

本資料のうち、枠囲みの内容は防
護上の観点から公開できません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-工-B-19-0121_改0
提出年月日	2021年5月26日

VI-2-10-4-4 取水路の耐震性についての計算書

目次

VI-2-10-4-4-1 取水路（漸拡部）の耐震性についての計算書

VI-2-10-4-4-2 取水路（標準部）の耐震性についての計算書



: 本日の説明範囲

VI-2-10-4-4-1 取水路（漸拡部）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	適用基準	8
3.	耐震評価	9
3.1	評価対象断面	9
3.2	解析方法	10
3.2.1	構造部材	10
3.2.2	地盤物性及び材料物性のばらつき	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	15
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	15
3.3.2	荷重	15
3.3.3	荷重の組合せ	16
3.4	入力地震動	17
3.5	解析モデル及び諸元	32
3.5.1	解析モデル	32
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	34
3.5.3	地盤の物性値	34
3.6	許容限界	35
3.6.1	構造部材の健全性に対する許容限界	35
3.6.2	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	36
3.7	評価方法	37
3.7.1	構造部材の健全性評価	37
3.7.2	基礎地盤の支持性能評価	39
4.	耐震評価結果	40
4.1	構造部材の健全性に対する評価結果	40
4.2	各要求機能に対する評価結果	41
4.2.1	通水機能	41
4.2.2	貯水機能	42
4.3	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	44
4.3.1	基礎地盤（狐崎部層）	44
4.3.2	MMR（既設）	45

1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、取水路（漸拡部）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。

取水路（漸拡部）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

取水路（漸拡部）の位置を図 2-1 に示す。

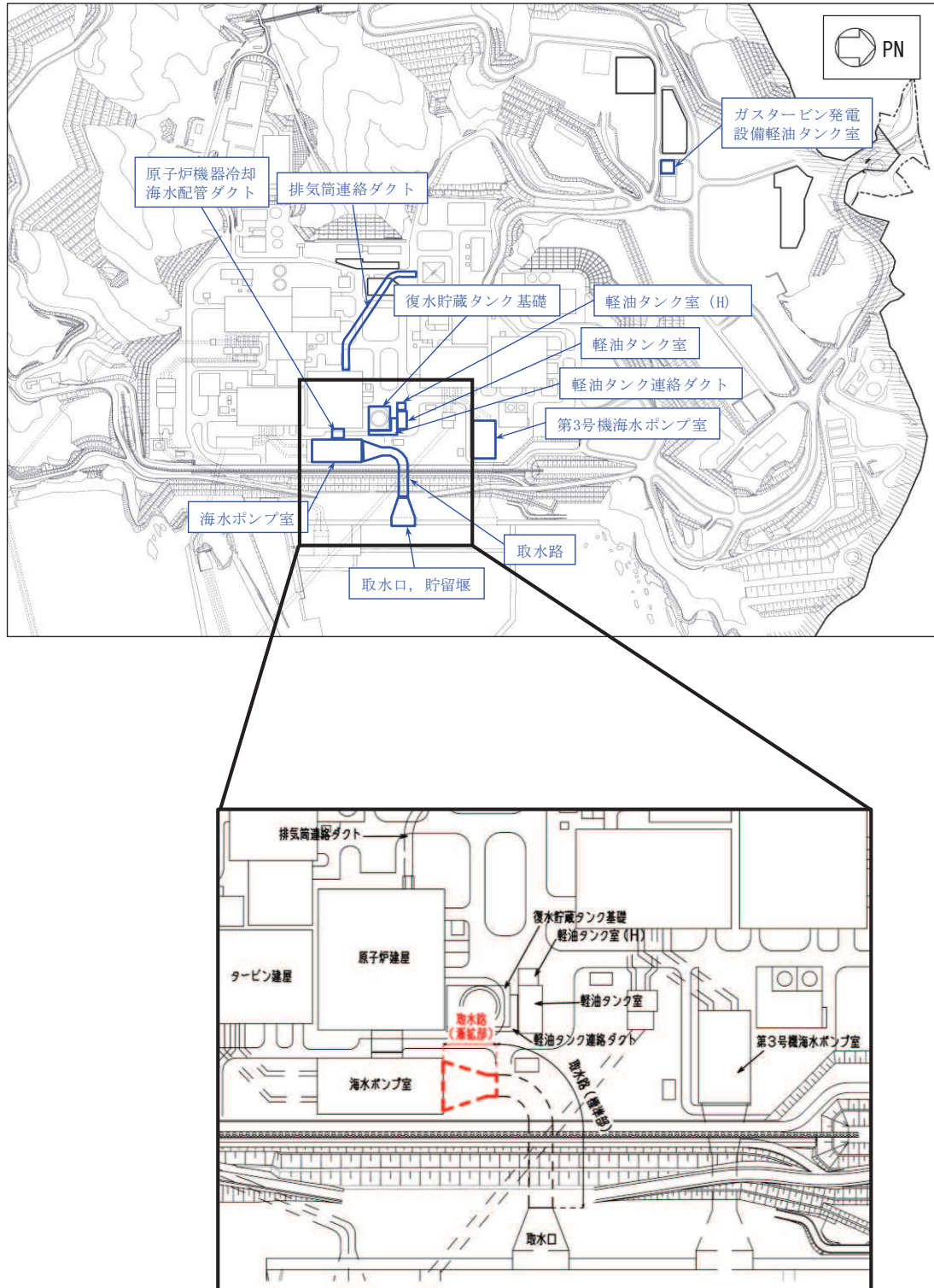


図 2-1 取水路（漸拡部）の位置図

2.2 構造概要

取水路（漸拡部）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。

取水路（漸拡部）は、非常時における海水の通水機能及び貯水機能が要求される。

取水路（漸拡部）は、取水路（標準部）との接続部である内空幅 [] ，内空高さ [] の二連ボックスカルバート構造から、海水ポンプ室との接続部である内空幅 [] ，内空高さ [] の四連ボックスカルバート構造に変化し、縦断方向（延長方向）に断面が拡幅する地中構造物であり、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岩盤に設置されている。

取水路（漸拡部）は、取水路（標準部）及び海水ポンプ室との接合部に構造目地が設置されており、断面が延長方向に異なる線状構造物である。

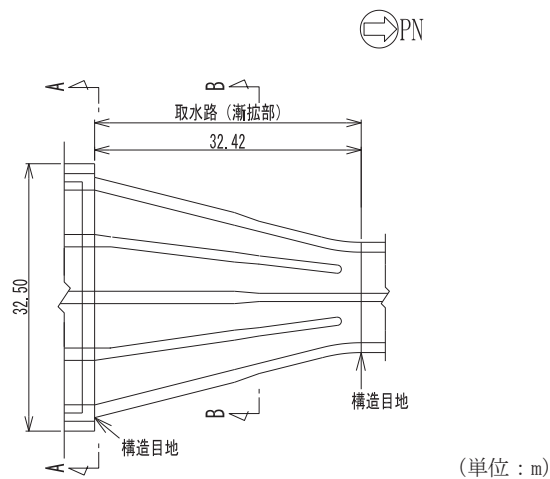


図 2-2 取水路（漸拡部）平面図

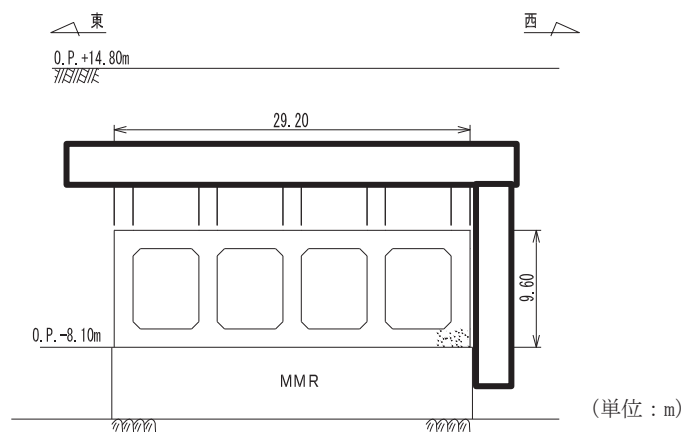


図 2-3 取水路（漸拡部）断面図（A-A 断面）

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

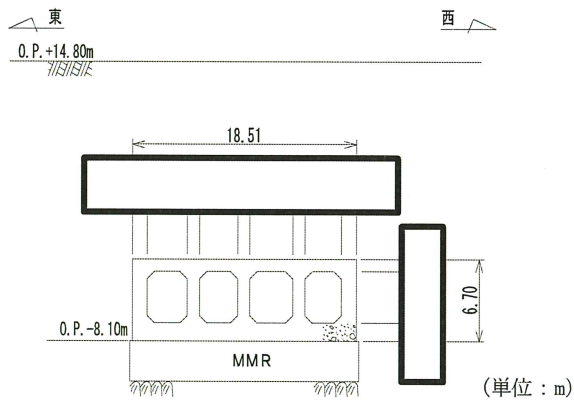


図 2-4 取水路（漸拡部）断面図（B-B 断面）

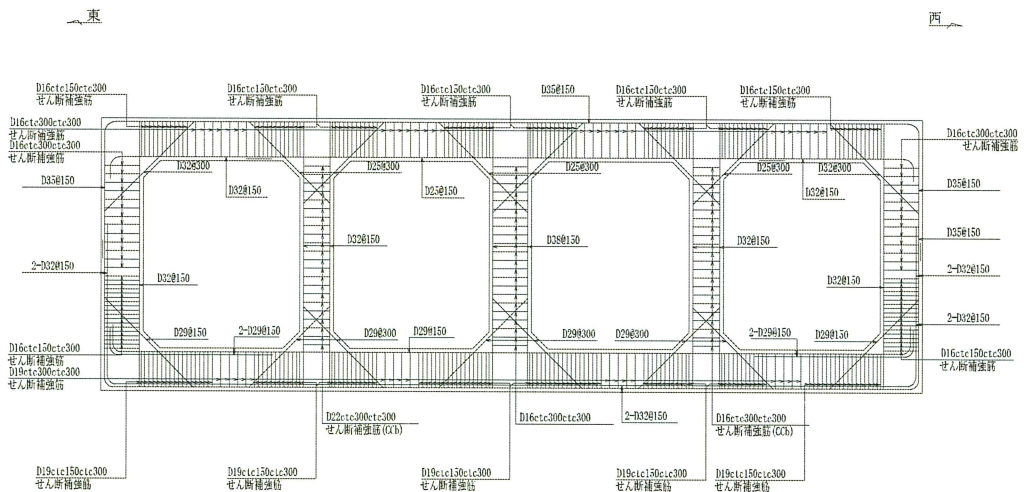


図 2-5 取水路（漸拡部）概略配筋図（A-A 断面）

O 2 ④ VI-2-10-4-4-1 R 0

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.3 評価方針

取水路（漸拡部）は、設計基準対象施設においては、非常用取水設備である屋外重要土木構造物に分類され、重大事故等対処施設においては、常設重大事故緩和設備及び常設耐震重要重大事故防止設備以外の常設重大事故防止設備に分類される。

取水路（漸拡部）の耐震評価フローを図 2-6 に示す。

取水路（漸拡部）の耐震評価は、地震応答解析の結果に基づき、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設の評価として、表 2-1 に示すとおり、構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

構造部材の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を実施することで、構造強度を有することを確認する。

構造部材の健全性評価については、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づき、曲げ・軸力系の破壊については構造部材の照査用層間変形角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。加えて、貯水機能が要求される部材については、照査用曲げモーメントが降伏曲げモーメント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、地震応答解析より得られた基礎地盤の接地圧が、添付書類「VI-2-1-9 機能維持の基本方針」に基づく許容限界を下回ることを確認する。

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

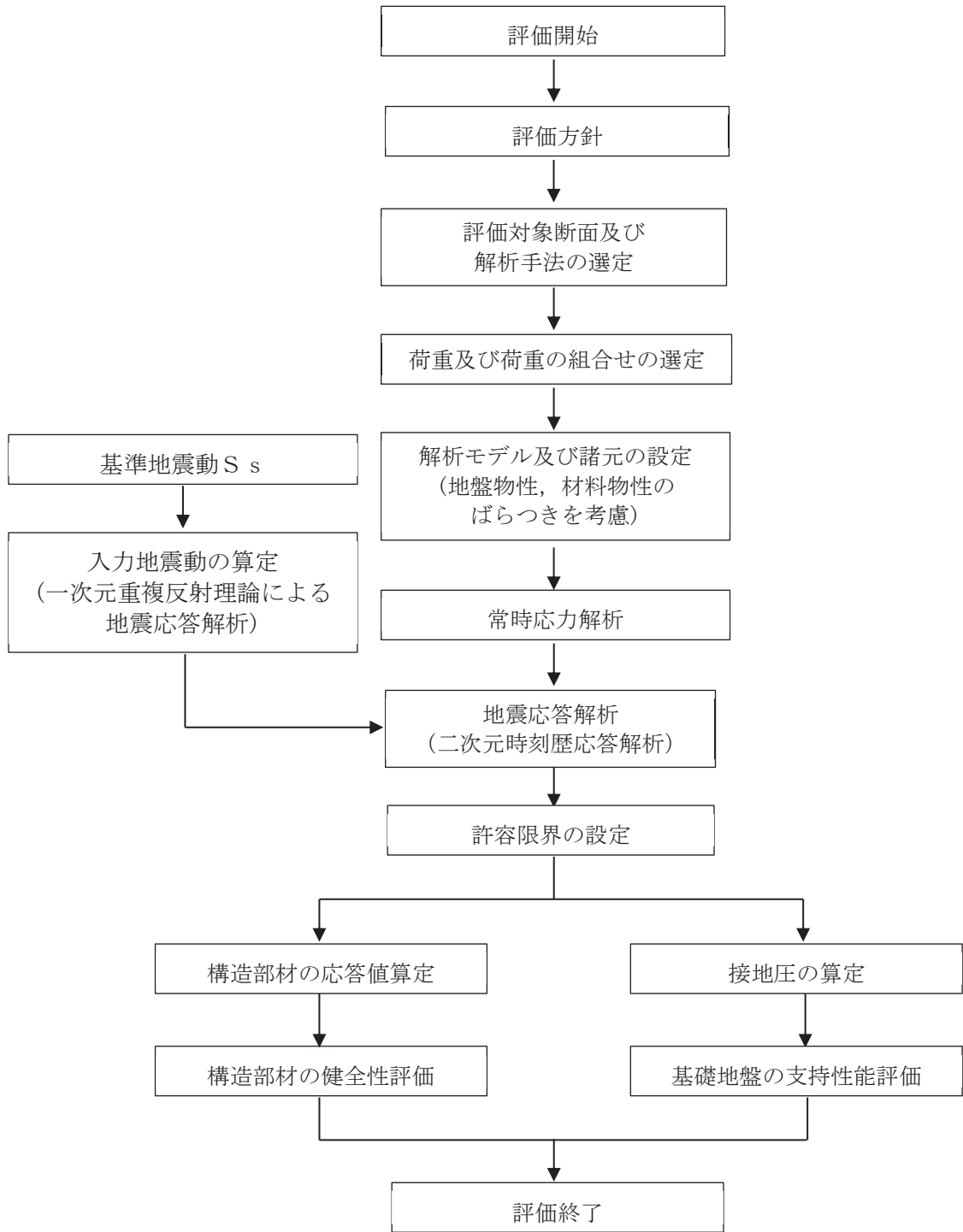


図 2-6 取水路（漸拡部）の耐震評価フロー

表 2-1 取水路（漸拡部）の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界	
構造強度を有すること	構造部材の健全性	鉄筋コンクリート部材	照査用層間変形角，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	限界層間変形角* 降伏曲げモーメント
				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	岩盤の極限支持力*	
		MMR		MMR の支圧強度*	

注記*：妥当な安全余裕を考慮する。

2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- 土木学会 2002年 コンクリート標準示方書[構造性能照査編]
- 土木学会 2017年 コンクリート標準示方書[設計編]
- 土木学会 2005年 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
- 原子力発電所耐震設計技術指針（J E A G 4 6 0 1 -1987）
- 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV下部構造編
- 日本道路協会 平成14年3月 道路橋示方書・同解説 V耐震設計編

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

取水路（漸拡部）の評価対象断面位置を図3-1に示す。

評価対象断面は、構造的特徴や周辺地質状況を踏まえ、図3-1に示すA-A断面とする。評価対象地質断面図を図3-2に示す。

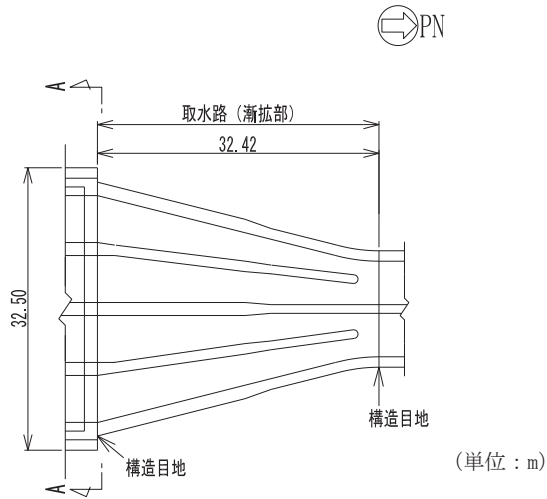


図3-1 取水路（漸拡部）の評価対象断面位置図

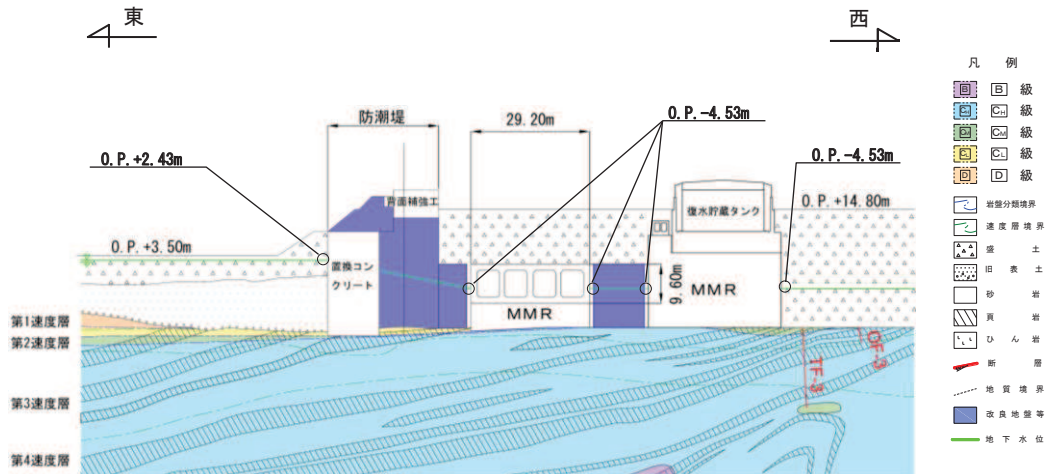


図3-2 取水路（漸拡部）評価対象地質断面図（A-A断面）

3.2 解析方法

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

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

隣接構造物となる復水貯蔵タンク基礎下の MMR は、改良地盤を介して接しており、お互いの振動の影響を受けることから、復水貯蔵タンク基礎下の MMR をモデル化する。また、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、鋼管杭は、線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

構造部材については、非線形はり要素を用いることとし、構造部材の非線形性については、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、地盤のひずみ依存性を適切に考慮できるようモデル化する。地震応答解析については、解析コード「Soil Plus Ver. 2015 Build3」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「VI-5 計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素でモデル化することとし、図 3-3 に示す $M-\phi$ 関係のトリリニアモデルとする。また、履歴特性は、図 3-4 に示すとおり修正武田モデルを適用する。また、コンクリートの応力-ひずみ関係及び鉄筋の応力-ひずみ関係には、それぞれ図 3-5 及び図 3-6 に示す非線形特性を考慮する。

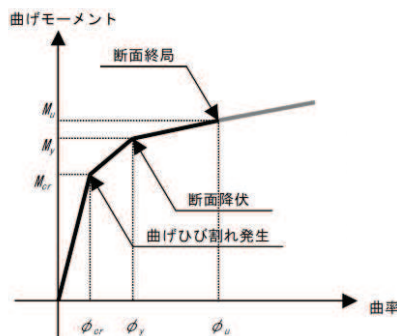


図 3-3 鉄筋コンクリート部材の $M-\phi$ 関係

（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
 （土木学会 原子力土木委員会，2005 年 6 月）より引用）

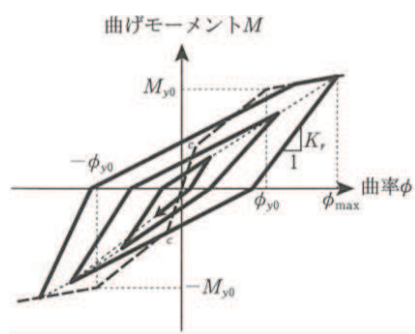


図 3-4 鉄筋コンクリート部材の履歴特性 (修正武田モデル)
 (道路橋示方書 (V耐震設計編)・同解説 (平成 14 年 3 月) より引用)

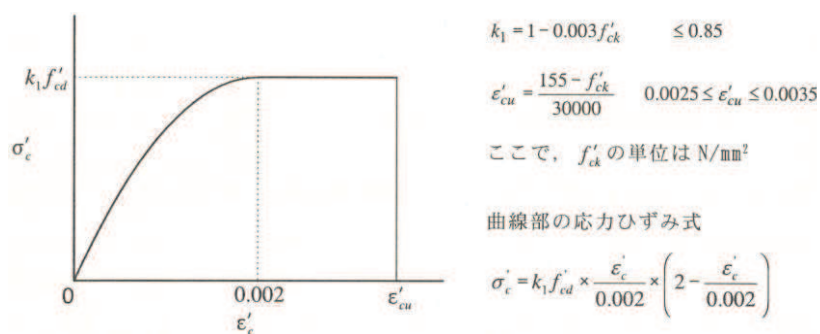


図 3-5 構造部材の非線形特性 (コンクリートの応力-ひずみ関係)
 (コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定) より引用)

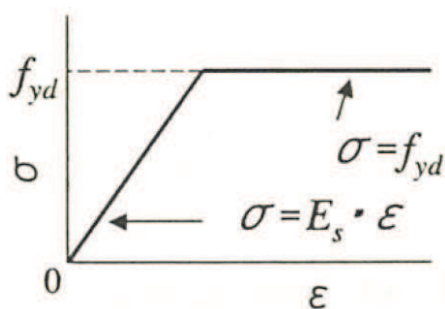


図 3-6 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)
 (コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定) より引用)

3.2.2 地盤物性及び材料物性のばらつき

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

取水路（漸拡部）は、直接又は MMR を介して岩盤上に設置され、側面に改良地盤が分布し、主たる荷重は改良地盤等の土圧となることから、盛土、旧表土、**D**級岩盤及び改良地盤の初期せん断弾性係数のばらつきを考慮する。

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

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

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

表 3-1 解析ケース

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

注記*: 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.2.3 減衰定数

構造部材の減衰定数は、粘性減衰及び履歴減衰で考慮する。

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

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

[c] : 減衰係数マトリックス

[m] : 質量マトリックス

[k] : 剛性マトリックス

α 、 β : 係数

表 3-2 Rayleigh 減衰における係数 α 、 β の設定結果

評価対象断面	α	β
A-A 断面	5.67×10^{-1}	5.29×10^{-4}

3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定

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

表 3-3 耐震評価における解析ケース

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

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

*2：既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

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

3.3.1 耐震評価上考慮する状態

取水路（漸拡部）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。なお、取水路（漸拡部）の隣接構造物としてモデル化される防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、風の影響を考慮する。

(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

取水路（漸拡部）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、躯体自重を考慮する。

(2) 積載荷重（P）

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

(3) 積雪荷重（ P_s ）

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

(4) 地震荷重（ S_s ）

基準地震動 S_s による荷重を考慮する。

3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-4 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 (積雪荷重 P_s を含めて 4.9kN/m^2 を地表面に考慮)

S_s : 地震荷重 (基準地震動 S_s)

3.4 入力地震動

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

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

図3-7に入力地震動算定の概念図を、図3-8～図3-21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「Ark Quake Ver. 3.10」を使用する。

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

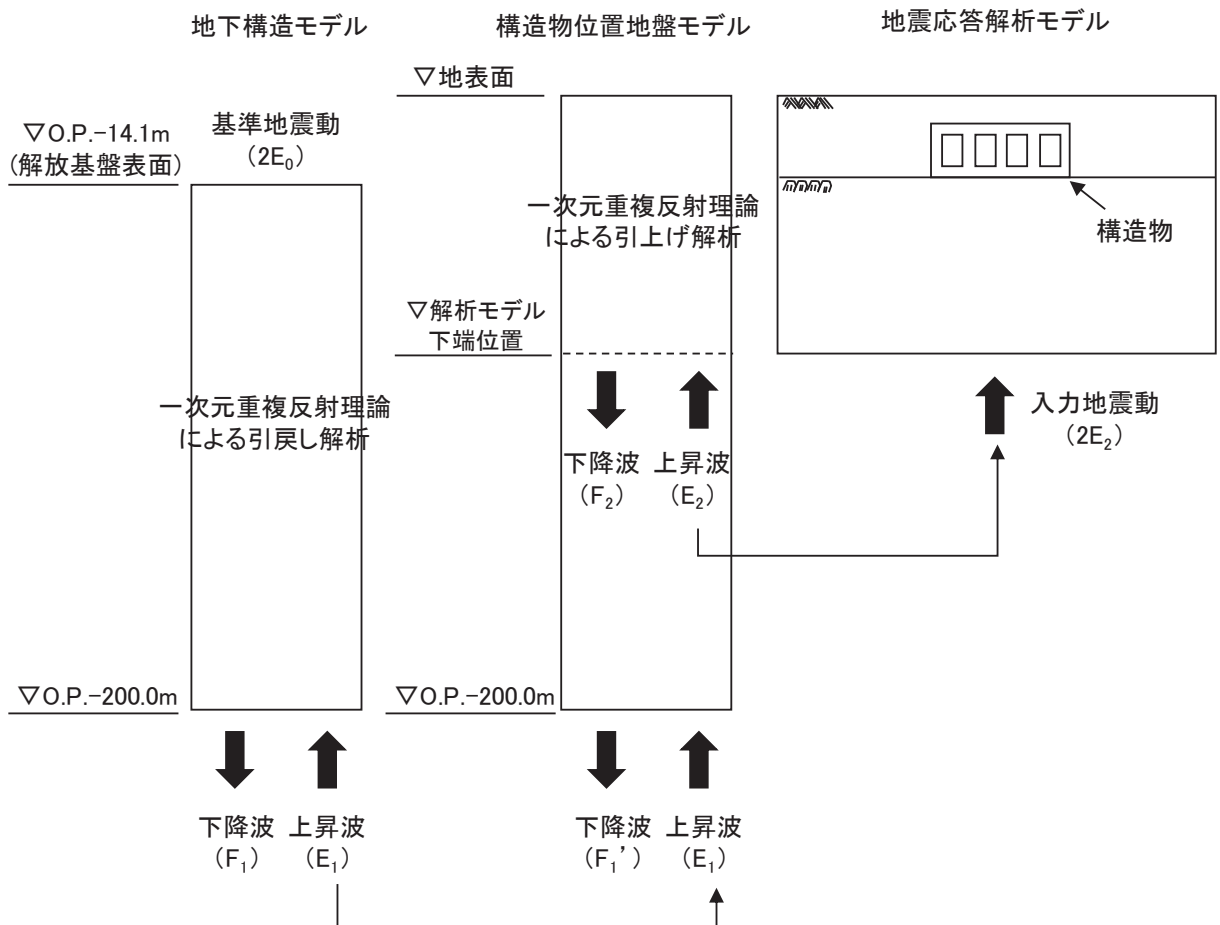
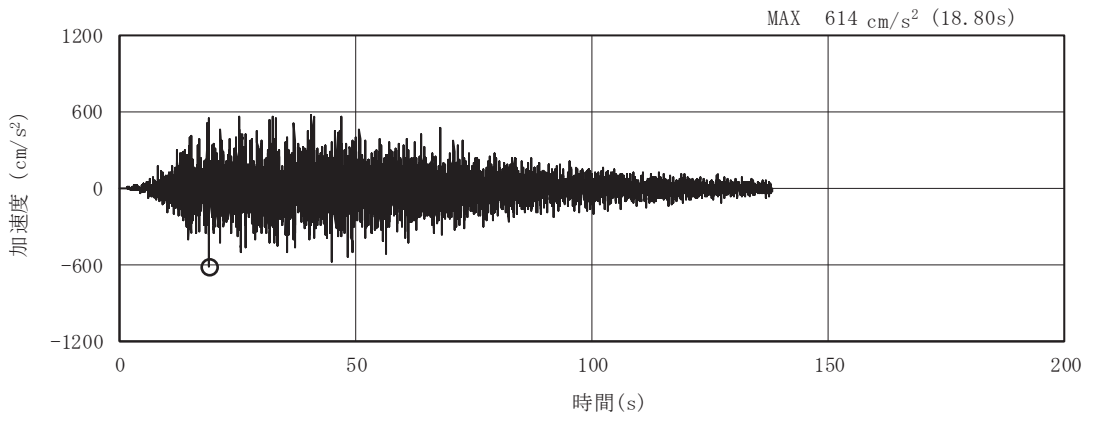
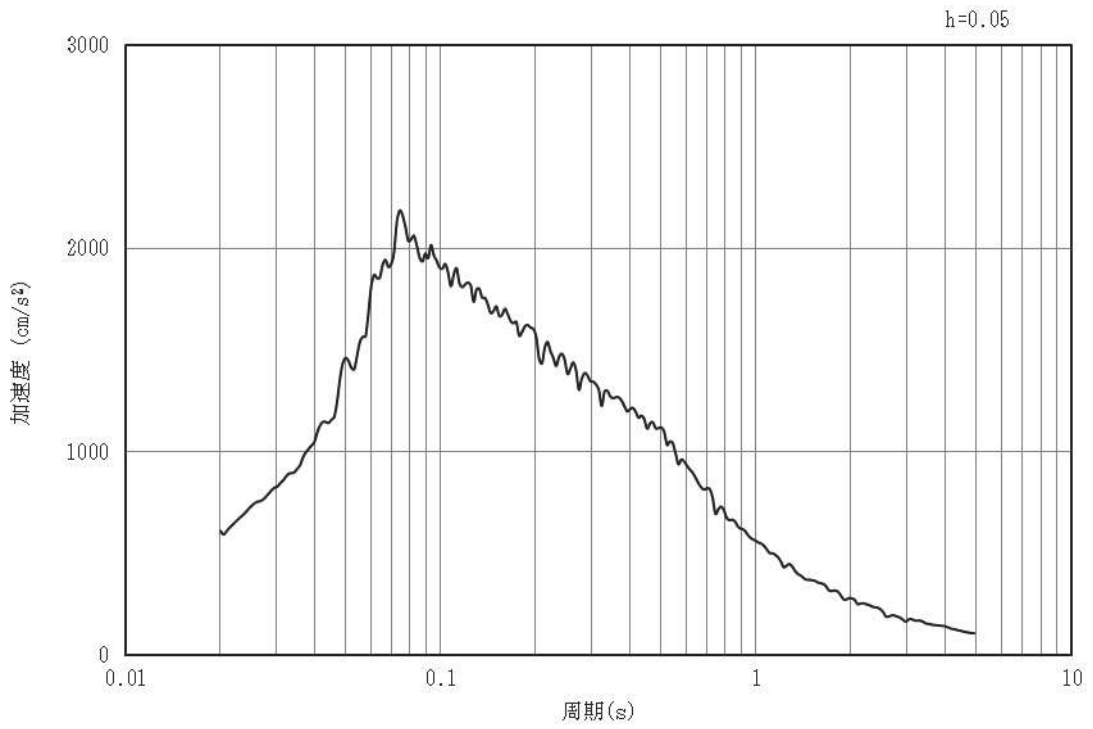


図 3-7 入力地震動算定の概念図

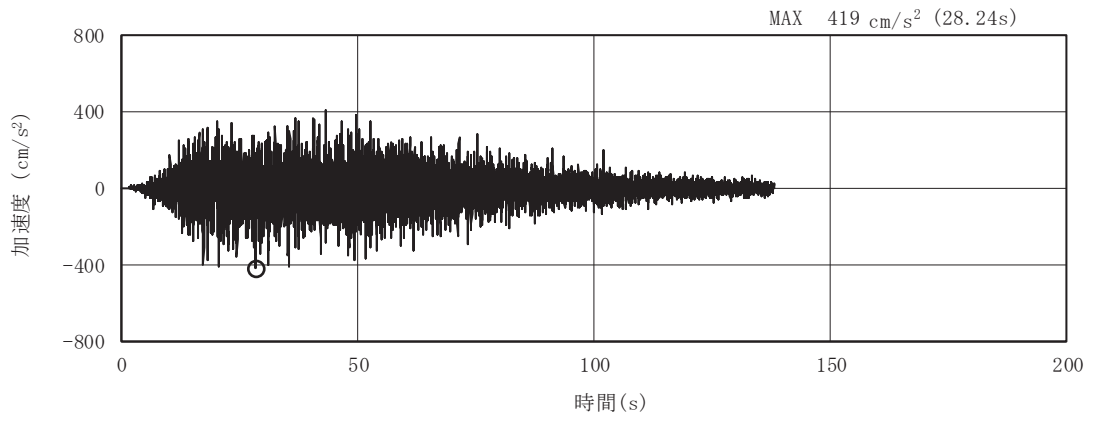


(a) 加速度時刻歴波形

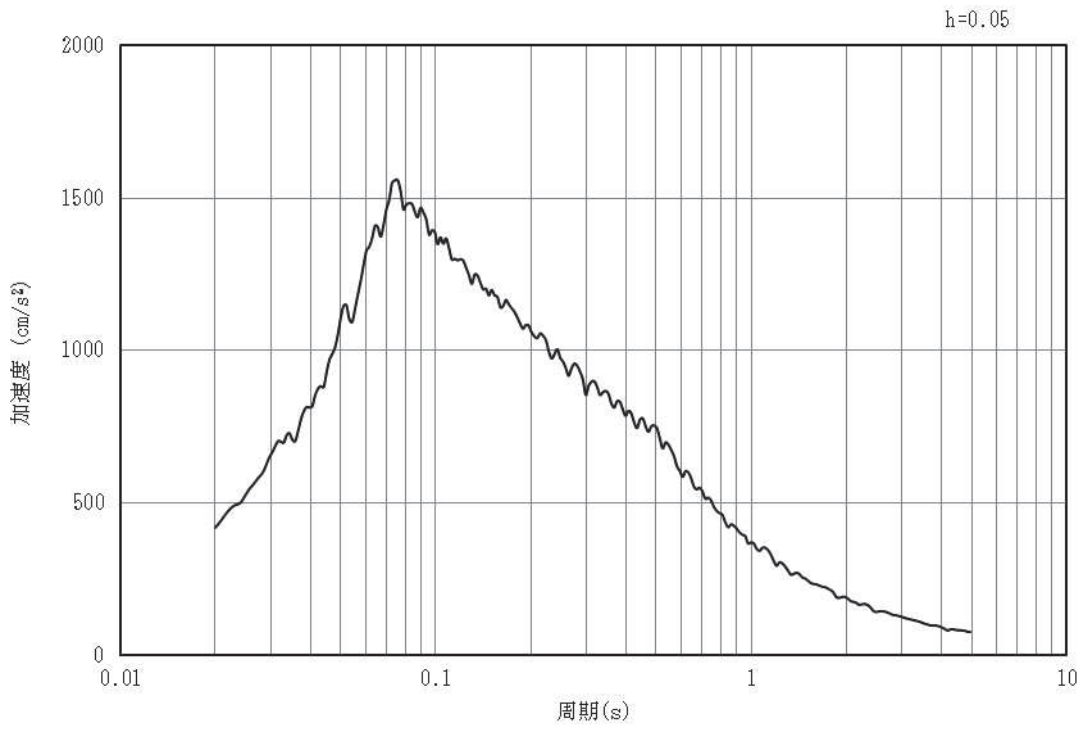


(b) 加速度応答スペクトル

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

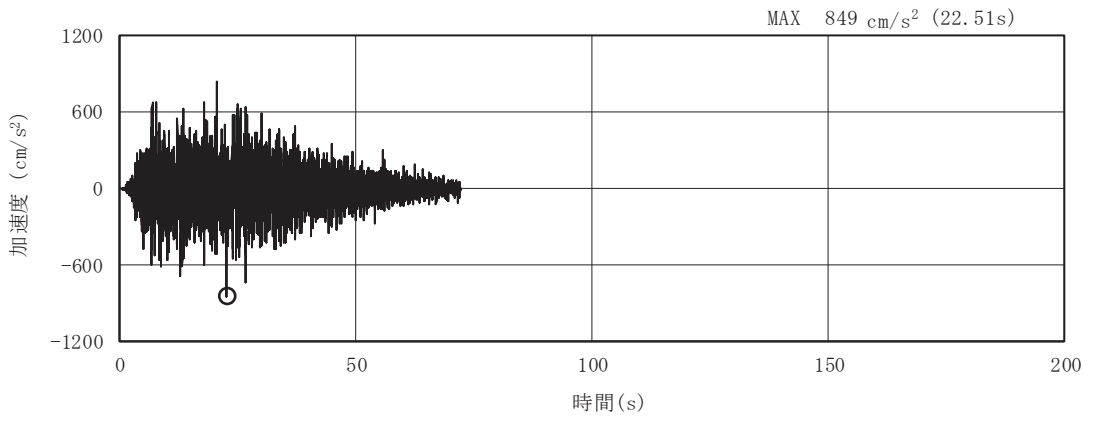


(a) 加速度時刻歴波形

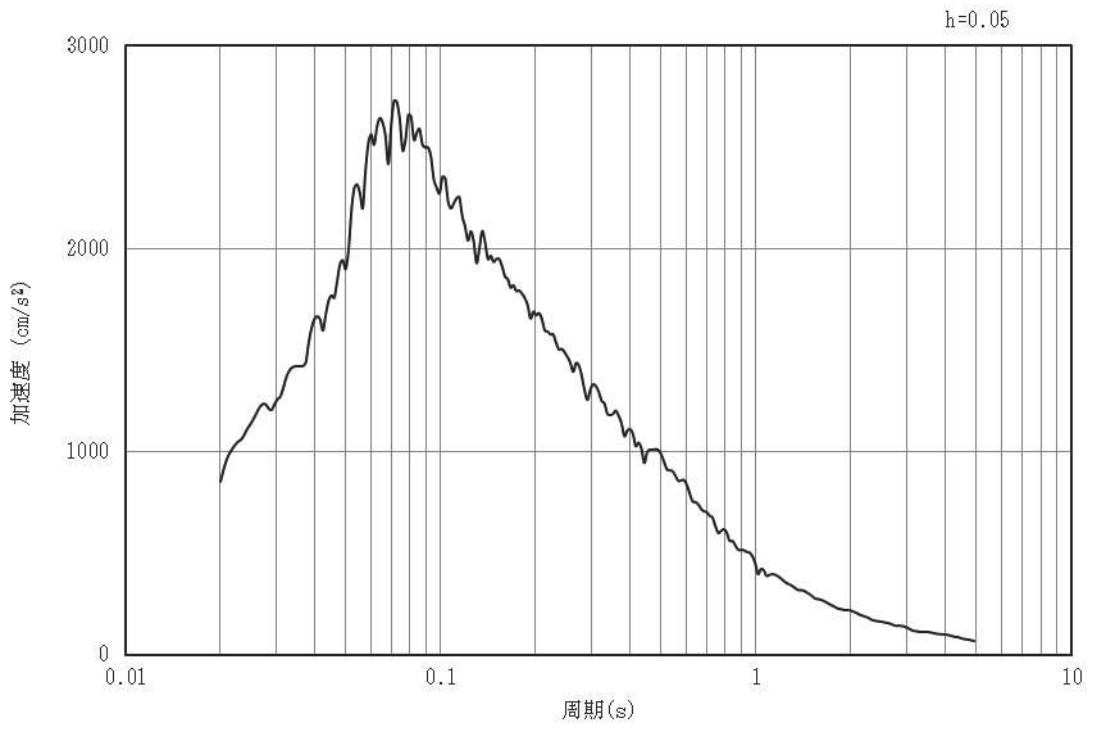


(b) 加速度応答スペクトル

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

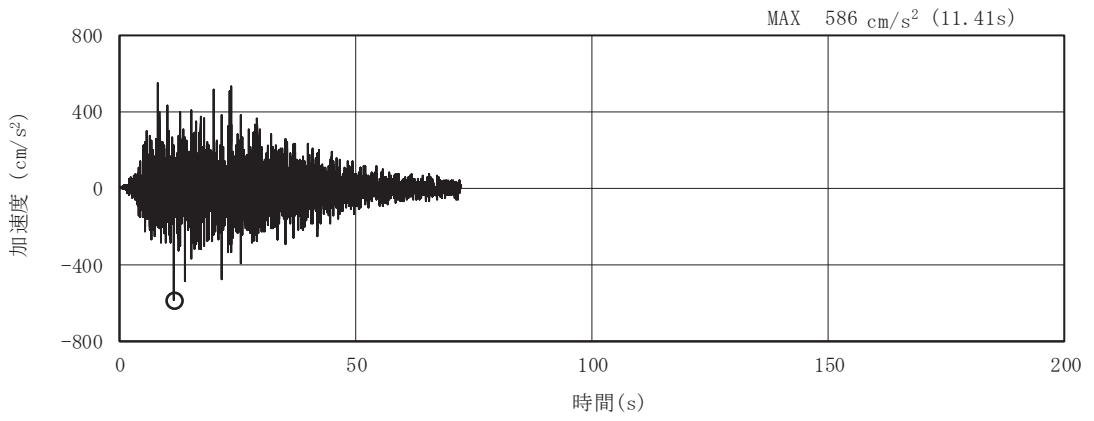


(a) 加速度時刻歴波形

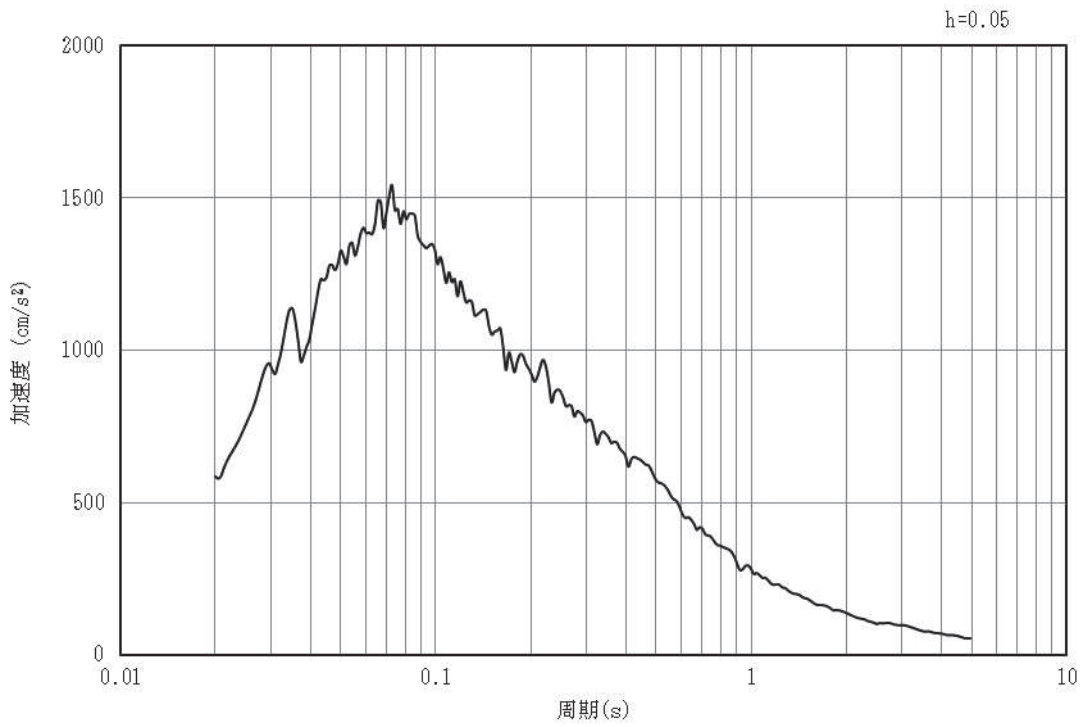


(b) 加速度応答スペクトル

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

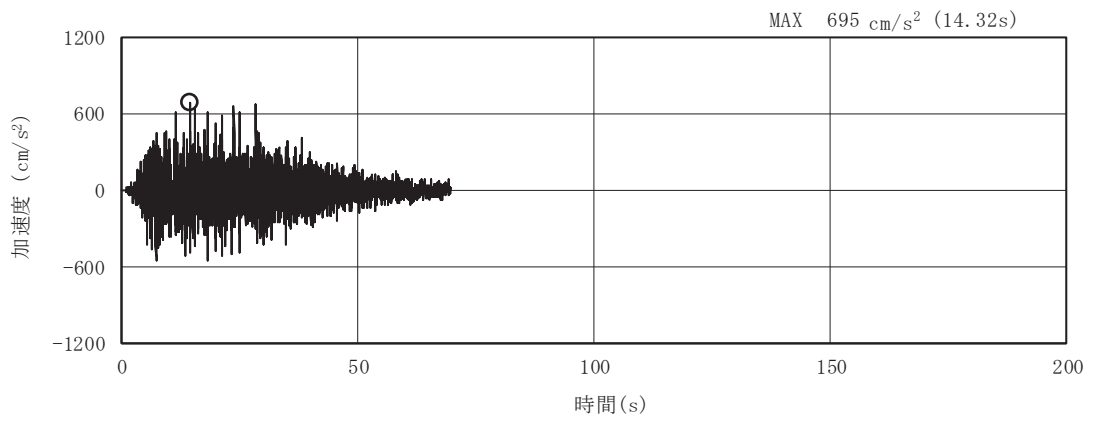


(a) 加速度時刻歴波形

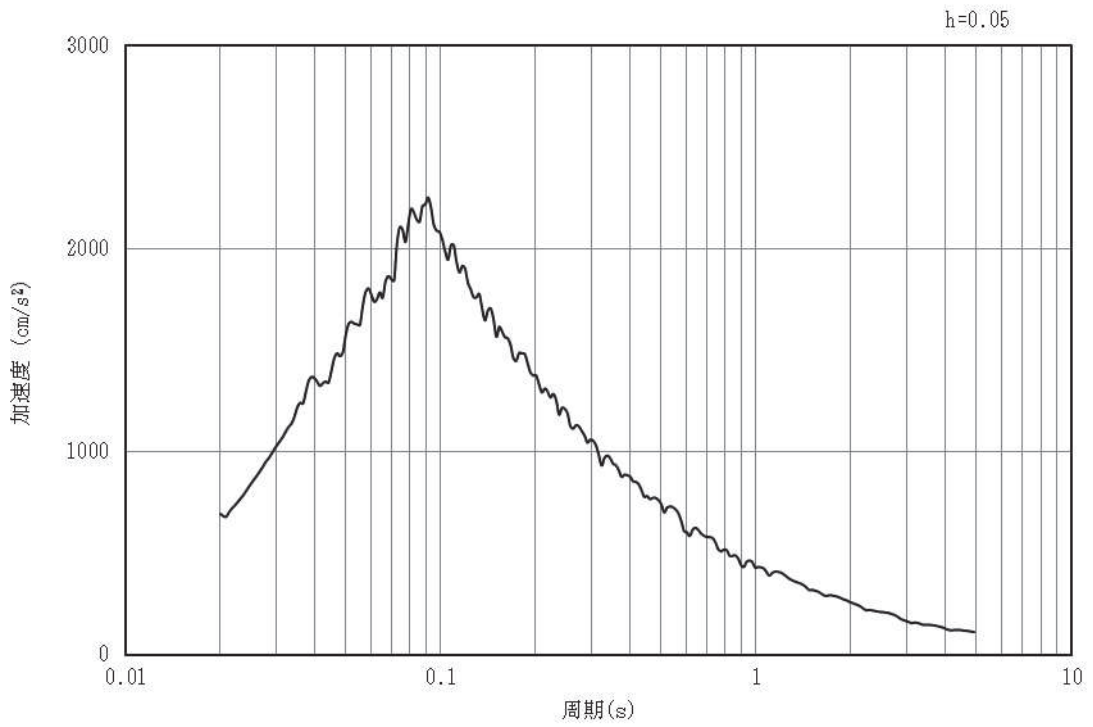


(b) 加速度応答スペクトル

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

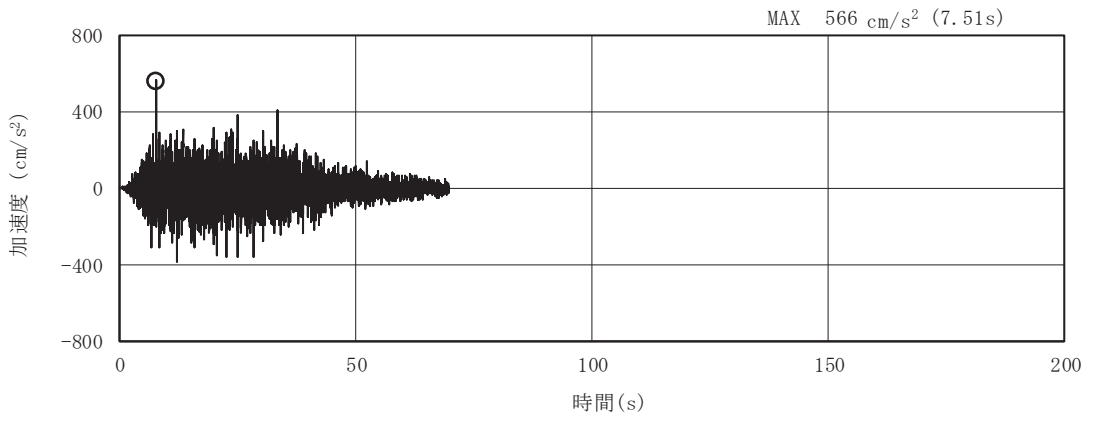


(a) 加速度時刻歴波形

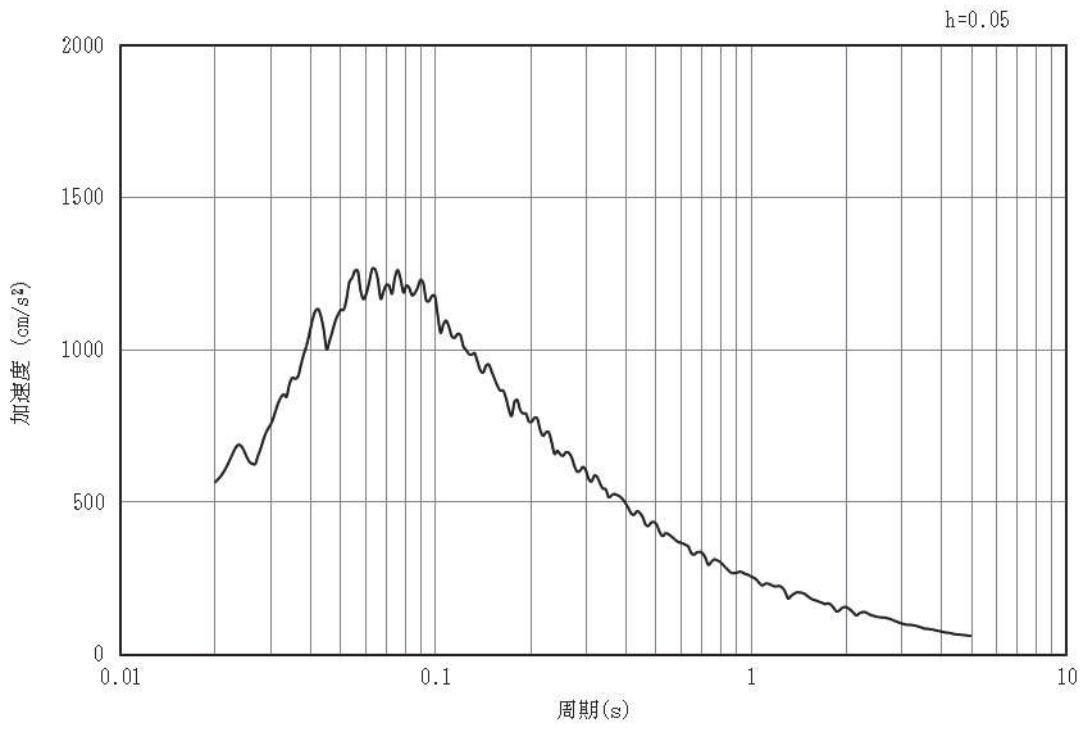


(b) 加速度応答スペクトル

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

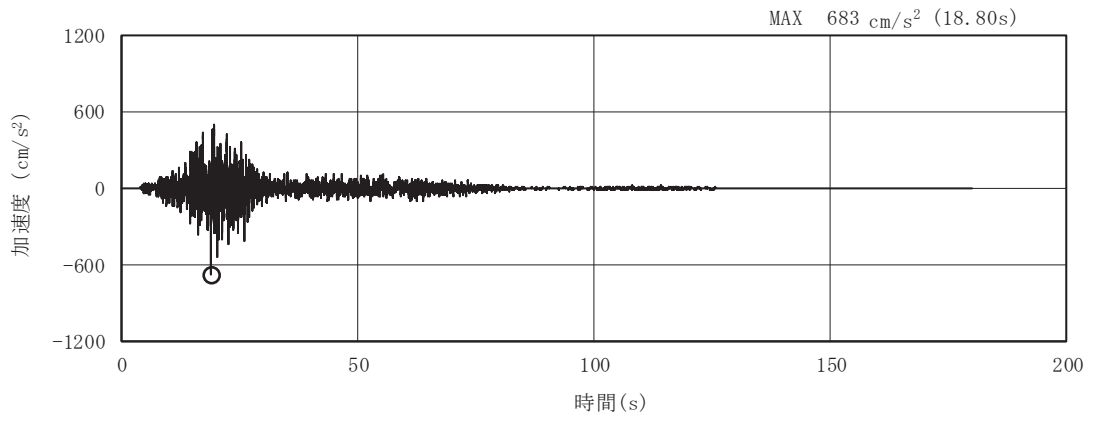


(a) 加速度時刻歴波形

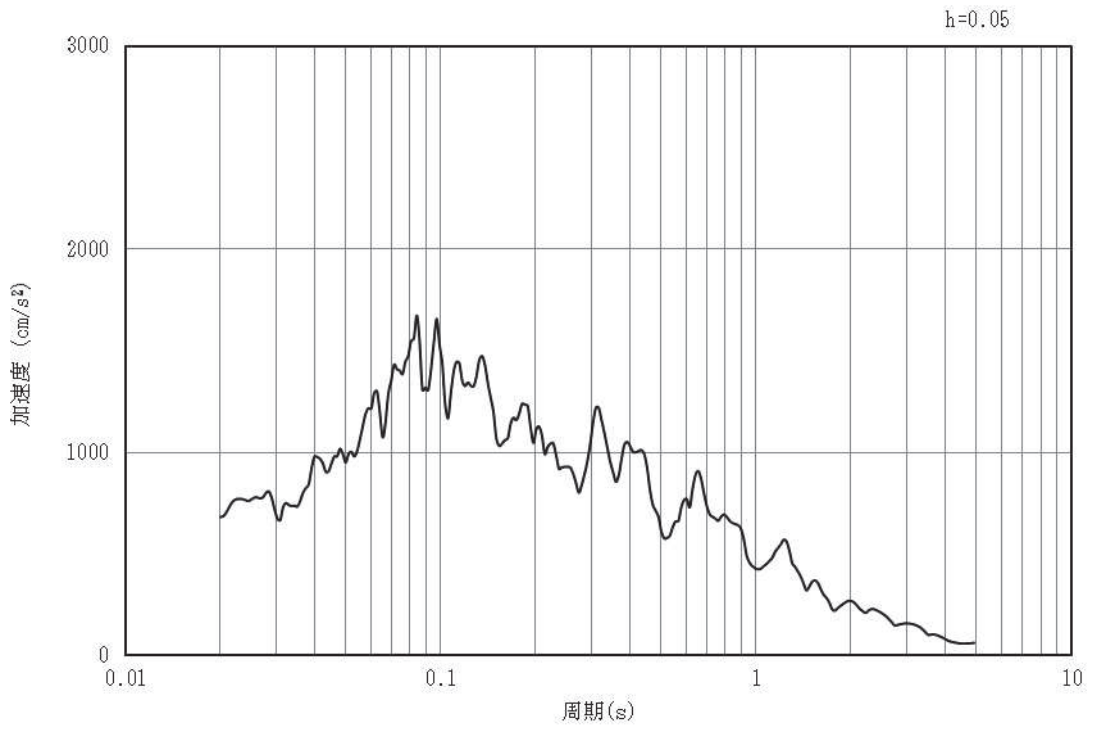


(b) 加速度応答スペクトル

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

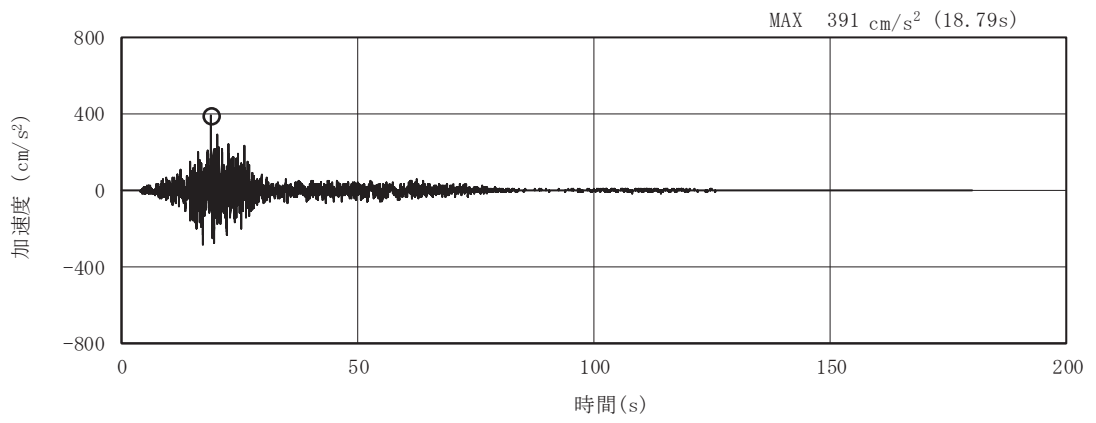


(a) 加速度時刻歴波形

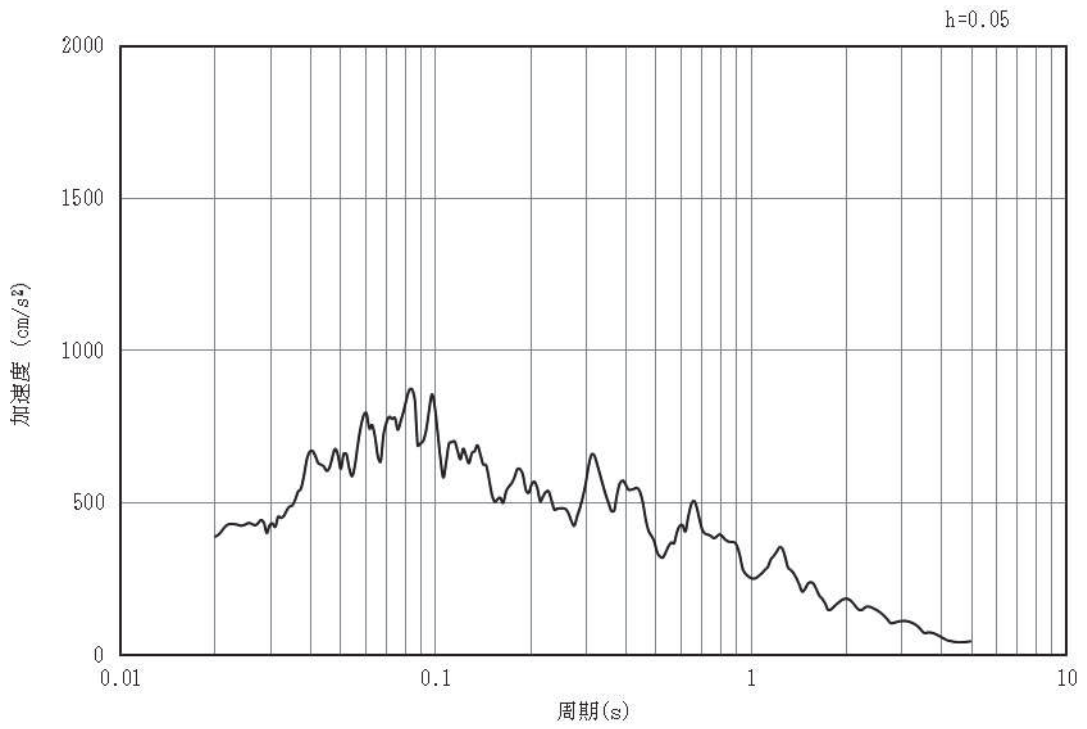


(b) 加速度応答スペクトル

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

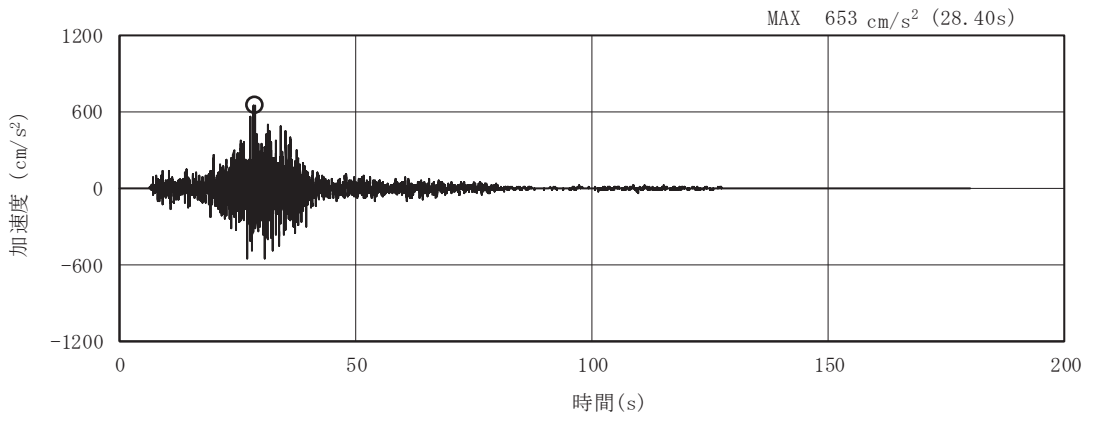


(a) 加速度時刻歴波形

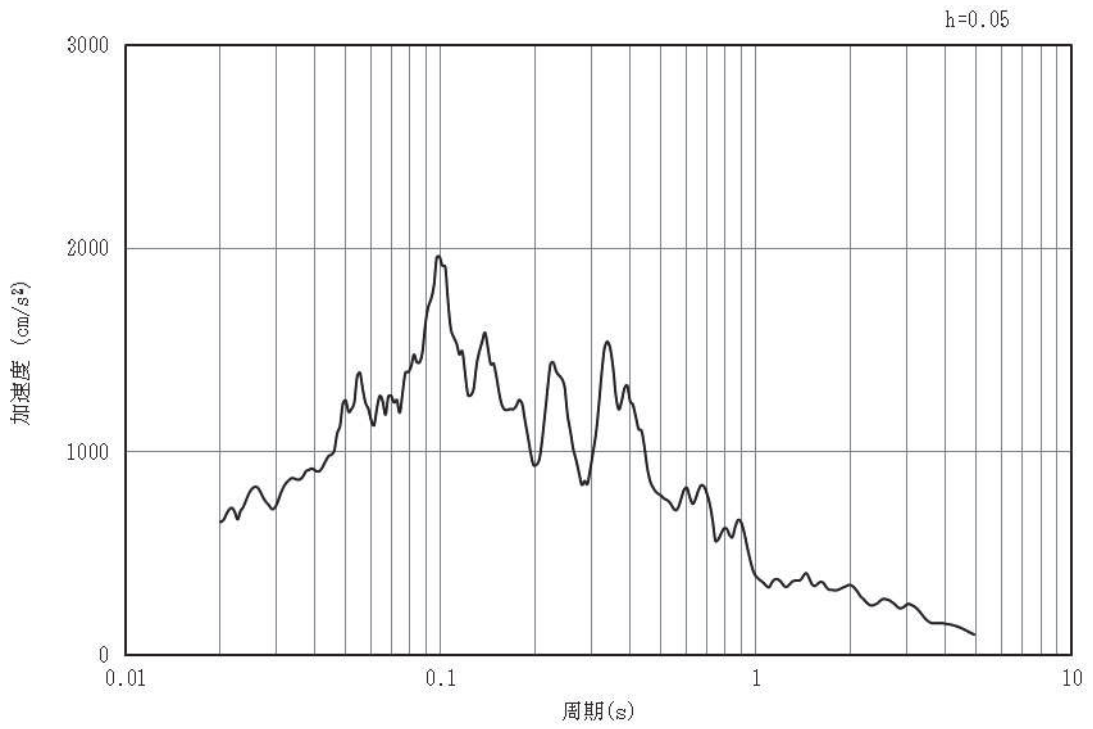


(b) 加速度応答スペクトル

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

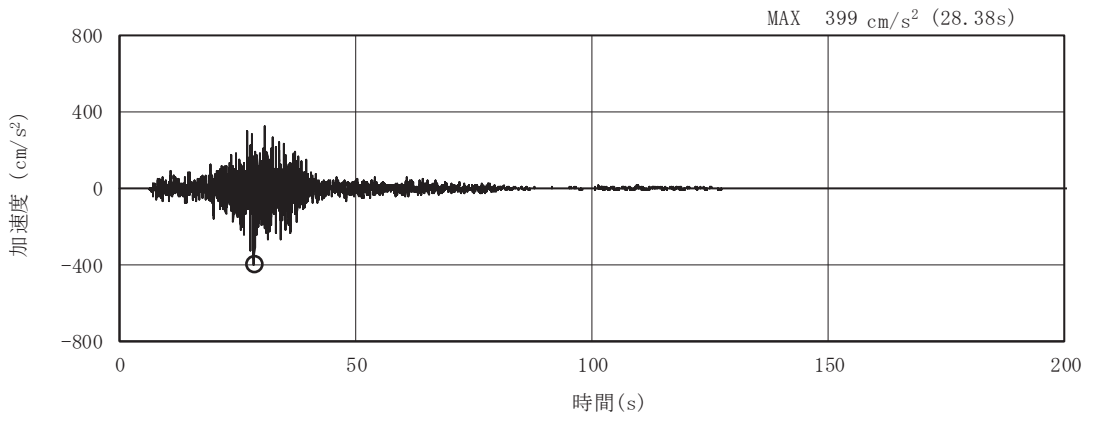


(a) 加速度時刻歴波形

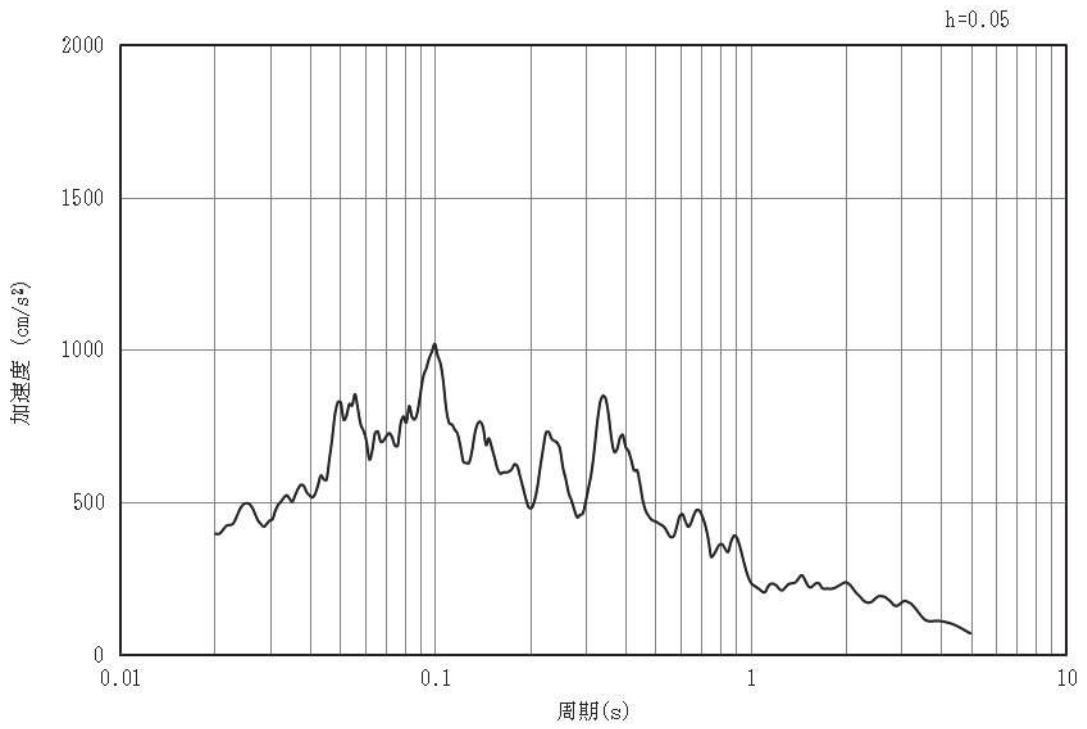


(b) 加速度応答スペクトル

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

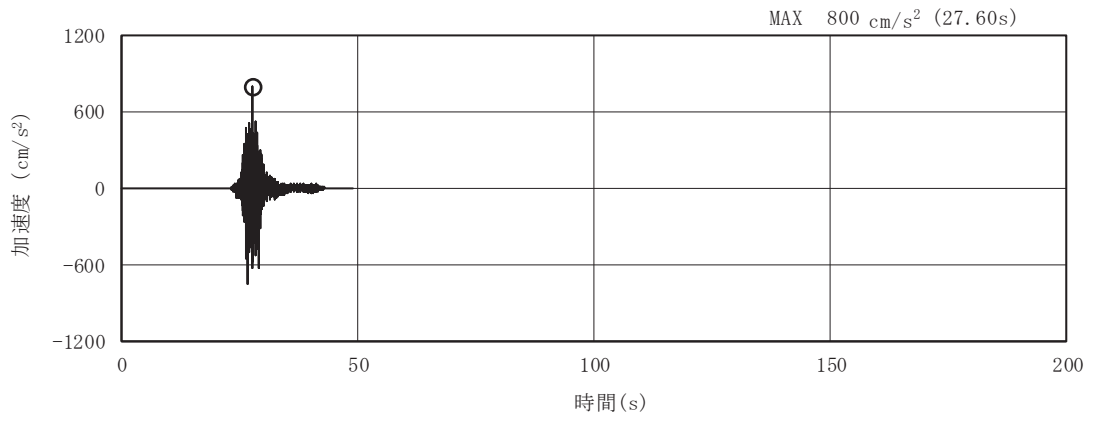


(a) 加速度時刻歴波形

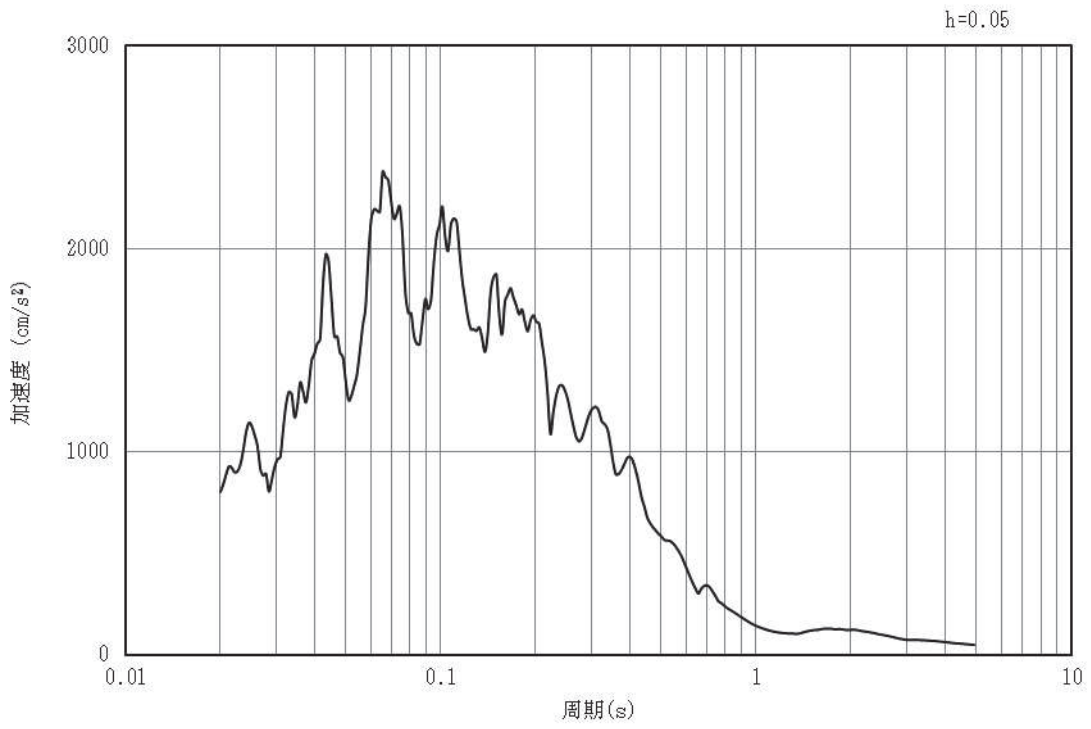


(b) 加速度応答スペクトル

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

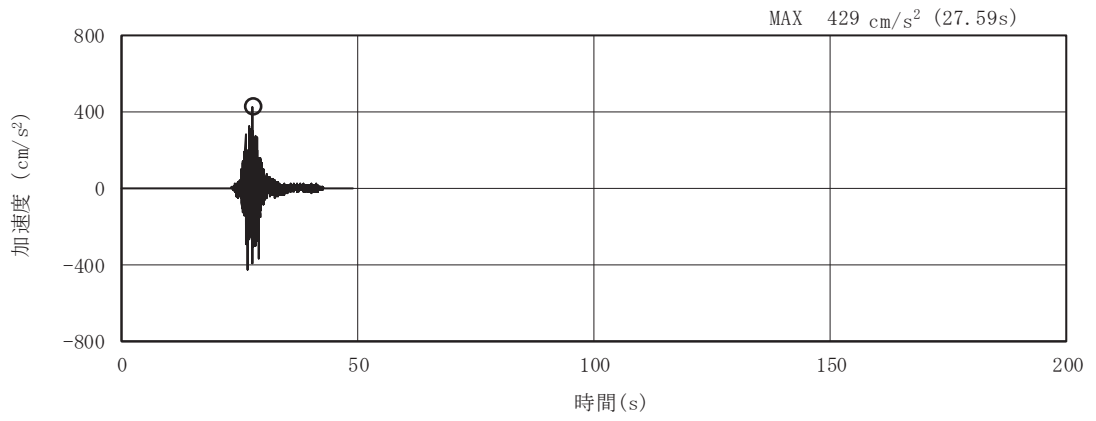


(a) 加速度時刻歴波形

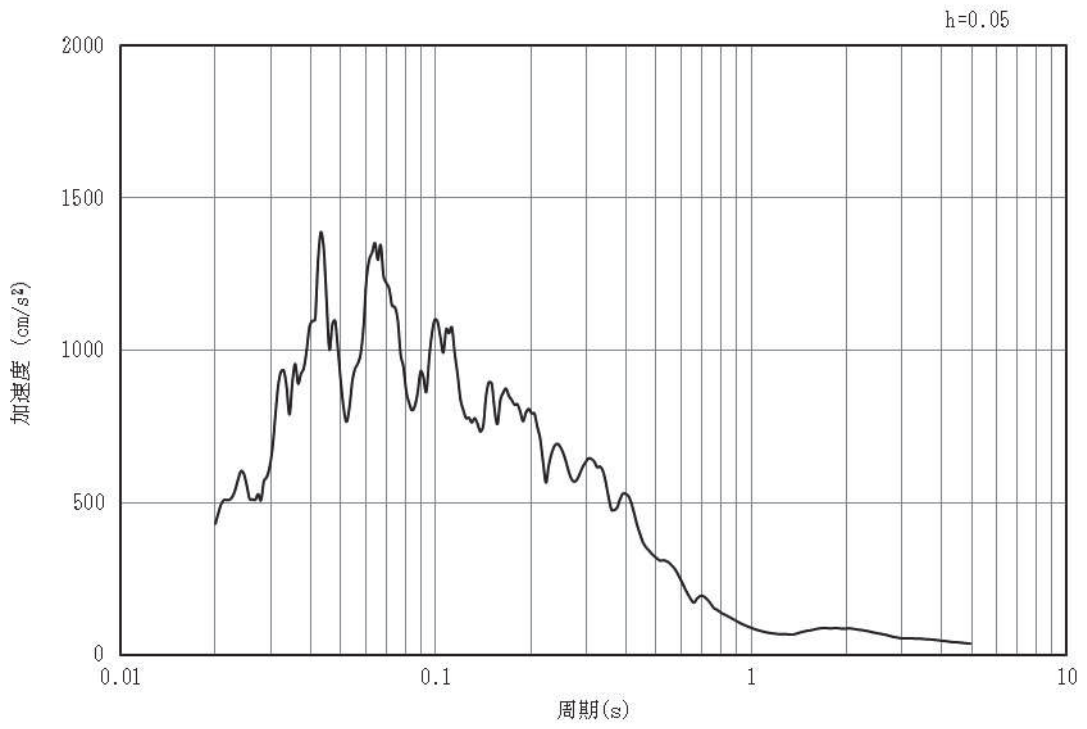


(b) 加速度応答スペクトル

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

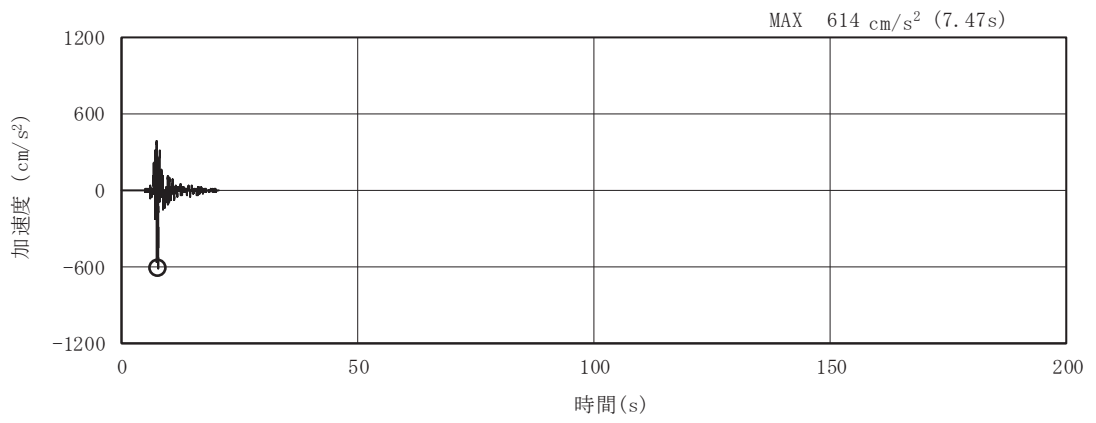


(a) 加速度時刻歴波形

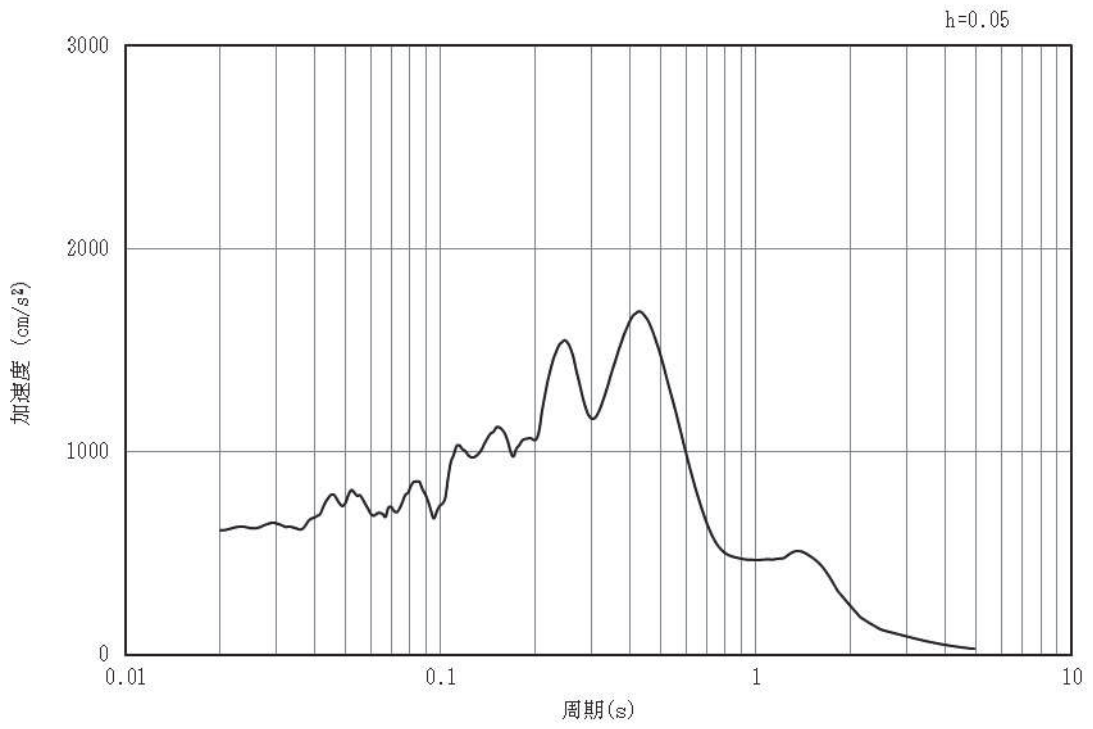


(b) 加速度応答スペクトル

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

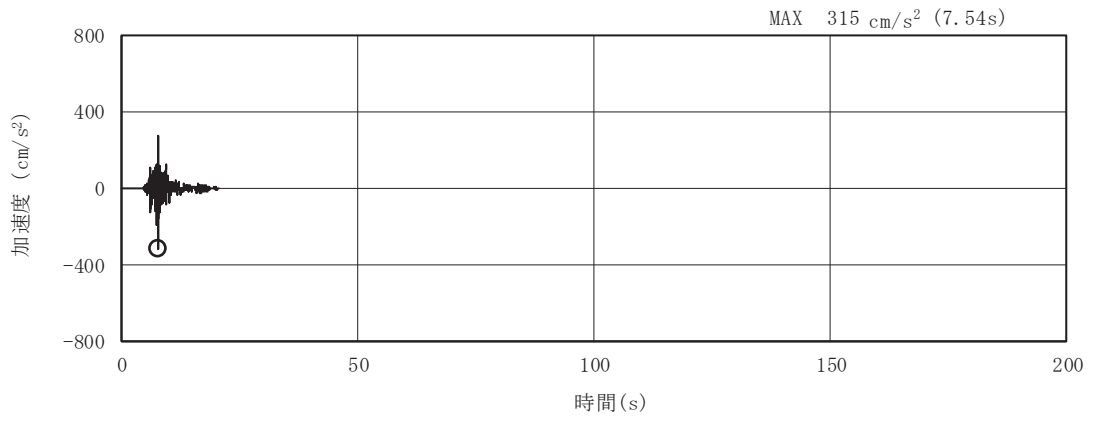


(a) 加速度時刻歴波形

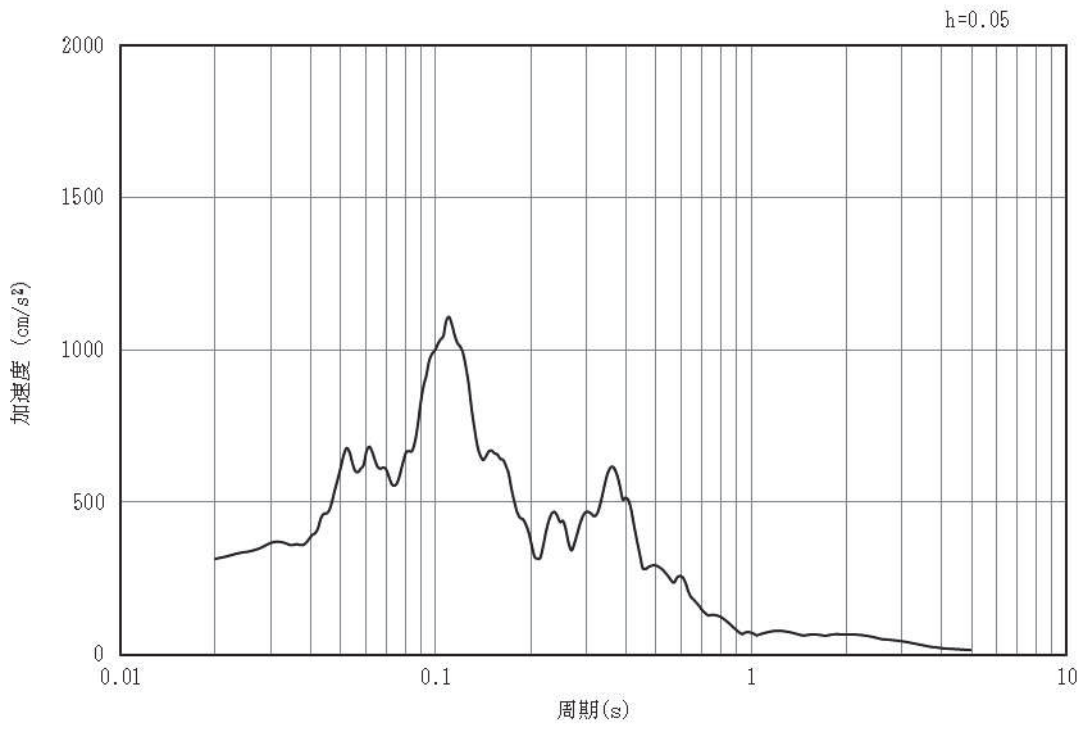


(b) 加速度応答スペクトル

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



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

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

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

取水路（漸拡部）の地震応答解析モデルを図3-22に示す。

(1) 解析領域

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

(2) 境界条件

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

(3) 構造物のモデル化

鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素によりモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

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

(5) 隣接構造物のモデル化

隣接構造物となる復水貯蔵タンク基礎下のMMRは、改良地盤を介して接しており、お互いの振動の影響を受けることから、復水貯蔵タンク基礎下のMMRをモデル化する。また、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、鋼管杭は、線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

(6) ジョイント要素の設定

地震時の「MMRと構造物」、「盛土及び岩盤とMMR」、「盛土及び岩盤と改良地盤」及び「盛土と構造物」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。なお、防潮堤（鋼管式鉛直壁）は、添付書類「VI-2-10-2-2-1 防潮堤（鋼管式鉛直壁）の耐震性について」に基づき、ジョイント要素を設定する。

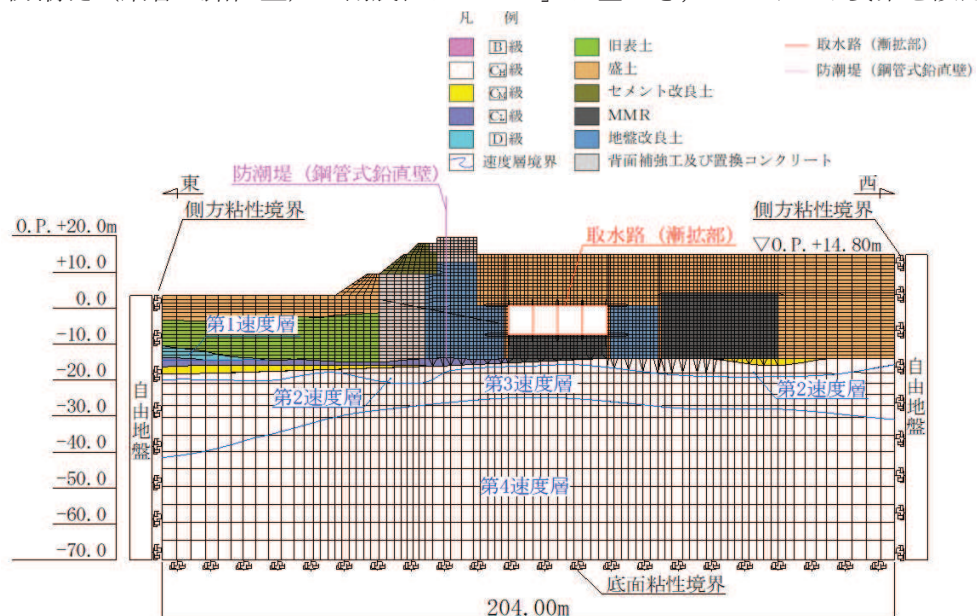


図3-22 取水路（漸拡部）の地震応答解析モデル図

(7) 水位条件

内水位は、朔望平均満潮位（O.P. +2.43m）とする。

地下水位は、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。
設計用地下水位を表 3-5 及び図 3-23 に示す。

表 3-5 設計用地下水位の一覧

施設名称	設計用地下水位
取水路（漸拡部）	O.P. -4.53m～O.P. +2.43m

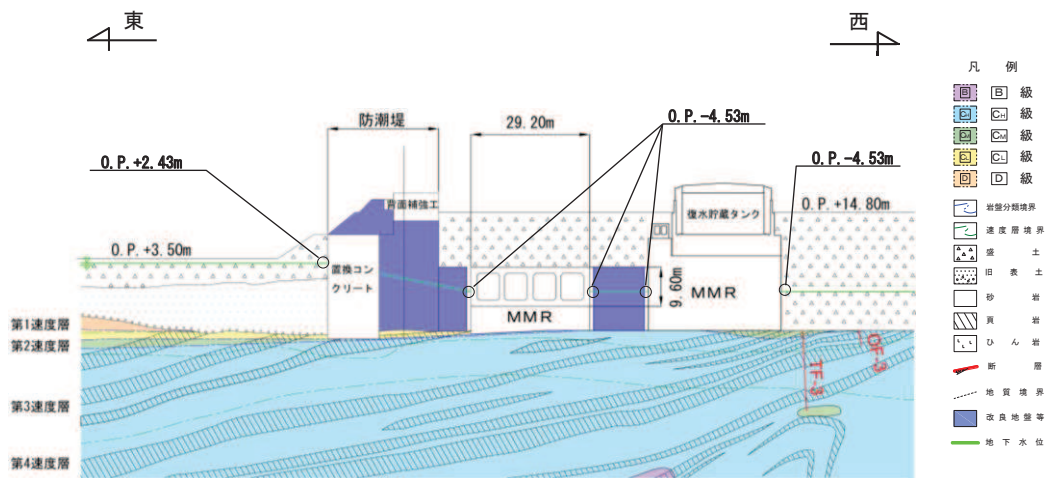


図 3-23 設計用地下水位

VI-2-10-4-4-1 R O

④

O 2

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-6 に、材料の物性値を表 3-7 に示す。

表 3-6 使用材料

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

表 3-7 材料の物性値 (構造部材)

材料	項目	材料諸元	備考
鉄筋コンクリート	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0	
コンクリート	ヤング係数 (N/mm ²)	実強度*	3.18×10 ⁴ 解析ケース④
		設計基準強度	2.33×10 ⁴ 解析ケース①, ②, ③
	ポアソン比	0.2	

注記* : 既設構造物のコア採取による圧縮強度試験の結果を使用する。

3.5.3 地盤の物性値

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

3.6 許容限界

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

3.6.1 構造部材の健全性に対する許容限界

(1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

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

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

貯水機能を損なわないことの確認における許容限界は、鉄筋の降伏を許容限界として降伏曲げモーメントとする。

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界を表 3-8 に示す。

表 3-8 取水路（漸拡部）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	通水機能を有すること	限界層間変形角	1/100
	貯水機能を損なわないこと	曲げモーメント	降伏曲げモーメント

(2) せん断破壊に対する許容限界

構造強度を有することの確認における構造部材（鉄筋コンクリート）のせん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアルに基づくせん断耐力とする。

貯水機能を損なわないことの確認におけるせん断破壊に対する許容限界は、終局状態に至らないことを目標性能とすることからせん断耐力を許容限界とする。

3.6.2 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

(1) 基礎地盤（狐崎部層）

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

基礎地盤（狐崎部層）の許容限界を表3-9に示す。

表3-9 基礎地盤の支持性能に対する許容限界

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

(2) MMR（既設）

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

MMR（既設）の許容限界を表3-10に示す。

表3-10 MMR（既設）の支持性能に対する許容限界

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

3.7 評価方法

取水路（漸拡部）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「3.6 許容限界」において設定した許容限界を下回ることを確認する。

3.7.1 構造部材の健全性評価

構造部材の健全性評価については、鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査において、地震応答解析により算定した照査用層間変形角、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する。

構造部材（鉄筋コンクリート）の曲げ・軸力系の破壊に対して最大照査値となる解析ケース及び地震動での層間変形角の時刻歴波形を図3-24に、せん断破壊に対する最大照査値の評価時刻での断面力図を図3-25に示す。

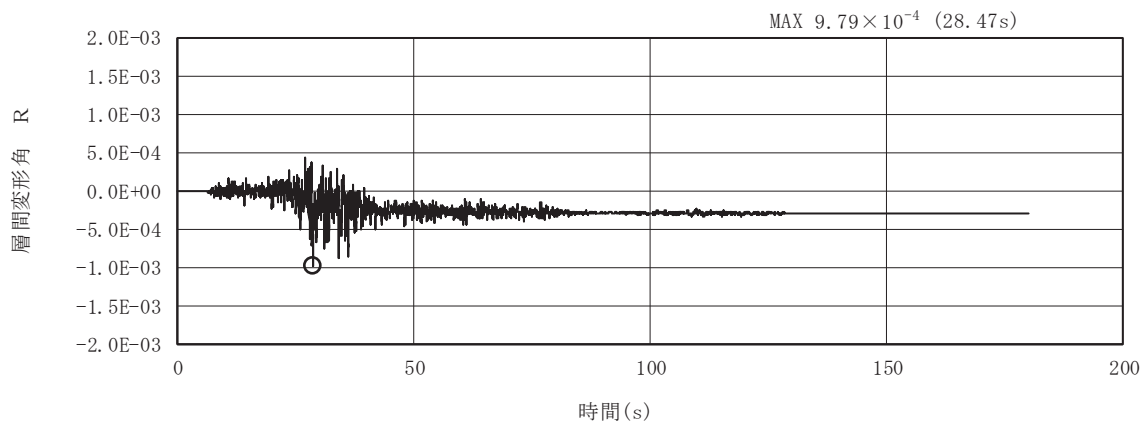
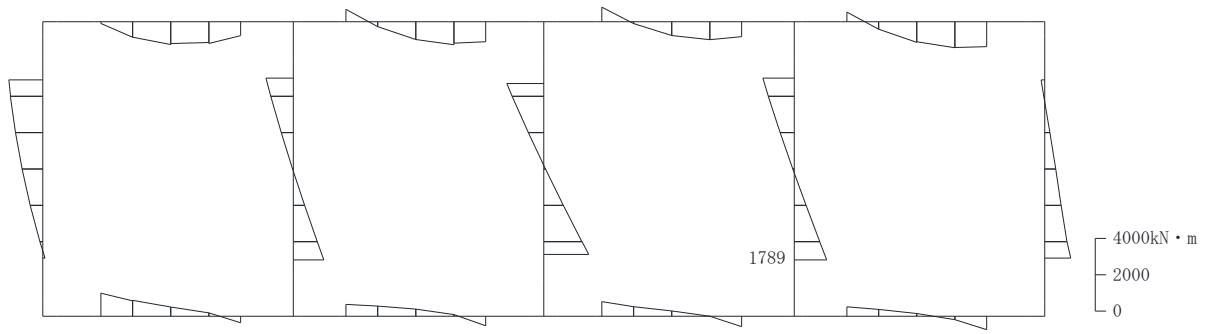
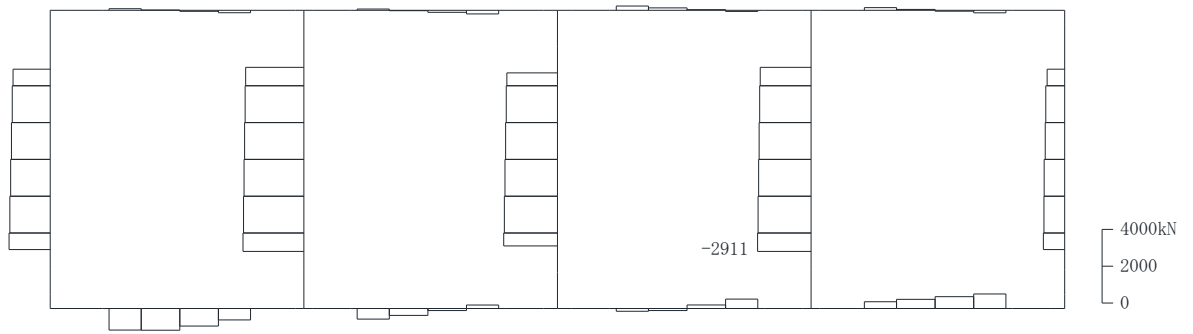


図3-24 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における層間変形角の時刻歴波形
(解析ケース③, S s - F 2 (-+))

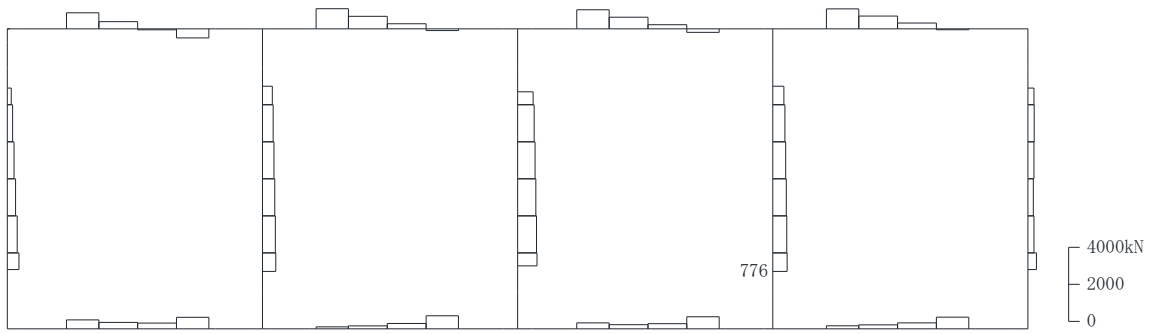
VI-2-10-4-4-1 R 0
O 2 ④



曲げモーメント (kN·m)



軸力(kN) (-圧縮, +引張)



せん断力 (kN)

図 3-25 せん断破壊に対する照査値最大時の断面力図
(隔壁, 解析ケース④, S s - F 2 (-+))

3.7.2 基礎地盤の支持性能評価

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

4. 耐震評価結果

4.1 構造部材の健全性に対する評価結果

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 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。

取水路（漸拡部）の照査用層間変形角及び照査用せん断力が、構造部材の健全性に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 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	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
③	$S_s - F 2$ (-+)	-1.18×10^{-3}	1.0×10^{-2}	0.12

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

表 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*3 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	21	①	$S_s - D 2$ (-+)	1152	1648	0.70
側壁	60	③	$S_s - F 2$ (++)	-1048	1428	0.74
隔壁	90	④	$S_s - F 2$ (-+)	815	1012	0.81
底版	11	④	$S_s - F 2$ (-+)	-964	2504	0.39

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：照査用せん断力 = 発生せん断力 \times 構造解析係数 γ_a

*3：せん断耐力式によるせん断耐力

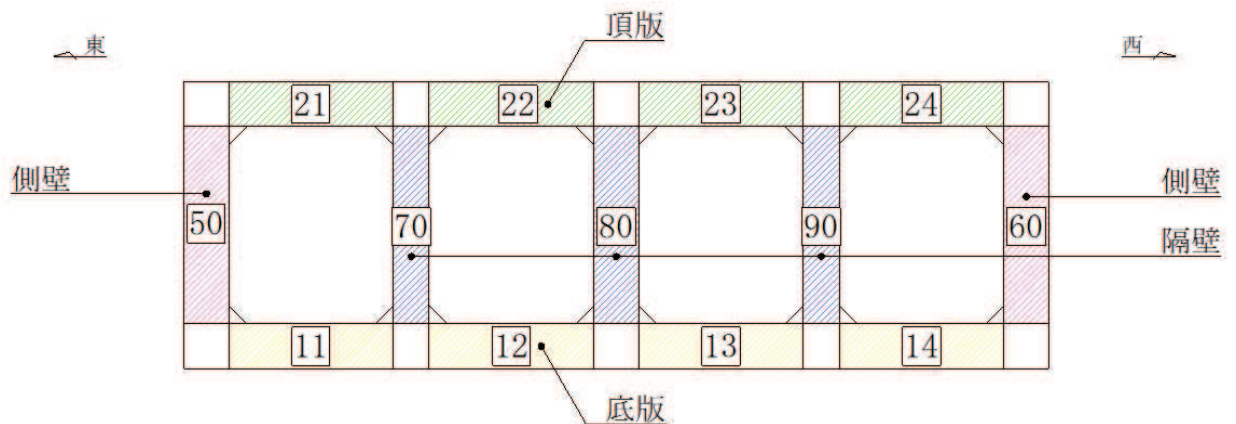


図 4-1 評価位置図

4.2 各要求機能に対する評価結果

4.2.1 通水機能

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

取水路（漸拡部）の照査用層間変形角及び照査用せん断力が、通水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 4-3 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値（再掲）

解析 ケース	地震動	照査用層間変形角* R_d	限界層間変形角 R_u	照査値 R_d/R_u
③	$S_s - F 2$ (-+)	-1.18×10^{-3}	1.0×10^{-2}	0.12

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

表 4-4 せん断破壊に対する最大照査値（再掲）

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用せん断力*3 V_d (kN)	せん断耐力*4 V_{yd} (kN)	照査値 V_d/V_{yd}
頂版	21	①	$S_s - D 2$ (-+)	1152	1648	0.70
側壁	60	③	$S_s - F 2$ (++)	-1048	1428	0.74
隔壁	90	④	$S_s - F 2$ (-+)	815	1012	0.81
底版	11	④	$S_s - F 2$ (-+)	-964	2504	0.39

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：通水機能が要求される部材の範囲は図 4-2 に示す。

*3：照査用せん断力 = 発生せん断力 \times 構造解析係数 γ_a

*4：せん断耐力式によるせん断耐力

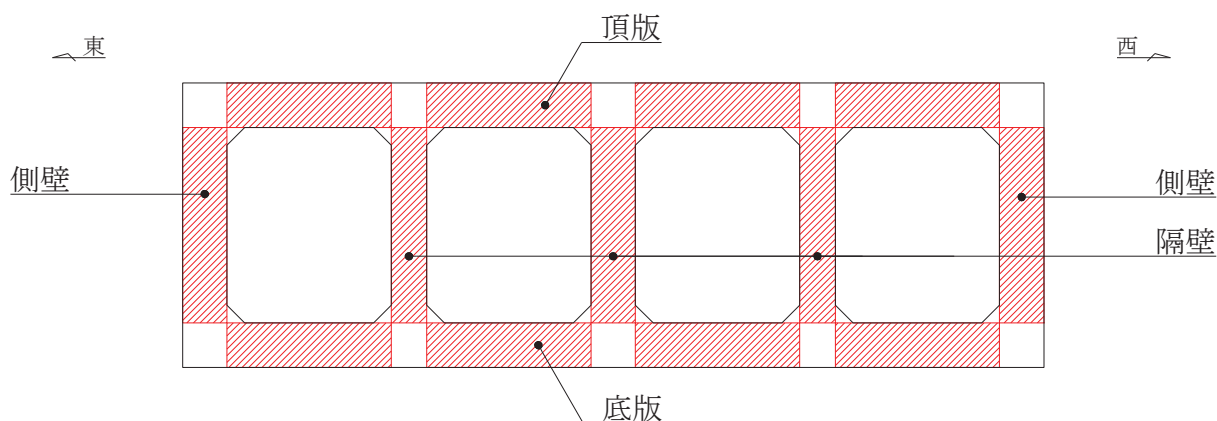


図 4-2 通水機能が要求される部材の範囲

4.2.2 貯水機能

鉄筋コンクリート部材の曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値を表 4-5 に、せん断破壊に対する各評価位置での最大照査値を表 4-6 に示す。

取水路（漸拡部）の照査用曲げモーメント及び照査用せん断力が、貯水機能に対する許容限界を下回ることを確認した。

表 4-5 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用曲げ モーメント M_d *3 (kN・m)	降伏曲げ モーメント M_y (kN・m)	照査値 M_d/M_y
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	50	①	S s - D 2 (-+)	-1022	-2621	0.39
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	13	④	S s - F 2 (-+)	-1031	-1759	0.59

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 4-3 に示す。

*3：照査用曲げモーメント M_d = 最大曲げモーメント M × 構造解析係数 γ_a

表 4-6 せん断破壊に対する最大照査値

評価位置*1, 2		解析 ケース	地震動	照査用 せん断力*3 V_d (kN)	せん断 耐力*4 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d/V_{y d}$
頂版	—	—	—	—	—	—
側壁	60	③	S s - F 2 (++)	-1048	1428	0.74
隔壁	—	—	—	—	—	—
底版	11	④	S s - F 2 (-+)	-964	2504	0.39

注記*1：評価位置は図 4-1 に示す。

*2：貯水機能が要求される部材の範囲は図 4-3 に示す。

*3：照査用せん断力 = 発生せん断力 × 構造解析係数 γ_a

*4：せん断耐力式によるせん断耐力

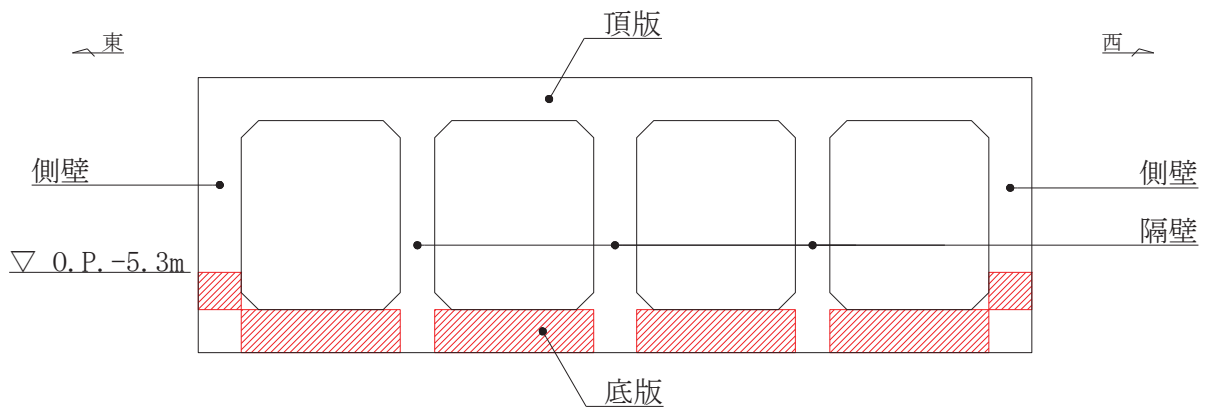


図 4-3 貯水機能が要求される部材の範囲

4.3 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

4.3.1 基礎地盤（狐崎部層）

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-7 に示す。また，最大接地圧分布図を図 4-4 に示す。

取水路（漸拡部）の基礎地盤に発生する最大接地圧が，極限支持力を下回ることを確認した。

表 4-7 基礎地盤の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_u
②	S s - F 2 (-+)	1.3	13.7	0.10

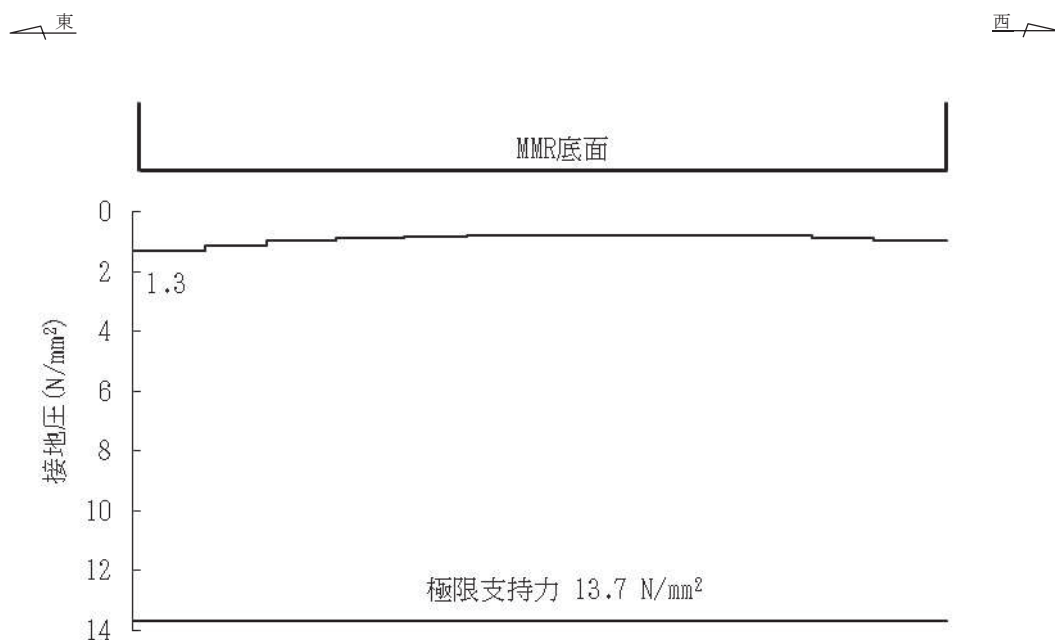


図 4-4 基礎地盤の最大接地圧分布図
(解析ケース②, S s - F 2 (-+))

4.3.2 MMR（既設）

MMR（既設）の支持性能に対する照査結果を表4-8に示す。また、最大接地圧分布図を図4-5に示す。

取水路（漸拡部）のMMR（既設）に発生する最大接地圧が、支圧強度を下回ることを確認した。

表4-8 MMR（既設）の支持性能照査結果

解析ケース	地震動	最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
③	S _s -F2 (-+)	4.6	15.6	0.30

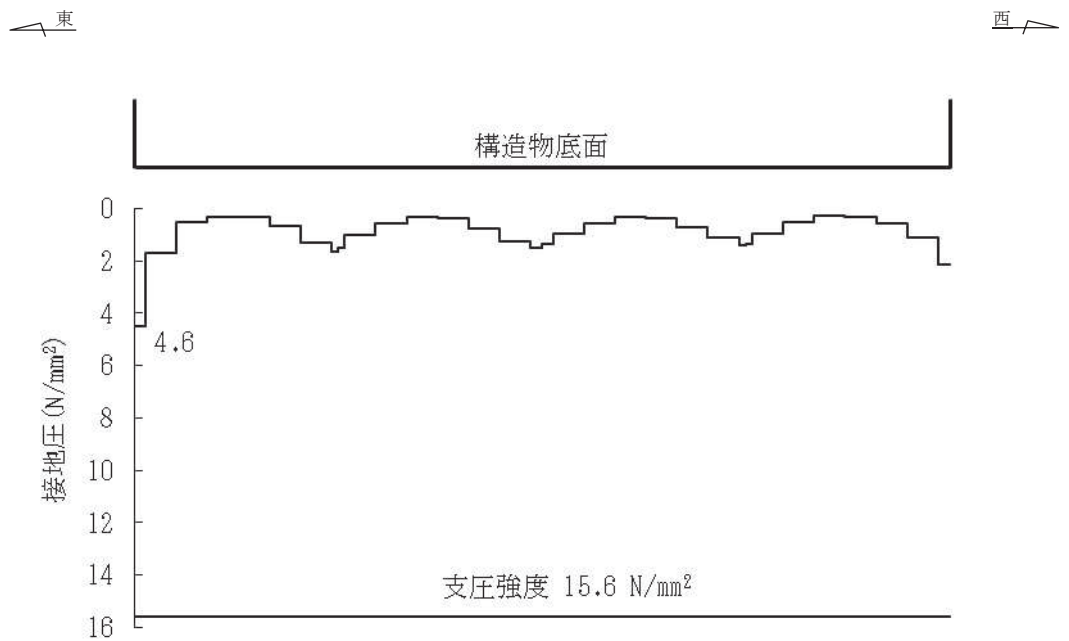


図4-5 MMR（既設）の最大接地圧分布図
(解析ケース③, S_s-F2 (-+))