

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-19-0176_改1
提出年月日	2021年9月8日

VI-2-11-2-19 北側排水路の耐震性についての計算書

2021年9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	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	11
3.2.1	構造部材	11
3.2.2	材料物性及び地盤物性のばらつき	11
3.2.3	減衰定数	12
3.2.4	解析ケース	12
3.3	荷重及び荷重の組合せ	14
3.3.1	耐震評価上考慮する状態	14
3.3.2	荷重	14
3.3.3	荷重の組合せ	15
3.4	入力地震動	16
3.5	解析モデル及び諸元	31
3.5.1	解析モデル	31
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	33
3.5.3	地盤の物性値	34
3.5.4	地下水位	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
3.7	評価方法	36
3.7.1	構造部材の健全性評価	36
4.	耐震評価結果	39
4.1	構造部材の健全性に対する評価結果	39

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-11-1 波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラス施設の耐震評価方針」に基づき、北側排水路が、上位クラス施設である防潮堤（盛土堤防）内を横断していることから、上位クラス施設に対して波及的影響を及ぼさないことを説明するものである。

波及的影響の評価は、上位クラス施設の機能が保持されることを確認するために、下位クラス施設である北側排水路を対象に、防潮堤（盛土堤防）の設計に適用する基準地震動 $S_s$ を用いた地震応答解析を行い、構造部材の健全性評価を実施することで、北側排水路が十分な構造強度を有することを確認する。

なお、北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

北側排水路の位置を図 2-1 に、波及的影響評価の対象区間を図 2-2 に示す。

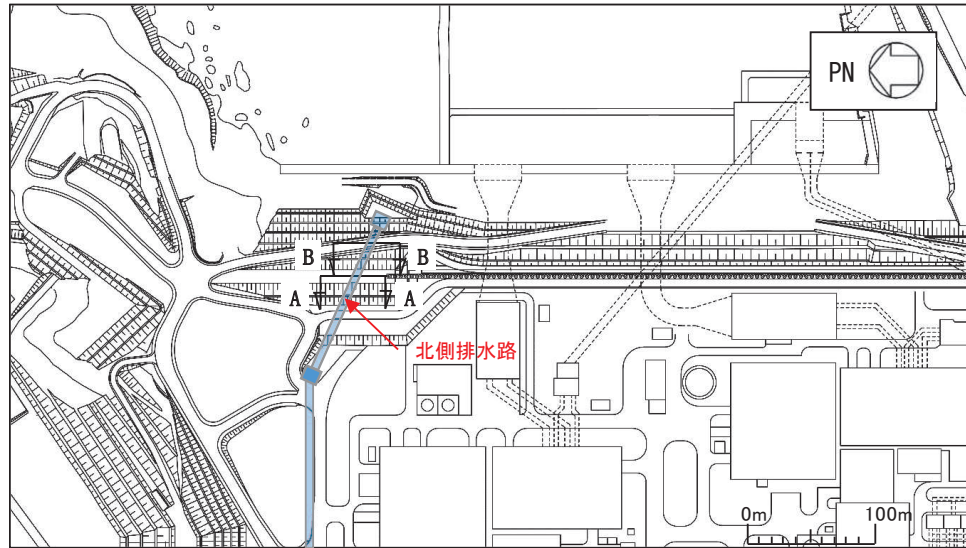


図 2-1 北側排水路の位置図

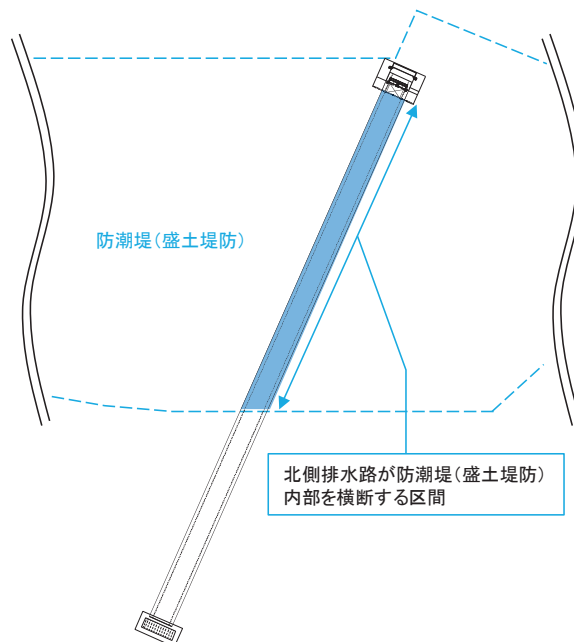


図 2-2 北側排水路の波及的影響評価の対象区間

## 2.2 構造概要

北側排水路の平面図を図 2-1 に、断面図を図 2-3 に、概略配筋図を図 2-4 に示す。

北側排水路は、延長約 115m、内空幅約 3.5m、内空高さ約 2.5m のプレキャスト鉄筋コンクリート造の地中構造物であり、防潮堤（盛土堤防）の内部を横断している。

また、防潮堤（盛土堤防）は、改良地盤を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。

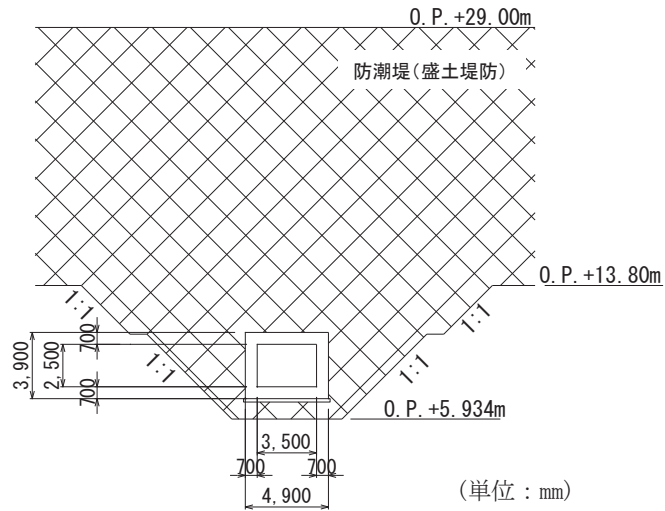


図 2-3(1) 北側排水路の断面図 (A-A 断面)

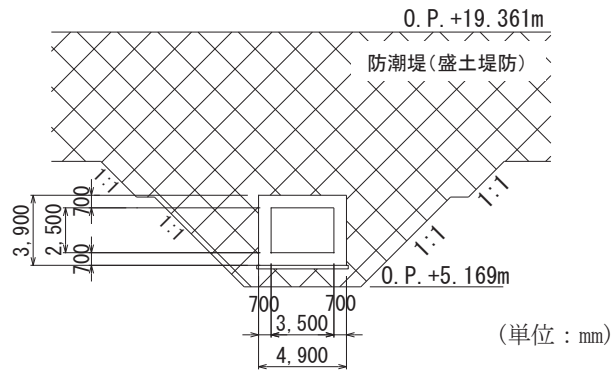


図 2-3(2) 北側排水路の断面図 (B-B 断面)

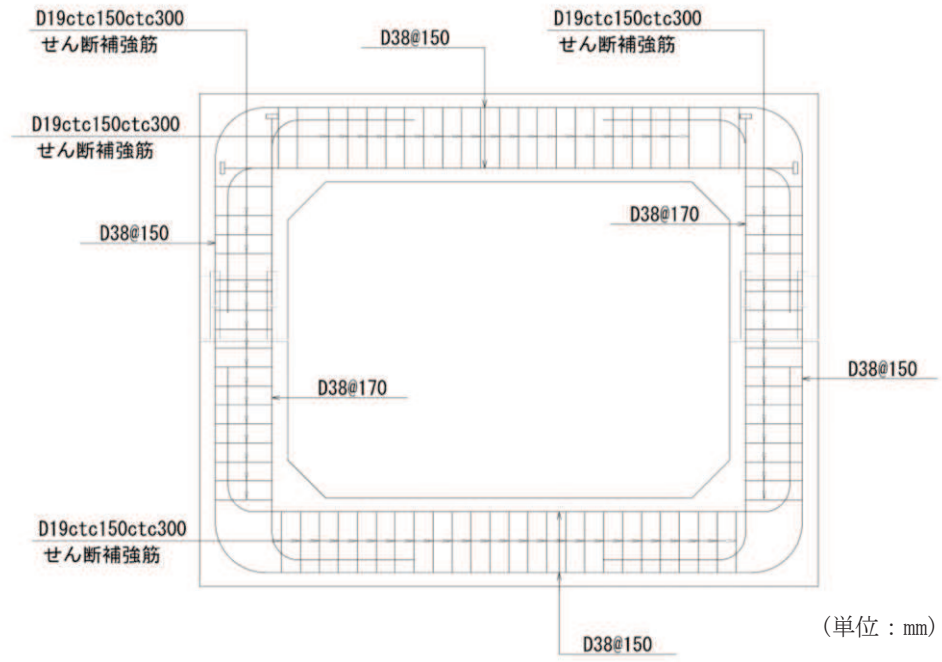


図 2-4 北側排水路の概略配筋図 (A-A 断面, B-B 断面共通)

### 2.3 評価方針

北側排水路は、防潮堤（盛土堤防）と同じ運転状態を想定することから、設計基準対象施設及び重大事故等対処施設に対する波及的影響評価を行う。

北側排水路の耐震評価フローを図 2-5 に示す。

北側排水路の波及的影響評価は、地震応答解析により得られた解析結果に基づき、表 2-1 の北側排水路の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価を行う。

構造部材の健全性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発生応力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せん断力が許容限界以下であることを確認する。

ここで、北側排水路は、運転時、設計基準事故時及び重大事故時の状態における圧力、温度等について、波及的影響評価における手法及び条件に有意な差異はなく、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。

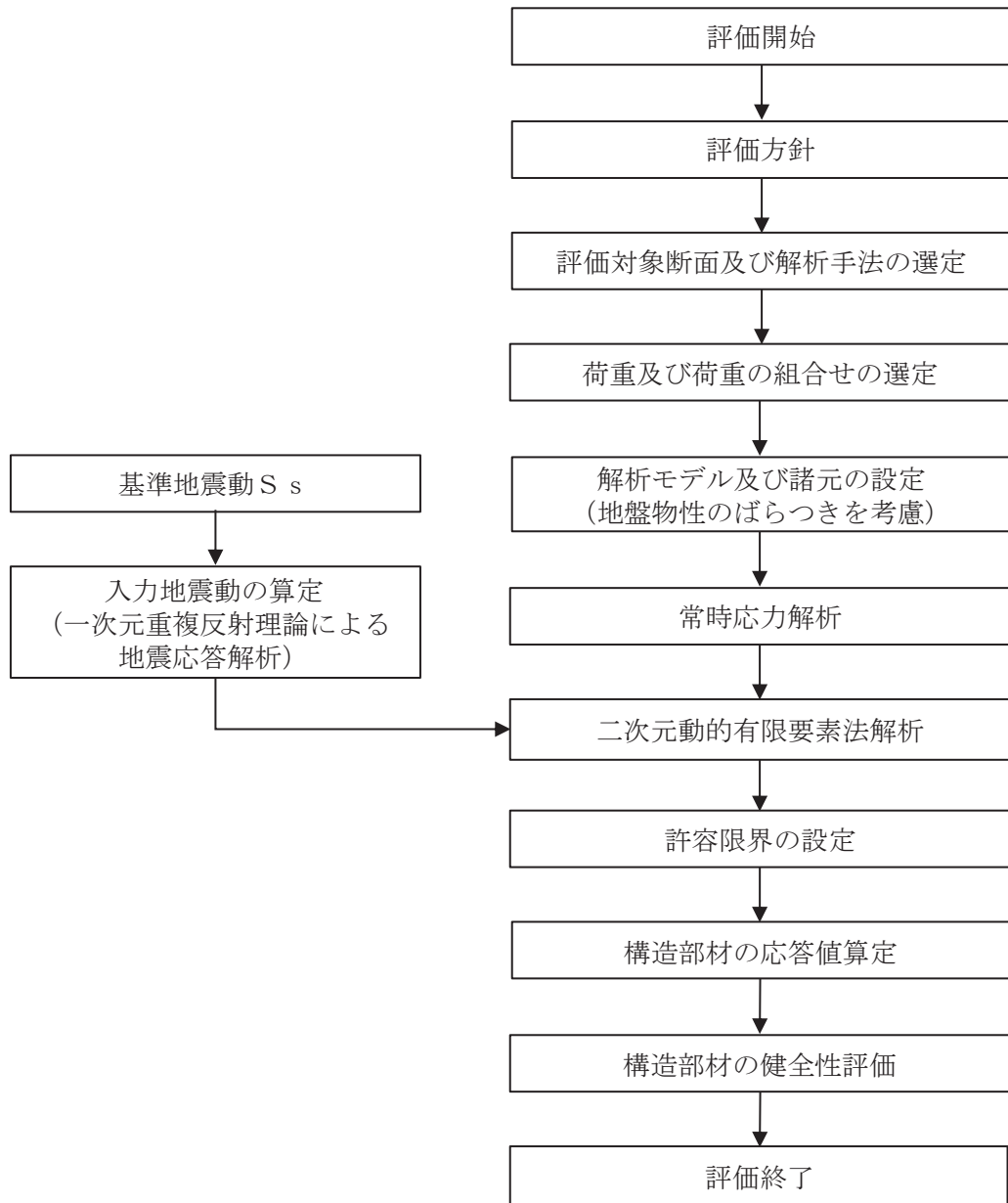


図 2-5 北側排水路の耐震評価フロー



表 2-1 北側排水路の評価項目

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	発生する応力が許容限界以下であることを確認	曲げ軸力	短期許容応力度
				せん断力	短期許容せん断力

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・ コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）
- ・ 耐津波設計に係る工認審査ガイド（原子力規制委員会，平成25年6月制定）（以下「耐津波設計に係る工認審査ガイド」という。）
- ・ 道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ・ 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。）
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987（日本電気協会）

### 3. 耐震評価

#### 3.1 評価対象断面

北側排水路の評価対象断面位置を図 3-1 に示す。北側排水路のうち、防潮堤（盛土堤防）を横断する範囲で土被り厚さが最も大きく耐震評価上最も厳しい断面（A-A 断面）を、評価対象断面として選定する。

評価対象断面は、北側排水路の弱軸方向である、北側排水路の直交断面を基本として考えるが、防潮堤（盛土堤防）と防潮堤（鋼管式鉛直壁）の境界部にセメント改良土の斜面を有する防潮堤の構造を踏まえ、汀線平行方向（防潮堤縦断方向）の断面を選定する。

北側排水路の評価対象断面図を図 3-2 に示す。

A-A 断面：防潮堤（盛土堤防）を横断する範囲で土被り厚さが最も大きく耐震評価上最も厳しい断面。

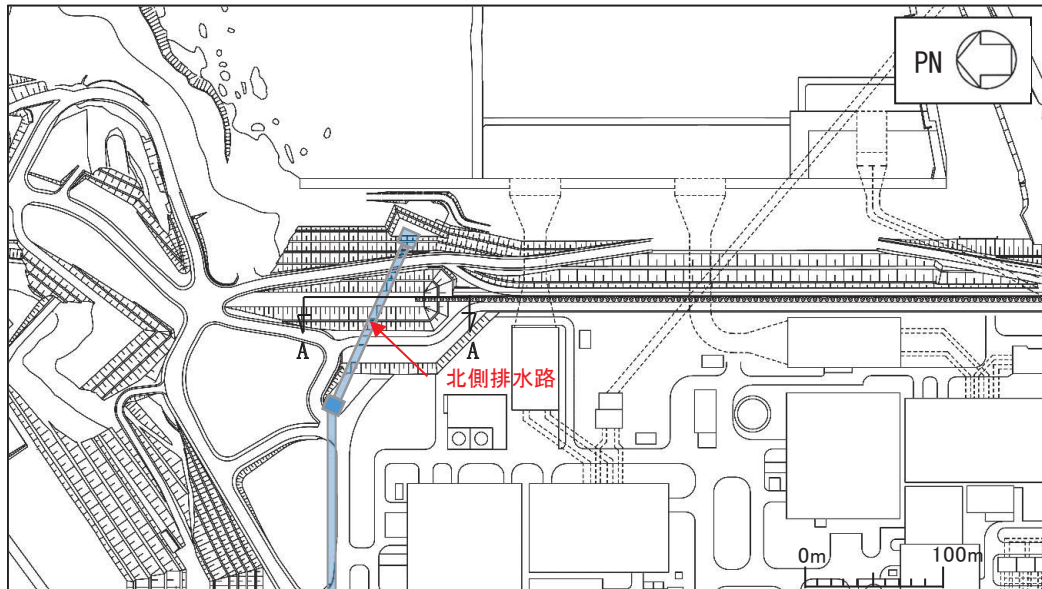


図 3-1 北側排水路の評価対象断面位置図

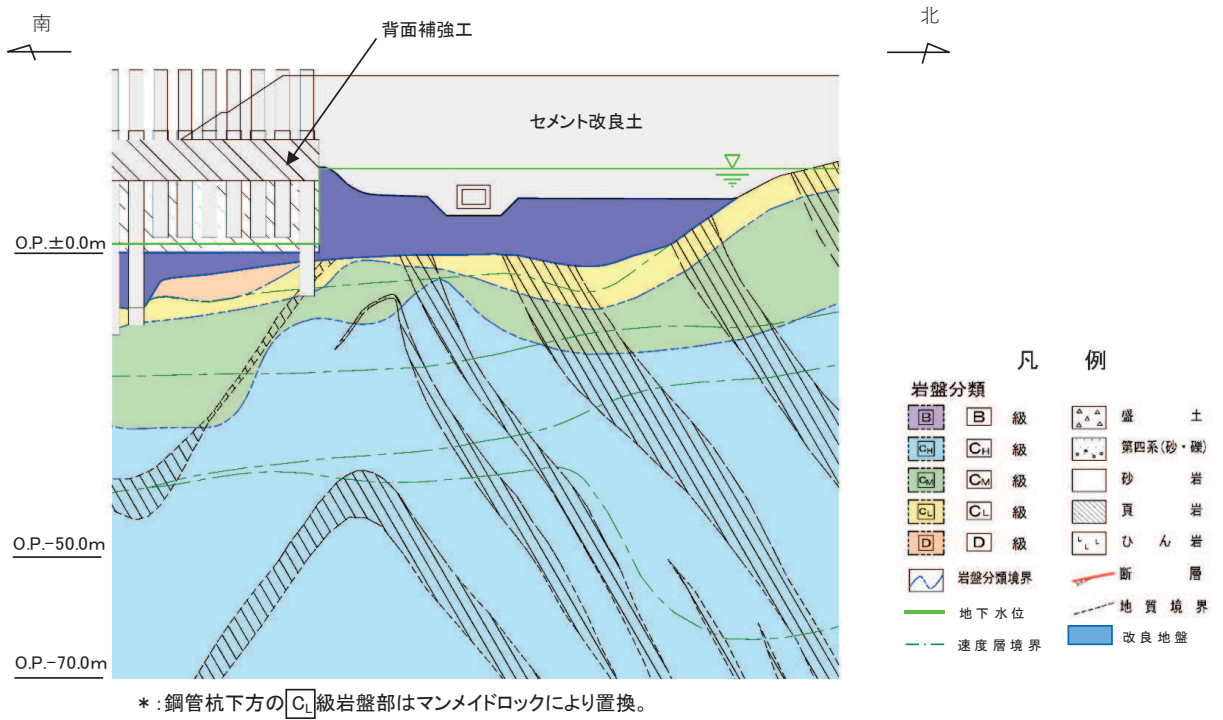


図 3-2 北側排水路の評価対象断面図 (A-A 断面)

### 3.2 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。

構造部材については、線形はり要素を用いる。

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。防潮堤（盛土堤防）について、セメント改良土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素でモデル化する。また、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。地震応答解析には、上位クラス施設である防潮堤（盛土堤防）と同様に、解析コード「FLIP Ver. 7.3.0\_2」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。

#### 3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は線形はり要素でモデル化する。

#### 3.2.2 材料物性及び地盤物性のばらつき

図 3-2 に示すとおり、北側排水路の周辺には、主としてセメント改良土及び改良地盤といった、動的変形特性にひずみ依存性がある地盤が分布しており、これらの地盤のせん断変形が地震時に北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  $\sigma$  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（北側排水路）

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	
		旧表土, 盛土, D級岩盤, セメント改良土, 改良地盤 ( $G_0$ : 初期せん断弾性係数)	C <sub>L</sub> 級岩盤, C <sub>M</sub> 級岩盤, C <sub>H</sub> 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 $\sigma$	平均値
ケース③	設計基準強度	平均値 - 1 $\sigma$	平均値

### 3.2.3 減衰定数

Rayleigh 減衰を考慮することとし, 剛性比例型減衰 ( $\alpha=0$ ,  $\beta=0.002$ ) とする。

### 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, 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 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②~③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 $\sigma$ ) を考慮し た解析ケース	地盤物性のばらつき (-1 $\sigma$ ) を考慮し た解析ケース
地盤物性		平均値	平均値+1 $\sigma$	平均値-1 $\sigma$
材料物性		設計基準強度	設計基準強度	設計基準強度
地震動 (位相)	S <sub>s</sub> -D1	++*	○	基準地震動 S <sub>s</sub> (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・軸力系の破壊及 びせん断破壊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 てケース②~③を実施する。 照査値がいずれも 0.5 未満の場合 は、照査値が最も厳しくなる地震 動を用いてケース②~③を実施す る。
		-+*	○	
	S <sub>s</sub> -D2	++*	○	
		-+*	○	
	S <sub>s</sub> -D3	++*	○	
		-+*	○	
	S <sub>s</sub> -F1	++*	○	
		-+*	○	
	S <sub>s</sub> -F2	++*	○	
		-+*	○	
	S <sub>s</sub> -F3	++*	○	
		-+*	○	
	S <sub>s</sub> -N1	++*	○	
		-+*	○	

注記 \* : 耐震評価に当たっては、「土木学会マニュアル」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。

### 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

北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

北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 $4.9\text{kN/m}^2$ 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 $20\text{N/m}^2$ 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  $4.9\text{kN/m}^2$ )

$S_s$  : 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。

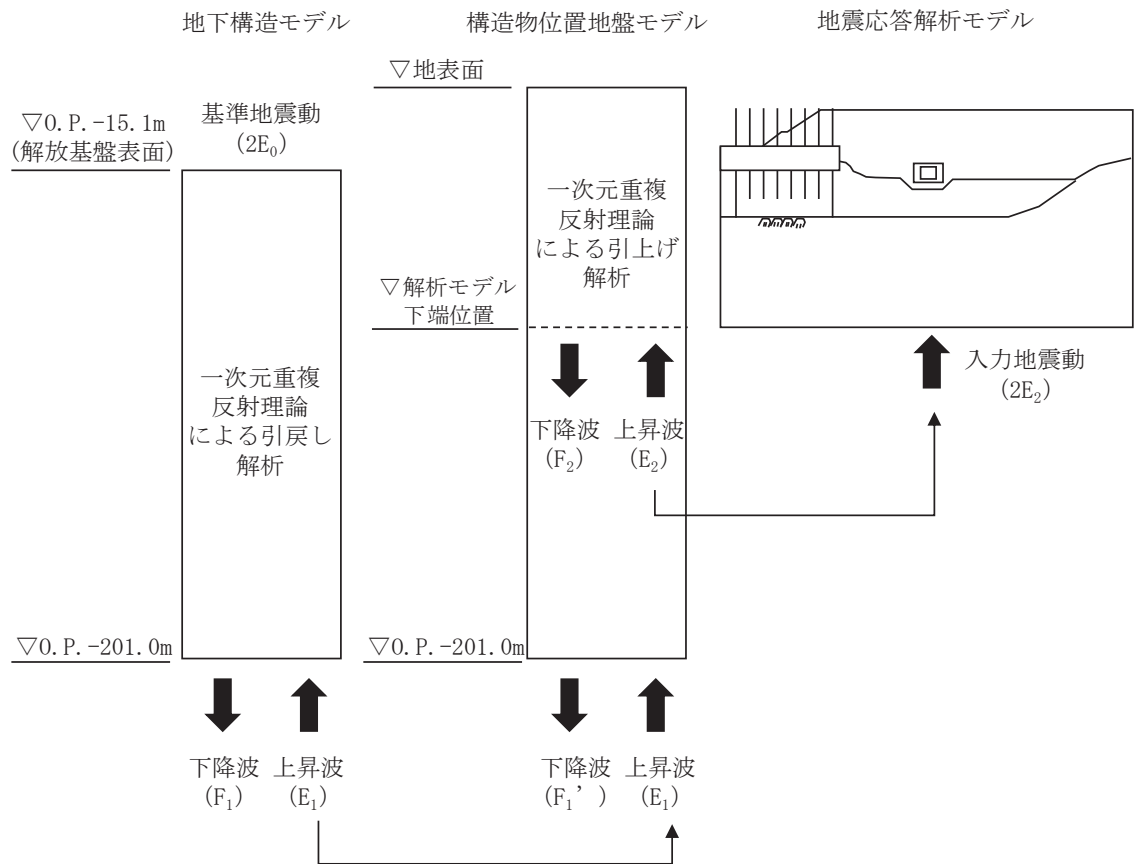
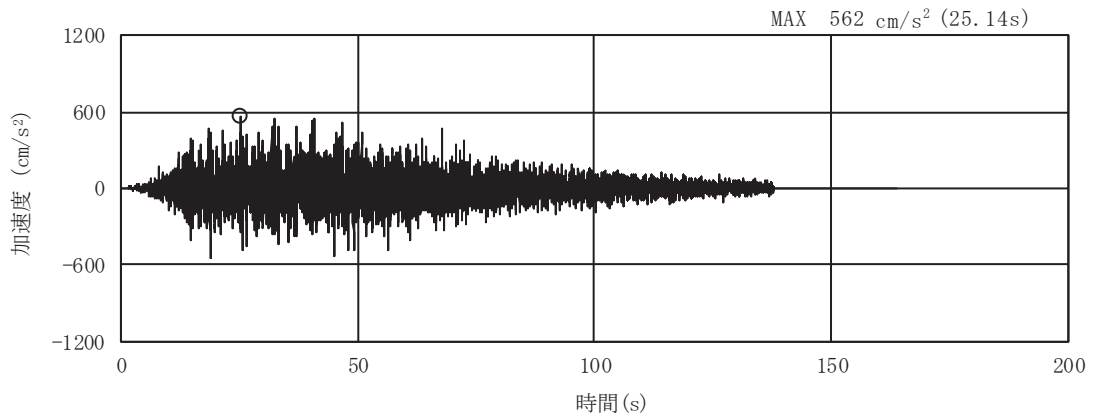
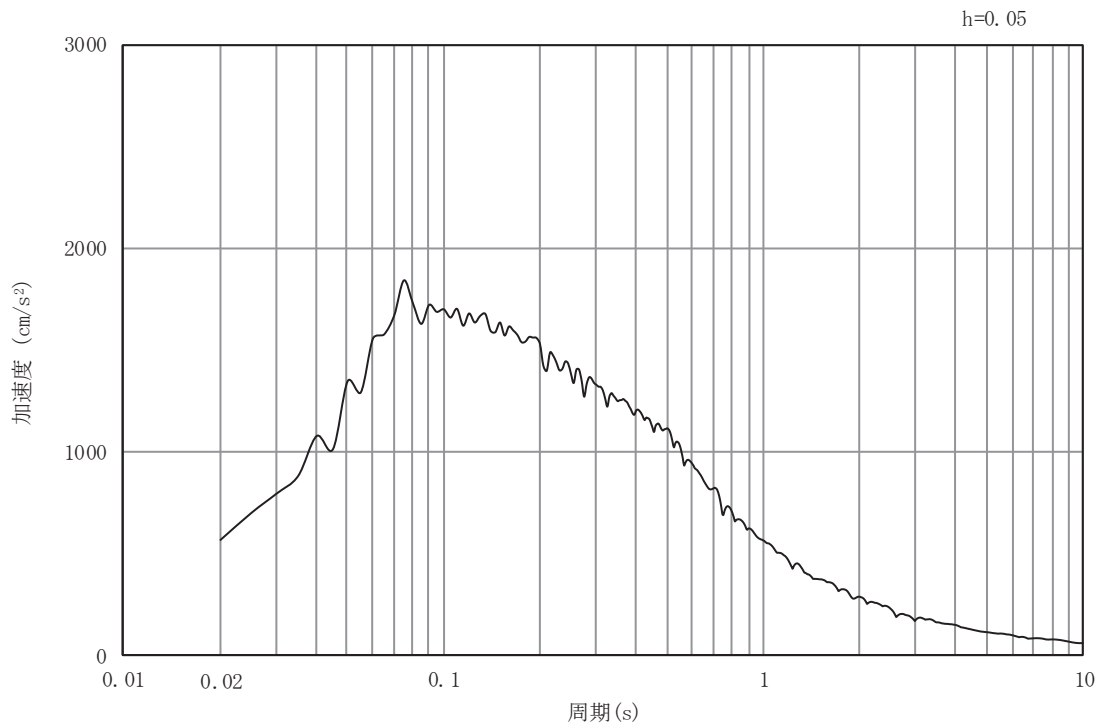


図 3-3 入力地震動算定の概念図

(1) A-A 断面

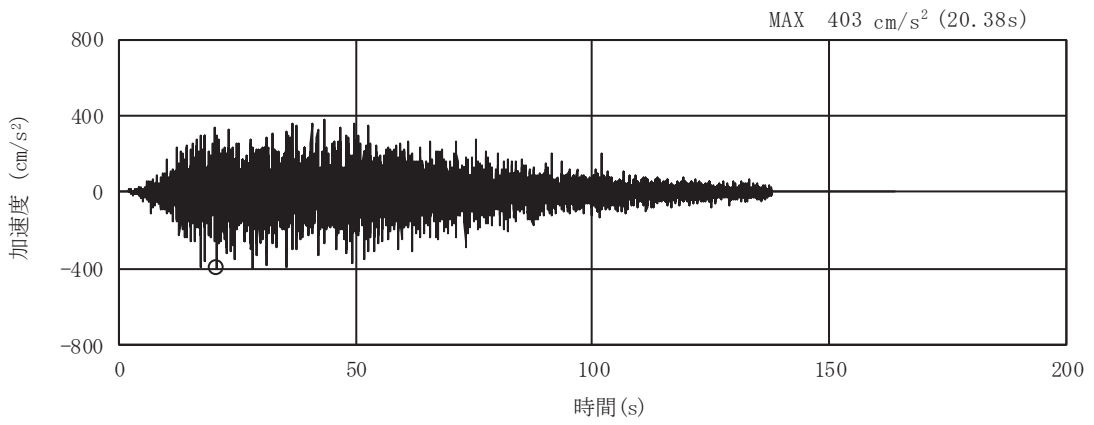


(a) 加速度時刻歴波形

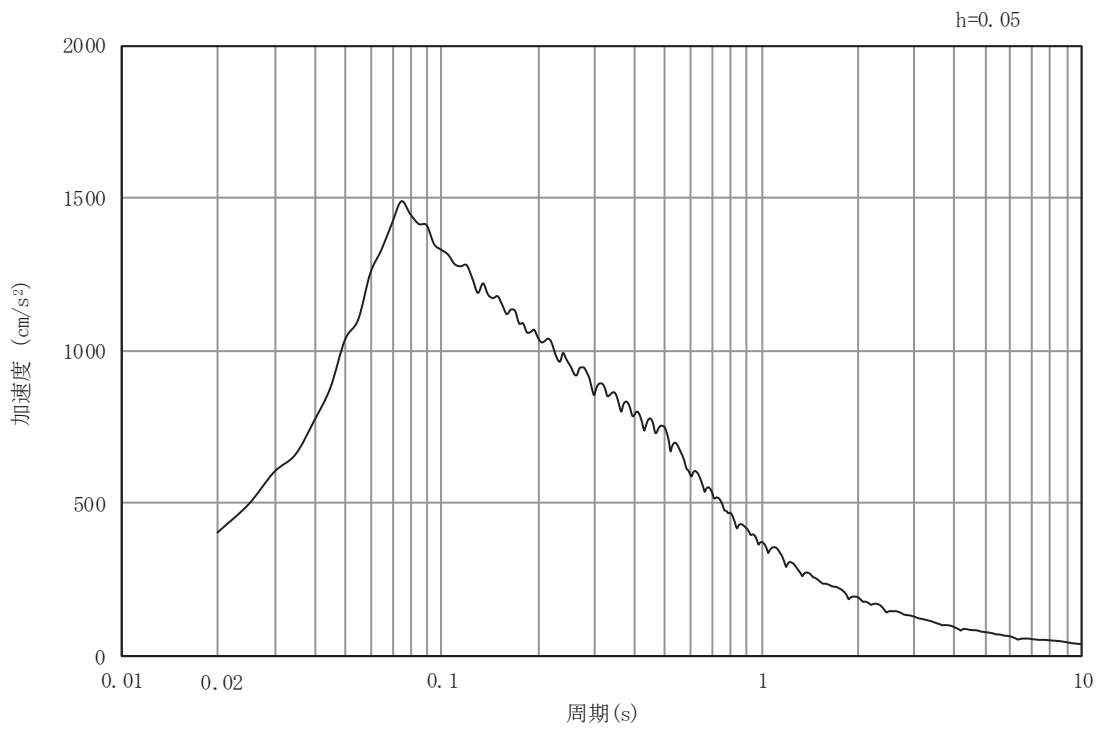


(b) 加速度応答スペクトル

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)

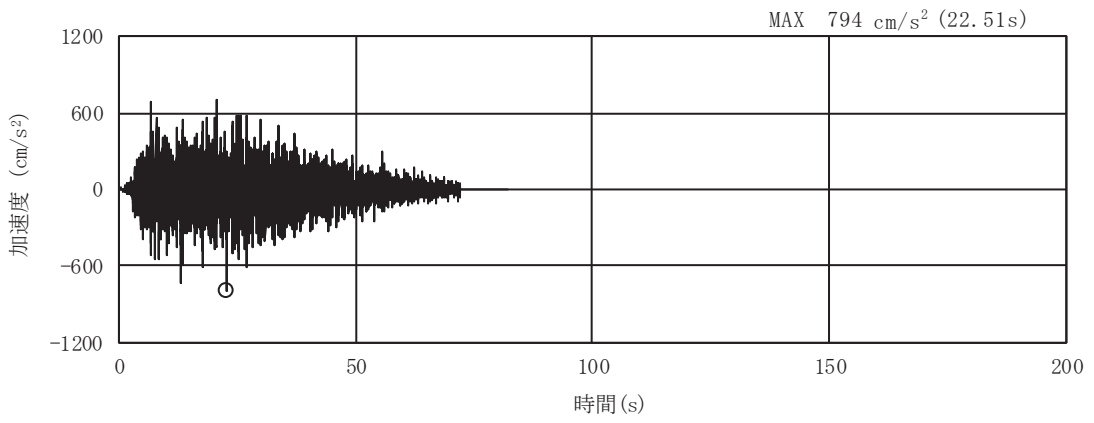


(a) 加速度時刻歴波形

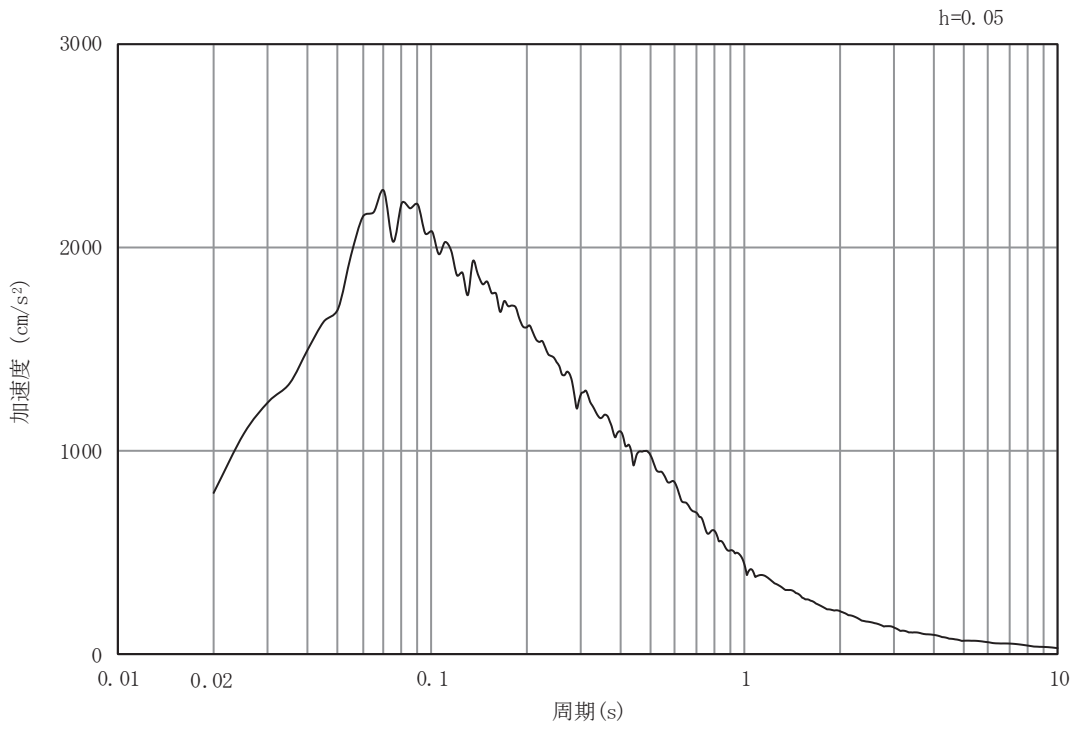


(b) 加速度応答スペクトル

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)

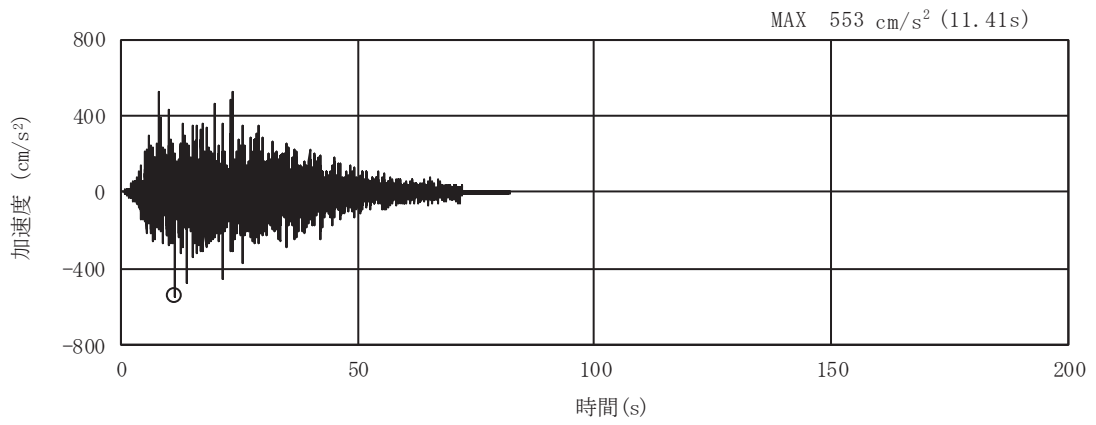


(a) 加速度時刻歴波形

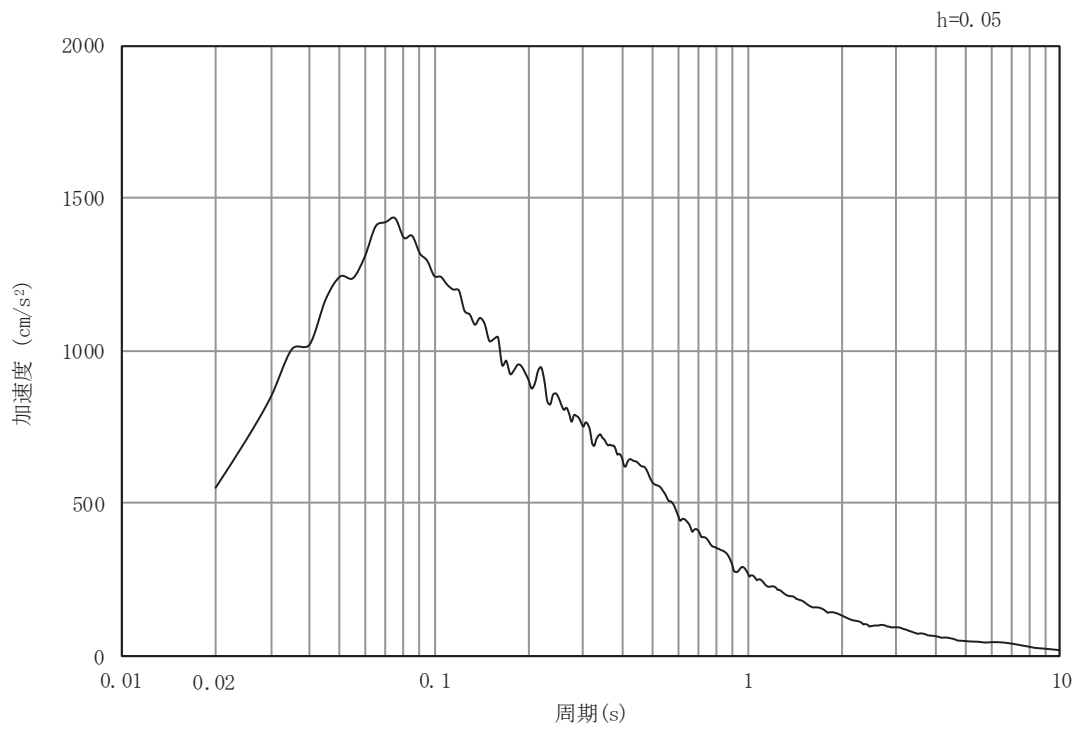


(b) 加速度応答スペクトル

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)

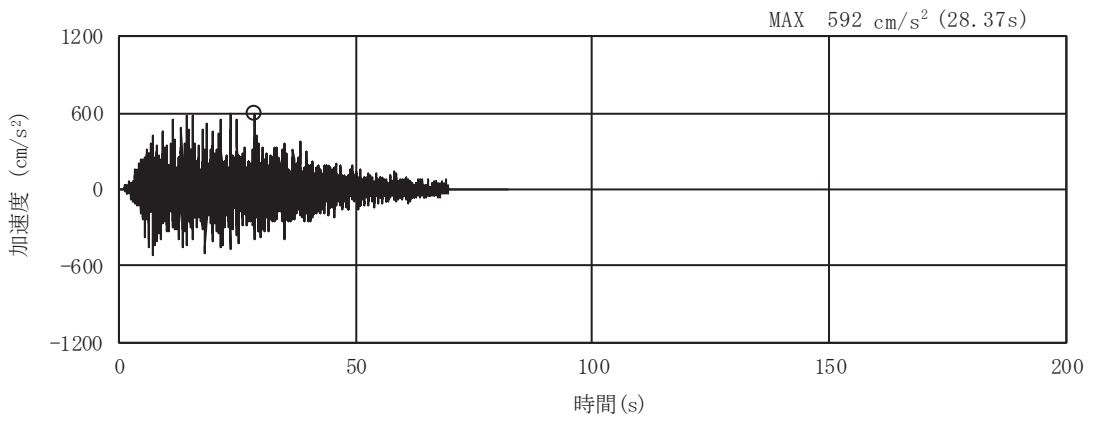


(a) 加速度時刻歴波形

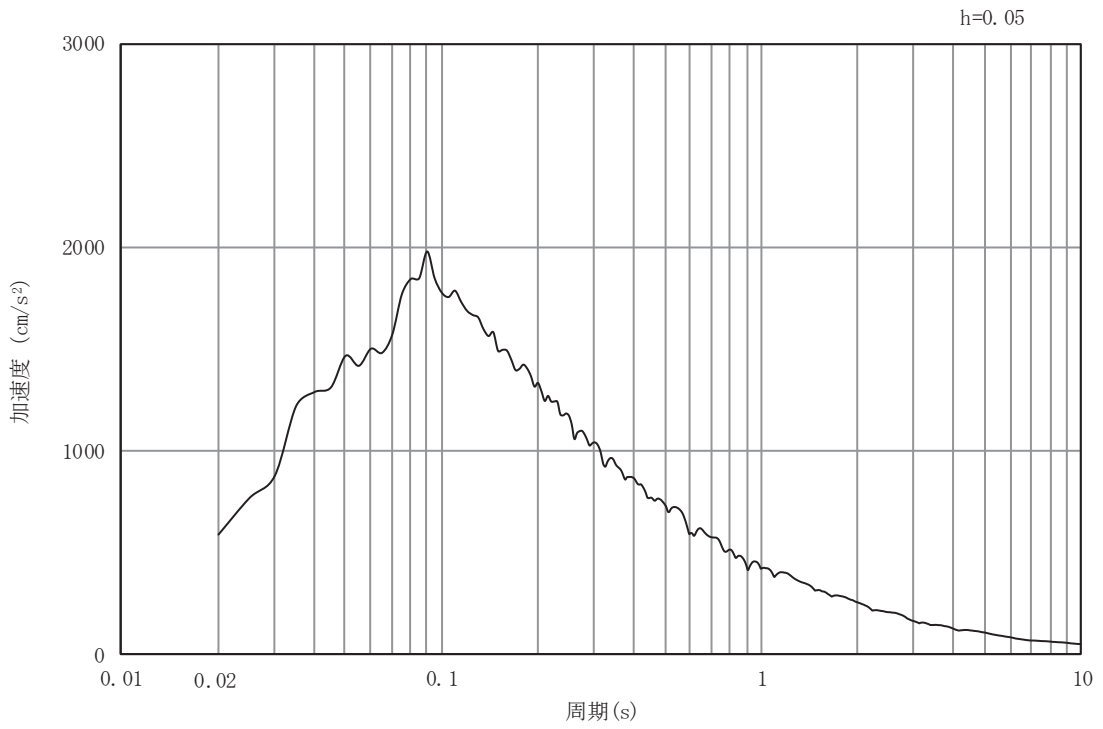


(b) 加速度応答スペクトル

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)

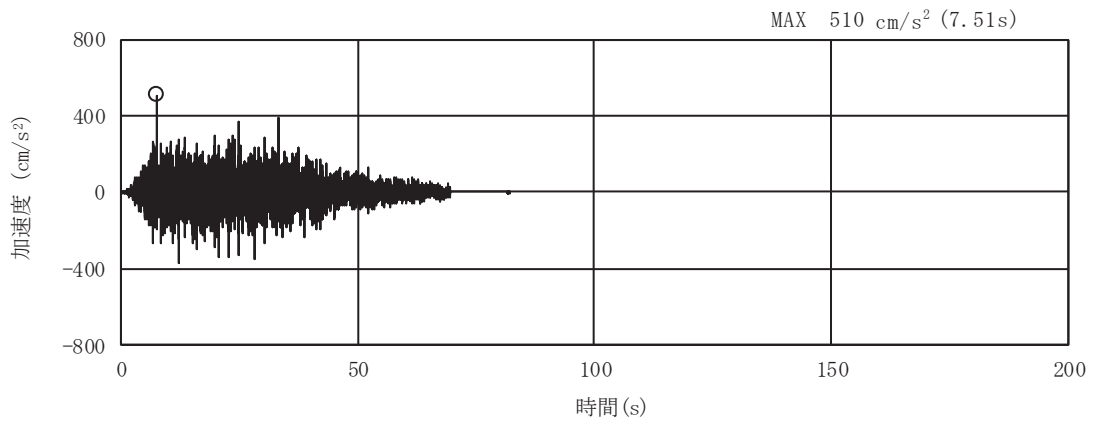


(a) 加速度時刻歴波形

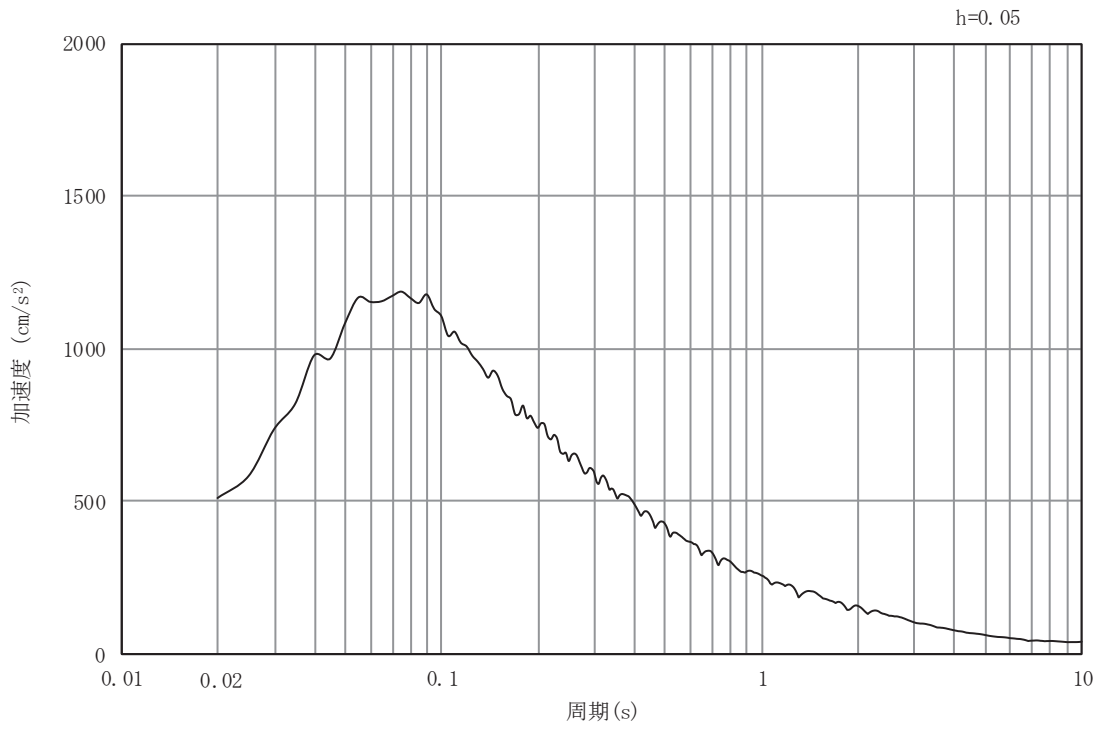


(b) 加速度応答スペクトル

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)



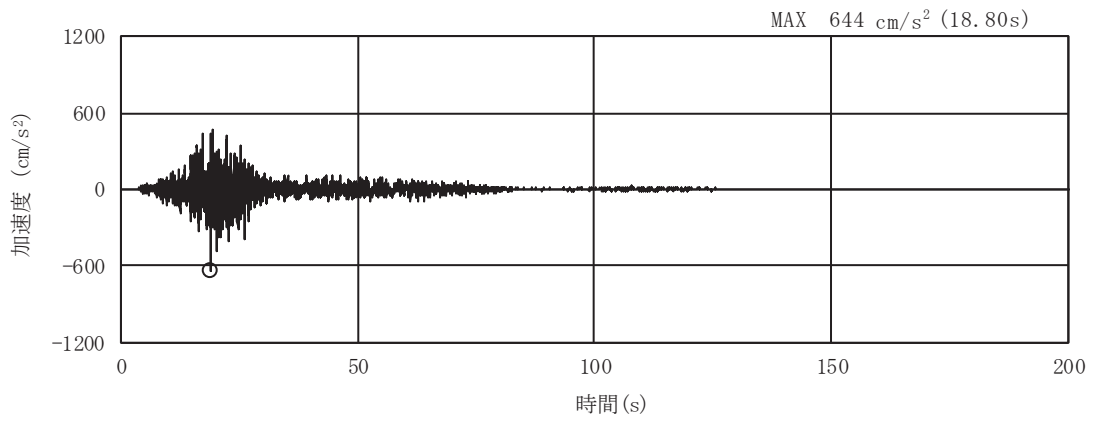
(a) 加速度時刻歴波形



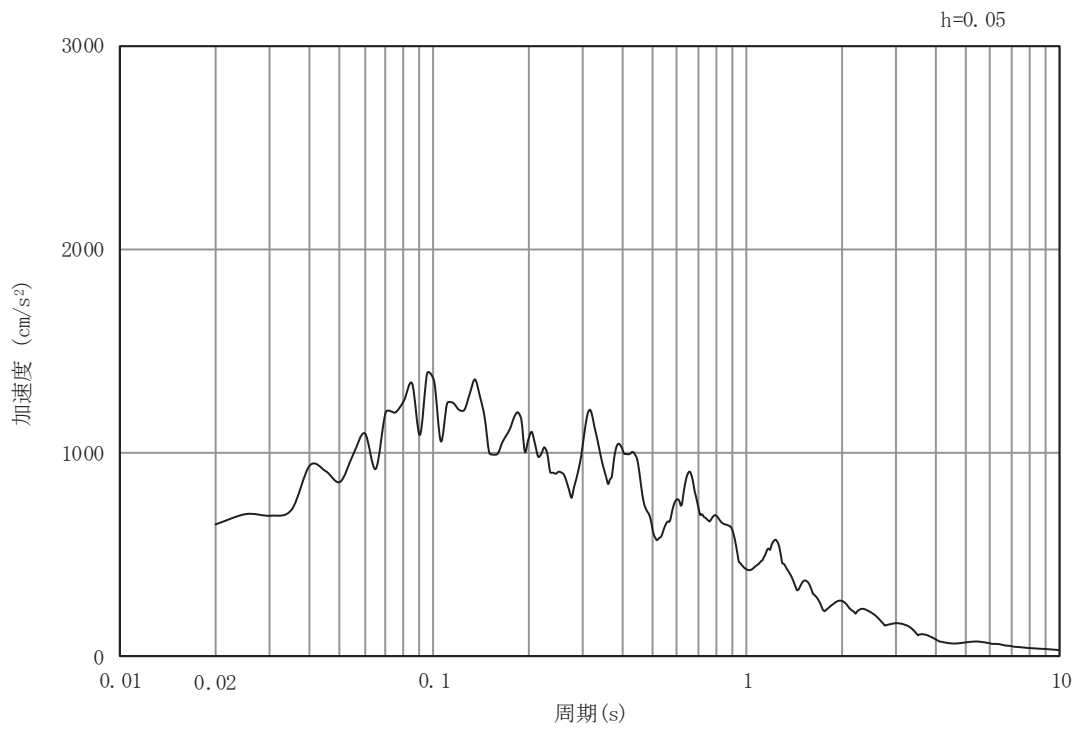
(b) 加速度応答スペクトル

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)



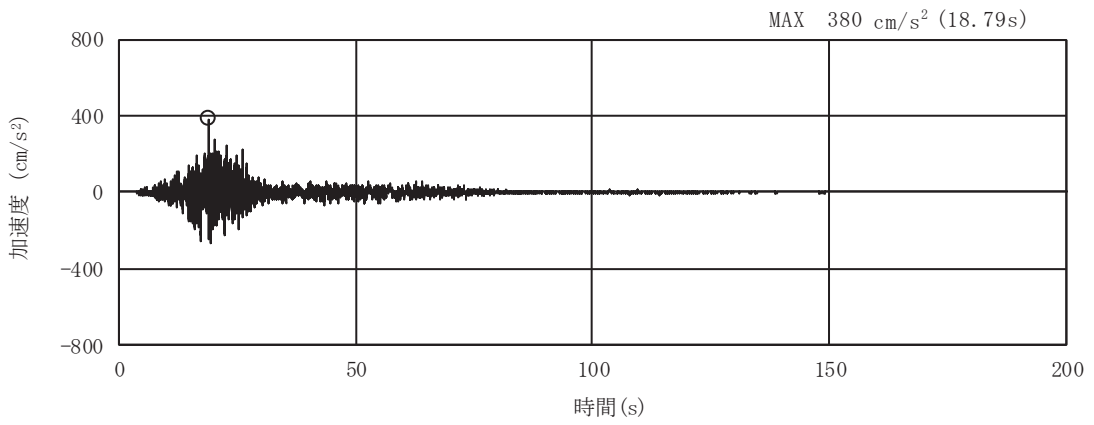


(a) 加速度時刻歴波形

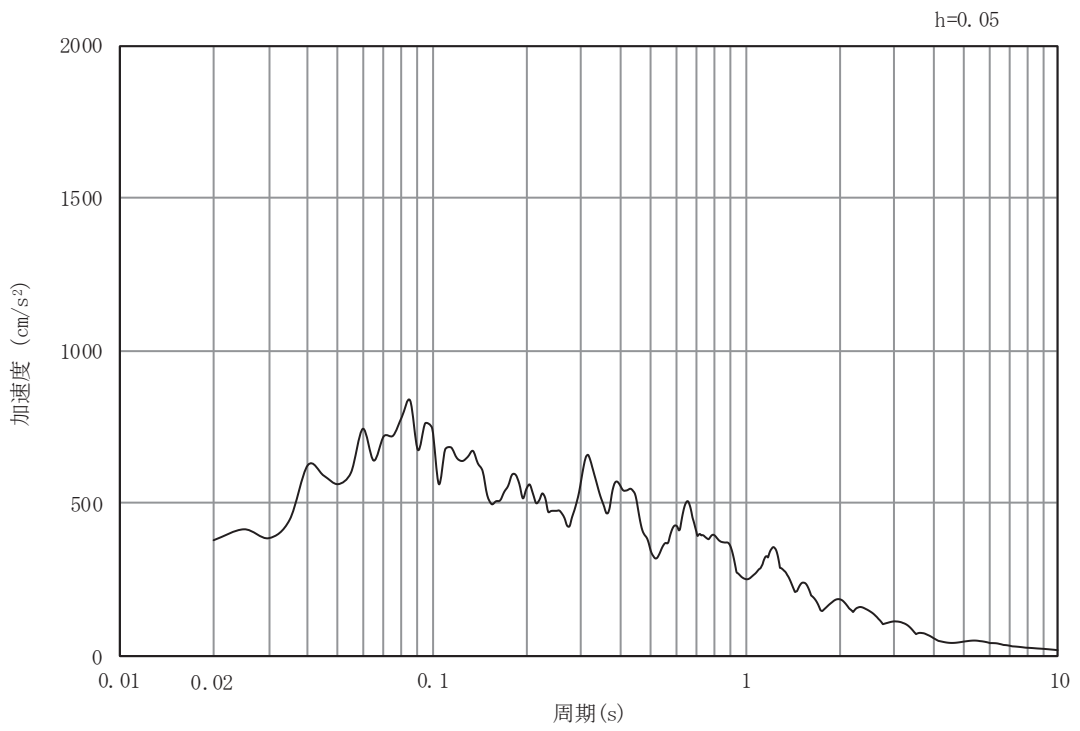


(b) 加速度応答スペクトル

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)

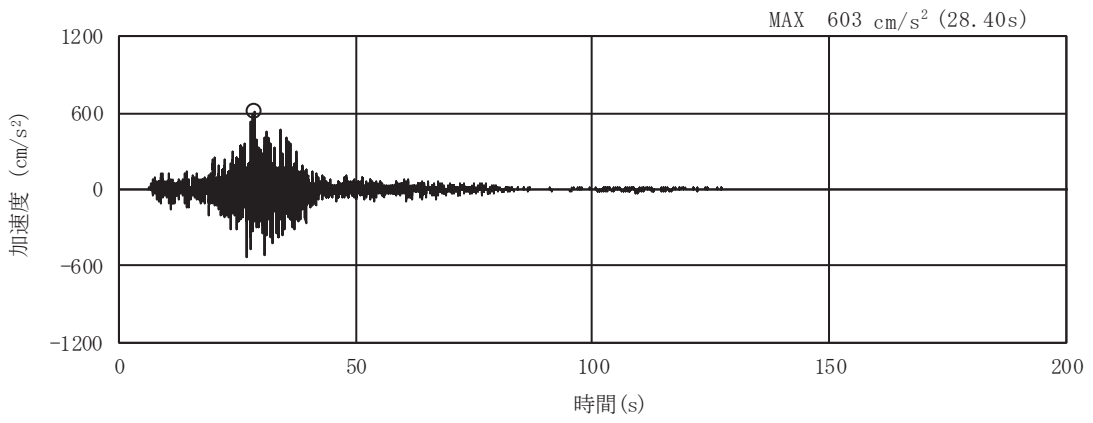


(a) 加速度時刻歴波形

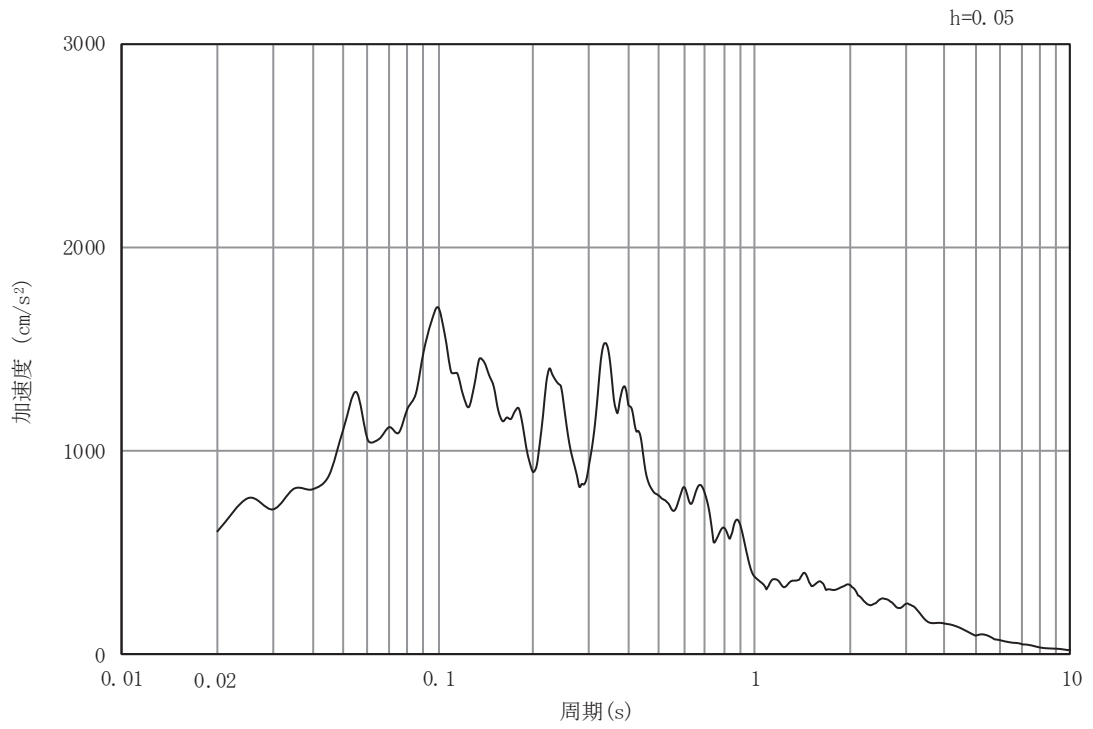


(b) 加速度応答スペクトル

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)

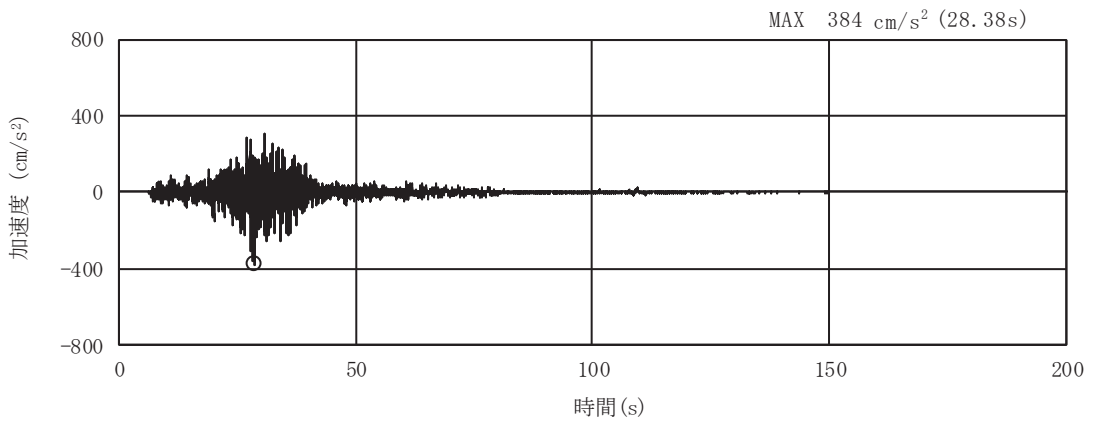


(a) 加速度時刻歴波形

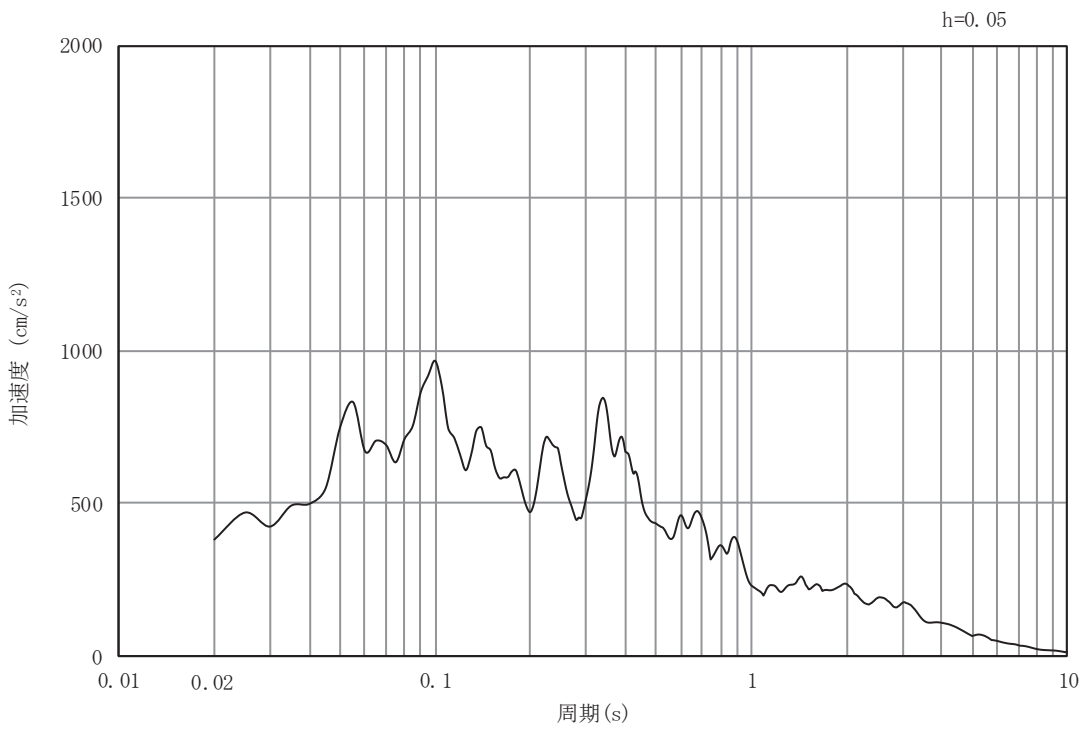


(b) 加速度応答スペクトル

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)

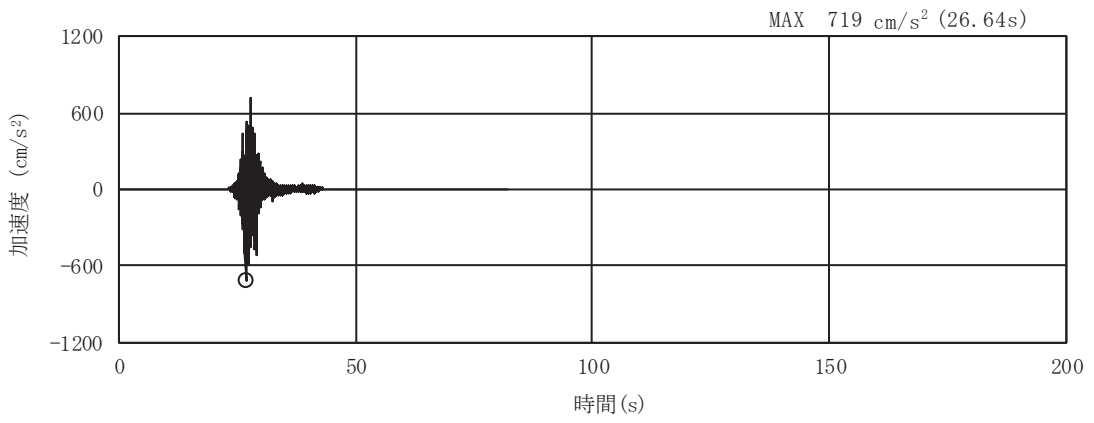


(a) 加速度時刻歴波形

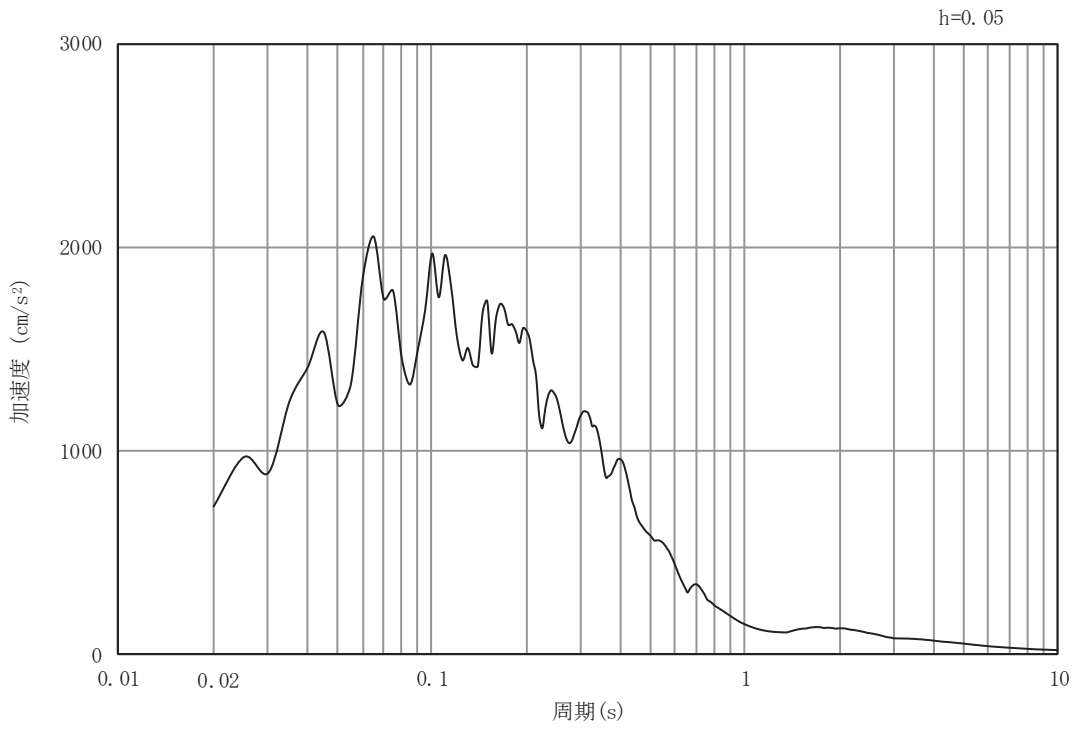


(b) 加速度応答スペクトル

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)

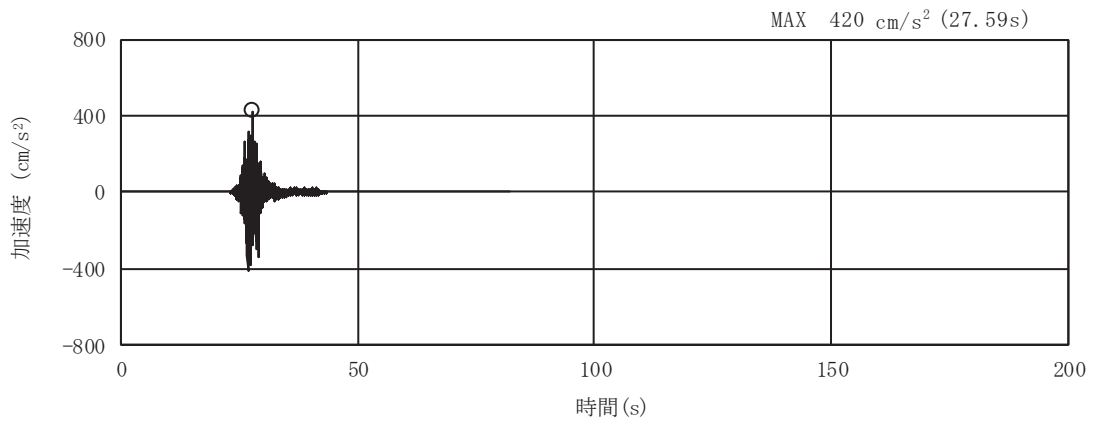


(a) 加速度時刻歴波形

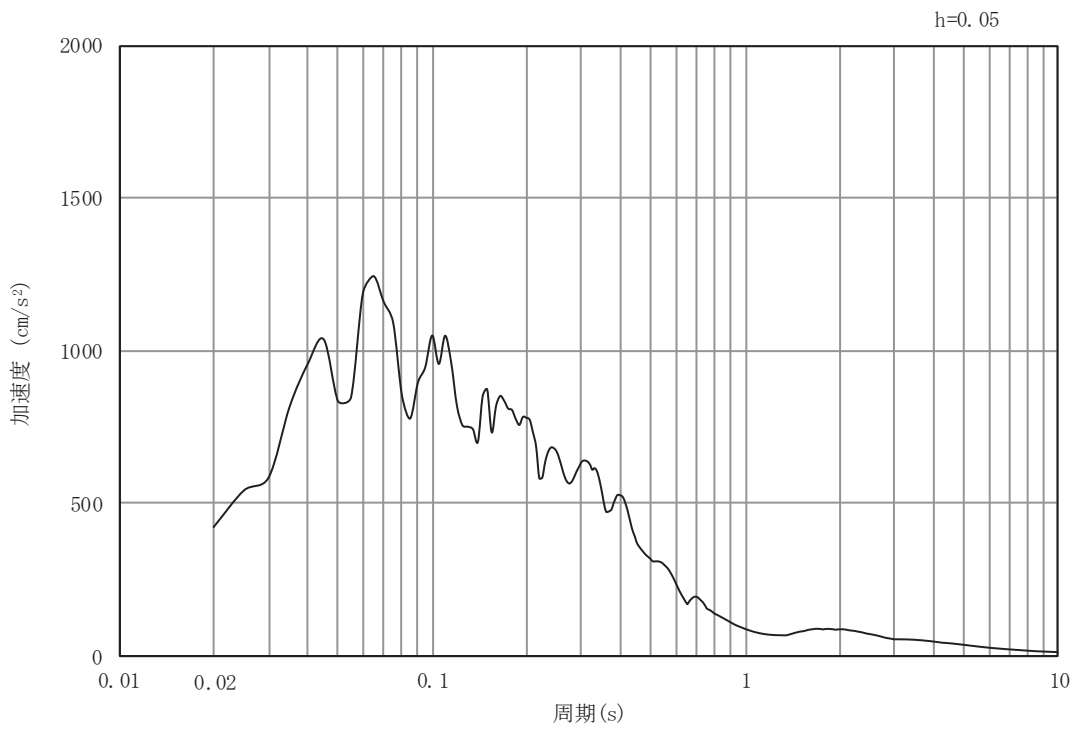


(b) 加速度応答スペクトル

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)

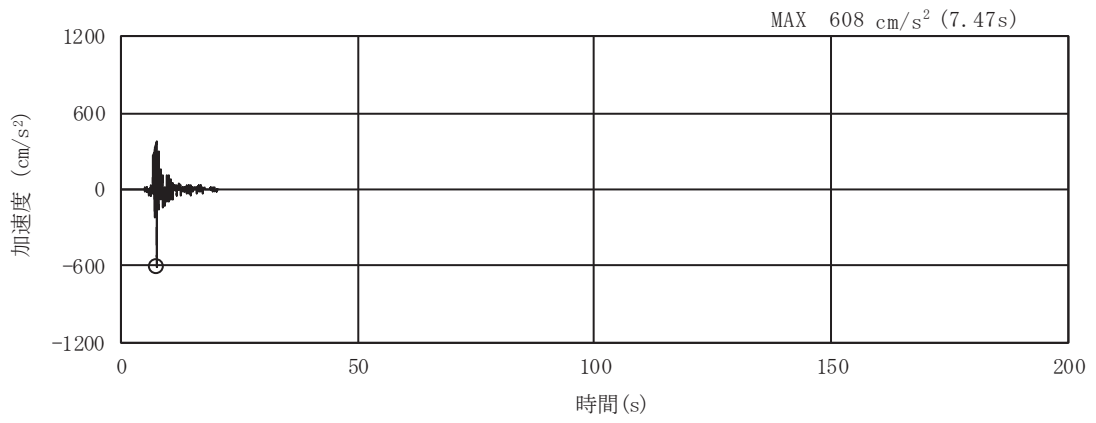


(a) 加速度時刻歴波形

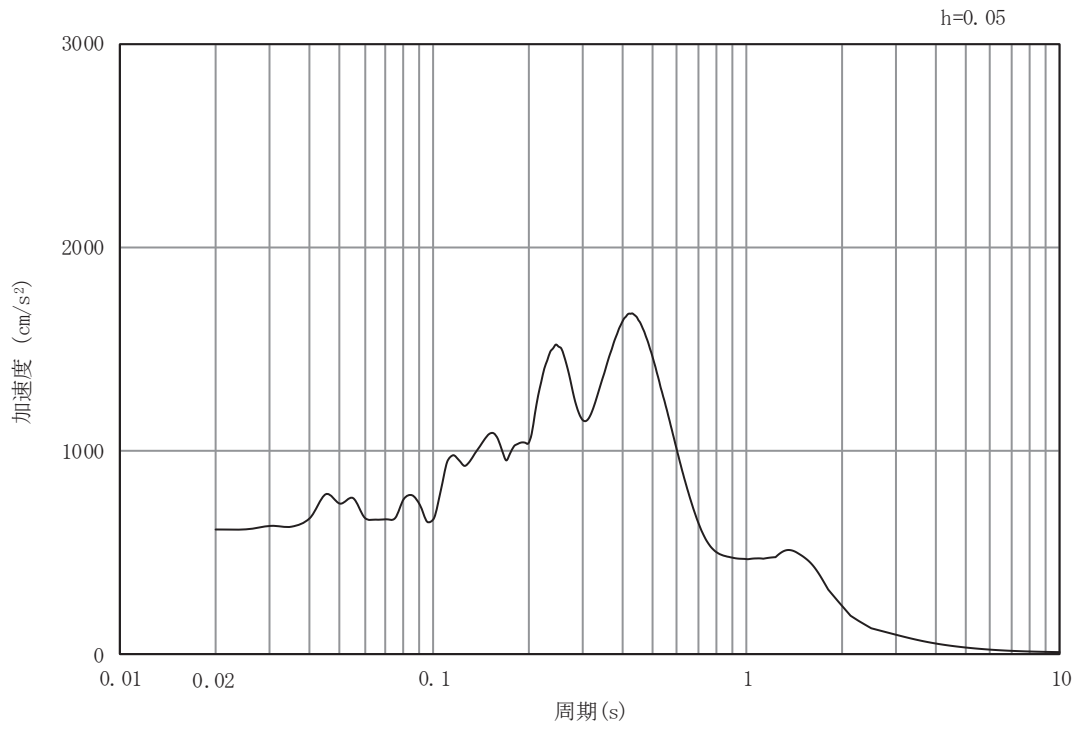


(b) 加速度応答スペクトル

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)

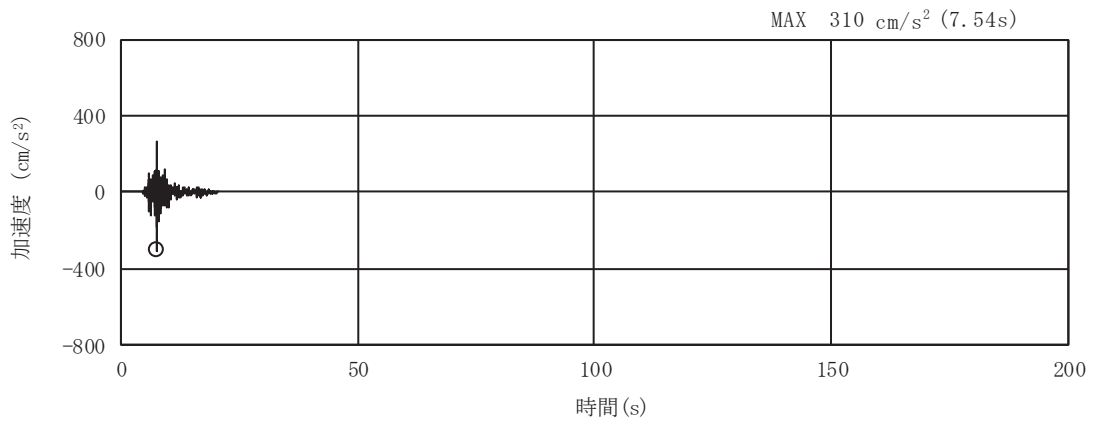


(a) 加速度時刻歴波形

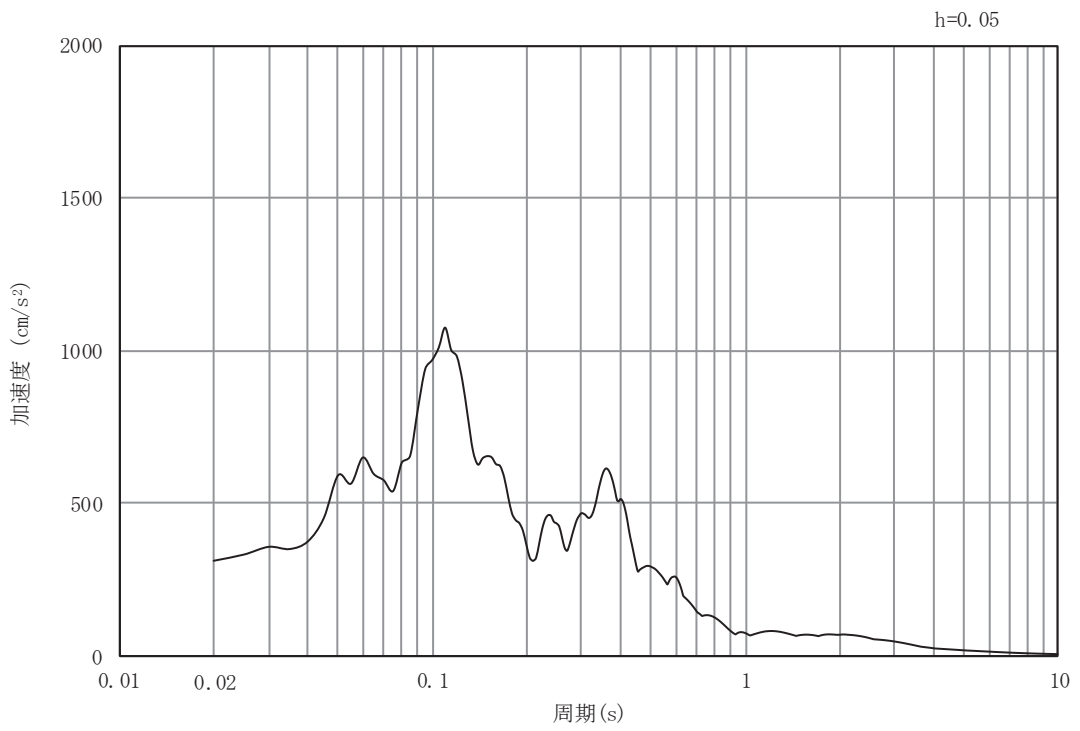


(b) 加速度応答スペクトル

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

北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

構造部材については、線形はり要素によりモデル化する。なお、構造部材である北側排水路は図 3-1 に示すとおり評価対象断面に対して斜めに位置しており、側壁が実際の部材厚よりも厚くなることから、モデル化に当たっては北側排水路を直交する際の部材厚を考慮する。

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）でモデル化し、防潮堤（盛土堤防）について、セメント改良土は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）でモデル化する。

##### (4) 地盤のモデル化

D<sub>1</sub>級を除く岩盤は線形の平面ひずみ要素（ソリッド要素）でモデル化する。D<sub>2</sub>級岩盤、改良地盤は非線形性を考慮した平面ひずみ要素（マルチスプリング要素）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」、「改良地盤と岩盤」、「改良地盤と背面補強工側面」、「セメント改良土と背面補強工側面」、「セメント改良土と改良地盤」、「セメント改良土と岩盤」及び「構造物（北側排水路）とセメント改良土」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。

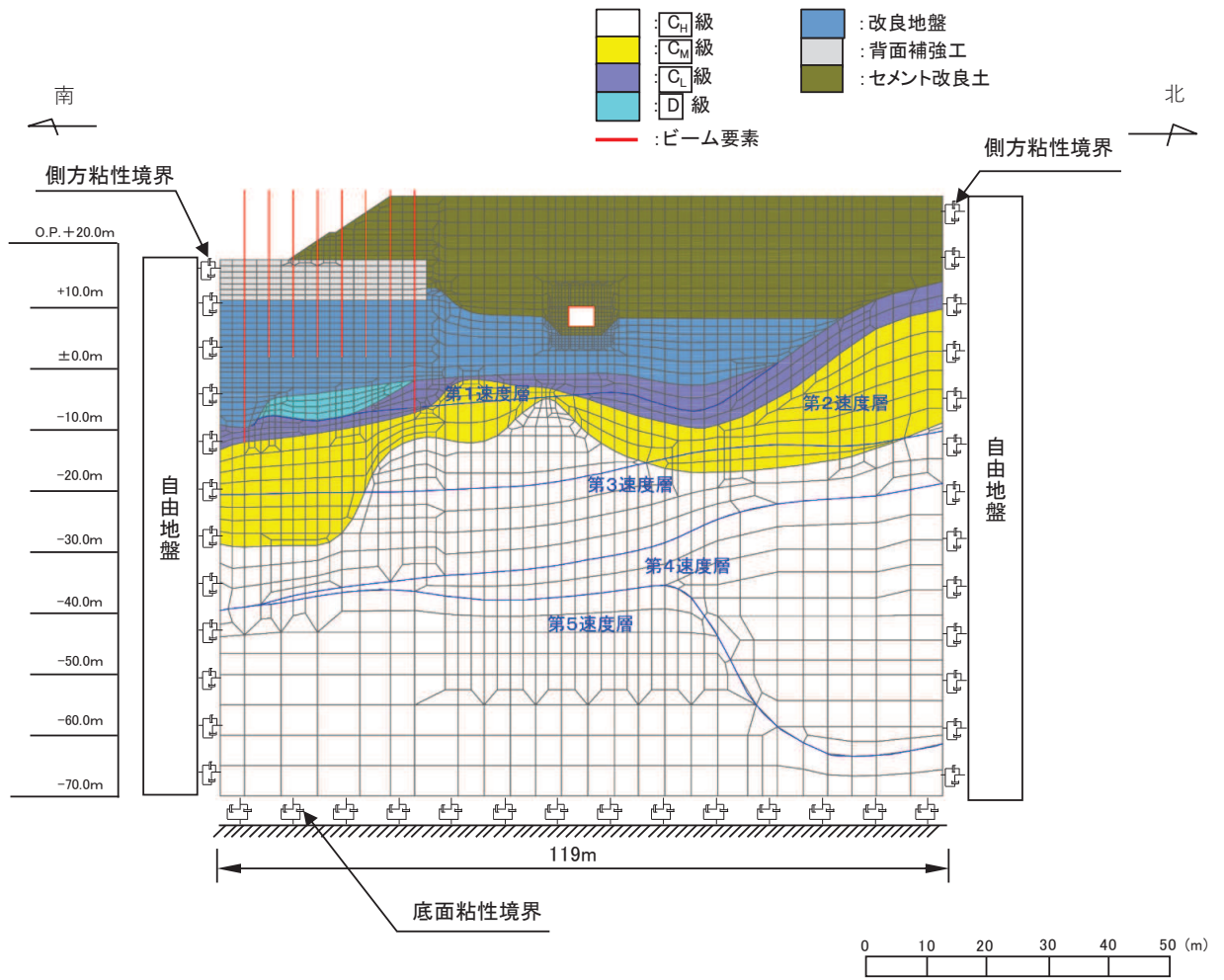


図 3-5 北側排水路の解析モデル (A-A 断面)

### 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。なお、セメント改良土及び改良地盤の物性値は、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。

表3-4 使用材料

材料	諸元
鉄筋	SD345 (せん断補強筋) SD390 (主筋)
コンクリート (構造部材)	設計基準強度 40N/mm <sup>2</sup>
コンクリート (背面補強工)	設計基準強度 30N/mm <sup>2</sup>
鋼管杭	SM570, SKK490

表3-5 材料の物性値

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 <sup>3</sup> )	24.0	
鉄筋	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	2.00×10 <sup>5</sup>	
コンクリート (構造部材)	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	3.10×10 <sup>4</sup>	解析ケース①, ②, ③
	ポアソン比	0.2	
コンクリート (背面補強工)	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	24.0	
	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	2.80×10 <sup>4</sup>	
	ポアソン比	0.2	
鋼管杭 (SM570, SKK490)	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	77.0	
	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	2.00×10 <sup>5</sup>	
	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、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、防潮堤（鋼管式鉛直壁）の範囲は O.P. +1.43m（朔望平均満潮位）、防潮堤（盛土堤防）の範囲は O.P. +13.8m と設定する。設定した設計用地下水位を表 3-6 及び図 3-2 に示す。

防潮堤（鋼管式鉛直壁）と防潮堤（盛土堤防）の境界では設計用地下水位が急変するが、この箇所では液状化検討対象層が無く、改良地盤及びセメント改良土が分布するものの、これらは地下水位以深と以浅において、物性値が大きく変わらないことから、設計用地下水位の急変が地震応答解析に及ぼす影響は小さい。

表 3-6 設計用地下水位

施設名称	評価対象断面	設計用地下水位
北側排水路	A-A 断面	防潮堤（鋼管式鉛直壁）部分は O.P. +1.43m（朔望平均満潮位）、防潮堤（盛土堤防）は O.P. +13.8m に設定する。

### 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

構造部材の曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は、短期許容応力度を限界値とする。コンクリート及び鉄筋の許容応力度を表 3-7 及び表 3-8 に示す。

表 3-7 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 <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
$f'_{ck}=40.0$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma'_{ca}$	14.0	21.0
	許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.55	0.825

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

表 3-8 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 <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
SD345	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	196	294
SD390	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	206	309

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

##### (2) せん断破壊に対する許容限界

せん断破壊に対する許容限界は、短期許容応力度を限界値とする。表 3-7 及び表 3-8 に示すコンクリート及び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。

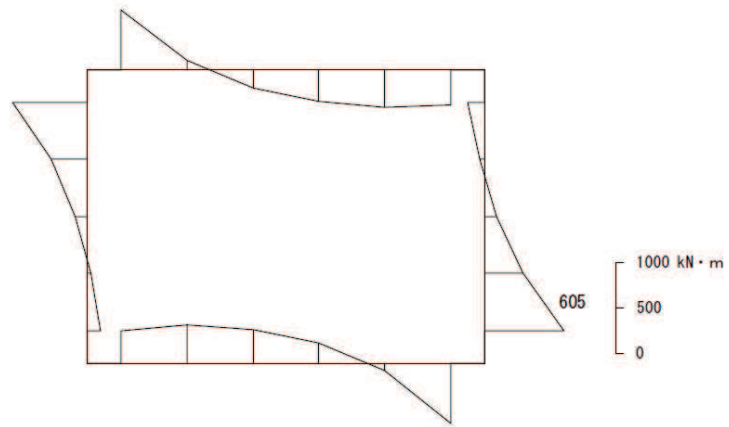
### 3.7 評価方法

北側排水路の耐震評価は，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」で設定した許容限界以下であることを確認する。

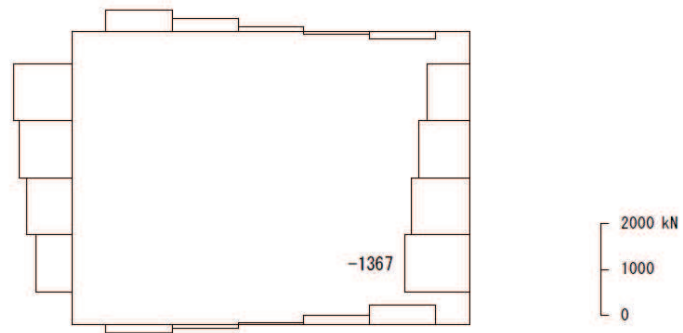
#### 3.7.1 構造部材の健全性評価

構造部材の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査について，地震応答解析により算定した照査用応答値が，許容限界以下であることを確認する。

曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 3-6 に，せん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力を図 3-7 に示す。



数值：評価位置における断面力  
(a) 曲げモーメント (kN・m)

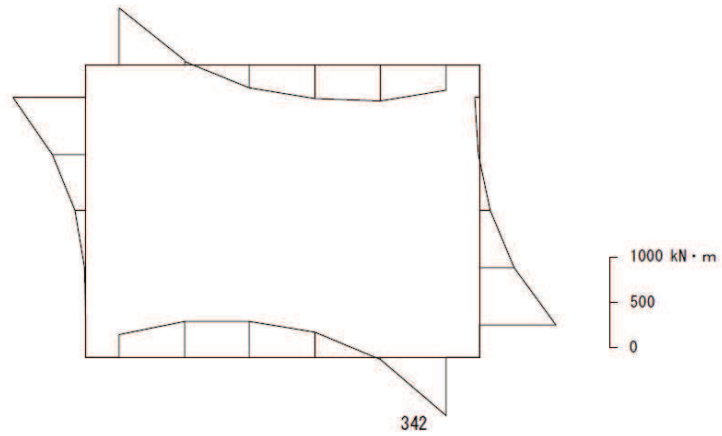


数值：評価位置における断面力  
(b) 軸力 (kN) (+：引張, -：圧縮)

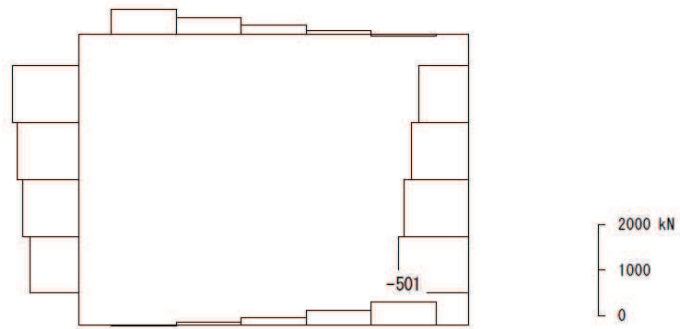


数值：評価位置における断面力  
(c) せん断力 (kN)

図 3-6 曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力  
(A-A 断面, S s - D 2 (-+), t=13.56s)  
(解析ケース③：地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)



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における最大照査値の評価時刻での断面力  
(A-A 断面, S s - D 2 (-+), t=8.47s)  
(解析ケース③：地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)



#### 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

鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表 4-1 及び表 4-2 に、せん断破壊に対する照査における最大照査値を表 4-3 に示す。また、北側排水路の評価位置図を図 4-1 に示す。

北側排水路の発生応力度及びせん断力が、構造部材の許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 鉄筋コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (A-A 断面)

評価位置	地震動	解析 ケース	発生断面力		発生 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$	
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
頂版	③	S <sub>s</sub> -D2(-+)	③	-413	-700	5.2	21	0.25
側壁	②	S <sub>s</sub> -D2(-+)	③	605	-1367	8.4	21	0.40
底版	④	S <sub>s</sub> -D2(-+)	③	391	-746	4.9	21	0.24

表 4-2 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (A-A 断面)

評価位置	地震動	解析 ケース	発生断面力		発生 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$	
			曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)				
頂版	③	S <sub>s</sub> -D2(-+)	③	404	180	118	309	0.39
側壁	②	S <sub>s</sub> -D2(-+)	③	604	-1344	84	309	0.28
底版	④	S <sub>s</sub> -D2(-+)	③	-391	194	115	309	0.38

表 4-3 せん断破壊に対する照査における最大照査値 (A-A 断面)

評価位置	地震動	解析 ケース	発生せん断力 V (kN)	短期許容 せん断力 V <sub>a</sub> (kN)	照査値 V/V <sub>a</sub>	
頂版	③	S <sub>s</sub> -D2(-+)	③	830	1171	0.71
側壁	①	S <sub>s</sub> -D2(++)	③	786	1141	0.69
底版	④	S <sub>s</sub> -D2(-+)	③	879	1171	0.76

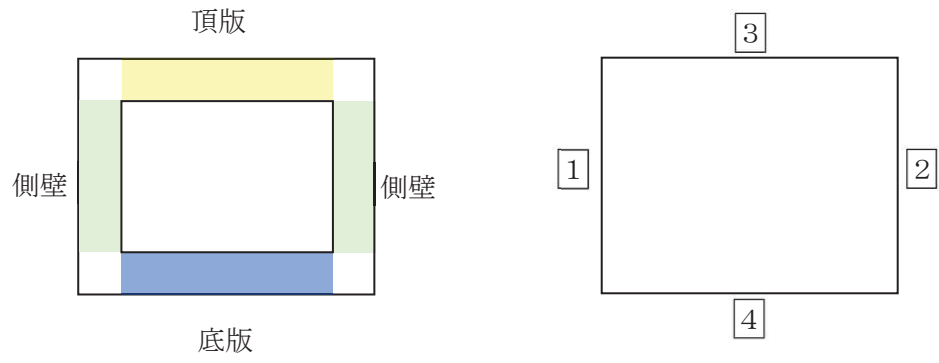


图 4-1 評估位置