

女川原子力発電所2号炉
耐津波設計方針のうち取放水路からの流入防止
(杭基礎構造防潮壁の設計方針)

平成30年10月23日
東北電力株式会社

本資料の位置付け

1. 流入防止対策の概要	3
2. 防潮壁の設計方針	14
2. 1 防潮壁の概要	15
2. 2 基本設計方針	37
2. 3 損傷モードの抽出	65
2. 4 部位毎の設計方針	82

補足説明資料

補足説明資料1 第599回審査会合(H30. 7. 10)を踏まえた構造形式の変更について	95
補足説明資料2 止水ジョイントの性能試験結果	101
補足説明資料3 鋼製遮水壁(鋼桁)の支承の要求機能と仕様	109
補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例	111
補足説明資料5 地盤変位を考慮した解析手法	122

参考資料

防潮壁(杭基礎構造形式)と断層の位置関係	133
----------------------------	-----

参考文献

- 本資料では、耐津波設計方針の論点の一つである「取放水路からの流入防止対策」のうち、2, 3号炉取放水路からの流入経路の開口部（海水ポンプ室及び放水立坑）の周囲に設置する杭基礎構造の防潮壁について、その構造概要と設計方針を説明する。
- 防潮壁の取放水路からの流入防止対策における位置付けを示すため、「1. 流入防止対策の概要」に全体概要を示しており、「2. 防潮壁の設計方針」に記載した杭基礎構造の防潮壁に係る構造概要と設計方針以外の事項については耐津波設計方針全体の審査の中で説明する。
- 平成30年7月10日審査会合を踏まえ、PCパネル遮水壁上部工の構造、車両進入路部の構造及び杭基礎構造設計手法（地盤変位を考慮した設計）を変更することから、その変更概要について説明する（補足説明資料1）。

1. 流入防止対策の概要

1.1 概要(1/3)

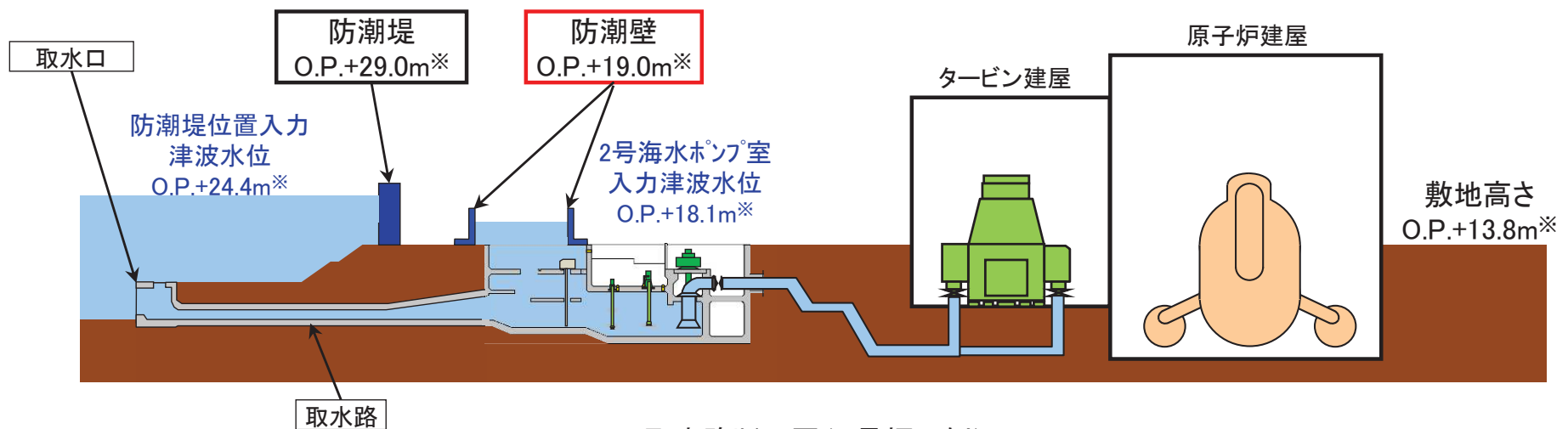
- 津波防護施設の設計において考慮すべき女川のサイト特性として、津波高さが高いことが挙げられる。
- 取水路又は放水路から津波が流入する可能性があることから、流入の可能性のある経路に対して浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止する。

(2, 3号炉取放水路)

- 2, 3号炉取放水路からの津波の流入防止対策に当たっては、止水ゲートの設置やピット開口部の閉塞等の対策も考えられたが、止水ゲート設置においては電源を含めた運用上の課題が、開口部閉塞においては既設躯体への重量増加による耐震評価上の課題等が懸念されたことから、開口部周辺に独立した基礎構造の壁体を構築する対策を選定した。
- 壁体の構築に当たっては、開口部周辺に保守運用上必要なヤードを確保して設置する計画とした。
- 3号炉海水熱交換器建屋取水立坑においては、開口部が小さいこと及び開口部周辺に作業ヤードが必要ないことから、既設躯体上に構築する計画とした。

(1号炉取放水路)

- 1号炉取放水路においては、水路の一部を縮小することにより敷地への津波の流入を防止する計画とした。



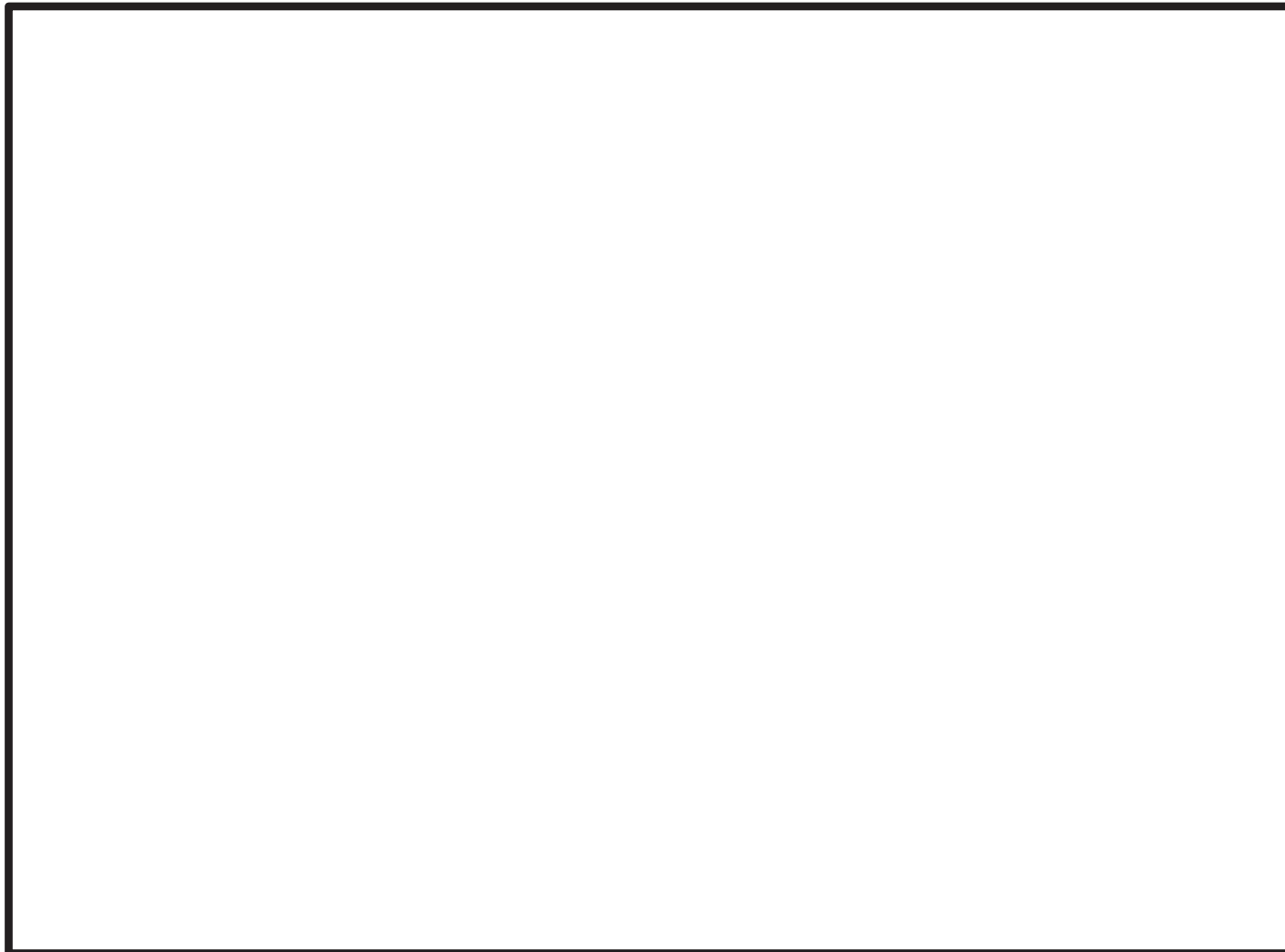
取水路断面図(2号炉の例)

※: O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面 (T.P.)-0.74m。

津波防護設計においては、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、一様に約1mの沈降が発生したことを考慮した値を用いる。

1.1 概要(2/3)

- 女川2号炉及び3号炉の取水路, 放水路からの経路における津波の流入に対しては, 防潮壁を設置することにより敷地への直接の流入を防止する。(①, ②, ③, ④, ⑤)
- 女川1号炉の取水路, 放水路からの経路における津波の流入に対しては, 流路を縮小することにより入力津波高さを海水ポンプ室又は放水立坑の天端高さ以下に制限し, 敷地への流入を防止する。(⑥, ⑦)
- なお, 上記のほか, 建屋・区画等への津波の流入を防止するため, 貫通部への止水処置や浸水防止蓋・水密扉等の浸水防止設備を設置する。



- : 取放水路からの流入経路
- : 防潮堤
- : 防潮壁
- : 流路縮小工

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

1.1 概要(3/3)

- 流入防止対策として設置する防潮壁高さは、入力津波高さに対し余裕を考慮した高さとする。
- 流路縮小工により流入防止対策を行う1号炉取放水路においては、入力津波高さを開口部である海水ポンプ室又は放水立坑の天端高さ以下に制限する。

開口部 (防潮壁設置位置)	入力津波高さ	防潮壁高さ	備考
2号炉海水ポンプ室	O.P.+18.1m	O.P.+19.0m	杭基礎構造
2号炉放水立坑	O.P.+17.4m	O.P.+19.0m	
3号炉海水ポンプ室	O.P.+19.0m	O.P.+20.0m	
3号炉放水立坑	O.P.+17.5m	O.P.+19.0m	
3号炉海水熱交換器建屋 取水立坑	O.P.+19.0m	O.P.+20.0m	直接基礎構造 (海水熱交換器建屋上に構築)

開口部	入力津波高さ	開口部天端高さ	備考
1号炉海水ポンプ室	O.P.+10.4m	O.P.+14.0m	取放水路の流路を一部縮小
1号炉放水立坑	O.P.+11.8m	O.P.+14.0m	

1.2.1 2号炉取水路からの流入防止対策

- 2号炉取水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として海水ポンプ室スクリーンエリアの開口部があり、この周囲に高さO.P.+19.0mの防潮壁を設置し、敷地への津波の流入を防止する。
- 建屋・区画への流入の可能性のある経路への流入防止対策として、海水ポンプ室補機ポンプエリア床面開口へ逆止弁付ファンネルを設置する。
- 防潮壁の外側と内側のバイパス経路となる揚水井戸及び補機冷却系トレンチに浸水防止蓋を設置するとともに、海水ポンプ室スクリーンエリア壁面貫通部へ貫通部止水処置を実施する。



2号炉海水ポンプ室流入防止対策配置図(平面図)



2号炉海水ポンプ室流入防止対策配置図(B-B断面図)

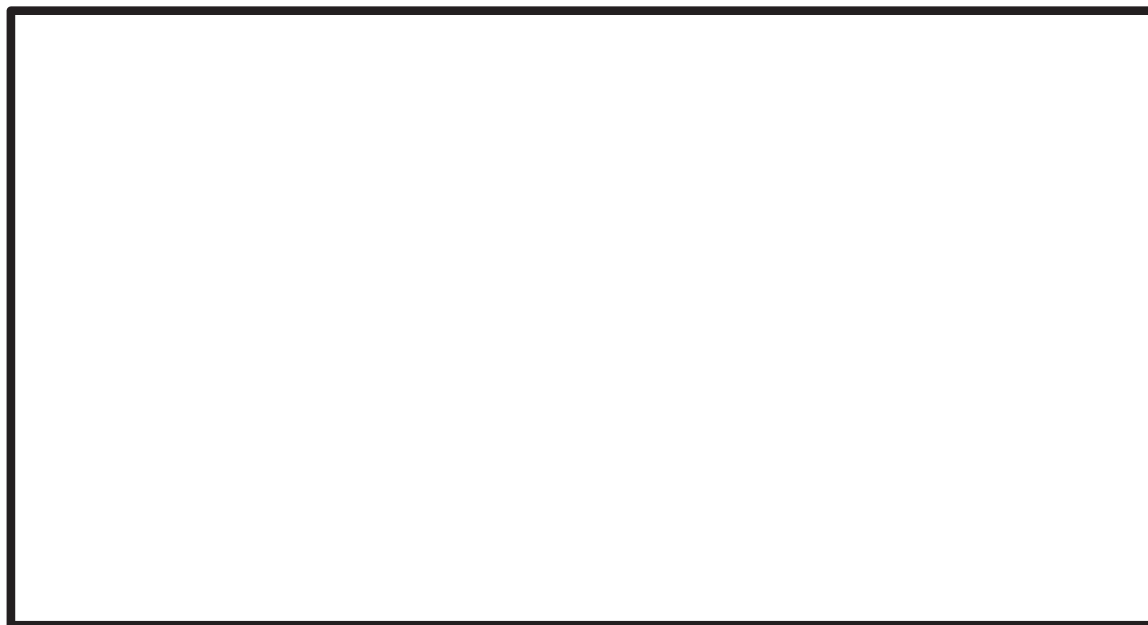


2号炉海水ポンプ室流入防止対策配置図(A-A断面図)

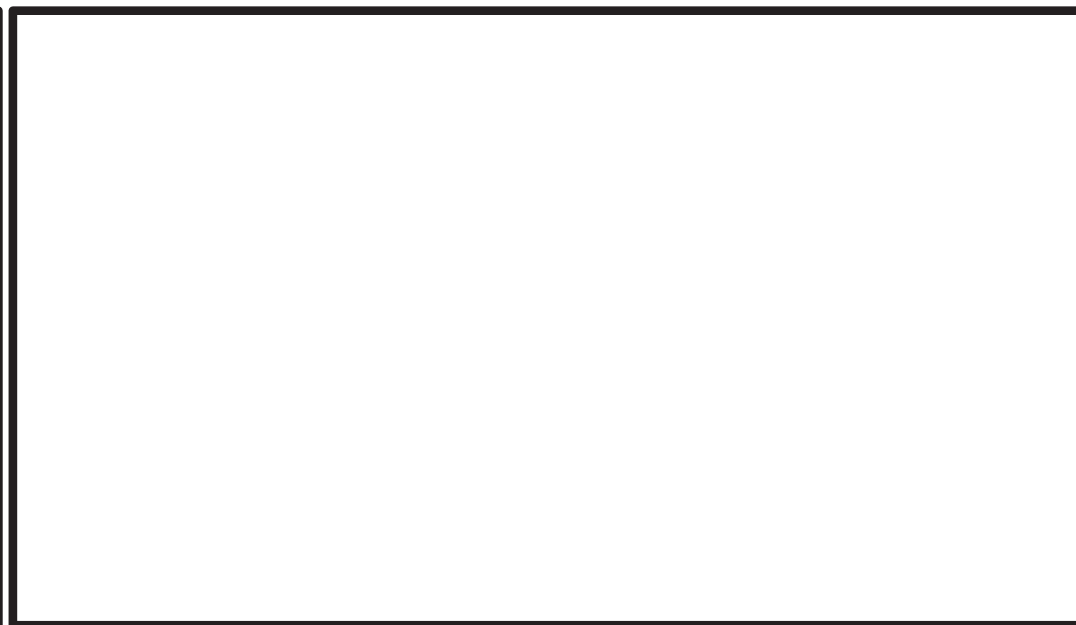
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

1.2.3 3号炉取水路からの流入防止対策(1/2)

- 3号炉取水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として3号炉海水ポンプ室スクリーンエリアの開口部があり、この周囲に高さO.P.+20.0mの防潮壁を設置し、敷地への津波の流入を防止する。
- また、防潮壁の外側と内側のバイパス経路となる揚水井戸に浸水防止蓋を設置するとともに、海水ポンプ室スクリーンエリア壁面貫通部へ貫通部止水処置を実施する。



3号炉海水ポンプ室流入防止対策配置図(平面図)




3号炉海水ポンプ室流入防止対策配置図(A-A断面図)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。


1. 流入防止対策の概要

1.2.3 3号炉取水路からの流入防止対策(2/2)

- 3号炉取水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として、3号炉海水ポンプ室を經由して3号炉海水熱交換器建屋取水立坑の開口部があり、周囲に高さO.P.+20.0mの防潮壁を設置し、敷地への津波の流入を防止する。
- 建屋・区画への流入の可能性のある経路への流入防止対策として、海水ポンプ室補機ポンプエリア床面へ逆止弁付ファンネル及び浸水防止蓋、取水立坑へのアクセス用に水密扉を設置する。



3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室
流入防止対策配置図(平面図)



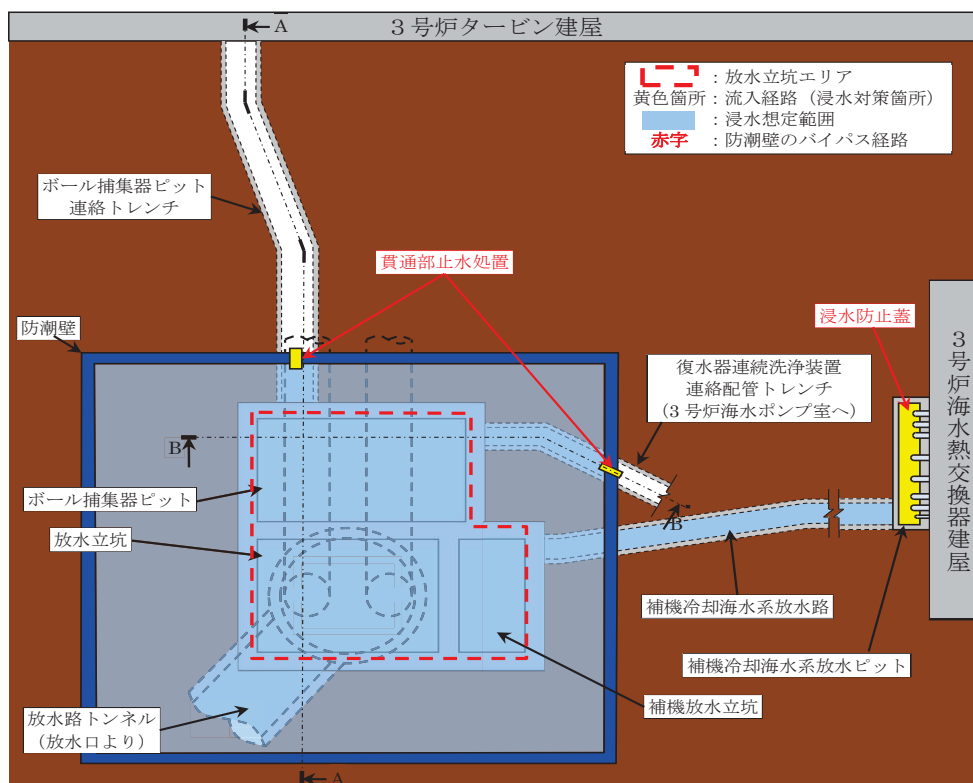
3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室
流入防止対策配置図(左:A-A断面図 右: B-B断面図)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

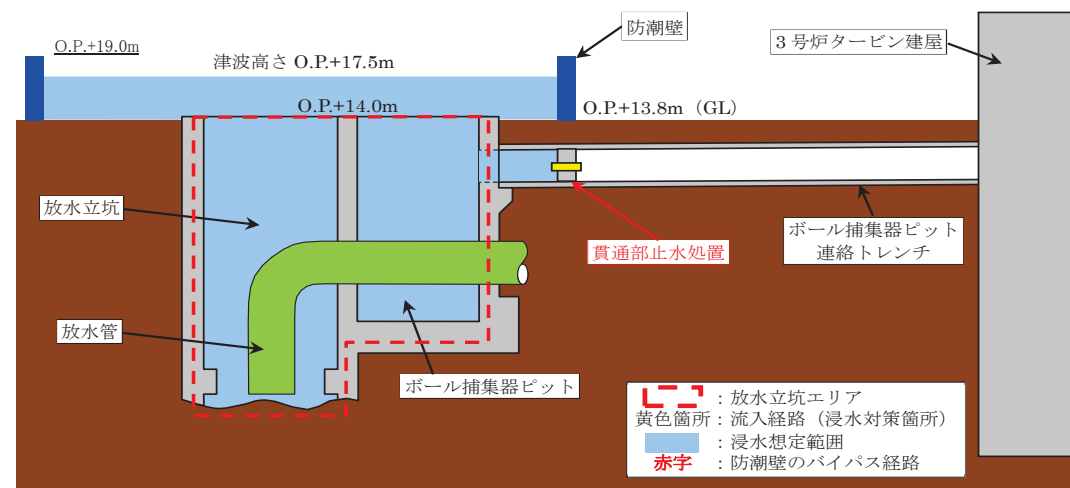
1. 流入防止対策の概要

1.2.4 3号炉放水路からの流入防止対策

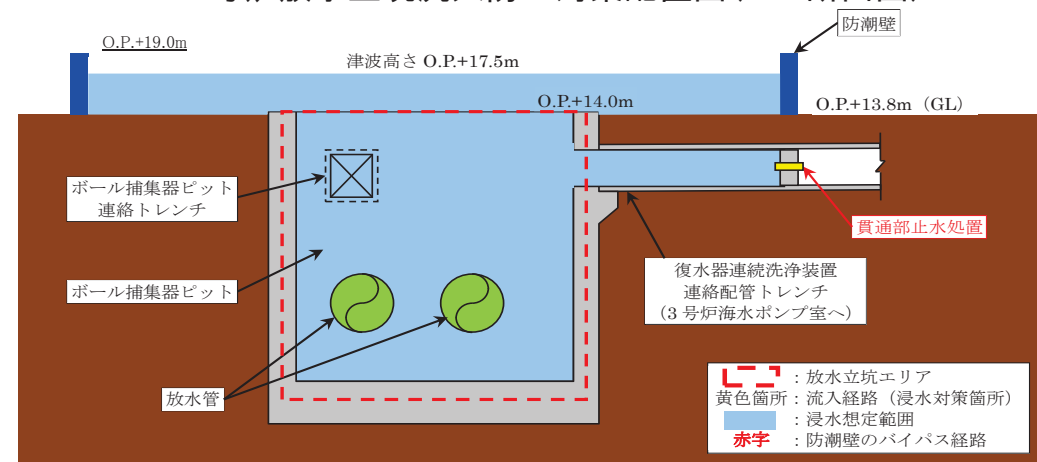
- 3号炉放水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として放水立坑エリアの開口部があり、この周囲に高さO.P.+19.0mの防潮壁を設置し、敷地への津波の流入を防止する。
- 防潮壁の外側と内側をバイパスする経路への流入防止対策として、放水立坑壁面貫通部へ貫通部止水処置を実施する。
- 補機冷却海水系放水路については海水熱交換器建屋側の補機冷却海水系放水ピットの開口部へ浸水防止蓋を設置する。



3号炉放水立坑流入防止対策配置図(平面図)



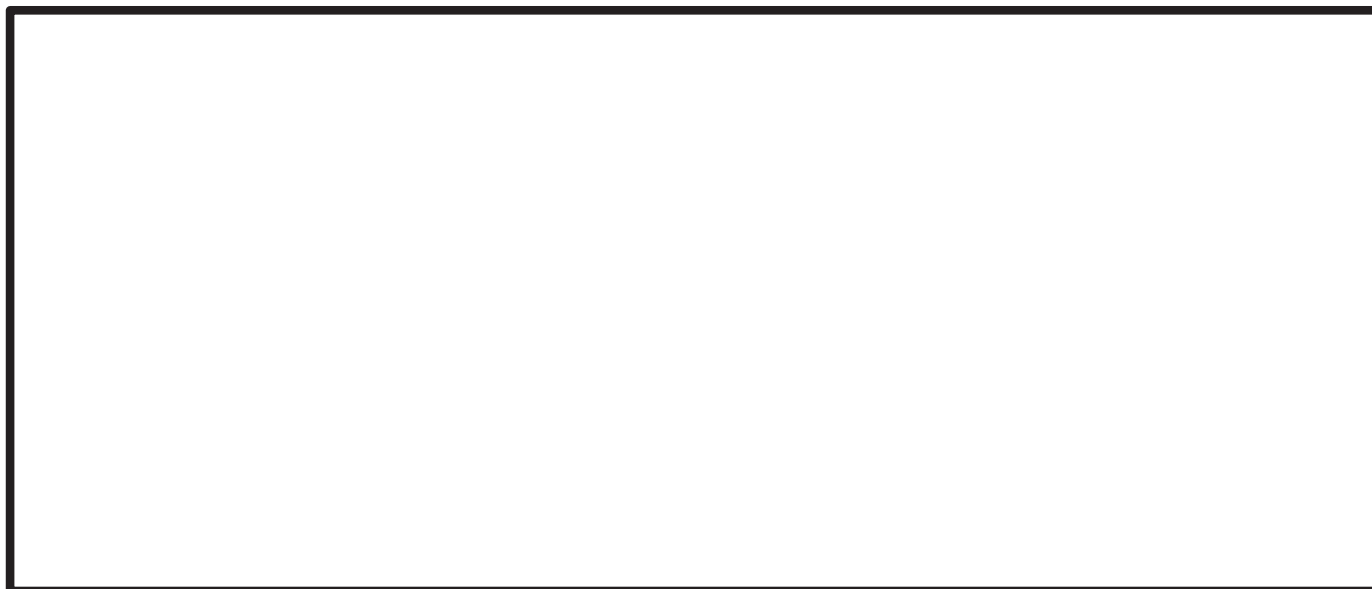
3号炉放水立坑流入防止対策配置図(A-A断面図)



3号炉放水立坑流入防止対策配置図(B-B断面図)

1.2.5 1号炉取水路からの流入防止対策

- 1号炉取水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として、海水ポンプ室スクリーンエリアの開口部があり、取水路の流路を縮小することにより津波が敷地に到達することを防止する。



1号炉海水ポンプ室流入防止対策配置図(断面図)



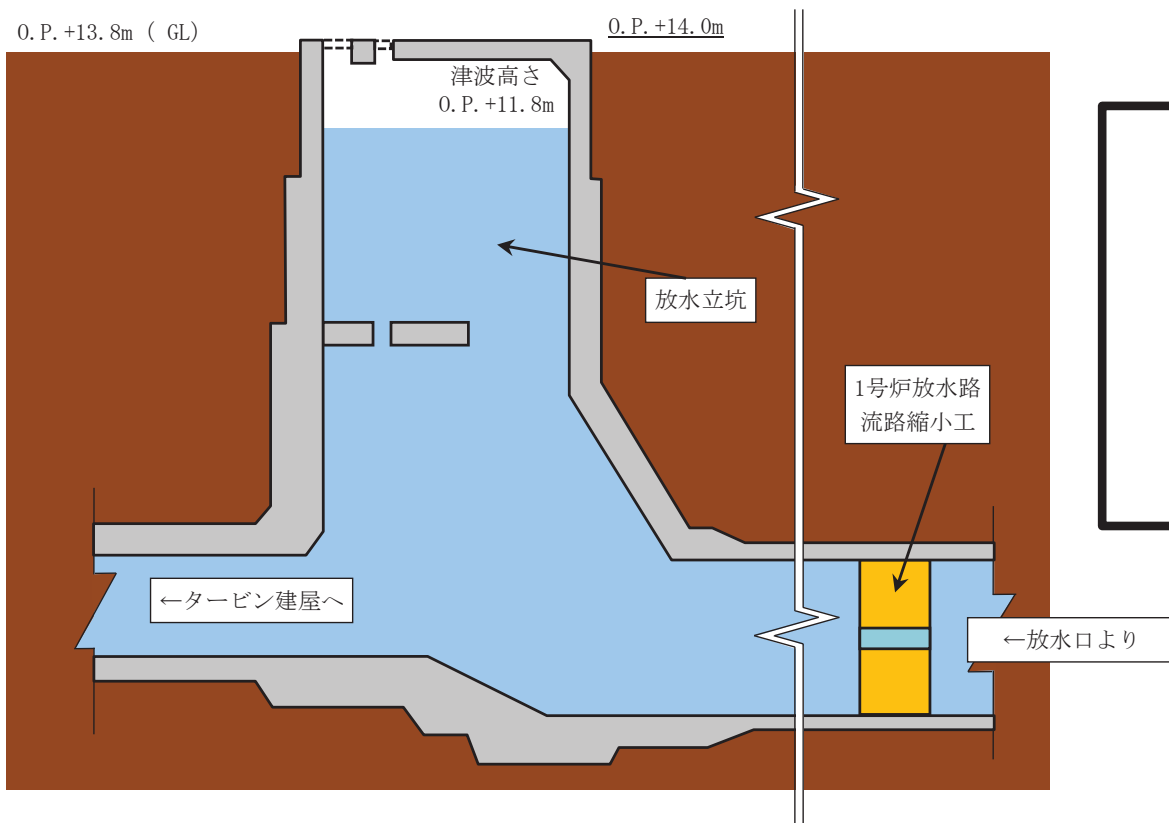
1号炉取水路流路縮小工(構造図)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

1. 流入防止対策の概要

1.2.6 1号炉放水路からの流入防止対策

- 1号炉放水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として、放水立坑の開口部があり、放水路の流路を縮小することにより津波が敷地に到達することを防止する。



1号炉放水立坑流入防止対策配置図(断面図)



1号炉放水路流路縮小工(構造図)

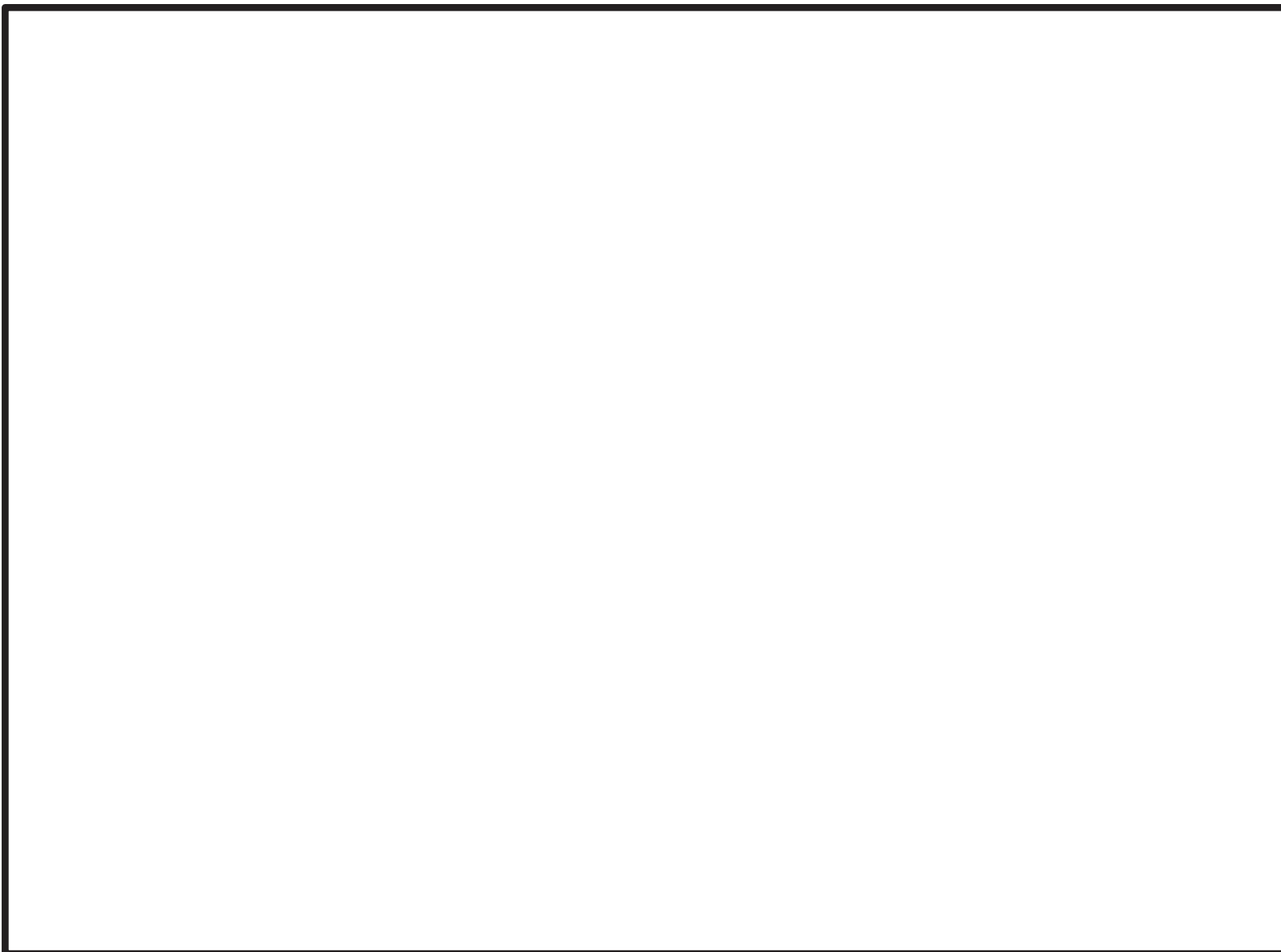
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2. 防潮壁の設計方針

- 2. 1 防潮壁の概要
- 2. 2 基本設計方針
- 2. 3 損傷モードの抽出
- 2. 4 部位毎の設計方針

2.1.1 概要(1/3)

- 本章においては、構造形式が杭基礎構造となっている海水ポンプ室及び放水立坑の防潮壁について説明する。(①, ②, ④, ⑤)
- 防潮壁は、上部工遮水壁の構造により3つの形式(鋼製遮水壁, 鋼製扉, RC遮水壁)に分類され、更に鋼製遮水壁については、鋼板部と鋼桁部(海水ポンプ室横断部, 地中構造物横断部)に分類される。

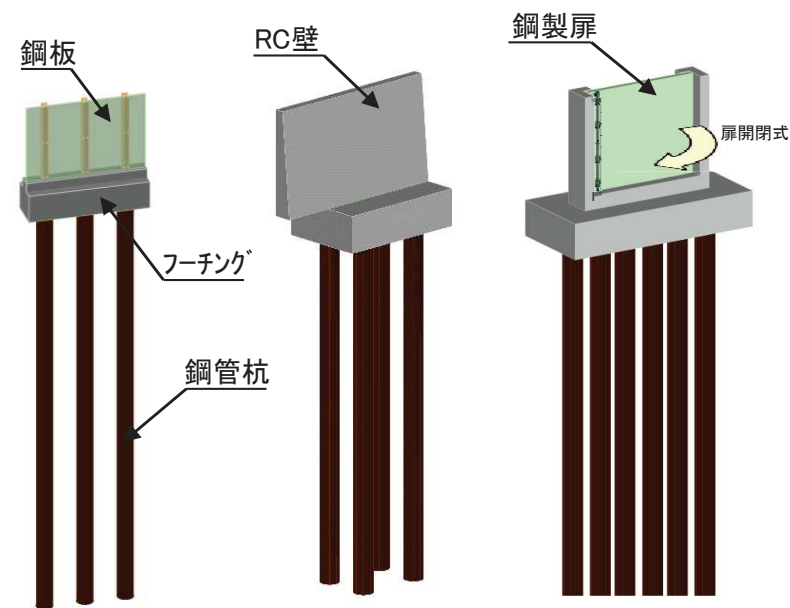


枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.1 防潮壁の概要

2.1.1 概要(2/3)

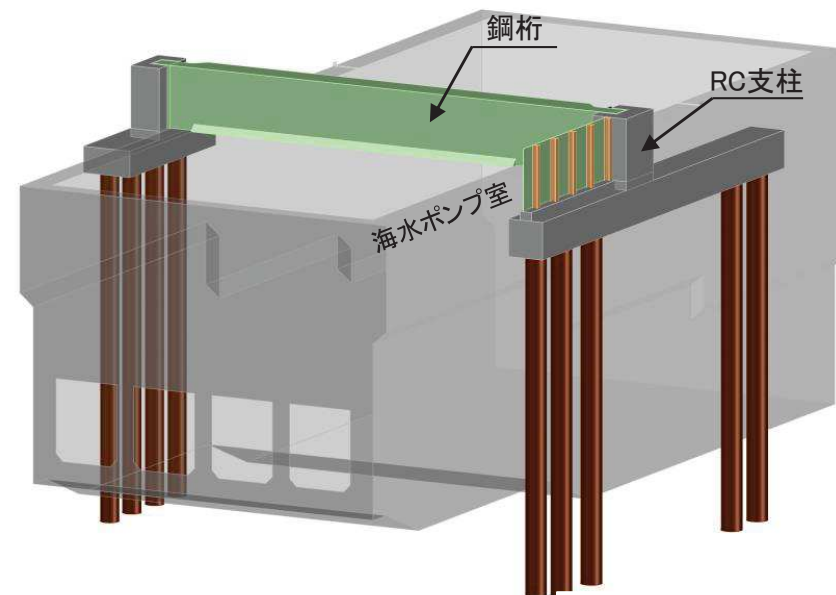
- 津波防護施設として防潮壁に求められる要求機能は、取水路、放水路から流入する津波の敷地への浸水を防止すること、基準地震動 S_s に対し要求される機能を損なうおそれがないよう、構造物全体としての変形能力に対し十分な構造強度を有することである。
- 上記の機能を確保するための性能目標は、入力津波に対し余裕を考慮した防潮壁高さを確保するとともに、構造物の境界部等の止水性を維持し、基準地震動 S_s に対し止水性を損なわない構造強度を有した構造物とすることである。
- 防潮壁の高さは設置位置の入力津波高さに設計裕度を考慮して決定し、入力津波高さは、基準津波による取水口前面及び放水口前面位置の水位変動量に基づき、流入経路の水理特性を考慮した管路解析を踏まえて設定する。
- 防潮壁は取水路、放水路に接続する上部開口を有するピット（海水ポンプ室スクリーンエリア、放水立坑）を取り囲むように閉合させることを基本とし、防潮堤に隣接する2、3号炉海水ポンプ室においては、防潮堤背面補強工を防潮壁の一面とし、止水ジョイントを介して接合させる。
- 基礎構造は鋼管杭に支持されたフーチング基礎を基本とする。防潮壁の構造形式は、右図のように地中構造物や周辺構造物の状況を踏まえて選定し、鋼製遮水壁（鋼板）、鋼製遮水壁（鋼桁）、鋼製扉及びRC遮水壁に分類される。右図の構造は各々の単位で独立した構造となっており、構造物間をM型ジョイント等で連結し変位追従性を有する止水構造となっている。



鋼製遮水壁（鋼板）

RC遮水壁

鋼製扉



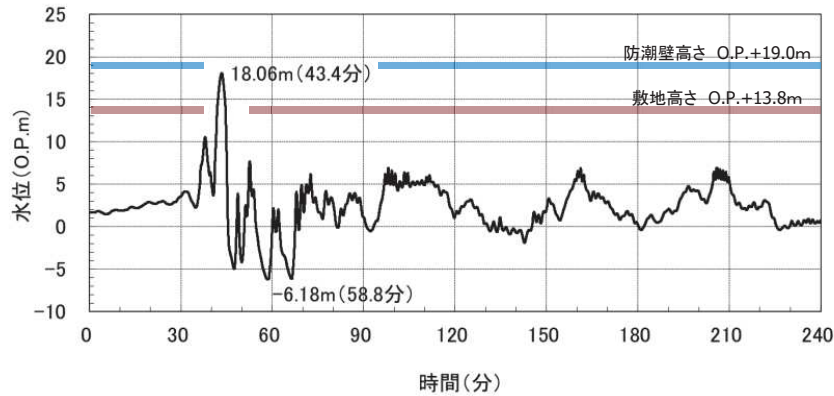
鋼製遮水壁（鋼桁）

構造形式	設置箇所
鋼製遮水壁 (鋼板)	<ul style="list-style-type: none"> 下記に該当しない箇所
鋼製遮水壁 (鋼桁)	<ul style="list-style-type: none"> 地中構造物により直下に杭を打設できない箇所 (海水ポンプ室横断部, 地中構造物横断部)
鋼製扉	<ul style="list-style-type: none"> 車両の進入を考慮する箇所(車両進入路部)
RC遮水壁	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤と接合する箇所

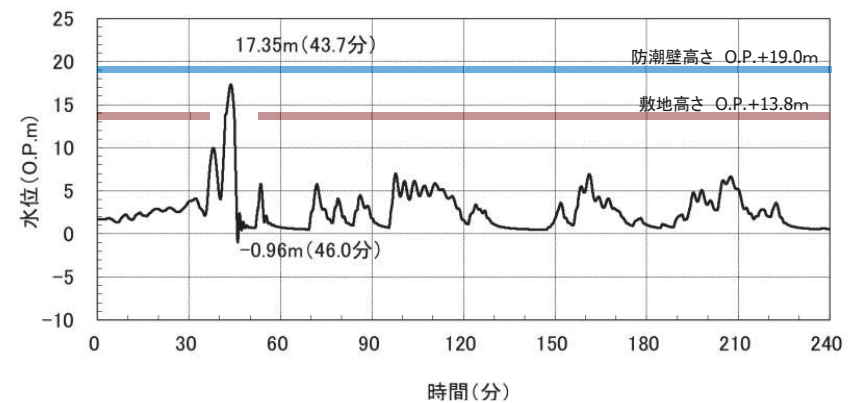
- 防潮壁高さは、入力津波高さに対し余裕を考慮した高さとする。

設置位置	設計又は評価に用いる入力津波高さ	防潮壁高さ	高さの裕度
2号炉海水ポンプ室	O.P.+18.1m	O.P.+19.0m	0.9m
2号炉放水立坑	O.P.+17.4m	O.P.+19.0m	1.6m
3号炉海水ポンプ室	O.P.+19.0m	O.P.+20.0m	1.0m
3号炉放水立坑	O.P.+17.5m	O.P.+19.0m	1.5m

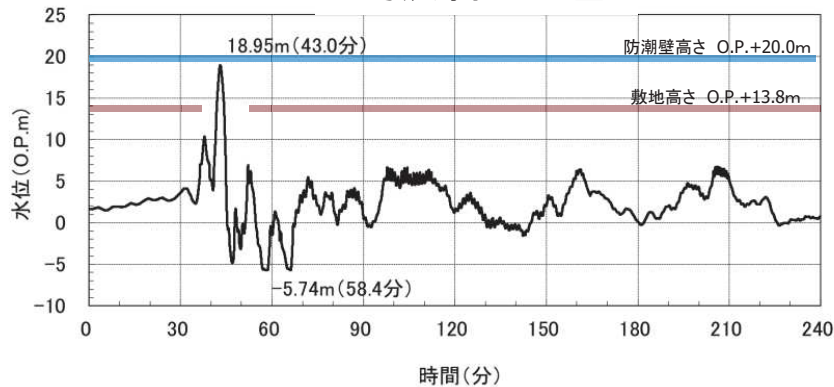
2号炉海水ポンプ室



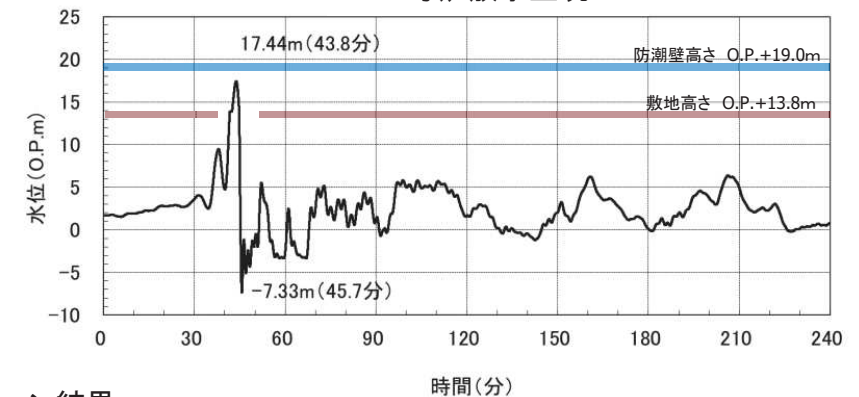
2号炉放水立坑



3号炉海水ポンプ室














3号炉放水立坑

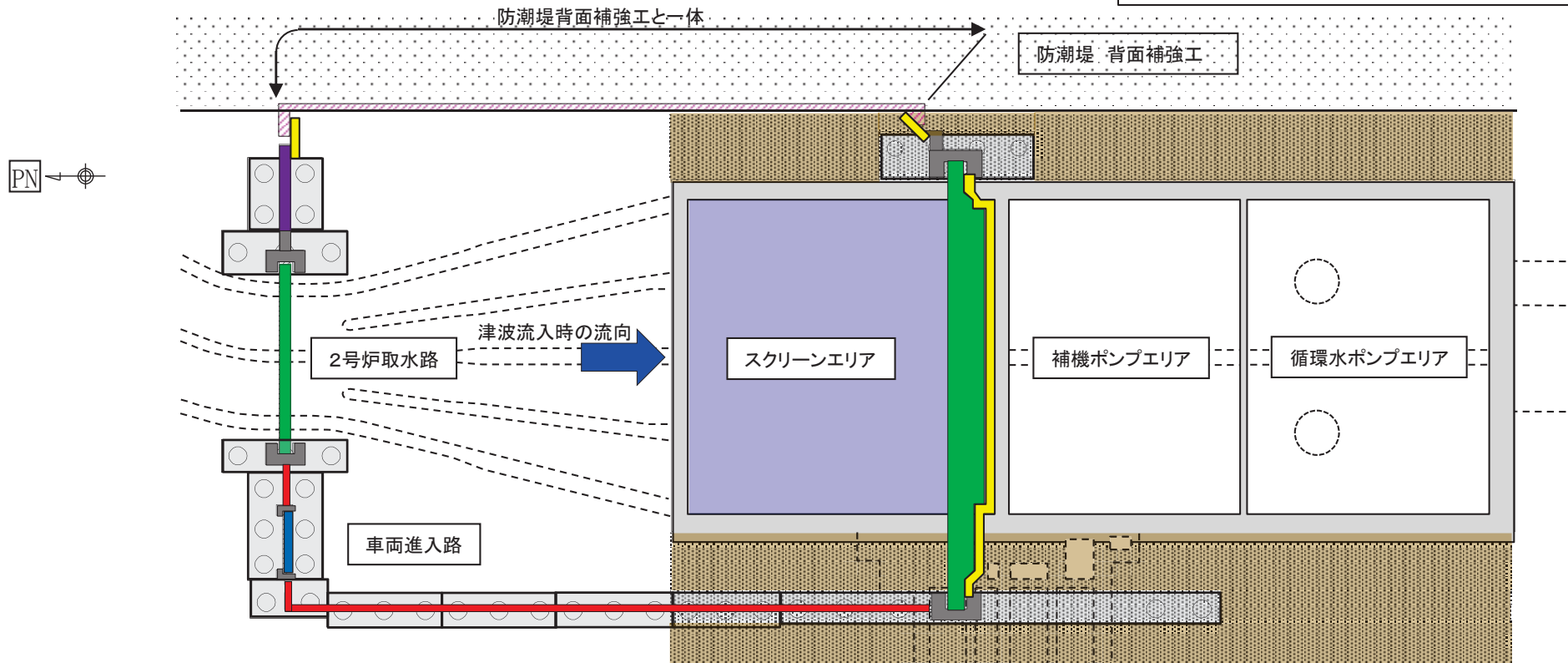


津波シミュレーション結果

2.1.2.1 構造形式による分類

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁の構造形式を以下に示す。
 - 海水ポンプ室横断部, 取水路横断部に鋼製遮水壁(鋼桁)を設置する。
 - 車両進入路部に鋼製扉を設置する。
 - 防潮壁の東側(海側)の一面は防潮堤の背面補強工(上部に一体化したRC壁を構築)とし, その接合部にRC遮水壁を設置する。
 - 上記以外の箇所に鋼製遮水壁(鋼板)を設置する。
 - 防潮堤及び海水ポンプ室との接合部には変位追従性を有する止水ジョイントを設置する。

凡 例	
	鋼製遮水壁 (鋼板)
	鋼製遮水壁(鋼桁) (海水ポンプ室横断部・ 地中構造物横断部)
	鋼製扉 (車両進入路部)
	RC遮水壁
	フーチング
	RC支柱
	防潮堤背面補強工と 一体のRC遮水壁
	鋼管杭
	津波流入経路 (開口部)
	止水ジョイント (異種構造物間)
	地盤改良範囲 (2号炉海水ポンプ室)



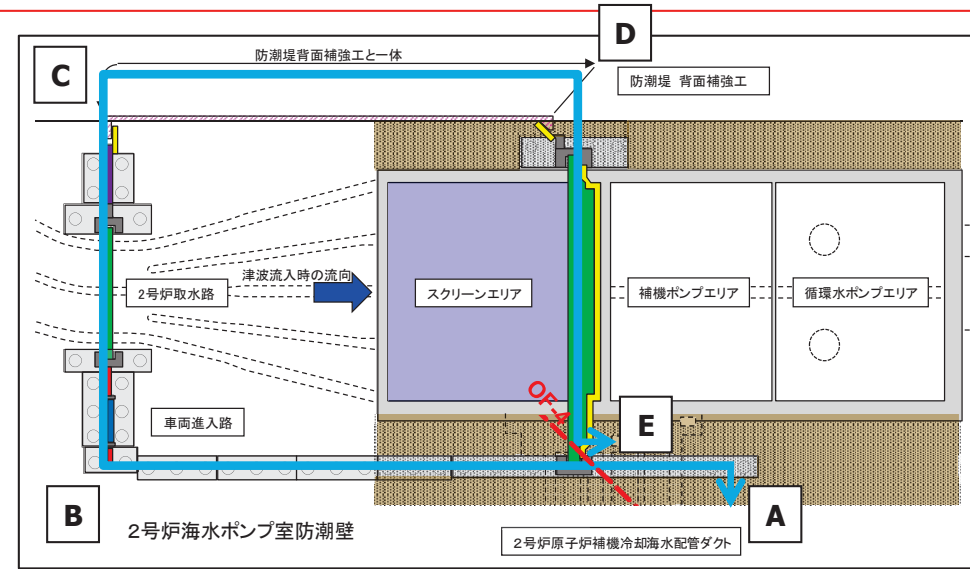
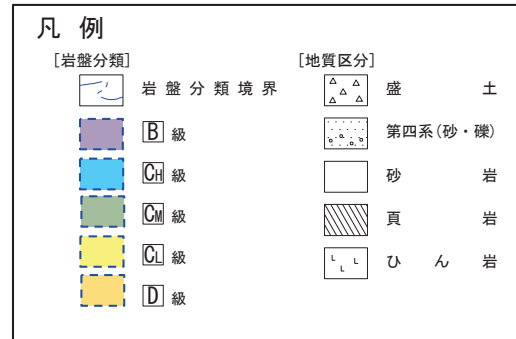
2号炉海水ポンプ室防潮壁

2号炉原子炉補機冷却海水配管ダクト

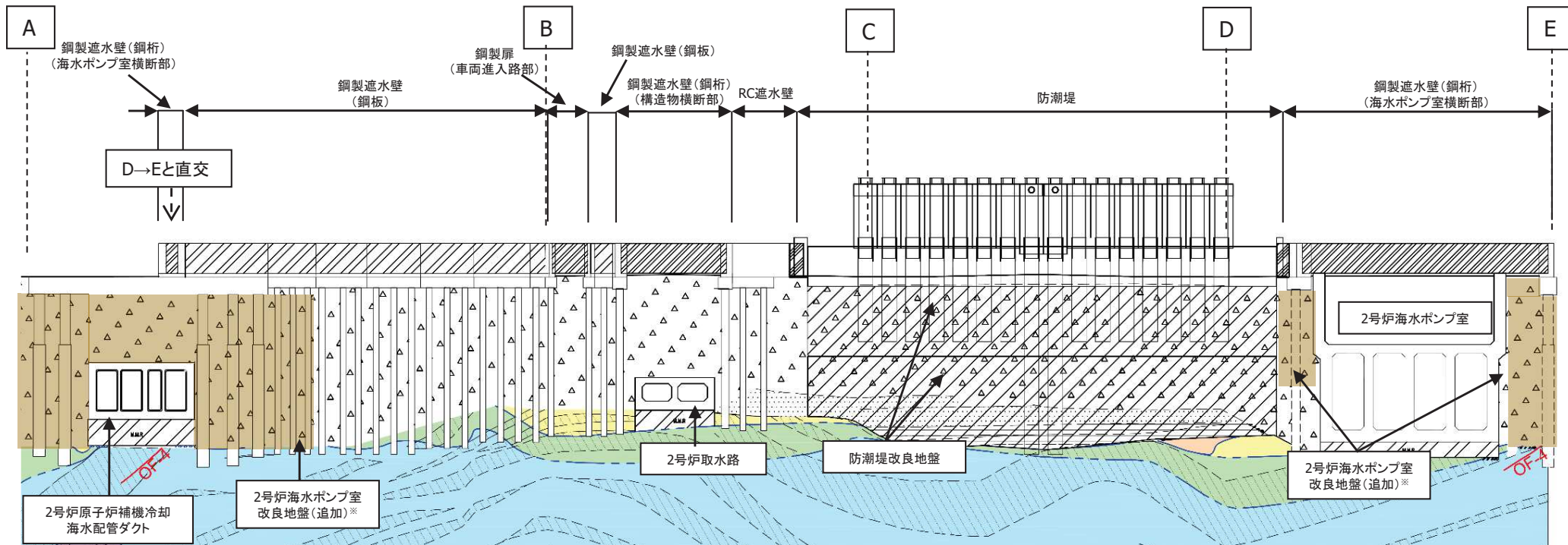
2.1.2.2 設置位置の地質構造

2号炉海水ポンプ室防潮壁設置位置の地質構造を以下に示す。

- 全ての防潮壁が杭基礎により岩盤に支持されている。
- 盛土の一部は2号炉海水ポンプ室の耐震対策としての地盤改良体である。
- 岩盤上面に顕著な傾斜等はない。
- 規模が小さく、連続性も乏しい
OF-4断層が鋼管杭間に分布する。



地質断面位置図











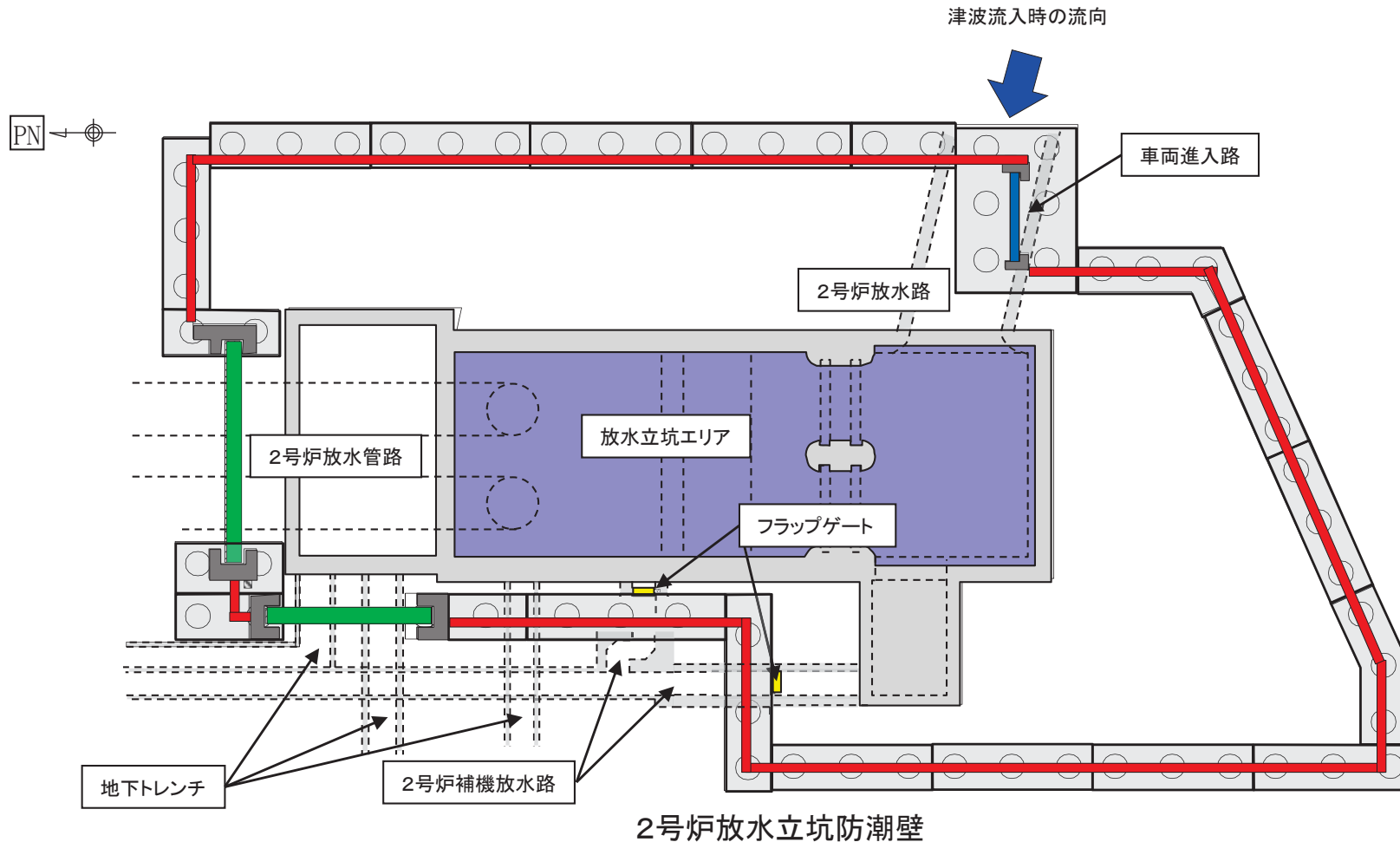
※:改良範囲は今後の設計進捗により変更となる可能性がある。

2号炉海水ポンプ室防潮壁 地質断面図

2.1.3.1 構造形式による分類

- 2号炉放水立坑防潮壁の構造形式を以下に示す。
 - 2号炉放水管路横断部, 地下トレンチ横断部に鋼製遮水壁(鋼桁)を設置する。
 - 車両進入路部に鋼製扉を設置する。
 - 上記以外の箇所に鋼製遮水壁(鋼板)を設置する。
 - 鋼製遮水壁(鋼板)の一部には, 補機放水を流下させるため, 基礎フーチングに設けた開口部(防潮壁内側)に逆流防止設備(フラップゲート)を設置する。

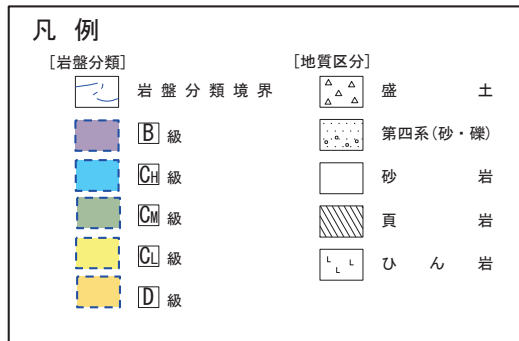
凡例	
	鋼製遮水壁 (鋼板)
	鋼製遮水壁(鋼桁) (地中構造物横断部)
	鋼製扉 (車両進入路部)
	フーチング
	RC支柱
	鋼管杭
	津波流入経路 (開口部)
	フラップゲート



2.1.3.2 設置位置の地質構造

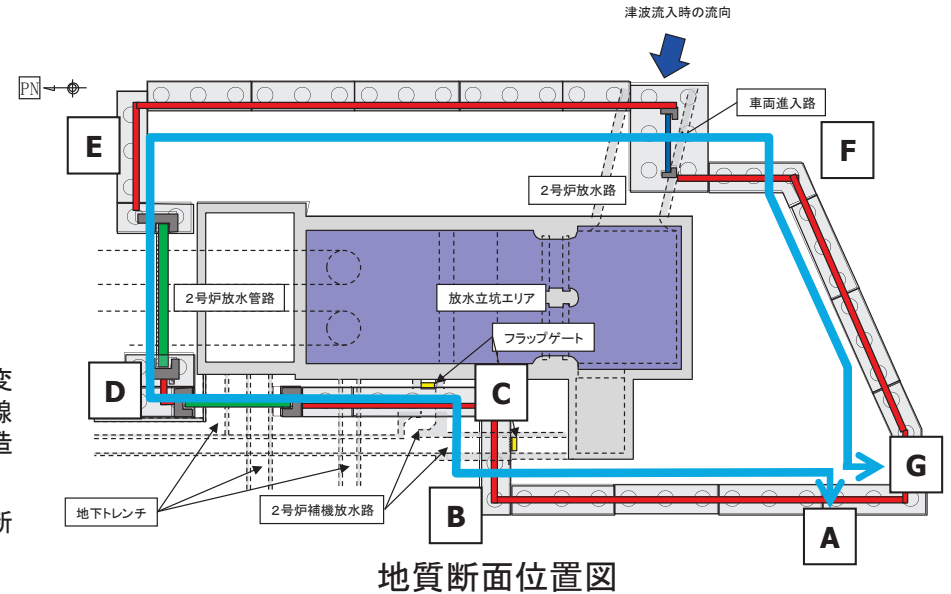
• 2号炉放水立坑防潮壁設置位置の地質構造を以下に示す。

- 全ての防潮壁が杭基礎により岩盤に支持されている。
- 南側(B→A, E→G方向)に向かって岩盤面が浅くなっており、鋼製遮水壁(鋼板)の一部は岩盤傾斜上に設置している。

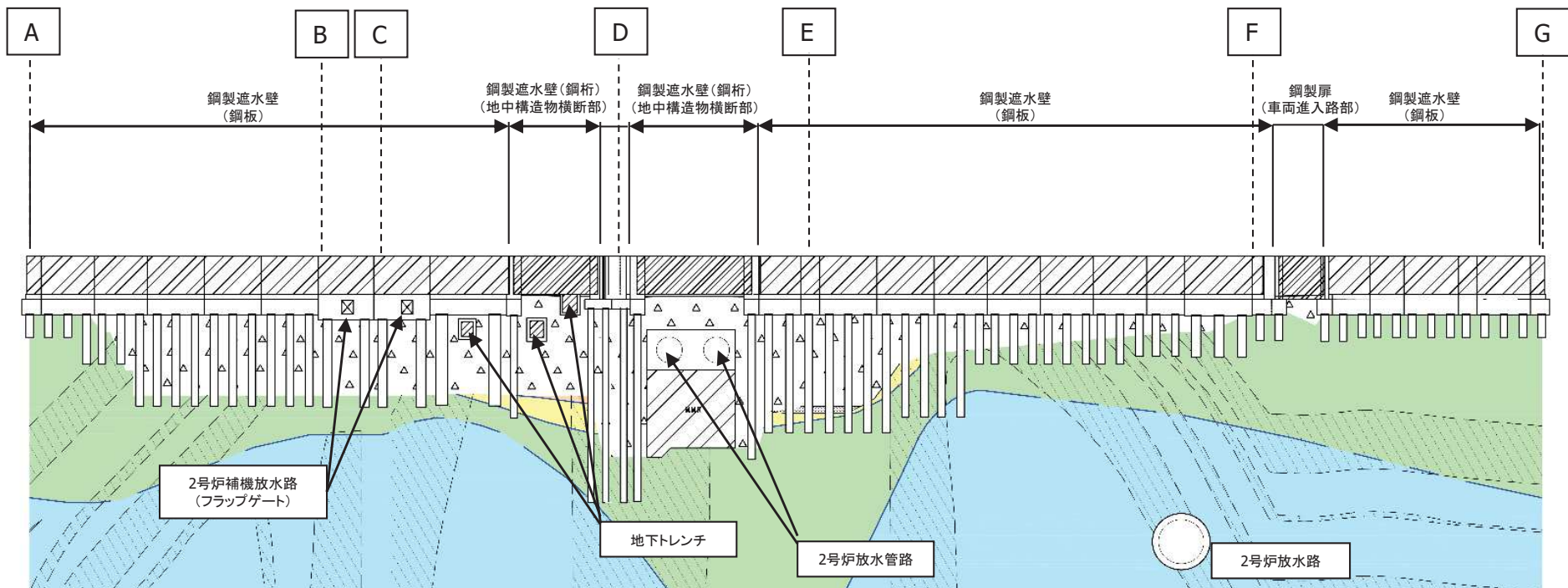


※再構築に伴う設置位置の変更により、地質断面と壁軸線が一致していない。(地質構造に大きな差異はない)

(今後の詳細設計段階にて新たな地質断面を反映する)



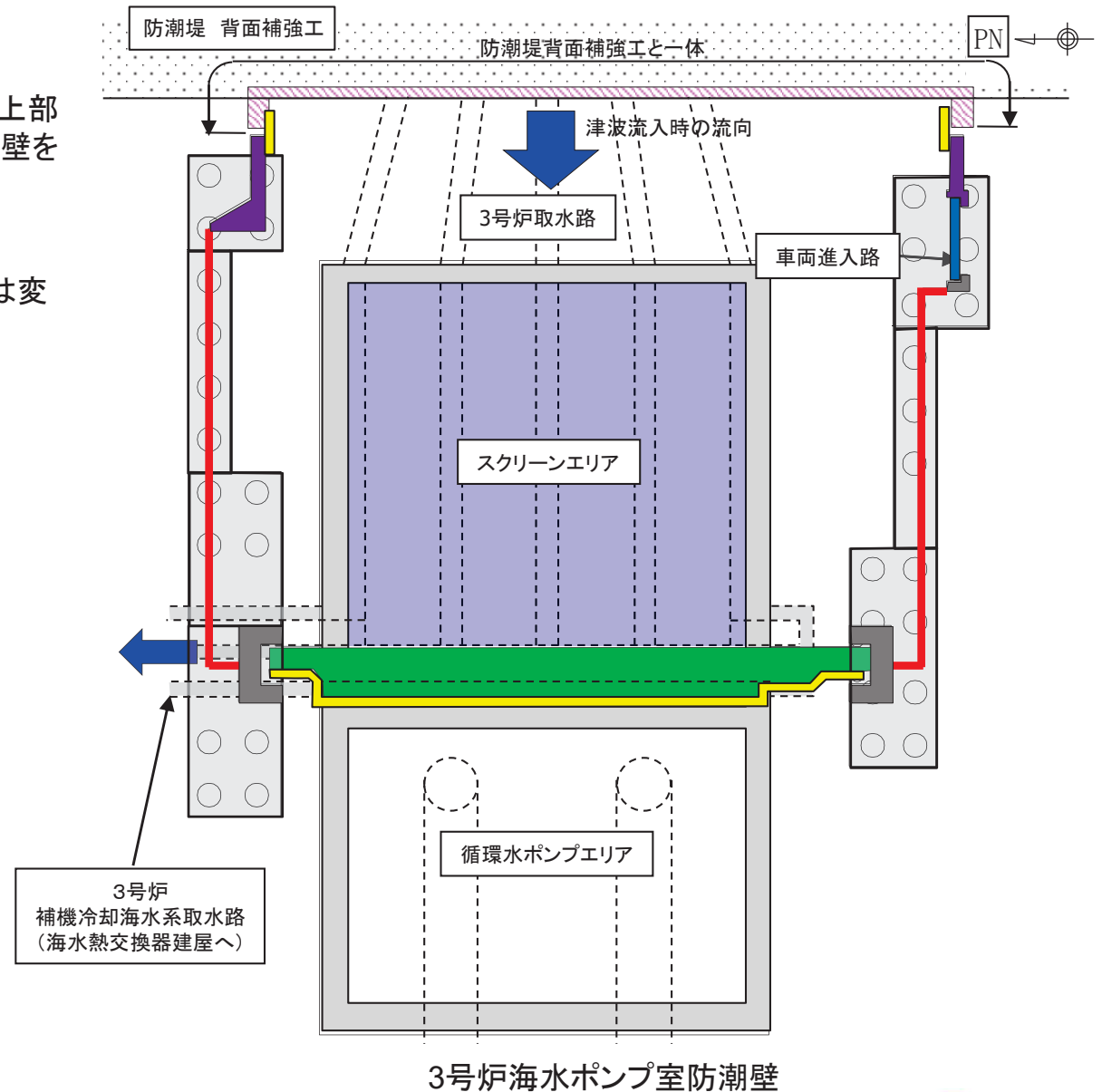
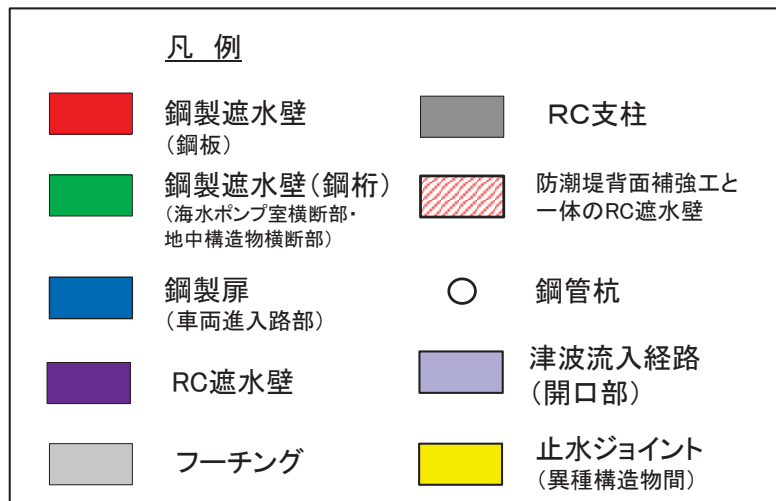
地質断面位置図



2号炉放水立坑防潮壁 地質断面図

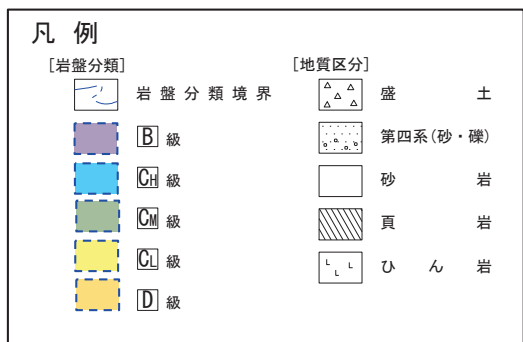
2.1.4.1 構造形式による分類

- 3号炉海水ポンプ室防潮壁の構造形式を以下に示す。
 - 海水ポンプ室横断部に鋼製遮水壁(鋼桁)を設置する。
 - 車両進入路部に鋼製扉を設置する。
 - 防潮壁の東側(海側)の一面は防潮堤の背面補強工(上部に一体化したRC壁を構築)とし、その接合部にRC遮水壁を設置する。
 - 上記以外の箇所に鋼製遮水壁(鋼板)を設置する。
 - 異種構造物(防潮堤及び海水ポンプ室)との接合部には変位追従性を有する止水ジョイントを設置する。

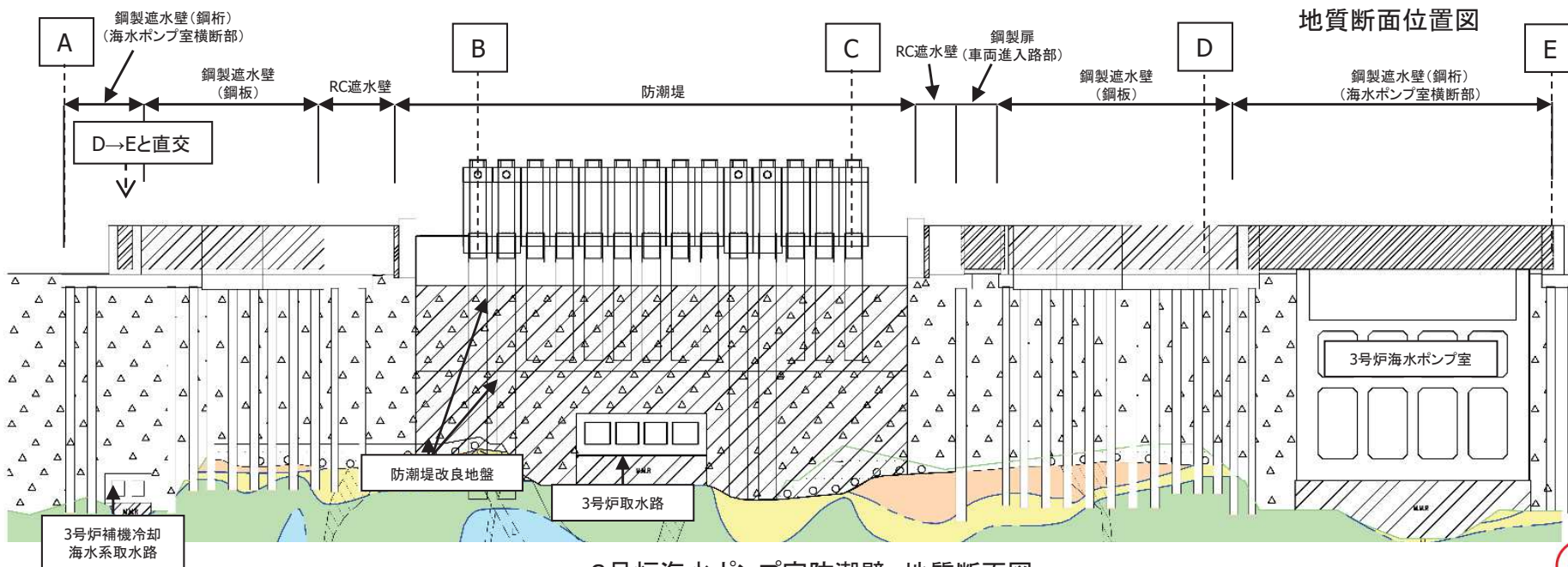
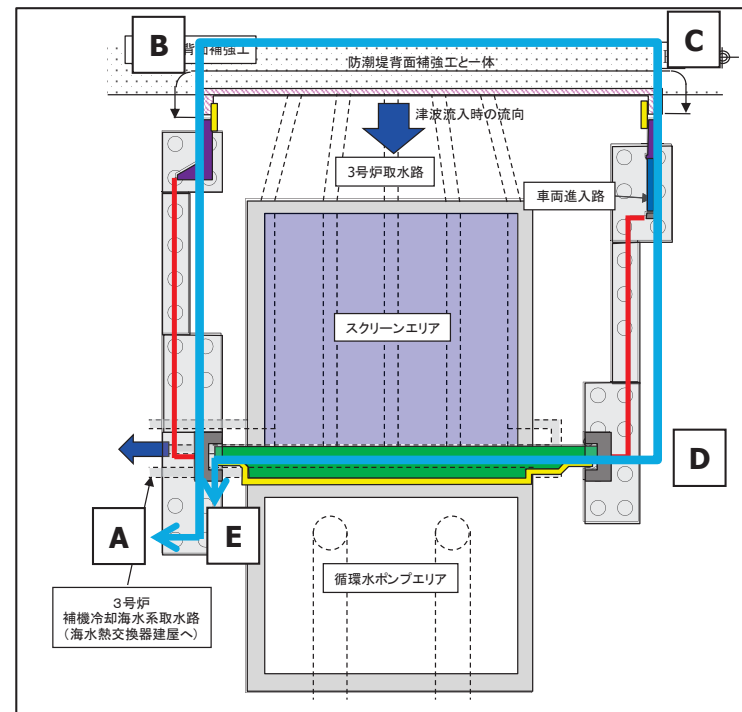


2.1.4.2 設置位置の地質構造

- 3号炉海水ポンプ室防潮壁設置位置の地質構造を以下に示す。
 - 全ての防潮壁が杭基礎により岩盤に支持されている。
 - 岩盤上面に顕著な傾斜等はない。
 - 盛土や第四系地盤(旧表土)は、地下水による液状化の可能性に配慮する。



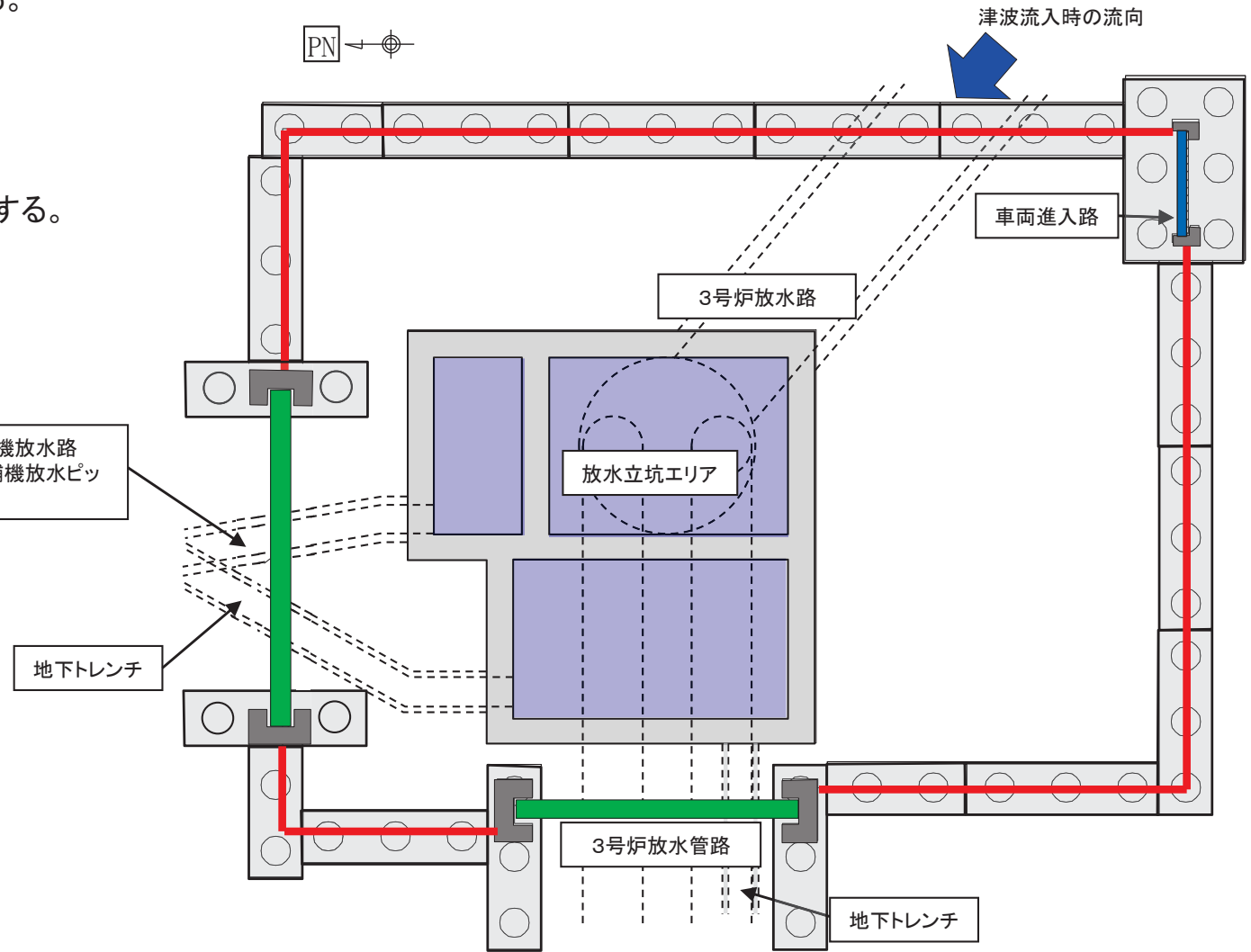
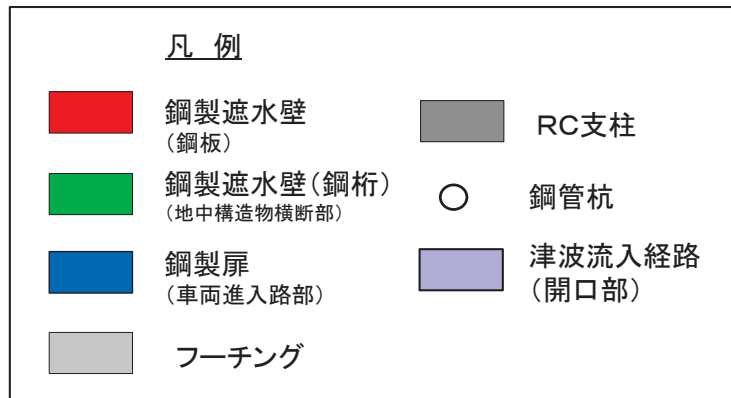
※再構築に伴う設置位置の変更により、地質断面と壁軸線が一致していない。(地質構造に大きな差異はない)
 (今後の詳細設計段階にて新たな地質断面を反映する)



3号炉海水ポンプ室防潮壁 地質断面図

2.1.5.1 構造形式による分類

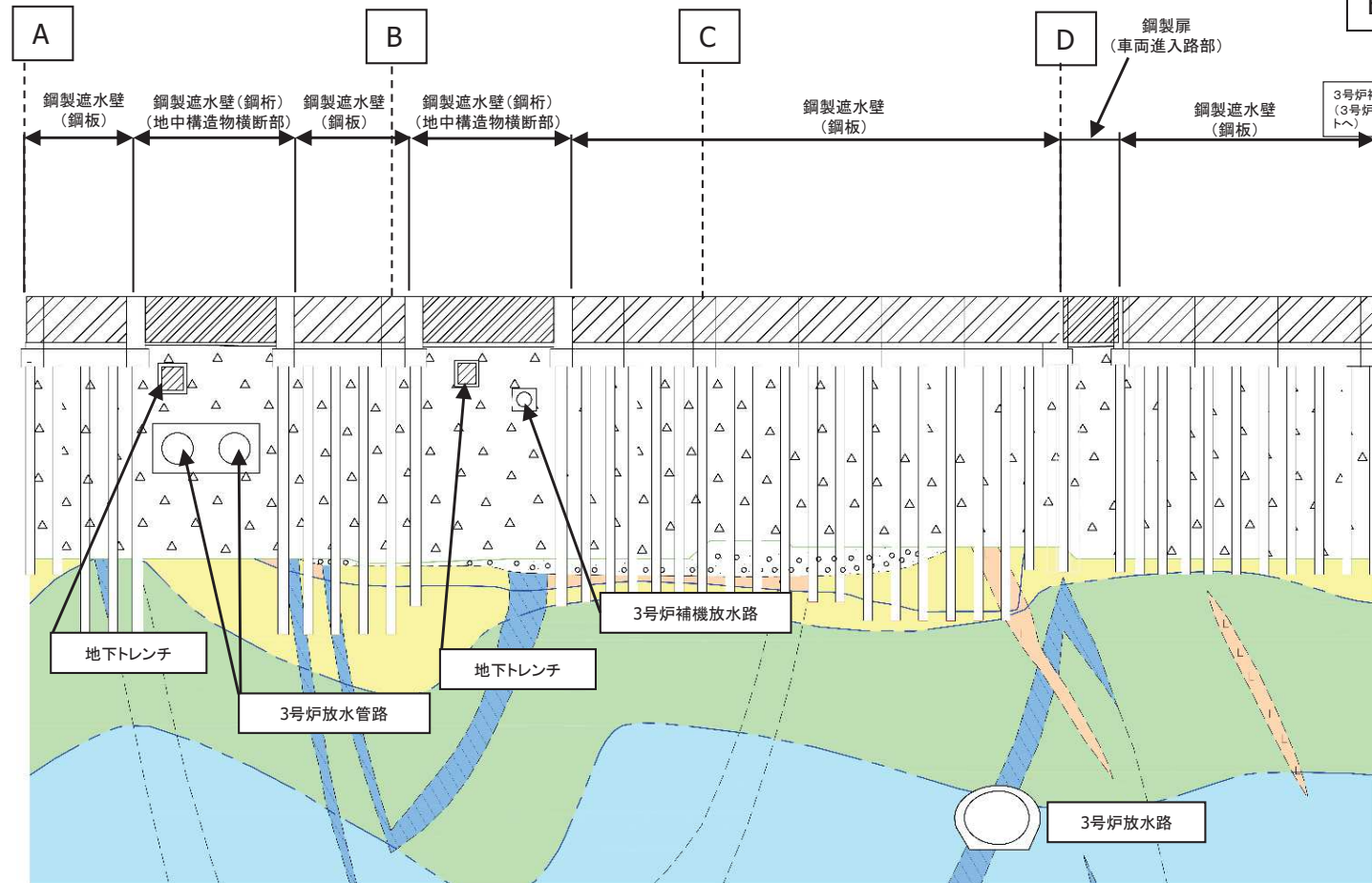
- 3号炉放水立坑防潮壁の構造形式を以下に示す。
 - 以下の2箇所に鋼製遮水壁(鋼桁)を設置する。
 - 3号炉放水管路及び地下トレンチ横断部
 - 3号炉補機放水路及び地下トレンチ横断部
 - 車両進入路部に鋼製扉を設置する。
 - 上記以外の箇所に鋼製遮水壁(鋼板)を設置する。



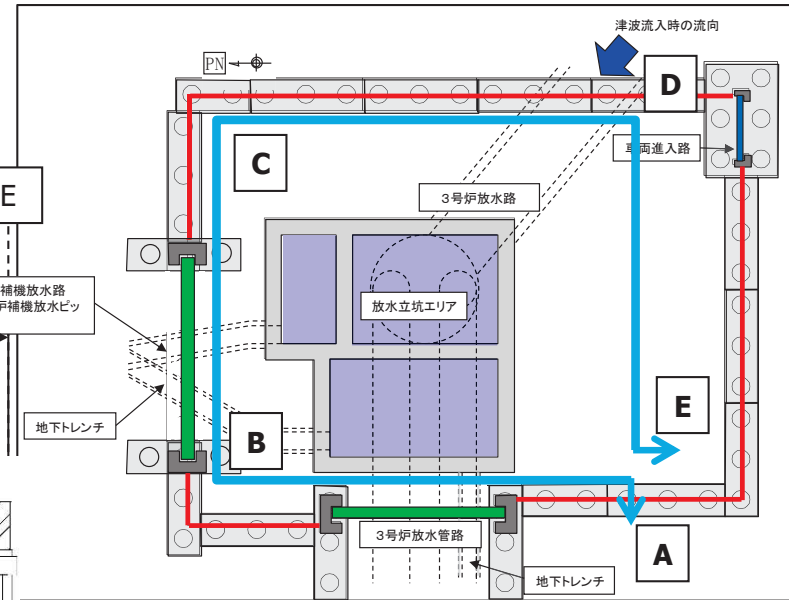
3号炉放水立坑防潮壁

2.1.5.2 設置位置の地質構造

- 3号炉放水立坑防潮壁設置位置の地質構造を以下に示す。
 - 全ての防潮壁が杭基礎により岩盤に支持されている。
 - 岩盤上面に顕著な傾斜等はない。
 - 盛土や第四系地盤(旧表土)は、地下水による液状化の可能性に配慮する。



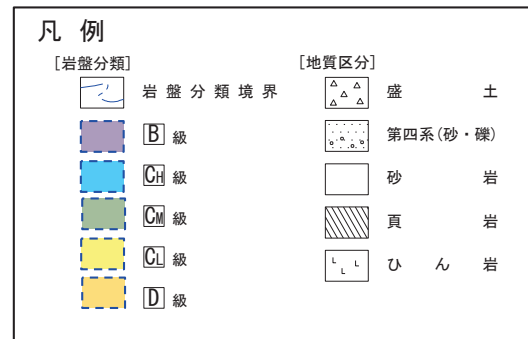
3号炉海水ポンプ室防潮壁 地質断面図



地質断面位置図

※再構築に伴う設置位置の変更により、地質断面と壁軸線が一致していない。(地質構造に大きな差異はない)

(今後の詳細設計段階にて新たな地質断面を反映する)



2.1.6.1 概要(1/3)

- 構造に関する設計上の制約条件と基本的考え方を以下に示す。

制約条件など

- ① 防潮壁を設置する海水ポンプ室や放水立坑周辺には、取放水路や地下トレンチ等の地中構造物が多く設置されているほか、周辺建屋との離隔も小さいなど、設置スペースが狭隘であり、大規模な上部工を構築できない制約がある。
- ② なお、防潮壁の基礎地盤となる岩盤は、地表下数メートルから30メートル程度の位置に存在し、一様ではないとともに、上記理由により、大規模な下部工を構築できない制約がある。
- ③ また、防潮壁により囲まれる構造物や設備については、保守管理等にあたり車両の出入りが必要なため、一部の防潮壁は開閉可能な構造であること、並びに開閉時における津波防護機能の信頼性確保が求められる。
- ④ 一方で、液状化等の影響により地盤変位が生じる可能性に配慮し、構造目地部や異種構造物間等には変位追従性(可撓性)に優れる止水構造が求められる。

設計の基本的考え方

- ① 上部工の選定に当たっては、地震力や津波に対して十分な耐震性・遮水性が要求される一方で、大規模な上部構造基礎の構築に関する制約に配慮し、基礎に伝達する荷重を小さくする必要がある。よって、上部工は、基本的に、高強度で軽量かつ十分に遮水性のある鋼板及び鋼桁を用い、フーチング上に構築した鋼製支柱またはRC支柱により支持することで、遮水壁を構築する。鋼桁部については、フーチング上に鉛直支承(ゴム)や水平支承(ゴム)を設置して柔な結合とし、支承のせん断・圧縮変形により変位が拘束されない構造とする。
- ② なお、下部工は、基礎地盤の深度に応じ杭長の調節が容易で、地震力や津波に対し水平抵抗力が比較的大きく確保できる鋼管杭により岩盤に支持させ、フーチングは杭と一体化させる。
- ③ また、車両が出入りする箇所は、人力で容易に開閉作業が可能な鋼製の扉構造とするとともに、常時閉運用とする。
- ④ 一方で、構造目地部や異種構造物間等について、変位追従性(可撓性)に優れるジョイントを設置することとし、相対変位量に応じて、Ω型ジョイント、M型ジョイント、並びにスライドジョイント等を適材配置する。また、扉構造の戸当たり部はP型ゴムを設置し、遮水性を確保する。

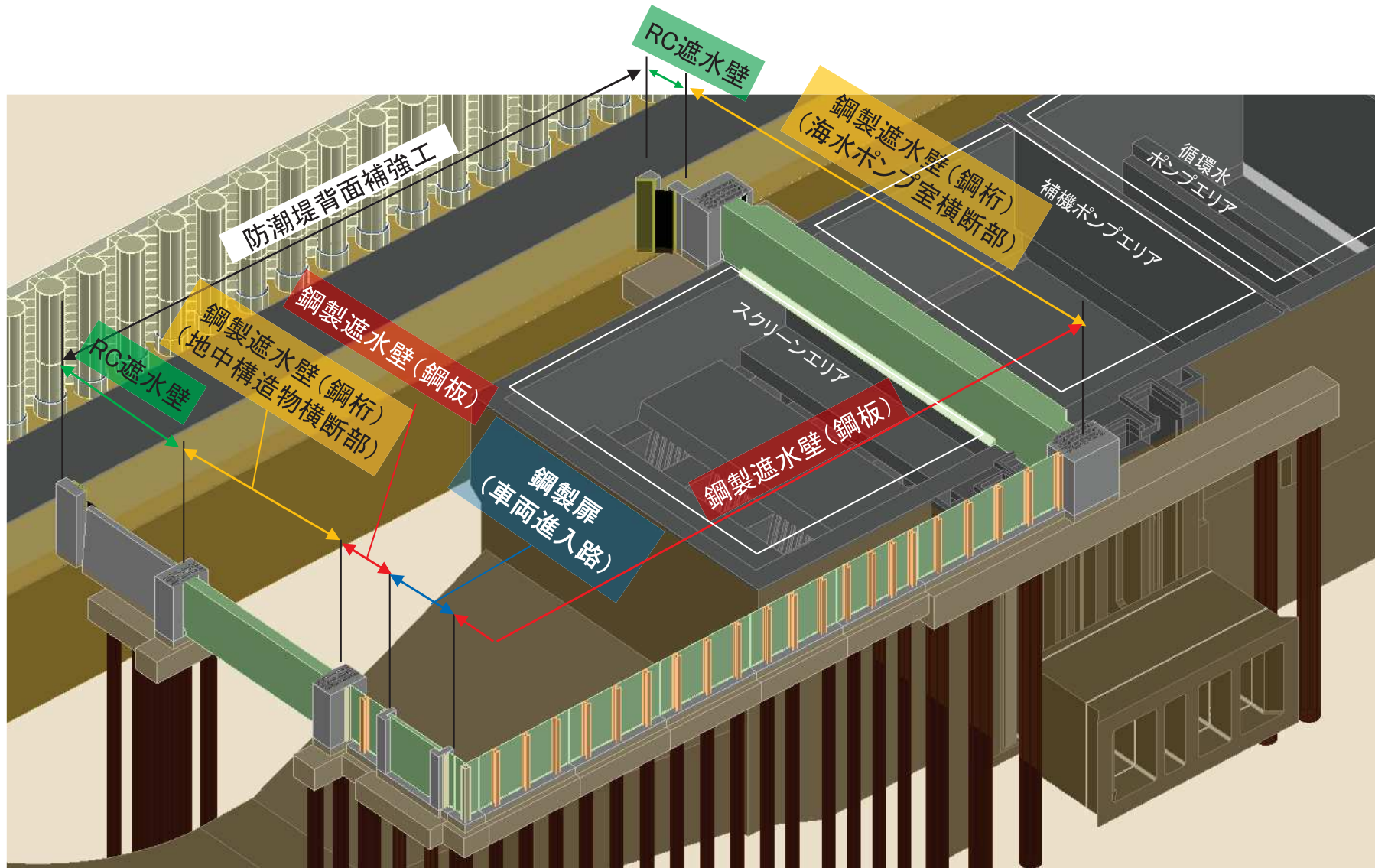
2.1.6.1 概要(2/3)

- 各構造形式の設置箇所及び構造の概要について以下に示す。
- 鋼製遮水壁(鋼桁)について、海水ポンプ室横断部と地中構造物横断部は、止水機構の一部が異なるものの、基本構造は同様である。
- 2号炉海水ポンプ室には全ての構造形式が存在する。

構造形式	設置箇所	上部工					下部工
		壁体	支柱	壁体-支柱間 支持構造	止水ジョイント・止水ゴム		
					種類	可撓性	
鋼製遮水壁(鋼板)	全ての設置箇所	鋼板	鋼製	固定ボルト	M型ジョイント orシートジョイント (構造目地間)	あり	鋼管杭(岩着) に支持された フーチング基礎
					Ω型ジョイント (鋼板-フーチング間)		
鋼製遮水壁 (鋼桁)	海水ポンプ室 横断部	鋼桁	R C	鉛直支承(ゴム) 水平支承(ゴム)	M型ジョイント (鋼桁周囲)	あり	
	地中構造物 横断部				2号炉海水ポンプ室 2号炉放水立坑 3号炉放水立坑		
鋼製扉 (車両進入路部)	全ての設置箇所	鋼製扉	R C	ヒンジ	P型ゴム	なし	
R C遮水壁 (防潮堤接合部)	2号炉海水ポンプ室 3号炉海水ポンプ室	R C壁	—	—	スライドジョイント (防潮堤間)	あり	

2.1.6.1 概要(3/3)

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁は、すべての構造形式及び止水機構が存在することから、2号炉海水ポンプ室防潮壁を代表に、構造形式の概要を示す。



全体概要(2号炉海水ポンプ室防潮壁の例)

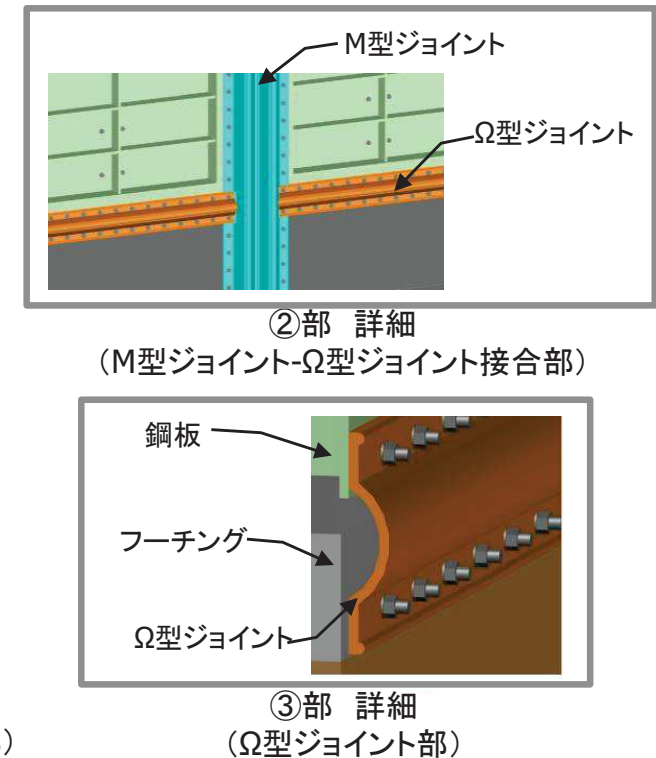
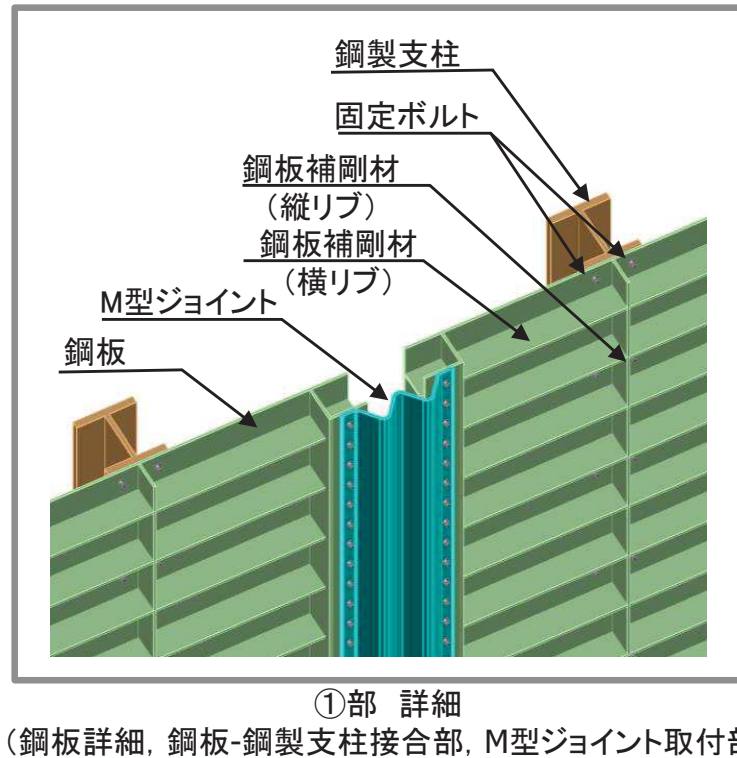
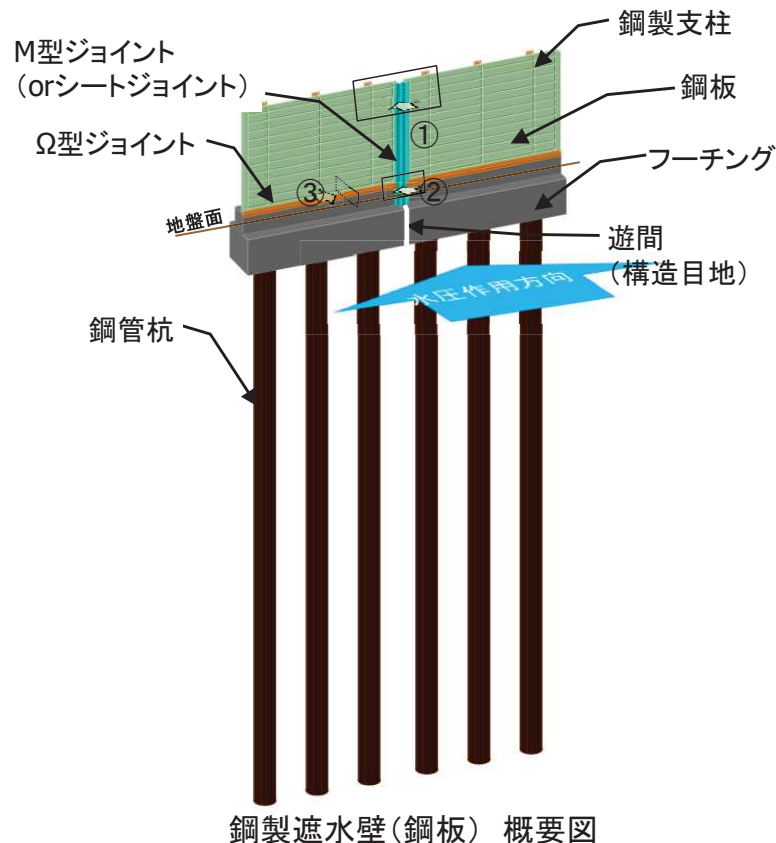
2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

2.1.6.2 鋼製遮水壁(鋼板)

- 高強度で軽量かつ十分に遮水性のある鋼板を、基礎フーチング上に設置したH形鋼にボルト接合により設置する構造とする。
 - 隣接するブロック間には相対変位を考慮した遊間を設けるとともに、可撓性を有するM型ジョイント(orシートジョイント※)を設置する。なお、基礎フーチング間(土中部)にもM型ジョイント(orシートジョイント※)を設置し、止水性を確保する(根入れ深さは津波の回りこみ(ボイリング)に配慮し、浸透流解析等を参考に設定)。
- ※相対変位が大きい箇所については、必要に応じて許容変形量大きいシートジョイントを採用する。
- また、鋼板と基礎フーチング間については、構造的に分離させ、Ω型ジョイントを設置することで止水性を確保する。

【各部位の役割】

部位	役割
鋼板	止水機能の保持
鋼製支柱(H形鋼)	鋼板の支持
固定ボルト	鋼板の支持
M型ジョイント(ゴム) (orシートジョイント<ゴム>)	止水機能の保持(構造目地間)
Ω型ジョイント(ゴム)	止水機能の保持(鋼板とフーチング間)
フーチング(RC)	鋼製支柱の支持
鋼管杭	フーチングの支持



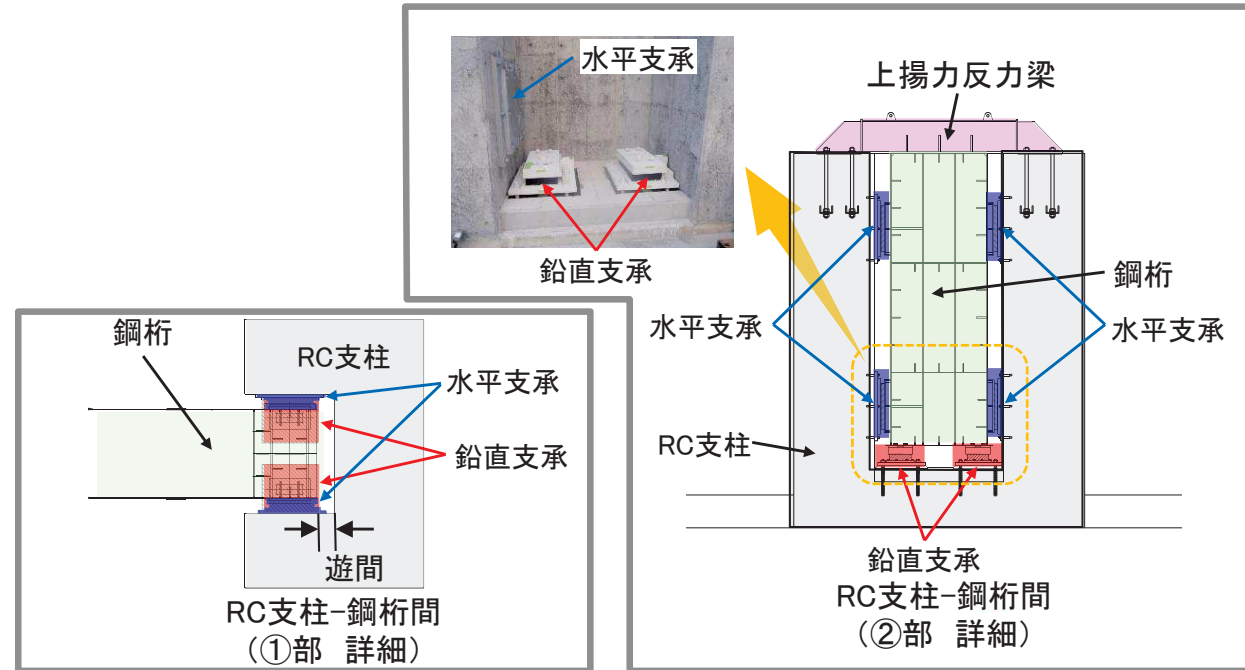
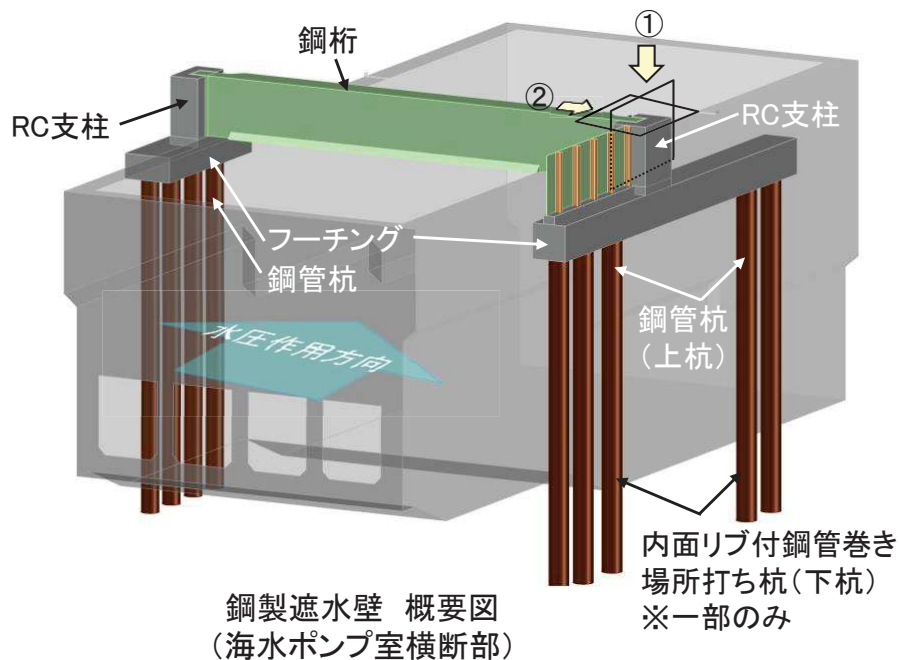
2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

2.1.6.3 鋼製遮水壁(鋼桁)(海水ポンプ室横断部)(1/2)

- 海水ポンプ室と独立した基礎フーチング上にRC支柱を設置し、支柱間に遮水性のある鋼桁を設置する構造とする。
- 左右のRC支柱間に相対変位が生じる可能性があり、RC支柱に大きな荷重を作用させないように鋼桁の変位を拘束せずに、鋼桁自体の変形を抑制することを目的に、RC支柱と鋼桁間に鉛直支承(ゴム支承)を設置する。
- 弱軸方向となる鋼桁直角方向(面外方向)には、鋼桁からの荷重をRC支柱に分散的に伝達するために、水平支承(ゴム)を設置する。
- なお、強軸方向となる鋼桁軸方向(面内方向)には、鋼桁とRC支柱、海水ポンプ室との相対変位を考慮した遊間を設けることで、RC支柱並びに海水ポンプ室に接触しない構造とする。
(詳細を2.2 基本設計方針に示す)
- 当該遊間には、可撓性を有する止水ジョイント(M型ジョイント)を設置することで遮水性を確保する。(詳細は次頁)

【各部位の役割】

部位	役割
鋼桁	止水機能の保持
R C 支柱	下記部位の支持
ー 鉛直支承(ゴム)	鋼桁の支持 (鉛直下向き・鋼桁軸方向)
ー 水平支承(ゴム)	鋼桁の支持 (鋼桁直角方向・鋼桁軸方向)
ー 上揚力反力梁(鋼製)	鋼桁の支持(鉛直上向き方向)
M型ジョイント(ゴム)	止水機能の保持(鋼桁周囲)
フーチング(RC)	RC支柱の支持
鋼管杭 又は場所打ち杭(一部)	フーチングの支持

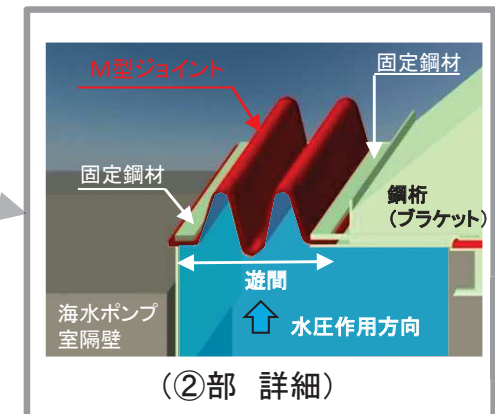
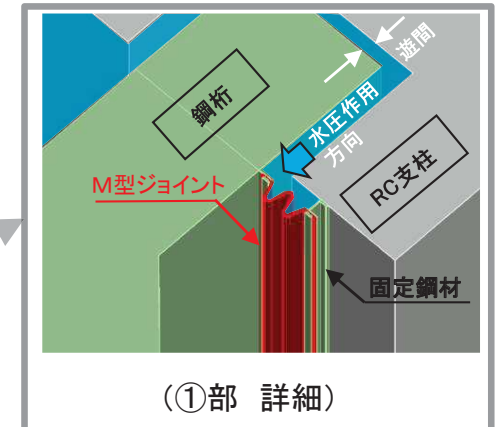


2.1.6.3 鋼製遮水壁(鋼桁) (海水ポンプ室横断部) (2/2)

・ M型ジョイントの設置概要

設置位置		仕様・材質	支持金具
鋼製遮水壁 (鋼桁) (海水ポンプ室横断部)	鋼桁下部 (海水ポンプ室隔壁間)	M型ジョイント(ゴム)	・固定鋼材 (アンカーボルト等含む)
	鋼桁側部 (RC支柱間)		・固定鋼材 (アンカーボルト等含む)

- M型ジョイントについては、津波時における止水性を確保するため、地震時に想定される相対変位に対して機能を喪失しない設計とする。
- 支持金具についても、津波時における止水性を確保するため、地震時において機能を喪失しない設計とする。



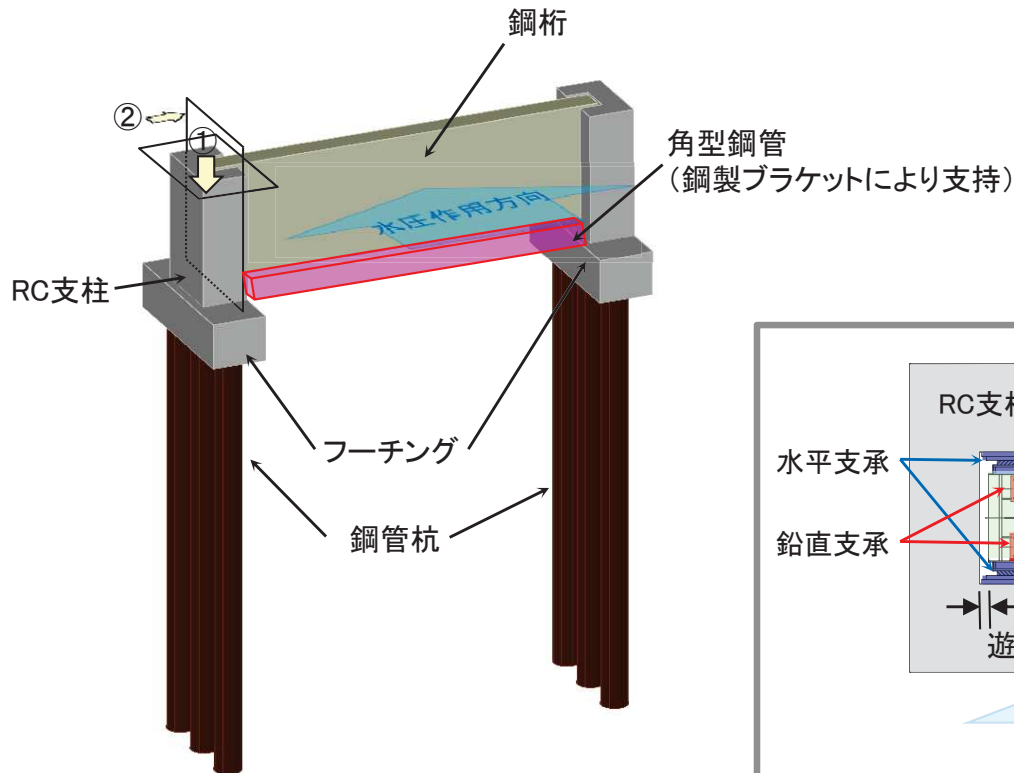
M型ジョイント 設置概要 (鋼製遮水壁(鋼桁)-海水ポンプ室(隔壁))

2.1.6.4 鋼製遮水壁(鋼桁) (地中構造物横断部) (1/2)

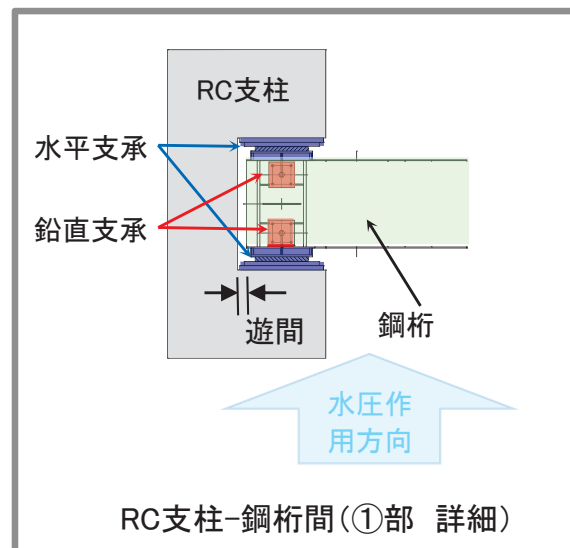
- 基本構造は海水ポンプ室横断部と同様に、地中構造物両端部付近にフーチング基礎とRC支柱を設置して、支柱間に鋼桁を設置した構造とし、鋼桁下部・側部に可撓性を有するM型ジョイントを設け止水性を確保する。
- なお、海水ポンプ室横断部と異なり、鋼桁下部が沈下の恐れのある地盤であることから、フーチングに取り付けた鋼製ブラケットに、止水性のある角型鋼管を支持させ、その間にM型ジョイントを設置する。(詳細は次頁)

【各部位の役割】

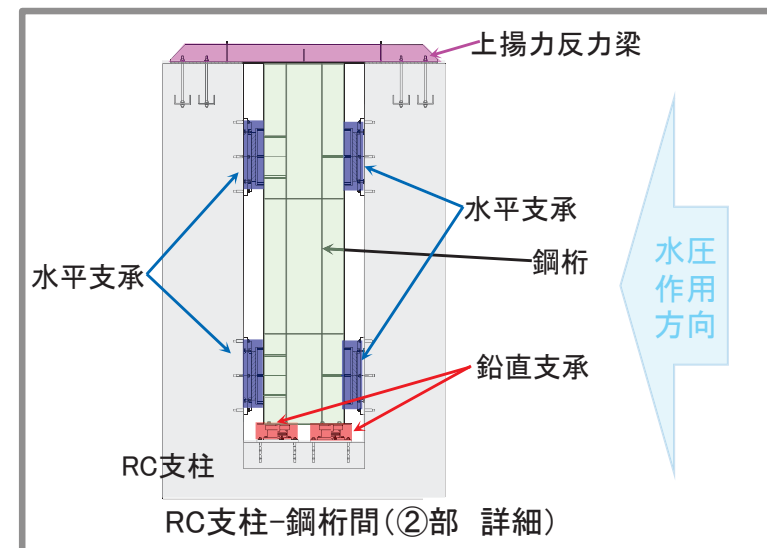
部位	役割
鋼桁	止水機能の保持
R C 支柱	下記部位の支持
ー鉛直支承(ゴム)	鋼桁の支持(鉛直下向き・鋼桁軸方向)
ー水平支承(ゴム)	鋼桁の支持(鋼桁直角方向・鋼桁軸方向)
ー上揚力反力梁(鋼製)	鋼桁の支持(鉛直上向き方向)
M型ジョイント(ゴム)	止水機能の保持(鋼桁周囲)
角型鋼管	止水機能の保持(鋼桁下部)
鋼製ブラケット	角型鋼管の支持
フーチング(RC)	RC支柱・鋼製ブラケットの支持
鋼管杭	フーチングの支持



鋼製遮水壁(鋼桁) 概要図
(地中構造物横断部)



RC支柱-鋼桁間(①部) 詳細



RC支柱-鋼桁間(②部) 詳細

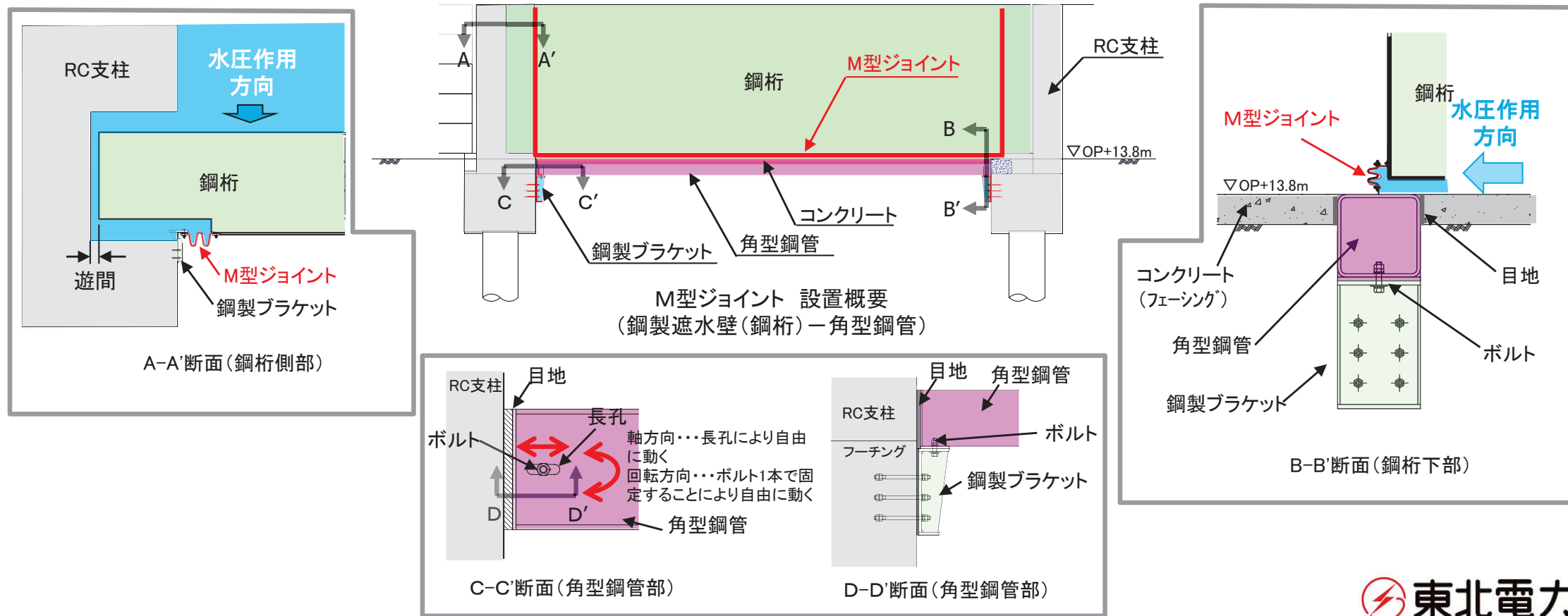
2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

2.1.6.4 鋼製遮水壁(鋼桁) (地中構造物横断部) (2/2)

・ M型ジョイントの設置概要

設置位置		仕様・材質	支持金具
鋼製遮水壁(鋼桁) (地中構造物横断部)	鋼桁下部 (角型鋼管間)	M型ジョイント(ゴム)	・角型鋼管 (角型鋼管は鋼製ブラケットにより支持)
	鋼桁側部 (RC支柱間)		・鋼製ブラケット (アンカーボルト等含む)

- M型ジョイントについては、津波時における止水性を確保するため、地震時に想定される相対変位に対して機能を喪失しない設計とする。
- 角型鋼管及び支持金具についても、津波時における止水性を確保するために、地震時において機能を喪失しない設計とする。なお、角型鋼管については、鋼製ブラケットの支持部(ボルト接合部)に長孔を設けることで、軸方向と回転方向に自由に動く設計とする。(C-C'断面)



2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要
 2.1.6.5 鋼製扉(車両進入路部)

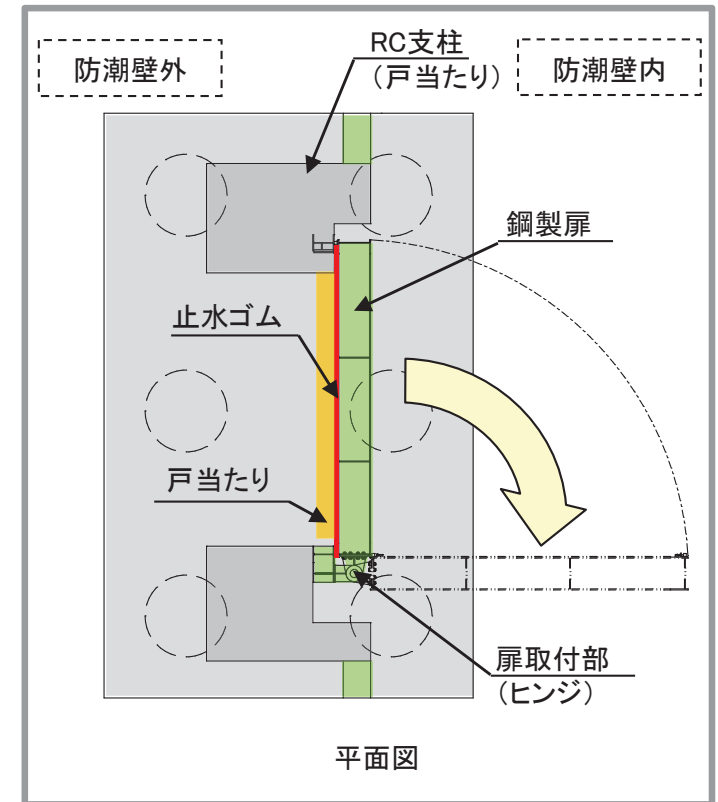
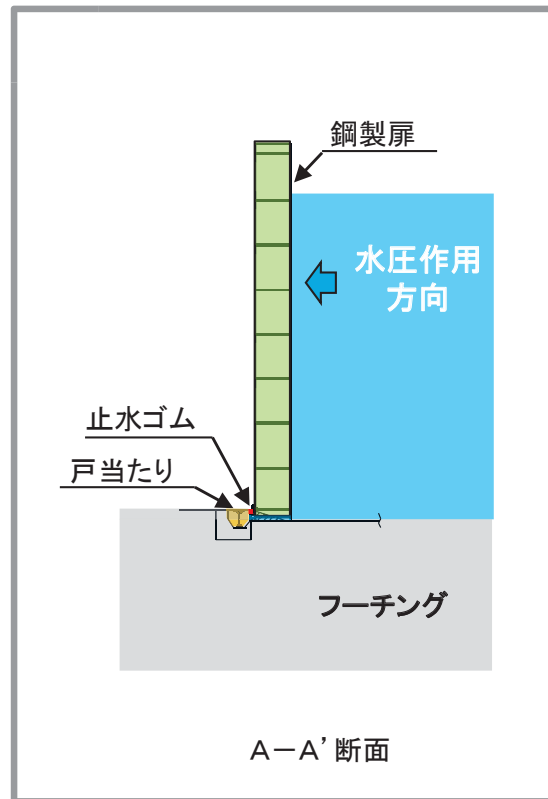
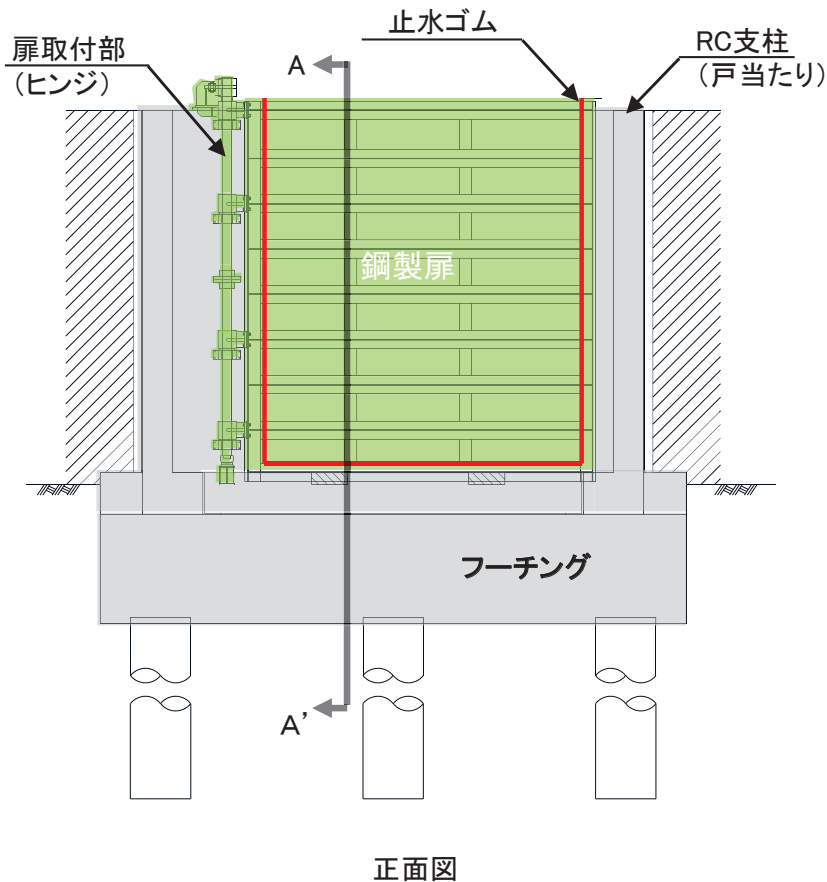
- 車両進入路部として、鋼製扉を用いた開閉可能な構造とする。
- フーチング上にRC支柱(戸当たり)を構築した上で、鋼製扉及び扉取付部(ヒンジ)を取り付ける。
- 鋼製扉周囲に止水ゴム(P型)を設置し、戸当たりとの接触面で閉時の止水性を確保する。

【各部位の役割】

部位	役割
鋼製扉	止水機能の保持
扉取付部(ヒンジ)	鋼製扉の支持
RC支柱(戸当たり)	鋼製扉及び扉取付部の支持
止水ゴム(P型ゴム)	止水機能の保持(鋼製扉と戸当たり間)
フーチング(RC)(戸当たり)	RC支柱及び鋼製扉の支持
鋼管杭	フーチングの支持

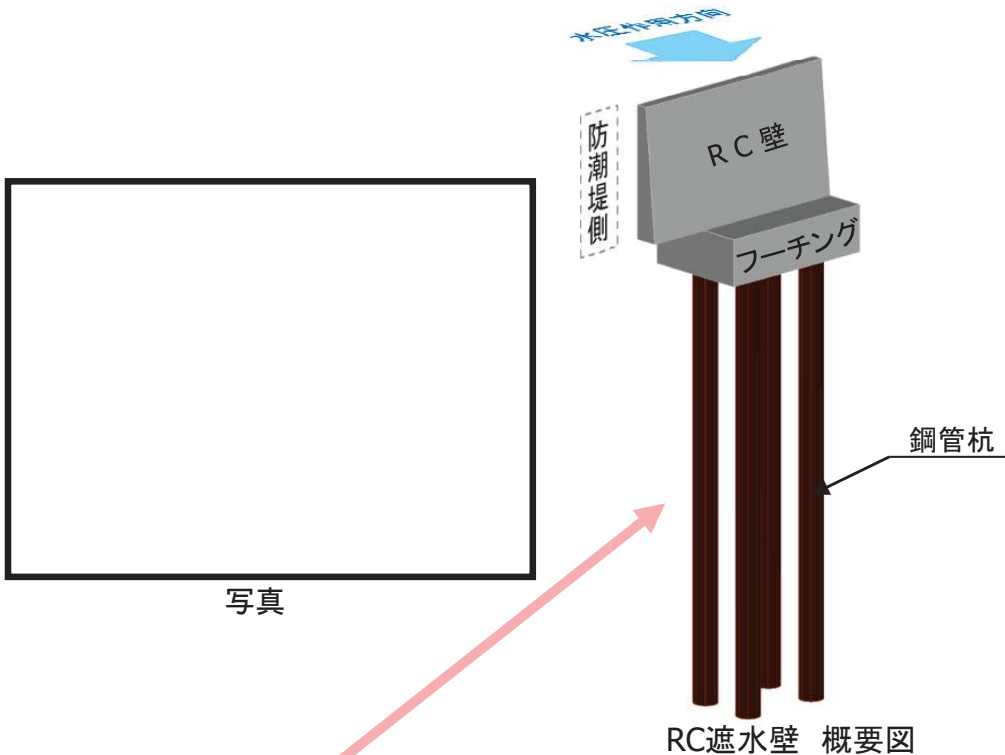
【開閉機構の設計上の配慮事項(例示)】

No.	配慮事項
1	人力で開閉できること (扉体重量、風に配慮し動力を使わないアシスト機構有)
2	地震後の津波到達に対し裕度をもって閉止できること
3	より水密性を確保するため内開きとすること
4	安全のため防潮壁外側から開閉操作できること
5	確実にロックし水密性が確保されること
6	メンテナンスのための梯子など昇降設備を設けること



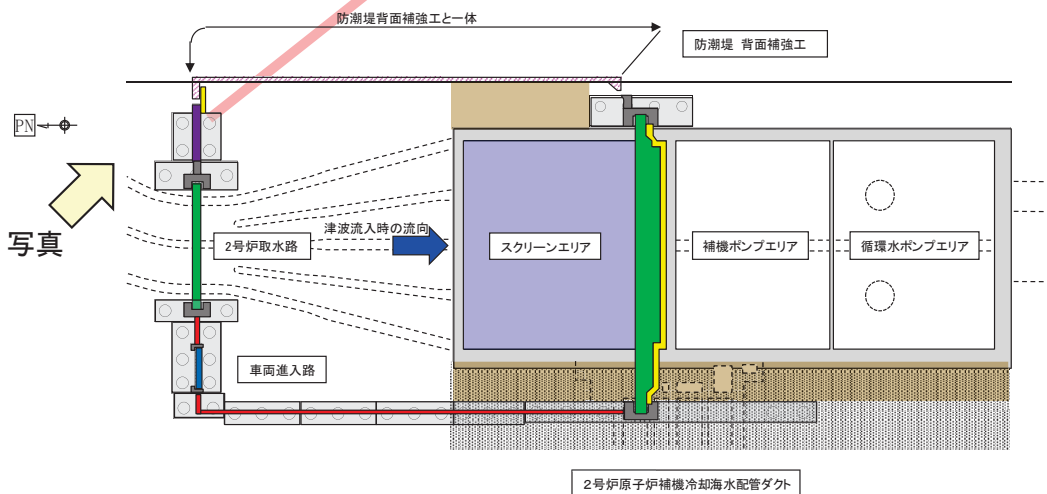
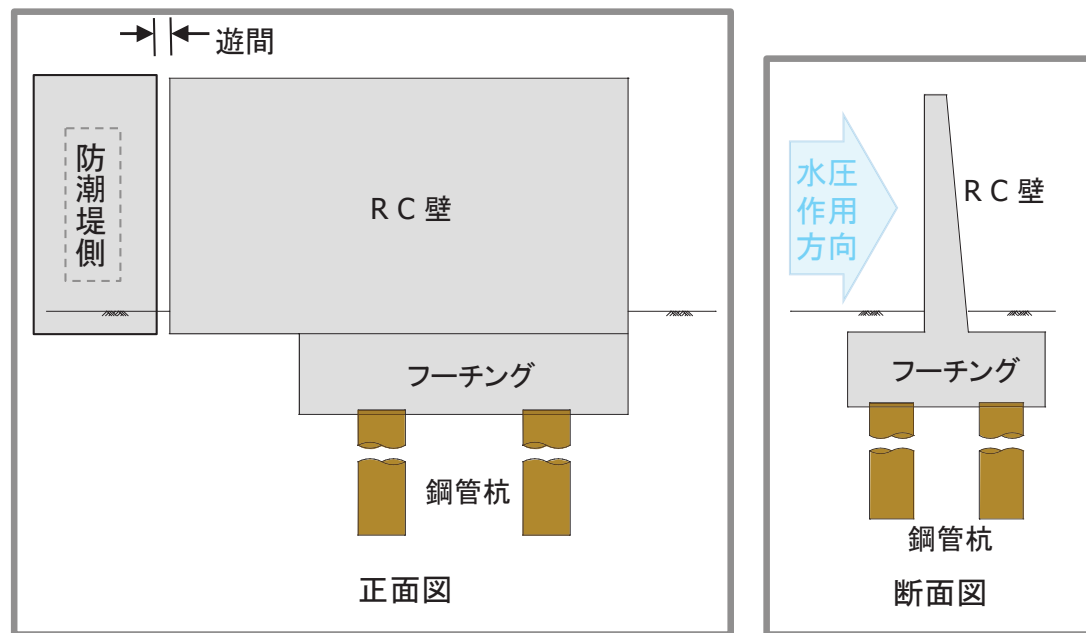
2.1.6.6 RC遮水壁(1/2)

- 防潮堤との接合部付近においては、設置上の制約条件が比較的少ないことから、フーチングと一体のRC壁とする。
- 隣接する防潮堤との間に、相対変位を考慮した遊間を設けるとともに、可撓性を有するスライドジョイントを設置し、止水性を確保する。



【各部位の役割】

部位	役割
R C 壁	止水機能の保持
フーチング(RC)	RC壁の支持(一体化)
スライドジョイント	止水機能の保持(防潮堤間)
鋼管杭	フーチングの支持



枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

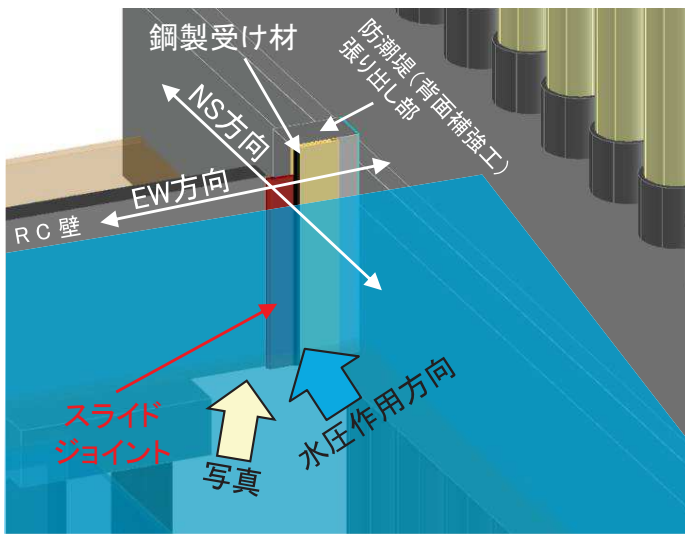
2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

2.1.6.6 RC遮水壁(2/2)

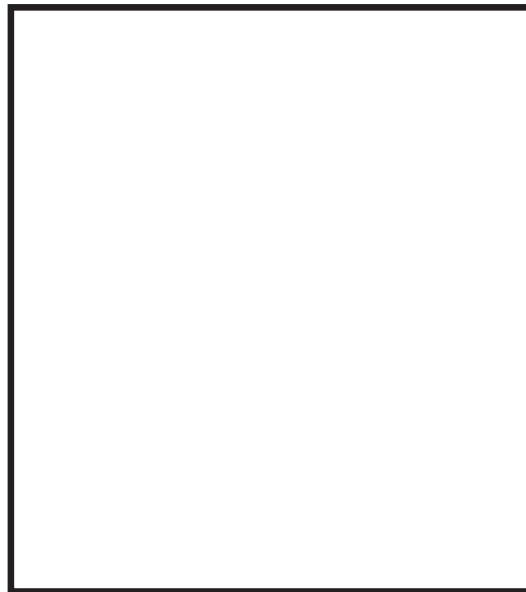
・ スライドジョイントの設置概要

設置位置		仕様・材質	支持金具
RC遮水壁	RC遮水壁 (防潮堤(背面補強工)間)	スライドジョイント(ゴム)	・鋼製受け材 (アンカーボルト等含む)

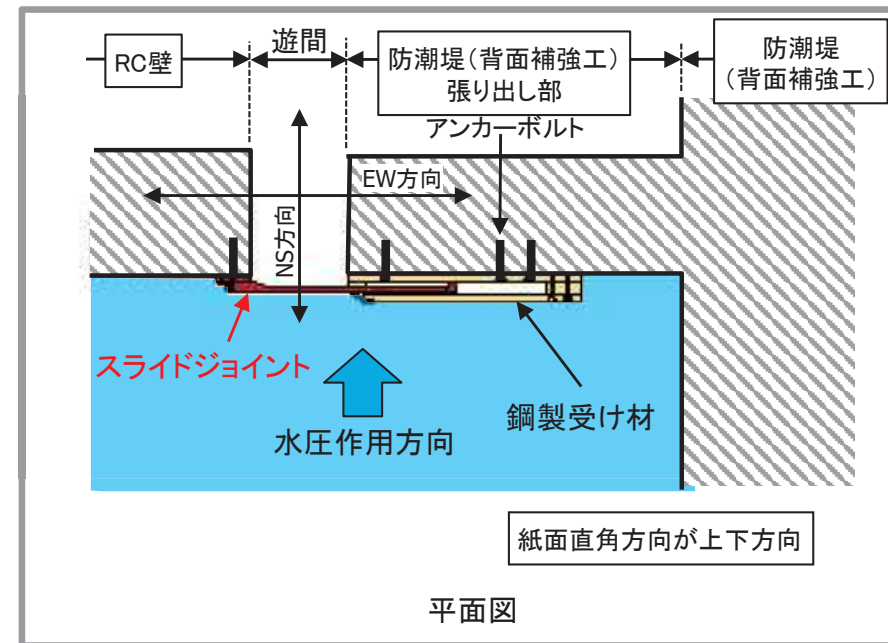
- スライドジョイントについては、津波時における止水性を確保するため、地震時に想定される相対変位に対して機能を喪失しない設計とする。
- 支持金具についても、津波時における止水性を確保するために、地震時において機能を喪失しない設計とする。



スライドジョイント 設置概要



写真



平面図

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2. 防潮壁の設計方針

- 2. 1 防潮壁の概要
- 2. 2 基本設計方針
- 2. 3 損傷モードの抽出
- 2. 4 部位毎の設計方針

2.2.1 設置許可基準規則と各条文に対する確認事項(1/4)

- 防潮壁に関する「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則」(以下，設置許可基準規則という。)の条文と，各条文(第3条，第4条，第5条)に対する確認事項を以下のとおり整理した。
- 以下の事項を確認することにより，防潮壁の各条文への適合性を確認する。

設置許可基準規則	各条文に対する確認事項	本資料の説明範囲
第3条 設計基準対象施設の地盤		
設計基準対象施設は、次条第二項の規定により算定する地震力が作用した場合においても当該設計基準対象施設を十分に支持することができる地盤に設けなければならない。	<ul style="list-style-type: none"> 地震力が作用した場合においても，接地圧に対する十分な支持力を有すること (基礎杭は岩着しており，杭反力に対して支持力が十分であることを確認する) 基準地震動による地震力が作用することによって弱面上のずれ等が発生しないことを含め，基準地震動による地震力に対する支持性能が確保されていること 	<p>— (基礎地盤の安定性評価において説明)</p> <p>— (基礎地盤の安定性評価において説明)</p>
2 耐震重要施設は、変形した場合においてもその安全機能が損なわれるおそれがない地盤に設けなければならない。	<ul style="list-style-type: none"> 地殻変動によって生じる支持地盤の傾斜及び撓み 液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮しても，施設の安全機能が損なわれるおそれがないこと 	<p>— (基礎地盤の安定性評価において説明)</p> <p>— (地下水位の審査状況を踏まえ，別途評価を行う。＜工認段階で結果提示＞)</p>
3 耐震重要施設は、変位が生ずるおそれがない地盤に設けなければならない。	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤にずれが生じないこと 	<p>— (敷地の地質・地質構造において説明済み)</p>
第4条 地震による損傷の防止		
3 耐震重要施設は、その供用中に当該耐震重要施設に大きな影響を及ぼすおそれがある地震による加速度によって作用する地震力に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。	<ul style="list-style-type: none"> 常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重等と基準地震動による地震力の組合せに対して，構造全体として変形能力について十分な余裕を有するとともに，その施設に要求される機能を保持すること 	○

2.2.1 設置許可基準規則と各条文に対する確認事項(2/4)

設置許可基準規則	各条文に対する確認事項	本資料の説明範囲
<p>第5条 津波による損傷の防止</p> <p>設計基準対象施設は、その供用中に当該設計基準対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがある津波に対して安全機能が損なわれるおそれがないものでなければならない。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 取水路及び放水路等の経路から流入させないこと <ul style="list-style-type: none"> 取水路又は放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入可能性のある経路を特定し、それらに対して浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止すること 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波に対して津波防護機能が保持できること <ul style="list-style-type: none"> 入力津波については、基準津波の波源からの数値計算により、各施設・設備等の設置位置において算定される時刻歴波形とすること 数値計算に当たっては、敷地形状、敷地沿岸域の海底地形、津波の敷地への侵入角度、河川の有無、陸上の遡上・伝播の効果及び伝播経路上の人工構造物等を考慮すること また、津波による港湾内の局所的な海面の固有振動の励起を適切に評価し考慮すること 	— (耐津波設計方針において説明)
	<ul style="list-style-type: none"> 津波防護施設については、その構造に応じ、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分に保持できるよう設計すること 耐津波設計上の十分な裕度を含めるため、各施設・設備の機能損傷モードに対応した荷重(浸水高、波力・波圧、洗掘力及び浮力等)について、入力津波から十分な余裕を考慮して設定すること 余震の発生の可能性を検討した上で、必要に応じて余震による荷重と入力津波による荷重との組合せを考慮すること 入力津波の時刻歴波形に基づき、津波の繰り返しの襲来による作用が津波防護機能へ及ぼす影響について検討すること 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 地震による敷地の隆起・沈降、地震(本震及び余震)による影響、津波の繰り返しの襲来による影響及び津波による二次的な影響(洗掘、砂移動及び漂流物等)を考慮すること 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 津波防護施設の設計に当たっては、入力津波による水位変動に対して朔望平均潮位を考慮して安全側の評価を実施すること なお、その他の要因による潮位変動についても適切に評価し考慮すること。また、地震により陸域の隆起又は沈降が想定される場合、想定される地震の震源モデルから算定される、敷地の地殻変動量を考慮して安全側の評価を実施すること 	○

2.2.1 設置許可基準規則と各条文に対する確認事項(3/4)

- 本資料の説明事項における設置許可・工認段階の提示内容を以下に示す。

分類	対象条文(設置許可基準規則)			設置許可段階 (本資料の説明内容)	工認段階	
	3条	4条	5条		説明	説明内容
<基本設計方針>						
・ 荷重の組合せ	—	○	○	・ 詳細設計における評価対象ケースと荷重の組合せについて説明する。	—	(設置許可段階で示したケース及び組合せに基づく詳細設計結果を説明)
・ 構造物間に生じる相対変位への止水機能の確保	—	○	○	・ 成立性の見通しとして、評価結果を提示する。なお、構造仕様や一部設計条件(地下水位等)が未確定であることを踏まえ、保守的な条件下での評価結果を説明する。	○	・ 設置許可段階で示した設計方針に基づく詳細設計結果を説明
・ 鋼桁部の変位吸収の考え方	—	○	○	・ 鋼桁部の鋼桁軸方向・直角方向に対する変位吸収の考え方や支承部の役割について説明する。	—	—
・ 鋼桁下部(角型鋼管下部)の止水対策	—	—	○	・ 鋼桁下部(角型鋼管下部)の止水対策の概要と設計方針並びに試算結果を説明する。	○	・ 設置許可段階で示した設計方針に基づく詳細設計結果を説明
・ 車両進入路部(鋼製扉)の運用	—	—	○	・ 車両進入路部に関する運用方針及び設置変更許可申請における設計上・運用上の要求事項について説明する。	○	・ 設置許可段階で示した設計方針(扉開閉表示装置)に基づく詳細設計結果を説明 (手順については保安規定・社内標準に記載)
・ 代表断面の選定方針	—	○	○	・ 工認段階における代表断面の選定に関する観点や方針について説明する。	○	・ 設置許可段階で示した、断面選定に関する観点や方針に基づく選定結果を説明
・ 構造特異性と設計への配慮事項	—	○	○	・ 各構造形式の構造特異性について、一般産業施設等との比較結果を踏まえ、説明する。	—	—

2.2.1 設置許可基準規則と各条文に対する確認事項(4/4)

- 本資料の説明事項における設置許可・工認段階の提示内容を以下に示す。

分類	対象条文(設置許可基準規則)			設置許可段階 (本資料の説明内容)	工認段階	
	3条	4条	5条		説明	説明内容
<損傷モードの抽出>						
・ 損傷モードの抽出	(○) 支持力	○	○	・ 損傷モードの抽出及び設計上配慮すべき設計・施工上の配慮に関する整理結果について説明する。	—	—
・ 照査項目と許容限界	(○) 支持力	○	○	・ 各部位が要求機能を満足するための照査項目と許容限界について説明する。	—	(設置許可段階で示した照査項目及び許容限界に対する詳細設計結果を説明)
<部位毎の設計方針>						
・ 地震応答解析の概要	(○) 支持力	○	○	・ 地震応答解析手法の概要について説明する。	○	・ 地震応答解析に関する各条件等の詳細を説明
・ 各構造形式設計方針	(○) 支持力	○	○	・ 各構造形式毎の上部工モデル化に関する基本方針と詳細設計に関する基本方針(手順, 解析フロー)について説明する。	○	・ 詳細設計に関する各条件等の詳細を説明

2.2.2 検討ケース及び荷重の組合せ

- 防潮壁の設計における検討ケースは、設置許可基準規則における要求事項を踏まえ、地震時、津波時、並びに津波＋余震重畳時の3ケースを検討する。

(地震時)

- 常時作用する荷重と基準地震動による荷重を組合せる。

(津波時)

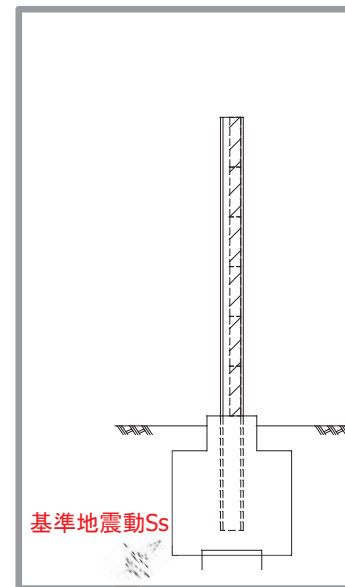
- 常時作用する荷重と入力津波による津波荷重を組合せる。
- 津波荷重は設置条件及び入力津波水位時刻歴波形による水位上昇速度を考慮し、浸水高相当の静水圧荷重とする。
- なお、漂流物による影響は、津波の流入経路を踏まえ考慮しない。

(津波＋余震重畳時)

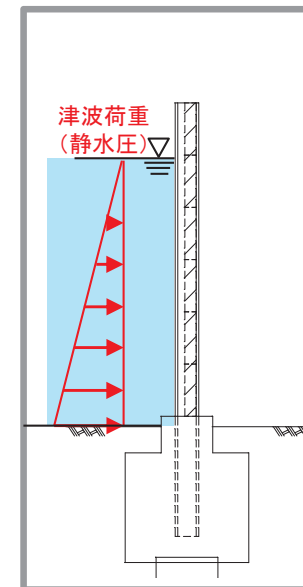
- 常時作用する荷重と余震による荷重及び入力津波による津波荷重を組合せる。
- 余震による荷重は、弾性設計用地震動Sd-D2を考慮する。
- 入力津波による荷重は、前面に入力津波水位の海水が滞水しているものと想定した静水圧荷重と、余震による動水圧としてWestergaard式により算定される動水圧荷重とする。

検討ケース	荷重の組合せ
地震時	常時荷重 + 地震荷重(基準地震動Ss)
津波時	常時荷重 + 津波荷重(静水圧)
津波＋余震重畳時	常時荷重 + 津波荷重(静水圧) + 余震荷重(弾性設計用地震動Sd-D2, 動水圧)

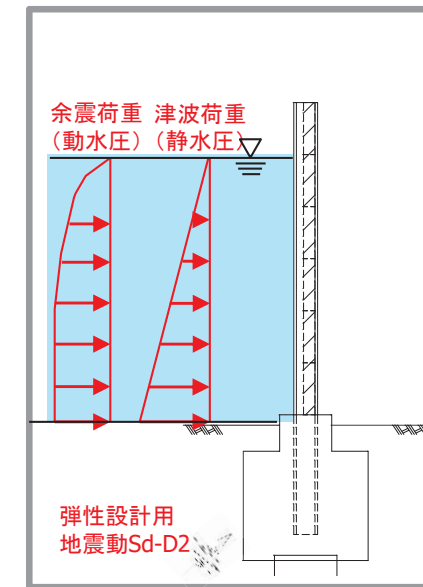
(常時荷重は自重＋積雪荷重＋風荷重を考慮)



地震時



津波時



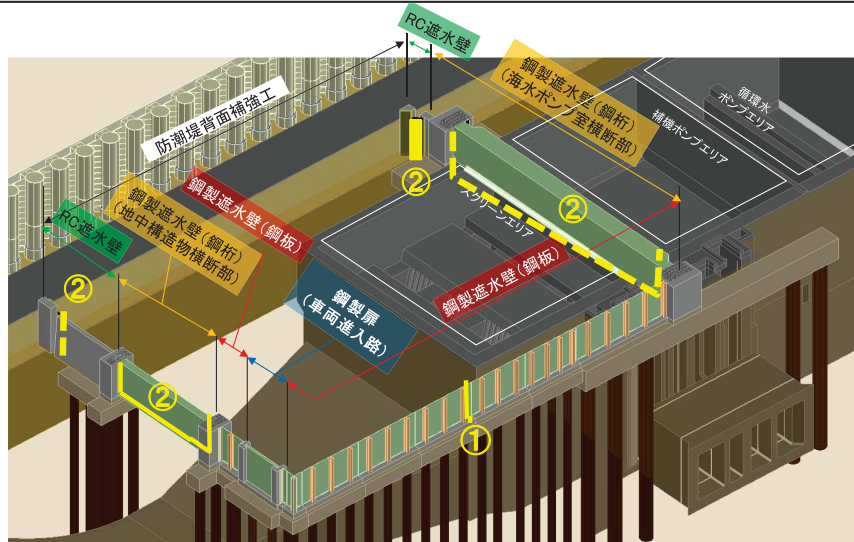
津波＋余震重畳時

2.2 基本設計方針

2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

基本方針

- 津波時の止水性を確保するために、構造目地部や異種構造物間に止水ジョイントを設置する。止水ジョイントは、地震時に構造物間に生じる相対変位、及び津波と余震の重畳時における相対変位と水圧に対して、止水機能を確保する設計とする。
- また、壁軸方向に対しては、構造物間の接触を避けるために遊間を確保する。



止水ジョイント設置位置

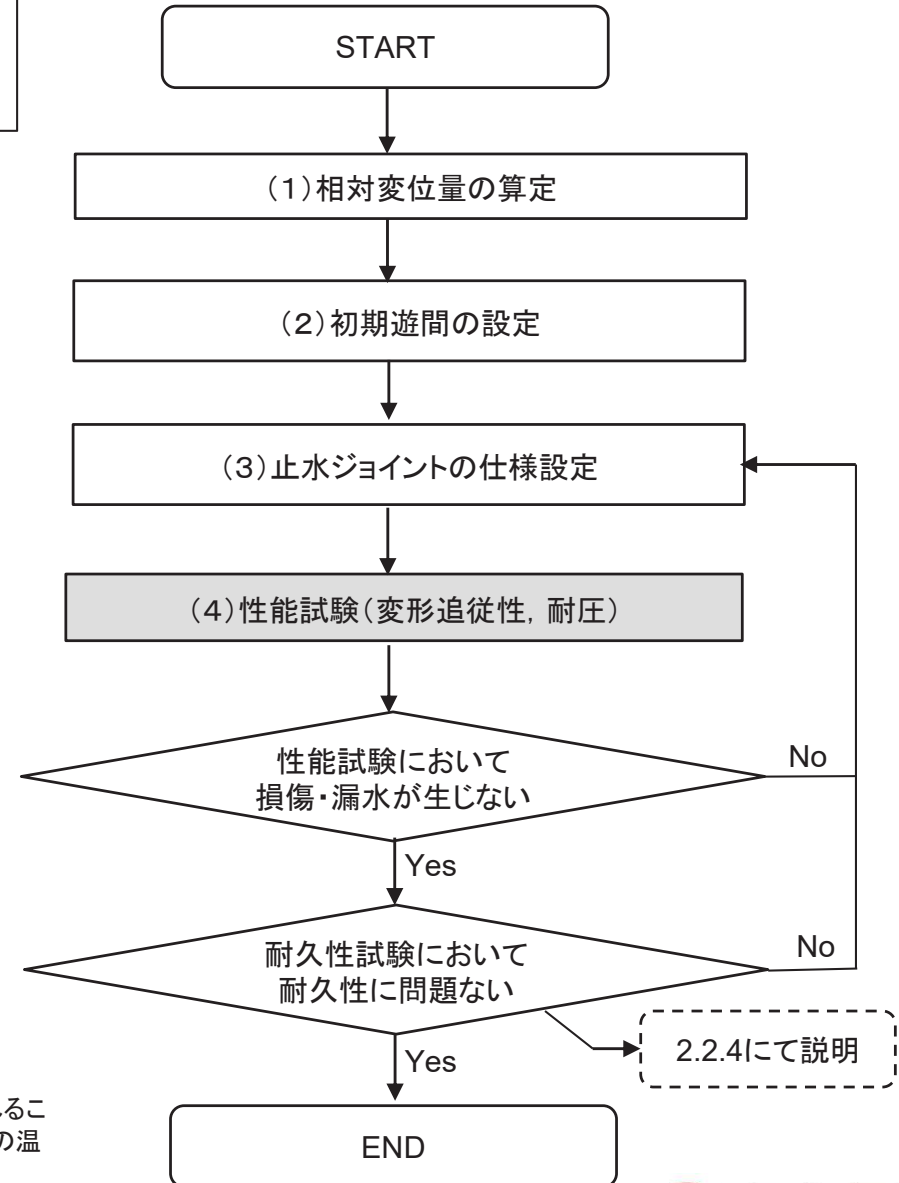
【止水ジョイントの概要】

設置位置		種類
①	構造目地部	M型ジョイント or シートジョイント
②	鋼製遮水壁(鋼桁) - 海水ポンプ室(隔壁)間	M型ジョイント
	RC遮水壁 - 防潮堤間	スライドジョイント

※なお、鋼製遮水壁(鋼板)の鋼板-フーチング間については、鋼板がフーチングに支持されたH型鋼と連結されることから、鋼板最下部とフーチング最上面は一体的な挙動を示すものと想定されるものの、鋼板やコンクリートの温度変化等に伴う伸縮等は発生する。

これに対し、一般的な構造目地の止水に用いられ、可撓性を有するΩ型ジョイントを採用することで十分に変位に追従するものと考えられることから、評価は省略可能と判断した。

基本検討フロー



<①構造目地部の相対変位量の評価方針>

- 構造目地部における相対変位量が大きくなる要因として、以下が考えられることから、下記に示すフローに基づき算定する。
 - 地盤物性や地盤深度が変化する箇所や液状化の影響により隣り合う構造間に大きな変位差が想定される箇所(地盤変化部)
 - 隣り合う構造間の構造形式が異なる箇所やコーナー部等、構造の違い等による変位差が想定される箇所(構造変化部)

(地盤変化部の評価)※

地盤条件から絶対変位量が最大となり得る箇所と最小となり得る箇所(モデル)を選定

各モデルの絶対変位量の算定

各モデル間の同時刻での相対変位量の抽出

(構造変化部の評価)

構造形式毎に変位量が大きくなり得る箇所(モデル)を選定

各モデル間の同時刻での相対変位量の抽出

相対変位量として評価

※設置許可段階では、最大相対変位量の見通しを得るために、フローのとおり、応答が厳しくなると想定される仮想的な地盤条件に基づき、相対変位量を算出する。

<②異種構造物間の相対変位量の評価方針>

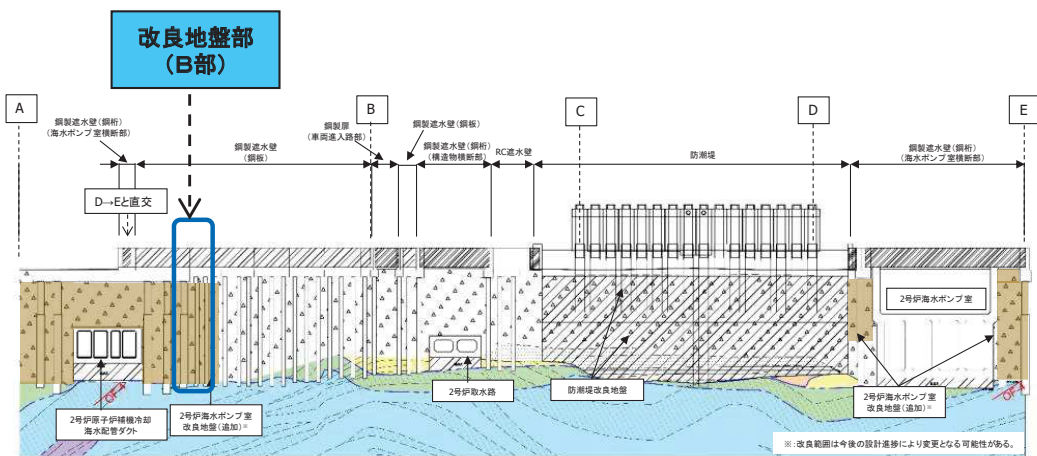
- 異種構造物間の相対変位の算定方法は、各々以下の頁に示す。
 - 鋼製遮水壁(鋼桁)-海水ポンプ室(隔壁)間
⇒P.51
 - RC遮水壁-防潮堤間
⇒P.52

2.2 基本設計方針 2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

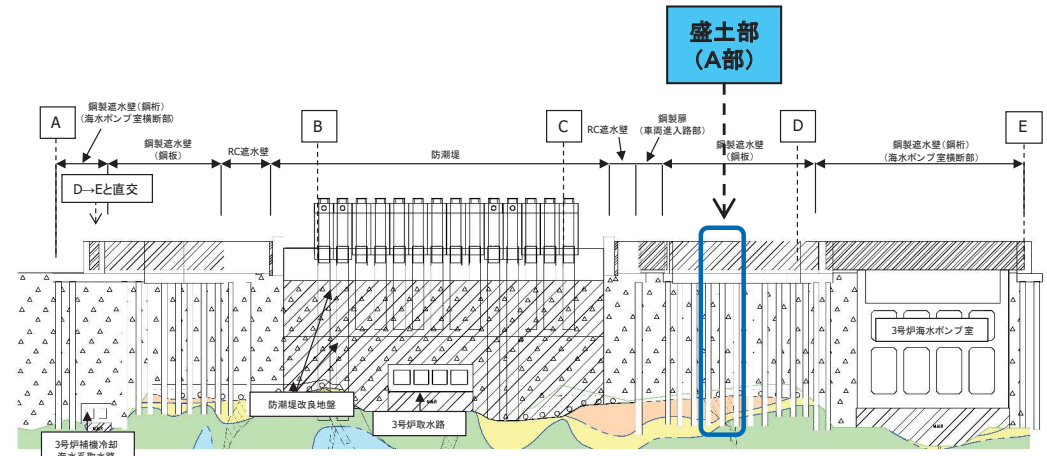
(1) 相対変位量の算定(①構造目地部—地盤変化部)

<地盤変化部の各モデル位置の選定理由>

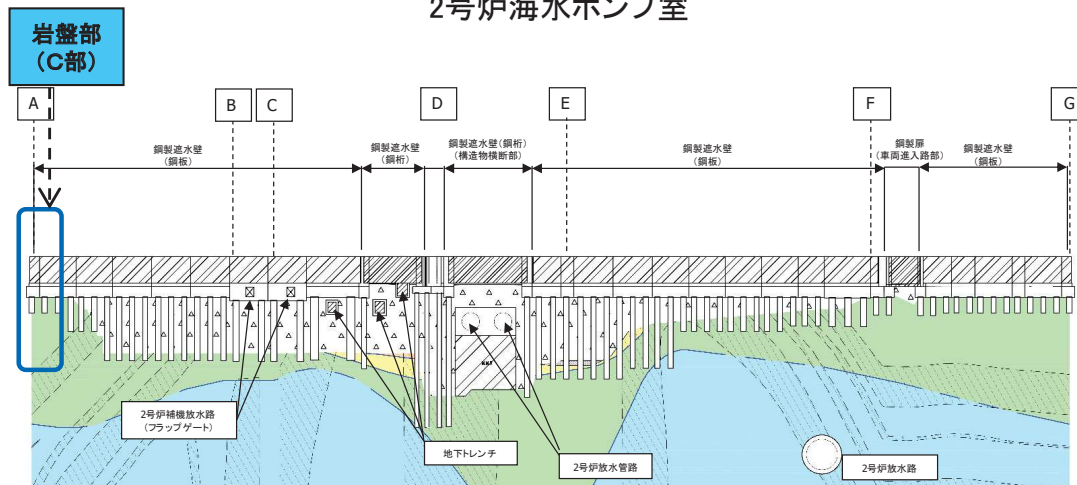
モデル名	選定理由
盛土部 (A部)	絶対変位量が最大となり得る箇所として、壁高さが最も高い3号炉海水ポンプ室から、盛土層が最も厚い(杭長が長い)位置を選定
改良地盤部 (B部)	絶対変位量が最小となり得る箇所として、改良地盤部が存在する2号炉海水ポンプ室から選定
岩盤部 (C部)	絶対変位量が最小となり得る箇所として、岩盤部が存在する2号炉放水立坑から、最も杭長が短い位置を選定



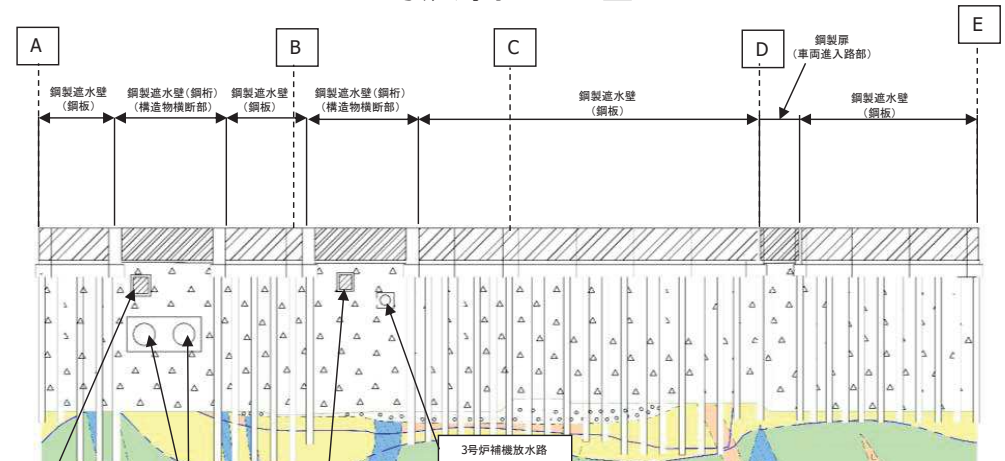
2号炉海水ポンプ室



3号炉海水ポンプ室



2号炉放水立坑



3号炉放水立坑

2.2 基本設計方針 2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

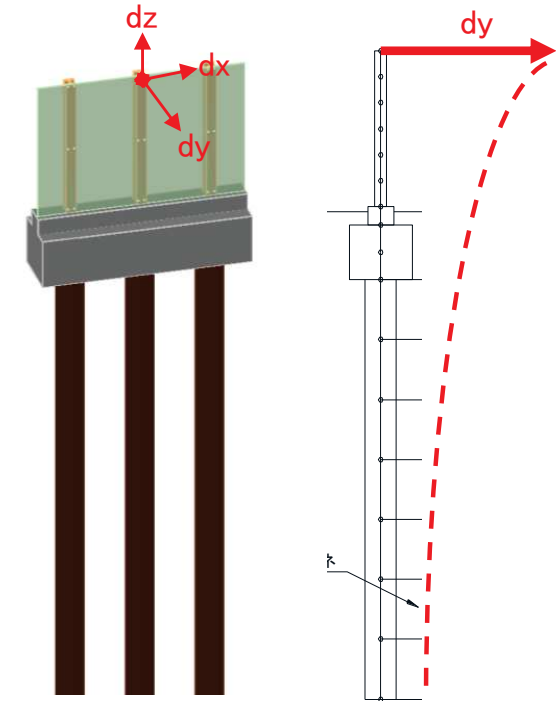
(1) 相対変位量の算定(①構造目地部—地盤変化部)

<絶対変位量の評価結果>

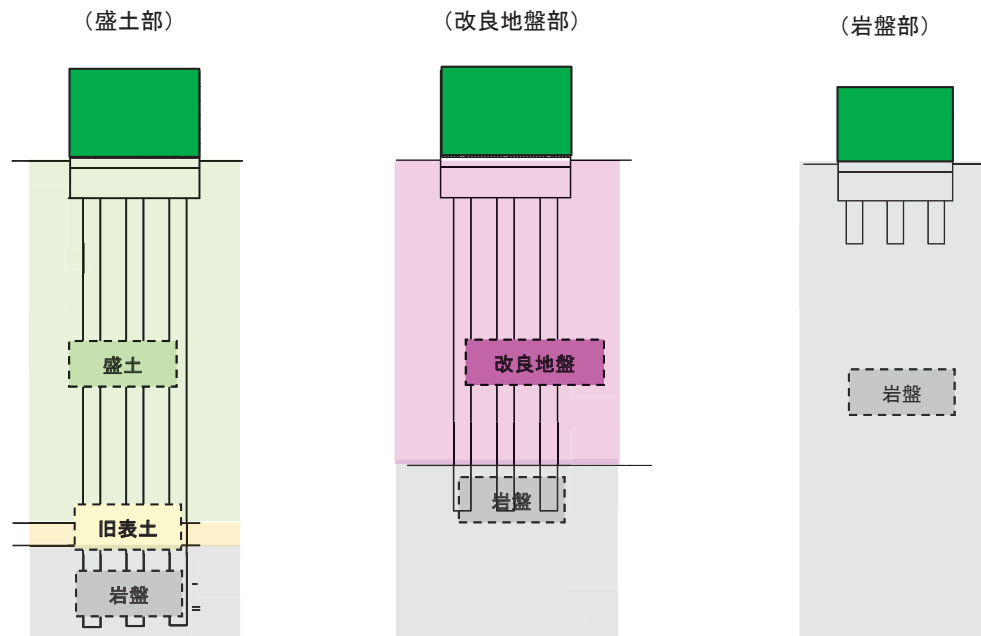
- 地盤条件毎の絶対変位量について、下記に示すモデルで算定する。
- 算定の結果、盛土部ほど変位量が大きく、岩盤部ほど変位量が小さい。よって、盛土部—改良地盤部、及び盛土部—岩盤部を仮想的に隣接するものとみなし、相対変位を算定する。

モデル名	区分	$ dx $ (X方向加振時)	$ dy $ (y方向加振時)	$ dz $ (x・y方向加振時の大きい値)
盛土部※	地震時	245mm (Ss-N1)	388mm (Ss-N1)	22mm (Ss-F2)
改良地盤部	地震時	97mm (Ss-D2)	103mm (Ss-F2)	21mm (Ss-F2)
岩盤部	地震時	71mm (Ss-F2)	114mm (Ss-F2)	21mm (Ss-F2)

※液状化非考慮(地下水位なし)。変位量に対して、液状化の影響が考えられるが、地下水位の審査状況を踏まえ、別途評価を行う。(工認段階で結果提示)



変位イメージ



2.2 基本設計方針 2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

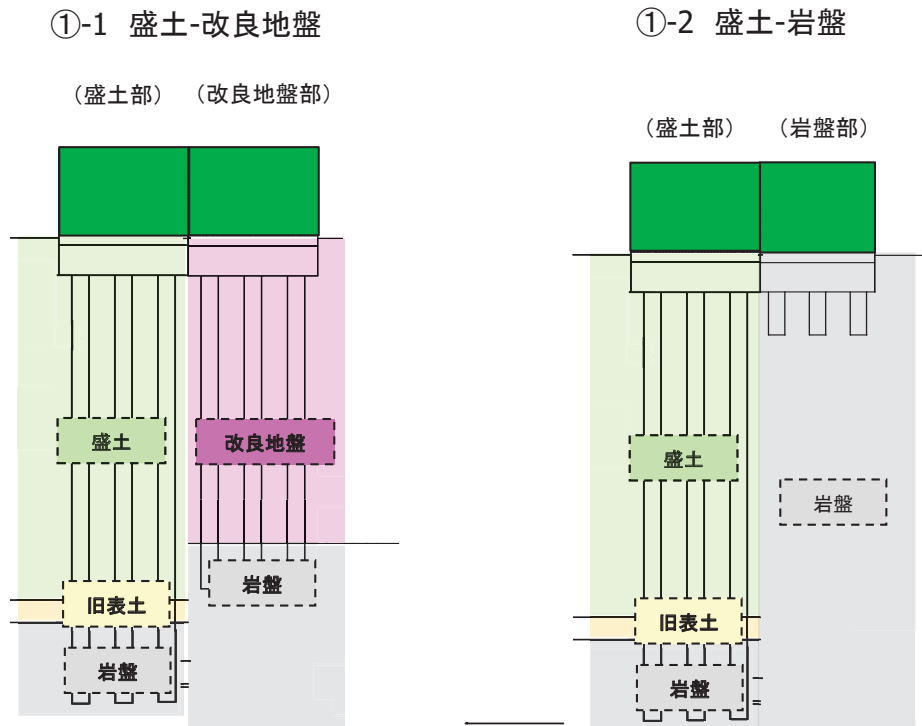
(1) 相対変位量の算定(①構造目地部-地盤変化部)

<相対変位量の評価結果>

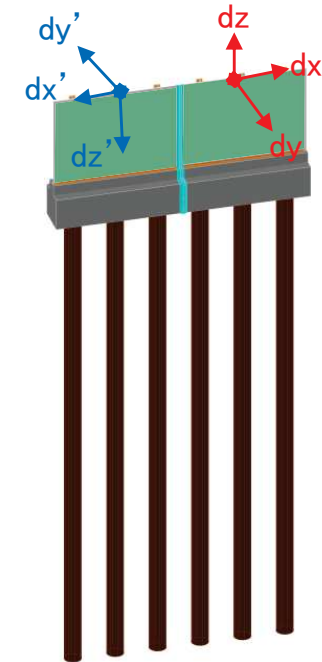
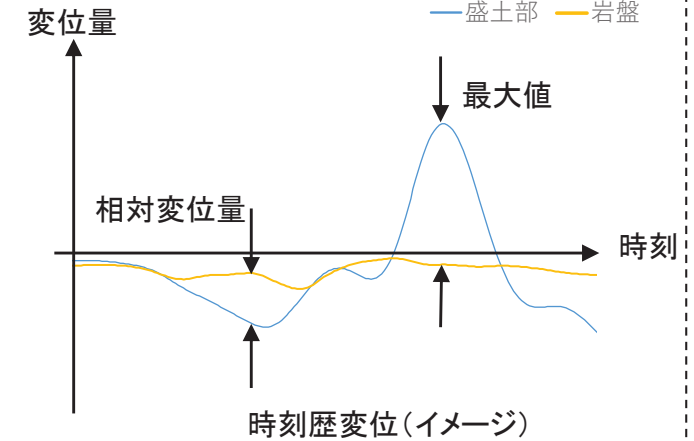
- 地盤変化部の相対変位量の算定結果を以下に示す。

評価対象	区分	$ dx-dx' $ (X方向加振時)	$ dy-dy' $ (y方向加振時)	$ dz-dz' $ (x・y方向加振時の大きい値)
①-1 盛土※-改良地盤	地震時	228mm (Ss-N1)	378mm (Ss-N1)	7mm (Ss-N1)
①-2 盛土※-岩盤	地震時	232mm (Ss-N1)	426mm (Ss-N1)	7mm (Ss-N1)

※液状化非考慮(地下水位なし)。変位量に対して、液状化の影響が考えられるが、地下水位の審査状況を踏まえ、別途評価を行う。(工認段階で結果提示)



<相対変位量のイメージ>



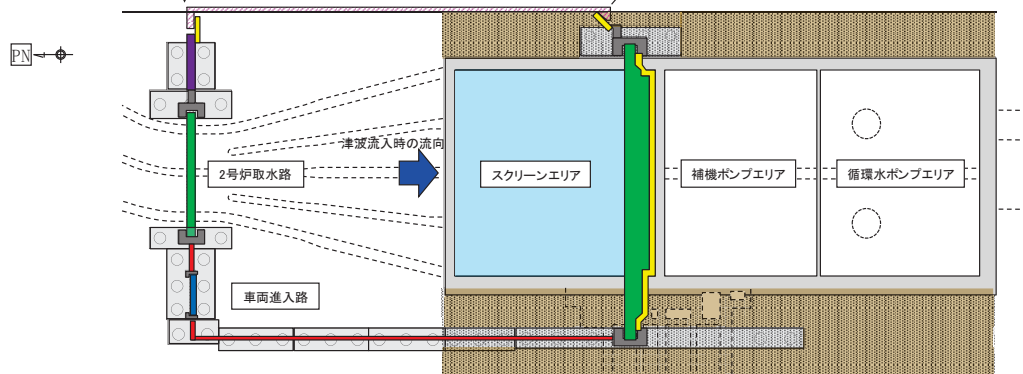
2.2 基本設計方針 2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

(1) 相対変位量の算定(①構造目地部-構造変化部)

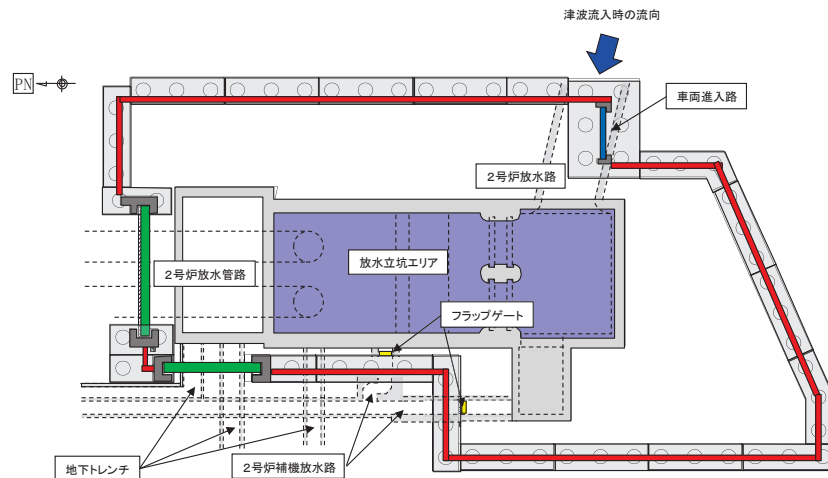
<構造変化部の各モデル位置の選定理由(1/2)>

・ 構造変化部の相対変位を算定するモデル位置及び選定理由を以下に示す。

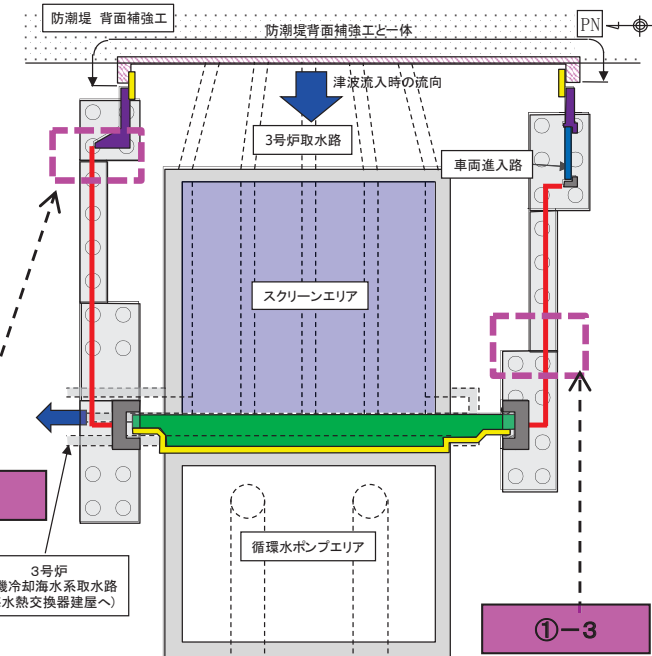
評価対象	選定理由
①-3 鋼製遮水壁(鋼板)-鋼製遮水壁(鋼桁)間	3号炉海水ポンプ室が、壁高が最も高く、相対変位量が大きくなるものと想定されることから、3号炉海水ポンプ室を選定
①-4 鋼製遮水壁(鋼板)-RC遮水壁間	3号炉海水ポンプ室が、壁高が最も高く、相対変位量が大きくなるものと想定されることから、3号炉海水ポンプ室を選定
①-5 鋼製遮水壁(鋼板) コーナー部	コーナー部の中で、杭長が最大となる3号炉放水立坑のコーナー部を選定



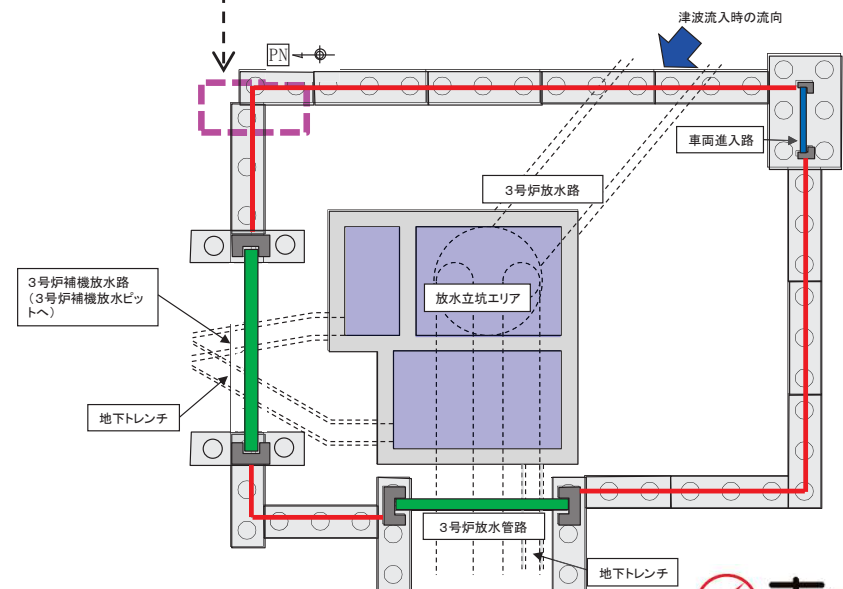
2号炉海水ポンプ室



2号炉放水立坑



3号炉海水ポンプ室



3号炉放水立坑

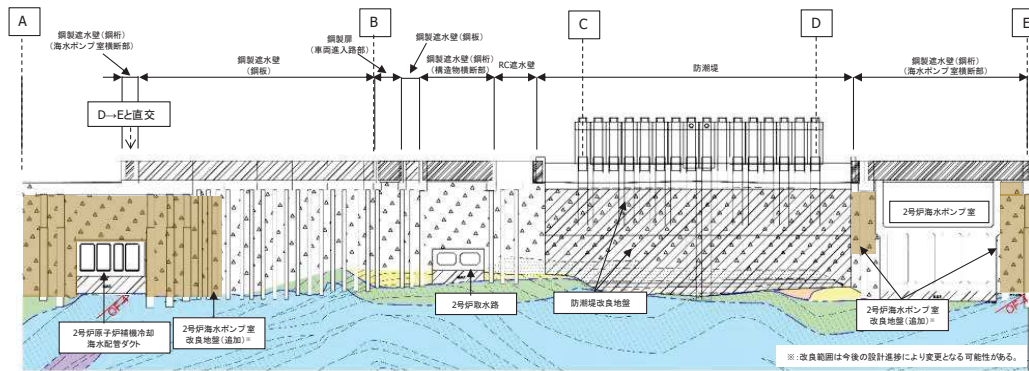
2.2 基本設計方針 2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

(1) 相対変位量の算定(①構造目地部-構造変化部)

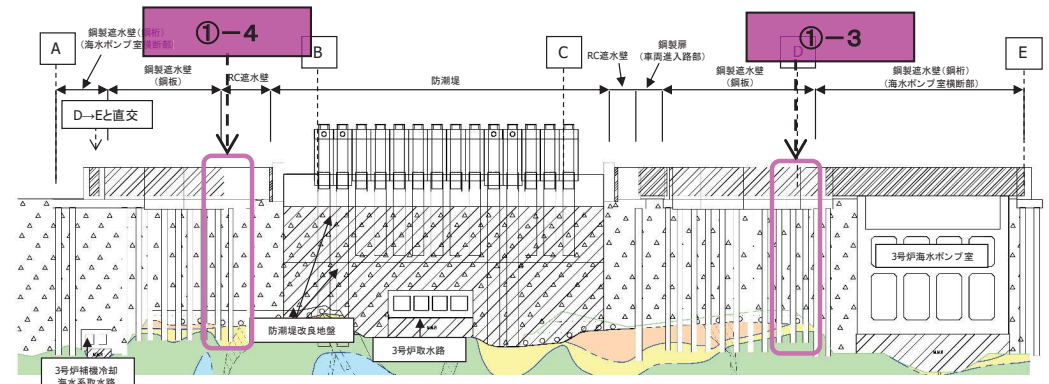
< 構造変化部の各モデル位置の選定理由(2/2) >

- 構造変化部の相対変位を算定するモデル位置の地質構造を以下に示す。

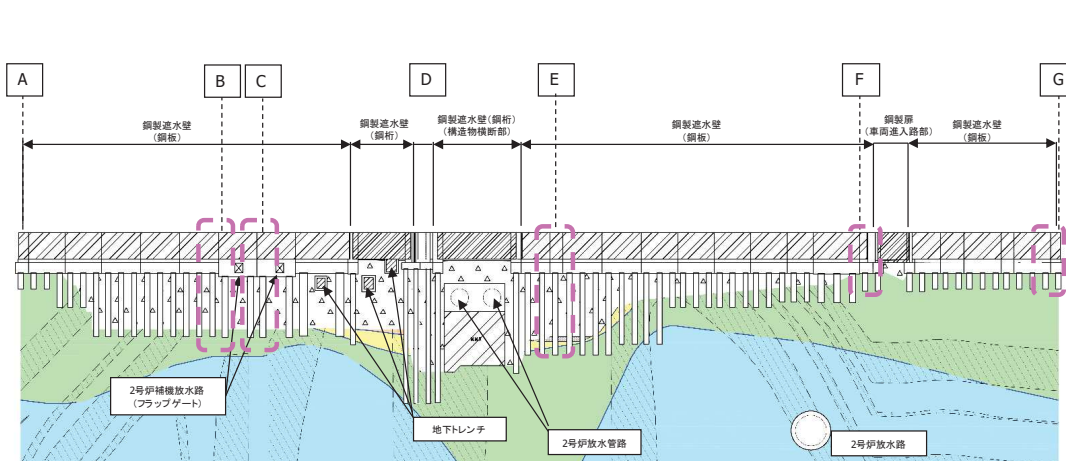
評価対象	選定理由
①-3 鋼製遮水壁(鋼板)-鋼製遮水壁(鋼桁)間	3号炉海水ポンプ室が、壁高が最も高く、相対変位量が大きくなるものと想定されることから、3号炉海水ポンプ室を選定
①-4 鋼製遮水壁(鋼板)-RC遮水壁間	3号炉海水ポンプ室が、壁高が最も高く、相対変位量が大きくなるものと想定されることから、3号炉海水ポンプ室を選定
①-5 鋼製遮水壁(鋼板) コーナー部	コーナー部の中で、杭長が最大となる3号炉放水立坑のコーナー部を選定



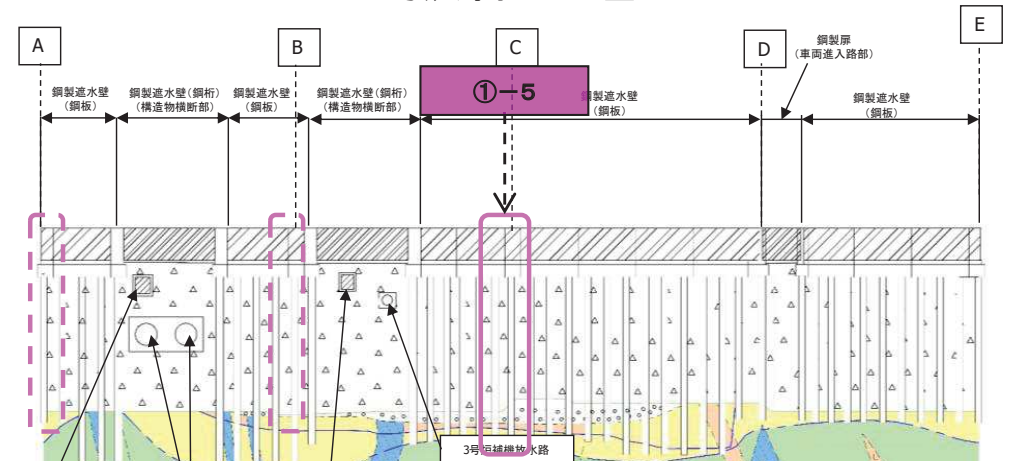
2号炉海水ポンプ室



3号炉海水ポンプ室



2号炉放水立坑



3号炉放水立坑

([] は、その他のコーナー部位置を示す)

2.2 基本設計方針 2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

(1) 相対変位量の算定 (①構造目地部－構造変化部)

< 構造変化部の相対変位量 >

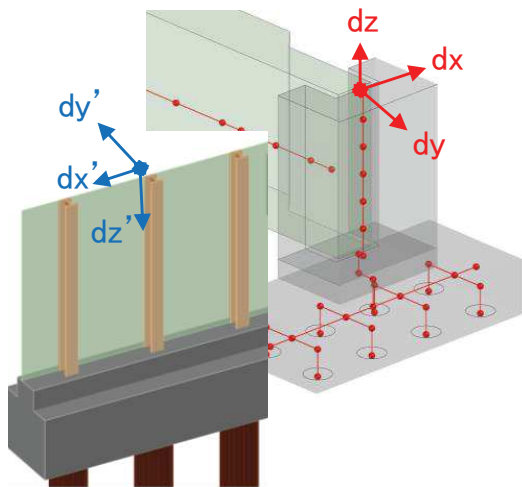
- 構造変化部の相対変位量の算定結果を以下に示す。

モデル名	区分	$ dx-dx' $ (X方向加振時)	$ dy-dy' $ (y方向加振時)	$ dz-dz' $ (x・y方向加振時の大きい値)
①-3 鋼製遮水壁(鋼板)－鋼製遮水壁(鋼桁)※	地震時	62mm (Ss-N1)	192mm (Ss-N1)	3mm (Ss-N1)
①-4 鋼製遮水壁(鋼板)－RC遮水壁※	地震時	92mm (Ss-N1)	220mm (Ss-N1)	11mm (Ss-N1)
①-5 鋼製遮水壁(鋼板) コーナ一部※	地震時	172mm (Ss-N1)	172mm (Ss-N1)	7mm (Ss-N1)

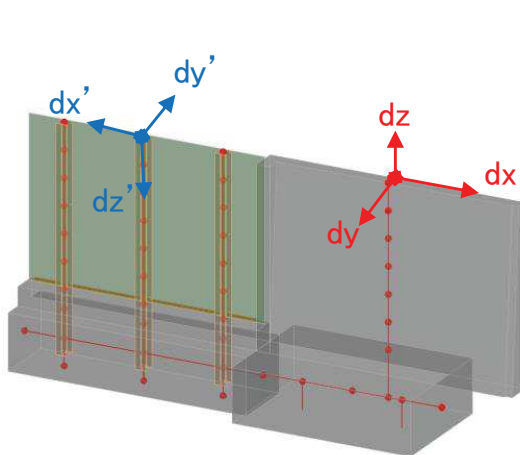
※液状化非考慮(地下水位なし)。変位量に対して、液状化の影響が考えられるが、地下水位の審査状況を踏まえ、別途評価を行う。

(工認段階で結果提示)

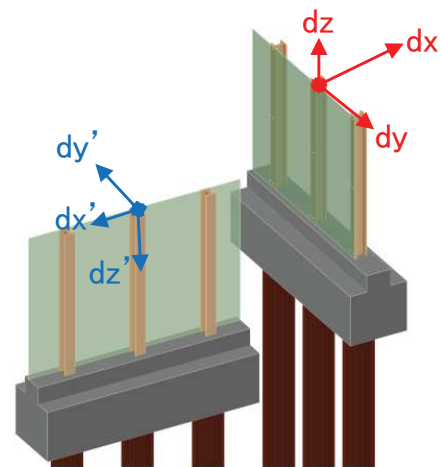
①-3 鋼製遮水壁(鋼板)-鋼製遮水壁(鋼桁)



①-4 鋼製遮水壁(鋼板)-RC遮水壁



①-5 鋼製遮水壁(鋼板) コーナ一部



<鋼製遮水壁(鋼桁)-海水ポンプ室(隔壁)間の相対変位量>

- 鋼製遮水壁(鋼桁)と海水ポンプ室(隔壁)間に設置するM型ジョイントの設計に用いる相対変位量は、下記の計算により算定する。

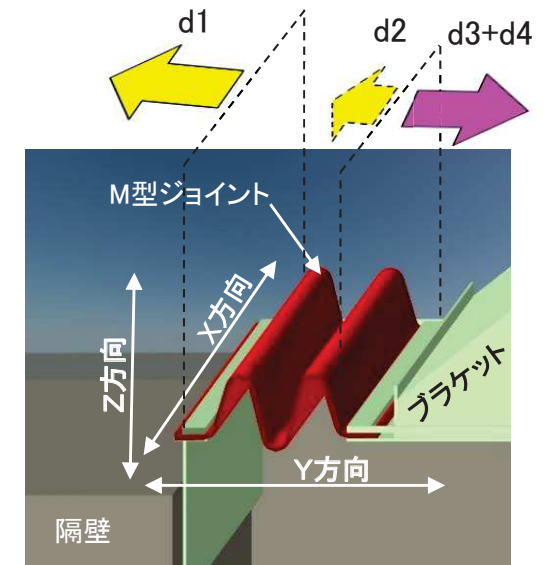
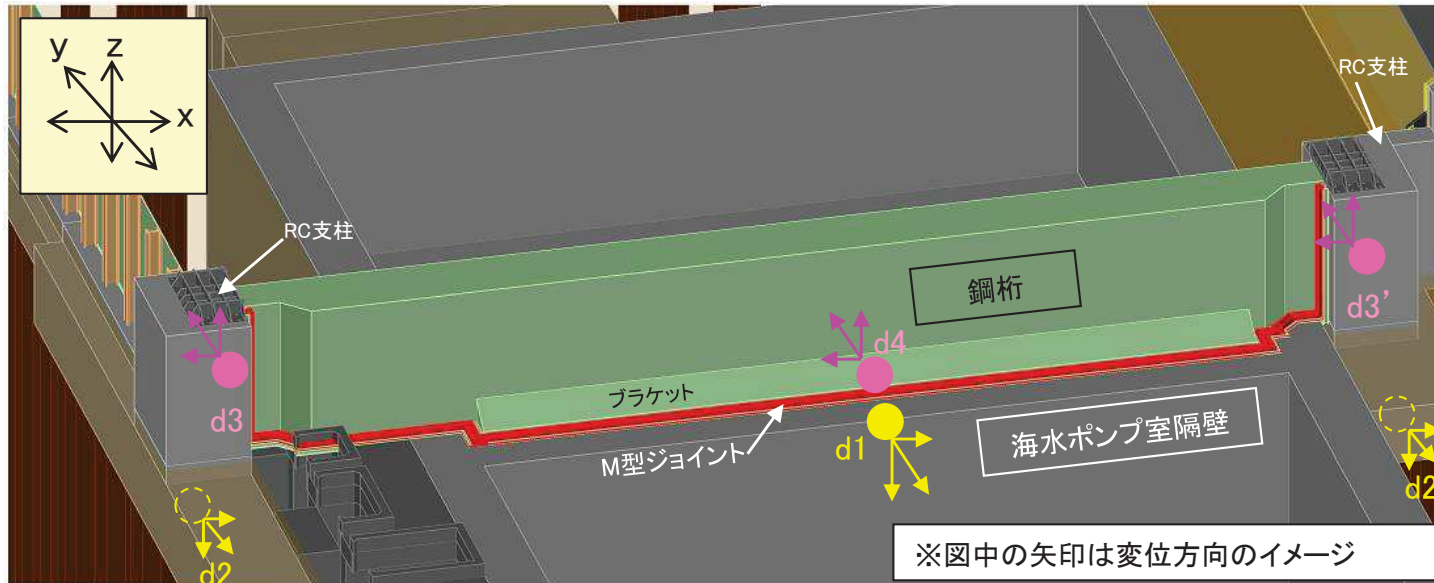
計算式

$$D = \max/d1(t1) - d2(t1) / + \max/d3(t2) + d4(t2) /$$

(相対変位算定に関する補足)

- 海水ポンプ室と防潮壁は各々異なる解析を実施しており、保守的に全時刻最大値を絶対値として足し合わせる。(t1≠t2)
- なお、同一の解析モデルより算定する変位量は同時刻(t1,t2)の相対変位を用いる。

鋼製遮水壁(鋼桁)-海水ポンプ室(隔壁)間に生じる変位の抽出



相対変位イメージ

d1: 海水ポンプ室(隔壁)の変位量(海水ポンプ室の地震応答解析から抽出)

d2: 防潮壁設置位置の地盤変位量(海水ポンプ室の地震応答解析から抽出)(d2,d2'の大きい方の値を用いる)

d3: RC支柱の変位量(防潮壁の地震応答解析から抽出)(d3,d3'の大きい方の値を用いる)

d4: 鋼桁の変位量(防潮壁の地震応答解析及び鋼桁の静的解析から抽出)

2.2 基本設計方針 2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

(1) 相対変位量の算定 (②異種構造物間)

<RC遮水壁-防潮堤間の相対変位量>

- 防潮壁(RC遮水壁)と防潮堤間に設置するスライドジョイントの設計に用いる相対変位量は、下記の計算により設定する。

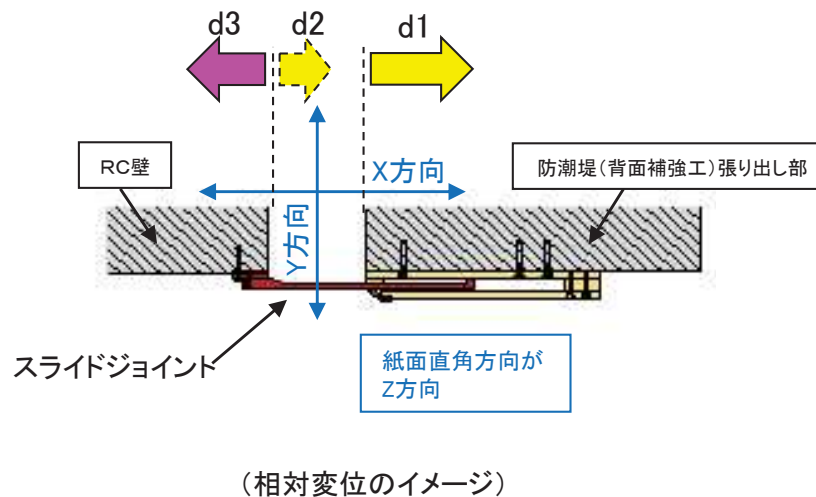
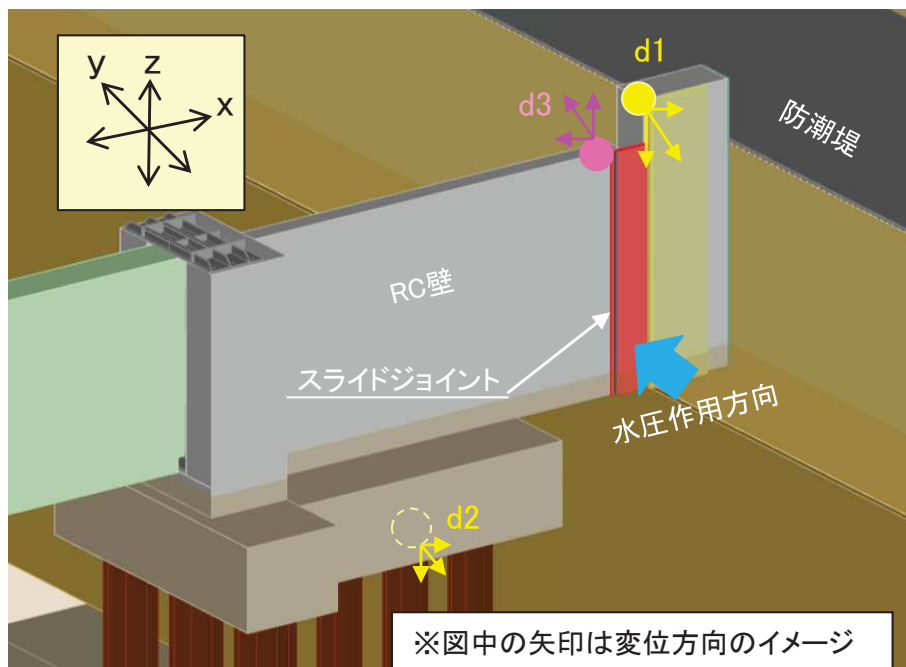
計算式

$$D = \max|d1(t1) - d2(t1)| + \max|d3(t2)|$$

(相対変位算定に関する補足)

- 防潮堤と防潮壁は各々異なる解析を実施しており、保守的に全時刻最大値を絶対値として足し合わせる。(t1≠t2)
- なお、同一の解析モデルより算定する変位量は同時刻(t1,t2)の相対変位を用いる。

RC遮水壁-防潮堤間に生じる変位の抽出



- d1: 防潮堤(背面補強工)張り出し部の変位量(防潮堤の地震応答解析から抽出)
- d2: 防潮壁設置位置の地盤変位量(防潮堤の地震応答解析から抽出)
- d3: RC壁の変位量(RC壁の地震応答解析及びRC壁の静的解析から抽出)

2.2 基本設計方針 2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保
 (1)相対変位量の算定・(2)初期遊間の設定・(3)止水ジョイントの仕様

<相対変位量のまとめ>

設置位置		仕様	算定箇所		開き方向 dx-dx'	せん断方向 dy-dy'	上下方向 dz-dz'
①	構造目地部	M型ジョイント	地盤変化部	①-1 盛土-改良地盤	228mm	378mm	7mm
				①-2 盛土-岩盤	232mm ^{※1}	426mm ^{※1}	3mm
			構造変化部	①-3 鋼製遮水壁(鋼板) -鋼製遮水壁(鋼桁)	62mm	192mm	3mm
				①-4 鋼製遮水壁(鋼板) -RC遮水壁	92mm	220mm	11mm ^{※1}
				①-5 鋼製遮水壁(鋼板) コーナー部	172mm	172mm	7mm
②	異種構造物間	M型ジョイント	鋼製遮水壁(鋼桁) -海水ポンプ室(隔壁)間 ^{※2}	2号炉海水ポンプ室	195mm	233mm	41mm
		スライドジョイント	RC遮水壁-防潮堤間 ^{※3}	3号炉海水ポンプ室	364mm	398mm	298mm

※1:①構造目地部の各最大値。

※2:海水ポンプ室の審査を踏まえ、工認段階で精査した値を提示する。なお、本表の数値はP.51の算定方法に基づく試算値を記載。

※3:防潮堤の審査を踏まえ、工認段階で精査した値を提示する。なお、本表の数値はP.52の算定方法に基づく試算値を記載(Ss-D1による代表値)。

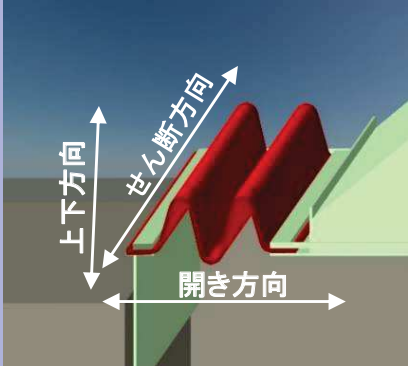
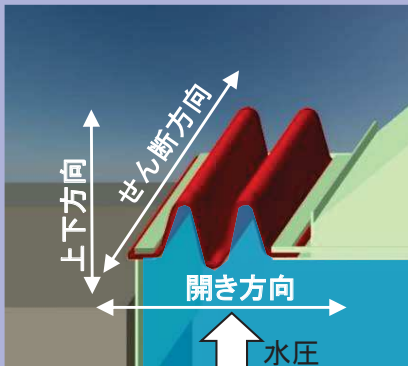
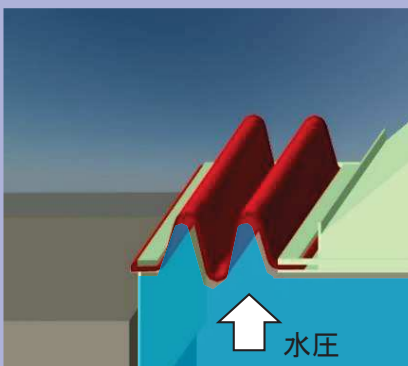
<(2)初期遊間の設定・(3)止水ジョイントの仕様>

(2)初期遊間の設定 …… 開き方向の相対変位量に余裕を持った遊間とする。

(3)止水ジョイントの仕様 …… 開き方向・せん断方向・上下方向を相対変位量として、地震時を模擬した変形試験を行うとともに、津波+余震重畳時を模擬した変形+耐圧試験を行う。

<試験項目>

- 止水ジョイントの性能試験項目を以下に示す。なお、補足説明資料2に試験概要及び試験結果を示す。

<p style="writing-mode: vertical-rl;">試験項目</p>	<p>地震時 (M型ジョイントの場合のイメージ)</p>  <p>地震によって生じる相対変位に対し、ジョイントの変形によって追従することを確認。</p>	<p>津波+余震重畳時 (M型ジョイントの場合のイメージ)</p>  <p>津波+余震重畳時の相対変位と水圧に対して、ジョイントの変形によって止水機能を保持することを確認。</p>	<p>津波時 (M型ジョイントの場合のイメージ)</p>  <p>津波時の相対変位と水圧に対して、ジョイントの変形によって止水機能を保持することを確認。</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl;">変位追従性</p>	<p style="text-align: center;">変形試験 [地震時の変位量を模擬]</p>	<p style="text-align: center;">変形試験 [津波+余震重畳時の変位量を模擬]</p>	<p style="text-align: center;">—</p>
<p style="writing-mode: vertical-rl;">止水性</p>	<p style="text-align: center;">— [地震時は対象外]</p>	<p style="text-align: center;">耐圧試験</p>	<p style="text-align: center;">— [津波+余震重畳時の試験で代表]</p>

<試験結果>

- 止水ジョイントの性能試験結果と設計値との比較を以下に示す。

設置位置・仕様	試験項目	試験目的	(A)性能試験結果		(B)設計値		判定 (A>B…OK)	
			変位	水圧	変位※1, ※2	水圧		
① (構造目地部)	M型ジョイント	変形試験	地震時の変位追従性の確認	開き方向:550mm せん断方向:500mm	—	開き方向:382mm せん断方向:426mm	—	○
		変形+耐圧試験	津波+余震重畳時の止水性の確認	開き方向:350mm せん断方向:250mm	0.15MPa	開き方向:246mm せん断方向:125mm	約0.10MPa	○
	シート ジョイント	変形試験	地震時の変位追従性の確認	今後の詳細設計において、M型ジョイントにより対応が困難となった場合に実施		同上		—
		変形+耐圧試験	津波+余震重畳時の止水性の確認					—
② (異種構造物間)	M型ジョイント	変形試験	地震時の変位追従性の確認	開き方向:550mm せん断方向:500mm	—	開き方向:345mm せん断方向:233mm	—	○
		変形+耐圧試験	津波+余震重畳時の止水性の確認	開き方向:350mm せん断方向:250mm	0.15MPa	開き方向:345mm※3 せん断方向:233mm※3	約0.10MPa	○
	スライド ジョイント	変形試験	地震時の変位追従性の確認	開き方向:550mm せん断方向:500mm	—	開き方向:364mm せん断方向:398mm	—	○
		変形+耐圧試験	津波+余震重畳時の止水性の確認	開き方向:400mm せん断方向:—※4	0.15MPa	開き方向:364mm※3 せん断方向:398mm※3	約0.10MPa	(○)※4

※1:津波+余震重畳時の変位は、地震時同様の手法により算定(地震波:Sd-D2)。

※2:M型ジョイントの開き方向の変位量は、初期遊間の裕度として暫定的に150mmを考慮(今後の詳細設計にて精査)。

(①M型ジョイント:地震時開き量232mm+裕度150mm=382mm, 津波+余震重畳時開き量96mm+裕度150mm=246mm, ②M型ジョイント地震時開き量195mm+裕度150mm=345mm)

※3:②異種構造物間の津波+余震重畳時の変位については、①M型ジョイントの(B)設計値を踏まえ地震による変位が支配的であること、並びにSsとSdの関係性(Sd=Ss×0.58)を考慮し、保守的に地震時と同等の変位量が生じるものと仮定して評価(海水ポンプ室・防潮堤の審査を踏まえ、工認時に精査した値を提示)。

※4:変形+耐圧試験におけるせん断方向の性能試験値は、防潮堤の審査を踏まえた設計値を基に試験を実施し、工認時に結果を提示する。なお、地震時の変形試験にて変位追従性を有することを確認しており、ひびや割れ等の損傷も認められていないことから、止水性も有しているものと推察されるため、“OK”と評価した。

※5:Ω型ゴムジョイントについては、変形と水圧に対して性能試験(変形50mm, 水圧0.15MPa)を実施しており、止水性に問題ないことを確認している(補足説明資料2)。

2.2.3 構造物間に生じる相対変位に対する止水機能の確保

<まとめ>

- 今回、構造物間に生じる相対変位について、仮想的条件における試算値と、止水ジョイントの性能試験値を比較した結果、地震時における変位追従性と、津波+余震重畳時における止水性を確保できる見通しを得た。
- ただし、今回の算定は、仮想的なモデル等による試算結果に基づくものであり、構造仕様や一部設計条件(地下水位等)が未確定であることを踏まえ、条件確定後に評価結果を工認段階に示す。
- 現状の試験結果の適用範囲を上回る場合には、再試験を行い、必要に応じて止水ジョイントの種類を見直し、止水性を確保する。(M型ジョイント⇒シートジョイント)

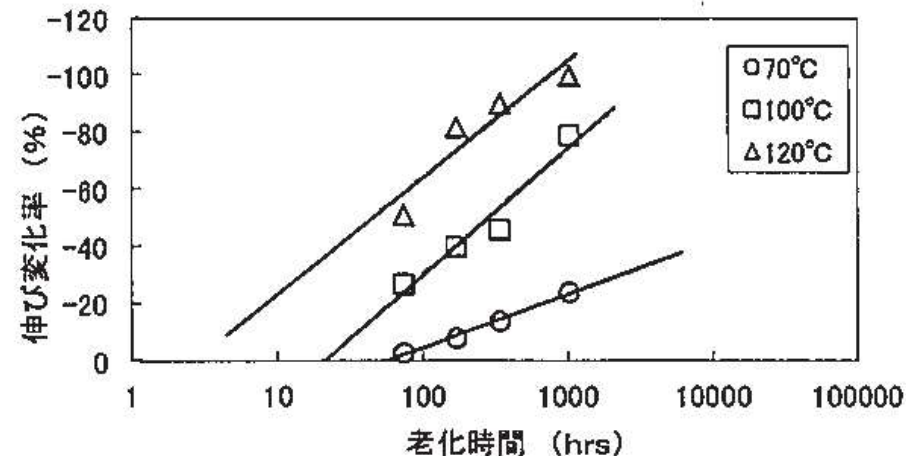
2.2.4 止水ジョイントの耐久性と保守管理について

<止水ジョイントの耐久性確認結果>

- 止水ジョイントの耐久性について、下記の通り、文献等により十分に耐久性を有することを確認した。
 - 止水ゴムに用いているクロロプレンゴムについては、「設計者のための免震用積層ゴムハンドブック((社)日本ゴム協会)」によると、耐熱性や耐オゾン性など耐候性が優れている材料とされている。
 - また、「免震積層ゴム入門(日本免震構造協会)」によると、東北本線鬼怒川橋梁に用いたクロロプレンゴム系の積層ゴムを用いた劣化予測においても寿命は85年～200年と報告されている。
- また、メーカーによる耐久性予想試験結果においても以下の通り耐久性を有することを確認した。
 - 前述の仮想的条件での相対変位量の試算結果の場合、ゴム変形量の裕度(試算値/試験確認値)は最小で85%(426mm/500mm)となっており、設置時のゴムの伸び率(450%)が85%に低減(△15%)するまでの経過年数は約10年と評価される。(女川の月別平均最高気温23°Cの場合)
 - なお、自然暴露体にて約13年経過した試験体の破断伸びを確認した結果、おおむね劣化予測と整合している。
- なお、止水性の信頼性確保のために、以下に示す通り定期的な保全を実施していく。

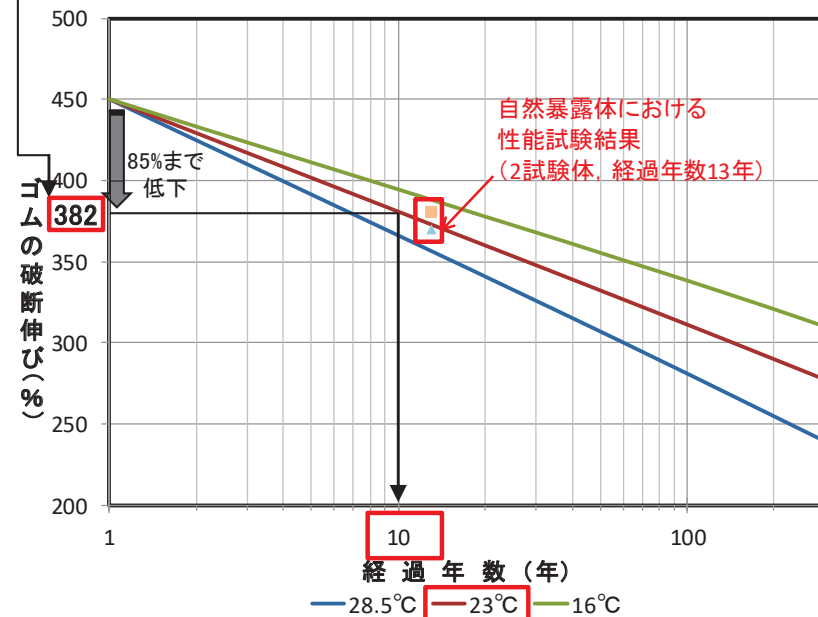
<保全計画(案)>

- 点検
 - 外観目視点検を定期的に行うとともに、同一環境下における暴露試験体を用いた性能試験を、定期的に行い健全性確認する。
- 補修
 - 点検結果及び健全性確認結果を踏まえ、適切な時期に取替えを行う。



設置時の伸び率 (450%)の85%に相当

ゴムの破断伸びの変化と経過年数



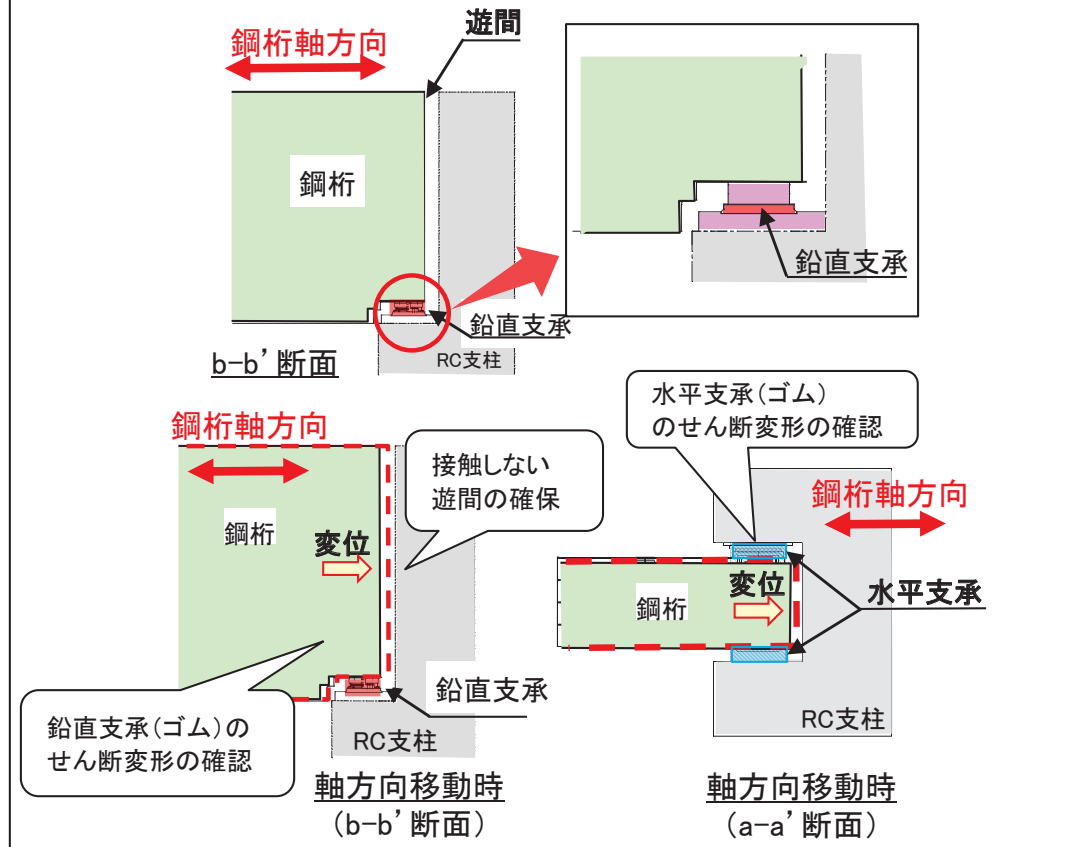
耐久予想試験結果に基づく
女川サイトにおける劣化予測

2.2.5 鋼製遮水壁(鋼桁)における鋼桁の変位吸収の考え方

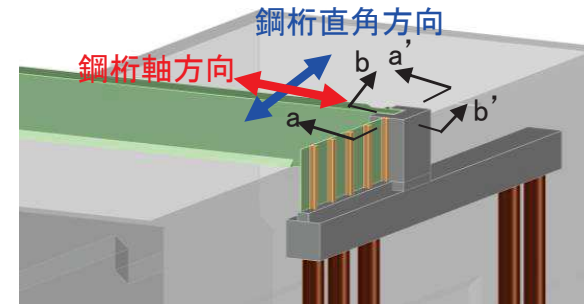
- 鋼桁部については、フーチング上に鉛直支承(ゴム)や水平支承(ゴム)を設置して柔な結合とし、支承のせん断・圧縮変形により鋼桁の変位等を吸収できる構造としている。
- 支承の要求機能及び仕様を補足説明資料3に示す。

鋼桁軸方向(面内方向)に対する変位吸収

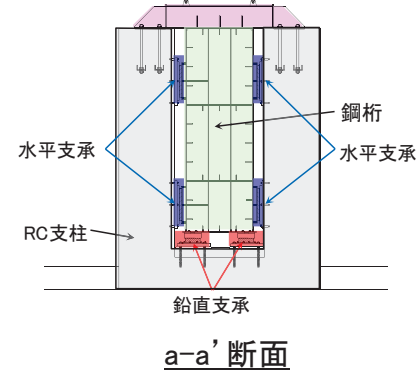
- RC支柱間に生じる相対変位及び鋼桁とRC支柱の相対変位を考慮し鋼桁の変位を拘束しない設計とするとともに、鋼桁とRC支柱間に遊間を設けることで、鋼桁とRC支柱は接触しない設計とする。
- 鋼桁とRC支柱間には、鋼桁の鉛直荷重をRC支柱に伝達しつつ、鋼桁の鋼桁軸方向の変位に追従できる鉛直支承(ゴム)を設置する。
- 鉛直支承(ゴム)及び水平支承(ゴム)は、鋼桁の変位に伴うせん断変形に追従する設計とする。



鋼桁方向イメージ

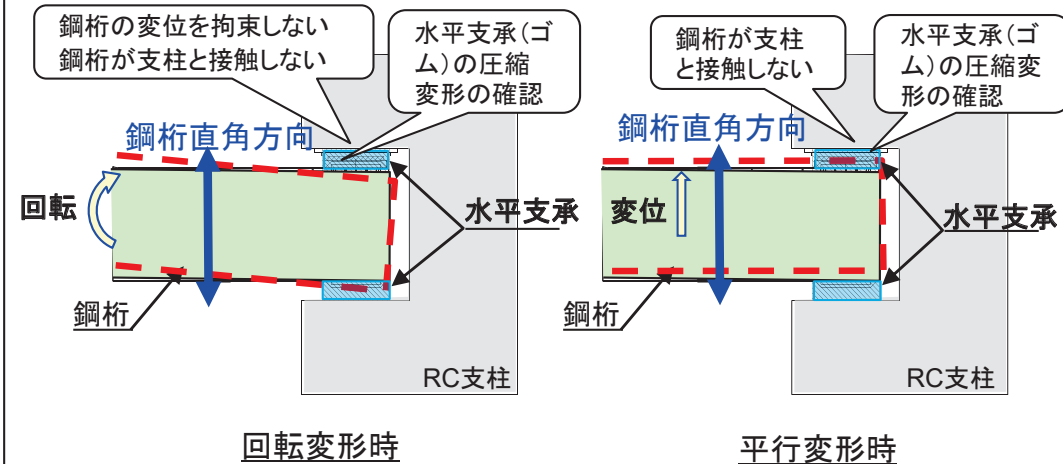


鋼桁直角方向



鋼桁直角方向(面外方向)に対する変位吸収

- 弱軸方向となる鋼桁直角方向(面外方向)には、鋼桁からの荷重をRC支柱に分散的に伝達しつつ、鋼桁の鋼桁直角方向の変位を圧縮変形により吸収できる水平支承(ゴム)を設置する。
- 水平支承(ゴム)は、鋼桁の変位に伴う圧縮変形に追従する設計とする。



2.2 基本設計方針

2.2.6 地中構造物横断部における鋼桁下部(角型鋼管下部)の止水対策(1/3)

<基本方針>

- 鋼桁下部の地盤の沈下により、壁内に滞水した津波が鋼桁下部から敷地側に溢水しないように、基礎フーチングに一体化(沈下しない)させた角型鋼管を設置し、その間にM型ジョイントを設置する。
- 角型鋼管の設計に当たっては以下を考慮して行う。

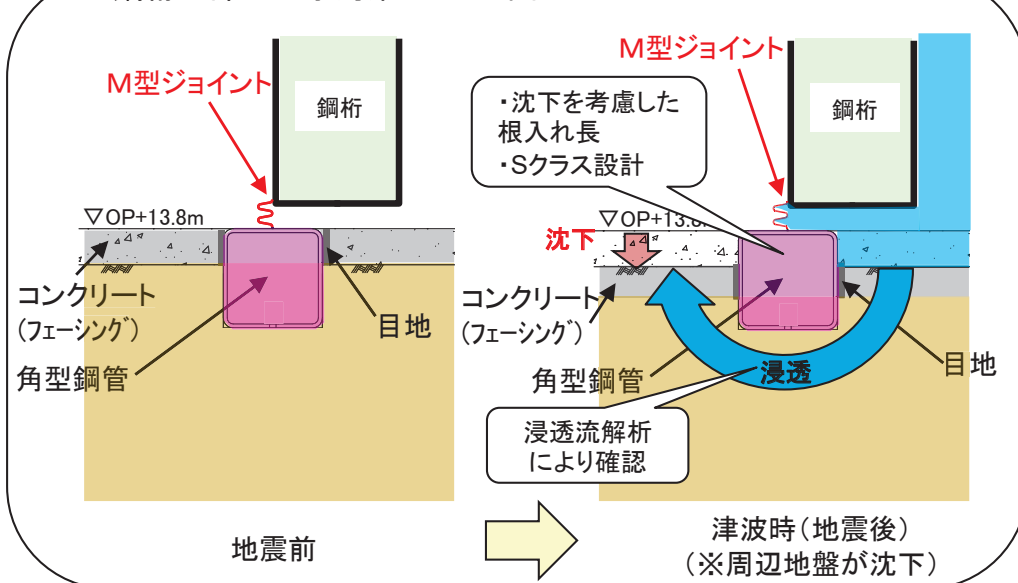
(根入れ長の検討)

- 地震後の角型鋼管周辺地盤の揺すり込み沈下量を考慮した根入れ長を確保する。
- その上で、周辺地盤の沈下を考慮した浸透流解析により、敷地側に津波が溢れないことを確認する。
- また、沈下時に周辺地盤が角型鋼管下部に落ち込むことにより、角型鋼管周辺に浸水経路が形成される可能性を考慮し、角型鋼管の根入れ長を確保するための配慮を行う。(P.61)

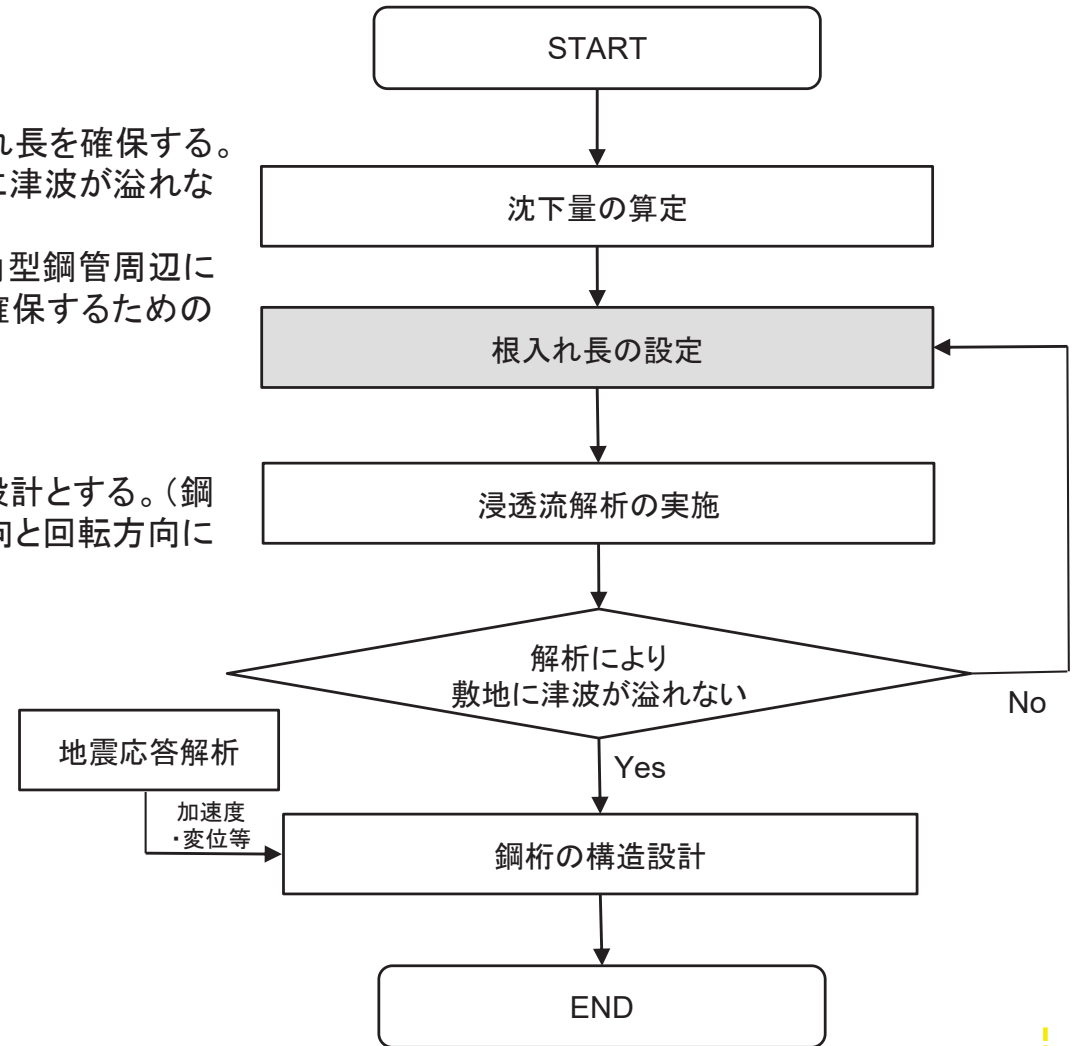
(角型鋼管の設計)

- 角型鋼管は、防潮壁本体と同等の設計水準とする。(Sクラス)
- 角型鋼管の設計要件として、RC支柱間の相対変位を拘束しない設計とする。(鋼製ブラケットの支持部(ボルト接合部)に長孔を設けることで、軸方向と回転方向に自由に動く設計とする(P.33参照))

鋼桁下部の止水対策イメージ図



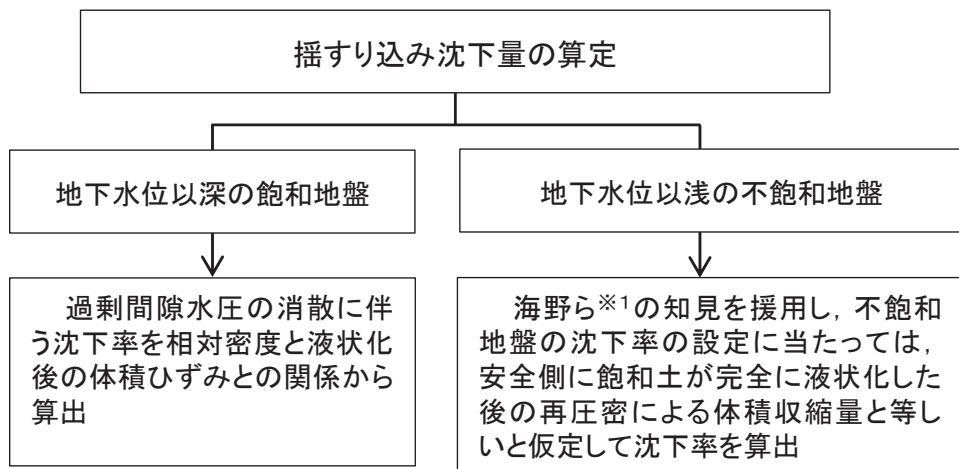
角型鋼管の設計フロー



2.2.6 地中構造物横断部における鋼桁下部(角型鋼管下部)の止水対策(2/3)

＜沈下量の評価・根入れ長の設定＞

- 角型鋼管周辺の地盤沈下量の算定は、下記フローにより行う。



※1 海野ら: 同一繰返しせん断履歴における乾燥砂と飽和砂の体積収縮量の関係
(平成18年 土木学会論文集C Vol.62)

⇒地下水以浅, 以深ともに盛土層は層厚×1.4%, 旧表土は層厚×2.8%として沈下量を算定する。

＜沈下量の評価結果＞

防潮壁設置位置	盛土・旧表土層厚 (最大箇所)	揺すり込み 沈下量	角型鋼管 根入れ長※1
2号炉海水ポンプ室	28.9m	0.40m	0.70m
2号炉放水立坑	13.1m	0.18m	
3号炉海水ポンプ室	33.0m	0.46m	
3号炉放水立坑	24.9m	0.35m	

※1 詳細設計を踏まえ、確定値は工認段階で示す。

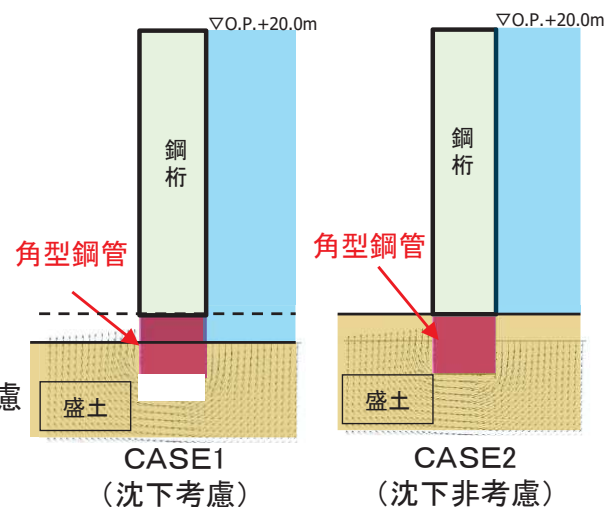
＜浸透流解析の実施＞

(解析条件)

- 津波水位
O.P.+20m
(3号炉海水ポンプ室天端高さ)
- モデル化
鋼桁・角型鋼管: 不透水
盛土透水係数: $3.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$

(解析ケース)

- CASE1: 最大沈下量(0.46m)を考慮
- CASE2: 沈下を非考慮

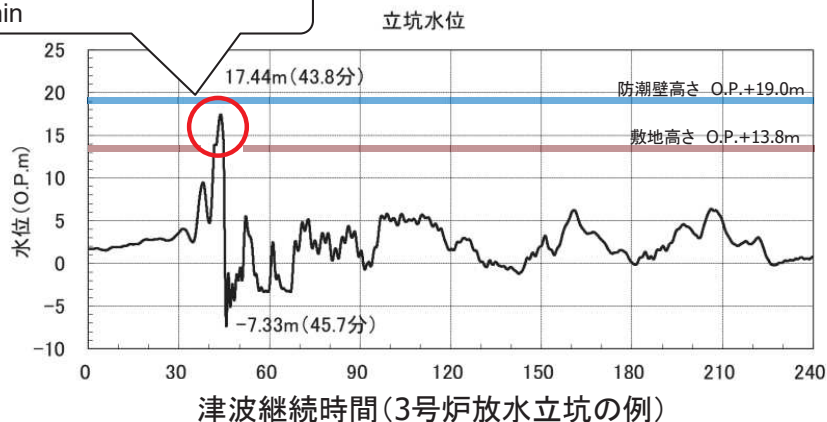


＜解析結果(感度解析)＞

CASE	根入れ長 (A)	幅 (B)	経路長 (A×2+B)	流出開始 時間(C)※2	滞水時間 (D)	評価 (C>D: OK)
CASE1 (沈下考慮)	0.24m	0m	0.48m	34min	3.1min	○
CASE2(参考) (沈下非考慮)	0.70m	0.70m	2.1m	833min		

※2 流出開始時間(C)=経路長/流線ベクトル速度により算定

敷地高さを上回る時間(滞水時間)
⇒3.1min



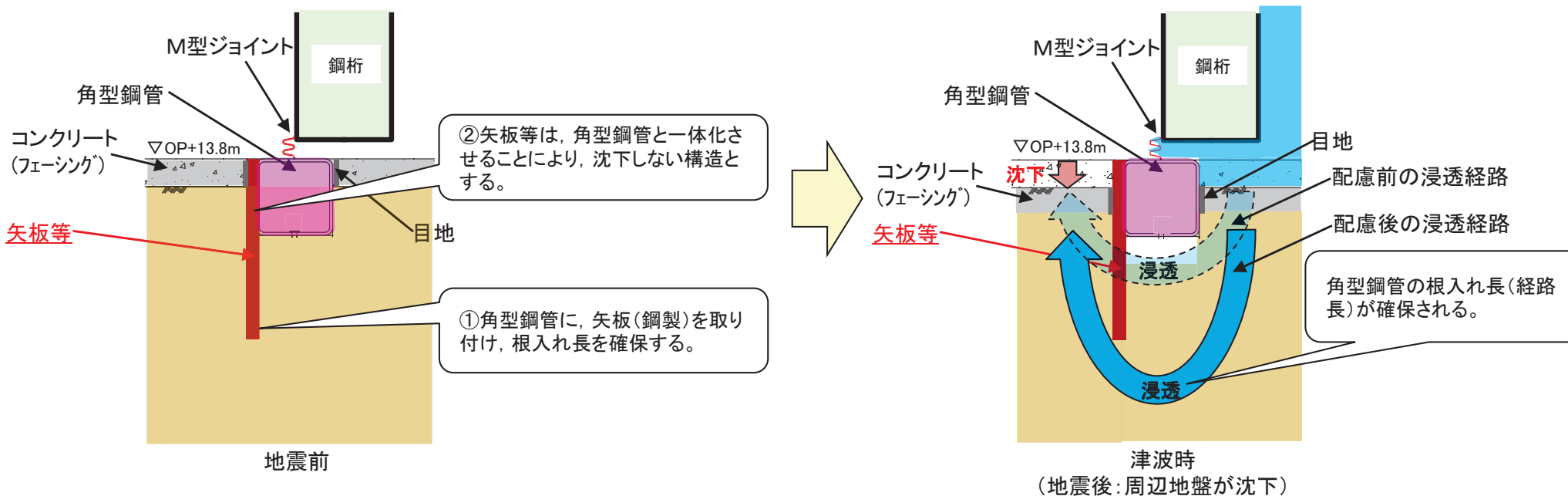
2.2.6 地中構造物横断部における鋼桁下部(角型鋼管下部)の止水対策(3/3)

＜角型鋼管の根入れ長確保に向けた配慮(案)※＞

- 前述の通り、地震時における揺すり込み沈下を考慮したとしても、壁内に滞水した津波が鋼桁下部から敷地側に溢水しないことを確認した。
- ただし、地震による沈下時に、角型鋼管周辺地盤の流出や剥離等により浸水経路となる可能性を踏まえ、以下の通り、根入れ長を確保するための配慮(案)※を行う。
 - ① 角型鋼管に矢板等を取り付け、根入れ長を確保する。
 - ② 矢板等は、角型鋼管と一体化させることにより、沈下しない構造とする。
- これにより、地震による揺すり込み沈下が生じたとしても、角型鋼管の根入れ長(経路長)が確保される。

※詳細については、詳細設計を踏まえた浸透流解析の評価結果を考慮した上で、工認段階に提示する。

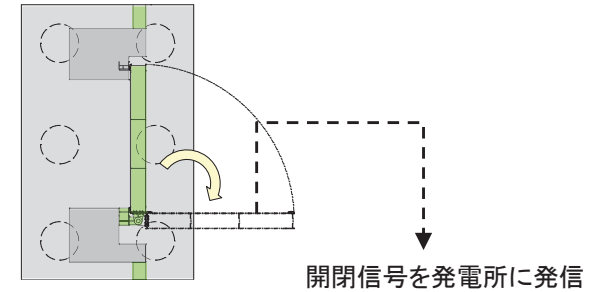
イメージ図



2.2 基本設計方針

2.2.7 車両進入路部(鋼製扉)の運用について

- 防潮壁にはメンテナンス用の車両進入路部を配置しており、開閉可能な鋼製扉を設置する計画としている。
- 津波防護機能が十分に保持できるよう、地震力や津波に十分耐える設計にするとともに原則閉止運用とする。
- なお、原則閉止運用とするが開放後の確実な閉止操作、閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作を確実に実施するための運用管理を行う。
- 設置変更許可申請書における設計上及び運用上の要求事項を下表のとおり整理する。



車両進入路部の平面図

車両進入路部の設置許可申請書等の要求事項の整理(案)

記載箇所	設計上の要求事項	運用上の要求事項	保安規定・社内標準への反映
設 置 許 可	基準地震動が作用した場合において十分な支持力を有すること(3条)。	—	(設計にて担保)
	基準地震動による地震力に対して津波防護機能が十分に保持できるように設計する(4条)。	—	(設計にて担保)
	基準津波に対して津波防護機能が十分に保持できるように設計する(5条)。	—	(設計にて担保)
	—	原則閉止運用とする。	保安規定添付書類などに記載
	—	開放後の確実な閉止操作、中央制御室における閉止状態の確認及び閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順等を整備し、的確に実施する。	
補 足 資 料	—	開放・閉止状態を監視する扉開閉表示装置を設置し、開放された状態が継続されている場合は警報を発信させる。	(設計にて担保)
	—	開閉管理に関するその他事項(施錠管理、津波警報発令時、開放警報発令時など)	具体的な実施手段に係る事項であり、下位規定にて定める。

2.2 基本設計方針

2.2.8 代表断面の選定方針

- 構造形式は、鋼製遮水壁(鋼板)、鋼製遮水壁(鋼桁)、鋼製扉、RC遮水壁に分類されることから、それぞれの構造形式毎に代表断面を選定する。
- 各構造形式において以下の観点より評価対象断面を選定する。
 - ①構造的な特徴(防潮壁の高さや構造形式等)
 - ②荷重条件(入力津波高さ等)
 - ③地盤条件(地震力の特性、岩盤の傾斜、地盤条件の変化部(地盤改良等)、断層交差部※等)
 - ④地下水位(液状化の影響等)
- 断面の選定に当たっては、上部工と下部工のそれぞれの影響を考慮し選定する。
- なお、設計用地下水位については、防潮堤の追加地盤改良による影響を考慮した3次元浸透流解析の結果に基づき設定する。

防潮壁 設置位置	構造形式	入力津波 高さ	地下水位
2号炉 海水ポンプ室	鋼製遮水壁(鋼板) 鋼製遮水壁(鋼桁) (:海水ポンプ室横断部、地中構造物横断部) 鋼製扉(:車両進入路部) RC遮水壁	O.P.+18.1m	地下水位の審査を 踏まえ設定 (3次元浸透流解析 により設定)
2号炉 放水立坑	鋼製遮水壁(鋼板)(フラップゲート取付部含む) 鋼製遮水壁(鋼桁)(:地中構造物横断部) 鋼製扉(:車両進入路部)	O.P.+17.4m	
3号炉 海水ポンプ室	鋼製遮水壁(鋼板) 鋼製遮水壁(鋼桁)(:海水ポンプ室横断部) 鋼製扉(:車両進入路部) RC遮水壁	O.P.+19.0m	
3号炉 放水立坑	鋼製遮水壁(鋼板) 鋼製遮水壁(鋼桁)(:地中構造物横断部) 鋼製扉(:車両進入路部) RC遮水壁	O.P.+17.5m	

鋼製遮水壁(鋼板)
上記観点から選定 (工認時に選定)
鋼製遮水壁(鋼桁)
上記観点から選定 (工認時に選定)
鋼製扉
上記観点から選定 (工認時に選定)
RC遮水壁
上記観点から選定 (工認時に選定)
鋼製遮水壁(鋼板) (フラップゲート取付部)
2号放水立坑より選定

※ 2号炉海水ポンプ室防潮壁を横断するOF-4断層について、影響度合いについて評価を行い、必要に応じ、構造並びに止水ジョイントの成立性評価を行う。

2.2 基本設計方針

2.2.9 構造特異性の整理結果

- 防潮壁の構造形式毎の特徴と特異性の有無を下表に示す。
- 一般産業施設や先行他プラントにおける類似構造事例から、「実績が無いもの」又は「実績は有るが適用条件や適用範囲が異なるもの」は特異性“有”，それ以外を特異性“無”と整理した。
- 一般産業施設や先行他プラントにおける類似構造事例を補足説明資料4に示す。

構造形式		特徴	構造特異性の評価	特異性
鋼製遮水壁（鋼板）		<ul style="list-style-type: none"> 基礎フーチング上に設置したH形鋼に、ボルト接合により鋼板を設置する構造である。 	<ul style="list-style-type: none"> 先行他プラントにおいて審査実績のある津波防護施設（高浜（発）放水口側防潮堤、川内（発）海水ポンプエリア鋼製防護壁）と類似した構造であり、特異性“無”と評価する。 	無
鋼製遮水壁（鋼桁）	海水ポンプ室横断部	（特徴①） 基礎フーチング上にRC支柱を設置し、RC支柱間に鋼桁を設置する構造である。	<ul style="list-style-type: none"> 特徴①については、RC支柱間に鋼製の壁体を設置した構造として、一般産業施設において類似構造（防潮堤、水門）としての実績がある。 特徴②に対して、鉛直支承（ゴム）を介して鋼桁に相当する構造体を支持する構造として、道路・鉄道や一般産業施設において、広く使われている。また、今回、水平支承（ゴム）も設置するが、鋼桁直角方向の荷重は面直荷重として受け、鋼桁の軸方向の荷重はせん断荷重として受けるため、伝達機構は鉛直支承（ゴム）と同様である。 以上より特異性“無”と評価する。 （左記に示す構造見直しを行うとともに、類似構造について追加調査を実施した上で、それぞれの特徴に対して再評価を行い、特異性“無”と評価した） 	無
	地中構造物横断部	（特徴②） 鋼桁を支承（ゴム）により支持した構造である。 （サイドブロック・水平反力支持鋼材等を見直し）		
鋼製扉		<ul style="list-style-type: none"> 水密性を有する扉体式（片開き）の構造である。 	<ul style="list-style-type: none"> 類似構造として、一般産業施設における防潮扉等の実績があり、特異性“無”と評価する。 	無
RC遮水壁		<ul style="list-style-type: none"> 基礎フーチング上にRCの壁体を設置した構造である。 	<ul style="list-style-type: none"> 先行他プラント及び一般産業施設にて類似構造（コンクリート製防潮堤等）の実績があることから、特異性“無”と評価する。 	無

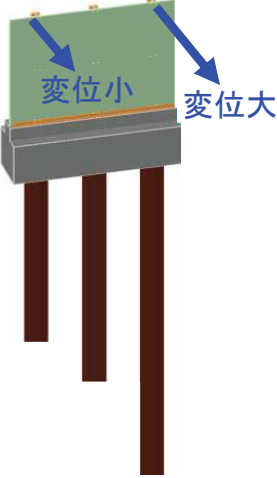
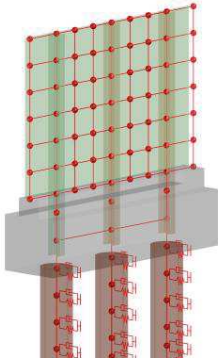
2. 防潮壁の設計方針

- 2. 1 防潮壁の概要
- 2. 2 基本設計方針
- 2. 3 損傷モードの抽出
- 2. 4 部位毎の設計方針

- 防潮壁の設計方針において、地震時、津波時及び津波＋余震重畳時に防潮壁が維持すべき機能を喪失してしまう事象（損傷モード）を仮定し、その損傷モードに対しての設計・施工上の配慮を整理した。
- また、損傷モードの整理結果を踏まえ、照査項目と許容限界を整理した。

2.3.2.1 損傷モード(1/2)

- 鋼製遮水壁(鋼板)における, 各部位が損傷し要求機能を喪失しうる事象(損傷モード)を抽出し, これに対する設計・施工上の配慮を整理した。

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
鋼板	<ul style="list-style-type: none"> 壁直角方向の地震荷重・津波荷重により, 鋼板が曲げ破壊又はせん断破壊することで止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼板に生じる断面力による応力度等が, 許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 支柱間の応答差や地盤条件変化部に相対変位により, 鋼板にねじれが発生し損傷することで止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> ねじれを考慮した解析モデル(格子梁)を用いることにより, 板としての挙動を考慮して抽出した鋼板に生じる断面力による応力度等が, 許容限界以下であることを確認する。 また, 地盤条件変化部については, 個別に影響確認を行う。 	○
鋼製支柱 (H形鋼)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼板から伝達する壁直角方向又は壁軸方向への荷重及び支柱自体に作用する荷重により, 鋼製支柱が曲げ・軸力系の破壊又はせん断破壊し, 鋼板の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製支柱に生じる断面力による応力度等が, 許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 固定ボルトから伝達する壁軸方向の荷重により, 鋼製支柱フランジ面が破断し, 鋼板の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製支柱フランジ面に生じる断面力による応力度等が, 許容限界以下であることを確認する。 	○

2.3.2.1 損傷モード(2/2)

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
固定ボルト	<ul style="list-style-type: none"> 鋼板から伝達する壁軸方向への荷重により、固定ボルトが曲げ・せん断破壊し、鋼板の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 固定ボルトに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
M型ジョイント	<ul style="list-style-type: none"> 許容変形量を超える変形又は水圧が作用することにより、ジョイントが損傷し、止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> M型ジョイント及びΩ型ジョイントに生じる変形量・水圧が、メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下であることを確認する。 また、ジョイントを支持する金具についても、ジョイントより伝達する曲げ・せん断系の荷重により支持機能を喪失しないことを確認する。 	○
Ω型ジョイント			
フーチング (R C)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製支柱から伝達する荷重及びフーチング自体に作用する地震荷重又は津波荷重により、曲げ破壊又はせん断破壊し、鋼製支柱の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> フーチングに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 同一フーチング内の杭から伝達する荷重差や隣り合うフーチングから伝達する荷重により、ねじれ破壊し、鋼製支柱の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> ねじれによるフーチングに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> ボーリング等により、津波がフーチング下部から敷地内に浸水する。 	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波による津波水位及び津波滞水時間に基づく浸透流解析を行い、周辺地盤の沈下を考慮したとしてもフーチング下部の止水性を確保できることを確認する。 	○
鋼管杭	<ul style="list-style-type: none"> フーチングから伝達する荷重及び杭自体に作用する地震荷重により、曲げ破壊し、フーチングの支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 また、鋼管杭先端に生じる押込み力が、基礎地盤の極限支持力以下であることを確認する。 	○

2.3 損傷モードの抽出 2.3.2 鋼製遮水壁(鋼板)

2.3.2.2 照査項目と許容限界

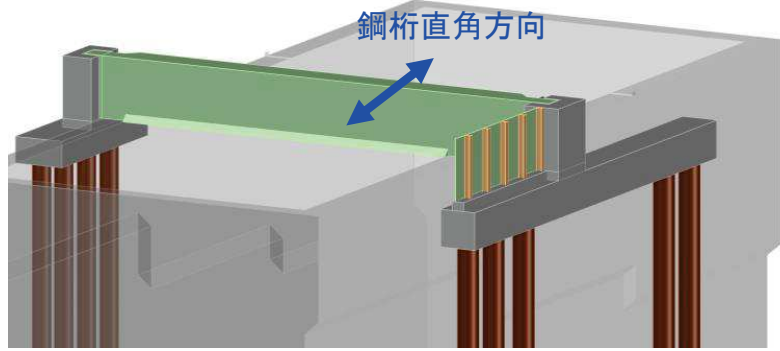
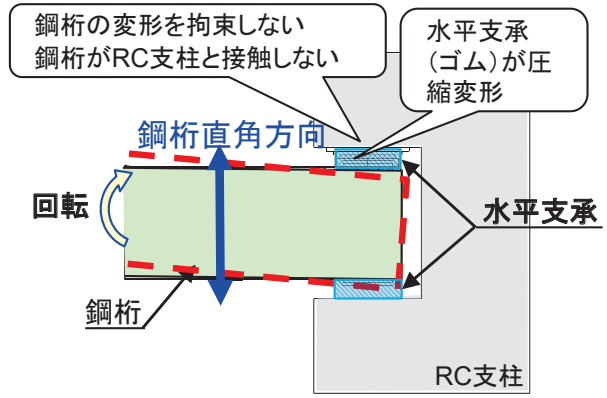
- 抽出した損傷モードを踏まえ、評価対象部位の照査項目と許容限界を以下に示す。
- 地震及び津波により津波防護機能を損なうおそれがないよう、各部位の許容限界は弾性範囲内とする。

評価対象部位	役割	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
鋼板	止水機能の保持	曲げ せん断	曲げ : 短期許容応力度以下 せん断 : 短期許容応力度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
鋼製支柱	鋼板の支持	曲げ せん断	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
固定ボルト	鋼板の支持	曲げ せん断	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
M 型ジョイント (or シートジョイント) Ω 型ジョイント	止水機能の保持 (構造目地部)	変形 水圧	メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験を参考に定めた 許容変形量・水圧以下	鋼構造設計規準
		曲げ せん断 (支持金物)	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	
フーチング(RC)※	鋼製支柱の支持	曲げ せん断	曲げ : 降伏耐力以下 せん断 : せん断耐力以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
鋼管杭	フーチングの支持	曲げ	曲げ : 降伏強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
基礎地盤	構造物の支持	支持力	極限支持力以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)

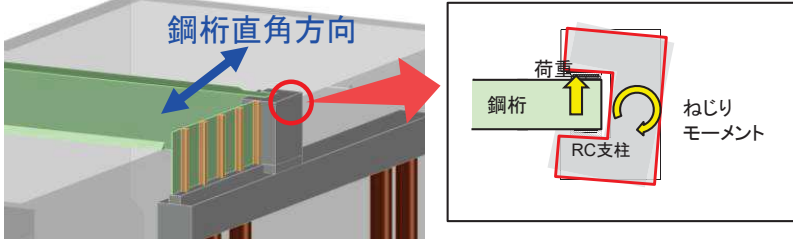
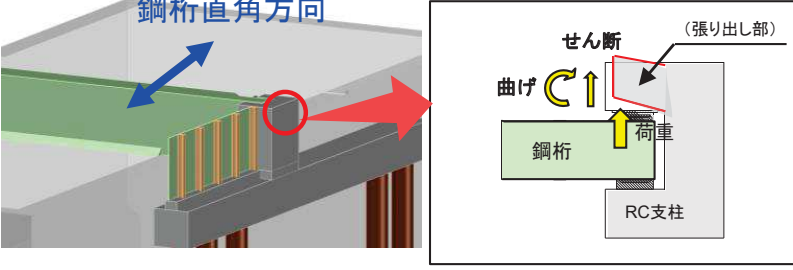
※ボイリングに対する照査については、浸透流解析を行い、時間評価に基づきフーチング深さ(根入れ長)が十分であることを確認する。

2.3.3.1 損傷モード(1/6)

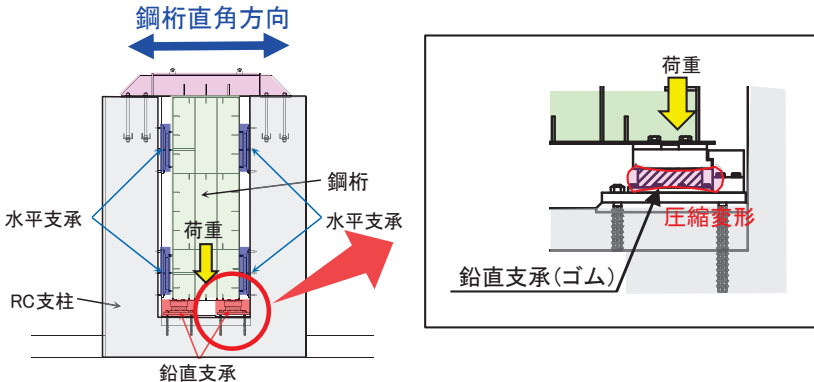
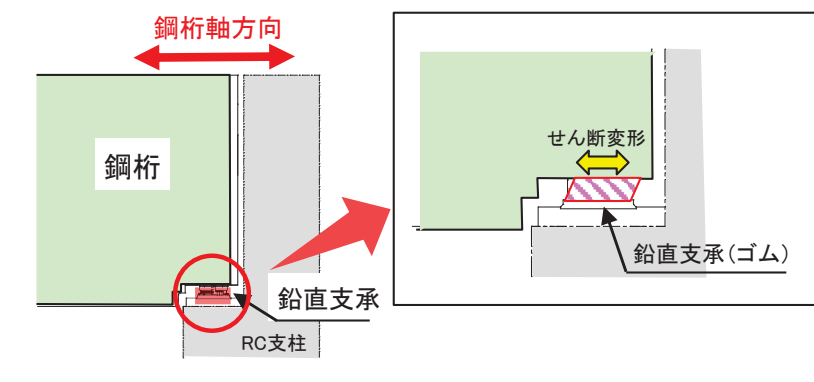
- 鋼製遮水壁(鋼桁)における, 各部位が損傷し要求機能を喪失しうる事象(損傷モード)を抽出し, これに対する設計・施工上の配慮を整理した。

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
鋼桁	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁直角方向の地震荷重又は津波荷重により, 鋼桁が曲げ破壊又はせん断破壊し, 止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁に生じる断面力による応力度等が, 許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁を支持するRC支柱間の鋼桁直角方向の相対変位等により, 鋼桁にねじれが発生して損傷し, 止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> ねじれを考慮した照査手法を用いて抽出した, 鋼桁に作用する断面力による応力度等が, 許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁を支持するRC支柱間の鋼桁直角方向の相対変位により, 鋼桁が回転してRC支柱に接触し, 局所的な荷重が生じて損傷することで, 止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁とRC支柱間に取りつけた水平支承(ゴム)により, RC支柱と接触しない構造とする。 (なお, 水平支承(ゴム)について, 鋼桁より伝達する荷重に対して, 許容圧縮量以下であることを確認する)^{※1} 	— (○) ^{※1}
	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直方向の地震荷重又は津波荷重(揚圧力)により, 鋼桁が浮き上がり, 止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱上部に上揚力反力梁を設置し, 鋼桁の浮き上がりを防止する。 (なお, 上揚力反力梁について, 鋼桁より伝達する荷重に対して, 各部位に生じる断面力による応力度等が許容限界以下であることを確認する)^{※2} 	— (○) ^{※2}
<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁が鋼桁軸方向に変位し, RC支柱と衝突することにより, 局所的な荷重が生じて破壊し, 止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 変位量を考慮した初期遊間を設けることにより, 鋼桁とRC支柱が衝突(接触)しない設計とする。 	○	

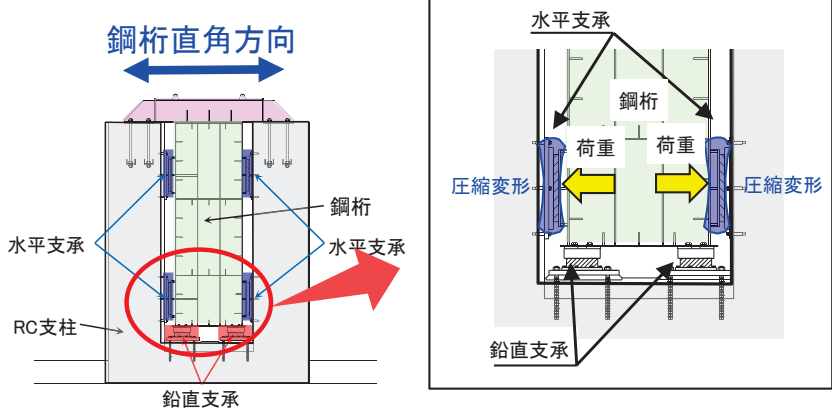
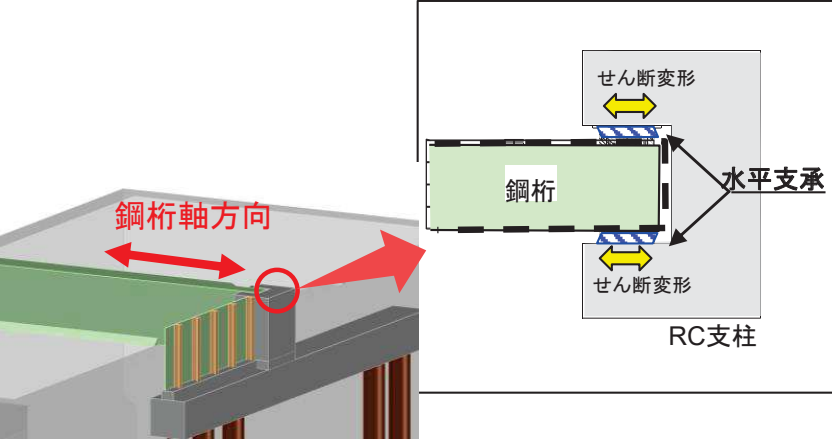
2.3.3.1 損傷モード(2/6)

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
RC 支柱	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁から伝達する鋼桁直角方向又は鋼桁軸方向への荷重及び支柱自体に作用する荷重により、RC支柱が曲げ破壊又はせん断破壊し、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱間の鋼桁直角方向の相対変位や鋼桁から伝達する荷重により、RC支柱に生じるねじれにより支柱が損傷し、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱に生じるねじりモーメントによる応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁から伝達する鋼桁直角方向の荷重により、RC支柱(張り出し部)が曲げ破壊又はせん断破壊し、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁が鋼桁軸方向に変位し、RC支柱と衝突することにより、局所的な荷重が生じて破壊し、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 変位量を考慮した初期遊間を設けることにより、鋼桁とRC支柱が衝突(接触)しない設計とする。 	○

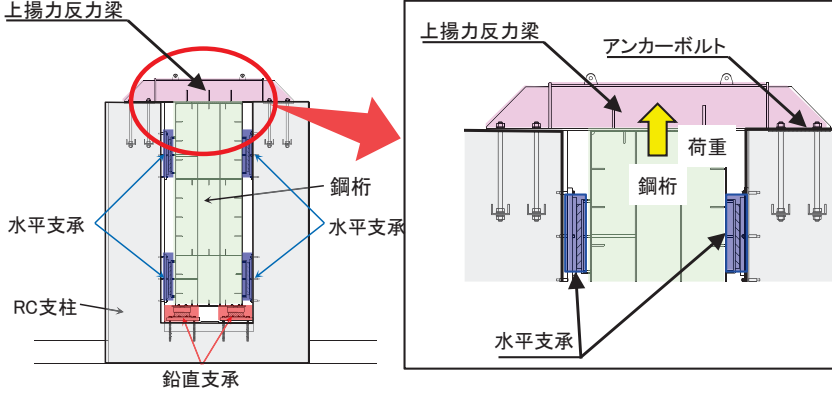
2.3.3.1 損傷モード(3/6)

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
鉛直支承	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁から伝達する鉛直下向き荷重により、鉛直支承(ゴム)が圧縮破壊し、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直支承(ゴム)に生じる圧縮変形による圧縮量が、許容限界以下であることを確認する。 	○
鉛直支承	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁から伝達する鋼桁軸方向(面内方向)の荷重により、鉛直支承(ゴム)がせん断破壊し、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直支承(ゴム)に生じるせん断変形によるせん断ひずみが、許容限界以下であることを確認する。 	○

2.3.3.1 損傷モード(4/6)

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁から伝達する鋼桁直角方向への荷重により、水平支承(ゴム)が圧縮破壊し、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平支承(ゴム)に生じる圧縮変形による圧縮量が、許容限界以下であることを確認する。 	○
水平支承	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁から伝達する鋼桁軸方向の荷重により、水平支承(ゴム)がせん断破壊し、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平支承(ゴム)に生じるせん断変形によるせん断ひずみが、許容限界以下であることを確認する。 	○

2.3.3.1 損傷モード(5/6)

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
上揚力反力梁	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁から伝達する鉛直上向き方向への荷重により、上揚力反力梁が曲げ・せん断破壊又はアンカーボルトの引き抜きにより、鋼桁の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 上揚力反力梁に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
M型ジョイント	<ul style="list-style-type: none"> 許容変形量を超える変形又は水圧が作用することにより、ジョイントが損傷し、止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> M型ジョイントに生じる変形量・水圧が、メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下であることを確認する。 また、ジョイントを支持する金具についても、ジョイントより伝達する曲げ・せん断系の荷重により支持機能を喪失しないことを確認する。 	○
角型鋼管	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱間の鋼桁直角方向又は鋼桁軸方向の相対変位による強制変形や、角型鋼管自体に作用する荷重により、角型鋼管が曲げ・せん断破壊し、止水性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 角型鋼管はRC支柱間の相対変位を拘束しない設計とする。(鋼製ブラケットの支持部(ボルト接合部)に長孔を設けることで、軸方向と回転方向に自由に動く設計とする) なお、角型鋼管と鋼製ブラケットを連結するボルトに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
鋼製ブラケット	<ul style="list-style-type: none"> 角型鋼管から伝達する荷重により、鋼製ブラケットが破壊することにより、角型鋼管の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製ブラケットに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○

2.3.3.1 損傷モード(6/6)

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
フーチング	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱から伝達する荷重及びフーチング自体に作用する地震荷重又は津波荷重により、曲げ破壊又はせん断破壊してRC支柱の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> フーチングに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 同一フーチング内の杭から伝達する荷重差により、ねじれ破壊してRC支柱の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> ねじれによるフーチングに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> ボーリング等により、津波がフーチング下部から敷地内に浸水する。 	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波による津波水位及び津波滞水時間に基づく浸透流解析を行い、周辺地盤のゆすり込み沈下を考慮したとしてもフーチング下部の止水性を確保できることを確認する。 	○
鋼管杭 ・場所打ち杭	<ul style="list-style-type: none"> フーチングから伝達する荷重及び杭自体に作用する地震荷重により、曲げ破壊又はせん断破壊してフーチングの支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭に生じる断面力による応力度等、が許容限界以下であることを確認する。 また、鋼管杭先端に生じる押込み力が、基礎地盤の極限支持力以下であることを確認する。 	○

2.3 損傷モードの抽出 2.3.3 鋼製遮水壁(鋼桁)

2.3.3.2 照査項目と許容限界

- 抽出した損傷モードを踏まえ、評価対象部位の照査項目と許容限界を以下に示す。
- 地震及び津波により津波防護機能を損なうおそれがないよう、各部位の許容限界は弾性範囲内とする。

評価対象部位	役割	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
鋼 桁	止水機能の保持	曲げ せん断	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
R C 支柱	下記構造物の支持	曲げ せん断	曲げ : 降伏耐力以下 せん断 : せん断耐力以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
一鉛直支承	鋼桁の支持 (鉛直下向き・鋼桁軸方向)	圧縮 せん断	圧縮 : 許容圧縮応力度以下 せん断 : 許容せん断ひずみ以下	道路橋支承便覧
一水平支承	鋼桁の支持 (鋼桁直角方向)	圧縮 せん断	圧縮 : 許容圧縮応力度以下 せん断 : 許容せん断ひずみ以下	道路橋支承便覧
一上揚力反力梁	鋼桁の支持 (鉛直上向き方向)	曲げ せん断	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
M 型 ジョイント	止水機能の保持	変形 水圧	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定めた 許容変形量・水圧以下	鋼構造設計規準
		曲げ せん断 (支持金物)	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	
角型鋼管 (地中構造物横断部)	止水機能の保持	曲げ せん断	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
鋼製ブラケット (地中構造物横断部)	角型鋼管の支持	曲げ せん断	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
フーチング(RC) ※	RC支柱・鋼製ブラケットの 支持	曲げ せん断	曲げ : 降伏耐力以下 せん断 : せん断耐力以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
鋼管杭・場所打ち杭	フーチングの支持	曲げ せん断 (場所打ち杭)	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
基礎地盤	構造物の支持	支持力	極限支持力以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)

※ボイリングに対する照査については、浸透流解析を行い、時間評価に基づきフーチング深さ(根入れ長)が十分であることを確認する。

2.3.4.1 損傷モード

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
鋼製扉	<ul style="list-style-type: none"> 壁直角方向の地震荷重・津波荷重により、鋼製扉が曲げ破壊又はせん断破壊することで止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製扉に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
扉取付部 (ヒンジ)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製扉から伝達する地震荷重・津波荷重により扉取付部(ヒンジ)が曲げ破壊またはせん断破壊し、鋼製扉の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 扉取付部(ヒンジ)に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
R C 支柱	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製扉から伝達する鋼桁直角方向又は鋼桁軸方向への荷重及び支柱自体に作用する荷重により、支柱が曲げ破壊又はせん断破壊し、鋼製扉の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
止水ゴム (P型ゴム)	<ul style="list-style-type: none"> 津波時及び津波+余震重畳時の水圧が作用することにより、止水ゴムが損傷し、止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 止水ゴムに生じる水圧が、メーカー規格及び基準並びに必要に応じて実施する性能試験を参考に定めた許容水圧以下であることを確認する。 	○
フーチング	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱又は鋼製扉から伝達する荷重及びフーチング自体に作用する地震荷重又は津波荷重により、曲げ破壊又はせん断破壊してRC支柱の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> フーチングに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 同一フーチング内の杭から伝達する荷重差により、ねじれ破壊してRC支柱の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> ねじれによる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> ボイリング等により、津波がフーチング下部から敷地内に浸水する。 	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波による津波水位及び津波滞水時間に基づく浸透流解析を行い、周辺地盤のゆすり込み沈下を考慮したとしてもフーチング下部の止水性を確保できることを確認する。 	○
鋼管杭	<ul style="list-style-type: none"> フーチングから伝達する荷重及び杭自体に作用する地震荷重により、曲げ破壊又はせん断破壊してフーチングの支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 また、鋼管杭先端に生じる押込み力が、基礎地盤の極限支持力以下であることを確認する。 	○

2.3.4.2 照査項目と許容限界

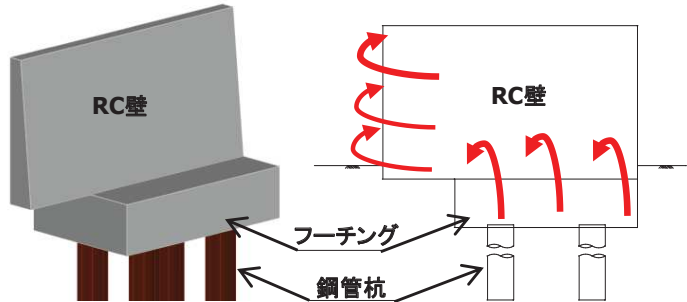
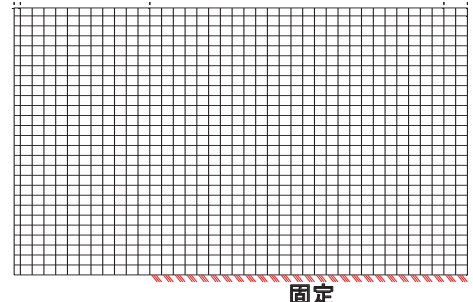
- 抽出した損傷モードを踏まえ、評価対象部位の照査項目と許容限界を以下に示す。
- 地震及び津波により津波防護機能を損なうおそれがないよう、各部位の許容限界は弾性範囲内とする。

評価対象部位	役割	照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
鋼製扉	止水機能の保持	曲げ せん断	曲げ：短期許容応力度以下 せん断：短期許容応力度以下	ダム・堰施設技術基準(案) (基準解説編・マニュアル編)
扉取付部(ヒンジ)	鋼製扉の支持	曲げ せん断 引張	曲げ：短期許容応力度以下 せん断：短期許容応力度以下 引張：短期許容応力度以下	ダム・堰施設技術基準(案) (基準解説編・マニュアル編)
RC支柱(戸当たり)	鋼製扉の支持	曲げ せん断	曲げ：降伏強度以下 せん断：せん断強度以下	道路橋示方書・同解説 (Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編・Ⅳ下部構造編)
止水ゴム(P型ゴム)	止水機能の保持	変形 水圧	メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定めた許容水圧以下	
フーチング(RC)(戸当たり)※	RC支柱の支持・鋼製扉の支持	曲げ せん断	曲げ：降伏耐力以下 せん断：せん断耐力以下	道路橋示方書・同解説 (Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編・Ⅳ下部構造編)
鋼管杭	フーチングの支持	曲げ	曲げ：降伏強度以下	道路橋示方書・同解説 (Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編・Ⅳ下部構造編)
基礎地盤	構造物の支持	支持力	極限支持力以下	道路橋示方書・同解説 (Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編・Ⅳ下部構造編)

※ボイリングに対する照査については、浸透流解析を行い、時間評価に基づきフーチング深さ(根入れ長)が十分であることを確認する。

2.3.5.1 損傷モード(1/2)

- RC遮水壁における、各部位が損傷し要求機能を喪失しうる事象(損傷モード)を抽出し、これに対する設計・施工上の配慮を整理した。

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
R C 壁	<ul style="list-style-type: none"> RC壁直角方向の地震荷重・津波荷重により、RC壁が曲げ破壊又はせん断破壊し、止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> RC壁に生じる断面力による応力度等が許容限界以下であることを確認する。 なお、壁の照査については、壁体とフーチングの重心がずれていることから、ねじれの影響も考慮できるシェル要素でモデル化し応答値を算出する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤との相対変位により、防潮堤(背面補強工張り出し部)と接触して損傷し、止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 変位が発生しても防潮堤(背面補強工張り出し部)と接触しない設計とする。 	—

2.3.5.1 損傷モード(2/2)

部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査
フーチング	<ul style="list-style-type: none"> RC壁から伝達する荷重及びフーチング自体に作用する地震荷重又は津波荷重により、曲げ破壊又はせん断破壊してRC支柱の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> フーチングに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	○
	<ul style="list-style-type: none"> 同一フーチング内の杭から伝達する荷重差により、ねじれ破壊してRC支柱の支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> ねじれによるフーチングに生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 	—
	<ul style="list-style-type: none"> ボーリング等により、津波がフーチング下部又はフーチング欠損部から敷地内に浸水する。 	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波による津波水位及び津波滞水時間に基づく浸透流解析を行い、周辺地盤のゆすり込み沈下を考慮したとしてもフーチング下部の止水性を確保できることを確認する。 	○
スライドジョイント	<ul style="list-style-type: none"> 許容変形量を超える変形又は水圧が作用することにより、ジョイントが損傷し、止水機能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> スライドジョイントに生じる変形・水圧が、メーカー規格及び基準並びに必要な応じて実施する性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下であることを確認する。 また、ジョイントを支持する金具についても、ジョイントより伝達する曲げ・せん断系の荷重により支持機能を喪失しないことを確認する。 	○
鋼管杭	<ul style="list-style-type: none"> フーチングから伝達する荷重及び杭自体に作用する地震荷重により、曲げ破壊又はせん断破壊してフーチングの支持性能を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭に生じる断面力による応力度等が、許容限界以下であることを確認する。 また、鋼管杭先端に生じる押込み力が、基礎地盤の極限支持力以下であることを確認する。 	○

2.3.5.2 照査項目と許容限界

- 抽出した損傷モードを踏まえ、評価対象部位の照査項目と許容限界を以下に示す。
- 地震及び津波により津波防護機能を損なうおそれがないよう、各部位の許容限界は弾性範囲内とする。

評価対象部位		照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
R C 壁	止水機能の保持	曲げ せん断	曲げ : 降伏耐力以下 せん断 : せん断耐力以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
フーチング(RC)※	RC壁の支持	曲げ せん断	曲げ : 降伏耐力以下 せん断 : せん断耐力以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
スライドジョイント	止水機能の保持	変形 水圧	メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下	
		曲げ せん断 (支持金物)	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	鋼構造設計規準
鋼管杭	フーチングの支持	曲げ	曲げ : 降伏強度以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)
基礎地盤	建造物の支持	支持力	極限支持力以下	道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編・IV 下部構造編)

※ボイリングに対する照査については、浸透流解析を行い、時間評価に基づきフーチング深さ(根入れ長)が十分であることを確認する。

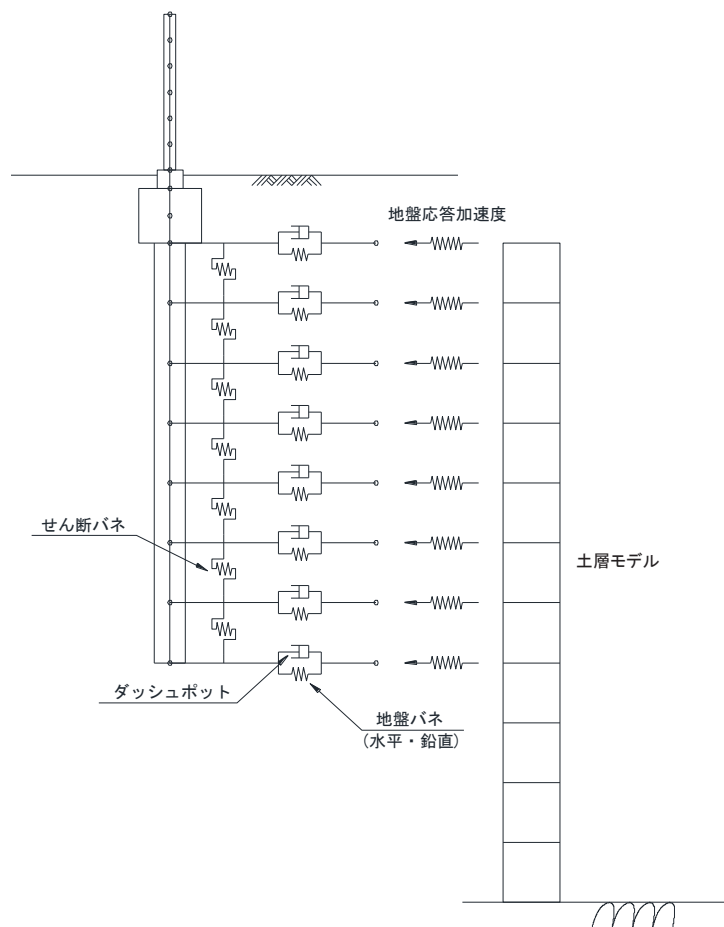
2.防潮壁の設計方針

- 2. 1 防潮壁の概要
- 2. 2 基本設計方針
- 2. 3 損傷モードの抽出
- 2. 4 部位毎の設計方針

2.4.1 詳細設計における解析手法の基本方針

＜地震応答解析＞

- 地震応答解析モデルの概要を以下に示す。なお、解析モデルに関する考察と妥当性確認結果を補足説明資料5に示す。
- 各構造形式毎の上部工のモデル化方針は次頁以降に示す。



解析モデルのイメージ

解析手法

上部工の形状や構成部材を考慮し、左記に示す上部工—下部工(杭)—地盤の連成モデルにて地震応答解析を行う。

入力地震動

当該地盤の地質構造や弾性波速度構造等を考慮した地盤モデルを用い、地震応答解析により入力地震動を作成する。

モデル化

構造物

上部工(遮水壁・支柱・フーチング)・下部工(杭)

…質点とはり要素でモデル化する。なお、応答値が部材の弾性範囲内に収めるように設計を行っているため、線形要素とする。

鉛直支承(ゴム)・水平支承(ゴム) (鋼桁部のみ)

…バネとしてモデル化する。

地盤

・地盤をモデル化し、地盤ばねとダッシュポットで躯体と連成させる

・なお、杭周地盤ばねは、キャスク規程に基づき、Francis・Randolfのばねにて地盤ばねを設定する。

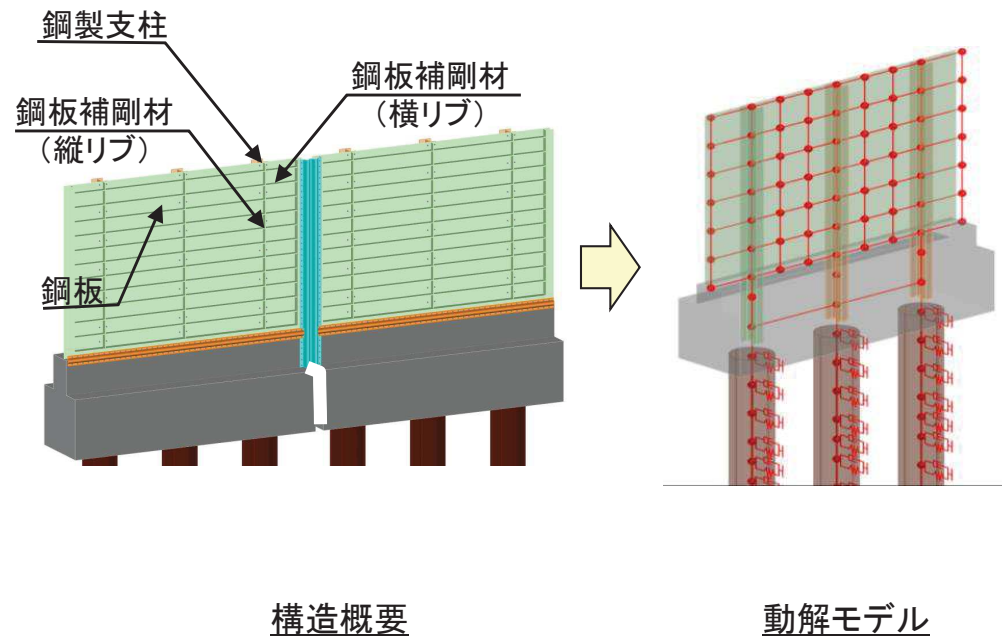
2.4.2.1 基本方針

- 鋼製遮水壁(鋼板)の上部工のモデル化に関する基本方針及び設計手順を以下に示す。

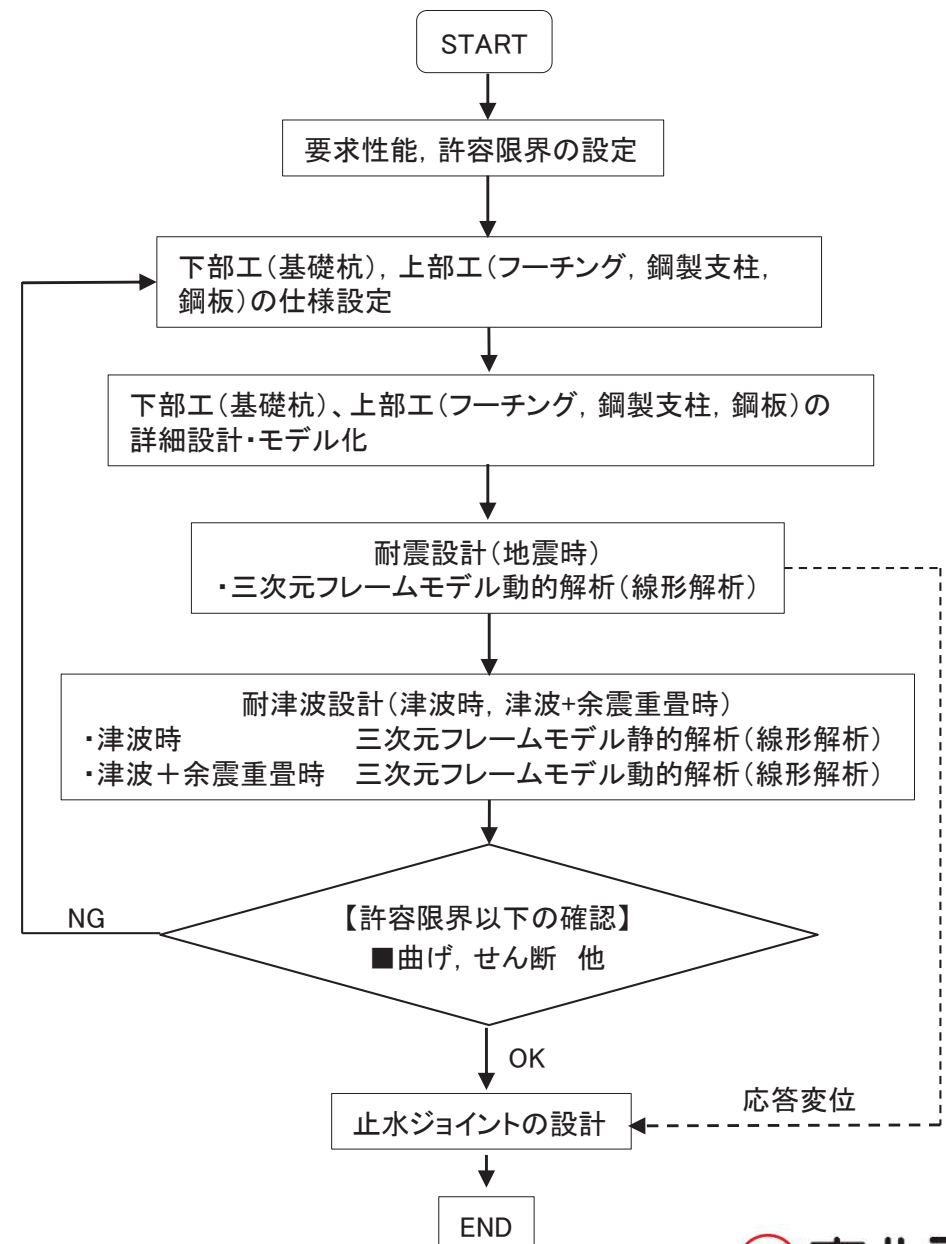
上部工モデル化基本方針

- 鋼製遮水壁(鋼板)は、強度かつ遮水性のある鋼板を、基礎フーチング上に設置したH形鋼にボルト接合され、鋼板と基礎フーチング間についても、構造的に分離させた構造としている。
- よって、上部工の地震時の挙動としては、剛性と質量が異なる鋼板と鋼製支柱が、地震動により一体的に応答するモードとなることから、下記に示す様な質点系モデルにより地震応答解析を行うことで、その動的挙動を適切に評価することが可能である。

(鋼製支柱をフーチングから立ち上がる梁として、また、鋼板は縦リブと横リブに沿って格子状に梁でモデル化し、それぞれの剛性を与え、縦リブと横リブの節点に重量を付与する)

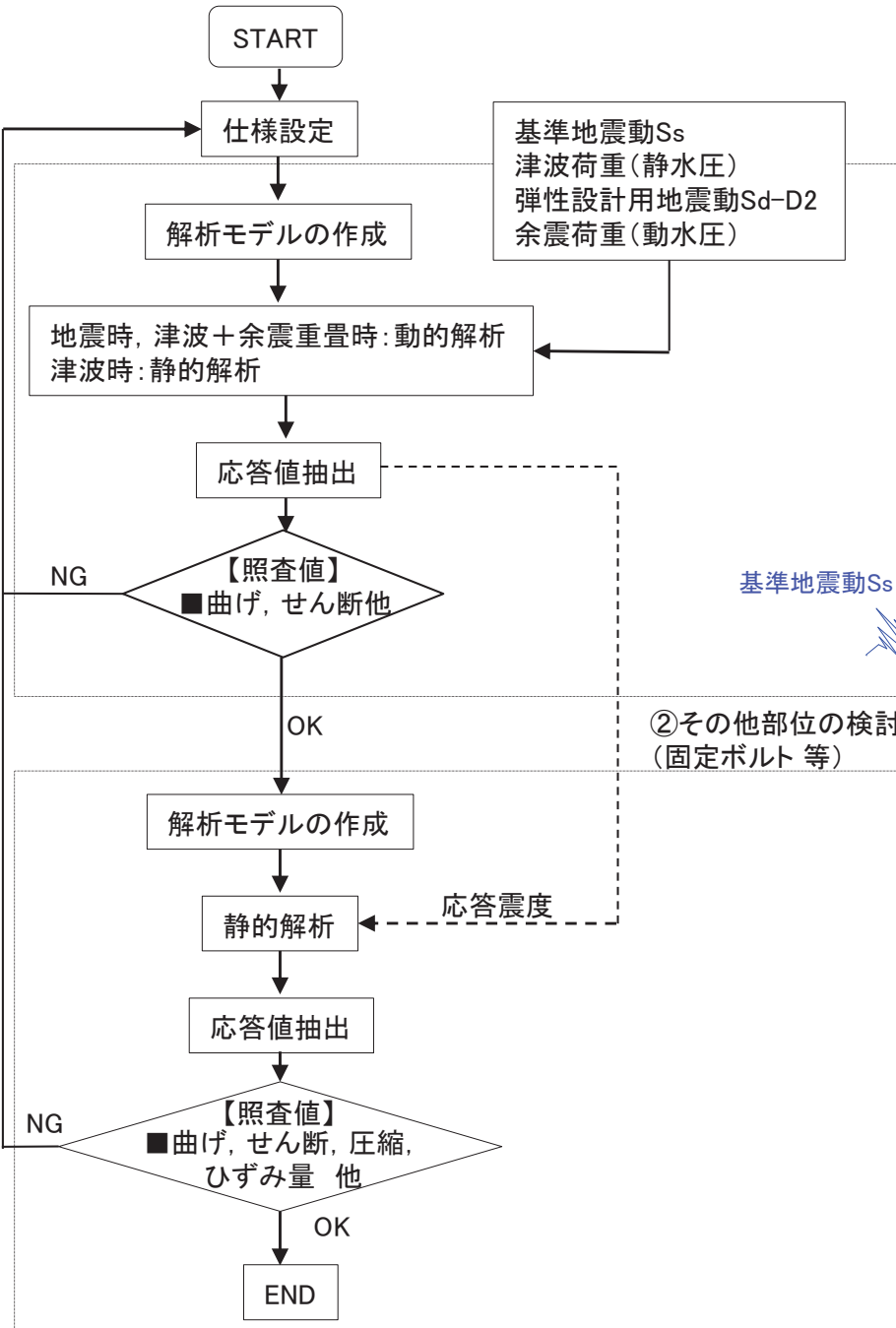


設計手順

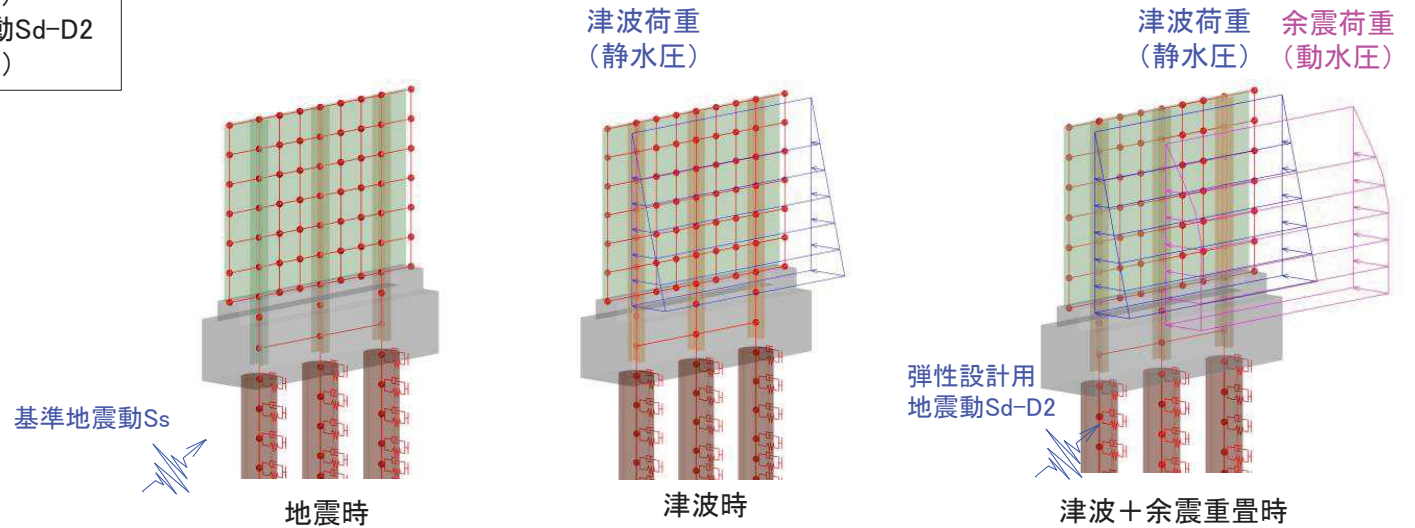


2.4.2.2 解析フロー

・鋼製遮水壁(鋼板)の解析フローを以下に示す。



①上部工(フーチング, 鋼製支柱, 鋼板)・下部工(基礎杭)の検討



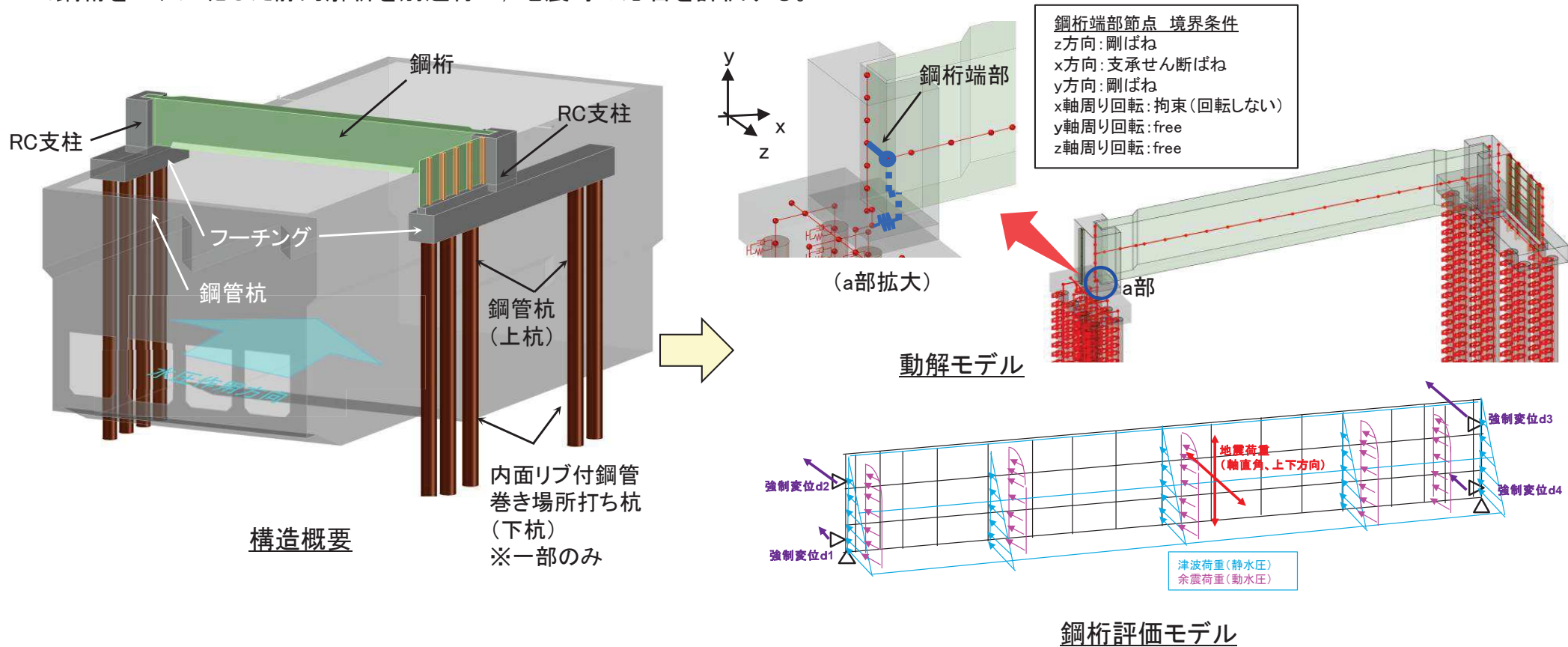
②その他部位の検討
(固定ボルト等)

2.4.3.1 基本方針

- 鋼製遮水壁(鋼桁)の上部工のモデル化に関する基本方針を示す。

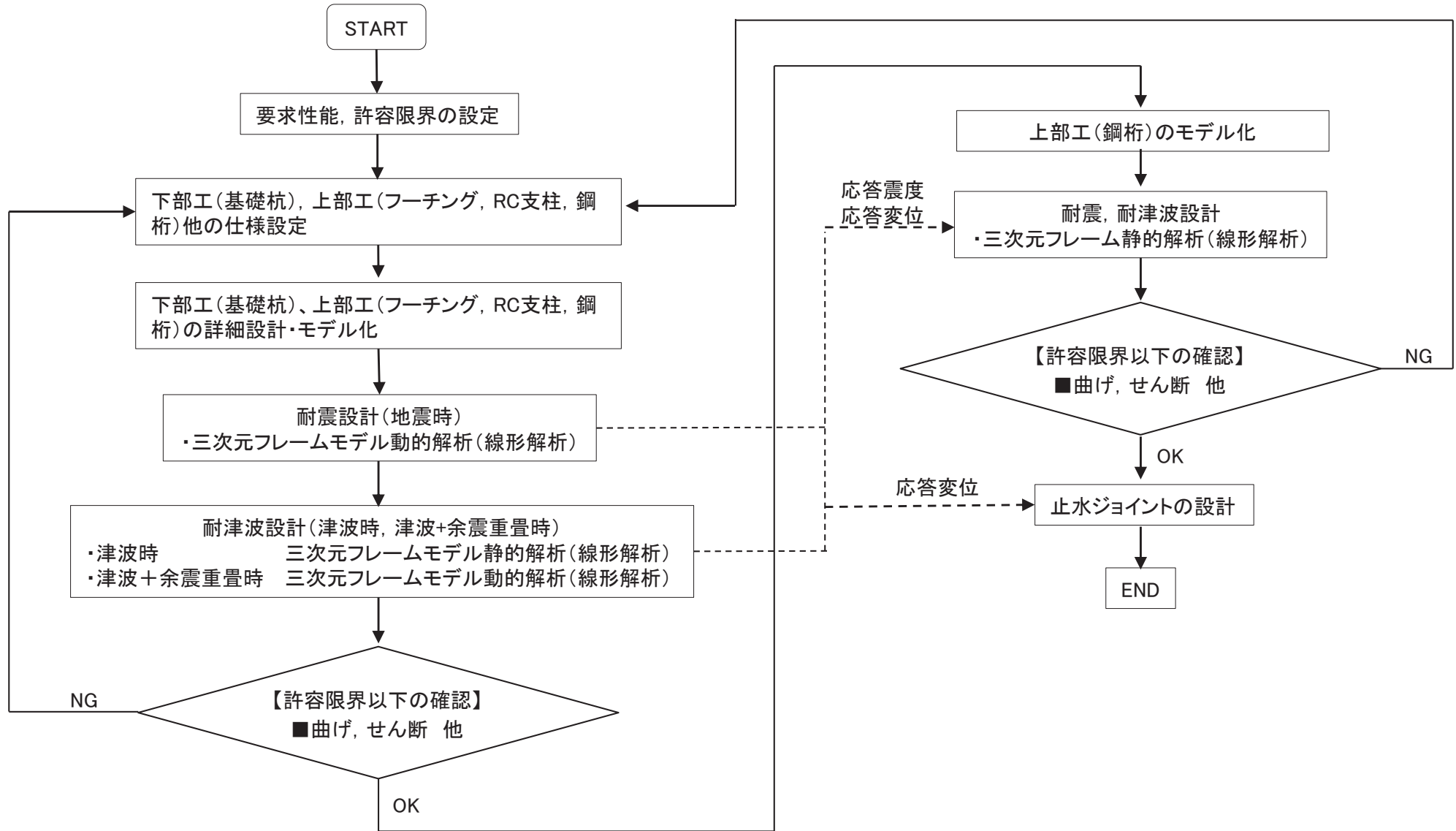
上部工モデル化基本方針

- 鋼製遮水壁(鋼桁)は、強度かつ遮水性のある鋼桁を、基礎フーチング上に設置したRC支柱に鉛直支承(ゴム)・水平支承(ゴム)を介して設置した構造となっている。
- よって、上部工の地震時の挙動として、RC支柱と鋼桁は、別々の挙動を示すモードとなることから、質点系モデルにより各部位をモデル化し、各支承(鉛直・水平)をばねでモデル化し、繋ぎ合わせた解析モデルで地震応答解析を行うことで、その動的挙動を適切に評価することが可能である。
- ただし、鋼桁については、鋼桁自体が剛な構造であること、支承部で鋼桁の回転と変位を拘束しないことから、下記に示す1本梁のモデル化により、その挙動を評価することは可能と考えられるが、支承部からの相対変位に応じた強制変位による影響を評価するため、格子状の梁で鋼桁をモデル化した静的解析を別途行い、地震時の応答を評価する。



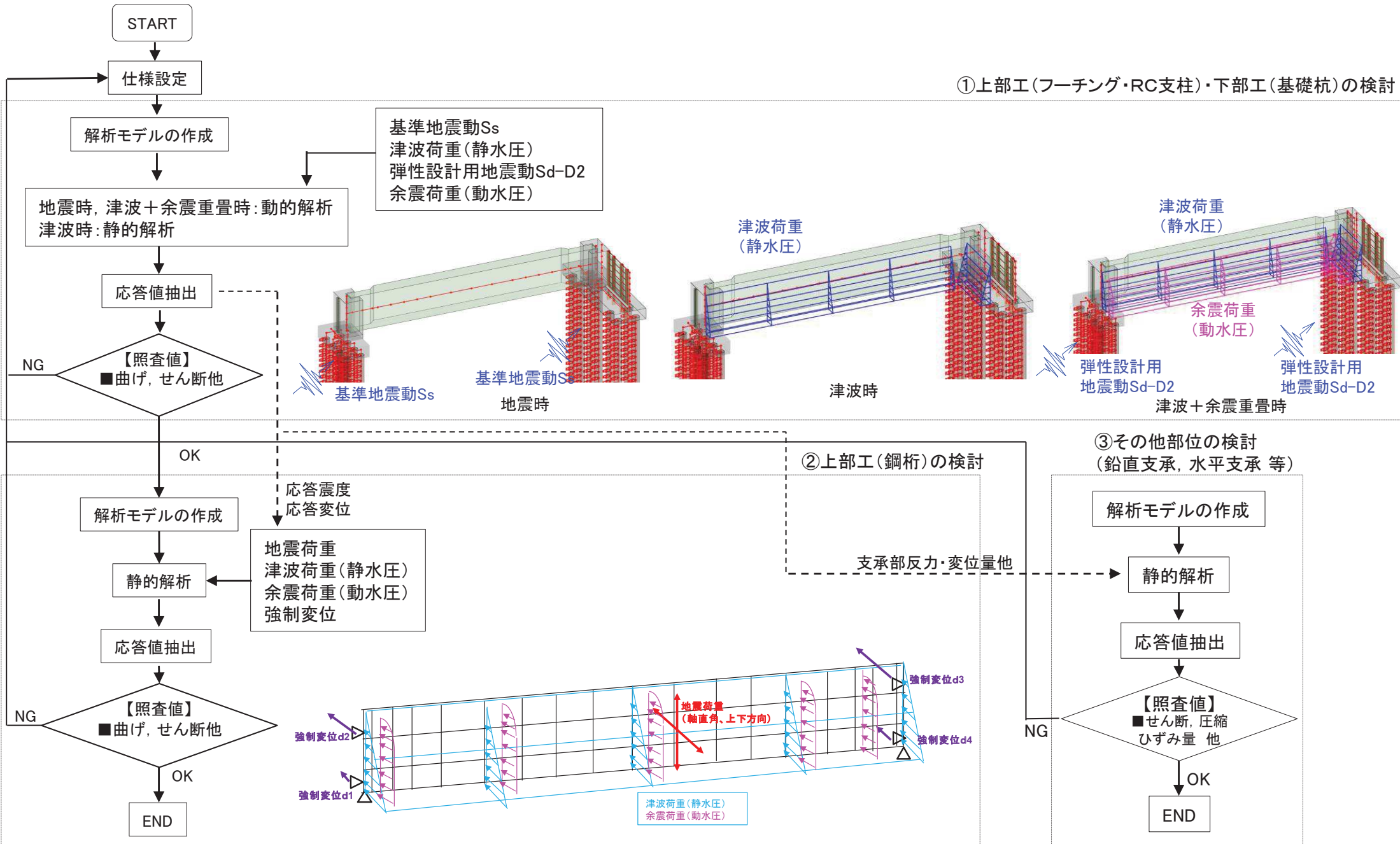
2.4.3.2 設計手順

- 鋼製遮水壁(鋼桁)の設計手順を以下に示す。



2.4.3.3 解析フロー

・鋼製遮水壁(鋼桁)の解析フローを以下に示す。

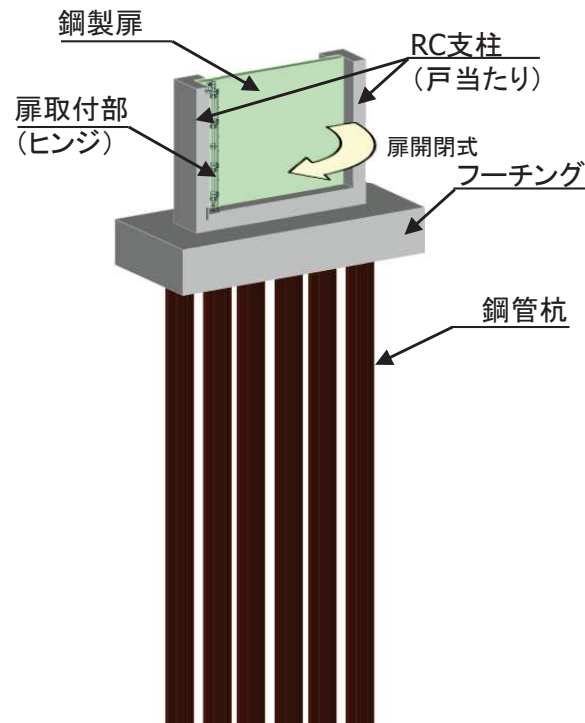


2.4.4.1 基本方針

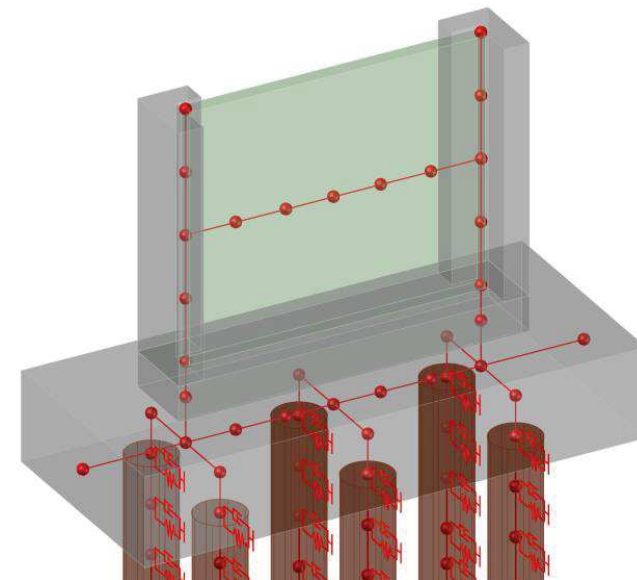
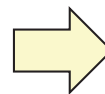
- 鋼製扉(車両進入路部)の設計方針を以下に示す。

上部工モデル化基本方針

- 鋼製扉は、基礎フーチング上にRC支柱を構築した上で、強度かつ遮水性のある鋼製扉とRC支柱をヒンジ(鋼製扉取付部)により接合し、片開きにて開閉を可能とする構造形式とする。
- なお、津波時の止水性を確保するために、ヒンジを取り付けないRC支柱と扉体も固定する構造とする必要があることから、構造的には両側のRC支柱と鋼製扉は一体構造となる。
- よって、上部工の地震時の挙動としては、地震動により一体的に応答するモードとなることから、RC支柱と鋼製扉をはりでモデル化し、接合させた質点系モデルを用いて地震応答解析を行うことで、その動的挙動を適切に評価することが可能である。



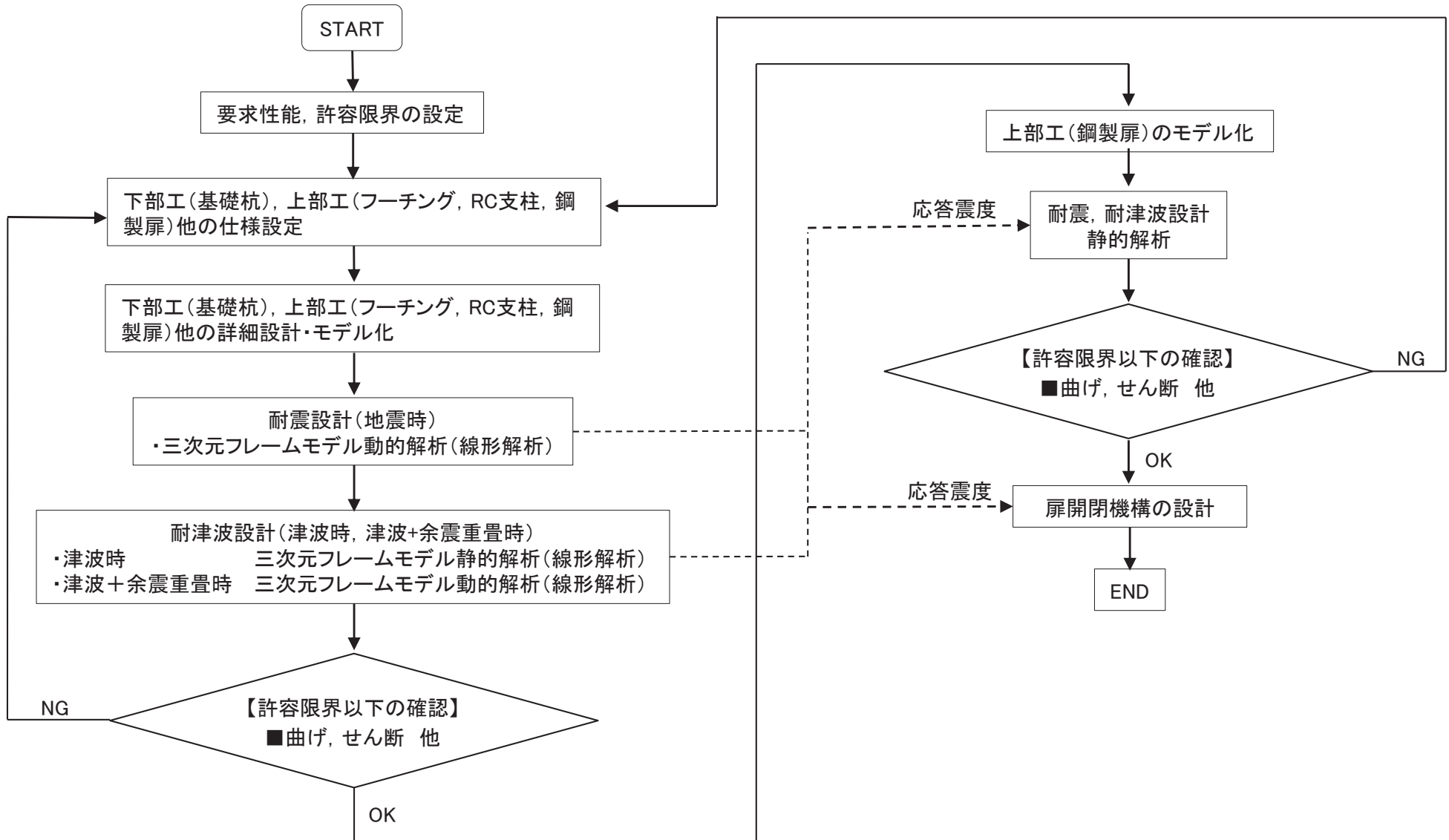
構造概要



動解モデル

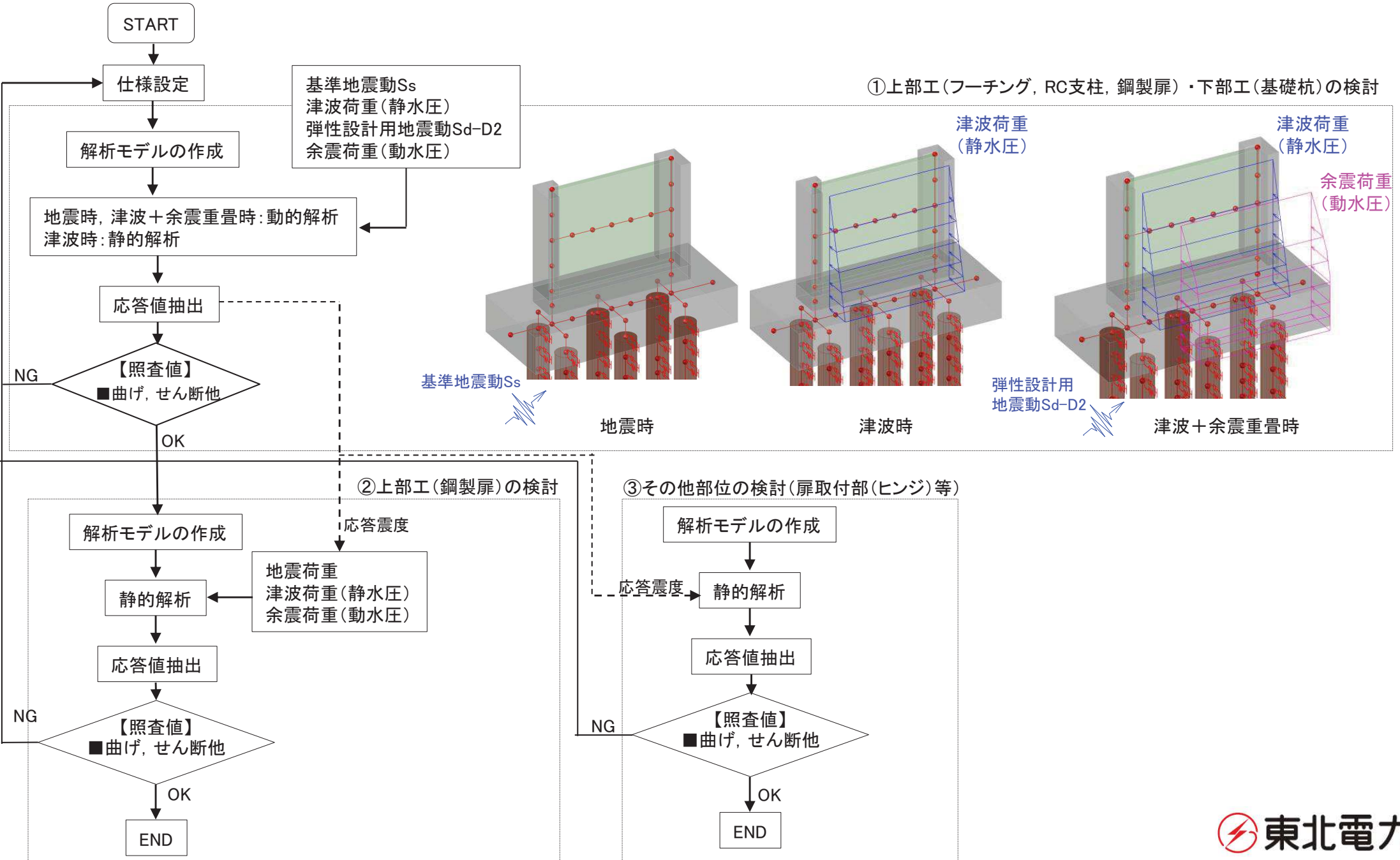
2.4.4.2 設計手順

- 鋼製扉(車両進入路部)の設計手順を以下に示す。



2.4.4.3 解析フロー

- 鋼製扉(車両進入路部)の解析フローを以下に示す。

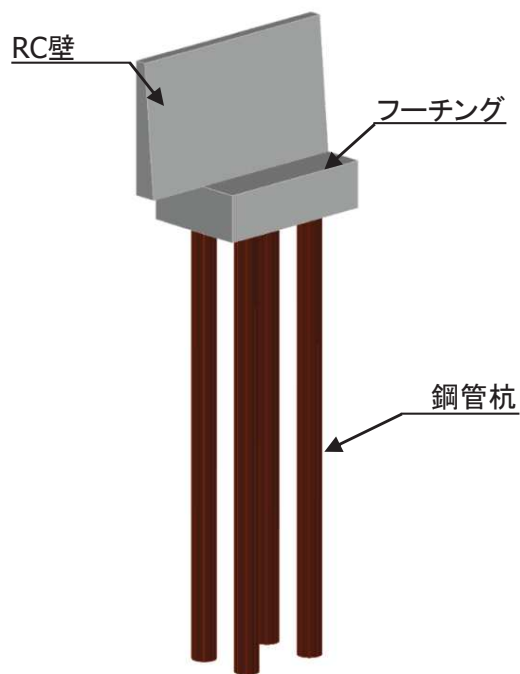


2.4.5.1 基本方針

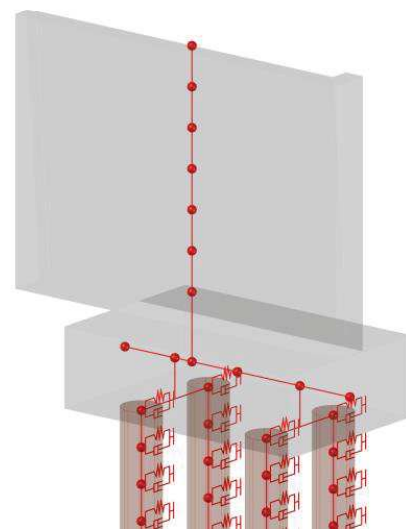
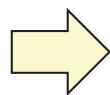
- RC遮水壁の上部工のモデル化に関する基本方針を以下に示す。

上部工モデル化基本方針

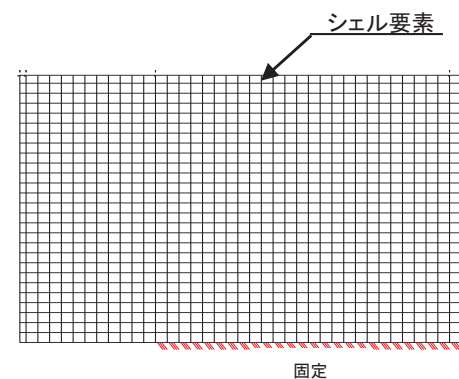
- RC遮水壁は、基礎フーチングとRC壁を一体化させた構造となっている。
- よって、上部工の地震時の挙動としては、地震動により一体的に応答するモードとなることから、質点系モデルにより地震応答解析を行うことで、その動的挙動を適切に評価することが可能である。
- ただし、面的な荷重分布や壁体とフーチング接合形状等によるねじれ影響を評価するため、シェル要素でRC壁をモデル化した静的解析を別途行い、地震時の応答を評価する。



構造概要



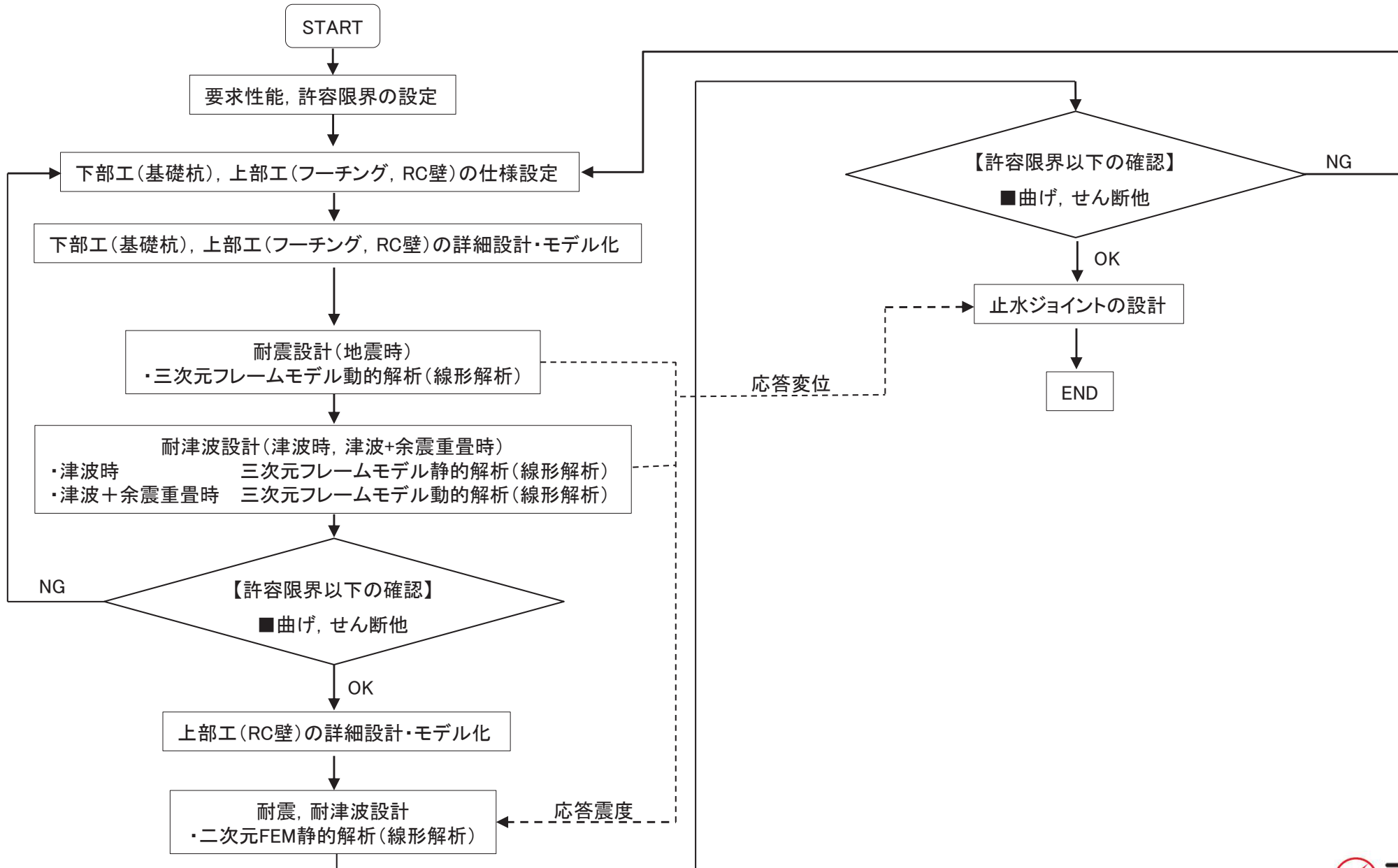
動解モデル



RC壁評価モデル

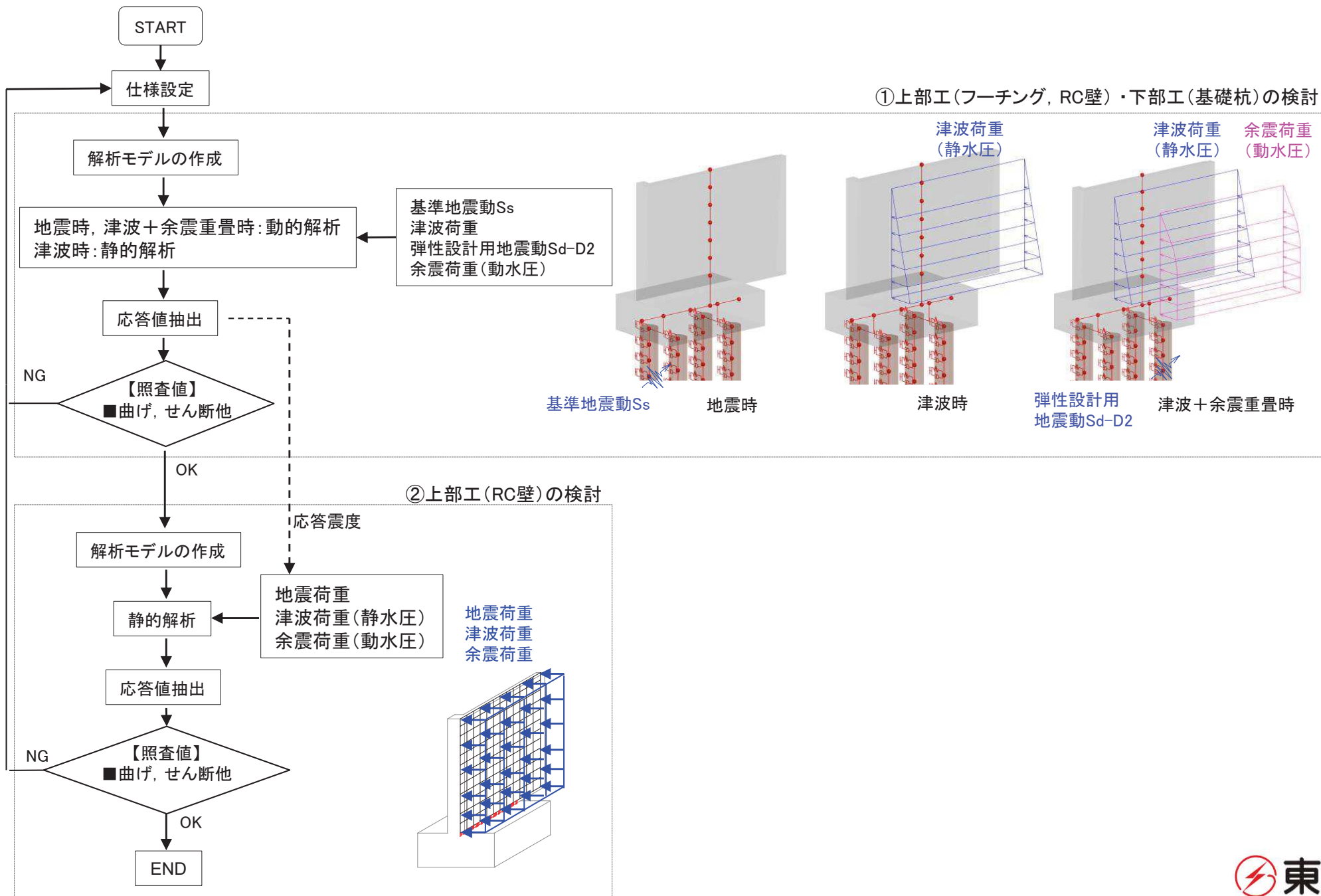
2.4.5.2 設計手順

・RC遮水壁の設計手順を以下に示す。



2.4.5.3 解析フロー

・RC遮水壁の解析フローを以下に示す。



補足説明資料1 第599回審査会合(H30. 7. 10)を踏まえた
構造形式の変更について

- 7/10審査会合(杭基礎構造防潮壁の設計方針)におけるコメントについて以下に示す。

: 構造形式見直し等の方針変更により対応(補足説明資料1)

No.	コメント内容	対応箇所
①	シリコーン系防水シート及び止水ゴムについて、経年劣化の観点も含めて耐久性及び耐環境性を整理した上で、長期間使用できることを提示すること。	P.57, P.97
②	構造特異性の評価について、先行プラント及び一般産業施設の施工実績と比較し、評価内容の根拠を提示すること。また、評価対象部位に対する構造特異性を網羅的に抽出した上で特異性の有無を提示すること。	P.64, P.111~P.118
③	鋼製遮水壁のうち車両進入路部について、構造の特徴を踏まえ、想定する損傷モードを整理し、提示すること。また、構造特異性がない部位についても想定される損傷モードを整理し、提示すること。	P.67~P.68, P.70~P.75, P.77, P.79~P.80, P.99
④	PCパネル遮水壁の構造形式の特異性を踏まえ、設計の考え方を具体的に提示すること。	P.97
⑤	止水措置と支承を兼ねたゴムを採用することについて、適用する規格基準及びその適用性を提示すること。	P.98~P.99
⑥	止水措置と支承を兼ねたゴムとPCパネル遮水壁を複合した構造について、適用実績がないことを踏まえ、振動試験実施の要否及び解析の精緻化を検討すること。	P.98
⑦	鋼製遮水壁のうち地中構造物横断部の下部の角型鋼管について、損傷モードを提示すること。また、角型鋼管の下部が盛土層であることを踏まえて、当該箇所が津波による浸水経路となるか否かについて検討し、その内容を提示すること。	P.59~P.61, P.74
⑧	鋼製遮水壁のうち地中構造物横断部のRC支柱について、遮水壁と並行方向の相対変位が生じた際に、遮水壁が要求機能を満足するための変位吸収の考え方を提示すること。	P.33, P.58
⑨	鋼製遮水壁の桁梁部が面外変形をした際に生じる変形が支柱端部に与える影響について設計の考え方を提示すること。	P.58, P.71
⑩	遮水壁の下部工について、地盤変位により鋼管杭に生じる応力を考慮した検討を実施すること。	P.82~P.94, P.100, P.122~P.132

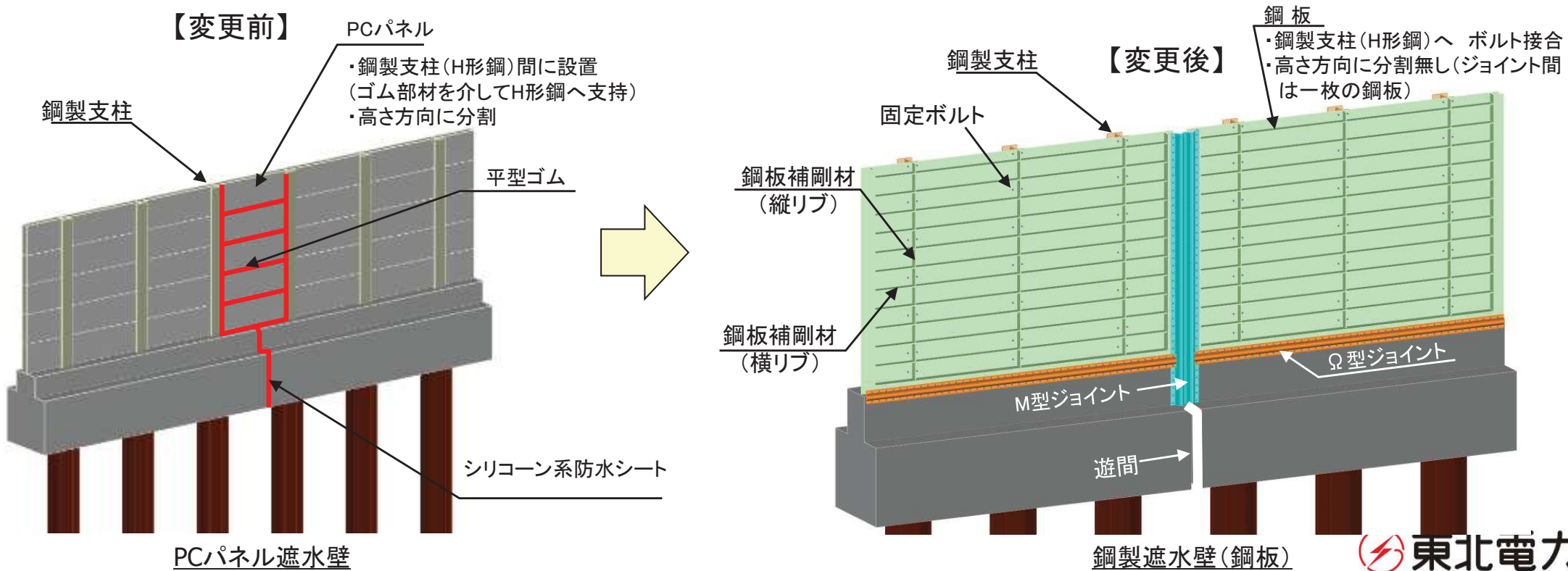
1. 上部工構造の変更(PCパネル遮水壁上部工の単純化)

No.	コメント内容
④	PCパネル遮水壁の構造形式の特異性を踏まえ、設計の考え方を具体的に提示すること。
①	シリコン系防水シート及び止水ゴムについて、経年劣化の観点も含めて耐久性及び耐環境性を整理した上で、長期間使用できることを提示すること。

方針変更

《構造の単純化》

- ・防潮壁の構造形式の中で大部分を占めるPCパネル遮水壁の上部工を、PCパネルから鋼板に変更する。
(PCパネル遮水壁から鋼製遮水壁(鋼板)へ変更)。
- ・上部工構造の変更にあわせ、ジョイント部の止水について、シリコン系防水シートから、より変位追従性や耐候性に優れるM型ジョイントへ変更する。また、その他の止水ゴムに関する耐久性については、本資料「2. 2. 4 止水ジョイントの耐久性と保守管理について」に示す。



2. 上部工構造の変更(PCパネル遮水壁における止水・支承機能の分離)

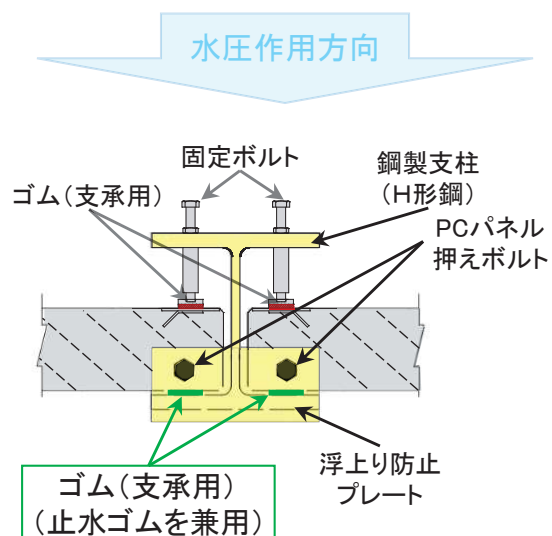
No.	コメント内容
⑤	止水措置と支承を兼ねたゴムを採用することについて、適用する規格基準及びその適用性を提示すること。
⑥	止水措置と支承を兼ねたゴムとPCパネル遮水壁を複合した構造について、適用実績がないことを踏まえ、振動試験実施の要否及び解析の精緻化を検討すること。

方針変更

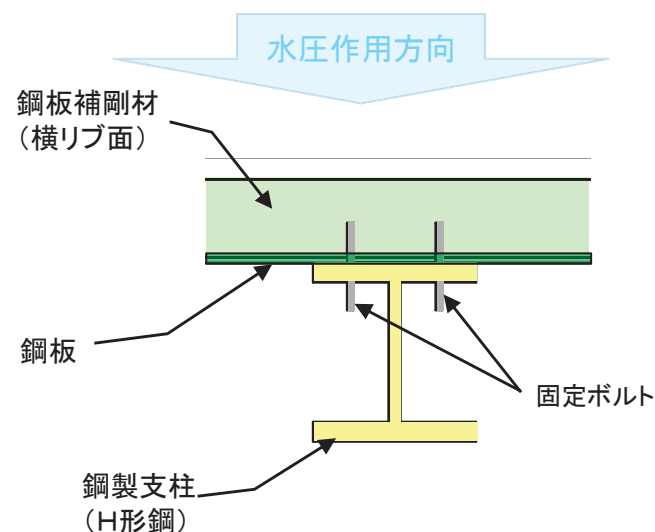
《止水機能と支承機能の分離》

- ・止水措置と支承を兼ねたゴムの採用を取り止め、鋼板と鋼製支柱(H形鋼)を固定ボルトで支持するとともに、鋼板間および鋼板-フーチング間には止水ジョイント(M型, Ω型)を設置して止水措置を行う(止水機能と支承機能の分離)。
- ・構造の単純化に伴い、鋼板の挙動は解析により評価が可能となることから、解析結果に基づき各部位の設計を行う。

【変更前】



【変更後】



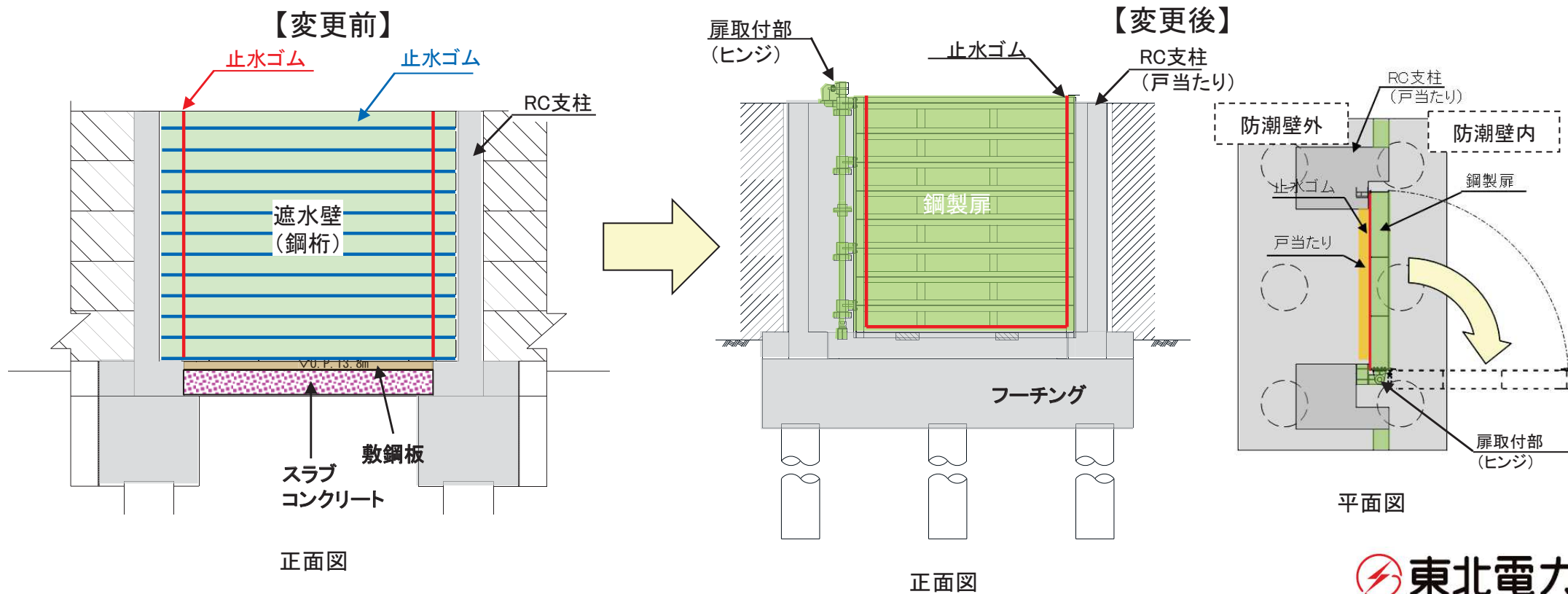
3. 車両進入路部の構造形式の変更

No.	コメント内容
③	鋼製遮水壁のうち車両進入路部について、構造の特徴を踏まえ、想定する損傷モードを整理し、提示すること。また、構造特異性がない部位についても想定される損傷モードを整理し、提示すること。
⑤	止水措置と支承を兼ねたゴムを採用することについて、適用する規格基準及びその適用性を提示すること。

方針変更

《構造単純化と確実な閉止運用》

- ・車両進入路部の上部工構造形式を、鋼桁重合せ形式から鋼製扉形式に変更する（上部工の単純化による損傷モードの低減）。
- ・車両進入路部については、常時閉止運用とし、確実な閉止操作を実施するための運用管理を行う。なお、設備の概要については、本資料「2. 1. 6. 5 構造形式の概要(鋼製扉(車両進入路部))」に示す。



4. 杭基礎構造設計における地盤変位の考慮

No.	コメント内容
⑩	遮水壁の下部工について、地盤変位により鋼管杭に生じる応力を考慮した検討を実施すること。

方針変更

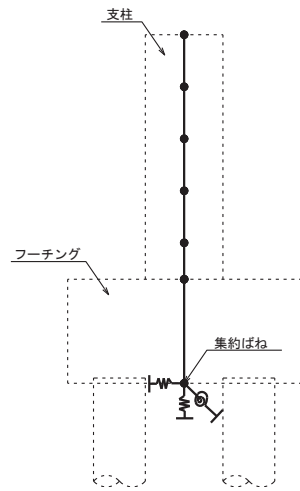
《地盤変位を考慮した設計》

上部工と下部工を分離した解析モデルから、上部工-下部工(杭)-地盤連成系の解析モデルへ変更し、地盤変位により鋼管杭に生じる応力を考慮した検討を実施する。

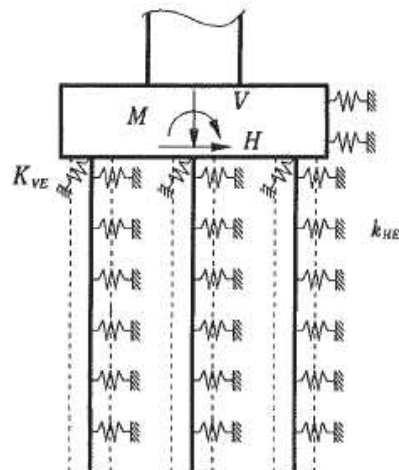
【変更前】

—上部工-下部工(杭)-地盤を分離したモデル—

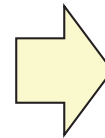
- ・上部工…基礎フーチング下端に杭と地盤をモデル化したSRばねを取り付けた上で、上部構造は質点系でモデル化。
- ・下部工…フーチング単位で群杭を三次元配置として多本数の曲げせん断軸部材にモデル化。



上部工の解析モデル



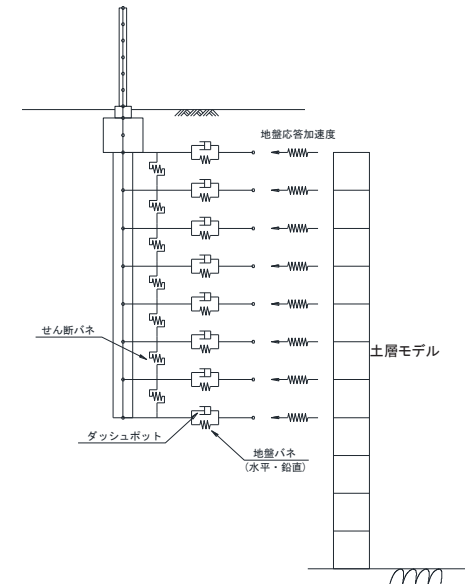
下部工の解析モデル



【変更後】

—上部工-下部工(杭)-地盤の連成モデル—

- ・上部工と下部工(杭)を一体化し、質点系でモデル化。
- ・下部工(杭)と地盤を地盤バネ・ダッシュポットで連成しモデル化(地盤変位を考慮)。



上部工-下部工(杭)-地盤連成系の解析モデル

補足説明資料2 止水ジョイントの性能試験結果

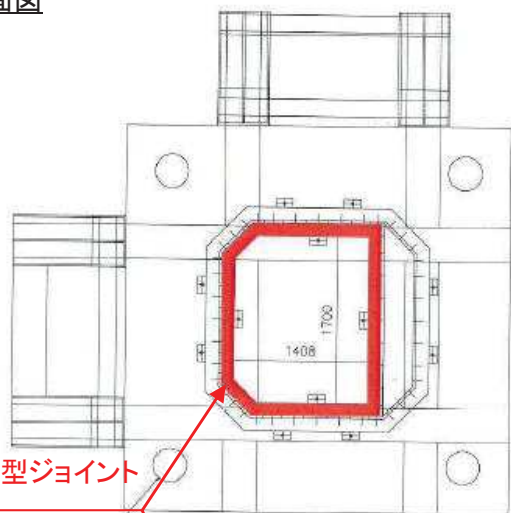
1. 鋼製遮水壁(鋼板), 鋼製遮水壁(鋼桁)(1/2):M型ジョイント

- 性能試験は、地震時を模擬した変形試験と津波+余震重畳時を模擬した変形+耐圧試験を実施した。
- 変形試験は、油圧ジャッキを用いてゴムに強制変形を与え、変形+耐圧試験は油圧ジャッキを用いて強制変形を与えた状態で水圧を作用させ、損傷・漏水の有無を確認した。

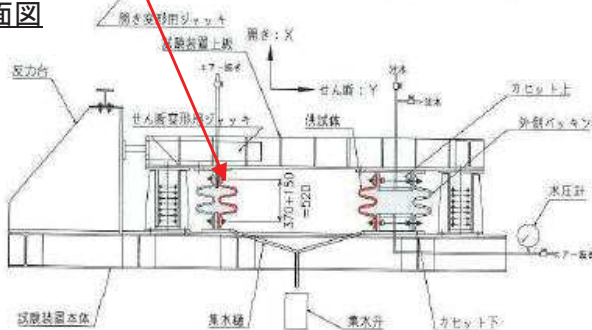
仕様
M型ジョイント:クロロプレンゴムt=16mm

試験装置概要

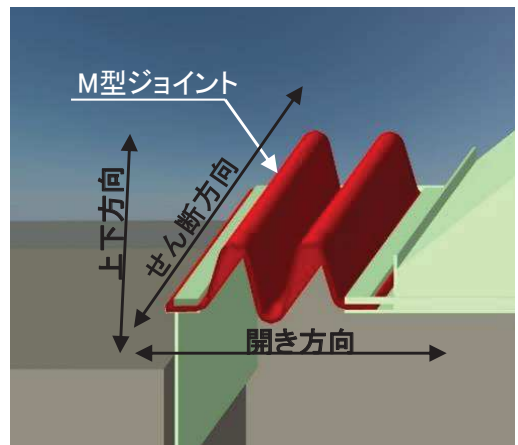
平面図



断面図



- 試験条件
- (1) 変形試験 (変形量)
 - 開き: 550mm
 - せん断: 500mm
 - 上下: 500mm
 - (繰返し回数)
 - 10回
 - (2) 変形+耐圧試験 (変形量)
 - 開き: 350mm
 - せん断: 250mm
 - 上下: 250mm
 - (試験水圧)
 - 0.15MPa
 - 津波水圧+余震重畳時の動水圧に安全余裕を考慮して設定
 - (水圧保持時間)
 - 60分
 - 入力津波の水圧作用時間約5分に安全余裕を考慮して設定



変形方向イメージ

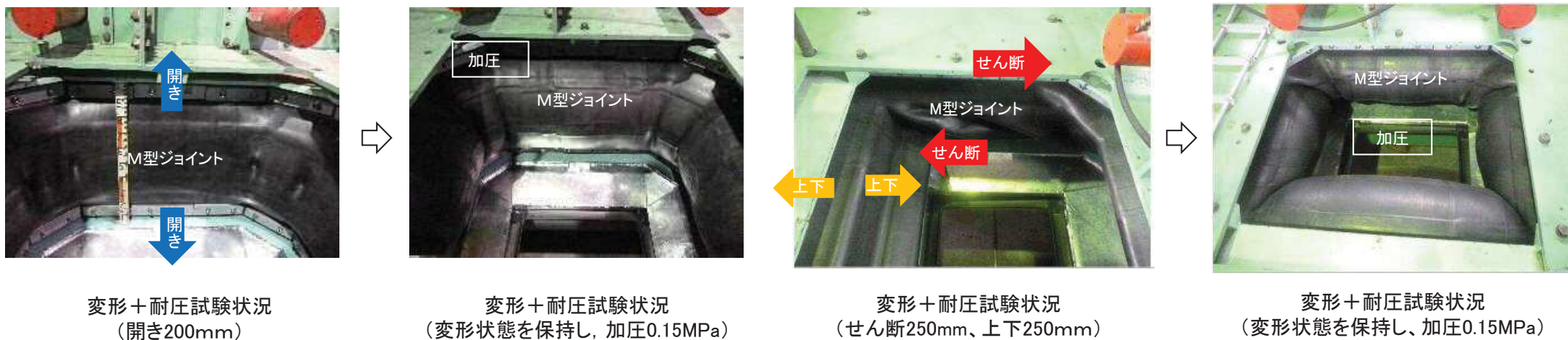
1. 鋼製遮水壁(鋼板), 鋼製遮水壁(鋼桁)(2/2): M型ジョイント

- 試験の結果, 止水ジョイントの損傷及び漏水ともに見られず, 止水性を有することを確認した。

試験種類	損傷の有無	漏水の有無	試験結果
変形	無	—	合格
変形+耐圧	無	無	合格



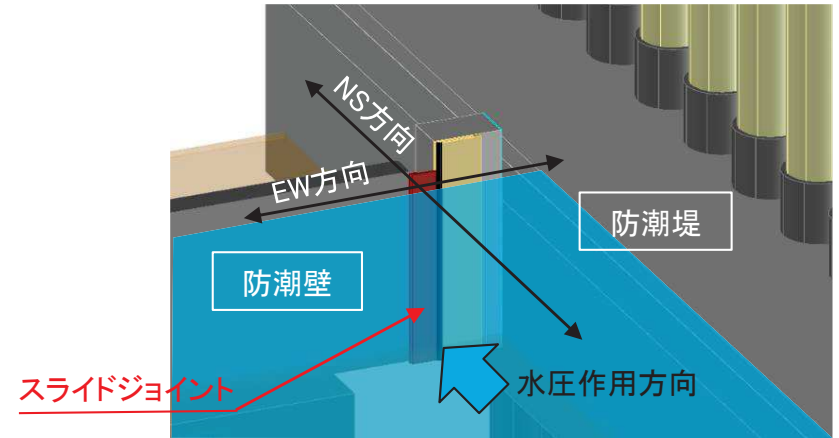
変形+耐圧試験



2. RC遮水壁-防潮堤間(1/2):スライドジョイント

- 性能試験は、地震時を模擬した変形試験と津波+余震重畳時を模擬した変形+耐圧試験を実施した。
- 変形試験は、油圧ジャッキを用いてゴムに強制変形を与え、変形+耐圧試験は余震重畳時の変形量相当の遊間を与えた状態で、更に水圧相当の荷重を作用させ、損傷の有無を確認した。

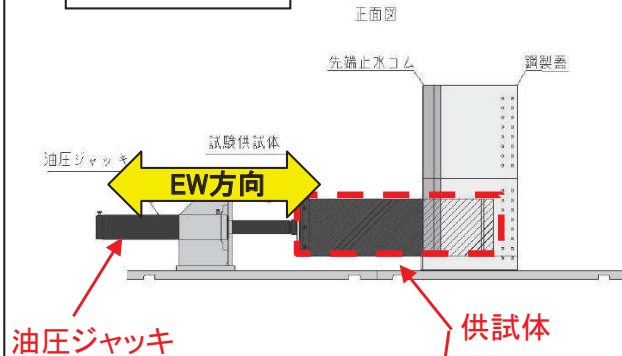
仕様
スライドジョイント:クロロプレンゴムt=50mm



変形方向イメージ

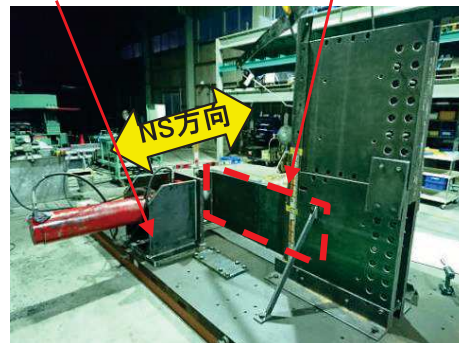
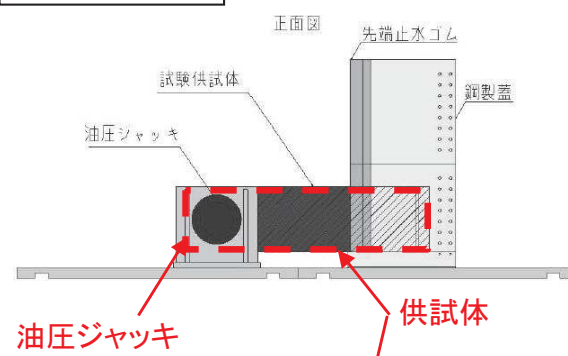
変形試験

試験装置概要
(EW方向)



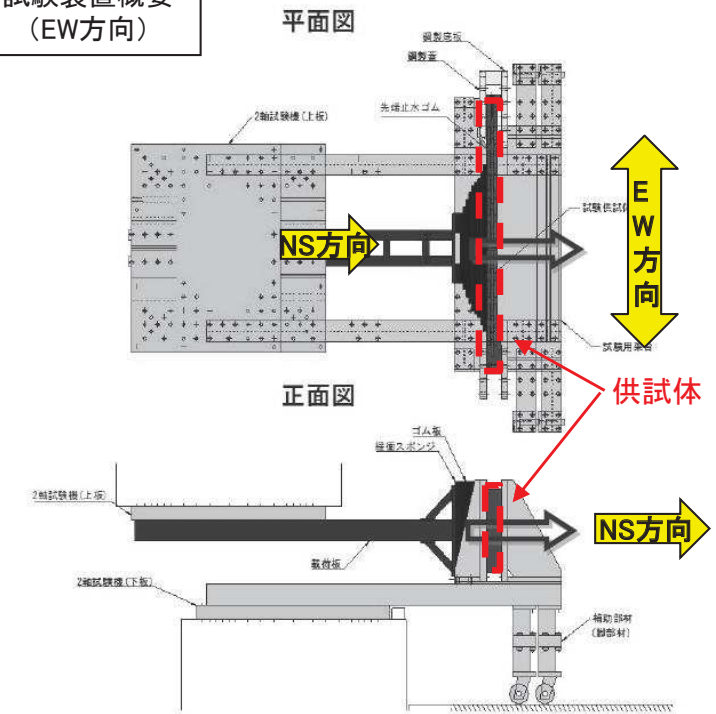
試験装置概要
(NS方向)

NS方向
(紙面奥行き方向)



変形+耐圧試験

試験装置概要
(EW方向)



2. RC遮水壁-防潮堤間(2/2):スライドジョイント

- 試験の結果、止水ゴムの損傷は見られず、止水性を有することを確認した。

試験種類	損傷の有無	漏水の有無	試験結果
変形	無	—	合格
変形+耐圧	無※	—	合格

※ 変形状態を保持した上、水圧0.15MPaに相当する荷重を載荷

変形試験

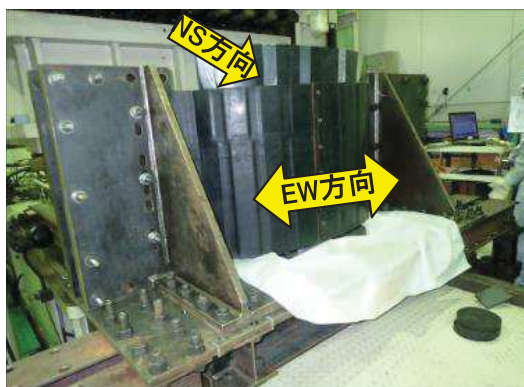


変形試験状況 (EW方向)



変形試験状況 (NS方向)

変形+耐圧試験



変形+耐圧試験状況
(変形状態を保持し、0.15MPa相当を載荷)



変形+耐圧試験状況
(変形状態を保持し、0.15MPa相当を載荷)

試験条件

(1) 変形試験

(変形量)

- NS: 500mm
- EW: 550mm

(繰返し回数)

- 10回

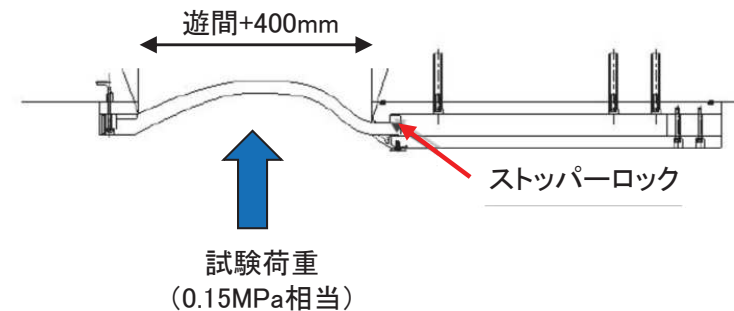
(2) 変形+耐圧試験

(変形量)

- EW: 400mm

(試験荷重)

- 0.15MPaに相当する荷重



(荷重保持時間)

- 60分
入力津波の水圧作用時間約5分に安全余裕を考慮して設定

3. 鋼製扉:P型ゴム

- 試験は、給水バルブを用いて供試体に水圧を作用させ、損傷・漏水の有無を確認した。
- 試験の結果、P型ゴムの損傷及び漏水ともに見られず、止水性を有することを確認した。

仕様	損傷の有無	漏水の有無	試験結果
P型ゴム:クロロプレンゴム Φ36mm	無	無	合格

試験条件

(試験水圧)

- 0.15MPa

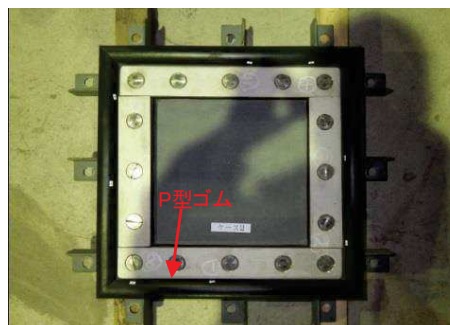
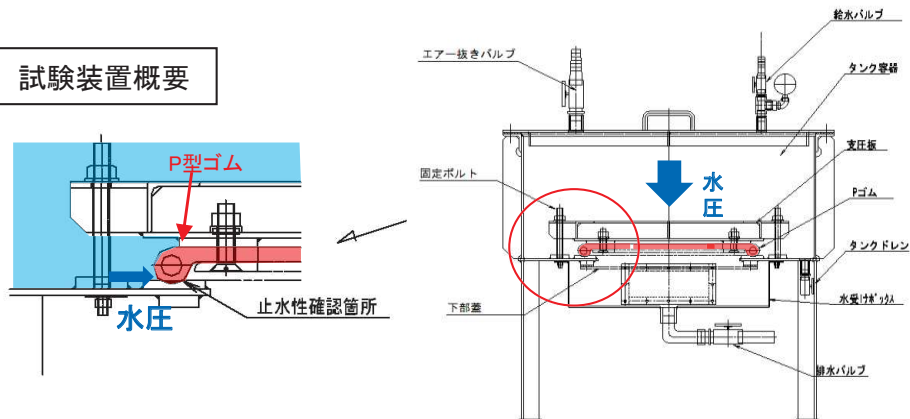
津波水圧+余震重畳時の動水圧に安全余裕を考慮して設定

(水圧保持時間)

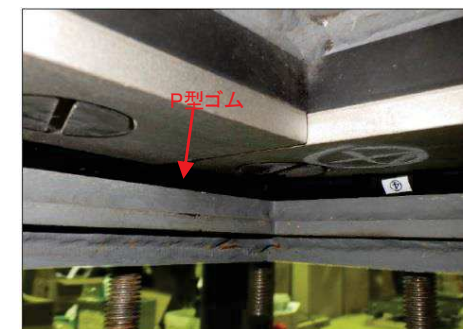
- 60分

入力津波の水圧作用時間約5分に安全余裕を考慮して設定

試験装置概要



供試体外観



耐圧試験状況

4. 鋼製遮水壁(鋼板) : Ω型ジョイント

- 性能試験は、地震時を模擬した変形試験と津波+余震重畳時を模擬した変形+耐圧試験を実施した。
- 変形試験は、油圧ジャッキを用いてゴムに強制変形を与え、変形+耐圧試験は油圧ジャッキを用いて強制変形を与えた状態で水圧を作用させ、損傷・漏水の有無を確認した。

仕様	試験種類	損傷の有無	漏水の有無	試験結果
Ω型ジョイント:クロロプレンゴム t=14mm	変形	無	—	合格
	変形+耐圧	無	無	合格

試験条件
(変形)

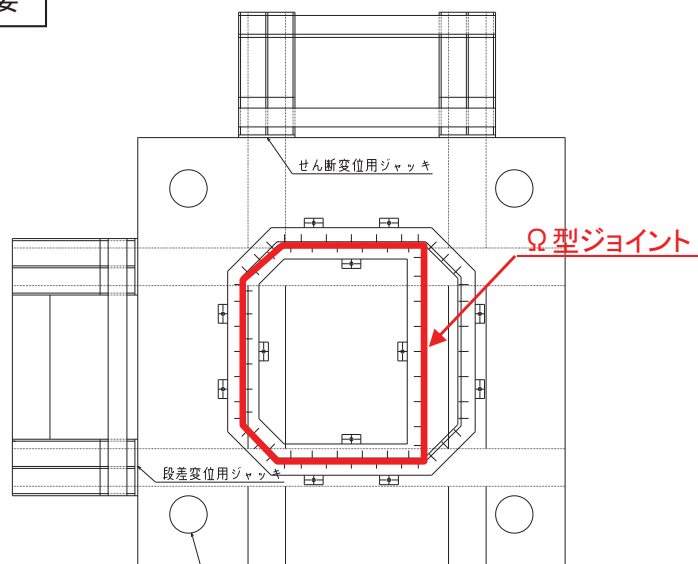
- 変形量 開き:50mm, せん断:50mm

(変形+耐圧)

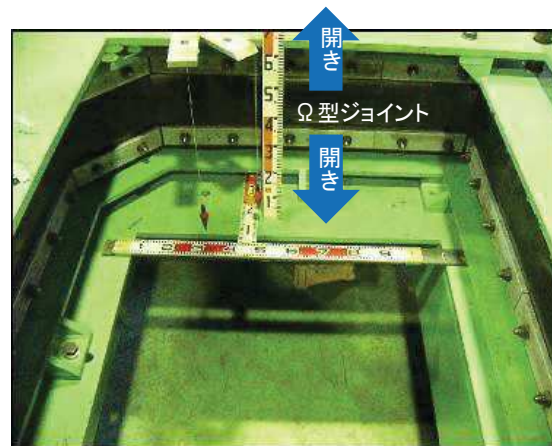
- 変形量 開き:50mm, せん断:50mm
- 水圧 0.15MPa
- 保持時間 60分

試験装置概要

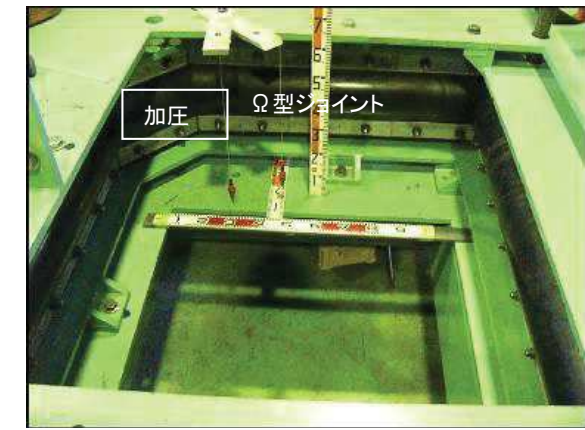
平面図



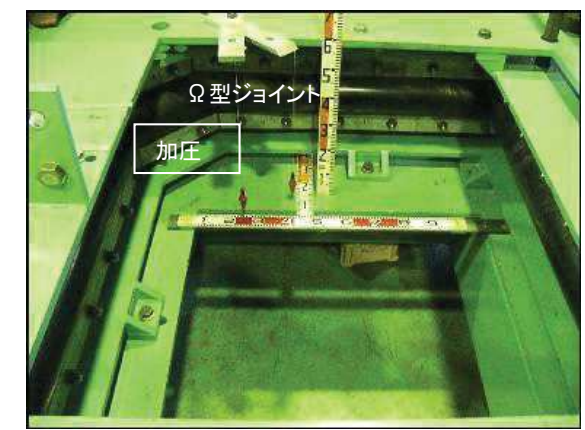
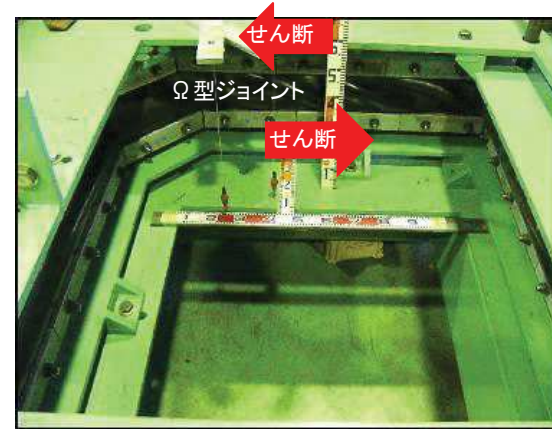
断面図



供試体外観



耐圧試験状況



- 高浜発電所4号機では、シートジョイントについて、土中部変位追従性試験、漏洩試験、強度確認試験を実施し、地震時の変位追従性、津波時の止水性が確保できることを確認している。

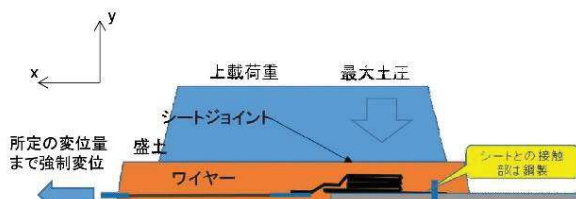
②-3試験結果(シートジョイント)(1/2)

12

土中部変位追従性試験

参考: 30

- 折り畳んで設置されているシートジョイントについて、変位追従性を確認することとし、より条件の厳しい土中部を模擬
- 実際の土圧(約31kN/m²)以上の荷重を載荷し、地震時に生じる最大変位に追従し、シートが展開することを確認
- 試験後の目視確認によりシートに損傷がないこともあわせて確認



シートジョイントが地震時の変位に追従し展開することが確認できた。

試験結果			
変位量 (m)	載荷重量 (kN/m ²)	シート展開状況	損傷
1.20	31.15	異常無	無

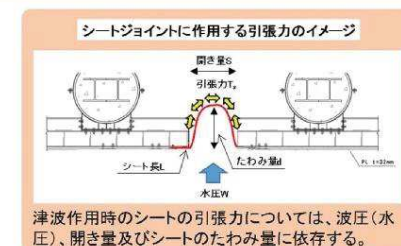
②-3試験結果(シートジョイント)(2/2)

13

漏えい試験

参考: 34

- シート本体に着目し、津波時の最大引張力(28.29kN/30cm)以上の荷重を負荷した場合でもシートジョイントが損傷しないことを確認
- 津波時の最大引張力を模擬した状態で、津波時の最大波圧(0.124MPa)以上の水圧を負荷した場合でも、漏水しないことを確認



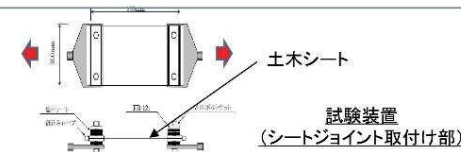
津波に対するシートジョイントの止水性が確認できた。

試験結果				
作用引張力 (kN/30cm)	水圧 (MPa)	試験時間	漏水	損傷
30.50	0.68	60分間	無	無

強度確認試験

参考: 36

- 取付部に着目し、津波時の最大引張力(31.56kN/30cm)以上の荷重を負荷した場合でもシートジョイント取付部が損傷しないことを確認



津波に対するシートジョイント取付け部の止水性が確認できた。

試験結果			
載荷内容	引張荷重 (kN/30cm)	載荷条件	損傷状況
繰返し載荷	32.85	10回	無
継続載荷	32.85	10分	無

補足説明資料3 鋼製遮水壁(鋼桁)の支承の要求機能と仕様

補足説明資料3 鋼製遮水壁(鋼桁)の支承の要求機能と仕様

- 本構造にて用いる支承に求められる要求機能は、以下の通りである。
 - ①鋼桁の変位を拘束せずに、鋼桁の変位に追従すること
 - ②鋼桁の変形を抑制し、鋼桁からの荷重をRC支柱に分散的に伝達すること
- よって、支間長を有する鋼桁を支持する支柱部に生ずる相対変位に対し、鋼桁の回転や変位を拘束しないことを目的としており、免震支承のような大きい非線形履歴特性によるエネルギー吸収性能には期待しないゴム支承を用いる。
- なお、本構造における支承(ゴム)に発生するせん断ひずみ※2は、P.85に示す解析モデルを用いた試算において150%程度であり、許容限界(道路橋支承便覧に準拠し250%以下)に対して十分に裕度を持った構造とすることが可能な見通しである。(なお、詳細設計の結果を工認時に提示)
- また、以下に示す試験結果例のとおり、今後の詳細設計を踏まえ、試験を行い所定の性能を有することを確認する。

<ゴム材料の基本特性※1>

材料の種類	せん断弾性係数	破断伸び	引張強さ
天然ゴム (NR)	G12	500%	15N/mm ²
	G14	450%	15N/mm ²

※1 今後の詳細設計を踏まえ、適切な材料を選定する。

<せん断特性 性能試験結果(例)>

・試験方法

試験条件

鉛直荷重 : 鉛直反力
水平変位 : 総ゴム層厚 (Σte) の175%

合格判定基準

- ・ 水平剛性 : 設計値との誤差が±10%以内であること
- ・ 外観目視確認 : 加振中の挙動および試験後に亀裂、変形等の異常がないこと

水平性能検査

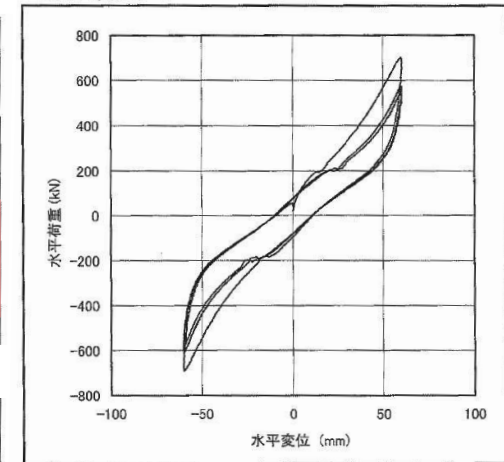
水平剛性 = $\frac{\text{水平荷重 (F)}}{\text{水平変位 } (\Sigma te \times 1.75)}$

- ・ 水平剛性は、製品に総ゴム層厚の175%に相当する水平変位を繰り返し3回与え、3回目の測定値によって合格判定する。
- ・ 加振中、製品が正常にせん断変形するか、また試験後にゴムの亀裂、鋼板の変形等がないことを確認する。

・試験結果

製品番号	水平剛性 (Ks)		せん断変形外観確認	判定
	測定値 (kN/mm)	変化率 (%)		
681kN 分散支承	R(鉛直反力): 681kN 水平変位: ±58mm (±175%) 設計値: 9.240kN/mm 許容値: 設計値±10%以内			
A01422-B05				
RB 1610 4304	9.102	-1.49%	良	合格
RB 1610 4305	8.989	-2.72%	良	合格
RB 1610 4306	9.025	-2.33%	良	合格
RB 1610 4307	9.021	-2.37%	良	合格

測定値が設計値の±10%以内であるため、合格



(水平変位-荷重変形図)

(試験方法は道路橋支承便覧に準拠)

補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例

補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例

女川の防潮壁の構造並びに設計の考え方の特徴は次のとおりであり、類似する一般産業施設等の施工例は表のとおりである。

<鋼製遮水壁(鋼板)>

特徴:基礎フーチング上に設置したH型鋼に、ボルト接合により鋼板を設置する構造

<鋼製遮水壁(鋼桁)>

特徴①:基礎フーチング上にRC支柱を設置し、支柱間に鋼桁を設置する構造

特徴②:鋼桁をゴム支承により支持した構造

<鋼製扉の特徴>

特徴:水密性を有するゲート式(片開き)の構造

<RC遮水壁の特徴>

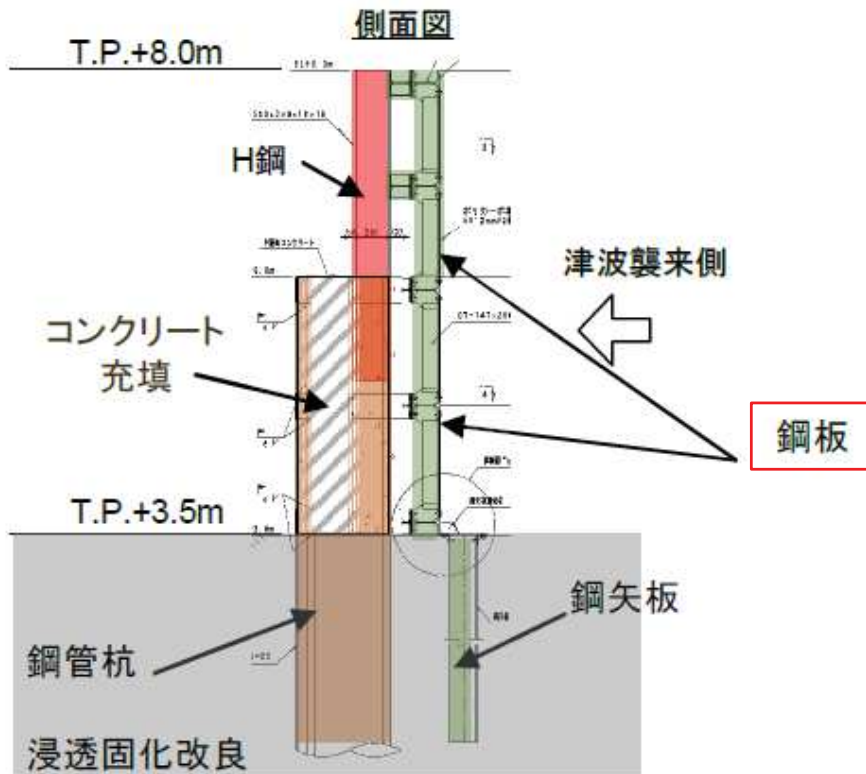
特徴:基礎フーチング上にRCの壁体を設置した構造である。

特徴	施工例	
	施設・工事名称	施設の概要
鋼製遮水壁(鋼板)	① 関西電力(株) 高浜発電所 放水口側防潮堤(杭基礎形式部)	・鋼管杭及び支柱(鋼管杭と一体化したH鋼)に主桁を取り付け、主桁に鋼板を設置して止水する構造
	② 九州電力(株) 川内原子力発電所 海水ポンプエリア防護壁	・柱・梁・ブレースを組合せた鉄骨部と、桁と鋼板を組合せた扉体部で構成されている構造
鋼製遮水壁(鋼桁)	③ 和歌山県和歌山市 琴ノ浦水門(津波対策)(国土交通省 近畿地方整備局)	・RC支柱と鋼製壁を組合せた止水機構(防潮堤)
	④ 鮎田水門(国土交通省)	・RC支柱と鋼製壁を組合せた止水機構(水門)
	⑤ 東部丘陵線橋梁 (愛知県)	・ゴム支承を用いた橋脚構造
	⑥ 宿院高架橋 (国土交通省)	・ゴム支承を用いた橋脚構造
鋼製扉	⑦ 南部漁港海岸津波・高潮危機管理対策事業陸蘭設置工事(和歌山県みなべ町役場)	・片開式の防潮ゲート(手動式)
	⑧ 浜原陸閘門扉(島根県川本土木事務所)	・片開式の防潮ゲート(手動式)
RC遮水壁	⑨ 関西電力(株) 大飯発電所 海水ポンプエリア止水壁(鉄筋コンクリート壁部)	・鉄筋コンクリートの壁体で止水する構造

(参考として、止水ジョイントの施工事例および他サイトにおける開閉式の津波防護施設の運用例を事例⑩～⑫に示す)

補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例①【鋼製遮水壁(鋼板)】

- 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造(鋼製遮水壁(鋼板))の施工例を以下に示す。
 一事例①: 関西電力(株) 高浜発電所 放水口側防潮堤(杭基礎形式部) …鋼管杭, H鋼に支持させた鋼板で止水する構造

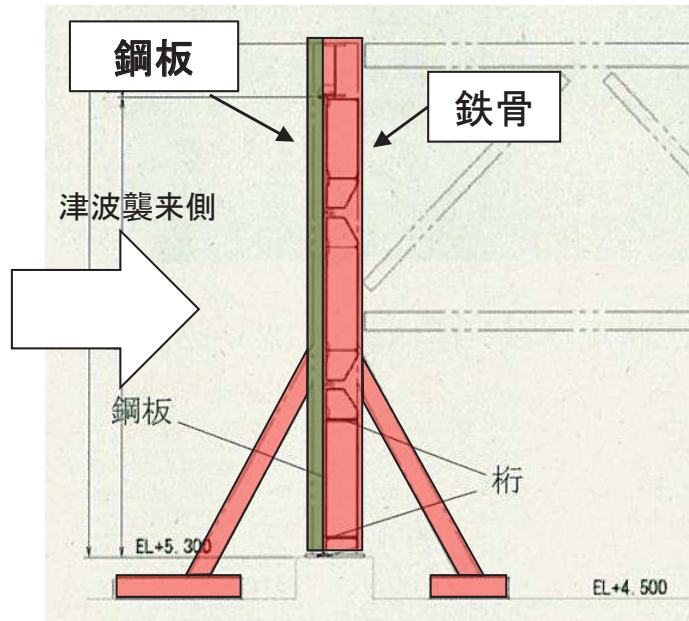


関西電力(株)高浜発電所 防潮堤 (出典:関西電力(株)HP)

出典:関西電力株式会社 高浜発電所
 平成27年12月10日審査会合資料 資料3-2-2

補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例②【鋼製遮水壁(鋼板)】

- 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造(鋼製遮水壁(鋼板))の施工例を以下に示す。
一事例②：九州電力(株) 川内原子力発電所 海水ポンプエリア防護壁 …鉄骨に支持させた扉体(鋼板)で止水する構造



出典：九州電力株式会社 川内原子力発電所 平成26年3月27日審査会合資料 資料1-4

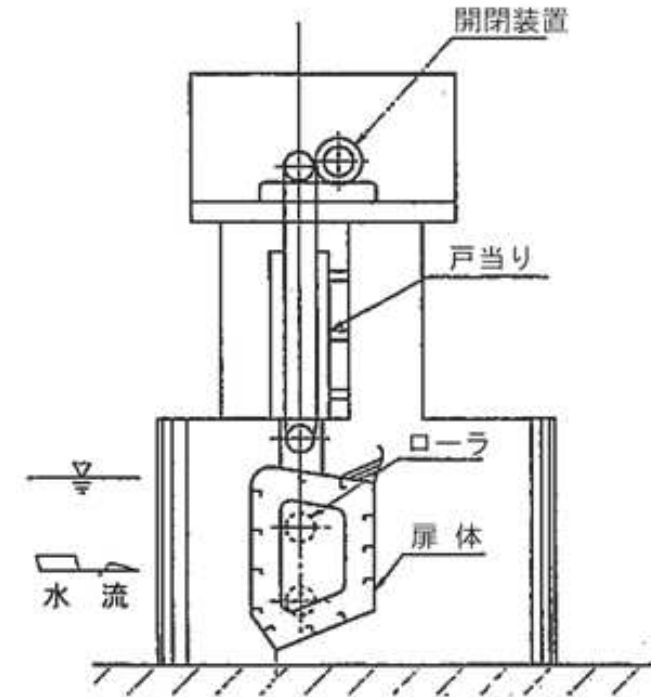
補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例③・④ 【鋼製遮水壁(鋼桁)】

- 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造(鋼製遮水壁(鋼桁))の施工例を以下に示す。
 - 事例③:和歌山県和歌山市 琴ノ浦水門(津波対策) (国土交通省近畿地方整備局)
 - ・・・RC支柱と鋼製壁を組合せた止水機構(防潮堤)
 - 事例④:鮎田水門(国土交通省) ・・・RC支柱と鋼製壁を組合せた止水機構(水門)



事例③

出典:豊国工業株式会社(シェル構造ローラーゲート)
<http://www.hokoku-kogyo.co.jp/actualresults/>



事例④

出典:株式会社丸島アクアシステム(シェル構造ローラーゲート)
http://www.marsima.co.jp/product/water_gates/rivers03/index.html

補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例⑤・⑥ 【鋼製遮水壁(鋼桁)】

- 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造(鋼製遮水壁(鋼桁))の施工例を以下に示す。
 - 事例⑤: 東部丘陵線橋梁 (愛知県) ……ゴム支承を用いた橋脚構造
 - 事例⑥: 宿院高架橋 (国土交通省) ……ゴム支承を用いた橋脚構造



事例⑤

出典: 株式会社 ビー・ビー・エム
<http://www.mgb.gr.jp/bbm/products/bridge-bearing/rb/>



事例⑥

出典: 東京ファブリック工業株式会社
<https://www.tokyo-fabric.co.jp/record/?p=2&ca=1>

補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例⑦・⑧ 【鋼製扉】

- 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造（鋼製扉）の施工例を以下に示す。
 - 事例⑦：南部漁港海岸津波・高潮危機管理対策事業陸蘭設置工事（和歌山県みなべ町役場）・・・片開式の防潮ゲート（手動式）
 - 事例⑧：浜原陸閘門扉（島根県川本土木事務所）・・・片開式の防潮ゲート（手動式）



事例⑦

出典：株式会社住軽日軽エンジニアリング
http://www.sne.co.jp/products/index.cgi?c=products_detail&pk=76&CATE=36&SUB_CATE=44

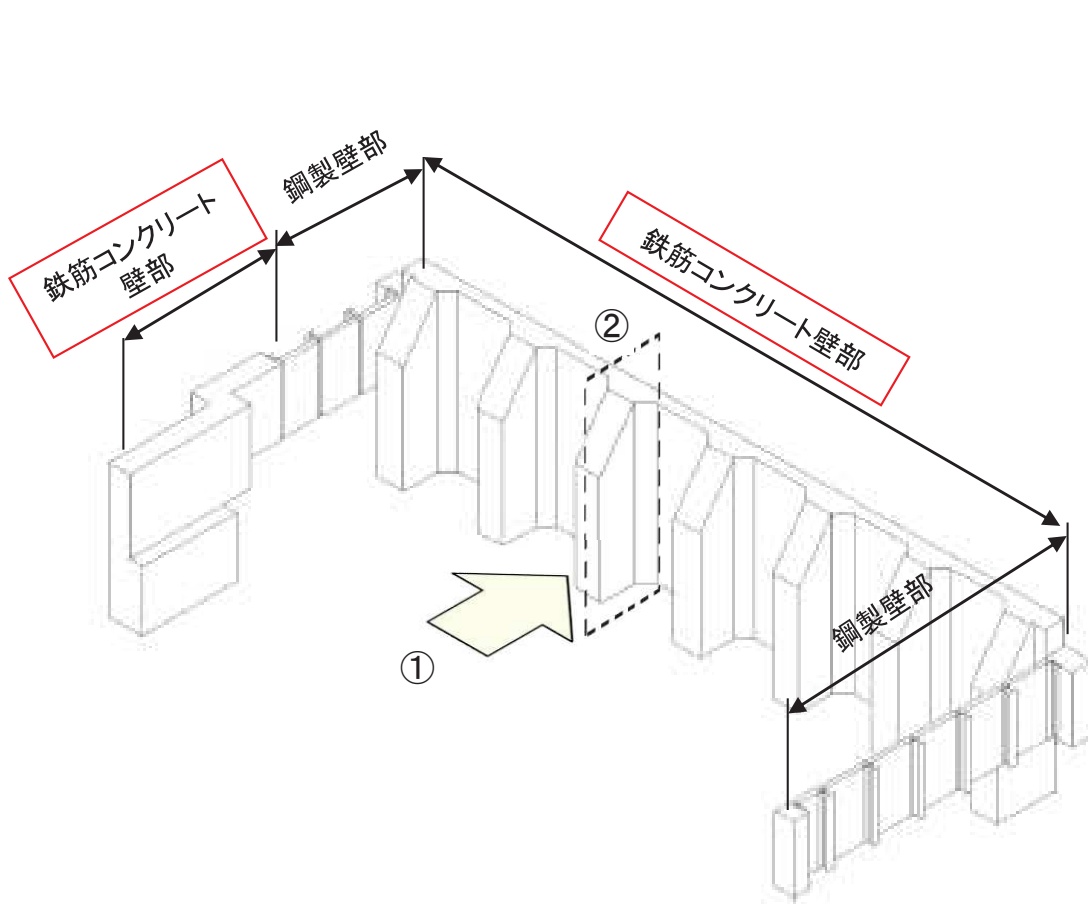


事例⑧

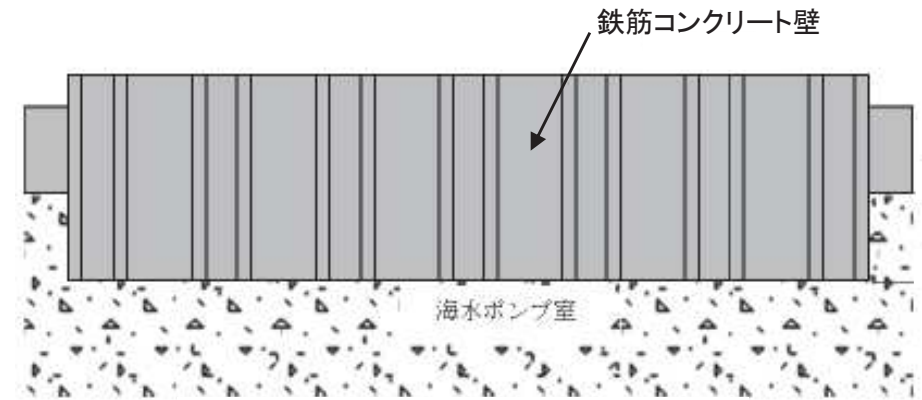
出典：株式会社住軽日軽エンジニアリング
（カタログより引用）

補足説明資料4 一般産業施設等における類似構造の施工例⑨【RC遮水壁】

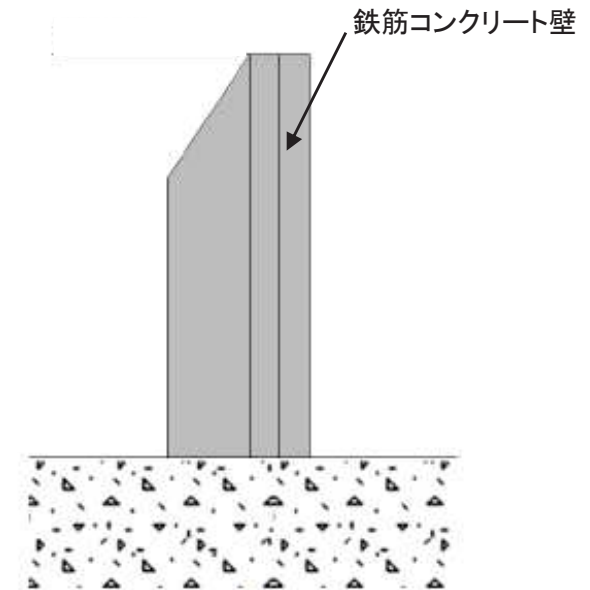
- 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造(RC遮水壁)の施工例を以下に示す。
 - 事例⑨: 関西電力(株) 大飯発電所 海水ポンプエリア止水壁(鉄筋コンクリート壁部) …鉄筋コンクリート壁の壁体で止水する構造



海水ポンプエリア止水壁(鉄筋コンクリート壁部) 全体鳥瞰図



鉄筋コンクリート壁部 正面図(①)



鉄筋コンクリート壁部 断面図(②断面)

出展: 関西電力株式会社 大飯発電所

平成27年12月10日 大飯3, 4号機設置許可審査会合 資料4-2-2

補足説明資料4 一般産業施設における類似構造の施工例⑩【止水ジョイント】(参考)

- 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造(止水ジョイント)の施工例を以下に示す。
- 事例⑩: 関西電力(株)高浜発電所 放水口側防潮堤(杭基礎形式部)・・・ゴムジョイント・シートジョイント

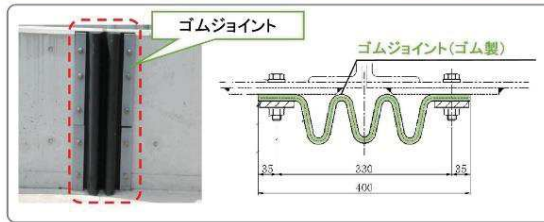
②-2 止水ジョイントの設置(ゴムジョイント)

8

津波時に構造物間に生じる相対変位が10cm程度である箇所については、“**ゴムジョイント**”を設置する。

ゴムジョイントは、地震時の構造物間に生じる相対変位に対し、ゴムが変形することによって追従する。

また、津波時の構造物間に生じる相対変位と波圧に対して、ゴムの健全性が確保できる変形量に留まることにより、止水機能を保持する構造である。



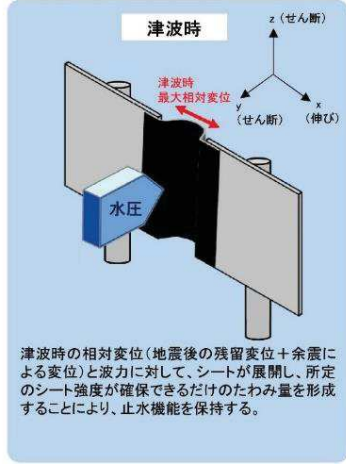
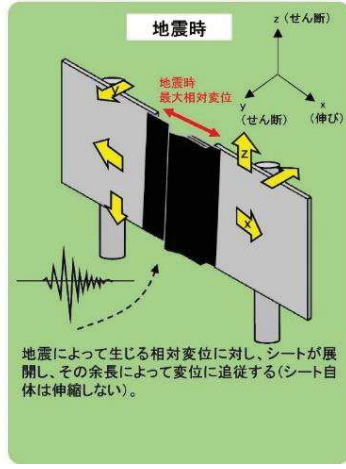
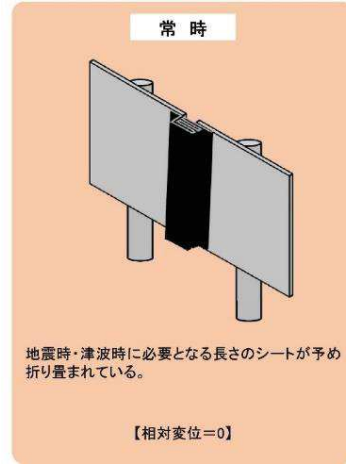
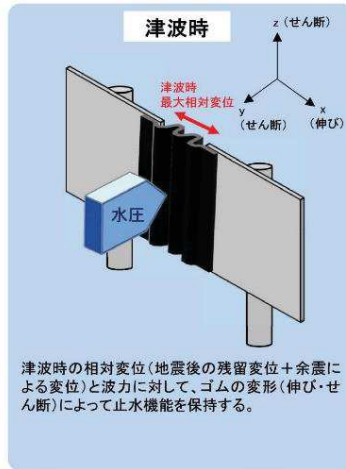
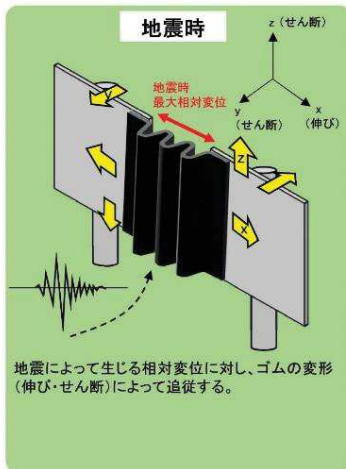
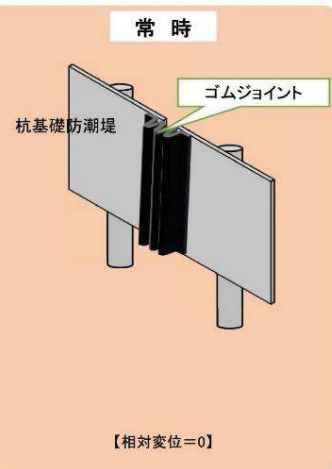
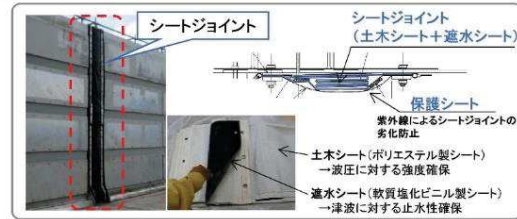
②-2 止水ジョイントの設置(シートジョイント)

9

津波時に構造物間に生じる相対変位が10cm程度を超える箇所については、“**シートジョイント**”を設置する。

シートジョイントは、地震時の構造物間に生じる相対変位に対し、予め折り畳まれたシートが展開することによって追従する。

また、津波時の構造物間に生じる相対変位と波圧に対して、シートが展開し、所定のシート強度を確保できるだけ撓む(たわむ)ことにより、止水機能を保持する構造である。



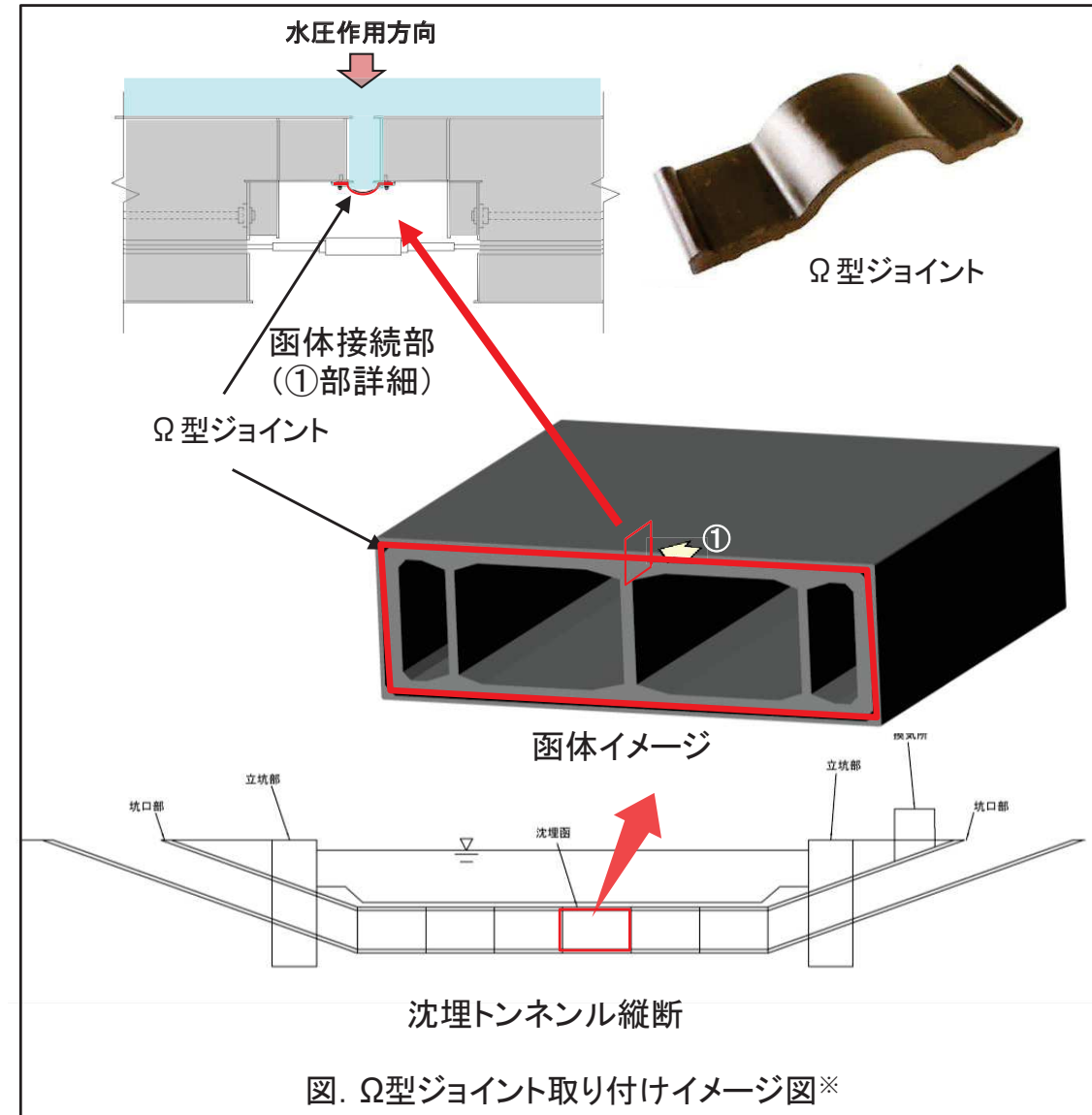
出展: 関西電力株式会社 高浜発電所 平成27年8月27日審査会合資料 資料1-1

補足説明資料4 一般産業施設における類似構造の施工例⑪【止水ジョイント】(参考)

- 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造(止水ジョイント)の施工例を以下に示す。
- 事例⑪: 首都高速湾岸線沈埋トンネル(首都高速道路公団)・・・Ω型ジョイント



出典: 東京ファブリック工業株式会社
<https://www.tokyo-fabric.co.jp/record/?p=1&ca=4>



(※左記の事例⑪の構造を示すものではありません)

施工例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

補足説明資料4 一般産業施設における類似構造の運用例⑫【鋼製扉】(参考)

・先行他プラント及び一般産業施設における類似構造(鋼製扉)の運用例を以下に示す。

事例⑫: 関西電力(株)高浜発電所 防潮扉

防潮扉の運用管理について

津波防護施設として設置する防潮扉については原則閉止運用とするが、開放後の確実な閉止操作、閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作を確実に実施するための運用管理方針を以下に示す。

- ・防潮扉は原則閉止を基本とし、施錠管理する。
- ・防潮扉を通行する必要が生じた際は、予め開放許可申請により扉開放責任者を定め、現地操作盤にて開放操作を行う運用とする。
- ・防潮扉の開放・閉止状態を監視する扉開閉表示装置を設置し、開放された状態が継続されている場合は、警報を1,2号炉及び3,4号炉中央制御室および防護本部に発信させる。
- ・扉開閉表示装置の警報が発信した場合は、発電室(当直)が防護本部要員に連絡し、速やかに閉止操作を実施する。
- ・防潮扉開放中に大津波警報発令した場合は、当直課長からのページング放送等により、扉開放責任者が速やかに閉止操作を実施する。

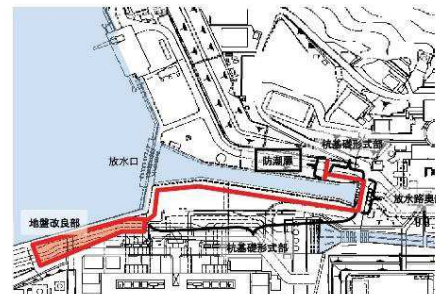


図-1 防潮扉の配置図

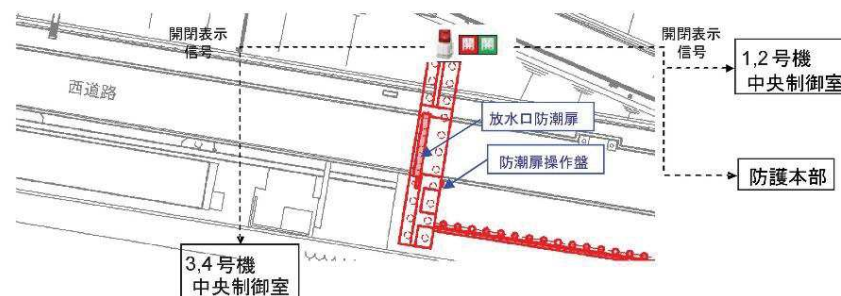


図-2 防潮扉の扉開閉表示装置概要図



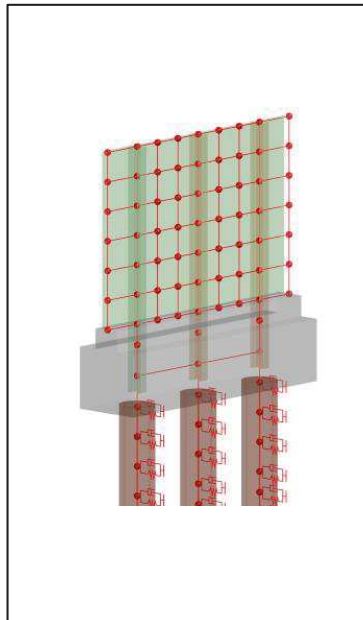
出展: 関西電力株式会社 高浜発電所 平成27年12月10日審査会合資料 資料3-2-2

関西電力(株)高浜発電所 防潮扉

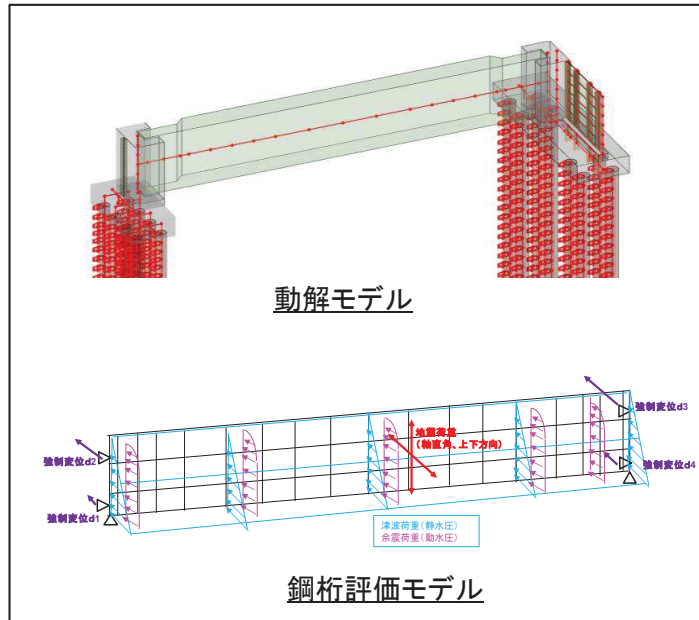
…引き戸式の防潮ゲート (出典: 関西電力(株)HP)

補足説明資料5 地盤変位を考慮した解析手法

- 「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(JEAC4616-2009)」では、杭基礎構造物の地震応答解析モデルとして「質点系モデル」、「FEMモデル」、「地盤ばねモデル」が示されている。
- 本構造においては、上部工と下部工(杭)を質点系で一体化してモデル化するとともに、下部工(杭)と自由地盤の連成を地盤バネとダッシュポットでモデル化し、地震応答解析を実施する。これにより、地盤と杭の動的相互作用(地盤変位の考慮)を適切に表現することが可能である。



鋼製遮水壁(鋼板)



鋼製遮水壁(鋼桁)

解析モデル概要図

2.4.3 杭基礎に作用する地震力と杭応力の算定

(1) 杭基礎に作用する地震力

基準地震動 S_s により杭基礎に作用する地震力は、質点系モデル(集約、全体)、有限要素法(FEM)モデル、地盤ばねモデルなどの地盤と杭基礎の相互作用を考慮した地盤-杭基礎-建屋連成系モデルの地震応答解析により算定する。各地震応答解析モデルに入力する地震動の算定方法については「附属書2.5 地盤の地震応答解析」に基づき水平動・鉛直動を考慮する。地盤-杭基礎-建屋連成系モデルについては「附属書2.6 地盤-杭基礎-建屋連成系の地震応答解析モデル」に示す。

【解 説】

(1) 杭基礎に作用する地震力

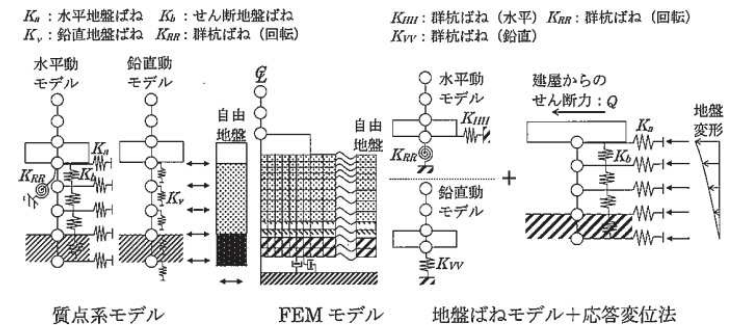
a. 地震応答解析モデルへの入力地震動

地盤ばねモデルやFEMモデルのモデル底面と解放基礎表面が異なる場合には、一次元波動理論を用いた地盤の地震応答解析により、地盤モデルへの入力地震動を算定する。各地震応答解析モデルに入力する地震動の算定方法については「附属書2.5 地盤の地震応答解析」に示す。

b. 地震応答解析モデルの概要

基準地震動 S_s により杭基礎に作用する地震力は、杭と地盤との相互作用を考慮した地盤-杭基礎-建屋連成系モデルの地震応答解析を行って評価する必要がある。杭に支持された建屋の代表的な地震応答解析法^(2.4.3-1)は以下のとおりである。

- ① 中間貯蔵建屋、杭基礎及び地盤を一体として、質点系モデルやFEMモデルを用いて地震応答解析を行う方法
- ② 杭基礎と地盤を等価な地盤ばねに置換した地盤ばねモデルを用いて地震応答解析を行う方法。杭応力は、別途応変位法^(2.4.3-2)などを用いて算定する。



解図2.4.3-1 地盤-杭基礎-建屋連成系の地震応答解析モデルの例

「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(JEAC4616-2009)(p93)」より抜粋

- また、「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(JEAC4616-2009)」では、質点系モデルの概要と他手法との比較検討結果が示されており、質点系モデルにより『杭と地盤の非線形性が適切に評価されているものと考えられる。』と記載されている。
- 今回、質点系モデルの適用にあたり、質点系モデルと薄層要素法による構造物に生じる地震応答(変位, 加速度, 曲げモーメント)を比較し、質点系モデルの妥当性を確認した。確認結果を次頁以降に示す。

参考資料3 杭基礎の遠心載荷実験及びシミュレーション解析 (p167-172より抜粋)

1. はじめに
液状化を生じない地盤を対象として、鋼管を用いた杭基礎模型による遠心載荷実験を実施し、地震時における地盤及び杭体の非線形領域での動的な挙動を把握した。また、実験結果に基づき、杭応力を評価する場合の動的解析手法の適用性について検討する。

(中略)

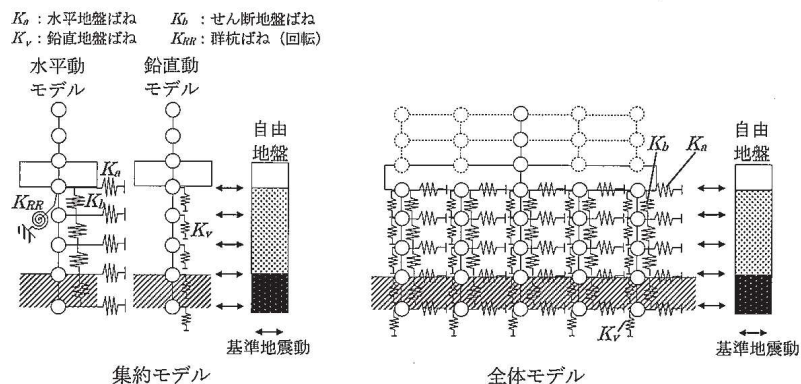
4. 解析結果

質点系モデル、SRモデル+応答変位法及び二次元FEMにより得られた建屋の最大応答加速度及び杭の曲げモーメント分布を参図3-12及び参図3-13に示す。SRモデル+応答変位法では、地盤の物性値として自由地盤の地震応答解析結果から得られた地盤剛性を採用した結果、杭頭に生じる建屋慣性力を過大に評価する傾向が見られたことから、質点系モデルから推測される剛性低下率に基づいて杭頭近傍地盤の地盤物性を低減した。地盤の非線形性を考慮した場合には、各モデルとも実験結果と概ね一致した。各モデルのM-φ関係を参図3-14から参図3-16に、二次元FEMによるM-N関係を参図3-17に示す。質点系モデル及び二次元FEMの杭頭塑性率は実験結果と概ね一致しており、杭と地盤の非線形性が適切に評価されているものと考えられる。

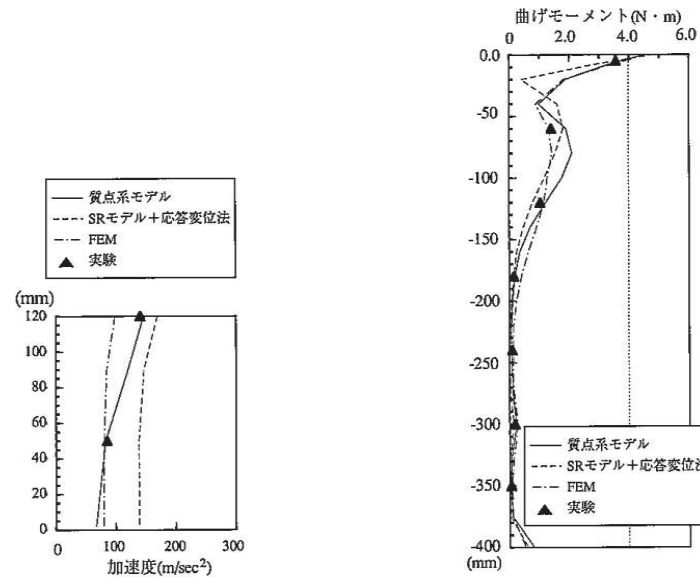
附属書2.6 地盤-杭基礎-建屋連成系の地震応答解析モデル (p127より抜粋)

(中略)

質点系モデルは、附図2.6-1に示すように群杭を一本の曲げせん断軸部材にモデル化した杭基礎集約モデル若しくは群杭を二次元配置として多本数の曲げせん断軸部材にモデル化した杭基礎全体モデルで算定する。



附図2.6-1 質点系モデル



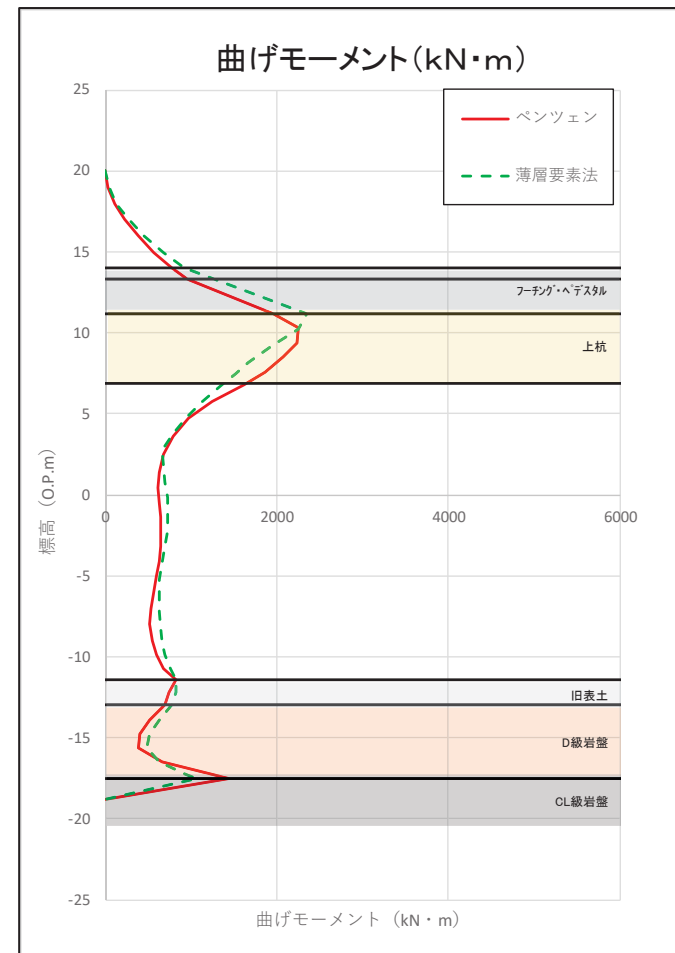
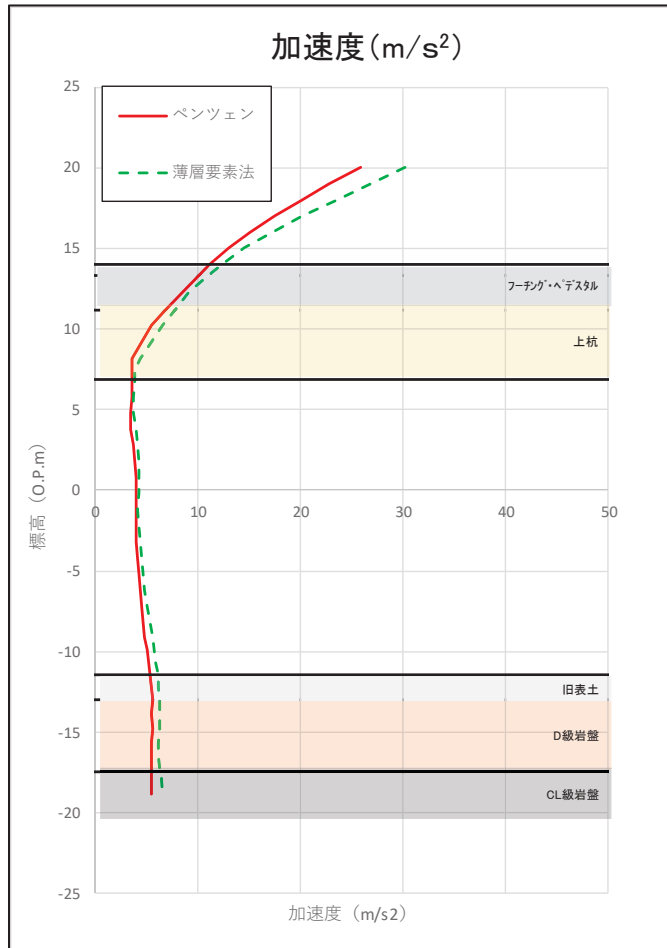
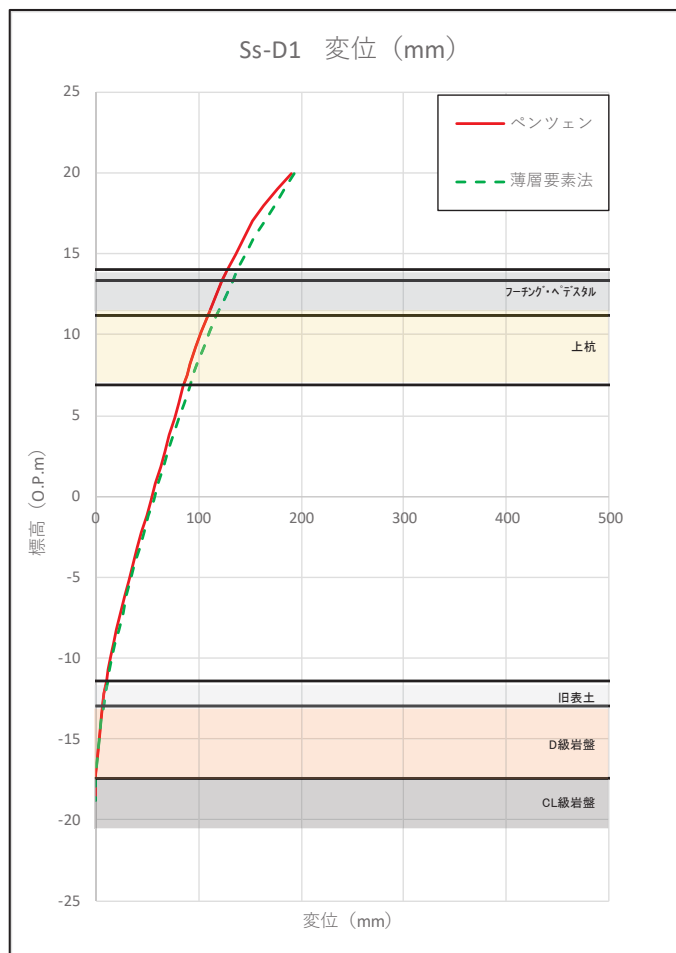
参図3-12 建屋の最大応答値 (参3.2-1)

参図3-13 杭の最大曲げモーメント (参3.2-1)

<薄層要素法との比較結果(1/7)>

- ・質点系モデル(ペンツェンモデル)及び薄層要素法による, 杭体に発生する変位(杭下端からの相対変位), 加速度及び曲げモーメントの比較を以下に示す。
- ・比較の結果, ペンツェンモデルと薄層要素法は, 概ね同等な結果が得られていることを確認した。

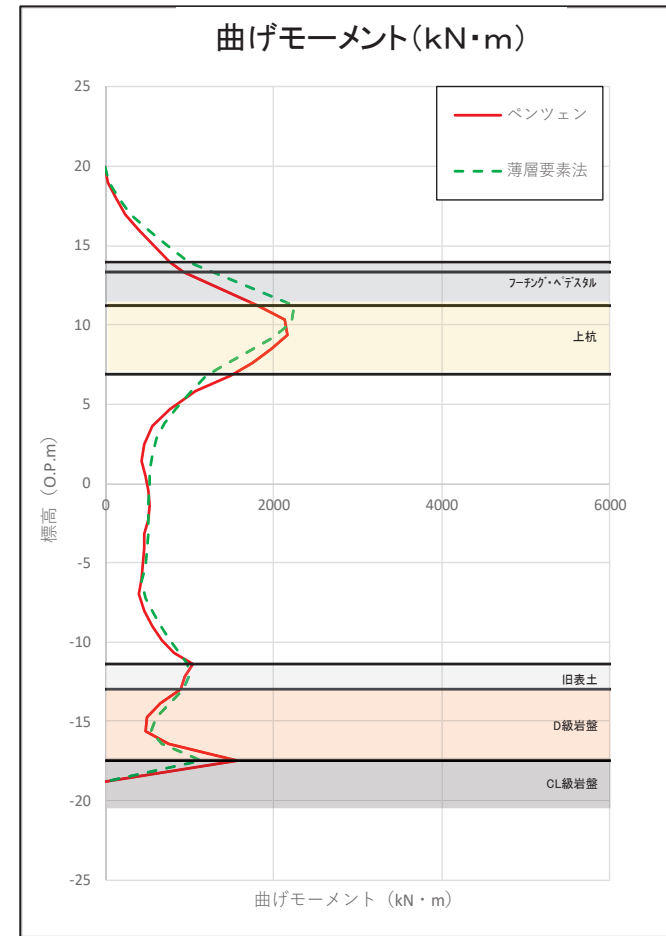
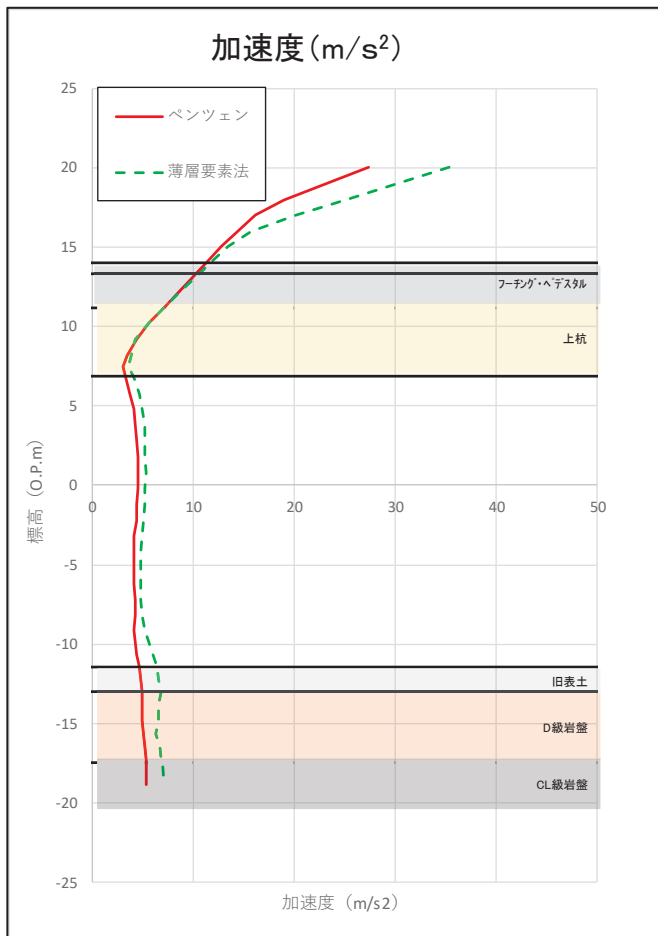
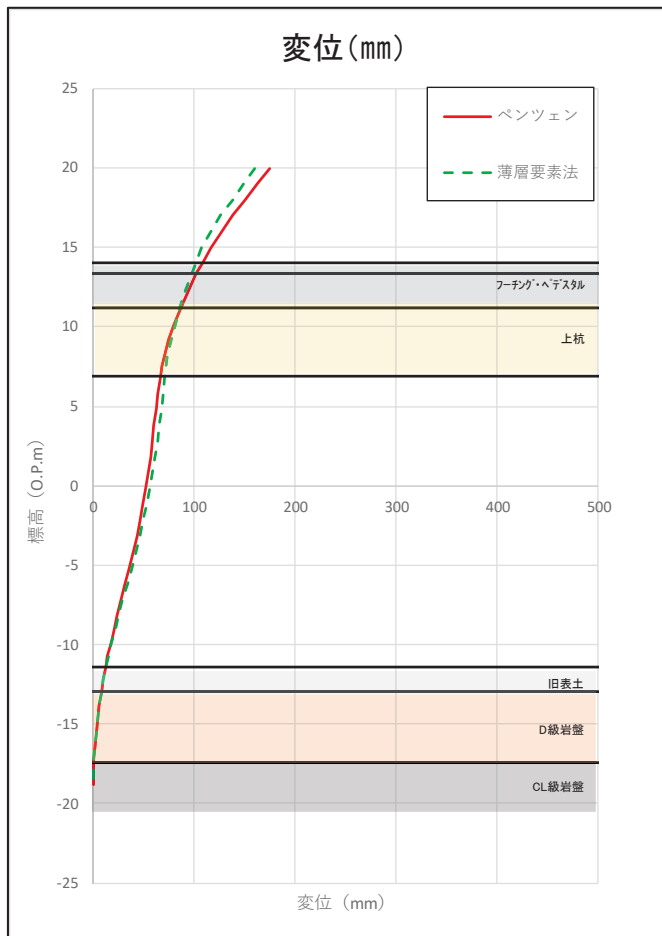
【地震動:Ss-D1】



<薄層要素法との比較結果(2/7)>

- ・質点系モデル(ペンツェンモデル)及び薄層要素法による、杭体に発生する変位(杭下端からの相対変位), 加速度及び曲げモーメントの比較を以下に示す。
- ・比較の結果, ペンツェンモデルと薄層要素法は, 概ね同等な結果が得られていることを確認した。

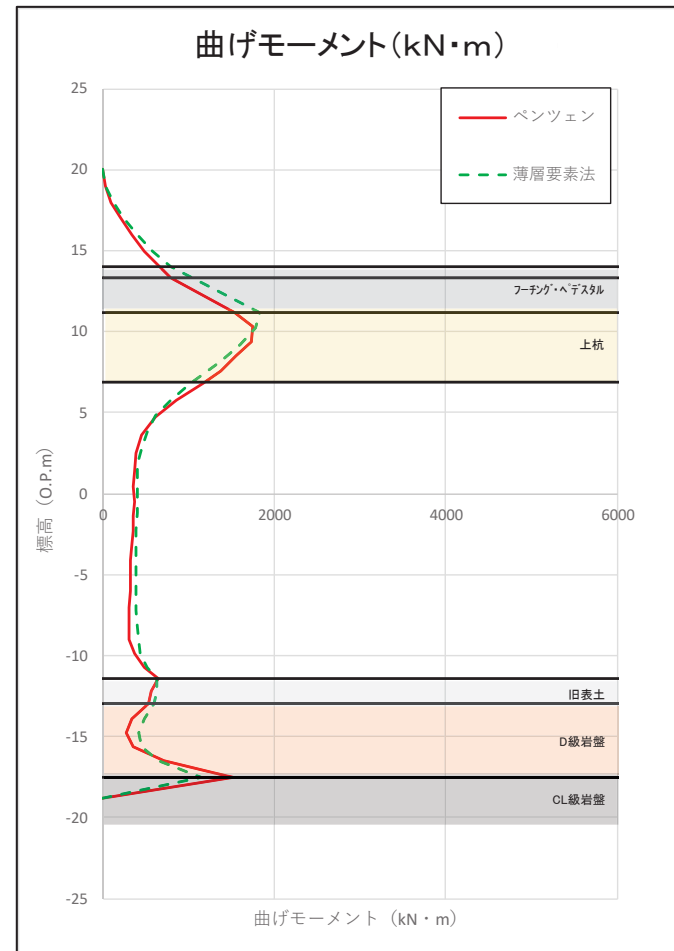
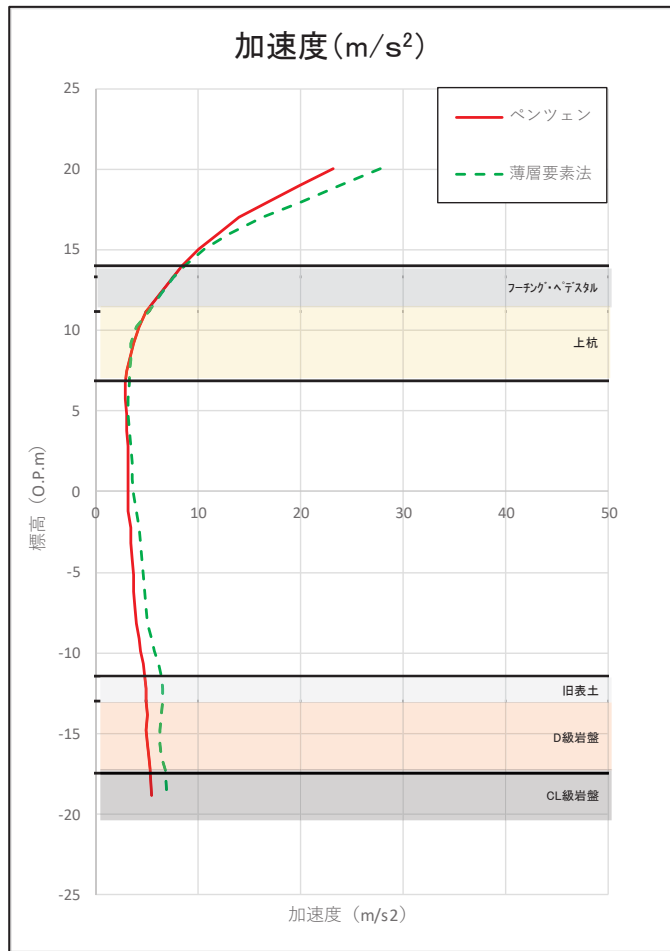
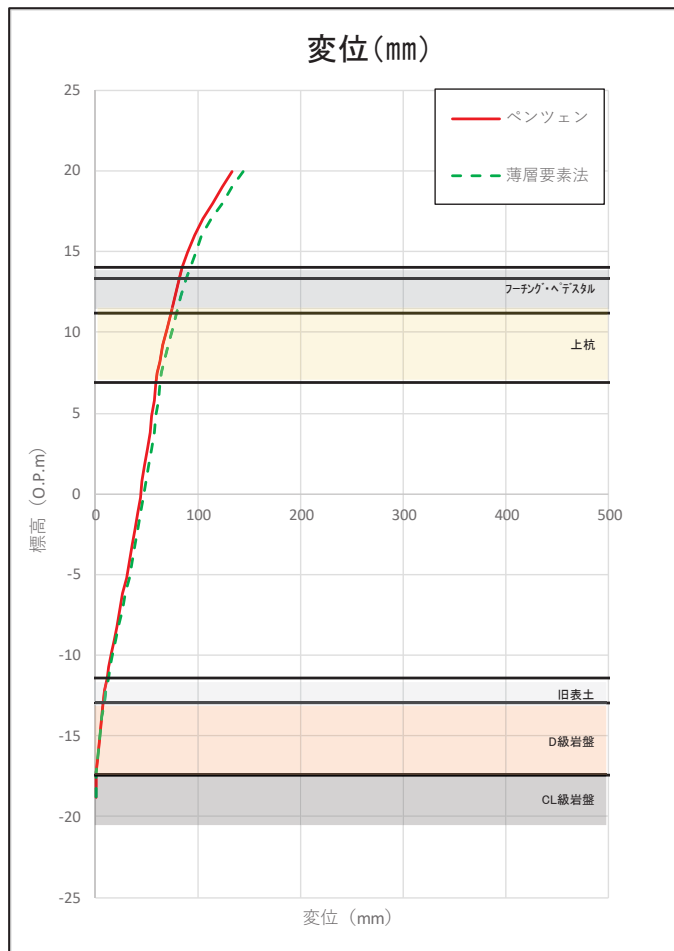
【地震動:Ss-D2】



<薄層要素法との比較結果(3/7)>

- ・質点系モデル(ペンツェンモデル)及び薄層要素法による, 杭体に発生する変位(杭下端からの相対変位), 加速度及び曲げモーメントの比較を以下に示す。
- ・比較の結果, ペンツェンモデルと薄層要素法は, 概ね同等な結果が得られていることを確認した。

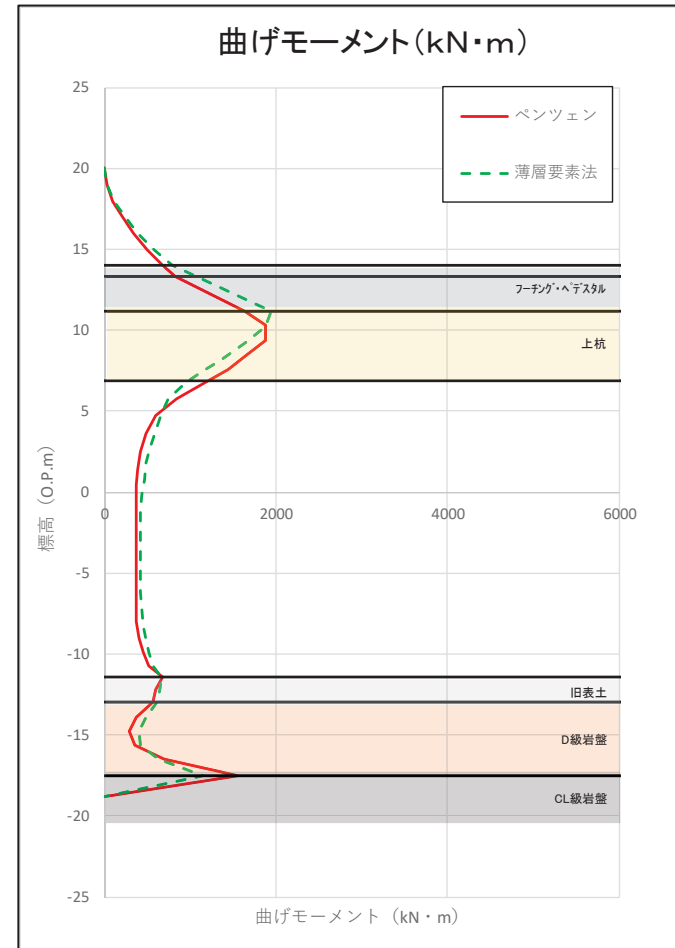
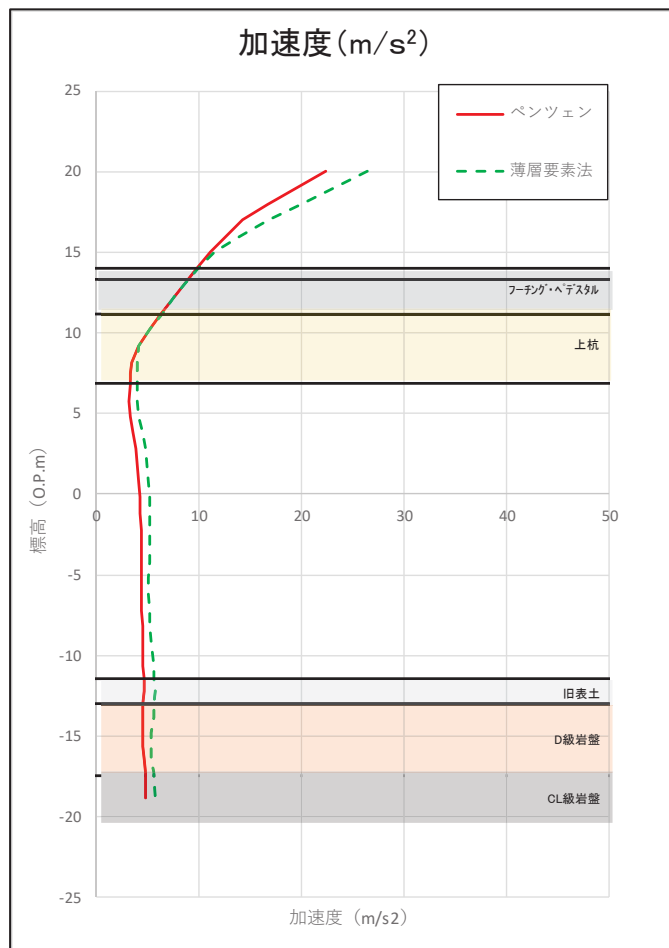
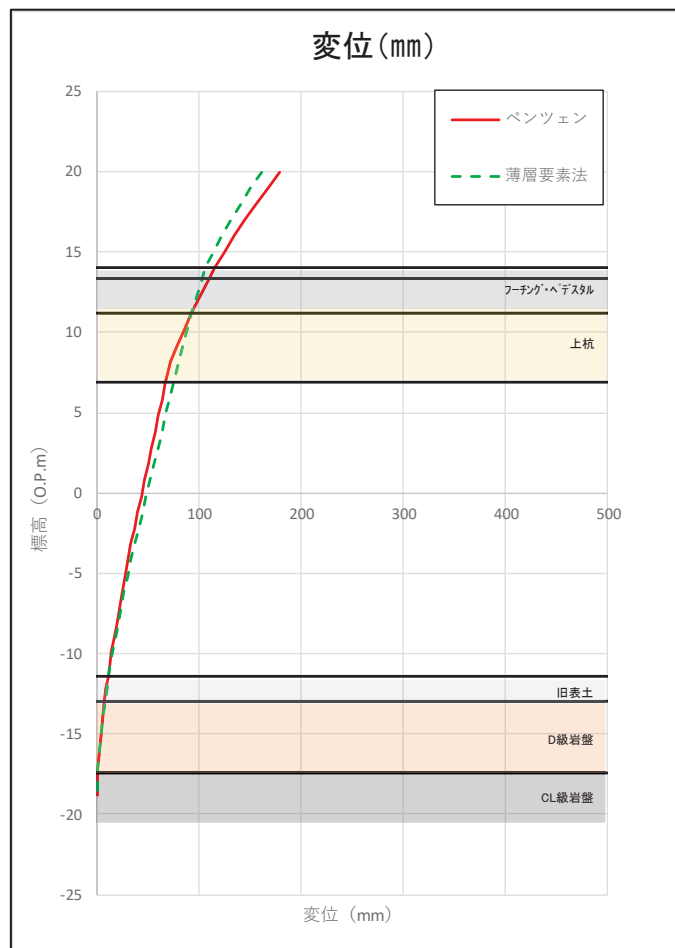
【地震動: Ss-D3】



<薄層要素法との比較結果(4/7)>

- ・質点系モデル(ペンツェンモデル)及び薄層要素法による, 杭体に発生する変位(杭下端からの相対変位), 加速度及び曲げモーメントの比較を以下に示す。
- ・比較の結果, ペンツェンモデルと薄層要素法は, 概ね同等な結果が得られていることを確認した。

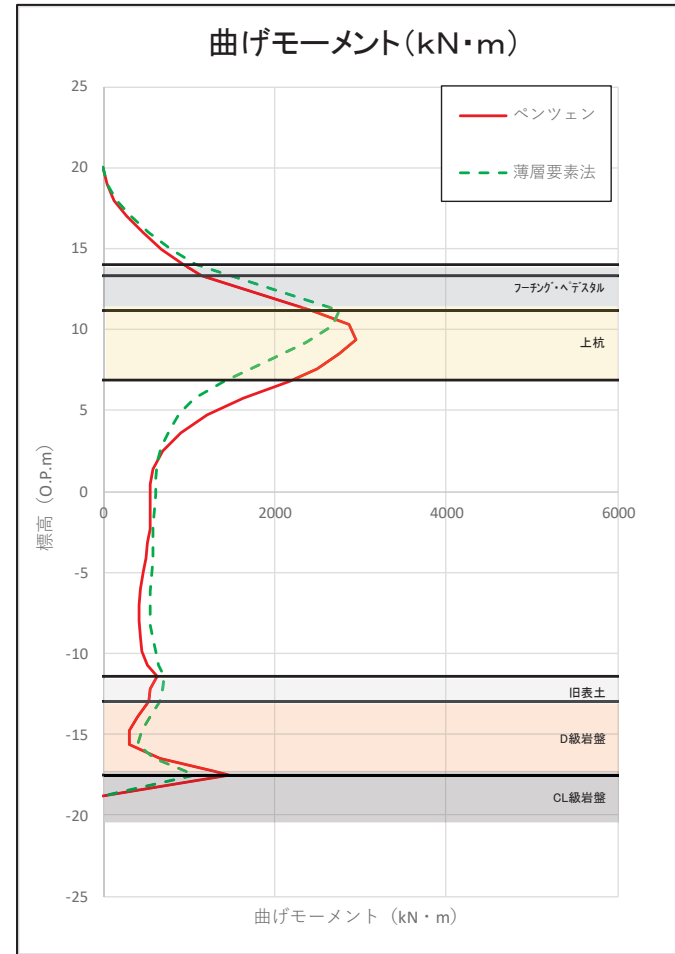
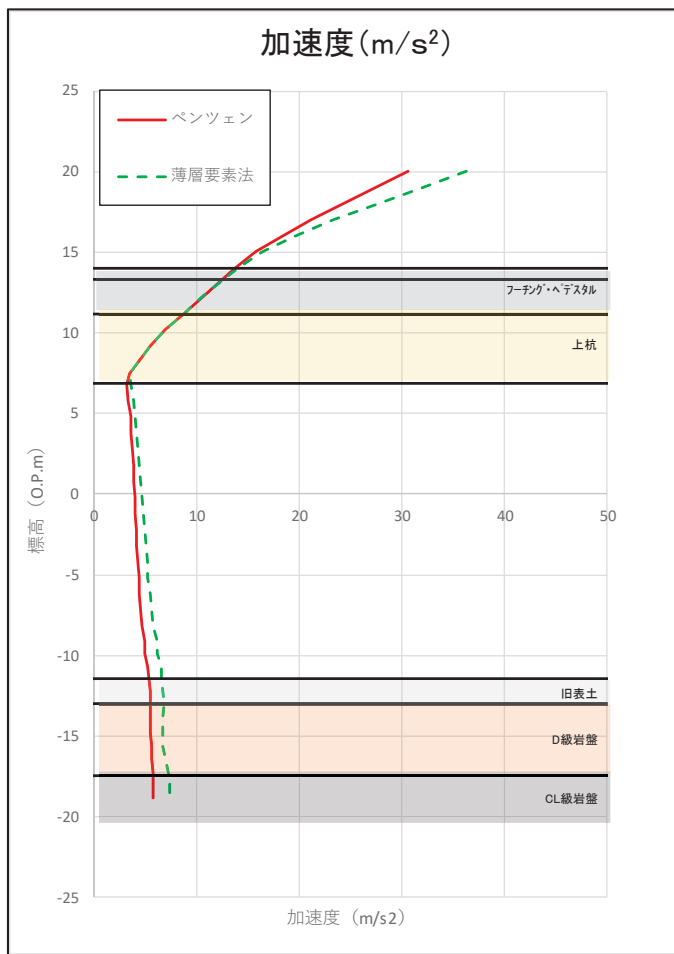
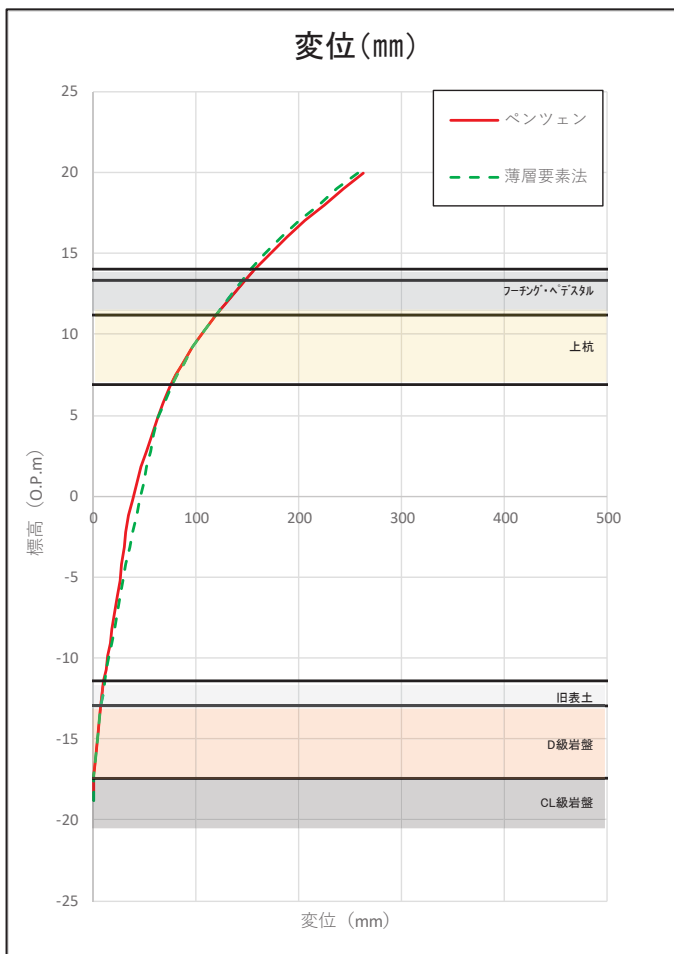
【地震動: Ss-F1】



<薄層要素法との比較結果(5/7)>

- ・質点系モデル(ペンツェンモデル)及び薄層要素法による, 杭体に発生する変位(杭下端からの相対変位), 加速度及び曲げモーメントの比較を以下に示す。
- ・比較の結果, ペンツェンモデルと薄層要素法は, 概ね同等な結果が得られていることを確認した。

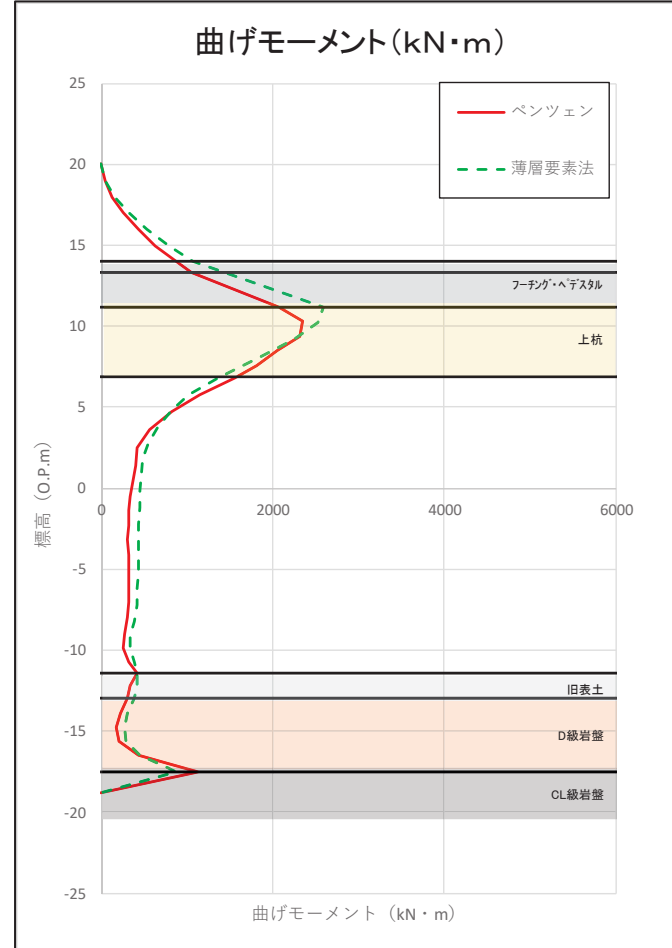
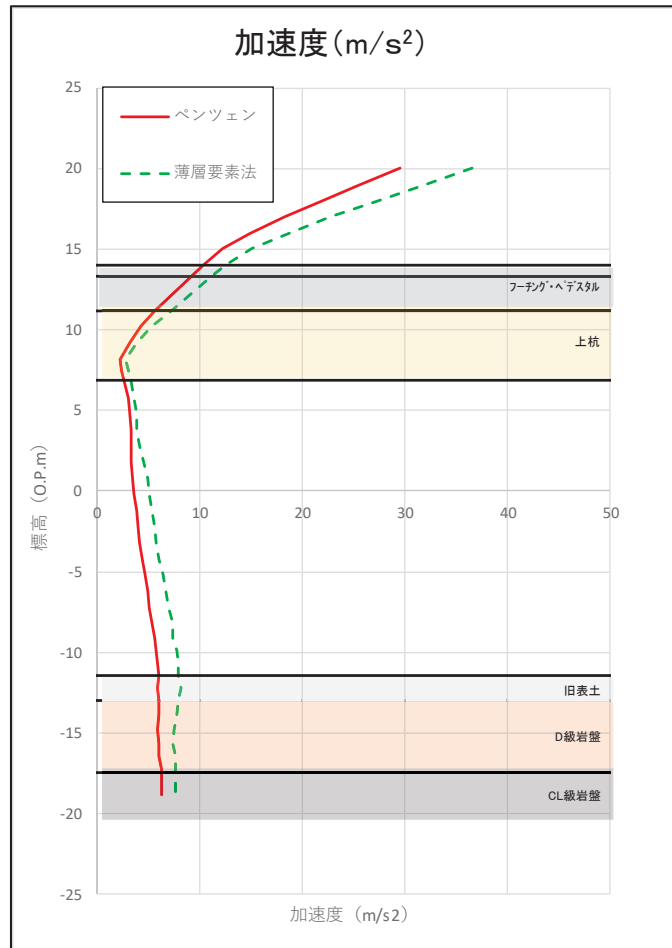
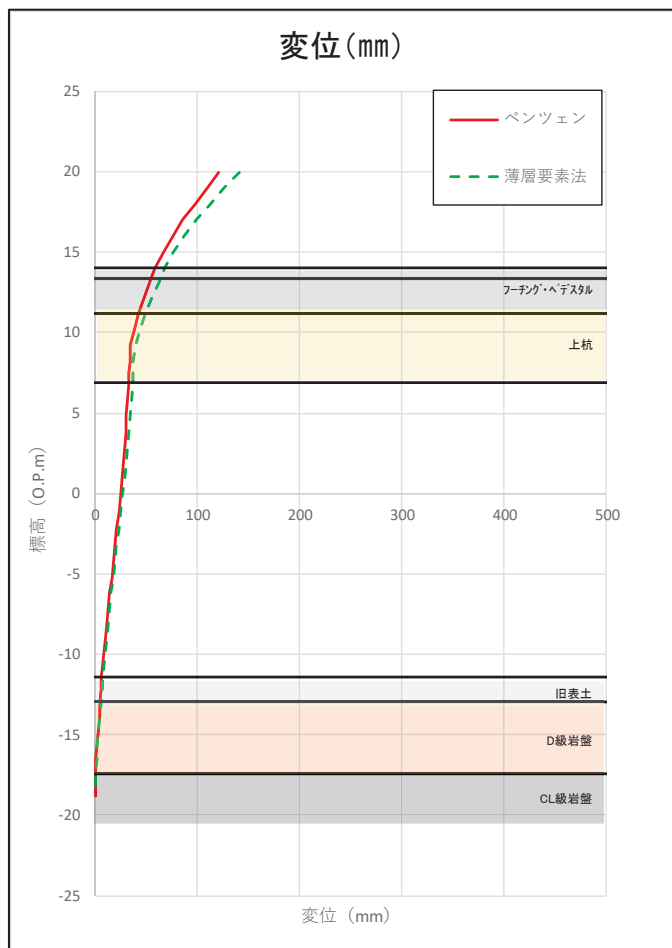
【地震動: Ss-F2】



<薄層要素法との比較結果(6/7)>

- ・質点系モデル(ペンツェンモデル)及び薄層要素法による, 杭体に発生する変位(杭下端からの相対変位), 加速度及び曲げモーメントの比較を以下に示す。
- ・比較の結果, ペンツェンモデルと薄層要素法は, 概ね同等な結果が得られていることを確認した。

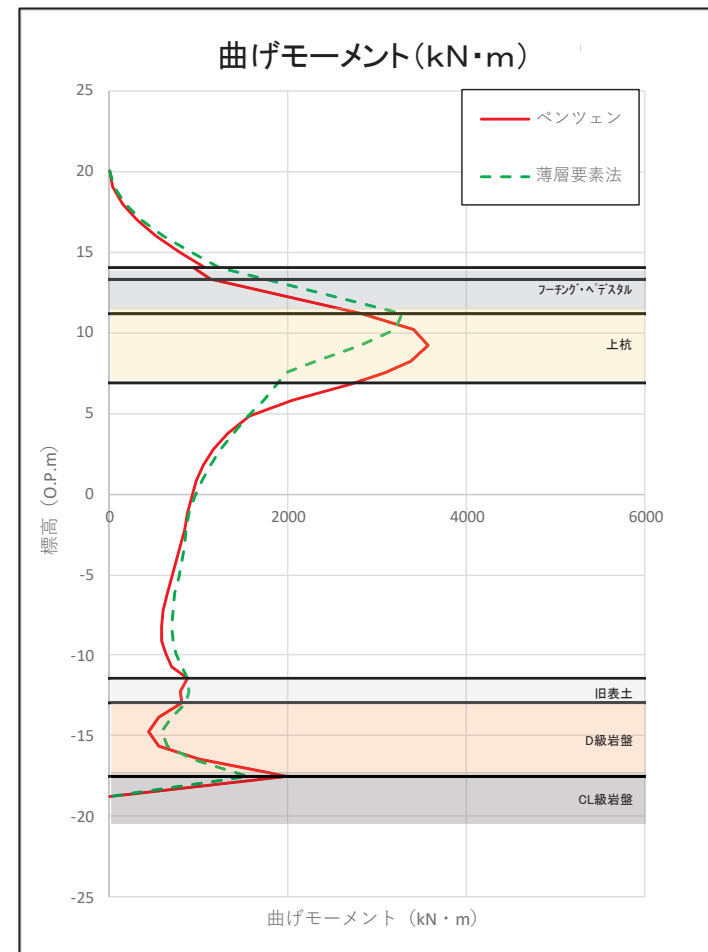
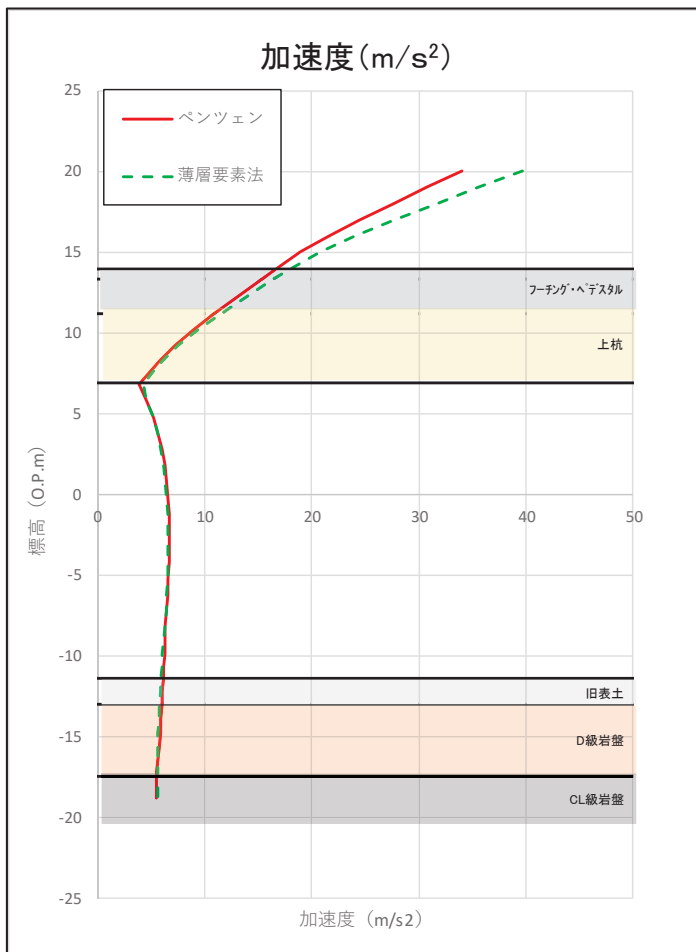
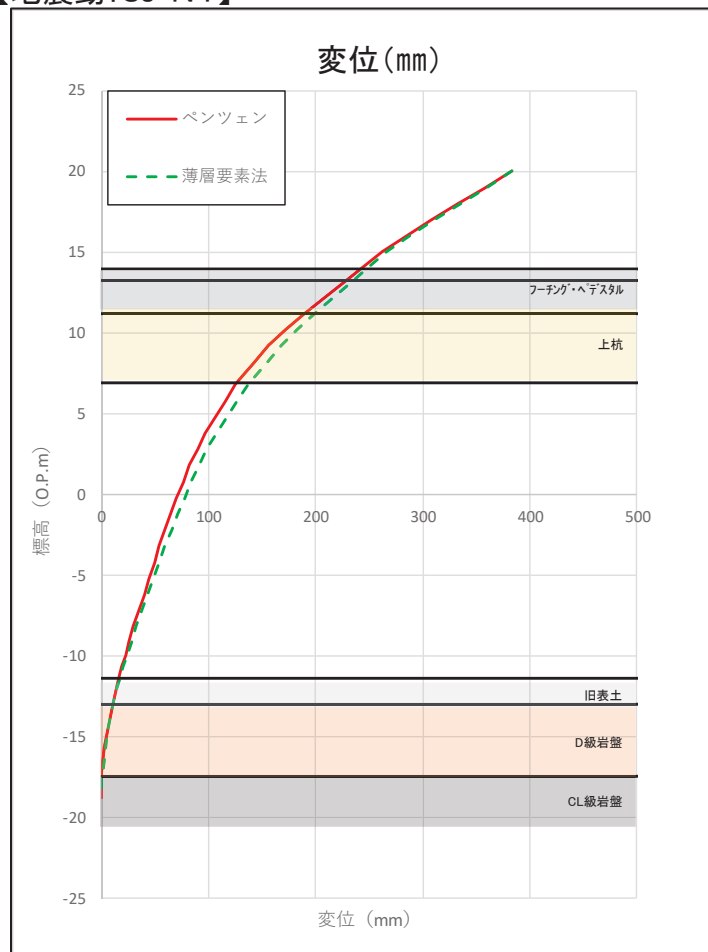
【地震動: Ss-F3】



<薄層要素法との比較結果(7/7)>

- ・質点系モデル(ペンツェンモデル)及び薄層要素法による, 杭体に発生する変位(杭下端からの相対変位), 加速度及び曲げモーメントの比較を以下に示す。
- ・比較の結果, ペンツェンモデルと薄層要素法は, 概ね同等な結果が得られていることを確認した。

【地震動:Ss-N1】



<液状化に関する評価>

- 地震応答解析における液状化影響評価については、「建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計(日本建築学会)」を参照し、下記の手順にて地盤ばねに考慮する。
- なお、防潮壁の設計にあたっては、地下水位以深の全ての盛土、旧表土層に対して地震による繰返し軟化の影響を考慮するために、最大過剰間隙水圧に基づき、バネ値算定に用いる地盤剛性を低減させる。

「建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計(日本建築学会)」に基づく計算方法(P.76より抜粋)

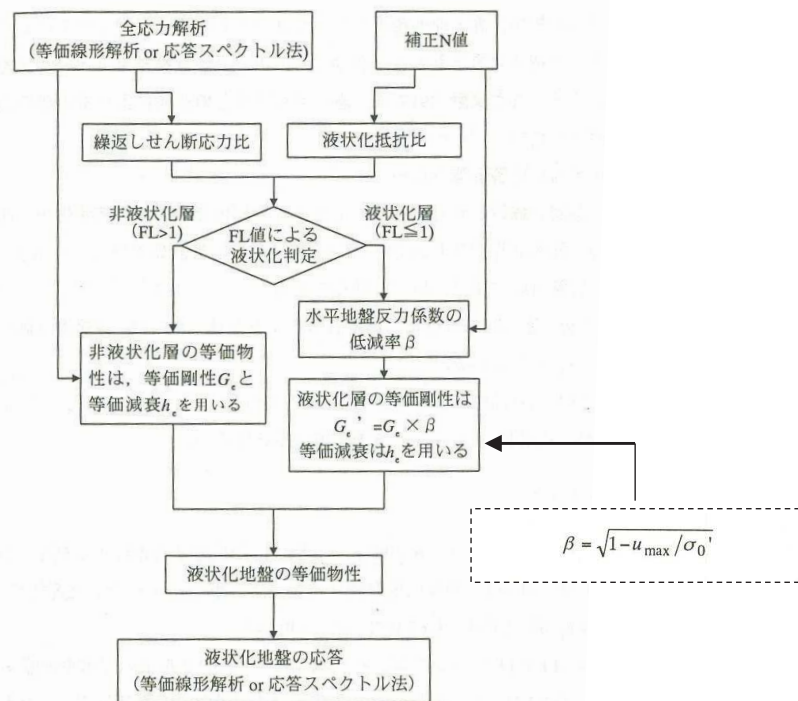
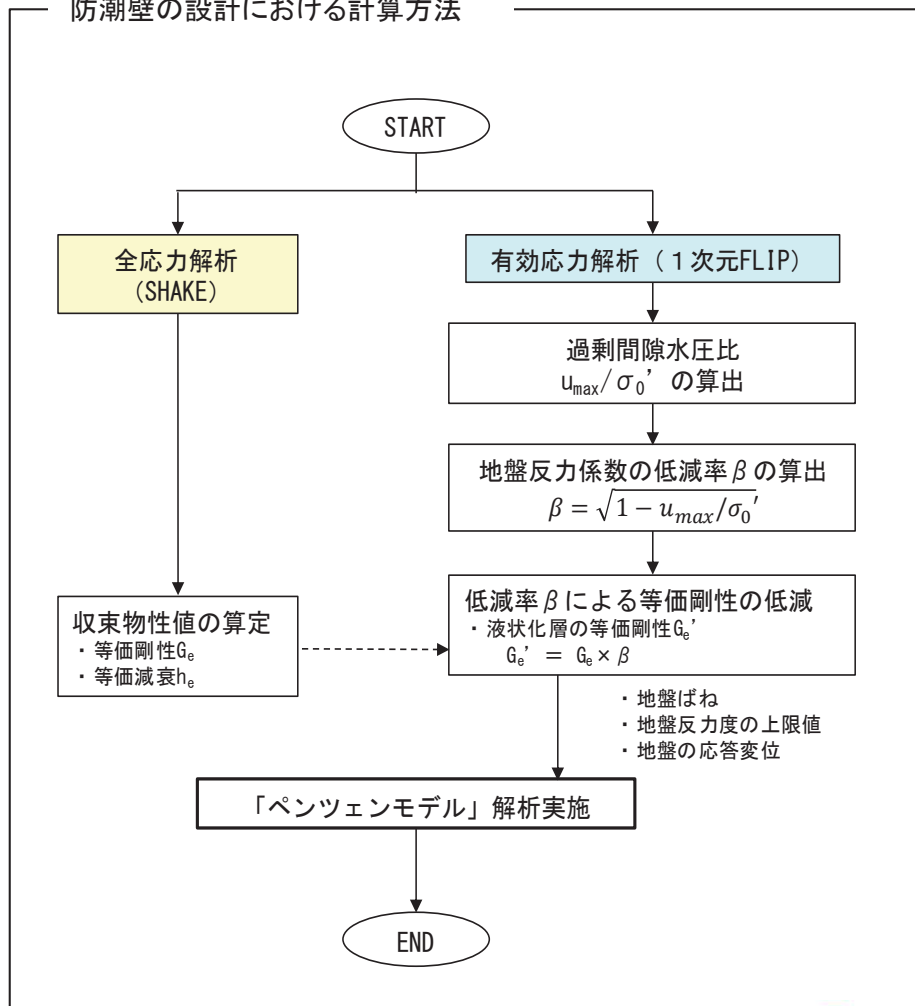


図 3.3.1 液状化地盤の応答計算フロー

防潮壁の設計における計算方法



参考資料

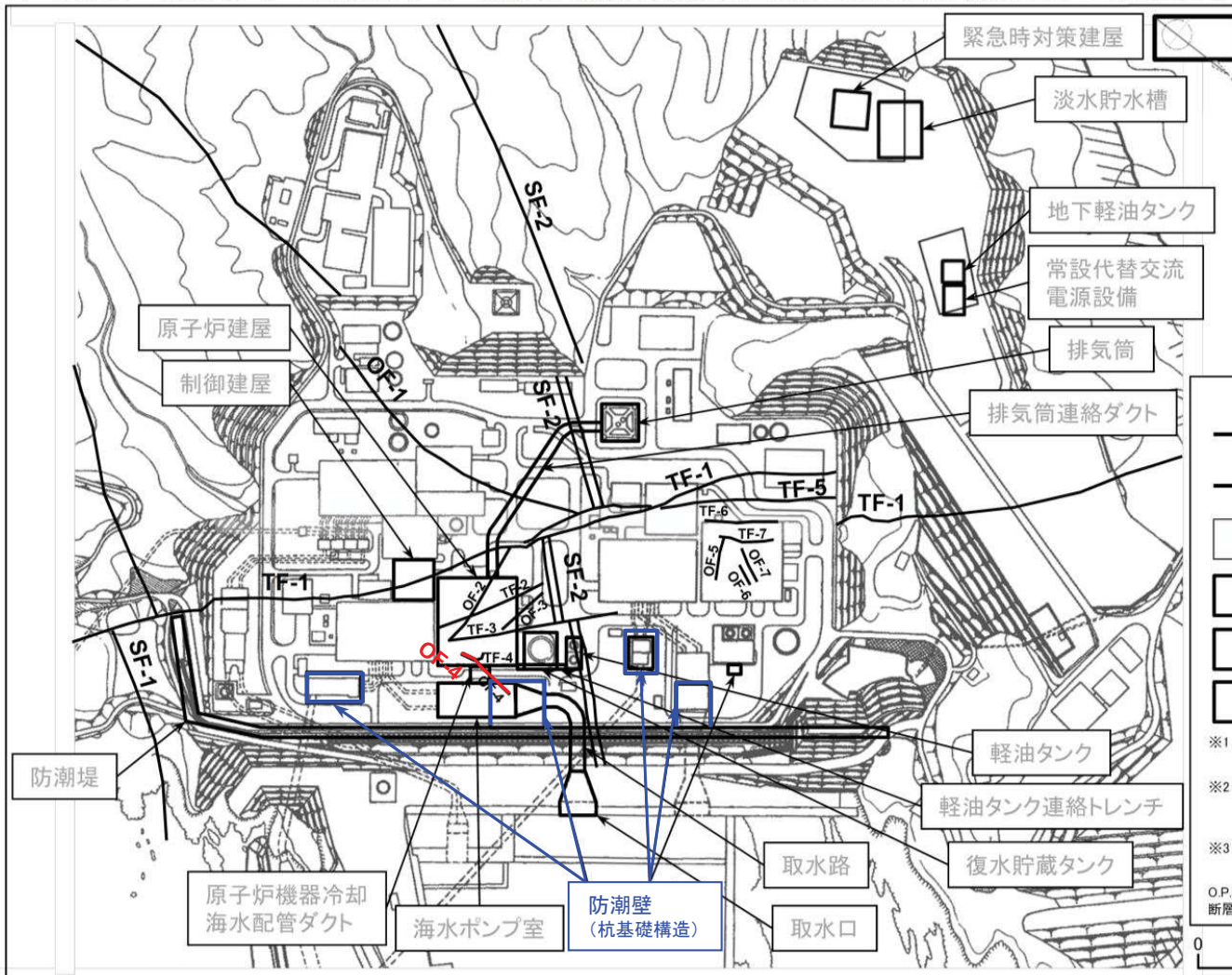
防潮壁(杭基礎構造形式)と断層の位置関係

➤ 防潮壁(杭基礎構造)近傍に位置する断層として、2号炉海水ポンプ室防潮壁を横断するOF-4断層が該当する。

第474回審査会合(H29.6.9)
資料1-1 p68 加筆

女川原子力発電所2号炉申請に対応する耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設と断層の位置関係について整理。

- 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の直下には、SF-2断層、OF-1~4断層及びTF-1~4断層がある。
- なお、SF-1断層、OF-5~7断層及びTF-5~7断層は、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の直下に対応しない。



断層タイプ	断層名	断層直上の耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の有無
走向断層	SF-1	無
	SF-2	有
斜交断層	OF-1	有
	OF-2	有
	OF-3	有
	OF-4	有
	OF-5	無
	OF-6	無
	OF-7	無
横断断層	TF-1	有
	TF-2	有
	TF-3	有
	TF-4	有
	TF-5	無
	TF-6	無
	TF-7	無

凡例

- :耐震重要施設^{※1}及び常設重大事故等対処施設^{※2}の直下にある断層
- :上記以外の断層
- :O.P.^{※3}+14.8m盤
- :耐震重要施設
- :常設重大事故等対処施設
- :耐震重要施設かつ常設重大事故等対処施設

※1 設置許可基準規則第3条の対象となる耐震重要施設(間接支持構造物を含む)

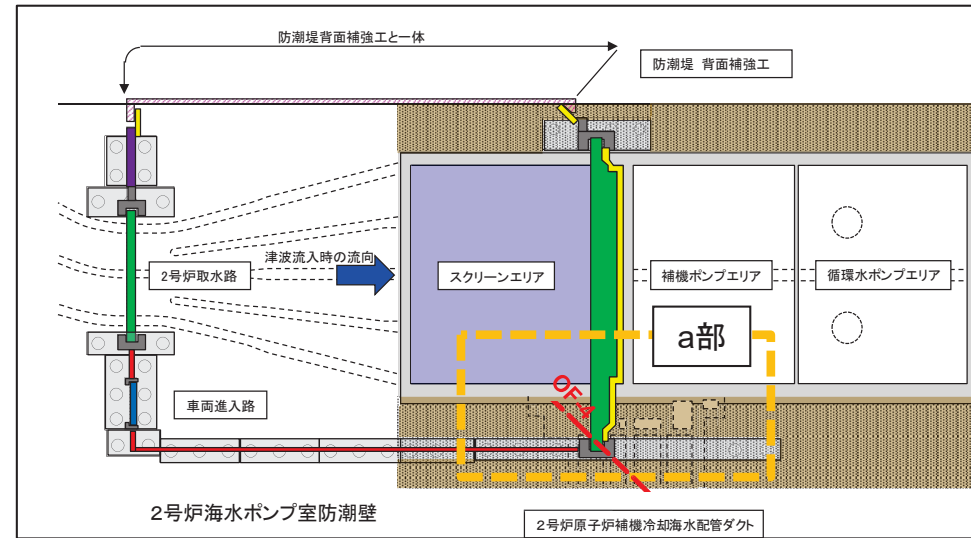
※2 設置許可基準規則第38条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設を除く)

※3 O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり、東京湾平均海面(T.P.)-0.74m。

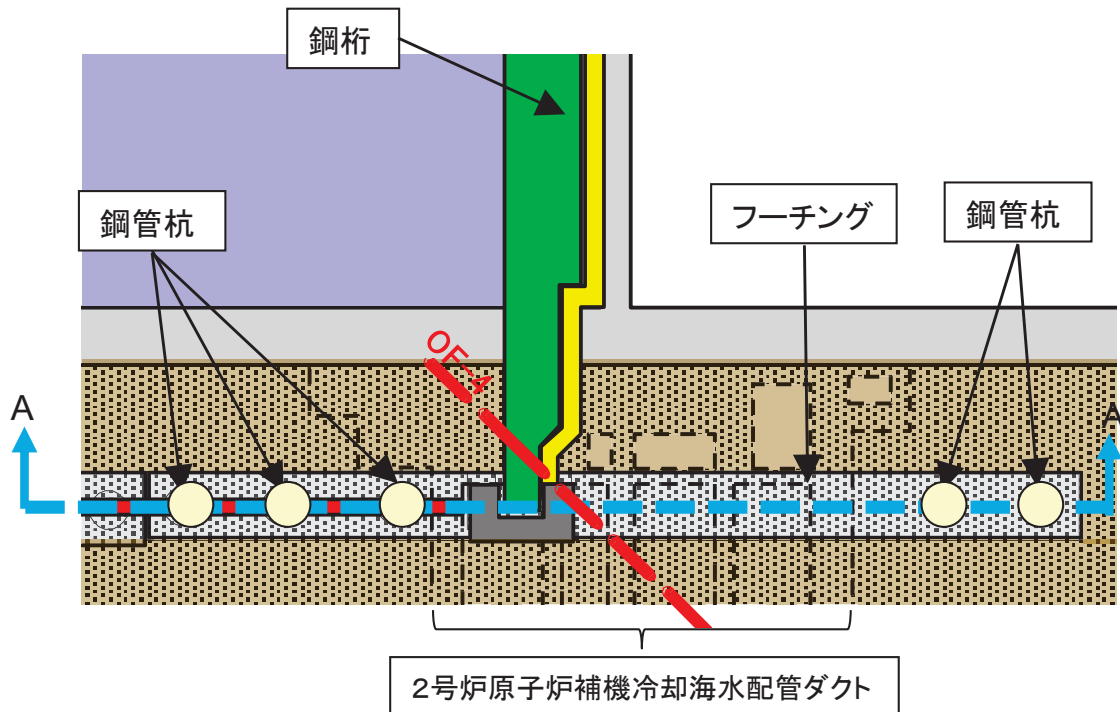
O.P.+14.8m盤はO.P.約-14mでの断層位置を示し、周囲は地質構造図による断層位置を示す。

0 100 200m

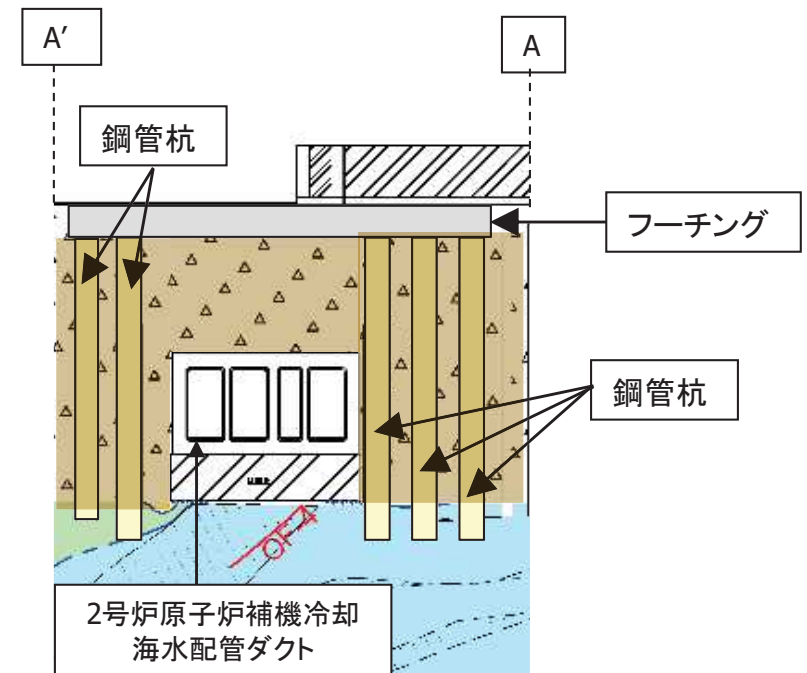
- 2号炉海水ポンプ室防潮壁とOF-4断層の位置関係(詳細)を示す。
- OF-4断層は規模が小さく、連続性も乏しい断層である。また、杭配置を下図の通りとしており、鋼管杭直下には断層は存在していない。



2号炉海水ポンプ室防潮壁 全体平面図



a部 詳細図



地質断面図 (A-A'断面)

参考文献

1. 設計者のための免震用積層ゴムハンドブック ((社)日本ゴム協会)
2. 免震積層ゴム入門 (日本免震構造協会)
3. 道路橋示方書・同解説(Ⅰ 共通編, Ⅱ 鋼橋編, Ⅳ 下部構造編, Ⅴ 耐震設計編) ((社)日本道路協会 H14.3)
4. 鋼構造物設計規準—許容応力度設計法—((社)日本建築学会 2005改定)
5. 道路橋支承便覧((社)日本道路協会 H16. 3)
6. ダム・堰施設技術基準(基準解説編・マニュアル編) ((社)ダム・堰施設技術協会 H28.3)
7. 豊国工業株式会社(シェル構造ローラーゲート) <http://www.hokoku-kogyo.co.jp/actualresults/>
8. 株式会社丸島アクアシステム(シェル構造ローラーゲート) http://www.marsima.co.jp/product/water_gates/rivers03/index.html
9. 株式会社 ビー・ビー・エム(水平反力分散ゴム支承) <http://www.mgb.gr.jp/bbm/products/bridge-bearing/rb/>
10. 東京ファブリック工業株式会社(水平反力分散ゴム支承) <https://www.tokyo-fabric.co.jp/record/?p=2&ca=1>
11. 株式会社住軽日軽エンジニアリング (防潮ゲート)
http://www.sne.co.jp/products/index.cgi?c=products_detail&pk=76&CATE=36&SUB_GATE=44
12. 株式会社住軽日軽エンジニアリング (防潮ゲート)(カタログ)
13. 東京ファブリック工業株式会社(Ω 型ジョイント) <https://www.tokyo-fabric.co.jp/record/?p=1&ca=4>
14. 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(JEAC4616-2009)
15. 建物と地盤の動的相互作用を考慮した応答解析と耐震設計(日本建築学会)