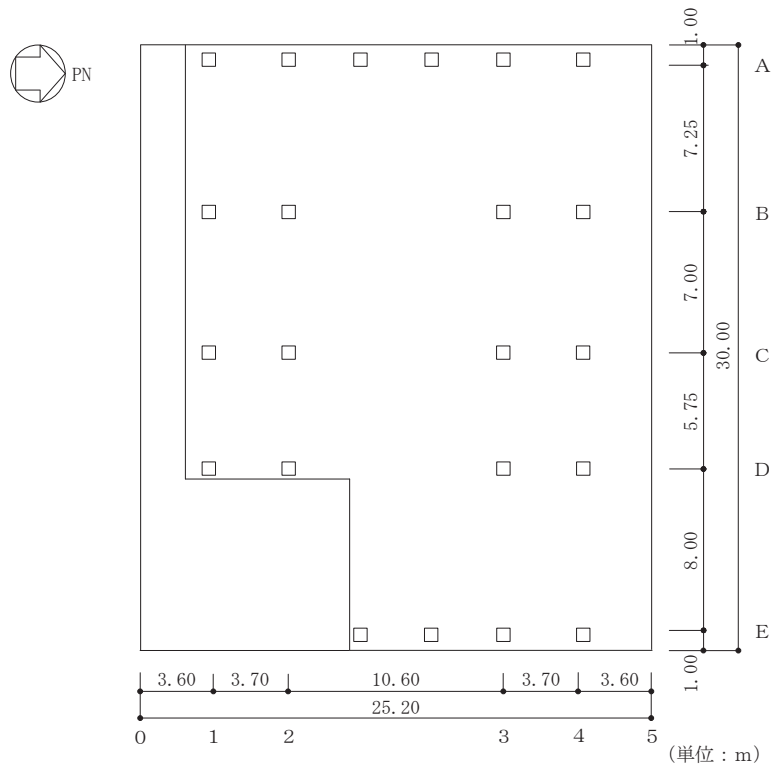


図 2-2(2) 緊急用電気品建屋の概略平面図 (O. P. 62.9 m)

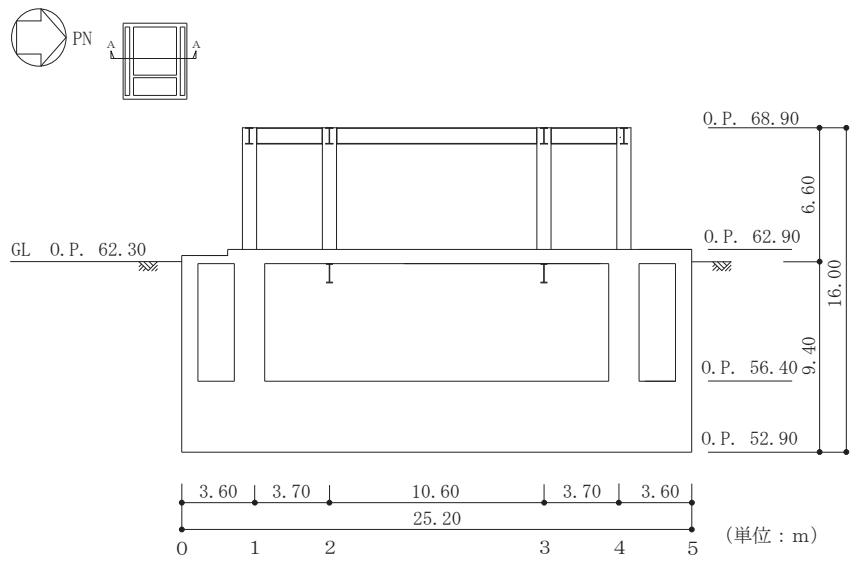


図 2-3(1) 緊急用電気品建屋の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

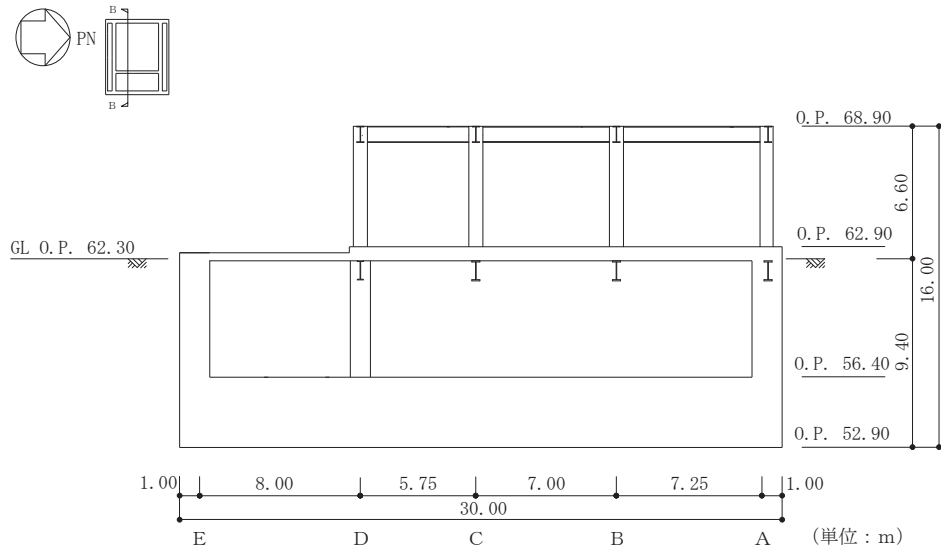


図 2-3(2) 緊急用電気品建屋の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

2.3 評価方針

緊急用電気品建屋は、重大事故等対処施設において「常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備の間接支持構造物」に分類される。

緊急用電気品建屋の評価においては、基準地震動 S_s による地震力に対する評価（以下「 S_s 地震時に対する評価」という。）及び保有水平耐力の評価を行うこととし、それぞれの評価は添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」の結果を踏まえたものとする。緊急用電気品建屋の評価は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、地震応答解析による評価においては耐震壁のせん断ひずみ、接地圧及び保有水平耐力の評価を、応力解析による評価においては基礎版の断面の評価を行うことで、緊急用電気品建屋の地震時の構造強度及び機能維持の確認を行う。評価にあたっては材料物性の不確かさを考慮する。表2-1に材料物性の不確かさを考慮する解析ケースを示す。

緊急用電気品建屋の評価フローを図2-4に示す。

表 2-1 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

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

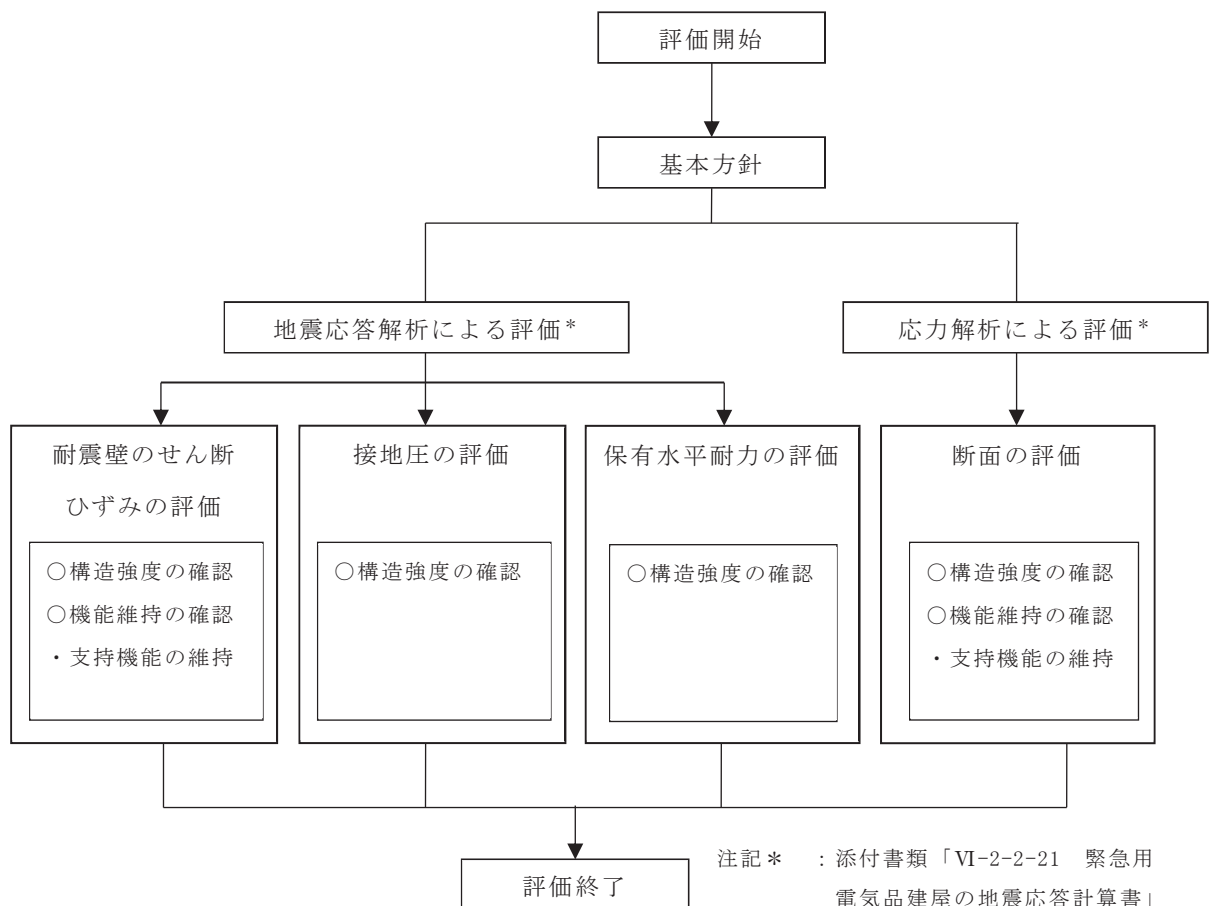


図 2-4 緊急用電気品建屋の評価フロー

2.4 適用規格・基準等

緊急用電気品建屋の評価において、適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 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年改定)
- ・ 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) (以下「RC-N規準」という。)
- ・ 鋼構造設計規準-許容応力度設計法- ((社) 日本建築学会, 2005年改定)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会) (以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。)

3. 地震応答解析による評価方法

緊急用電気品建屋の構造強度については、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみ及び最大接地圧が許容限界を超えないこと、並びに保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。

また、支持機能の維持については、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に基づき、材料物性の不確かさを考慮した耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を超えないことを確認する。

地震応答解析による評価における緊急用電気品建屋の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 3-1 のとおり設定する。

表 3-1 地震応答解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界(評価基準値)
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	耐震壁*1	最大応答せん断ひずみが構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³
			基礎地盤	最大接地圧が地盤の支持力度以下であることを確認	極限支持力度*2 11400 kN/m ²
		保有水平耐力	構造物全体	保有水平耐力が必要保有水平耐力に対して妥当な安全余裕を有することを確認	必要保有水平耐力
支持機能*3	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	耐震壁*1	最大応答せん断ひずみが支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	せん断ひずみ 2.0×10 ⁻³

注記*1 : 建屋としては、地震力を主に耐震壁で負担する構造となっており、柱、はり、間仕切壁等が耐震壁の変形に追従することと、また、全体に剛性の高い構造となっており複数の耐震壁間の相対変形が小さく床スラブの面内変形が抑えられるため、耐震壁の最大応答せん断ひずみが許容限界を満足していれば、建物・構築物に要求される機能は維持される。

*2 : 添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地盤の支持力試験結果に基づき設定する。

*3 : 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

4. 応力解析による評価方法

4.1 評価対象部位及び評価方針

緊急用電気品建屋の応力解析による評価対象部位は、基礎版とし、S s 地震時に対して以下の方針に基づき評価を行う。

S s 地震時に対する評価は、3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析によることとし、地震力と地震力以外の荷重の組合せ結果、発生する応力が「RC-N規準」に基づき設定した許容限界を超えないことを確認する。

3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析にあたっては、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」より得られた結果を用いて、荷重の組合せを行う。また、断面の評価については、材料物性の不確かさを考慮した断面力に対して行うこととする。応力解析による評価フローを図4-1に示す。

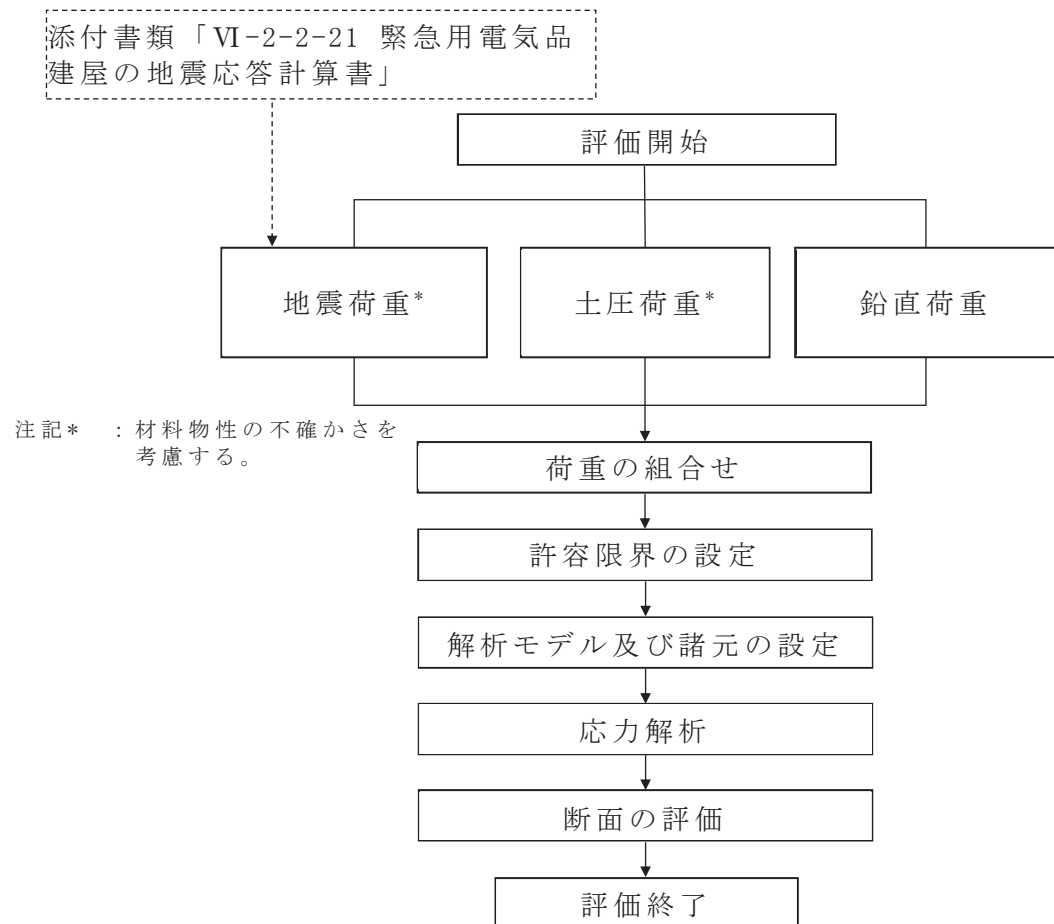


図 4-1 応力解析による評価フロー

4.2 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している荷重及び荷重の組合せを用いる。

4.2.1 荷重

(1) 固定荷重

固定荷重は建屋自重，機器荷重，配管荷重，積雪荷重，常時土圧荷重及び浮力とする。なお，積雪量は43cmとし，地震荷重と組合せるため，その0.35倍の積雪荷重を考慮する。常時土圧荷重は「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」によるものとし，図4-2に常時土圧を示す。また，浮力は，地下水位面を地表面(0.P.62.3m)とし，基礎版に上向きの等分布荷重として入力する。

(2) 積載荷重

積載荷重は，表4-1のとおり設定する。

表4-1 積載荷重

部位	積載荷重 (N/m ²)
RF	600
1 F	800
B1F	800

(3) 地震荷重

a. 水平地震荷重

水平地震荷重は，基準地震動 S_s による地震応答解析結果より設定する。なお，水平地震荷重は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。表4-2及び表4-3に応力解析で考慮した基準地震動 S_s 時の水平地震荷重を示す。

表 4-2 水平地震荷重 (せん断力)

(a) NS 方向

部位	せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)
耐震壁(A 通り)	18.2
耐震壁(D 通り)	8.22
耐震壁(E 通り)	18.2

(b) EW 方向

部位	せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)
耐震壁(0 通り)	6.59
耐震壁(1 通り)	12.4
耐震壁(4 通り)	12.4
耐震壁(5 通り)	6.59

表 4-3 水平地震荷重 (曲げモーメント)

(a) NS 方向

部位	曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)
耐震壁(A 通り)	14.40
耐震壁(D 通り)	7.70
耐震壁(E 通り)	14.26

(b) EW 方向

部位	曲げモーメント ($\times 10^4 \text{kN}\cdot\text{m}$)
耐震壁(0 通り)	4.69
耐震壁(1 通り)	10.18
耐震壁(4 通り)	10.18
耐震壁(5 通り)	4.69

b. 鉛直地震荷重

鉛直地震荷重は、基準地震動 S_s による地震応答解析結果より鉛直震度として設定する。なお、鉛直震度は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を包絡したものとする。表 4-4 に応力解析で考慮した基準地震動 S_s 時の鉛直地震荷重を示す。

表 4-4 鉛直地震荷重 (鉛直震度)

部位	鉛直震度
耐震壁	0.653
基礎版	0.516

c. 地震時土圧荷重

地震時土圧荷重は、常時土圧に地震時増分土圧を加えて算出する。地震時増分土圧は材料物性の不確かさを考慮した地震応答解析結果を基にして「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」の地震時増分土圧式から加力側増分土圧及び支持側増分土圧を包絡したものとする。図 4-2 に地震時土圧を示す。

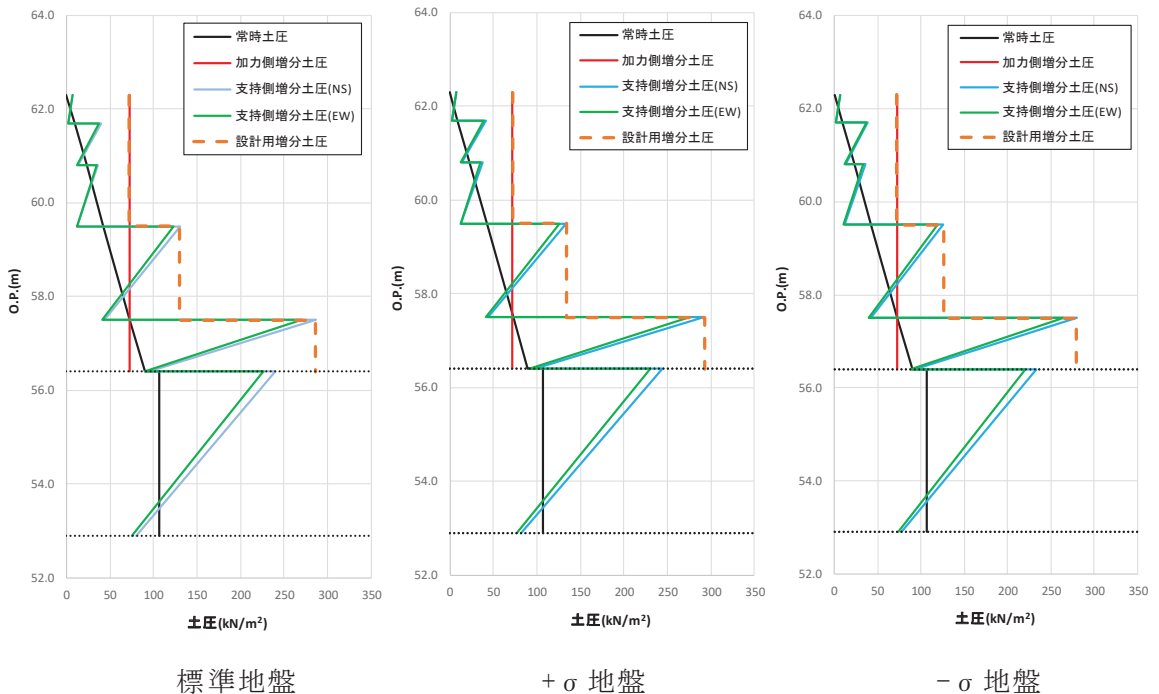


図 4-2 常時土圧及び地震時土圧

4.2.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 4-5 に示す。

表 4-5 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
S s 地震時	G + P + S s

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S s : 地震荷重 (地震時土圧荷重を含む)

4.3 許容限界

応力解析による評価における緊急用電気品建屋の基礎版の許容限界は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、表 4-6 のとおり設定する。

また、コンクリート、鉄筋の許容応力度を表 4-7 及び表 4-8 に示す。

表 4-6 応力解析による評価における許容限界
(重大事故等対処施設としての評価)

要求機能	機能設計上の性能目標	地震力	部位	機能維持のための考え方	許容限界
—	構造強度を有すること	基準地震動 S _s	基礎版	部材に生じる応力が構造強度を確保するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 ^{*1}
支持機能 ^{*2}	機器・配管系等の設備を支持する機能を損なわないこと	基準地震動 S _s	基礎版	部材に生じる応力が支持機能を維持するための許容限界を超えないことを確認	「RC-N規準」に基づく短期許容応力度 ^{*1}

注記*1 : 許容限界は終局耐力に対し妥当な安全余裕を有したものとして設定することとし、さらなる安全余裕を考慮して短期許容応力度とする。

*2 : 「支持機能」の確認には、「内包する設備に対する波及的影響の確認」が含まれる。

表 4-7 コンクリートの許容応力度

設計基準強度 F_c (N/mm^2)	短期	
	圧縮 (N/mm^2)	せん断 (N/mm^2)
30	20	1.18

表 4-8 鉄筋の許容応力度

種別	短期	
	引張及び圧縮 (N/mm^2)	せん断補強 (N/mm^2)
SD345	345	345
SD490	490	490

4.4 解析モデル及び諸元

4.4.1 モデル化の基本方針

(1) 基本方針

応力解析は、3次元 FEM モデルを用いた弾性応力解析とする。解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を用いる。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

基礎版については、O.P. 52.9m～O.P. 56.4m をモデル化する。基礎版のモデル図を図 4-3 に示す。

(2) 使用要素

解析モデルに使用する FEM 要素は、基礎版についてはシェル要素とする。また、基礎版より立ち上がっている耐震壁については、はり要素として剛性を考慮する。解析モデルの節点数は 285、要素数は 362 である。

(3) 境界条件

3次元 FEM モデルの基礎版底面に、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に示す地盤ばねを離散化して、水平方向及び鉛直方向のばねを設ける。3次元 FEM モデルの水平方向のばねについては、地震応答解析モデルのスウェイばねを、鉛直方向のばねについては、地震応答解析モデルのロッキングばねを基に設定を行う。

なお、基礎版底面の地盤ばねについては、引張力が発生した時に浮上りを考慮する。また、基礎版周囲の側面に地盤ばねを設ける。

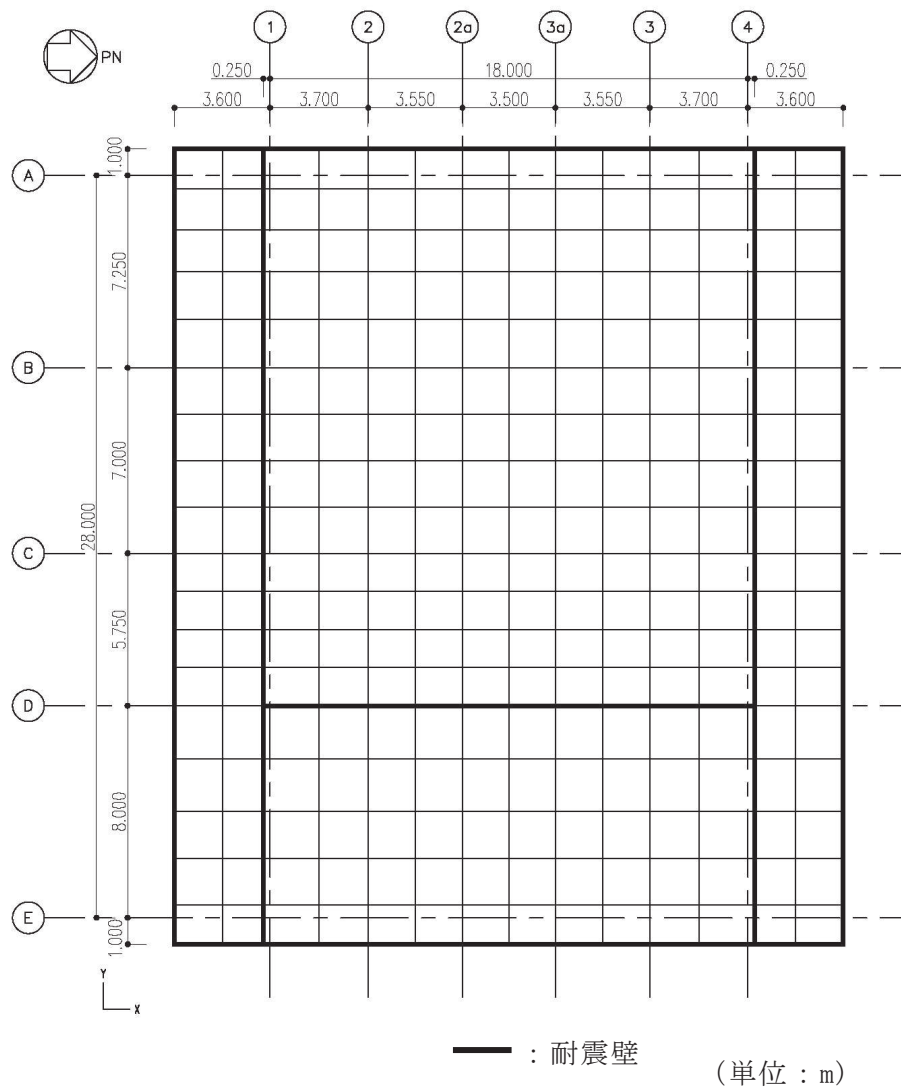


図 4-3 基礎版の解析モデル図

4.4.2 解析諸元

使用材料の物性値を表 4-9 に示す。

表 4-9 コンクリートの物性値

部 位	設計基準強度 F_c (N/mm^2)	ヤング係数 E (N/mm^2)	ポアソン比 ν
基礎版	30.0	2.44×10^4	0.2

4.5 評価方法

4.5.1 応力解析方法

緊急用電気品建屋基礎版について、 S_s 地震時に対して3次元FEMモデルを用いた弾性応力解析を実施する。

(1) 荷重ケース

S_s 地震時の応力は、次の荷重ケースによる応力を組み合わせて求める。

G	: 固定荷重
P	: 積載荷重
S_{SSN}	: S→N 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S_{SNS}	: N→S 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S_{SEW}	: E→W 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S_{SWE}	: W→E 方向 S_s 地震荷重 (地震時土圧を含む)
S_{SUD}	: 鉛直方向 (下向き) S_s 地震荷重
S_{SDU}	: 鉛直方向 (上向き) S_s 地震荷重

(2) 荷重の組合せケース

荷重の組合せケースを表4-10に示す。

水平地震力と鉛直地震力の組合せは、「原子力発電所耐震設計技術規程 J E A C 4 6 0 1 -2008 ((社)日本電気協会, 2008年)」を参考に、組合せ係数法 (組合せ係数は1.0と0.4) を用いるものとする。

表 4-10 荷重の組合せケース

外力の状態	ケース No.	荷重の組合せ
S _s 地震時	1	$G + P + 1.0 S_{s\ NS} + 0.4 S_{s\ UD}$
	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	$G + P + 0.4 S_{s\ EW} + 1.0 S_{s\ DU}$

(3) 荷重の入力方法

a. 地震荷重

地震荷重は、上部構造物の基礎版への地震時反力を考慮する。基礎版底面に生じる反力が、基準地震動 S_s に対する地震応答解析結果と等価になるように設定する。基礎版内に作用する荷重は、 S_s 地震時の上部構造による入力荷重と基礎版底面に発生する荷重の差を FEM モデルの各要素の大きさに応じて分配し、節点荷重として入力する。

b. 地震荷重以外の荷重

地震荷重以外の荷重については、FEM モデルの各節点又は各要素に集中荷重または分布荷重として入力する。

4.5.2 断面の評価方法

(1) 軸力及び曲げモーメントに対する断面の評価方法

各断面は、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力を受ける鉄筋コンクリート造長方形仮想柱として算定する。

S_s 地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認する。

(2) 面外せん断力に対する断面の評価方法

断面の評価は、「RC-N規準」に基づき、評価対象部位に生じる面外せん断力が、次式を基に算定した許容面外せん断力を超えないことを確認する。

$$Q_A = b \cdot j \{ \alpha \cdot f_s + 0.5_w f_t (p_w - 0.002) \}$$

ここで、

Q_A : 許容面外せん断力 (N)

b : 断面の幅 (mm)

j : 断面の応力中心間距離で、断面の有効せいの 7/8 倍の値 (mm)

α : せん断スパン比 $M / (Q \cdot d)$ による割増し係数

(2 を超える場合は 2, 1 未満の場合は 1 とする。)

$$\alpha = \frac{4}{M / (Q \cdot d) + 1}$$

M : 曲げモーメント (N・mm)

Q : せん断力 (N)

d : 断面の有効せい (mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度で、表 4-6 に示す値 (N/mm²)

f_t : せん断補強筋の短期許容引張応力度で、表 4-7 に示す値 (N/mm²)

p_w : せん断補強筋比で、次式による。(0.002 以上とする。*)

$$p_w = \frac{a_w}{b \cdot x}$$

a_w : せん断補強筋の断面積 (mm²)

x : せん断補強筋の間隔 (mm)

注記* : せん断補強筋がない領域については、第 2 項を 0 とする。

5. 地震応答解析による評価結果

5.1 耐震壁のせん断ひずみの評価結果

鉄筋コンクリート造耐震壁について、 S_s 地震時の最大応答せん断ひずみが許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した最大応答せん断ひずみは 0.059×10^{-3} (NS方向, $S_s - D2$, ケース5, 要素番号(3)) であり, 許容限界 (2.0×10^{-3}) を超えないことを確認した。耐震壁の最大応答せん断ひずみ一覧を表5-1に示す。各表において, 最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値について, せん断スケルトンカーブ上にプロットした図を図5-1に示す。

表5-1 耐震壁の最大応答せん断ひずみ

(a) NS方向

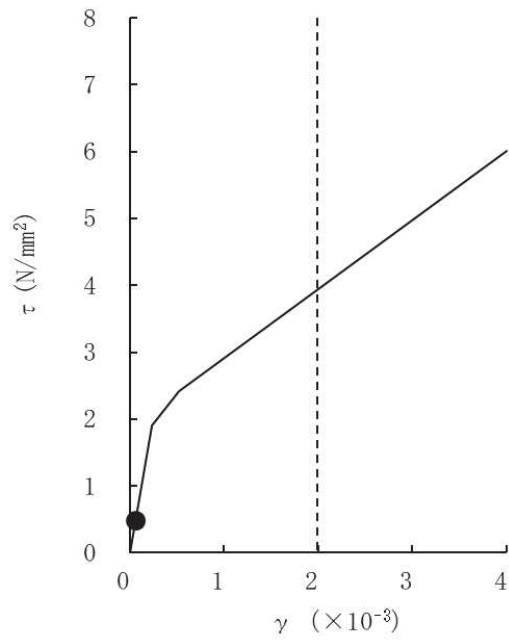
0. P. (m)	階	地震応答解析 モデルの 要素番号	最大応答 せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	許容限界 ($\times 10^{-3}$)
52.9~56.4	B1F	(2)	0.059	2.0
		(3)	0.059	
		(4)	0.059	

注：ハッチングは各階の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を示す。

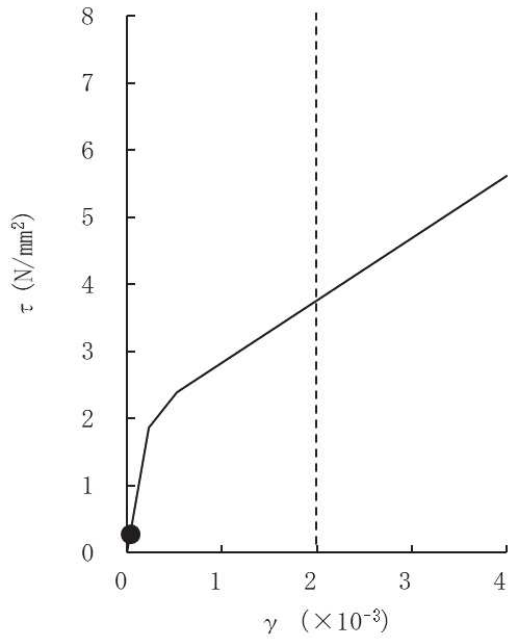
(b) EW方向

0. P. (m)	階	地震応答解析 モデルの 要素番号	最大応答 せん断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	許容限界 ($\times 10^{-3}$)
52.9~56.4	B1F	(2)	0.034	2.0
		(3)	0.034	
		(4)	0.034	
		(5)	0.034	

注：ハッチングは各階の最大応答せん断ひずみのうち最も大きい値を示す。



(a) NS方向 (S_s-D 2, ケース5, 要素番号(3))



(b) EW方向 (S_s-D 2, ケース5, 要素番号(3), (4))

図5-1 せん断スケルトンカーブ上の最大応答せん断ひずみ

5.2 接地圧の検討結果

S s 地震時の最大接地圧が、地盤の極限支持力度（11400kN/m²）を超えないことを確認する。

材料物性の不確かさを考慮した S s 地震時の最大接地圧は390kN/m²であることから、地盤の極限支持力度を超えないことを確認した。

地震時の最大接地圧を表5-2に示す。

表 5-2 最大接地圧

	NS 方向	EW 方向
検討ケース	S s - D 2 , ケース 5	S s - D 2 , ケース 5
鉛直力 N (×10 ³ kN)	70.9	70.9
転倒モーメント M (×10 ⁴ kN・m)	58.9	54.1
最大接地圧 (kN/m ²)	390	348

5.3 保有水平耐力の評価結果

保有水平耐力 Q_u が必要保有水平耐力 Q_{un} に対して妥当な安全余裕を有することを確認する。なお、各部材の保有水平耐力 Q_u は、添付書類「VI-2-2-21 緊急用電気品建屋の地震応答計算書」に示すせん断力のスケルトン曲線の Q_3 に基づき算出する。

必要保有水平耐力 Q_{un} と保有水平耐力 Q_u の比較結果を表5-3に示す。保有水平耐力 Q_u が必要保有水平耐力 Q_{un} に対して妥当な安全余裕を有することを確認した。なお、必要保有水平耐力 Q_{un} に対する保有水平耐力 Q_u の比は最小で33.90である。

表 5-3 必要保有水平耐力 Q_{un} と保有水平耐力 Q_u の比較結果

(a) NS 方向

OP. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	Q_u / Q_{un}
62.90 ~ 68.90	763	49646	65.07
56.40 ~ 62.90	18423	624566	33.90

(b) EW 方向

OP. (m)	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)	保有水平耐力 Q_u (kN)	Q_u / Q_{un}
62.90 ~ 68.90	687	48402	70.45
56.40 ~ 62.90	18423	873510	47.41

6. 応力解析による評価結果

基礎版の断面の評価結果を以下に示す。また、緊急用電気品建屋の基礎版の配筋領域図を図6-1に、配筋一覧を表6-1に示す。

断面の評価結果を記載する要素を、以下のとおり選定する。

軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する評価については、必要鉄筋量に対する配筋量の割合が最小となる要素を選定し、面外せん断力に対する評価については、面外せん断力に対する短期許容せん断力の割合が最小となる要素をそれぞれ選定する。

選定した要素の位置を図6-2に、評価結果を表6-2に示す。

S s 地震時において、軸力、曲げモーメント及び面内せん断力に対する必要鉄筋量が配筋量を超えないことを確認した。また、面外せん断力が短期許容せん断力を超えないことを確認した。

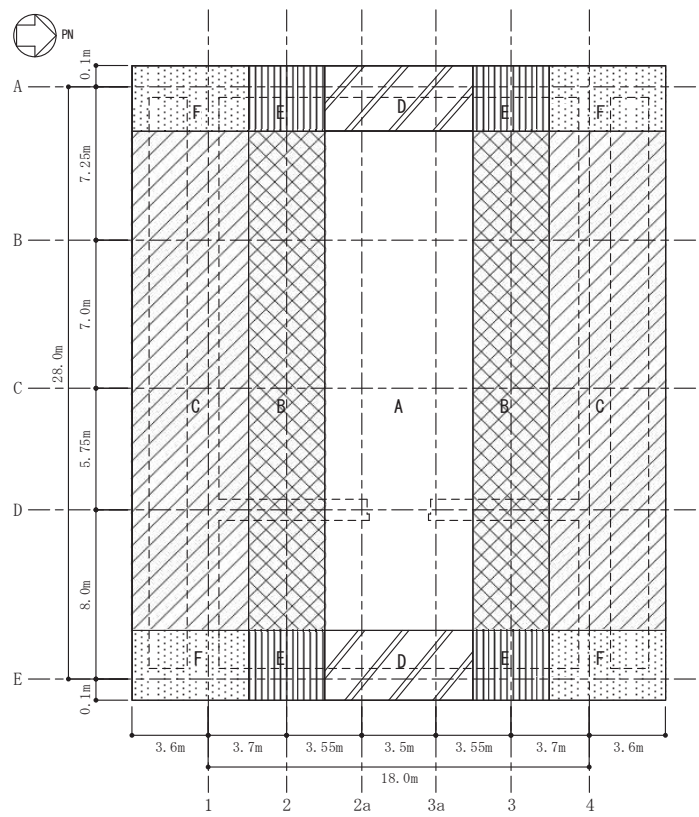
表 6-1 基礎版の配筋一覧

(a) 主筋

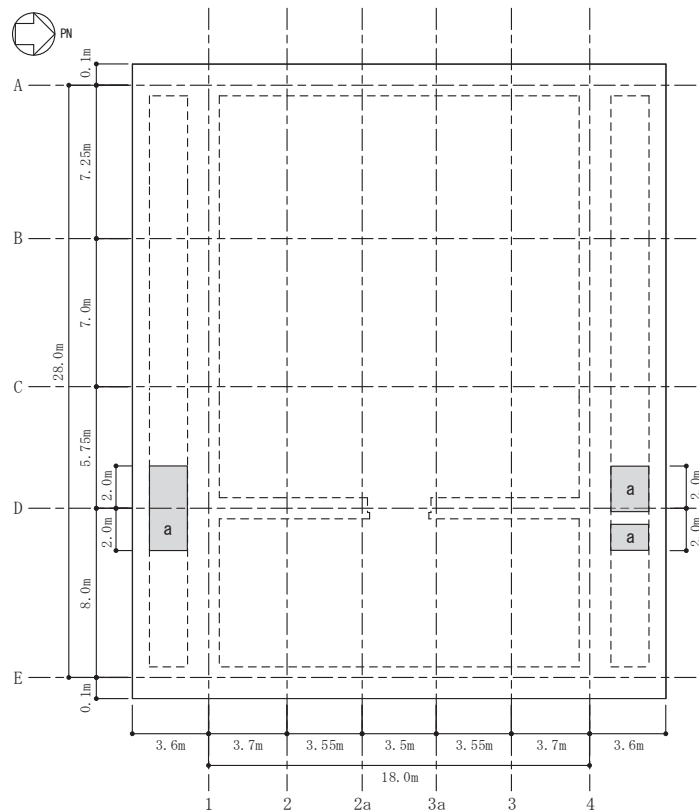
領域	上ば筋		下ば筋	
	方向	配筋	方向	配筋
A	NS	2-D38@200	NS	2-D38@200
	EW	2-D38@200	EW	2-D38@200
B	NS	3-D38@200	NS	3-D38@200
	EW	2-D38@200	EW	2-D38@200
C	NS	2-D51@200 + D38@200	NS	2-D51@200 + D38@200
	EW	2-D38@200	EW	2-D38@200
D	NS	2-D38@200	NS	2-D38@200
	EW	3-D38@200	EW	3-D38@200
E	NS	3-D38@200	NS	3-D38@200
	EW	3-D38@200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

(b) せん断補強筋

領域	配筋
a	D22@600×200



(a) 主筋



(b) せん断補強筋

図 6-1 基礎版の配筋領域図

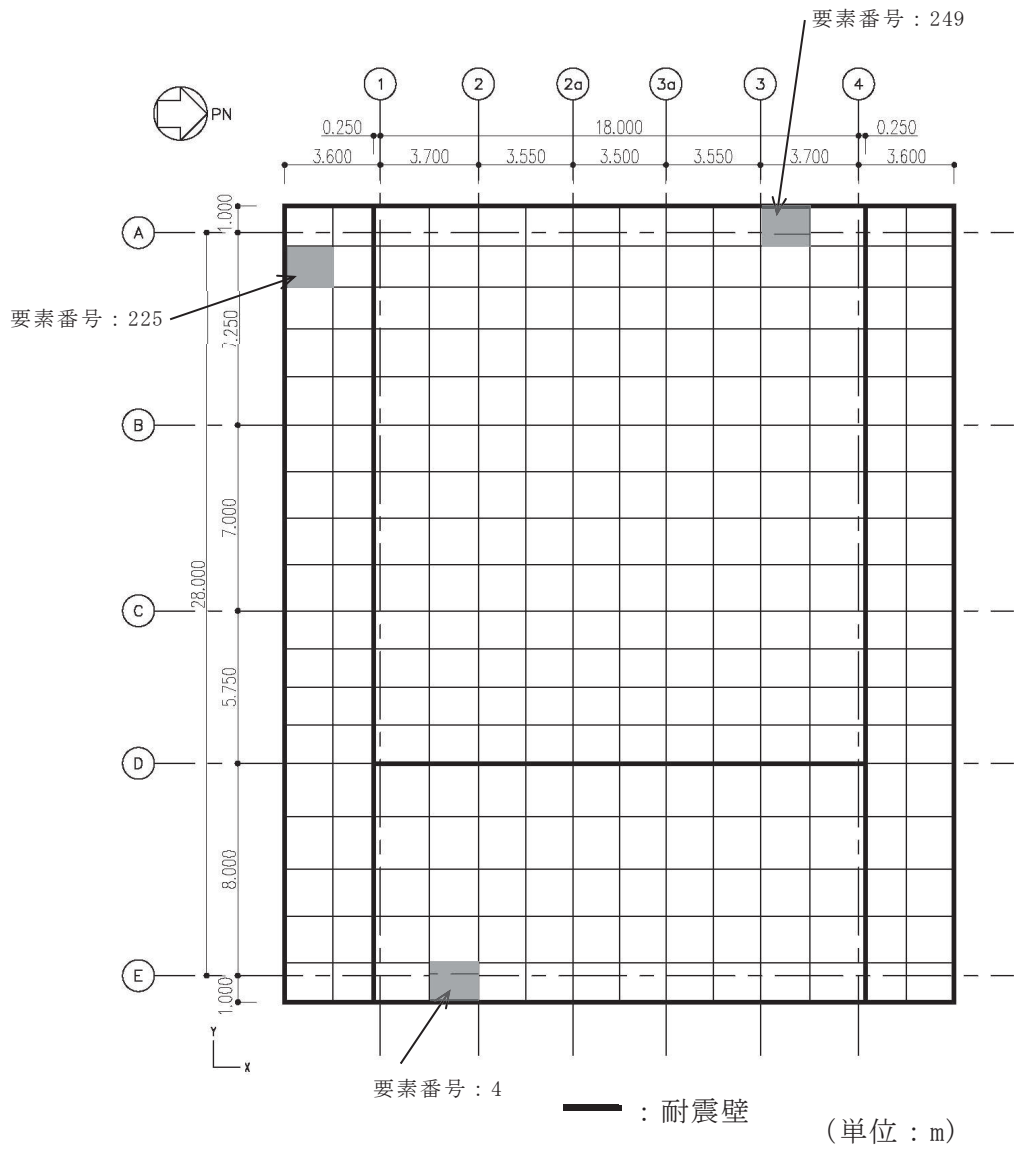


図 6-2 最大検定比発生位置

表 6-2 評価結果

評価項目			要素 番号	荷重の 組合せ ケース	解析 結果	許容値
軸力 + 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	1.00
	EW 方向	必要鉄筋量/配筋量	4	8	0.09	1.00
面外 せん断力	NS 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	225	2	0.25	2.25
	EW 方向	面外せん断応力度 (N/mm ²)	249	6	0.27	2.36

VI-2-2-23 緊急時対策建屋の地震応答計算書

目 次

1. 概要.....	1
2. 基本方針.....	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	7
2.4 適用規格・基準等	9
3. 解析方法.....	10
3.1 設計に用いる地震波	10
3.2 地震応答解析モデル	18
3.3 解析方法	30
3.4 解析条件	33
4. 解析結果.....	43
4.1 動的解析	43
4.2 必要保有水平耐力	76

1. 概要

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

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

2. 基本方針

2.1 位置

緊急時対策建屋の設置位置を図 2-1 に示す。

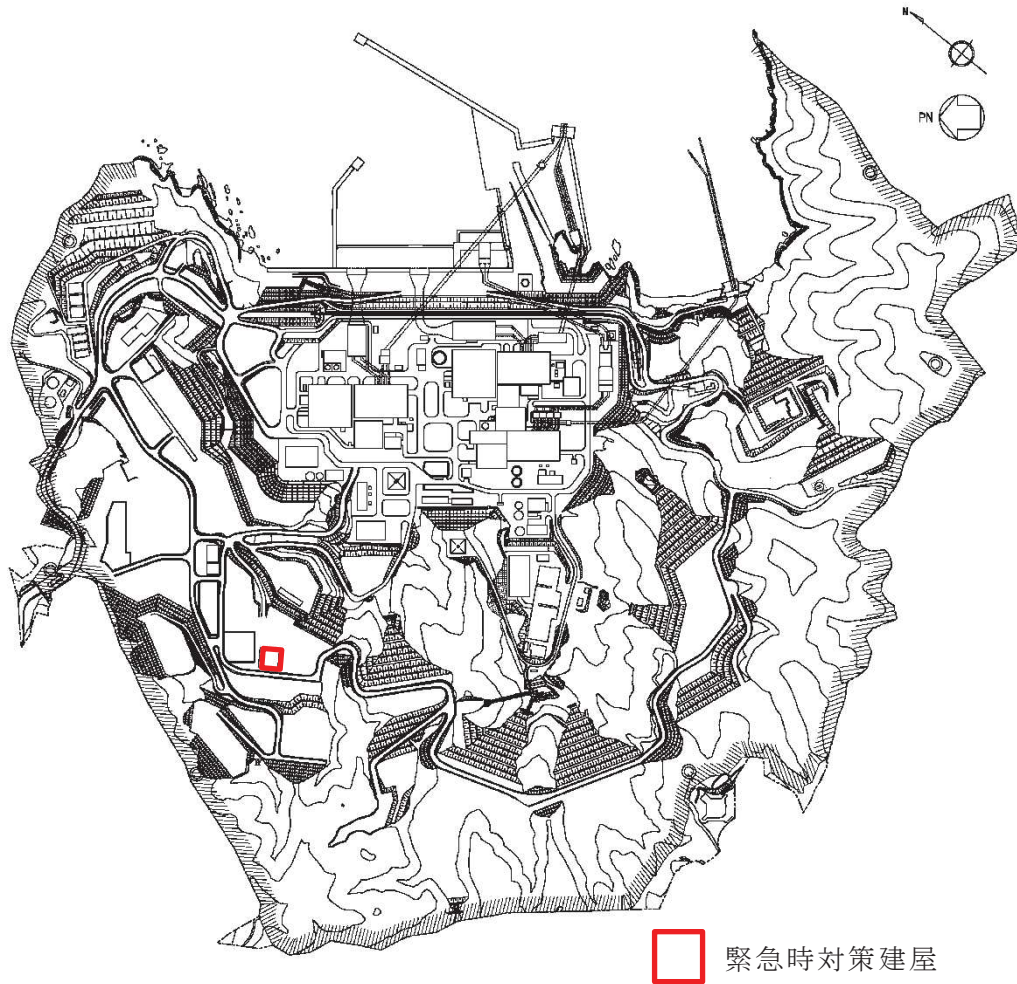


図 2-1 緊急時対策建屋の設置位置

2.2 構造概要

緊急時対策建屋は、地下2階、地上2階建で、基礎底面からの高さは30.4m（地上高さは13.9m）であり、平面は36.4m(NS方向)×36.4m(EW方向)*の正方形である。建屋の構造は鉄筋コンクリート造である。

緊急時対策建屋の基礎は、厚さ6.0mで、はね出しを有し、平面は47.0m(NS方向)×47.0m(EW方向)の正方形であり、支持地盤である砂岩に岩着している。

緊急時対策建屋の主たる耐震要素は、建屋外壁の耐震壁で、基礎版から屋上階床面まで連続しており、壁厚は0.5m～2.2mである。建屋は全体として非常に剛性が高く、地震時の水平力はすべてこれらの耐震壁で負担する。

緊急時対策建屋の概略平面図及び概略断面図を図2-2及び図2-3に示す。

注記* : 建屋寸法は壁外面押えとする。

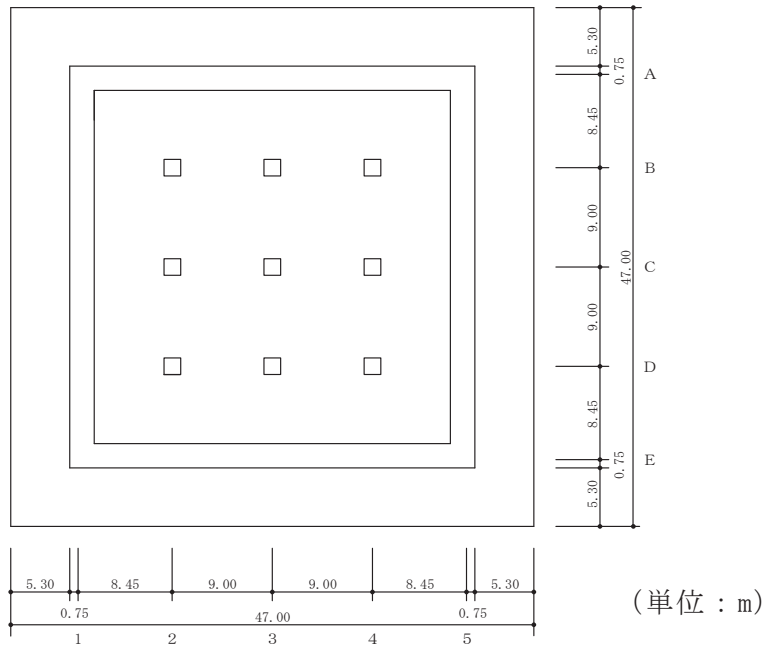


図 2-2(1) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P.* 51.5m)

注記* : 0.P. は女川原子力発電所工事用基準面であり, 東京湾平均海面(T.P.)-0.74m である。

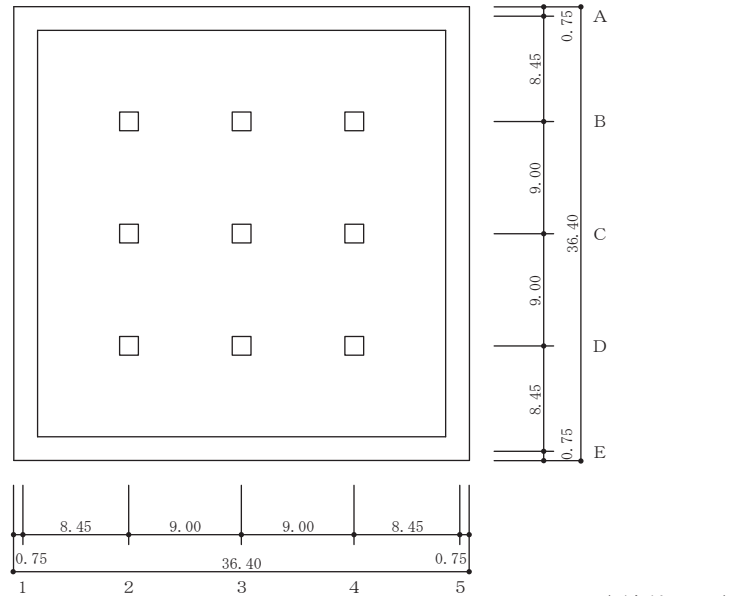


図 2-2(2) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P. 57.3m)

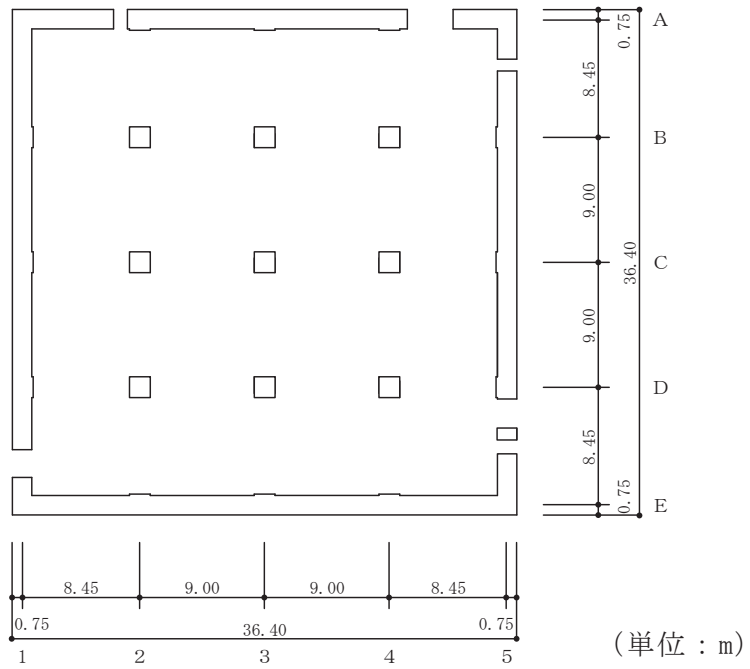


図 2-2(3) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P.62.2m)

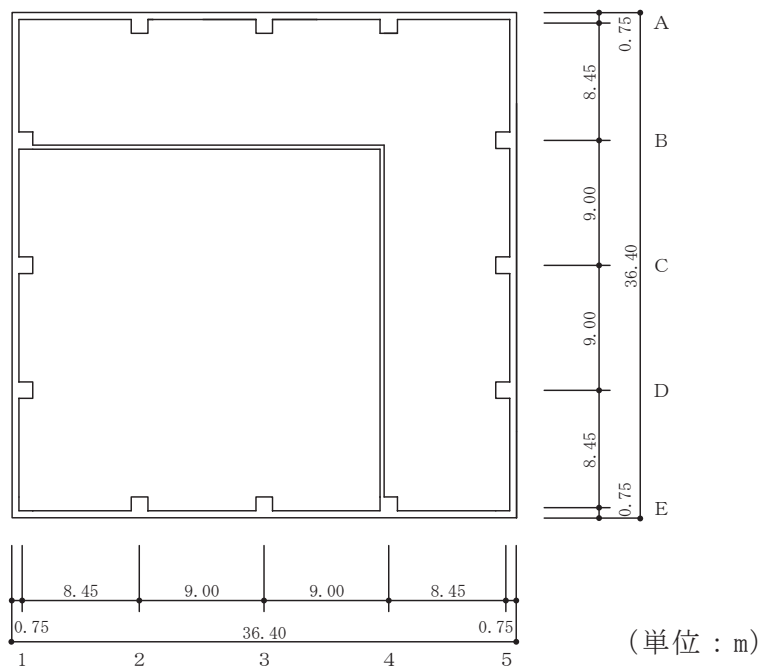


図 2-2(4) 緊急時対策建屋の概略平面図 (0.P.69.4m)

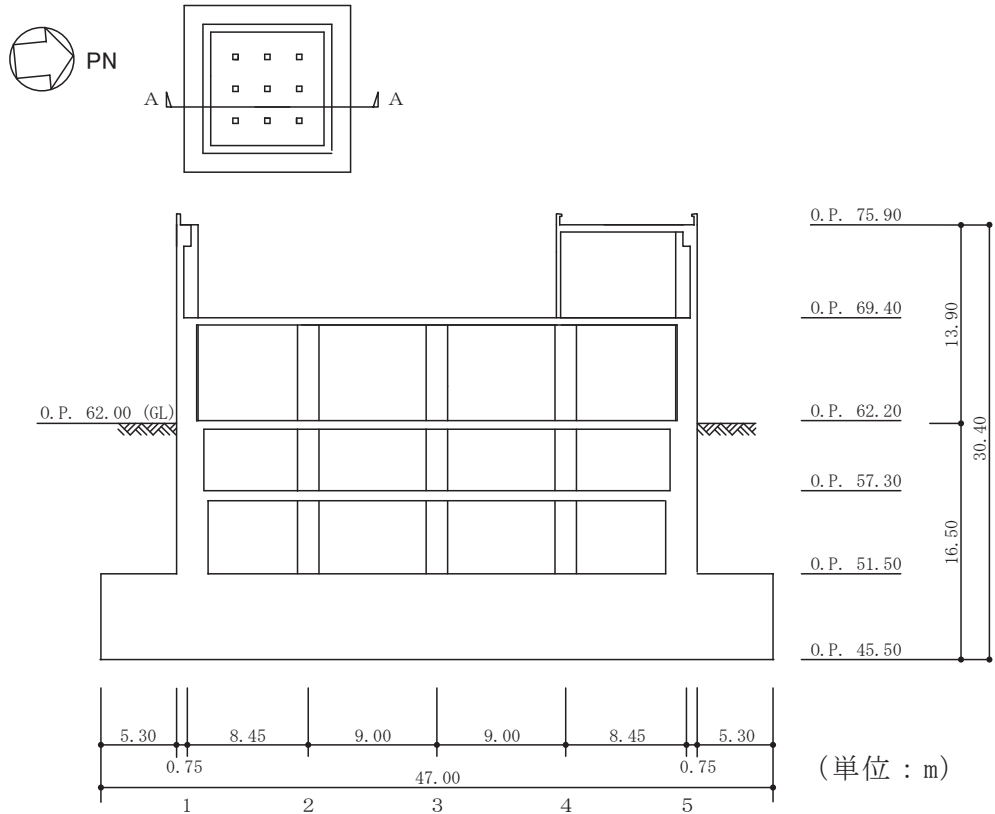


図 2-3(1) 緊急時対策建屋の概略断面図 (A-A 断面, NS 方向)

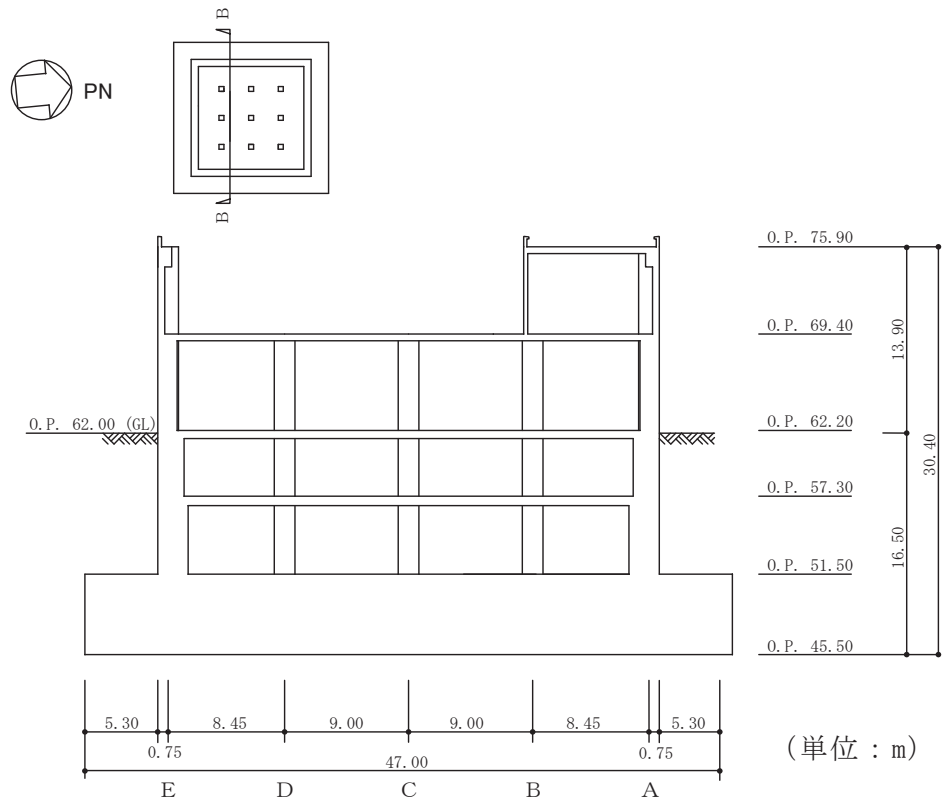


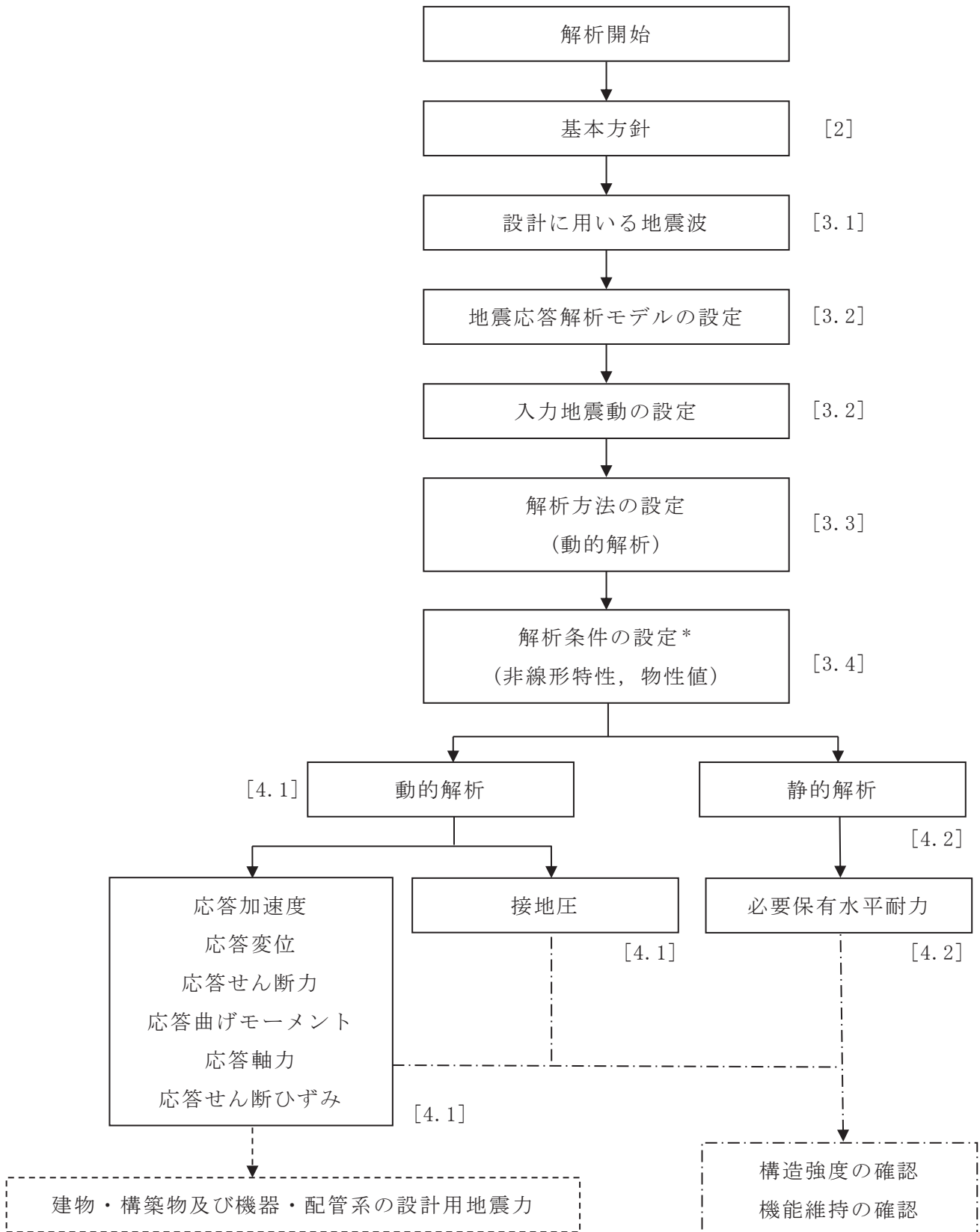
図 2-3(2) 緊急時対策建屋の概略断面図 (B-B 断面, EW 方向)

2.3 解析方針

緊急時対策建屋の地震応答解析は、添付書類「VI-2-1-6 地震応答解析の基本方針」に基づいて行う。

図 2-4 に緊急時対策建屋の地震応答解析フローを示す。

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



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

図 2-4 緊急時対策建屋の地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

緊急時対策建屋の地震応答解析において適用する規格・基準等を以下に示す。

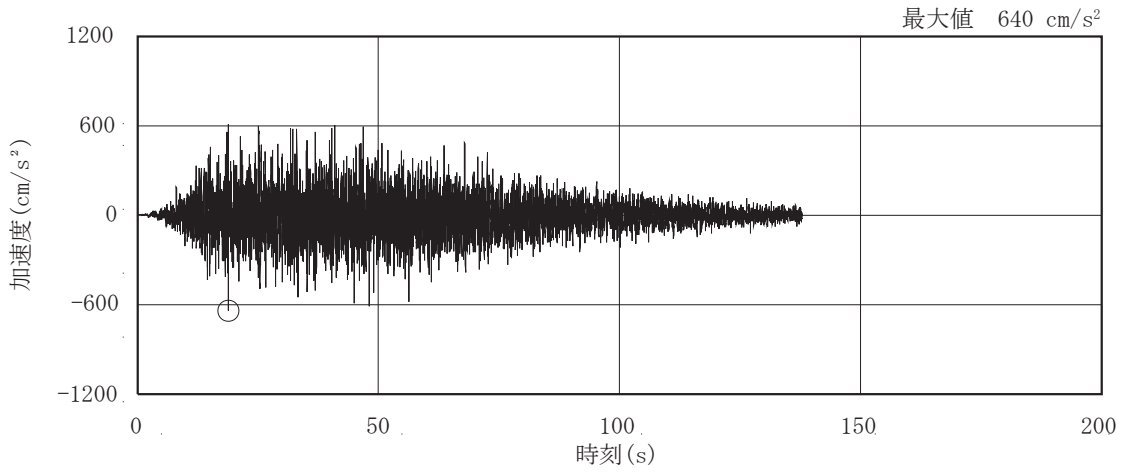
- ・ 建築基準法・同施行令
- ・ 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，1999年改定）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・ 補-1984（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版（（社）日本電気協会）（以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。）

3. 解析方法

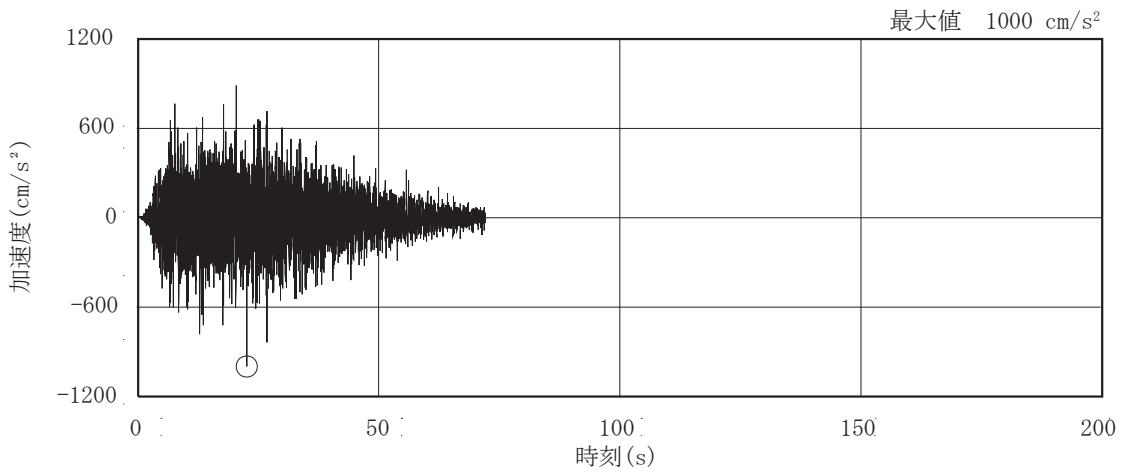
3.1 設計に用いる地震波

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

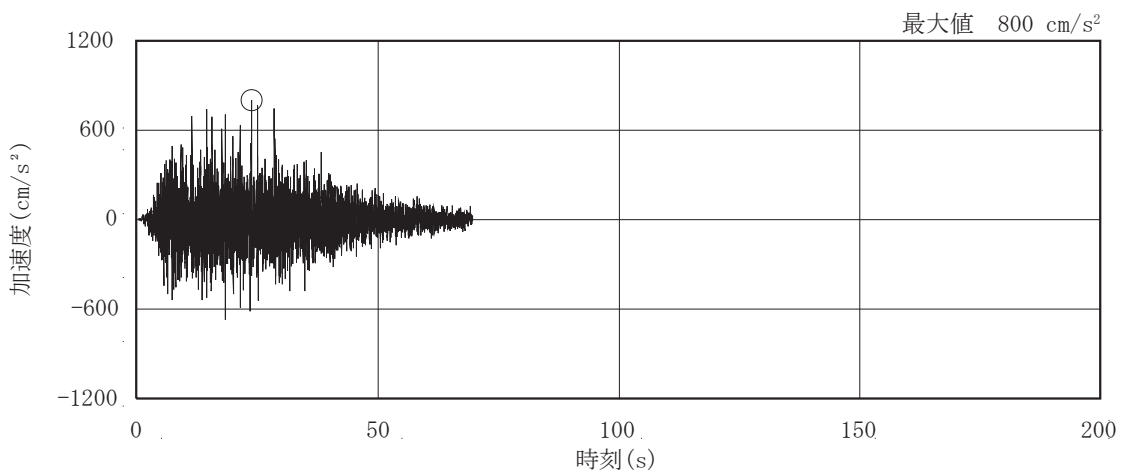
基準地震動 S_s の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトルを図 3-1 及び図 3-2 に示す。



(a) S s - D 1

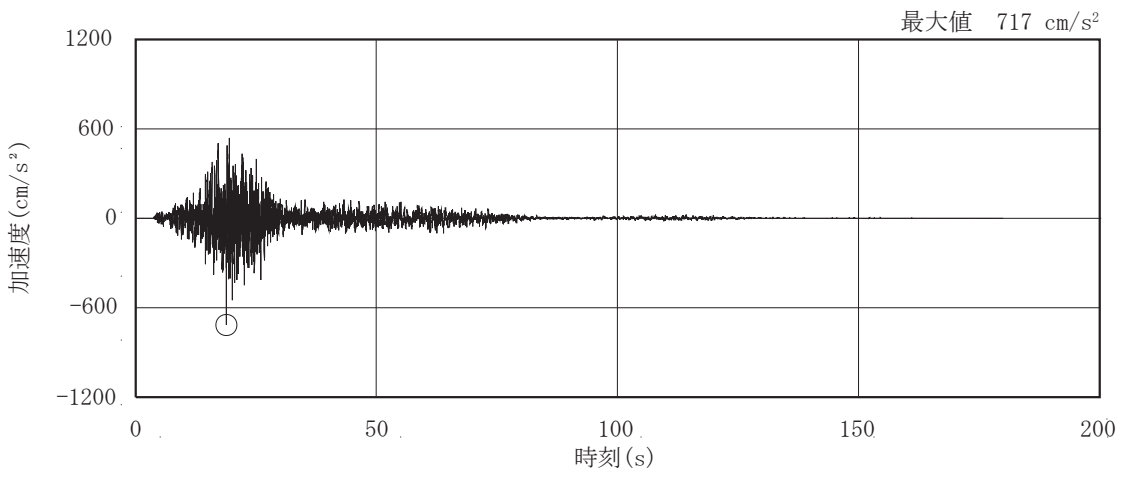


(b) S s - D 2

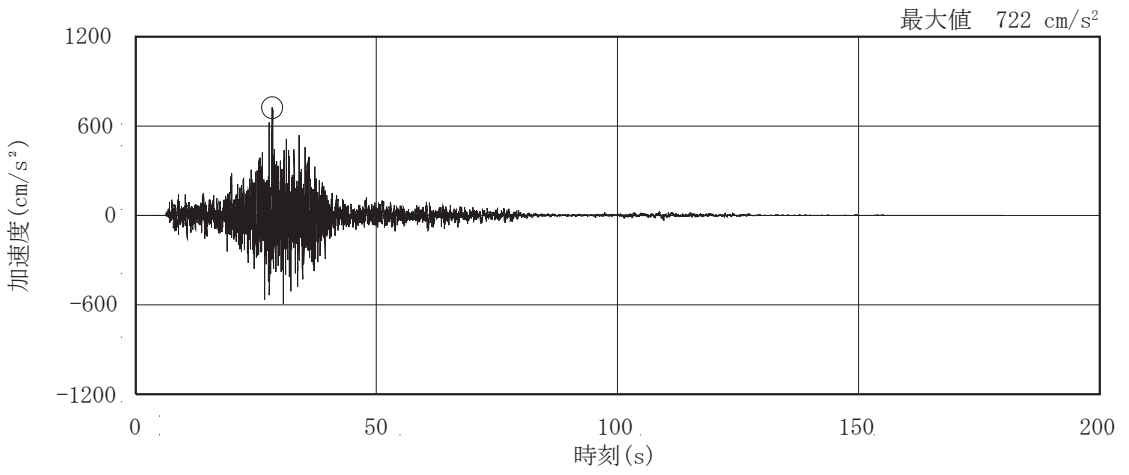


(c) S s - D 3

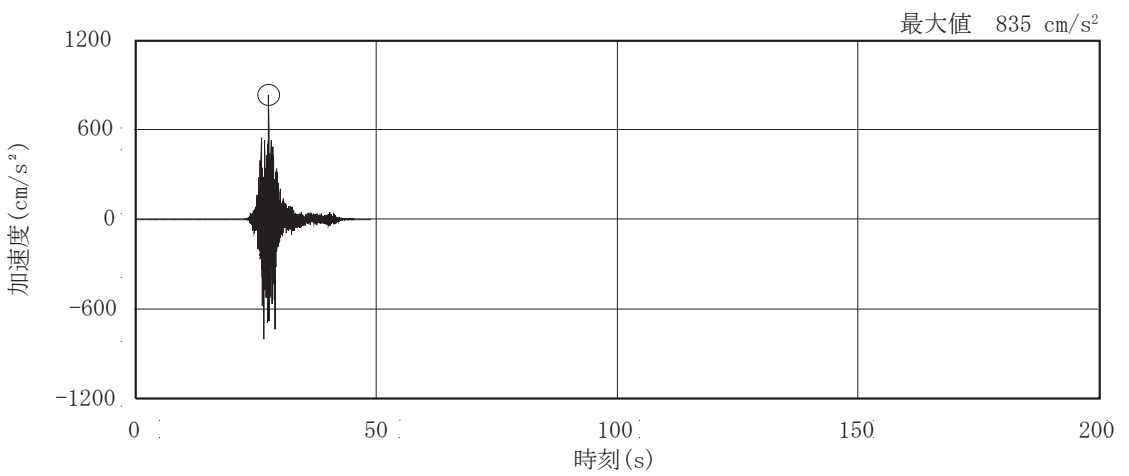
图 3-1(1) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s , 水平方向) (1/3)



(d) S s - F 1

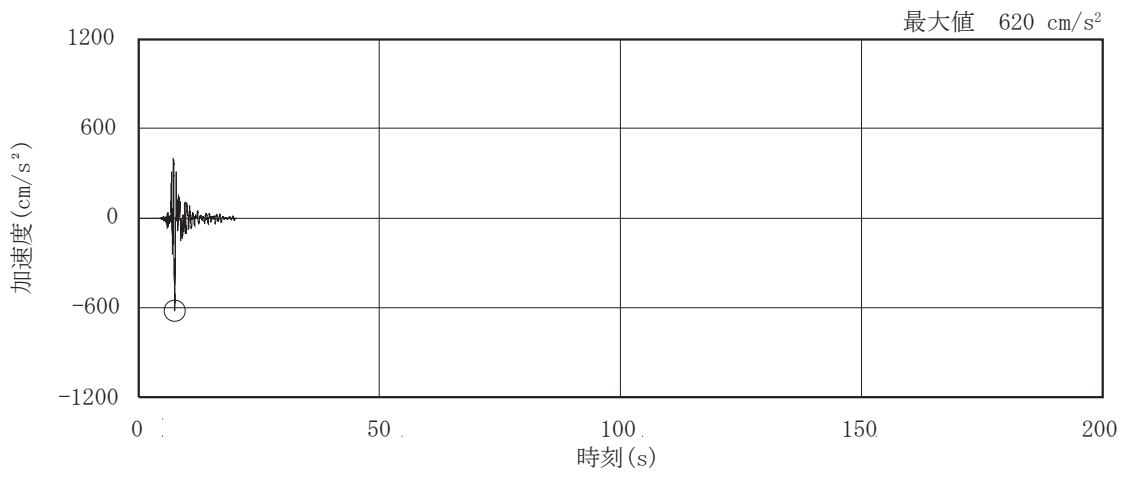


(e) S s - F 2



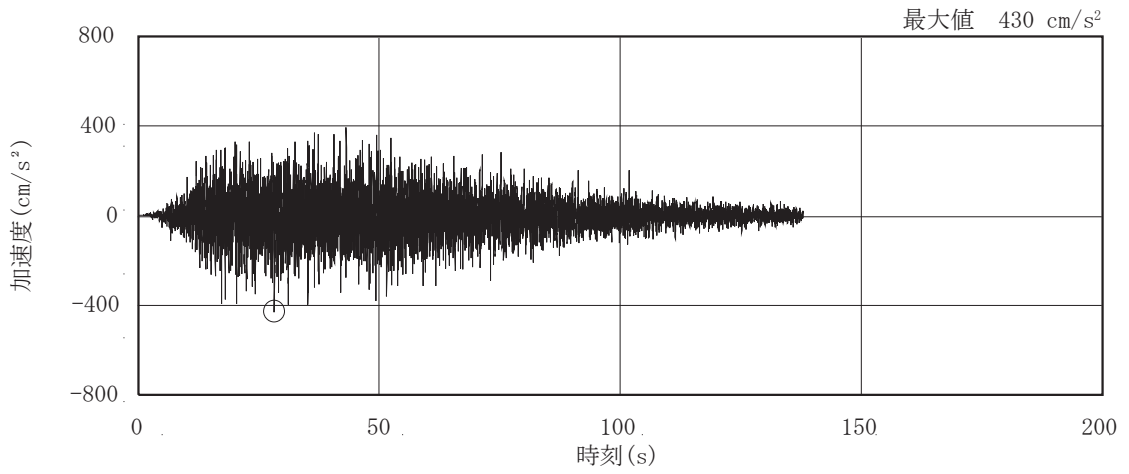
(f) S s - F 3

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

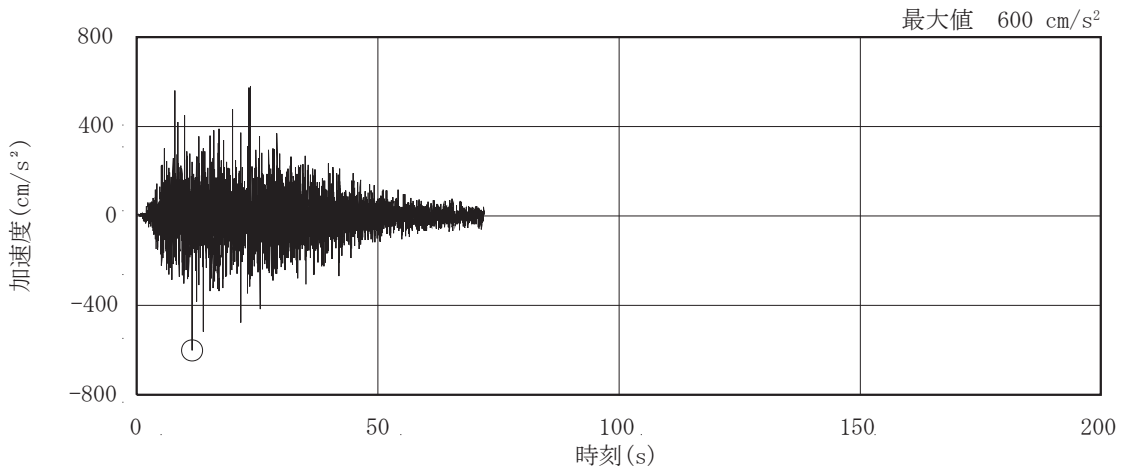


(g) S s - N 1

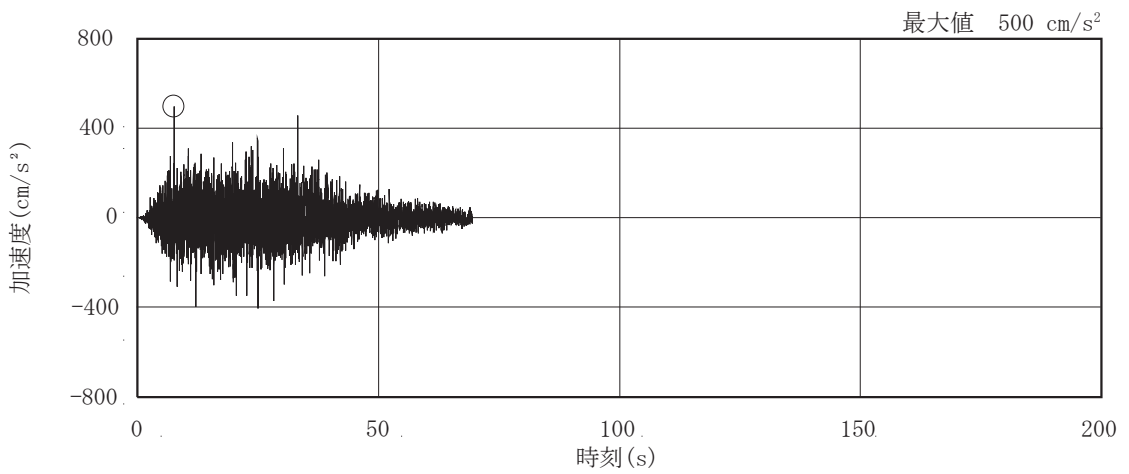
图 3-1(3) 加速度時刻歴波形 (基準地震動 S s, 水平方向) (3/3)



(a) S s - D 1

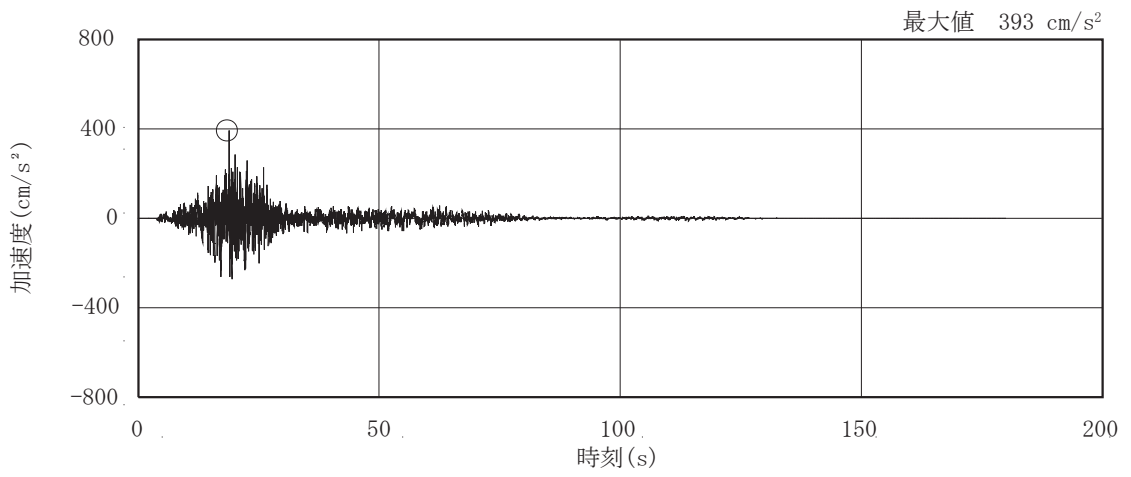


(b) S s - D 2

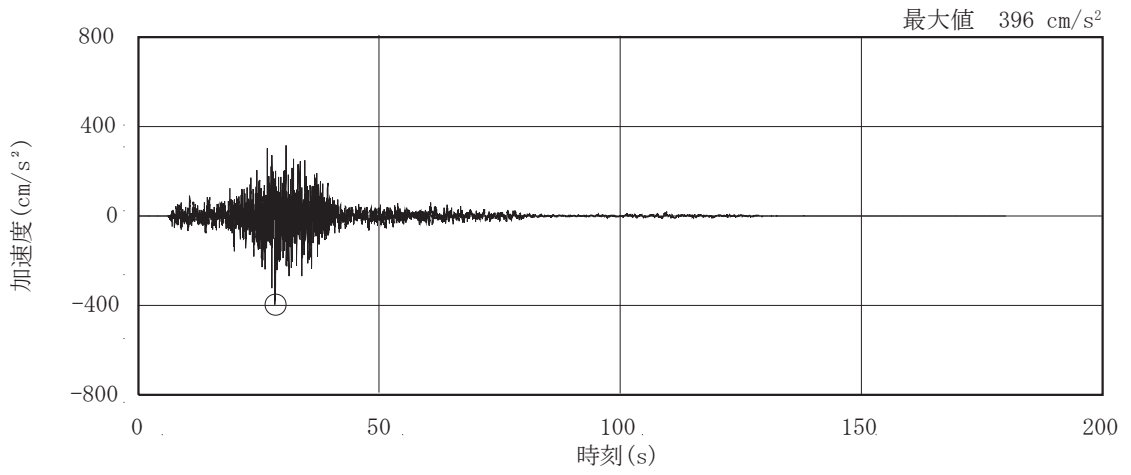


(c) S s - D 3

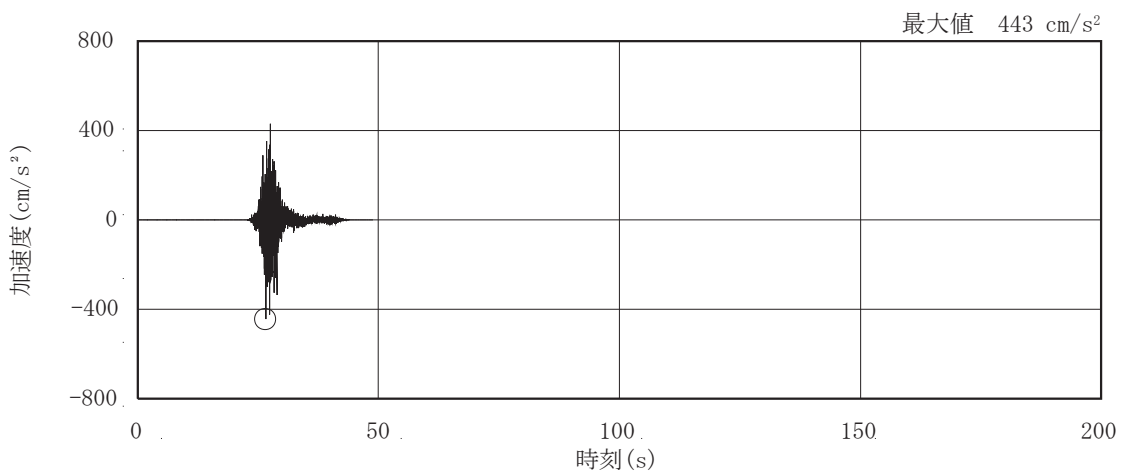
图 3-1(4) 加速度時刻歷波形 (基準地震動 S s , 鉛直方向) (1/3)



(d) S s - F 1

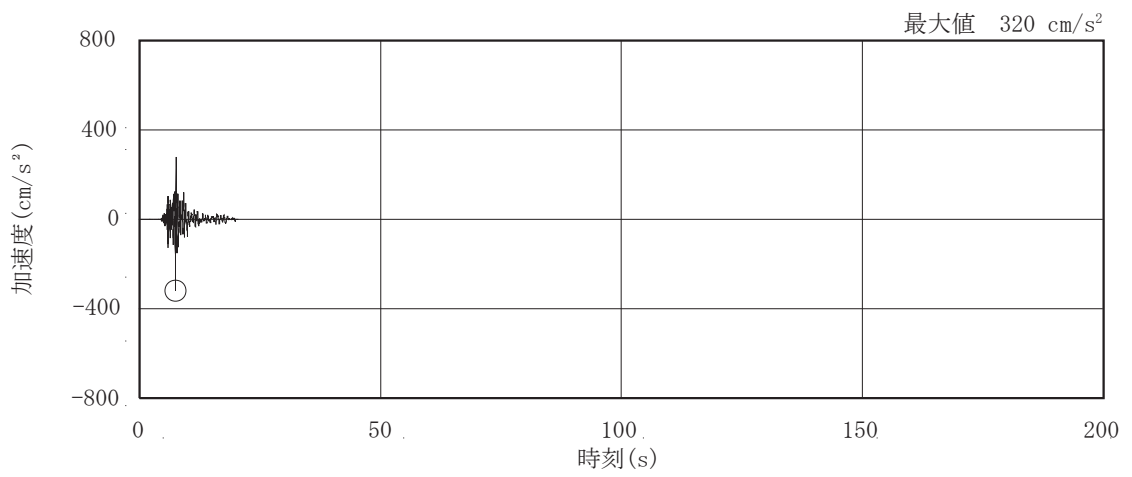


(e) S s - F 2



(f) S s - F 3

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



(g) S s - N 1

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

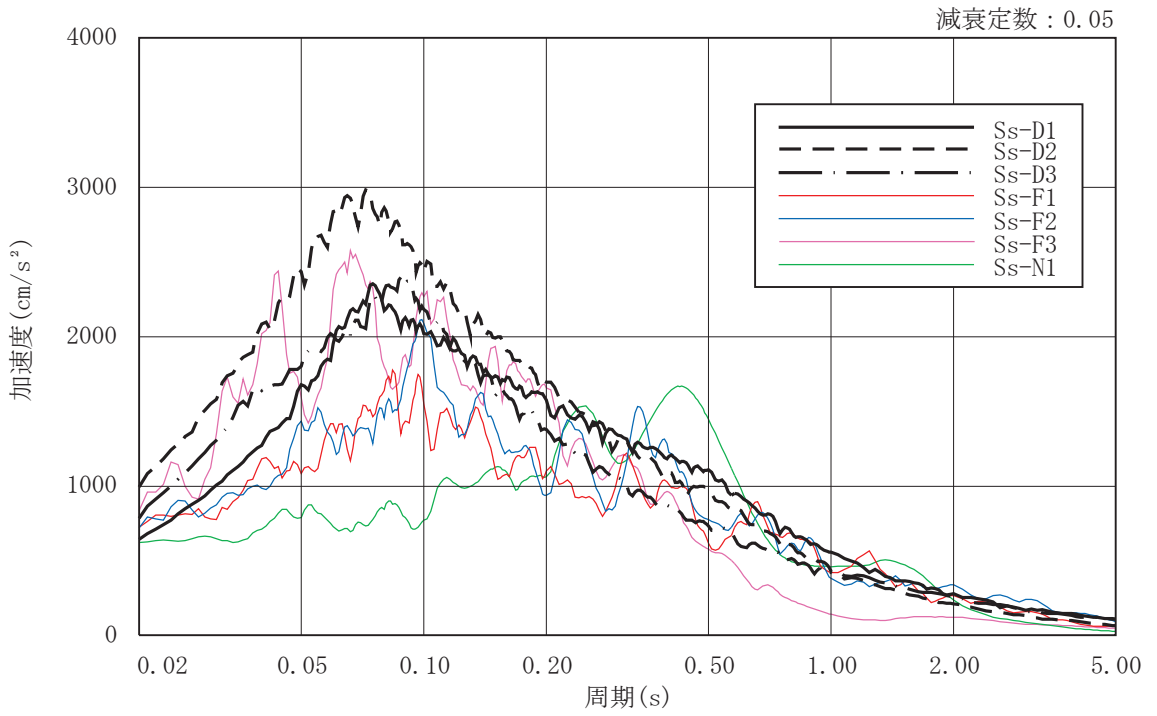


図 3-2(1) 加速度応答スペクトル (基準地震動 S_s , 水平方向)

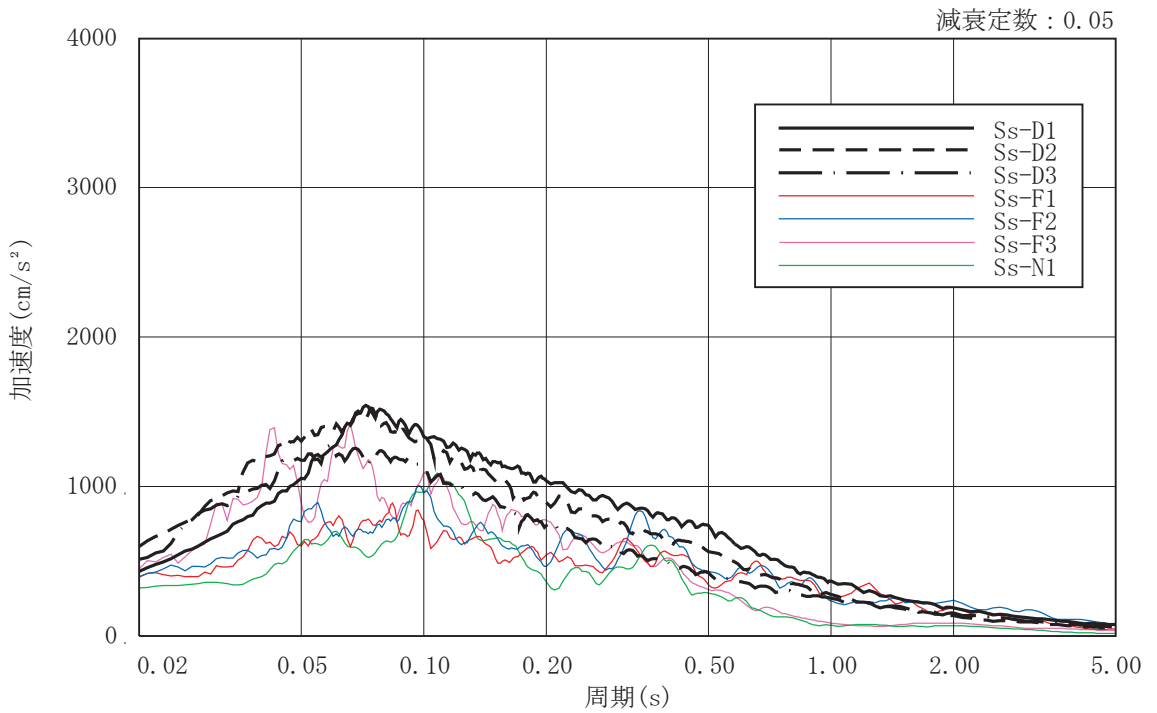


図 3-2(2) 加速度応答スペクトル (基準地震動 S_s , 鉛直方向)

3.2 地震応答解析モデル

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

表 3-1 使用材料の物性値

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 コンクリート： F _c = 30 (N/mm ²) 鉄筋：SD390	2.44 × 10 ⁴	1.02 × 10 ⁴	5

3.2.1 水平方向

(1) 地震応答解析モデル

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

水平方向の地震応答解析モデル及び諸元を図 3-3 に示す。

(2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、水平方向の地震応答解析モデルにおいては底面水平ばね及び底面回転ばねで置換している。この底面水平ばね及び底面回転ばねは、「J E A G 4 6 0 1-1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価している。いずれのばねも振動数に依存した複素剛性として表現されるが、図 3-4 に示すようにばね定数として、実部の静的な値(K_0)を、また、減衰係数(C_0)として、建屋－地盤連成モデルの 1 次固有円振動数(ω_1)に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。このうち、底面回転ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。

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

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

地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-2 に、地盤モデルの物性値を表 3-3 に示す。

(3) 入力地震動

地震応答解析モデルへの入力地震動は、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s から以下の手順で算定する。まず、地下構造モデルの解放基盤表面以深の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により O. P. -200m の入射波を算定する。算定した O. P. -200m の入射波を建屋位置地盤モデルに入力して線形解析を行い、建屋基礎底面レベルでの地盤及び基礎の上下端レベルの建屋側面の地盤の応答を評価して入力地震動とする。また、建屋基礎底面レベルにおける補正水平力（以下「切欠き力」という。）を入力地震動に付加することにより、地盤の切欠き効果を考慮する。図 3-5 に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を、設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置

(0. P. 45. 5m) における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3-6 に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

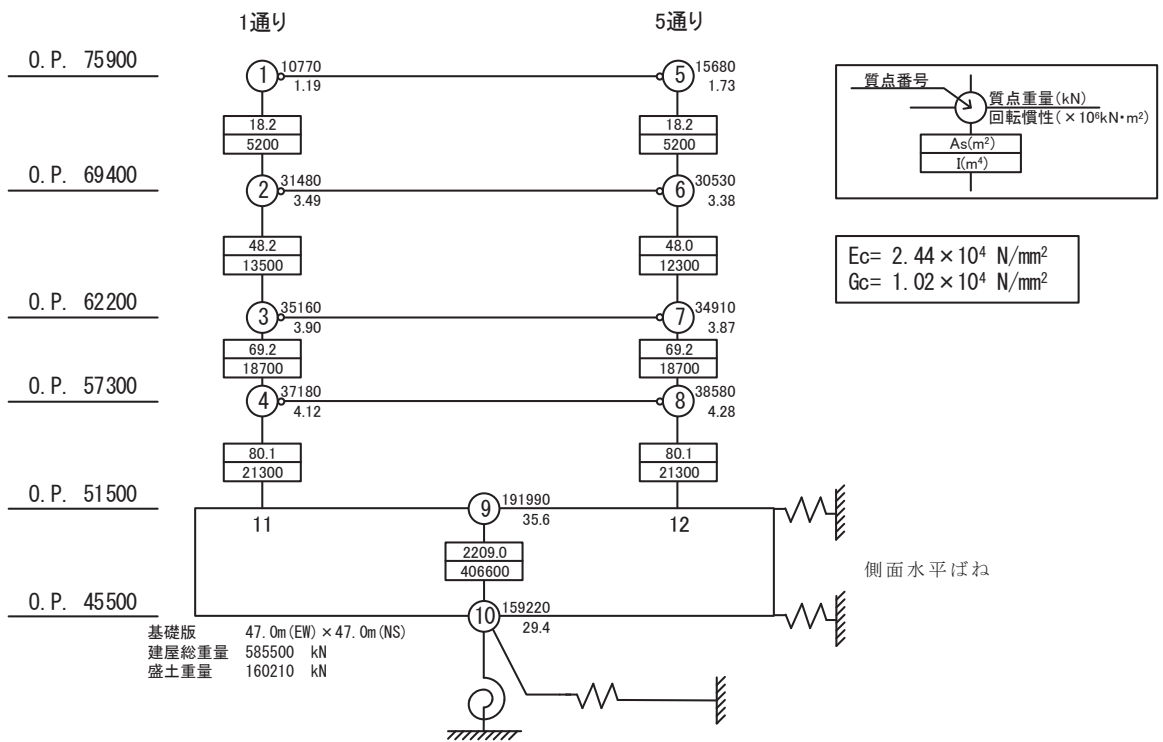
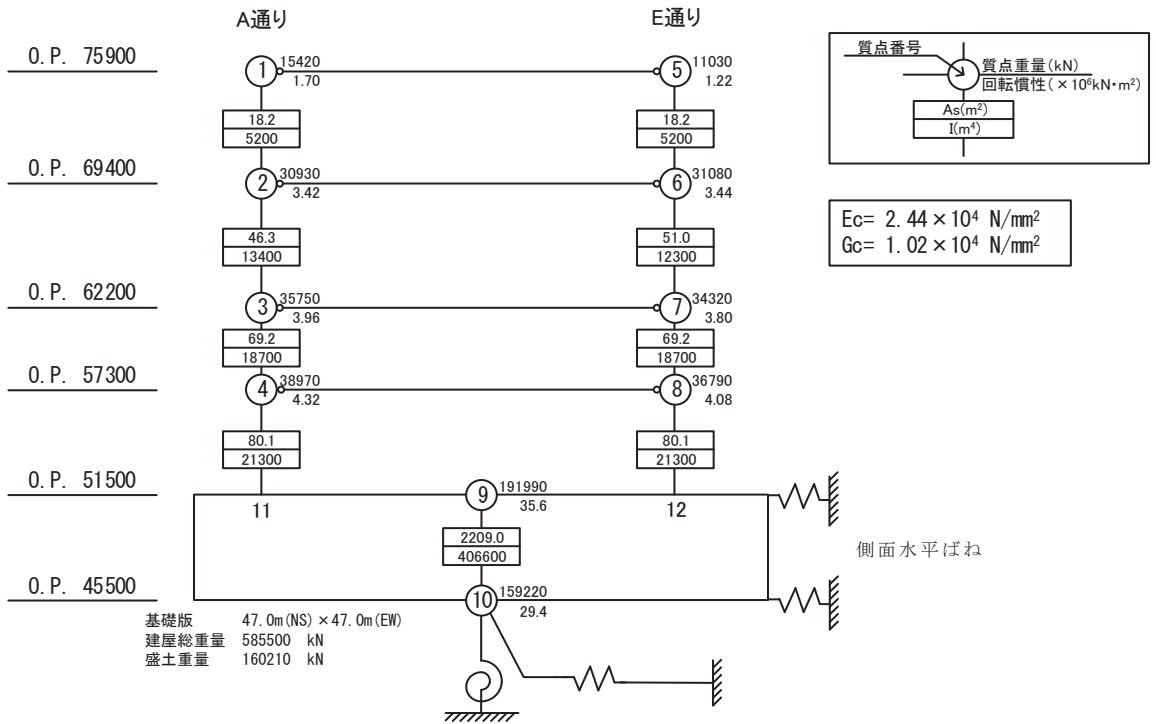
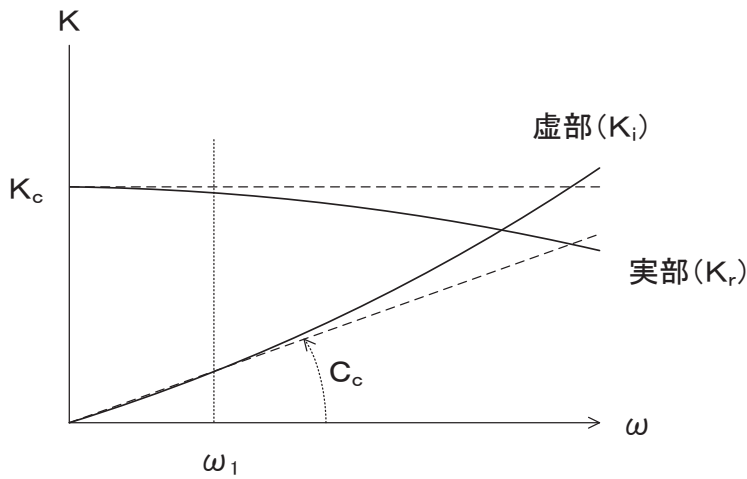


図 3-3(2) 地震応答解析モデル及び諸元 (水平方向)



ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数 K_c で定数化

減衰係数：建屋－地盤連成系の 1 次固有円振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C_c で定数化

図 3-4 地盤ばねの定数化の概要

表 3-2 地盤ばね定数と減衰係数（水平方向）

(a) NS 方向

地盤ばね成分	質点番号	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
側面・水平	9	5.968×10^7 (kN/m)	3.042×10^6 (kN・s/m)
側面・水平	10	5.968×10^7 (kN/m)	3.042×10^6 (kN・s/m)
底面・水平	10	1.081×10^9 (kN/m)	8.664×10^6 (kN・s/m)
底面・回転	10	6.744×10^{11} (kN・m/rad)	1.123×10^9 (kN・m・s/rad)

(b) EW 方向

地盤ばね成分	質点番号	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
側面・水平	9	5.968×10^7 (kN/m)	3.042×10^6 (kN・s/m)
側面・水平	10	5.968×10^7 (kN/m)	3.042×10^6 (kN・s/m)
底面・水平	10	1.081×10^9 (kN/m)	8.664×10^6 (kN・s/m)
底面・回転	10	6.744×10^{11} (kN・m/rad)	1.122×10^9 (kN・m・s/rad)

表 3-3(1) 緊急時対策建屋の地震応答解析に用いる地下構造モデルの地盤物性値

地層レベル 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 h (%)
-14.1	26.1	1360	3
-27.0	26.4	2040	3
-50.0	26.5	2520	3
-200.0	26.5	2520	3

表 3-3(2) 緊急時対策建屋の地震応答解析に用いる建屋位置地盤モデルの地盤物性値

	地層レベル 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 h (%)
側面地盤	62.0	23.1	290	3
	61.3	23.1	710	3
	60.2	25.5	680	3
	52.8	26.2	670	3
	52.5	26.2	1330	3
底面地盤	45.5	26.2	1330	3
	37.7	26.2	2080	3
	23.8	26.2	2510	3
	10.4	26.4	2500	3
	-200.0	26.4	2500	3

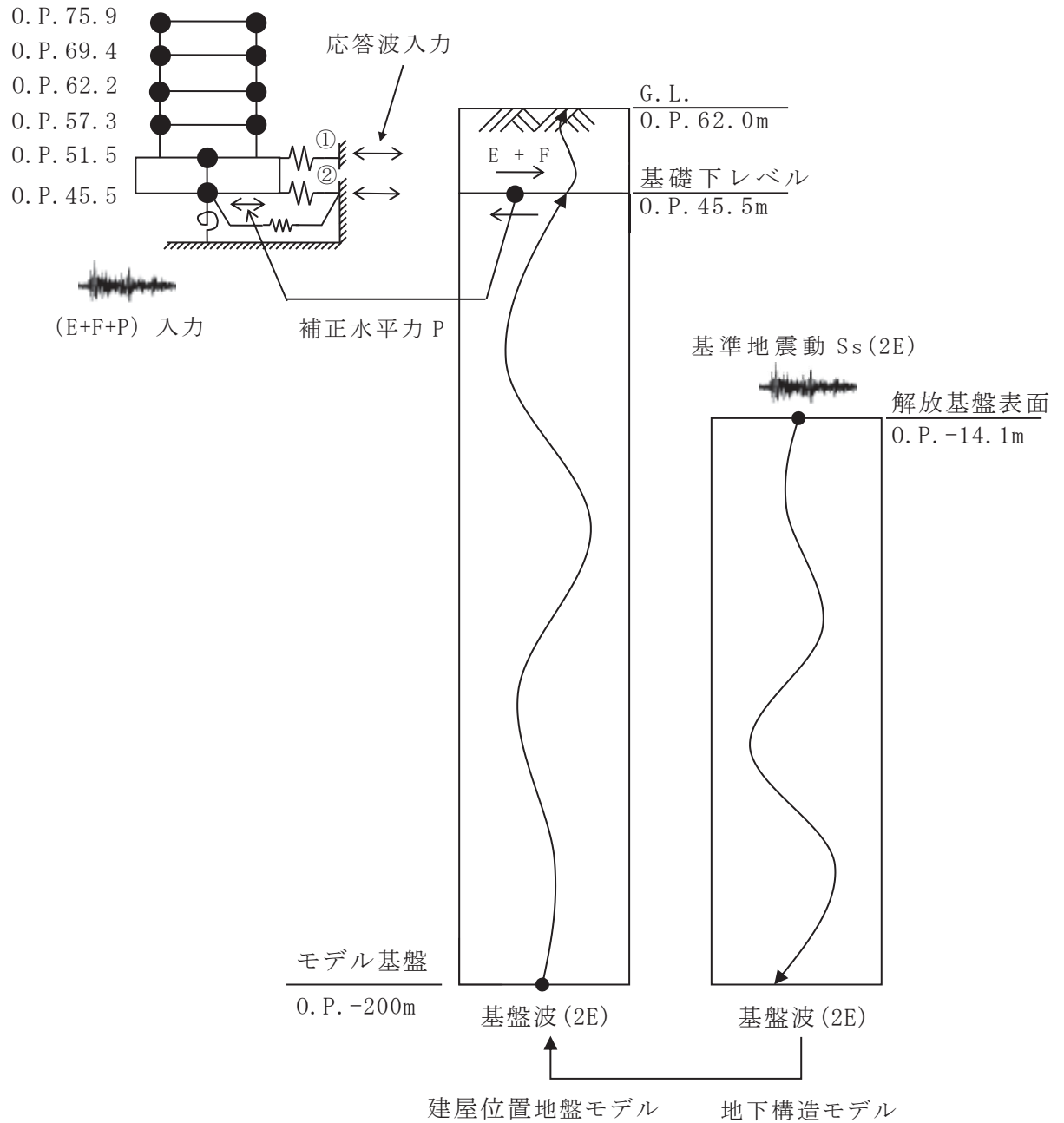


図 3-5 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図 (水平方向)

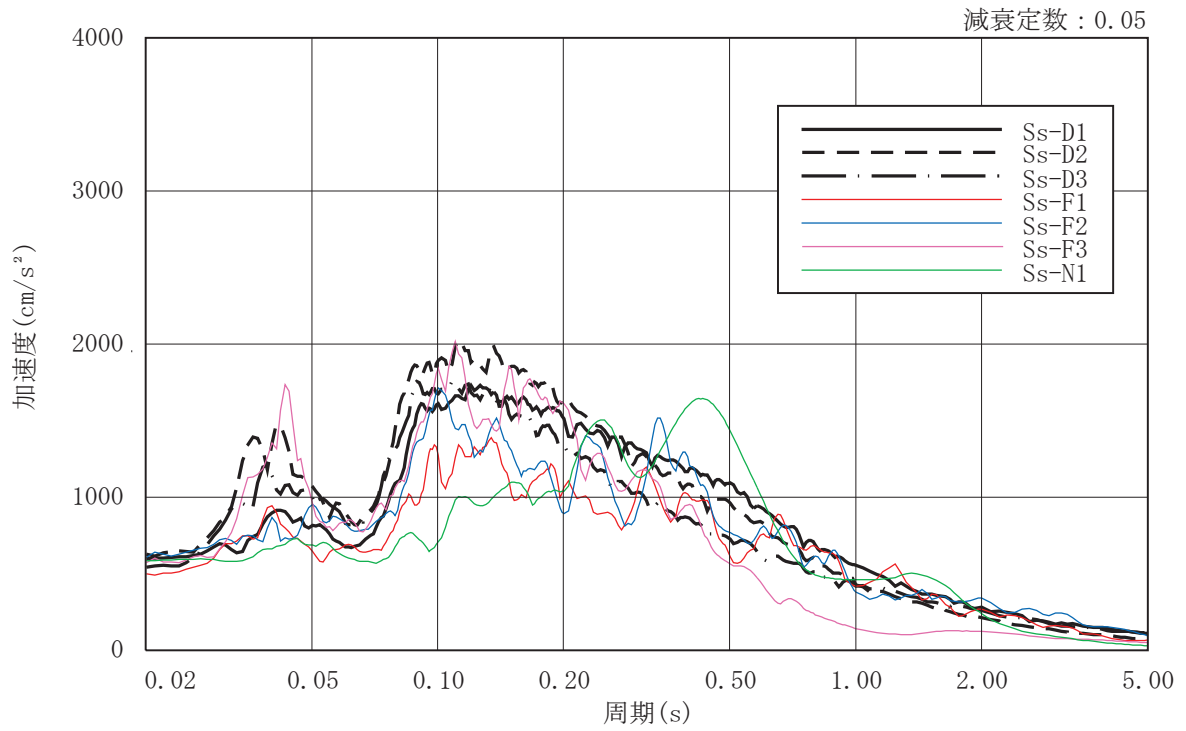


図 3-6 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S s , 水平方向, O.P. 45.5m)

3.2.2 鉛直方向

(1) 地震応答解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、軸変形をする耐震壁部及び柱からなる質点系モデルとし、地盤を等価なばねで評価した建屋－地盤連成モデルとする。鉛直方向の地震応答解析モデル及び諸元を図 3-7 に示す。

(2) 地盤ばね

基礎版底面下の地盤は、鉛直方向の地震応答解析モデルにおいては鉛直ばねで置換している。この鉛直ばねは、「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」により、基礎版底面下の地盤を等価な半無限地盤と見なして、振動アドミッタンス理論に基づいて評価しており、振動数に依存した複素剛性として表現される。図 3-8 に示すようにばね定数として、実部の静的な値(K_0)を、また、減衰係数(C_0)として、建屋－地盤連成モデルの 1 次固有円振動数(ω_1)に対応する虚部の値と原点を結ぶ直線の傾きを採用することにより近似する。基礎底面ばねの評価には解析コード「ADMITHF」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-4 に示す。

(3) 入力地震動

地震応答解析モデルへの入力地震動は、解放基盤表面レベルで定義される基準地震動 S_s から以下の手順で算定する。まず、解放基盤モデルの解放基盤表面以深の地盤を一次元地盤としてモデル化し、一次元波動論に基づく評価により O.P. -200m の入射波を算定する。算定した O.P. -200m の入射波を構造物位置地盤の一次元地盤モデルに入力して線形解析を行い、建屋基礎底面レベルでの地盤の応答を評価して入力地震動とする。図 3-9 に地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図を、設定した地盤定数に基づき算定した基礎底面位置 (O.P. 45.5m) における入力地震動の加速度応答スペクトルを図 3-10 に示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」を用いる。評価に用いる解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

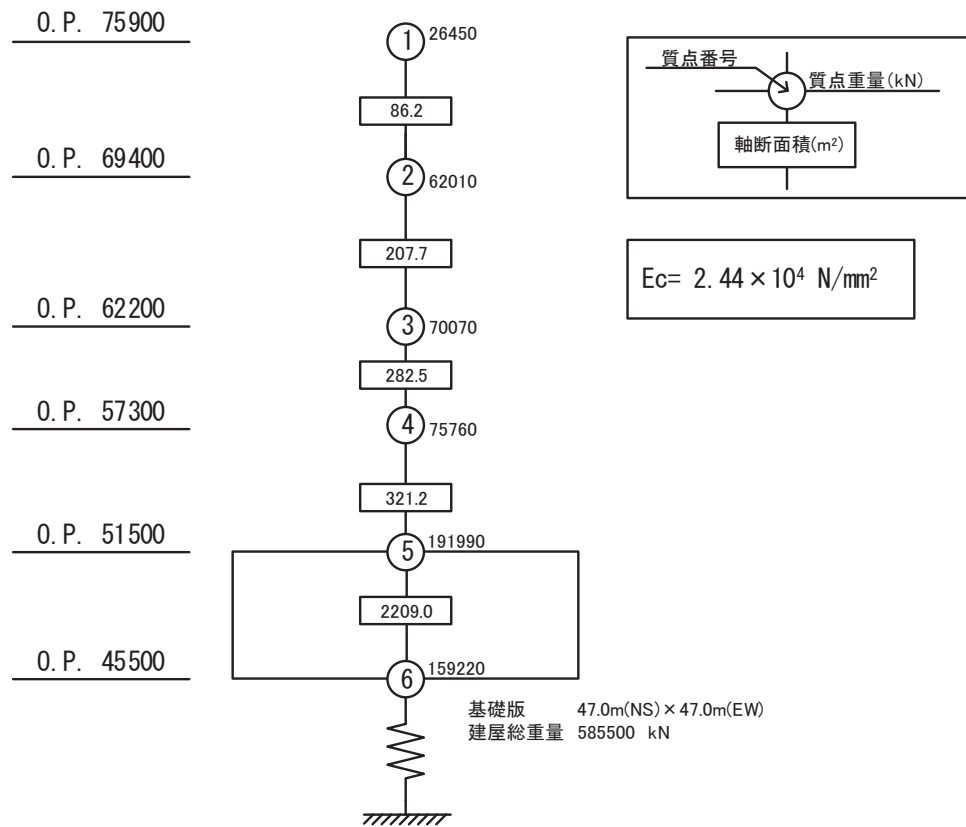
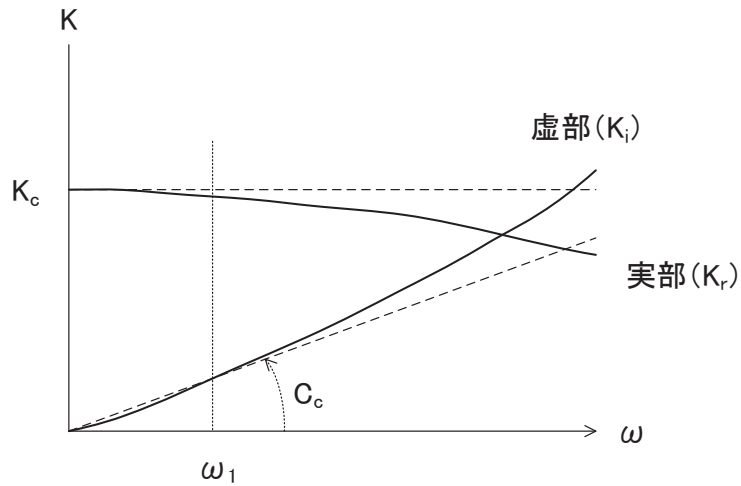


図 3-7 地震応答解析モデル及び諸元（鉛直方向）



ばね定数：底面ばねは 0Hz のばね定数 K_c で定数化

減衰係数：地盤—建屋連成系の 1 次固有振動数 ω_1 に対応する虚部の値と原点とを結ぶ直線の傾き C_c で定数化

図 3-8 鉛直地盤ばねの定数化の概要

表 3-4 地盤ばね定数と減衰係数 (鉛直方向)

地盤ばね成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
底面・鉛直	1.457×10^9 (kN/m)	1.733×10^7 (kN·s/m)

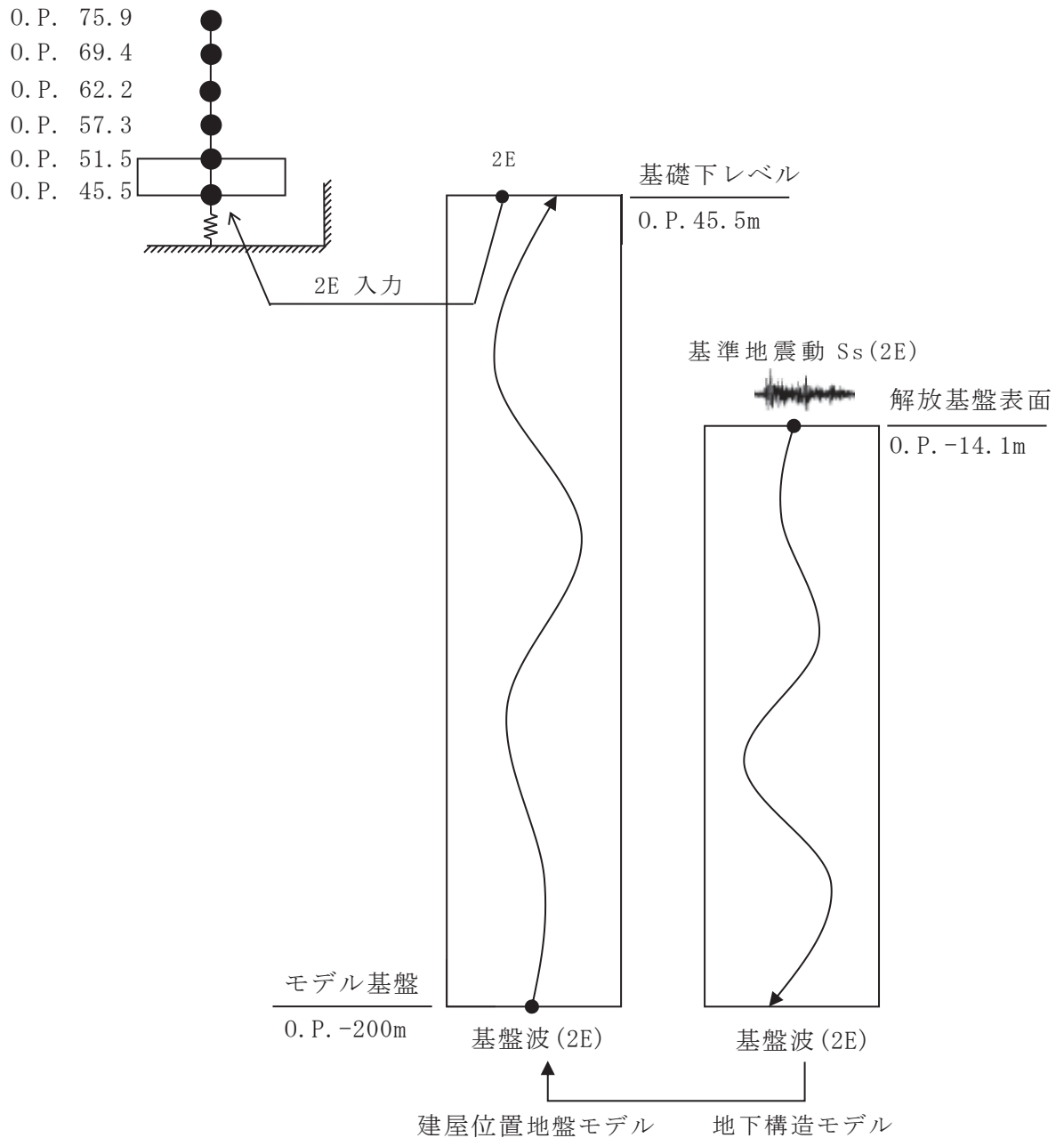


図 3-9 地震応答解析モデルに入力する地震動の概念図 (鉛直方向)

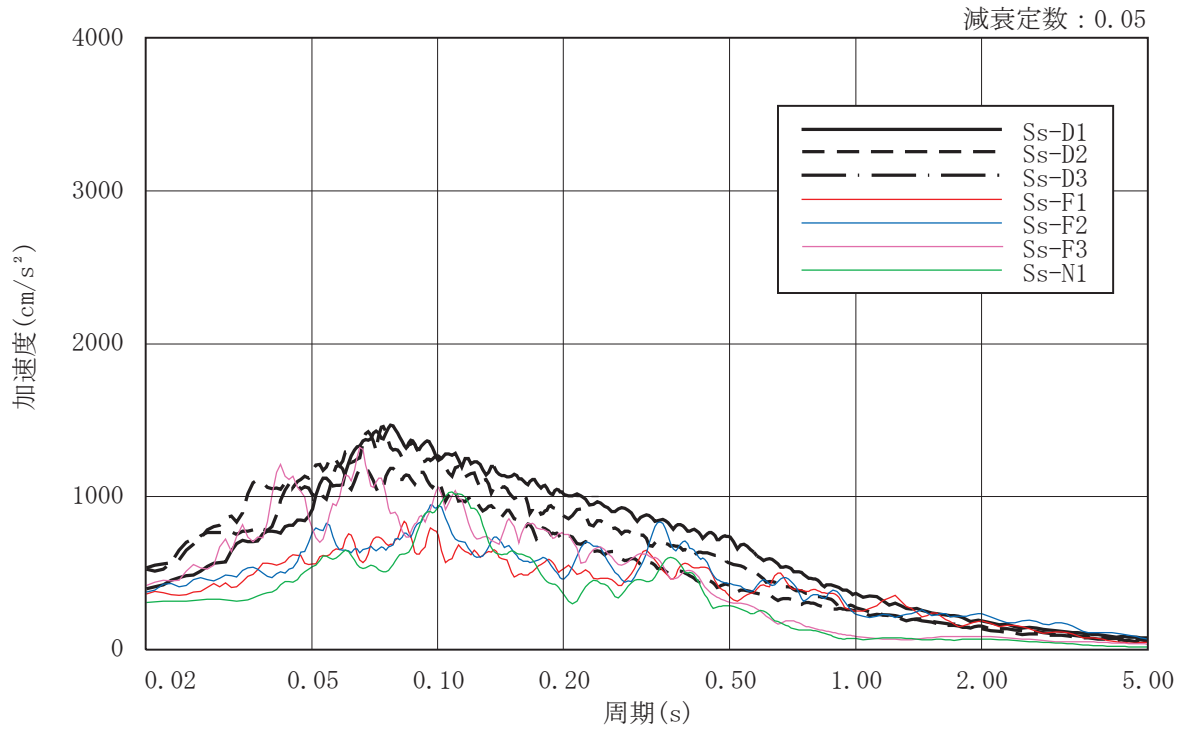


図 3-10 入力地震動の加速度応答スペクトル
(基準地震動 S s , 鉛直方向, O.P. 45.5m)

3.3 解析方法

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

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

3.3.1 動的解析

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

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

3.3.2 必要保有水平耐力

各層の必要保有水平耐力 Q_{un} は、次式により算出する。

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

ここで、

D_s : 各層の構造特性係数

F_{es} : 各層の形状特性係数

地震力によって各層に生じる水平力 Q_{ud} は、次式により算出する。

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

ここで、

n : 施設の重要度分類に応じた係数 (1.0)

C_i : 第 i 層の地震層せん断力係数

W_i : 第 i 層が支える重量

地震層せん断力係数 C_i は、次式により算出する。

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

ここで、

Z : 地震地域係数 (1.0)

R_t : 振動特性係数 (0.8)

A_i : 第 i 層の地震層せん断力係数の高さ方向の分布係数

C_0 : 標準せん断力係数 (1.0)

なお、 A_i はモーダル解析により以下のとおり算出する。

$$A_i = A_i' / A_1'$$

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

ここで、

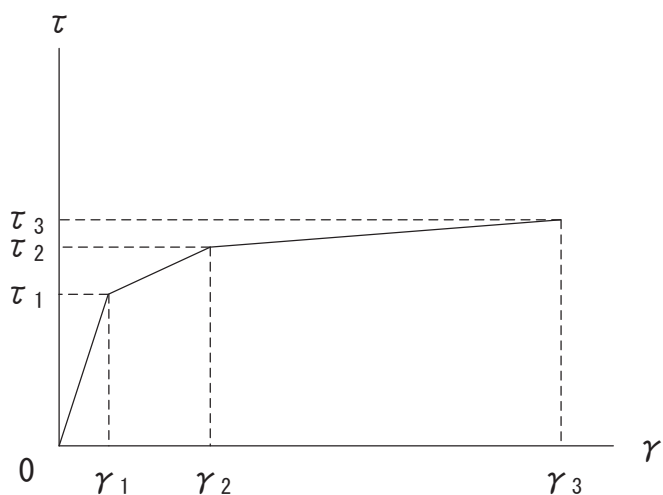
- n : 建物・構築物の層数
 w_m : 第 m 層の重量
 $\beta_j \cdot U_{mj}$: 第 m 層の j 次刺激関数
 T_j : 固有値解析により得られる建物・構築物の j 次固有周期
 $R_t(T_j)$: 周期 T_j に対応する加速度応答スペクトルの値
 (建築基準法施行令第88条第1項に与えられている振動特性係数 R_t の T_j に対する値とする。地盤種別は第1種地盤とする。)
 k : 考慮すべき最高次数

3.4 解析条件

3.4.1 建物・構築物の復元力特性

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

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

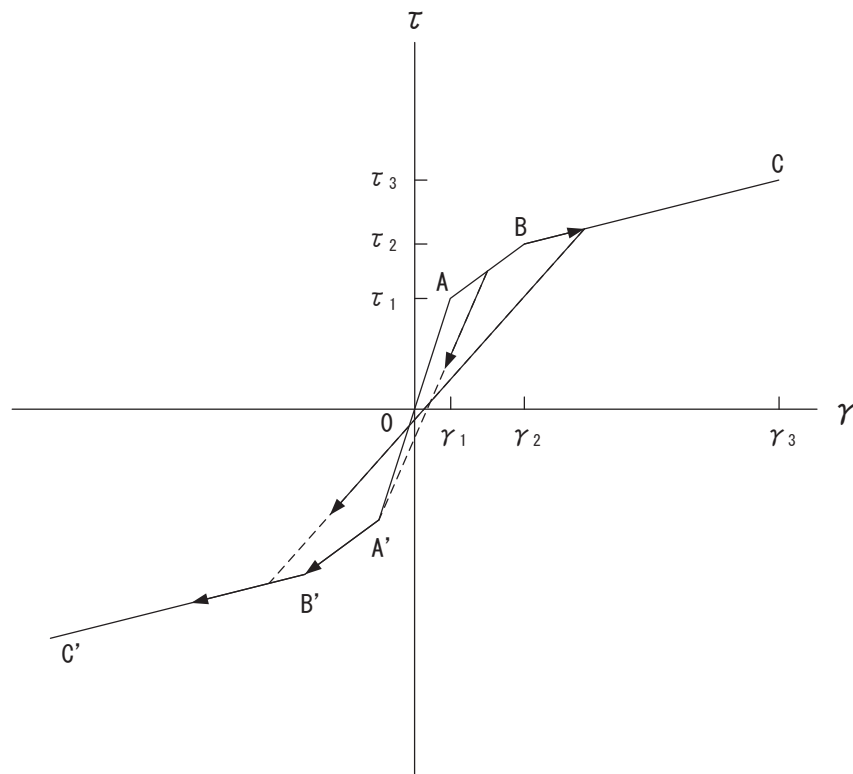


- τ_1 : 第1折点のせん断応力度
- τ_2 : 第2折点のせん断応力度
- τ_3 : 終局点のせん断応力度
- γ_1 : 第1折点のせん断ひずみ
- γ_2 : 第2折点のせん断ひずみ
- γ_3 : 終局点のせん断ひずみ ($=4.0 \times 10^{-3}$)

図 3-11 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係

(2) 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

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

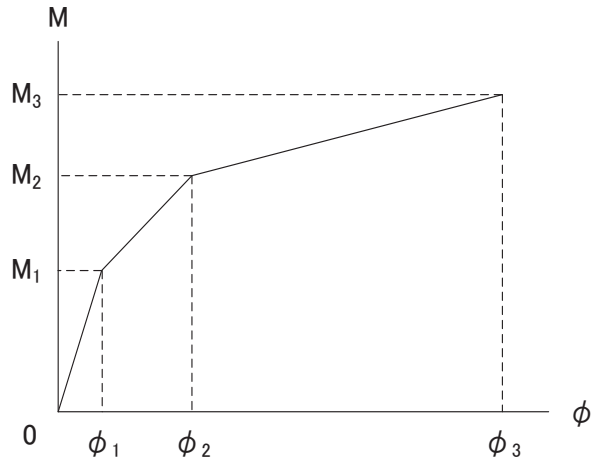


- 0-A 間：弾性範囲
- A-B 間：負側スケルトンが経験した最大点に向かう。ただし、負側最大点が第 1 折点を越えていない時は負側第 1 折点に向かう。
- B-C 間：負側最大点指向
- 各最大点は、スケルトン上を移動することにより更新される。
- 安定ループは面積を持たない。

図 3-12 耐震壁のせん断応力度－せん断ひずみ関係の履歴特性

(3) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係 (M- ϕ 関係)

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



M_1 : 第 1 折点の曲げモーメント

M_2 : 第 2 折点の曲げモーメント

M_3 : 終局点の曲げモーメント

ϕ_1 : 第 1 折点の曲率

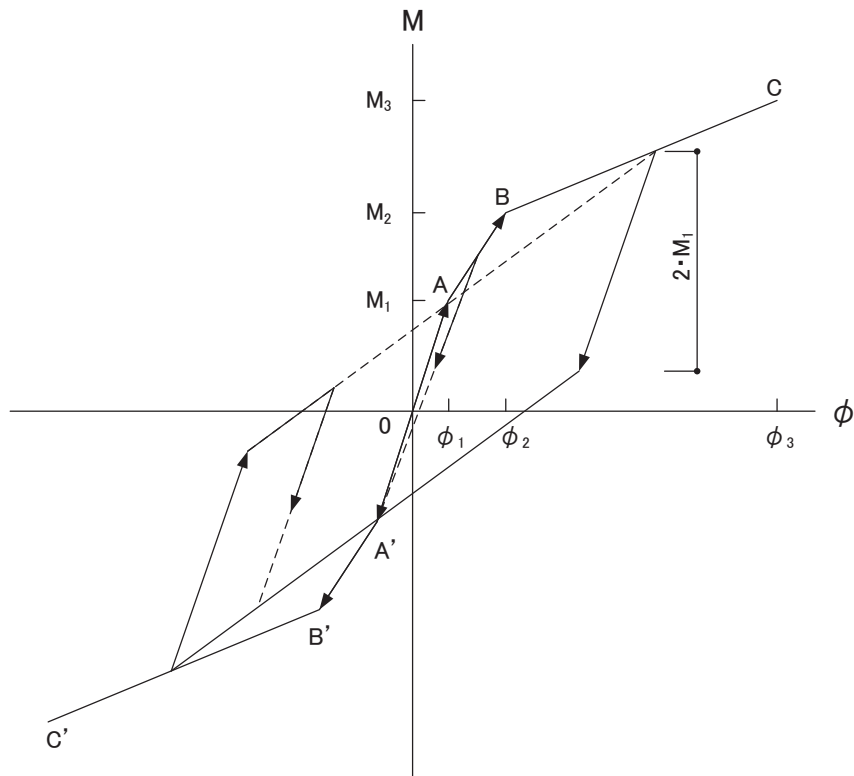
ϕ_2 : 第 2 折点の曲率

ϕ_3 : 終局点の曲率

図 3-13 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係

(4) 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

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



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

図 3-14 耐震壁の曲げモーメントー曲率関係の履歴特性

(5) スケルトンカーブの諸数値

緊急時対策建屋の各耐震壁について算出したせん断力及び曲げモーメントのスケルトンカーブの諸数値を表 3-5 及び表 3-6 に示す。

表 3-5(1) せん断力のスケルトンカーブ ($\tau - \gamma$ 関係) NS 方向

A 通り

O. P. (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 ($\times 10^{-3}$)
75.9 ~ 69.4	1.84	2.48	7.64	0.180	0.541	4.00
69.4 ~ 62.2	1.84	2.49	7.67	0.181	0.543	4.00
62.2 ~ 57.3	1.88	2.54	7.46	0.185	0.554	4.00
57.3 ~ 51.5	1.94	2.62	7.67	0.190	0.571	4.00

E 通り

O. P. (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 ($\times 10^{-3}$)
75.9 ~ 69.4	1.80	2.44	7.63	0.177	0.531	4.00
69.4 ~ 62.2	1.84	2.48	7.67	0.180	0.541	4.00
62.2 ~ 57.3	1.88	2.53	7.45	0.184	0.552	4.00
57.3 ~ 51.5	1.93	2.60	7.67	0.189	0.567	4.00

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

1 通り

O. P. (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 ($\times 10^{-3}$)
75.9 ~ 69.4	1.81	2.44	7.63	0.177	0.531	4.00
69.4 ~ 62.2	1.83	2.48	7.67	0.180	0.540	4.00
62.2 ~ 57.3	1.88	2.53	7.45	0.184	0.552	4.00
57.3 ~ 51.5	1.93	2.60	7.67	0.189	0.567	4.00

5 通り

O. P. (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 ($\times 10^{-3}$)
75.9 ~ 69.4	1.83	2.48	7.64	0.180	0.540	4.00
69.4 ~ 62.2	1.85	2.49	7.67	0.181	0.543	4.00
62.2 ~ 57.3	1.88	2.54	7.45	0.184	0.553	4.00
57.3 ~ 51.5	1.94	2.62	7.67	0.190	0.570	4.00

表 3-6(1) 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) NS 方向

A 通り

O. P. (m)	M ₁ (×10 ⁶ kN・m)	M ₂ (×10 ⁶ kN・m)	M ₃ (×10 ⁶ kN・m)	φ ₁ (×10 ⁻⁵ /m)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ /m)	φ ₃ (×10 ⁻⁵ /m)
75.9 ~ 69.4	0.779	2.86	3.92	0.610	6.70	134
69.4 ~ 62.2	1.94	7.48	10.2	0.594	6.79	136
62.2 ~ 57.3	2.88	10.1	13.7	0.631	6.91	138
57.3 ~ 51.5	3.52	13.4	18.1	0.675	7.13	143

E 通り

O. P. (m)	M ₁ (×10 ⁶ kN・m)	M ₂ (×10 ⁶ kN・m)	M ₃ (×10 ⁶ kN・m)	φ ₁ (×10 ⁻⁵ /m)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ /m)	φ ₃ (×10 ⁻⁵ /m)
75.9 ~ 69.4	0.755	2.83	3.89	0.519	6.68	134
69.4 ~ 62.2	1.85	7.40	10.4	0.615	6.97	139
62.2 ~ 57.3	2.86	10.1	13.6	0.627	6.91	138
57.3 ~ 51.5	3.48	13.4	18.0	0.668	7.12	142

表 3-6(2) 曲げモーメントのスケルトンカーブ (M-φ 関係) EW 方向

1 通り

O. P. (m)	M ₁ (×10 ⁶ kN・m)	M ₂ (×10 ⁶ kN・m)	M ₃ (×10 ⁶ kN・m)	φ ₁ (×10 ⁻⁵ /m)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ /m)	φ ₃ (×10 ⁻⁵ /m)
75.9 ~ 69.4	0.756	2.83	3.89	0.592	6.68	134
69.4 ~ 62.2	1.96	7.68	10.6	0.596	6.82	136
62.2 ~ 57.3	2.86	10.1	13.6	0.626	6.91	138
57.3 ~ 51.5	3.47	13.4	18.0	0.667	7.12	142

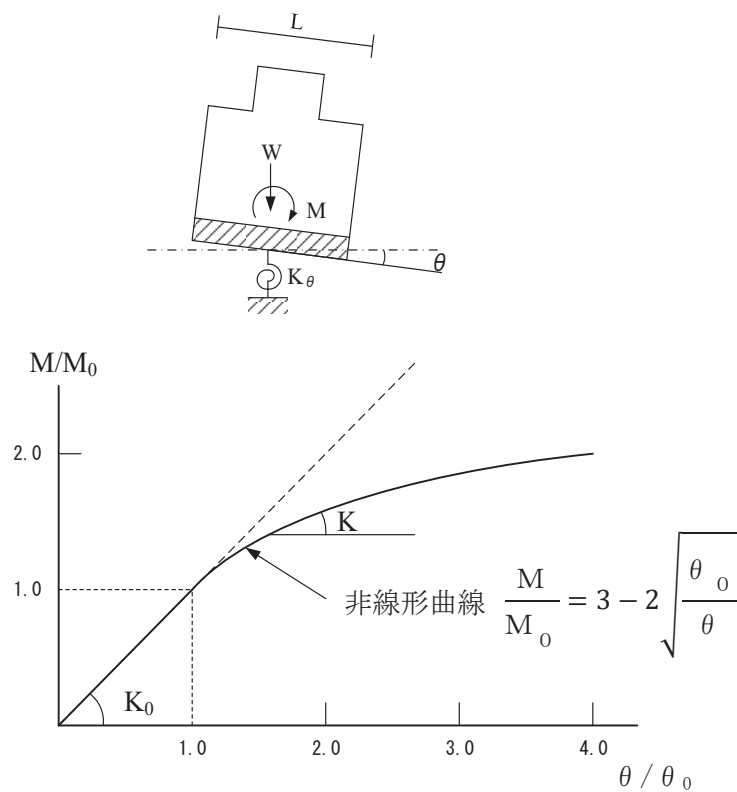
5 通り

O. P. (m)	M ₁ (×10 ⁶ kN・m)	M ₂ (×10 ⁶ kN・m)	M ₃ (×10 ⁶ kN・m)	φ ₁ (×10 ⁻⁵ /m)	φ ₂ (×10 ⁻⁵ /m)	φ ₃ (×10 ⁻⁵ /m)
75.9 ~ 69.4	0.776	2.85	3.92	0.608	6.69	134
69.4 ~ 62.2	1.79	7.08	9.89	0.598	6.77	135
62.2 ~ 57.3	2.87	10.1	13.7	0.630	6.91	138
57.3 ~ 51.5	3.51	13.4	18.1	0.674	7.13	143

3.4.2 地盤の回転ばねの復元力特性

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

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



- M : 転倒モーメント
- M_0 : 浮上り限界転倒モーメント ($=W \cdot L / 6$)
- θ : 回転角
- θ_0 : 浮上り限界回転角
- K_0 : 地盤の回転ばね定数 (浮上り前)
- K : 地盤の回転ばね定数 (浮上り後)
- W : 建屋総重量
- L : 建屋基礎幅

図 3-15 回転ばねのモーメントー回転角の関係

3.4.3 材料物性の不確かさ

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

材料物性の不確かさのうち、地盤物性については、地盤調査結果の平均値をもとに設定した数値を基本ケースとし、支持地盤のせん断波速度の不確かさは、 $\pm \sigma$ 相当として、変動係数 6.7% を考慮する。

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

材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケースを表 3-7 に、地盤物性の不確かさを考慮した解析用地盤物性を表 3-8 に示す。

表 3-7 材料物性の不確かさを考慮する地震応答解析ケース

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

表 3-8(1) 地盤物性の不確かさを考慮した地下構造モデルの解析用地盤物性

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

表 3-8(2) 地盤物性の不確かさを考慮した建屋位置地盤モデルの解析用地盤物性

	O. P. (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. 解析結果

4.1 動的解析

本資料においては、代表として基本ケースの地震応答解析結果を示す。

4.1.1 固有値解析結果

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

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

4.1.2 地震応答解析結果

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

表 4-1 固有值解析結果

(a) NS 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.101	9.92	1.734
2	0.047	21.23	1.364
3	0.034	29.45	0.160
4	0.033	29.94	1.051

(b) EW 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.101	9.91	1.734
2	0.047	21.22	1.361
3	0.034	29.33	0.143
4	0.033	29.93	1.060

(c) UD 方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数
1	0.051	19.74	1.701
2	0.026	38.13	0.933
3	0.017	60.14	0.288
4	0.012	80.45	0.066

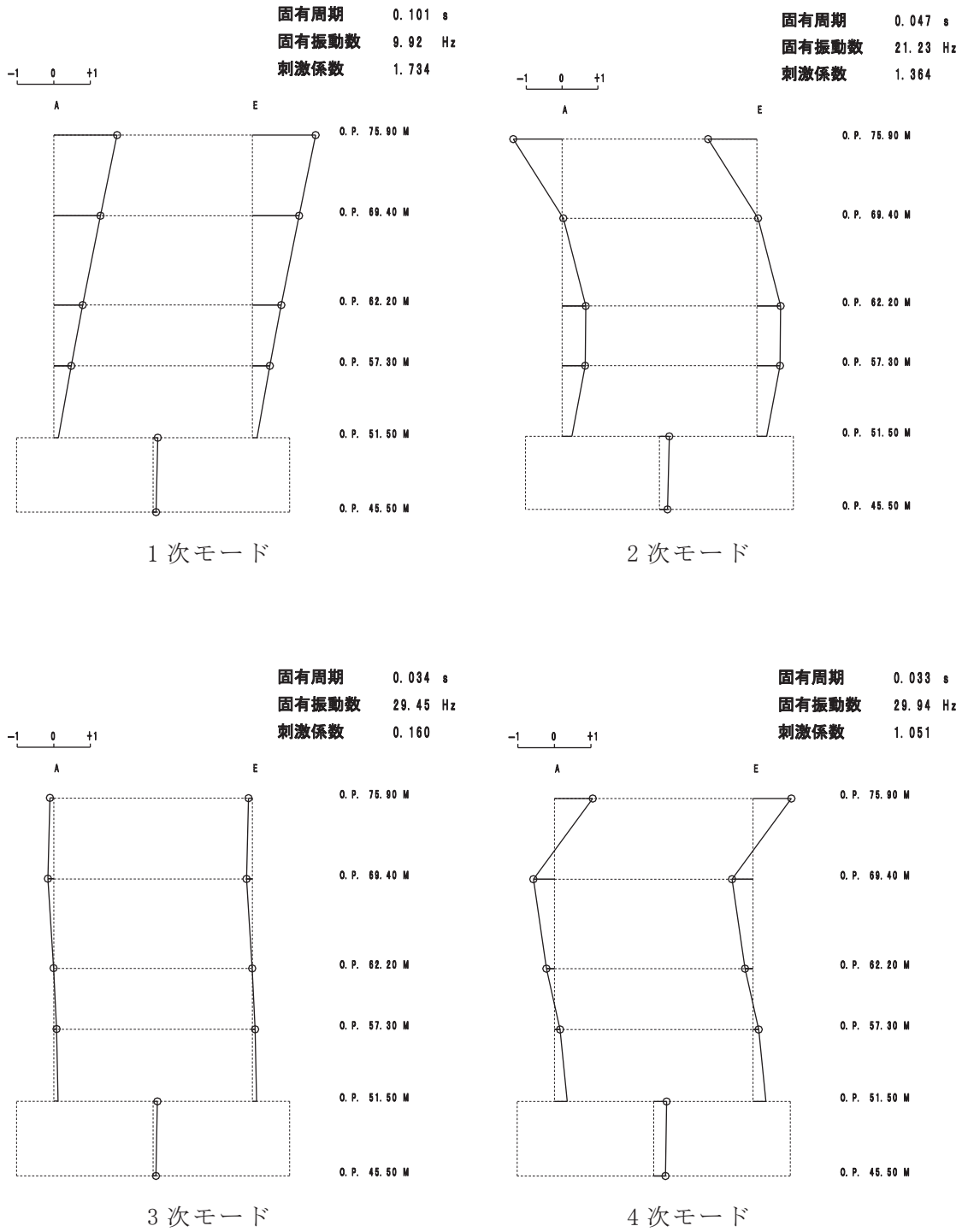


図 4-1(1) 刺激関数図 (NS 方向)

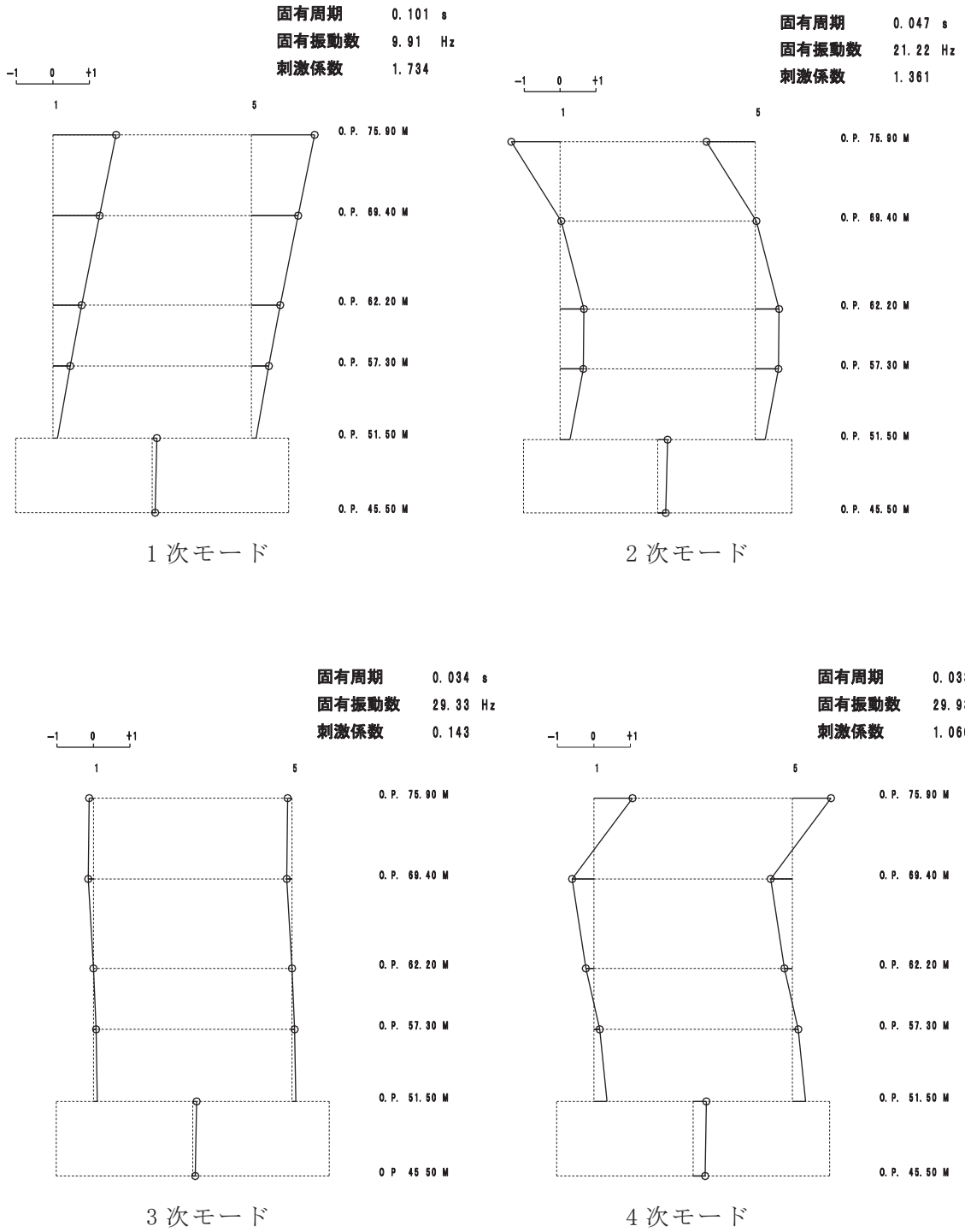


図 4-1(2) 刺激関数図 (EW 方向)

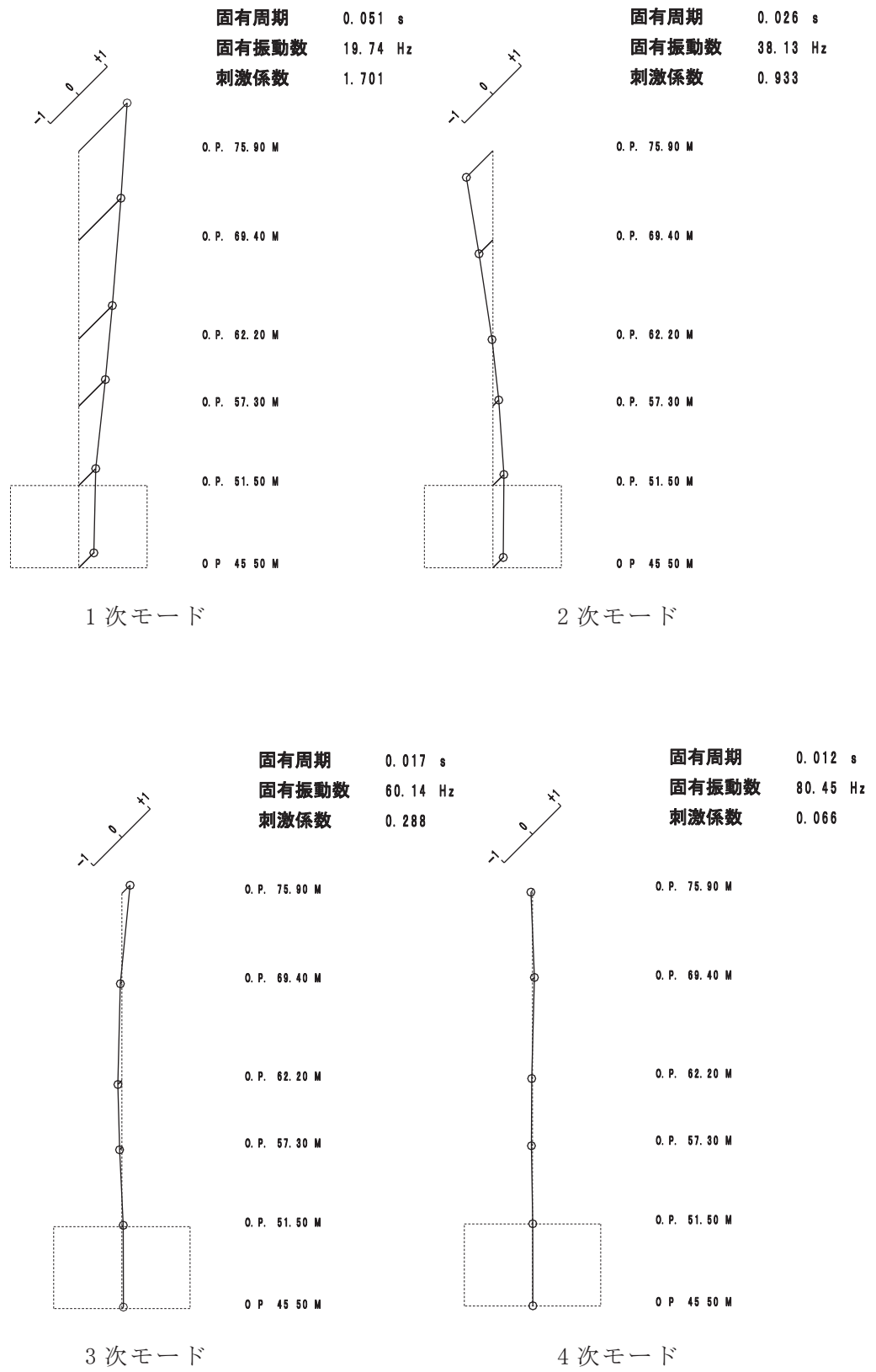


図 4-1(3) 刺激関数図 (UD 方向)

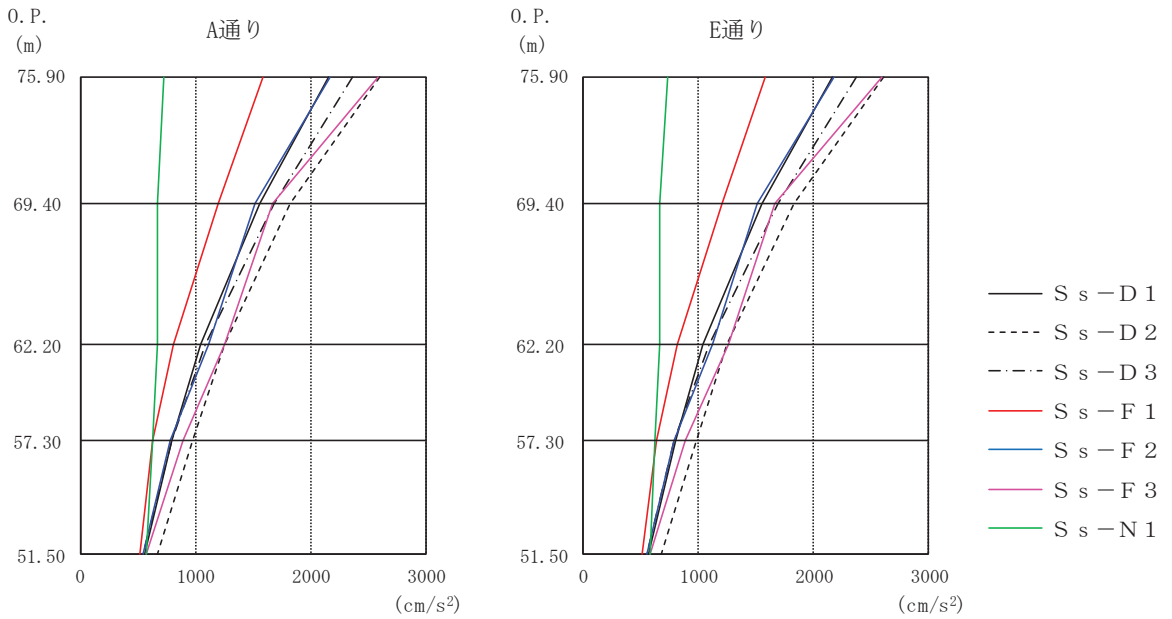
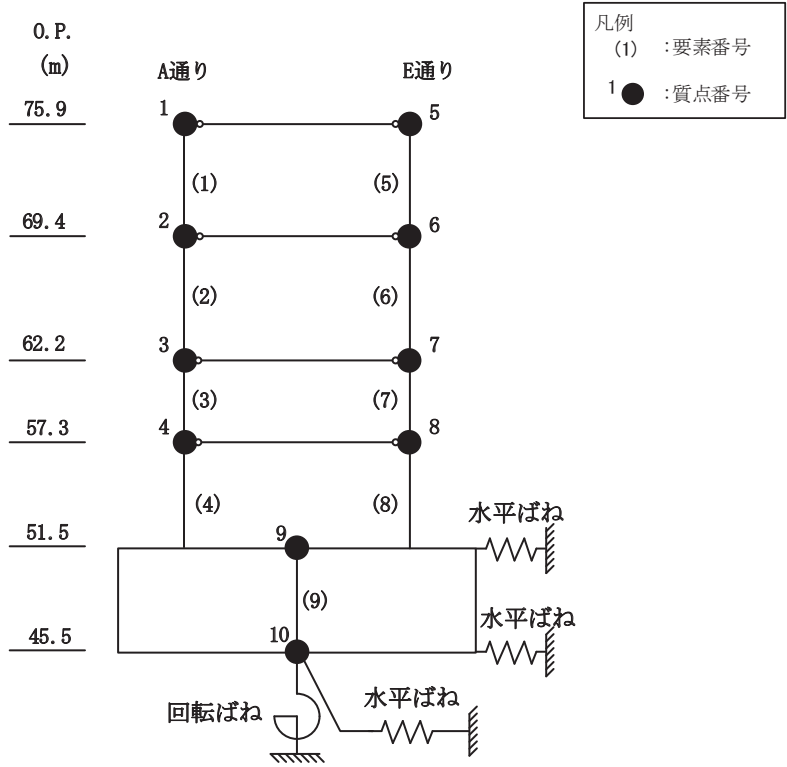


図 4-2 最大応答加速度 (基準地震動 S_s , NS 方向)

表 4-2 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，NS 方向）

質点 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	2160	2603	2373	1584	2178	2590	734	2603
2	1556	1827	1687	1202	1517	1667	665	1827
3	1041	1253	1092	813	1118	1262	668	1262
4	802	984	792	636	788	891	627	984
5	2160	2603	2373	1584	2178	2590	734	2603
6	1556	1827	1687	1202	1517	1667	665	1827
7	1041	1253	1092	813	1118	1262	668	1262
8	802	984	792	636	788	891	627	984
9	565	673	553	518	551	579	580	673

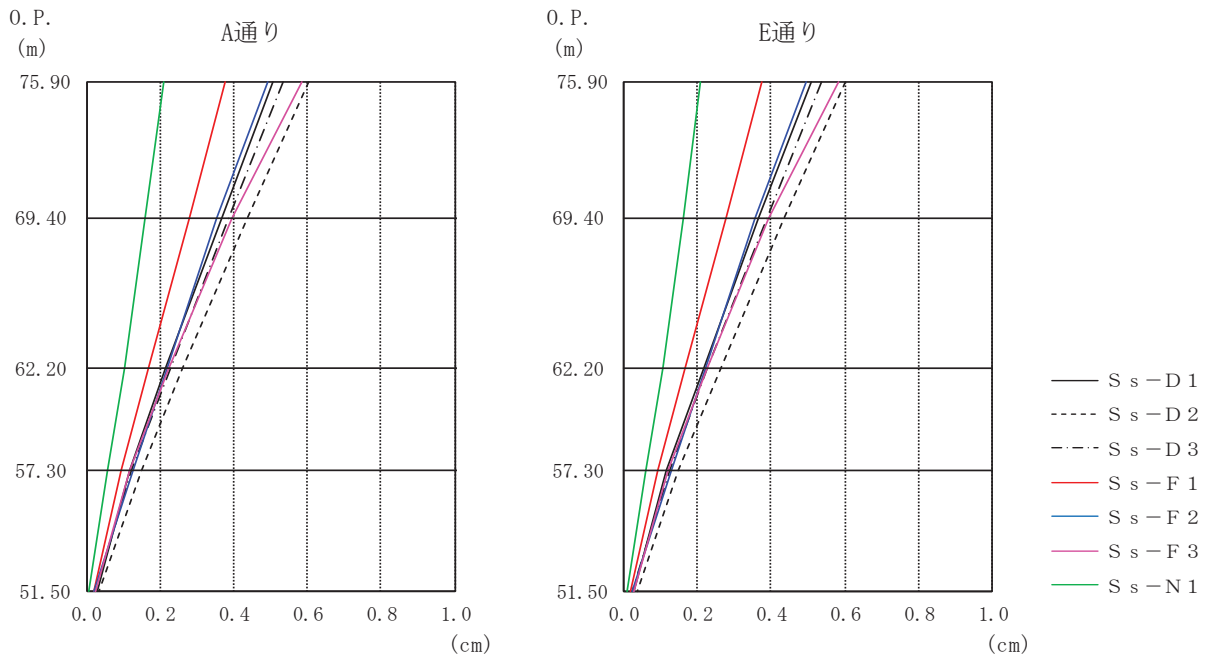
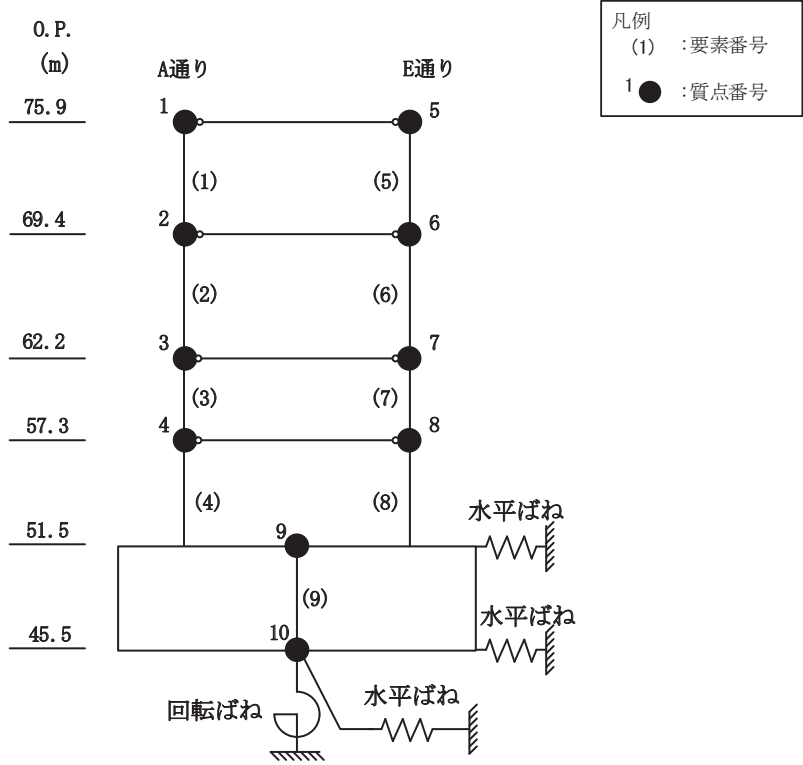


図 4-3 最大応答変位 (基準地震動 S_s, NS 方向)

表 4-3 最大応答変位一覧（基準地震動 S_s ，NS 方向）

質点 番号	最大応答水平変位 (cm)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
1	0.51	0.60	0.53	0.38	0.49	0.58	0.21	0.60
2	0.37	0.44	0.39	0.28	0.36	0.39	0.16	0.44
3	0.22	0.26	0.23	0.17	0.22	0.22	0.10	0.26
4	0.12	0.15	0.12	0.09	0.13	0.12	0.06	0.15
5	0.51	0.60	0.53	0.38	0.49	0.58	0.21	0.60
6	0.37	0.44	0.39	0.28	0.36	0.39	0.16	0.44
7	0.22	0.26	0.23	0.17	0.22	0.22	0.10	0.26
8	0.12	0.15	0.12	0.09	0.13	0.12	0.06	0.15
9	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.04

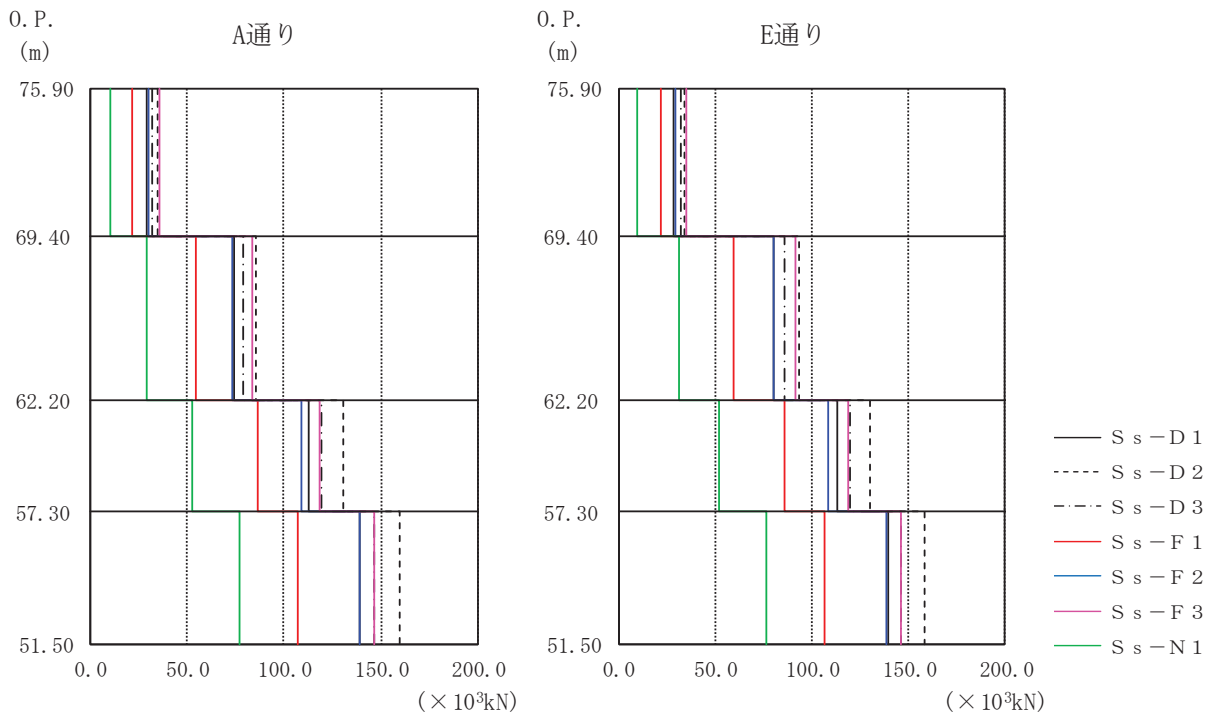
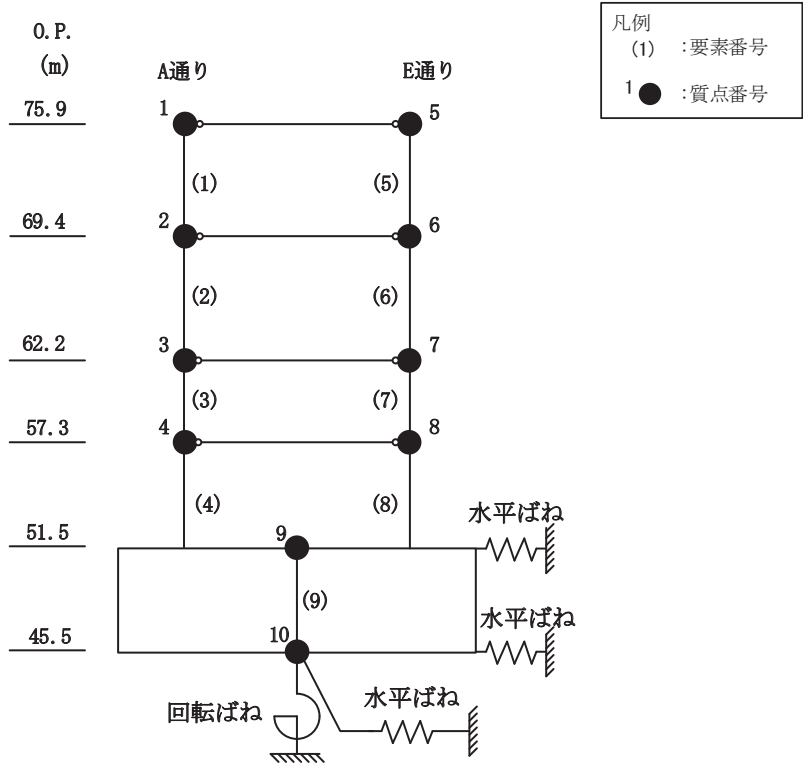


図 4-4 最大応答せん断力 (基準地震動 S s , NS 方向)

表 4-4 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s ，NS 方向）

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
(1)	29.17	34.51	32.22	21.51	29.74	35.14	9.84	35.14
(2)	73.83	85.51	79.10	54.55	73.36	83.33	28.56	85.51
(3)	113.04	130.32	119.65	85.91	109.08	118.62	52.34	130.32
(4)	139.11	159.51	146.21	107.08	138.80	146.21	76.50	159.51
(5)	28.84	33.96	32.00	21.41	29.48	34.60	9.72	34.60
(6)	80.46	93.32	86.19	59.48	80.08	91.02	31.11	93.32
(7)	112.65	129.92	119.23	85.63	108.71	118.31	52.13	129.92
(8)	138.97	158.65	146.06	106.97	138.66	146.06	76.42	158.65

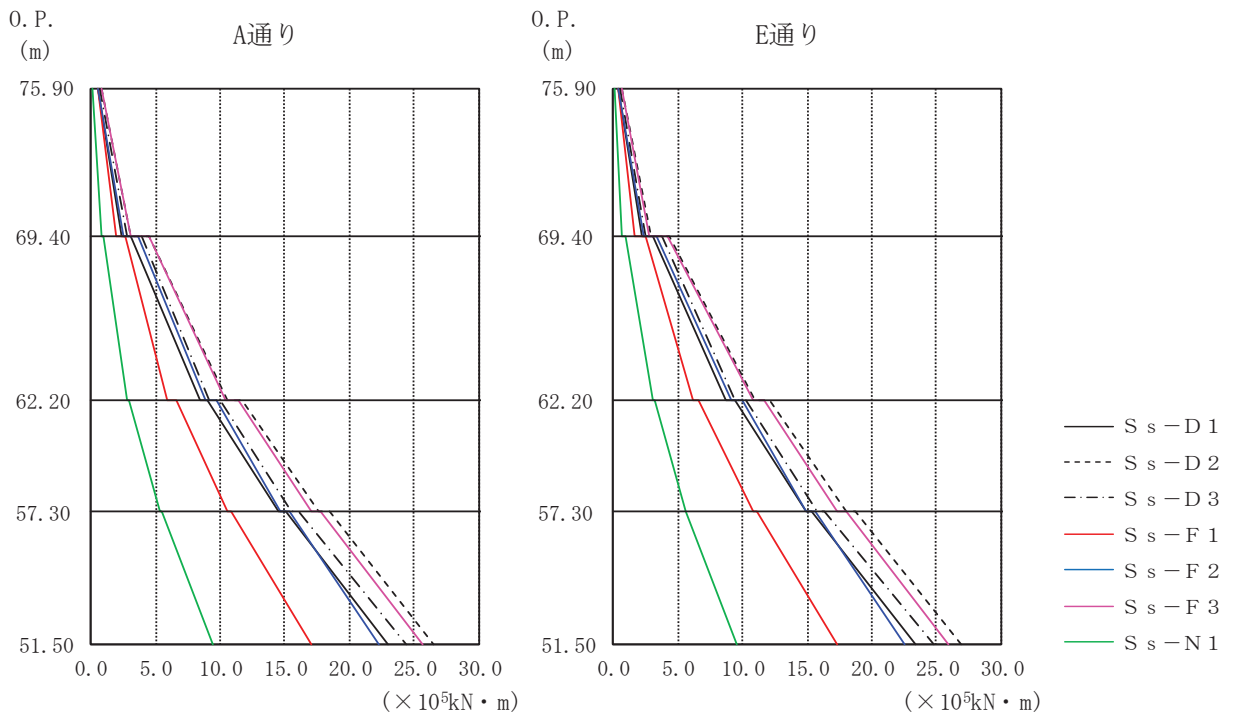
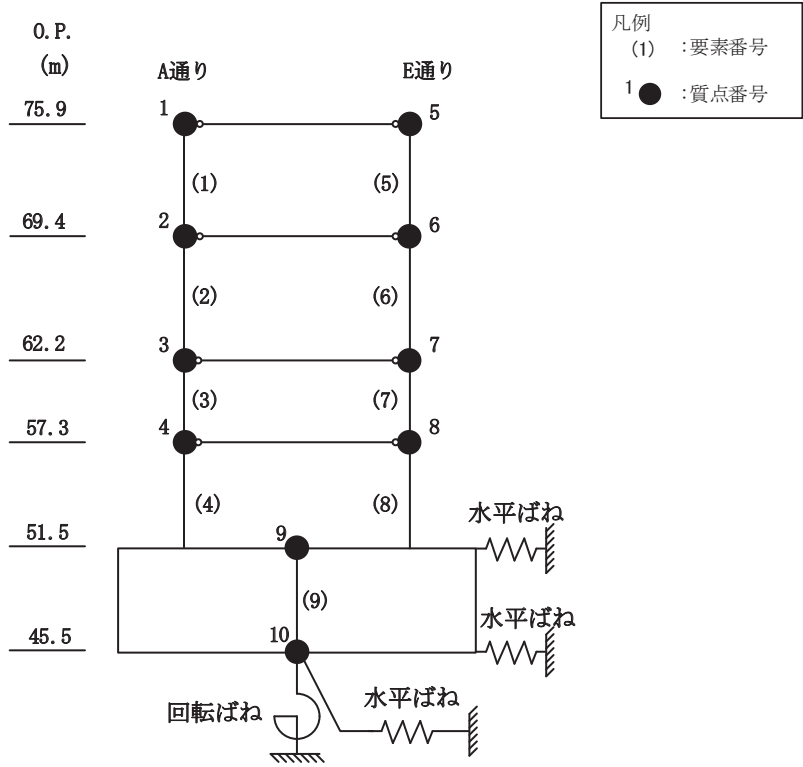


図 4-5 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, NS 方向)

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

要素 番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁵ 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)	0.56	0.80	0.69	0.49	0.60	0.86	0.14	0.86
	2.36	3.07	2.79	1.88	2.52	3.12	0.76	3.12
(2)	3.10	4.42	3.91	2.67	3.58	4.48	0.97	4.48
	8.38	10.59	9.12	5.96	8.80	10.45	2.86	10.59
(3)	9.04	11.65	10.03	6.55	9.65	11.42	2.98	11.65
	14.53	17.62	15.45	10.54	14.72	17.06	5.40	17.62
(4)	15.03	18.39	15.99	10.90	15.35	17.79	5.50	18.39
	23.04	26.56	24.40	17.11	22.28	25.72	9.42	26.56
(5)	0.38	0.63	0.50	0.33	0.43	0.63	0.09	0.63
	2.22	2.85	2.56	1.71	2.33	2.82	0.71	2.85
(6)	2.99	4.29	3.70	2.49	3.40	4.23	0.93	4.29
	8.76	11.01	9.38	6.16	9.10	10.76	3.02	11.01
(7)	9.38	12.07	10.25	6.65	9.92	11.67	3.14	12.07
	14.87	18.01	15.83	10.79	14.98	17.30	5.55	18.01
(8)	15.36	18.77	16.35	11.14	15.58	17.96	5.65	18.77
	23.35	26.92	24.75	17.34	22.51	25.89	9.56	26.92

表 4-6 最大応答せん断ひずみ一覧 (基準地震動 S_s, NS 方向)

要素 番号	最大応答せん断ひずみ (×10 ⁻³)							最大値 (×10 ⁻³)
	S _s -D1	S _s -D2	S _s -D3	S _s -F1	S _s -F2	S _s -F3	S _s -N1	
(1)	0.157	0.213	0.174	0.116	0.160	0.232	0.053	0.232
(2)	0.156	0.181	0.167	0.116	0.155	0.176	0.060	0.181
(3)	0.160	0.185	0.170	0.122	0.155	0.168	0.074	0.185
(4)	0.170	0.219	0.179	0.131	0.170	0.179	0.094	0.219
(5)	0.155	0.211	0.172	0.115	0.159	0.231	0.052	0.231
(6)	0.155	0.179	0.166	0.114	0.154	0.175	0.060	0.179
(7)	0.160	0.185	0.169	0.121	0.154	0.168	0.074	0.185
(8)	0.170	0.219	0.179	0.131	0.170	0.179	0.094	0.219

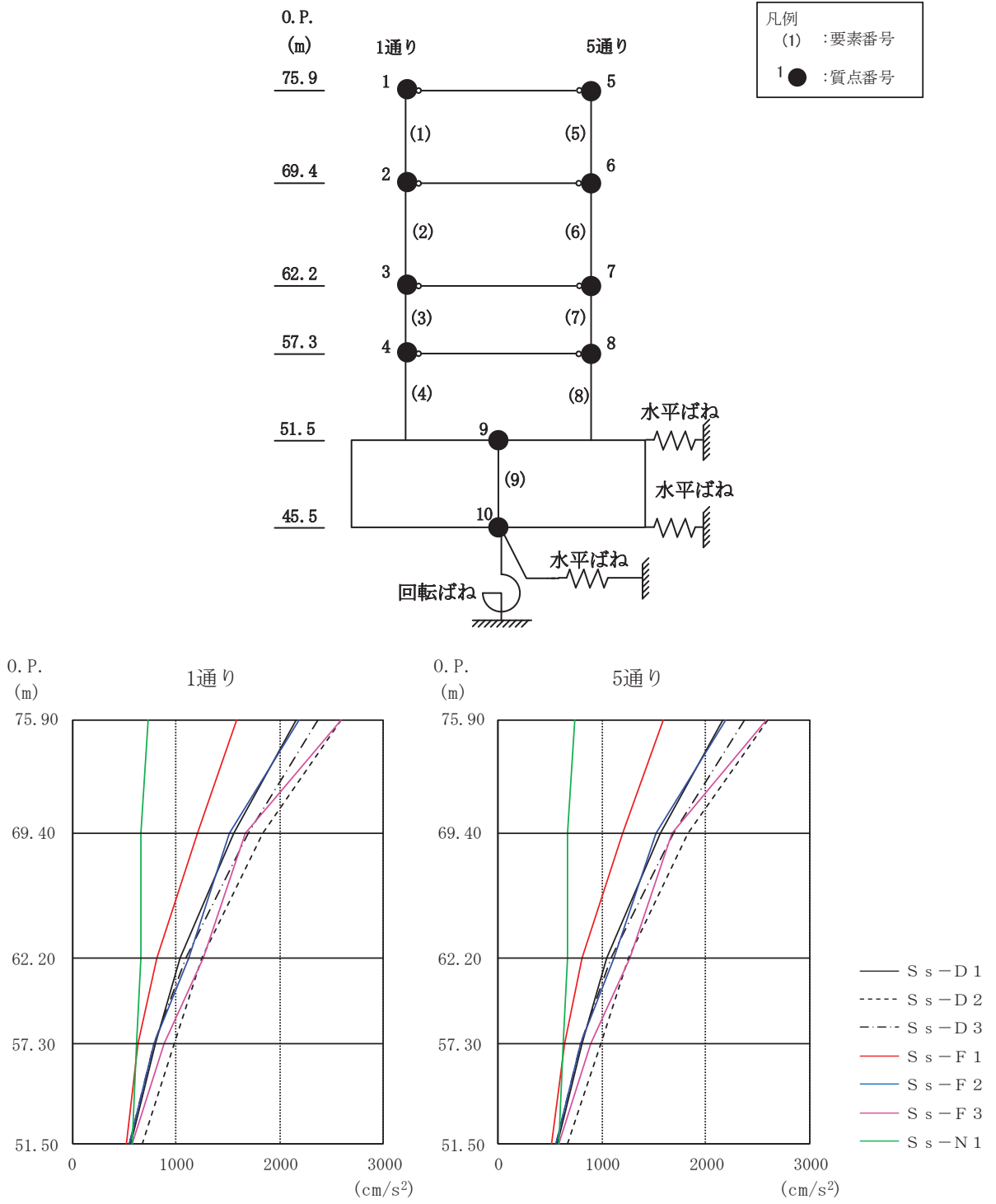


図 4-6 最大応答加速度 (基準地震動 S_s, EW 方向)

表 4-7 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

質点 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	2162	2593	2365	1584	2183	2584	738	2593
2	1558	1832	1689	1202	1519	1673	666	1832
3	1040	1250	1089	810	1119	1261	668	1261
4	801	982	793	634	788	890	627	982
5	2162	2593	2365	1584	2183	2584	738	2593
6	1558	1832	1689	1202	1519	1673	666	1832
7	1040	1250	1089	810	1119	1261	668	1261
8	801	982	793	634	788	890	627	982
9	565	673	553	518	551	579	580	673

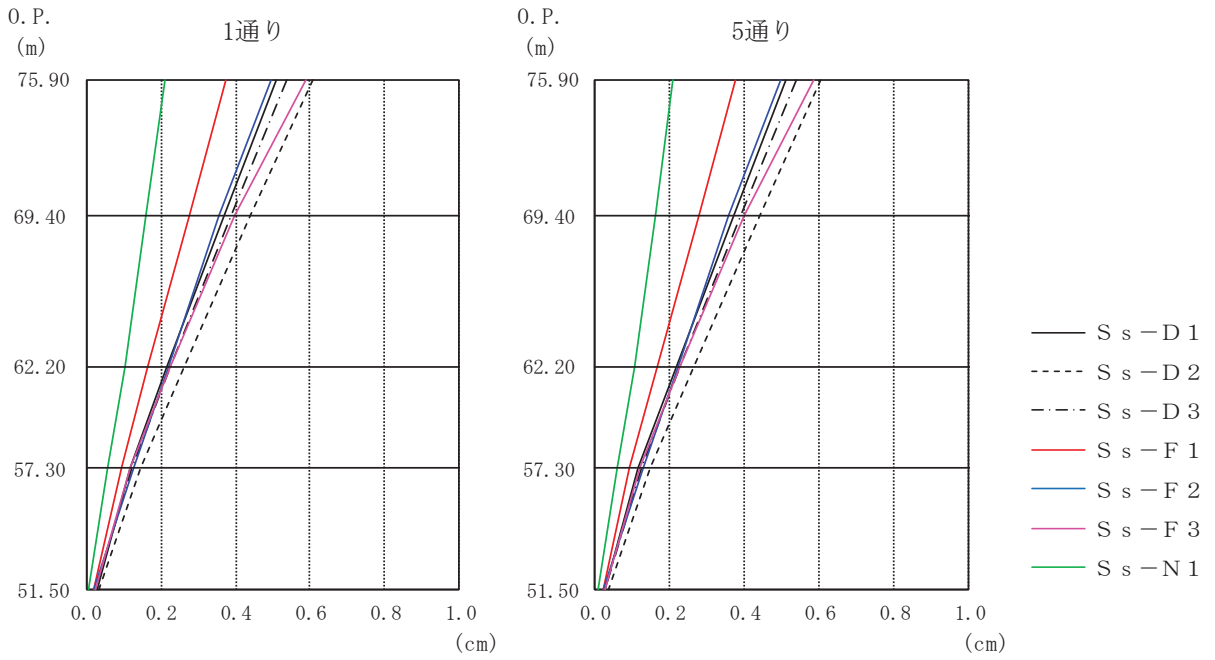
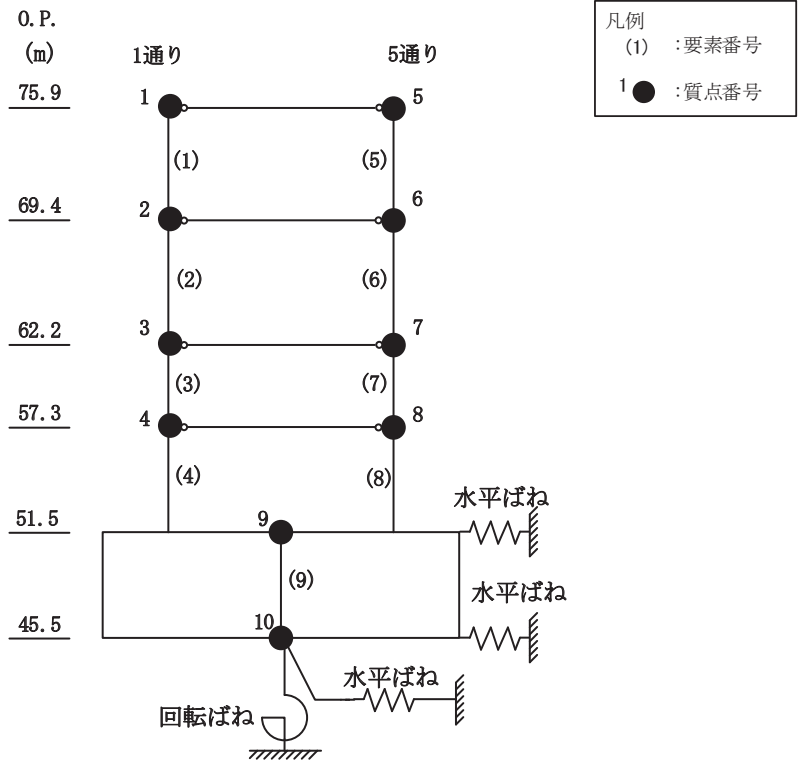


図 4-7 最大応答変位 (基準地震動 S_s , EW 方向)

表 4-8 最大応答変位一覧 (基準地震動 S_s , EW 方向)

質点 番号	最大応答水平変位 (cm)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
1	0.51	0.61	0.54	0.38	0.50	0.59	0.21	0.61
2	0.37	0.44	0.39	0.28	0.36	0.40	0.16	0.44
3	0.22	0.26	0.23	0.17	0.22	0.22	0.10	0.26
4	0.12	0.15	0.12	0.09	0.13	0.12	0.06	0.15
5	0.51	0.61	0.54	0.38	0.50	0.59	0.21	0.61
6	0.37	0.44	0.39	0.28	0.36	0.40	0.16	0.44
7	0.22	0.26	0.23	0.17	0.22	0.22	0.10	0.26
8	0.12	0.15	0.12	0.09	0.13	0.12	0.06	0.15
9	0.03	0.04	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.04

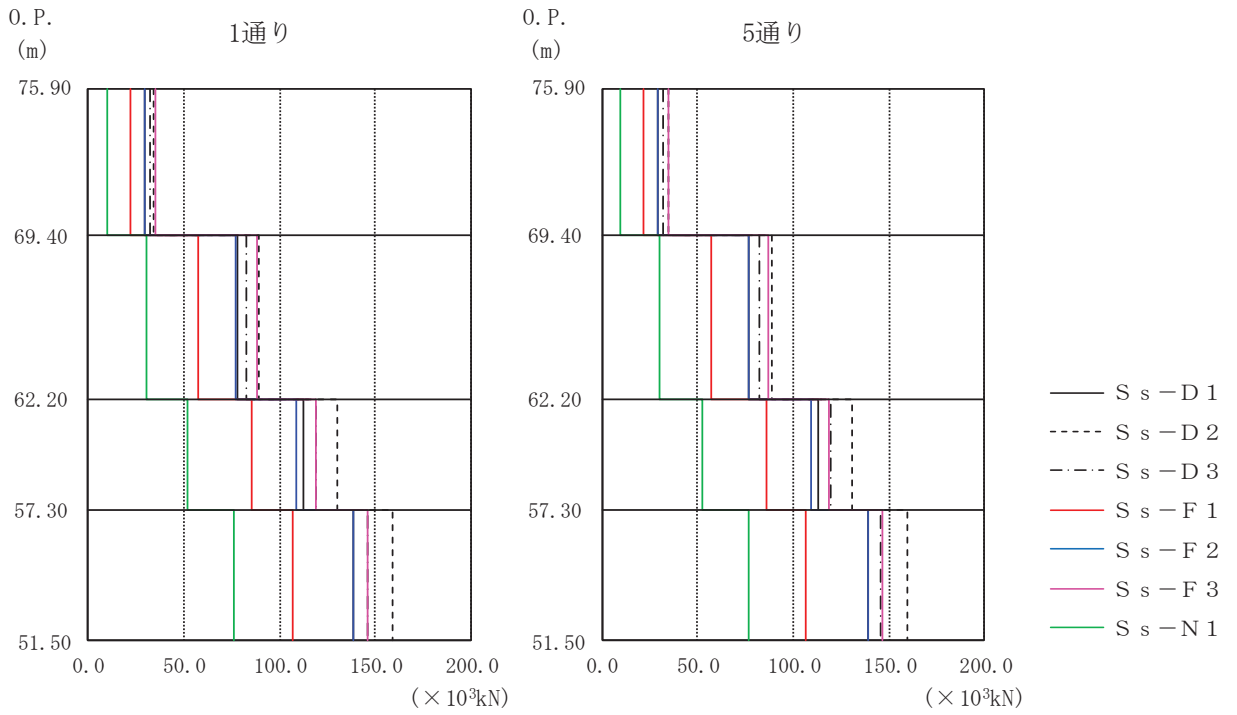
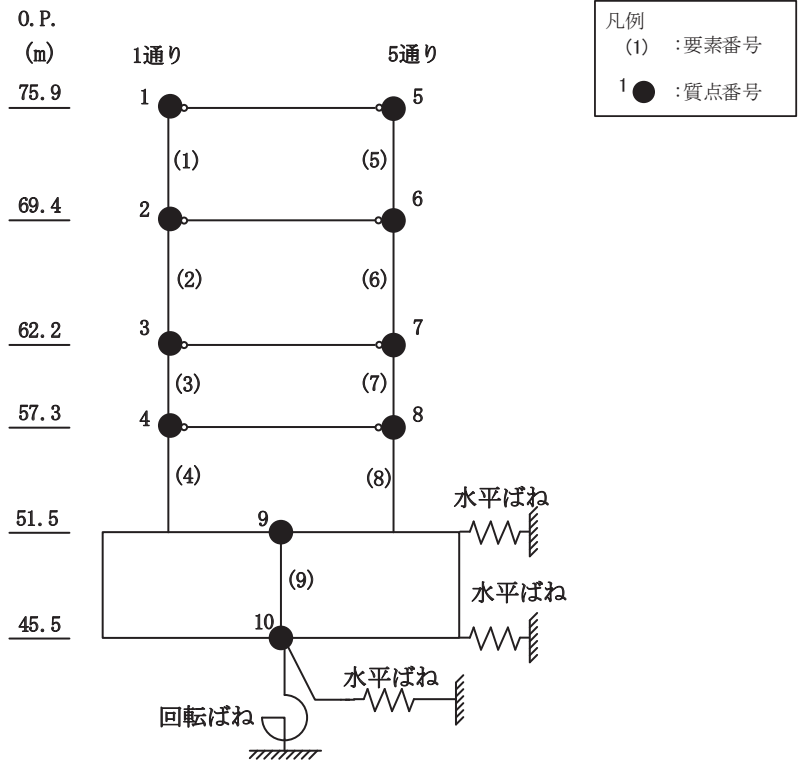


図 4-8 最大応答せん断力 (基準地震動 S_s , EW 方向)

表 4-9 最大応答せん断力一覧（基準地震動 S_s ，EW 方向）

要素 番号	最大応答せん断力 ($\times 10^3 \text{kN}$)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
(1)	29.22	34.08	32.32	21.68	29.92	34.73	9.88	34.73
(2)	77.65	88.74	83.12	57.23	77.37	88.07	30.02	88.74
(3)	112.90	129.89	119.36	85.64	109.10	118.67	52.26	129.89
(4)	139.02	158.62	145.96	106.83	138.90	146.12	76.52	158.62
(5)	28.83	34.39	31.70	21.24	29.42	35.03	9.76	35.03
(6)	76.86	88.86	82.29	56.71	76.41	86.69	29.79	88.86
(7)	112.82	130.20	119.30	85.62	109.10	118.42	52.33	130.20
(8)	138.98	159.35	145.93	106.82	138.90	146.12	76.55	159.35

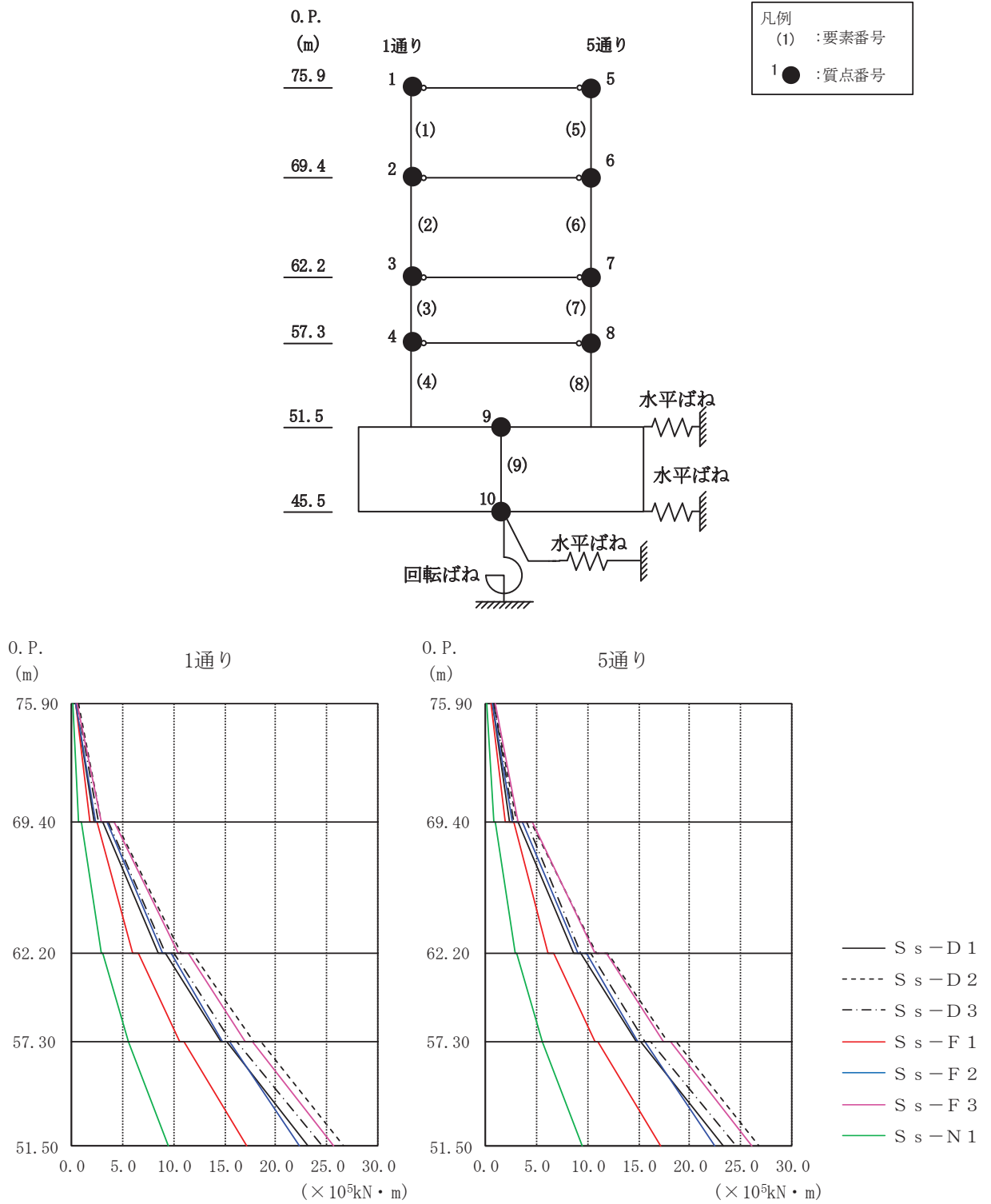


図 4-9 最大応答曲げモーメント (基準地震動 S_s, EW 方向)

表 4-10 最大応答曲げモーメント一覧（基準地震動 S_s，EW 方向）

要素 番号	最大応答曲げモーメント（×10 ⁵ 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)	0.35	0.59	0.47	0.31	0.41	0.57	0.09	0.59
	2.22	2.83	2.56	1.71	2.34	2.83	0.71	2.83
(2)	2.97	4.26	3.64	2.45	3.39	4.18	0.92	4.26
	8.55	10.71	9.12	6.00	8.89	10.50	2.95	10.71
(3)	9.18	11.82	10.00	6.49	9.73	11.40	3.07	11.82
	14.69	17.78	15.62	10.64	14.80	17.06	5.49	17.78
(4)	15.17	18.55	16.15	10.99	15.41	17.71	5.59	18.55
	23.16	26.71	24.54	17.19	22.34	25.65	9.51	26.71
(5)	0.60	0.85	0.74	0.52	0.63	0.93	0.15	0.93
	2.36	3.08	2.80	1.89	2.54	3.15	0.76	3.15
(6)	3.13	4.48	3.96	2.71	3.62	4.58	0.98	4.58
	8.61	10.88	9.37	6.13	9.05	10.78	2.94	10.88
(7)	9.26	11.95	10.28	6.71	9.89	11.77	3.06	11.95
	14.74	17.90	15.67	10.66	14.95	17.40	5.48	17.90
(8)	15.25	18.68	16.20	11.01	15.58	18.15	5.58	18.68
	23.24	26.80	24.59	17.21	22.49	26.05	9.51	26.80

表 4-11 最大応答せん断ひずみ一覧（基準地震動 S_s，EW 方向）

要素 番号	最大応答せん断ひずみ（×10 ⁻³ ）							最大値 （×10 ⁻³ ）
	S _s -D1	S _s -D2	S _s -D3	S _s -F1	S _s -F2	S _s -F3	S _s -N1	
(1)	0.157	0.214	0.174	0.117	0.161	0.234	0.053	0.234
(2)	0.158	0.184	0.169	0.116	0.157	0.179	0.061	0.184
(3)	0.160	0.185	0.169	0.121	0.155	0.168	0.074	0.185
(4)	0.170	0.219	0.179	0.131	0.170	0.179	0.094	0.219
(5)	0.155	0.211	0.171	0.114	0.158	0.230	0.053	0.230
(6)	0.157	0.183	0.168	0.116	0.156	0.177	0.061	0.183
(7)	0.160	0.185	0.169	0.121	0.155	0.168	0.074	0.185
(8)	0.170	0.219	0.179	0.131	0.170	0.179	0.094	0.219

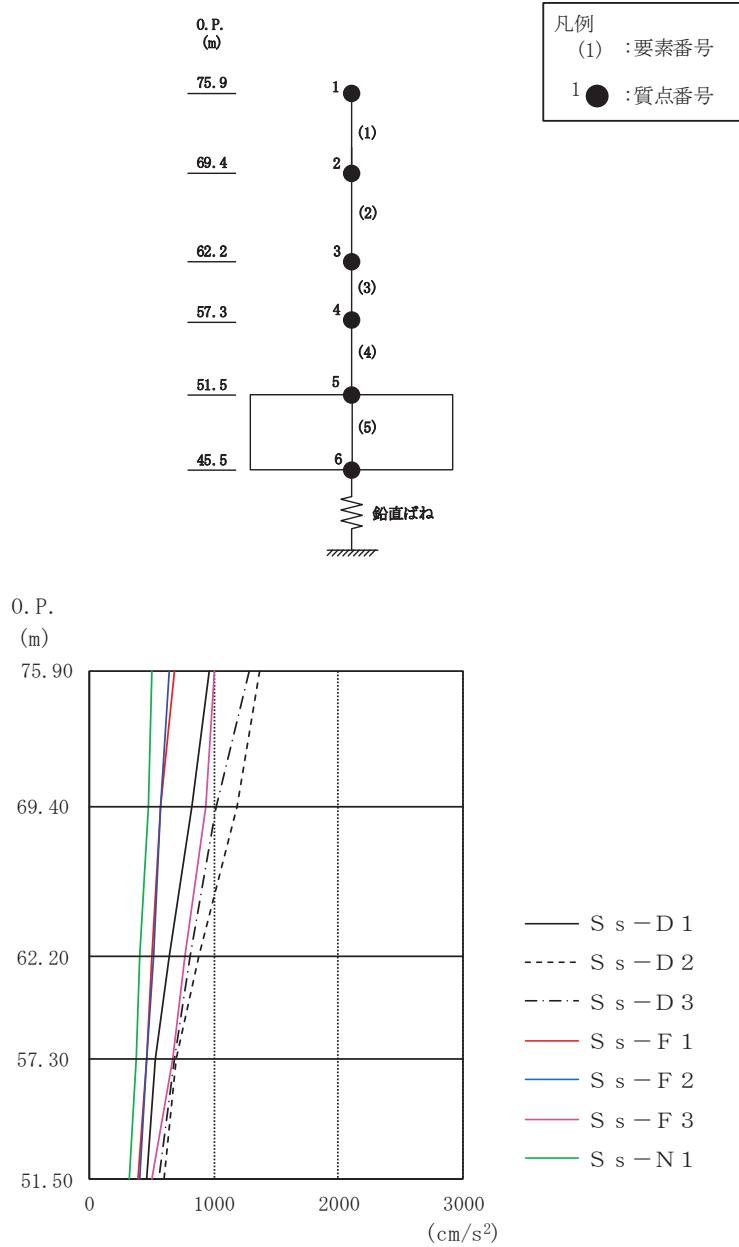


图 4-10 最大応答加速度（基準地震動 S_s ，UD 方向）

表 4-12 最大応答加速度一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

質点 番号	最大応答加速度 (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	964	1376	1285	689	647	1009	497	1376
2	821	1183	1026	570	567	933	472	1183
3	640	885	805	498	511	773	407	885
4	529	703	689	456	465	665	373	703
5	464	602	553	387	406	502	322	602

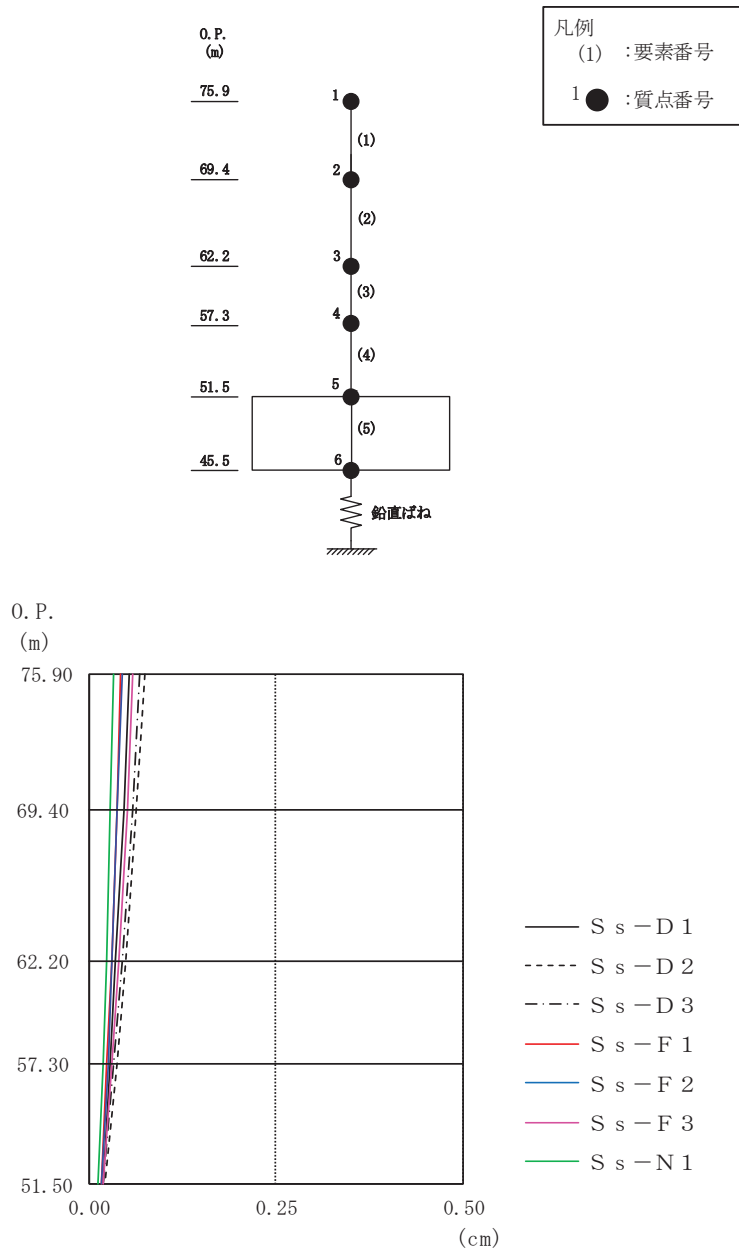


图 4-11 最大応答変位 (基準地震動 S_s, UD 方向)

表 4-13 最大応答変位一覧 (基準地震動 S_s, UD 方向)

質点 番号	最大応答鉛直変位 (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	
1	0.05	0.08	0.07	0.04	0.04	0.06	0.03	0.08
2	0.05	0.06	0.06	0.04	0.04	0.05	0.03	0.06
3	0.04	0.05	0.04	0.03	0.03	0.04	0.02	0.05
4	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.04
5	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02

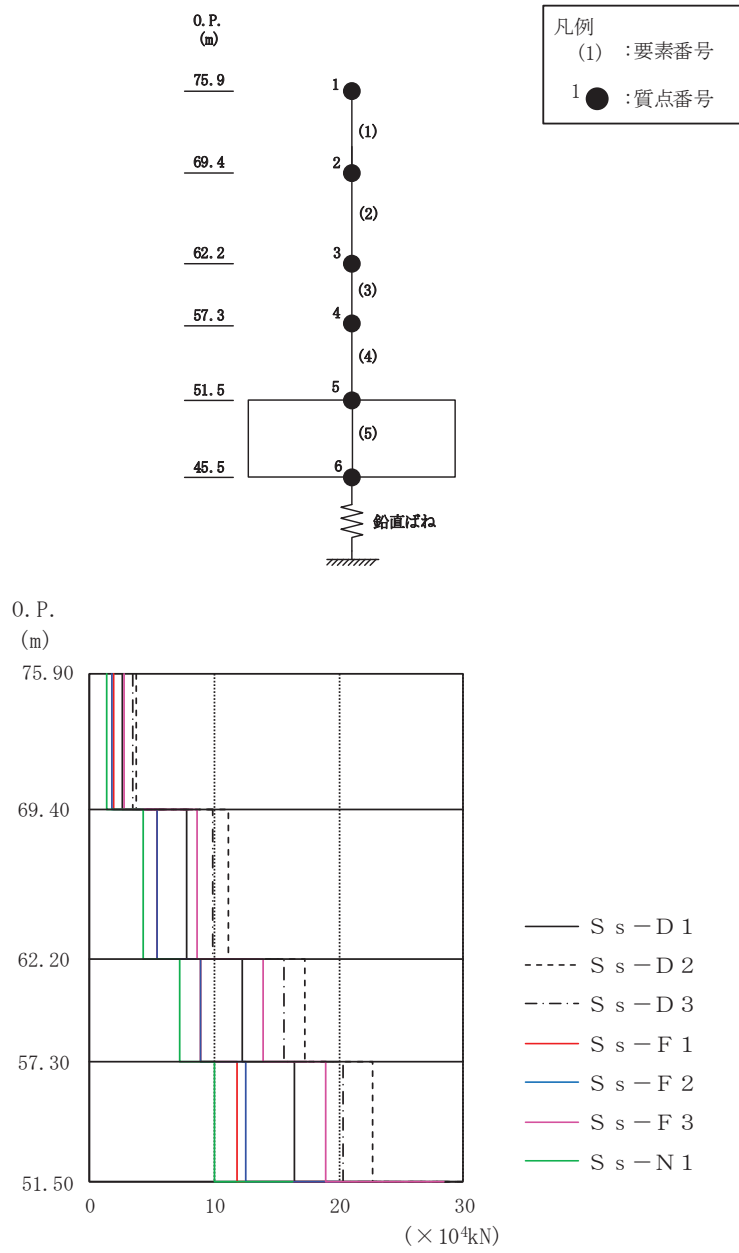
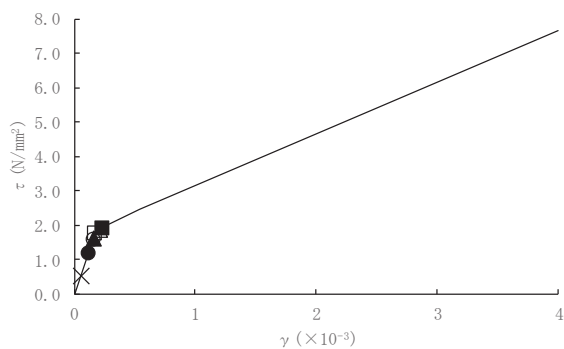


図 4-12 最大応答軸力（基準地震動 S_s ，UD 方向）

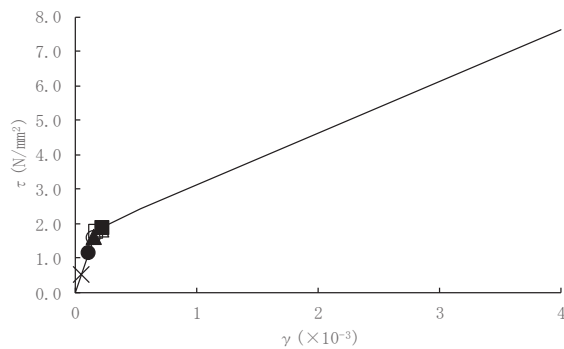
表 4-14 最大応答軸力一覧（基準地震動 S_s ，UD 方向）

要素 番号	最大応答軸力 ($\times 10^4 \text{kN}$)							最大値
	S_s-D1	S_s-D2	S_s-D3	S_s-F1	S_s-F2	S_s-F3	S_s-N1	
(1)	2.60	3.70	3.45	1.85	1.74	2.70	1.34	3.70
(2)	7.72	11.07	9.84	5.44	5.32	8.54	4.30	11.07
(3)	12.29	17.31	15.55	8.82	8.94	13.97	7.20	17.31
(4)	16.36	22.64	20.37	11.87	12.52	18.90	10.01	22.64

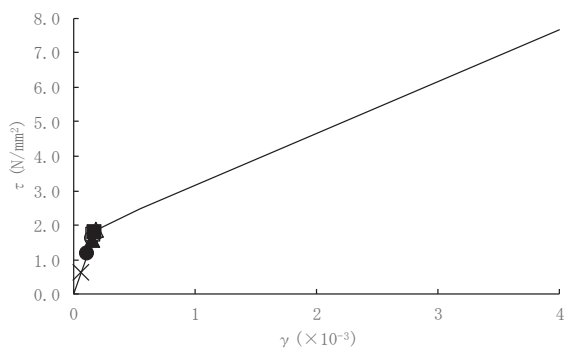
○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



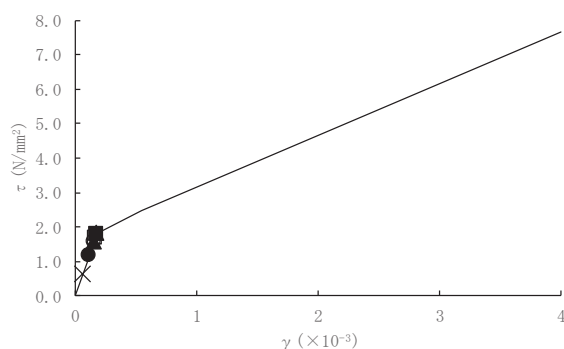
要素番号(1)



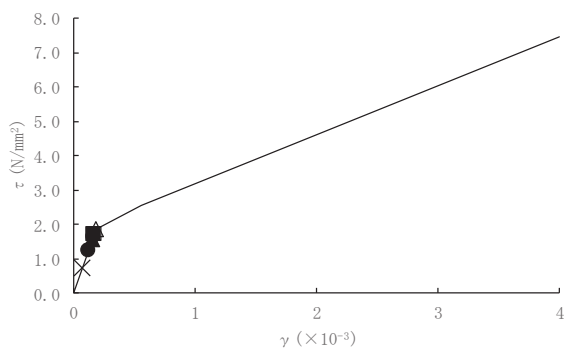
要素番号(5)



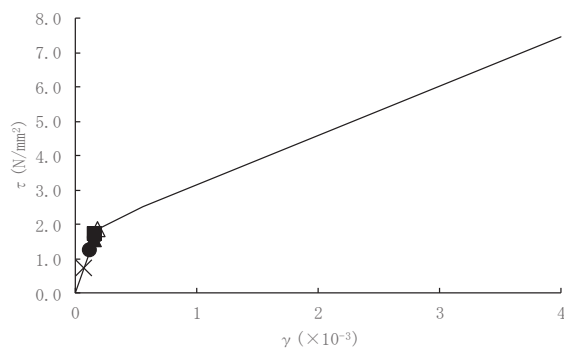
要素番号(2)



要素番号(6)



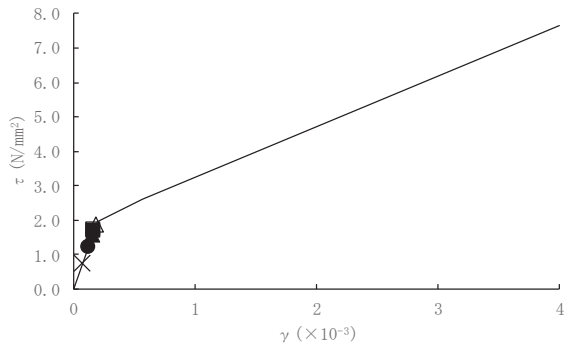
要素番号(3)



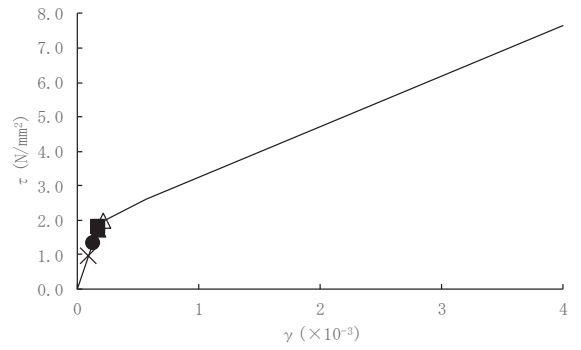
要素番号(7)

図 4-13(1) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, NS 方向) (1/2)

○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



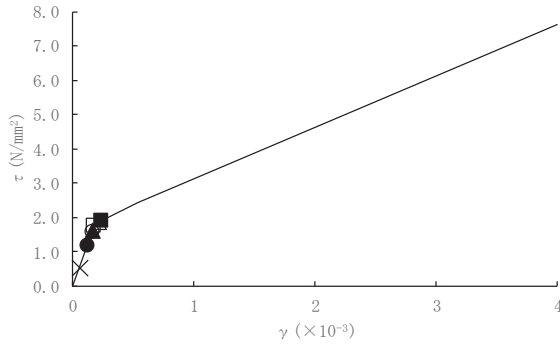
要素番号(4)



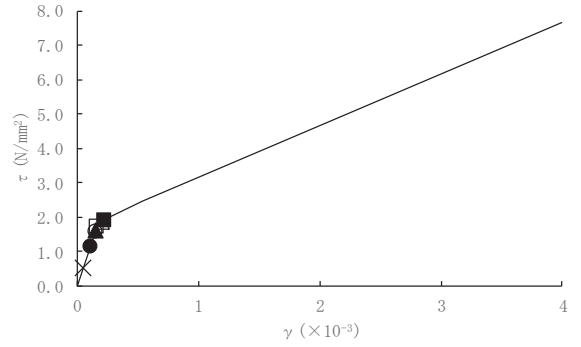
要素番号(8)

図 4-13(2) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

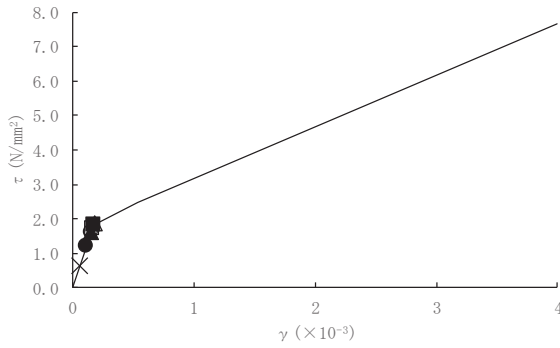
○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



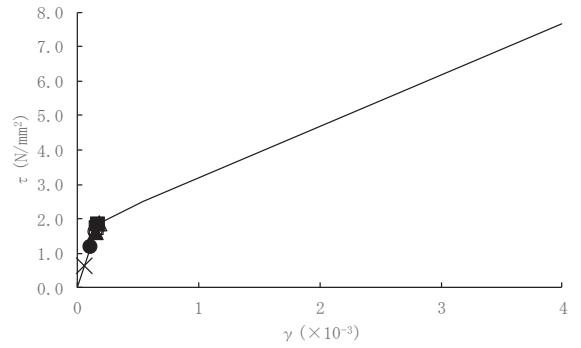
要素番号(1)



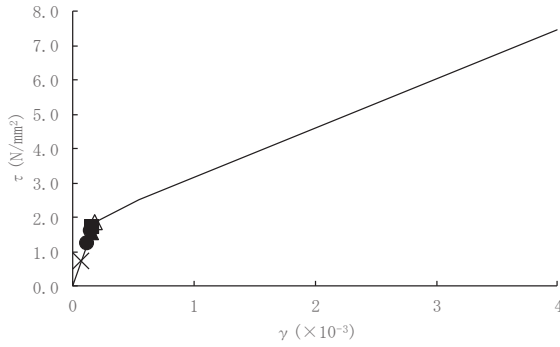
要素番号(5)



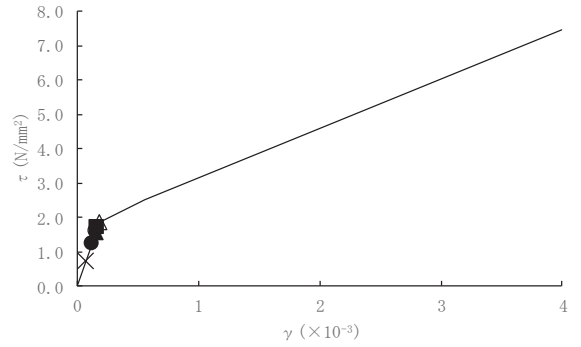
要素番号(2)



要素番号(6)



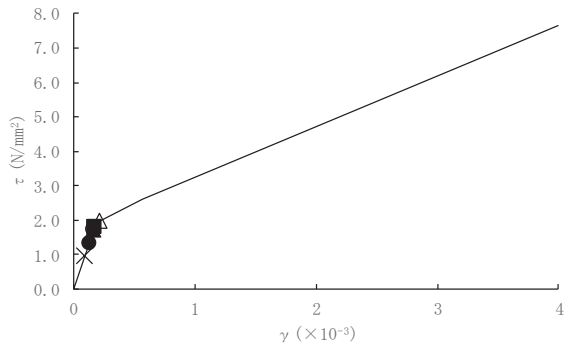
要素番号(3)



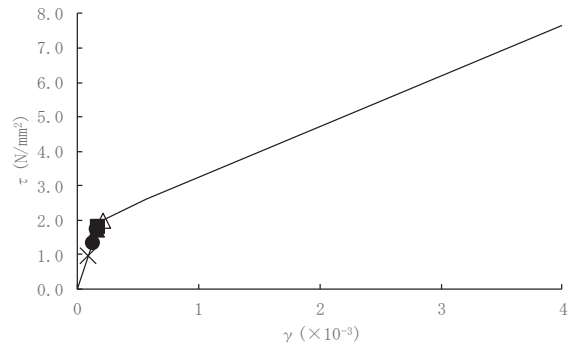
要素番号(7)

図 4-13(3) せん断スケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, EW 方向) (1/2)

○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



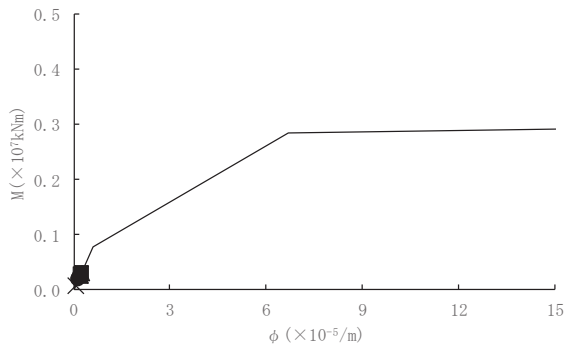
要素番号(4)



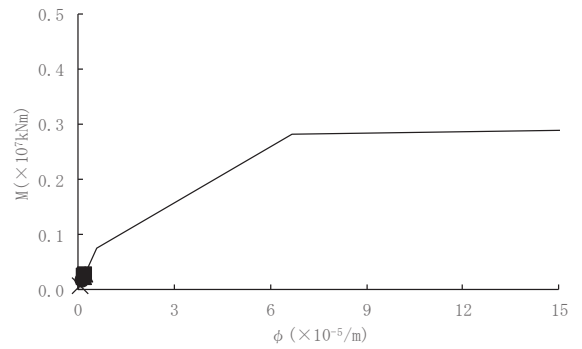
要素番号(8)

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

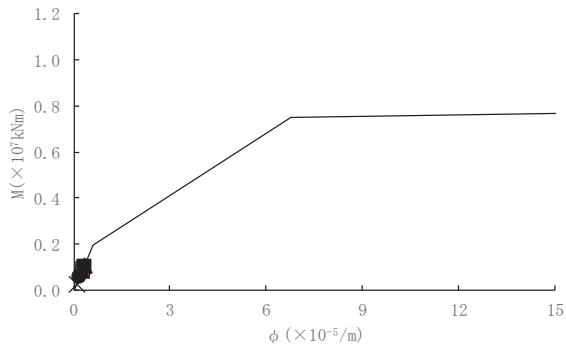
○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



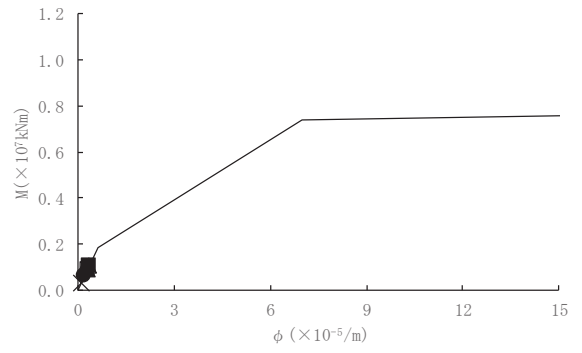
要素番号(1)



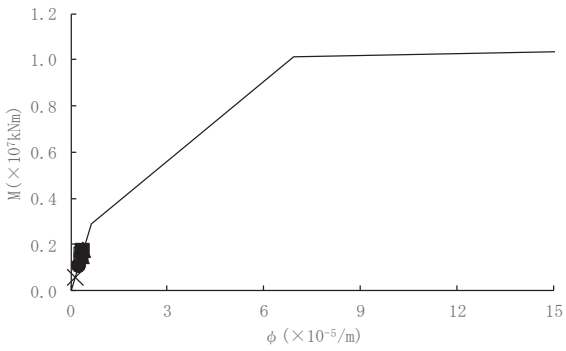
要素番号(5)



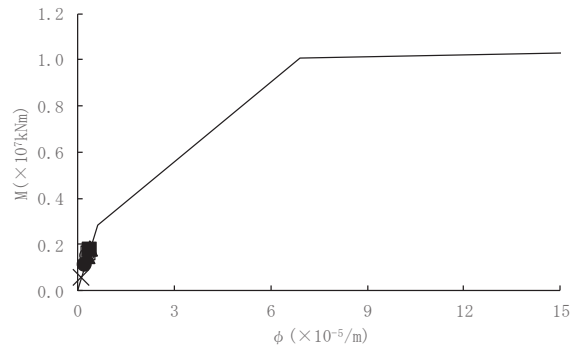
要素番号(2)



要素番号(6)



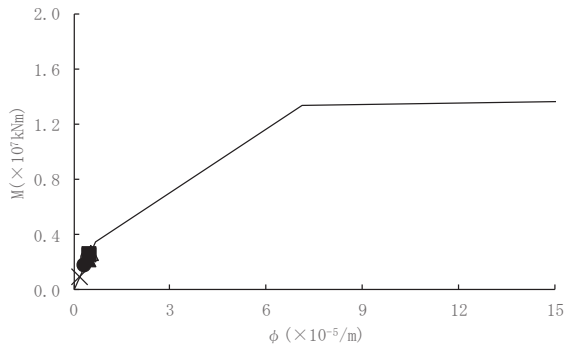
要素番号(3)



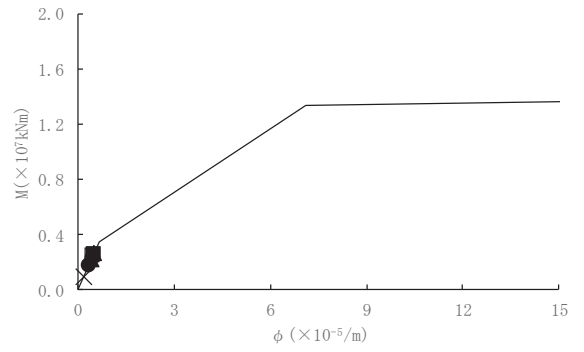
要素番号(7)

図 4-14(1) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, NS 方向) (1/2)

○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



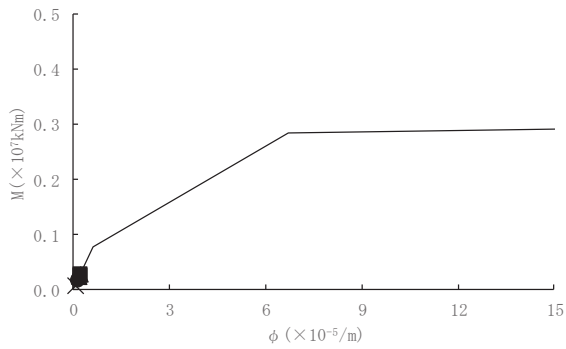
要素番号(4)



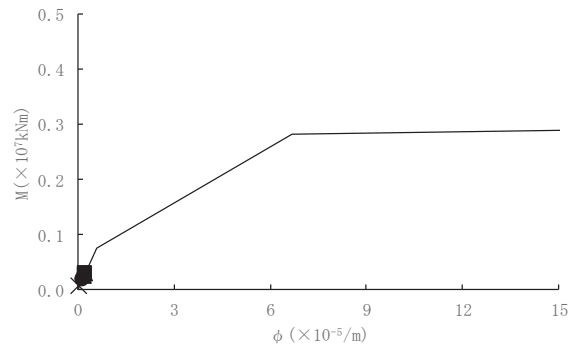
要素番号(8)

図 4-14(2) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, NS 方向) (2/2)

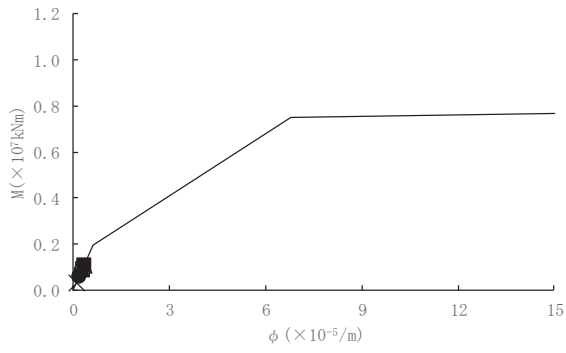
○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



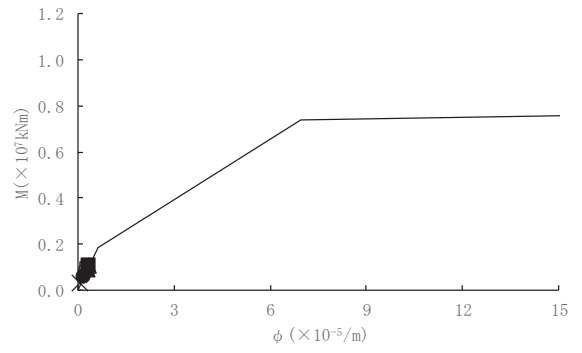
要素番号(1)



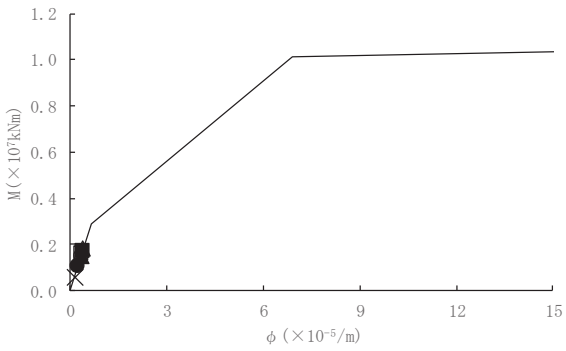
要素番号(5)



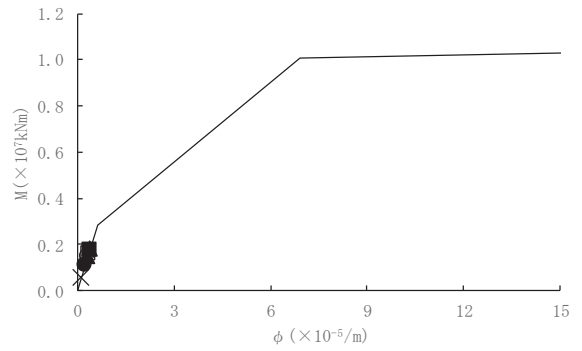
要素番号(2)



要素番号(6)



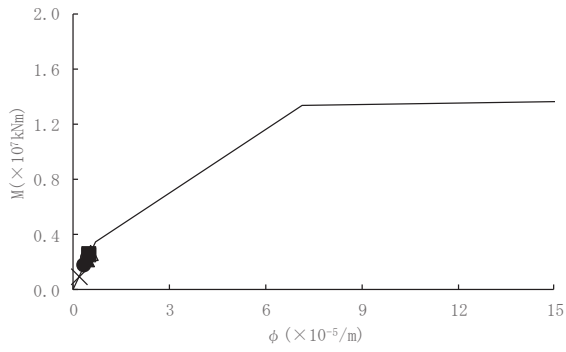
要素番号(3)



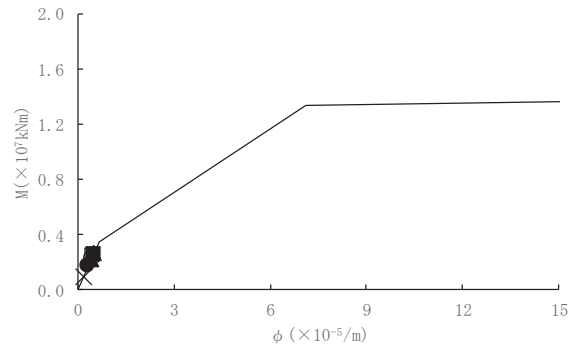
要素番号(7)

図 4-14(3) 曲げスケルトンカーブ上の最大応答値
(基準地震動 S_s, EW 方向) (1/2)

○ S_s-D1 Δ S_s-D2 □ S_s-D3 ● S_s-F1 ▲ S_s-F2 ■ S_s-F3 × S_s-N1



要素番号(4)



要素番号(8)

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

表 4-15 基準地震動 S_s による地震応答解析結果に基づく接地率

(a) NS 方向

地震動	最大接地圧 (kN/m ²)	最大転倒モーメント ($\times 10^6$ kN \cdot m)	最小接地率 (%)
$S_s - D 1$	701	6.595	93.5
$S_s - D 2$	698	7.945	82.0
$S_s - D 3$	744	7.105	89.2
$S_s - F 1$	594	4.894	100.0
$S_s - F 2$	674	6.222	96.7
$S_s - F 3$	666	7.377	86.9
$S_s - N 1$	511	3.589	100.0

(b) EW 方向

地震動	最大接地圧 (kN/m ²)	最大転倒モーメント ($\times 10^6$ kN \cdot m)	最小接地率 (%)
$S_s - D 1$	701	6.593	93.6
$S_s - D 2$	697	7.939	82.0
$S_s - D 3$	743	7.095	89.3
$S_s - F 1$	593	4.882	100.0
$S_s - F 2$	673	6.208	96.9
$S_s - F 3$	666	7.380	86.8
$S_s - N 1$	511	3.592	100.0

4.2 必要保有水平耐力

「3.3 解析方法」による解析方法で算出した必要保有水平耐力 Q_{un} を表 4-16 に示す。

表 4-16 必要保有水平耐力

(a) NS 方向

階	O. P. (m)	構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{es}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)
2F	75.90 ~ 69.40	0.55	1.00	29576
1F	69.40 ~ 62.20	0.55	1.00	60038
B1F	62.20 ~ 57.30	0.55	1.00	83181
B2F	57.30 ~ 51.50	0.55	1.00	103088

(b) EW 方向

階	O. P. (m)	構造特性係数 D_s	形状特性係数 F_{es}	必要保有水平耐力 Q_{un} (kN)
2F	75.90 ~ 69.40	0.55	1.00	29620
1F	69.40 ~ 62.20	0.55	1.00	60087
B1F	62.20 ~ 57.30	0.55	1.00	83181
B2F	57.30 ~ 51.50	0.55	1.00	103088