

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-19-0072_改7
提出年月日	2021年11月12日

02-工-B-19-0072_改6 (2021年11月10日提出) からの変更箇所のみ抜粋

VI-2-13-4 地下水位低下設備揚水井戸の耐震性についての計算書

2021年11月

東北電力株式会社

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	11
2.4	適用基準	13
3.	耐震評価	14
3.1	評価対象断面	14
3.2	解析方法	16
3.2.1	構造部材	17
3.2.2	地盤物性及び材料物性のばらつき	17
3.2.3	減衰定数	17
3.2.4	解析ケースの選定	17
3.3	荷重及び荷重の組合せ	19
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	19
3.3.2	荷重	19
3.3.3	荷重の組合せ	20
3.4	入力地震動	21
3.5	解析モデル及び諸元	78
3.5.1	解析モデル	78
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	83
3.5.3	地盤の物性値	83
3.5.4	地下水位	83
3.6	許容限界	84
3.6.1	構造部材の健全性に対する許容限界	84
3.6.2	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	86
3.7	評価方法	87
3.7.1	構造部材の健全性に対する評価方法	87
3.7.2	基礎地盤の支持性能に対する評価方法	100
4.	耐震評価結果	101
4.1	構造部材の健全性に対する評価結果	101
4.2	基礎地盤の支持性能に対する評価結果	134

(別紙1) 敷地側集水ピット（北側）の耐震性について

(別紙2) 敷地側集水ピット（南側）の耐震性について

(別紙3) 南側排水路（防潮堤横断部）の耐震性について

┌───┐: 変更箇所

(別紙2) 敷地側集水ピット(南側)の耐震性について

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.	地震応答解析	9
3.1	解析方法	10
3.1.1	材料物性及び地盤物性のばらつき	10
3.1.2	解析ケース	10
3.2	荷重及び荷重の組合せ	12
3.2.1	耐震評価上考慮する状態	12
3.2.2	荷重	12
3.2.3	荷重の組合せ	13
3.3	解析モデル及び諸元	14
3.3.1	解析モデル	14
3.3.2	地盤の物性値	15
3.3.3	地下水位	15
3.4	地震応答解析結果	16
4.	フレーム解析	19
4.1	評価対象部位	19
4.2	解析方法	19
4.3	解析モデル	19
4.4	使用材料及び材料の物性値	21
4.5	入力荷重	22
5.	耐震評価	25
5.1	許容限界	25
5.1.1	鉄筋コンクリート部材	25
5.1.2	補強鋼材	31
5.1.3	基礎地盤の支持性能に対する許容限界	33
5.2	評価方法	34
5.2.1	鉄筋コンクリート部材	34
5.2.2	補強鋼材	35
5.2.3	基礎地盤の支持性能	47
6.	耐震評価結果	48

6.1	構造部材の健全性に対する評価結果	48
6.2	補強鋼材の健全性に対する評価結果	52
6.3	地盤の支持性能に対する評価結果	53

 : 変更箇所

6.2 補強鋼材の健全性に対する評価結果

補強鋼材の設計震度は図 3-5 に示す地震応答解析結果（最大水平加速度分布，最大鉛直加速度分布）に基づき，表 6-3 のとおり設定する。

補強鋼材の最大照査値を表 6-4 に示す。

以上より，補強鋼材の発生応力が，補強鋼材の許容限界以下であることを確認した。

表 6-3 設計震度

震度方向	地震動	解析ケース	設計震度
水平	S s - N 1	ケース③	1.212
鉛直	S s - D 3	ケース①	0.696

表 6-4 補強鋼材の照査結果

部材		材質	応力成分		応力度 (a)	許容限界 (b)	照査値 (a/b)
補強 鋼材	切梁	SM490	軸方向 圧縮	曲げ圧縮応力度①	0.42	1.0	0.42
				曲げ圧縮応力度② (N/mm ²)	114	277	0.42
			軸方向 引張	曲げ引張応力度 (N/mm ²)	9	277	0.04
				曲げ圧縮応力度①	-0.1*	—	—
				曲げ圧縮応力度② (N/mm ²)	-9*	—	—
			腹起し	SM570	曲げ圧縮応力度①		0.40
	曲げ圧縮応力度② (N/mm ²)				149	382	0.39
	せん断応力度（強軸） (N/mm ²)				180	217	0.83
	せん断応力度（弱軸） (N/mm ²)				1	217	0.01
	ボルト	強度区分 8.8	引張応力度 (N/mm ²)		108	540	0.20
			せん断応力度 (N/mm ²)		2	300	0.01
	アンカー ボルト	SD345	引張力 (kN)		17.5	73.0	0.24
			せん断力 (kN)		1.2	59.1	0.02

注記*：軸方向力が引張の場合の圧縮縁照査について，軸方向力による引張応力度 σ_t が卓越しており，曲げ圧縮応力度が負値となることから，照査対象外とする。

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	7
3.	耐震評価	8
3.1	評価対象断面	8
3.2	解析方法	10
3.2.1	解析方法	10
3.2.2	材料物性及び地盤物性のばらつき	10
3.2.3	減衰定数	11
3.2.4	解析ケース	11
3.3	荷重及び荷重の組合せ	13
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	13
3.3.2	荷重	13
3.3.3	荷重の組合せ	14
3.4	入力地震動	15
3.5	解析モデル及び諸元	30
3.5.1	解析モデル	30
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	32
3.5.3	地盤の物性値	33
3.5.4	地下水位	33
3.6	許容限界	34
3.6.1	MMR	34
3.6.2	基礎地盤	35
3.7	評価方法	36
3.7.1	MMRの健全性評価	36
3.7.2	基礎地盤の支持性能	38
4.	耐震評価結果	39
4.1	MMRの健全性に対する評価結果	39
4.2	地盤の支持性能に対する評価結果	40

1. 概要

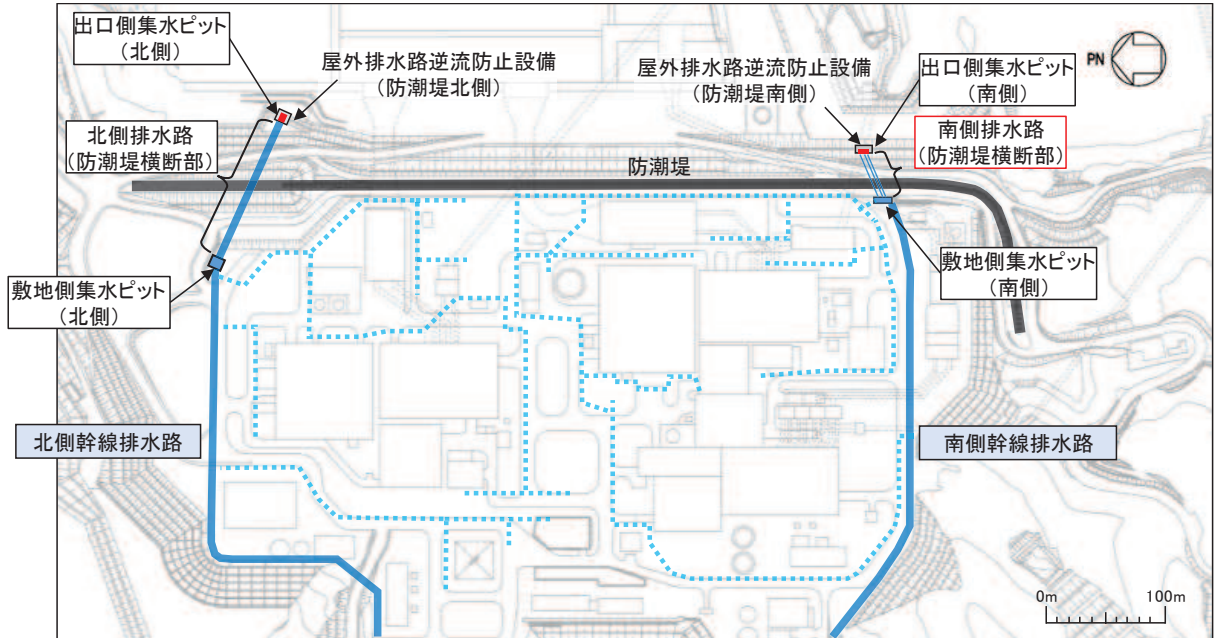
本資料は、添付書類「VI-2-13-1 地下水位低下設備の耐震設計の方針」に基づき、南側排水路（防潮堤横断部）（以下「南側排水路」という。）が基準地震動 S_s に対して排水機能を有していることを確認するものである。

なお、南側排水路の耐震評価においては、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、牡鹿半島全体で約 1m の地盤沈下が発生したことを考慮し、地盤沈下量を考慮した敷地高さや施設高さ等を記載する。

2. 基本方針

2.1 位置

南側排水路の位置を図2-1に示す。



注: 支線排水路(青点線)は2019年10月段階の配置を記載(今後の安全対策工事等によって変更可能性有)。



図 2-1 南側排水路位置図

2.2 構造概要

南側排水路の平面図を図 2-2 に、断面図を図 2-3 に示す。

南側排水路は、防潮堤（鋼管式鉛直壁）を横断して敷地側集水ピット（南側）から出口側集水ピット（南側）を結ぶ3条の排水路（排水断面は約 1.0m の円形）であり、周囲がマンメイドロック（以下「MMR」という。）により充填されている。

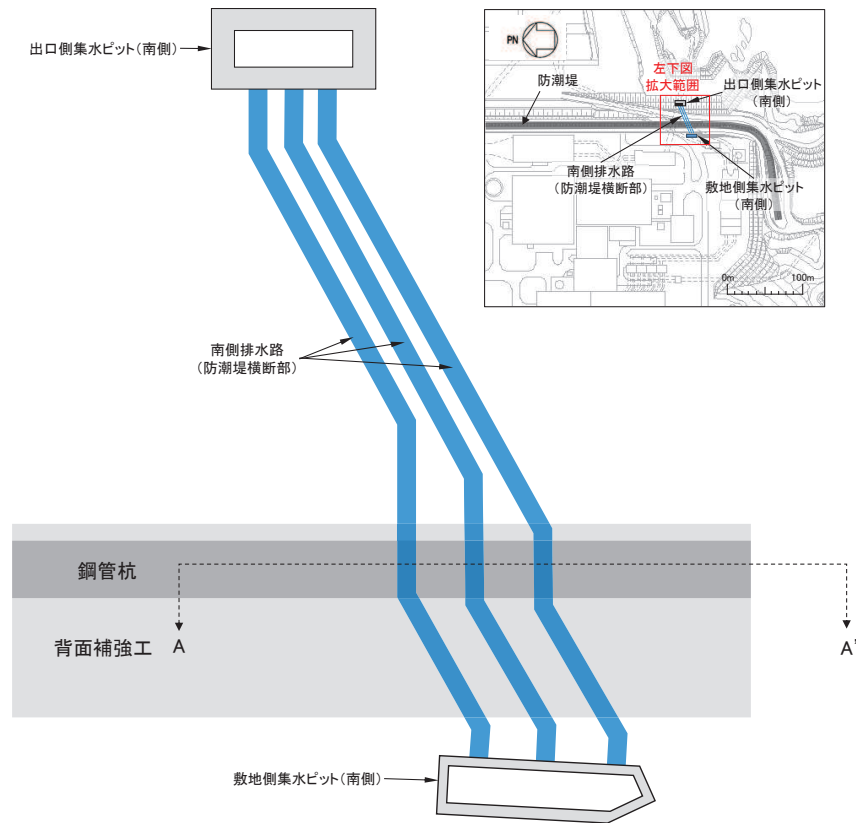


図 2-2 南側排水路平面図

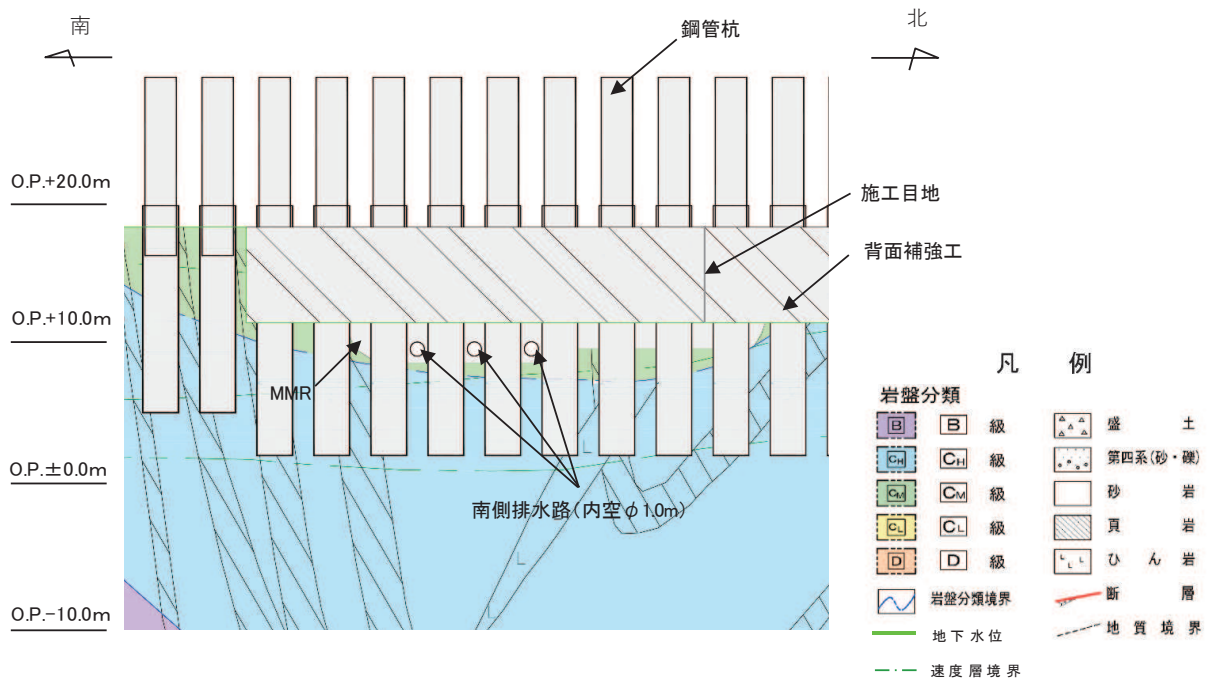


图 2-3 南側排水路断面图 (A-A' 断面)

2.3 評価方針

南側排水路の役割である排水機能の維持に周辺の MMR が寄与することも踏まえ、排水路断面が閉塞しないことを確認するために MMR の評価対象範囲を設定し、MMR を施設に相当するものとして耐震評価を行う。

具体的には、地震応答解析により得られた解析結果に基づき、表 2-1 に示すとおり、評価対象範囲の MMR の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。評価方法の詳細は「3.7 評価方法」に示す。

評価対象範囲の MMR の健全性評価については、添付書類「VI-2-13-1 地下水位低下設備の耐震設計の方針」に基づき、MMR の発生応力が許容限界以下であることを確認する。

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許容限界以下であることを確認する。

南側排水路の耐震評価フローを図 2-5 に示す。

表 2-1 南側排水路の評価項目

評価方針	評価項目	評価方法	許容限界
排水機能を有すること	評価対象範囲の MMR の健全性評価	発生する応力が許容限界以下であることを確認	引張強度及びせん断強度
	基礎地盤の支持性能	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力*

注記 *：妥当な安全余裕を考慮する。

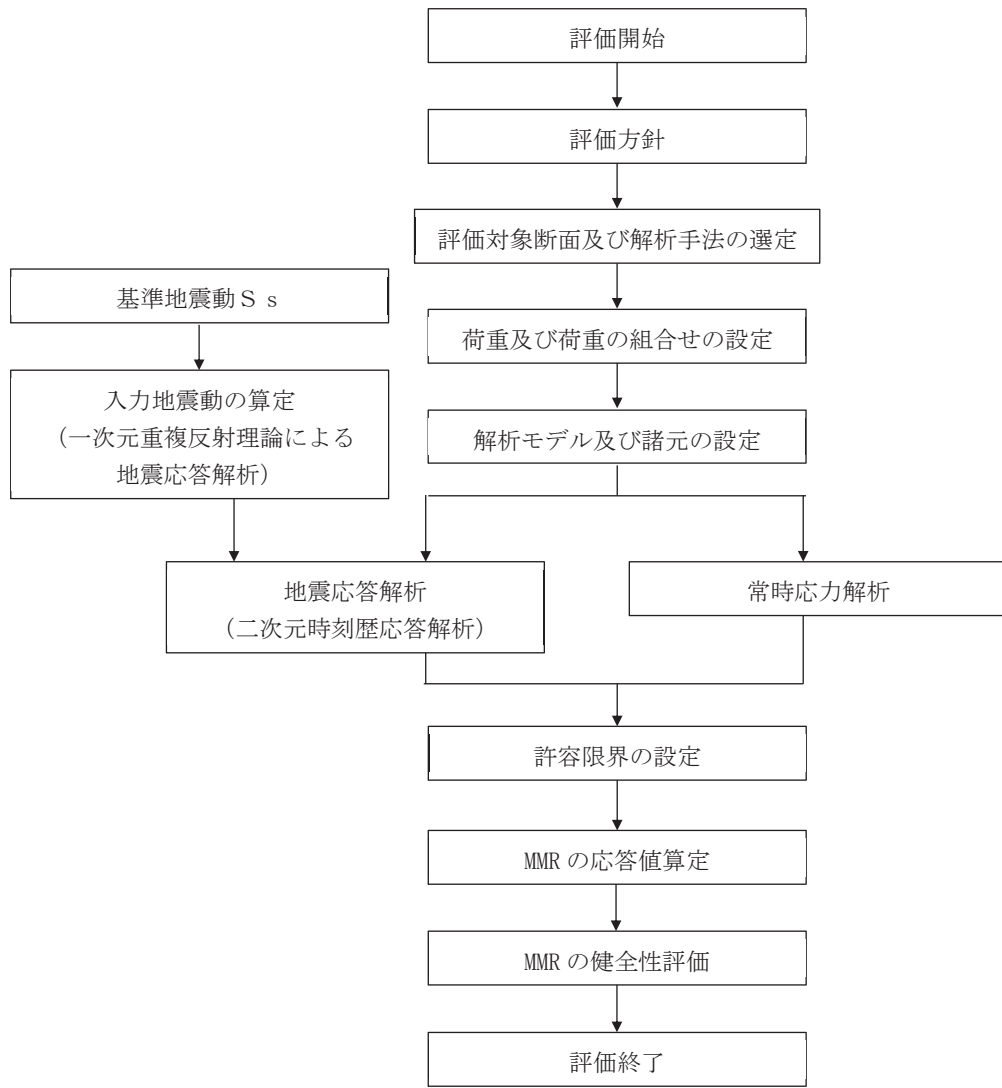


図 2-5 南側排水路の耐震評価フロー

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]
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 (J E A G 4 6 0 1 -1987)
- ・ 土木学会 2013年 コンクリート標準示方書 ダムコンクリート編
- ・ 土木学会 2016年 トンネル標準示方書 [山岳工法編] ・ 同解説

3. 耐震評価

3.1 評価対象断面

南側排水路の評価対象断面位置を図 3-1 に、南側排水路の縦断図（防潮堤（鋼管式鉛直壁）の断面⑤に投影）を図 3-2 に、評価対象断面図を図 3-3 に示す。

南側排水路のうち上載荷重が大きく、発生するせん断応力が大きくなると想定される断面（A-A' 断面）を、評価対象断面として選定する。

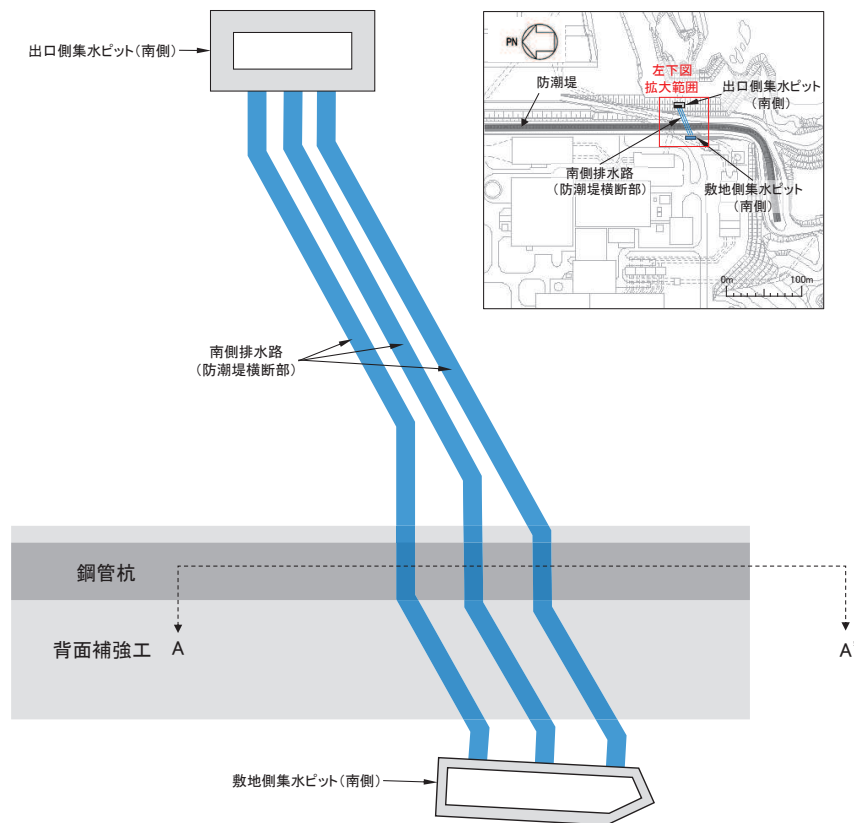


図 3-1 南側排水路の評価対象断面位置

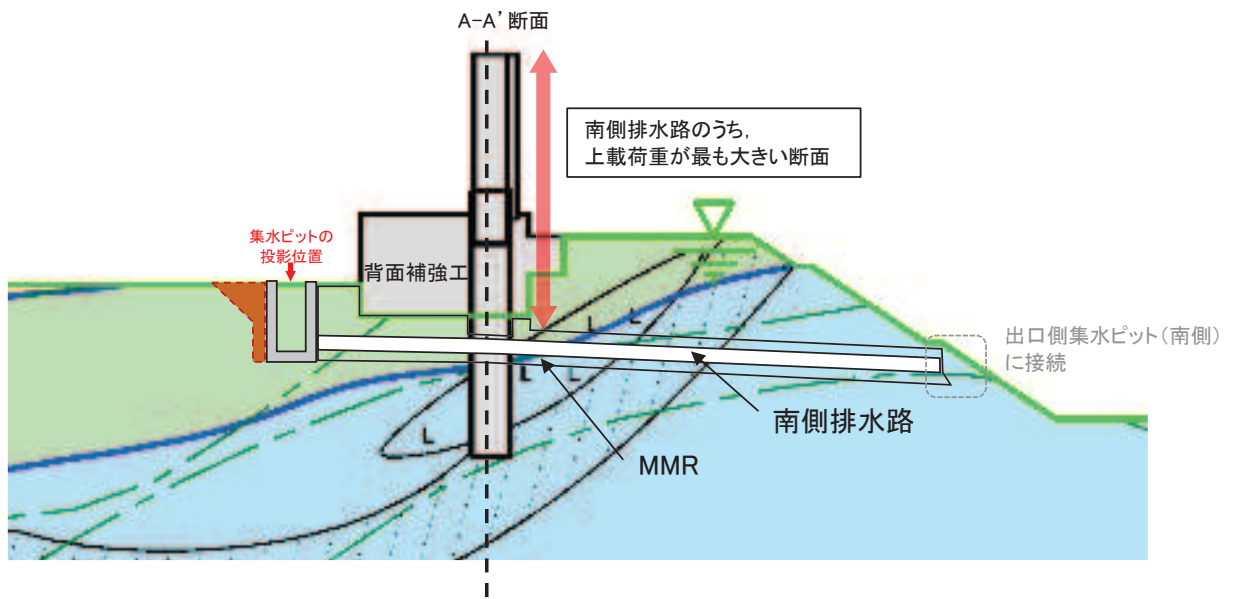


図 3-2 南側排水路の縦断図 (防潮堤 (鋼管式鉛直壁) の断面⑤に投影)

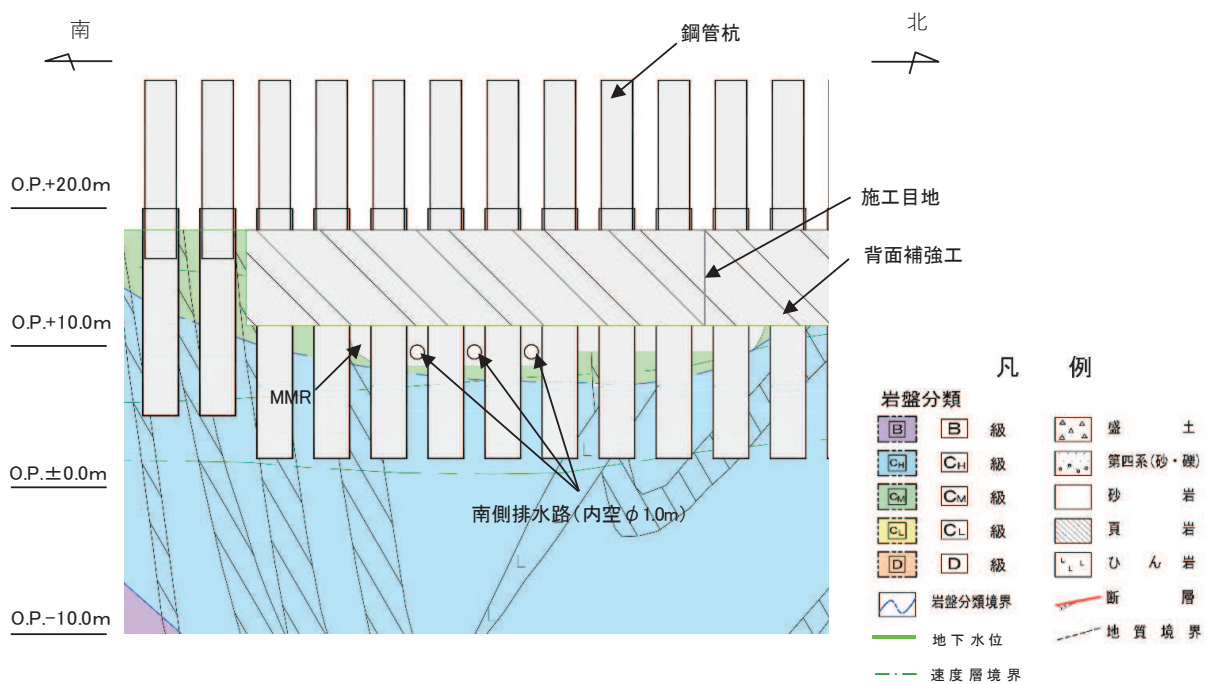


図 3-3 南側排水路評価対象断面図 (A-A' 断面)

3.2 解析方法

3.2.1 解析方法

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動的有限要素法により、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を行う。

MMR については、線形平面ひずみ要素を用いる。また、防潮堤（鋼管式鉛直壁）について、鋼管杭は線形はり要素、背面補強工は線形平面ひずみ要素でモデル化する。

南側排水路の地震応答解析には、評価対象断面において液状化検討対象層が分布していないことを踏まえ、全応力解析を行うこととし、解析コード「TDAPIII Ver. 3.11」を使用する。なお、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。

3.2.2 材料物性及び地盤物性のばらつき

図 3-3 に示すとおり、南側排水路の周辺には、主として C_M 級岩盤、 C_H 級岩盤及び B 級岩盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が地震時に南側排水路の応答に影響を与えると判断されることから、これらの地盤の物性（せん断弾性係数）のばらつきについて影響を確認する。

解析ケースを表 3-1 に示す。

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

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①～③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。

表 3-1 解析ケース（南側排水路）

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
		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
ケース②	設計基準強度	平均値 + σ
ケース③	設計基準強度	平均値 - σ

3.2.3 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし、以下に示す質量比例型減衰と剛性比例型減衰の組み合わせによる減衰を設定する。

$$[C] = \alpha [M] + \beta [K]$$

[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

3.2.4 解析ケース

耐震評価においては、全ての基準地震動 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、周辺地盤の健全性の照査値が最も厳しい地震動を用いて解析ケース②～③を実施する。耐震評価における解析ケースを表 3-2 に示す。

表 3-2 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 - D 2	++*	○		
		-+*	○		
	S s - D 3	++*	○		
		-+*	○		
	S s - F 1	++*	○		
		-+*	○		
	S s - F 2	++*	○		
		-+*	○		
	S s - F 3	++*	○		
		-+*	○		
	S s - N 1	++*	○		
		-+*	○		

基準地震動 S s (7 波) 及び水平動の位相反転を考慮した地震動 (7 波) を加えた全 14 波を用いて実施するケース① (基本ケース) の結果から、照査値が最も厳くなる地震動を用いてケース②, ③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。

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

南側排水路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

積雪の影響を考慮する。風の影響については、埋設構造物であるため、風の影響を受けないことから考慮しない。

(4) 重大事故等時の状態

重大事故等時の状態の影響を受けないことから考慮しない。

3.3.2 荷重

南側排水路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 3-3 に示す。

表 3-3 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)

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底面位置で評価したものをを用いる。なお、入力地震動の設定に用いる地下構造モデルは、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に示す地下構造モデルを用いる。

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

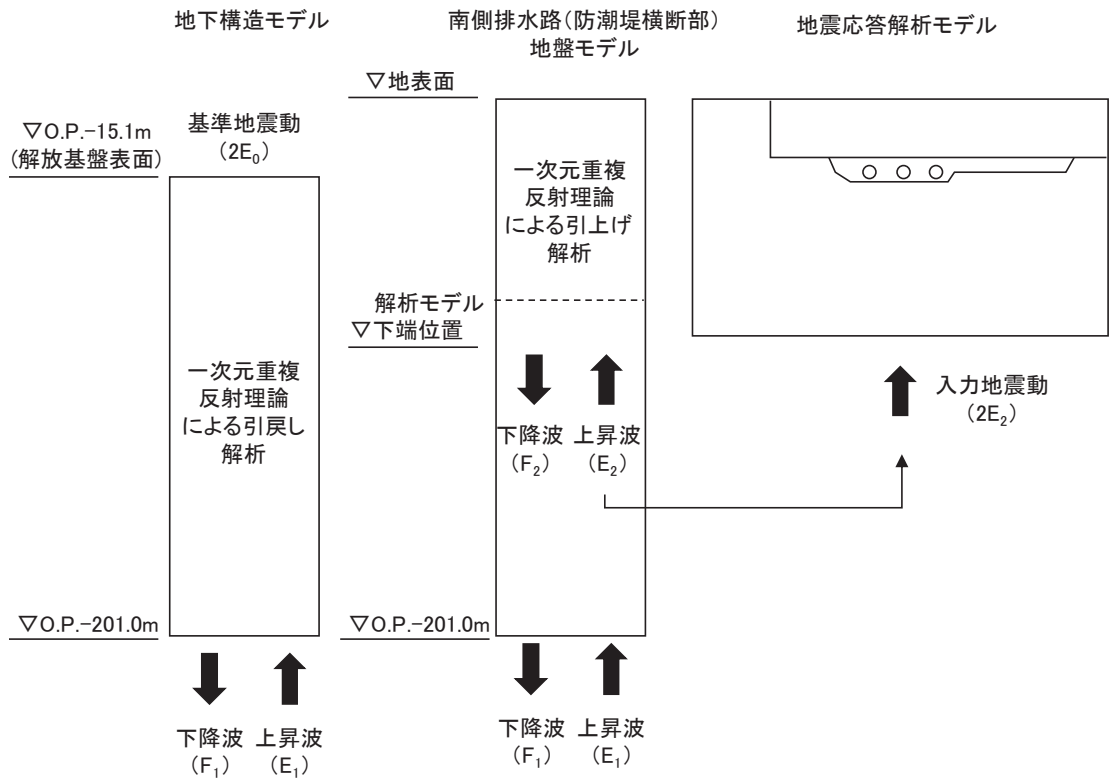
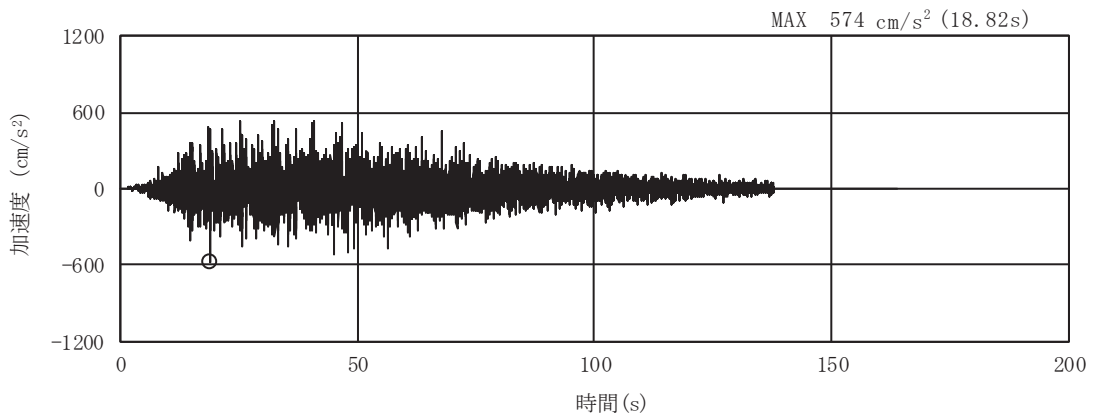
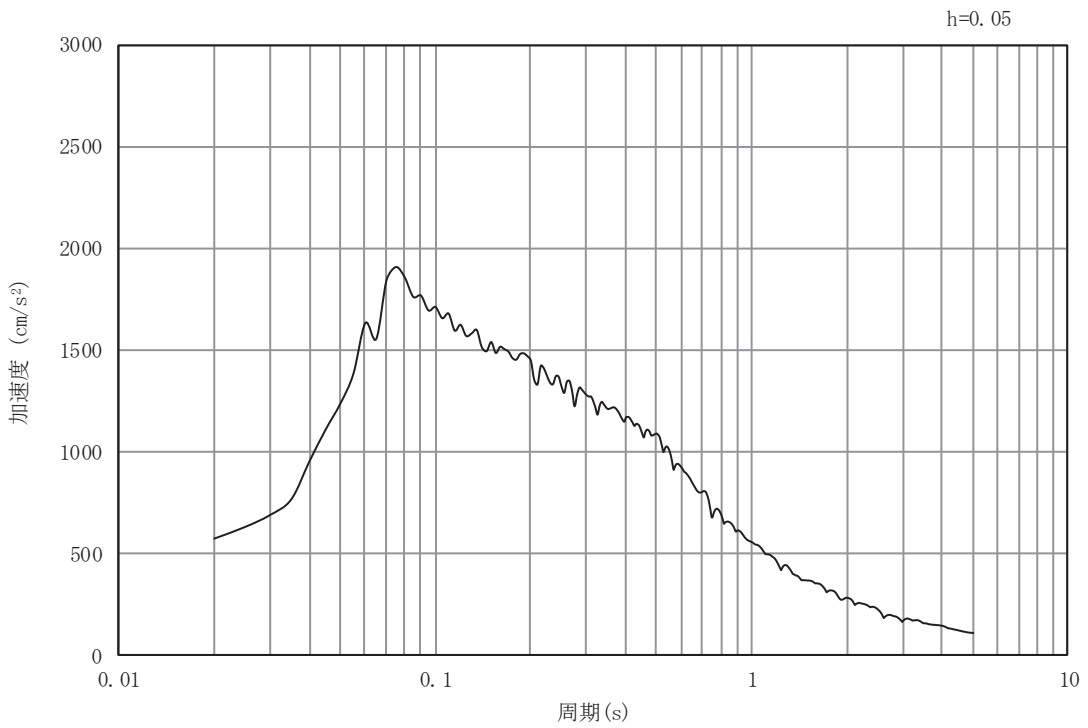


図 3-3 入力地震動算定の概念図

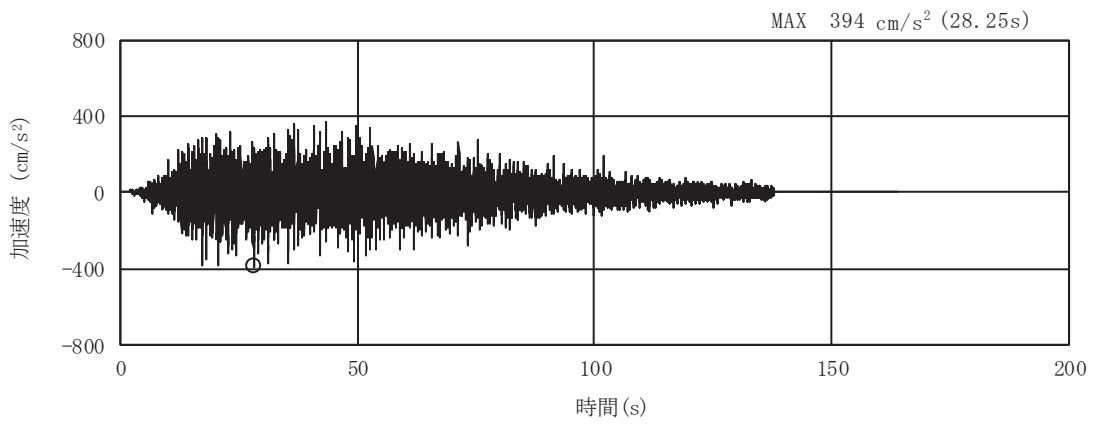


(a) 加速度時刻歴波形

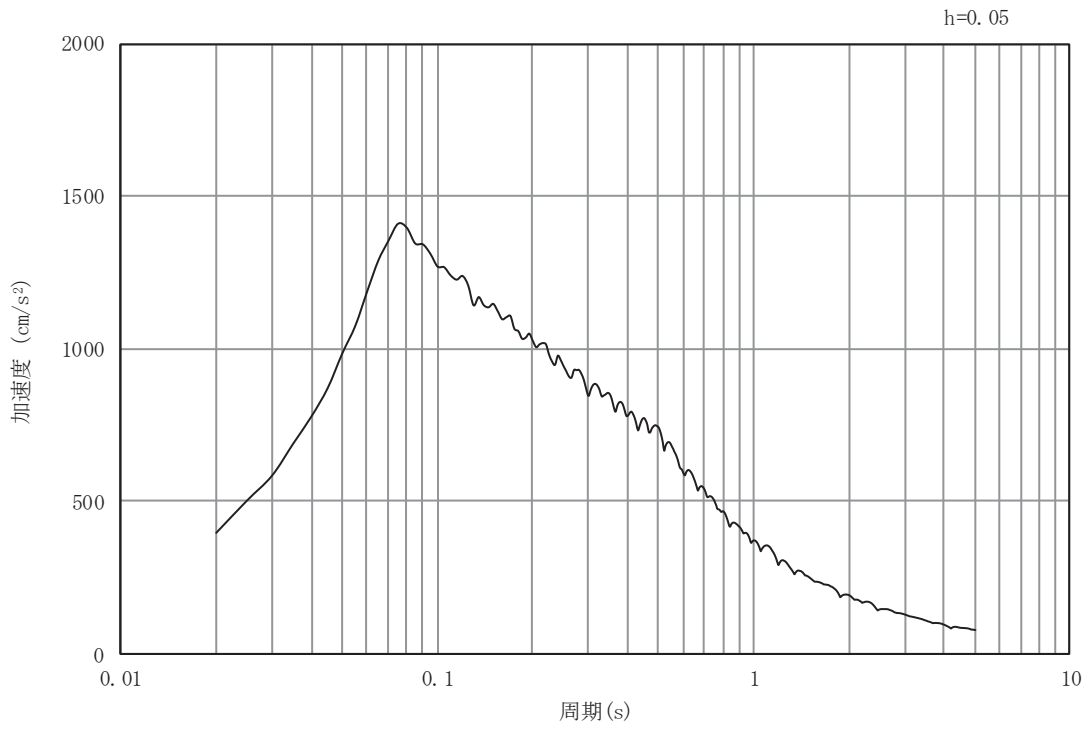


(b) 加速度応答スペクトル

図3-4(1) 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
(水平方向: S s - D 1)

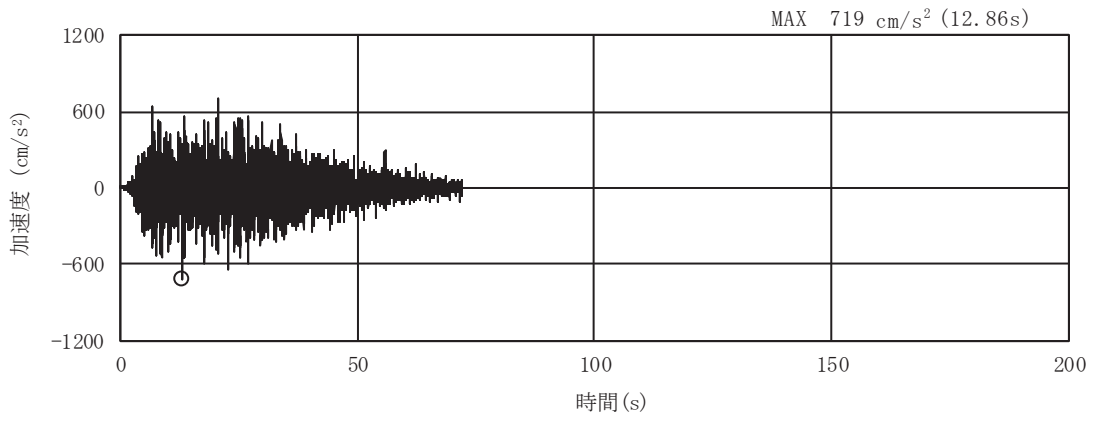


(a) 加速度時刻歴波形

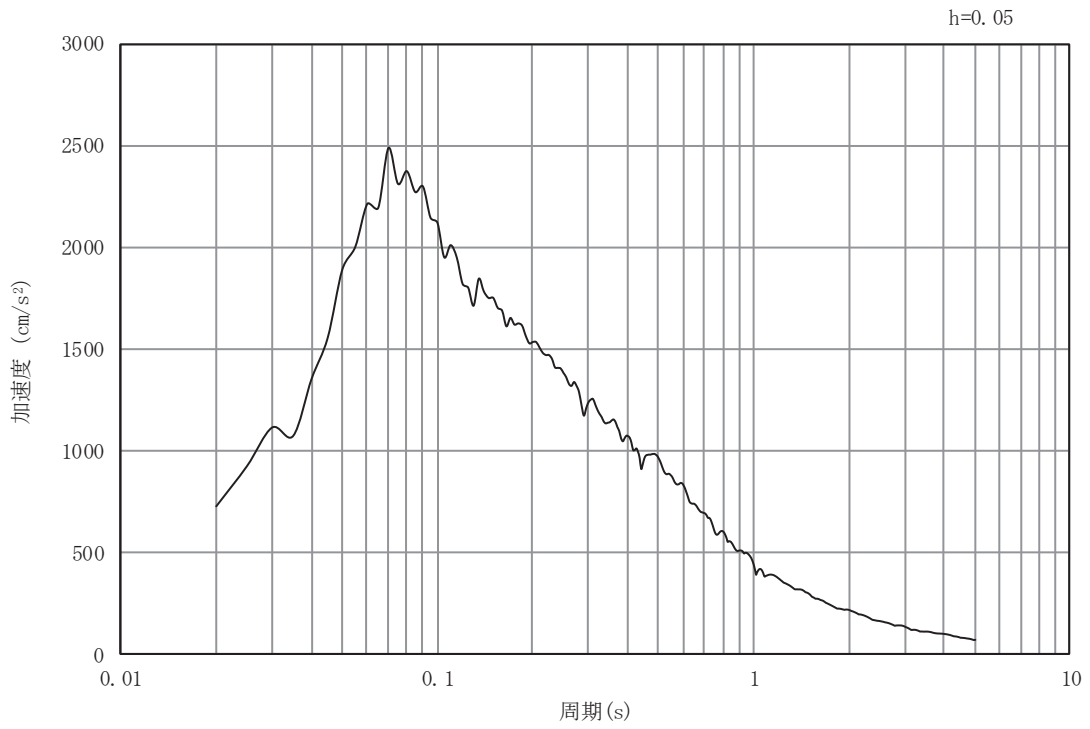


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(2) 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
(鉛直方向: S s - D 1)

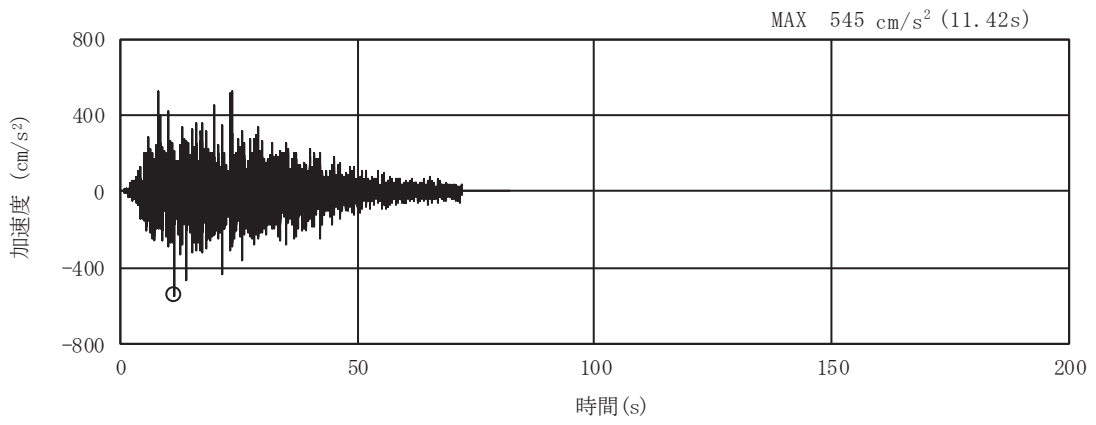


(a) 加速度時刻歴波形

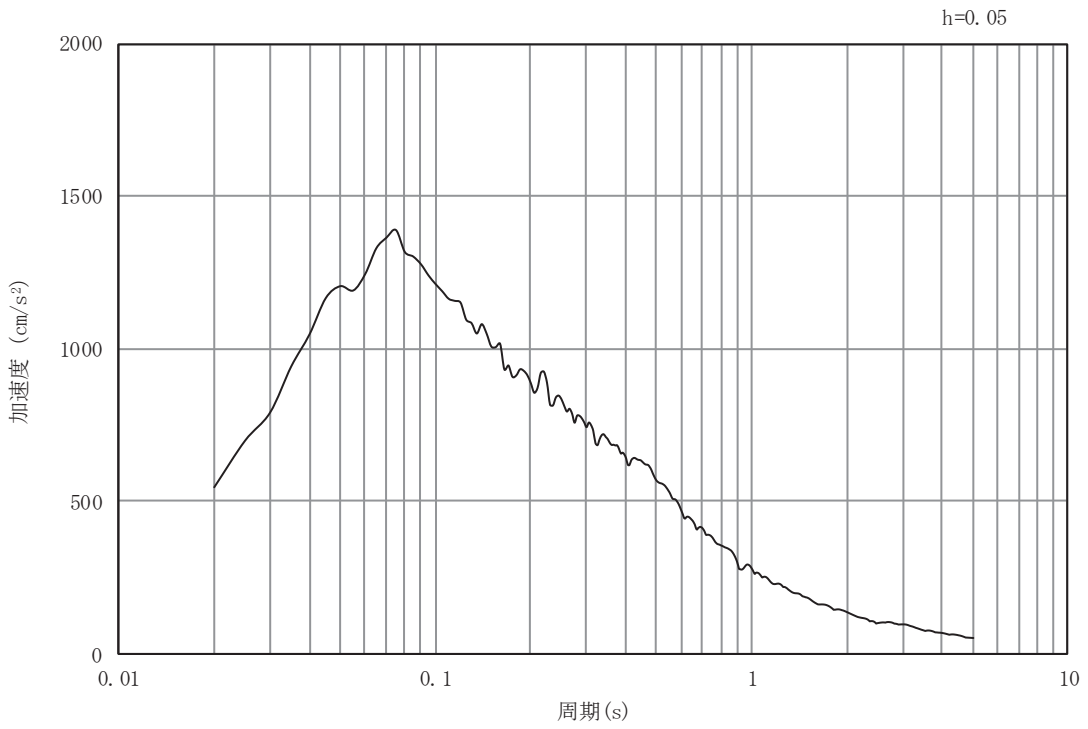


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(3) 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
(水平方向 : S s - D 2)

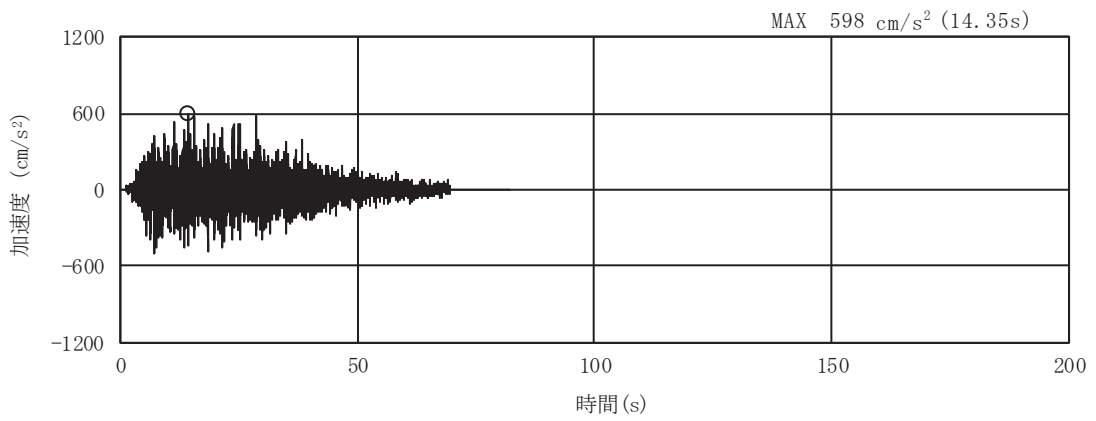


(a) 加速度時刻歴波形

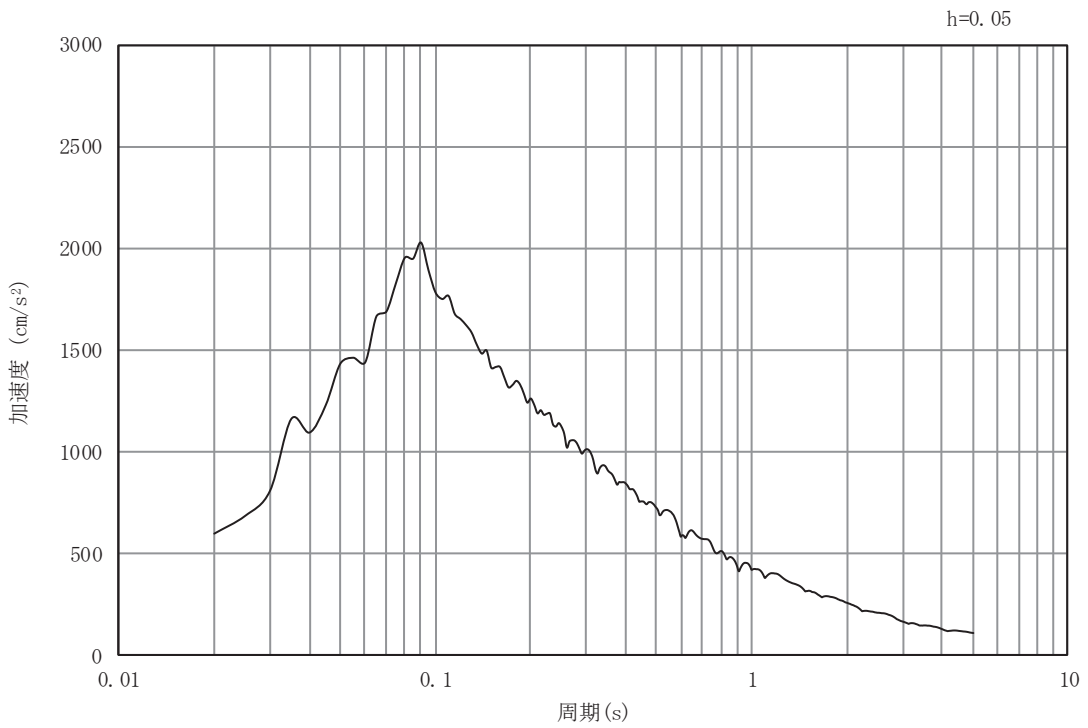


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(4) 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
(鉛直方向：S s - D 2)

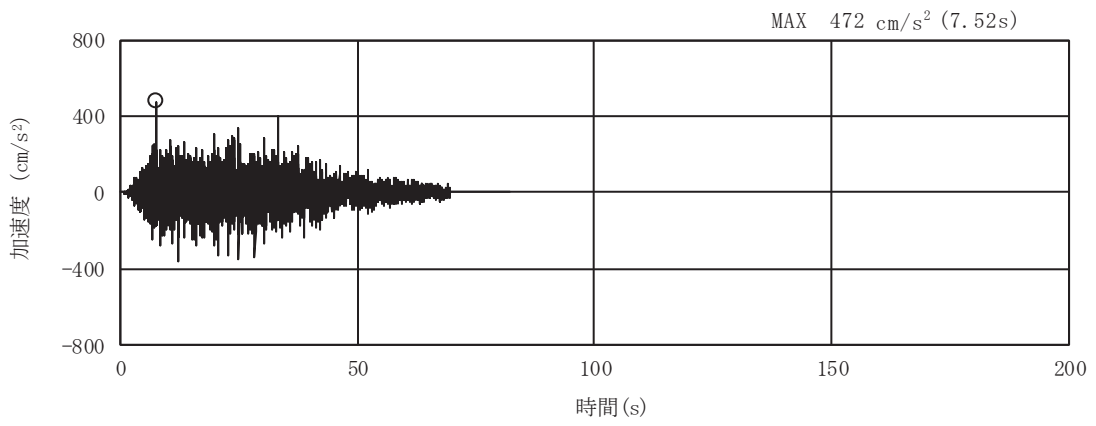


(a) 加速度時刻歴波形

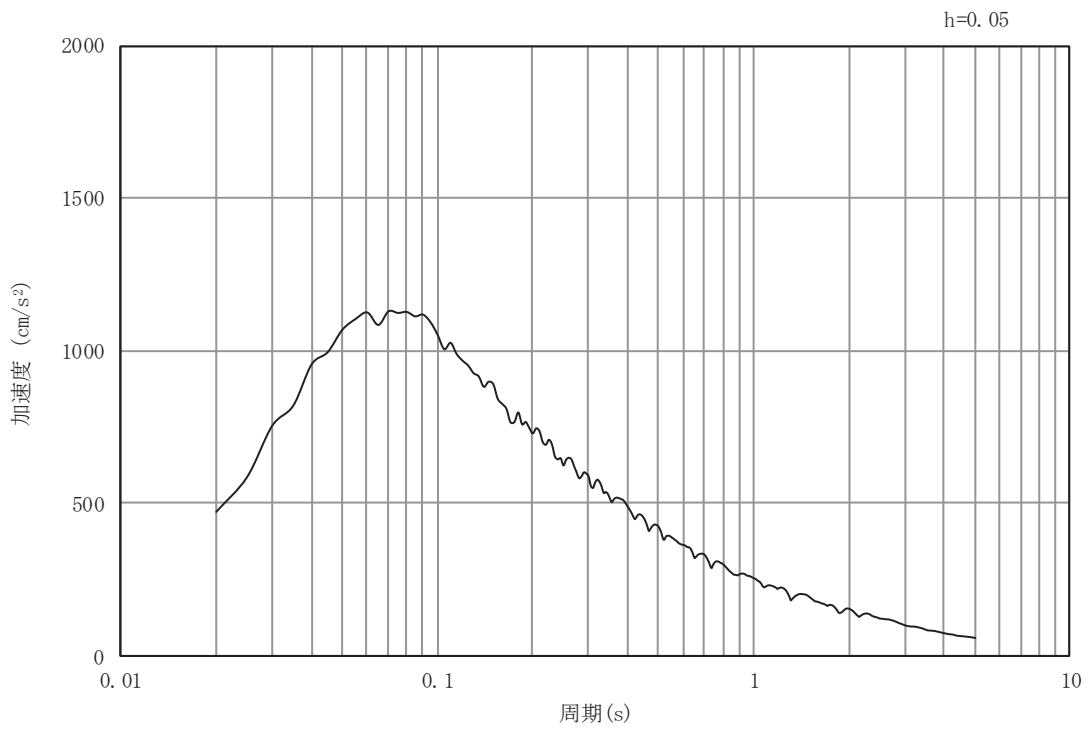


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(水平方向: S s - D 3)

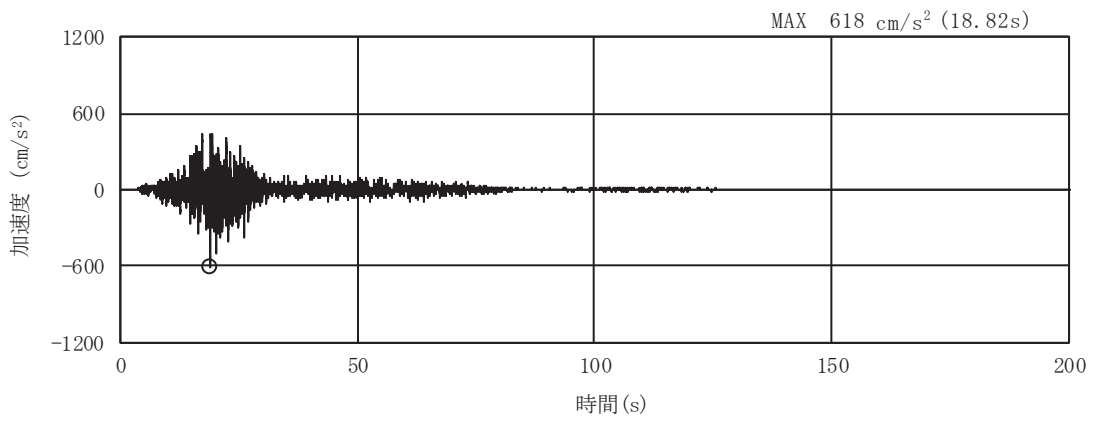


(a) 加速度時刻歴波形

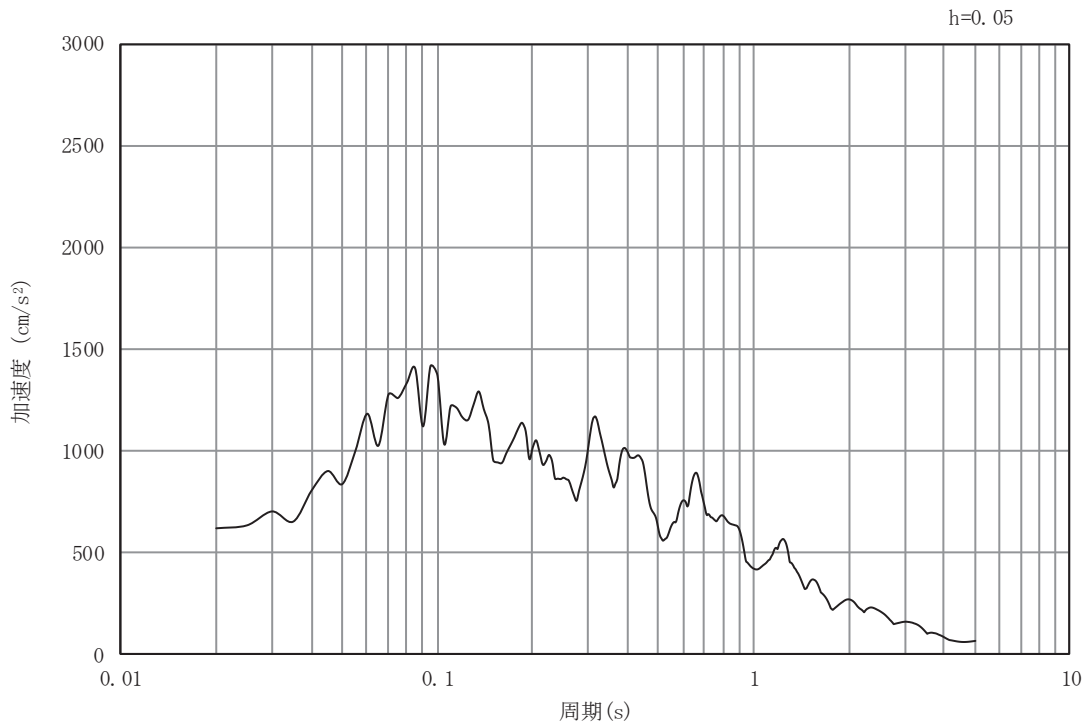


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(鉛直方向：S s - D 3)

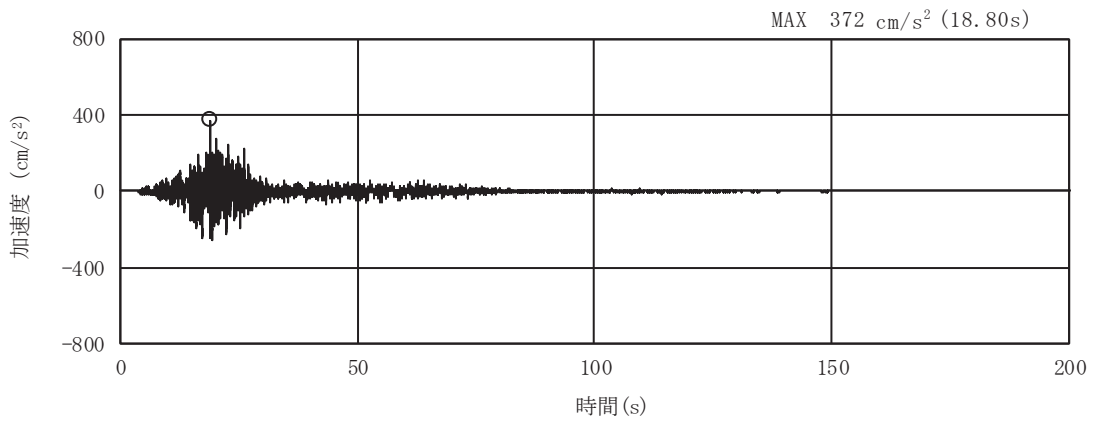


(a) 加速度時刻歴波形

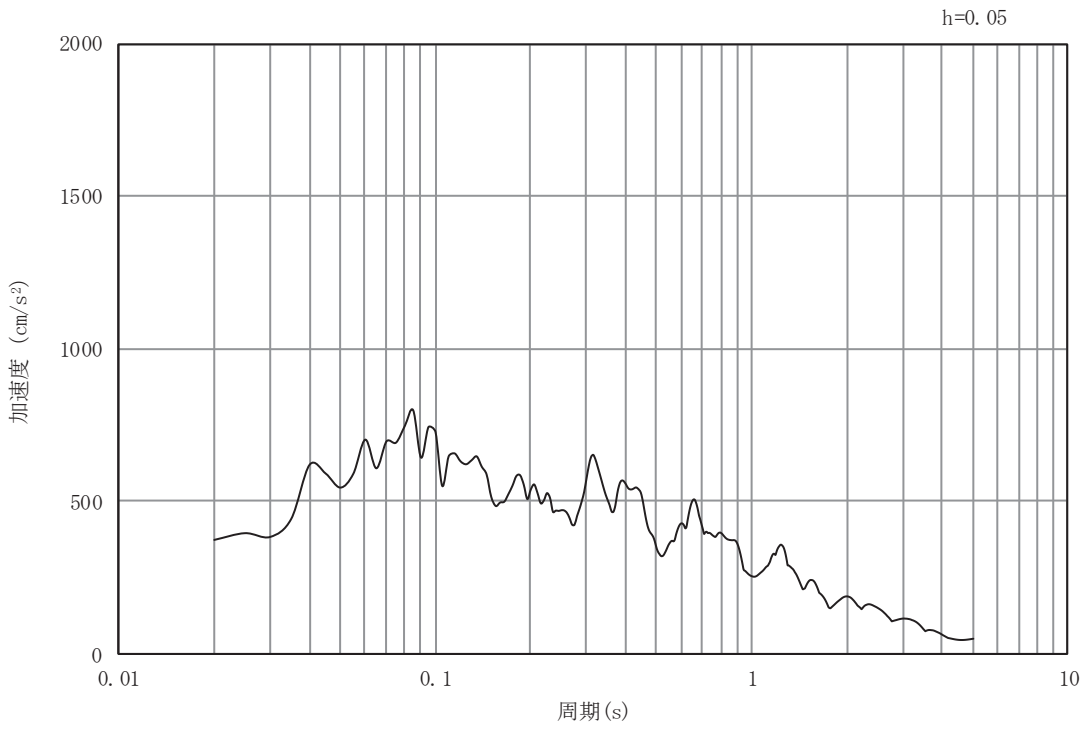


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(水平方向 : S s - F 1)

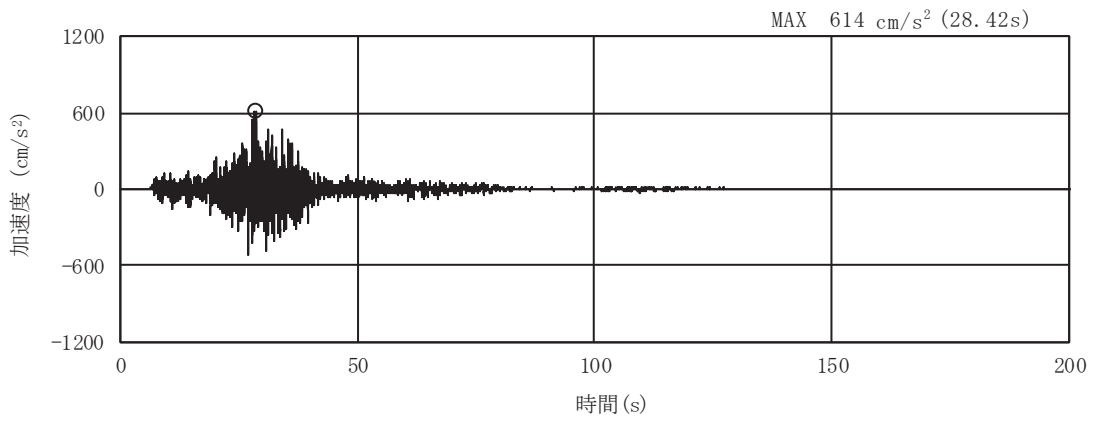


(a) 加速度時刻歴波形

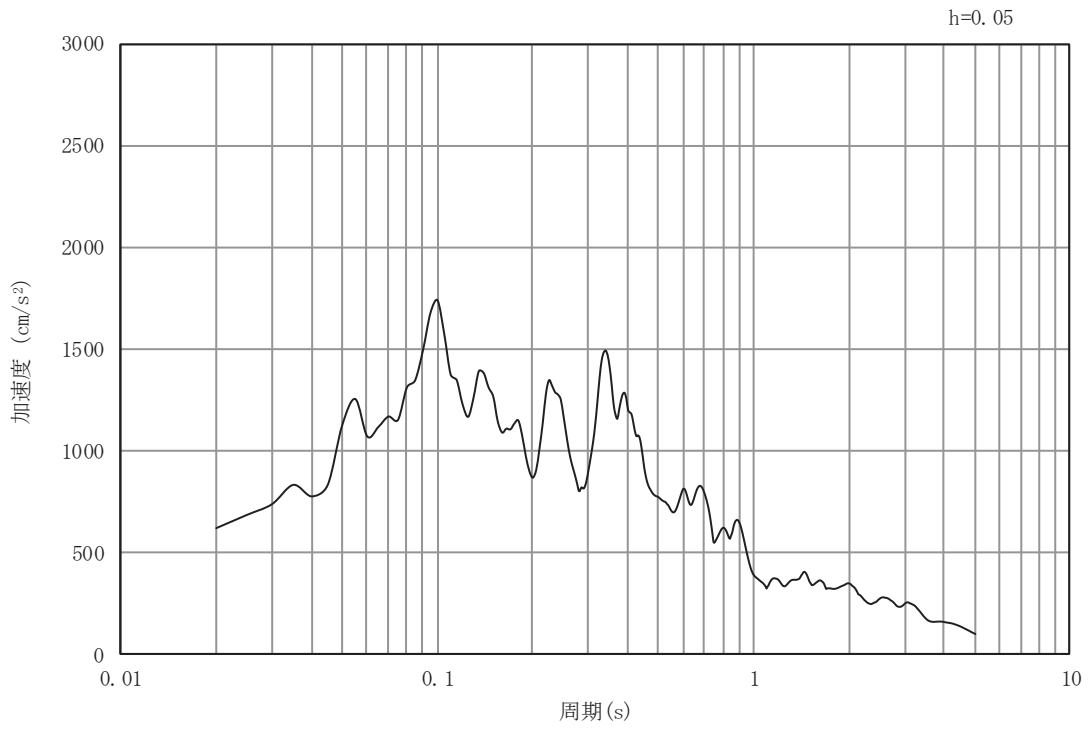


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(鉛直方向：S s - F 1)

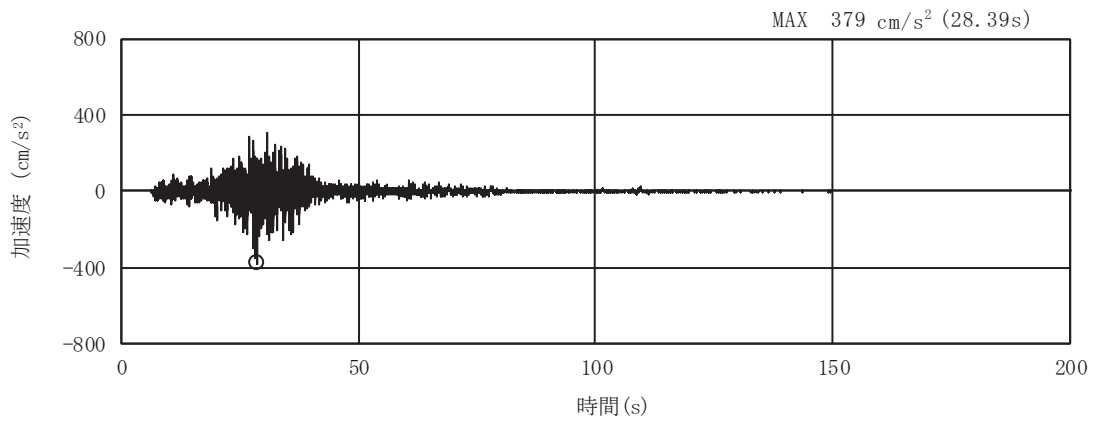


(a) 加速度時刻歴波形

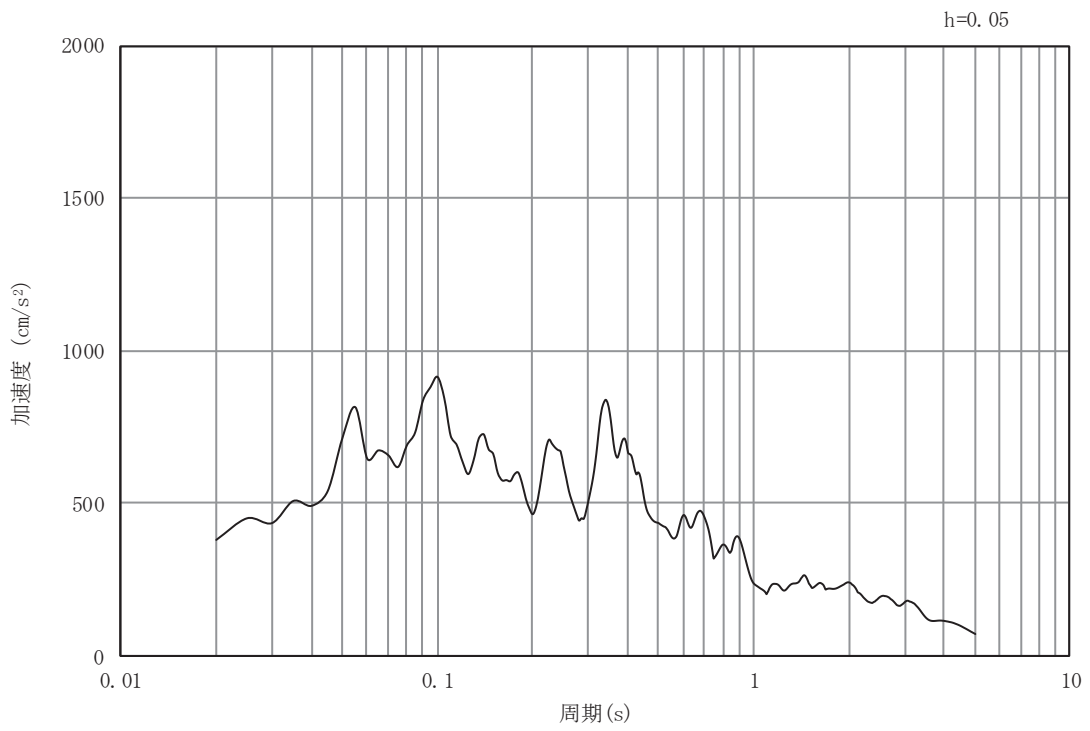


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(水平方向 : S s - F 2)

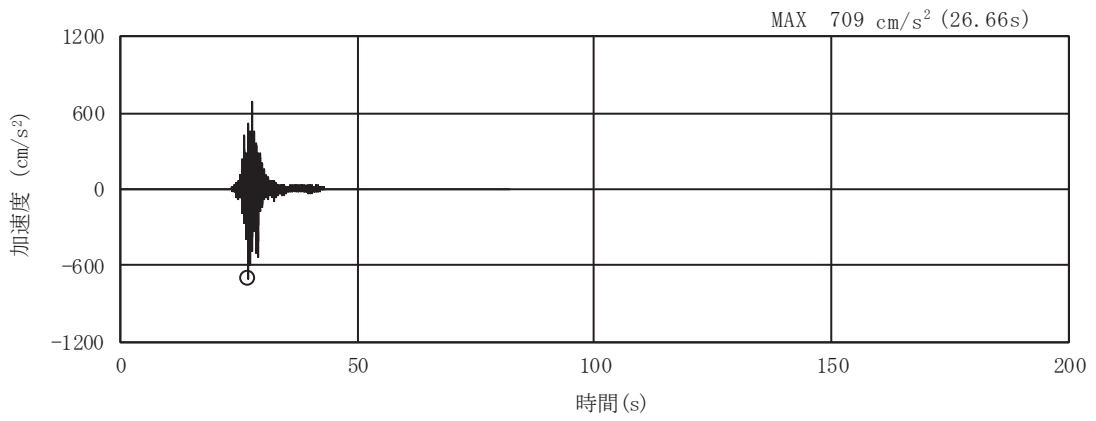


(a) 加速度時刻歴波形

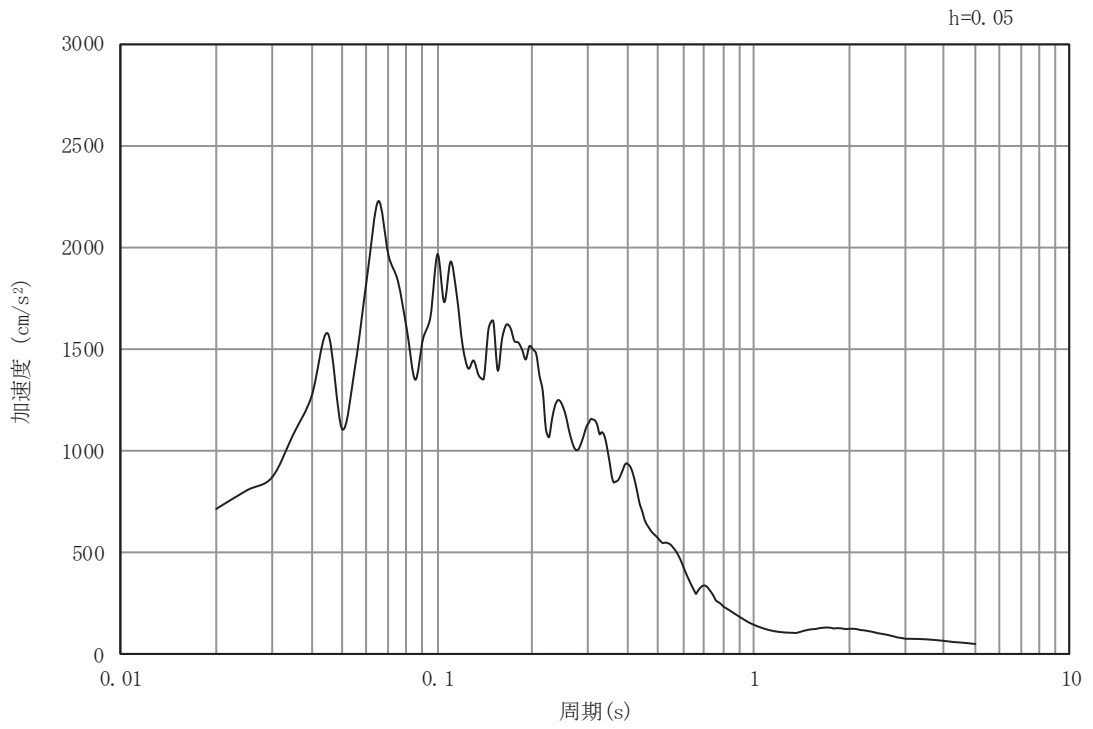


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(鉛直方向：S s - F 2)

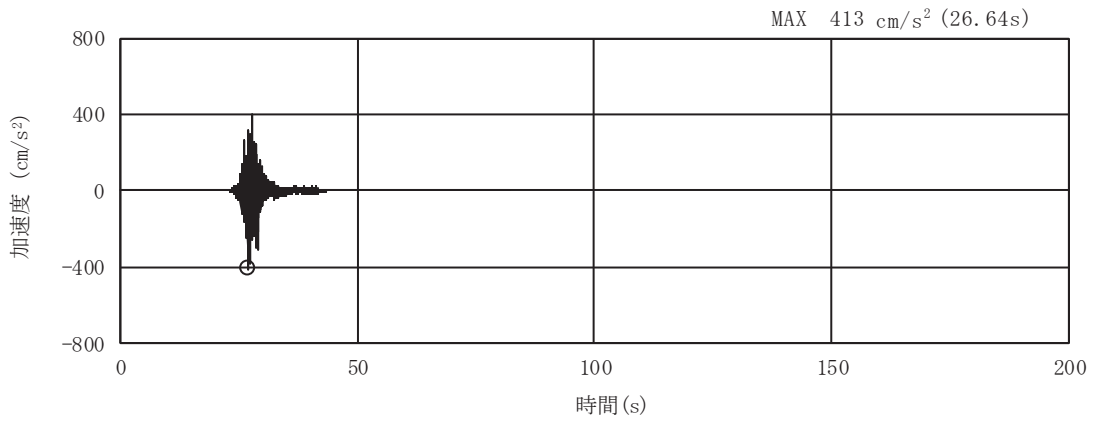


(a) 加速度時刻歴波形

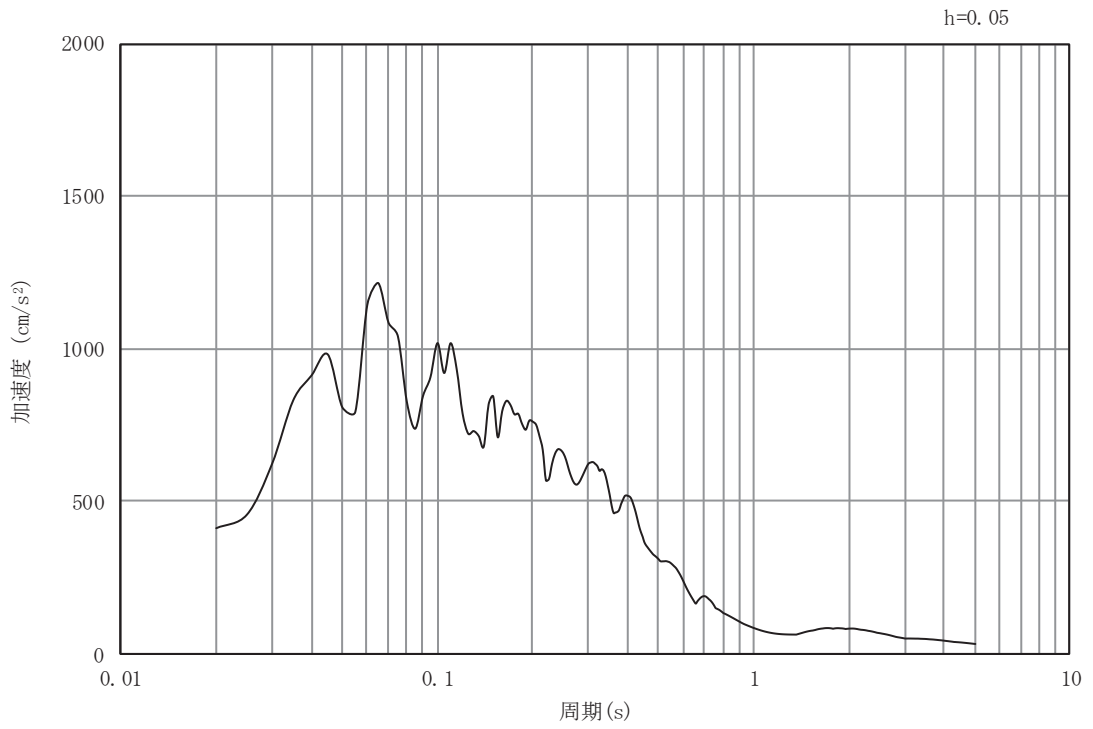


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(水平方向 : S s - F 3)

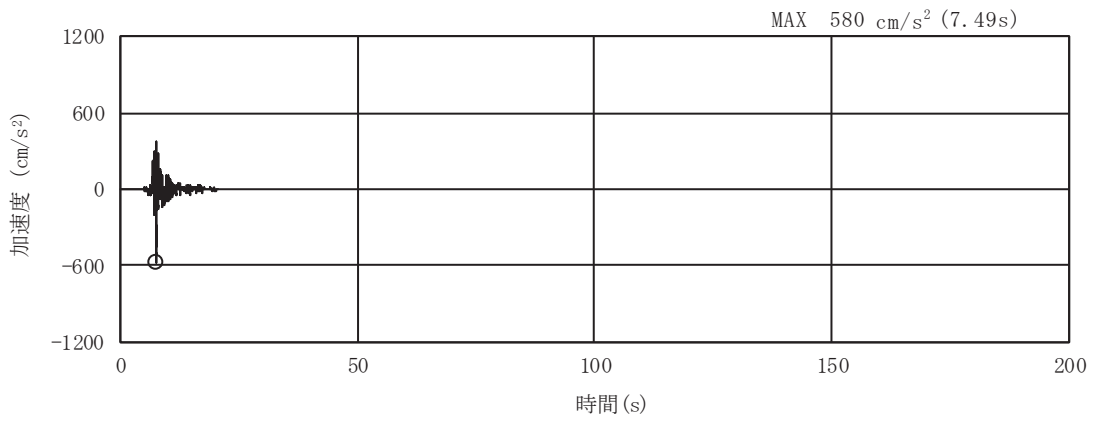


(a) 加速度時刻歴波形

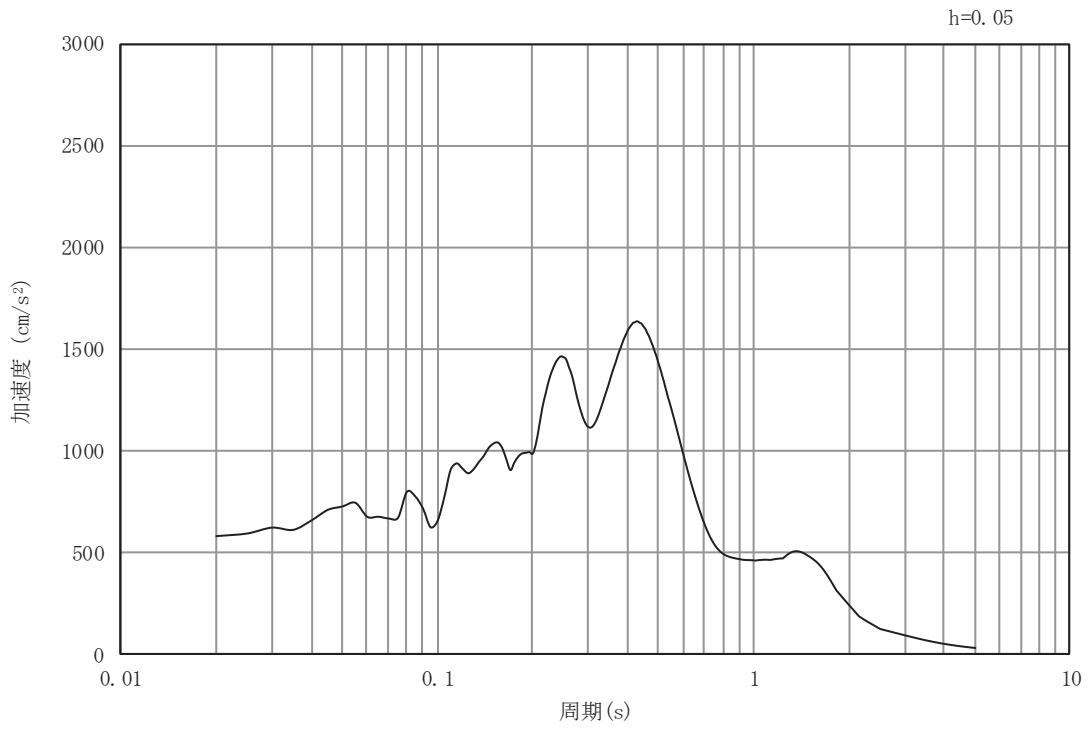


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(鉛直方向：S s - F 3)

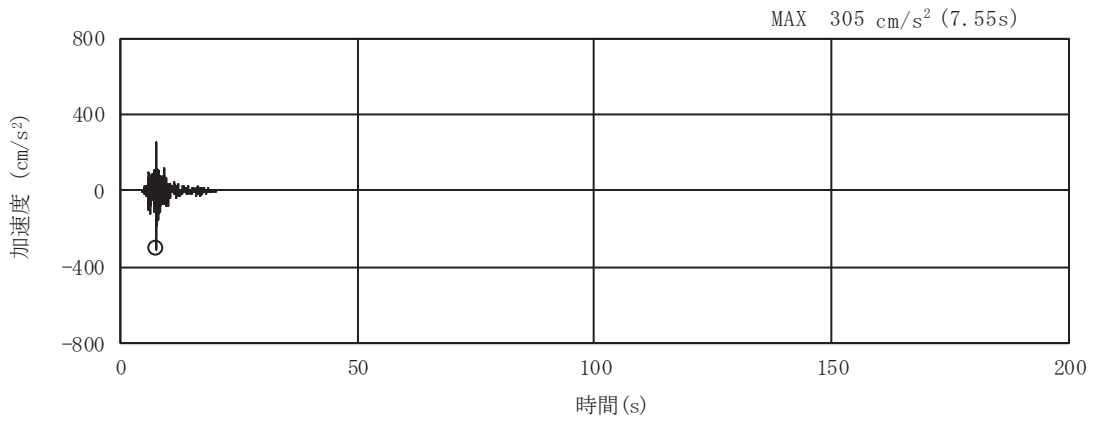


(a) 加速度時刻歴波形

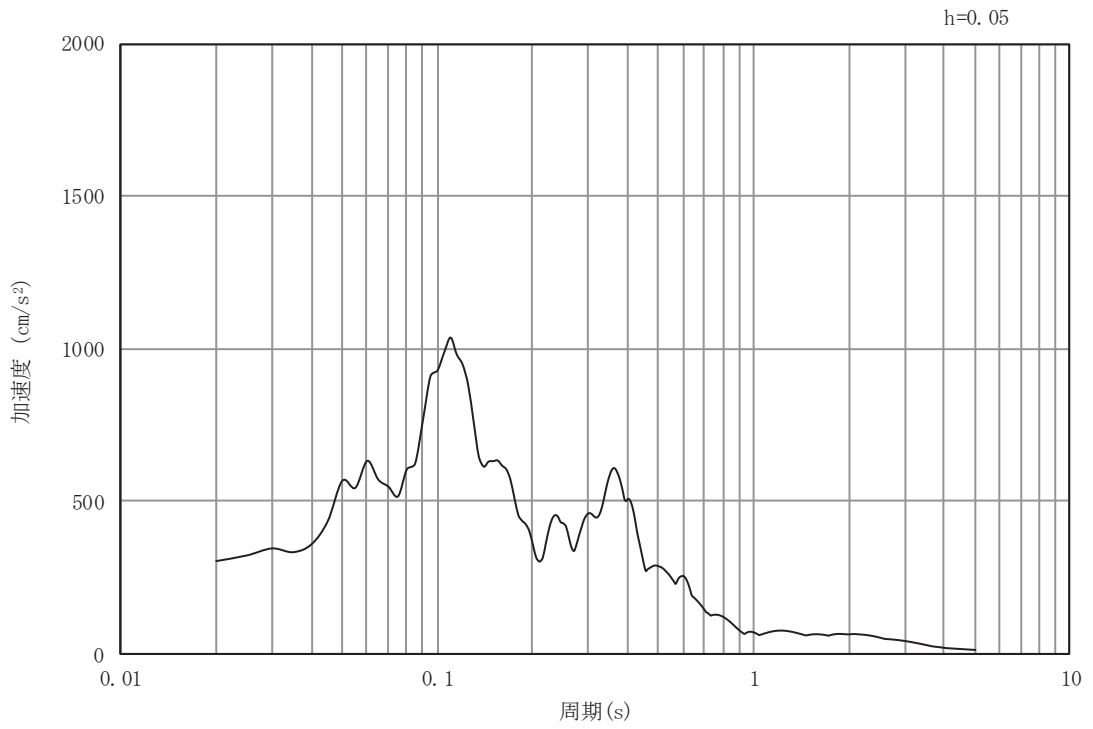


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-4(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
(水平方向 : 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 3-4(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
(鉛直方向：S s - N 1)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

南側排水路の地震応答解析モデルを図 3-5 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

MMR については、線形平面ひずみ要素によりモデル化する。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）について、鋼管杭は線形はり要素（ビーム要素）、背面補強工は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

(4) 地盤のモデル化

線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。

(5) ジョイント要素の設定

地震時の「背面補強工と背面補強工（施工目地部）」、「MMR と背面補強工」、「MMR と岩盤」、「背面補強工と岩盤」との接合面における剥離及びすべりを考慮するため、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

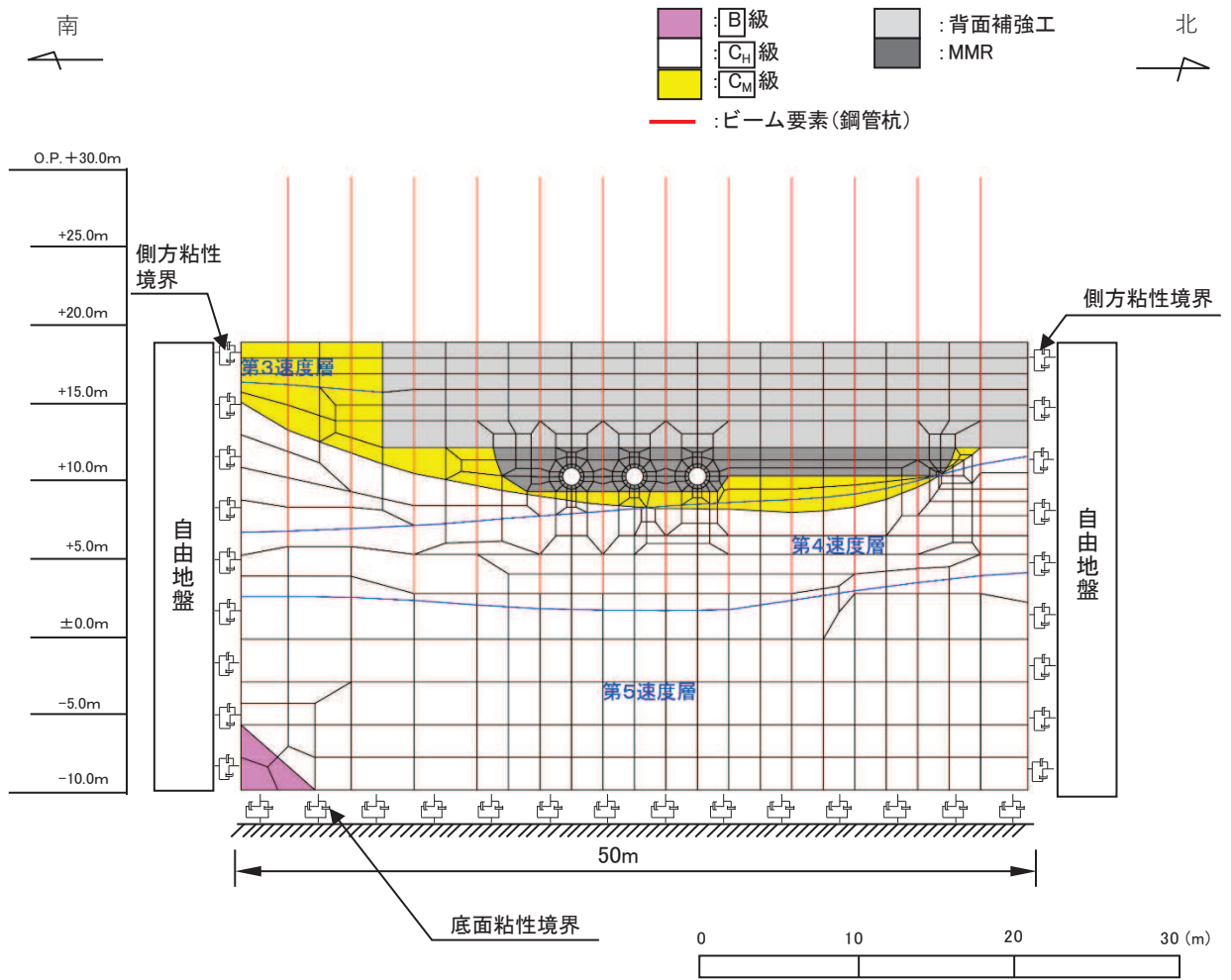


図 3-5 南側排水路の解析モデル (A-A' 断面)

3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を表 3-4 に、材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4(1) 使用材料 (MMR)

	設計基準 強度 f'_{ck} (N/mm ²)	単位体積 重量 (kN/m ³)	ヤング 係数 (N/mm ²)	ポアソン 比 ν	せん断弾性 係数 (N/mm ²)	減衰定数 (%)
MMR	21	22.5	23500	0.2	9792	5

表 3-4(2) 使用材料 (防潮堤 (鋼管式鉛直壁))

材料	諸元
コンクリート (背面補強工)	設計基準強度 30N/mm ²
鋼管杭	SM570, SKK490

表 3-5 材料の物性値

材料	項目	材料諸元
コンクリート (背面補強工)	単位体積重量 (kN/m ³)	24.0
	ヤング係数 (N/mm ²)	2.80×10^4
	ポアソン比	0.2
鋼管杭 (SM570, SKK490)	単位体積重量 (kN/m ³)	77.0
	ヤング係数 (N/mm ²)	2.00×10^5
	ポアソン比	0.3

3.5.3 地盤の物性値

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

3.5.4 地下水位

地下水位については、添付書類「VI-2-1-3 地盤の支持性能に係る基本方針」に従って設定した設計用地下水位を図 3-2 及び表 3-6 に示す。

設計用地下水位については、岩盤表面（MMR 上面）に設定する。

表 3-6 設計用地下水位

評価対象断面	設計用地下水位
A-A' 断面	岩盤表面（MMR 上面）に設定する。

3.6 許容限界

3.6.1 MMR

許容限界は、添付書類「VI-2-13-1 地下水位低下設備の耐震設計の方針」に基づき、MMR が引張破壊又はせん断破壊しないこととして、引張破壊に対しては引張強度、せん断破壊に対してはせん断強度とする。

引張強度は「土木学会 2002 年 コンクリート標準示方書 構造性能照査編」に基づき設定する。MMR の許容限界（引張強度）を表 3-7 に示す。

表 3-7 MMR の許容限界（引張強度）

	項目	許容限界(N/mm ²)
MMR	引張強度 σ_t	1.03*

注記 *：引張強度 σ_t は以下のとおり設定する。

$$\begin{aligned}\sigma_t &= f_{td} / \gamma_b = (f_{tk} / \gamma_c) / \gamma_b = (0.23 \times 21^{2/3} / 1.3) / 1.3 \\ &= 1.03 \text{ (N/mm}^2\text{)}\end{aligned}$$

ここに、

f_{td} : 設計引張強度 (= f_{tk} / γ_c)

f_{tk} : 引張強度 (= $0.23 \cdot f'_{ck}{}^{2/3}$)

f'_{ck} : 設計基準強度 (= 21 N/mm²)

γ_b : 部材係数 (= 1.3)

γ_c : 材料係数 (= 1.3)

せん断強度は、「土木学会 2013 年 コンクリート標準示方書 ダムコンクリート編」より算出する。MMR の許容限界（せん断強度）を表 3-8 に示す。

表 3-8 MMR の許容限界（せん断強度）

項目			許容限界
設計基準強度	f'_{ck}	N/mm ²	21
内部摩擦角	ϕ	°	0*1
せん断強度	τ_0	N/mm ²	4.2*2

注記 *1：保守的に考慮しないこととする

*2： $\tau_0 = 1/5 q_u \rightarrow \tau_0 = 0.2 f'_{ck}$

3.6.2 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、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、支持力試験により設定する。基礎地盤の許容限界を表 3-9 に示す。

表 3-9 基礎地盤の支持力に対する許容限界

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

3.7 評価方法

南側排水路の耐震評価は、地震応答解析により算定した応答値が「3.6 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

3.7.1 MMR の健全性評価

南側排水路の役割である排水機能の維持に周辺の MMR が寄与することを踏まえ、排水断面（内空 1.0m）が閉塞しないことを確認するために、図 3-6 に示す排水断面の周囲 1D（1.0m）分の範囲を包絡するよう評価対象範囲を設定し、この範囲の MMR を施設に相当するものとして評価を行う。

MMR の健全性評価においては、地震応答解析により算定した MMR の応力（引張応力及びせん断応力）が、引張破壊及びせん断破壊の許容限界以下となることを確認する。

なお、「土木学会 2016 年 トンネル標準示方書 [山岳工法編]・同解説」によると、図 3-7 に示すとおり、小断面トンネル（内空幅 3.0m～5.0m）においては、標準的な「吹付け厚+覆工厚」が 25cm～32cm であることも踏まえ、より内空幅が小さい南側排水路において、円形断面の周囲 1D（1.0m）分の MMR の健全性を確認することは妥当である。

引張破壊に対する照査値が最大となる時刻の局所安全係数分布図を図 3-8 に、せん断強度破壊に対する照査値が最大となる時刻の局所安全係数分布図を図 3-9 に示す。

局所安全係数分布図は S_s の位相、岩盤のばらつきを考慮したケースで最大となる照査値から選定する。

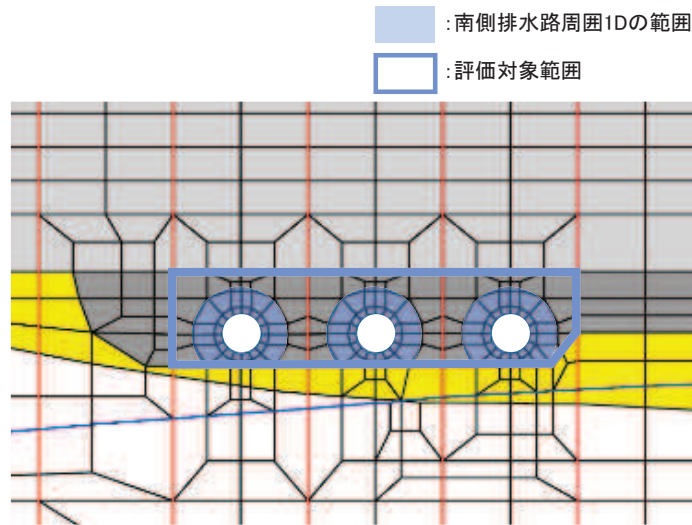


図 3-6 評価対象範囲の考え方

解説表 3.3.3 道路トンネル(小断面)の標準的な支保パターンの例(文献⁵⁾を加筆修正)

(小断面トンネル 内空幅3.0~5.0m程度)

地山等級	支保パターン	標準 掘進長 (m)	ロックボルト				鋼製支保工			吹付け厚 (cm)	覆工厚* (cm)	掘削 工法
			長さ (m)	施工間隔		施工範囲	種類	建込 間隔 (m)				
				周 方向 (m)	延長 方向 (m)							
B	B	2.0	なし	—	—	—	なし	—	5	20	全断面 工法	
CI	CI	1.5	2.0	1.2	1.2~ 1.5	上, 下半	なし	—	5	20		
CH	CH	1.2										
DI	DI	1.0	2.0	1.0	1.0	上, 下半	H-100	1.0	10	20		
DII	DII	1.0	2.0~3.0	1.0 以下	1.0	上, 下半	H-100	1.0	10~12	20		

* 当該トンネルの利用状況および地山状況等を考慮し、覆工の省略を検討する必要がある。

図 3-7 道路トンネル(小断面)の標準的な覆工厚さ

(「土木学会 2016年 トンネル標準示方書[山岳工法編]・同解説」抜粋)

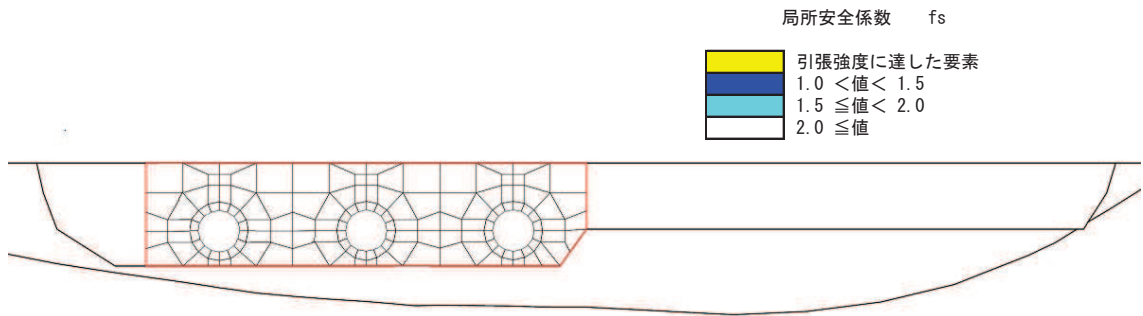


図 3-8 MMR の引張破壊に対する照査値最大となる時刻の局所安全係数分布図
 (S_s - F 2 (++) , t=28.33s)
 (解析ケース③ : 地盤物性値のばらつき(-1σ)を考慮した解析ケース)

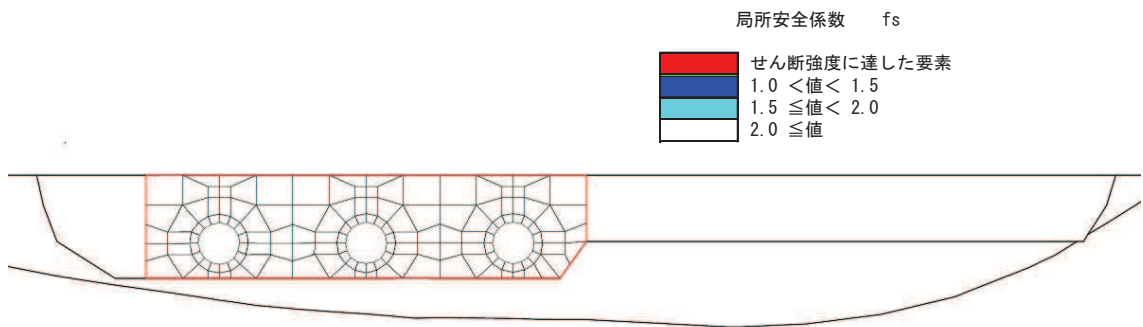


図 3-9 MMR のせん断破壊に対する照査値最大となる時刻の局所安全係数分布図
 (S_s - F 3 (-+) , t=27.64s)
 (解析ケース① : 基本ケース)

3.7.2 基礎地盤の支持性能

基礎地盤の支持性能については、地震応答解析から算定した最大接地圧が、「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. 耐震評価結果

4.1 MMR の健全性に対する評価結果

MMR の引張破壊に対する照査値を表 4-1 に、せん断破壊に対する照査値を表 4-2 に示す。
MMR の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 引張破壊に対する最大照査値

地震動（位相）	解析ケース	発生応力 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a/b)
S _s -F2 (++)	③	0.30	1.03	0.30

表 4-2 せん断破壊に対する照査値

地震動（位相）	解析ケース	発生応力 (N/mm ²) (a)	許容限界 (N/mm ²) (b)	照査値 (a/b)
S _s -F3 (-+)	①	0.42	4.2	0.10

4.2 地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能評価照査における最大照査値を表 4-3, 最大接地圧分布図を図 4-1 に示す。

基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力以下であることを確認した。

表 4-3 基礎地盤の支持性能評価結果

地震動 (位相)	解析 ケース	最大接地圧 R_a (N/mm ²)	極限支持力 R_{ua} (N/mm ²)	照査値 R_a / R_{ua}
S _s -D3 (++)	①	0.5	13.7	0.04

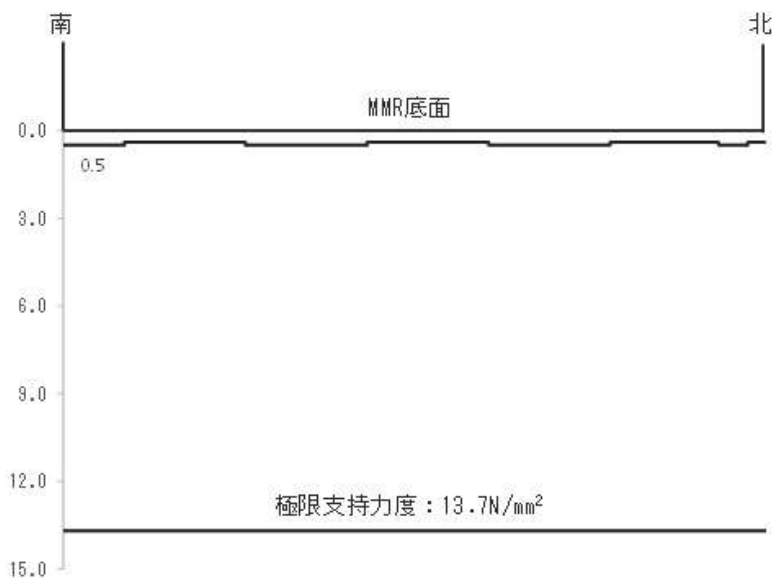


図 4-1 基礎地盤の支持力照査における最大照査値の接地圧分布 (S_s-D3 (++) , ケース①: 基本ケース)