

VI-2-2-30 第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書

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 評価対象断面	9
3.2 解析方法	12
3.2.1 構造部材	12
3.2.2 地盤	15
3.2.3 減衰定数	17
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	18
3.3 荷重及び荷重の組合せ	22
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	22
3.3.2 荷重	22
3.3.3 荷重の組合せ	23
3.4 入力地震動	24
3.4.1 A-A断面及びB-B断面の入力地震動	25
3.4.2 C-C断面の入力地震動	37
3.5 解析モデル及び諸元	49
3.5.1 解析モデル	49
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	53
3.5.3 地盤の物性値	53
3.5.4 地下水位	53
4. 解析結果	54
4.1 A-A断面の解析結果	54
4.2 B-B断面の解析結果	93
4.3 C-C断面の解析結果	132

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する第1ベントフィルタ格納槽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、第1ベントフィルタ格納槽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

第1ベントフィルタ格納槽の位置図を図2-1に示す。

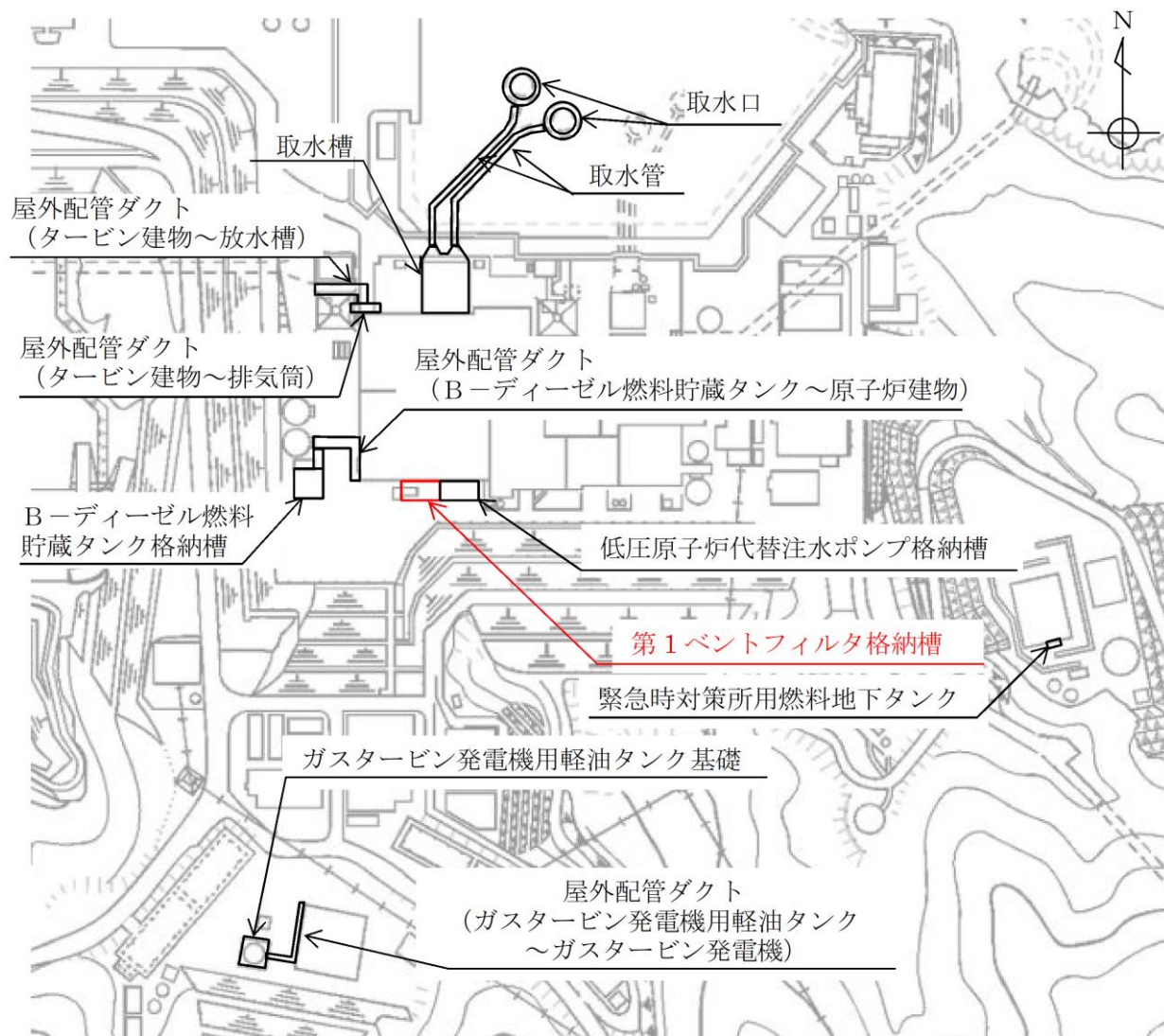


図2-1 第1ベントフィルタ格納槽 位置図

2.2 構造概要

第1ベントフィルタ格納槽の平面図を図2-2、断面図を図2-3～図2-5に示す。

第1ベントフィルタ格納槽は、第1ベントフィルタスクラバ容器等を間接支持する幅24.6m（EW方向）×13.4m（NS方向）、高さ約18.7mの鉄筋コンクリート造の地中（一部地上部を含む）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C_M級又はC_H級岩盤に支持される。

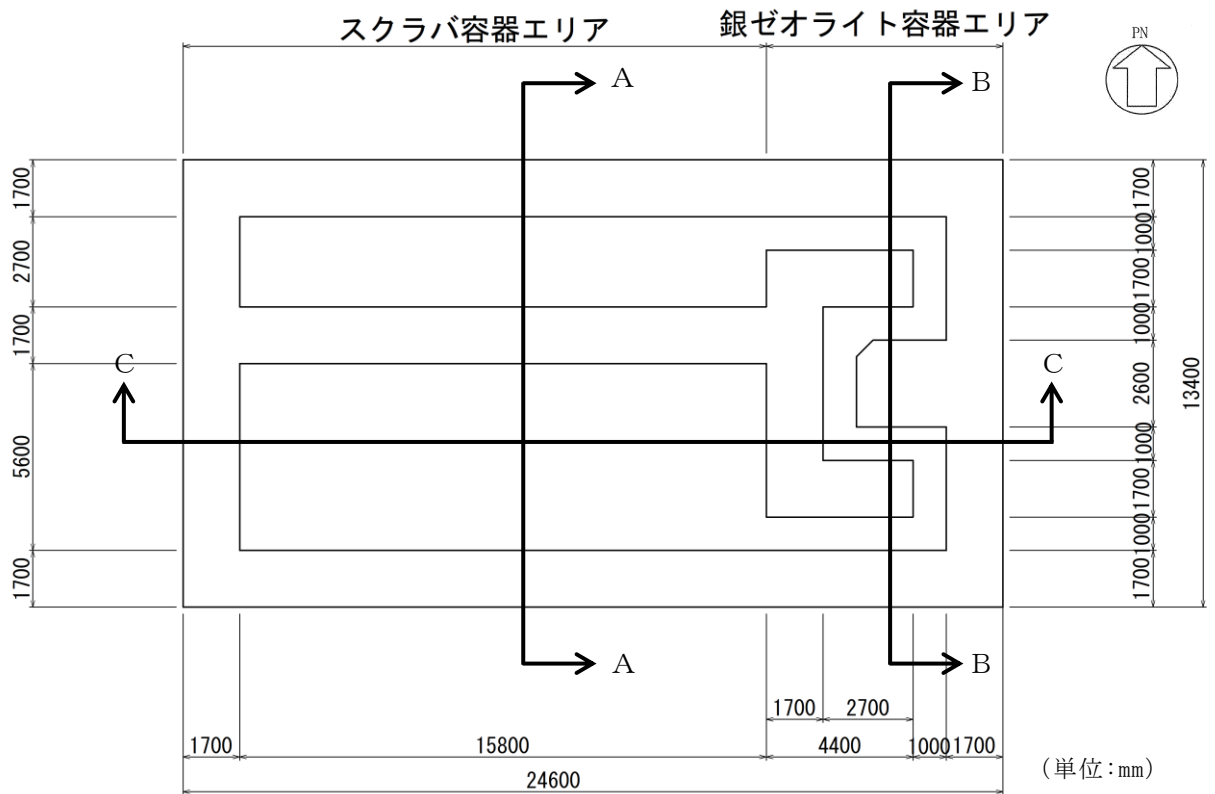


図2-2 第1ベントフィルタ格納槽 平面図

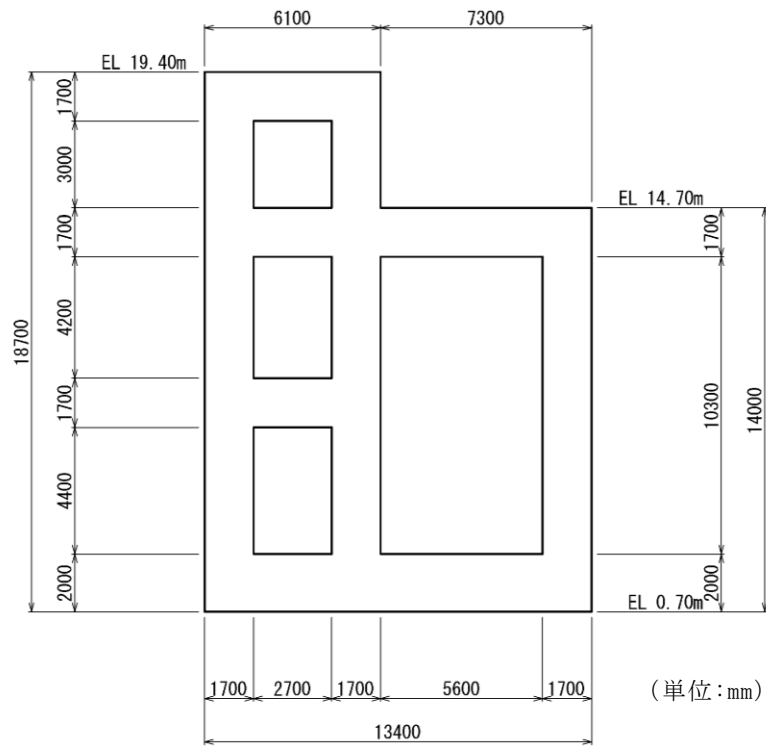


図 2-3 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (A-A 断面)

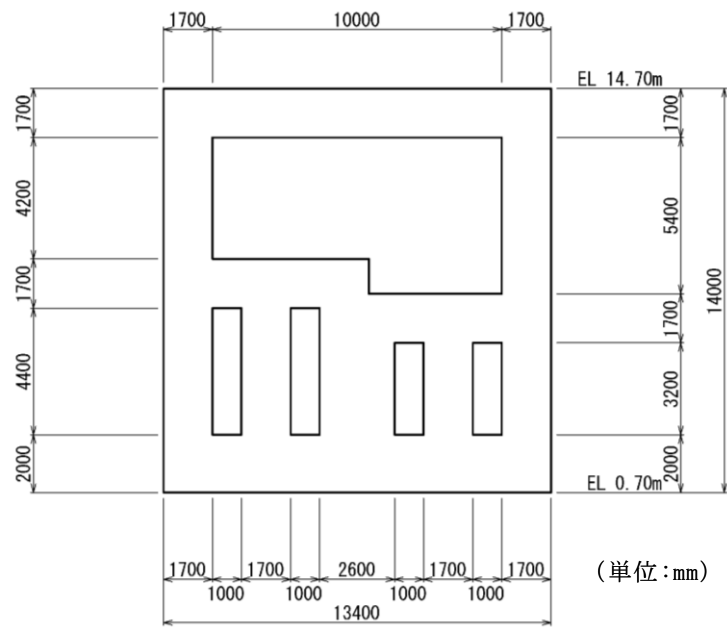


図 2-4 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (B-B 断面)

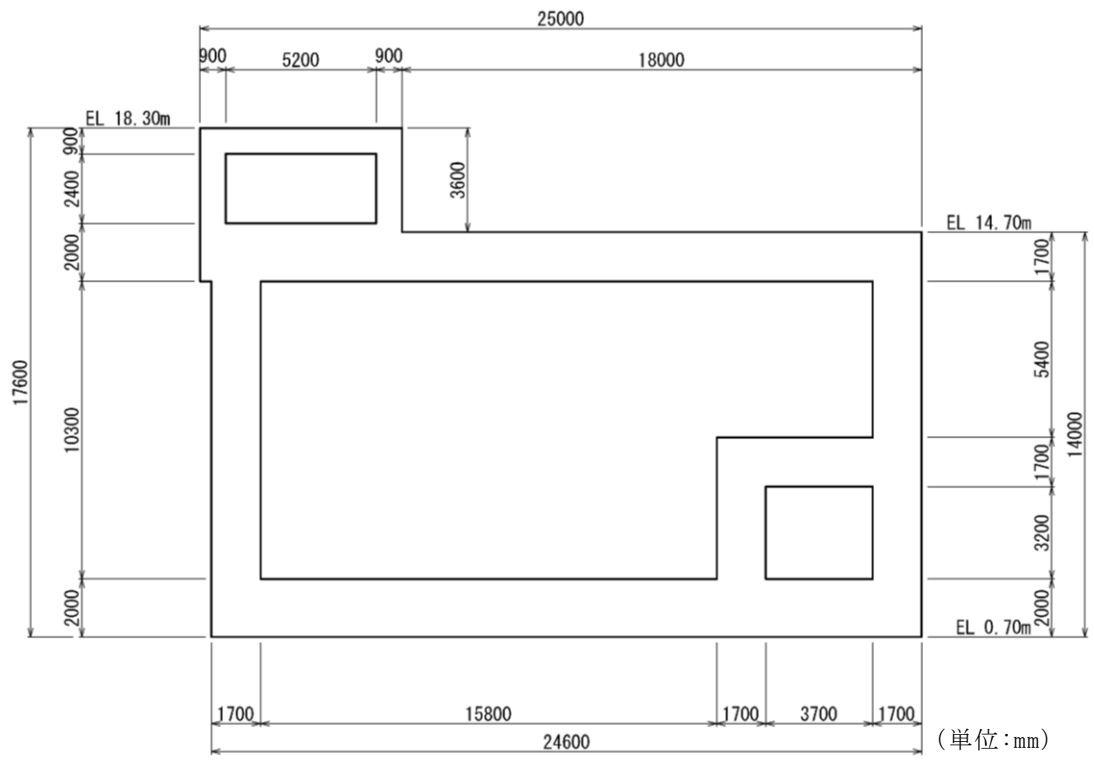


図 2-5 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (C-C 断面)

2.3 解析方針

第1ベントフィルタ格納槽は、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2-6に第1ベントフィルタ格納槽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時刻歴応答解析により行うこととし、地盤物性のばらつきを適切に考慮する。

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スペクトルの作成に用いる。また、変形、断面力及び基礎地盤の接地圧は、第1ベントフィルタ格納槽の耐震評価に用いる。

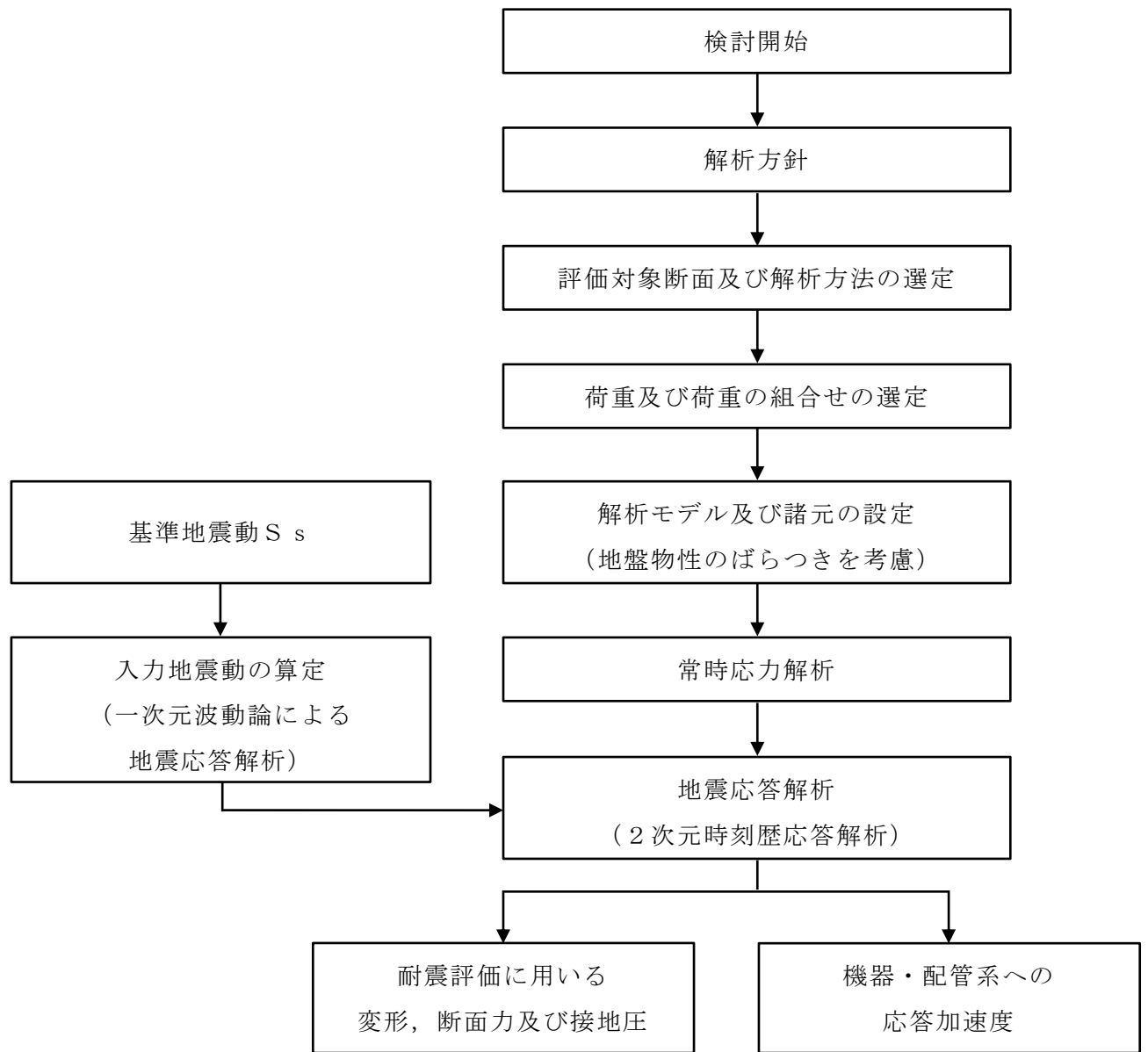


図 2-6 第 1 ベントフィルタ格納槽 地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）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（（社）土木学会，2005年）
- ・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）
- ・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. 解析方法

3.1 評価対象断面

第1ベントフィルタ格納槽の評価対象断面位置図を図3-1に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する床応答算定断面は、図3-1のA-A断面、B-B断面及びC-C断面とする。

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響確認については、図3-1のC-C断面の妻壁に対して実施することとし、評価結果はVI-2-12「水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」にて示す。

評価対象断面図を図3-2～図3-4に示す。

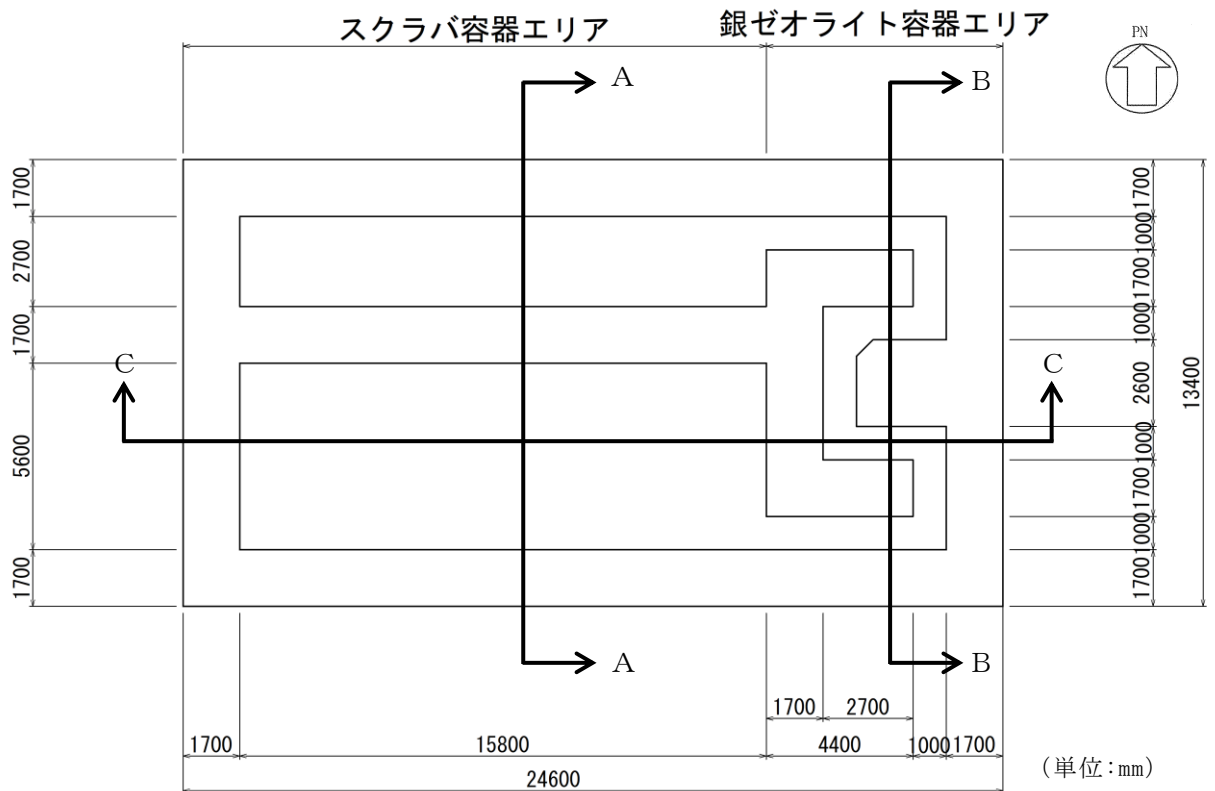


図3-1 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面位置図

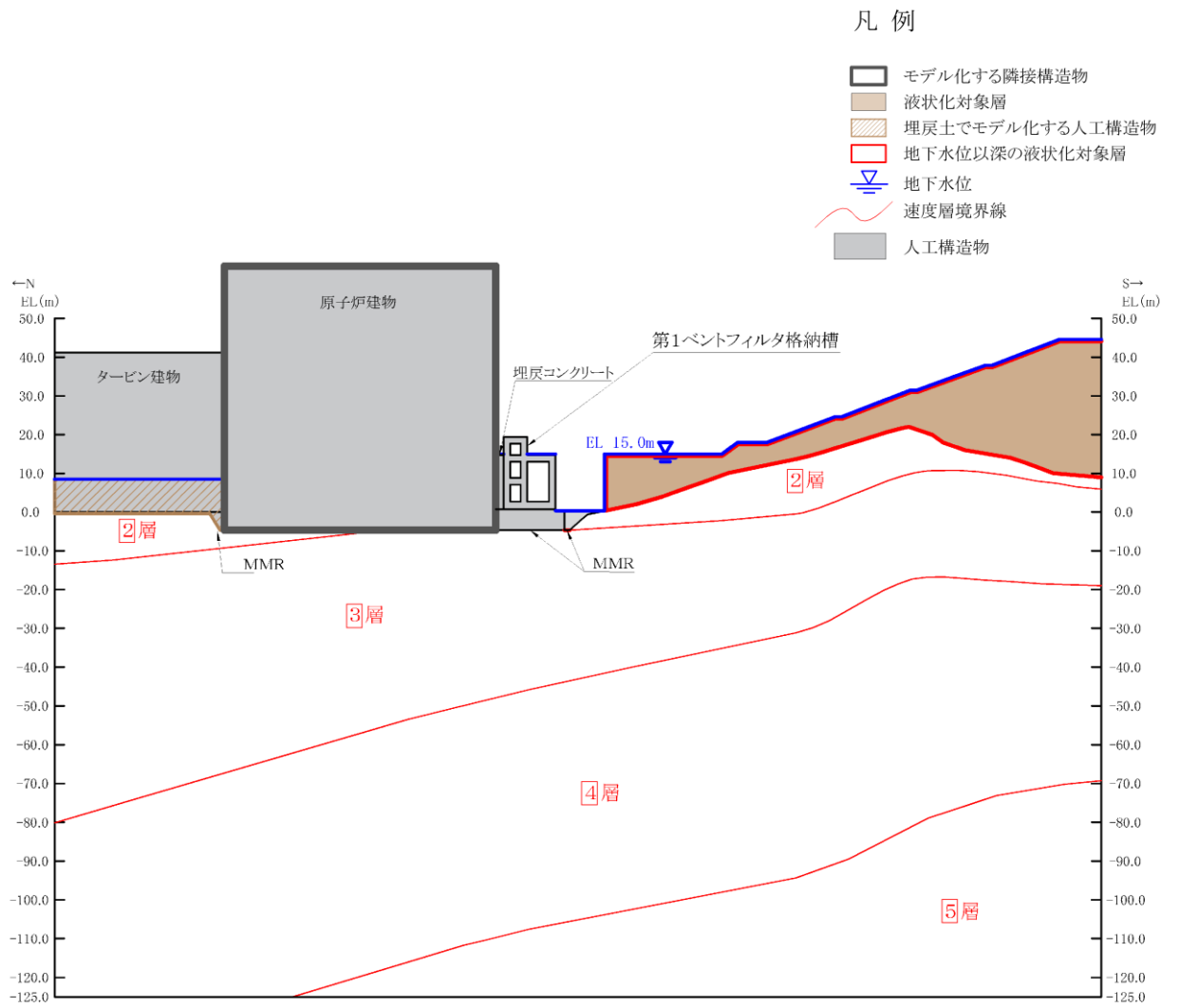


図 3-2 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (A-A 断面位置)

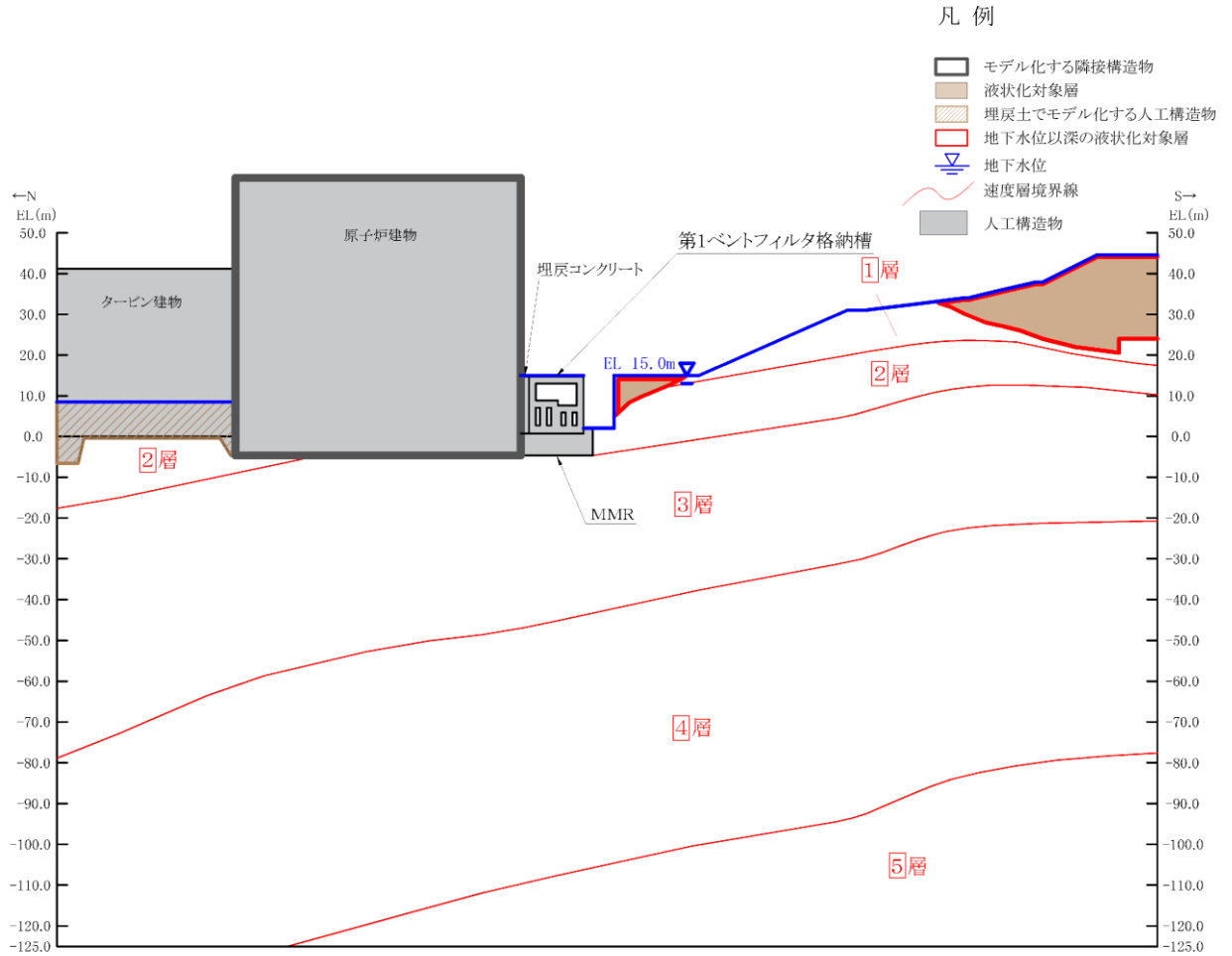


図 3-3 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (B-B 断面位置)

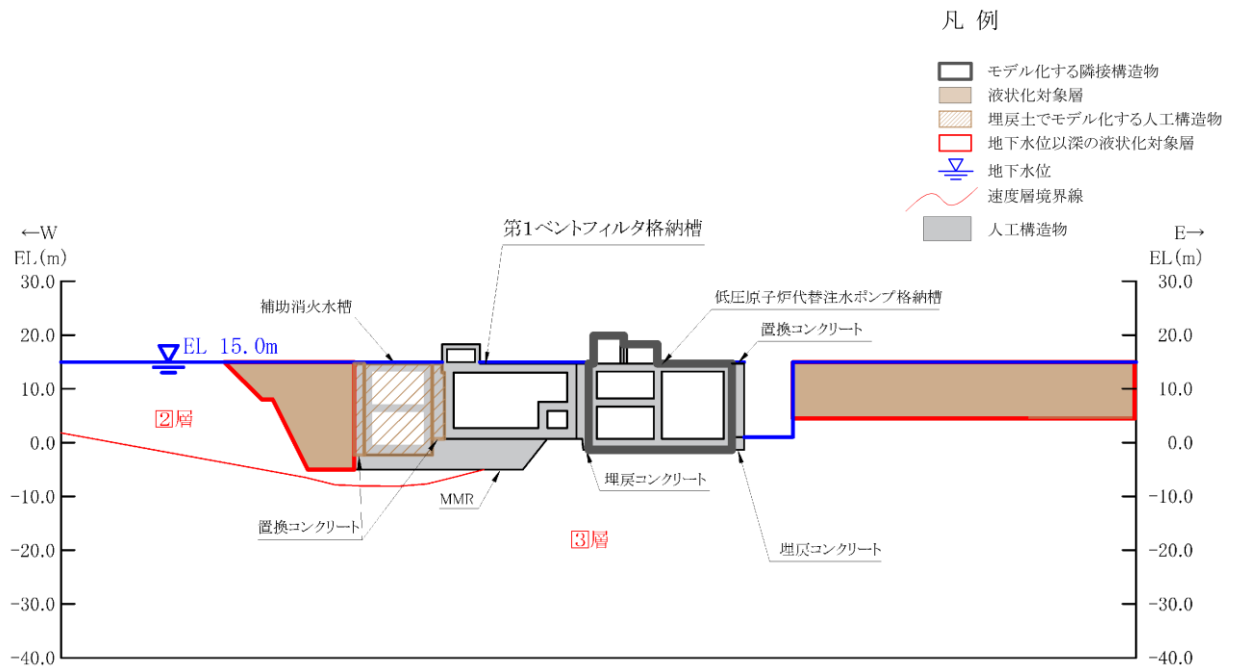


図 3-4 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (C-C 断面位置)

3.2 解析方法

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析は、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2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。A-A断面及びB-B断面は、施設周辺の設計地下水位が底版より高いが、施設周辺に地下水位以深の液状化対象層が存在しないため、解析手法の選定フローに基づき全応力解析を選定する。

C-C断面は、地下水位以深の液状化対象層が施設と接するため、解析手法のフローに基づき有効応力解析を選定する。

構造部材については、全応力解析においてはファイバーモデルで考慮し、有効応力解析においては鉄筋コンクリートの $M-\phi$ 関係を適切にモデル化する。また、地盤については、平面ひずみ要素でモデル化することとし、岩盤は線形でモデル化する。埋戻土については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようにマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル（全応力解析では修正GHEモデル、有効応力解析ではH-Dモデル）を用いて非線形性を考慮する。

地震応答解析の解析コードについては、全応力解析では「TDA P III」、有効応力解析では「FLIP」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、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

全応力解析における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図3-5に示すとおり、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3-6に示すコンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。

有効応力解析における鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素でモデル化することとし、図3-7に示す $M-\phi$ 関係のトリリニアモデルとする。履歴特性は、図3-8に示すとおり修正武田モデルを適用し、図3-9に示すコンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。

また、図3-10に鉄筋の応力-ひずみ関係を示す。

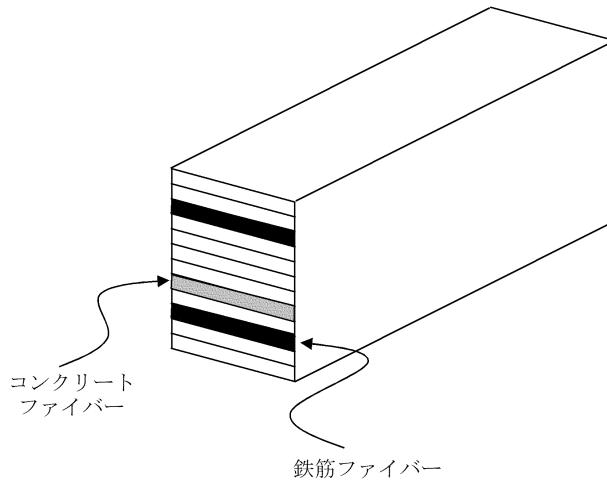
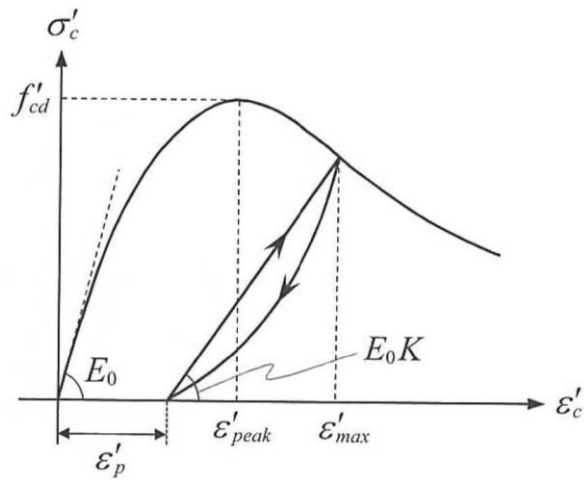
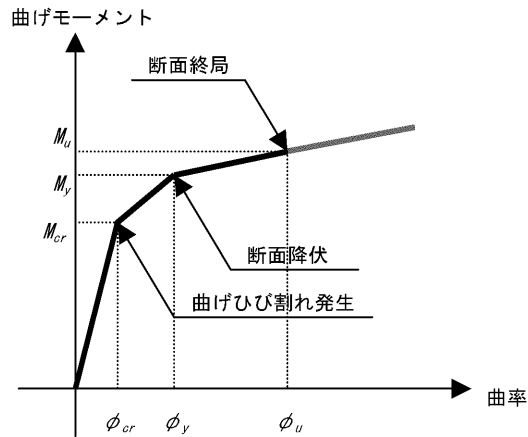


図 3-5 ファイバーモデルの概念図

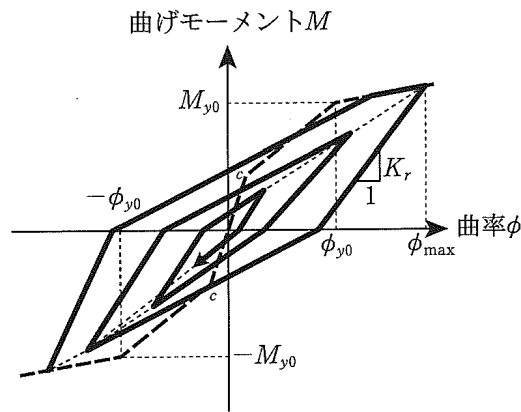


(「コンクリート標準示方書[設計編] ((社) 土木学会, 2017 年制定) 」より引用)
 図 3-6 構造部材の非線形特性 (コンクリートの応力-ひずみ関係)



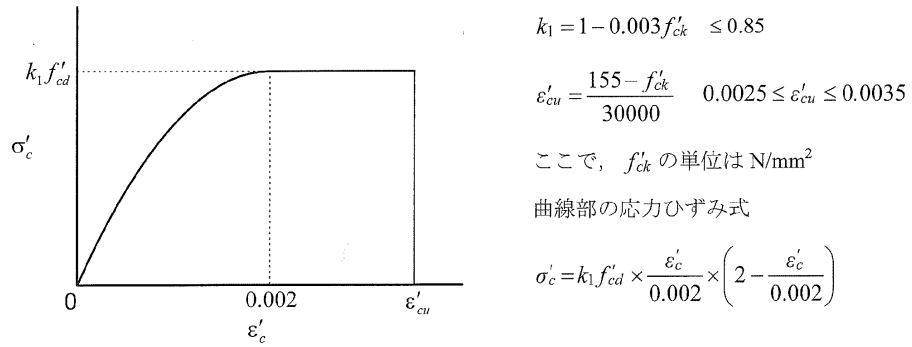
(「原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ((社) 土木学会, 2005 年) 」より引用)

図 3-7 鉄筋コンクリート部材の M- ϕ 関係



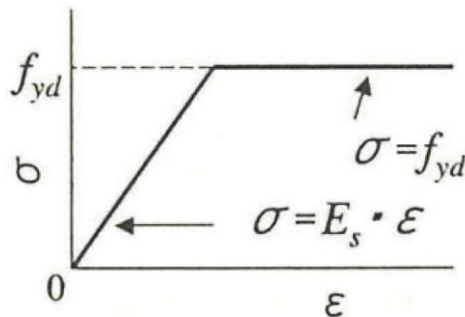
(「道路橋示方書 (V耐震設計編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」より引用)

図 3-8 鉄筋コンクリート部材の履歴特性 (修正武田モデル)



(「コンクリート標準示方書[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」より引用)

図 3-9 構造部材の非線形特性 (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[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」より引用)

図 3-10 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

地盤物性のばらつきの影響を考慮するため、表 3-1 及び表 3-2 に示す解析ケースを設定する。

第 1 ベントフィルタ格納槽は、直接岩盤又はMMR上に設置され、A-A断面及びB-B断面の側面には埋戻コンクリートが分布している。また、周辺には埋戻土のような動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しておらず、主にC_M級及びC_H級岩盤が分布していることから、これらの地盤が地震時の構造物への応答に大きく影響を与えると判断し、岩盤の動せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

C-C断面の側面には埋戻土が分布し、主たる荷重は埋戻土の土圧となることから、埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

解析ケースについては、せん断弾性係数の平均値を基本ケース（表 3-1 に示すケース①及び表 3-2 に示すケース④）とした場合に加えて、平均値±1.0×標準偏差（ σ ）のケース（表 3-1 に示すケース②及び③並びに表 3-2 に示すケース⑤及び⑥）について確認を行う。

また、C-C断面においては、非液状化の条件を仮定した解析ケース（表 3-2 に示すケース⑦及び⑧）を実施することにより、地盤物性のばらつきの影響を網羅的に考慮する。

地盤のばらつきの設定方法の詳細は、「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（A-A断面及びB-B断面）

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_0 : 初期せん断 弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断 弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	平均値	平均値 + 1 σ
ケース③	全応力解析	平均値	平均値 - 1 σ

表 3-2 解析ケース (C-C 断面)

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_0 : 初期せん断 弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断 弾性係数)
ケース④ (基本ケース)	有効応力解析	平均値	平均値
ケース⑤	有効応力解析	平均値 + 1 σ	平均値
ケース⑥	有効応力解析	平均値 - 1 σ	平均値
ケース⑦	全応力解析	平均値	平均値
ケース⑧	全応力解析	平均値 + 1 σ	平均値

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。

全応力解析では、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。

有効応力解析では、剛性比例型減衰 ($\alpha = 0$, $\beta = 0.002$) とする。

設定した α , β を表 3-3 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 3-3 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		1.208×10^{-1}	8.062×10^{-4}
B - B 断面		3.744×10^{-1}	8.871×10^{-4}
C - C 断面	全応力解析	2.964×10^{-1}	1.202×10^{-4}
	有効応力解析	0.000	2.000×10^{-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、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、基本ケース（A-A断面及びB-B断面の場合はケース①，C-C断面の場合はケース④）を実施する。基本ケースにおいて、曲げ・軸力系の破壊，せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して，最も厳しい地震動を用いて，A-A断面及びB-B断面の場合は表3-1に示す解析ケース②及び③を，C-C断面の場合は表3-2に示す解析ケース⑤～⑧を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合，照査値が最も厳しくなる地震動を用いて，A-A断面及びB-B断面の場合は解析ケース②及び③を，C-C断面の場合は解析ケース⑤～⑧を実施する。耐震評価における解析ケースを表3-4及び表3-5に示す。

表3-4 耐震評価における解析ケース（A-A断面及びB-B断面）

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	
地震動 (位相)	S_s-D	++*	○	基準地震動 S_s （6波）に位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し，ケース①（基本ケース）を実施し，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各照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して，最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合，照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。			
		-+*	○				
		+-*	○				
		--*	○				
	S_s-F1	++*	○				
	S_s-F2	++*	○				
	S_s-N1	++*	○				
		-+*	○				
	S_s-N2 (NS)	++*	○				
		-+*	○				
S_s-N2 (EW)	++*	○					
	-+*	○					

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

表 3-5 耐震評価における解析ケース (C-C断面)

解析ケース		ケース④	ケース⑤	ケース⑥	ケース⑦	ケース⑧
地盤物性		平均値	平均値+1σ	平均値-1σ	平均値	平均値+1σ
地震動 (位相)	S s-D	++*	○			
		-+*	○			
		+--*	○			
		--*	○			
	S s-F 1	++*	○			
		++*	○			
	S s-N 1	++*	○			
		-+*	○			
S s-N 2 (NS)	++*	○				
	-+*	○				
S s-N 2 (EW)	++*	○				
	-+*	○				

基準地震動 S s (6波) に位相反転を考慮した地震動 (6波) を加えた全 12 波に対して、ケース④ (基本ケース) を実施し、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各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース⑤~⑧を実施する。

すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース⑤~⑧を実施する。

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

(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、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波を用いて表3-6及び表3-7に示す解析ケースを実施する。

表3-6 耐震評価における解析ケース（A-A断面及びB-B断面）

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
地震動 (位相)	S_s-D	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
		+ -*	○	○	○
		--*	○	○	○
	S_s-F1	++*	○	○	○
	S_s-F2	++*	○	○	○
	S_s-N1	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
	S_s-N2 (NS)	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
	S_s-N2 (EW)	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○

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

表 3-7 耐震評価における解析ケース (C-C 断面)

解析ケース			ケース④	ケース⑤	ケース⑥	ケース⑧
			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	地盤物性のばらつき (+1 σ) を考慮して非液化化の条件を仮定した解析ケース
地盤物性			平均値	平均値 + 1 σ	平均値 - 1 σ	平均値 + 1 σ
地震動 (位相)	S s - D	++*	○	○	○	○
		-+*	○	○	○	○
		+-*	○	○	○	○
		--*	○	○	○	○
	S s - F 1	++*	○	○	○	○
	S s - F 2	++*	○	○	○	○
	S s - N 1	++*	○	○	○	○
		-+*	○	○	○	○
	S s - N 2 (NS)	++*	○	○	○	○
		-+*	○	○	○	○
	S s - N 2 (EW)	++*	○	○	○	○
		-+*	○	○	○	○

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

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、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

第1ベントフィルタ格納槽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。風の影響は地震力と比較して小さいため考慮しない。

(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

第1ベントフィルタ格納槽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、躯体自重及び機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、水圧、土圧及び積雪荷重 (P_s) を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則(平成17年3月31日、松江市規則第234号)」により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(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 3-8 に示す。

表 3-8 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

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、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 を一次元波動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、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3-11に入力地震動算定の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

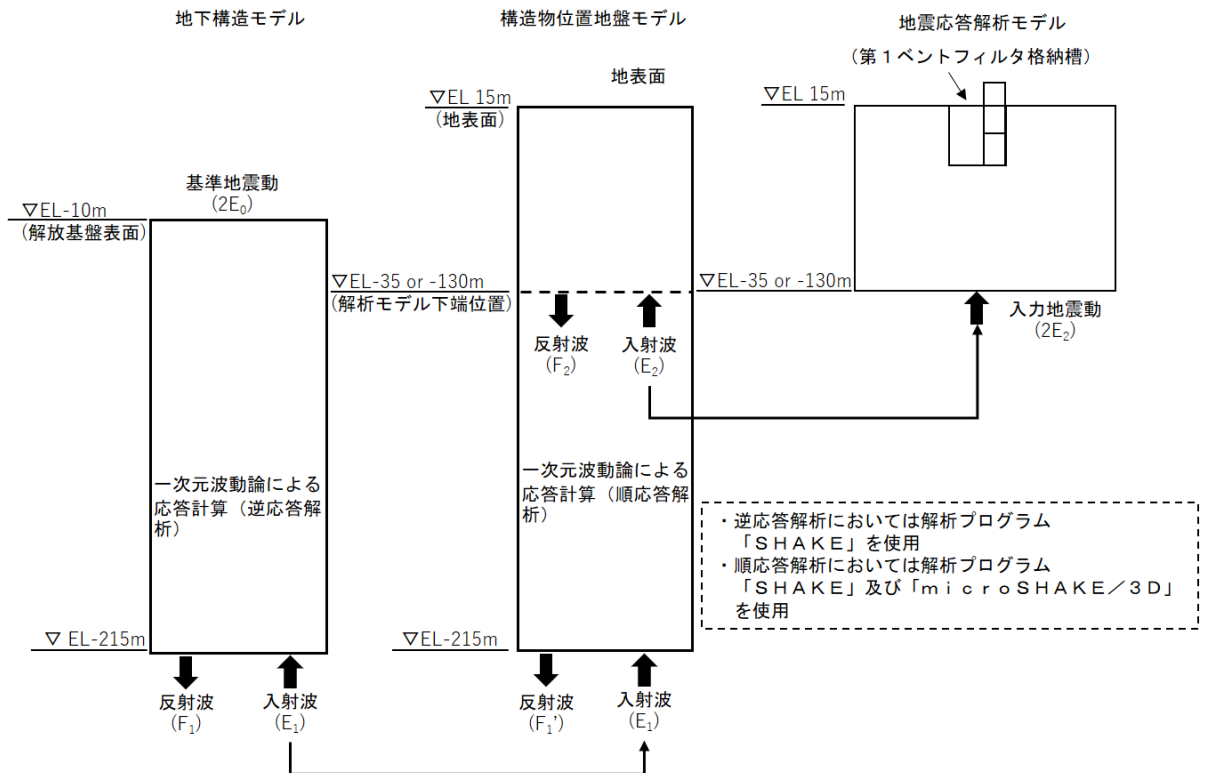
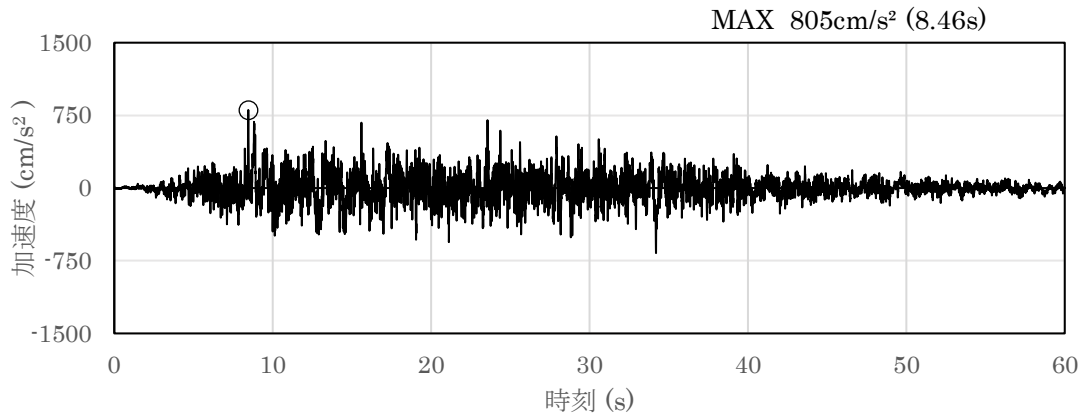


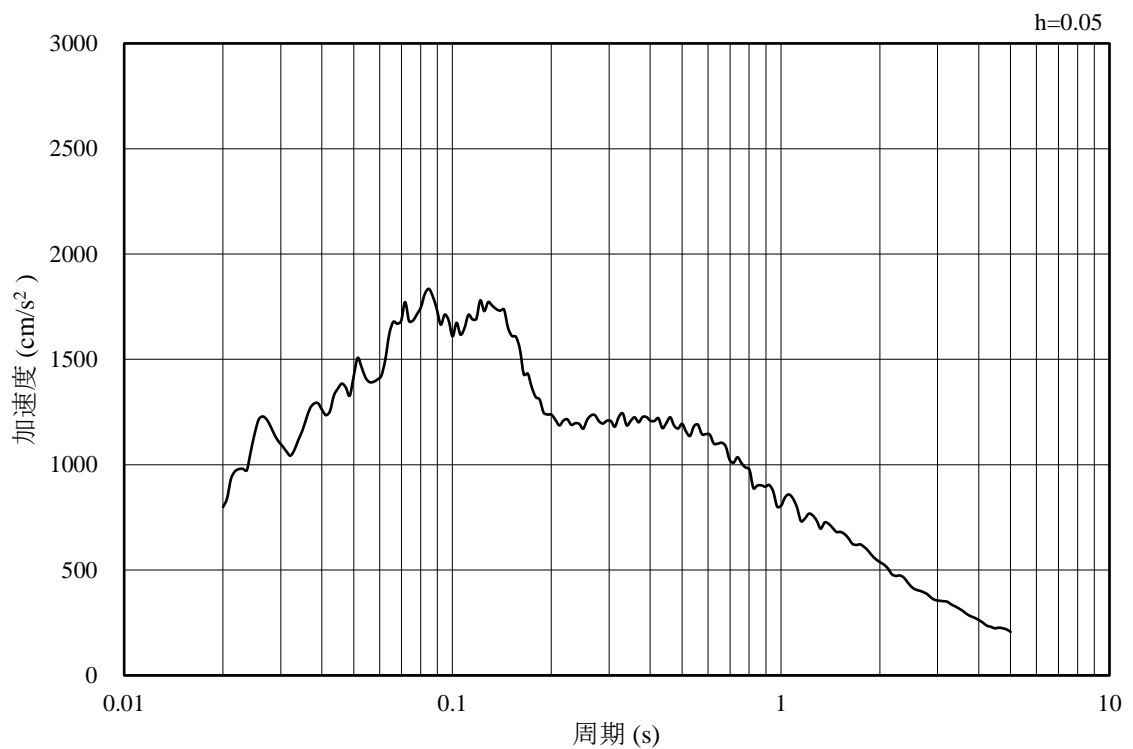
図3-11 入力地震動算定の概念図

3.4.1 A-A断面及びB-B断面の入力地震動

図3-12～図3-23にA-A断面及びB-B断面の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。

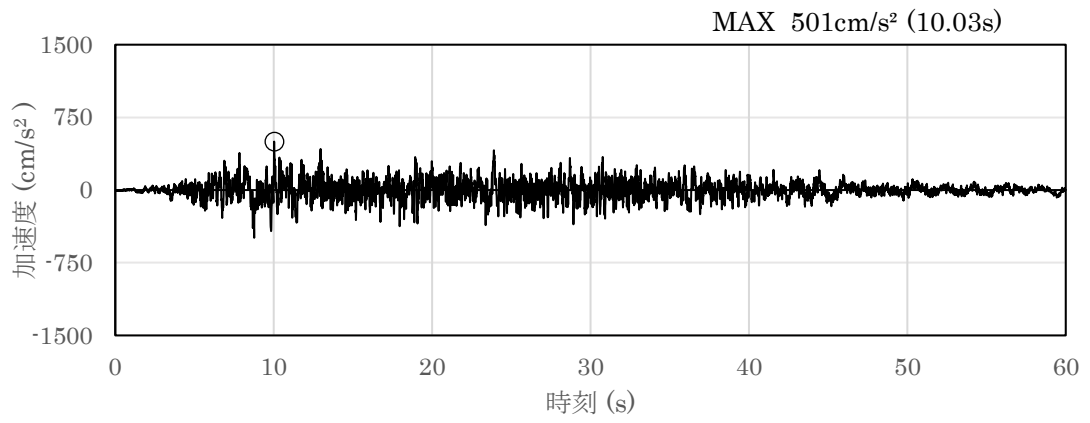


(a) 加速度時刻歴波形

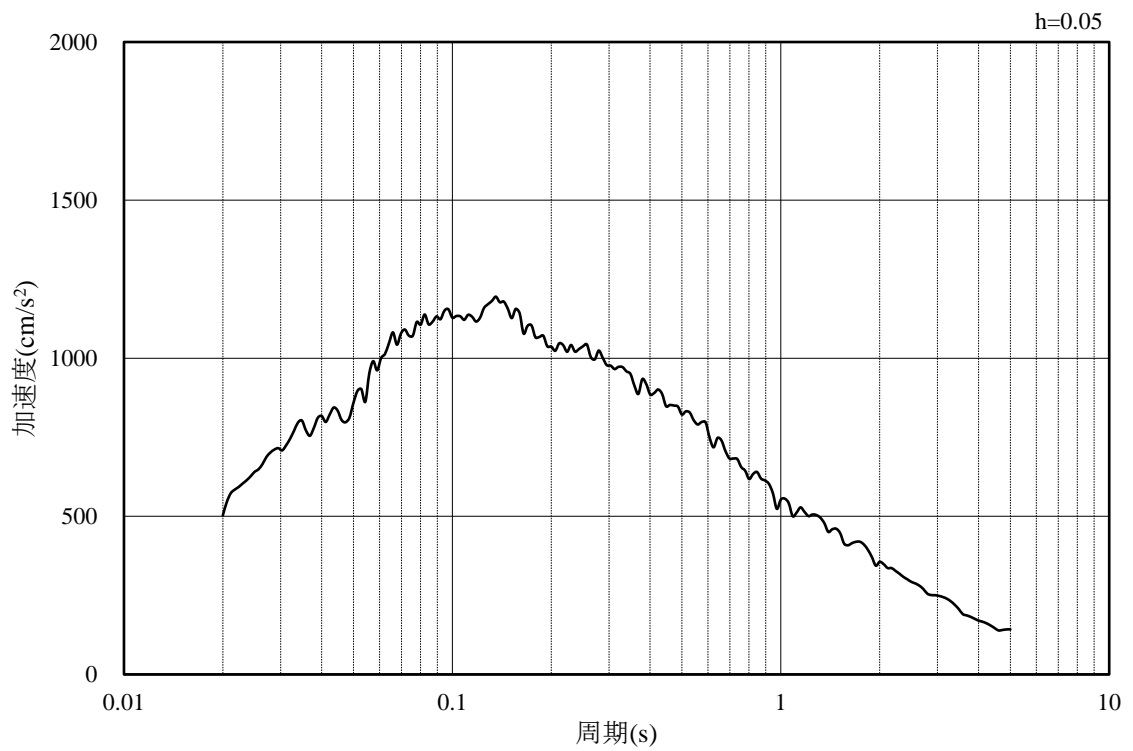


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

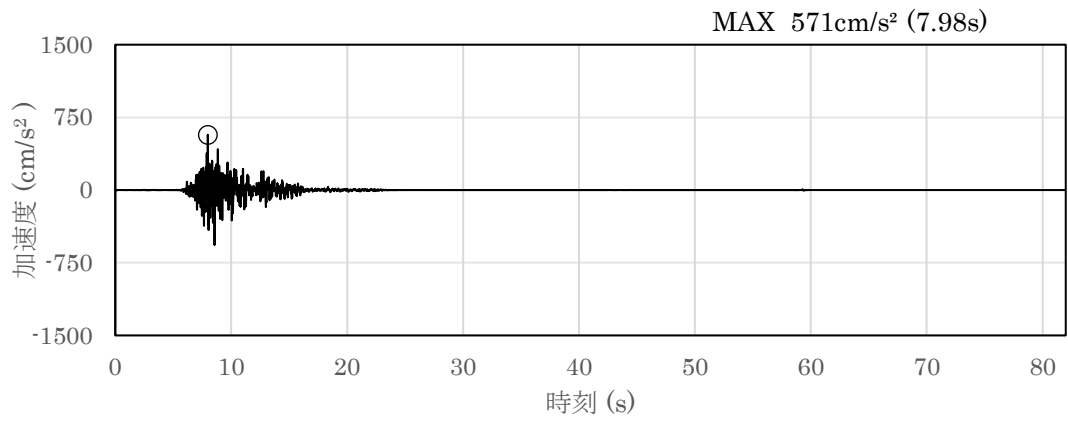


(a) 加速度時刻歴波形

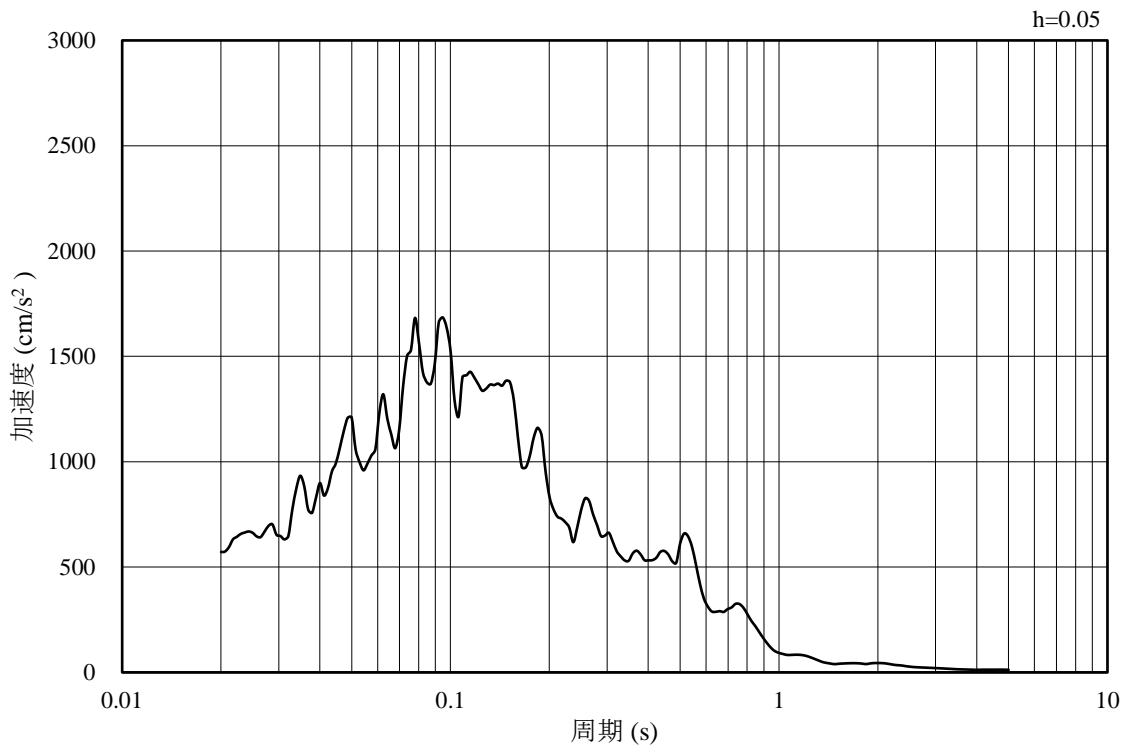


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

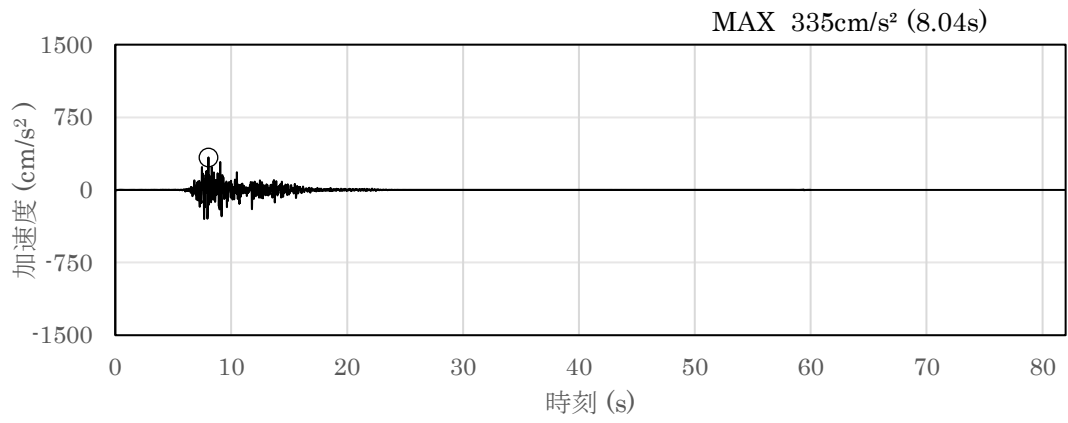


(a) 加速度時刻歴波形

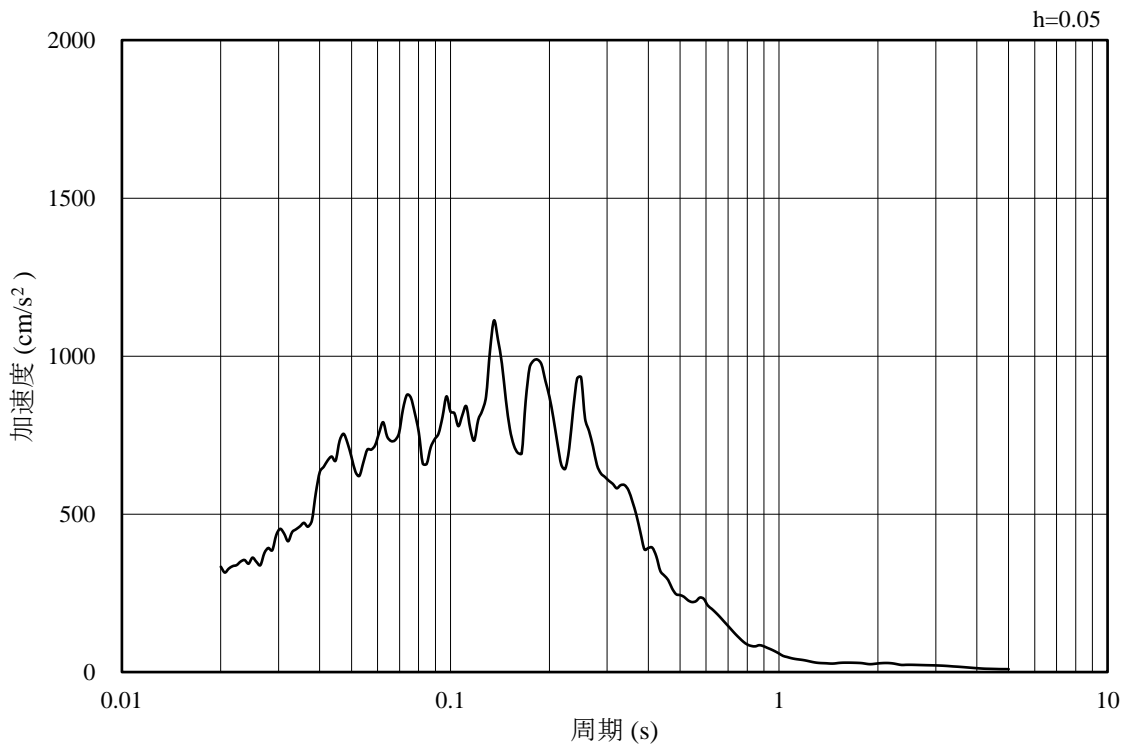


(b) 加速度応答スペクトル

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 , EL-130m)

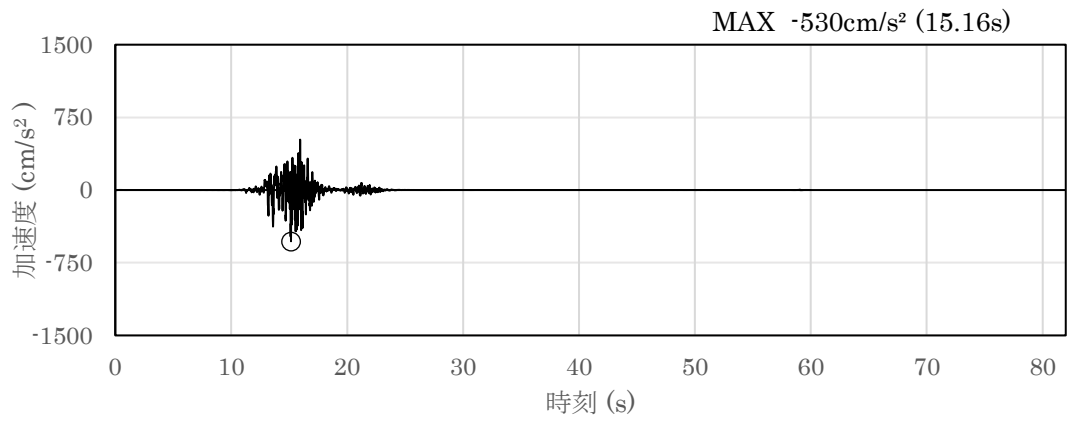


(a) 加速度時刻歴波形

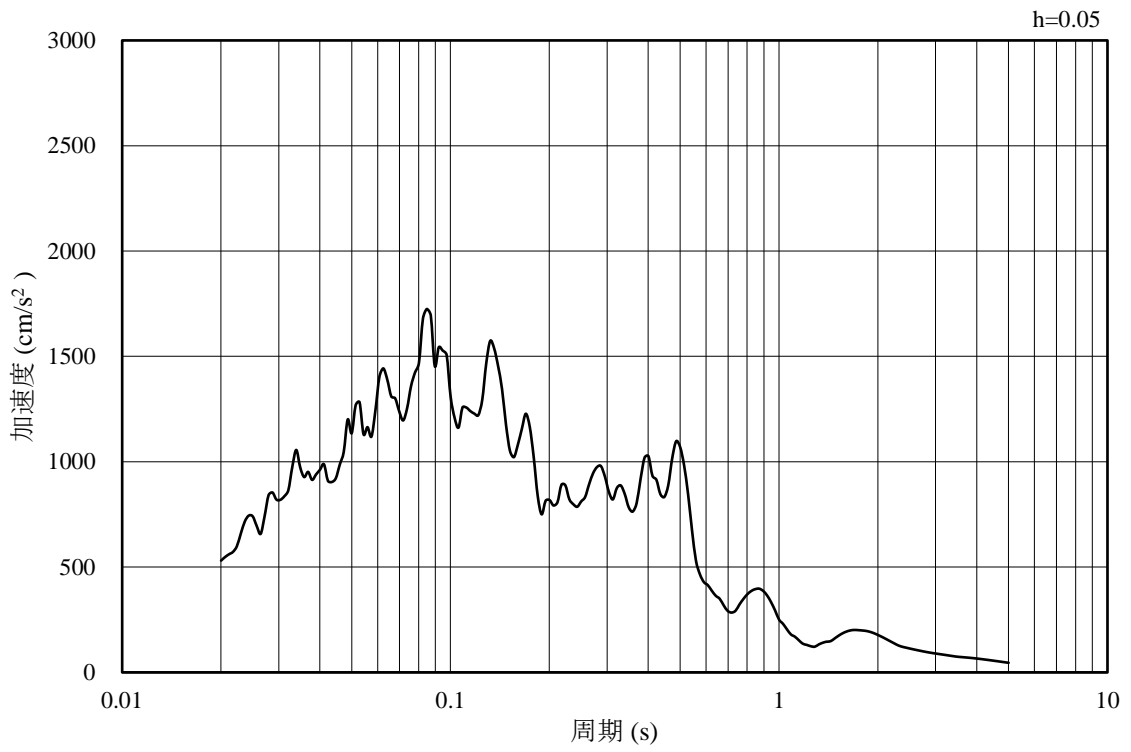


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

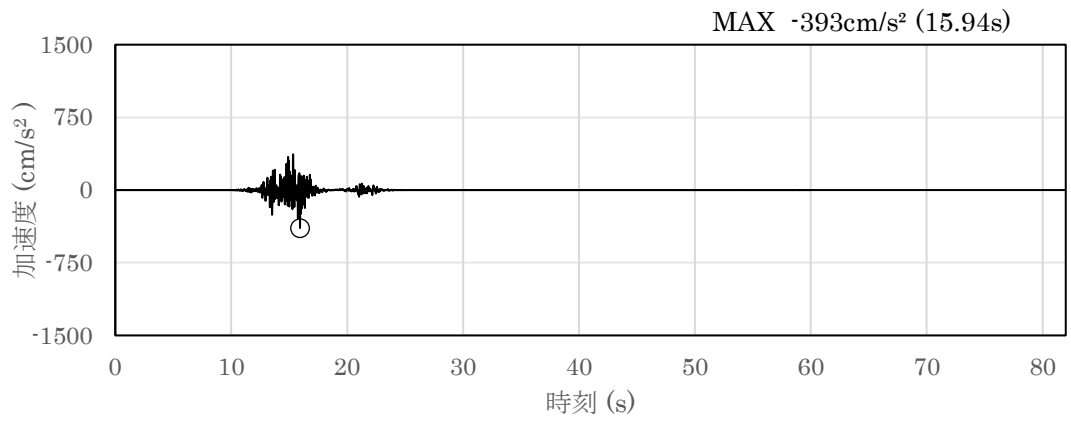


(a) 加速度時刻歴波形

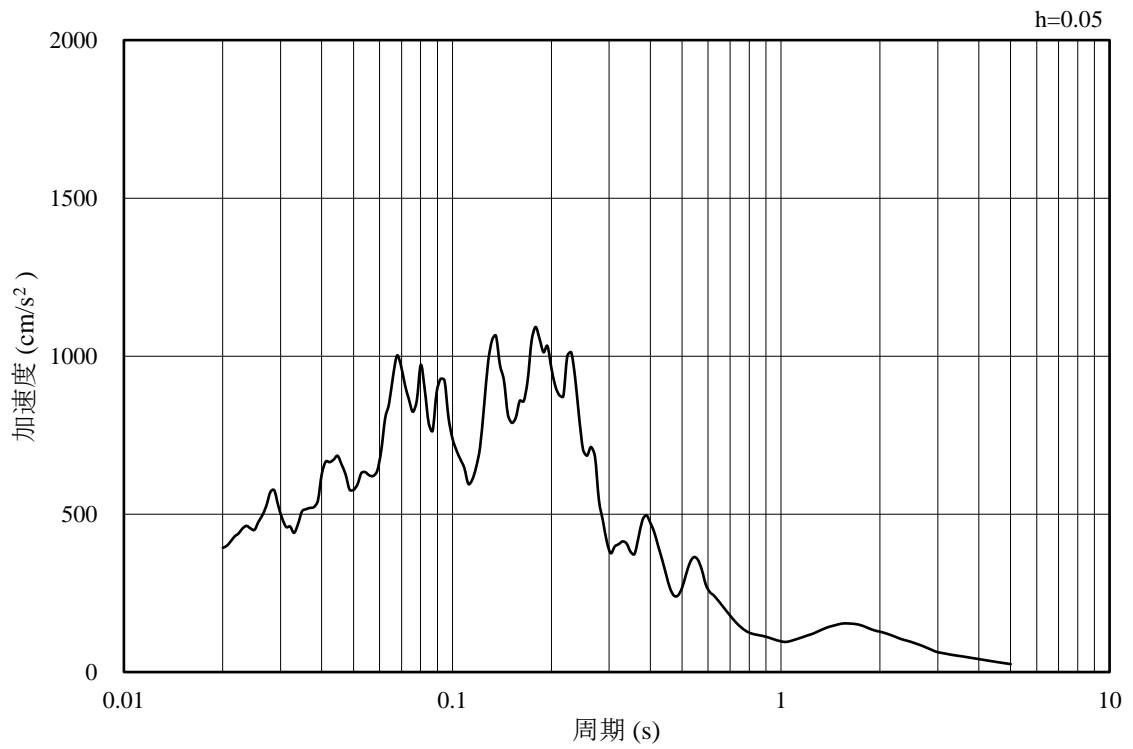


(b) 加速度応答スペクトル

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 , EL-130m)

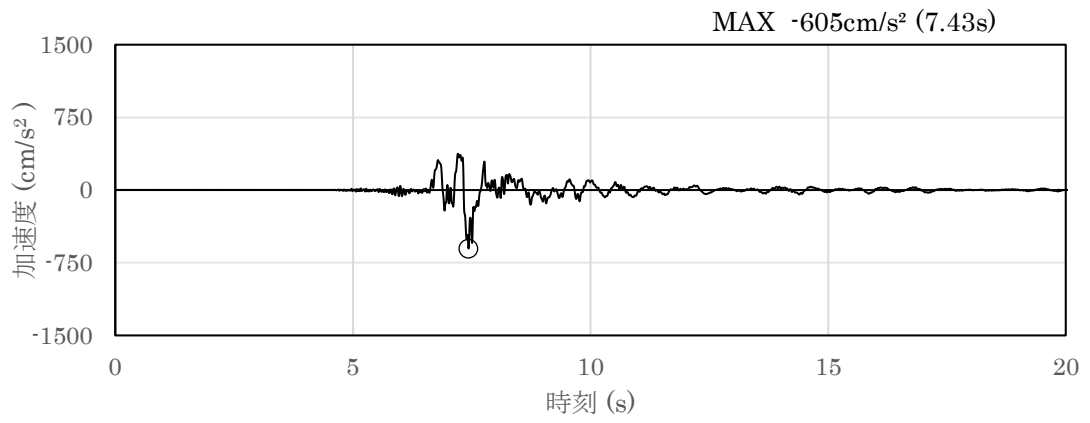


(a) 加速度時刻歴波形

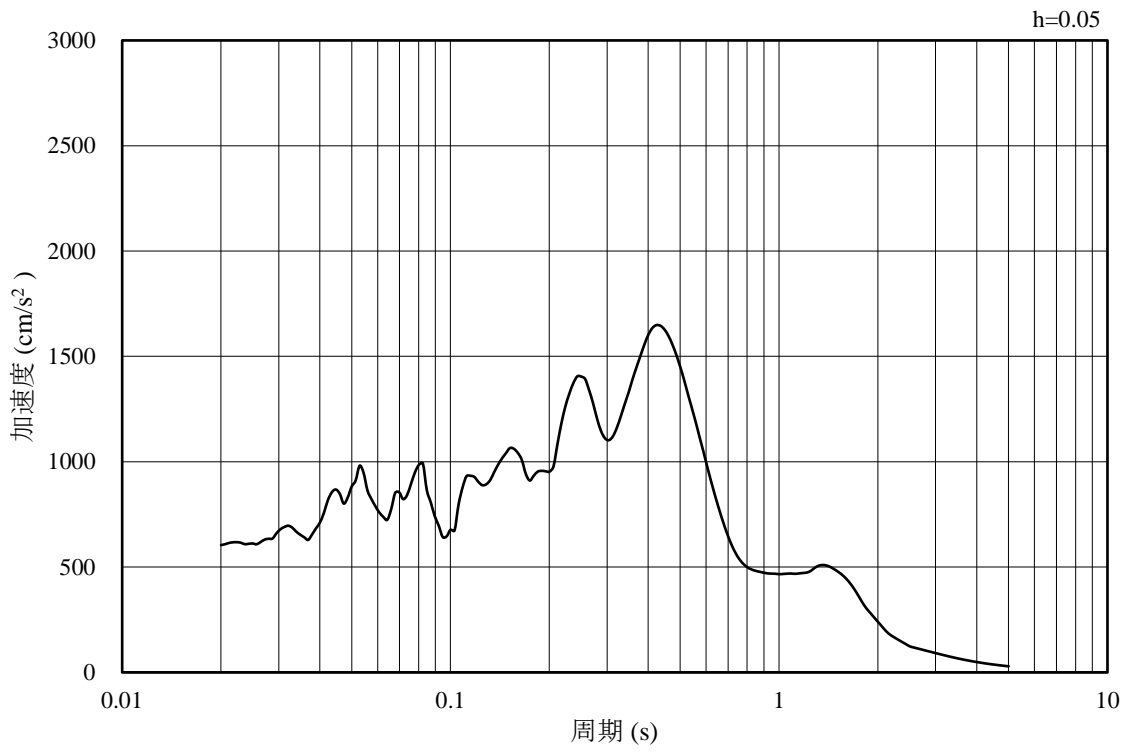


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

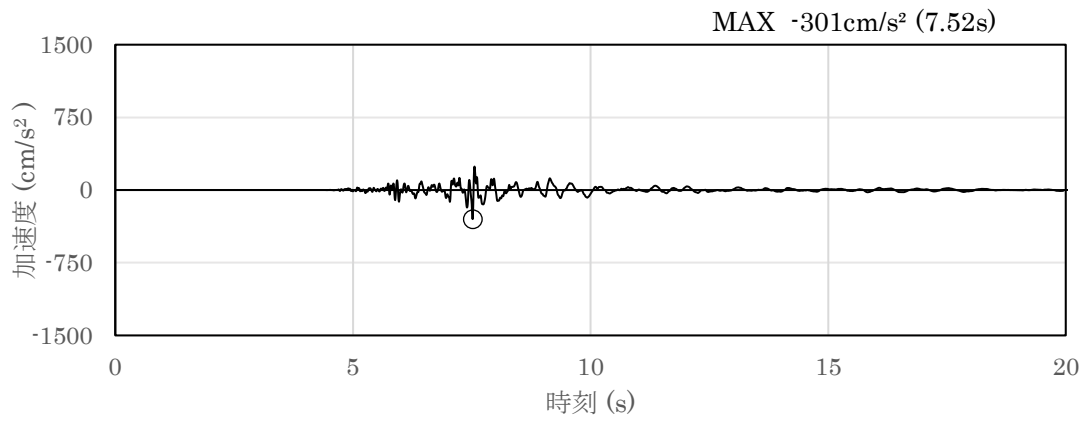


(a) 加速度時刻歴波形

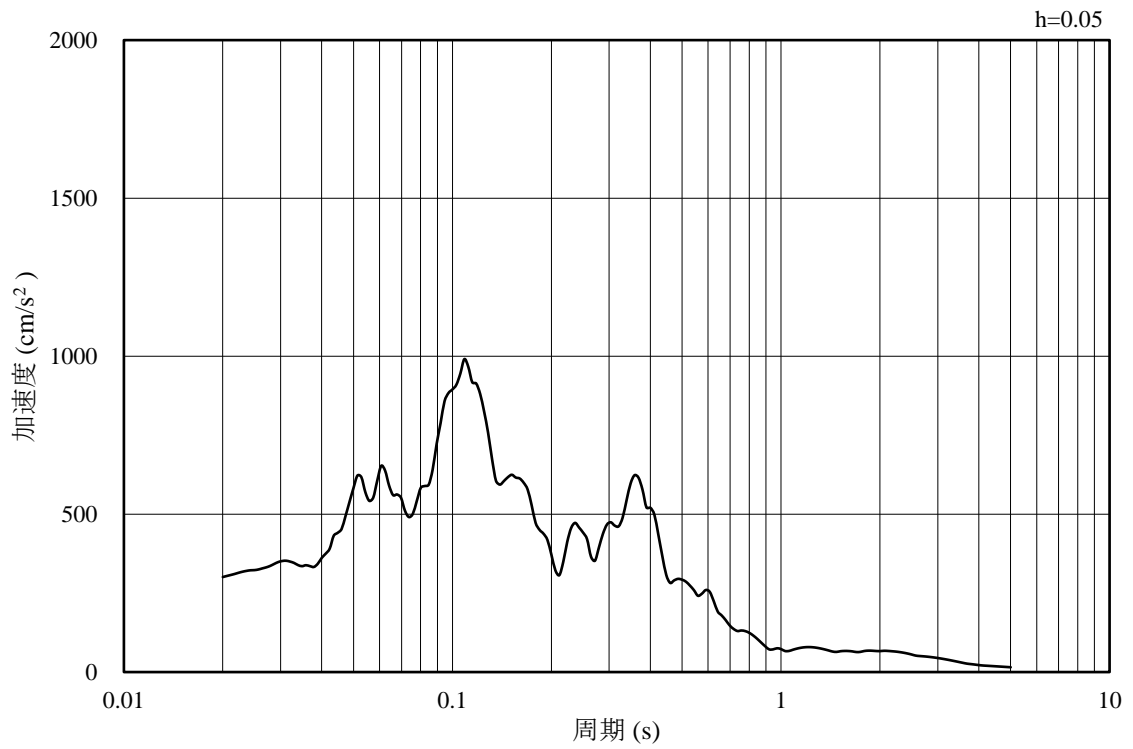


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 1 , EL-130m)

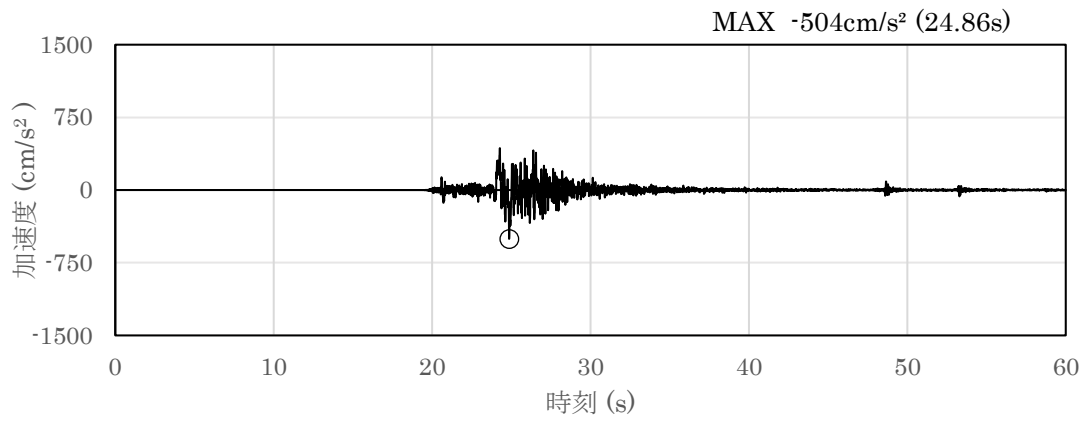


(a) 加速度時刻歴波形

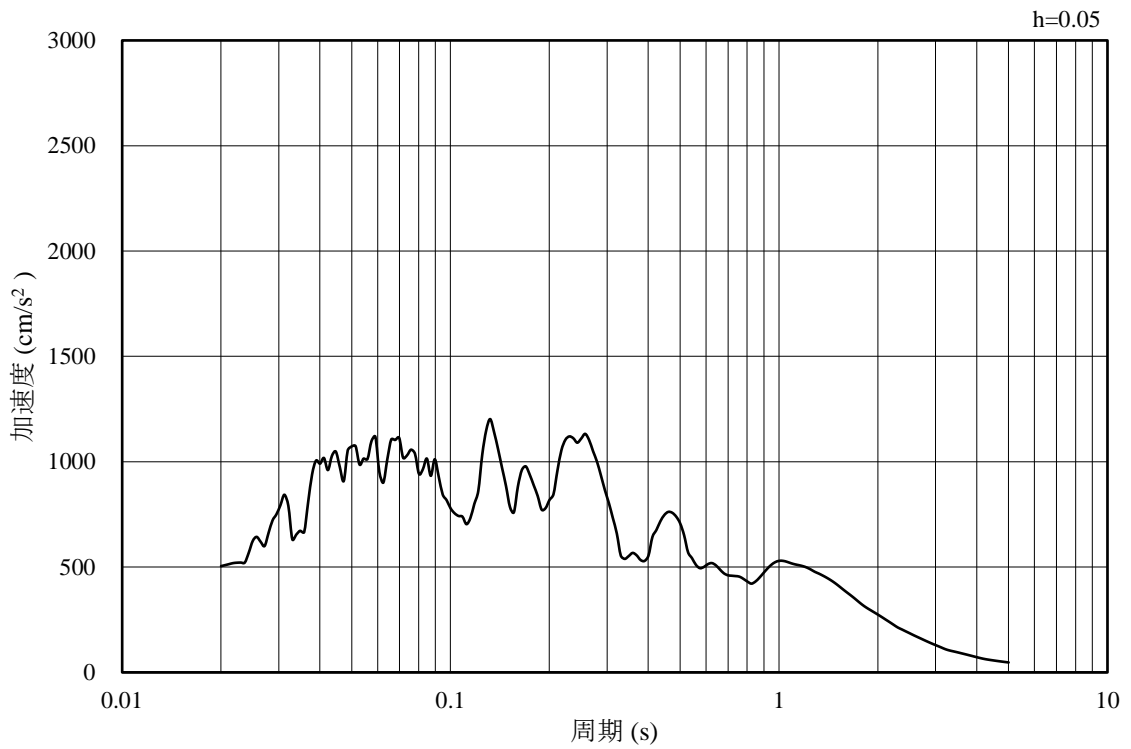


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 1, EL-130m)

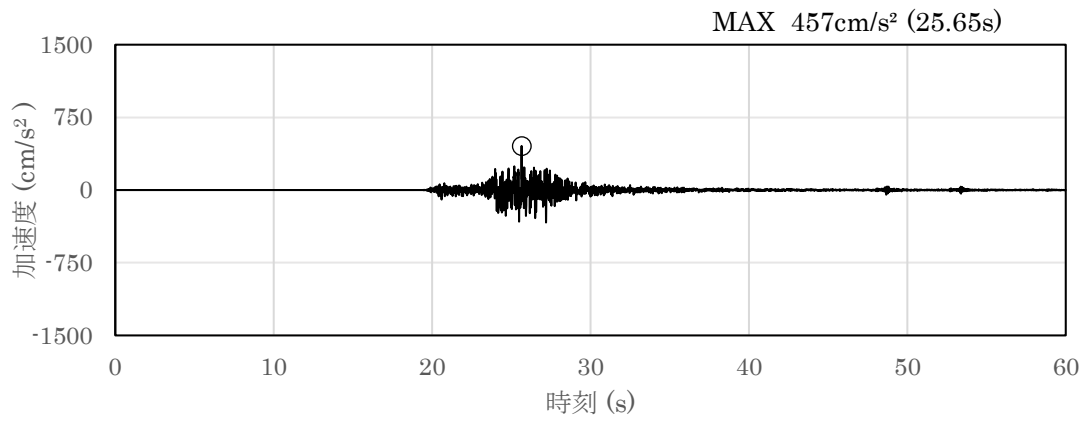


(a) 加速度時刻歴波形

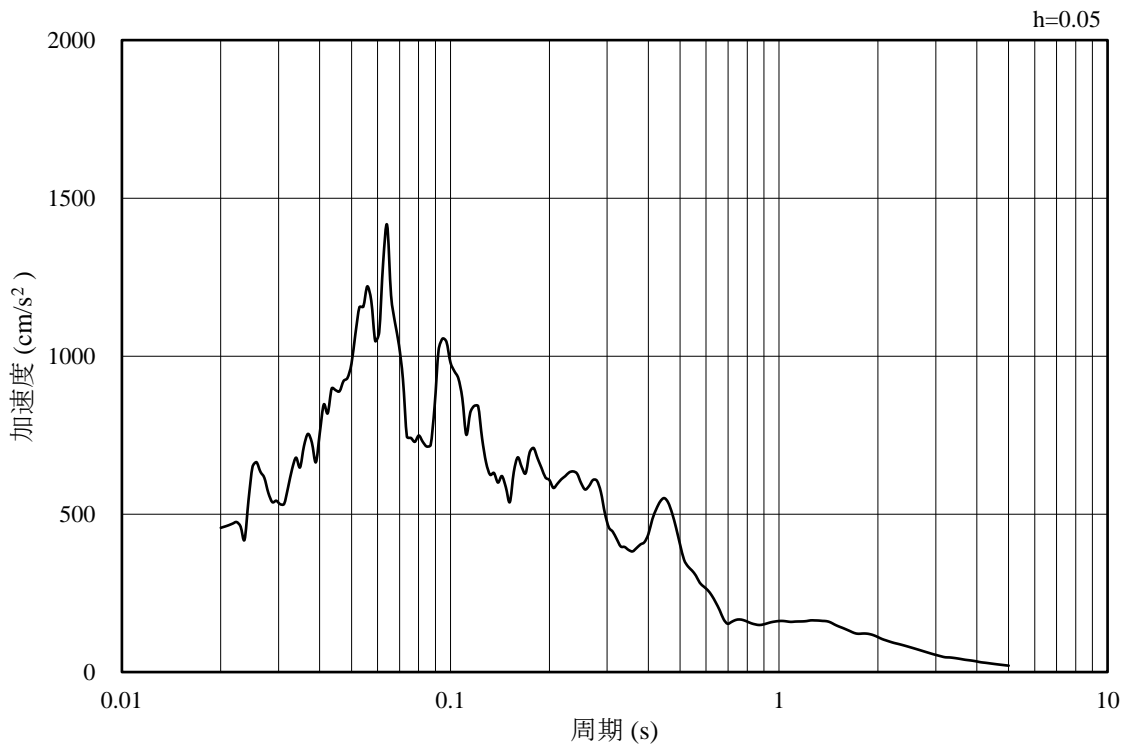


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (N S), EL-130m)

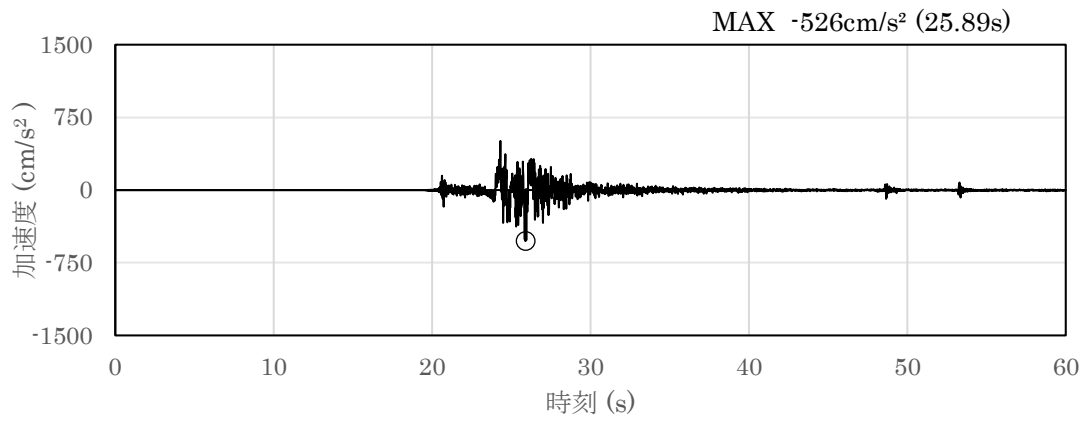


(a) 加速度時刻歴波形

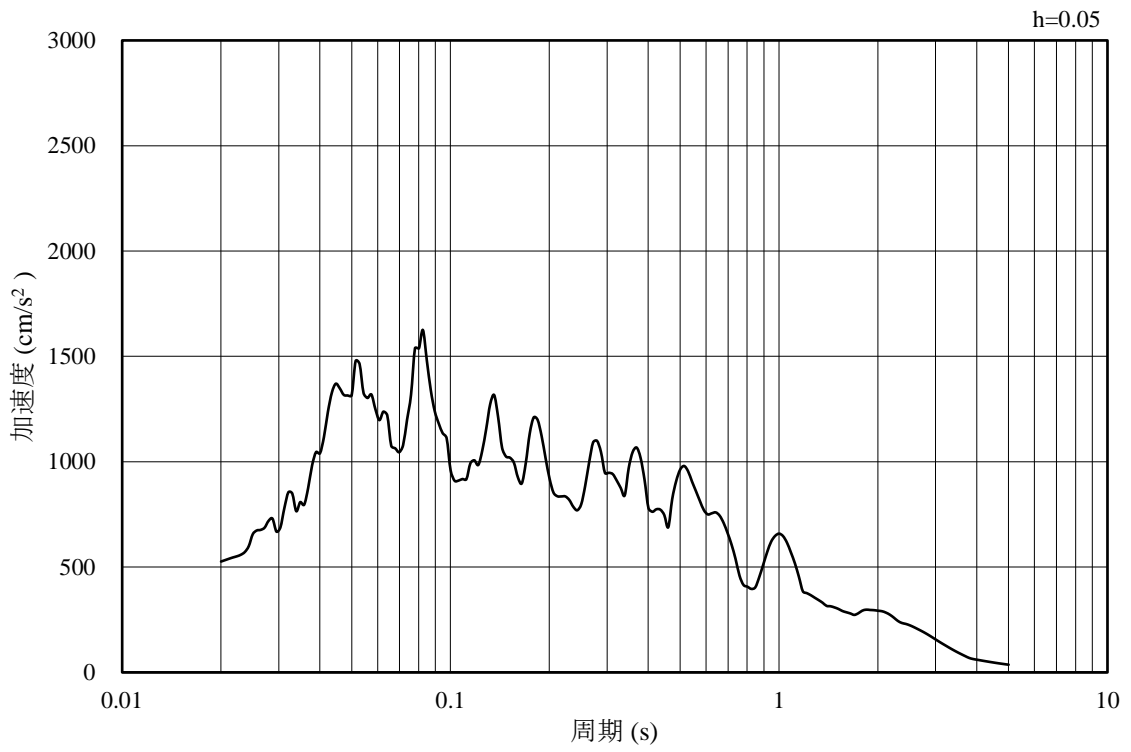


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (N S), EL-130m)

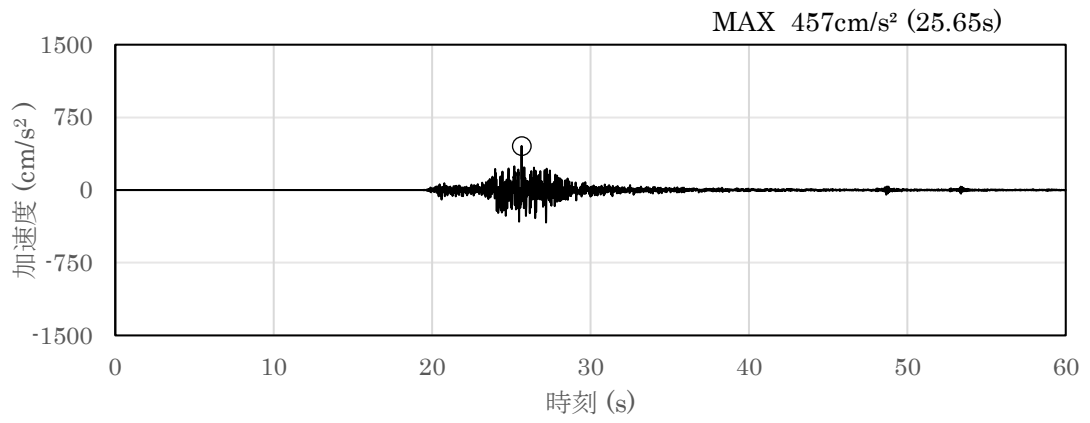


(a) 加速度時刻歴波形

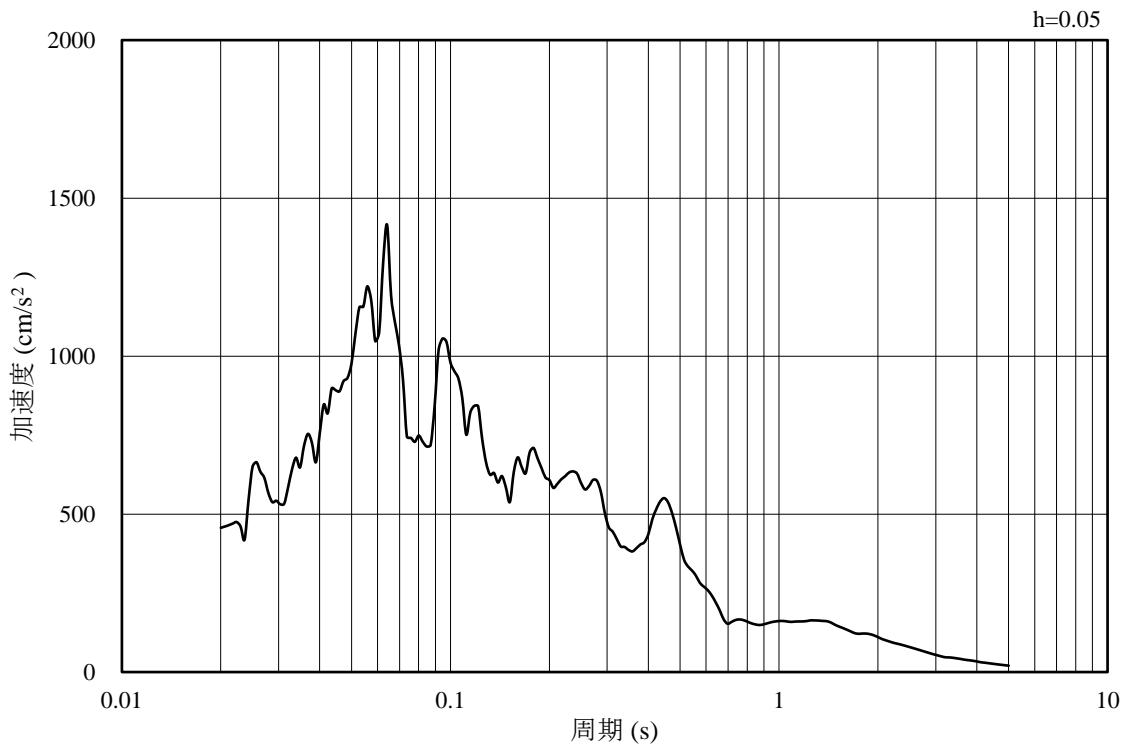


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (E W), EL-130m)



(a) 加速度時刻歴波形

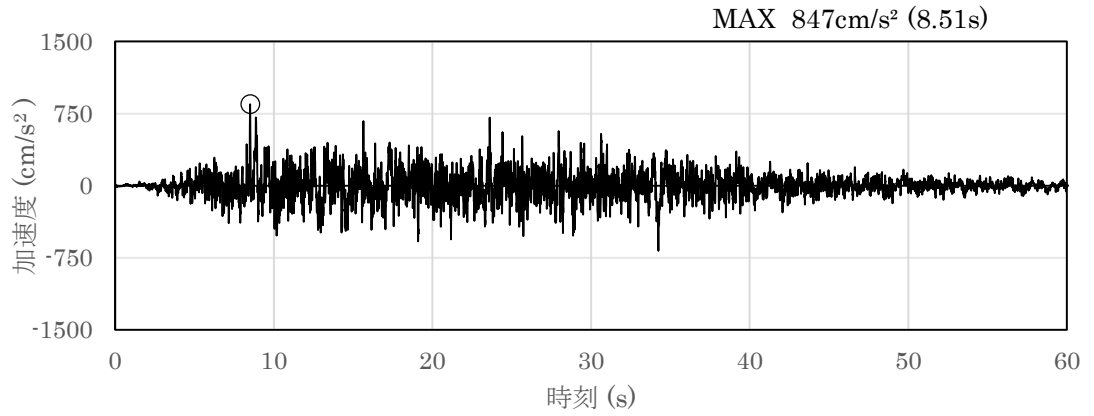


(b) 加速度応答スペクトル

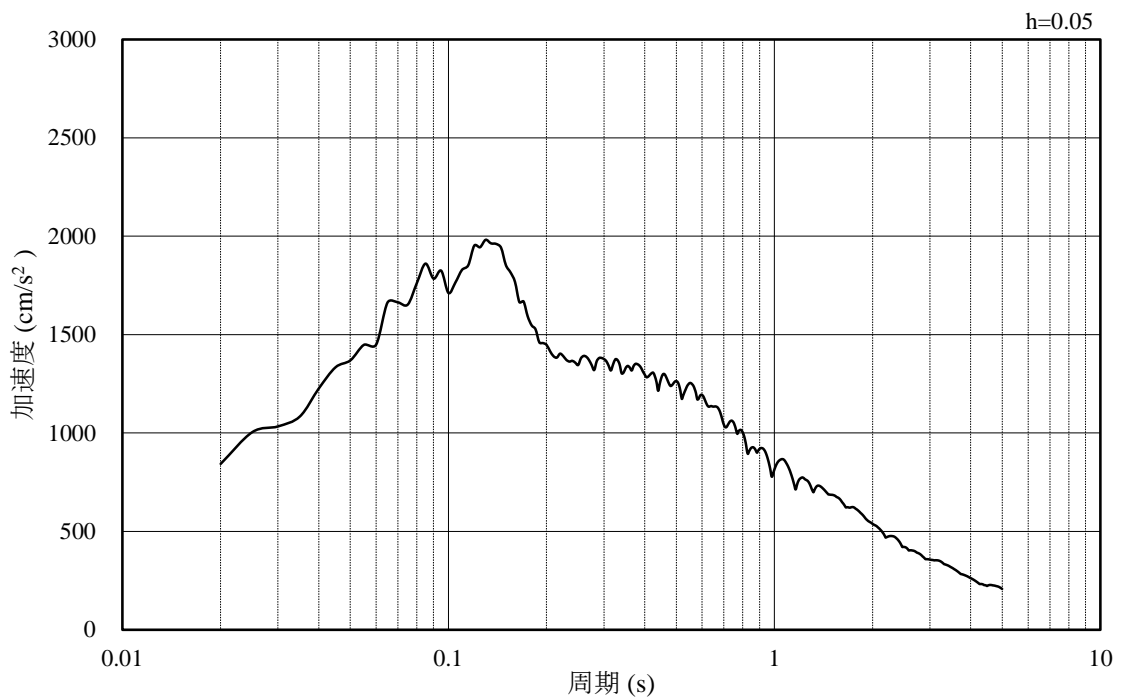
図 3-23 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W), EL-130m)

3.4.2 C-C断面の入力地震動

図3-24～図3-35にC-C断面の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。

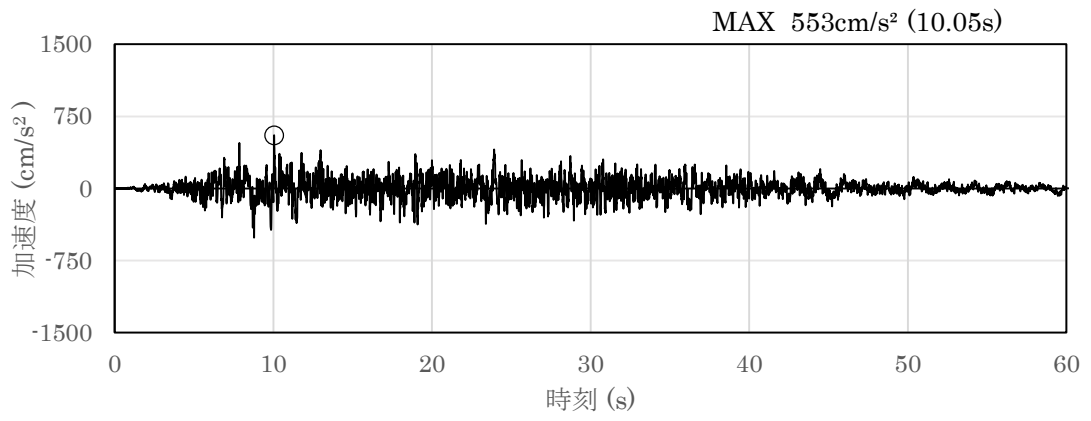


(a) 加速度時刻歴波形

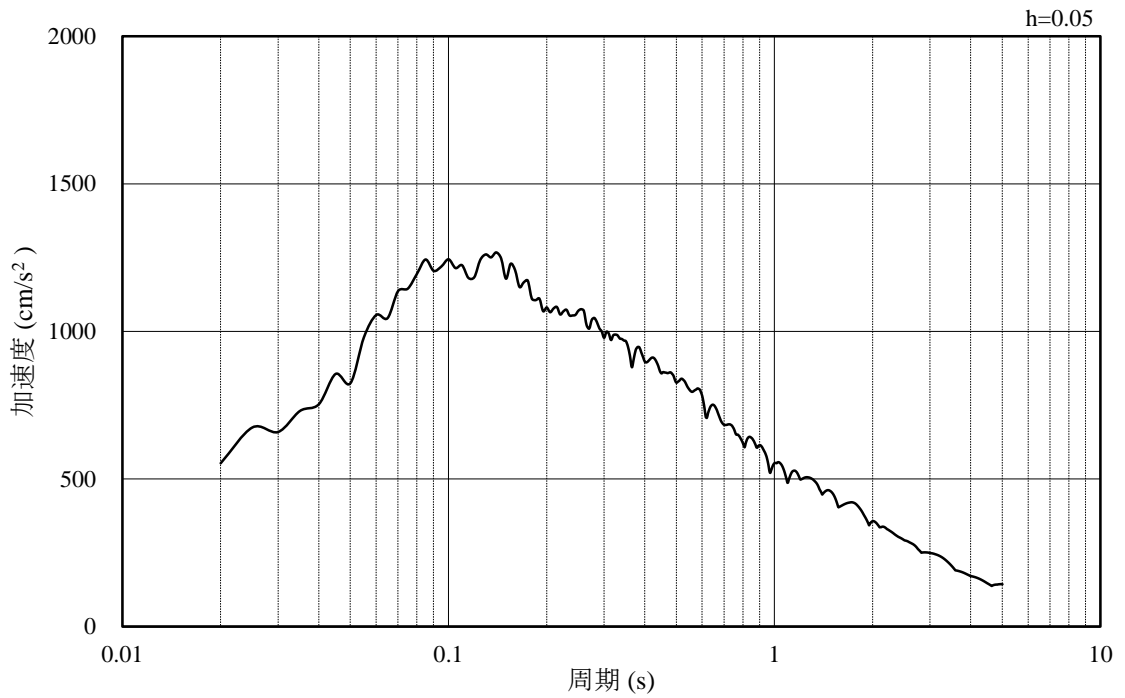


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - D, EL-35m)

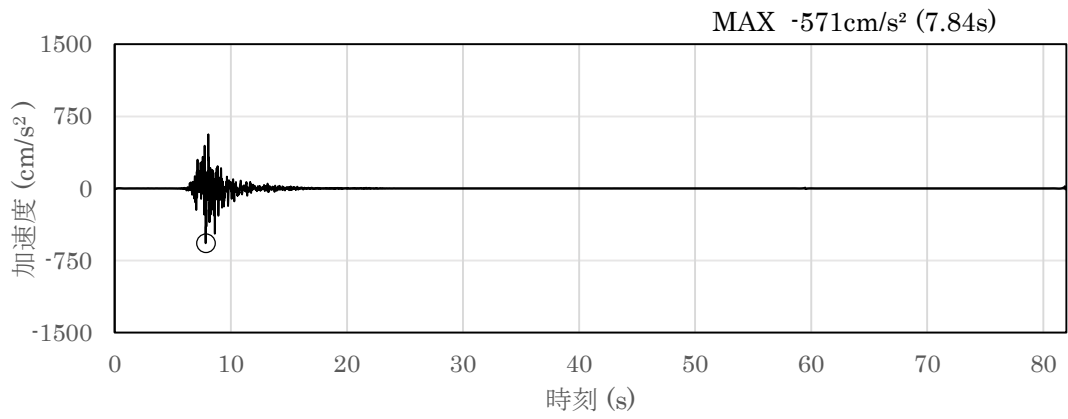


(a) 加速度時刻歴波形

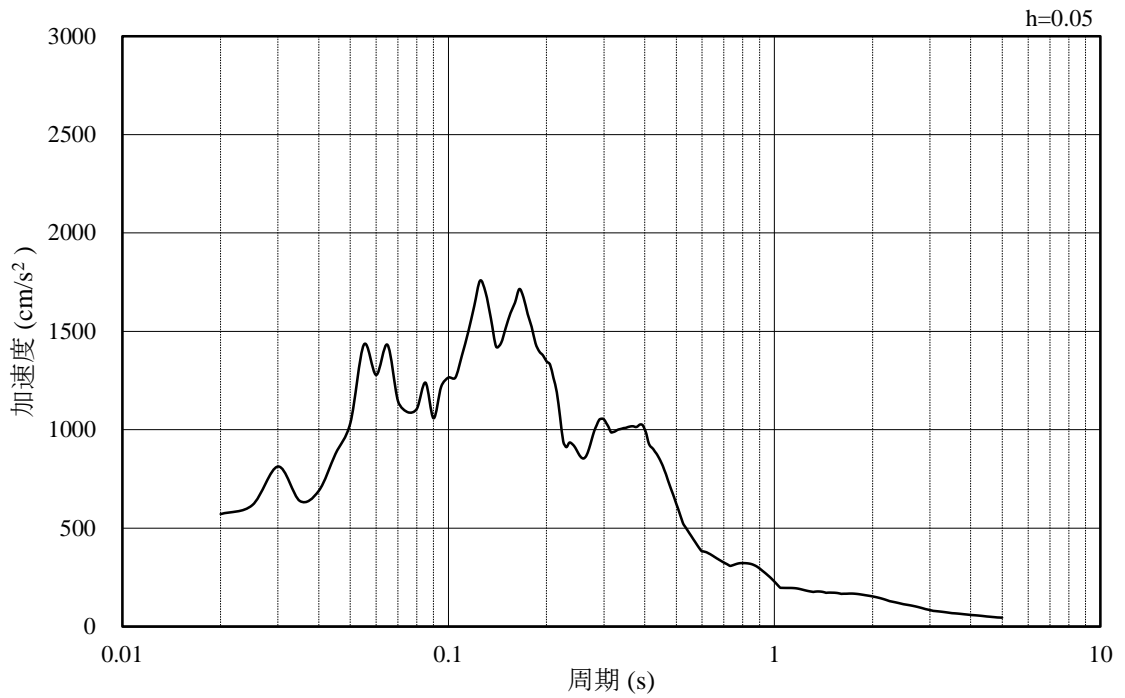


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - D, EL-35m)

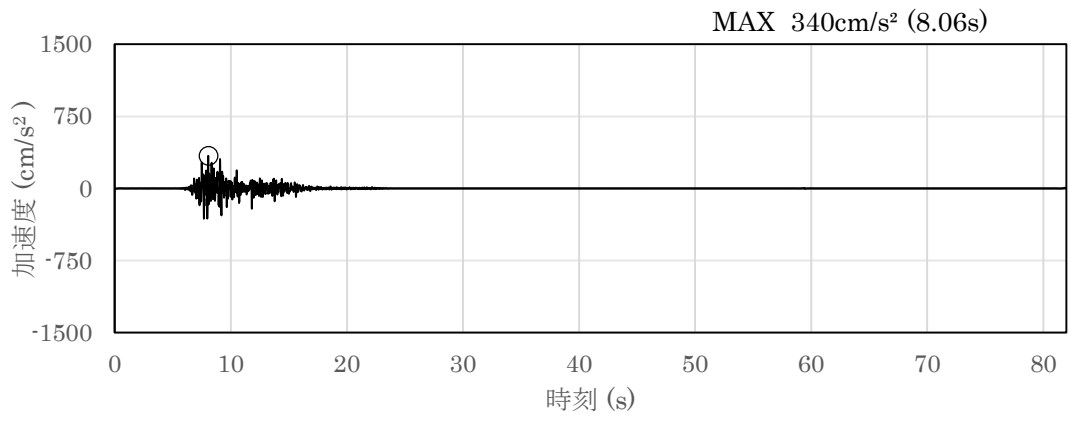


(a) 加速度時刻歴波形

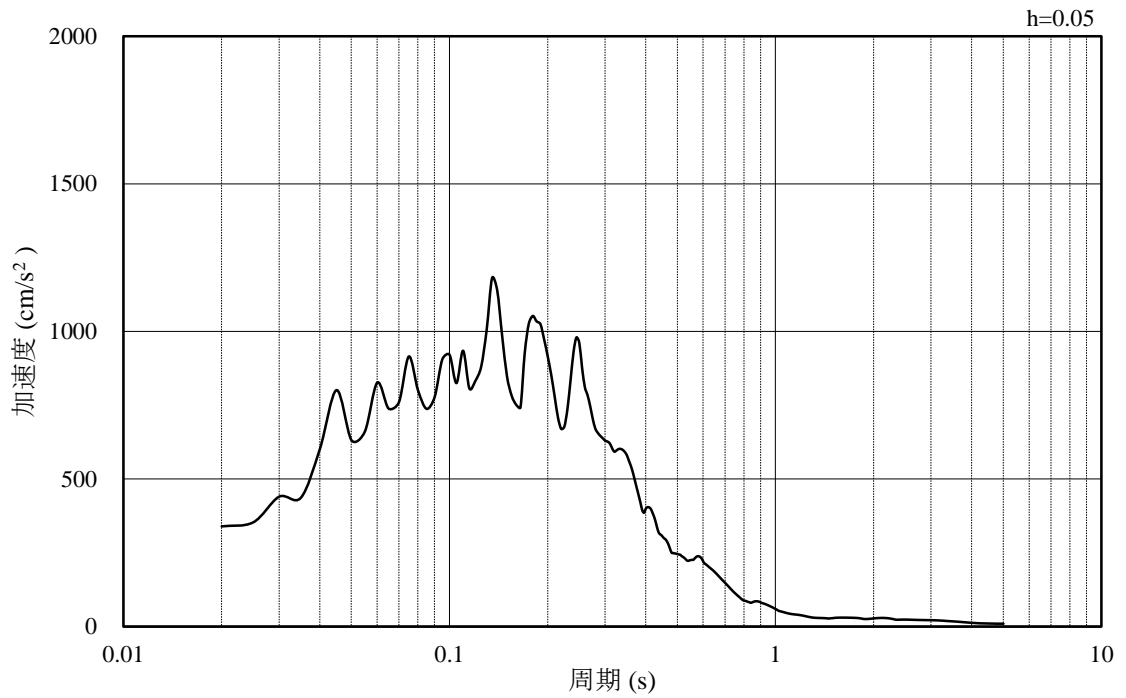


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - F 1 , EL-35m)

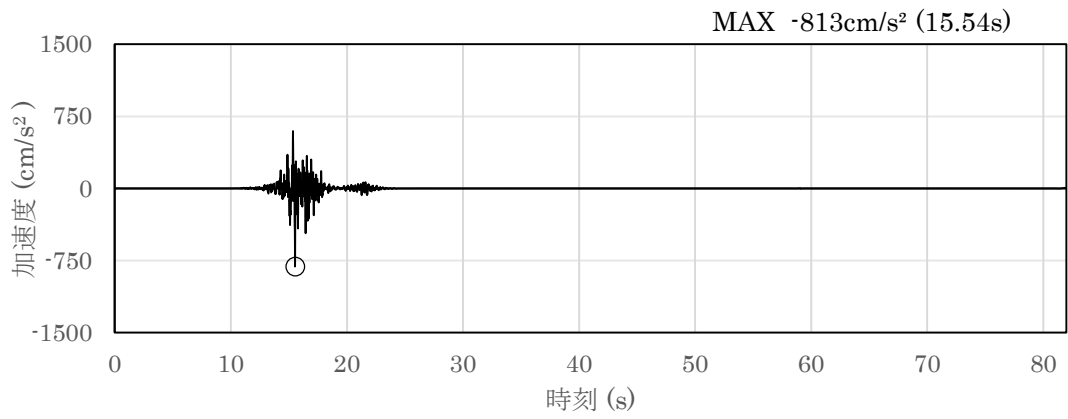


(a) 加速度時刻歴波形

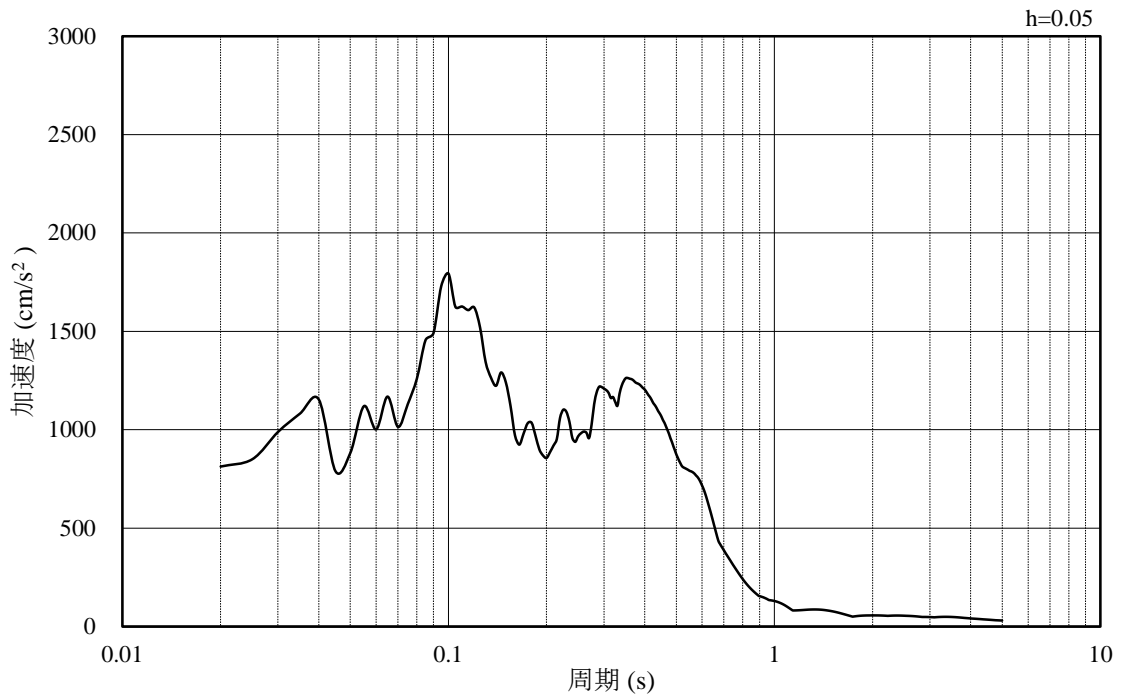


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - F 1, EL-35m)

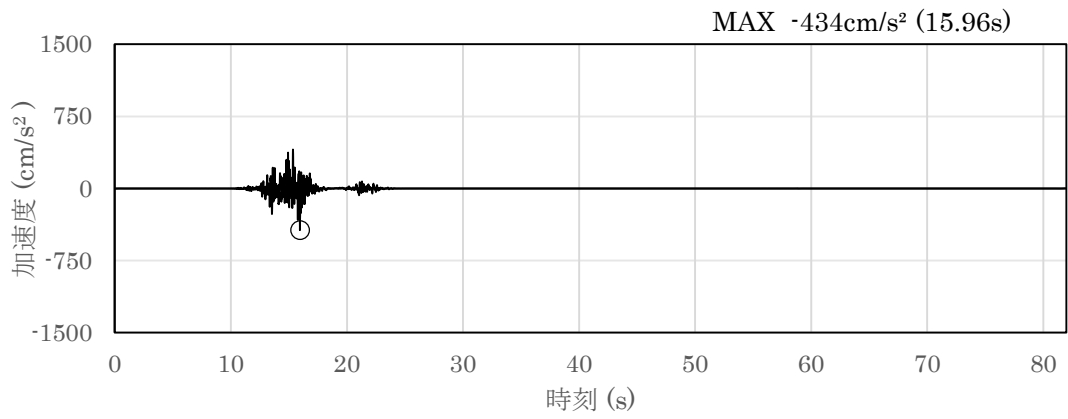


(a) 加速度時刻歴波形

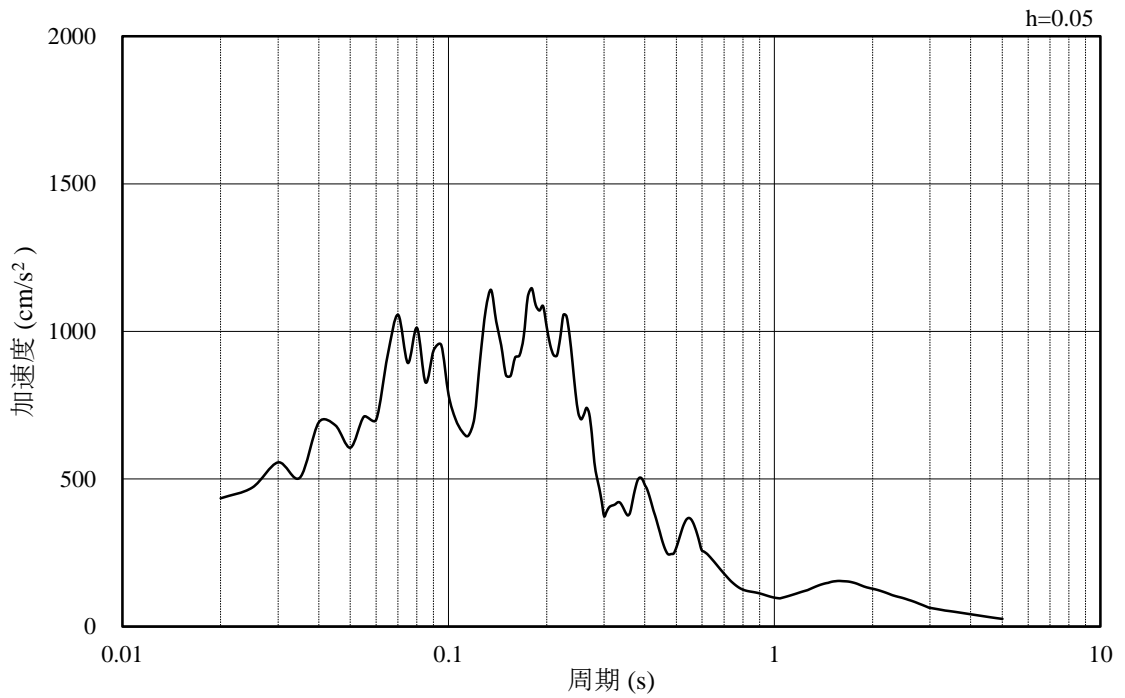


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - F 2, EL-35m)

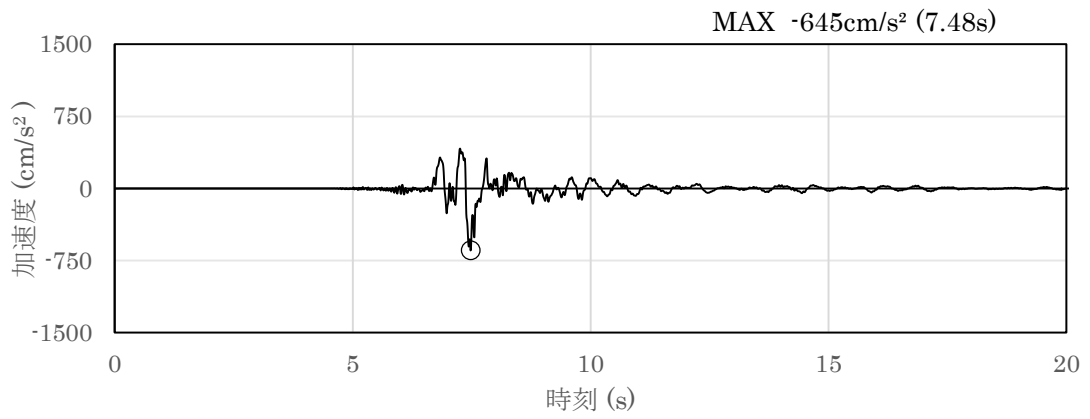


(a) 加速度時刻歴波形

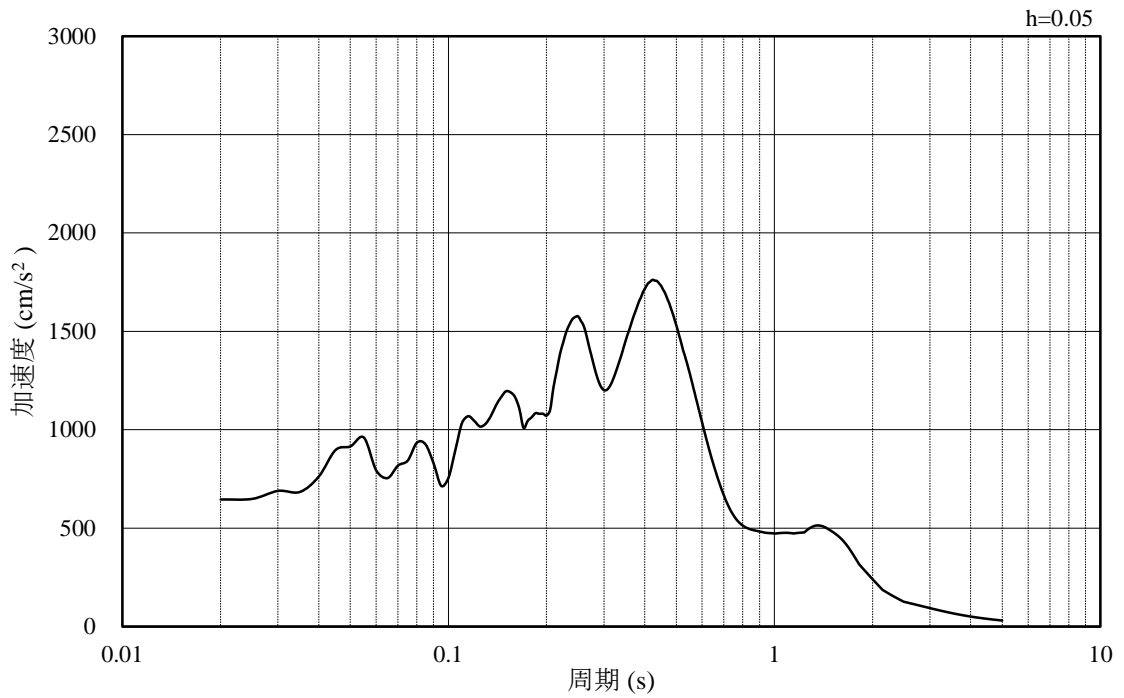


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - F 2, EL-35m)

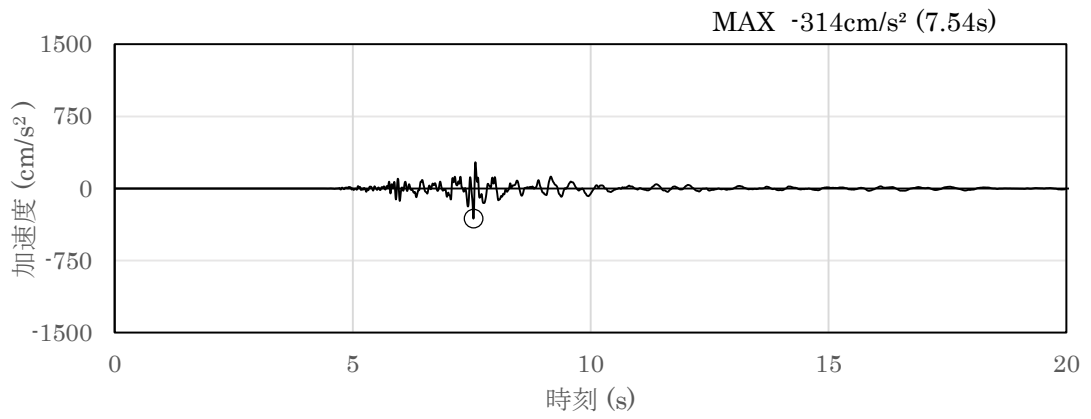


(a) 加速度時刻歴波形

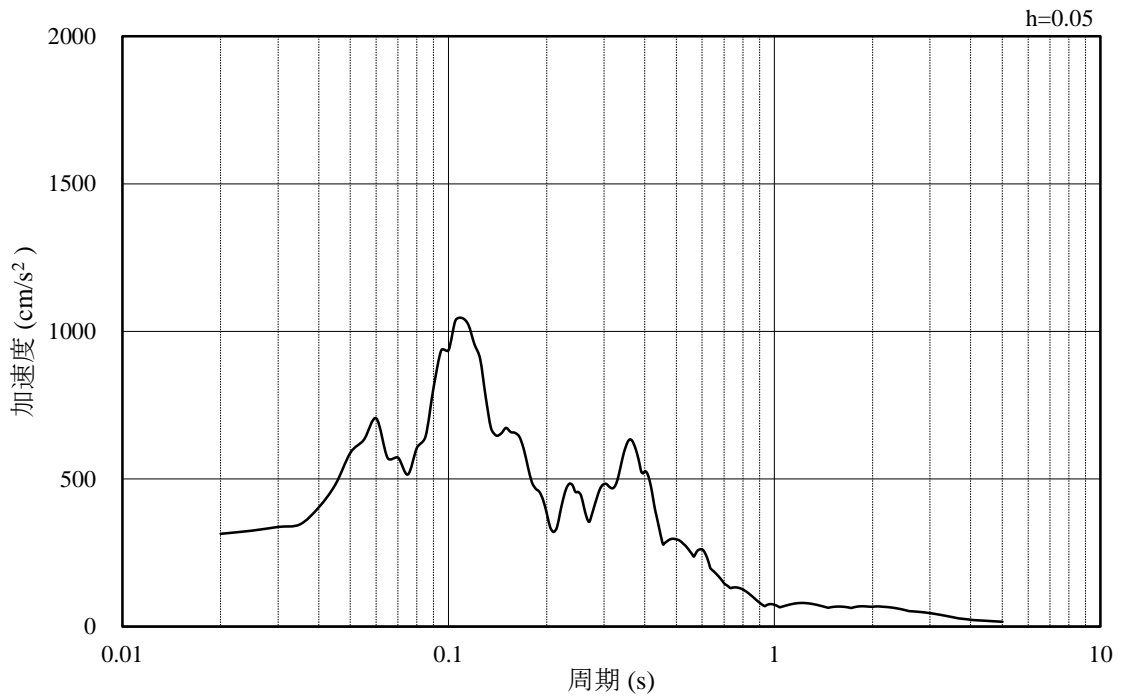


(b) 加速度応答スペクトル

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_s-N1, EL-35m)

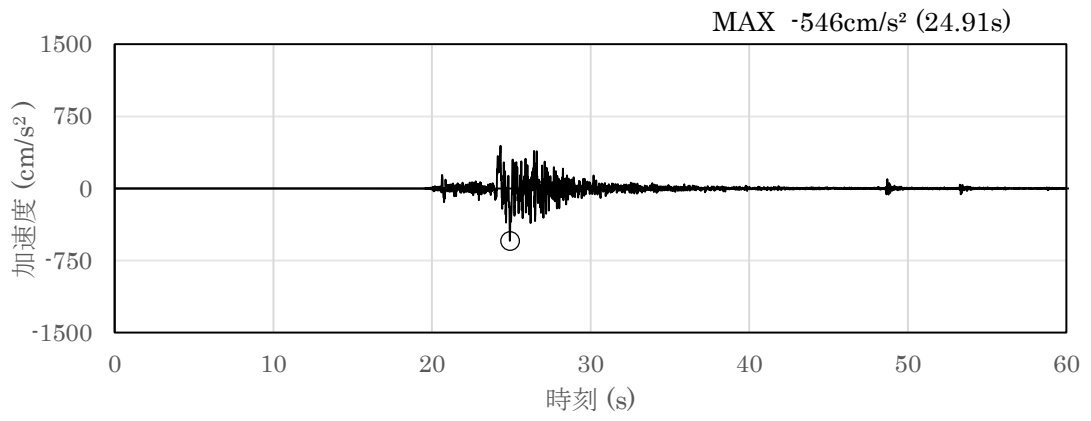


(a) 加速度時刻歴波形

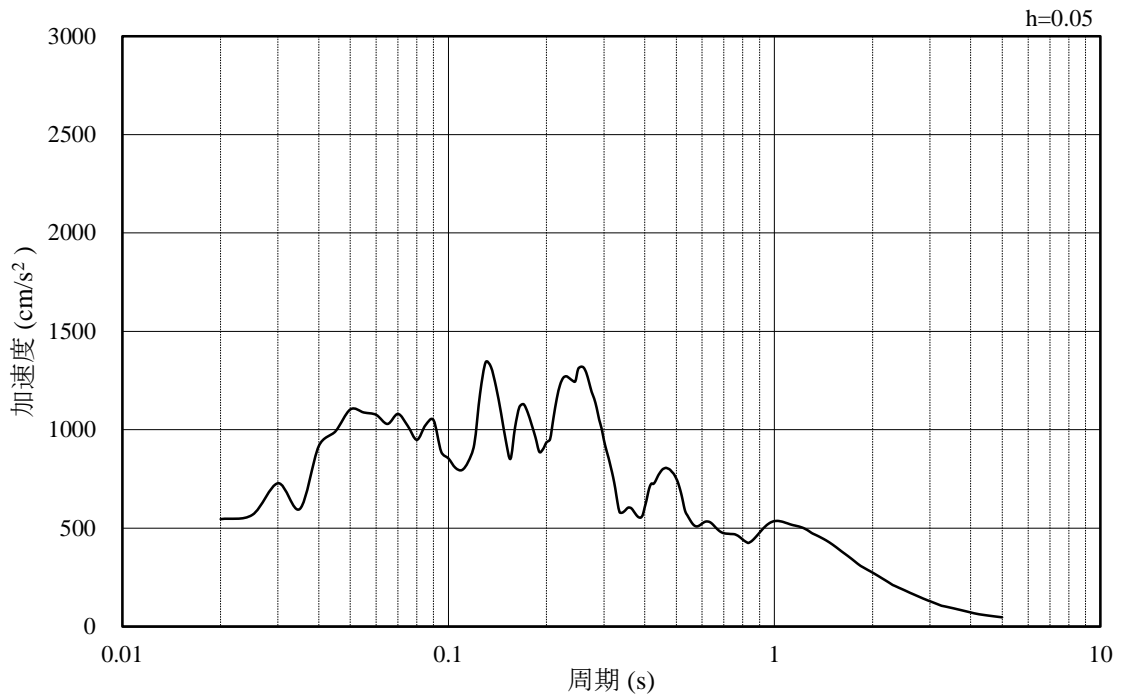


(b) 加速度応答スペクトル

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_s-N1, EL-35m)

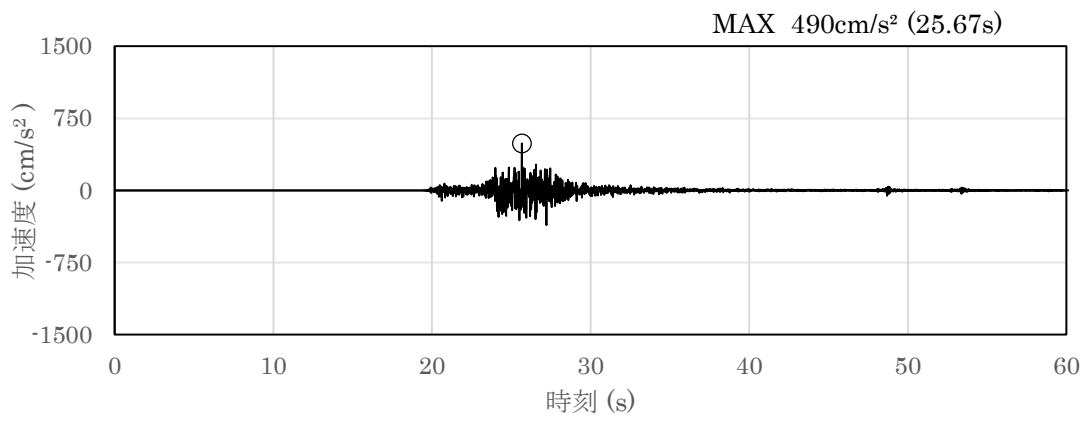


(a) 加速度時刻歴波形

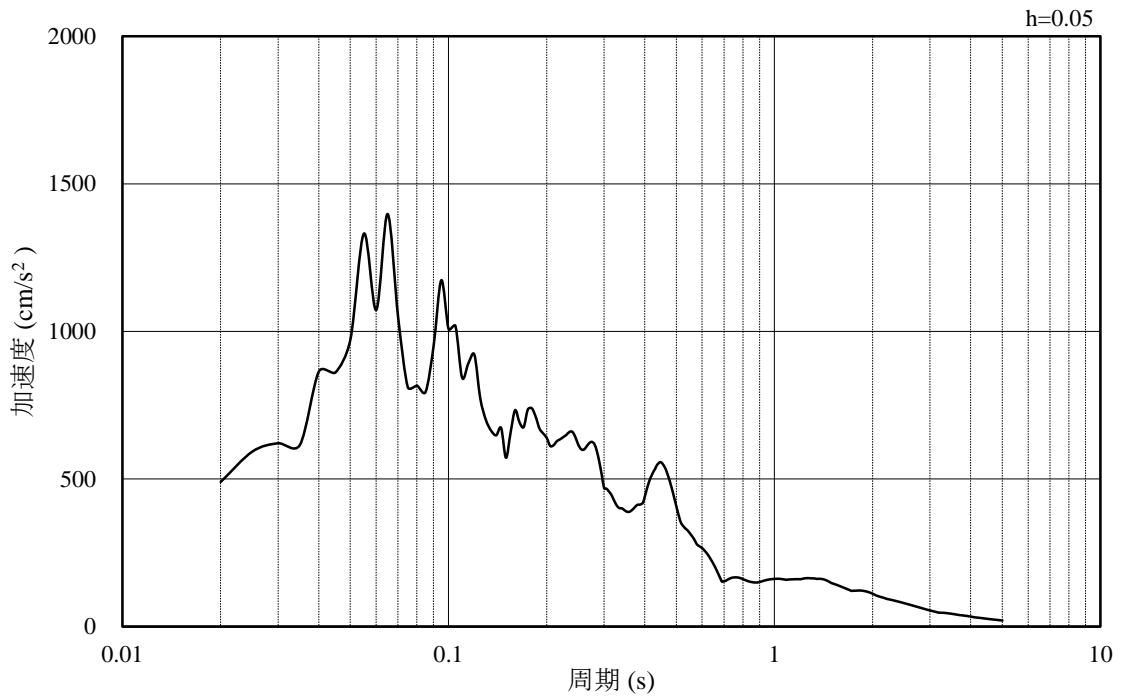


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (N S), EL-35m)

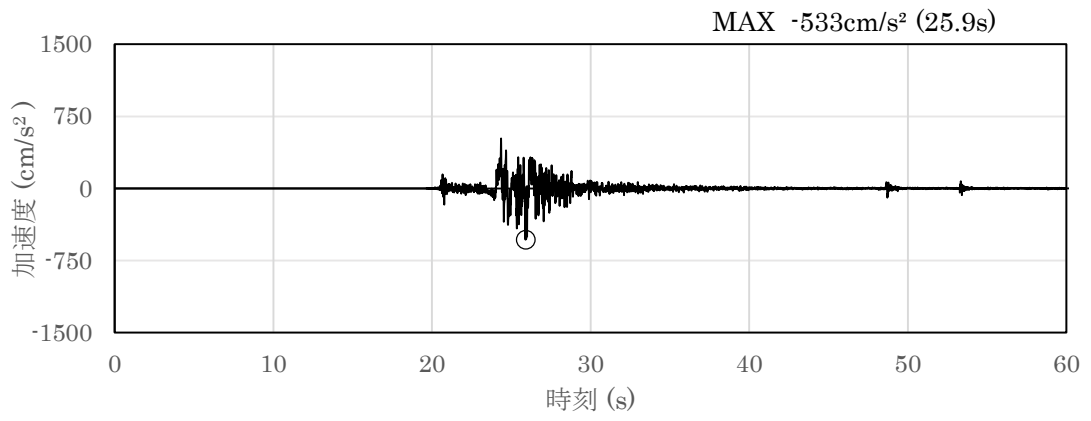


(a) 加速度時刻歴波形

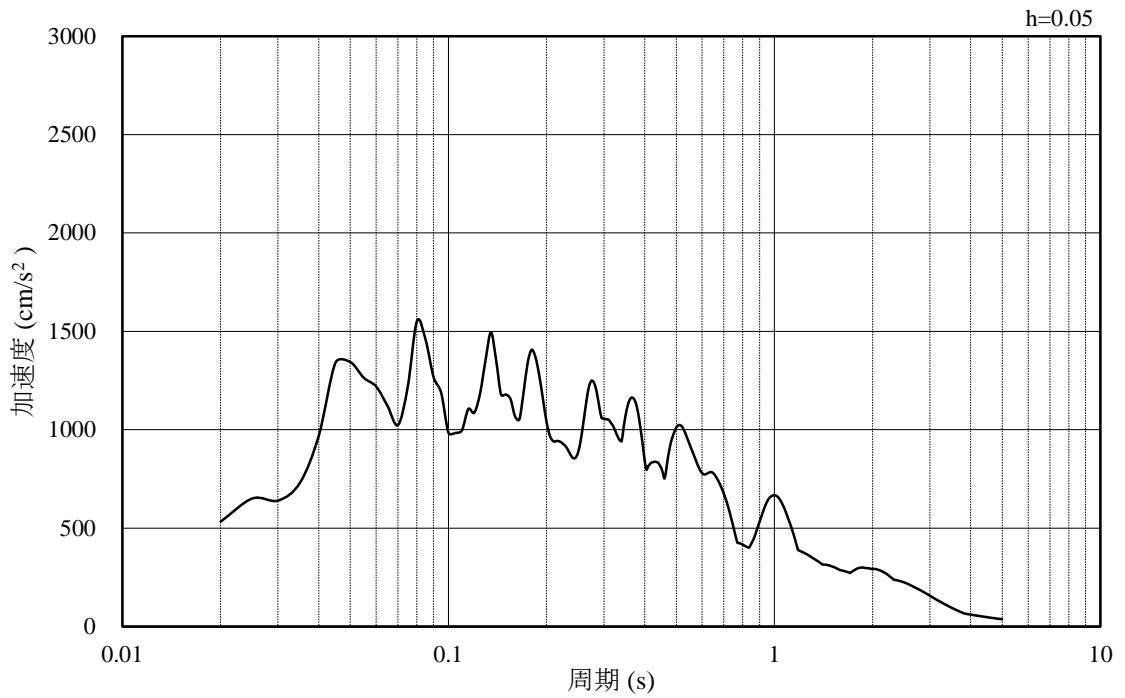


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (N S), EL-35m)

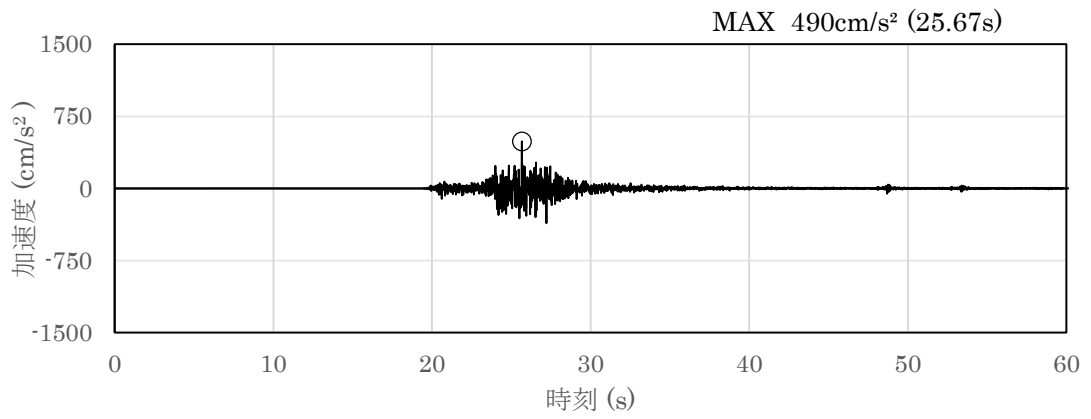


(a) 加速度時刻歴波形

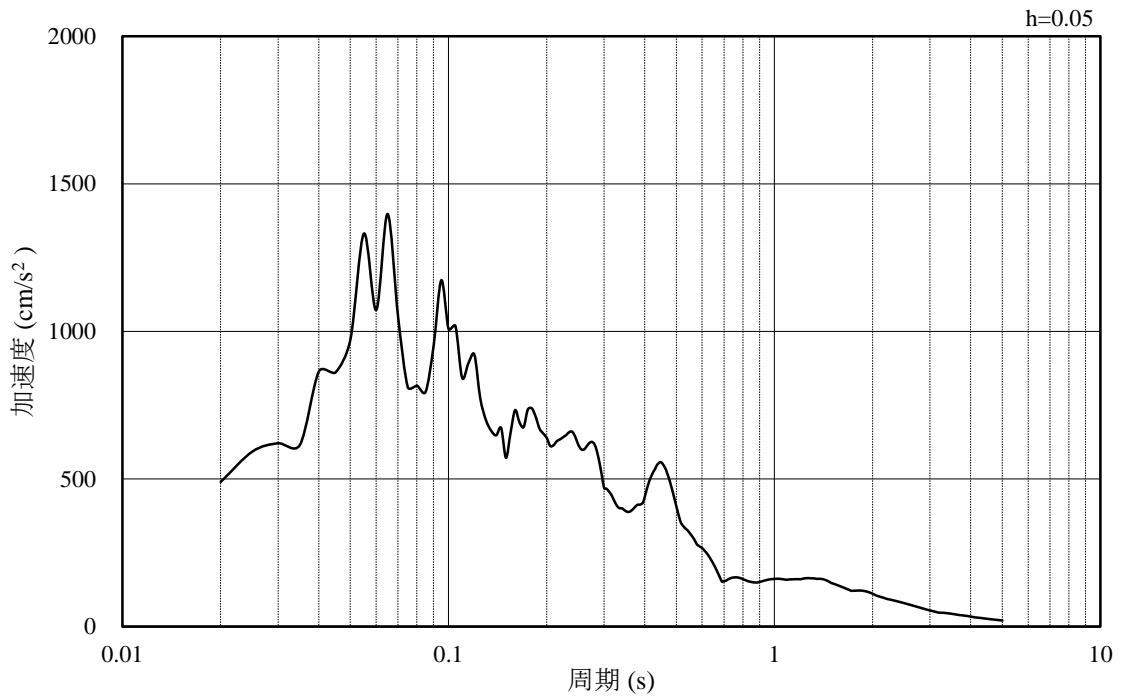


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (E W), EL-35m)



(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 s - N 2 (E W), EL-35m)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

第1ベントフィルタ格納槽の地震応答解析モデルを図3-36～図3-38に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、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及び平面応力要素でモデル化する。

機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、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

A-A断面及びB-B断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる原子炉建物は、等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

C-C断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽については、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必要があることから、非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。また、補助消火水槽は、保守的に埋戻土でモデル化する。埋戻土は、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。

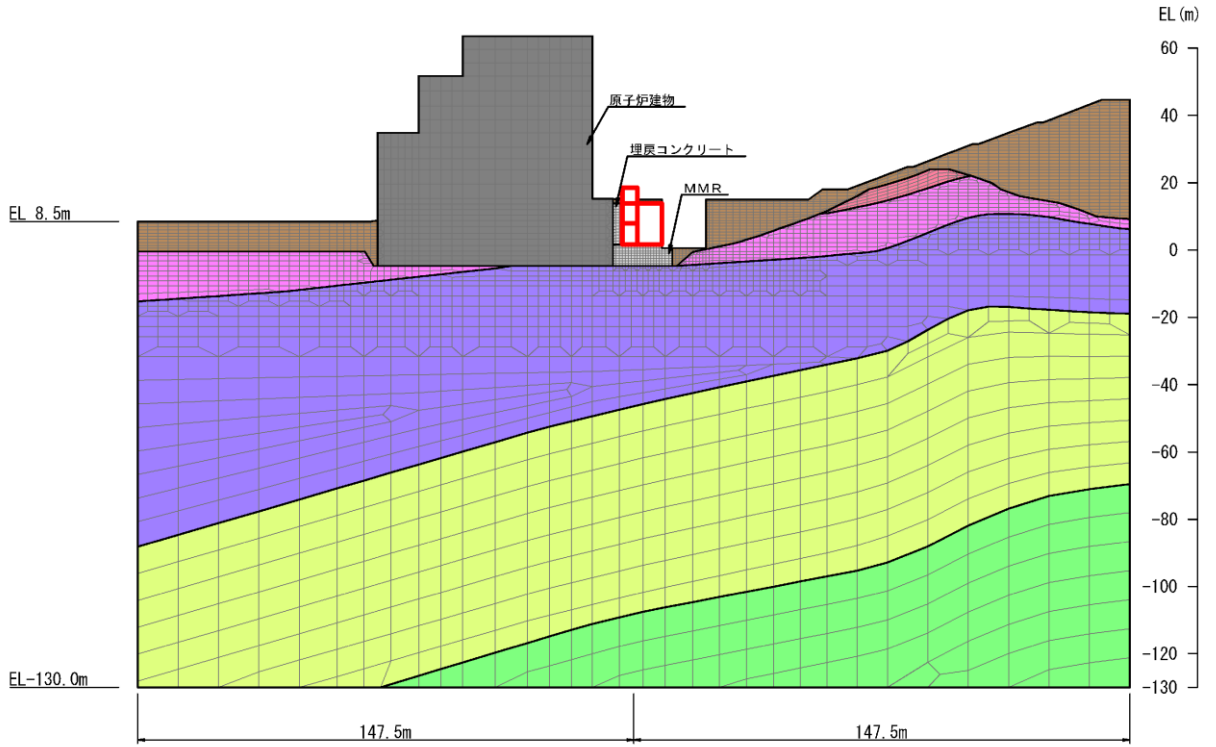
(6) MMR及び埋戻コンクリートのモデル化

MMR及び埋戻コンクリートは無筋コンクリートとして線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

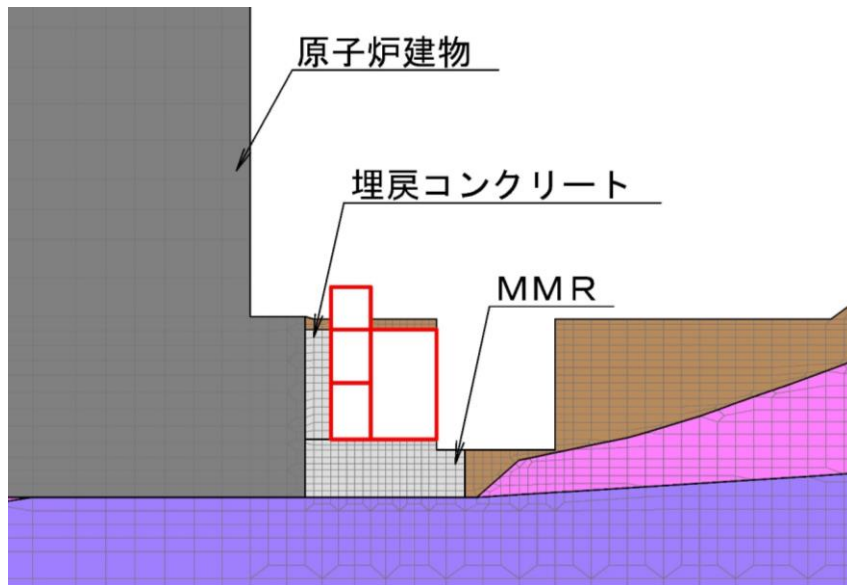
(7) ジョイント要素の設定

地震時の「構造物と無筋コンクリート」、「構造物と埋戻土」、「構造物と岩盤」、「無筋コンクリートと無筋コンクリート」、「無筋コンクリートと埋戻土」及び「無筋コンクリートと岩盤」の接合面における接触、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。

- : 岩盤 (1層)
 - : 岩盤 (2層)
 - : 岩盤 (3層)
- : 岩盤 (4層)
 - : 岩盤 (5層)
 - : 評価対象構造物
- : 埋戻土
 - : MMR, 埋戻コンクリート
- : 隣接構造物



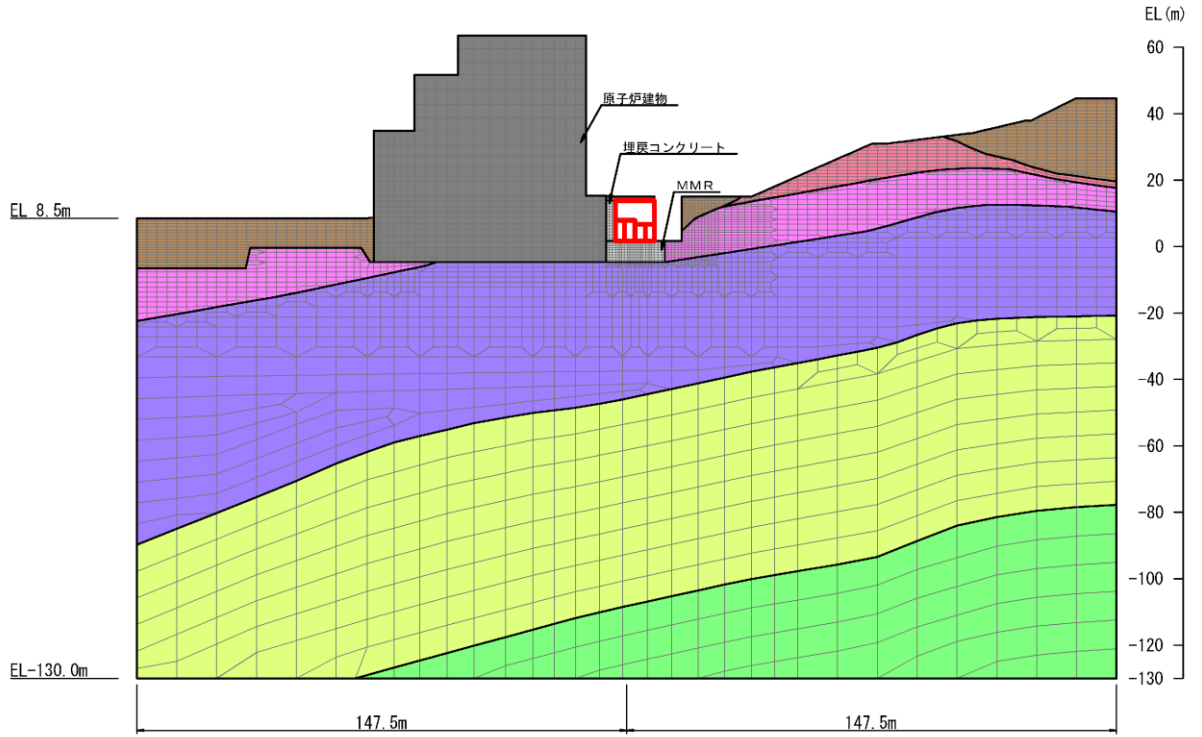
(全体図)



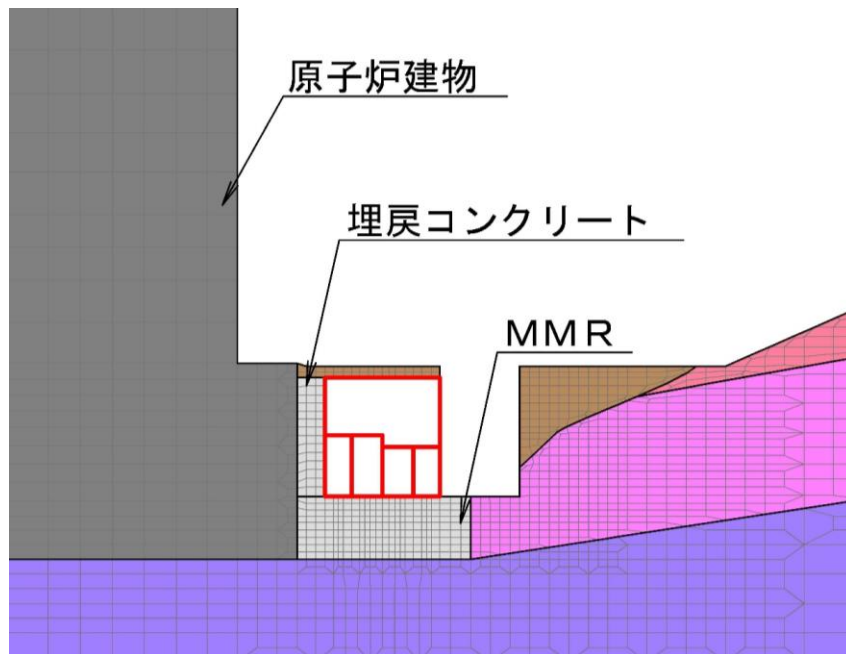
(拡大図)

図 3-36 地震応答解析モデル図 (A-A 断面)

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  : 岩盤 (1層) |  : 岩盤 (4層) |  : 埋戻土 |  : 隣接構造物 |
|  : 岩盤 (2層) |  : 岩盤 (5層) |  : MMR, 埋戻コンクリート | |
|  : 岩盤 (3層) |  : 評価対象構造物 | | |

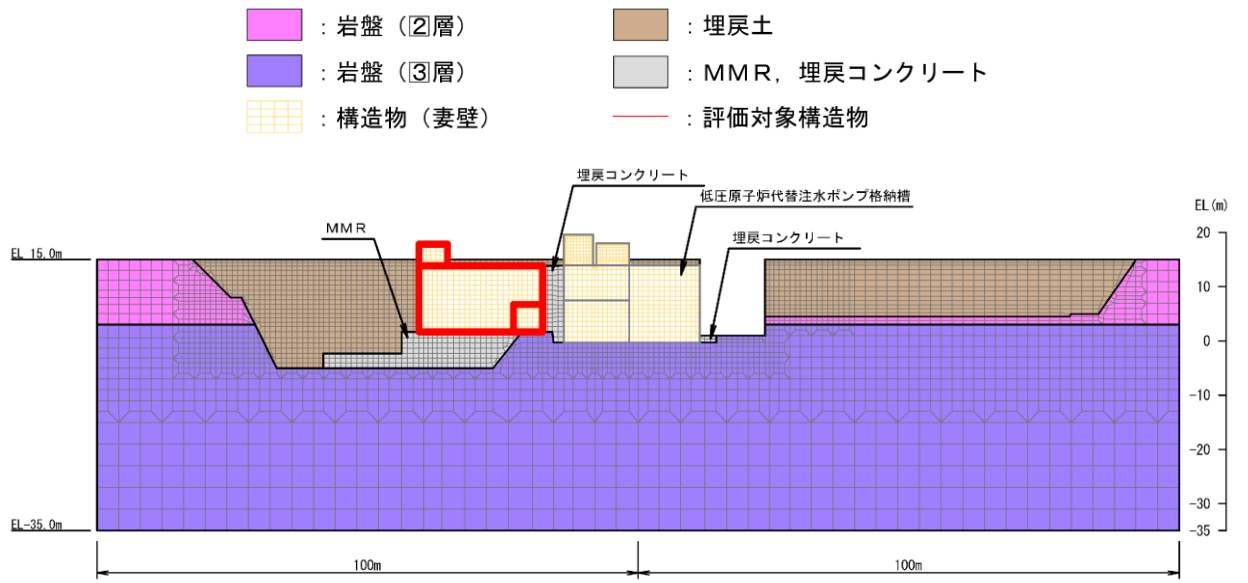


(全体図)

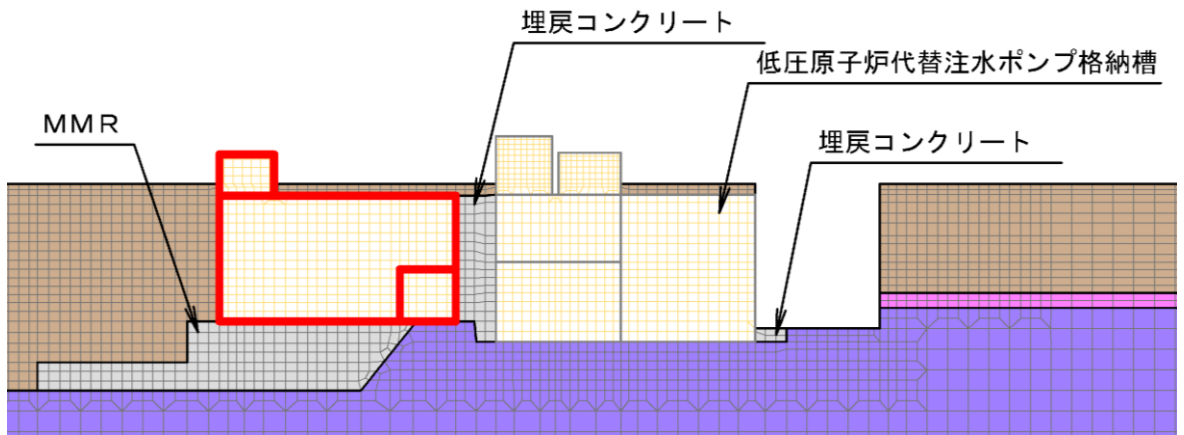


(拡大図)

図 3-37 地震応答解析モデル図 (B-B断面)



(全体図)



(拡大図)

図 3-38 地震応答解析モデル図 (C-C 断面)

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 3-9 に、材料の物性値を表 3-10 に示す。

表 3-9 使用材料

材料		仕様
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		

表 3-10 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR			

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、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

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。設計地下水位の一覧を表 3-11 に示す。

表 3-11 設計地下水位の一覧

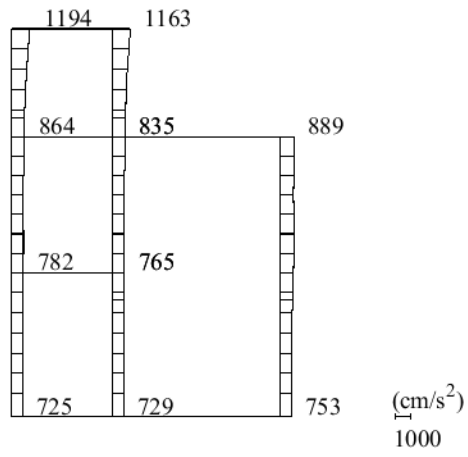
施設名称	解析断面	設計地下水位 (ELm)
第1 ベントフィルタ 格納槽	A-A断面	15.0
	B-B断面	
	C-C断面	

4. 解析結果

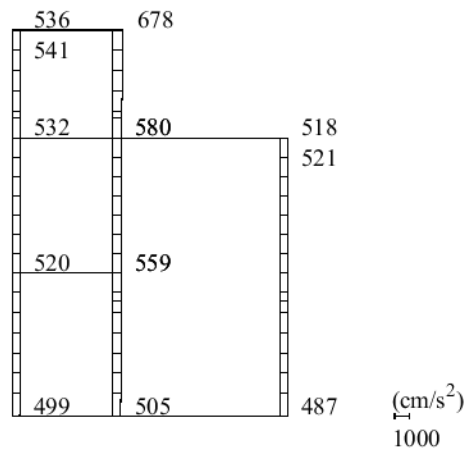
4.1 A-A断面の解析結果

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について、すべての基準地震動 S s に対する最大応答加速度分布図を図 4-1～図 4-12 に示す。

また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及び③の最大応答加速度分布図を図 4-13 及び図 4-14 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及び③について、すべての基準地震動 S s に対する最大応答加速度分布図を図 4-15～図 4-38 に示す。

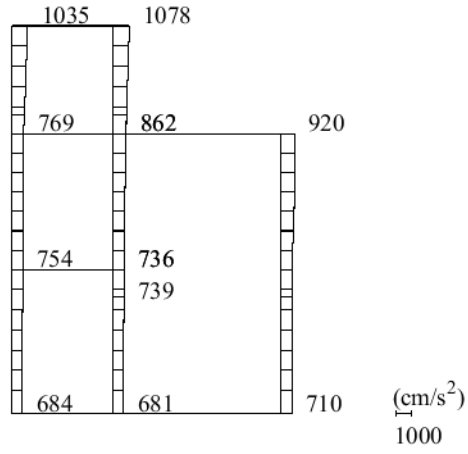


(a) S s - D (++) 水平

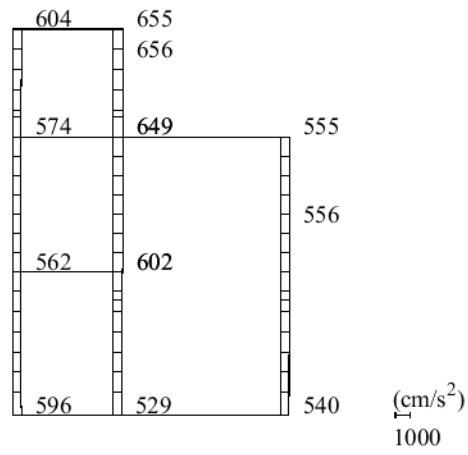


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-1 最大応答加速度分布図 (1/38) (解析ケース①)

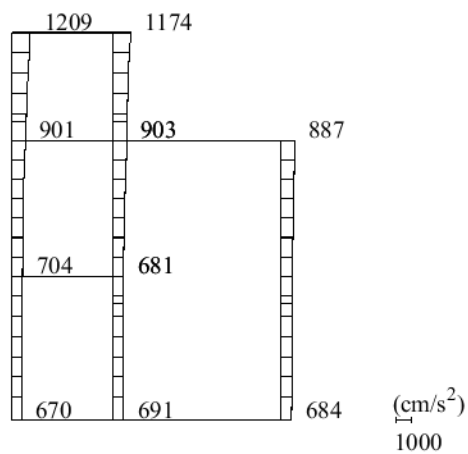


(a) S s - D (-+) 水平

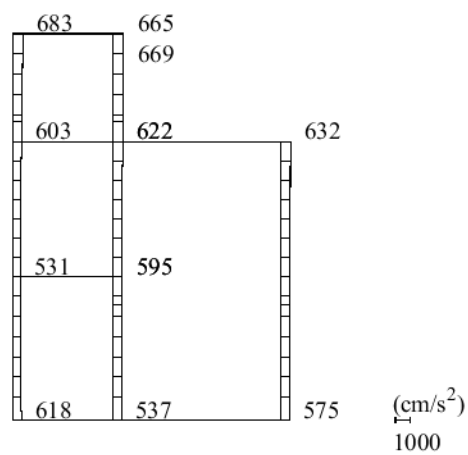


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-2 最大応答加速度分布図 (2/38) (解析ケース①)

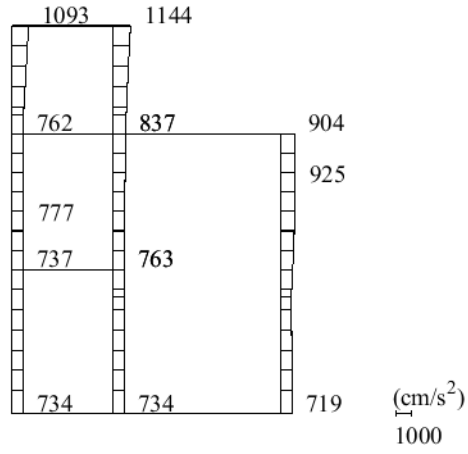


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

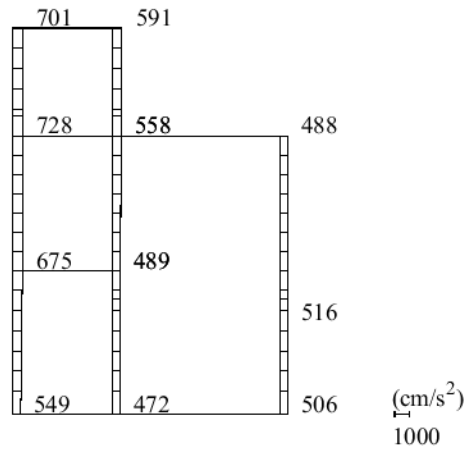


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/38) (解析ケース①)

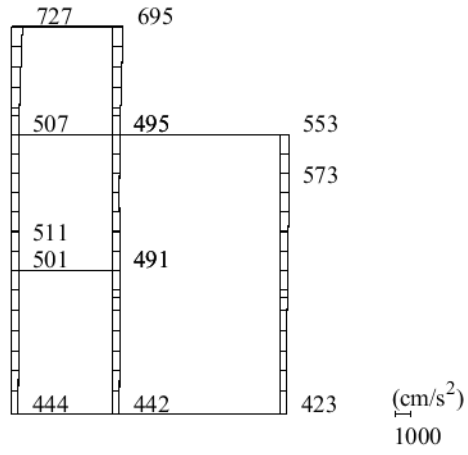


(a) S s - D (--) 水平

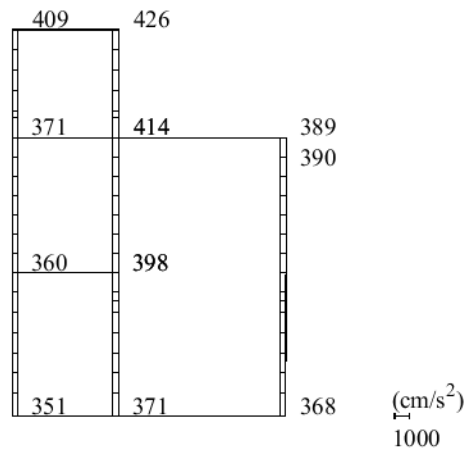


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-4 最大応答加速度分布図 (4/38) (解析ケース①)

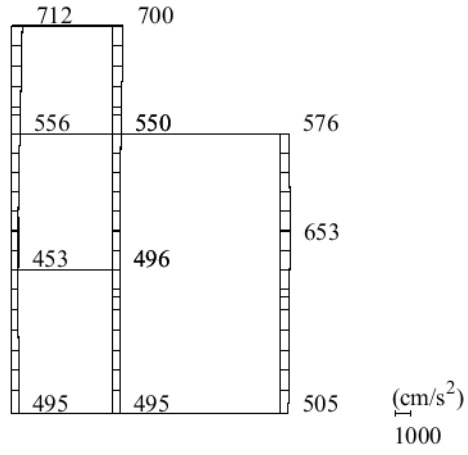


(a) S s - F 1 (++) 水平

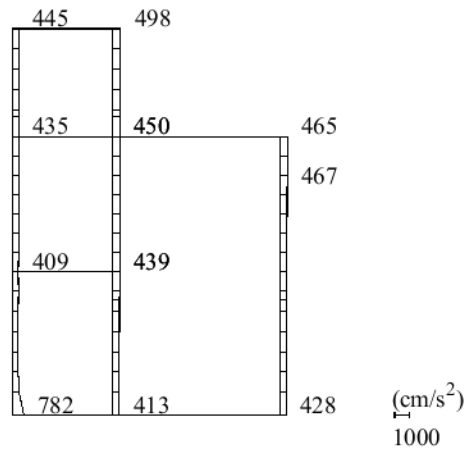


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-5 最大応答加速度分布図 (5/38) (解析ケース①)

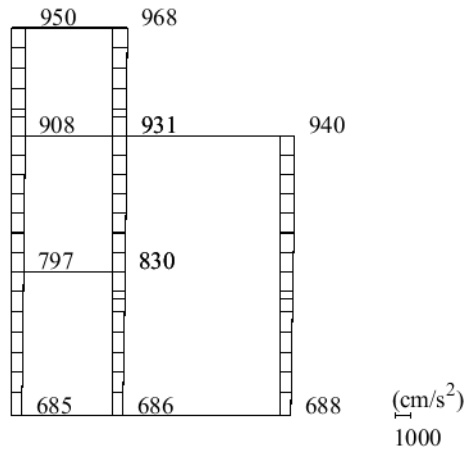


(a) S_s - F 2 (++) 水平

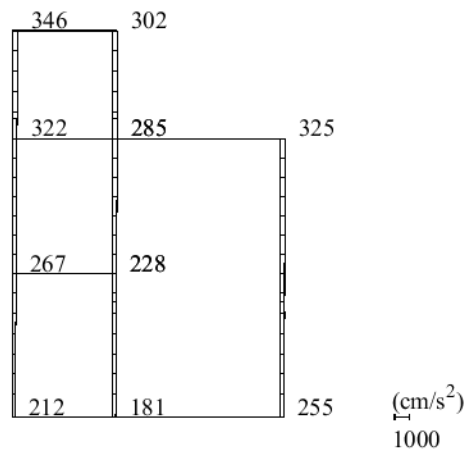


(b) S_s - F 2 (++) 鉛直

図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/38) (解析ケース①)

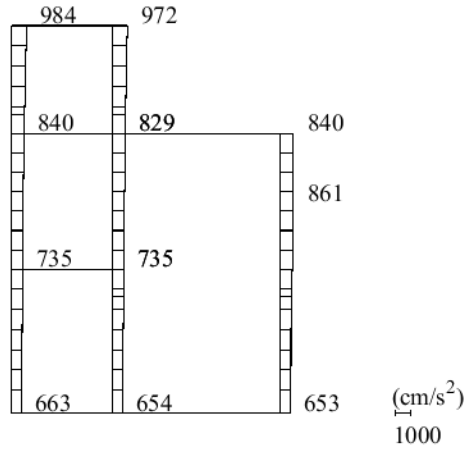


(a) S_s - N 1 (++) 水平

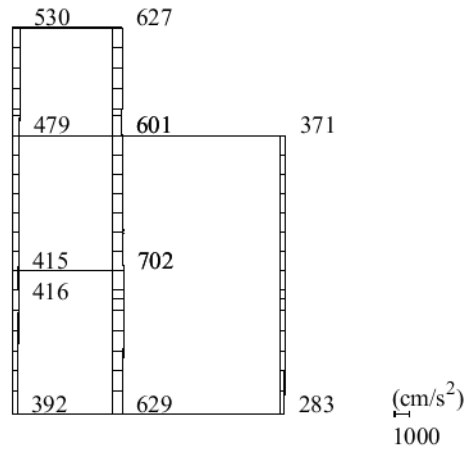


(b) S_s - N 1 (++) 鉛直

図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/38) (解析ケース①)

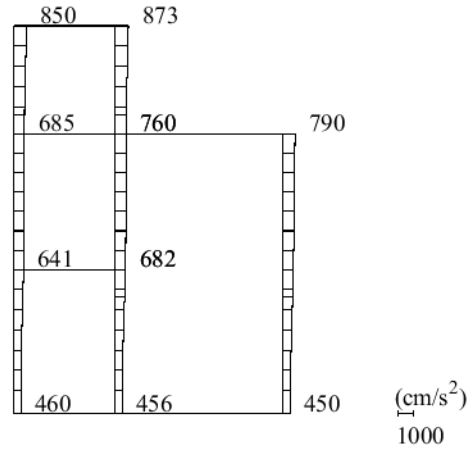


(a) S s - N 1 (-+) 水平

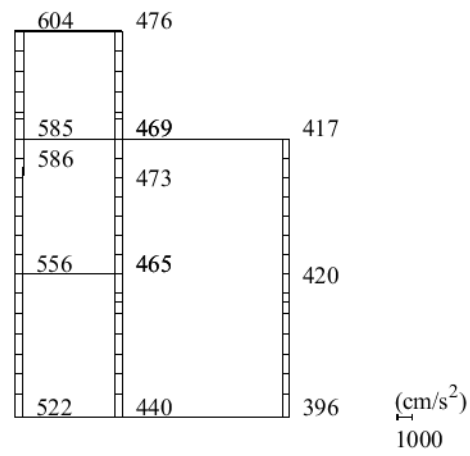


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/38) (解析ケース①)

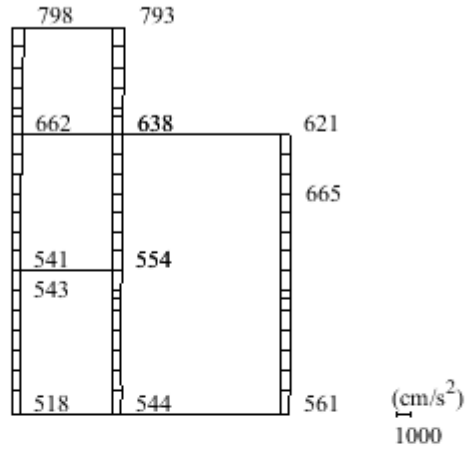


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

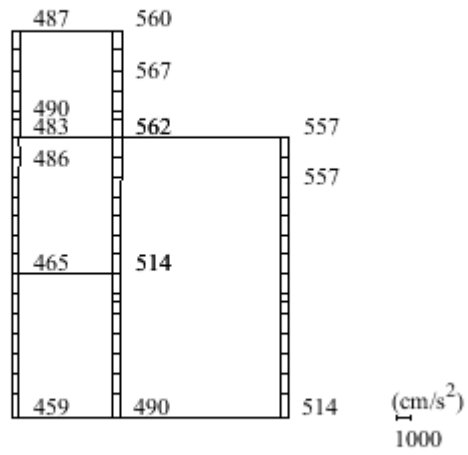


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/38) (解析ケース①)

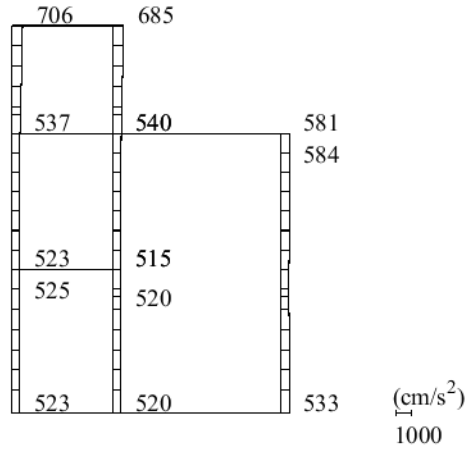


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (- +) 水平

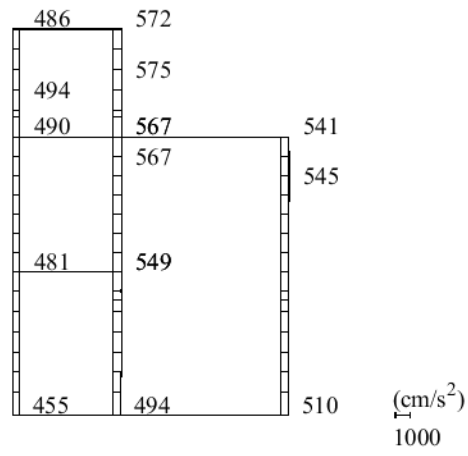


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-10 最大応答加速度分布図 (10/38) (解析ケース①)

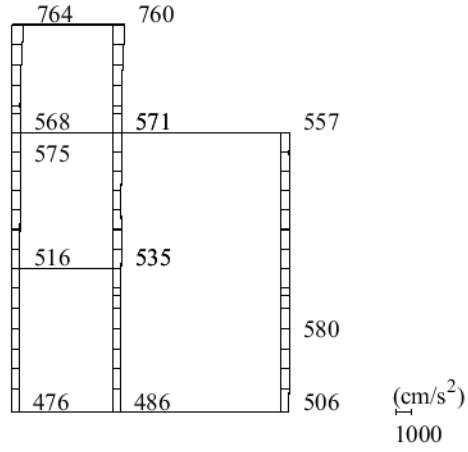


(a) $S_s - N2 (EW) \quad (++)$ 水平

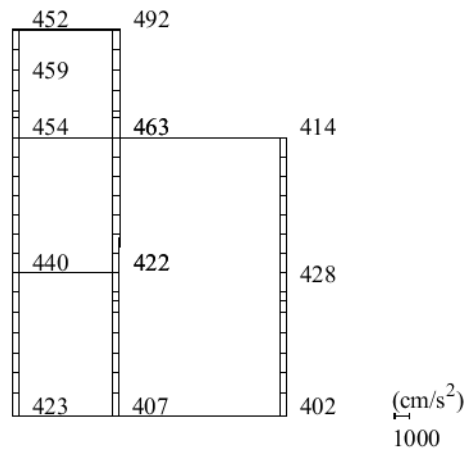


(b) $S_s - N2 (EW) \quad (++)$ 鉛直

図 4-11 最大応答加速度分布図 (11/38) (解析ケース①)

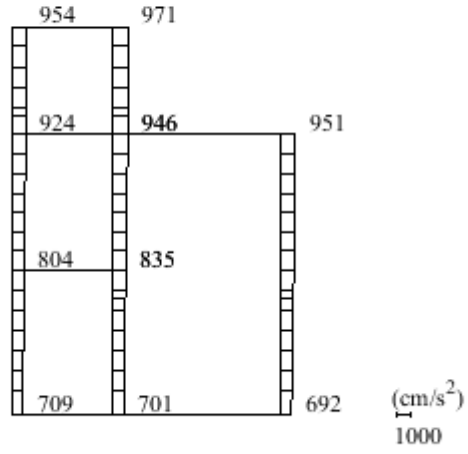


(a) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 水平

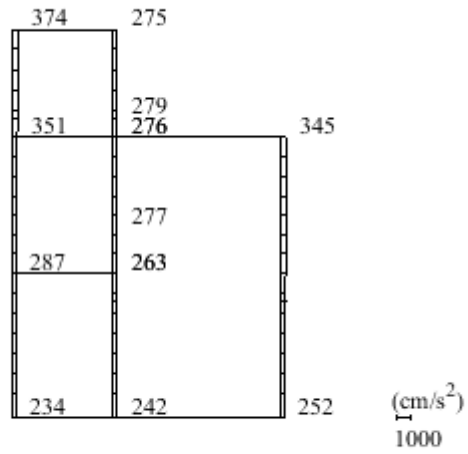


(b) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 鉛直

図 4-12 最大応答加速度分布図 (12/38) (解析ケース①)

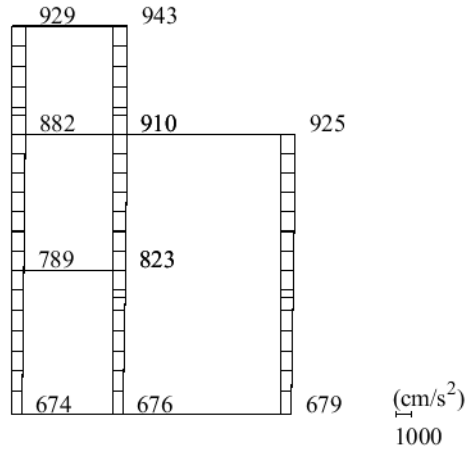


(a) S_s - N 1 (++) 水平

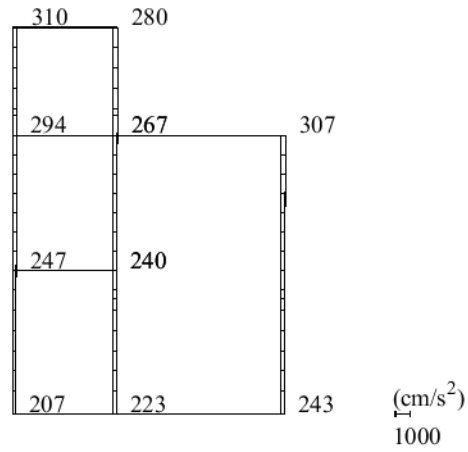


(b) S_s - N 1 (++) 鉛直

図 4-13 最大応答加速度分布図 (13/38) (解析ケース②)

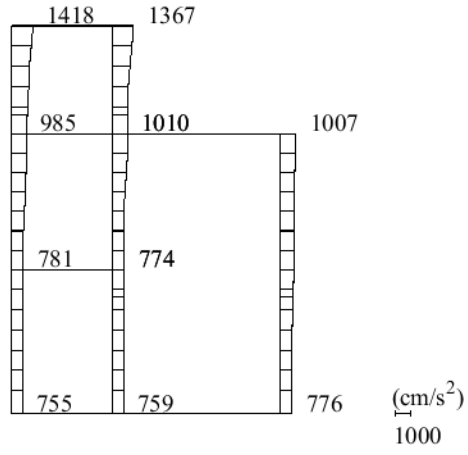


(a) S s - N 1 (++) 水平

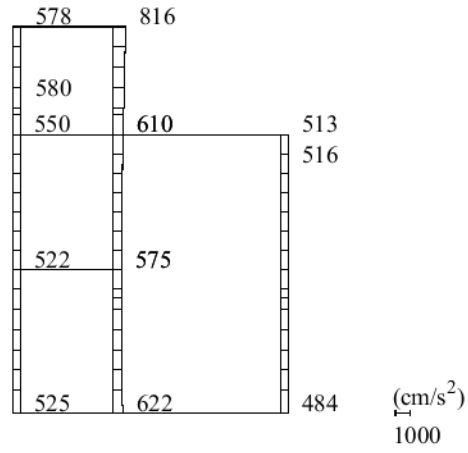


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-14 最大応答加速度分布図 (14/38) (解析ケース③)

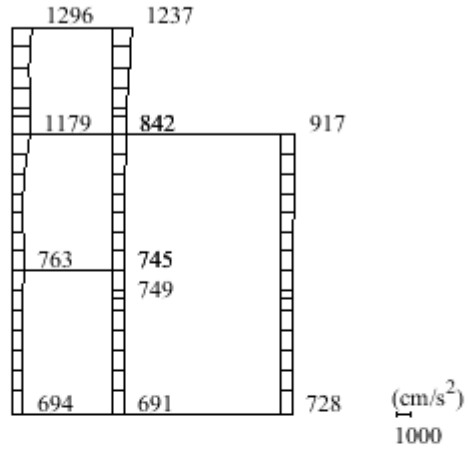


(a) S s - D (++) 水平

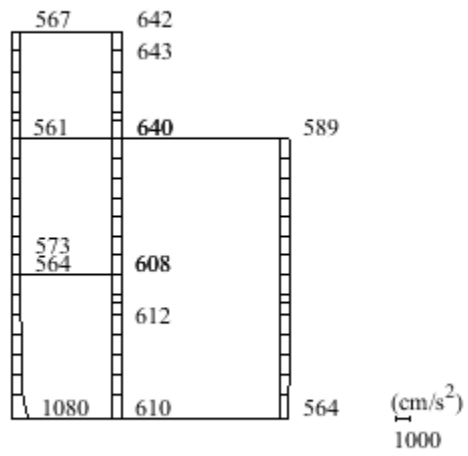


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-15 最大応答加速度分布図 (15/38) (解析ケース②)

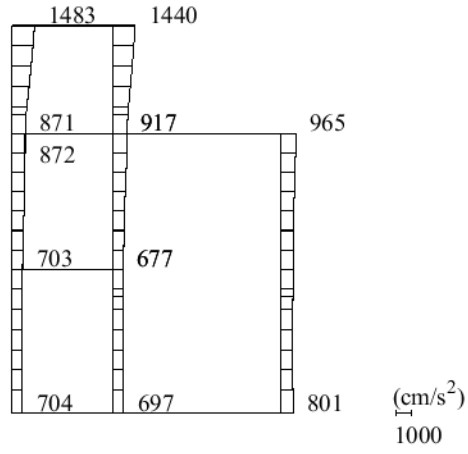


(a) S s - D (-+) 水平

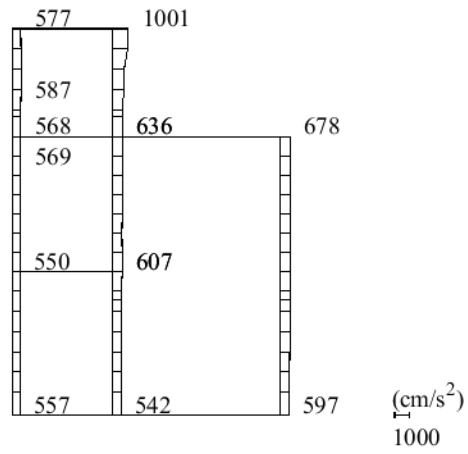


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-16 最大応答加速度分布図 (16/38) (解析ケース②)

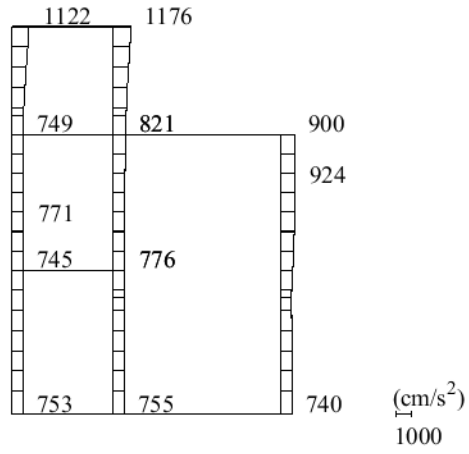


(a) S s - D (+ -) 水平

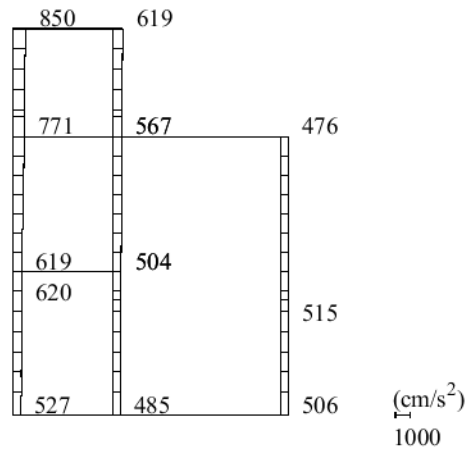


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-17 最大応答加速度分布図 (17/38) (解析ケース②)

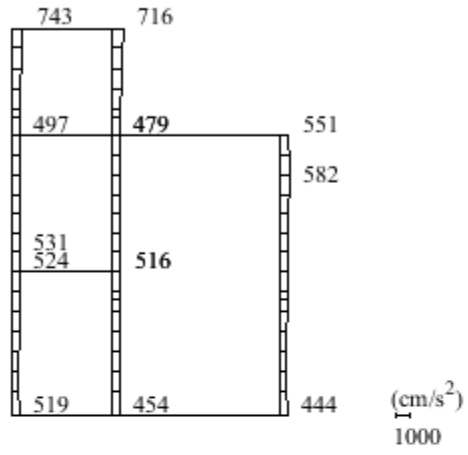


(a) S s - D (--) 水平

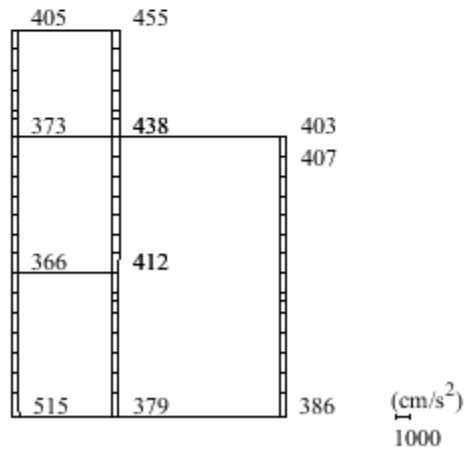


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-18 最大応答加速度分布図 (18/38) (解析ケース②)

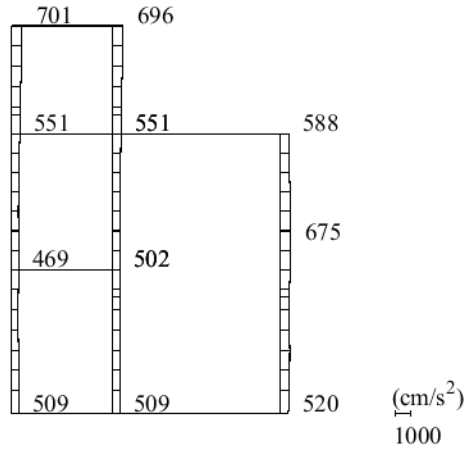


(a) S_s - F 1 (++) 水平

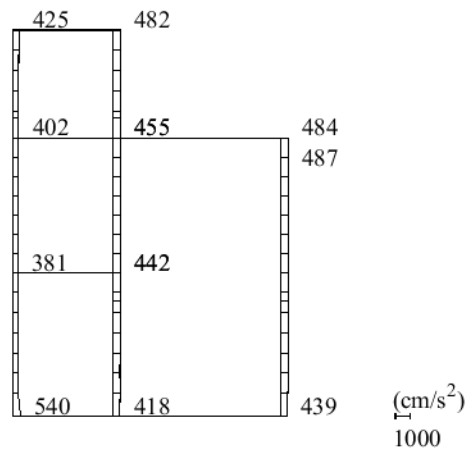


(b) S_s - F 1 (++) 鉛直

図 4-19 最大応答加速度分布図 (19/38) (解析ケース②)

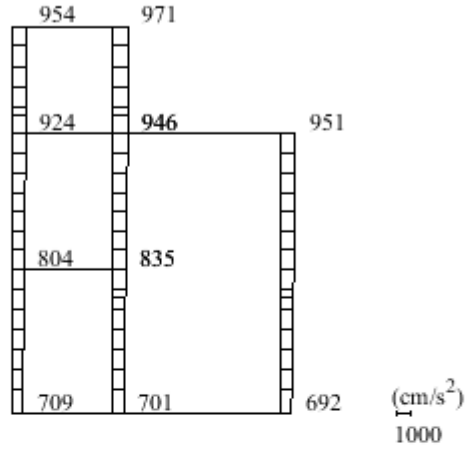


(a) S s - F 2 (++) 水平

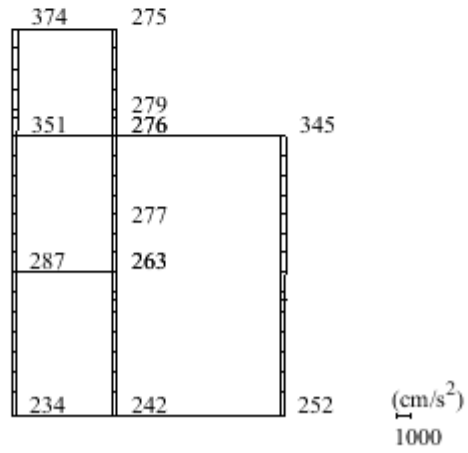


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-20 最大応答加速度分布図 (20/38) (解析ケース②)

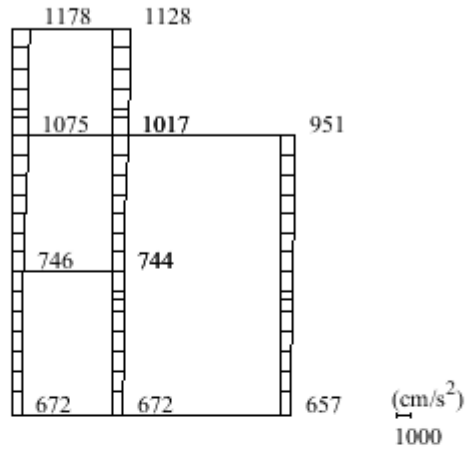


(a) S s - N 1 (++) 水平

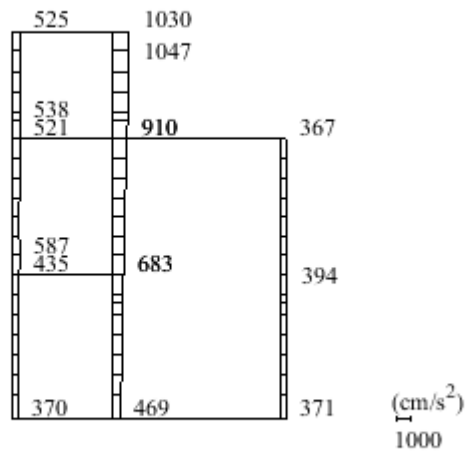


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-21 最大応答加速度分布図 (21/38) (解析ケース②)

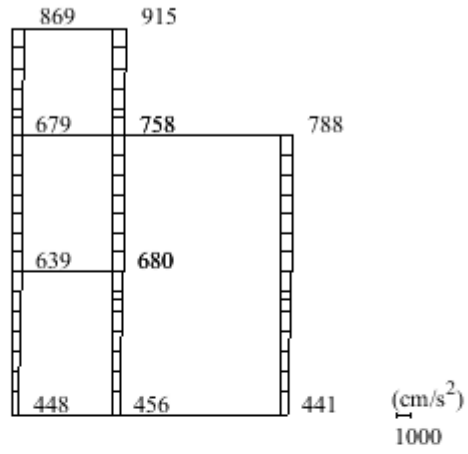


(a) S s - N 1 (-+) 水平

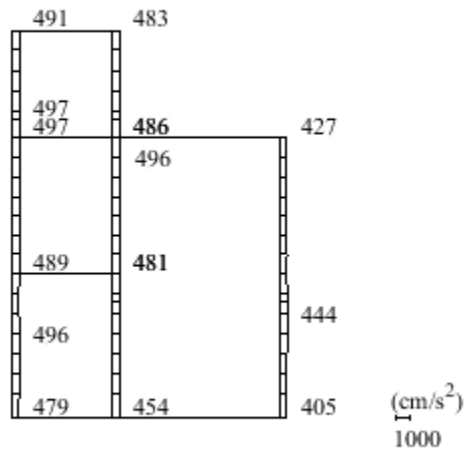


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-22 最大応答加速度分布図 (22/38) (解析ケース②)

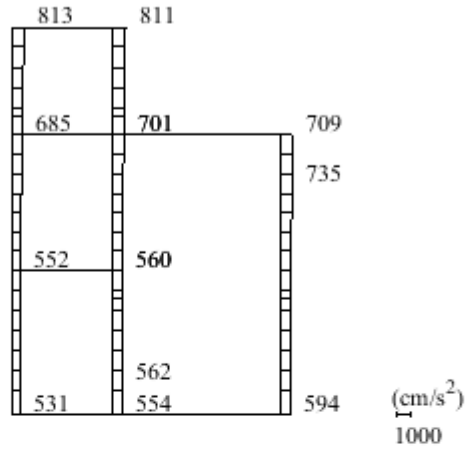


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

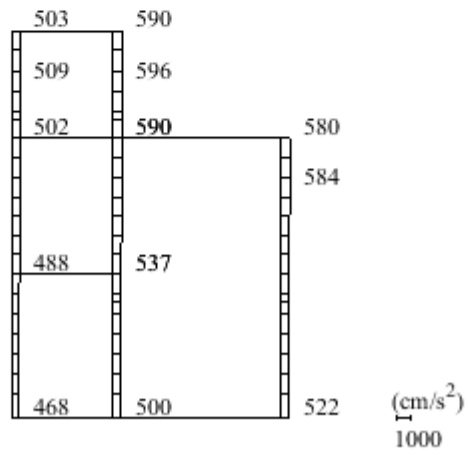


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-23 最大応答加速度分布図 (23/38) (解析ケース②)

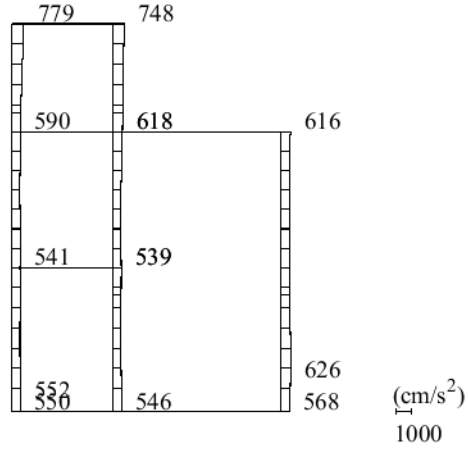


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (ー+) 水平

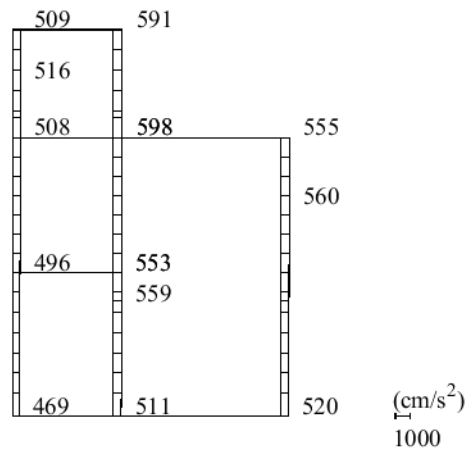


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (ー+) 鉛直

図 4-24 最大応答加速度分布図 (24/38) (解析ケース②)

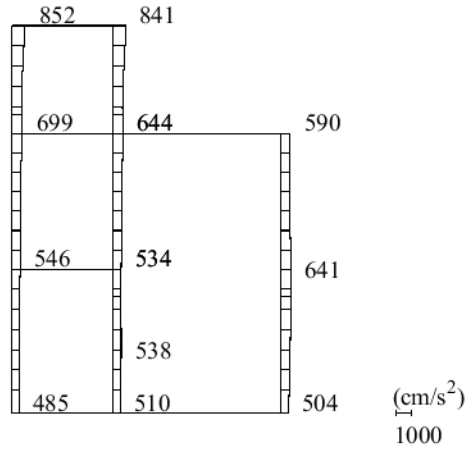


(a) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$

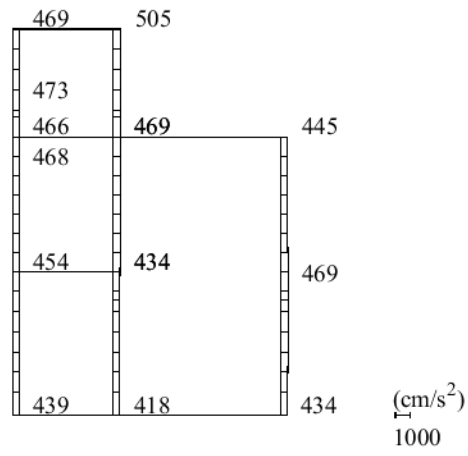


(b) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-25 最大応答加速度分布図 (25/38) (解析ケース②)

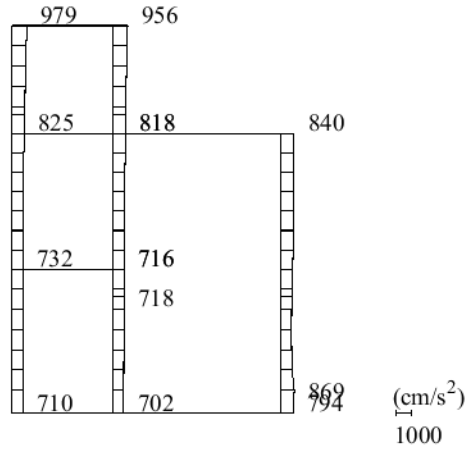


(a) $S_s - N2 (EW) (-+)$ 水平

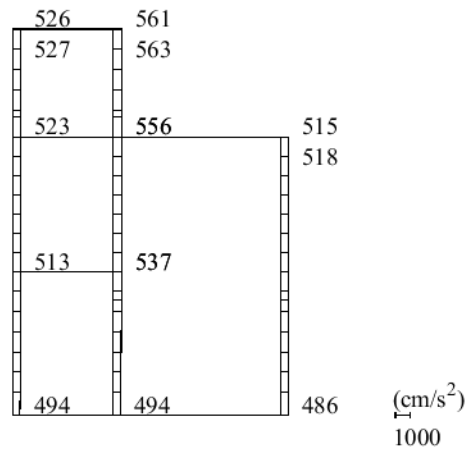


(b) $S_s - N2 (EW) (-+)$ 鉛直

図 4-26 最大応答加速度分布図 (26/38) (解析ケース②)

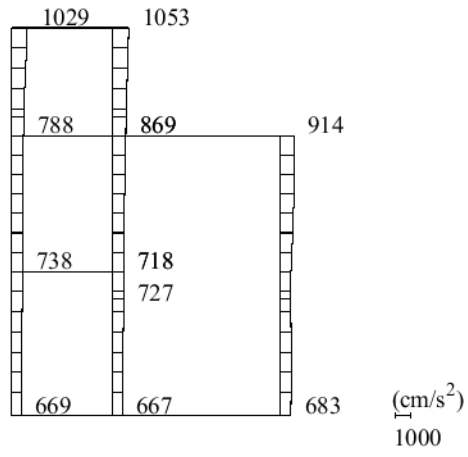


(a) S s - D (++) 水平

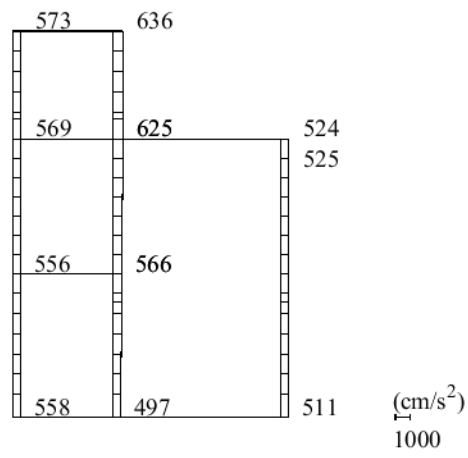


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-27 最大応答加速度分布図 (27/38) (解析ケース③)

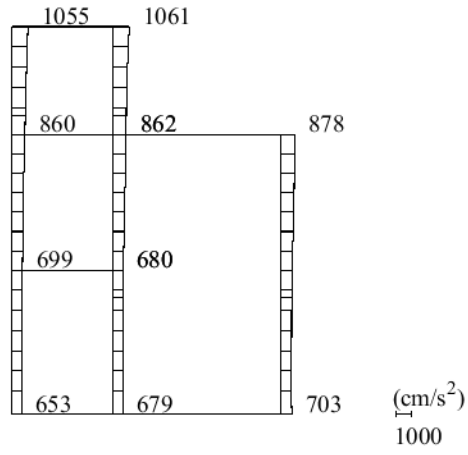


(a) S s - D (-+) 水平

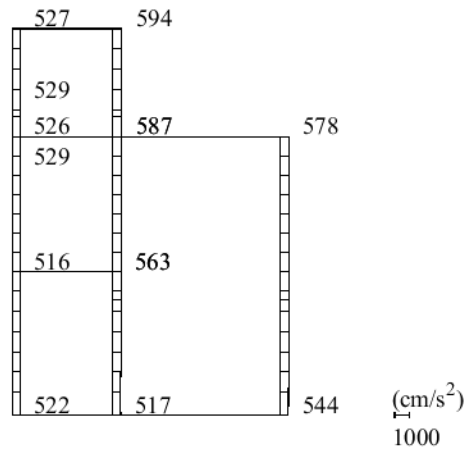


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-28 最大応答加速度分布図 (28/38) (解析ケース③)

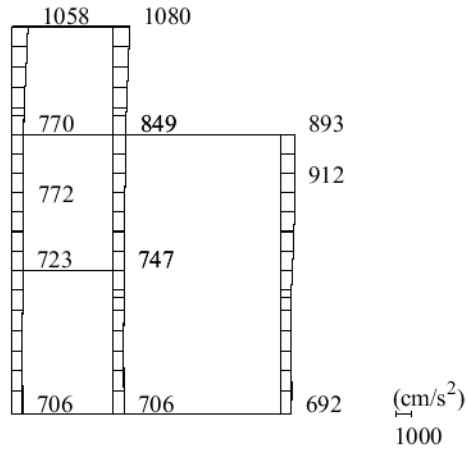


(a) S s - D (+ -) 水平

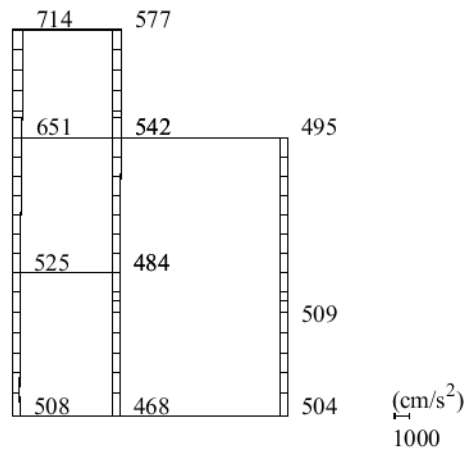


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-29 最大応答加速度分布図 (29/38) (解析ケース③)

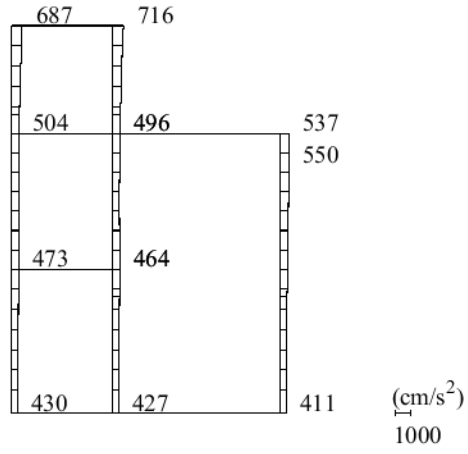


(a) S s - D (--) 水平

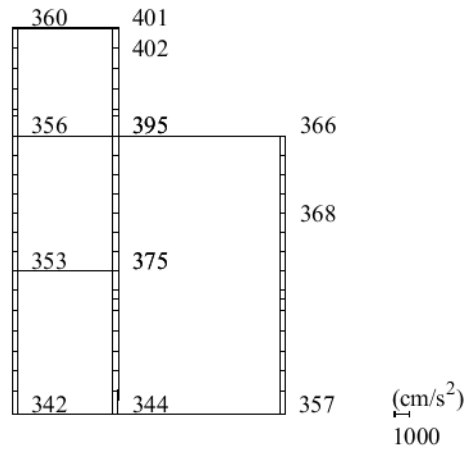


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-30 最大応答加速度分布図 (30/38) (解析ケース③)

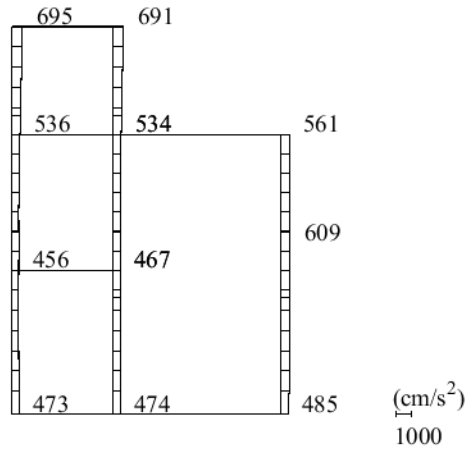


(a) S s - F 1 (++) 水平

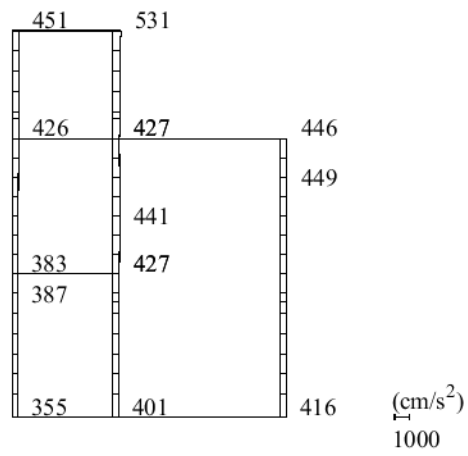


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-31 最大応答加速度分布図 (31/38) (解析ケース③)

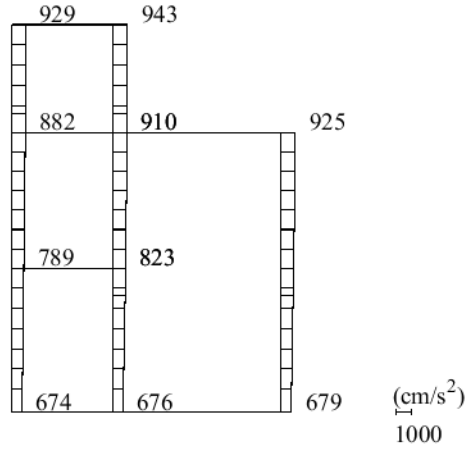


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

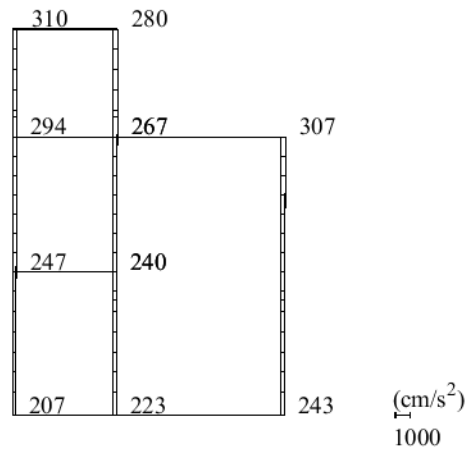


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-32 最大応答加速度分布図 (32/38) (解析ケース③)

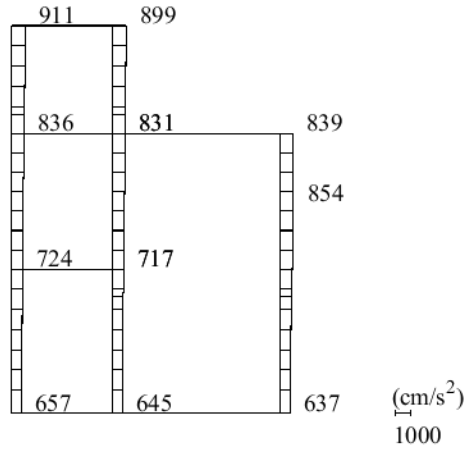


(a) S s - N 1 (++) 水平

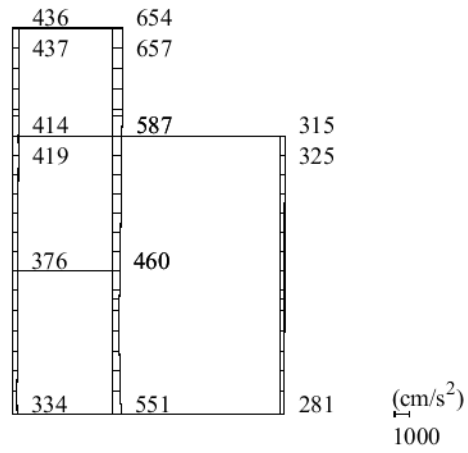


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-33 最大応答加速度分布図 (33/38) (解析ケース③)

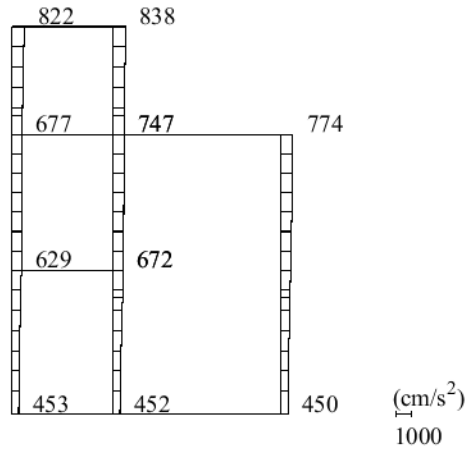


(a) S s - N 1 (- +) 水平

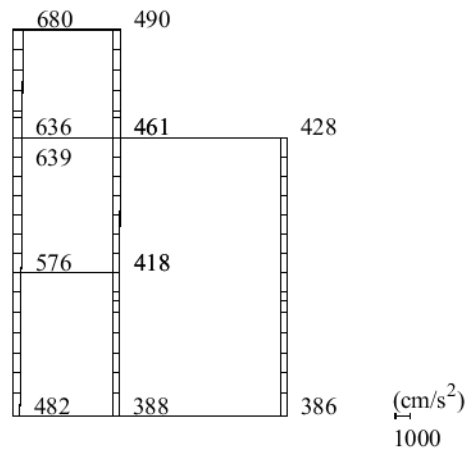


(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-34 最大応答加速度分布図 (34/38) (解析ケース③)

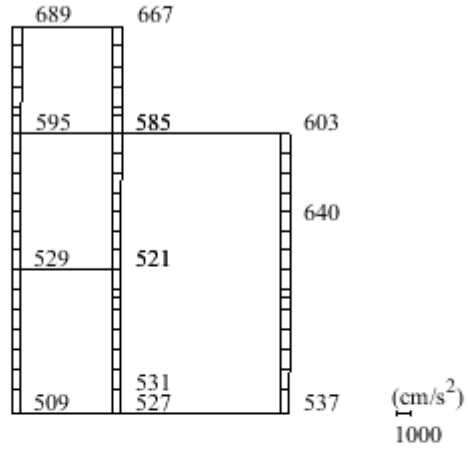


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

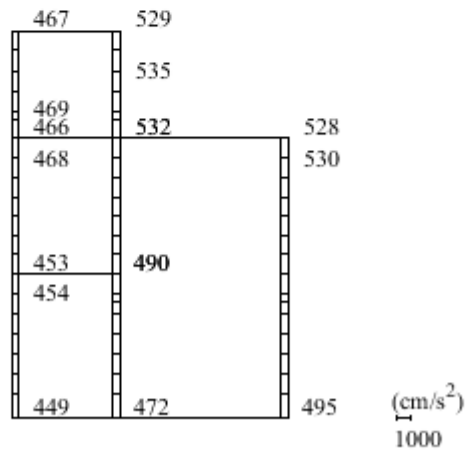


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-35 最大応答加速度分布図 (35/38) (解析ケース③)

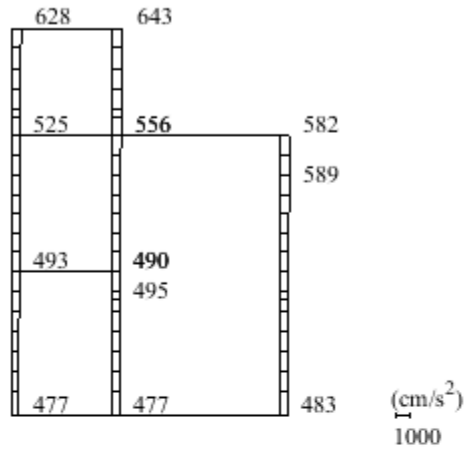


(a) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 水平

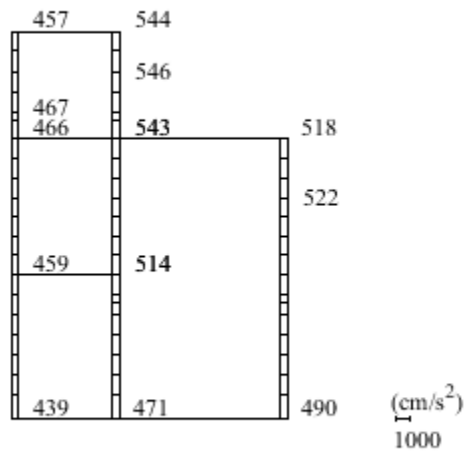


(b) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-36 最大応答加速度分布図 (36/38) (解析ケース③)

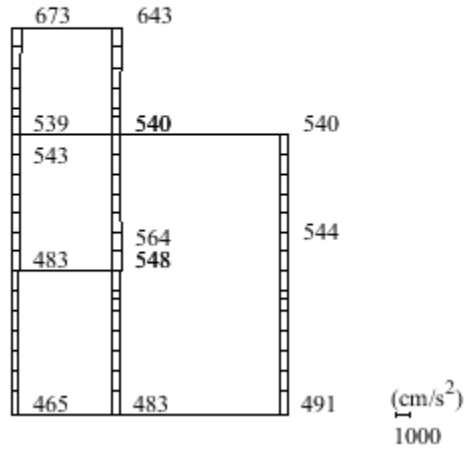


(a) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$

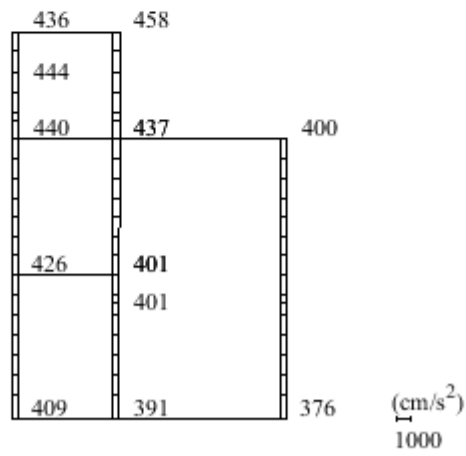


(b) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-37 最大応答加速度分布図 (37/38) (解析ケース③)



(a) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 水平



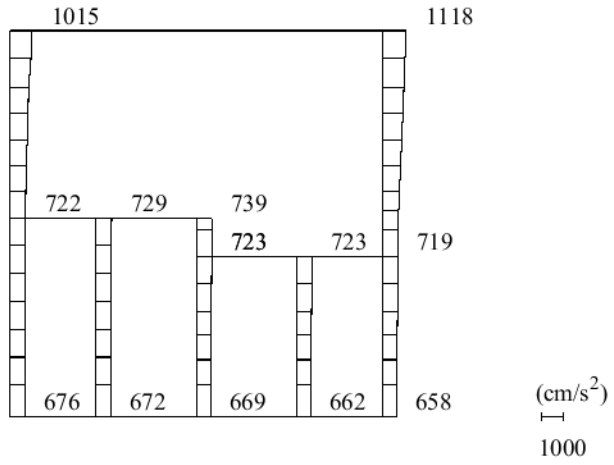
(b) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 鉛直

図 4-38 最大応答加速度分布図 (38/38) (解析ケース③)

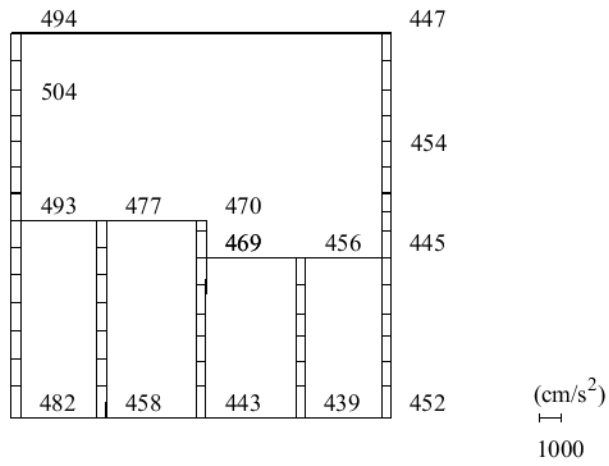
4.2 B－B断面の解析結果

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について、すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-39～図 4-50 に示す。

また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及び③の最大応答加速度分布図を図 4-51 及び図 4-52 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及び③について、すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-53～図 4-76 に示す。

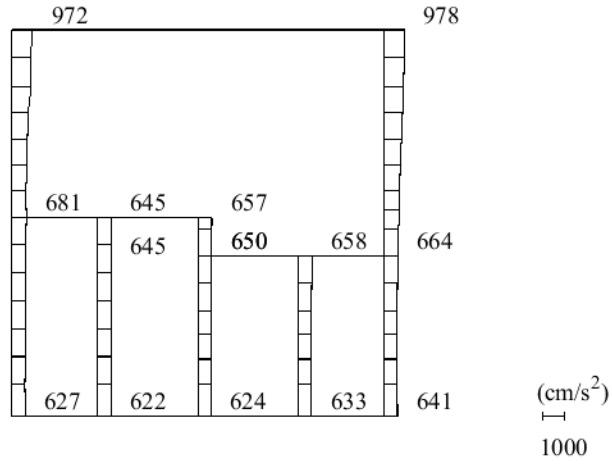


(a) S s - D (++) 水平

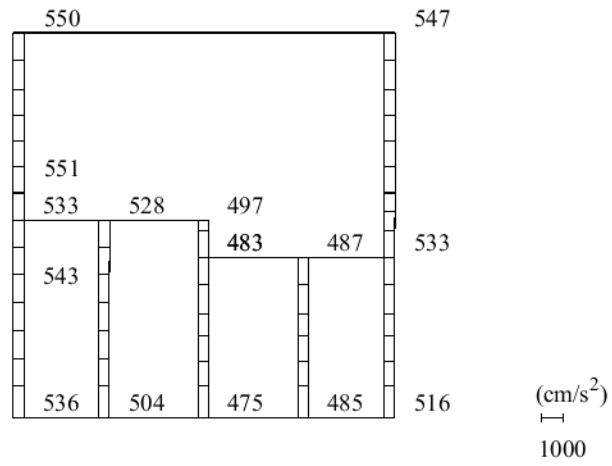


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-39 最大応答加速度分布図 (1/38) (解析ケース①)

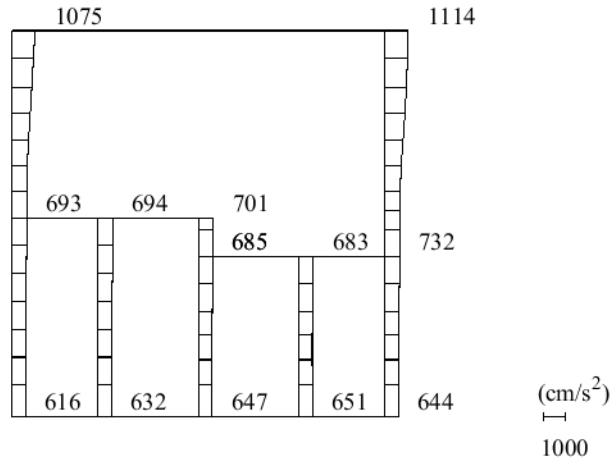


(a) S s - D (-+) 水平

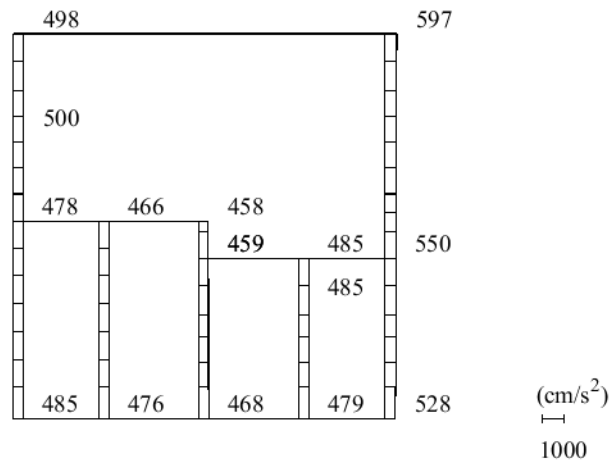


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-40 最大応答加速度分布図 (2/38) (解析ケース①)

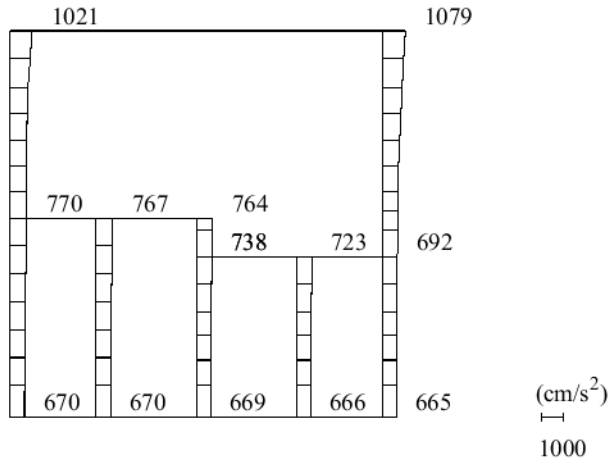


(a) S s - D (+ -) 水平

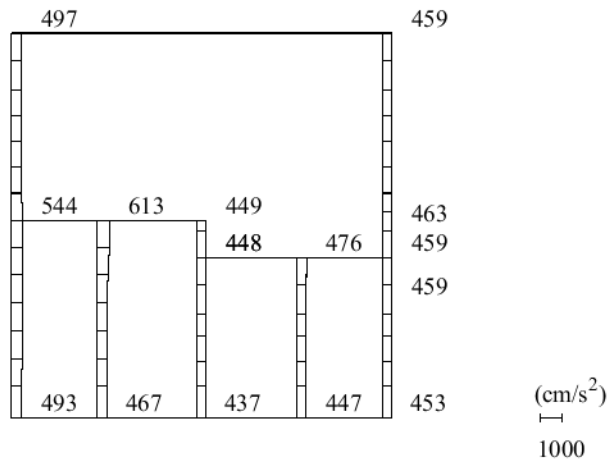


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-41 最大応答加速度分布図 (3/38) (解析ケース①)

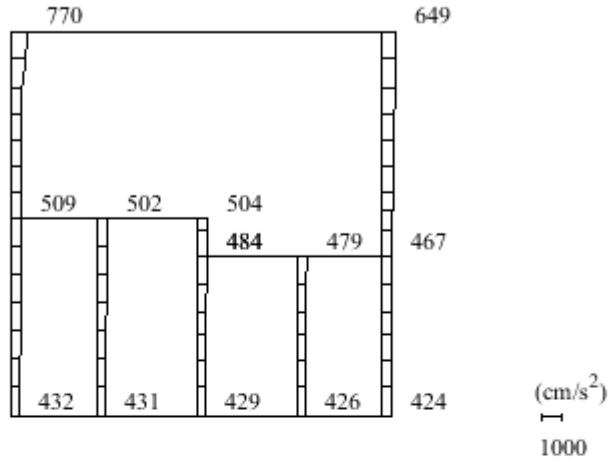


(a) S s - D (--) 水平

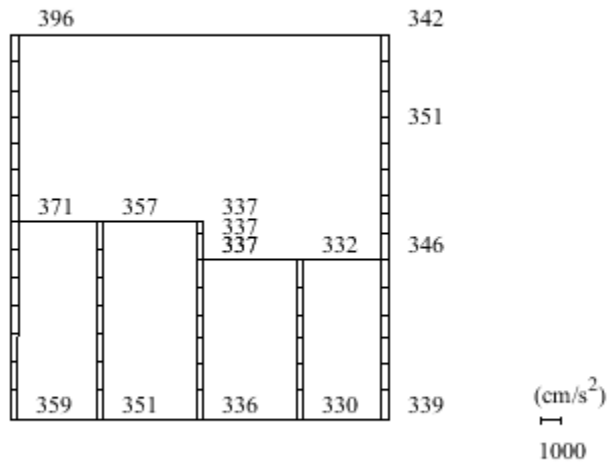


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-42 最大応答加速度分布図 (4/38) (解析ケース①)

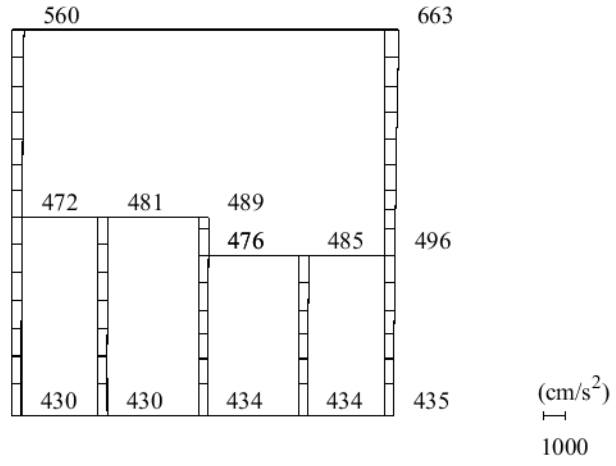


(a) S s - F 1 (++) 水平

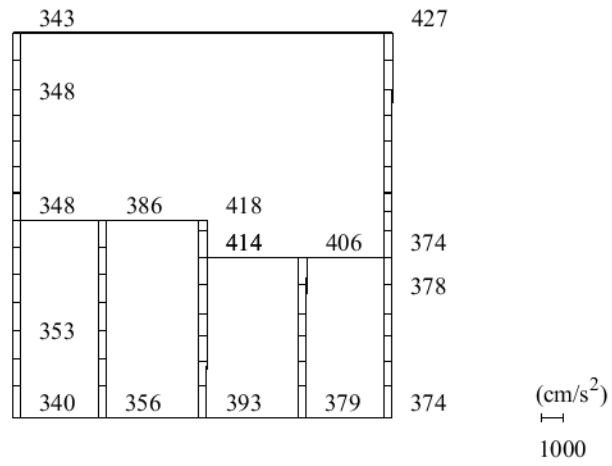


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-43 最大応答加速度分布図 (5/38) (解析ケース①)

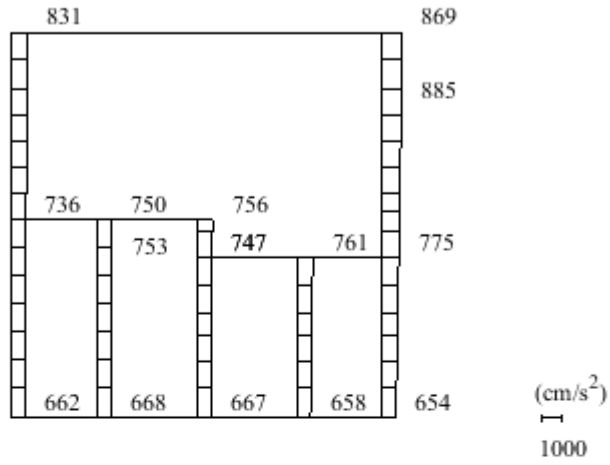


(a) S s - F 2 (++) 水平

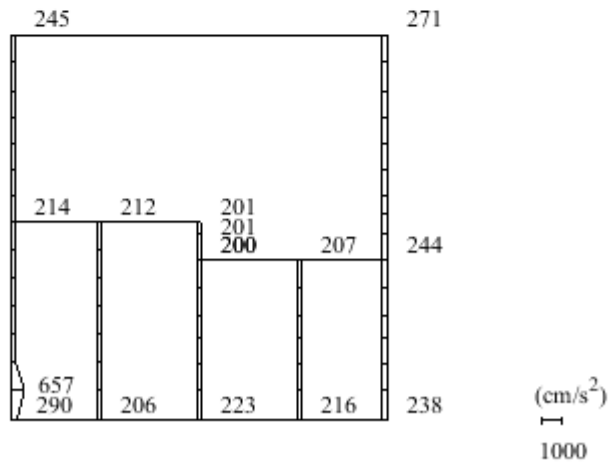


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-44 最大応答加速度分布図 (6/38) (解析ケース①)

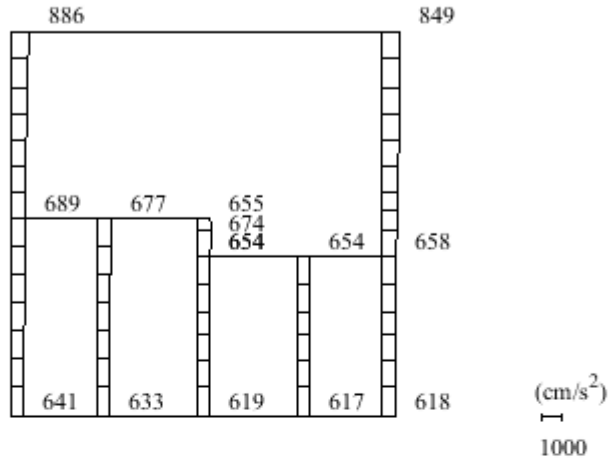


(a) S s - N 1 (++) 水平

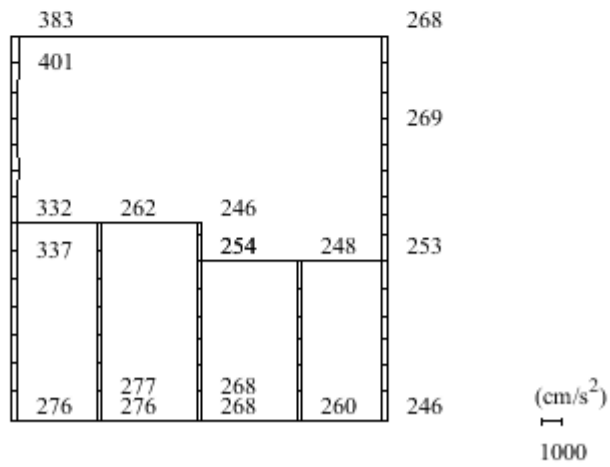


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-45 最大応答加速度分布図 (7/38) (解析ケース①)

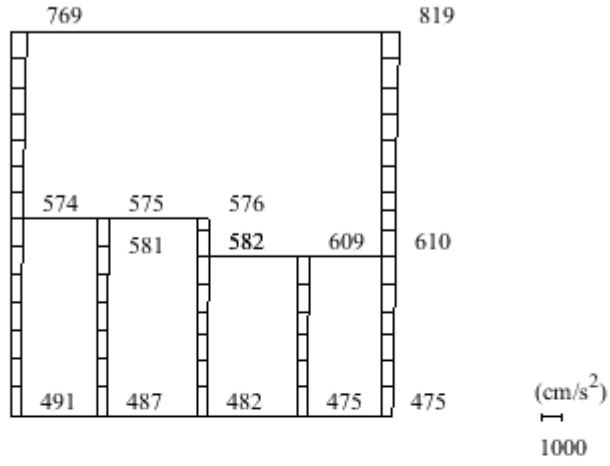


(a) S s - N 1 (- +) 水平

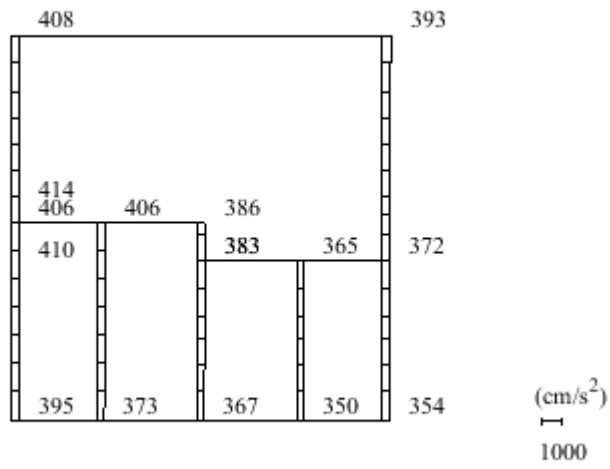


(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-46 最大応答加速度分布図 (8/38) (解析ケース①)

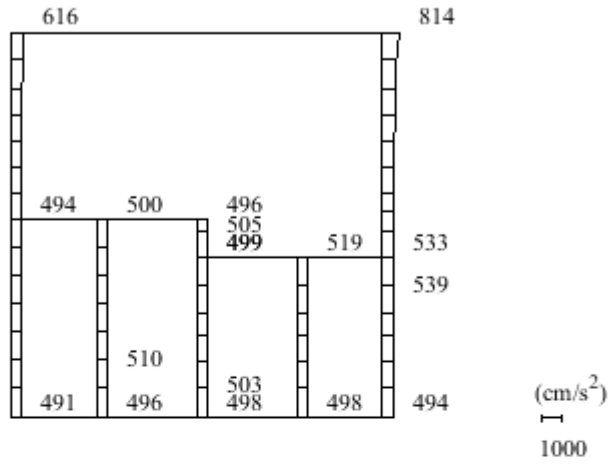


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

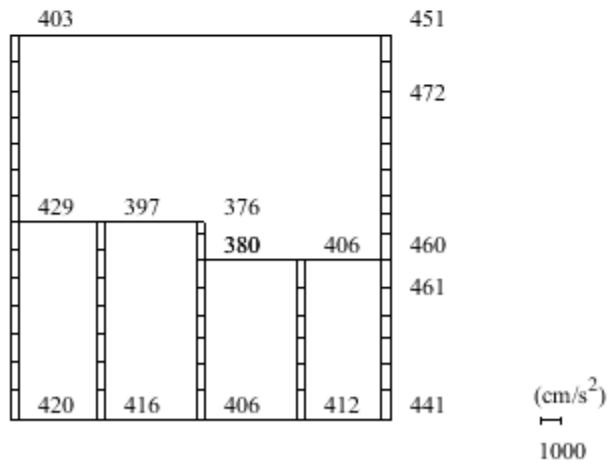


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-47 最大応答加速度分布図 (9/38) (解析ケース①)

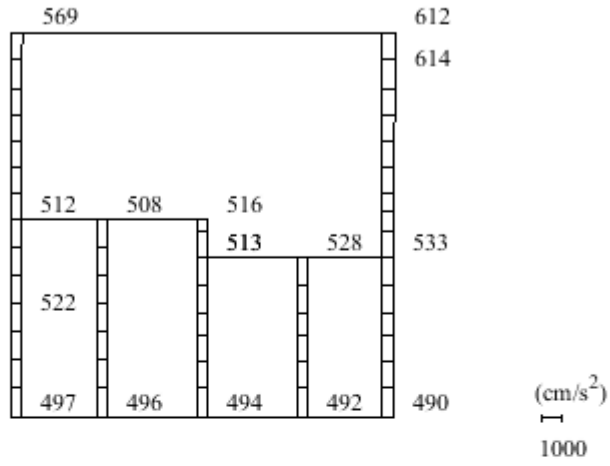


(a) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 水平

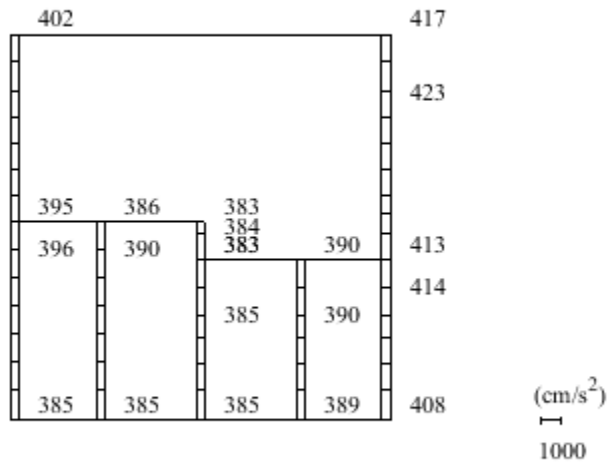


(b) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-48 最大応答加速度分布図 (10/38) (解析ケース①)

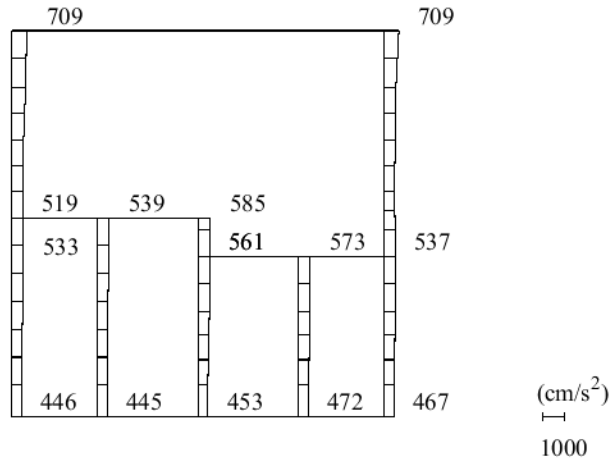


(a) S_s - N 2 (EW) (++) 水平

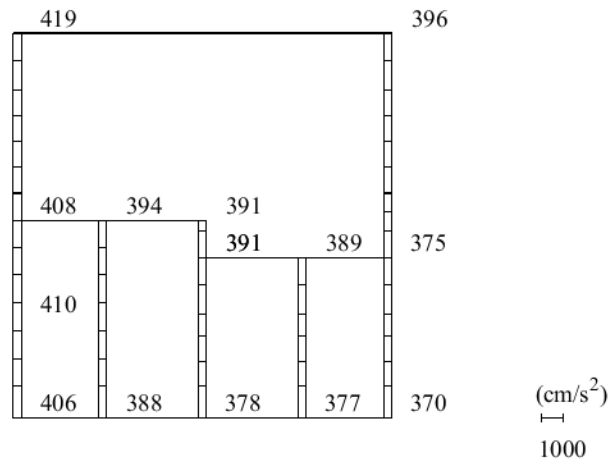


(b) S_s - N 2 (EW) (++) 鉛直

図 4-49 最大応答加速度分布図 (11/38) (解析ケース①)

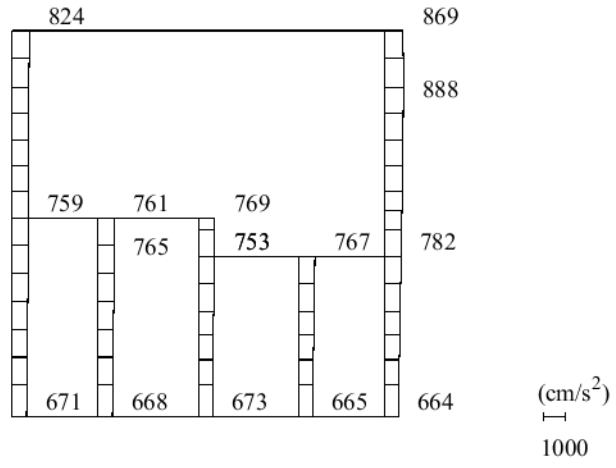


(a) S_s - N 2 (E W) (-+) 水平

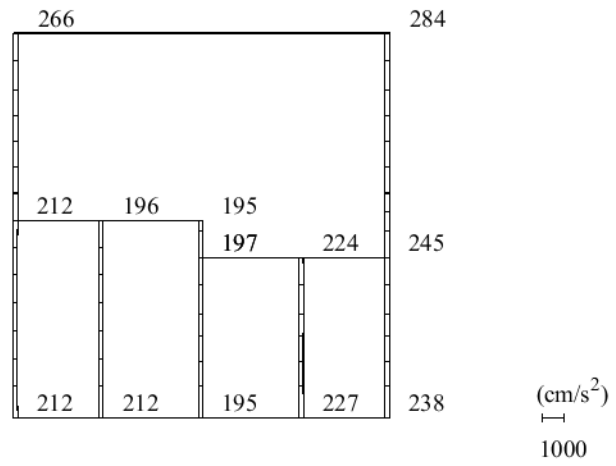


(b) S_s - N 2 (E W) (-+) 鉛直

図 4-50 最大応答加速度分布図 (12/38) (解析ケース①)

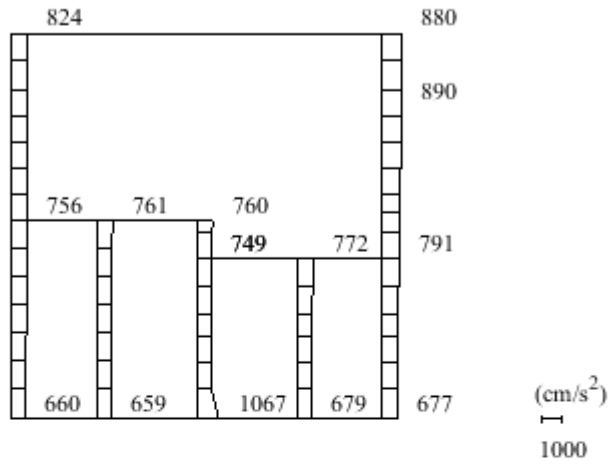


(a) S s - N 1 (++) 水平

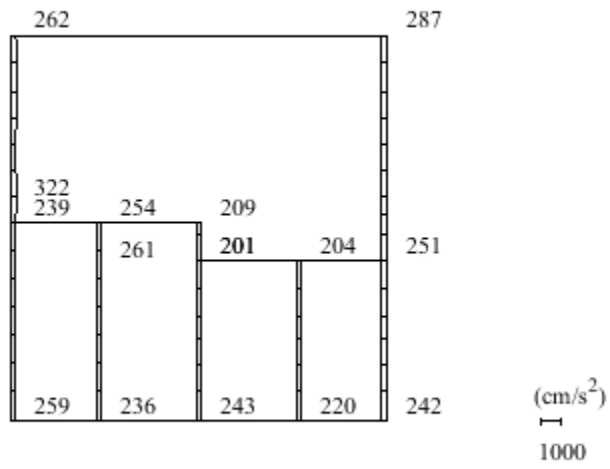


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-51 最大応答加速度分布図 (13/38) (解析ケース②)

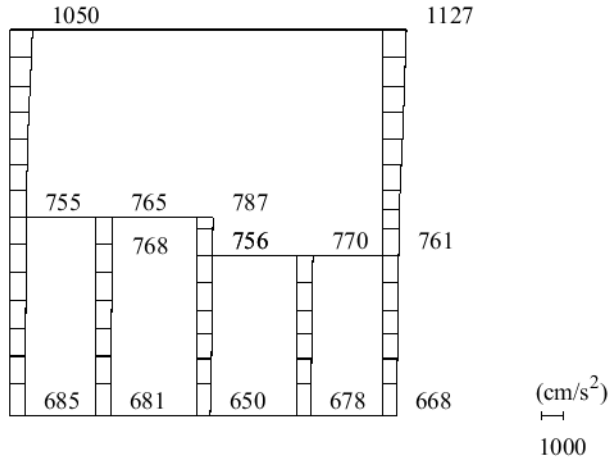


(a) S s - N 1 (++) 水平

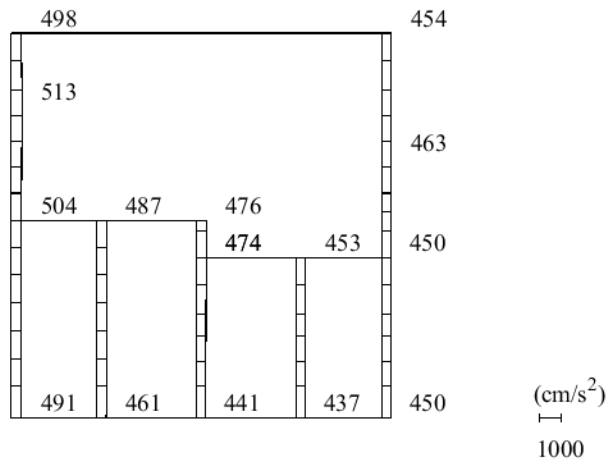


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-52 最大応答加速度分布図 (14/38) (解析ケース③)

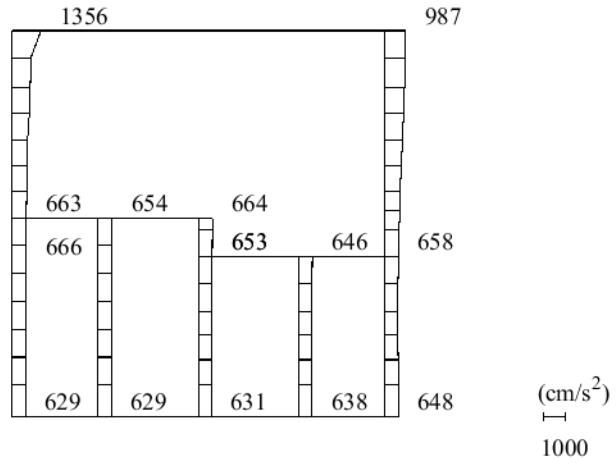


(a) S s - D (++) 水平

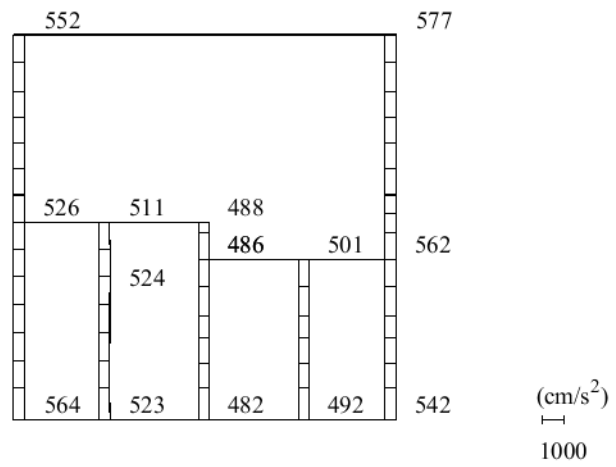


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-53 最大応答加速度分布図 (15/38) (解析ケース②)

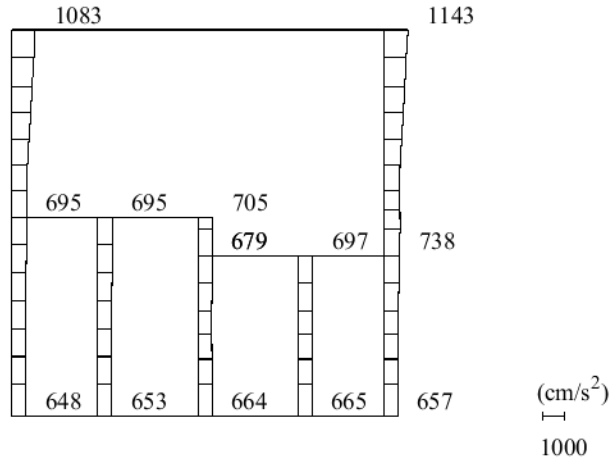


(a) S s - D (-+) 水平

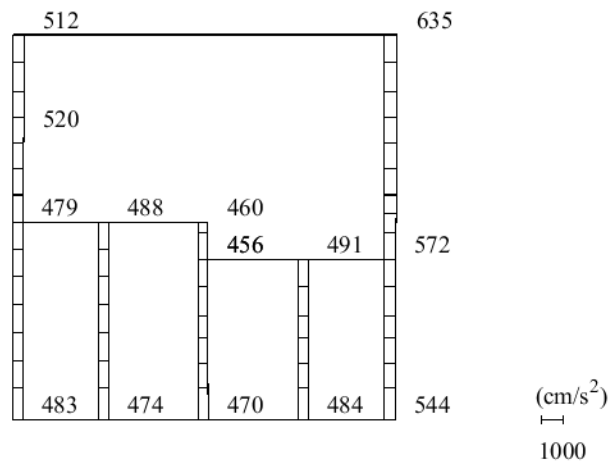


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-54 最大応答加速度分布図 (16/38) (解析ケース②)

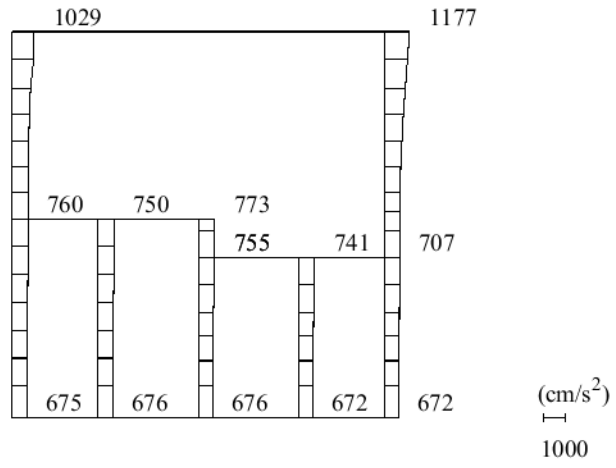


(a) S s - D (+ -) 水平

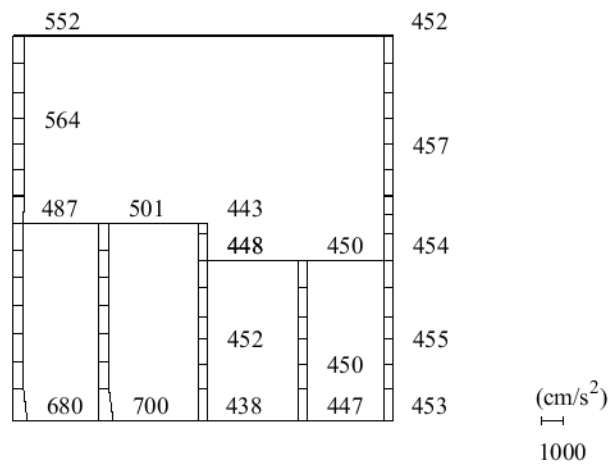


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-55 最大応答加速度分布図 (17/38) (解析ケース②)

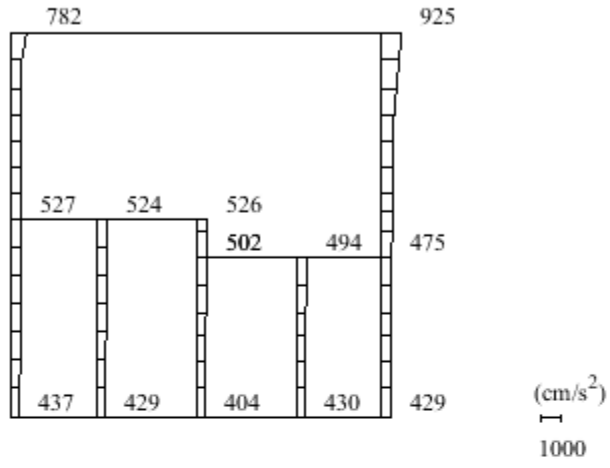


(a) S s - D (--) 水平

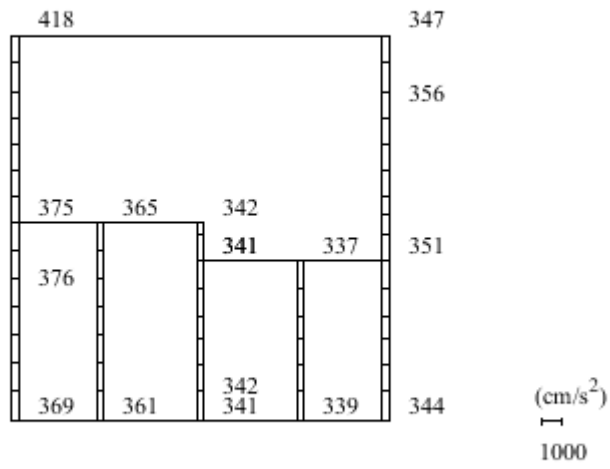


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-56 最大応答加速度分布図 (18/38) (解析ケース②)

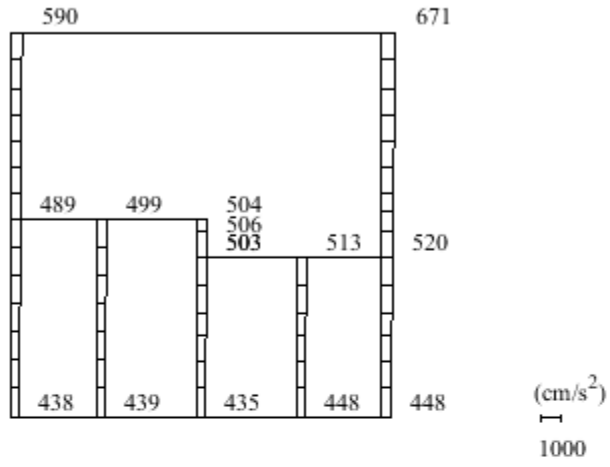


(a) S s - F 1 (++) 水平

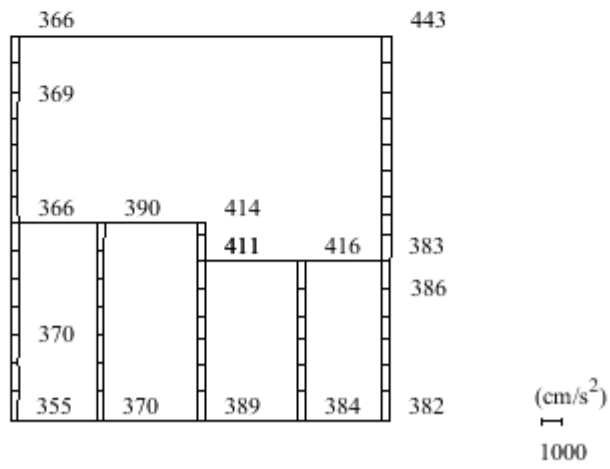


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-57 最大応答加速度分布図 (19/38) (解析ケース②)

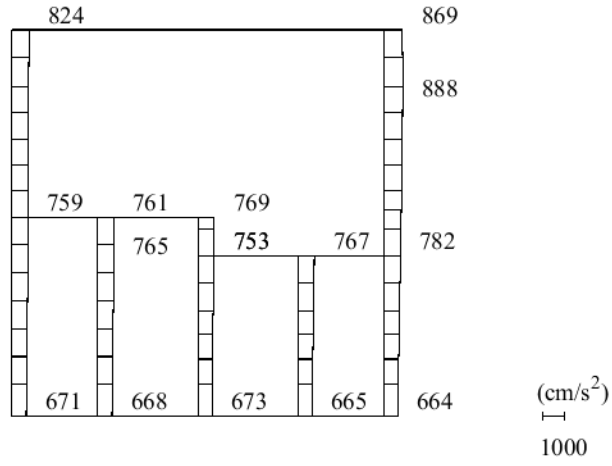


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

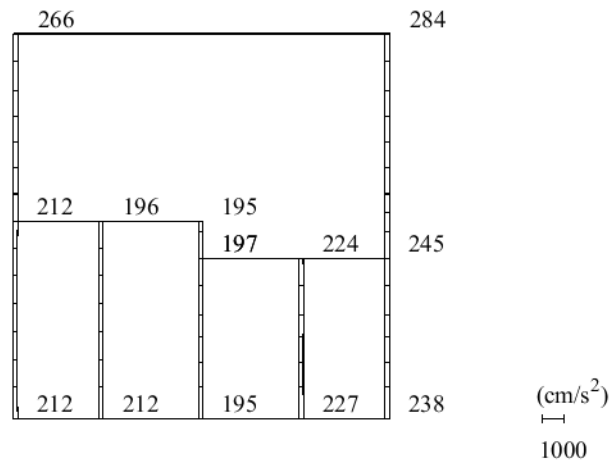


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-58 最大応答加速度分布図 (20/38) (解析ケース②)

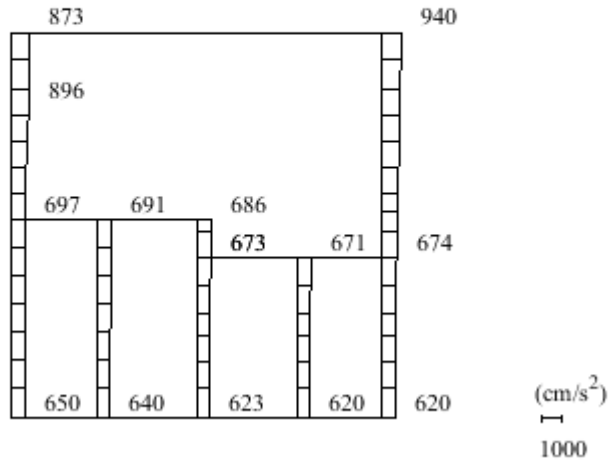


(a) S s - N 1 (++) 水平

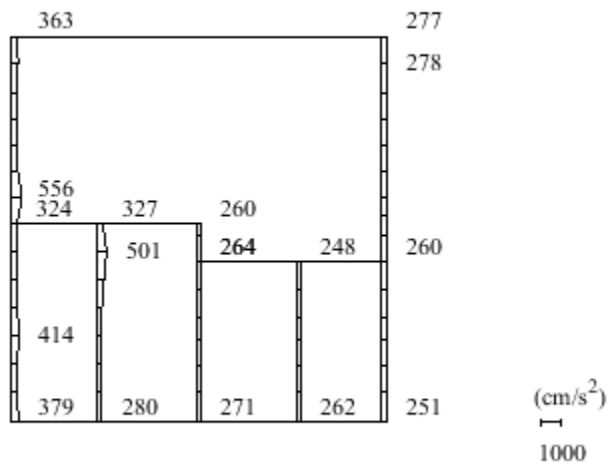


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-59 最大応答加速度分布図 (21/38) (解析ケース②)

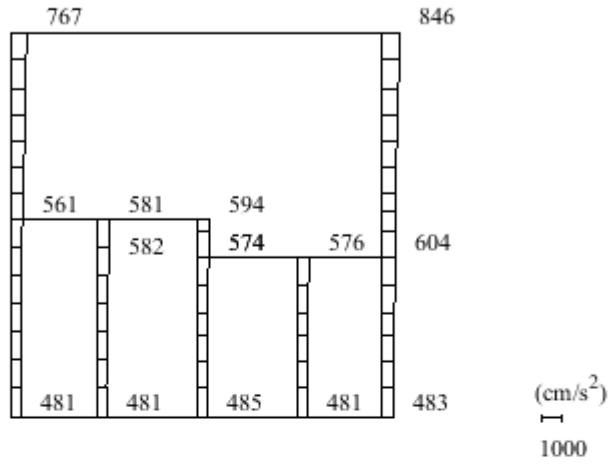


(a) S s - N 1 (- +) 水平

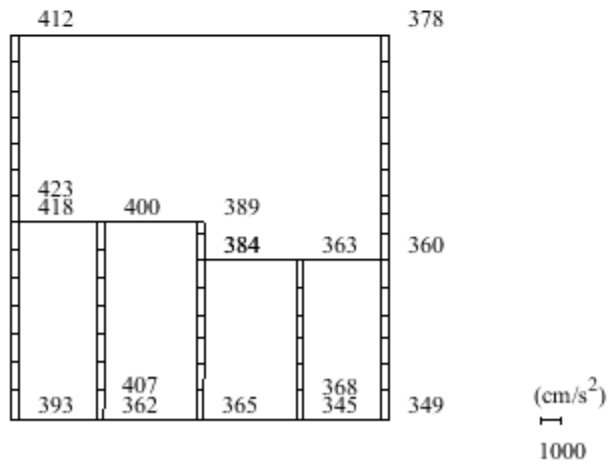


(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-60 最大応答加速度分布図 (22/38) (解析ケース②)

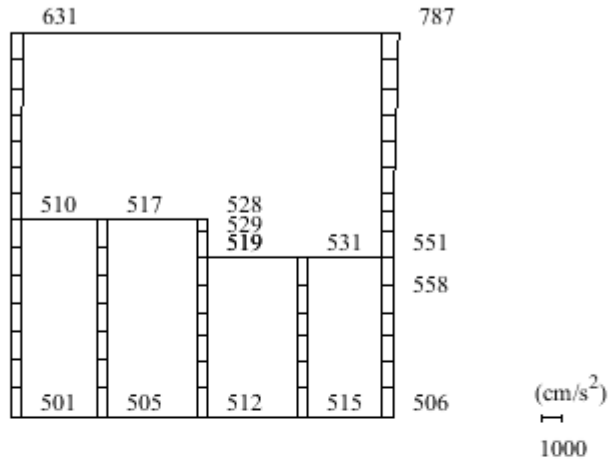


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

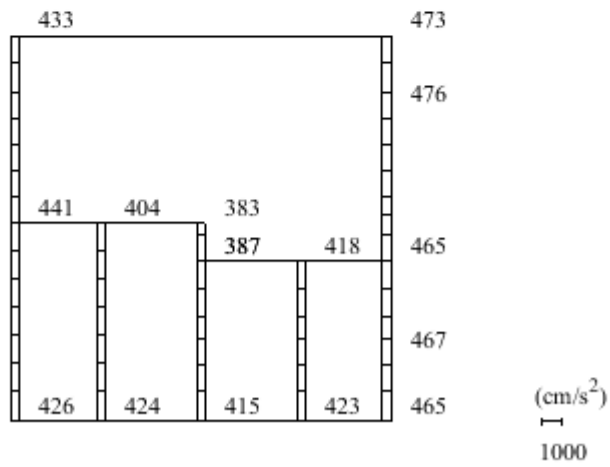


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-61 最大応答加速度分布図 (23/38) (解析ケース②)

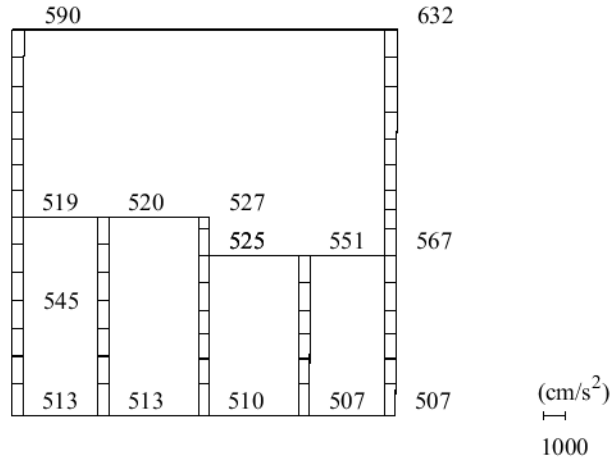


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (- +) 水平

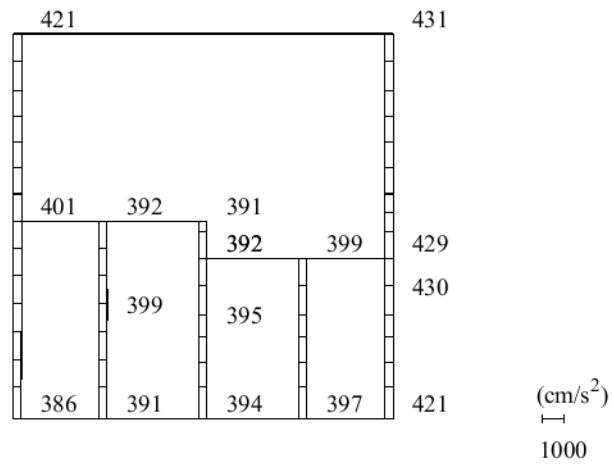


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-62 最大応答加速度分布図 (24/38) (解析ケース②)

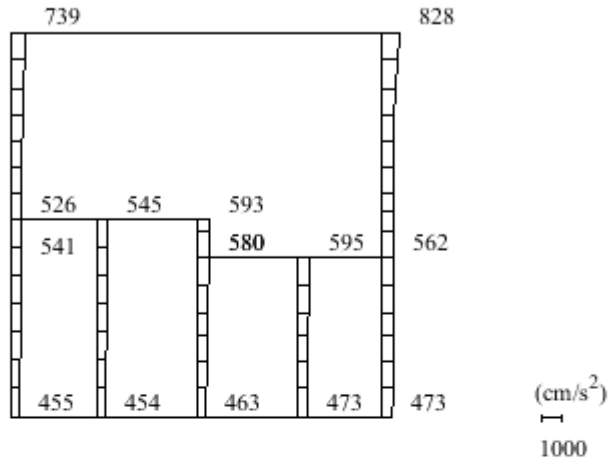


(a) $S_s - N_2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$

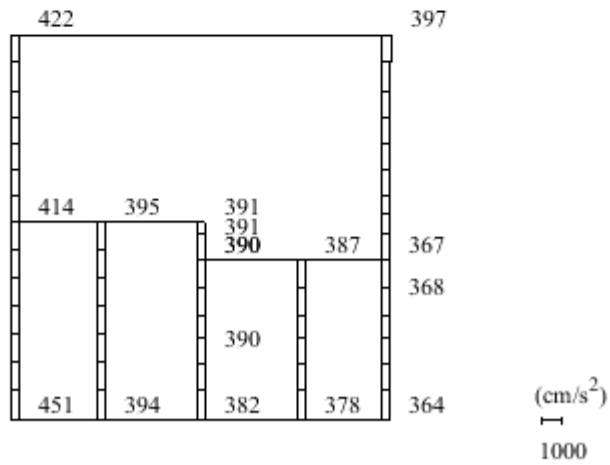


(b) $S_s - N_2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-63 最大応答加速度分布図 (25/38) (解析ケース②)

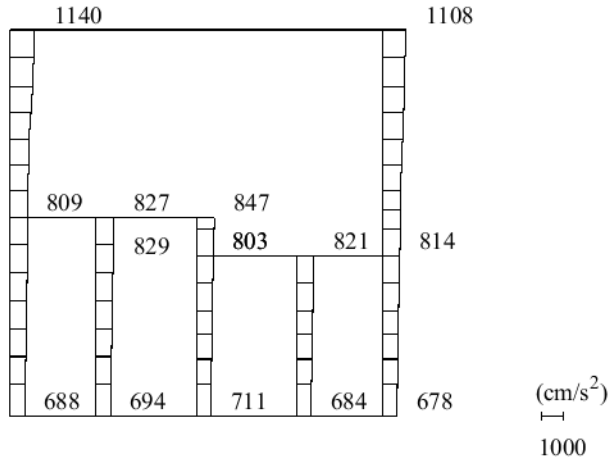


(a) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 水平

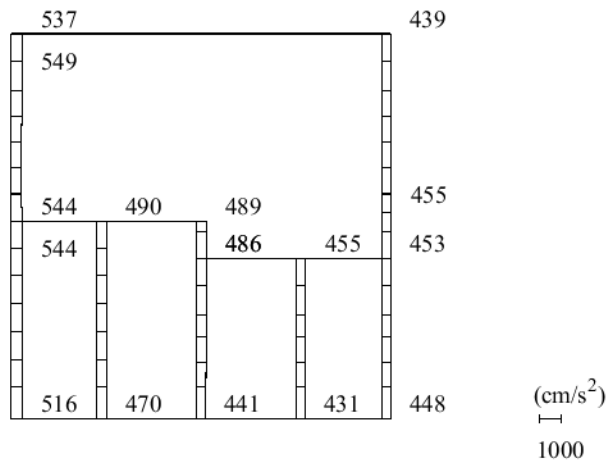


(b) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 鉛直

図 4-64 最大応答加速度分布図 (26/38) (解析ケース②)

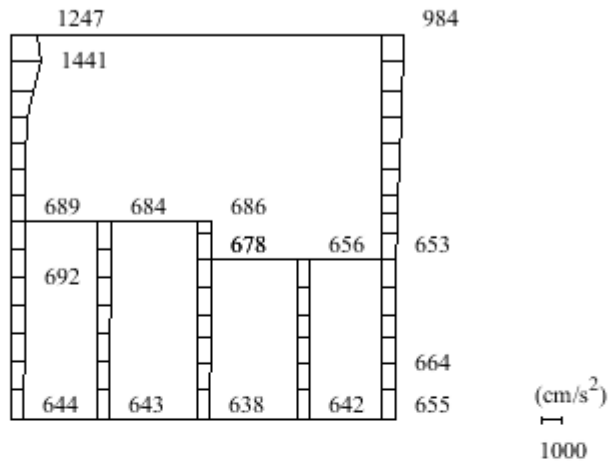


(a) S s - D (++) 水平

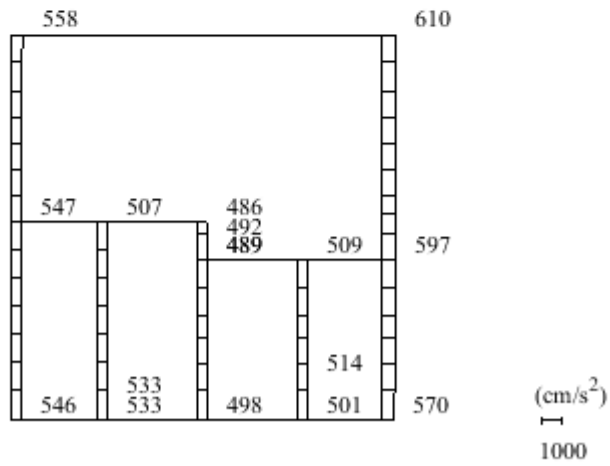


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-65 最大応答加速度分布図 (27/38) (解析ケース③)

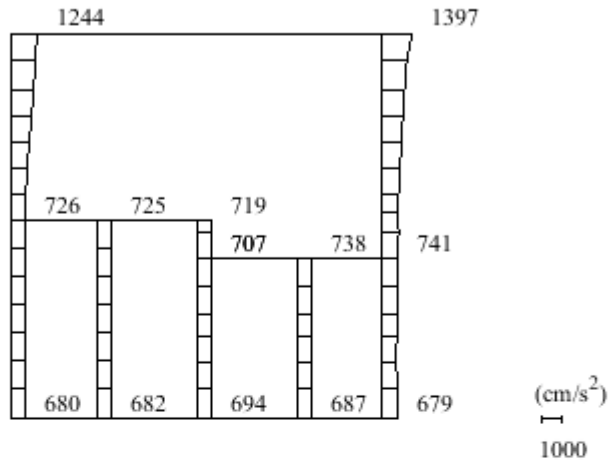


(a) S s - D (-+) 水平

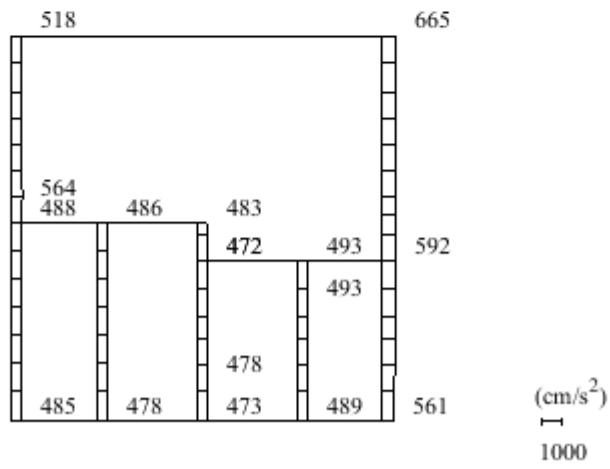


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-66 最大応答加速度分布図 (28/38) (解析ケース③)

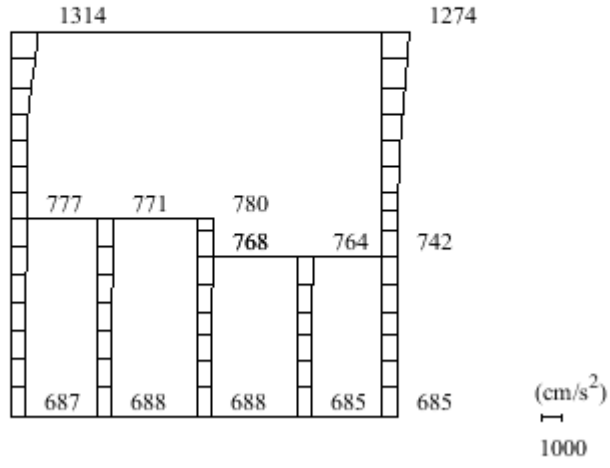


(a) S s - D (+-) 水平

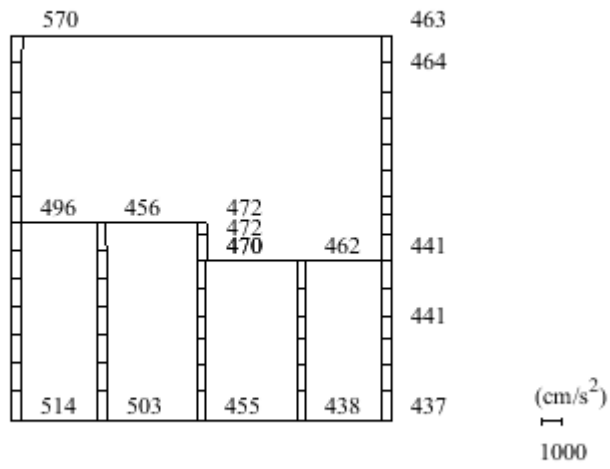


(b) S s - D (+-) 鉛直

図 4-67 最大応答加速度分布図 (29/38) (解析ケース③)

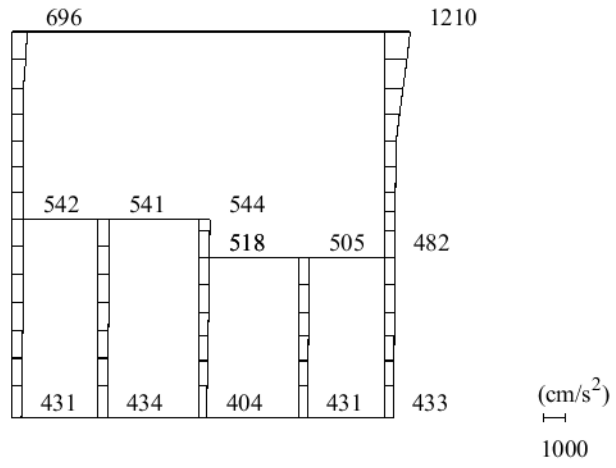


(a) S s - D (---) 水平

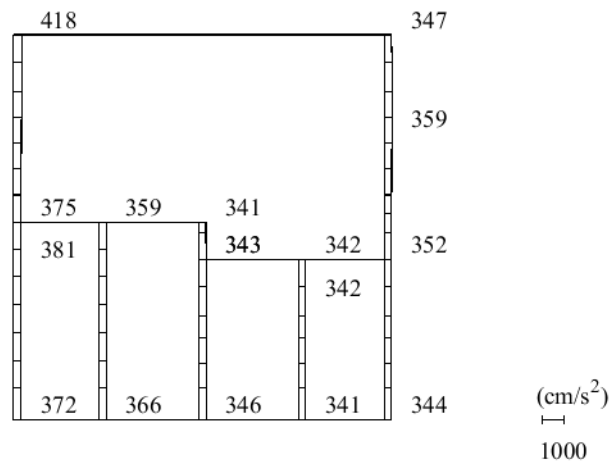


(b) S s - D (---) 鉛直

図 4-68 最大応答加速度分布図 (30/38) (解析ケース③)

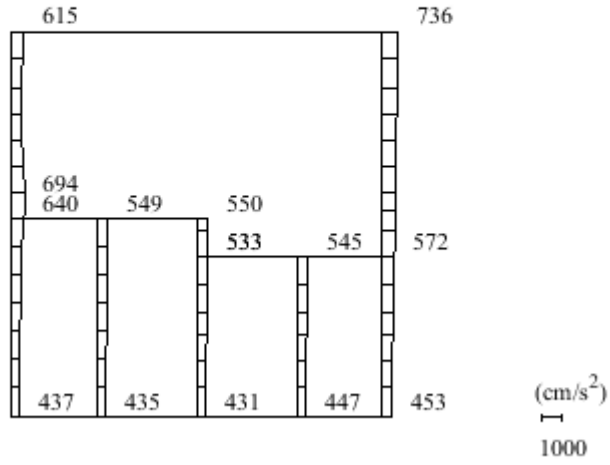


(a) S s - F 1 (++) 水平

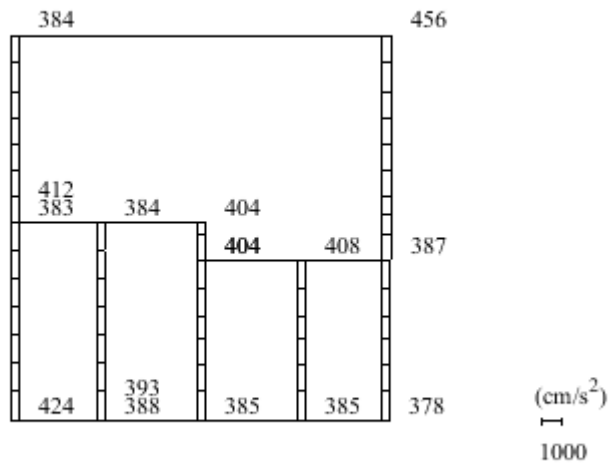


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-69 最大応答加速度分布図 (31/38) (解析ケース③)

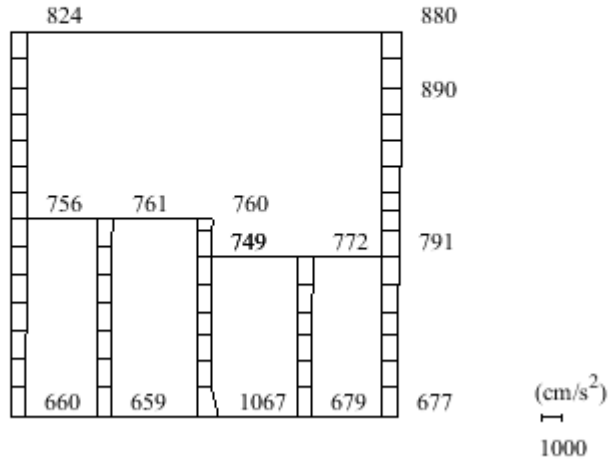


(a) S s - F 2 (++) 水平

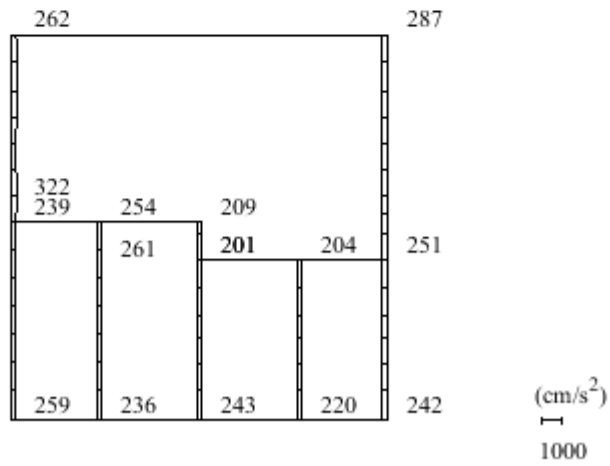


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-70 最大応答加速度分布図 (32/38) (解析ケース③)

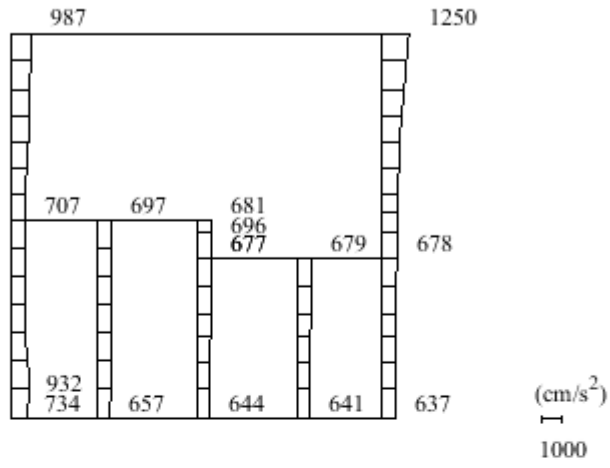


(a) S s - N 1 (++) 水平

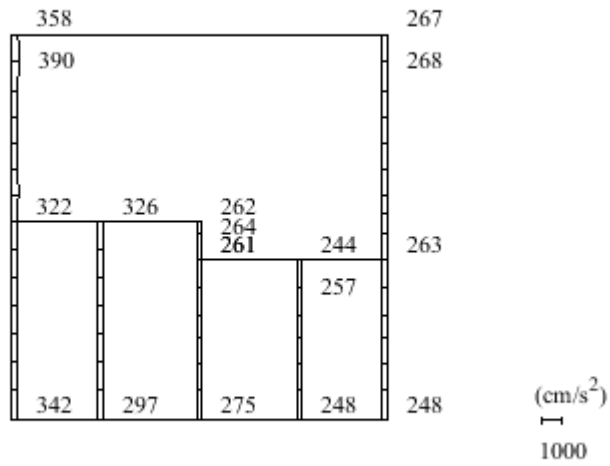


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-71 最大応答加速度分布図 (33/38) (解析ケース③)

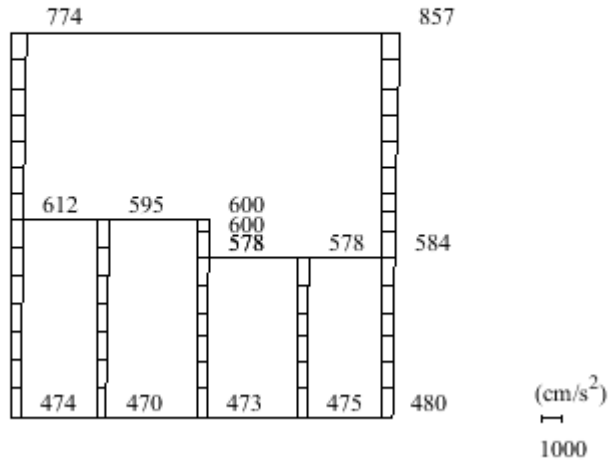


(a) S s - N 1 (-+) 水平

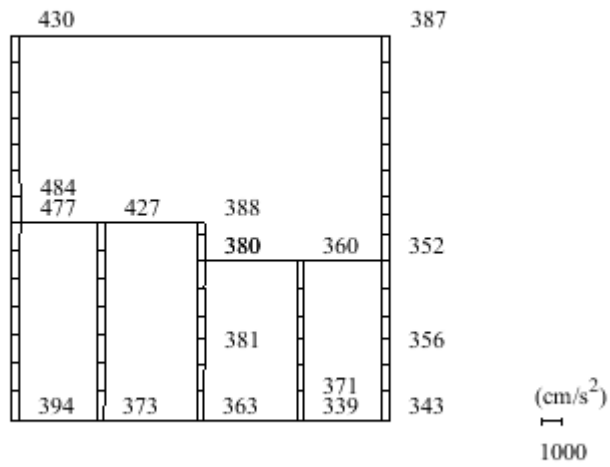


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-72 最大応答加速度分布図 (34/38) (解析ケース③)

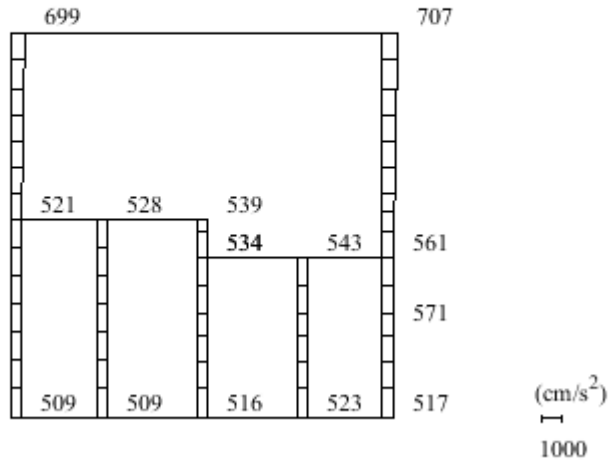


(a) S_s - N 2 (N S) (++) 水平

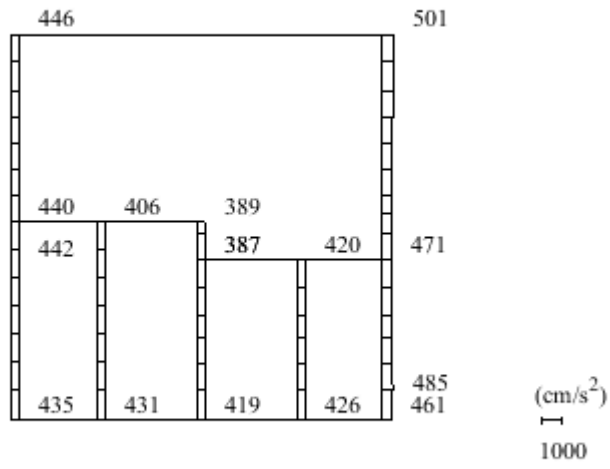


(b) S_s - N 2 (N S) (++) 鉛直

図 4-73 最大応答加速度分布図 (35/38) (解析ケース③)

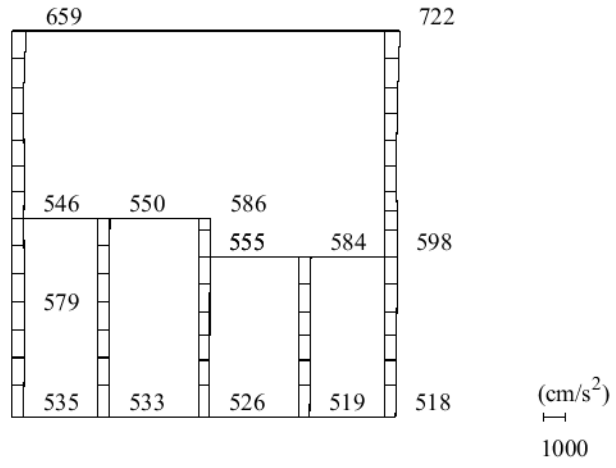


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (-+) 水平

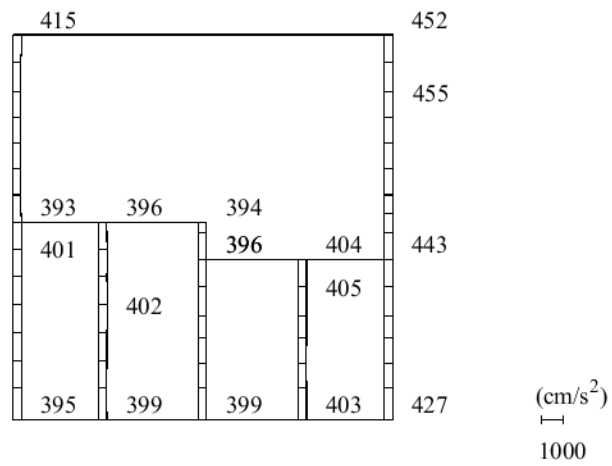


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (-+) 鉛直

図 4-74 最大応答加速度分布図 (36/38) (解析ケース③)

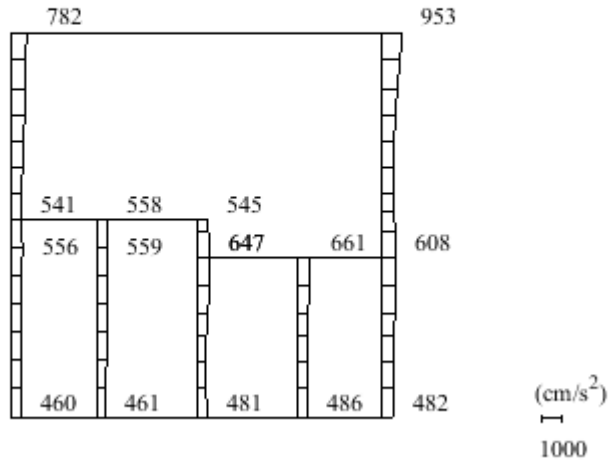


(a) S_s - N 2 (E W) (++) 水平

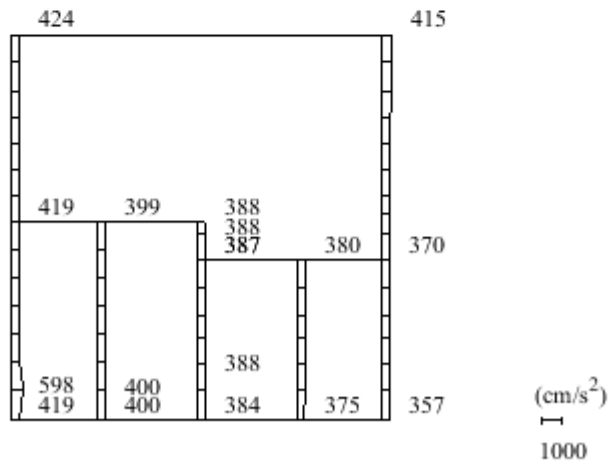


(b) S_s - N 2 (E W) (++) 鉛直

図 4-75 最大応答加速度分布図 (37/38) (解析ケース③)



(a) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 水平



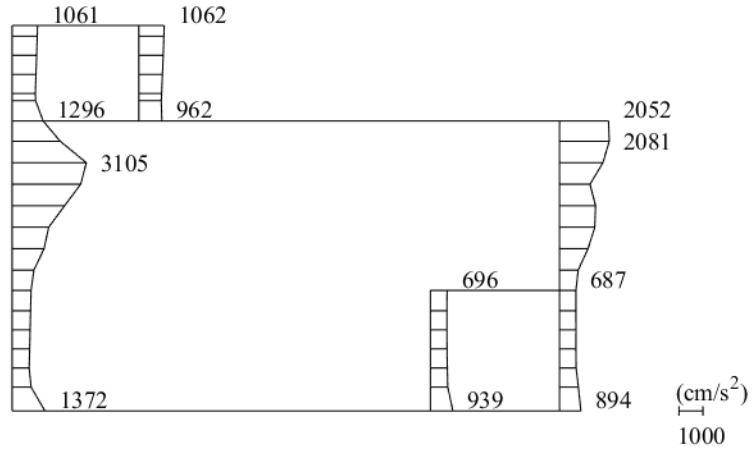
(b) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 鉛直

図 4-76 最大応答加速度分布図 (38/38) (解析ケース③)

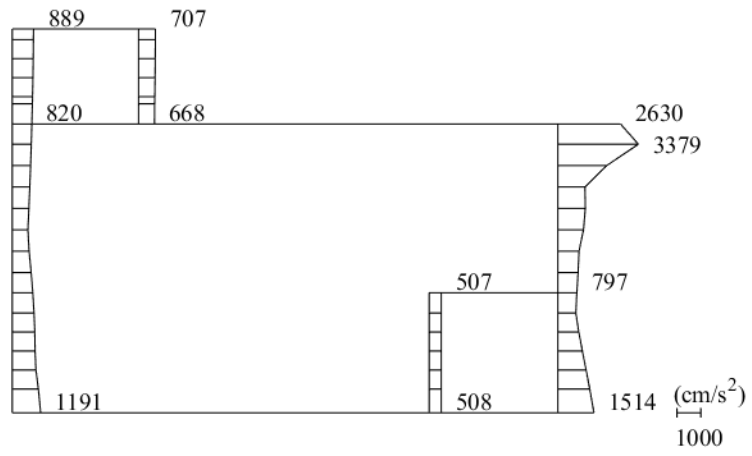
4.3 C-C断面の解析結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価のために用いる応答加速度として、解析ケース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4-77～図4-88に示す。

また、解析ケース④において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース⑤～⑧の最大加速度分布図を図4-89～図4-92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⑤～⑧について、すべての基準地震動 S_s に対する最大加速度分布図を図4-93～図4-140に示す。

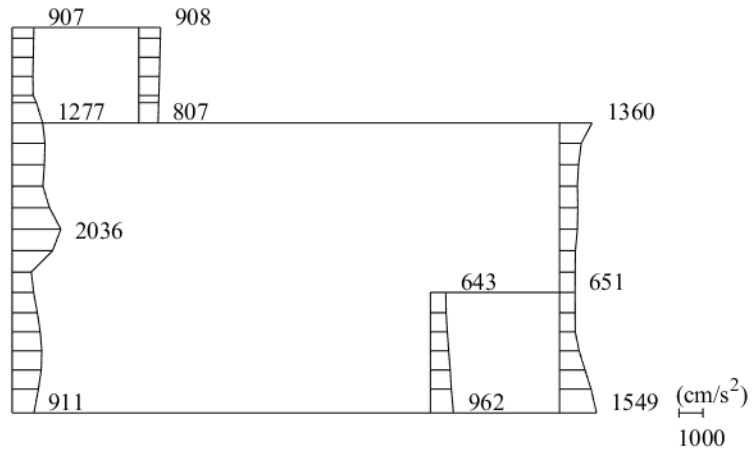


(a) S s - D (++) 水平

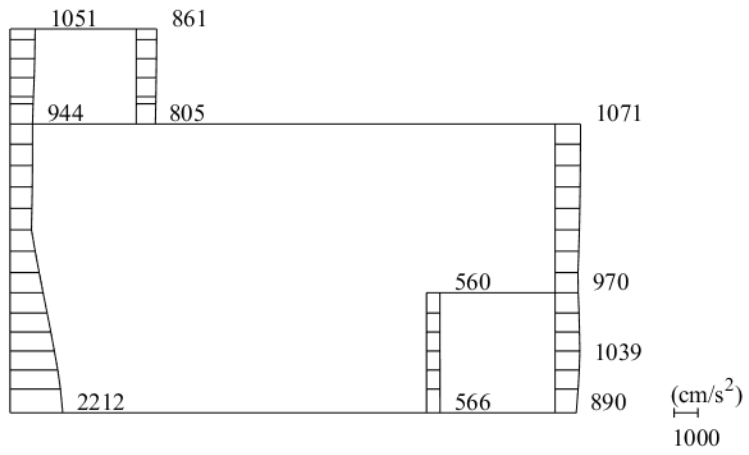


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-77 最大応答加速度分布図 (1/64) (解析ケース④)

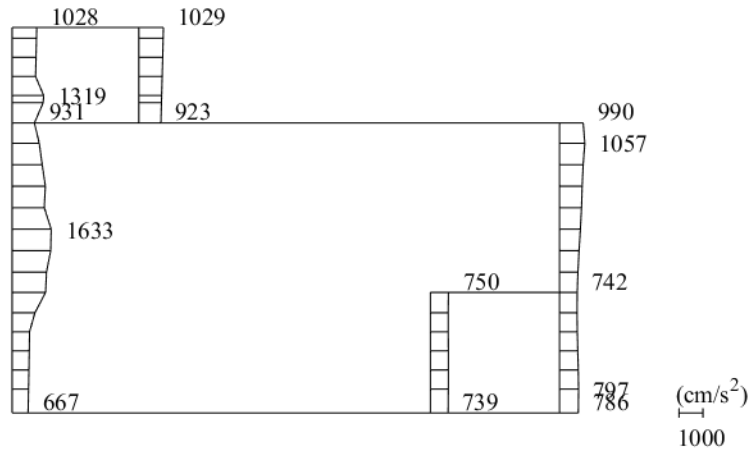


(a) S s - D (-+) 水平

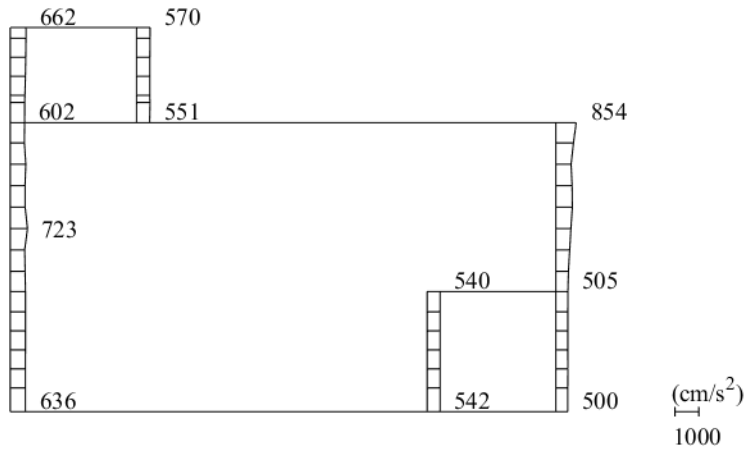


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-78 最大応答加速度分布図 (2/64) (解析ケース④)

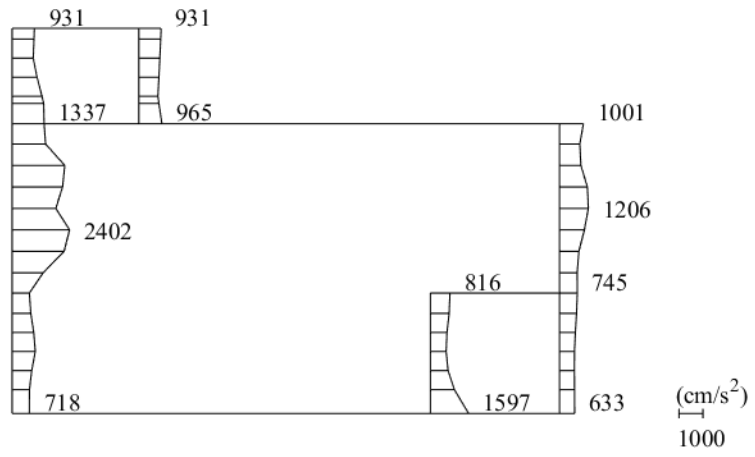


(a) S s - D (+ -) 水平

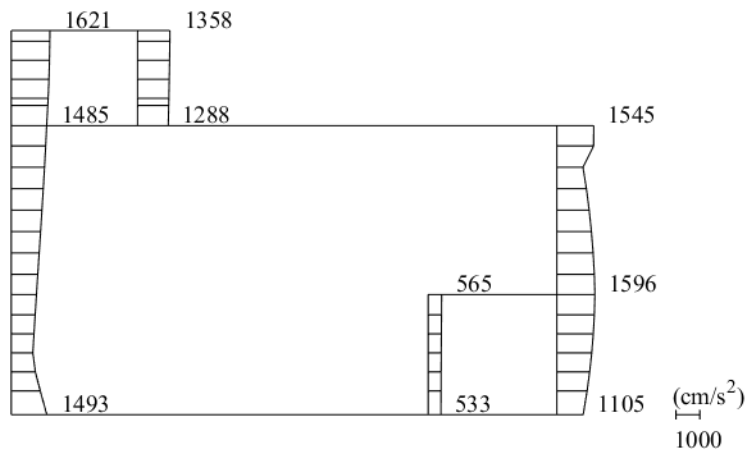


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-79 最大応答加速度分布図 (3/64) (解析ケース④)

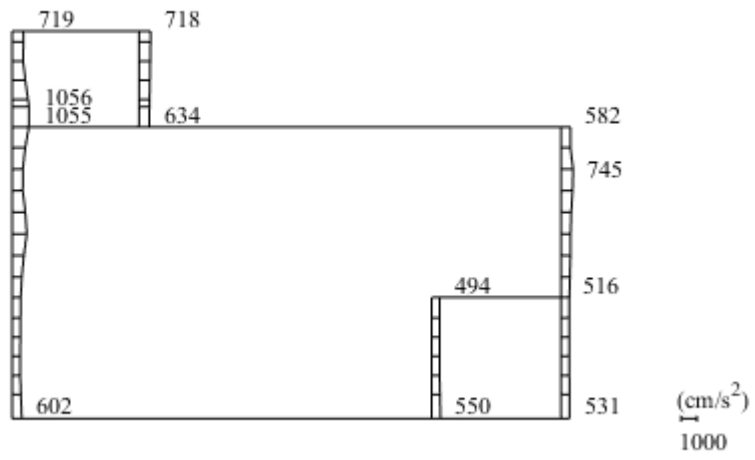


(a) S s - D (--) 水平

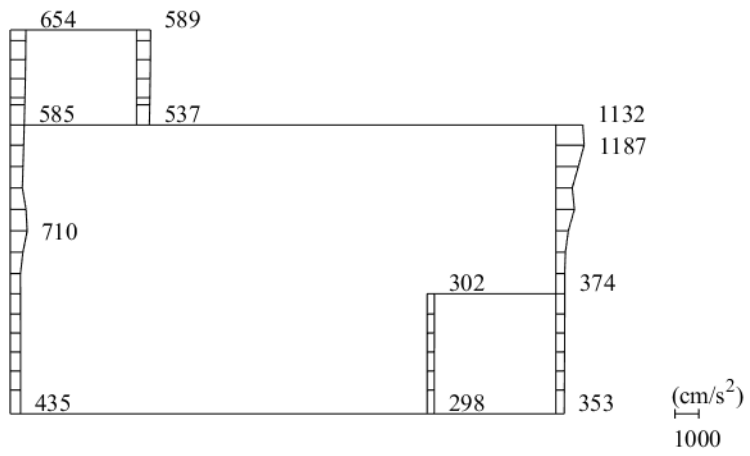


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-80 最大応答加速度分布図 (4/64) (解析ケース④)

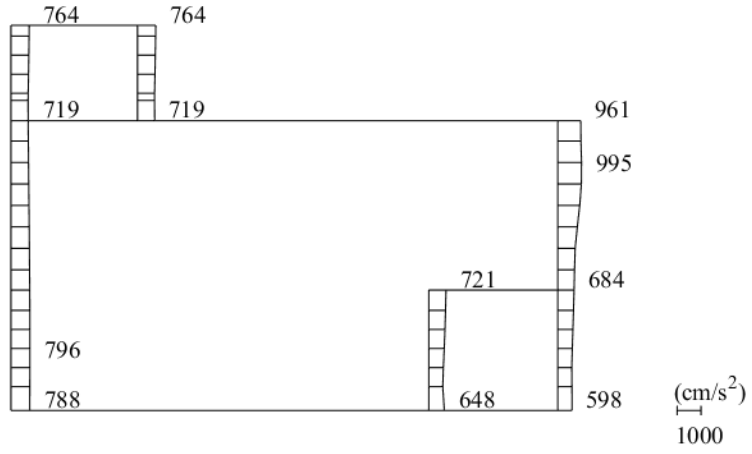


(a) $S_s - F_1$ (++) 水平

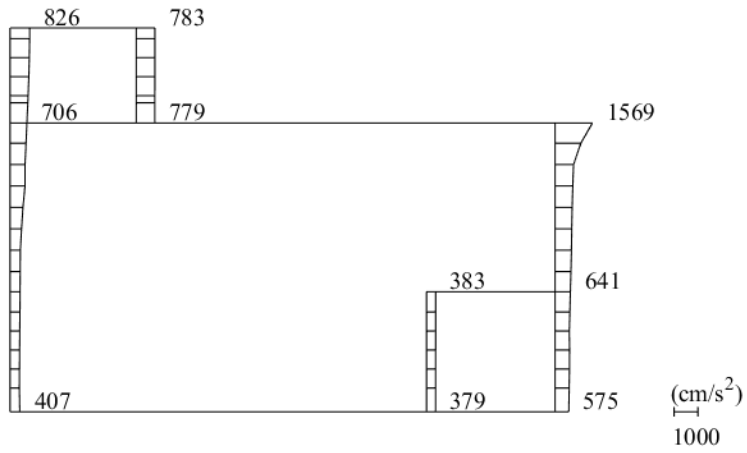


(b) $S_s - F_1$ (++) 鉛直

図 4-81 最大応答加速度分布図 (5/64) (解析ケース④)

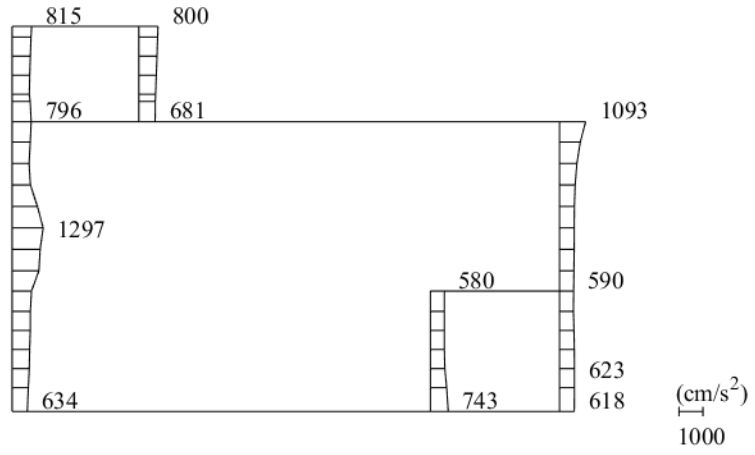


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

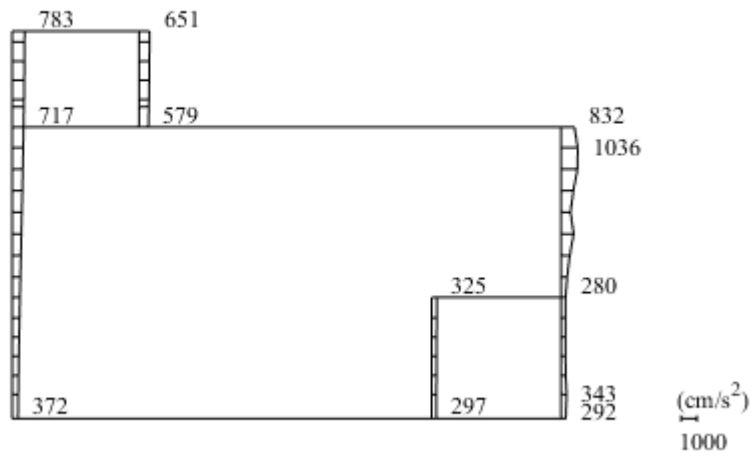


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-82 最大応答加速度分布図 (6/64) (解析ケース④)

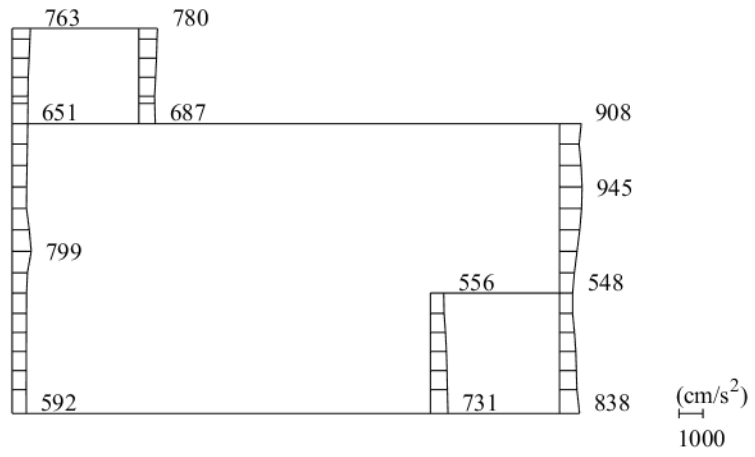


(a) $S_s - N1$ (++) 水平

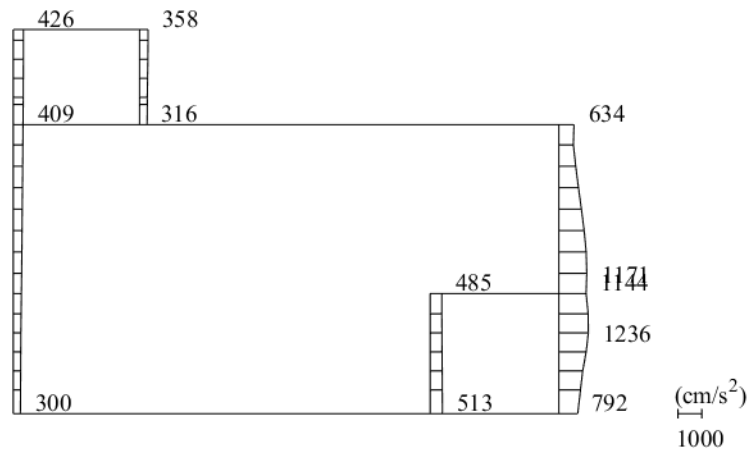


(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-83 最大応答加速度分布図 (7/64) (解析ケース④)

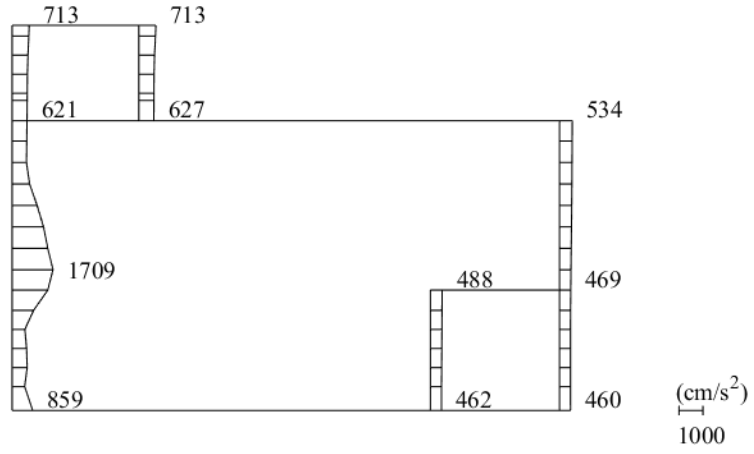


(a) S s - N 1 (-+) 水平

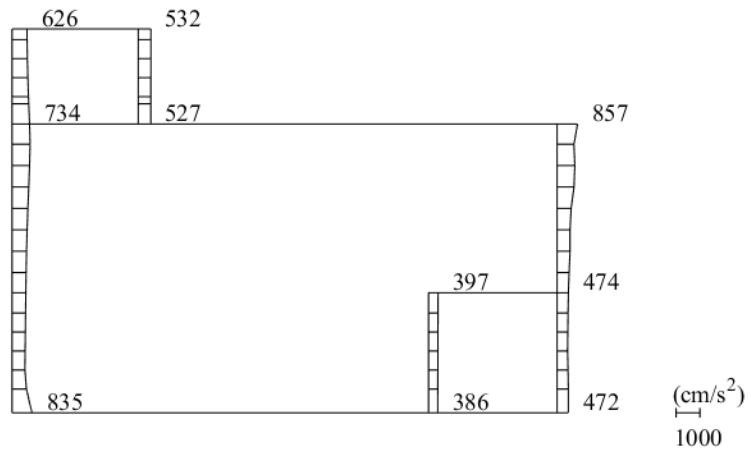


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-84 最大応答加速度分布図 (8/64) (解析ケース④)



(a) $S_s - N2 (NS)$ (++) 水平



(b) $S_s - N2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-85 最大応答加速度分布図 (9/64) (解析ケース④)

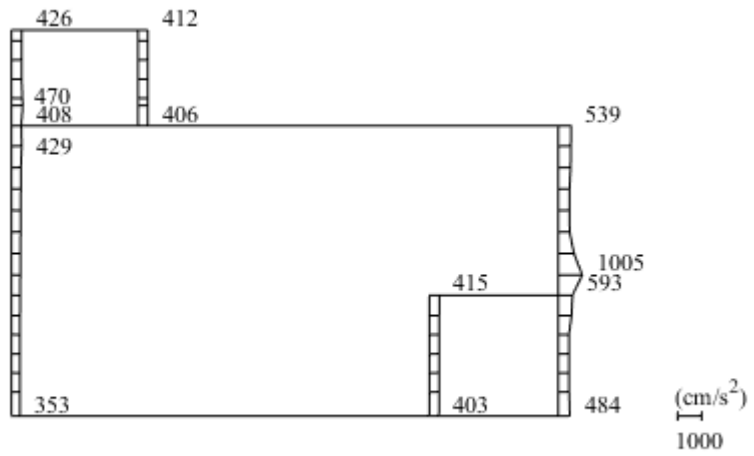
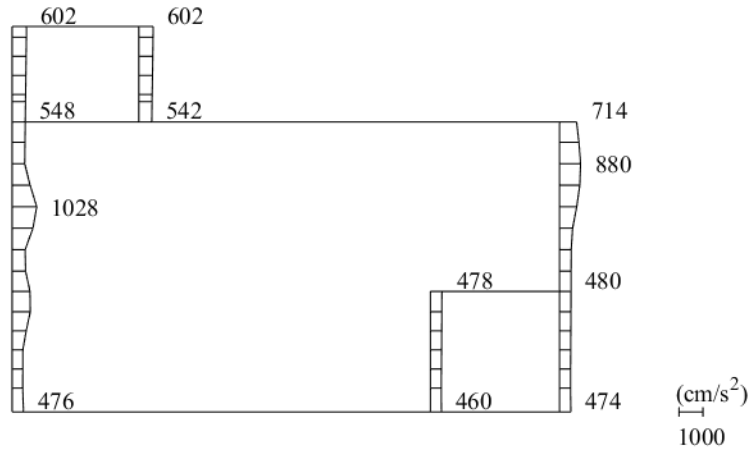
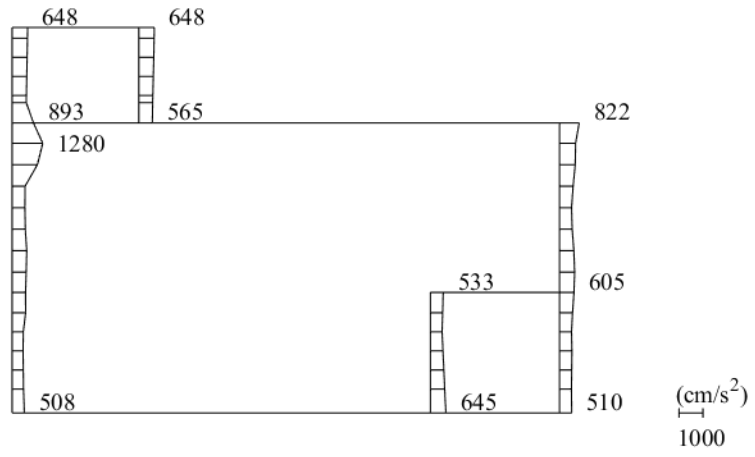
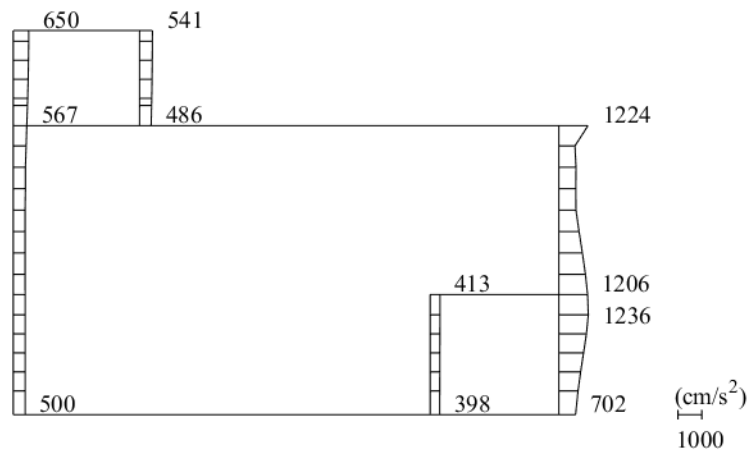


図 4-86 最大応答加速度分布図 (10/64) (解析ケース④)

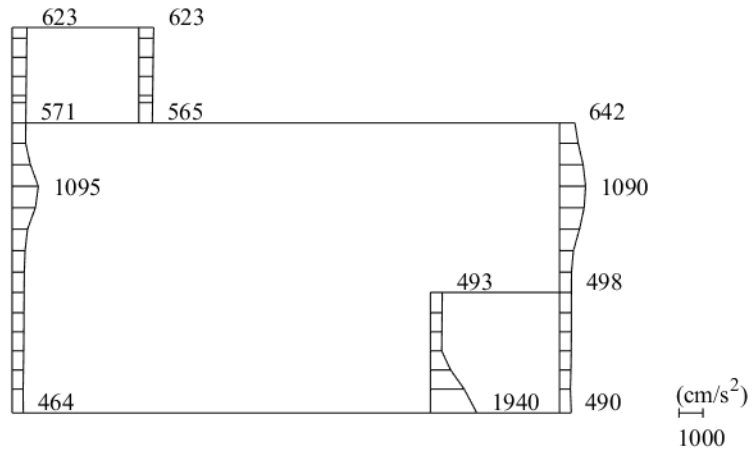


(a) $S_s - N2 (EW)$ (++) 水平

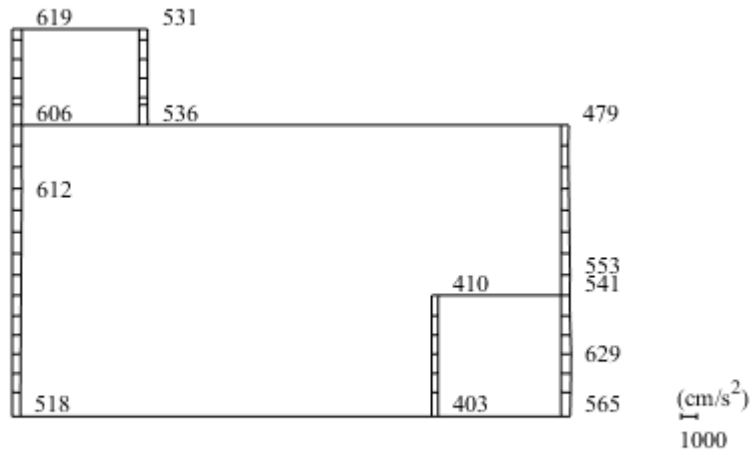


(b) $S_s - N2 (EW)$ (++) 鉛直

図 4-87 最大応答加速度分布図 (11/64) (解析ケース④)

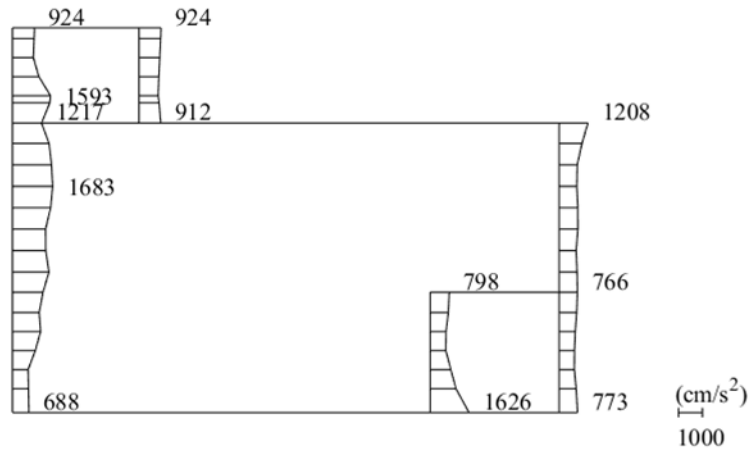


(a) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 水平

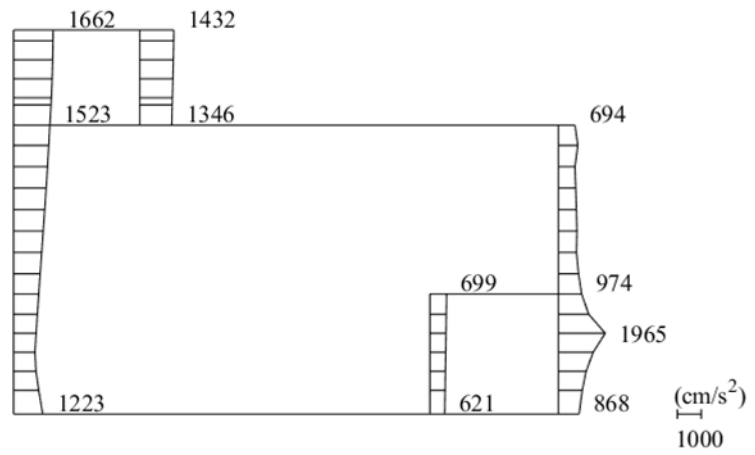


(b) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 鉛直

図 4-88 最大応答加速度分布図 (12/64) (解析ケース④)

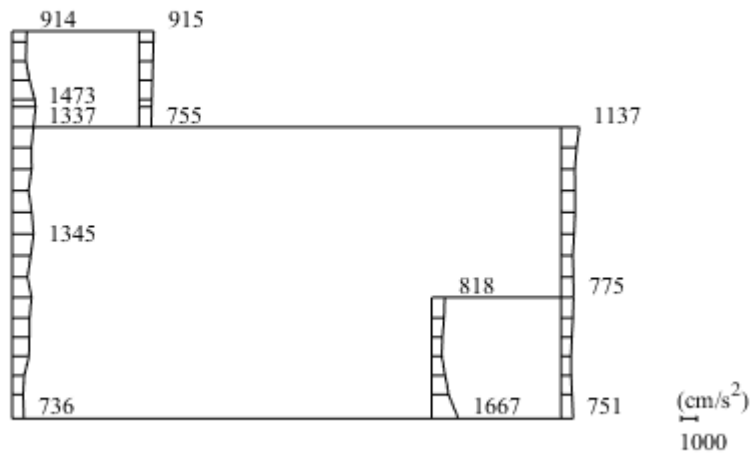


(a) S s - D (--) 水平

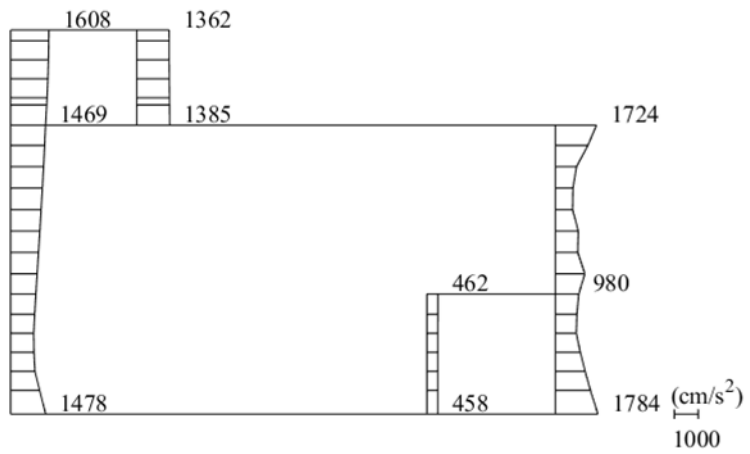


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-89 最大応答加速度分布図 (13/64) (解析ケース⑤)

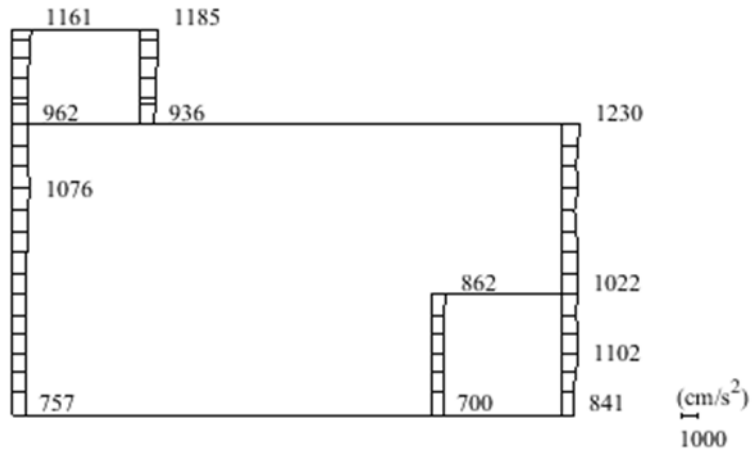


(a) S s - D (--) 水平

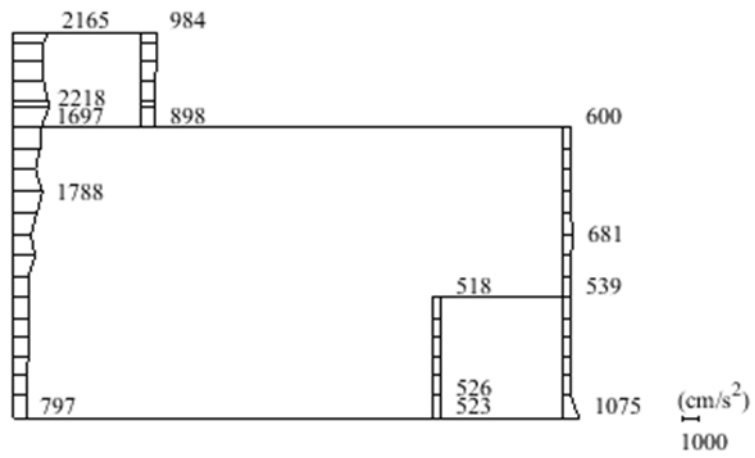


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-90 最大応答加速度分布図 (14/64) (解析ケース⑥)

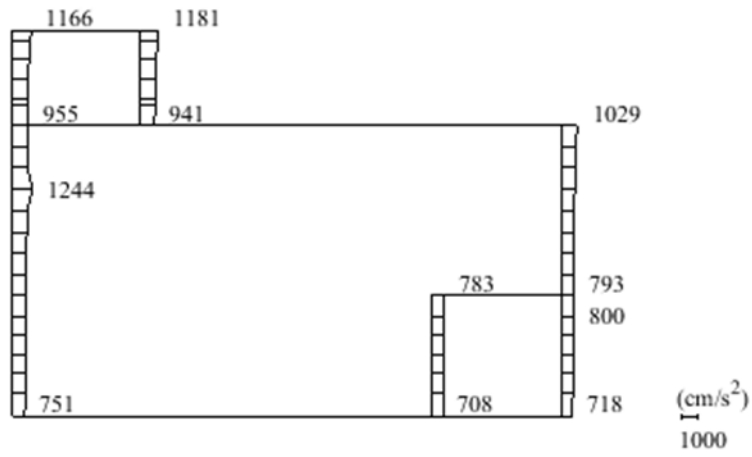


(a) S s - D (---) 水平

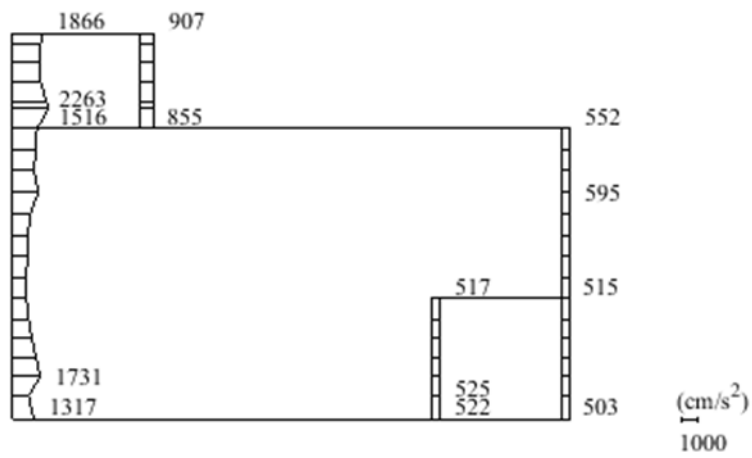


(b) S s - D (---) 鉛直

図 4-91 最大応答加速度分布図 (15/64) (解析ケース⑦)

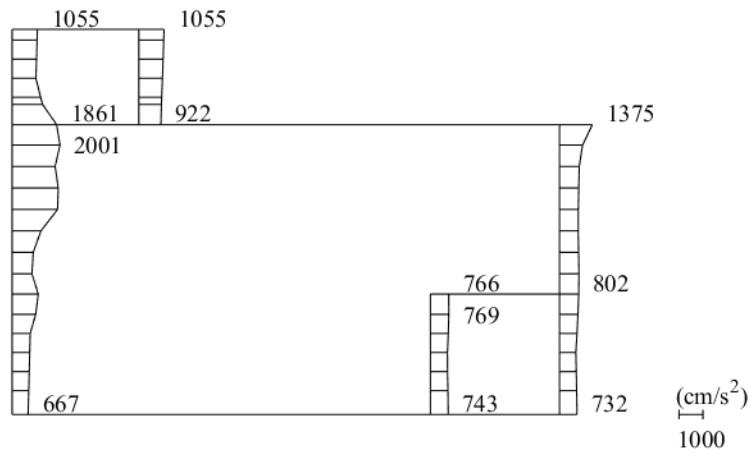


(a) S s - D (--) 水平

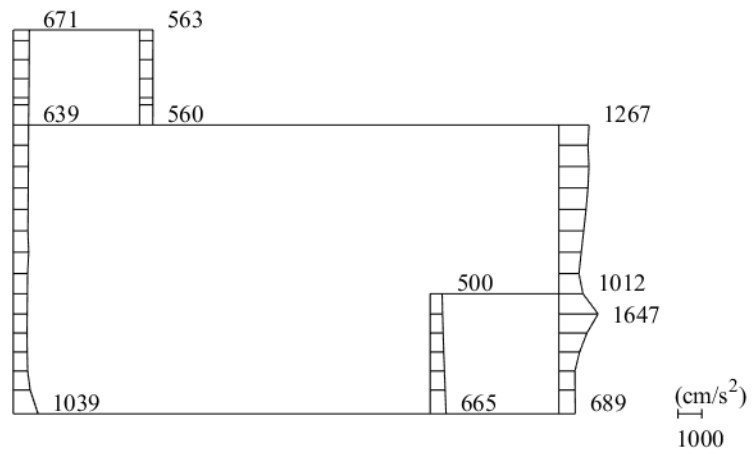


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-92 最大応答加速度分布図 (16/64) (解析ケース⑧)

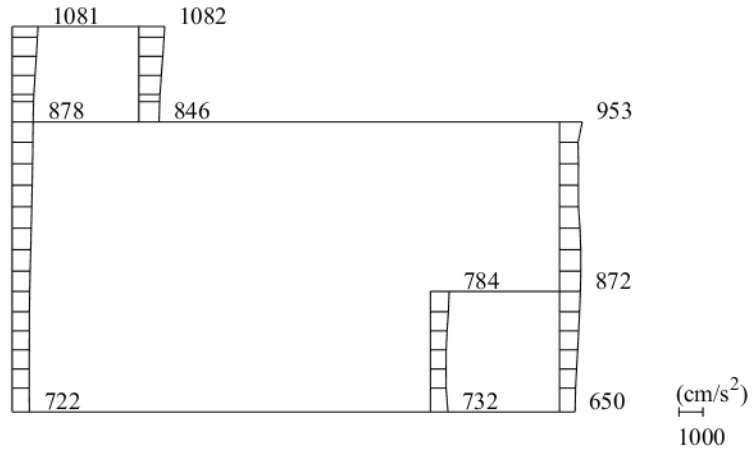


(a) S s - D (++) 水平

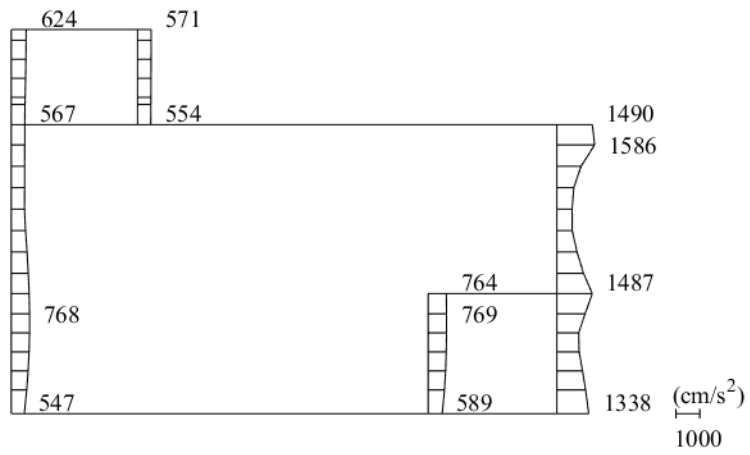


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-93 最大応答加速度分布図 (17/64) (解析ケース⑤)

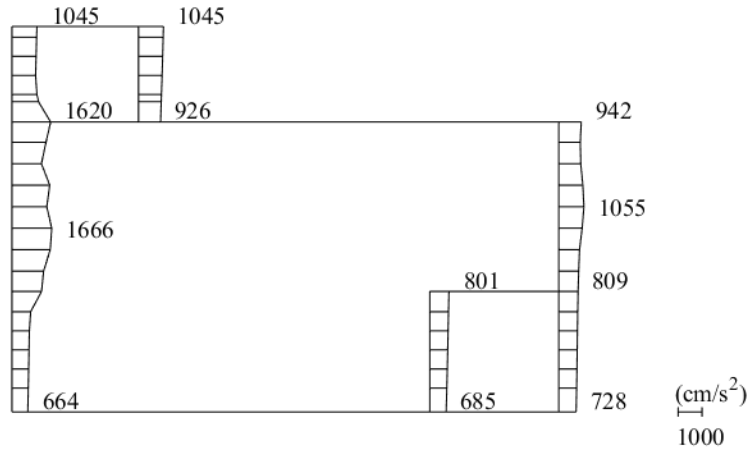


(a) S s - D (-+) 水平

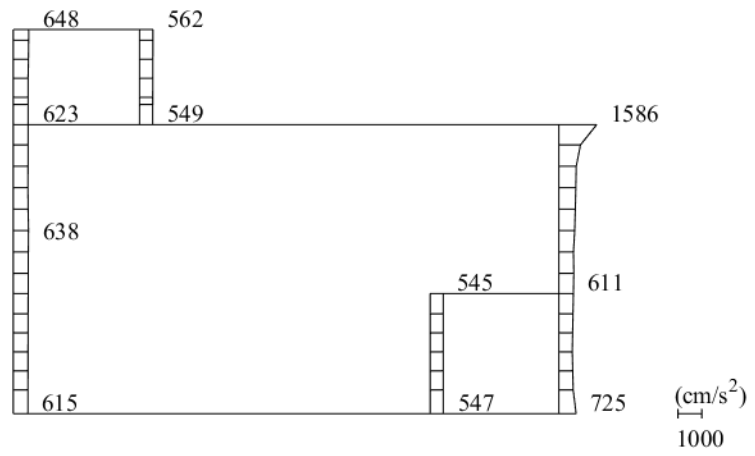


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-94 最大応答加速度分布図 (18/64) (解析ケース⑤)

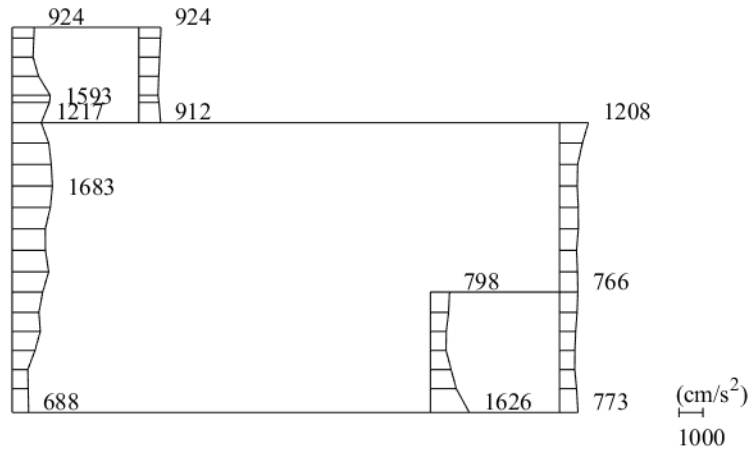


(a) S s - D (+ -) 水平

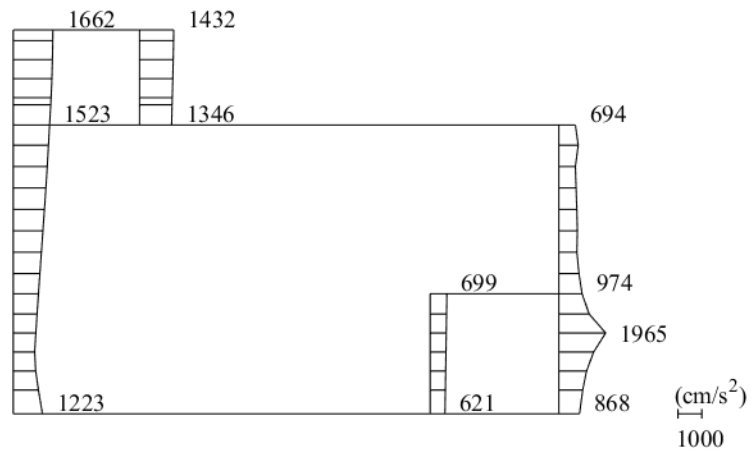


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-95 最大応答加速度分布図 (19/64) (解析ケース⑤)

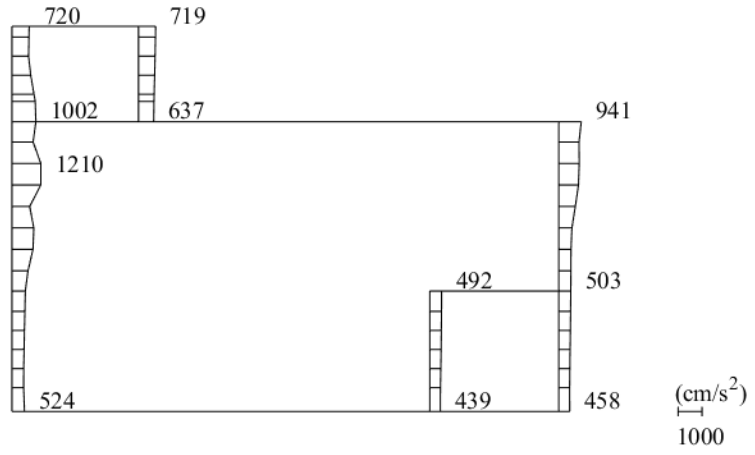


(a) S s - D (--) 水平

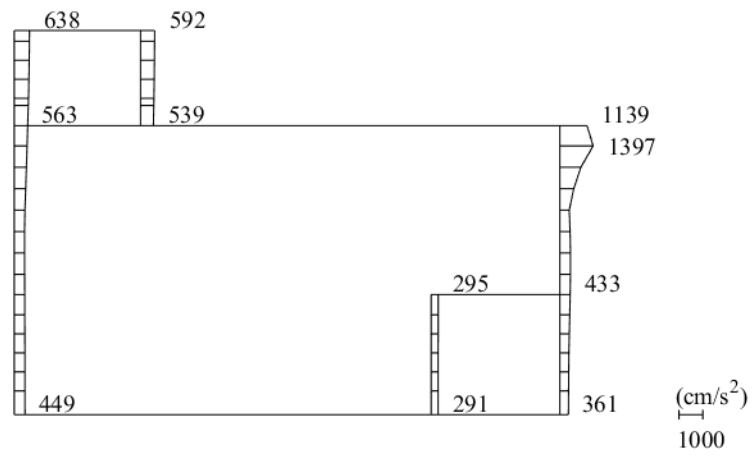


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-96 最大応答加速度分布図 (20/64) (解析ケース⑤)

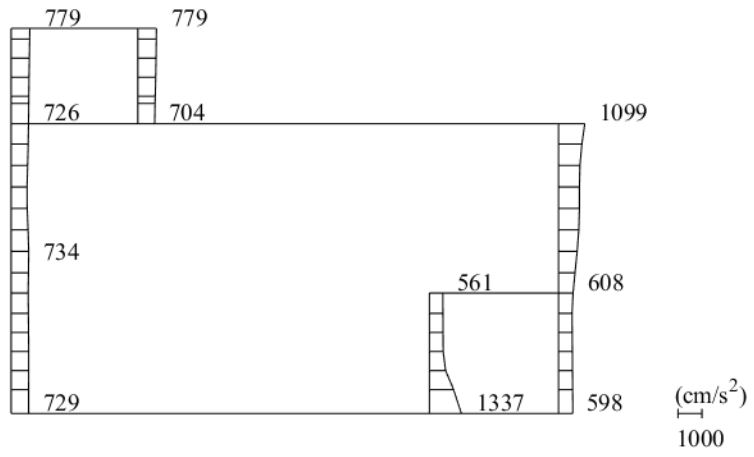


(a) S s - F 1 (++) 水平

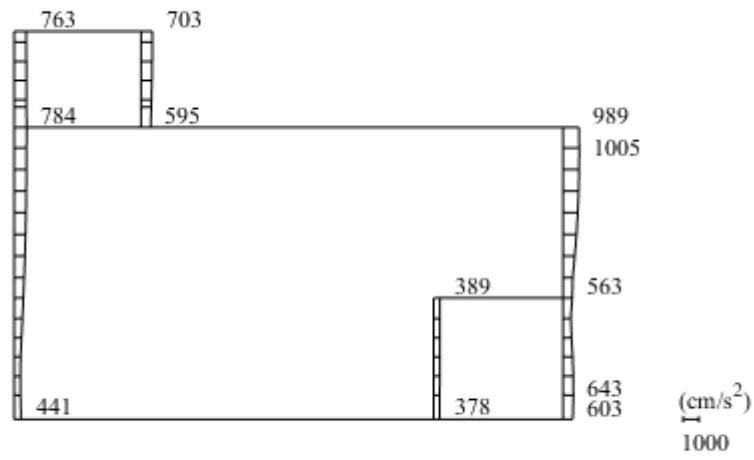


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-97 最大応答加速度分布図 (21/64) (解析ケース⑤)

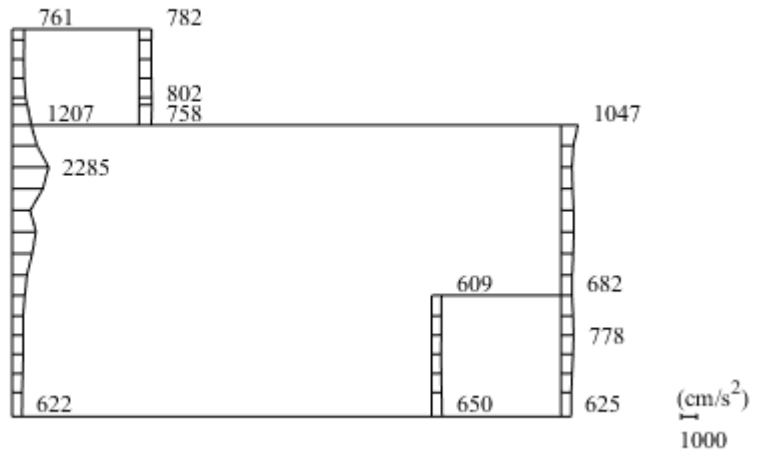


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

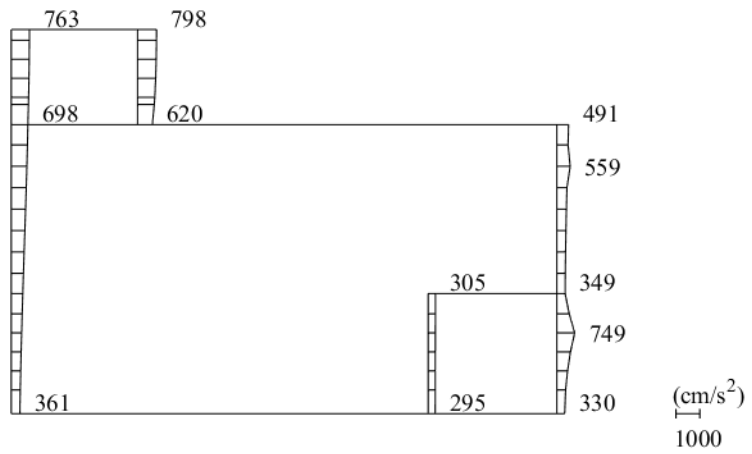


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-98 最大応答加速度分布図 (22/64) (解析ケース⑤)

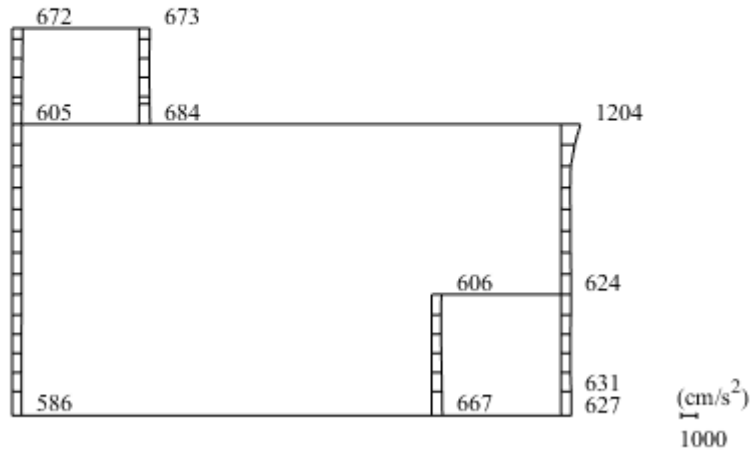


(a) S s - N 1 (++) 水平

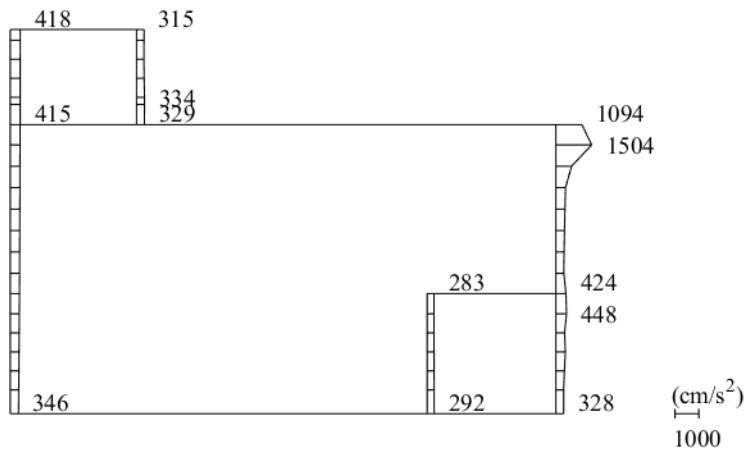


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-99 最大応答加速度分布図 (23/64) (解析ケース⑤)



(a) S s - N 1 (-+) 水平



(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-100 最大応答加速度分布図 (24/64) (解析ケース⑤)

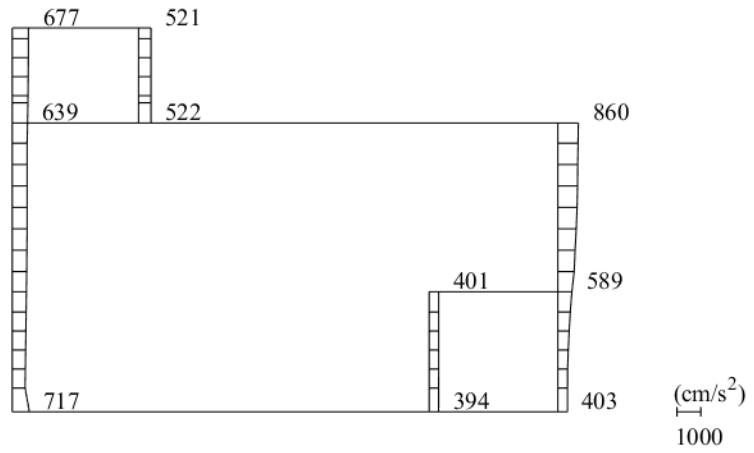
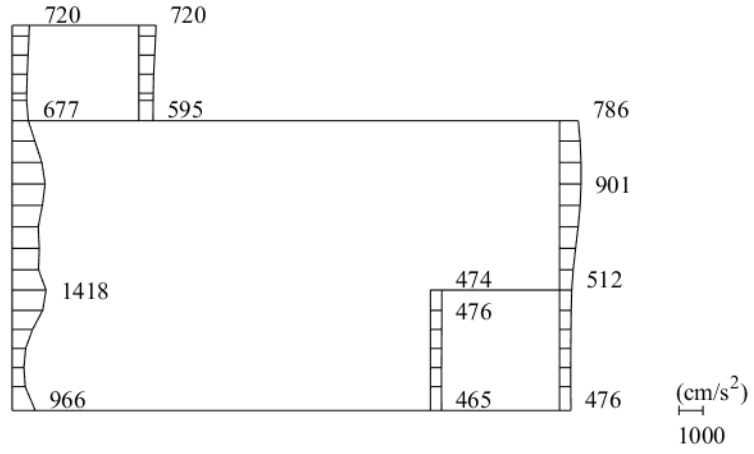
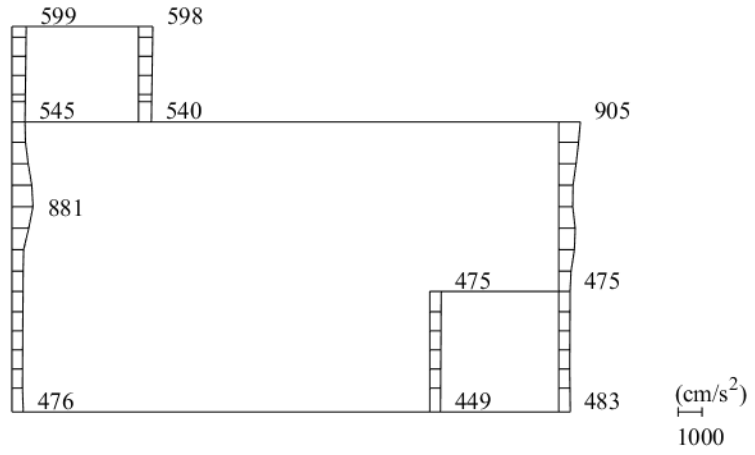
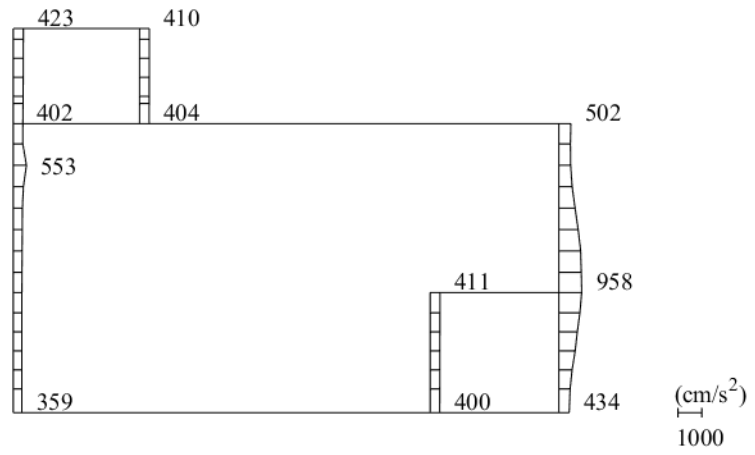


図 4-101 最大応答加速度分布図 (25/64) (解析ケース⑤)

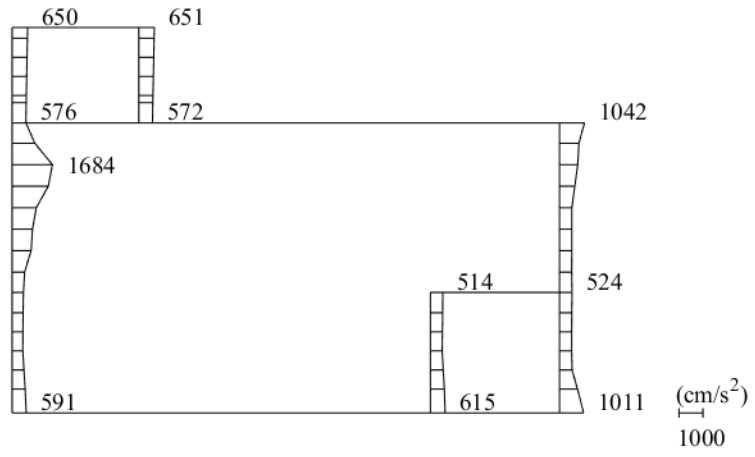


(a) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 水平

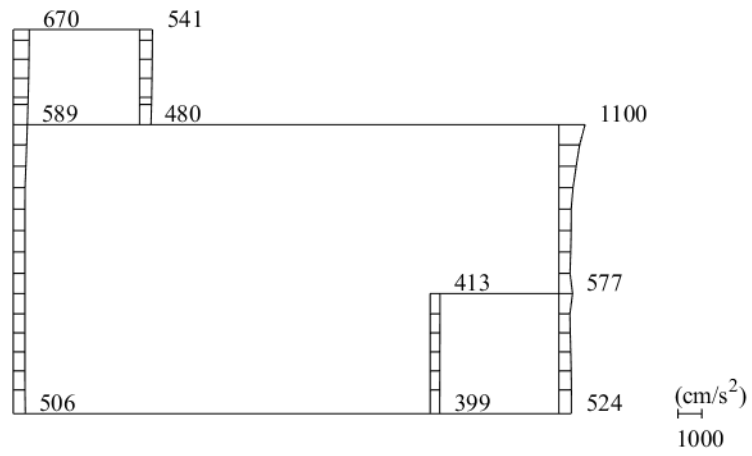


(b) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-102 最大応答加速度分布図 (26/64) (解析ケース⑤)

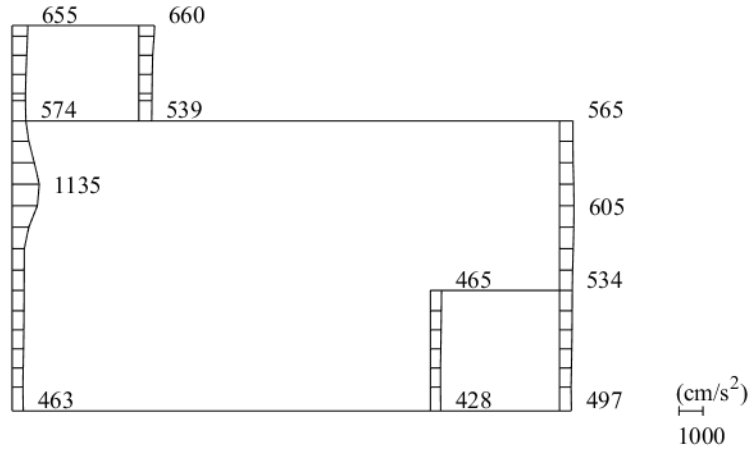


(a) S_s - N 2 (E W) (++) 水平

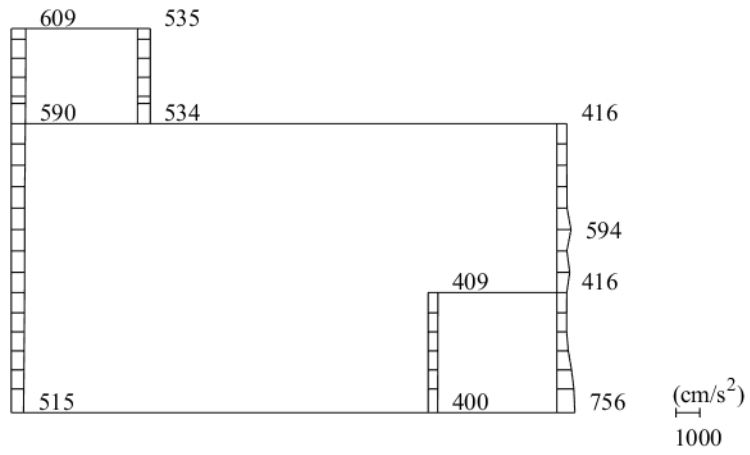


(b) S_s - N 2 (E W) (++) 鉛直

図 4-103 最大応答加速度分布図 (27/64) (解析ケース⑤)

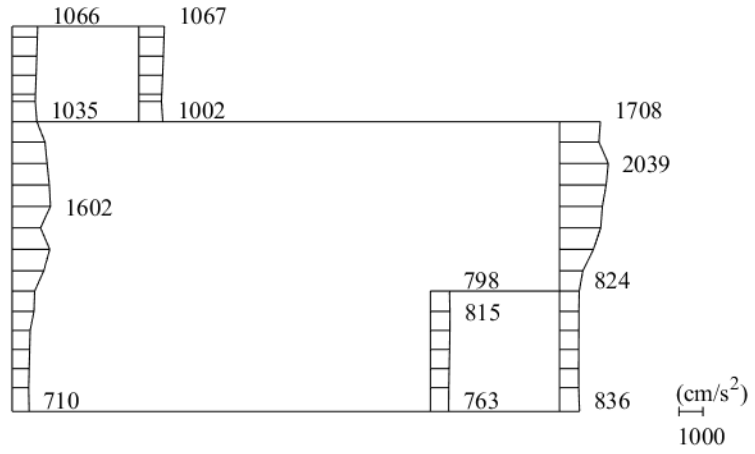


(a) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 水平

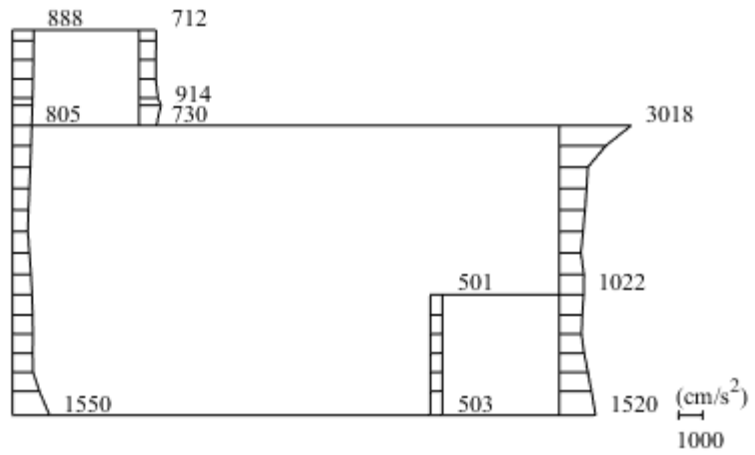


(b) $S_s - N_2$ (EW) (-+) 鉛直

図 4-104 最大応答加速度分布図 (28/64) (解析ケース⑤)

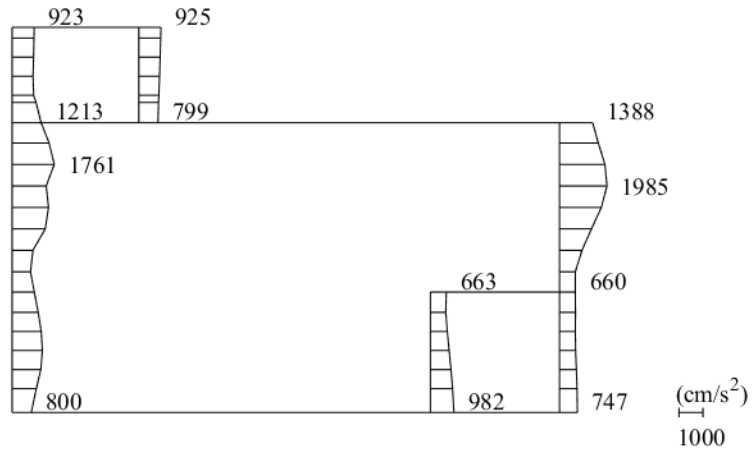


(a) S s - D (++) 水平

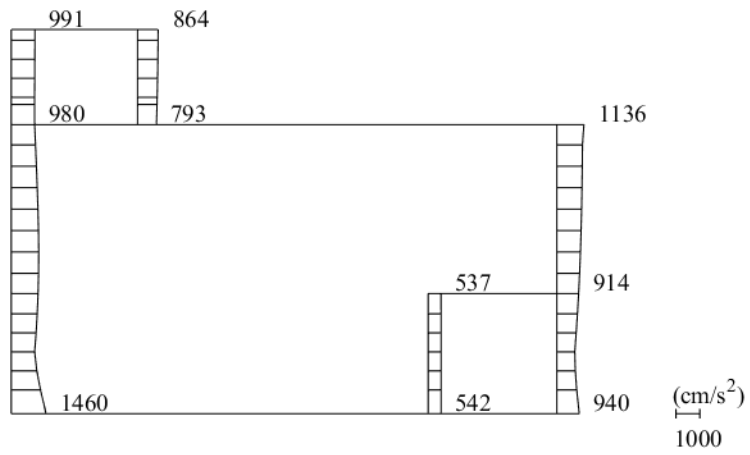


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-105 最大応答加速度分布図 (29/64) (解析ケース⑥)

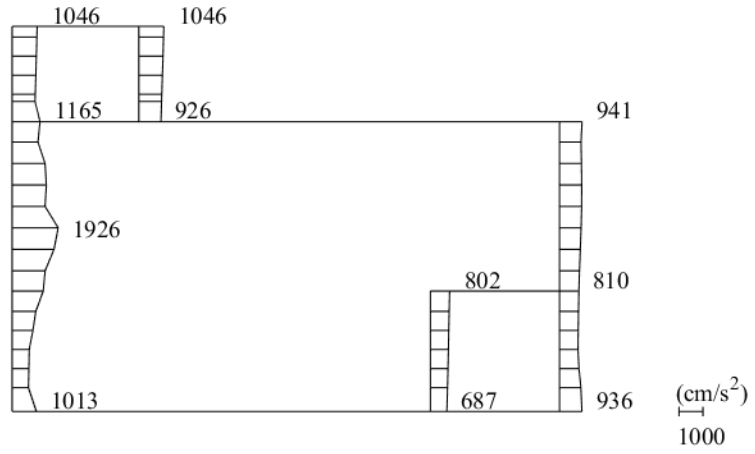


(a) S s - D (-+) 水平

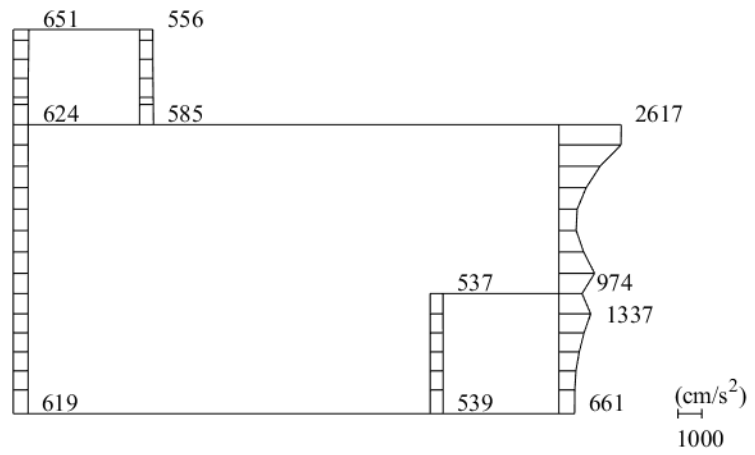


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-106 最大応答加速度分布図 (30/64) (解析ケース⑥)

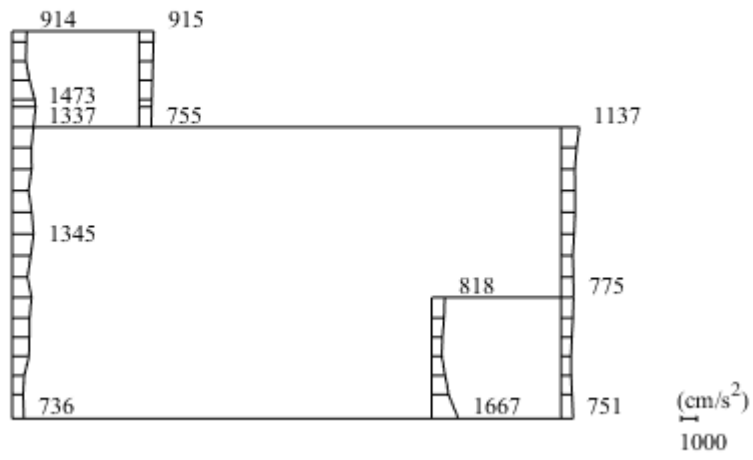


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

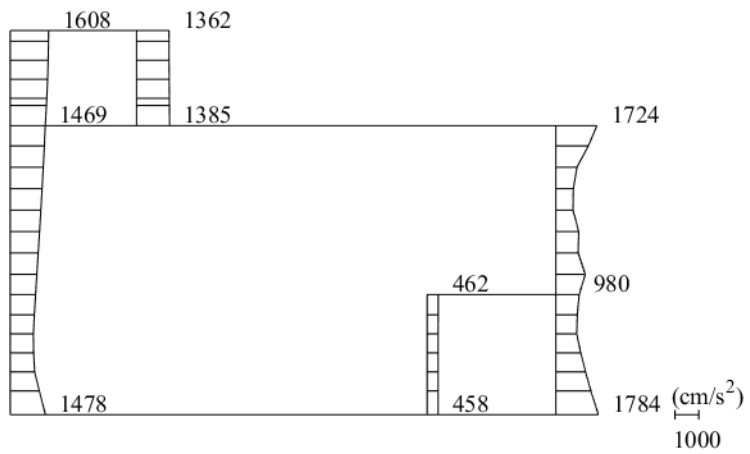


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-107 最大応答加速度分布図 (31/64) (解析ケース⑥)

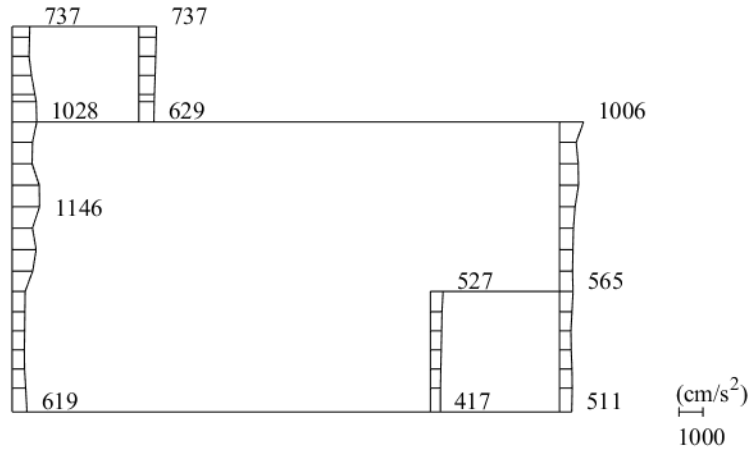


(a) S s - D (--) 水平

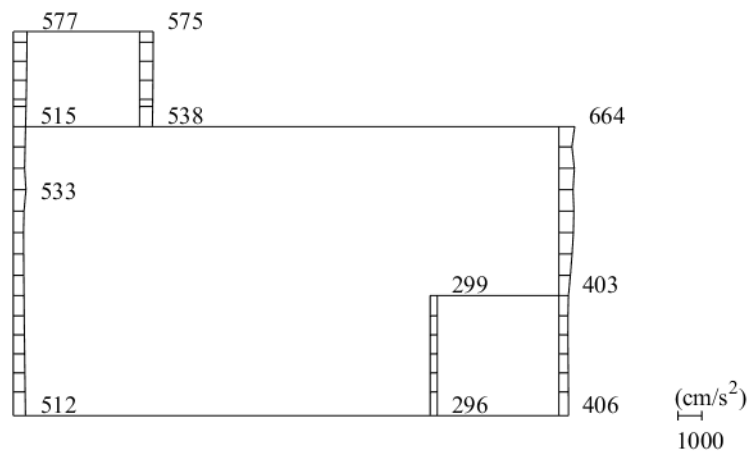


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-108 最大応答加速度分布図 (32/64) (解析ケース⑥)

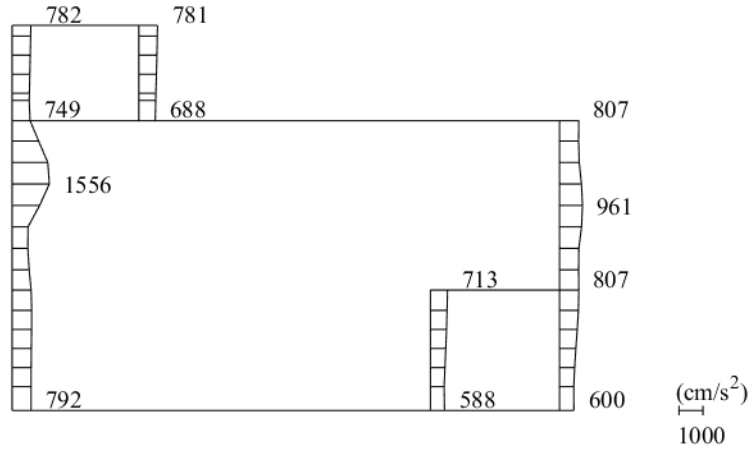


(a) S s - F 1 (++) 水平

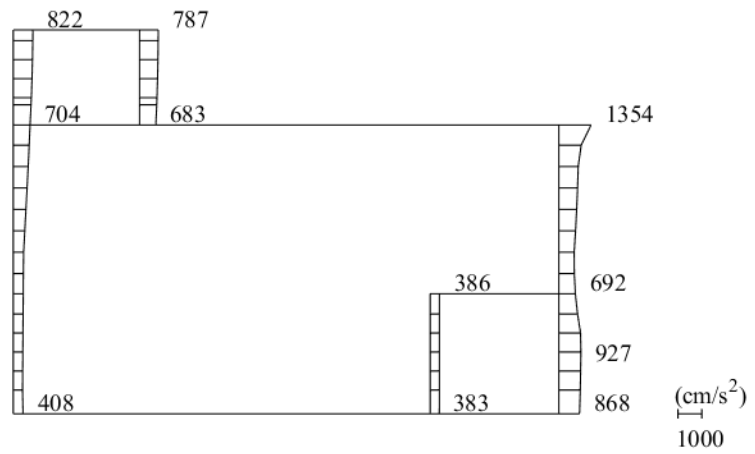


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-109 最大応答加速度分布図 (33/64) (解析ケース⑥)

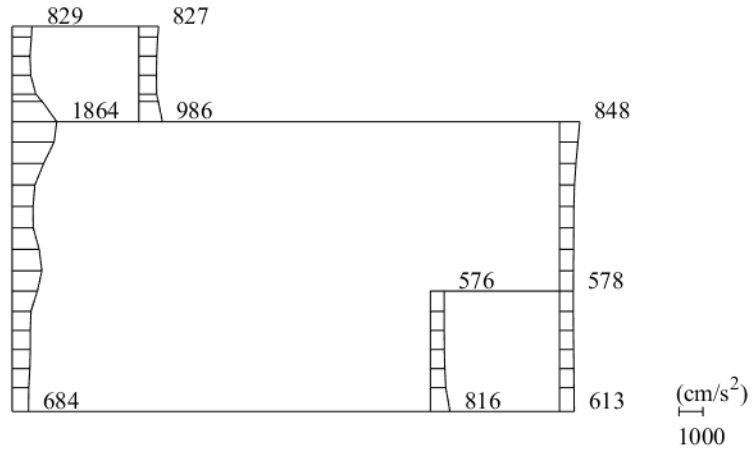


(a) S s - F 2 (++) 水平

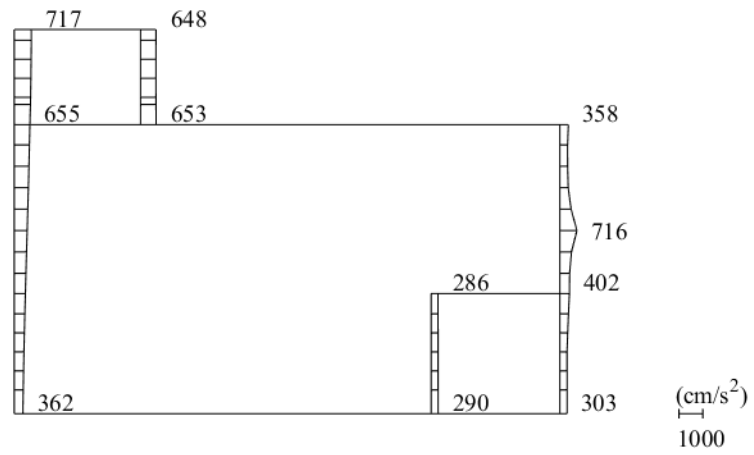


(b) S s - F 2 (++) 鉛直

図 4-110 最大応答加速度分布図 (34/64) (解析ケース⑥)

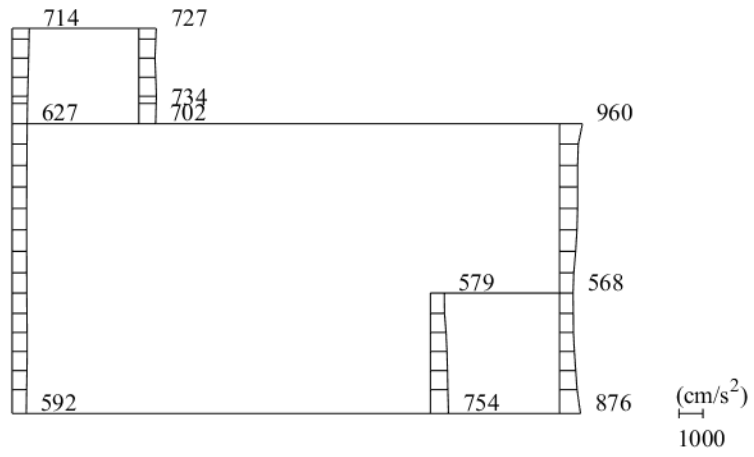


(a) $S_s - N1$ (++) 水平

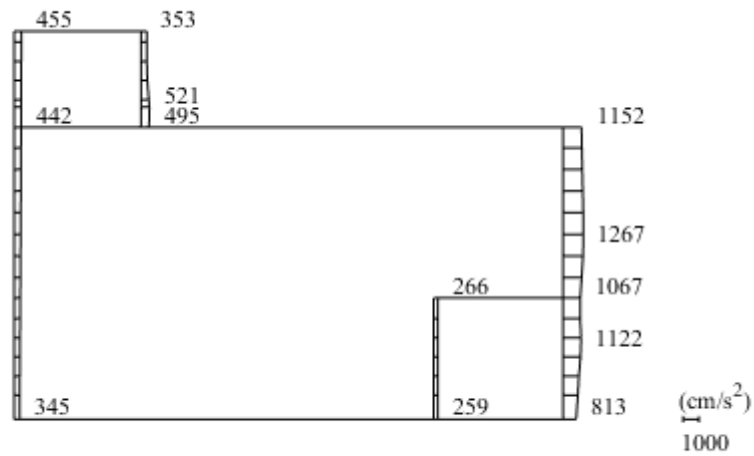


(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-111 最大応答加速度分布図 (35/64) (解析ケース⑥)

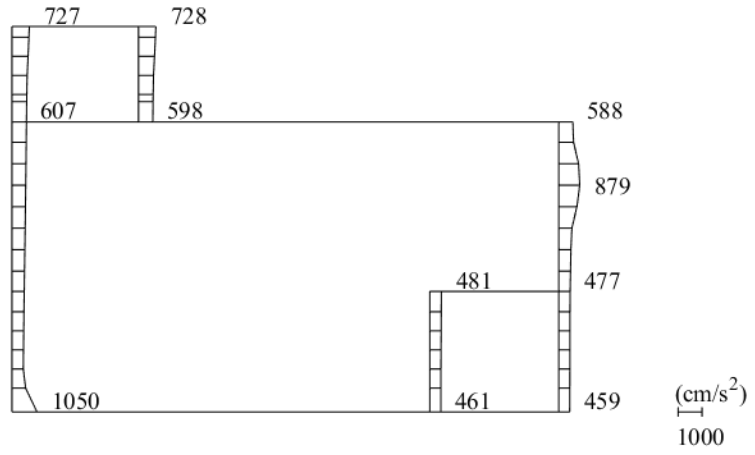


(a) $S_s - N1$ (−+) 水平

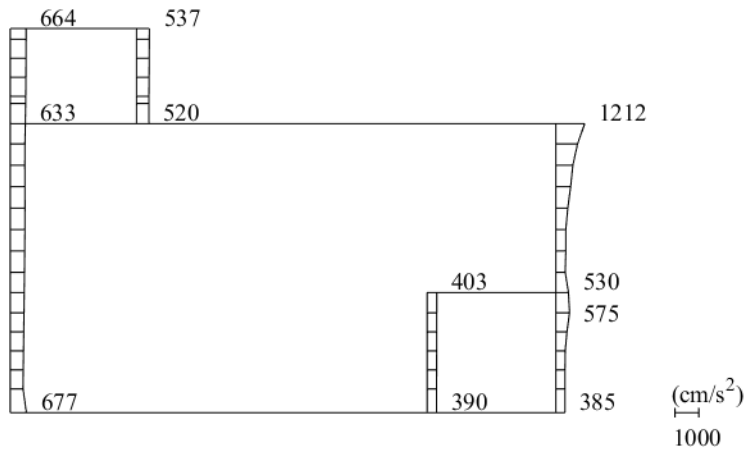


(b) $S_s - N1$ (−+) 鉛直

図 4-112 最大応答加速度分布図 (36/64) (解析ケース⑥)

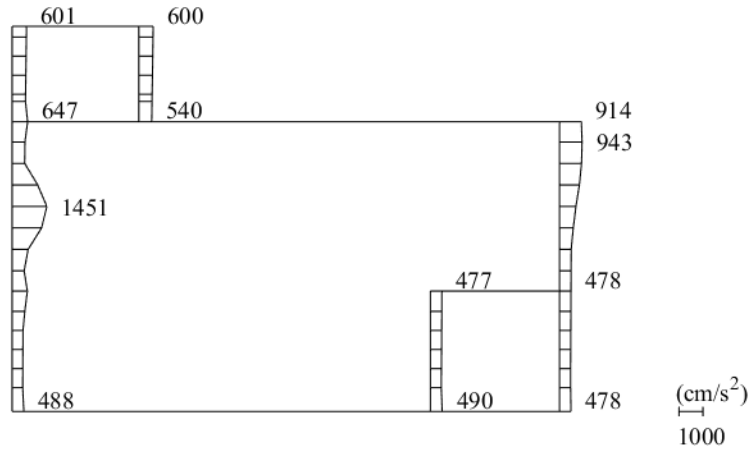


(a) $S_s - N2 (NS) \quad (++)$ 水平

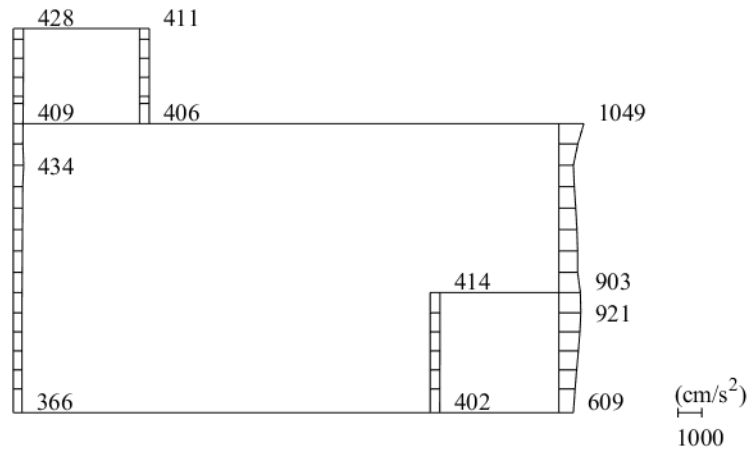


(b) $S_s - N2 (NS) \quad (++)$ 鉛直

図 4-113 最大応答加速度分布図 (37/64) (解析ケース⑥)

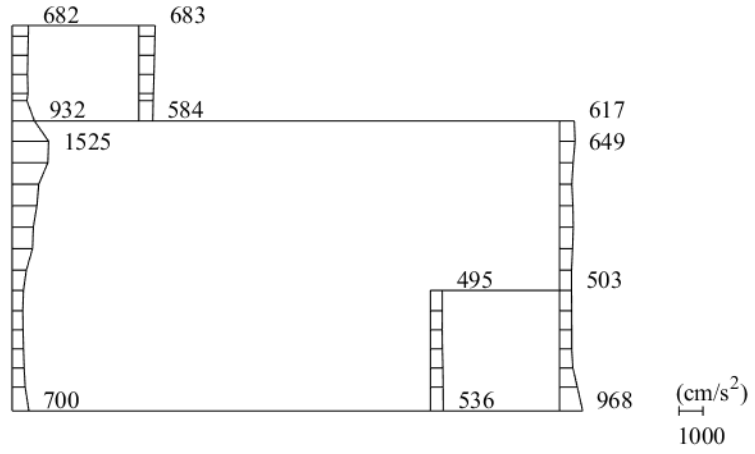


(a) $S_s - N2 (NS)$ (-+) 水平

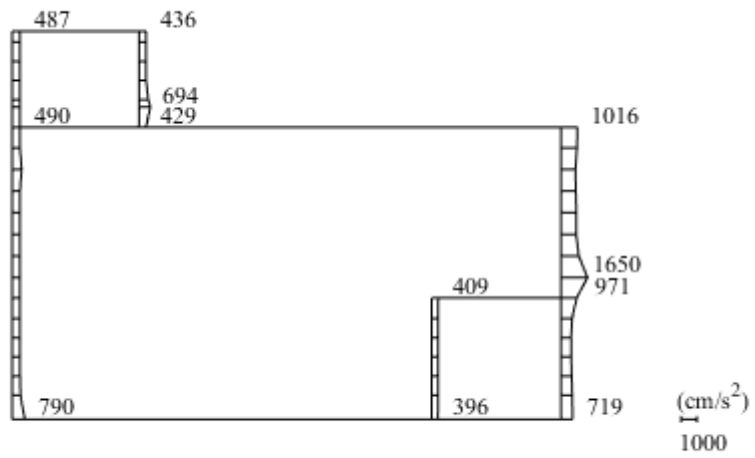


(b) $S_s - N2 (NS)$ (-+) 鉛直

図 4-114 最大応答加速度分布図 (38/64) (解析ケース⑥)



(a) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$



(b) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-115 最大応答加速度分布図 (39/64) (解析ケース⑥)

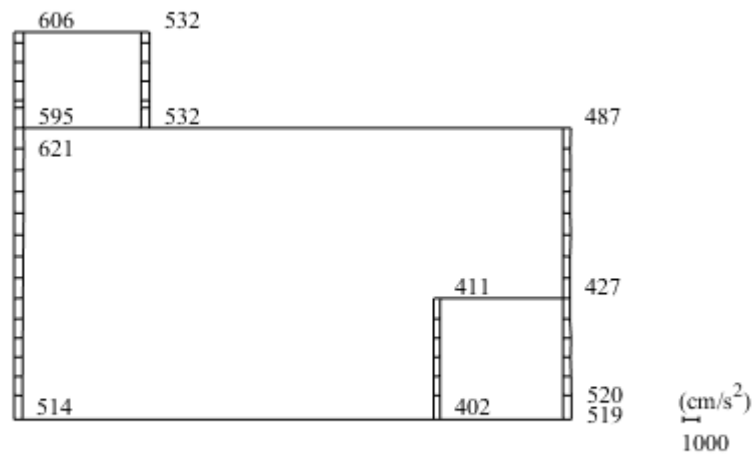
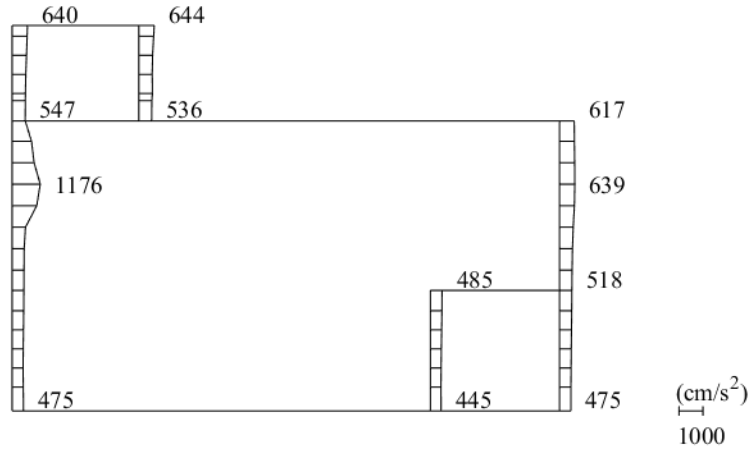
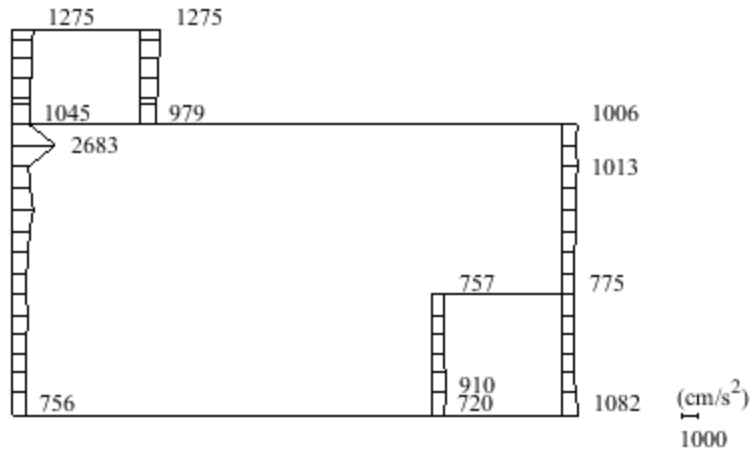
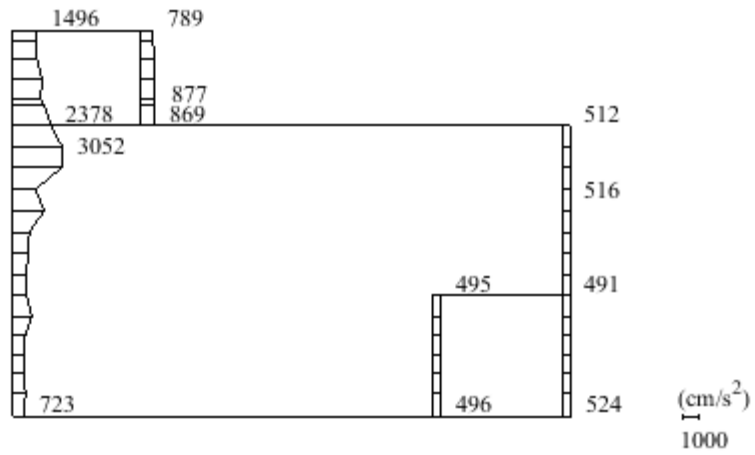


図 4-116 最大応答加速度分布図 (40/64) (解析ケース⑥)

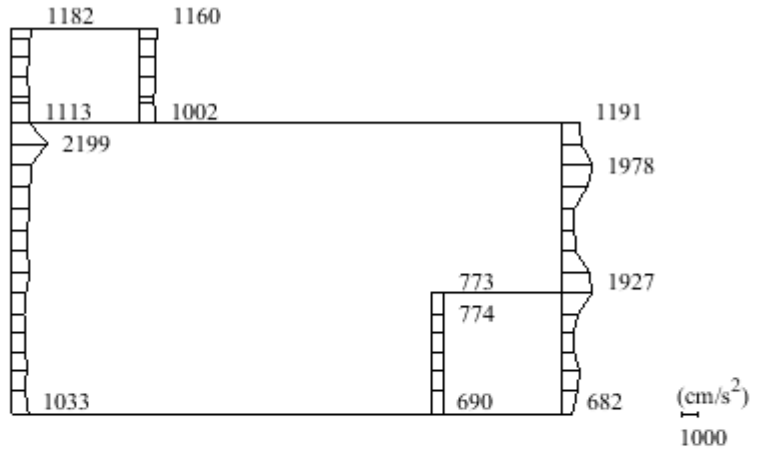


(a) $S_s - D$ (++) 水平

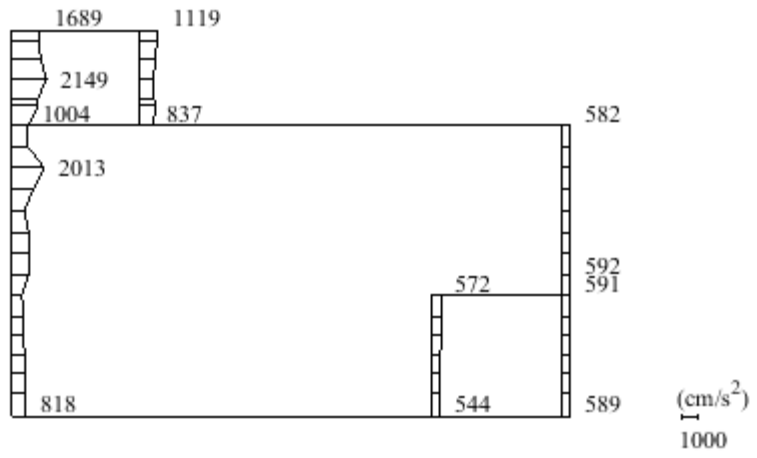


(b) $S_s - D$ (++) 鉛直

図 4-117 最大応答加速度分布図 (41/64) (解析ケース⑦)

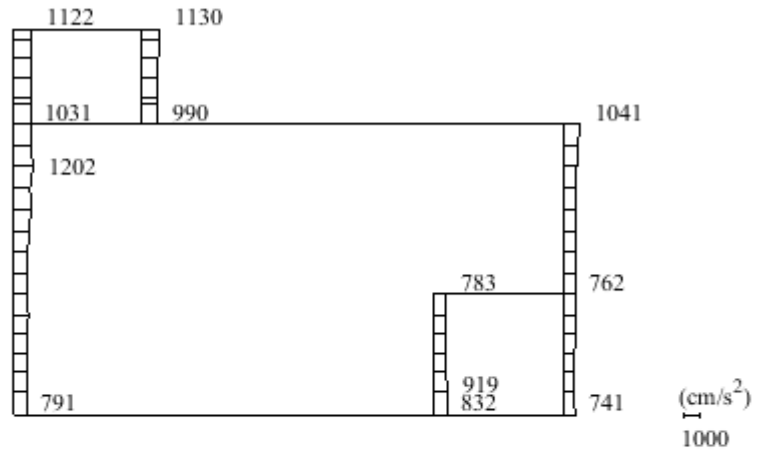


(a) S s - D (-+) 水平

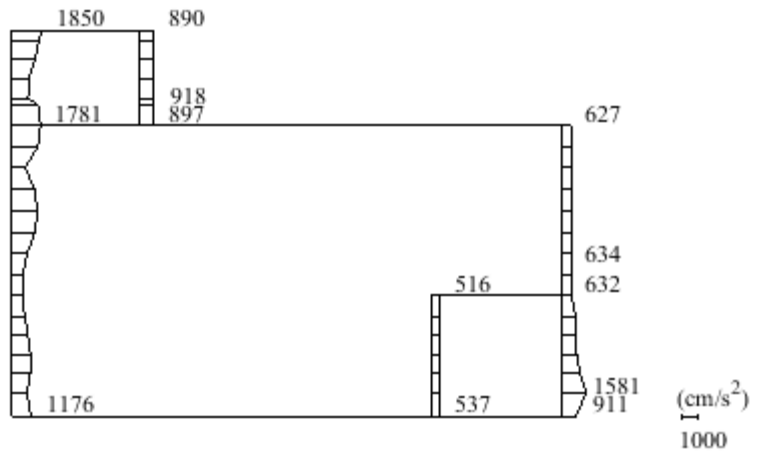


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-118 最大応答加速度分布図 (42/64) (解析ケース⑦)

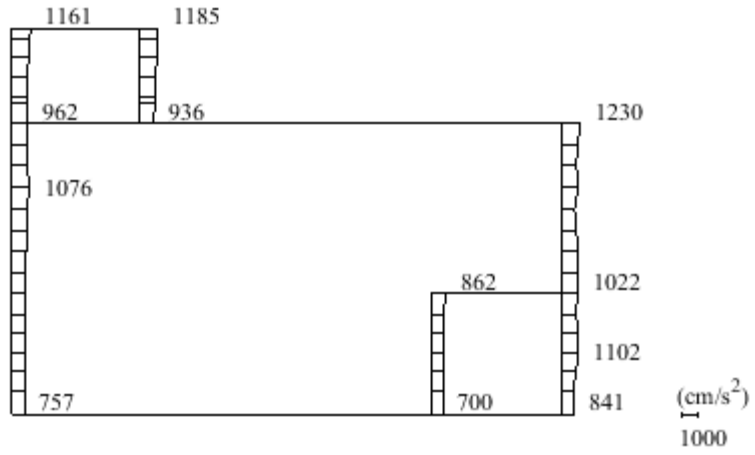


(a) S s - D (+ -) 水平

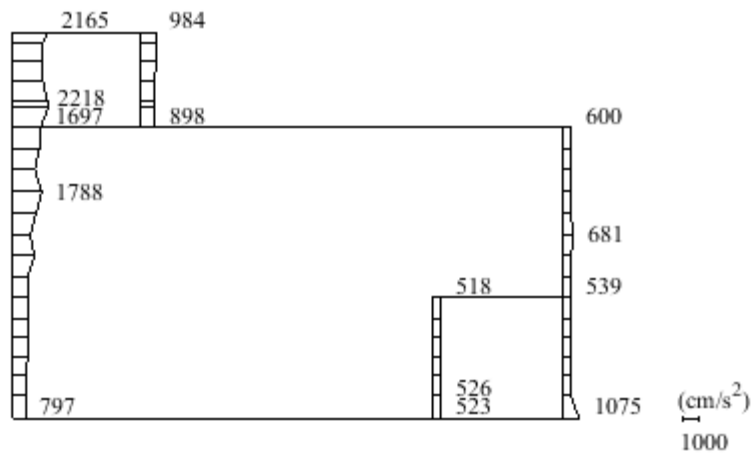


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-119 最大応答加速度分布図 (43/64) (解析ケース⑦)

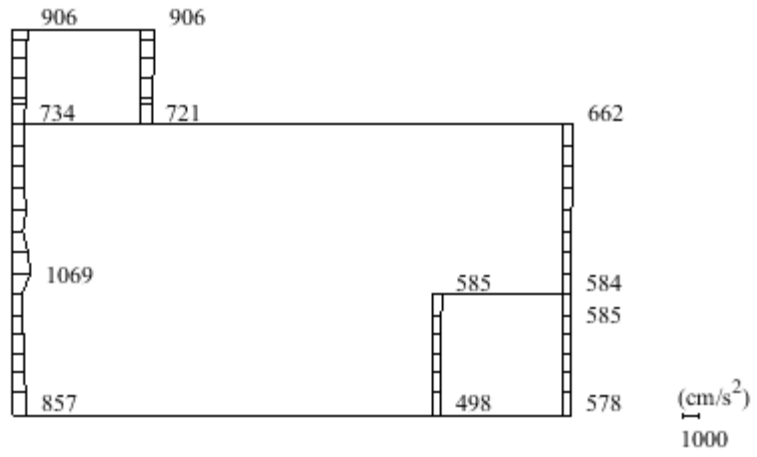


(a) S s - D (--) 水平

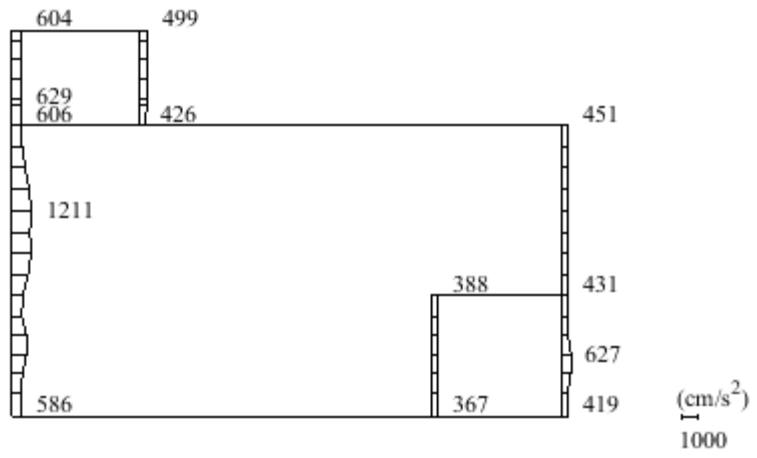


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-120 最大応答加速度分布図 (44/64) (解析ケース⑦)

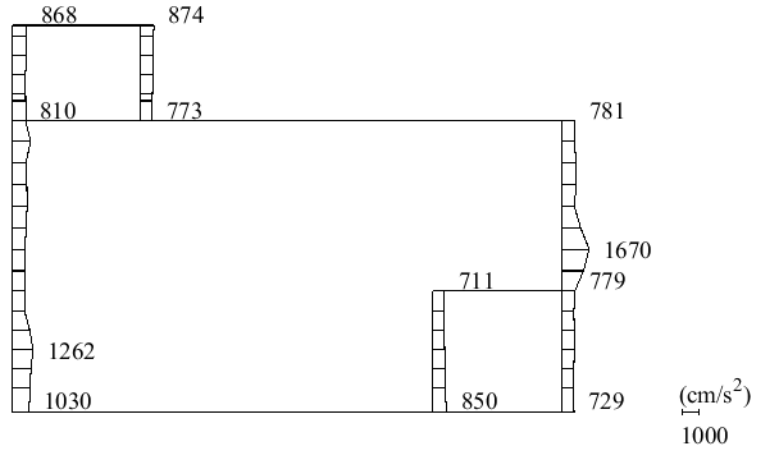


(a) $S_s - F1$ (++) 水平

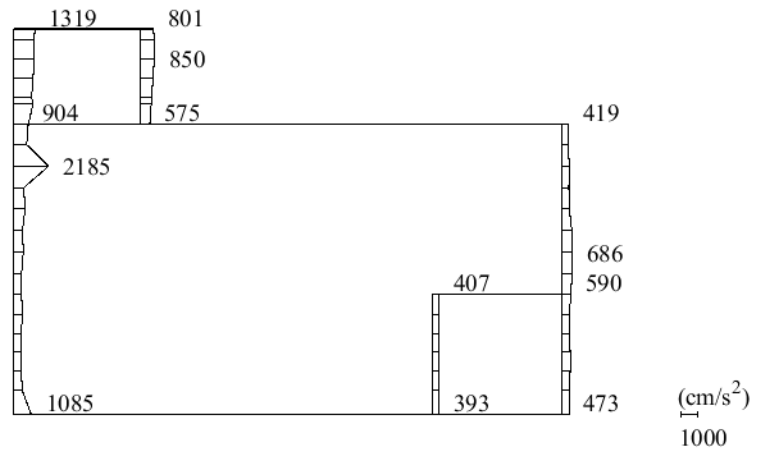


(b) $S_s - F1$ (++) 鉛直

図 4-121 最大応答加速度分布図 (45/64) (解析ケース⑦)

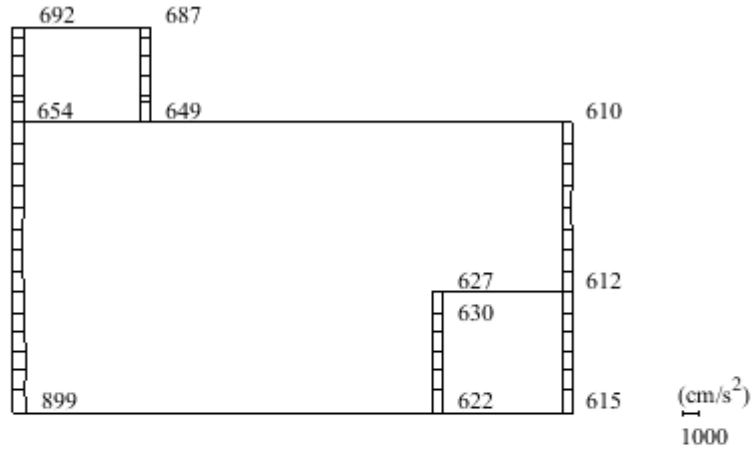


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

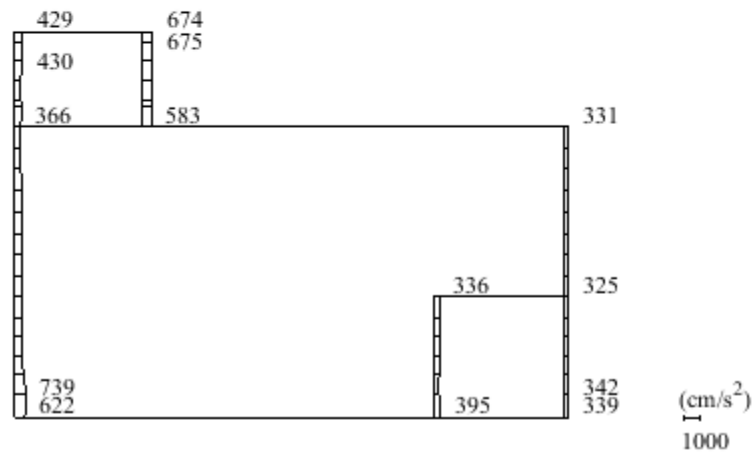


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-122 最大応答加速度分布図 (46/64) (解析ケース⑦)

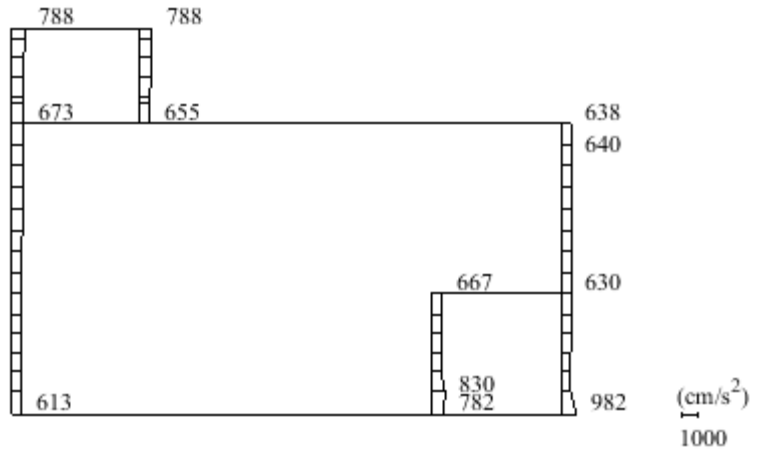


(a) S s - N 1 (++) 水平

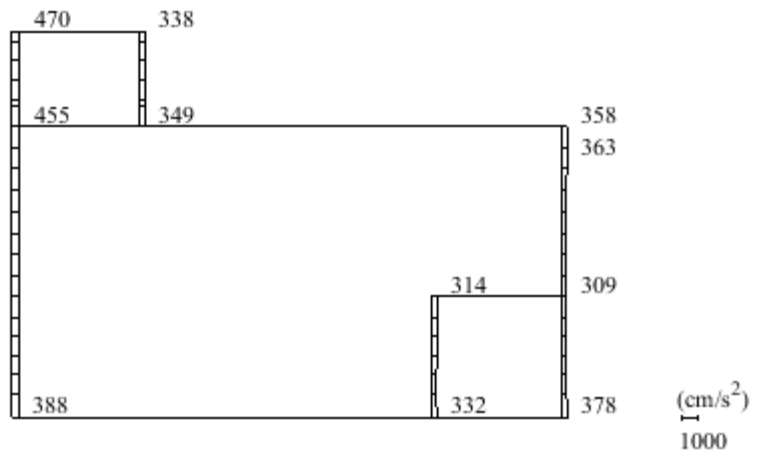


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-123 最大応答加速度分布図 (47/64) (解析ケース⑦)

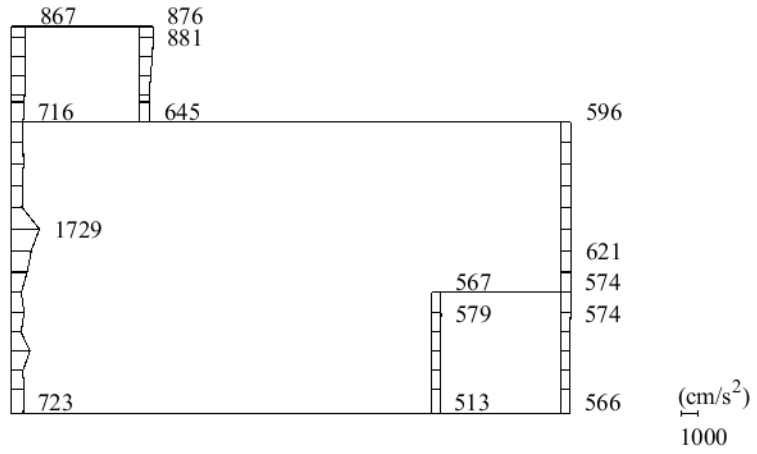


(a) S s - N 1 (- +) 水平

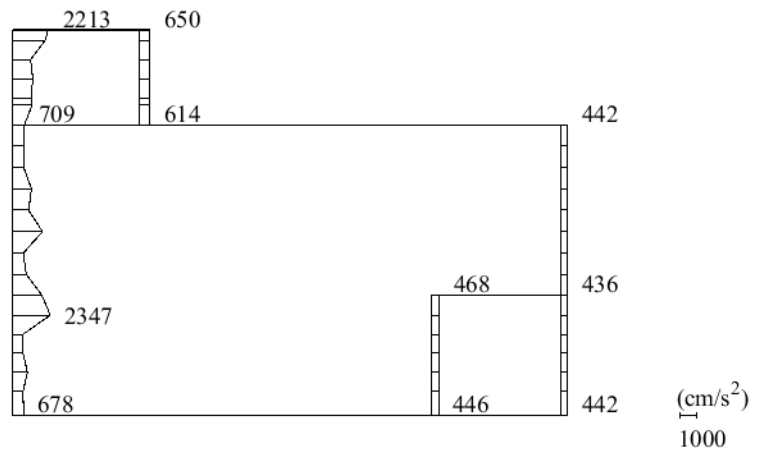


(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-124 最大応答加速度分布図 (48/64) (解析ケース⑦)

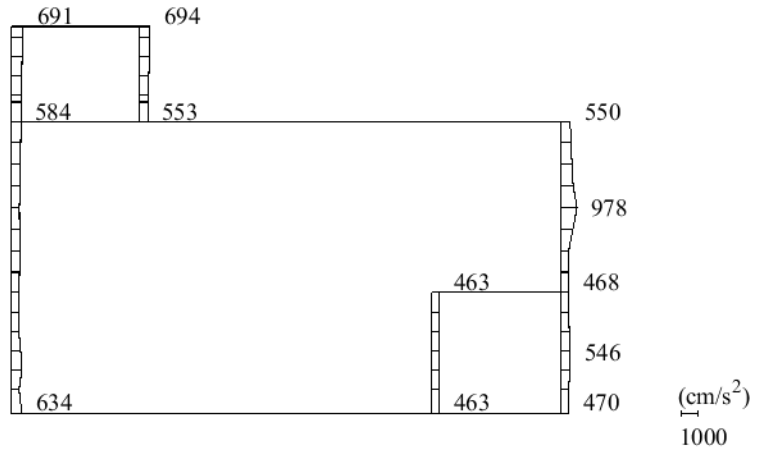


(a) $S_s - N2 (NS)$ (++) 水平

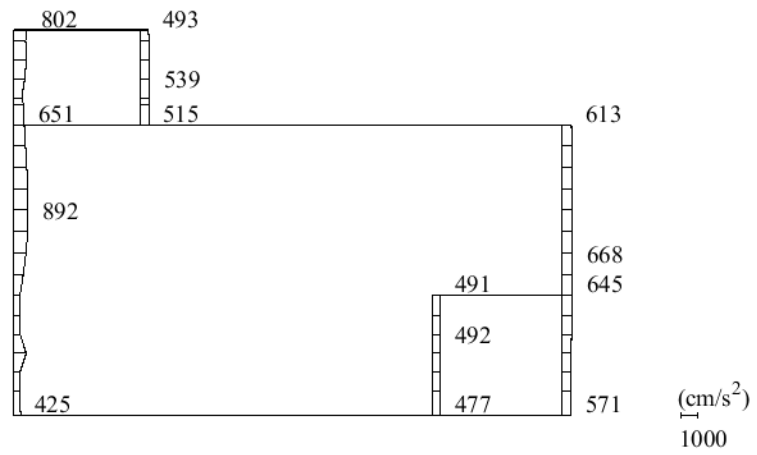


(b) $S_s - N2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-125 最大応答加速度分布図 (49/64) (解析ケース⑦)

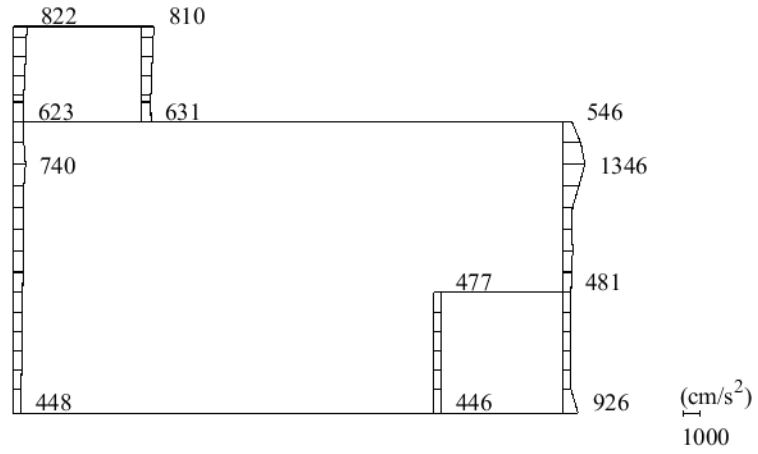


(a) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 水平

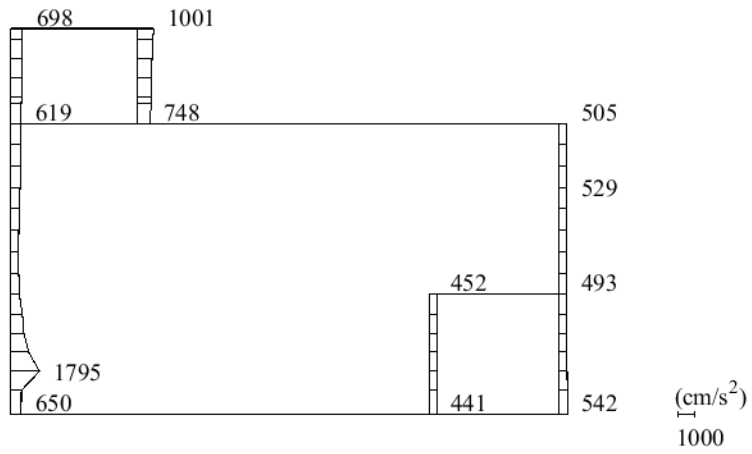


(b) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-126 最大応答加速度分布図 (50/64) (解析ケース⑦)

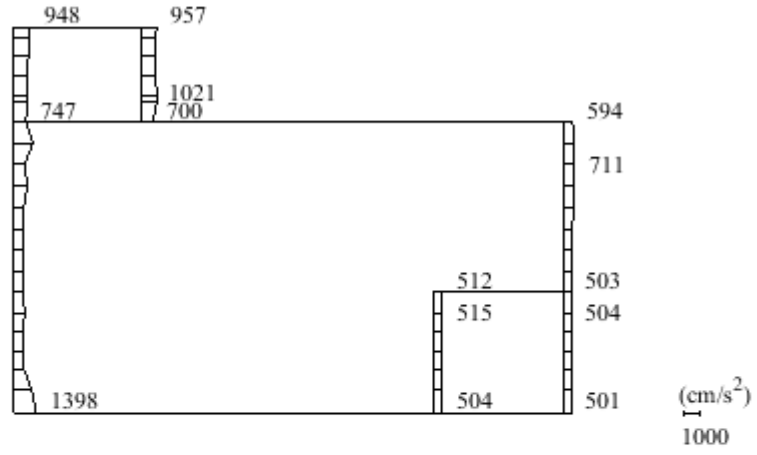


(a) $S_s - N2$ (EW) (++) 水平

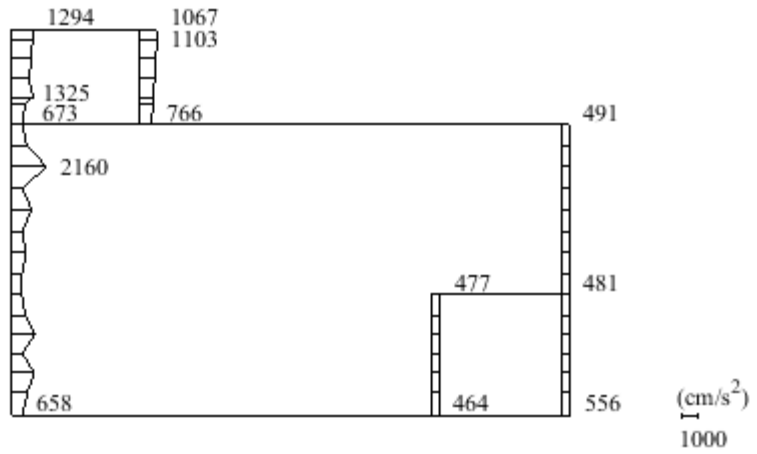


(b) $S_s - N2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-127 最大応答加速度分布図 (51/64) (解析ケース⑦)

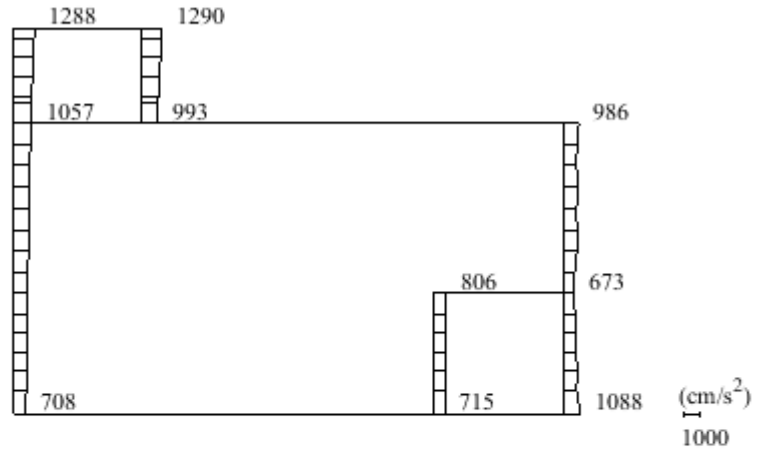


(a) $S_s - N2$ (EW) (-+) 水平

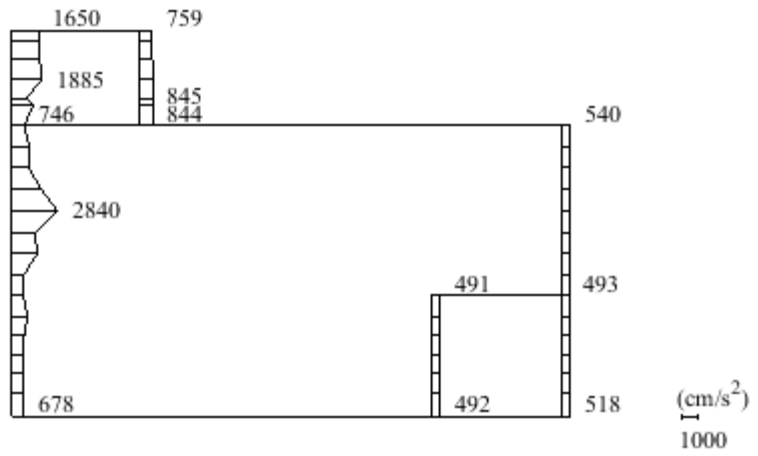


(b) $S_s - N2$ (EW) (-+) 鉛直

図 4-128 最大応答加速度分布図 (52/64) (解析ケース⑦)

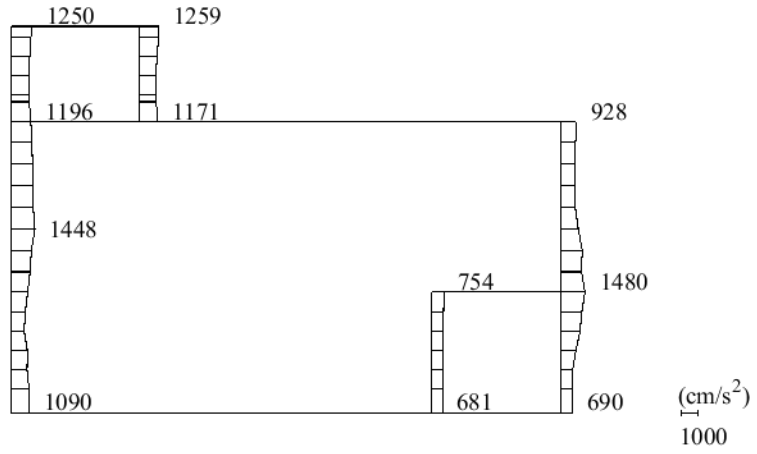


(a) S s - D (++) 水平

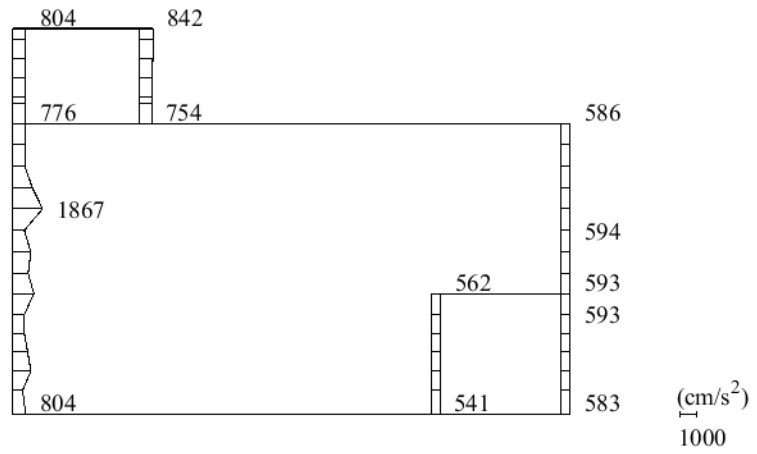


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-129 最大応答加速度分布図 (53/64) (解析ケース⑧)

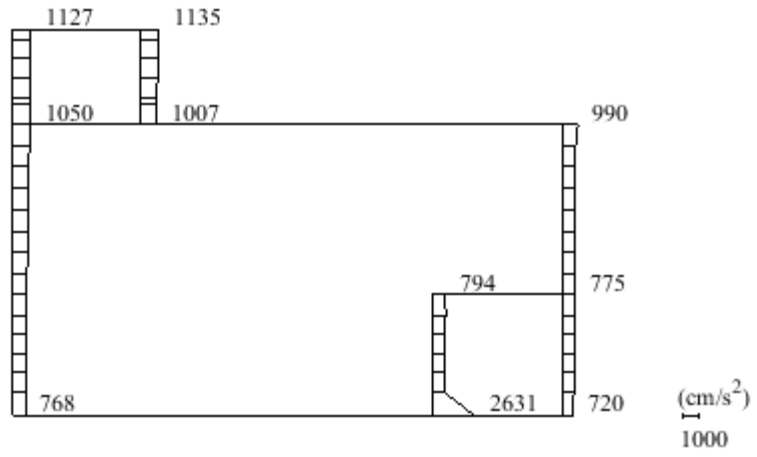


(a) S s - D (-+) 水平

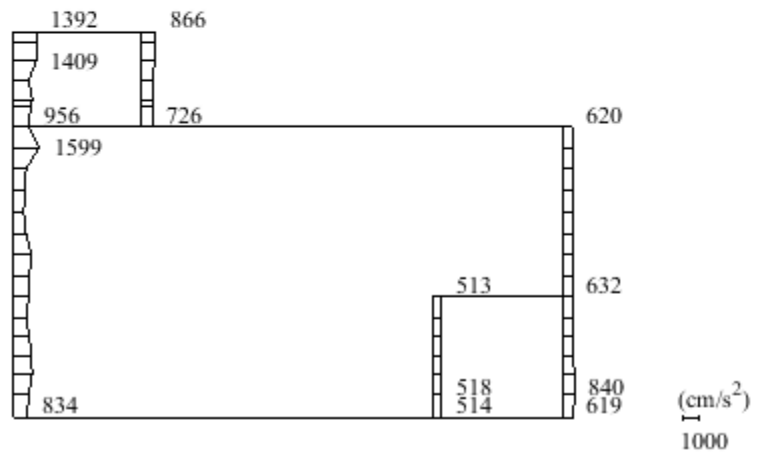


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-130 最大応答加速度分布図 (54/64) (解析ケース⑧)

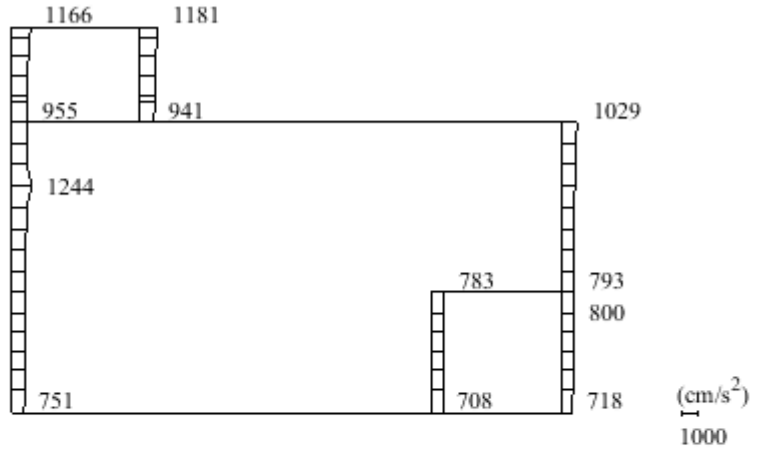


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

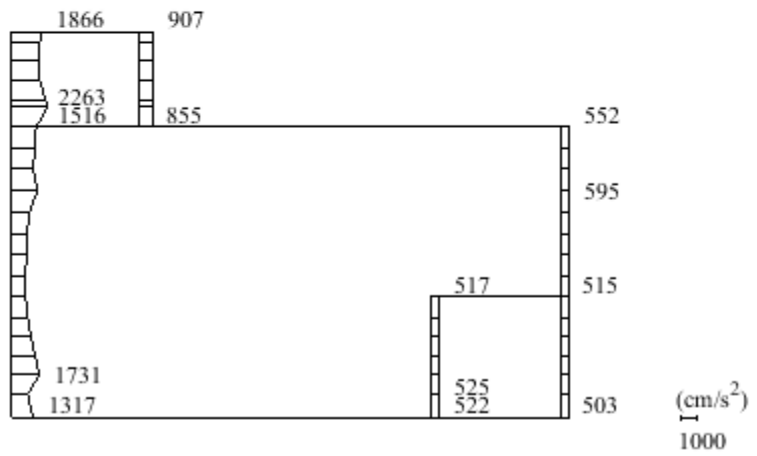


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-131 最大応答加速度分布図 (55/64) (解析ケース⑧)

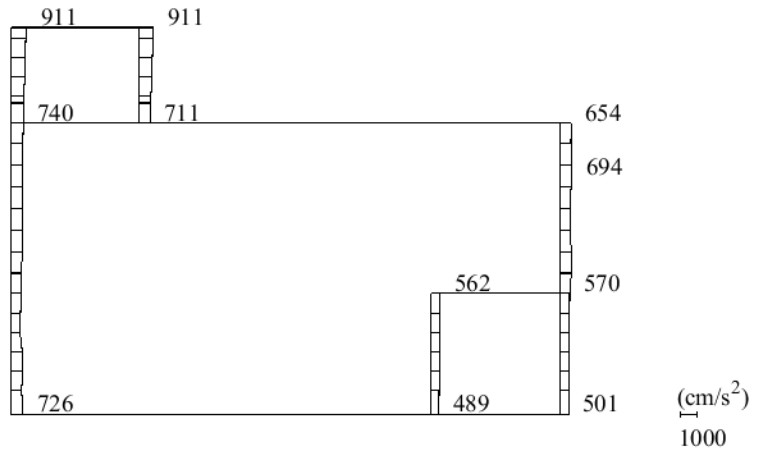


(a) S s - D (--) 水平

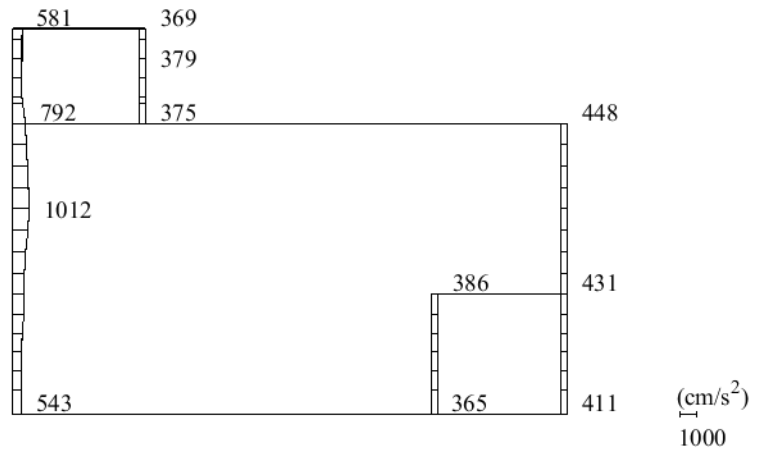


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-132 最大応答加速度分布図 (56/64) (解析ケース⑧)

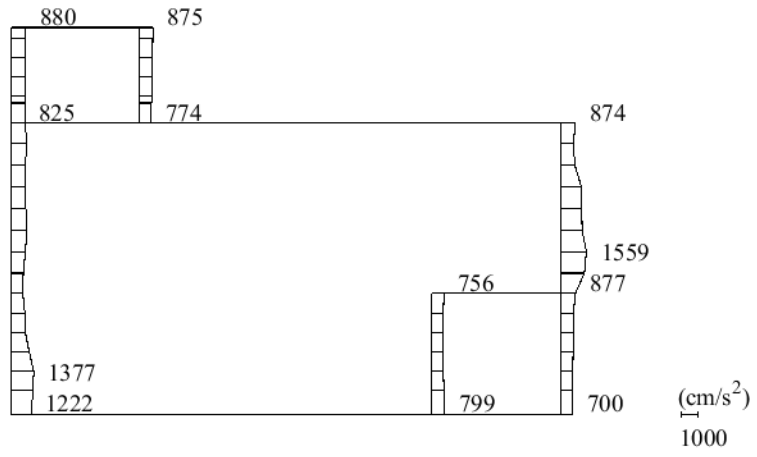


(a) $S_s - F_1$ (++) 水平

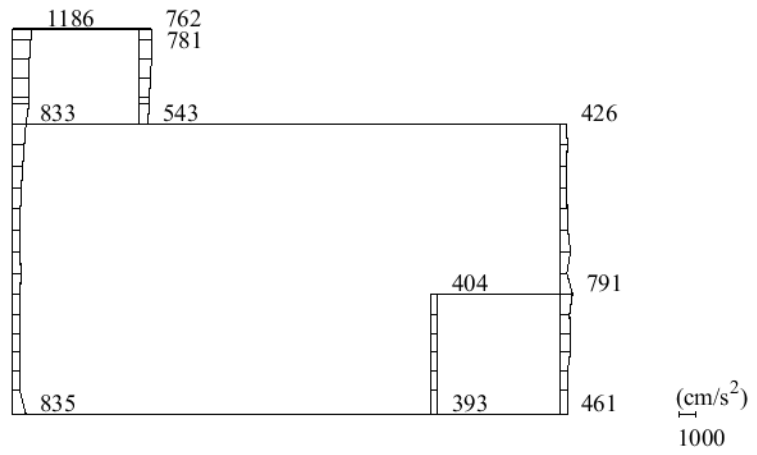


(b) $S_s - F_1$ (++) 鉛直

図 4-133 最大応答加速度分布図 (57/64) (解析ケース⑧)

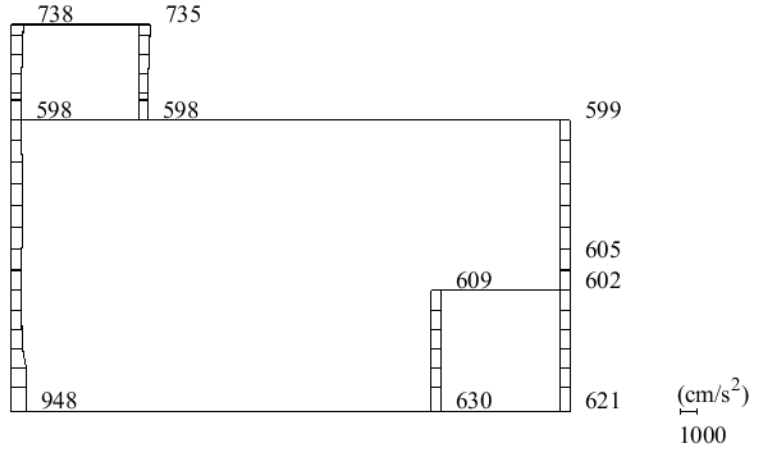


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

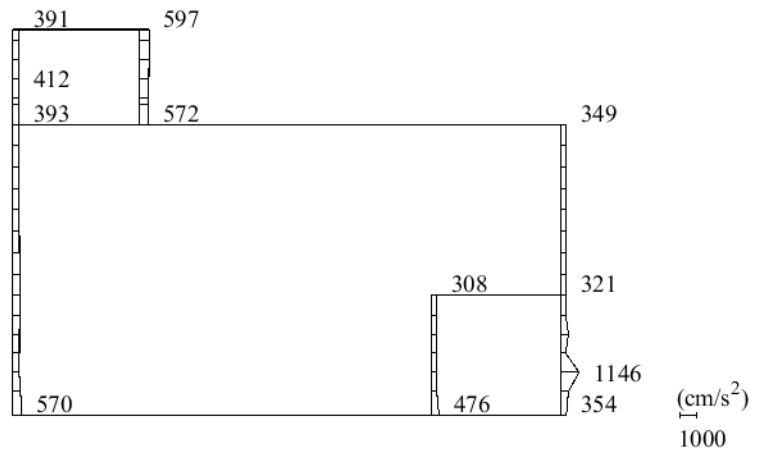


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-134 最大応答加速度分布図 (58/64) (解析ケース⑧)

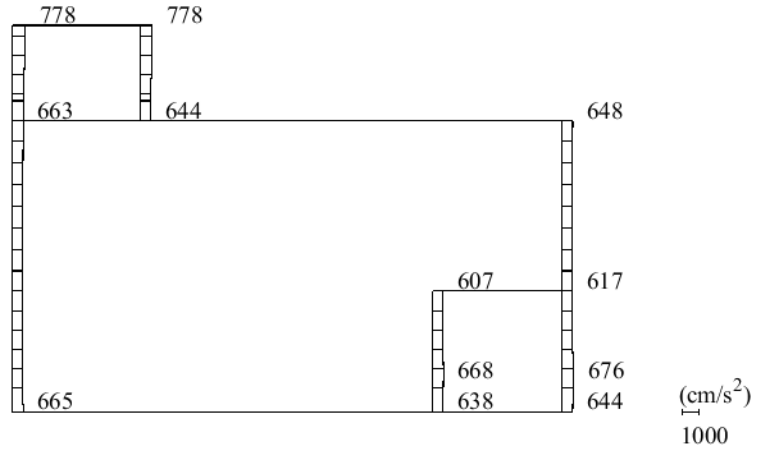


(a) $S_s - N1$ (++) 水平

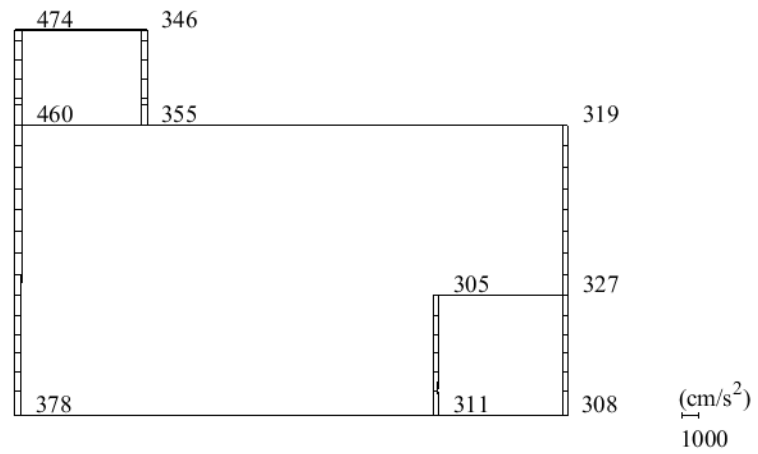


(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-135 最大応答加速度分布図 (59/64) (解析ケース⑧)

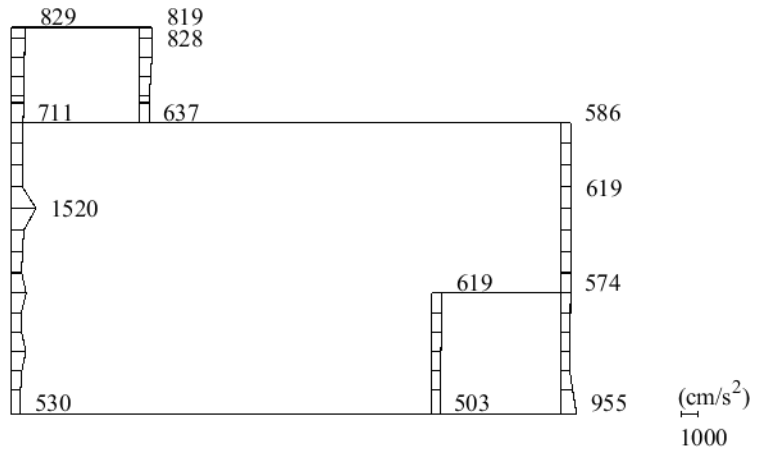


(a) S_s - N 1 (- +) 水平

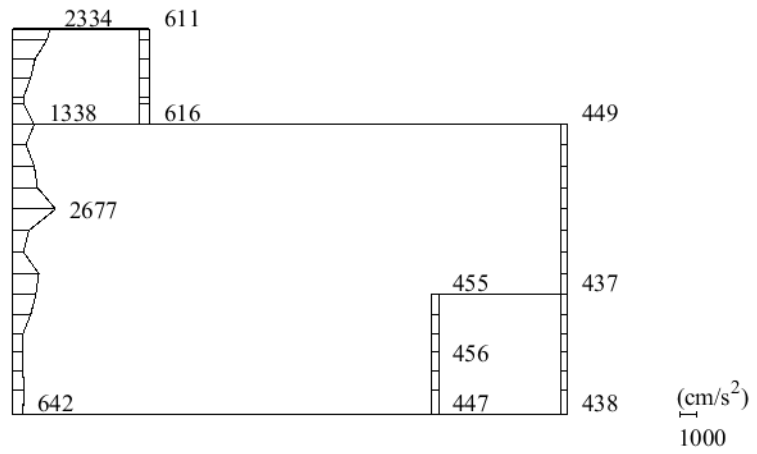


(b) S_s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-136 最大応答加速度分布図 (60/64) (解析ケース⑧)

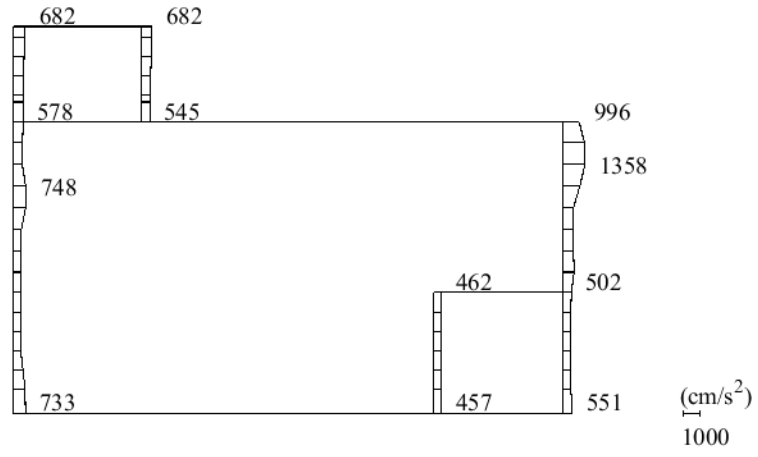


(a) $S_s - N2 (NS)$ (++) 水平

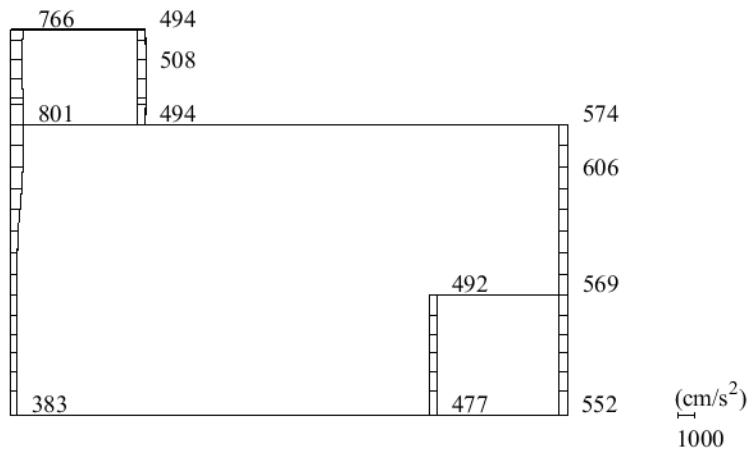


(b) $S_s - N2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-137 最大応答加速度分布図 (61/64) (解析ケース⑧)

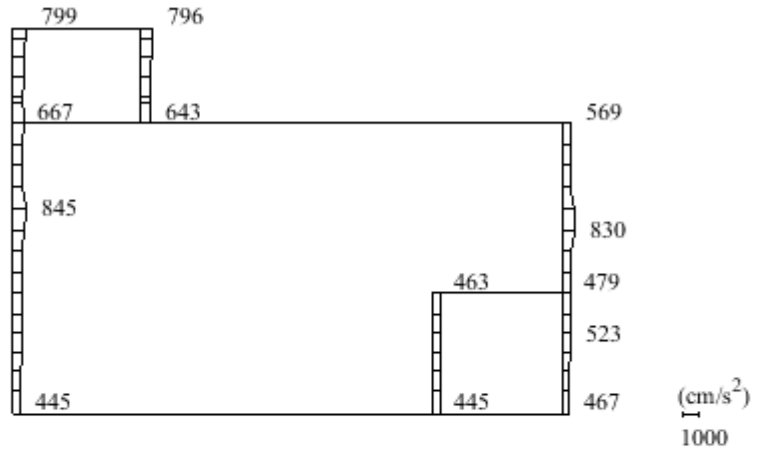


(a) $S_s - N2 (NS)$ (−+) 水平

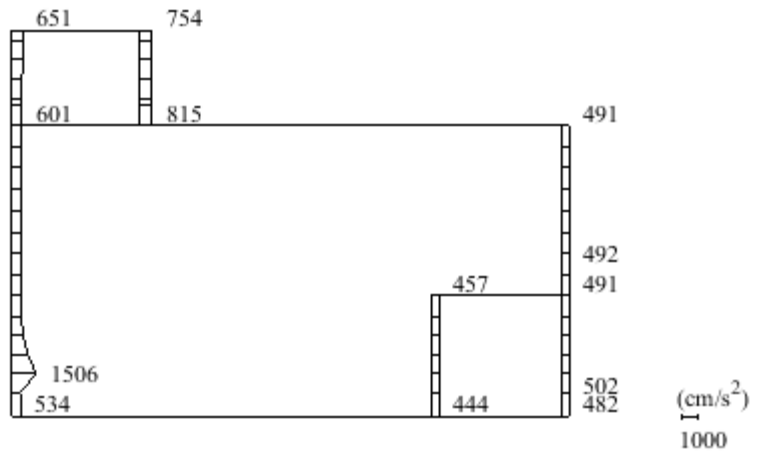


(b) $S_s - N2 (NS)$ (−+) 鉛直

図 4-138 最大応答加速度分布図 (62/64) (解析ケース⑧)

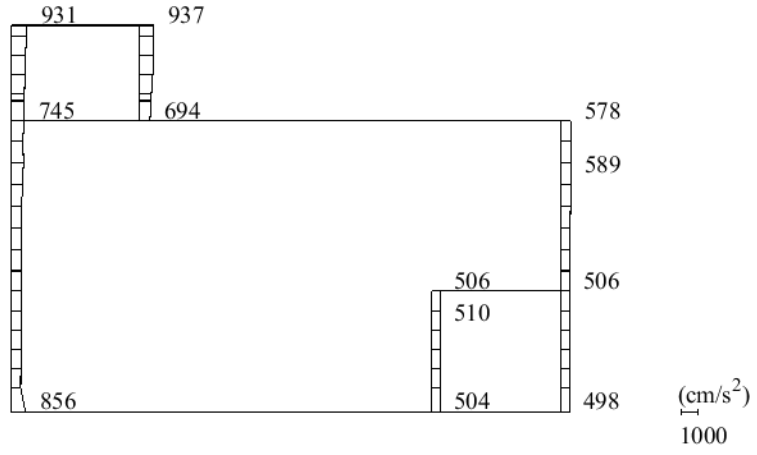


(a) $S_s - N2$ (EW) (++) 水平

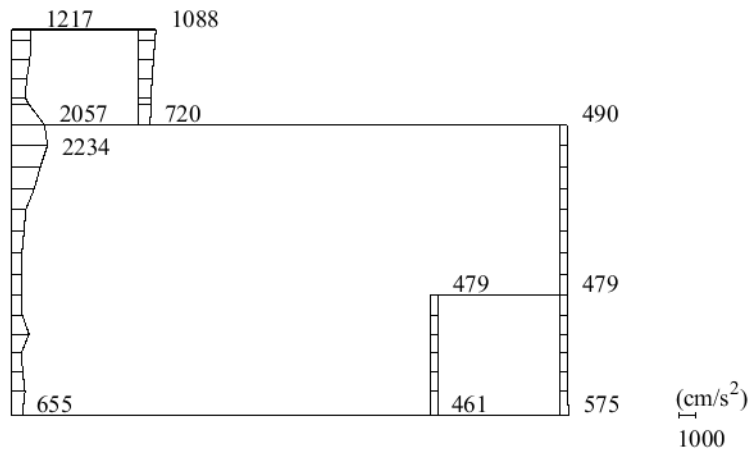


(b) $S_s - N2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-139 最大応答加速度分布図 (63/64) (解析ケース⑧)



(a) S_s - N 2 (E W) (-+) 水平



(b) S_s - N 2 (E W) (-+) 鉛直

図 4-140 最大応答加速度分布図 (64/64) (解析ケース⑧)

VI-2-2-31 第1ベントフィルタ格納槽の耐震性についての
計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	8
2.4 適用規格・基準等	11
3. 耐震評価	12
3.1 評価対象断面	12
3.2 使用材料及び材料の物性値	15
3.3 許容限界	16
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	16
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	18
3.4 評価方法	19
3.4.1 構造部材の健全性評価	19
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	31
4. 耐震評価結果	32
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	32
4.2 遮蔽機能を損なわないことの確認に対する評価結果	33
4.3 せん断破壊に対する評価結果	34
4.4 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	37
4.4.1 基礎地盤	37
4.4.2 MMR	40

1. 概要

本資料は、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、第1ベントフィルタ格納槽が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

第1ベントフィルタ格納槽に要求される機能維持の確認は、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により行う。また、一部の部材は、遮蔽機能が要求される第1ベントフィルタ格納槽遮蔽又は配管遮蔽である。

2. 基本方針

2.1 位置

第1ベントフィルタ格納槽の位置図を図2-1に示す。

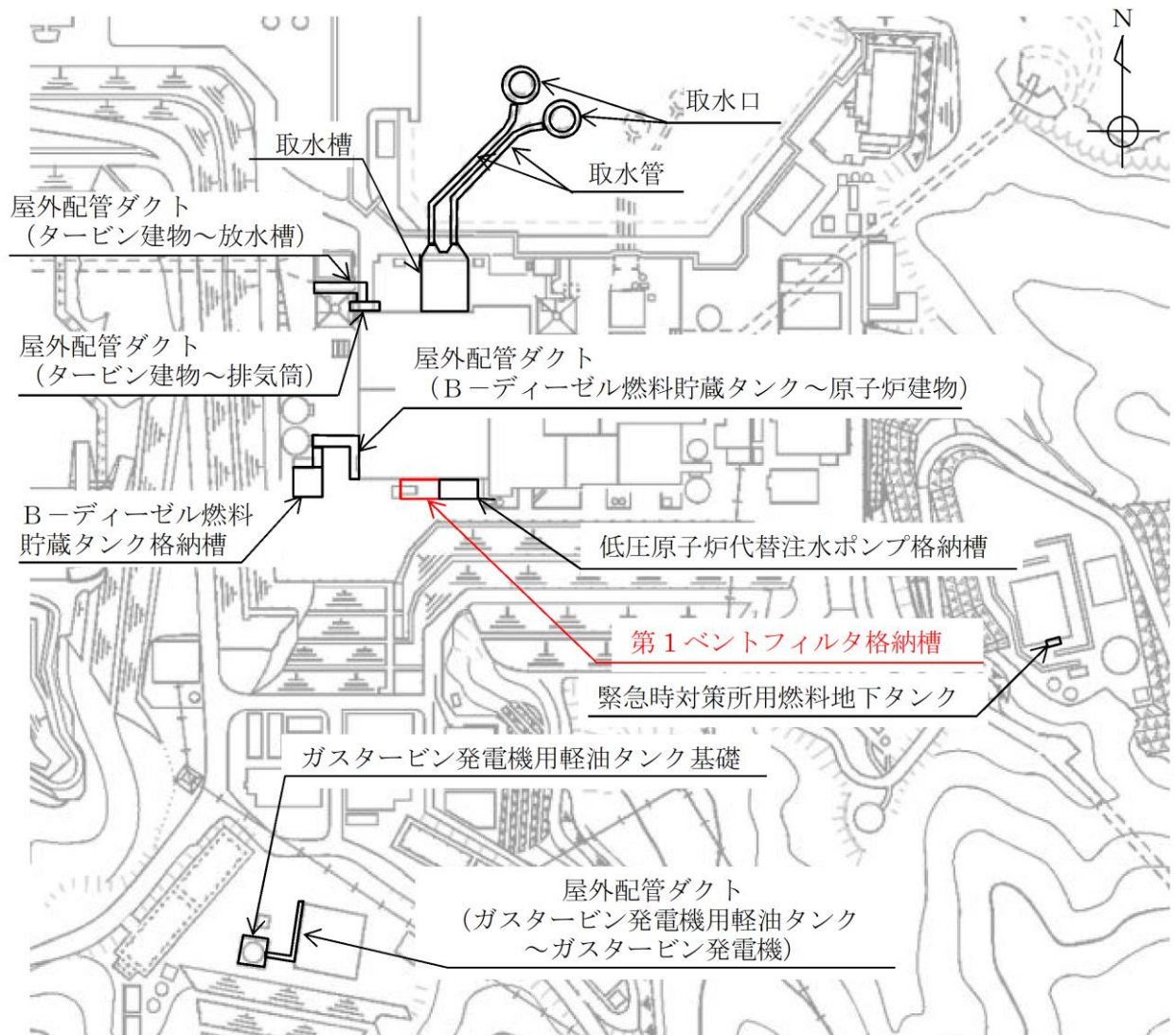


図2-1 第1ベントフィルタ格納槽 位置図

2.2 構造概要

第1ベントフィルタ格納槽の平面図を図2-2に、断面図を図2-3～図2-5に、概略配筋図を図2-6～図2-8示す。

第1ベントフィルタ格納槽は、第1ベントフィルタスクラバ容器等を間接支持する幅24.6m（EW方向）×13.4m（NS方向）、高さ約18.7mの鉄筋コンクリート造の地中（一部地上部を含む）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 C_M 級又は C_H 級岩盤に支持される。

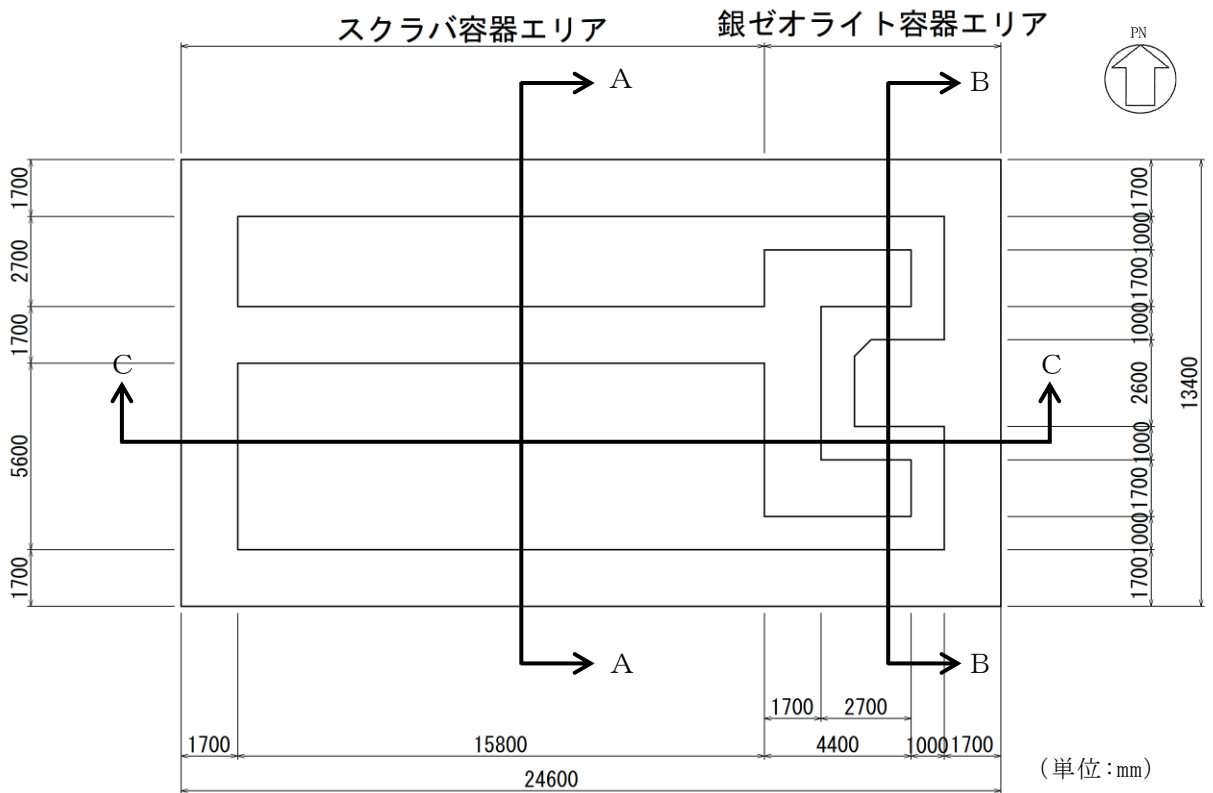
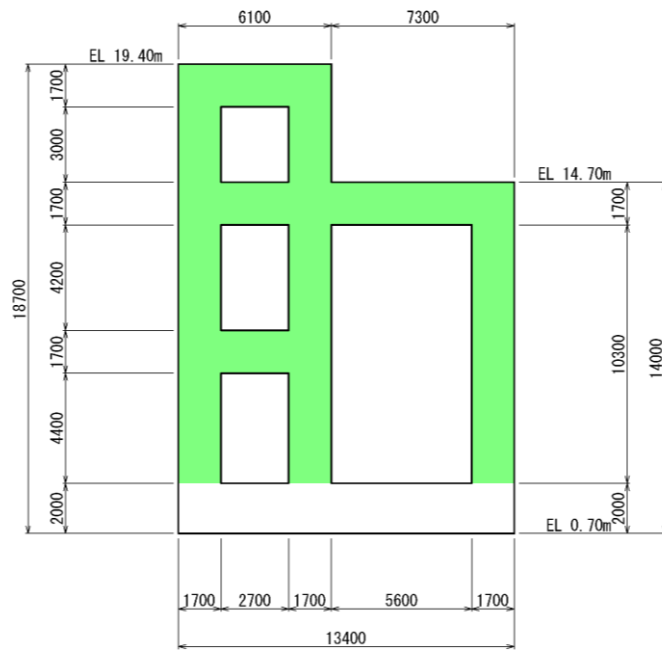


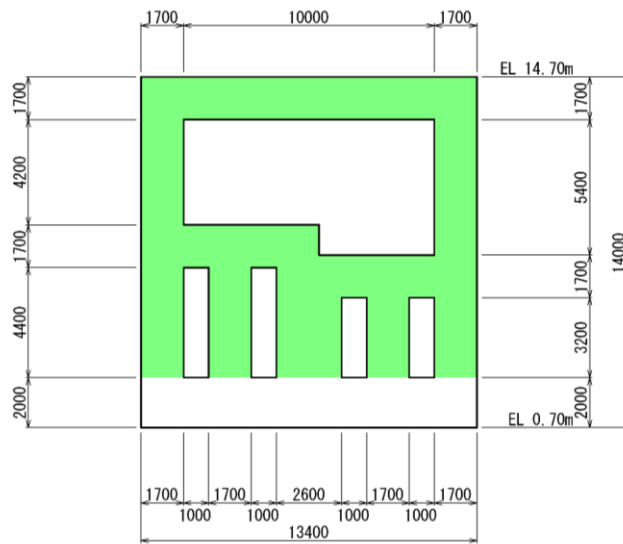
図2-2 第1ベントフィルタ格納槽 平面図



(単位:mm)

■ : 遮蔽壁又は遮蔽床

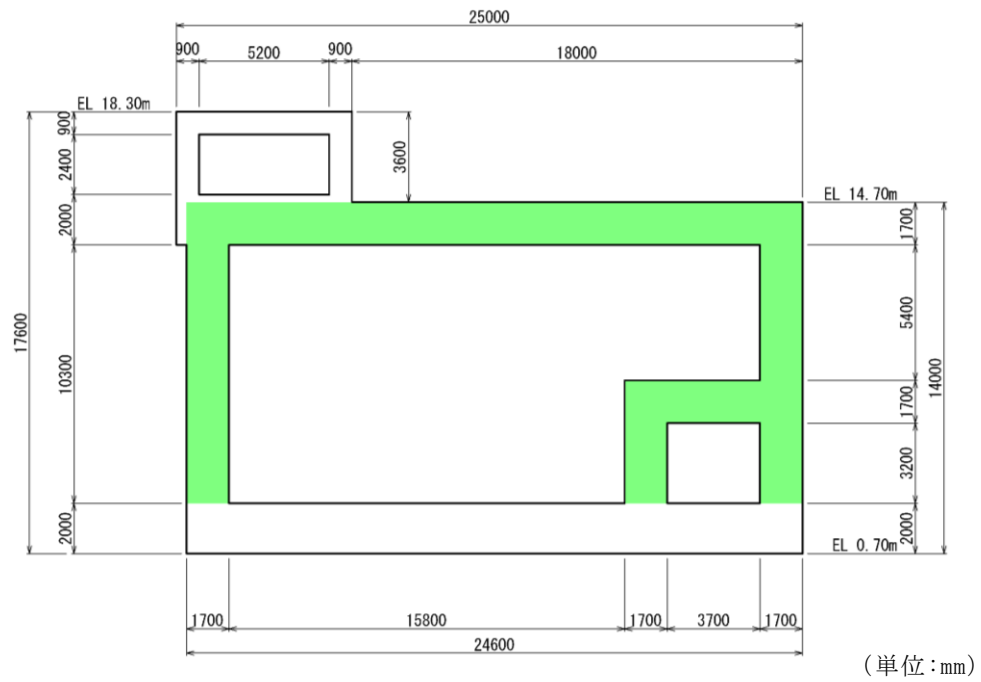
図 2-3 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (A-A 断面)



(単位:mm)

■ : 遮蔽壁又は遮蔽床

図 2-4 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (B-B 断面)



■ : 遮蔽壁又は遮蔽床

図 2-5 第 1 ベントフィルタ格納槽 断面図 (C-C 断面)

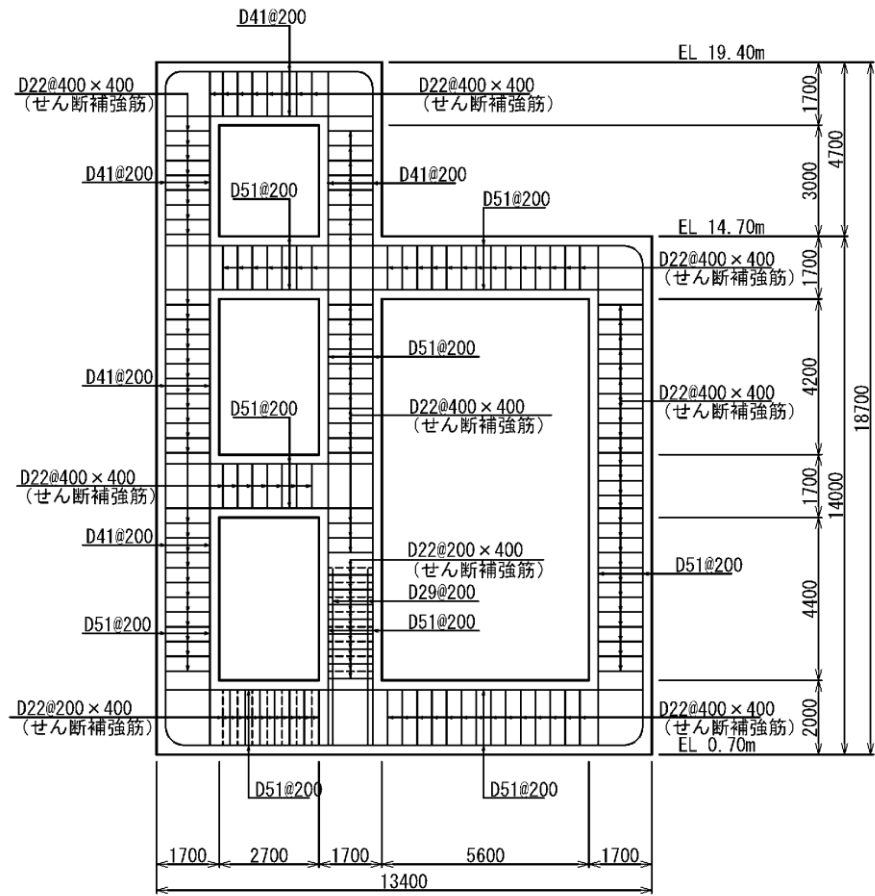


図 2-6 第 1 ベントフィルタ格納槽概略配筋図 (A-A 断面)

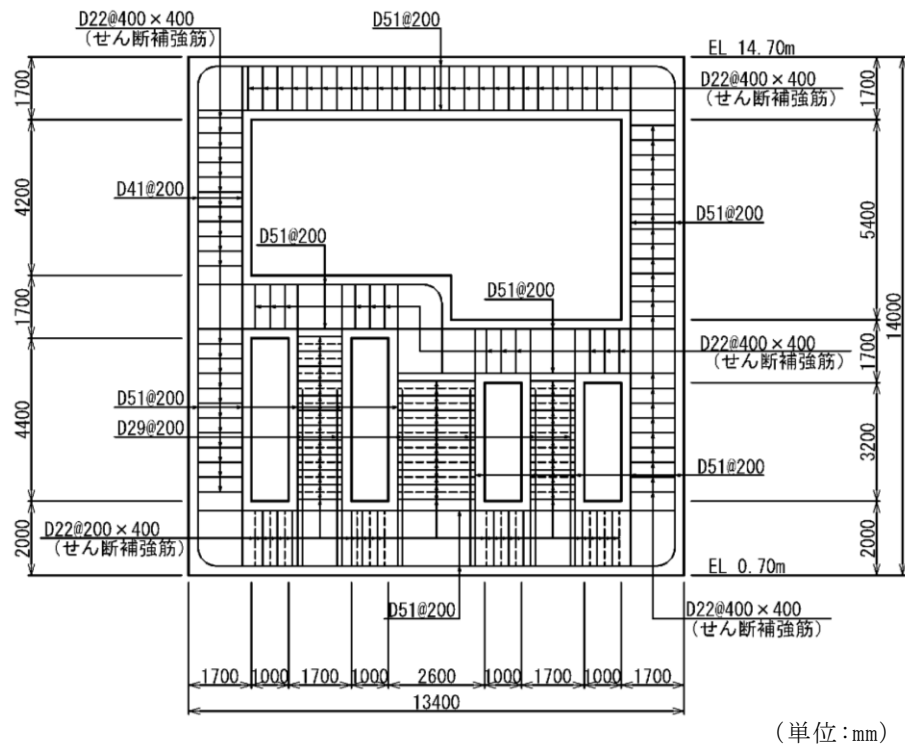


図 2-7 第 1 ベントフィルタ格納槽概略配筋図 (B-B 断面)

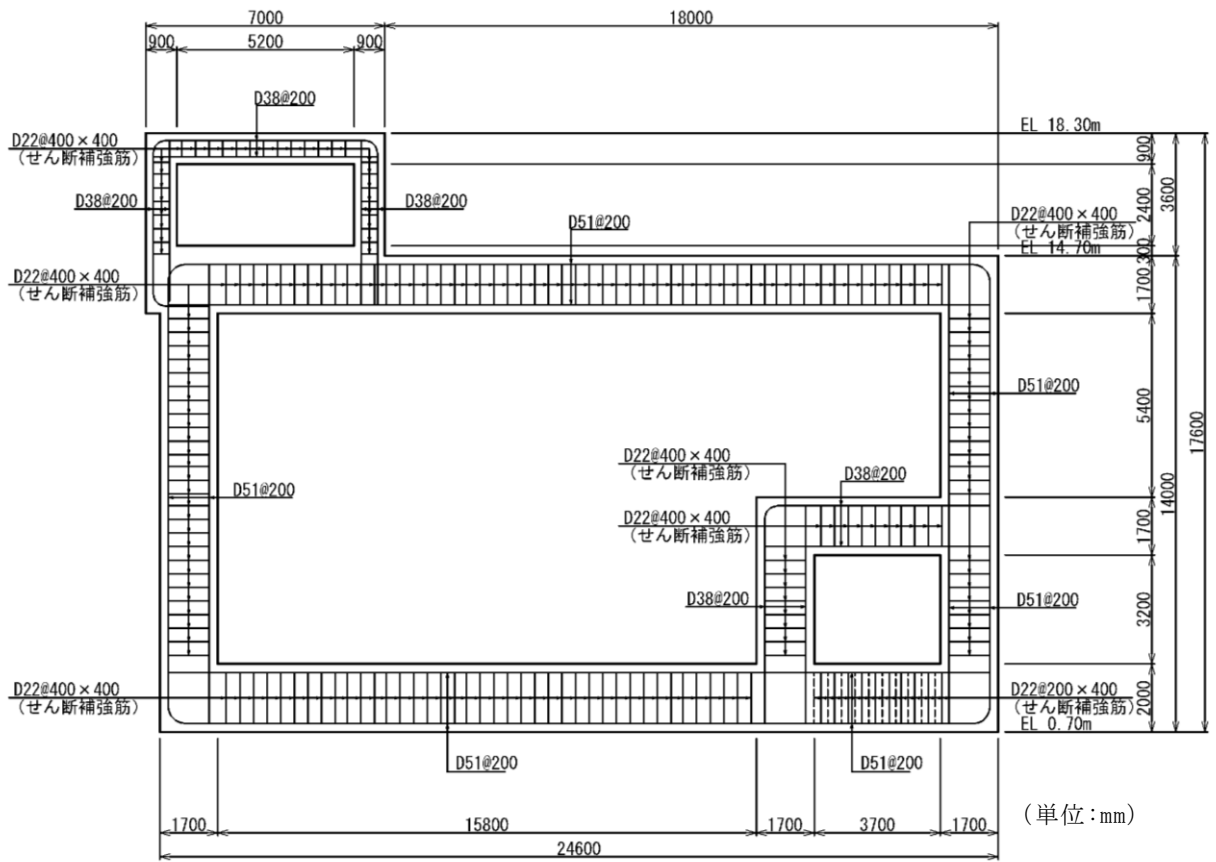


図 2-8 第 1 ベントフィルタ格納槽概略配筋図 (C-C 断面)

2.3 評価方針

第1ベントフィルタ格納槽は、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。

第1ベントフィルタ格納槽の耐震評価フローを図2-9に示す。

第1ベントフィルタ格納槽は、VI-2-2-30「第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書」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を確認し、これによ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を維持することができる。

A-A断面及びB-B断面の構造部材の健全性評価については、VI-2-2-30「第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、曲げ・軸力系の破壊に対しては構造部材の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。

C-C断面においては、鉛直部材及び水平部材を4辺固定版とした際に発生する断面力を用いた照査を実施し、発生応力度が短期許容応力度を下回ることを確認する。

基礎地盤の支持性能評価については、VI-2-2-30「第1ベントフィルタ格納槽の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、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。

第1ベントフィルタ格納槽の一部である第1ベントフィルタ格納槽遮蔽又は配管遮蔽の遮蔽機能は、第1ベントフィルタ格納槽の構造部材が終局範囲に留まることにより確認する。

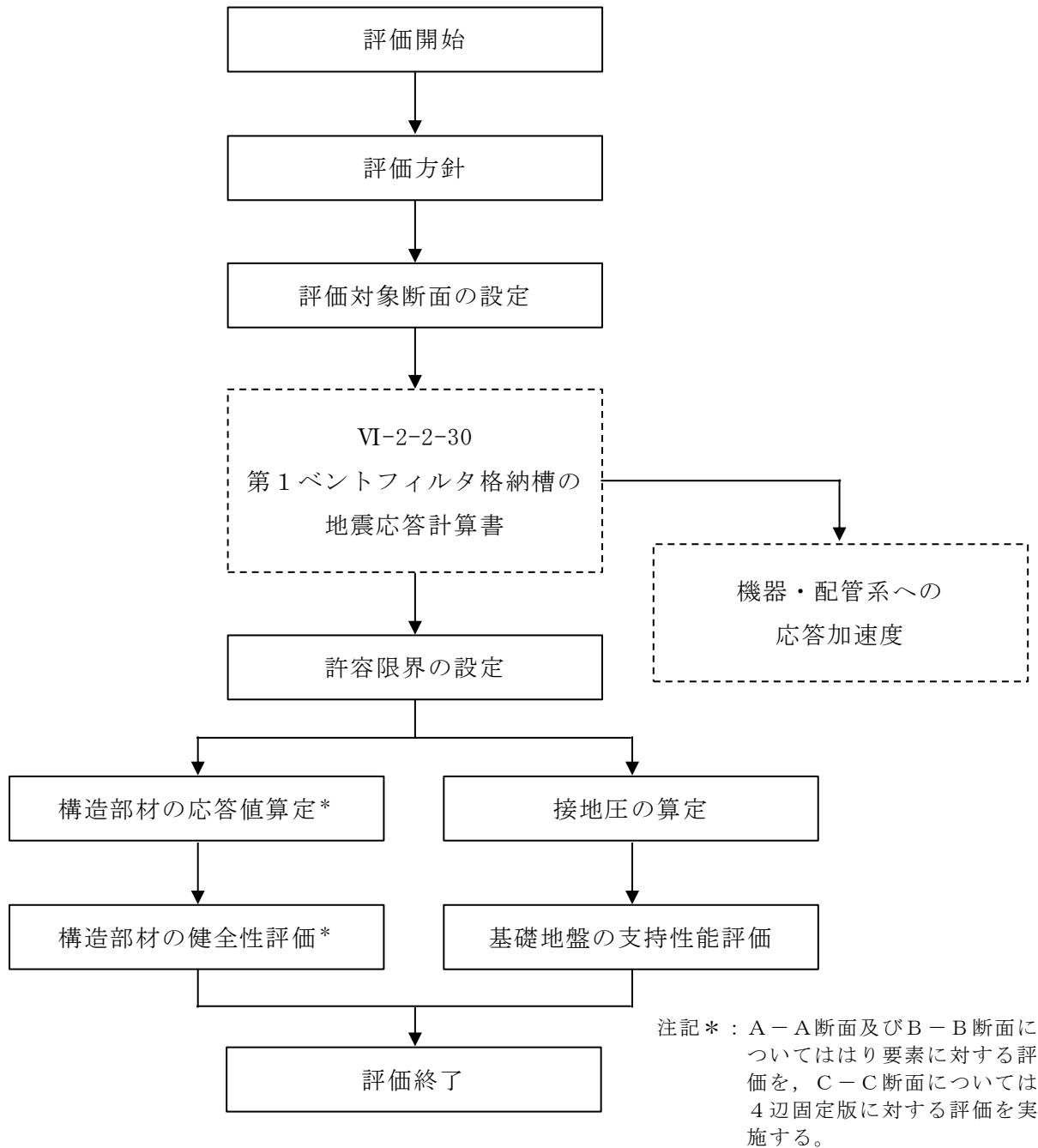


図 2-9 第1ベントフィルタ格納槽 耐震評価フロー

表 2-1 第 1 ベントフィルタ格納槽 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*
	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	極限支持力度*	
MMR		MMRの支圧強度			
遮蔽機能を損なわないこと	遮蔽機能	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 適用規格・基準等

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]（（社）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（（社）土木学会，2005年）
- ・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）
- ・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）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

第1ベントフィルタ格納槽の評価対象断面位置図を図3-1に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は、図3-1のA-A断面、B-B断面及びC-C断面とする。評価対象断面図を図3-2～図3-4に示す。

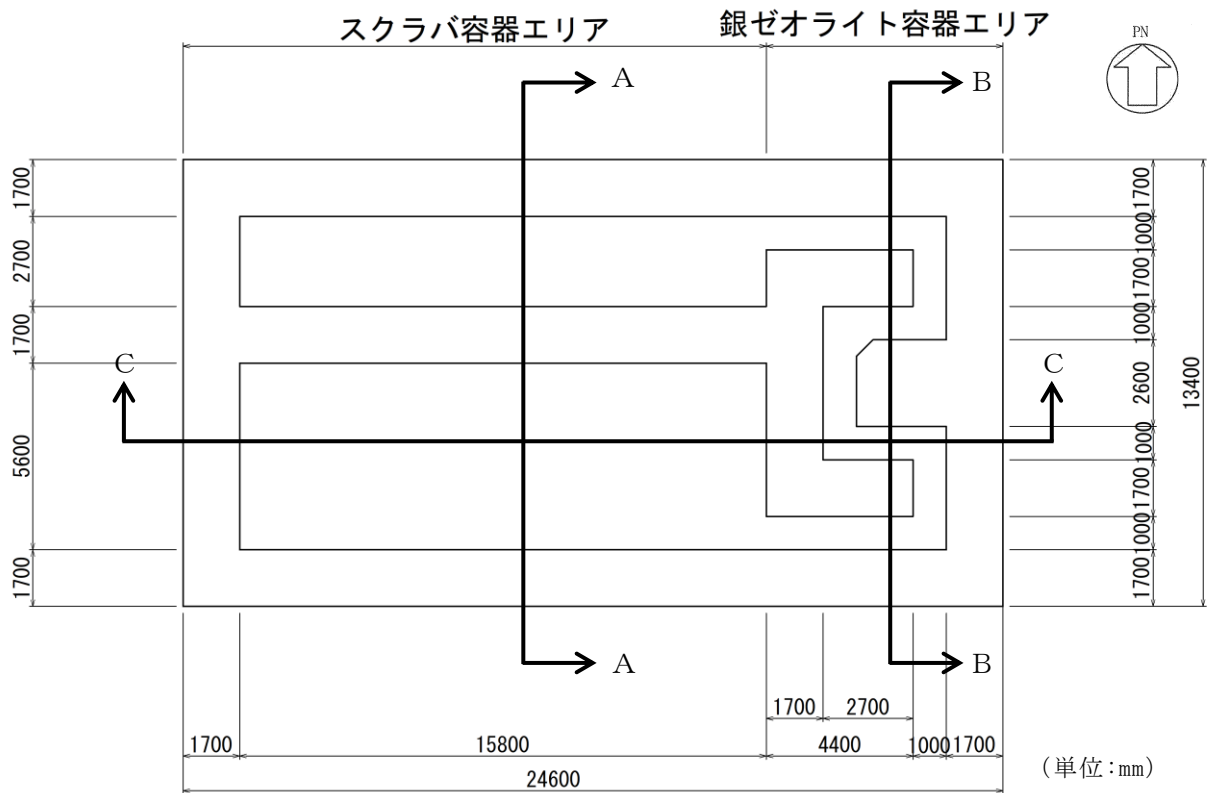


図3-1 第1ベントフィルタ格納槽 評価対象断面位置図

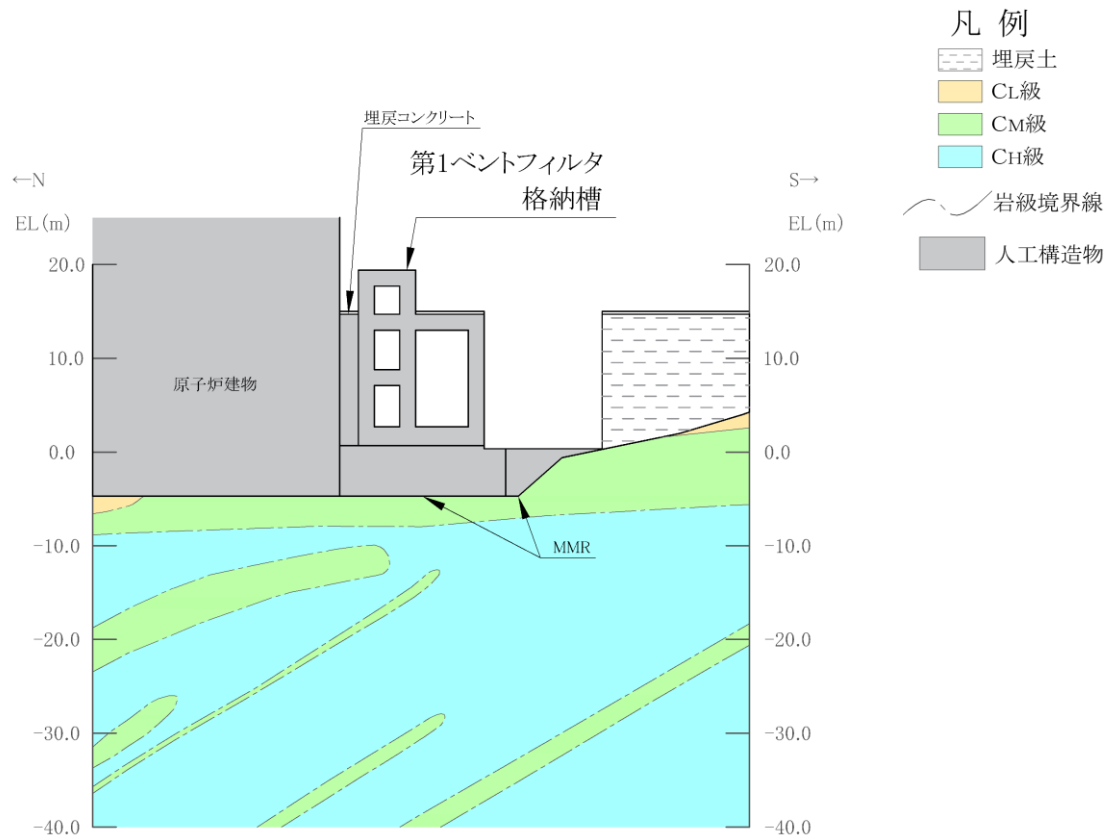


図 3-2 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (A-A断面位置)

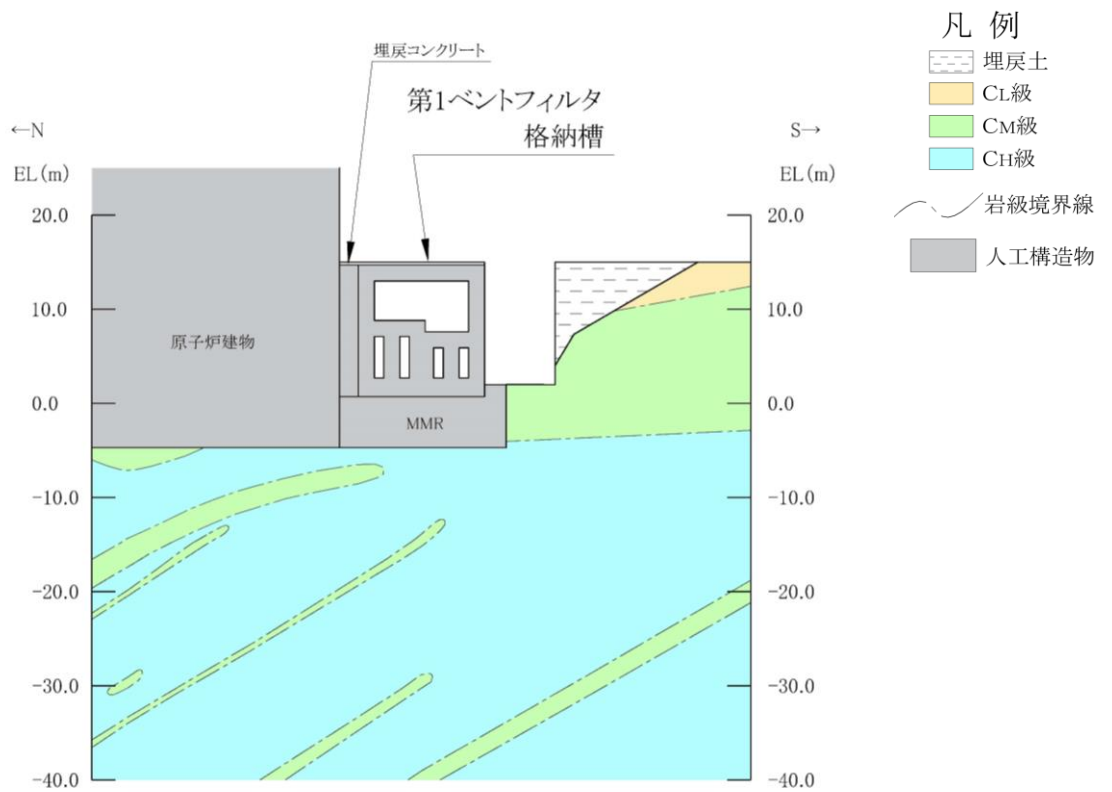


図 3-3 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (B-B断面位置)

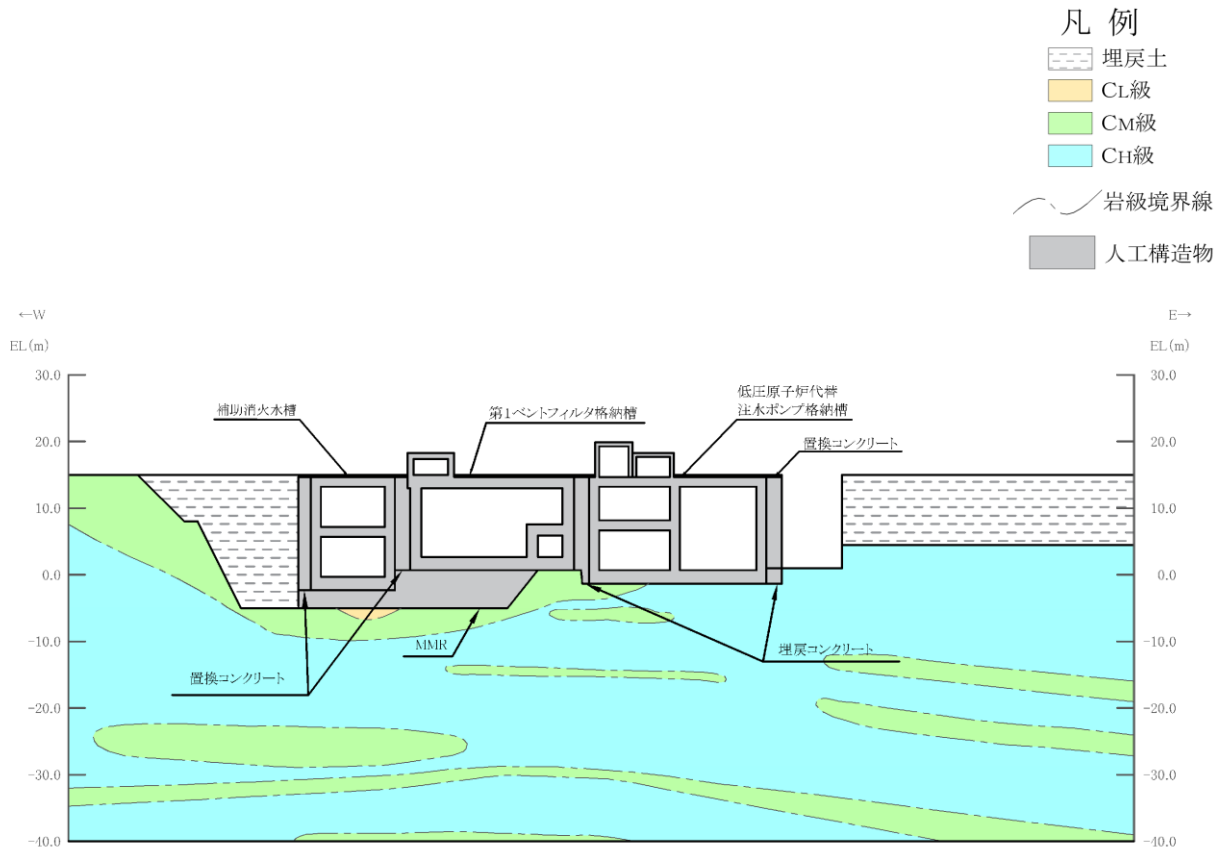


図 3-4 第 1 ベントフィルタ格納槽 評価対象断面図 (C-C 断面位置)

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
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		

表 3-2 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR			

注記*1: 鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2: 無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.3 許容限界

許容限界は、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) A-A断面及びB-B断面

a. 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・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（（社）土木学会，2005年）」（以下「土木学会マニュアル2005」という。）に基づき、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ1.0%）とする。

土木学会マニュアル2005では、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、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、圧縮縁コンクリートひずみ1.0%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が確保できるとして設定されたものである。

また、遮蔽機能を損なわないことの確認においては、コンクリート標準示方書に基づき、コンクリートの圧縮ひずみについて、部材終局に相当する限界ひずみ（3500 μ ）とする。

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表3-3に示す。

表3-3 第1ベントフィルタ格納槽の曲げ・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	限界ひずみ	圧縮縁コンクリートひずみ 1.0% (10000 μ)
遮蔽機能を損なわないこと		部材終局に相当する限界ひずみ 0.35% (3500 μ)

b. せん断破壊に対する許容限界

構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアル2005に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

また、せん断耐力式による照査において照査用せん断力が上記のせん断耐力を上回る場合、より詳細に材料非線形解析を用いて部材のせん断耐力を求め許容限界とする。

(2) C-C断面

a. 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遮蔽機能を損なわないことの確認における構造部材の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する許容限界は、短期許容応力度とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表3-4及び表3-5に示す。

なお、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遮蔽機能を損なわないことの確認における許容限界は同一となる。したがって、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、遮蔽機能を損なわないことの確認も同時に行う。

表3-4 コンクリートの許容応力度及び短期許容応力度

設計基準強度	許容応力度 (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	13.5
	許容せん断応力度 τ _{a1}	0.45	0.675

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

表3-5 鉄筋の許容応力度及び短期許容応力度

鉄筋の種類	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度*
			(N/mm ²)
SD345	許容引張応力度 σ _{sa}	196	294

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

b. せん断破壊に対する許容限界

構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、表3-4及び表3-5に示すコンクリートと鉄筋の短期許容応力度から算定した短期許容せん断力とする。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

(1) 基礎地盤

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

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-6 に示す。

表 3-6 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	C _M 級又はC _H 級岩盤	9.8

(2) MMR

MMR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)」に基づき、コンクリートの支圧強度とする。

MMRの支持性能に対する許容限界を表 3-7 に示す。

表 3-7 MMRの支持性能に対する許容限界

評価項目	MMR (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)
支圧強度	$f'_{c k} = 18.0$	$f'_a = 18.0$

3.4 評価方法

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」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

(1) A-A断面及びB-B断面

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して、地震応答解析により算定した照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動及び解析ケースでのひずみの時刻歴波形及び発生位置を図3-5及び図3-6に、せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図を図3-7及び図3-8に示す。

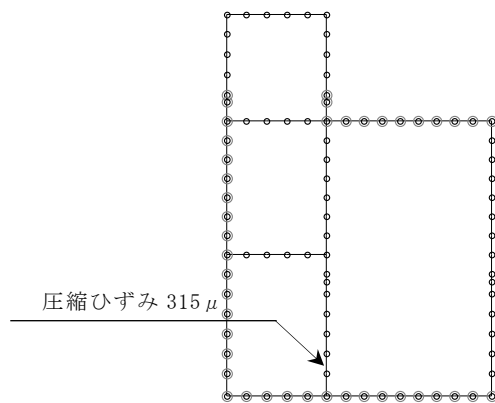
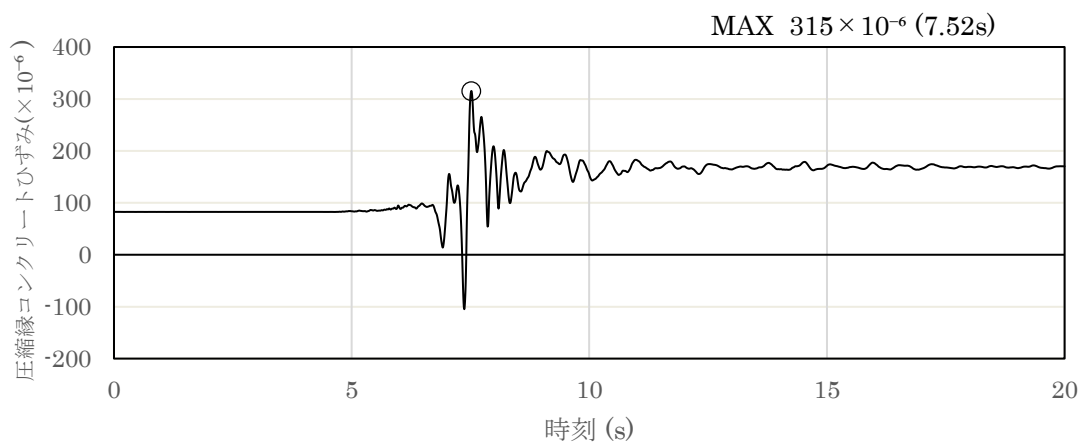


図 3-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形 (A-A断面, 解析ケース②, S s - N 1 (++))

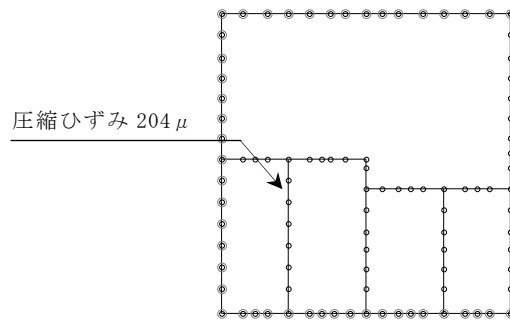
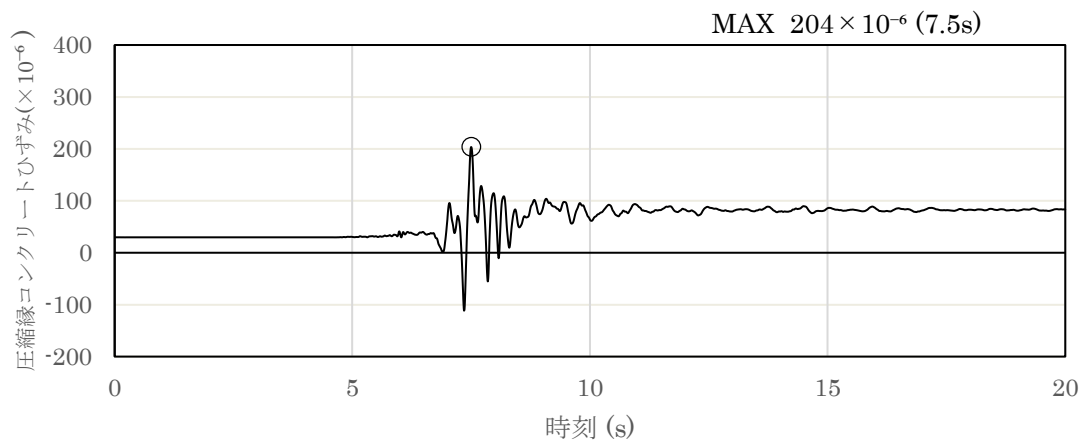
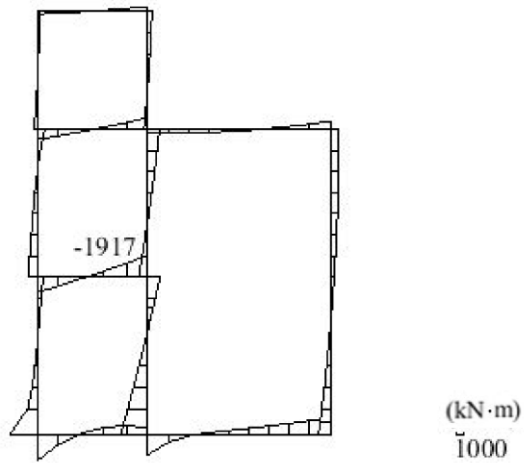
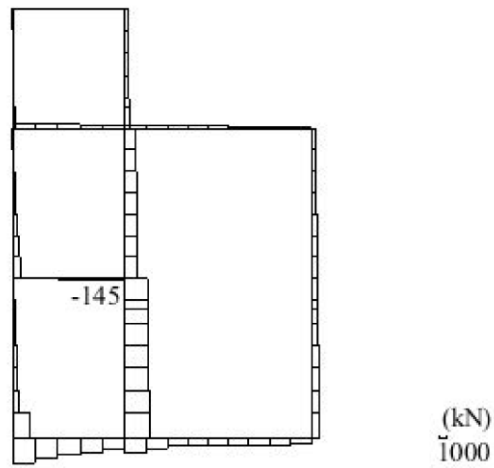


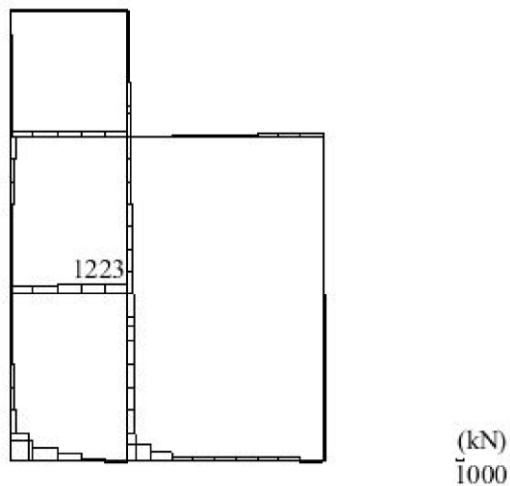
図 3-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形
(B-B断面, 解析ケース①, S s - N 1 (++))



数值：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)

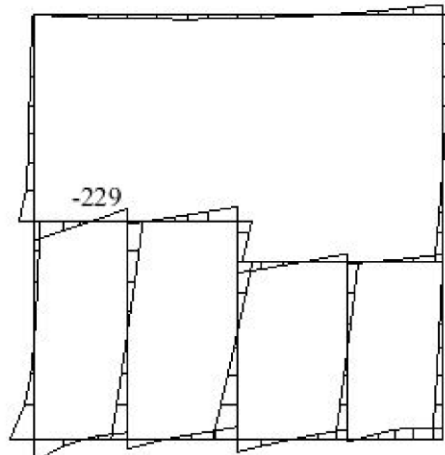


数值：評価位置における断面力
 (b) 軸力 (kN) (+ : 引張, - : 圧縮)



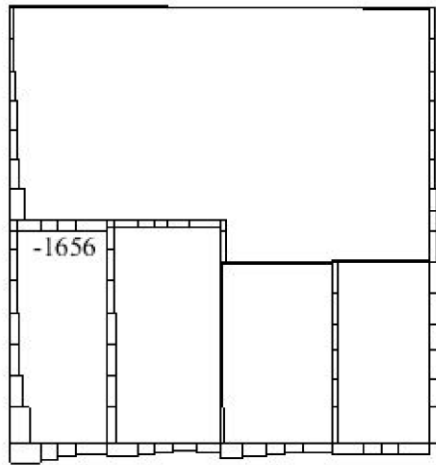
数值：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

図 3-7 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
 (A-A断面, 解析ケース②, S_s-N1 (++)



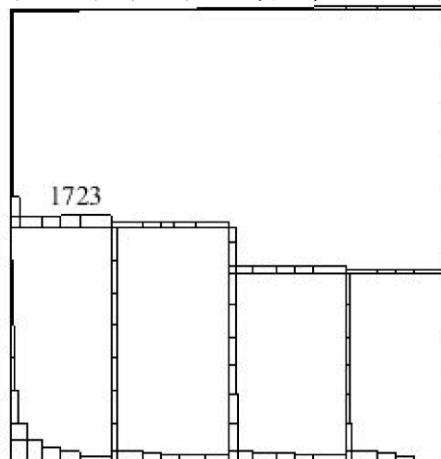
(kN·m)
1000

数値：評価位置における断面力
(a) 曲げモーメント (kN·m)



(kN)
1000

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



(kN)
1000

数値：評価位置における断面力
(c) せん断力 (kN)

図 3-8 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(B-B断面, 解析ケース①, S_s-N1 (++))

(2) C-C断面

a. 鉛直部材

鉛直部材においては西側壁を対象に、地震応答解析結果から4辺固定版に作用させる荷重を選定する。4辺固定版に作用させる荷重は土圧及び慣性力であるため、地震応答解析において鉛直部材の層間変位が最大となる時刻における荷重が構造物にとって最も厳しくなると考えられる。

各深度において土圧が大きくなる地震動が異なる傾向にあるため、保守的に全ケースを包絡する土圧分布を作成する。各地震動の層間変位最大時刻における土圧分布図を図3-9に、解析ケース④における総土圧の一覧表を表3-8示す。同様に、慣性力についても全ケースを包絡する慣性力分布を作成する。

以上より、全ケースを包絡する土圧分布及び慣性力分布を4辺固定版に作用させることとする。

4辺固定版による評価を実施するC-C断面について、地震応答解析において鉛直部材の層間変位が最大となる時刻における断面力分布図（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図3-10に示す。

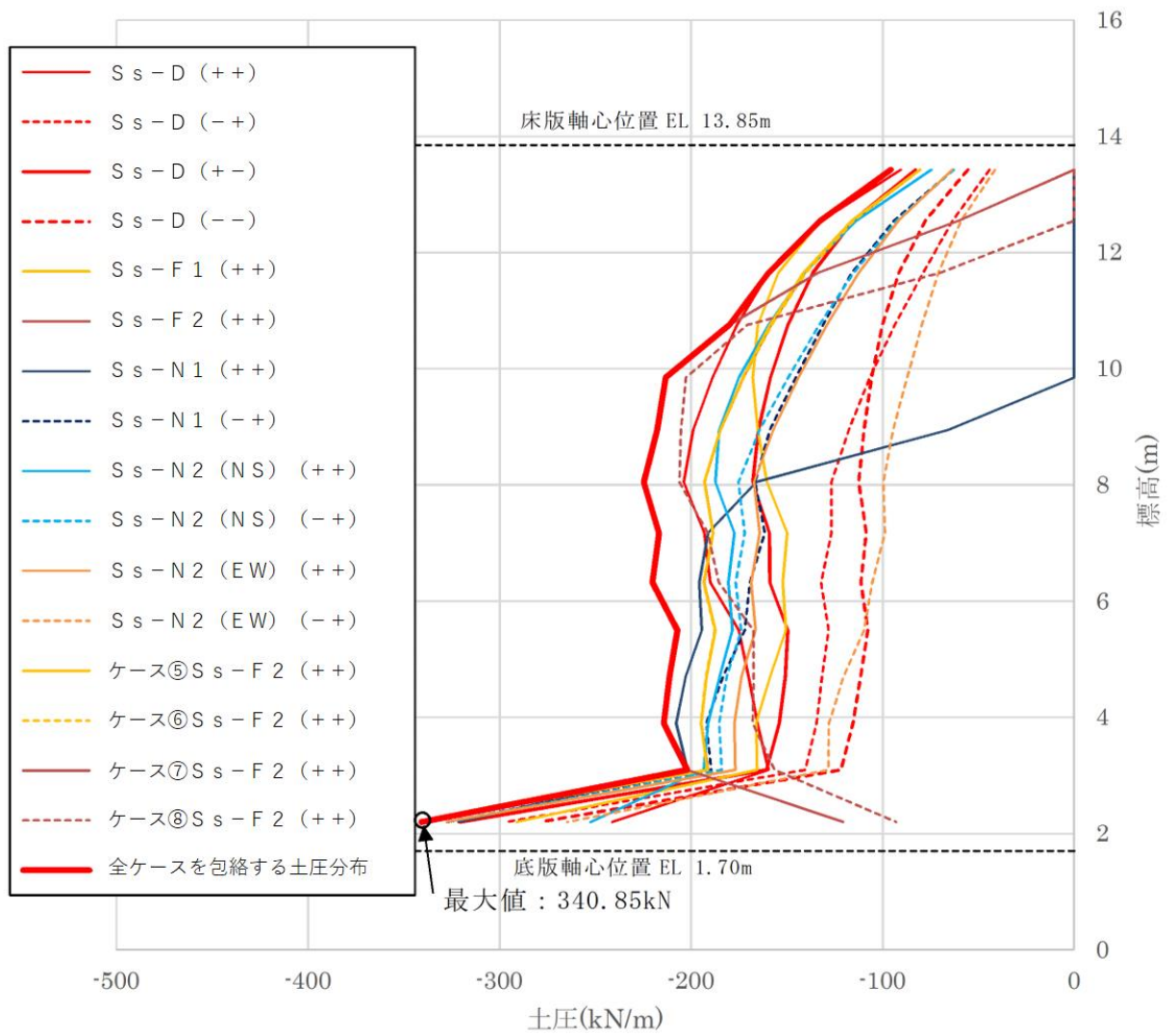
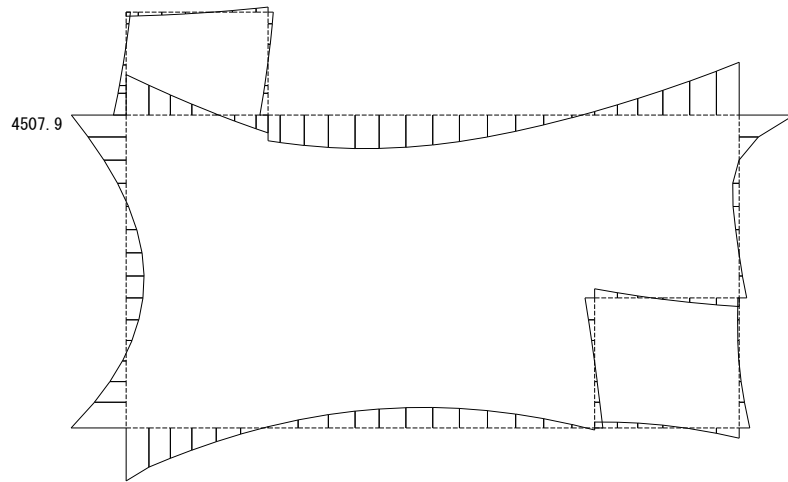


図 3-9 側壁に作用する土圧分布図

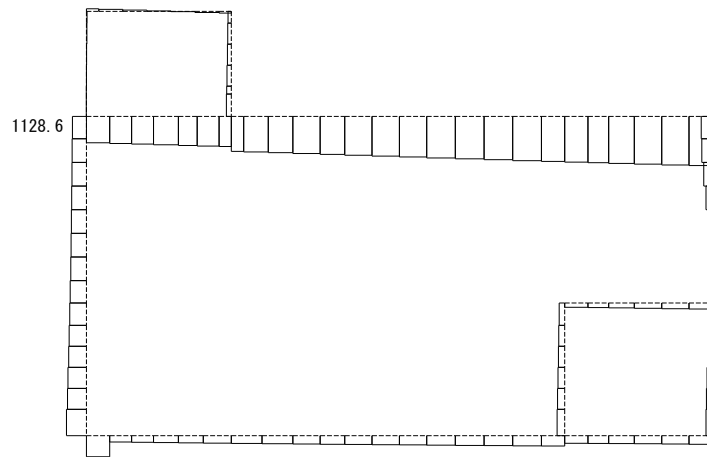
表 3-8 側壁に作用する総土圧 (解析ケース④)

地震動		総土圧 (kN)	地震動		総土圧 (kN)
S s - D	++	2444	S s - N 1	++	1747
	-+	1721		-+	2270
	+-	2229	S s - N 2 (N S)	++	2395
	--	1608		-+	2294
S s - F 1	++	2275	S s - N 2 (E W)	++	2220
S s - F 2	++	2532		-+	1487

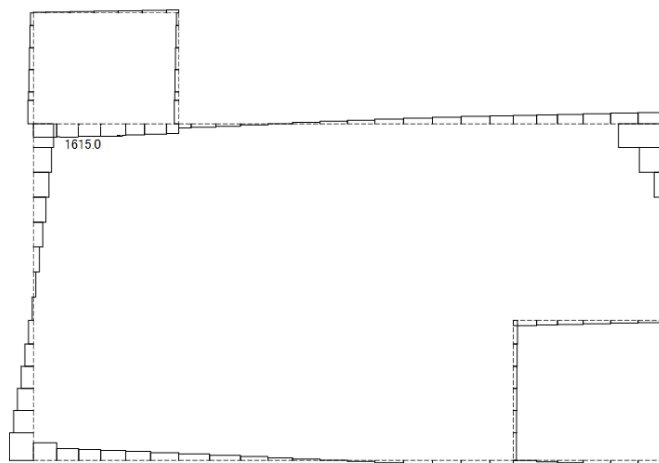
注：ハッチングは最大値を示す。



(a) 曲げモーメント (kN・m)



(b) 軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)



(c) せん断力 (kN)

図 3-10 最大時刻における断面力図
 (C-C断面, 側壁, 解析ケース②, S_s-F2 (EW) (++)
 26

b. 水平部材部材

水平部材においては、地震応答解析結果から4辺固定版に作用させる荷重を選定する。4辺固定版に作用させる荷重は慣性力であるため、地震応答解析において水平部材の鉛直下向きの加速度が最大となる時刻における荷重が構造物にとって最も厳しくなると考えられる。

解析ケース④の各地震動の鉛直加速度最大時刻における加速度分布図を図3-11に、最大加速度の一覧表を表3-9示す。解析ケース④においては、鉛直下向きの加速度が最大となるS_s-D(--)を選定する。

また、地盤物性のばらつきの影響を確認するために、S_s-D(--)の解析ケース④と解析ケース⑤～⑧の鉛直下向きの加速度最大時刻における加速度分布図及び最大加速度を比較する。図3-12及び表3-10に示すとおり、鉛直下向きの加速度が最大となるのは解析ケース⑦である。

以上より、鉛直下向きの最大応答加速度を保守的に部材全体に作用させることとする。

4辺固定版による評価を実施するC-C断面について、地震応答解析において水平部材の鉛直下向きの加速度が最大となる時刻における断面力分布図（曲げモーメント、軸力、せん断力）を図3-13に示す。

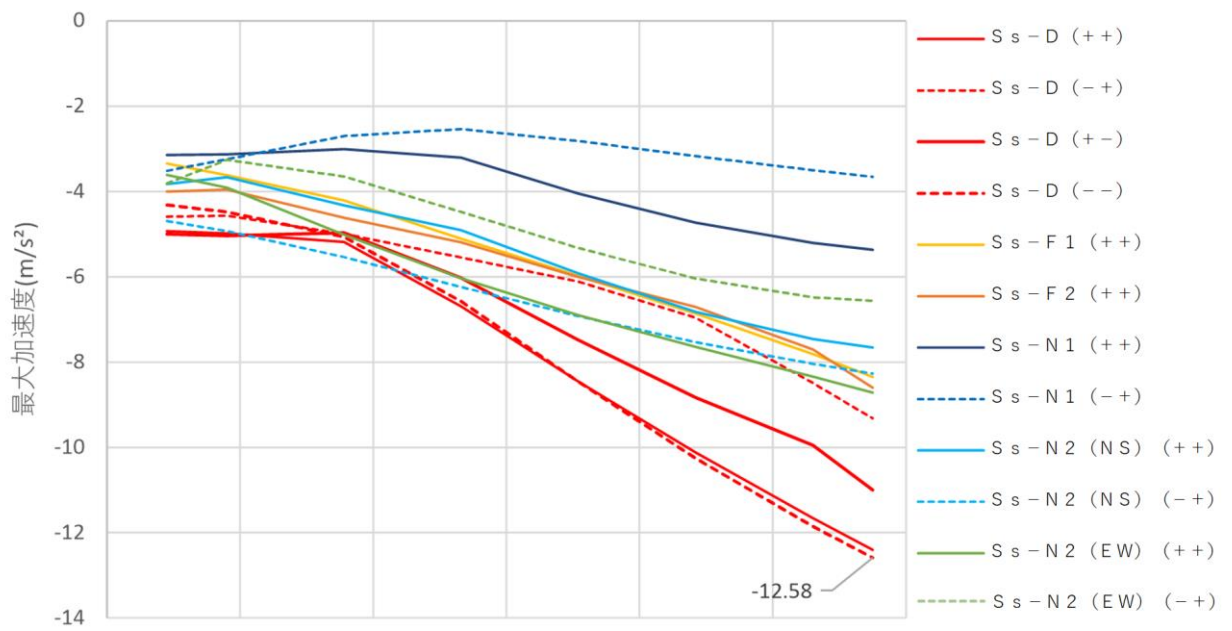


図 3-11 頂版に作用する加速度分布図（解析ケース④）

表 3-9 頂版に作用する最大加速度（解析ケース④）

地震動		最大加速度 (m/s^2)	地震動		最大加速度 (m/s^2)
$S_s - D$	++	-12.40	$S_s - N 1$	++	-5.37
	-+	-9.32		-+	-3.65
	+-	-11.00	$S_s - N 2$ (NS)	++	-7.66
	--	-12.58		-+	-8.27
$S_s - F 1$	++	-8.35	$S_s - N 2$ (EW)	++	-8.71
$S_s - F 2$	++	-8.60		-+	-6.56

注：ハッチングは最大値を示す。

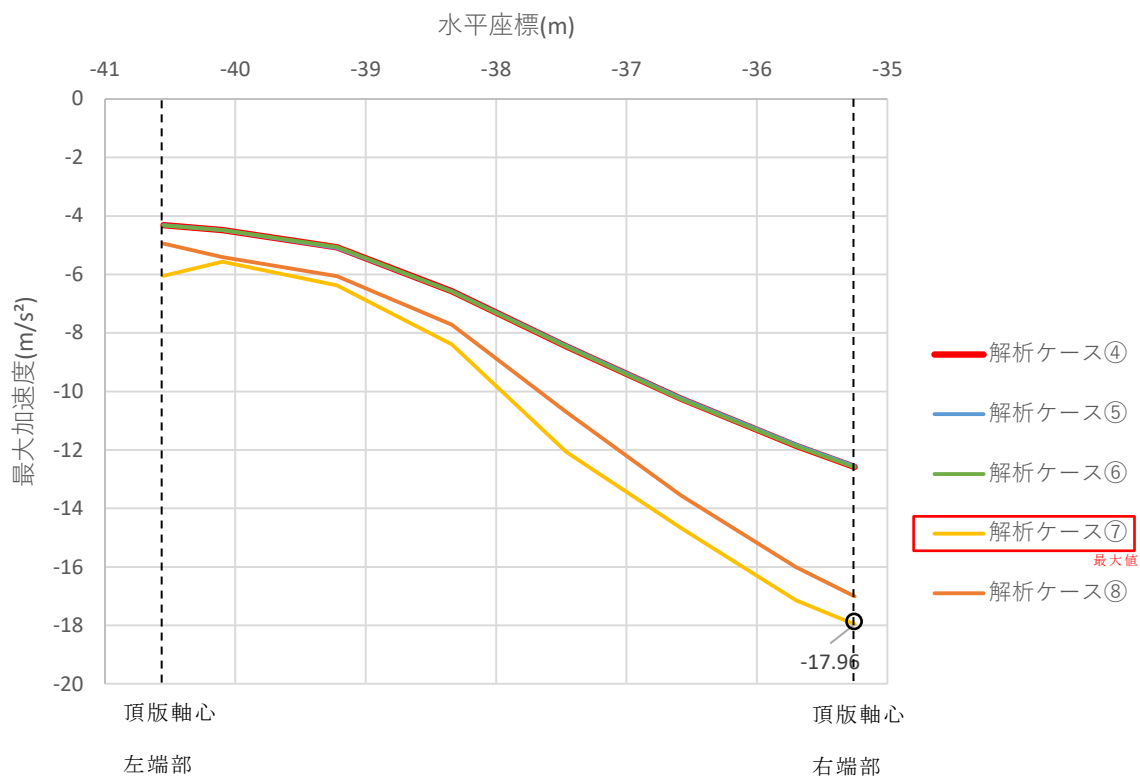
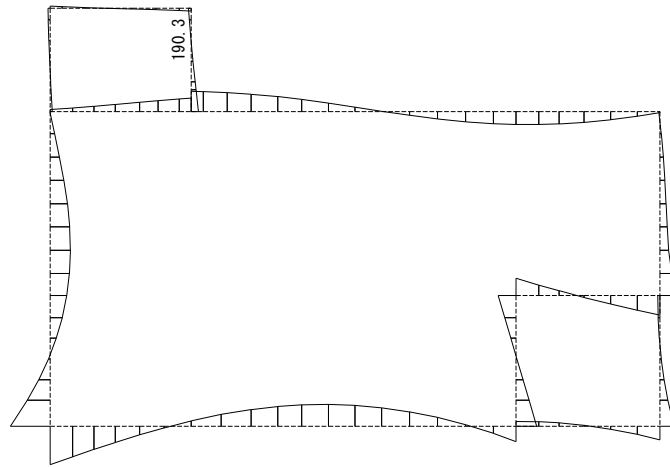


図 3-12 頂版に作用する加速度分布図の比較 (S s - D (- -))

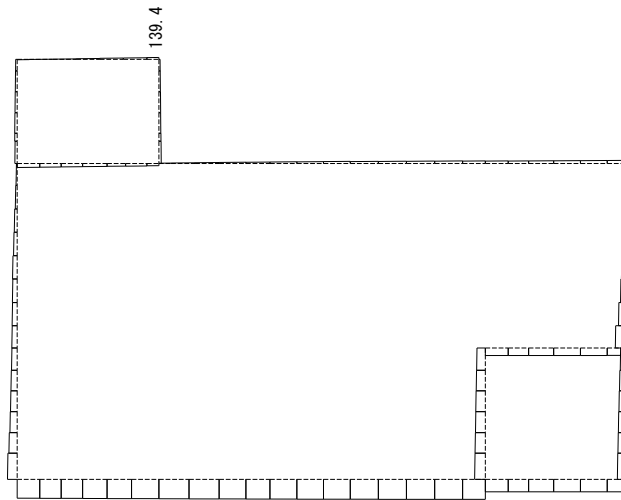
表 3-10 頂版に作用する最大加速度 (S s - D (- -))

解析ケース	最大加速度 (m/s^2)
ケース④	-12.58
ケース⑤	-12.56
ケース⑥	-12.59
ケース⑦	-17.96
ケース⑧	-17.01

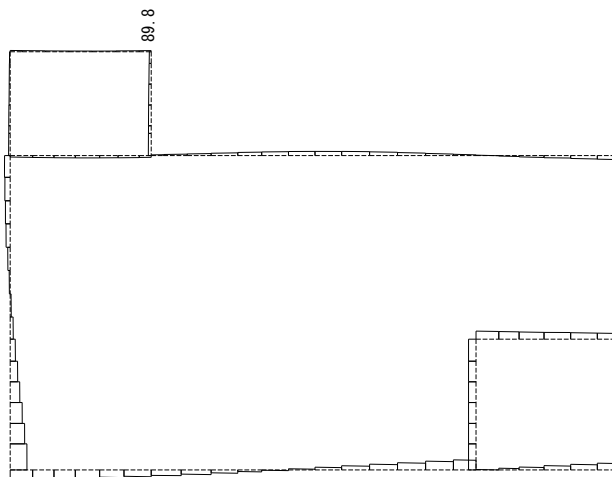
注：ハッチングは最大値を示す。



(a) 曲げモーメント (kN・m)



(b) 軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)



(c) せん断力 (kN)

図 3-13 加速度最大時刻における断面力図
(C-C断面, 頂版, 解析ケース⑦, S s-D (---))

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基礎地盤に発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1～表 4-4 に示す。

第 1 ベントフィルタ格納槽の照査用ひずみが許容限界以下であること及び発生応力度が短期許容応力度を下回ることを確認した。

表 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
②	S s - N 1 (++)	378 μ	10000 μ	0.04

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-2 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
①	S s - N 1 (++)	244 μ	10000 μ	0.03

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-3 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果 (C-C断面) (鉛直部材)

解析 ケース	地震動	方向	曲げ モーメント (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}
全解析ケース 包絡荷重		X方向(配力筋方向)	-1912	220.7	294	0.76
		Y方向(主筋方向)	-1818	141.3	294	0.49

表 4-4 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果 (C-C断面) (水平部材)

解析 ケース	地震動	方向	曲げ モーメント (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}
⑦	S s - D (--)	X方向(主筋方向)	-24	6.991	294	0.03
		Y方向(配力筋方向)	-33	9.726	294	0.04

4.2 遮蔽機能を損なわないことの確認に対する評価結果

遮蔽機能を損なわないことの確認における曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果の最大照査値を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

第 1 ベントフィルタ格納槽の照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A 断面)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
②	S s - N 1 (++)	378 μ	3500 μ	0.11

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B 断面)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
①	S s - N 1 (++)	244 μ	3500 μ	0.07

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

4.3 せん断破壊に対する評価結果

構造部材のせん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-7～表 4-10 に示す。第 1 ベントフィルタ格納槽の照査用せん断力が許容限界以下であること及び発生応力度が短期許容応力度を下回ることを確認した。

表 4-7 せん断破壊に対する最大照査値 (A-A 断面)

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	①	$S_s - D$ (++)	483	1424	0.34
側壁	9	①	$S_s - D$ (--)	1102	1667	0.67
床版	4	②	$S_s - N 1$ (++)	1285	1439	0.90
隔壁	12	①	$S_s - D$ (+-)	985	1641	0.61
底版	6	①	$S_s - D$ (+-)	1263	1786	0.71

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.05)$

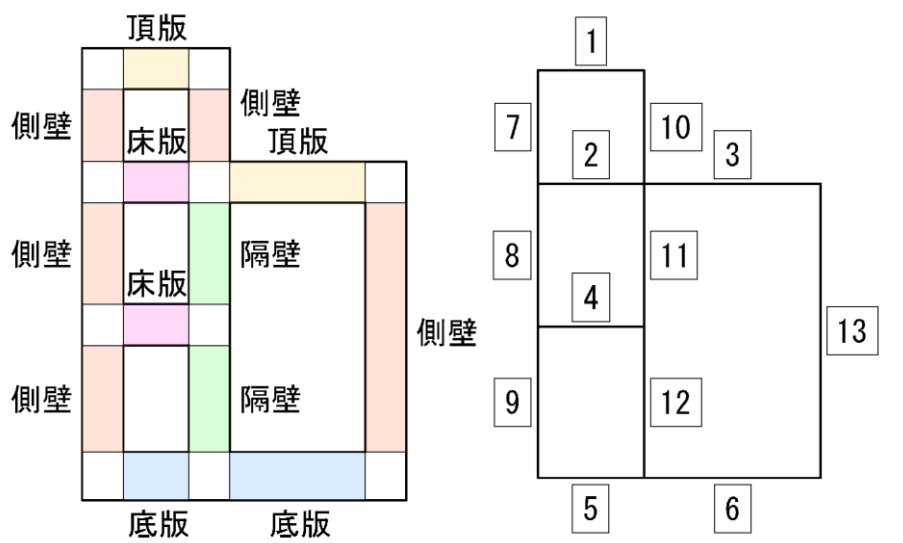
表 4-8 せん断破壊に対する最大照査値 (B-B 断面)

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	1	①	$S_s - N 2$ (NS) (-+)	585	1448	0.41
側壁	11	①	$S_s - N 1$ (++)	1012	1544	0.66
床版	2	①	$S_s - N 1$ (++)	1810	6424*3	0.29
隔壁	15	③	$S_s - N 1$ (++)	1306	3072	0.43
底版	6	①	$S_s - N 1$ (++)	1849	2969	0.63

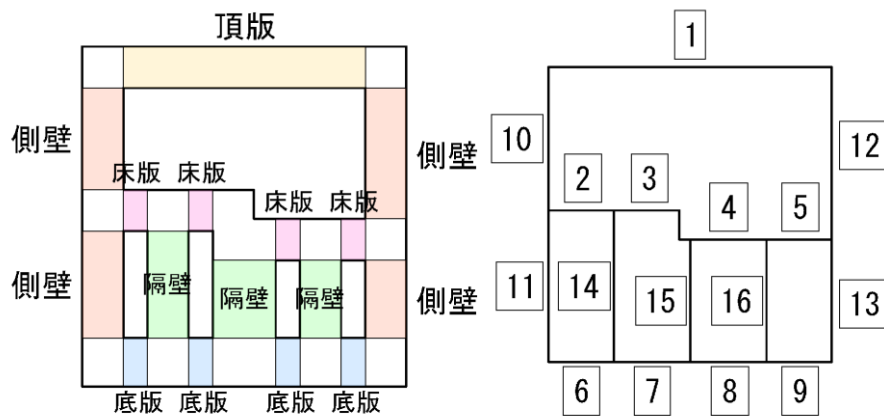
注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.05)$

*3：材料非線形解析によるせん断耐力



(A-A断面)



(B-B断面)

図 4-1 評価位置

表 4-9 せん断破壊に対する評価結果 (C-C断面) (鉛直部材)

解析 ケース	地震動	方向	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
全解析ケース 包絡荷重		X方向 (配力筋方向)	1236	1323	0.94
		Y方向 (主筋方向)	1227	1323	0.93

表 4-10 せん断破壊に対する評価結果 (C-C断面) (水平部材)

解析 ケース	地震動	方向	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
⑦	S _s -D (--)	X方向 (主筋方向)	35	629	0.06
		Y方向 (配力筋方向)	60	629	0.10

4.4 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

4.4.1 基礎地盤

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表4-11～表4-13に示す。また、最大接地圧分布図を図4-2～図4-4に示す。

第1ベントフィルタ格納槽の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力度を下回ることを確認した。

表4-11 基礎地盤の支持性能に対する照査結果（A-A断面）

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S _s -D (+-)	1.07	9.8	0.11

表4-12 基礎地盤の支持性能に対する照査結果（B-B断面）

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S _s -D (+-)	0.97	9.8	0.10

表4-13 基礎地盤の支持性能に対する照査結果（C-C断面）

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
④	S _s -D (++)	6.27	9.8	0.64

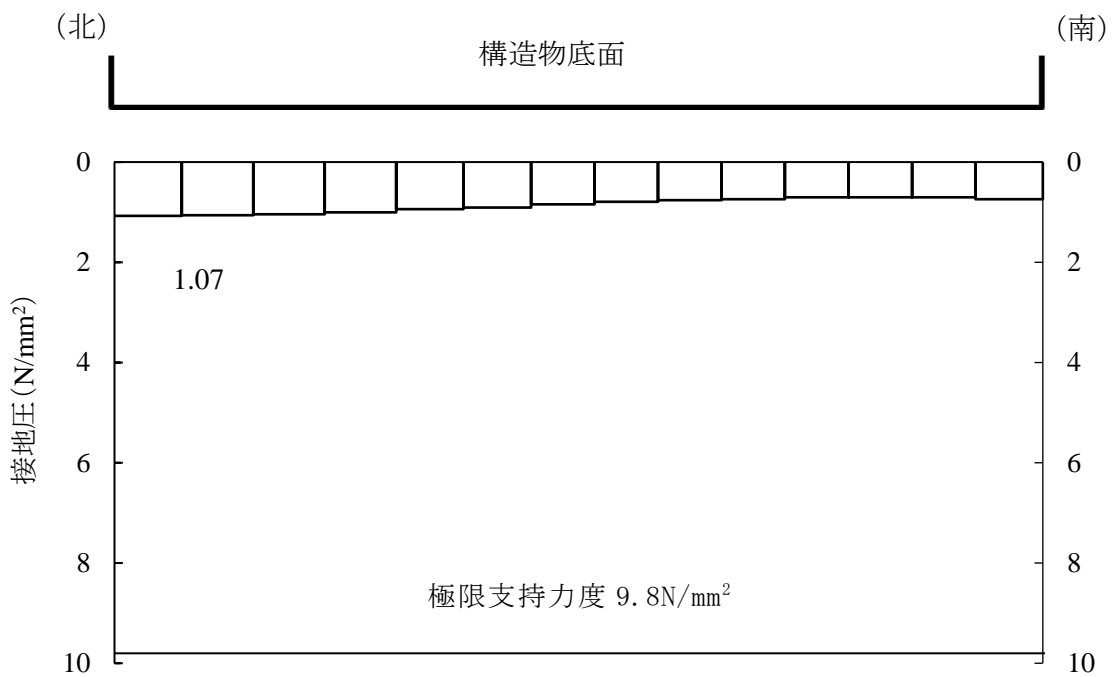


図 4-2 基礎地盤の最大接地圧分布図
(A-A断面, 解析ケース①, S_s-D (+-))

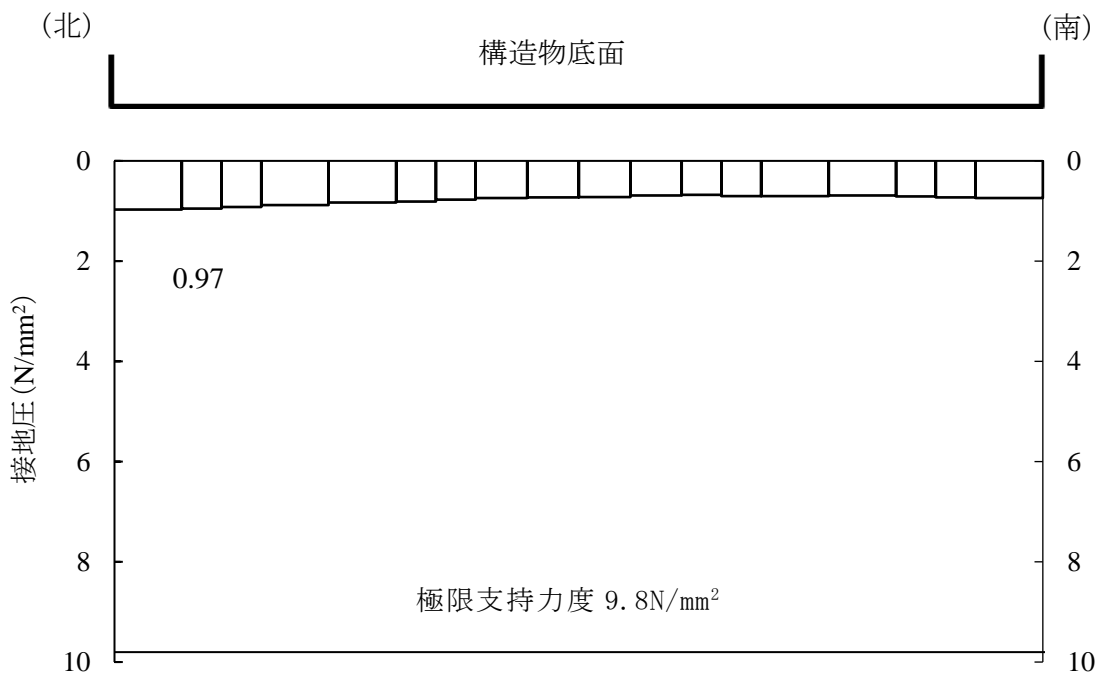


図 4-3 基礎地盤の最大接地圧分布図
(B-B断面, 解析ケース①, S_s-D (+-))

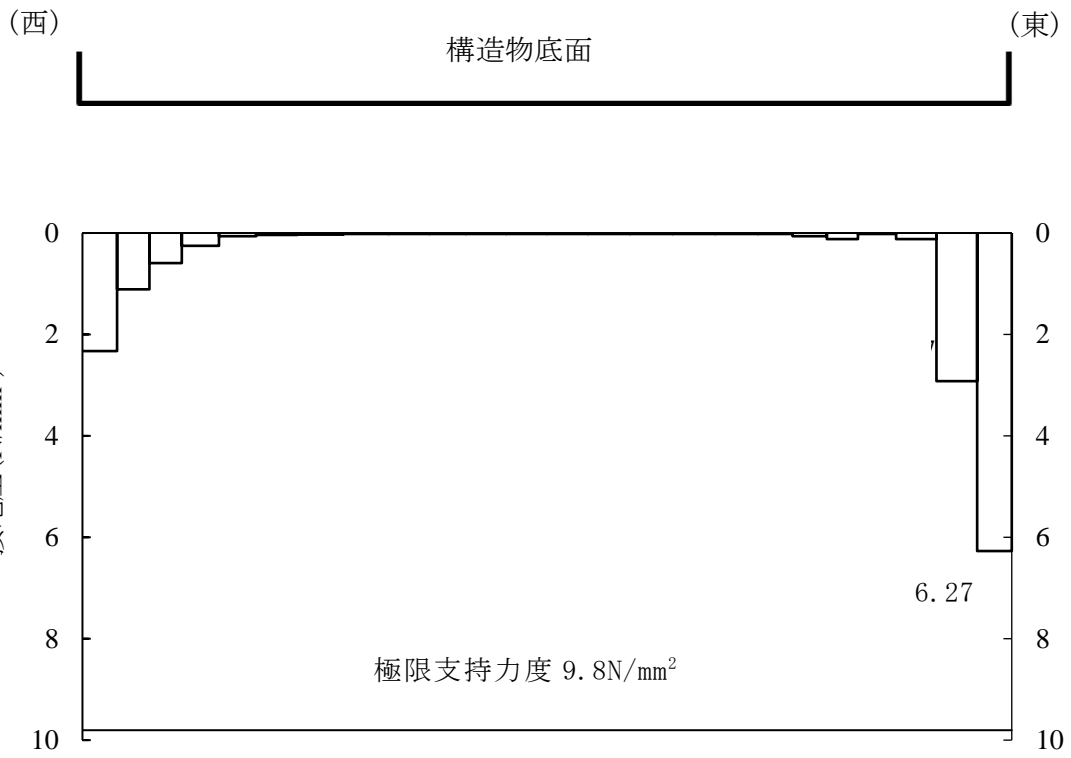


図 4-4 基礎地盤の最大接地圧分布図
(C-C断面, 解析ケース④, S_s-D(++))

4.4.2 MMR

MMRの支持性能に対する照査結果を表4-14及び表4-15に示す。また、最大接地圧分布図を図4-5及び図4-6に示す。

第1ベントフィルタ格納槽のMMR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4-14 MMRの支持性能に対する照査結果（A-A断面）

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 -D (--)	2.20	18.0	0.13

表4-15 MMRの支持性能に対する照査結果（B-B断面）

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 -N1 (++)	1.60	18.0	0.09

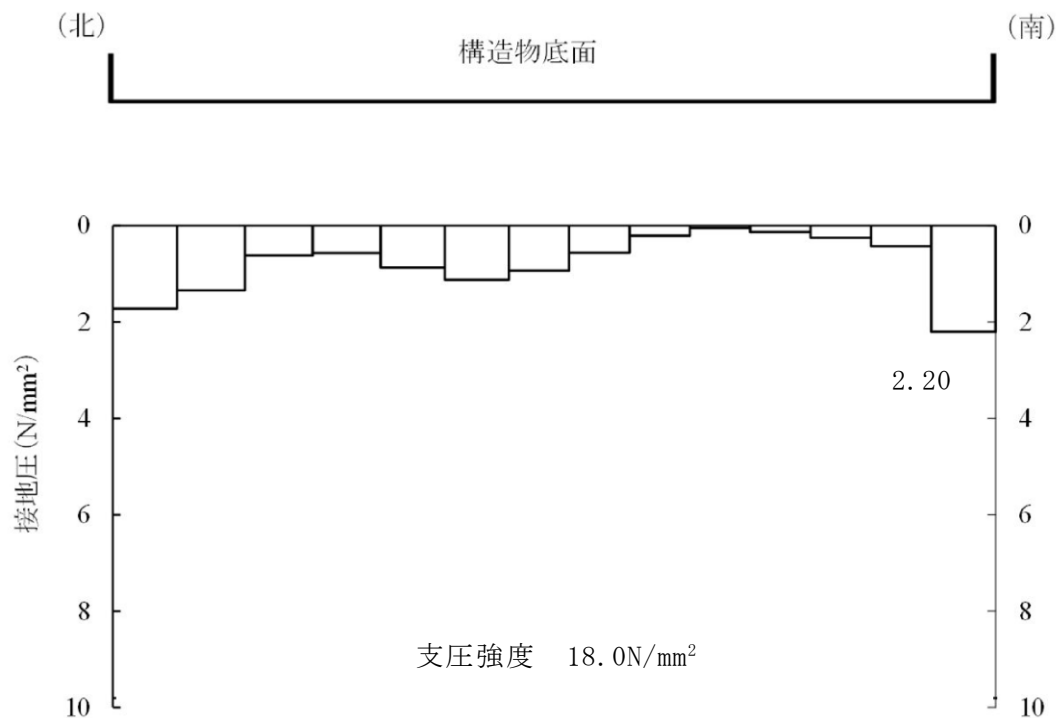


図 4-5 MMR の最大接地圧分布図
(A-A 断面, 解析ケース①, S s - D (--))

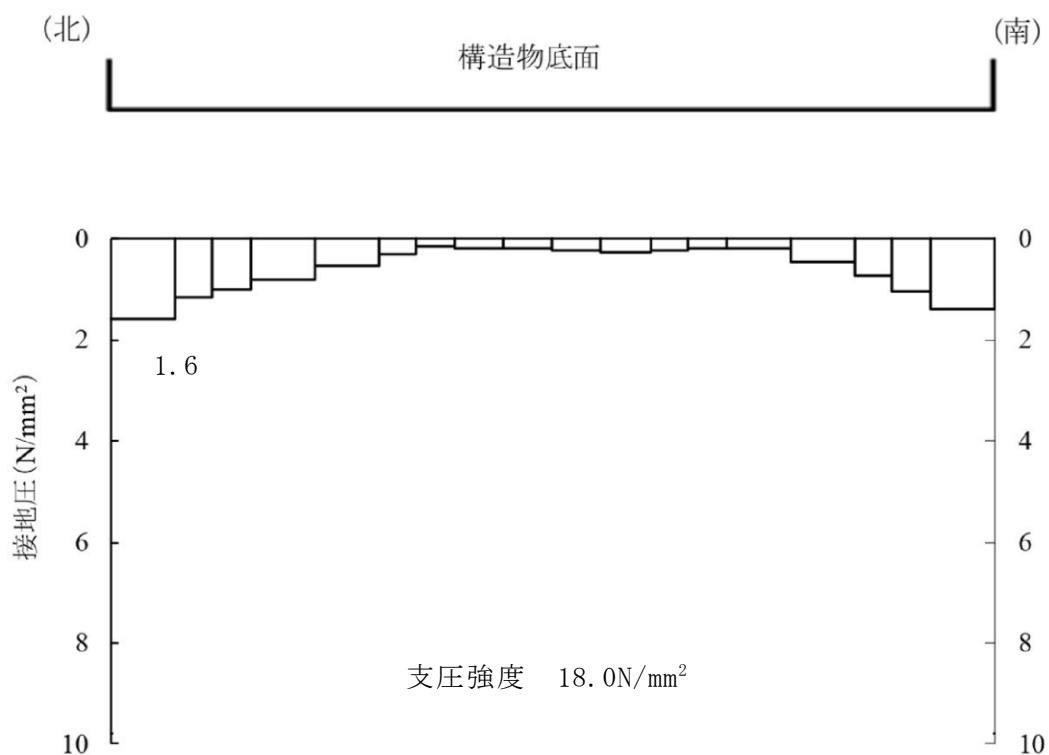


図 4-6 MMR の最大接地圧分布図
(B-B 断面, 解析ケース①, S s - N 1 (+ +))

VI-2-2-32 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書

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 評価対象断面	9
3.2 解析方法	12
3.2.1 構造部材	12
3.2.2 地盤	14
3.2.3 減衰定数	15
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	16
3.3 荷重及び荷重の組合せ	18
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	18
3.3.2 荷重	18
3.3.3 荷重の組合せ	19
3.4 入力地震動	20
3.4.1 A－A断面及びB－B断面の入力地震動	21
3.4.2 C－C断面の入力地震動	33
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	49
3.5.3 地盤の物性値	49
3.5.4 地下水位	49
4. 解析結果	50
4.1 A－A断面の解析結果	50
4.2 B－B断面の解析結果	89
4.3 C－C断面の解析結果	130

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の位置図を図 2-1 に示す。

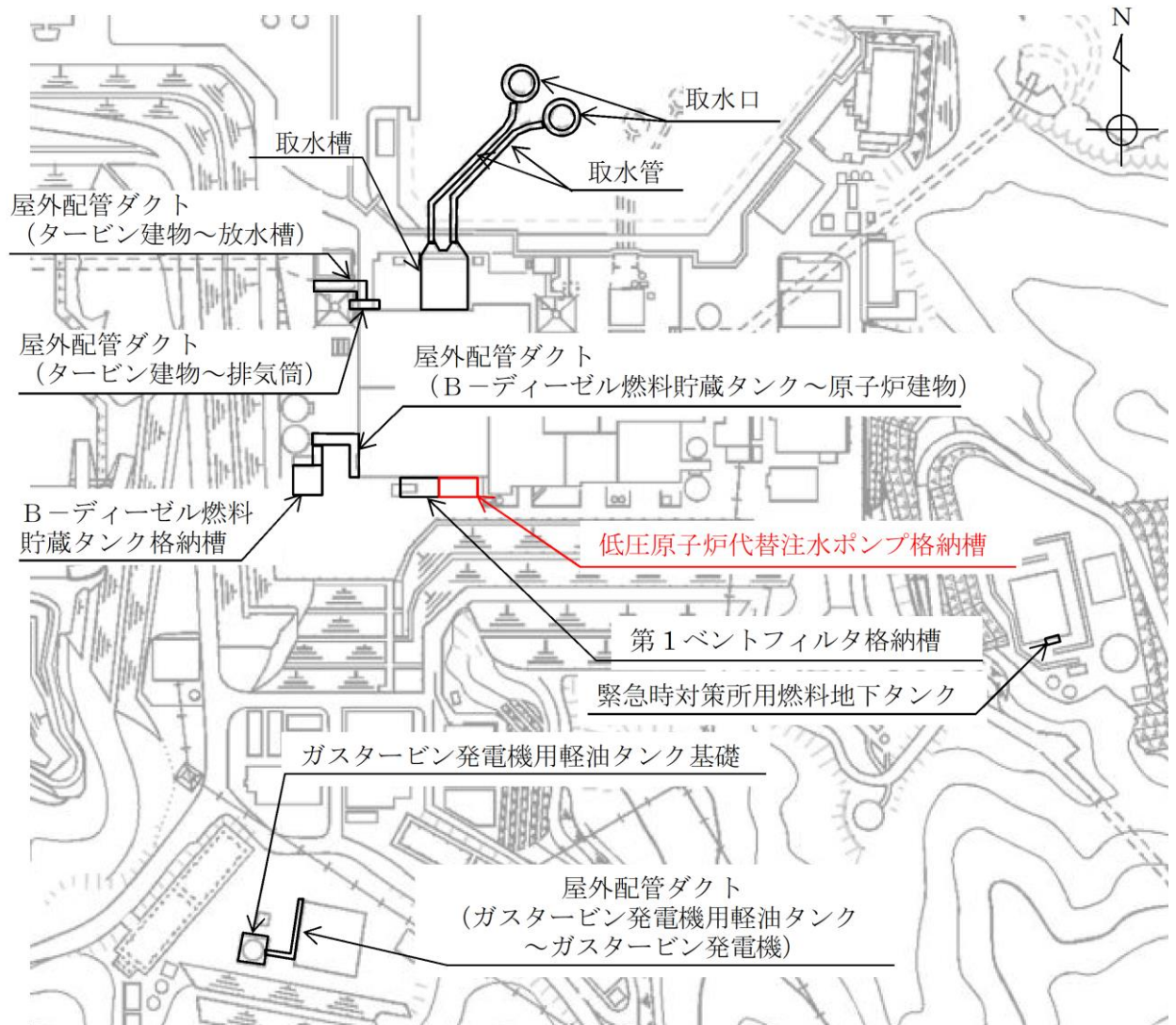


図 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 位置図

2.2 構造概要

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図を図 2-2、断面図を図 2-3～図 2-5 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、低圧原子炉代替注水槽を有し、低圧原子炉代替注水ポンプ等を間接支持する幅 26.6m (EW方向) × 13.4m (NS方向)、高さ約 21.2m の鉄筋コンクリート造の地中 (一部地上部を含む) 構造物であり、直接又はマンメイドロック (以下「MMR」という。) を介して十分な支持性能を有する C_M 級及び C_H 級岩盤に支持される。

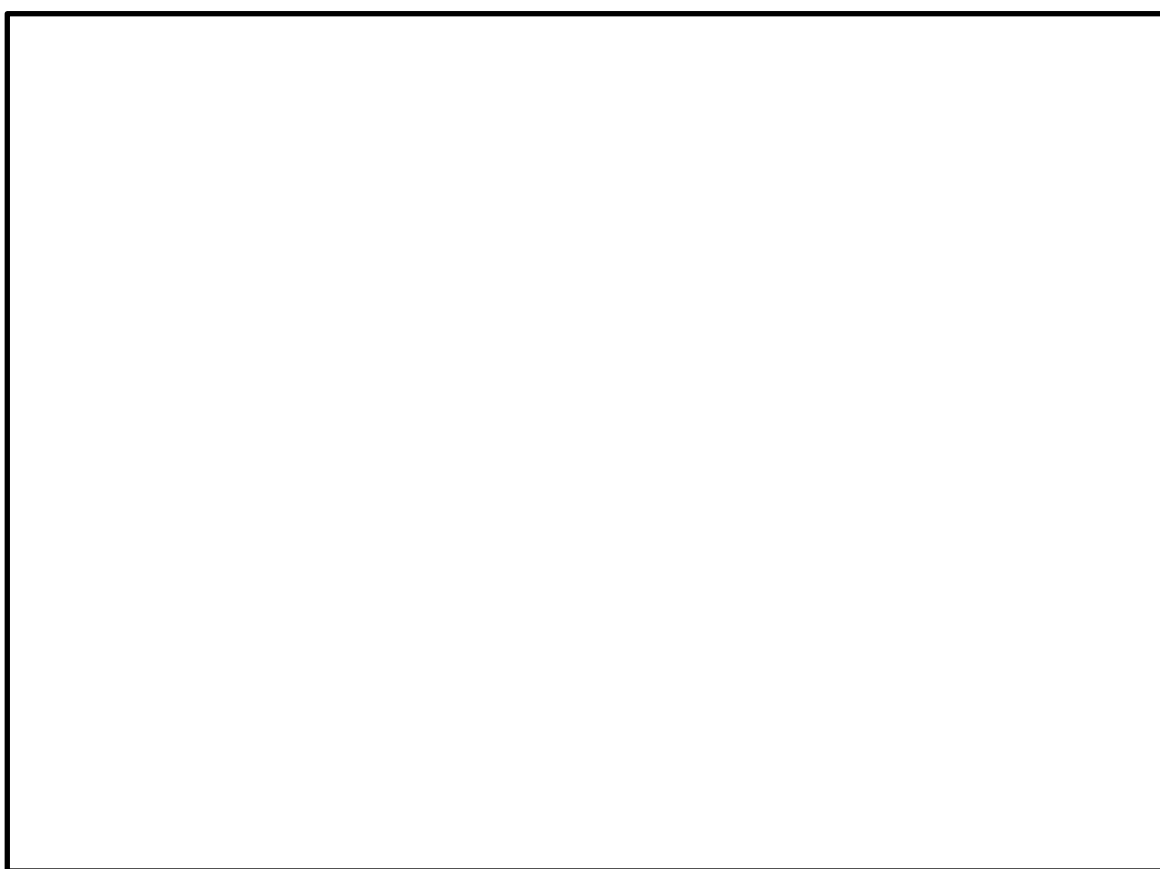


図 2-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 平面図

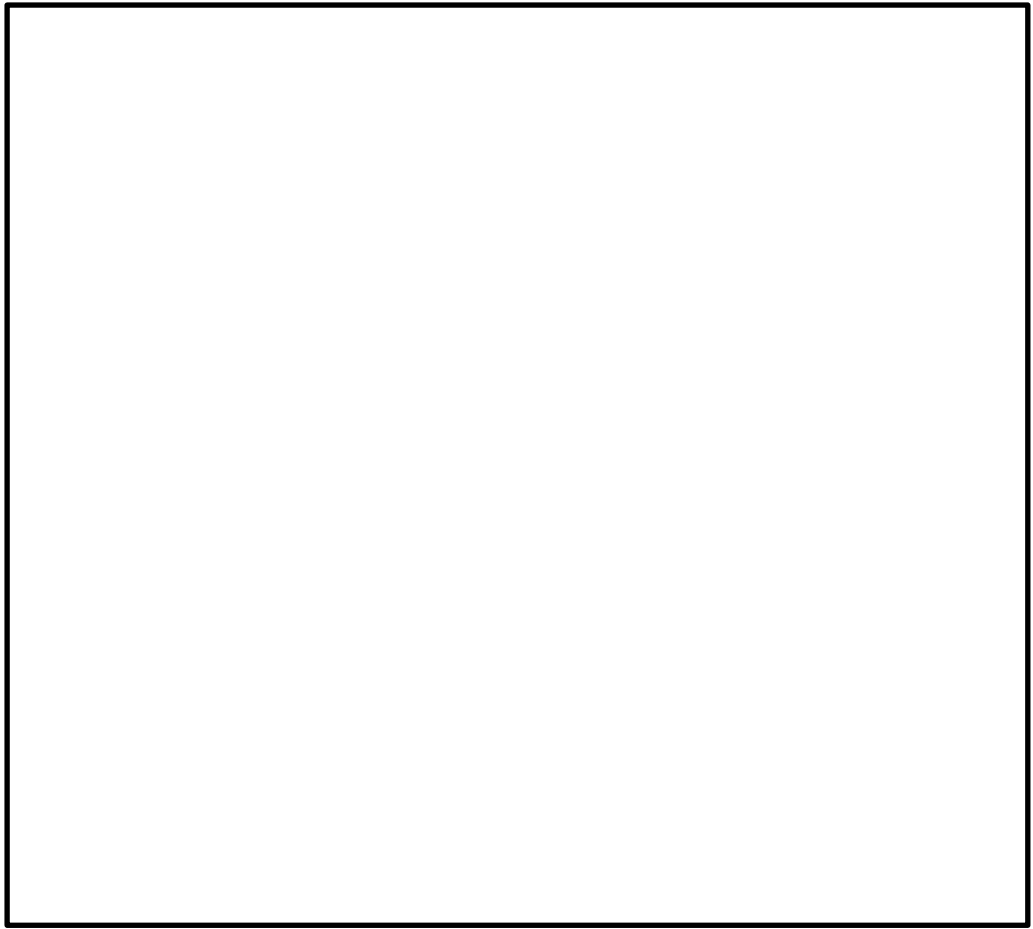
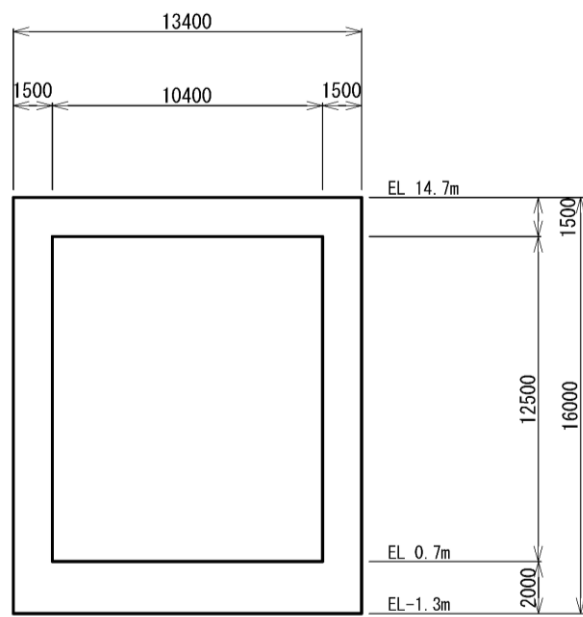


図 2-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A断面)



(単位:mm)

図 2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B断面)

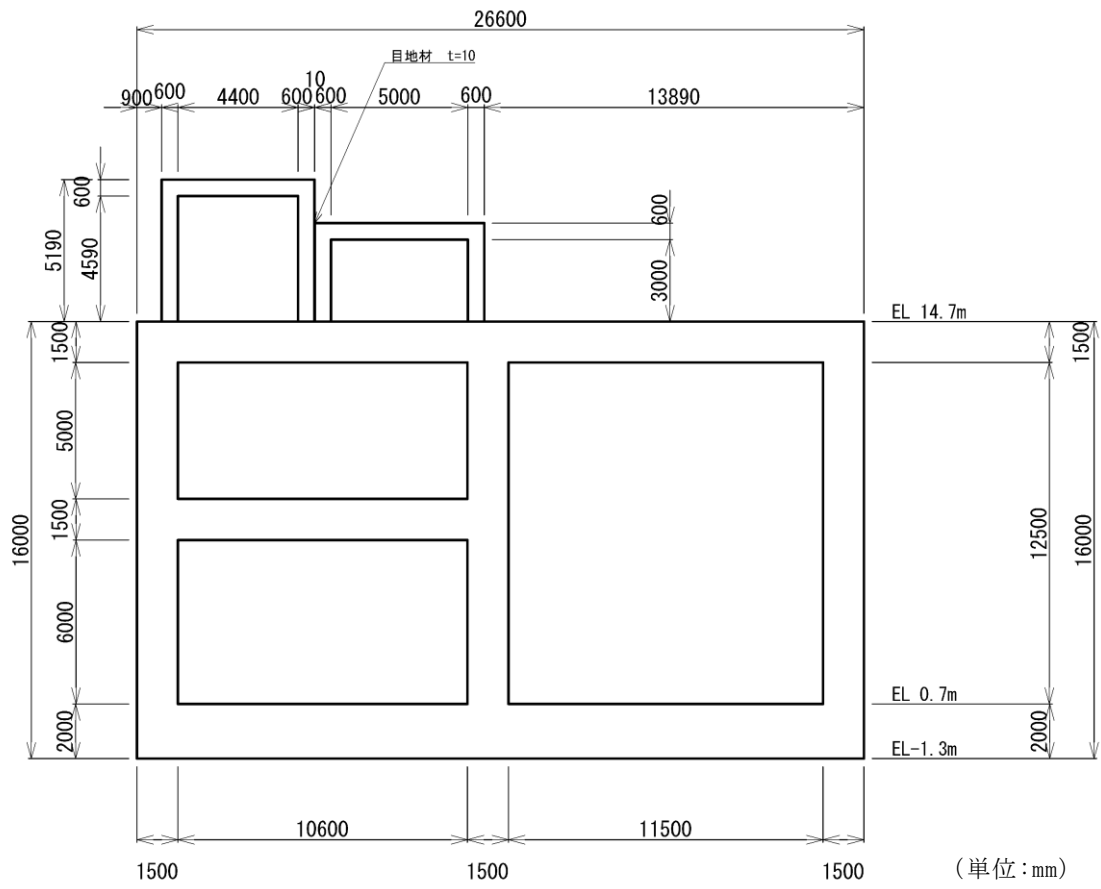


図 2-5 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (C-C断面)

2.3 解析方針

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、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 2-6 に低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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時刻歴非線形解析により行うこととし、地盤物性のばらつきを適切に考慮する。

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スペクトルの作成に用いる。また、変形、断面力及び基礎地盤の接地圧は、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震評価に用いる。

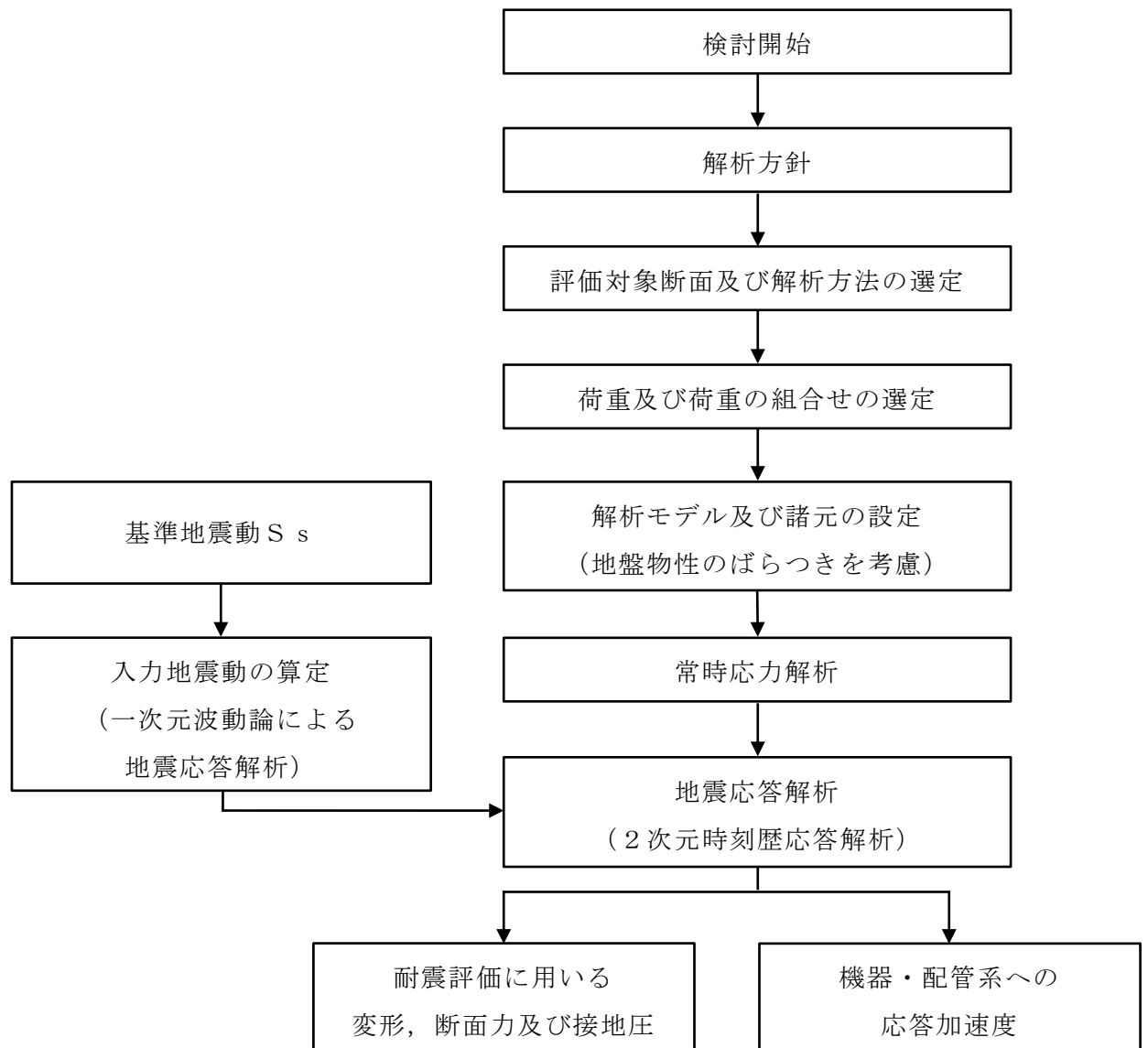


図 2-6 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）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（（社）土木学会，2005年）
- ・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）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する床応答算定断面は、図 3-1 の A-A 断面、B-B 断面及び C-C 断面とする。

水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの影響確認については、図 3-1 の C-C 断面の妻壁に対して実施することとし、評価結果は VI-2-12 「水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せに関する影響評価結果」にて示す。

評価対象断面を図 3-2～図 3-4 に示す。

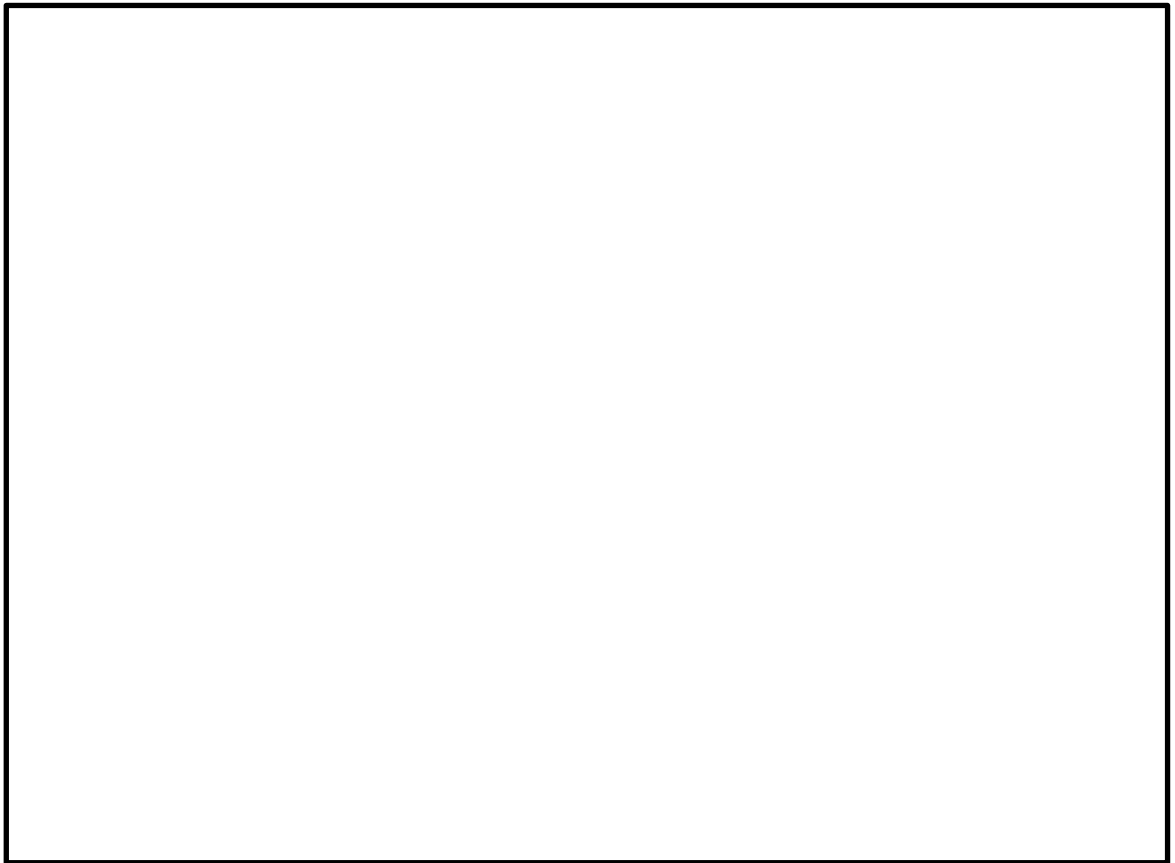


図 3-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面位置図

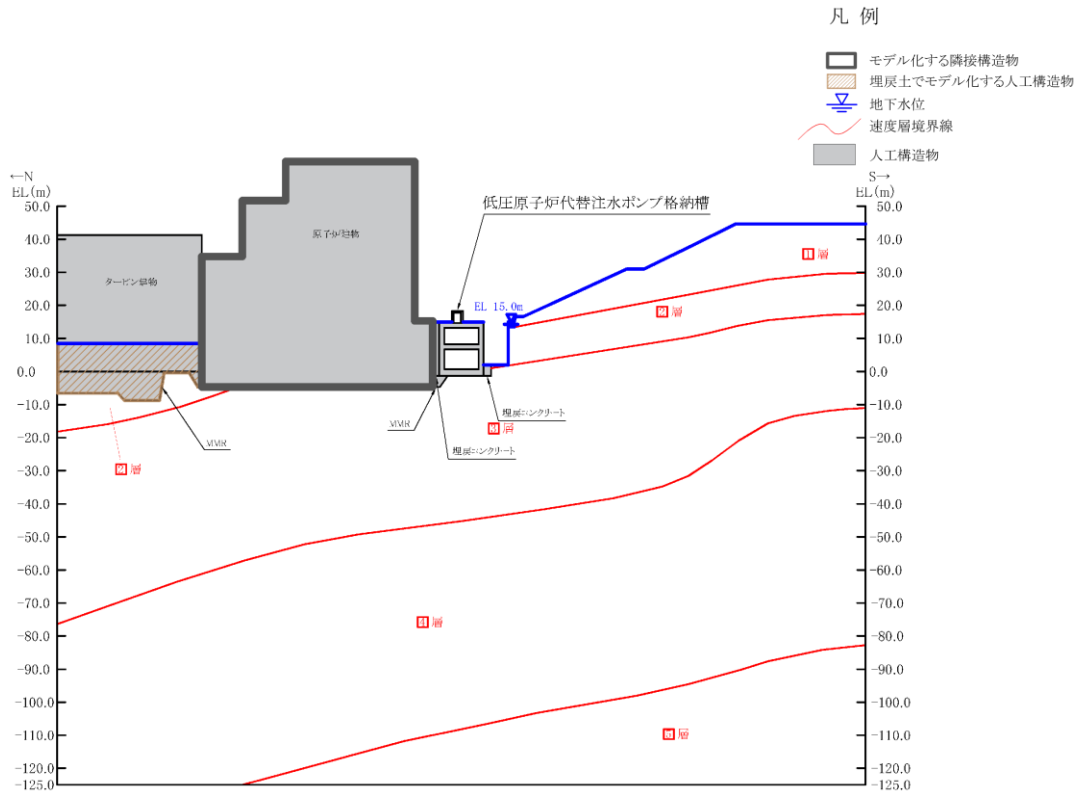


図 3-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (A-A 断面位置)

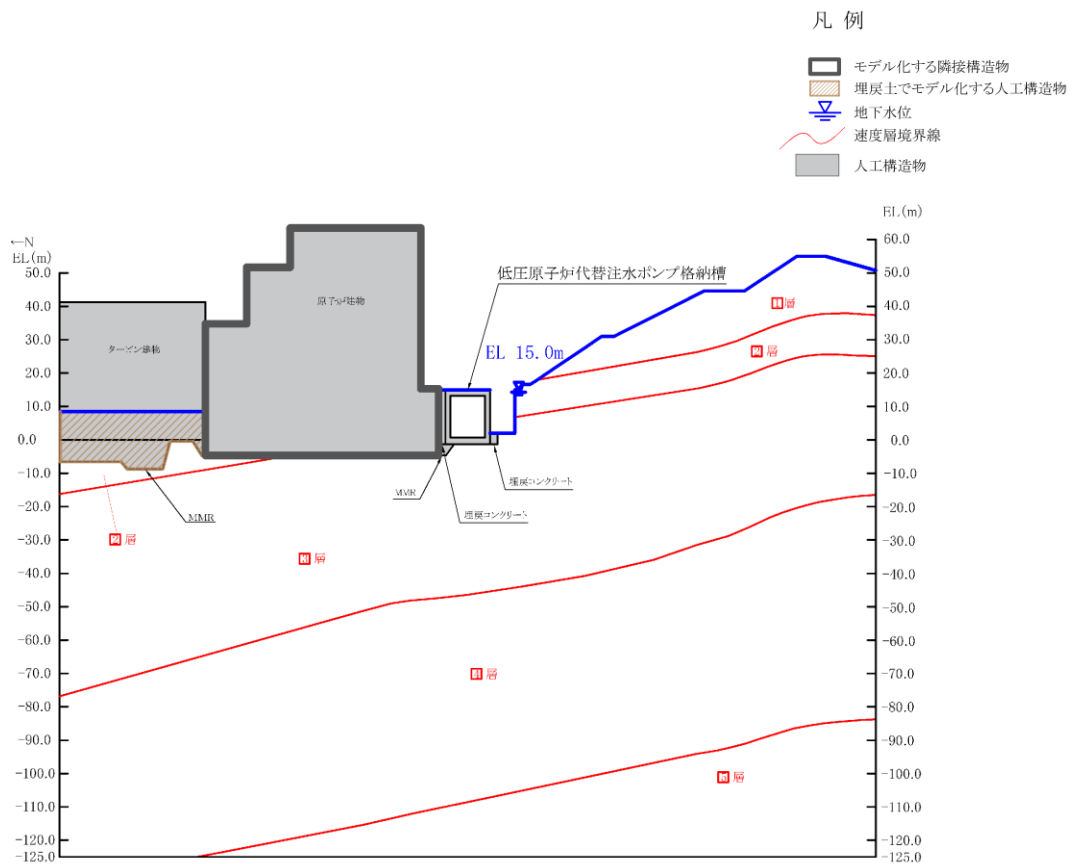


図 3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (B-B 断面位置)

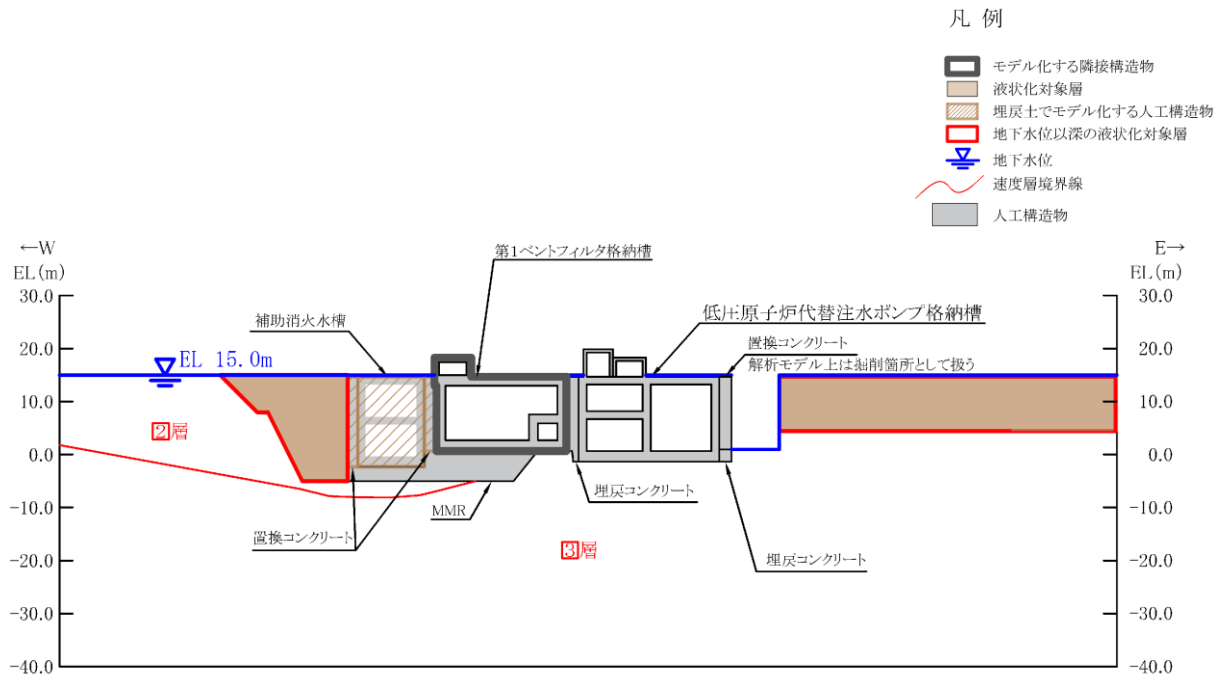


図 3-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (C-C 断面位置)

3.2 解析方法

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析は、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2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。A-A断面、B-B断面及びC-C断面は、施設周辺の設計地下水位が底版より高いが、施設周辺に地下水位以深の液状化対象層が存在しないため、解析手法の選定フローに基づき全応力解析を選定する。

構造部材については、非線形はり要素を用いることとし、構造部材の非線形特性については、ファイバーモデルで考慮する。また、地盤については、平面ひずみ要素でモデル化することとし、岩盤は線形でモデル化する。埋戻土については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル（修正GHEモデル）を用いて非線形性を考慮する。なお、埋戻コンクリートについては線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

地震応答解析については、解析コード「TDA P III」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、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図3-5に示すとおり、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3-6に示すコンクリートの応力-ひずみ関係を考慮する。また、図3-7に鉄筋の応力-ひずみ関係を示す。

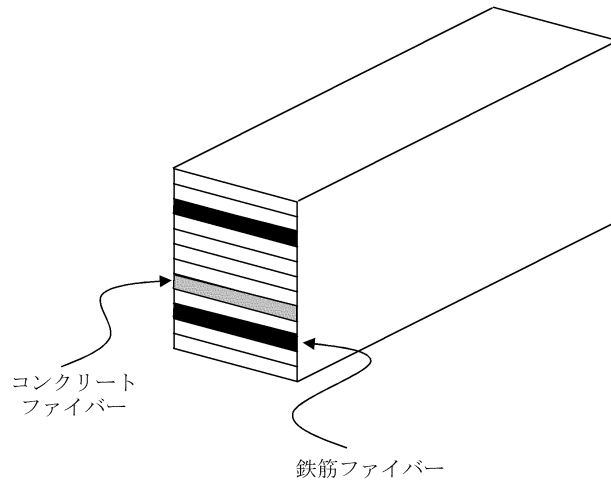
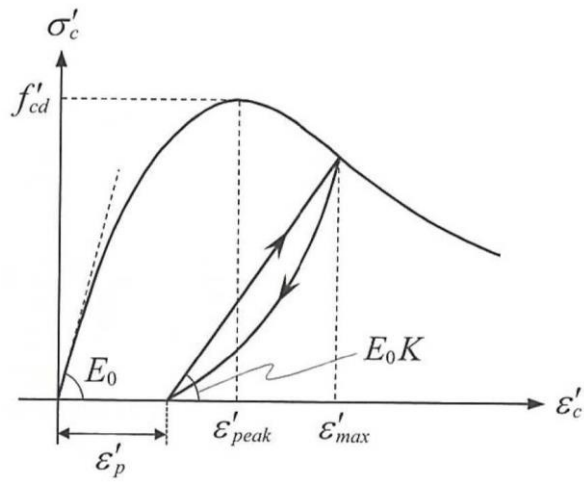
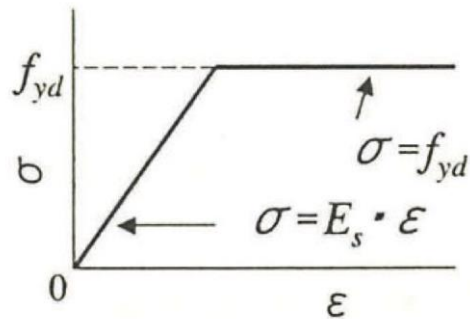


図 3-5 ファイバーモデルの概念図



(「コンクリート標準示方書[設計編] ((社) 土木学会, 2017 年制定) 」より引用)

図 3-6 構造部材の非線形特性 (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[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) 」より引用)

図 3-7 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は地中に埋設された鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，周辺には埋戻土のような動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しておらず，主にC_M級及びC_H級岩盤が分布していることから，これらの地盤が地震時の構造物への応答に大きく影響を与えると判断し，岩盤の動せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

ばらつきを考慮する物性値は地盤のせん断変形を定義するせん断弾性係数とし，平均値を基本ケース（表3-1に示すケース①）とした場合に加えて，平均値±1.0×標準偏差（ σ ）のケース（表3-1に示すケース②及び③）について確認を行う。

地盤のばらつきの設定方法の詳細は，「3.2.4 地震応答解析の解析ケース選定」に示す。

表3-1 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値	平均値 + 1 σ
ケース③	平均値	平均値 - 1 σ

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	6.495×10^{-1}	1.108×10^{-3}
B-B断面	6.473×10^{-1}	1.098×10^{-3}
C-C断面	1.367×10^{-1}	2.611×10^{-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、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①（基本ケース）において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。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
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○	基準地震動 S_s （6波）に位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、ケース①（基本ケース）を実施し、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各照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合は、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。
		-+*	○	
		+ -*	○	
		--*	○	
	$S_s - F1$	++*	○	
	$S_s - F2$	++*	○	
	$S_s - N1$	++*	○	
		-+*	○	
	$S_s - N2$ (NS)	++*	○	
		-+*	○	
$S_s - N2$ (EW)	++*	○		
	-+*	○		

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

(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表 3-1 に示す解析ケース①に加え、解析ケース②及び③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
			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
地震動 (位相)	S _s -D	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
		+ -*	○	○	○
		--*	○	○	○
	S _s -F1	++*	○	○	○
	S _s -F2	++*	○	○	○
	S _s -N1	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
	S _s -N2 (NS)	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○
	S _s -N2 (EW)	++*	○	○	○
		-+*	○	○	○

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

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、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

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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。風の影響は地震力と比較して小さいため考慮しない。

(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

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽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、躯体自重及び機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、土圧、水圧及び積雪荷重 (P_s) を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則(平成17年3月31日、松江市規則第234号)」により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(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

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、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 を一次元波動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、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」のうち「7.1 入力地震動の設定に用いる地下構造モデル」を用いる。

図3-8に入力地震動算定の概念図を示す。入力地震動の算定には、解析コード「SHAKE」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

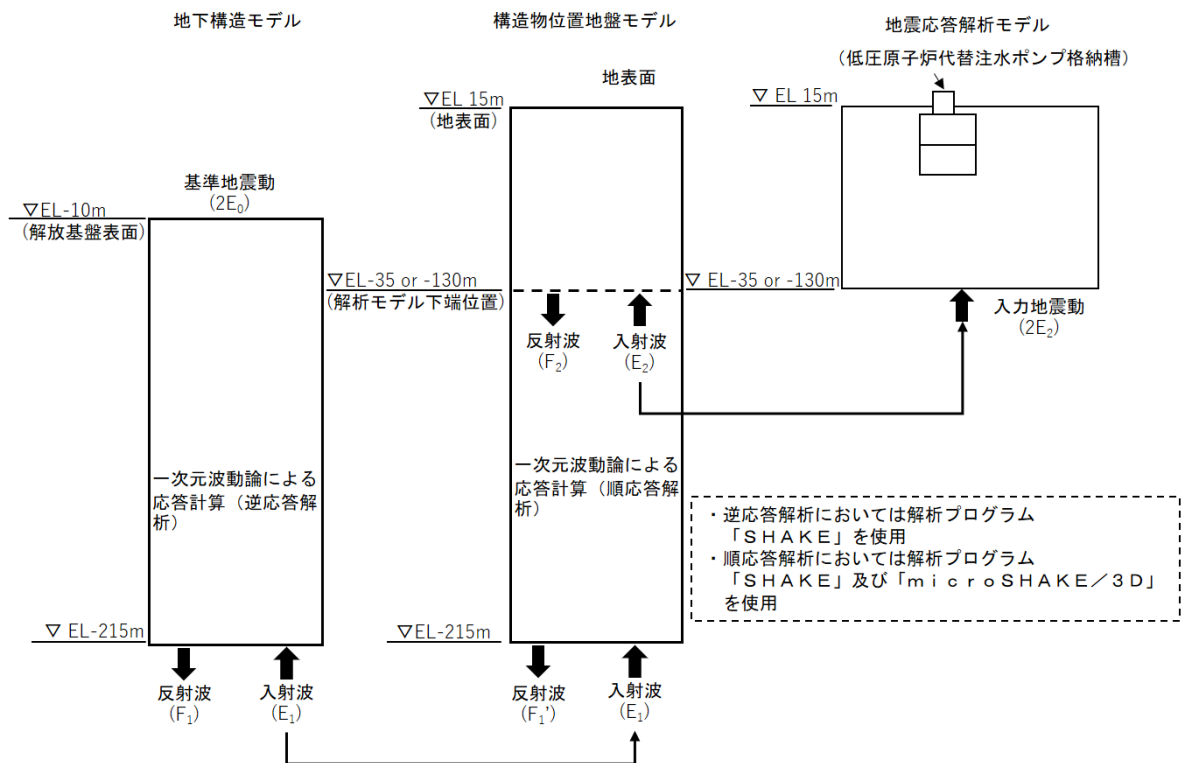
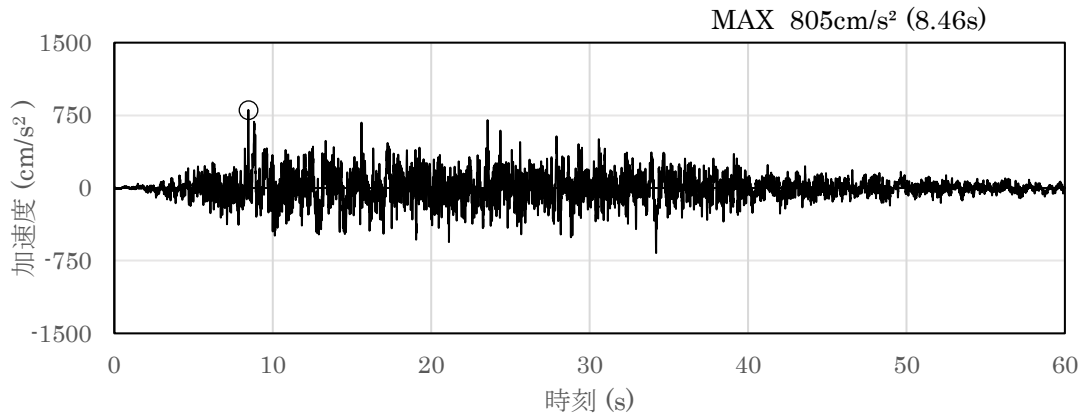


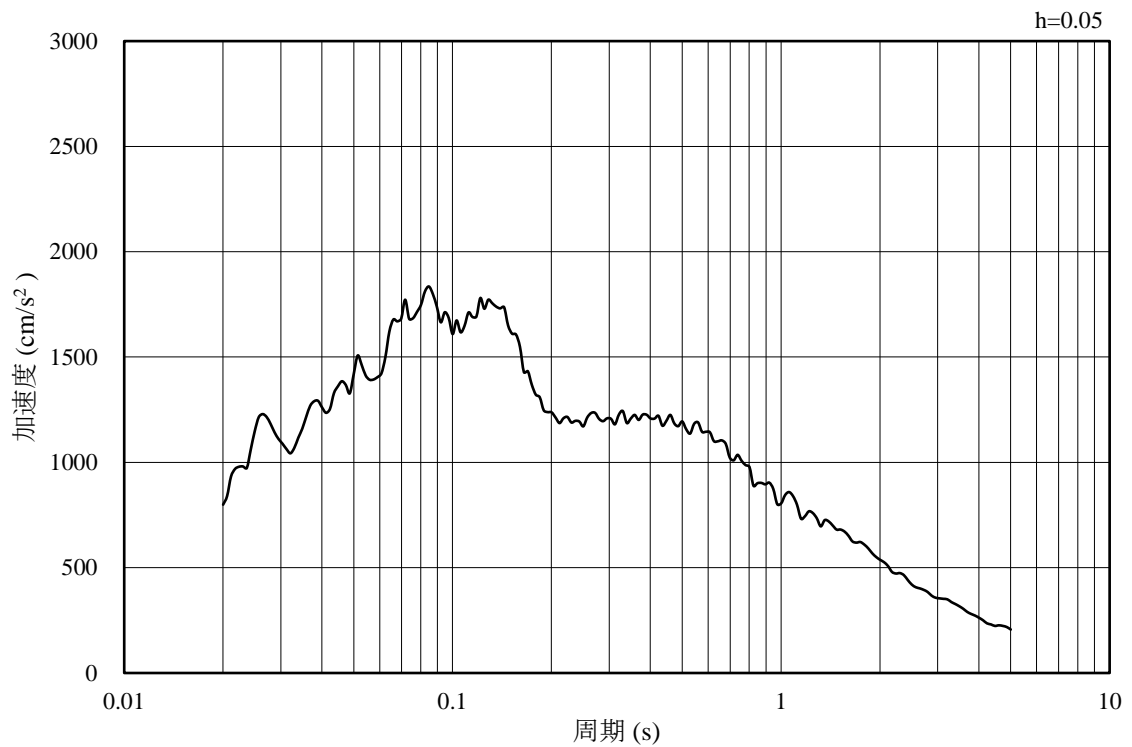
図3-8 入力地震動算定の概念図

3.4.1 A-A断面及びB-B断面の入力地震動

図3-9～図3-20にA-A断面及びB-B断面の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。

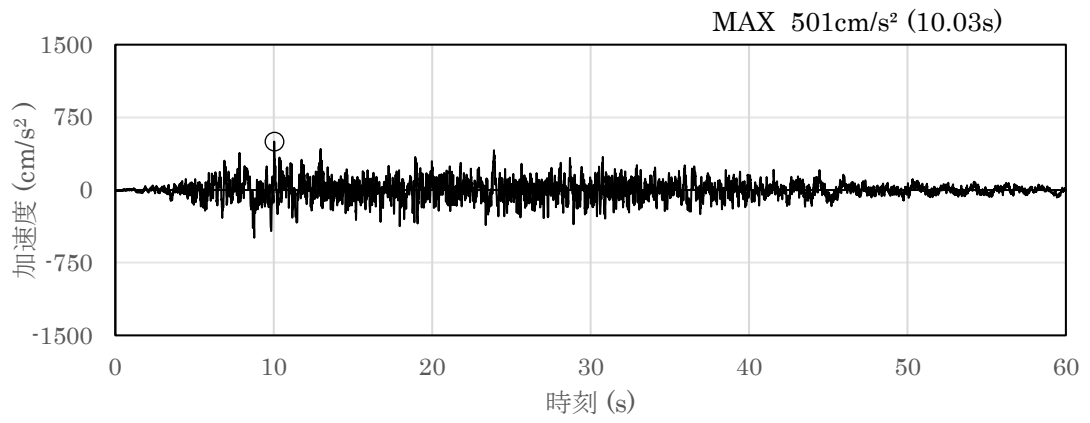


(a) 加速度時刻歴波形

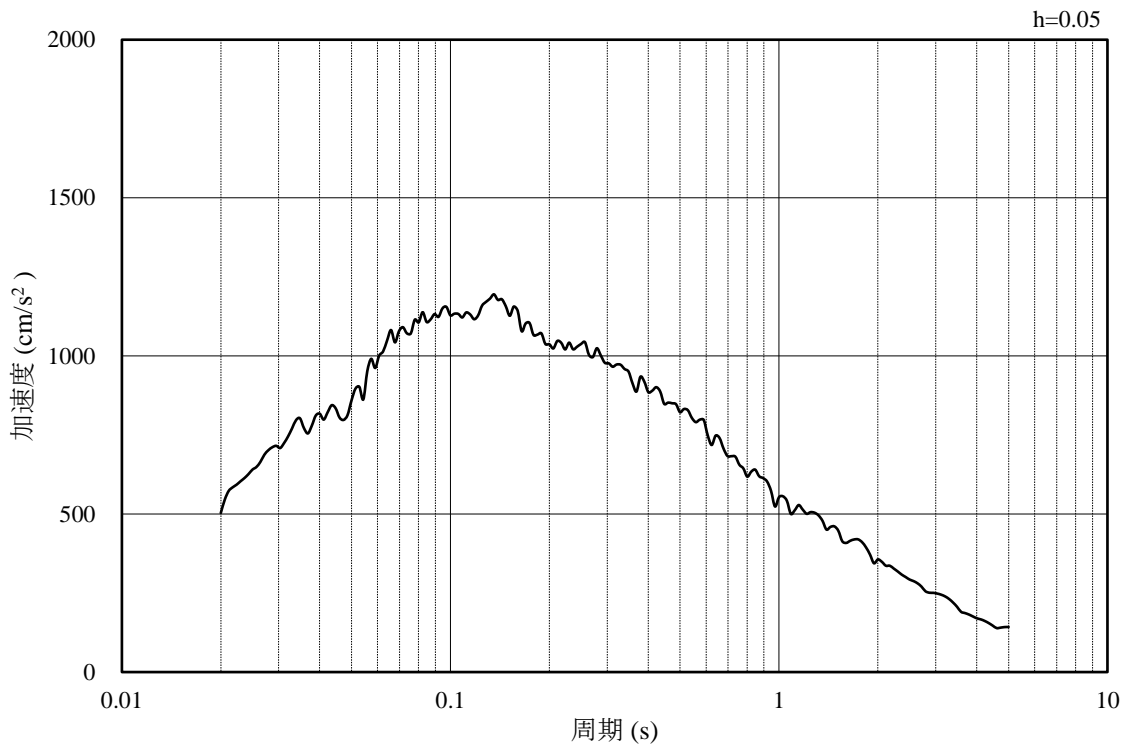


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

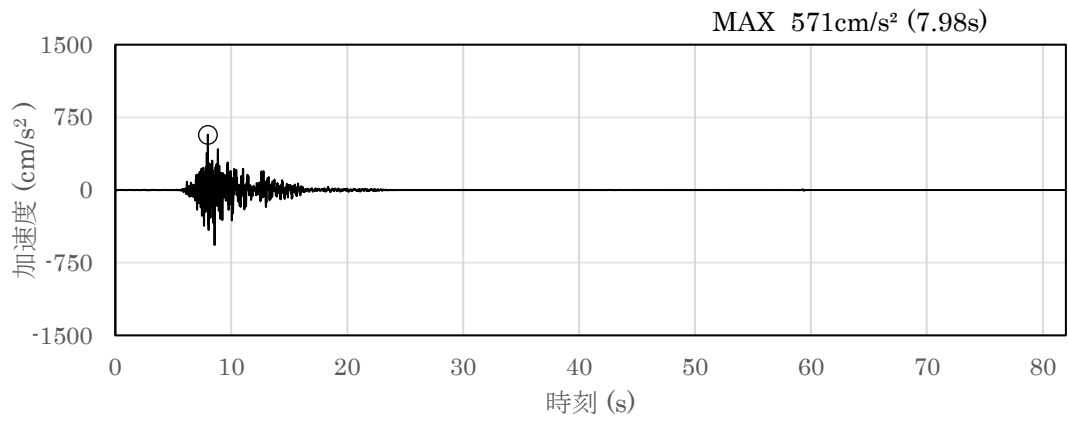


(a) 加速度時刻歴波形

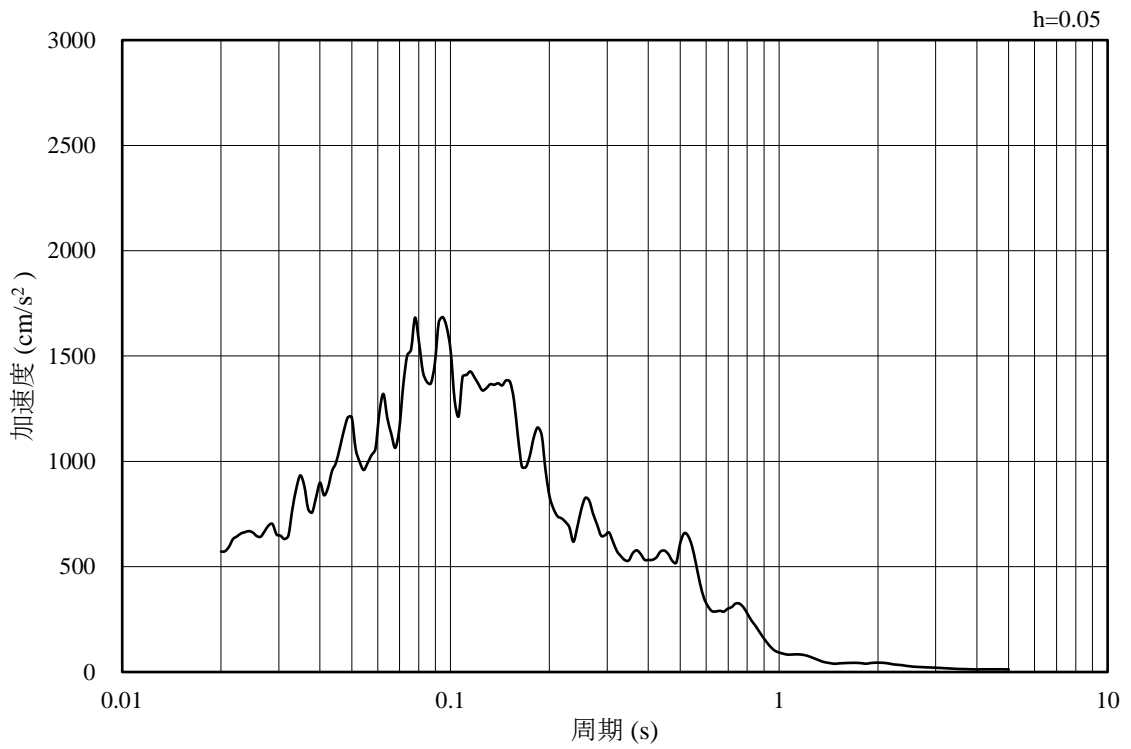


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

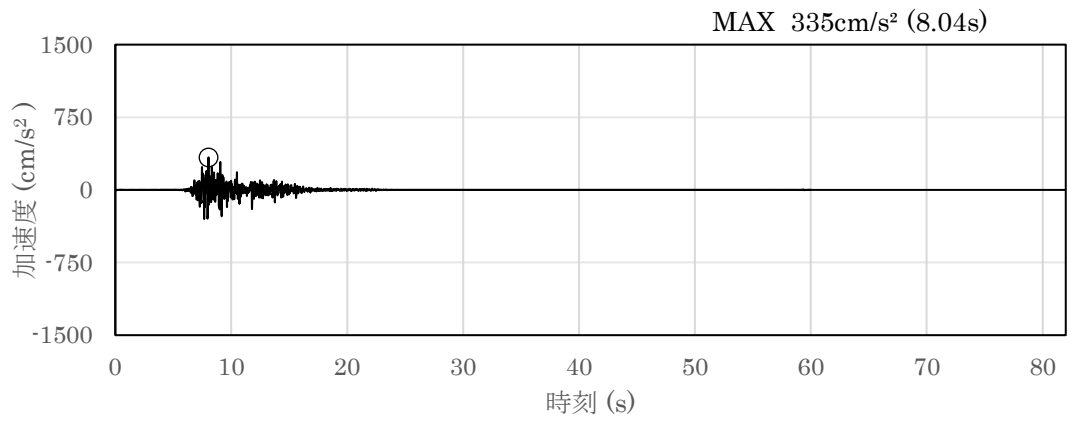


(a) 加速度時刻歴波形

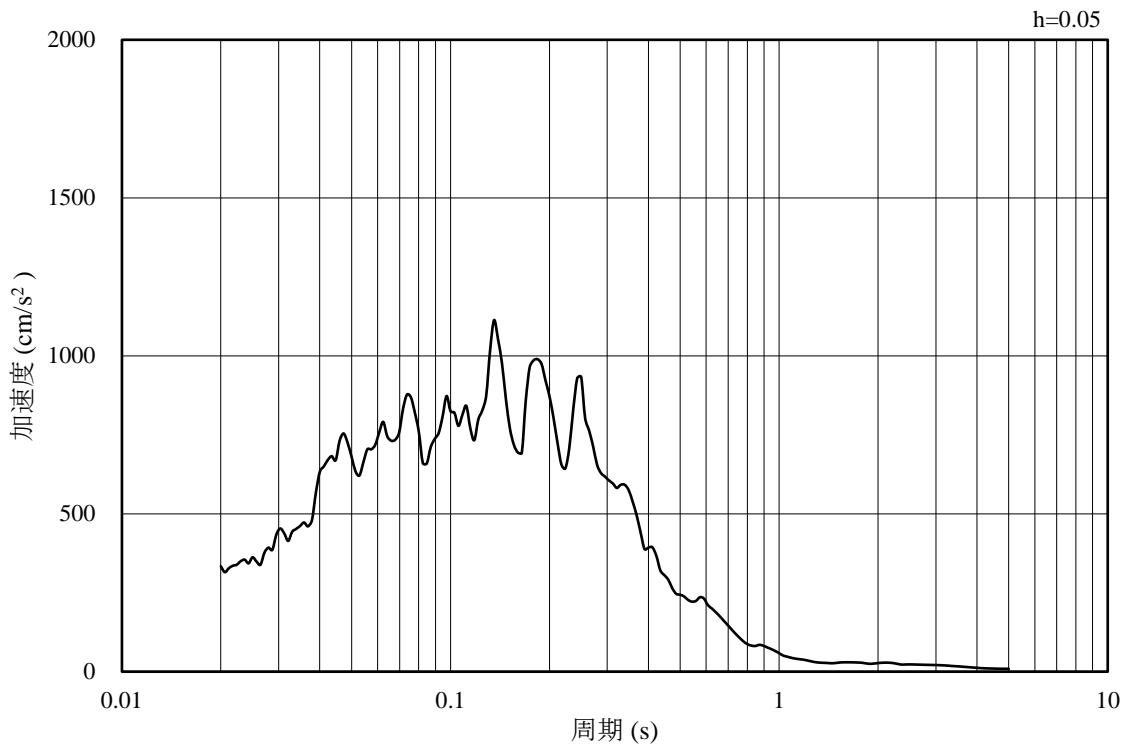


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

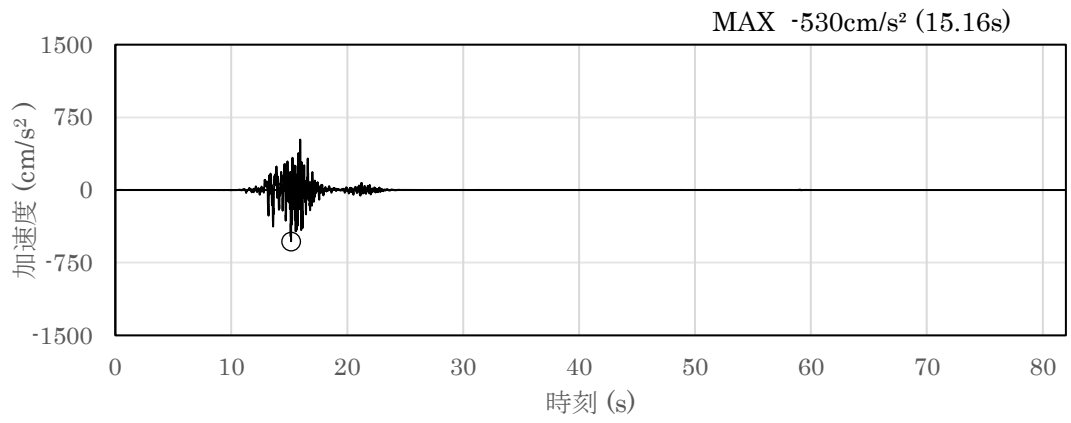


(a) 加速度時刻歴波形

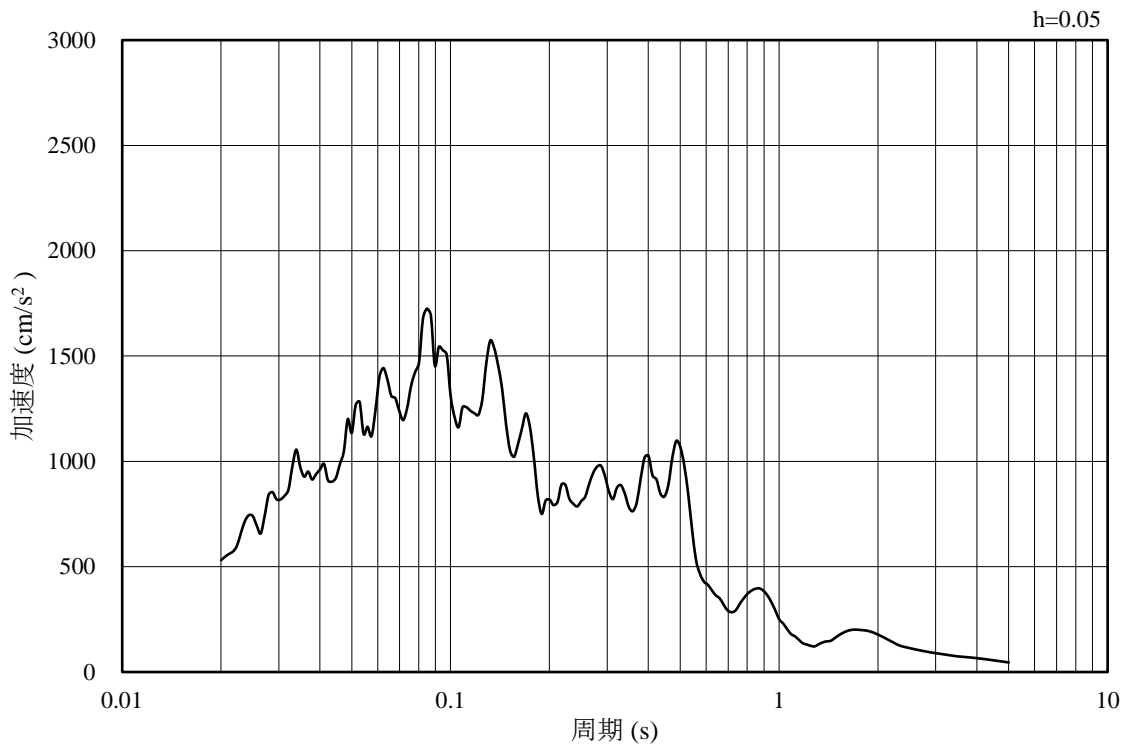


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

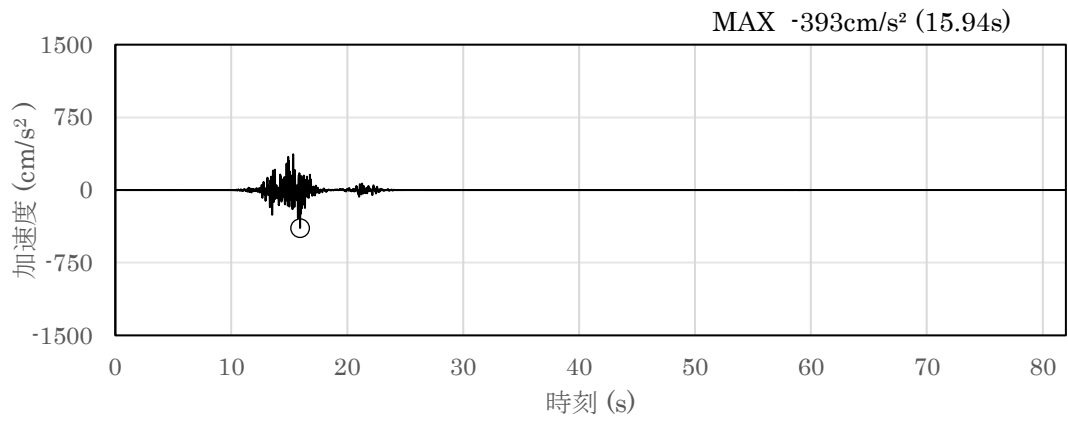


(a) 加速度時刻歴波形

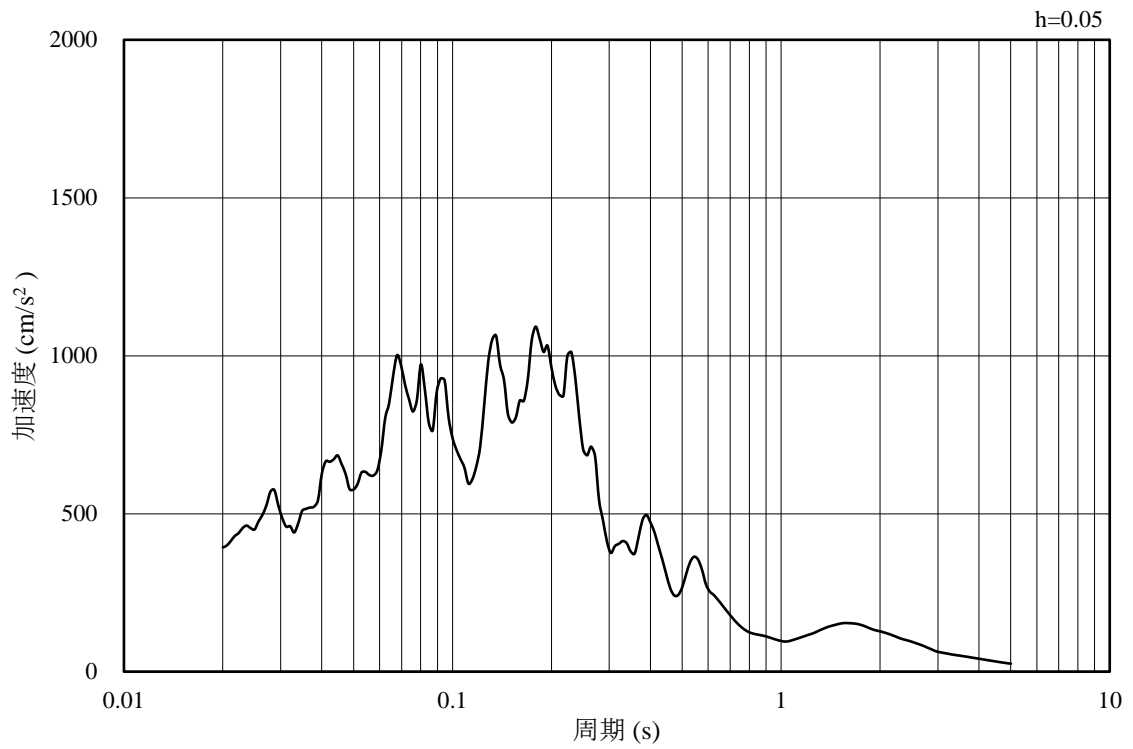


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

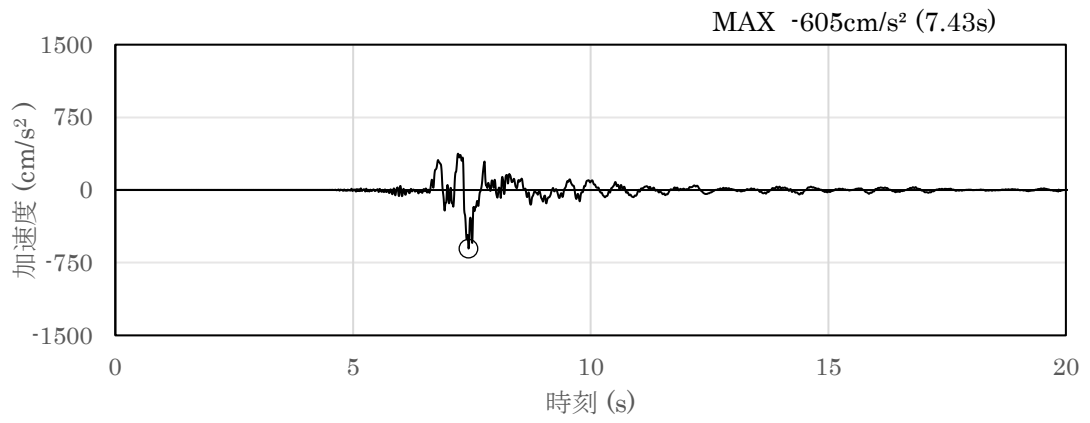


(a) 加速度時刻歴波形

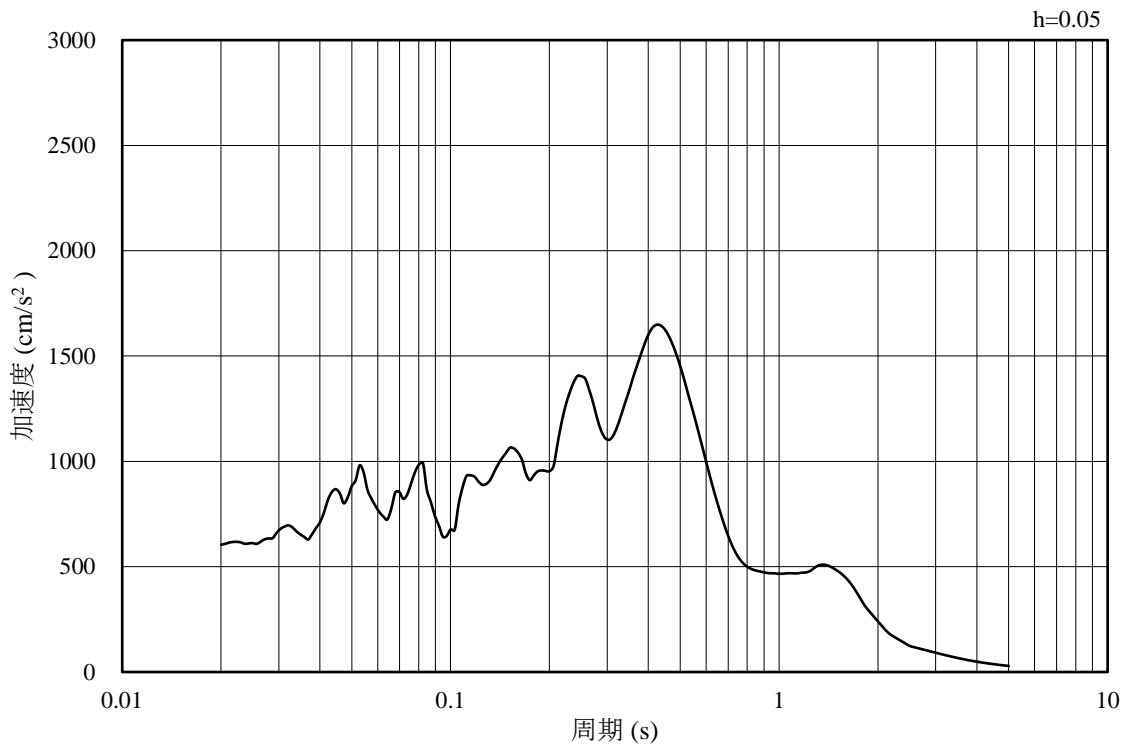


(b) 加速度応答スペクトル

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, EL-130m)

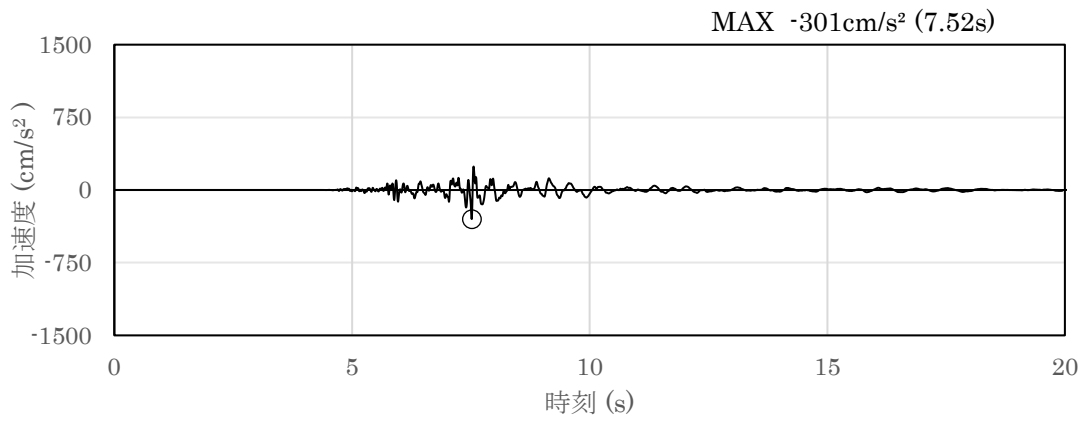


(a) 加速度時刻歴波形

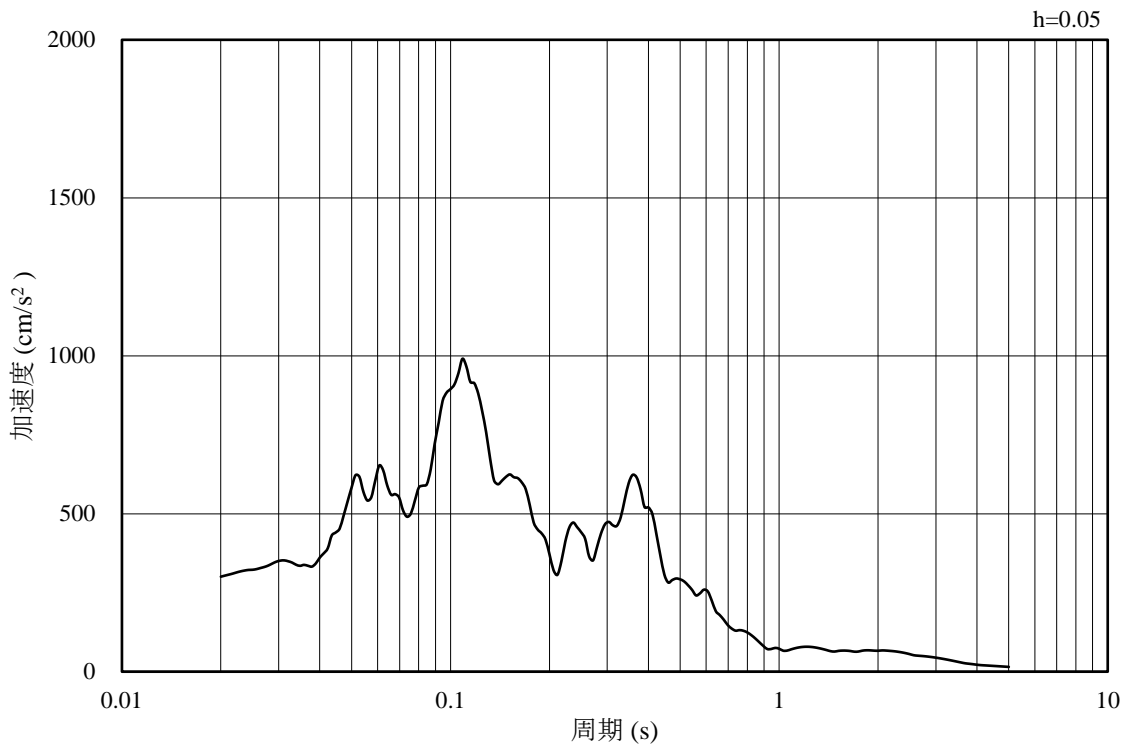


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 1, EL-130m)

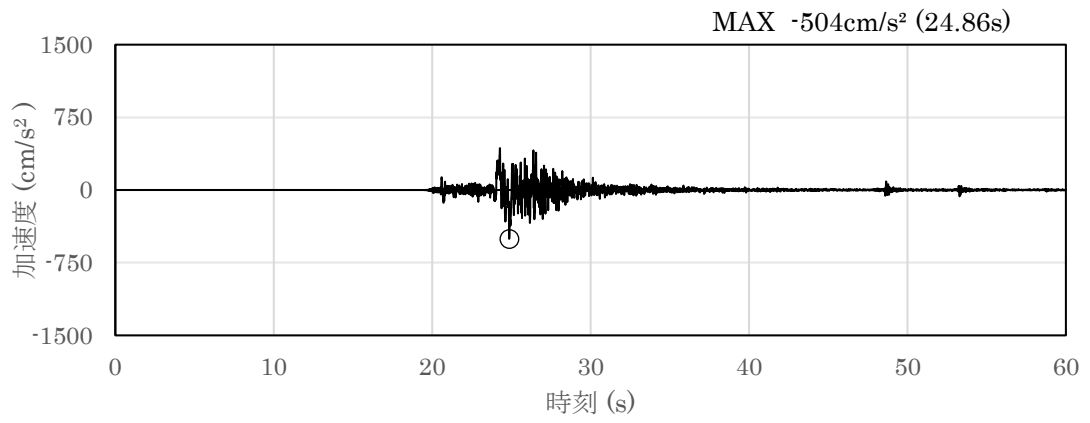


(a) 加速度時刻歴波形

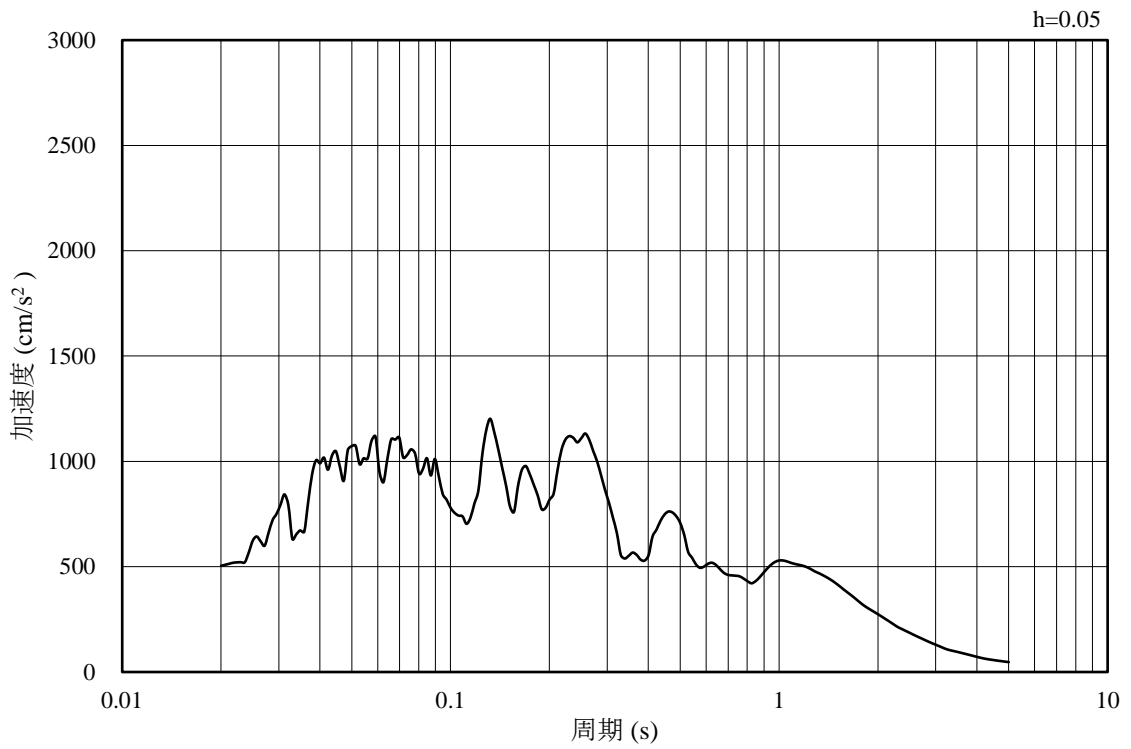


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 1, EL-130m)

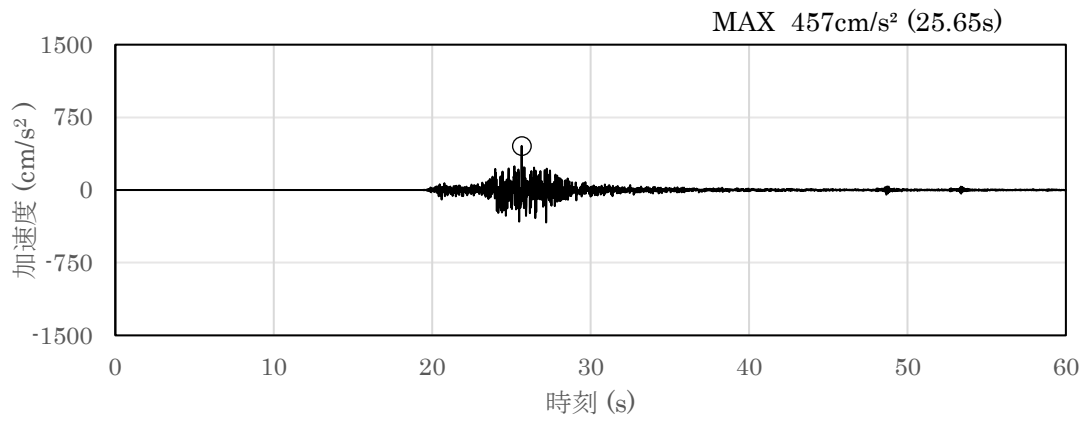


(a) 加速度時刻歴波形

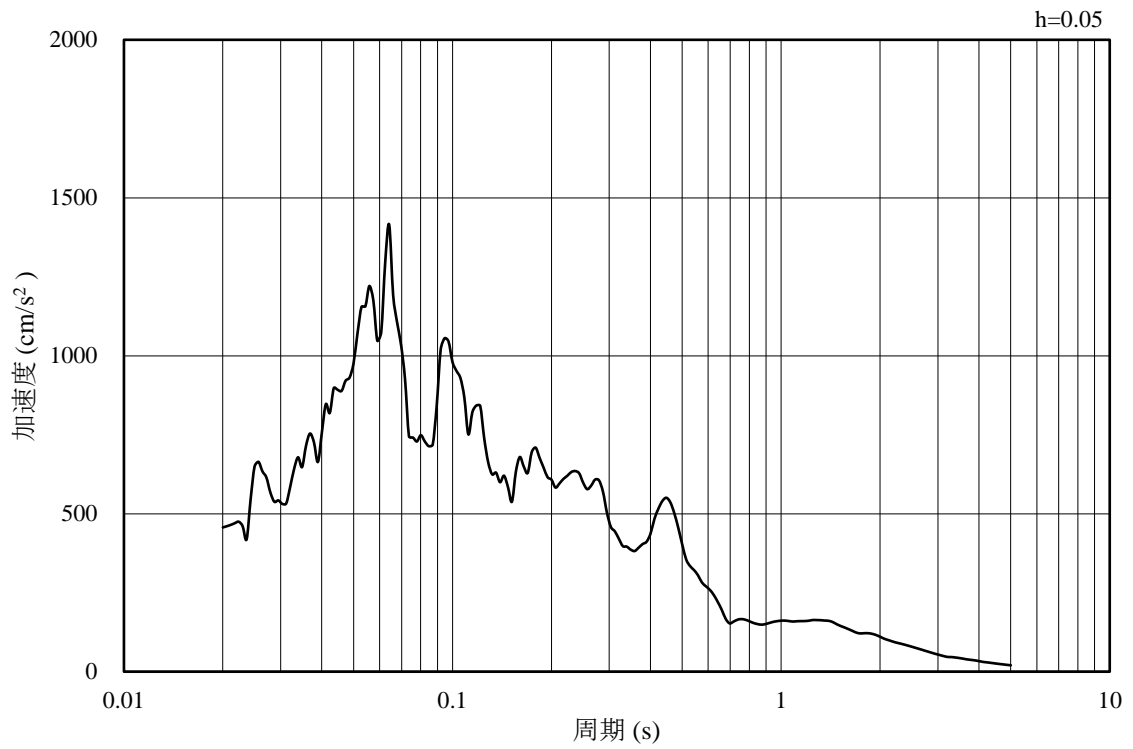


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (N S), EL-130m)

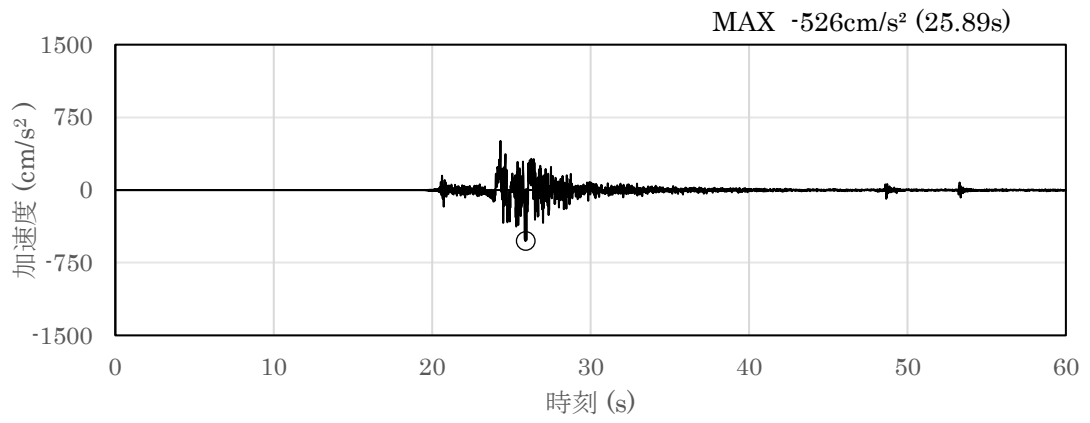


(a) 加速度時刻歴波形

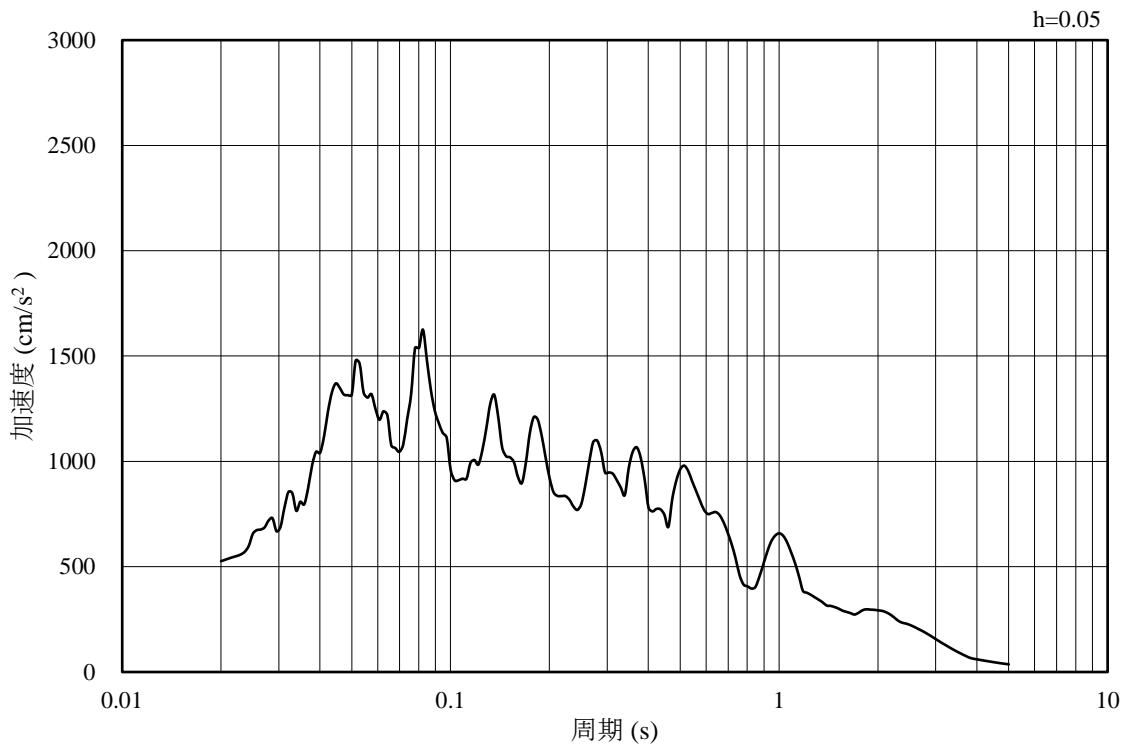


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (N S), EL-130m)

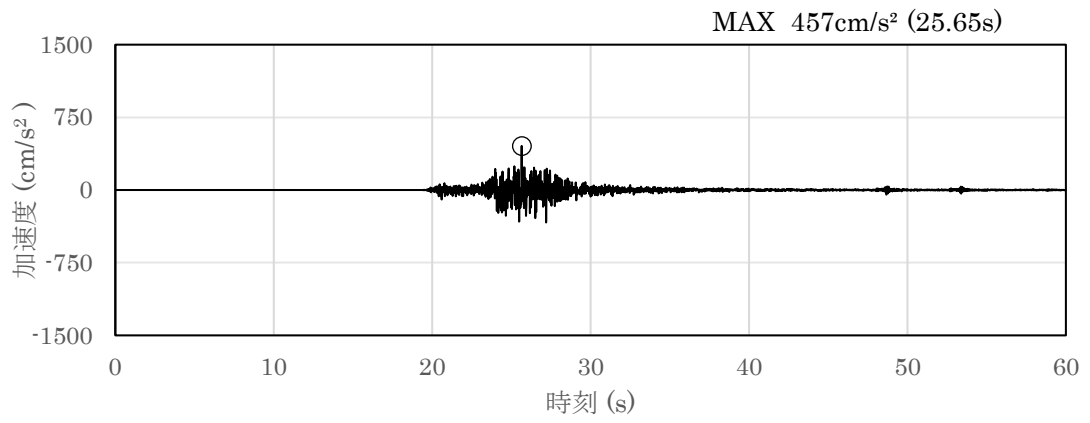


(a) 加速度時刻歴波形

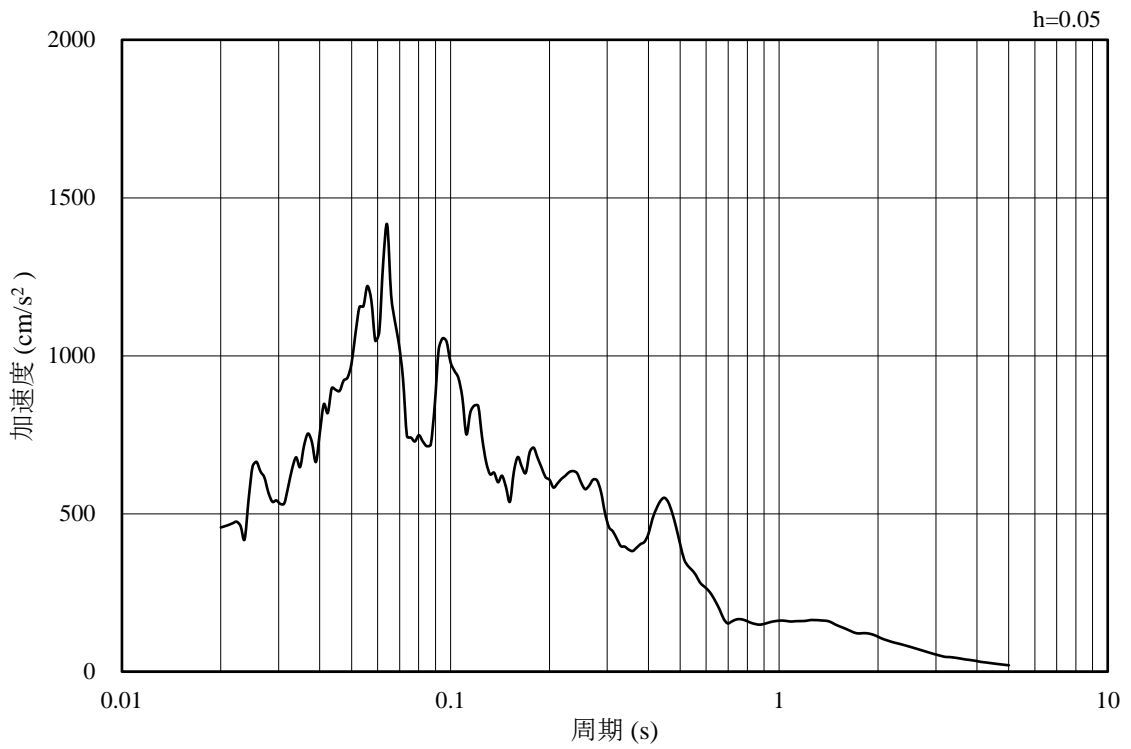


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (E W), EL-130m)



(a) 加速度時刻歴波形

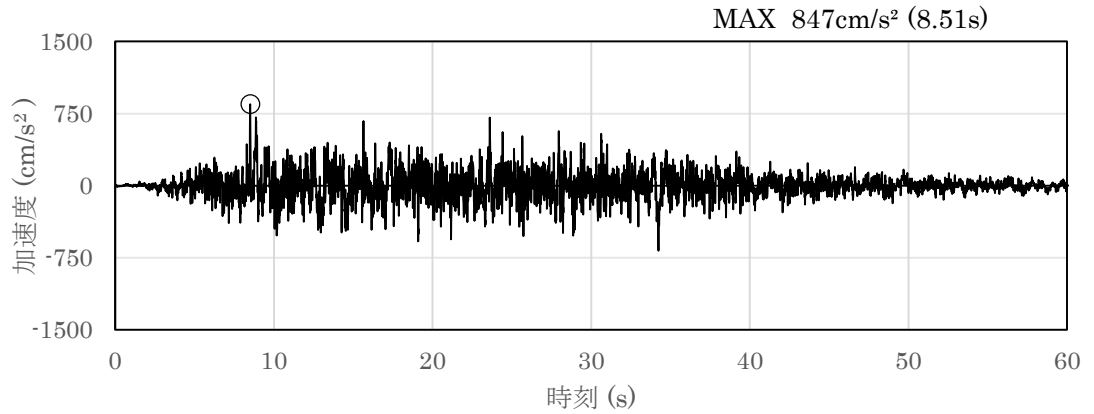


(b) 加速度応答スペクトル

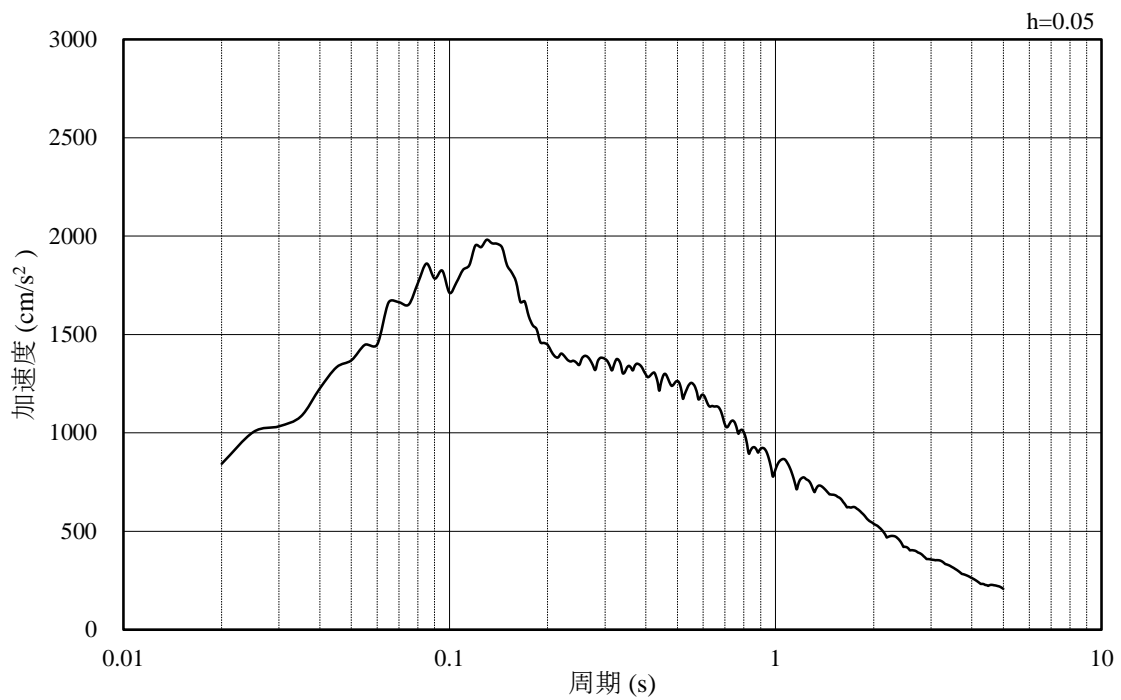
図 3-20 入力地震動の加速度時刻歴波形及び加速度応答スペクトル
(鉛直成分：S s - N 2 (E W), EL-130m)

3.4.2 C-C断面の入力地震動

図3-21～図3-32にC-C断面の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。

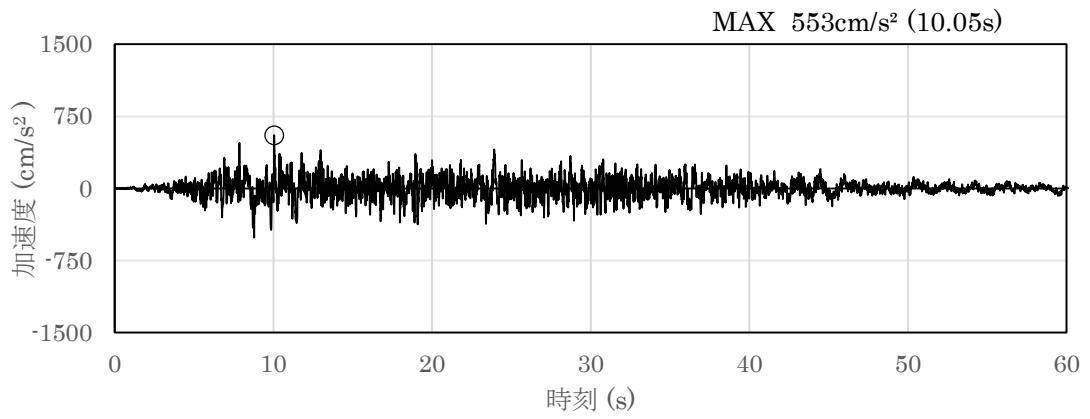


(a) 加速度時刻歴波形

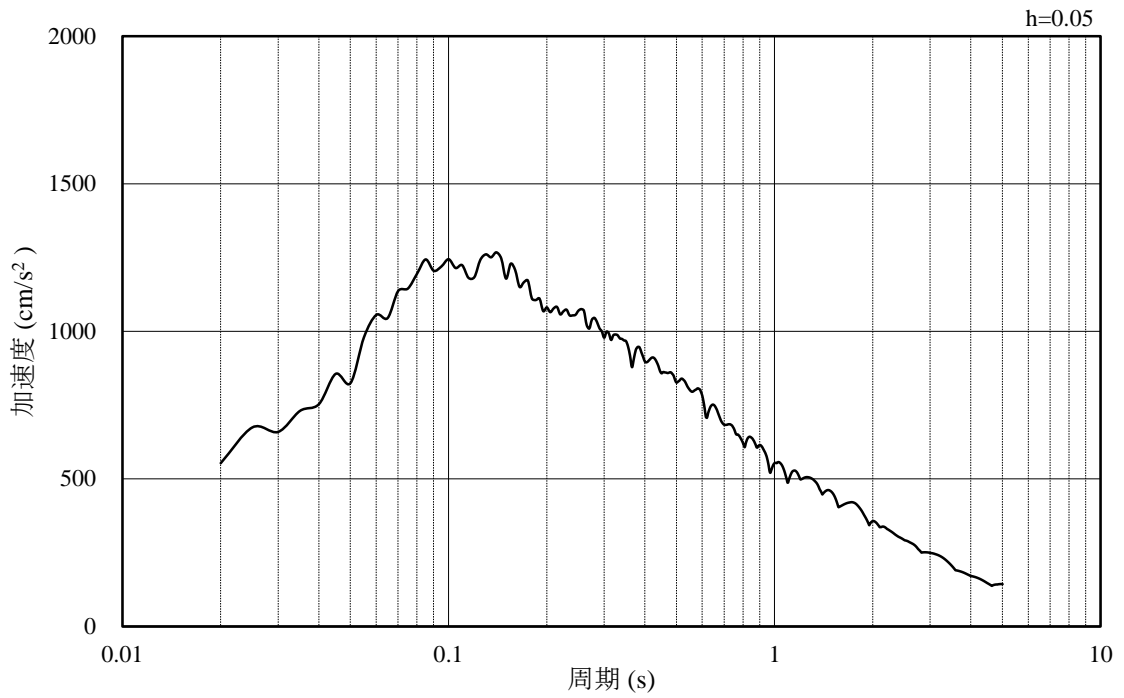


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - D, EL-35m)

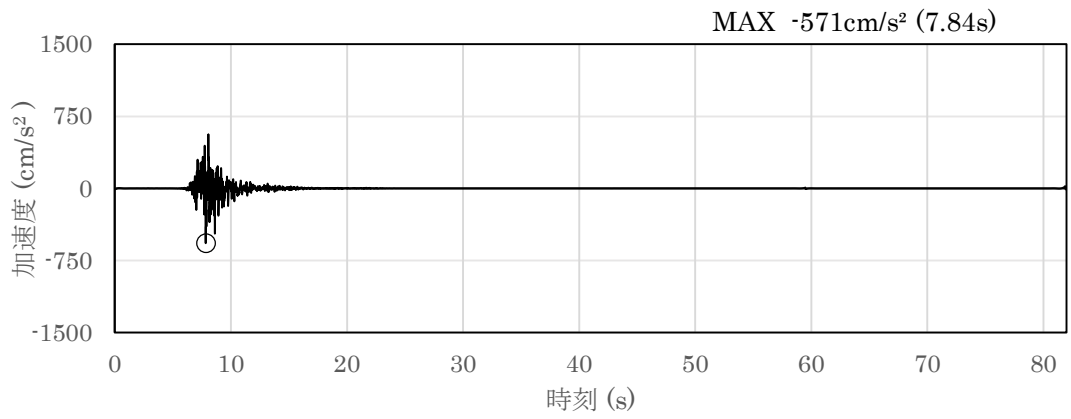


(a) 加速度時刻歴波形

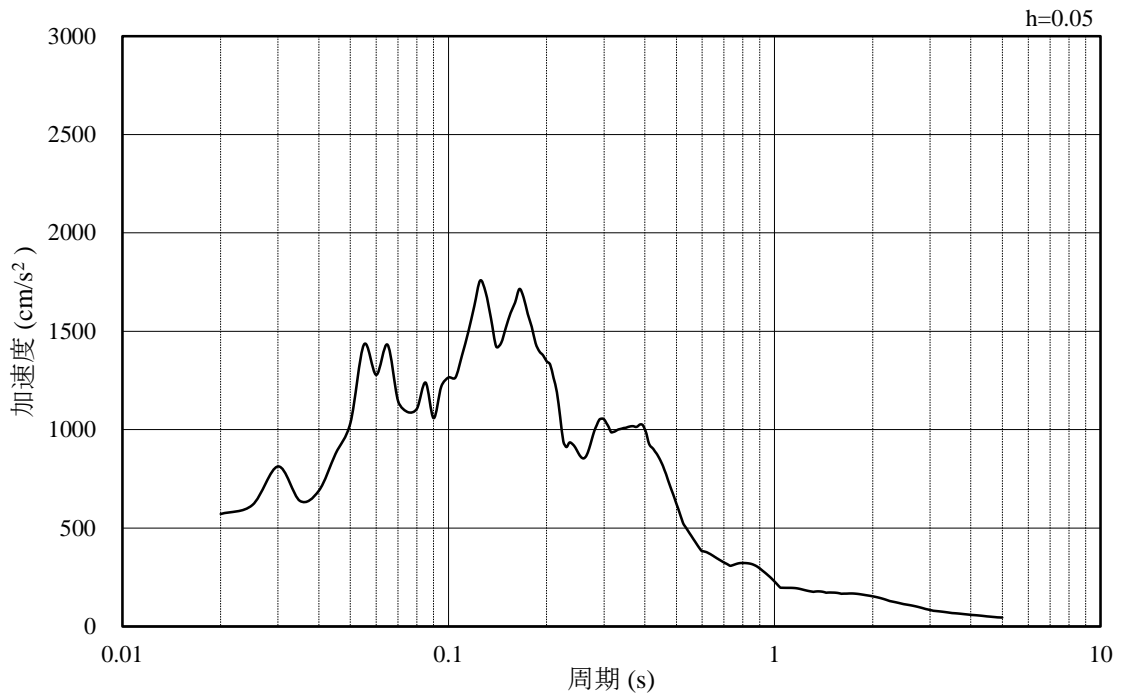


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - D, EL-35m)

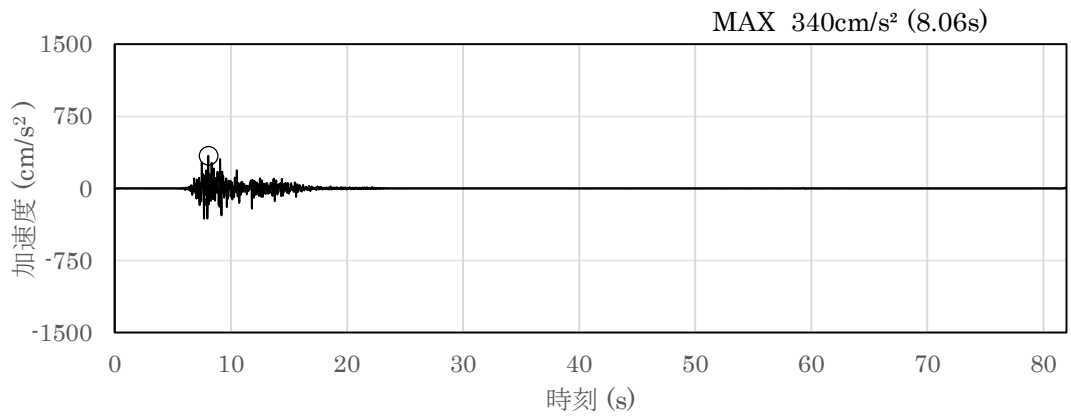


(a) 加速度時刻歴波形

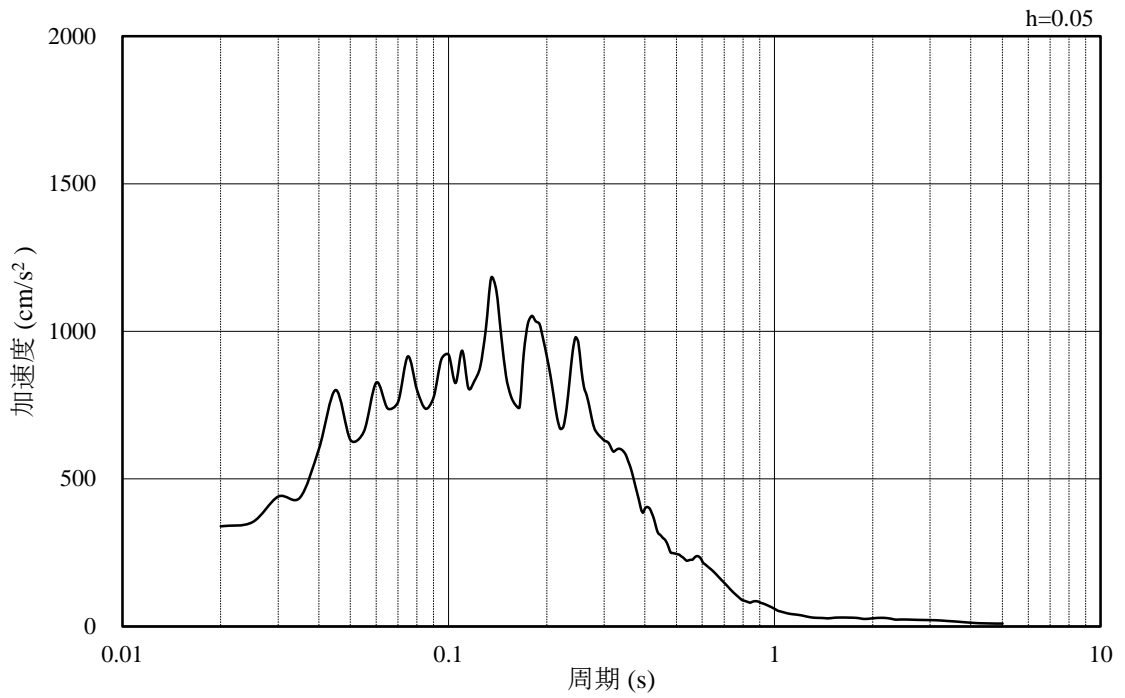


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - F 1 , EL-35m)

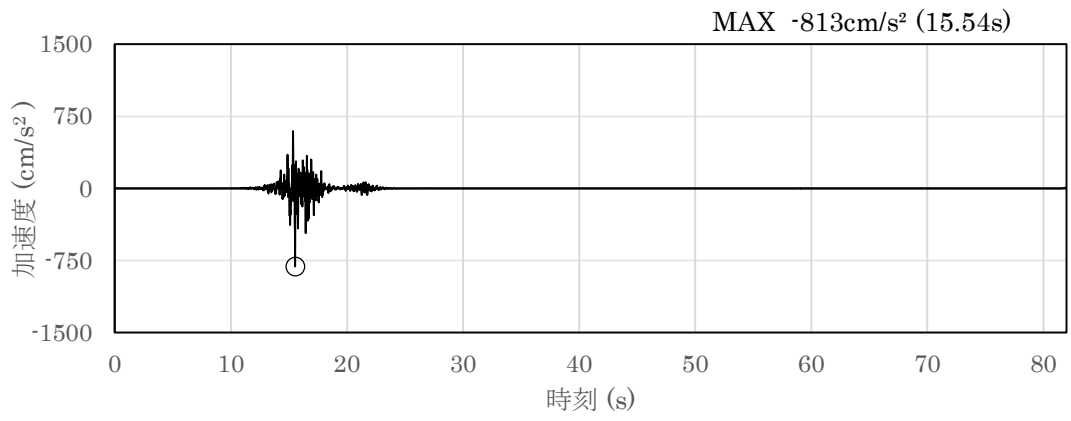


(a) 加速度時刻歴波形

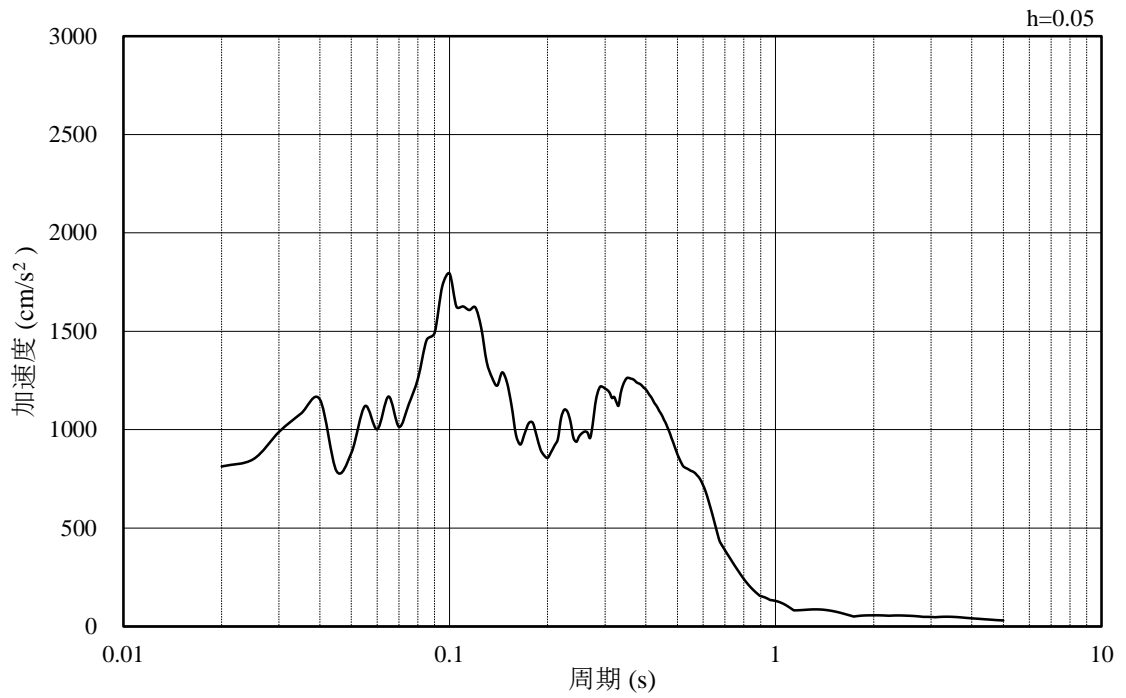


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - F 1, EL-35m)

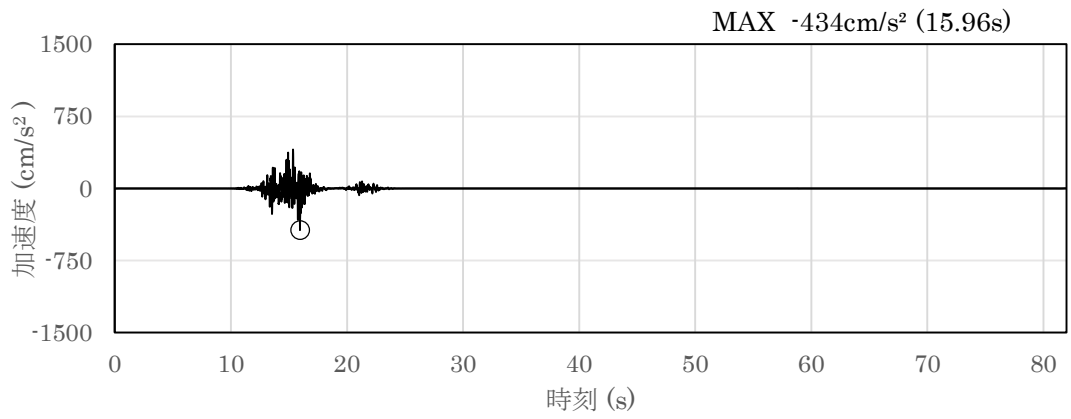


(a) 加速度時刻歴波形

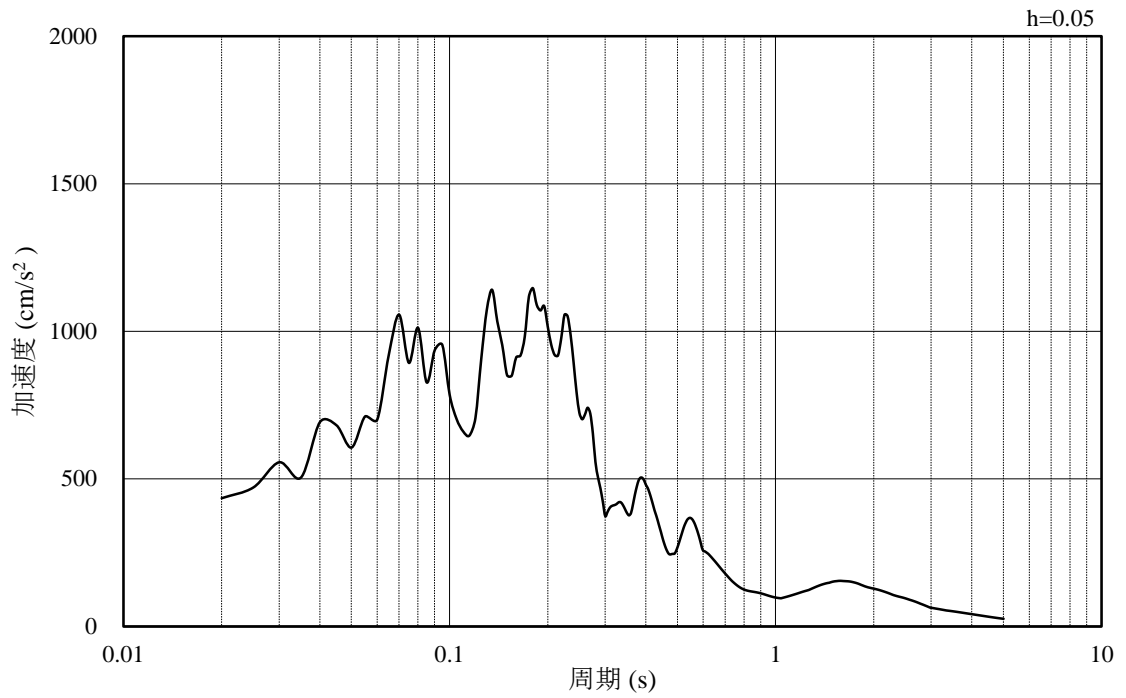


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - F 2, EL-35m)

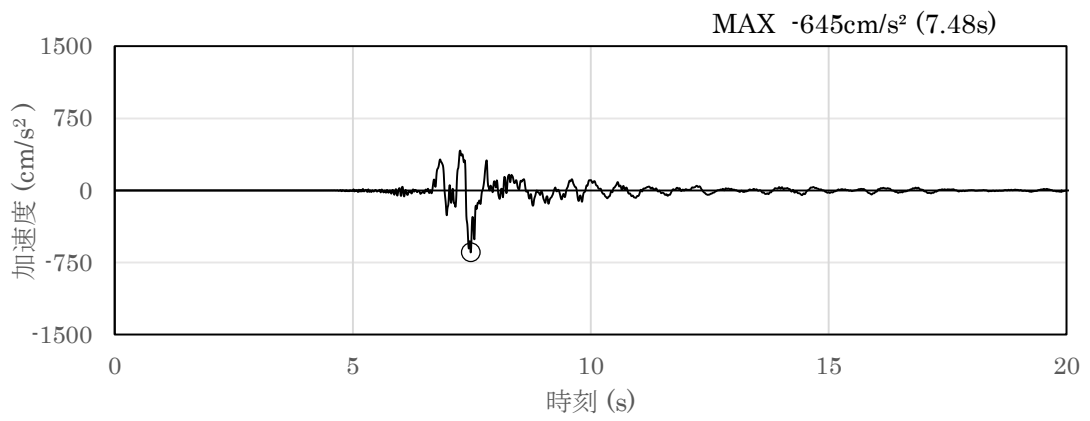


(a) 加速度時刻歴波形

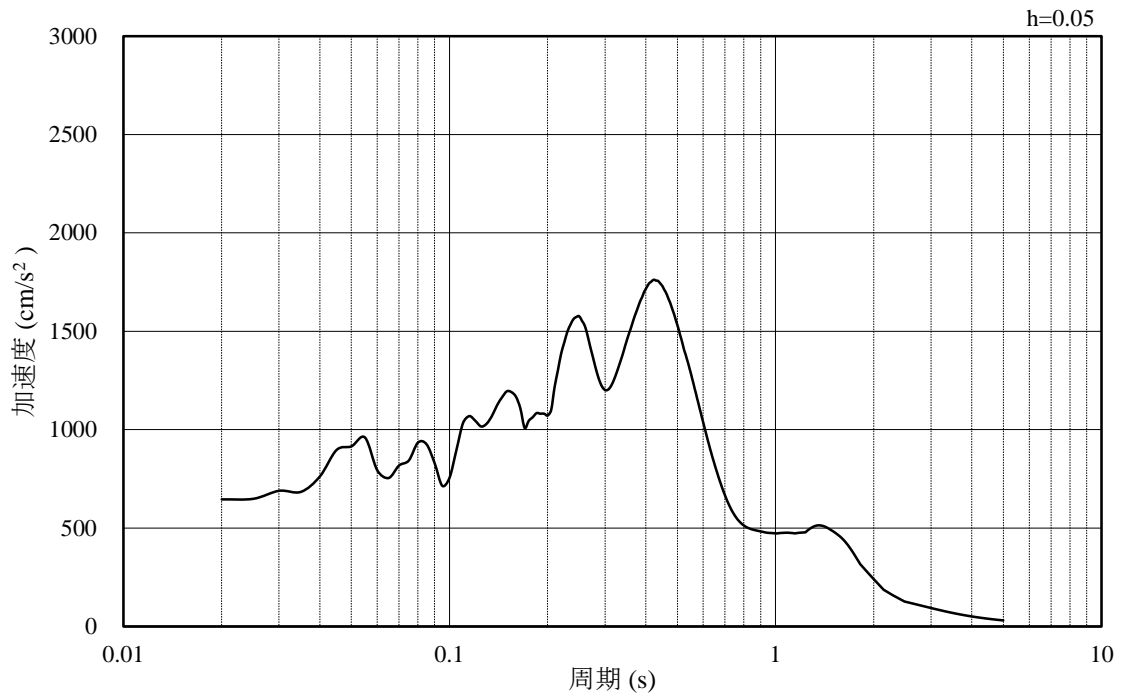


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - F 2, EL-35m)

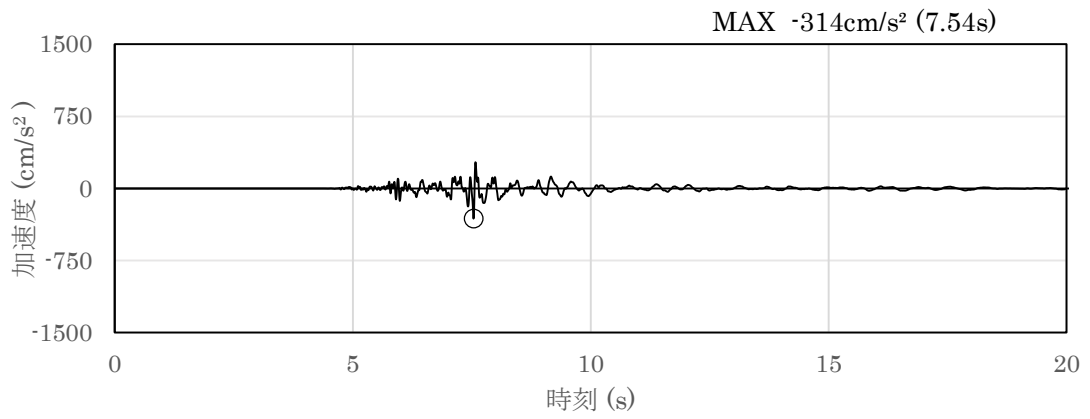


(a) 加速度時刻歴波形

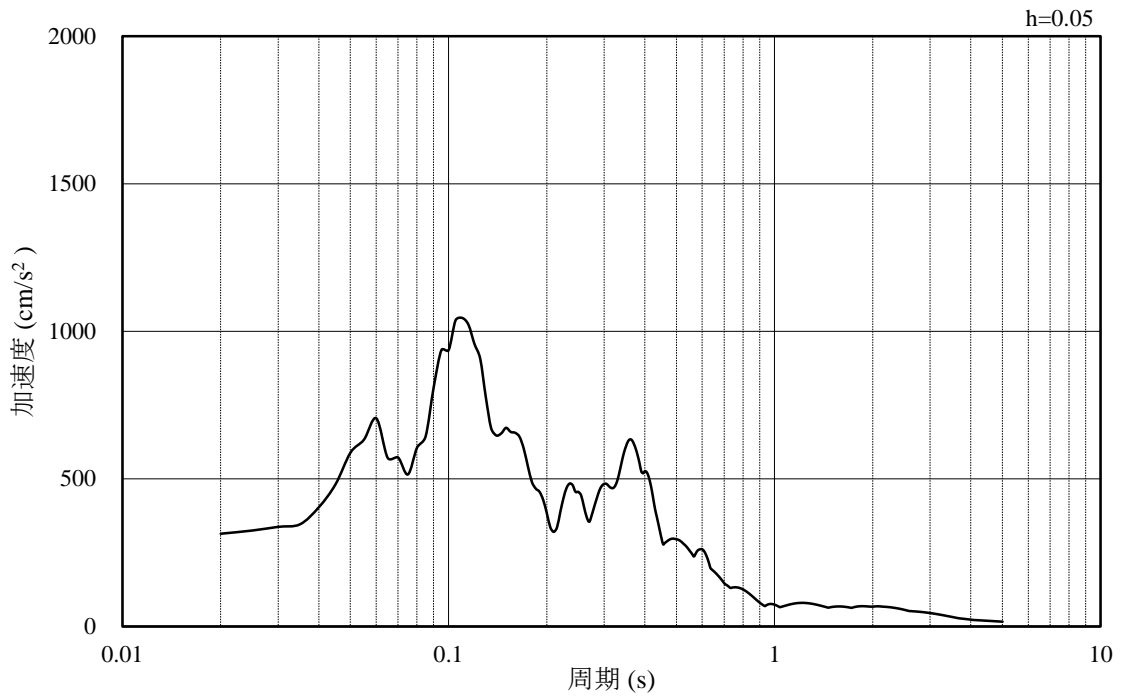


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 1, EL-35m)

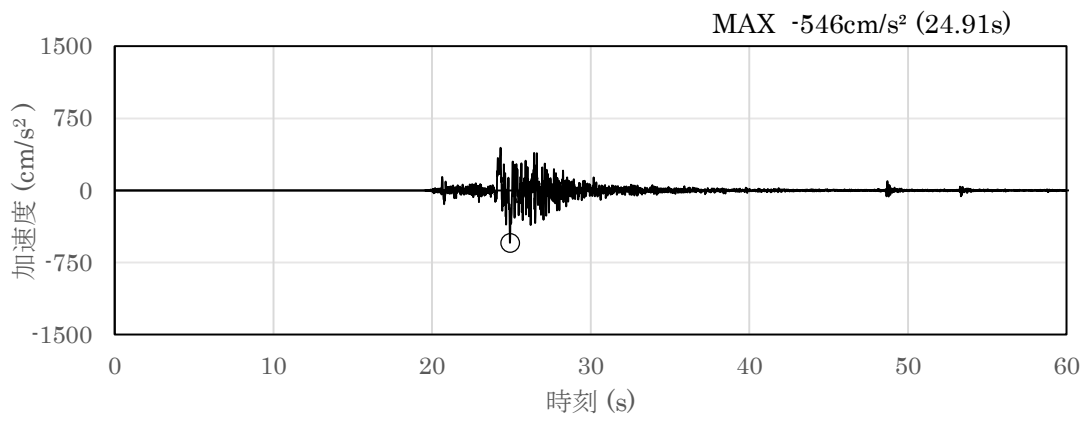


(a) 加速度時刻歴波形

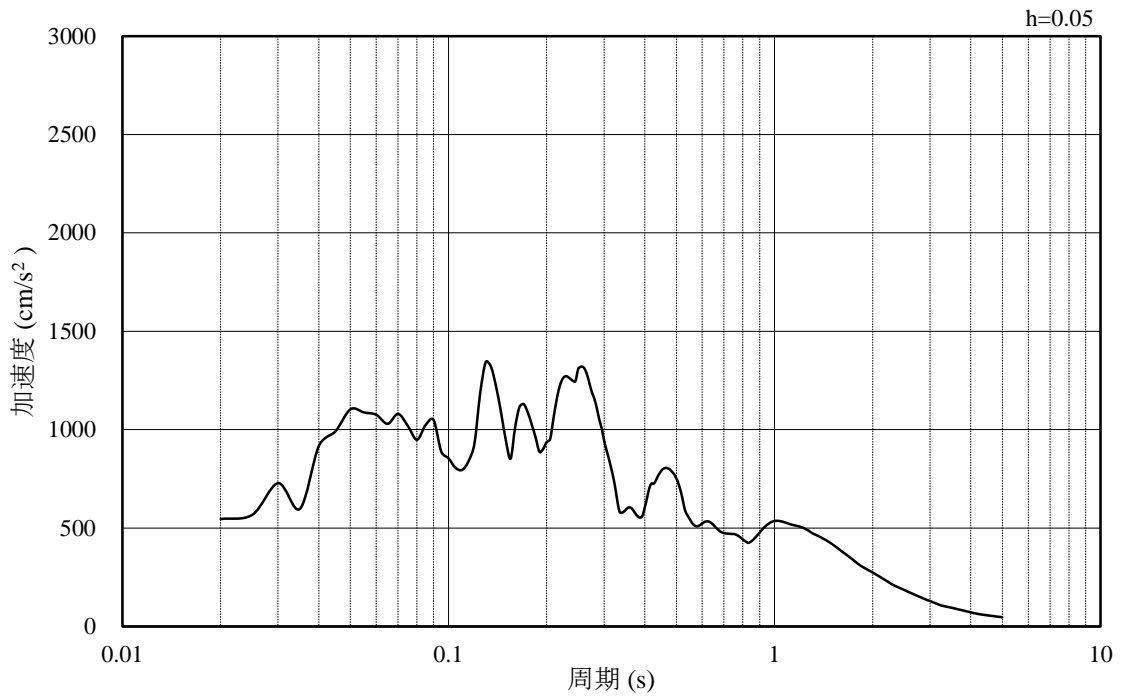


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 1, EL-35m)

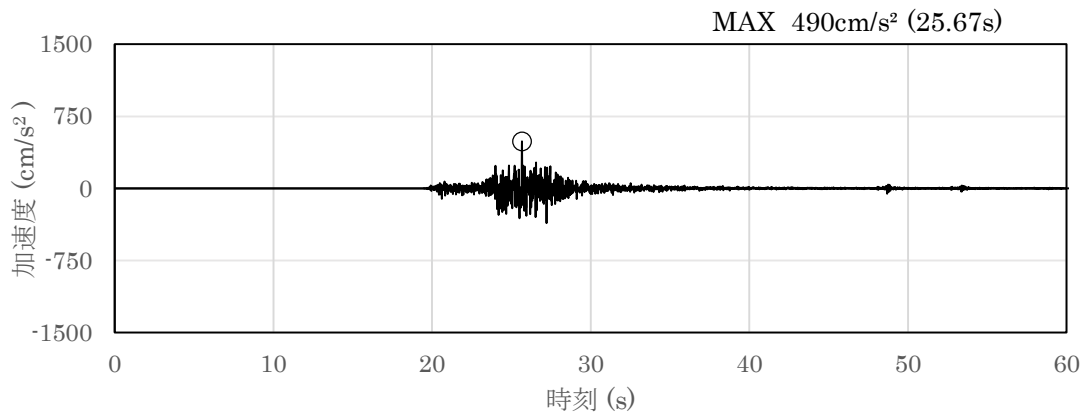


(a) 加速度時刻歴波形

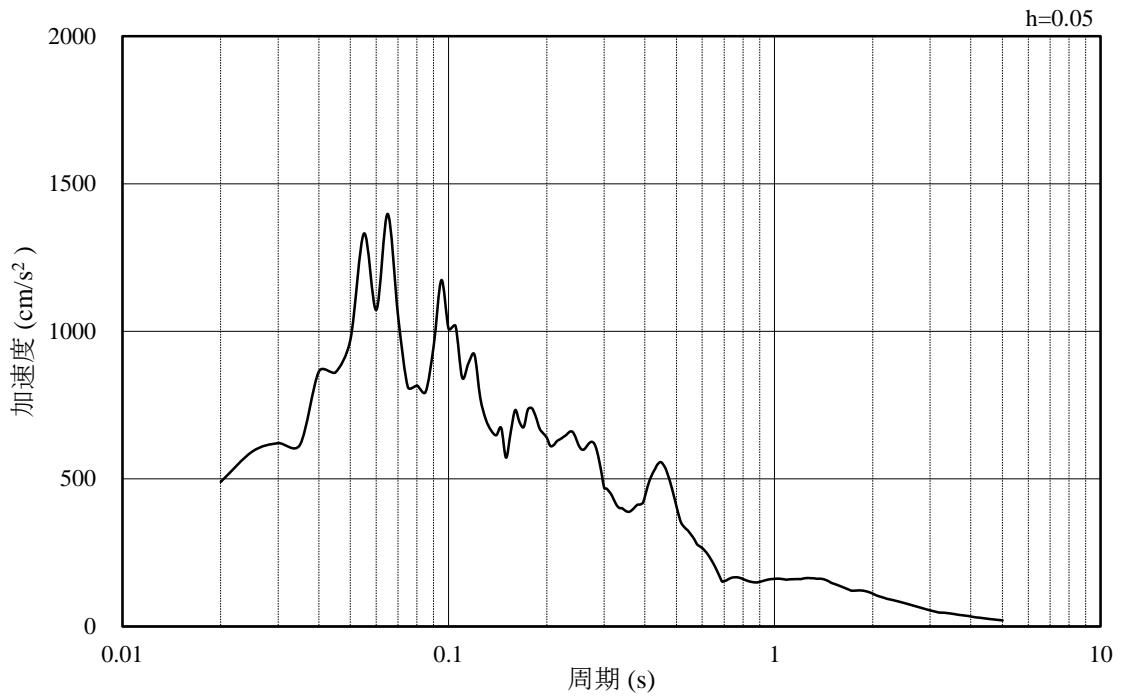


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (N S), EL-35m)

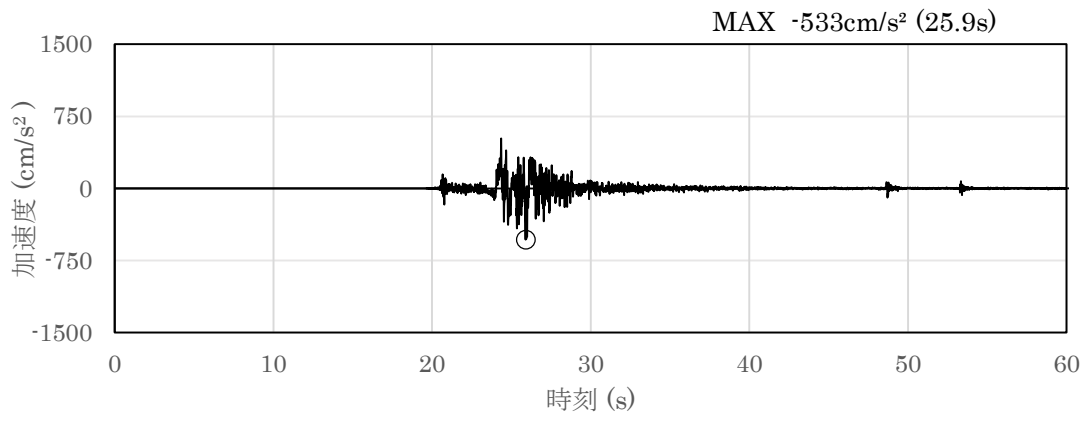


(a) 加速度時刻歴波形

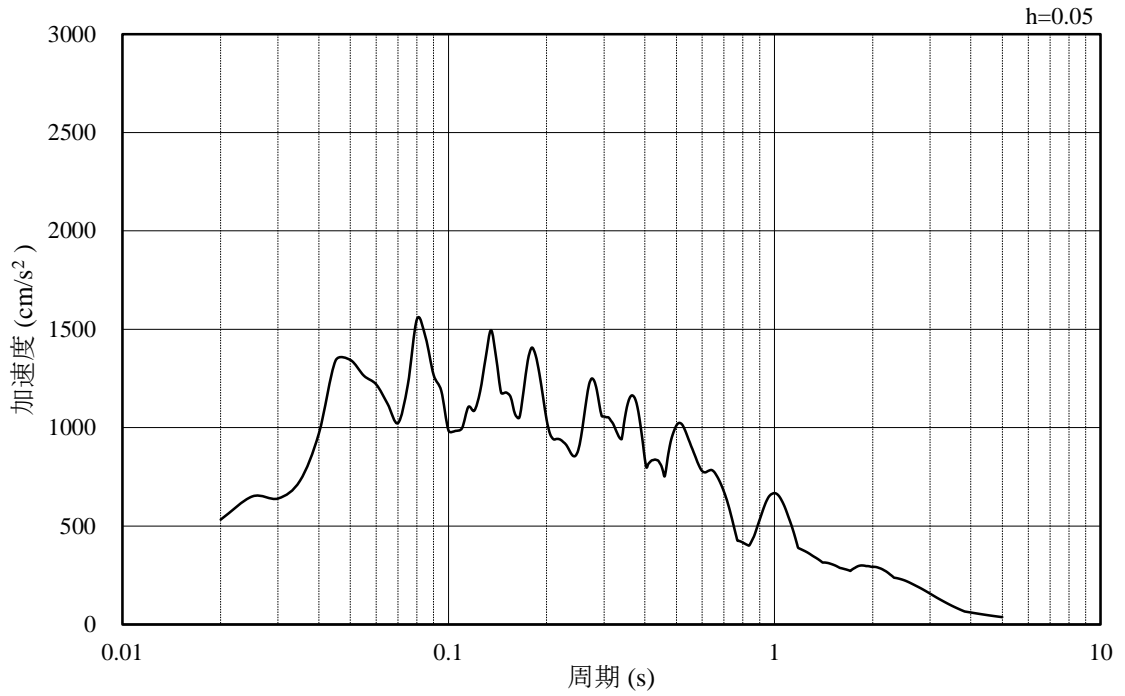


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (N S), EL-35m)

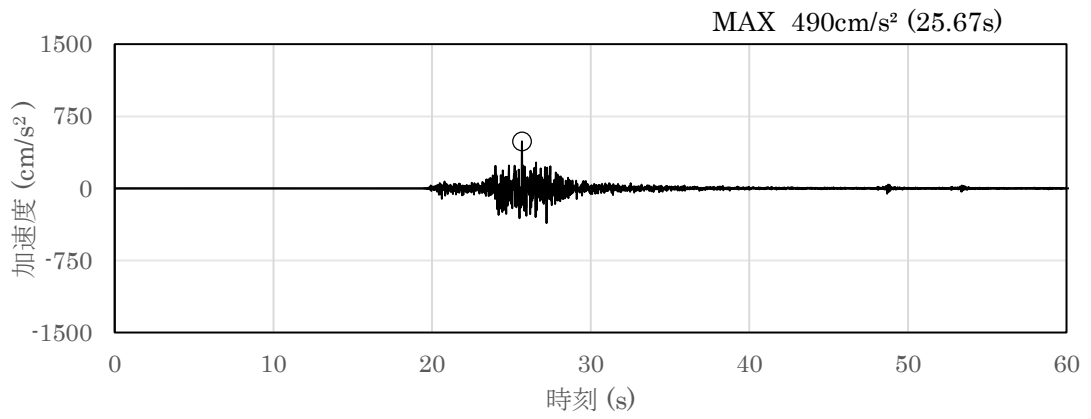


(a) 加速度時刻歴波形

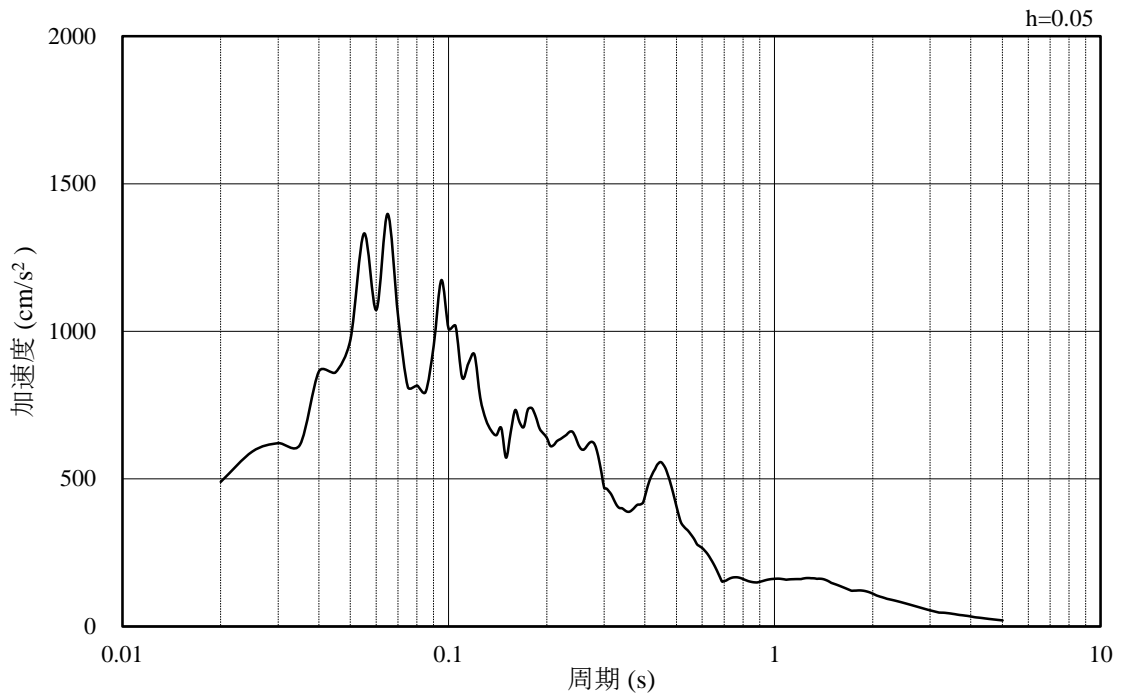


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (E W), EL-35m)



(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 s - N 2 (E W), EL-35m)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答解析モデル図を図 3-33～図 3-35 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、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及び平面応力要素でモデル化する。

機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、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

A-A断面及びB-B断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる原子炉建物は、等価剛性として線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

C-C断面の解析モデル範囲において隣接構造物となる第1ベントフィルタ格納槽については、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必要があることから、非線形はり要素及び平面応力要素でモデル化する。また、補助消火水槽は、保守的に埋戻土でモデル化する。埋戻土は、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。

(6) MMR及び埋戻コンクリートのモデル化

MMR及び埋戻コンクリートは無筋コンクリートとして線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

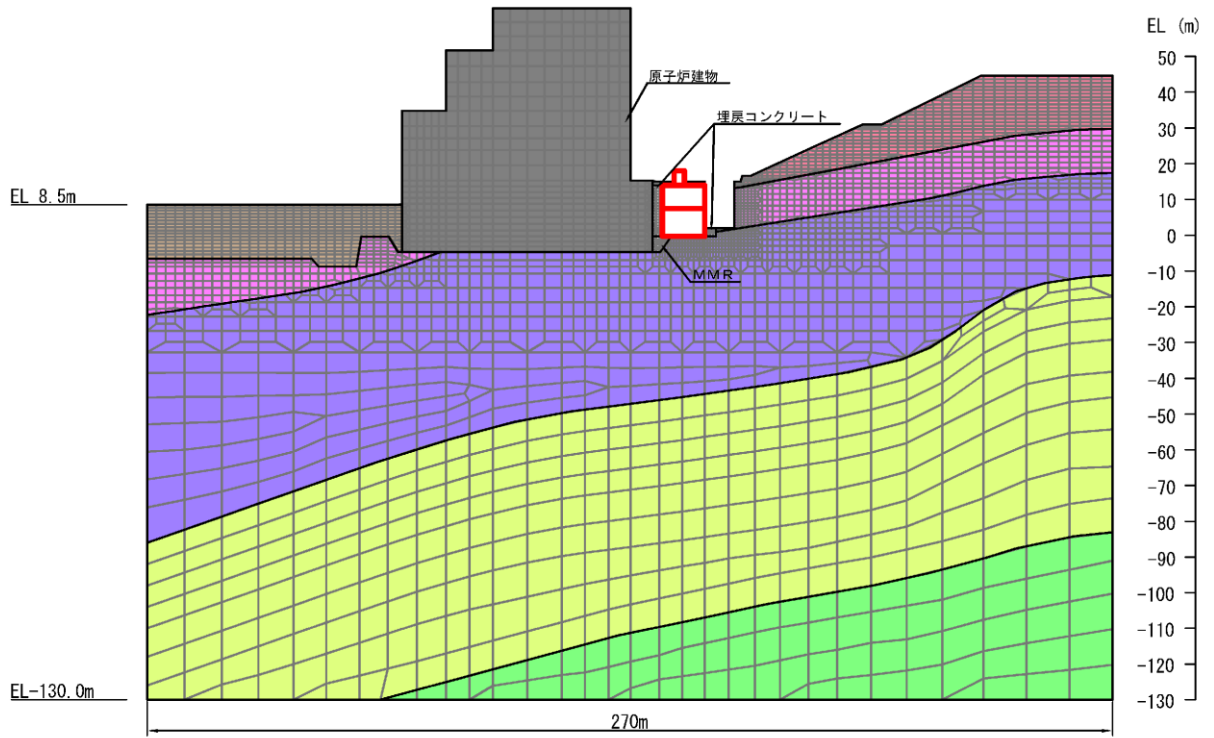
(7) ジョイント要素の設定

地震時の「構造物と埋戻コンクリート」、「構造物と埋戻土」、「構造物と岩盤」、「無筋コンクリートと埋戻土」及び「無筋コンクリートと岩盤」の接合面における接触、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。

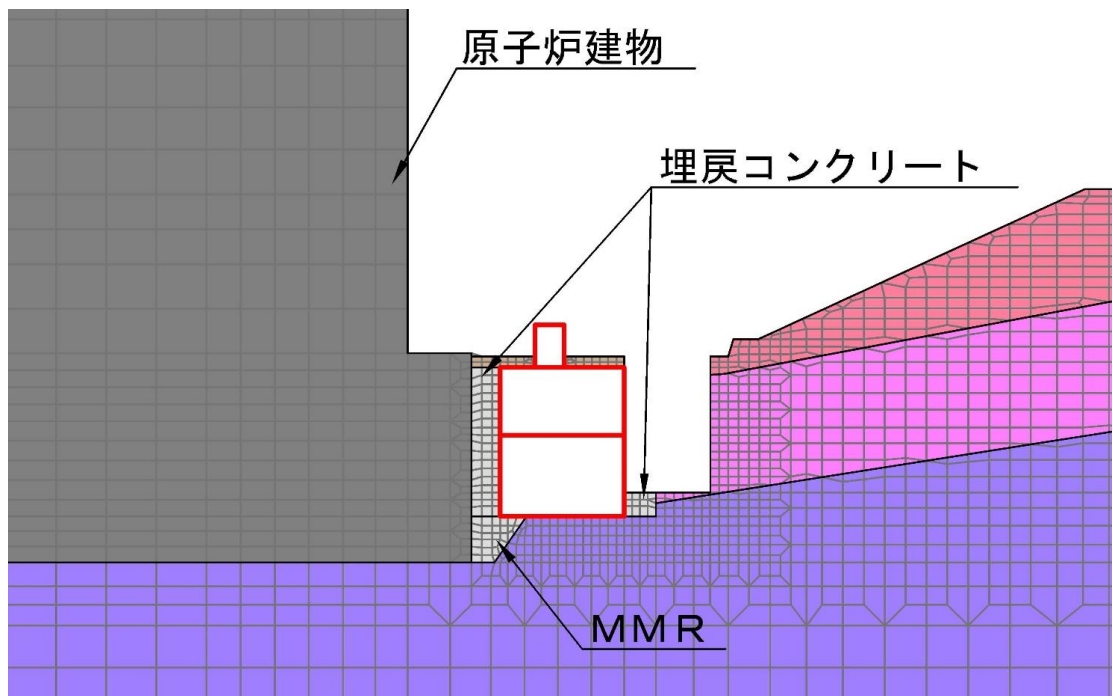
(8) 水位条件

低圧原子炉代替注水槽の内水位は、EL 11.2mとする。

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  : 岩盤 (1層) |  : 岩盤 (4層) |  : 埋戻土 |  : 隣接構造物 |
|  : 岩盤 (2層) |  : 岩盤 (5層) |  : MMR, 埋戻コンクリート | |
|  : 岩盤 (3層) |  : 評価対象構造物 | | |



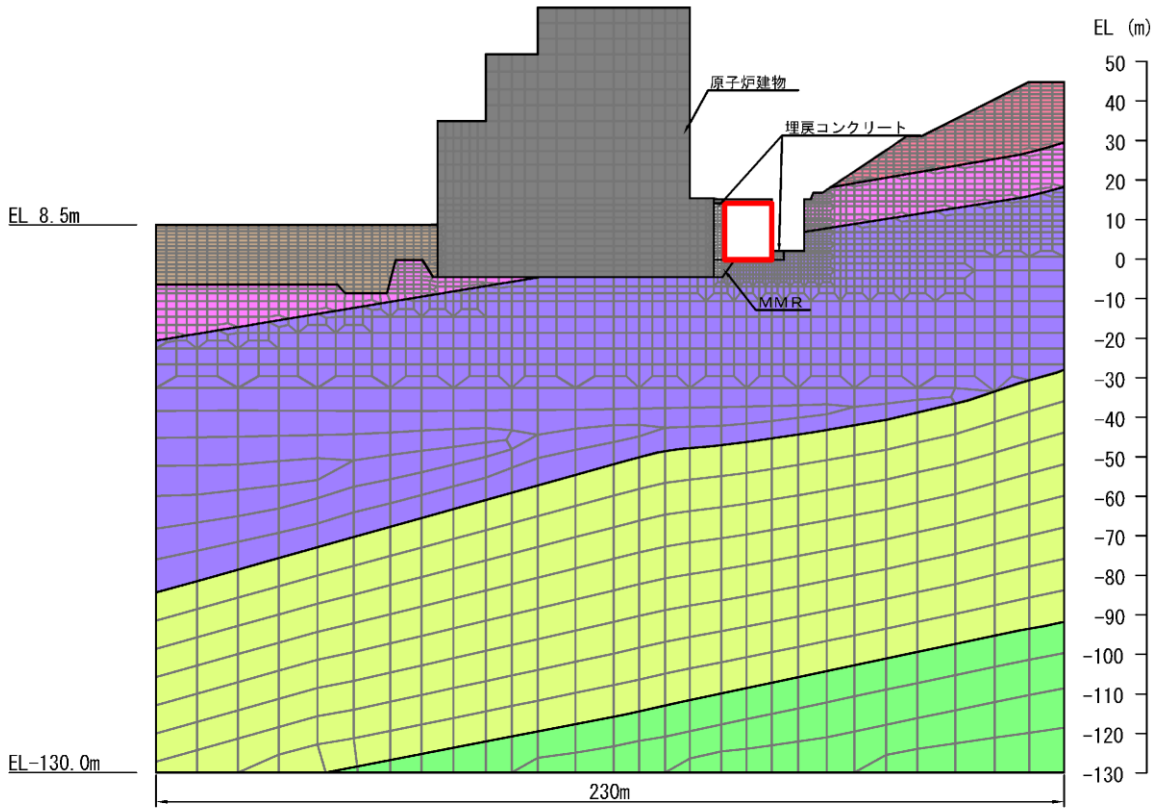
(全体図)



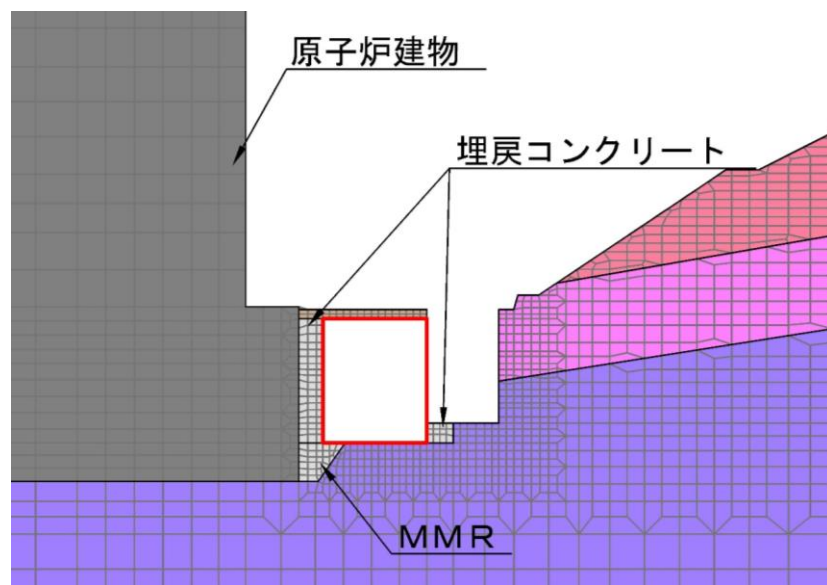
(拡大図)

図 3-33 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (A-A断面)

- | | | | |
|---|---|---|---|
|  : 岩盤 (1層) |  : 岩盤 (4層) |  : 埋戻土 |  : 隣接構造物 |
|  : 岩盤 (2層) |  : 岩盤 (5層) |  : MMR, 埋戻コンクリート | |
|  : 岩盤 (3層) |  : 評価対象構造物 | | |

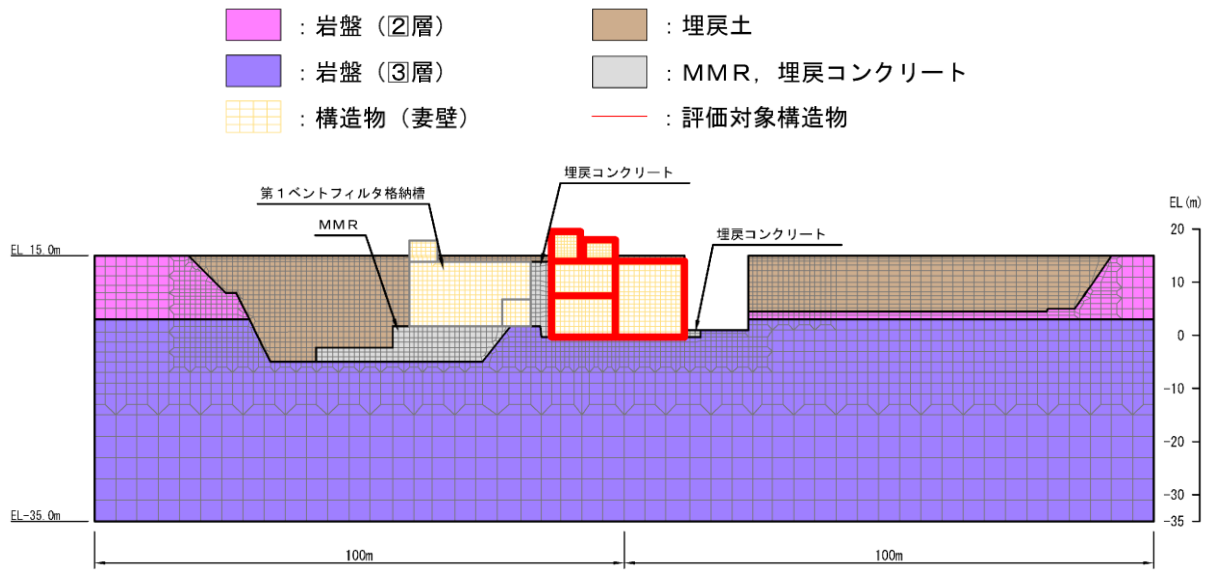


(全体図)

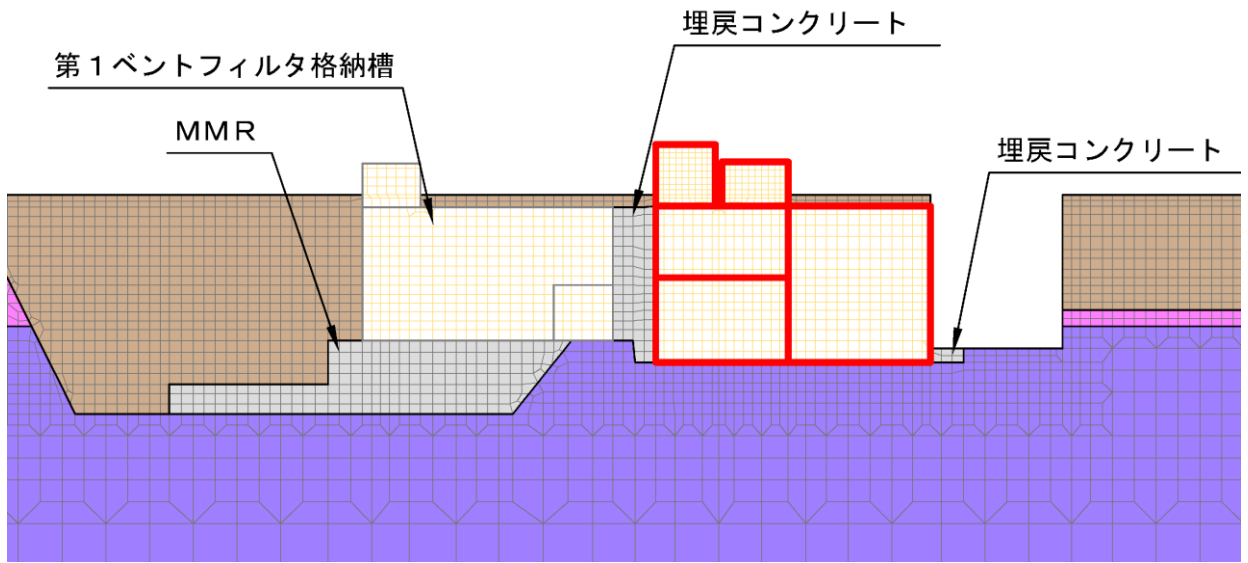


(拡大図)

図 3-34 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (B-B断面)



(全体図)



(拡大図)

図 3-35 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 地震応答解析モデル図 (C-C断面)

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
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		

表 3-7 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR			

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、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

設計地下水位は、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。設計地下水位の一覧を表 3-8 に示す。

表 3-8 設計地下水位の一覧

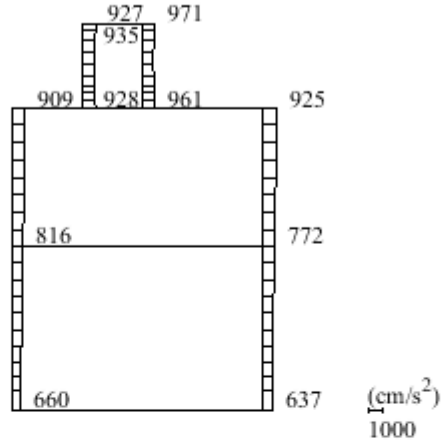
施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽	A-A断面	15.0
	B-B断面	
	C-C断面	

4. 解析結果

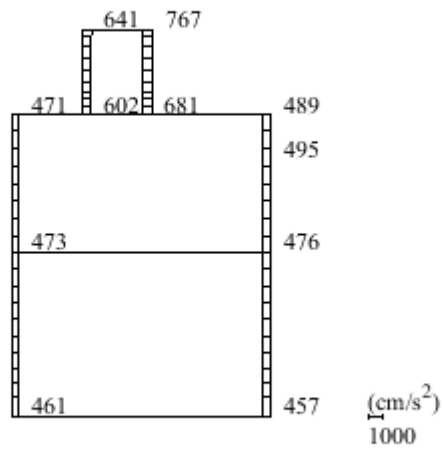
4.1 A-A断面の解析結果

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について、すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-1～図 4-12 に示す。

また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及び③の最大応答加速度分布図を図 4-13 及び図 4-14 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及び③について、すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図 4-15～図 4-38 に示す。

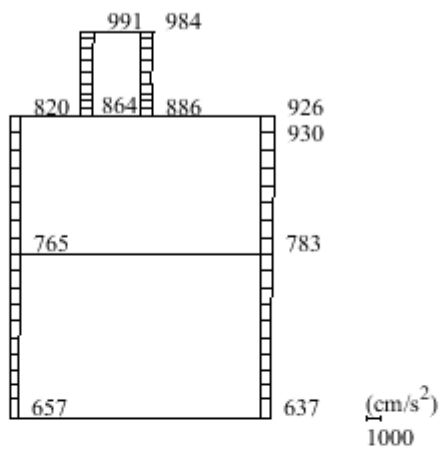


(a) $S_s - D$ (++) 水平

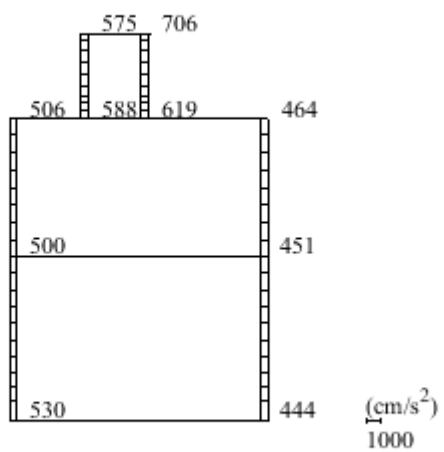


(b) $S_s - D$ (++) 鉛直

図 4-1 最大応答加速度分布図 (1/38) (解析ケース①)

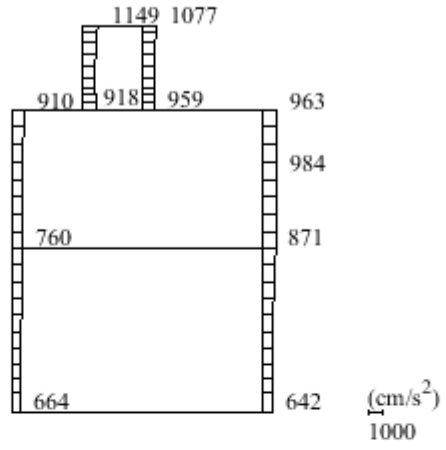


(a) $S_s - D$ (- +) 水平

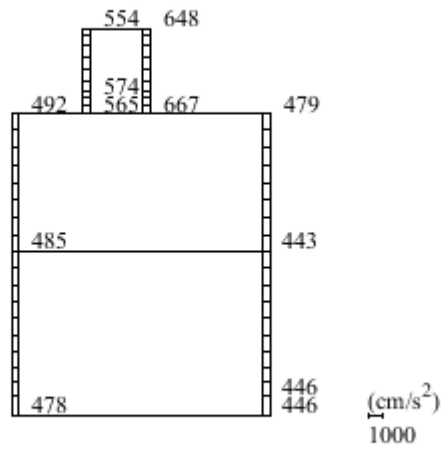


(b) $S_s - D$ (- +) 鉛直

図 4-2 最大応答加速度分布図 (2/38) (解析ケース①)

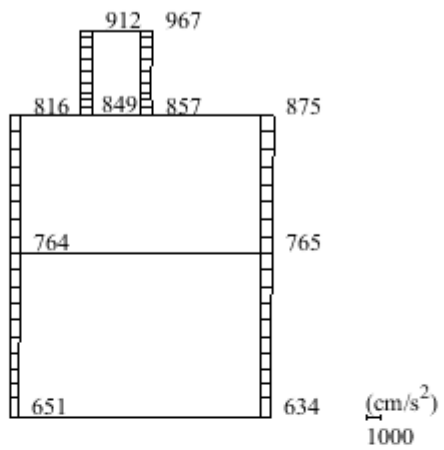


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

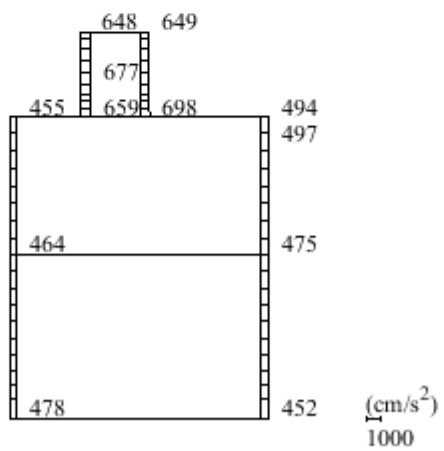


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/38) (解析ケース①)

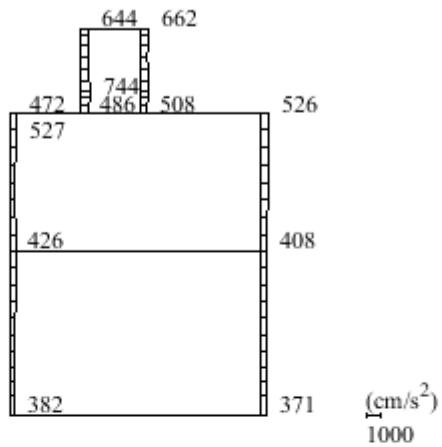


(a) S s - D (--) 水平

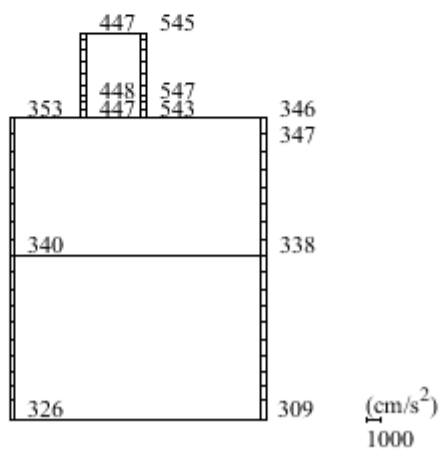


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-4 最大応答加速度分布図 (4/38) (解析ケース①)

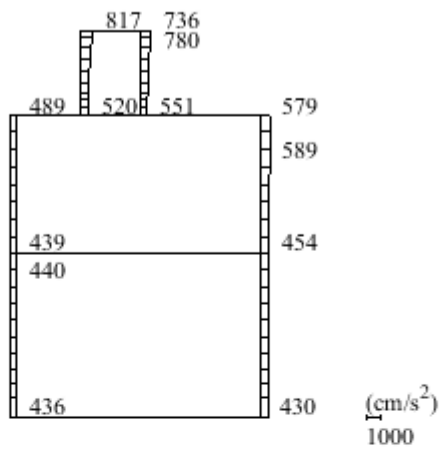


(a) S s - F 1 (++) 水平

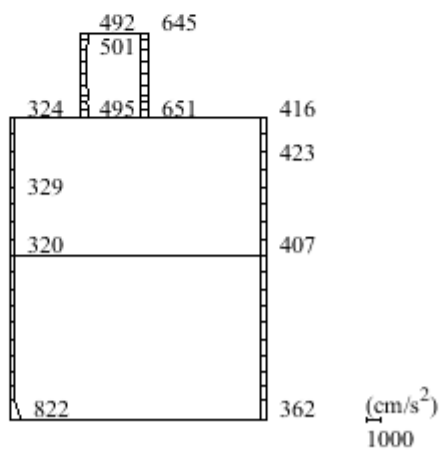


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-5 最大応答加速度分布図 (5/38) (解析ケース①)

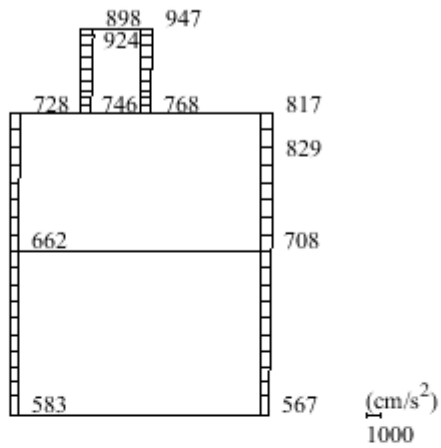


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

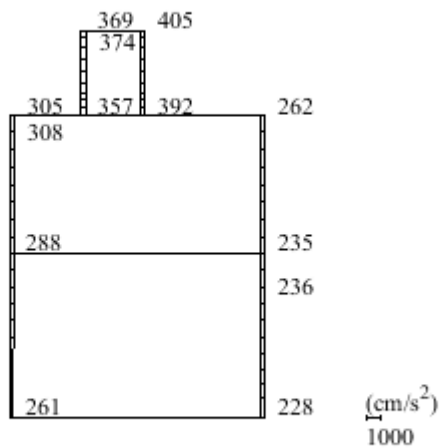


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/38) (解析ケース①)

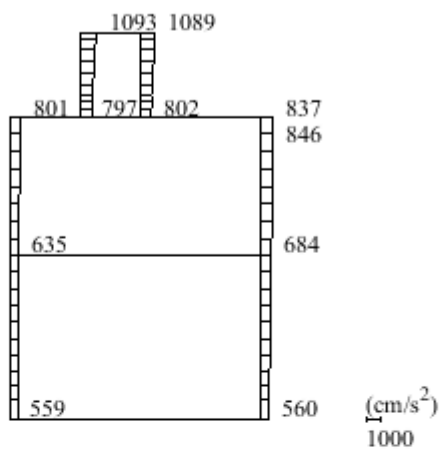


(a) $S_s - N1$ (++) 水平

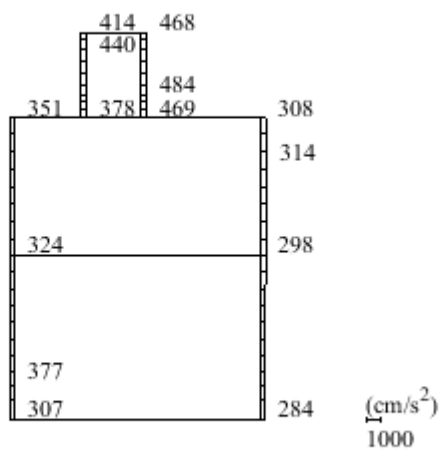


(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/38) (解析ケース①)

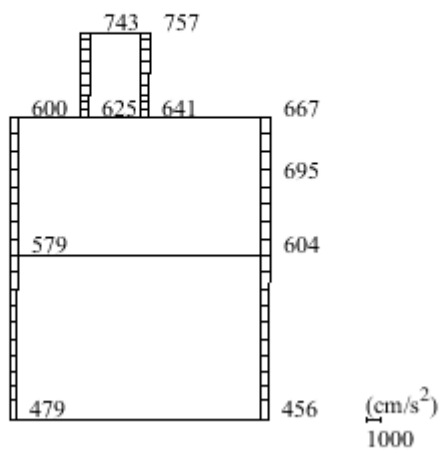


(a) $S_s - N1$ (-+) 水平

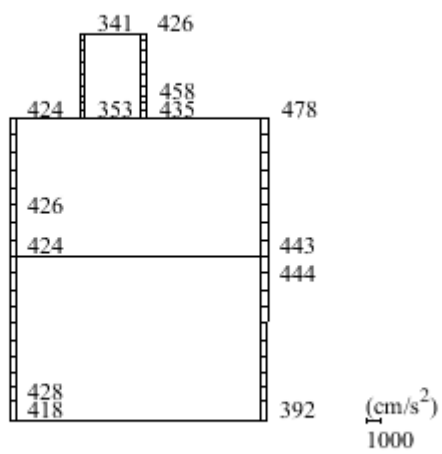


(b) $S_s - N1$ (-+) 鉛直

図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/38) (解析ケース①)

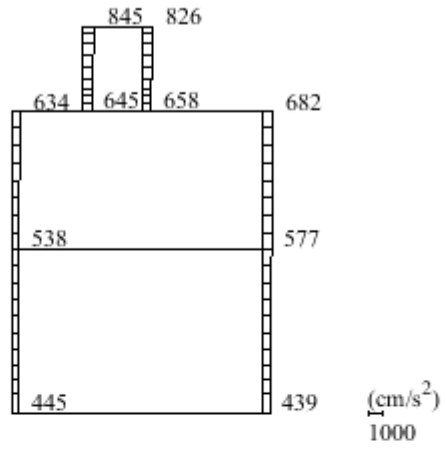


(a) $S_s - N2 (NS) \quad (++) \quad \text{水平}$

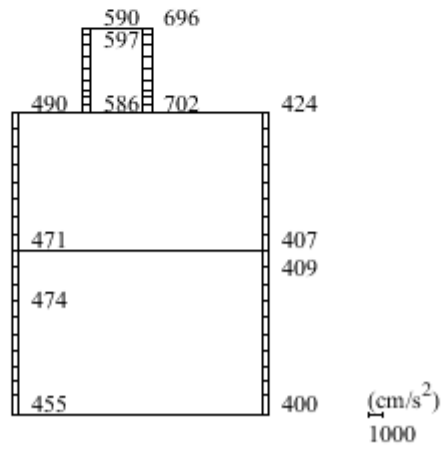


(b) $S_s - N2 (NS) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/38) (解析ケース①)

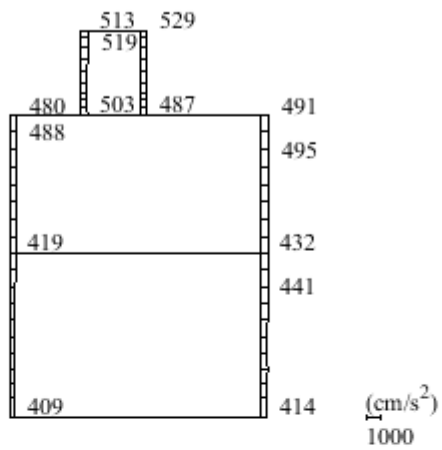


(a) $S_s - N2 (NS) (-+)$ 水平

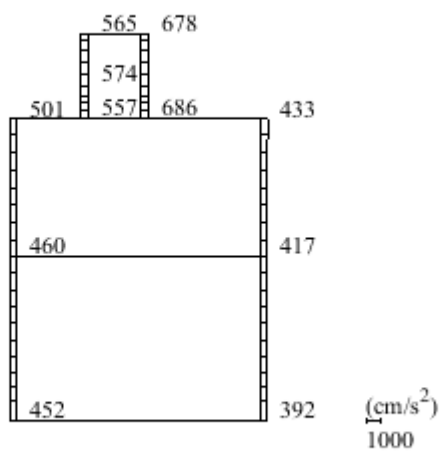


(b) $S_s - N2 (NS) (-+)$ 鉛直

図 4-10 最大応答加速度分布図 (10/38) (解析ケース①)

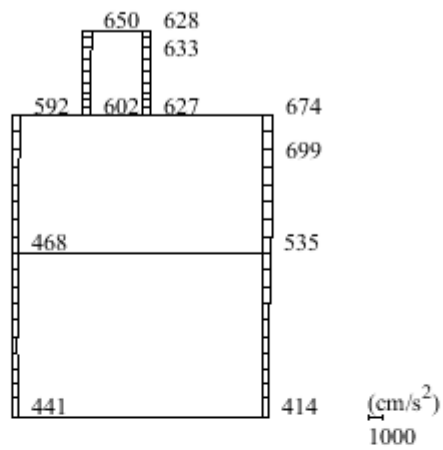


(a) $S_s - N_2$ (EW) (++) 水平

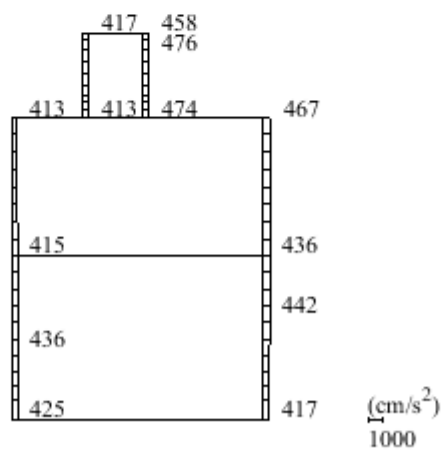


(b) $S_s - N_2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-11 最大応答加速度分布図 (11/38) (解析ケース①)

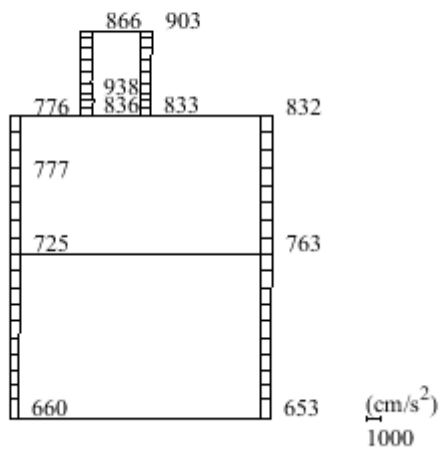


(a) S_s - N 2 (E W) (-+) 水平

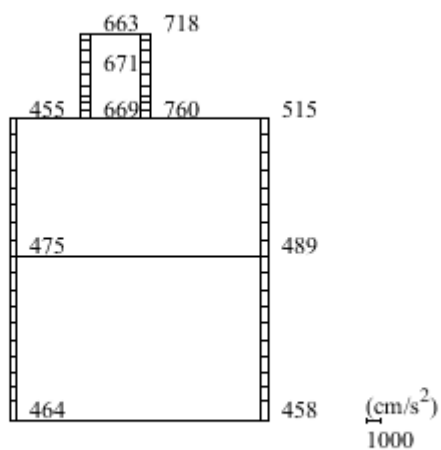


(b) S_s - N 2 (E W) (-+) 鉛直

図 4-12 最大応答加速度分布図 (12/38) (解析ケース①)

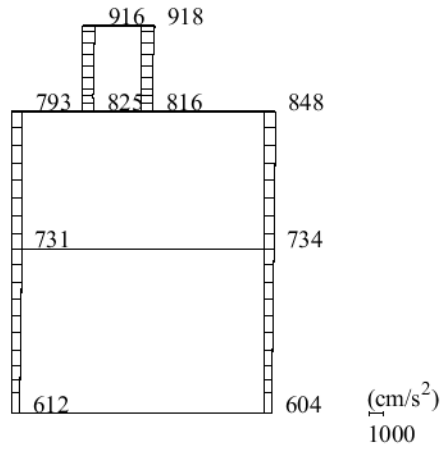


(a) $S_s - D$ (--) 水平

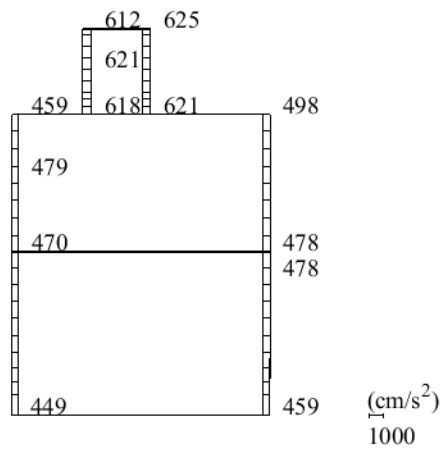


(b) $S_s - D$ (--) 鉛直

図 4-13 最大応答加速度分布図 (13/38) (解析ケース②)

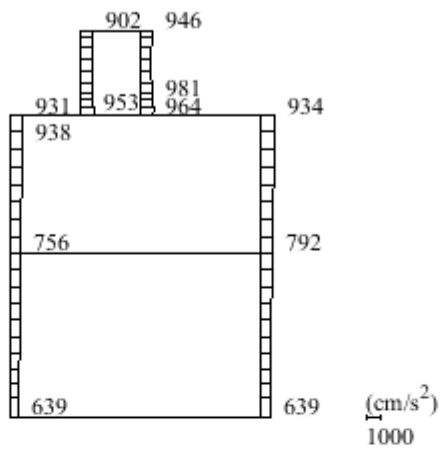


(a) $S_s - D$ (—) 水平

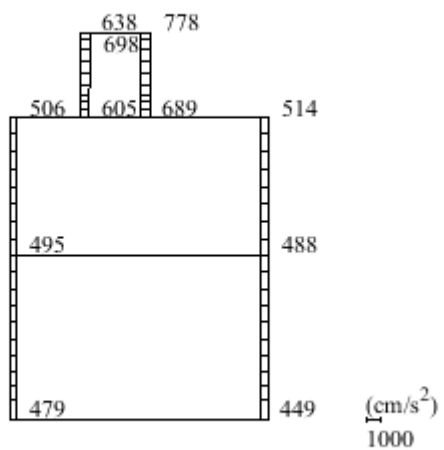


(b) $S_s - D$ (—) 鉛直

図 4-14 最大応答加速度分布図 (14/38) (解析ケース③)

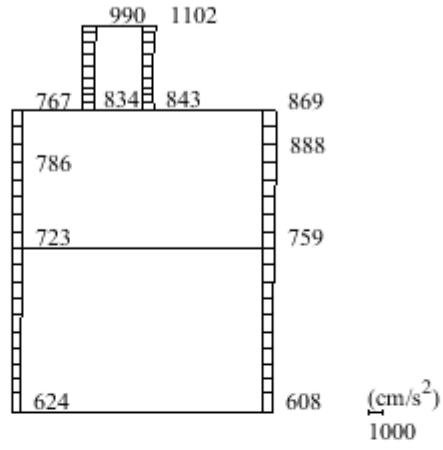


(a) $S_s - D$ (++) 水平

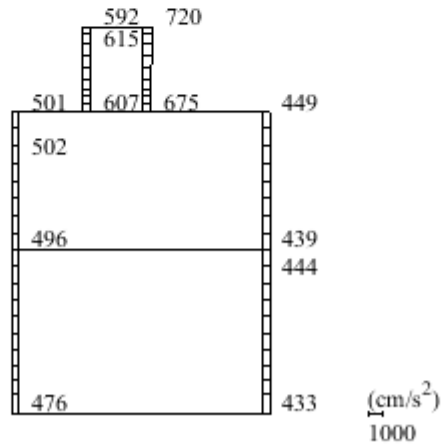


(b) $S_s - D$ (++) 鉛直

図 4-15 最大応答加速度分布図 (15/38) (解析ケース②)

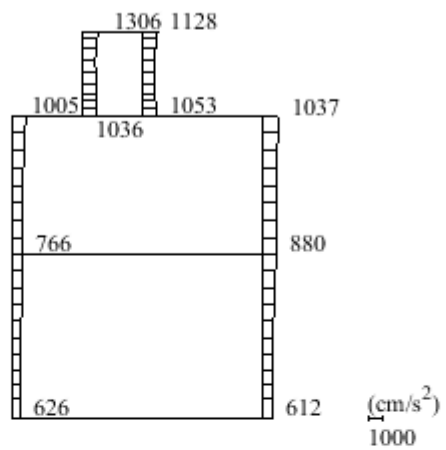


(a) S s - D (-+) 水平

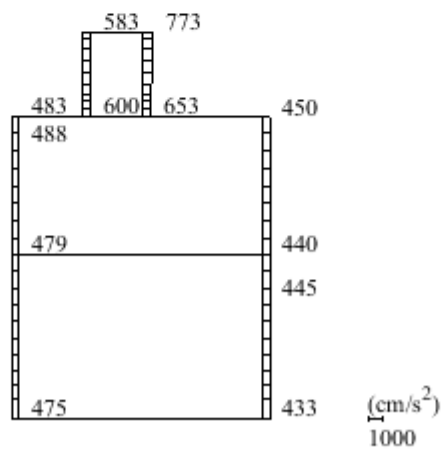


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-16 最大応答加速度分布図 (16/38) (解析ケース②)

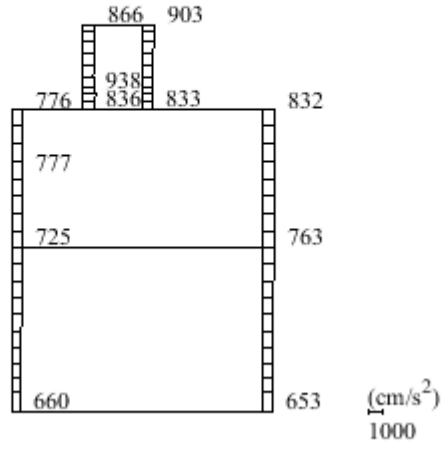


(a) S s - D (+ -) 水平

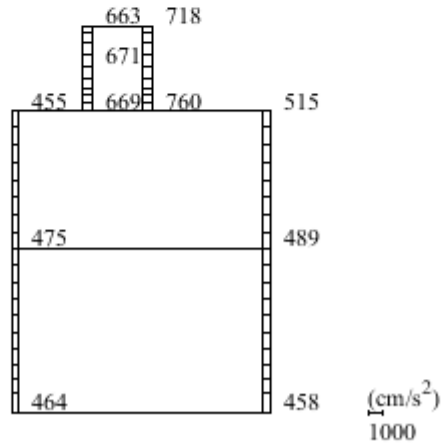


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-17 最大応答加速度分布図 (17/38) (解析ケース②)

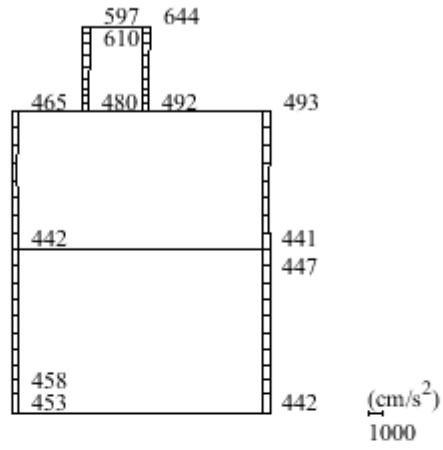


(a) S s - D (--) 水平

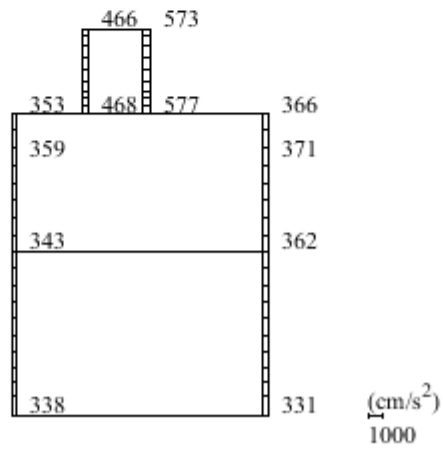


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-18 最大応答加速度分布図 (18/38) (解析ケース②)

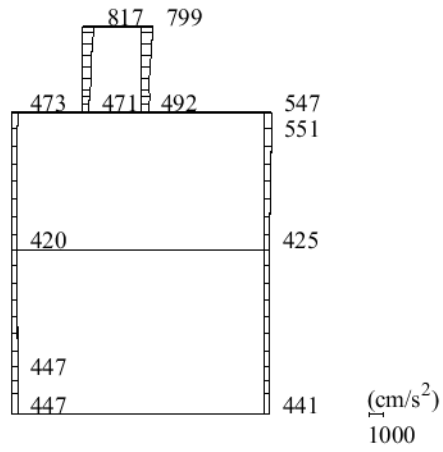


(a) S s - F 1 (++) 水平

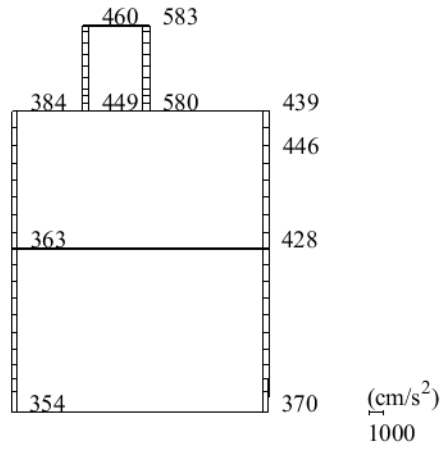


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-19 最大応答加速度分布図 (19/38) (解析ケース②)

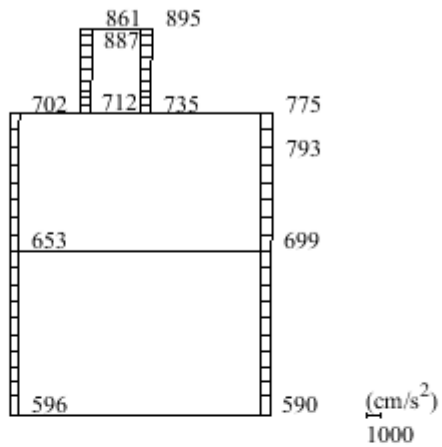


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

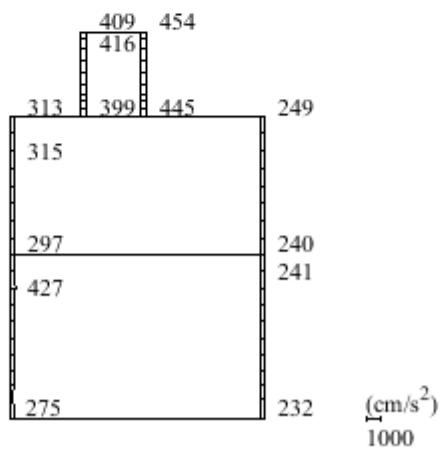


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-20 最大応答加速度分布図 (20/38) (解析ケース②)

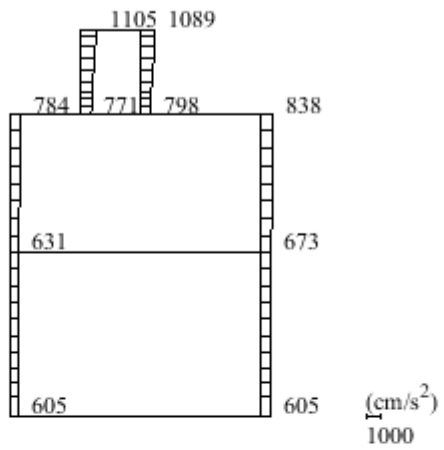


(a) $S_s - N1$ (++) 水平

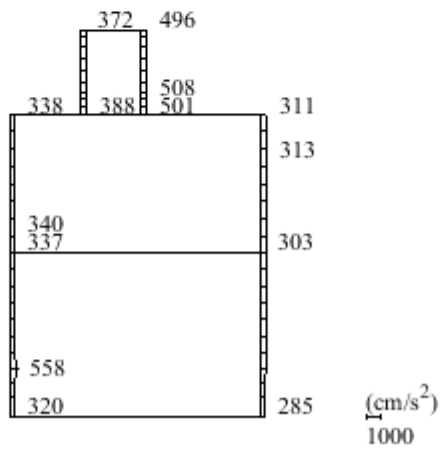


(b) $S_s - N1$ (++) 鉛直

図 4-21 最大応答加速度分布図 (21/38) (解析ケース②)

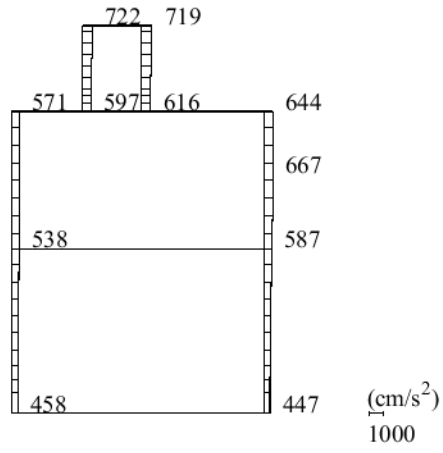


(a) S s - N 1 (-+) 水平

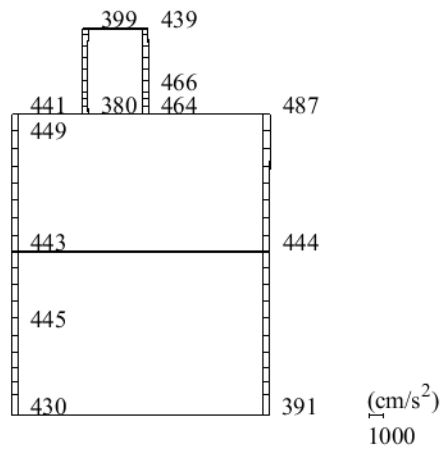


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-22 最大応答加速度分布図 (22/38) (解析ケース②)

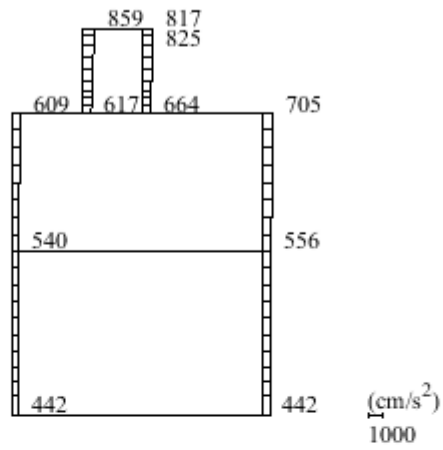


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

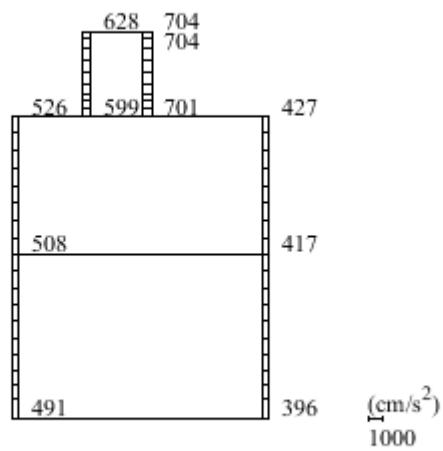


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-23 最大応答加速度分布図 (23/38) (解析ケース②)

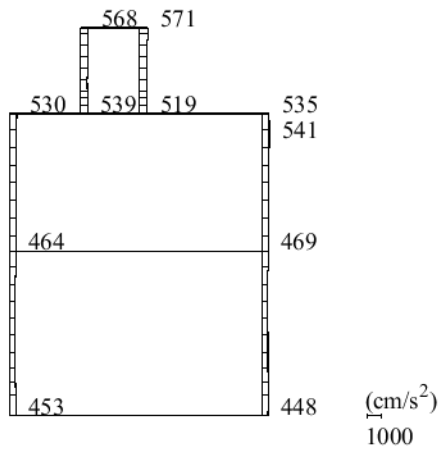


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (一十) 水平

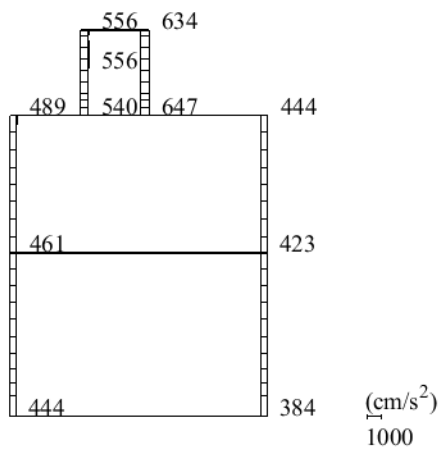


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (一十) 鉛直

図 4-24 最大応答加速度分布図 (24/38) (解析ケース②)

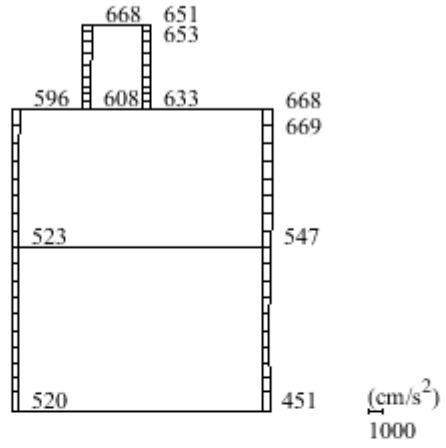


(a) S_s - N 2 (E W) (++) 水平

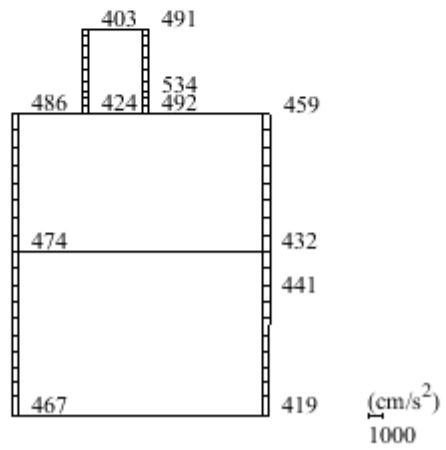


(b) S_s - N 2 (E W) (++) 鉛直

図 4-25 最大応答加速度分布図 (25/38) (解析ケース②)

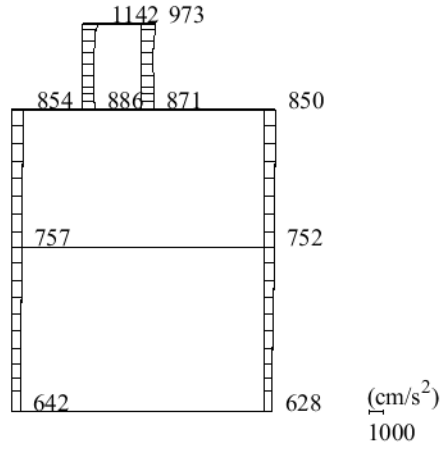


(a) $S_s - N2 (EW) (-+)$ 水平

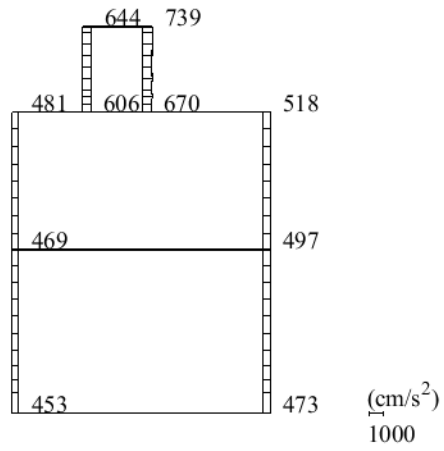


(b) $S_s - N2 (EW) (-+)$ 鉛直

図 4-26 最大応答加速度分布図 (26/38) (解析ケース②)

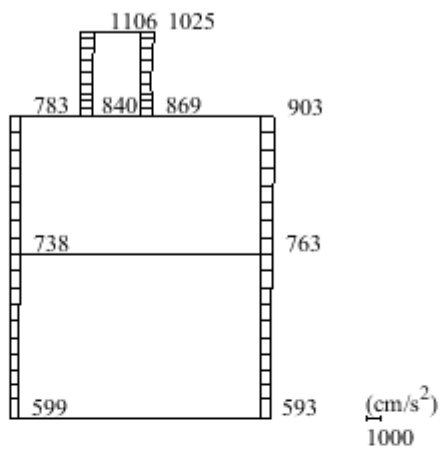


(a) S s - D (++) 水平

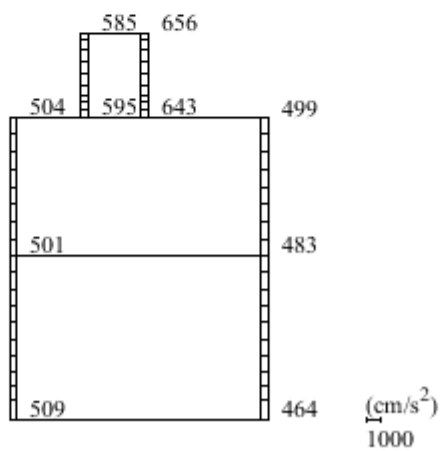


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-27 最大応答加速度分布図 (27/38) (解析ケース③)

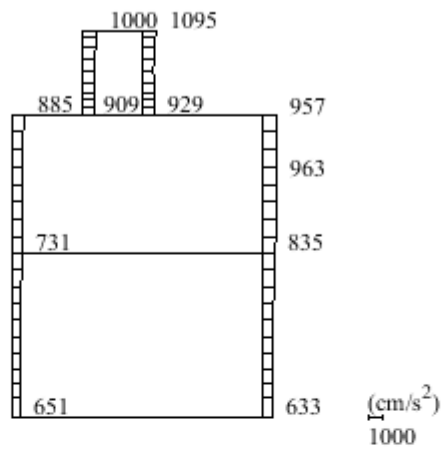


(a) S s - D (-+) 水平

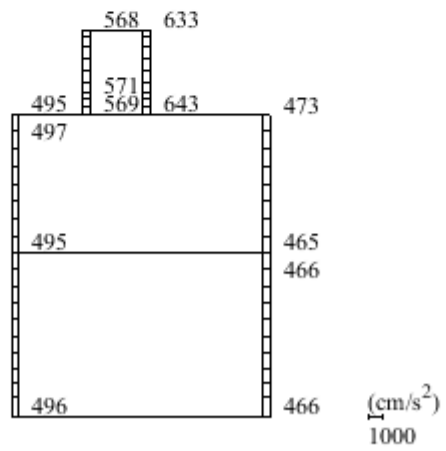


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-28 最大応答加速度分布図 (28/38) (解析ケース③)

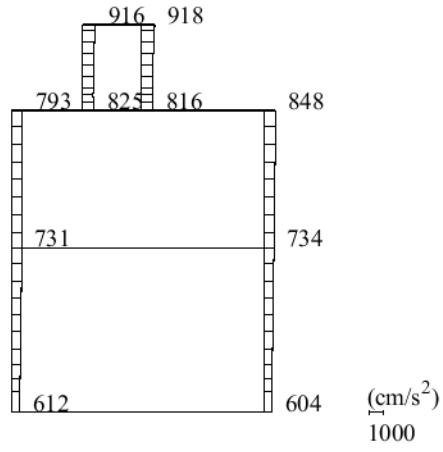


(a) S s - D (+ -) 水平

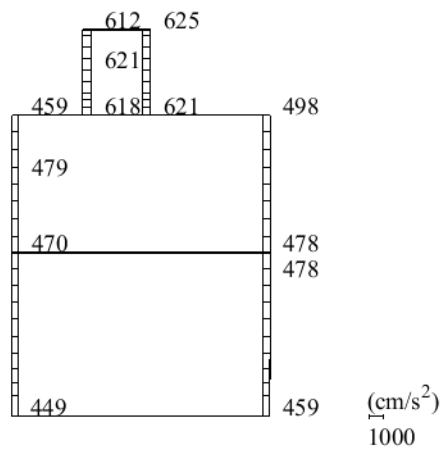


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-29 最大応答加速度分布図 (29/38) (解析ケース③)

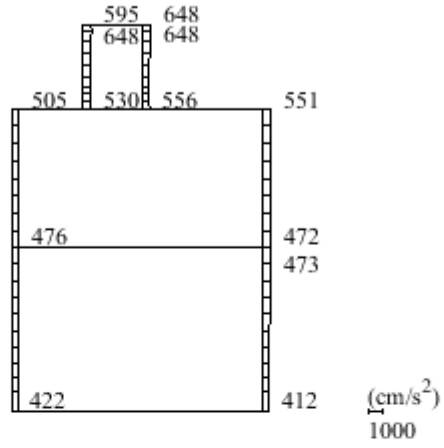


(a) $S_s - D$ (—) 水平

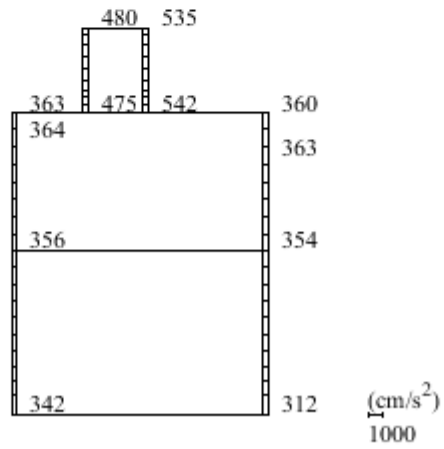


(b) $S_s - D$ (—) 鉛直

図 4-30 最大応答加速度分布図 (30/38) (解析ケース③)

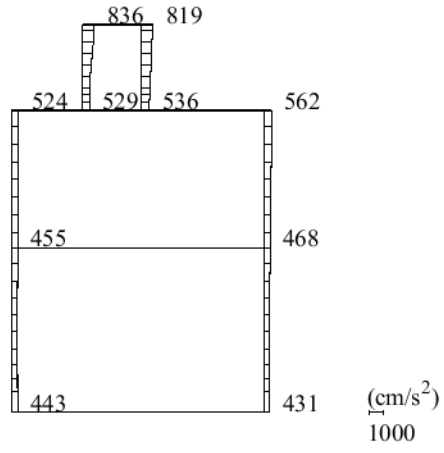


(a) S s - F 1 (++) 水平

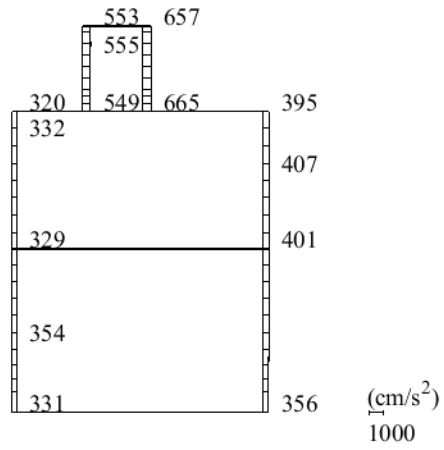


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-31 最大応答加速度分布図 (31/38) (解析ケース③)

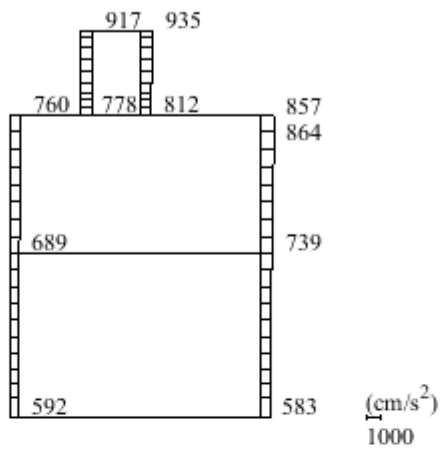


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

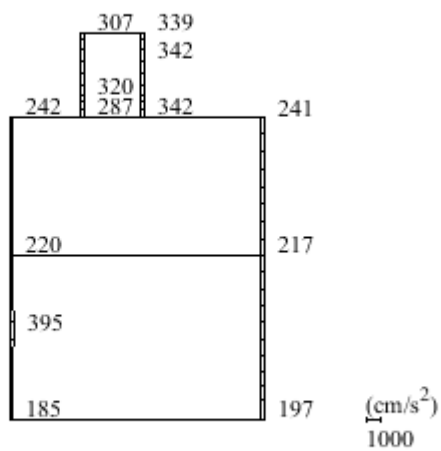


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-32 最大応答加速度分布図 (32/38) (解析ケース③)

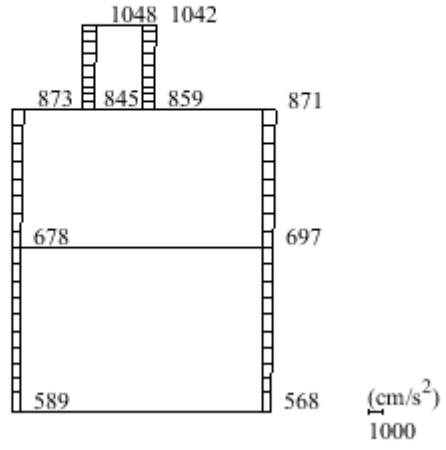


(a) S s - N 1 (++) 水平

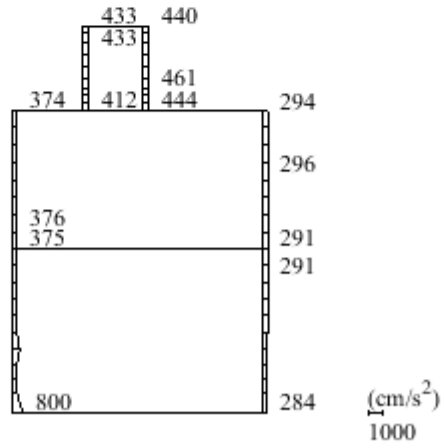


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-33 最大応答加速度分布図 (33/38) (解析ケース③)

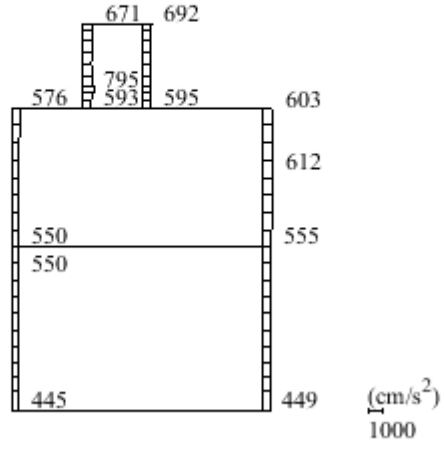


(a) S s - N 1 (- +) 水平

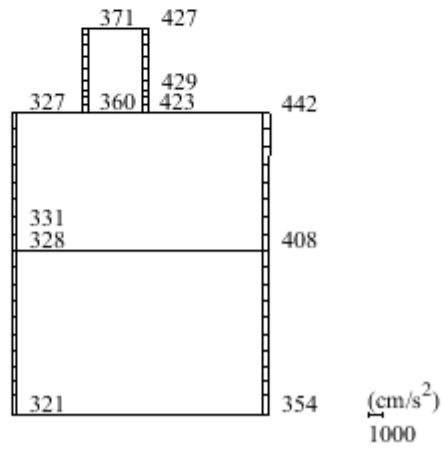


(b) S s - N 1 (- +) 鉛直

図 4-34 最大応答加速度分布図 (34/38) (解析ケース③)

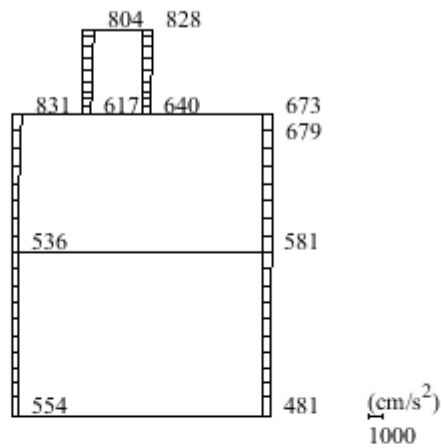


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

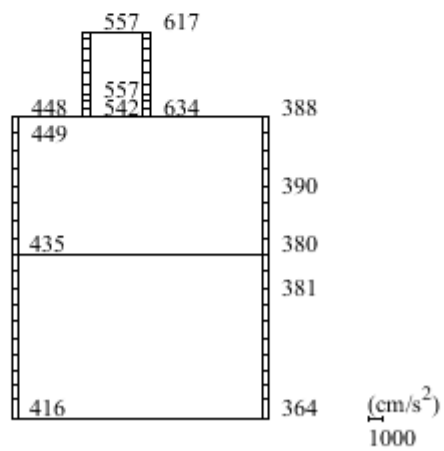


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-35 最大応答加速度分布図 (35/38) (解析ケース③)

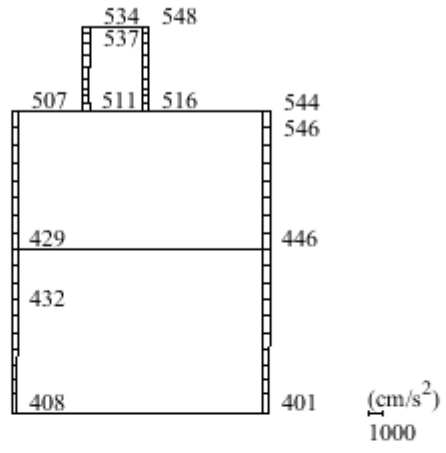


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (一十) 水平

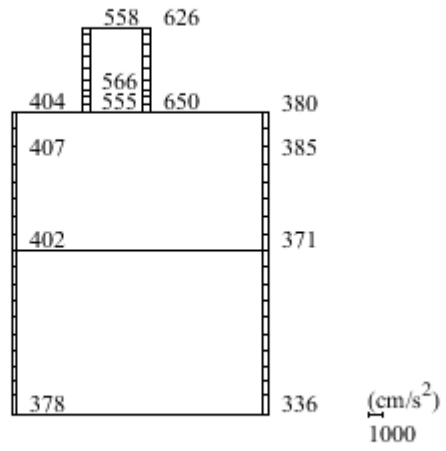


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (一十) 鉛直

図 4-36 最大応答加速度分布図 (36/38) (解析ケース③)

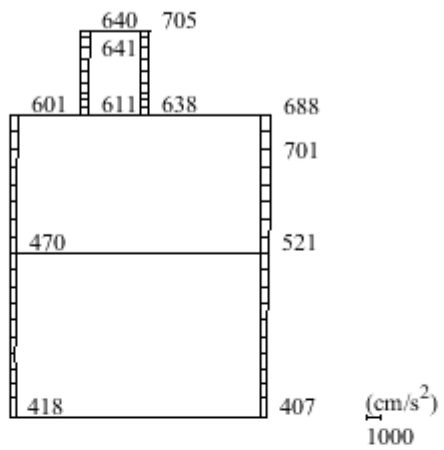


(a) $S_s - N_2$ (EW) (++) 水平

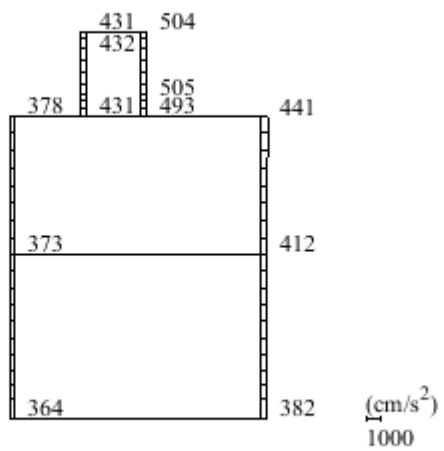


(b) $S_s - N_2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-37 最大応答加速度分布図 (37/38) (解析ケース③)



(a) $S_s - N2 (EW) \quad (-+)$ 水平



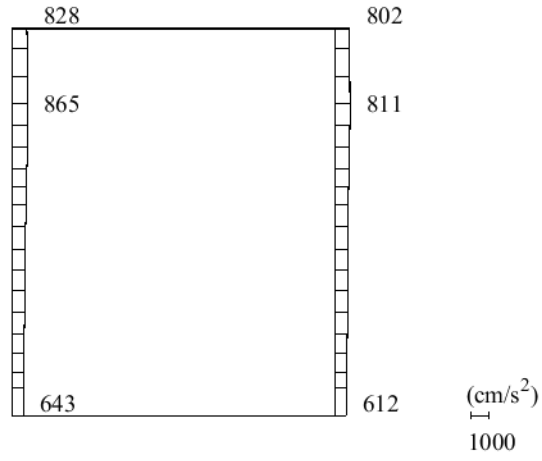
(b) $S_s - N2 (EW) \quad (-+)$ 鉛直

図 4-38 最大応答加速度分布図 (38/38) (解析ケース③)

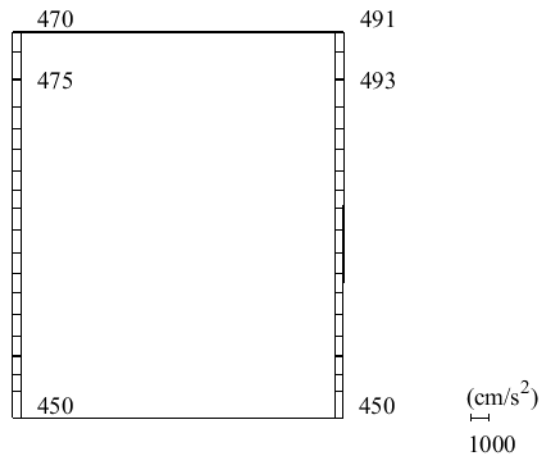
4.2 B－B断面の解析結果

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について、すべての基準地震動 S s に対する最大応答加速度分布図を図 4-39～図 4-50 に示す。

また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及び③の最大応答加速度分布図を図 4-51～図 4-54 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及び③について、すべての基準地震動 S s に対する最大応答加速度分布図を図 4-55～図 4-78 に示す。

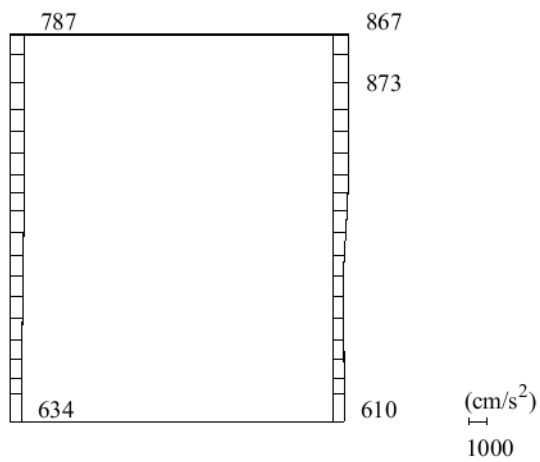


(a) $S_s - D$ (++) 水平

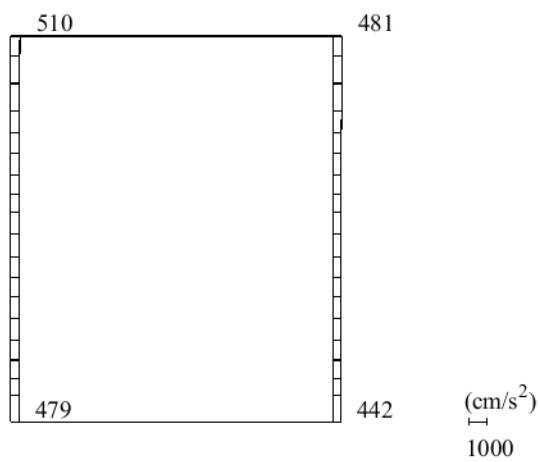


(b) $S_s - D$ (++) 鉛直

図 4-39 最大応答加速度分布図 (1/40) (解析ケース①)

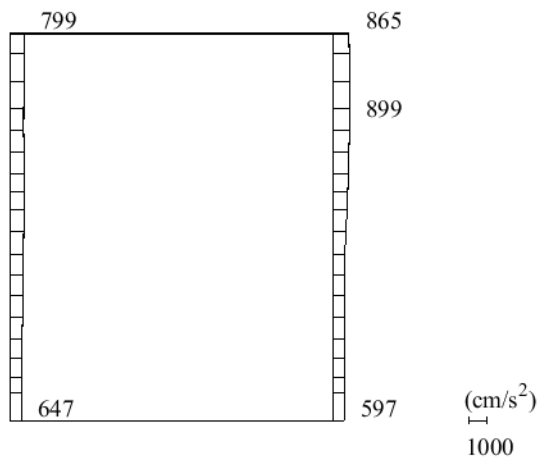


(a) S s - D (-+) 水平

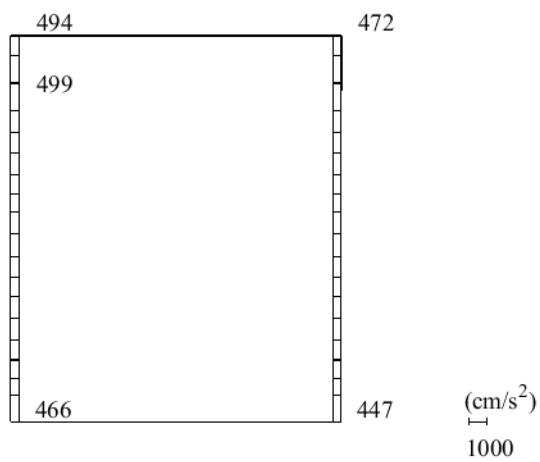


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-40 最大応答加速度分布図 (2/40) (解析ケース①)

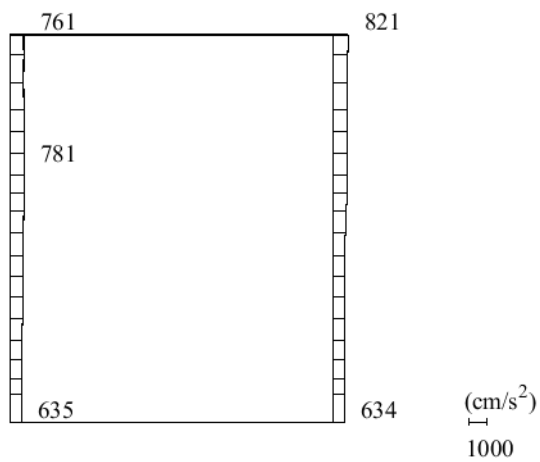


(a) S s - D (+ -) 水平

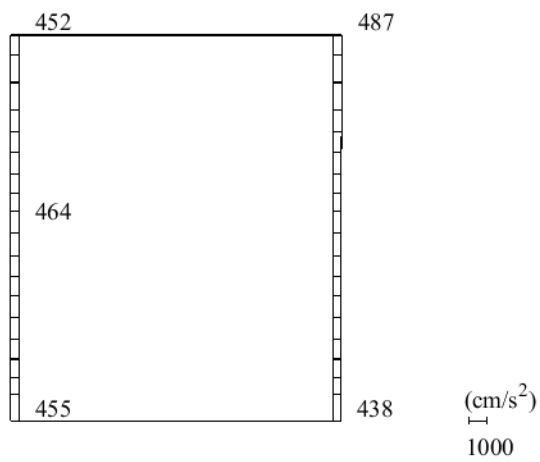


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-41 最大応答加速度分布図 (3/40) (解析ケース①)

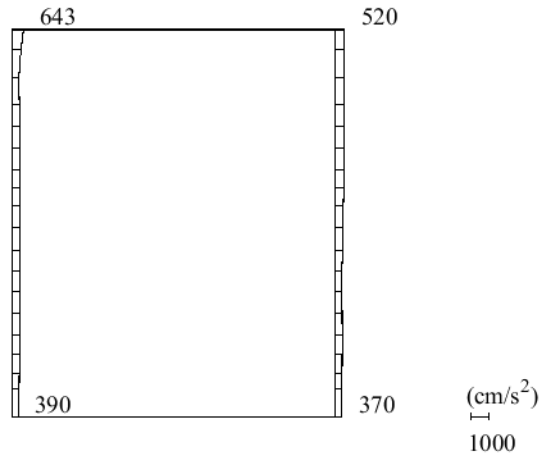


(a) S s - D (--) 水平

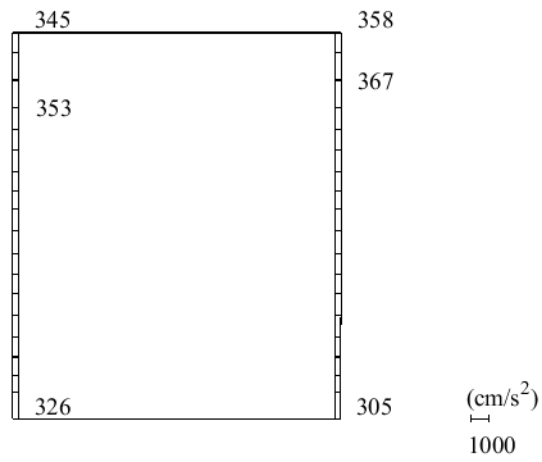


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-42 最大応答加速度分布図 (4/40) (解析ケース①)

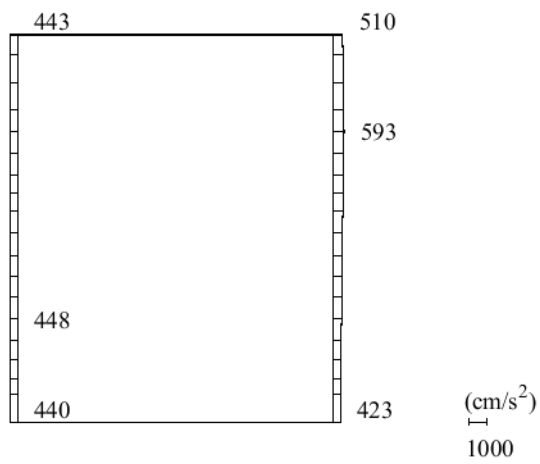


(a) $S_s - F_1$ (++) 水平

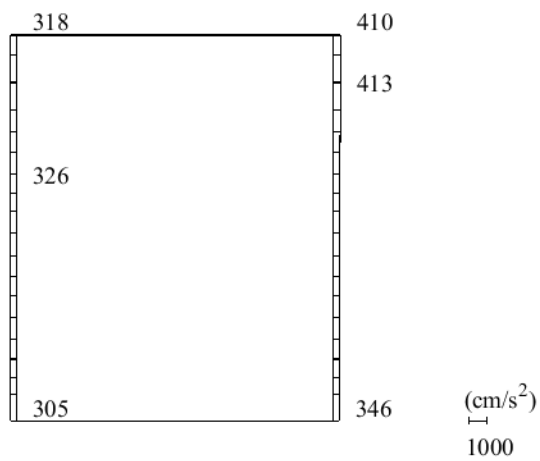


(b) $S_s - F_1$ (++) 鉛直

図 4-43 最大応答加速度分布図 (5/40) (解析ケース①)

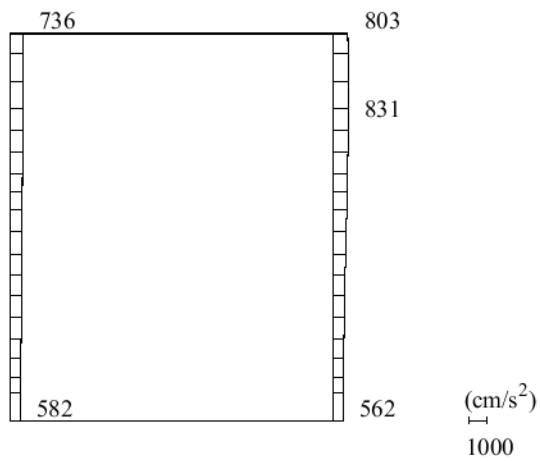


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

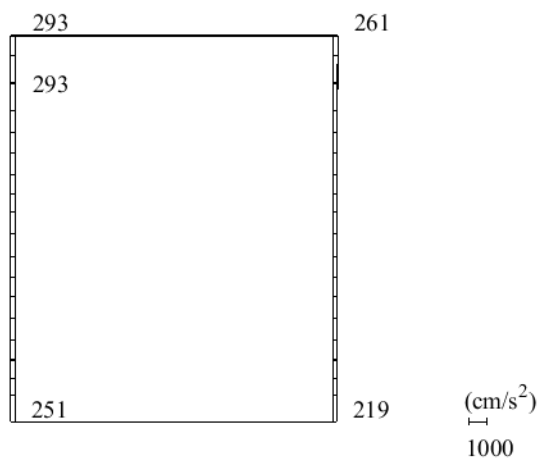


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-44 最大応答加速度分布図 (6/40) (解析ケース①)

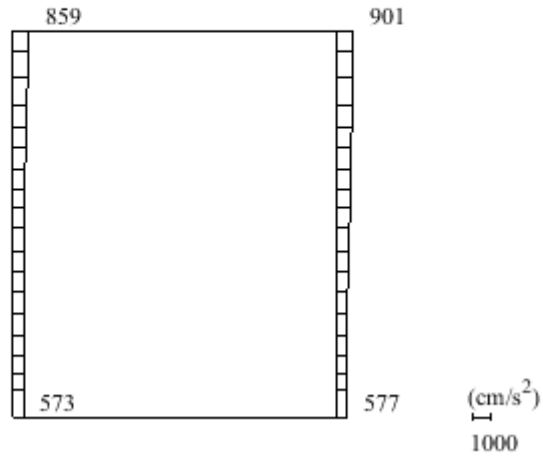


(a) S_s - N 1 (++) 水平

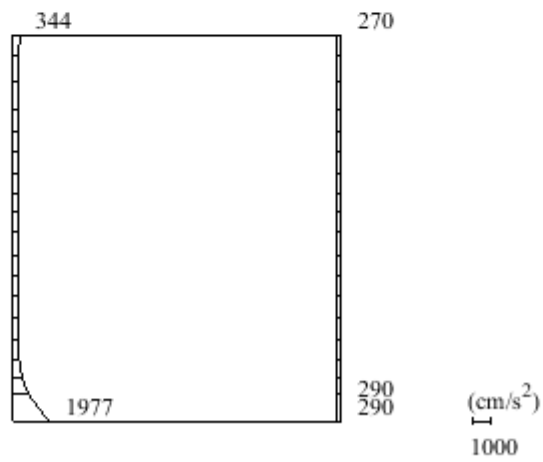


(b) S_s - N 1 (++) 鉛直

図 4-45 最大応答加速度分布図 (7/40) (解析ケース①)

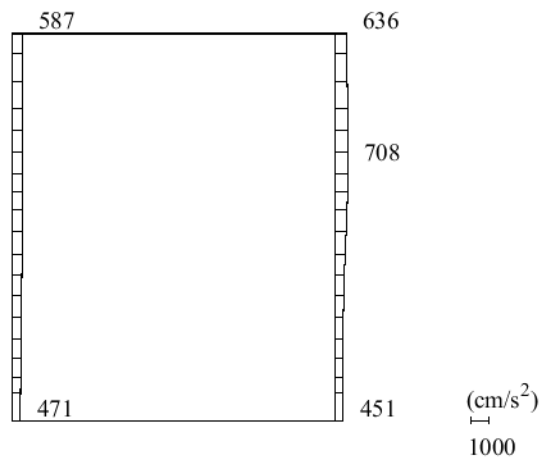


(a) S s - N 1 (-+) 水平

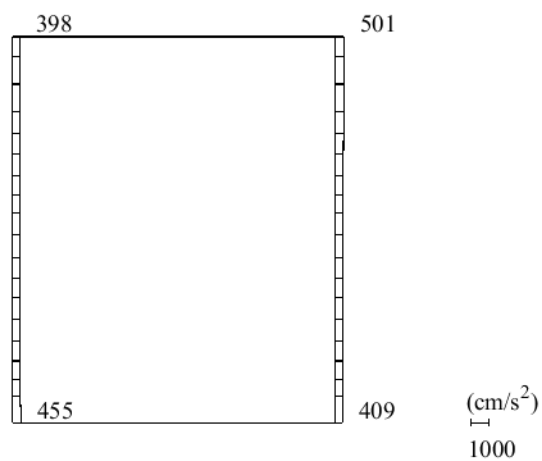


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-46 最大応答加速度分布図 (8/40) (解析ケース①)

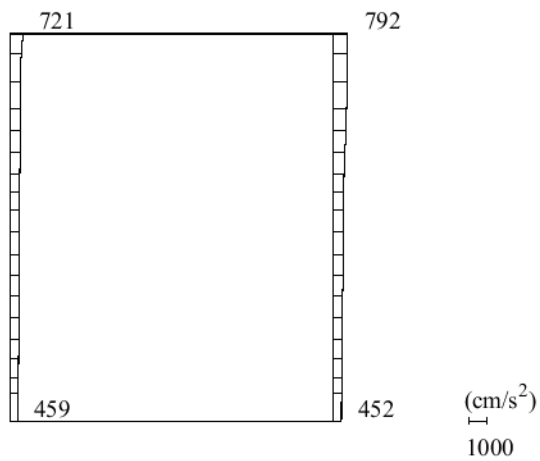


(a) $S_s - N2 (NS) \quad (++)$ 水平

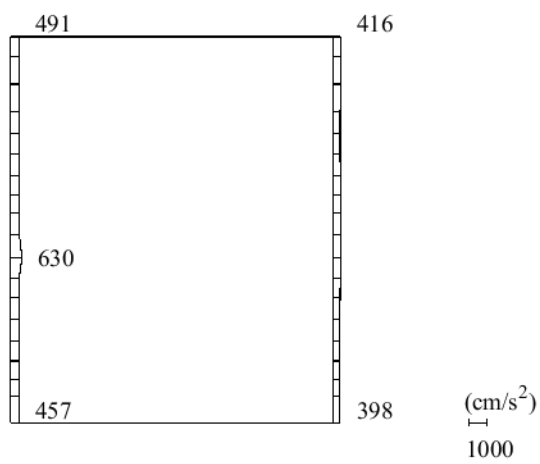


(b) $S_s - N2 (NS) \quad (++)$ 鉛直

図 4-47 最大応答加速度分布図 (9/40) (解析ケース①)

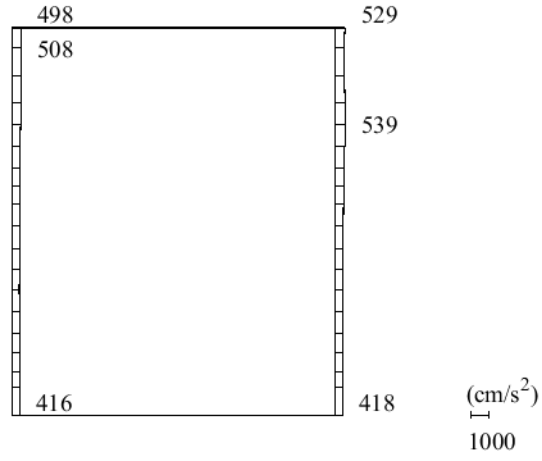


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (-+) 水平

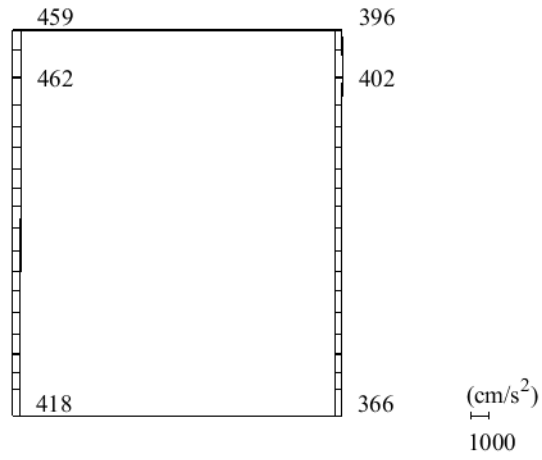


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (-+) 鉛直

図 4-48 最大応答加速度分布図 (10/40) (解析ケース①)

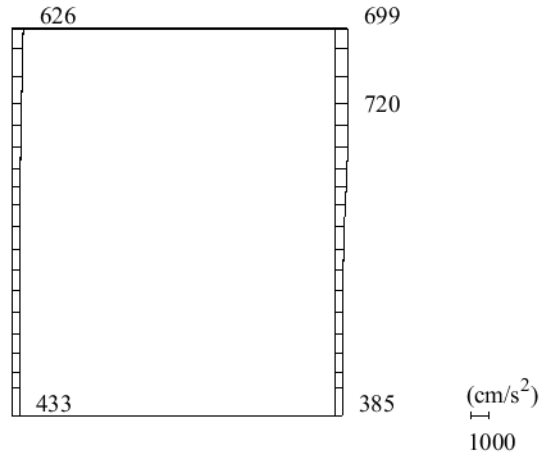


(a) $S_s - N_2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$

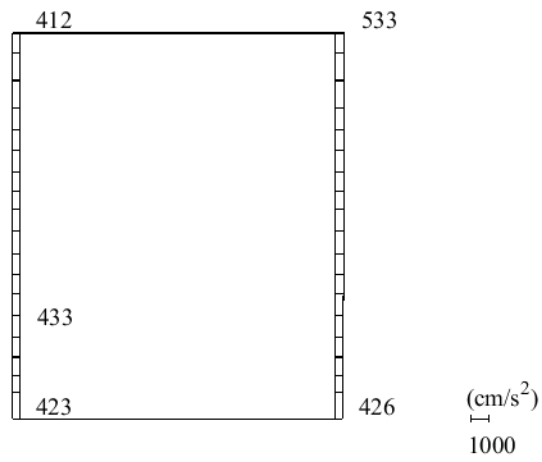


(b) $S_s - N_2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-49 最大応答加速度分布図 (11/40) (解析ケース①)

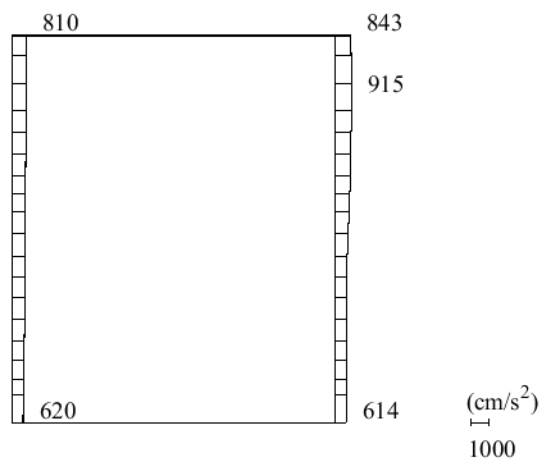


(a) S_s - N 2 (E W) (-+) 水平

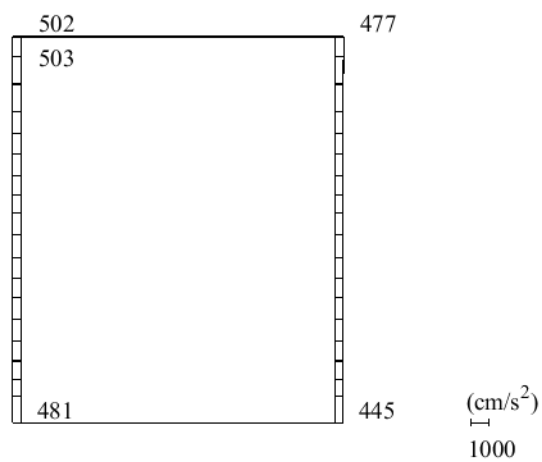


(b) S_s - N 2 (E W) (-+) 鉛直

図 4-50 最大応答加速度分布図 (12/40) (解析ケース①)

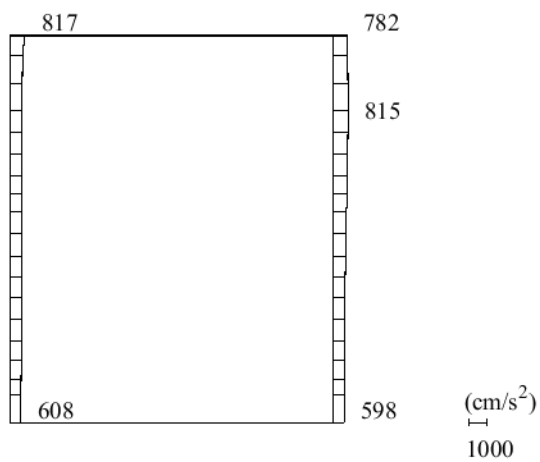


(a) S s - D (+ -) 水平

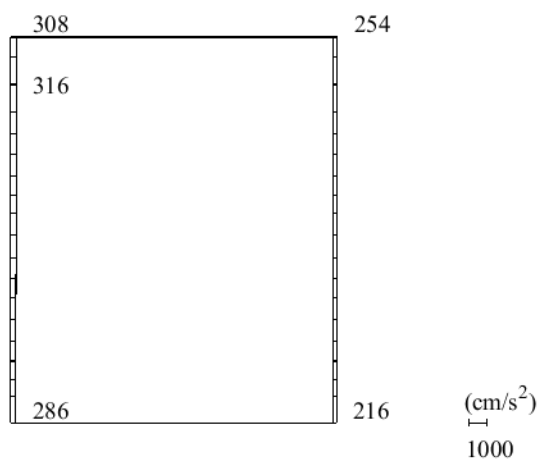


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-51 最大応答加速度分布図 (13/40) (解析ケース②)

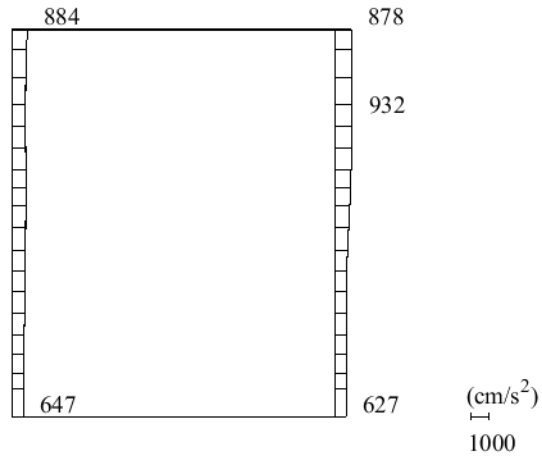


(a) S s - N 1 (++) 水平

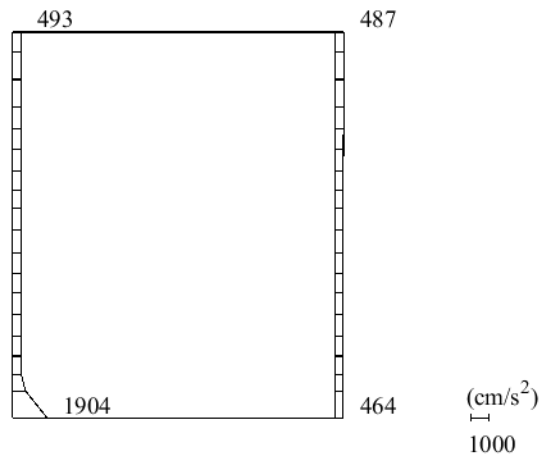


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-52 最大応答加速度分布図 (14/40) (解析ケース②)

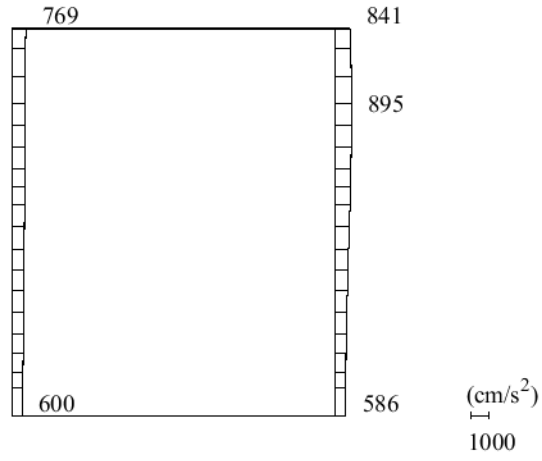


(a) S s - D (+ -) 水平

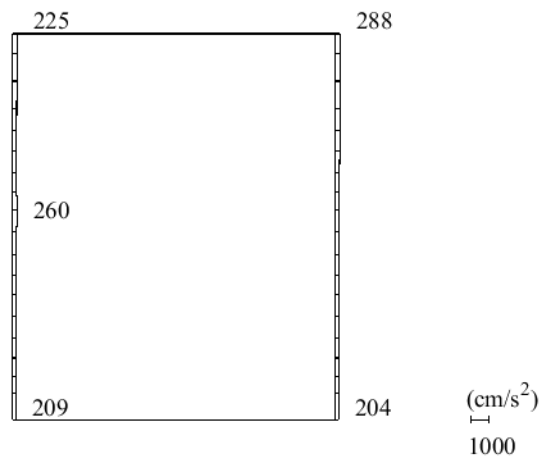


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-53 最大応答加速度分布図 (15/40) (解析ケース③)

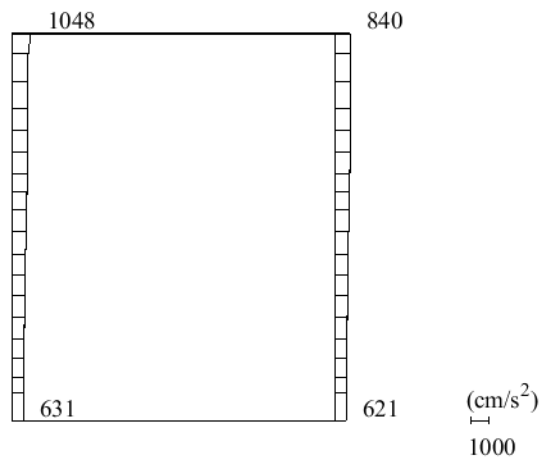


(a) S s - N 1 (++) 水平

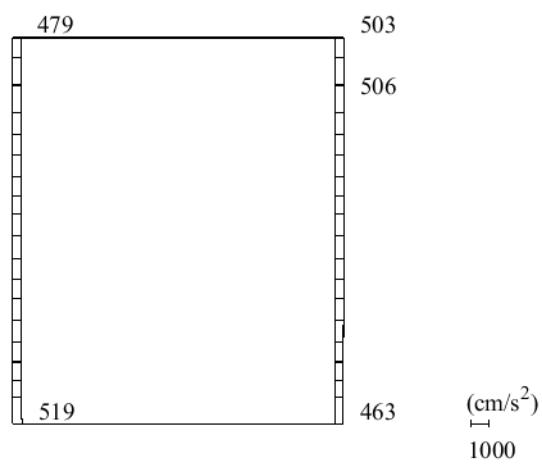


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-54 最大応答加速度分布図 (16/40) (解析ケース③)

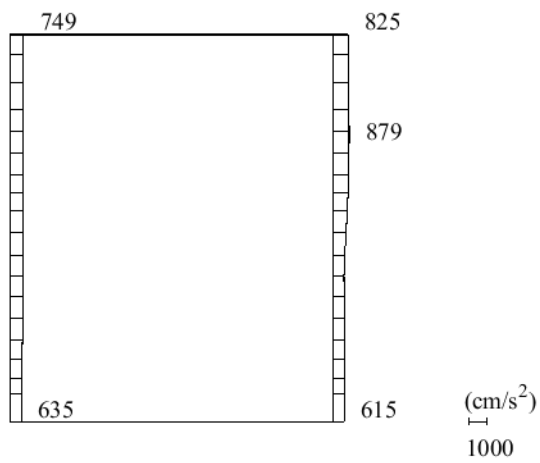


(a) S s - D (++) 水平

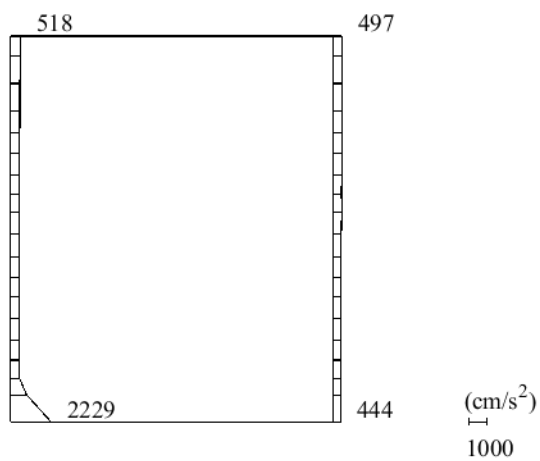


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-55 最大応答加速度分布図 (17/40) (解析ケース②)

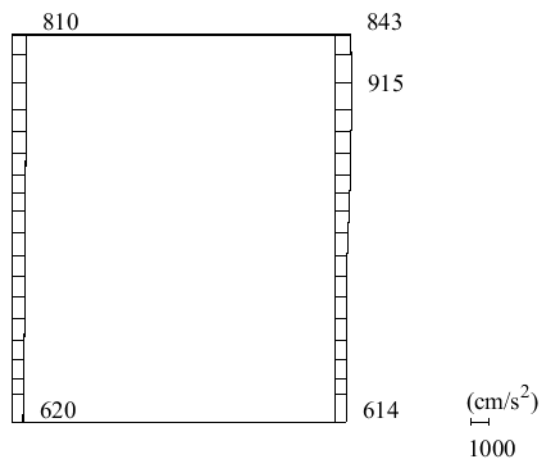


(a) S s - D (-+) 水平

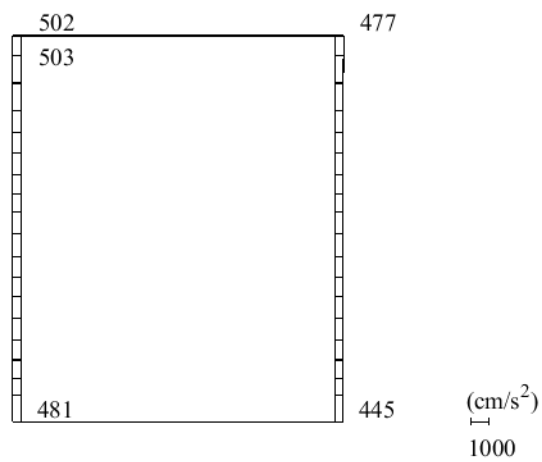


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-56 最大応答加速度分布図 (18/40) (解析ケース②)

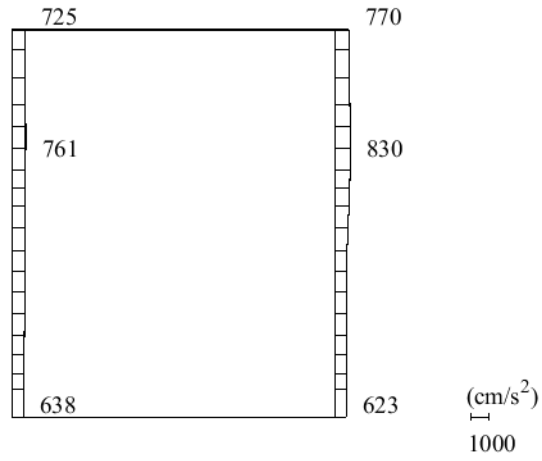


(a) S s - D (+ -) 水平

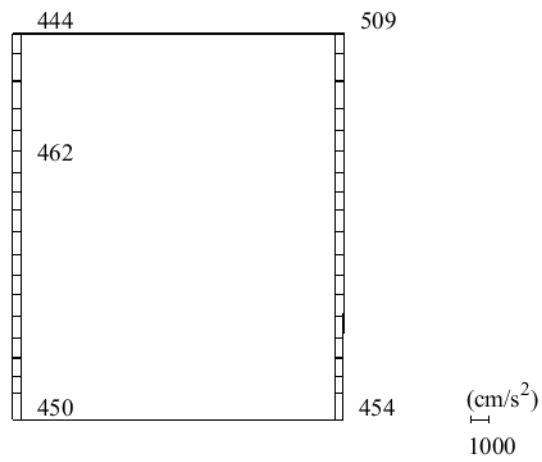


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-57 最大応答加速度分布図 (19/40) (解析ケース②)

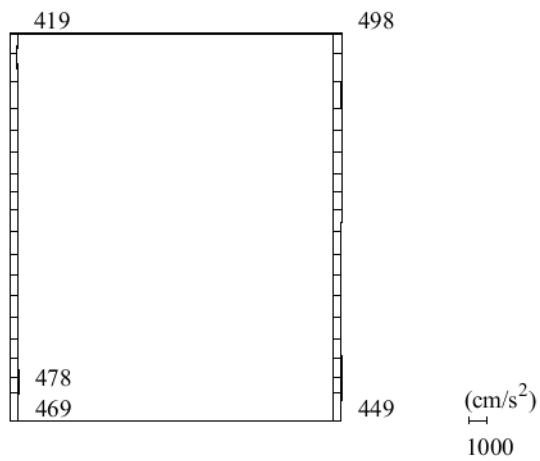


(a) S s - D (--) 水平

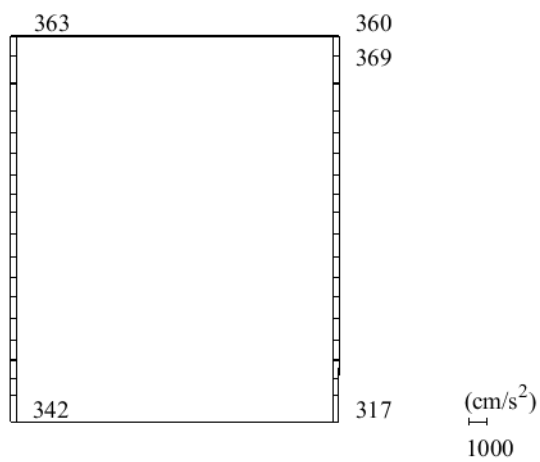


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-58 最大応答加速度分布図 (20/40) (解析ケース②)

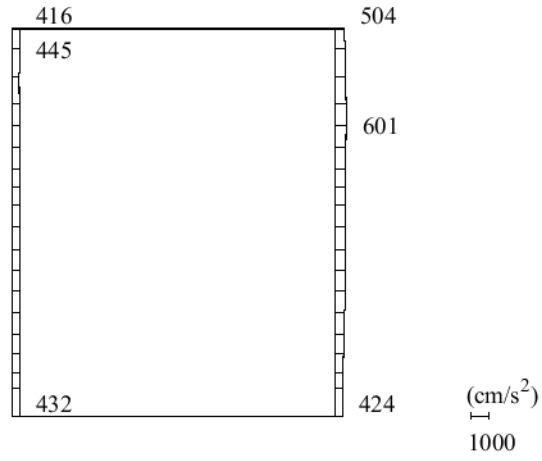


(a) S s - F 1 (++) 水平

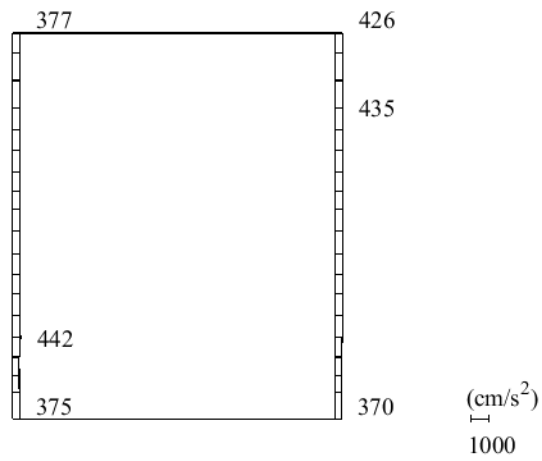


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-59 最大応答加速度分布図 (21/40) (解析ケース②)

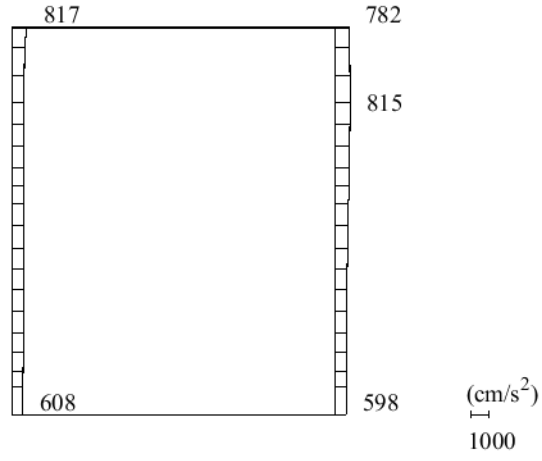


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

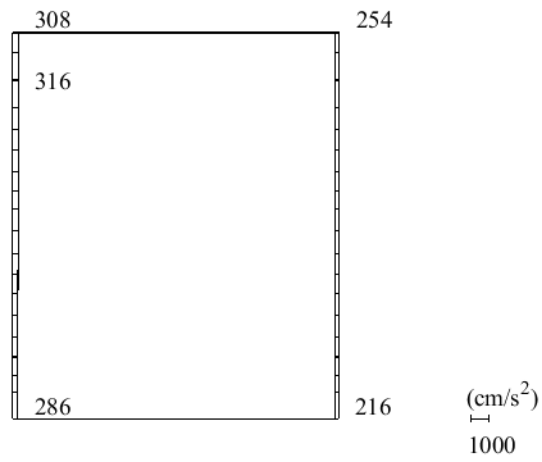


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-60 最大応答加速度分布図 (22/40) (解析ケース②)

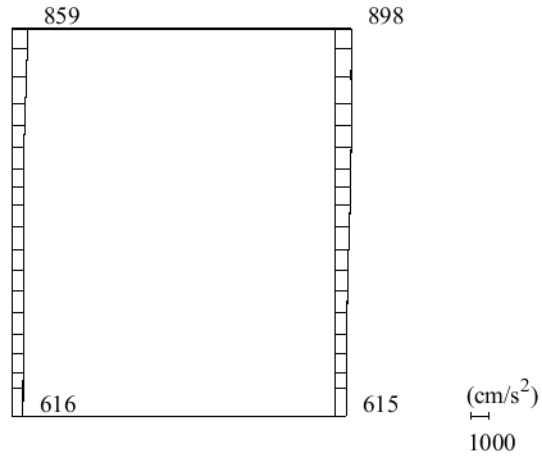


(a) S s - N 1 (++) 水平

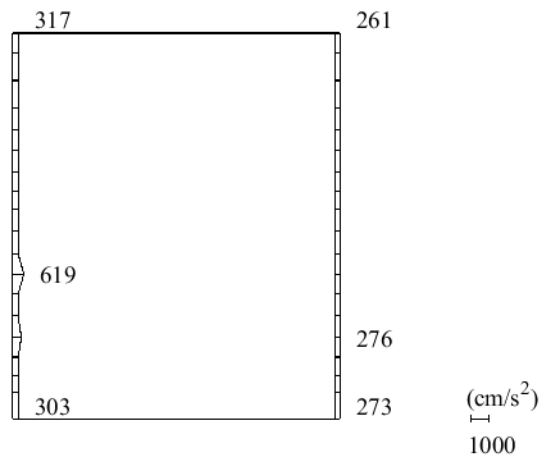


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-61 最大応答加速度分布図 (23/40) (解析ケース②)

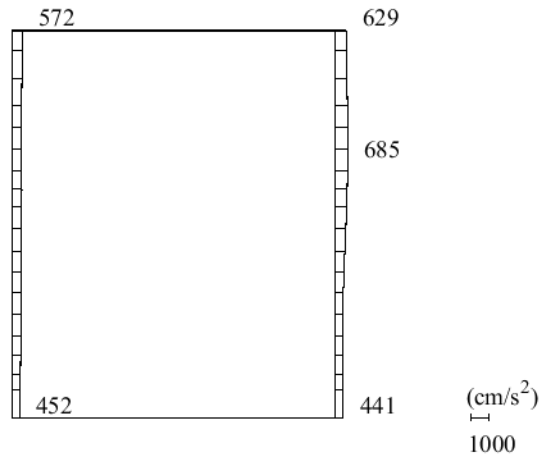


(a) S s - N 1 (-+) 水平

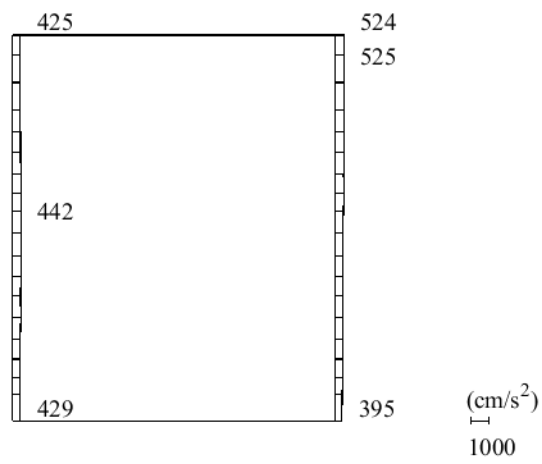


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-62 最大応答加速度分布図 (24/40) (解析ケース②)

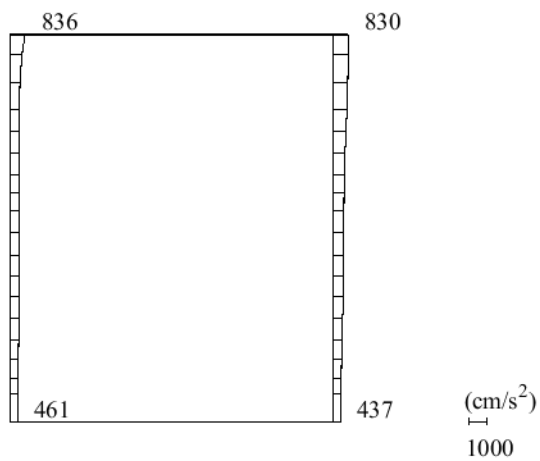


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

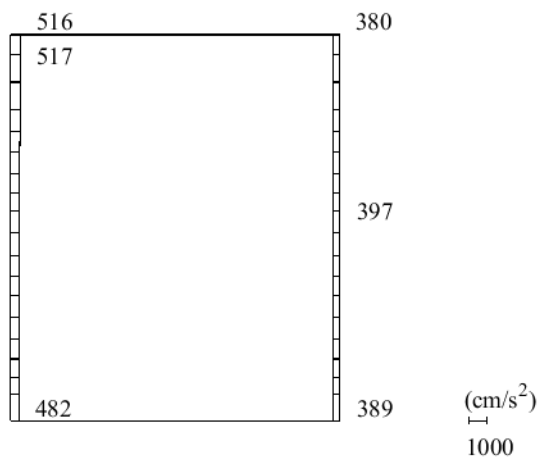


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-63 最大応答加速度分布図 (25/40) (解析ケース②)

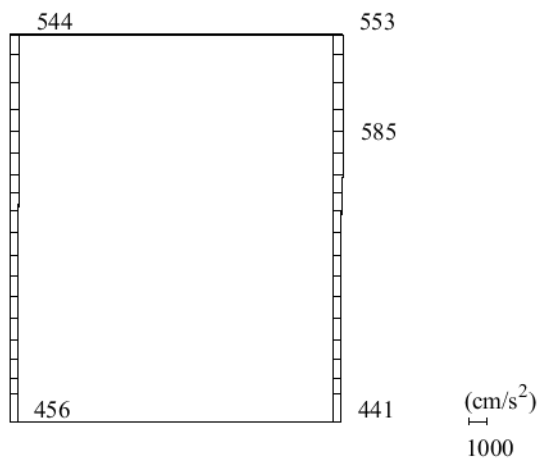


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (-+) 水平

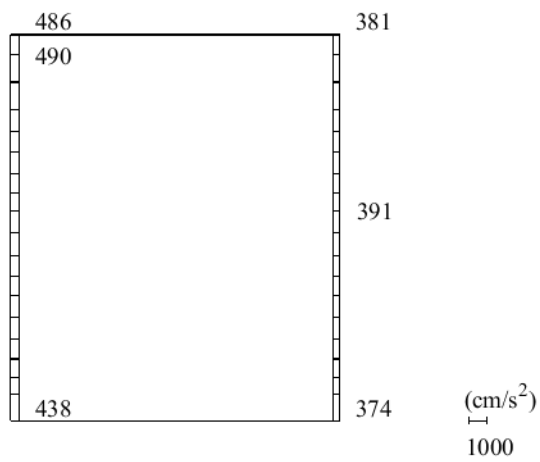


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (-+) 鉛直

図 4-64 最大応答加速度分布図 (26/40) (解析ケース②)

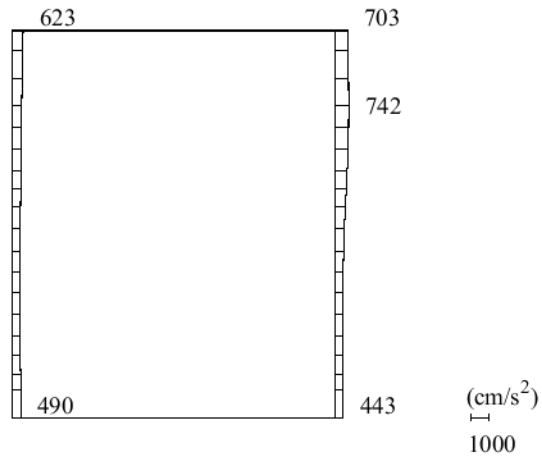


(a) $S_s - N_2$ (EW) (++) 水平

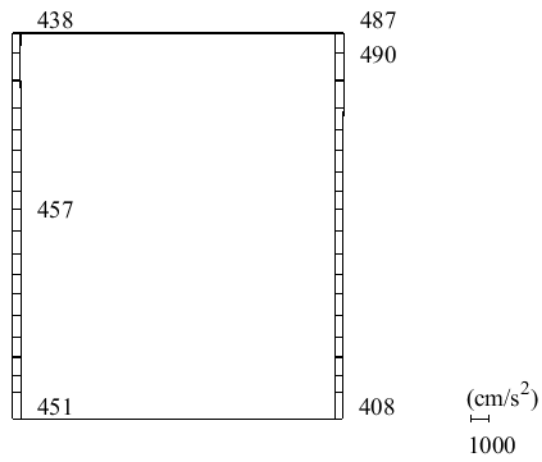


(b) $S_s - N_2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-65 最大応答加速度分布図 (27/40) (解析ケース②)

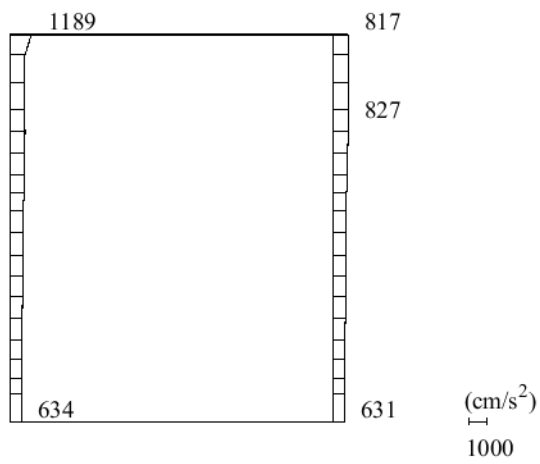


(a) S_s - N 2 (E W) (-+) 水平

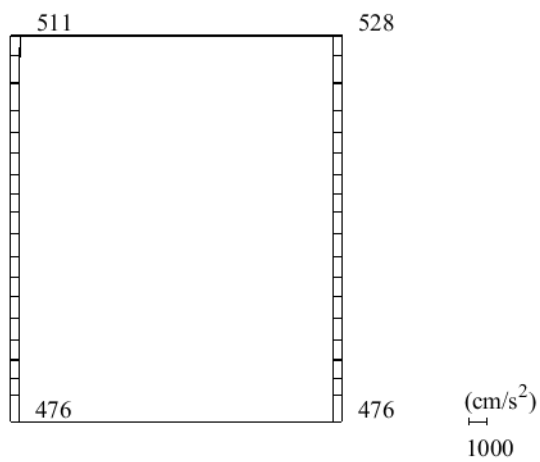


(b) S_s - N 2 (E W) (-+) 鉛直

図 4-66 最大応答加速度分布図 (28/40) (解析ケース②)

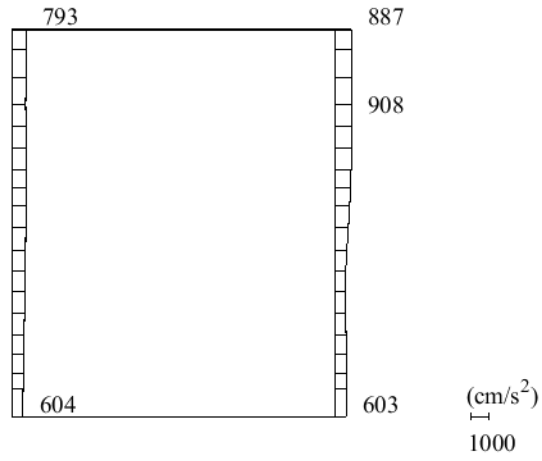


(a) S s - D (++) 水平

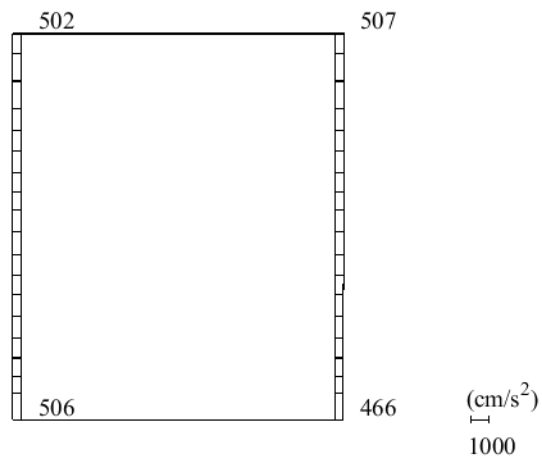


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-67 最大応答加速度分布図 (29/40) (解析ケース③)

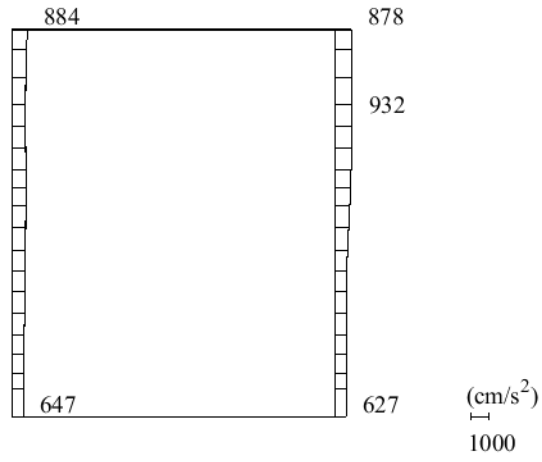


(a) S s - D (-+) 水平

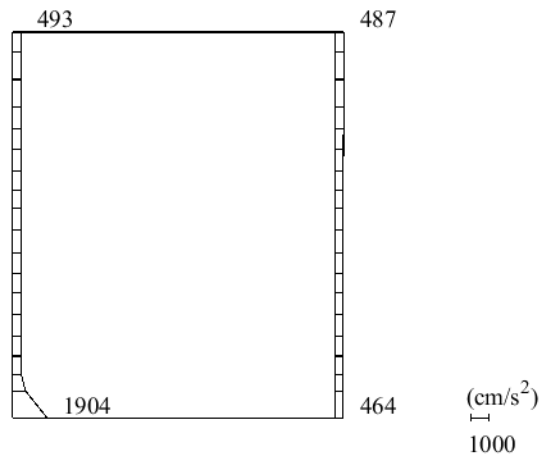


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-68 最大応答加速度分布図 (30/40) (解析ケース③)

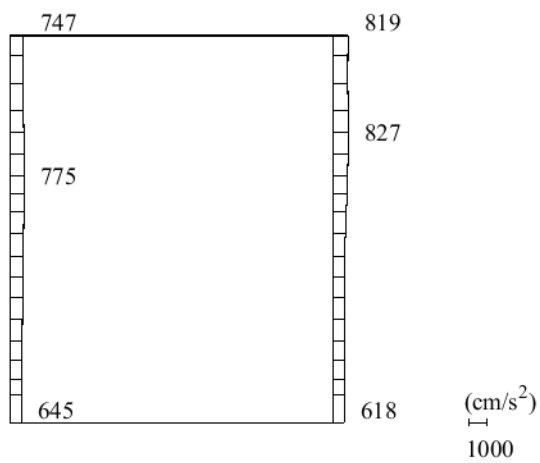


(a) S s - D (+ -) 水平

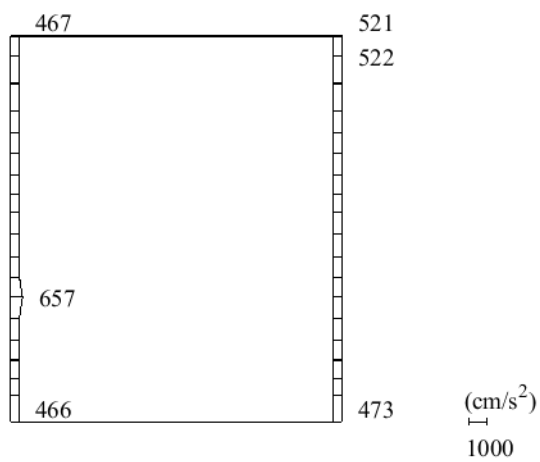


(b) S s - D (+ -) 鉛直

図 4-69 最大応答加速度分布図 (31/40) (解析ケース③)

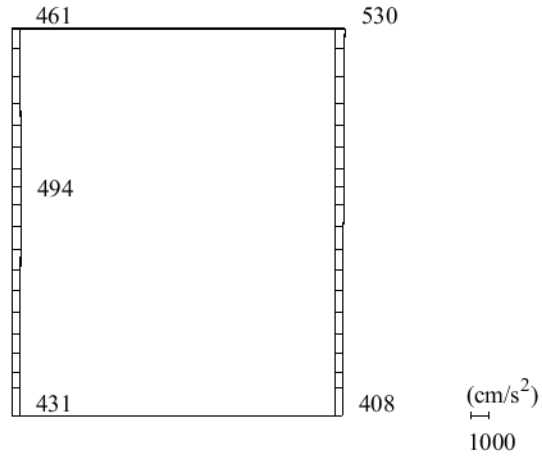


(a) S s - D (--) 水平

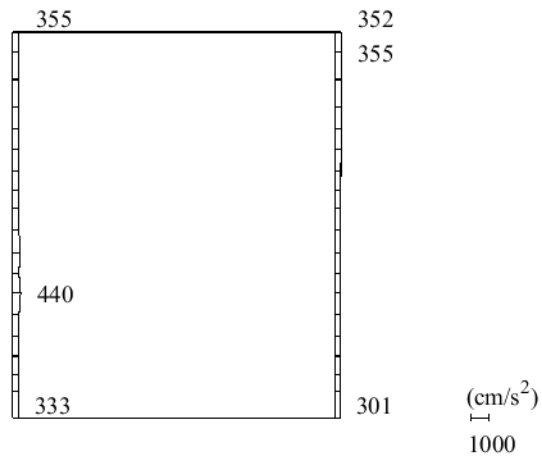


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-70 最大応答加速度分布図 (32/40) (解析ケース③)

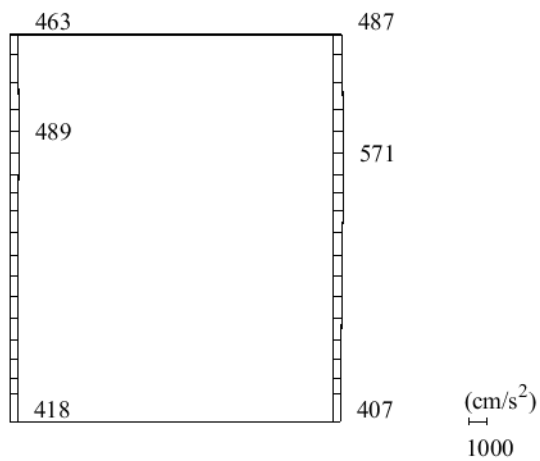


(a) S_s - F 1 (++) 水平

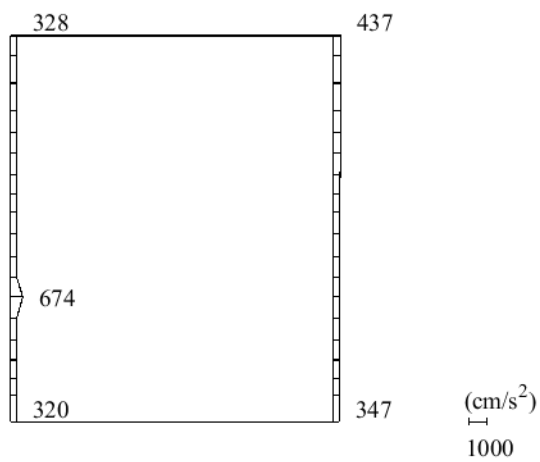


(b) S_s - F 1 (++) 鉛直

図 4-71 最大応答加速度分布図 (33/40) (解析ケース③)

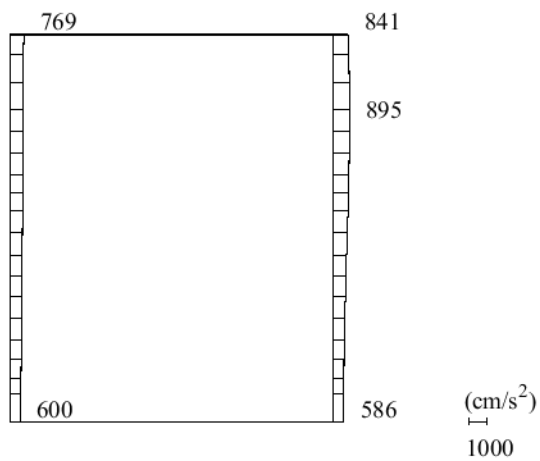


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

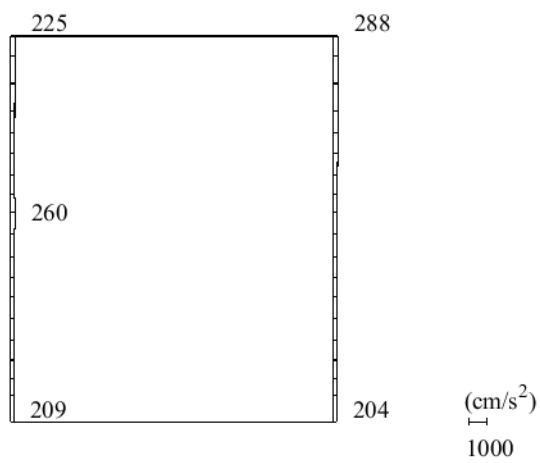


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-72 最大応答加速度分布図 (34/40) (解析ケース③)

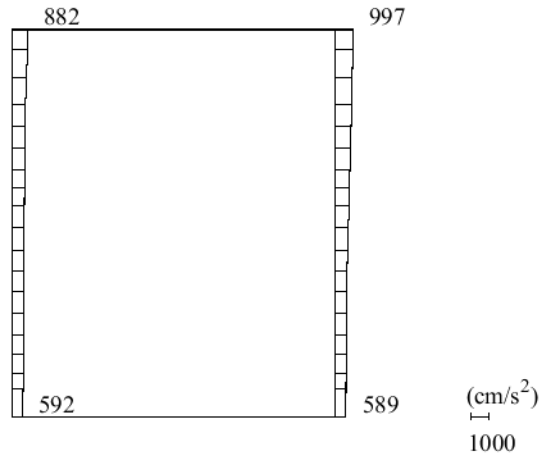


(a) S s - N 1 (++) 水平

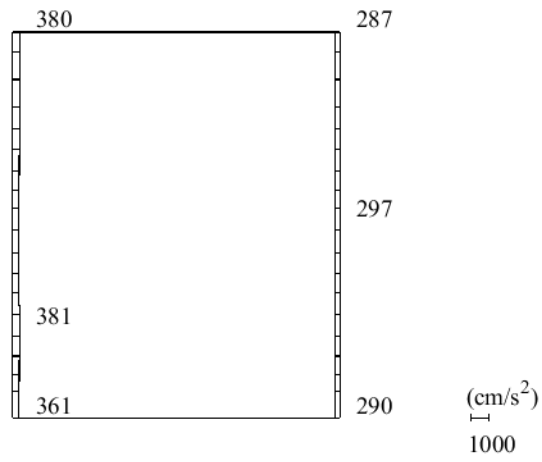


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-73 最大応答加速度分布図 (35/40) (解析ケース③)

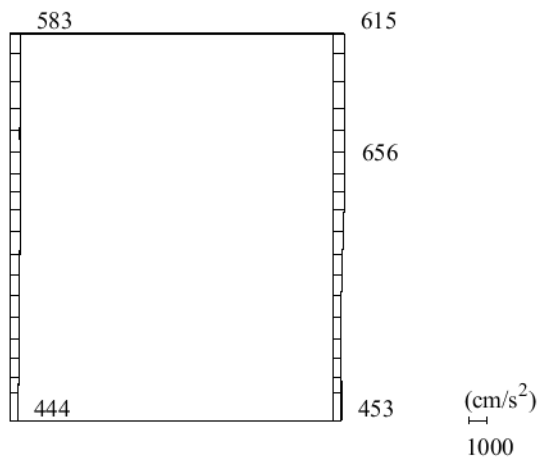


(a) S s - N 1 (-+) 水平

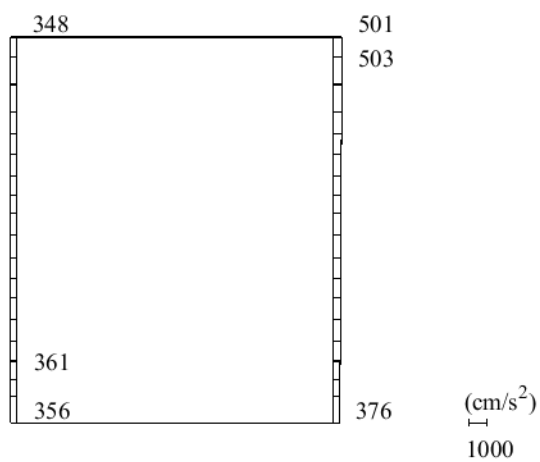


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-74 最大応答加速度分布図 (36/40) (解析ケース③)

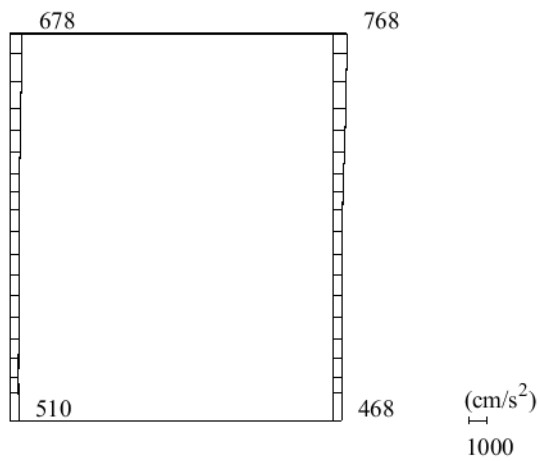


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

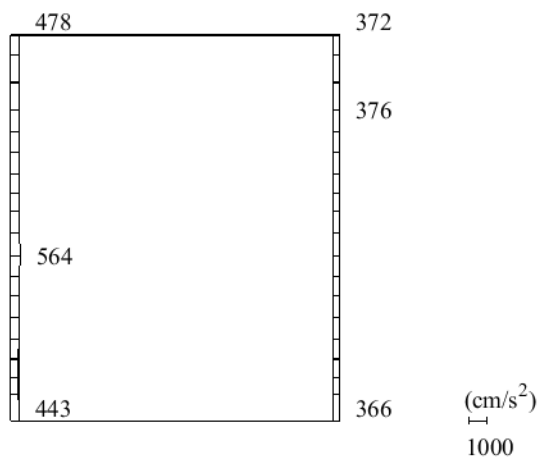


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-75 最大応答加速度分布図 (37/40) (解析ケース③)

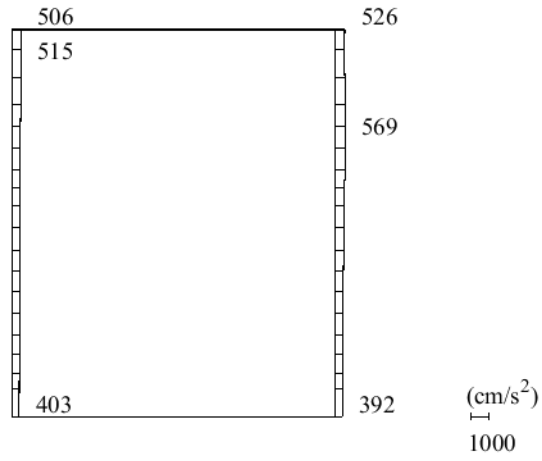


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (- +) 水平

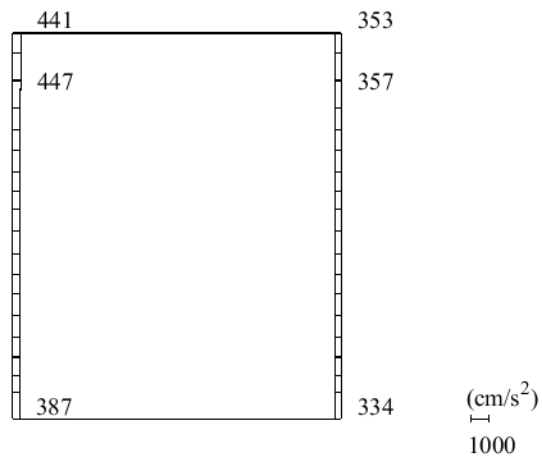


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-76 最大応答加速度分布図 (38/40) (解析ケース③)

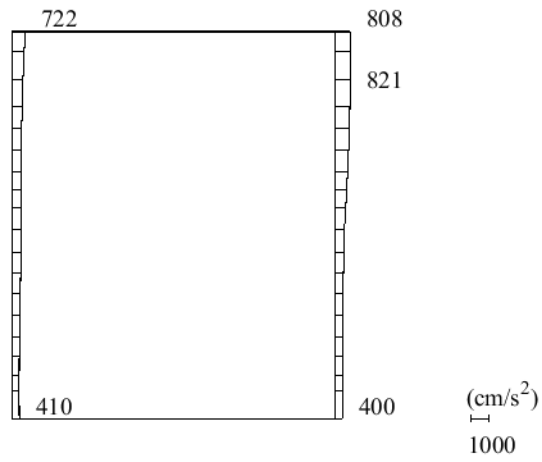


(a) $S_s - N_2$ (EW) (++) 水平

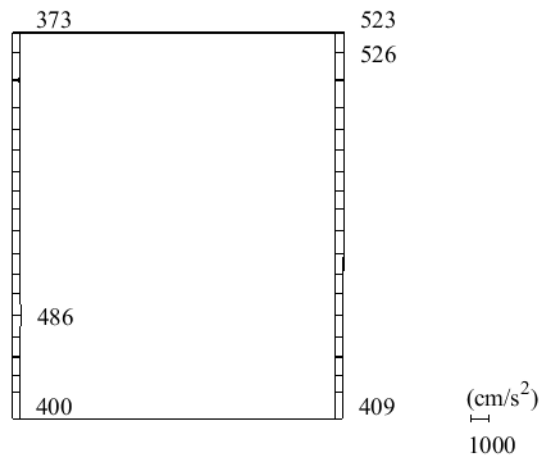


(b) $S_s - N_2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-77 最大応答加速度分布図 (39/40) (解析ケース③)



(a) S_s - N 2 (E W) (-+) 水平



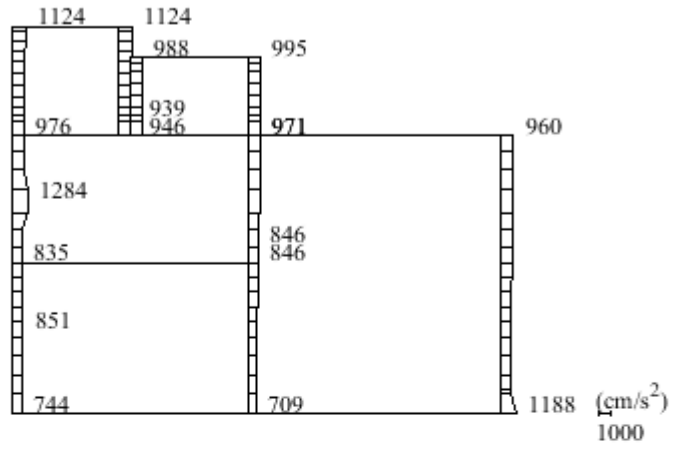
(b) S_s - N 2 (E W) (-+) 鉛直

図 4-78 最大応答加速度分布図 (40/40) (解析ケース③)

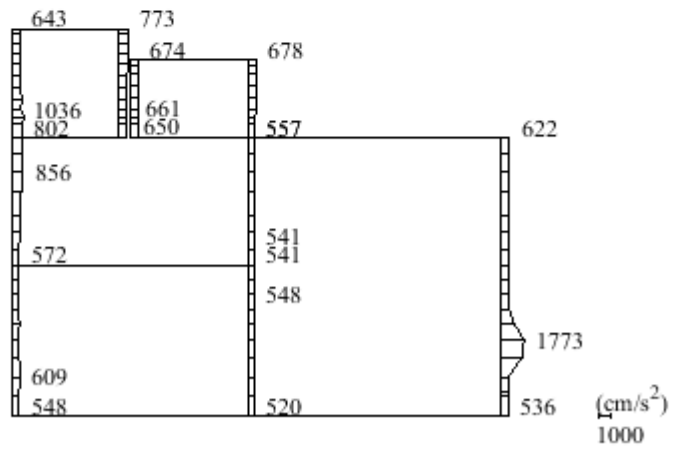
4.3 C-C断面の解析結果

水平2方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価のために用いる応答加速度として、解析ケース①について、すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図4-79～図4-90に示す。

また、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及び③について、すべての基準地震動 S_s に対する最大応答加速度分布図を図4-91～図4-114に示す。

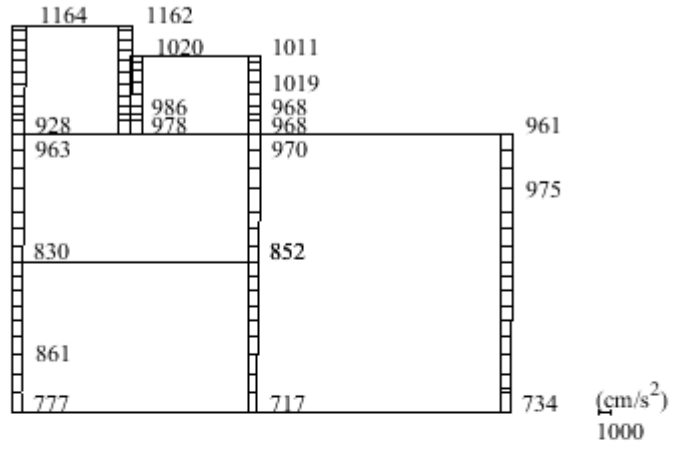


(a) $S_s - D$ (++) 水平

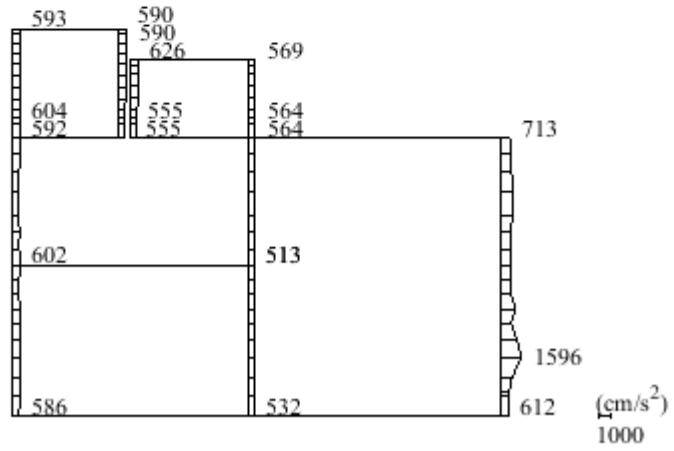


(b) $S_s - D$ (++) 鉛直

図 4-79 最大応答加速度分布図 (1/36) (解析ケース①)

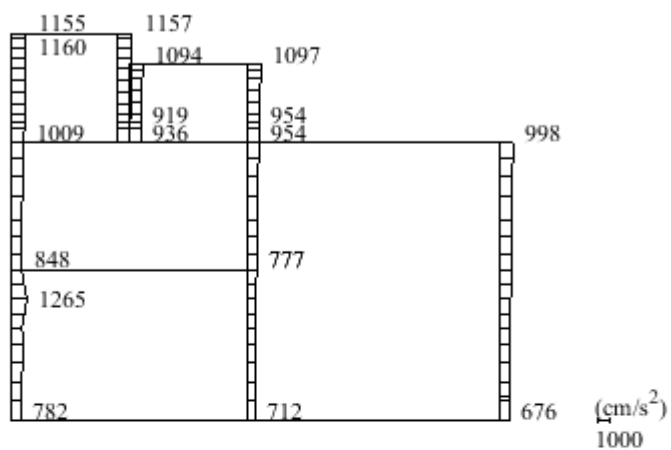


(a) S s - D (-+) 水平

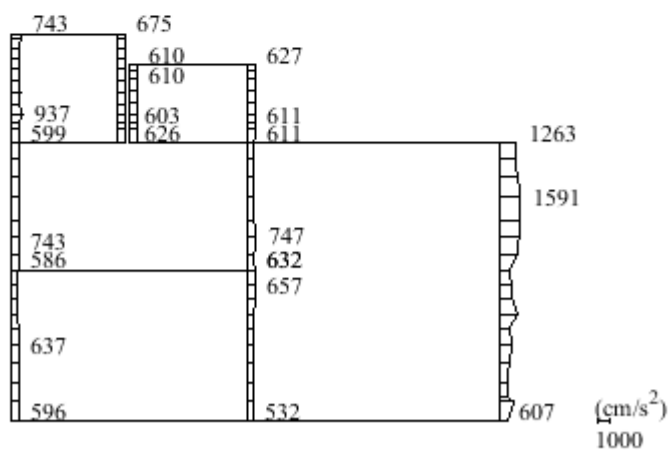


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-80 最大応答加速度分布図 (2/36) (解析ケース①)

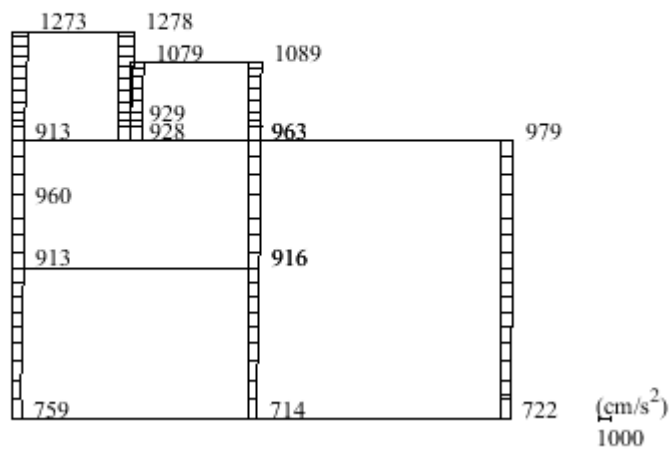


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

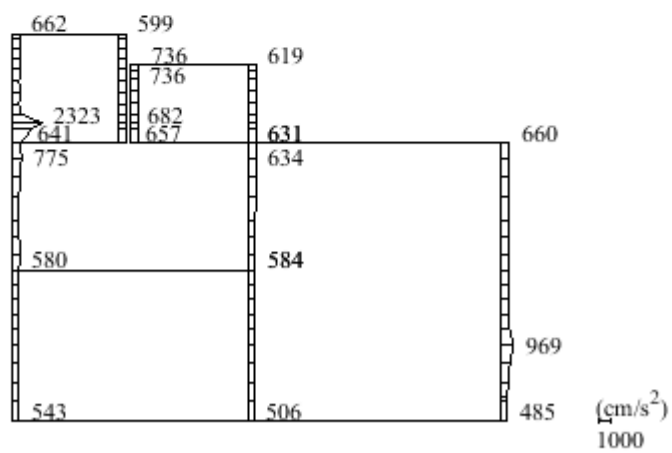


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-81 最大応答加速度分布図 (3/36) (解析ケース①)

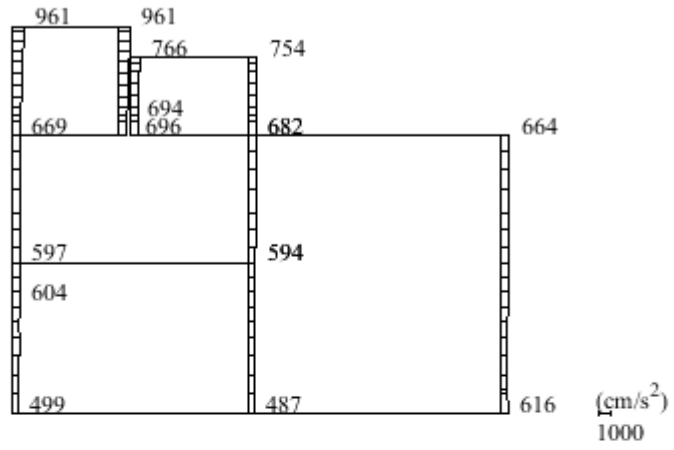


(a) S s - D (--) 水平

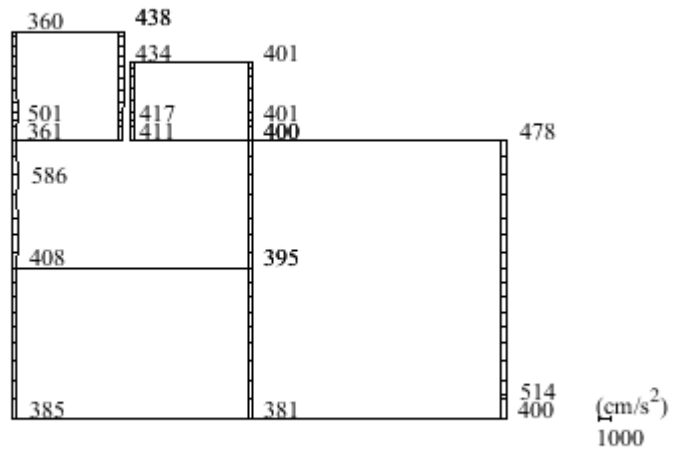


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-82 最大応答加速度分布図 (4/36) (解析ケース①)

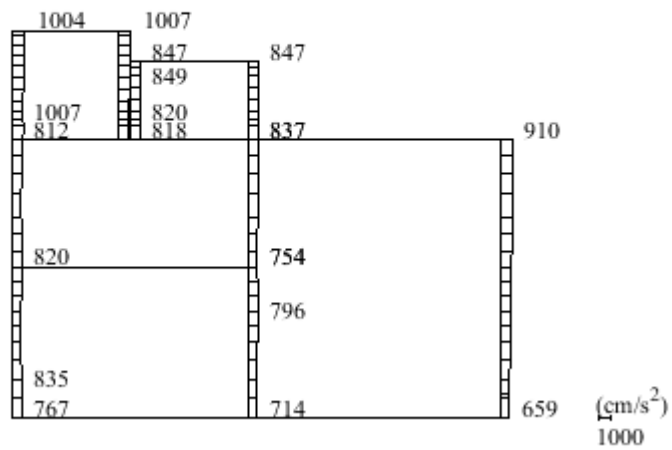


(a) $S_s - F 1$ (++) 水平

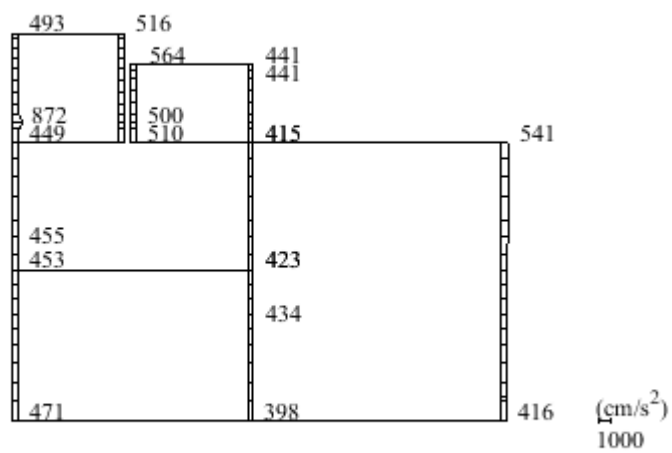


(b) $S_s - F 1$ (++) 鉛直

図 4-83 最大応答加速度分布図 (5/36) (解析ケース①)

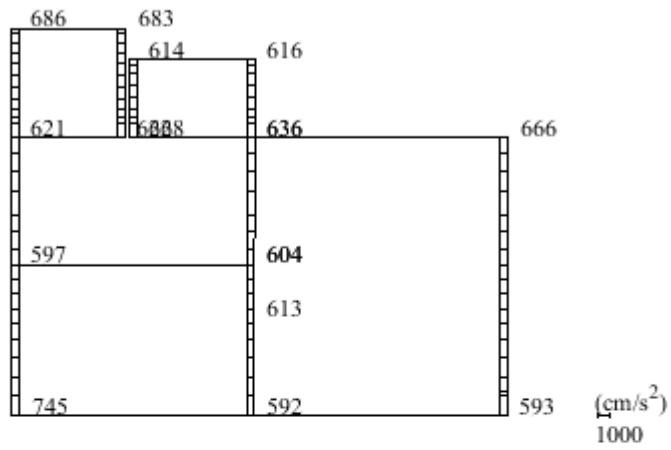


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

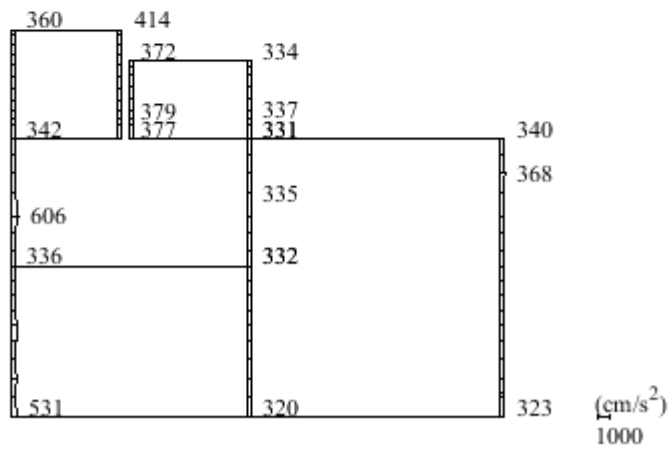


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-84 最大応答加速度分布図 (6/36) (解析ケース①)



(a) S s - N 1 (++) 水平



(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-85 最大応答加速度分布図 (7/36) (解析ケース①)

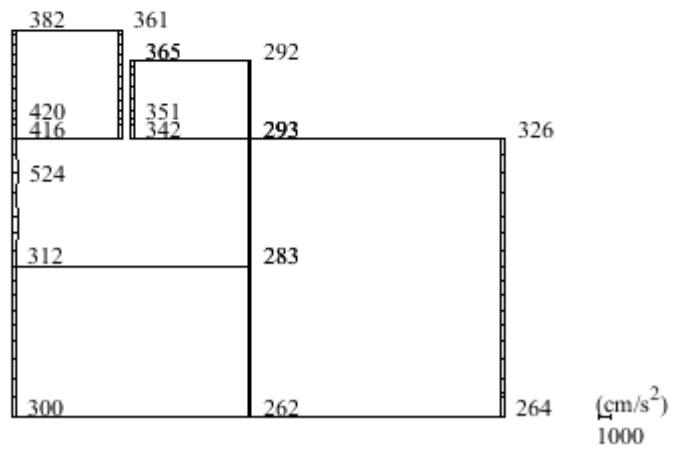
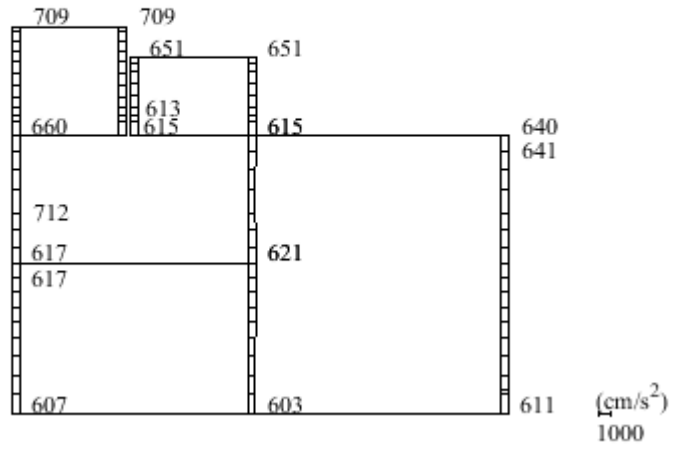
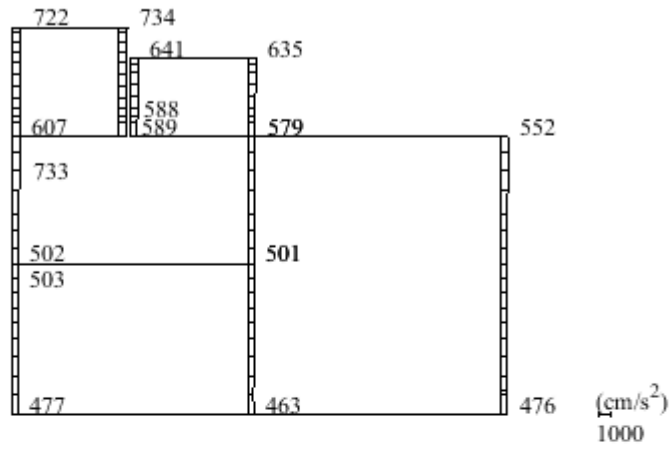
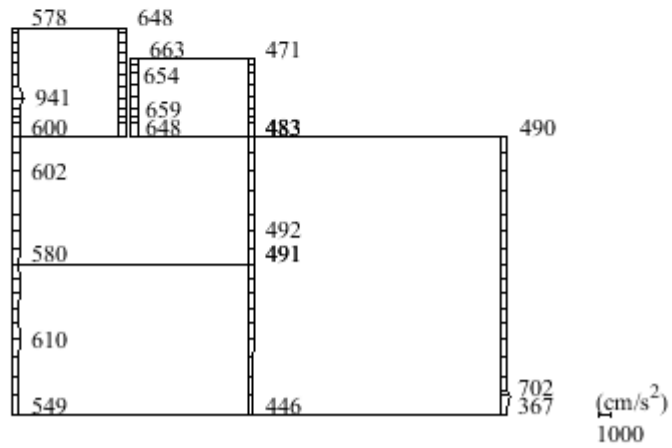


図 4-86 最大応答加速度分布図 (8/36) (解析ケース①)

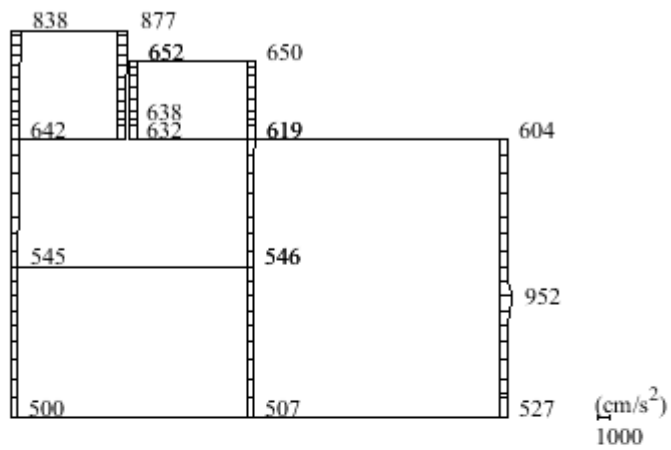


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

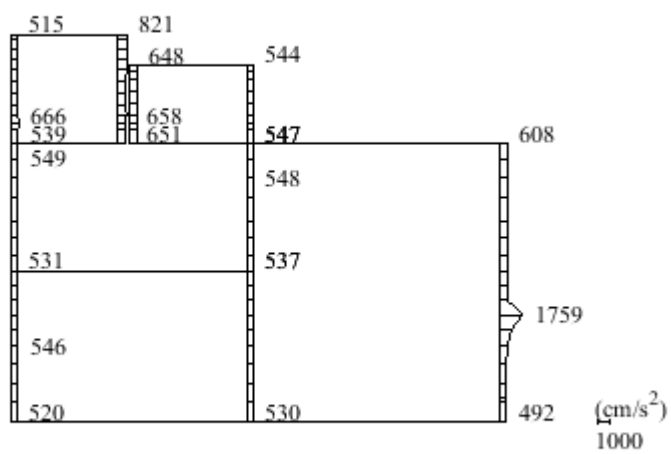


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-87 最大応答加速度分布図 (9/36) (解析ケース①)

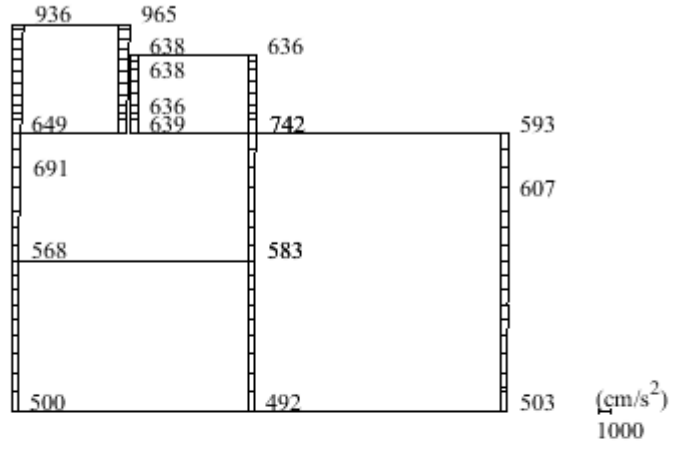


(a) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 水平

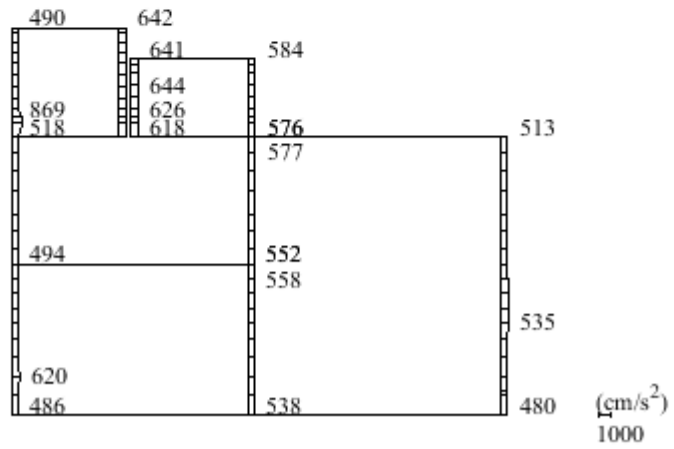


(b) $S_s - N2 (NS)$ (- +) 鉛直

図 4-88 最大応答加速度分布図 (10/36) (解析ケース①)

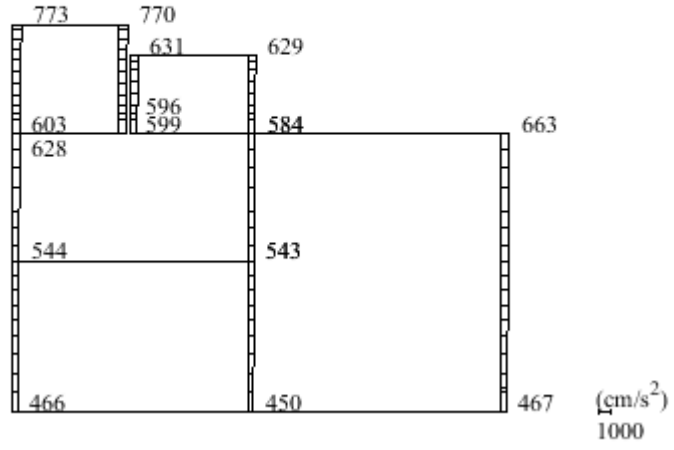


(a) S_s - N 2 (EW) (++) 水平

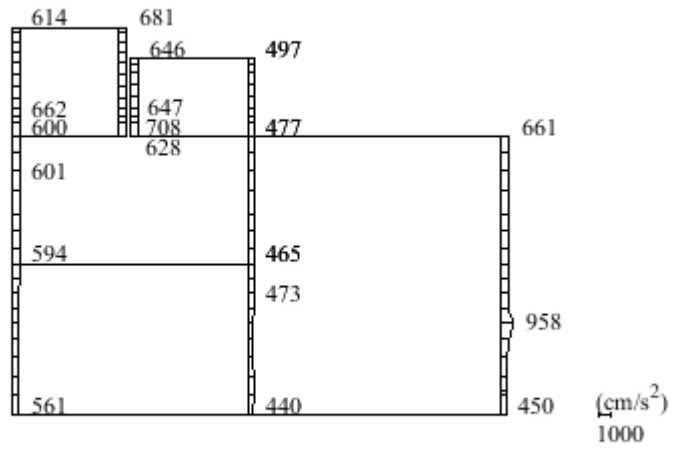


(b) S_s - N 2 (EW) (++) 鉛直

図 4-89 最大応答加速度分布図 (11/36) (解析ケース①)

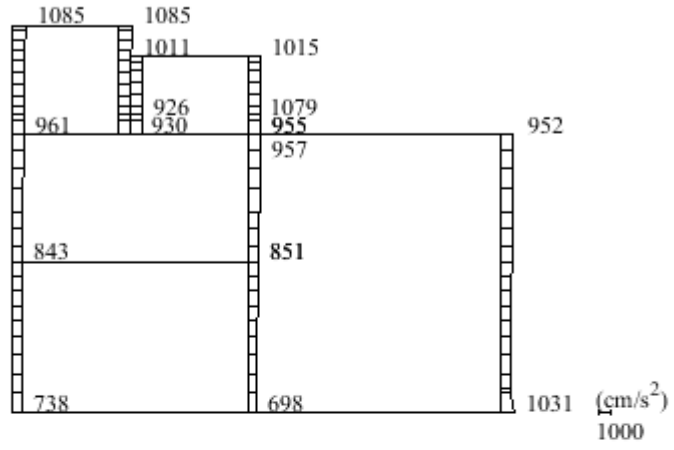


(a) $S_s - N_2 (EW)$ (- +) 水平

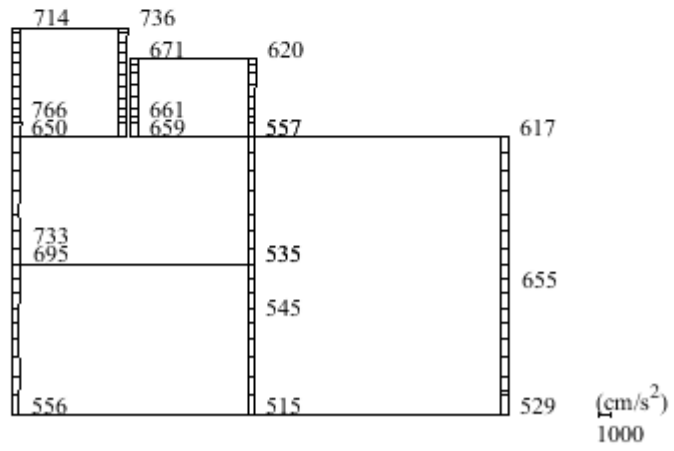


(b) $S_s - N_2 (EW)$ (- +) 鉛直

図 4-90 最大応答加速度分布図 (12/36) (解析ケース①)

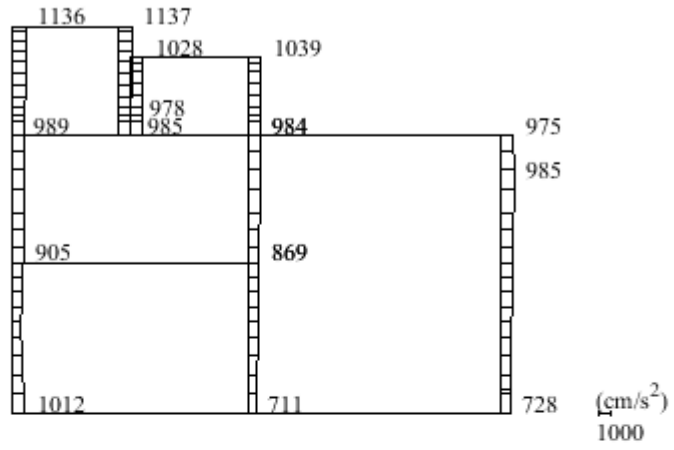


(a) S s - D (++) 水平

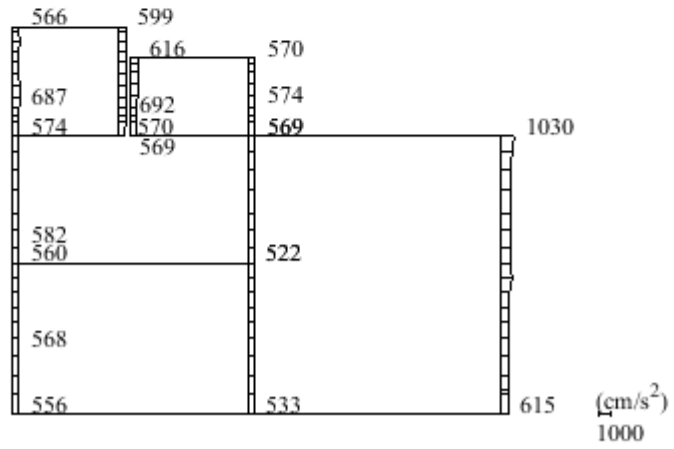


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-91 最大応答加速度分布図 (13/36) (解析ケース②)

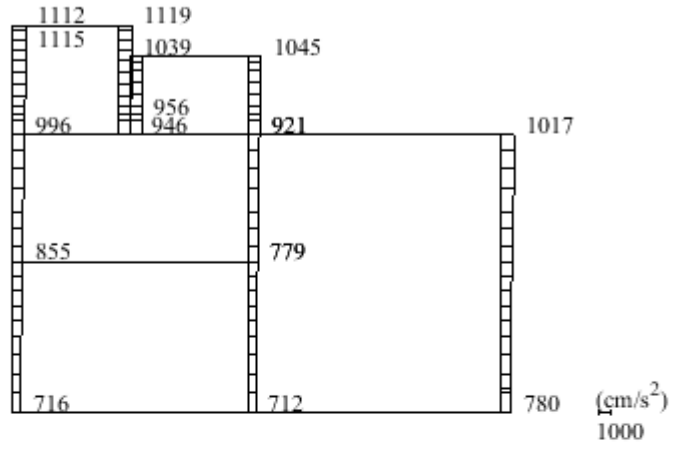


(a) S s - D (-+) 水平

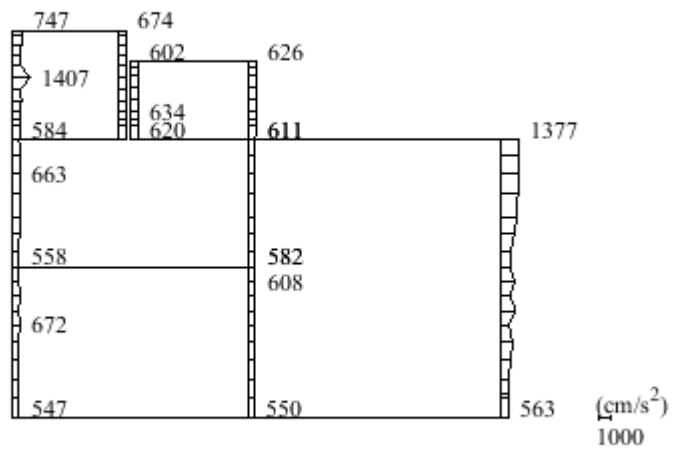


(b) S s - D (-+) 鉛直

図 4-92 最大応答加速度分布図 (14/36) (解析ケース②)

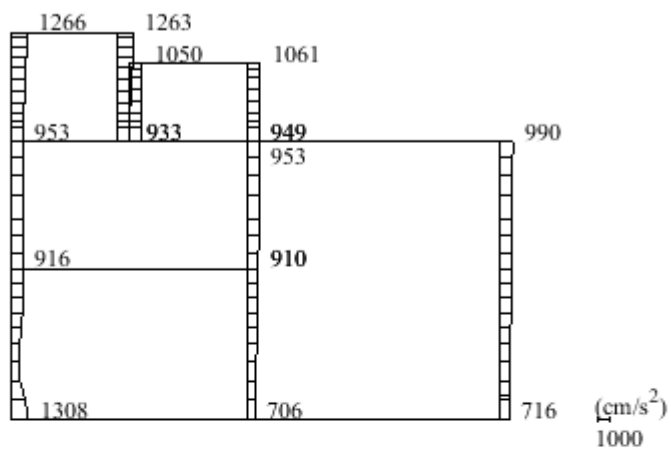


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

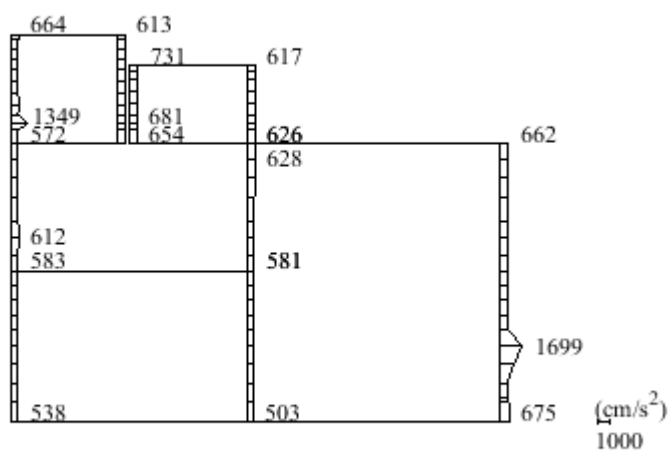


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-93 最大応答加速度分布図 (15/36) (解析ケース②)

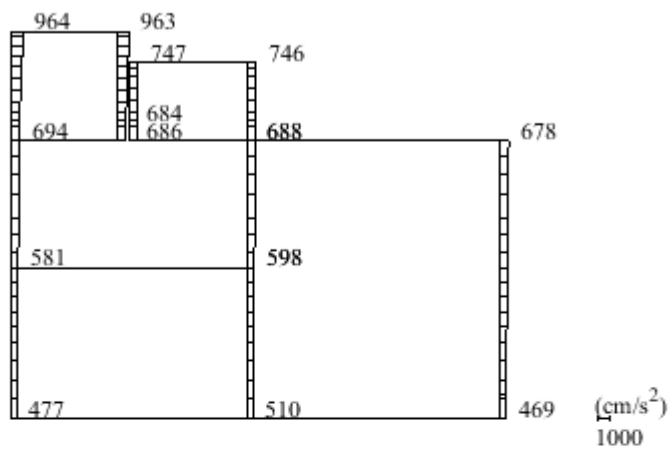


(a) S s - D (--) 水平

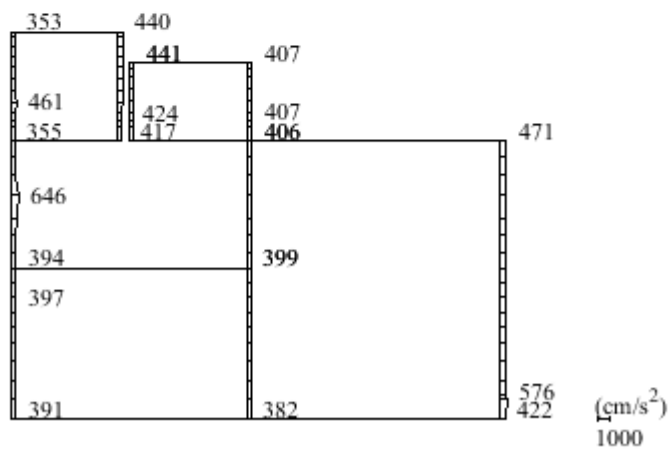


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-94 最大応答加速度分布図 (16/36) (解析ケース②)

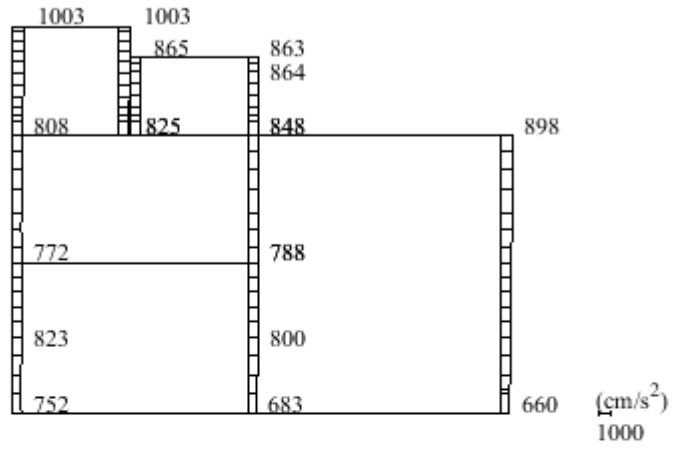


(a) $S_s - F_1$ (++) 水平

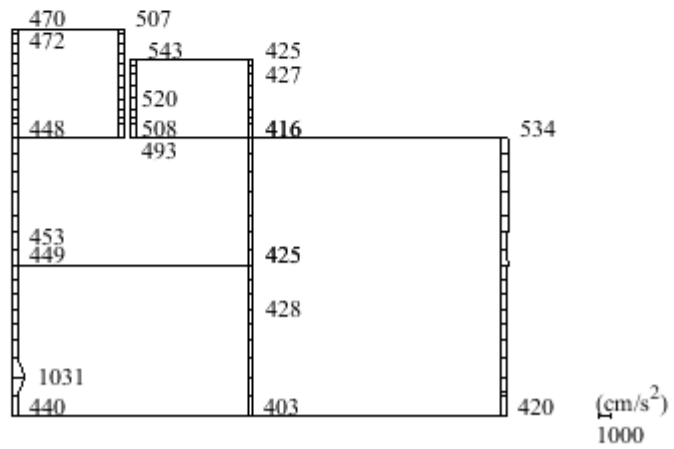


(b) $S_s - F_1$ (++) 鉛直

図 4-95 最大応答加速度分布図 (17/36) (解析ケース②)

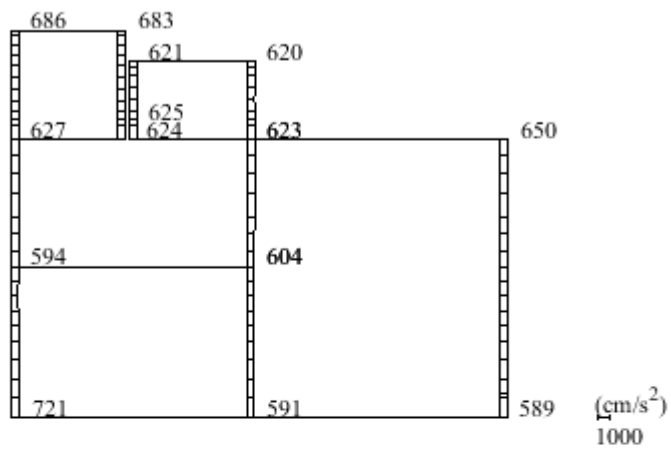


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

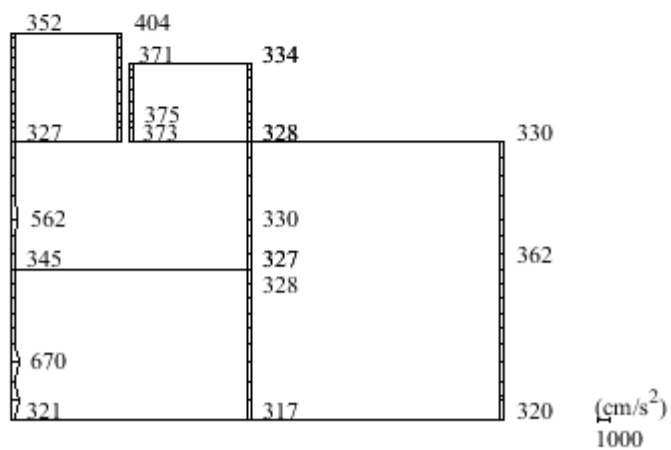


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-96 最大応答加速度分布図 (18/36) (解析ケース②)

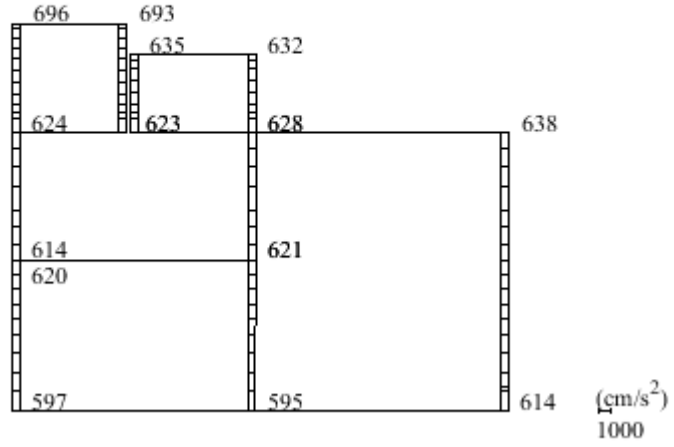


(a) S s - N 1 (++) 水平

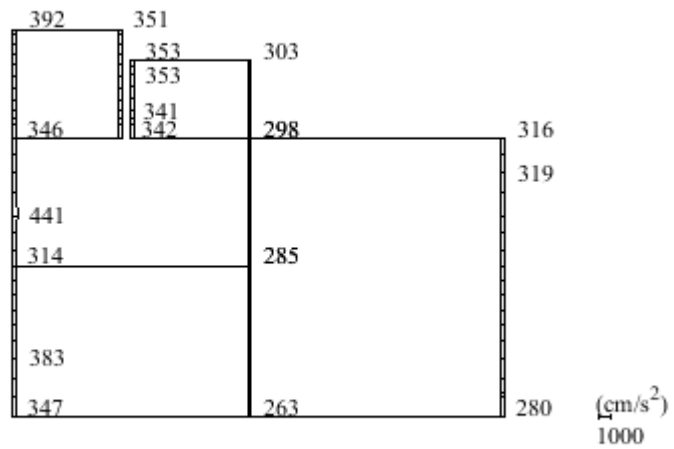


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-97 最大応答加速度分布図 (19/36) (解析ケース②)

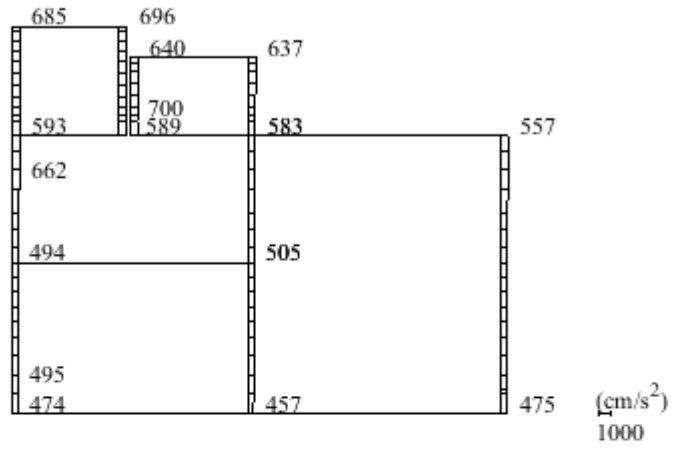


(a) S s - N 1 (-+) 水平

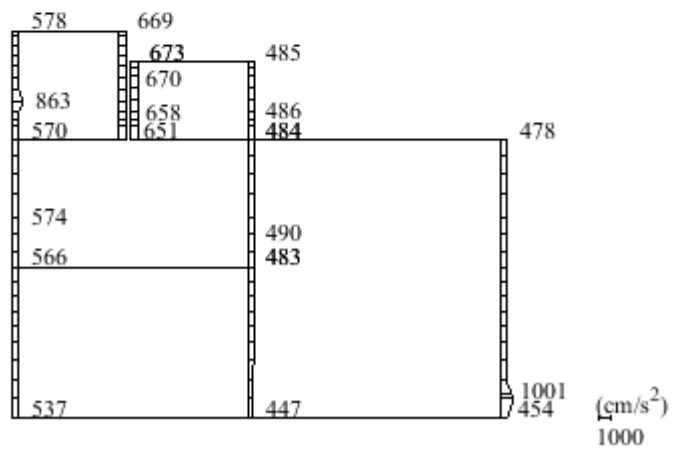


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-98 最大応答加速度分布図 (20/36) (解析ケース②)

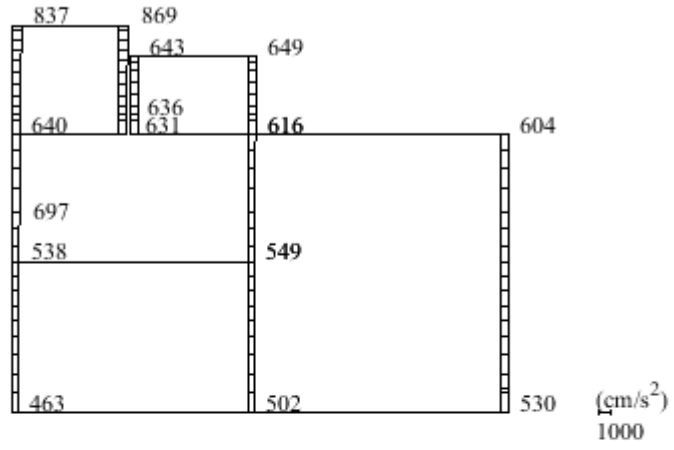


(a) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 水平

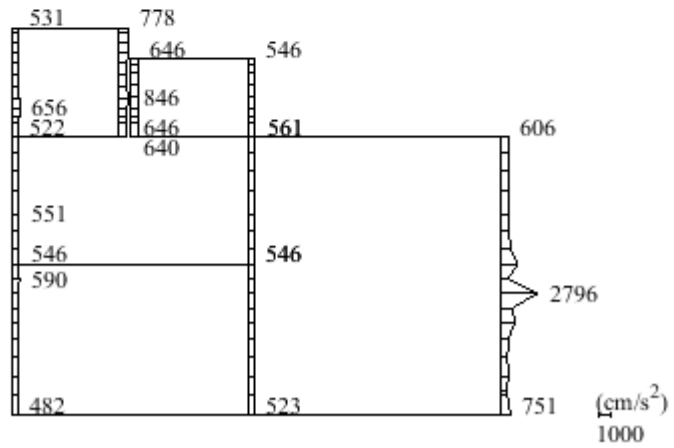


(b) $S_s - N_2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-99 最大応答加速度分布図 (21/36) (解析ケース②)

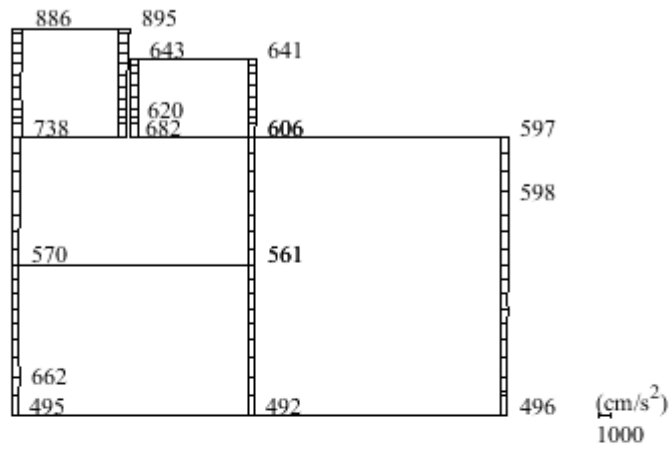


(a) $S_s - N2 (NS)$ (-+) 水平

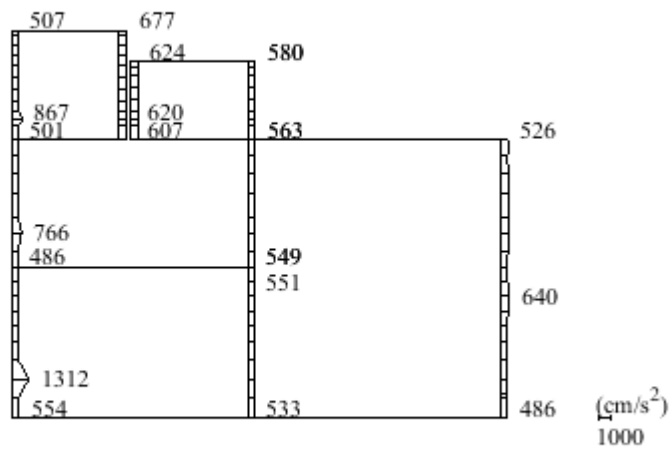


(b) $S_s - N2 (NS)$ (-+) 鉛直

図 4-100 最大応答加速度分布図 (22/36) (解析ケース②)

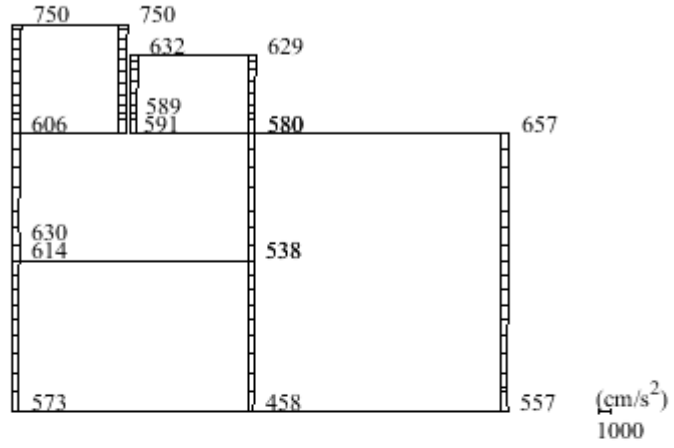


(a) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{水平}$

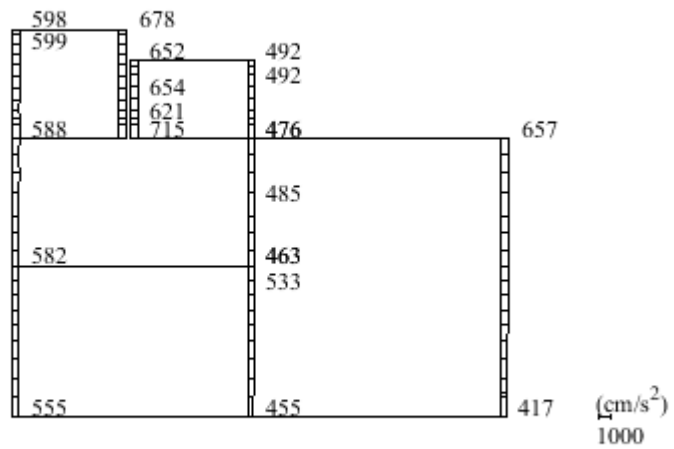


(b) $S_s - N2 (EW) \quad (++) \quad \text{鉛直}$

図 4-101 最大応答加速度分布図 (23/36) (解析ケース②)

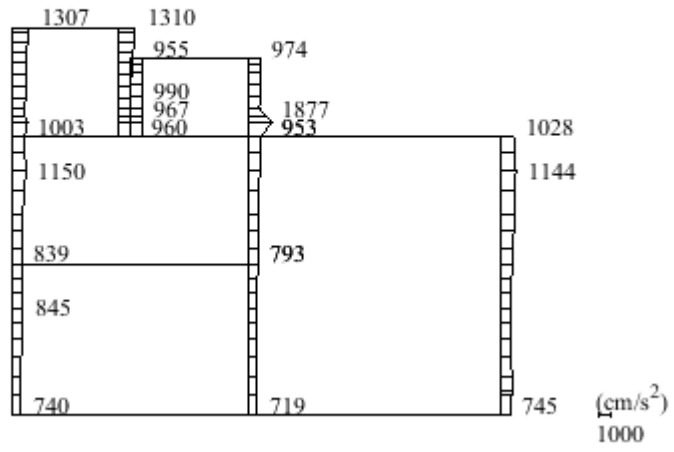


(a) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 水平

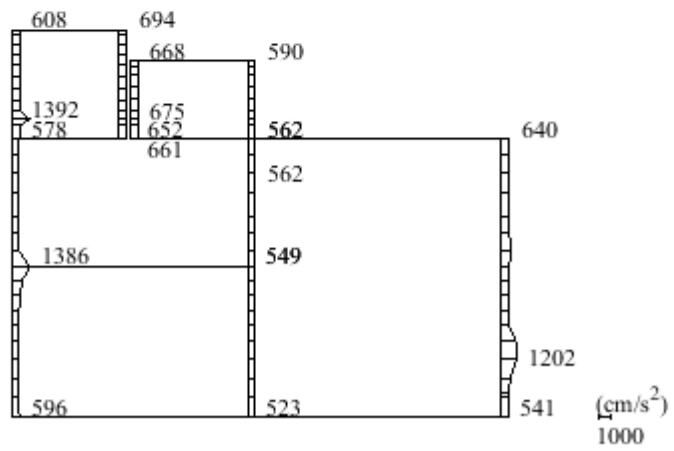


(b) $S_s - N2 (EW)$ (- +) 鉛直

図 4-102 最大応答加速度分布図 (24/36) (解析ケース②)

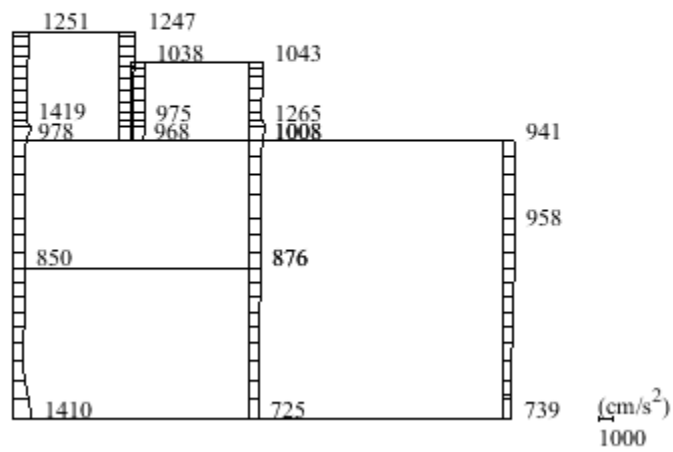


(a) S s - D (++) 水平

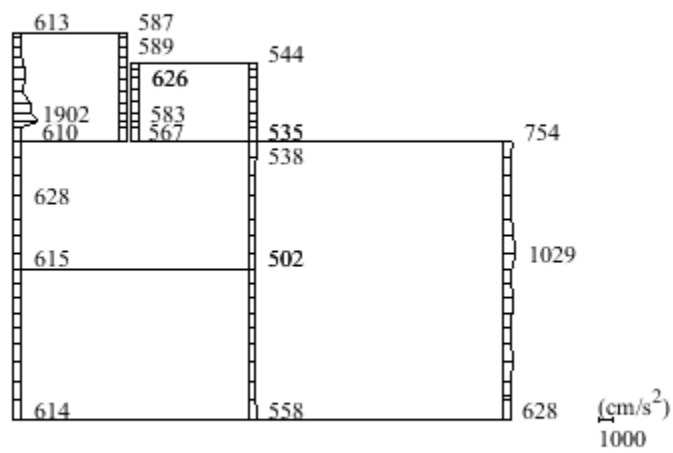


(b) S s - D (++) 鉛直

図 4-103 最大応答加速度分布図 (25/36) (解析ケース③)

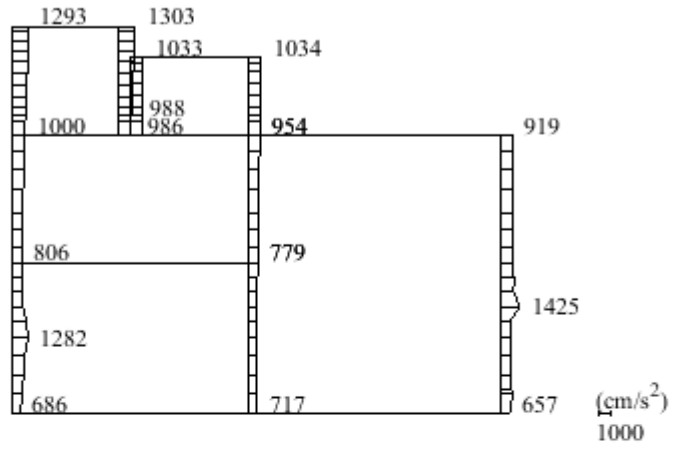


(a) $S_s - D$ (-+) 水平

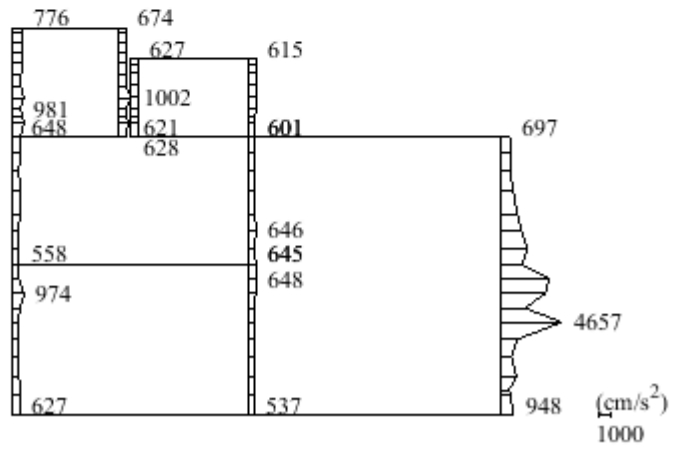


(b) $S_s - D$ (-+) 鉛直

図 4-104 最大応答加速度分布図 (26/36) (解析ケース③)

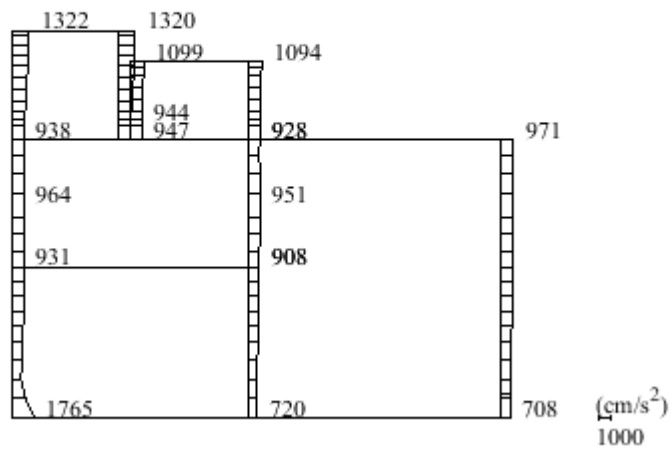


(a) $S_s - D$ (+-) 水平

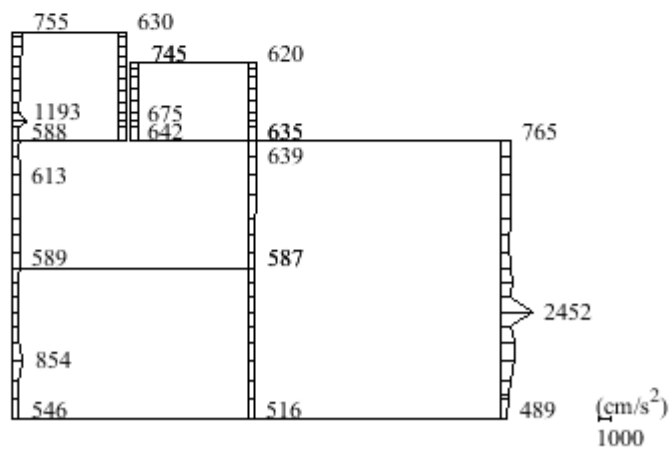


(b) $S_s - D$ (+-) 鉛直

図 4-105 最大応答加速度分布図 (27/36) (解析ケース③)

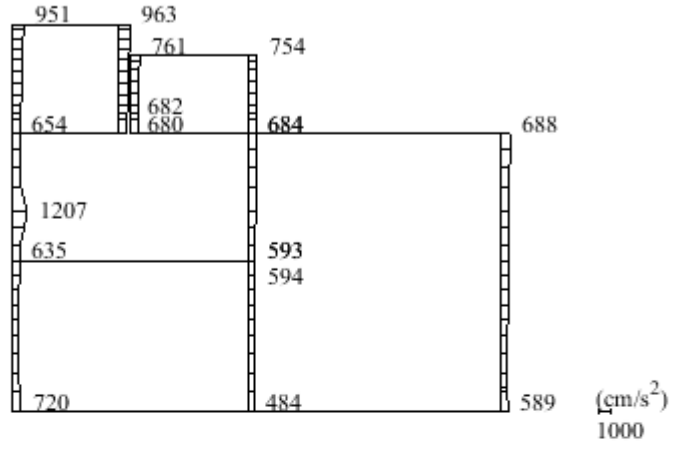


(a) S s - D (--) 水平

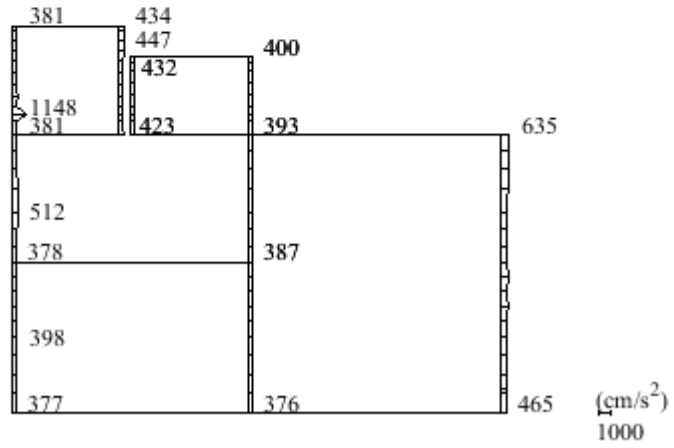


(b) S s - D (--) 鉛直

図 4-106 最大応答加速度分布図 (28/36) (解析ケース③)

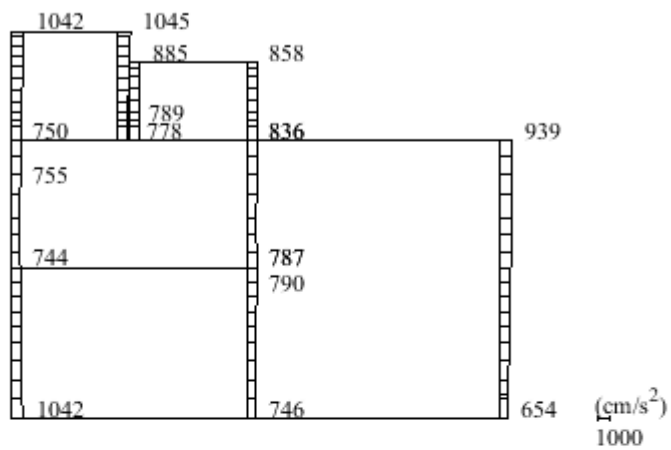


(a) S s - F 1 (++) 水平

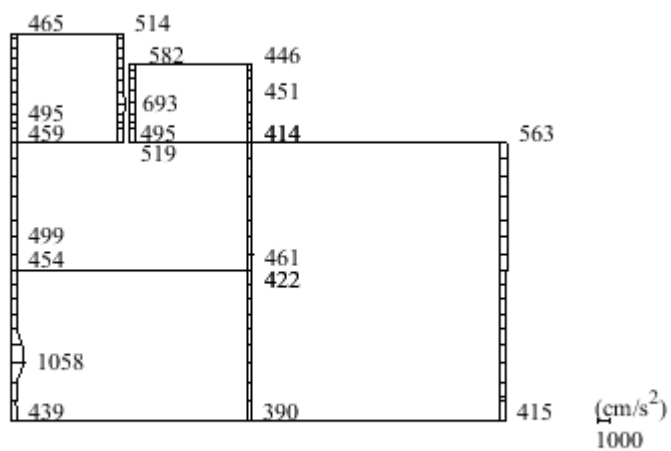


(b) S s - F 1 (++) 鉛直

図 4-107 最大応答加速度分布図 (29/36) (解析ケース③)

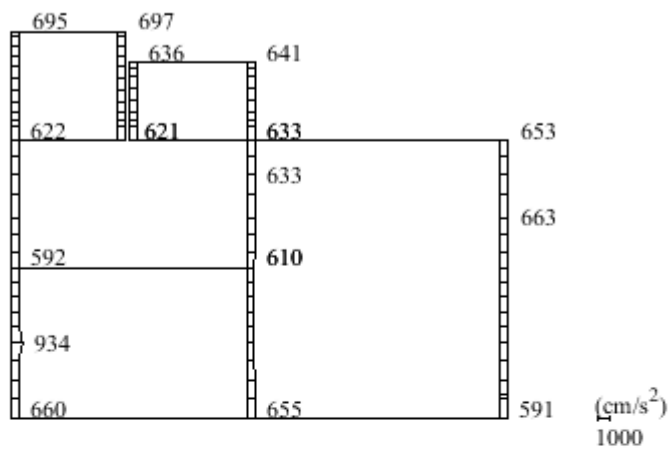


(a) $S_s - F_2$ (++) 水平

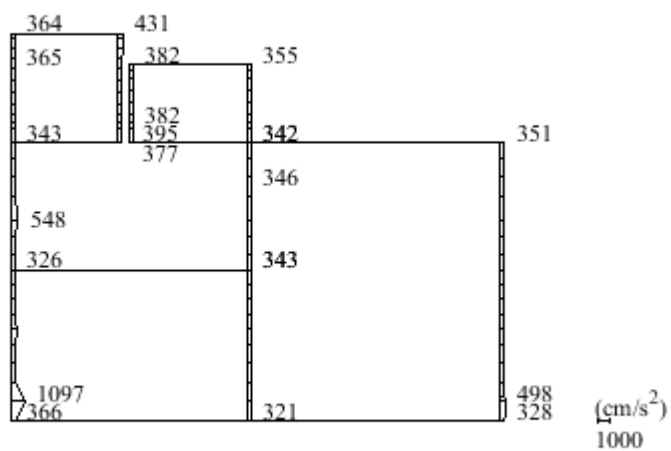


(b) $S_s - F_2$ (++) 鉛直

図 4-108 最大応答加速度分布図 (30/36) (解析ケース③)

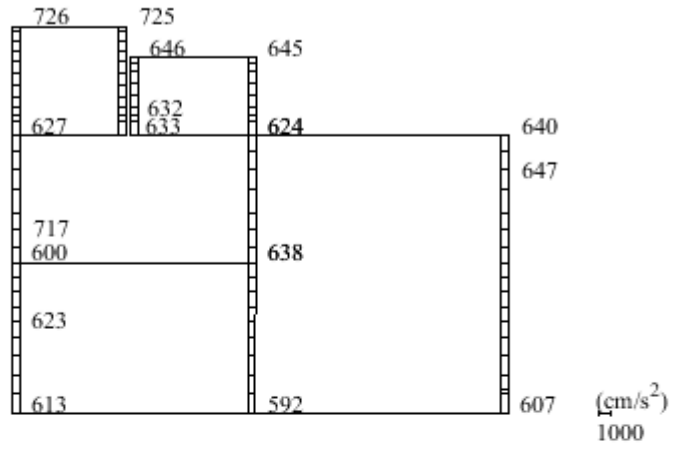


(a) S s - N 1 (++) 水平

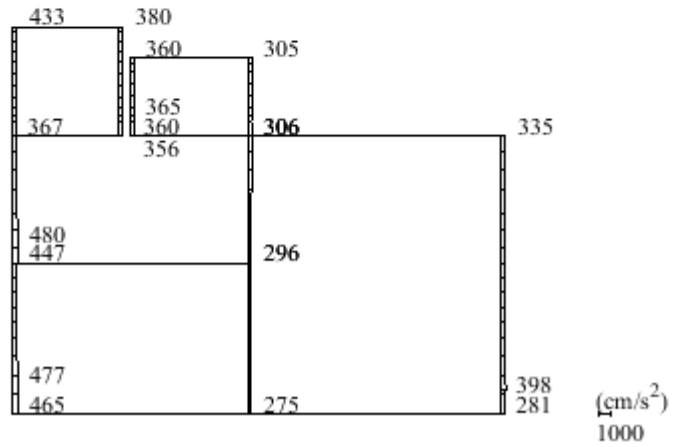


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

図 4-109 最大応答加速度分布図 (31/36) (解析ケース③)

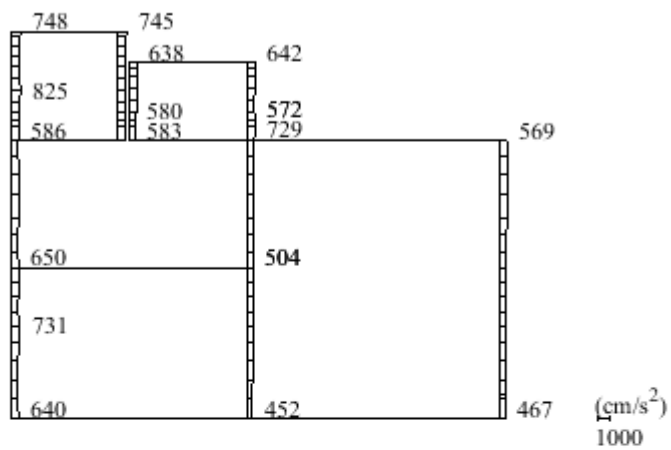


(a) S s - N 1 (-+) 水平

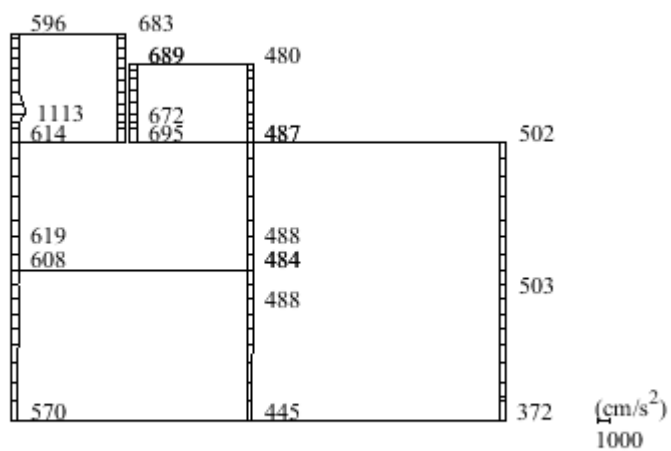


(b) S s - N 1 (-+) 鉛直

図 4-110 最大応答加速度分布図 (32/36) (解析ケース③)

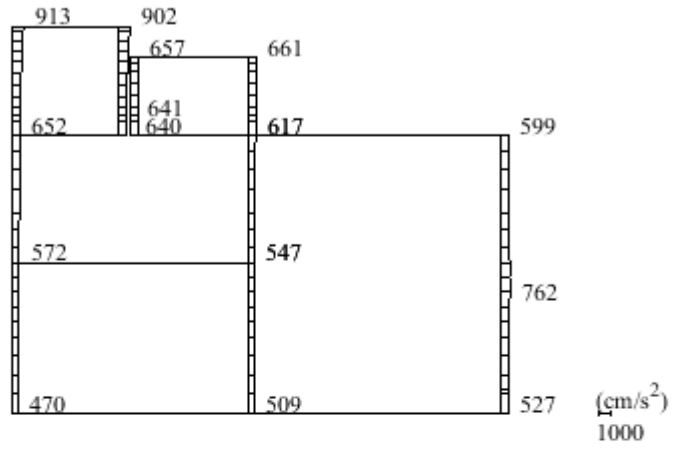


(a) $S_s - N2 (NS)$ (++) 水平

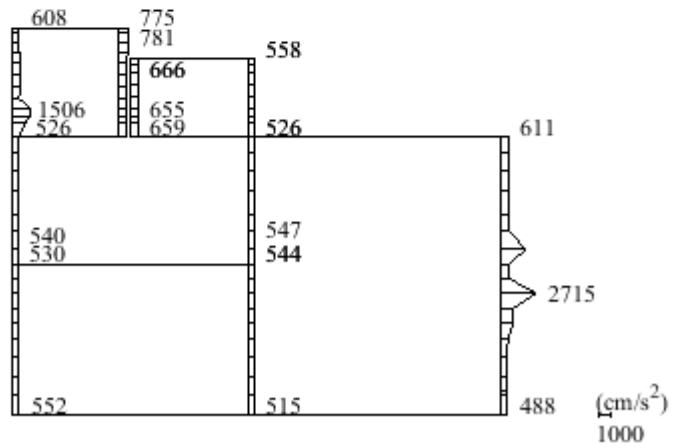


(b) $S_s - N2 (NS)$ (++) 鉛直

図 4-111 最大応答加速度分布図 (33/36) (解析ケース③)

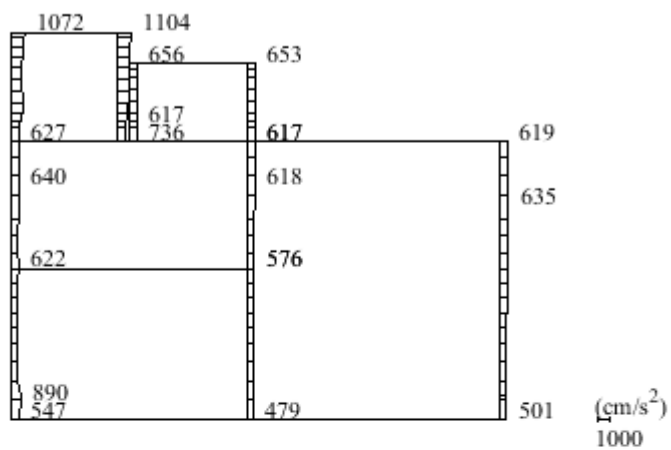


(a) $S_s - N2 (NS)$ (-+) 水平

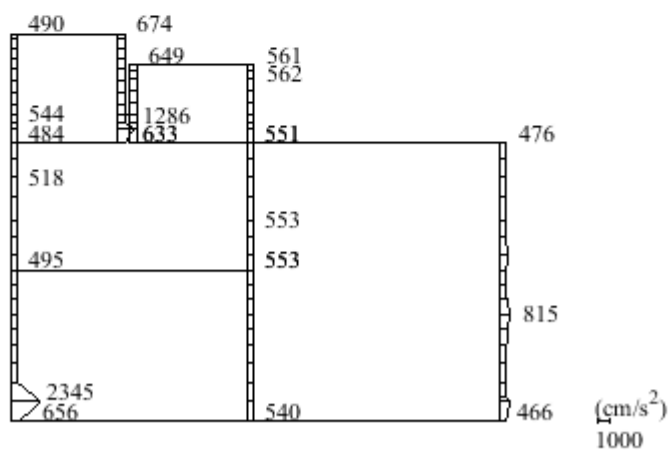


(b) $S_s - N2 (NS)$ (-+) 鉛直

図 4-112 最大応答加速度分布図 (34/36) (解析ケース③)

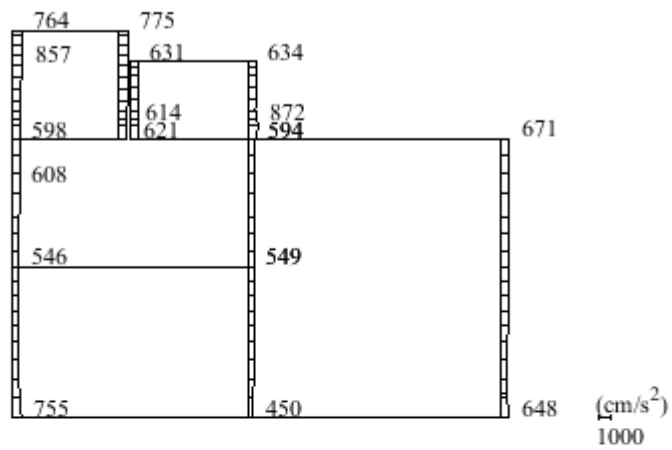


(a) $S_s - N_2$ (EW) (++) 水平

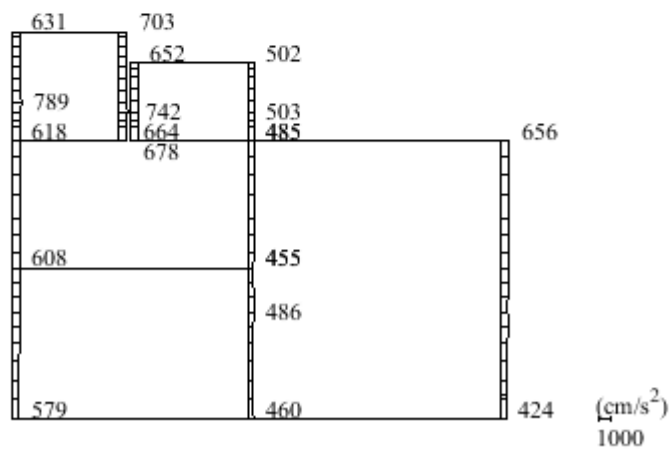


(b) $S_s - N_2$ (EW) (++) 鉛直

図 4-113 最大応答加速度分布図 (35/36) (解析ケース③)



(a) $S_s - N2$ (EW) (-+) 水平



(b) $S_s - N2$ (EW) (-+) 鉛直

図 4-114 最大応答加速度分布図 (36/36) (解析ケース③)

VI-2-2-33 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震性について
の計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	8
2.4 適用規格・基準等	11
3. 耐震評価	12
3.1 評価対象断面	12
3.2 使用材料及び材料の物性値	14
3.3 許容限界	15
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	15
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	16
3.4 評価方法	17
3.4.1 構造部材の健全性評価	17
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	23
4. 耐震評価結果	24
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	24
4.2 貯水機能に対する評価結果	27
4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	28

1. 概要

本資料は、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、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽が基準地震動 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。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽に要求される機能維持の確認は、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により行う。また、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の一部である低圧原子炉代替注水槽については、貯水機能に対する評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の位置図を図 2-1 に示す。

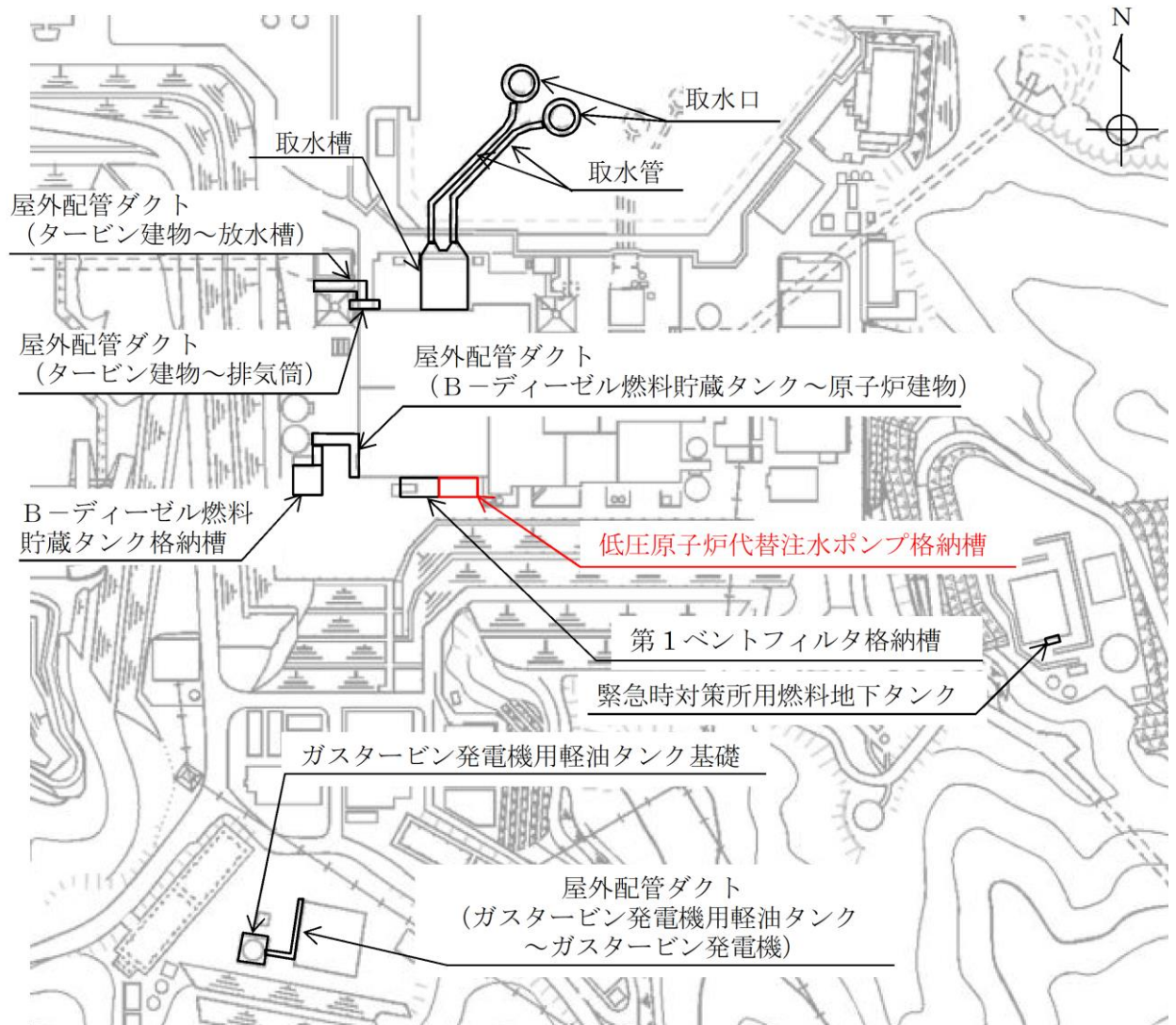


図 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 位置図

2.2 構造概要

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3～図 2-5 に、概略配筋図を図 2-6～図 2-8 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、低圧原子炉代替注水槽を有し、低圧原子炉代替注水ポンプ等を間接支持する幅 26.6m (EW方向) × 13.4m (NS方向)、高さ約 21.2m の鉄筋コンクリート造の地中 (一部地上部を含む) 構造物であり、直接又はマンメイドロック (以下「MMR」という。) を介して十分な支持性能を有する C_M 級及び C_H 級岩盤に支持される。

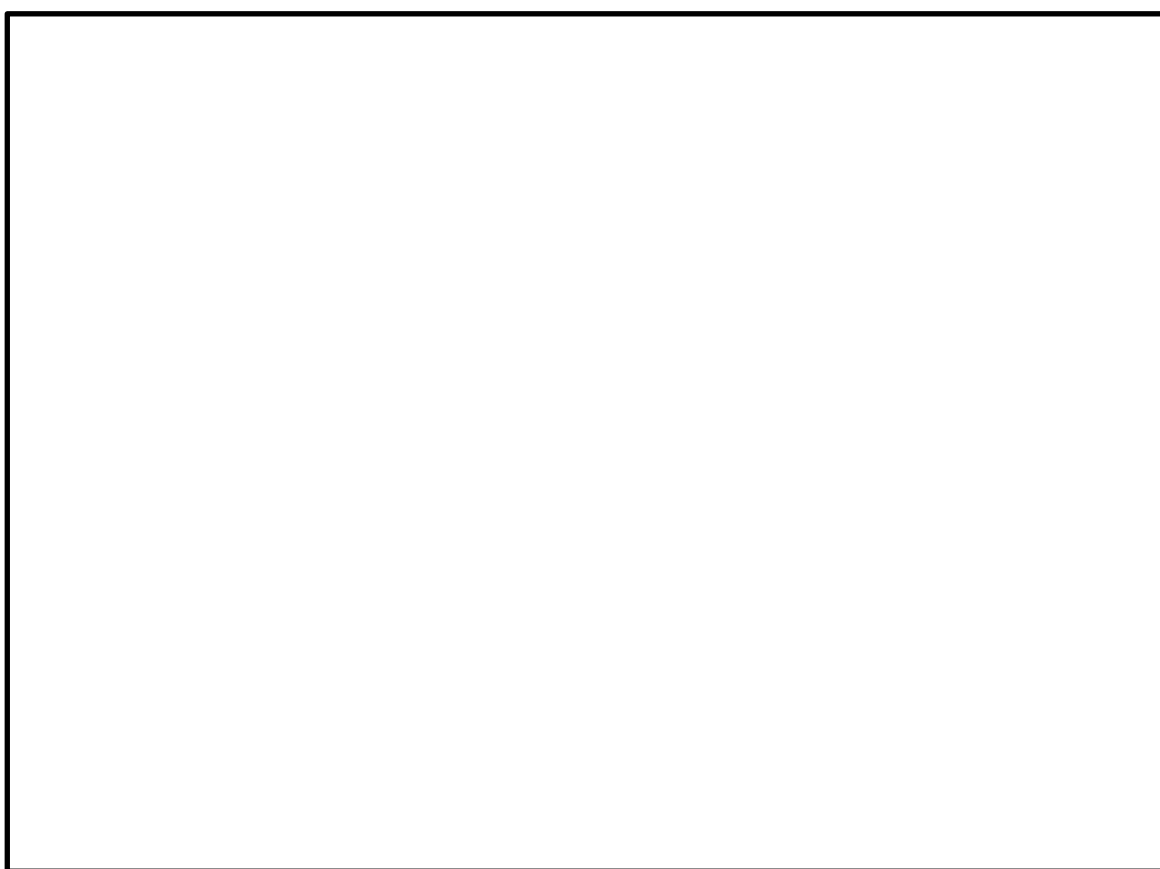


図 2-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 平面図

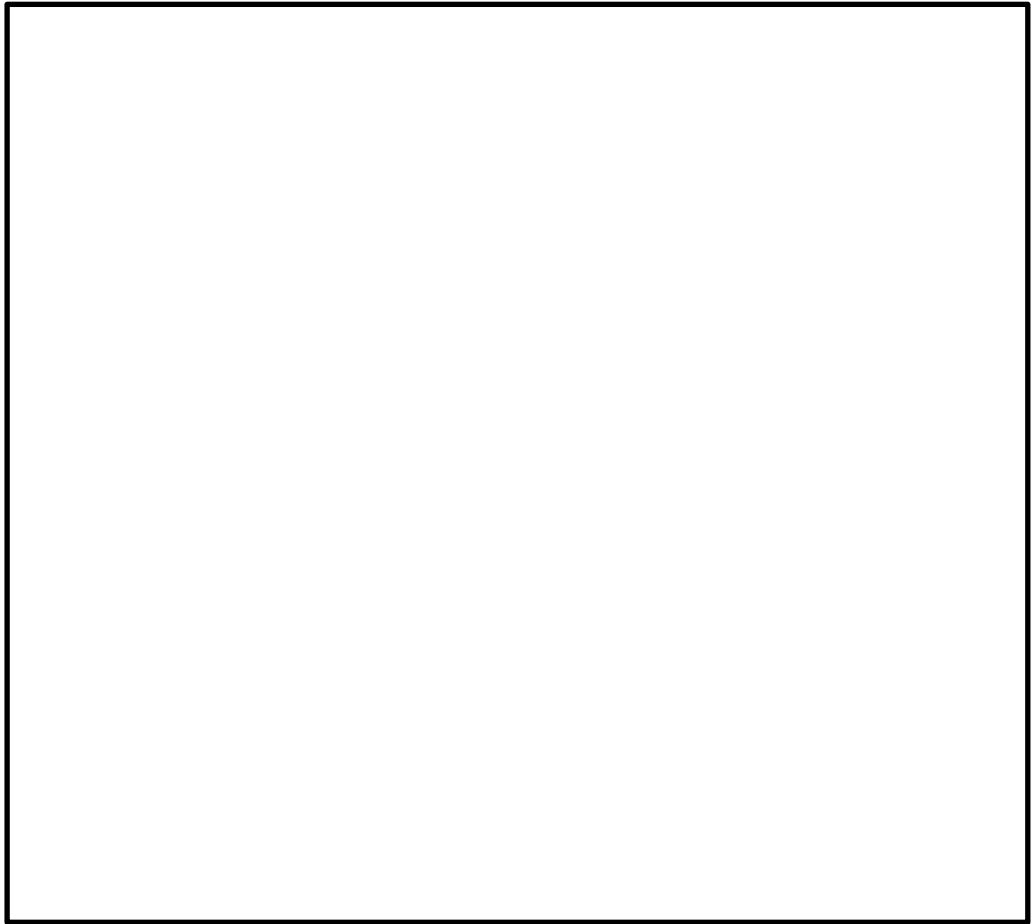


図 2-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (A-A 断面)

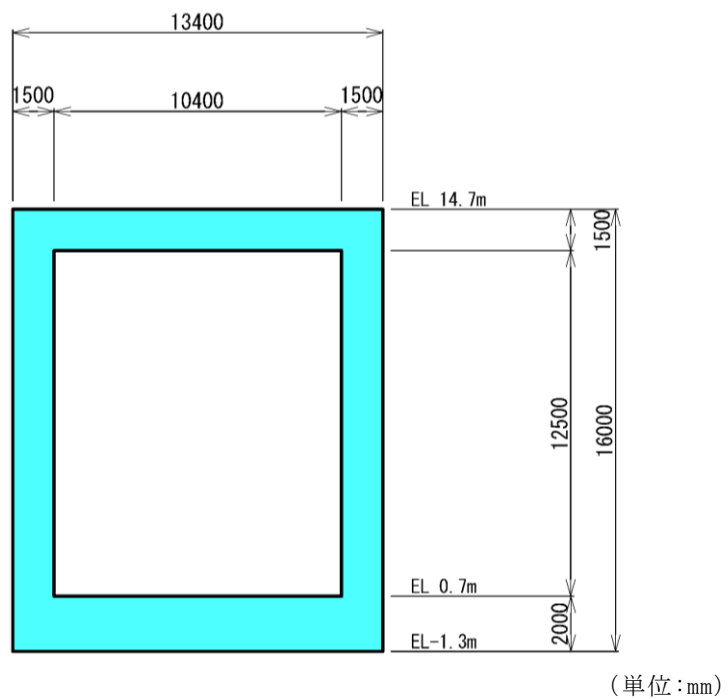
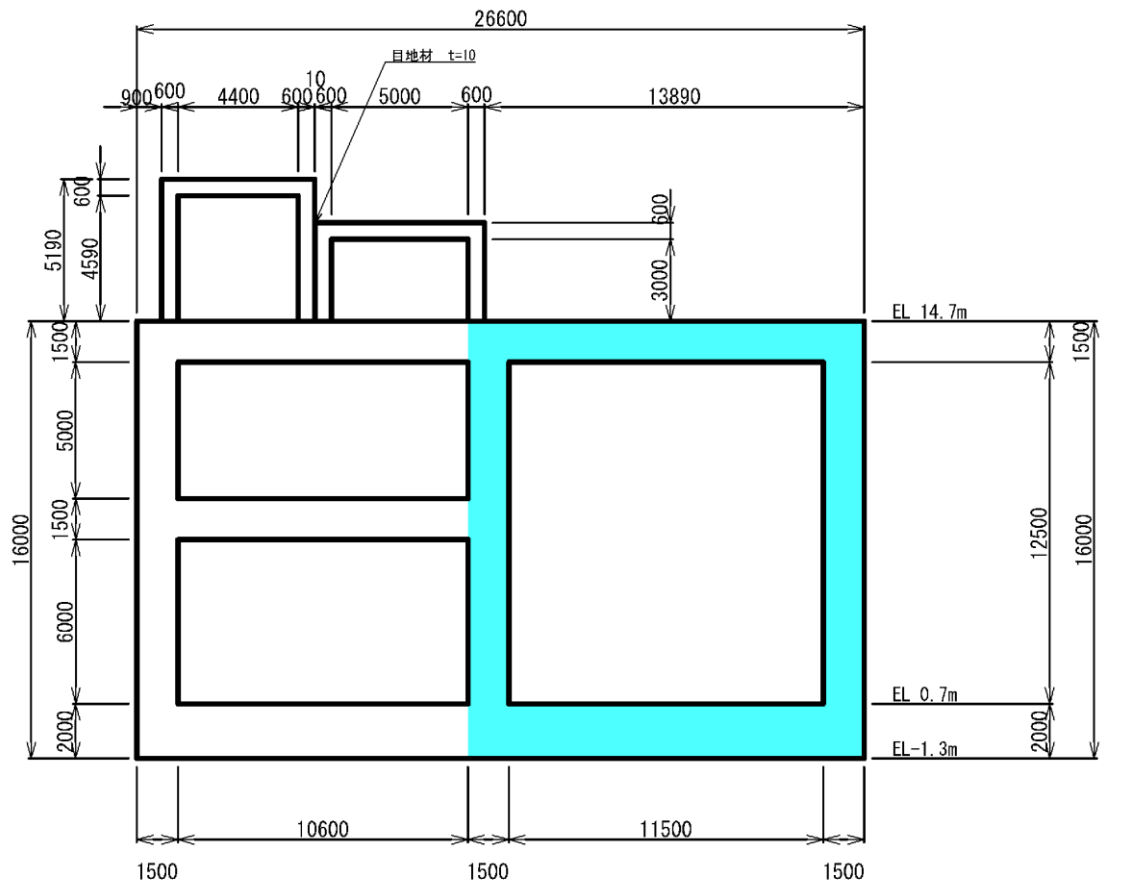


図 2-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (B-B 断面)



(単位:mm)

■ : 貯水機能を有する部材

図 2-5 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 断面図 (C-C 断面)

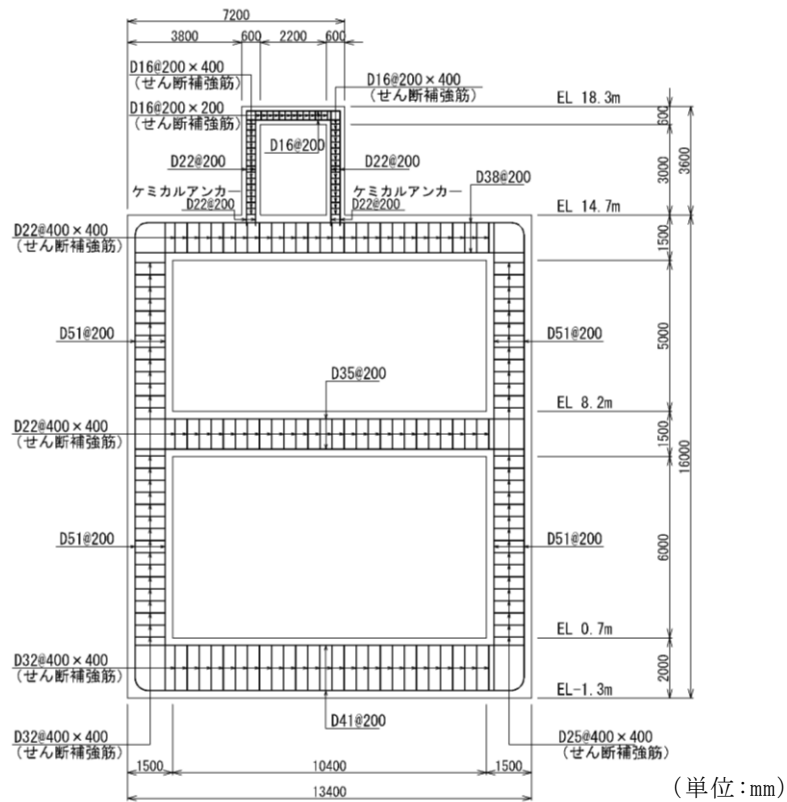


図 2-6 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 概略配筋図 (A-A 断面)

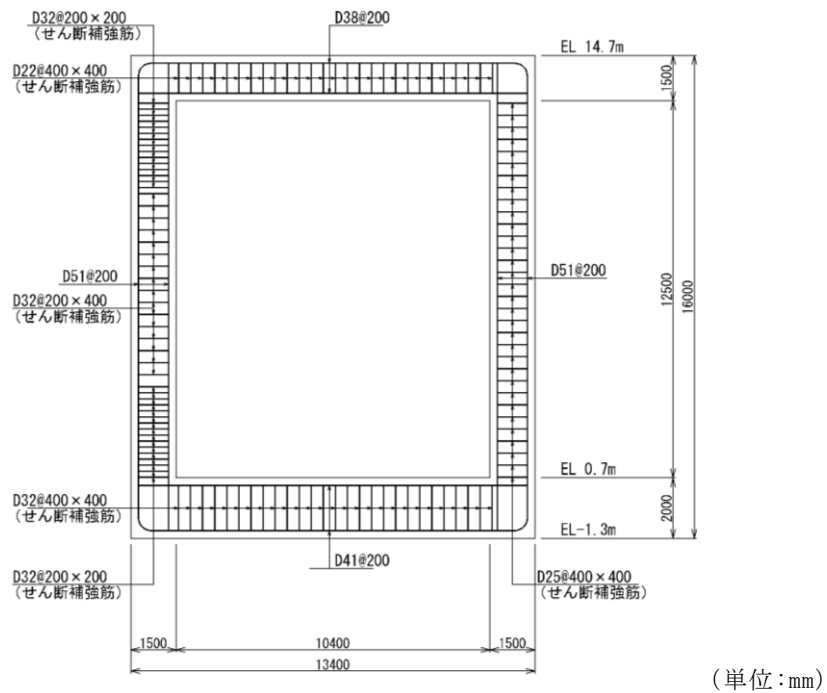


図 2-7 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 概略配筋図 (B-B 断面)

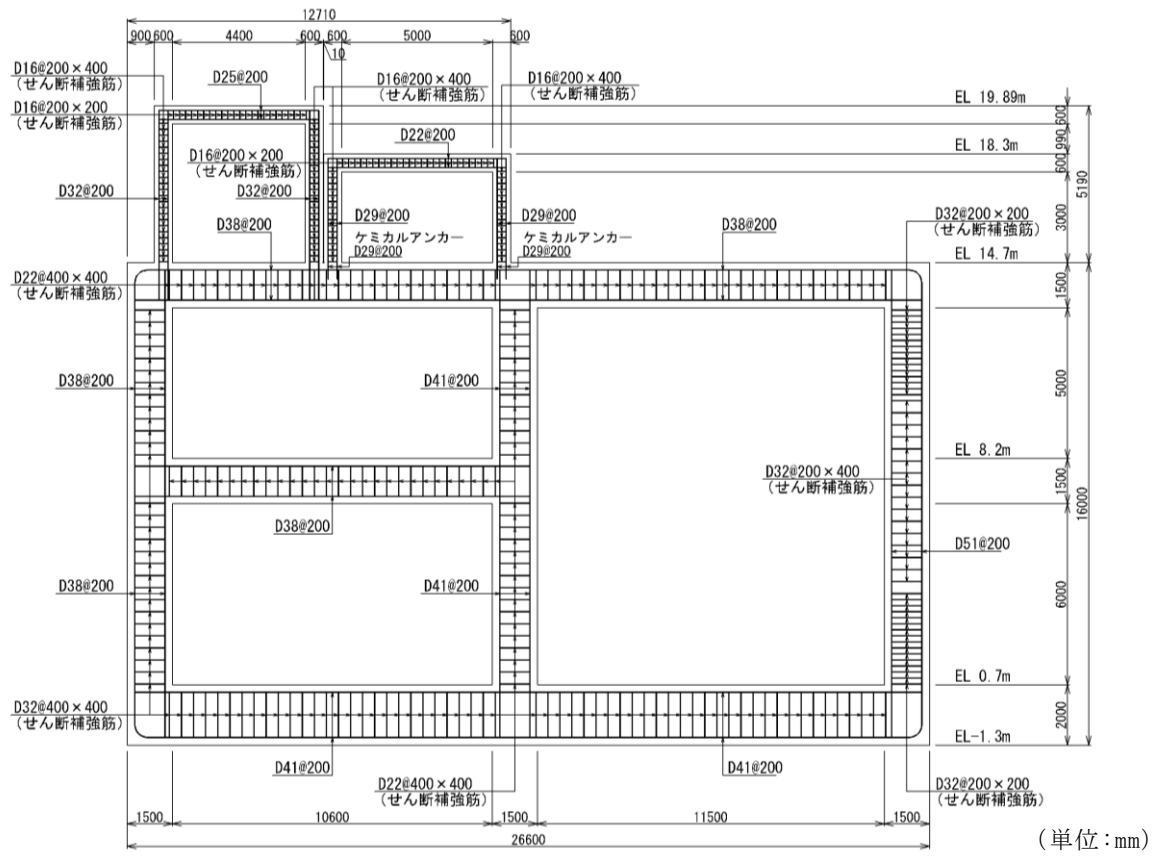


図 2-8 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 概略配筋図 (C-C 断面)

2.3 評価方針

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、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、一部に低圧原子炉代替注水槽を有している。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の耐震評価フローを図 2-9 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽は、VI-2-2-32「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書」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を確認し、これによ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を維持することができる。

構造部材の健全性評価については、VI-2-2-32「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、曲げ・軸力系の破壊に対しては構造部材の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ついては、VI-2-2-32「低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、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。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の一部である低圧原子炉代替注水槽は、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であり、貯水機能を維持することが要求されるため、構造部材の貯水機能に対する評価を併せて実施する。

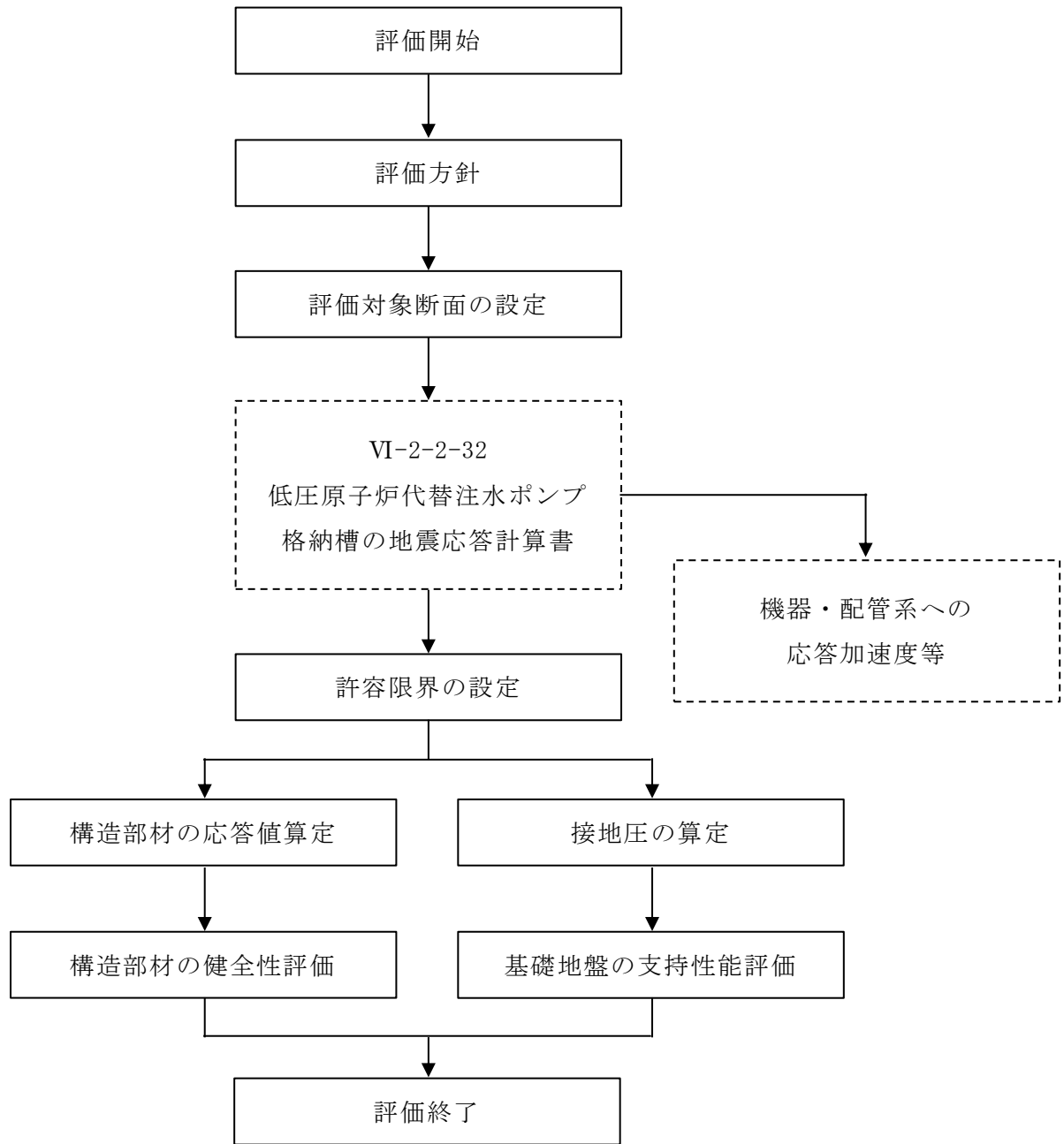


図 2-9 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 耐震評価フロー

表 2-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 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*
	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	極限支持力度*	
貯水機能を損なわないこと	貯水機能	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 適用規格・基準等

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]（（社）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（（社）土木学会，2005年）
- ・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）
- ・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）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の評価対象断面位置を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は、図 3-1 の A-A 断面及び B-B 断面とする。

評価対象断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

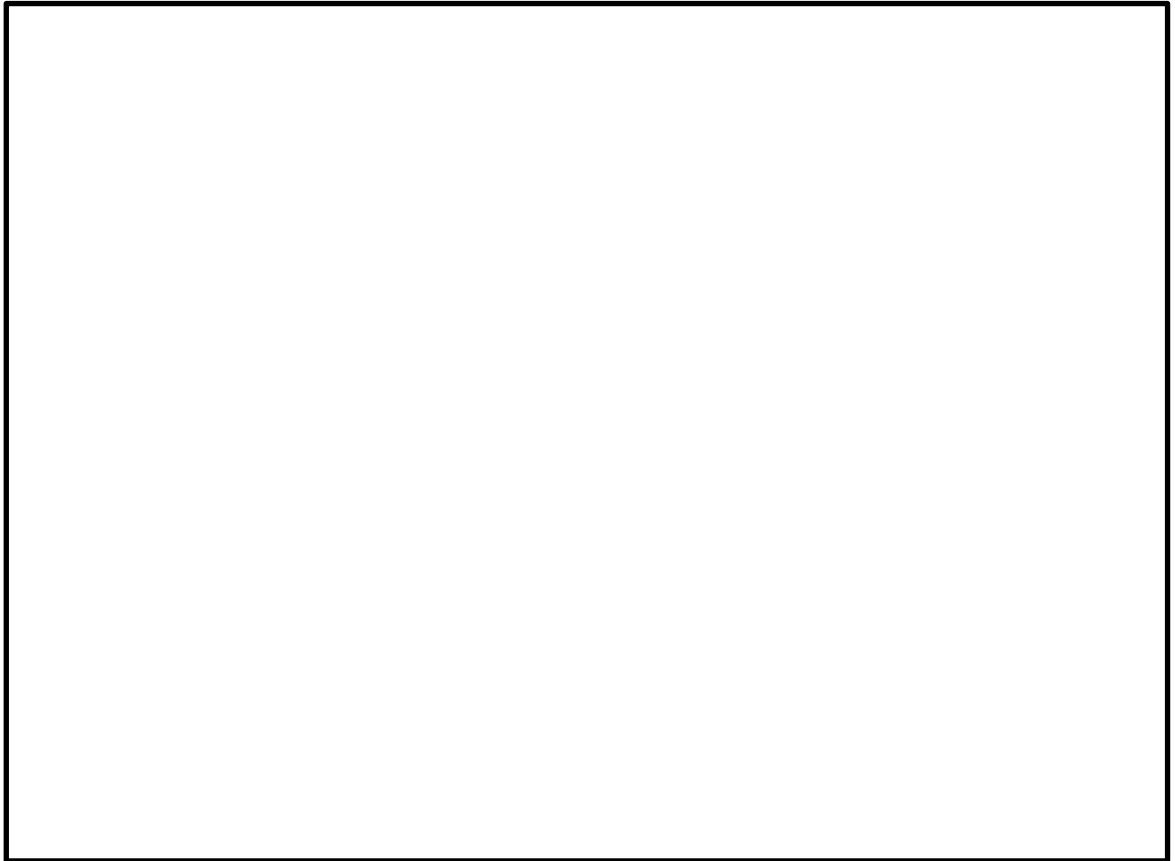


図 3-1 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面位置図

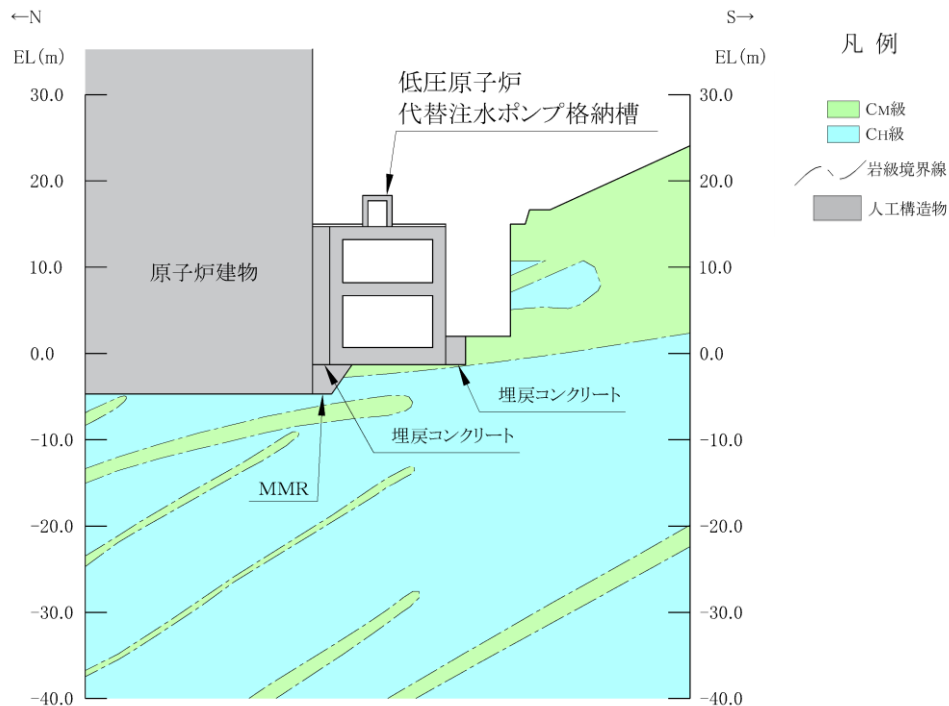


図 3-2 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (A-A断面位置)

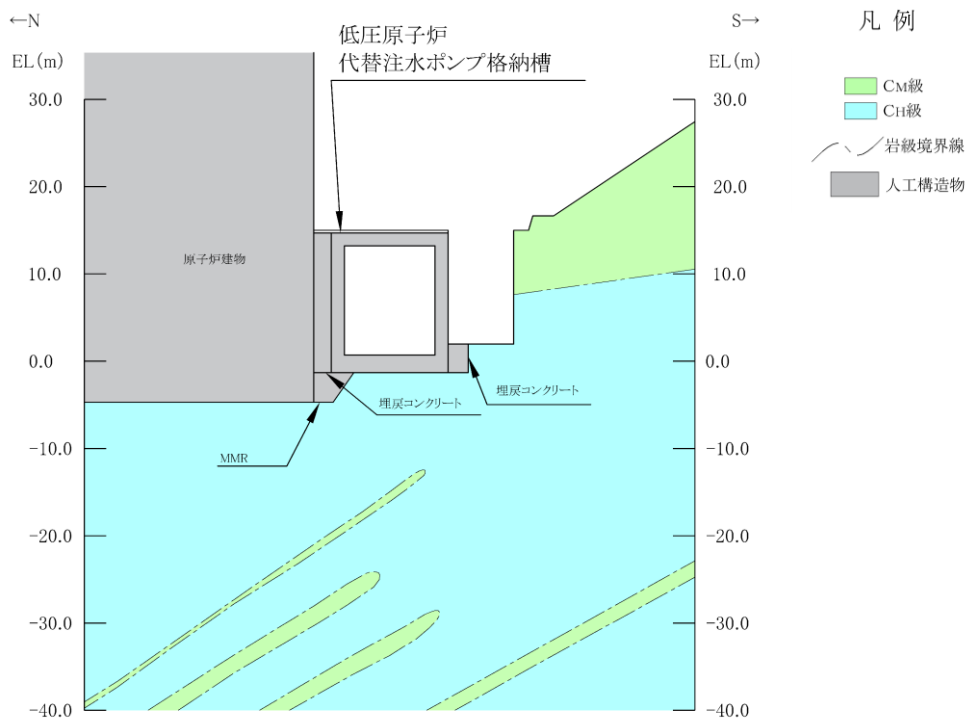


図 3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 評価対象断面図 (B-B断面位置)

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, 材料物性値を表 3-2 に示す。

表 3-1 使用材料

材料		仕様
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
MMR		

表 3-2 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
MMR			

注記*1: 鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2: 無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.3 許容限界

許容限界は、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

構造部材の曲げ・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（（社）土木学会，2005年）」（以下「土木学会マニュアル2005」という。）に基づき、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ1.0%）とする。

土木学会マニュアル2005では、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、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、圧縮縁コンクリートひずみが1.0%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が確保できるとして設定されたものである。

低圧原子炉代替注水槽における貯水機能を損なわないことの確認については、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」（以下「コンクリート標準示方書」という。）に基づき、主筋ひずみ及びコンクリートの圧縮ひずみについて、部材降伏に相当するひずみ（主筋ひずみ 1725μ ，コンクリート圧縮ひずみ 2000μ ）とする。

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表3-3に示す。

表3-3 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の曲げ・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 ひずみ	圧縮縁コンクリートひずみ：1.0%（ 10000μ ）
貯水機能を損なわないこと		主筋ひずみ（SD345）： 1725μ コンクリート圧縮ひずみ： 2000μ

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアル 2005 に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

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

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 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)
極限支持力度	C _M 級又はC _H 級岩盤	9.8

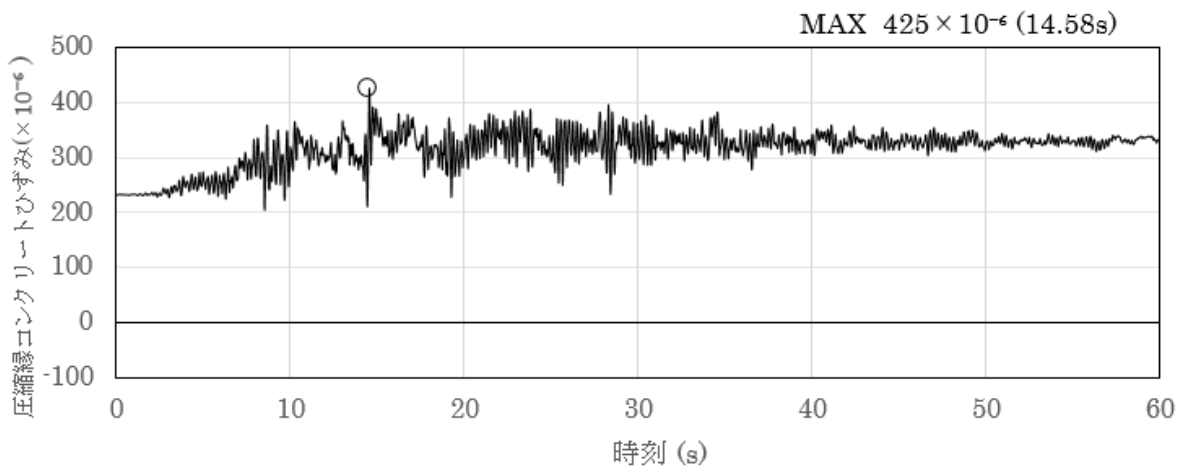
3.4 評価方法

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」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して、地震応答解析により算定した照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動及び解析ケースでのひずみの時刻歴波形及び発生位置を図 3-4～図 3-6 に、せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図を図 3-7 及び図 3-8 に示す。



(圧縮を正で示す。)

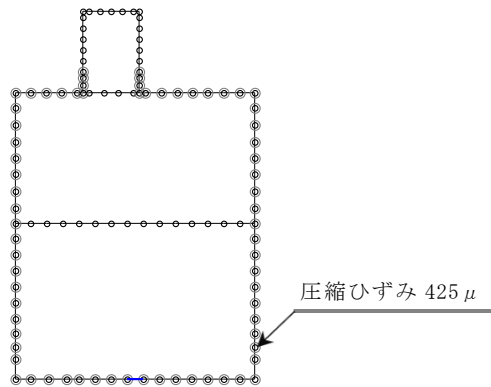
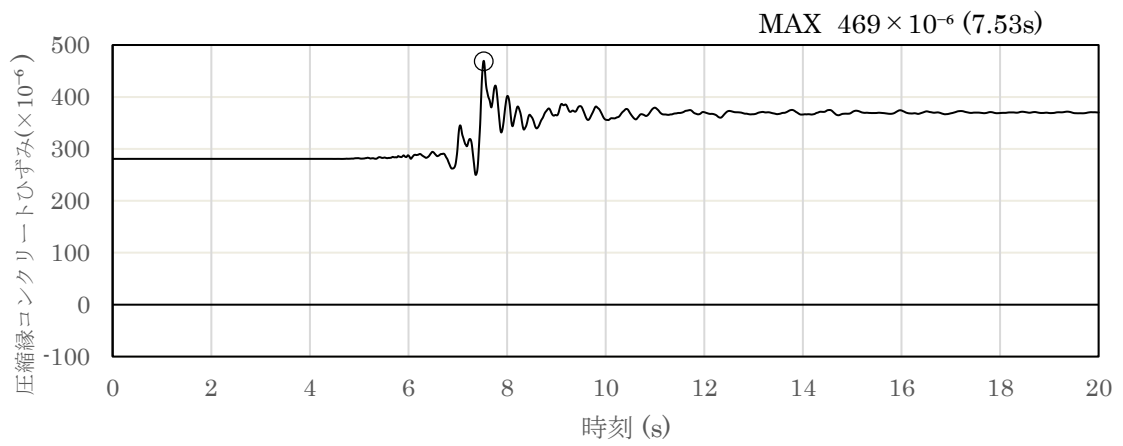


図 3-4 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形
(A-A断面, 解析ケース①, S_s-D (+-))



(圧縮を正で示す。)

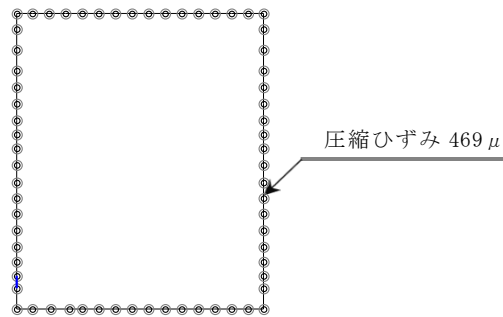
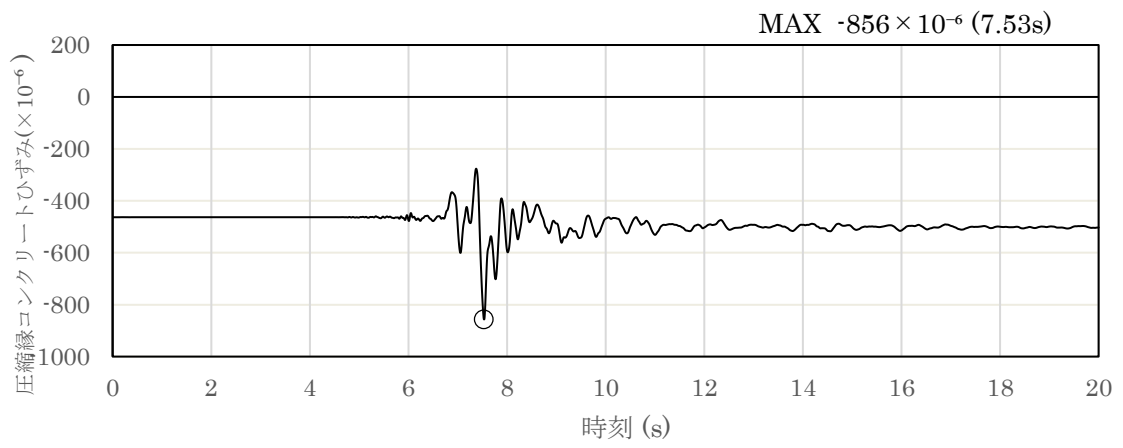


図 3-5 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみ（コンクリート）の時刻歴波形（B-B断面，解析ケース③，S s - N 1（++））



(圧縮を正で示す。)

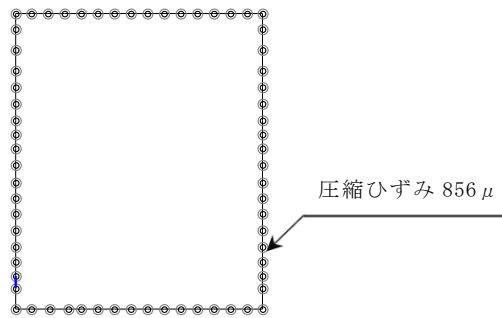
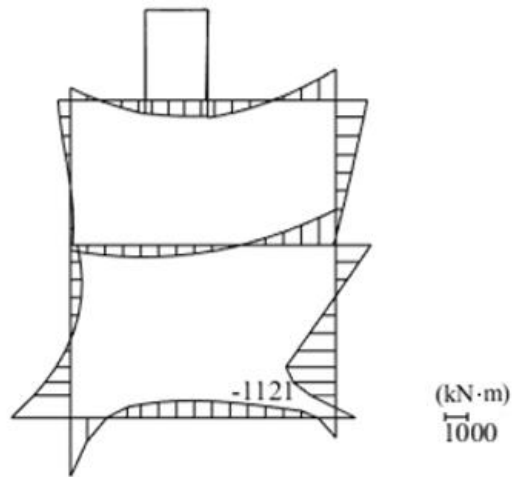
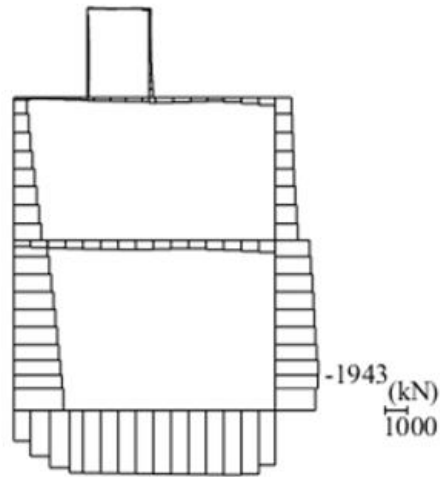


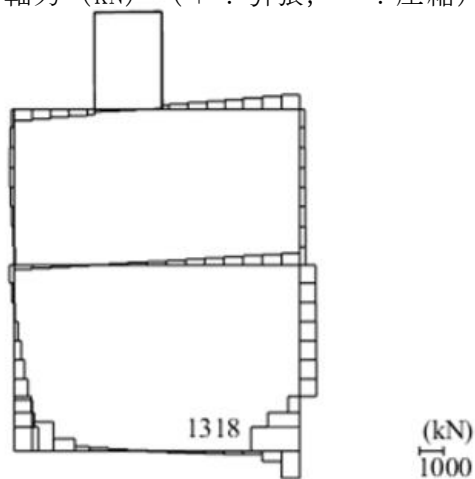
図 3-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみ（主筋）の時刻歴波形（B-B断面，解析ケース③，S s - N 1（++））



数值：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)

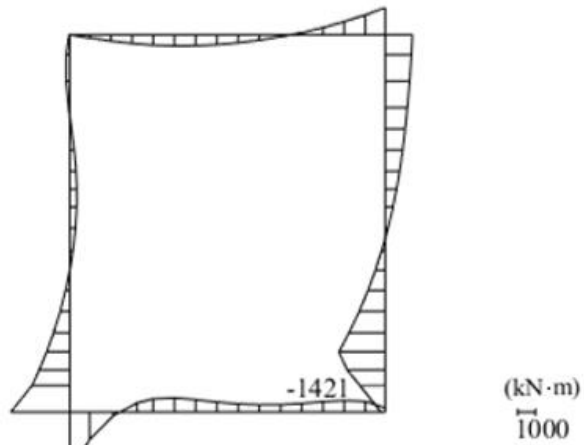


数值：評価位置における断面力
 (b) 軸力 (kN) (+ : 引張, - : 圧縮)

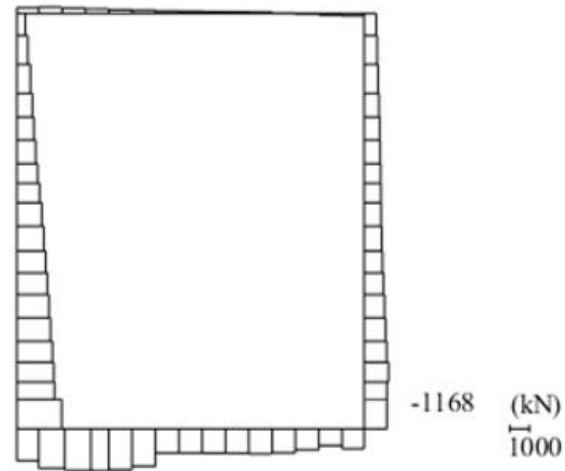


数值：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

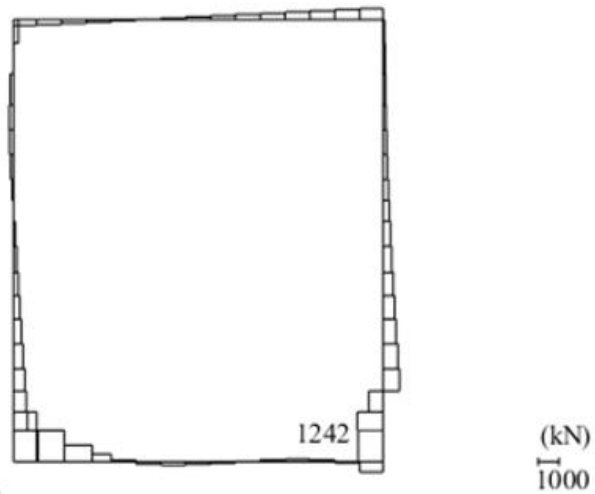
図 3-7 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
 (A-A断面, 解析ケース①, S_s-D (---), t=8.79s)



数值：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)



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



数值：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

図 3-8 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
 (B-B断面, 解析ケース③, S_s-D (+-), t=14.59s)

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基礎地盤に発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 及び表 4-2, せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-3 及び表 4-4 に示す。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
①	S s - D (+-)	510 μ	10000 μ	0.06

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-2 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
③	S s - N 1 (++)	563 μ	10000 μ	0.06

注記* : 照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-3 せん断破壊に対する最大照査値 (A-A断面)

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	4	②	S s - D (--)	648	1218	0.54
側壁	12	①	S s - D (--)	1384	1654	0.84
床版	5	①	S s - D (--)	491	1222	0.41
底版	6	①	S s - N 1 (++)	1651	3003	0.55

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

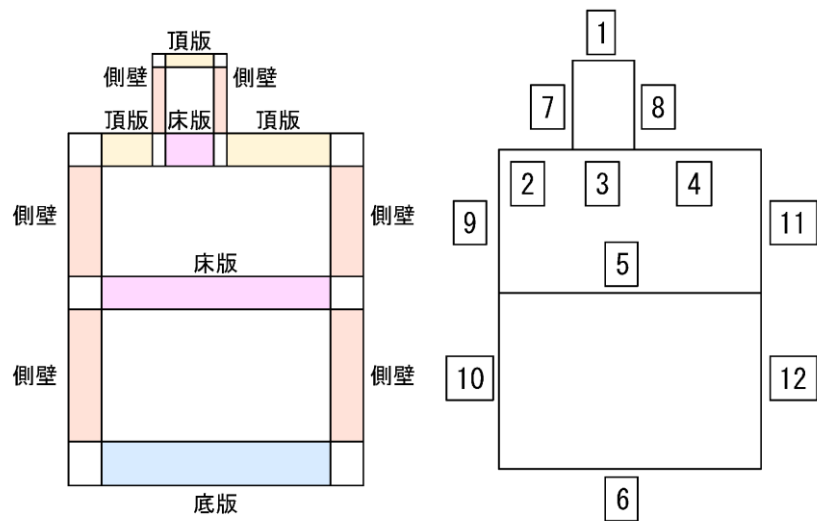
*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 γ_a ($=1.05$)

表 4-4 せん断破壊に対する最大照査値 (B-B断面)

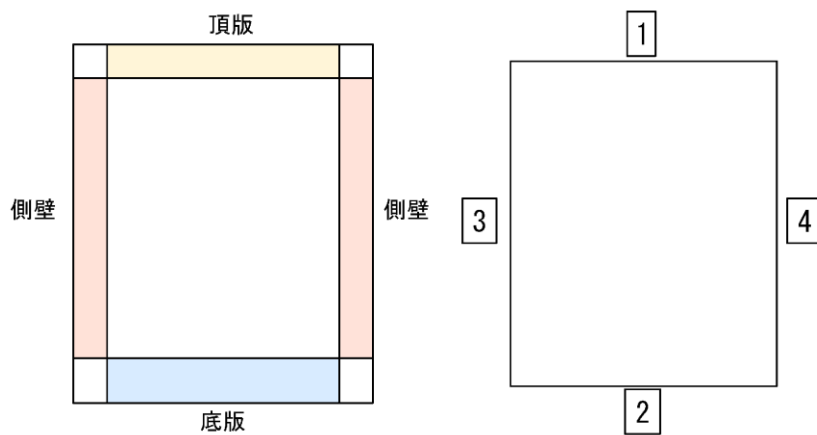
評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2 V_d (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	1	①	S s - D (--)	582	1205	0.49
側壁	4	③	S s - D (+-)	1304	1601	0.82
底版	2	③	S s - N 1 (++)	1709	3007	0.57

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 γ_a ($=1.05$)



(A-A断面)



(B-B断面)

図 4-1 評価位置

4.2 貯水機能に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-5 及び表 4-6 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-7 に示す。

低圧原子炉代替注水槽の照査用ひずみ及び照査用せん断力が、貯水機能に対する許容限界以下であることを確認した。

表 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（B-B断面）（コンクリート）

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
③	S s - N 1 (++)	563 μ	2000 μ	0.29

注記*：照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_a ($=1.2$)

表 4-6 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（B-B断面）（主筋）

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ* ϵ_d	限界ひずみ ϵ_R	照査値 ϵ_d / ϵ_R
③	S s - N 1 (++)	1028 μ	1725 μ	0.60

注記*：照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 γ_a ($=1.2$)

表 4-7 せん断破壊に対する最大照査値（B-B断面）

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	1	①	S s - D (--)	582	1205	0.49
側壁	4	③	S s - D (+-)	1304	1601	0.82
底版	2	③	S s - N 1 (++)	1709	3007	0.57

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 γ_a ($=1.05$)

4.3 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4-8及び表4-9に示す。また、最大接地圧分布図を図4-2及び図4-3に示す。なお、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の基礎地盤には一部MMRが存在するが、MMRの支圧強度は岩盤の極限支持力度より十分に大きいことから、評価を省略する。

低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力度を下回ることを確認した。

表4-8 基礎地盤の支持性能に対する照査結果（A-A断面）

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S s - D (+-)	2.83	9.8	0.29

表4-9 基礎地盤の支持性能に対する照査結果（B-B断面）

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
③	S s - D (+-)	2.40	9.8	0.25

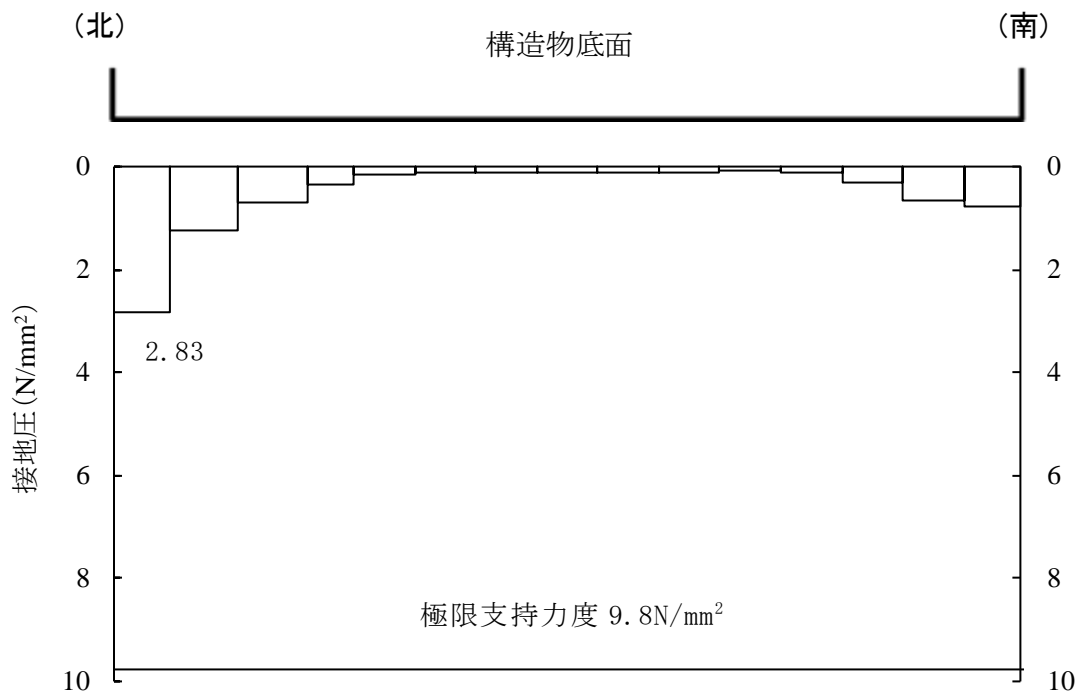


図 4-2 基礎地盤の最大接地圧分布図
(A-A断面, 解析ケース①, S_s-D (+-))

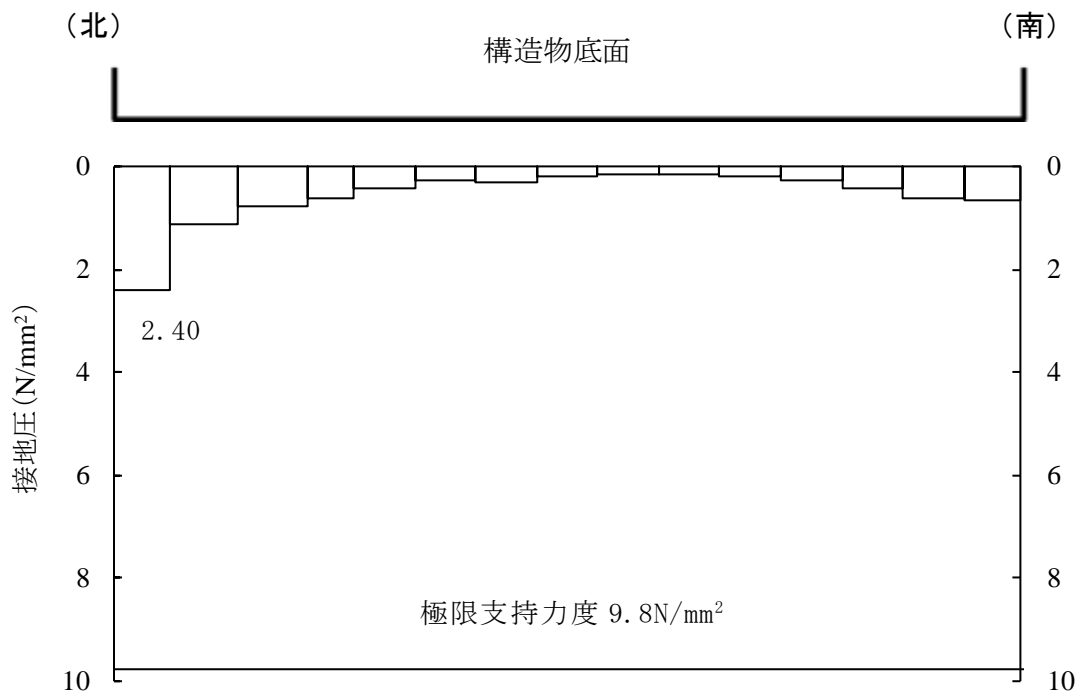


図 4-3 基礎地盤の最大接地圧分布図
(B-B断面, 解析ケース③, S_s-D (+-))

VI-2-2-34 緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震性についての
計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.4 適用規格・基準等	9
3. 耐震評価	10
3.1 評価対象断面	10
3.2 解析方法	13
3.2.1 構造部材	13
3.2.2 地盤	14
3.2.3 減衰定数	15
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	16
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	36
3.5.1 解析モデル	36
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	39
3.5.3 地盤の物性値	39
3.5.4 地下水位	40
3.6 許容限界	41
3.6.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性に対する許容限界	41
3.6.2 鋼製タンクの健全性に対する許容限界	42
3.6.3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	42
3.7 評価方法	43
3.7.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性評価	43
3.7.2 鋼製タンクの健全性評価	46
3.7.3 基礎地盤の支持性能評価	48
4. 解析結果	49
4.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性に対する評価結果	49
4.2 鋼製タンクの健全性に対する評価結果	53
4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	54

1. 概要

本資料は、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、緊急時対策所用燃料地下タンクが基準地震動 S_s に対して十分な構造強度及び燃料の漏出を抑制するため、貯水機能と同等の機能（以下「貯水機能相当」という。）を有していることを確認するものである。

緊急時対策所用燃料地下タンク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、貯水機能相当の評価及び支持性能評価により行う。なお、貯水機能相当を期待する部位は、構造部材のうち鋼製タンクとする。

2. 基本方針

2.1 位置

緊急時対策所用燃料地下タンクの位置図を図 2-1 に示す。

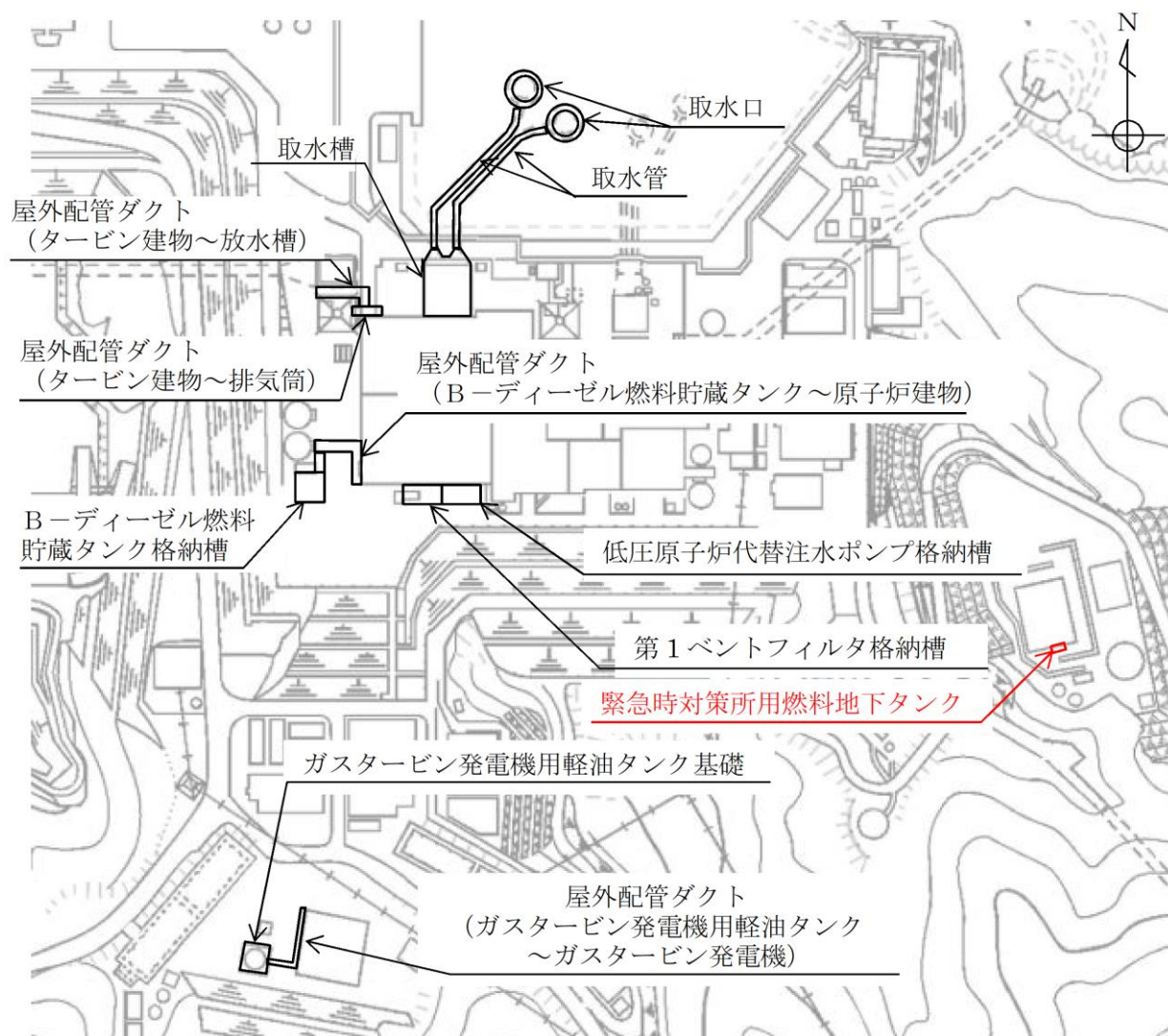


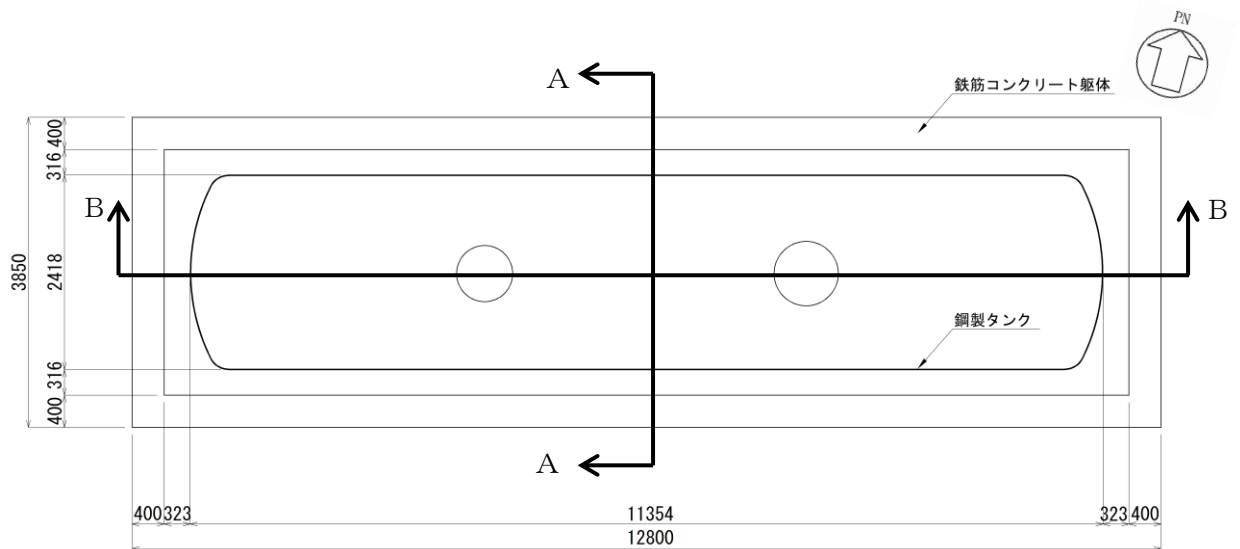
図 2-1 緊急時対策所用燃料地下タンク 位置図

2.2 構造概要

緊急時対策所用燃料地下タンクの平面図を図 2-2、断面図を図 2-3 及び図 2-4、概略配筋図を図 2-5 及び図 2-6 に示す。

緊急時対策所用燃料地下タンクは、非常時における燃料の貯水機能相当を求められる延長 12.8m、幅 3.85m、高さ 3.9m の鉄筋コンクリート躯体、内径 2.4m、板厚 9mm の鋼製タンク及び充填コンクリートで構成される地下埋設構造物である。

鉄筋コンクリート躯体は岩盤に直接設置され、周囲を埋戻しコンクリートで埋め戻されている。



(単位:mm)

図 2-2 緊急時対策所用燃料地下タンク 平面図

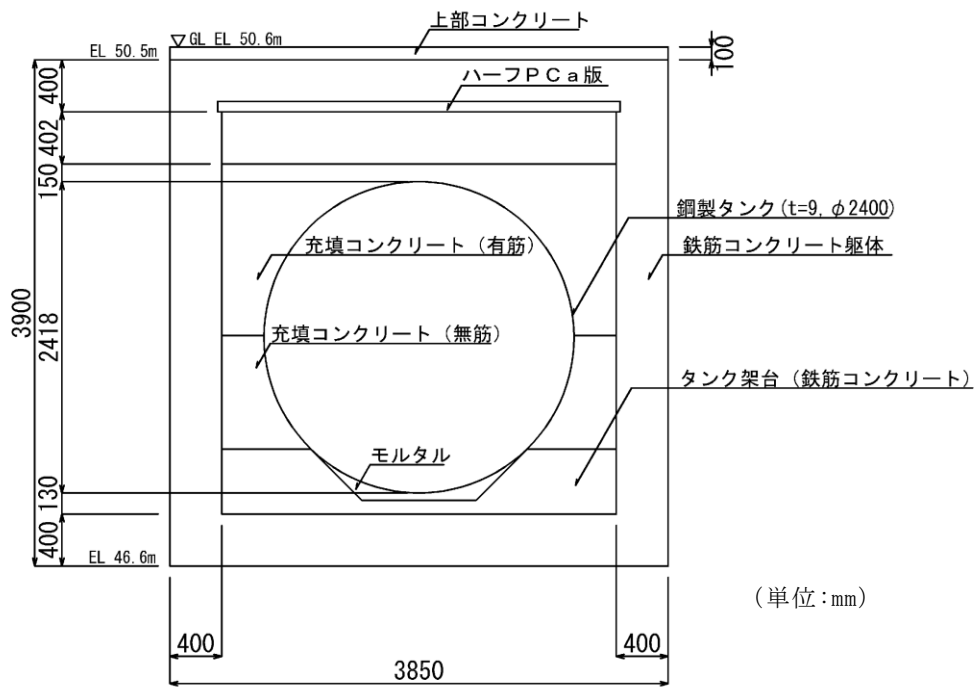


図 2-3 緊急時対策所用燃料地下タンク 断面図 (A-A 断面)

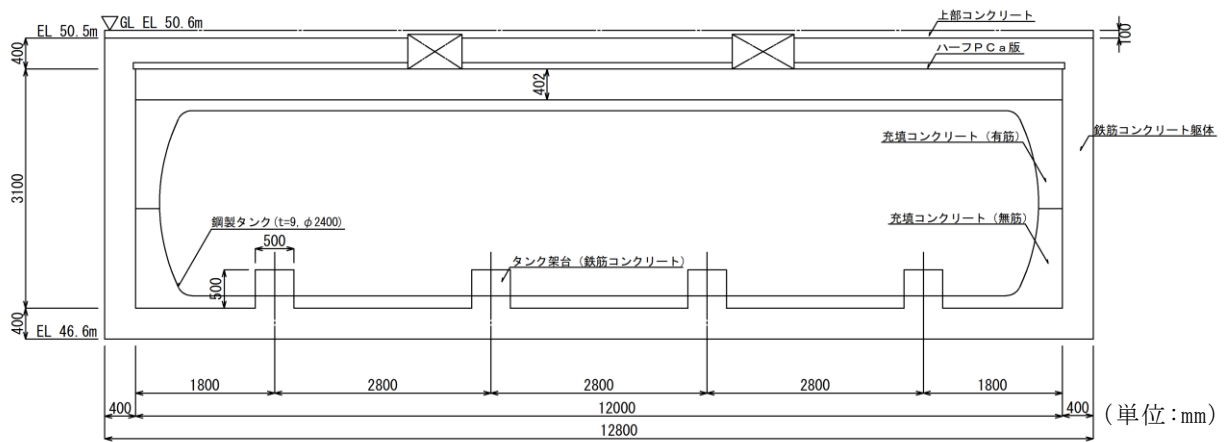


図 2-4 緊急時対策所用燃料地下タンク 断面図 (B-B 断面)

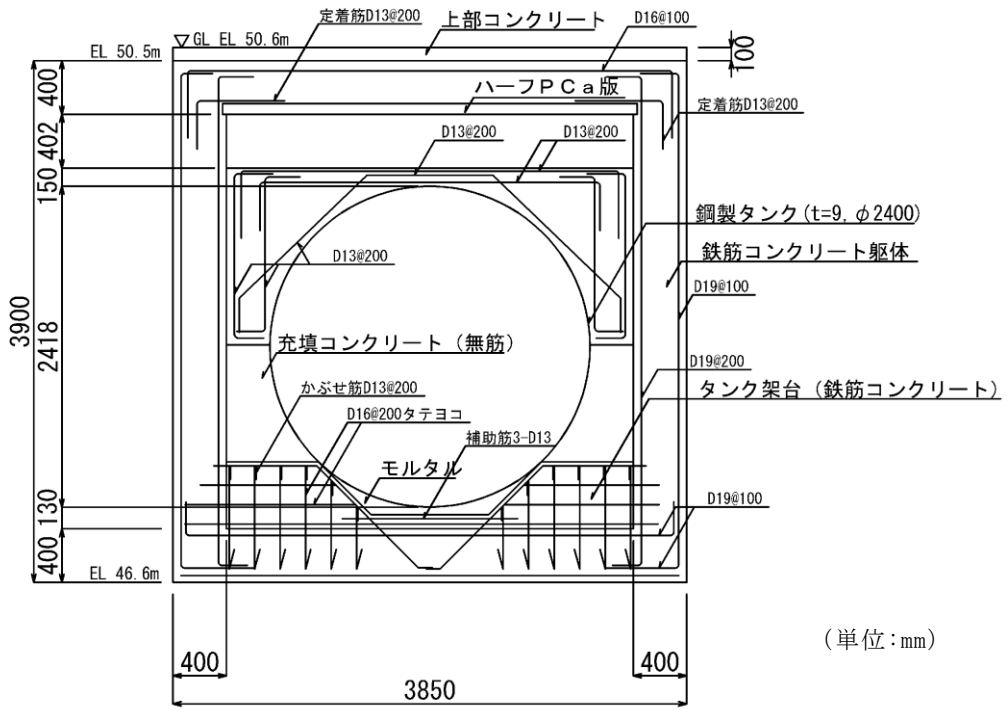
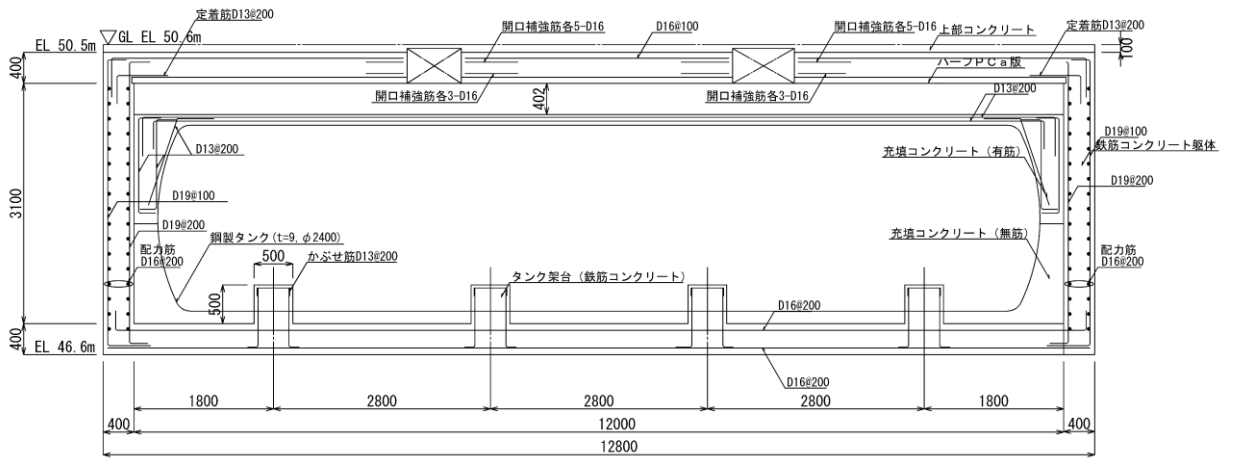


図 2-5 緊急時対策所用燃料地下タンク 概略配筋図 (A-A断面)



注：配力筋は評価に用いる側壁のみ記載

図 2-6 緊急時対策所用燃料地下タンク 概略配筋図 (B-B断面)

2.3 評価方針

緊急時対策所用燃料地下タンクは、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に分類される。

緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、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評価として、表 2-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価、貯水機能相当の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を確認する。

構造部材の健全性評価については、鉄筋コンクリート躯体に生じる圧縮応力度、引張応力度及びせん断応力度並びに鋼製タンクに生じる曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

なお、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貯水機能相当を損なわないことの確認における許容限界は同一となる。したがって、鋼製タンクについては構造強度を有することを確認することで、貯水機能相当を損なわないことの確認も同時に行う。

基礎地盤の支持性能評価については、基礎地盤に生じる接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震評価フローを図 2-7 に示す。

表 2-1 緊急時対策所用燃料地下タンクの評価項目

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	鉄筋コンクリート躯体	圧縮応力度、引張応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認	圧縮応力度	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
				引張応力度	鉄筋の許容引張応力度
				せん断応力度	コンクリートの許容せん断応力度
		鋼製タンク		曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認	曲げ応力度
			せん断応力度	許容せん断応力度	
基礎地盤の支持性能	基礎地盤	接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*		
貯水機能相当を損なわないこと	貯水機能	鋼製タンク	曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認	曲げ応力度	許容曲げ応力度
				せん断応力度	許容せん断応力度

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

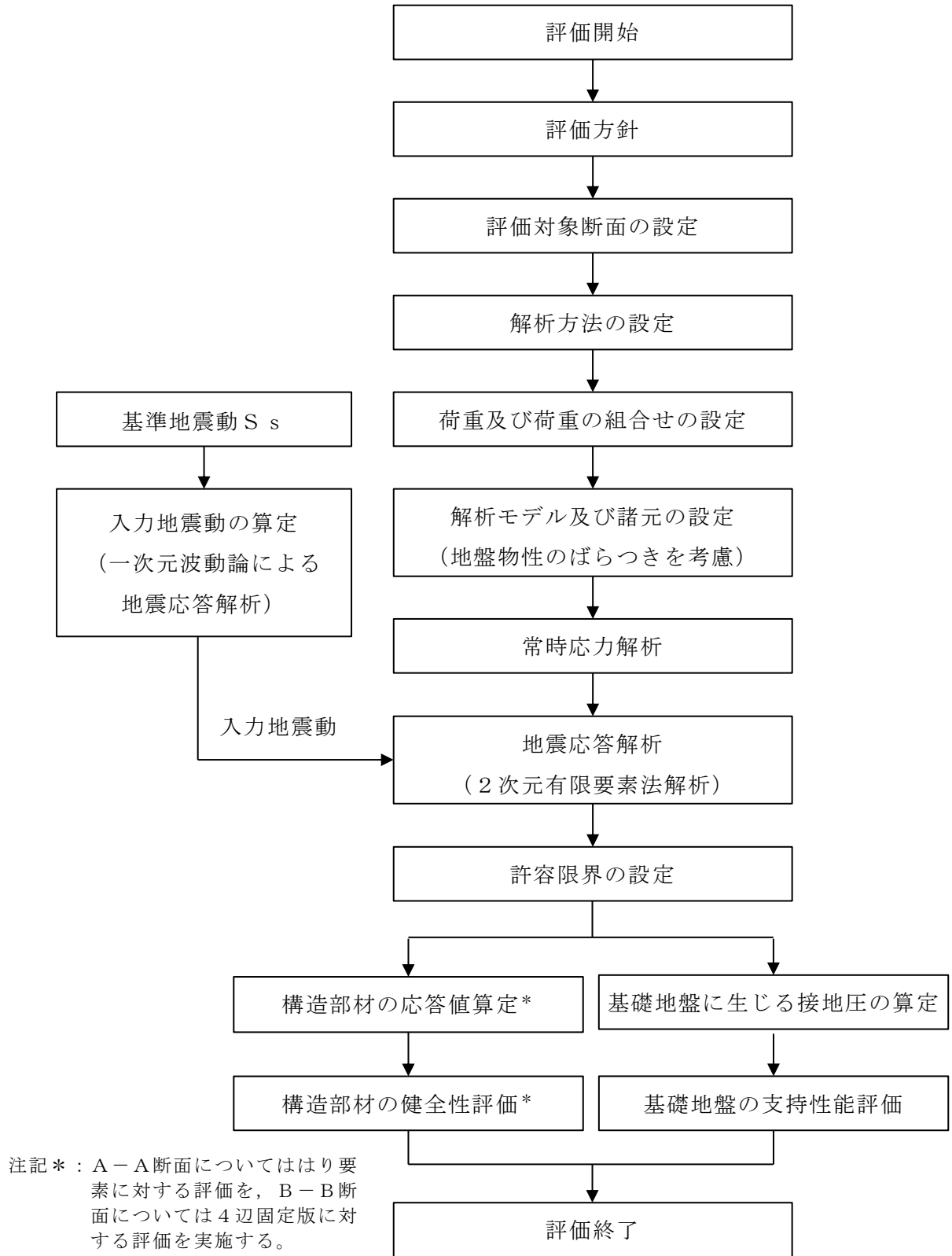


図 2-7 緊急時対策所用燃料地下タンク 耐震評価フロー

2.4 適用規格・基準等

緊急時対策所用燃料地下タンクの耐震性についての評価において適用する規格・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]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005改定）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1－1987（（社）日本電気協会）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

緊急時対策所用燃料地下タンクの評価対象断面位置を図 3-1 に示す。耐震設計における評価対象断面図を図 3-2 及び図 3-3 に示す。

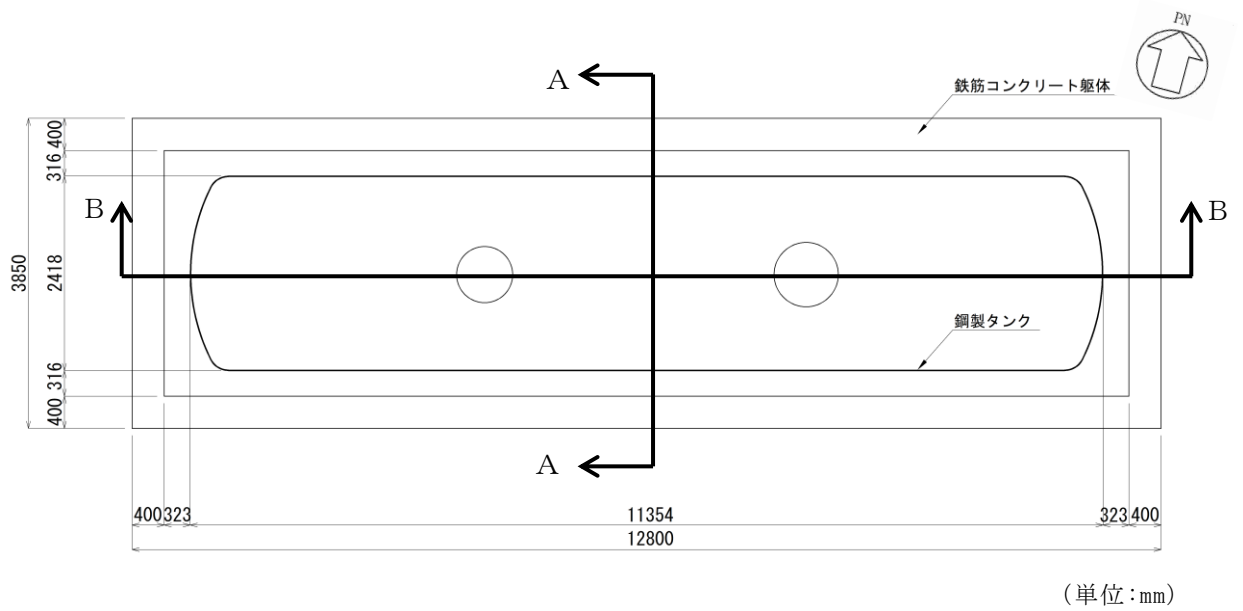
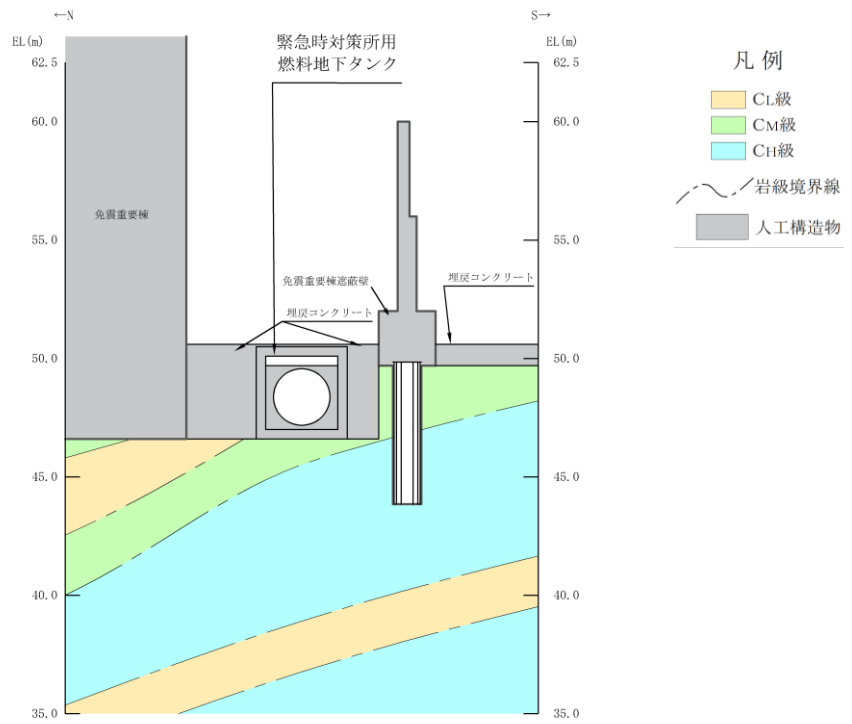
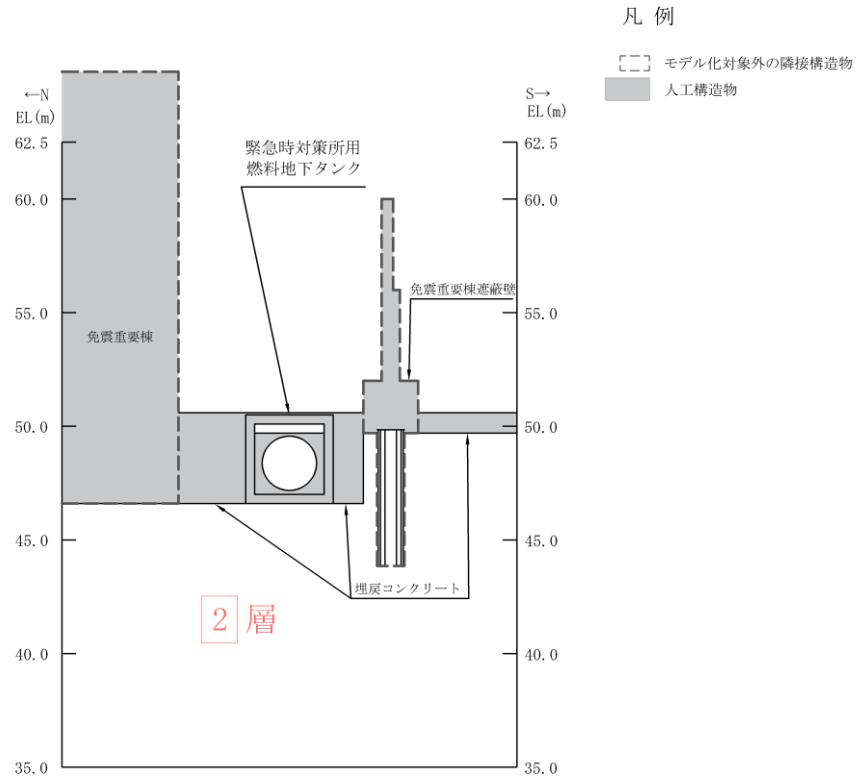


図 3-1 緊急時対策所用燃料地下タンク 評価対象断面位置図



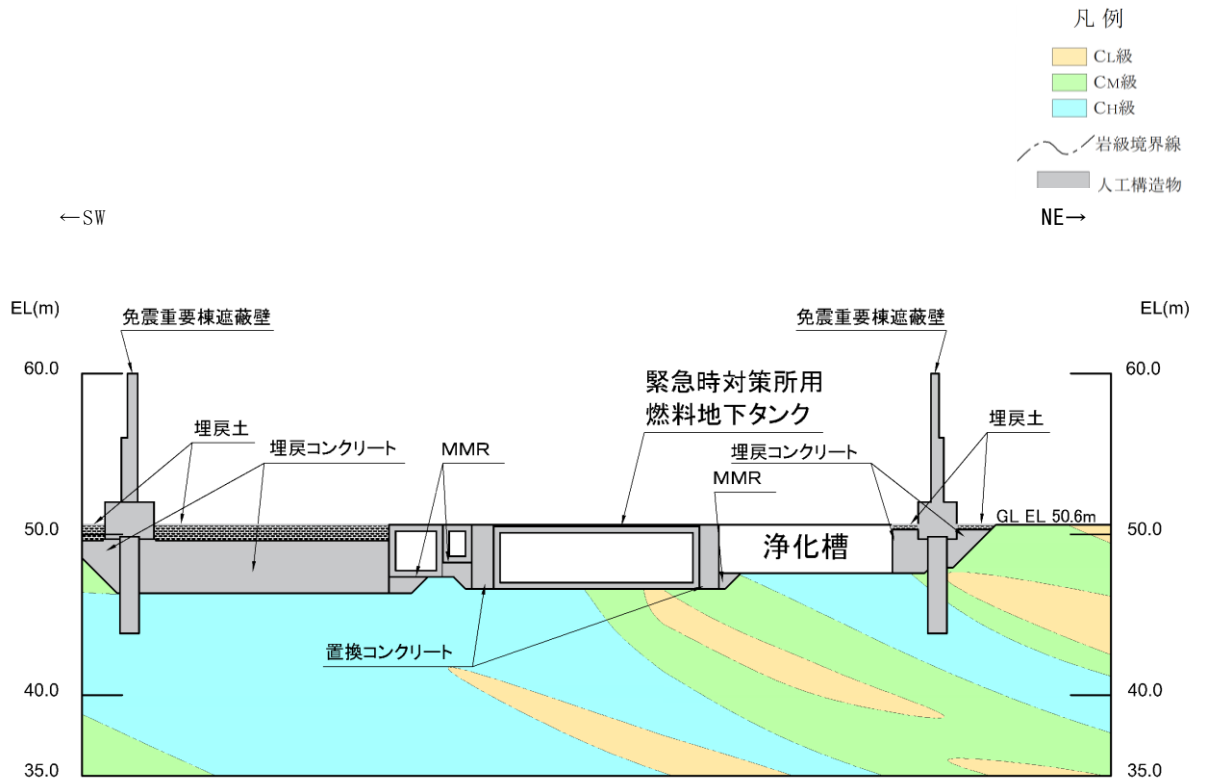
(岩級図)



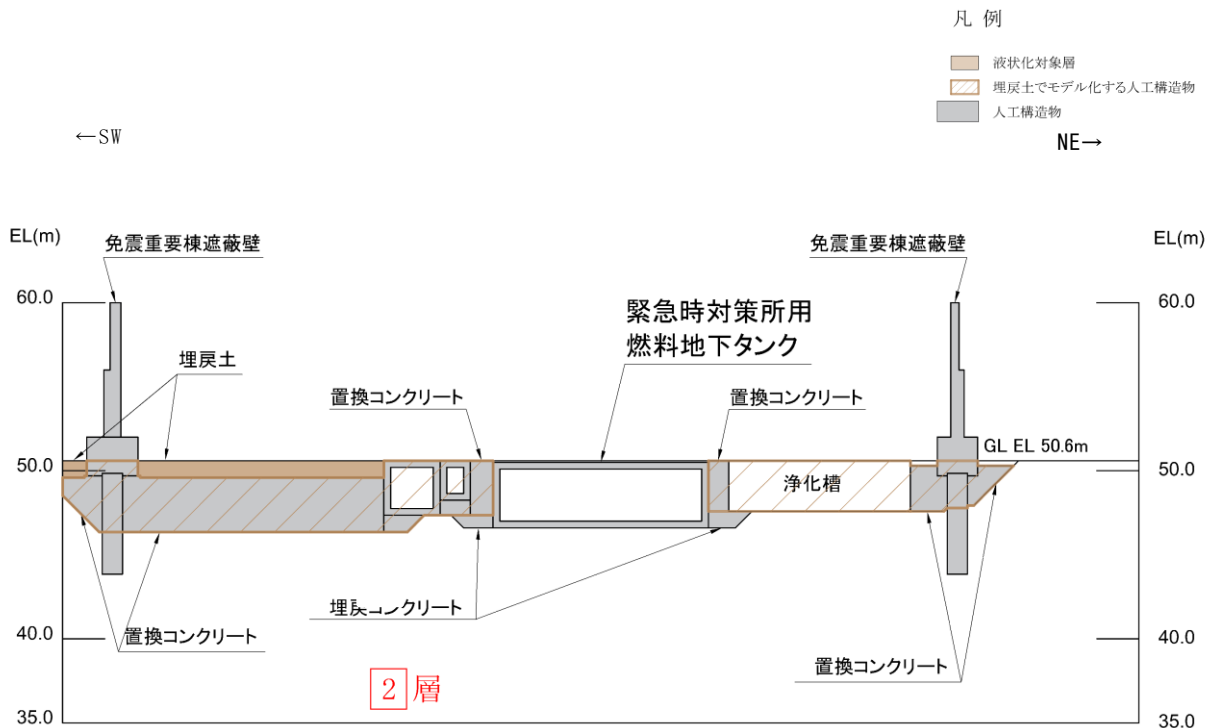
地下水位は施設設置地盤より十分低いため、設計地下水位を設定しない。

(速度層図)

図 3-2 緊急時対策所用燃料地下タンク 評価対象断面図 (A-A断面位置)



(岩級図)



地下水位は施設設置地盤より十分低いため、設計地下水位を設定しない。

(速度層図)

図 3-3 緊急時対策所用燃料地下タンク 評価対象断面図 (B-B 断面位置)

3.2 解析方法

緊急時対策所用燃料地下タンクの地震応答解析は、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2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。

緊急時対策所用燃料地下タンク周辺の地下水位が緊急時対策所用燃料地下タンク下端より低いことから、解析手法は全応力解析とする。

地震応答解析については、解析コード「TDAPIII」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、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

A-A断面においては、鉄筋コンクリート躯体及び鋼製タンクは線形はり要素、充填コンクリートは線形の平面ひずみ要素によりモデル化する。

B-B断面においては、構造部材は線形はり要素でモデル化し、充填コンクリートは配置が局所的であることからモデル化しない。妻壁については等価な重量及び剛性とした平面応力要素で考慮する。

3.2.2 地盤

緊急時対策所用燃料地下タンクは地中に埋設された鉄筋コンクリート造の地中構造物である。

A-A断面においては、周辺に埋戻土のような動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しておらず、 C_H 級～ C_L 級岩盤が分布しているため、これらの地盤が地震時に構造物の応答に影響を与えると判断されることから、岩盤のばらつきを考慮する。

B-B断面においては、周辺に主として埋戻土のような動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布し、主たる荷重は埋戻土の土圧となることから、埋戻土のばらつきを考慮する。

解析ケースについては、せん断弾性係数の平均値を基本ケース（表3-1及び表3-2に示す解析ケース①）とした場合に加えて、平均値 $\pm 1.0 \times$ 標準偏差（ σ ）のケース（表3-1及び表3-2に示す解析ケース②及び③）について確認を行う。

地盤のばらつきの設定方法の詳細は、「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（A-A断面）

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_o : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	平均値	平均値 + 1σ
ケース③	全応力解析	平均値	平均値 - 1σ

表 3-2 解析ケース（B-B断面）

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_o : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	平均値 + 1σ	平均値
ケース③	全応力解析	平均値 - 1σ	平均値

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 3-3 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 3-3 Rayleigh 減衰における係数 α 、 β の設定結果

	α	β
A-A 断面	3.109	2.410×10^{-4}
B-B 断面	9.894×10^{-1}	1.380×10^{-4}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

耐震評価における解析ケースを表 3-4 に示す。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（基本ケース）において、曲げ破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表 3-1 に示す解析ケース②及び③を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合には、照査値が最も厳しくなる地震動を用いて、解析ケース②及び③を実施する。なお、解析モデルが左右対称であり、水平動の位相反転による解析結果への影響はないと考えられることから水平動の位相反転は実施しない。

表 3-4 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	
地震動 (位相)	$S_s - D$	++* ¹	○	基準地震動 S_s (6 波) に位相反転を考慮した地震動 (6 波) を加えた全 12 波に対し、ケース① (基本ケース) を実施し、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各照査項目ごとに照査値が 0.5 を超える照査項目に対して、最も厳しい (許容限界に対する裕度が最も小さい) 地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも 0.5 以下の場合には、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。			
		-+* ¹	○* ²				
		+-* ¹	○				
		--* ¹	○* ²				
	$S_s - F 1$	++* ¹	○				
	$S_s - F 2$	++* ¹	○				
	$S_s - N 1$	++* ¹	○				
		-+* ¹	○* ²				
	$S_s - N 2$ (NS)	++* ¹	○				
		-+* ¹	○* ²				
$S_s - N 2$ (EW)	++* ¹	○					
	-+* ¹	○* ²					

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

*2：A-A断面については、解析モデルが左右対称であり、水平動の位相反転による解析結果への影響はないと考えられることから実施しない。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、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

緊急時対策所用燃料地下タンク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

緊急時対策所用燃料地下タンク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、躯体重量を考慮する。

(2) 積載荷重 (P)

積載荷重として、内水圧、永久上載荷重及び積雪荷重 P_s を考慮する。

(3) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮し 35.0 cm とする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則 (平成 17 年 3 月 31 日, 松江市規則第 234 号)」により、積雪量 1 cm ごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(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

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、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 を一次元波動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、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3-20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」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

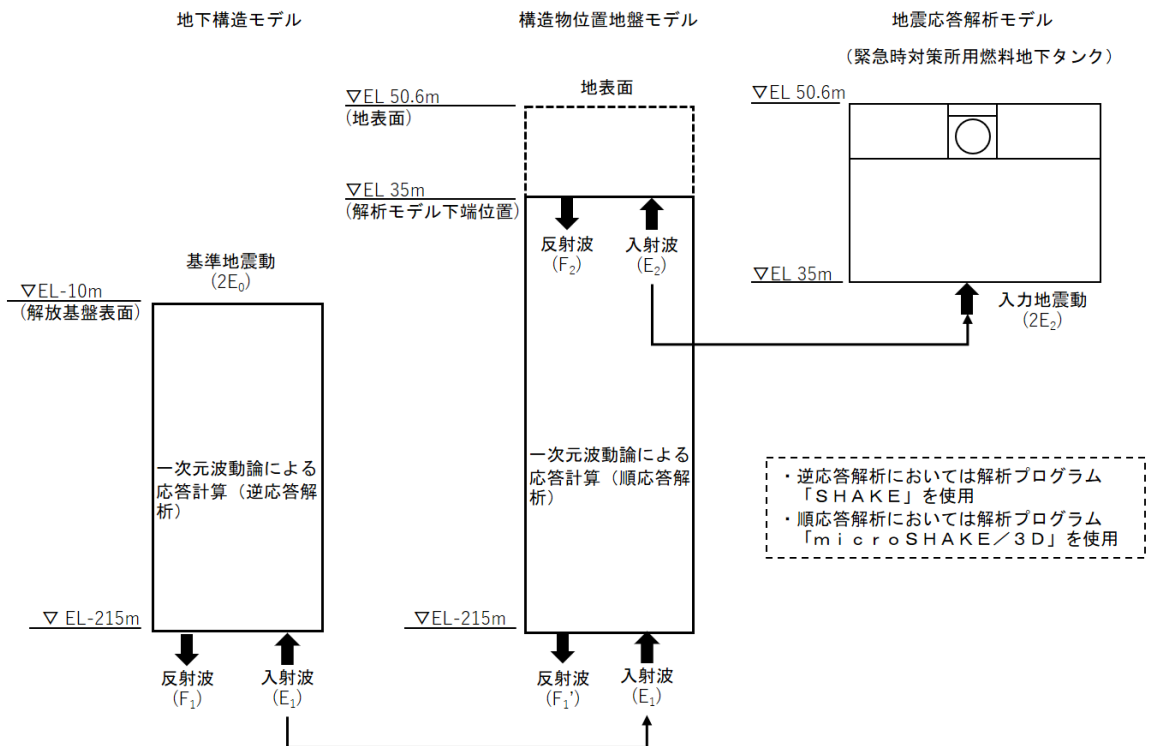
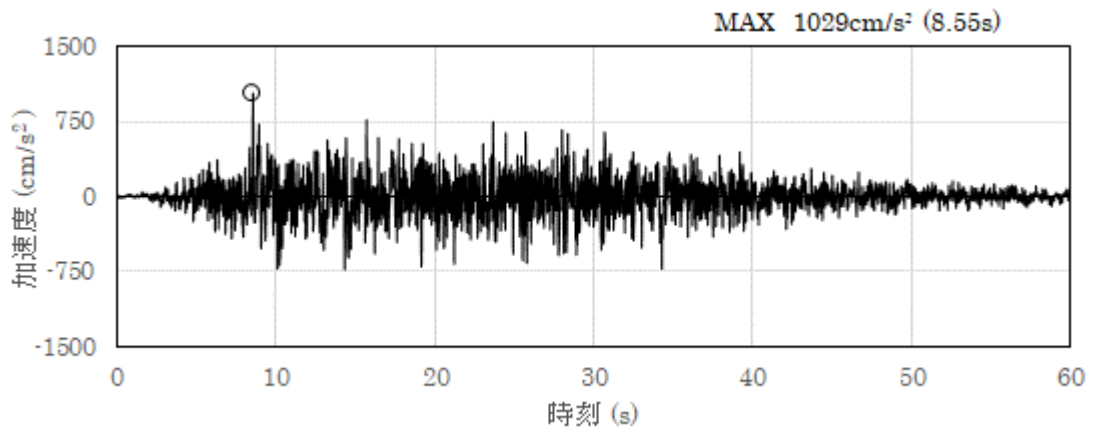
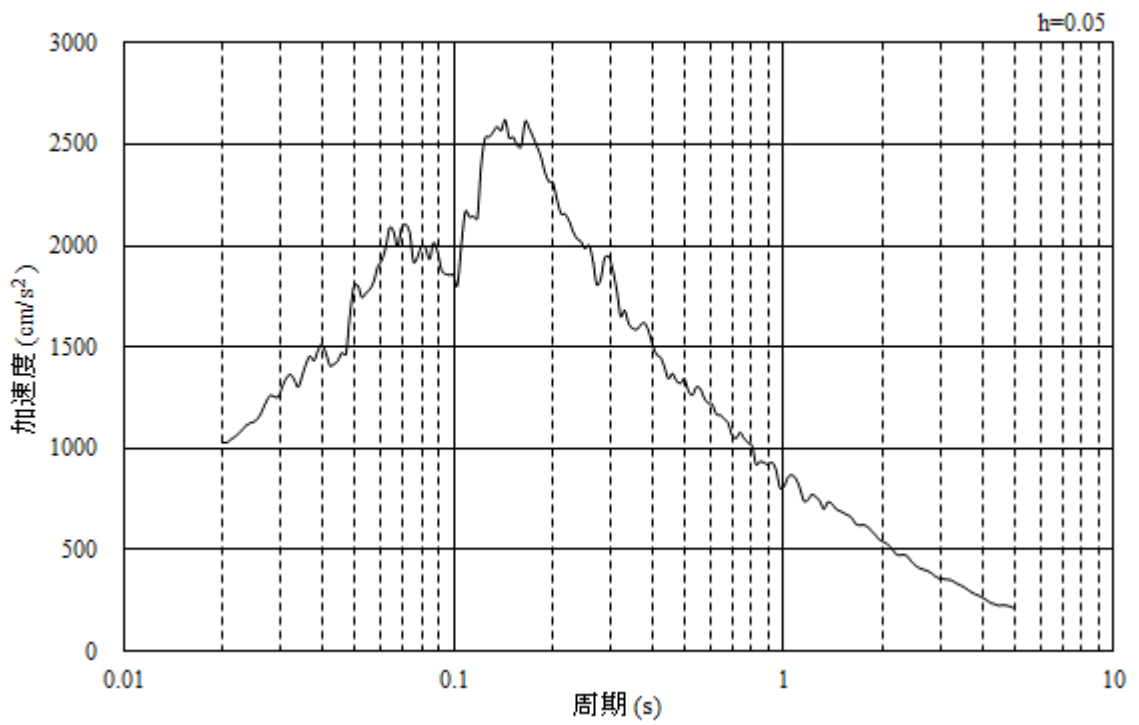


図3-4 入力地震動算定の概念図

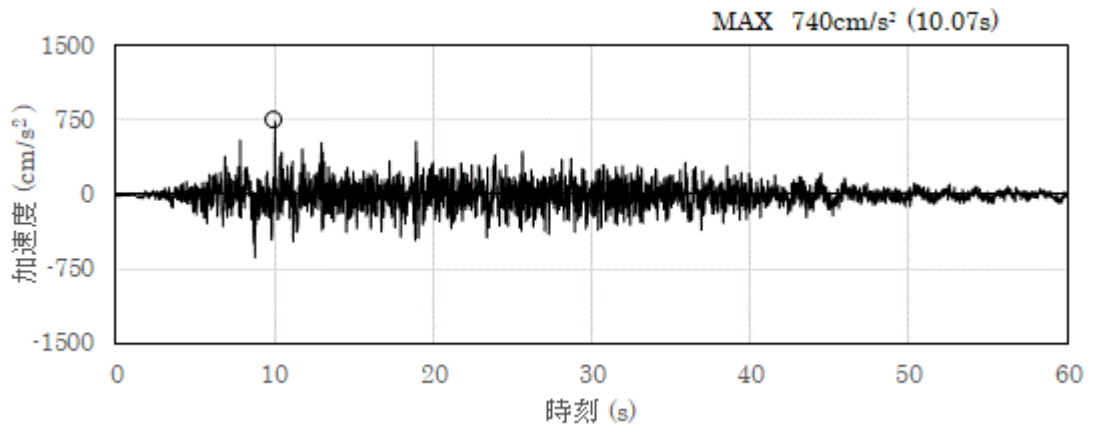


(a) 加速度時刻歴波形

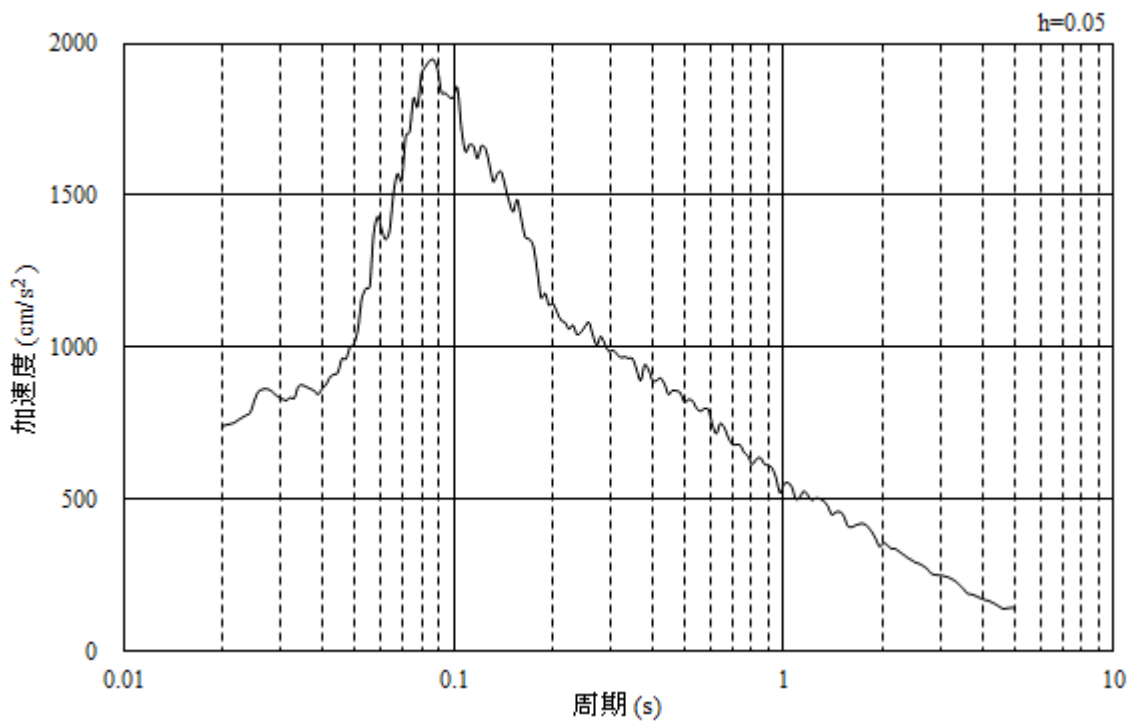


(b) 加速度応答スペクトル

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)

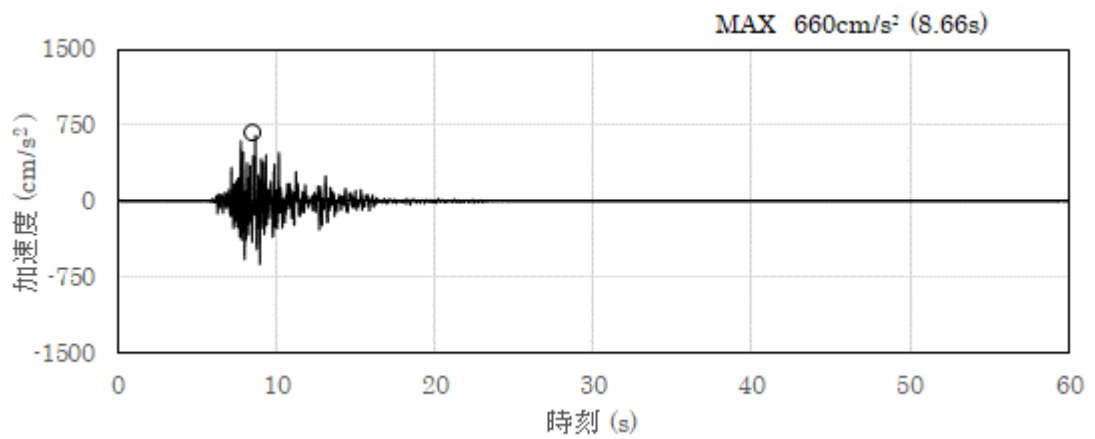


(a) 加速度時刻歴波形

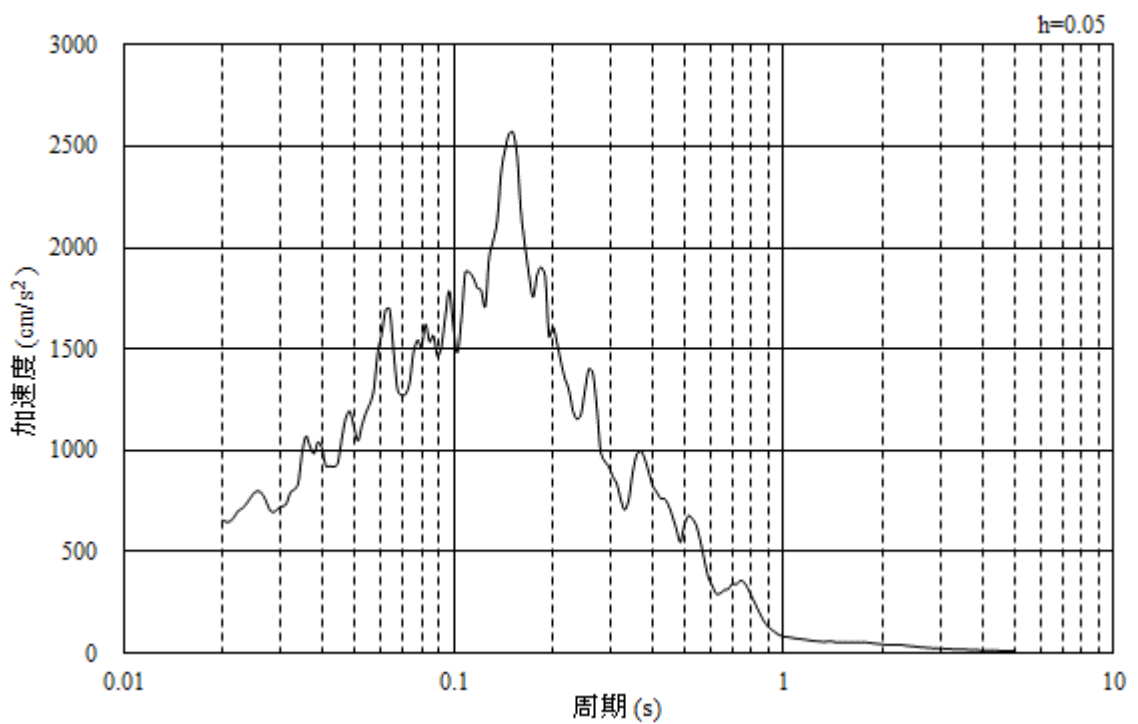


(b) 加速度応答スペクトル

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)

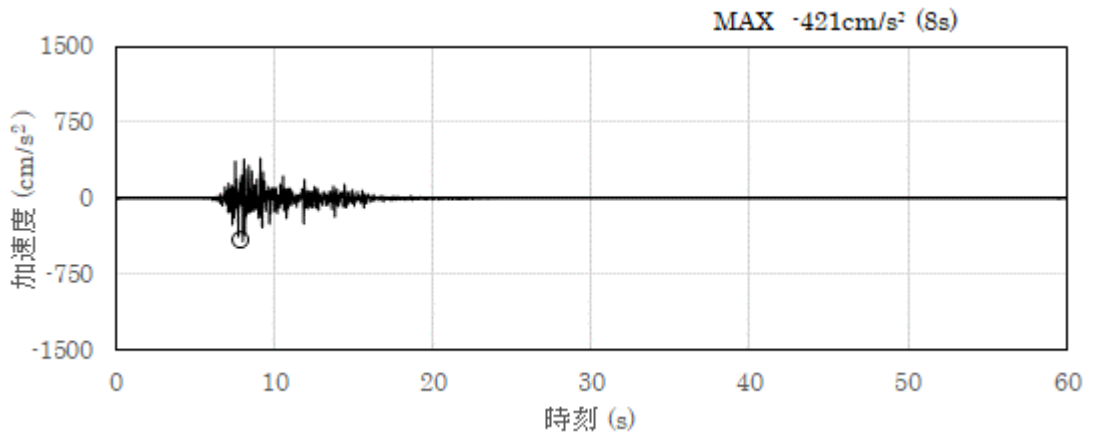


(a) 加速度時刻歴波形

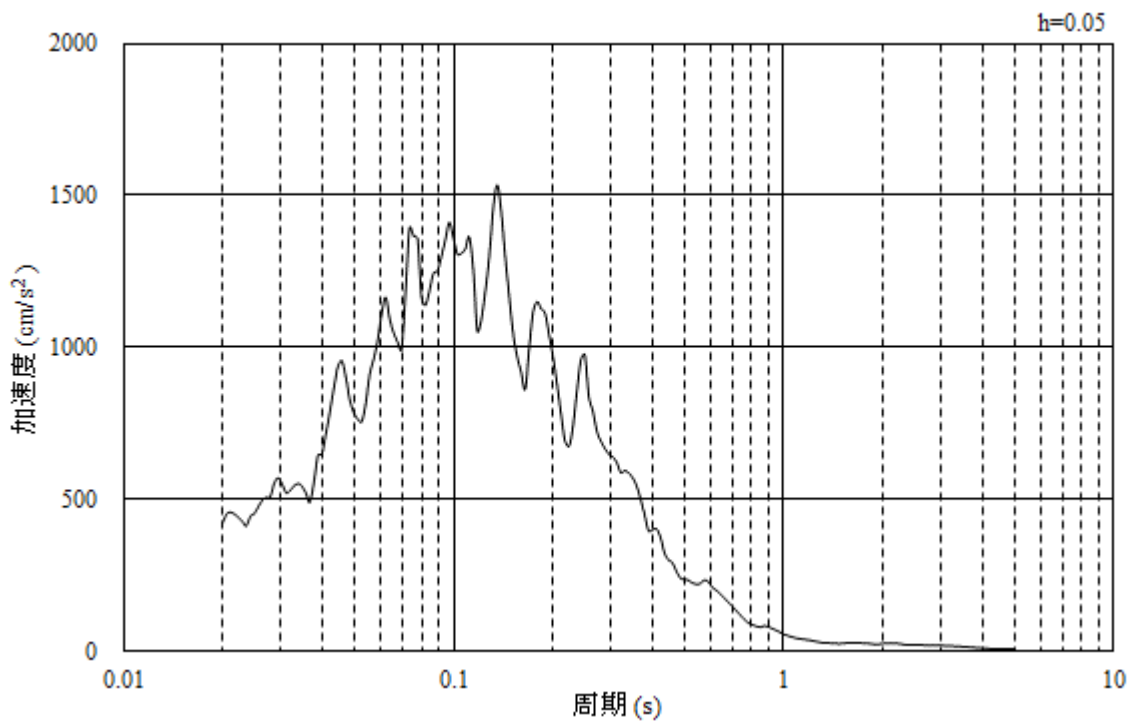


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 1 (N S))

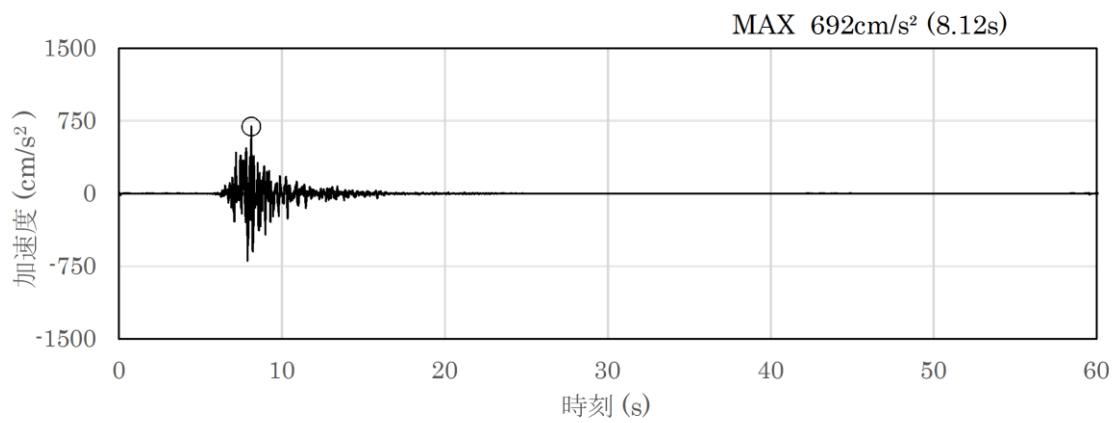


(a) 加速度時刻歴波形

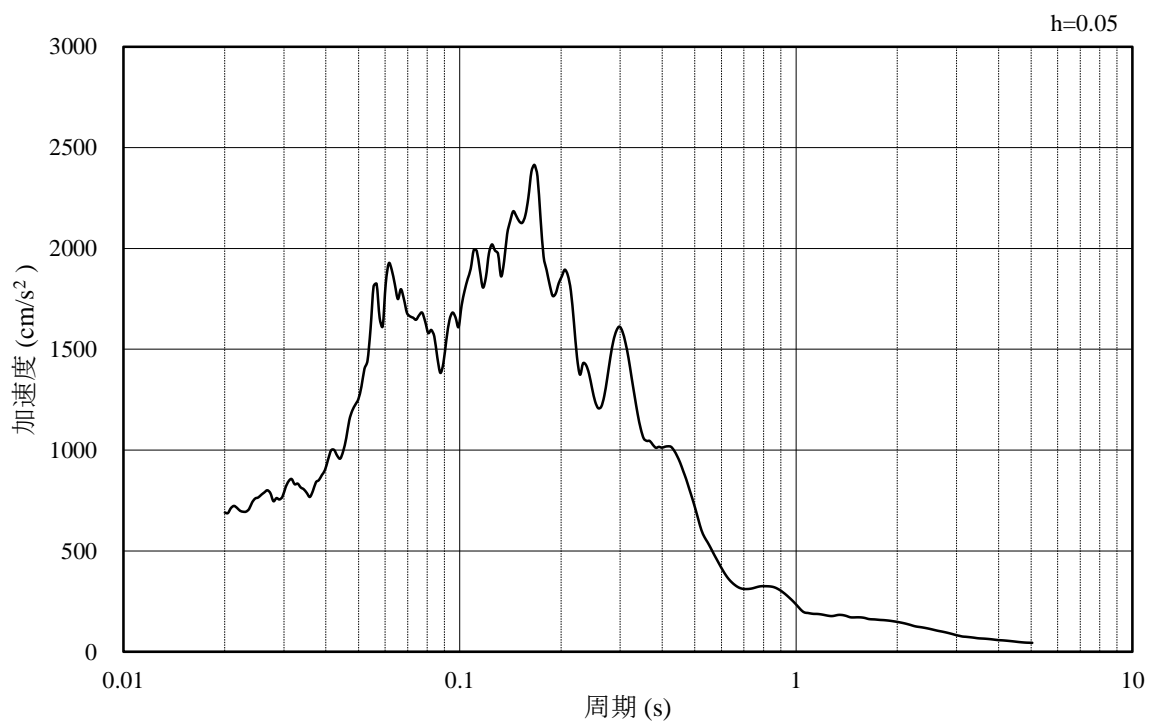


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 1 (N S))

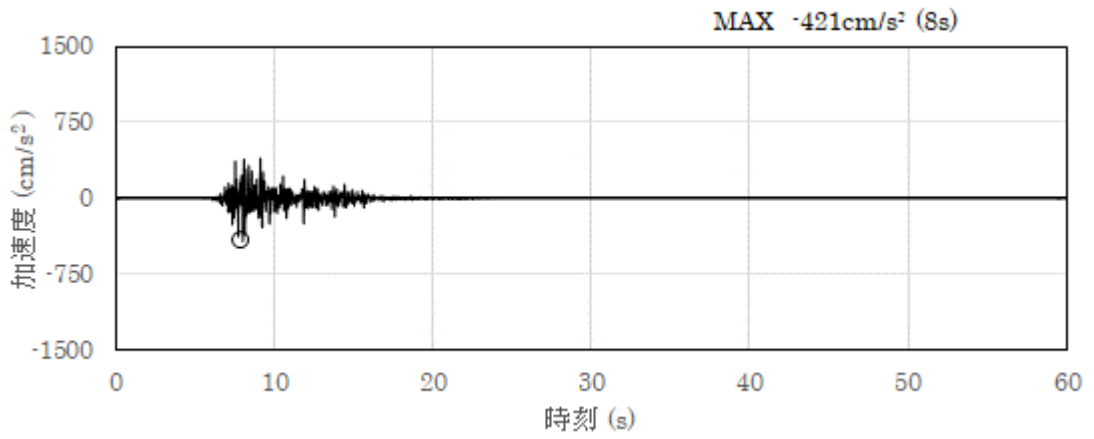


(a) 加速度時刻歴波形

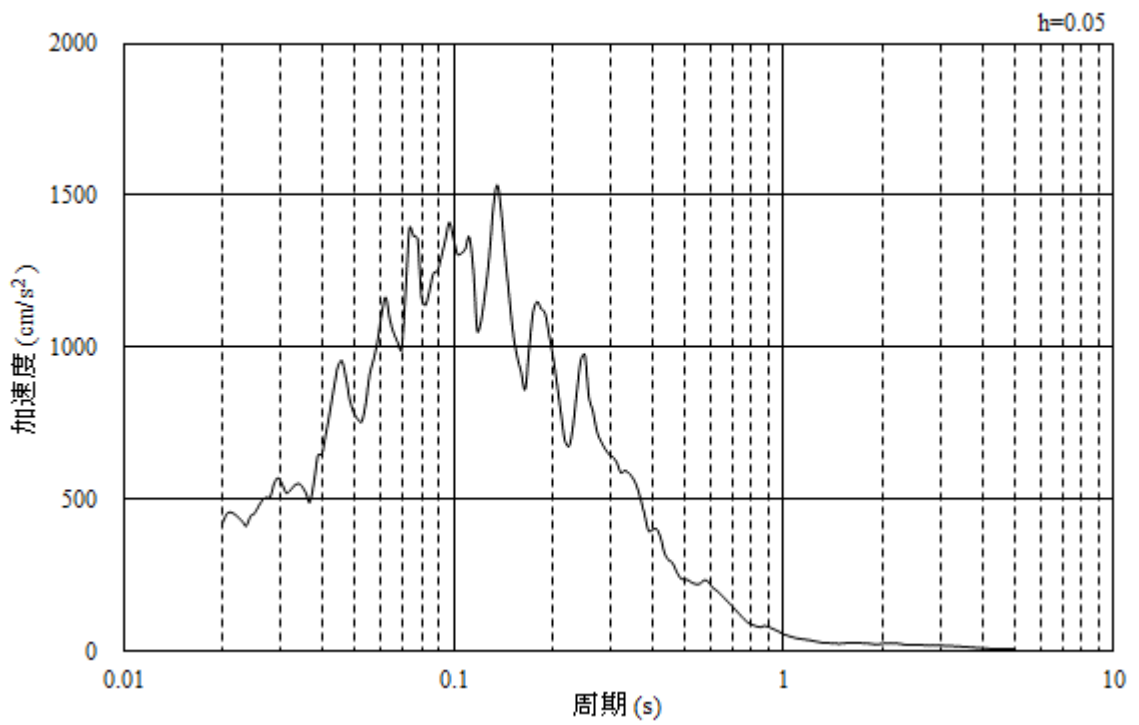


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 1 (E W))

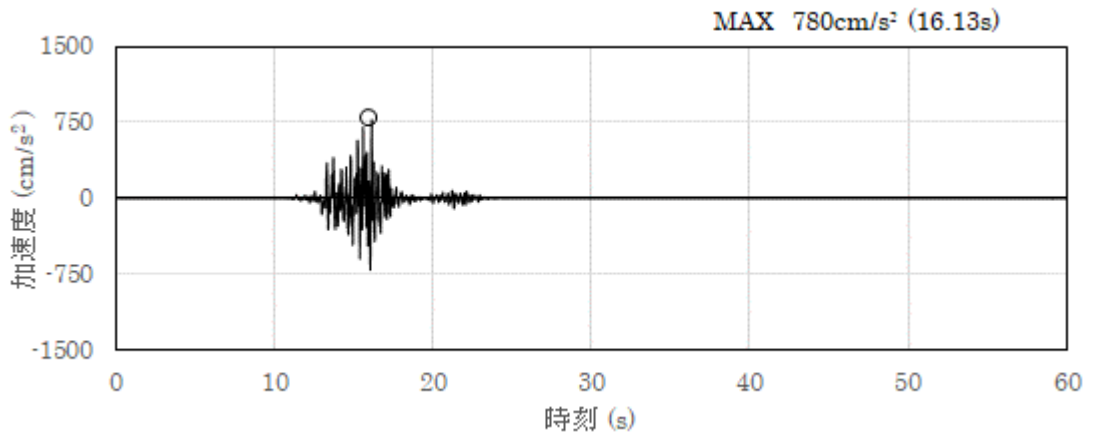


(a) 加速度時刻歴波形

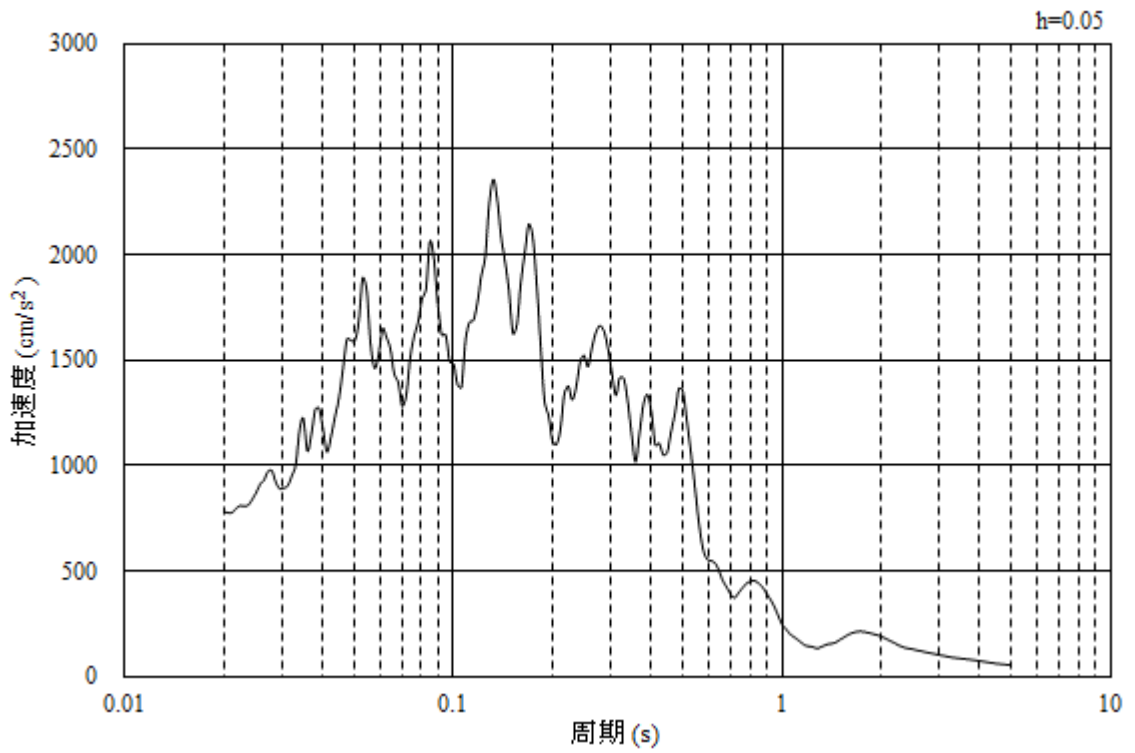


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 1 (E W))

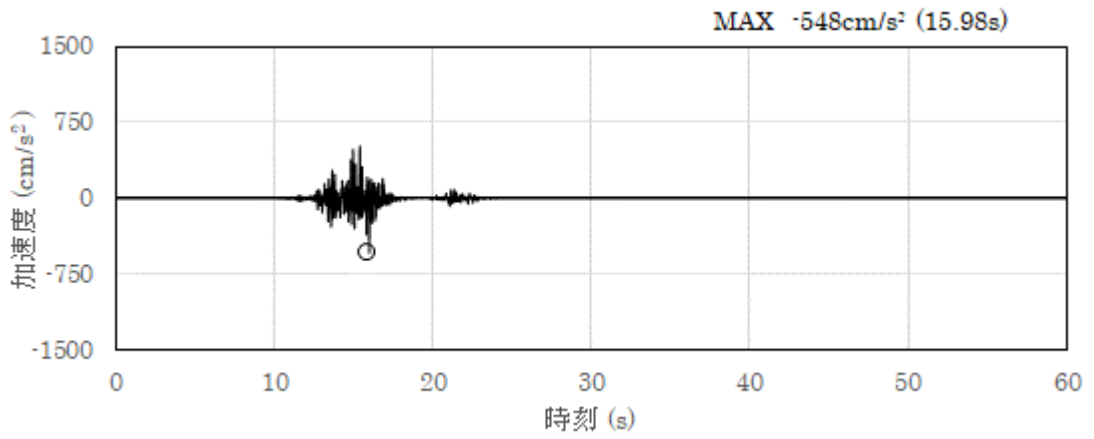


(a) 加速度時刻歴波形

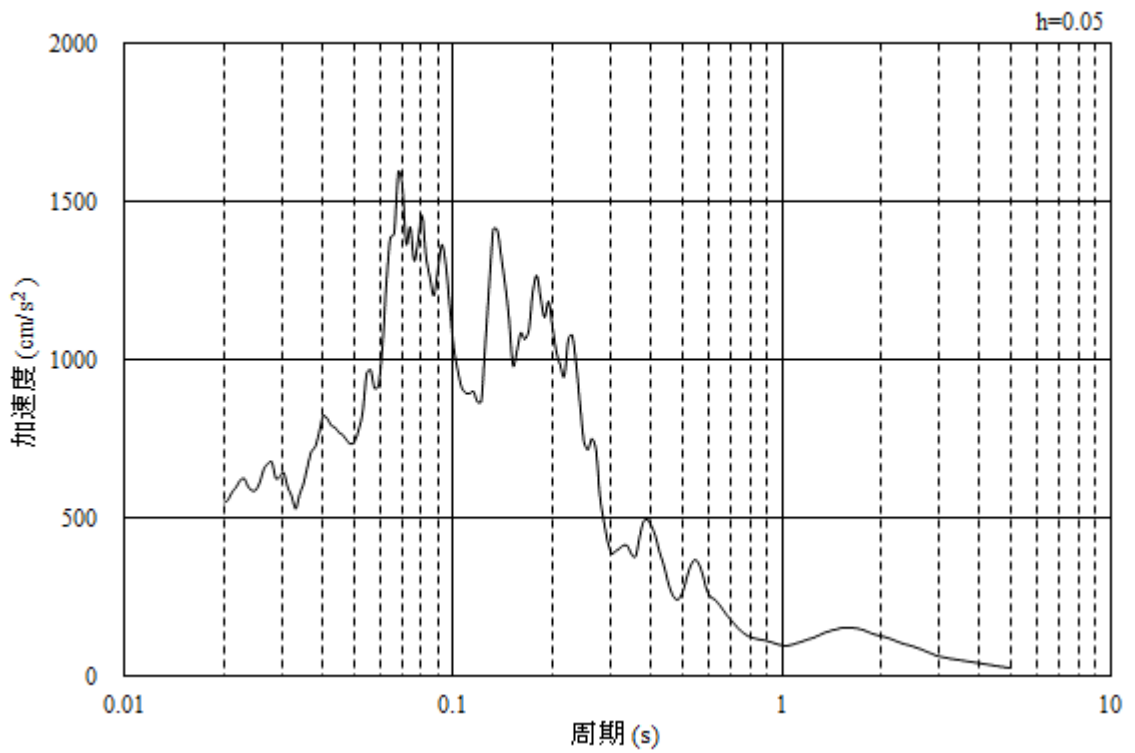


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (N S))

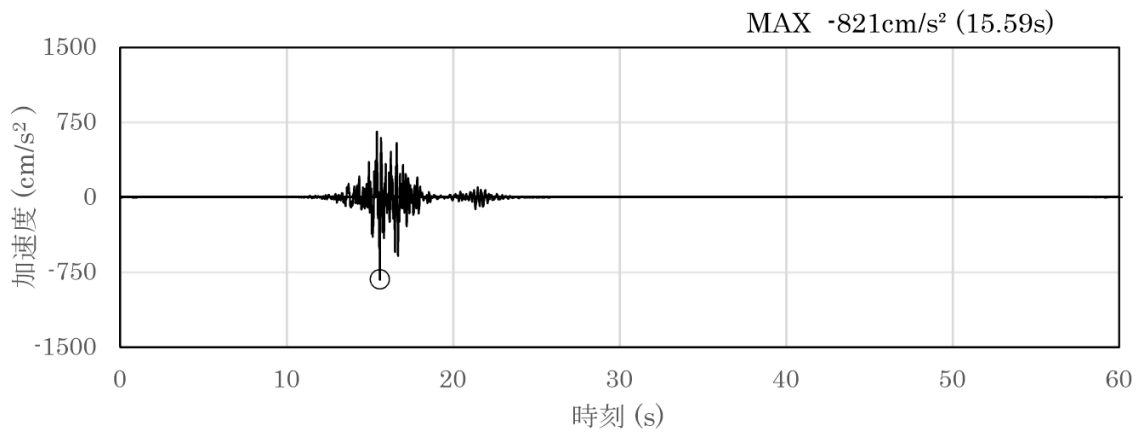


(a) 加速度時刻歴波形

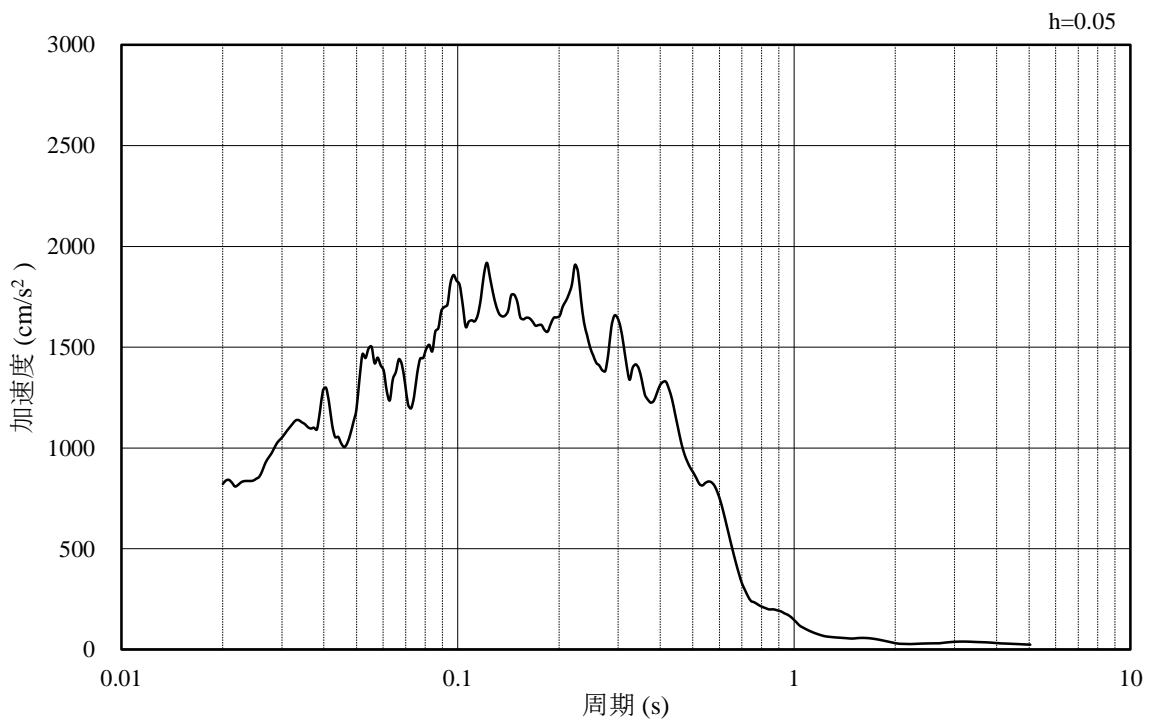


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (N S))

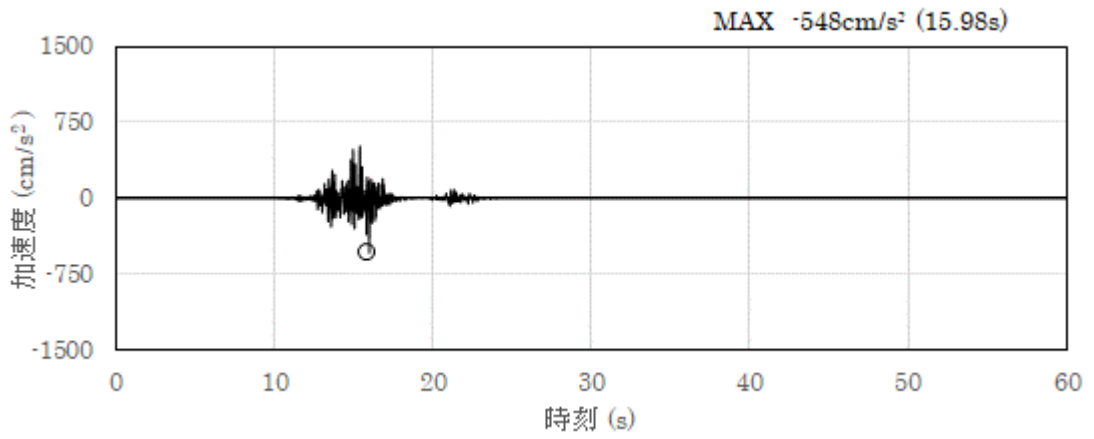


(a) 加速度時刻歴波形

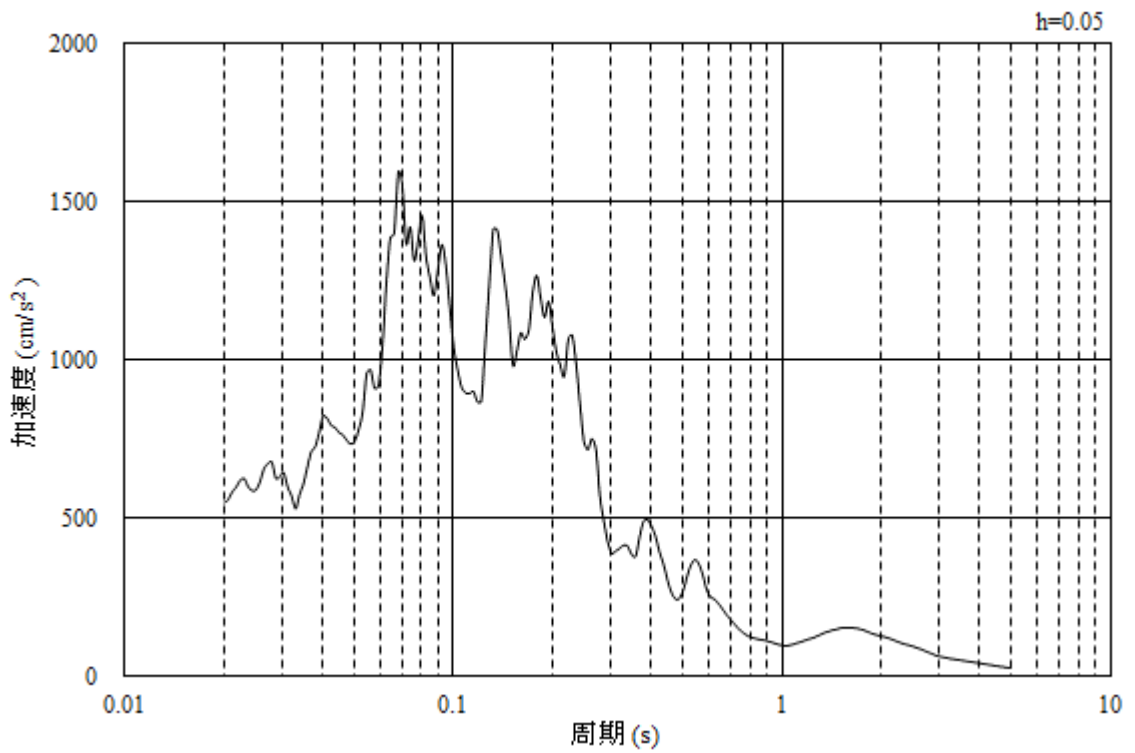


(b) 加速度応答スペクトル

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 (E W))

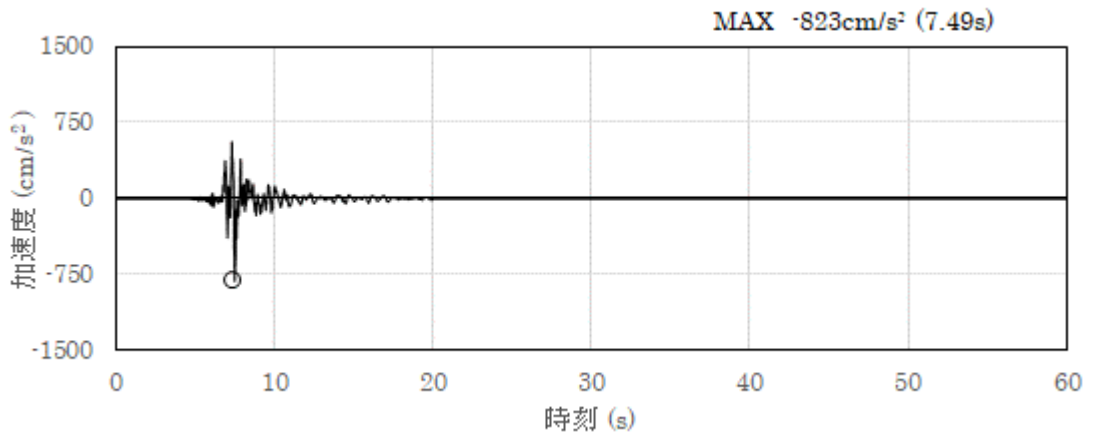


(a) 加速度時刻歴波形

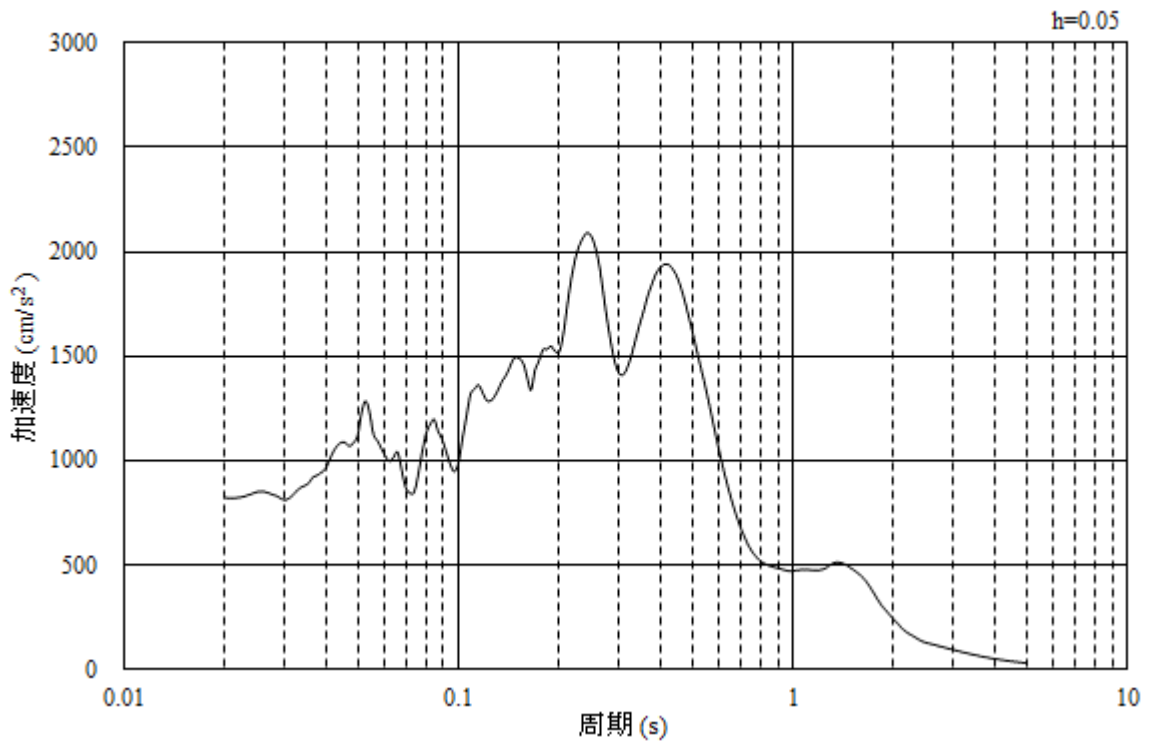


(b) 加速度応答スペクトル

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 (E W))

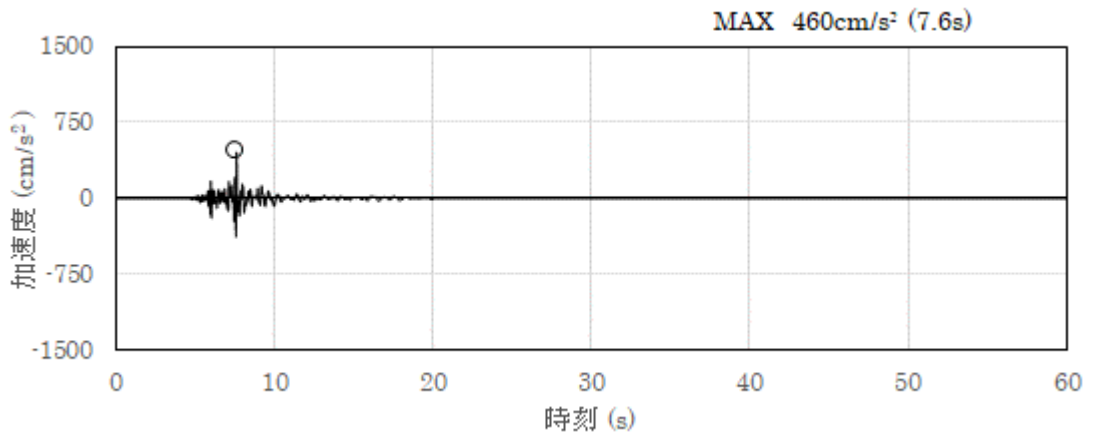


(a) 加速度時刻歴波形

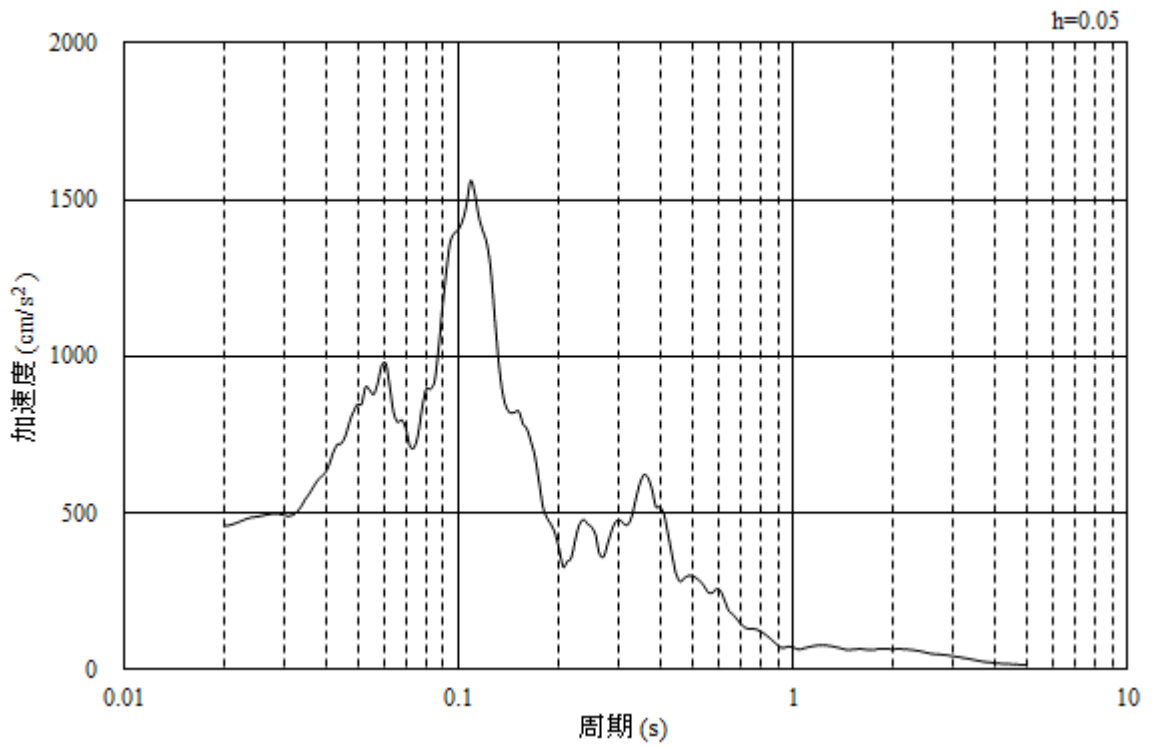


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 1)

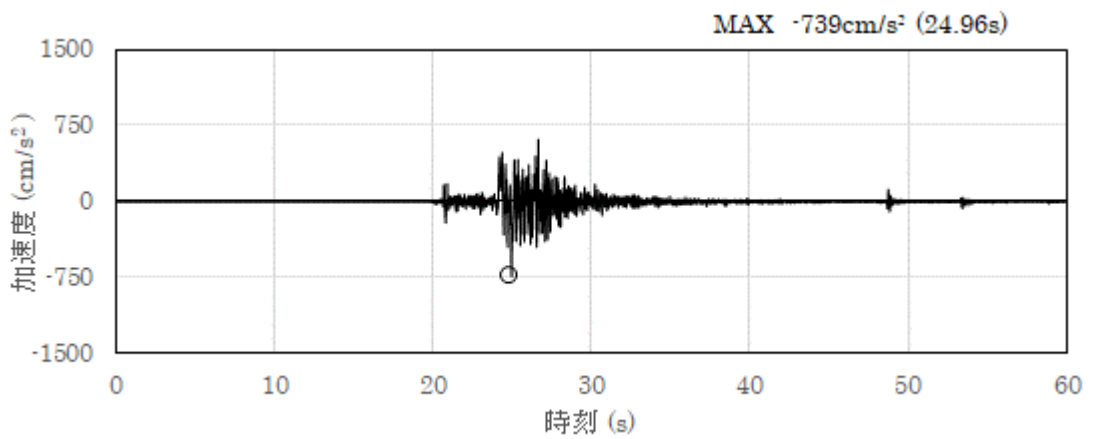


(a) 加速度時刻歴波形

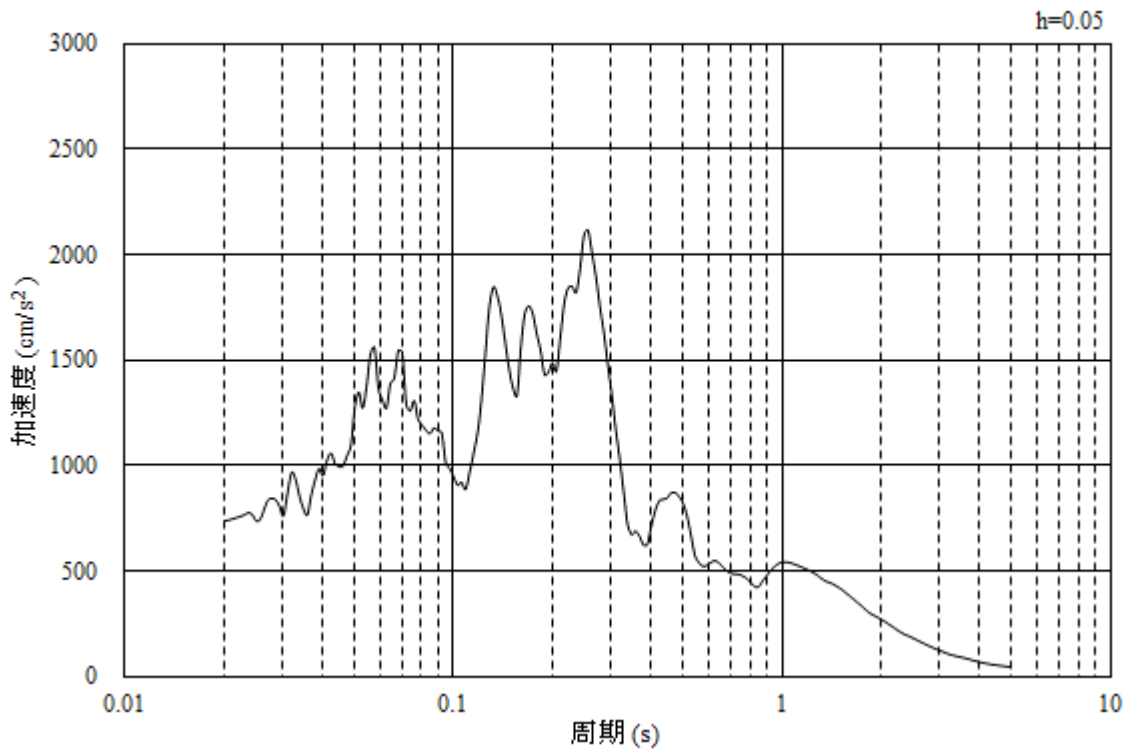


(b) 加速度応答スペクトル

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
(鉛直成分：S s - N 1)

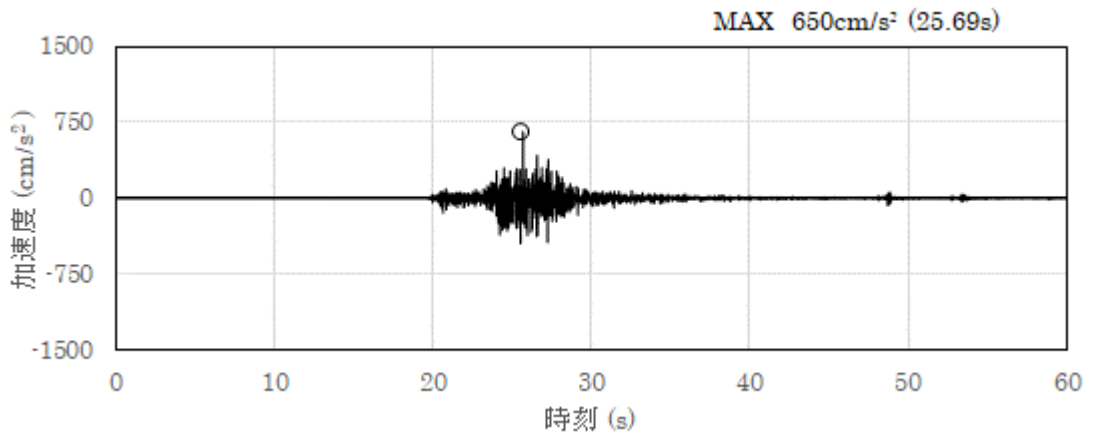


(a) 加速度時刻歴波形

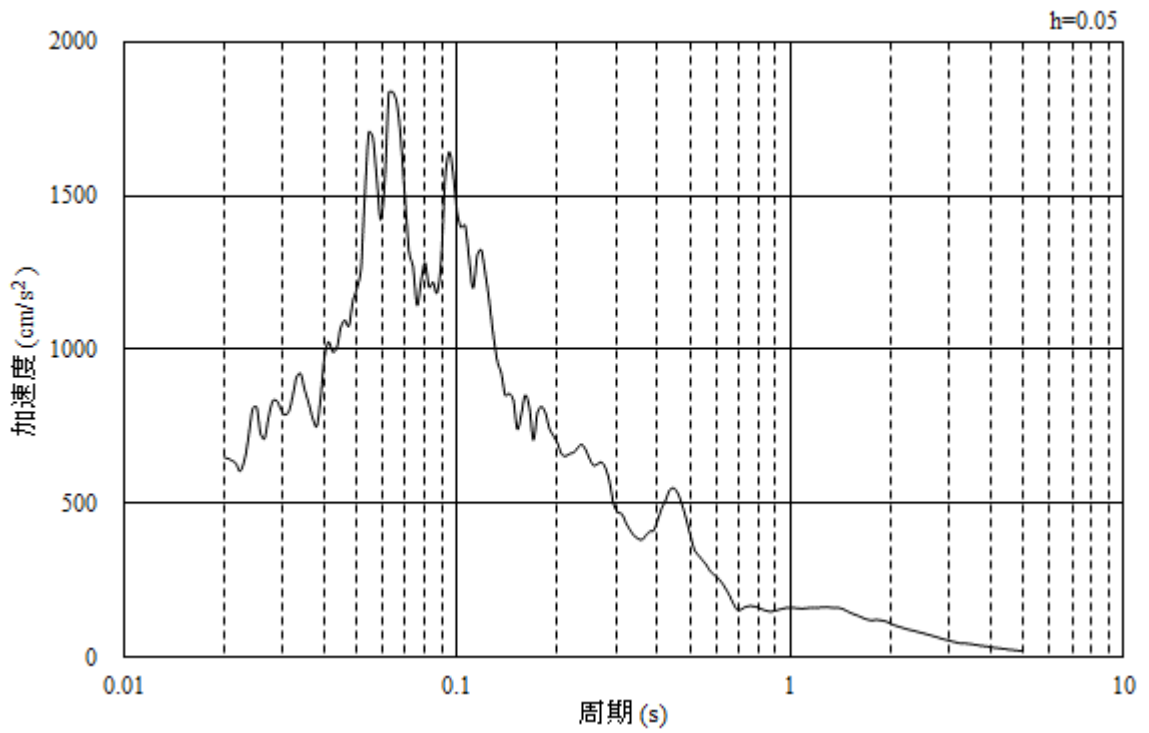


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 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 2 (N S))

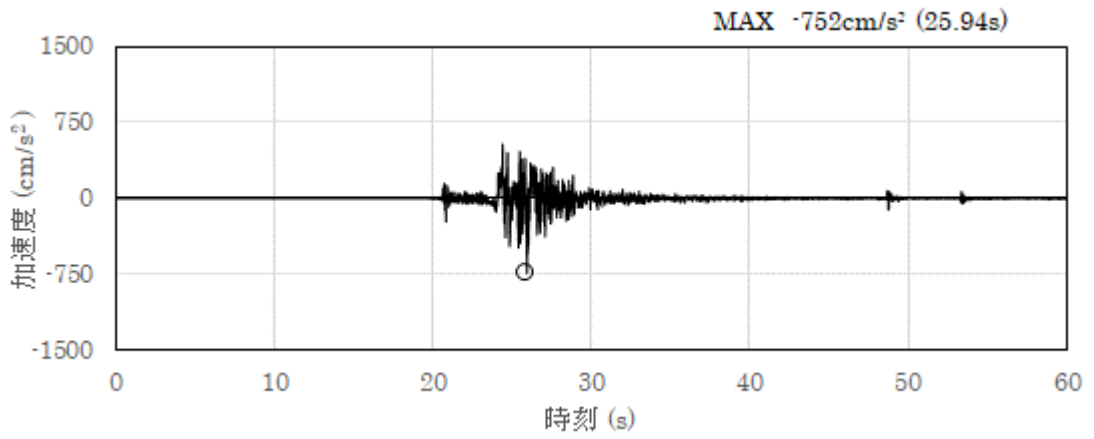


(a) 加速度時刻歴波形

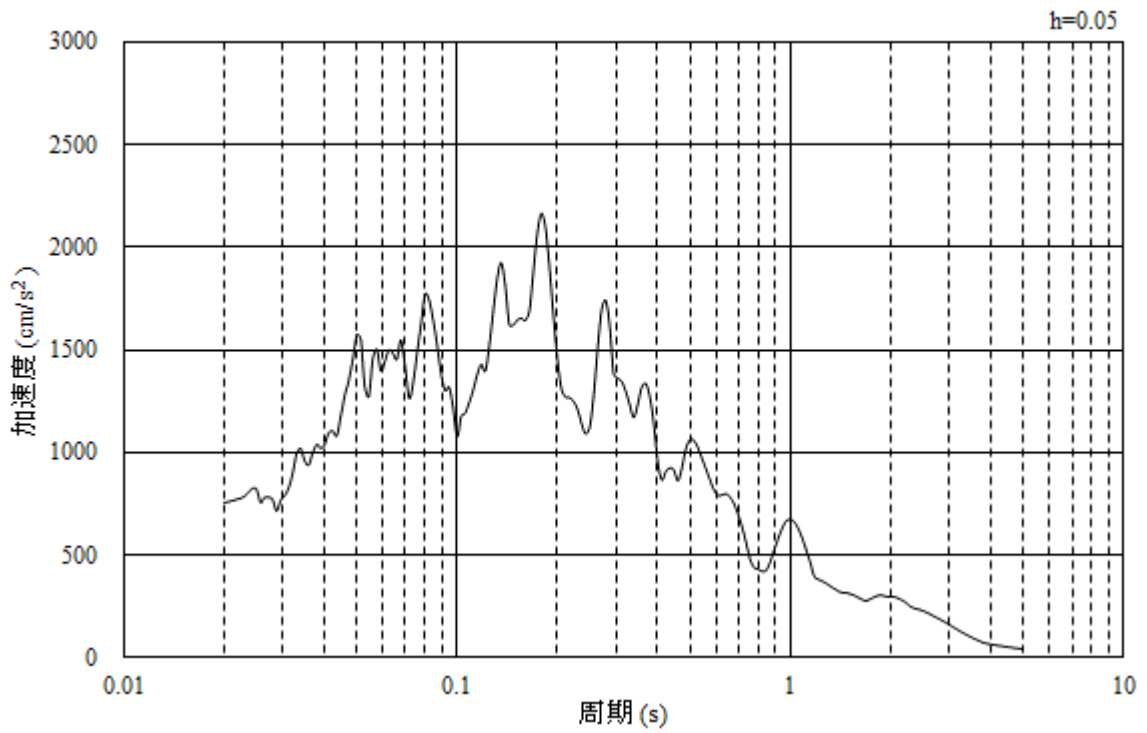


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (N S))

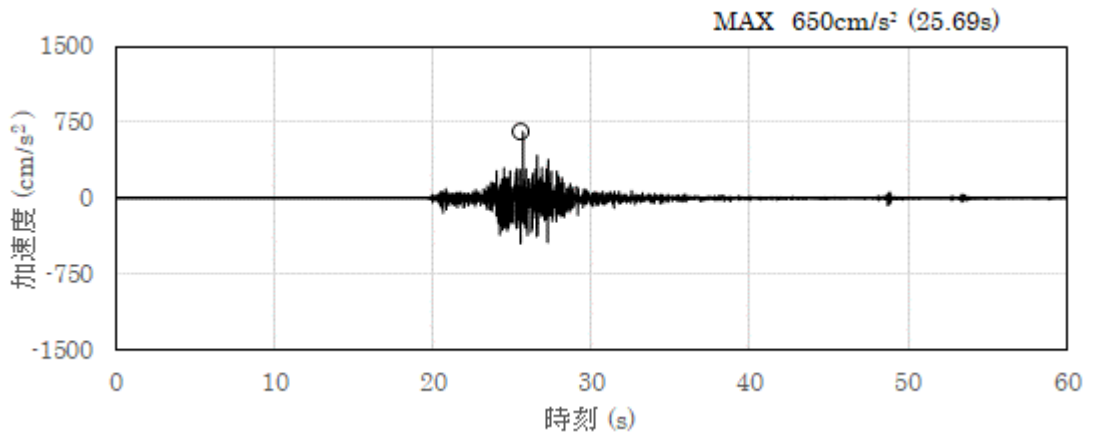


(a) 加速度時刻歴波形

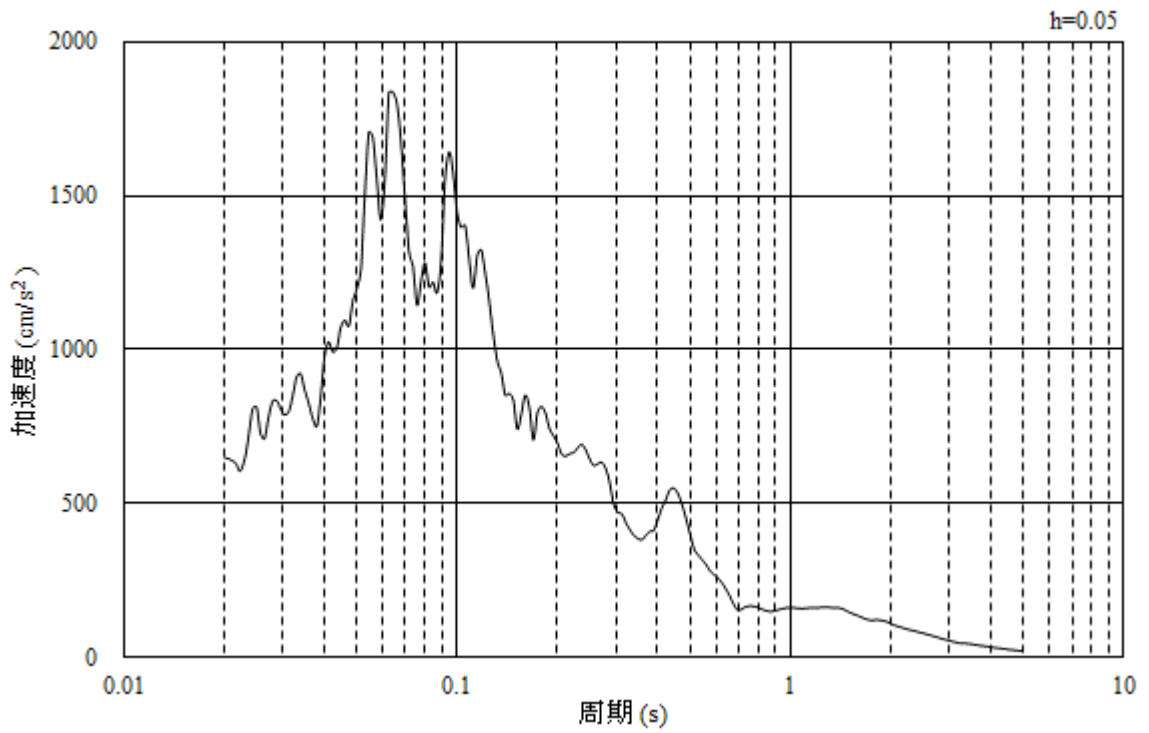


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (E W))



(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 s - N 2 (E W))

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

緊急時対策所用燃料地下タンクの地震応答解析モデルを図 3-21 及び図 3-22 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は，側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう，構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には，エネルギーの逸散効果を考慮するため，粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

A-A 断面における，鉄筋コンクリート躯体及び鋼製タンクは線形はり要素，充填コンクリートは線形の平面ひずみ要素によりモデル化する。

B-B 断面については，構造物を線形はり要素でモデル化し，妻壁を等価な重量及び剛性とした平面応力要素で考慮する。

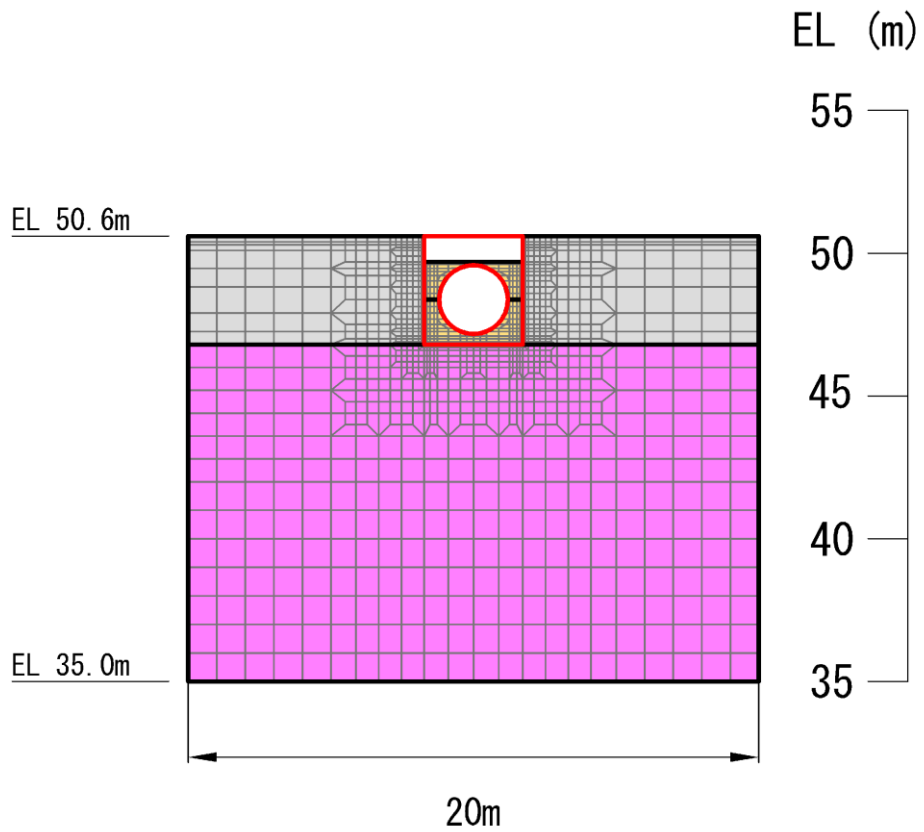
(4) 地盤のモデル化

岩盤及び埋戻コンクリートは線形平面ひずみ要素でモデル化する。

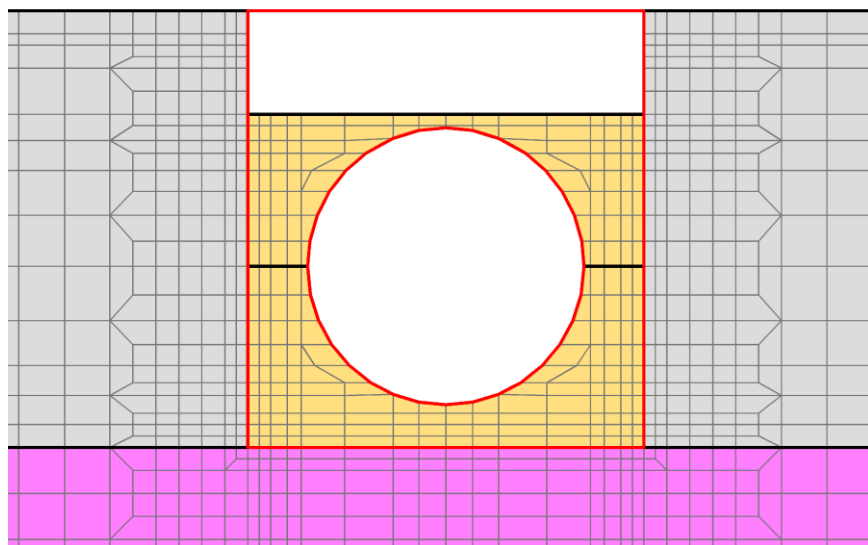
(5) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」及び「構造物と無筋コンクリート」の接合面における接触，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。

- : 岩盤 (2層)
- : 埋戻コンクリート
- : 充填コンクリート
- : 評価対象構造物



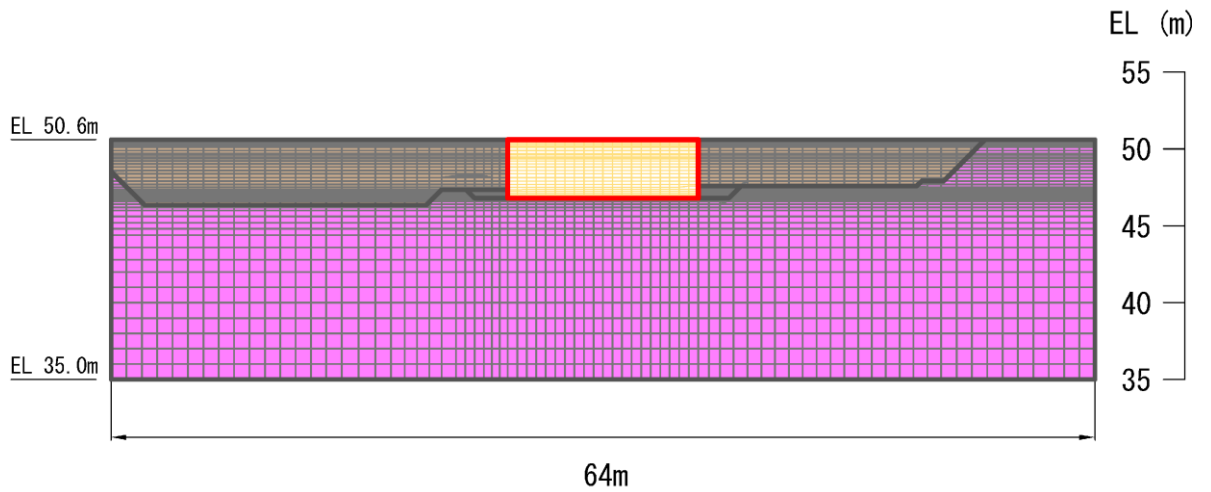
(全体図)



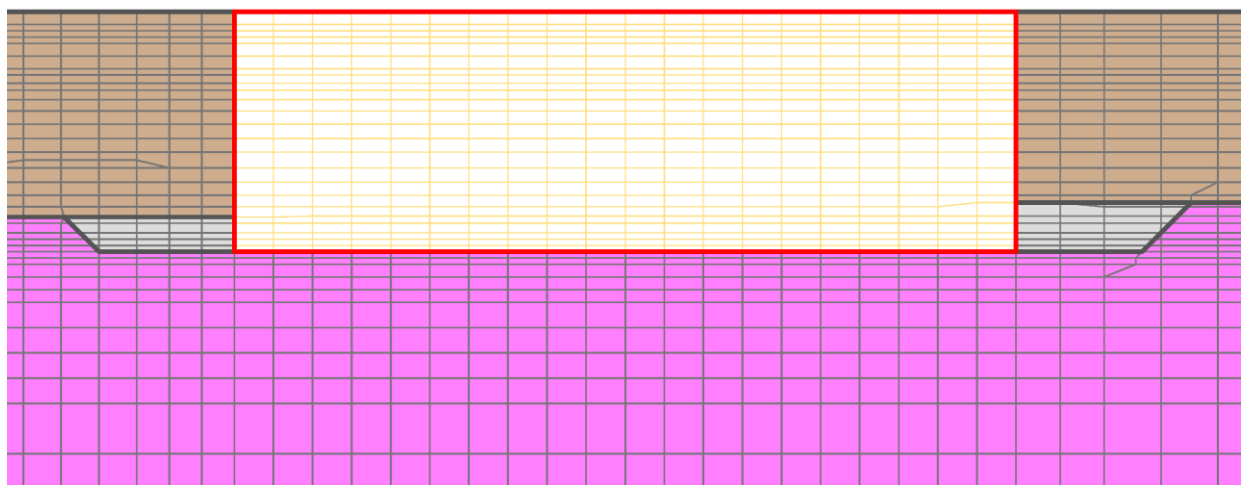
(拡大図)

図 3-21 地震応答解析モデル図 (A-A断面)

- : 岩盤 (2層)
 - : 埋戻コンクリート
 - : 埋戻土
- : 評価対象構造物
 - : 構造物 (妻壁)



(全体図)



(拡大図)

図 3-22 地震応答解析モデル図 (B-B 断面)

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
構造物	構造部材（鉄筋コンクリート） 充填コンクリート（有筋・無筋）	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD295A, SD345
	鋼製タンク	SS400
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²

表 3-7 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物（鉄筋コンクリート） 充填コンクリート（有筋）	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
充填コンクリート（無筋）	2.50×10 ⁴	23.0* ²	
埋戻コンクリート	2.20×10 ⁴	22.6* ²	
鋼製タンク	2.00×10 ⁵	77.0	0.3

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、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

設計地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。設計地下水位を表3-8に示す。

なお、緊急時対策所用燃料地下タンク直下の地下水位は、緊急時対策所用燃料地下タンク下端より低いため、地下水を考慮しない。

表3-8 緊急時対策所用燃料地下タンク 設計地下水位

施設名称	設計地下水位 (EL m)	備考
緊急時対策所用 燃料地下タンク	地下水位が構造物基礎下端より十分低いため考慮しない。	3次元浸透流解析による 自然水位：EL 22.0m～22.5m

3.6 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.6.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性に対する許容限界

(1) 曲げに対する許容限界

鉄筋コンクリート躯体の曲げ破壊に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書（土木学会，2002年）」（以下「コンクリート標準示方書」という。）に基づき、許容応力度（許容曲げ圧縮応力度（長期）及び許容引張応力度（短期））とする。鉄筋コンクリート躯体の曲げに対する許容限界を表3-9及び表3-10に示す。

表3-9 鉄筋コンクリート躯体の許容曲げ圧縮応力度

設計基準強度 (N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度（長期） (N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度（短期） (N/mm ²)
24	9	13.5

表3-10 鉄筋コンクリート躯体の許容引張応力度

鉄筋の種類	許容引張応力度（長期） (N/mm ²)	許容引張応力度（短期） (N/mm ²)
SD295A	176	264
SD345	196	294

(2) せん断力に対する許容限界

鉄筋コンクリート躯体のせん断破壊に対する許容限界は、コンクリート標準示方書に基づき、許容応力度（許容せん断応力度（短期））とする。鉄筋コンクリート躯体のせん断力に対する許容限界を表3-11に示す。

表3-11 鉄筋コンクリート躯体の許容せん断力応力度

設計基準強度 (N/mm ²)	許容せん断応力度（長期） (N/mm ²)	許容せん断応力度（短期） (N/mm ²)
24	0.45	0.675

3.6.2 鋼製タンクの健全性に対する許容限界

(1) 曲げに対する許容限界

鋼製タンクの曲げ系破壊に対する許容限界は、「鋼構造設計規準（日本建築学会，2005年）」（以下「鋼構造設計規準」という。）に基づき，許容応力度（許容引張応力度（短期））とする。鋼製タンクの曲げに対する許容限界を表3-12に示す。なお，短期許容応力度により照査を行うため，貯水機能相当を損なわないことの確認も同時に行う。

表3-12 鋼製タンクの許容引張応力度

鋼製タンク の仕様	許容引張応力度（長期） (N/mm ²)	許容引張応力度（短期） (N/mm ²)
SS400	156	235

(2) せん断力に対する許容限界

鋼製タンクのせん断破壊に対する許容限界は，鋼構造設計規準に基づき，許容応力度（許容せん断応力度（短期））とする。鋼製タンクのせん断力に対する許容限界を表3-13に示す。

表3-13 鋼製タンクの許容せん断応力度

鋼製タンク の仕様	許容せん断応力度（長期） (N/mm ²)	許容せん断応力度（短期） (N/mm ²)
SS400	90	135

3.6.3 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき，基礎岩盤（C_L級）の極限支持力度とする。

基礎地盤（C_L級）の極限支持力度を表3-14に示す。

表3-14 基礎地盤（C_L級）の極限支持力度

評価項目	基礎地盤	許容限界 (N/mm ²)
極限支持力度	C _L 級	3.9

3.7 評価方法

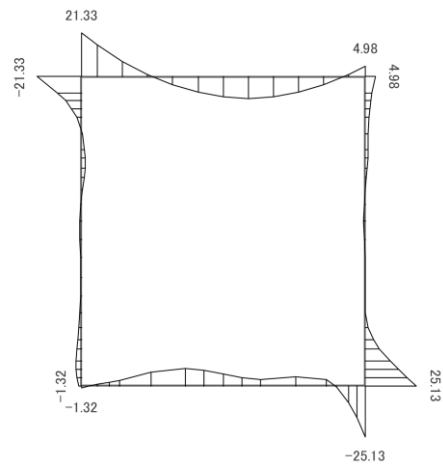
A-A断面においては、地震応答解析により算定した照査用応答値が、「3.6 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

B-B断面においては、側壁を4辺固定版として算定した照査用応答値が、「3.6 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。4辺固定版は、線形シェル要素によりモデル化する。なお、4辺固定版に作用させる荷重は土圧及び慣性力とし、地震応答解析において頂底板間の層間変位が最大となる時刻から抽出する。

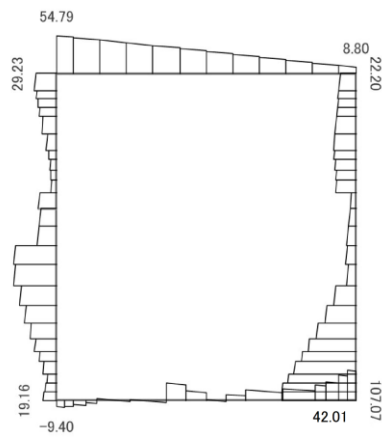
3.7.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性評価

鉄筋コンクリート躯体の曲げ照査及びせん断力照査に対して、地震応答解析又は4辺固定版により算定した照査用曲げ応力度、引張応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

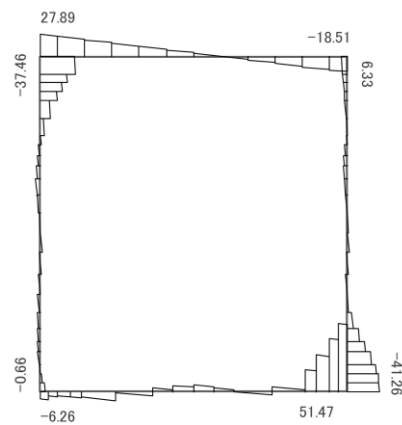
A-A断面における、鉄筋コンクリート躯体の曲げ照査及びせん断力照査において照査値が最大となる時刻での断面力分布図を図3-23に示す。また、B-B断面において、頂底板間の層間変位が最大となる時刻における断面力分布図を図3-24に示す。



(a) 曲げモーメント (kN・m)

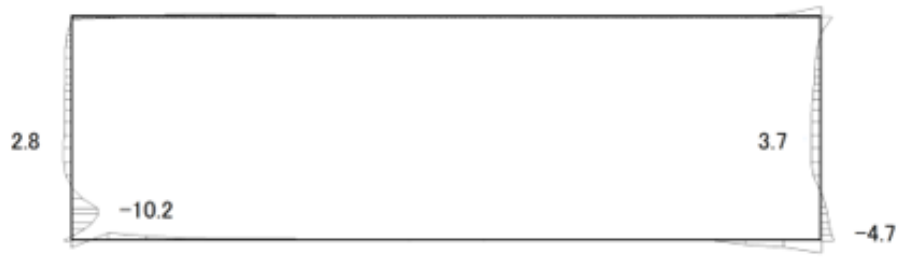


(b) 軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)



(c) せん断力 (kN)

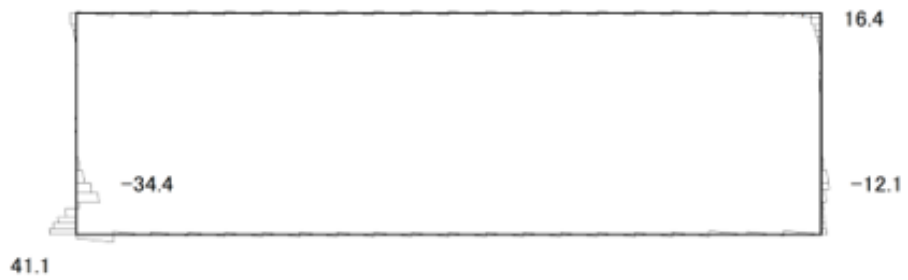
図 3-23 鉄筋コンクリート躯体の曲げ照査値及びせん断力照査が最大となる時刻での断面力分布図 (A-A断面, 解析ケース③, S_s-D (+))



(a) 曲げモーメント (kN・m)



(b) 軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)



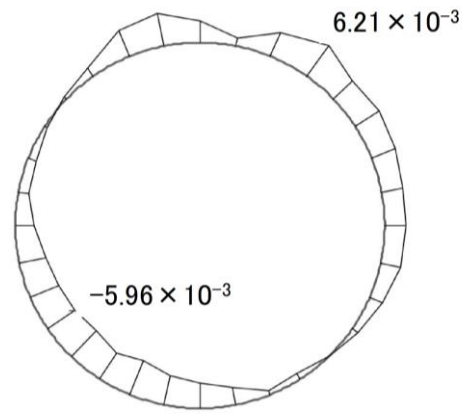
(c) せん断力 (kN)

図 3-24 頂底版間の層間変位が最大となる時刻における断面力分布図
(B-B 断面, 解析ケース①, S s - D (+ -))

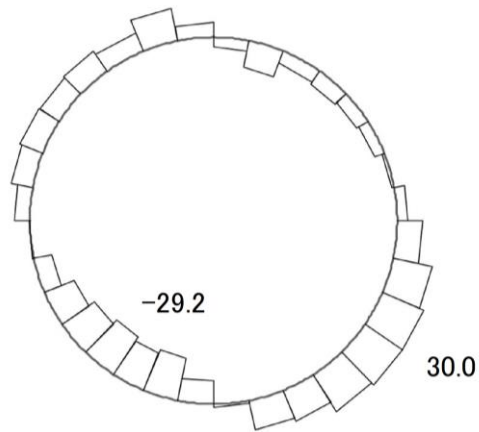
3.7.2 鋼製タンクの健全性評価

鋼製タンクの曲げ照査及びせん断力照査に対して、地震応答解析により算定した照査用曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

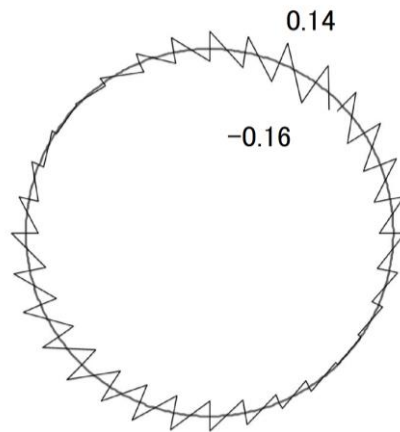
鋼製タンクの曲げ照査及びせん断力照査において照査値が最大となる時刻での断面力分布図を図 3-25 に示す。



(a) 曲げモーメント (kN・m)



(b) 軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)



(c) せん断力 (kN)

図 3-25 鋼製タンクの曲げ照査値及びせん断力照査値が最大となる時刻での断面力分布図 (解析ケース③, S s - D (+ -))

3.7.3 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，基礎地盤に発生する接地圧が基礎地盤（C_L級）の極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。

4. 解析結果

4.1 鉄筋コンクリート躯体の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリート躯体の曲げ照査における各評価位置での最大照査値を表 4-1～表 4-4、せん断力照査における各評価位置での最大照査値を表 4-5 及び表 4-6 に示す。

緊急時対策所用燃料地下タンクの鉄筋コンクリート躯体の照査用圧縮応力度、引張応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 曲げ照査（圧縮）における最大照査値（A-A断面、鉄筋コンクリート躯体）

解析 ケース	地震動	評価 位置*		曲げ モーメ ント (kN・m)	軸力 (kN)	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}
		側壁	4					
③	S s - D (+ -)	側壁	4	25.1	107.1	1.5	13.5	0.12

注記*：評価位置は図 4-1 に示す。

表 4-2 曲げ照査（圧縮）における最大照査値（B-B断面、鉄筋コンクリート躯体）

解析 ケース	地震動	方向	曲げ モーメント (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}
		Y方向 (主筋方向)	24.7	1.51	13.5	0.12

表 4-3 曲げ照査（引張）における最大照査値（A-A断面，鉄筋コンクリート躯体）

解析 ケース	地震動	評価 位置*		曲げ モーメ ント (kN・m)	軸力 (kN)	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}
		頂版	1					
③	S s - D (+-)	頂版	1	7.9	18.9	27.3	264	0.11

注記*：評価位置は図 4-1 に示す。

表 4-4 曲げ照査（引張）における最大照査値（B-B断面，鉄筋コンクリート躯体）

解析 ケース	地震動	方向	曲げ モーメント (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}
①	S s - D (+-)	X方向 (配力筋方向)	9.80	35.5	294	0.13
		Y方向 (主筋方向)	24.7	33.6	294	0.12

表 4-5 せん断力照査における最大照査値（A-A断面，鉄筋コンクリート躯体）

解析 ケース	地震動	評価 位置*		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	2	51.5	176.1	
③	S _s -D (+-)	底版	2	51.5	176.1	0.30

注記*：評価位置は図 4-1 に示す。

表 4-6 せん断力照査における最大照査値（B-B断面，鉄筋コンクリート躯体）

解析 ケース	地震動	方向	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
			37.2	176.1	
①	S _s -D (+-)	X方向（配力筋方向）	37.2	176.1	0.22
		Y方向（主筋方向）	92.7	176.1	0.53

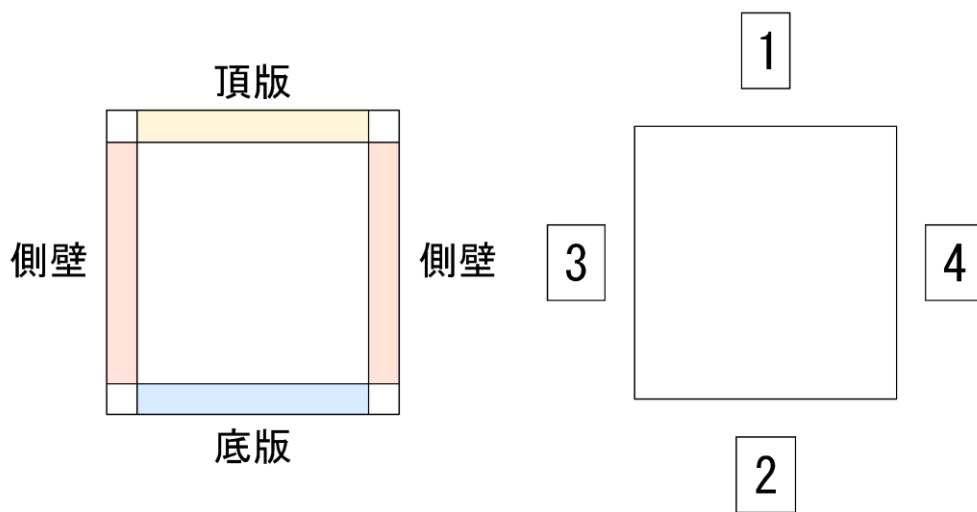


图 4-1 評価位置図 (A-A 断面)

4.2 鋼製タンクの健全性に対する評価結果

鋼製タンクの曲げ照査における最大照査値を表 4-7, せん断力照査における最大照査値を表 4-8 に示す。

緊急時対策所用燃料地下タンクの鋼製タンクの照査用曲げ応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 4-7 曲げ照査における最大照査値 (鋼製タンク)

解析 ケース	地震動	曲げ モーメント (kN・m)	軸力 (kN)	発生応力度 σ_{max} (N/mm ²)	短期許容 応力度 f_t (N/mm ²)	照査値 σ_{max} / f_t
③	S _s -D (+-)	5.96×10^{-3}	-29.2	3.7	235	0.02

表 4-8 せん断力照査における最大照査値 (鋼製タンク)

解析 ケース	地震動	発生せん断応力度 τ_{max} (N/mm ²)	短期許容応力度 f_s (N/mm ²)	照査値 τ_{max} / f_s
③	S _s -D (+-)	1.74×10^{-2}	135	0.01

4.3 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 4-9 及び表 4-10 に示す。また、最大接地圧分布図を図 4-2 及び図 4-3 に示す。

緊急時対策所用燃料地下タンクの基礎地盤に発生する最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 4-9 基礎地盤の支持性能照査結果 (A-A断面)

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
②	S s - D (+ -)	0.26	3.9	0.07

表 4-10 基礎地盤の支持性能照査結果 (B-B断面)

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S s - D (++)	0.18	3.9	0.05

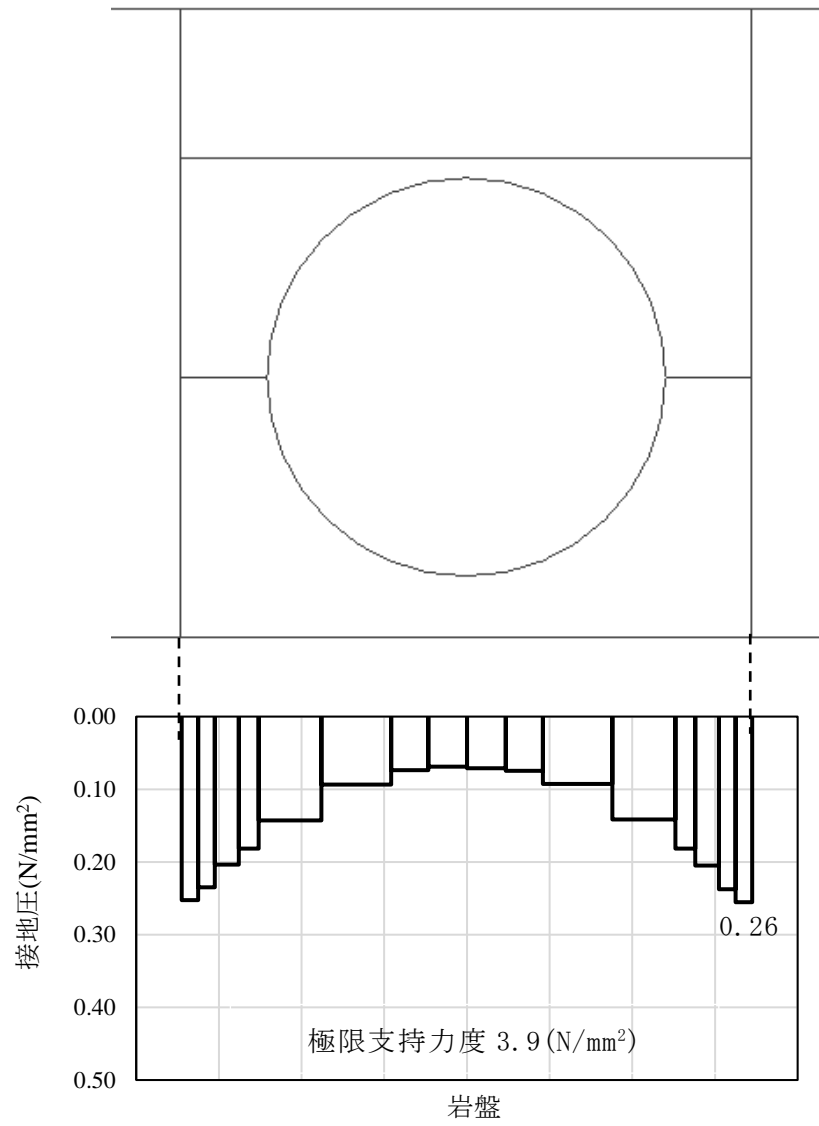


図 4-2 最大接地圧分布図 (A-A 断面, 解析ケース②, $S_s - D (+)$)

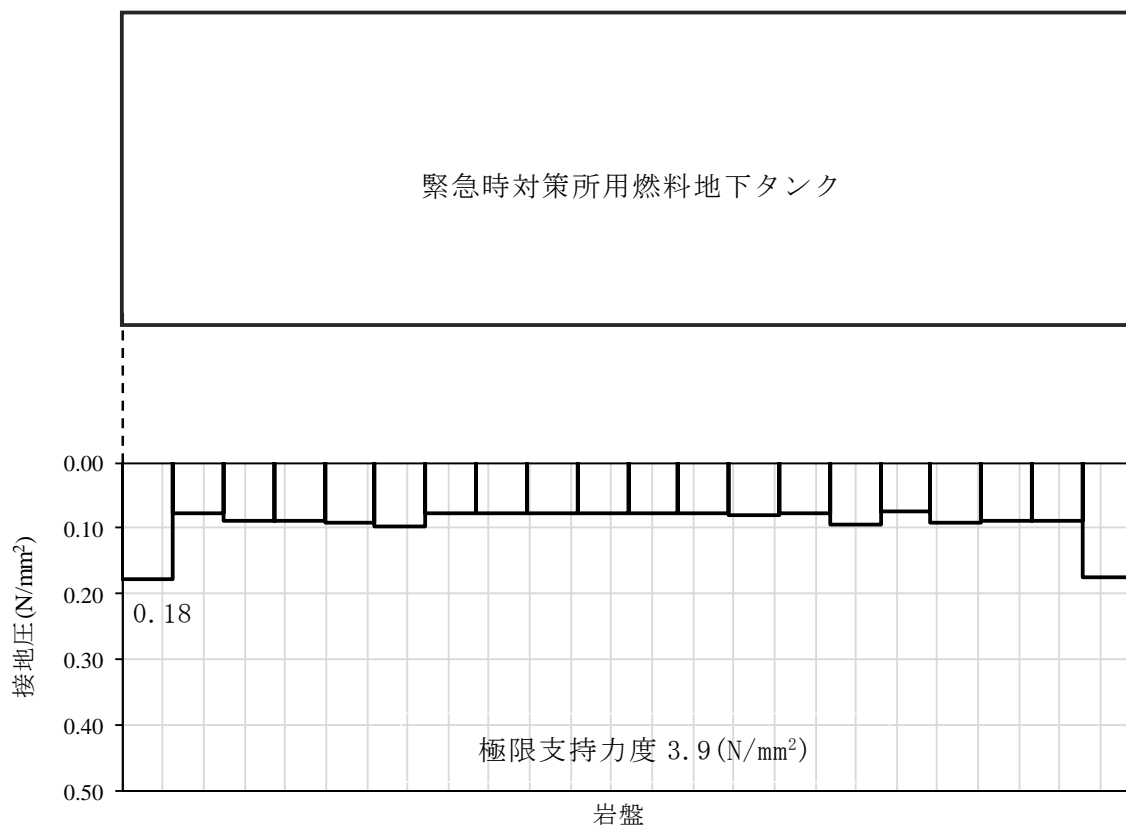


図 4-3 最大接地圧分布図 (B-B 断面, 解析ケース①, S s - D (++))

VI-2-2-35 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の
地震応答計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 解析方針	5
2.4 適用規格・基準等	7
3. 解析方法	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 地震応答解析手法	10
3.3 荷重及び荷重の組合せ	10
3.4 地震応答解析モデル	10
3.4.1 水平方向	11
3.4.2 鉛直方向	14
3.4.3 地盤の回転ばねの復元力特性	16
3.5 解析ケースの選定	17
3.5.1 耐震評価における解析ケース	17
3.5.2 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	18
3.6 入力地震動	19
4. 解析結果	60
4.1 固有値解析結果	60
4.2 地震応答解析結果	67

1. 概要

本資料は、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機用軽油タンク基礎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、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎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断面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

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の位置図を図 2-1 に示す。

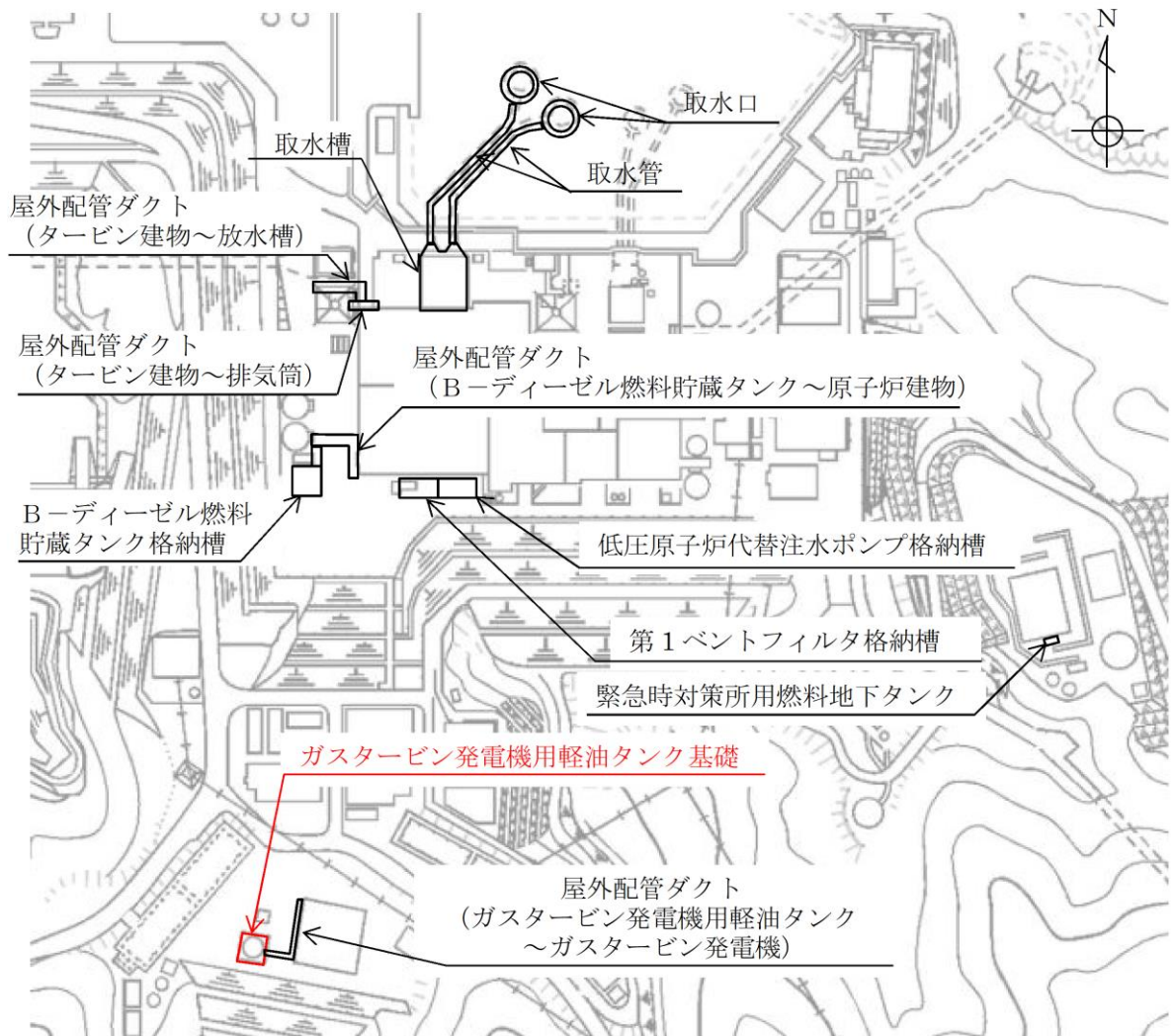


図 2-1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 位置図

2.2 構造概要

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の平面図を図 2-2、断面図を図 2-3 に示す。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、基礎スラブ及び防油堤で構成される鉄筋コンクリート造の構造物である。

基礎スラブは、内径 9.8m、容量 560m³のタンク 1 基を支持する平面寸法 18.0m×18.0m、厚さ 1.4m の鉄筋コンクリート造の構造物であり、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 C_L 級岩盤に支持される。

防油堤は幅 0.3m、高さ 2.5m の鉄筋コンクリート造で、基礎スラブを取り囲むように設置されている。

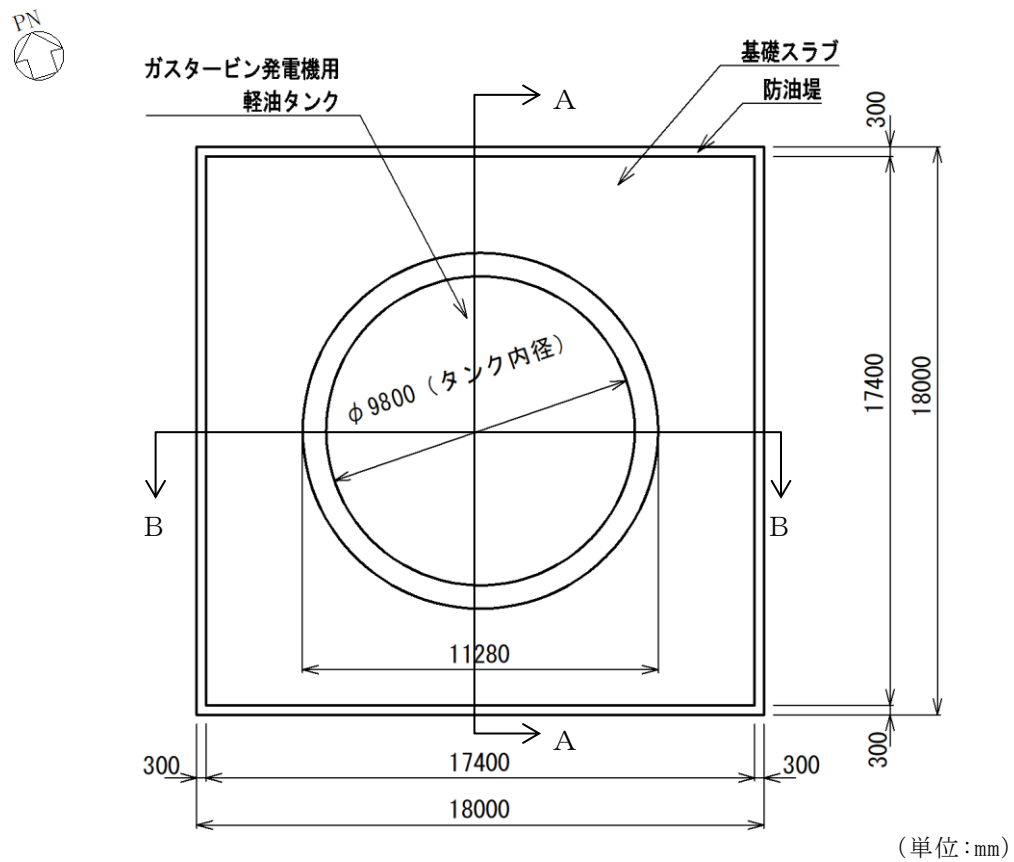


図 2-2 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 平面図

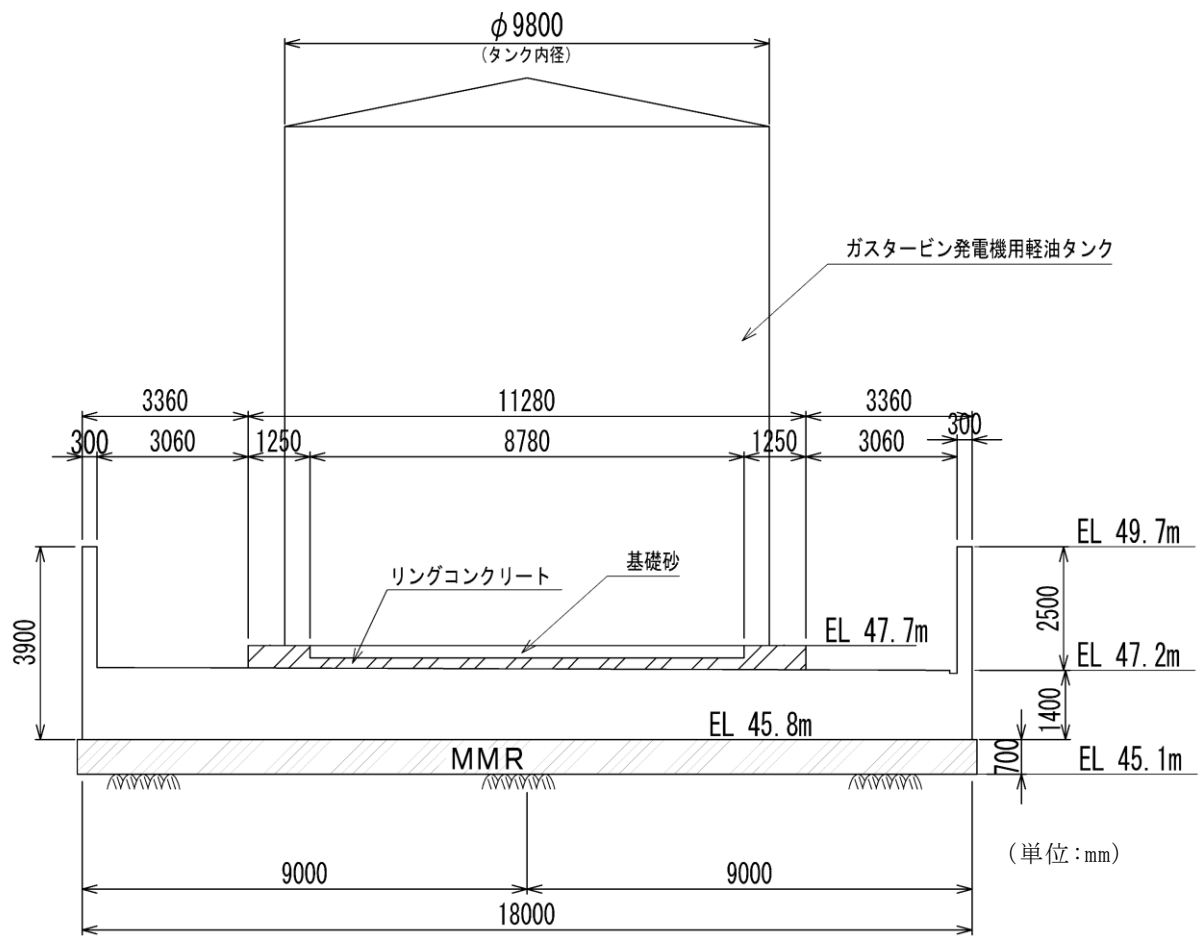


図 2-3 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 断面図 (A-A 断面及び B-B 断面)

2.3 解析方針

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、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 2-4 にガスタービン発電機用軽油タンク基礎防油堤の地震応答解析フローを示す。

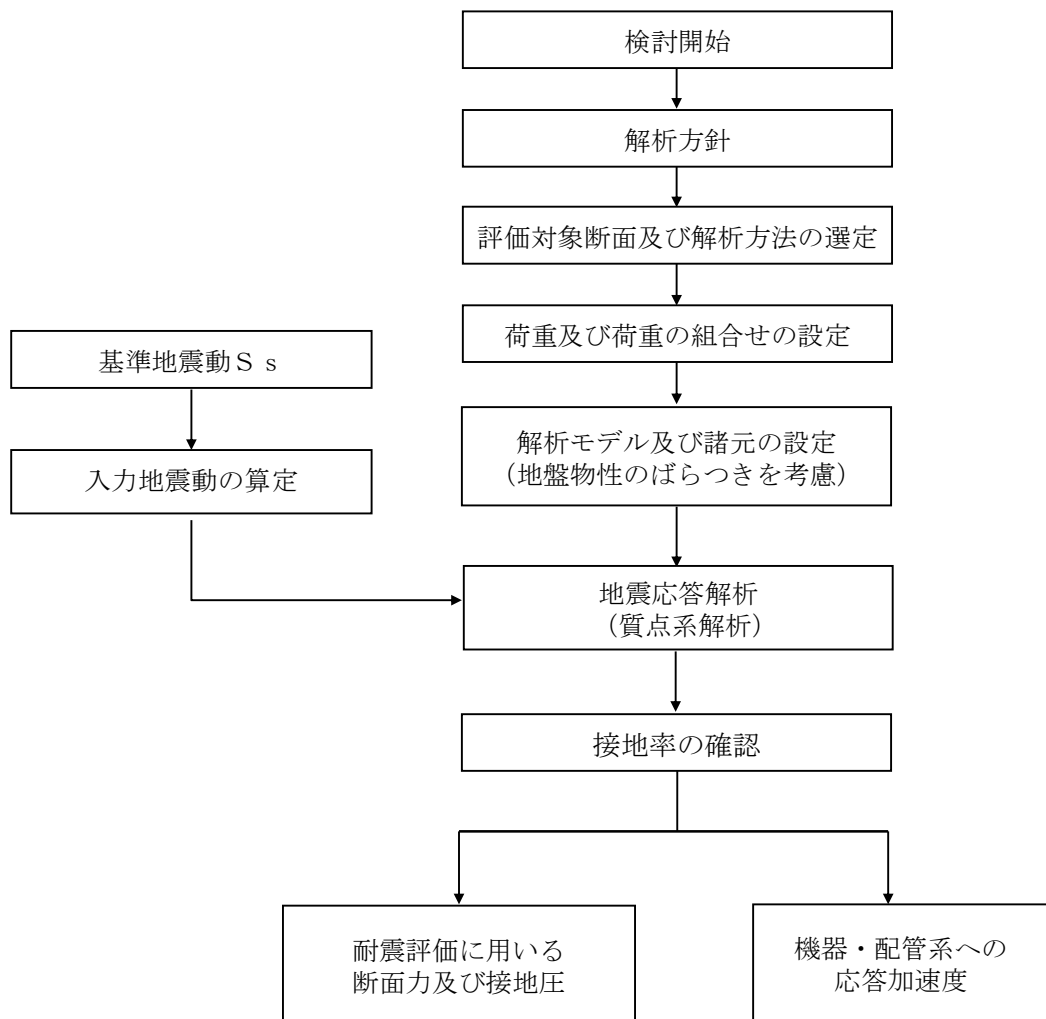


図 2-4 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎防油堤 地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎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。

- ・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)

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計及び機器・配管系に対する応答加速度抽出における評価対象断面は、図 3-1 において A-A 断面及び B-B 断面の 2 断面より選定する。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の構造は A-A 断面及び B-B 断面で同一であり、地表面付近の岩盤を掘り込んで設置している直接基礎であることを踏まえると、構造物の周辺状況が耐震評価に及ぼす影響は軽微である。また、構造物直下の速度層分布については、いずれの断面も薄い [2] 層を介して [3] 層が支配的であり、差異は軽微である。

以上を踏まえ、地震応答解析においては同一のモデルにおいて評価が可能であるが、A-A 断面及び B-B 断面の両断面に作用する地震動に対して網羅的に評価を実施する。

評価対象断面図を図 3-2 に示す。

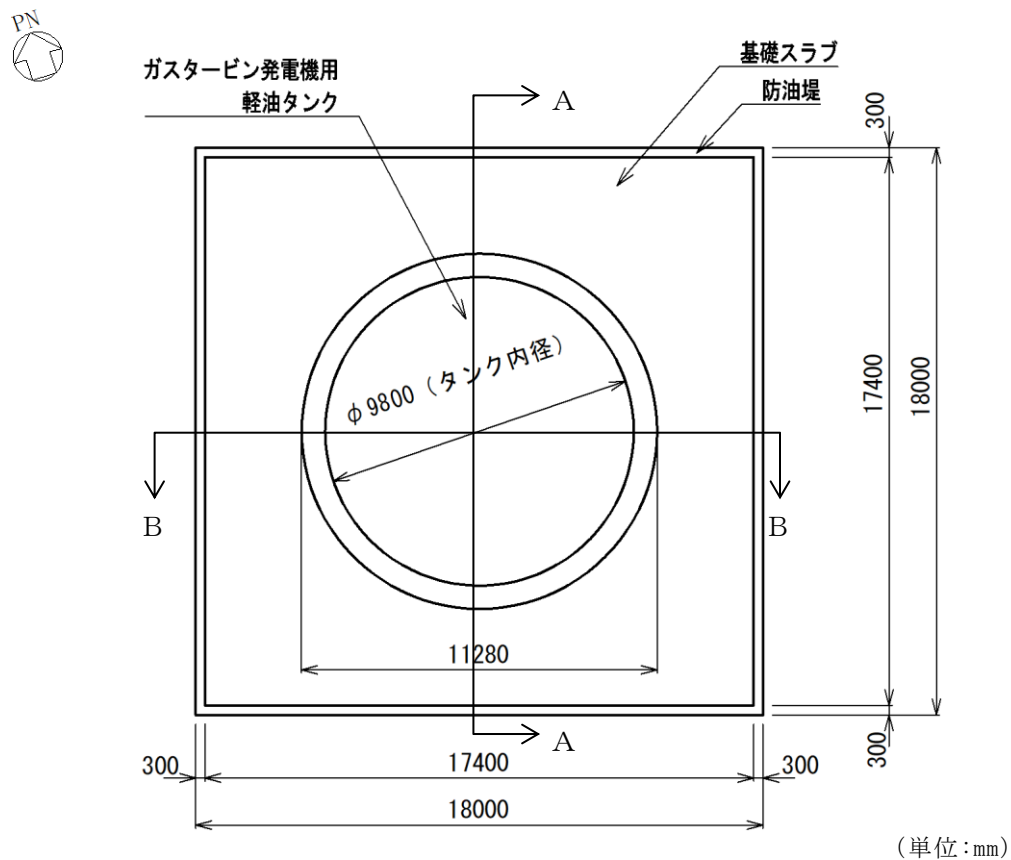
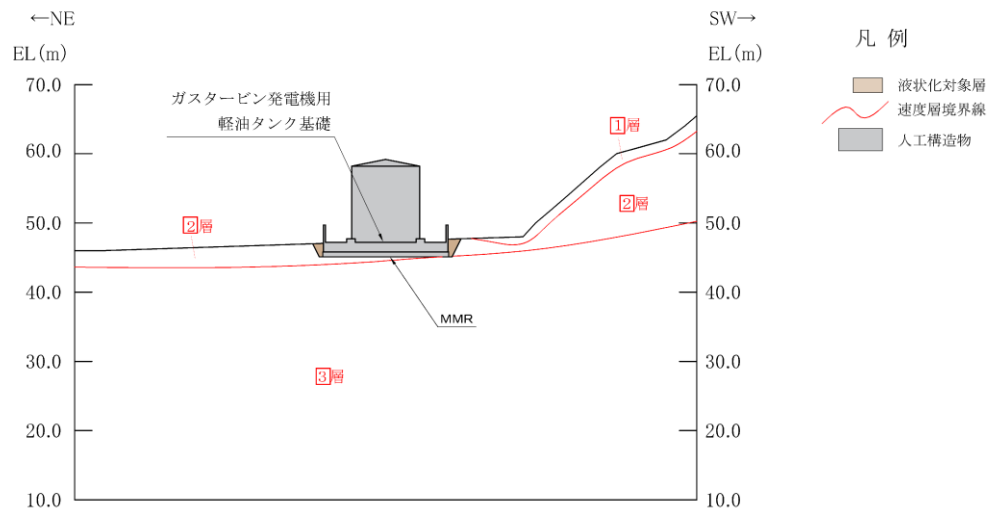
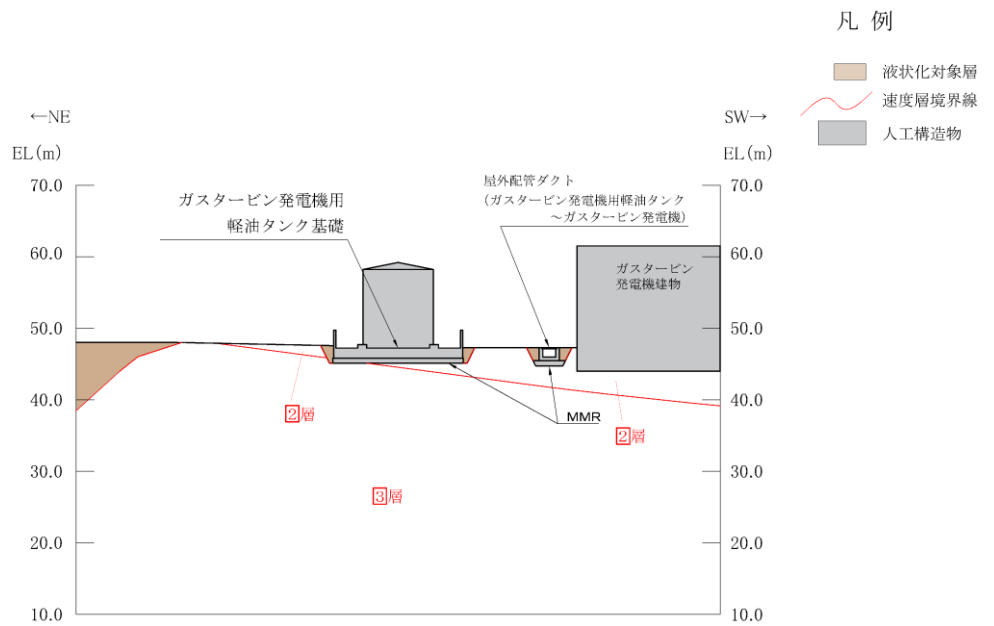


図 3-1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 評価対象断面位置図



地下水位は施設設置地盤より十分低いため、設計地下水位を設定しない。

A-A断面（速度層図）



地下水位は施設設置地盤より十分低いため、設計地下水位を設定しない。

B-B断面（速度層図）

図 3-2 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 評価対象断面図

3.2 地震応答解析手法

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、地表面付近の岩盤を掘り込んで設置している直接基礎であることを踏まえ、地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる質点系モデルにより、逐次時間積分の時刻歴応答解析により行うこととする。

なお、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎周辺の地下水位は構造物基礎下端より低いため、周辺地盤の液状化による影響を考慮する必要は無い。

地震応答解析については、解析コード「DYNAGE」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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

地震応答解析においては、躯体自重、機器・配管荷重及び積雪荷重を各質点に考慮する。

3.4 地震応答解析モデル

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答解析モデルは、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	単位体積重量 (kN/m ³)	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 (%)
軽油タンク (SM400A, SM400C)	77.0	2.00×10 ⁵	7.710×10 ⁴	1
基礎スラブ・防油堤 (鉄筋コンクリート) コンクリート： Fc=24.0 (N/mm ²) 鉄筋：SD345	24.0	2.50×10 ⁴	1.042×10 ⁴	5

3.4.1 水平方向

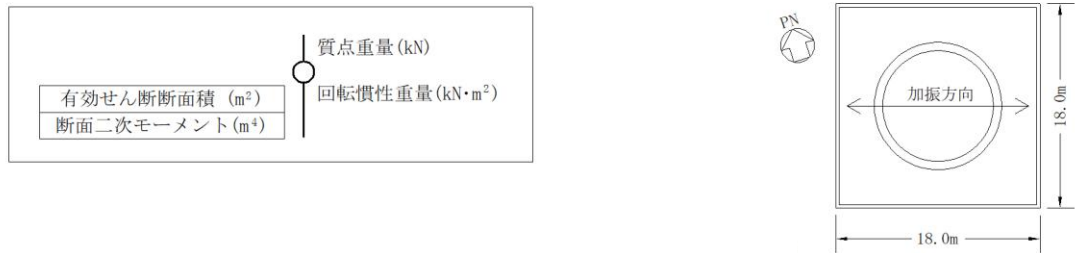
(1) 地震応答解析モデル

水平方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、曲げ及びせん断剛性を考慮した質点系モデルとする。モデル化は、NS方向とEW方向で同一のため、EW方向のみ行っている。

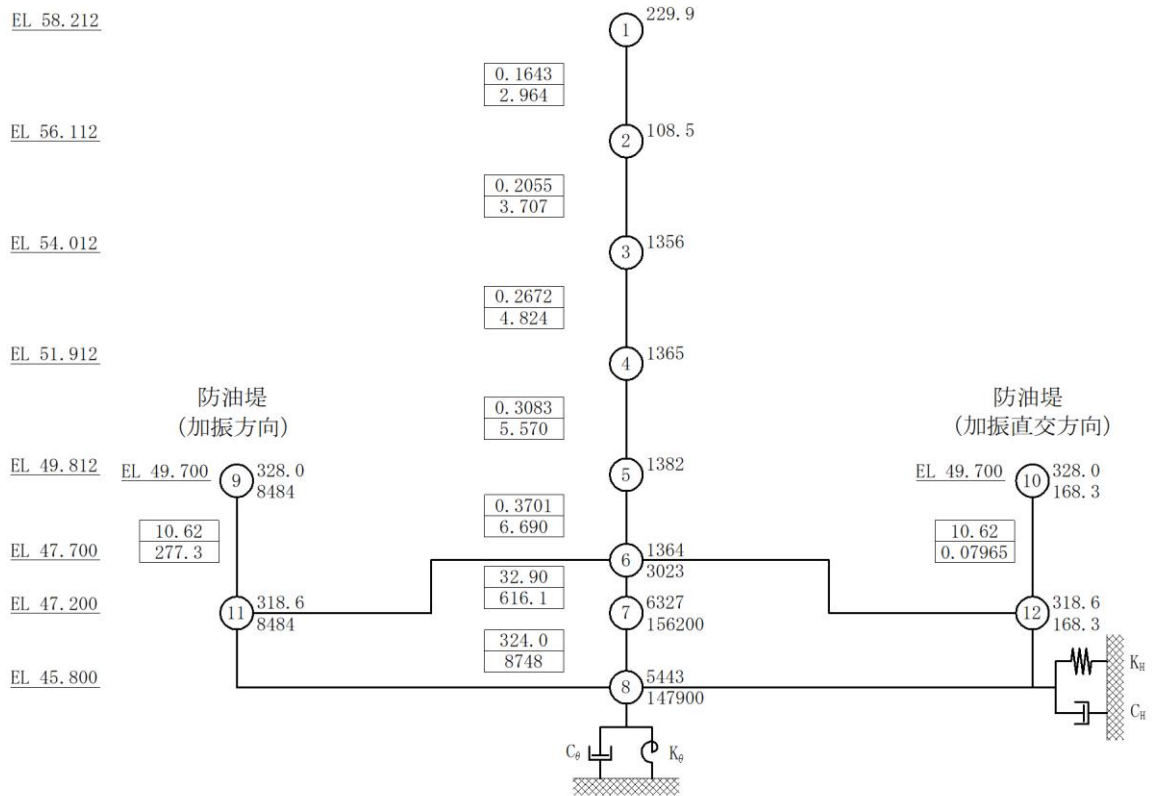
水平方向の地震応答解析モデルを図3-3に示す。

(2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばねについては、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社) 日本電気協会)」(以下「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」という。)により、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づき求めたスウェイ及びロッキングの地盤ばねを、近似法により定数化して用いる。このうち、基礎底面のロッキング地盤ばねには、基礎浮上りによる幾何学的非線形性を考慮する。地盤ばねの定数化の概要を図3-4に、地盤ばね定数及び減衰係数を表3-2に示す。基礎底面ばねの評価には解析コード「d m a i n 2」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、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

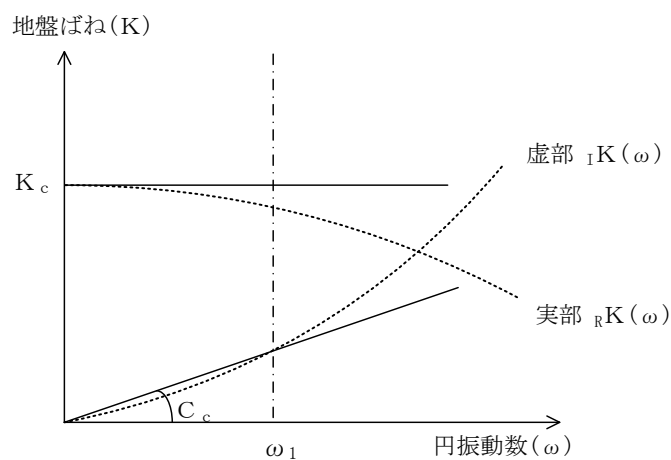


ガスタービン発電機用軽油タンク及び基礎



注：標高の単位については (m) とする。

図 3-3 地震応答解析モデル (水平方向)



ばね定数 : 0Hz のばね定数 K_c で定数化

減衰係数 : 地盤-建物連成系の 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)

解析 ケース	ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K_c	減衰係数 C_c
①	K_H, C_H	底面・水平	1.136×10^8 (kN/m)	6.231×10^5 (kN・s/m)
	K_θ, C_θ	底面・回転	9.754×10^9 (kN・m/rad)	1.252×10^7 (kN・m・s/rad)
②	K_H, C_H	底面・水平	1.607×10^8 (kN/m)	7.367×10^5 (kN・s/m)
	K_θ, C_θ	底面・回転	1.382×10^{10} (kN・m/rad)	1.204×10^7 (kN・m・s/rad)
③	K_H, C_H	底面・水平	7.418×10^7 (kN/m)	5.090×10^5 (kN・s/m)
	K_θ, C_θ	底面・回転	6.358×10^9 (kN・m/rad)	1.263×10^7 (kN・m・s/rad)

3.4.2 鉛直方向

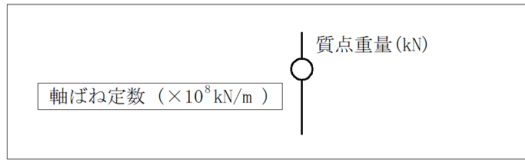
(1) 地震応答解析モデル

鉛直方向の地震応答解析モデルは、地盤との相互作用を考慮し、軸剛性を考慮した質点系モデルとする。

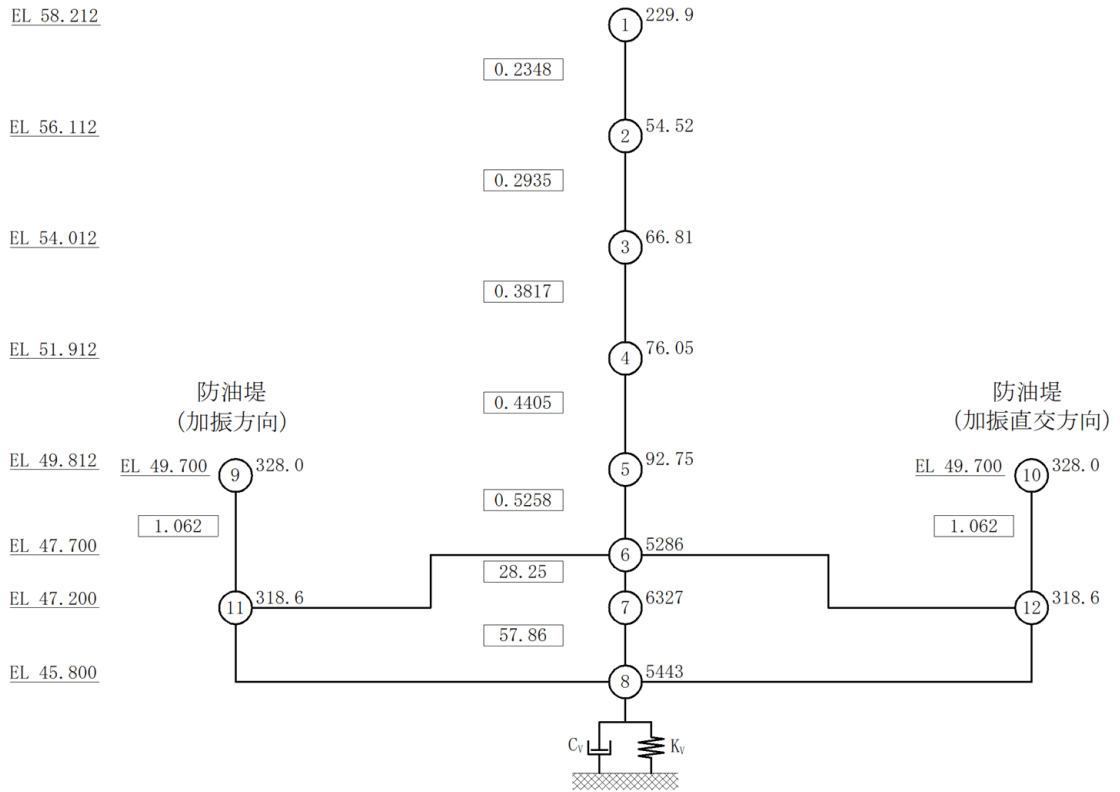
鉛直方向の地震応答解析モデルを図 3-5 に示す。

(2) 地盤ばね

基礎底面の地盤ばねについては、スウェイ及びロッキングばね定数の評価法と同様、成層補正を行ったのち、振動アドミタンス理論に基づき求めた鉛直ばねを近似法により定数化して用いる。地盤ばね定数及び減衰係数を表 3-3 に示す。基礎底面ばねの評価には解析コード「d m a i n 2」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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



ガスタービン発電機用軽油タンク及び基礎



注：標高の単位については（m）とする。

図 3-5 地震応答解析モデル（鉛直方向）

表 3-3 地盤ばね定数と減衰係数（鉛直方向）

解析 ケース	ばね 番号	地盤ばね 成分	ばね定数 K c	減衰係数 C c
①	K_V, C_V	底面・鉛直	2.140×10^8 (kN/m)	1.778×10^6 (kN・s/m)
②	K_V, C_V	底面・鉛直	2.927×10^8 (kN/m)	2.056×10^6 (kN・s/m)
③	K_V, C_V	底面・鉛直	1.454×10^8 (kN/m)	1.477×10^6 (kN・s/m)

3.4.3 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、基礎の浮き上がりを考慮する非線形ばねとし、浮き上がり非線形地震応答解析（接地率に応じて誘発上下動を考慮）とする。モデルの概念図を図3-6に、評価式を表3-4に示す。

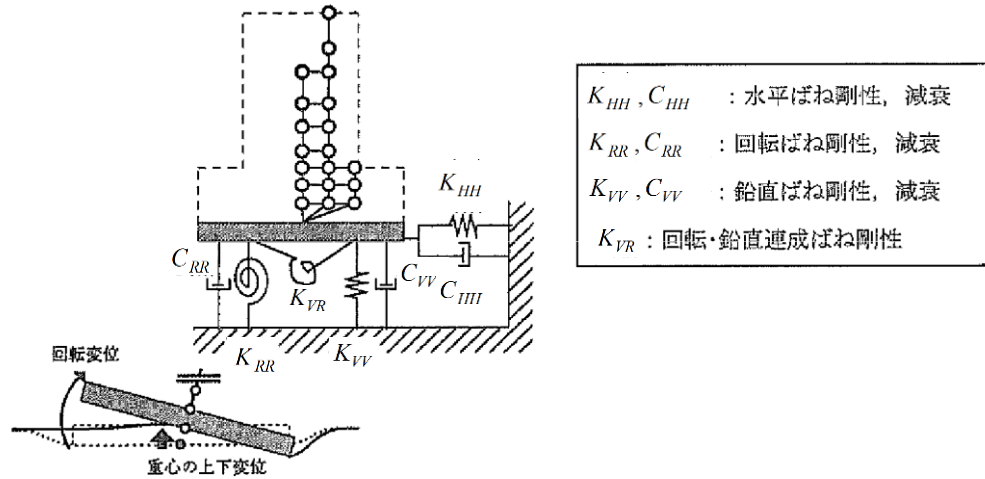


図3-6 誘発上下動を考慮した多質点系モデルの概念図
（「J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版」）

表3-4 誘発上下動モデルにおける基礎浮き上がり時の地盤ばね剛性と減衰

	水平ばね K_{HH}, C_{HH}	回転ばね K_{RR}, C_{RR}	回転・鉛直 連成ばね K_{VR}, C_{VR}	鉛直ばね K_{VV}, C_{VV}
地盤ばね の剛性 K	K_{H0}	$\frac{M - K_{VR} \cdot w_0}{\theta}$	$\frac{1-\eta}{2} \cdot L \cdot K_{VV}$	$\eta^\beta \cdot K_{V0}$
地盤ばね の減衰 C	C_{H0}	$C_{R0} \cdot \eta^{\frac{\alpha}{2}}$	0	$C_{V0} \cdot \eta^{\frac{\alpha}{2}}$
$\eta = \left(\frac{\theta_0}{\theta} \right)^{\frac{2}{\alpha-2}}$ <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p>M : 転倒モーメント</p> <p>w_0 : 基礎版中心の鉛直変位</p> <p>θ : 回転角</p> <p>θ_0 : 浮き上がり限界回転角</p> <p>L : 構造物の基礎幅</p> <p>K_{H0} : 線形域の水平ばね剛性</p> <p>K_{V0} : 線形域の鉛直ばね剛性</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p>β : 0.46</p> <p>α : 地反力分布に応じた値 (三角形分布 6.0)</p> <p>C_{H0} : 線形域の水平ばね減衰係数</p> <p>C_{V0} : 線形域の鉛直ばね減衰係数</p> <p>C_{R0} : 線形域の回転ばね減衰係数</p> </div> </div>				

3.5 解析ケースの選定

3.5.1 耐震評価における解析ケース

耐震評価における解析ケースを表 3-5 に示す。耐震評価においては、基準地震動 S_s 全波（6波）に $S_s - F1$ 及び $S_s - F2$ の直交方向の成分（2波）を加えた全8波に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施し、VI-2-2-36「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の耐震性についての計算書 3.4.1 (2) 照査時刻」に示す観点で選定された地震動に対して、解析ケース②及び③を実施する。

表 3-5 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
地震動 (位相)	$S_s - D$	++* ¹	○	
	$S_s - F1$ * ² (NS)	++* ¹	○	基準地震動 S_s 全波（6波）に $S_s - F1$ 及び $S_s - F2$ の直交方向の成分（2波）を加えた全8波に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施し、VI-2-2-36「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の耐震性についての計算書 3.4.1 (2) 照査時刻」に示す観点で選定された地震動に対して、解析ケース②及び③を実施する。
	$S_s - F1$ * ² (EW)	++* ¹	○	
	$S_s - F2$ * ² (NS)	++* ¹	○	
	$S_s - F2$ * ² (EW)	++* ¹	○	
	$S_s - N1$	++* ¹	○	
	$S_s - N2$ (NS)	++* ¹	○	
	$S_s - N2$ (EW)	++* 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： $S_s - F1$ 及び $S_s - F2$ については、A-A断面及びB-B断面の両断面を評価するため、それぞれの断面の加振方向の成分として、NS方向及びEW方向の2方向を対象としている。

3.5.2 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、地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース②及び③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3-6に示す。

表3-6 機器・配管系の応答加速度抽出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	
地震動 (位相)	S _s -D	++* ¹	○	○	○
	S _s -F1* ² (NS)	++* ¹	○	○	○
	S _s -F1* ² (EW)	++* ¹	○	○	○
	S _s -F2* ² (NS)	++* ¹	○	○	○
	S _s -F2* ² (EW)	++* ¹	○	○	○
	S _s -N1	++* ¹	○	○	○
	S _s -N2 (NS)	++* ¹	○	○	○
	S _s -N2* ² (EW)	++* 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：S_s-F1及びS_s-F2については，A-A断面及びB-B断面の両断面を評価するため，それぞれの断面の加振方向の成分として，NS方向及びEW方向の2方向を対象としている。

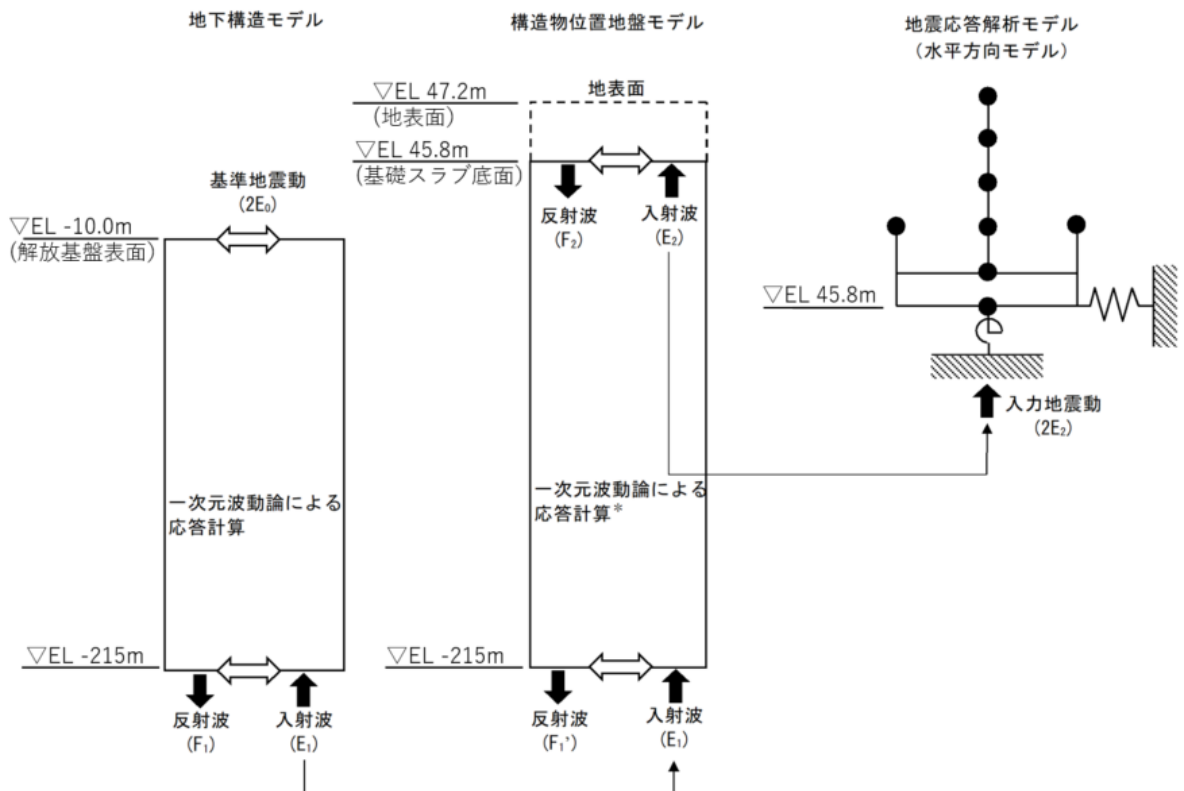
3.6 入力地震動

入力地震動は、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 を一次元波動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、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。

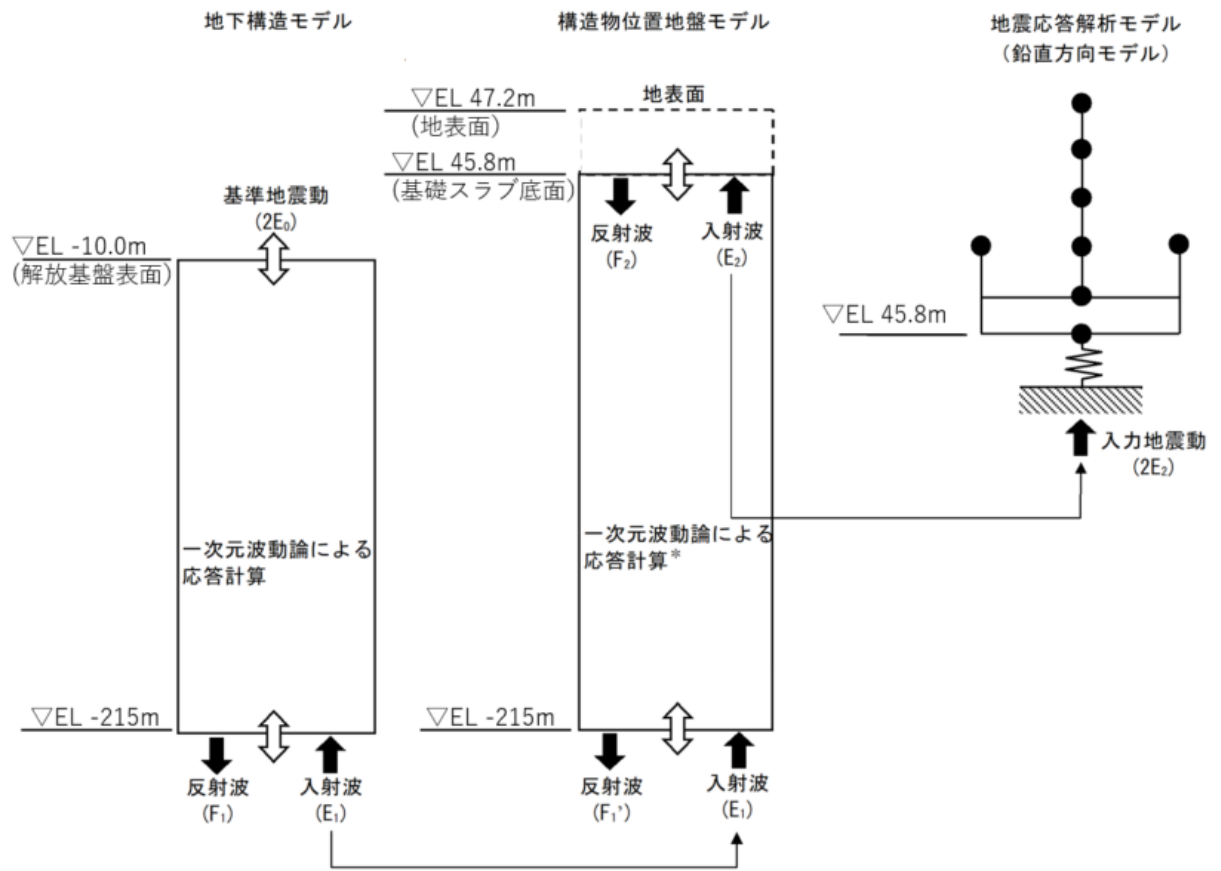
基準地震動 $S_s - F_1$ 及び $S_s - F_2$ に関しては、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の配置に応じて方位を補正した波形を用いる。

図 3-7 及び図 3-8 に入力地震動算定の概念図を、図 3-9～図 3-47 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」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



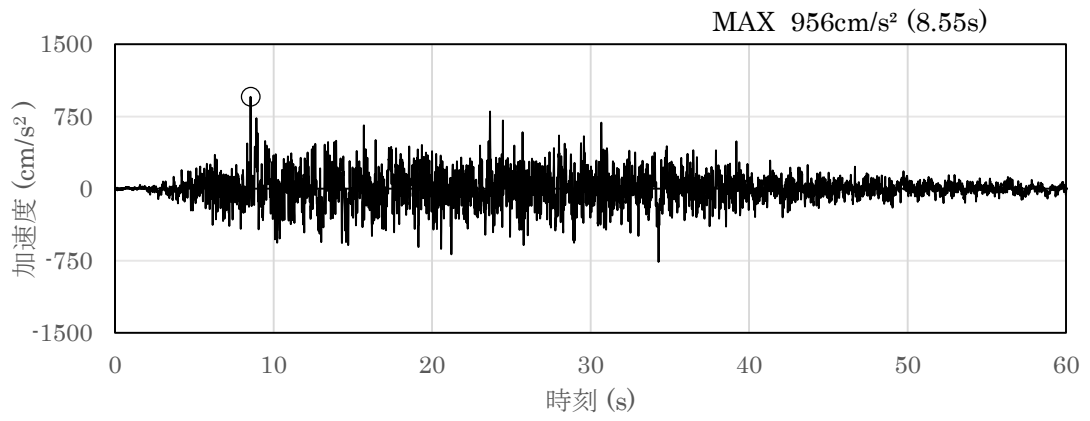
注記*：地盤物性のばらつきを考慮する。

図 3-7 入力地震動算定の概念図（水平方向）

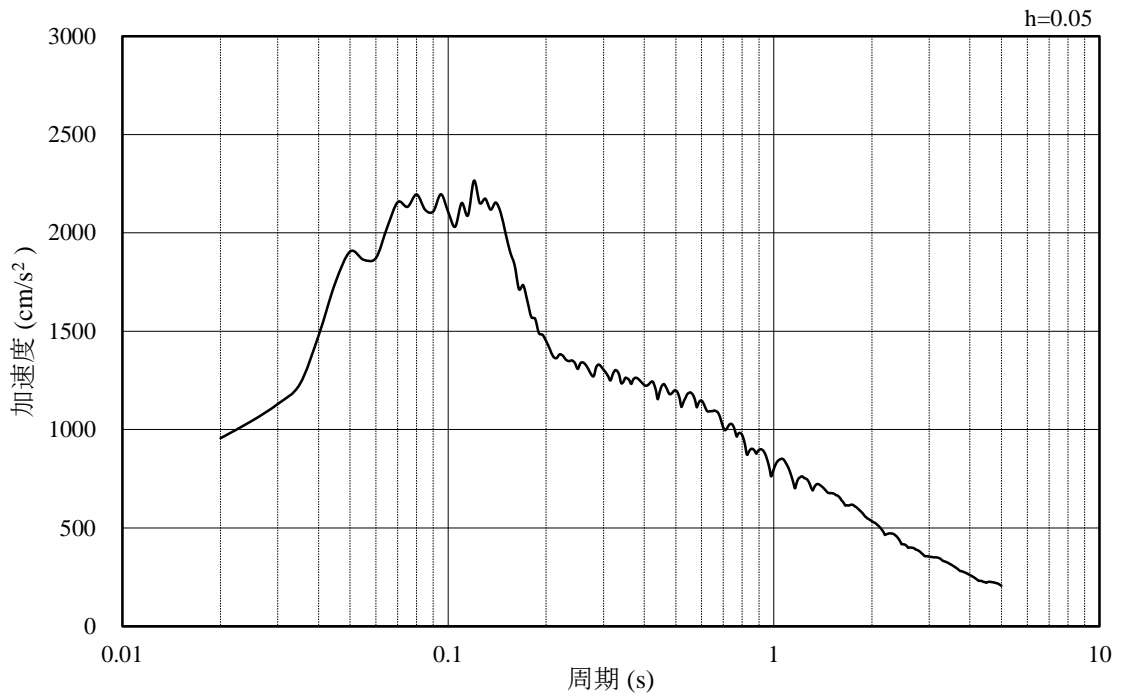


注記* : 地盤物性のばらつきを考慮する。

図 3-8 入力地震動算定の概念図 (鉛直方向)

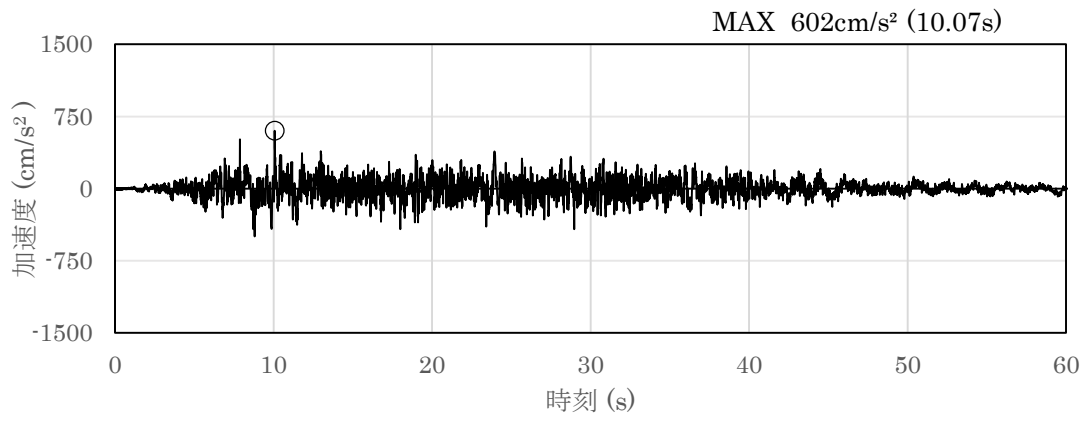


(a) 加速度時刻歴波形

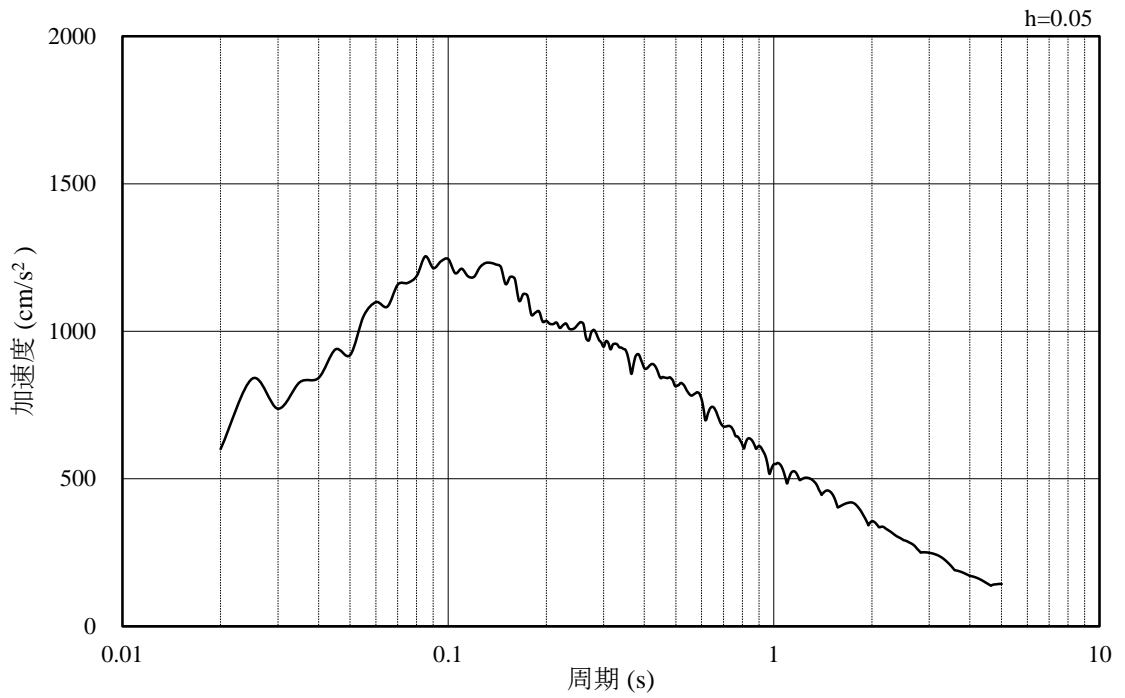


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (水平成分：S s - D)

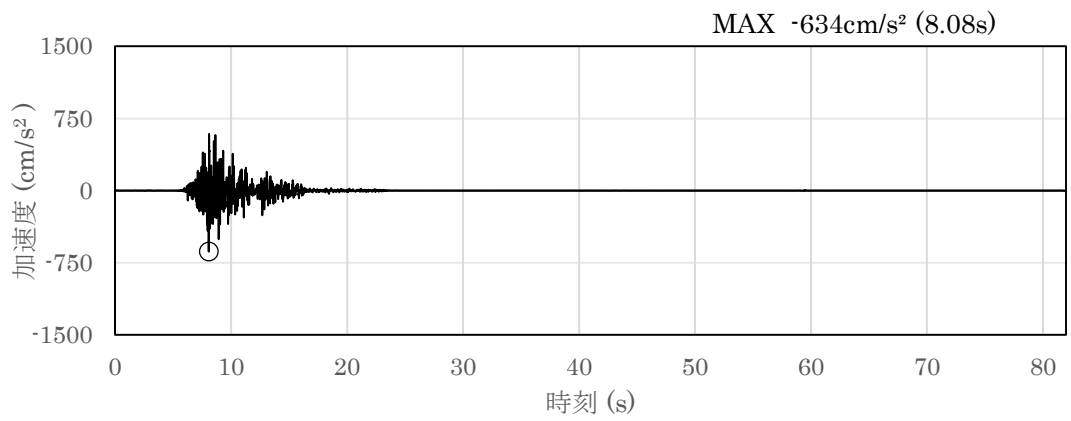


(a) 加速度時刻歴波形

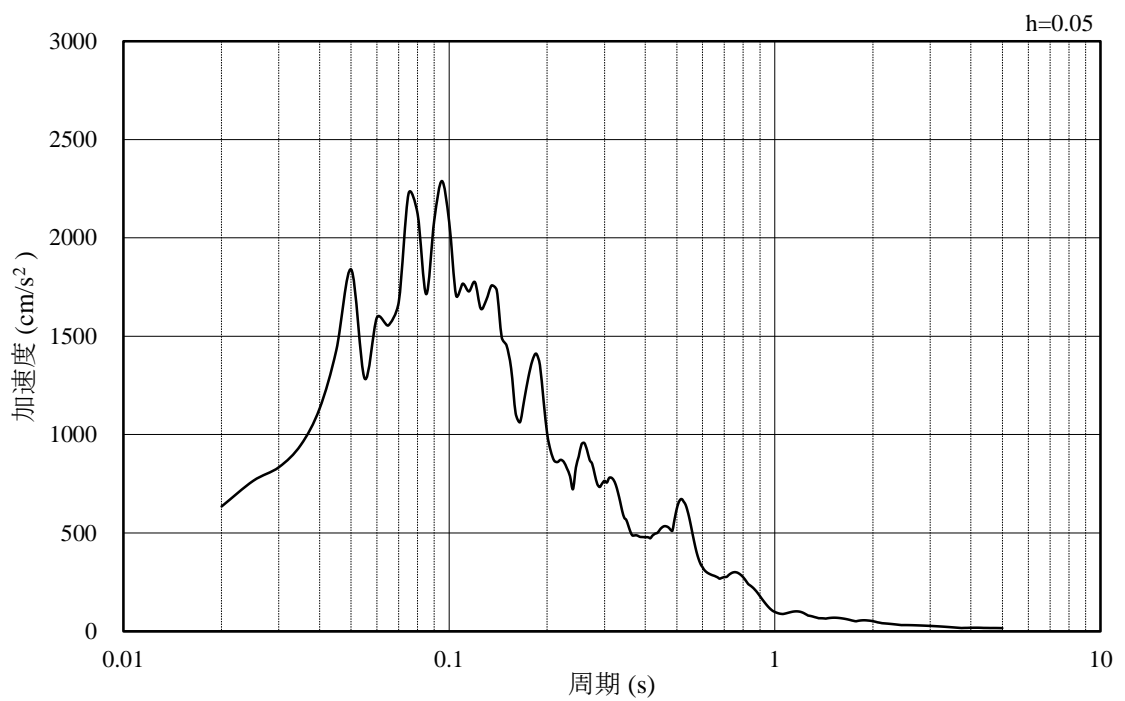


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (鉛直成分：S s - D)

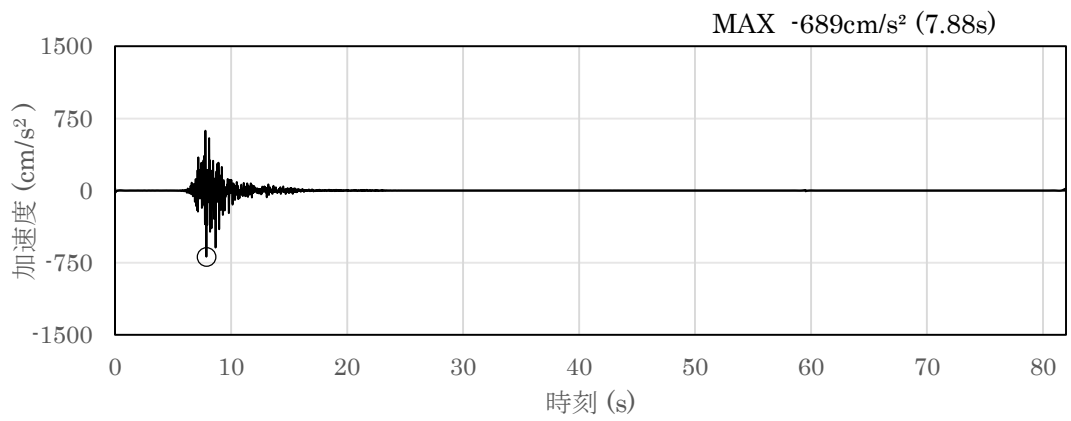


(a) 加速度時刻歴波形

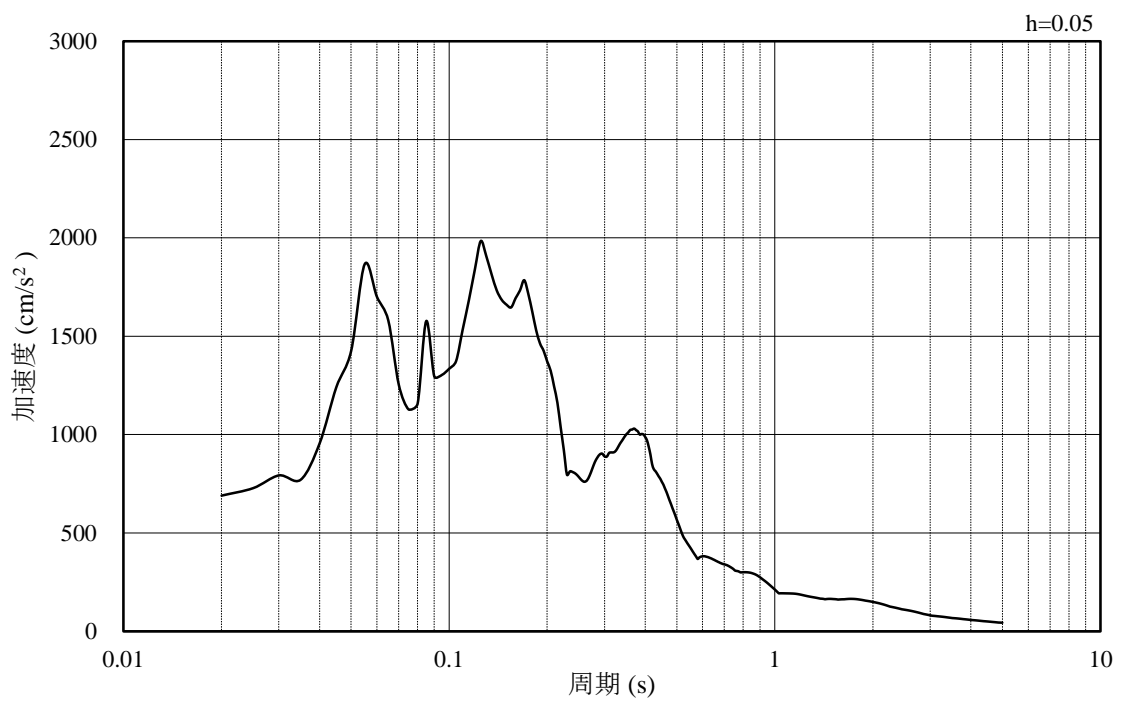


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (水平成分: S s - F 1 (NS))

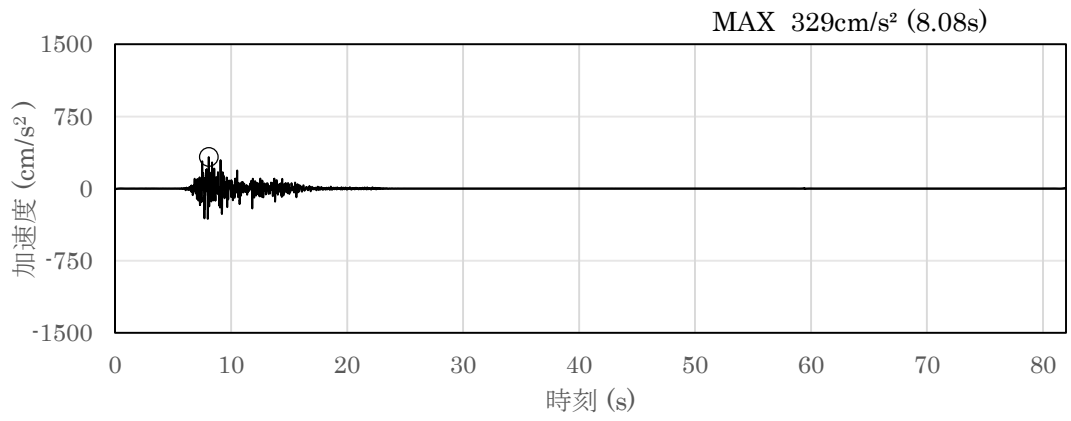


(a) 加速度時刻歴波形

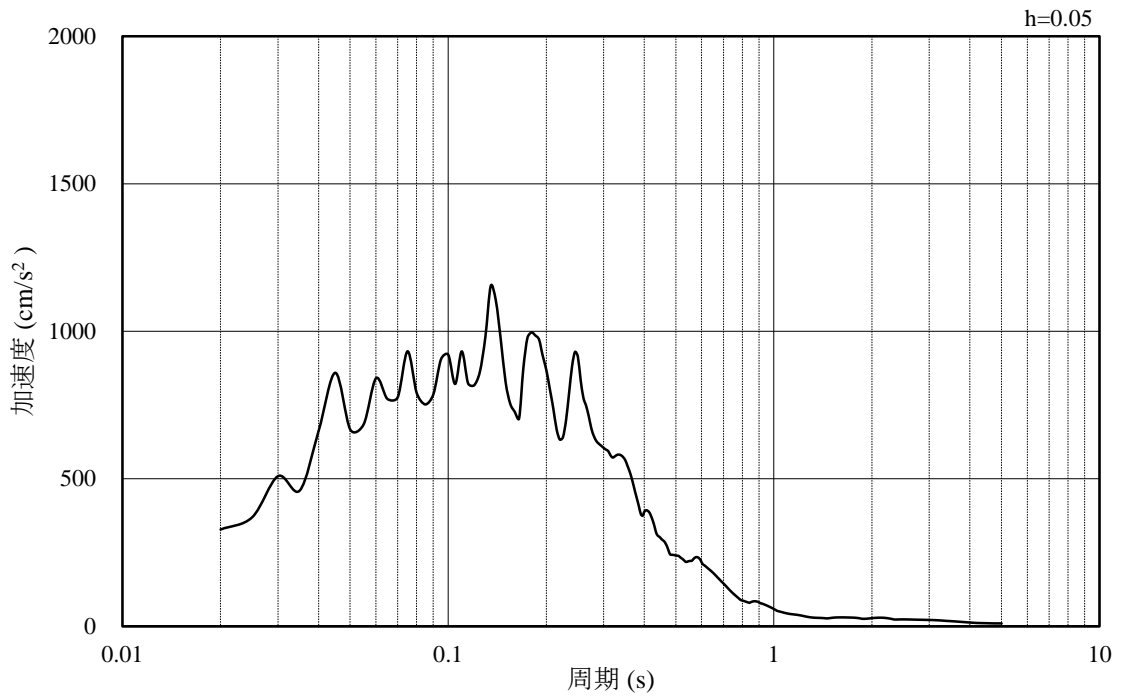


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (水平成分: S s - F 1 (EW))

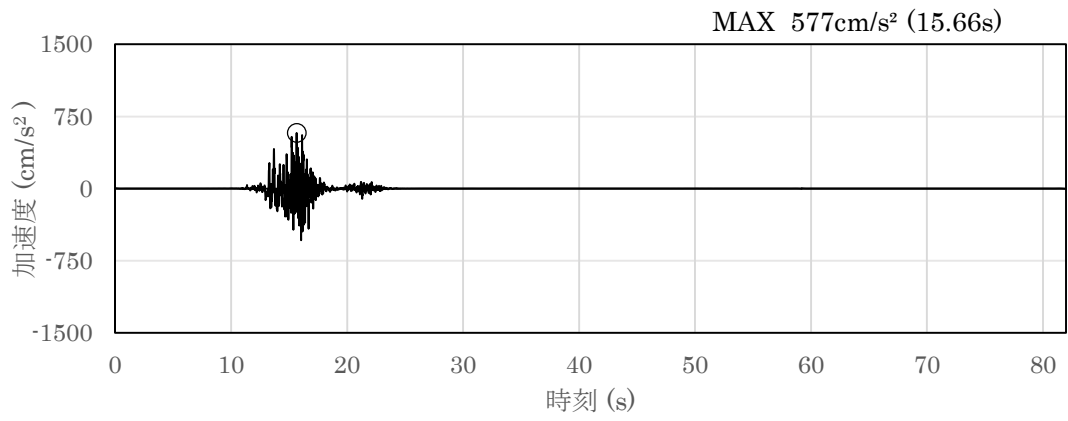


(a) 加速度時刻歴波形

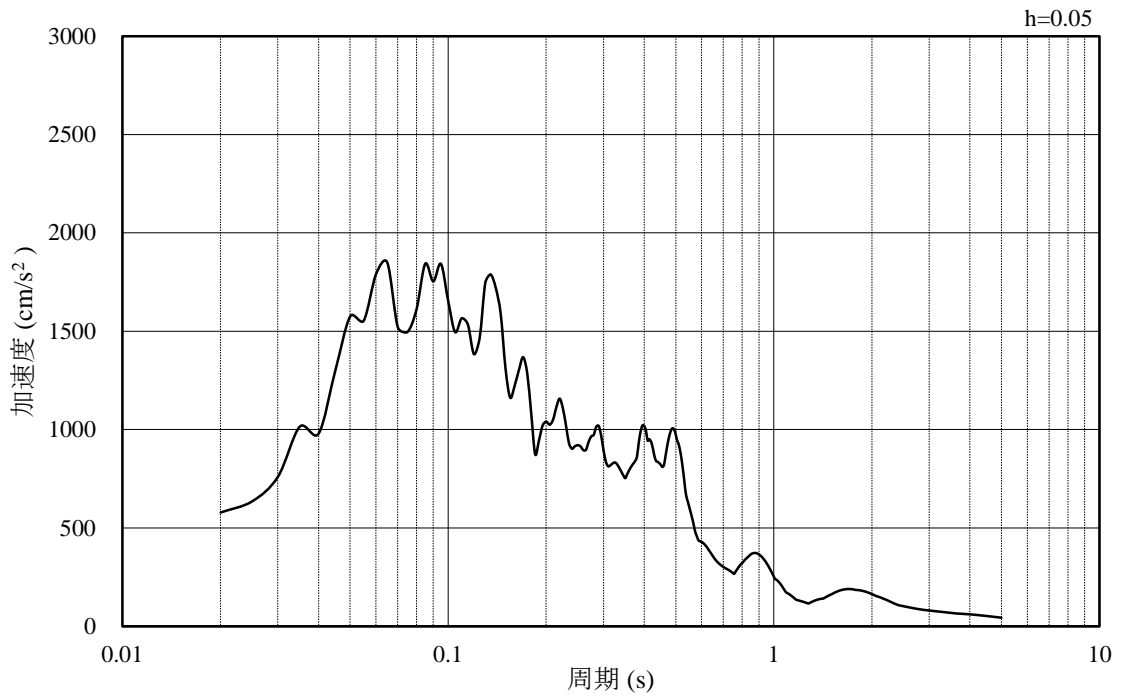


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (鉛直成分: S s - F 1)

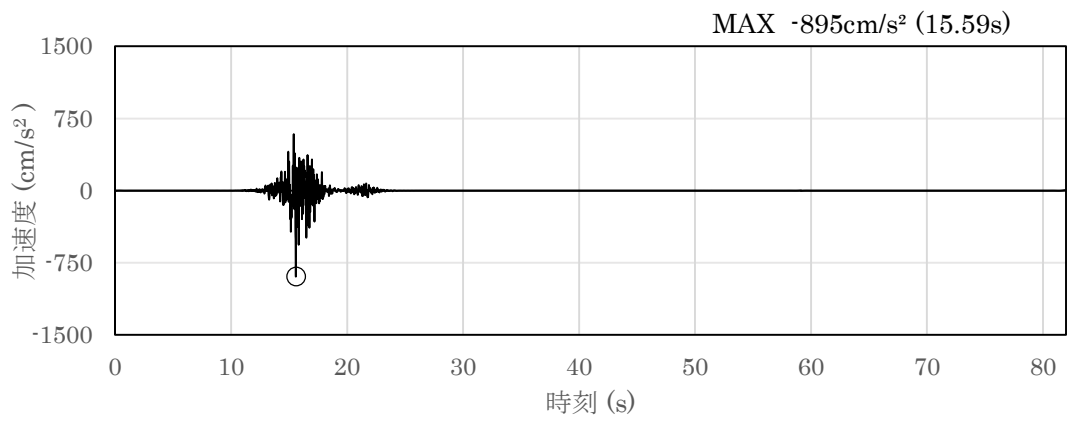


(a) 加速度時刻歴波形

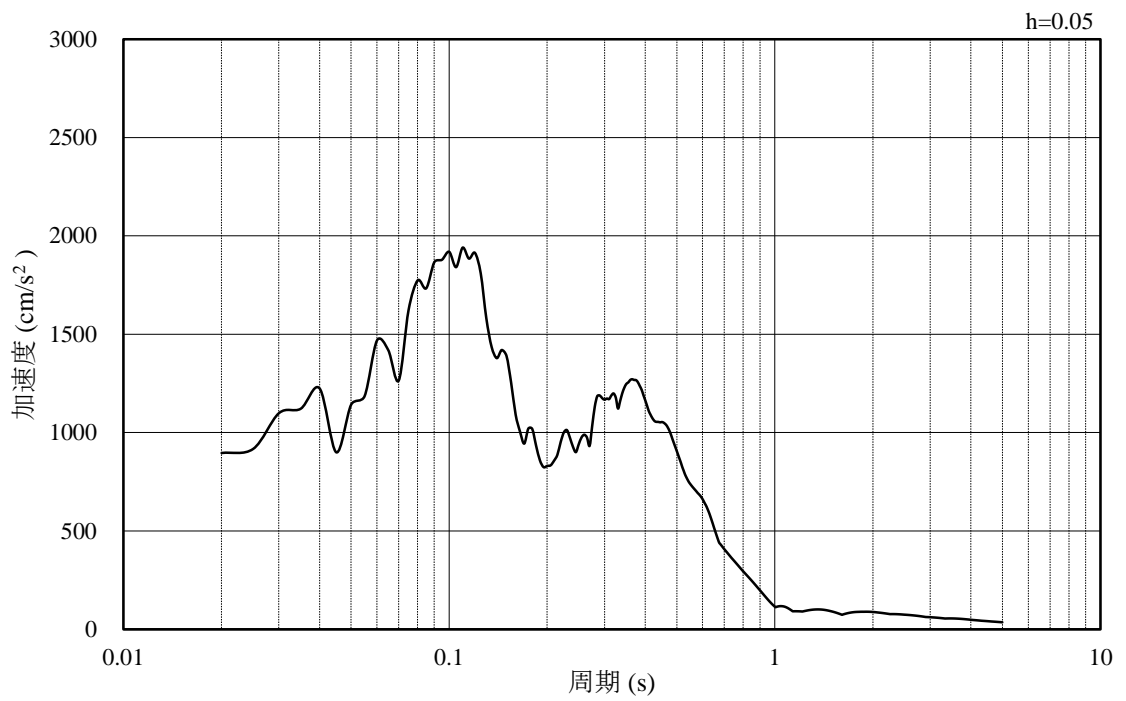


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-14 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
(解析ケース①) (水平成分: S s - F 2 (NS))

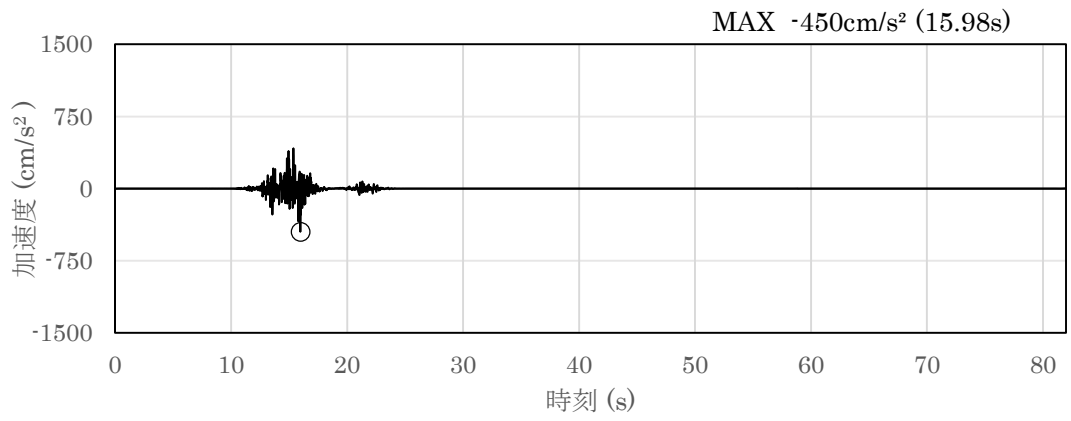


(a) 加速度時刻歴波形

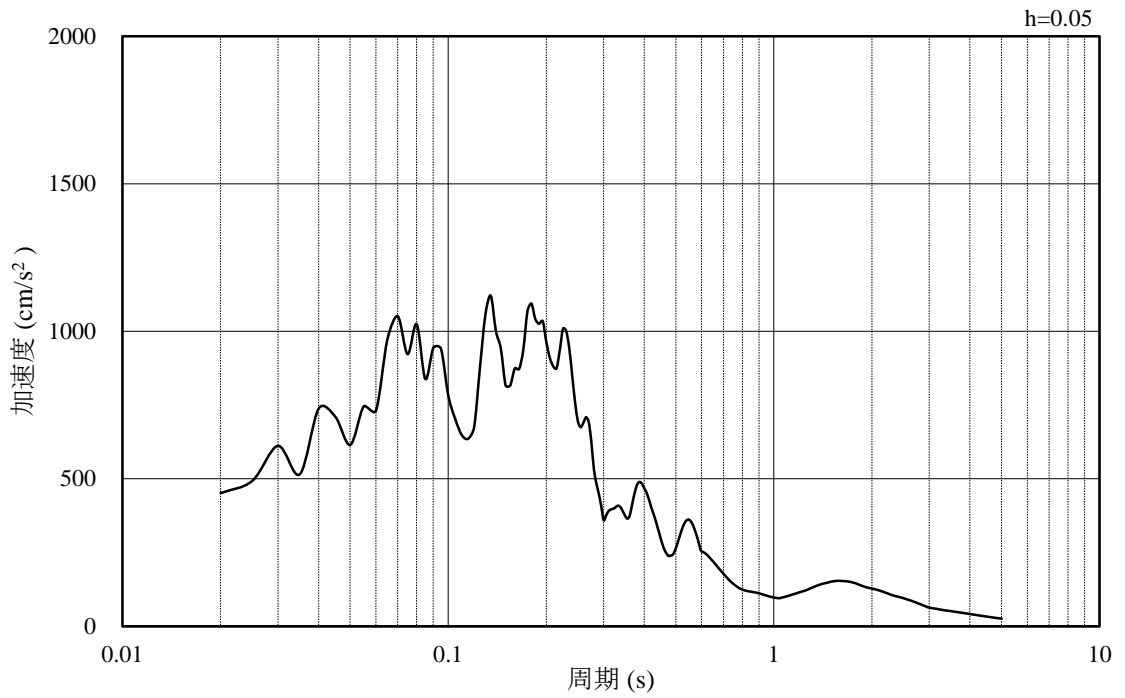


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (水平成分: S s - F 2 (EW))

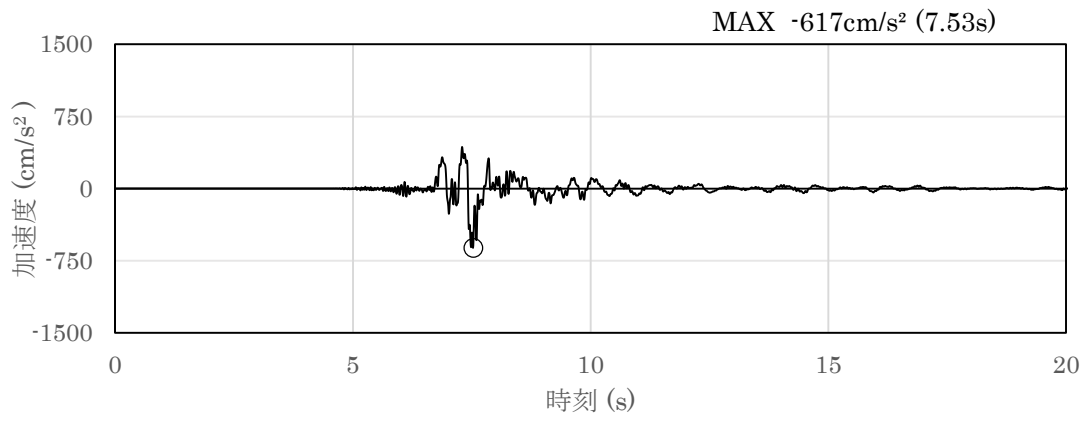


(a) 加速度時刻歴波形

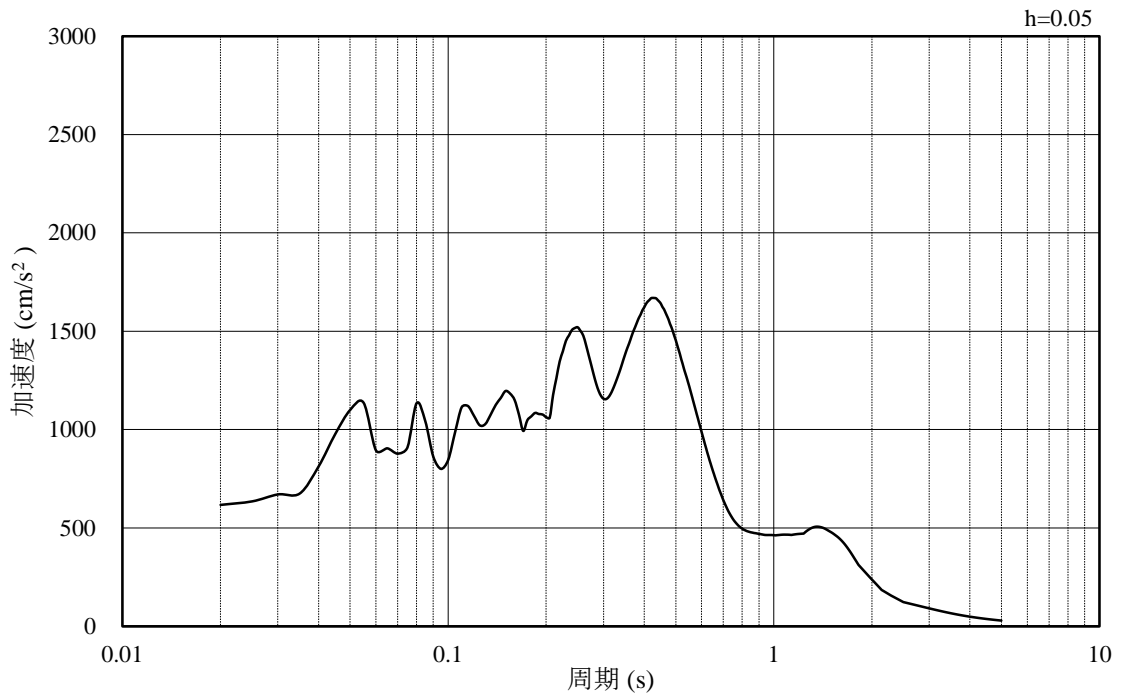


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (鉛直成分: S s - F 2)

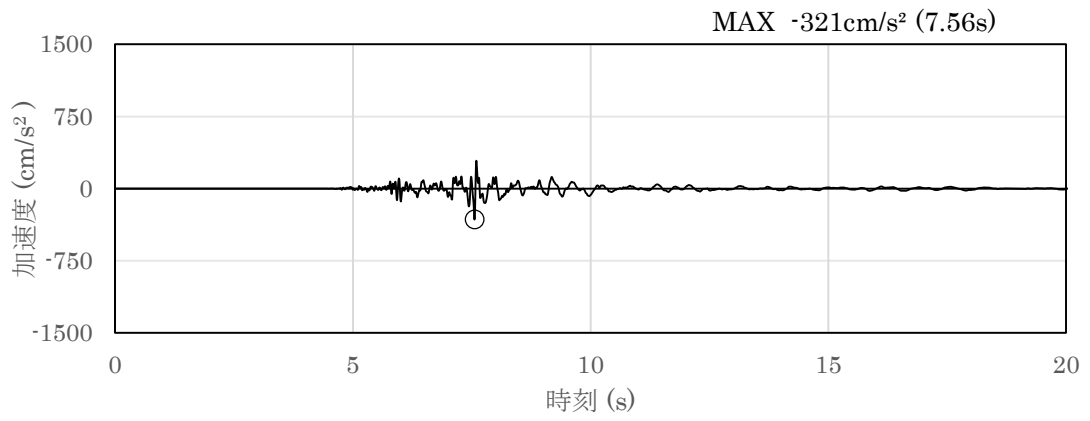


(a) 加速度時刻歴波形

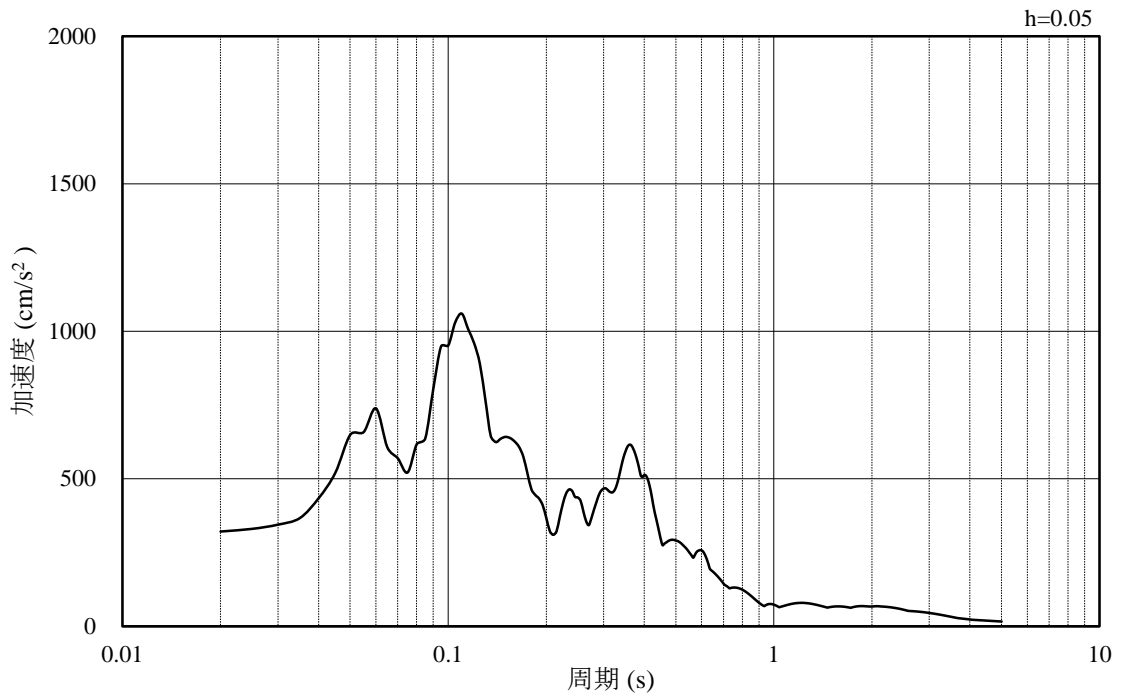


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-17 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
(解析ケース①) (水平成分 : S s - N 1)

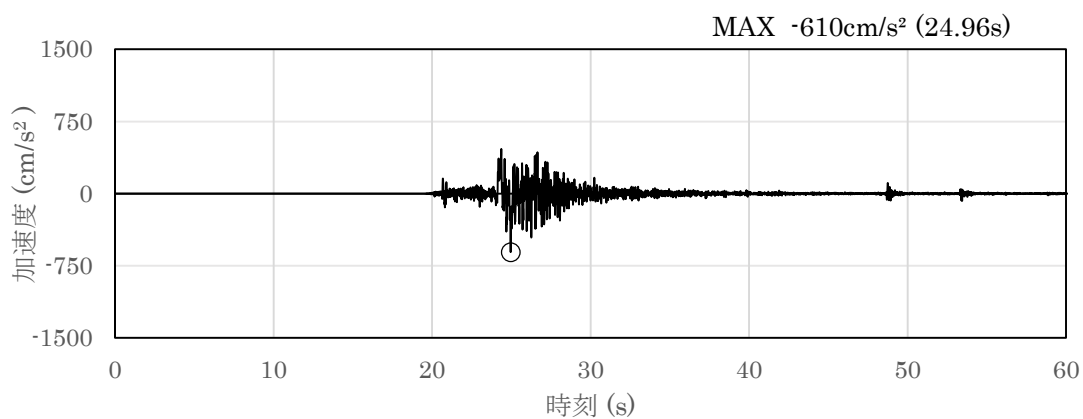


(a) 加速度時刻歴波形

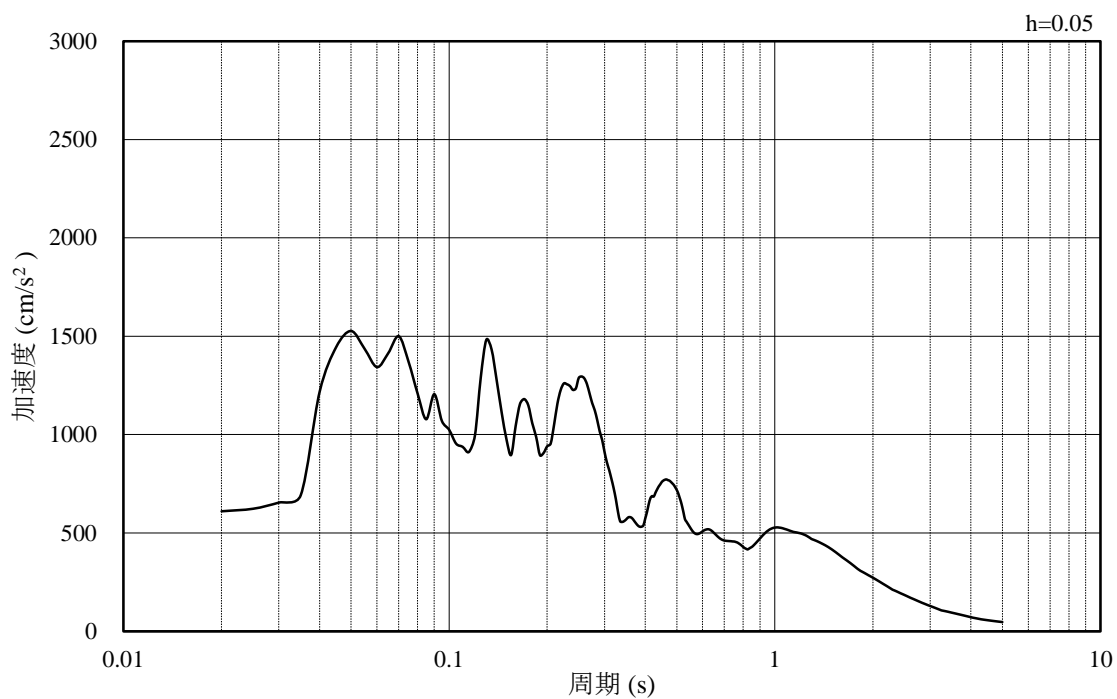


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (鉛直成分：S_s-N1)

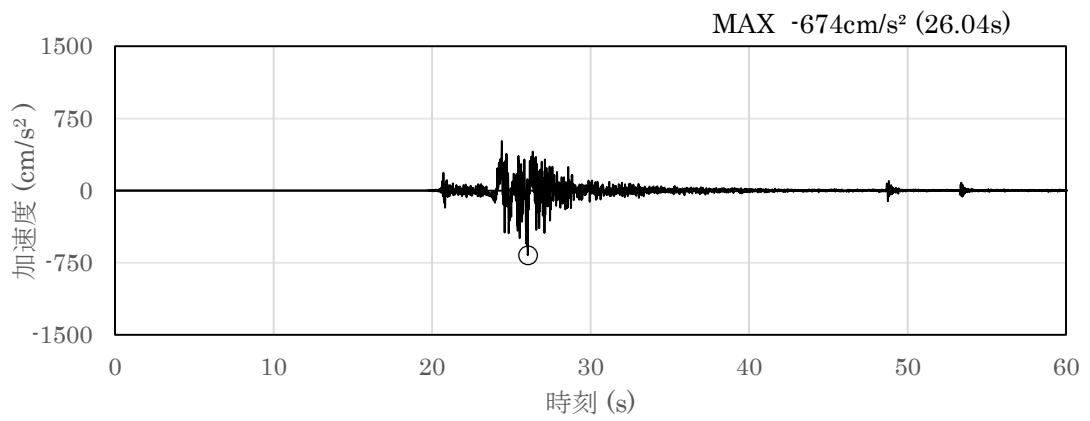


(a) 加速度時刻歴波形

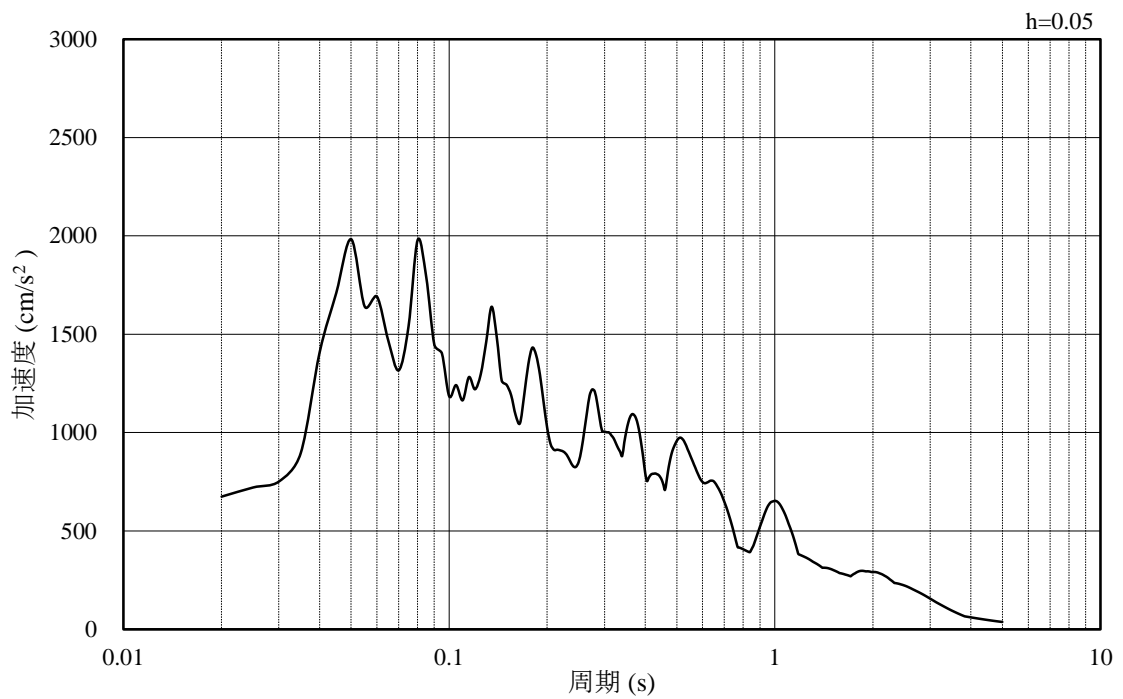


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (水平成分: S s - N 2 (N S))

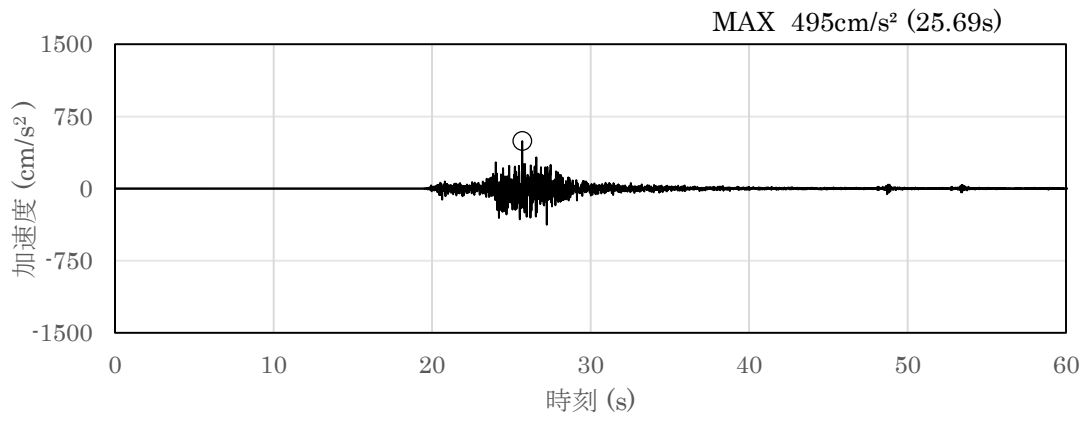


(a) 加速度時刻歴波形

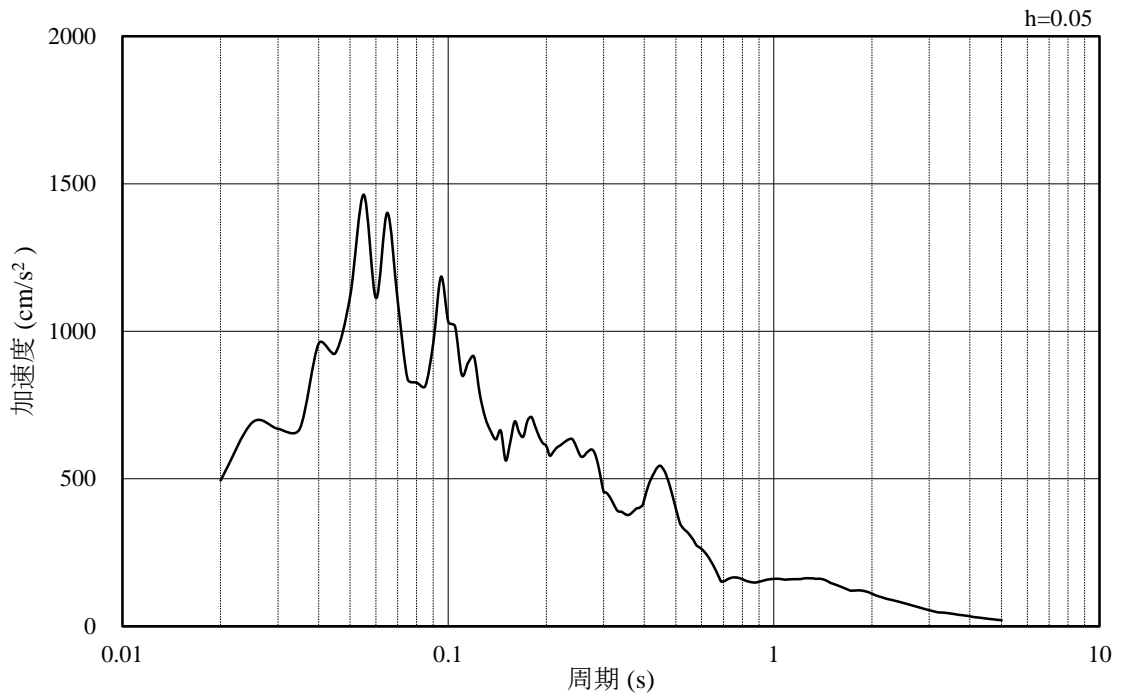


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (水平成分: S s - N 2 (E W))

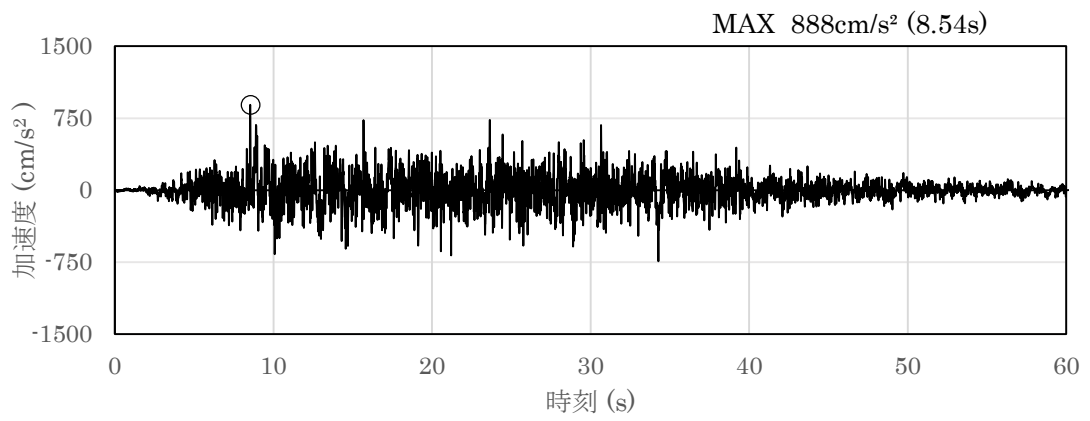


(a) 加速度時刻歴波形

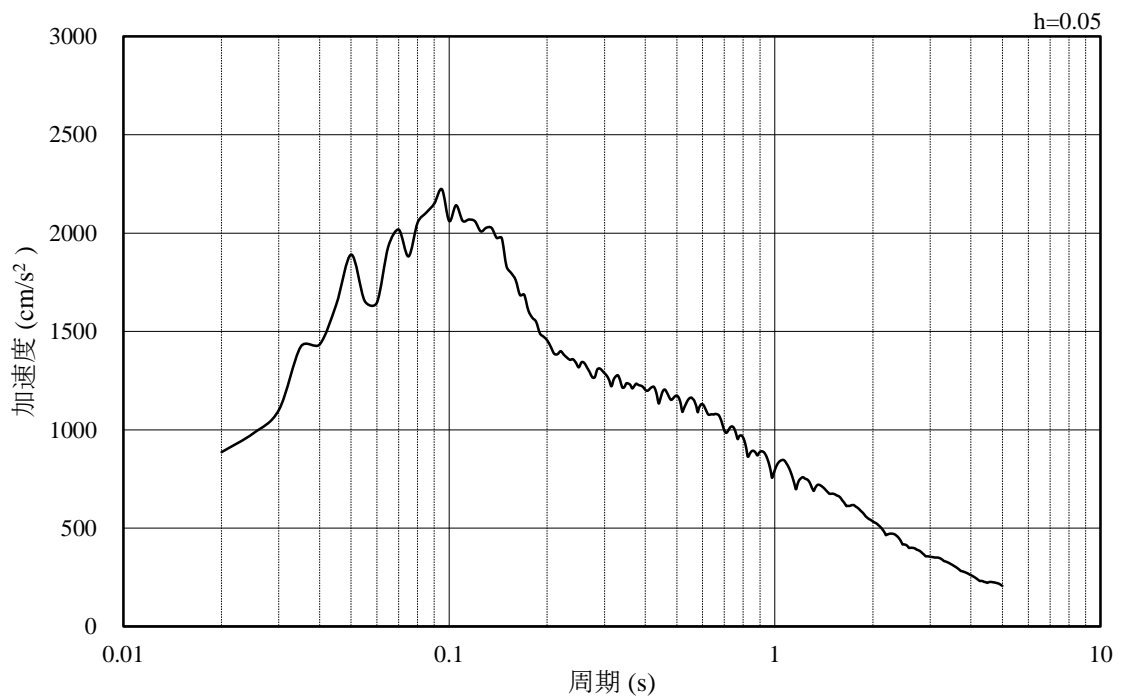


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース①) (鉛直成分: S_s-N2)

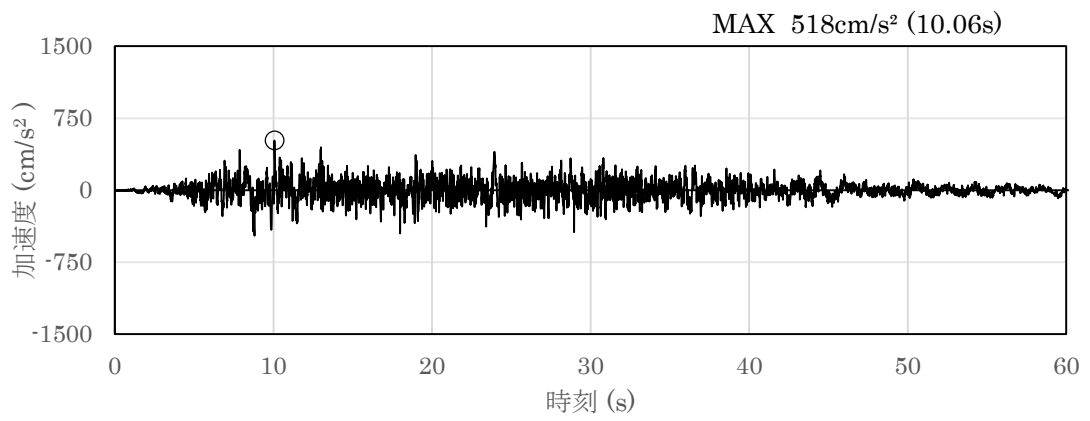


(a) 加速度時刻歴波形

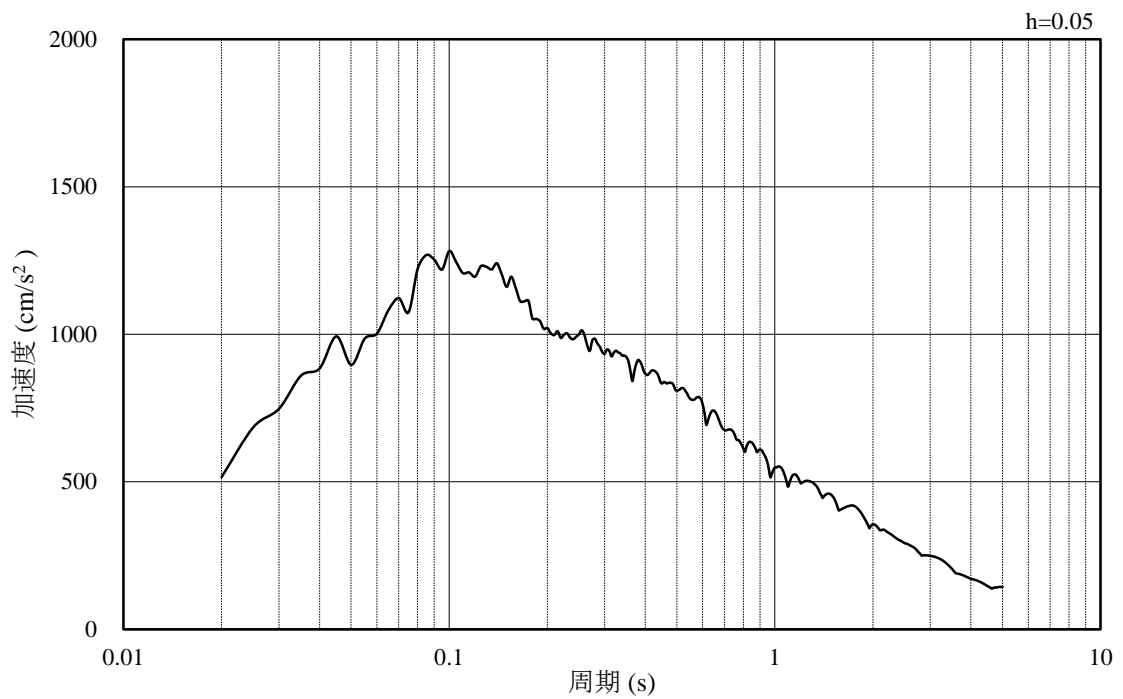


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (水平成分: S s - D)

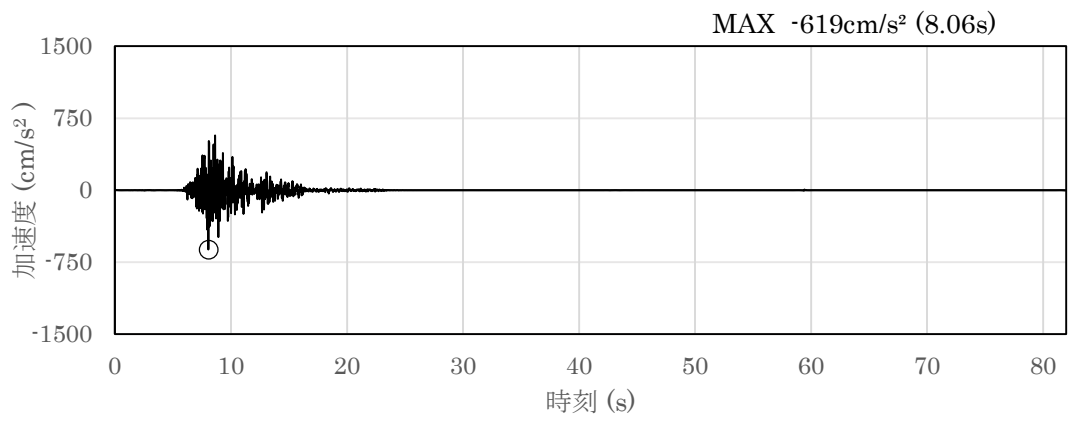


(a) 加速度時刻歴波形

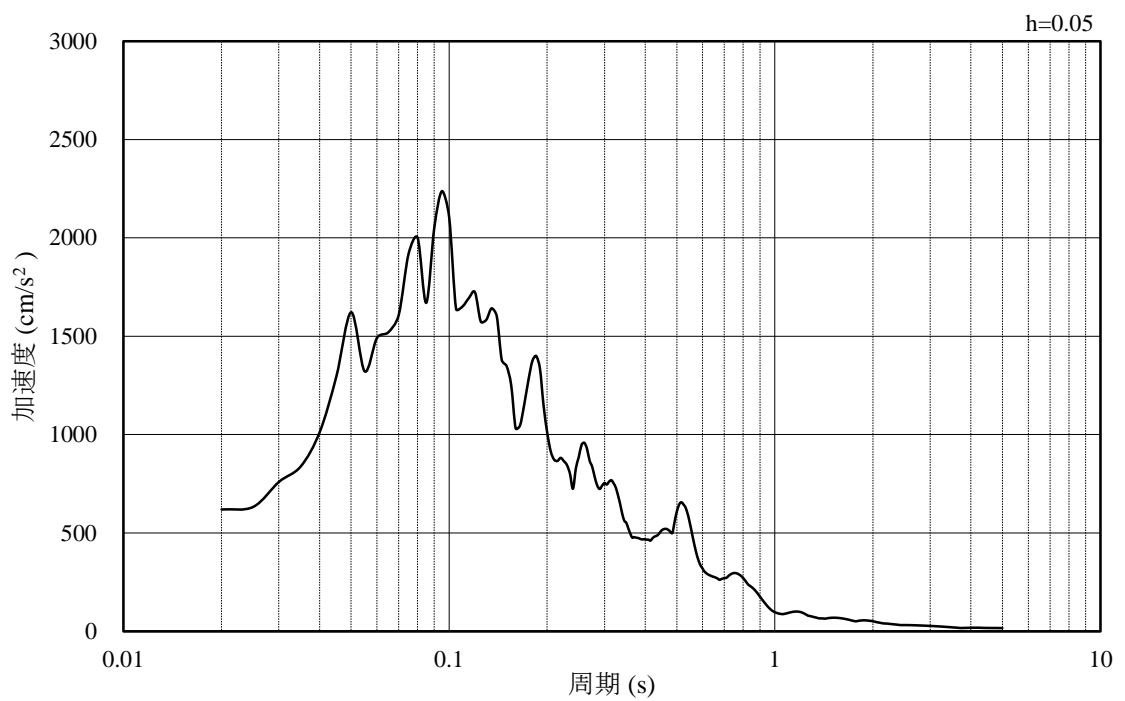


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (鉛直成分：S s - D)

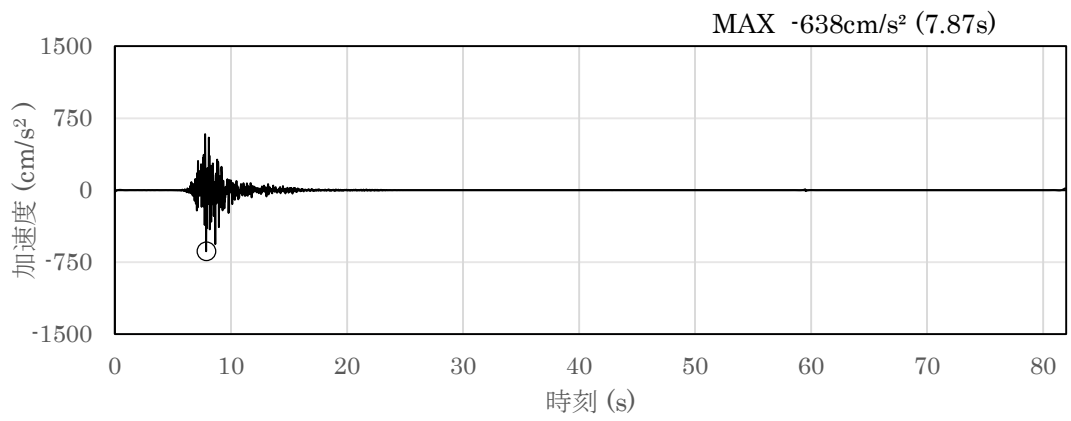


(a) 加速度時刻歴波形

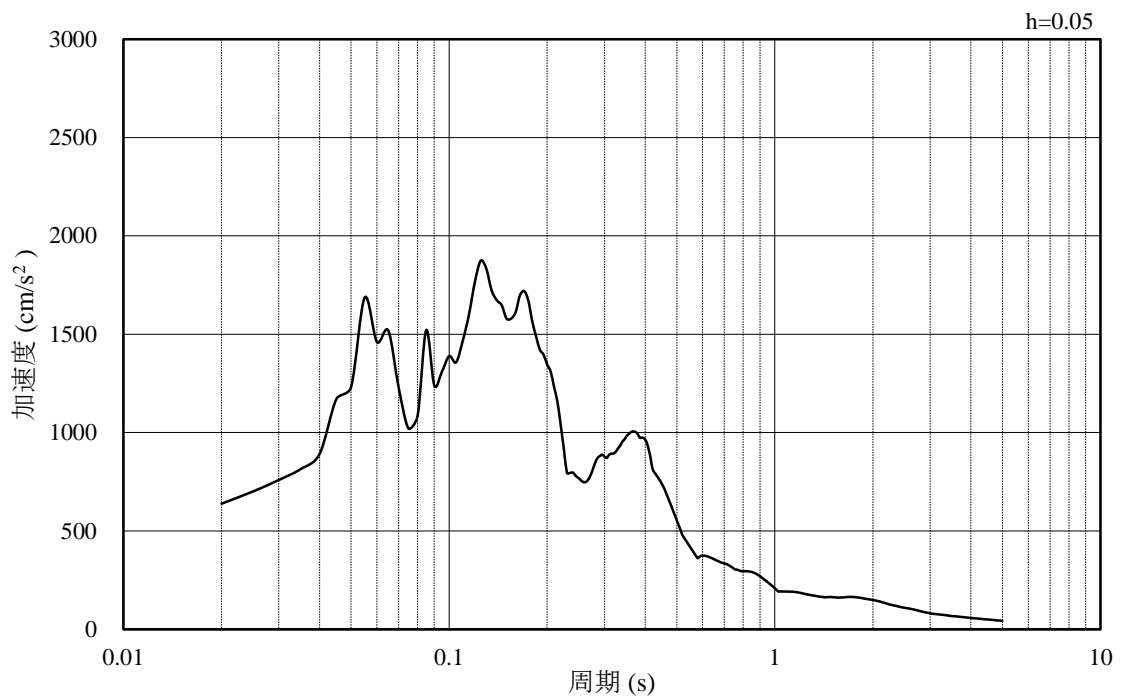


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (水平成分: S s - F 1 (NS))

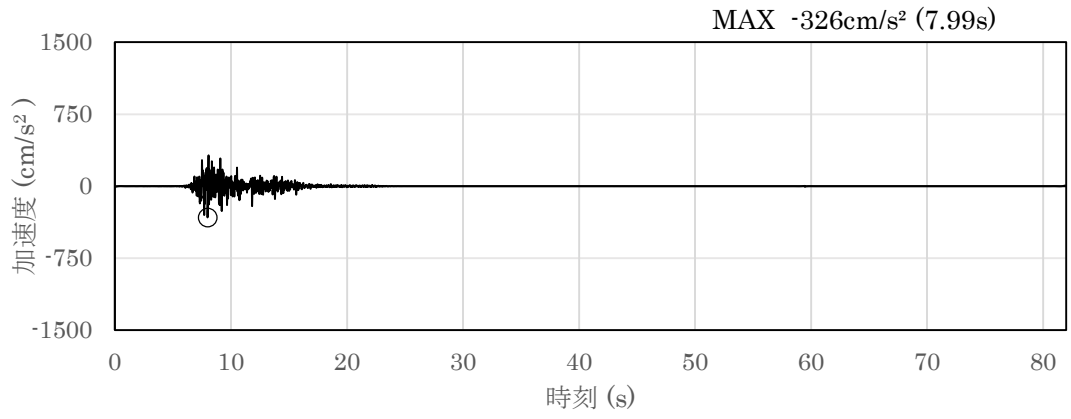


(a) 加速度時刻歴波形

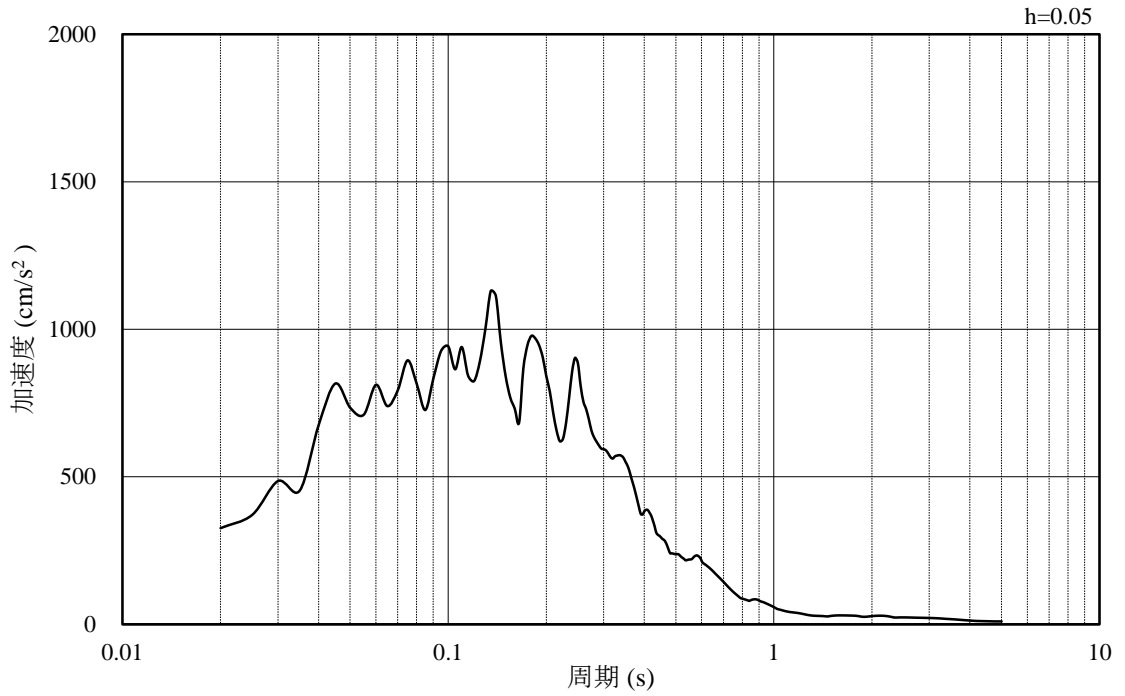


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (水平成分: S s - F 1 (E W))

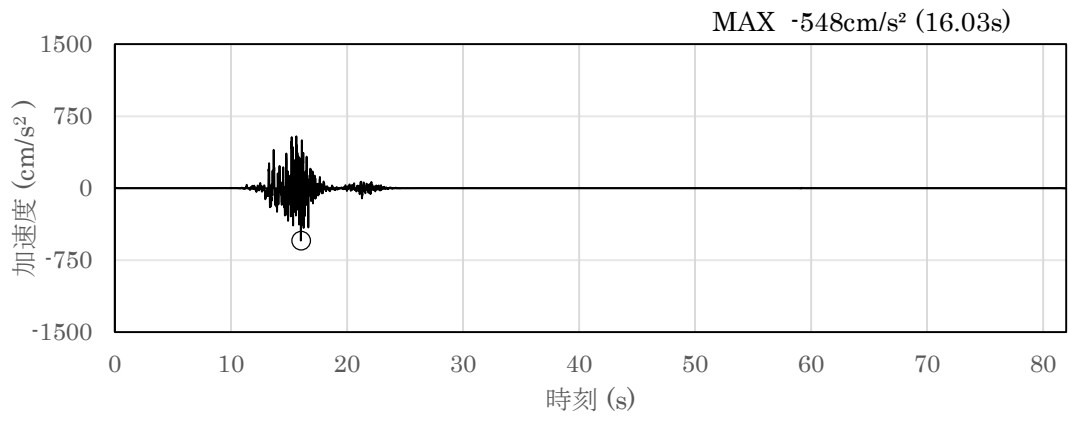


(a) 加速度時刻歴波形

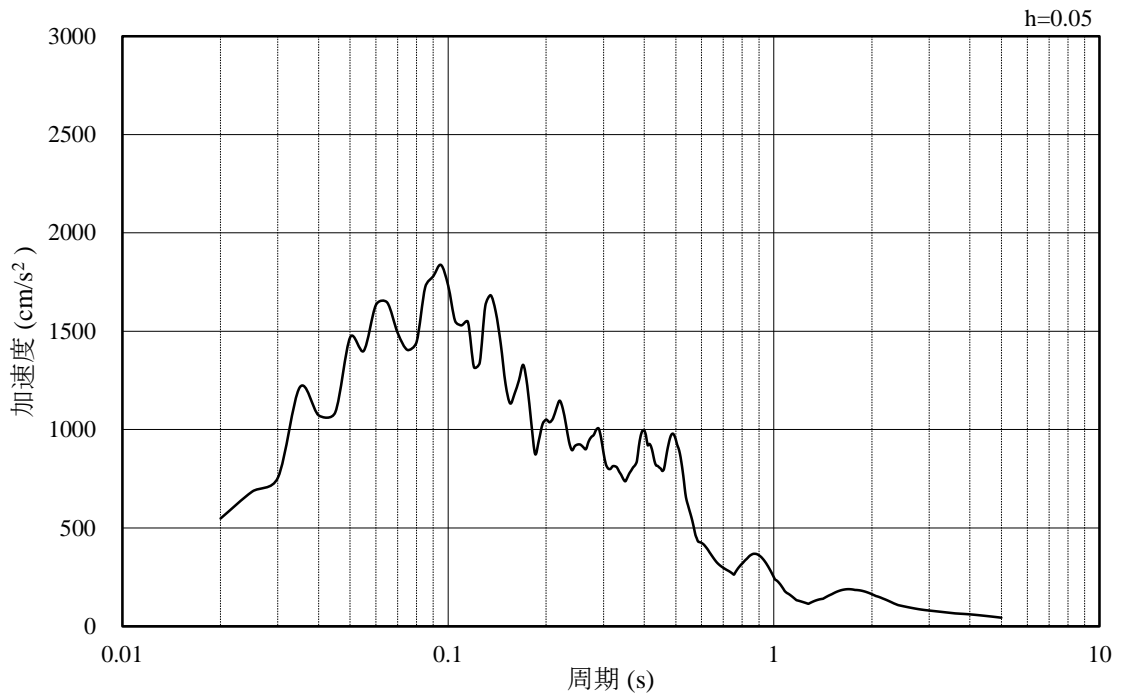


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (鉛直成分: S_s-F1)

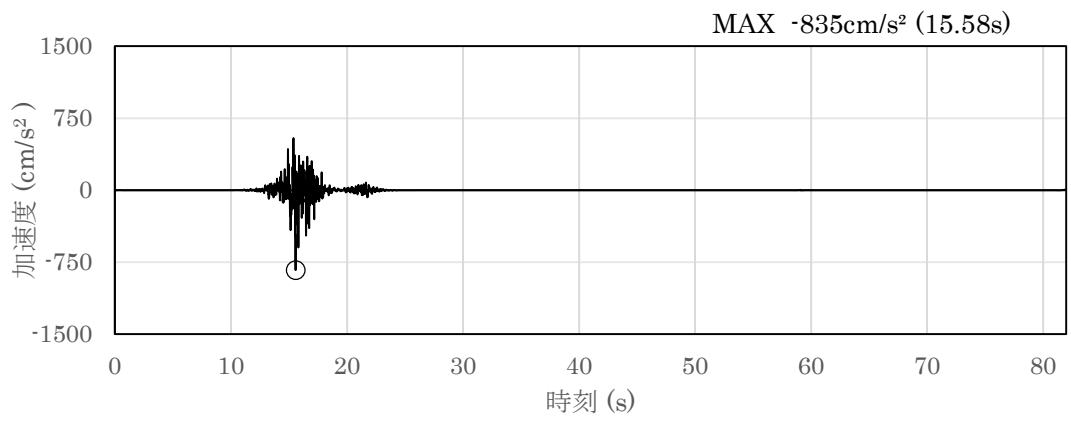


(a) 加速度時刻歴波形

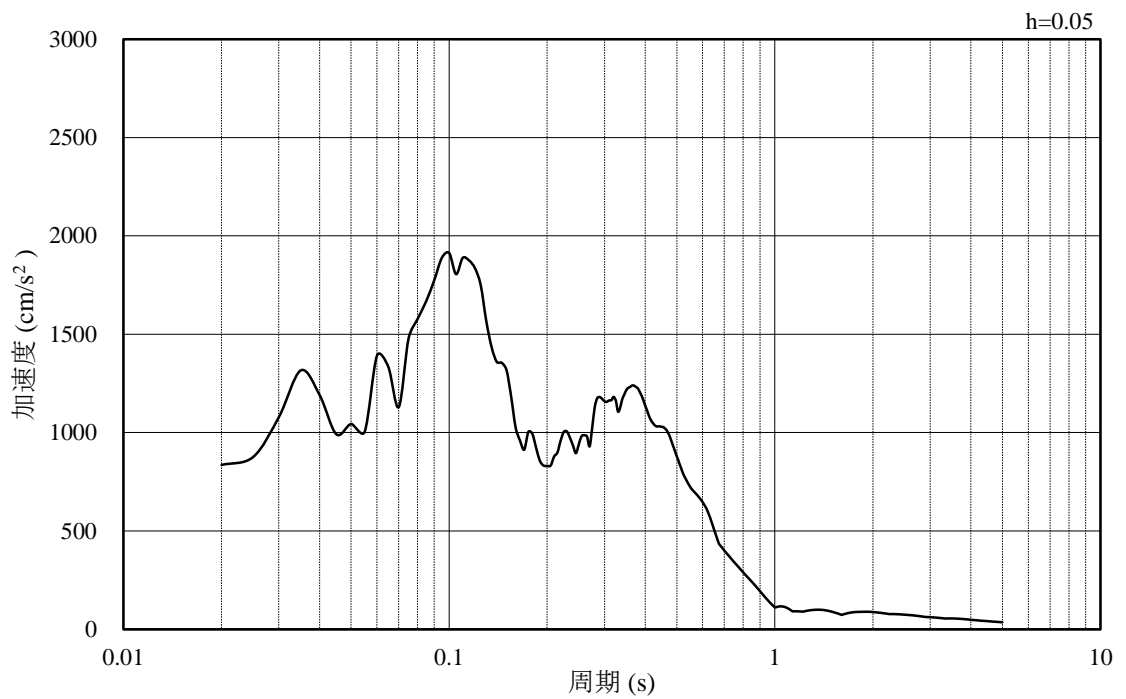


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (水平成分: S_s-F₂(NS))

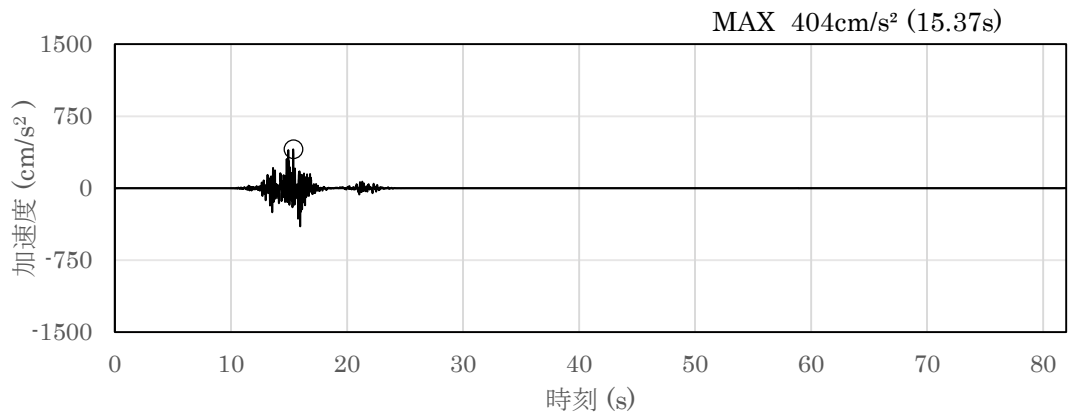


(a) 加速度時刻歴波形

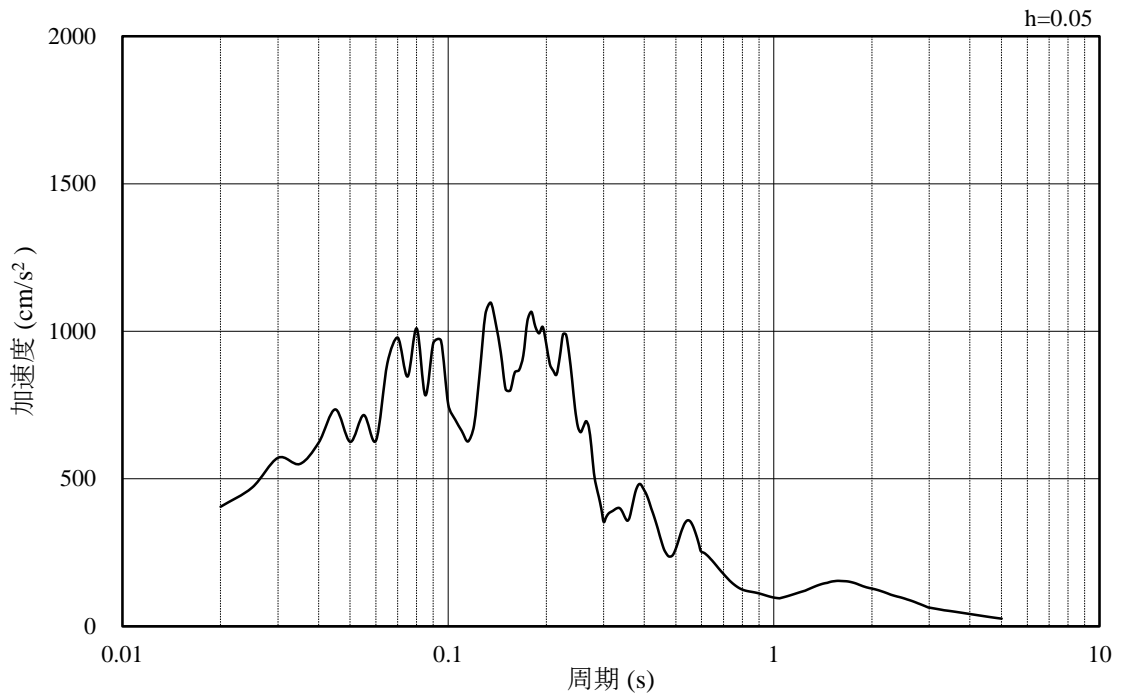


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (水平成分: S s - F 2 (E W))

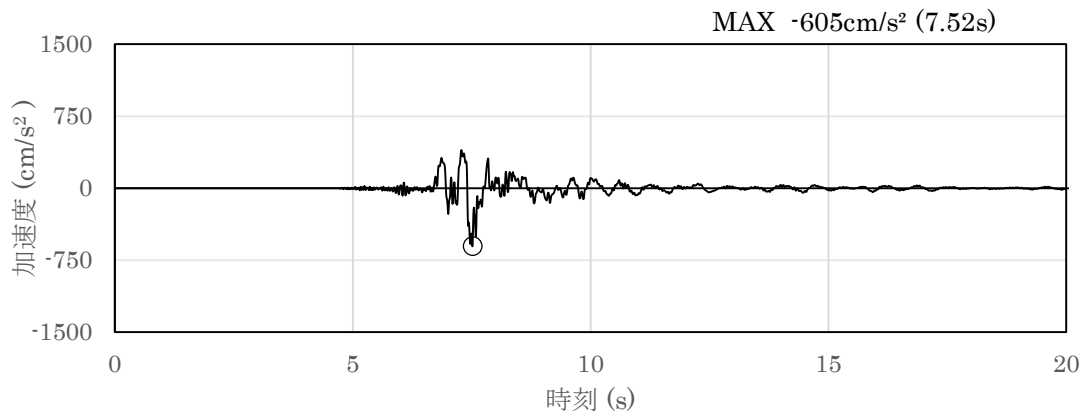


(a) 加速度時刻歴波形

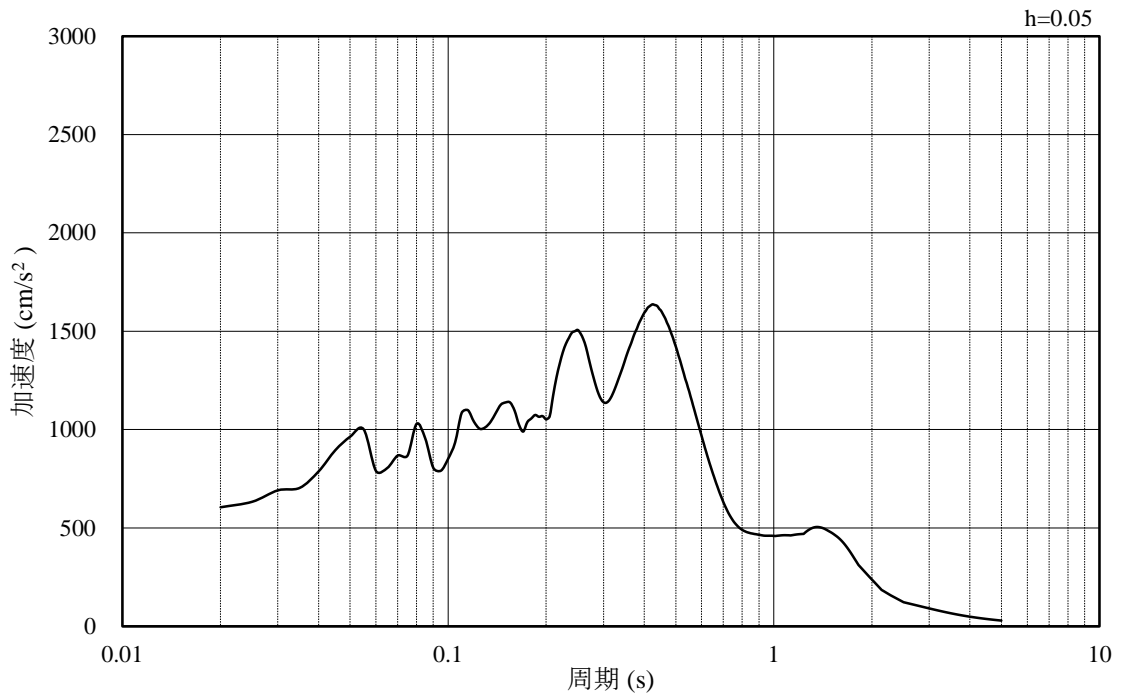


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (鉛直成分：S_s-F2)

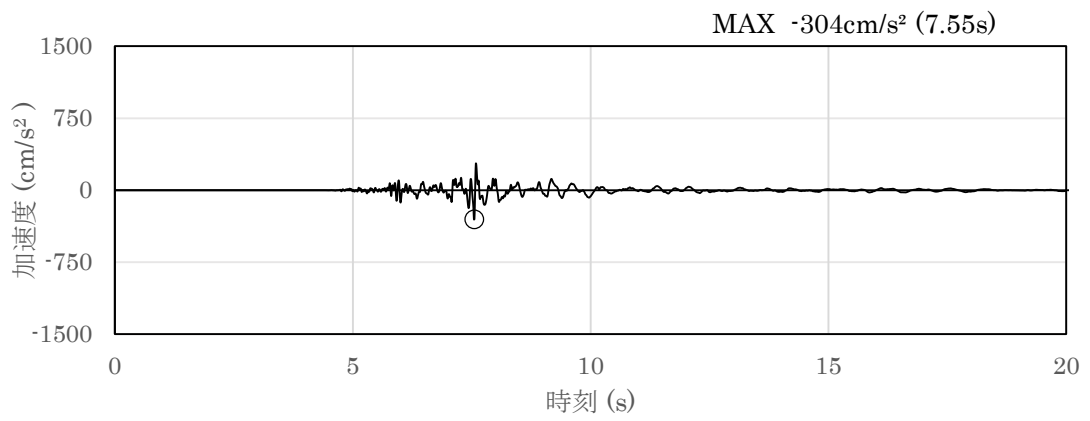


(a) 加速度時刻歴波形

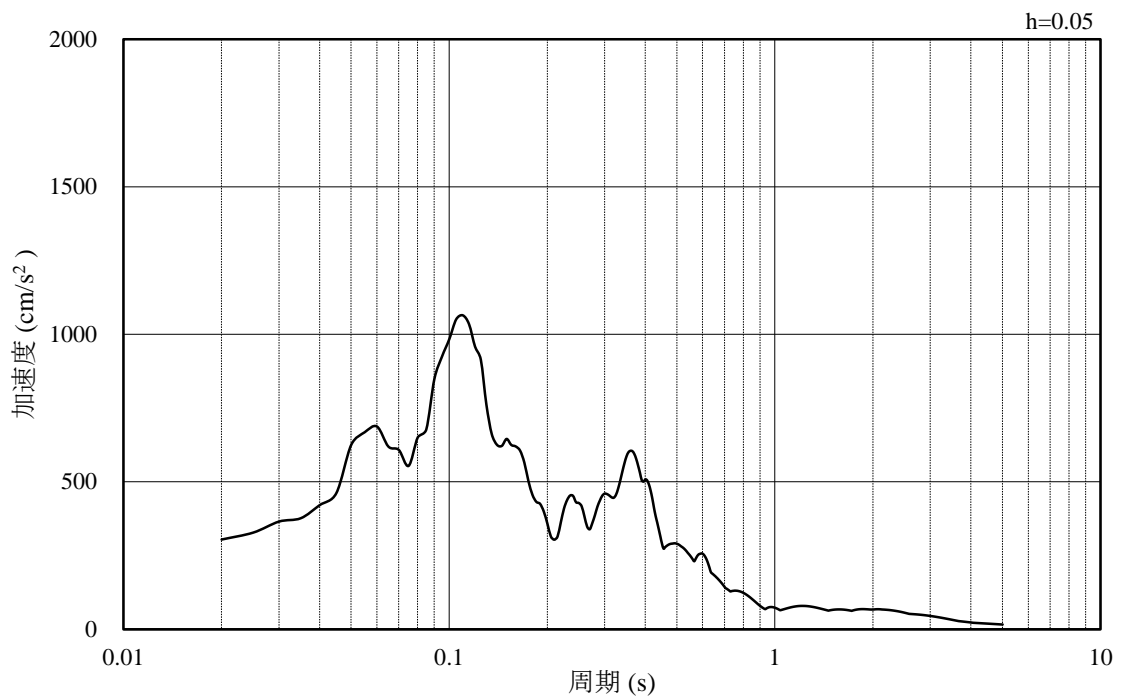


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (水平成分: S_s-N1)

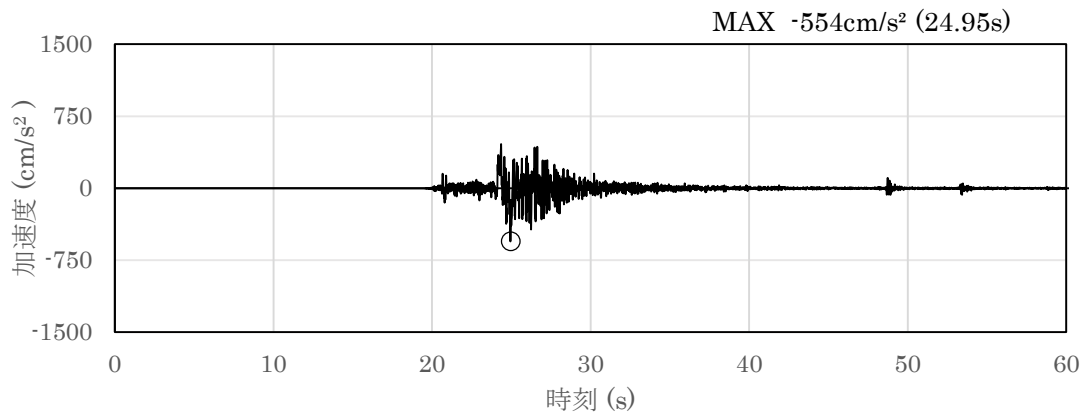


(a) 加速度時刻歴波形

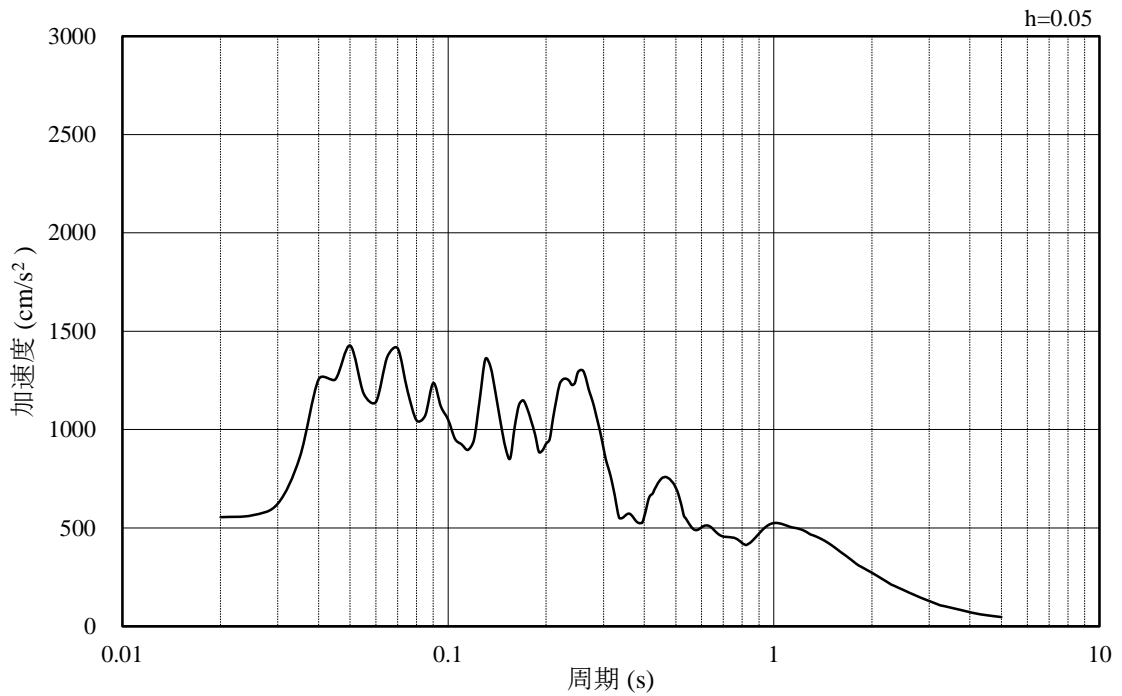


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (鉛直成分：S_s-N1)

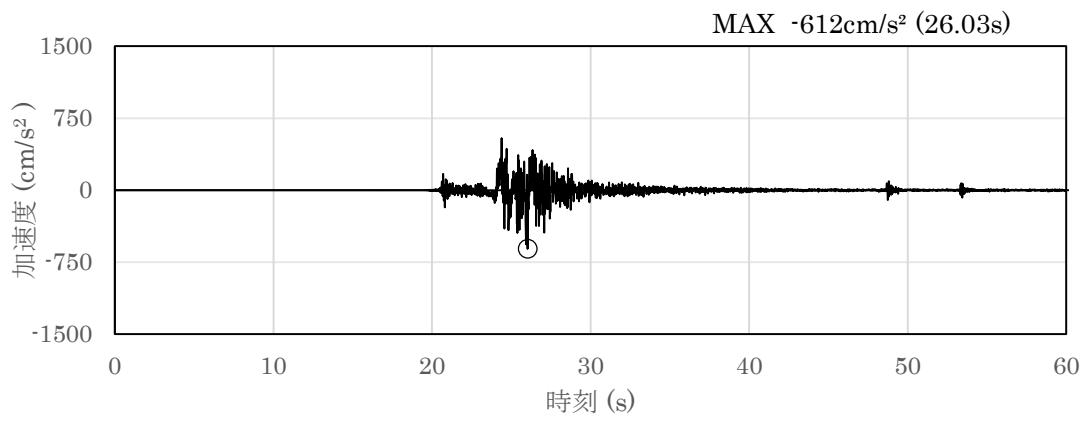


(a) 加速度時刻歴波形

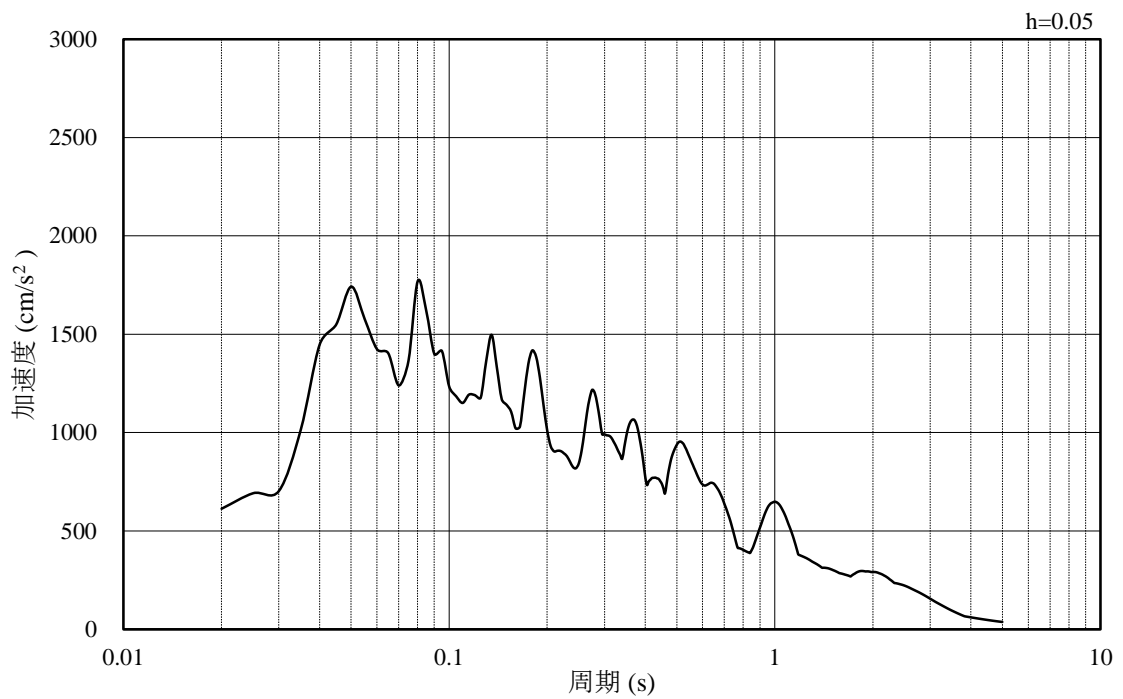


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (水平成分: S_s-N2 (NS))

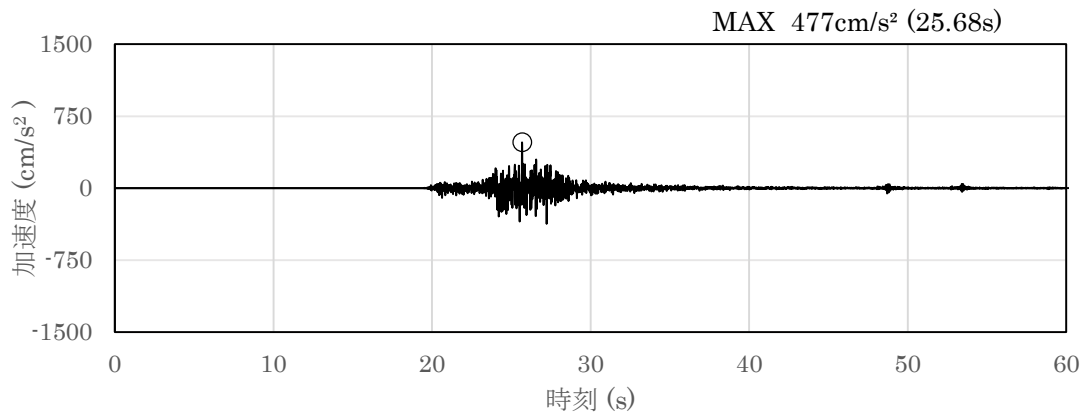


(a) 加速度時刻歴波形

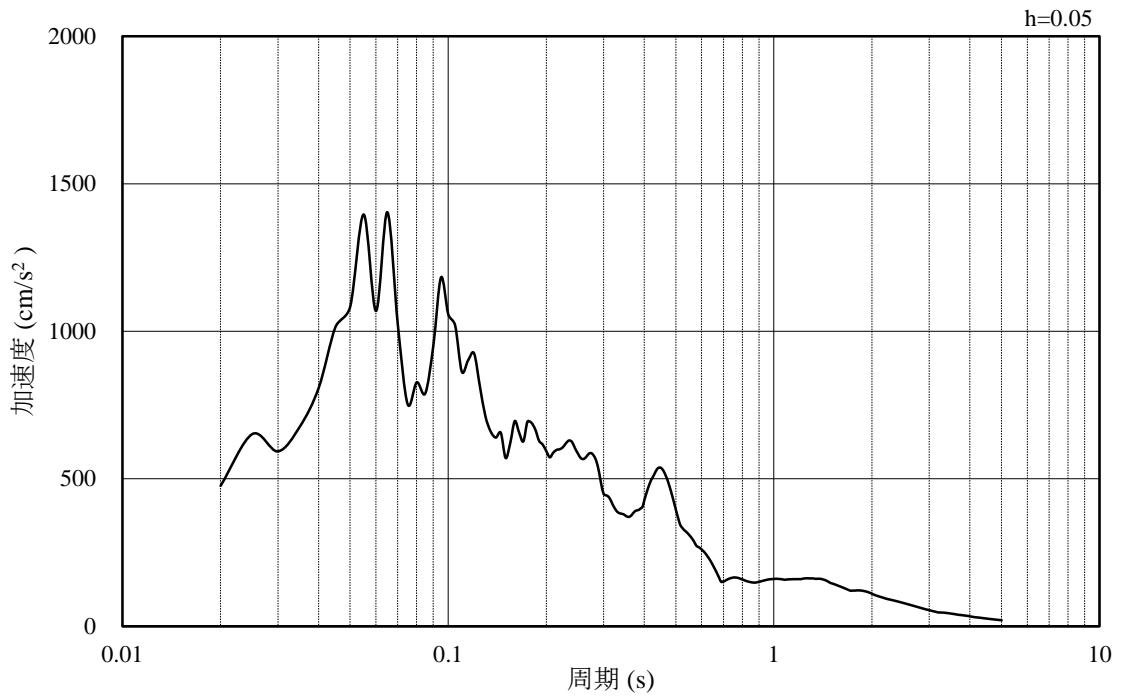


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (水平成分: S s - N 2 (EW))

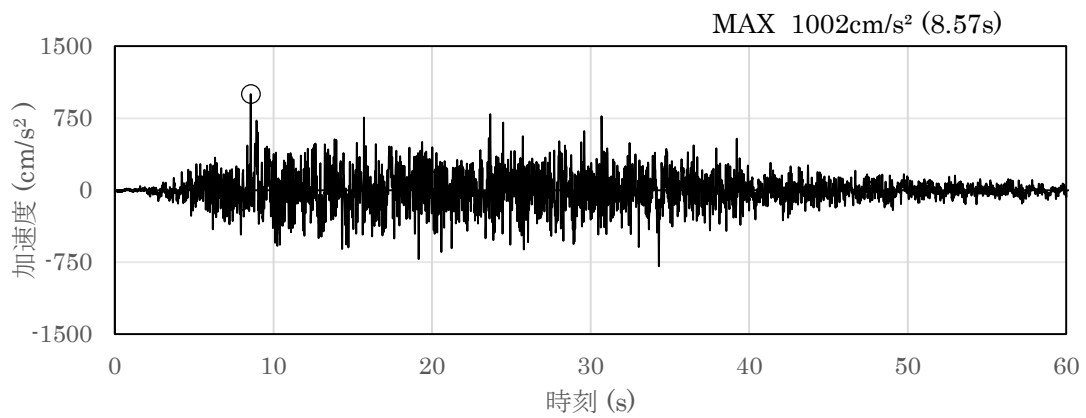


(a) 加速度時刻歴波形

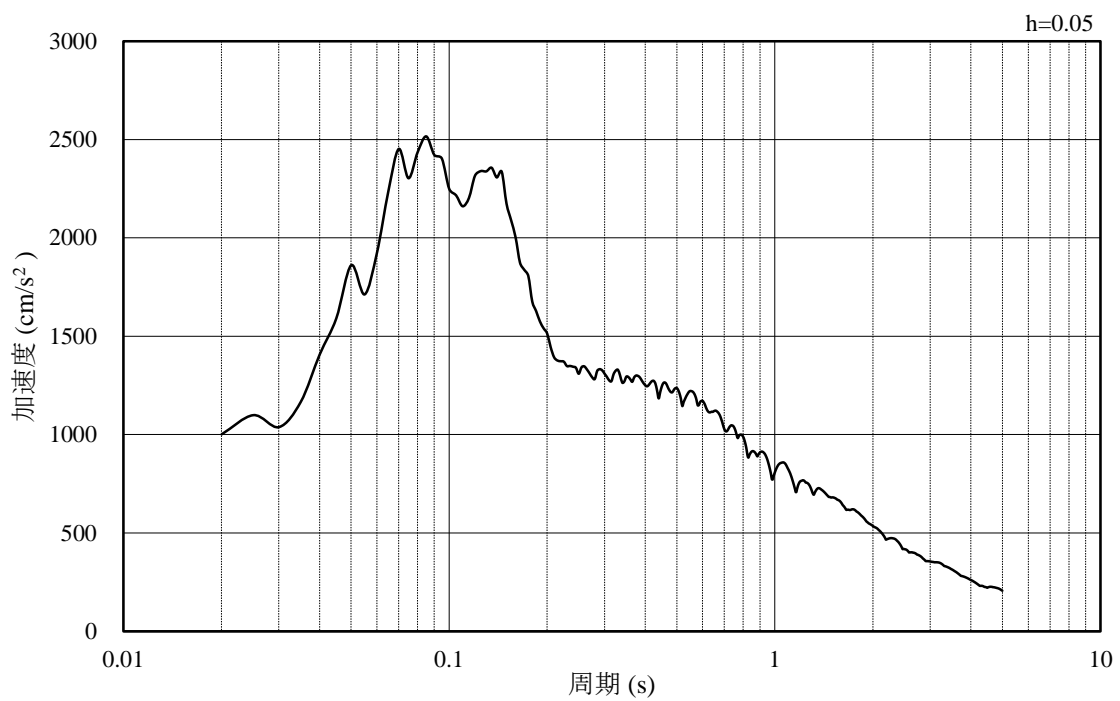


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース②) (鉛直成分: S_s-N2)

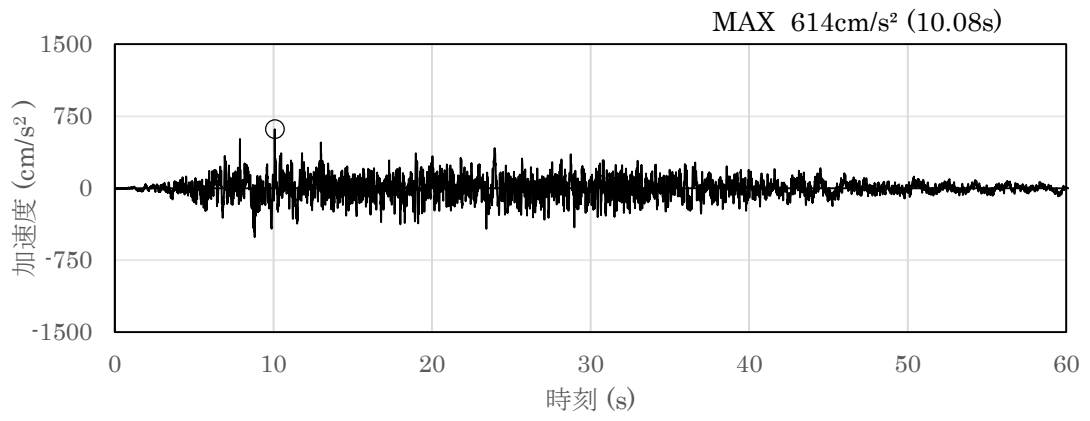


(a) 加速度時刻歴波形

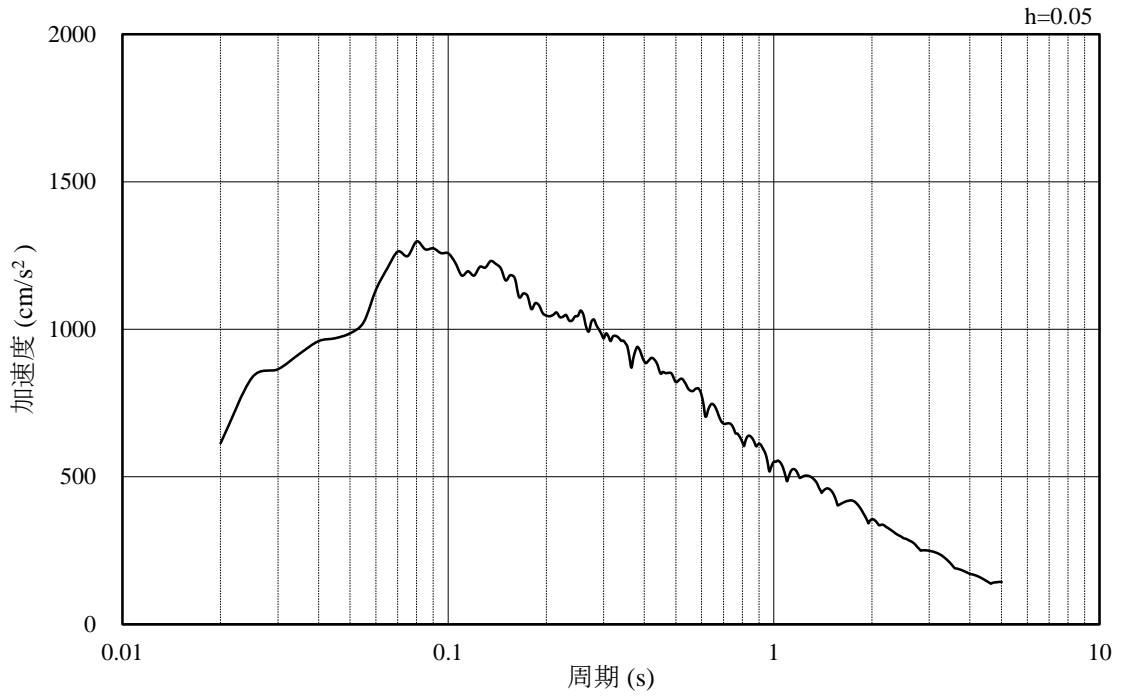


(b) 加速度応答スペクトル

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
(解析ケース③) (水平成分 : S s - D)

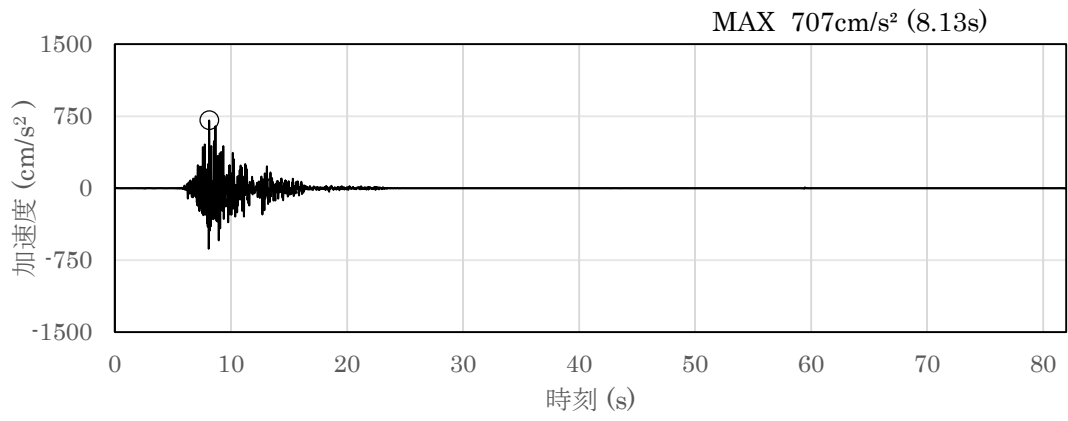


(a) 加速度時刻歴波形

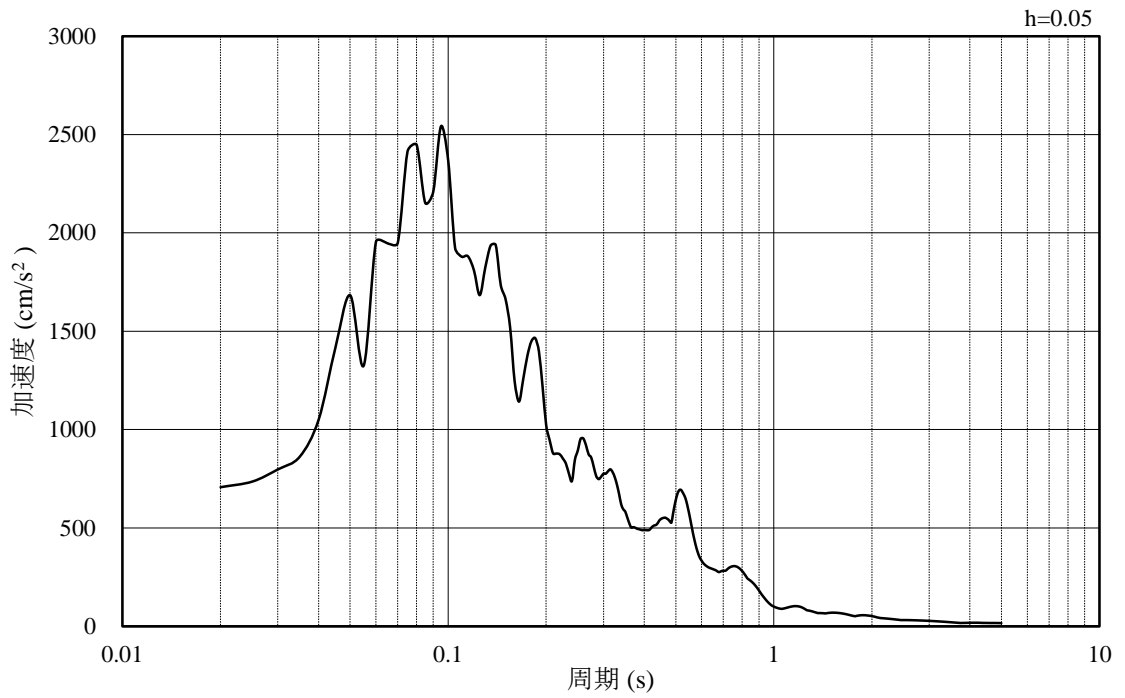


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-36 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
(解析ケース③) (鉛直成分：S s - D)

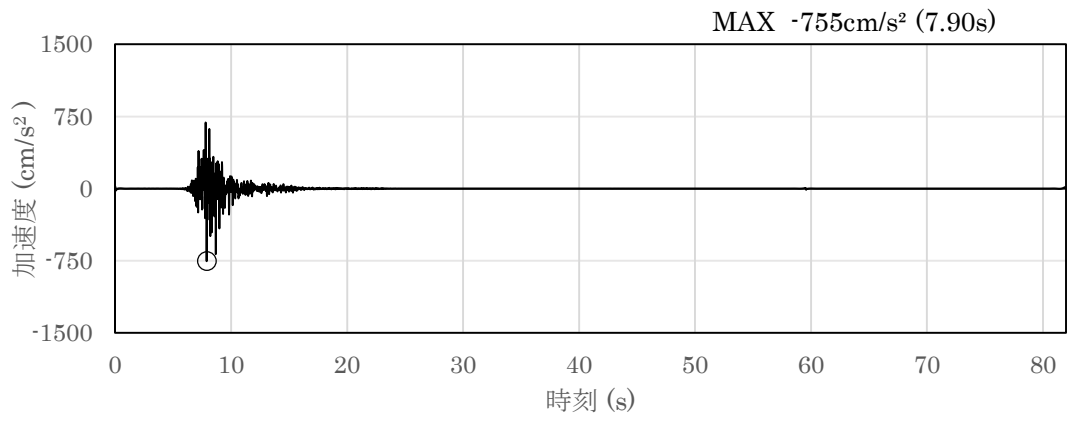


(a) 加速度時刻歴波形

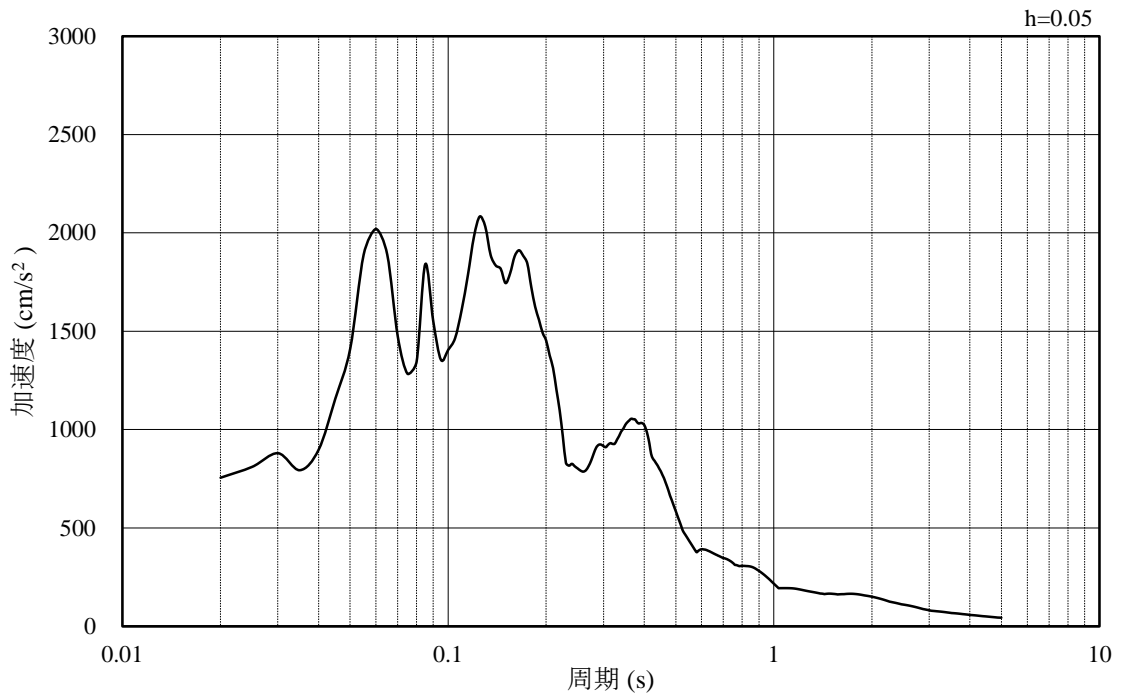


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-37 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
(解析ケース③) (水平成分: S s - F 1 (NS))

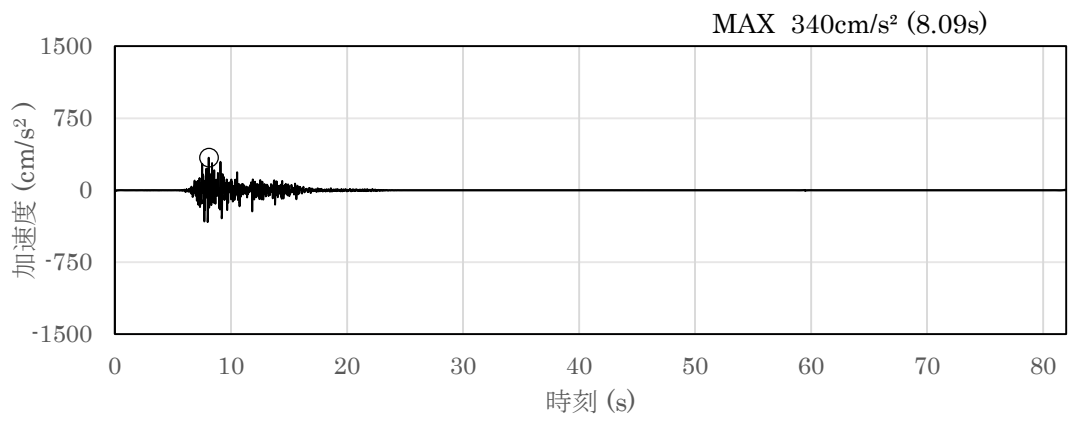


(a) 加速度時刻歴波形

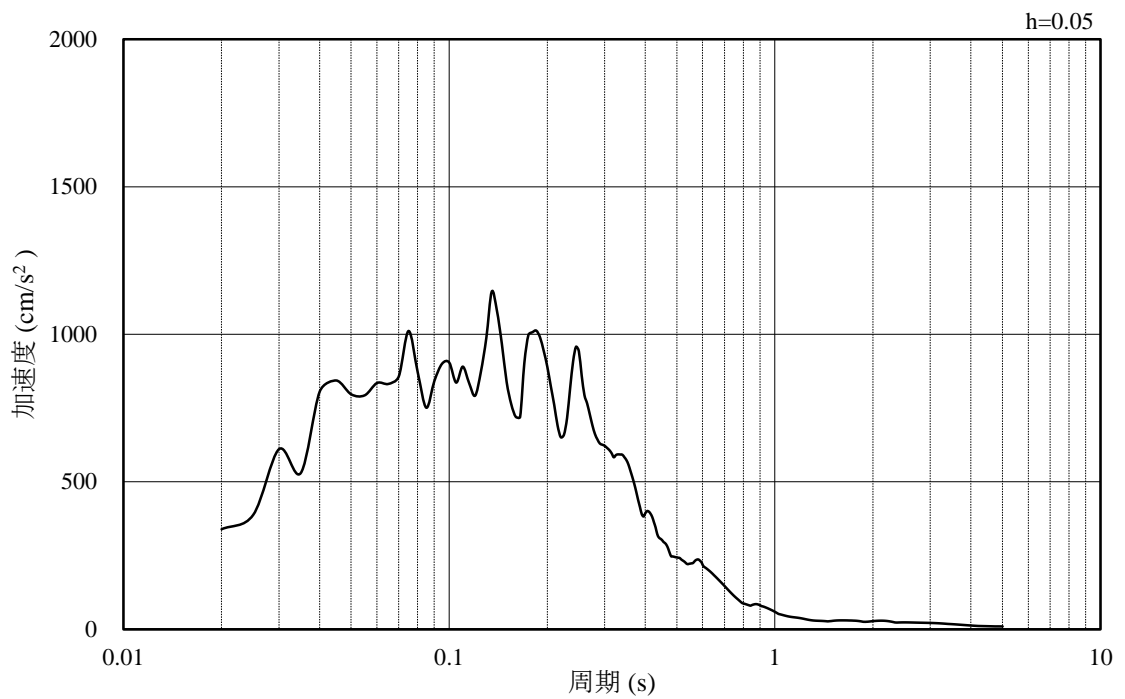


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-38 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
(解析ケース③) (水平成分: S s - F 1 (E W))

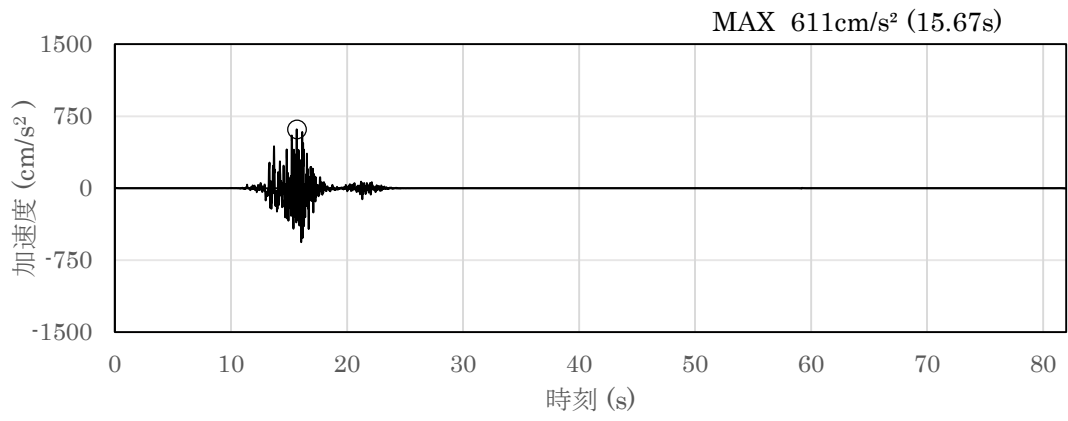


(a) 加速度時刻歴波形

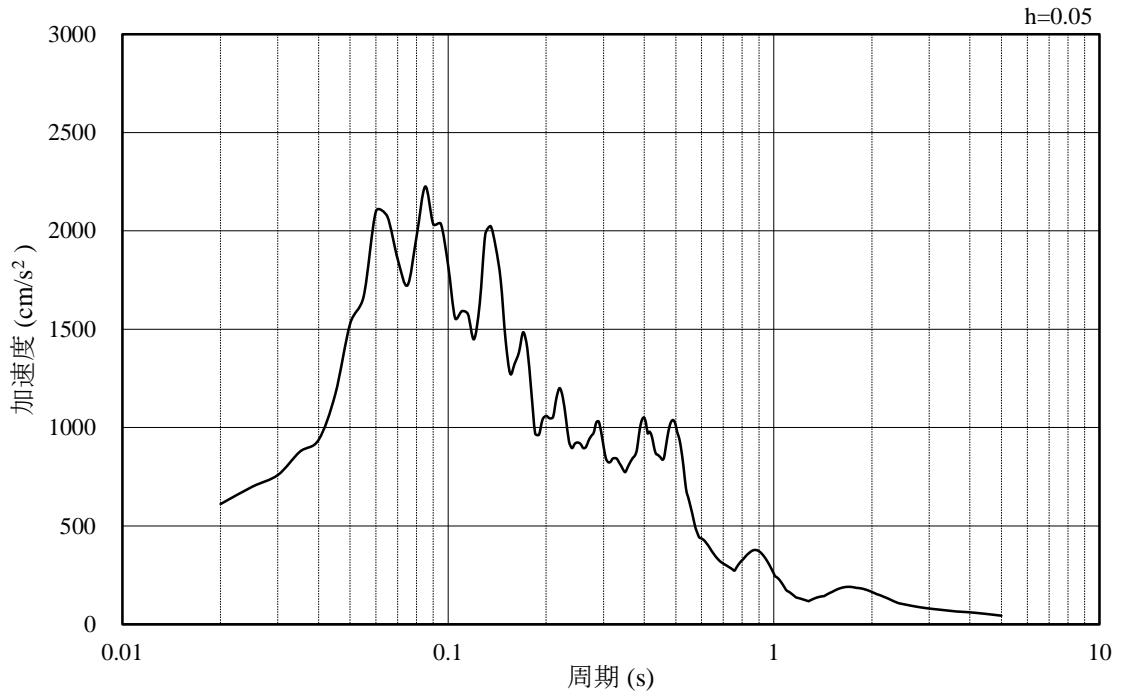


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-39 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
(解析ケース③) (鉛直成分: S s - F 1)

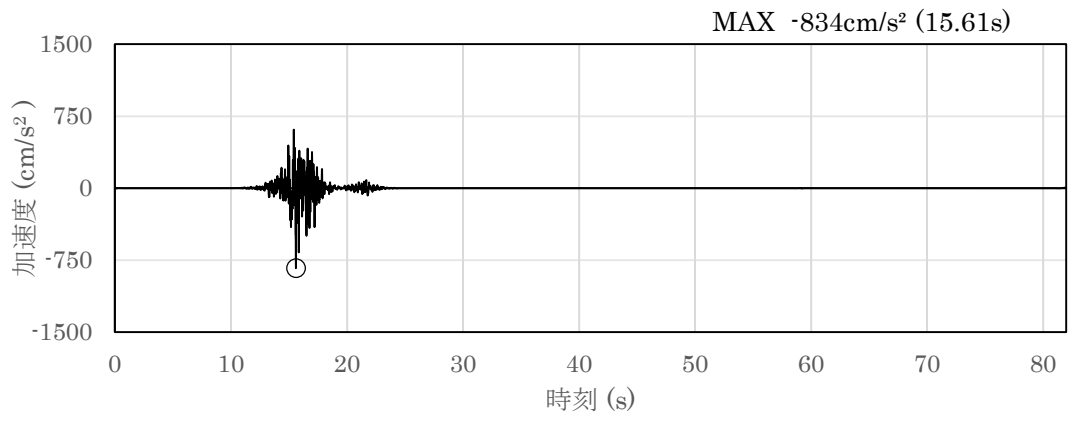


(a) 加速度時刻歴波形

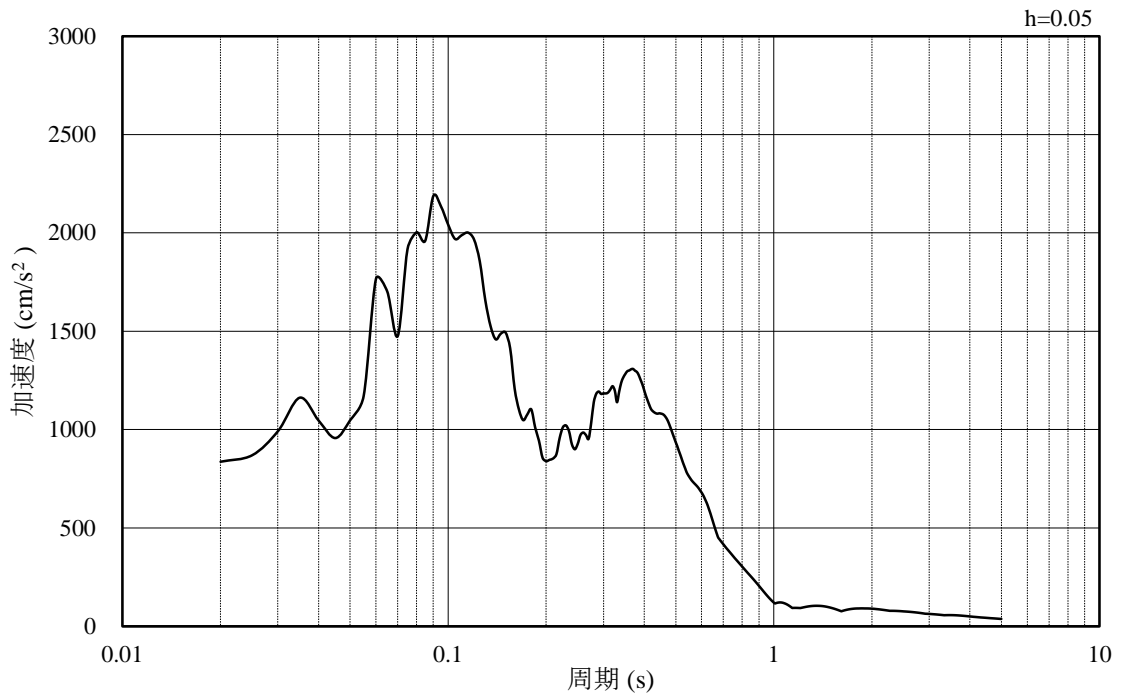


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-40 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
(解析ケース③) (水平成分: S s - F 2 (NS))

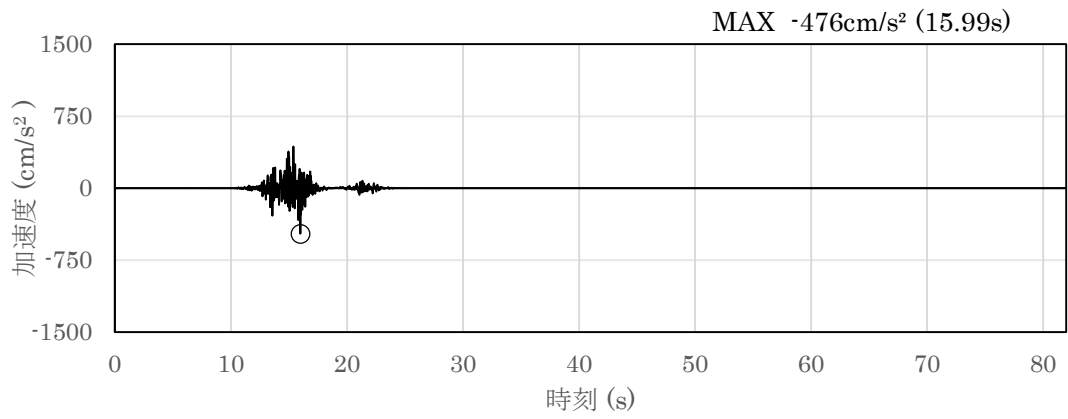


(a) 加速度時刻歴波形

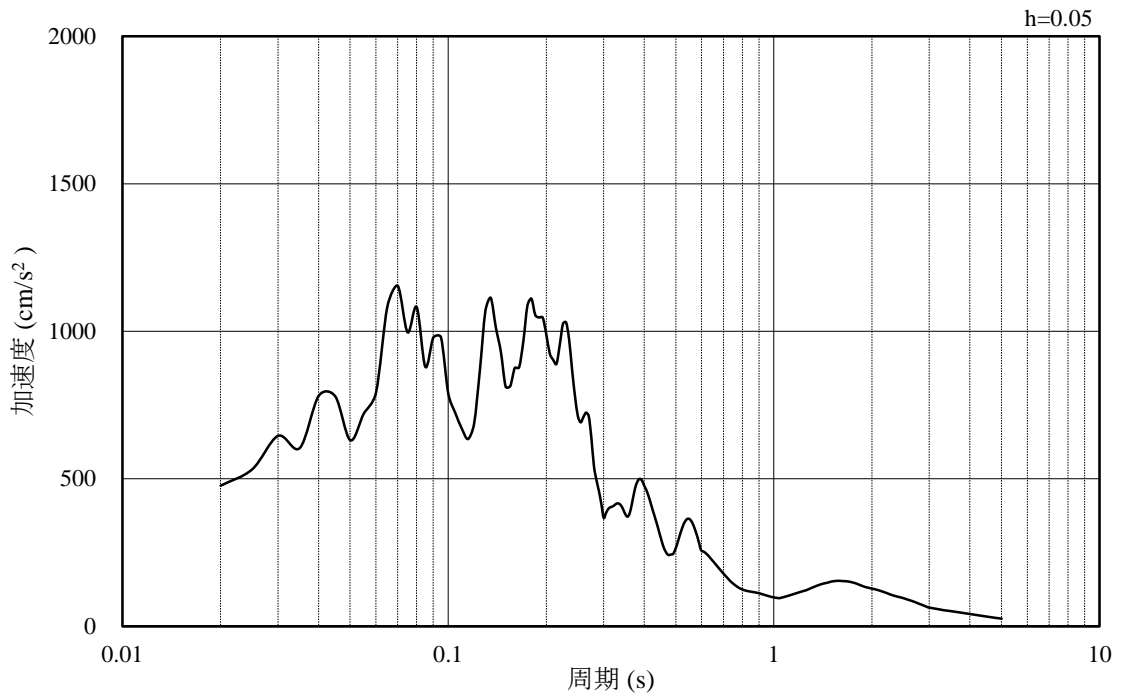


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-41 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
(解析ケース③) (水平成分: S s - F 2 (E W))

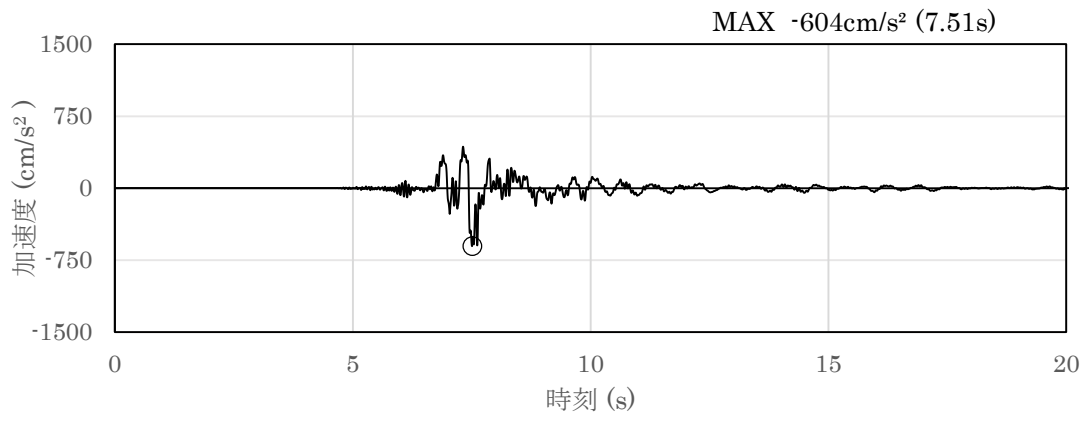


(a) 加速度時刻歴波形

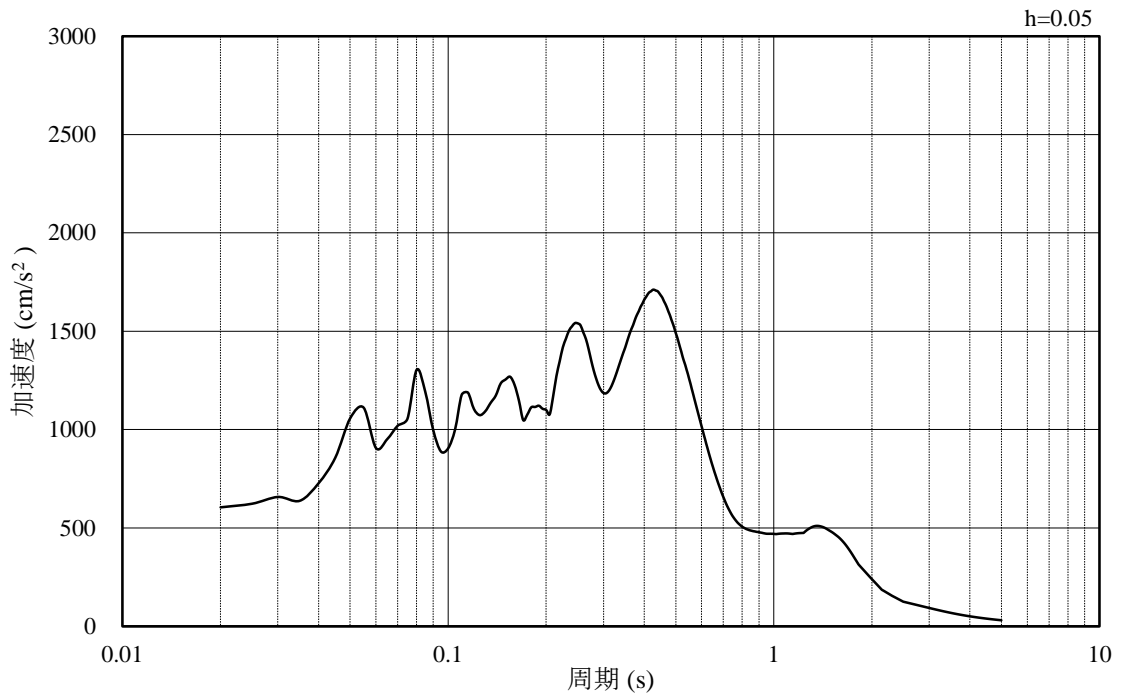


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-42 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
(解析ケース③) (鉛直成分: S s - F 2)

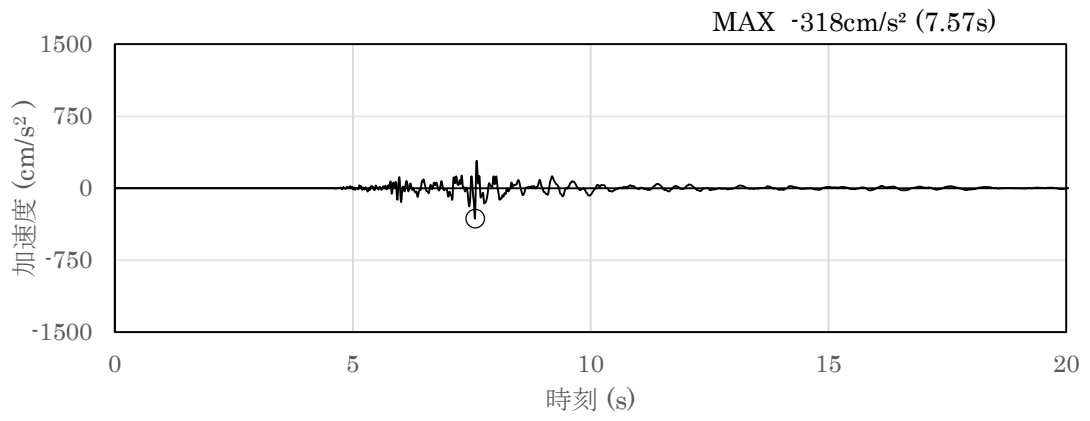


(a) 加速度時刻歴波形

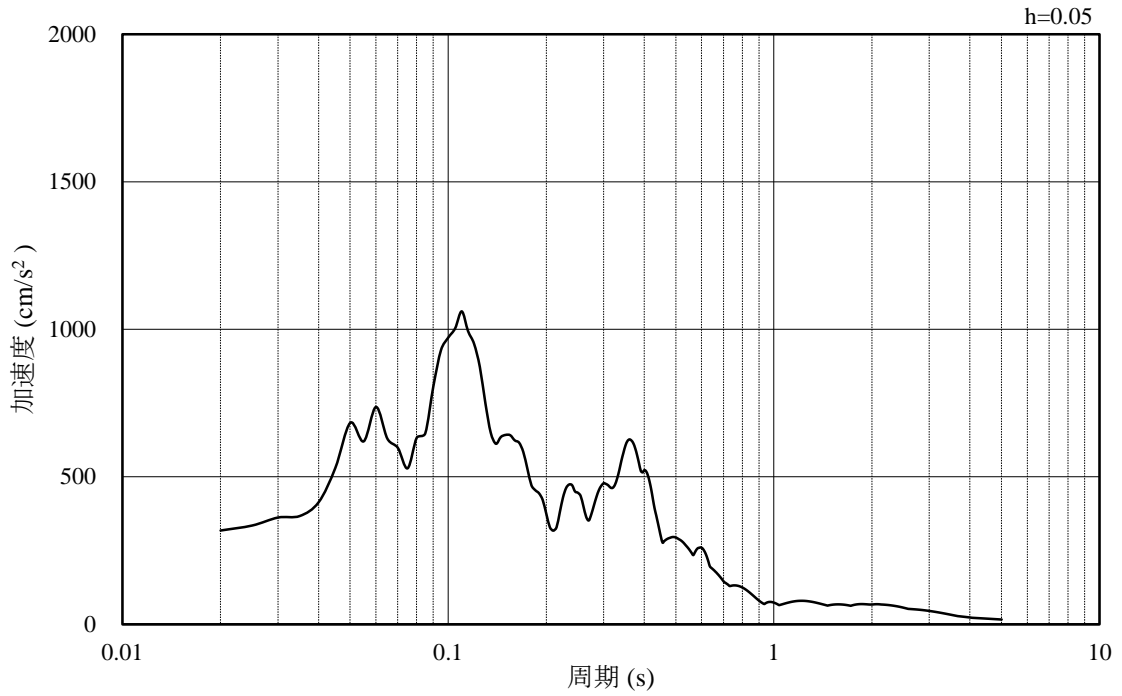


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-43 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
(解析ケース③) (水平成分: S s - N 1)

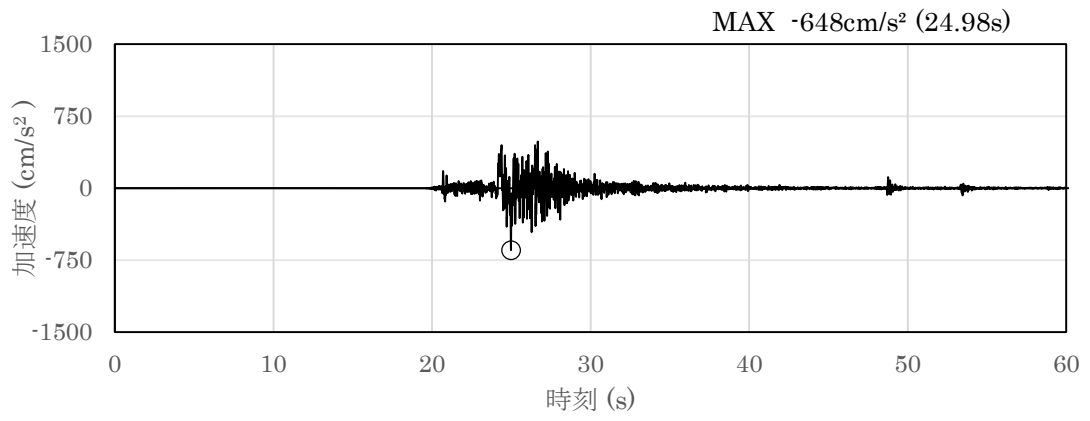


(a) 加速度時刻歴波形

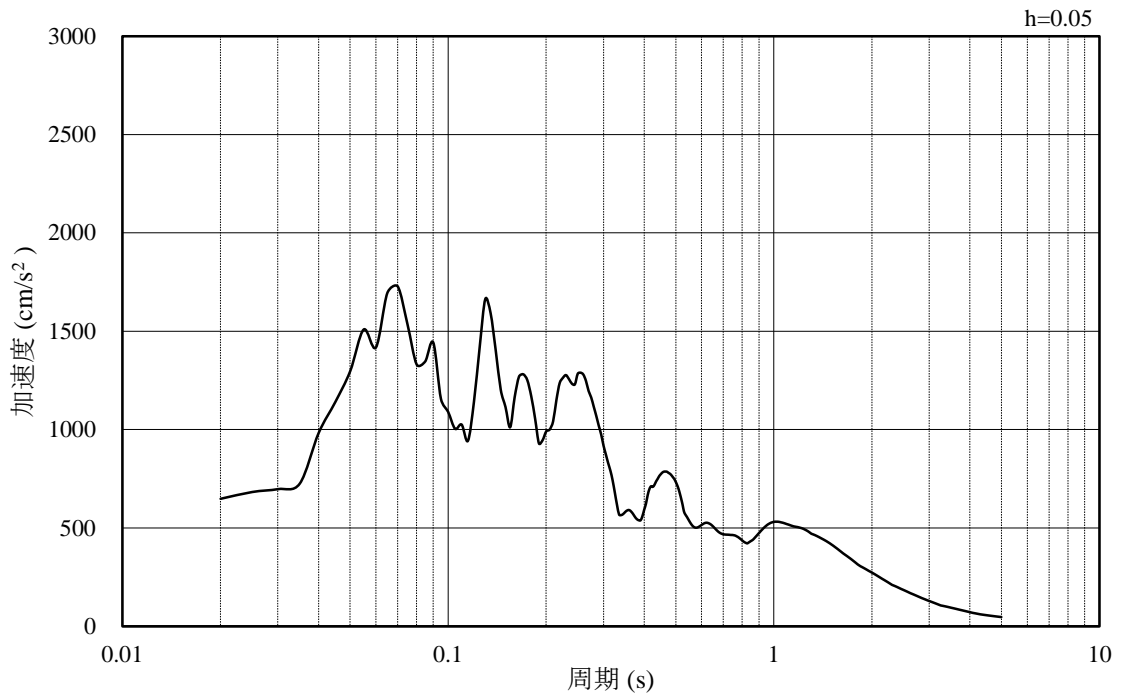


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-44 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
(解析ケース③) (鉛直成分: S s - N 1)

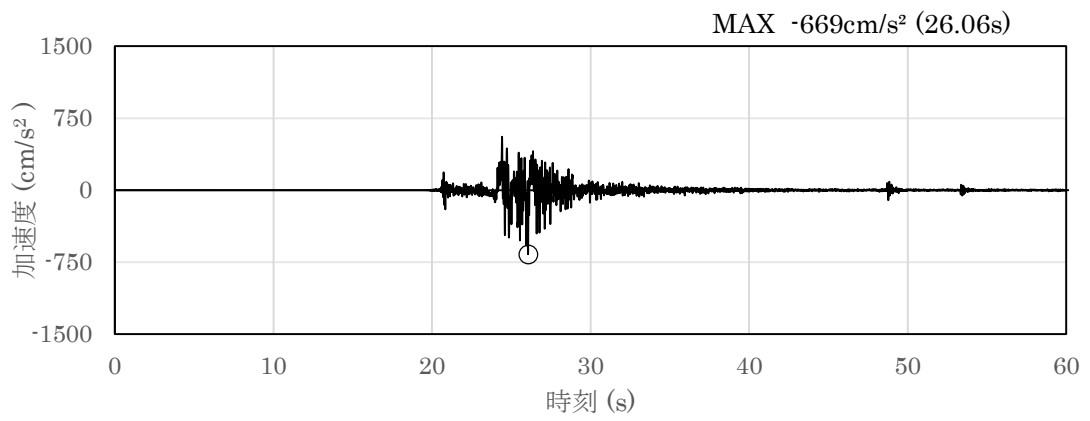


(a) 加速度時刻歴波形

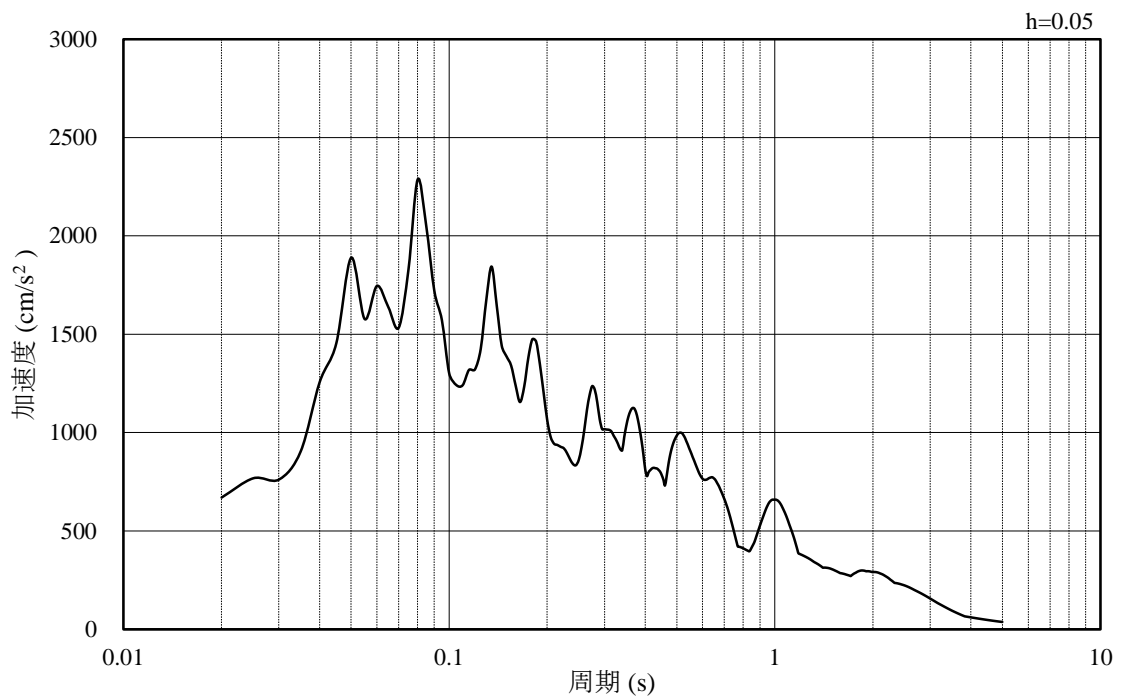


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-45 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
(解析ケース③) (水平成分: S s - N 2 (NS))

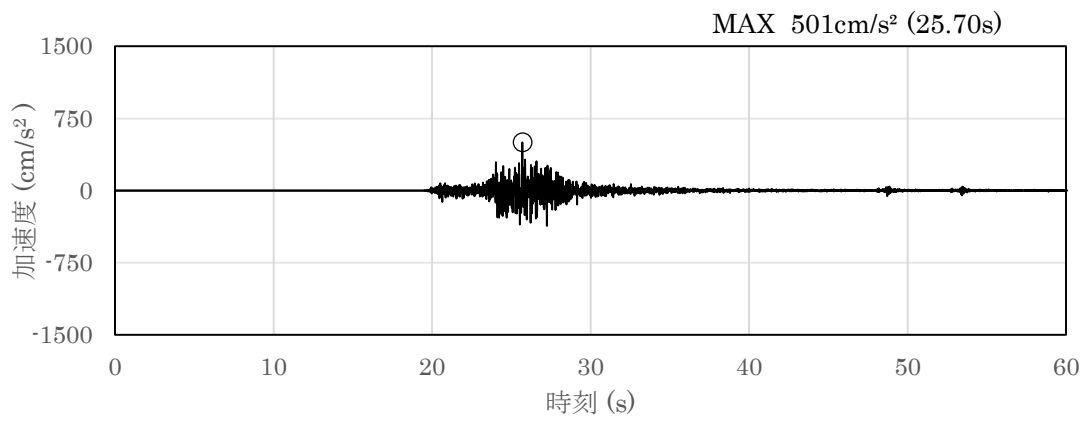


(a) 加速度時刻歴波形

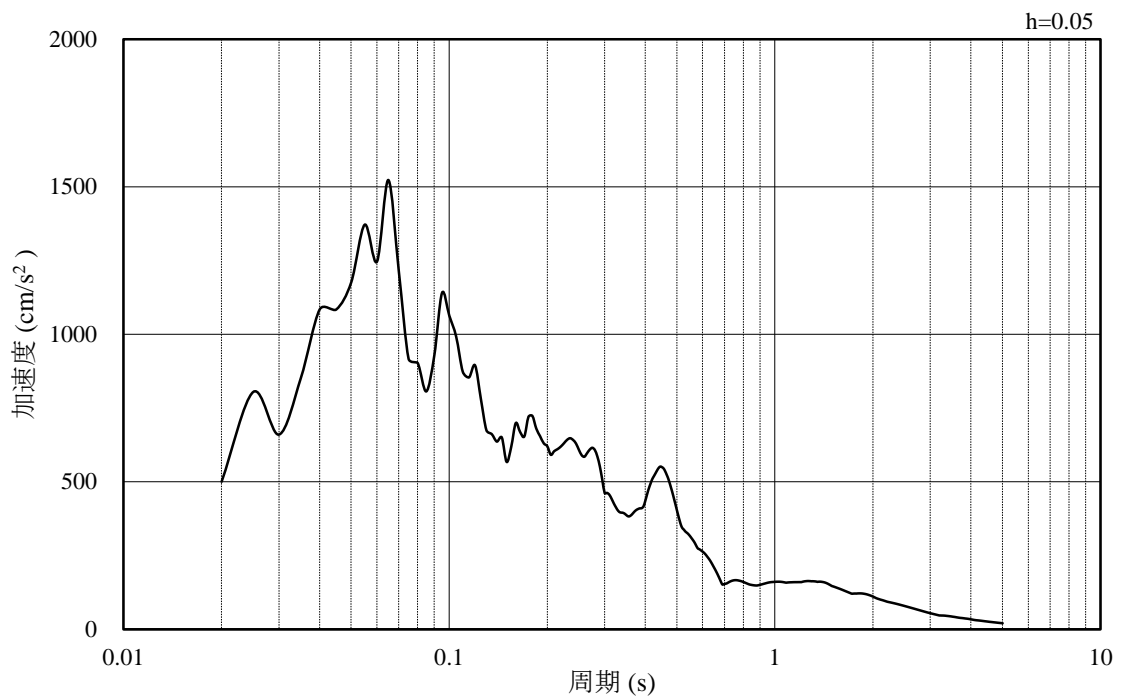


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-46 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
(解析ケース③) (水平成分: S s - N 2 (E W))



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-47 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
(解析ケース③) (鉛直成分：S s - N 2)

4. 解析結果

4.1 固有値解析結果

解析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～図 4-12 に示す。

なお，刺激係数は，モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる値を示す。

表 4-1 固有値解析結果（解析ケース①）

(a) 水平方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.065	15.48	1.359	防油堤（加振直交方向）1次
2	0.061	16.51	1.779	軽油タンク及び基礎スラブ1次
3	0.025	40.34	-2.690	防油堤（加振方向）1次
4	0.020	48.96	2.223	
5	0.016	64.06	-0.448	
6	0.013	74.13	-0.109	

(b) 鉛直方向

次数	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)	刺激係数	備考
1	0.019	51.87	1.933	軽油タンク及び基礎スラブ並びに防油堤1次
2	0.013	79.11	-0.950	
3	0.004	239.28	-0.049	
4	0.004	283.60	0.000	
5	0.003	287.10	-0.032	
6	0.002	407.28	0.075	

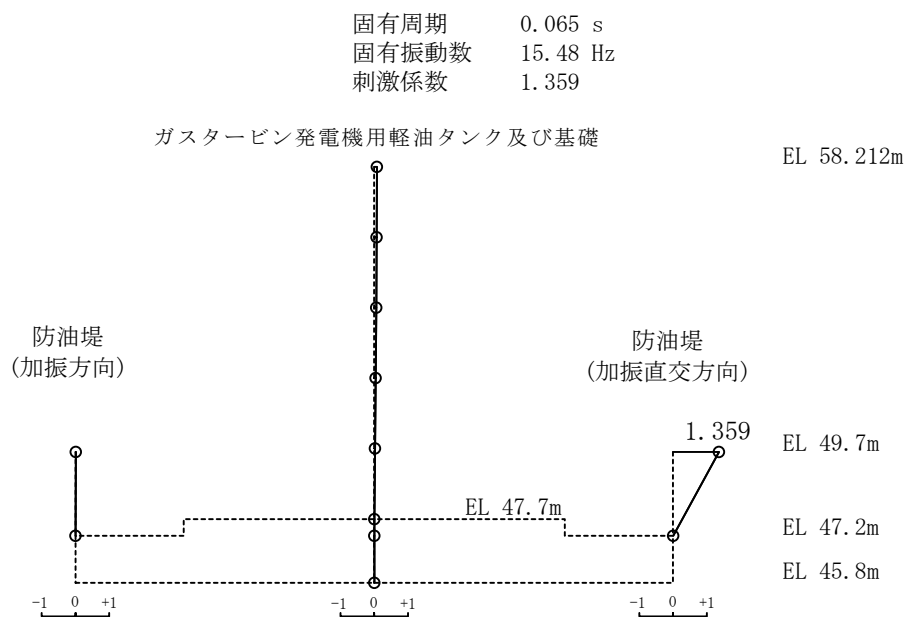


図 4-1 刺激関数図 (解析ケース①, 水平方向, 1次モード)

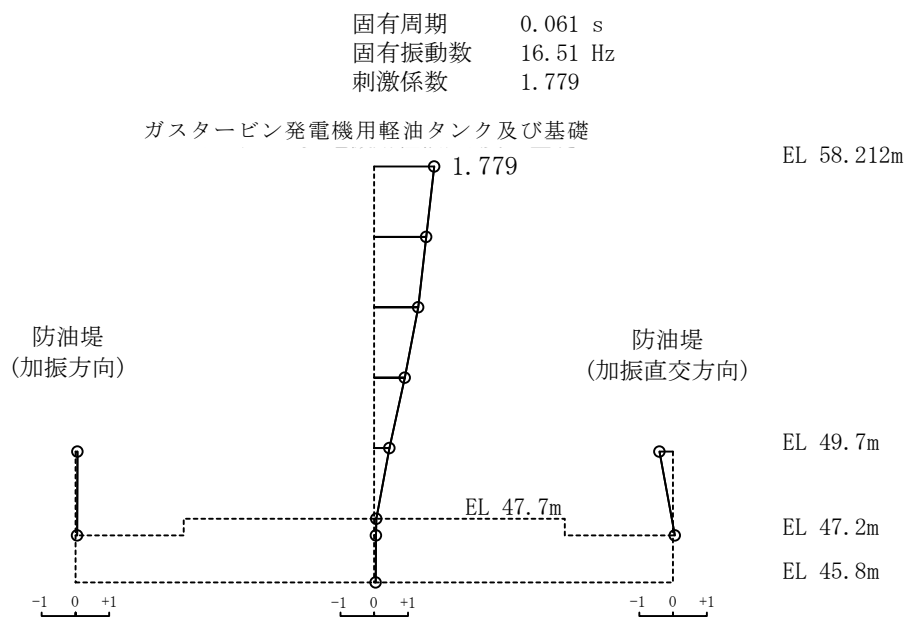


図 4-2 刺激関数図 (解析ケース①, 水平方向, 2次モード)

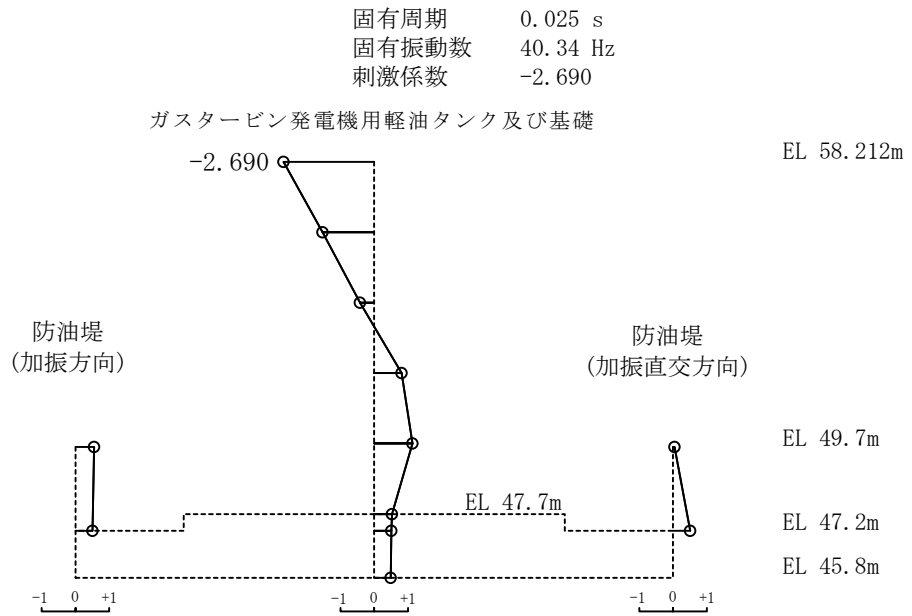


図 4-3 刺激関数図 (解析ケース①, 水平方向, 3次モード)

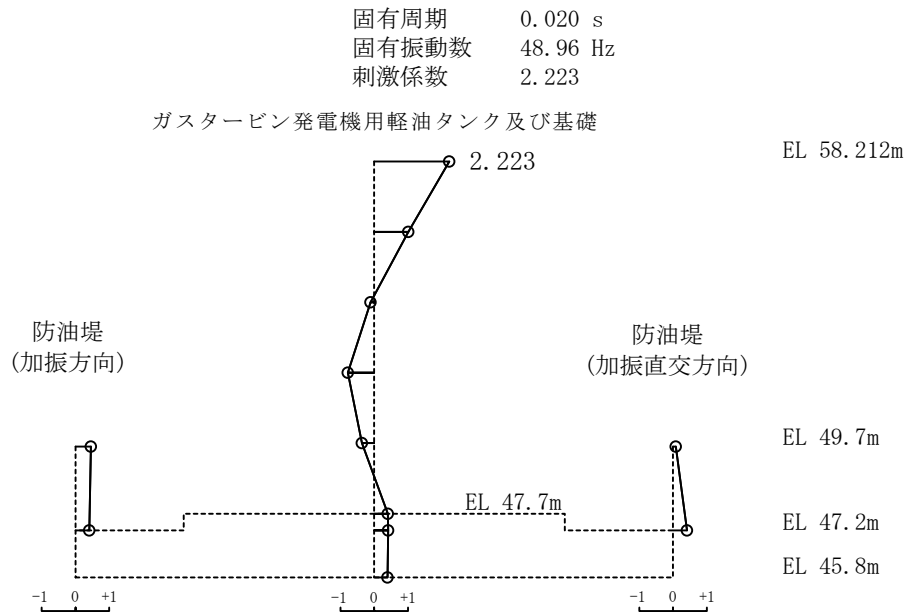


図 4-4 刺激関数図 (解析ケース①, 水平方向, 4次モード)

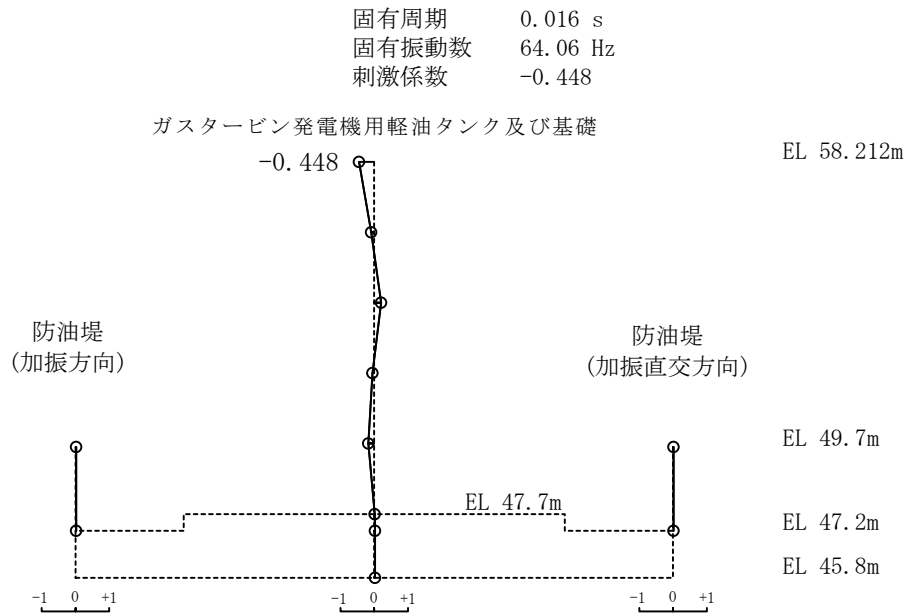


図 4-5 刺激関数図 (解析ケース①, 水平方向, 5次モード)

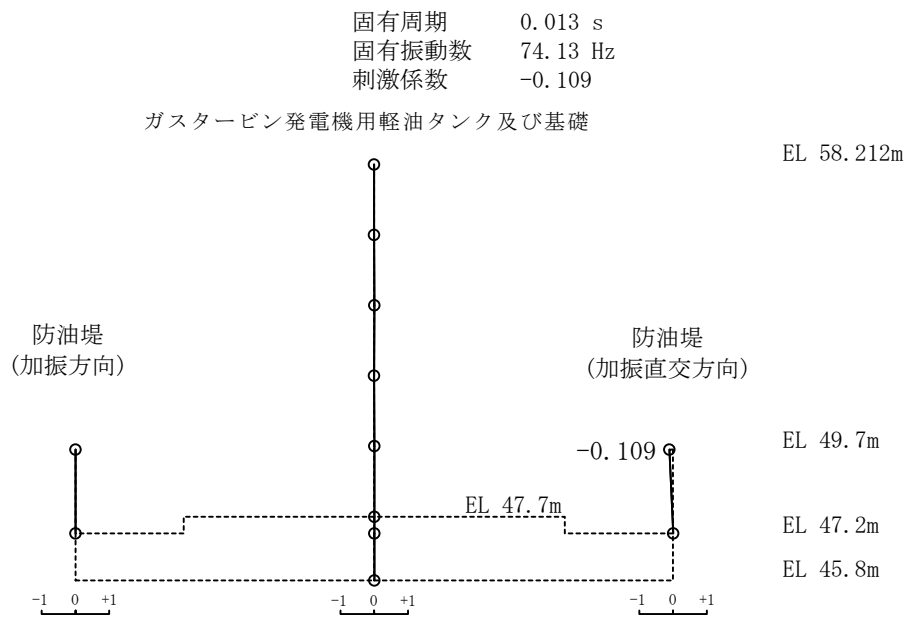


図 4-6 刺激関数図 (解析ケース①, 水平方向, 6次モード)

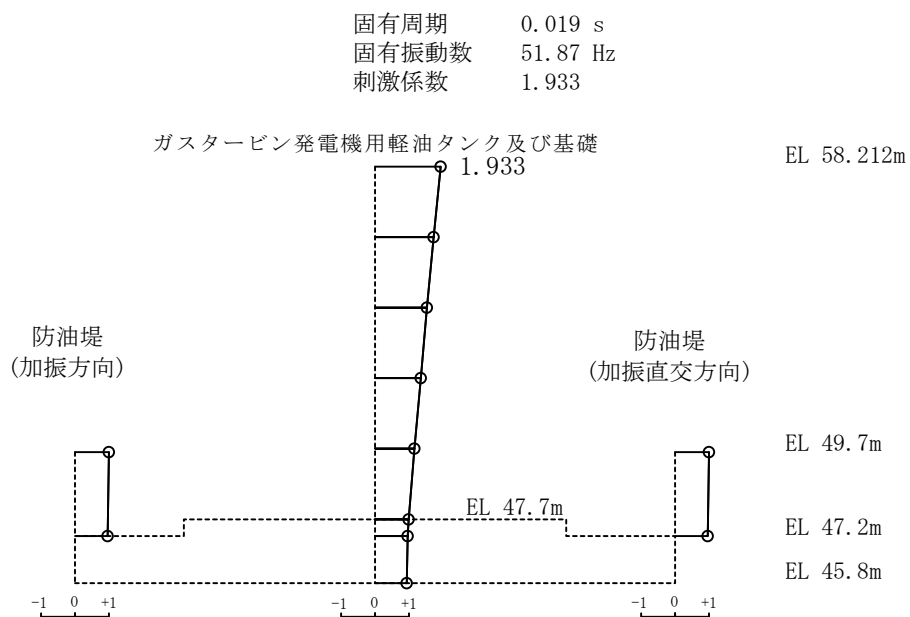


図 4-7 刺激関数図 (解析ケース①, 鉛直方向, 1次モード)

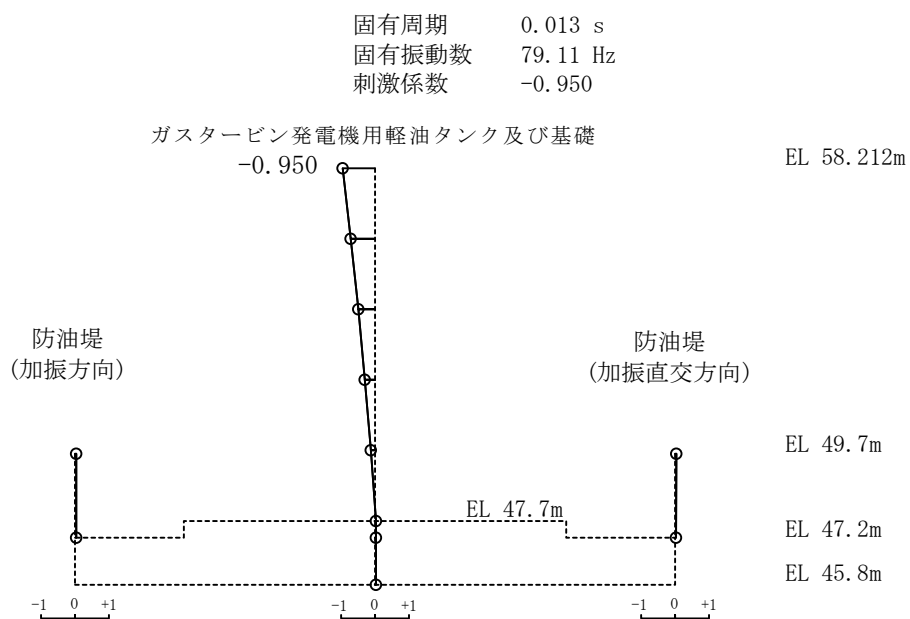


図 4-8 刺激関数図 (解析ケース①, 鉛直方向, 2次モード)

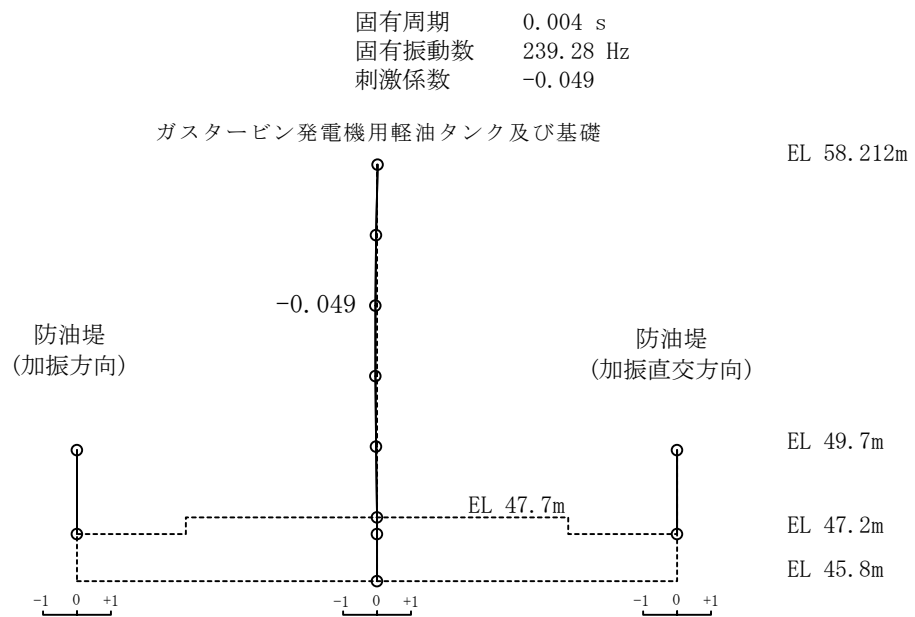


図 4-9 刺激関数図 (解析ケース①, 鉛直方向, 3次モード)

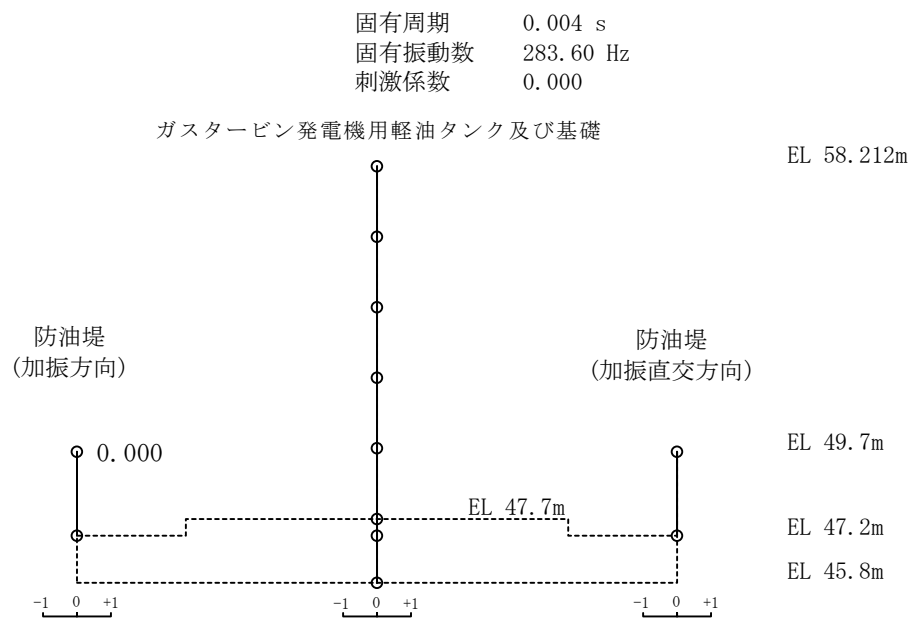


図 4-10 刺激関数図 (解析ケース①, 鉛直方向, 4次モード)

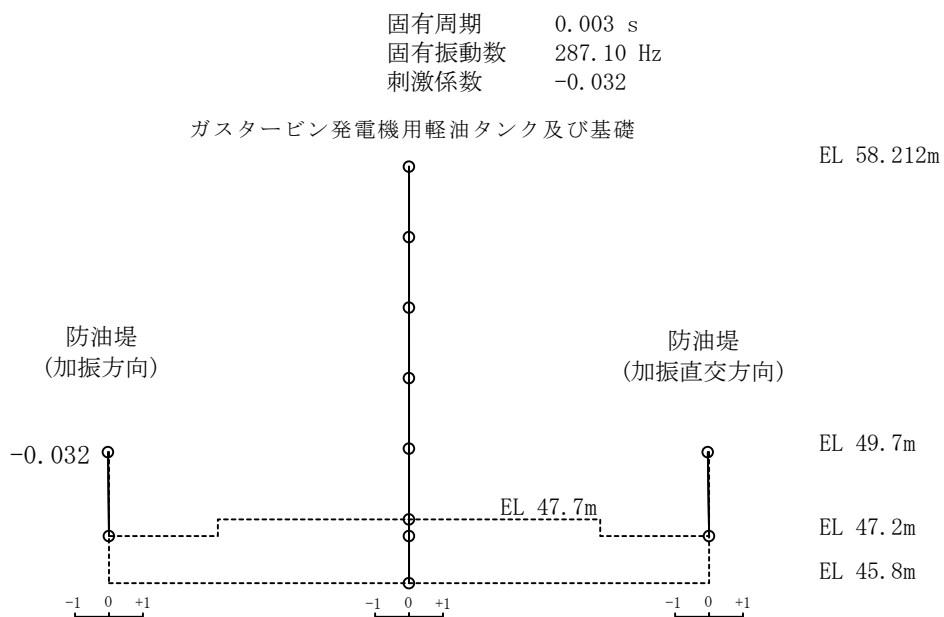


図 4-11 刺激関数図 (解析ケース①, 鉛直方向, 5 次モード)

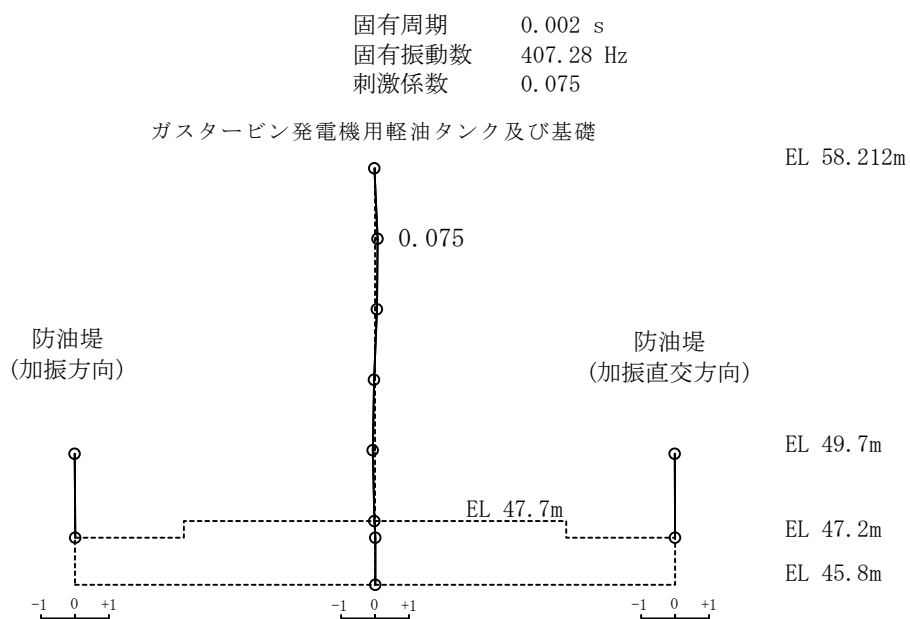


図 4-12 刺激関数図 (解析ケース①, 鉛直方向, 6 次モード)

4.2 地震応答解析結果

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について、すべての基準地震動 S_s による最大応答値を図 4-13～図 4-19 及び表 4-2～表 4-8 に示す。また、機器・配管系の応答加速度抽出のため、地盤物性のばらつきを考慮した解析ケース②及び③の最大応答値を図 4-20～図 4-33 及び表 4-9～表 4-22 に示す。

接地率を表 4-23 に示す。接地率は、誘発上下動を考慮した地震応答解析を適用できる基準値(50%以上)を満足していることを確認した。

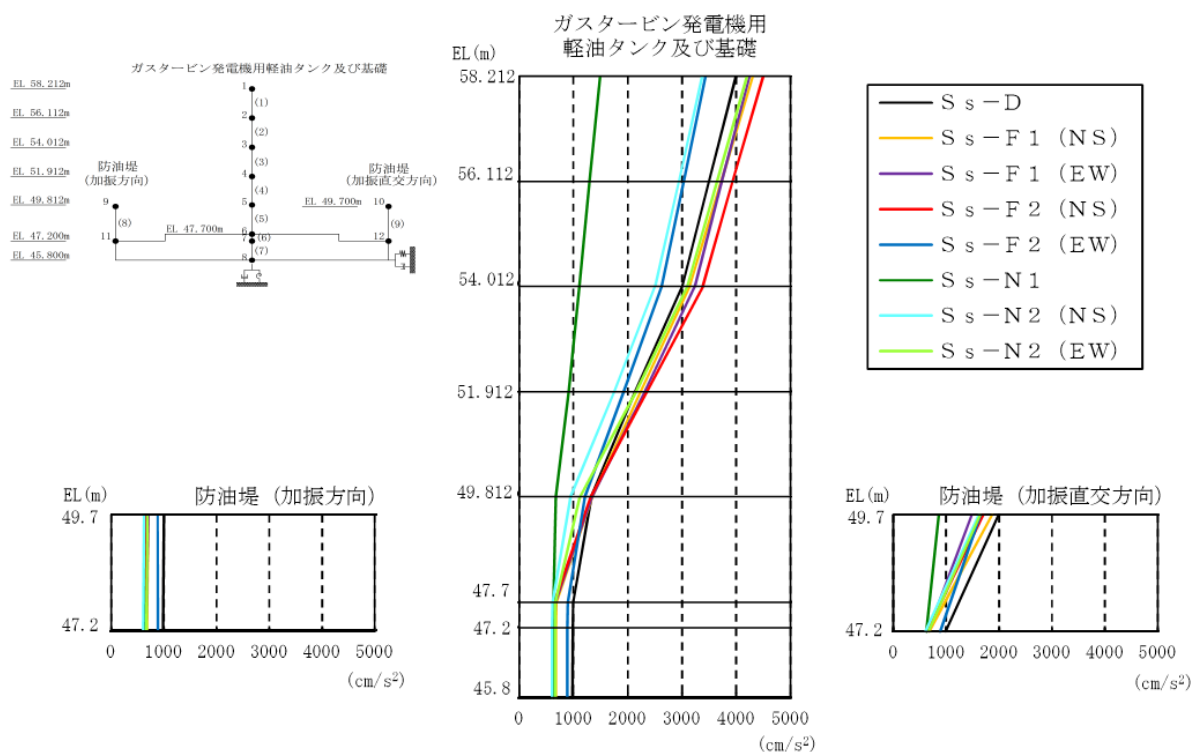


図 4-13 最大応答加速度分布図 (水平方向, 解析ケース①)

表 4-2 最大応答加速度一覧 (水平方向, 解析ケース①)

部位	EL (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)								
			S _s -D	S _s -F 1 (NS)	S _s -F 1 (EW)	S _s -F 2 (NS)	S _s -F 2 (EW)	S _s -N 1	S _s -N 2 (NS)	S _s -N 2 (EW)	最大値
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212	1	3994	4306	4246	4498	3433	1487	3375	4198	4498
	56.112	2	3495	3724	3730	3930	3031	1296	2939	3648	3930
	54.012	3	2999	3141	3236	3383	2621	1107	2498	3094	3383
	51.912	4	2130	2234	2311	2359	1923	910	1748	2156	2359
	49.812	5	1329	1344	1344	1313	1209	672	942	1117	1344
基礎	47.200	7	985	676	659	633	888	627	608	666	985
	45.800	8	977	674	658	621	883	626	604	663	977
防油堤 (加振方向)	49.700	9	999	700	704	646	883	627	621	689	999
防油堤 (加振直交方向)	47.200	11	985	676	659	633	888	627	608	666	985
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	1992	1871	1487	1698	1646	861	1617	1643	1992
防油堤 (加振直交方向)	47.200	12	985	676	659	633	888	627	608	666	985

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

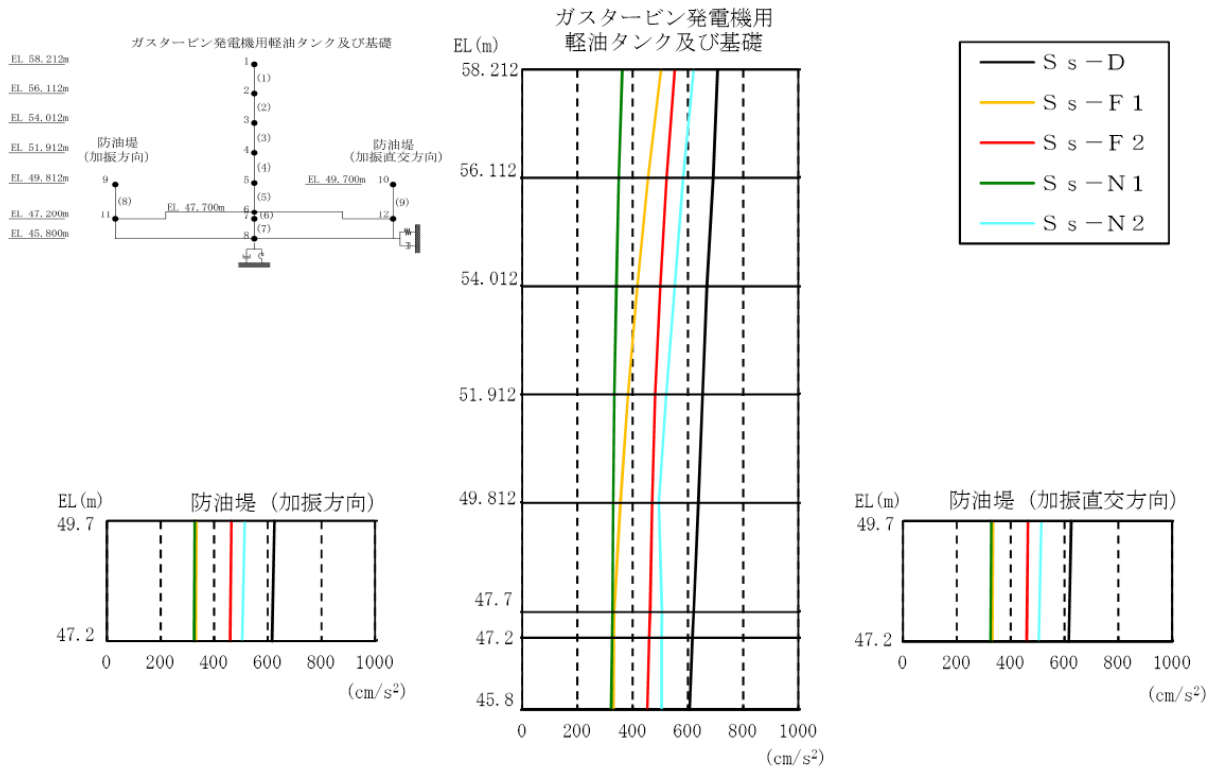


図 4-14 最大応答加速度分布図（鉛直方向，解析ケース①）

表 4-3 最大応答加速度一覧（鉛直方向，解析ケース①）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)					最大値
			S s - D	S s - F 1	S s - F 2	S s - N 1	S s - N 2	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212	1	708	503	553	362	621	708
	56.112	2	691	456	522	350	582	691
	54.012	3	669	416	500	341	553	669
	51.912	4	653	382	480	333	521	653
	49.812	5	638	356	470	329	495	638
	47.700	6	621	333	463	327	506	621
基礎	47.200	7	616	332	459	325	504	616
	45.800	8	606	330	453	322	504	606
防油堤 (加振方向)	49.700	9	625	334	464	328	514	625
	47.200	11	616	332	459	325	504	616
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	625	334	464	328	514	625
	47.200	12	616	332	459	325	504	616

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

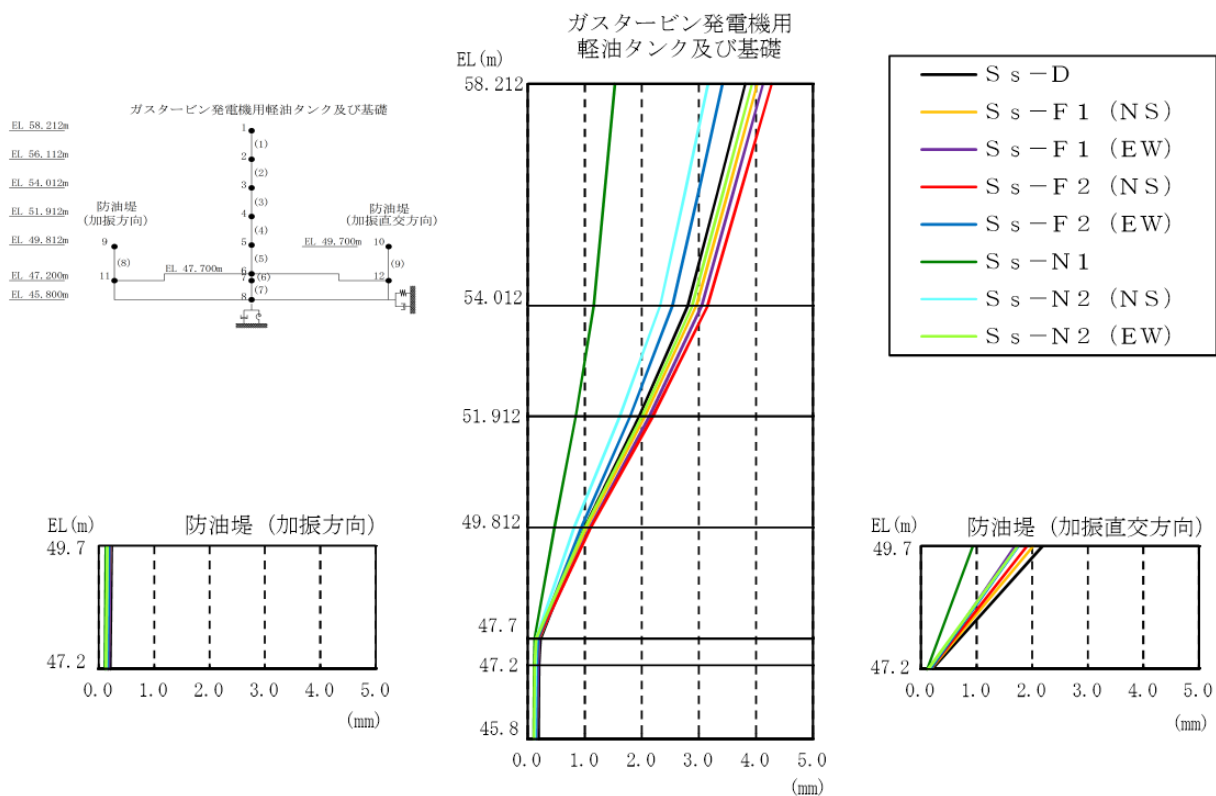


図 4-15 最大応答変位分布図 (水平方向, 解析ケース①)

表 4-4 最大応答変位一覧 (水平方向, 解析ケース①)

部位	EL (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)								
			S s - D	S s - F 1 (NS)	S s - F 1 (EW)	S s - F 2 (NS)	S s - F 2 (EW)	S s - N 1	S s - N 2 (NS)	S s - N 2 (EW)	最大値
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212	1	3.81	4.02	4.12	4.28	3.41	1.52	3.16	3.93	4.28
	56.112	2	3.31	3.49	3.59	3.72	2.98	1.34	2.74	3.41	3.72
	54.012	3	2.81	2.96	3.05	3.15	2.54	1.16	2.32	2.89	3.15
	51.912	4	1.95	2.05	2.13	2.19	1.79	0.84	1.61	2.00	2.19
	49.812	5	0.99	1.03	1.09	1.10	0.94	0.47	0.81	1.00	1.10
基礎	47.700	6	0.22	0.19	0.20	0.18	0.18	0.12	0.15	0.15	0.22
	47.200	7	0.20	0.17	0.18	0.16	0.16	0.11	0.13	0.13	0.20
防油堤 (加振方向)	45.800	8	0.19	0.15	0.16	0.14	0.14	0.10	0.12	0.11	0.19
	49.700	9	0.23	0.20	0.21	0.19	0.19	0.12	0.15	0.15	0.23
防油堤 (加振直交方向)	47.200	11	0.20	0.17	0.18	0.16	0.16	0.11	0.13	0.13	0.20
	49.700	10	2.18	2.02	1.69	1.90	1.76	0.93	1.74	1.74	2.18
	47.200	12	0.20	0.17	0.18	0.16	0.16	0.11	0.13	0.13	0.20

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

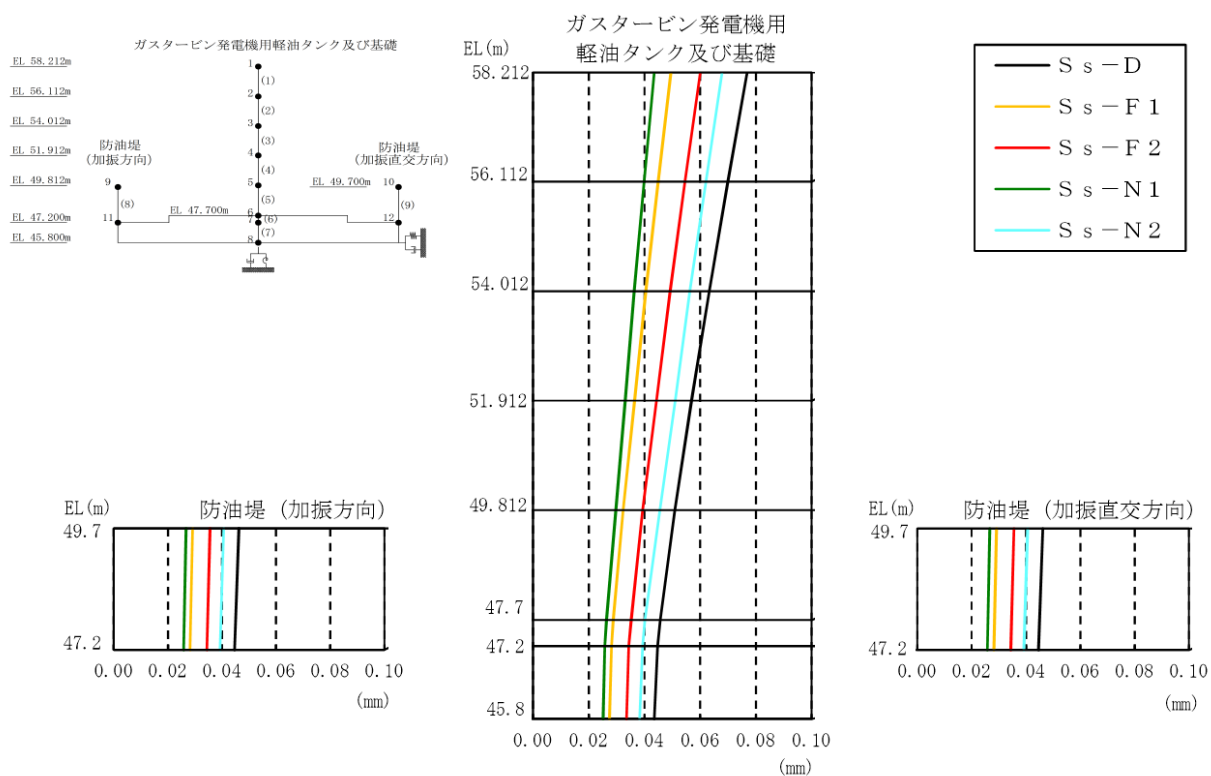


図 4-16 最大応答変位分布図（鉛直方向，解析ケース①）

表 4-5 最大応答変位一覧（鉛直方向，解析ケース①）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)					最大値
			S s - D	S s - F 1	S s - F 2	S s - N 1	S s - N 2	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212	1	0.08	0.05	0.06	0.04	0.07	0.08
	56.112	2	0.07	0.04	0.05	0.04	0.06	0.07
	54.012	3	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06
	51.912	4	0.06	0.04	0.04	0.03	0.05	0.06
	49.812	5	0.05	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05
	47.700	6	0.05	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05
基礎	47.200	7	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
	45.800	8	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
防油堤 (加振方向)	49.700	9	0.05	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05
	47.200	11	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	0.05	0.03	0.04	0.03	0.04	0.05
	47.200	12	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

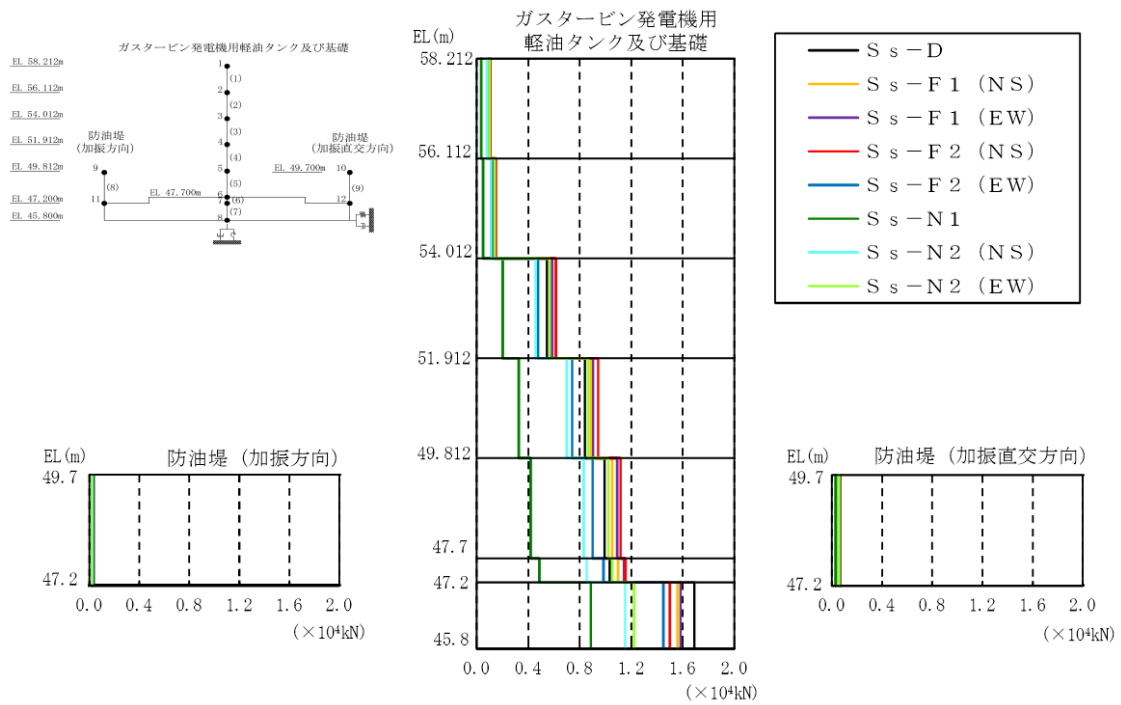


図 4-17 最大応答せん断力分布図 (解析ケース①)

表 4-6 最大応答せん断力一覧 (解析ケース①)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答せん断力 (×10 ⁴ kN)								最大値
			S s - D	S s - F 1 (NS)	S s - F 1 (EW)	S s - F 2 (NS)	S s - F 2 (EW)	S s - N 1	S s - N 2 (NS)	S s - N 2 (EW)	
ガスタービン発電機用軽油タンク	58.212~56.112	1	0.09	0.10	0.10	0.11	0.08	0.03	0.08	0.10	0.11
	56.112~54.012	2	0.13	0.14	0.14	0.15	0.11	0.05	0.11	0.14	0.15
	54.012~51.912	3	0.55	0.58	0.59	0.61	0.48	0.20	0.46	0.57	0.61
	51.912~49.812	4	0.84	0.89	0.90	0.94	0.74	0.33	0.70	0.87	0.94
	49.812~47.700	5	0.99	1.05	1.09	1.12	0.90	0.42	0.83	1.02	1.12
基礎	47.700~47.200	6	1.03	1.10	1.14	1.15	0.98	0.49	0.85	1.05	1.15
	47.200~45.800	7	1.69	1.56	1.58	1.50	1.45	0.89	1.15	1.22	1.69
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.07	0.06	0.05	0.06	0.06	0.03	0.05	0.06	0.07

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

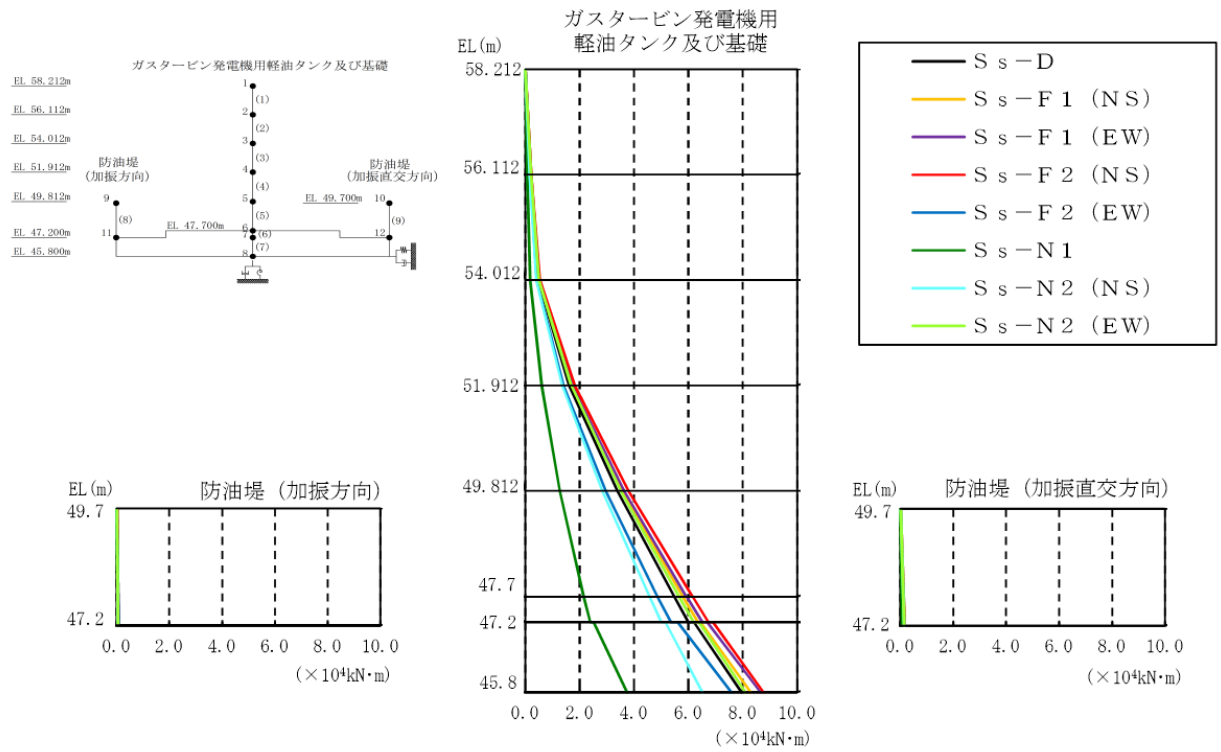


図 4-18 最大応答曲げモーメント分布図 (解析ケース①)

表 4-7 最大応答曲げモーメント一覧 (解析ケース①)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁴ kN·m)								最大値
			S s - D	S s - F 1 (NS)	S s - F 1 (EW)	S s - F 2 (NS)	S s - F 2 (EW)	S s - N 1	S s - N 2 (NS)	S s - N 2 (EW)	
ガスタービン発電機用軽油タンク	58.212~56.112	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
			0.20	0.21	0.21	0.22	0.17	0.07	0.17	0.21	0.22
	56.112~54.012	2	0.20	0.21	0.21	0.22	0.17	0.07	0.17	0.21	0.22
			0.47	0.51	0.50	0.53	0.41	0.18	0.40	0.50	0.53
	54.012~51.912	3	0.47	0.51	0.50	0.53	0.41	0.18	0.40	0.50	0.53
1.62			1.72	1.73	1.82	1.41	0.60	1.36	1.69	1.82	
51.912~49.812	4	1.62	1.72	1.73	1.82	1.41	0.60	1.36	1.69	1.82	
		3.38	3.58	3.63	3.80	2.96	1.27	2.83	3.51	3.80	
49.812~47.700	5	3.38	3.58	3.63	3.80	2.96	1.27	2.83	3.51	3.80	
		5.48	5.80	5.93	6.16	4.86	2.15	4.58	5.66	6.16	
基礎	47.700~47.200	6	5.48	5.80	5.94	6.16	4.87	2.15	4.59	5.67	6.16
			6.00	6.35	6.51	6.74	5.35	2.40	5.01	6.19	6.74
47.200~45.800	7	6.20	6.45	6.69	6.91	5.61	2.52	5.15	6.39	6.91	
		7.96	8.29	8.66	8.76	7.58	3.74	6.52	8.10	8.76	
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.02	0.02	0.02	0.03	0.01	0.00	0.01	0.02	0.03
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
			0.18	0.18	0.14	0.16	0.15	0.08	0.15	0.15	0.18

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

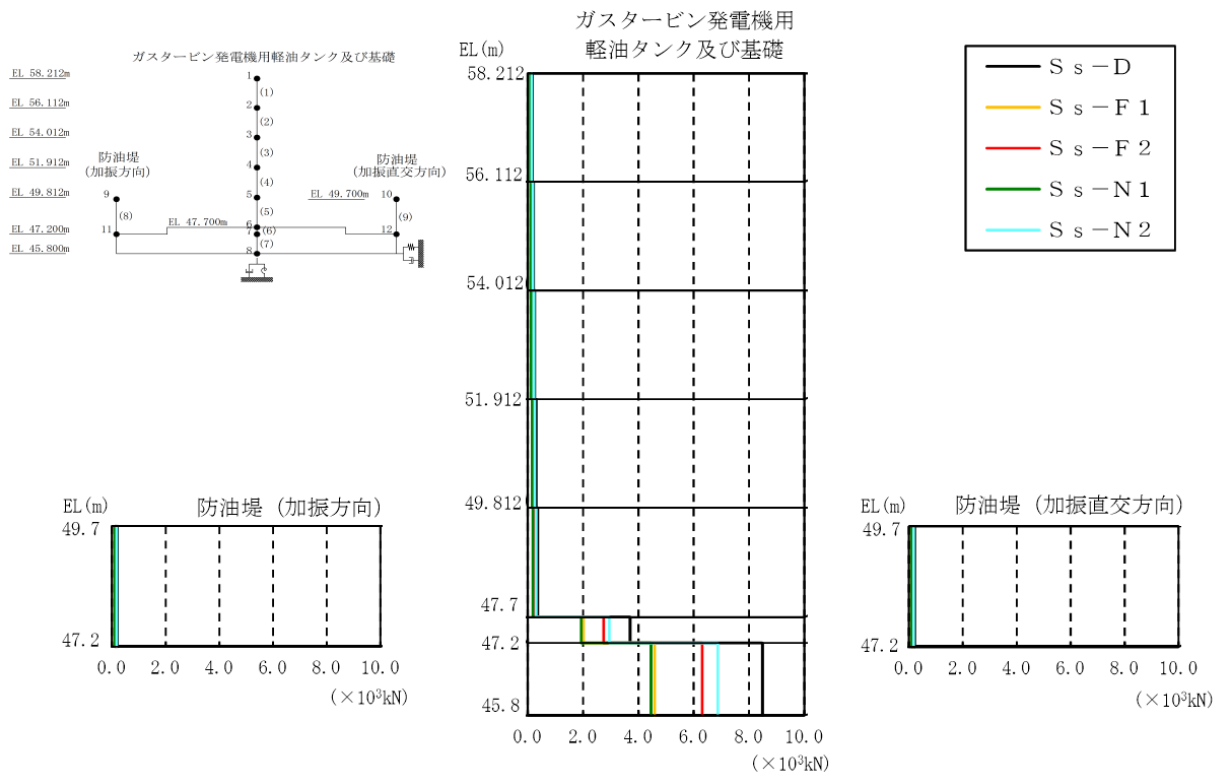


図 4-19 最大応答軸力分布図 (解析ケース①)

表 4-8 最大応答軸力一覧 (解析ケース①)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答軸力 ($\times 10^3$ kN)					最大値
			S s - D	S s - F 1	S s - F 2	S s - N 1	S s - N 2	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212~56.112	1	0.17	0.12	0.13	0.09	0.15	0.17
	56.112~54.012	2	0.20	0.14	0.16	0.10	0.18	0.20
	54.012~51.912	3	0.25	0.17	0.19	0.13	0.22	0.25
	51.912~49.812	4	0.30	0.20	0.23	0.15	0.26	0.30
	49.812~47.700	5	0.36	0.23	0.27	0.18	0.30	0.36
基礎	47.700~47.200	6	3.70	2.01	2.74	1.93	2.94	3.70
	47.200~45.800	7	8.49	4.59	6.31	4.46	6.87	8.49
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.21	0.11	0.16	0.11	0.17	0.21
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.21	0.11	0.16	0.11	0.17	0.21

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

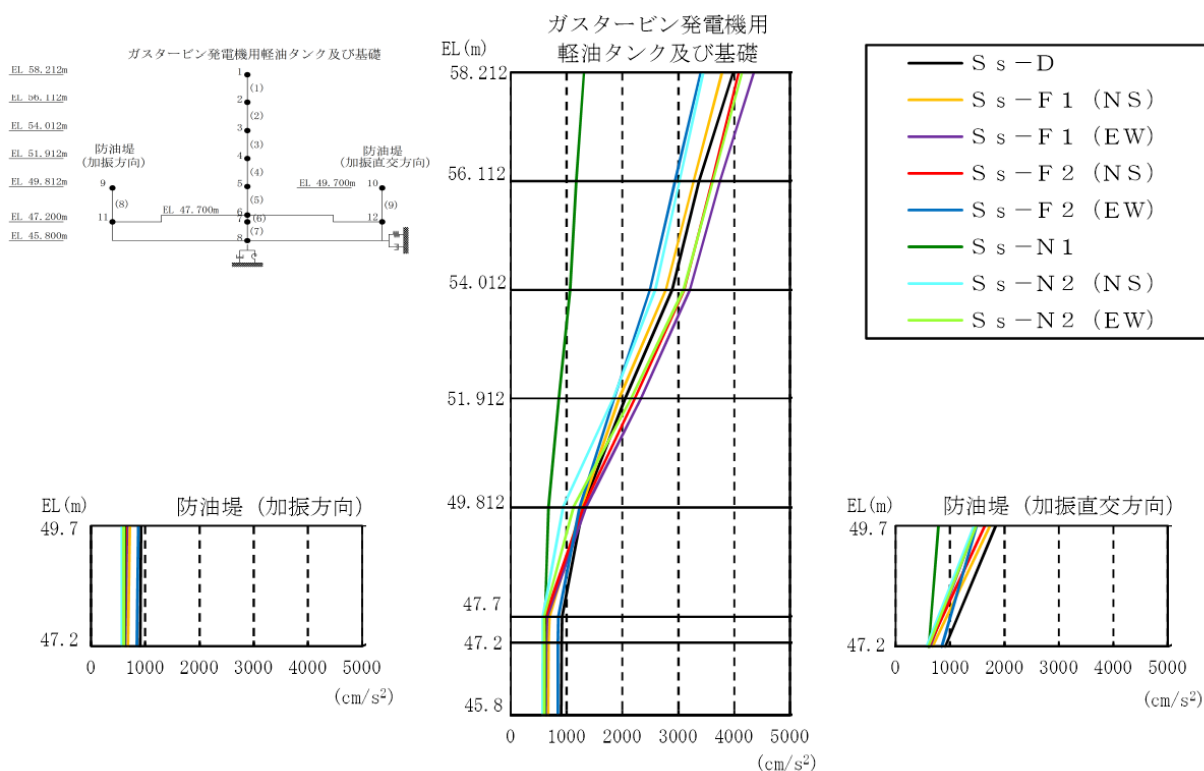


図 4-20 最大応答加速度分布図（水平方向，解析ケース②）

表 4-9 最大応答加速度一覧（水平方向，解析ケース②）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)								最大値
			S _s -D	S _s -F 1 (NS)	S _s -F 1 (EW)	S _s -F 2 (NS)	S _s -F 2 (EW)	S _s -N 1	S _s -N 2 (NS)	S _s -N 2 (EW)	
ガスタービン発電機用軽油タンク	58.212	1	3980	3780	4353	4083	3399	1309	3446	4141	4353
	56.112	2	3369	3270	3747	3601	2943	1171	3019	3620	3747
	54.012	3	2888	2778	3205	3106	2490	1067	2585	3092	3205
	51.912	4	2043	1936	2328	2220	1847	862	1829	2154	2328
	49.812	5	1286	1265	1341	1294	1234	672	935	1116	1341
基礎	47.700	6	916	689	645	618	849	608	571	593	916
	47.200	7	908	677	629	603	845	607	566	598	908
防油堤 (加振方向)	45.800	8	904	665	625	589	846	607	562	595	904
	49.700	9	920	712	665	634	870	616	571	599	920
防油堤 (加振直交方向)	47.200	11	908	677	629	603	845	607	566	598	908
	49.700	10	1839	1731	1472	1636	1488	786	1439	1478	1839
	47.200	12	908	677	629	603	845	607	566	598	908

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

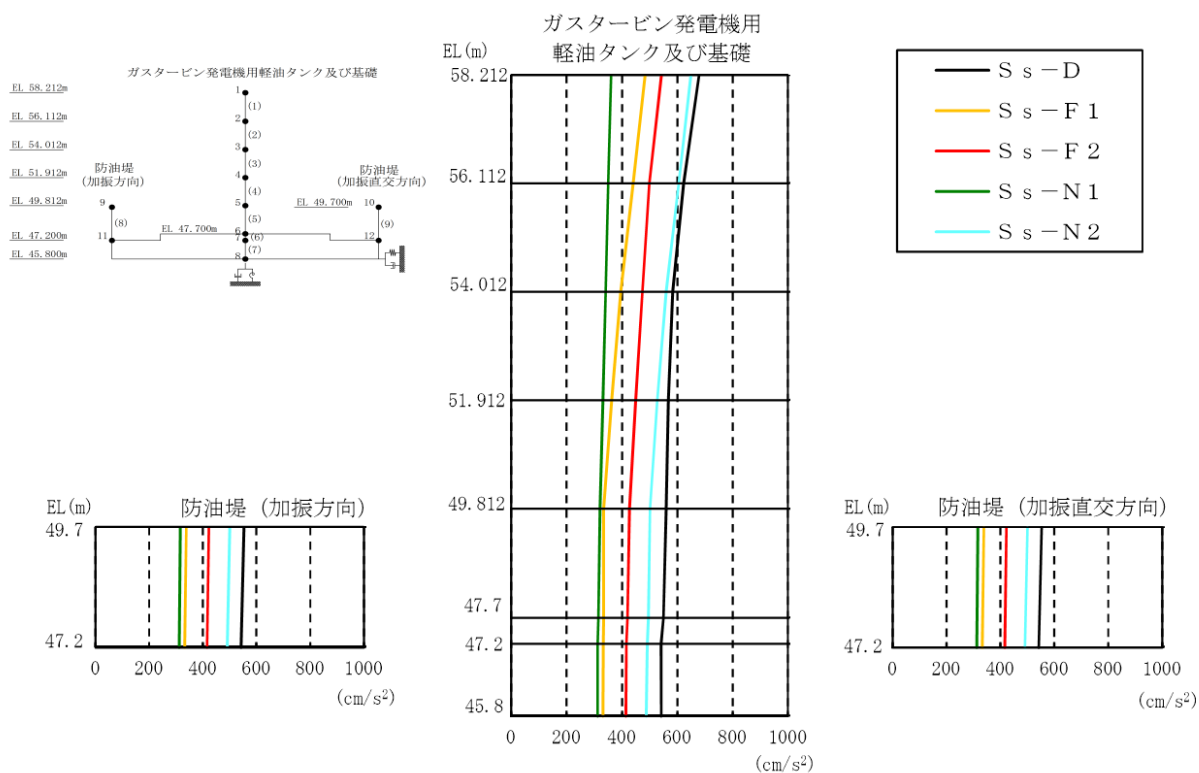


図 4-21 最大応答加速度分布図（鉛直方向，解析ケース②）

表 4-10 最大応答加速度一覧（鉛直方向，解析ケース②）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)					最大値
			S s - D	S s - F 1	S s - F 2	S s - N 1	S s - N 2	
ガスタービン発電機用軽油タンク	58.212	1	679	483	542	361	649	679
	56.112	2	624	440	498	350	605	624
	54.012	3	583	396	473	340	560	583
	51.912	4	569	362	449	331	527	569
	49.812	5	560	333	427	320	501	560
	47.700	6	550	334	420	315	495	550
基礎	47.200	7	542	332	416	312	491	542
	45.800	8	542	331	414	312	488	542
防油堤 (加振方向)	49.700	9	553	338	422	316	500	553
	47.200	11	542	332	416	312	491	542
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	553	338	422	316	500	553
	47.200	12	542	332	416	312	491	542

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

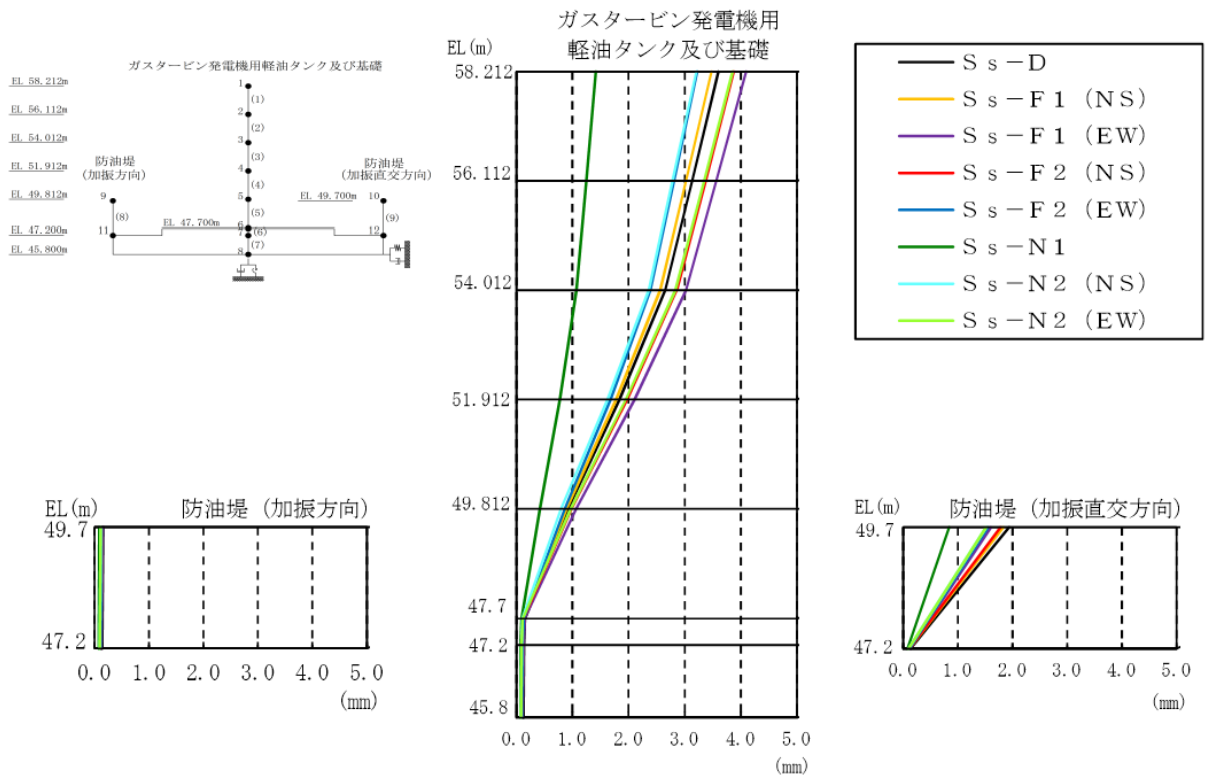


図 4-22 最大応答変位分布図（水平方向，解析ケース②）

表 4-11 最大応答変位一覧（水平方向，解析ケース②）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)								最大値
			Ss-D	Ss-F1 (NS)	Ss-F1 (EW)	Ss-F2 (NS)	Ss-F2 (EW)	Ss-N1	Ss-N2 (NS)	Ss-N2 (EW)	
ガスタービン発電機用軽油タンク	58.212	1	3.60	3.48	4.09	3.87	3.22	1.41	3.21	3.85	4.09
	56.112	2	3.13	3.02	3.56	3.37	2.81	1.24	2.79	3.35	3.56
	54.012	3	2.65	2.56	3.02	2.85	2.39	1.07	2.36	2.83	3.02
	51.912	4	1.84	1.78	2.11	1.98	1.67	0.77	1.63	1.95	2.11
	49.812	5	0.92	0.89	1.07	0.98	0.86	0.42	0.80	0.97	1.07
	47.700	6	0.15	0.13	0.15	0.13	0.13	0.09	0.11	0.11	0.15
基礎	47.200	7	0.14	0.12	0.13	0.11	0.11	0.08	0.10	0.09	0.14
	45.800	8	0.12	0.10	0.11	0.10	0.10	0.07	0.08	0.08	0.12
防油堤 (加振方向)	49.700	9	0.16	0.13	0.15	0.13	0.13	0.09	0.11	0.11	0.16
	47.200	11	0.14	0.12	0.13	0.11	0.11	0.08	0.10	0.09	0.14
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	1.94	1.83	1.60	1.78	1.55	0.84	1.52	1.52	1.94
	47.200	12	0.14	0.12	0.13	0.11	0.11	0.08	0.10	0.09	0.14

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

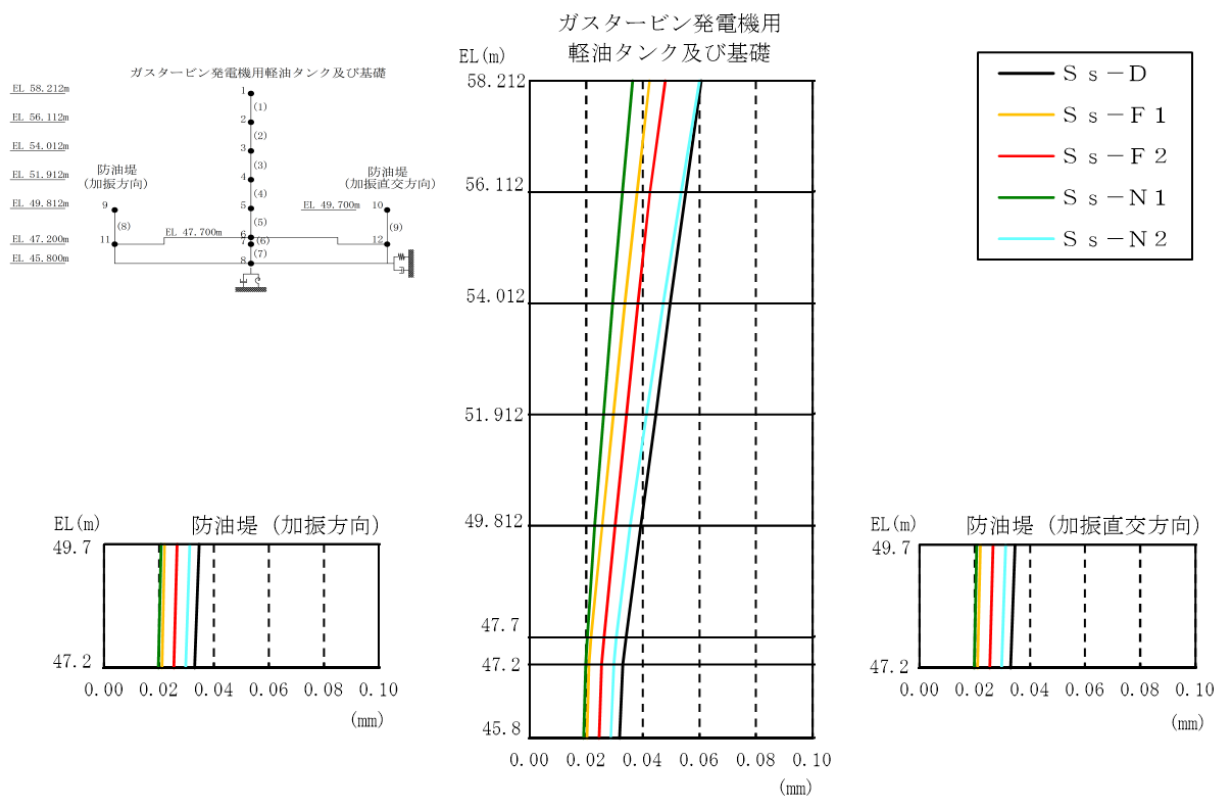


図 4-23 最大応答変位分布図（鉛直方向，解析ケース②）

表 4-12 最大応答変位一覧（鉛直方向，解析ケース②）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)					最大値
			S _s -D	S _s -F 1	S _s -F 2	S _s -N 1	S _s -N 2	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212	1	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06
	56.112	2	0.06	0.04	0.04	0.03	0.05	0.06
	54.012	3	0.05	0.03	0.04	0.03	0.05	0.05
	51.912	4	0.04	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04
	49.812	5	0.04	0.03	0.03	0.02	0.04	0.04
	47.700	6	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
基礎	47.200	7	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
	45.800	8	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
防油堤 (加振方向)	49.700	9	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
	47.200	11	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03
	47.200	12	0.03	0.02	0.03	0.02	0.03	0.03

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

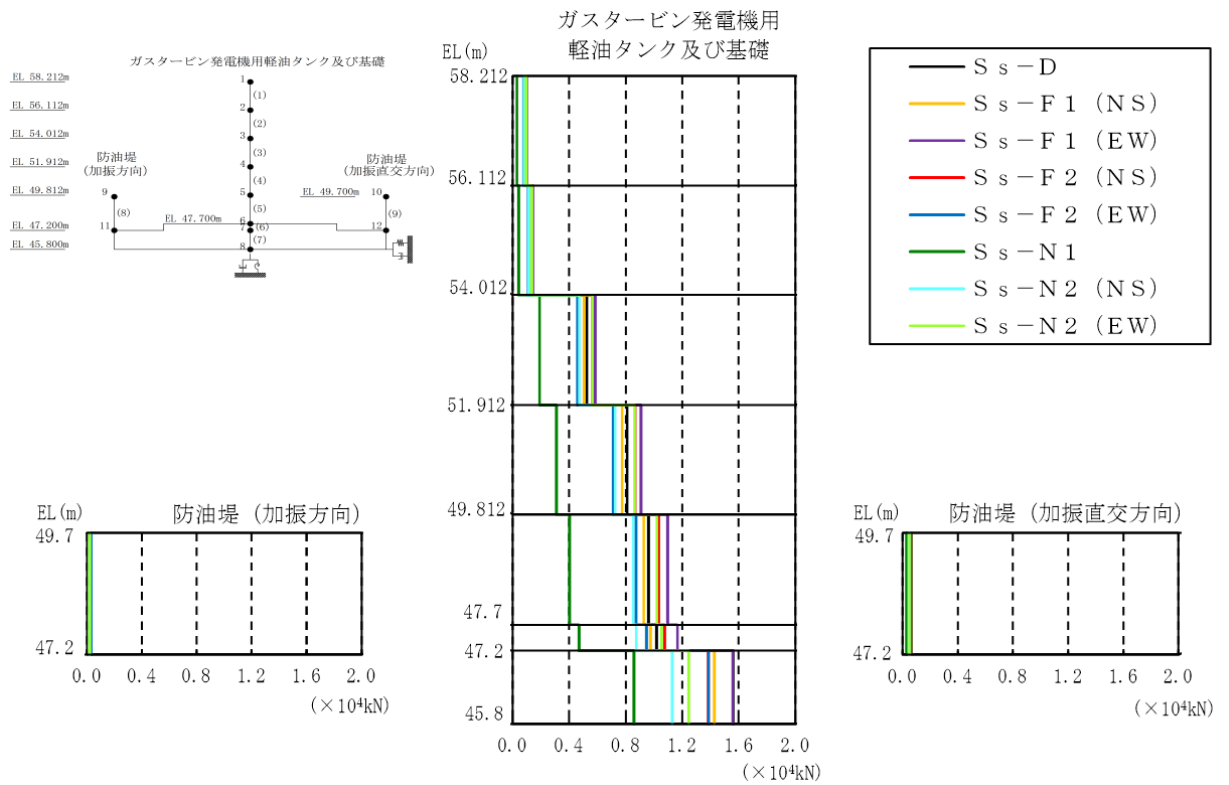


図 4-24 最大応答せん断力分布図（解析ケース②）

表 4-13 最大応答せん断力一覧（解析ケース②）

部位	EL (m)	要素番号	最大応答せん断力 (×10 ⁴ kN)								最大値
			S _s -D	S _s -F 1 (NS)	S _s -F 1 (EW)	S _s -F 2 (NS)	S _s -F 2 (EW)	S _s -N 1	S _s -N 2 (NS)	S _s -N 2 (EW)	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212~56.112	1	0.09	0.09	0.10	0.10	0.08	0.03	0.08	0.10	0.10
	56.112~54.012	2	0.13	0.12	0.14	0.14	0.11	0.04	0.11	0.14	0.14
	54.012~51.912	3	0.52	0.51	0.58	0.56	0.46	0.19	0.47	0.56	0.58
	51.912~49.812	4	0.81	0.78	0.91	0.87	0.71	0.31	0.73	0.86	0.91
	49.812~47.700	5	0.96	0.93	1.10	1.04	0.87	0.40	0.85	1.02	1.10
基礎	47.700~47.200	6	1.02	0.98	1.16	1.08	0.95	0.47	0.87	1.05	1.16
	47.200~45.800	7	1.56	1.43	1.56	1.39	1.39	0.86	1.13	1.25	1.56
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.03
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05	0.03	0.05	0.05	0.06

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

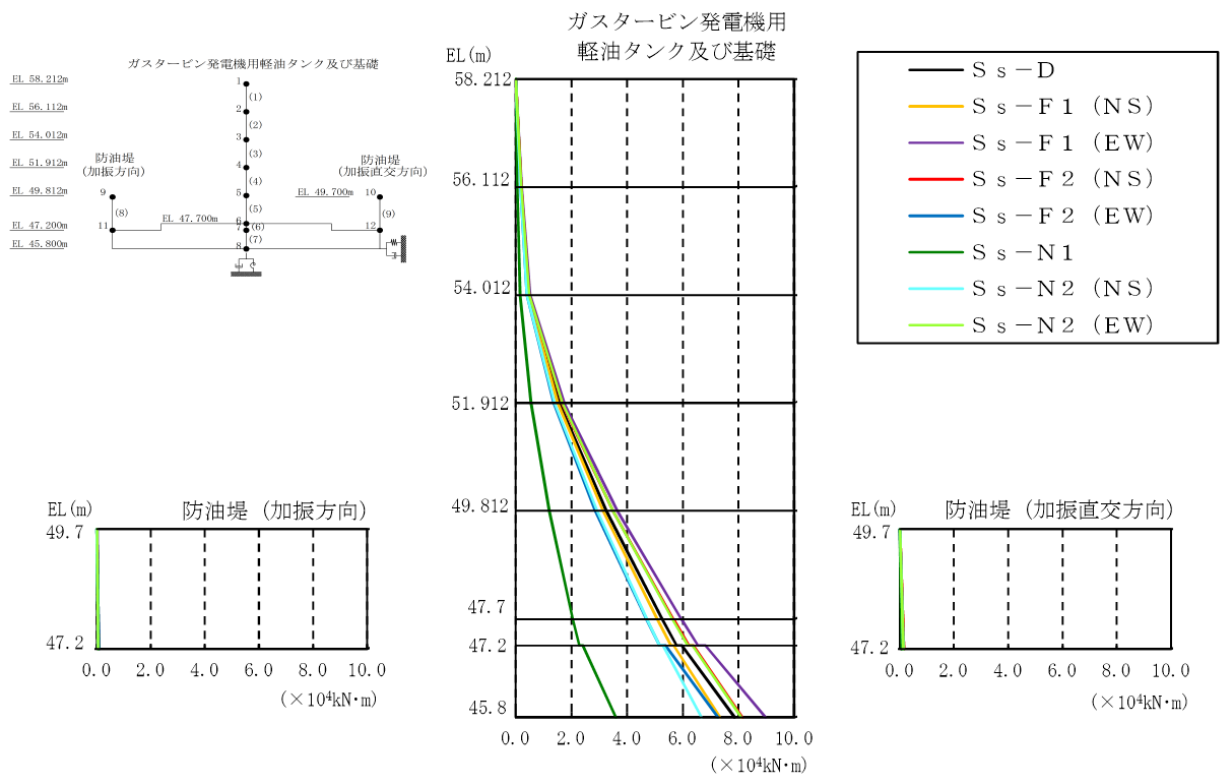


図 4-25 最大応答曲げモーメント分布図 (解析ケース②)

表 4-14 最大応答曲げモーメント一覧 (解析ケース②)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁴ kN·m)								最大値	
			S _s -D	S _s -F1 (NS)	S _s -F1 (EW)	S _s -F2 (NS)	S _s -F2 (EW)	S _s -N1	S _s -N2 (NS)	S _s -N2 (EW)		
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212~56.112	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
			0.20	0.19	0.21	0.20	0.17	0.06	0.17	0.20	0.21	
	56.112~54.012	2	0.20	0.19	0.21	0.20	0.17	0.06	0.17	0.20	0.21	
			0.47	0.45	0.51	0.49	0.40	0.16	0.41	0.49	0.51	
	54.012~51.912	3	0.47	0.45	0.51	0.49	0.40	0.16	0.41	0.49	0.51	
1.56			1.51	1.74	1.67	1.36	0.55	1.40	1.68	1.74		
51.912~49.812	4	1.56	1.51	1.74	1.67	1.36	0.55	1.40	1.68	1.74		
		3.25	3.14	3.65	3.49	2.86	1.20	2.92	3.49	3.65		
49.812~47.700	5	3.25	3.14	3.65	3.49	2.86	1.20	2.92	3.49	3.65		
		5.28	5.09	5.96	5.67	4.69	2.05	4.72	5.64	5.96		
基礎	47.700~47.200	6	5.28	5.10	5.96	5.68	4.70	2.05	4.72	5.64	5.96	
			5.78	5.58	6.55	6.21	5.17	2.29	5.16	6.17	6.55	
47.200~45.800	7	5.97	5.67	6.81	6.38	5.37	2.41	5.28	6.35	6.81		
		7.86	7.33	8.97	8.14	7.26	3.60	6.67	8.10	8.97		
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.02	
			0.08	0.06	0.07	0.06	0.07	0.05	0.05	0.05	0.08	
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.02	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	
			0.16	0.16	0.14	0.15	0.13	0.07	0.13	0.13	0.16	

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

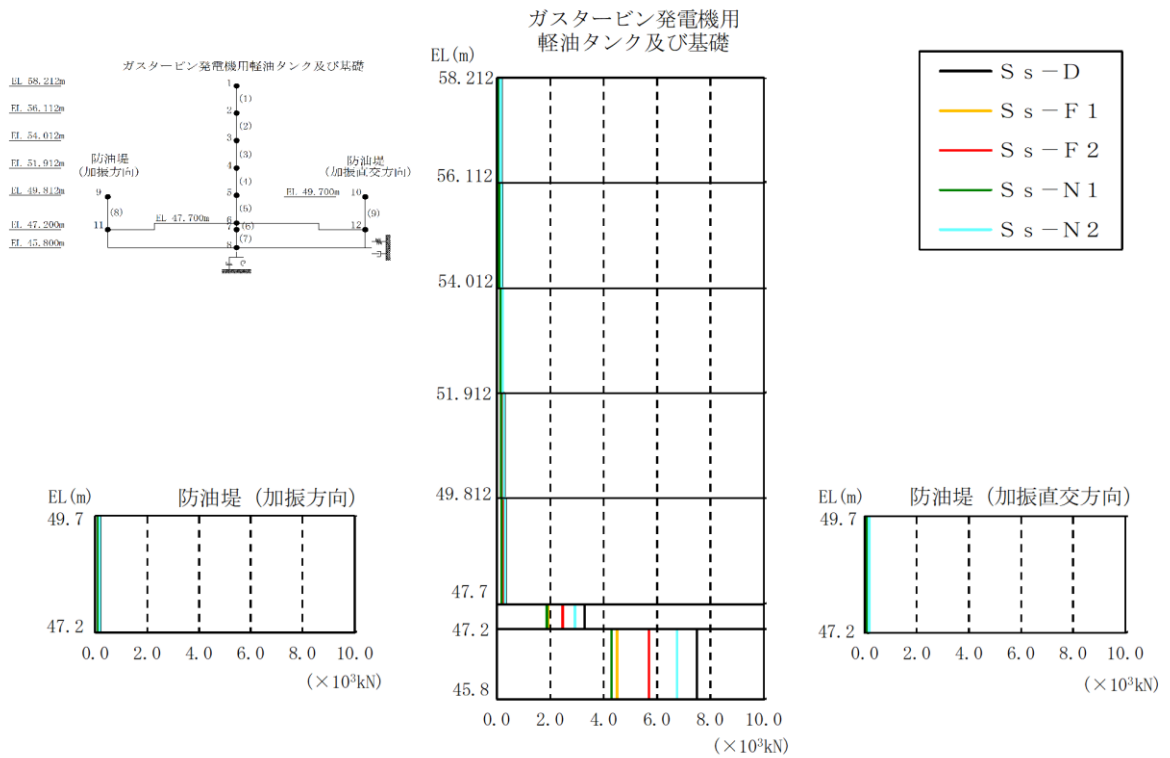


図 4-26 最大応答軸力分布図（解析ケース②）

表 4-15 最大応答軸力一覧（解析ケース②）

部位	EL (m)	要素番号	最大応答軸力 (×10 ³ kN)					最大値
			S s - D	S s - F 1	S s - F 2	S s - N 1	S s - N 2	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212~56.112	1	0.16	0.11	0.13	0.08	0.15	0.16
	56.112~54.012	2	0.19	0.14	0.15	0.10	0.19	0.19
	54.012~51.912	3	0.23	0.16	0.18	0.13	0.22	0.23
	51.912~49.812	4	0.27	0.19	0.22	0.15	0.26	0.27
	49.812~47.700	5	0.32	0.22	0.26	0.18	0.31	0.32
基礎	47.700~47.200	6	3.28	1.92	2.47	1.87	2.92	3.28
	47.200~45.800	7	7.50	4.50	5.71	4.30	6.74	7.50
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.19	0.11	0.14	0.11	0.17	0.19
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.19	0.11	0.14	0.11	0.17	0.19

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

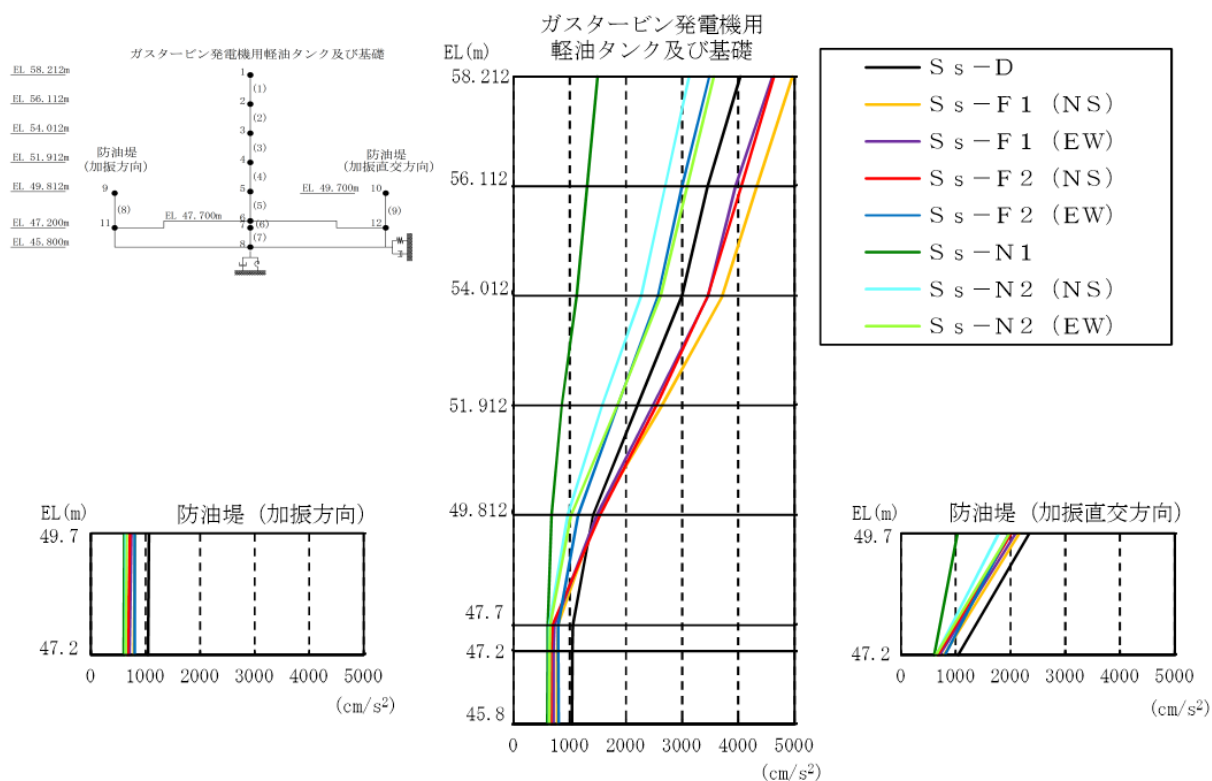


図 4-27 最大応答加速度分布図（水平方向，解析ケース③）

表 4-16 最大応答加速度一覧（水平方向，解析ケース③）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)								
			S s - D	S s - F 1 (NS)	S s - F 1 (EW)	S s - F 2 (NS)	S s - F 2 (EW)	S s - N 1	S s - N 2 (NS)	S s - N 2 (EW)	最大値
ガスタービン発電機用軽油タンク	58.212	1	4038	4963	4604	4634	3482	1496	3121	3564	4963
	56.112	2	3450	4330	3950	4051	2995	1310	2699	3092	4330
	54.012	3	2997	3718	3465	3459	2569	1124	2274	2622	3718
	51.912	4	2207	2643	2475	2542	1854	860	1577	1846	2643
	49.812	5	1416	1479	1487	1539	1152	680	968	1027	1539
基礎	47.700	6	1055	792	728	693	797	610	636	647	1055
	47.200	7	1048	782	711	673	801	608	635	642	1048
防油堤 (加振方向)	49.700	9	1066	811	747	714	803	613	639	660	1066
	47.200	11	1048	782	711	673	801	608	635	642	1048
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	2345	2164	2091	2015	1971	1029	1785	1977	2345
	47.200	12	1048	782	711	673	801	608	635	642	1048

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

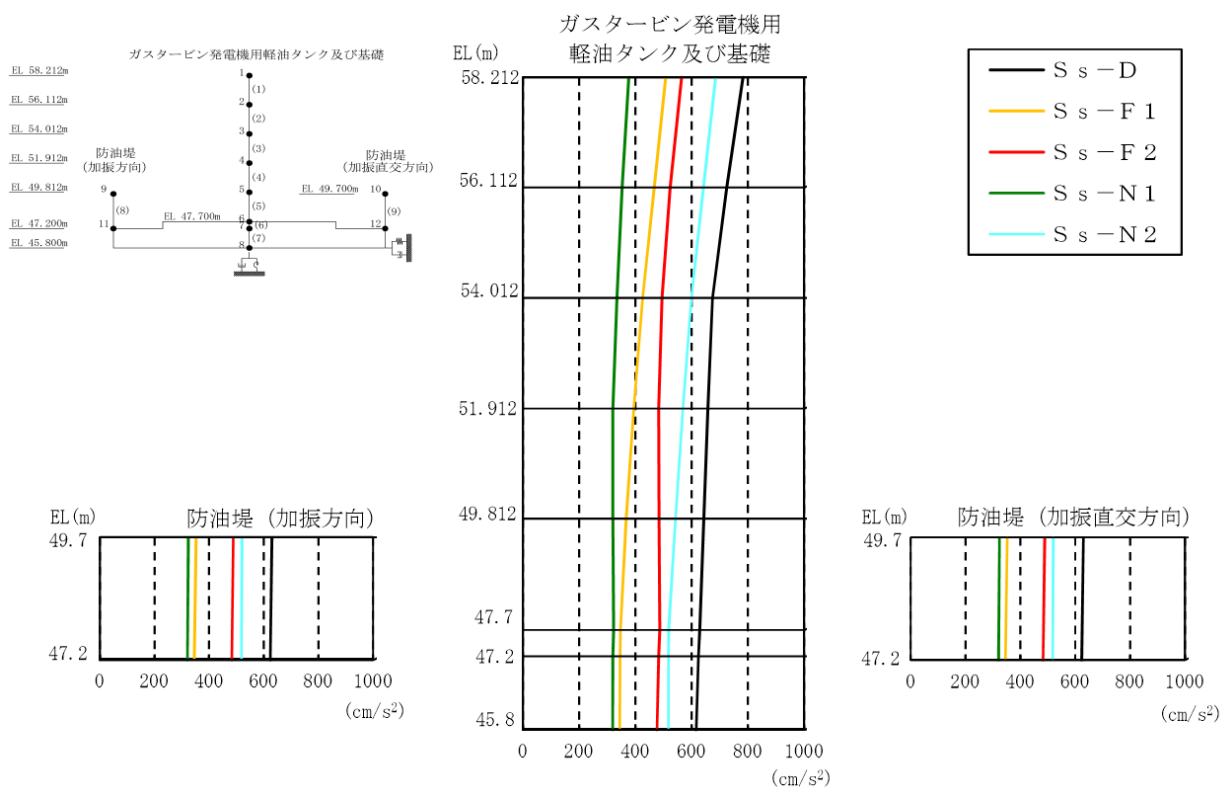


図 4-28 最大応答加速度分布図（鉛直方向，解析ケース③）

表 4-17 最大応答加速度一覧（鉛直方向，解析ケース③）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答加速度 (cm/s ²)					最大値
			S s - D	S s - F 1	S s - F 2	S s - N 1	S s - N 2	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212	1	782	508	564	377	686	782
	56.112	2	724	467	524	352	641	724
	54.012	3	675	425	494	334	599	675
	51.912	4	657	394	483	320	569	657
	49.812	5	643	367	484	320	542	643
	47.700	6	629	347	486	322	518	629
基礎	47.200	7	624	345	483	320	518	624
	45.800	8	616	344	477	319	518	616
防油堤 (加振方向)	49.700	9	630	352	489	324	520	630
	47.200	11	624	345	483	320	518	624
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	630	352	489	324	520	630
	47.200	12	624	345	483	320	518	624

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

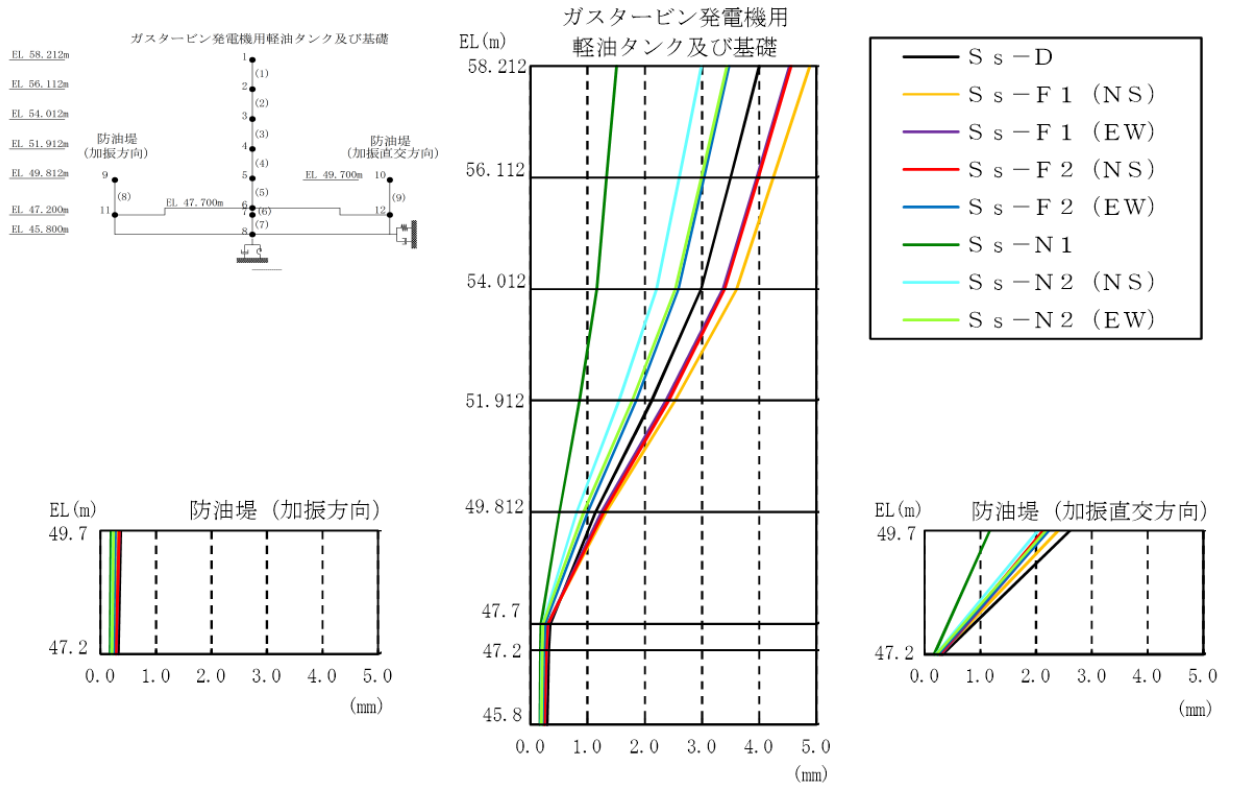


図 4-29 最大応答変位分布図（水平方向，解析ケース③）

表 4-18 最大応答変位一覧（水平方向，解析ケース③）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)								
			Ss-D	Ss-F1 (NS)	Ss-F1 (EW)	Ss-F2 (NS)	Ss-F2 (EW)	Ss-N1	Ss-N2 (NS)	Ss-N2 (EW)	最大値
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212	1	4.00	4.88	4.53	4.56	3.47	1.51	2.99	3.44	4.88
	56.112	2	3.50	4.25	3.95	3.98	3.03	1.33	2.60	2.99	4.25
	54.012	3	2.99	3.61	3.37	3.40	2.59	1.16	2.21	2.54	3.61
	51.912	4	2.12	2.53	2.37	2.41	1.85	0.86	1.55	1.78	2.53
	49.812	5	1.14	1.32	1.25	1.29	1.01	0.51	0.81	0.93	1.32
	47.700	6	0.34	0.30	0.31	0.30	0.25	0.18	0.21	0.22	0.34
基礎	47.200	7	0.32	0.27	0.29	0.28	0.23	0.17	0.20	0.20	0.32
	45.800	8	0.29	0.24	0.25	0.24	0.21	0.16	0.18	0.19	0.29
防油堤 (加振方向)	49.700	9	0.36	0.32	0.34	0.34	0.27	0.19	0.22	0.23	0.36
	47.200	11	0.32	0.27	0.29	0.28	0.23	0.17	0.20	0.20	0.32
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	2.61	2.40	2.22	2.13	2.23	1.17	2.03	2.18	2.61
	47.200	12	0.32	0.27	0.29	0.28	0.23	0.17	0.20	0.20	0.32

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

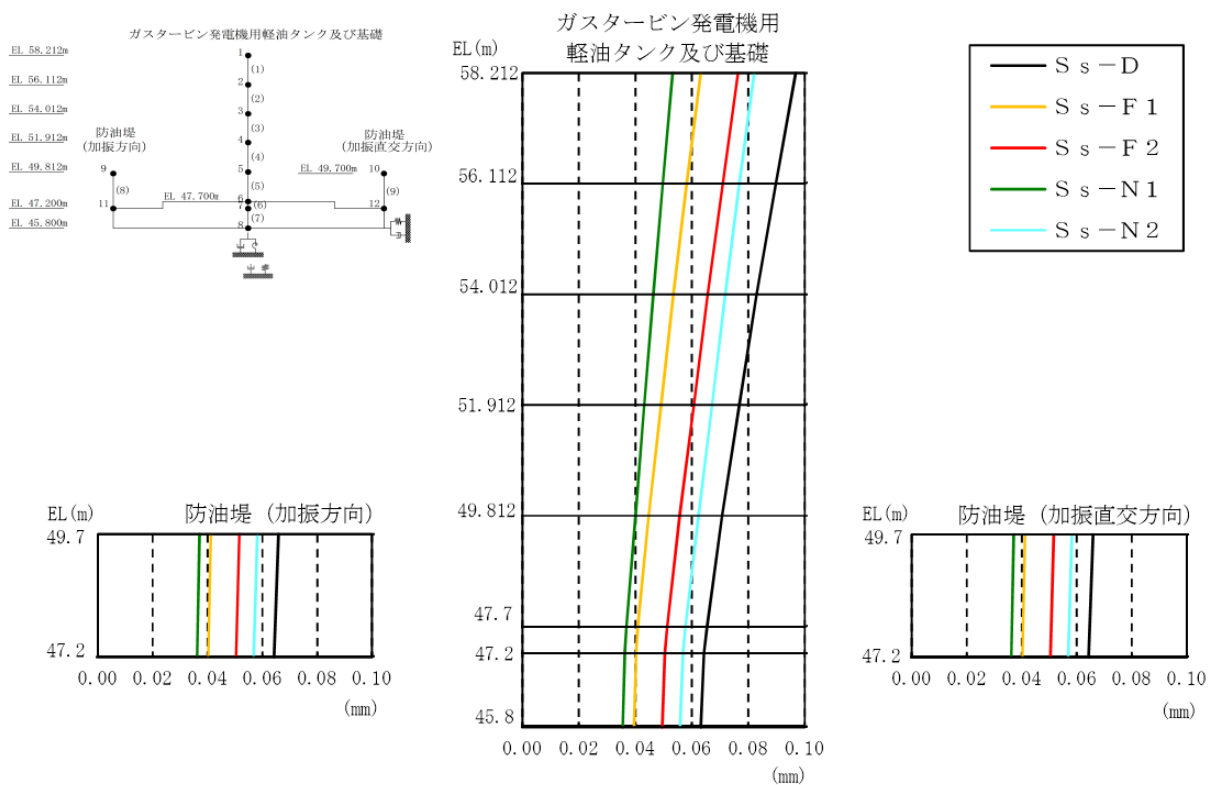


図 4-30 最大応答変位分布図（鉛直方向，解析ケース③）

表 4-19 最大応答変位一覧（鉛直方向，解析ケース③）

部位	EL (m)	質点番号	最大応答変位 (mm)					最大値
			S s - D	S s - F 1	S s - F 2	S s - N 1	S s - N 2	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212	1	0.10	0.06	0.08	0.05	0.08	0.10
	56.112	2	0.09	0.06	0.07	0.05	0.08	0.09
	54.012	3	0.08	0.05	0.07	0.05	0.07	0.08
	51.912	4	0.08	0.05	0.06	0.04	0.07	0.08
	49.812	5	0.07	0.04	0.06	0.04	0.06	0.07
	47.700	6	0.07	0.04	0.05	0.04	0.06	0.07
基礎	47.200	7	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06
	45.800	8	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06
防油堤 (加振方向)	49.700	9	0.07	0.04	0.05	0.04	0.06	0.07
	47.200	11	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06
防油堤 (加振直交方向)	49.700	10	0.07	0.04	0.05	0.04	0.06	0.07
	47.200	12	0.06	0.04	0.05	0.04	0.06	0.06

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

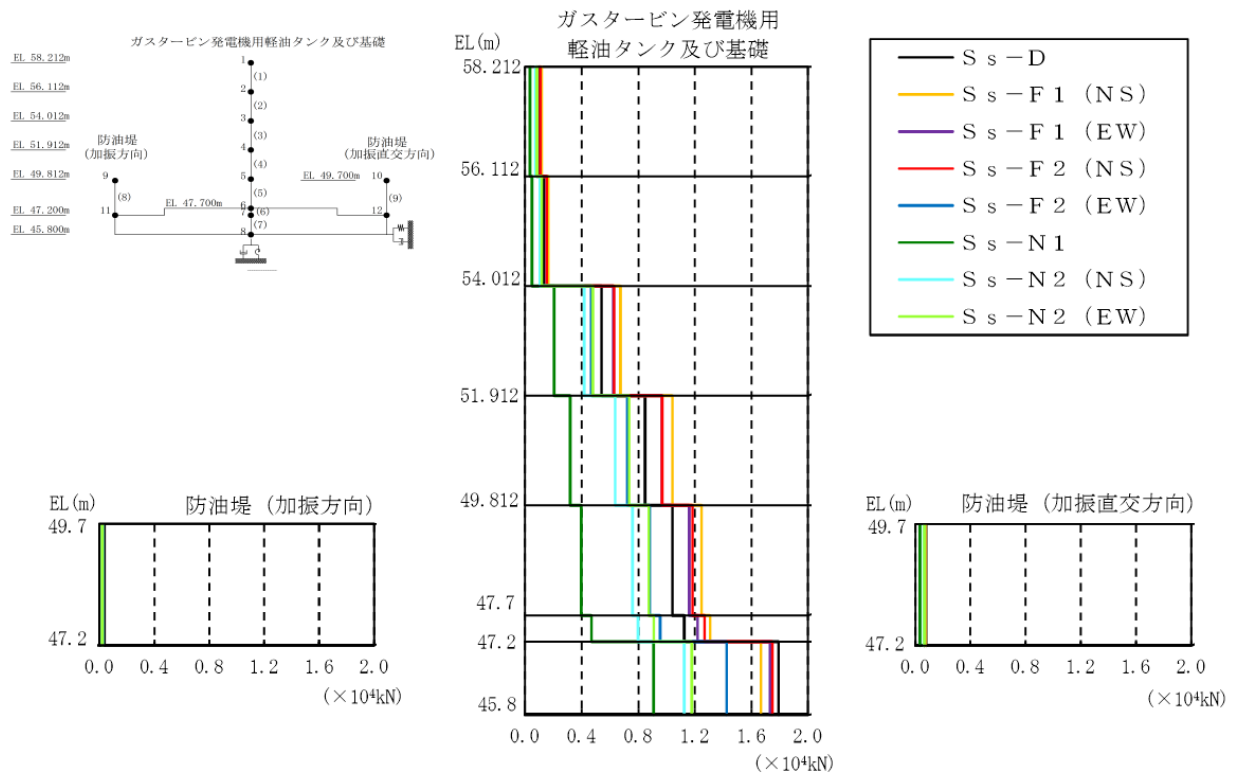


図 4-31 最大応答せん断力分布図（解析ケース③）

表 4-20 最大応答せん断力一覧（解析ケース③）

部位	EL (m)	要素番号	最大応答せん断力 (×10 ⁴ kN)								最大値
			S s - D	S s - F 1 (NS)	S s - F 1 (EW)	S s - F 2 (NS)	S s - F 2 (EW)	S s - N 1	S s - N 2 (NS)	S s - N 2 (EW)	
ガスタービン発電機用軽油タンク	58.212~56.112	1	0.09	0.12	0.11	0.11	0.08	0.03	0.07	0.08	0.12
	56.112~54.012	2	0.13	0.16	0.15	0.15	0.11	0.05	0.10	0.12	0.16
	54.012~51.912	3	0.54	0.67	0.62	0.63	0.47	0.20	0.42	0.48	0.67
	51.912~49.812	4	0.85	1.04	0.97	0.97	0.73	0.32	0.64	0.74	1.04
	49.812~47.700	5	1.04	1.25	1.16	1.18	0.88	0.40	0.76	0.87	1.25
基礎	47.700~47.200	6	1.12	1.31	1.22	1.27	0.96	0.47	0.80	0.91	1.31
	47.200~45.800	7	1.79	1.67	1.73	1.75	1.42	0.91	1.13	1.18	1.79
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.04	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.04
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.08	0.07	0.07	0.07	0.07	0.03	0.06	0.07	0.08

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

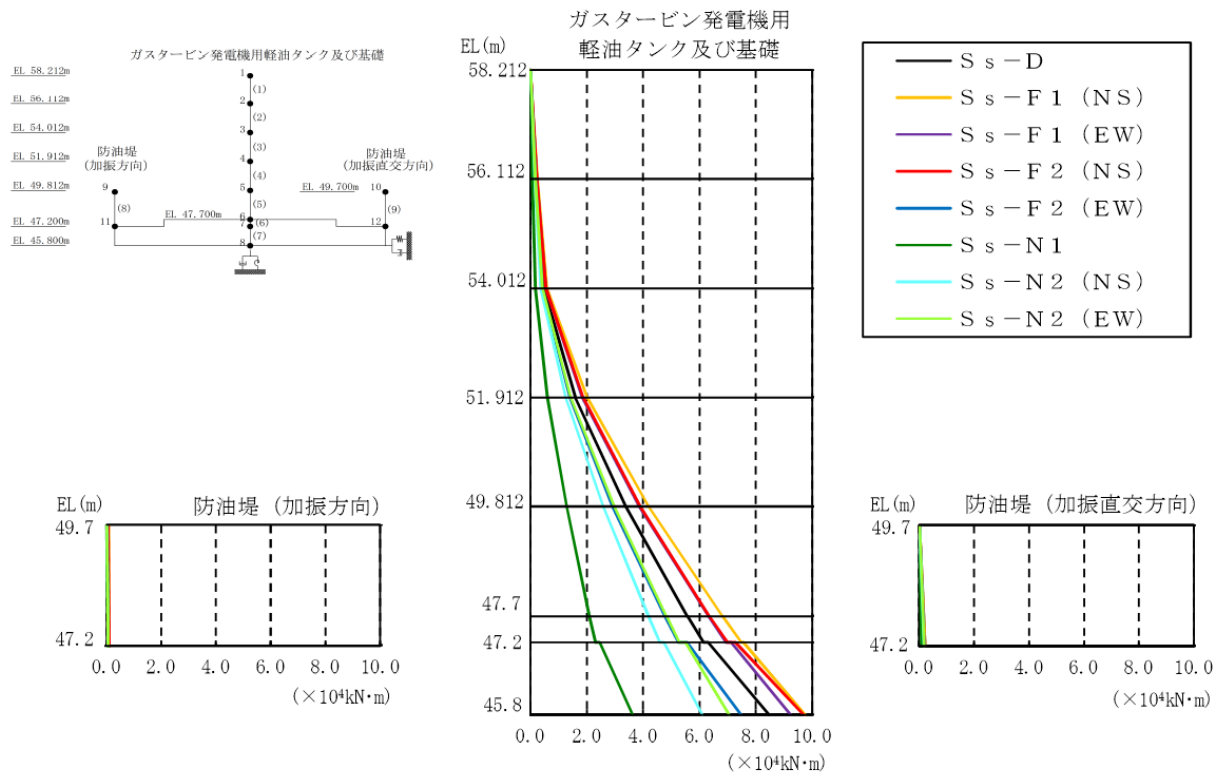


図 4-32 最大応答曲げモーメント分布図 (解析ケース③)

表 4-21 最大応答曲げモーメント一覧 (解析ケース③)

部位	EL (m)	要素番号	最大応答曲げモーメント (×10 ⁴ kN·m)									最大値
			S s - D	S s - F 1 (NS)	S s - F 1 (EW)	S s - F 2 (NS)	S s - F 2 (EW)	S s - N 1	S s - N 2 (NS)	S s - N 2 (EW)		
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212~56.112	1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	—
			0.20	0.24	0.23	0.23	0.17	0.07	0.15	0.18	0.24	
	56.112~54.012	2	0.20	0.24	0.23	0.23	0.17	0.07	0.15	0.18	0.24	
			0.48	0.59	0.54	0.55	0.41	0.18	0.37	0.42	0.59	
	54.012~51.912	3	0.48	0.59	0.54	0.55	0.41	0.18	0.37	0.42	0.59	
1.60			2.00	1.83	1.87	1.38	0.61	1.25	1.43	2.00		
51.912~49.812	4	1.60	2.00	1.83	1.87	1.38	0.61	1.25	1.43	2.00		
		3.38	4.19	3.86	3.89	2.91	1.28	2.58	2.98	4.19		
49.812~47.700	5	3.38	4.19	3.86	3.89	2.91	1.28	2.58	2.98	4.19		
		5.57	6.82	6.31	6.35	4.77	2.09	4.19	4.82	6.82		
基礎	47.700~47.200	6	5.58	6.83	6.32	6.35	4.77	2.10	4.19	4.83	6.83	
			6.14	7.48	6.93	6.99	5.25	2.30	4.59	5.28	7.48	
基礎	47.200~45.800	7	6.31	7.55	7.12	7.27	5.55	2.45	4.72	5.50	7.55	
			8.47	9.75	9.23	9.70	7.47	3.63	6.10	7.06	9.75	
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.03	0.07	0.04	0.06	0.02	0.00	0.01	0.01	0.07	
			0.09	0.09	0.09	0.10	0.07	0.05	0.05	0.06	0.10	
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.02	0.02	0.03	
			0.22	0.21	0.19	0.19	0.18	0.09	0.17	0.18	0.22	

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

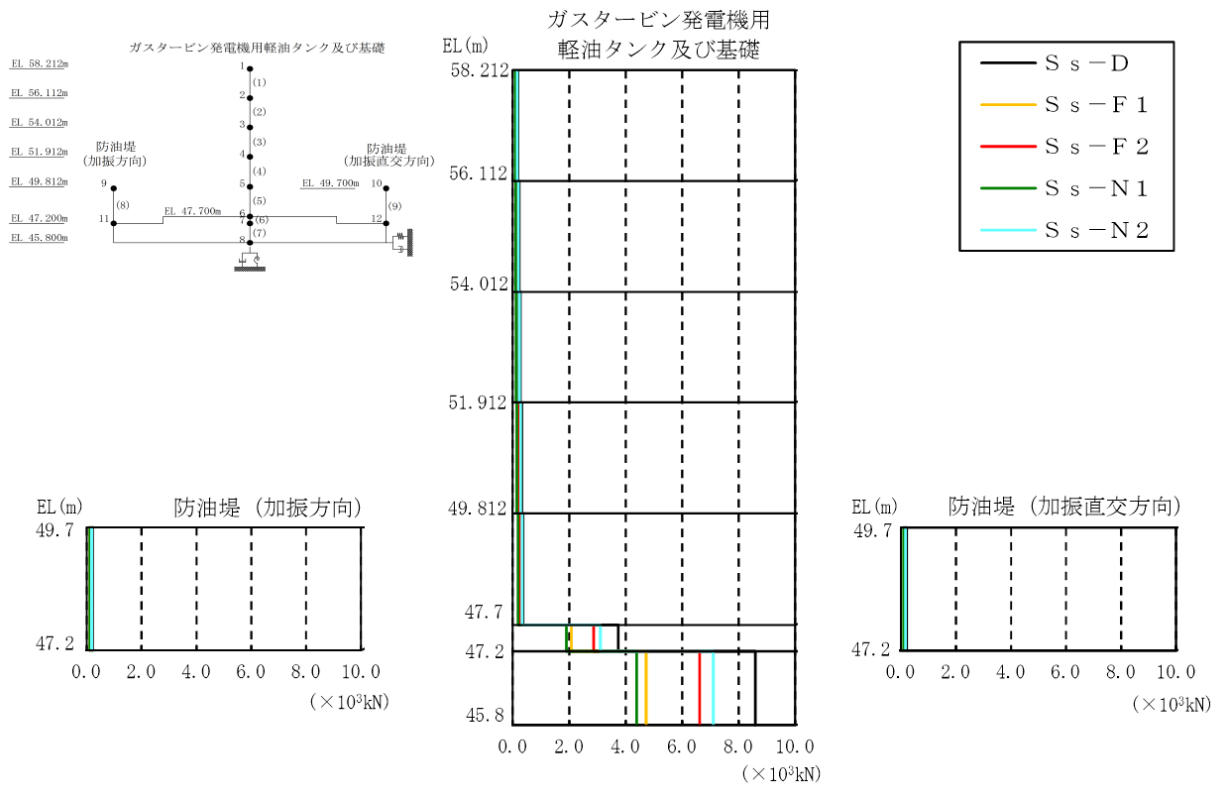


図 4-33 最大応答軸力分布図（解析ケース③）

表 4-22 最大応答軸力一覧（解析ケース③）

部位	EL (m)	要素番号	最大応答軸力 (×10 ³ kN)					最大値
			S s - D	S s - F 1	S s - F 2	S s - N 1	S s - N 2	
ガスタービン 発電機用 軽油タンク	58.212~56.112	1	0.18	0.12	0.13	0.09	0.16	0.18
	56.112~54.012	2	0.22	0.15	0.16	0.11	0.20	0.22
	54.012~51.912	3	0.27	0.17	0.19	0.13	0.24	0.27
	51.912~49.812	4	0.32	0.20	0.23	0.15	0.28	0.32
	49.812~47.700	5	0.37	0.24	0.27	0.18	0.33	0.37
基礎	47.700~47.200	6	3.74	2.07	2.86	1.90	3.11	3.74
	47.200~45.800	7	8.59	4.72	6.62	4.39	7.10	8.59
防油堤 (加振方向)	49.700~47.200	8	0.21	0.12	0.16	0.11	0.17	0.21
防油堤 (加振直交方向)	49.700~47.200	9	0.21	0.12	0.16	0.11	0.17	0.21

注：ハッチングは最大応答値のうち全地震動の最大値を示す。

表 4-23 地震応答解析に基づく接地率

解析ケース	地震動	最大転倒モーメント ($\times 10^5 \text{kN} \cdot \text{m}$)	最小接地率 (%)
①	S _s -D	0.817	77.8
	S _s -F1 (NS)	0.852	74.7
	S _s -F1 (EW)	0.883	72.0
	S _s -F2 (NS)	0.905	70.1
	S _s -F2 (EW)	0.765	82.4
	S _s -N1	0.376	100.0
	S _s -N2 (NS)	0.660	91.7
	S _s -N2 (EW)	0.814	78.0
②	S _s -D	0.786	80.5
	S _s -F1 (NS)	0.741	84.5
	S _s -F1 (EW)	0.890	71.3
	S _s -F2 (NS)	0.820	77.5
	S _s -F2 (EW)	0.730	85.5
	S _s -N1	0.362	100.0
	S _s -N2 (NS)	0.673	90.5
	S _s -N2 (EW)	0.814	78.1
③	S _s -D	0.862	73.9
	S _s -F1 (NS)	1.020	59.8
	S _s -F1 (EW)	0.960	65.2
	S _s -F2 (NS)	0.972	64.1
	S _s -F2 (EW)	0.755	83.2
	S _s -N1	0.366	100.0
	S _s -N2 (NS)	0.620	95.2
	S _s -N2 (EW)	0.708	87.4

VI-2-2-36 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の
耐震性についての計算書

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	2
2.1 位置	2
2.2 構造概要	3
2.3 評価方針	6
2.4 適用規格・基準等	9
3. 耐震評価	10
3.1 地震時荷重算出断面	10
3.2 使用材料及び材料の物性値	11
3.3 許容限界	12
3.3.1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の健全性に対する許容限界	12
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	12
3.4 評価方法	14
3.4.1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の健全性評価	14
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	17
4. 耐震評価結果	18
4.1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の健全性に対する評価結果	18
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	22

別紙 防油堤の耐震評価

1. 概要

本資料は、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、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎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により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の位置図を図 2-1 に示す。

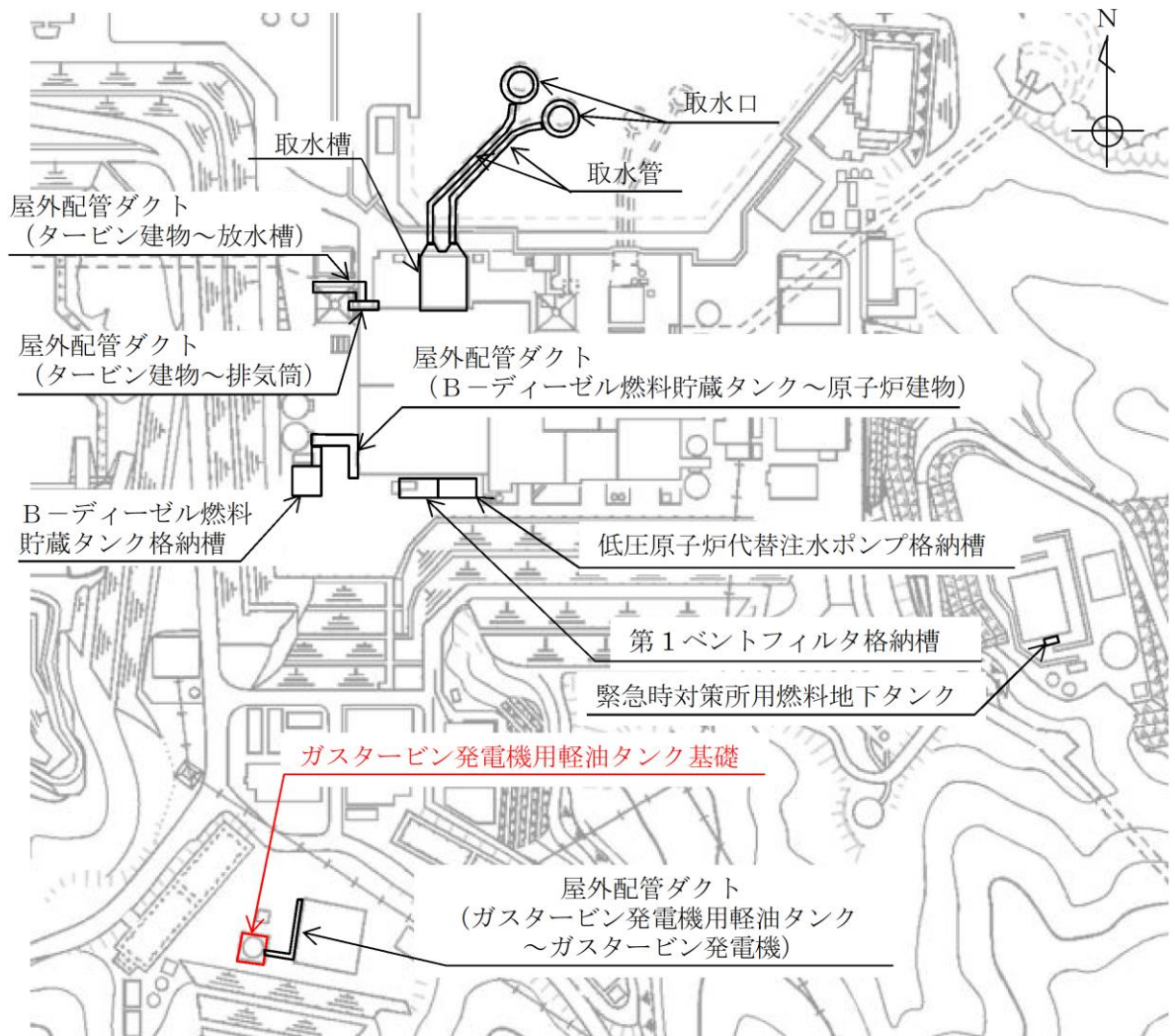


図 2-1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 位置図

2.2 構造概要

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の平面図を図 2-2、断面図を図 2-3、概略配筋図を図 2-4 に示す。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、基礎スラブ及び防油堤で構成される鉄筋コンクリート造の構造物である。

基礎スラブは平面寸法 18.0m×18.0m、厚さ 1.4m で、内径 9.8m、容量 560m³ のタンク 1 基を支持しており、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 C_L 級岩盤に支持される。

防油堤は幅 0.3m、高さ 2.5m で、基礎スラブを取り囲むように設置されている。

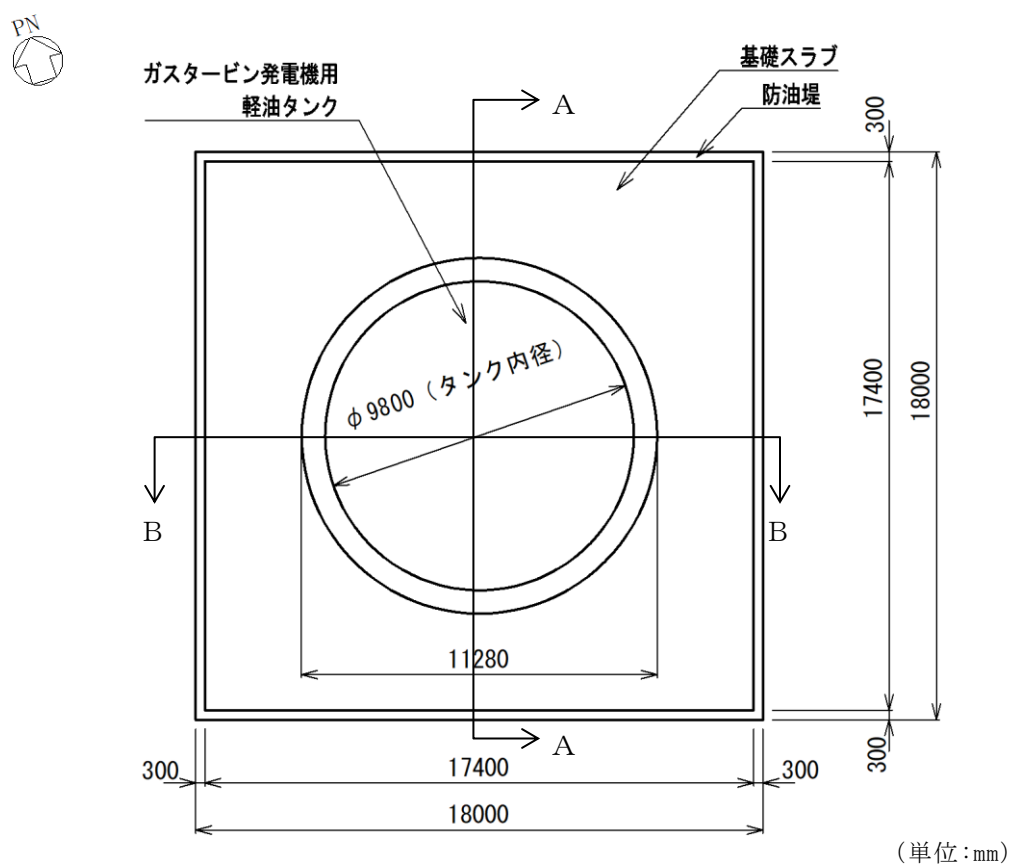
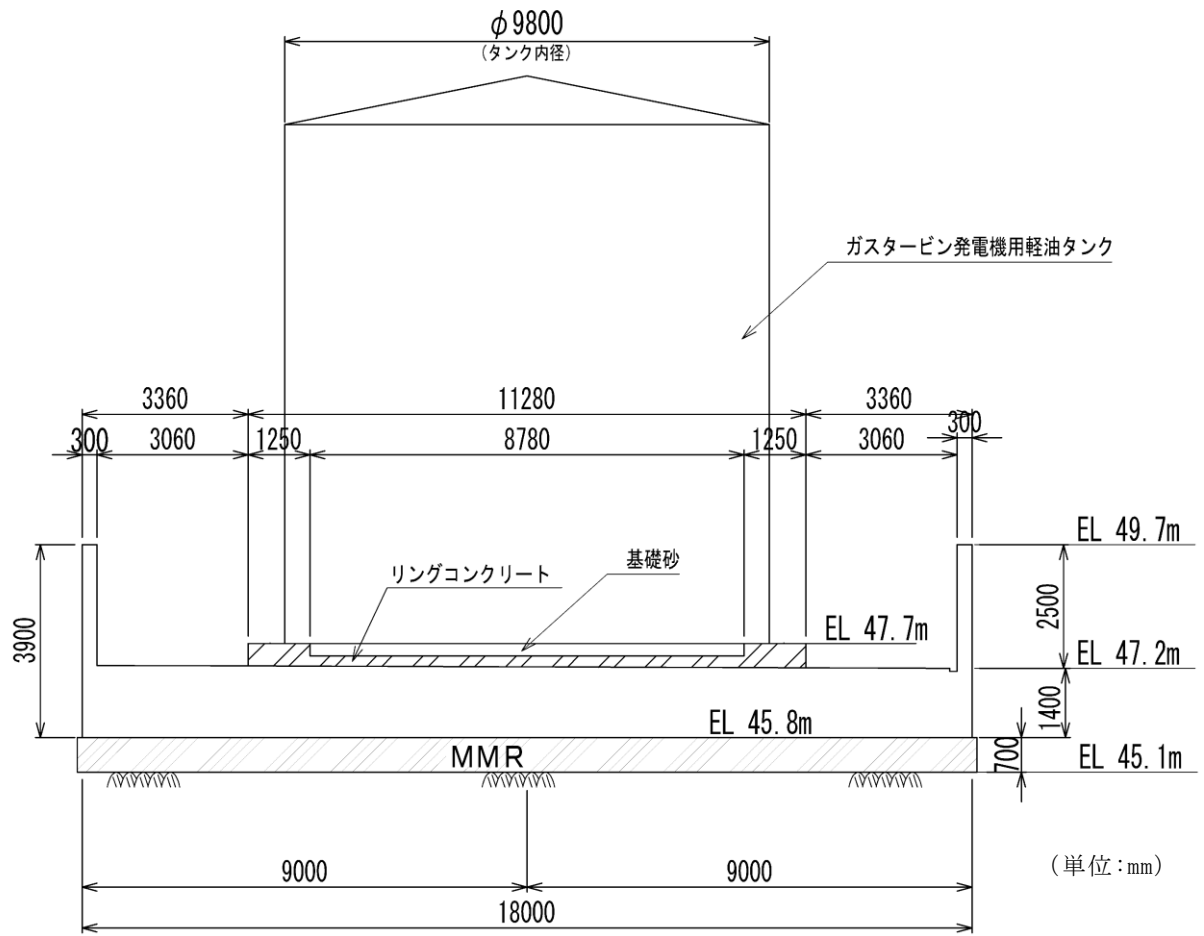
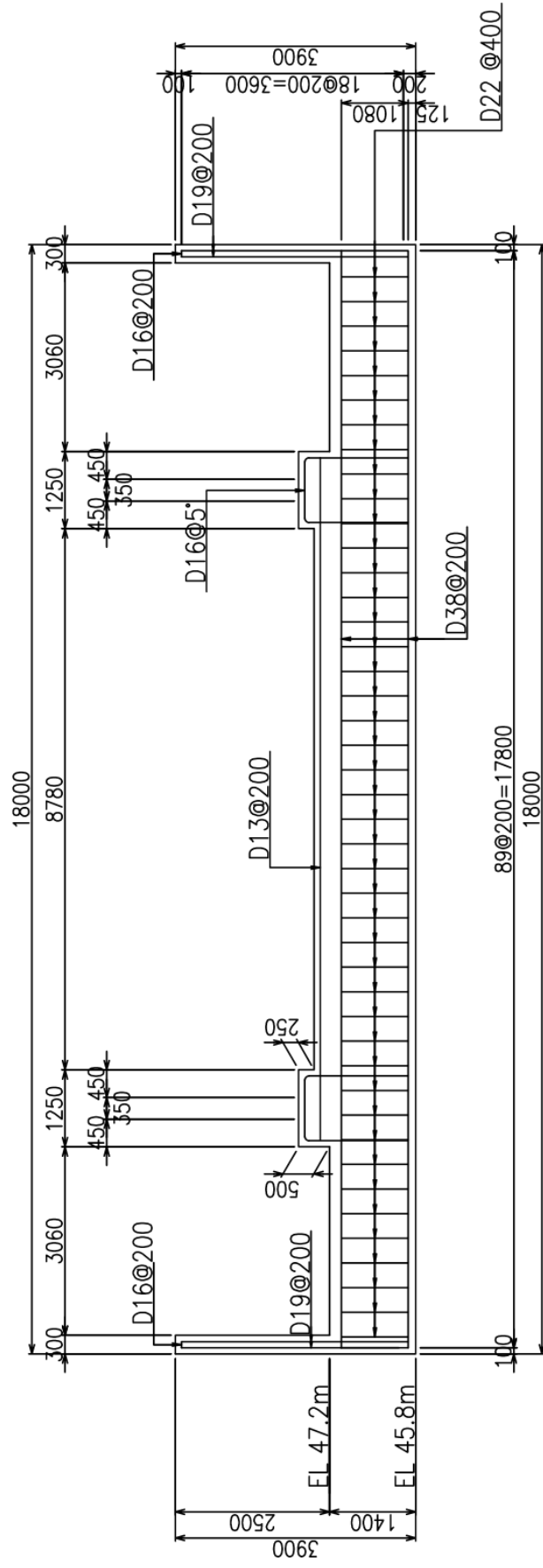


図 2-2 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 平面図





(単位：mm)

図 2-4 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 概略配筋図

(A-A 断面及び B-B 断面)

2.3 評価方針

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、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。

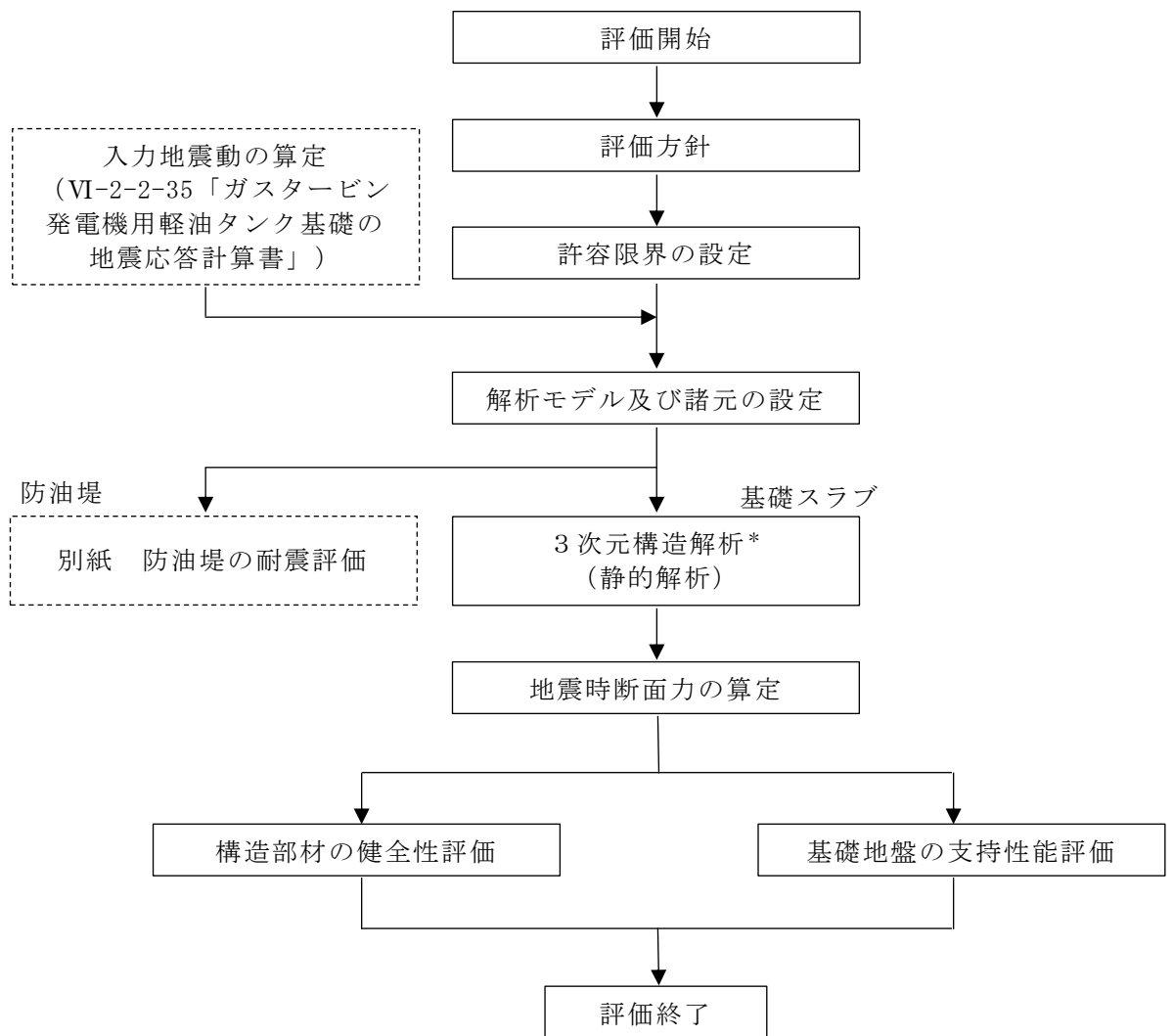
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の耐震評価フローを図 2-5 に示す。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」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を確認し、これによ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を維持することを確認する。

また、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎のうち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であるガスタービン発電機燃料配管等を間接支持する防油堤について、耐震評価を実施する。防油堤の耐震評価については、別紙に示す。

構造部材の健全性評価については、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた水平方向及び鉛直方向の荷重を用いた 3次元静的線形解析（線形シェル要素）により応答値を算定し、曲げ・軸力系の破壊に対しては照査用曲げモーメント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ついては、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、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。



注記* : 地盤物性のばらつきを考慮する。

図 2-5 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の耐震評価フロー

表 2-1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 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	ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	照査用曲げモーメント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	終局曲げモーメント*
				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	極限支持力度*	

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用規格・基準等

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の耐震性評価において適用する規格・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] ((社) 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) 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)

3. 耐震評価

3.1 地震時荷重算出断面

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震時荷重算出断面位置図を図3-1に示す。地震時荷重算出断面は、構造物の対称性からA-A断面とする。

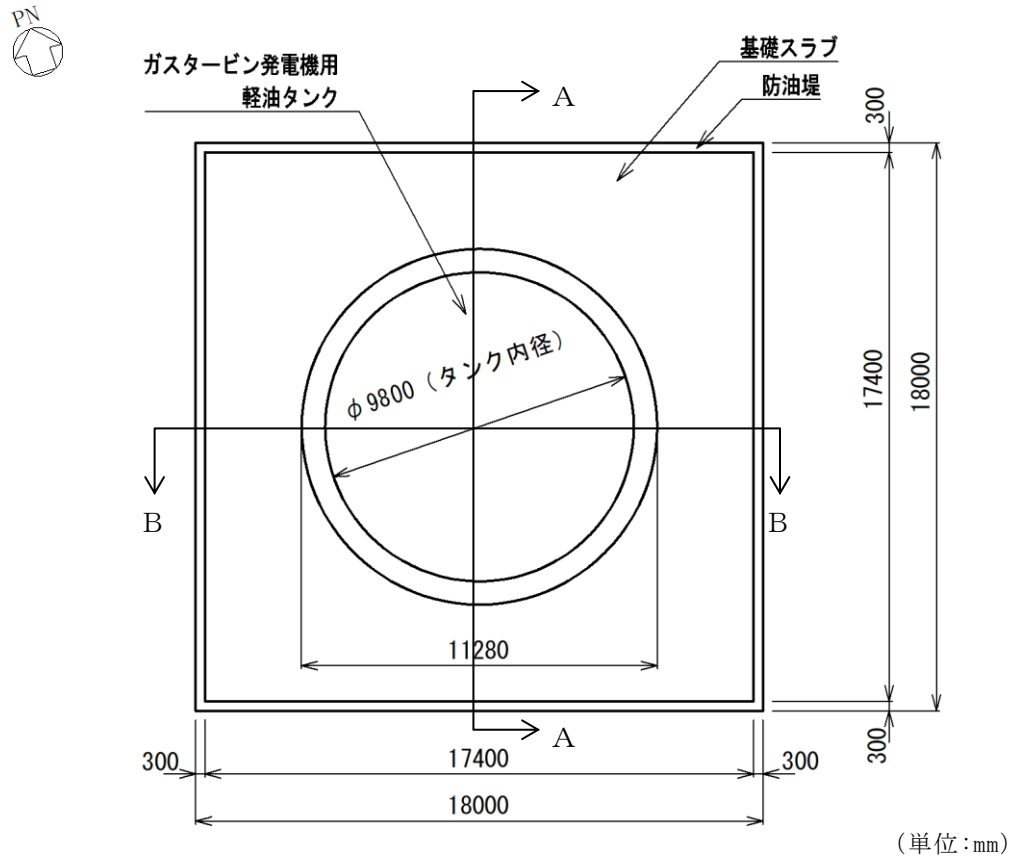


図3-1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎 地震時荷重算出断面位置図

3.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料及び使用材料の物性値を表 3-1 に示す。

表 3-1 使用材料及び使用材料の物性値

使用材料	単位体積重量 (kN/m ³)	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 (%)
軽油タンク (SM400A, SM400C)	77.0	2.00×10^5	7.710×10^4	1
基礎スラブ・防油堤 (鉄筋コンクリート) Fc = 24.0 (N/mm ²) 鉄筋 : SD345	24.0	2.50×10^4	1.042×10^4	5

3.3 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.3.1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎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

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の曲げ・軸力系の破壊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〕（（社）土木学会，2002年制定）」（以下「コンクリート標準示方書」という。）に基づき、終局曲げモーメントとする。

(2) せん断破壊に対する許容限界

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎のせん断破壊に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書」に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎周辺の岩級分布（A-A断面）を図3-2、基礎岩盤（ C_L 級）の極限支持力及びガスタービン発電機用軽油タンク基礎直下のMMRの支圧強度を表3-2に示す。

基礎岩盤（ C_L 級）に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、基礎岩盤（ C_L 級）の極限支持力度とする。

また、MMRについては、接地圧に対する許容限界をコンクリート標準示方書に基づくコンクリートの支圧強度とする。

基礎地盤の支持性能に対する許容限界は、基礎岩盤（ C_L 級）とMMRの許容限界を比較し、小さい値の基礎岩盤（ C_L 級）の許容限界を使用する。

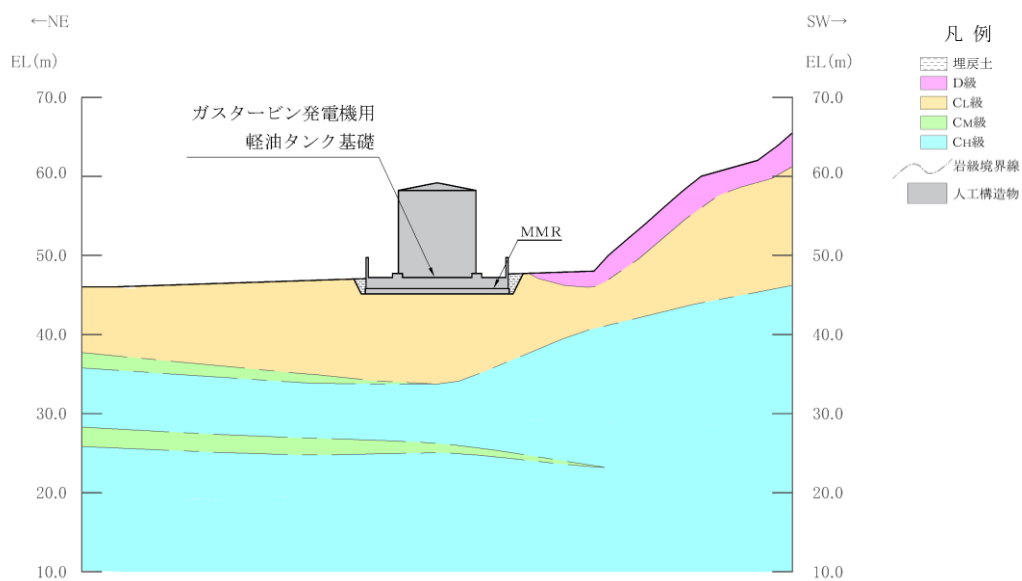


図 3-2 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎岩級分布図 (A-A断面)

表 3-2 基礎岩盤 (CL級) の極限支持力及びMMRの支圧強度

評価項目	許容限界 (N/mm ²)	
	基礎岩盤 (CL級)	極限支持力度
MMR	支圧強度	18.0

3.4 評価方法

3.4.1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の健全性評価

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の健全性評価においては、鉄筋コンクリート部材を線形シェル要素でモデル化し、3次元構造解析により水平2方向及び鉛直方向の荷重に対する評価を行う。3次元構造解析には、解析コード「NX NASTRAN」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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

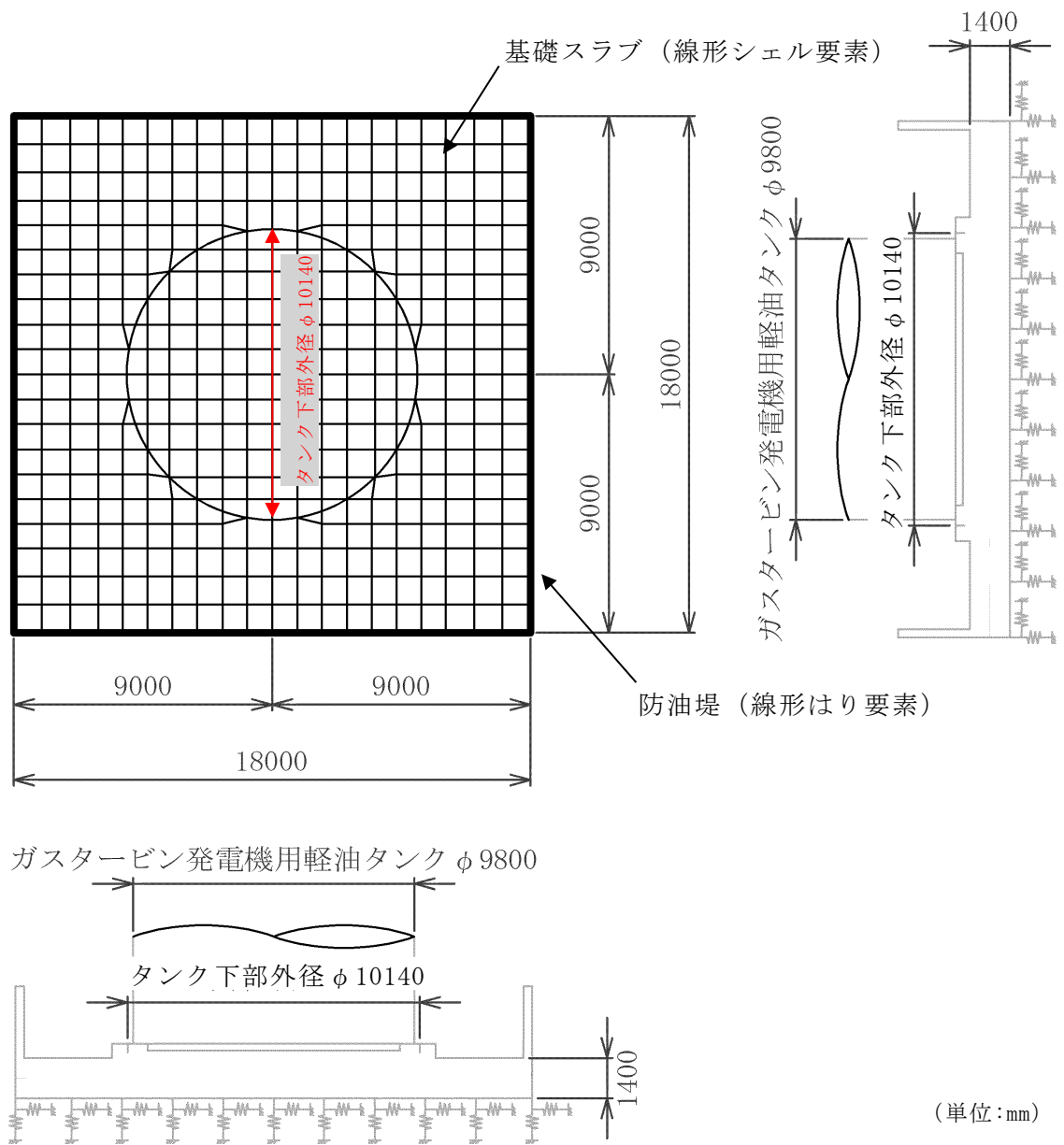
3次元構造解析の入力荷重は、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」の地震応答解析において、鉄筋コンクリート部材の評価に支配的な荷重が最大となる時刻を選定し、当該時刻における地震時応答から設定する。

3次元構造解析により算定した鉄筋コンクリート部材の照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が、「3.3 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

(1) 解析モデル

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は、線形シェル要素でモデル化する。モデルの概念図を図3-3に示す。

構造物の底面には、地盤ばねを配置する。3次元構造解析においては、振動アドミタンス理論に基づき算定した地盤ばねを節点ばねに置き換えてモデル化する。3次元構造解析モデルにおける節点ばねの物性値を表3-3に示す。



注：タンク下部外径はタンクと基礎スラブを結合しているボルトの位置を示す。

図 3-3 3次元構造解析モデル概念図

表 3-3 3次元構造解析モデルにおける節点ばねの物性値

解析ケース	地盤ばね成分	ばね定数 (kN/m ³)
①	水平	3.506×10^5
	鉛直	1.115×10^6
②	水平	4.960×10^5
	鉛直	1.580×10^6
③	水平	2.290×10^5
	鉛直	7.268×10^5

(2) 照査時刻

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎はガスタービン発電機用軽油タンクを間接支持する構造物であり、その耐震評価にはガスタービン発電機用軽油タンクからの外力が支配的である。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の照査時刻は、ガスタービン発電機用軽油タンク下端の曲げモーメントが最大となる時刻とし、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」における解析ケース①で選定された地震動に対して解析ケース②及び③についても応答値を確認する。解析ケース①～③のうち、タンク下端の曲げモーメントが最大となる地震動及び時刻を選定して3次元構造解析を行う。なお、タンク下端の曲げモーメント以外の要因による照査値への影響を幅広く確認するために、タンク下端の曲げモーメントが最大となる時刻の次点にタンク下端の曲げモーメントが大きい時刻についても確認する。

(3) 入力荷重

3次元構造解析の入力荷重は、設計値及びVI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」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3-4に示す。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎は平面形状が正方形のため、水平2方向及び鉛直方向の荷重を使用する。水平1方向目は、「(2) 照査時刻」で選定した照査時刻における地震動の応答値を使用する。水平2方向目は、水平1方向目の地震動と直交する地震動（直交する地震動を設定していない場合は同一の地震動）の同時刻における応答値を使用する。鉛直方向は、地震動（鉛直成分）の同時刻における応答値を使用する。

なお、方向性を持たない地震動を水平1方向目とする場合には、保守的に、水平2方向目に同一の地震動を使用する。

表 3-4 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の耐震評価における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
常時荷重	固定荷重	<ul style="list-style-type: none"> ・ 躯体自重（防油堤を含む） ・ 機器・配管荷重
	積載荷重	<ul style="list-style-type: none"> ・ 積雪荷重 ・ 風荷重
地震荷重	地震時荷重	<ul style="list-style-type: none"> ・ 上載物（タンク及び防油堤）から受ける地震時荷重 ・ 基礎スラブに作用する地震力

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、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」に基づく地震応答解析により算定した基礎地盤に発生する接地圧が、「3.3 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の健全性に対する評価結果

水平2方向及び鉛直方向の荷重によるガスタービン発電機用軽油タンク基礎の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表4-1に、せん断破壊に対する最大照査値を表4-2に示す。

また、水平2方向及び鉛直方向の荷重による3次元構造解析に基づくガスタービン発電機用軽油タンク基礎の曲げ・軸力照査における最大照査値での断面力分布を図4-1～図4-3に示す。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表4-1 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	照査用曲げ モーメント M_d (kN・m)	終局曲げ モーメント M_{ud}^{*1} (kN・m)	照査値 M_d/M_{ud}
③	S s - D	1201	2329 ^{*2}	0.52

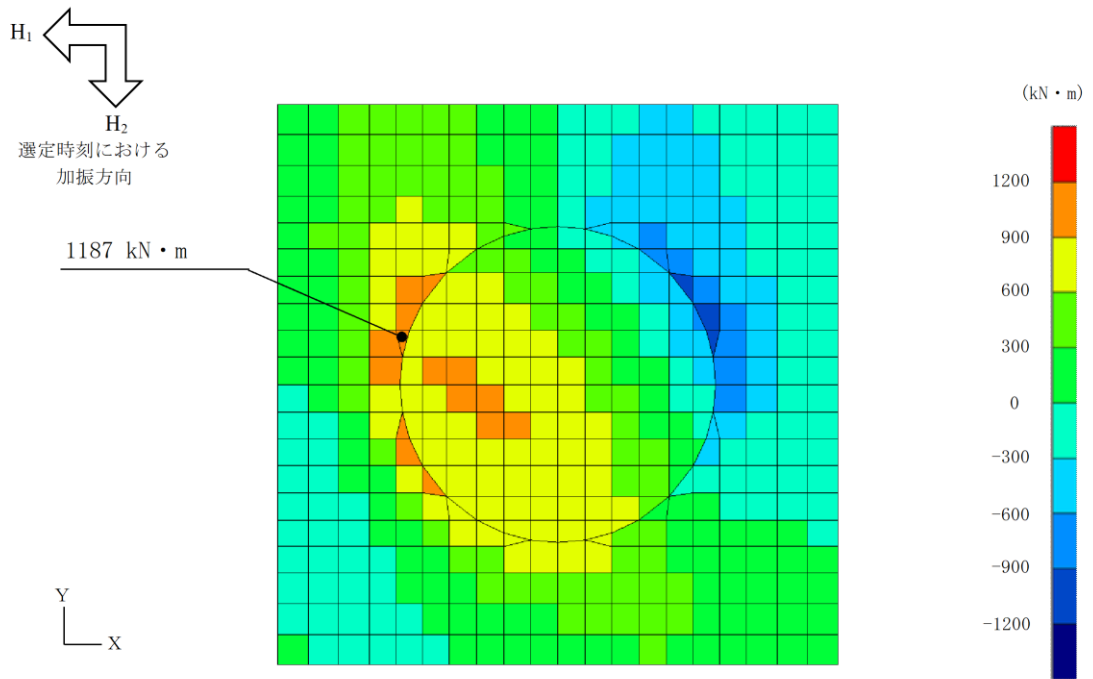
注記*1：終局曲げモーメント M_{ud} ＝断面終局に相当する曲げモーメント M_d ／部材係数 γ_b (=1.15)

*2：同時刻に照査対象要素に発生する軸力-658kN（圧縮）を考慮

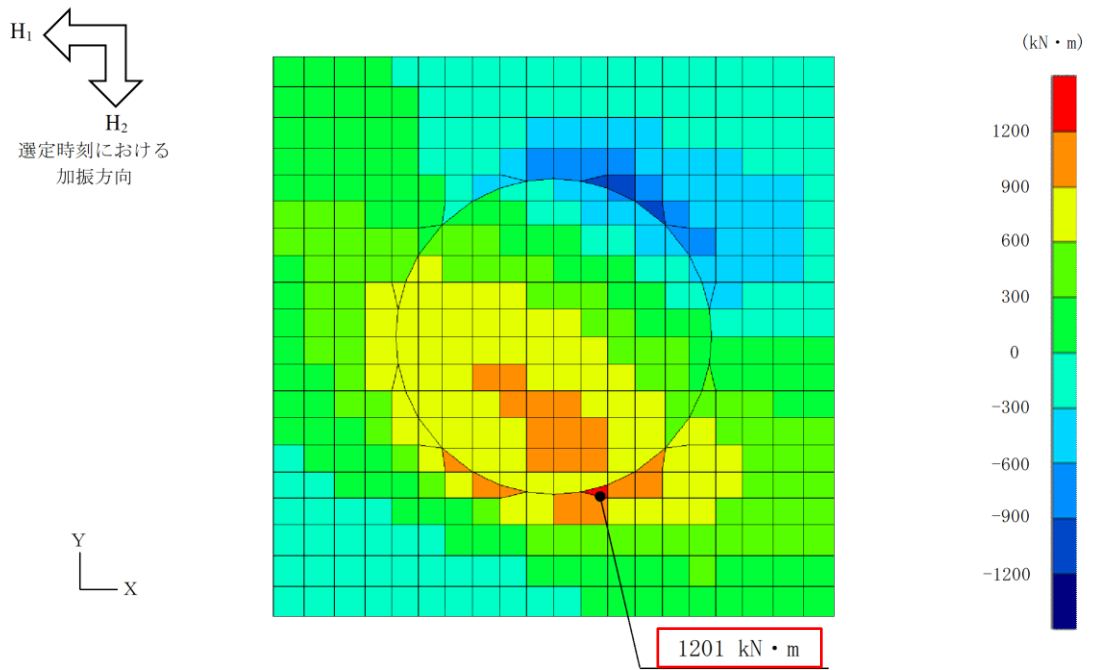
表4-2 せん断破壊に対する最大照査値

解析 ケース	地震動	照査用 せん断力 V_d^{*} (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
③	S s - D	793	1245	0.64

注記*：照査用せん断力 V_d ＝発生せん断力 V ×構造解析係数 γ_a (=1.0)



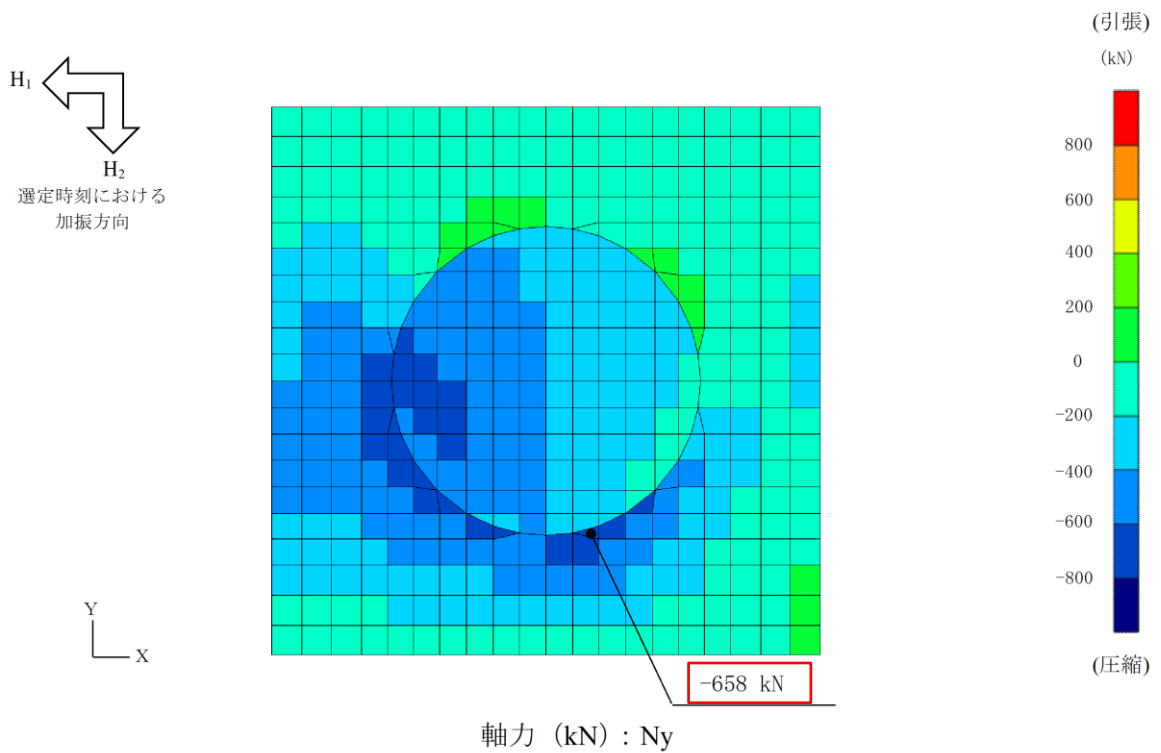
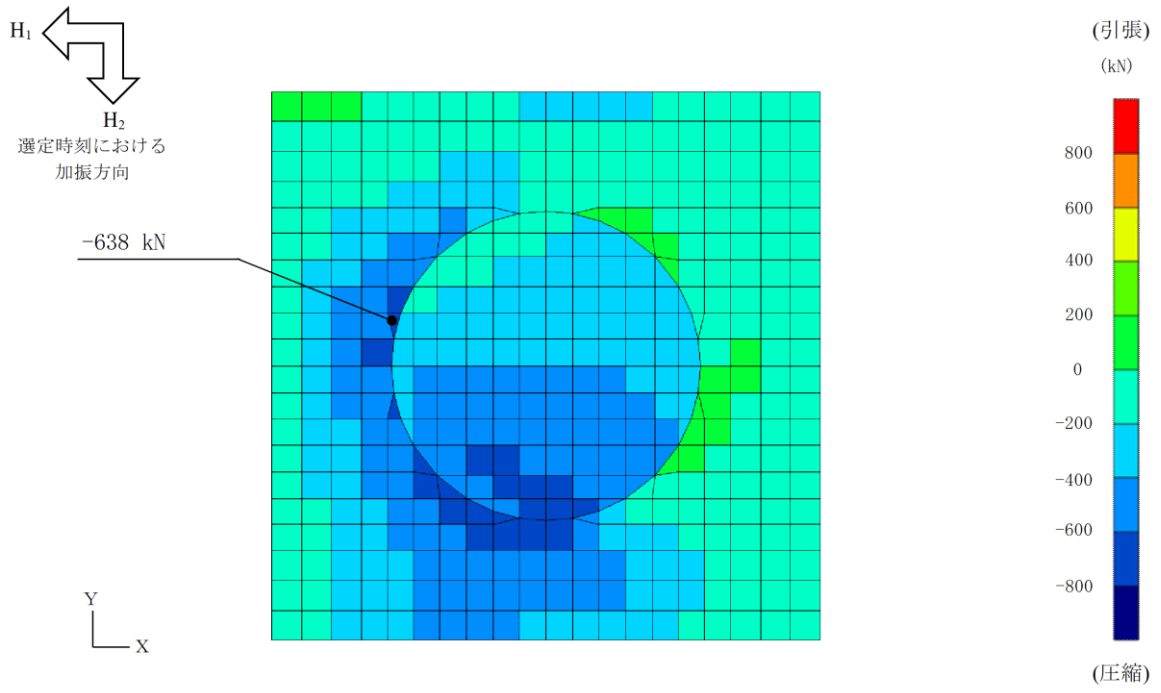
曲げモーメント (kN · m) : M_x



曲げモーメント (kN · m) : M_y

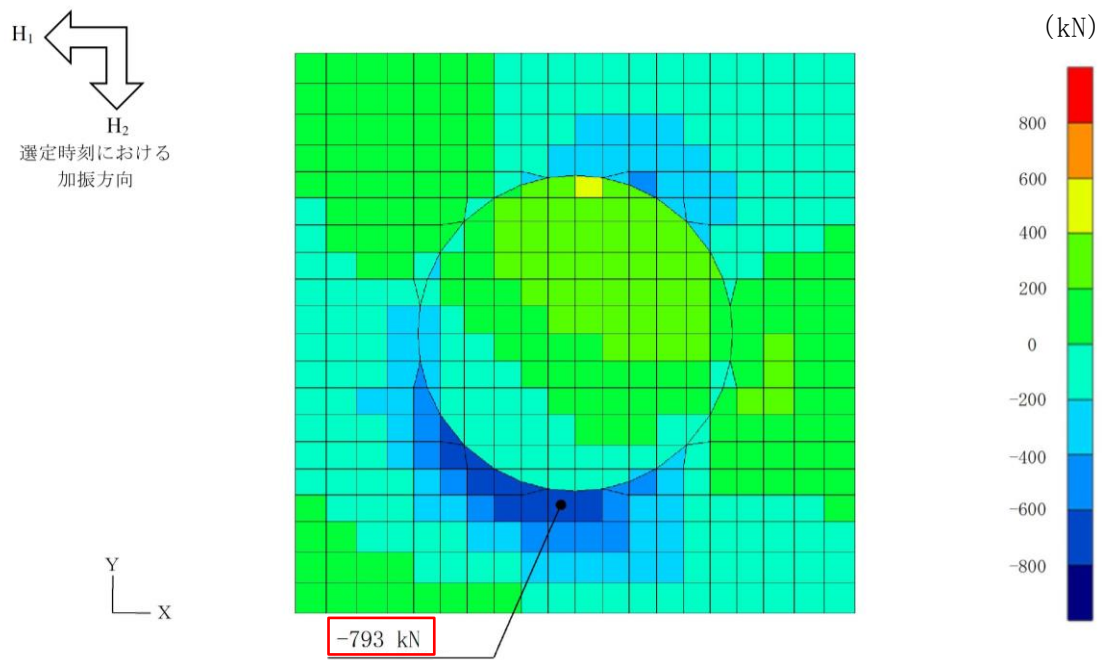
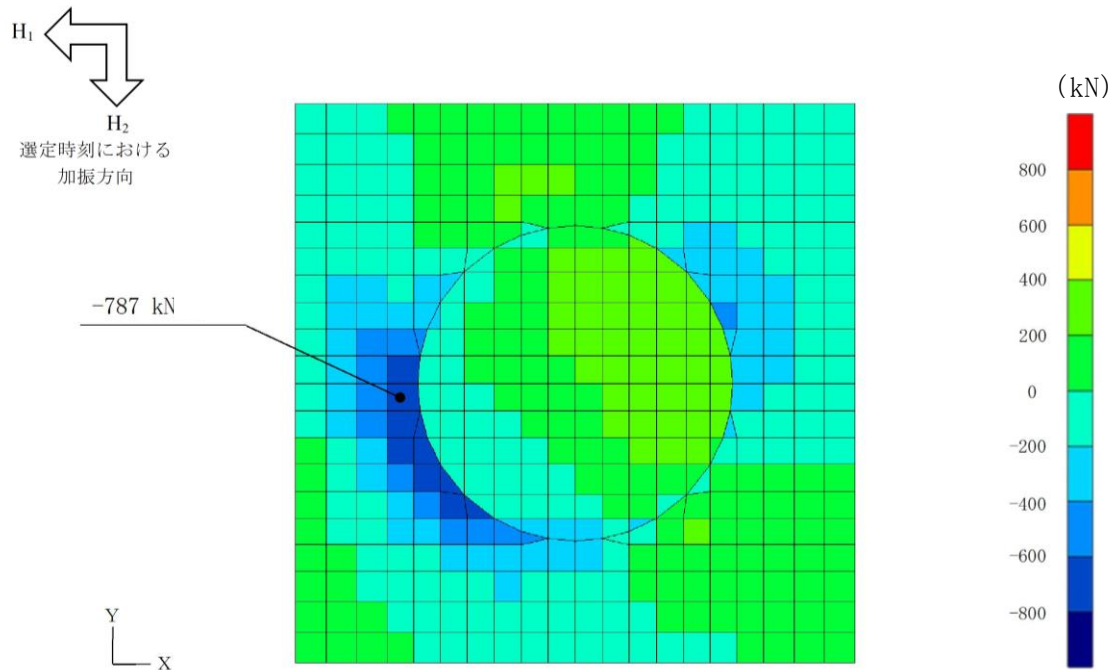
1201 kN · m : 照査に用いた断面力

図 4-1 照査時刻における断面力図 (解析ケース③, S s - D, 15.268 s)



 : 照査に用いた断面力

図 4-2 照査時刻における断面力図 (解析ケース③, S s - D, 15.268 s)



-793 kN : 照査に用いた断面力

図 4-3 照査時刻における断面力図 (解析ケース③, $S_s - D$, 15.268 s)

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

水平2方向及び鉛直方向の荷重による基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表4-3に示す。また、最大照査値発生位置を図4-4に示す。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力度を下回ることを確認した。

表4-3 基礎地盤の支持性能に対する照査結果

解析 ケース	地震動	時刻 (s)	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S s - N 2 (E W)	26.780	0.45	3.9	0.12

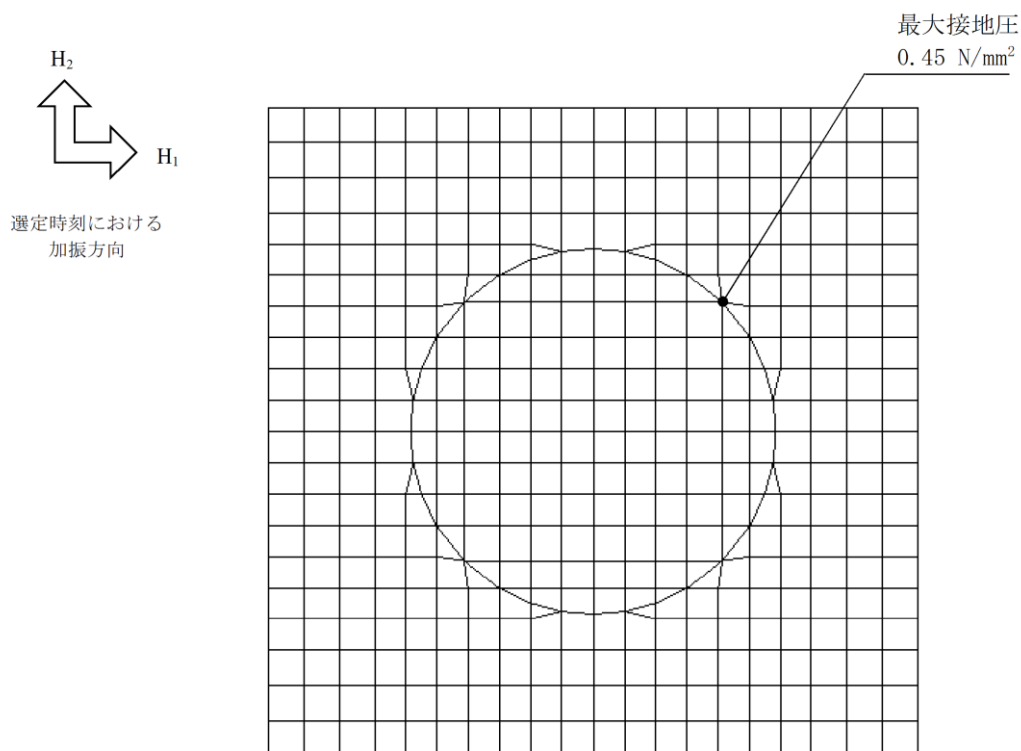


図4-4 最大照査値発生位置図（解析ケース①，S s - N 2（E W），26.780 s）

別紙 防油堤の耐震評価

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 構造概要	1
2.2 評価方針	2
3. 耐震評価	4
3.1 評価対象断面	4
3.2 解析モデル	6
3.3 材料特性	7
3.4 照査用震度	8
3.5 入力荷重	8
3.6 許容限界	9
4. 耐震評価結果	10
4.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果	10
4.2 せん断破壊に対する評価結果	10

1. 概要

本資料は、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の付帯設備のうち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であるガスタービン発電機燃料配管等を間接支持する防油堤が、基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の防油堤に要求される機能の維持を確認するにあたっては、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、片持ち梁の理論式による構造部材の健全性評価を実施する。

2. 基本方針

2.1 構造概要

評価対象とする防油堤の配置図を図 2-1、断面図を図 2-2 に示す。

防油堤は幅 0.3m、高さ 2.5m の鉄筋コンクリート造で、ガスタービン発電機用軽油タンク基礎を取り囲むように設置されている。

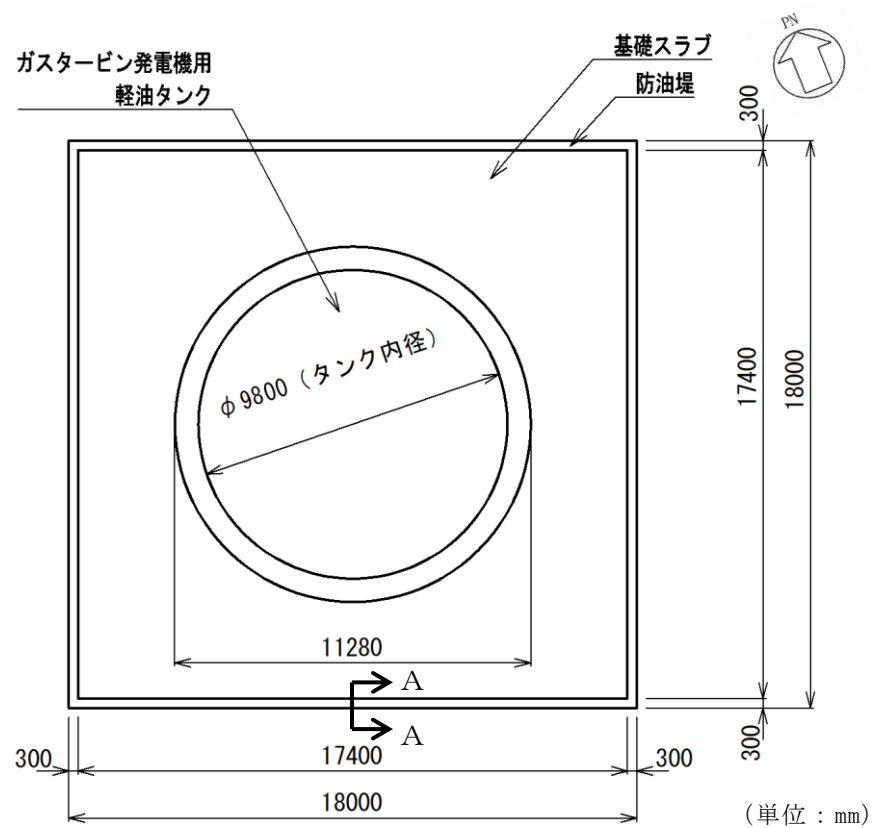


図 2-1 防油堤 配置図

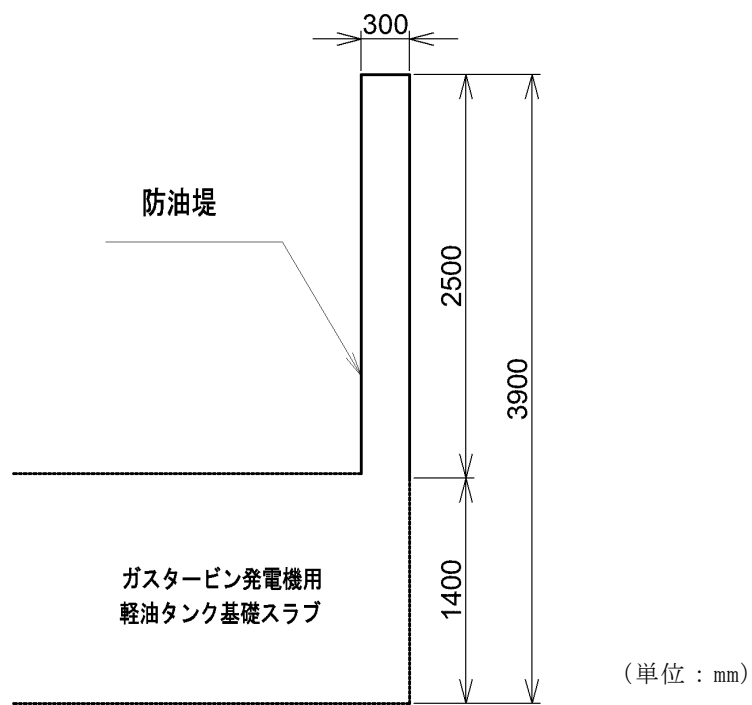


図 2-2 防油堤 断面図 (A-A 断面)

2.2 評価方針

防油堤の耐震評価フローを図 2-3 に示す。

防油堤の耐震評価は、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」より得られた地震応答解析の結果に基づき、片持ち梁の理論式により断面力を算定し、鉄筋コンクリート部材の照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が表 2-1 に示す許容限界以下であることを確認する。

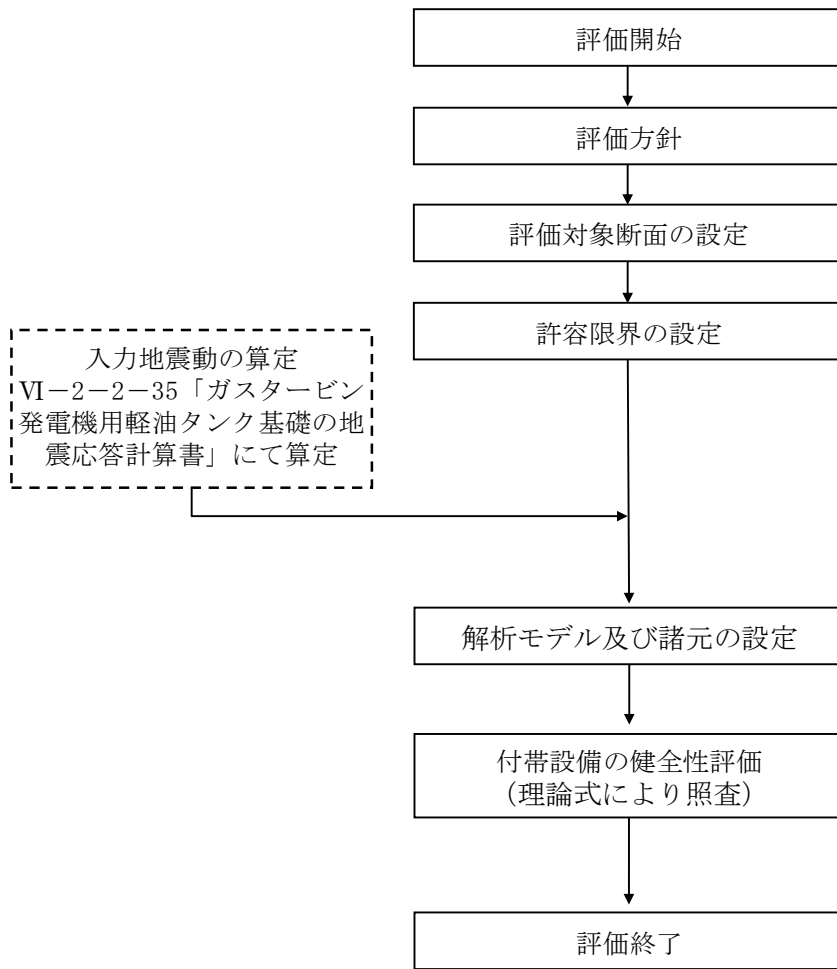


図 2-3 防油堤の耐震評価フロー

表 2-1 防油堤 評価項目

付帯設備	評価項目	評価方法	許容限界	
防油堤	構造部材の健全性	照査用曲げモーメント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	終局曲げモーメント*
			せん断力	せん断耐力*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

防油堤の評価対象断面位置図を図 3-1、概略配筋図を図 3-2 に示す。

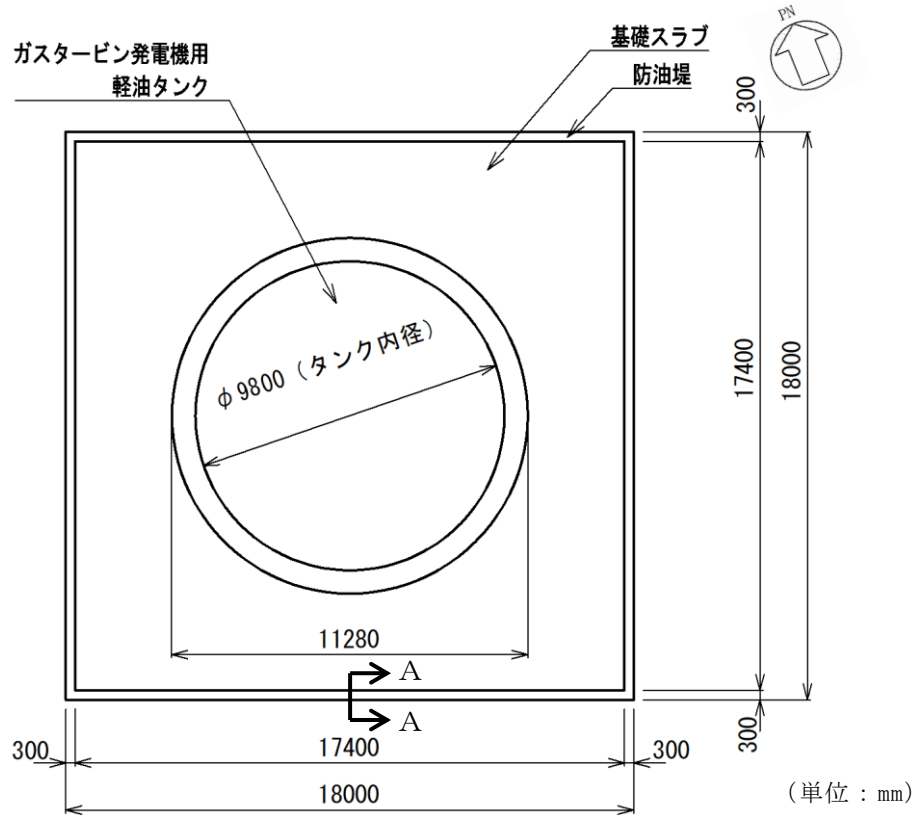


図 3-1 防油堤 評価断面位置図

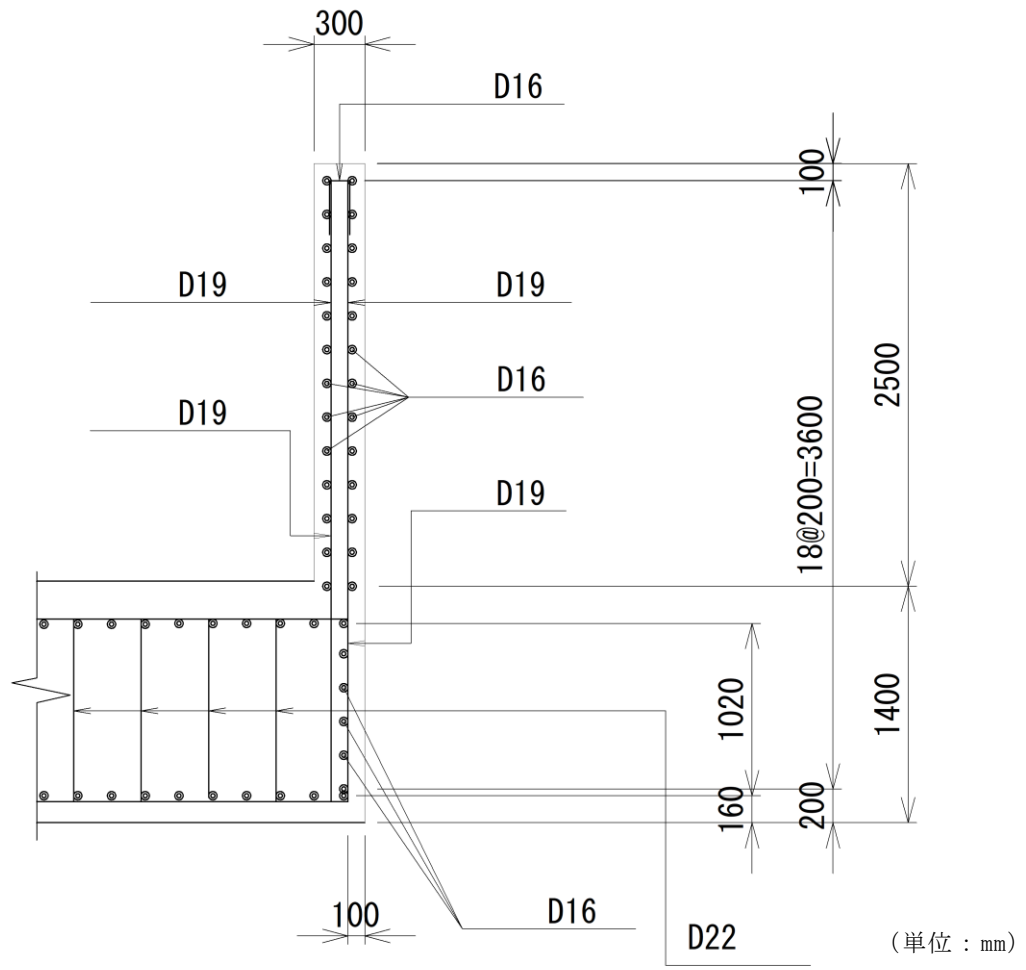


图 3-2 防油堤 概略配筋图 (A-A 断面)

3.2 解析モデル

防油堤の解析モデルを図 3-3 に示す。防油堤は片持ち梁でモデル化し、図 3-4 に示す理論式により断面力を算定する。

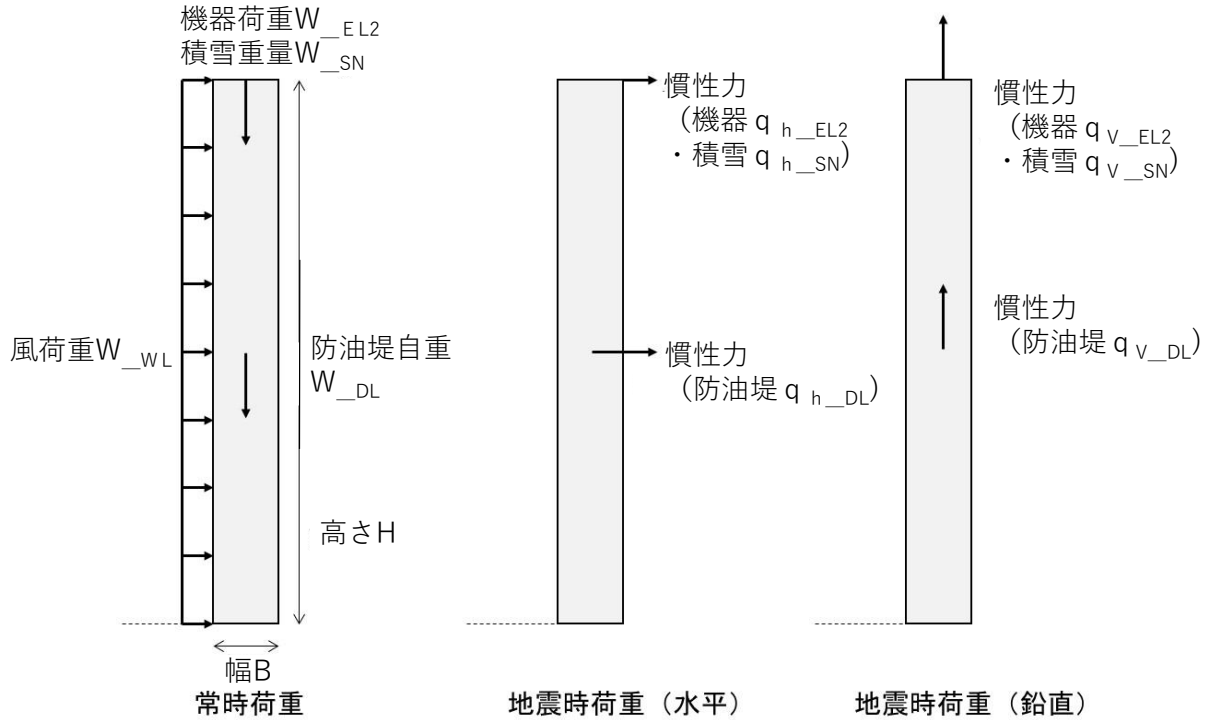


図 3-3 防油堤の解析モデル

曲げモーメント（地震時）

$$: M = q_{h_DL} \times 1/2 \times H + (q_{h_EL2} + q_{h_SN}) \times H + W_{WL} \times H^2 \times 1/2$$

せん断力（地震時）

$$: Q_E = q_{h_DL} + q_{h_EL2} + q_{h_SN} + W_{WL} \times H$$

軸力（地震時，鉛直震度 K_v : 上向き）

$$: N = (W_{DL} + W_{EL2} + W_{SN}) - (q_{v_DL} + q_{v_EL2} + q_{v_SN})$$

ただし，

$$q_{h_DL} = K_h \times W_{DL}$$

$$q_{h_EL2} = K_h \times W_{EL2}$$

$$q_{h_SN} = K_v \times W_{SN}$$

$$q_{v_DL} = K_v \times W_{DL}$$

$$q_{v_EL2} = K_v \times W_{EL2}$$

$$q_{v_SN} = K_v \times W_{SN}$$

図 3-4 断面力算定の理論式

3.3 材料特性

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

材料	項目	材料諸元
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)	2.50×10 ⁴
	ポアソン比	0.2

3.4 照査用震度

防油堤の照査用水平震度は、VI-2-2-35「ガスタービン発電機用軽油タンク基礎の地震応答計算書」における地震応答解析の全解析ケース（ケース①～ケース③）から、防油堤における最大応答加速度（水平方向）を用いて算定する。

照査用鉛直震度は、水平震度の算定に用いた最大応答加速度（水平方向）と同時刻の防油堤における最大応答加速度（鉛直方向）を用いて算定する。

照査用震度を表 3-3 に示す。

表 3-3 照査用震度の設定

解析 ケース	地震動	時刻 (s)	照査用震度	
			水平震度 K_h	鉛直震度 K_v^*
③	S s - D	11.155	2.40	-0.03

注記*：鉛直震度は正の値が鉛直上向き、負の値が鉛直下向きを表す。

3.5 入力荷重

防油堤の耐震評価における入力荷重を表 3-4 に示す。防油堤の入力荷重は、「3.4 照査用震度」で設定した照査用震度、固定荷重、積載荷重を用いて算定する。

なお、積載荷重にはVI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づく積雪荷重及び風荷重を考慮する。

表 3-4 防油堤の耐震評価における入力荷重

区分	種別	考慮する荷重
常時荷重	固定荷重	防油堤自重、機器荷重
	積載荷重	積雪荷重、風荷重
地震時荷重	慣性力	防油堤に作用する慣性力

3.6 許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

防油堤の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書」に基づき、終局曲げモーメントとする。

(2) せん断破壊に対する許容限界

防油堤のせん断破壊に対する許容限界は、「コンクリート標準示方書」に基づき、コンクリートのせん断耐力とする。

4. 耐震評価結果

4.1 曲げ・軸力系の破壊に対する評価結果

防油堤の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 に示す。

防油堤の照査用曲げモーメントが許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 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	照査用曲げモーメント M_d (kN・m)	終局曲げ モーメント M_{ud} (kN・m) *1	照査値 M_d/M_{ud}
③	S s - D	58	99*2	0.59

注記*1：終局曲げモーメント M_{ud} ＝断面終局に相当する曲げモーメント M_d ／部材係数 γ_b （＝1.15）

*2：同時刻に照査対象要素に発生する軸力-19kN（圧縮）を考慮

4.2 せん断破壊に対する評価結果

防油堤のせん断破壊に対する最大照査値を表 4-2 に示す。

防油堤の照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-2 せん断破壊に対する最大照査値

解析 ケース	地震動	照査用せん断力 V_d * (kN)	せん断耐力 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
③	S s - D	46	111	0.42

注記*：照査用せん断力 V_d ＝発生せん断力 V ×構造解析係数 γ_a （＝1.0）

VI-2-2-37 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク
～ガスタービン発電機）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 適用規格・基準等	7
3. 解析方法	8
3.1 評価対象断面	8
3.2 解析方法	10
3.2.1 構造部材	10
3.2.2 地盤	12
3.2.3 減衰定数	13
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	14
3.3 荷重及び荷重の組合せ	16
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	16
3.3.2 荷重	16
3.3.3 荷重の組合せ	17
3.4 入力地震動	18
3.5 解析モデル及び諸元	35
3.5.1 解析モデル	35
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	37
3.5.3 地盤の物性値	37
3.5.4 地下水位	38
4. 解析結果	39

1. 概要

本資料は、VI-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に基づき実施する屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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、屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の位置図を図2-1に示す。

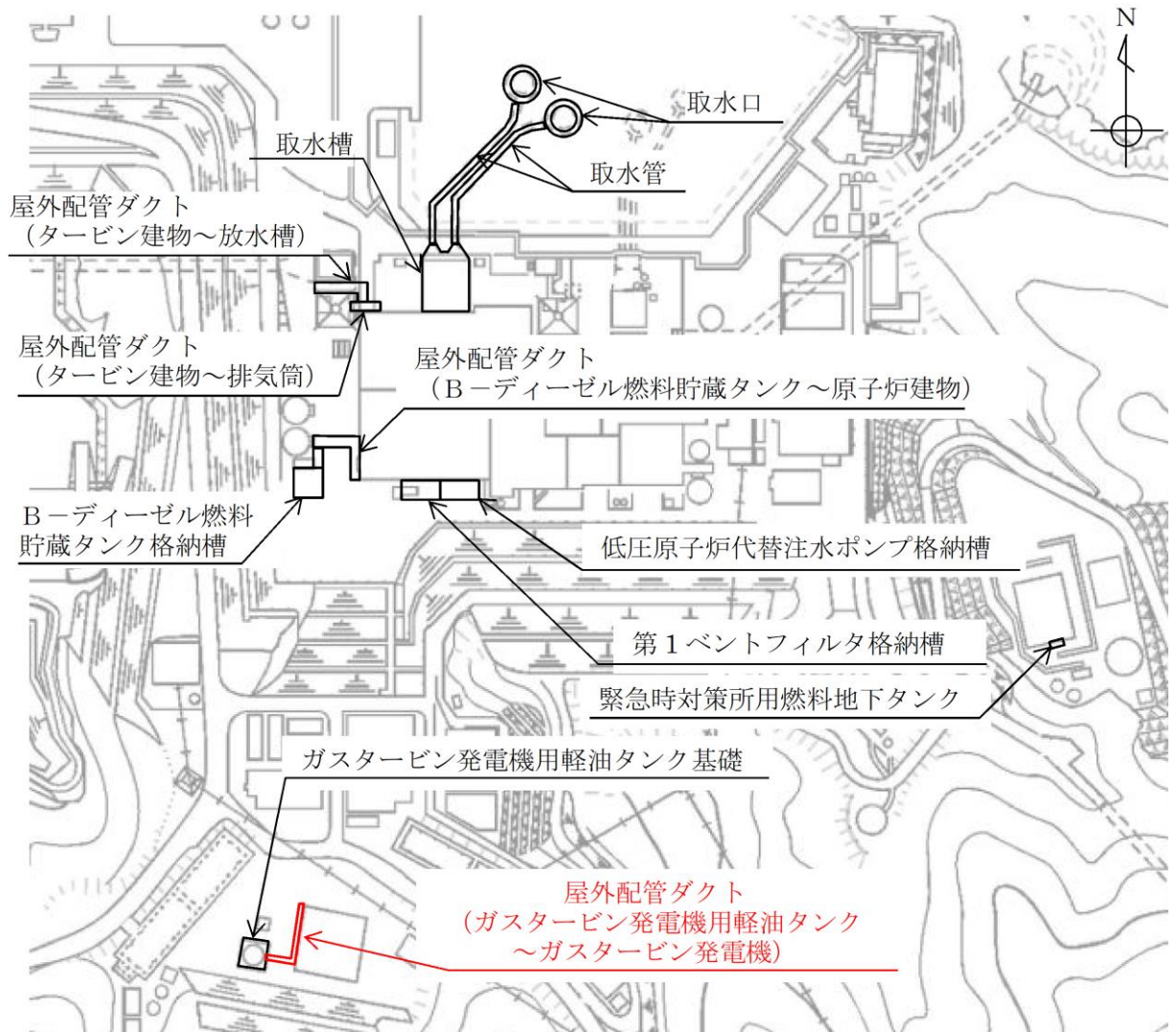


図2-1 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）位置図

2.2 構造概要

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 及び図 2-4 に示す。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）は、ガスタービン発電機用燃料移送配管・弁を間接支持する延長約 55.5m、幅 2.8m、高さ 1.8m 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 C_L 級岩盤に支持される。

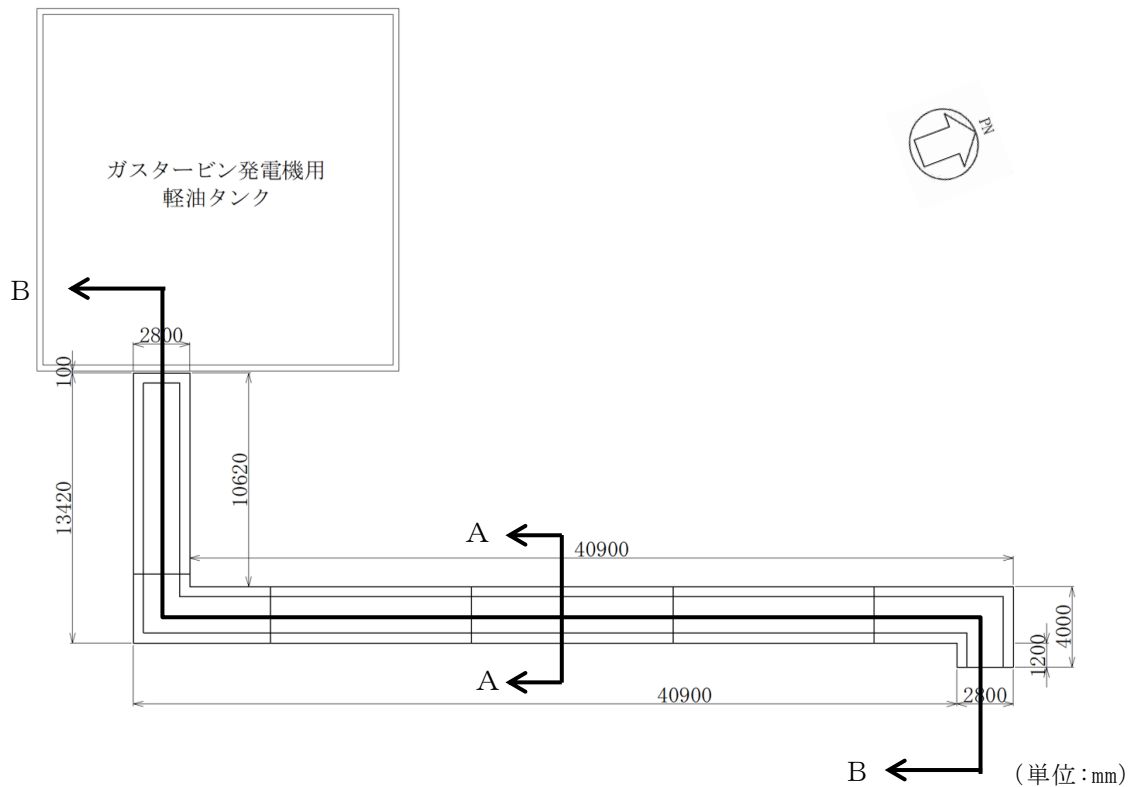


図 2-2 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
平面図

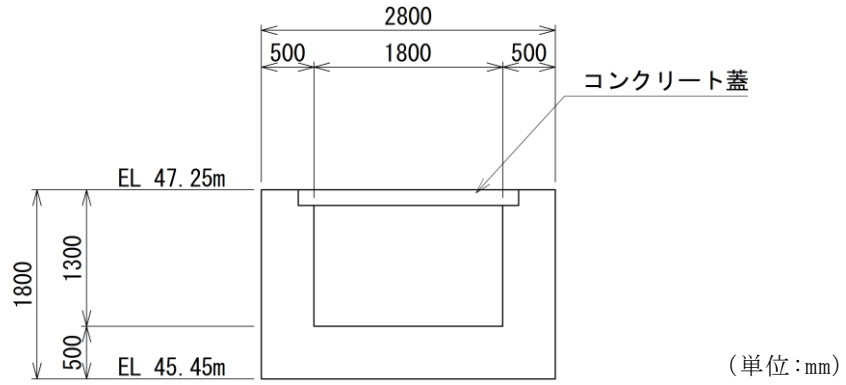


図 2-3 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
断面図（A-A 断面）

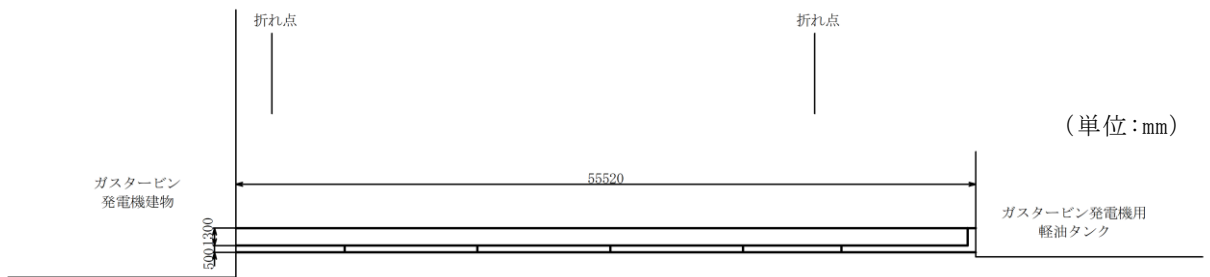


図 2-4 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
断面図（B-B 断面）

2.3 解析方針

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）は，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 に屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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時刻歴応答解析により行うこととし，地盤物性のばらつきを適切に考慮する。

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スペクトルの作成に用いる。また，変形，断面力及び基礎地盤の接地圧は，屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の耐震評価に用いる。

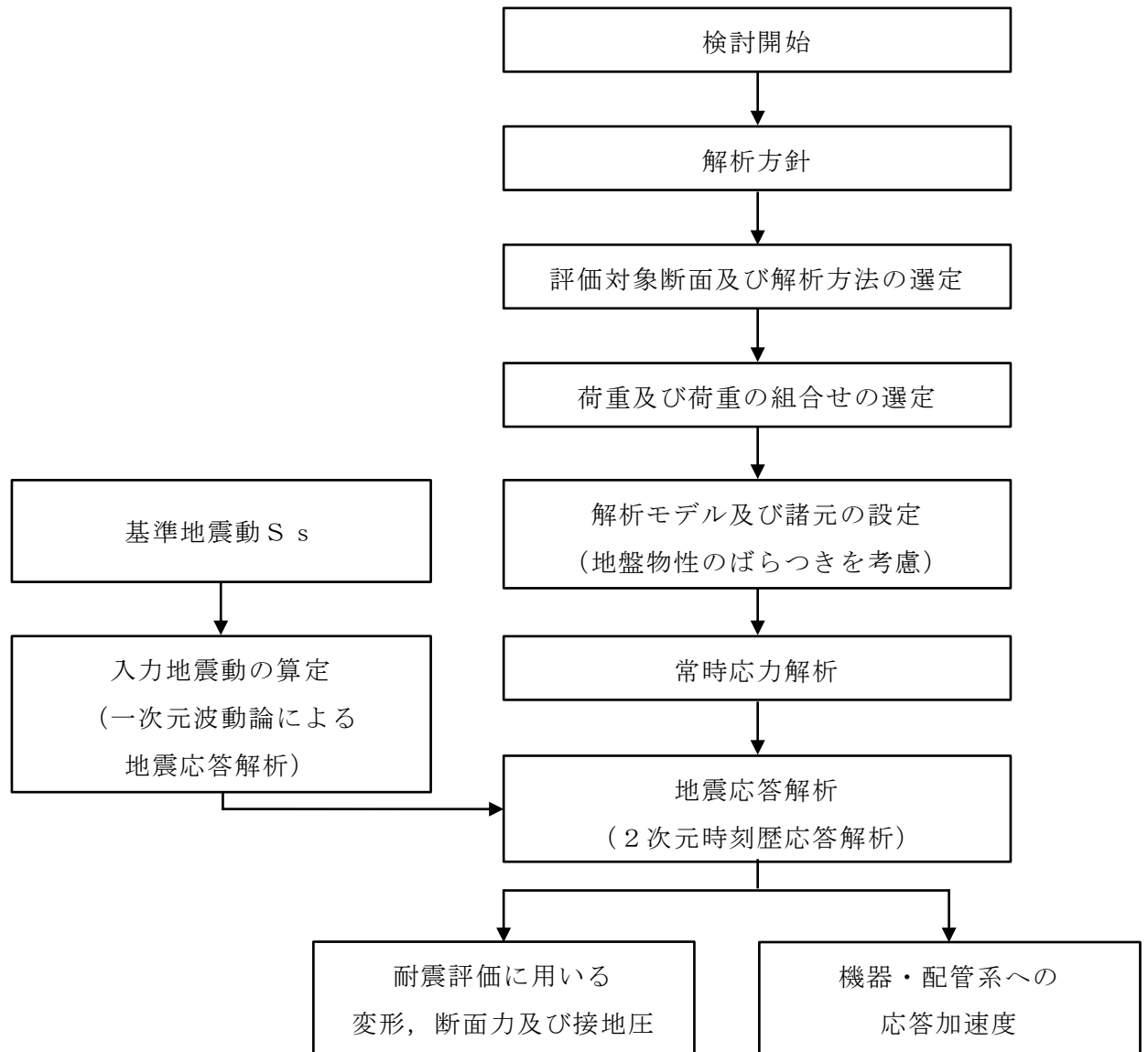


図 2-5 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)
地震応答解析フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）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（（社）土木学会，2005年）
- ・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）

3. 解析方法

3.1 評価対象断面

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面及び機器・配管系に対する応答加速度抽出断面は，図 3-1 の A-A 断面とする。

評価対象断面図を図 3-2 に示す。

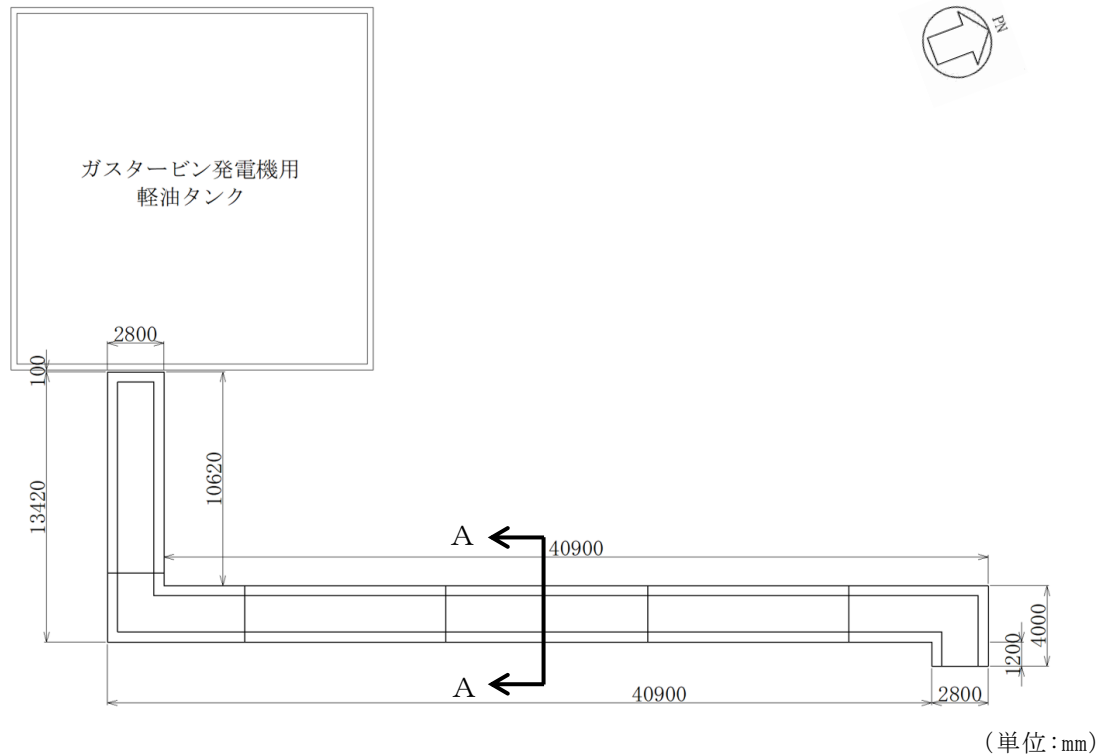


図 3-1 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
評価対象断面位置図

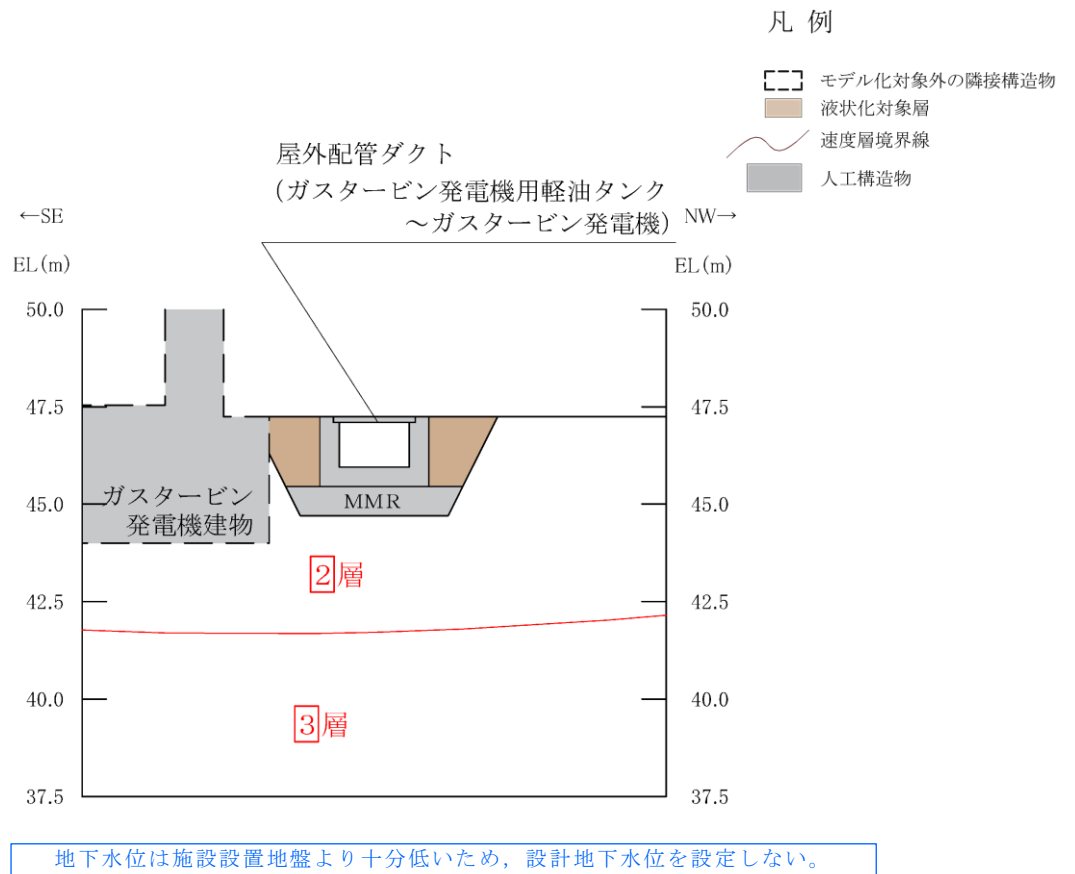


図 3-2 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)
評価対象断面図 (A-A 断面)

3.2 解析方法

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の地震応答解析は、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2次元有限要素法を用いて、基準地震動 S_s に基づき設定した水平地震動と鉛直地震動の同時加振による逐次時間積分の時刻歴応答解析により行う。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）は、施設周辺の設計地下水位が底版より低いため、解析手法の選定フローに基づき全応力解析とする。

構造部材については、非線形はり要素を用いることとし、構造部材の非線形特性については、ファイバーモデルで考慮する。また、地盤については、平面ひずみ要素でモデル化することとし、岩盤は線形でモデル化する。埋戻土については、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようにマルチスプリングモデルを用いることとし、ばね特性は双曲線モデル（修正 GHE モデル）を用いて非線形性を考慮する。

地震応答解析については、解析コード「T D A P III」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、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図3-3に示すように、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に示すコンクリートの応力-ひずみ関係及び図3-5に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮する。

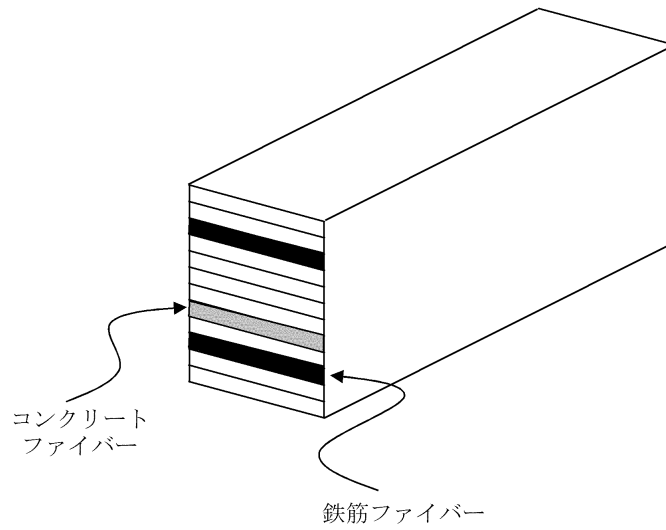
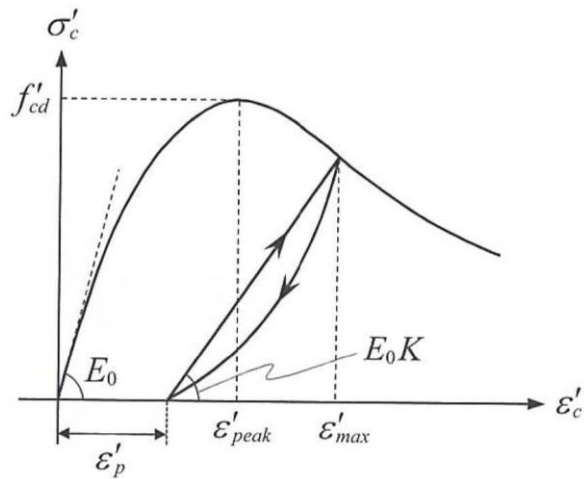
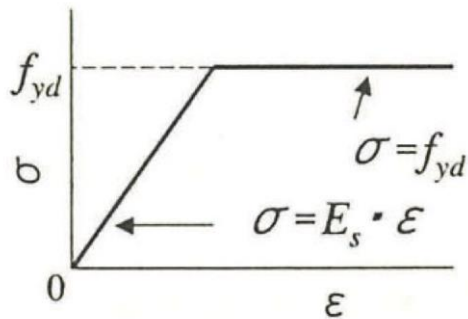


図 3-3 ファイバーモデルの概念図



(「コンクリート標準示方書[設計編] ((社) 土木学会, 2017 年制定) 」より引用)

図 3-4 構造部材の非線形特性 (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[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) 」より引用)

図 3-5 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

地盤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。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）は、MMR 上に設置され、側面に埋戻土が分布し、主たる荷重は埋戻土の土圧となることから、埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

解析ケースについては、せん断弾性係数の平均値を基本ケース（表 3-1 に示すケース①）とした場合に加えて、平均値 $\pm 1.0 \times$ 標準偏差（ σ ）のケース（表 3-1 に示すケース②及び③）について確認を行う。

地盤のばらつきの設定方法の詳細は、「3.2.4 地震応答解析の解析ケース選定」に示す。

表 3-1 解析ケース

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース②	平均値 + 1 σ	平均値
ケース③	平均値 - 1 σ	平均値

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	6.834	1.059×10^{-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、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、解析ケース①（基本ケース）を実施する。解析ケース①（基本ケース）において、曲げ・軸力系の破壊、せん断破壊及び地盤の支持力照査の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合には、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。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
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*1	○	基準地震動 S_s （6波）に位相反転を考慮した地震動（1波）を加えた全7波に対し、ケース①（基本ケース）を実施し、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各照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。 すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合には、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。	
		-+*1	-*2		
		+-*1	○		
		--*1	-*2		
	$S_s - F1$	++*1	○		
	$S_s - F2$	++*1	○		
	$S_s - N1$	++*1	○		
		-+*1	-*2		
	$S_s - N2$ (NS)	++*1	○		
		-+*1	-*2		
$S_s - N2$ (EW)	++*1	○			
	-+*1	-*2			

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

*2：解析モデルが左右対称であり，水平動の位相反転による解析結果への影響はない。

(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表 3-1 に示す解析ケース①に加え、解析ケース②及び③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
			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
地震動 (位相)	S s - D	++*1	○	○	○
		--+*1	-*2	-*2	-*2
		+ -*1	○	○	○
		--*1	-*2	-*2	-*2
	S s - F 1	++*1	○	○	○
	S s - F 2	++*1	○	○	○
	S s - N 1	++*1	○	○	○
		--+*1	-*2	-*2	-*2
	S s - N 2 (NS)	++*1	○	○	○
		--+*1	-*2	-*2	-*2
	S s - N 2 (EW)	++*1	○	○	○
		--+*1	-*2	-*2	-*2

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

*2：解析モデルが左右対称であり，水平動の位相反転による解析結果への影響はない。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、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

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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、躯体自重及び機器・配管荷重を考慮する。なお、コンクリート蓋はモデル化せず、固定荷重として重量を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として、土圧及び積雪荷重（ P_s ）を考慮する。

(3) 積雪荷重（ P_s ）

積雪荷重として、発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については、「松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日、松江市規則第234号）」により、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(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

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、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 を一次元波動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、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3-6に入力地震動算定の概念図を、図3-7～図3-22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」及び「microSHAKE/3D」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

ここで、断層モデルを用いた手法による基準地震動 $S_s - F1$ 及び $F2$ については、評価対象断面の方位を考慮し角度補正を行う。

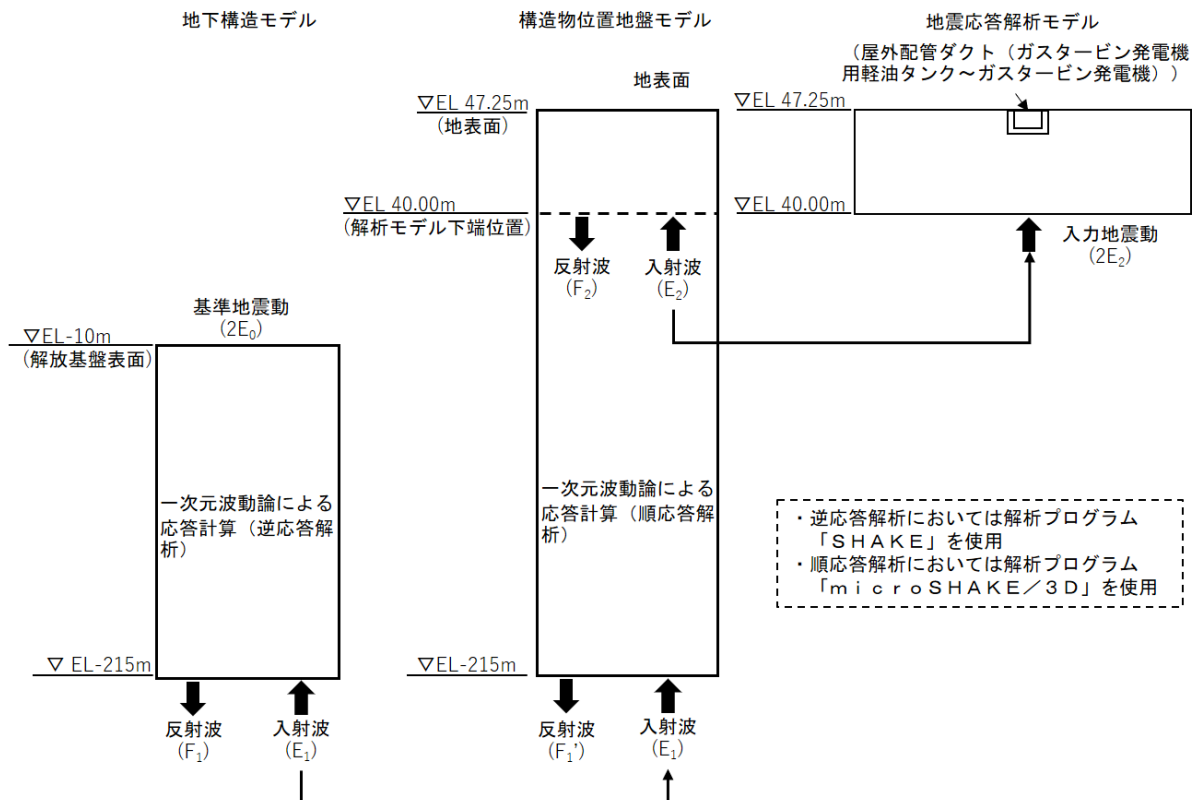
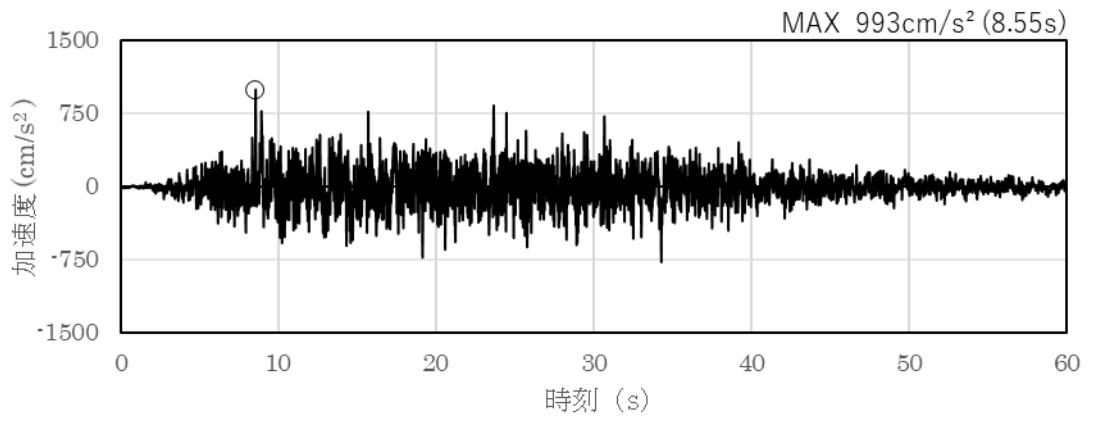
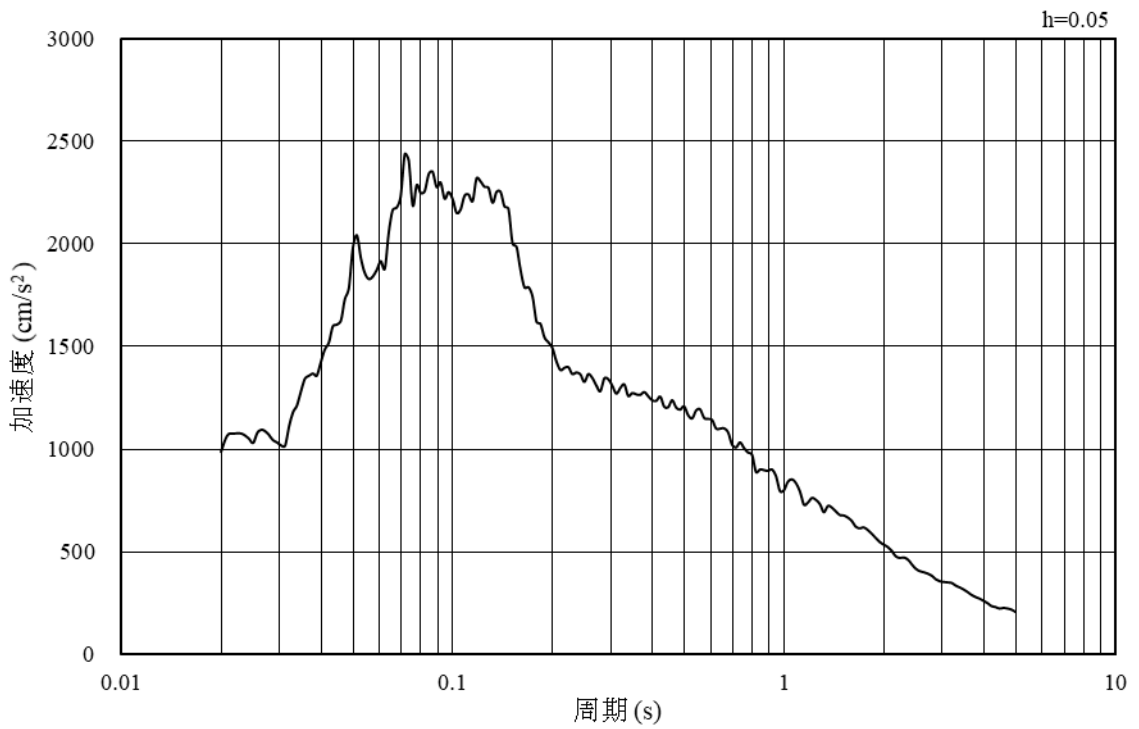


図3-6 入力地震動算定の概念図

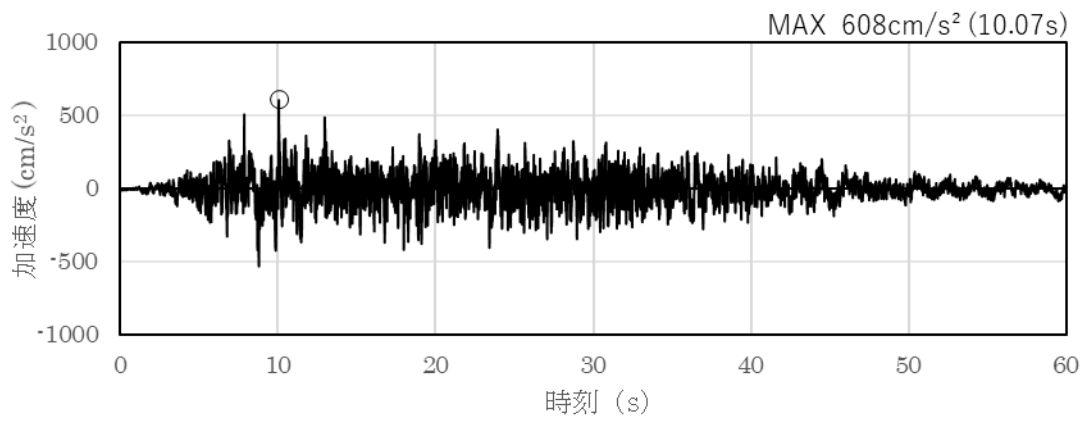


(a) 加速度時刻歴波形

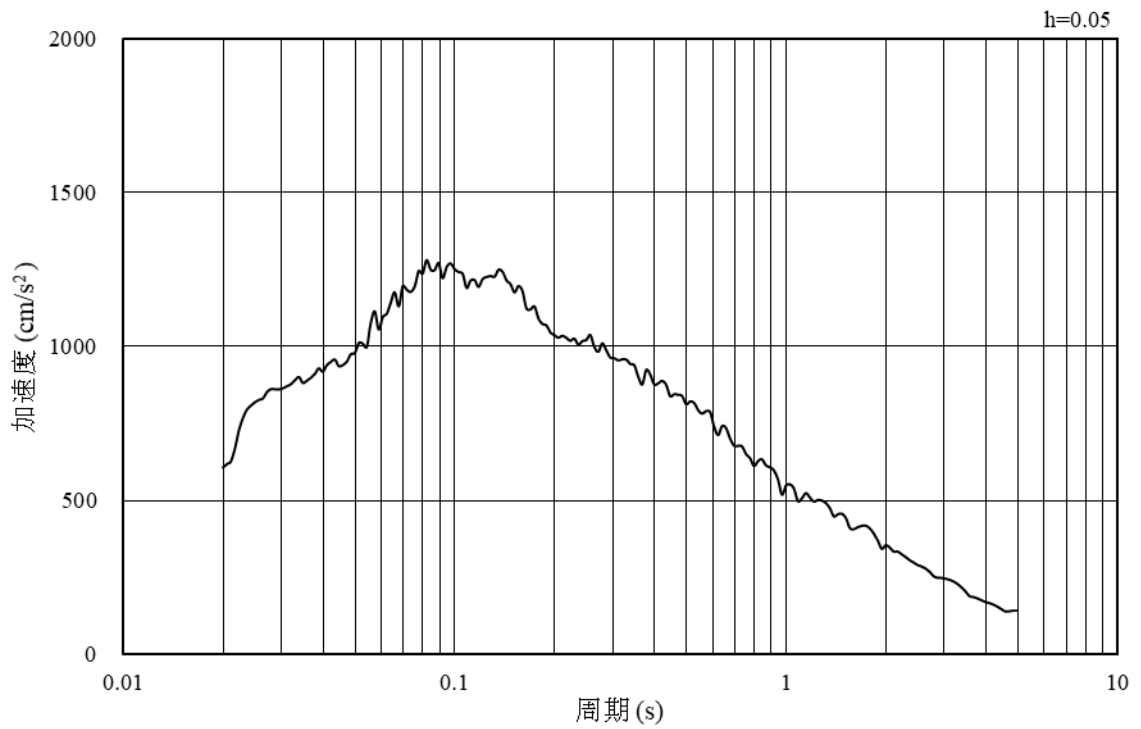


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-7 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)

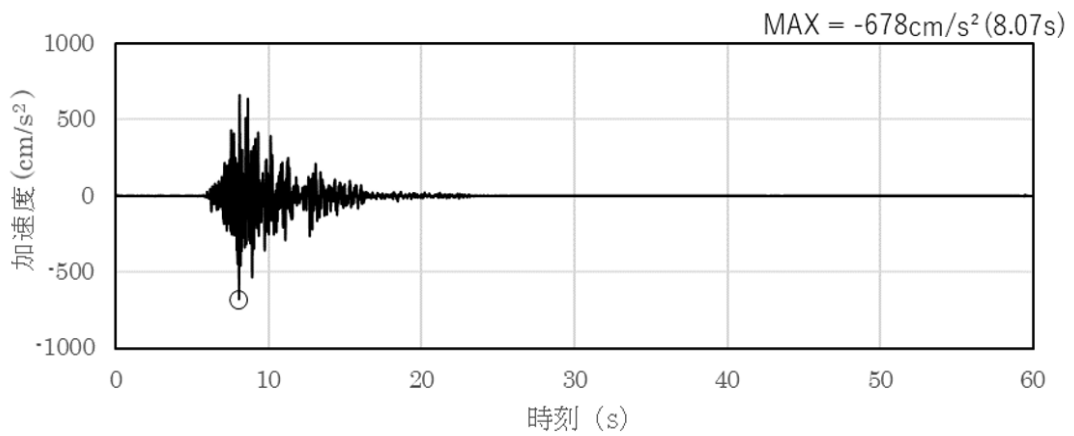


(a) 加速度時刻歴波形

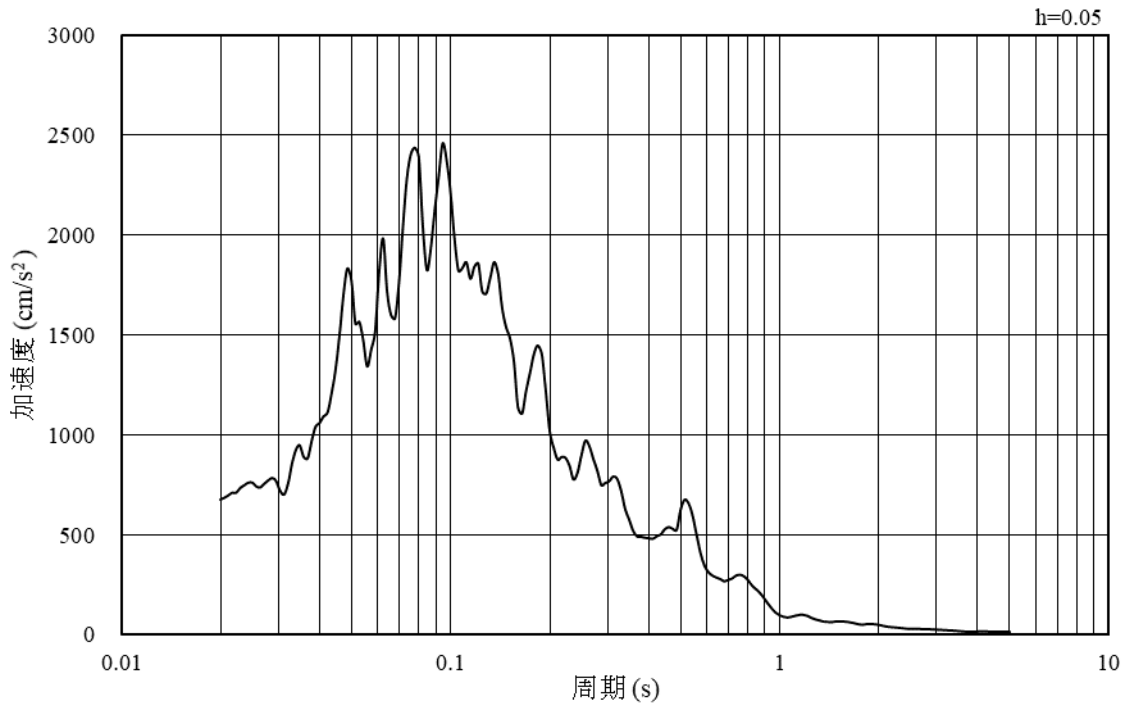


(b) 加速度応答スペクトル

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)

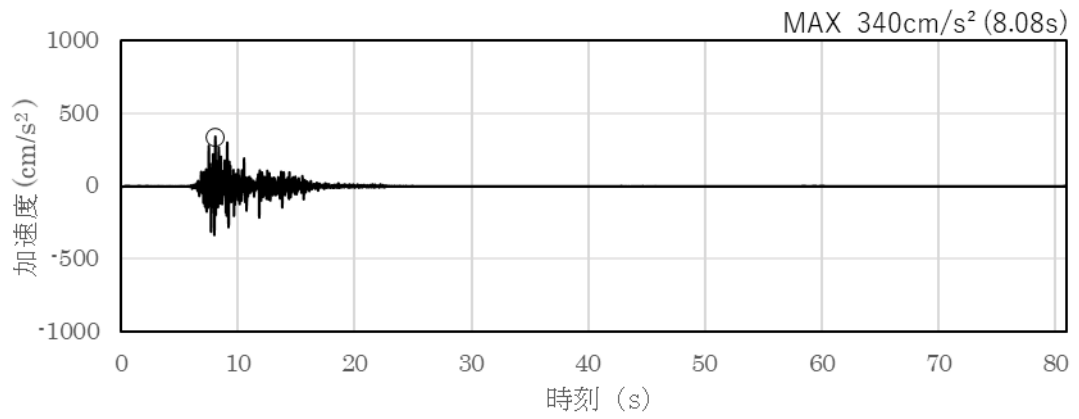


(a) 加速度時刻歴波形

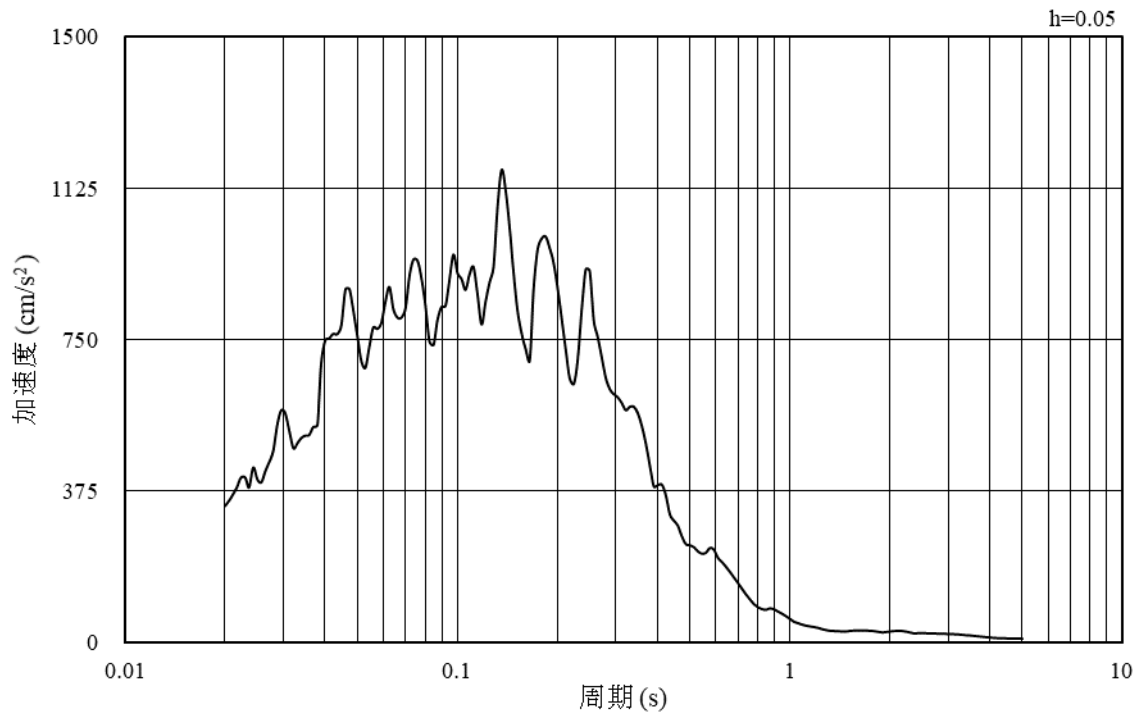


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 1 (N S))

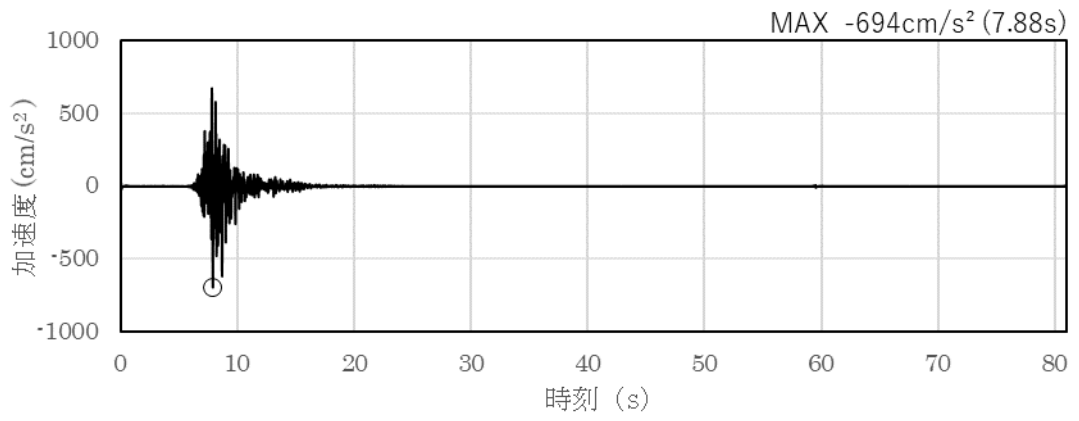


(a) 加速度時刻歴波形

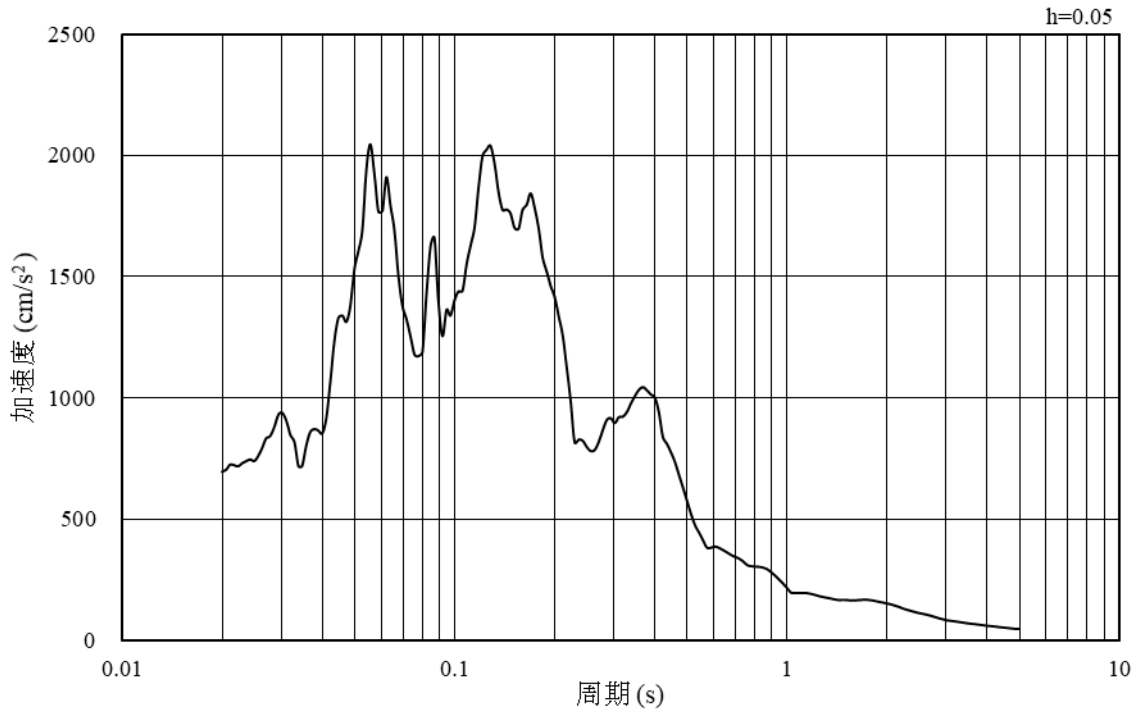


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 1 (N S))

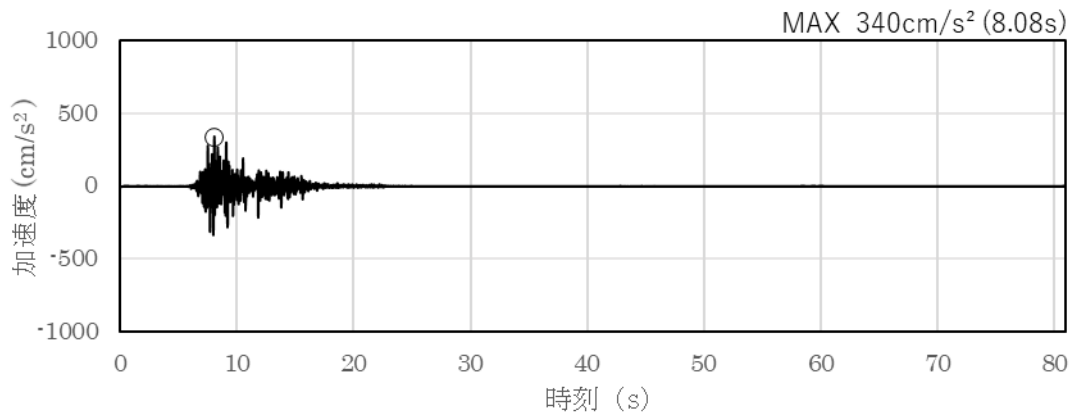


(a) 加速度時刻歴波形

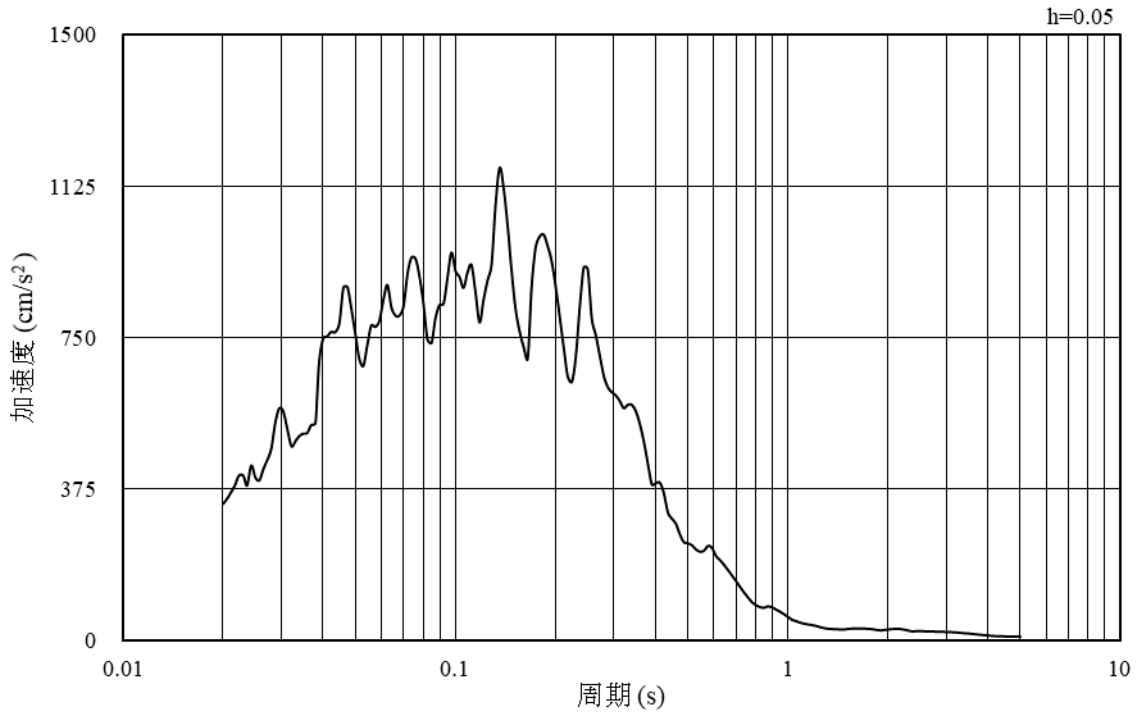


(b) 加速度応答スペクトル

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 (EW))

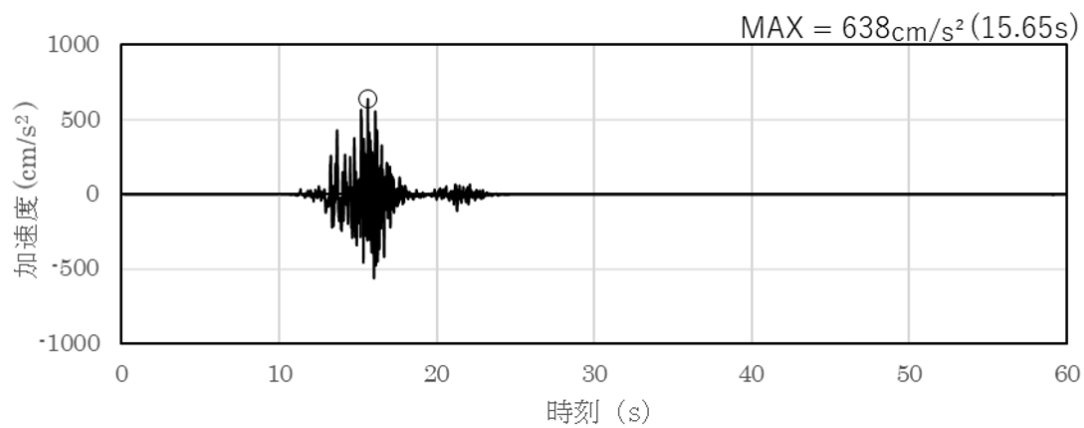


(a) 加速度時刻歴波形

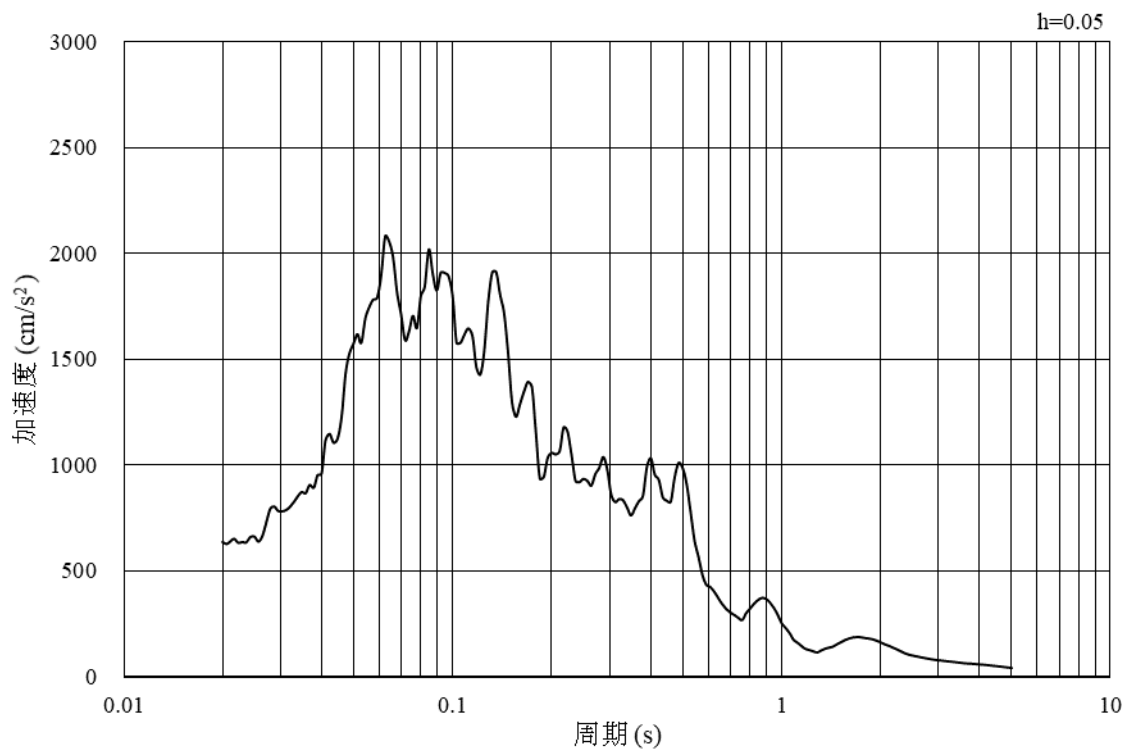


(b) 加速度応答スペクトル

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 (E W))

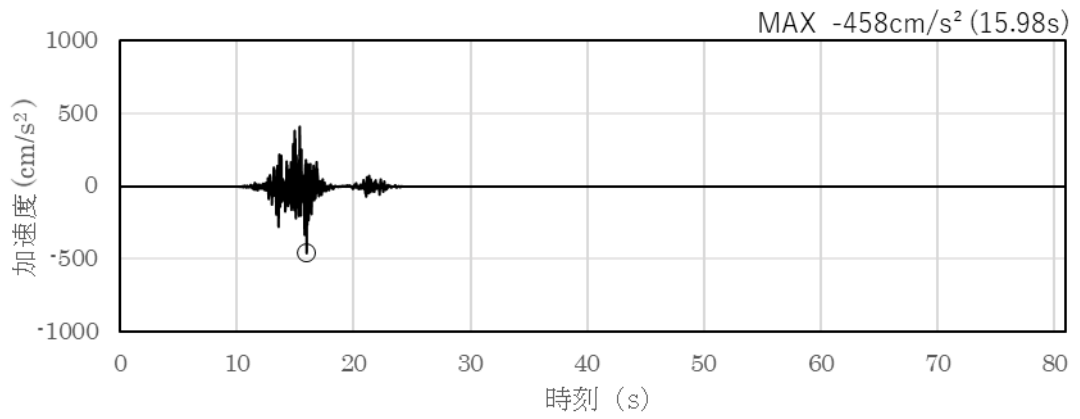


(a) 加速度時刻歴波形

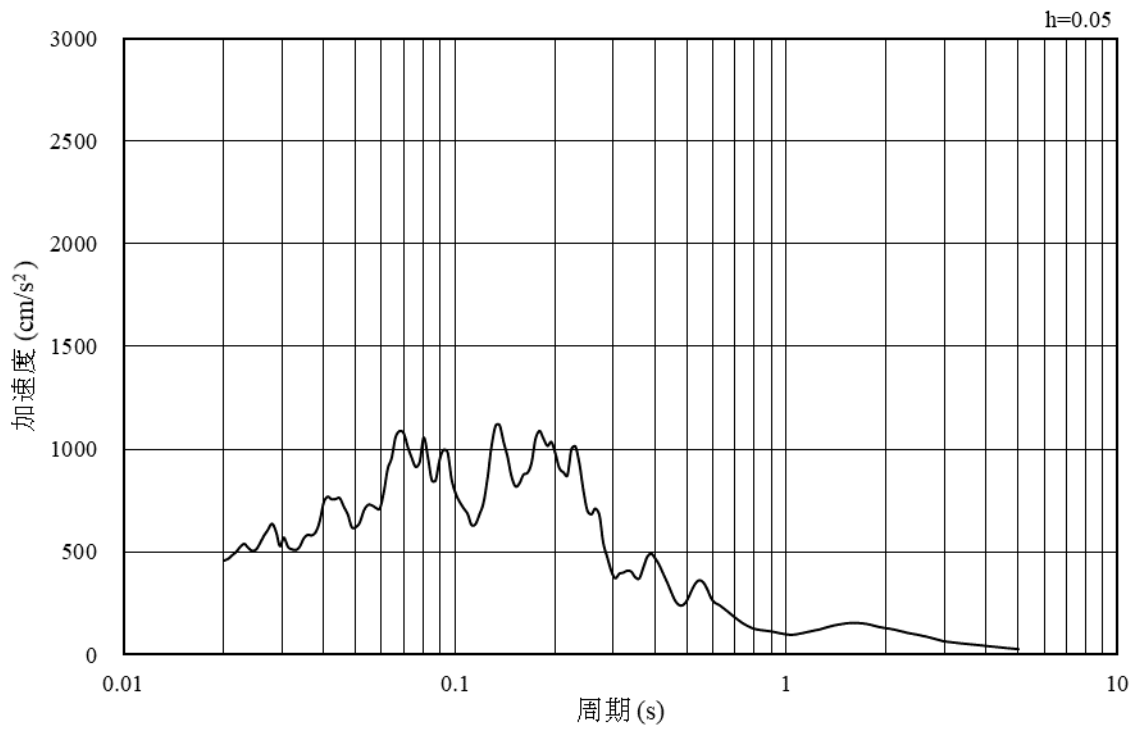


(b) 加速度応答スペクトル

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 (N S))

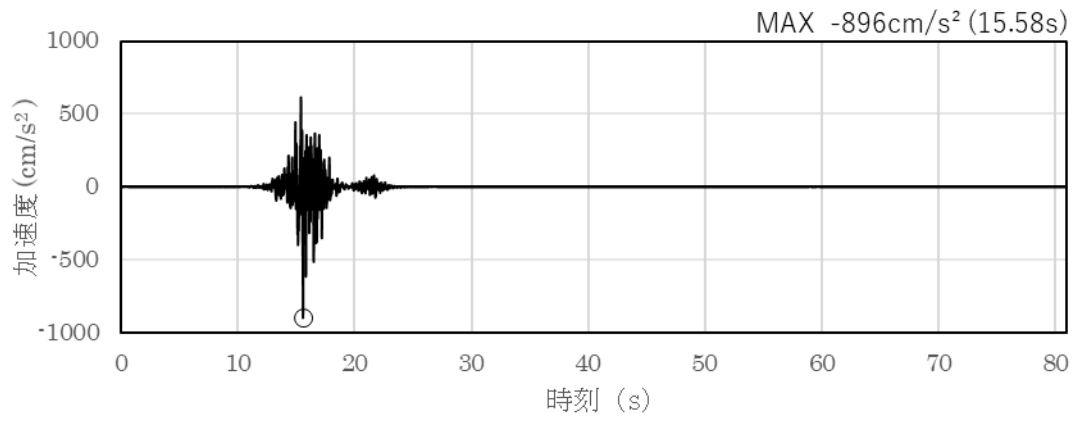


(a) 加速度時刻歴波形

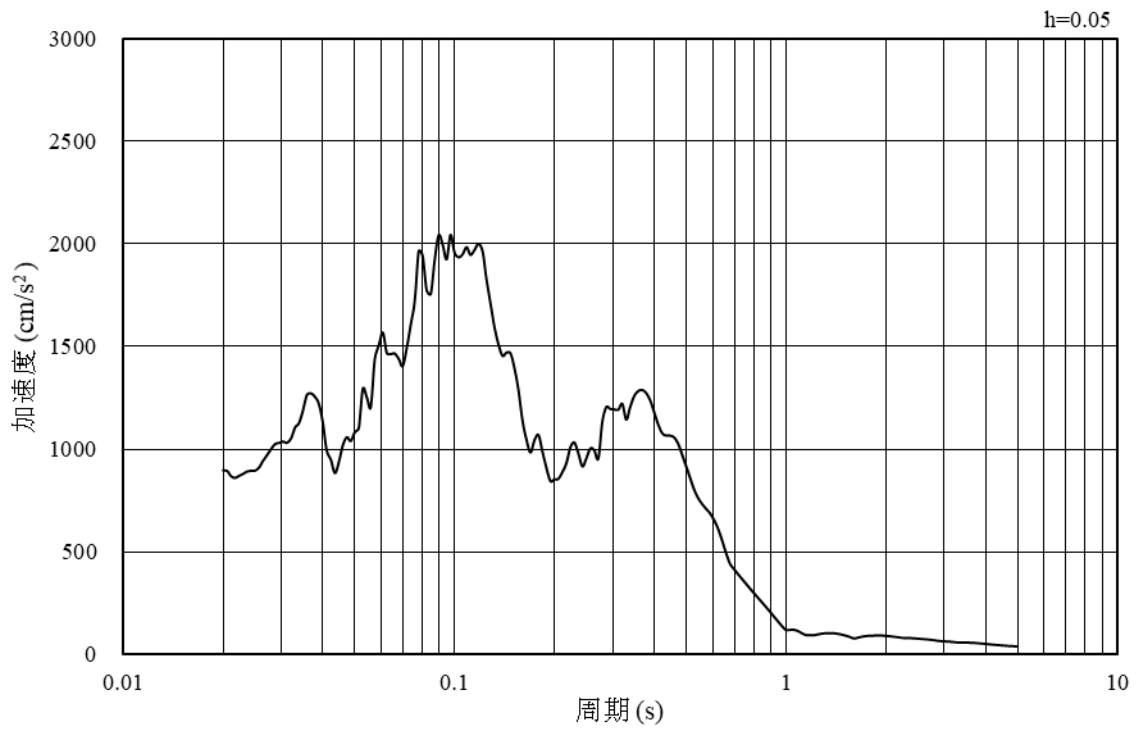


(b) 加速度応答スペクトル

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 (N S))

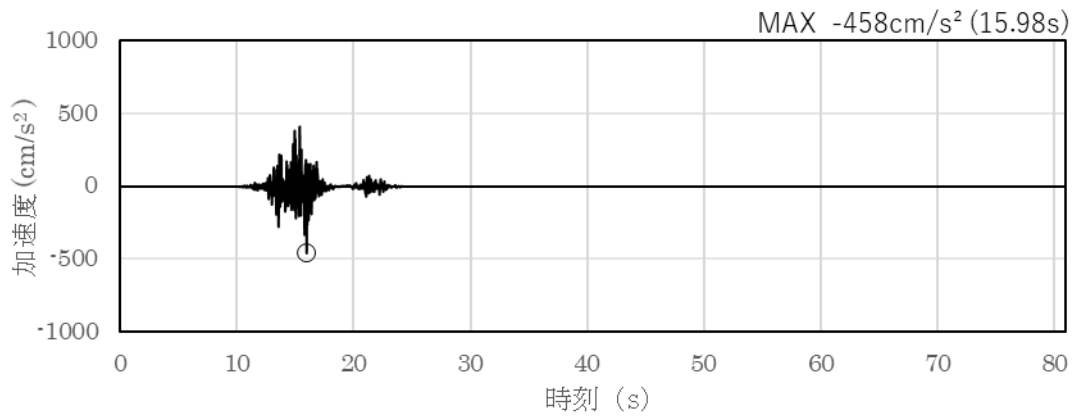


(a) 加速度時刻歴波形

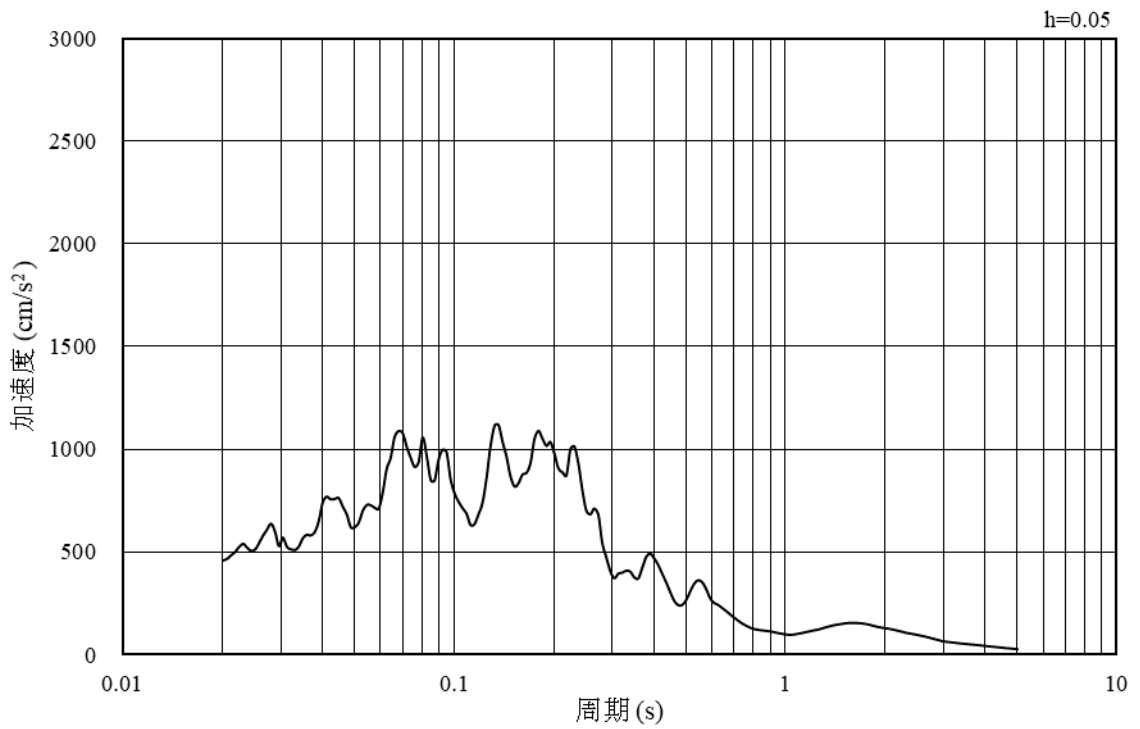


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (E W))

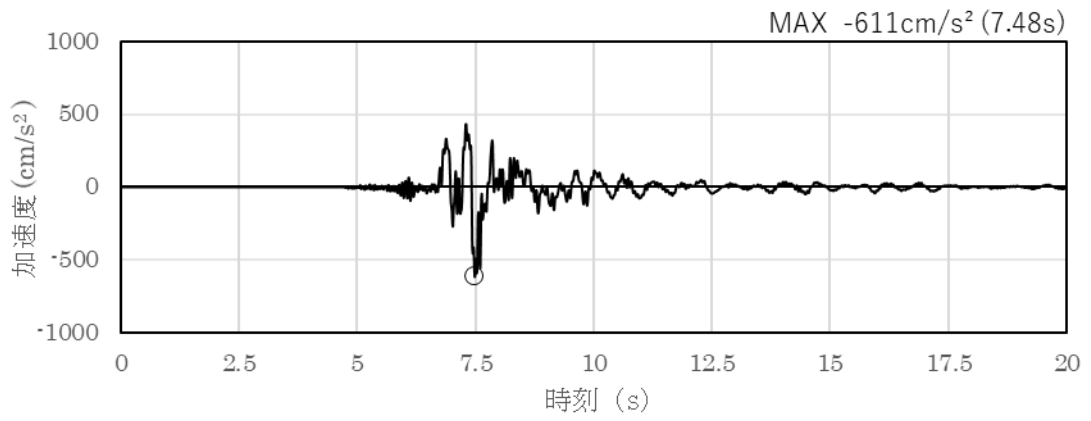


(a) 加速度時刻歴波形

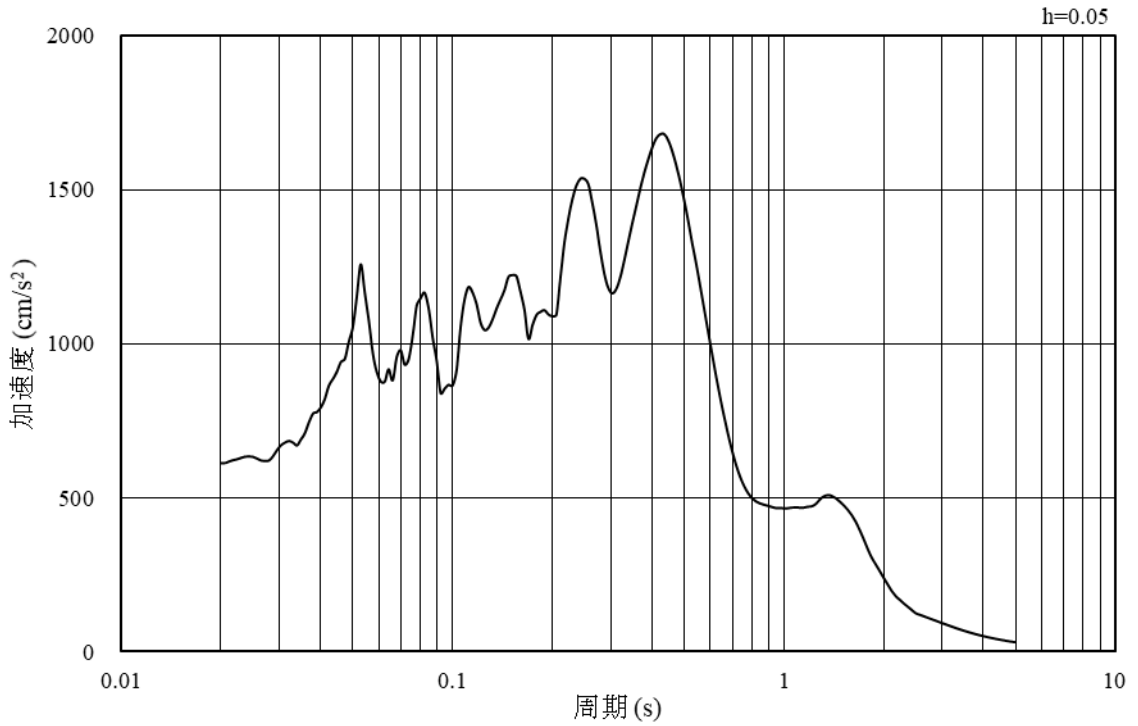


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (E W))

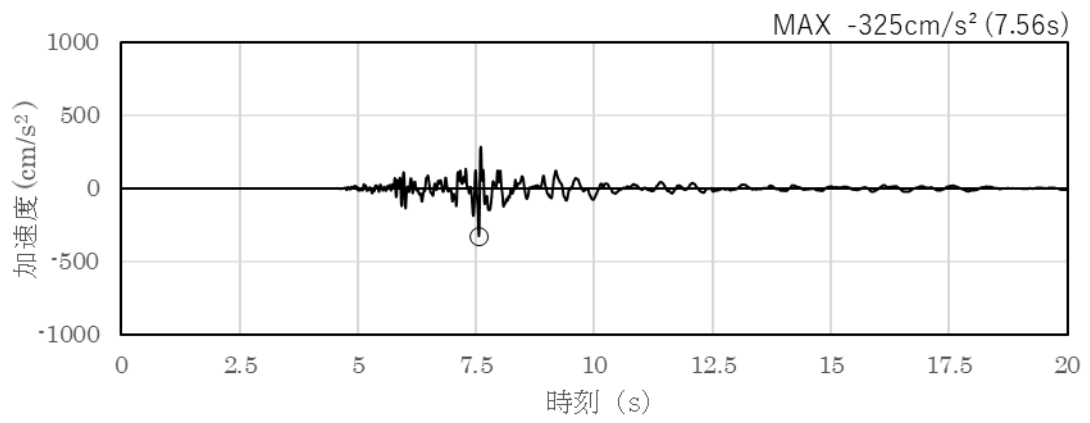


(a) 加速度時刻歴波形

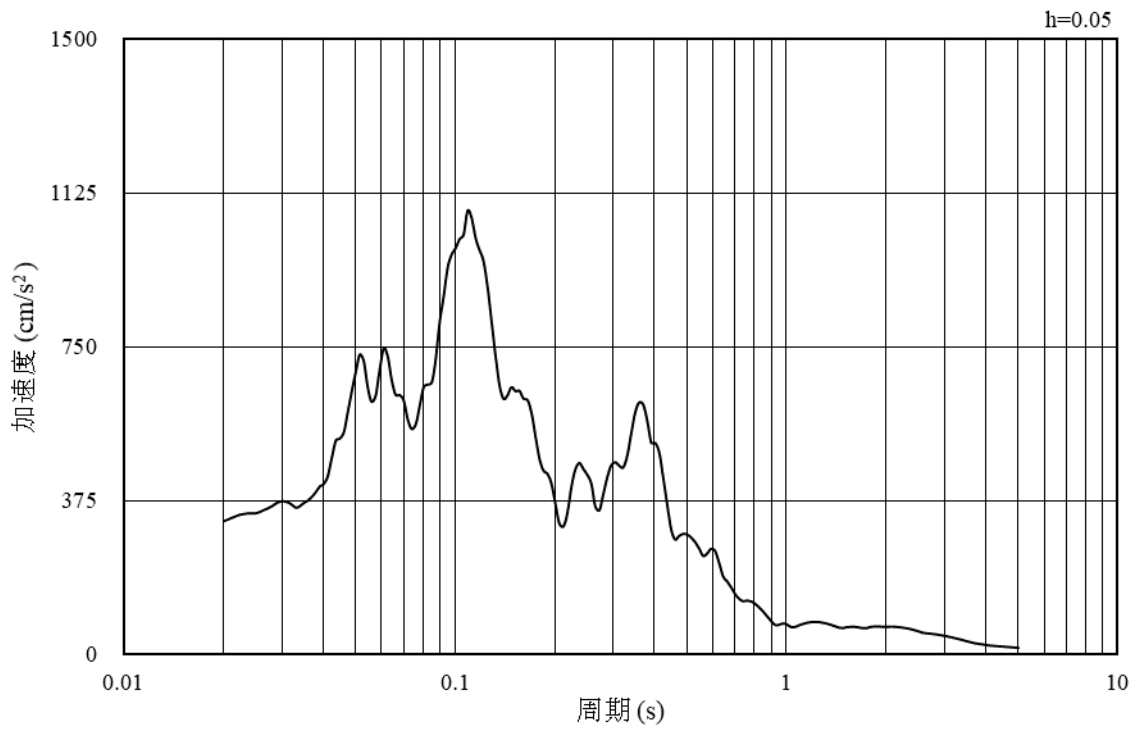


(b) 加速度応答スペクトル

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)

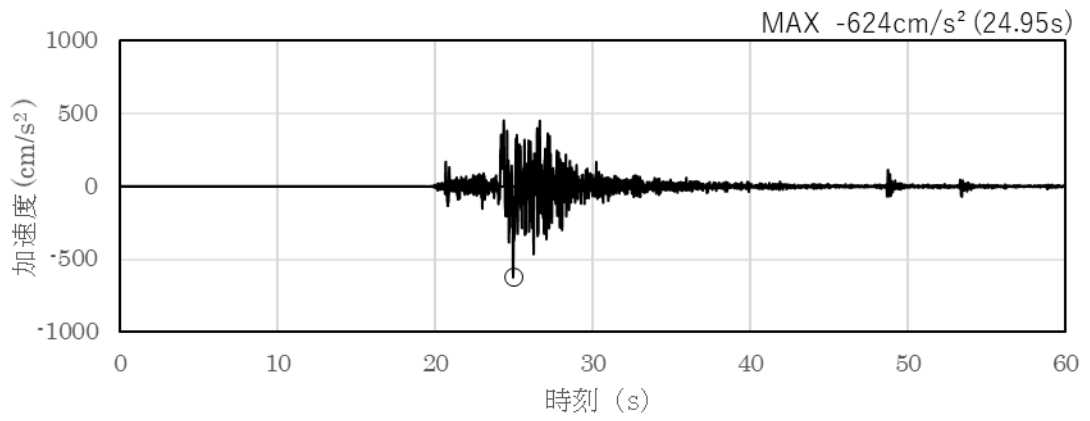


(a) 加速度時刻歴波形

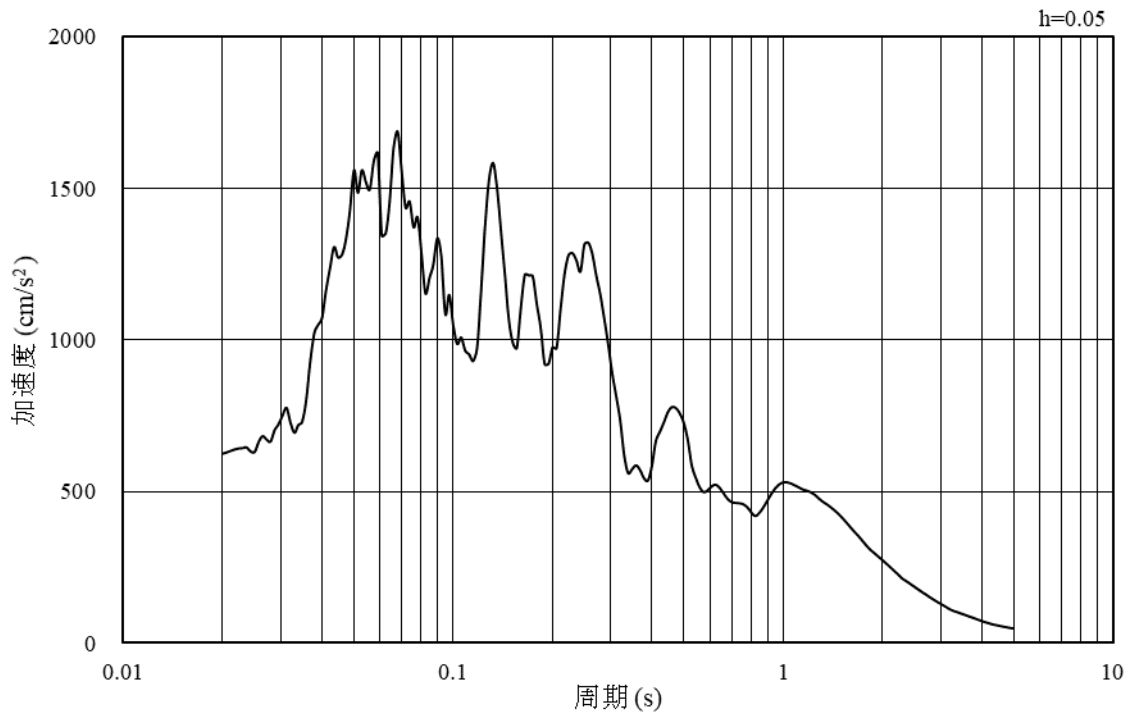


(b) 加速度応答スペクトル

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)

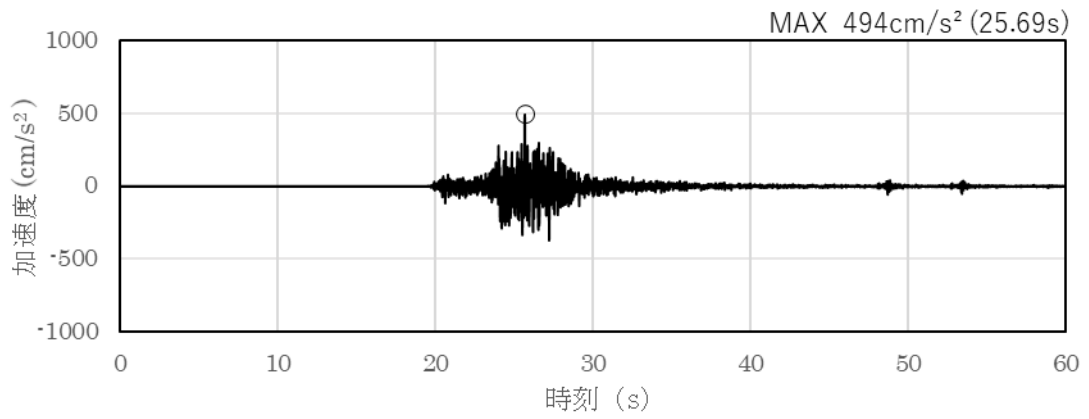


(a) 加速度時刻歴波形

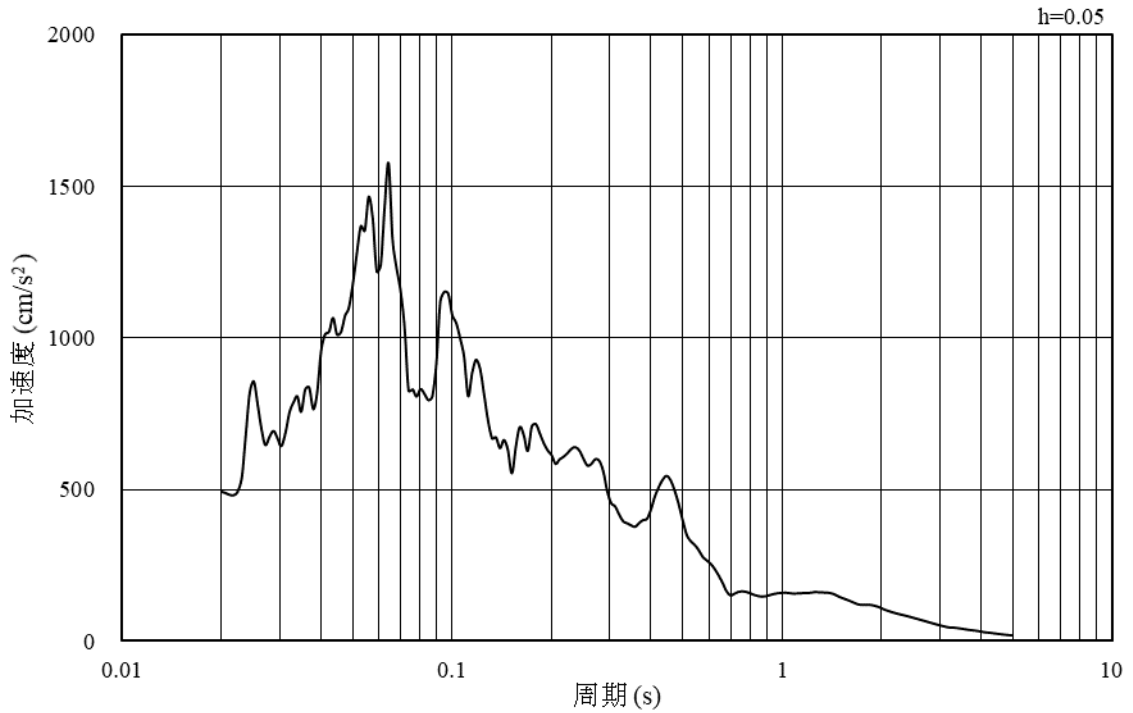


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (N S))

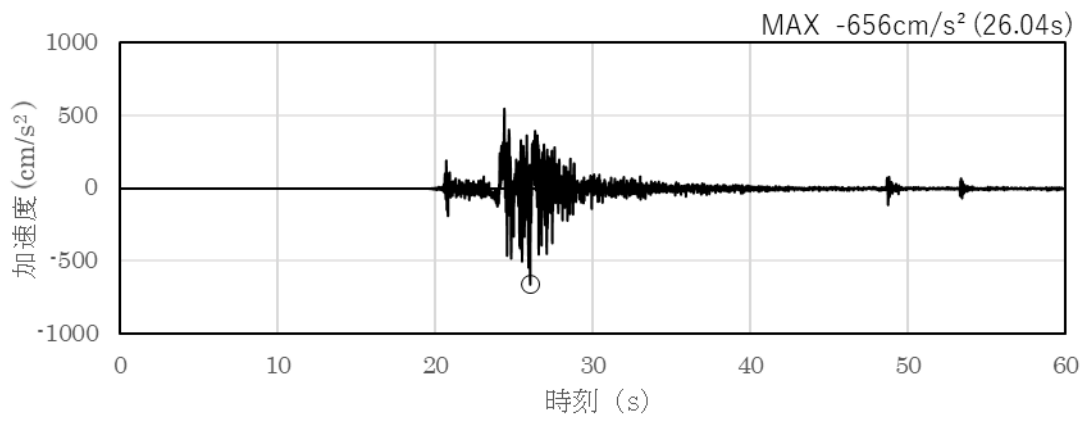


(a) 加速度時刻歴波形

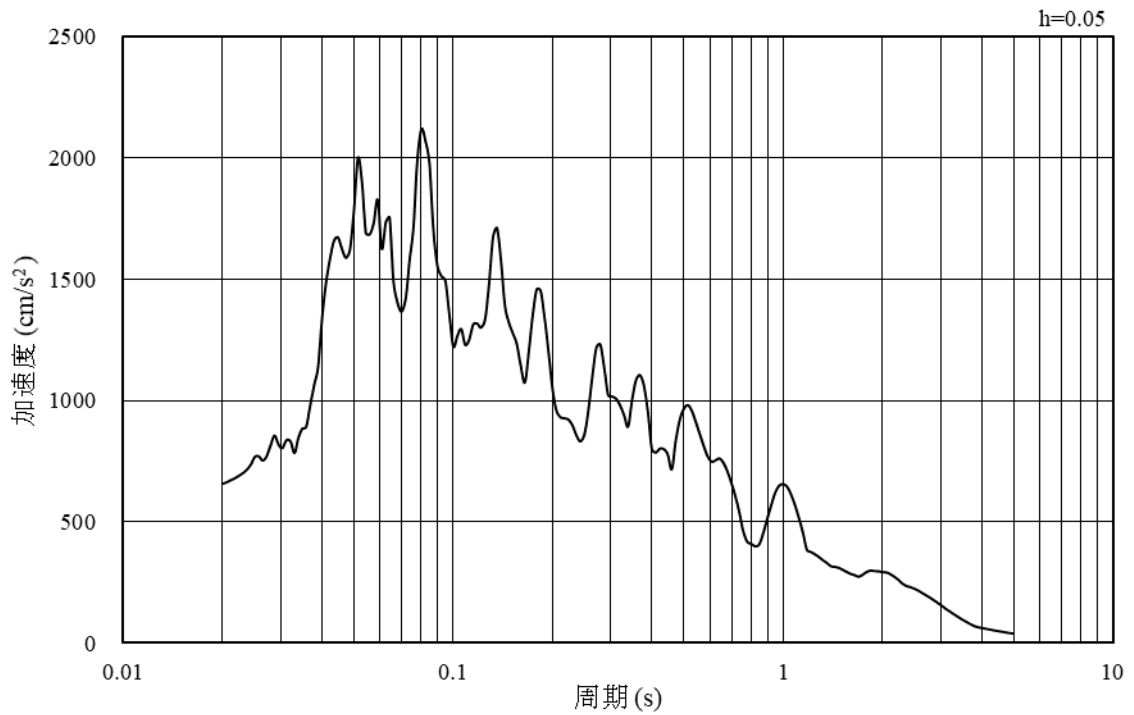


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (N S))

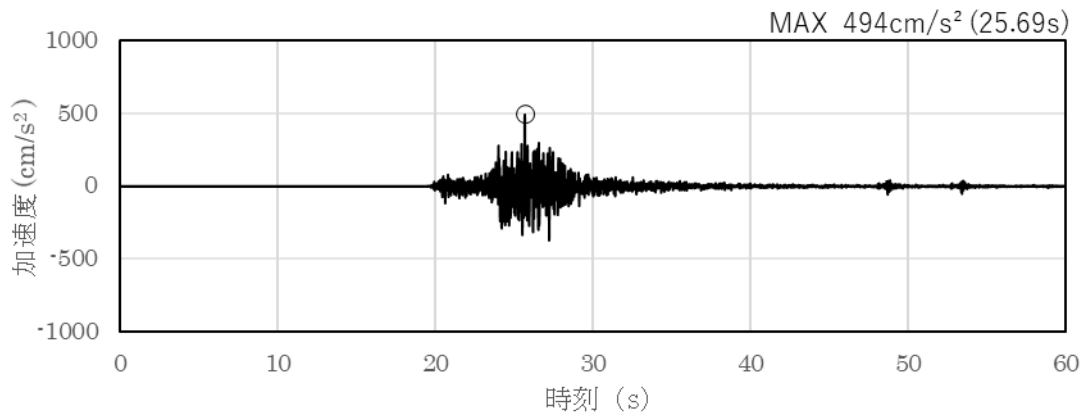


(a) 加速度時刻歴波形

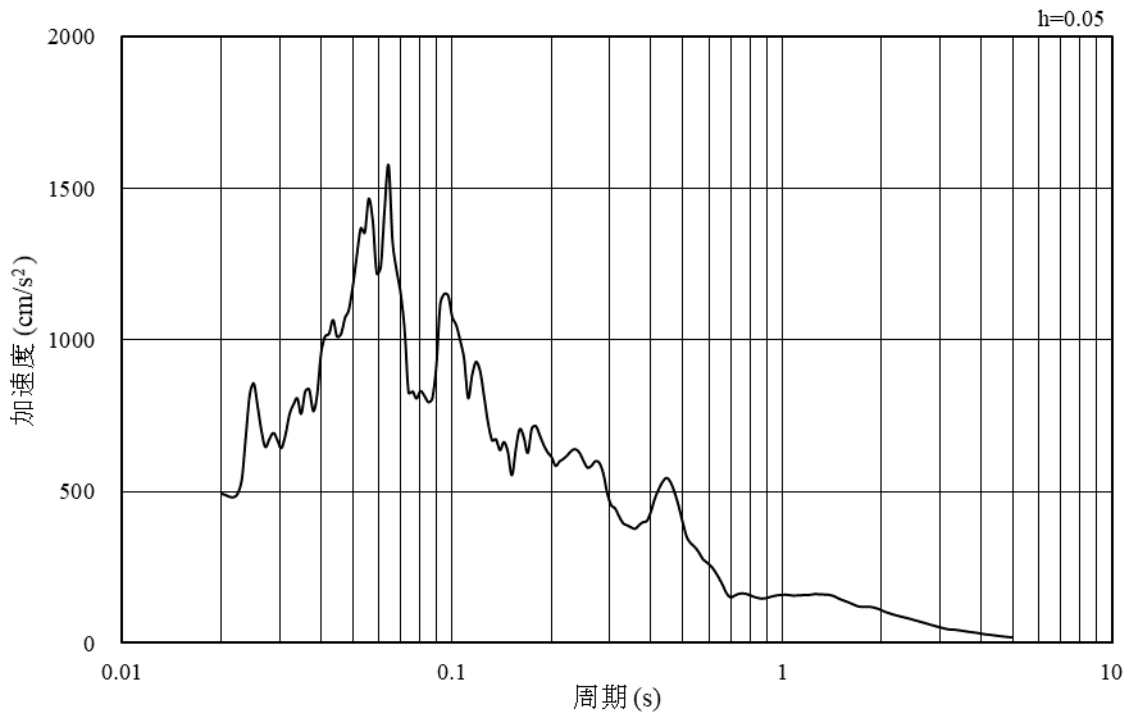


(b) 加速度応答スペクトル

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 s - N 2 (E W))



(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 s - N 2 (E W))

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の地震応答解析モデルを図 3-23 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、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。

構造物の断面部材として見込んでいないコンクリート蓋重量を付加質量として与えることで考慮する。

機器・配管荷重は解析モデルに付加質量として与えることで考慮する。

(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、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) MMR のモデル化

MMRは無筋コンクリートとして、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

(6) ジョイント要素の設定

地震時の「構造物とMMR」、「構造物と地盤」及び「MMRと地盤」の接合面における接触、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。

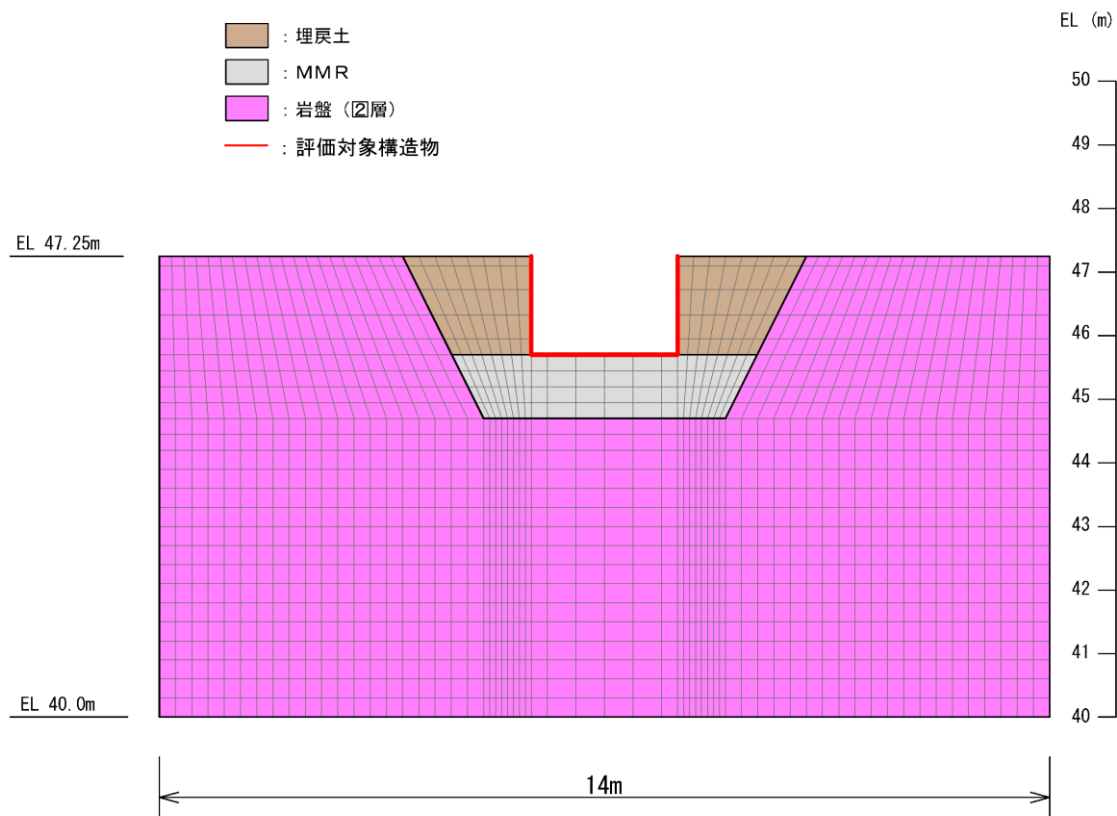


図 3-23 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
地震応答解析モデル図（A-A断面）

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
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
MMR		設計基準強度 18.0N/mm ²

表 3-7 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
MMR	2.20×10 ⁴	22.6* ²	

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、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

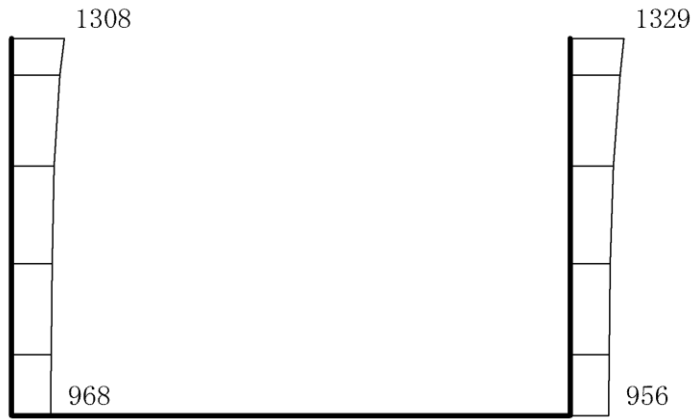
設計地下水位は，VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計地下水位の一覧を表 3-8 に示す。

表 3-8 設計地下水位の一覧

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用 軽油タンク～ガスタービン発電機)	A-A断面	地下水位が構造物基礎 下端より十分低いため 考慮しない

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 4-9 に示す。また、解析ケース①において、照査値が最大となる地震動に対しての解析ケース②及び③の最大加速度分布図を図 4-10 及び図 4-11 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及び③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 4-12～図 4-29 に示す。



(a) S s - D (++) 水平

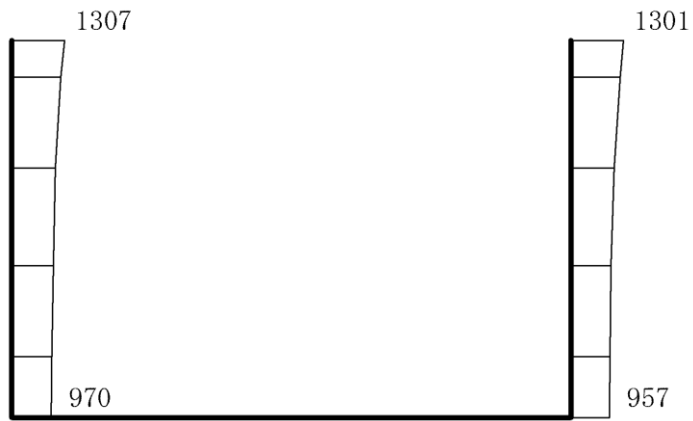


(b) S s - D (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-1 最大応答加速度分布図 (1/29) (解析ケース①)



(a) S s - D (+ -) 水平

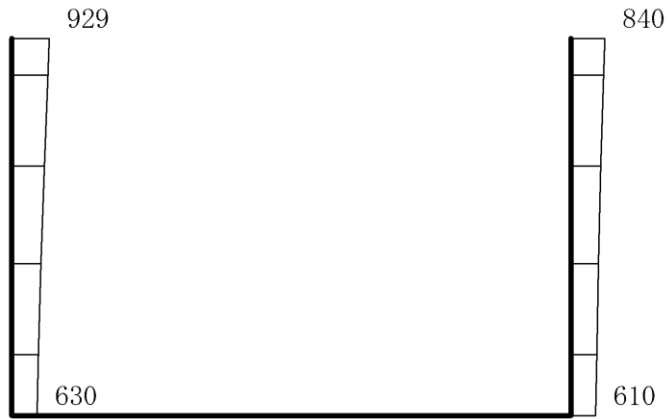


(b) S s - D (+ -) 鉛直

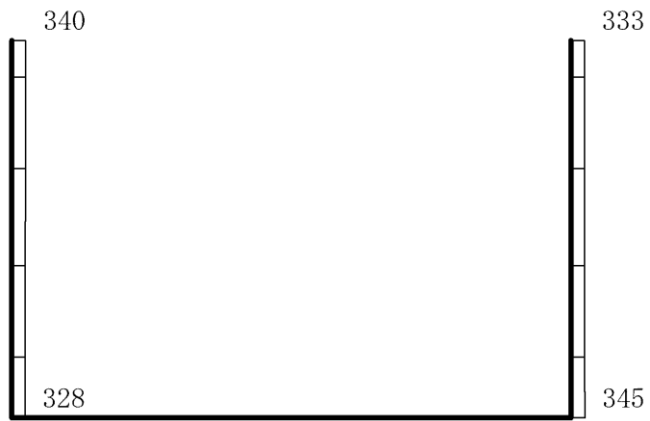
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-2 最大応答加速度分布図 (2/29) (解析ケース①)



(a) $S_s - F1$ (NS) (++) 水平



(b) $S_s - F1$ (NS) (++) 鉛直

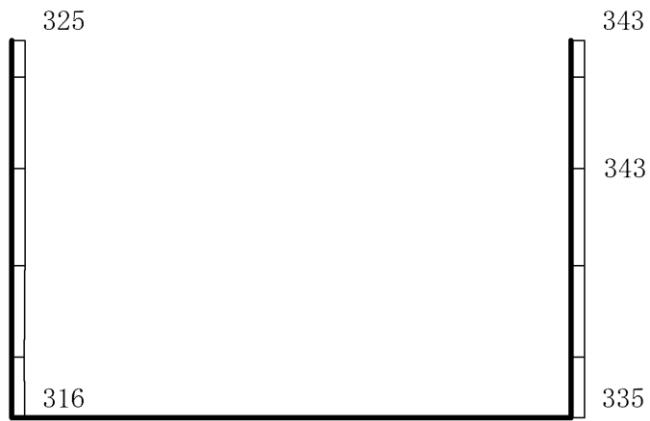
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-3 最大応答加速度分布図 (3/29) (解析ケース①)



(a) $S_s - F1$ (EW) (++) 水平

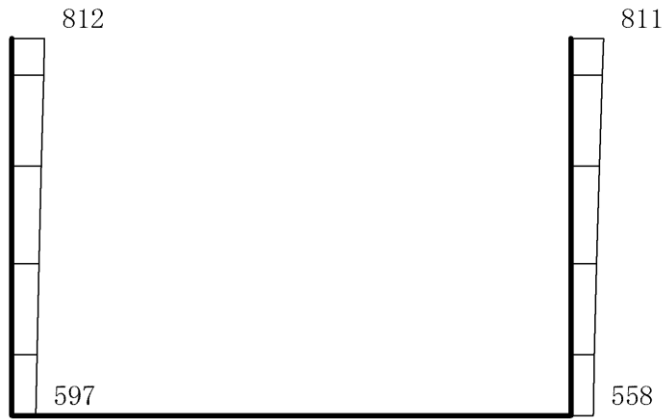


(b) $S_s - F1$ (EW) (++) 鉛直

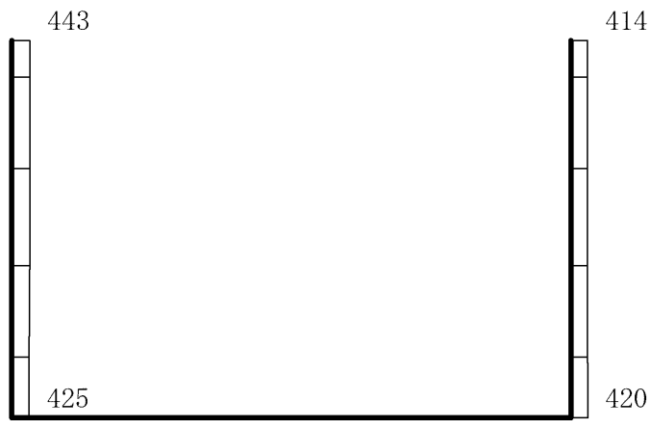
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-4 最大応答加速度分布図 (4/29) (解析ケース①)



(a) $S_s - F_2$ (NS) (++) 水平



(b) $S_s - F_2$ (NS) (++) 鉛直

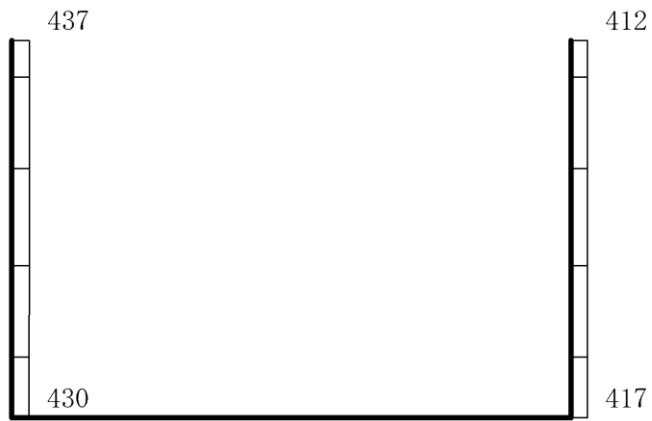
構造スケール $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{0 \quad 0.5(m)}$

応答値スケール $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{0 \quad 3000 (cm/s^2)}$

図 4-5 最大応答加速度分布図 (5/29) (解析ケース①)



(a) $S_s - F_2$ (EW) (++) 水平

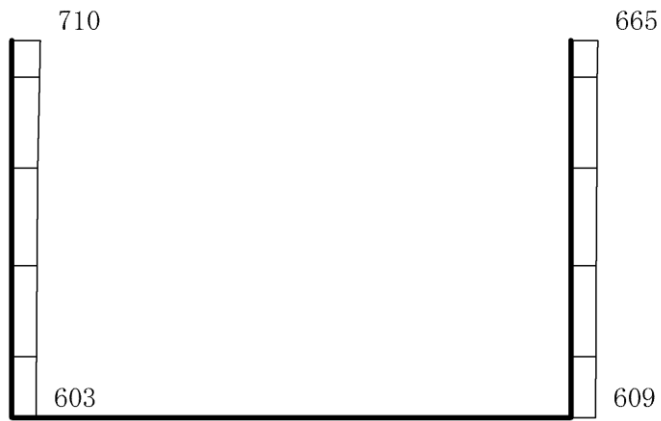


(b) $S_s - F_2$ (EW) (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-6 最大応答加速度分布図 (6/29) (解析ケース①)



(a) S s - N 1 (++) 水平

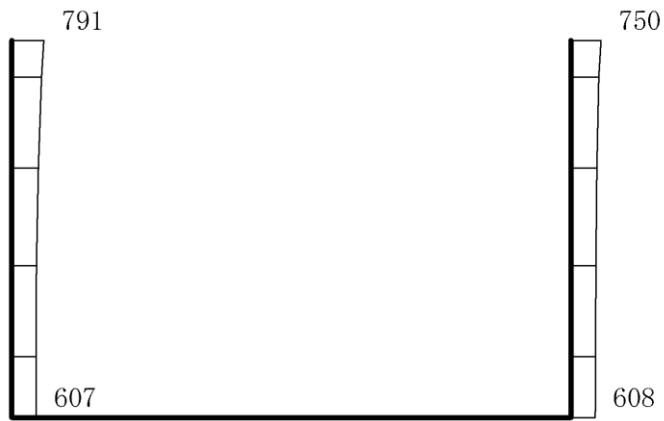


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

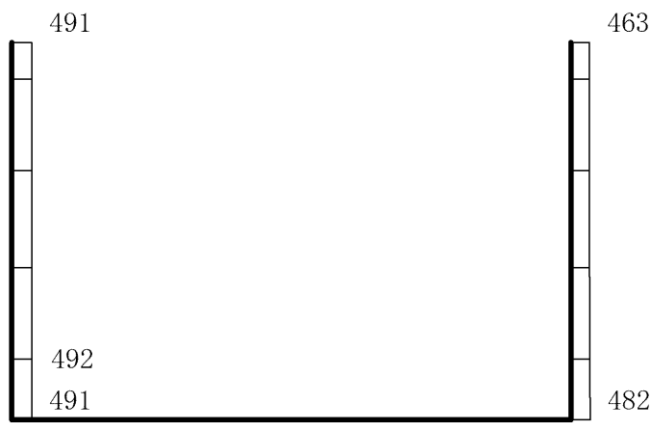
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-7 最大応答加速度分布図 (7/29) (解析ケース①)



(a) $S_s - N2$ (NS) (++) 水平

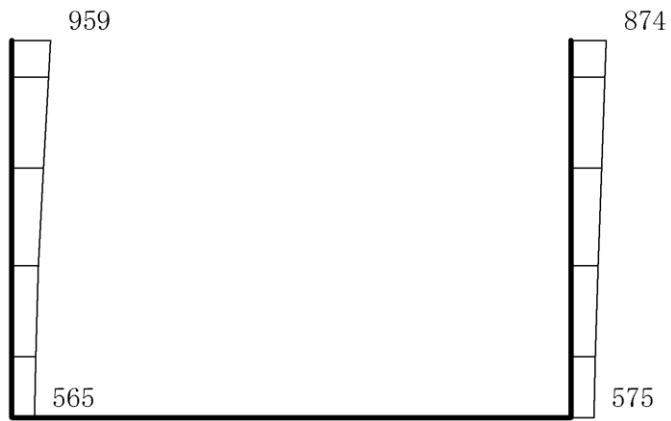


(b) $S_s - N2$ (NS) (++) 鉛直

構造スケール $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{0 \quad 0.5(m)}$

応答値スケール $\underbrace{\hspace{1.5cm}}_{0 \quad 3000 (cm/s^2)}$

図 4-8 最大応答加速度分布図 (8/29) (解析ケース①)



(a) S s - N 2 (E W) (++) 水平

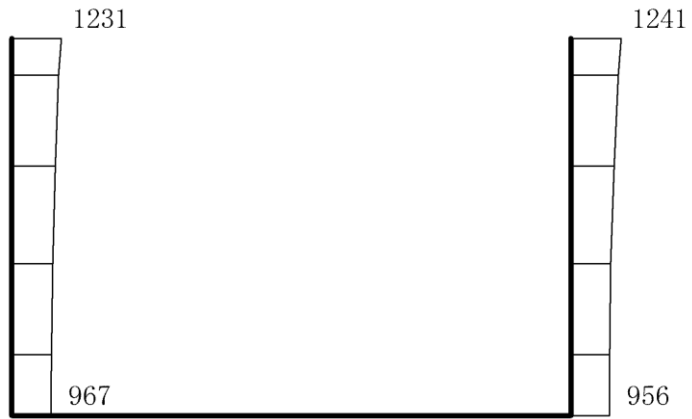


(b) S s - N 2 (E W) (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-9 最大応答加速度分布図 (9/29) (解析ケース①)



(a) S s - D (+-) 水平



(b) S s - D (+-) 鉛直

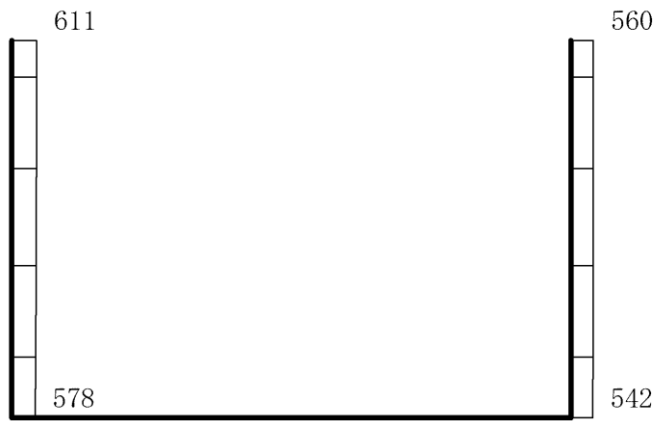
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-10 最大応答加速度分布図 (10/29) (解析ケース②)



(a) S s - D (+-) 水平

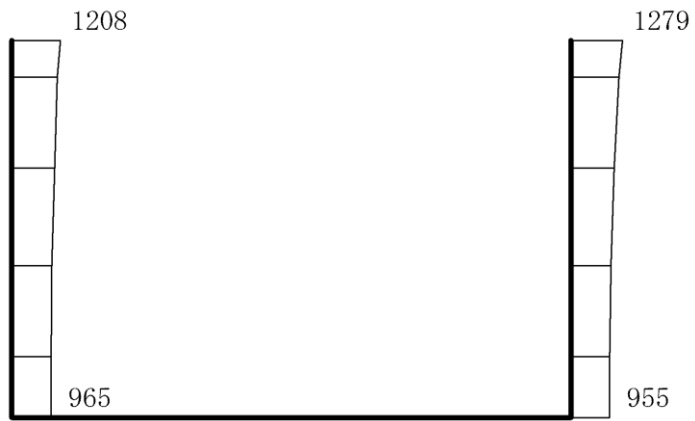


(b) S s - D (+-) 鉛直

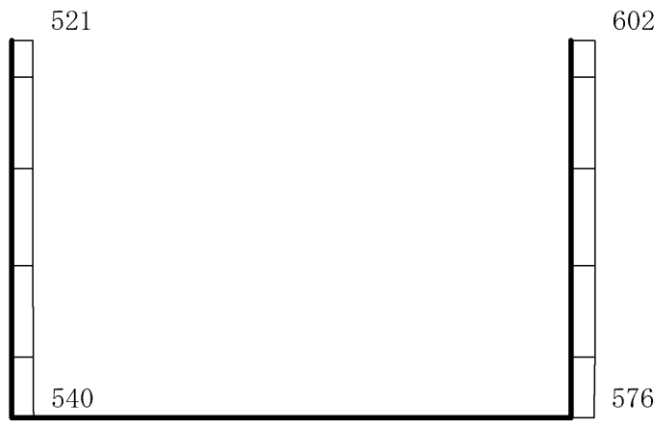
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-11 最大応答加速度分布図 (11/29) (解析ケース③)



(a) S s - D (++) 水平

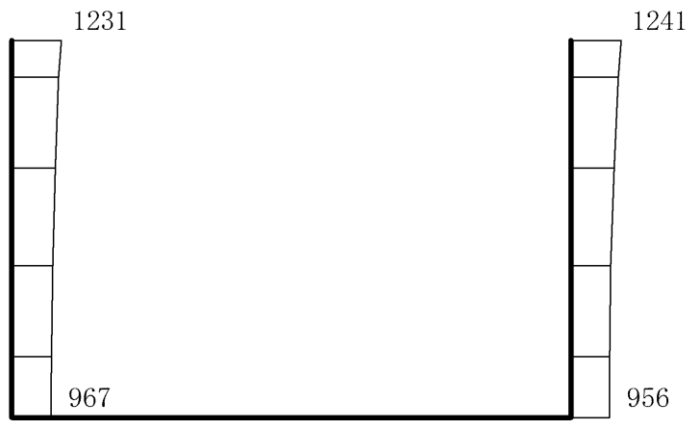


(b) S s - D (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-12 最大応答加速度分布図 (12/29) (解析ケース②)



(a) S s - D (+-) 水平



(b) S s - D (+-) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-13 最大応答加速度分布図 (13/29) (解析ケース②)



(a) $S_s - F1$ (NS) (++) 水平

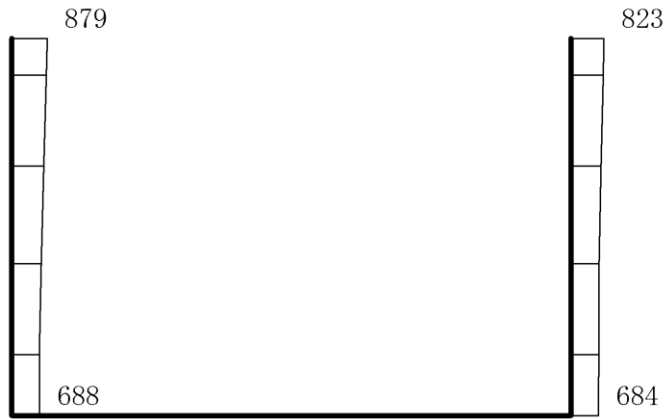


(b) $S_s - F1$ (NS) (++) 鉛直

構造スケール $0 \quad 0.5(m)$

応答値スケール $0 \quad 3000 (cm/s^2)$

図 4-14 最大応答加速度分布図 (14/29) (解析ケース②)



(a) $S_s - F1$ (EW) (++) 水平

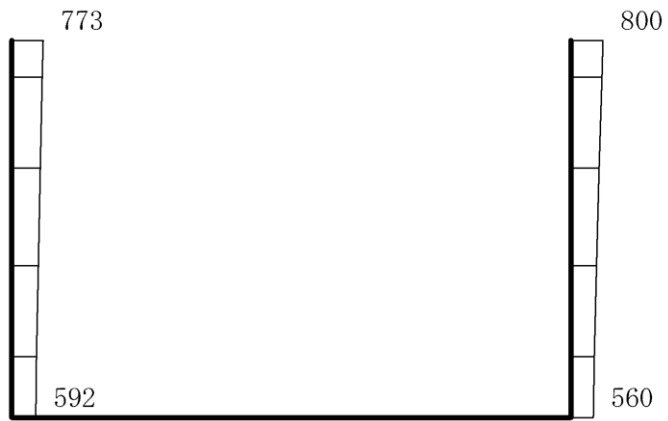


(b) $S_s - F1$ (EW) (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-15 最大応答加速度分布図 (15/29) (解析ケース②)



(a) $S_s - F_2$ (NS) (++) 水平

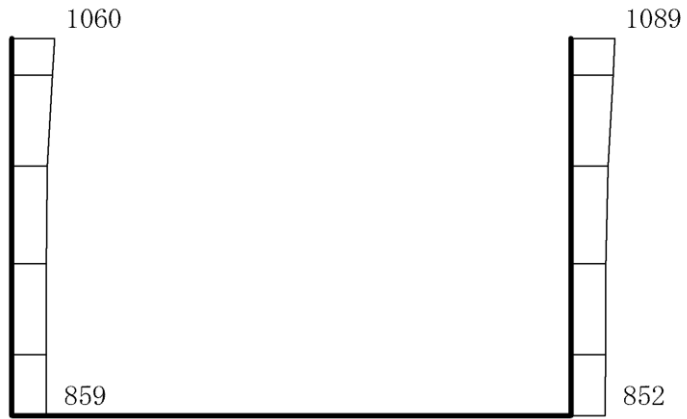


(b) $S_s - F_2$ (NS) (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-16 最大応答加速度分布図 (16/29) (解析ケース②)



(a) $S_s - F_2$ (EW) (++) 水平

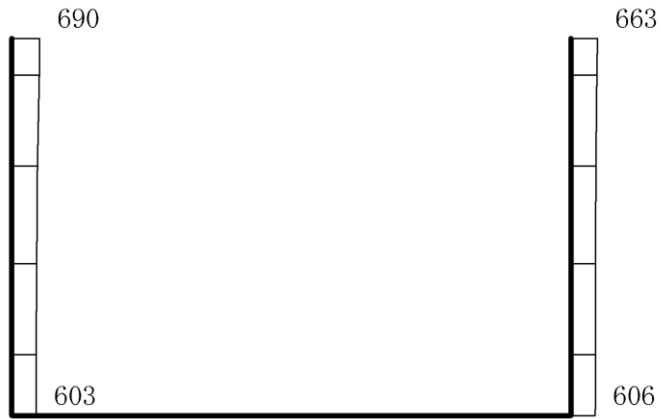


(b) $S_s - F_2$ (EW) (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-17 最大応答加速度分布図 (17/29) (解析ケース②)



(a) S s - N 1 (++) 水平

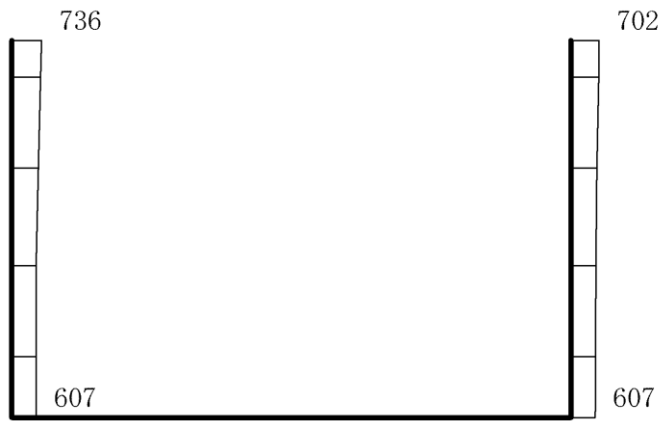


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-18 最大応答加速度分布図 (18/29) (解析ケース②)



(a) $S_s - N2$ (NS) (++) 水平

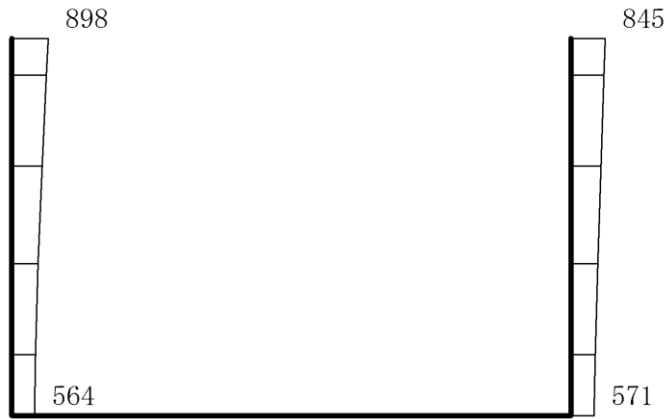


(b) $S_s - N2$ (NS) (++) 鉛直

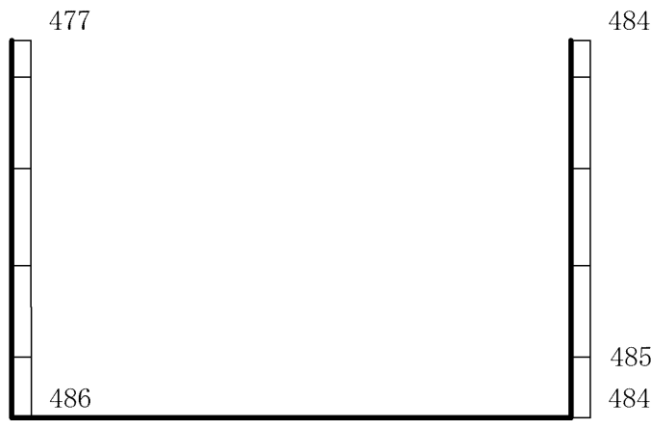
構造スケール $0 \quad 0.5(m)$

応答値スケール $0 \quad 3000 (cm/s^2)$

図 4-19 最大応答加速度分布図 (19/29) (解析ケース②)



(a) $S_s - N 2$ (EW) (++) 水平



(b) $S_s - N 2$ (EW) (++) 鉛直

構造スケール 0 ——— 0.5(m)

応答値スケール 0 ——— 3000 (cm/s²)

図 4-20 最大応答加速度分布図 (20/29) (解析ケース②)



(a) S s - D (++) 水平

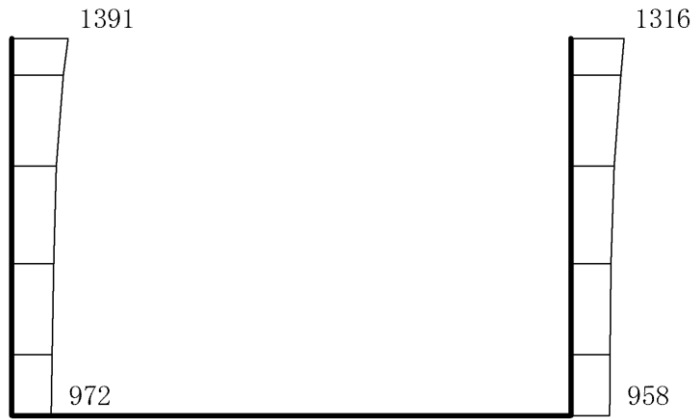


(b) S s - D (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-21 最大応答加速度分布図 (21/29) (解析ケース③)



(a) S s - D (+-) 水平

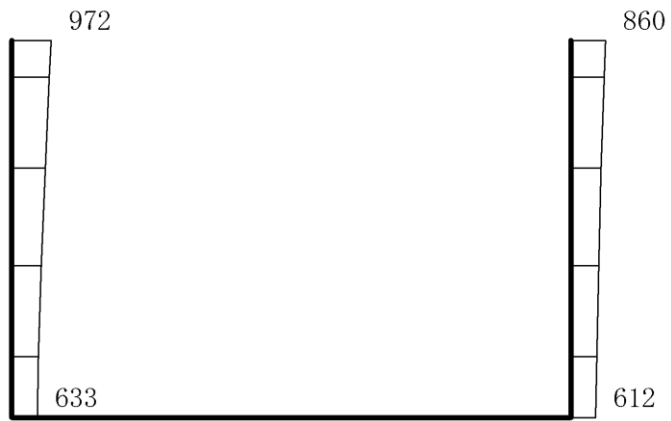


(b) S s - D (+-) 鉛直

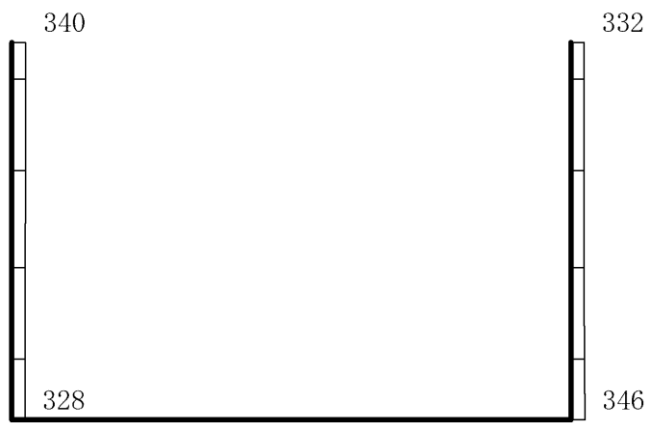
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-22 最大応答加速度分布図 (22/29) (解析ケース③)



(a) $S_s - F1$ (NS) (++) 水平

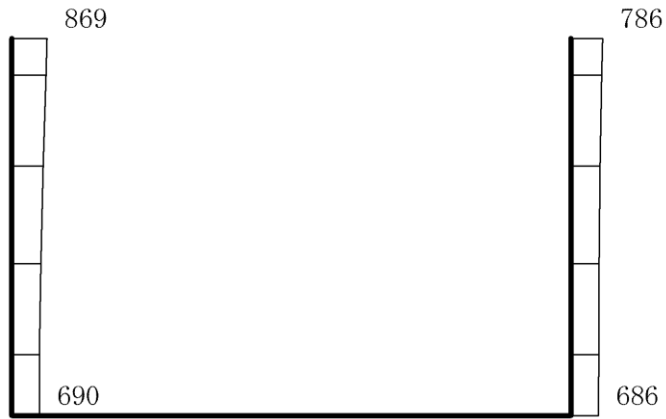


(b) $S_s - F1$ (NS) (++) 鉛直

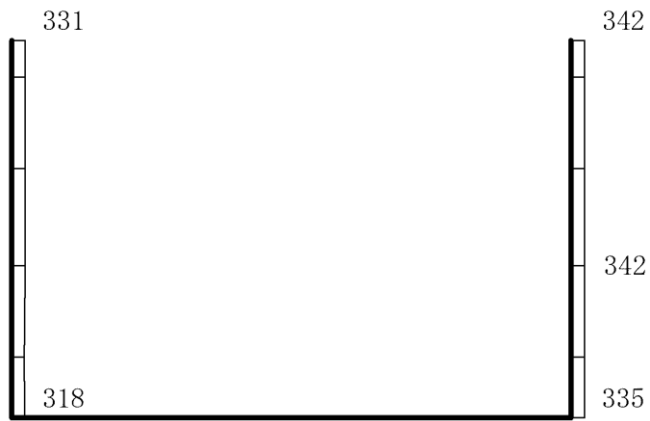
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-23 最大応答加速度分布図 (23/29) (解析ケース③)



(a) $S_s - F1$ (EW) (++) 水平

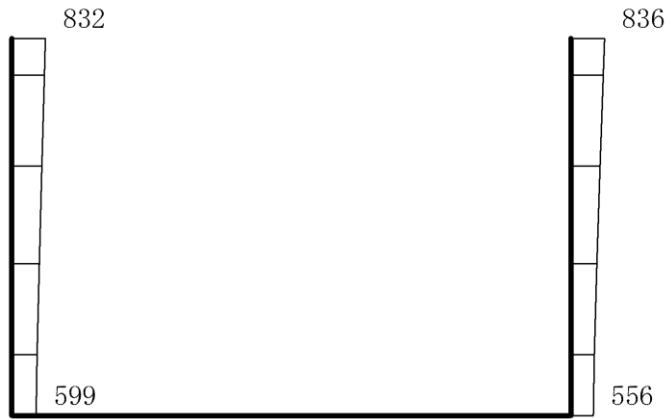


(b) $S_s - F1$ (EW) (++) 鉛直

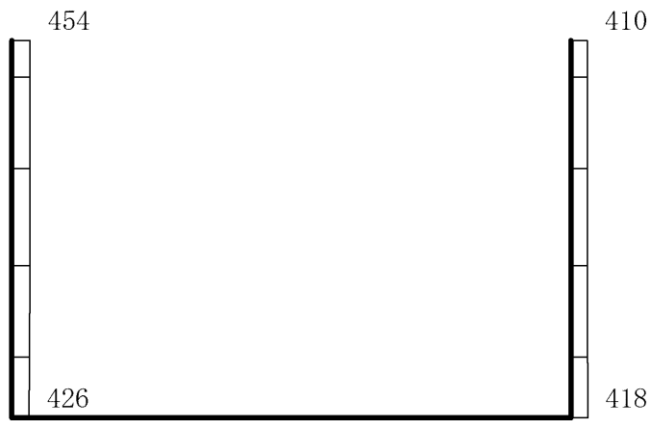
構造スケール $0 \quad 0.5(m)$

応答値スケール $0 \quad 3000 (cm/s^2)$

図 4-24 最大応答加速度分布図 (24/29) (解析ケース③)



(a) $S_s - F_2$ (NS) (++) 水平



(b) $S_s - F_2$ (NS) (++) 鉛直

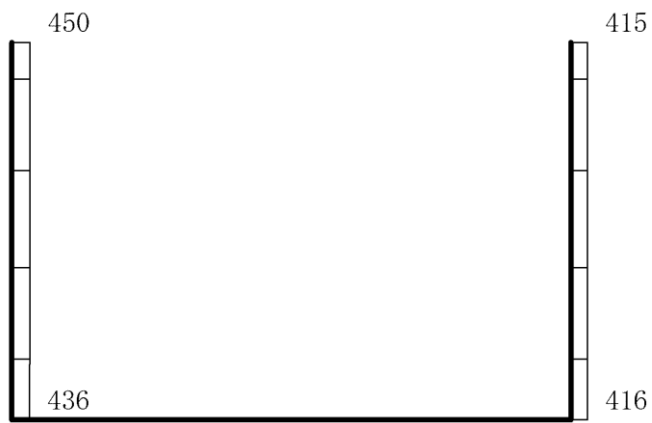
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-25 最大応答加速度分布図 (25/29) (解析ケース③)



(a) $S_s - F_2$ (EW) (++) 水平

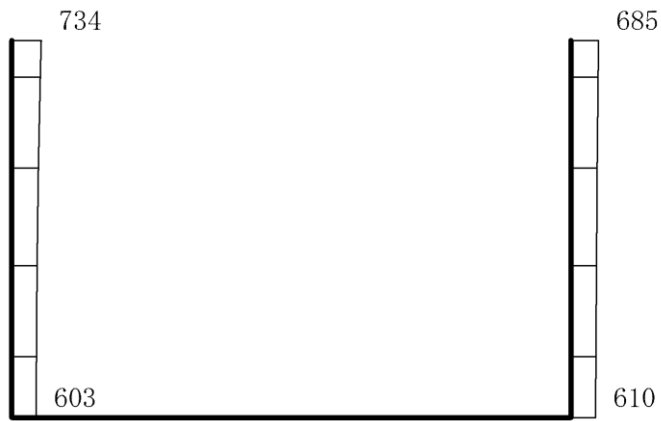


(b) $S_s - F_2$ (EW) (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-26 最大応答加速度分布図 (26/29) (解析ケース③)



(a) S s - N 1 (++) 水平

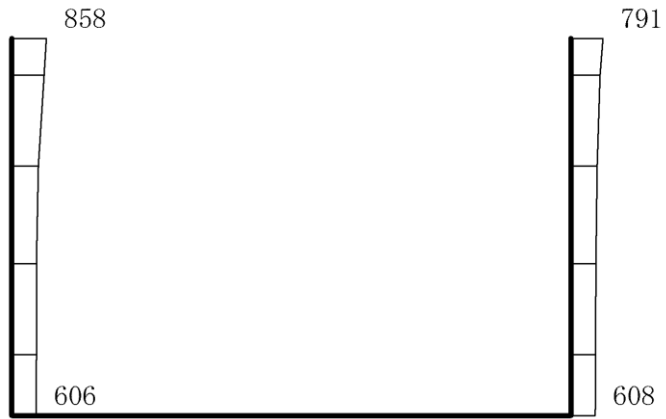


(b) S s - N 1 (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-27 最大応答加速度分布図 (27/29) (解析ケース③)



(a) $S_s - N2$ (NS) (++) 水平



(b) $S_s - N2$ (NS) (++) 鉛直

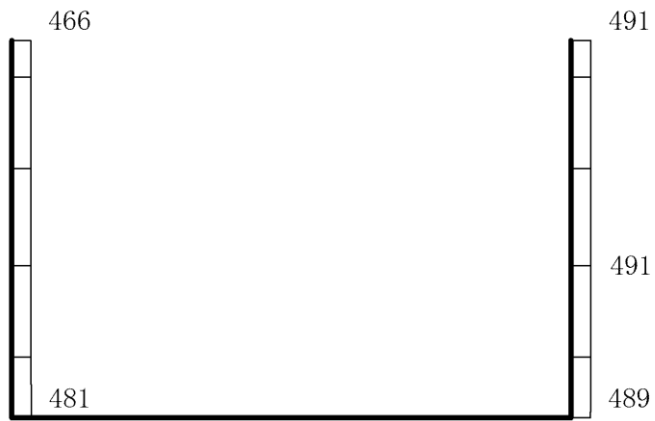
構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-28 最大応答加速度分布図 (28/29) (解析ケース③)



(a) S s - N 2 (E W) (++) 水平



(b) S s - N 2 (E W) (++) 鉛直

構造スケール 0 0.5(m)

応答値スケール 0 3000 (cm/s²)

図 4-29 最大応答加速度分布図 (29/29) (解析ケース③)

VI-2-2-38 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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	5
2.4 適用規格・基準等	8
3. 耐震評価	9
3.1 評価対象断面	9
3.2 使用材料及び材料の物性値	11
3.3 許容限界	12
3.3.1 構造部材の健全性に対する許容限界	12
3.3.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界	13
3.4 評価方法	14
3.4.1 構造部材の健全性評価	14
3.4.2 基礎地盤の支持性能評価	16
4. 耐震評価結果	17
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	17
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	18
4.2.1 基礎地盤	18
4.2.2 MMR	19

1. 概要

本資料は、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、屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）に要求される機能維持の確認は、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により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の位置図を図2-1に示す。

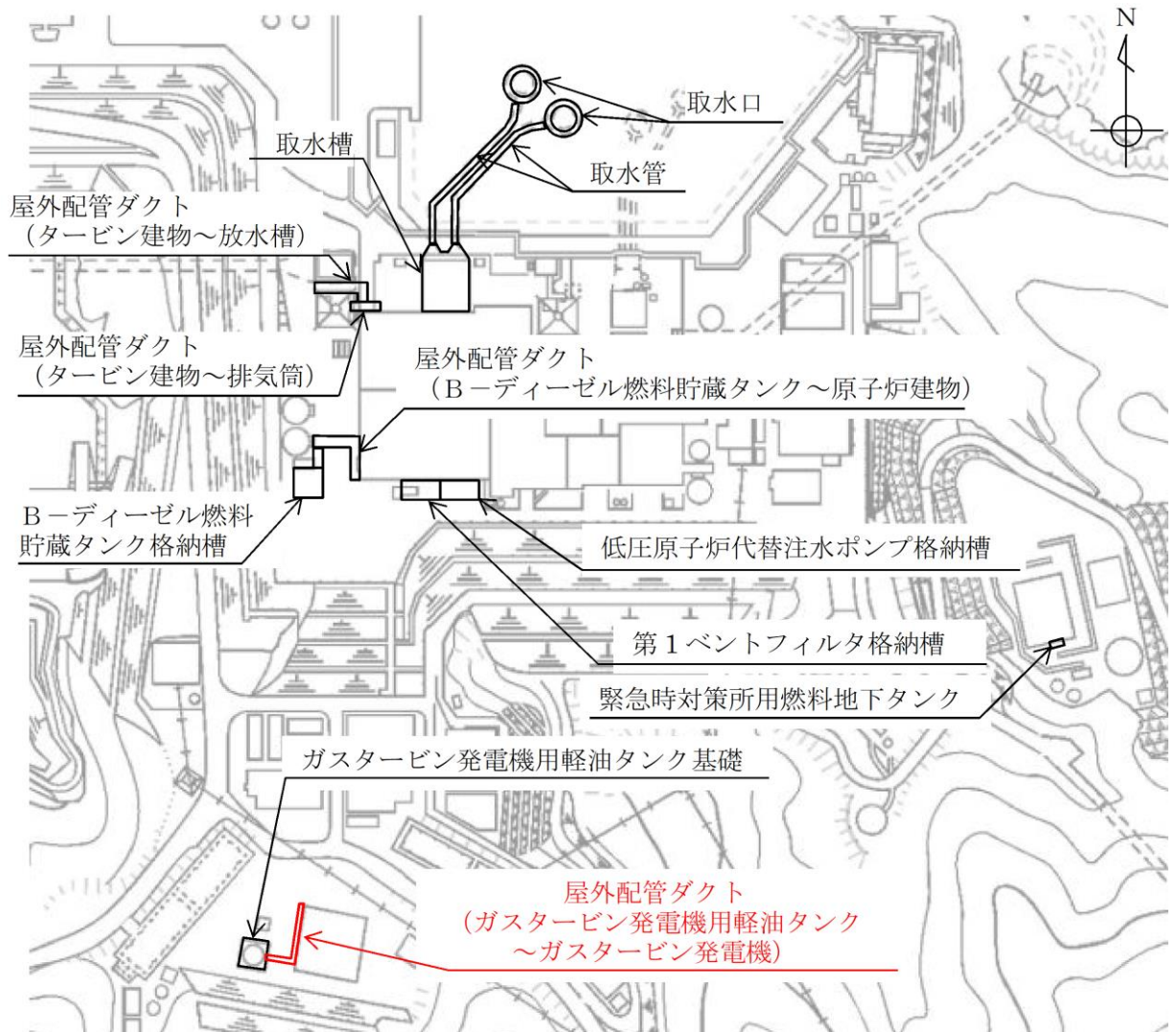


図2-1 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
位置図

2.2 構造概要

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）は、ガスタービン発電機用燃料移送配管・弁を間接支持する延長約 55.5m、幅 2.8m、高さ 1.8m 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 C_L 級岩盤に支持される。

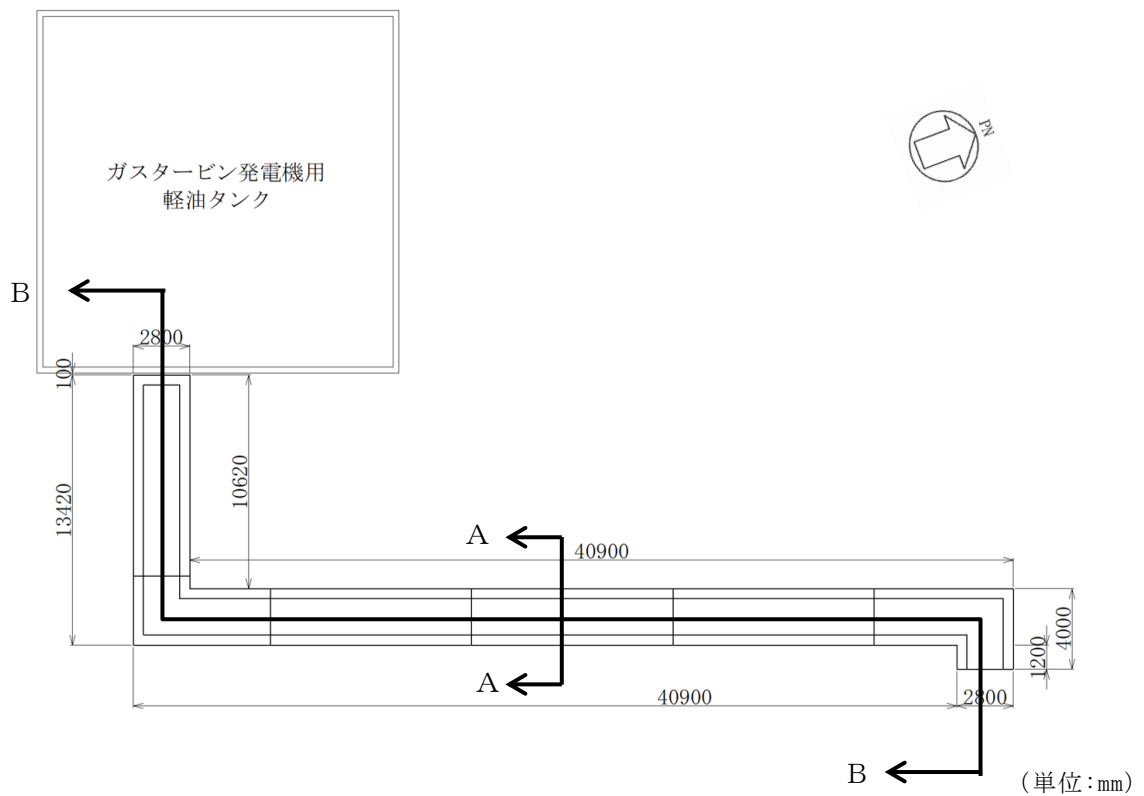


図 2-2 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
平面図

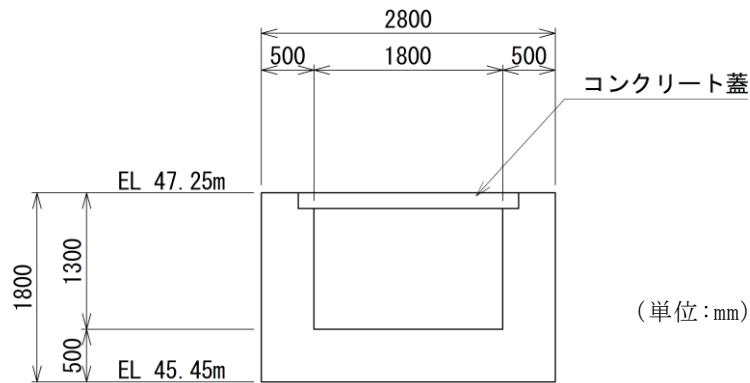


図 2-3 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
断面図（A-A 断面）

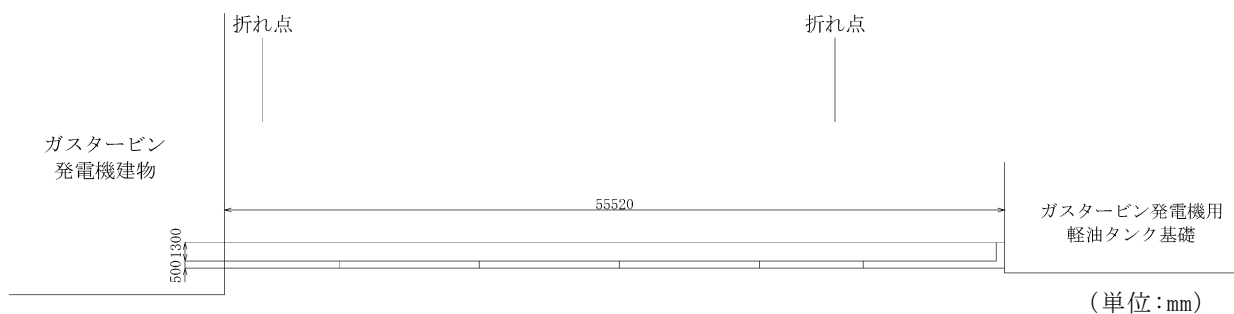


図 2-4 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
断面図（B-B 断面）

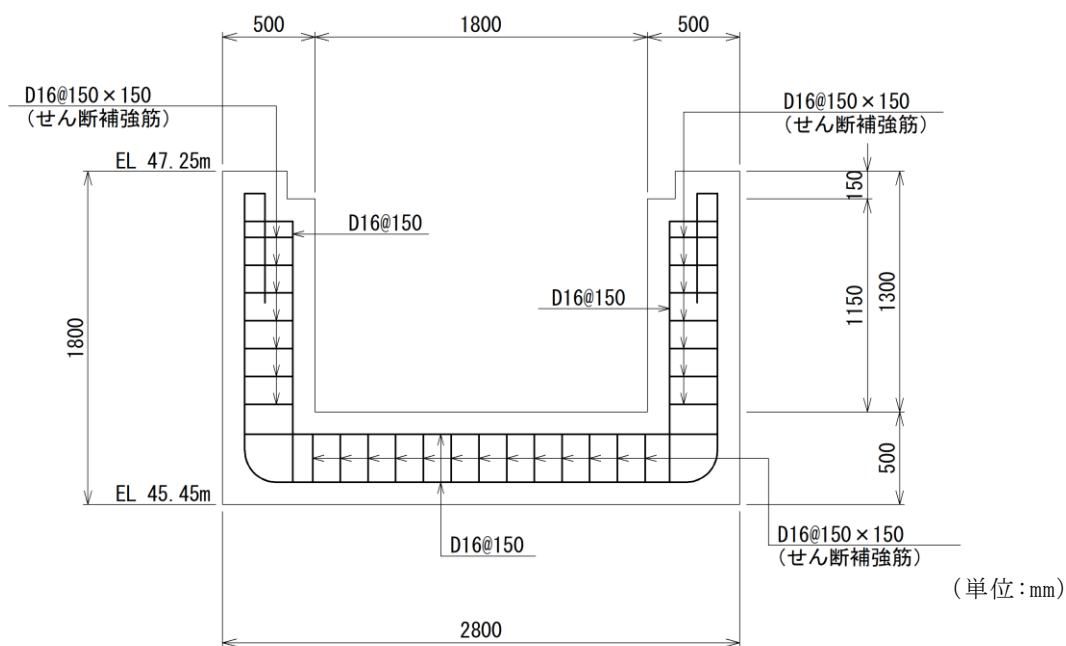


図 2-5 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
概略配筋図（A-A 断面）

2.3 評価方針

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）は、VI-2-2-37「屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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を確認し、これによ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を維持することができる。

構造部材の健全性評価については、VI-2-2-37「屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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、曲げ・軸力系の破壊に対しては構造部材の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ついては、VI-2-2-37「屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）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、基礎地盤及びMMRに発生する接地圧が許容限界を下回ることを確認する。

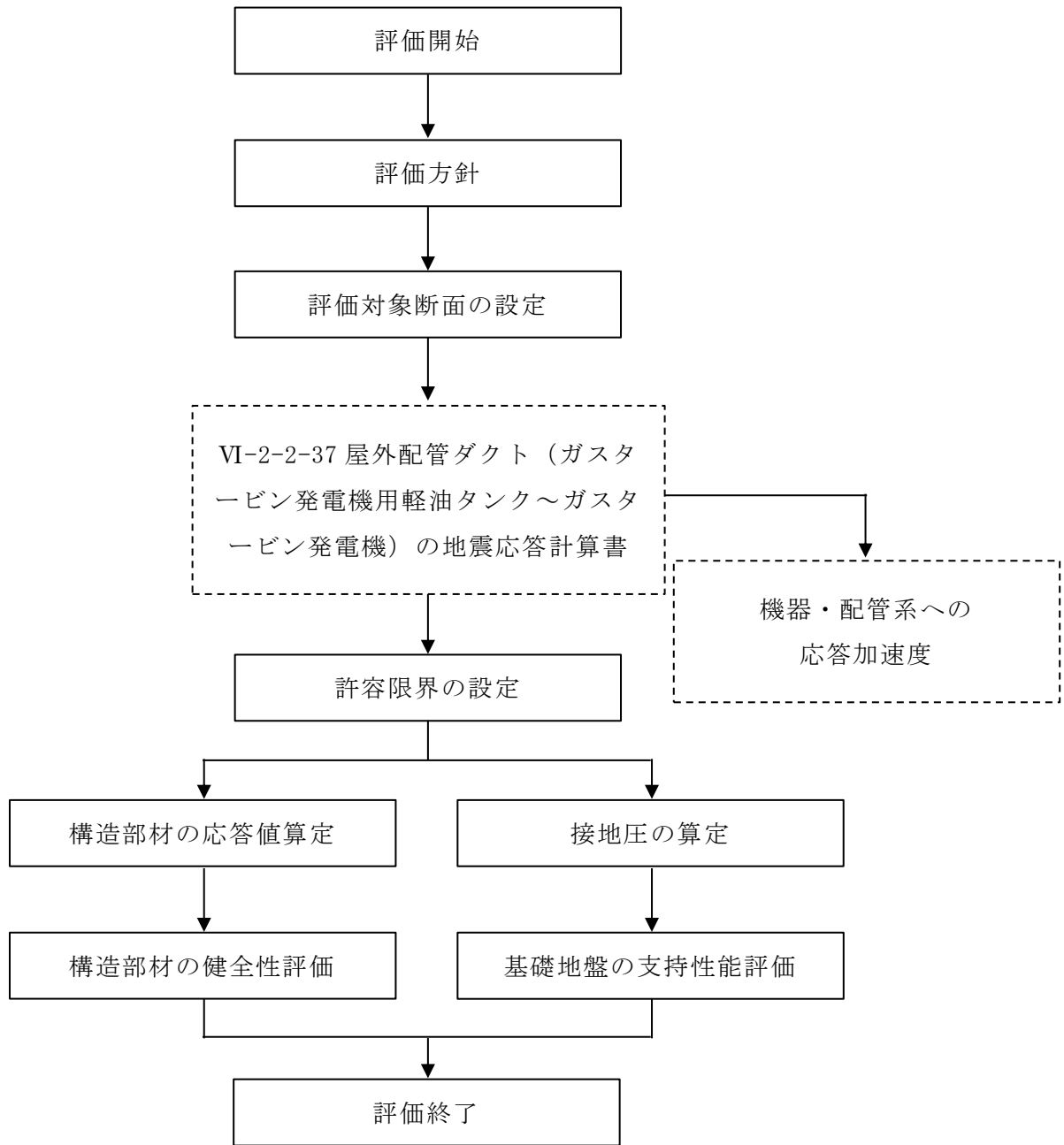


図 2-6 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機) 耐震評価フロー

表 2-1 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）

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*
	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	極限支持力度*	
		MMR		MMRの支圧強度	

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用規格・基準等

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]（（社）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（（社）土木学会，2005年）
- ・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）
- ・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）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の評価対象断面位置図を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は、図 3-1 の A-A 断面とする。評価対象断面図を図 3-2 に示す。

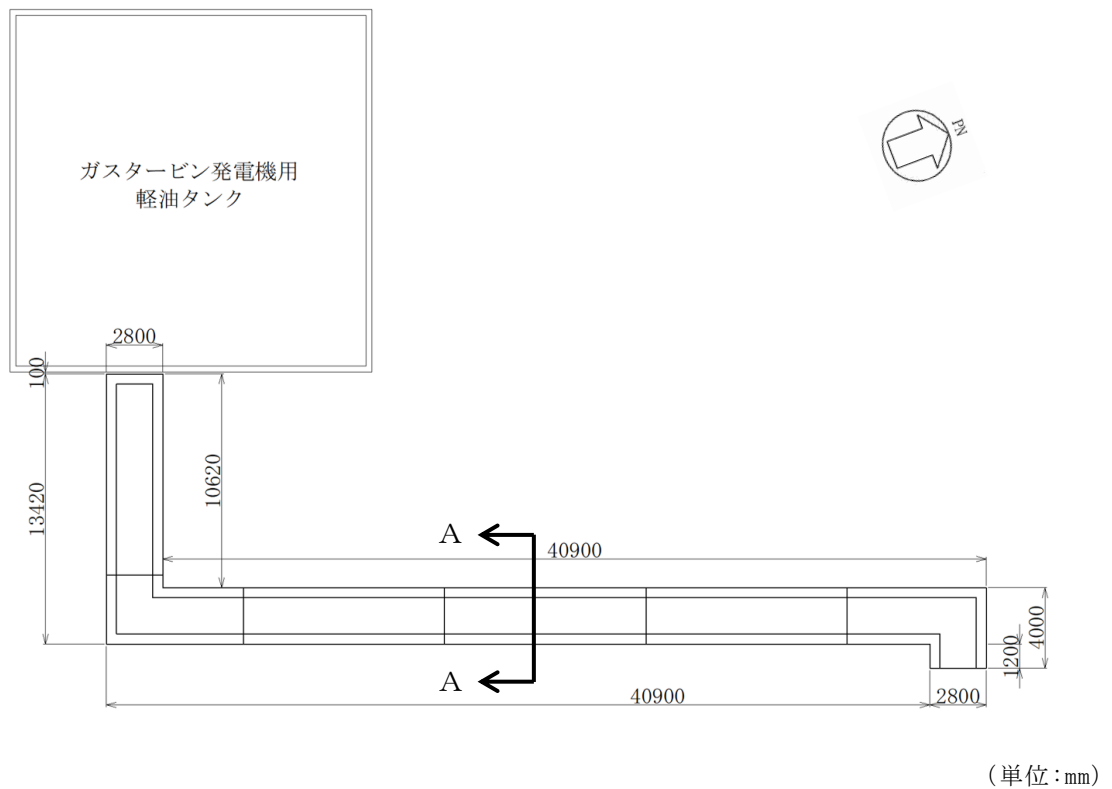


図 3-1 屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）
評価対象断面位置図

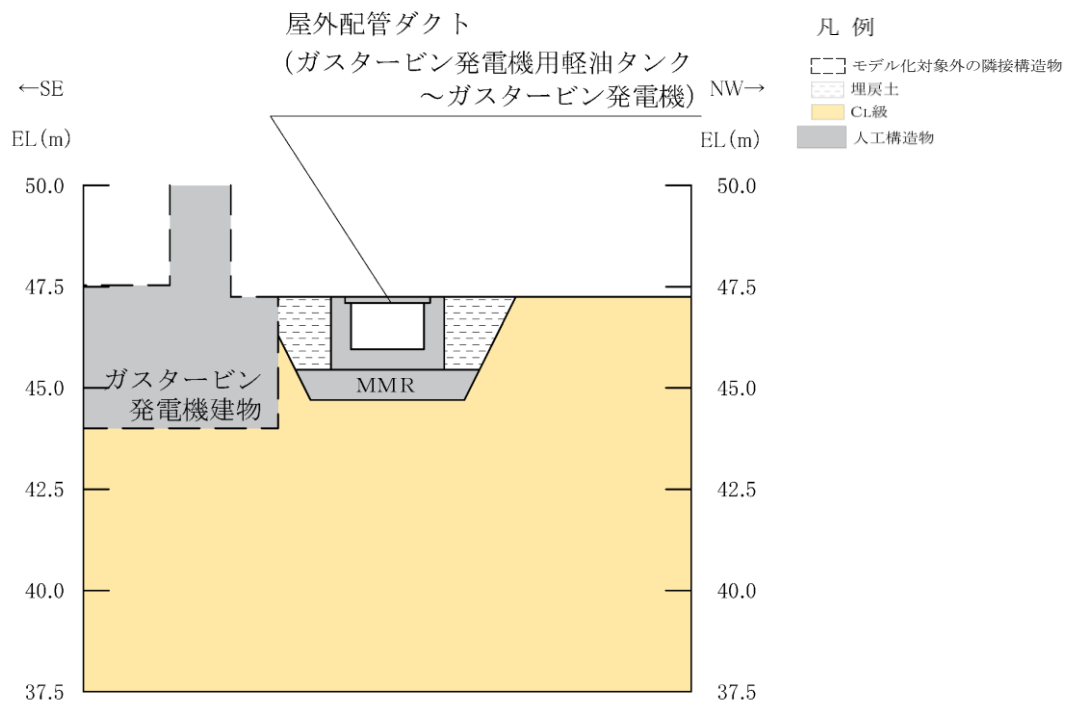


図 3-2 屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機)
評価対象断面図 (A-A 断面位置)

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
構造物 (鉄筋コンクリート)	コンクリート	設計基準強度 24.0N/mm ²
	鉄筋	SD345
MMR		設計基準強度 18.0N/mm ²

表 3-2 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.50×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
MMR	2.20×10 ⁴	22.6* ²	

注記*1: 鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2: 無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.3 許容限界

許容限界は、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

構造部材の曲げ・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（（社）土木学会，2005年）」（以下「土木学会マニュアル2005」という。）に基づき、限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ1.0%）とする。

土木学会マニュアル2005では、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、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、圧縮縁コンクリートひずみが1.0%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が確保できるとして設定されたものである。

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアル2005に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

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

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

基礎地盤の支持性能に対する許容限界を表 3-3 に示す。

表 3-3 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)
極限支持力度	C _L 級岩盤	3.9

(2) MMR

MMR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]（（社）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の支持性能に対する許容限界を表 3-4 に示す。

表 3-4 MMRの支持性能に対する許容限界

評価項目	MMR (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)
支圧強度	$f'_{c k} = 18.0$	$f'_a = 18.0$

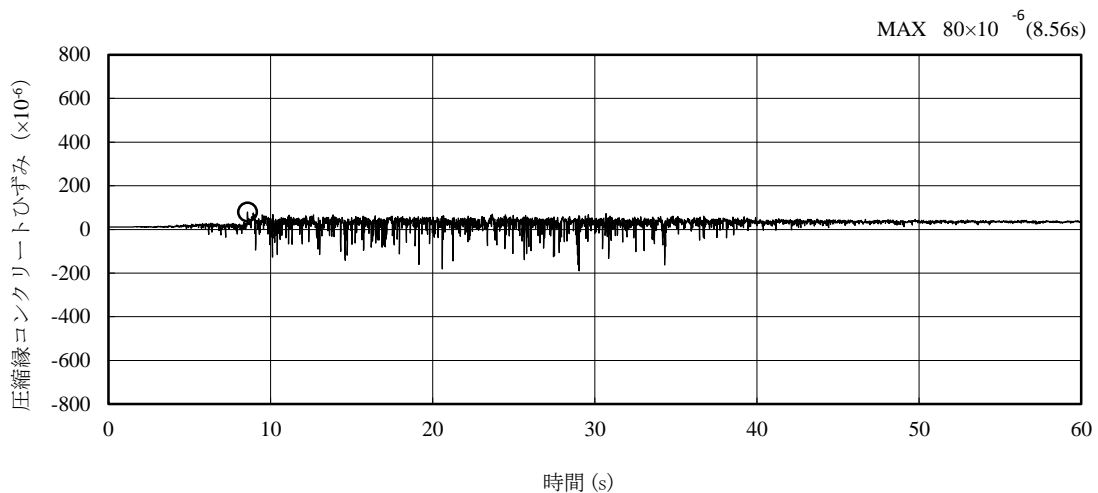
3.4 評価方法

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の耐震評価は、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」に示す許容限界以下であることを確認する。

3.4.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して、地震応答解析により算定した照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動及び解析ケースでのひずみの時刻歴波形及び発生位置を図 3-3 に、せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図を図 3-4 に示す。



(圧縮を正で示す。)

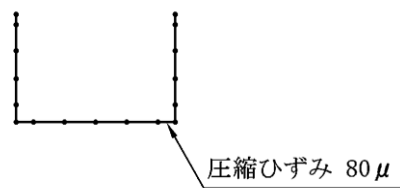
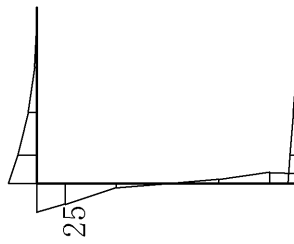
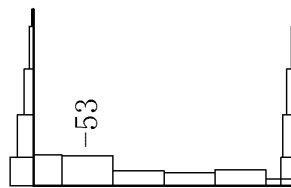


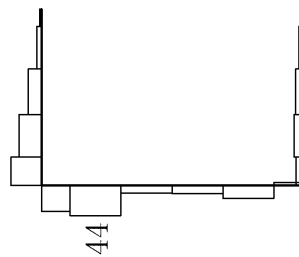
図 3-3 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形
(A-A断面, 解析ケース③, S s - D (+ -))



数值：評価位置における断面力
 (a) 曲げモーメント (kN・m)



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



数值：評価位置における断面力
 (c) せん断力 (kN)

図 3-4 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
 (A-A断面, 解析ケース③, S_s-D (+-), t=21.23s)

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基礎地盤及びMMRに発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-2 に示す。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（A-A断面）

解析 ケース	地震動	照査用ひずみ*	限界ひずみ	照査値
		ϵ_d	ϵ_R	ϵ_d / ϵ_R
③	S s - D (+ -)	96 μ	10000 μ	0.01

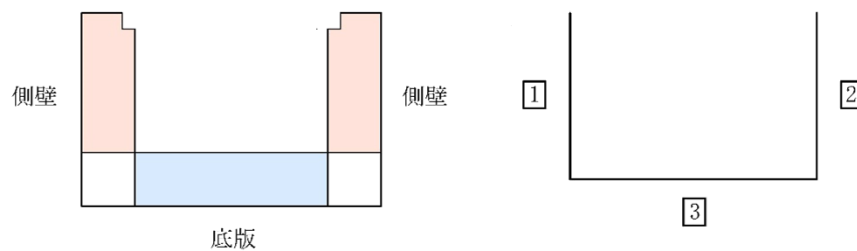
注記*：照査用ひずみ $\epsilon_d =$ 発生ひずみ $\epsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-2 せん断破壊に対する最大照査値（A-A断面）

評価位置*1		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*2	せん断耐力	照査値
				V_d (kN)	$V_{y d}$ (kN)	$V_d / V_{y d}$
側壁	2	③	S s - D (+ -)	36	1065	0.04
底版	3	③	S s - D (+ -)	46	1078	0.05

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.05)$



A-A断面

図 4-1 評価位置

4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

4.2.1 基礎地盤

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-3 に示す。また、最大接地圧分布図を図 4-2 に示す。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）の基礎地盤に発生する最大接地圧が、極限支持力度を下回ることを確認した。

表 4-3 基礎地盤の支持性能に対する照査結果（A-A断面）

解析 ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
①	S s - D (++)	0.10	3.9	0.03

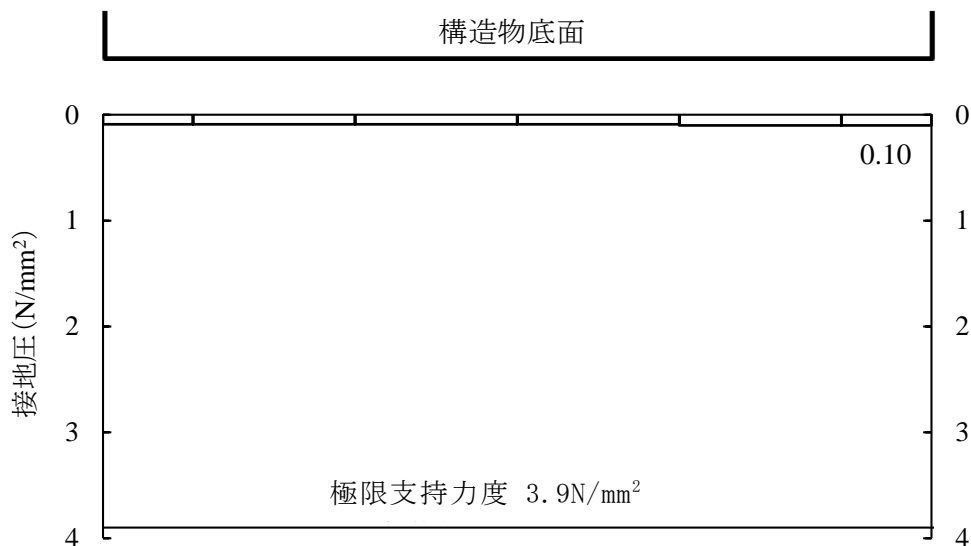


図 4-2 基礎地盤の最大接地圧分布図
(A-A断面, 解析ケース①, S s - D (++))

4.2.2 MMR

MMRの支持性能に対する照査結果を表4-4に示す。また、最大接地圧分布図を図4-3に示す。

屋外配管ダクト（ガスタービン発電機用軽油タンク～ガスタービン発電機）のMMR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4-4 MMRの支持性能に対する照査結果（A-A断面）

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 -D (+-)	0.12	18.0	0.01

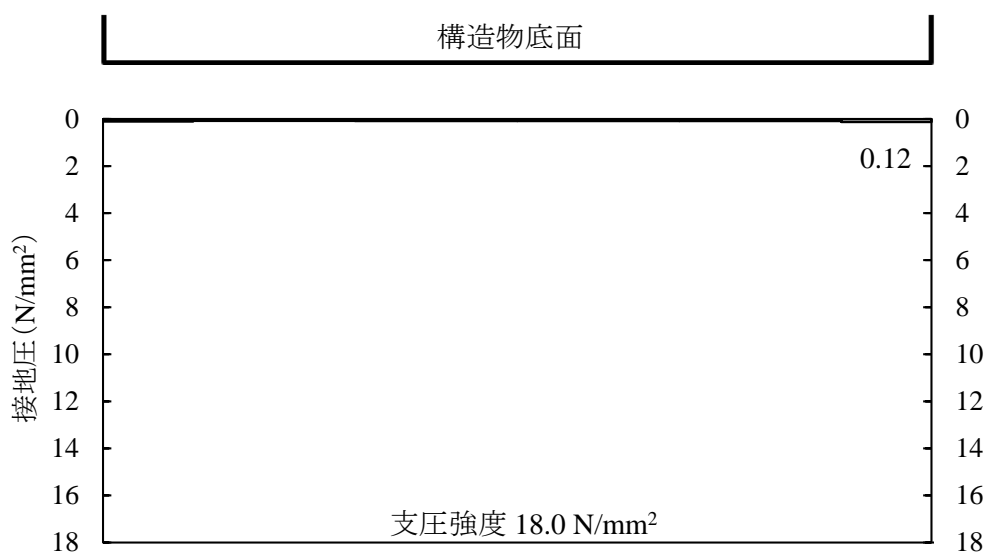


図4-3 基礎地盤の最大接地圧分布図
(A-A断面, 解析ケース③, S_s-D (+-))

VI-2-2-39 屋外配管ダクト（排気筒）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	5
2.4	適用規格・基準等	8
3.	耐震評価	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	13
3.2.3	減衰定数	14
3.2.4	耐震評価における解析ケースの選定	15
3.3	荷重及び荷重の組合せ	16
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	16
3.3.2	荷重	16
3.3.3	荷重の組合せ	17
3.4	入力地震動	18
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
3.6	許容限界	35
3.6.1	曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界	35
3.6.2	せん断破壊に対する許容限界	35
3.6.3	基礎コンクリートの支持性能に対する許容限界	35
3.7	評価方法	36
4.	耐震評価結果	38
4.1	構造部材の健全性に対する評価結果	38
4.2	基礎コンクリートの支持性能に対する評価結果	40

別紙 せん断破壊に対する照査への線形被害則適用について

1. 概要

本資料は、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、屋外配管ダクト（排気筒）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

屋外配管ダクト（排気筒）に要求される機能維持の確認は、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価及び基礎コンクリートの支持性能評価により行う。

2. 基本方針

2.1 位置

屋外配管ダクト（排気筒）の位置図を図 2-1 に示す。

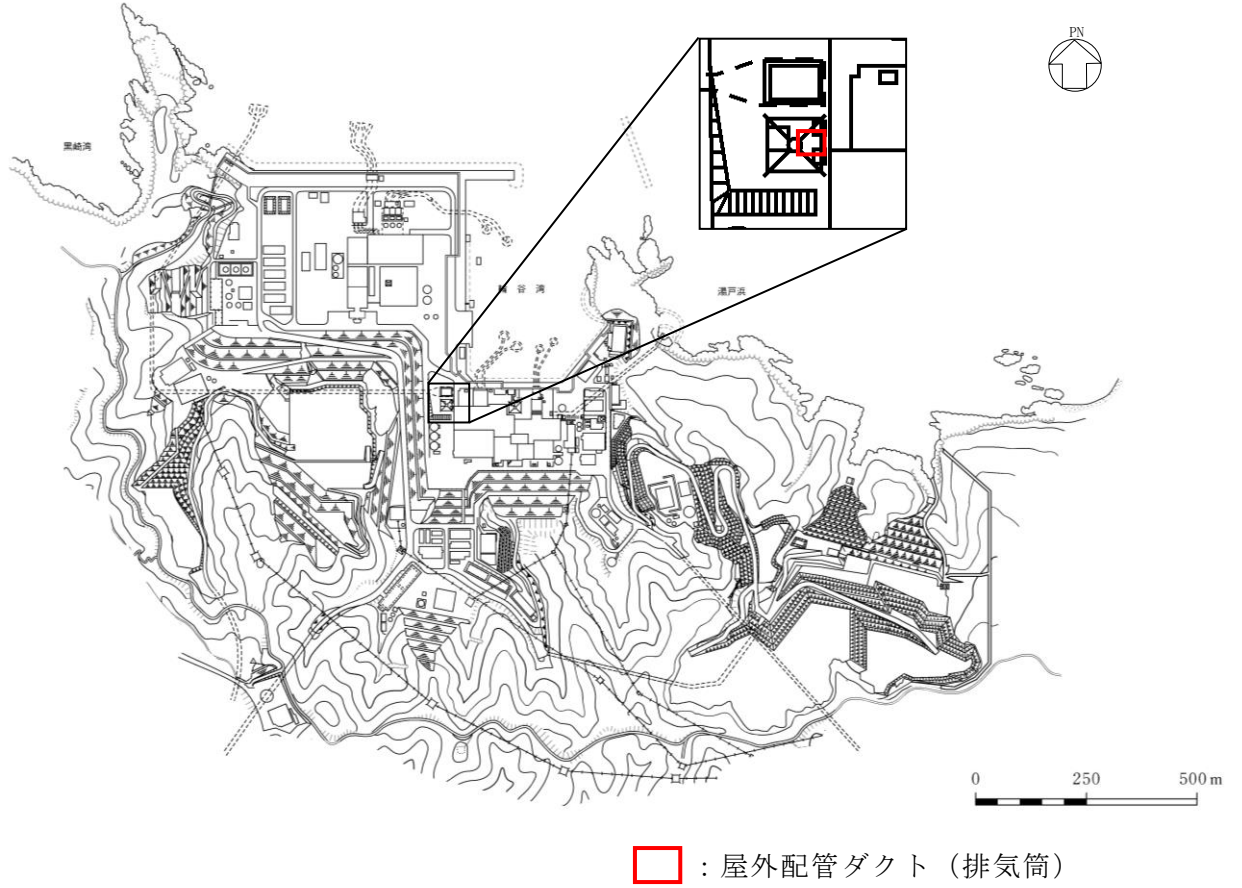


図 2-1 屋外配管ダクト（排気筒） 位置図

2.2 構造概要

屋外配管ダクト（排気筒）の平面図を図 2-2 に，断面図を図 2-3 に，概略配筋図を図 2-4 に示す。

屋外配管ダクト（排気筒）は表 2-1 に示す S クラス施設を間接支持する鉄筋コンクリート造の地中構造物であり，基礎コンクリートを介して，同じく S クラス施設の間接支持構造物である排気筒の基礎に支持される。

表 2-1 S クラス施設一覧

屋外配管ダクト（排気筒）が間接支持する S クラス施設の一覧
非常用ガス処理系配管
A-ディーゼル燃料移送ポンプ電線管
高圧炉心スプレイ系ディーゼル燃料移送ポンプ電線管
非常用ディーゼル発電設備 A-燃料配管
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備 燃料配管

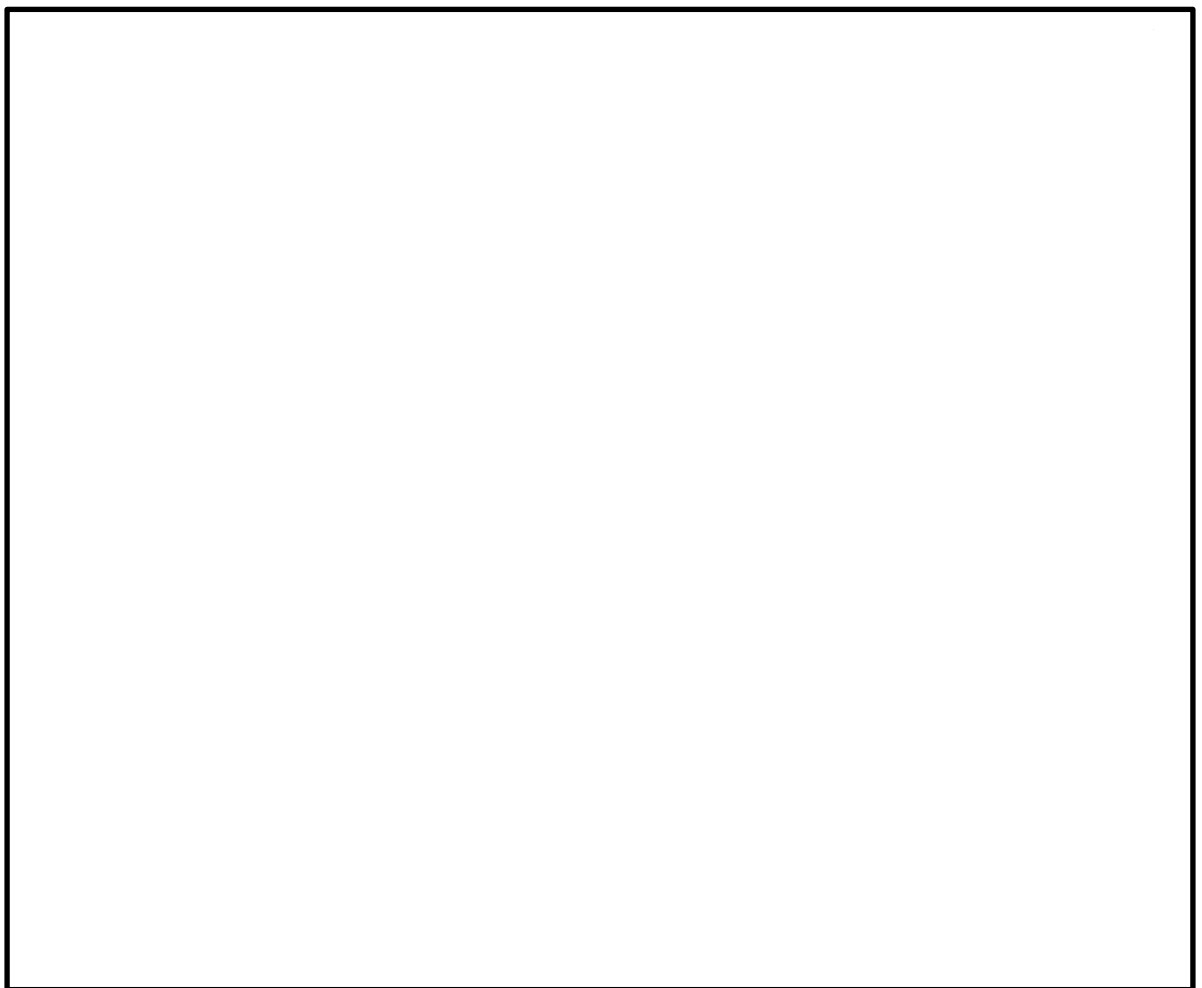


図 2-2 屋外配管ダクト（排気筒） 平面図



図 2-3 屋外配管ダクト（排気筒） 断面図（A-A 断面）

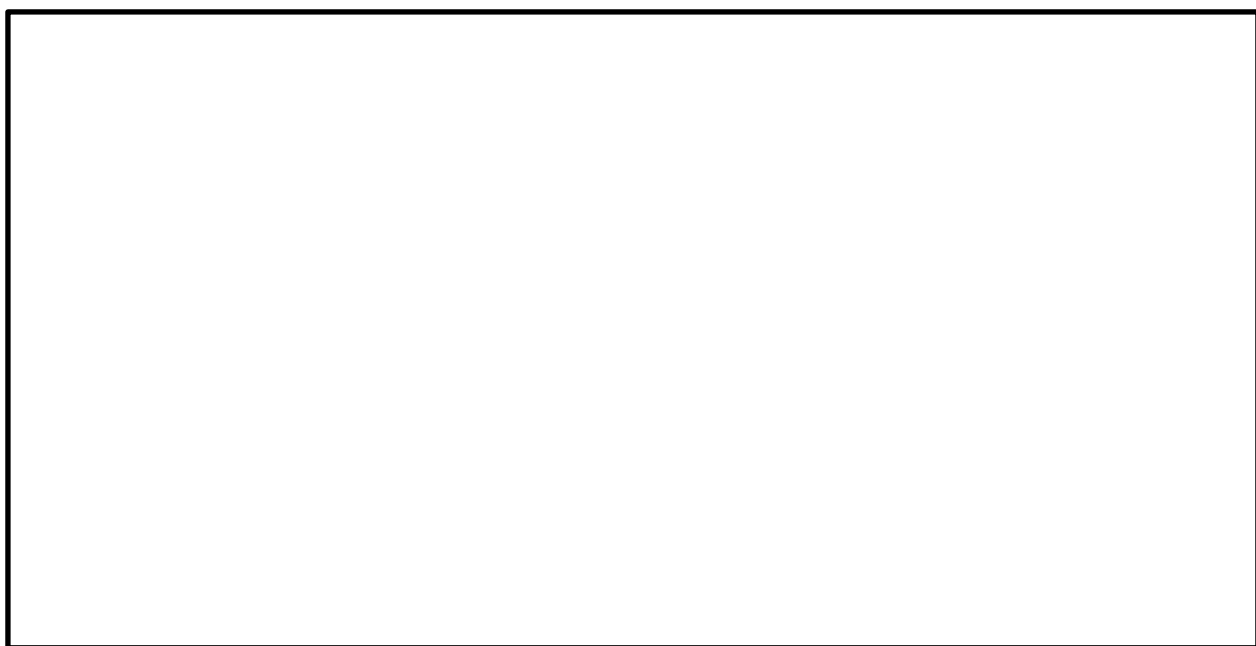


図 2-4 屋外配管ダクト（排気筒） 概略配筋図（A-A 断面）

2.3 評価方針

屋外配管ダクト（排気筒）の耐震評価フローを図 2-5 に示す。

屋外配管ダクト（排気筒）の耐震評価は，地震応答解析により得られた解析結果に基づき，表 2-2 の屋外配管ダクト（排気筒）の評価項目に示すとおり，構造部材の健全性評価及び基礎コンクリートの支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価については，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ひずみが許容限界以下であることを確認する。せん断破壊に対しては照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

基礎コンクリートの支持性能評価については，基礎コンクリートに発生する接地圧が許容限界以下であることを確認する。

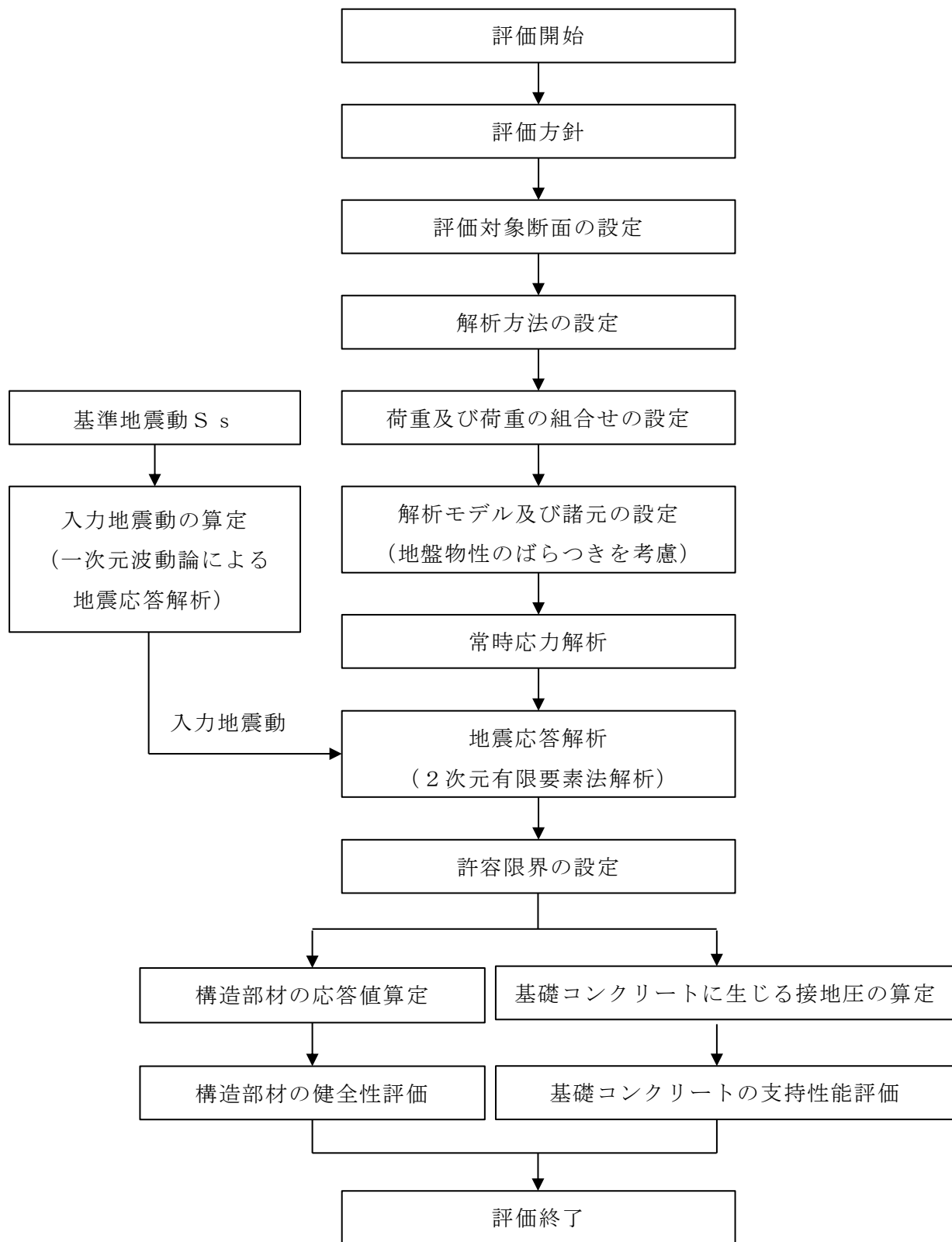


図 2-5 屋外配管ダクト（排気筒）耐震評価フロー

表 2-2 屋外配管ダクト（排気筒）の評価項目

評価項目	部位	評価方法	許容限界	
			構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材
			せん断力	せん断耐力*
基礎コンクリートの支持性能	基礎コンクリート	接地圧が許容限界以下であることを確認	基礎コンクリートの支圧強度	

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用規格・基準等

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]（（社）土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書[設計編]（（社）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（（社）土木学会，2005年）
- ・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）

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

屋外配管ダクト（排気筒）の評価対象断面位置を図 3-1 に示す。構造物の耐震設計における評価対象断面は，図 3-1 に示すとおり，内空幅が広く保守的な断面となる A-A 断面とする。耐震設計における評価対象断面図を図 3-2 に示す。

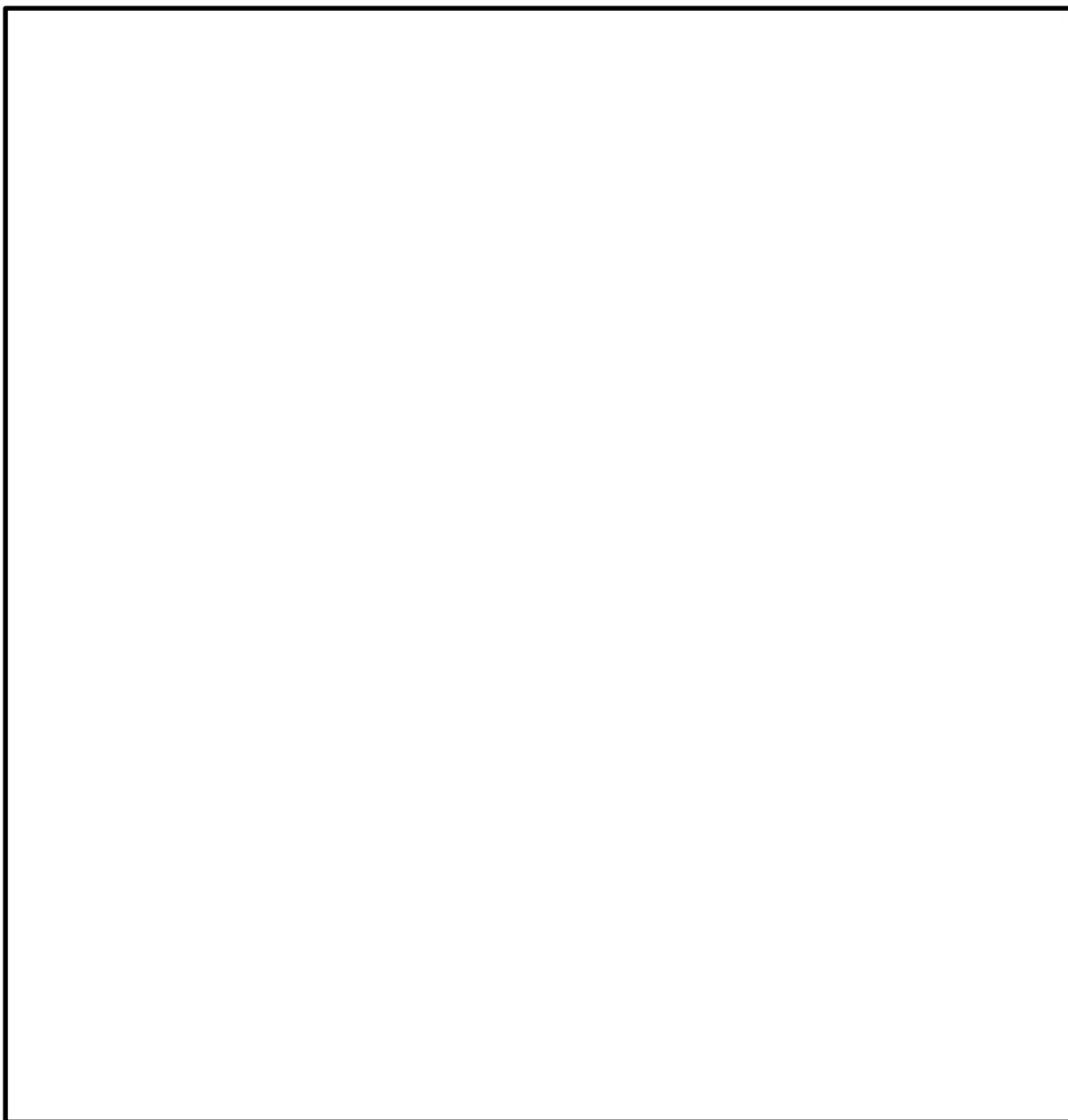


図 3-1 屋外配管ダクト（排気筒） 評価対象断面位置図

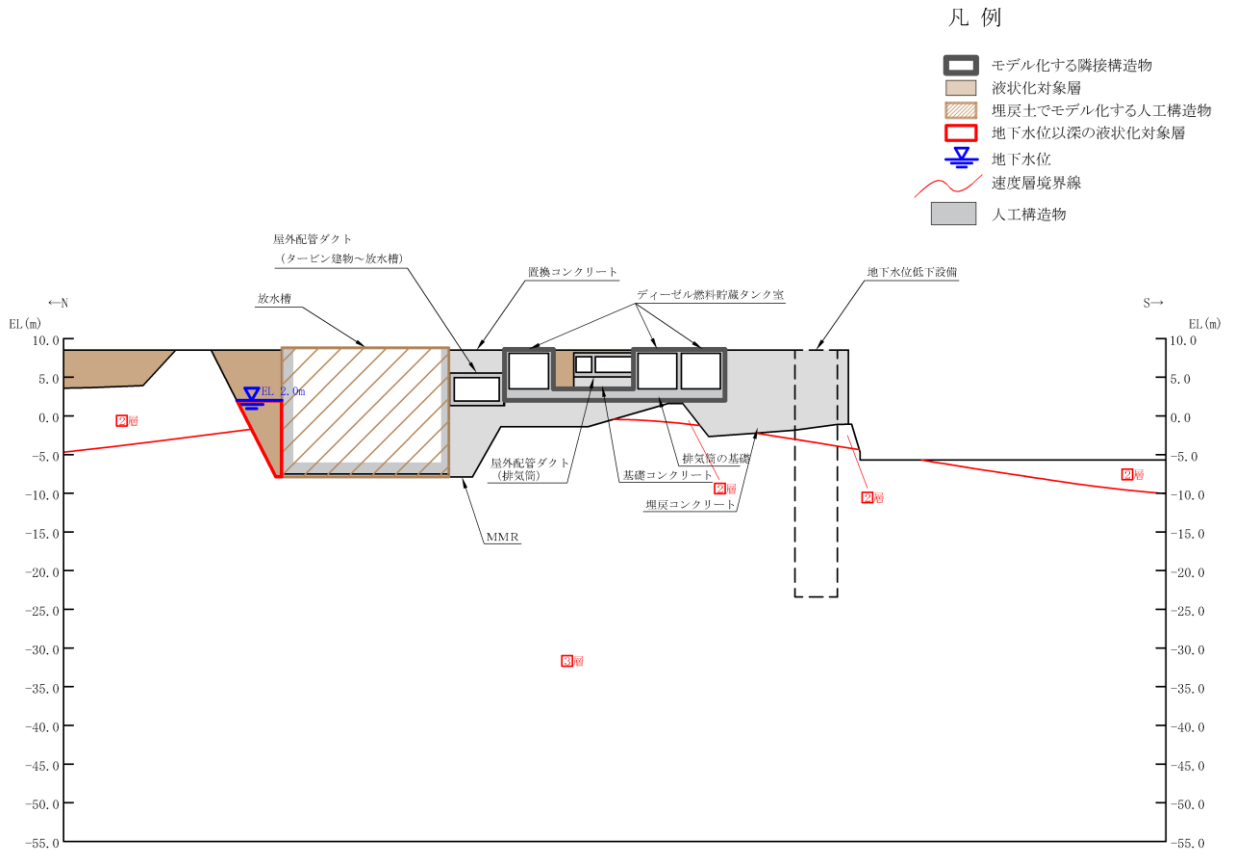


図 3-2 屋外配管ダクト (排気筒) 評価対象地質断面図 (A-A 断面位置)

3.2 解析方法

屋外配管ダクト（排気筒）の地震応答解析は、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に準じて実施する。

地震応答解析は、構造物と地盤の相互作用を考慮できる2次元有限要素法を用いて、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直接積分法の時刻歴応答解析により行う。屋外配管ダクト（排気筒）周辺の地下水位が屋外配管ダクト（排気筒）下端より低いことから、解析手法は全応力解析とする。

地震応答解析については、解析コード「TDAPⅢ」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、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図3-3に示すように、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に示すコンクリートの応力-ひずみ関係及び図3-5に示す鉄筋の応力-ひずみ関係を考慮する。

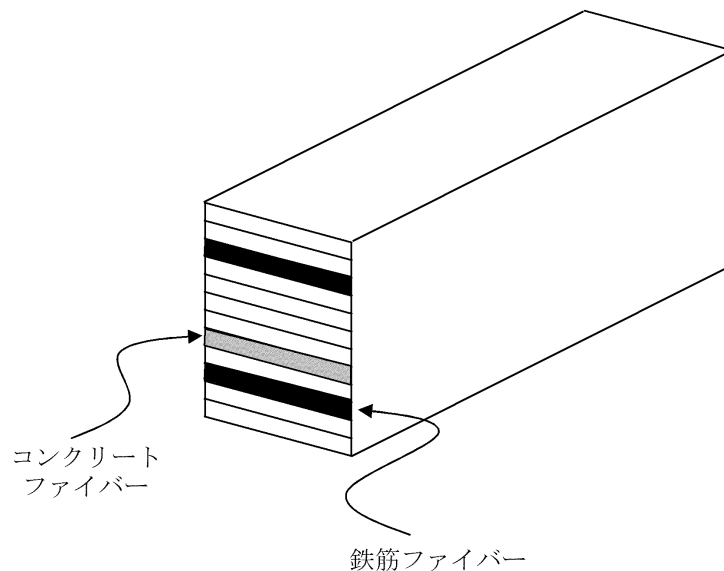
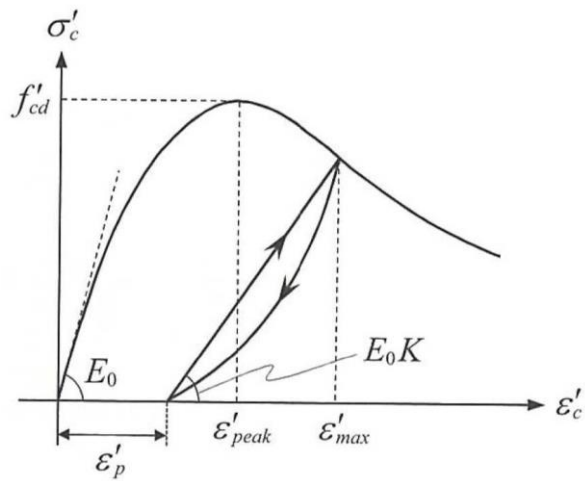
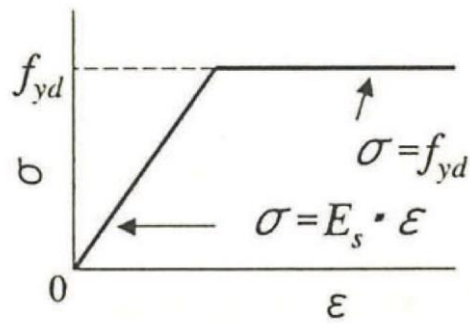


図 3-3 ファイバーモデルの概念図



(「コンクリート標準示方書[設計編] ((社) 土木学会, 2017 年制定) 」より引用)
 図 3-4 構造部材の非線形特性 (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[構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定) 」より引用)
 図 3-5 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)

3.2.2 地盤

地盤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。

屋外配管ダクト（排気筒）は、側方に埋戻土が分布し、主たる荷重は埋戻土の土圧となることから、埋戻土の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

詳細な解析ケースの考え方は、「3.2.4 耐震評価における解析ケースの選定」に示す。

表 3-1 解析ケース（A-A断面）

解析ケース	解析手法	地盤物性	
		埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	全応力解析	平均値	平均値
ケース②	全応力解析	平均値 + 1σ	平均値
ケース③	全応力解析	平均値 - 1σ	平均値

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

評価対象断面	α	β
A-A断面	1.595	2.241×10^{-4}

3.2.4 耐震評価における解析ケースの選定

耐震評価においては、基準地震動 S_s 全波（6波）及びこれらに位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、基本ケース（解析ケース①）を実施する。基本ケースにおいて、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊の照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい地震動を用いて、表3-1に示す解析ケース②及び③を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いて、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
地震動 (位相)	$S_s - D$	++*	○	基準地震動 S_s （6波）に位相反転を考慮した地震動（6波）を加えた全12波に対し、ケース①（基本ケース）を実施し、曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊の各照査項目ごとに照査値が0.5を超える照査項目に対して、最も厳しい（許容限界に対する裕度が最も小さい）地震動を用いてケース②及び③を実施する。すべての照査項目の照査値がいずれも0.5以下の場合、照査値が最も厳しくなる地震動を用いてケース②及び③を実施する。	
		-+*	○		
		+ - *	○		
		--*	○		
	$S_s - F1$	++*	○		
	$S_s - F2$	++*	○		
	$S_s - N1$	++*	○		
		-+*	○		
	$S_s - N2$ (NS)	++*	○		
		-+*	○		
$S_s - N2$ (EW)	++*	○			
	-+*	○			

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

3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは，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

屋外配管ダクト（排気筒）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

屋外配管ダクト（排気筒）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，躯体重量及び機器・配管荷重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

積載荷重として，水圧，土圧及び積雪荷重 P_s を考慮する。

(3) 積雪荷重（ P_s ）

積雪荷重として，発電所敷地に最も近い気象官署である松江地方気象台で観測された観測史上1位の月最深積雪100cmに平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮し35.0cmとする。積雪荷重については，「松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日，松江市規則第234号）」により，積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

(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 3-4 に示す。

表 3-4 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

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、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に準じて設定する。

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 を一次元波動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、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3-6に入力地震動算定の概念図を、図3-7～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「SHAKE」及び「microSHAKE/3D」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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

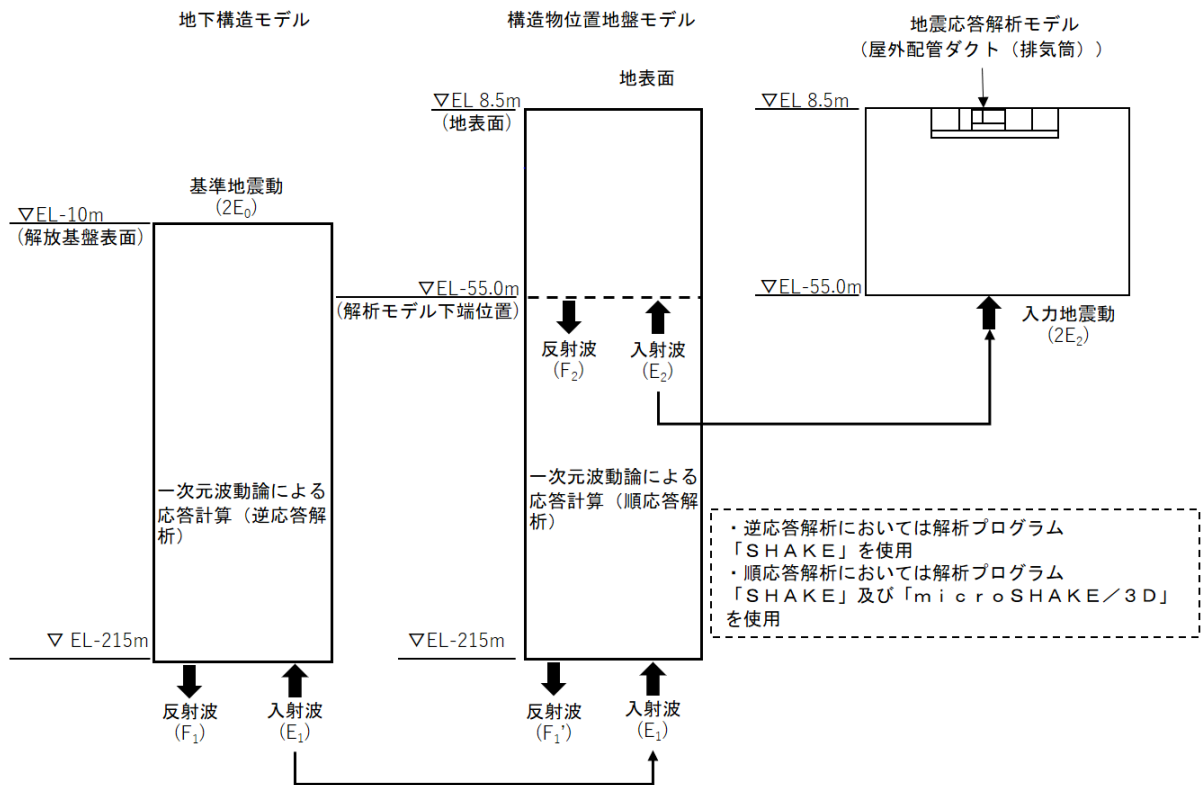
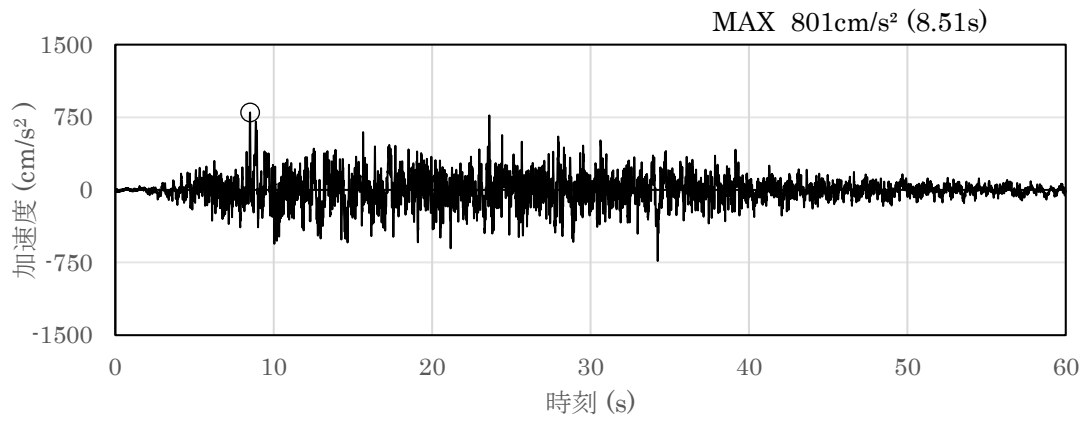
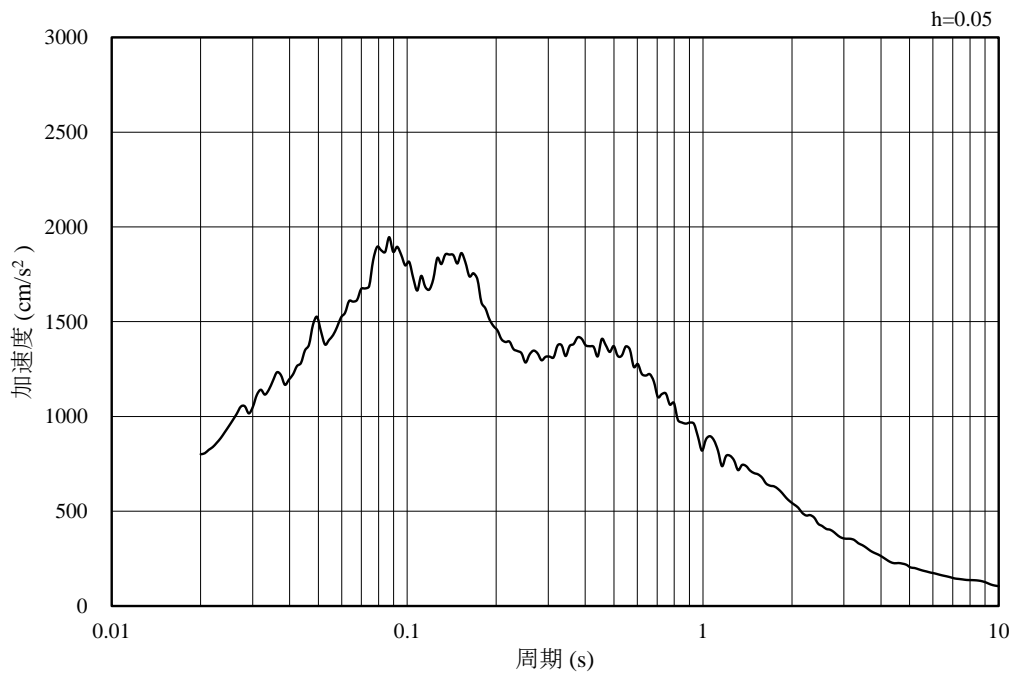


図3-6 入力地震動算定の概念図

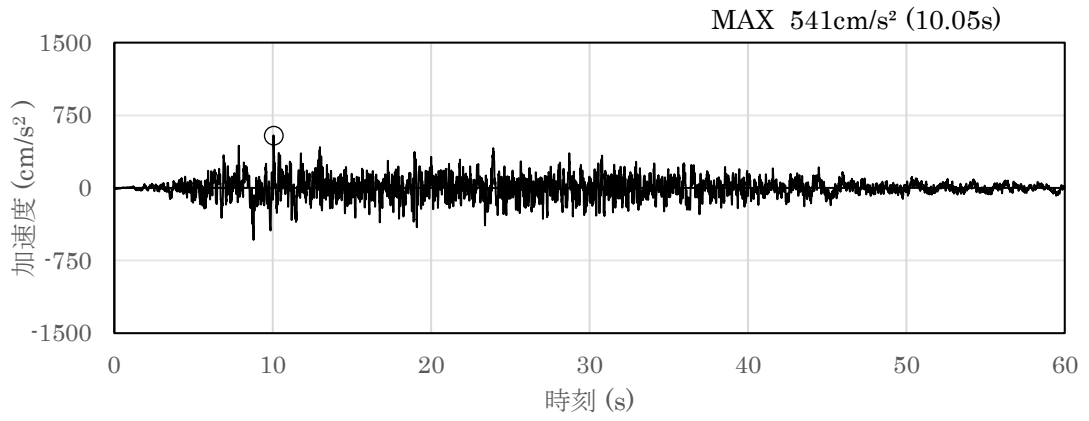


(a) 加速度時刻歴波形

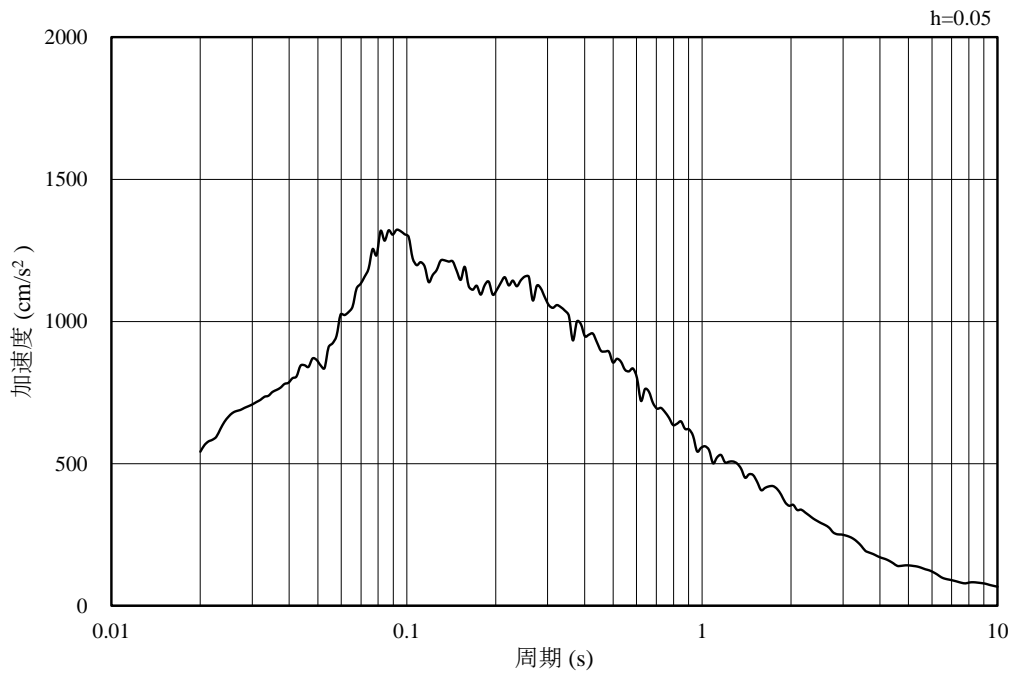


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-7 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)

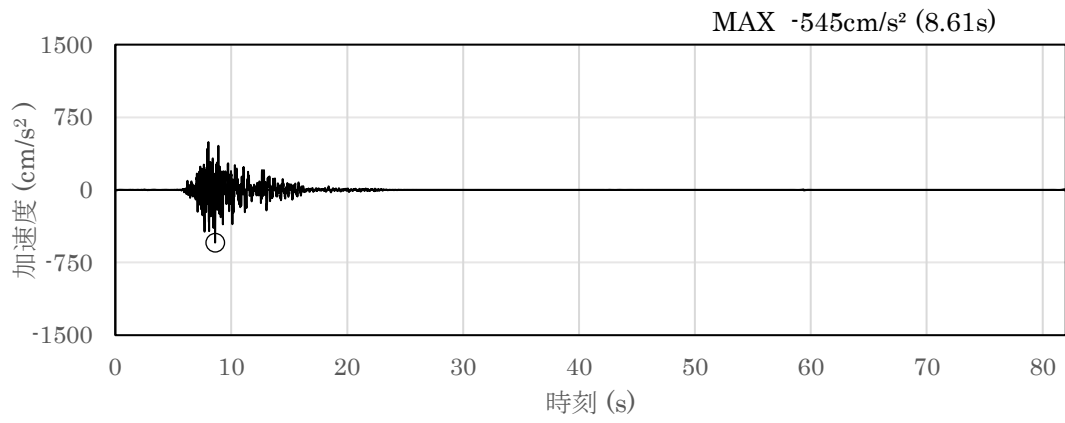


(a) 加速度時刻歴波形

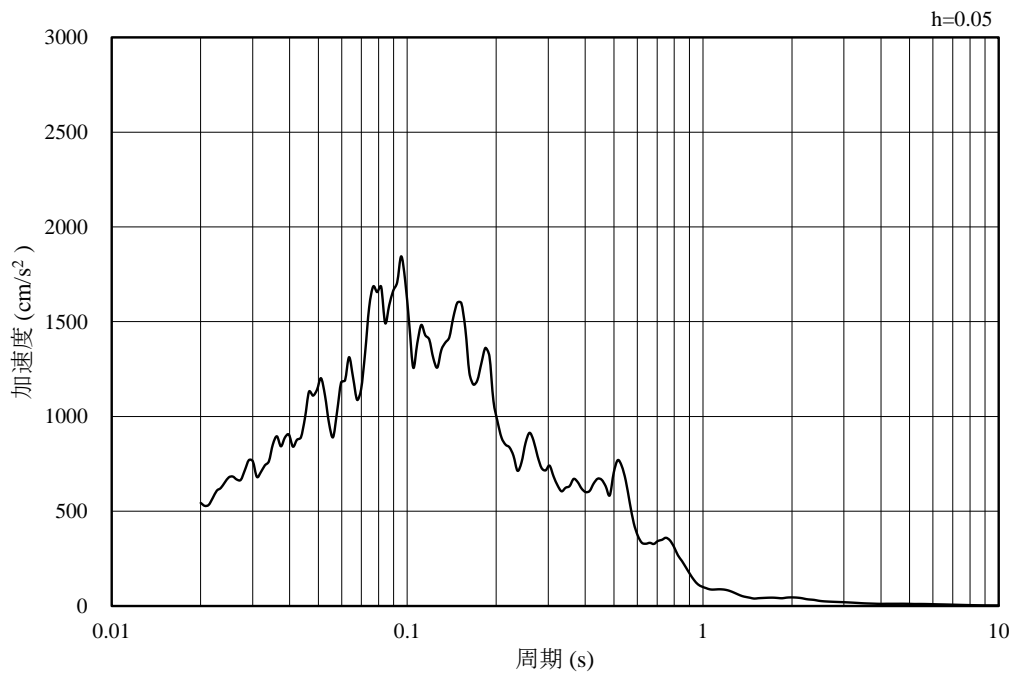


(b) 加速度応答スペクトル

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)

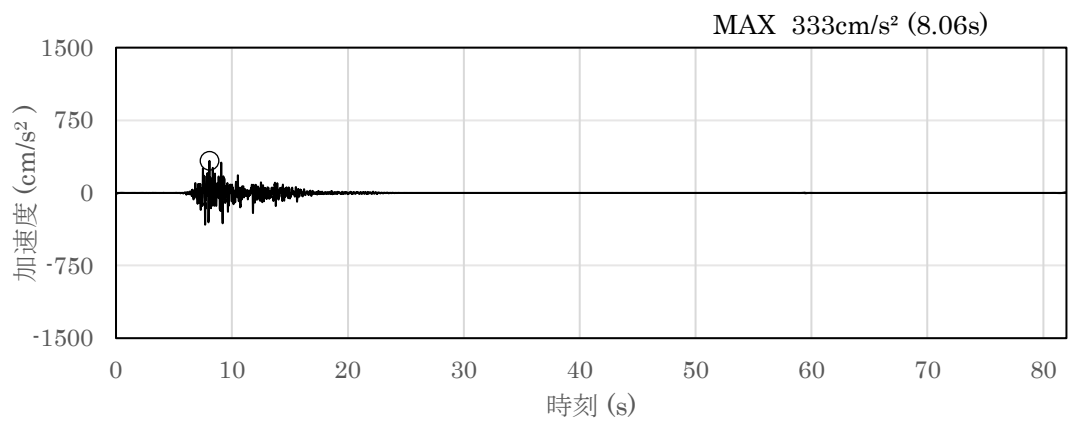


(a) 加速度時刻歴波形

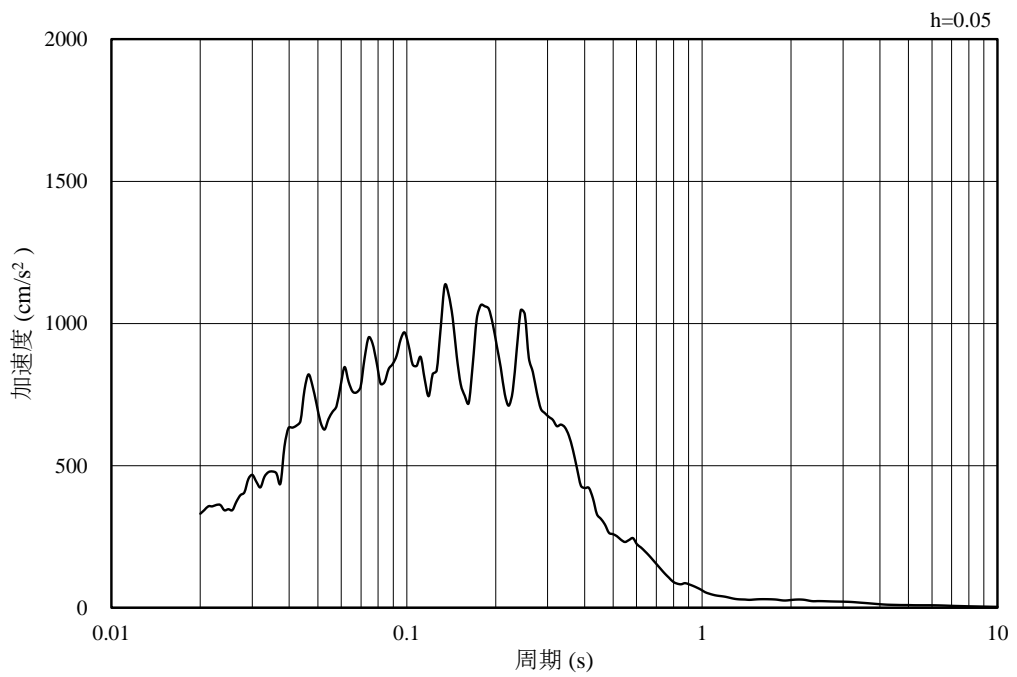


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 1 (N S))

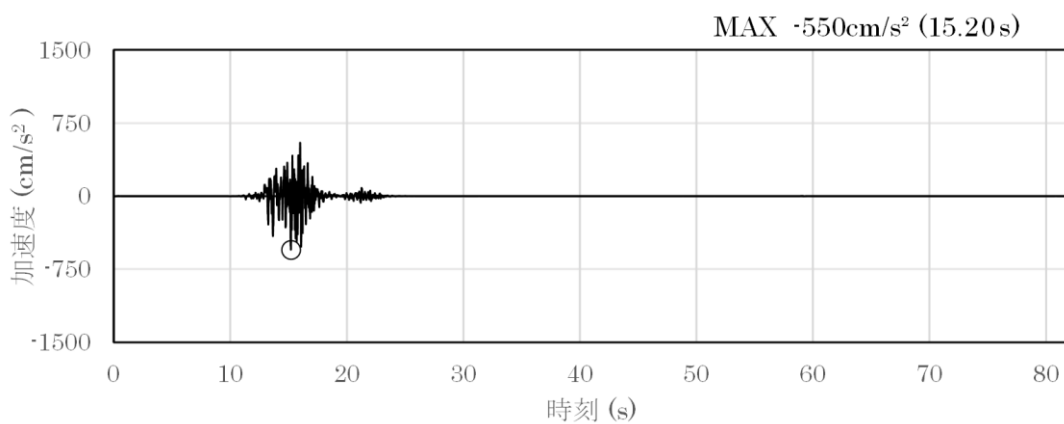


(a) 加速度時刻歴波形

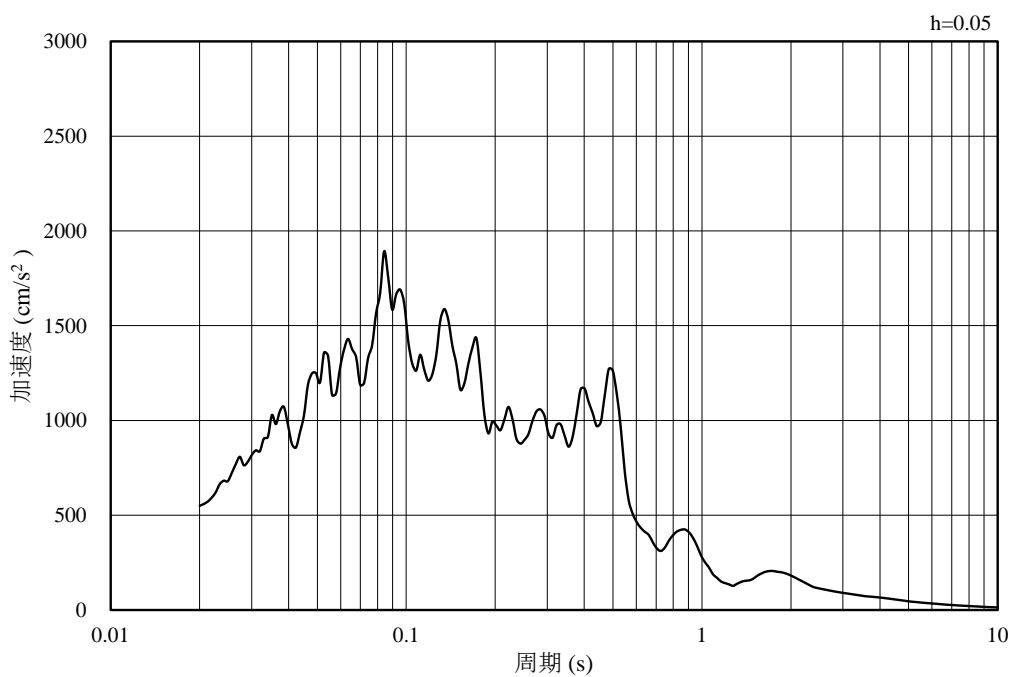


(b) 加速度応答スペクトル

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 - F 1 (N S))

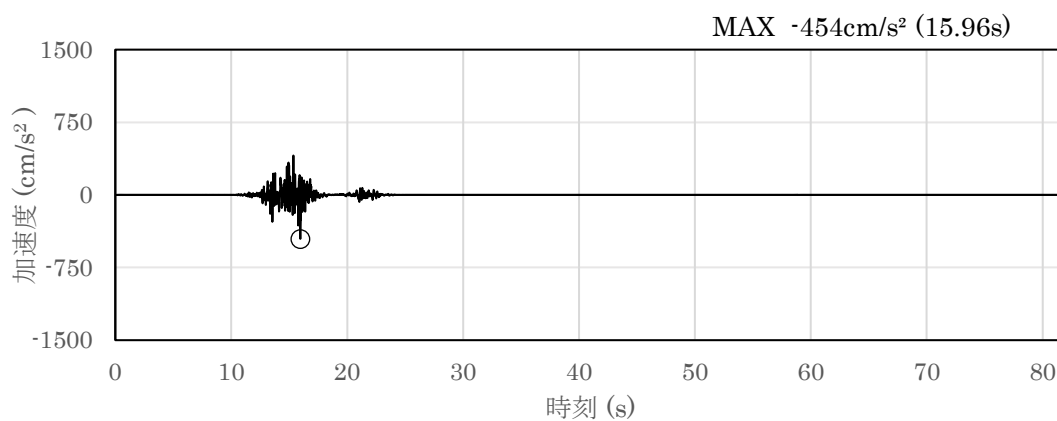


(a) 加速度時刻歴波形

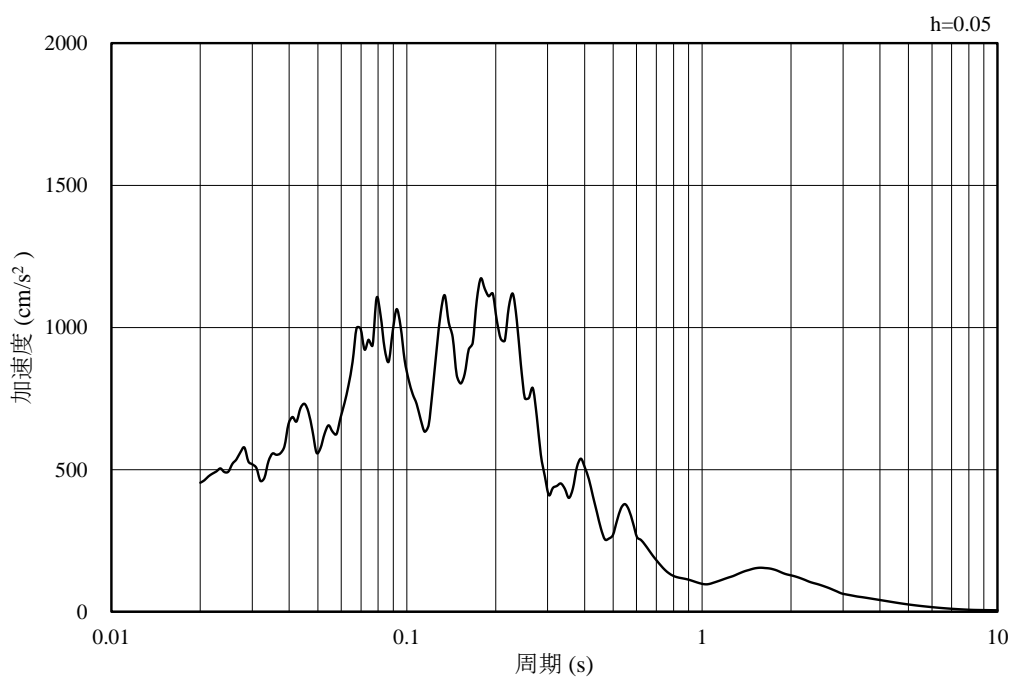


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (N S))

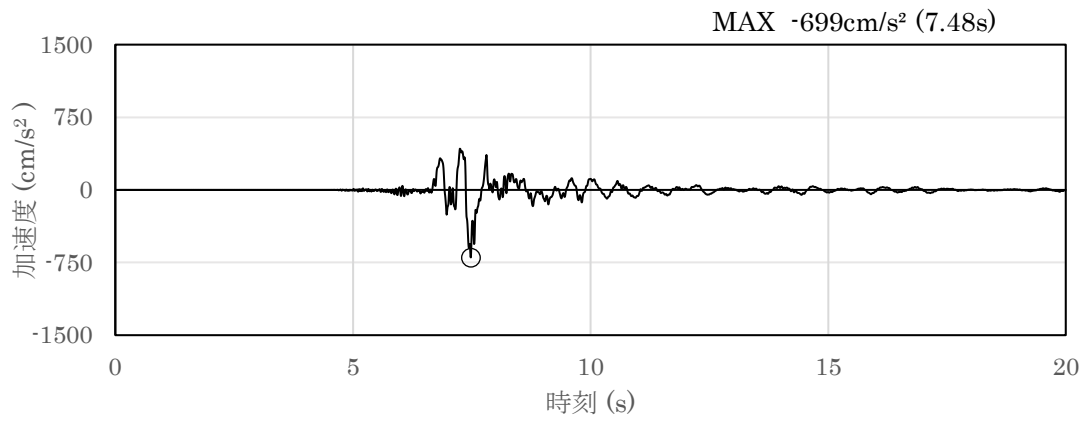


(a) 加速度時刻歴波形

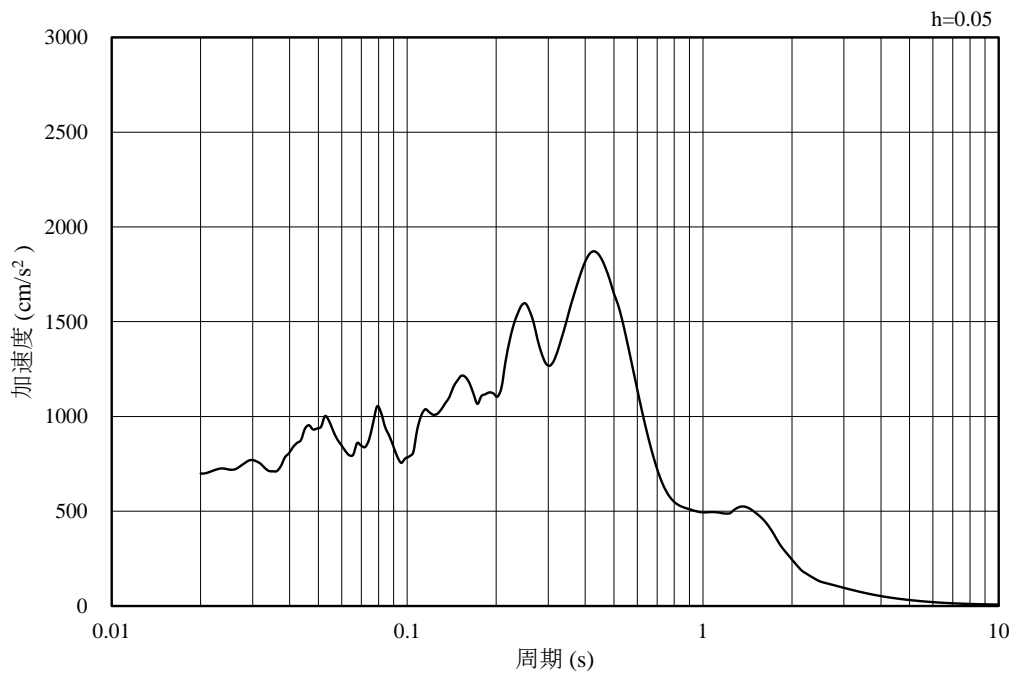


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (NS))

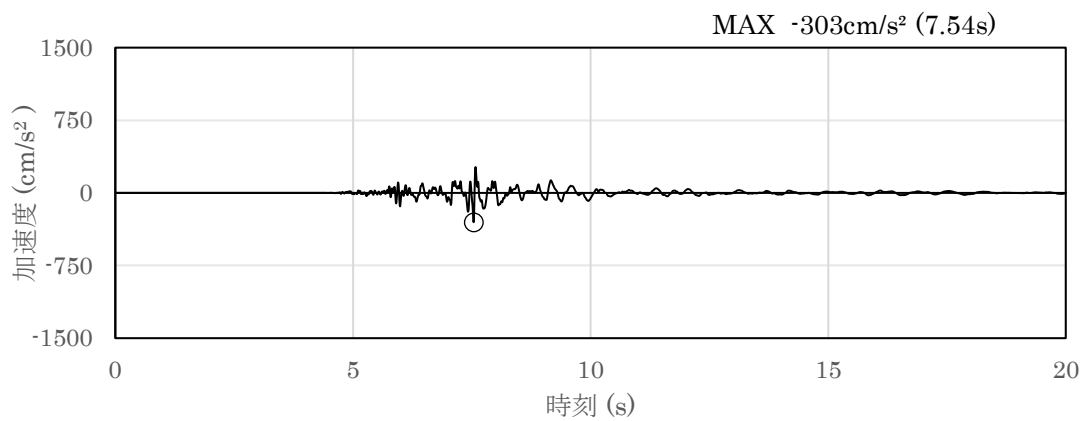


(a) 加速度時刻歴波形

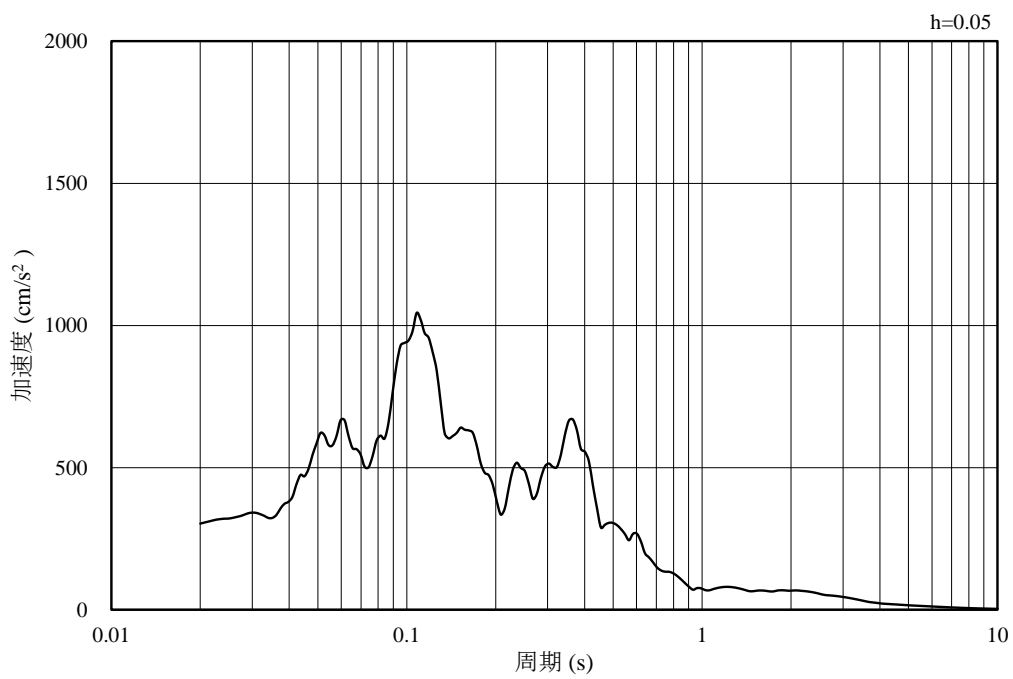


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 1)

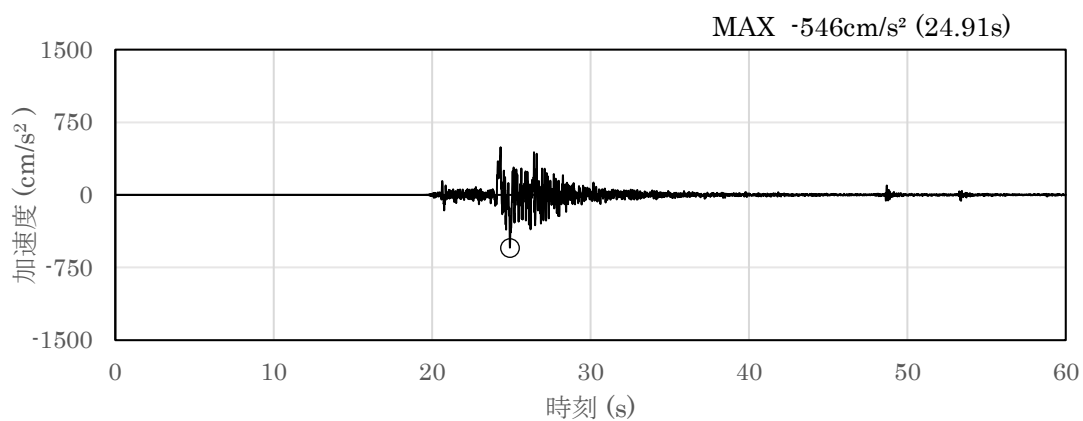


(a) 加速度時刻歴波形

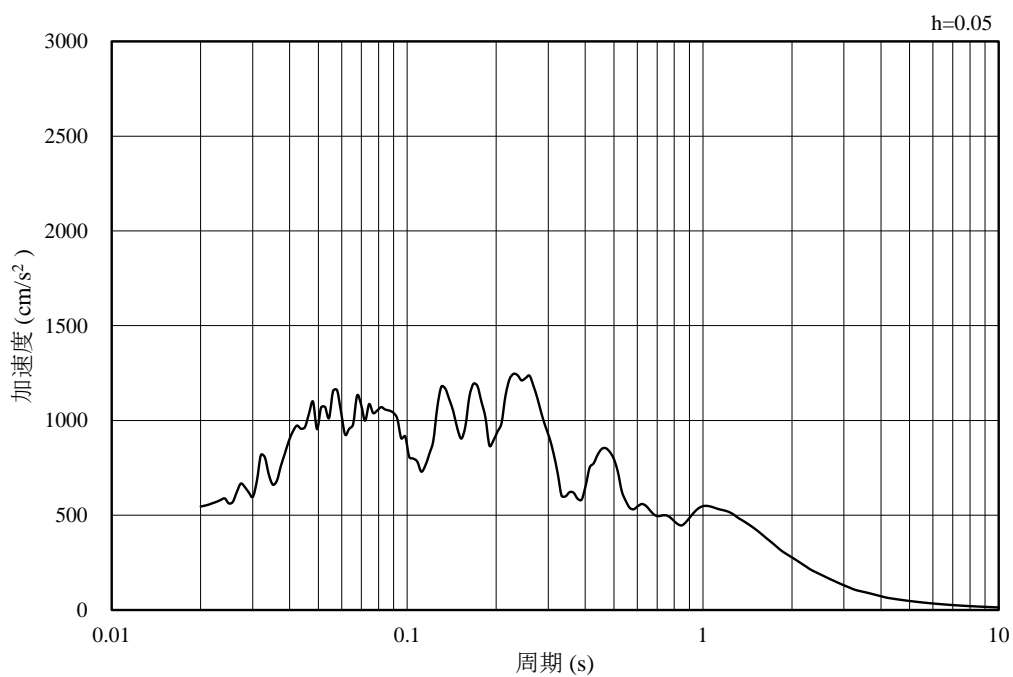


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 1)

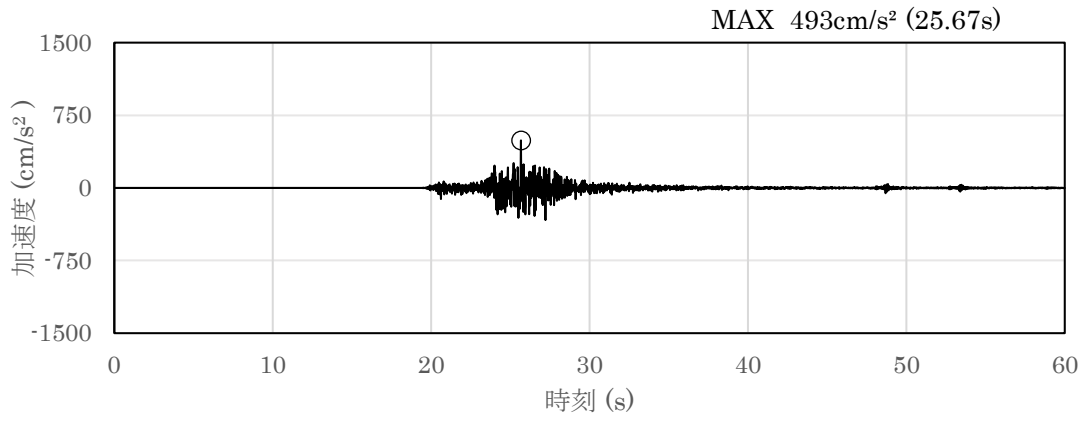


(a) 加速度時刻歴波形

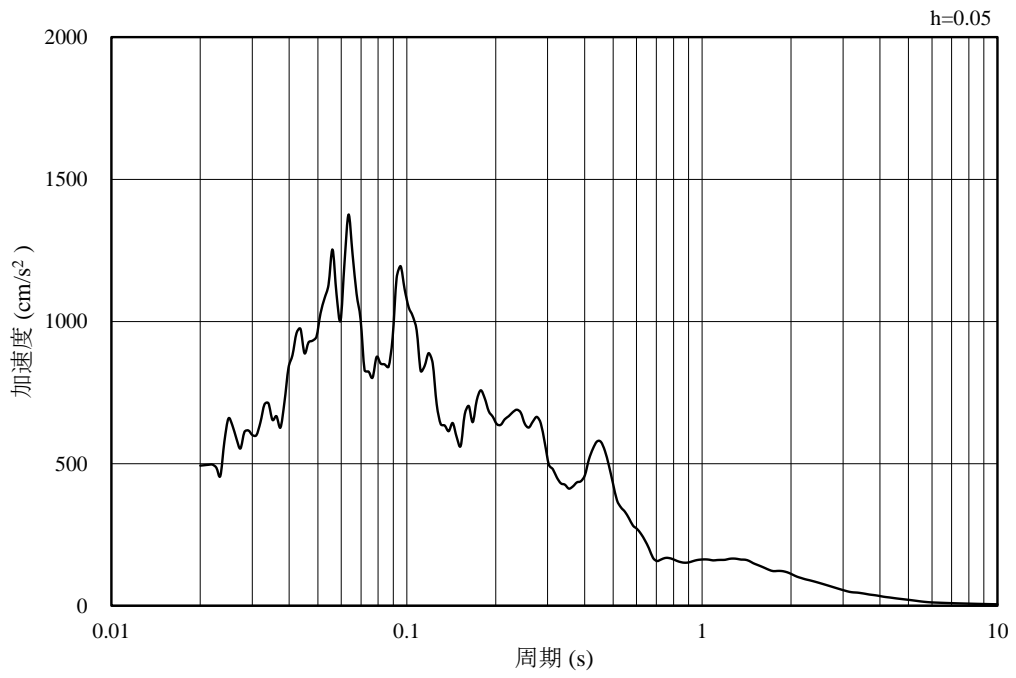


(b) 加速度応答スペクトル

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
(水平成分：S s - N 2 (N S))

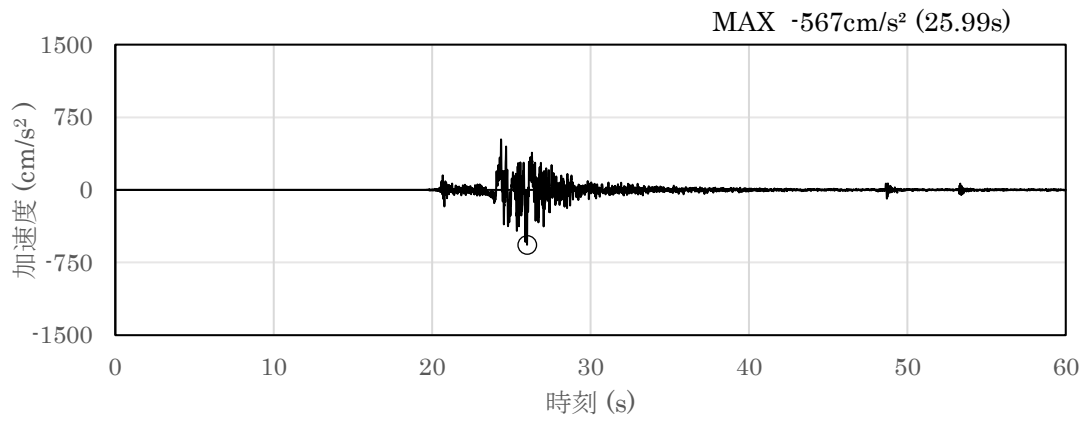


(a) 加速度時刻歴波形

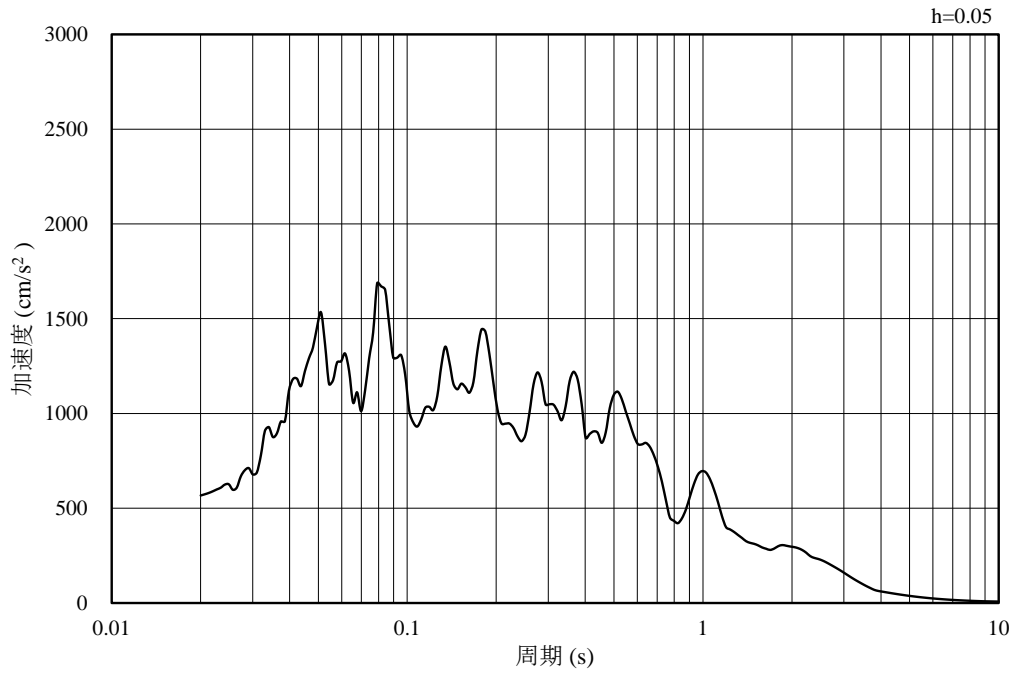


(b) 加速度応答スペクトル

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 - N 2 (N S))

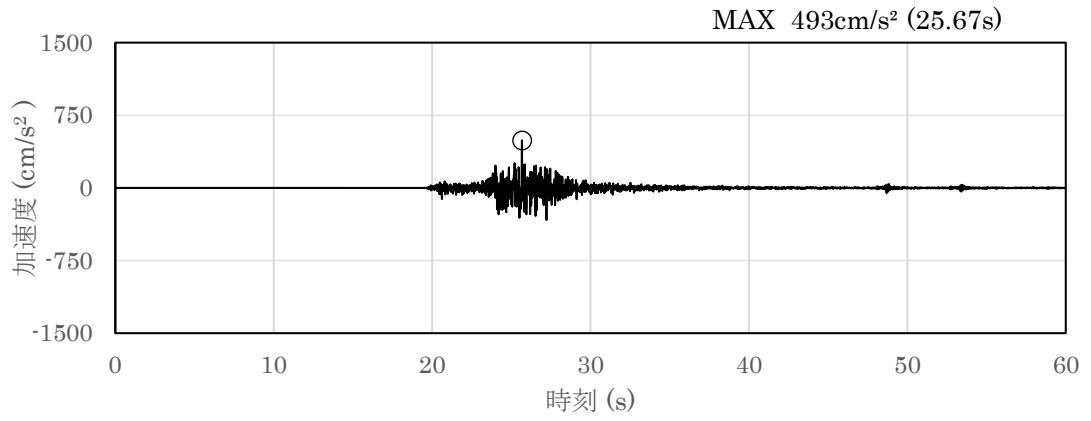


(a) 加速度時刻歴波形

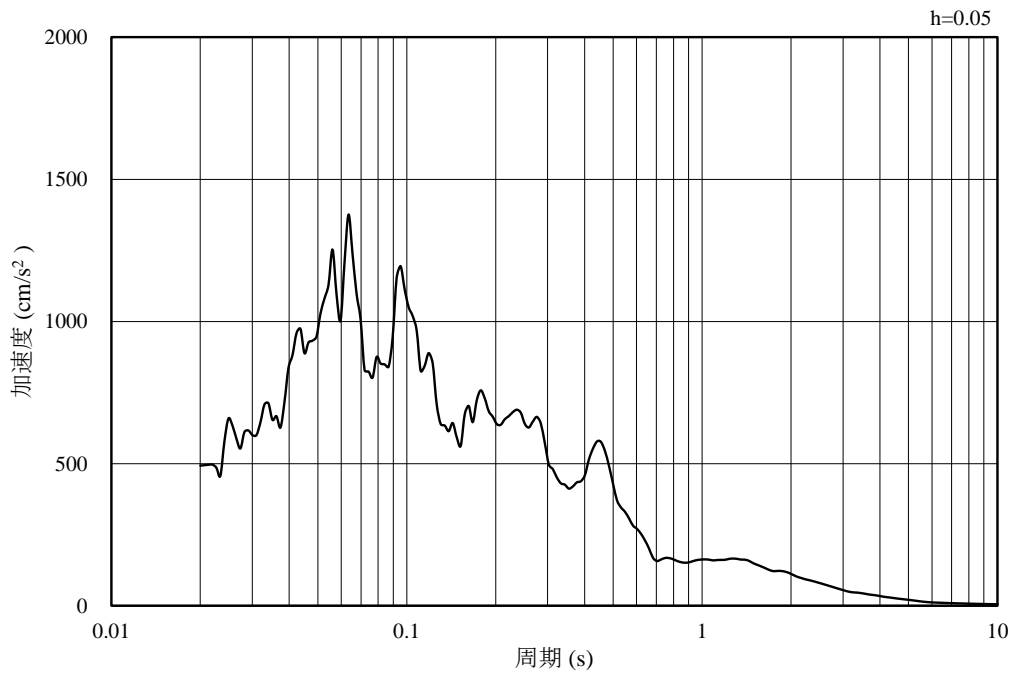


(b) 加速度応答スペクトル

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 2 (E W))



(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 2 (E W))

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

屋外配管ダクト（排気筒）の地震応答解析モデルを図 3-19 に示す。

(1) 解析領域

解析領域は、側方境界及び底面境界が構造物の応答に影響しないよう、構造物と側方境界及び底面境界との距離を十分に大きく設定する。

(2) 境界条件

解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

(3) 構造物のモデル化

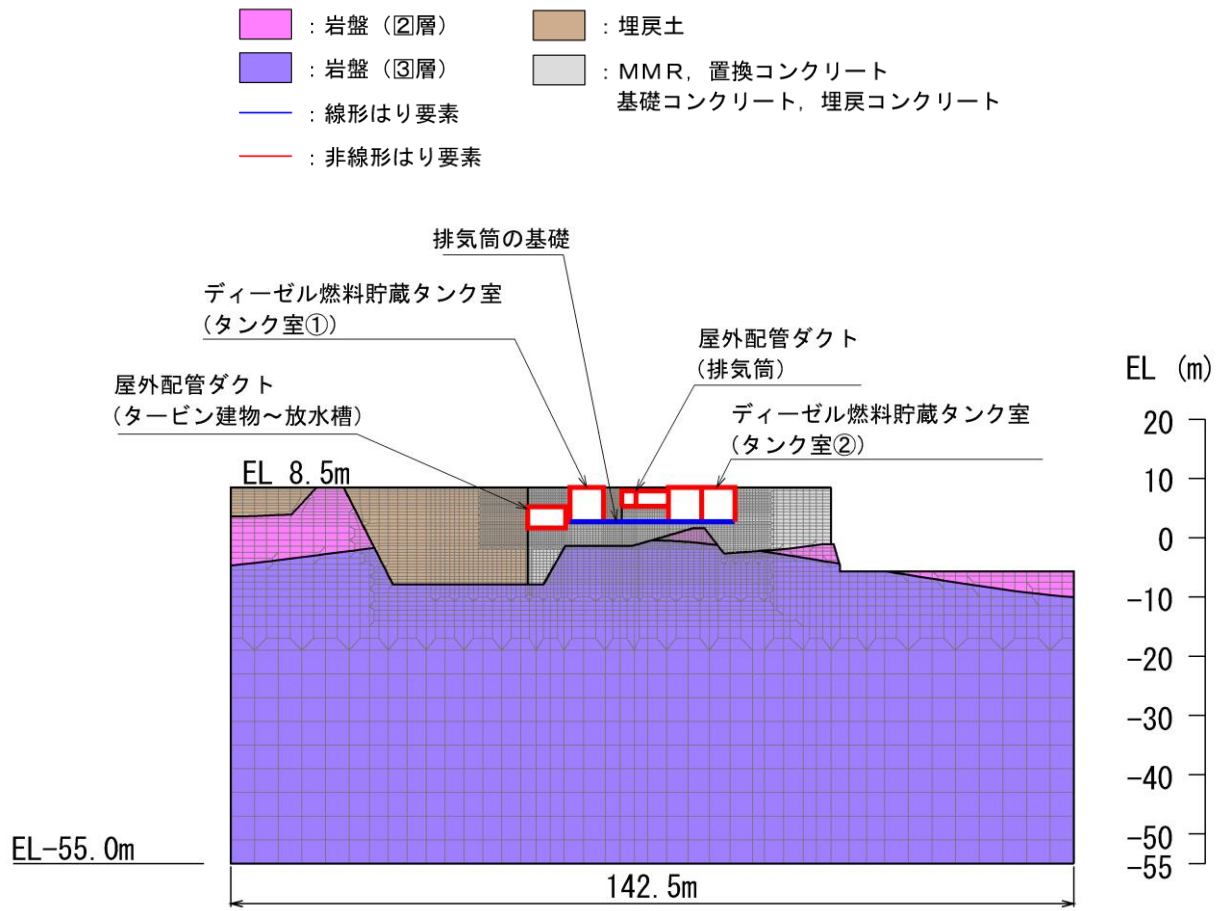
鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素によりモデル化する。なお、排気筒の基礎については線形はり要素によりモデル化する。

(4) 地盤及び無筋コンクリートのモデル化

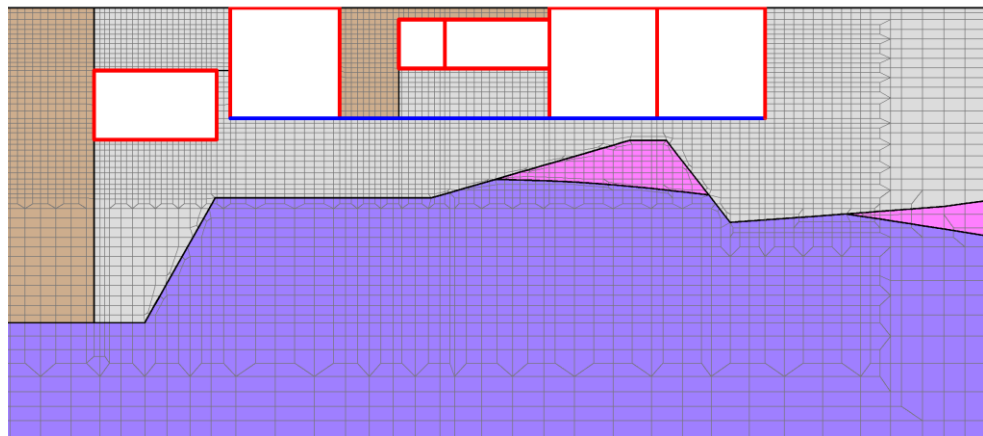
岩盤及び無筋コンクリート（MMR、置換コンクリート、基礎コンクリート及び埋戻コンクリートの総称）は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。また、埋戻土は、地盤の非線形性をマルチスプリング要素で考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。

(5) ジョイント要素の設定

地震時の「構造物と無筋コンクリート」、「構造物と埋戻土」、「無筋コンクリートと埋戻土」及び「無筋コンクリートと無筋コンクリート」の接合面における接触、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。



(全体図)



(拡大図)

図 3-19 地震応答解析モデル図 (A-A 断面)

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 3-5 に、材料の物性値を表 3-6 に示す。

表 3-5 使用材料

材料		仕様
構造物 (鉄筋コンクリート)	構造部材	設計基準強度 20.6N/mm ²
	鉄筋	SD345
MMR		設計基準強度 15.6N/mm ²
基礎コンクリート		
埋戻コンクリート		設計基準強度 18.0N/mm ²
置換コンクリート		設計基準強度 24.0N/mm ²

表 3-6 材料の物性値

材料	ヤング係数 (N/mm ²)	単位体積重量 (kN/m ³)	ポアソン比
構造物 (鉄筋コンクリート)	2.33×10 ⁴	24.0* ¹	0.2
MMR	2.08×10 ⁴	22.6* ²	
基礎コンクリート			
埋戻コンクリート			
置換コンクリート			

注記*1：鉄筋コンクリートの単位体積重量を示す。

*2：無筋コンクリートの単位体積重量を示す。

3.5.3 地盤の物性値

地盤については、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

設計地下水位は屋外配管ダクト（排気筒）が設置される排気筒の基礎の設計地下水位とし、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき設定する。設計地下水位を表3-7に示す。

表3-7 屋外配管ダクト（排気筒） 設計地下水位

施設名称	解析断面	設計地下水位 (EL m)
屋外配管ダクト（排気筒） （排気筒の基礎の設計地下水位を使用）	A-A断面	2.0

3.6 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

3.6.1 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

構造部材の曲げ・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（（社）土木学会，2005年）」（以下「土木学会マニュアル2005」という。）に基づき限界ひずみ（圧縮縁コンクリートひずみ1.0%）とする。

土木学会マニュアル2005では、曲げ・軸力系の破壊に対する限界状態は、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、圧縮縁コンクリートひずみ1.0%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が確保できるとして設定されたものである。

3.6.2 セン断破壊に対する許容限界

構造部材のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアル2005に基づき、棒部材式で求まるせん断耐力とする。

また、せん断耐力式による照査において照査用せん断力が上記のせん断耐力を上回る場合、線形被害則による照査を実施する。

3.6.3 基礎コンクリートの支持性能に対する許容限界

基礎コンクリート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）」に基づき、コンクリートの支圧強度とする。

基礎コンクリートの支持性能に対する許容限界を表3-8に示す。

表3-8 基礎コンクリートの支持性能に対する許容限界

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

3.7 評価方法

地震応答解析により算定した照査用応答値が、「3.6 許容限界」に示す許容限界以下であることを確認する。

構造部材の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査に対して、地震応答解析により算定した照査用ひずみ及び照査用せん断力が許容限界以下であることを確認する。

曲げ・軸力系の破壊に対して照査値が最大となる地震動及び解析ケースでのひずみの時刻歴波形及び発生位置を図 3-20 に、せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図を図 3-21 に示す。

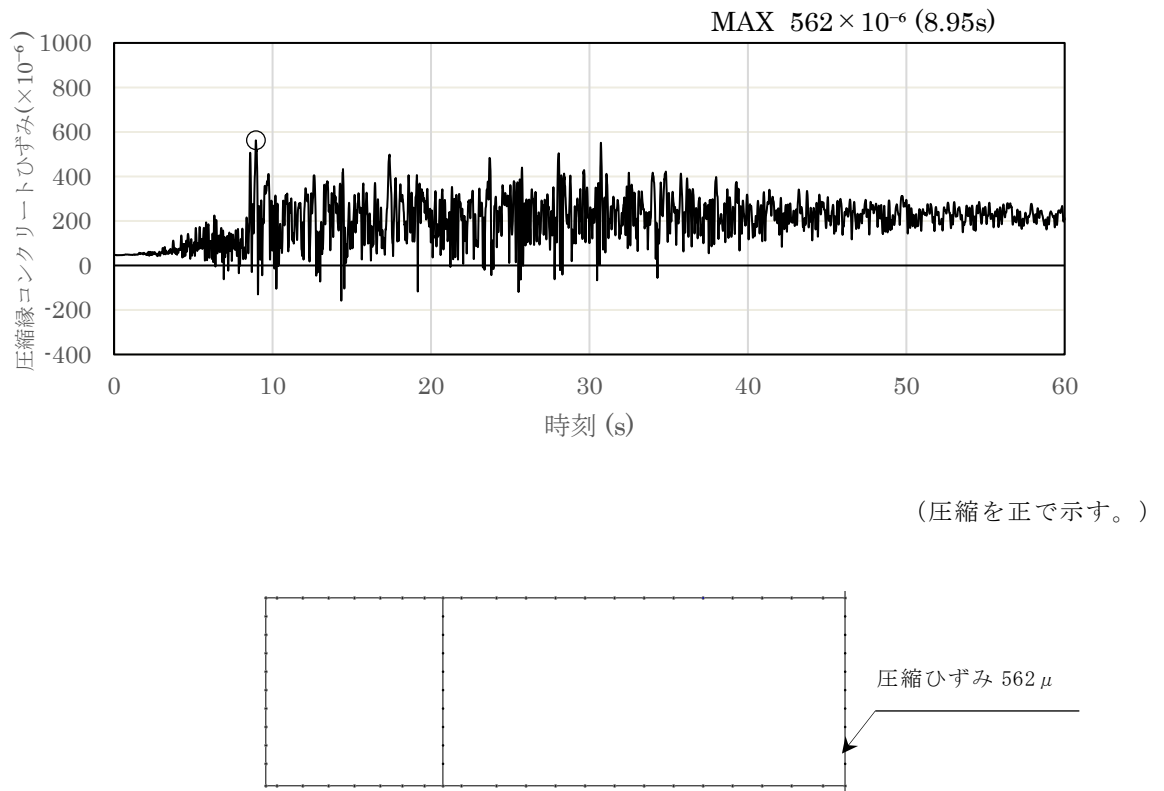
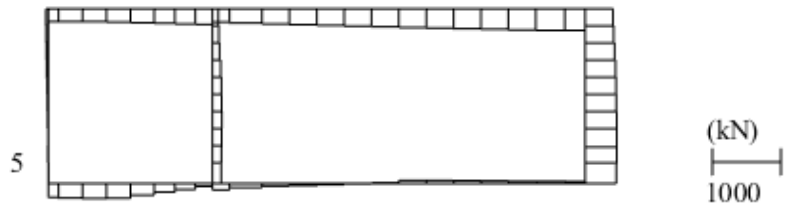


図 3-20 曲げ・軸力系の破壊に対する照査におけるひずみの時刻歴波形
(解析ケース②, S s - D (+ -))



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 3-21 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(解析ケース①, S_s-N1 (++))

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-1 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-2 に示す。

表 4-1 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	照査用ひずみ* ε_d	限界ひずみ ε_R	照査値 $\varepsilon_d / \varepsilon_R$
②	S s - D (+-)	675 μ	10000 μ	0.07

注記*：照査用ひずみ $\varepsilon_d =$ 発生ひずみ $\varepsilon \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.2)$

表 4-2 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	2	①	S s - N 2 (E W) (- +)	151	171	0.89
側壁	3	①	S s - N 1 (+ +)	[-]*3	[-]*3	0.71*3
隔壁	5	①	S s - N 1 (- +)	[-]*3	[-]*3	0.12*3
底版	7	②	S s - D (+ -)	[-]*3	[-]*3	0.64*3

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 $V_d =$ 発生せん断力 $V \times$ 構造解析係数 $\gamma_a (=1.05)$

*3：線形被害則による照査結果であり，詳細については別紙に示す。

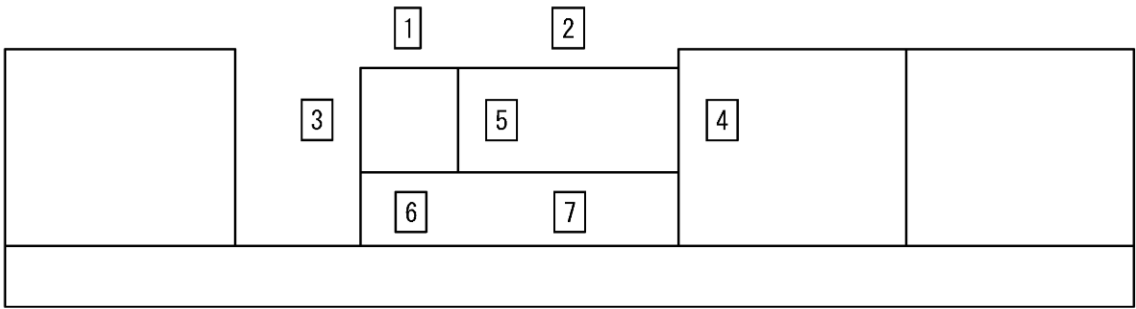
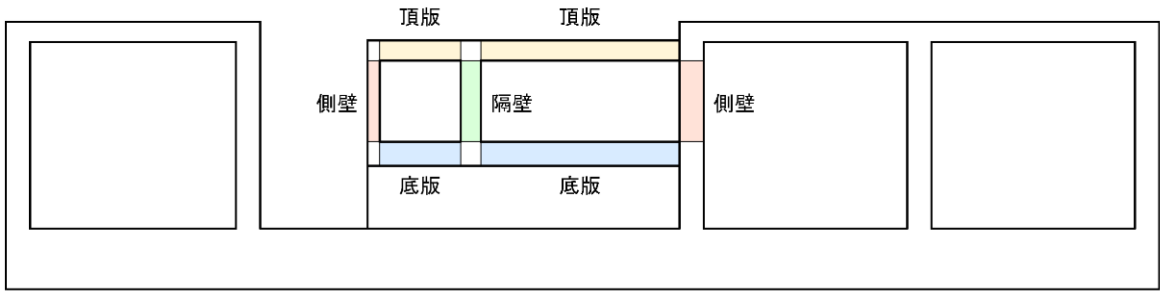


図 4-1 評価位置

4.2 基礎コンクリートの支持性能に対する評価結果

基礎コンクリートの支持性能に対する照査結果を表 4-3 に示す。また、最大接地圧分布図を図 4-2 に示す。

屋外配管ダクト（排気筒）の基礎コンクリート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 4-3 基礎コンクリートの支持性能に対する照査結果

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 - N 1 (-+)	1.57	15.6	0.11

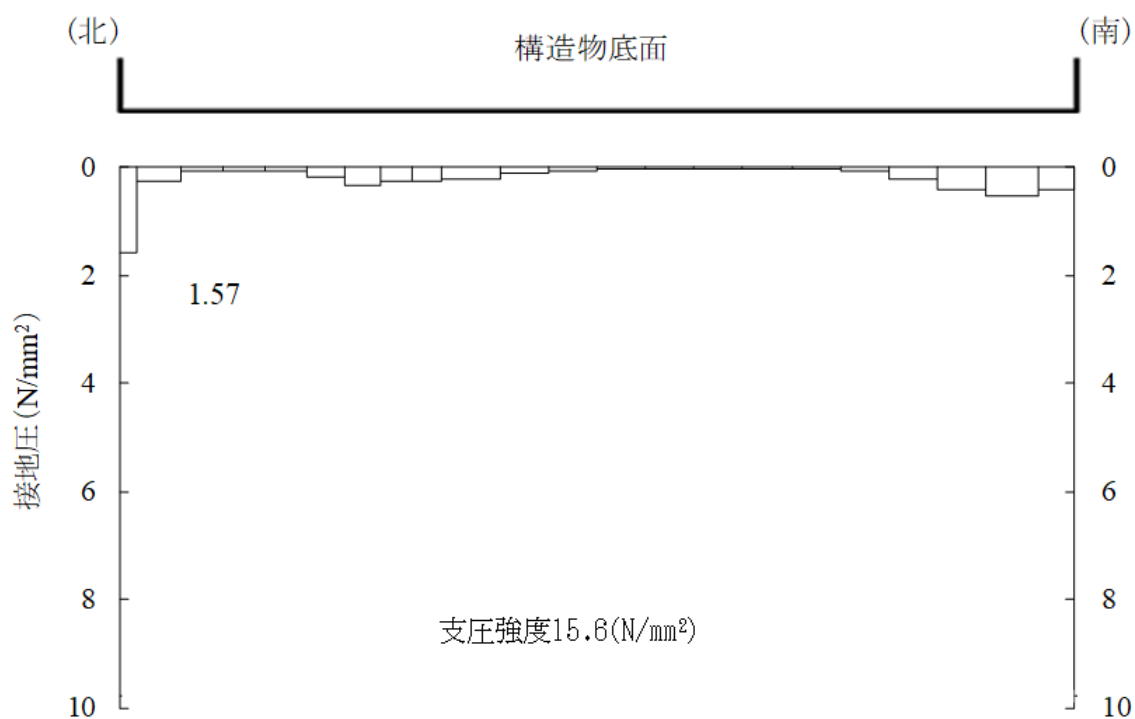


図 4-2 基礎コンクリートの最大接地圧分布図
(解析ケース①, S_s - N 1 (-+))

別紙 せん断破壊に対する照査への線形被害則適用について

1. はじめに

屋外配管ダクト（排気筒）のせん断破壊に対する照査については、照査用せん断力がせん断耐力を下回ることを確認することとしている。せん断照査の結果、照査用せん断力がせん断耐力を超える部材については、線形被害則を適用し、再照査を実施したことから、線形被害則適用による照査結果について示す。

2. 線形被害則による照査結果

図 2-1～図 2-3 に、各部材におけるせん断力分布図を示し、表 2-1～表 2-3 にせん断力分布及び照査結果を示す。

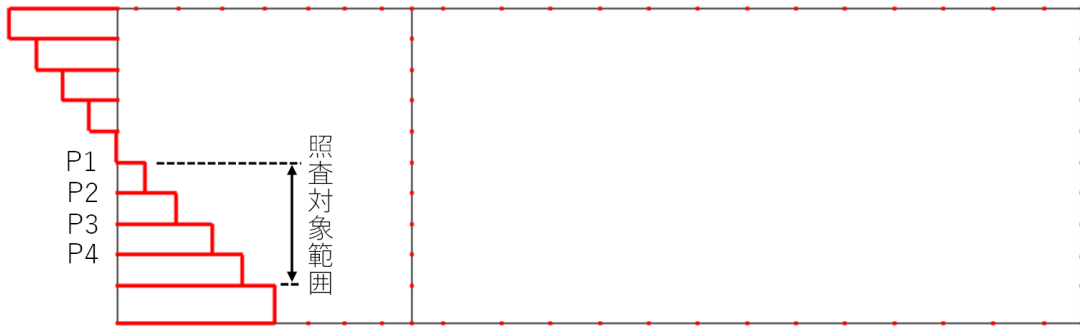


図 2-1 せん断力分布図（屋外配管ダクト（排気筒），側壁）

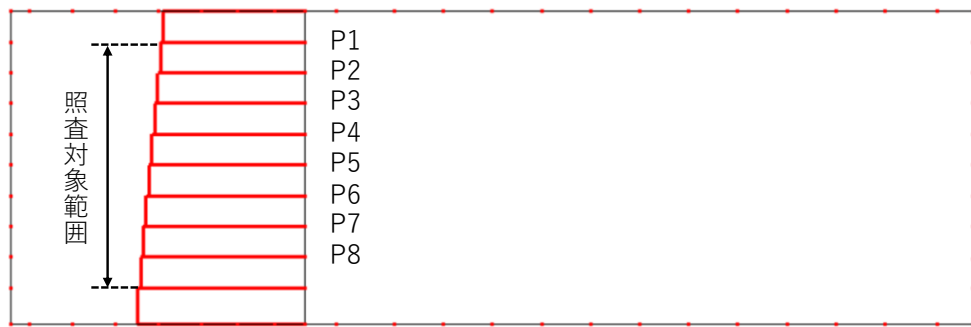


図 2-2 せん断力分布図（屋外配管ダクト（排気筒），隔壁）

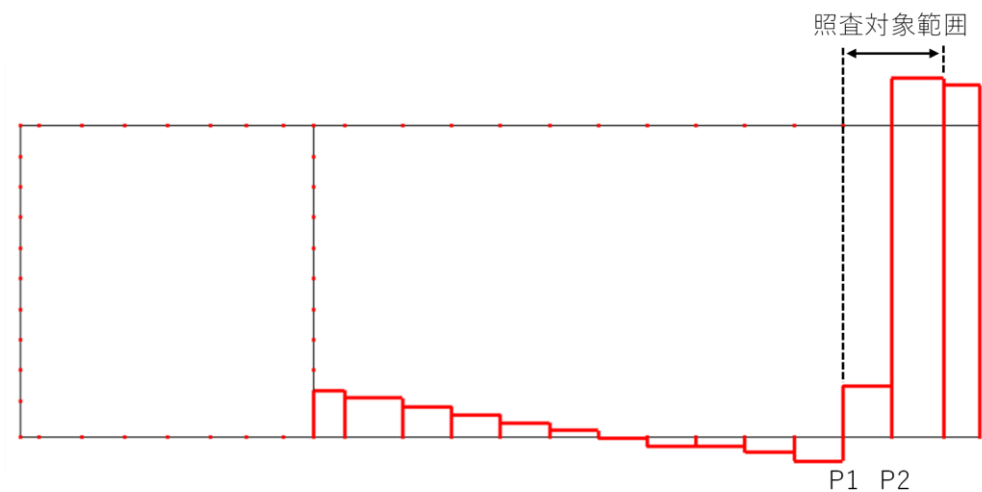


図 2-3 せん断力分布図（屋外配管ダクト（排気筒），底板）

表 2-1 セン断力分布及び照査荷重 (屋外配管ダクト (排気筒), 側壁)

荷重番号	荷重 P (kN)	せん断 スパン比 a / d	照査荷重 P _d (kN)	設計用 せん断耐力 V _{y d} (kN)	照査値 P _d /V _{y d}
P 1	30.18	4.08	31.69	148	0.22
P 2	33.78	3.06	35.47	164	0.22
P 3	38.73	2.04	40.67	198	0.21
P 4	32.87	1.02	34.51	502	0.07
				合計	0.71

表 2-2 セン断力分布及び照査荷重 (屋外配管ダクト (排気筒), 隔壁)

荷重番号	荷重 P (kN)	せん断 スパン比 a / d	照査荷重 P _d (kN)	設計用 せん断耐力 V _{y d} (kN)	照査値 P _d /V _{y d}
P 1	2.78	4.44	2.92	157	0.02
P 2	3.02	3.89	3.17	163	0.02
P 3	3.12	3.33	3.27	172	0.02
P 4	3.15	2.78	3.31	184	0.02
P 5	3.14	2.22	3.30	203	0.02
P 6	3.15	1.67	3.31	256	0.02
P 7	3.13	1.11	3.29	432	0.01
P 8	3.10	0.56	3.26	738	0.01
				合計	0.12

表 2-3 セン断力分布及び照査荷重 (屋外配管ダクト (排気筒), 底版)

荷重番号	荷重 P (kN)	せん断 スパン比 a / d	照査荷重 P _d (kN)	設計用 せん断耐力 V _{y d} (kN)	照査値 P _d /V _{y d}
P 1	56.41	1.50	59.23	365	0.17
P 2	336.21	0.77	353.02	743	0.48
				合計	0.64