

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-043-9 改0
提出年月日	2020年8月5日

V-2-10-3-1-7 取水路（6号機設備）の耐震性についての計算書

K7 ① V-2-10-3-1-7 R0

2020年8月

東京電力ホールディングス株式会社

## 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	9
2.4 適用基準	12
3. 耐震評価	13
3.1 評価対象断面	13
3.2 解析方法	16
3.2.1 構造部材	16
3.2.2 地盤	18
3.2.3 減衰定数	19
3.2.4 地震応答解析の解析ケースの選定	19
3.3 荷重及び荷重の組合せ	20
3.3.1 耐震評価上考慮する状態	20
3.3.2 荷重	20
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	38
3.5.1 解析モデル	38
3.5.2 使用材料及び材料の物性値	41
3.5.3 地盤, マンメイドロック及び地盤改良体の物性値	41
3.6 許容限界	42
3.6.1 構造部材の健全性に対する許容限界	42
3.6.2 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 構造部材の健全性評価	43
3.7.2 基礎地盤の支持性能評価	48
4. 耐震評価結果	49
4.1 構造部材の健全性に対する評価結果	49
4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果	53

## 1. 概要

本資料は、V-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（6号機設備）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（6号機設備）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（6号機設備）の位置図を図2-1に示す。

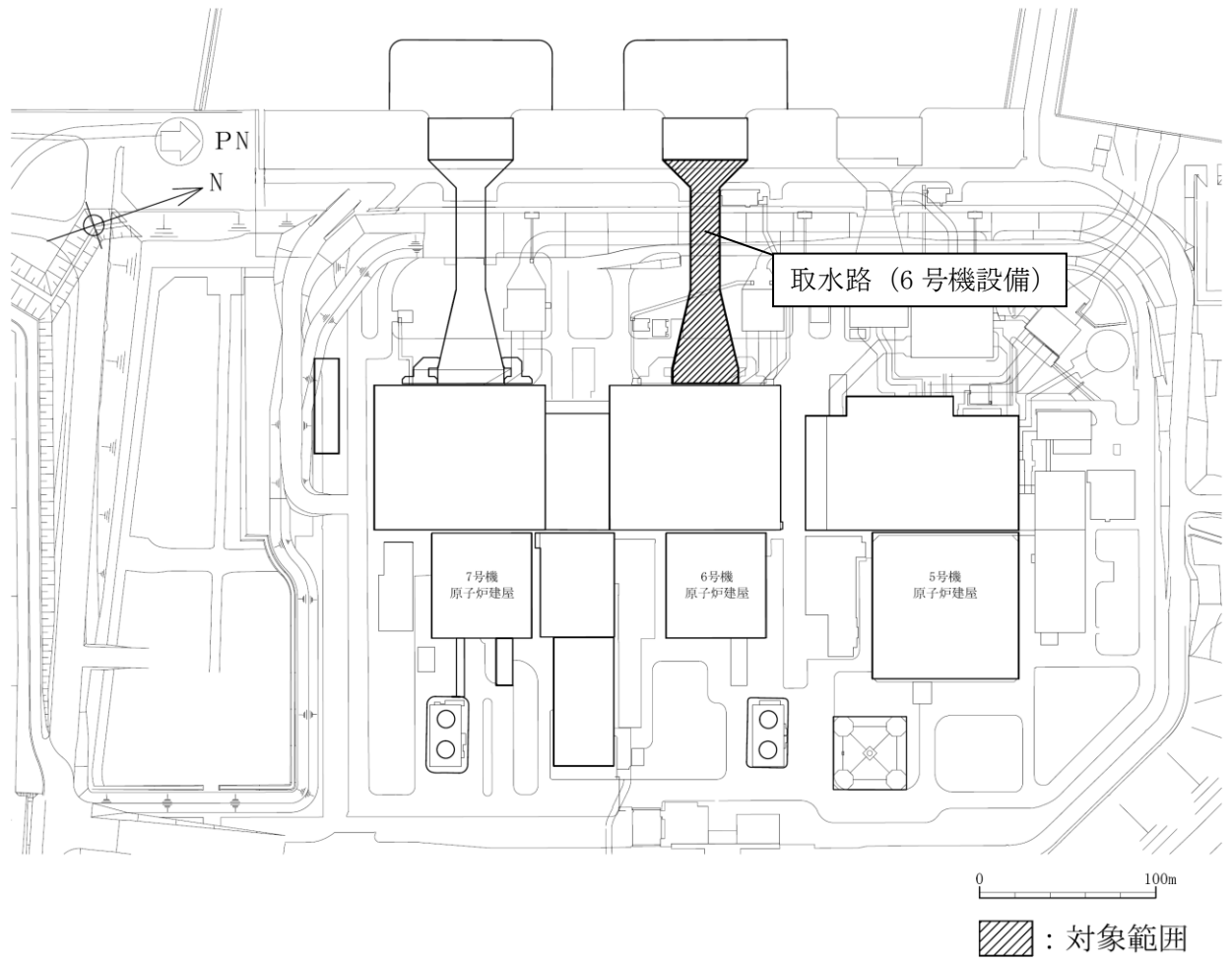


図2-1 取水路（6号機設備）の位置図（全体平面図）

## 2.2 構造概要

取水路（6号機設備）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。

取水路（6号機設備）は、非常時における海水の通水機能を求められる延長約127mの鉄筋コンクリート造の地中埋設構造物であり、取水方向に複数の断面形状を示し、海側から漸縮部、一般部、漸拡部に分けられる。取水路（6号機設備）は、十分な支持性能を有する古安田層\*、又はマンメイドロックを介して西山層に支持される。

注記\*：本資料では、安田層下部層のMIS10～MIS7とMIS6の境界付近の堆積物を「古安田層」と仮称する。

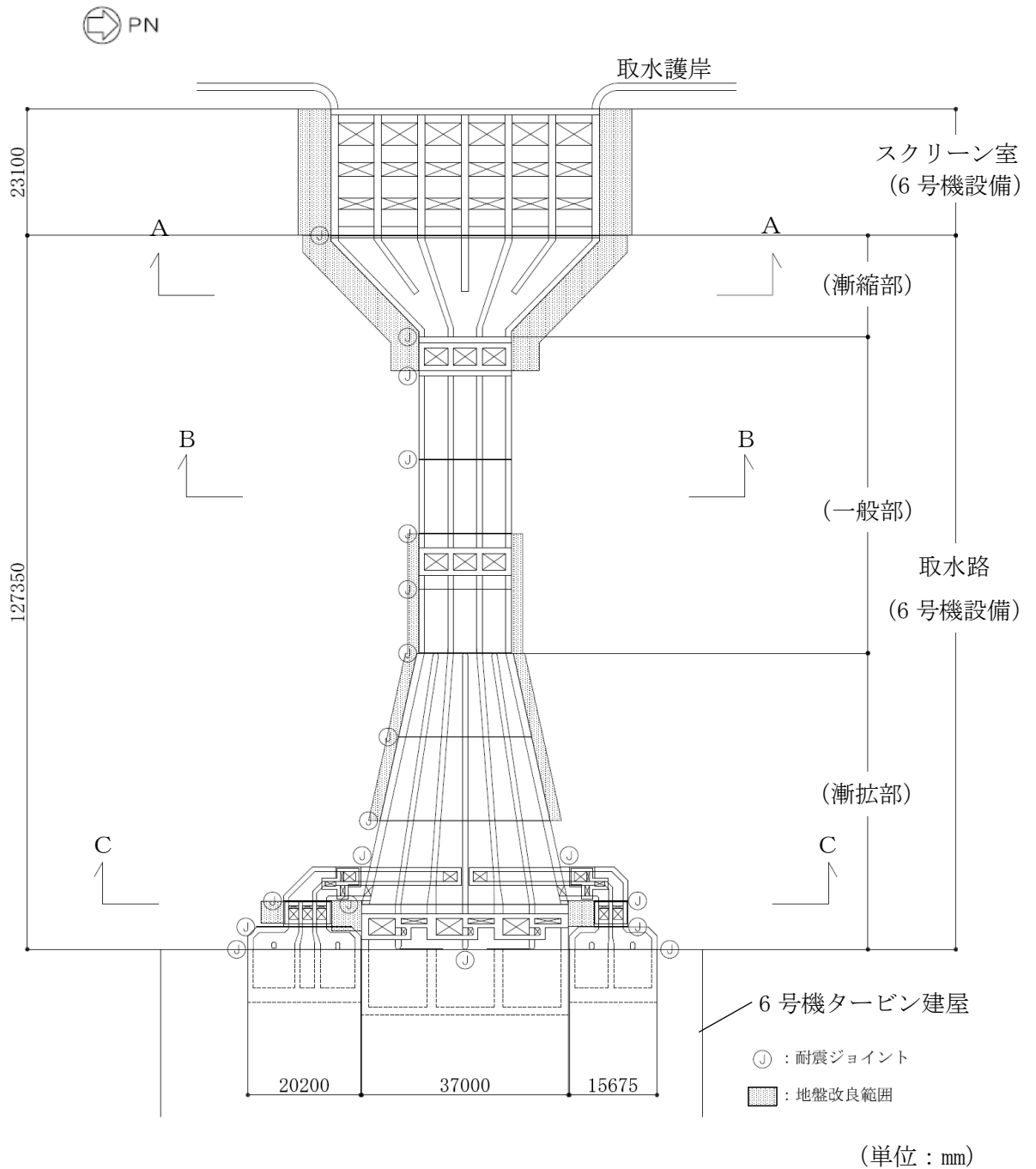
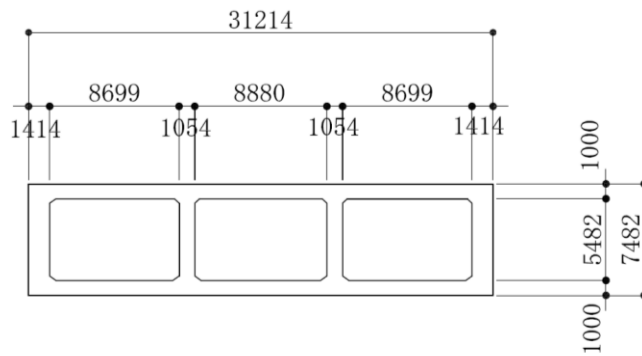
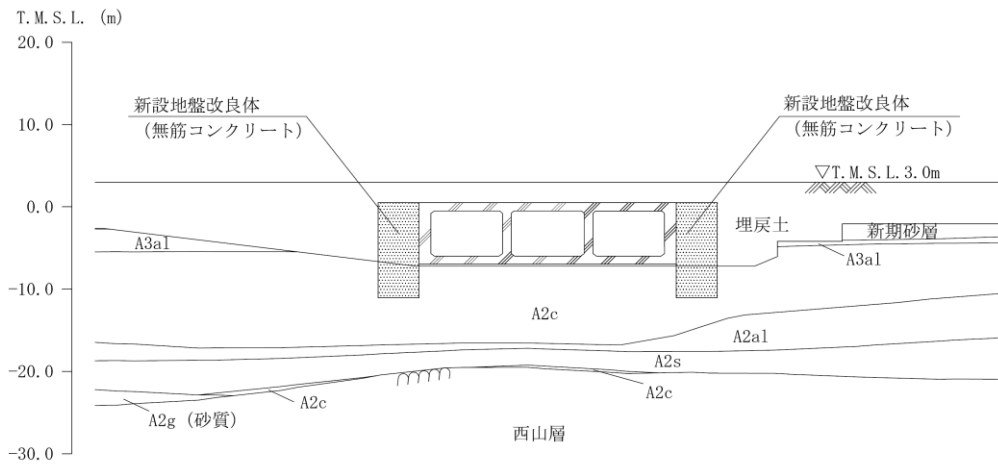


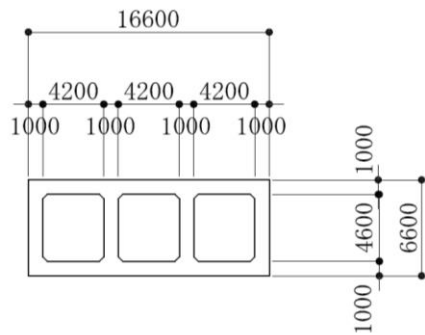
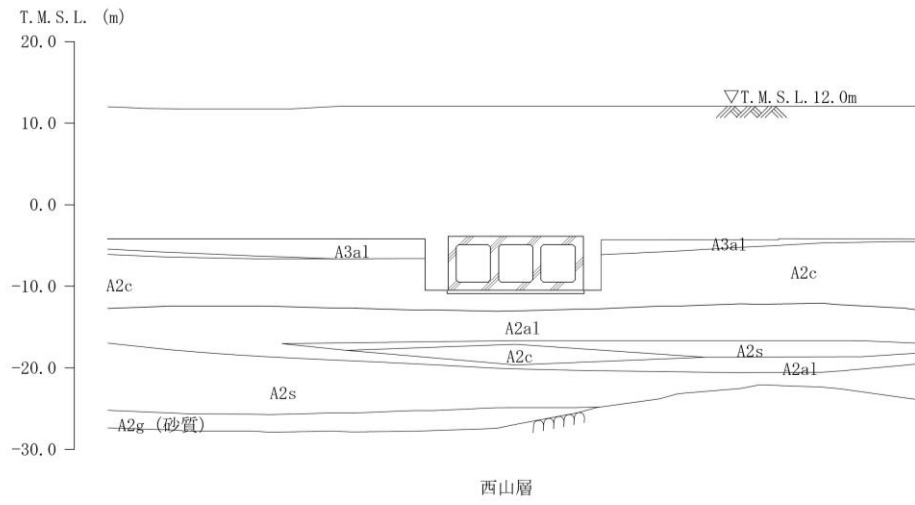
図2-2 取水路（6号機設備）の平面図



(単位：mm)

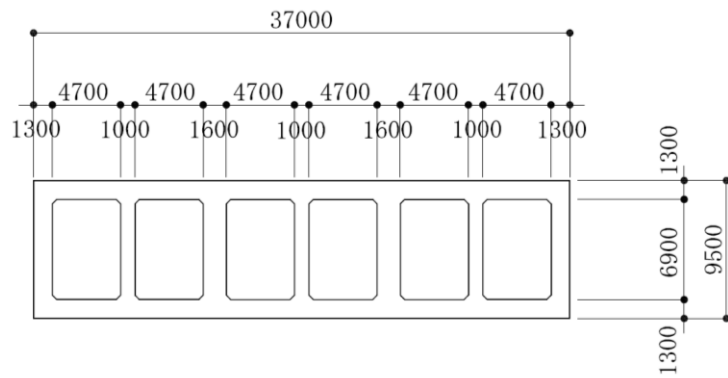
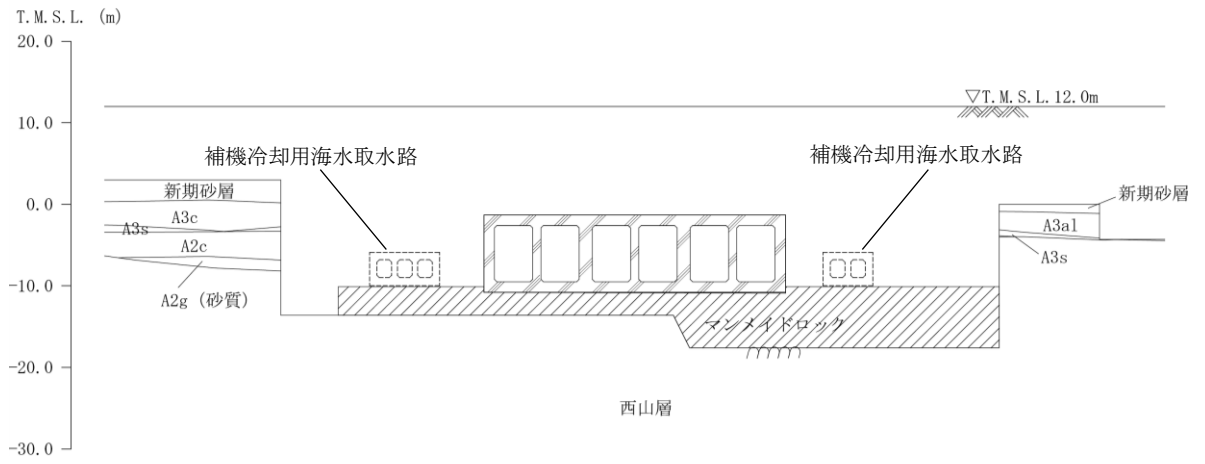
注：東京湾平均海面（以下「T.M.S.L.」という。）

図2-3 (1) 取水路 (6号機設備) の断面図 (漸縮部 A-A断面)



(単位：mm)

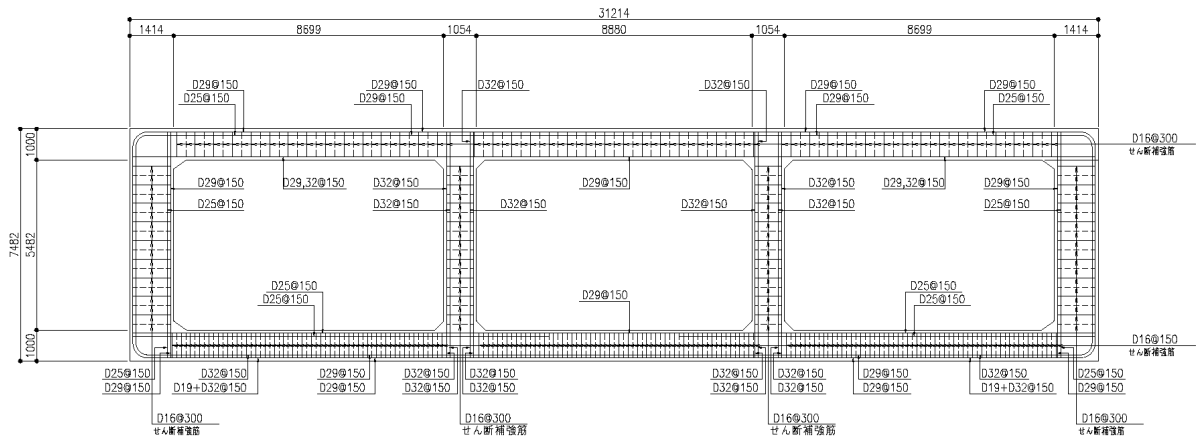
図 2-3 (2) 取水路 (6号機設備) の断面図 (一般部 B-B断面)



(単位：mm)

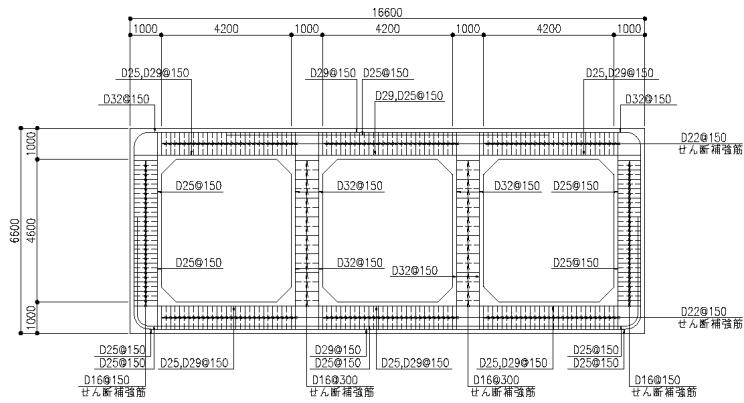
図 2-3 (3) 取水路 (6号機設備) の断面図 (漸拡部 C-C断面)





(単位：mm)

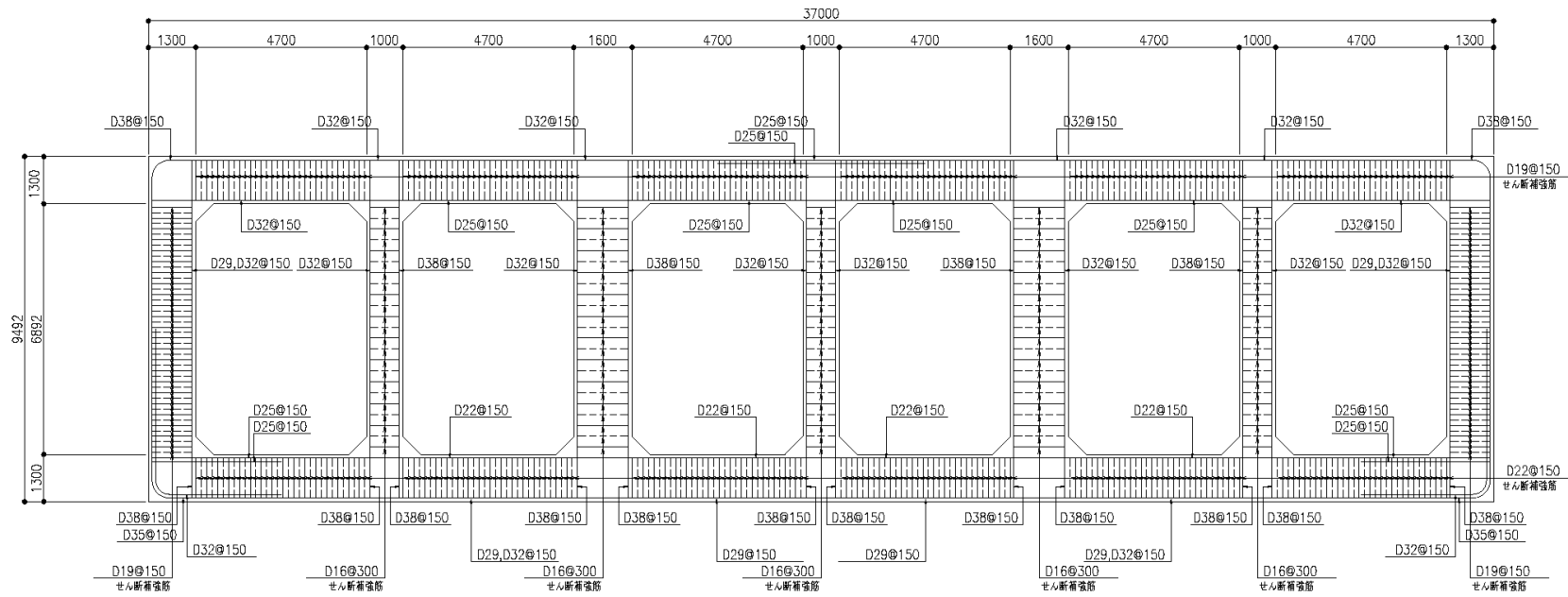
(A-A断面)



(単位：mm)

(B-B断面)

図2-4 (1) 取水路 (6号機設備) の概略配筋図



(単位 : mm)

(C-C 断面)

図 2-4 (2) 取水路 (6 号機設備) の概略配筋図

### 2.3 評価方針

取水路（6号機設備）は、常設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。

取水路（6号機設備）の耐震評価は、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。

地震応答解析においては、地震時の地盤の有効応力の変化に応じた影響を考慮できる有効応力解析を実施する。

有効応力解析に用いる地盤剛性及び液状化強度特性は、地盤の代表性及び網羅性を踏まえた上で、ばらつき等を考慮して設定する。

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、構造部材の層間変形角及びせん断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、基礎地盤に発生する鉛直力が極限支持力に基づく許容限界以下であること、若しくは基礎地盤に発生する最大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。

取水路（6号機設備）の耐震評価フローを図2-4に示す。

表 2-1 取水路（6号機設備）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	層間変形角及びせん断力が許容限界以下であることを確認	曲げ軸力	限界層間変形角*
				せん断力	せん断耐力*
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	鉛直力又は最大接地圧が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 又は極限支持力度*	

注記\* : 妥当な安全余裕を考慮する。

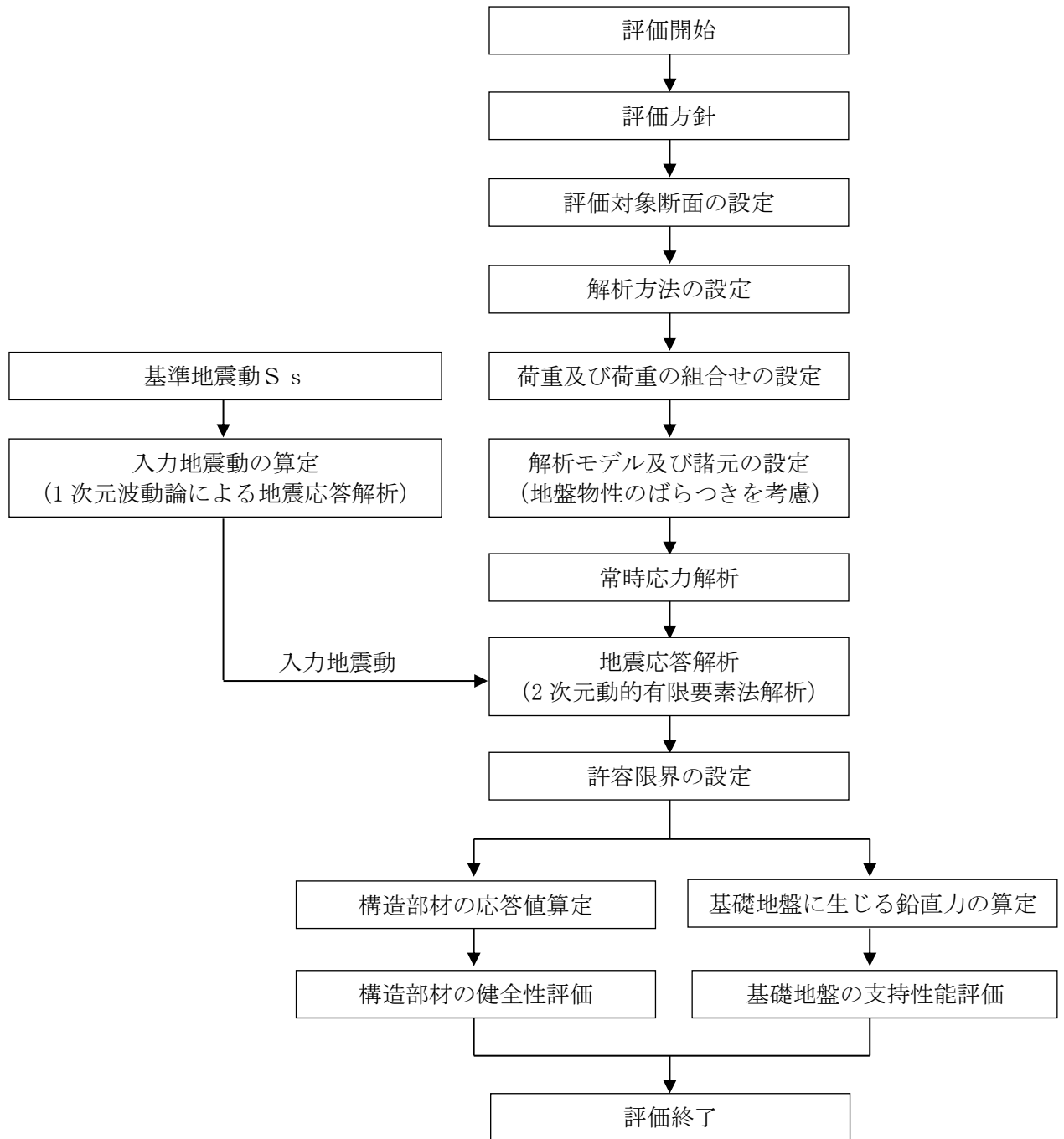


図 2-4 取水路 (6号機設備) の耐震評価フロー

## 2.4 適用基準

適用する規格，基準等を以下に示す。

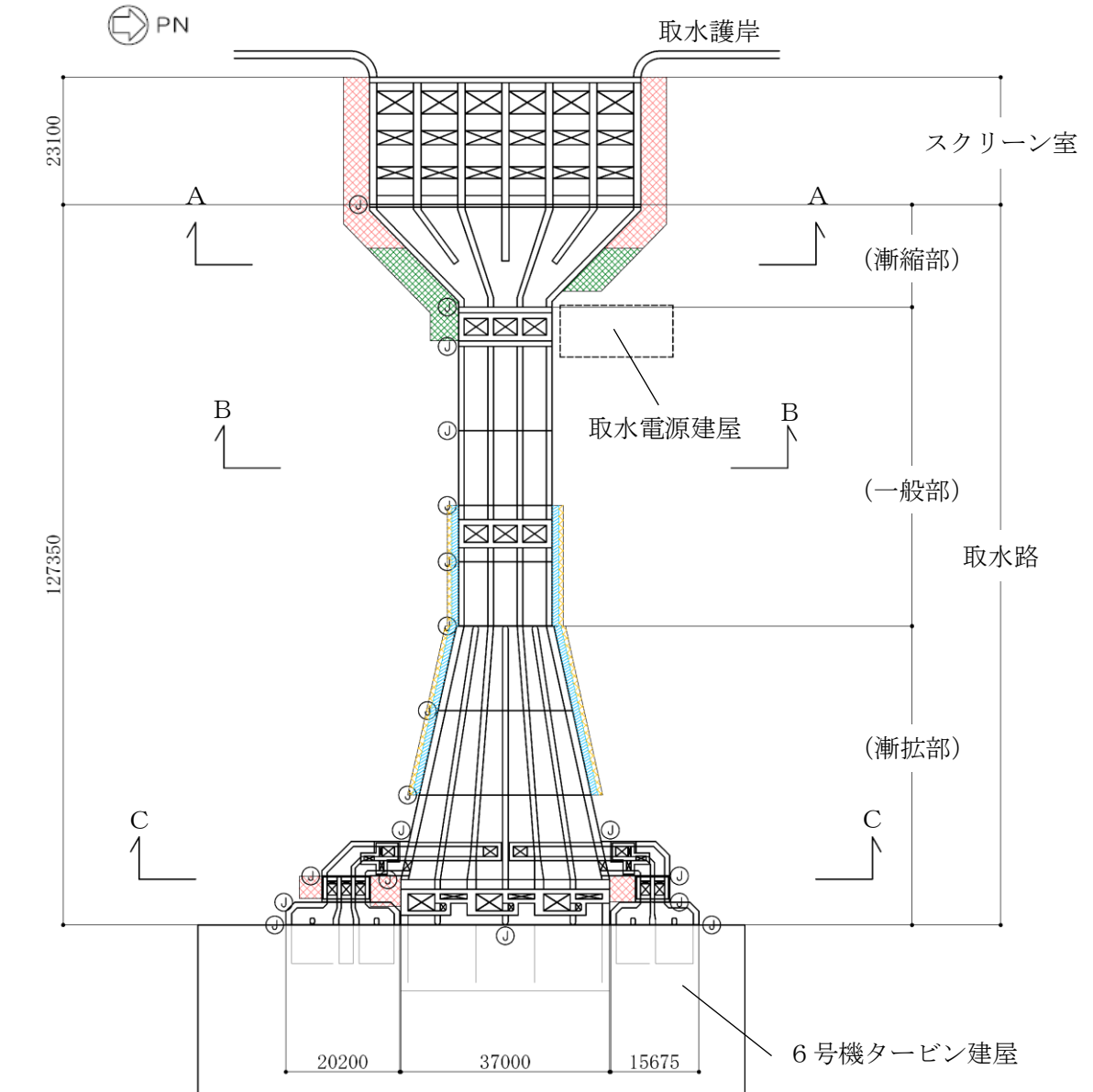
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年制定）
- ・コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2012年制定）
- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅳ下部構造編）・同解説（日本道路協会，平成14年3月）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005年）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（日本電気協会）

### 3. 耐震評価

#### 3.1 評価対象断面

取水路（6号機設備）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、B-B断面及びC-C断面とする。

評価対象断面図を図3-2に示す。

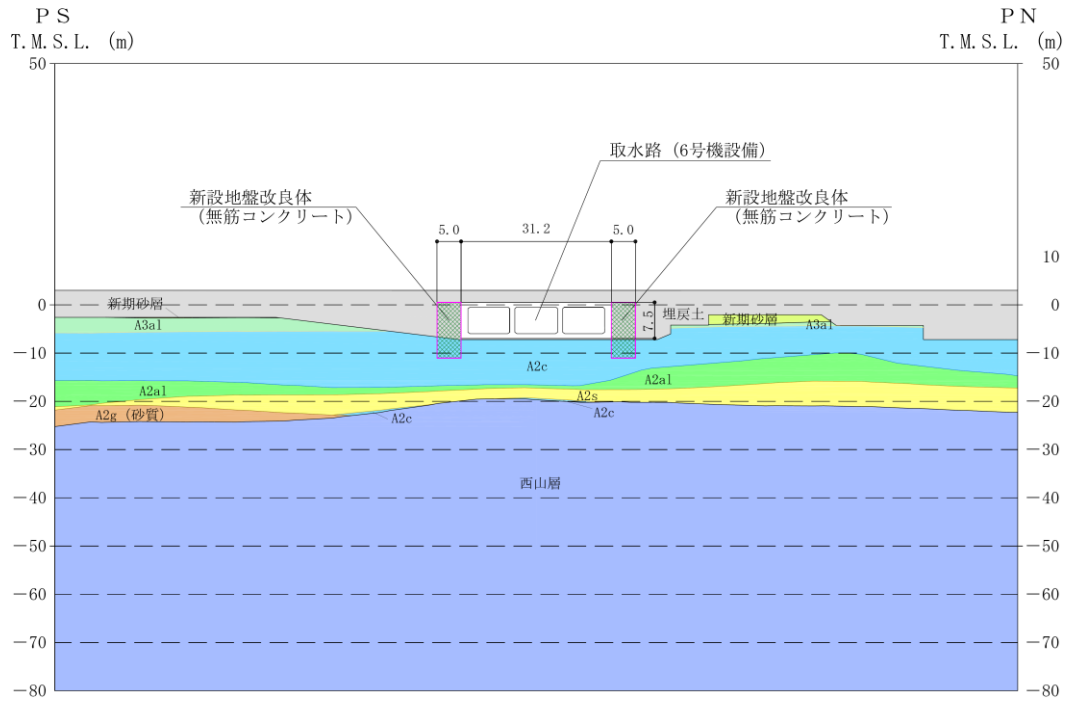


(単位：mm)

既設/新設	凡例	地盤改良工法
新設地盤改良体		高圧噴射
		無筋コンクリート
		置換(地中連続壁)
		機械攪拌

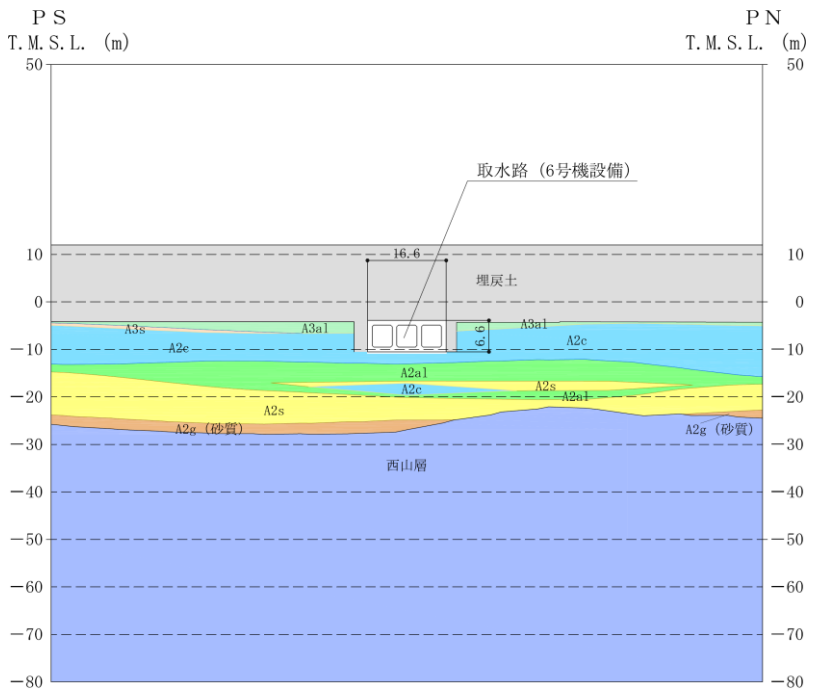
注：置換工法（地中連続壁），機械攪拌工法の施工範囲の内，地上構造物及び埋設構造物がある箇所では，高圧噴射を適用

図3-1 取水路（6号機設備）の評価対象断面位置図



(単位：m)

図 3-2 (1) 取水路 (6号機設備) の評価対象断面図 (A-A断面)



(単位：m)

図 3-2 (2) 取水路 (6号機設備) の評価対象断面図 (B-B断面)



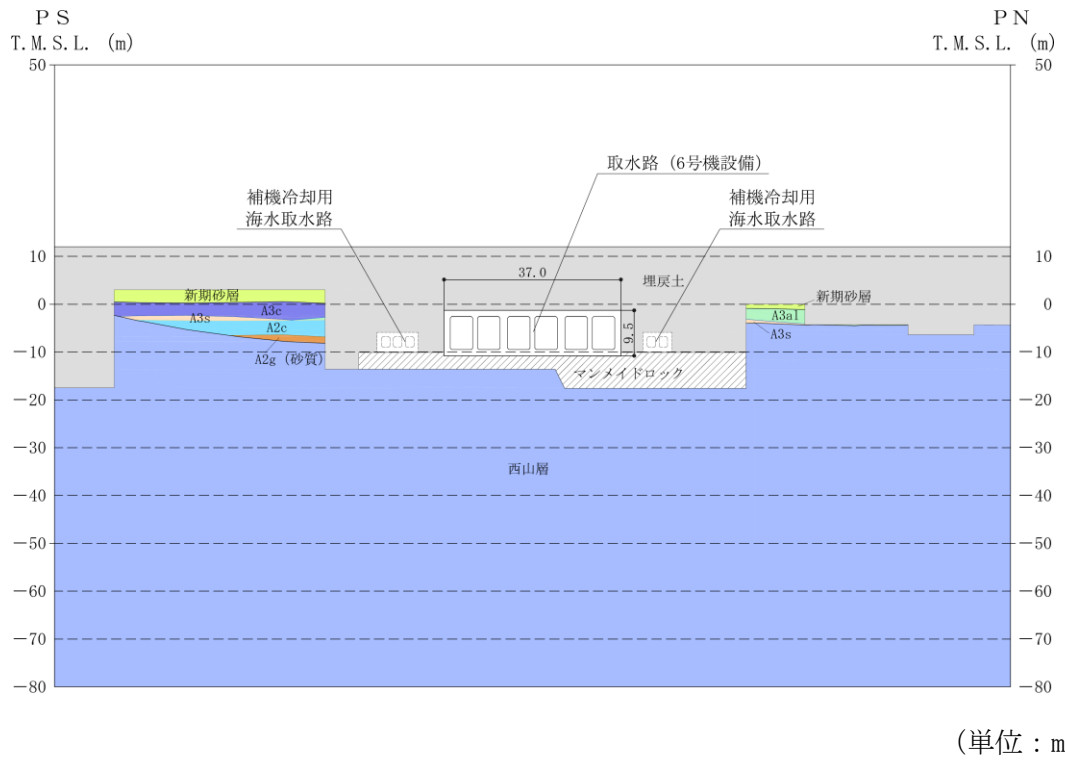


図 3-2 (3) 取水路 (6号機設備) の評価対象断面図 (C-C断面)

### 3.2 解析方法

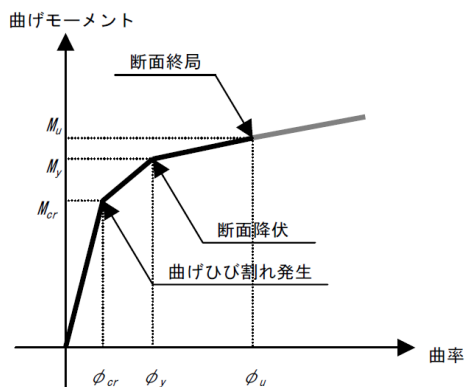
取水路（6号機設備）の地震応答解析は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち、「2.3 屋外重要土木構造物」に示す解析方法及び解析モデルを踏まえて実施する。

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次元動的有限要素法解析を用いて、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て行う。構造部材については、非線形はり要素でモデル化する。非線形はり要素の非線形特性についてはコンクリートの  $M-\phi$  関係を適切にモデル化する。また、地盤については、有効応力の変化に応じた地震時挙動を適切に考慮できるようにモデル化する。

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

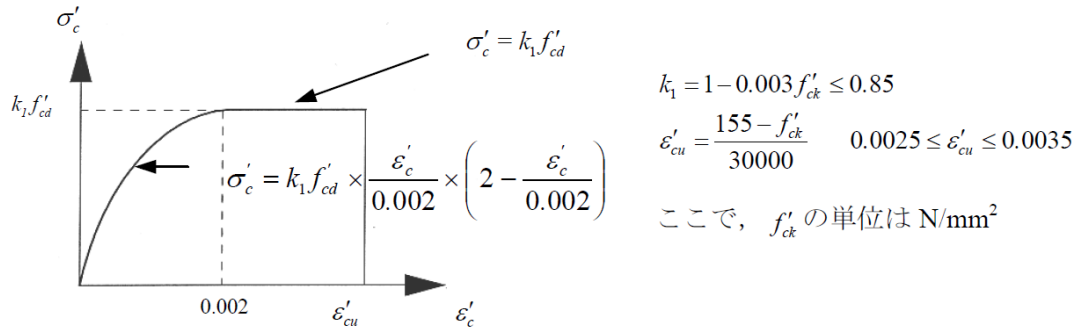
#### 3.2.1 構造部材

鉄筋コンクリート部材は、非線形はり要素でモデル化し、図3-3～図3-5に示す非線形特性及び履歴特性を考慮する。



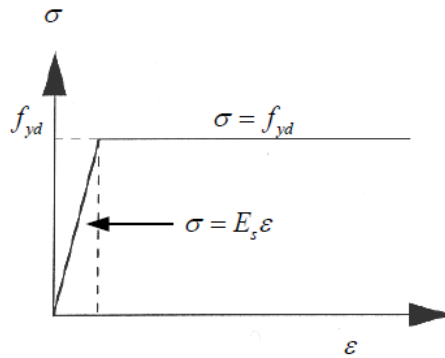
（原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（土木学会，2005年）より引用）

図3-3 鉄筋コンクリート部材の  $M-\phi$  関係



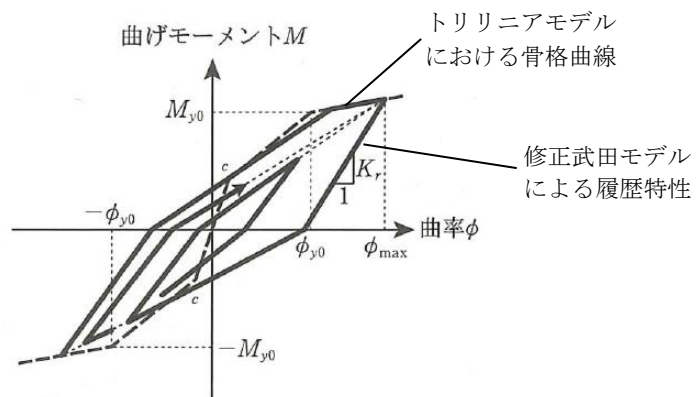
(原子力発電所屋外重要構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会, 2005 年) より引用)

図 3-4 (1) 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構造物の耐震性能照査指針・マニュアル (土木学会, 2005 年) より引用)

図 3-4 (2) 構造部材の非線形特性 (鉄筋の応力-ひずみ関係)



(道路橋示方書 (V耐震設計編)・同解説 (日本道路協会, 平成 14 年 3 月) より引用 (一部加筆))

図 3-5 鉄筋コンクリート部材の履歴特性

### 3.2.2 地盤

地盤については、地盤の繰返しせん断応力～せん断ひずみ関係の骨格曲線に関するせん断ひずみ及び有効応力の変化に応じた特徴を適切に表現できる双曲線モデル (H-D モデル) を用いる。

また、地盤剛性のばらつき及び地盤の液状化強度特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 (①～⑤) を設定する。

表 3-1 耐震評価における解析ケース

	①	②	③	④	⑤
解析ケース	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	非液状化の条件を仮定した解析ケース	地盤物性のばらつき (+1 $\sigma$ ) を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース
地盤剛性の設定	地盤剛性 (平均値)	地盤剛性 (+1 $\sigma$ )	地盤剛性 (-1 $\sigma$ )	地盤剛性 (平均値)	地盤剛性 (+1 $\sigma$ )
液状化強度特性の設定	液状化強度特性 (-1 $\sigma$ )	液状化強度特性 (-1 $\sigma$ )	液状化強度特性 (-1 $\sigma$ )	液状化パラメータを非適用	液状化パラメータを非適用

地盤剛性のばらつきの影響を考慮するため、地表付近で地下水面をまたぐ地層 (埋戻土及び新期砂層) のばらつきは、初期せん断弾性係数と有効拘束圧の関係から初期せん断弾性係数の標準偏差  $\sigma$  を用いて、せん断波速度のばらつきとして設定する。地下水以深の飽和土層 (沖積層及び古安田層) のばらつきは、各地層の PS 検層の結果からせん断波速度の標準偏差  $\sigma$  を求め、せん断波速度のばらつきとして設定する。(解析ケース②, ③, ⑤)。

地盤の液状化強度特性は、代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮し、液状化強度試験データの最小二乗法による回帰曲線と、その回帰係数の自由度を考慮した不偏分散に基づく標準偏差  $\sigma$  を用いて、液状化強度特性を (-1 $\sigma$ ) にて設定する (解析ケース①, ②, ③)。

また、構造物への応答加速度に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の条件を仮定した解析ケースを設定する (解析ケース④, ⑤)。

上記の地盤剛性及び液状化強度特性の設定を組み合わせた解析ケース (①～⑤) 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。

### 3.2.3 減衰定数

減衰特性は、柏崎刈羽原子力発電所における新潟県中越沖地震の地震記録を入力波とした再現解析等を踏まえ、Rayleigh減衰として、 $\alpha=0$ 、 $\beta=0.005$ を設定する。

### 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、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。また、解析ケース①において、曲げ軸力、せん断力及び基礎地盤の支持性能の全ての評価項目について、各照査値が最も厳しい地震動を用い、解析ケース②～⑤を実施する。最も厳しい照査値の選定は、照査値1.0に対して2倍の余裕となる照査値0.5以上を相対的に厳しい地震動の選定の目安として実施する。なお、解析ケースの結果を踏まえ、さらに照査値が大きくなる可能性がある場合は、追加解析を実施する。

### 3.3 荷重及び荷重の組合せ

荷重及び荷重の組合せは、V-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（6号機設備）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

埋設構造物であるため、積雪を考慮しない。

##### (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

取水路（6号機設備）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、土圧及び水圧による荷重を考慮する。

##### (3) 地震荷重（S<sub>s</sub>）

基準地震動S<sub>s</sub>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3-2に示す。

表3-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
地震時（S <sub>s</sub> ）	G + P + S <sub>s</sub>

G : 固定荷重

P : 積載荷重

S<sub>s</sub> : 地震荷重

### 3.4 入力地震動

入力地震動は、V-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 1 次元波動論により地震応答解析モデルの底面位置で評価したものをを用いる。

図 3-5 に入力地震動算定の概念図を、図 3-6 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「SLOK」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、別紙「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

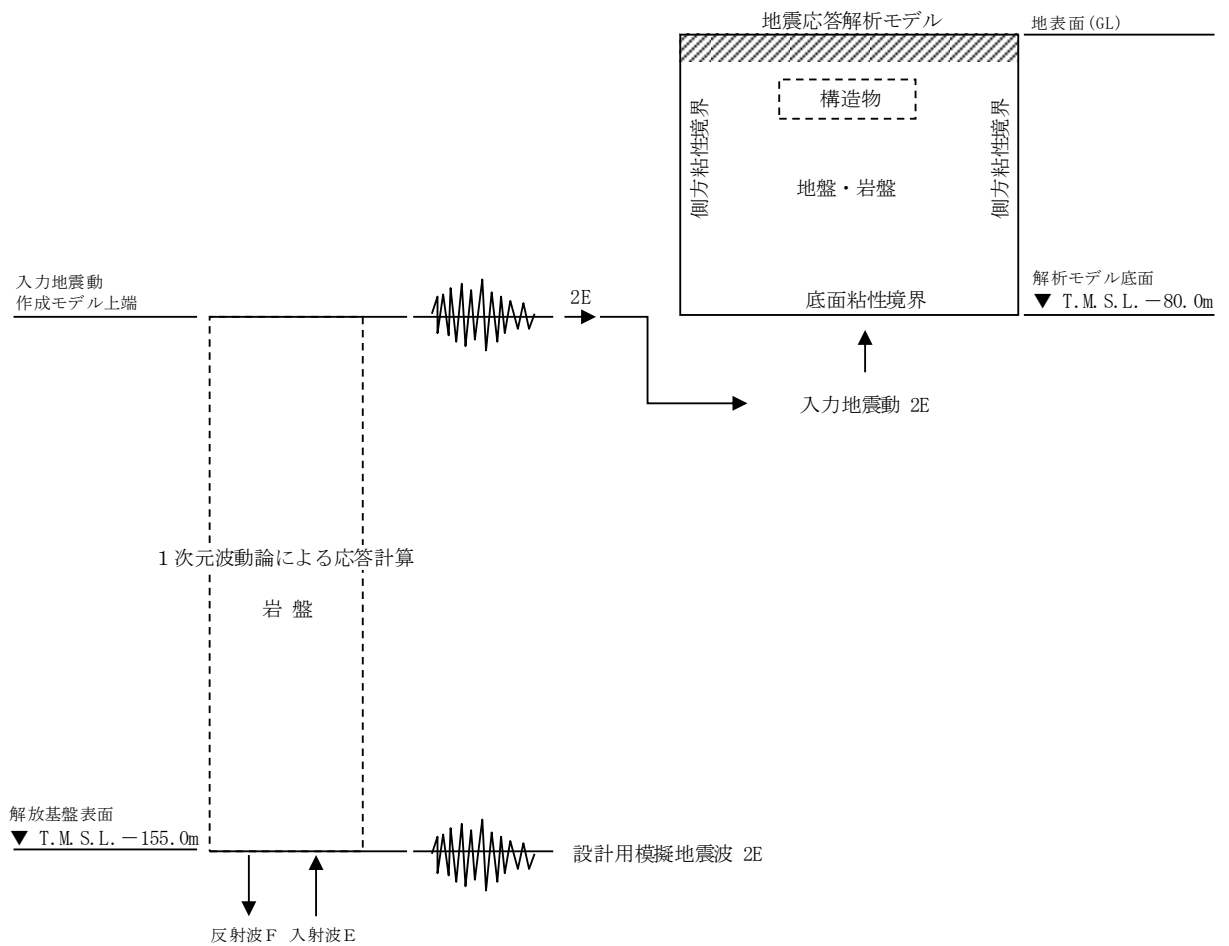
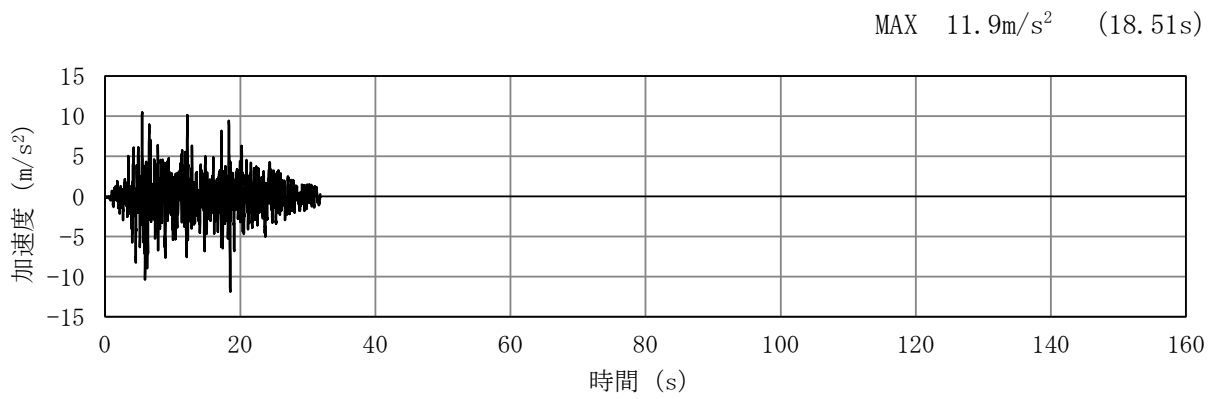
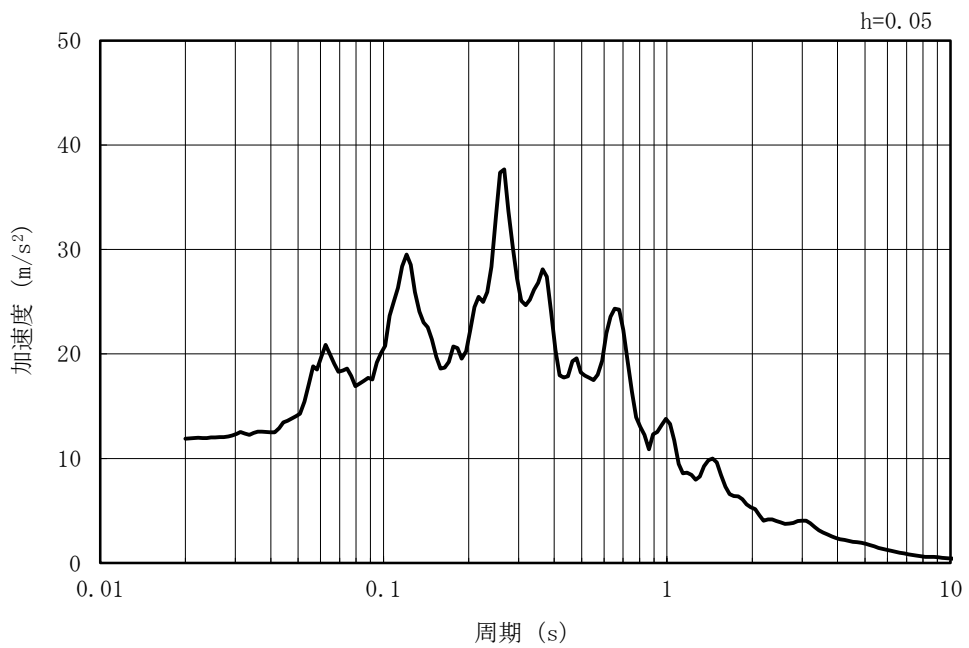


図 3-5 入力地震動算定の概念図



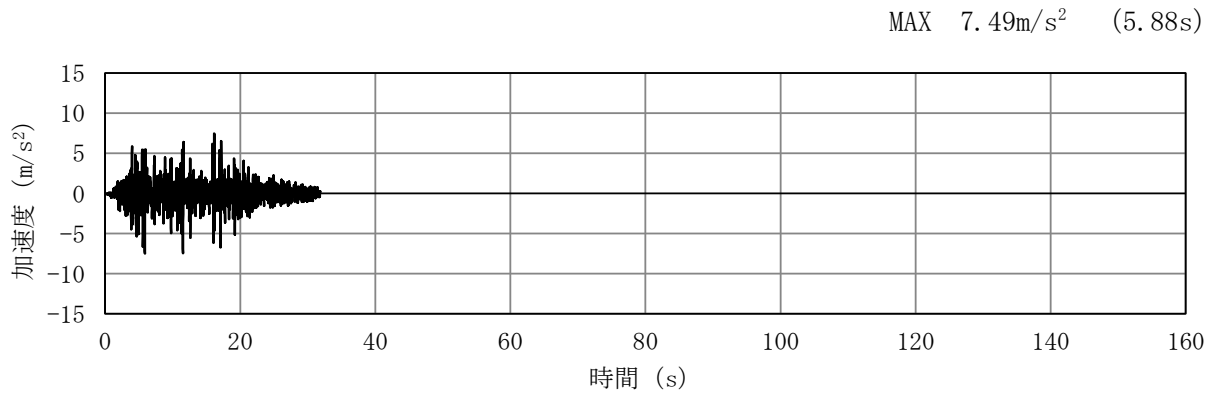
(a) 加速度時刻歴波形



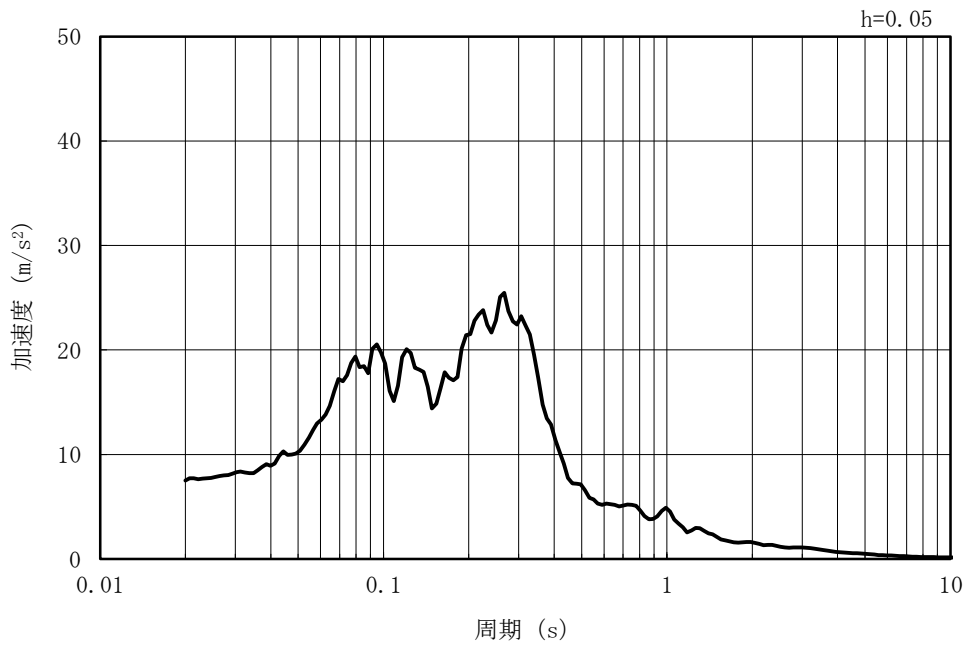
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-1)



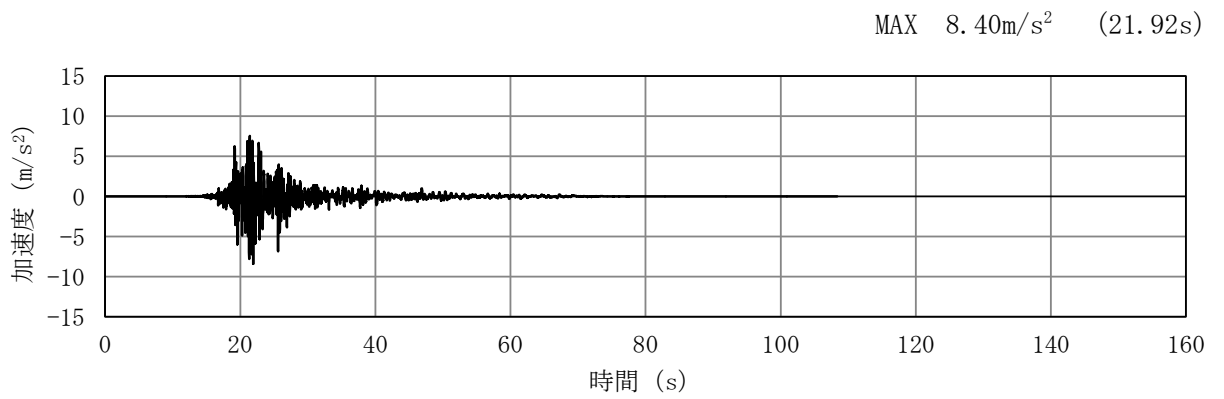


(a) 加速度時刻歴波形

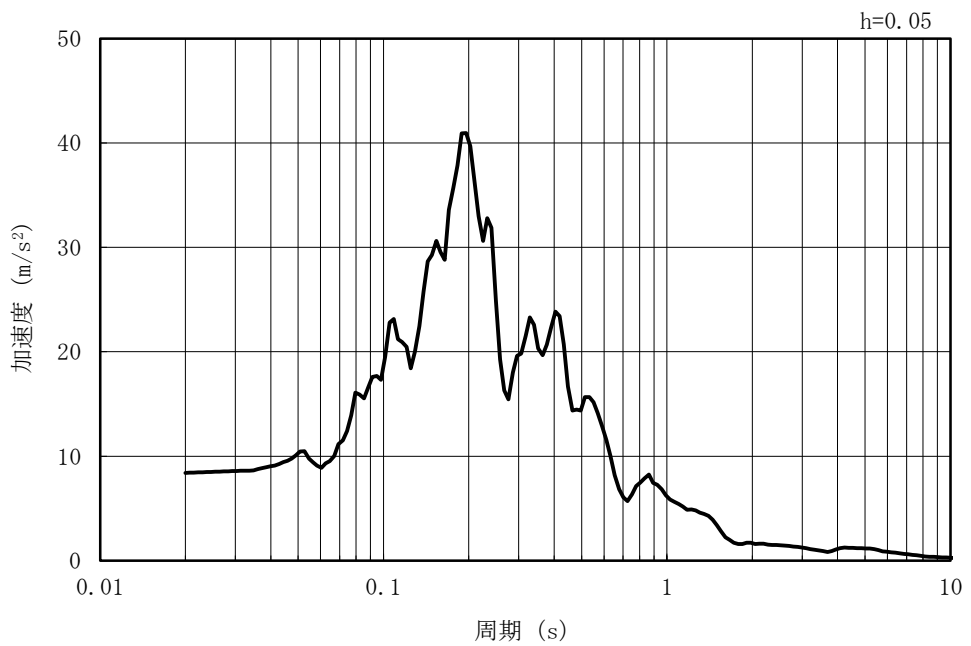


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-1)

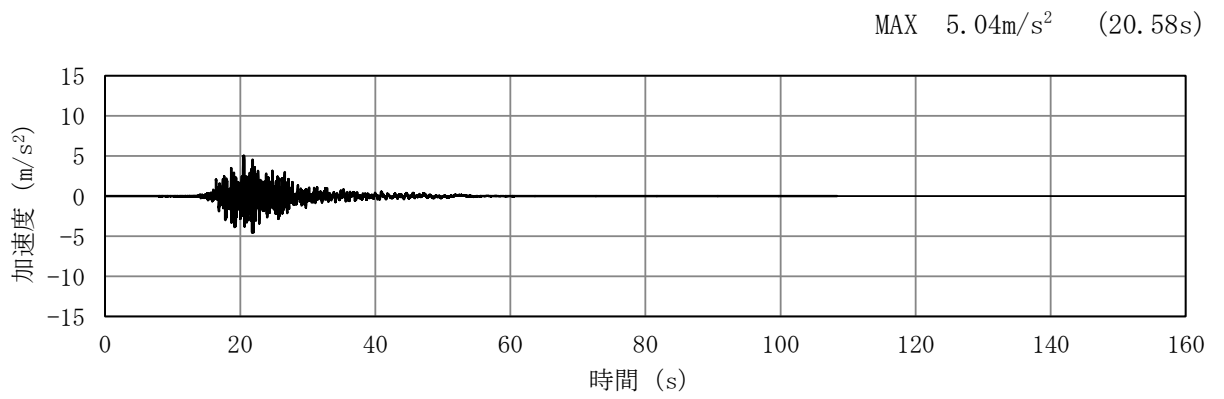


(a) 加速度時刻歴波形

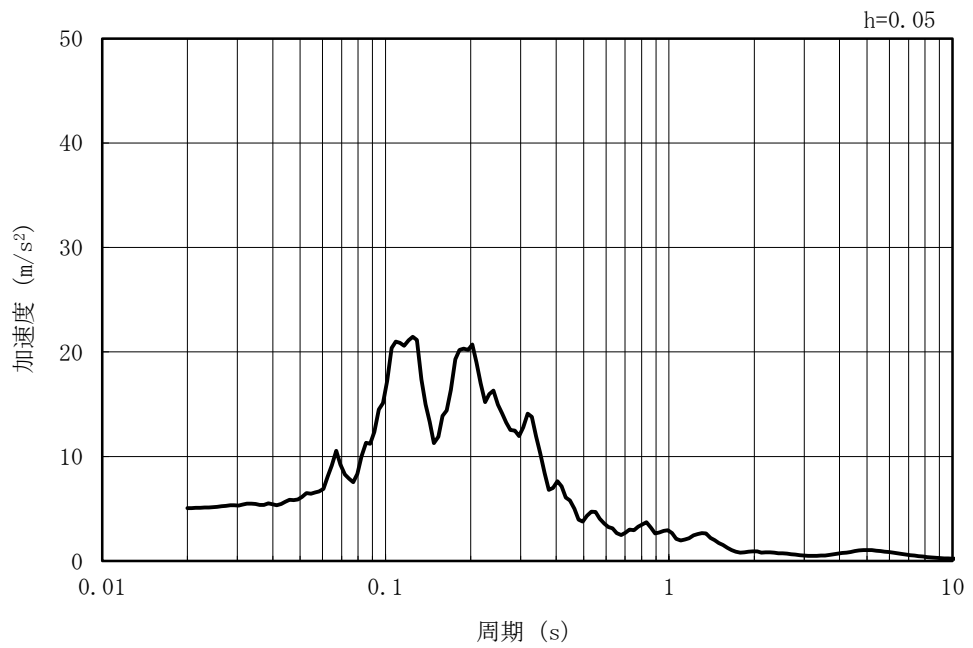


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-2NS)

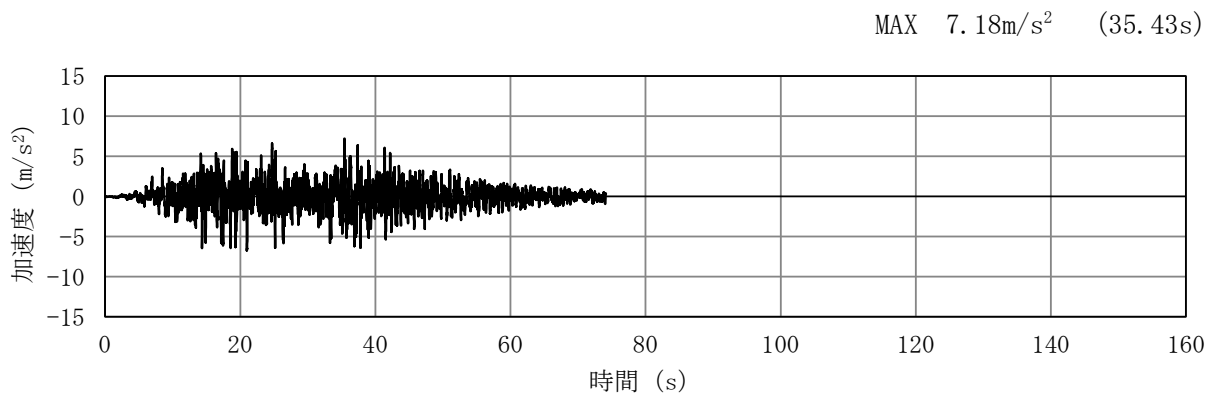


(a) 加速度時刻歴波形

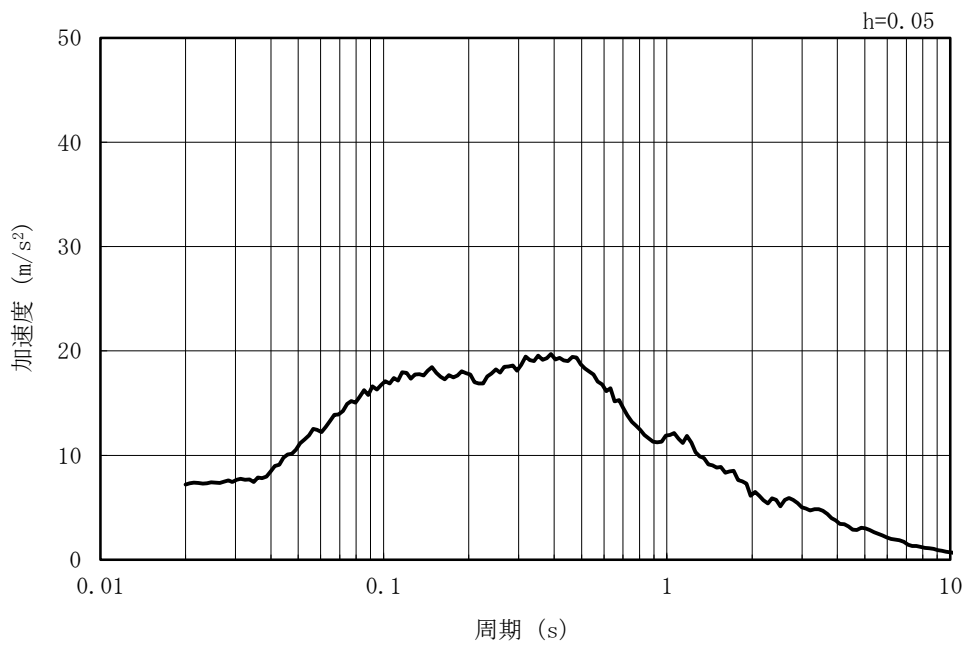


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-2NS)

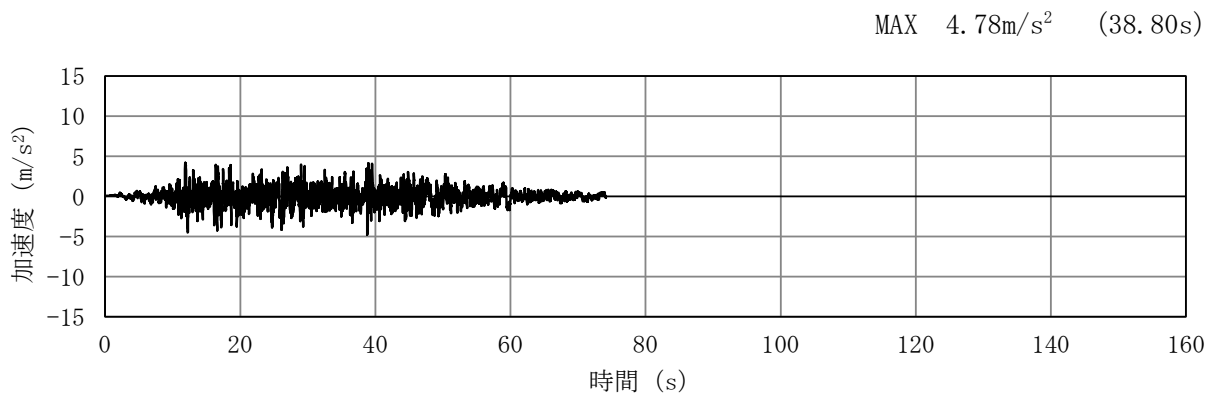


(a) 加速度時刻歴波形

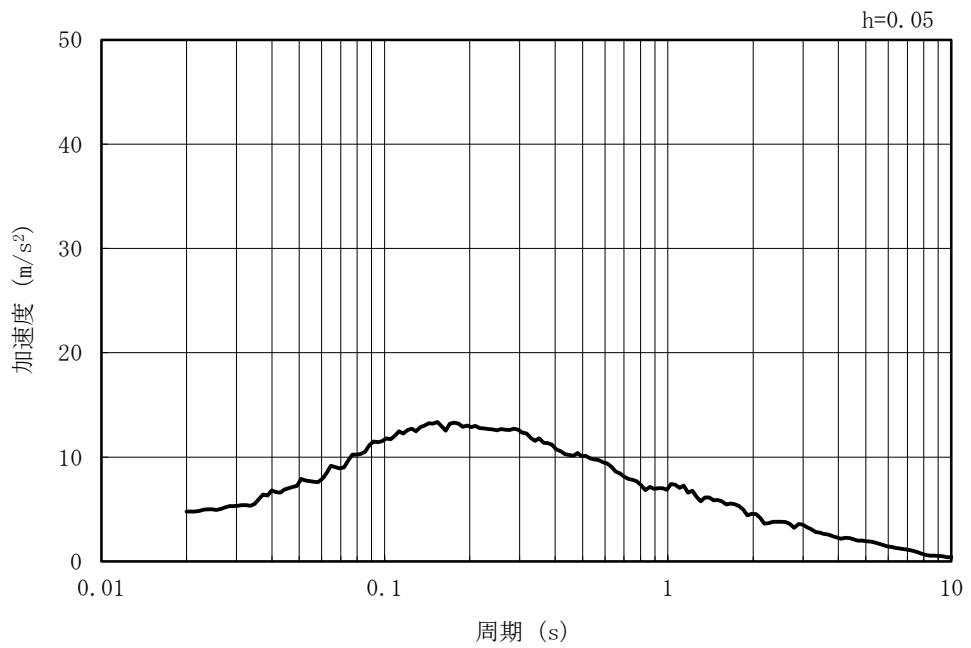


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-3)

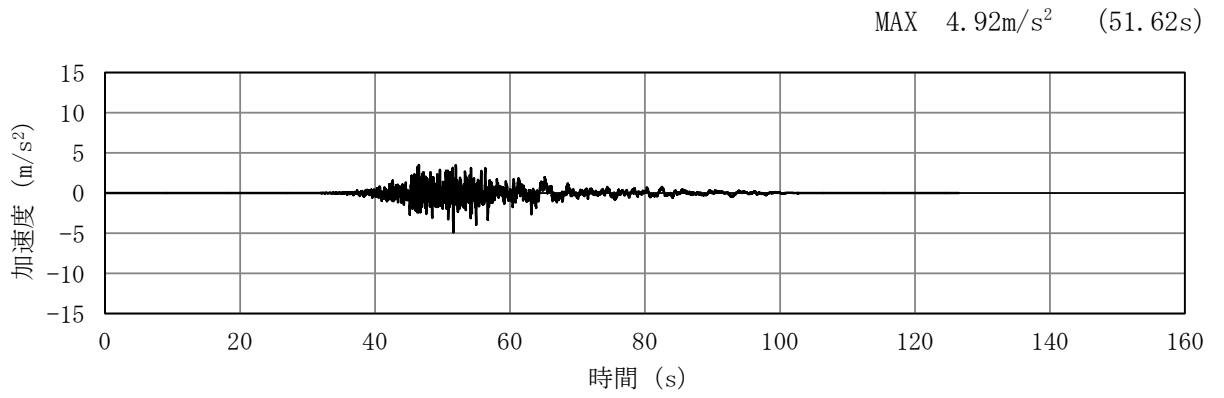


(a) 加速度時刻歴波形

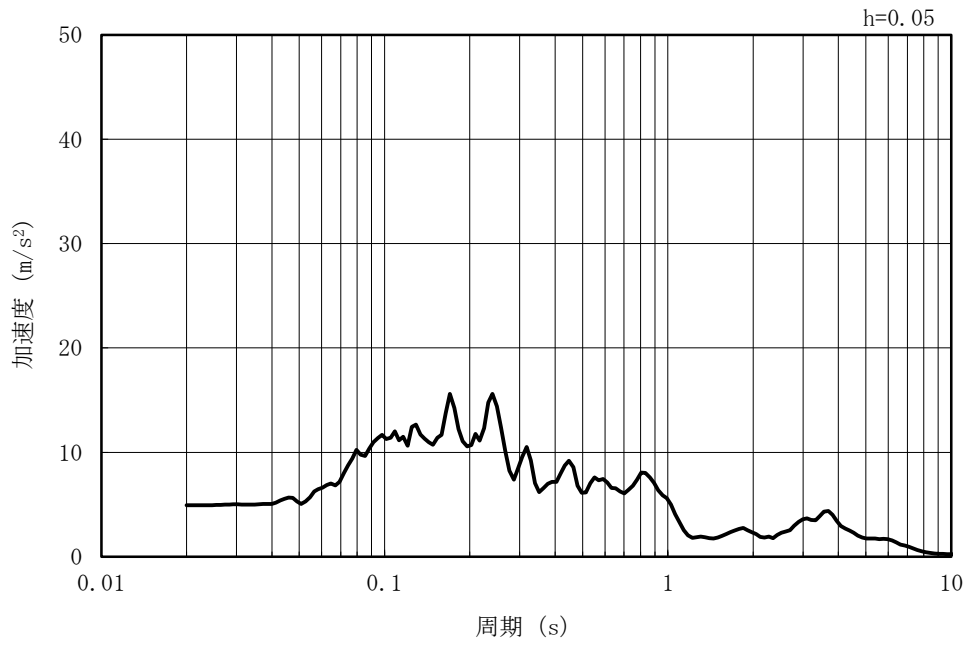


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-3)

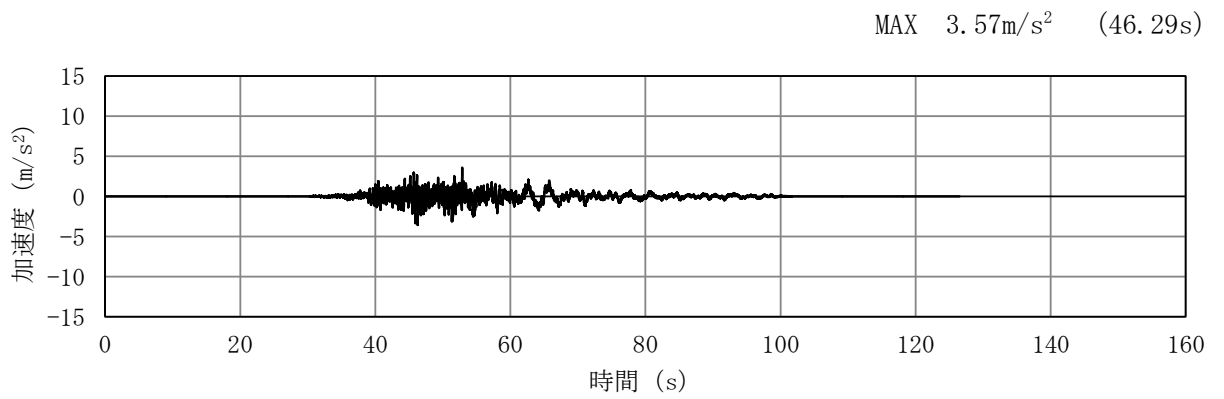


(a) 加速度時刻歴波形

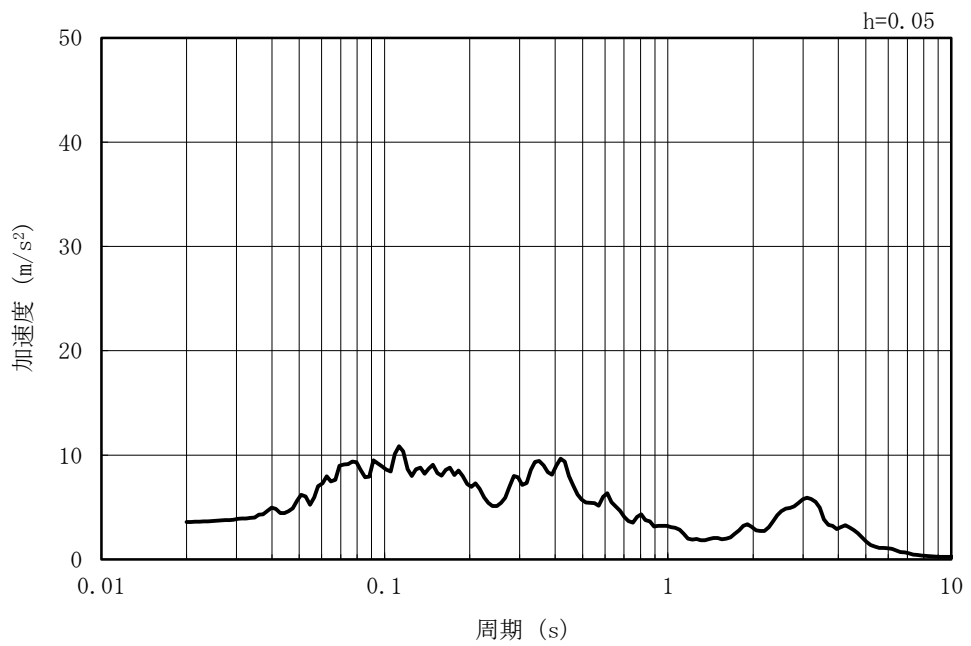


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-4NS)

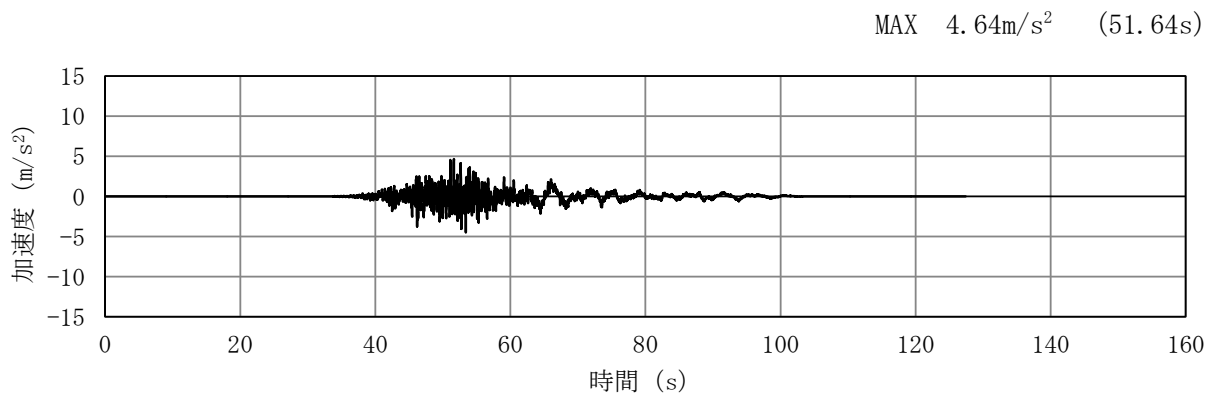


(a) 加速度時刻歴波形

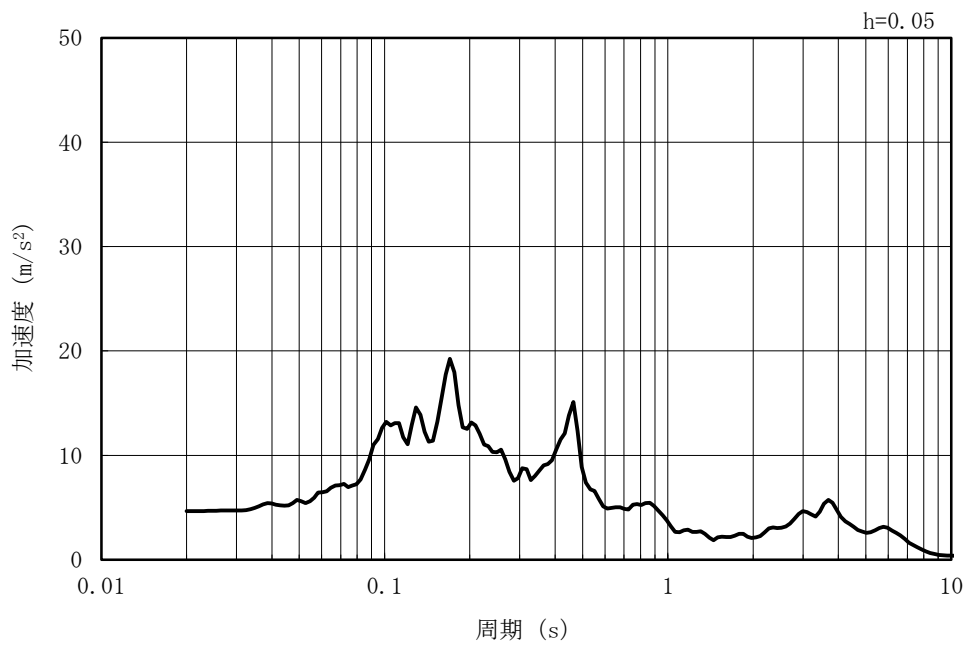


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-4NS)



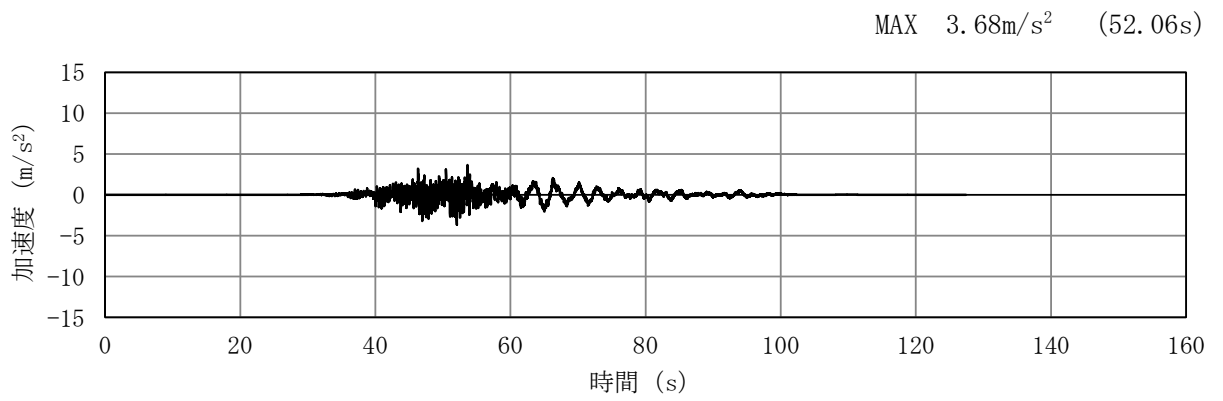
(a) 加速度時刻歴波形



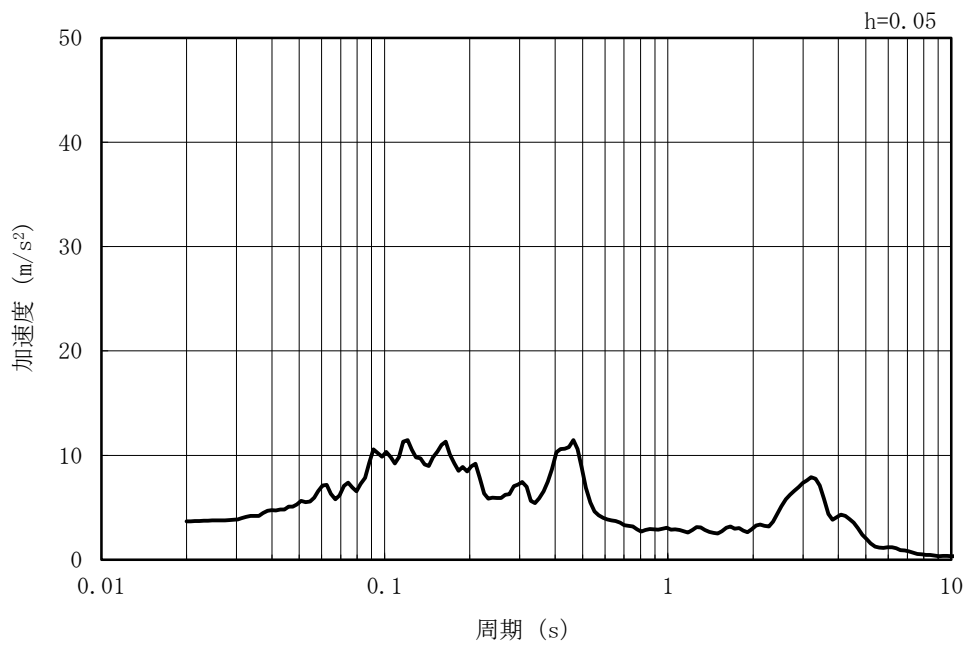
(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-5NS)



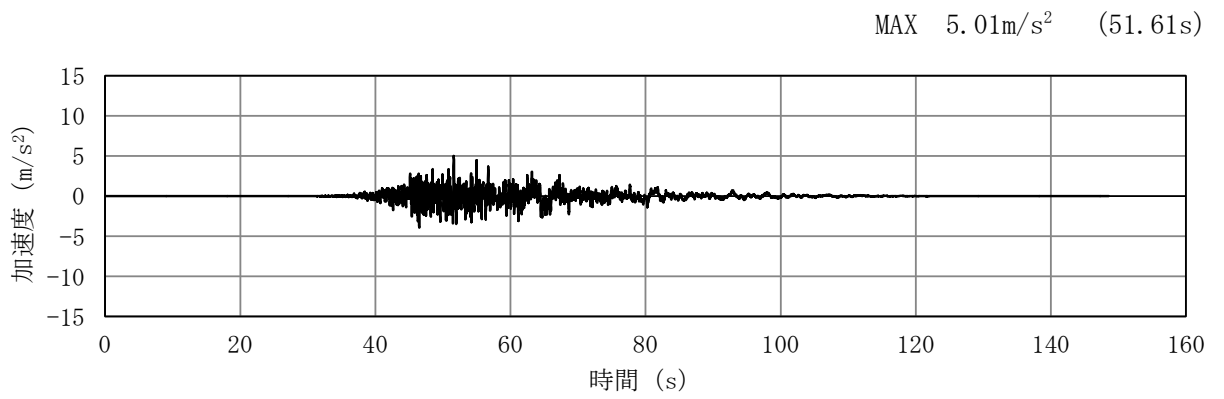


(a) 加速度時刻歴波形

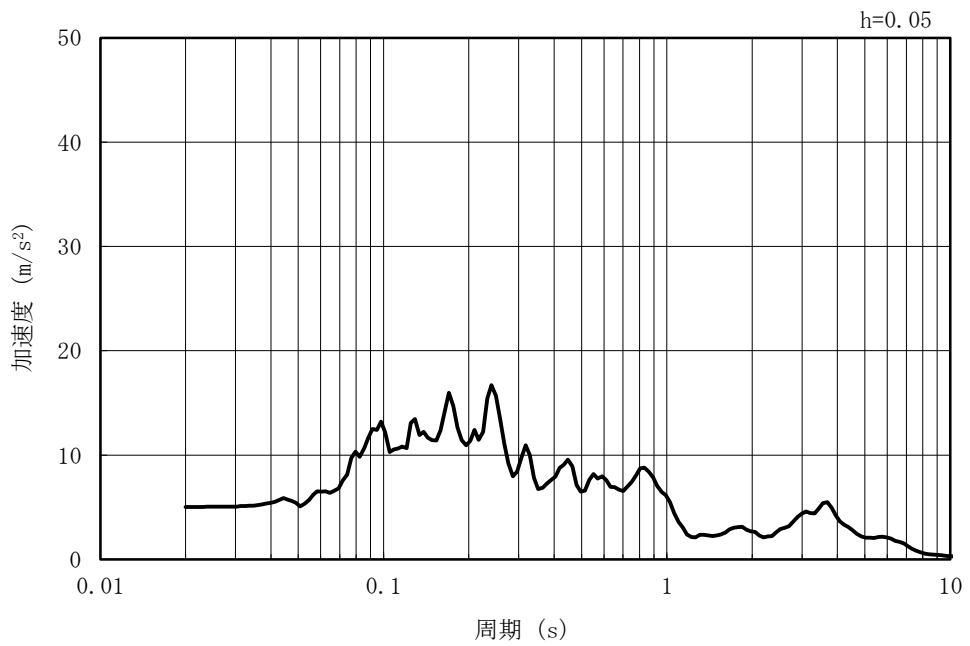


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-5NS)

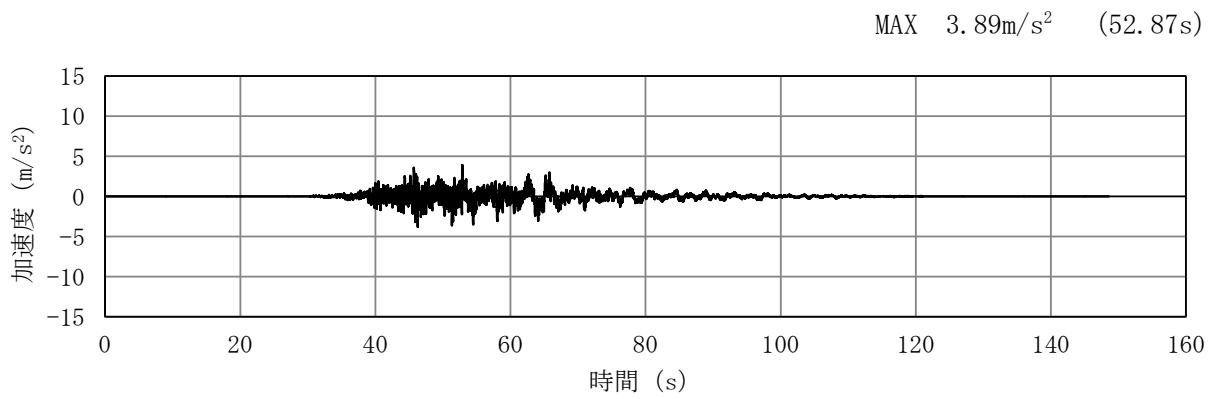


(a) 加速度時刻歴波形

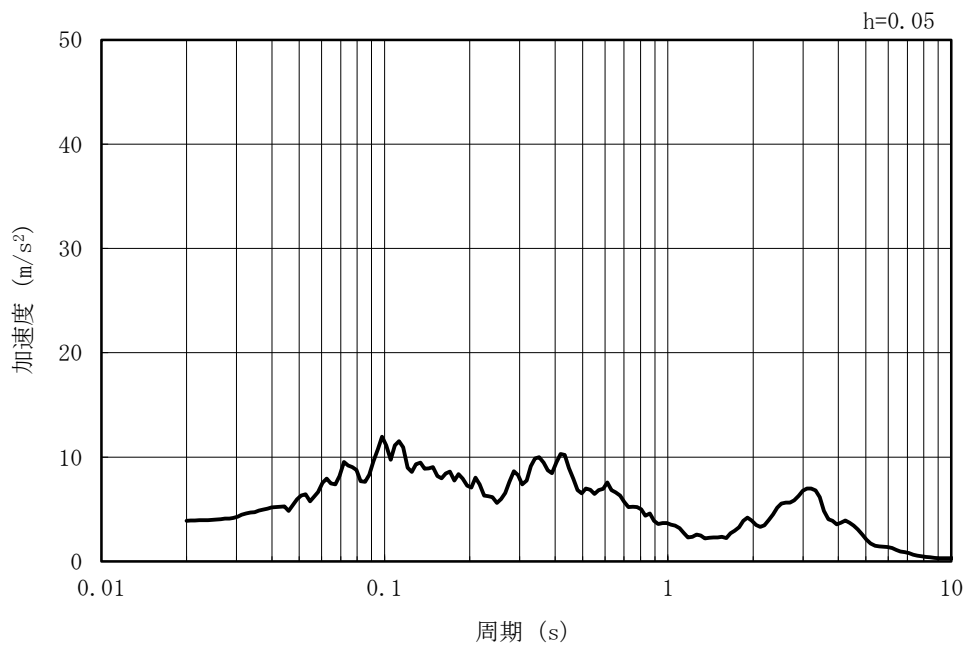


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-6NS)

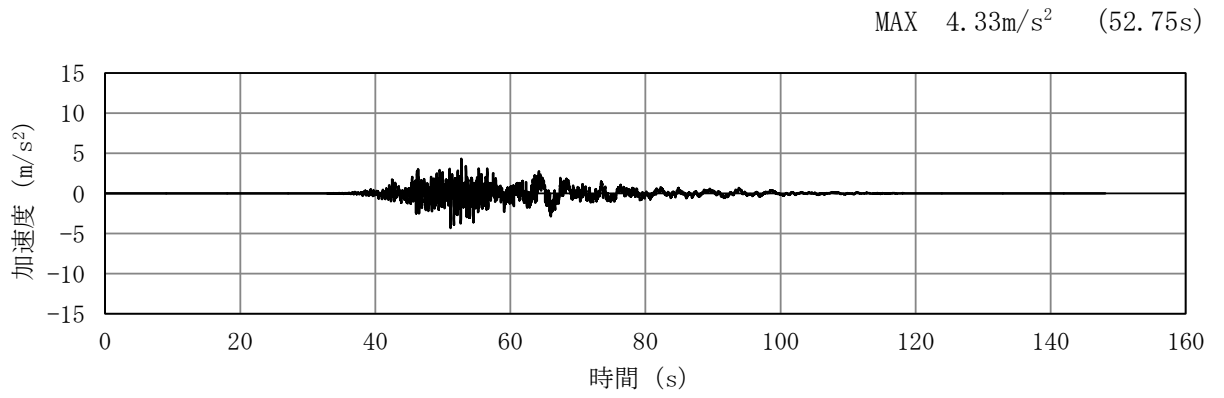


(a) 加速度時刻歴波形

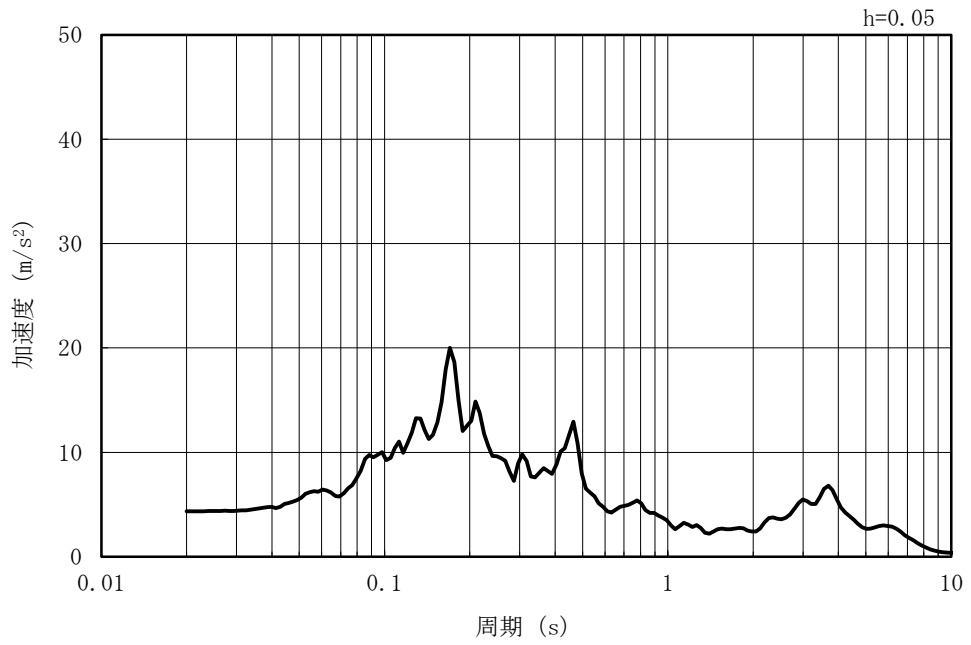


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-6NS)

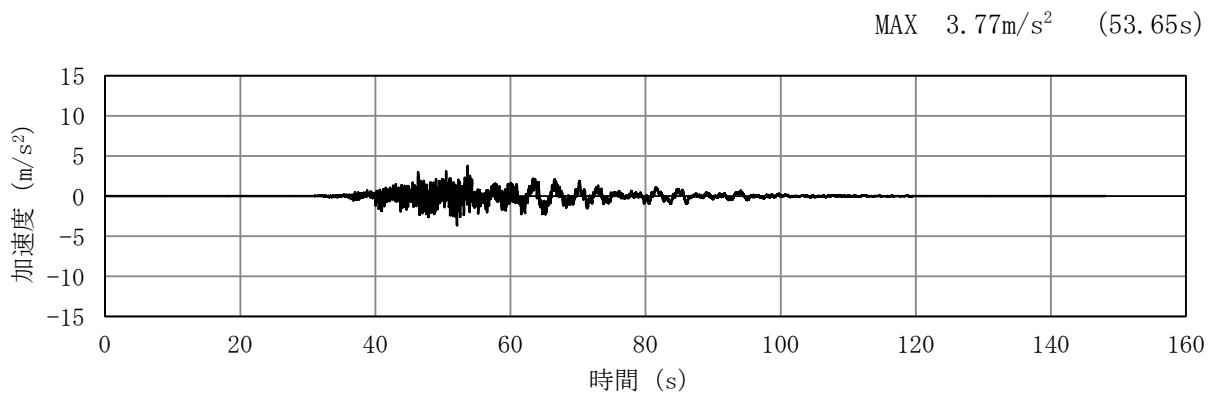


(a) 加速度時刻歴波形

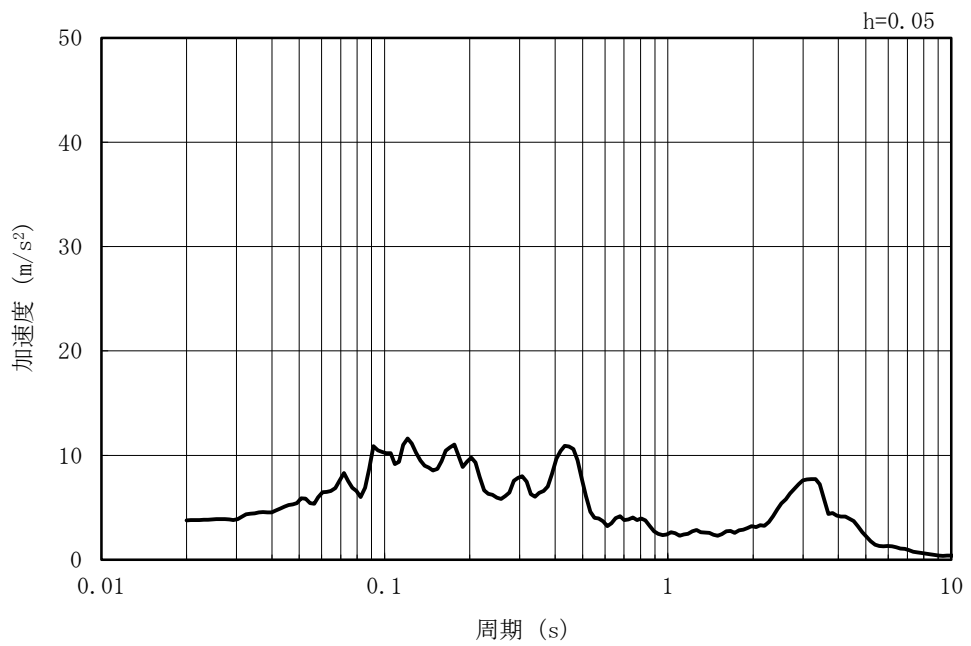


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-7NS)

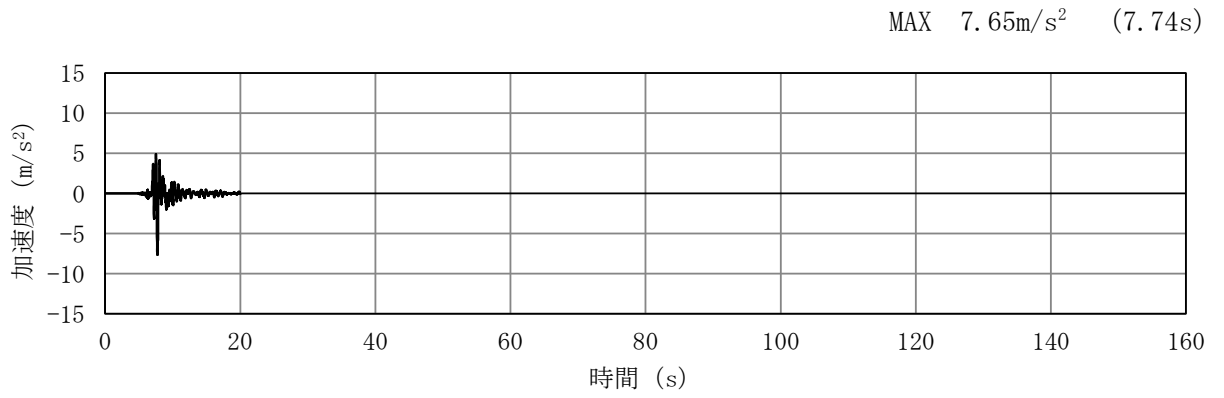


(a) 加速度時刻歴波形

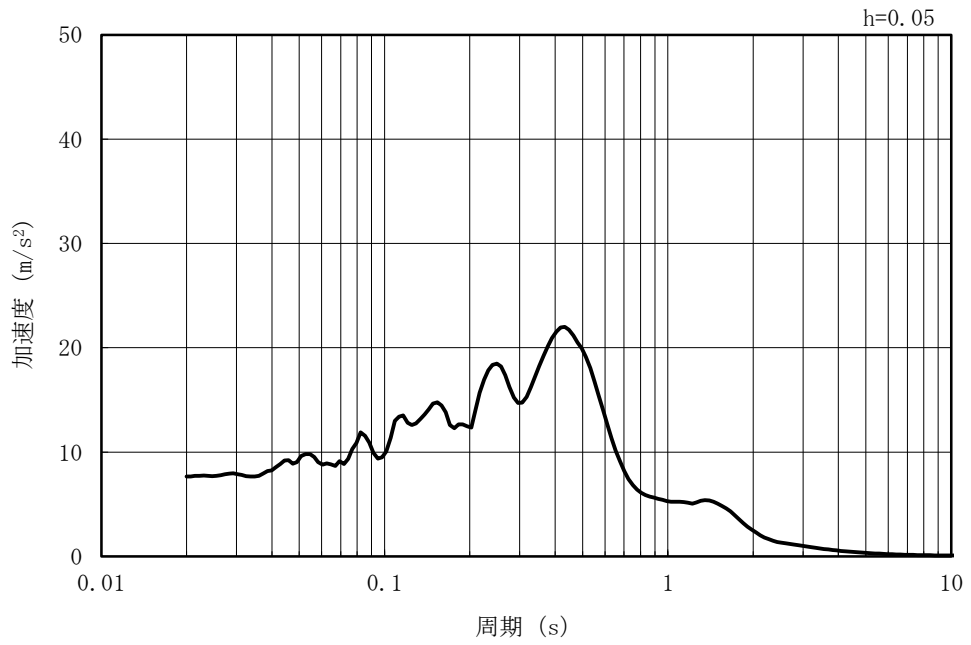


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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 : Ss-7NS)

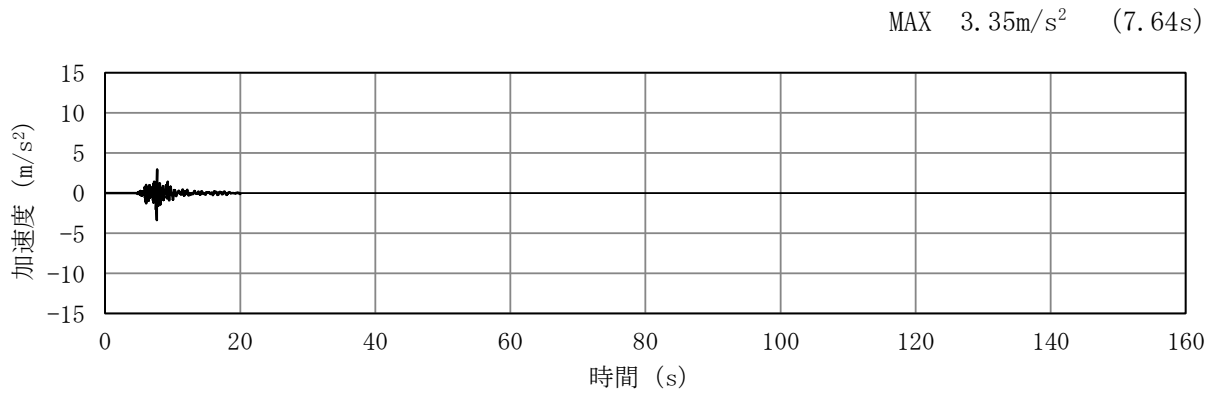


(a) 加速度時刻歴波形

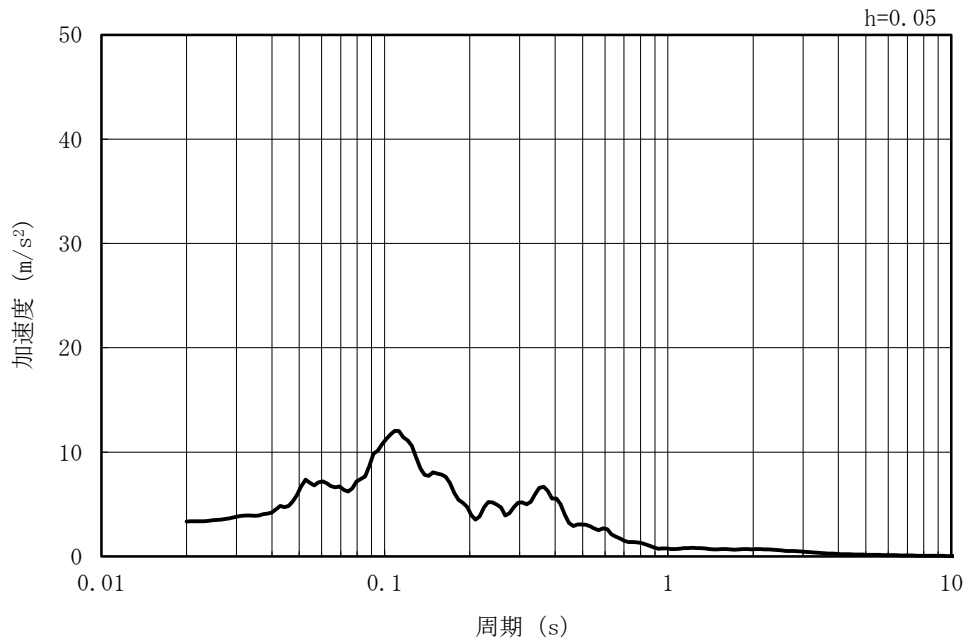


(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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  
(水平方向 : Ss-8)



(a) 加速度時刻歴波形



(b) 加速度応答スペクトル

図 3-6 (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  
(鉛直方向 : Ss-8)

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

取水路（6号機設備）の地震応答解析モデルを図3-7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。

##### (4) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化し、地震時の有効応力の変化に応じた非線形せん断応力～せん断ひずみ関係を考慮する。

##### (5) マンメイドロックのモデル化

マンメイドロックは、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化する。

##### (6) 地盤改良体のモデル化

構造物周辺の地盤改良体は、マルチスプリング要素及び間隙水要素によりモデル化する。

##### (7) ジョイント要素の設定

地震時の「地盤と構造物」、「地盤改良体と構造物」、「マンメイドロックと構造物」及び「地盤と地盤改良体」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。

##### (8) 水位条件

取水路（6号機設備）の内水位は、朔望平均満潮位 T.M.S.L. 0.49m に対し、保守性を考慮し、T.M.S.L. 1.0m とする。

地下水位は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、A-A断面は T.M.S.L. 3.0m、B-B断面は T.M.S.L. 5.0m、C-C断面は T.M.S.L. 8.0m に設定する。



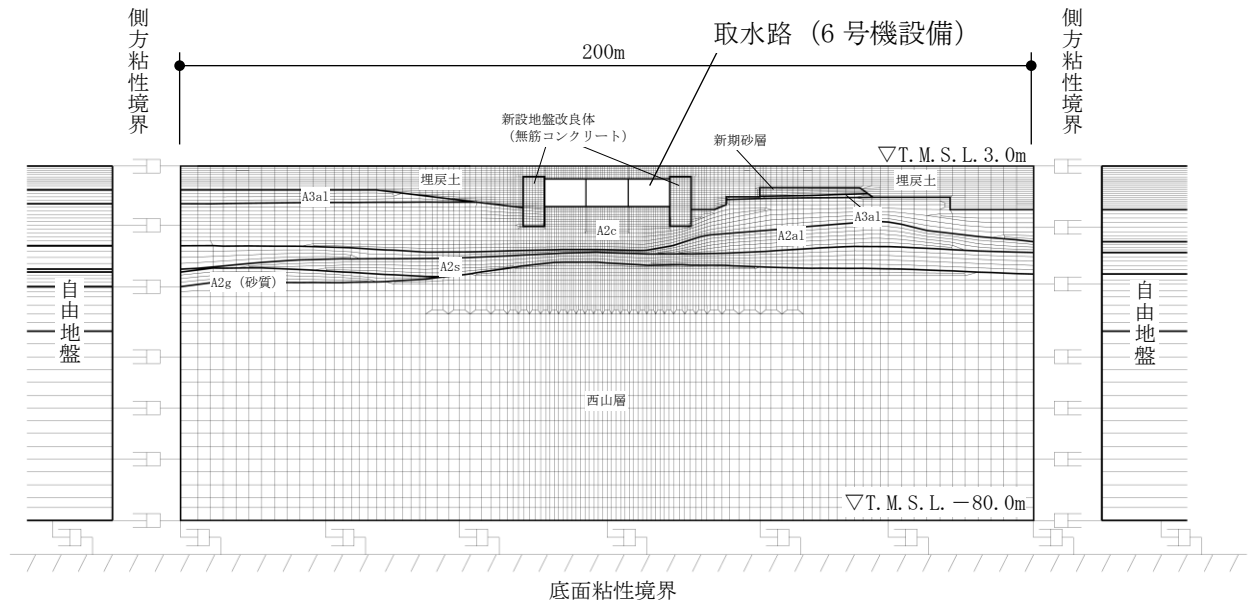


図 3-7 (1) 取水路 (6号機設備) の地震応答解析モデル (A-A断面)

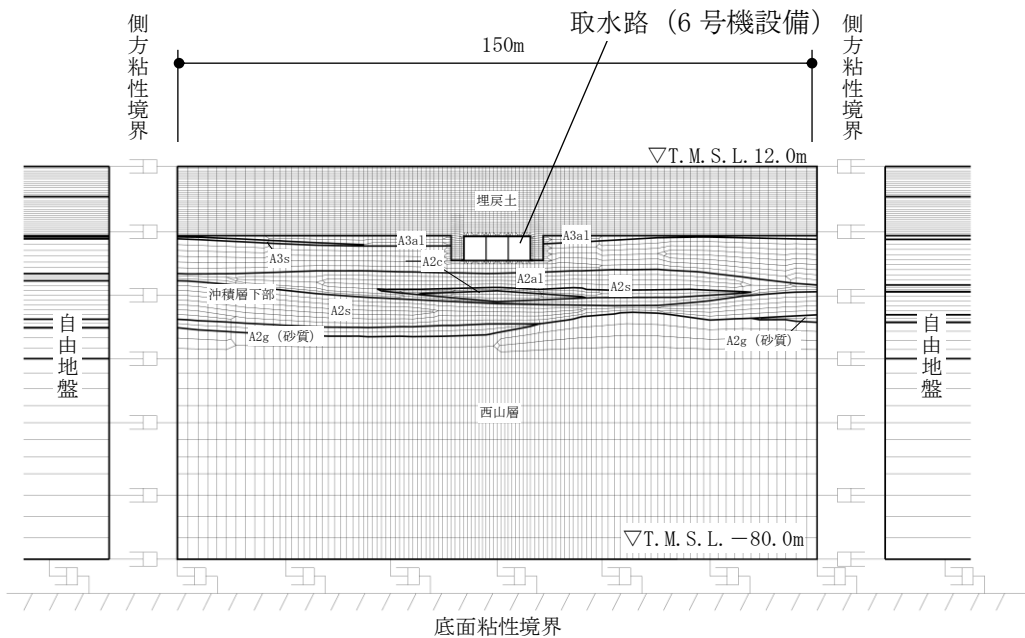


図 3-7 (2) 取水路 (6号機設備) の地震応答解析モデル (B-B断面)

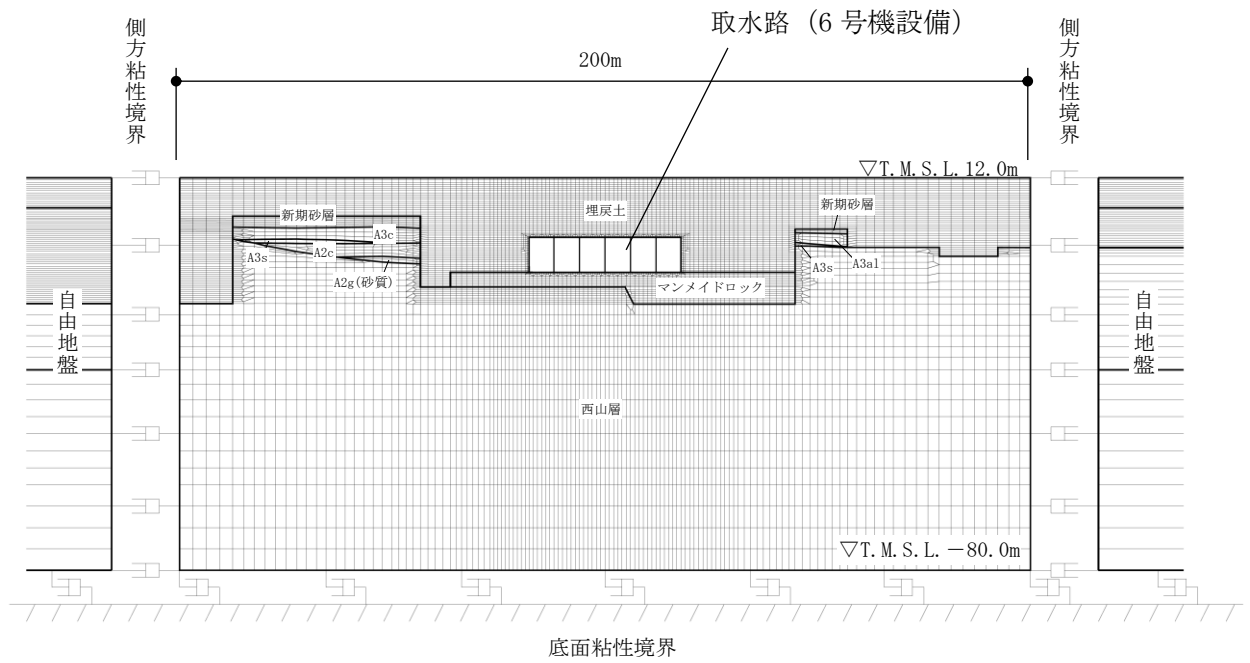


図 3-7 (3) 取水路 (6 号機設備) の地震応答解析モデル (C-C 断面)

### 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 3-3、材料の物性値を表 3-4 に示す。

表 3-3 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 23.5 N/mm <sup>2</sup>
鉄筋	SD35 (SD345 相当)

表 3-4 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鉄筋コンクリート	23.5*	2.45×10 <sup>4</sup> *	0.2*

注記\* : 建設時の設計値に基づく

### 3.5.3 地盤、マンメイドロック及び地盤改良体の物性値

地盤及びマンメイドロックについては、V-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。地盤改良体については、V-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に基づき、地盤改良体の配置を考慮した物性値を設定する。地盤改良体の配置を考慮した物性値を表 3-5 に示す。

表 3-5 地盤改良体の配置を考慮した物性値

既設/新設		新設地盤改良体	
種別		無筋コンクリート	
物理特性	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.30	
	間隙率 $n$	-	
変形特性	動せん断弾性係数 $G_{ma}$ (kN/m <sup>2</sup> )	9.17×10 <sup>6</sup>	
	基準平均有効拘束圧 $\sigma_{ma}'$ (kN/m <sup>2</sup> )	-	
	ポアソン比 $\nu$	0.20	
	減衰定数の上限値 $h_{max}$	-	
強度特性	粘着力 $c$ (kN/m <sup>2</sup> )	-	

### 3.6 許容限界

許容限界は、V-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) 曲げ軸力に対する許容限界

躯体の曲げ軸力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（土木学会，2005年）（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。

土木学会マニュアルでは、曲げ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いる。

層間変形角 1/100 の状態は、かぶりコンクリートの剥落が発生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) せん断力に対する許容限界

せん断力に対する許容限界は、土木学会マニュアルに基づき、棒部材式、ディープビーム式、又は材料非線形解析で求まるせん断耐力を許容限界とする。材料非線形解析によるせん断耐力は、解析コード「WC OMD-S J」により算定する。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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

#### 3.6.2 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鉛直力に対する許容限界は、V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、A-A断面及びB-B断面については、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）の直接基礎より設定する。C-C断面については、基礎地盤（西山層）の極限支持力度とする。

基礎地盤（西山層）の極限支持力度を表 3-6 に示す。

表 3-6 基礎地盤（西山層）の支持性能に対する許容限界

項目	許容限界 (N/mm <sup>2</sup> )
	C-C断面
極限支持力度	5.98

### 3.7 評価方法

取水路（6号機設備）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」に示す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層間変形角及びせん断力が許容限界以下であることを確認する。

地震応答解析により算定した層間変形角の時刻歴波形を図3-8、せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力を図3-9に示す。

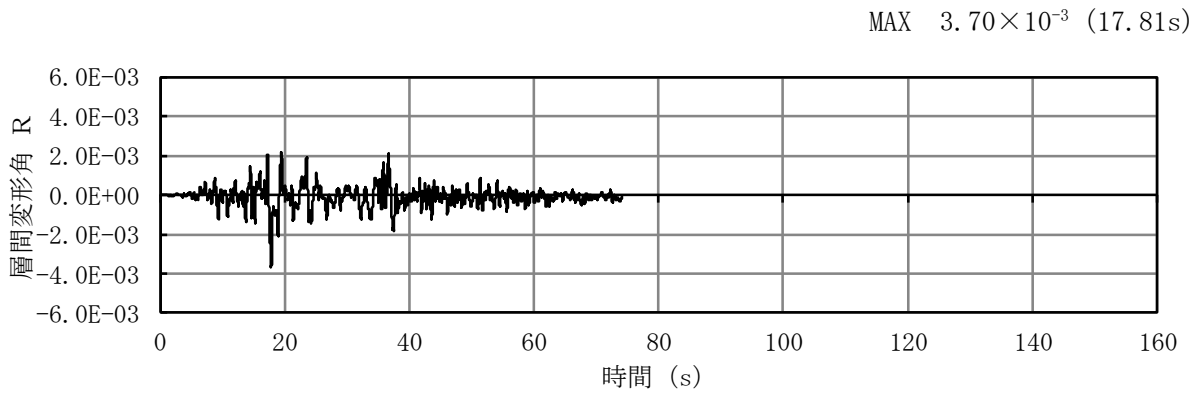


図 3-8 (1) 層間変形角の時刻歴波形

(A-A断面, Ss-3--)

(検討ケース③：地盤物性のばらつき ( $-1\sigma$ ) を考慮した解析ケース)

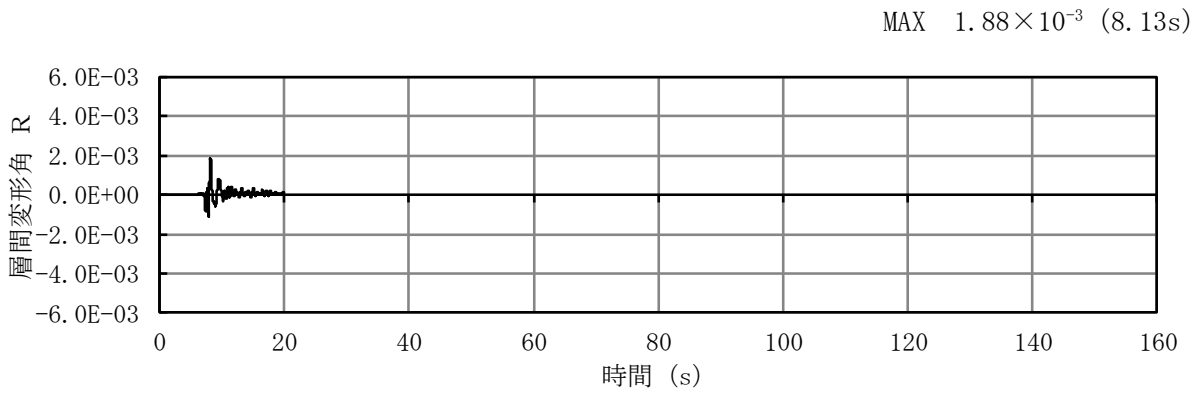


図 3-8 (2) 層間変形角の時刻歴波形

(B-B断面, Ss-8++)

(検討ケース⑤：地盤物性のばらつき ( $+1\sigma$ ) を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース)

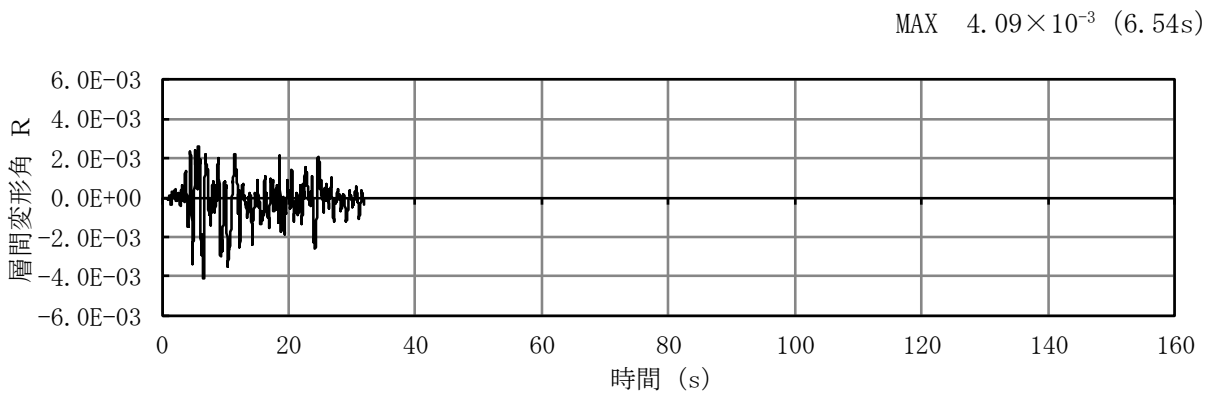
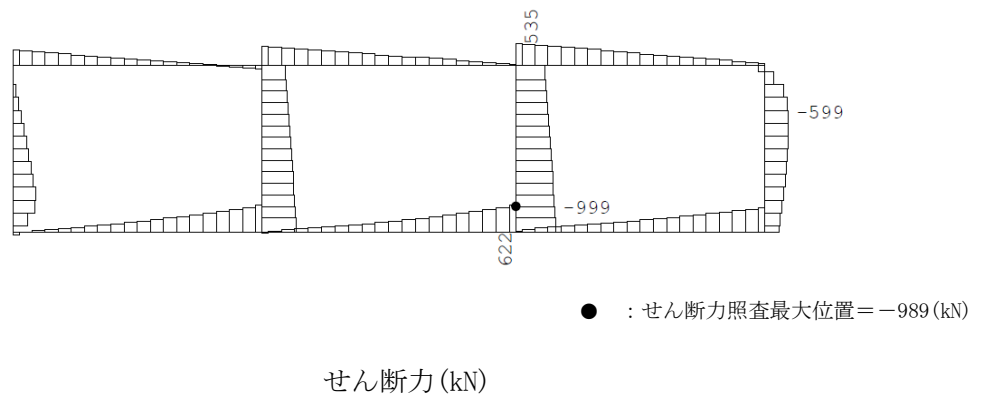
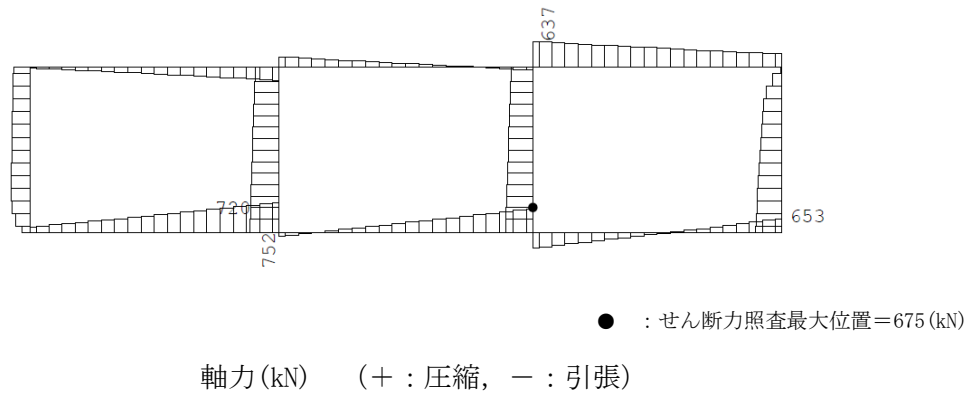
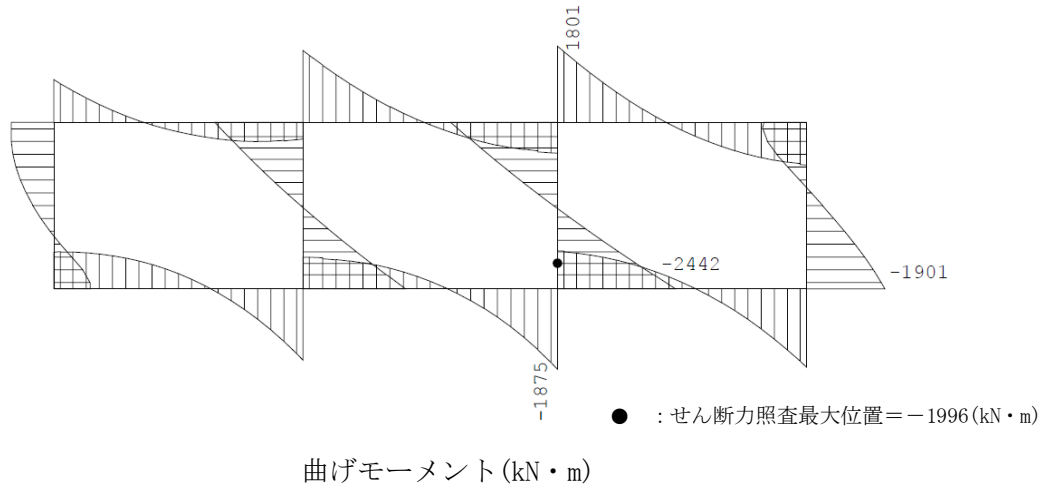


図 3-8 (3) 層間変形角の時刻歴波形

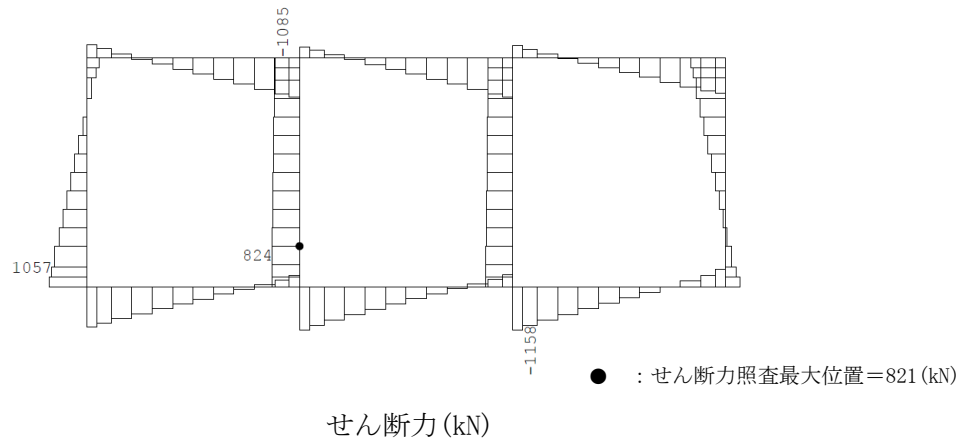
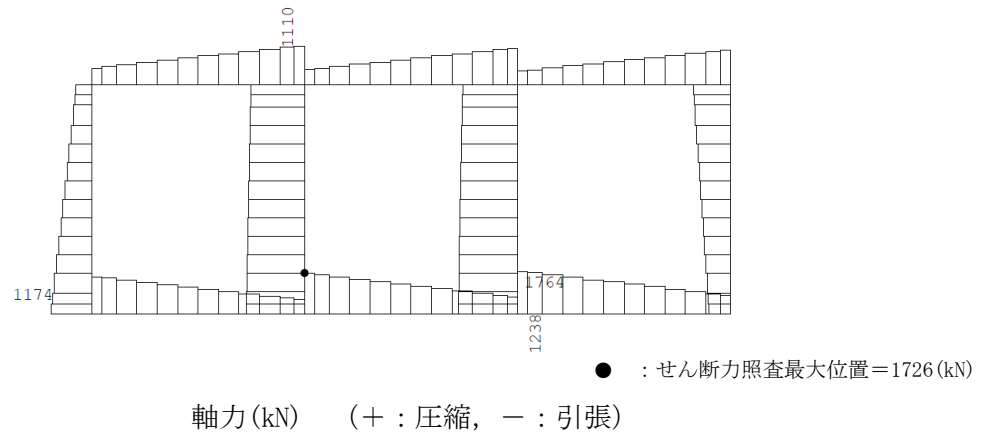
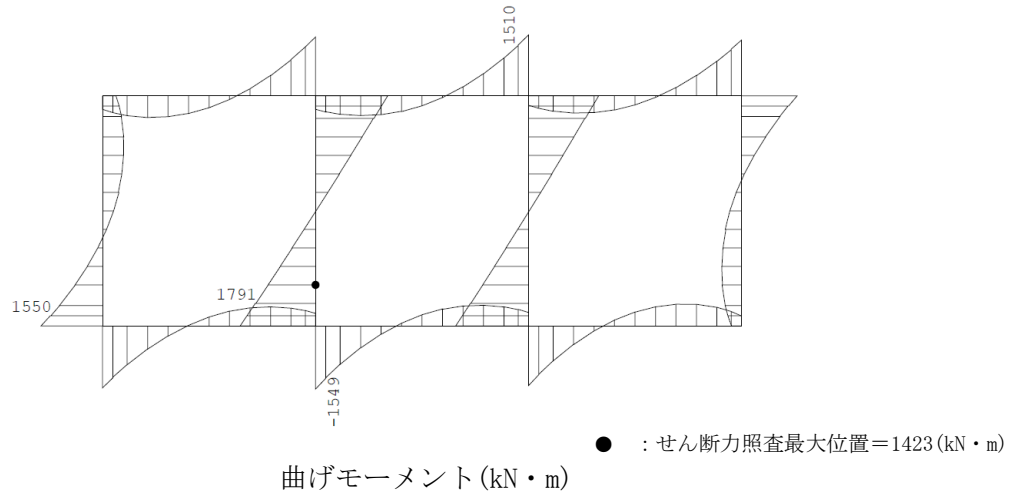
(C-C断面, 地震動 Ss-1-+)

(検討ケース⑤：地盤物性のばらつき ( $+1\sigma$ ) を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース)



数値 : 各評価位置の最大断面力

図 3-9 (1) せん断力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, Ss-3--, t=17.80s)  
 (検討ケース③: 地盤物性のばらつき (-1σ) を考慮した解析ケース)



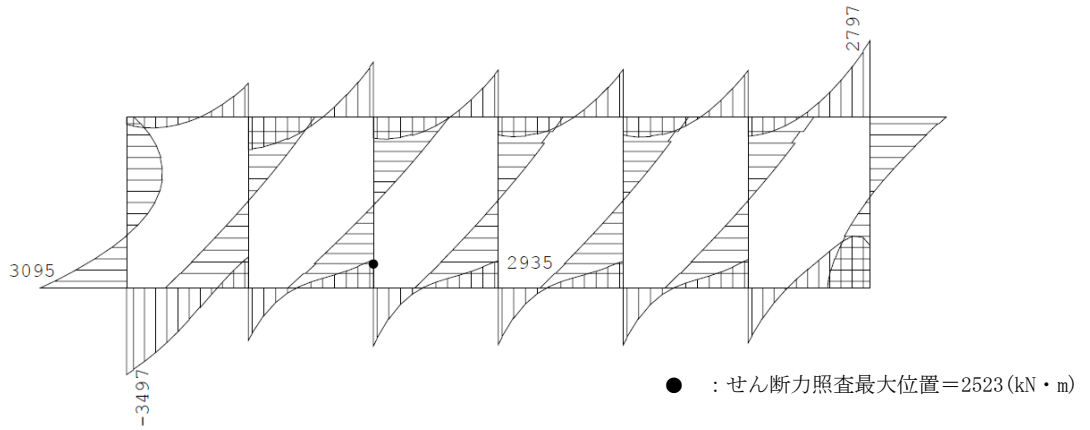
数値 : 各評価位置の最大断面力

図 3-9 (2) せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力

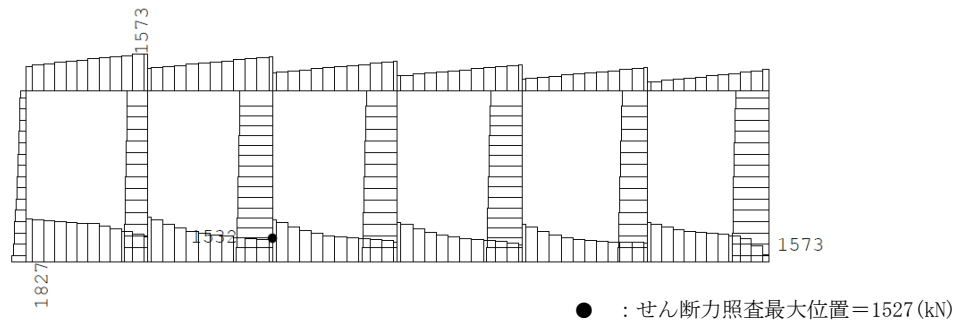
(B-B断面, Ss-8++, t=8.11s)

(検討ケース⑤ : 地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮して非液状化の条件を仮定した解析ケース)

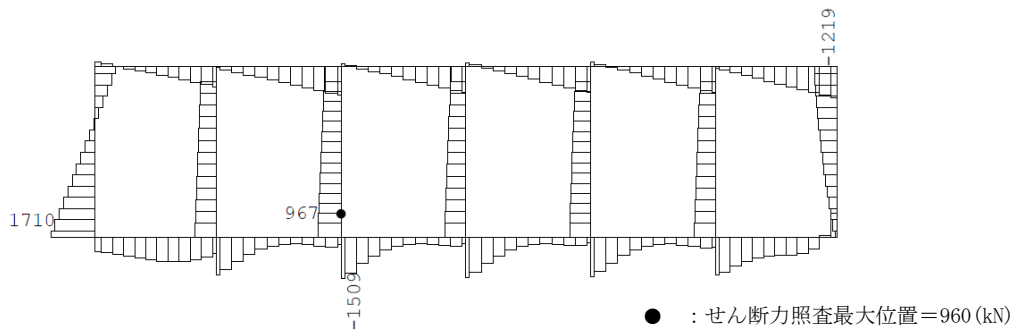




曲げモーメント (kN・m)



軸力 (kN) (+ : 圧縮, - : 引張)



せん断力 (kN)

数値 : 各評価位置の最大断面力

図 3-9 (3) せん断力照査における最大照査値の評価時刻での断面力  
 (C-C断面, Ss-1-+, t=5.73s)  
 (検討ケース② : 地盤物性のばらつき (+1σ) を考慮した解析ケース)

### 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、A-A断面及びB-B断面については、基礎地盤に発生する鉛直力が極限支持力に基づく許容限界以下であること、C-C断面については基礎地盤に発生する最大接地圧が基礎地盤（西山層）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。

C-C断面において、基礎地盤の支持性能評価で最大照査値を示す地震動・解析ケースにおける最大接地圧分布図を図3-10に示す。

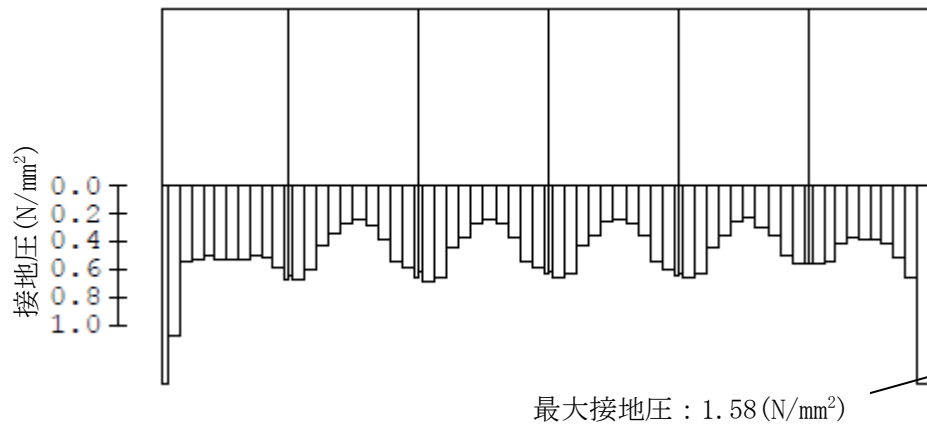


図3-10 C-C断面の最大接地圧分布図  
(解析ケース②, 地震動 Ss-1-+)

#### 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照査における最大照査値を表 4-1 に、せん断力照査における各評価位置での最大照査値を表 4-2 に示す。

取水路（6号機設備）の構造部材の照査用層間変形角及びせん断力が許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 (1) 曲げ軸力照査における最大照査値（A-A断面）

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	Ss-3--	$4.43 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-2}$	0.45

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  $\gamma_a$

表 4-1 (2) 曲げ軸力照査における最大照査値（B-B断面）

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 $R_d/R_u$
⑤	Ss-8++	$2.26 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-2}$	0.23

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  $\gamma_a$

表 4-1 (3) 曲げ軸力照査における最大照査値（C-C断面）

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 $R_d/R_u$
⑤	Ss-1-+	$4.90 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-2}$	0.49

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  $\gamma_a$

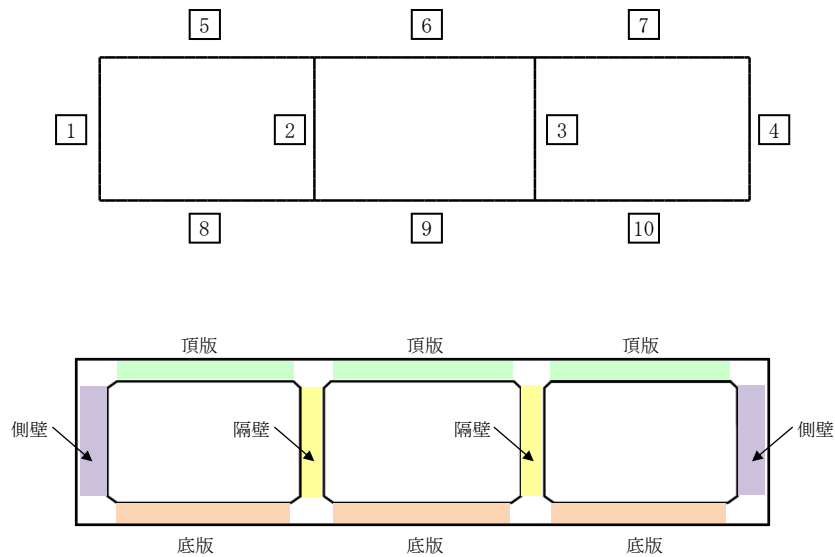
表 4-2 (1) せん断力照査における最大照査値 (A-A断面)

評価位置		解析 ケース	地震動	照査用せん断力*1 $V_d$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	7	①	Ss-1++	817*2	2291*2	0.36*2
側壁	4	①	Ss-1++	920*2	2454*2	0.38*2
隔壁	3	③	Ss-3--	1054*2	2450*2	0.44*2
底版	10	①	Ss-1++	720	1549	0.47

注記\*1 : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a$

\*2 : 材料非線形解析を用いた方法による数値

評価位置は下図に示す。



評価位置

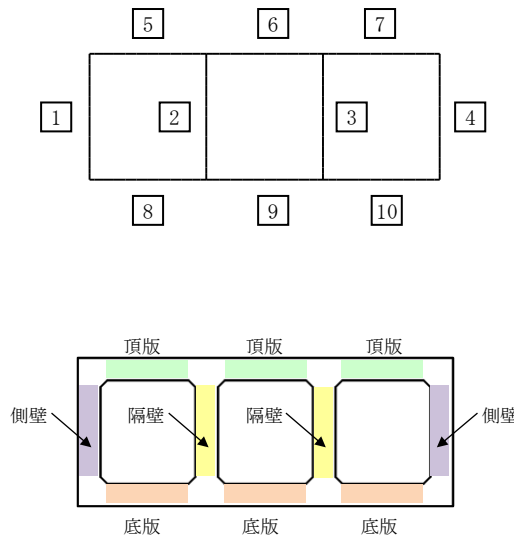
表 4-2 (2) せん断力照査における最大照査値 (B-B断面)

評価位置		解析 ケース	地震動	照査用せん断力*1 $V_d$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	6	①	Ss-1++	1080	2800	0.39
側壁	1	①	Ss-1--	1189	1994	0.60
隔壁	2	⑤	Ss-8++	868*2	2325*2	0.38*2
底版	8	①	Ss-1++	1187	2940	0.41

注記\*1 : 照査用せん断力  $V_d =$  発生せん断力  $V \times$  構造解析係数  $\gamma_a$

\*2 : 材料非線形解析を用いた方法による数値

評価位置は下図に示す。



評価位置

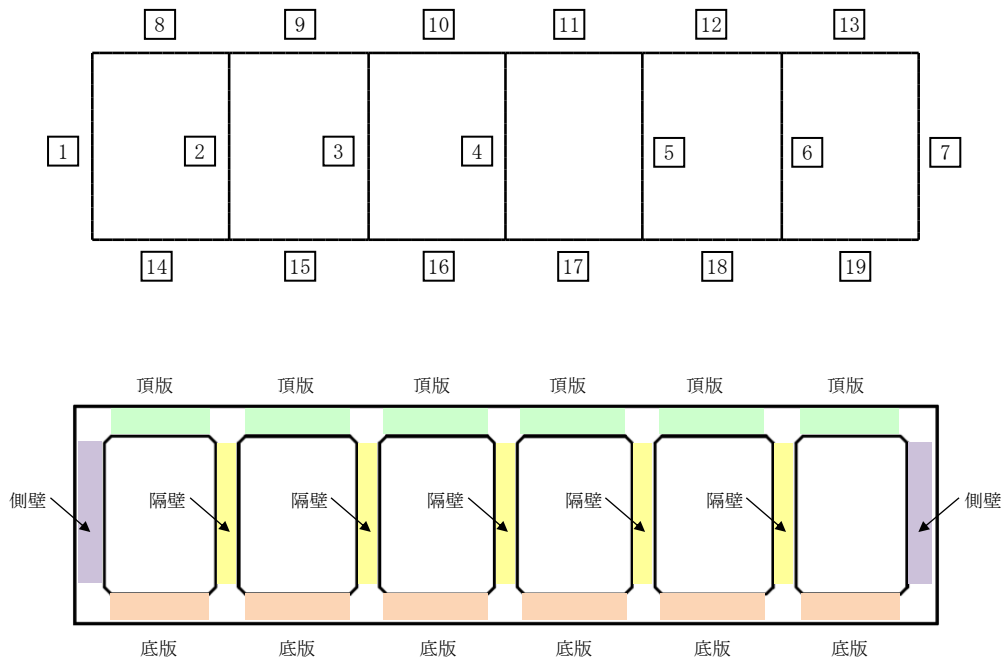
表 4-2 (3) せん断力照査における最大照査値 (C-C断面)

評価位置		解析 ケース	地震動	照査用せん断力*1 $V_d$ (kN)	せん断耐力 $V_{y d}$ (kN)	照査値 $V_d / V_{y d}$
頂版	8	⑤	Ss-1-+	1298	2813	0.47
側壁	7	①	Ss-1+-	2683*2	4029*2	0.67*2
隔壁	3	②	Ss-1-+	1020*2	2493*2	0.41*2
底版	19	①	Ss-1+-	1686	3528	0.48

注記\*1 : 照査用せん断力  $V_d$  = 発生せん断力  $V$  × 構造解析係数  $\gamma_a$

\*2 : 材料非線形解析を用いた方法による数値

評価位置は下図に示す。



評価位置

#### 4.2 基礎地盤の支持性能に対する評価結果

基礎地盤の支持性能に対する照査結果を表 4-3 に示す。

A-A断面及びB-B断面については、取水路（6号機設備）の基礎地盤に発生する鉛直力が極限支持力以下であること、C-C断面については、取水路（6号機設備）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 4-3 (1) 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	最大鉛直力 V (kN)	極限支持力 Q <sub>u</sub> (kN)	照査値 V/Q <sub>u</sub>
①	Ss-6	2160	49900	0.05

表 4-3 (2) 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	最大鉛直力 V (kN)	極限支持力 Q <sub>u</sub> (kN)	照査値 V/Q <sub>u</sub>
①	Ss-1+-	4420	32800	0.14

表 4-3 (3) 基礎地盤の支持性能照査結果 (C-C断面)

解析 ケース	地震動	最大接地圧 σ (N/mm <sup>2</sup> )	極限支持力度 q <sub>u</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 σ/q <sub>u</sub>
②	Ss-1-+	1.58	5.98	0.27