

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-114 改0
提出年月日	平成30年2月13日

V-2-10-2-2-2-1 防潮堤（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	15
3.3 荷重及び荷重の組合せ	16
3.4 入力地震動	18
3.5 解析モデル及び諸元	19
4. 耐震評価	22
4.1 評価対象部位	22
4.2 許容限界	23
4.3 評価方法	25

## 1. 概要

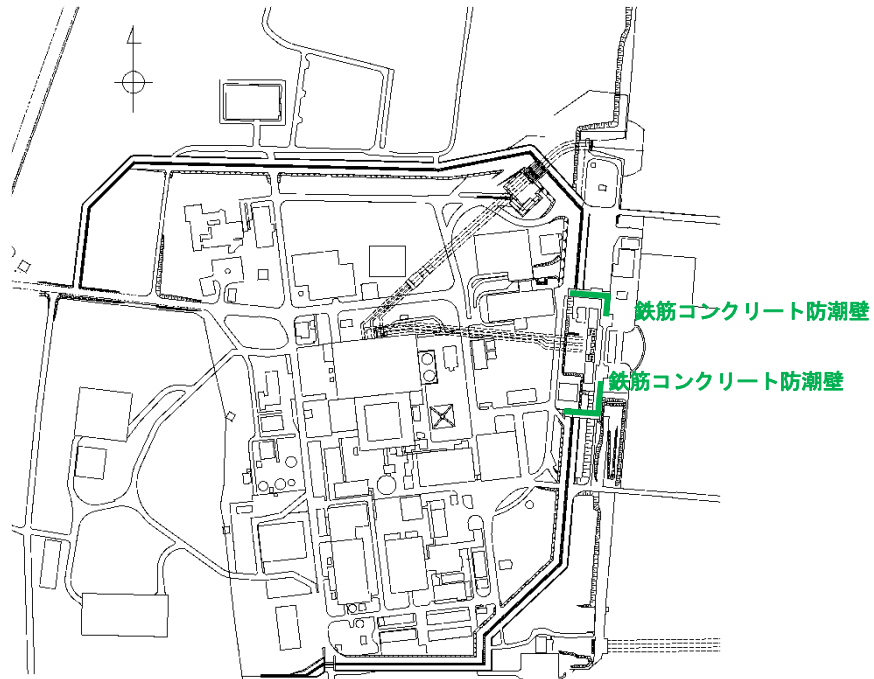
本資料は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、鉄筋コンクリート防潮壁が基準地震動に対して十分な構造強度、支持性能及び止水機能を有していることを確認するものである。

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当たっては、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

鉄筋コンクリート防潮壁の位置図を第2-1図示す。



第2-1図 鉄筋コンクリート防潮壁位置図

## 2.2 構造概要

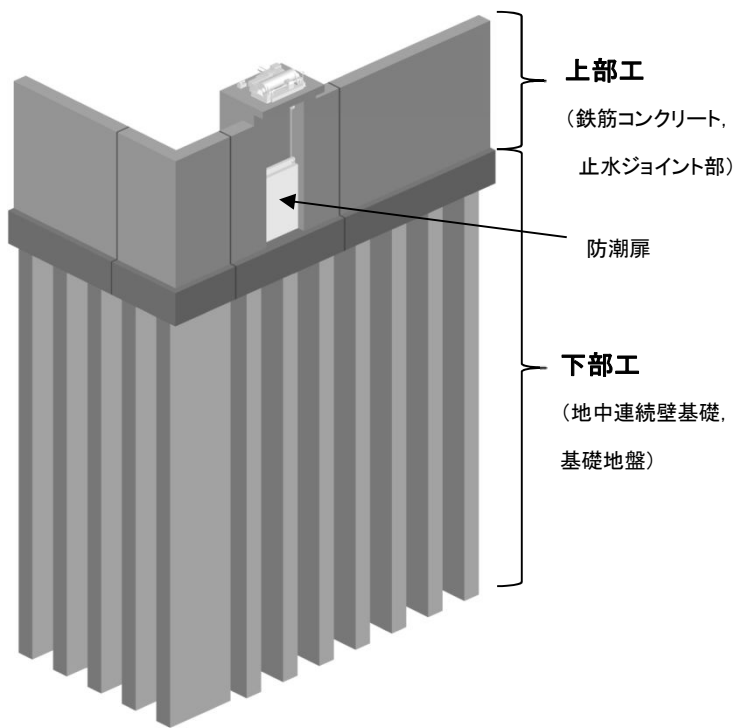
鉄筋コンクリート防潮壁は、1ブロック幅約11 m～20 m、天端高T.P. +20 m、奥行約10 mの鉄筋コンクリート造の構造物であり、ブロック間は止水ジョイントを施した構造である。鉄筋コンクリート防潮壁は、地中連続壁基礎を介して十分な支持性能を有する岩盤に設置する。また、鉄筋コンクリート防潮壁に防潮扉及びフラップゲートを設置する。

鉄筋コンクリート防潮壁のたて壁と地中連続壁基礎とは、鉄筋コンクリートフーチングを介した剛結合で一体構造とする。

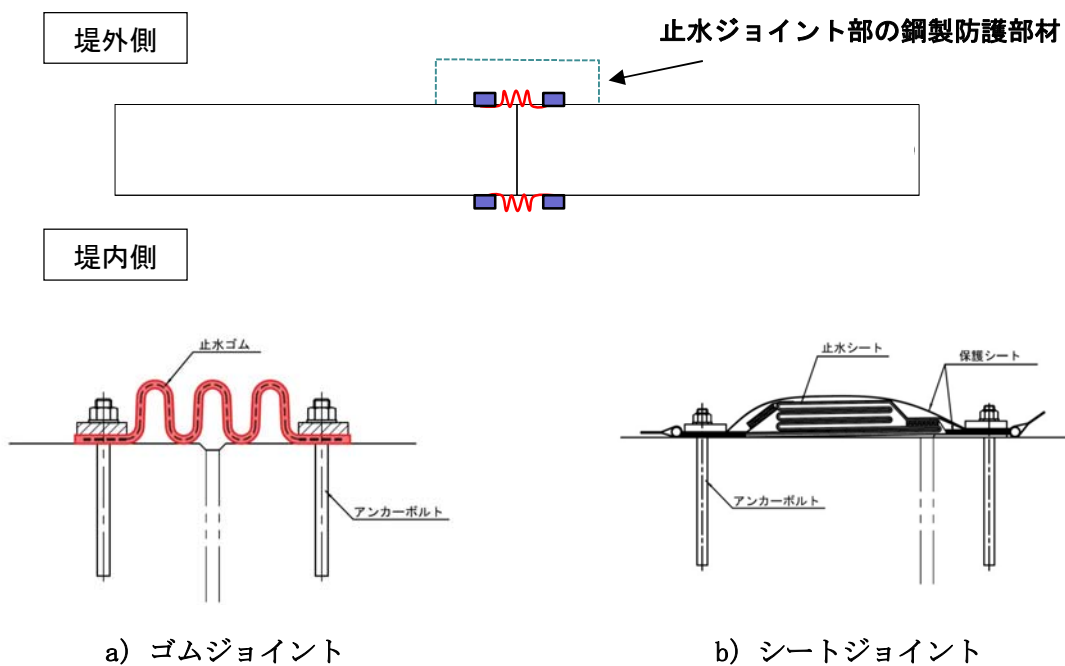
鉄筋コンクリート防潮壁の検討対象位置平面図を第2-2図に、概要図を第2-3図に、構造図を第2-4図に示す。



第2-2図 鉄筋コンクリート防潮壁 検討対象位置平面図



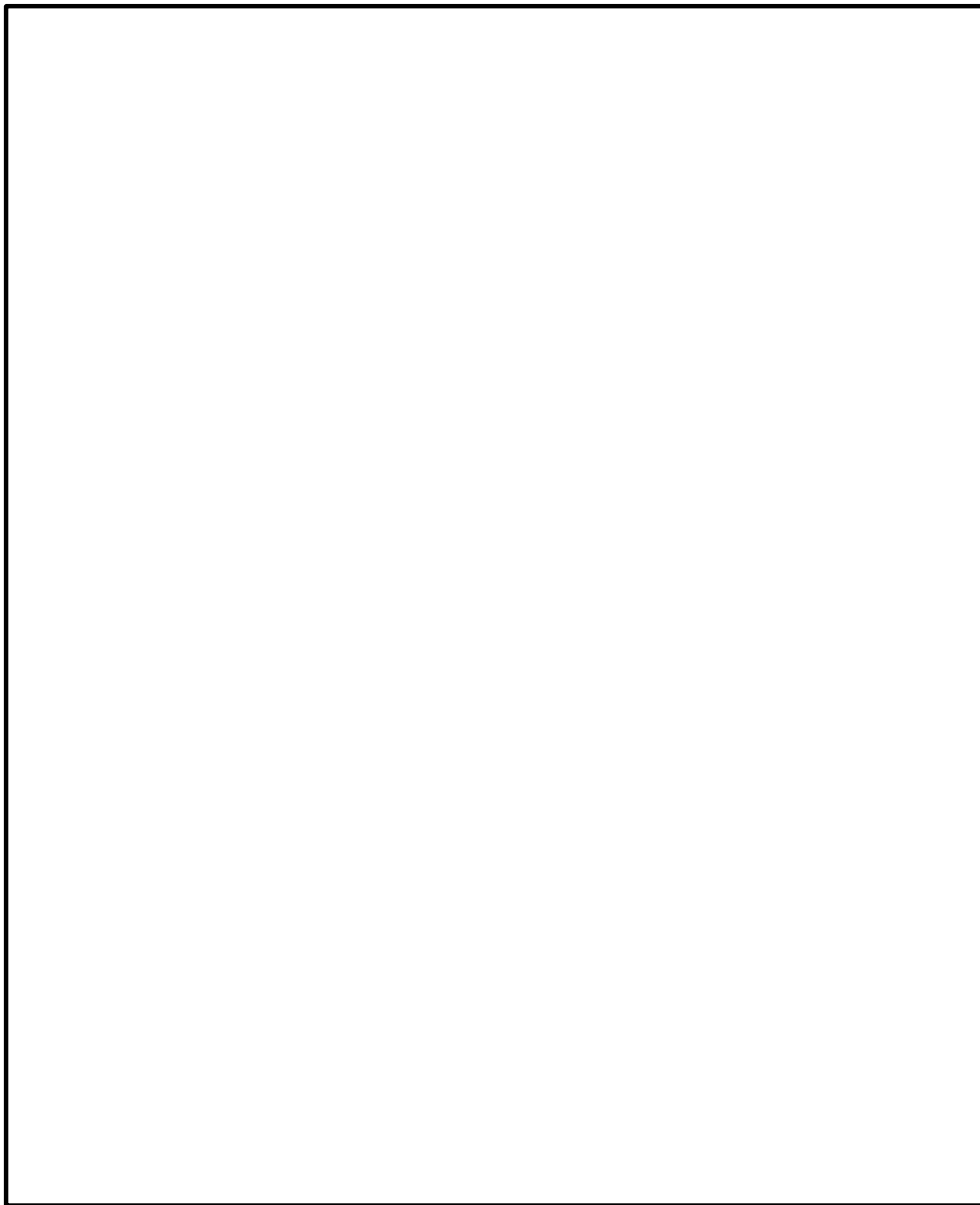
鉄筋コンクリート防潮壁の取水構造物の北側概要図



止水ジョイント部材の概要図

第2-3図 鉄筋コンクリート防潮壁構造概要図

NT2 補② V-2-10-2-2-2-1 R0



第2-4図(1) 鉄筋コンクリート防潮壁構造図(フラップゲート部)

NT2 補② V-2-10-2-2-2-1 R0



第2-4図(2) 鉄筋コンクリート防潮壁構造図(防潮扉部)



### 2.3 評価方針

防潮堤（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。

鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、設計基準対象施設の評価として、第2-1表に示すとおり、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については、地震応答解析から得られた荷重を用いた応力解析に基づく発生応力が許容限界以下であること確認する。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、試験により確認した許容限界以下であることを確認する。

機器・配管系の加速度応答は、解放基盤表面で定義される基準地震動 $S_0$ を1次元波動論により地震応答解析モデル底面位置で評価し、構造物と地盤の連成系2次元有効応力解析を実施して求める。

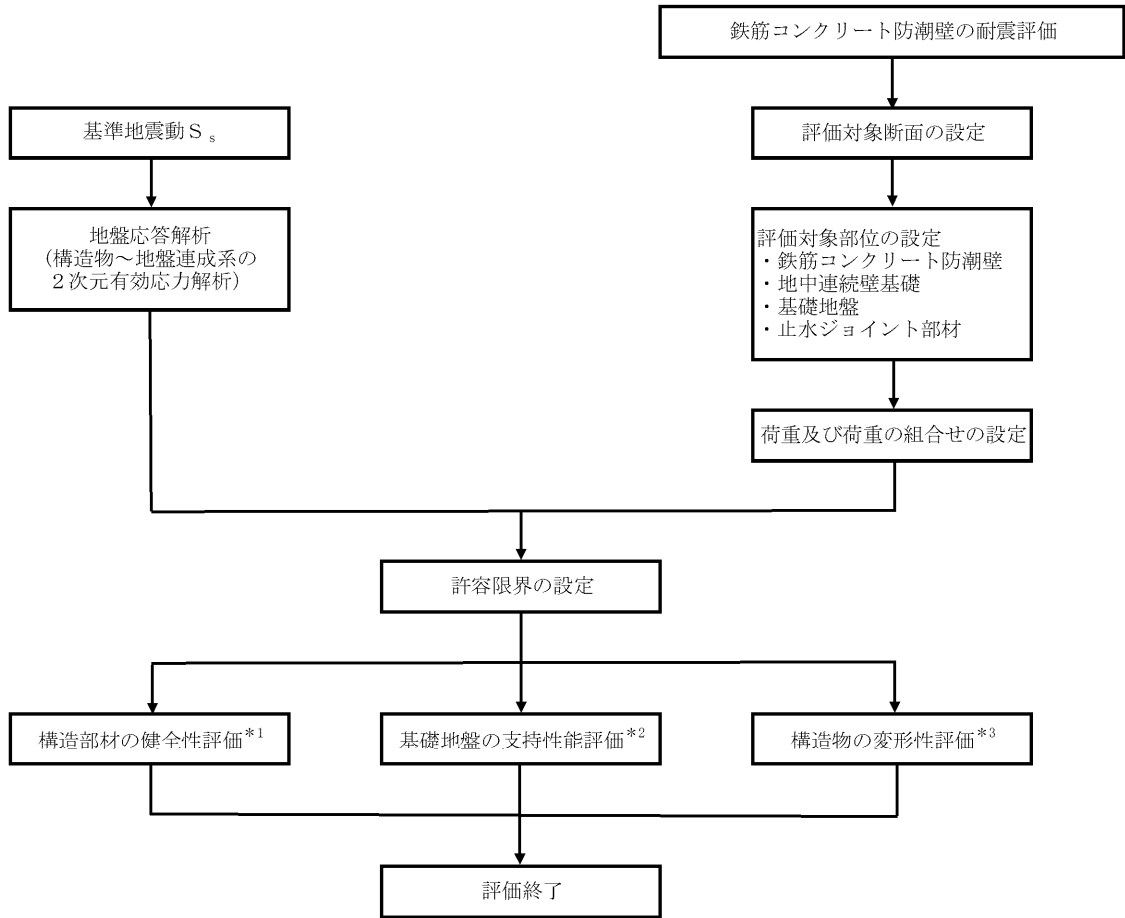
なお、防潮扉の評価を資料V-2-10-2-2-3「防潮扉の耐震性についての計算書」に示す。

鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価フローを第2-5図に示す。

第2-1表 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	鉄筋コンクリート防潮壁	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
		地中連続壁基礎	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
		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
	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	鉄筋コンクリート防潮壁	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
		地中連続壁基礎	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
		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
	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*
	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」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。
- \*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 2-5 図 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

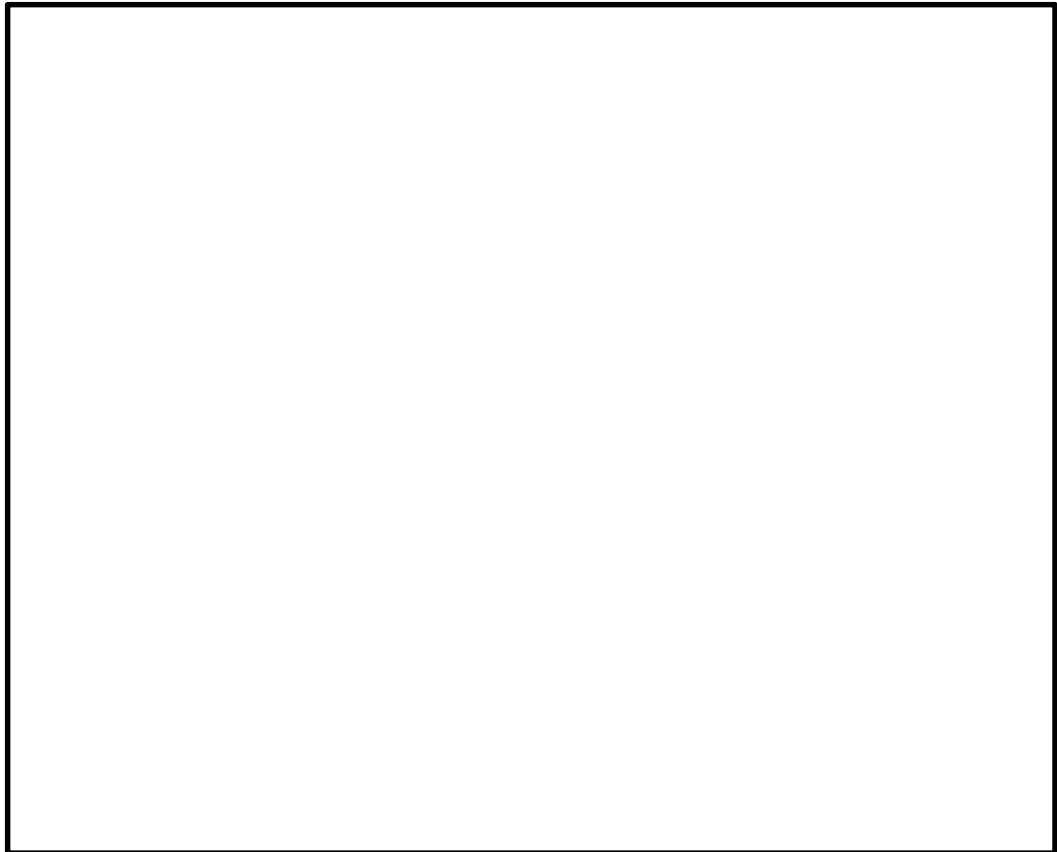
適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・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)
- ・鋼構造設計基準—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)
- ・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)
- ・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)

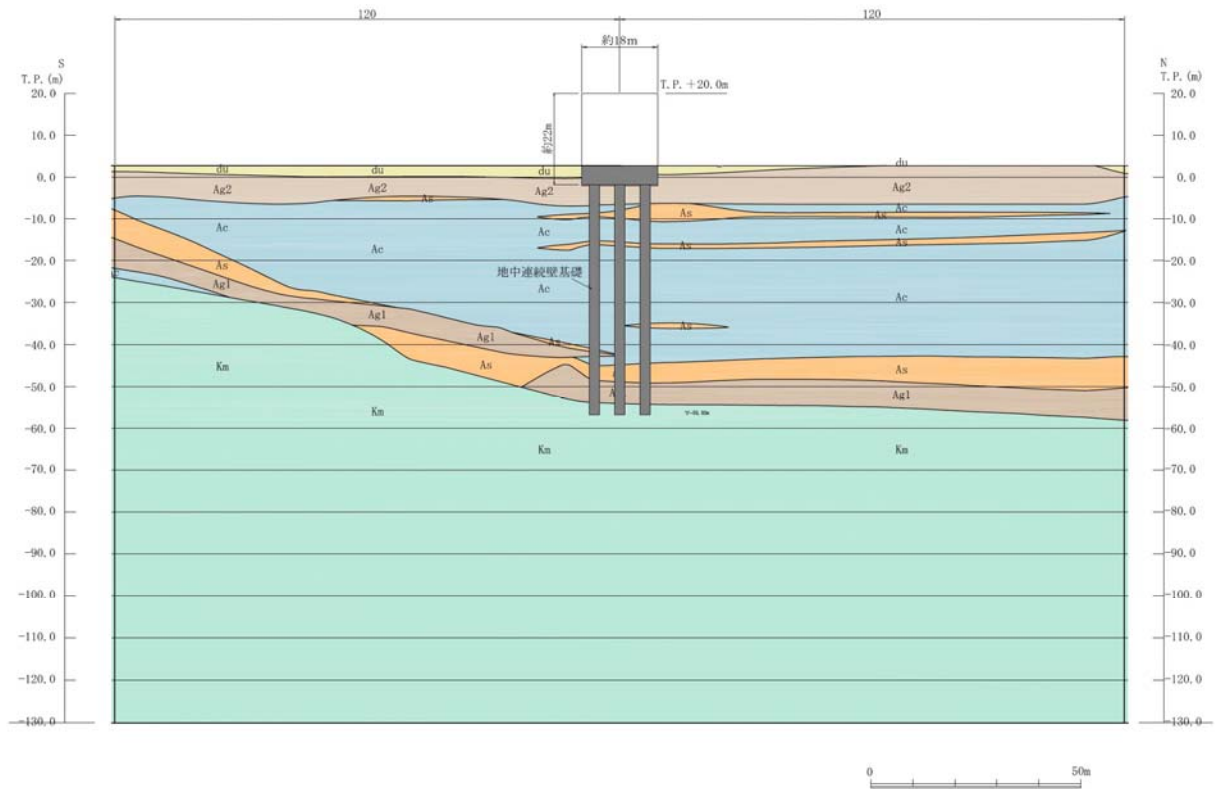
### 3. 地震応答解析

#### 3.1 評価対象断面

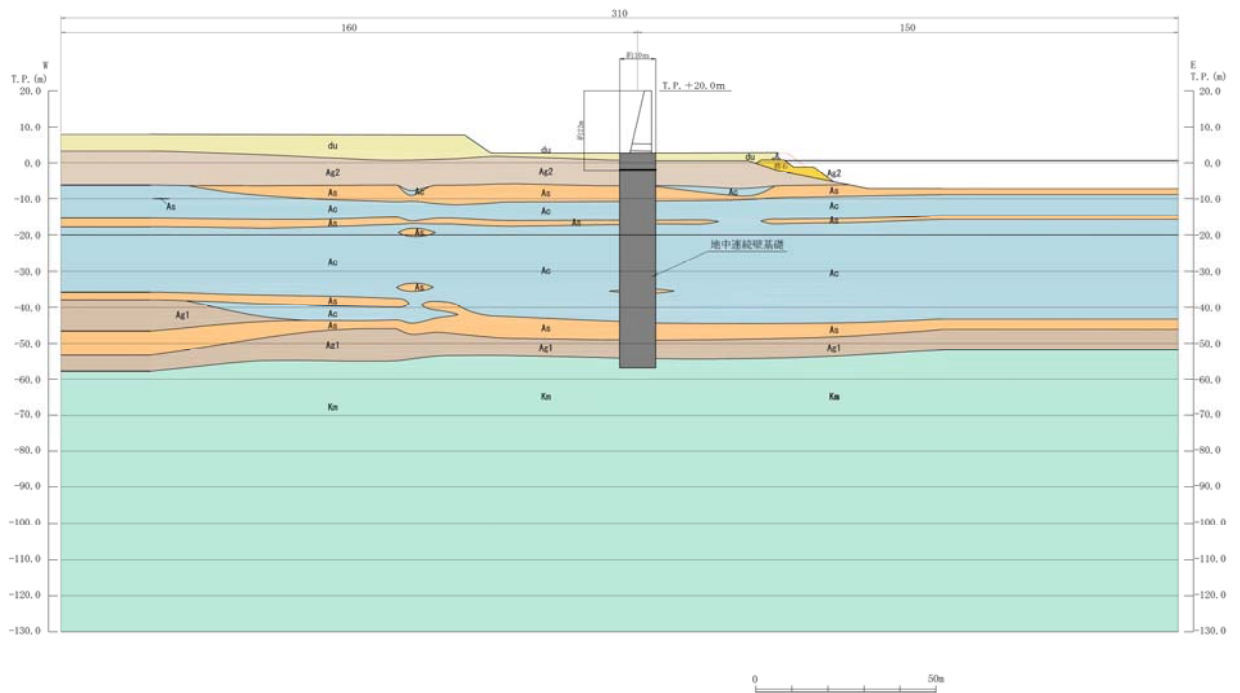
評価対象断面は、鉄筋コンクリート防潮壁の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて選定する。第3-1図に評価対象断面位置図を、第3-2図に評価対象断面図を示す。



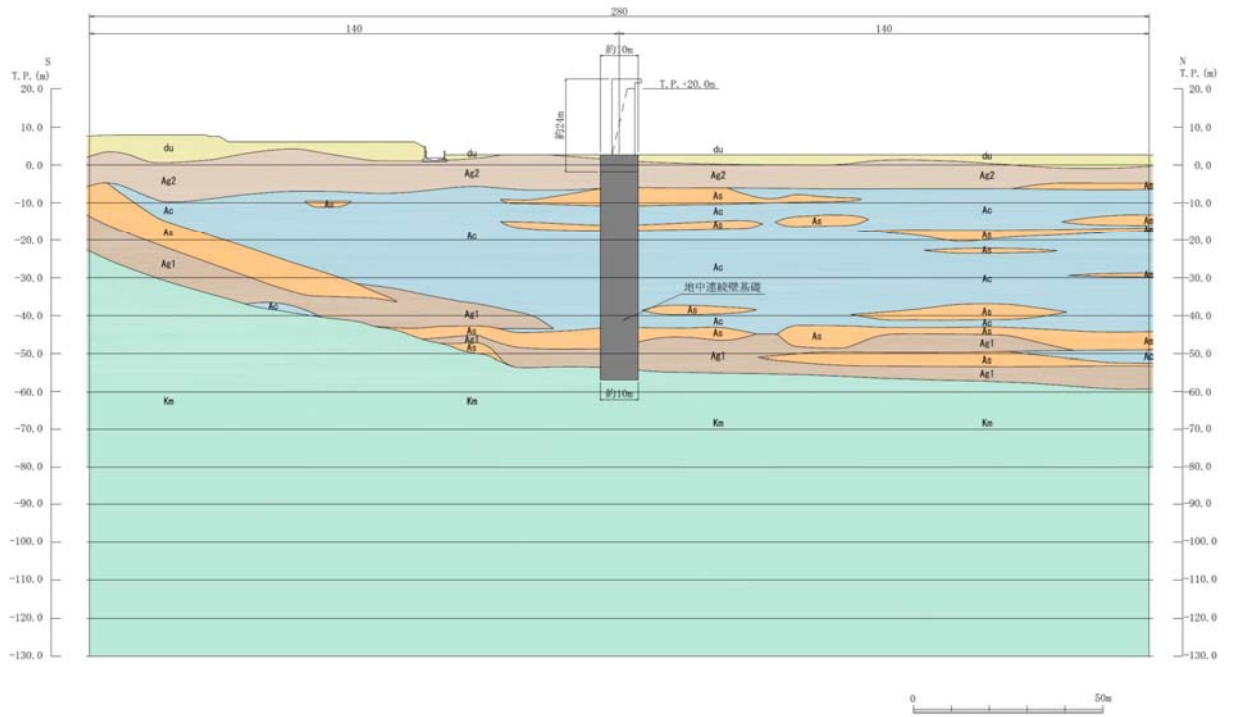
第3-1図 鉄筋コンクリート防潮壁の評価対象断面位置図



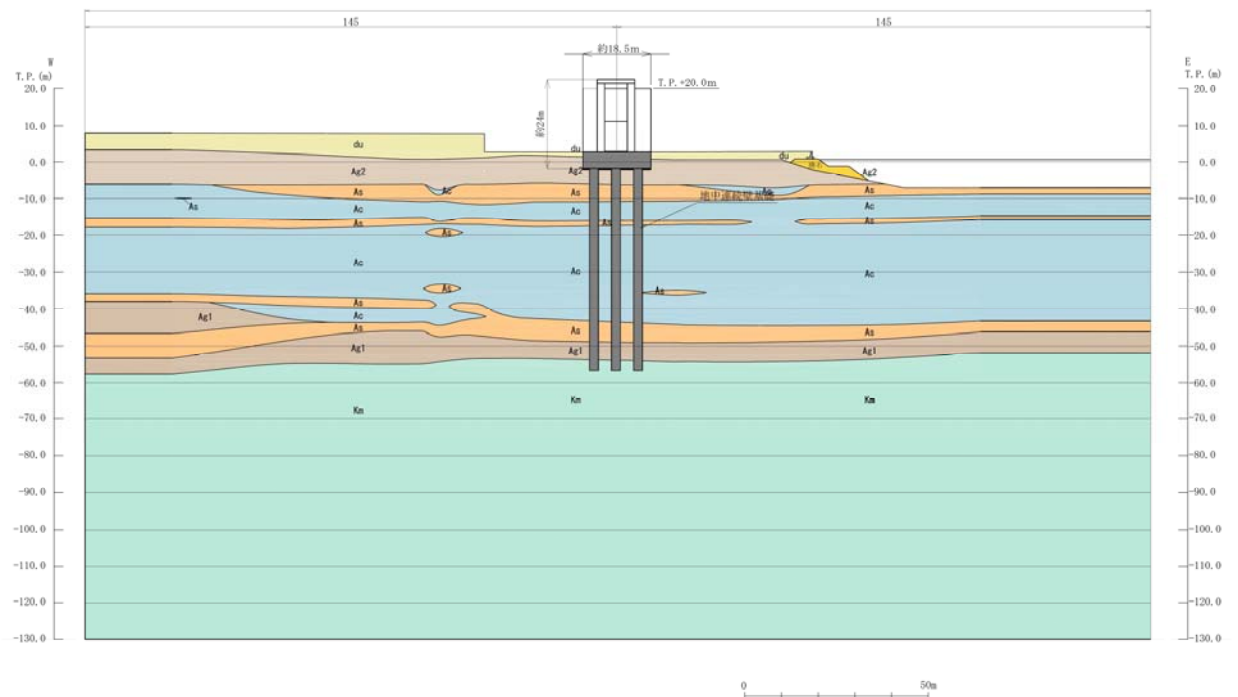
第3-2 図 (1) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図 (①-①断面)



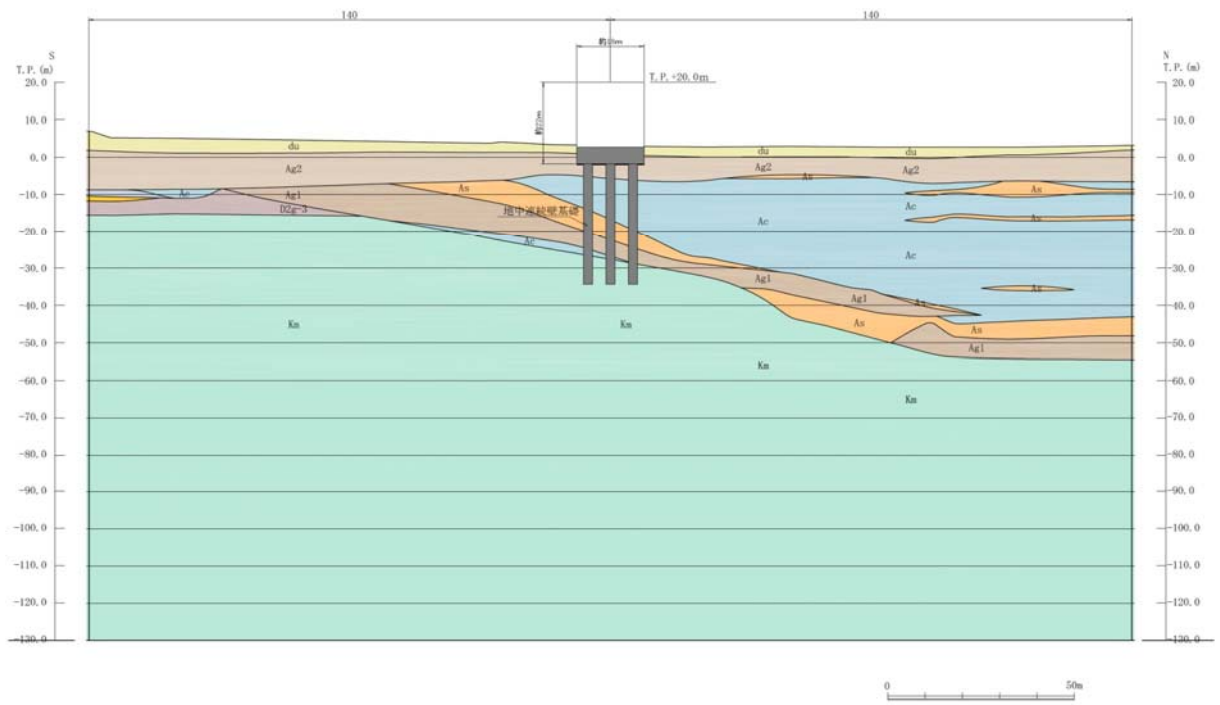
第3-2 図 (2) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図 (②-②断面)



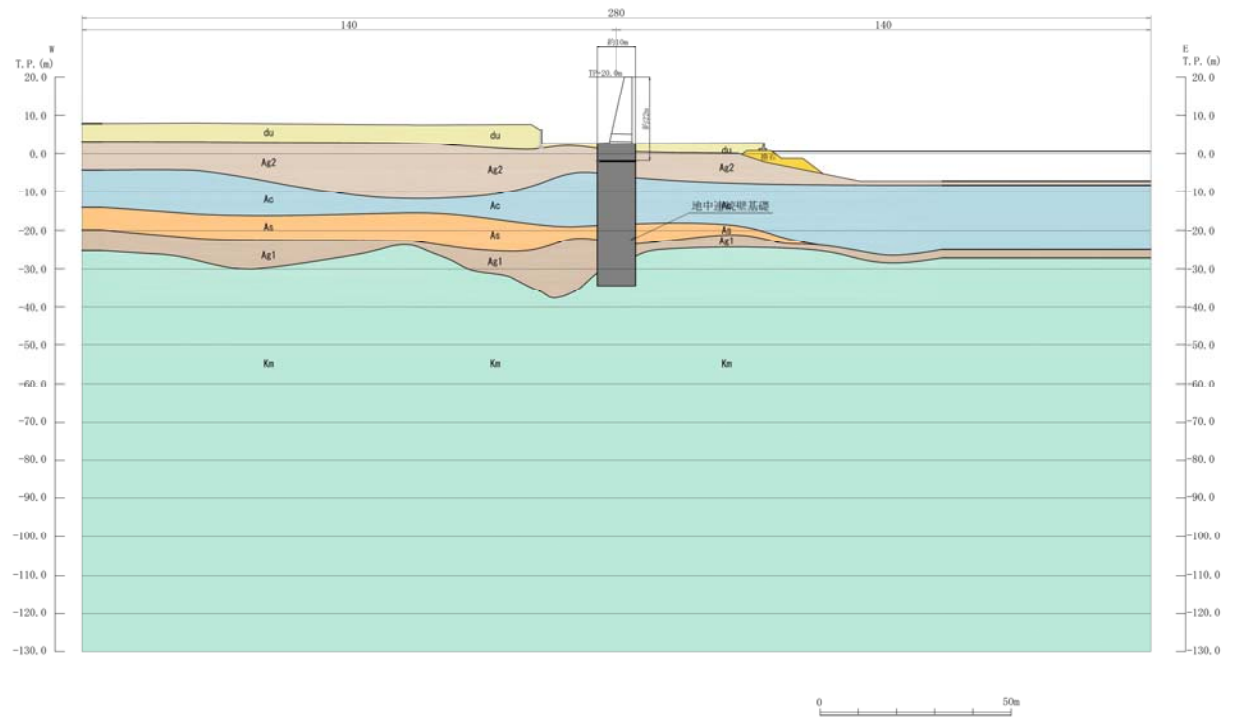
第3-2図(3) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図(③-③断面)



第3-2図(4) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図(④-④断面)



第3-2 図 (5) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図 (⑤-⑤断面)



第3-2 図 (6) 鉄筋コンクリート防潮壁 評価対象断面図 (⑥-⑥断面)



### 3.2 解析方法

地震応答解析は、資料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。

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。

#### 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化とする。

#### 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、資料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

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解折において、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

鉄筋コンクリート防潮壁の地震応答解折において、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)

積載荷重として機器及び配管荷重を考慮する。

##### (3) 地震荷重( $K_s$ )

基準地震動 $S_s$ による荷重を考慮する。

##### (4) 積雪荷重( $P_s$ )

積雪荷重として 30 cm の積雪を考慮する。

##### (5) 風荷重( $P_k$ )

東面に位置する防潮壁は、護岸による地盤の高低差の影響により海側への変位が卓越することから、堤軸直交方向断面については北面も含め、30 m/s（基準風速）相当の風荷重を堤外向きに考慮する。

#### 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

外力の状態	荷重の組合せ
地震時 ( $S_s$ )	$G + P + K_s + P_s + P_k$

G : 固定荷重

P : 積載荷重

$K_s$  : 地震荷重

$P_s$  : 積雪荷重

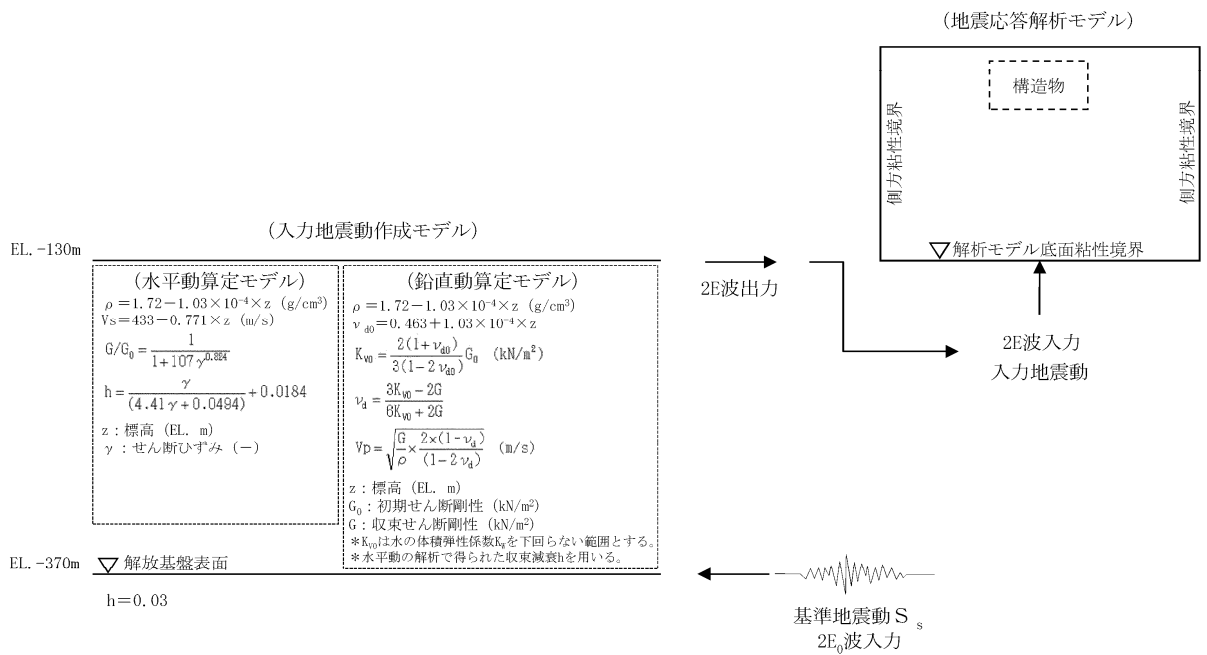
$P_k$  : 風荷重

### 3.4 入力地震動

入力地震動は、資料V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」のうち「2.3 屋外重量土木構造物」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底面位置で評価したものをを用いる。入力地震動算定の概念図を第3-3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3-3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

鉄筋コンクリート防潮壁の2次元有効応力解析モデルを第3-4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

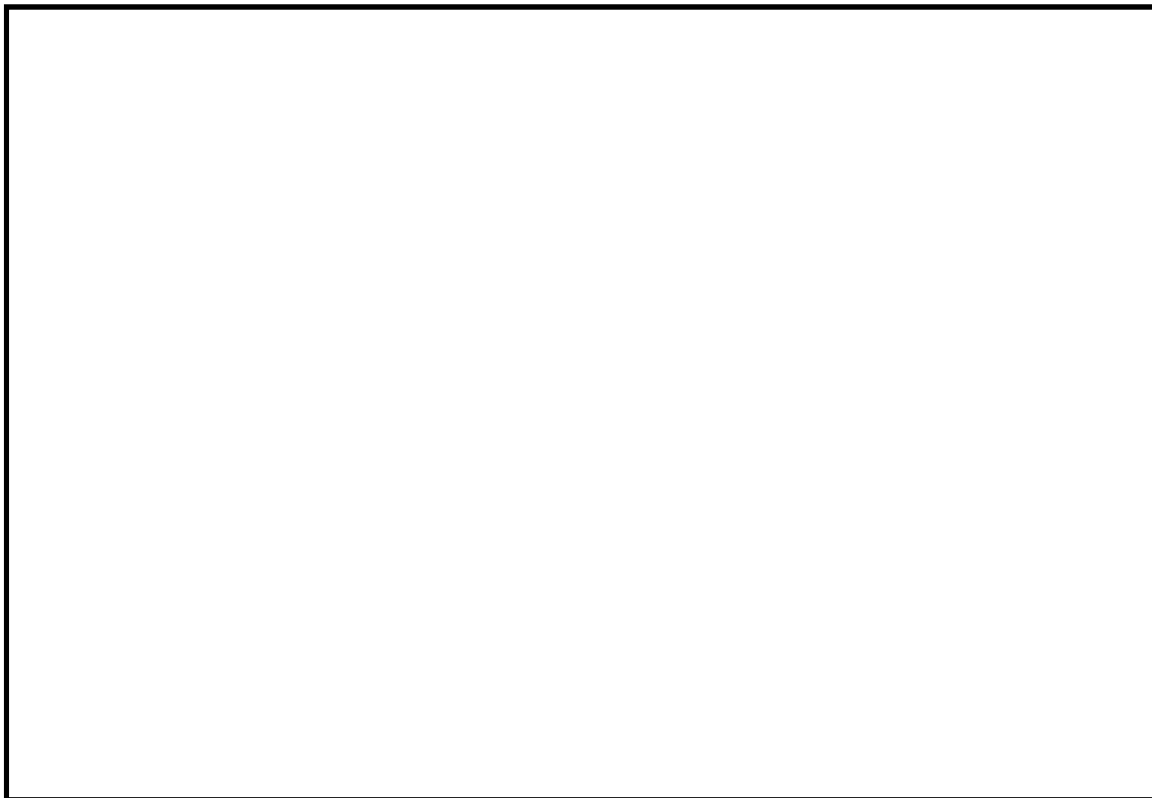
解析領域の側方及び底面には、エネルギーの逸散効果を考慮するため、粘性境界を設ける。

##### (3) 構造物のモデル化

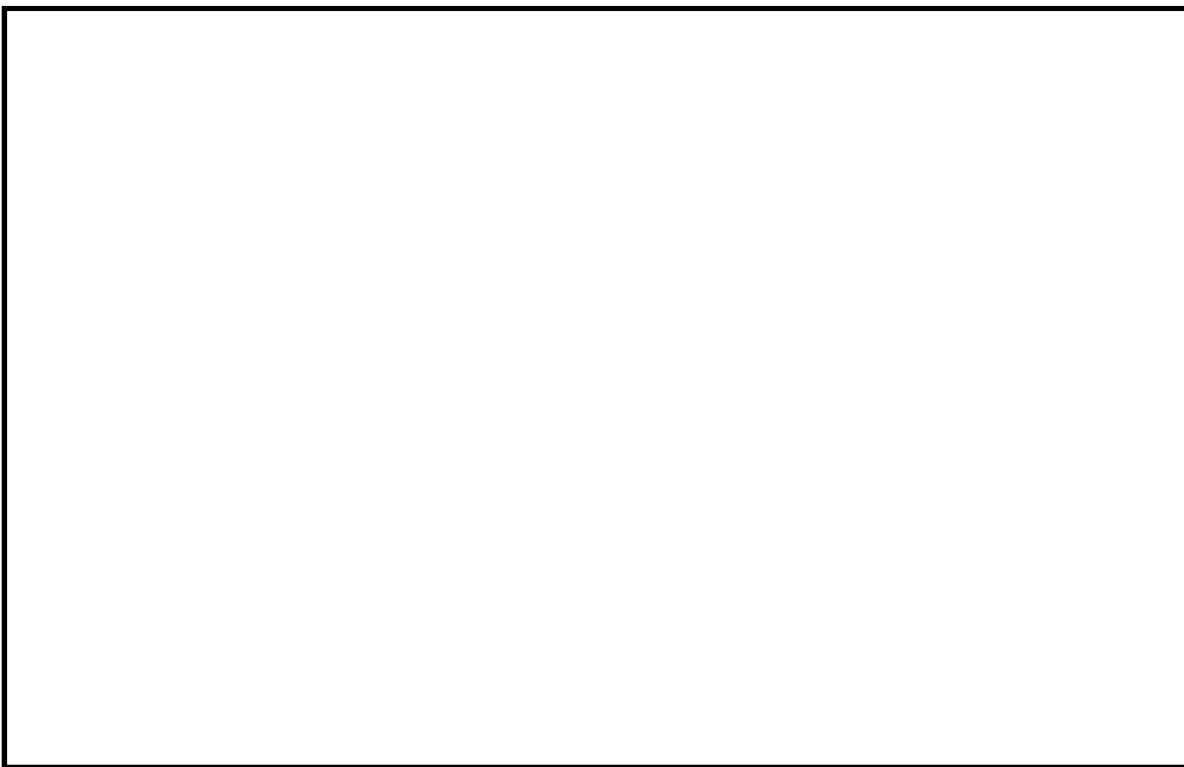
構造物は、線形はり要素でモデル化する。

##### (4) 地盤のモデル化

地盤は、マルチスプリング要素でモデル化する。



第3-4図(1) 鉄筋コンクリート防潮壁の2次元有効応力解析モデル(①-①断面)



第3-4図(2) 鉄筋コンクリート防潮壁の2次元有効応力解析モデル(⑤-⑤断面)

### 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

材料		諸元
コンクリート	地中連続壁基礎	設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup>
	防潮壁	設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup>
鉄筋		SD345, SD390, SD490

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	設計基準強度 40 N/mm <sup>2</sup>	24.5	3.1×10 <sup>4</sup>	0.2

### 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、鉄筋コンクリート防潮壁の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

###### (1) 構造部材の健全性

構造部材の健全性に係る評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁及び地中連続壁基礎の各鉄筋コンクリート部材について設定する。

###### (2) 基礎地盤の支持性能

基礎地盤の支持性能に係る評価対象部位は、鉄筋コンクリート防潮壁の下部工となる地中連続壁基礎を支持する基礎地盤とする。

###### (3) 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ゴムジョイント及びシートジョイントとする。

###### (4) 鋼製アンカー

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

###### (5) 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。



## 4.2 許容限界

許容限界は、資料V-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

### (1) 鉄筋コンクリートの許容限界

許容応力度については、「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4-1表のとおり設定する。短期許容応力度は，コンクリート及び鉄筋の許容応力度に対して1.5倍の割増しを考慮する。

第4-1表 許容応力度（短期）

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 $\sigma_{ca}$	21.0
		許容せん断応力度 $\tau_{a1}$	0.825*
鉄筋	SD345	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	294
	SD390	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	309
	SD490	許容引張応力度 $\sigma_{sa}$	435

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

### (2) 基礎地盤の支持力に対する許容限界

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。

(3) 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 4-2 表に止水ジョイント部材の変形量の許容限界を示す。

第 4-2 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

(4) 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 4-1 表に示す短期許容応力度を許容限界とする。

(5) 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。

### 4.3 評価方法

鉄筋コンクリート防潮壁の耐震評価は、地震応答解析結果により得られる照査用応答値が「4.1 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) 鉄筋コンクリート（鉄筋コンクリート防潮壁）

鉄筋コンクリート防潮壁は、堤軸方向に同様な断面が連続する構造であることから、堤軸直交方向が弱軸断面方向となる。

保守側の評価を行うため、フーチングとの連結部を固定端とする片持ち梁としてモデル化する。

#### (2) 鉄筋コンクリート（地中連続壁基礎）

曲げ応力に対する照査は、各解析により得られる断面力を用いて実施する。

#### (3) 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、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) 止水ジョイント部材

地震応答解析で求められる相対変位が許容限界以下であることを確認する。

#### (5) 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。

#### (6) 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。