

本資料のうち、枠囲みの内容は、商業機密あるいは防護上の観点から公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-112 改0
提出年月日	平成30年2月13日

V-2-2-36 防潮堤（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）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	7
2.4 適用規格	10
3. 地震応答解析	11
3.1 評価対象断面	11
3.2 解析方法	13
3.3 荷重及び荷重の組合せ	15
3.4 入力地震動	16
3.5 解析モデル及び諸元	17
4. 耐震評価	20
4.1 評価対象部位	20
4.2 解析方法	21
4.3 荷重及び荷重の組合せ	21
4.4 許容限界	23
4.5 解析モデル及び諸元	26
4.6 評価方法	29

## 1. 概要

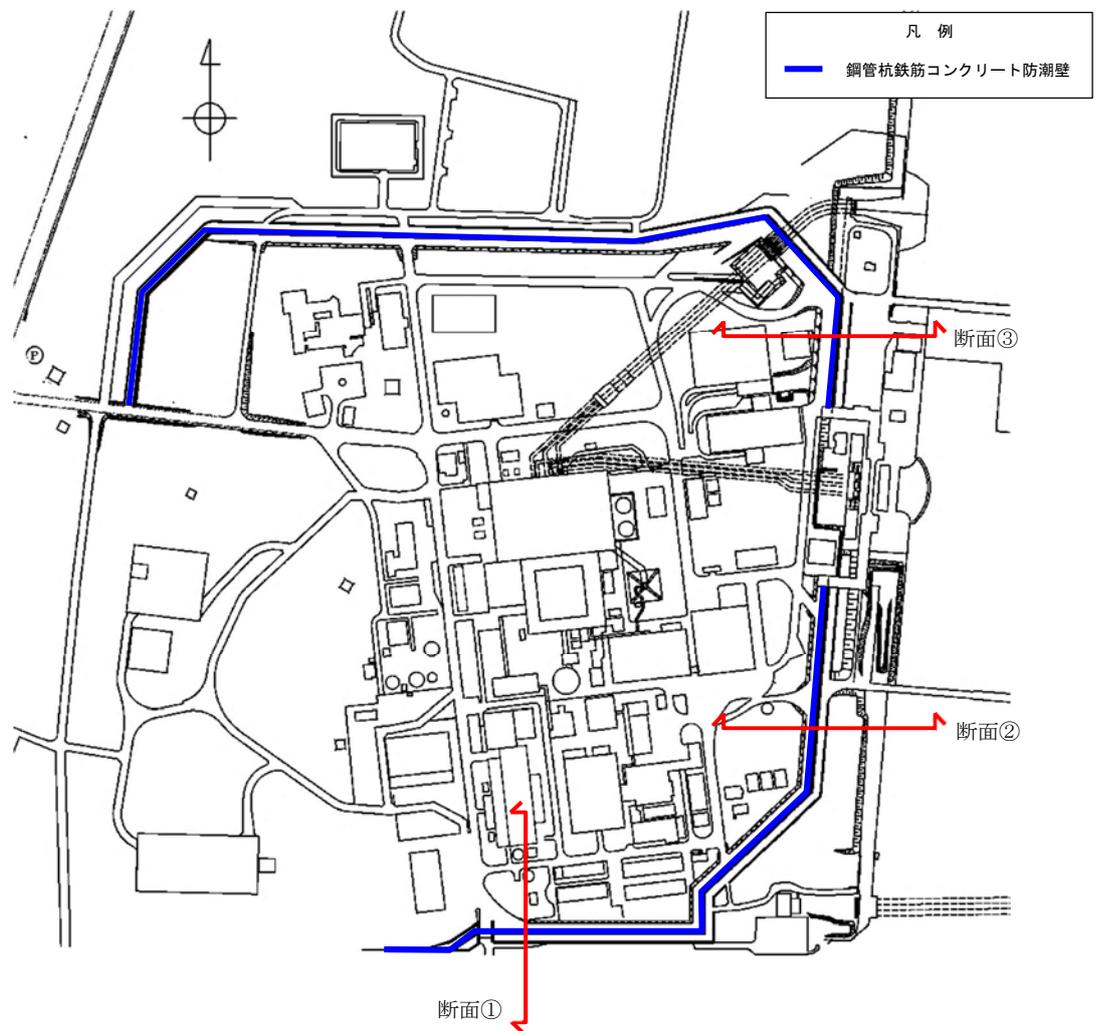
本資料は、V-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防潮堤のうち鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁が基準地震動 $S_s$ に対して十分な構造強度及び止水性を有していることを確認するものである。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価により行う。

## 2. 基本方針

### 2.1 位置

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図を第2-1図に示す。



第2-1図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の位置図

## 2.2 構造概要

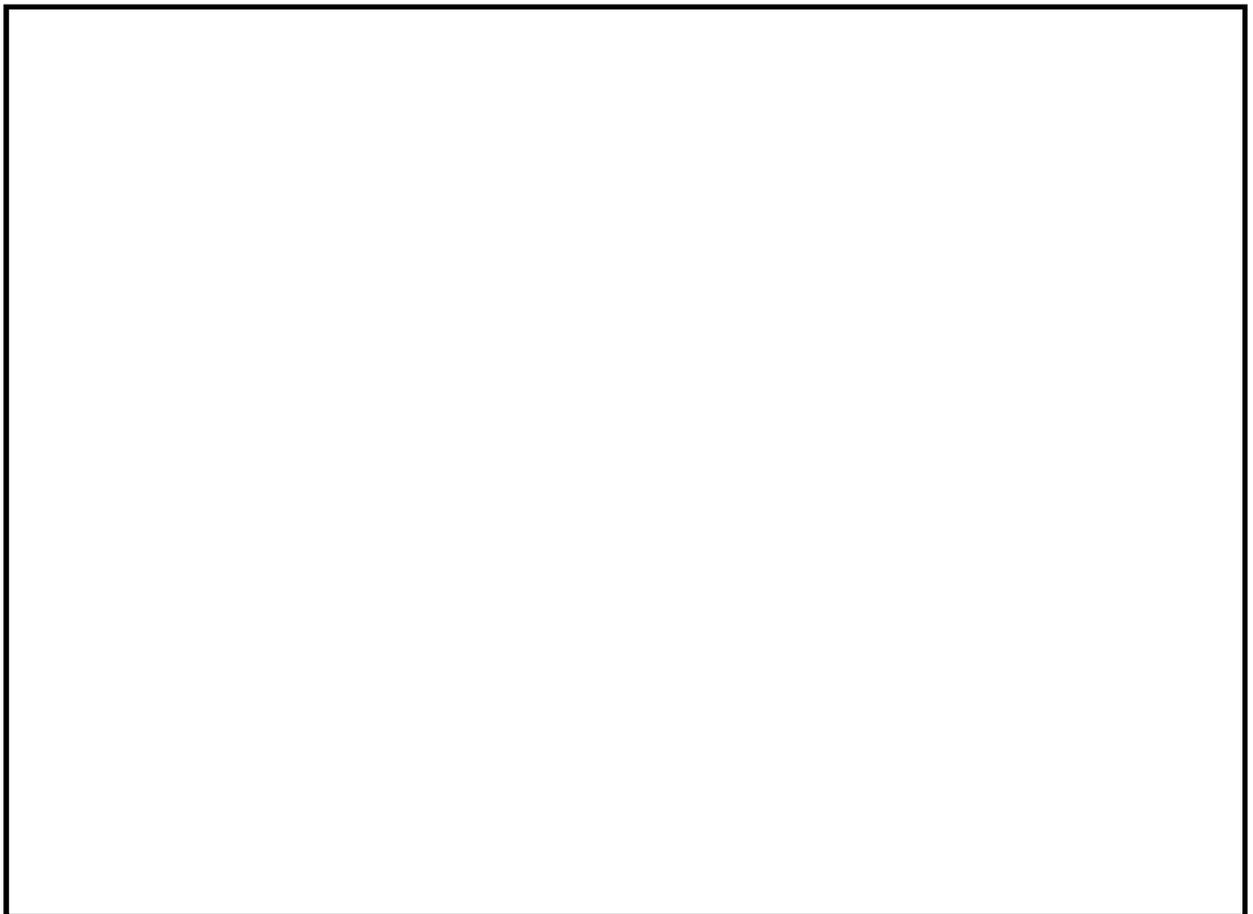
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、鋼管杭による下部工と、5本の鋼管杭を束ね止水機能  
を確保する鉄筋コンクリートの壁による上部工から構成される。

下部工は鋼管杭、上部工は鉄筋コンクリート梁壁、鋼管鉄筋コンクリート（SRC構造）  
の一体構造で構築される。大口径で肉厚の厚い鋼管杭を地震及び津波荷重に耐える構造躯体  
とし、杭間からの津波の浸水を防止する観点で、鋼管杭に鉄筋コンクリートを被覆する上部  
構造とする。

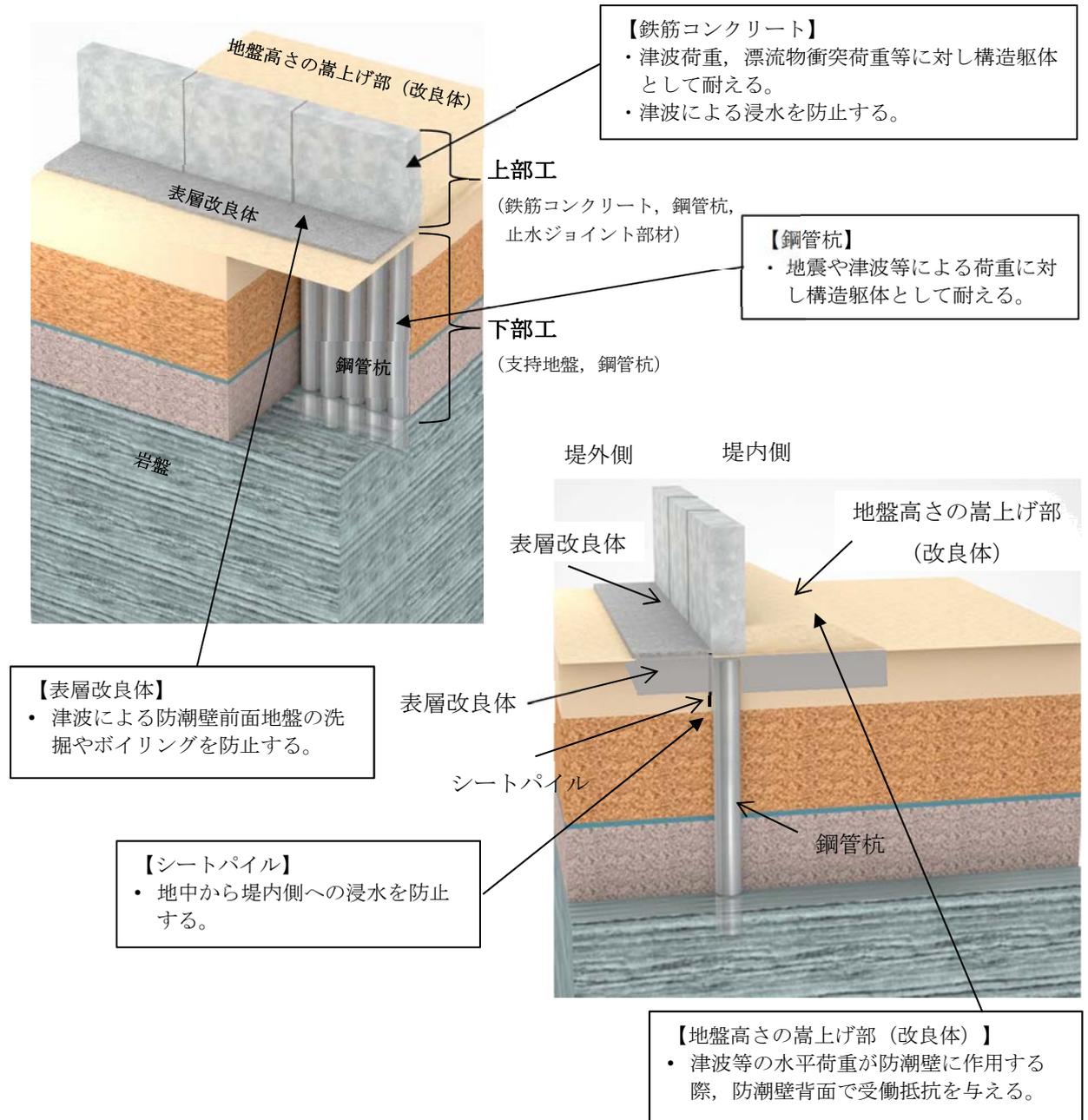
隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水ジョイント部材を設置する。

防潮壁の堤内側には、耐津波に対する受働抵抗を目的とした改良体による地盤高さの嵩上  
げを行うとともに、洗掘防止対策やボーリング対策として、堤内及び堤外の表層部の地盤改  
良を実施する。

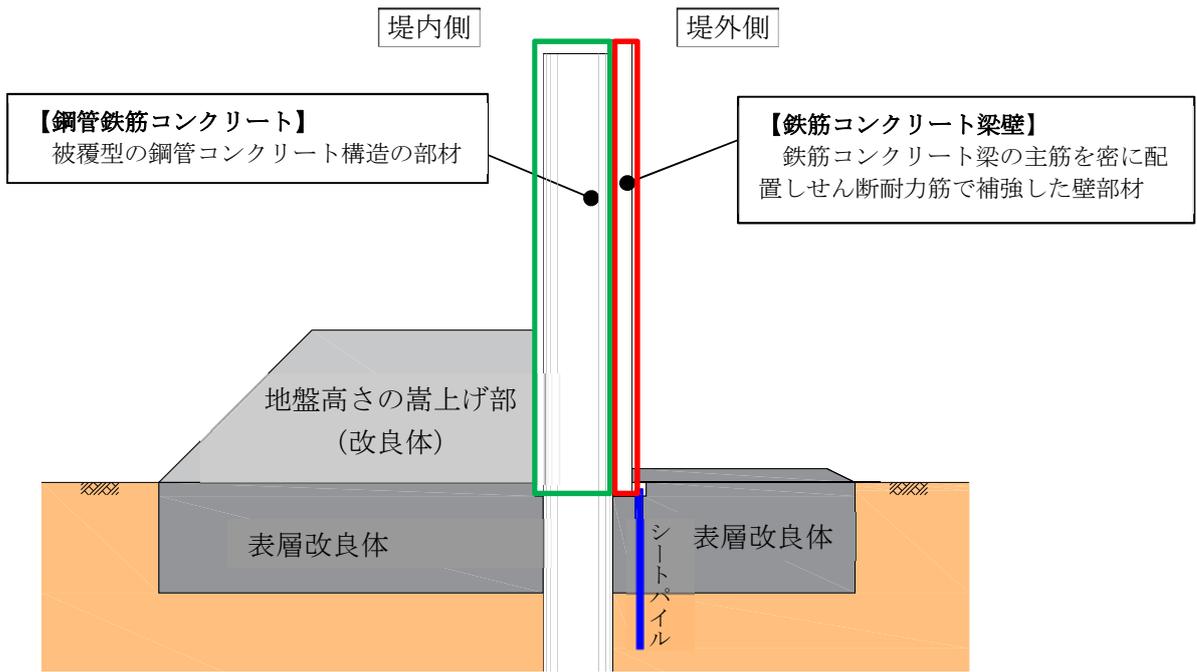
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図を第2-2図、上部工概要図を第2-3図、止  
水ジョイント部概念図を第2-4図、止水ジョイント部を有する範囲を第2-5図に示す。



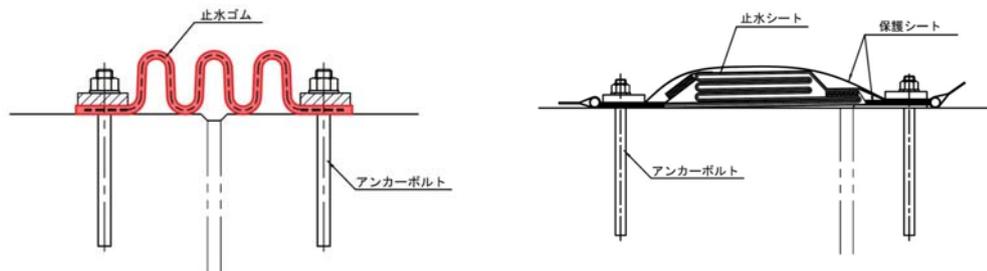
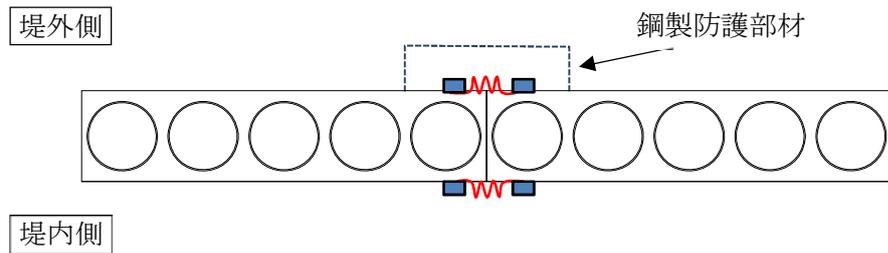
第2-2図 (1) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図  
(断面③：正面図及び断面図)



第2-2図 (2) 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造概要図 (2/2)



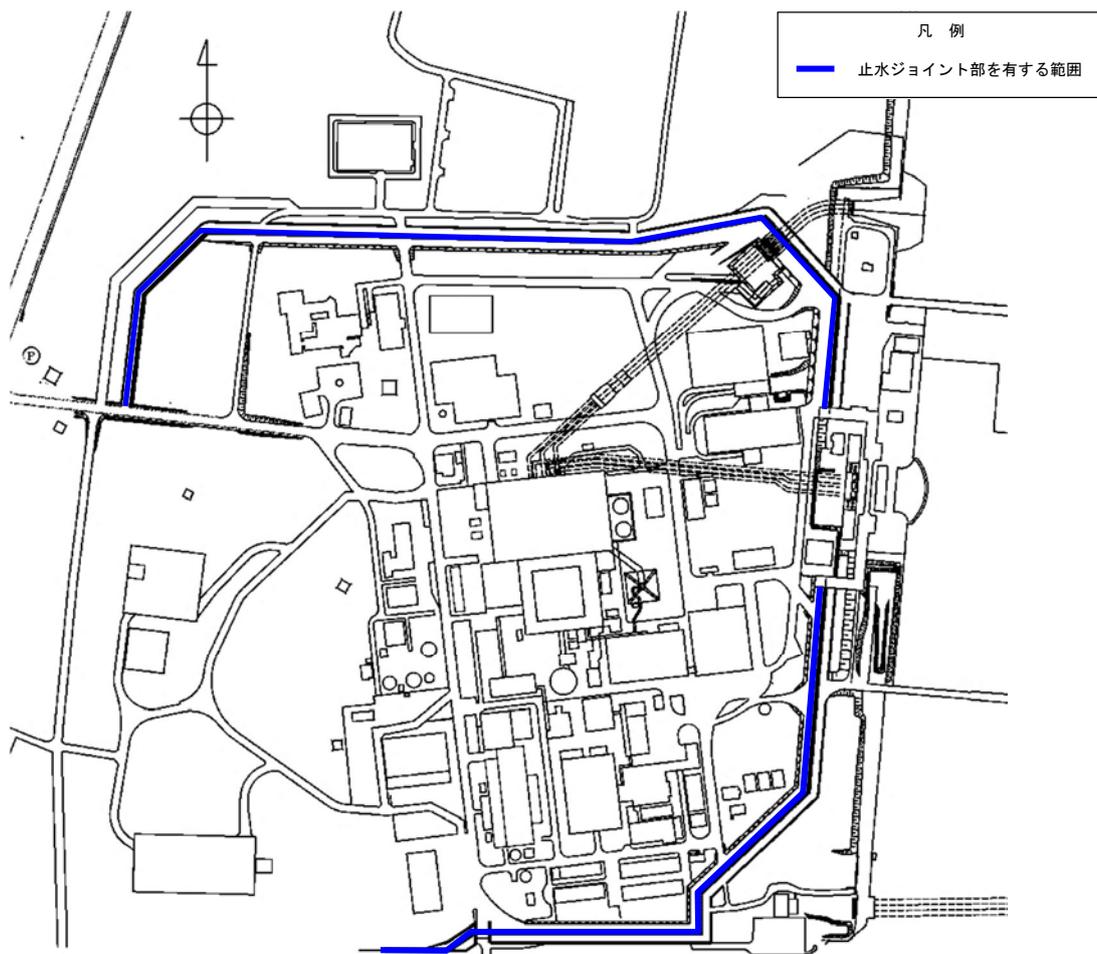
第2-3図 上部工概要図



a) ゴムジョイント

b) シートジョイント

第2-4図 止水ジョイント部概念図



第2-5図 止水ジョイント部を有する範囲

### 2.3 評価方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、Sクラス施設である浸水防護施設に分類される。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、設計基準対象施設として第2-1表の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目に示すとおり、構造部材の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び構造物の変形性評価を行う。

構造部材の健全性評価については、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。

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

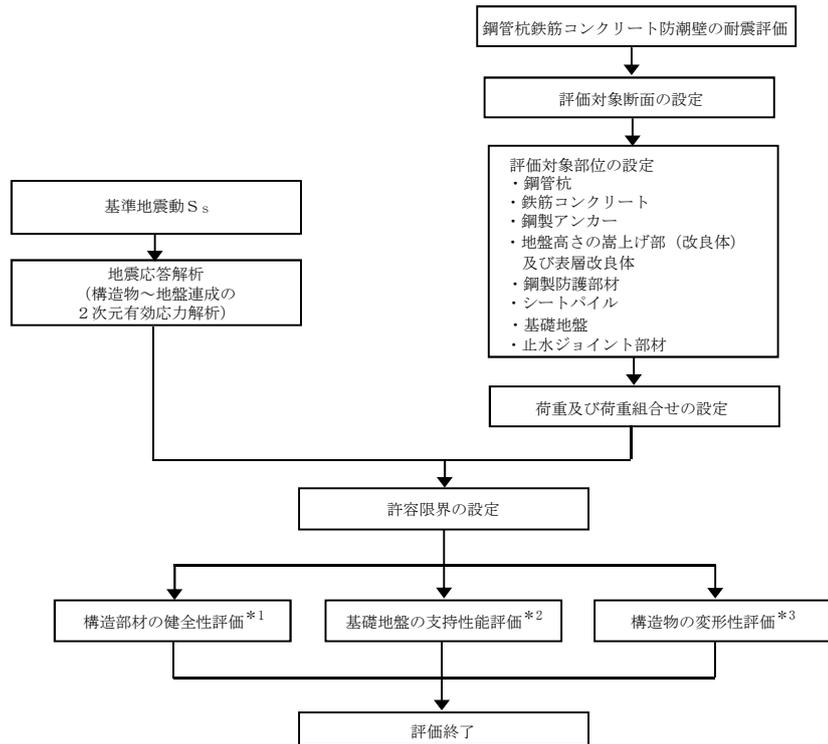
構造物の変形性評価については、止水ジョイント部材の変形量を算定し、有意な漏えいが生じないことを確認した許容限界以下であることを確認する。

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価の検討フローを第2-6図に示す。

第2-1表 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の評価項目

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	鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		シートパイル	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
	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*
止水性を損なわないこと	構造部材の健全性	鋼管杭	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鉄筋コンクリート	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		鋼製アンカー	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		地盤高さの嵩上げ部(改良体)及び表層改良体	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
		鋼製防護部材	発生応力が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		シートパイル	発生応力が許容限界以下であることを確認	せん断強度*
	構造物の変形性	止水ジョイント部材	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記 \* : 妥当な安全余裕を考慮する。



- 注記 \*1：構造部材の健全性評価を実施することで、第2-1表に示す「構造強度を有すること」及び「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。
- \*2：基礎地盤の支持性能評価を実施することで、第2-1表に示す「構造強度を有すること」を満足することを確認する。
- \*3：構造物の変形性評価を実施することで、第2-1表に示す「止水性を損なわないこと」を満足することを確認する。

第2-6図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価フロー

## 2.4 適用規格

適用する規格，基準等を以下に示す。

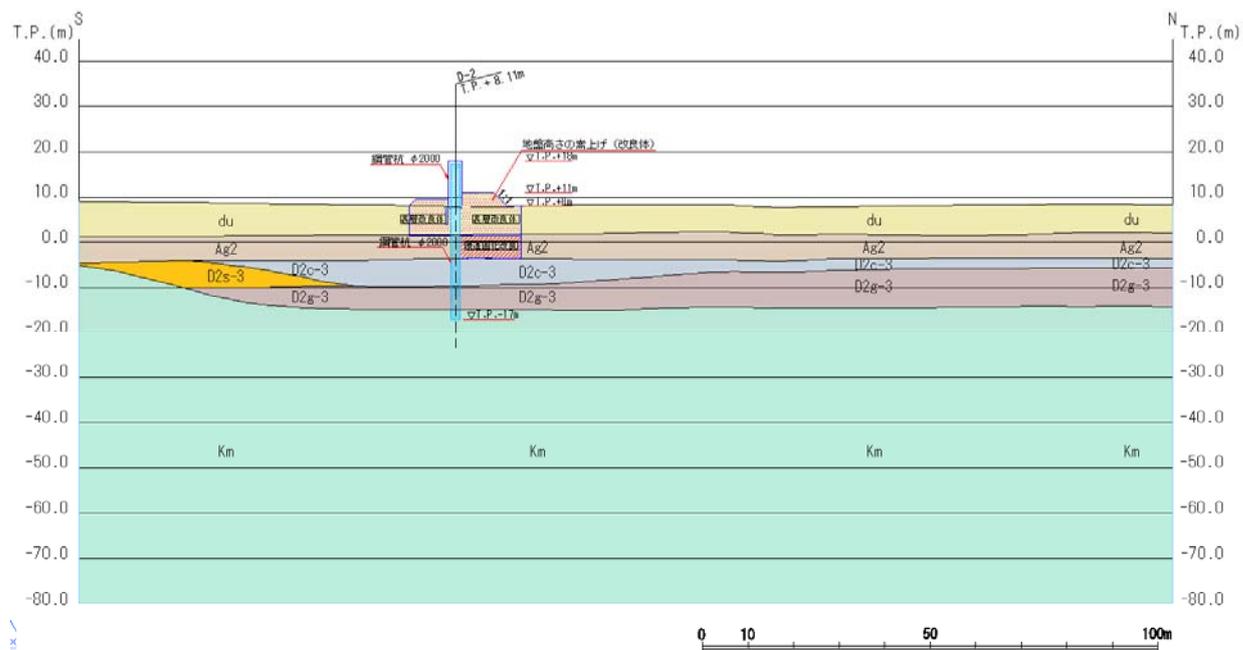
- ・ コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会, 2002 年制定)
- ・ 道路橋示方書 ( I 共通編・IV 下部構造編) ・同解説 ( (社) 日本道路協会, 平成 24 年 3 月)
- ・ 原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ( (社) 土木学会, 2005 年)
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ( (社) 日本電気協会)
- ・ 乾式キャスクを用いる使用済燃料中間貯蔵建屋の基礎構造の設計に関する技術規程 J E A C 4 6 1 6 -2009 ( (社) 日本電気協会)
- ・ 建築基礎構造設計指針 ( (社) 日本建築学会, 2001 年)
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説 ( (社) 日本建築学会, 2010 年 11 月)
- ・ 建築基準法 (昭和 25 年 5 月 24 日法律第 201 号)
- ・ 建築基準法施行令 (昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号)
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－ ( (社) 日本建築学会, 2005 年 9 月)
- ・ トンネル標準示方書 [共通編] ・同解説 / [開削工法編] ・同解説 ( (社) 土木学会, 2016 年制定)
- ・ 津波漂流物対策施設設計ガイドライン ( (財) 沿岸技術研究センター, (社) 寒地港湾技術研究センター, 2014 年 3 月)

### 3. 地震応答解析

#### 3.1 評価対象断面

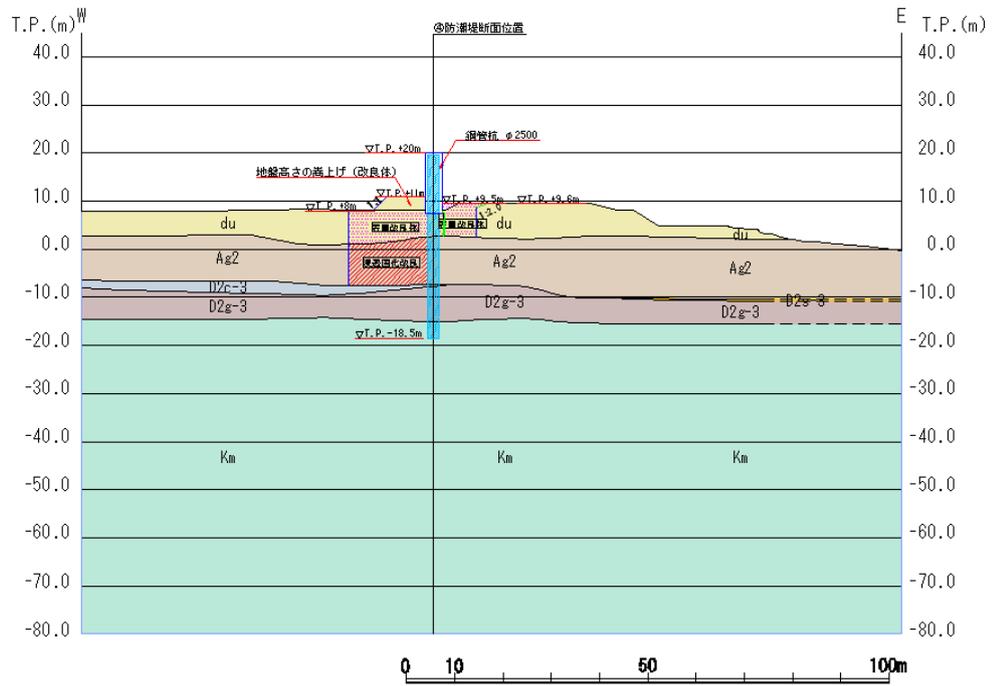
評価対象断面は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて、第3-1図～第3-3図に示す断面とする。

(1) 断面①



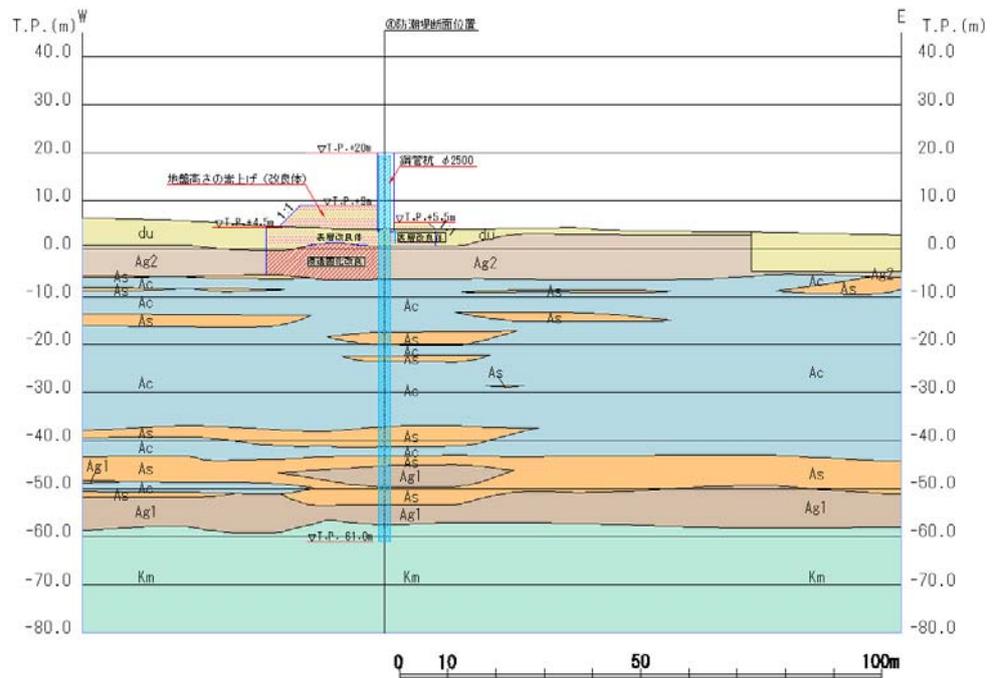
第3-1図 地震応答解析対象断面図 (1/3)

(2) 断面②



第3-2図 地震応答解析対象断面図 (2/3)

(3) 断面③



第3-3図 地震応答解析対象断面図 (3/3)

### 3.2 解析方法

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。

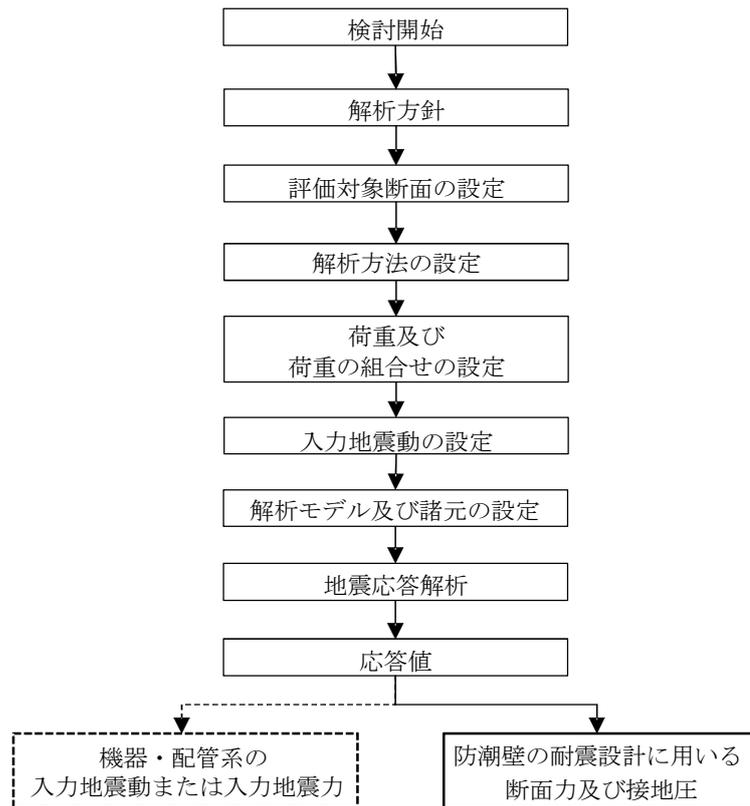
地震応答計算では、地震時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮できる有効応力解析を実施する。有効応力解析に用いる液状化強度特性は、敷地の原地盤における代表性及び網羅性を踏まえた上で保守性を考慮して設定することを基本とする。

地中土木構造物への地盤変位に対する保守的な配慮として、地盤を強制的に液状化させることを仮定した影響を考慮する場合は、原地盤よりも十分に小さい液状化強度特性（敷地に存在しない豊浦標準砂に基づく液状化強度特性）を設定する。

上部土木構造物及び機器・配管系への加速度応答に対する保守的な配慮として、地盤の非液状化の影響を考慮する場合は、原地盤において非液状化の条件を仮定した解析を実施する。

第3-4図に鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析フロー図を示す。

地震応答解析には、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、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。



第3-4図 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析フロー

### 3.2.1 構造部材

構造部材は，線形はり要素でモデル化する。

### 3.2.2 地盤

V-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に示す有効応力解析用地盤物性値に基づき，地盤の有効応力の変化に応じた地震時挙動を考慮できるモデルとする。

### 3.2.3 減衰特性

時刻歴非線形解析における減衰特性については，固有値解析にて求められる固有振動数に基づく Rayleigh 減衰を考慮する。

### 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 耐震安全性評価上考慮する状態

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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

積雪及び風荷重を考慮する。

##### (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

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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) 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

##### (3) 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、30 cm の積雪を考慮する。

##### (4) 風荷重 ( $P_k$ )

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

#### 3.3.3 荷重の組合せ

荷重の組合せを第3-1表に示す。

第3-1表 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + K_s + P_s + P_k$

G : 固定荷重

$K_s$  : 地震荷重

$P_s$  : 積雪荷重

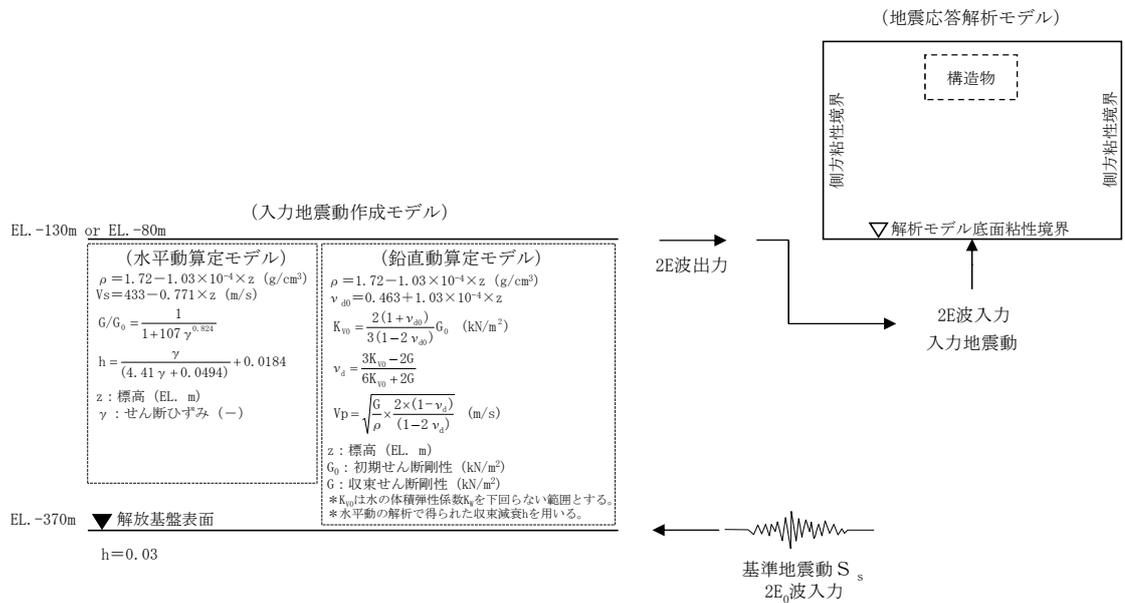
$P_k$  : 風荷重

### 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。地震応答解析モデルについては、「3.5 解析モデル及び諸元」に示す。入力地震動算定の概念図を第3-5図に示す。

入力地震動の算定には、解析コード「k-SHAKE Ver. 6.2.0」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。



第3-5図 入力地震動算定の概念図

### 3.5 解析モデル及び諸元

#### 3.5.1 解析モデル

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析モデルを第3-6図～第3-8図に示す。

##### (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

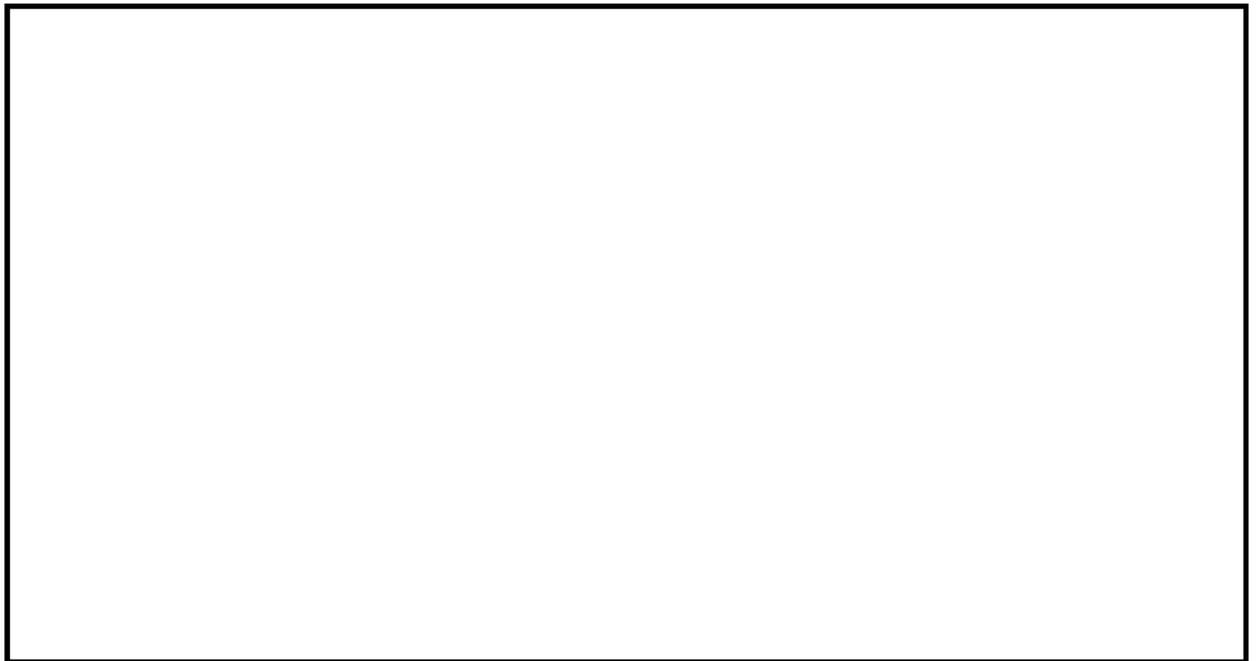
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

##### (3) 構造物のモデル化

構造物は、線形はり要素でモデル化する。

##### (4) 地盤のモデル化

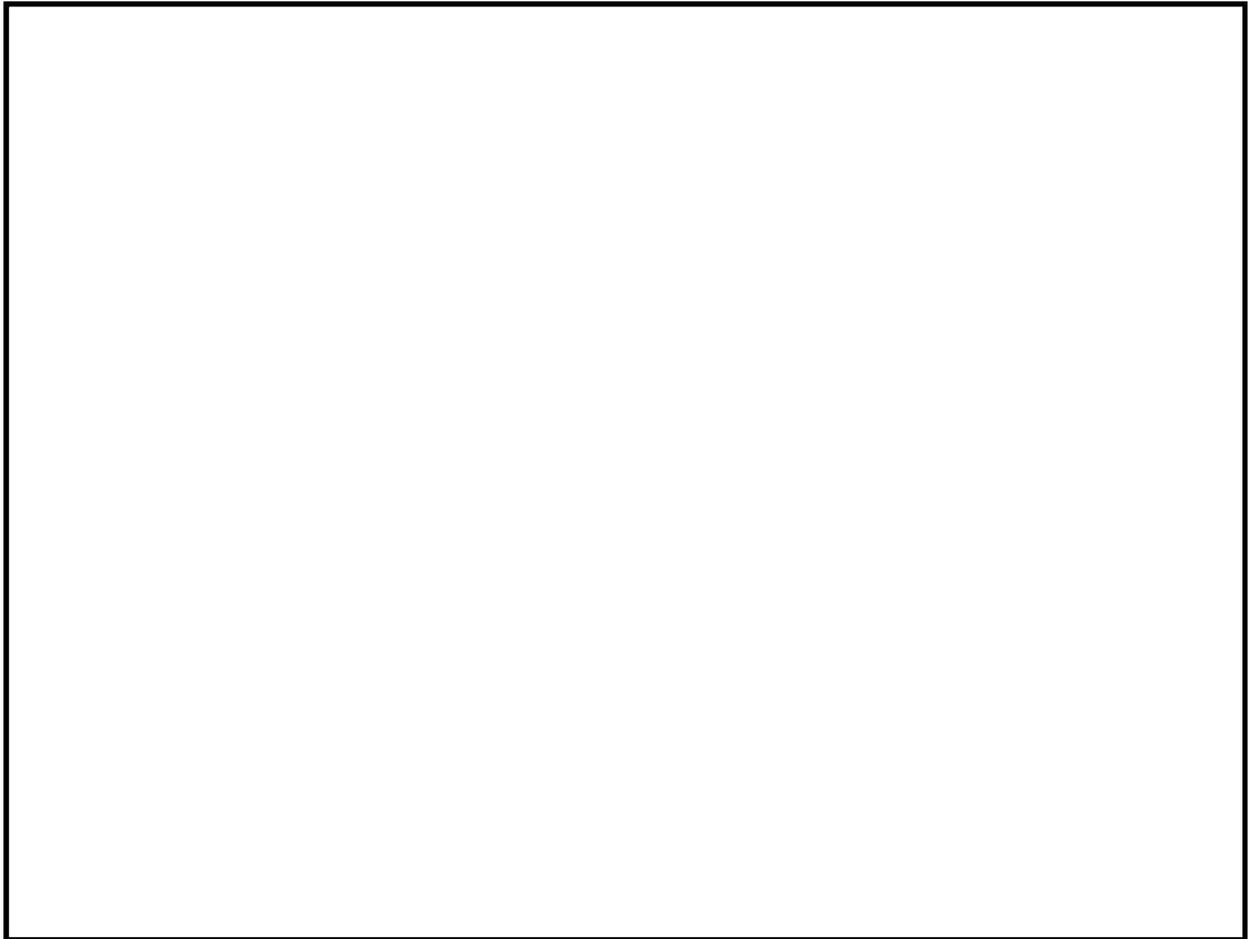
地盤は、地質断面図に基づき、マルチスプリング要素でモデル化する。



第3-6図 地震応答解析モデル(1/3) (断面①)



第3-7図 地震応答解析モデル(2/3) (断面②)



第3-8図 地震応答解析モデル(3/3) (断面③)

### 3.5.2 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第3-2表に、材料の物性値を第3-3表に示す。

第3-2表 使用材料

諸元	
鉄筋	SD490
コンクリート	設計基準強度 : 40 N/mm <sup>2</sup>
鋼管杭	敷地前面東側 : φ 2500 mm (SM570) 敷地側面北側及び南側 : φ 2000 mm (SM570)

第3-3表 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	24.5	3.10×10 <sup>4</sup>	0.2
鋼管杭	77.0	2.00×10 <sup>5</sup>	0.3

### 3.5.3 地盤の物性値

地盤の物性値は、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。

#### 4. 耐震評価

##### 4.1 評価対象部位

評価対象部位は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴を踏まえ設定する。

###### (1) 鋼管杭

鋼管杭の評価対象部位は、下部工及び上部工の鋼管杭とする。

###### (2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの評価対象部位は、上部工のうち鉄筋コンクリート（鉄筋コンクリート梁壁）とする。

###### (3) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の評価対象部位は、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁を支持する基礎地盤とする。

###### (4) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体の評価対象部位は、堤外側の地盤高さの嵩上げ部（改良体）と堤外側及び堤内側の表層改良体とする。

###### (5) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の評価対象部位は、構造物間に設置する止水ゴム及び止水シートとする。

###### (6) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの評価対象部位は、止水ジョイント部の取り付け部の鋼製アンカーとする。

###### (7) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の評価対象部位は、止水ジョイント部材を防護する鋼製防護部材とする。

###### (8) シートパイル

シートパイルの評価対象部位は、地中から堤内側への浸水を防止するシートパイルとする。

## 4.2 解析方法

### (1) 鋼管杭及び鋼管杭基礎

設計対象構造物～地盤の連成系モデルによる2次元地震応答解析を行い、地震時の鋼管杭基礎の構造健全性及び支持性能を確認する。有効応力の変化を考慮することができる有効応力法を用いることとし、2次元地震応答解析を実施する。

### (2) 上部工

上部工については、2次元梁バネモデルを基本として実施する。

## 4.3 荷重及び荷重の組合せ

### (1) 耐震評価上考慮する状態

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁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。

#### a. 運転時の状態

発電用原子炉施設が運転状態にあり、通常の下条件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。

#### b. 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。

#### c. 設計用自然条件

積雪及び風荷重を考慮する。

#### d. 重大事故等時の状態

津波時及び余震との重畳時の影響については別途検討する。

### (2) 荷重

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解析において、考慮する荷重を以下に示す。

#### a. 固定荷重 (G)

固定荷重として、躯体自重を考慮する。

#### b. 地震荷重 ( $K_s$ )

基準地震動  $S_s$  による荷重を考慮する。

#### c. 積雪荷重 ( $P_s$ )

積雪荷重として、30 cm の積雪を考慮する。

#### d. 風荷重 ( $P_k$ )

風荷重として、風速 30 m/s の風圧力を考慮する。

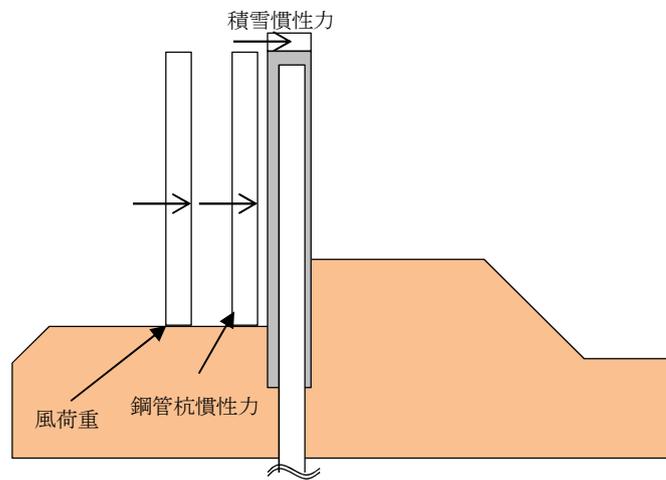
(3) 荷重の組合せ

荷重の組合せを第4-1表に、荷重の作用図を第4-1図に示す。

第4-1表 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
地震時	$G + K_s + P_s + P_k$

- G : 固定荷重
- $K_s$  : 地震荷重
- $P_s$  : 積雪荷重
- $P_k$  : 風荷重



第4-1図 荷重の作用図

#### 4.4 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。

##### (1) 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は、「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 24 年 3 月）」に基づき，第 4-2 表に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鋼材の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

第 4-2 表 鋼管杭の許容限界

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
鋼管杭	SM570	許容引張応力度 $\sigma_{sa1}$	382.5
		許容圧縮応力度 $\sigma_{sa1}$	
		許容せん断応力度 $\tau_{sa1}$	217.5

##### (2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートの許容限界は、「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）」及び「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 24 年 3 月）」に基づき，第 4-3 表に示す短期許容応力度とする。短期許容応力度は，鉄筋コンクリートの許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

第 4-3 表 鉄筋コンクリートの許容限界

評価項目			短期許容応力度 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリート	$f'_{ck}=40$ N/mm <sup>2</sup>	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	21
		許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.825*
鉄筋	SD490	許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2}$ (軸方向鉄筋)	435
		許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa2}$ (せん断補強筋)	300

注記 \*：斜め引張鉄筋を考慮する場合は，「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）」に準拠し，次式により求められる許容せん断力 ( $V_a$ ) を許容限界とする。

$$V_a = V_{ca} + V_{sa}$$

ここで，

$V_{ca}$  : コンクリートの許容せん断力

$$V_{ca} = 1/2 \cdot \tau_{a1} \cdot b_w \cdot j \cdot d$$

$V_{sa}$  : 斜め引張鉄筋の許容せん断力

$$V_{sa} = A_w \cdot \sigma_{sa2} \cdot j \cdot d / s$$

$\tau_{a1}$  : 斜め引張鉄筋を考慮しない場合の許容せん断応力度

$b_w$  : 有効幅

$j$  : 1/1.15

$d$  : 有効高さ

$A_w$  : 斜め引張鉄筋断面積

$\sigma_{sa2}$  : 鉄筋の許容引張応力度

$s$  : 斜め引張鉄筋間隔

(3) 基礎地盤の支持力

基礎地盤に作用する接地圧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」を考慮し、極限支持力に基づき設定する。

(4) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体

地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体の許容限界は、「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 24 年 3 月）」及び「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）」を考慮し、せん断強度に基づき設定する。

(5) 止水ジョイント部材

止水ジョイント部材の変形量の許容限界は、メーカー規格，漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。第 4-4 表に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

第 4-4 表 止水ジョイント部材の変形量の許容限界

評価項目		許容限界
止水ジョイント部材	ゴムジョイント	水平：200 mm，鉛直：200 mm，軸直角：200 mm
	シートジョイント	防潮壁天端相対変位：2 m

(6) 鋼製アンカー

鋼製アンカーの許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年 11 月）」に基づき設定する。コンクリートの許容限界は，第 4-3 表に示す短期許容応力度を許容限界とする。

(7) 鋼製防護部材

鋼製防護部材の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005年9月）」，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年11月）」及び「津波漂流物対策施設設計ガイドライン（（財）沿岸技術研究センター，（社）寒地港湾技術研究センター，2014年3月）」に基づき設定する。

(8) シートパイル

シートパイルの許容限界は，せん断強度に基づき設定する。

#### 4.5 解析モデル及び諸元

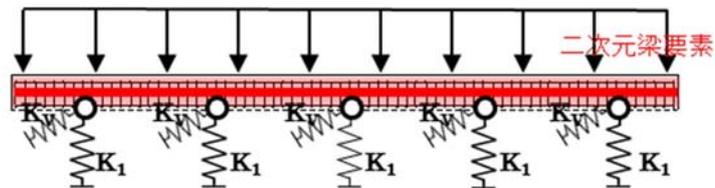
##### (1) 解析モデル

上部工の解析モデルを以下に示す。

##### a. 2次元梁バネモデル

解析モデルは、鉄筋コンクリート梁壁をビーム要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。

2次元梁バネモデルの概要図を第4-2図に示す。

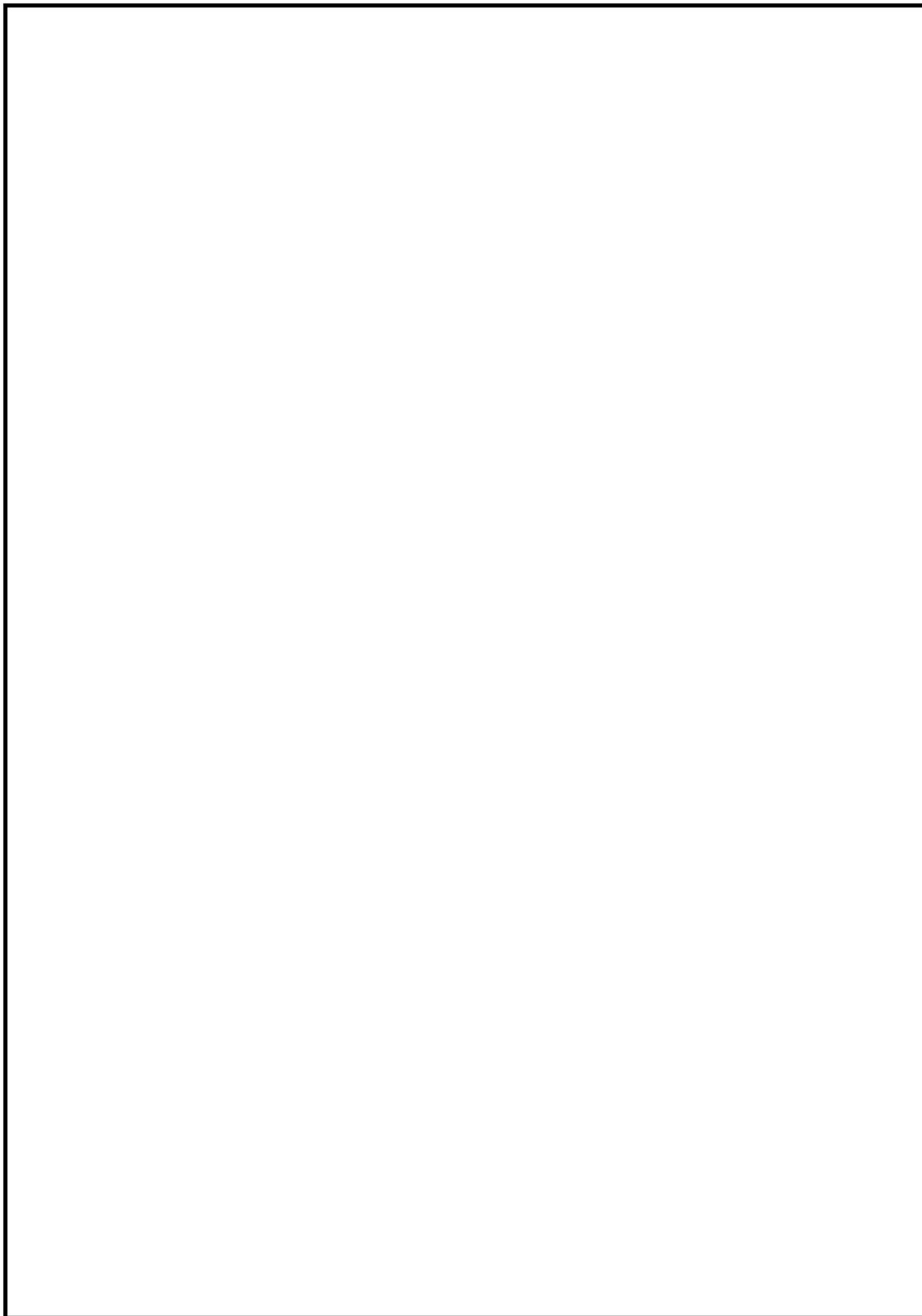


第4-2図 2次元梁バネモデル

##### b. 3次元FEMモデル

解析モデルは上部工をソリッド要素で、鋼管杭をシェル要素でモデル化し、地盤抵抗を表現するため、地盤バネを設置する。

3次元FEMモデルの概要図を第4-3図に示す。



第4-3図 3次元FEM解析モデル

(2) 使用材料及び材料の物性値

使用材料を第4-5表に、材料の物性値を第4-6表に示す。

第4-5表 使用材料

諸元	
鉄筋	SD490
コンクリート	設計基準強度 : 40 N/mm <sup>2</sup>
鋼管杭	敷地前面東側 : φ 2500 mm (SM570) 敷地側面北側及び南側 : φ 2000 mm (SM570)

第4-6表 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	24.5	$3.10 \times 10^4$	0.2
鋼管杭	77.0	$2.00 \times 10^5$	0.3

#### 4.6 評価方法

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、「3. 地震応答解析」により得られる照査用応答値が、「4.4 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。

##### (1) 鋼管杭

鋼管杭の評価は、杭体の曲げモーメント及び軸力より算定される応力及びせん断力より算定されるせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

##### a. 曲げモーメント及び軸力に対する照査

曲げモーメント及び軸力を用いて次式により算定される応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma = \frac{N}{A} \pm \frac{M}{Z}$$

ここで、

$\sigma$  : 鋼管杭の曲げモーメント及び軸力より算定される応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$M$  : 最大曲げモーメント (N・mm)

$Z$  : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$N$  : 軸力 (N)

$A$  : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

##### b. せん断力に対する照査

せん断力を用いて次式により算定されるせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。

$$\tau = \kappa \frac{S}{A}$$

ここで、

$\tau$  : 鋼管杭のせん断力より算定されるせん断応力 (N/mm<sup>2</sup>)

$S$  : せん断力 (N)

$A$  : 有効断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\kappa$  : せん断応力の分布係数 (2.0)

##### (2) 鉄筋コンクリート

鉄筋コンクリートは、耐震評価により算定した曲げ圧縮応力、曲げ引張応力及びせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

##### (3) 基礎地盤の支持力

基礎地盤の支持性能評価においては、基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力に基づく許容限界以下であることを確認する。

- (4) 地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体  
地震時の有効応力解析による結果より，地盤高さの嵩上げ部（改良体）及び表層改良体のせん断応力が改良体の許容限界以下であることを確認する。
- (5) 止水ジョイント部材  
地震応答解析で求められる変形量が許容限界以下であることを確認する。
- (6) 鋼製アンカー  
アンカーの引張力，せん断力及びコンクリートのせん断応力が許容限界以下であることを確認する。
- (7) 鋼製防護部材  
鋼製防護部材に発生する応力が許容限界以下であることを確認する。
- (8) シートパイル  
シートパイルに発生するせん断応力がせん断強度に基づく許容限界以下であることを確認する。
- a. ボイリングに対する評価  
ボイリングに対する評価は，堤内側の地盤の有効重量とシートパイル先端位置に作用する平均過剰間隙水圧との比を取って確認する。

$$F_s = \frac{w}{u}$$

ここで，

$u$  : シートパイル先端に作用する平均過剰間隙水圧

$w$  : 土の有効重量

$$w = \gamma' l_d$$

$\gamma'$  : 土の水中単位体積重量

$l_d$  : シートパイルの根入れ深さ

なお，安全率( $F_s$ )は，「トンネル標準示方書 [共通編]・同解説 / [開削工法編]・同解説（（社）土木学会，2016年制定）」に準拠し， $F_s \geq 1.5$ を確保する。

- b. パイピングに対する評価  
パイピングに対する評価は，堤外側から堤内側の浸透流路長と水位差の比を求め次式に基づいて実施する。

$$l/h_w \geq F_s$$

ここで，

$l$  : 浸透流路長

$h_w$  : 水面から掘削底面までの高さ（水位差）

なお、安全率 ( $F_s$ ) は、「トンネル標準示方書 [共通編]・同解説／[開削工法編]・同解説 ( (社) 土木学会, 2016 年制定)」に準拠し、 $F_s \geq 2.0$  を確保する。