

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7月10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	40
2.3 損傷モードの抽出	48
2.4 部位毎の設計方針	83

補足説明資料

補足説明資料1 構造概要図	101
補足説明資料2 一般産業施設における類似構造の施工性	123
補足説明資料3 地盤変位を考慮した解析手法	127
補足説明資料4 止水目地の性能試験結果	130

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づけを示すため、「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。

1. 流入防止対策の概要

1.1 概要(1/3)

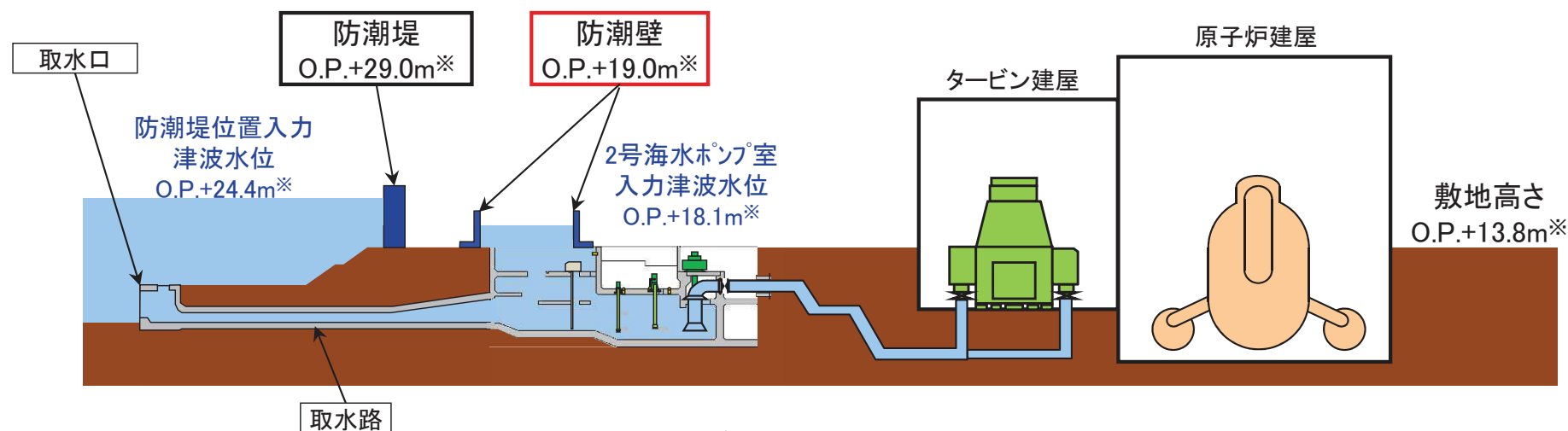
- 津波防護施設の設計において考慮すべき女川のサイト特性として、津波高さが高いことが挙げられる。
- 取水路又は放水路から津波が流入する可能性があることから、流入の可能性のある経路に対して浸水対策を施すことにより、津波の流入を防止する。

(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。



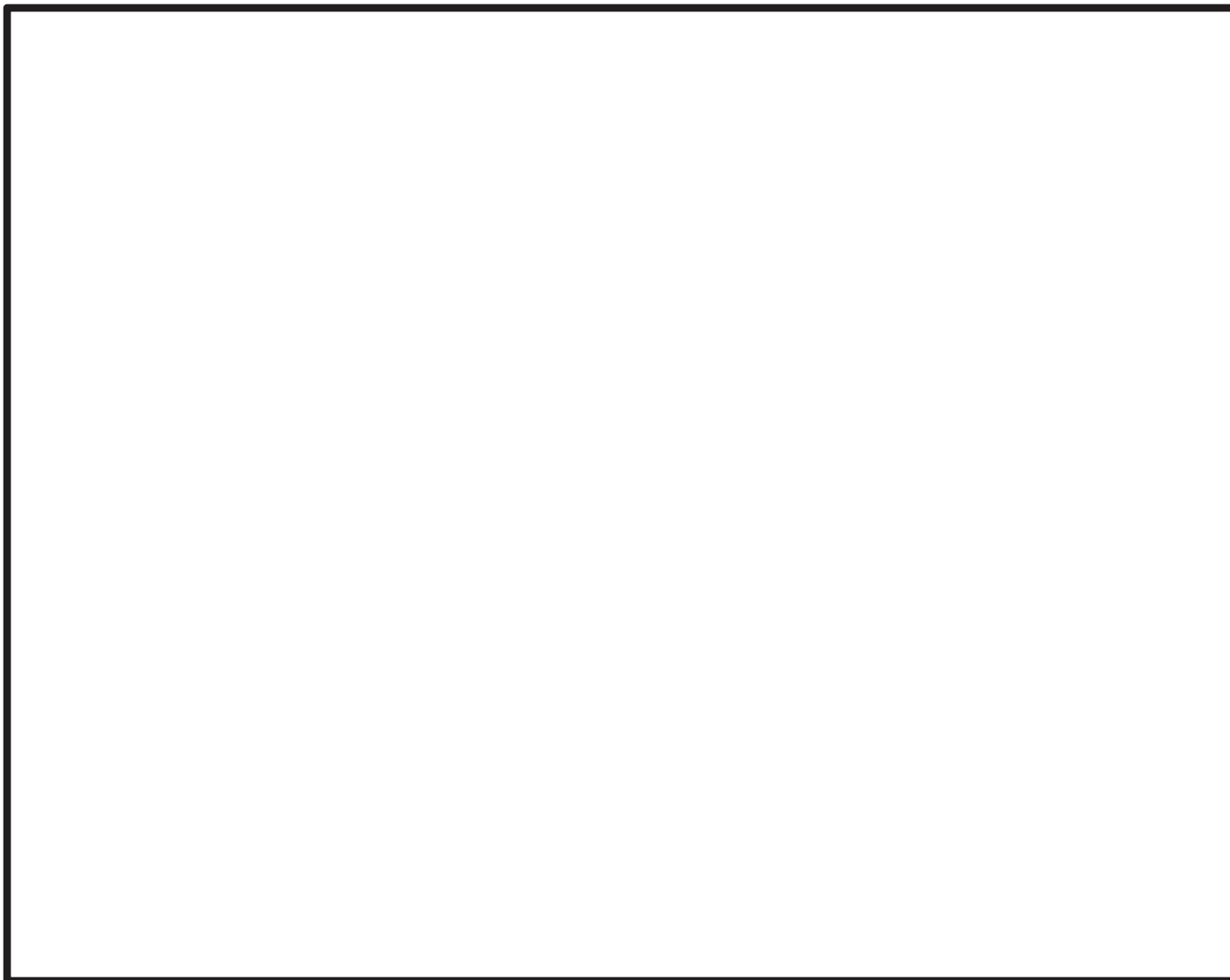
取水路断面図(2号炉の例)

※: 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。

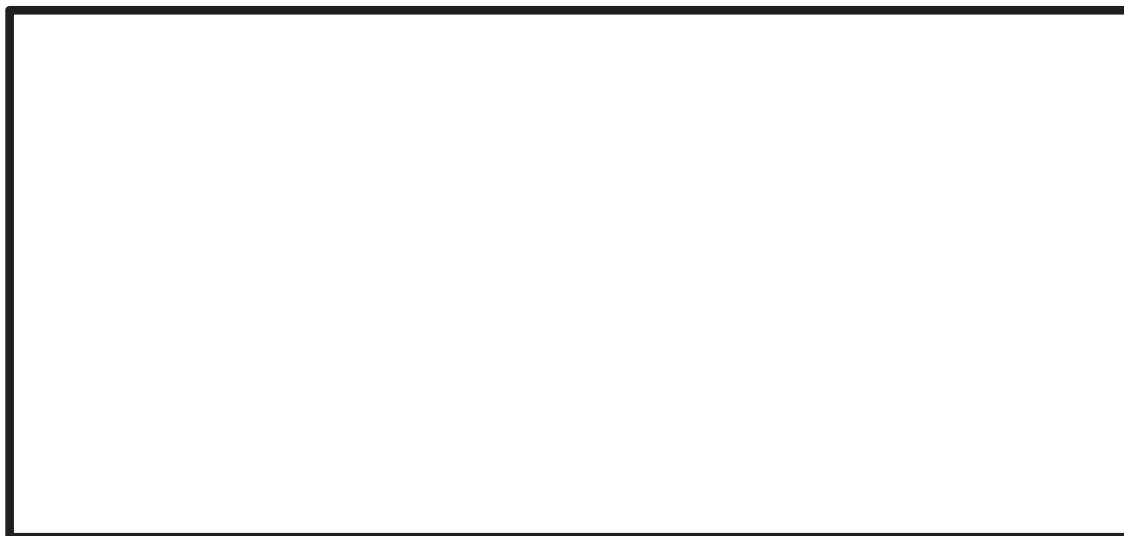
- 流入防止対策として設置する防潮壁は、入力津波高さに対して十分裕度のある高さとする。
- 流路縮小工により流入防止対策を行う1号炉取放水路においては、入力津波高さを開口部である海水ポンプ室又は放水立坑の天端高さ以下に制限する。

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共に、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)

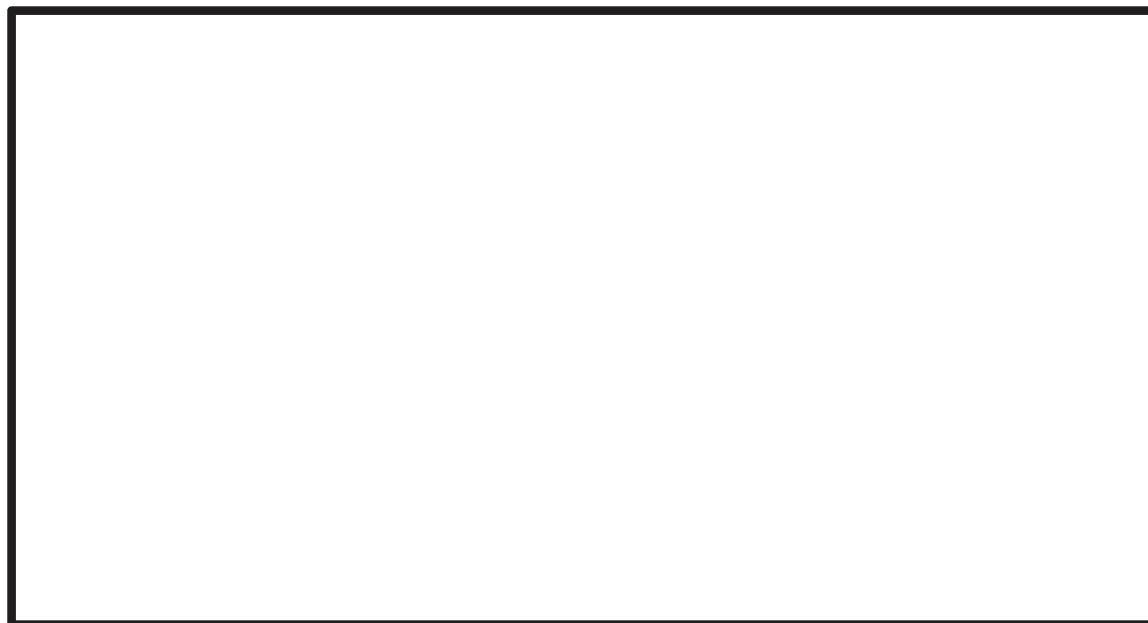


2号炉海水ポンプ室流入防止対策配置図(A-A断面図)

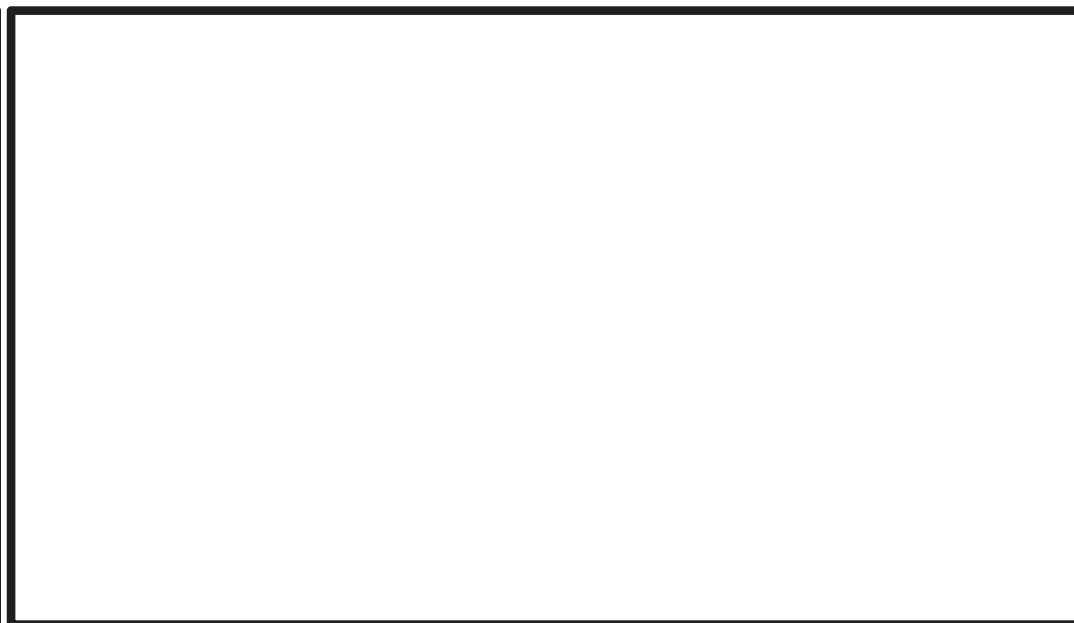
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

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共に、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)



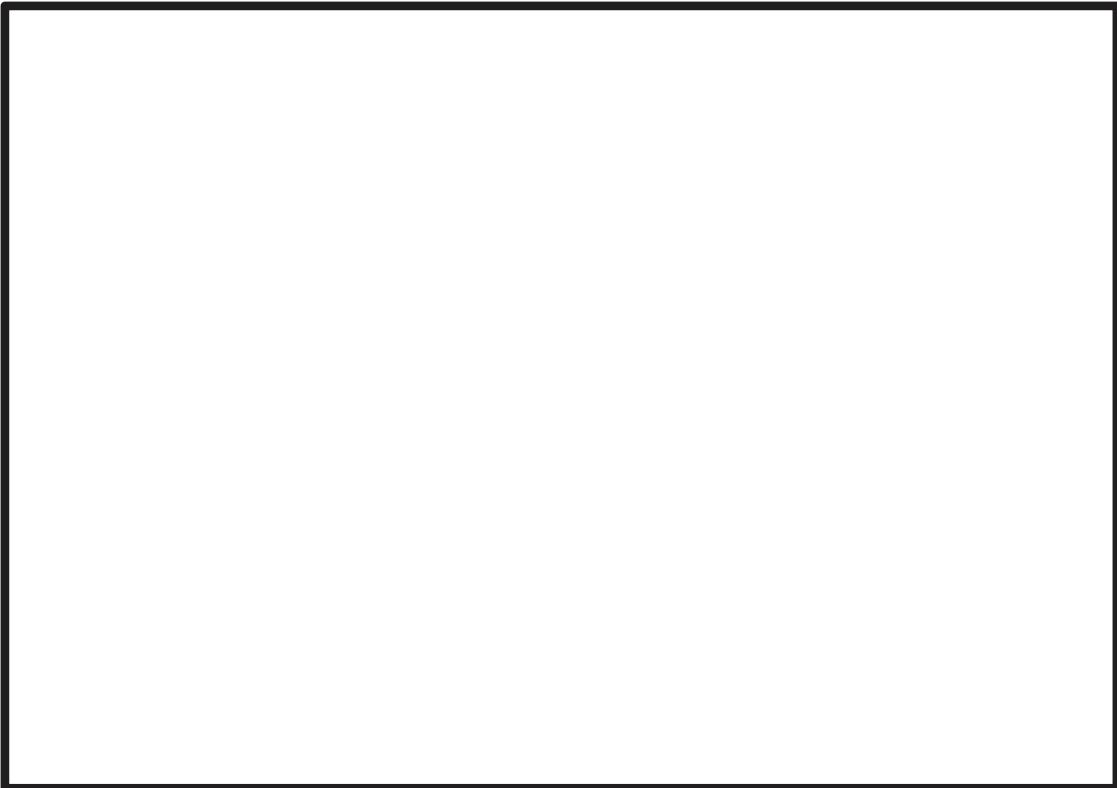
3号炉海水ポンプ室流入防止対策配置図(A-A断面図)

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)



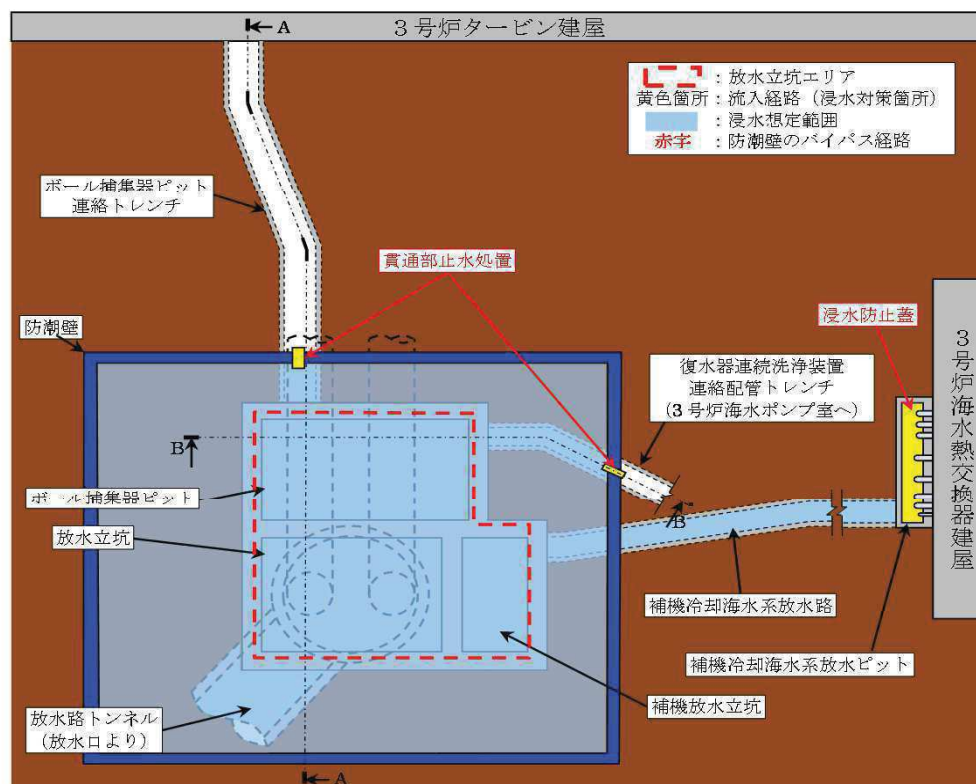
3号炉海水熱交換器建屋海水ポンプ室
流入防止対策配置図(左:A-A断面図 右: B-B断面図)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

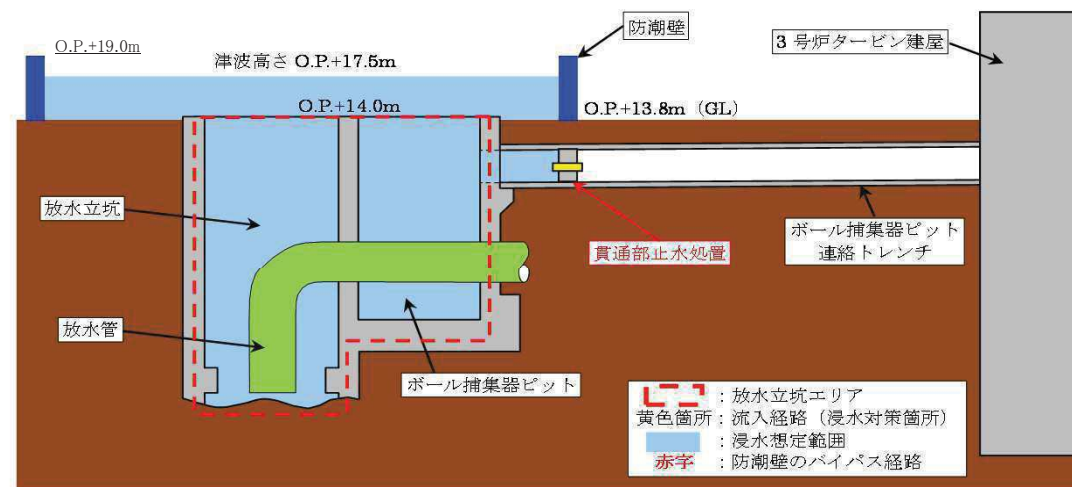
1. 流入防止対策の概要

1.2.4 3号炉放水路からの流入防止対策

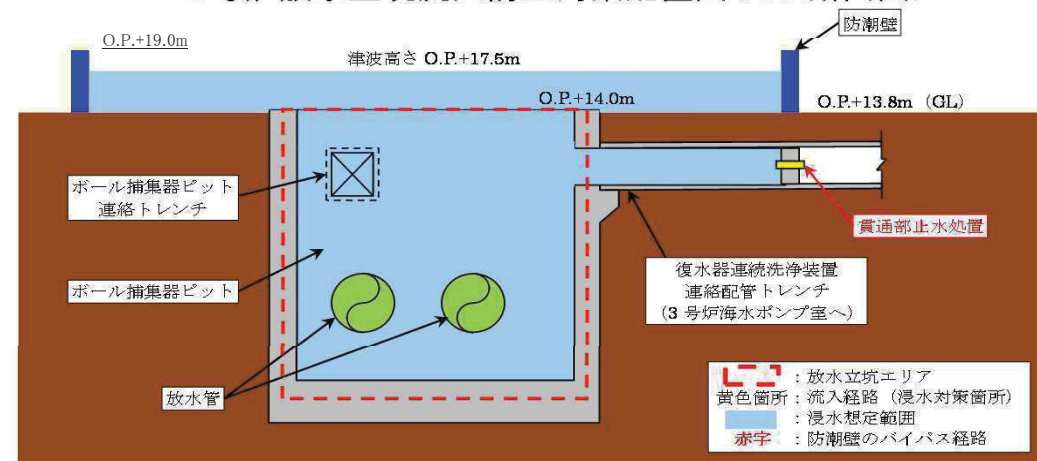
- 3号炉放水路から敷地地上部に津波が流入する可能性のある経路として放水立坑エリアの開口部があり、この周囲に高さO.P.+19.0mの防潮壁を設置し、敷地への津波の流入を防止する。
- 防潮壁の外側と内側をバイパスする経路への流入防止対策として、放水立坑壁面貫通部へ貫通部止水処置を行う。
- 補機冷却海水系放水路については海水熱交換器建屋側の補機冷却海水系放水ピットの開口部へ浸水防止蓋を設置する。



3号炉放水立坑流入防止対策配置図(平面図)



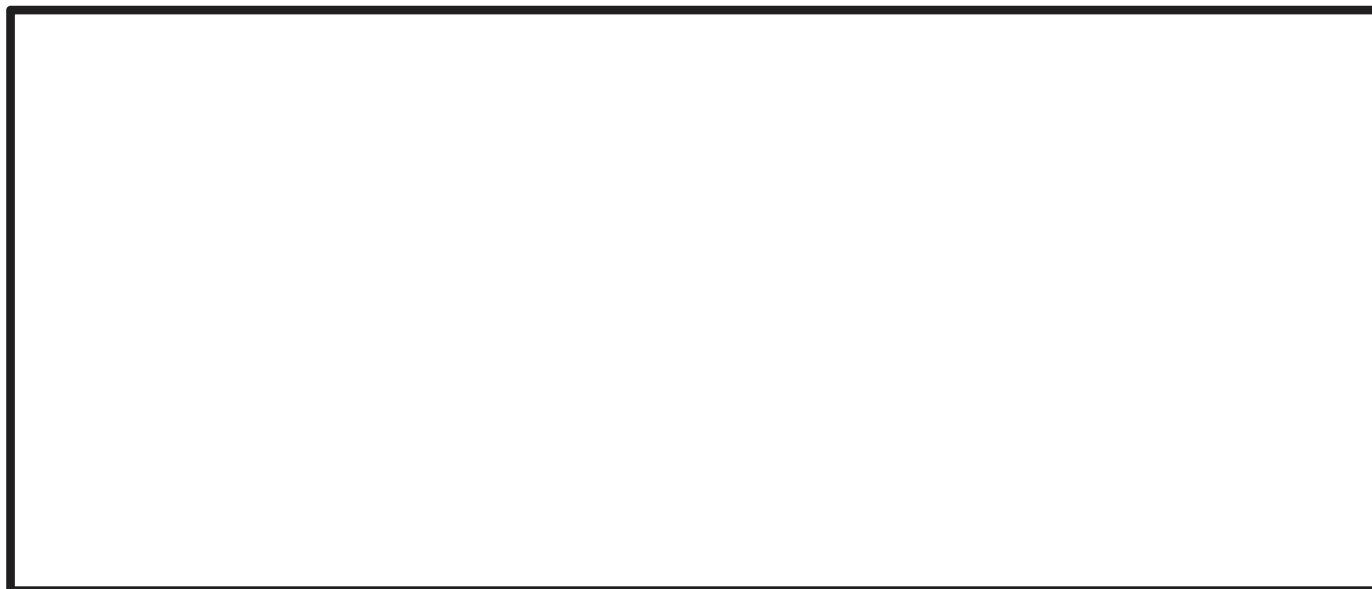
3号炉放水立坑流入防止対策配置図(A-A断面図)



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号炉取水路及び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、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)



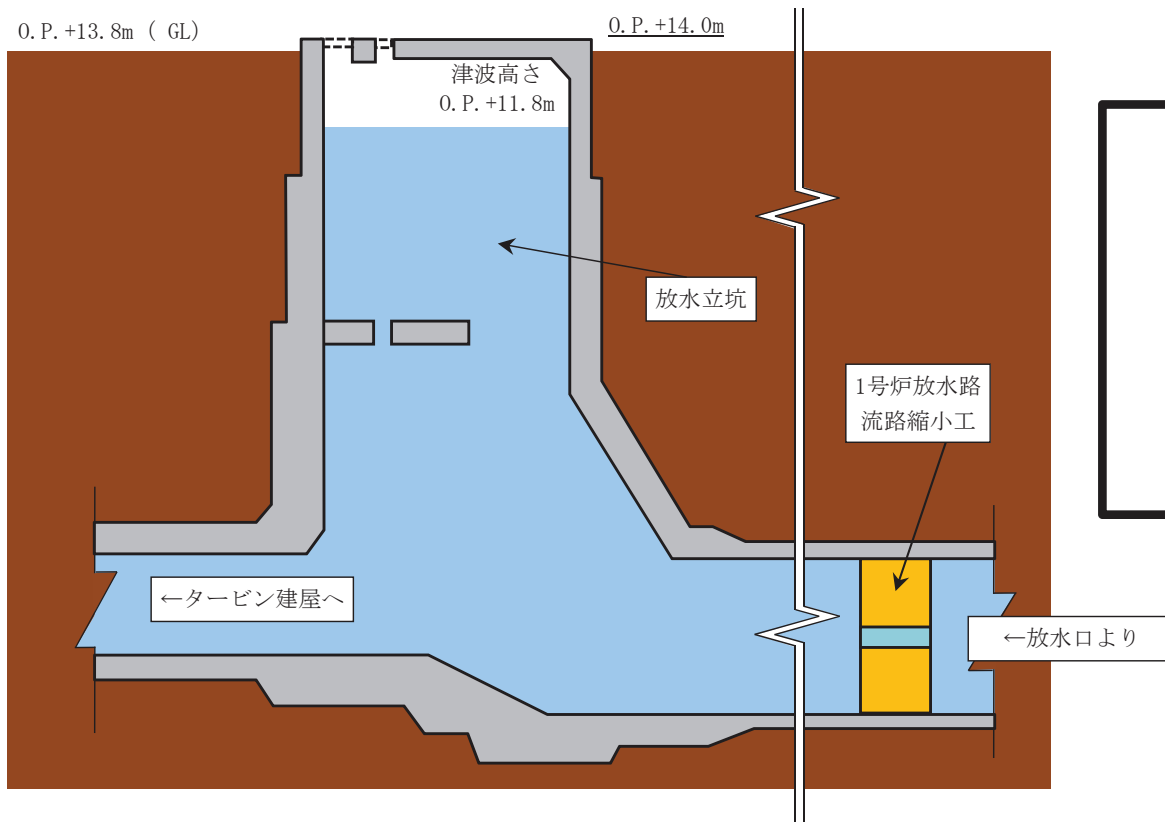
1号炉取水路流路縮小工(構造図)

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)

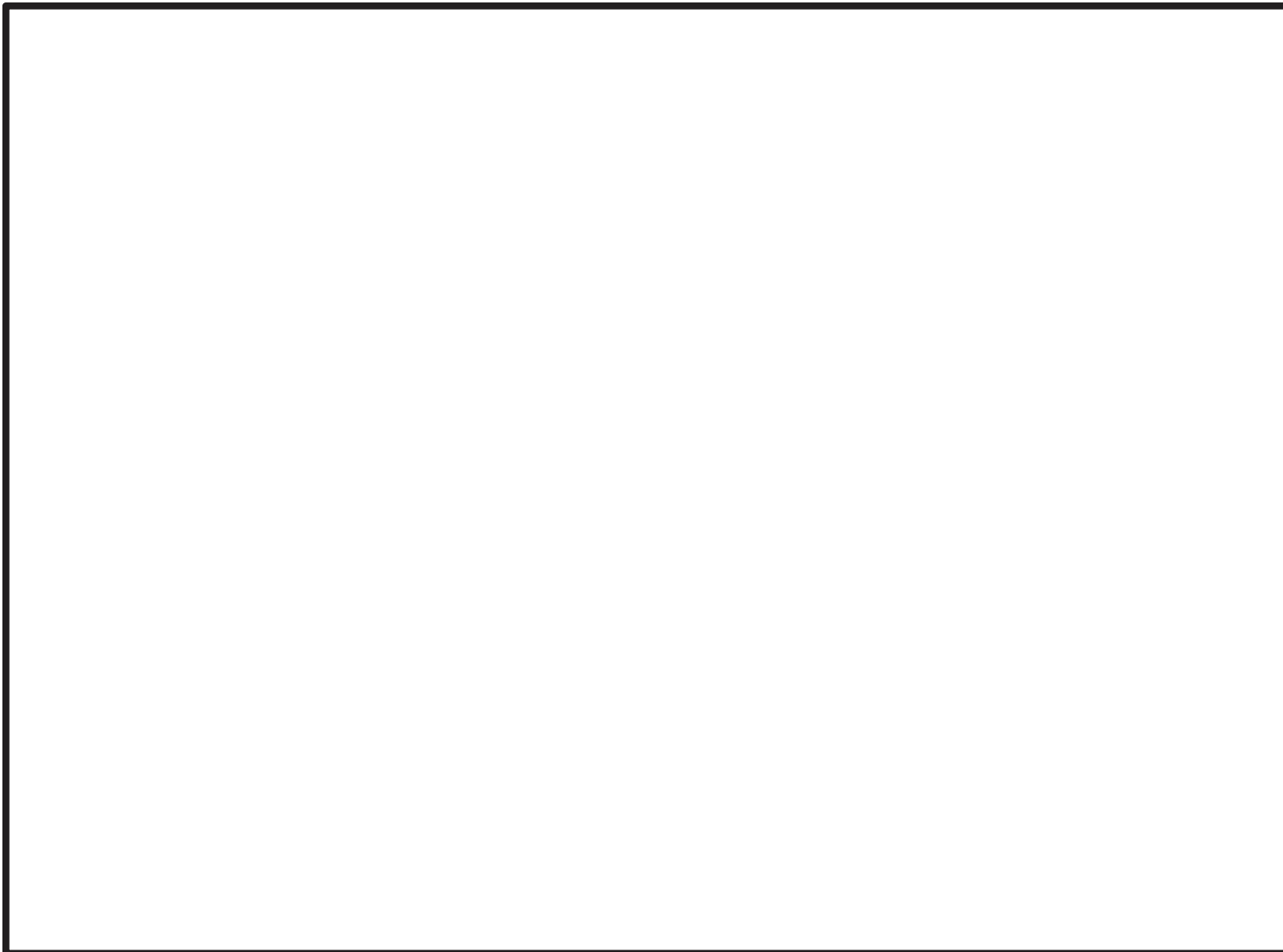
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

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(PCパネル, 鋼製, RC)に分類され、鋼製遮水壁については、更に海水ポンプ室横断部と地中構造物横断部及び車両進入路部に分類される。
- 以下に、構造形式毎の配置状況と概略図を示すとともに、次頁以降に概要を示す。

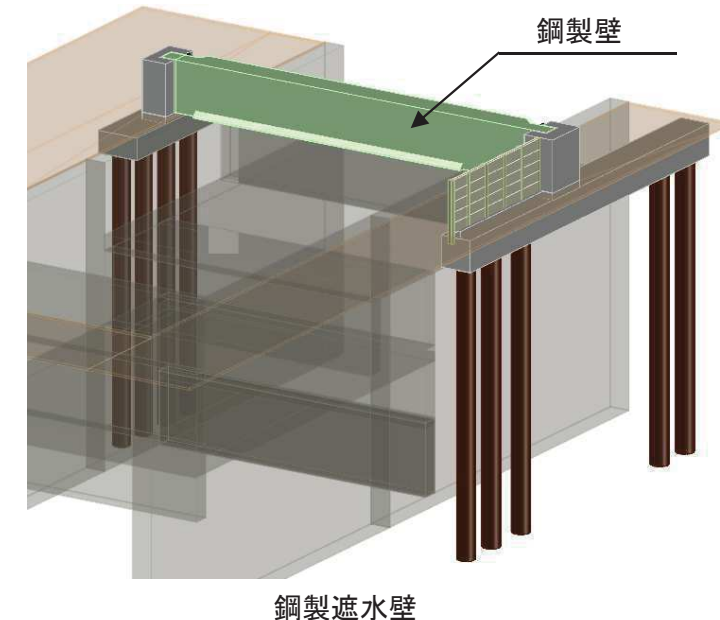
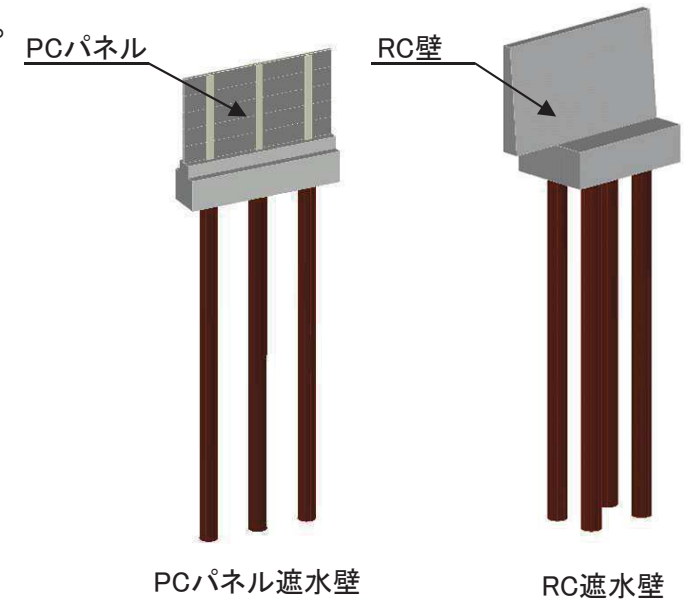


枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

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。
- 防潮壁の壁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、止水目地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、地中構造物や周辺構造物の状況を踏まえて選定し、PCパネル遮水壁、鋼製遮水壁及びRC遮水壁に分類される。

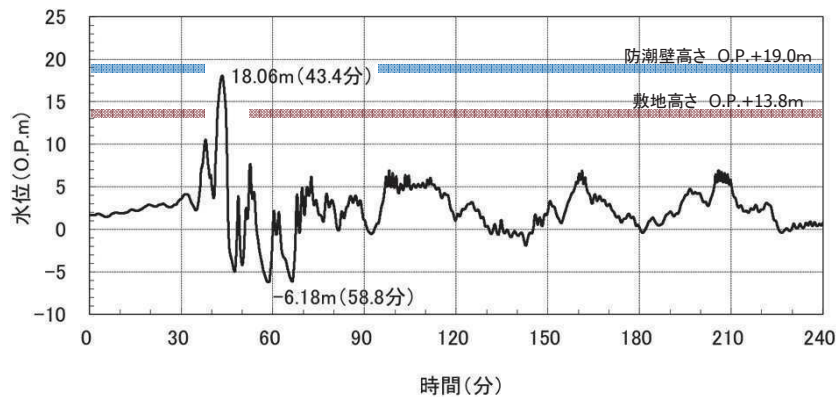


構造形式	設置箇所
PCパネル遮水壁	<ul style="list-style-type: none"> 下記に該当しない箇所
鋼製遮水壁	<ul style="list-style-type: none"> 地中構造物により直下に杭を打設できない箇所(海水ポンプ室横断部, 地中構造物横断部) 車両の進入を考慮する箇所(車両進入路)
RC遮水壁	<ul style="list-style-type: none"> 防潮堤と接合する箇所

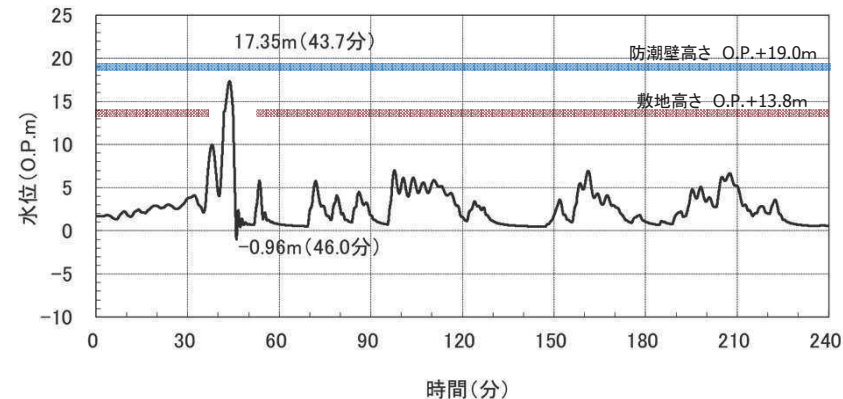
- 防潮壁高さは、入力津波に対し余裕を考慮した高さとする。

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

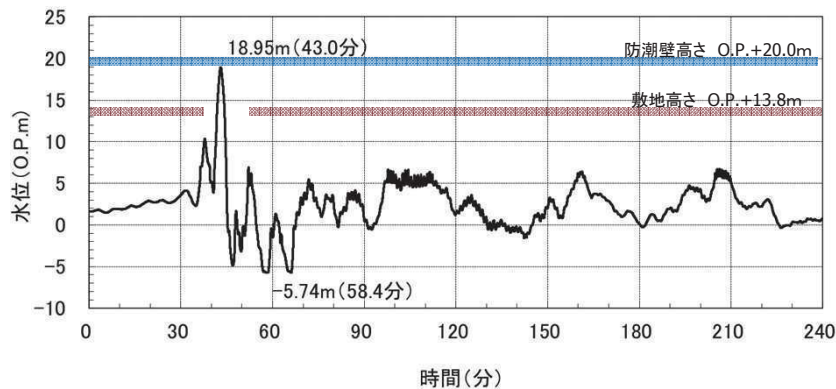
2号炉海水ポンプ室



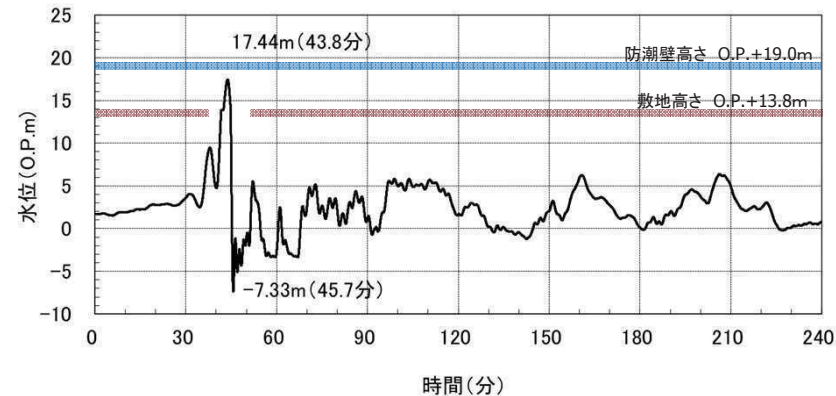
2号炉放水立坑



3号炉海水ポンプ室

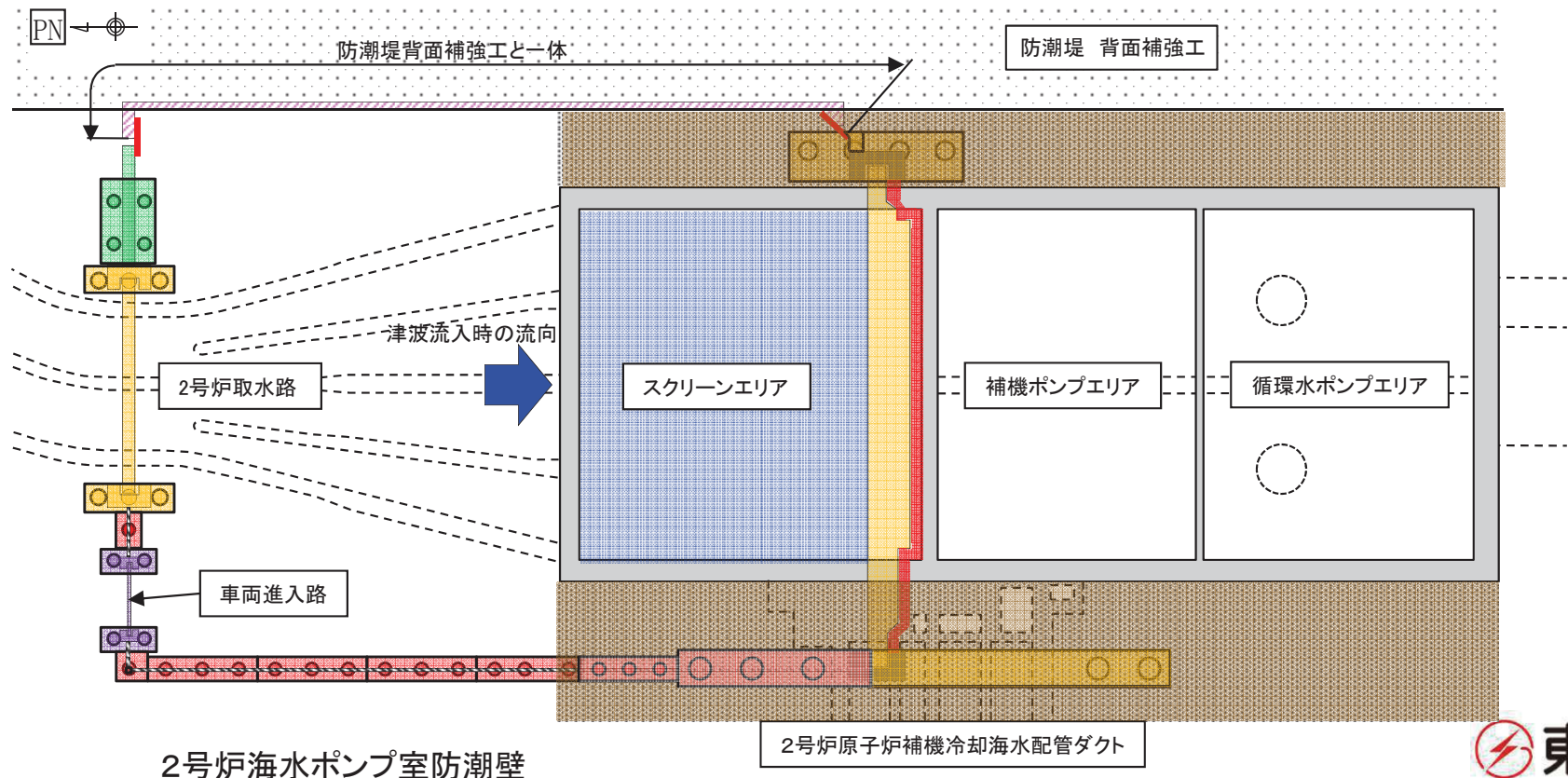
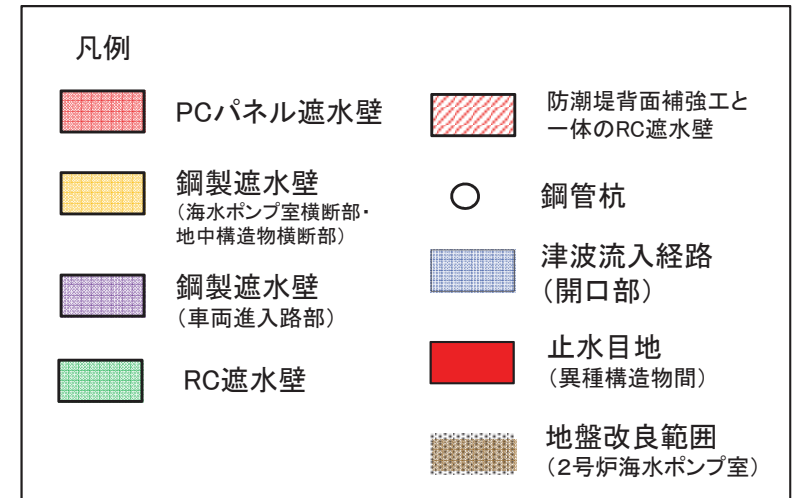


3号炉放水立坑



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。
 - 以下の3箇所に鋼製遮水壁を設置する。
 - 海水ポンプ室の横断部
 - 取水路横断部
 - 車両進入路部
 - 防潮壁の東側(海側)の一面は防潮堤の背面補強工(上に一体化した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PCパネル遮水壁を設置する。
 - 防潮堤及び海水ポンプ室との接合部分には変位追従性を有する止水目地を設置する。



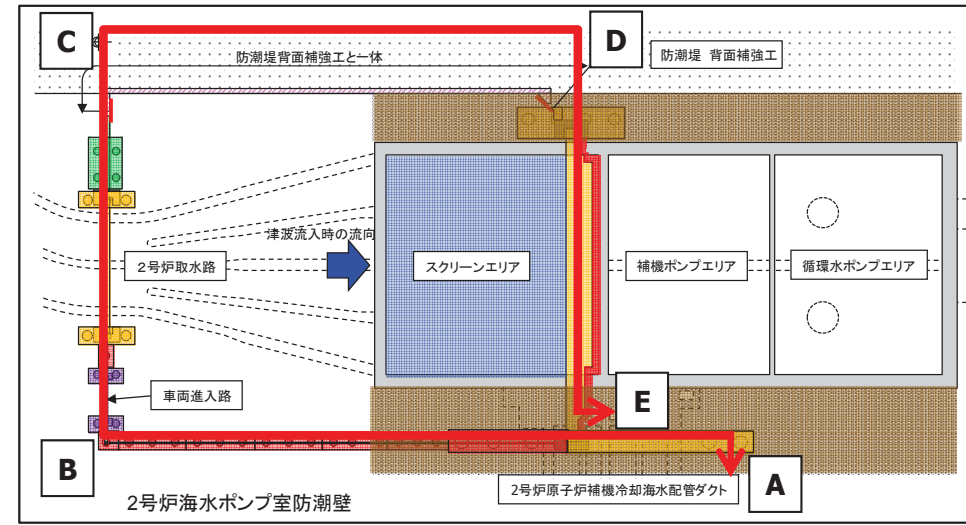
2号炉海水ポンプ室防潮壁

2号炉原子炉補機冷却海水配管ダクト

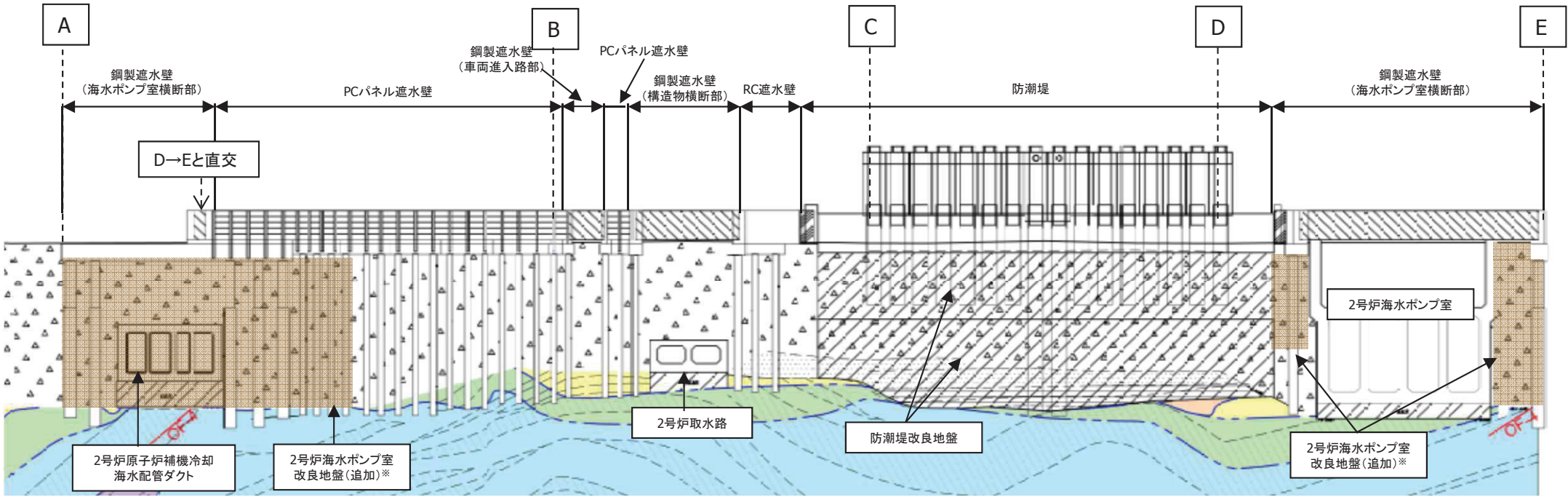
2.1.2.2 設置位置の地質構造

- 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地盤改良体である。
 - 岩盤上面に顕著な傾斜等はない。

凡 例	
[岩盤分類]	[地質区分]
	B1 級 土
	B2 級 第四系(砂・礫)
	B3 級 砂 岩
	B4 級 頁 岩
	B5 級 ひ ん 岩



地質断面位置図



2号炉海水ポンプ室防潮壁 地質断面図

※: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。

2.1.3.1 構造形式による分類

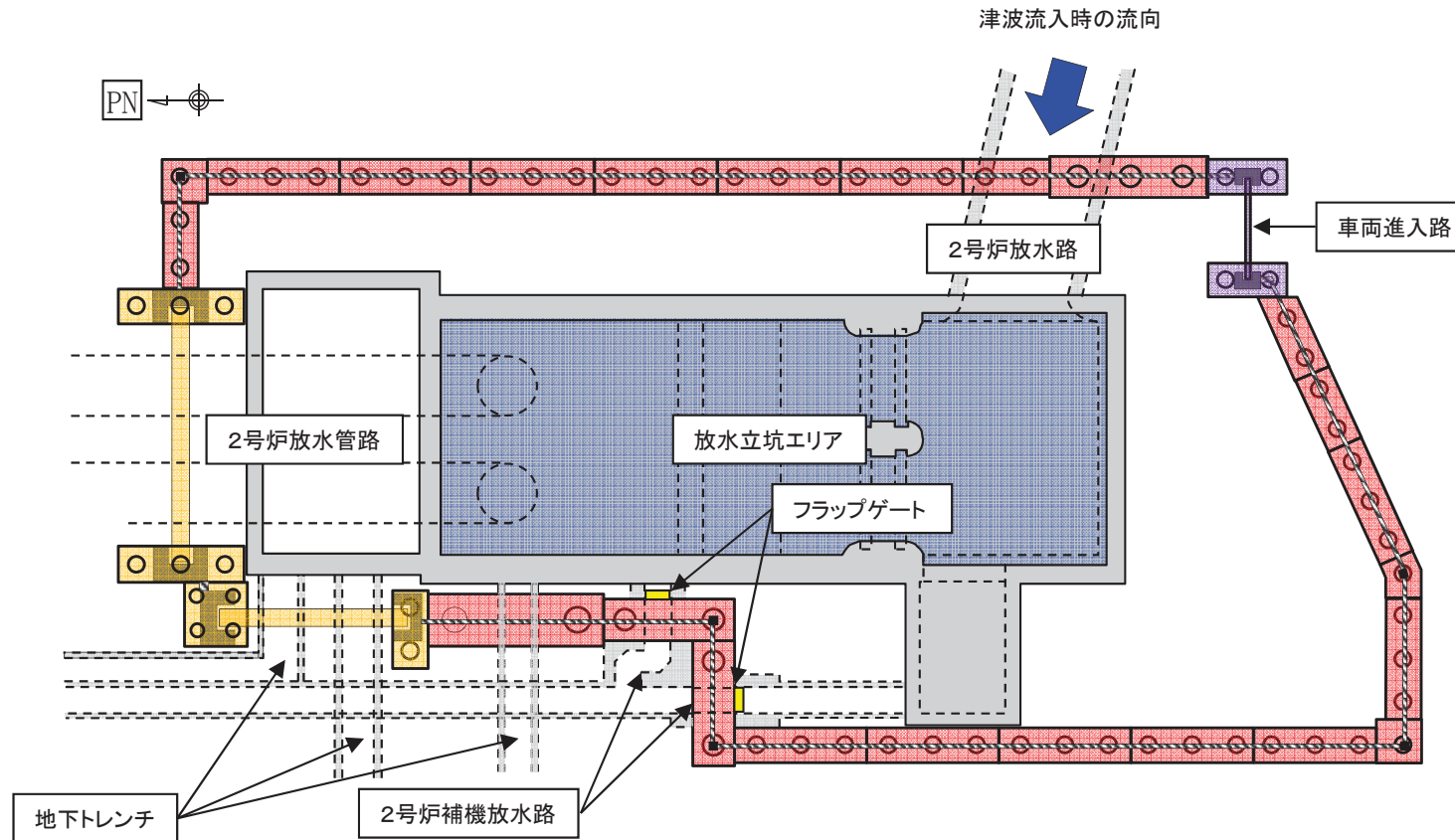
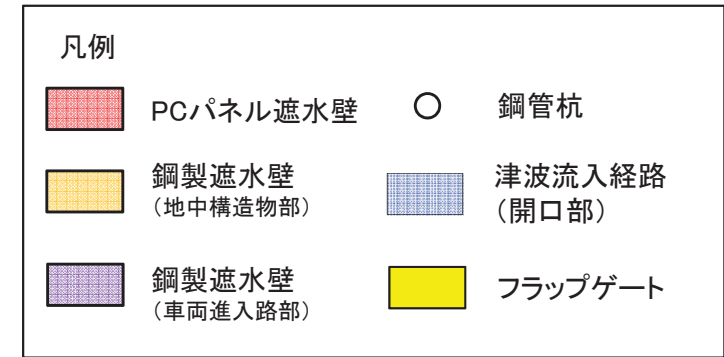
• 2号炉放水立坑防潮壁の構造形式を以下に示す。

- 以下の3箇所に鋼製遮水壁を設置する。

- ① 2号炉放水管路横断部(地中構造物横断部)
- ② 地下トレンチ横断部(地中構造物横断部)
- ③ 車両進入路部

- 上記以外の箇所にPCパネル遮水壁を設置する。

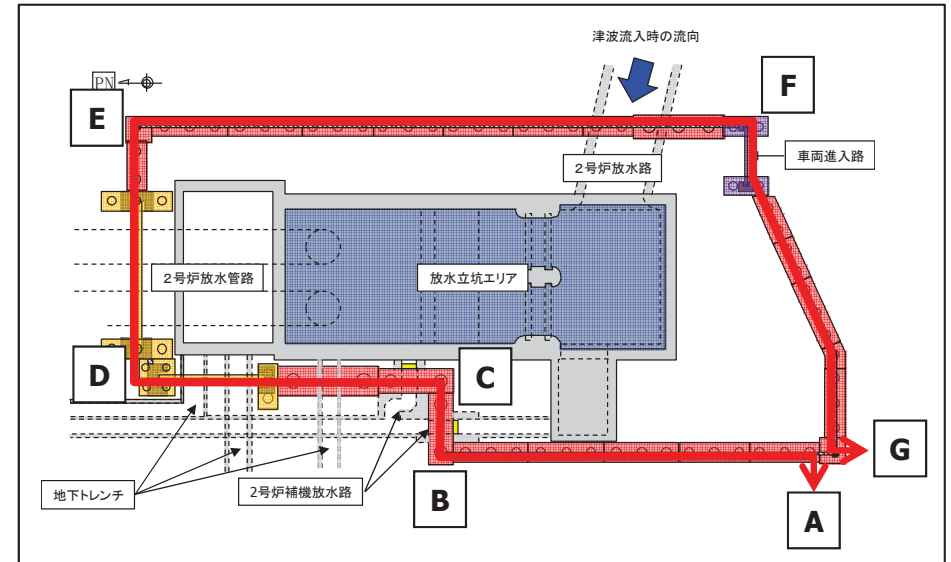
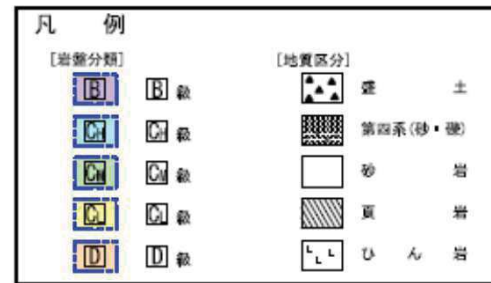
- PCパネル遮水壁の一部は、補機放水を流下させるため、基礎フーチングに設けた開口部(防潮壁内側)に逆流防止設備(フラップゲート)を設置する。



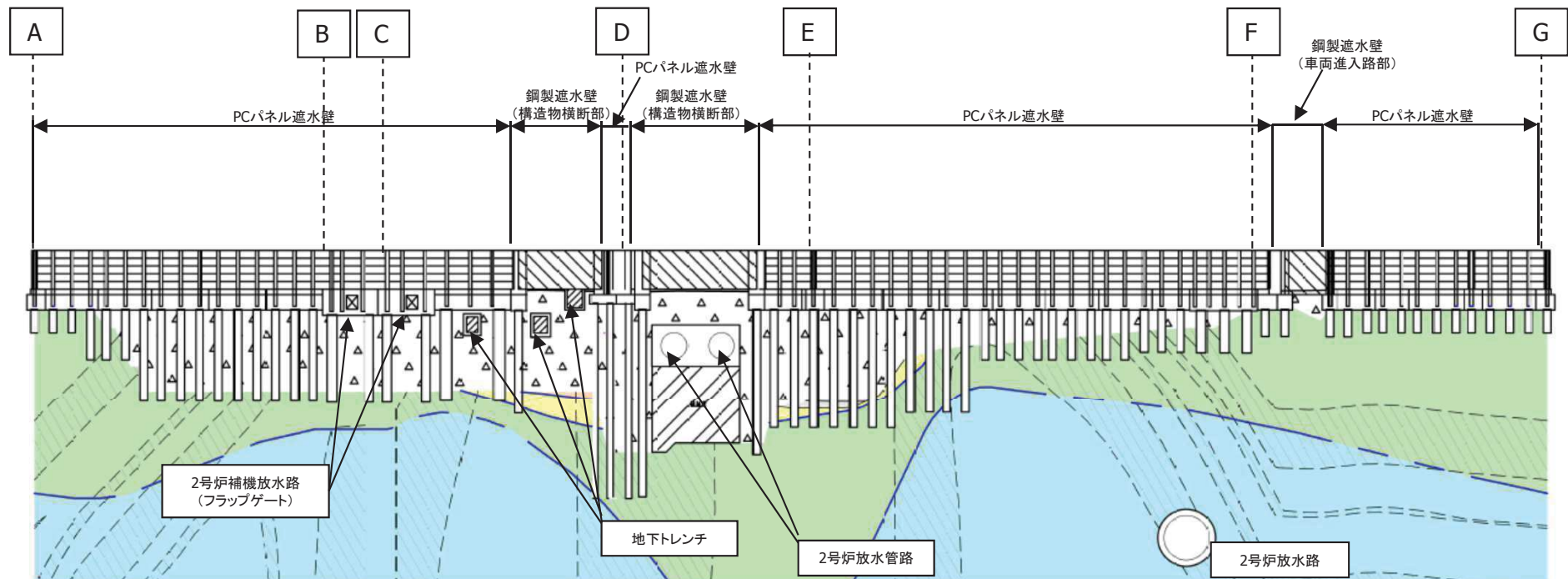
2号炉放水立坑防潮壁

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、PCパネル遮水壁の一部は岩盤傾斜上に設置している。



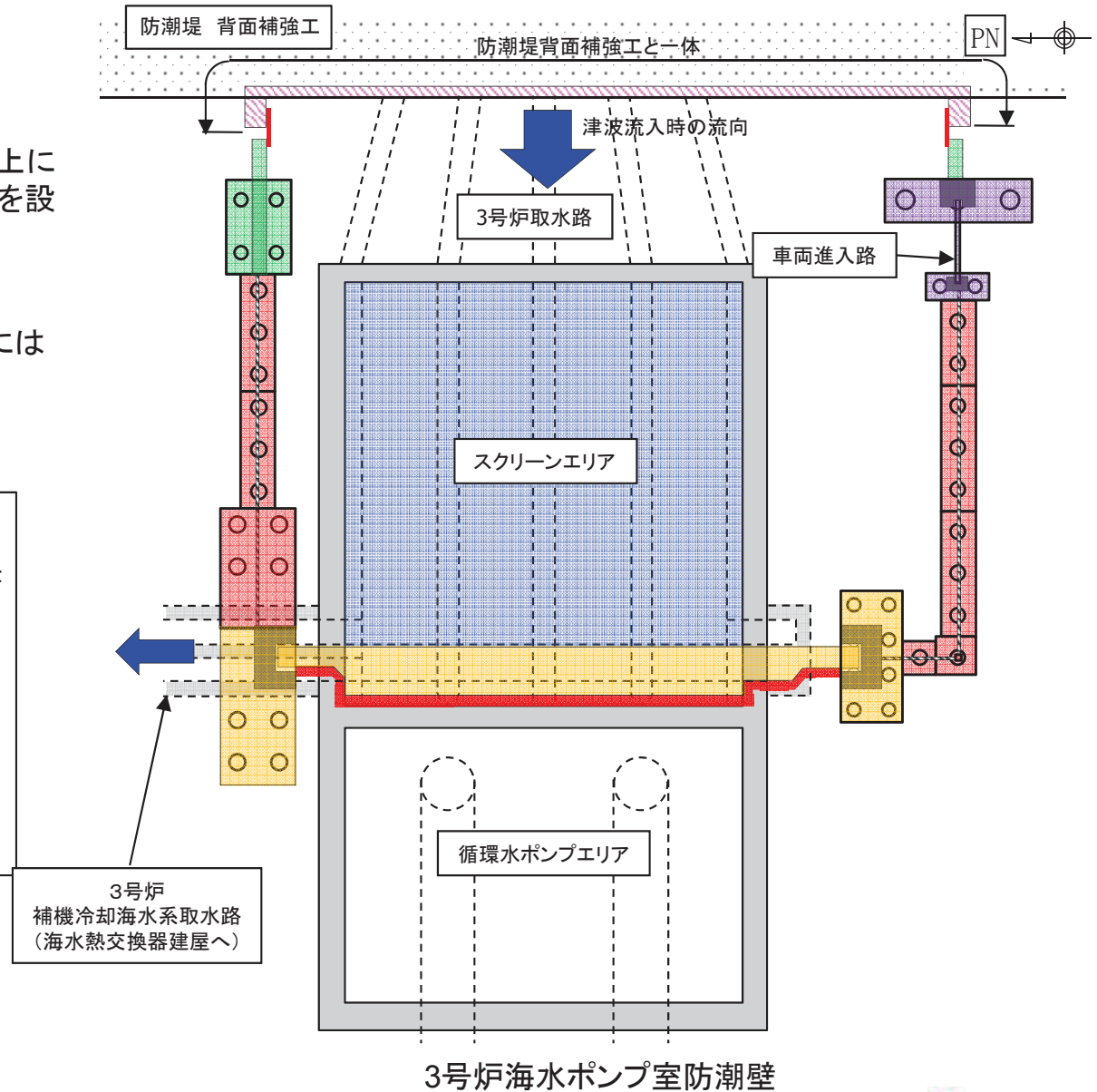
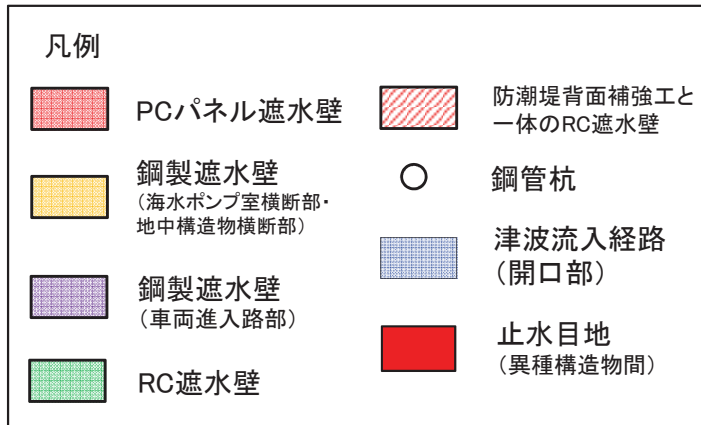
地質断面位置図



2号炉放水立坑防潮壁 地質断面図

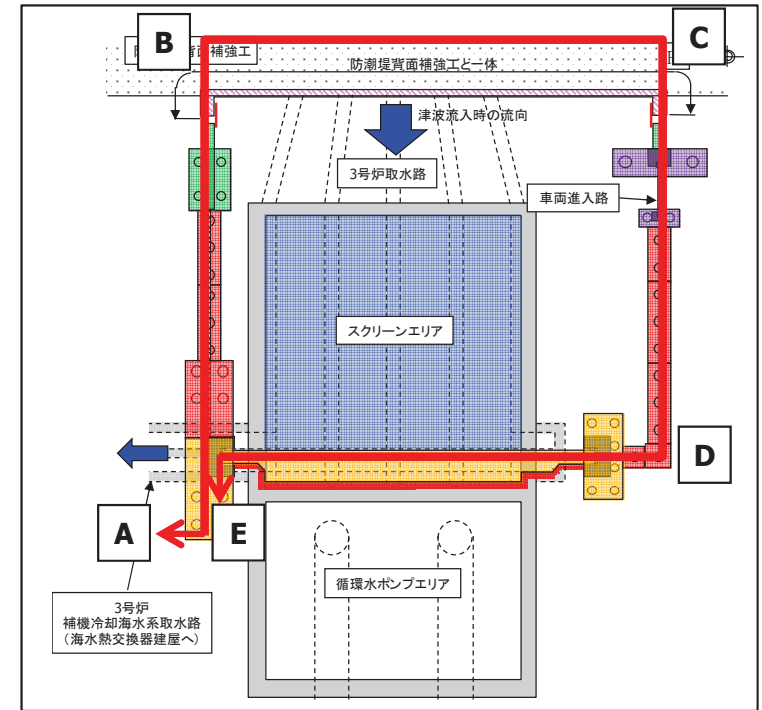
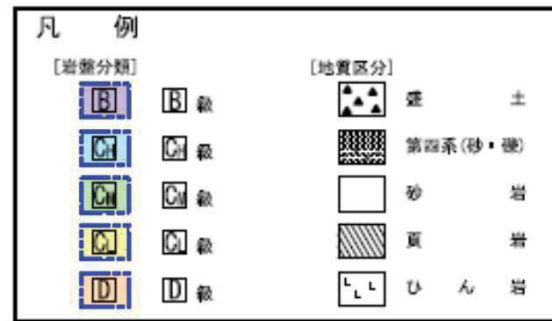
2.1.4.1 構造形式による分類

- 3号炉海水ポンプ室防潮壁の構造形式を以下に示す。
 - 以下の2箇所に鋼製遮水壁を設置する。
 - 海水ポンプ室横断部
 - 車両進入路部
 - 防潮壁の東側(海側)の一面は防潮堤の背面補強工(上に一体化した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PCパネル遮水壁を設置する。
 - 異種構造物(防潮堤及び海水ポンプ室)との接合部分には変位追従性を有する止水目地を設置する。

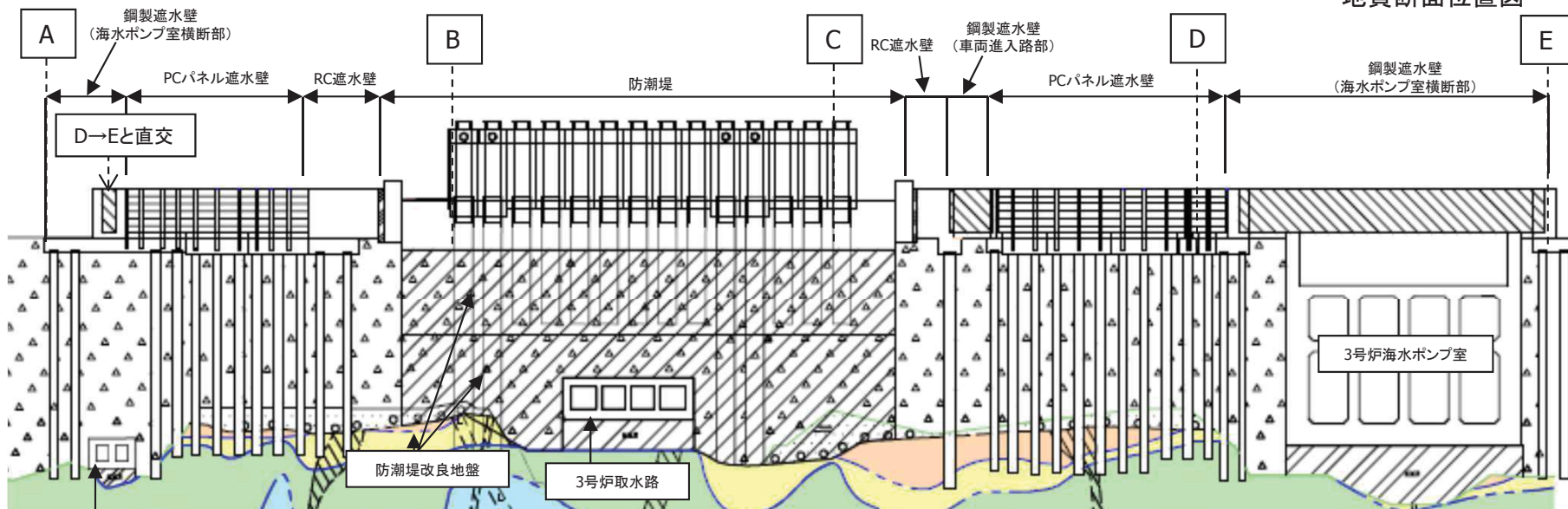


2.1.4.2 設置位置の地質構造

- 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。



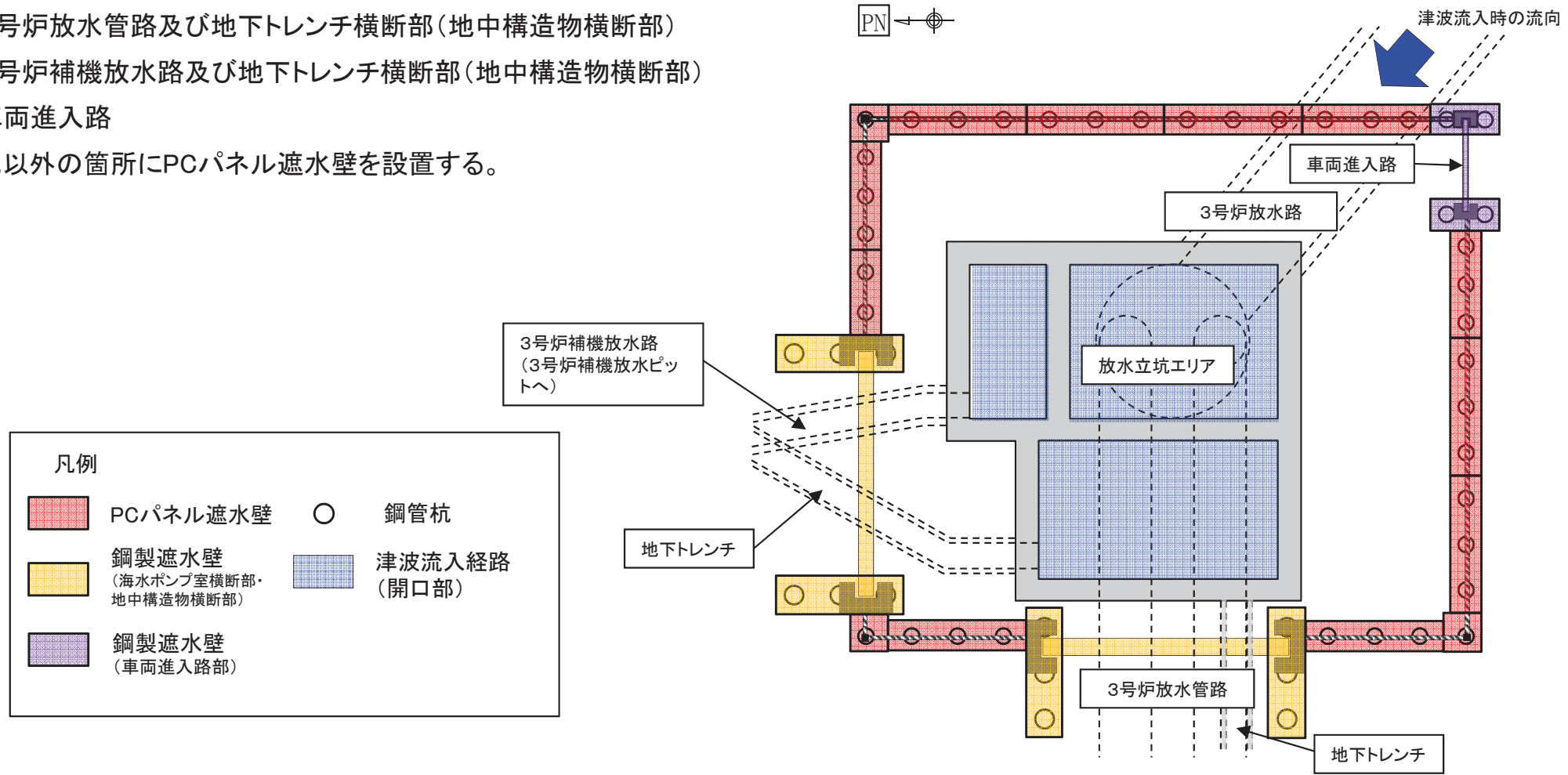
地質断面位置図



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3箇所に鋼製遮水壁を設置する。
 - 3号炉放水管路及び地下トレンチ横断部(地中構造物横断部)
 - 3号炉補機放水路及び地下トレンチ横断部(地中構造物横断部)
 - 車両進入路
 - 上記以外の箇所にPCパネル遮水壁を設置する。

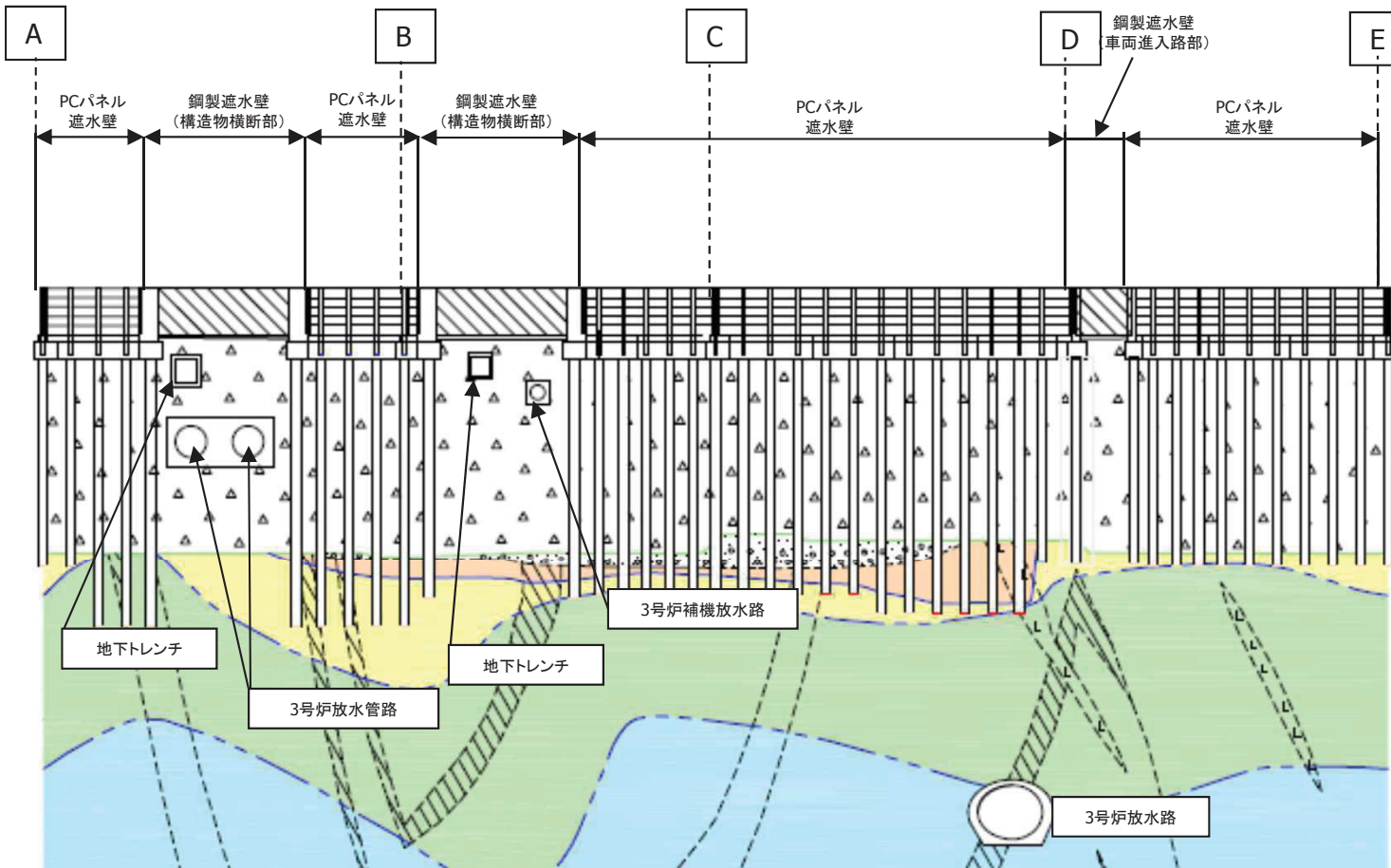


3号炉放水立坑防潮壁

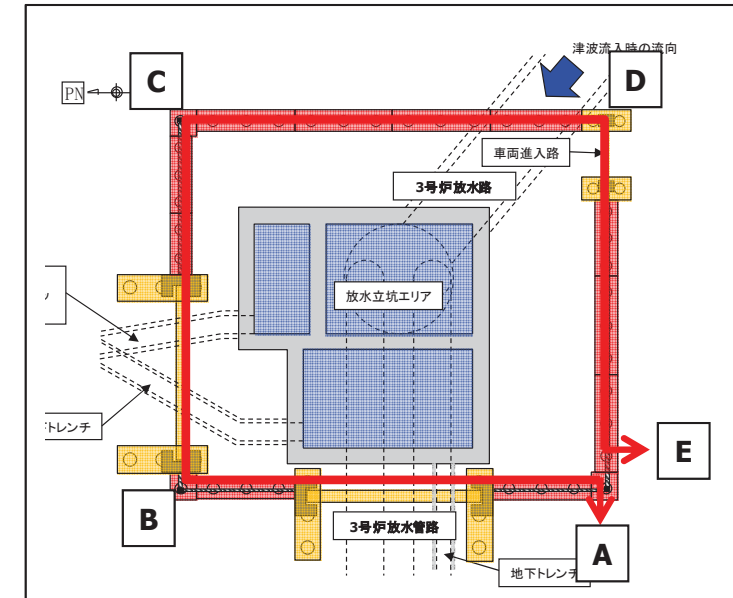
2.1 防潮壁の概要 2.1.5 3号炉放水立坑防潮壁

2.1.5.2 設置位置の地質構造

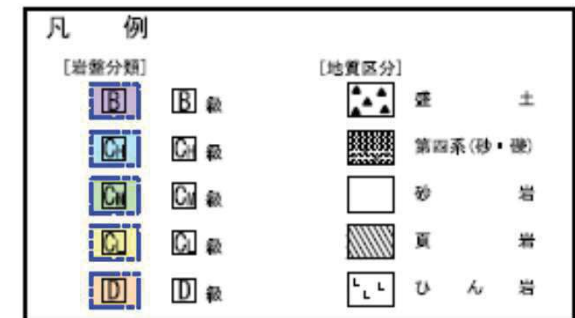
- 3号炉放水立坑防潮壁設置位置の地質構造を以下に示す。
 - 全ての防潮壁が杭基礎により岩盤に支持されている。
 - 岩盤上面に顕著な傾斜等はない。



3号炉海水ポンプ室防潮壁 地質断面図



地質断面 位置図



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

- 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、大規模な基礎を構築できない制約がある。
- よって、上部工の選定に当たっては、地震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、上記のとおり基礎に伝達する荷重を小さくする必要がある。
- また、運用上、開口部への車両のアプローチを考慮するために、一部には開閉可能な構造とする必要がある。

設計の考え方

設計の基本的考え方

- 上部工は、高強度で軽量かつ十分に遮水性のあるPCパネル及び鋼製の壁体を用いた構造とし、基礎フーチング内に設置した支柱間に設置することで遮水壁を構築する構造とする(防潮堤との接合部については、上記制約が比較的少ないことから、RC製の壁体とする。)
- 車両進入部については、通常の運用上、容易に取り外し可能な構造とするために鋼製の桁を連結させた構造とする。
- 遮水壁の支持構造については、支柱と壁体を剛結合とすると地震荷重や津波荷重により支柱端部にモーメントが生じてフーチングに伝達されることから、ゴム支承を介した支持とすることでピン構造とし、これらの荷重に対してゴム支承のせん断・回転変形により吸収できる構造とする(非剛結)。
- また、止水機構としては、遮水性のある壁体を構築し、壁体と支柱間や異種構造物間等の浸水経路となる箇所止水目地を設置することで止水性を確保する。
- 異種構造物間の相対変位が想定される箇所については、可とう性を有するとともに止水性を確認した止水目地を設置する。

2.1.6.1 概要(2/3)

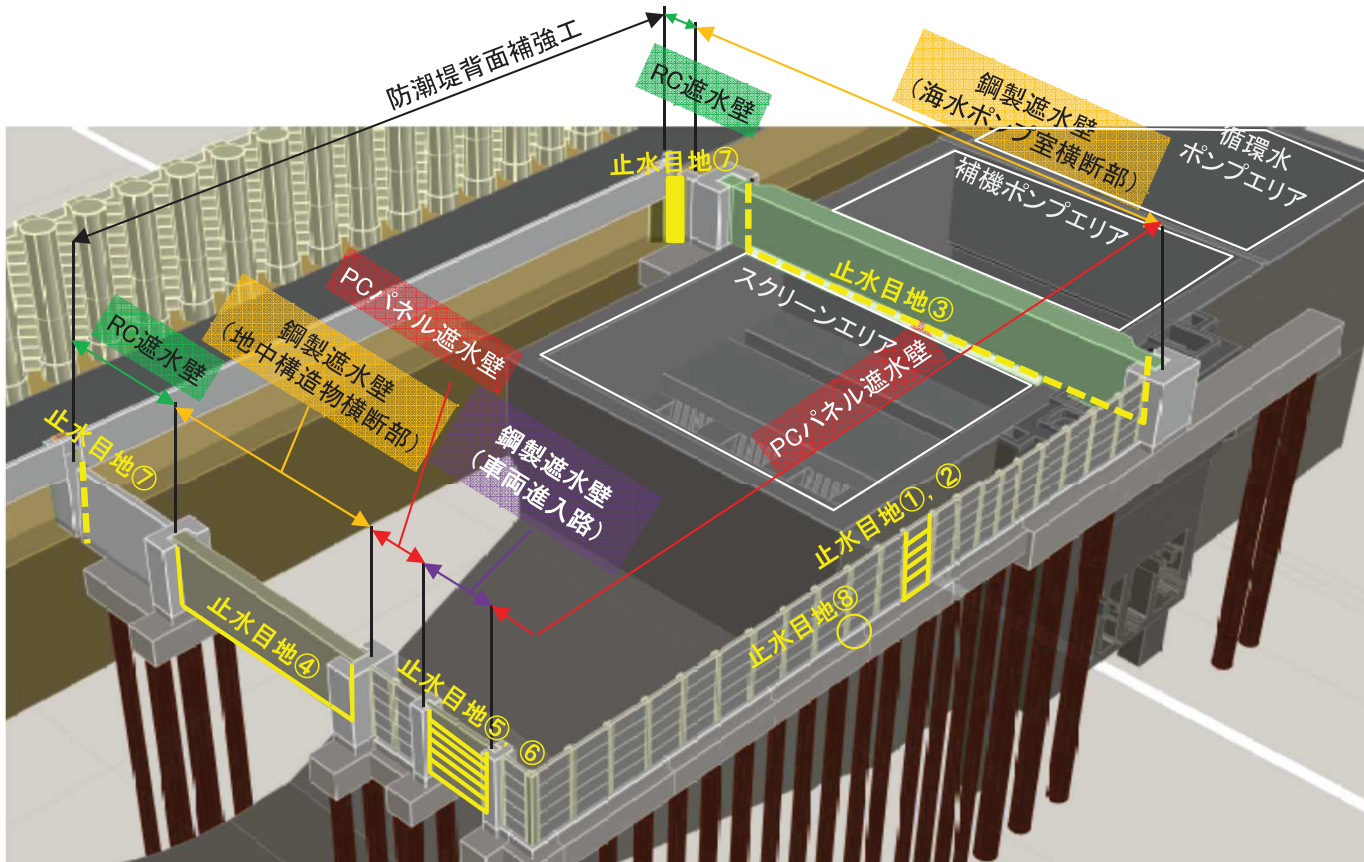
- 各構造形式の設置箇所及び構造の概要について以下に示す。
- 鋼製遮水壁については、海水ポンプ室横断部と地中構造物横断部は、止水機構の一部が異なるものの、基本構造は同様である。車両進入路部は、運用上、分割した鋼製桁を連結する壁体構造としており、壁体-支柱間の支持構造及び止水機構についても異なる。
- 2号炉海水ポンプ室には全ての構造形式が存在する。

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	止水目地		
					種類	可とう性	
PCパネル遮水壁	全ての設置箇所	PCパネル (分割)	鋼製	・ゴム(支承用) (止水ゴムが一部兼用) ・固定ボルト	平型ゴム	なし	鋼管杭(岩着)に 支持されたフーチン グ基礎
鋼製 遮水壁	海水ポンプ室 横断部	鋼製壁	RC	・鉛直支承(ゴム支承) ・水平支承(ゴム支承) ・水平反力支持鋼材	M型ゴム	あり	
	地中構造物 横断部						
	車両進入路部	全ての設置箇所	鋼製桁 (分割)	RC	・鉛直支承(鋼製) ・コッター	平型ゴム P型ゴム	
RC遮水壁	2号炉海水ポンプ室 3号炉海水ポンプ室	RC壁	—	—	スライド型 ゴム	あり	

2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

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例にその概要を示す。
- 次項以降に、各構造形式と止水目地の概要を示す。



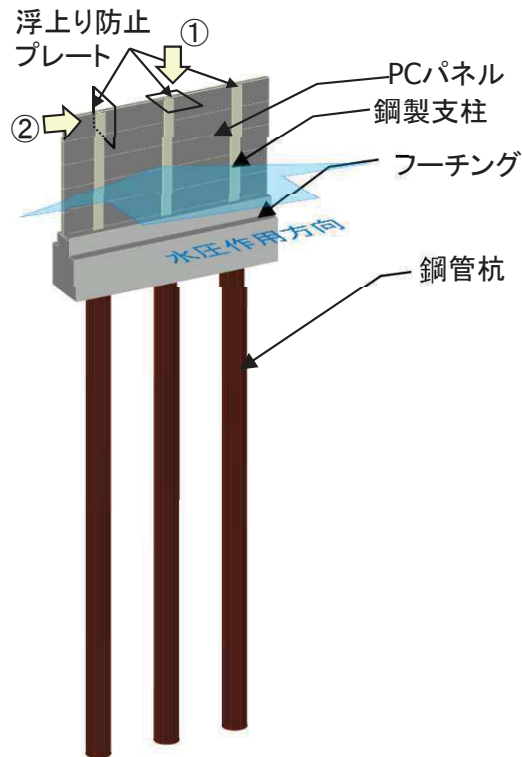
全体概要(2号炉海水ポンプ室防潮壁の例)

止水目地設置位置		
PCパネル遮水壁 (分割)	①, ②	①PCパネル-鋼製支柱間 ②PCパネル間及びPCパネル最下部
鋼製遮水壁 (鋼製壁)	③	海水ポンプ室横断部 1)遮水壁下部 2)遮水壁-RC支柱間
	④	地中構造物横断部 1)遮水壁下部 2)遮水壁-RC支柱間
鋼製遮水壁 (鋼桁)	⑤, ⑥	車両進入路部 ⑤鋼桁-RC支柱間 ⑥鋼桁間及び鋼桁最下部
RC遮水壁	⑦	防潮壁-防潮堤間
共通	⑧	構造目地部 (フーチング目地部)

2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

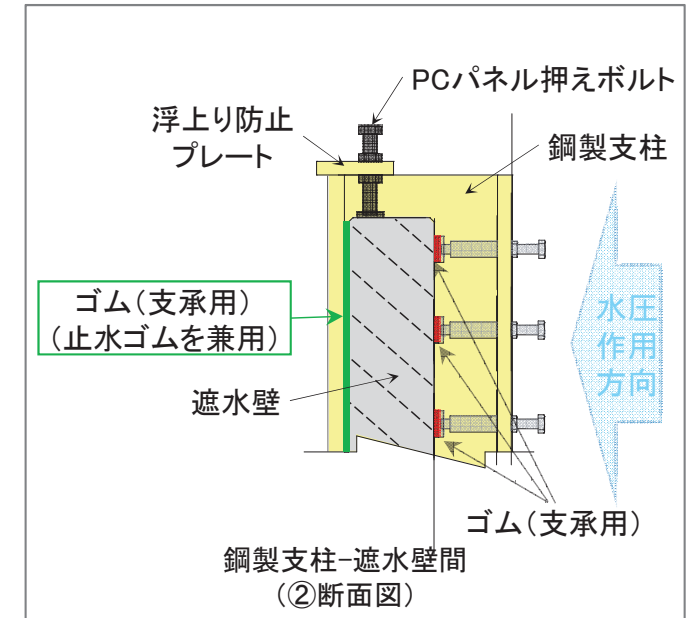
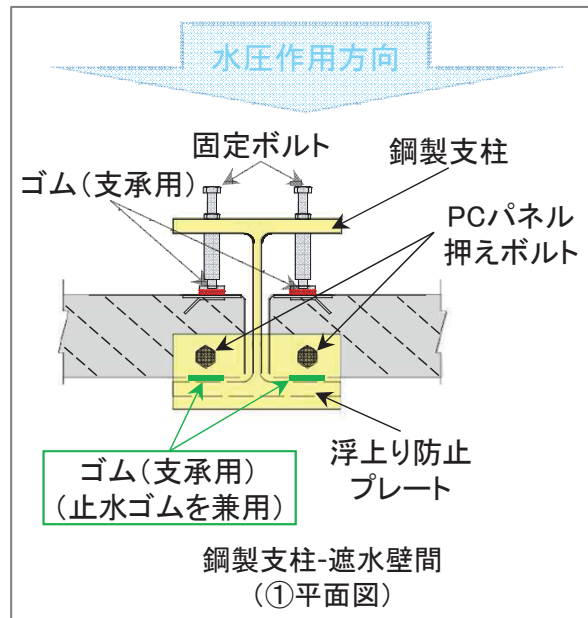
2.1.6.2 PCパネル遮水壁(1/3)

- 高強度で軽量かつ十分に遮水性のあるPCパネルを用いた構造とし、基礎フーチング上に設置したH形鋼間に設置することで遮水壁を構築する構造とする。
- H形鋼とPCパネルを剛結した場合には、地震時等に隣接するフーチング間や同一フーチング内のH形鋼間で相対変位が生じた場合に、回転変形を拘束し、パネルや支柱に過大な応力が生じるため、ゴムを介してボルトで押し付ける支持構造とすることで回転変形を拘束しない構造とし、構造のサイズダウンを図る。
- PCパネルと支柱間、PCパネル間、PCパネルと基礎フーチング間及び基礎フーチング間に止水目地を設置する。



PCパネル遮水壁 概要図

部位	役割
遮水壁(PCパネル)	止水機能の保持
鋼製支柱(H形鋼)	下記部位の支持
-ゴム(支承用)(平型ゴム)	遮水壁の支持 (水平方向のみ)
-固定ボルト	遮水壁の支持 (水平方向のみ)
-浮上り防止プレート(鋼製) (PCパネル押さえボルト含む)	遮水壁の支持 (鉛直上向きのみ)
フーチング(RC)	遮水壁の支持、鋼製支柱の支持
鋼管杭	フーチングの支持



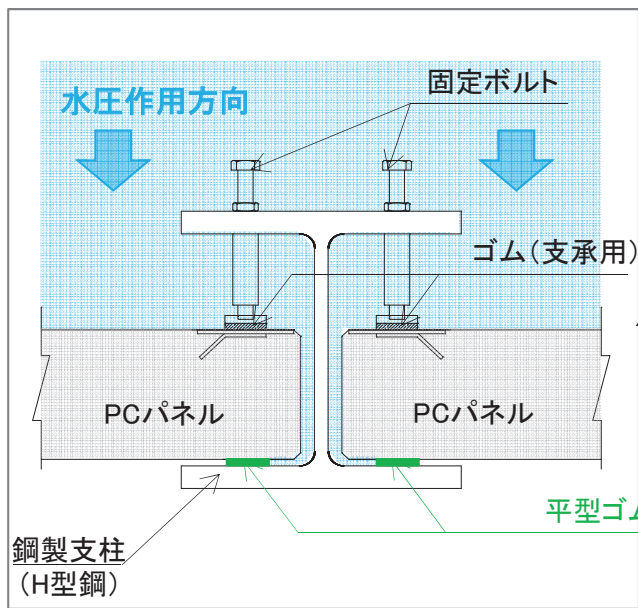
2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

2.1.6.2 PCパネル遮水壁(2/3)

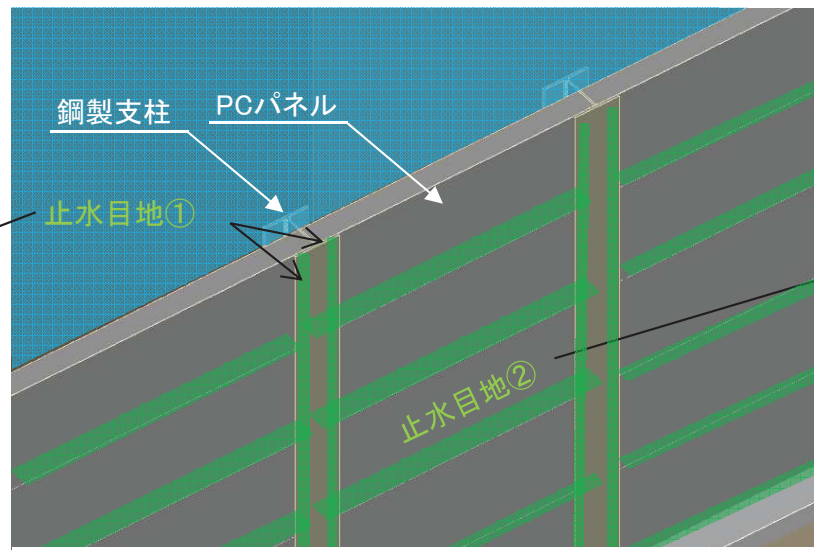
- 止水目地の設置概要を以下に示す。

設置位置		設置概要	仕様・材質	支持金具
PCパネル遮水壁	① PCパネル-鋼製支柱間	遮水壁と鋼製支柱間の水圧作用側(受側)に平型ゴムを設置し、止水性を確保する。	平型ゴム・クロロプレンゴム, t=10mm	・固定ボルト
	② PCパネル間及びPCパネル最下部(フーチング間)	遮水壁(PCパネル間)及び遮水壁下部(フーチング間)に平型ゴムを設置し、止水性を確保する。	平型ゴム・クロロプレンゴム, t=5mm	—

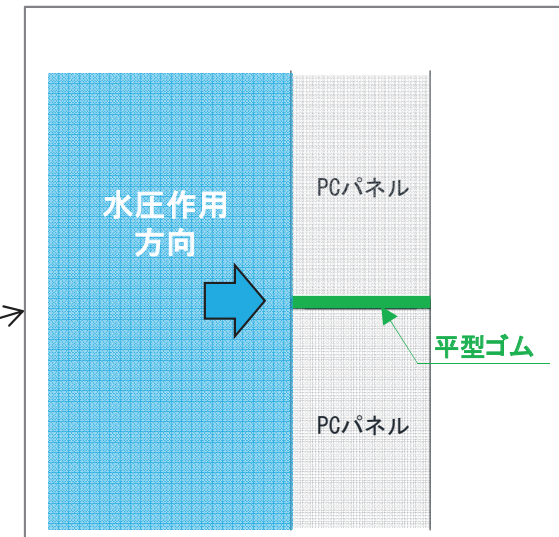
- 止水目地①についてはPCパネル遮水壁のゴム(支承用)と役割を兼ねていることから、津波時における止水性を確保するために、地震時において機能を喪失しない設計とする。
- 支持金具についても同様に、地震時において機能を喪失しない設計とする。



止水目地①



止水目地①, ②設置概要



止水目地②

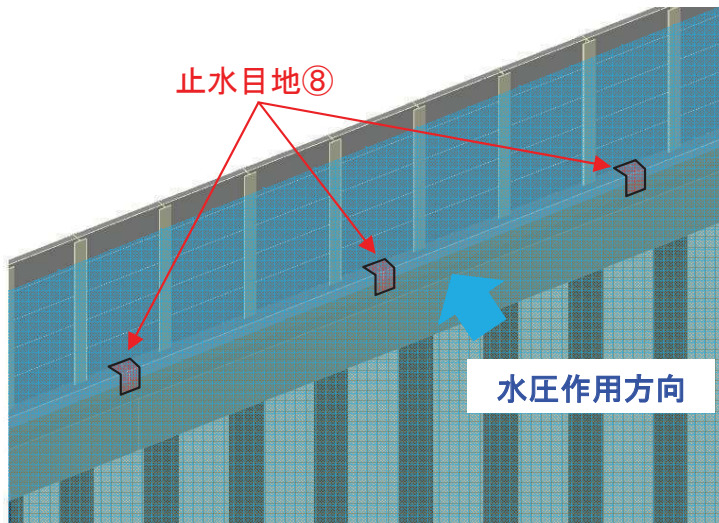
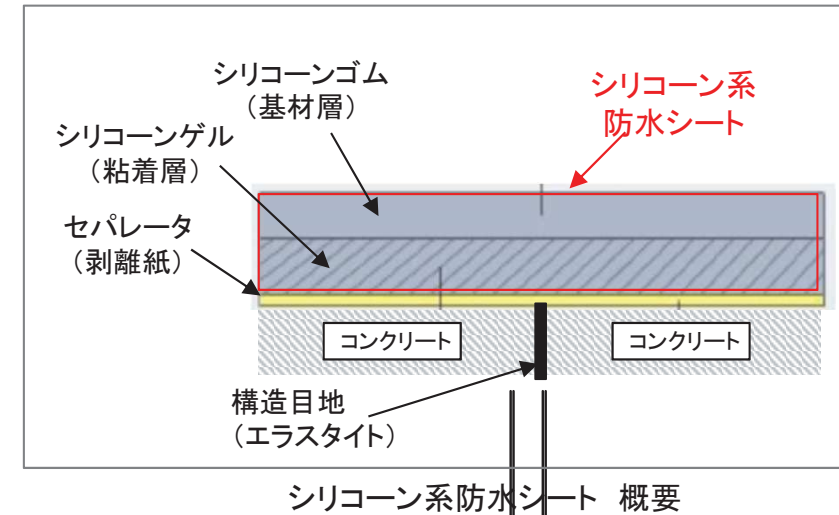
2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

2.1.6.2 PCパネル遮水壁(3/3)

- 止水目地の設置概要を以下に示す。

設置位置	設置概要	仕様・材質	支持金具
共通 ⑧ 構造目地部 (フォーミング目地部)	構造目地(エラストイト)上にシールを貼付する。	シリコーン系防水シート, t=1.8mm	—

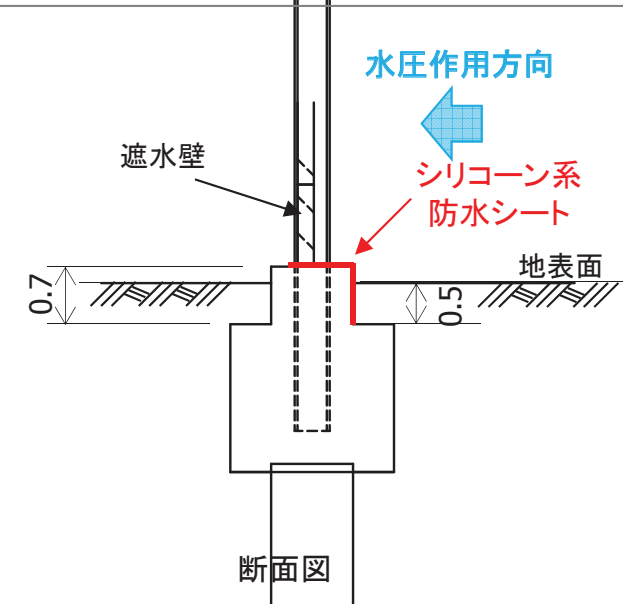
- 津波時における止水性を確保するために、地震時に機能を喪失しない設計とする。



止水目地⑧設置概要 (構造目地部)



状況写真



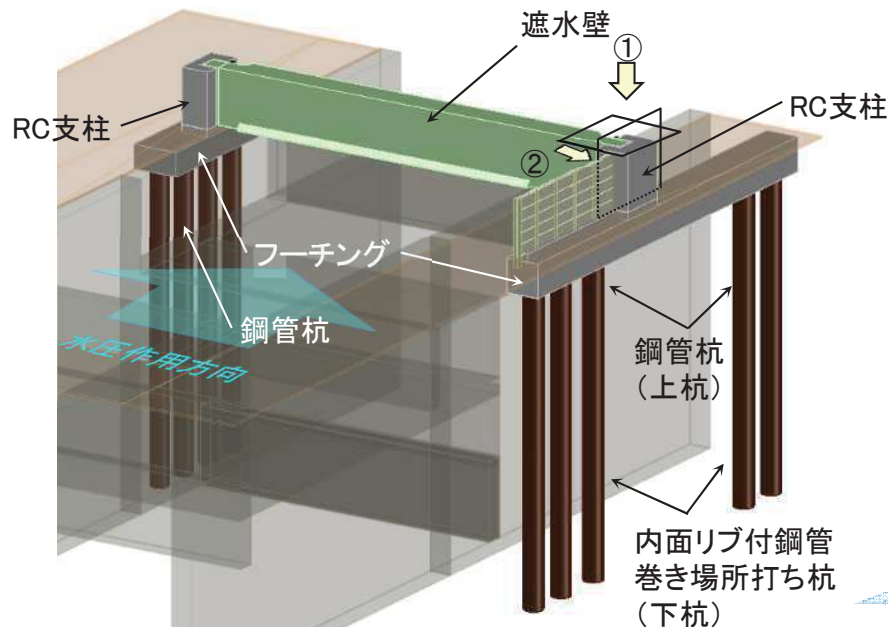
止水目地⑧

2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

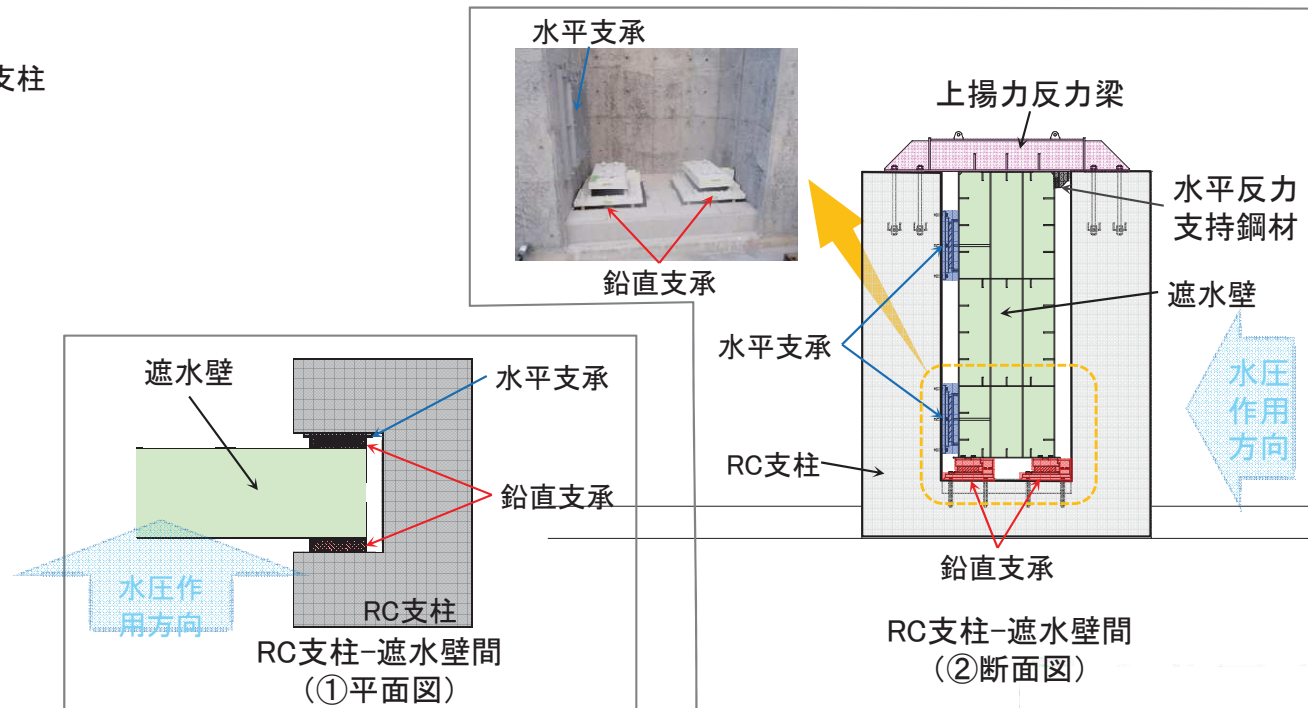
2.1.6.3 鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部)(1/2)

- 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、支柱間に遮水壁を設置する構造とする。
- 左右の支柱間に相対変位が生じる可能性があることから、壁体の回転変形を拘束しない構造とするため、RC支柱と鋼製壁間にせん断変形や回転変形を吸収できる鉛直支承を設置する。
- 弱軸方向となる壁直角方向には地震荷重や津波荷重を伝達するために水平支承及び水平反力支持鋼材を設置し、壁直角方向には遊間は生じない構造とする。
- なお、強軸方向となる遮水壁長手方向には遊間が生じるが、生じる相対変位に対してゴム支承のせん断変形により追従できる構造とする。
- 鋼製遮水壁下部(～海水ポンプ室隔壁間)及び遮水壁～RC支柱間に相対変位を考慮した可とう性を有する止水目地を設置する(次頁)。

部位	役割
遮水壁(鋼製)	止水機能の保持
RC支柱	下記部位の支持
ー鉛直支承(ゴム支承)	遮水壁の支持 (鉛直下向き・水平方向のみ)
ー水平支承(ゴム支承)	遮水壁の支持(水平方向のみ)
ー水平反力支持鋼材 (鋼製+緩衝ゴム)	遮水壁の支持(水平方向のみ)
ー上揚力反力梁(鋼製)	遮水壁の支持(鉛直上向きのみ)
フーチング(RC)	RC支柱の支持
鋼管杭	フーチングの支持
内面リブ付鋼管巻き場所打ち杭 (一部の下杭のみ適用)	フーチングの支持



鋼製遮水壁 概要図
(海水ポンプ室横断部)

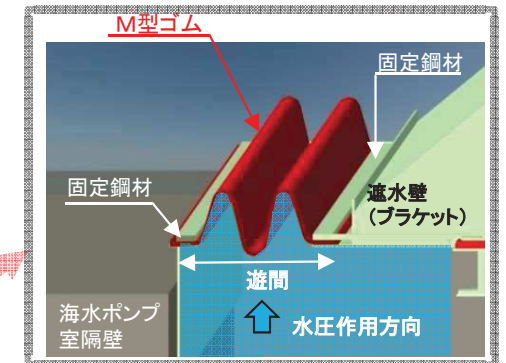
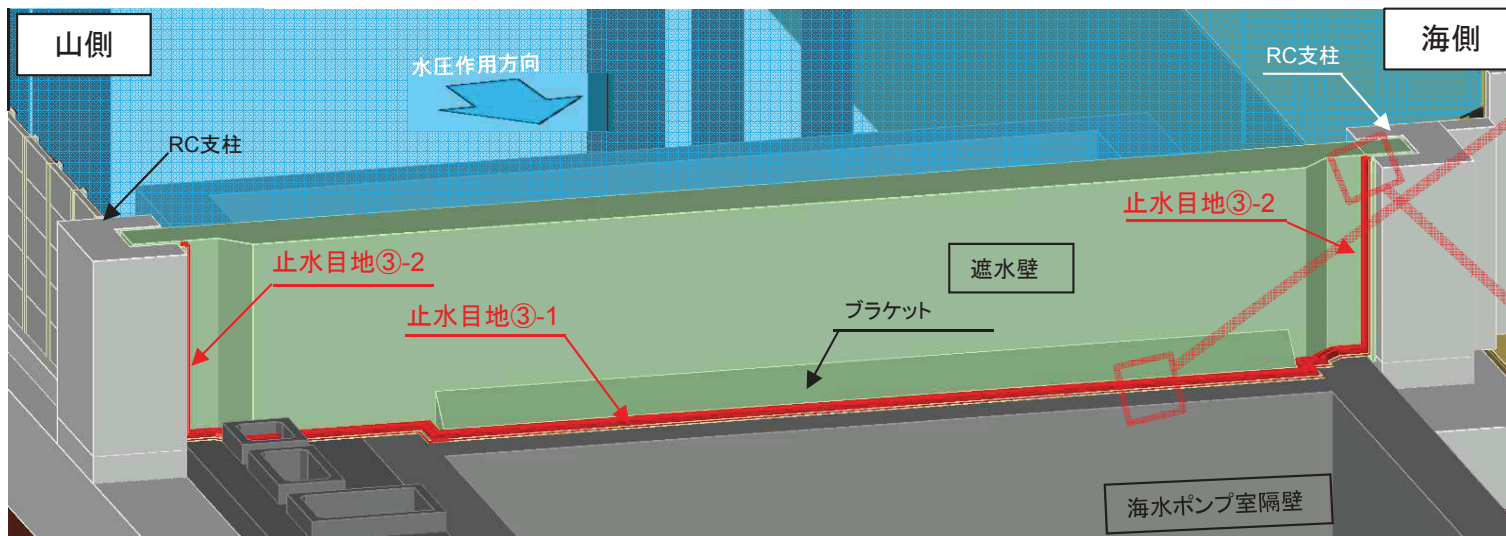


2.1.6.3 鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部)(2/2)

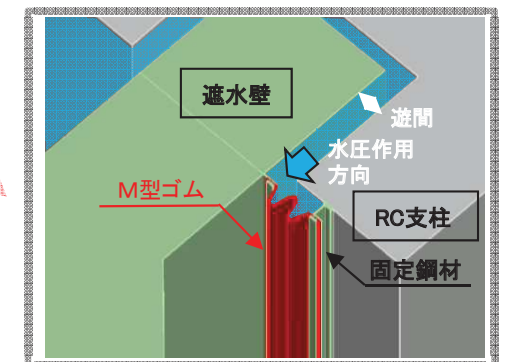
- 止水目地の設置概要を以下に示す。

設置位置		設置概要	仕様・材質	支持金具
鋼製遮水壁 (海水ポンプ室 横断部)	③-1 遮水壁下部 (ブラケットー海水ポンプ室隔壁間)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部)の下部(海水ポンプ室隔壁間)には、相対変位が生じる可能性があることから、相対変位量を考慮した遊間を設ける。 その遊間に可とう性を有するM型ゴムを設置し、止水性を確保する。 	可とう継手(M型ゴム) クロロプレンゴムt=16mm	<ul style="list-style-type: none"> 固定鋼材 (アンカーボルト等含む)
	③-2 遮水壁ーRC支柱間	<ul style="list-style-type: none"> 遮水壁はゴム支承を介してRC支柱に支持されており、遮水壁とRC支柱間に遊間がある。 この浸水経路を塞ぐ形で、M型ゴムを設置し、止水性を確保する。 		<ul style="list-style-type: none"> 固定鋼材 (アンカーボルト等含む)

- 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同様に、地震時において機能を喪失しない設計とする。



止水目地③-1

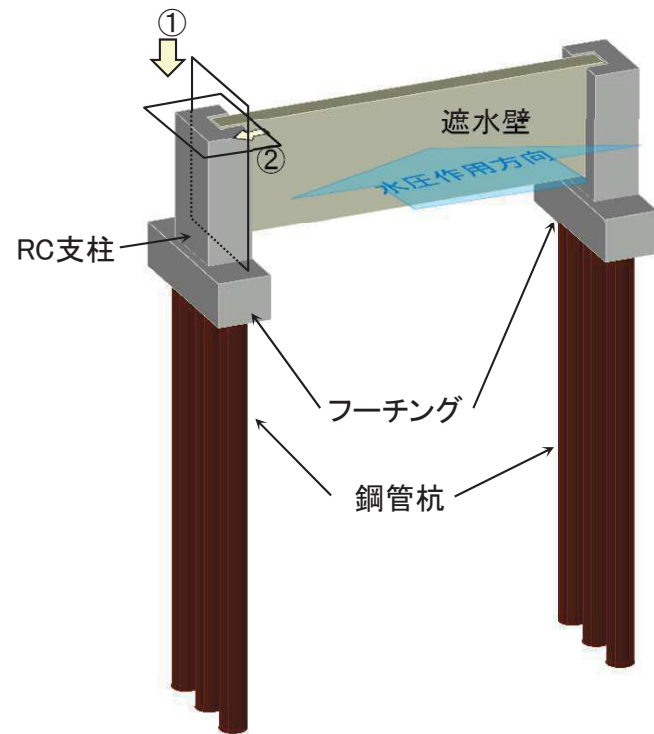


止水目地③-2

止水目地③設置概要 (鋼製遮水壁-海水ポンプ室横断部)

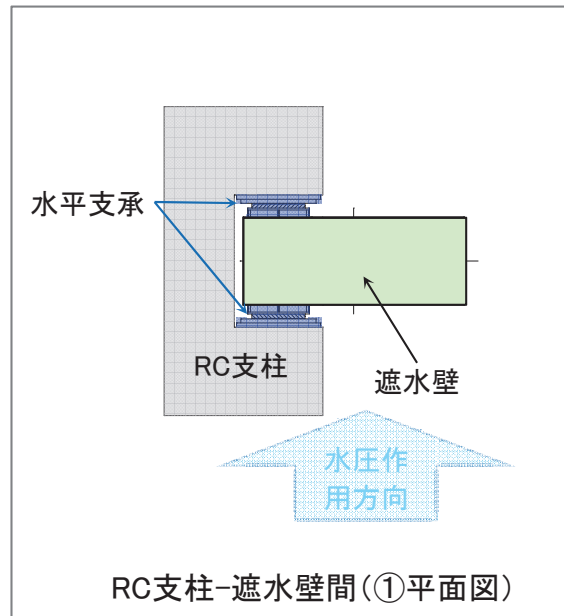
2.1.6.4 鋼製遮水壁(地中構造物横断部)(1/2)

- 海水ポンプ室横断部同様に、地中構造物を避ける形でフーチング基礎とRC支柱を設置し、支柱間に支承を介して鋼製の遮水壁を設置した構造とし、端部に可とう性を有する止水目地を設置する。
- なお、海水ポンプ室横断部と異なり、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型ゴムを設置する(次頁)。

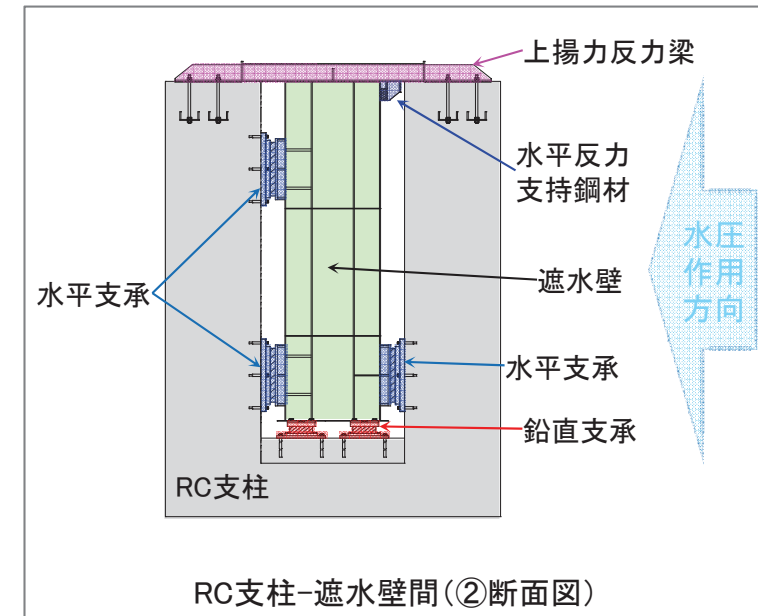


鋼製遮水壁 概要図
(地中構造物横断部)

部位	役割
遮水壁(鋼製壁)	止水機能の保持
RC支柱	下記部位の支持
ー鉛直支承(ゴム支承)	遮水壁の支持 (鉛直下向き・水平方向のみ)
ー水平支承(ゴム支承)	遮水壁の支持 (水平方向のみ)
ー水平反力支持鋼材(鋼製+緩衝ゴム)	遮水壁の支持 (水平方向のみ)
ー上揚力反力梁(鋼製)	遮水壁の支持 (鉛直上向きのみ)
フーチング(RC)	RC支柱の支持
鋼管杭	フーチングの支持



RC支柱-遮水壁間(①平面図)



RC支柱-遮水壁間(②断面図)

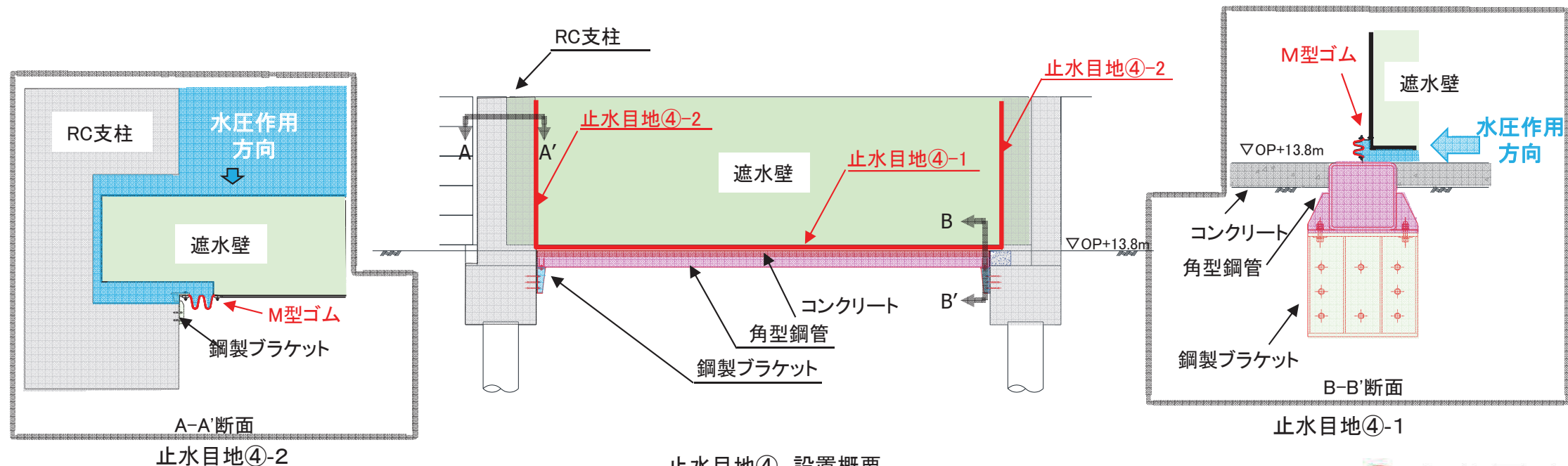
2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

2.1.6.4 鋼製遮水壁(地中構造物横断部)(2/2)

- 止水目地の設置概要を以下に示す。

設置位置	設置概要	仕様・材質	支持金具
鋼製遮水壁 (地中構造物 横断部)	④-1 遮水壁下部 (一角型鋼管間)	可とう継手(M型ゴム) クロロプレンゴムt=16mm	・鋼製ブラケット (アンカーボルト等含む)
	④-2 遮水壁 -RC支柱間		・鋼製ブラケット (アンカーボルト等含む)

- 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。
- 支持金具及び角型鋼管について、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。

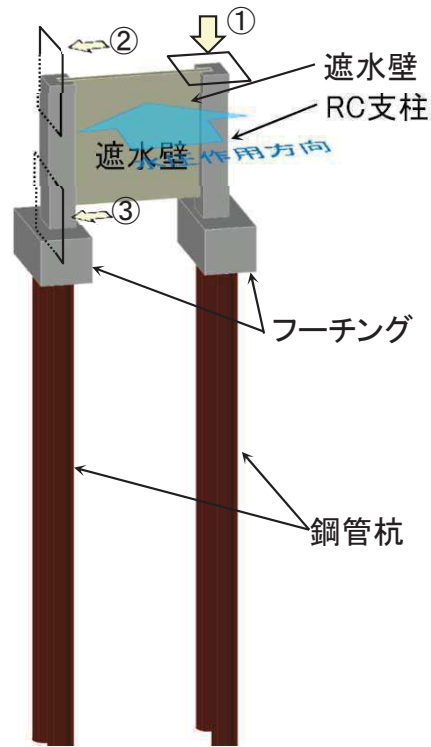


止水目地④ 設置概要
(鋼製遮水壁-地中構造物横断部)

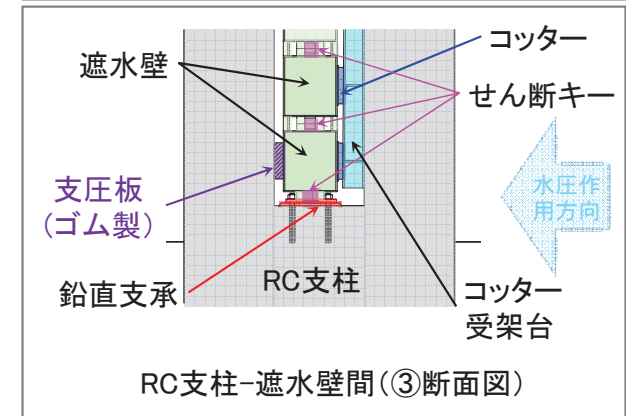
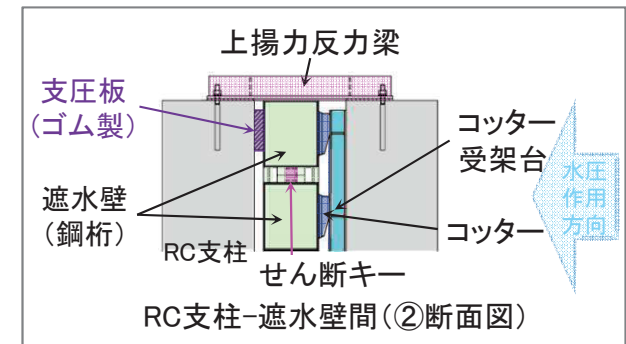
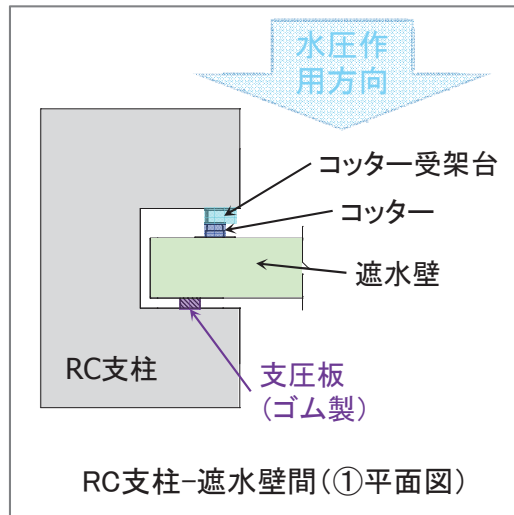
2.1 防潮壁の概要 2.1.6 構造形式の概要

2.1.6.5 鋼製遮水壁(車両進入路部)(1/2)

- 海水ポンプ室横断部・地中構造物横断部同様に、フーチング基礎上にRC支柱を設置し、支柱間に支承を介して鋼製の遮水壁を設置した構造とする。
- なお、壁体は運用上取り外しが可能な構造とするために鋼製の桁を連結させた構造とし、桁間はせん断キーを用いることで一体化させるとともに、最下部で鉛直支承とせん断キーにより一体化させる。
- 鋼桁と支柱間及び鋼桁間に止水目地を設置する(次頁参照)。
- なお、運用上、撤去・再設置を行うことから、再設置後の止水性を確保するために、支柱側と桁側にコッターを設置して支柱と鋼桁間の密着性を高め、止水ゴム(P型ゴム)の効果を確実に発揮できる構造とする。



鋼製遮水壁 概要図 (車両進入路部)



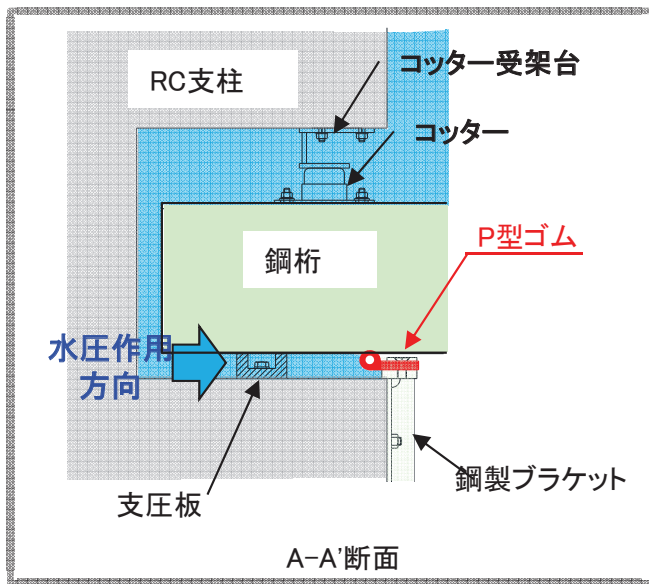
部位	役割
遮水壁(鋼桁)	止水機能の保持
RC支柱	下記部位の支持
ー鉛直支承(鋼製)	遮水壁の支持(鉛直方向のみ)
ー支圧板(ゴム製) ーコッター, コッター受架台(鋼製)	遮水壁の支持(水平方向のみ)
ー上揚力反力梁(鋼製)	遮水壁の支持(水平方向のみ)
せん断キー(鋼製)	遮水壁間及び支承との一体化
フーチング(RC)	RC支柱の支持
鋼管杭	フーチングの支持

2.1.6.5 鋼製遮水壁(車両進入路部)(2/2)

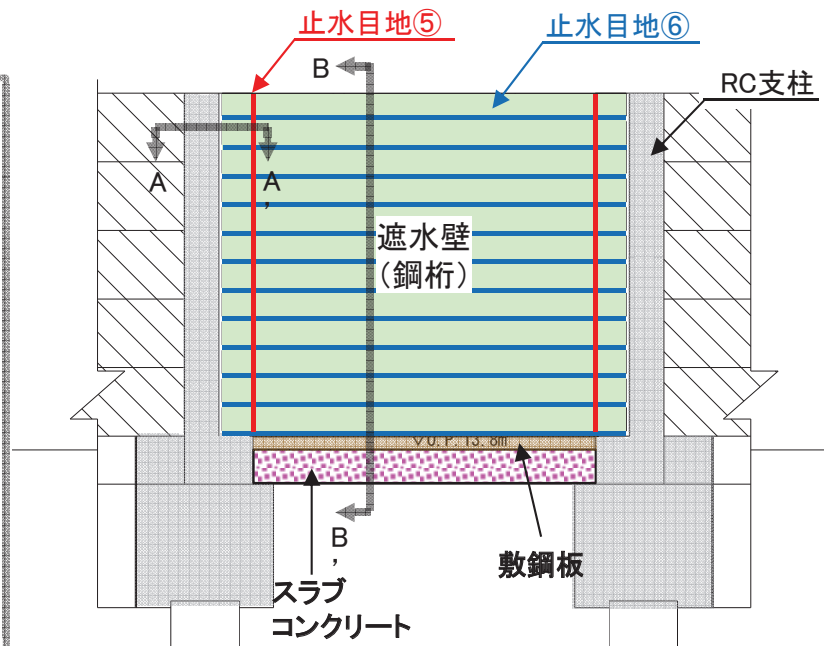
- 止水目地の設置概要を以下に示す。

設置位置		設置概要	仕様・材質	支持金具
鋼製遮水壁 (地中構造物 横断部)	⑤ 鋼桁－RC支柱間	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁とRC支柱間の水圧作用側(受ける側)にP型ゴムを設置し、止水性を確保する。 	P型ゴム・クロロプレンゴム φ36mm	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製ブラケット (アンカーボルト等含む)
	⑥ 鋼桁間及び鋼桁最下部 (スラブコンクリート間)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁間に平型ゴムを設置し、止水性を確保する。 鋼桁最下部は、下部が沈下の恐れのある地盤であることから、フーチングに一体化(沈下しない)させたRC製のスラブを設置し、その間に平型ゴムを設置する(不陸抑制のために鋼板を敷設)。 	平型ゴム・クロロプレンゴム t=25mm	<ul style="list-style-type: none"> スラブコンクリート

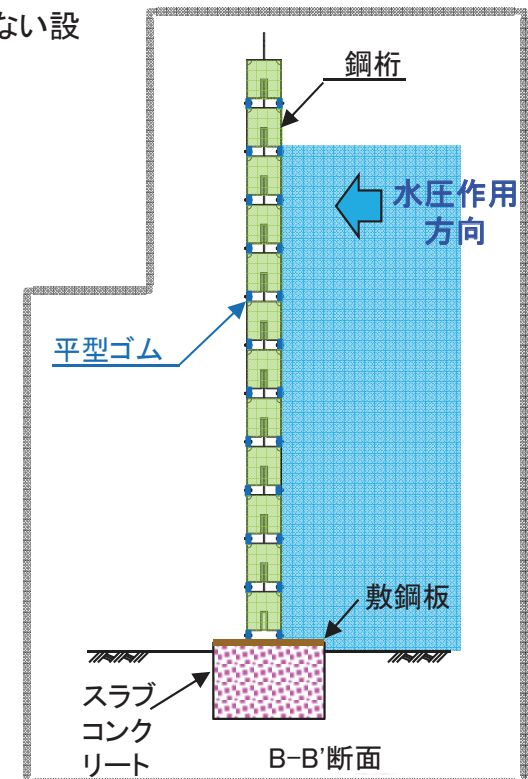
- 支持金具やスラブコンクリートについて、津波時における止水性を確保するため、地震時において機能を喪失しない設計とする。



止水目地⑤



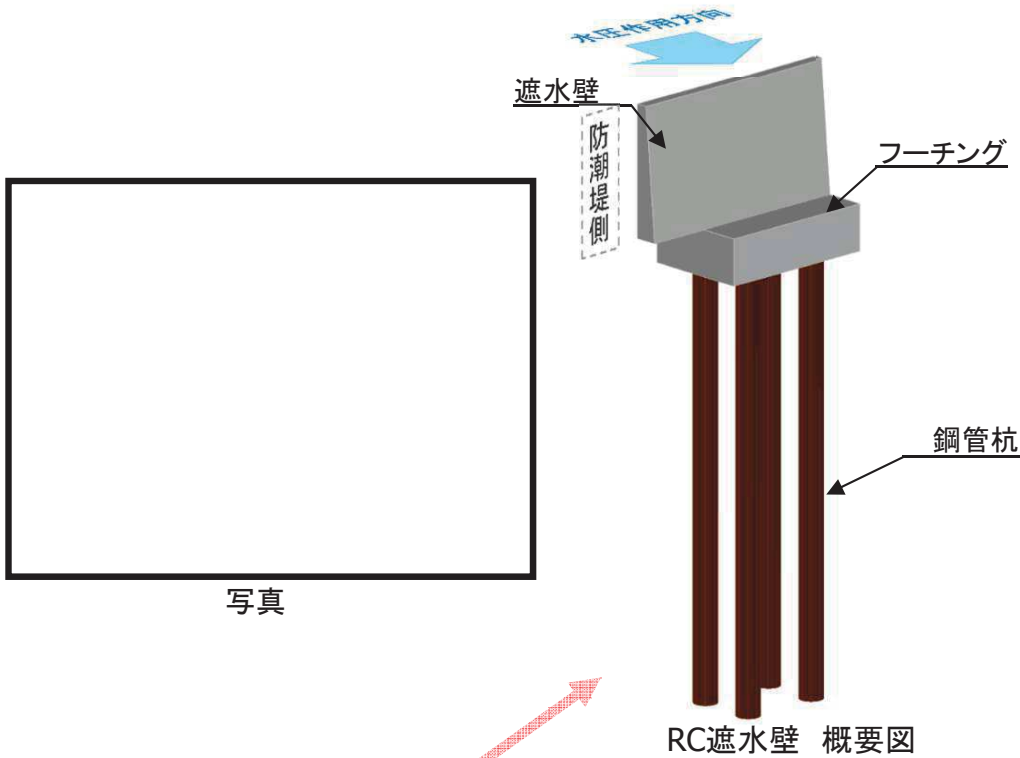
止水目地⑤・⑥ 設置概要(鋼製遮水壁－車両進入路部)



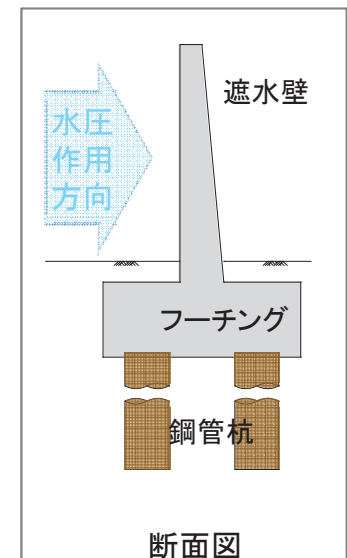
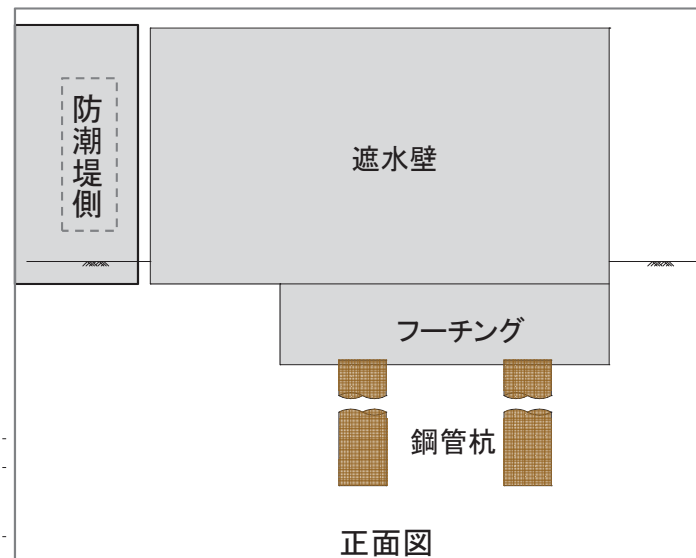
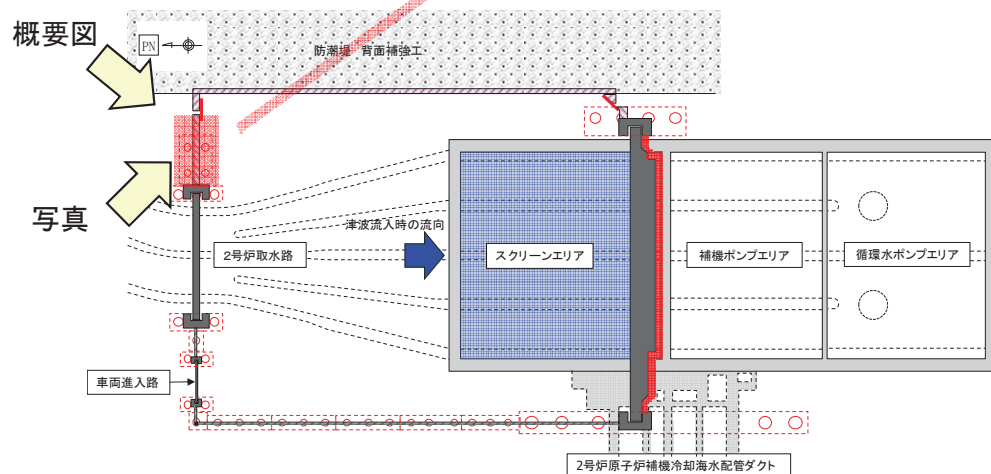
止水目地⑥

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、RC製の壁体とする。
- 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、可とう性を有する止水目地を設置する。



部位	役割
遮水壁 (RC)	止水性能の保持
フーチング (RC)	遮水壁の支持
鋼管杭	フーチングの支持



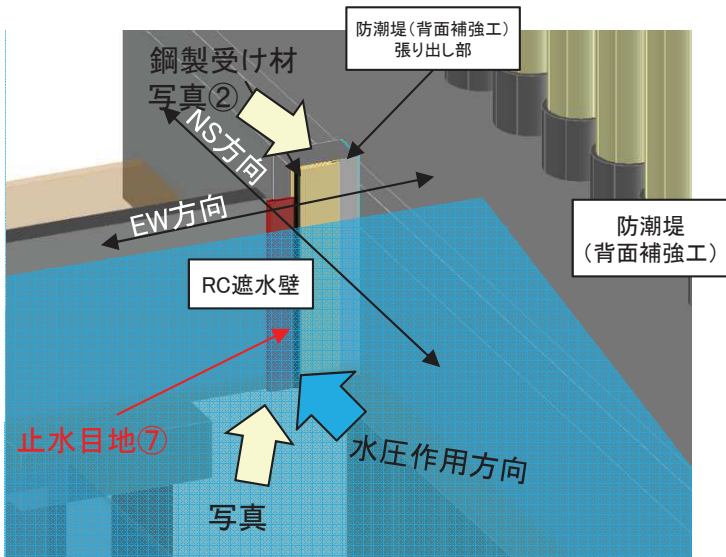
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

2.1.6.6 RC遮水壁(2/2)

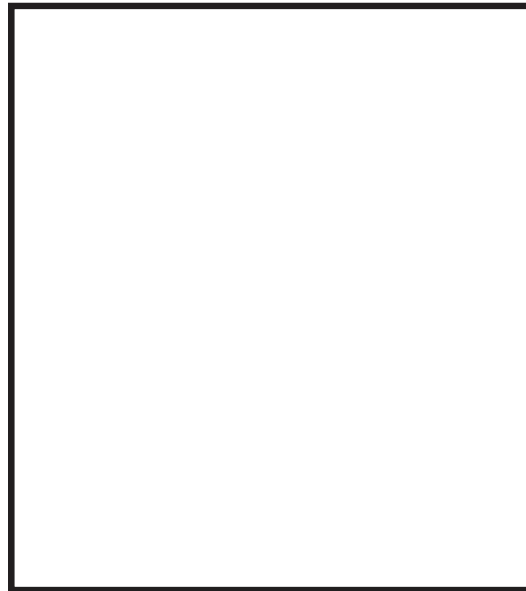
- 止水目地の設置概要を以下に示す。

設置位置		設置概要	仕様・材質	支持金具
RC遮水壁	⑦ 防潮壁(RC遮水壁) - 防潮堤(背面補強工)間	<ul style="list-style-type: none"> 防潮壁(RC遮水壁) - 防潮堤(背面補強工)間からの浸水を防止するため、相対変位量を考慮した遊間を設ける その遊間に可とう性を有するスライド型のゴムを設置し、止水性を確保する。 	可とう継手(スライド型) クロロプレンゴムt=50mm	鋼製ブラケット (アンカーボルト等含む)

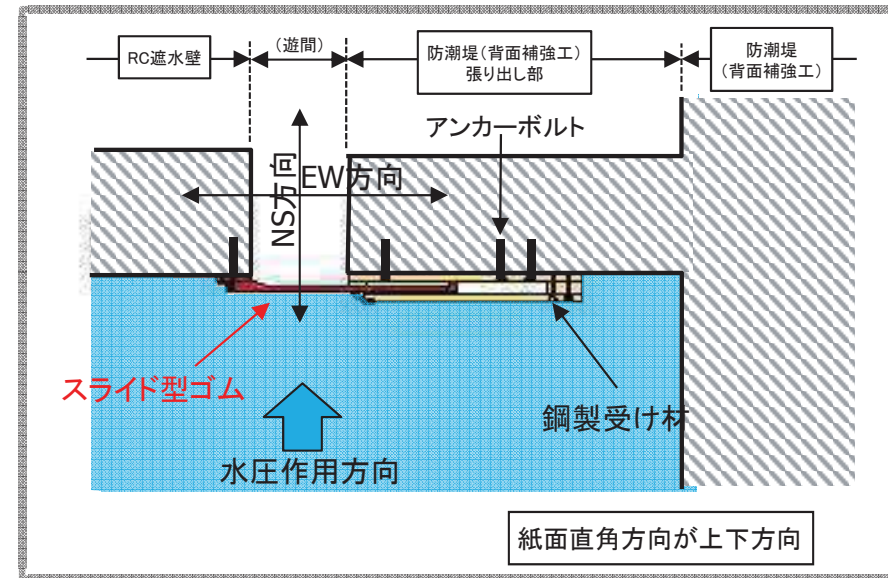
- 支持金具やスラブコンクリートについて、津波時における止水性を確保するため、地震時において機能を喪失しない設計とする。



止水目地⑦ 設置概要



写真



止水目地⑦ 詳細イメージ図(平面図)

※:未設置

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(1/2)

- 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 	— (基礎地盤の安定性評価にて説明予定)
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 	— (基礎地盤の安定性評価にて説明予定)
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 	— (敷地の地質・地質構造にて説明済み)
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(2/2)

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"> 取水路及び排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 	— (耐津波設計方針にて説明予定)
	<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 	○

2.2.2 検討ケース及び荷重の組合わせ

- 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、津波時及び津波＋余震重畳時の3ケースを検討する。
- 荷重の組み合わせを以下に示す。

(地震時)

- 常時作用する荷重と基準地震動による荷重を組み合わせる。

(津波時)

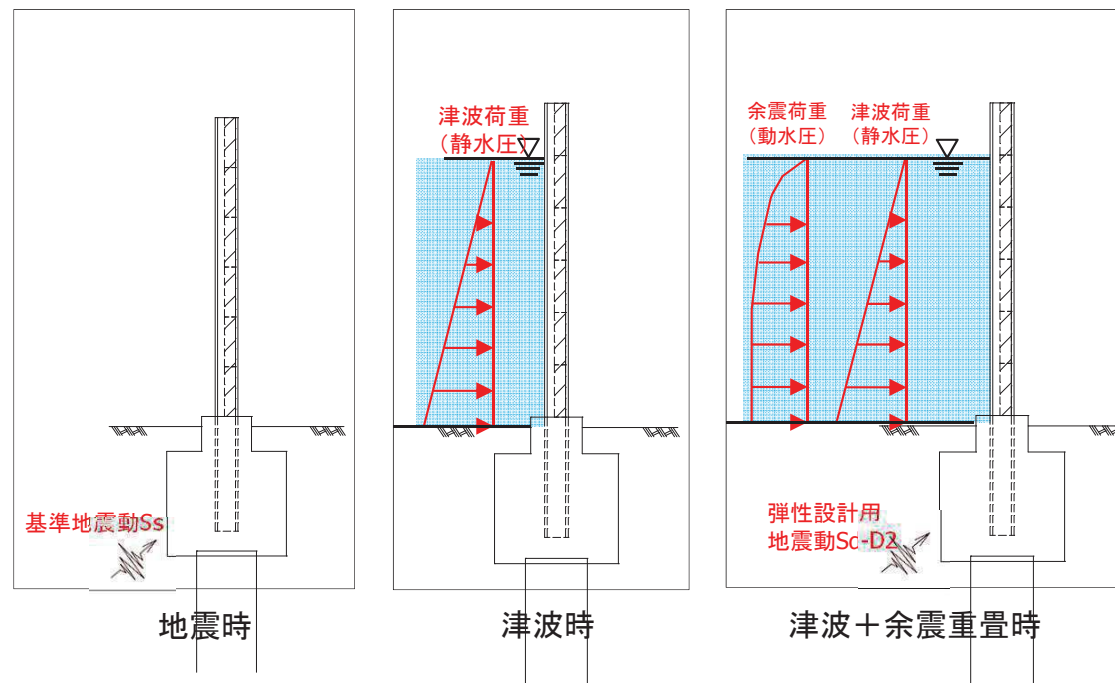
- 常時作用する荷重と入力津波による津波荷重を組み合わせる。
- 津波荷重は設置条件及び入力津波水位時刻暦波形による水位上昇速度を考慮し、浸水高相当の静水圧荷重とする。
- なお、漂流物による影響は、津波の流入経路を踏まえ考慮しない。

(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み合わせる。
- 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S _s)
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)



2.2.3 代表断面の選定方針

- 構造形式は大きくPCパネル遮水壁，鋼製遮水壁，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(高さ，幅，厚さ及び止水目地の構造等)
 - 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))
 - ④地下水位(液状化の影響等)
- 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。

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	PCパネル遮水壁 鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部) 鋼製遮水壁(地中構造物横断部) 鋼製遮水壁(車両進入路) RC遮水壁	O.P.+18.1m	3次元浸透流 解析により設定
2号炉 放水立坑	PCパネル遮水壁(フラップゲート取付部含む) 鋼製遮水壁(地中構造物横断部) 鋼製遮水壁(車両進入路)	O.P.+17.4m	
3号炉 海水ポンプ室	PCパネル遮水壁 鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部) 鋼製遮水壁(車両進入路) RC遮水壁	O.P.+19.0m	
3号炉 放水立坑	PCパネル遮水壁 鋼製遮水壁(地中構造物横断部) 鋼製遮水壁(車両進入路) RC遮水壁	O.P.+17.5m	

PCパネル遮水壁

上記観点から選定
(工認時に選定)

鋼製遮水壁

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)

PCパネル遮水壁(フラップゲート取付部)

2号放水立坑より選定

2.2.4 構造特異性と設計への配慮事項(1/3)

- 防潮壁の設計において配慮すべき事項を抽出するにあたり、構造形式毎の特徴と特異性の有無を下表に示す。
- 先行他プラントや一般産業施設における施工実績等から、「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。

構造形式		特徴	構造特異性の評価	特異性
PCパネル遮水壁		<ul style="list-style-type: none"> 基礎フーチング上の鋼製支柱間に壁体をはめ込んだ壁構造 分割したパネルを組み合わせた壁構造(パネル間に止水ゴムを設置) 支柱-パネル間をゴムを介してボルトで押し付けた非剛結構造 遮水性の弱部に対して止水ゴムを設置した構造 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製支柱間に細分化したパネルを設置した構造については、一般産業施設(高潮対策, 防潮堤等)における実績がある(補足説明資料2参照)。 しかし、先行他プラントでは実績がなく、一般産業施設の類似構造についても、細部構造(パネルと支柱の支持構造等)が異なるとともに、その用途から耐震性・止水性の要求水準が異なるものと推察される。 以上より、特異性“有”と評価する。 	有
鋼製遮水壁	海水ポンプ室横断部	<ul style="list-style-type: none"> 基礎フーチング上のRC支柱間に鋼製の壁体を設置した壁構造 支柱-壁体間に壁体をゴム支承を介して設置した非剛結構造 異種構造物間及び遮水性の弱部に対して、止水ゴムを設置した構造 	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱間に鋼製の壁体を設置した構造については、一般産業施設(高潮対策, 防潮堤等)における実績があり、先行他プラントでも実績がある(補足説明資料2参照)。 ゴム支承を介して壁体に相当する構造体を支持する構造についても、道路・鉄道や一般産業施設において、広く使われているものの、先行他プラントにおいての実績はない。 また、ゴム支承を介して壁体を支持する構造での、止水機構としての実績は一般産業施設においてもないと推察される。 以上より特異性“有”と評価する。 	有
	地中構造物横断部			
	車両進入路部	<ul style="list-style-type: none"> 上記の他、鋼製の桁を連結させた壁体構造(桁間にせん断キーと止水ゴムを設置) 	<ul style="list-style-type: none"> PCパネル遮水壁同様に、一般産業施設での実績はあるものの、先行他プラントでの実績がなく、一般産業施設の類似構造についても、耐震性・止水性の要求水準が異なるものと推察されることから、特異性“有”と評価する。 	有
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 異種構造物間に対して止水ゴムを設置した構造 	<ul style="list-style-type: none"> 先行他社プラント及び一般産業施設にて類似構造(防潮堤等)の実績があることから、特異性“無”と評価する。 	無

2.2.4 構造特異性と設計への配慮事項(2/3)

- 防潮壁の設計において配慮すべき事項を整理するために、構造特異性について整理し、設計への配慮事項を整理した。
- 先行他プラントや一般産業施設における止水機構としての施工実績等やの観点から評価することとし、特異性が無いものについては特異性“無”，施工実績が無いもの又は実績が有るものの適用条件や適用範囲が異なるものは特異性“有”と評価する。

止水目地	設置位置	概要	支持機能の有無	可とう性の有無	構造特異性の評価	特異性
止水目地 ①	PCパネル 遮水壁	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルと鋼製支柱の間に止水ゴム(平型ゴム)を設置する。 	有 (支承の役割を兼ねる)	無	<ul style="list-style-type: none"> 先行他プラント及び一般産業施設(ダム, 水門のゲート等)において類似構造の実績がある。 ただし, ゴム(支承用)の役割を兼ねた止水機構としての実績は先行他プラント及び一般産業施設においてもないと推察されることから, 特異性“有”と評価する。 	有
止水目地 ②		<ul style="list-style-type: none"> PCパネル間及びパネル最下部(フーチング間)に止水ゴム(平形ゴム)を設置する。 	無 (止水機能のみ)	無	<ul style="list-style-type: none"> 先行他プラント及び一般産業施設(ダム, 水門のゲート等)において類似構造の実績があることから, 特異性“無”と評価する。 	無
止水目地 ③・④	鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部及び地中構造物横断部) <ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁と下部(海水ポンプ室隔壁及び角型鋼管)及びRC支柱間に止水ゴム(M型ゴム)を設置する。 	有		<ul style="list-style-type: none"> 先行他プラント及び一般産業施設(ダム, 水門のゲート等)において類似構造の実績がある。 ただし, 異種構造物である海水ポンプ室隔壁間の相対変位量の評価方法の観点から, 特異性“有”と評価する。 	有	
止水目地 ⑤	鋼製遮水壁 (車両進入路部)	<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁とRC支柱間に止水ゴム(P型ゴム)を設置する。 		無	<ul style="list-style-type: none"> 先行他プラント及び一般産業施設(ダム, 水門のゲート等)において類似構造の実績があることから, 特異性“無”と評価する。 	無
止水目地 ⑥		<ul style="list-style-type: none"> 鋼桁間及び鋼桁最下部(スラブコンクリート間)に止水ゴム(平形ゴム)を設置する。 		無	<ul style="list-style-type: none"> 先行他プラント及び一般産業施設(ダム, 水門のゲート等)において類似構造の実績があることから, 特異性“無”と評価する。 	無
止水目地 ⑦	RC遮水壁	<ul style="list-style-type: none"> 防潮壁(RC遮水壁)と防潮堤(背面補強工)間に止水ゴム(スライド型)を設置する。 		有	<ul style="list-style-type: none"> 先行他プラント及び一般産業施設における類似構造の実績がない(止水目的ではない一般産業施設(構造物間の相対変位に対する伸縮継手)での類似構造の実績は確認)。 また, 異種構造物である海水ポンプ室隔壁間の相対変位量の評価方法の観点から, 特異性“有”と評価する。 	有
止水目地 ⑧	共通 (フーチング目地部)	<ul style="list-style-type: none"> 構造目地部(基礎フーチング目地部)にシリコン系粘着シートを張り付ける。 		無	<ul style="list-style-type: none"> 一般産業施設(防火水槽, 鋼製タンク等)において類似構造の実績があり, 広く使われているものであることから, 特異性“無”と評価する。 	無

2.2.4 構造特異性と設計への配慮事項(3/3)

- 構造特異性の整理結果とそれを踏まえた設計への配慮事項を以下に示す。

構造特異性の整理結果

<構造形式>

- PCパネル遮水壁及び鋼製遮水壁 :特異性“有” ……細部構造や耐震性・止水性の要求水準の観点から特異性“有”と評価

<止水目地>

- 止水目地① :特異性“有” ……ゴム(支承用)の役割(支持機能)を兼ねた止水機構としての実績の観点から特異性“有”と評価
- 止水目地③・④ :特異性“有” ……異種構造物間の相対変位の評価方法の観点から特異性“有”と評価
- 止水目地⑦ :特異性“有” ……実績及び異種構造物間の相対変位量の評価方法の観点から特異性“有”と評価

設計への配慮事項

<PCパネル遮水壁・鋼製遮水壁>

- 地震時及び津波時に各部位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、それに対する評価を行い、設計における照査項目を抽出する(RC遮水壁は特異性“無”と評価したが、同様に整理する。)

<止水目地①>

- 地震時に支持性能又は止水性を喪失してしまう事象(損傷モード)を仮定し、それに対する評価を行い、設計における照査項目を抽出する。
- 地震時(支持機能時)の評価結果を踏まえ、想定される損傷状態を考慮した評価又は性能試験を行う。

<止水目地③・④・⑦>

- 異種構造物間の相対変位を保守的に算定し、性能試験(変形試験)を行い、止水性能を確認する。
- また、余震と津波の重畳を考慮し、余震時の相対変位と津波水圧を想定した、変形+耐圧試験により止水性能を確認する。

2.防潮壁の設計方針

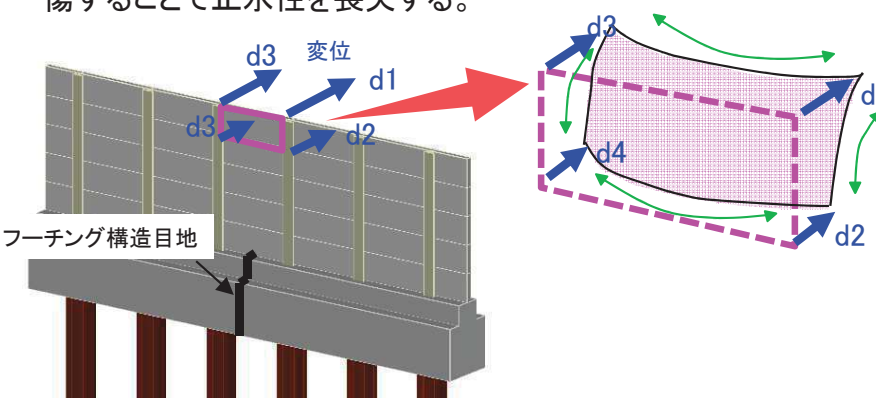
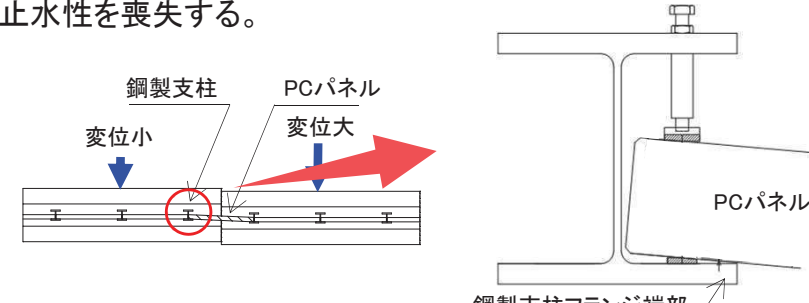
- 2. 1 防潮壁の概要
- 2. 2 基本設計方針
- 2. 3 損傷モードの抽出
- 2. 4 部位毎の設計方針

2.3.1 概要

- 防潮壁の設計方針において、地震時、津波時及び津波＋余震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(1/16)

- PCパネル遮水壁における、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	補足説明
遮水壁 (PCパネル) (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> 壁直角方向の地震荷重・津波荷重により、PCパネルが曲げ破壊又はせん断破壊することで止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生応力度が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> フーチング間の相対変位により、PCパネルにねじれが発生し損傷することで止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> PCパネル四隅に生じる相対変形が軽微で、ねじれによる損傷が生じないことを確認することで、止水性への影響がない設計とする。 	—	①
	<ul style="list-style-type: none"> 同一フーチング内の支柱間の変位差により、PCパネルにねじれが発生し損傷することで止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> フーチング自体が剛体であり、同一フーチング内の支柱間の変位量は隣接するフーチング間の相対変位よりも小さいと考えられることから、フーチング間の照査で代表させる。 	—	—
	<ul style="list-style-type: none"> フーチング間の相対変位により、PCパネルが鋼製支柱フランジ端部に接触し、局所的な応力が生じ損傷することで止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 変形が発生してもフランジ端部に接触しない設計とする。 	—	②

2.3.2.1 損傷モード(2/16)

<補足説明①:PCパネルのねじれ(1/2)>

【損傷モード】

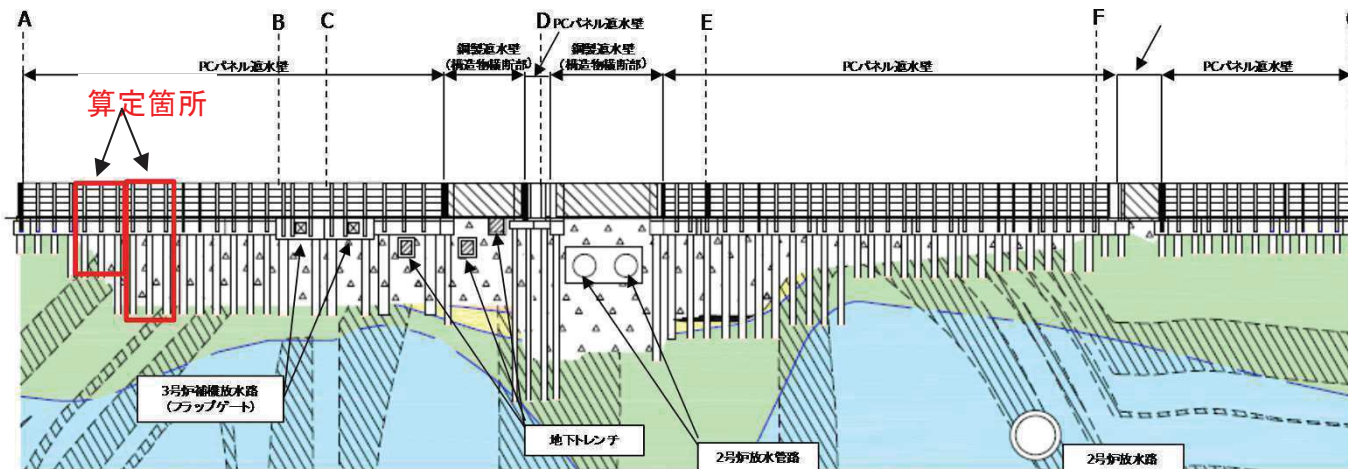
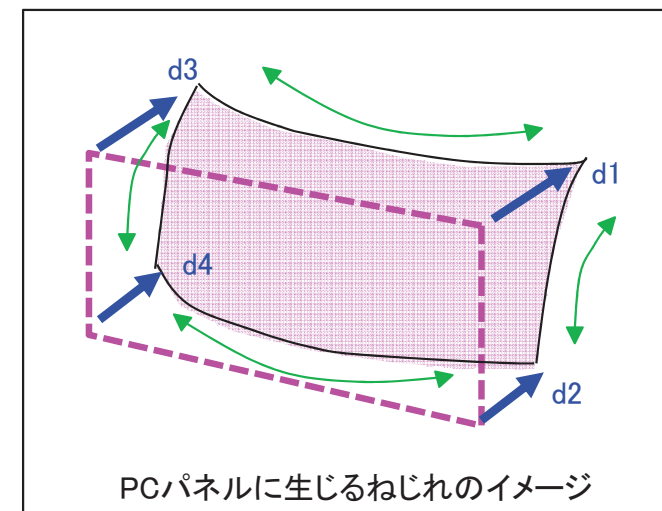
- PCパネルを支持する鋼製支柱の壁直角方向の相対変位により、PCパネルにねじれが発生し損傷することで止水性を喪失する。

【設計・施工上の配慮】

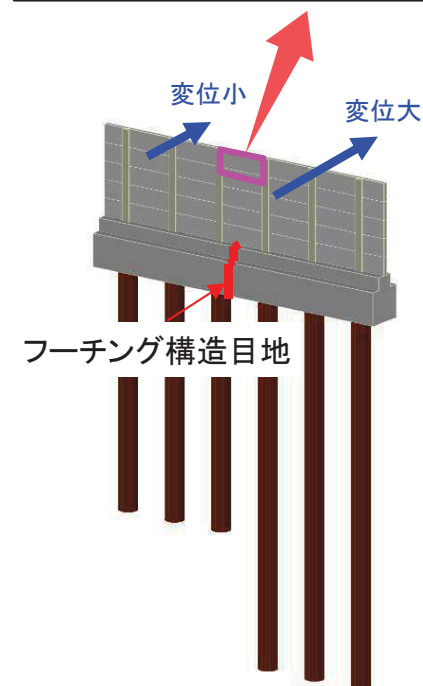
- PCパネル四隅に生じる相対変形が軽微で、ねじれによる止水性への影響がない設計とする。

【確認結果】

- 評価対象は、隣接するブロック間において、相対変形に与える影響として地盤条件に着目し、支持地盤までの深度(=杭長)の差が大きい区間として、2号炉放水立坑の下図に示すブロックを対象とする。
- 確認した相対変位量の最大値は、 $|d1-d4|=26.6\text{mm}$ 、 $|d2-d4|=23.2\text{mm}$ 程度となっており、パネル巾に対して十分に小さいことから、ねじれに対する影響は軽微である。



2号放水立坑防潮壁 地質断面図



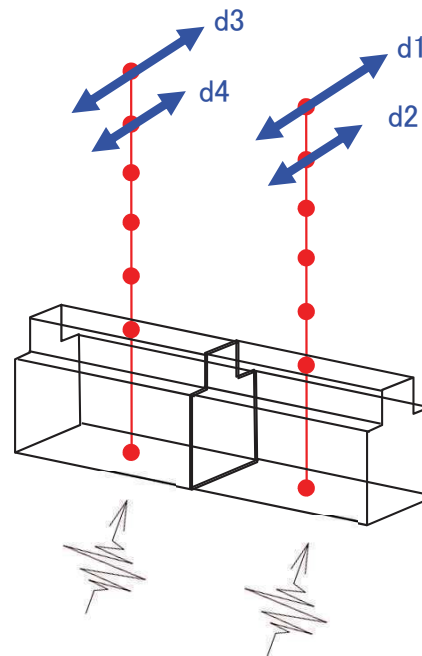
相対変位のイメージ

2.3.2.1 損傷モード(3/16)

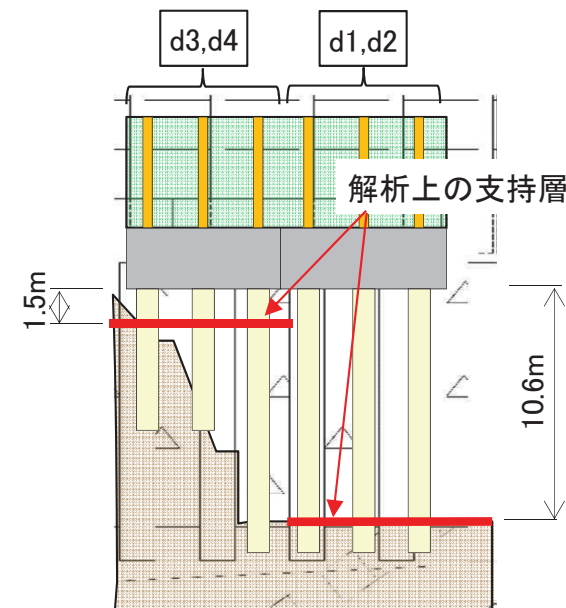
<補足説明①:PCパネルのねじれ(2/2)>

計算条件

- 右図に示す地震応答解析モデル(質点系解析)にて, 最上部のPCパネル位置での節点の時刻歴変位量を抽出し, 差分により相対変位を算定する。
- なお, 入力する地震動は1次元地震応答解析により求めることとして, 解析モデルは応答差が大きめに出るようにそれぞれの支持層を設定する。
- 地震波毎のd1~d4の計算結果を以下に示す。



解析モデルイメージ



解析上の支持層

計算結果一覧

		変位 ^{※2} (単位: mm)						
地震波		Ss-D1	Ss-D2	Ss-D3	Ss-F1	Ss-F2	Ss-F3	Ss-N1
時刻 ^{※1}		(45.03sec)	(13.63sec)	(14.52sec)	(19.57sec)	(31.25sec)	(28.50sec)	(7.64sec)
最大相対変位 (d1-d4 基準)	d1=	8.9	-14.7	20.1	6.7	-6.7	-16.5	-13.5
	d2=	7.3	-12.2	15.9	5.2	-5.4	-13.1	-11.0
	d3=	-17.6	10.3	-5.0	-16.3	13.7	14.3	2.5
	d4=	-13.2	8.4	-3.5	-12.2	10.0	10.1	1.8
	d1-d4 =	22.2	23.1	23.7	18.9	16.7	26.6	15.3
	d2-d4 =	20.5	20.6	19.4	17.4	15.5	23.2	12.8
最大絶対変位 (参考)	MAX d1 =	18.8	23.2	21.1	15.0	18.6	21.8	13.5
	MAX d2 =	15.1	17.9	16.4	11.8	15.1	17.4	11.0
	MAX d3 =	23.1	24.0	21.7	18.6	21.5	26.1	11.9
	MAX d4 =	16.7	17.5	16.0	13.9	16.0	19.0	9.2

※1: |d1-d4|最大時刻, ※2: 基礎フーチング底面からの変位量

2.3.2.1 損傷モード(4/16)

<補足説明②:PCパネルと支柱端部の接触(1/2)>

【損傷モード】

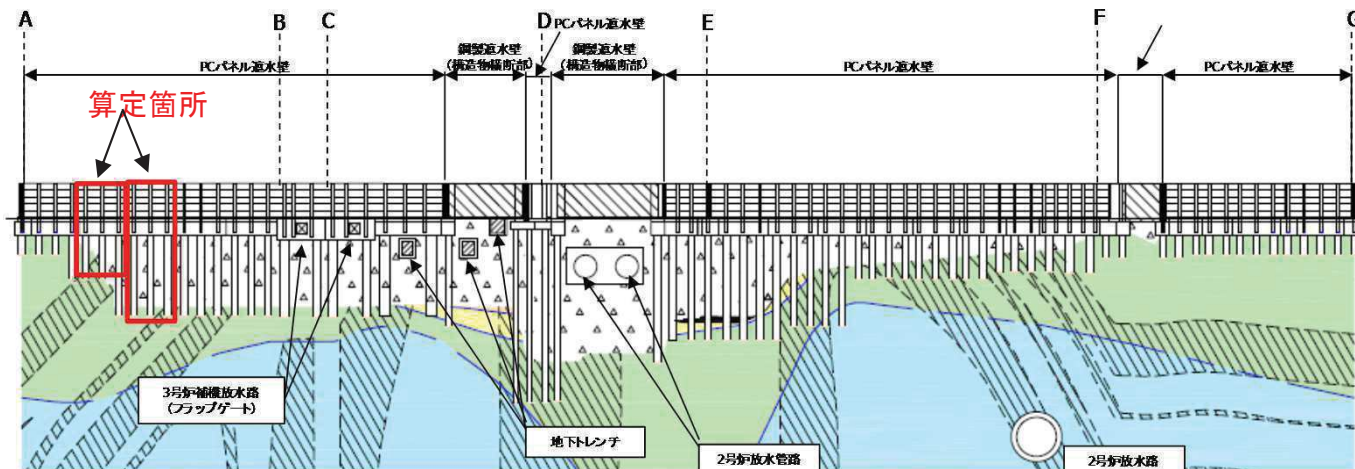
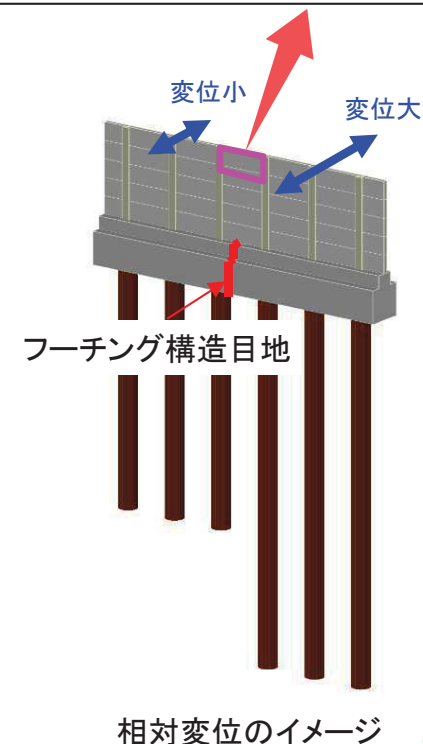
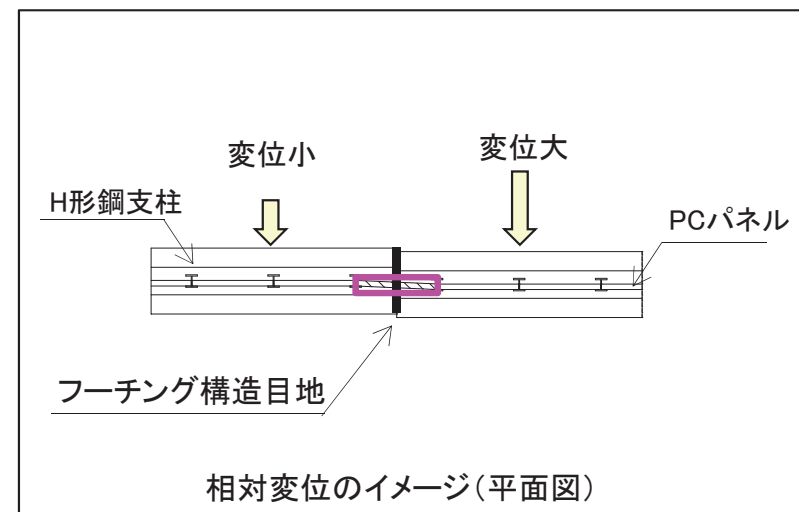
- 隣り合う鋼製支柱の壁直角方向の相対変位により、PCパネルがフランジ端部(エッジ部)に接触し、局所的な応力が発生し損傷することで止水性を喪失する。

【設計・施工上の配慮】

- 変形が発生してもフランジ端部に接触しない設計とする。

【確認結果】

- 評価対象は、隣接するブロック間において、相対変形に与える影響として地盤条件に着目し、支持地盤までの深度(=杭長)の差が大きい区間として、2号炉放水立坑の下図に示すブロックを対象とした。
- 確認の結果、各ブロック間の最大相対変位は $|D1-D2|=31.7\text{mm}$ となっており支間長 $L=2,030\text{mm}$ に対して十分に小さく、支柱端部に接触しないことを確認した。



2号放水立坑防潮壁 地質断面図

2.3.2.1 損傷モード(5/16)

<補足説明②:PCパネルと支柱端部の接触(2/2)>

計算条件

- 下記に示す地震応答解析モデル(質点系解析)にて, 最上部のPCパネル位置での節点D1, D2の時刻歴変位量を抽出し, 差分と支間長から回転に伴う変形量を算定する。
- なお, 入力する地震動は1次元地震応答解析により求めることとして, 解析モデルは応答差が大きめに出るようにそれぞれの支持層を設定する。
- 地震波毎のD1, D2および回転に伴う変形量(, d)を下表に示すとともに, 計算例を以下に示す。

計算例

H形鋼の相対変位によって生じるPCパネルの回転角 θ は

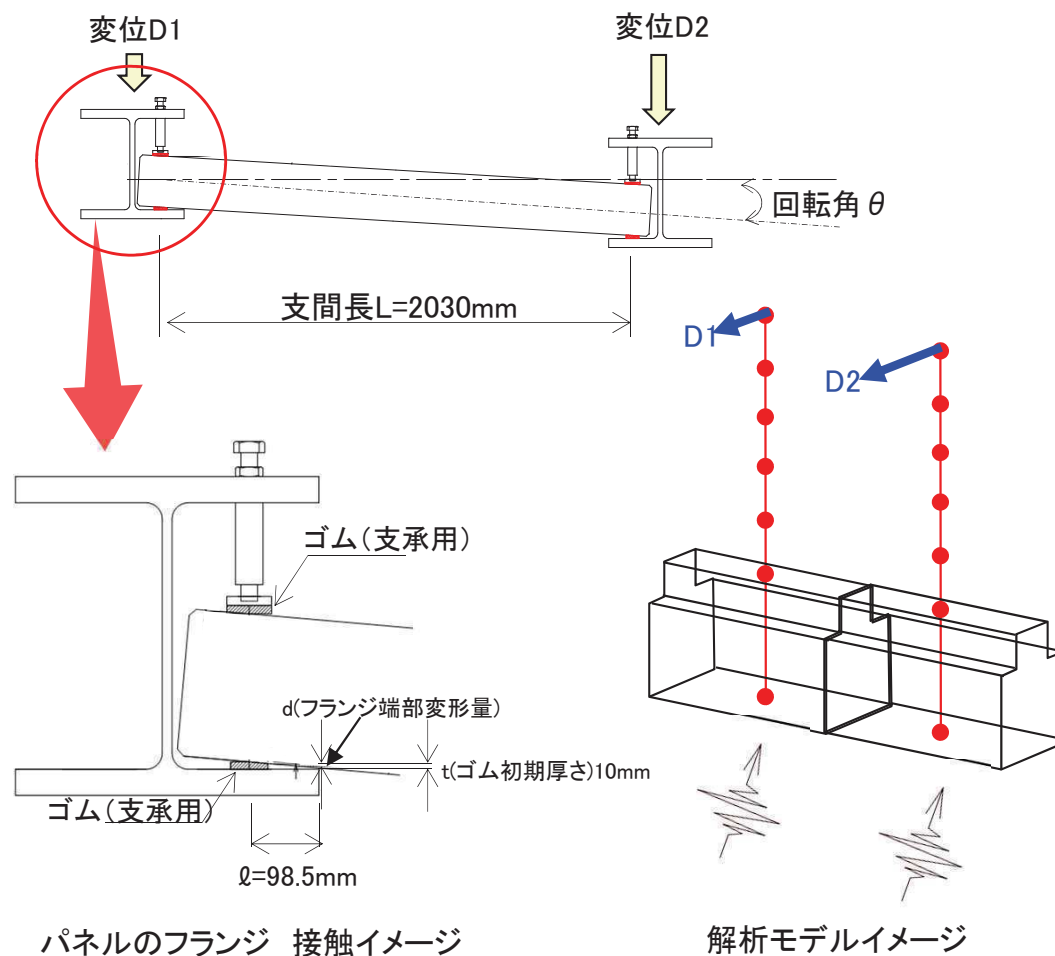
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{|D2 - D1|}{L} \right) = \left(\frac{31.7}{2030} \right) = 0.0008[\text{rad}]$$

フランジ端部におけるPCパネルの変位量 dは

$$d = \ell \tan \theta = 98.5 \times \tan(0.0008) = 0.6[\text{mm}]$$

変位量dが止水ゴム初期厚さt(=10mm)より十分に小さいので, PCパネルはフランジ端部に接触しない。

(Ss-F3時)



【計算結果一覧】

地震波	変位 ^{※2} (単位: mm)						
	Ss-D1	Ss-D2	Ss-D3	Ss-F1	Ss-F2	Ss-F3	Ss-N1
時刻 ^{※1}	(45.03sec)	(8.53sec)	(21.38sec)	(19.57sec)	(27.84sec)	(27.78sec)	(7.51sec)
D1 [mm]	8.9	-6.8	12.7	6.7	1.0	10.8	4.6
D2 [mm]	-17.6	20.6	-13.3	-16.3	-21.2	-20.9	-11.4
D2-D1 [mm]	26.5	27.4	25.9	23.0	22.1	31.7	16.0
θ [rad]	0.0007	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0008	0.0004
d[mm]	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.6	0.3

※1: |D2-D1|最大時刻, ※2: 基礎フーチング底面からの変位量

2.3.2.1 損傷モード(6/16)

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	補足説明
遮水壁 (PCパネル) (2/2)	<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、PCパネルが浮き上がり、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> PCパネル最上部に浮上り防止プレート及びPCパネル押えボルトを設置し、パネルの浮上りを防止する。 なお、浮上り防止プレート及びPCパネル押えボルトについては、パネルより伝達する荷重及び自身に作用する荷重に対して、各部位が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> 高さ方向の荷重・変位量の違いにより、PCパネル間に隙間(目違い)が生じ、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルに有意な隙間が発生しない設計とする。 	—	③
	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルが鋼製支柱と異なる振動モードで振動することにより損傷し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルと鋼製支柱の固有周期を確認した結果、PCパネル及び鋼製支柱の固有周期については、ピークとなる周期帯よりも短周期側であり、PCパネルと鋼製支柱が別な挙動を示したとしても、いずれも応答が小さいことから、その影響は軽微である。 	—	④

2.3.2.1 損傷モード(7/16)

<補足説明③:PCパネルの目違い(1/2)>

【損傷モード】

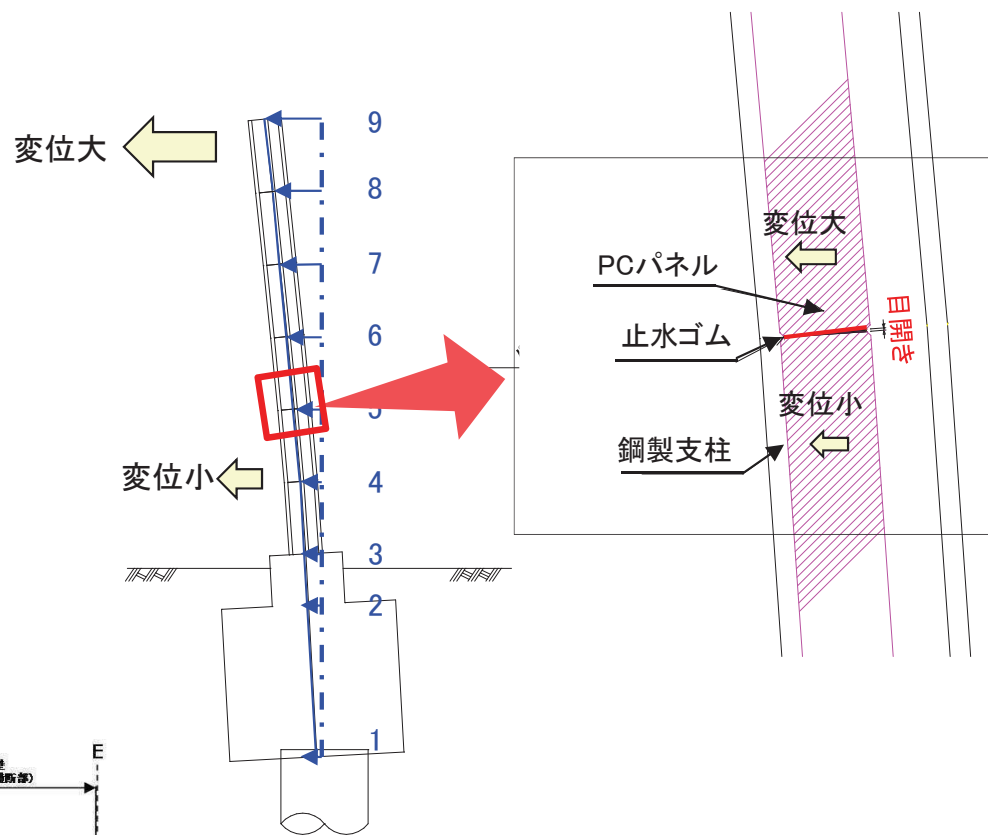
- 高さ方向の荷重・変位量の違いにより、PCパネル間に隙間(目違い)が生じ、止水性を喪失する。

【設計・施工上の配慮】

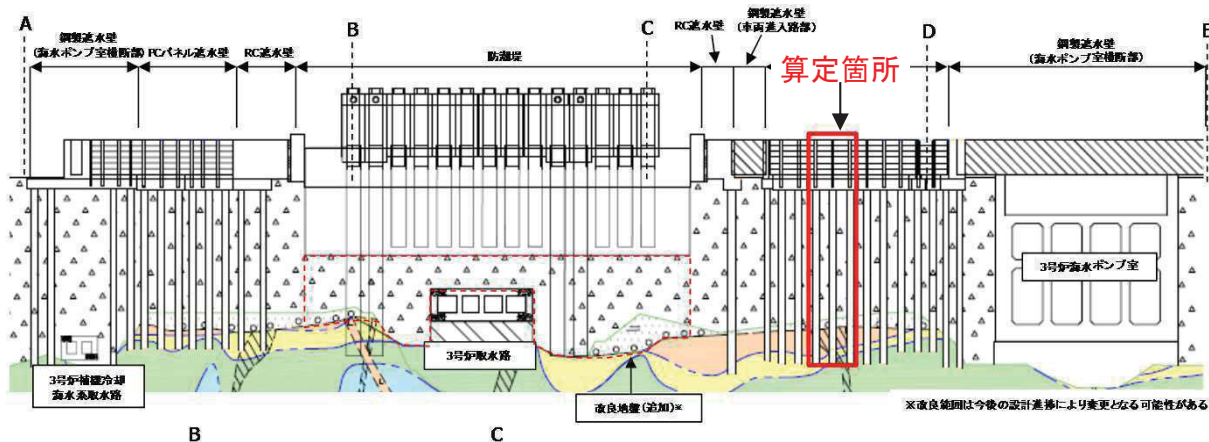
- PCパネルに有意な隙間が発生しない設計とする。

【確認結果】

- 評価対象は、変形量への影響を考慮し、壁高が高い3号海水ポンプ室のうち、支持地盤までの深度(=杭長)が最も長い断面を選定する(下図位置)。
- 確認の結果、PCパネル間に生じる隙間(節点間の相対変位量)は微小であり、止水性に影響を及ぼさないことを確認した。



PCパネル間に生じる隙間(イメージ)



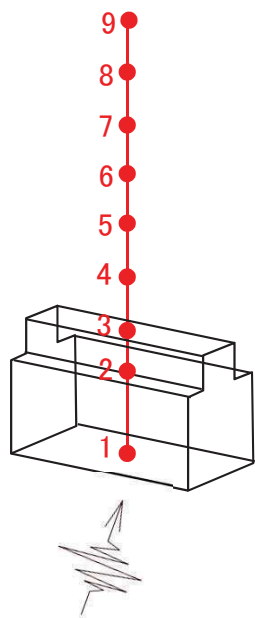
3号海水ポンプ室防潮壁 地質断面図

2.3.2.1 損傷モード(8/16)

<補足説明③:PCパネルの目違い(2/2)>

計算条件

- 下記に示す地震応答解析モデル(質点系解析)にて, PCパネル位置での各節点の時刻歴変位量を抽出し, 各節点の水平変位の差分と節点間の長さから回転に伴い発生するPCパネル間の隙間を算定する。
- なお, 入力する地震動は対象位置の地質構造を考慮した1次元地震応答解析により求めることとする。
- 水平変位及び回転に伴い発生する隙間の計算例を下表に示す。



解析モデルイメージ

表 PCパネル間に生じる隙間(津波+余震時の例)

節点番号	余震+動水圧による水平変位 (mm)	静水圧による水平変位 (mm)	水平変位合計 (mm)	PCパネル間の隙間 [※] (mm)
9	59.1	64.5	123.7	-
8	51.3	57.4	108.7	0.0
7	43.5	50.4	93.8	0.0
6	35.8	43.3	79.1	0.1
5	28.6	36.4	65.0	0.3
4	22.4	29.8	52.2	0.5
3	17.7	24.2	41.8	0.4
2	15.0	20.7	35.7	-
1	7.3	10.5	17.8	-

※:節点間の水平変位より, 上下のパネルの回転量の差を算出。

2.3.2.1 損傷モード(9/16)

<補足説明④:PCパネルと鋼製支柱の固有周期>

【損傷モード】

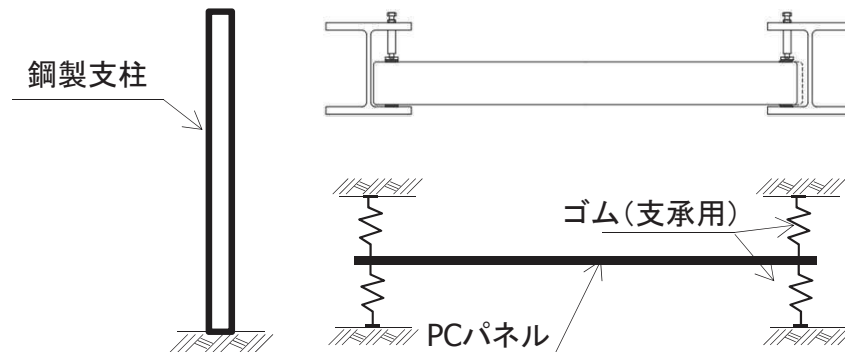
- PCパネルが鋼製支柱と異なる振動モードで振動することにより損傷し、止水性を喪失する。

【設計・施工上の配慮】

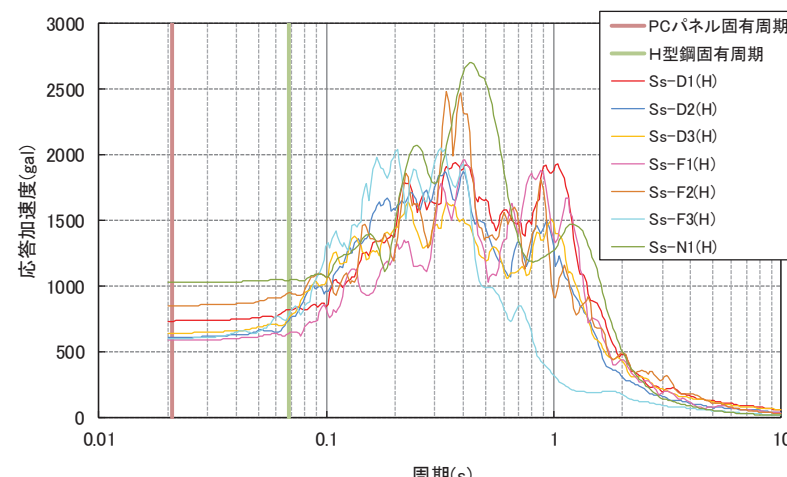
- PCパネルと鋼製支柱の固有周期を確認した結果、PCパネル及び鋼製支柱の固有周期についてはピークとなる周期帯よりも短周期側であり、PCパネルと鋼製支柱が別な挙動を示したとしても、いずれも応答が小さいことから、その影響は軽微である。

【確認結果】

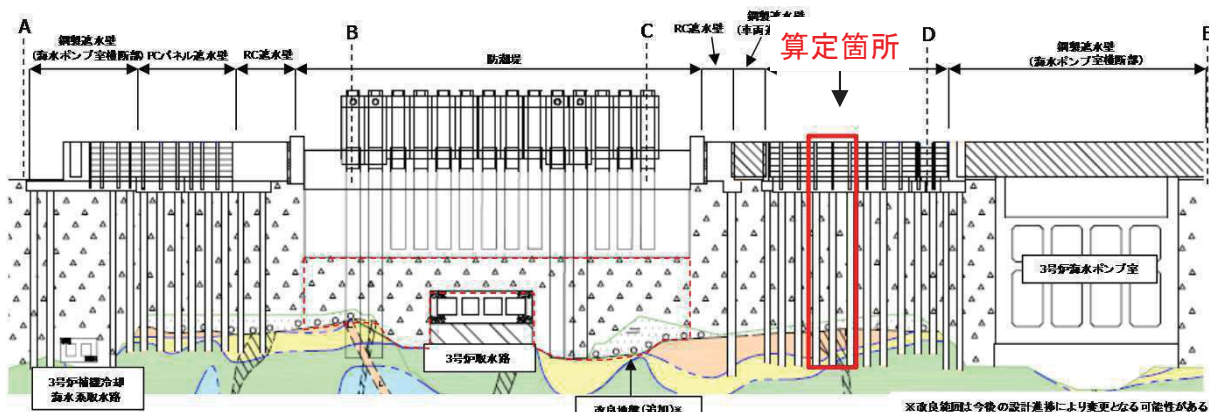
- 評価対象は、周期への影響を考慮し、上部工が高い3号海水ポンプ室のうち、支持地盤までの深度(=杭長)が最も長い断面を選定する(下図に示す。)
- PCパネルと鋼製支柱間はゴムを介して接合(非剛結)されていることから、固有の振動モードとなり悪影響を及ぼす可能性があるため、PCパネルと鋼製支柱の固有周期を算出し、フーチング下端の加速度応答スペクトルと比較した。
- この結果、PCパネル及びゴムの固有周期は極めて短周期側にあり、入力地震動に対し応答が増幅しないことから、鋼製支柱と一体となって振動すると考えられる。



鋼製支柱とPCパネルの固有周期算出モデル



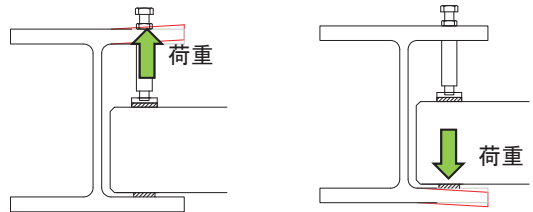
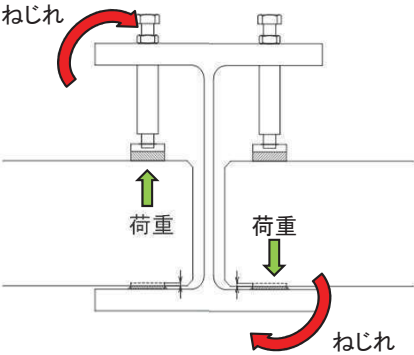
鋼製支柱とPCパネルの固有周期と加速度応答スペクトルの比較



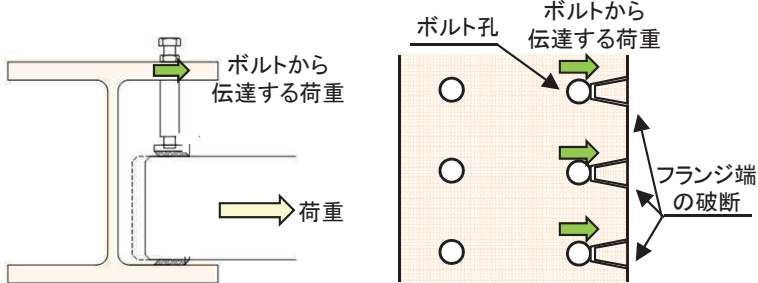
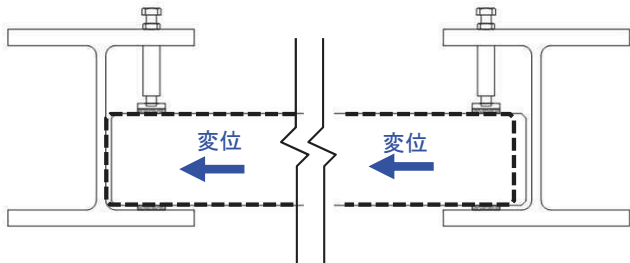
B

3号海水ポンプ室防潮壁 地質断面図

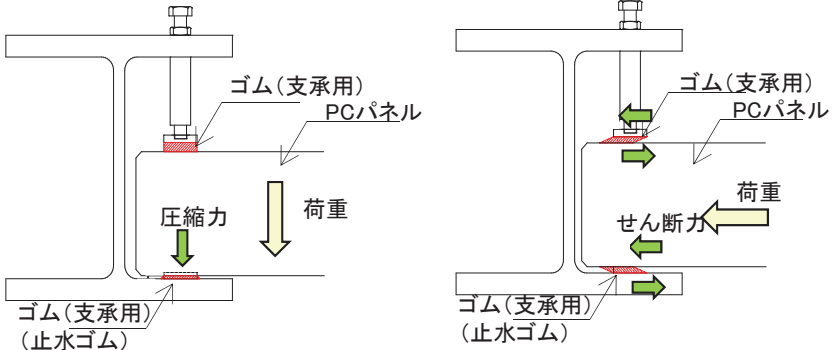
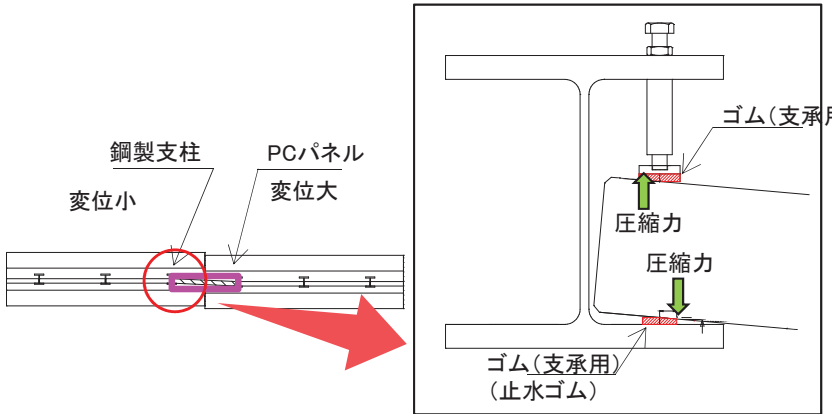
2.3.2.1 損傷モード(10/16)

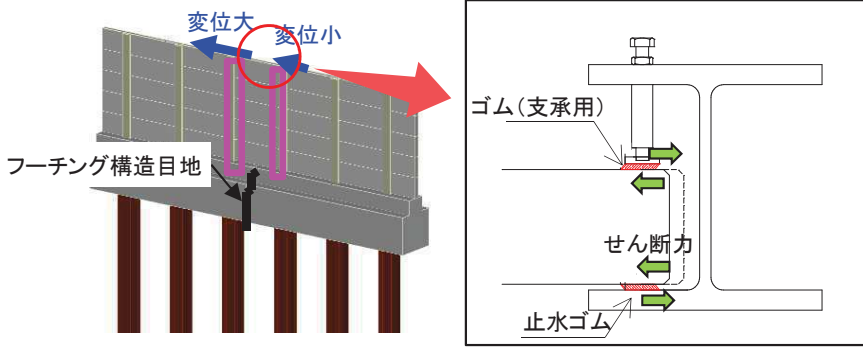
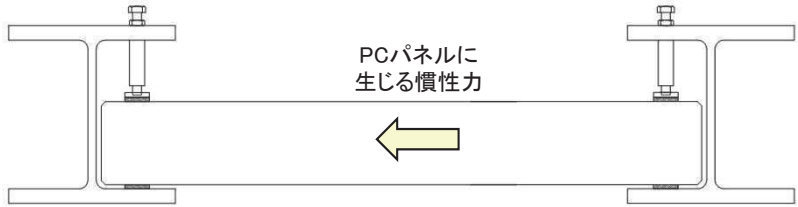
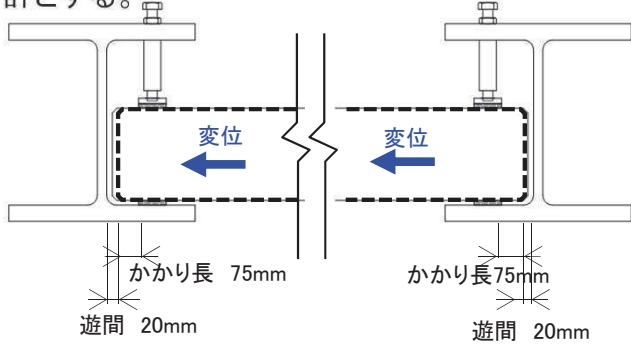
部位の名称	要求機能を喪失する事象	設計・施工上の配慮	照査	補足説明
鋼製支柱 (H形鋼) (1/2)	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルから伝達する壁直角方向又は壁軸方向への荷重及び支柱自体に作用する荷重により、鋼製支柱が曲げ・軸力系の破壊又はせん断破壊してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルから伝達する壁直角方向への荷重により、鋼製支柱のフランジが曲げ・軸力系の破壊又はせん断破壊してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルから伝達する壁直角方向への荷重により、鋼製支柱に偶力が働き、ねじれ破壊してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力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(11/16)

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	補足説明
鋼製支柱 (H形鋼) (2/2)	<ul style="list-style-type: none"> 固定ボルトから伝達する荷重により、H形鋼フランジ面が破断してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。  <p>The diagram illustrates the failure mechanism. On the left, a cross-section of an H-beam is shown with a bolt passing through its flange. A green arrow labeled 'ボルトから伝達する荷重' (Load transmitted from the bolt) points to the right. A larger yellow arrow labeled '荷重' (Load) points to the right from the bottom flange. On the right, a detailed view of the bolt hole area shows three bolts. Green arrows labeled 'ボルトから伝達する荷重' point to the right. A dashed line indicates the 'フランジ端の破断' (Fracture at the flange end).</p>	<ul style="list-style-type: none"> H形鋼フランジに発生するせん断荷重が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルが壁軸方向に移動し、ウェブに接触することにより損傷してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。  <p>The diagram shows two cross-sections of an H-beam. A dashed line represents the PC panel. Blue arrows labeled '変位' (Displacement) point to the left, indicating the panel's movement towards the web of the H-beam.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製支柱ウェブに生じる荷重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(12/16)

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	補足説明
<p>ゴム(支承用) (1/2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルから伝達する壁直角方向又は壁軸方向への荷重により、ゴム(支承用)が圧縮破壊又はせん断破壊してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 壁直角方向に対しては、発生圧縮量が許容限界以下であることを確認する。 壁軸方向に対しては、発生せん断ひずみが許容限界以下であることを確認する。 	<p>○</p>	<p>—</p>
<p>ゴム(支承用) (1/2)</p>	<ul style="list-style-type: none"> フーチング間は同一フーチング内の支柱の壁直角方向の変位差により、ゴム(支承用)に圧縮変形が生じ、圧縮破壊してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生圧縮量が許容限界以下であることを確認する。 	<p>○</p>	<p>—</p>

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	補足説明
	<ul style="list-style-type: none"> フーチング間は同一フーチング内の支柱の壁軸方向の変位差により、ゴム(支承用)・止水ゴムにせん断変形が生じ、せん断破壊してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。  <p>The diagram illustrates the failure mechanism. On the left, a 3D perspective view shows a PC panel supported by columns. A red arrow indicates a large displacement ('変位大') on one side and a blue arrow indicates a small displacement ('変位小') on the other. A red circle highlights the joint area. On the right, a 2D cross-section shows the panel resting on a support rubber ('ゴム(支承用)') and a water stop rubber ('止水ゴム'). Green arrows represent shear forces ('せん断力') acting on these rubbers, leading to their failure.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 発生せん断ひずみが許容限界以下であることを確認する。 	○	-
ゴム(支承用) (2/2)	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルが壁軸方向の慣性力により、PCパネルと止水ゴム間ですべりが生じ、PCパネル止水性能を喪失する。  <p>The diagram shows a cross-section of the PC panel and water stop rubber. A yellow arrow labeled 'PCパネルに生じる慣性力' (Inertia force generated in the PC panel) points to the left, indicating the direction of sliding.</p>	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製支柱とPCパネル間の遊間を20mmとしているのに対し、PCパネルのかかり長を75mmとしているため、遊間の範囲で滑りが生じてもPCパネルは脱落しないため、止水性能は確保できる設計とする。  <p>The diagram shows two cross-sections of the water stop rubber assembly. The left section shows a 20mm gap ('遊間 20mm') and a 75mm overlap length ('かかり長 75mm'). The right section shows a similar assembly with a 20mm gap and 75mm overlap length. Blue arrows labeled '変位' (Displacement) indicate the direction of movement.</p>	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> ゴム(支承用)が経年劣化することにより性能が低下し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 耐久性として、アレニウスの評価手法を用いた耐久性予想試験を実施し、止水ゴムの経年劣化により止水機能を喪失することはない設計とする。 	-	⑤

2.3.2.1 損傷モード(14/16)

<補足説明⑤:止水目地の耐久性>

【損傷モード】

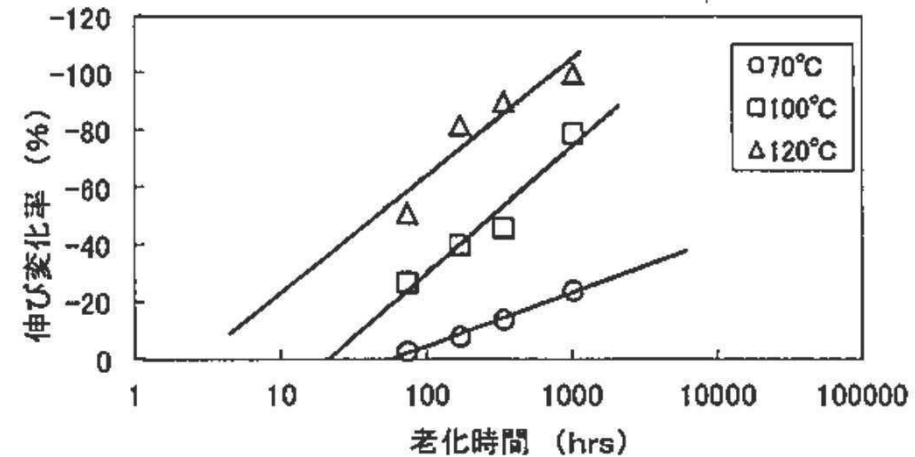
- ・ ゴム(支承用)が経年劣化することにより性能が低下し、止水性を喪失する。

【設計・施工上の配慮】

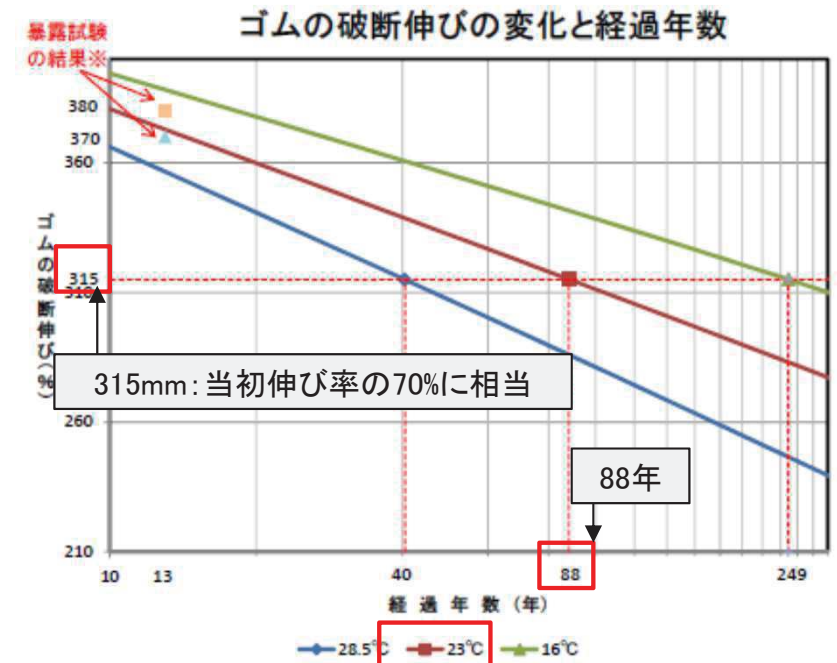
- ・ 耐久性として、アレニウスの評価手法を用いた耐久性予想試験を実施し、止水ゴムの経年劣化により止水機能を喪失することはない設計とする。

【確認結果】

- ・ 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。
- ・ 熱に対する耐久性として、アレニウスの評価手法を用いた耐久性予想試験を実施しており、その試験結果によると女川の月別平均最高気温23℃に対して、当初伸び率の70%(315mm)に達するまでの経過年数はおよそ88年と評価される。
- ・ 同様に耐オゾン性試験においても有意な劣化は確認されていない。
- ・ なお、自然暴露にて約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。
- ・ 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。
- ・ 以上より、止水目地は自然劣化に対して十分な耐久性を有している。

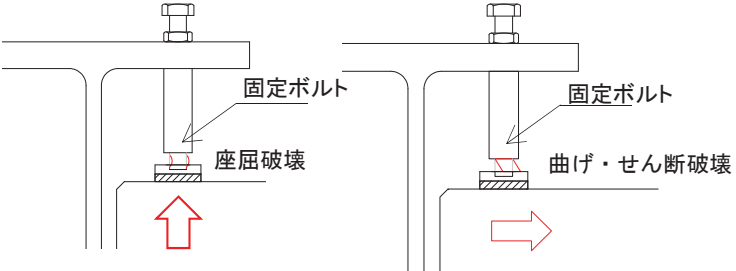


耐久性予想試験結果
(メーカーによる試験)

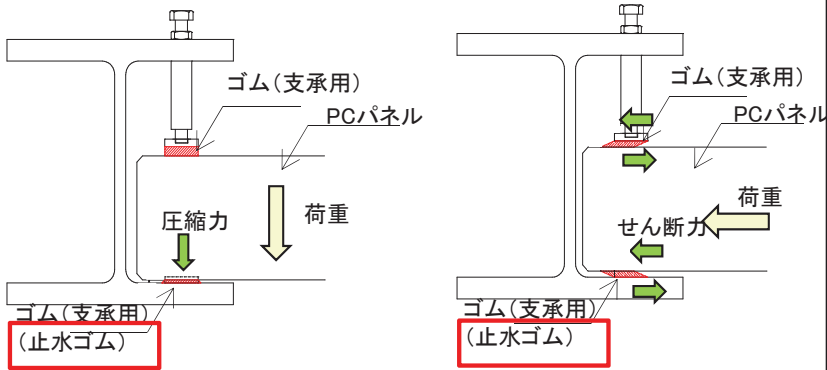


試験結果に基づく女川サイトにおける劣化予測

2.3.2.1 損傷モード(15/16)

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	補足説明
固定ボルト	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルから伝達する壁直角方向又は壁軸方向への荷重により、ボルトが座屈破壊又は曲げ・せん断破壊してPCパネルの支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生応力度が許容限界以下であることを確認する。 	○	-
フーチング (RC)	<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て鋼製支柱の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力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、ねじれ破壊して鋼製支柱の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> フーチングにねじれ変形が生じないように、道路橋示方書に基づき剛体とみなせる設計とする。 また、フーチングには9m程度のスパンで構造目地を設け、隣接ブロックのフーチングから荷重を伝達しない設計とする。 	-	-
	<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。 	○	-

2.3.2.1 損傷モード(16/16)

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	補足説明
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失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力が許容限界以下であることを確認する。 	○	-
止水目地① (止水ゴム)	<ul style="list-style-type: none"> PCパネルが変位することにより、止水ゴムに圧縮又はせん断変形が生じ、止水ゴムが損傷する又はパネル間に隙間が生じることで止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 想定される変形に対して、弾性範囲内に留まることにより、ゴムに損傷が生じないことを確認する。 ゴム自体の止水性については別途性能試験により確認する。 	○	-

2.3 損傷モードの抽出 2.3.2 PCパネル遮水壁

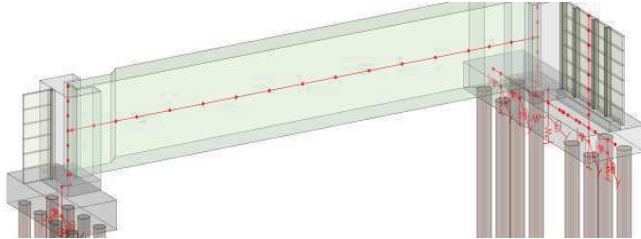
2.3.2.2 照査項目と許容限界

- 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
遮水壁(PCパネル)	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	下記部位の支持	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)
ーゴム(支承用) (止水目地①含む)	遮水壁の支持 (水平方向)	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
ー支持金具 (鋼板, 固定ボルト)		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)
ー浮上り防止プレート (PCパネル押えボルト 含む)	遮水壁の支持 (鉛直上向き)	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)	遮水壁の支持 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)
止水目地①・②・⑦ (止水ゴム, シリコン シール)	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	
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)

2.3.3.1 損傷モード(1/12)

- 鋼製遮水壁における、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	補足説明
遮水壁 (鋼製)	<ul style="list-style-type: none"> 壁直角方向の地震荷重又は津波荷重により、鋼製遮水壁が曲げ破壊又はせん断破壊し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁を支持するRC間の相対変位により、鋼製遮水壁にねじれが発生して損傷し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 水平支承及び水平反力支持鋼材(緩衝ゴム)の変形により遮水壁の回転変形を拘束しない構造としている。 鋼製遮水壁に生じる相対変形が軽微であり、ねじれによる止水性への影響がない設計とする。 	—	①
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁を支持するRC間の相対変位により、鋼製遮水壁が回転してRC支柱の側壁端部に接触し、局所的な応力が生じて損傷することで、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 相対変位により回転が生じたとしても支柱側壁端部に接触しない設計とする。 	—	②
	<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、鋼製遮水壁が浮き上がり、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱部に上揚力反力梁を設置し、鋼製遮水壁の浮き上がりを防止する。 なお、上揚力反力梁については、鋼製遮水壁より伝達する荷重に対して、各部位が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> 支柱及び鋼製遮水壁の応答差により、固有の振動モードの影響で鋼製遮水壁が損傷し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱-ゴム(支承用)-鋼製遮水壁の連成系での動的解析を行い、損傷しないことを確認する。 	○	—

2.3.3.1 損傷モード(2/12)

<補足説明①:鋼製遮水壁のねじれ(1/2)>

【損傷モード】

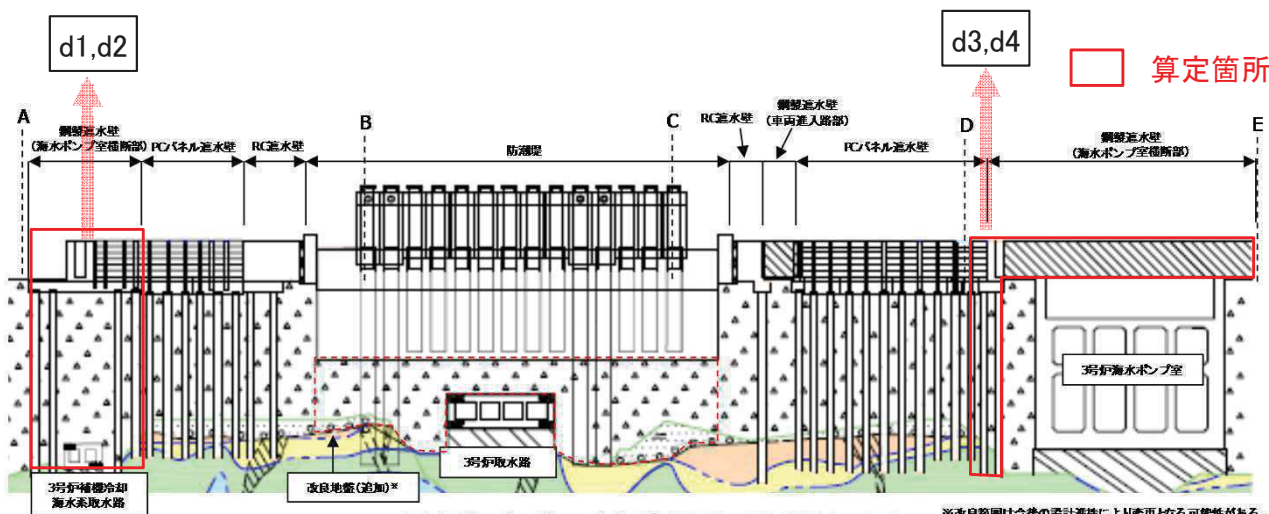
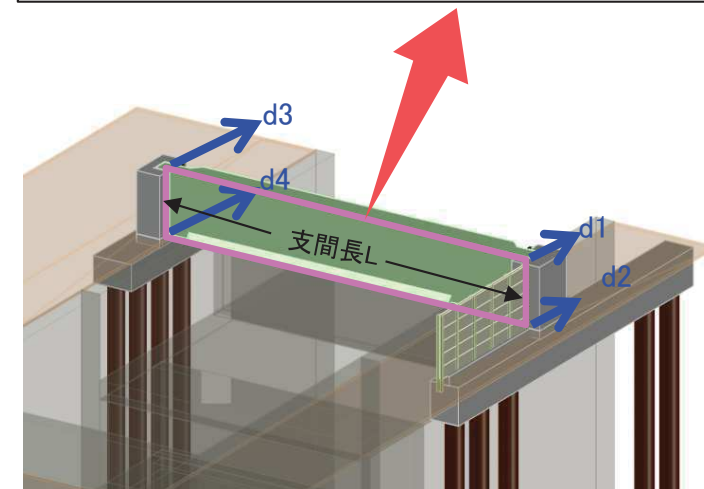
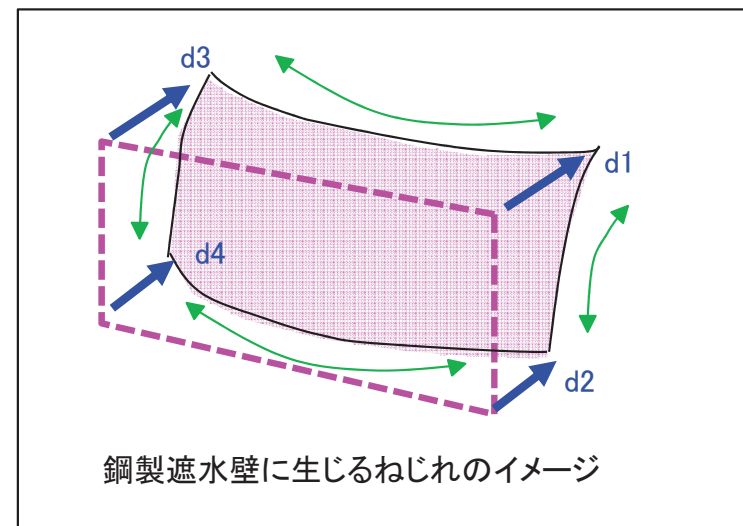
- 鋼製遮水壁を支持するRC間の相対変位により、鋼製遮水壁にねじれが発生して損傷し、止水性を喪失する。

【設計・施工上の配慮】

- 水平支承及び水平反力支持鋼材(ゴム)の変形により遮水壁の回転変形を拘束しない構造としている。
- 鋼製遮水壁に生じる相対変形が軽微であり、ねじれによる止水性への影響がない設計とする。

【確認結果】

- 評価対象は、壁高と支柱の支間長に着目し、3号炉海水ポンプ室横断部を対象とする。
- 確認した相対変位量の最大値は、 $|d1-d4|=8.7\text{mm}$ 程度となっており、支間長 $L=39.3\text{m}$ に対して十分に小さいことから、ねじれに対する影響は軽微である。



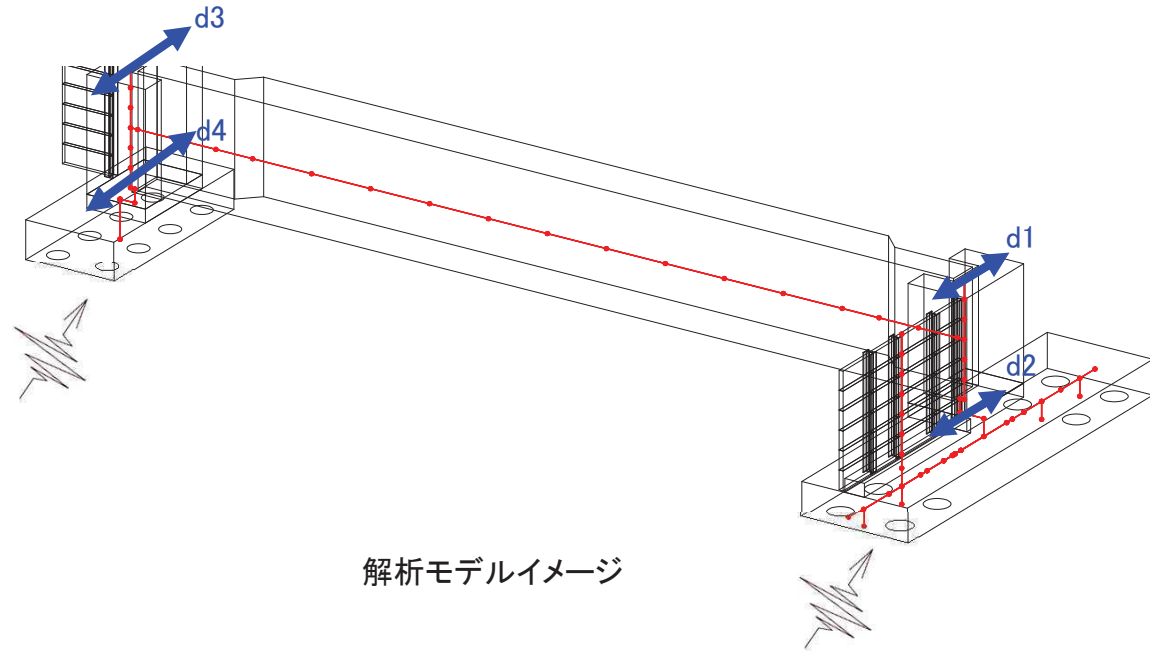
3号炉海水ポンプ室防潮壁 地質断面図

2.3.3.1 損傷モード(3/12)

<補足説明①:鋼製遮水壁のねじれ(2/2)>

計算条件

- 右記に示す鋼桁部の地震応答解析モデル(質点系解析)にて, RC支柱の最上段の2点と、付け根部分の2点の時刻歴変位量を抽出し, 差分により相対変位を算定する。
- なお, 入力する地震動は, 各支柱位置の地質構造を考慮した1次元地震応答解析により求める。
- 地震波毎のd1~d4の計算結果を以下に示す。



解析モデルイメージ

【計算結果一覧】

		変位 ^{※1} (単位 : mm)						
地震波		Ss-D 1	Ss-D 2	Ss-D 3	Ss-F 1	Ss-F 2	Ss-F 3	Ss-N 1
時刻 ^{※2}		(25.73sec)	(25.72sec)	(28.95sec)	(19.74sec)	(28.66sec)	(28.83sec)	(7.82sec)
最大相対変位 (d1-d4 基準)	d1=	2.8	-3.0	1.0	-0.9	-3.9	0.7	5.0
	d2=	-1.9	2.0	0.7	-0.5	-2.8	0.5	3.6
	d3=	11.6	-10.2	8.0	-8.6	-15.5	9.9	18.3
	d4=	-5.1	5.6	4.0	-4.2	-7.8	4.9	9.2
	d1-d4 =	7.9	8.7	2.9	3.3	3.9	4.2	4.2
	d2-d4 =	3.2	3.7	3.3	3.7	5.0	4.4	5.6
	d3-d4 =	16.7	15.8	4.0	4.3	7.7	5.0	9.1
最大絶対変位 (参考)	M AX d1 =	3.7	3.4	3.4	3.2	4.5	3.2	5.3
	M AX d2 =	2.6	2.8	2.6	2.4	3.4	2.4	4.0
	M AX d3 =	13.4	10.2	9.1	10.2	15.7	10.8	18.5
	M AX d4 =	5.1	6.7	4.6	5.2	7.9	5.5	9.4

※1: 上部工のみ(基礎より上)の変位量, ※2: |d1-d4|最大時刻

2.3.3.1 損傷モード(4/12)

<補足説明②:鋼製遮水壁と支柱端部の接触(1/2)>

【損傷モード】

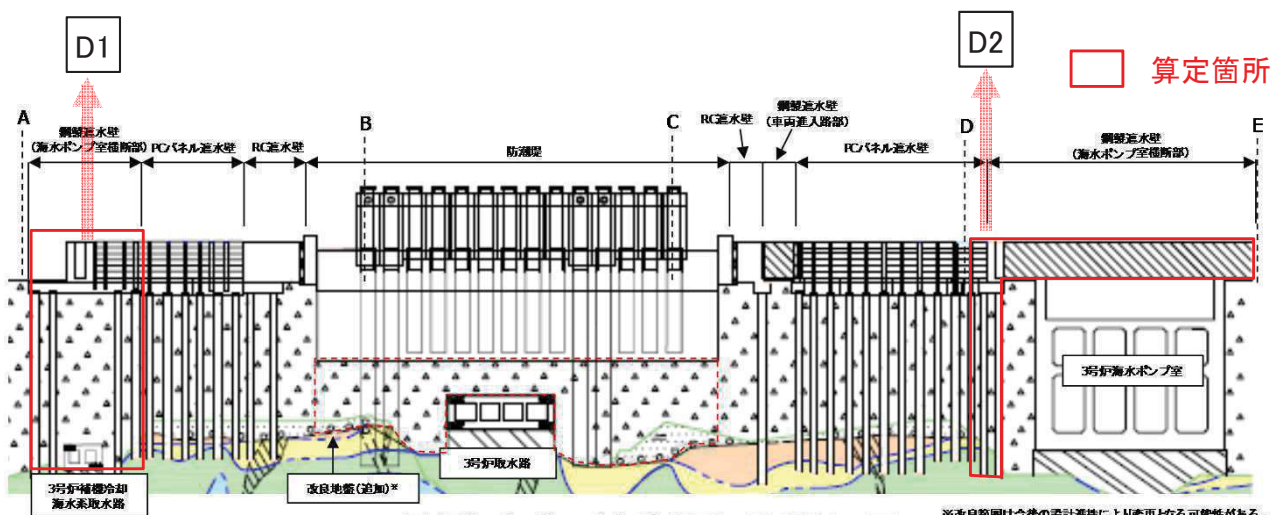
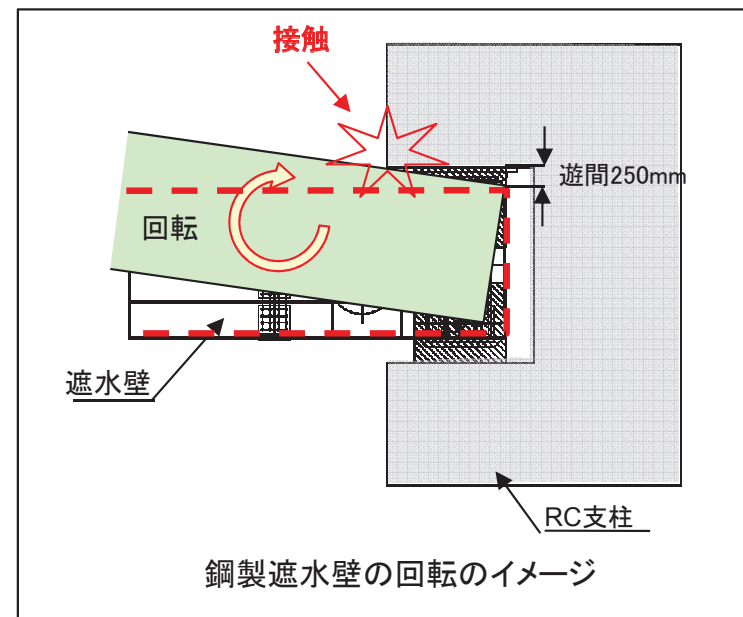
- 鋼製遮水壁を支持するRC間の相対変位により、鋼製遮水壁が回転してRC支柱の側壁端部に接触し、局所的な応力が生じて損傷することで、止水性を喪失する。

【設計・施工上の配慮】

- 相対変位により回転が生じたとしても支柱側壁端部に接触しない設計とする。

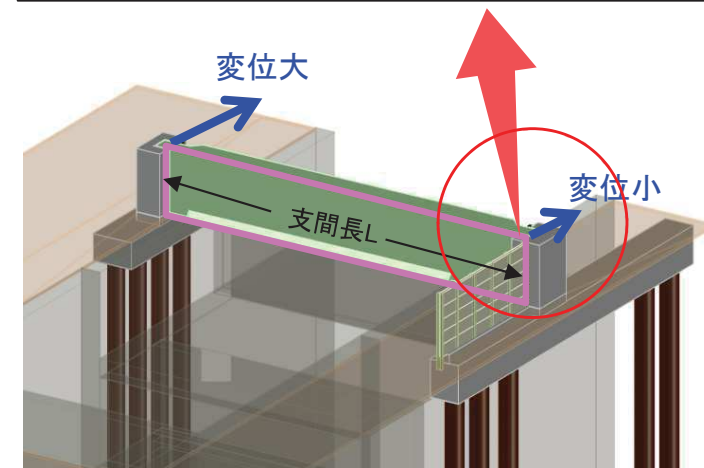
【確認結果】

- 評価対象は、壁高と支柱の支間長に着目し、3号炉海水ポンプ室横断部を対象とする。
- 確認の結果、各ブロック間の最大相対変位は13.4mmとなっており支間長L=39.9mに対して十分に小さく、設計上の遊間250mmに対して十分に小さいことから支柱端部に接触しないことを確認した。



3号炉海水ポンプ室防潮壁 地質断面図

※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。



2.3.3.1 損傷モード(5/12)

<補足説明②:鋼製遮水壁と支柱端部の接触(2/2)>

計算条件

- 右記に示す鋼桁部の地震応答解析モデル(質点系解析)にて, RC支柱の最上段の2点の時刻歴変位量を抽出し, 差分により相対変位を算定する。
- なお, 入力する地震動は, それぞれ支柱位置の地質構造を考慮した1次元地震応答解析により求める。
- 地震波毎のD1,D2の計算結果を以下に示す。

計算例

鋼製遮水壁の相対変位によって生じる回転角は

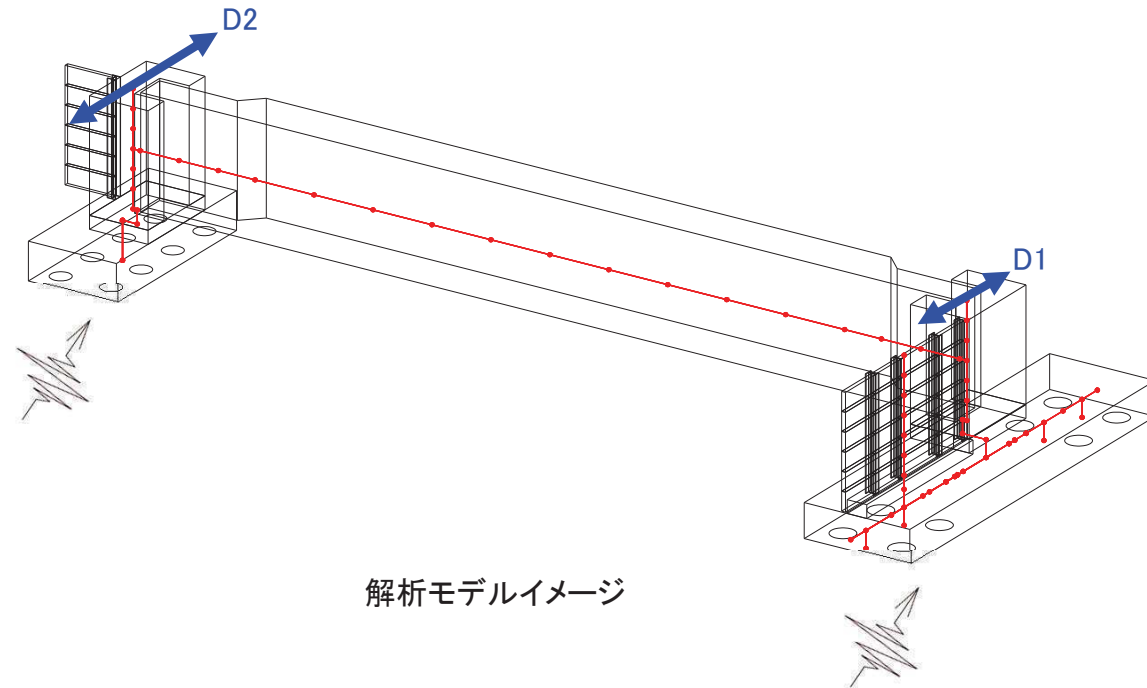
$$\theta = \tan^{-1} \left(\frac{|D2 - D1|}{L} \right) = \left(\frac{13.4}{39300} \right) = 0.00034[\text{rad}]$$

鋼桁端部における変位量 dは

$$d = \ell \tan \theta = 700 \times \tan(0.00034) = 0.24[\text{mm}]$$

変位量dが設計上の遊間t(=250mm)より小さいので, 鋼製遮水壁がRC支柱の側壁端部に接触しない。

(Ss-N1時)

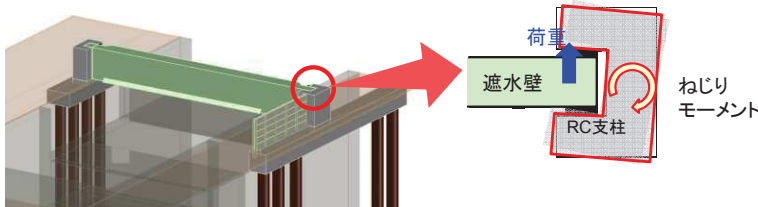
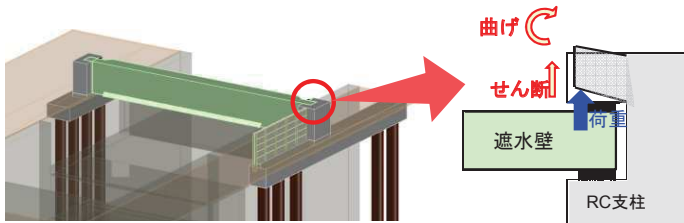


【計算結果一覧】

最大相対変位 ^{※1}	地震波	Ss-D1	Ss-D2	Ss-D3	Ss-F1	Ss-F2	Ss-F3	Ss-N1
	時刻 ^{※2}	(25.48sec)	(25.35sec)	(28.95sec)	(19.73sec)	(28.66sec)	(27.05sec)	(7.81sec)
	D1 [mm]	-2.9	-1.6	1.0	-1.6	-3.9	-1.7	5.1
	D2 [mm]	-13.2	-9.3	8.0	-9.5	-15.5	-10.8	18.5
	D2-D1 [mm]	10.3	7.7	6.9	7.9	11.6	9.2	13.4
回転量	θ [rad]	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003
フランジ端部変位	d [mm]	0.2	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2

※1: 上部工のみ(基礎より上)の変位量, ※2: |D2-D1|最大時刻,

2.3.3.1 損傷モード(6/12)

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	補足説明
RC支柱	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁から伝達する壁直角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、支柱が曲げ破壊又はせん断破壊して鋼製遮水壁の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> RC支柱間の相対変位や鋼製遮水壁から伝達する荷重分布の違いからRC支柱にねじれが生じ、支柱が損傷して鋼製遮水壁の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生応力度が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁から伝達する壁直角方向への荷重により、支柱側壁張り出し部が曲げ破壊又はせん断破壊して鋼製遮水壁の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生応力度が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁が壁軸方向に変位し、衝突することにより支柱に局所的な荷重が生じて破壊し、鋼製遮水壁の支持性能を失うことで、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 変形が発生してもRC支柱端部に接触しない設計とする。 	—	③

2.3.3.1 損傷モード(7/12)

<補足説明③:鋼製遮水壁と支柱の接触(1/2)>

【損傷モード】

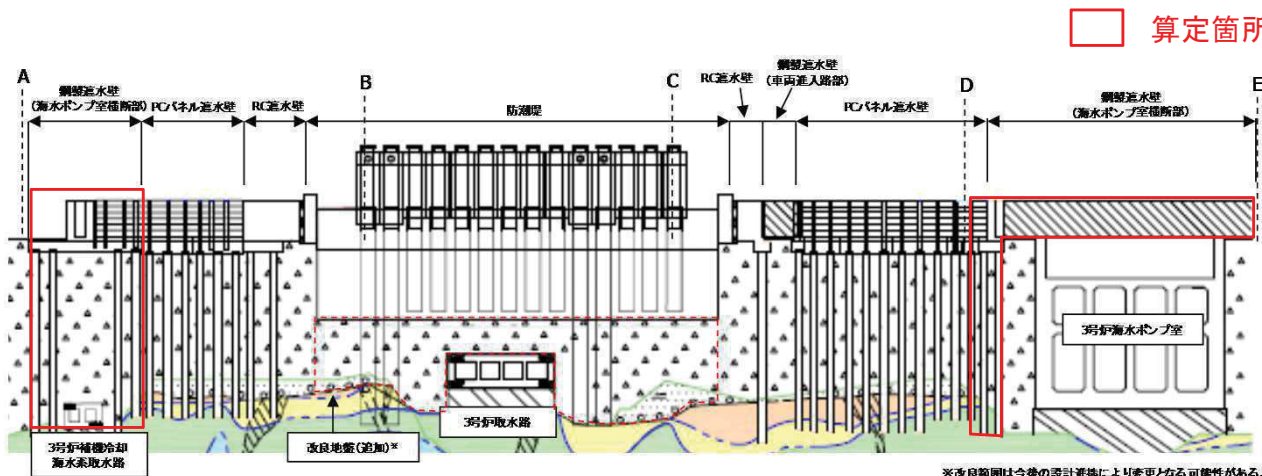
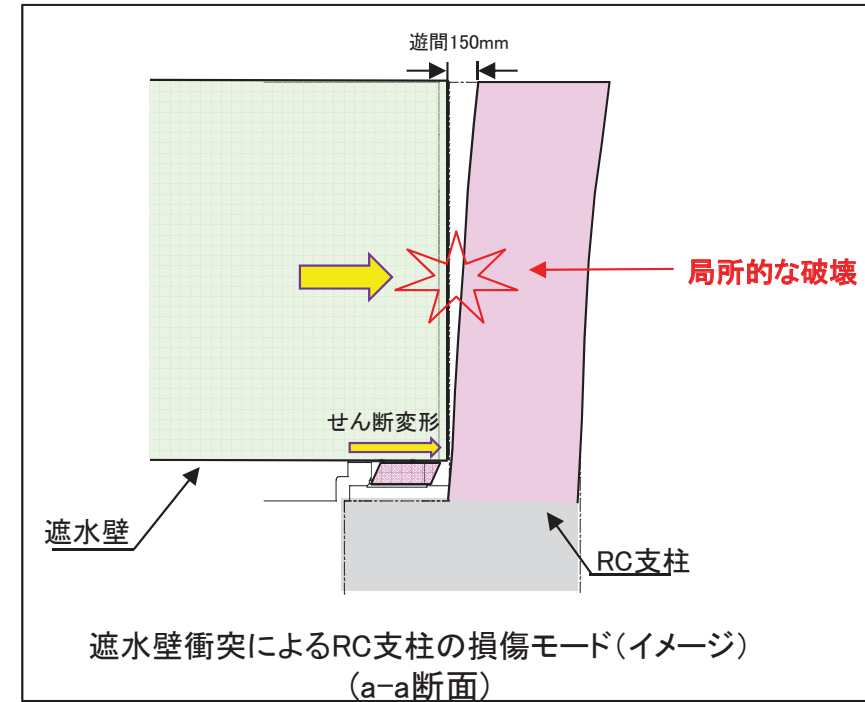
- 鋼製遮水壁が壁軸方向に変位し、衝突することにより支柱に局所的な荷重が生じて破壊し、鋼製遮水壁の支持性能を失うことで、止水性を喪失する。

【設計・施工上の配慮】

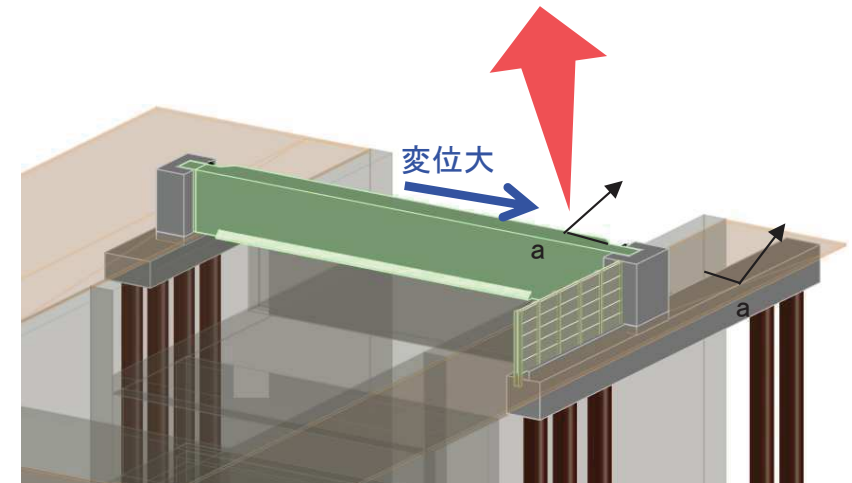
- 壁軸方向に変位が発生してもRC支柱端部に接触しない設計とする。

【確認結果】

- 評価対象は、壁高と支柱の支間長に着目し、3号海水ポンプ室横断部を対象とする。
- 確認した変位量は、78.3mmとなっており設計上の遊間150mmに対して十分に小さいことから支柱端部に接触しないことを確認した。



3号炉海水ポンプ室防潮壁 地質断面図



壁軸方向の相対変位のイメージ

2.3.3.1 損傷モード(8/12)

<補足説明③:鋼製遮水壁と支柱の接触(2/2)>

計算条件

- 右記に示す地震応答解析モデル(質点系解析)にて, RC支柱の最下端の点の最大水平震度を抽出し, 鋼桁重量(上載荷重含む)に乗じて慣性力としたものを水平力として算出する。
- 算出した水平力より, ゴム支承の最大変形量を抽出
- なお, 入力する地震動は, それぞれ支柱位置の地質構造を考慮した1次元地震応答解析により求める。
- 計算結果を以下に示す。

計算例

$$\Delta L = RH / K_s$$

ここに ΔL : 鉛直ゴム支承の壁軸方向の変位量 (mm)

RH: ゴム支承一箇所あたりの地震時水平力
(RH=723.8kN)

K_s : ゴムのせん断ばね剛度 ($K_s=9.24\text{kN/mm}$)

$$K_s = G_e \times A_e / \sum t_e$$

ここに G_e : ゴムのせん断弾性係数 ($G_e=1.4\text{N/mm}^2$)

A_e : ゴム支承面積 ($A_e=217800\text{mm}^2$)

$\sum t_e$: 弾性ゴム層厚さ ($\sum t_e=33\text{mm}$)

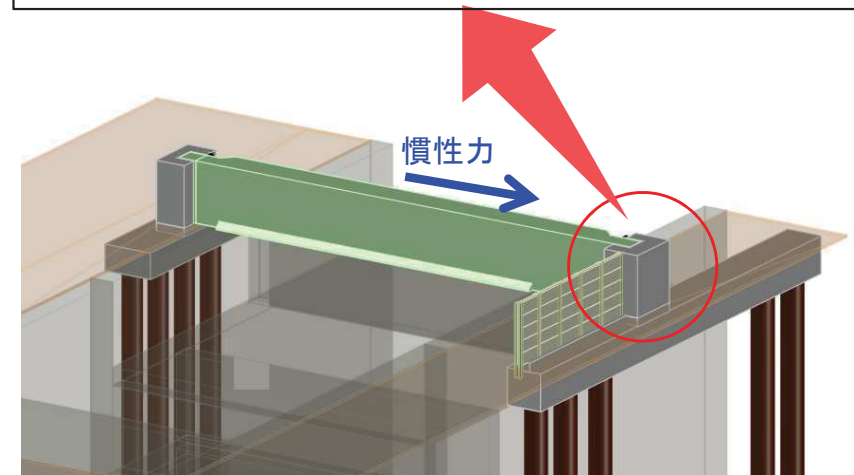
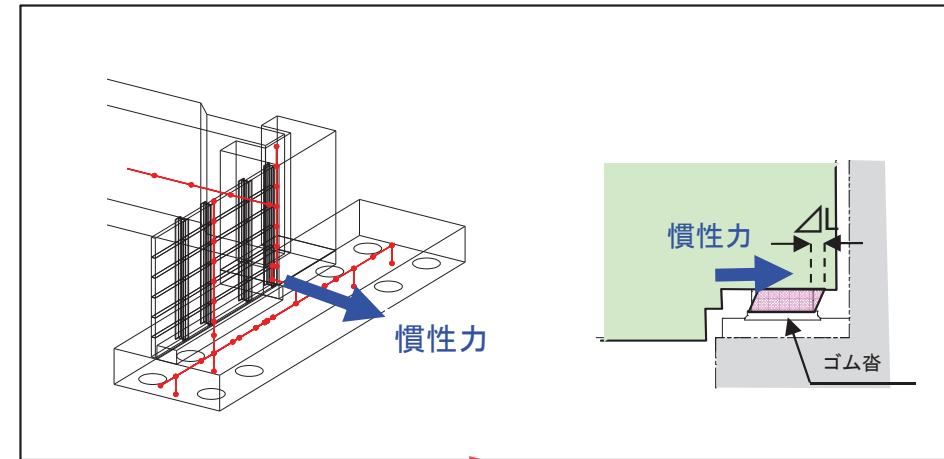
$$K_s = 1.4 \times 217800 / 33 = 9240\text{N/mm} \Rightarrow 9.24\text{kN/mm}$$

$$\Rightarrow \Delta L = 723.8 / 9.24 = 78.3\text{mm}$$

(S_s -N1時)

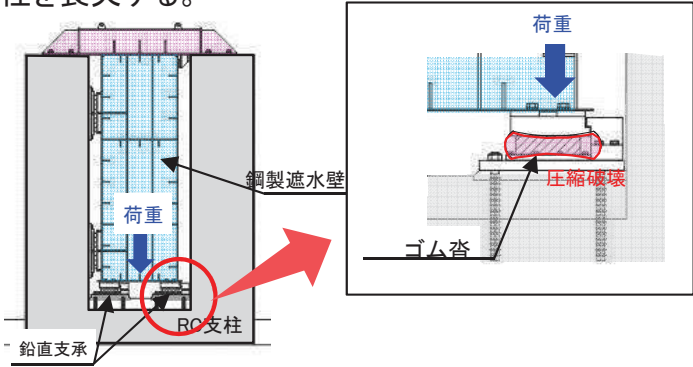
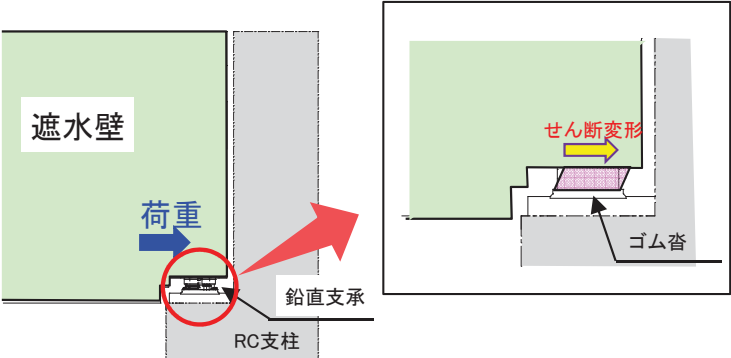
【計算結果一覧】

	Ss-D1	Ss-D2	Ss-D3	Ss-F1	Ss-F2	Ss-F3	Ss-N1
水平力RH (kN)	443.8	412.1	375.1	369.8	533.6	491.3	723.8
変位量 ΔL (mm)	48.0	44.6	40.6	40.0	57.7	53.2	78.3

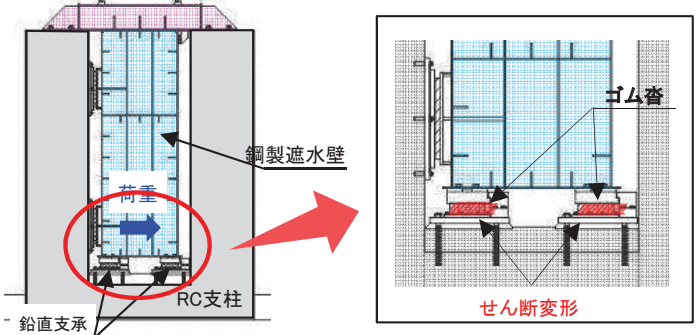
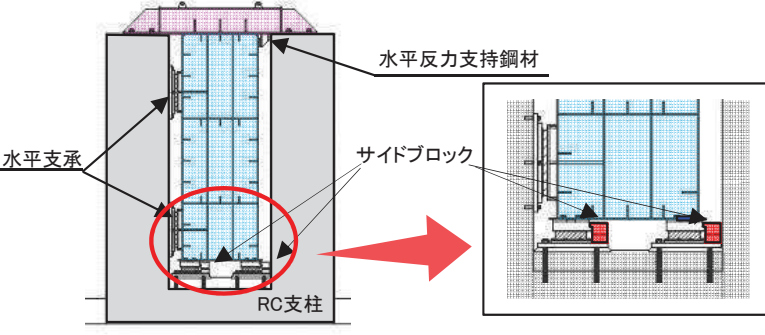
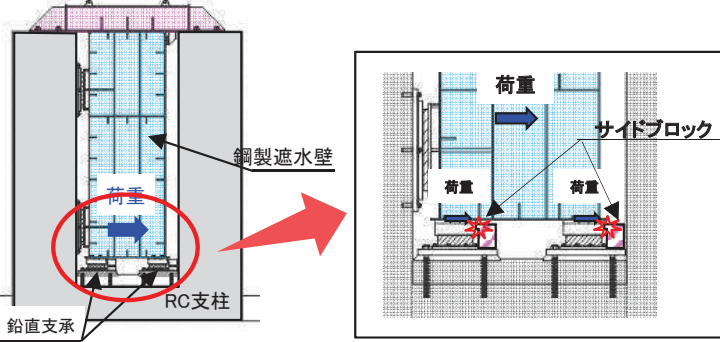


解析モデルイメージ

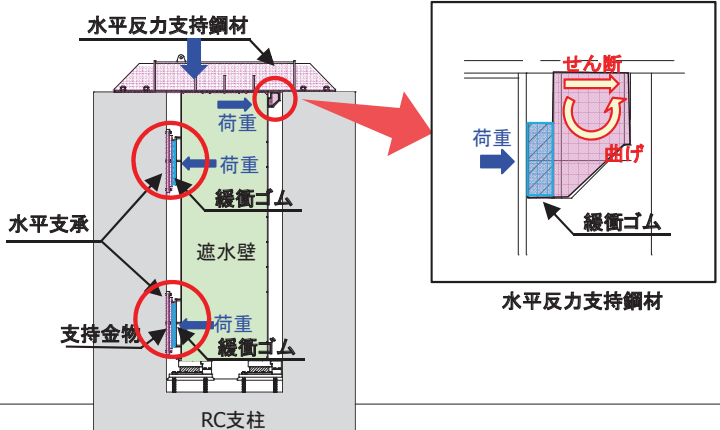
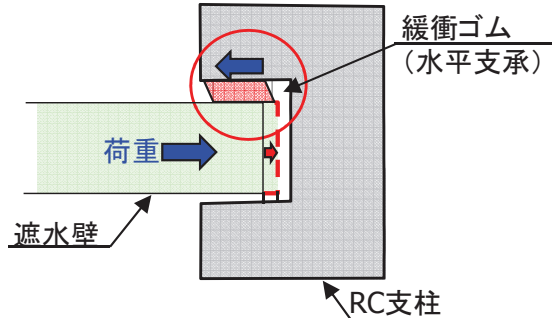
2.3.3.1 損傷モード(9/12)

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	補足説明
鉛直支承	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁から伝達する鉛直下向き荷重により、ゴム沓が圧縮破壊して鋼製遮水壁の支持性能を喪失し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生圧縮量が許容限界以下であることを確認する。 	○	—
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁から伝達する壁軸方向の荷重により、ゴム沓がせん断破壊で、鋼製遮水壁の支持性能を喪失し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生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(10/12)

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	補足説明
鉛直支承	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁から伝達する壁直角方向の荷重により、ゴム沓がせん断破壊して鋼製遮水壁の支持性能を喪失し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 壁軸直角方向への変形に対しては、鉛直支承に一体化されたサイドブロック及び水平支承、水平反力支持鋼材により、壁直角方向の変形を抑制するため、せん断変形は生じない設計とする。 	-	-
	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直支承から伝達する壁直角方向への荷重により、サイドブロックが曲げ・軸力系の破壊又はせん断破壊して鉛直支承の支持性能を喪失し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生応力度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(11/12)

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	補足説明
水平支承及び水平反力支持鋼材	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁から伝達する壁直角方向への荷重により、緩衝ゴムが圧縮破壊して鋼製遮水壁の支持性能を喪失し、止水性を喪失する。 また、水平反力支持鋼材が曲げ・せん断破壊して鋼製遮水壁の支持性能を喪失し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝ゴムの発生圧縮量が許容限界以下であることを確認する。 また、水平反力支持鋼材に生じる応力が許容限界以下であることを確認する。 	○	-
	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁から伝達する壁軸方向の荷重により、緩衝ゴムがせん断破壊あるいは支持金物及びアンカーボルトがせん断破壊して鋼製遮水壁の支持性能を喪失し、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼製遮水壁と緩衝ゴム間はクリアランスがあり、壁軸方向の荷重に対しては、鉛直支承にて荷重を負担する設計とする。 ただし、鋼製遮水壁と水平支承が接触し、緩衝ゴムにせん断変形が生じたとしても、発生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(12/12)

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	補足説明
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支柱の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力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支柱の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> フーチングにねじれ変形が生じないように、道路橋示方書に基づき剛体とみなせる設計とする。 なお、上記により剛体とみなせない構造箇所(弾性フーチング)については、ねじれによる発生断面力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・内面リブ付鋼管巻き場所打ち杭	<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失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力が許容限界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

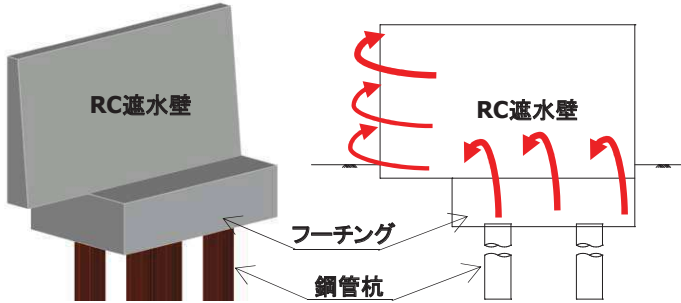
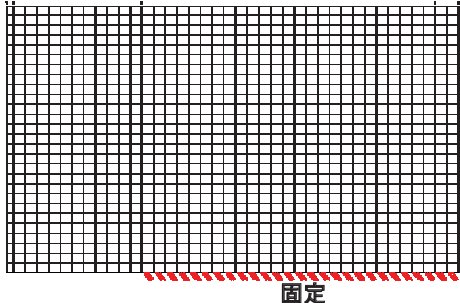
2.3.3.2 照査項目と許容限界

- 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
遮水壁(鋼製)	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)
RC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)
ー鉛直支承	遮水壁の支持 (鉛直下向き・水平方向のみ)	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
ーサイドブロック	遮水壁の支持 (水平方向のみ)	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)
ー水平支承	遮水壁の支持 (水平方向のみ)	圧縮	圧縮:許容圧縮応力度以下	道路橋支承便覧
ー水平反力支持鋼材	遮水壁の支持 (水平方向のみ)	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)
ー上揚力反力梁	遮水壁の支持 (鉛直上向き方向のみ)	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・内面リブ付鋼管 巻き場所打ち杭	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)
止水目地③・④・⑤・⑥ (止水ゴム)	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に応じて実施する性能試験を参考に定めた 許容変形量及び許容水圧以下 (変形は③・④のみ)	
止水目地支持金具 (固定鋼材・角型鋼管)	止水目地の支持	曲げ せん断	曲げ :降伏強度以下 せん断:せん断強度以下	鋼構造設計基準
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)

2.3.4.1 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	補足説明
遮水壁 (RC)	<ul style="list-style-type: none"> 壁直角方向の地震荷重・津波荷重により, RC遮水壁が曲げ破壊又はせん断破壊し, 止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力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, 止水性を喪失する。 	<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。 	-	-

2.3.4.1 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	補足説明
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支柱の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力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支柱の支持性能を失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> フーチングにねじれ変形が生じないように、道路橋示方書に基づき剛体とみなせる設計とする。 	—	—
	<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。 	○	—
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失い、止水性を喪失する。 	<ul style="list-style-type: none"> 発生断面力が許容限界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		照査項目	設計で用いる許容限界	適用基準
RC遮水壁	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)	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)
止水目地 (止水目地⑦)	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 許容変形量及び許容水圧以下	
止水目地支持金具	止水目地の支持	曲げ せん断	曲げ : 降伏強度以下 せん断 : せん断強度以下	鋼構造設計基準
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)

2.防潮壁の設計方針

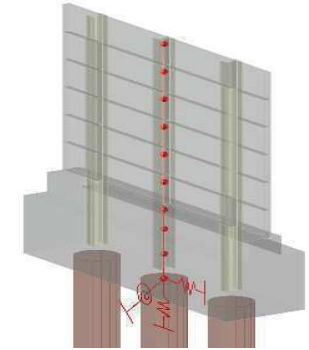
- 2. 1 防潮壁の概要
- 2. 2 基本設計方針
- 2. 3 損傷モードの抽出
- 2. 4 部位毎の設計方針

2.4.1 詳細設計における解析手法の基本方針 (1/2)

- 詳細設計における解析手法の基本方針を以下に示す。

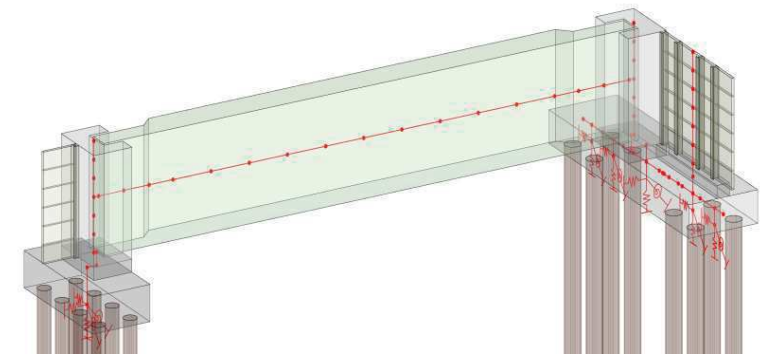
PCパネル遮水壁

- 鋼製支柱とPCパネルは、支柱間の挙動差(特に隣接フーチング間)によりPCパネルに過大な応力が生じないように、PCパネルはその両端をゴムを介して鋼製支柱に支持される構造とし、端部の回転を拘束しない構造(非剛結、ピン構造)としている。
- フーチング構造目地間の1ブロック単位を、質量と剛性を集約した質点系モデルにより地震応答解析を行い、各節点の応答値によりPCパネル、鋼製支柱、フーチング、鋼管杭及びその他部位(ゴム(支承用)、ボルト等)の照査を行い、許容限界以下(弾性範囲内)に留まることを確認する。



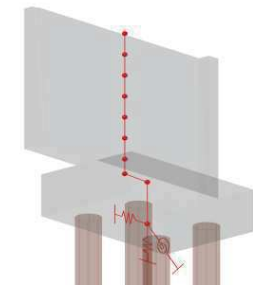
鋼製遮水壁

- RC支柱と鋼製遮水壁間は、鉛直支承により結合されており、回転を拘束しない構造とし、壁軸直交方向に対して、変位を抑制するために鉛直支承に取りつけたサイドブロック及び水平支承、水平反力支持鋼材により支持されている。
- 地震応答解析では、RC支柱と鋼製遮水壁をフレーム要素でモデル化し、各節点に質量と剛性を与えた3次元質点系解析を行い、各節点の応答値により鋼製遮水壁、RC支柱、フーチング、鋼管杭及びその他部位(鉛直支承、水平支承等)の照査を行い、弾性範囲内に留まることを確認する。
- なお、鋼製遮水壁と支柱の交点となる節点は、ゴム支承を考慮しピン結合とする。



RC遮水壁

- RC遮水壁は、重心位置に質量と剛性を集約した質点系モデルにより地震応答解析を行い、各節点の応答値によりRC遮水壁、フーチング、鋼管杭の照査を行い、弾性範囲内に留まることを確認する。



2.4.1 詳細設計における解析手法の基本方針（2/2）

- 解析条件の概要を以下に示す。

解析モデル

上部工の形状や構成部材を考慮し、地震時応答をより正確に把握するために、質点系モデルとする。

入力地震動

当該地盤の地質構造や弾性波速度構造がおおむね水平成層構造と認められるため、一次元地盤モデルを用いた地震応答解析により入力地震動を作成する。

モデル化

上部工及びフーチング

遮水壁・支柱・フーチング

…支柱及び壁を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、部材の非線形領域を考慮することが不要のため、線形要素とする。

ゴム（支承用）、鉛直支承

…支承については、回転変形を拘束しない構造であることを考慮して、ピン結合とする。

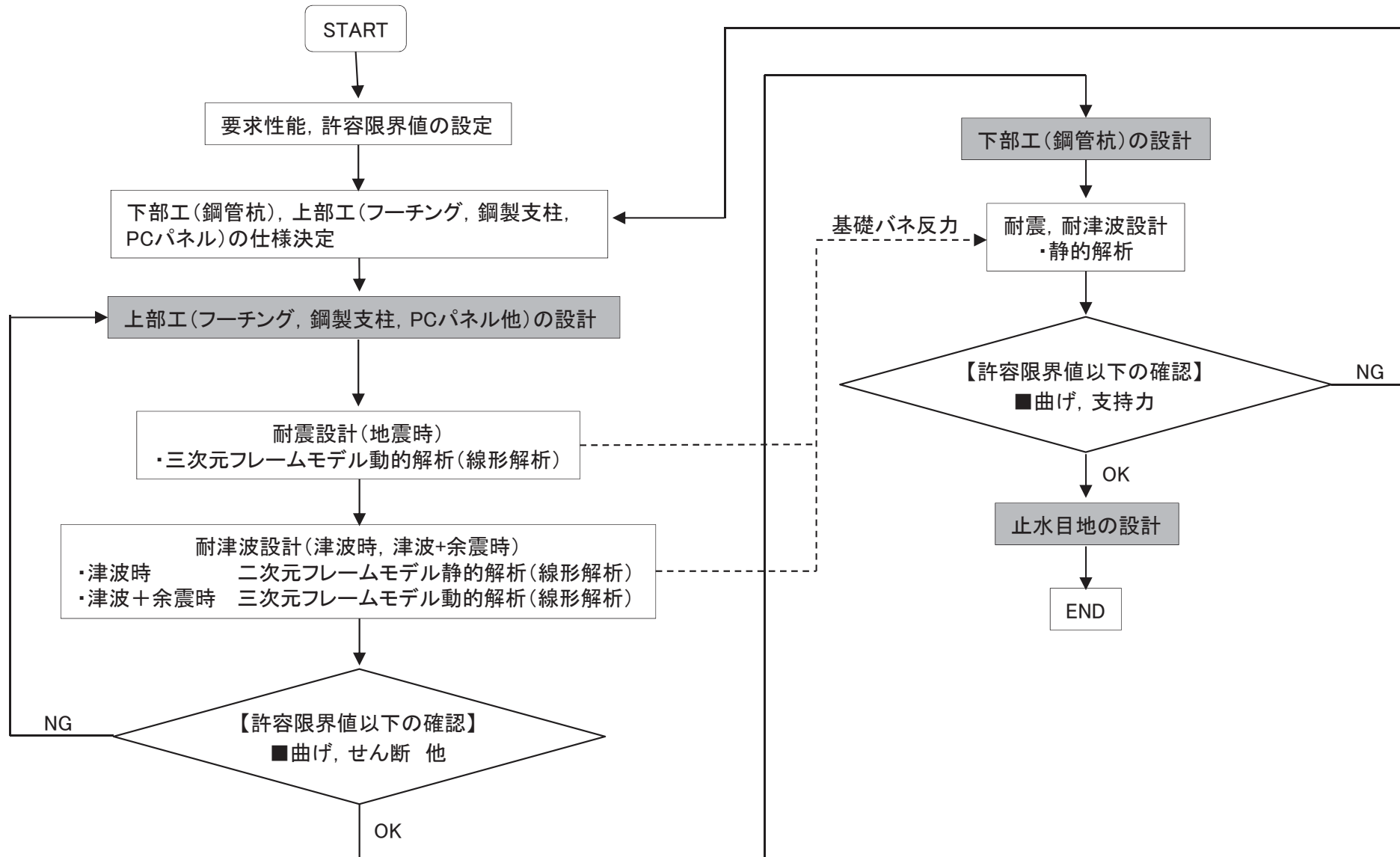
杭基礎・地盤

杭と地盤を水平、回転、鉛直バネでモデル化し、フーチング下端に取り付ける。

基礎杭は降伏しないような設計としていることと、地盤ばねが塑性することによるエネルギーの吸収を見込まないことで上部工にとって保守的な設計となることを考慮して線形ばねでモデル化する。

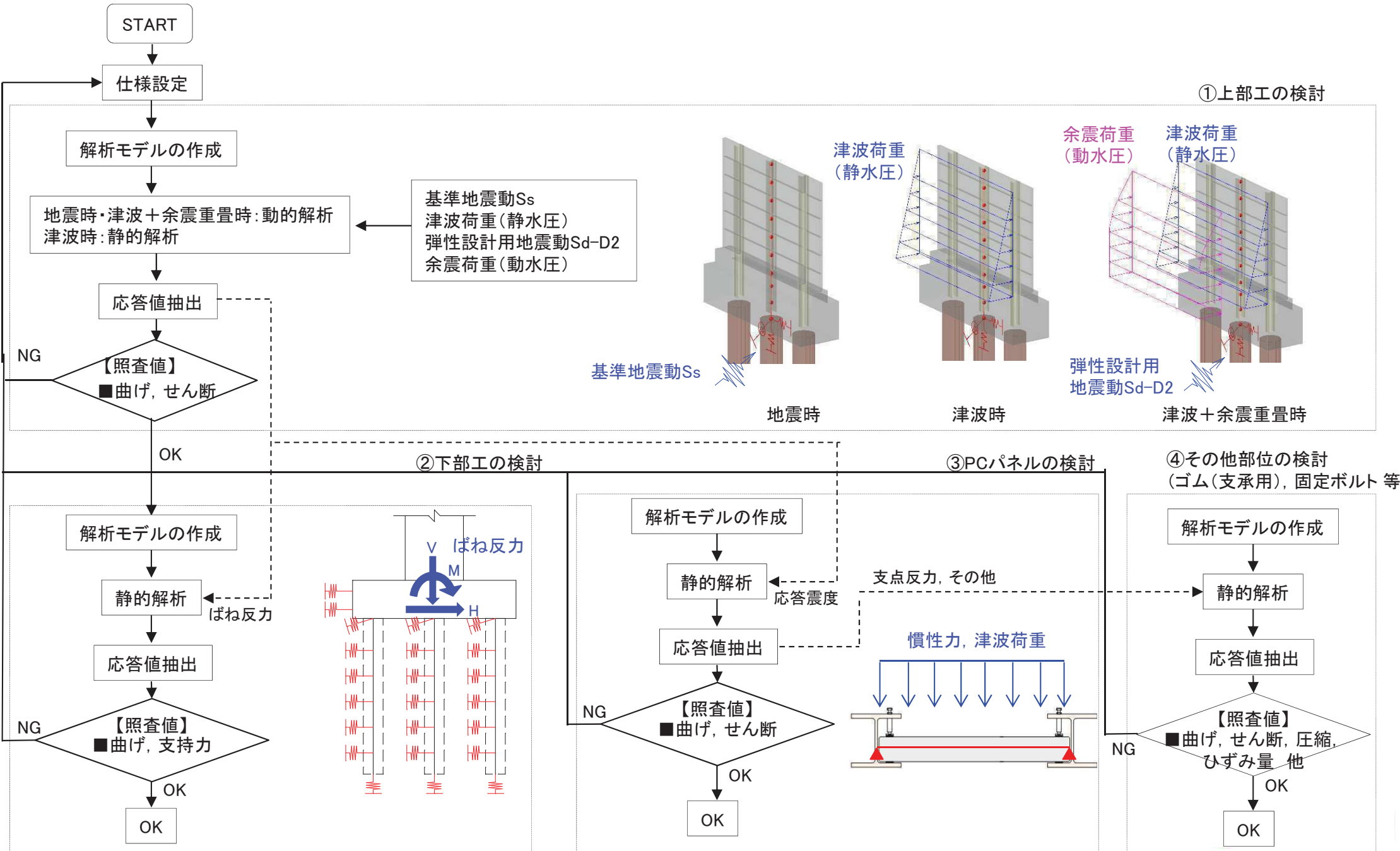
2.4.2.1 設計手順

- PCパネル遮水壁の設計手順を以下に示す。



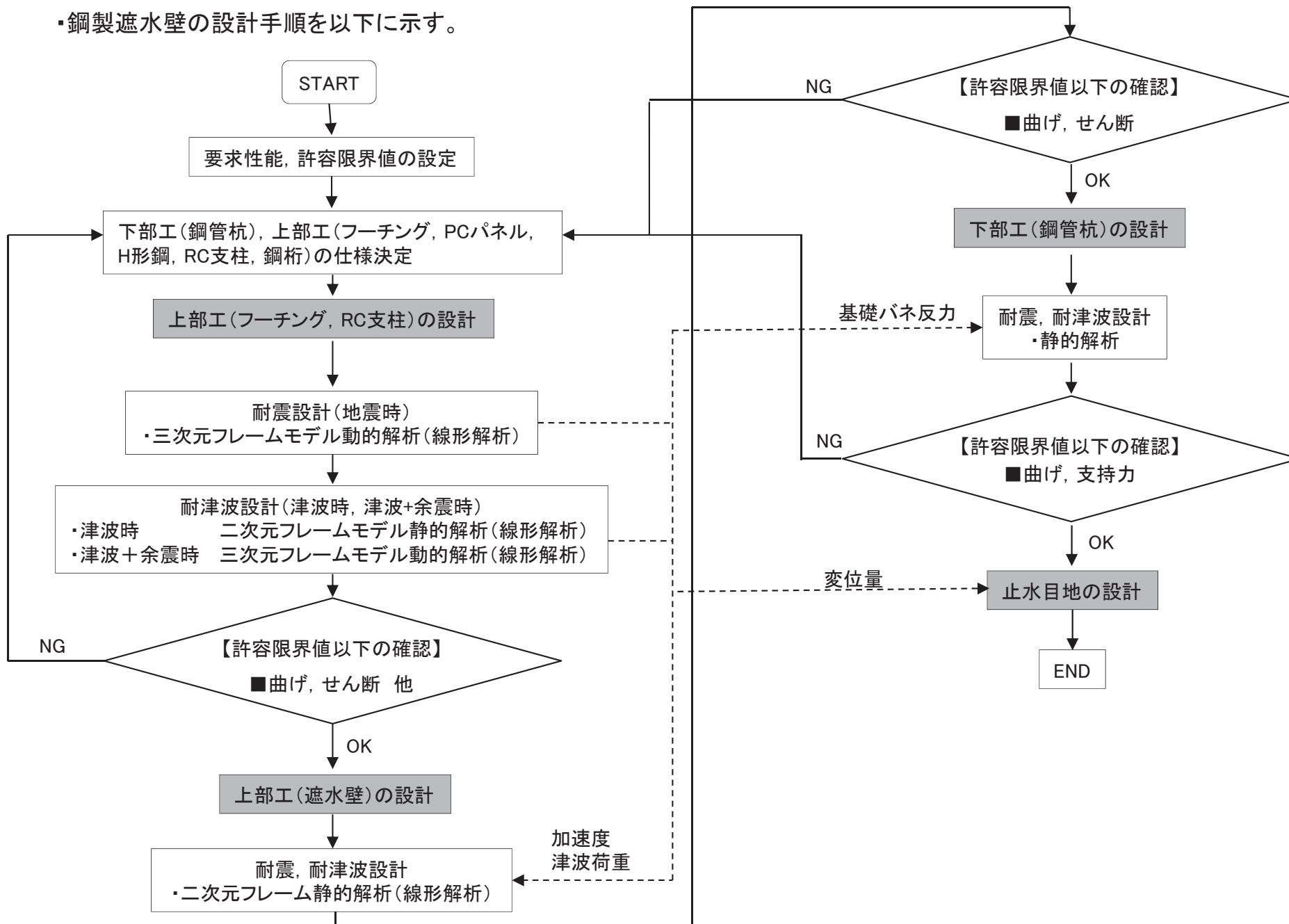
2.4.2.2 解析フロー

・PCパネル遮水壁の解析フローを以下に示す。



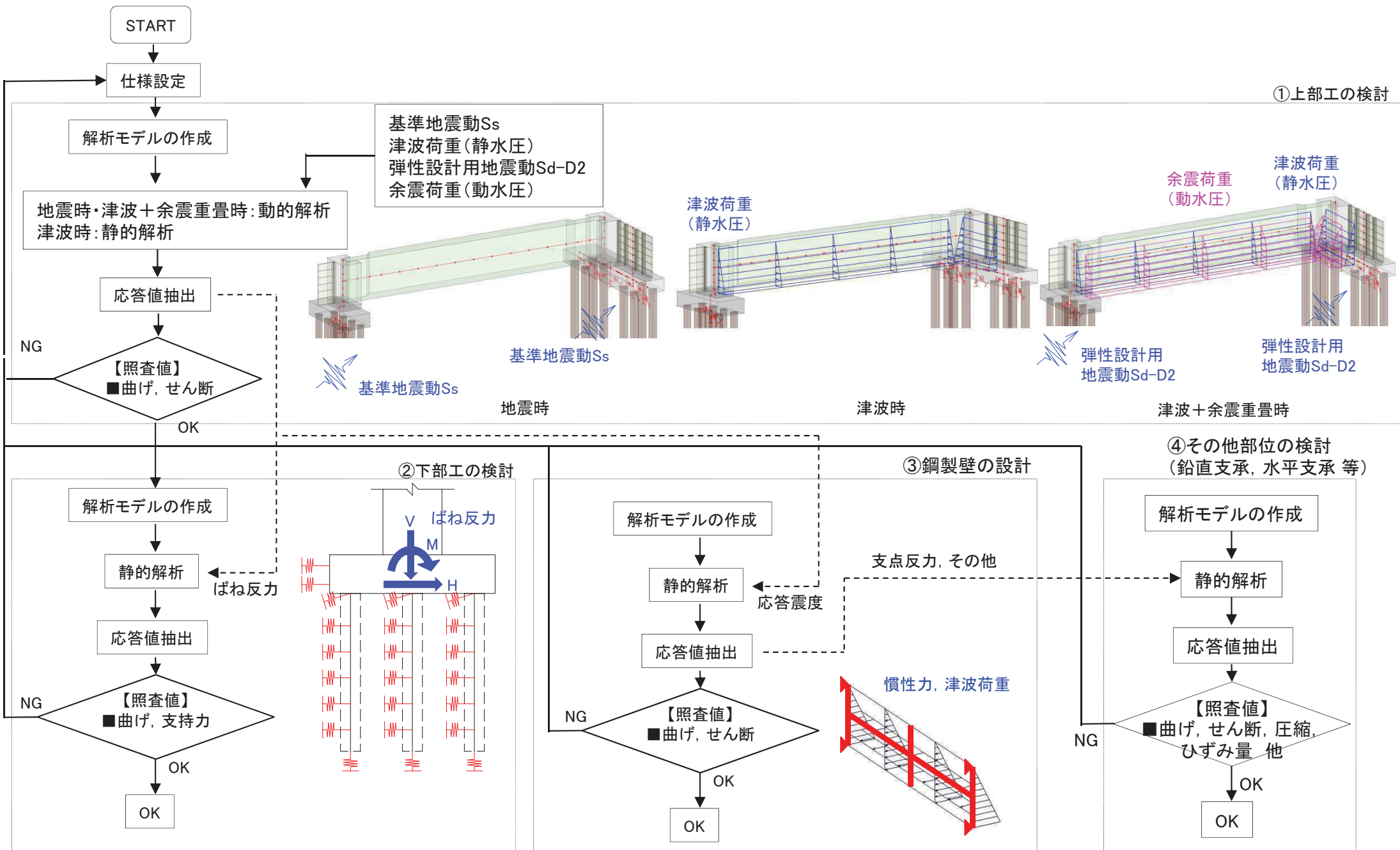
2.4.3.1 設計手順

・鋼製遮水壁の設計手順を以下に示す。



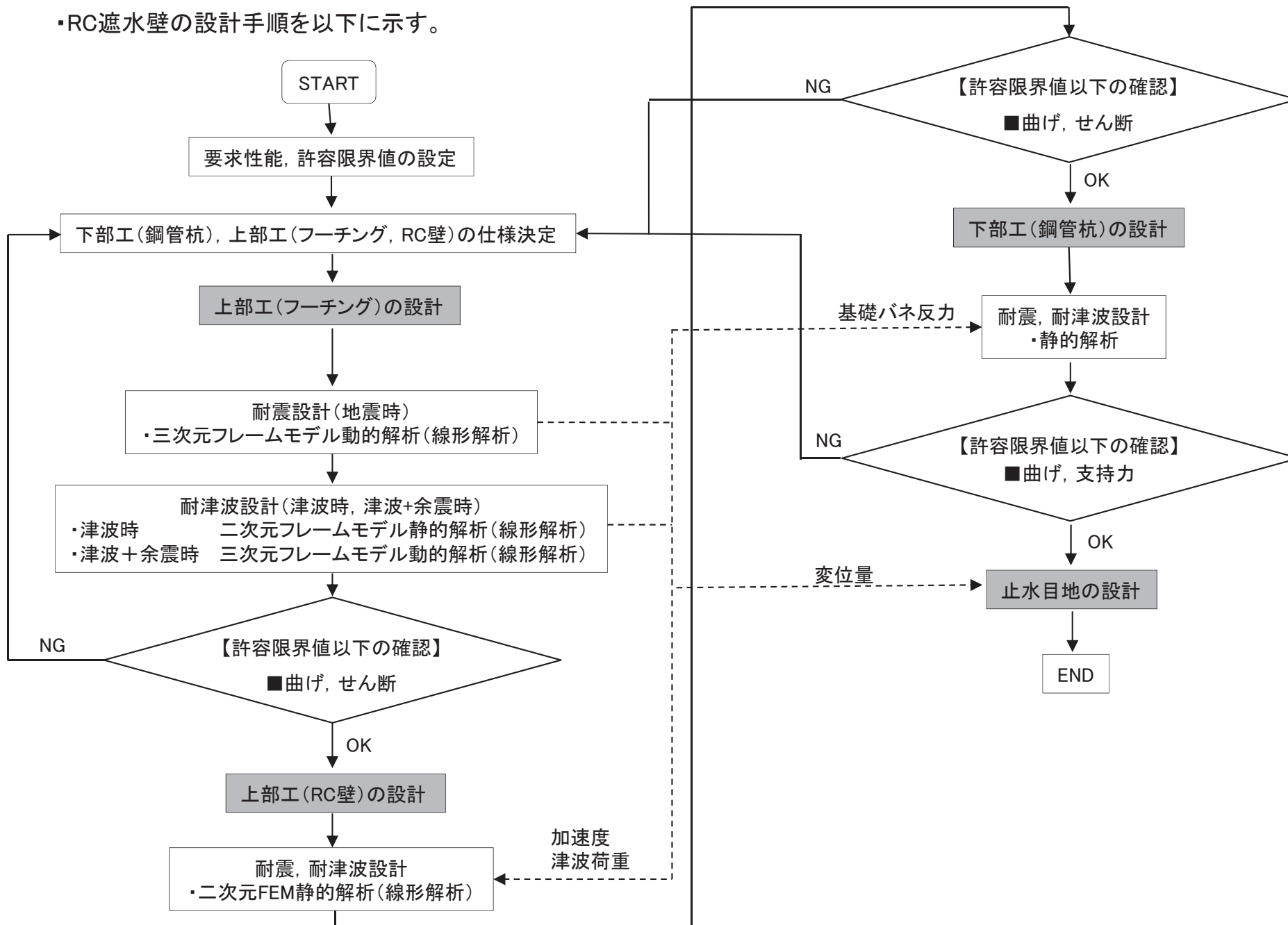
2.4.3.2 解析フロー

・鋼製遮水壁の解析フローを以下に示す。



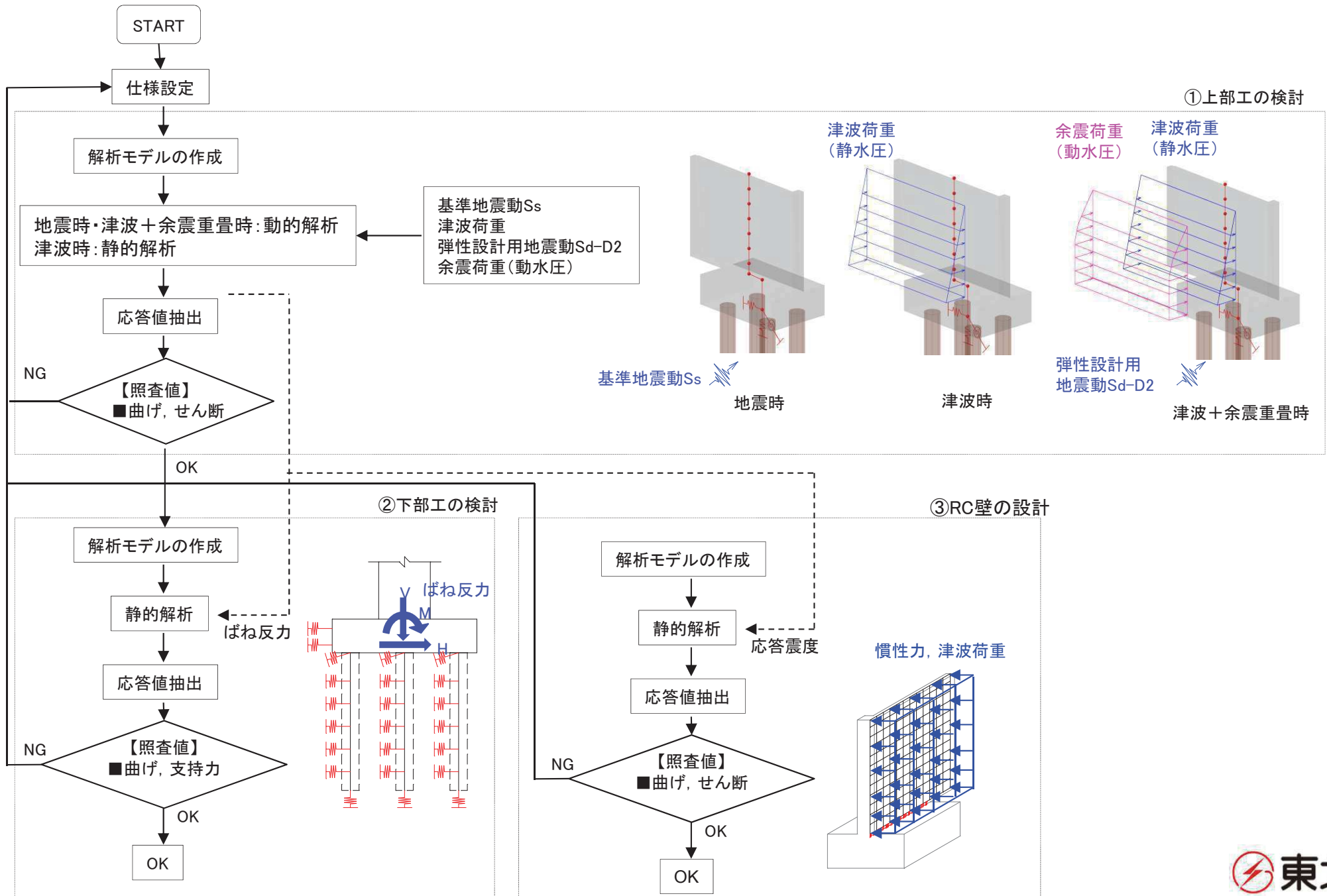
2.4.4.1 設計手順

・RC遮水壁の設計手順を以下に示す。



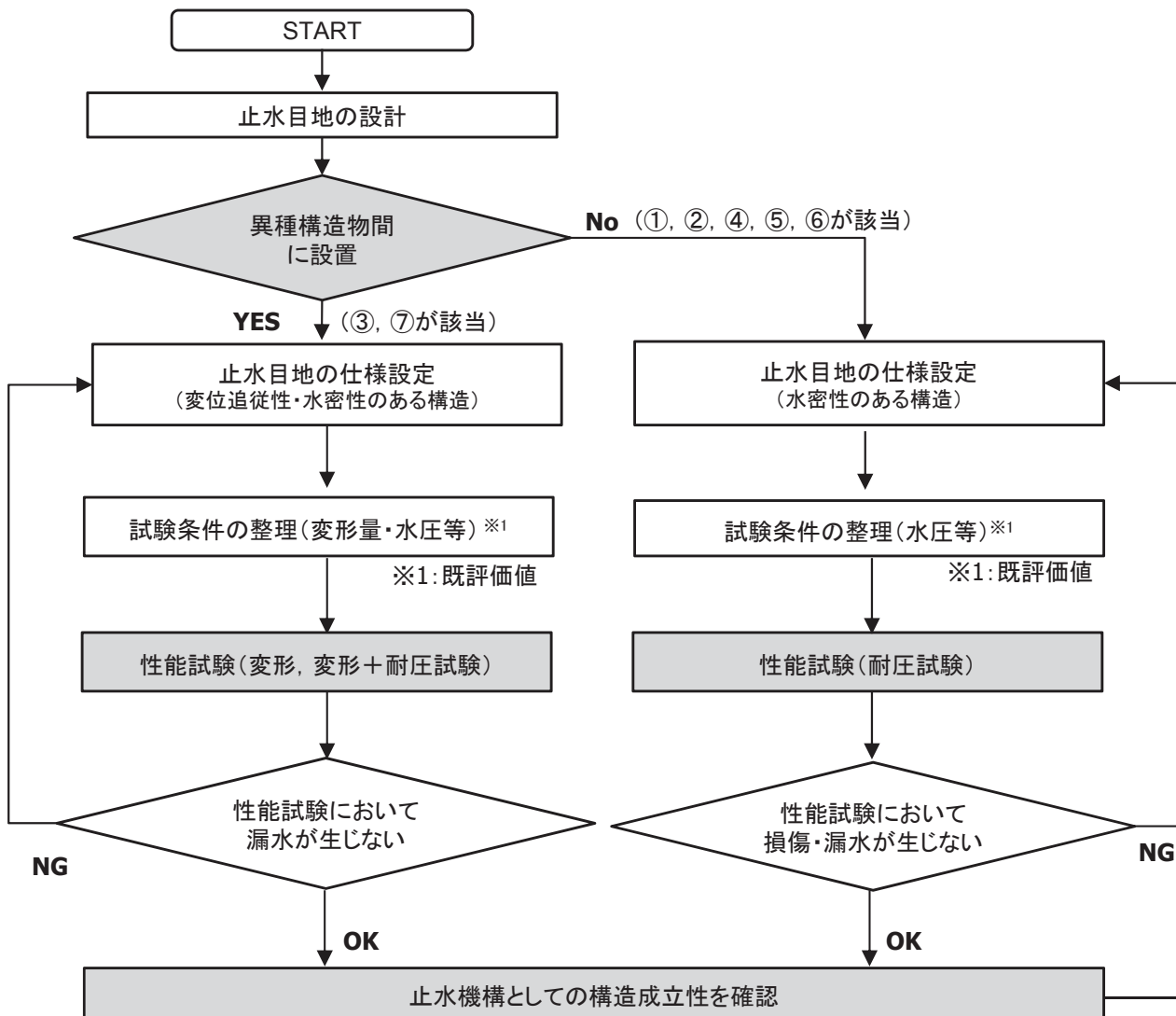
2.4.4.2 解析フロー

・RC遮水壁の設計手順のうち解析フローを以下に示す。

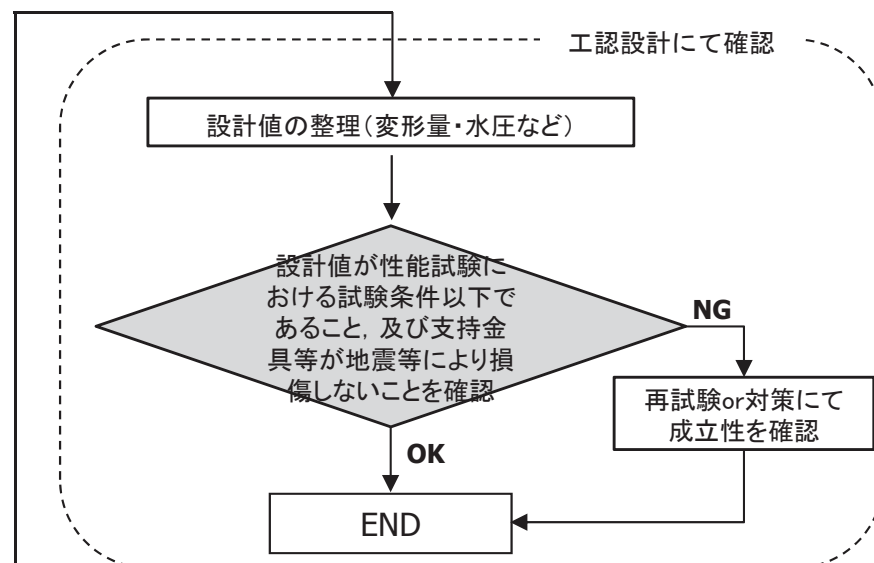


2.4.5.1 設計フロー

- 止水目地の設計は、性能試験により止水機構としての成立性の確認を行うことを基本とし、以下のフローにて行う。
 - 耐圧試験：津波水圧相当の耐圧試験を行い、損傷・漏水しないことを確認する。
 - 変形試験：異種構造物間に設置する止水目地に対して、地震時を想定した変形試験を行い、損傷しないことを確認する。
 - 変形＋耐圧試験：異種構造物間に設置する止水目地に対して、余震と津波の重畳を考慮して、余震時を想定した変形を与えた上で、耐圧試験を行い、損傷・漏水しないことを確認する(耐圧のみの試験は省略)。



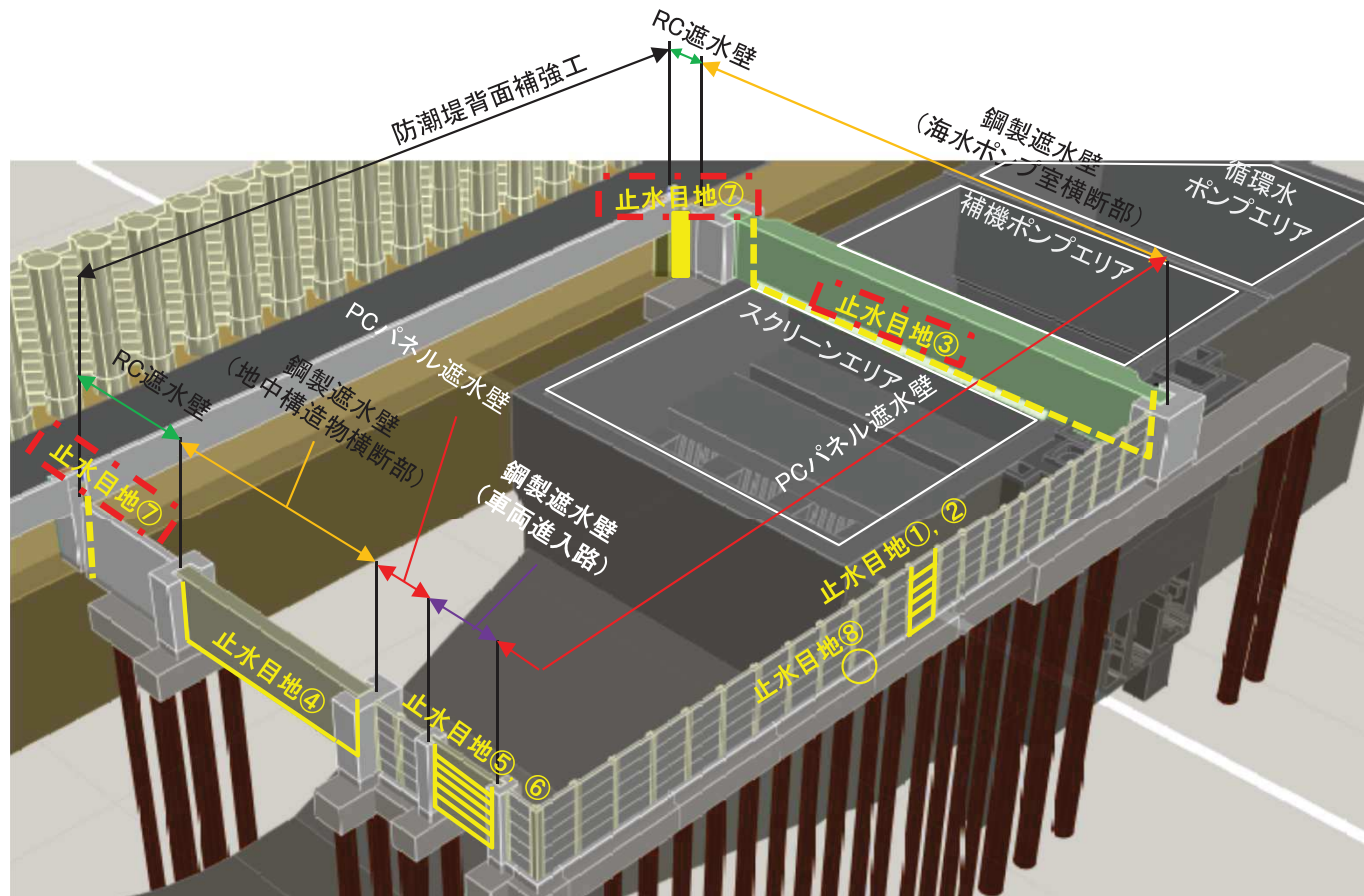
止水目地	試験種類
全ての止水目地 (但し, ③, ⑦は変形＋耐圧試験で代表)	耐圧試験
異種構造物間に設置 (③, ⑦)	変形試験
	変形＋耐圧試験



2.4 部位毎の設計方針 2.4.5 止水目地

2.4.5.2 相対変位量の算定(1/3)

- 異種構造物間に設置し、変形+耐圧試験を行う止水目地は以下のとおり。
 - 止水目地③-1: 海水ポンプ室隔壁との間に設置
 - 止水目地⑦: 防潮堤(背面補強工)との間に設置
- 次頁に止水目地③-1及び⑦の相対変位量の算出方法を示す。



全体概要(2号炉海水ポンプ室防潮壁の例)

止水目地設置位置		
PCパネル遮水壁(分割)	①, ②	①PCパネル-鋼製支柱間 ②PCパネル間及びPCパネル最下部
鋼製遮水壁(鋼製壁)	③	海水ポンプ室横断部 1)遮水壁下部 2)遮水壁-RC支柱間
	④	地中構造物横断部 1)遮水壁下部 2)遮水壁-RC支柱間
鋼製遮水壁(鋼桁)	⑤, ⑥	車両進入路部 ⑤鋼桁-RC支柱間 ⑥鋼桁間及び鋼桁最下部
RC遮水壁	⑦	防潮壁-防潮堤間
共通	⑧	構造目地部 (フーチング目地部)

2.4 部位毎の設計方針 2.4.5 止水目地

2.4.5.2 相対変位量の算定(2/3)

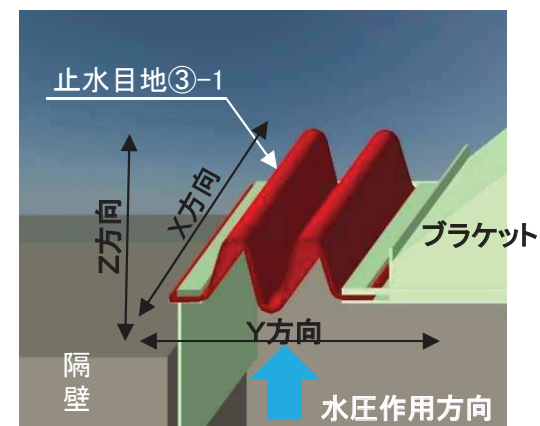
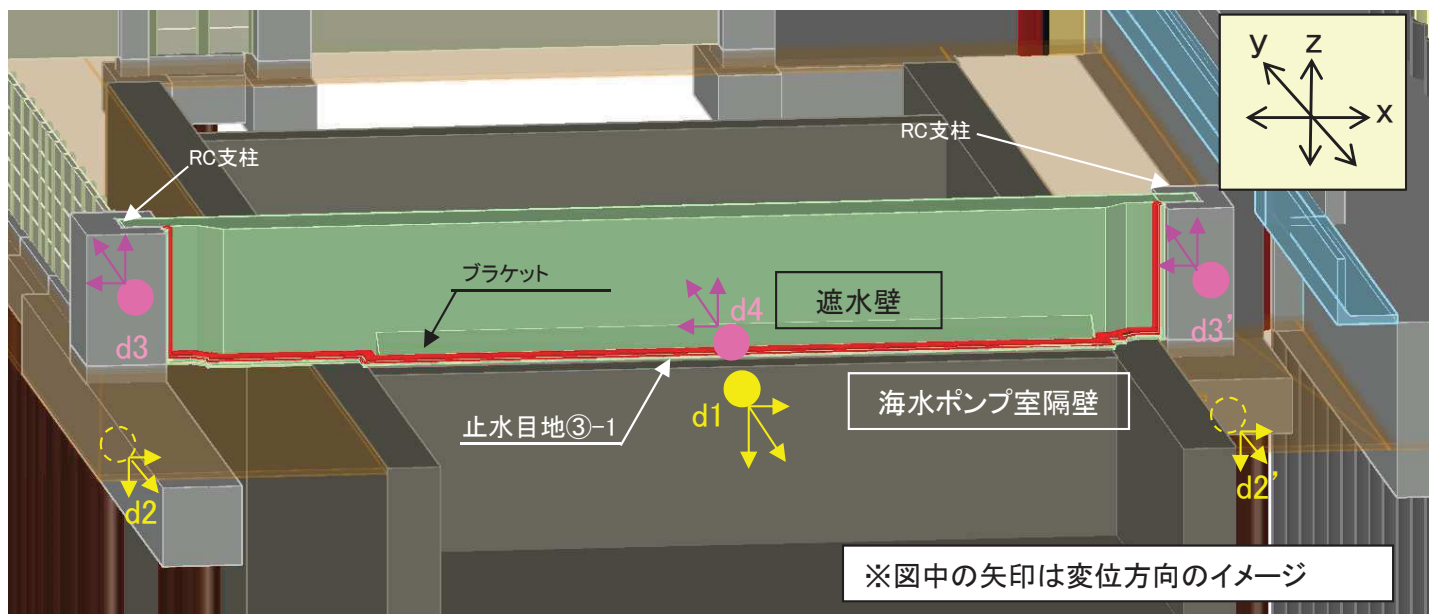
- 防潮壁（鋼製遮水壁）と海水ポンプ室隔壁間に設置する止水目地③-1の設計に用いる相対変位量は、下記の計算により算定する。

計算式

$$D = \max/d1(t1) - d2(t1), d1(t1) - d2'(t1) / + \max/d3(t2), d3'(t2) / + \max/d4(t3) /$$

（相対変位算定に関する補足）

- 同一の解析モデルより算定する変位量は同時刻の相対変位を用いる。
- 異なる解析モデルにより求まる相対変位量は、保守的に全時刻最大値を絶対値として足し合わせる。



止水目地③-1
(遮水壁～隔壁間のゴムジョイント)

- d1: 海水ポンプ室の地震応答解析から得られる隔壁の変位量
- d2: 海水ポンプ室の地震応答解析から得られる防潮壁位置地盤の変位量(左右の大きい方を用いる)
- d3: 防潮壁(上部工)の地震応答解析から得られるRC支柱の変位量(左右の大きい方を用いる)
- d4: 防潮壁(鋼製遮水壁)の静的解析から得られる遮水壁の変位量

2.4 部位毎の設計方針 2.4.5 止水目地

2.4.5.2 相対変位量の算定(3/3)

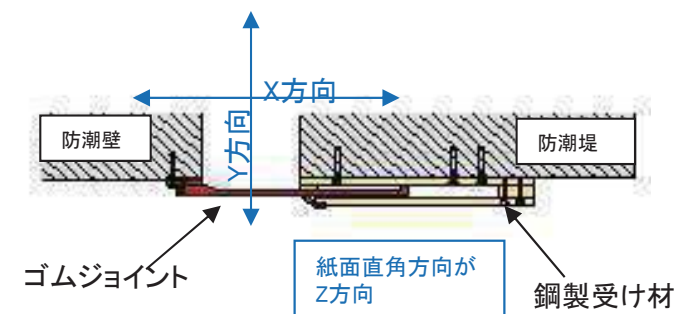
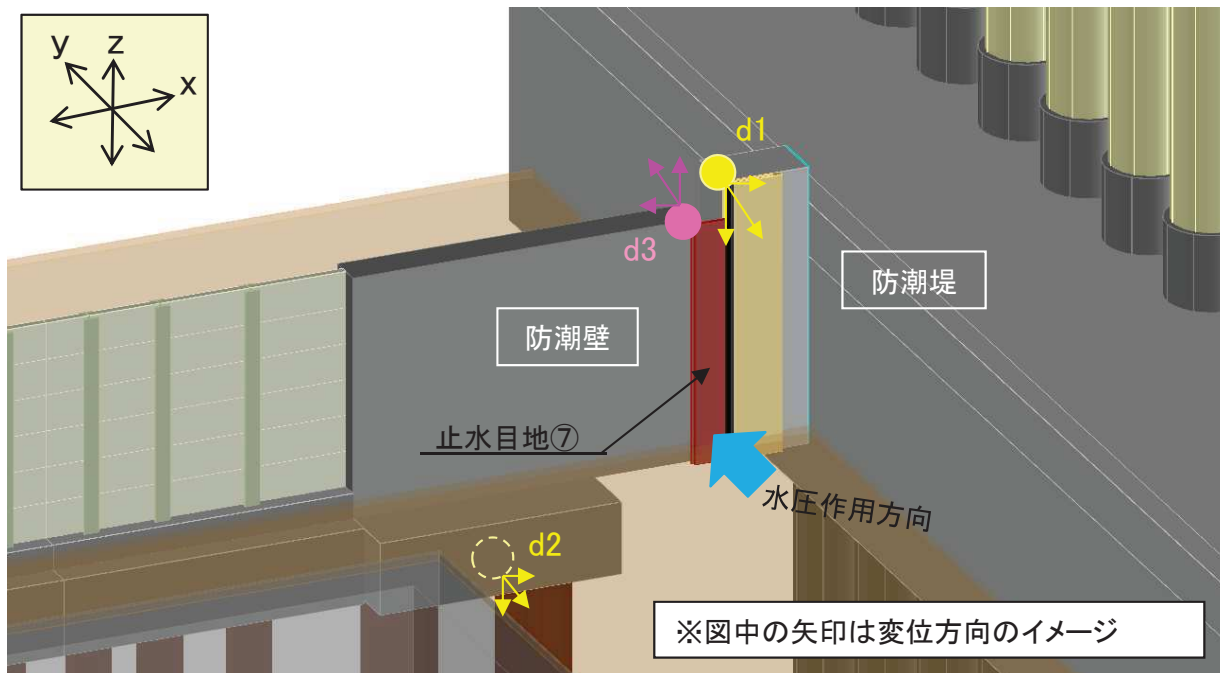
- 防潮壁(RC遮水壁)と防潮堤間に設置する止水目地⑦の設計に用いる相対変位量は、下記の計算により設定する。

計算式

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

(相対変位算定に関する補足)

- 同一の解析モデルより算定する変位量は同時刻の相対変位を用いる。
- 異なる解析モデルにより求まる相対変位量は、保守的に全時刻最大値を絶対値として足し合わせる。



止水目地⑦詳細図

d1: 防潮堤の地震応答解析から得られる防潮堤張出し部の時刻歴変位量

d2: 防潮堤の地震応答解析から防潮壁設置位置の地盤変位量

d3: 防潮壁の地震応答解析から得られる遮水壁(RC)の変位量

2.4 部位毎の設計方針 2.4.5 止水目地

2.4.5.3 性能試験の概要(1/2)

- 性能試験の結果を以下に示す。なお、補足説明資料4に試験方法及び試験装置の概要を示す。

止水目地	設置箇所	仕様・材質	性能試験の種類	性能試験	
				試験方法	試験結果
①	PCパネル遮水壁 1)PCパネル遮水壁-鋼製支柱間	1)平型ゴム・クロロプレンゴムt=10mm	耐圧	試験体に対して設計値を圧縮させた状態で、想定される作用水圧(既往評価値に安全余裕を考慮した値)を与え、損傷・漏水が無いことを確認する。	損傷・漏水なし
②	PCパネル遮水壁 2)PCパネル間	2)平型ゴム・クロロプレンゴムt=5mm	耐圧	試験体に対して、パネル重量の80%に相当する圧縮量を与えた状態で、想定される水圧(既往設計値に安全余裕を考慮した値)を与え、損傷・漏水が無いことを確認する。	損傷・漏水なし
③-1	鋼製遮水壁 (海水ポンプ室横断部) 1)遮水壁下部-海水ポンプ室隔壁間	1)2)共通 可とう継手(M型ゴム)・クロロプレンゴム t=16mm	変形, 変形+耐圧	(変形試験) 試験体に対して、想定される相対変位量(既往設計値に安全余裕を考慮した値)を載荷し、損傷がないことを確認する。 (変形+耐圧試験) 試験体に対して、想定される相対変位量及び作用水圧(設計値に安全余裕を考慮した値)を与えた状態で損傷・漏水がないことを確認する。	損傷・漏水なし
③-2	鋼製遮水壁 (海水ポンプ室横断部) 2)遮水壁-RC支柱間				
④-1	鋼製遮水壁 (地中構造物横断部) 1)遮水壁下部	同上			
④-2	鋼製遮水壁 (地中構造物横断部) 2)遮水壁-RC支柱間				
⑤	鋼製遮水壁 (車両進入路) 1)鋼桁-RC支柱間	1)P型ゴム:クロロプレンゴムΦ36mm	耐圧	試験体に対して設計値に余裕を持たせた量を圧縮させた状態で、想定される作用水圧(設計値に安全余裕を考慮した値)を与え、損傷・漏水が無いことを確認する。	損傷・漏水なし
⑥	鋼製遮水壁 (車両進入路) 2)鋼桁間及び下部	2)平型ゴム:クロロプレンゴムt=25mm	耐圧	試験体に対して設計値に余裕を持たせた量を圧縮させた状態で、想定される作用水圧(設計値に安全余裕を考慮した値)を与え、損傷・漏水が無いことを確認する。	損傷・漏水なし

2.4.5.3 性能試験の概要(2/2)

- 性能試験の結果を以下に示す。なお、補足説明資料4に試験方法及び試験装置の概要を示す。

止水目地	設置個所	仕様・材質	性能試験の種類	性能試験	
				試験方法	試験結果
⑦	RC遮水壁 (防潮壁-防潮堤間)	可とう継手(スライド型)・クロロプレンゴム t=50mm	変形, 変形+耐圧	(変形試験) 試験体に対して、想定される相対変位量(既往設計値に安全余裕を考慮した値)を載荷し、損傷がないことを確認する。 (変形+耐圧試験) 試験体に対して、想定される相対変位量及び作用水圧(設計値に安全余裕を考慮した値)を与えた状態で損傷・漏水がないことを確認する。	損傷・漏水なし
⑧	構造目地部	シリコーン系シート t=1.8mm	変形, 変形+耐圧	(変形試験) 試験体に対して、想定される相対変位量(既往設計値に安全余裕を考慮した値)を載荷し、損傷がないことを確認する。 (変形+耐圧試験) 試験体に対して、想定される相対変位量及び作用水圧(設計値に安全余裕を考慮した値)を与えた状態で損傷・漏水がないことを確認する。	別途試験により確認

- 工認段階において、設計値(変位量, 水圧等)が性能試験における試験条件以下であること及び支持金具等が地震等により損傷しないことを確認
- 仮に、設計値が上回る場合には再試験又は別途対策を検討

2.4.6 設置許可・工認段階の提示内容について(1/3)

- 防潮壁に関する設置許可・工認段階の提示内容を以下に示す。

分類	設置許可段階		工認段階	説明内容
	本日の説明範囲	今後の説明範囲		
<基本設計方針>				
1. 設置許可基準規則に対する確認事項	○	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 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」の条文に対する確認事項を説明する。
2. 入力津波	—	○	—	<ul style="list-style-type: none"> 入力津波の算定条件及び算定結果を示し、防潮壁が敷地への浸水防止に対して十分な高さを有していること、及び設計に用いる津波高さを説明する。 【耐津波設計方針の審査にて説明】
3. 荷重の組合せ	○	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 評価に用いる荷重の種類と組合せについて説明する。
4. 部材の許容限界	○	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 各部材の照査における許容限界を説明する。
5. 地盤の支持性能	—	○ (許容支持力・評価見通し)	○	<ul style="list-style-type: none"> 設置許可段階で支持性能の評価に用いる許容限界(支持力)について示すとともに評価結果の見通しを説明する。 (「基礎地盤の安定性評価」の審査にて説明) 工認段階に評価結果を説明する。
6. 周辺地盤の変状による影響評価	—	○	○ (評価結果)	<ul style="list-style-type: none"> 液状化による影響に対する評価方針について説明する。 (「基礎地盤の安定性評価」及び「液状化影響検討方針」の審査にて説明) なお、周辺地盤の沈下による止水性能への影響に対する評価方針については、「地下水位の設定」の審査状況を踏まえ本審査の中で説明する。 工認段階で評価結果を説明する。
7. 代表断面の選定方針	○	○	○ (選定結果)	<ul style="list-style-type: none"> 工認段階で評価結果を示す代表断面の選定方針を説明する。 なお、「地下水位の設定」の審査状況を踏まえ、今後詳細に説明する。 選定結果は工認段階で説明する。

2.4.6 設置許可・工認段階の提示内容について(2/3)

- ・ 防潮壁に関する設置許可・工認段階の提示内容を以下に示す。

分類	設置許可段階		工認段階	説明内容
	本日の説明範囲	今後の説明範囲		
<損傷モード>				
1. 抽出結果	○	—	—	・ 構造特異性を踏まえた損傷モードの抽出結果について説明する。
2. 評価結果	○	—	—	・ 抽出した損傷モードに対する照査の有無および照査を不要とした項目について評価結果を説明する。
3. 部材の許容限界	○	—	—	・ 損傷モードの評価結果を踏まえ、各部材の許容限界を説明する。
4. 照査結果		—	○	・ 損傷モードに対して照査する項目に対して、照査方法及び照査結果を説明する。

2.4.6 設置許可・工認段階の提示内容について(3/3)

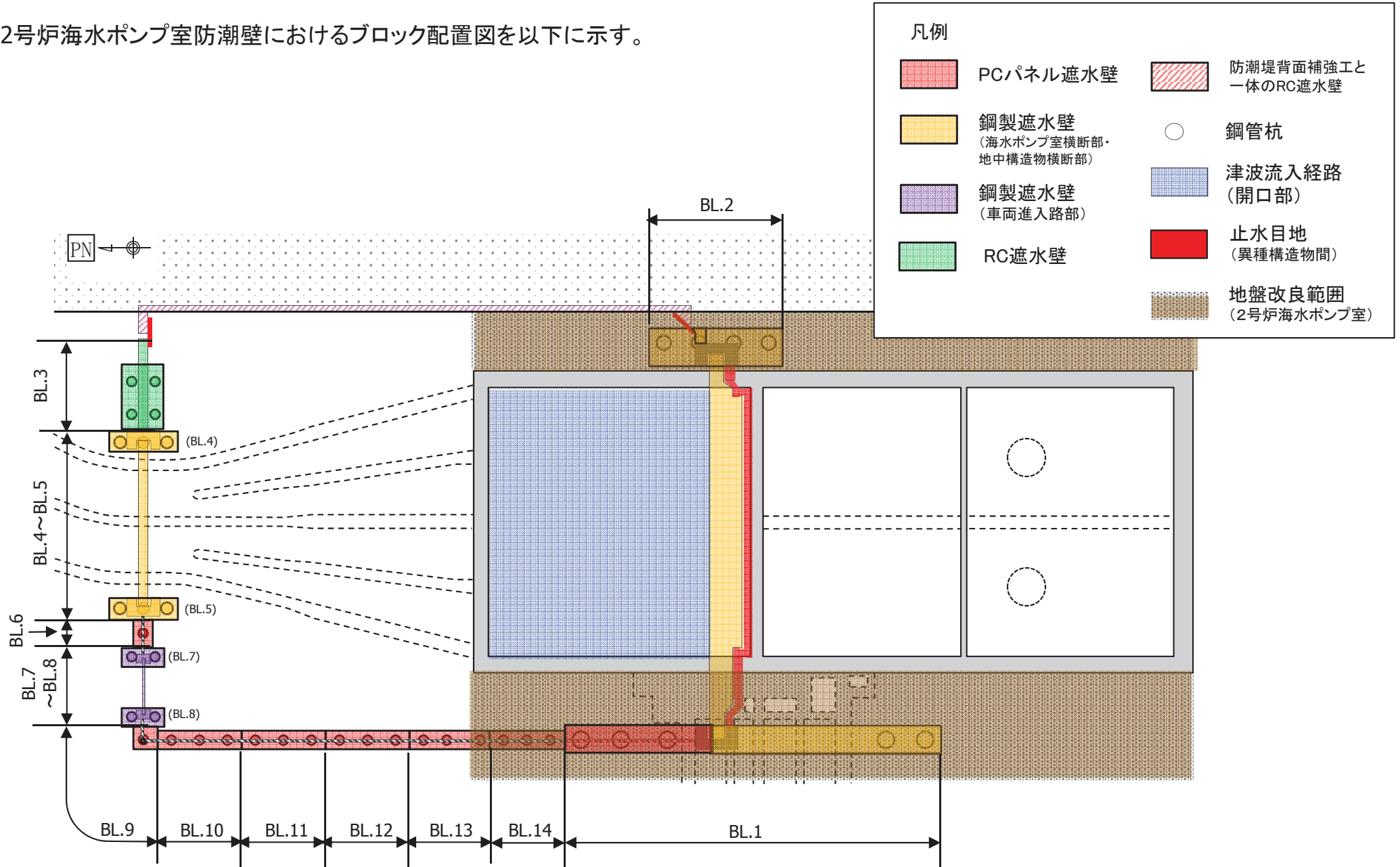
- 防潮壁に関する設置許可・工認段階の提示内容を以下に示す。

分類	設置許可段階		工認段階	説明内容
	本日の説明範囲	今後の説明範囲		
<詳細設計方針>				
1. 各部位の設計方針	○	—	○	<ul style="list-style-type: none"> 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」の条文に対する確認事項を説明する。
2. 止水目地の設計方針	○	—	—	<ul style="list-style-type: none"> 各部材における性能の確認方法(性能試験の種類、方法)及び相対変位量の算定方法を説明する。
3. 止水目地の性能試験結果	○	—	○	<ul style="list-style-type: none"> 性能試験の結果について説明する。 なお、性能試験における条件(水圧、変位)について、設計値(変位量、水圧等)が性能試験における試験条件以下であること及び支持金具等が地震等により損傷しないことを確認する。(計値が上回る場合には再試験又は別途対策を検討)

補足説明資料1. 構造概要図

補足説明資料1. 構造概要図【BL配置図】

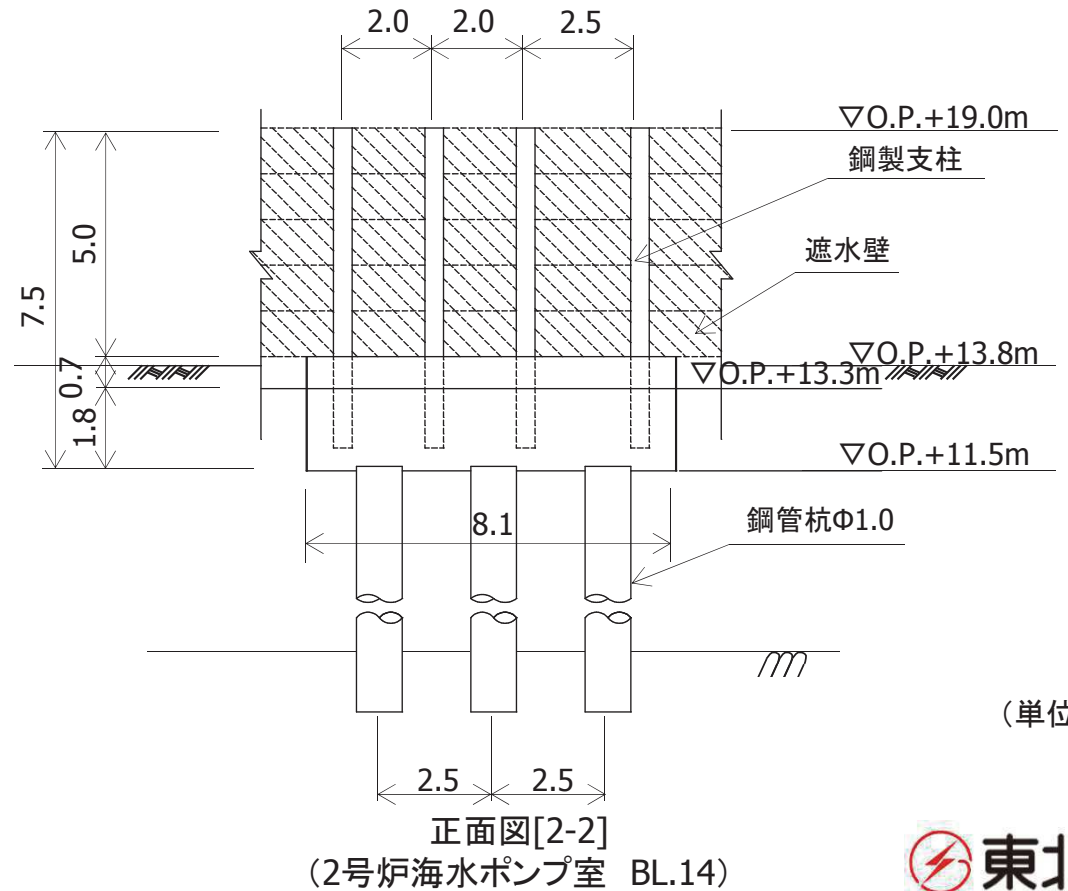
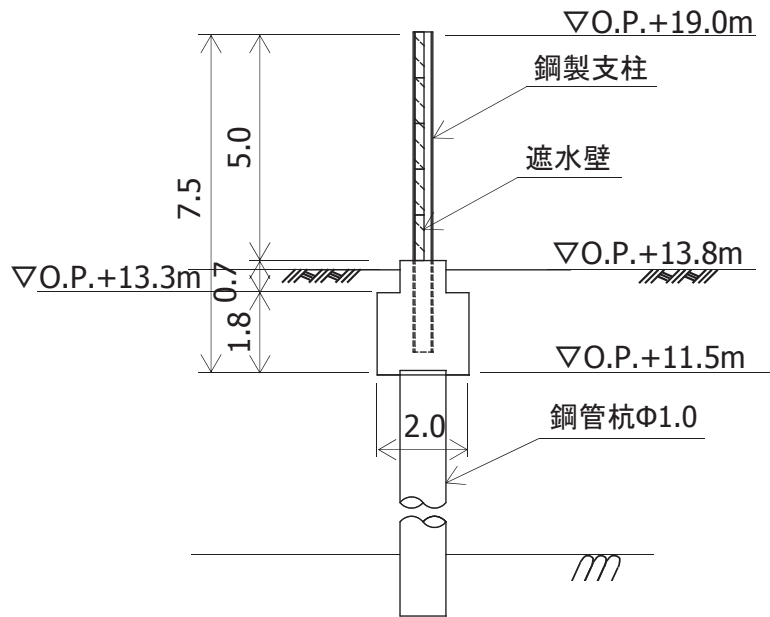
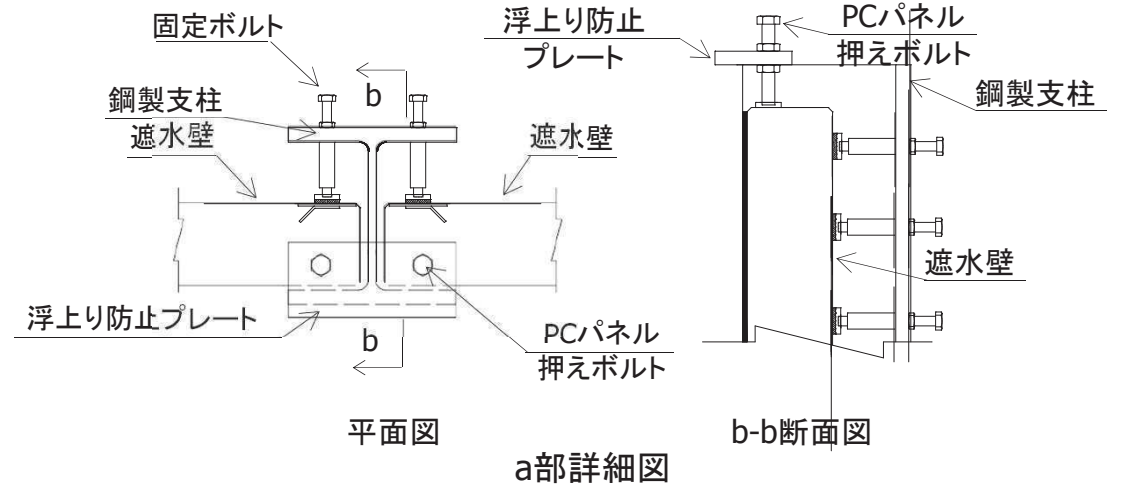
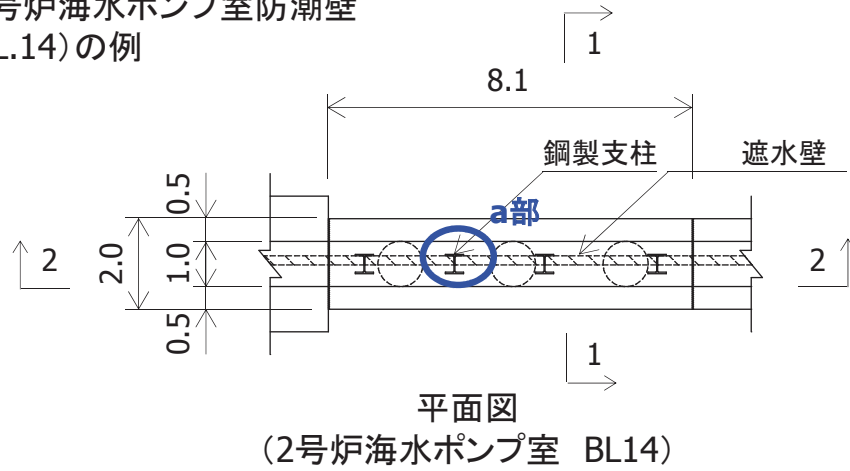
- 2号炉海水ポンプ室防潮壁におけるブロック配置図を以下に示す。



2号炉海水ポンプ室防潮壁

補足説明資料1. 構造概要図 【①PCパネル遮水壁】

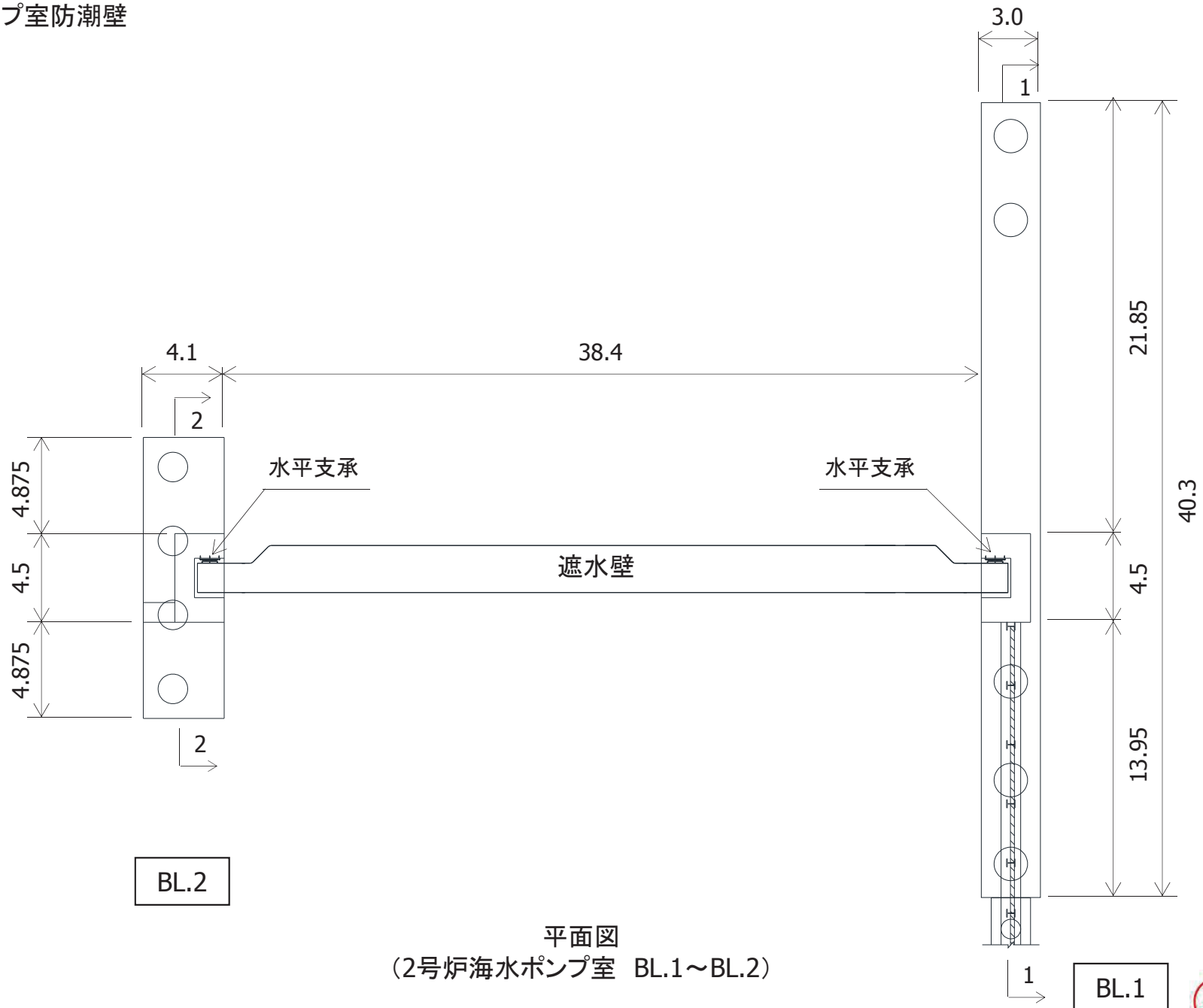
- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.14) の例



(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【②鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部)(1/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.14)の例

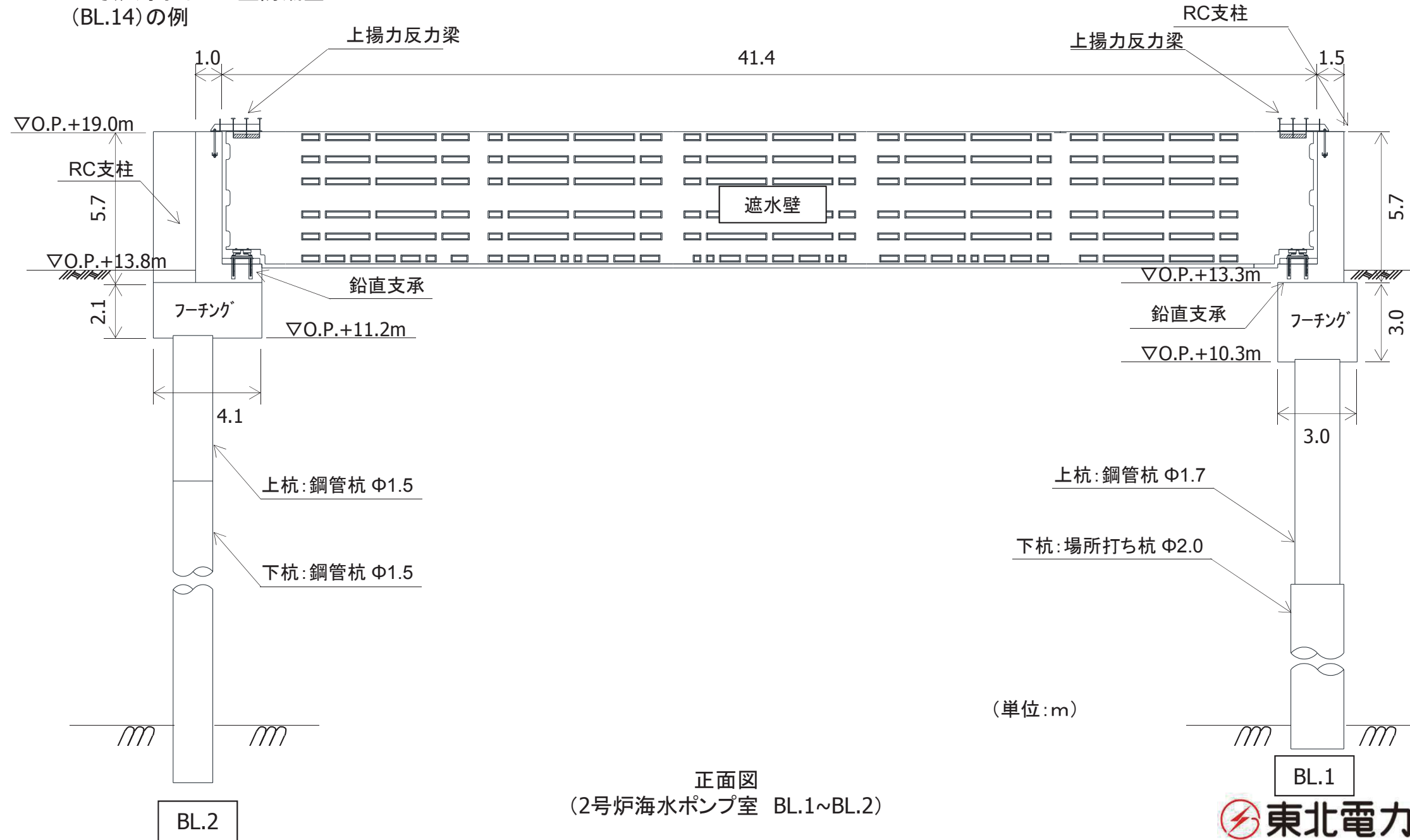


(単位:m)

平面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.1~BL.2)

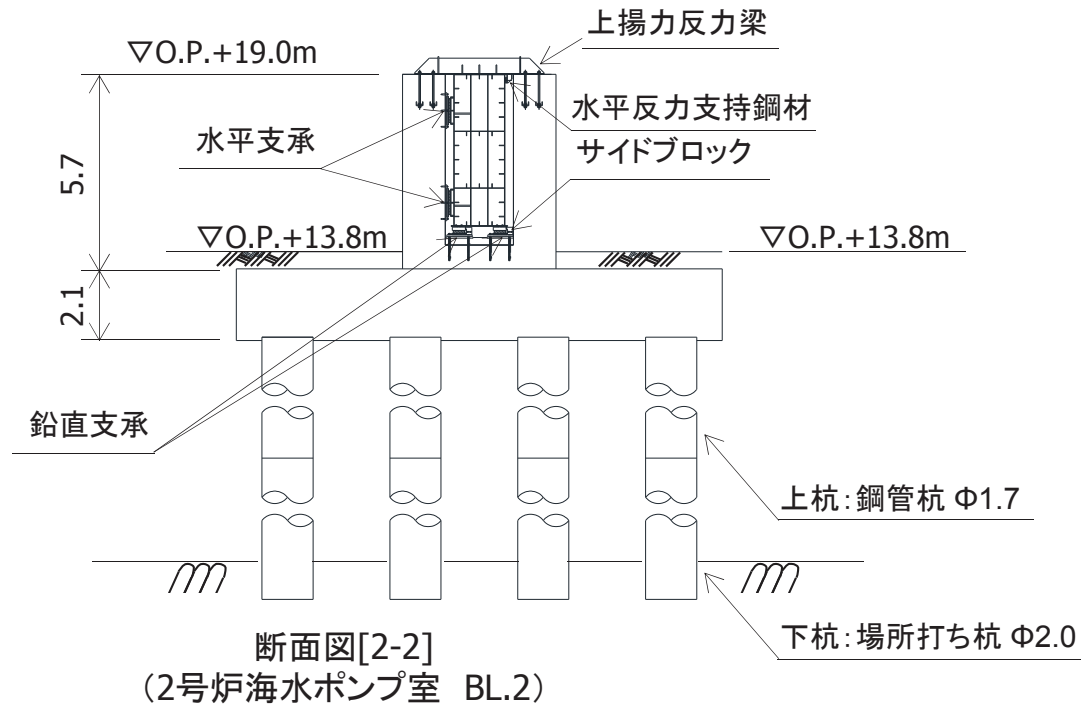
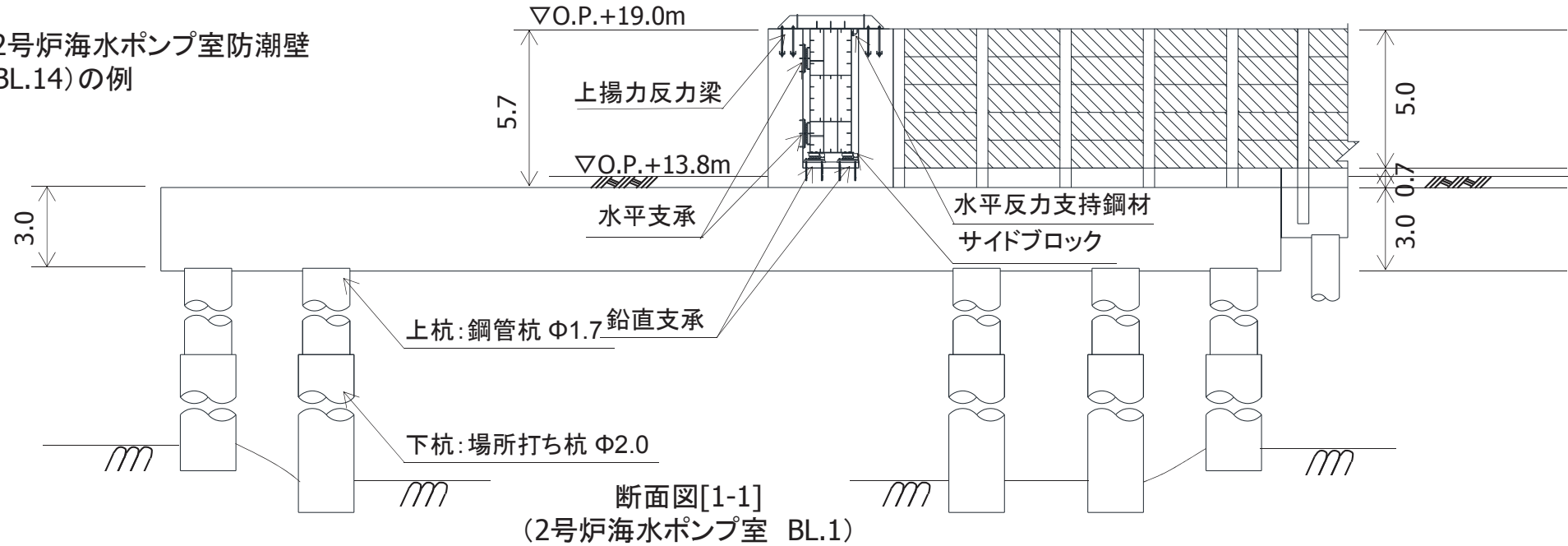
補足説明資料1. 構造概要図 【②鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部)(2/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.14)の例



補足説明資料1. 構造概要図 【②鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部)(3/5)】

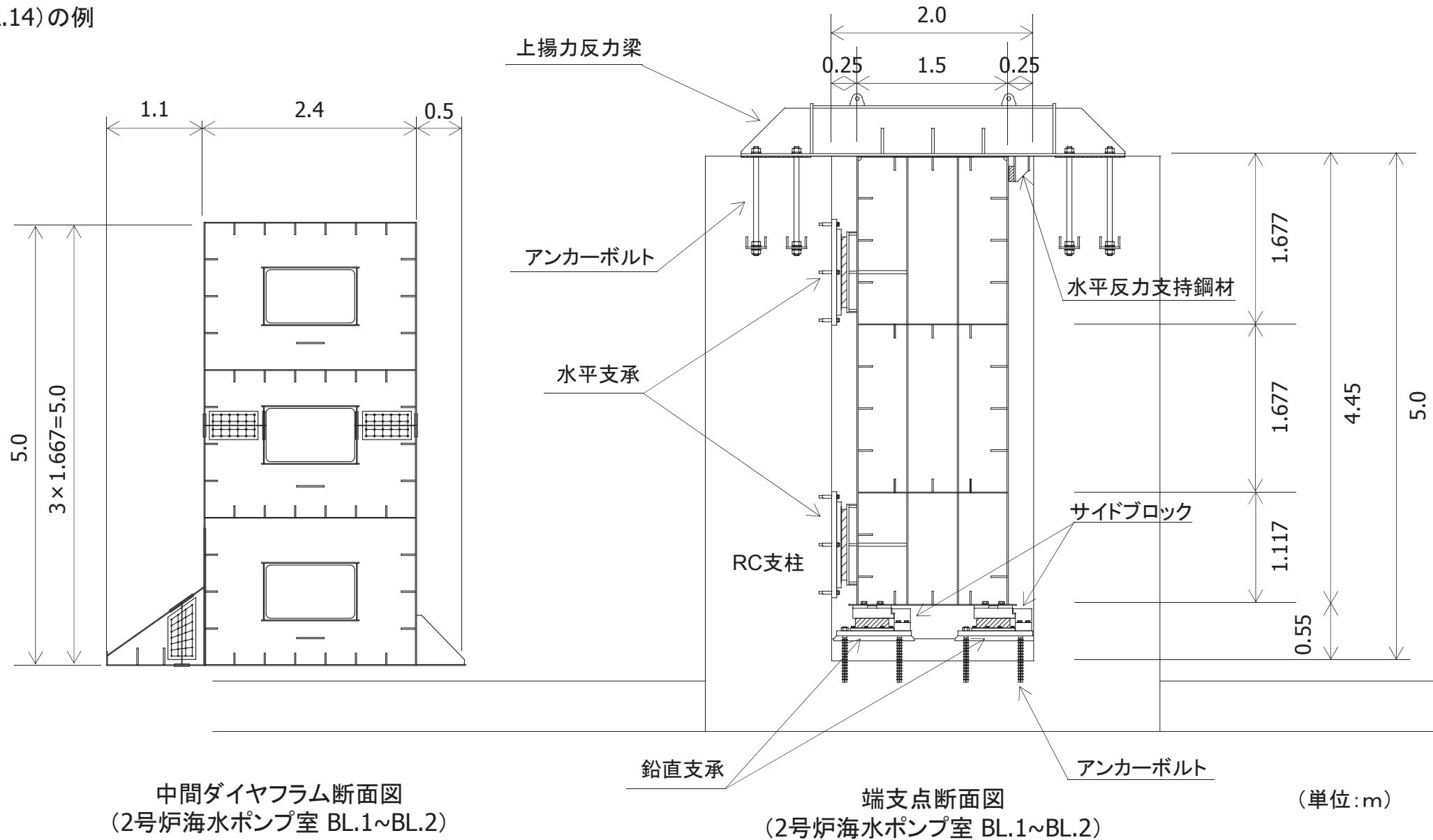
- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.14) の例



(単位:m)

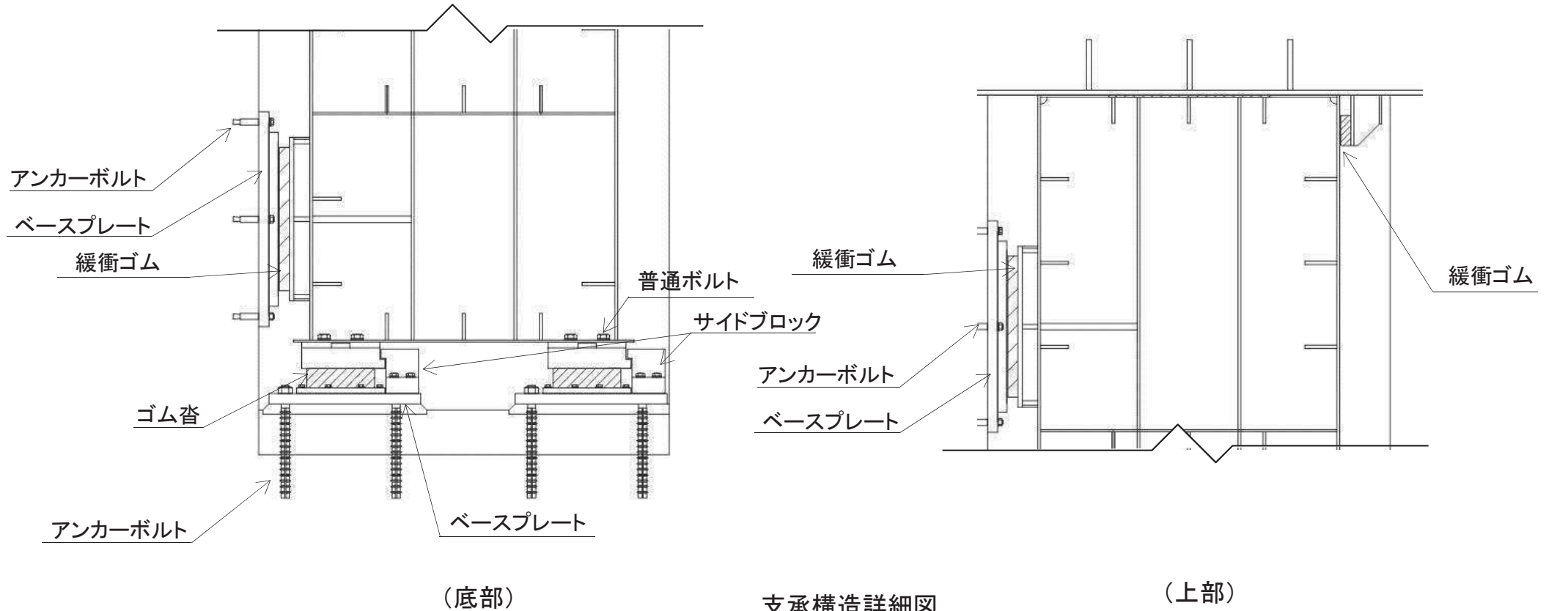
補足説明資料1. 構造概要図 【②鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部)(4/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.14)の例



補足説明資料1. 構造概要図 【②鋼製遮水壁(海水ポンプ室横断部)(5/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁
(BL.14)の例



支承構造詳細図
(2号炉海水ポンプ室 BL.1~BL.2)

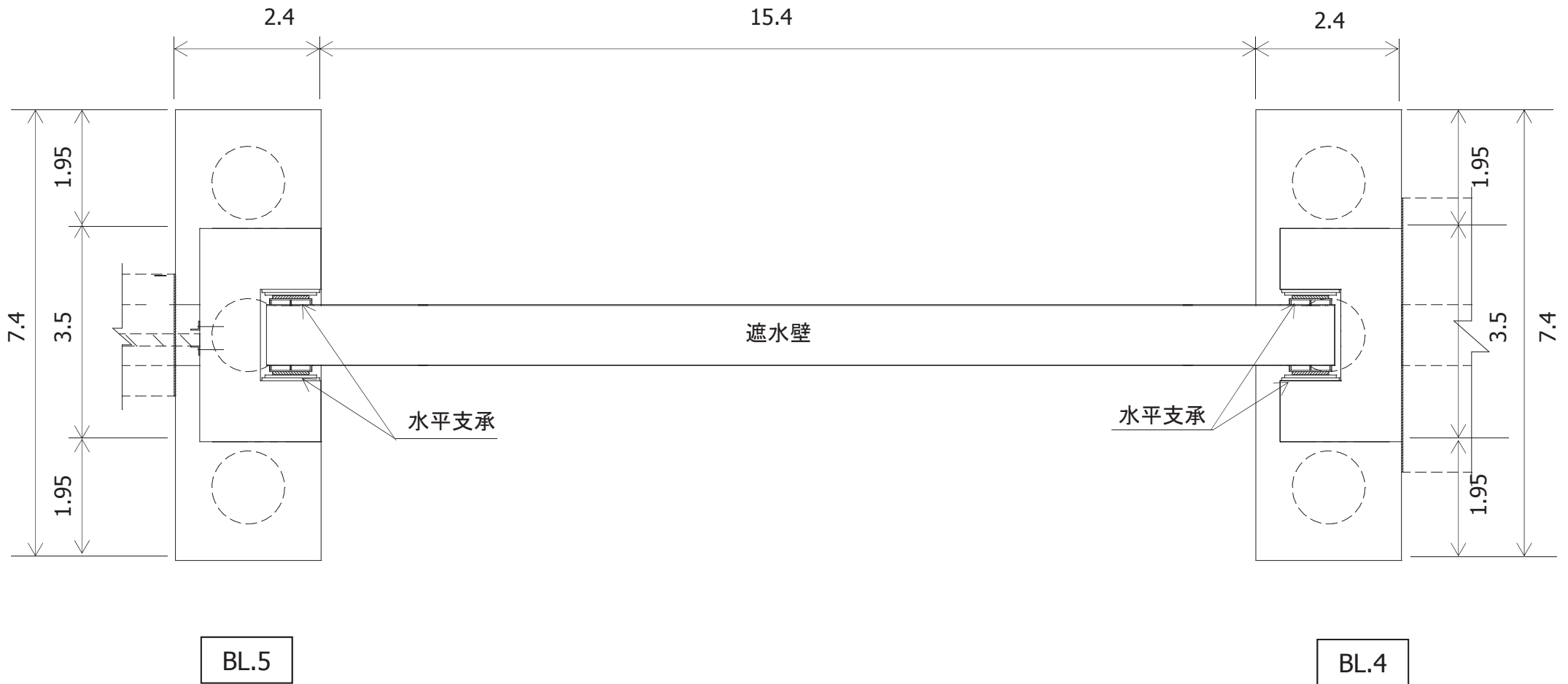
(単位:m)

< 支承の仕様 >

部位	仕様	適用規格
鉛直支承	反力分散型ゴム支承(天然ゴム, Ge=1.4)	JIS, 道路橋支承便覧
水平支承	緩衝ゴム(天然ゴム, Ge=0.8)	JIS, 道路橋支承便覧
水平反力支持鋼材	緩衝ゴム(天然ゴム, Ge=0.8)	JIS, 道路橋支承便覧

補足説明資料1. 構造概要図 【③鋼製遮水壁(地中構造物横断部)(1/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.4~5)の例

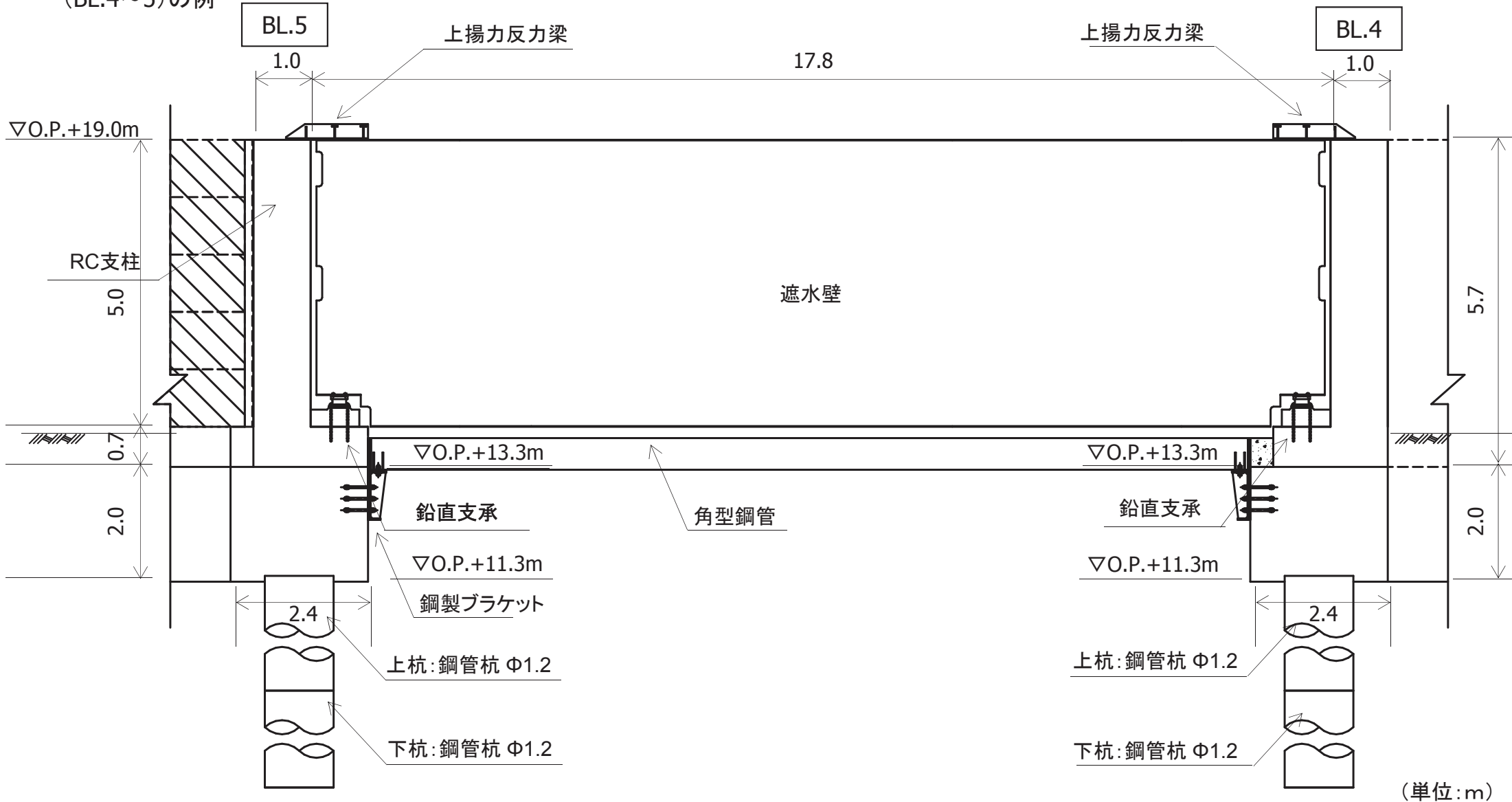


(単位:m)

平面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.4~BL.5)

補足説明資料1. 構造概要図 【③鋼製遮水壁(地中構造物横断部)(2/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.4~5)の例

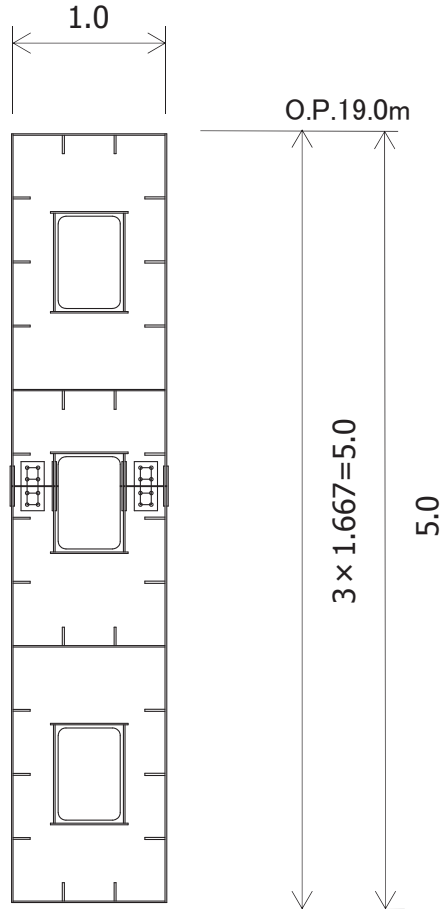


(単位:m)

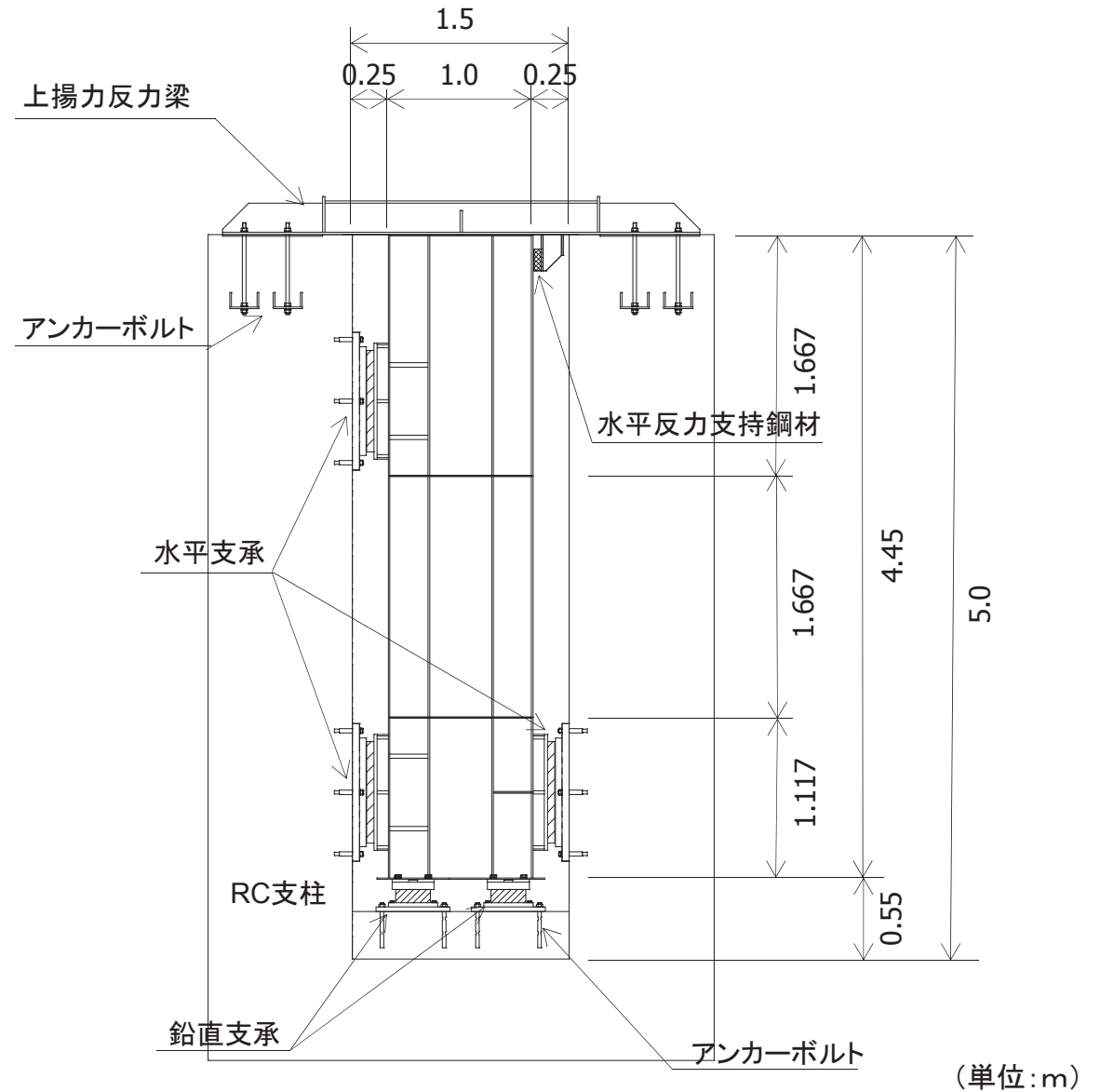
正面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.4~BL.5)

補足説明資料1. 構造概要図 【③鋼製遮水壁(地中構造物横断面)(3/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.4~5)の例



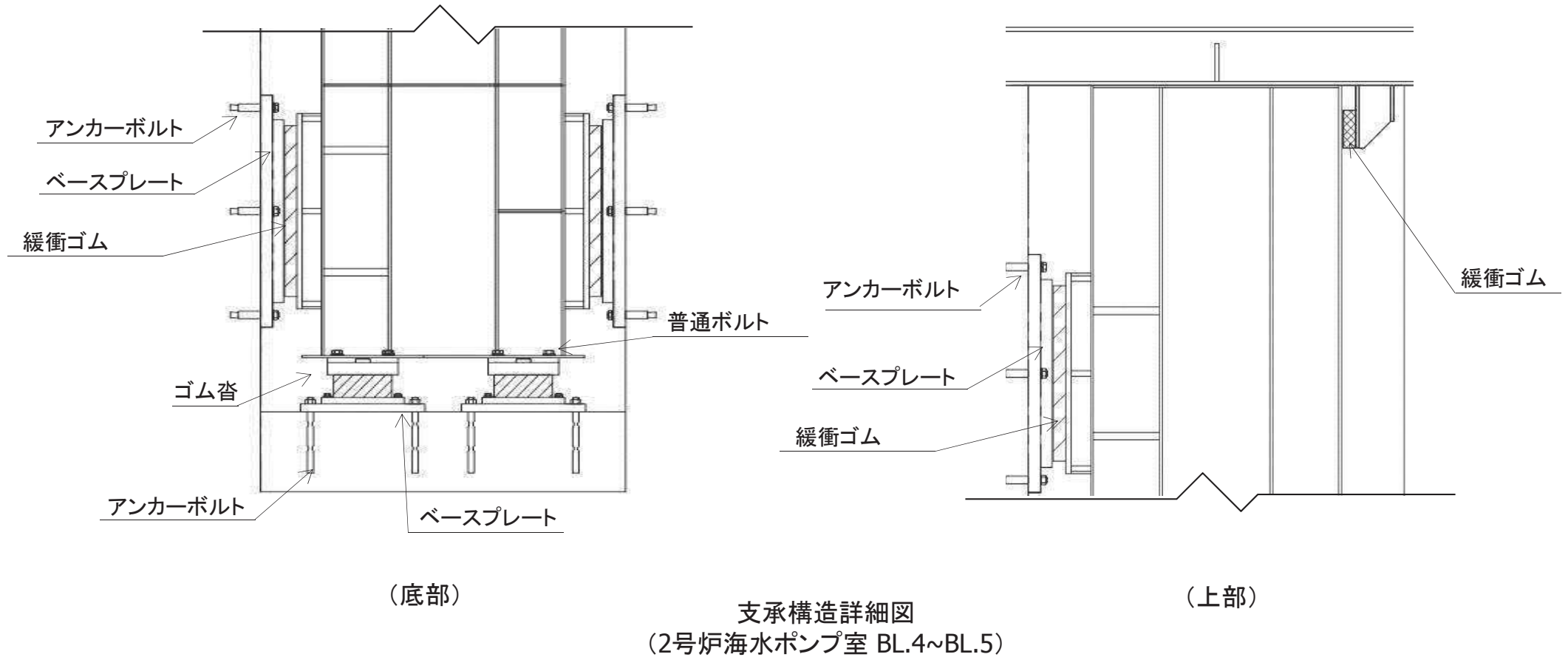
中間ダイヤフラム断面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.4~BL.5)



端支点断面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.4~BL.5)

補足説明資料1. 構造概要図 【③鋼製遮水壁(地中構造物横断部)(4/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.4~5)の例



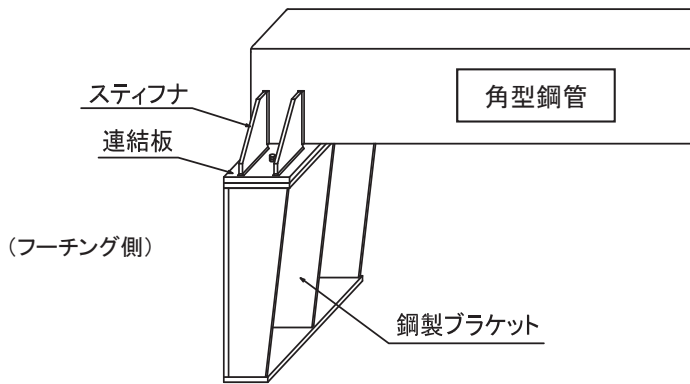
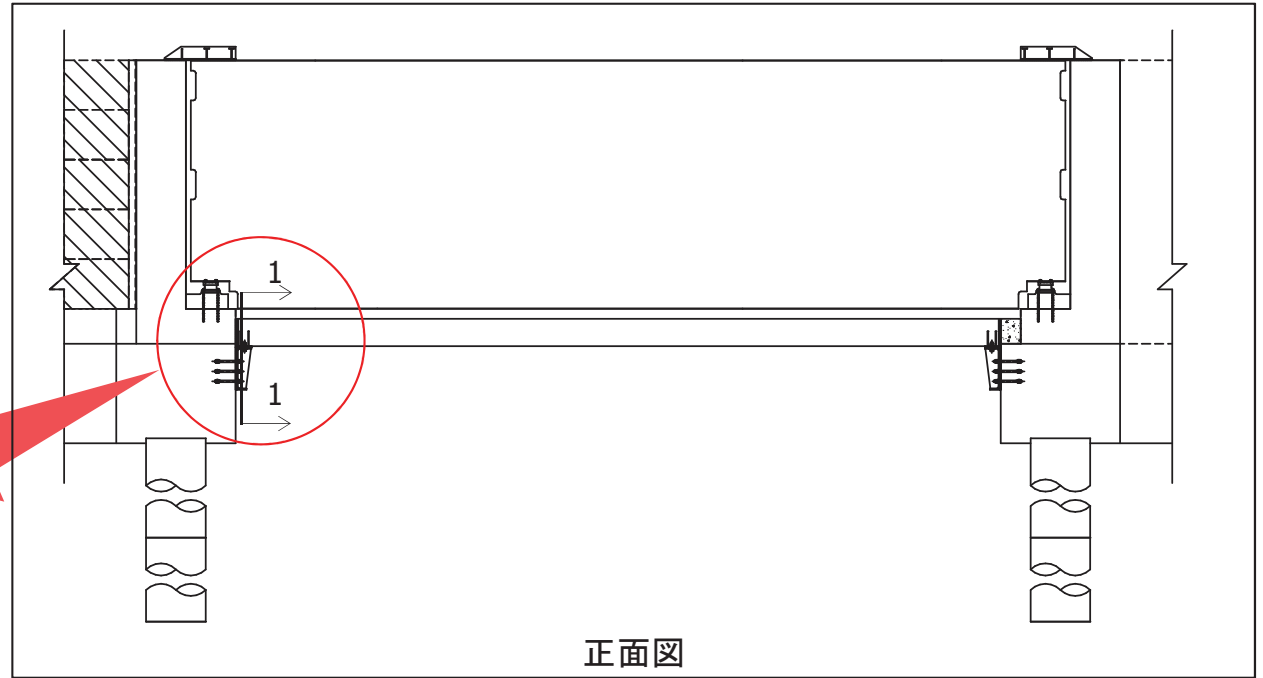
<支承の仕様>

部位	仕様	適用規格
鉛直支承	反力分散型ゴム支承(天然ゴム, Ge=1.2)	JIS, 道路橋支承便覧
水平支承	緩衝ゴム(クロロプレンゴム, Ge=0.8)	JIS, 道路橋支承便覧
水平反力支持鋼材	緩衝ゴム(クロロプレンゴム, Ge=0.8)	JIS, 道路橋支承便覧

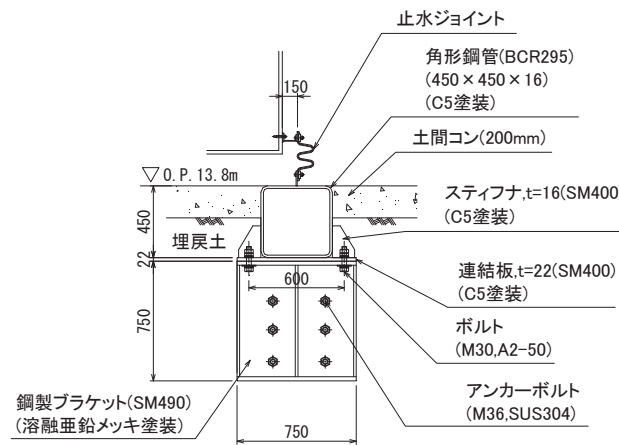
(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【③鋼製遮水壁(地中構造物横断部)(5/5)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.4~5) の例



角型鋼管 フーチング取付部 イメージ図

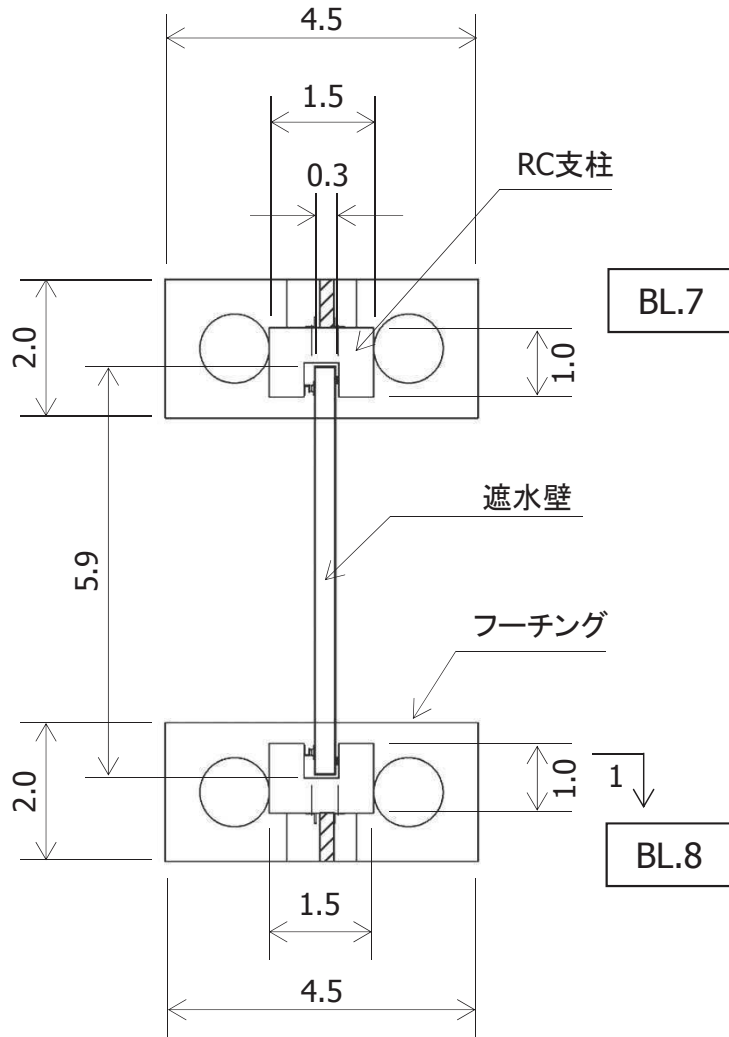


角型鋼管フーチング取付部 詳細図 (1-1 断面)

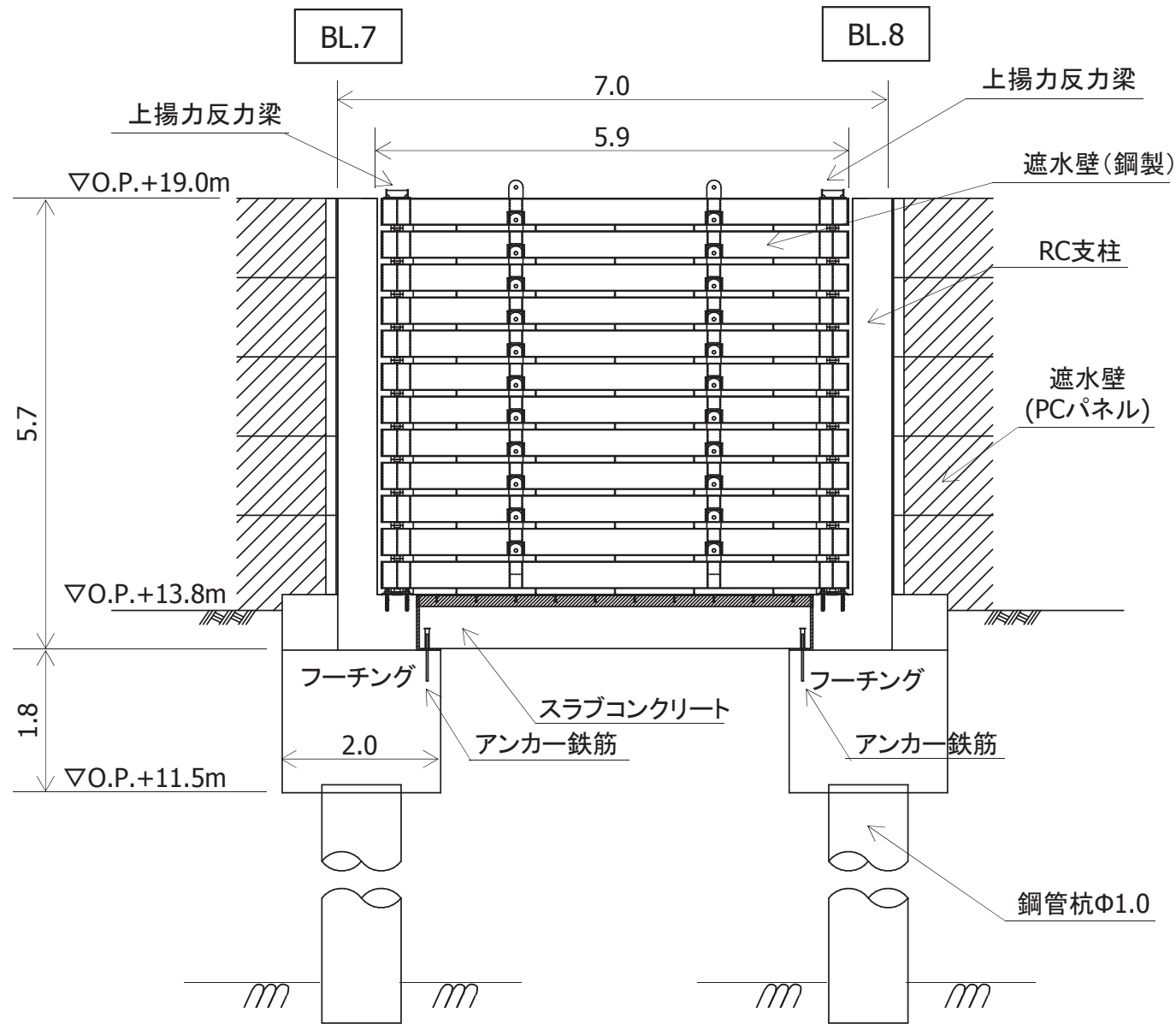
(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【④鋼製遮水壁(車両進入路横断部)(1/3)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.7~8) の例



平面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.7~BL.8)

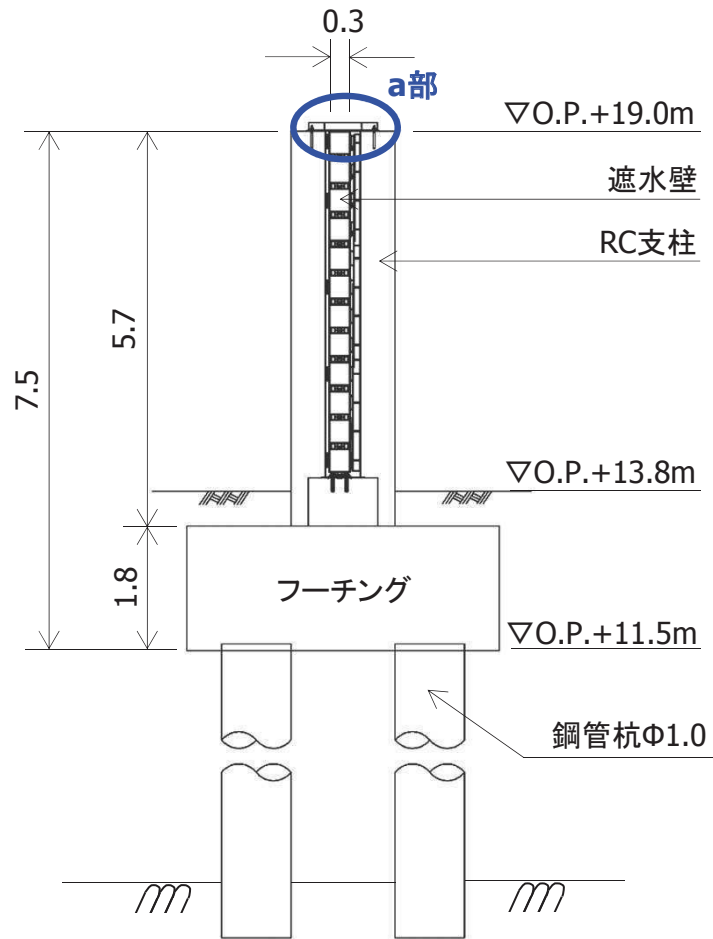


正面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.7~BL.8)

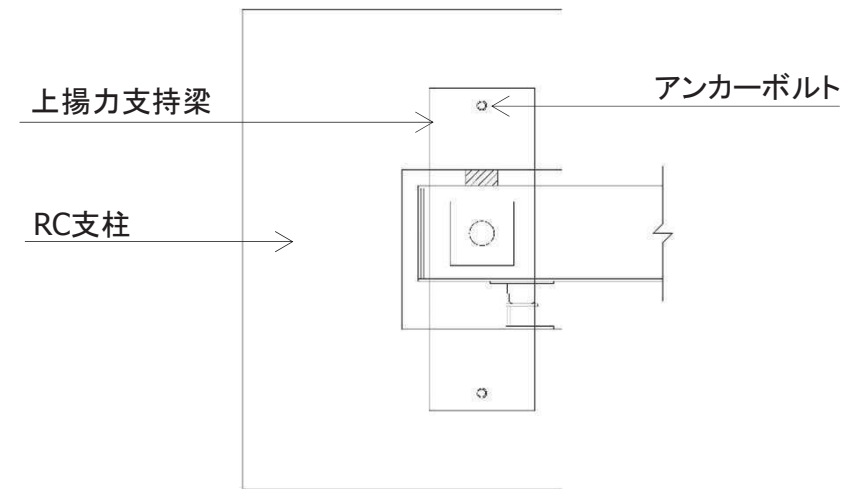
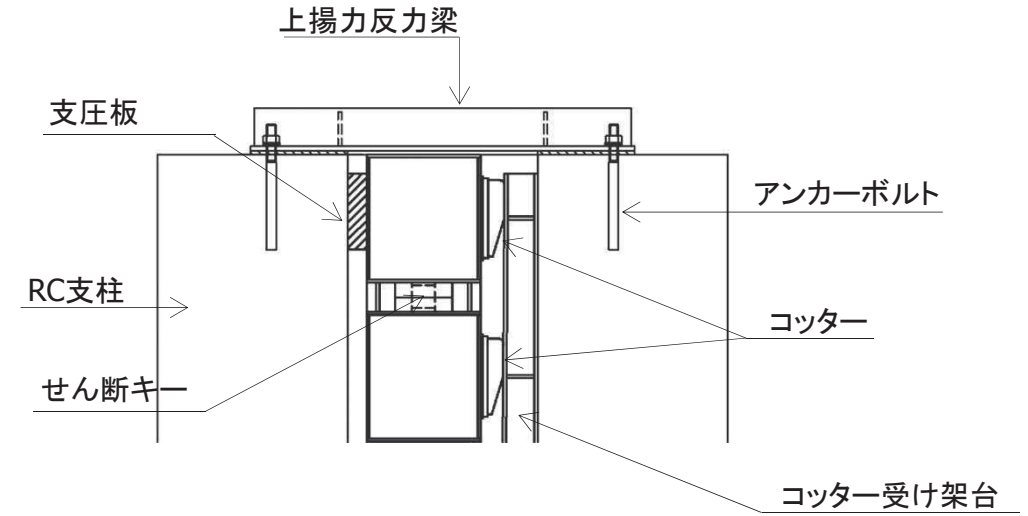
(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【④鋼製遮水壁(車両進入路横断部)(2/3)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.7~8) の例



断面図[1-1]
(2号炉海水ポンプ室 BL.7~BL.8)

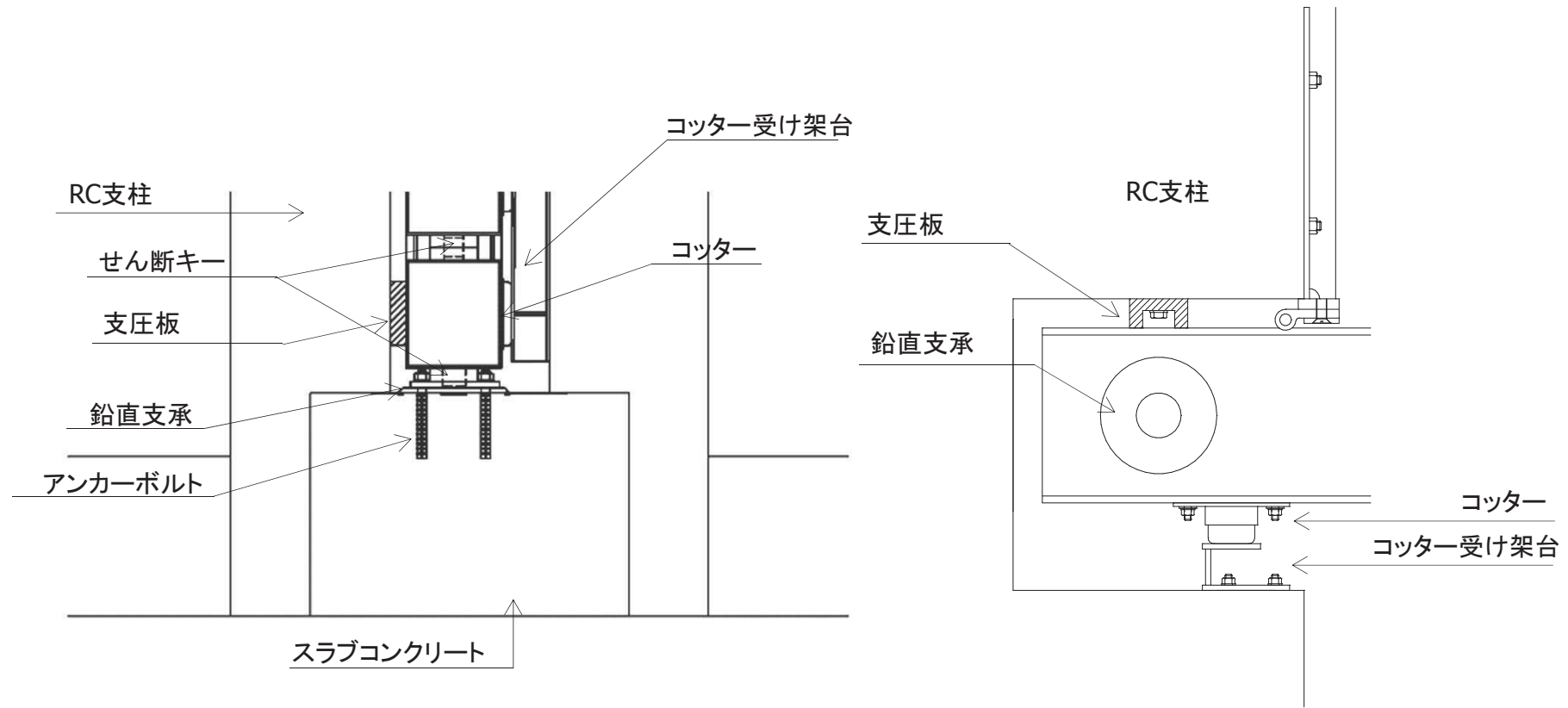


a部詳細図(上揚力反力梁)

(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【④鋼製遮水壁(車両進入路横断部)(3/3)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.7~8) の例



支承構造詳細図
(2号炉海水ポンプ室 BL.7~BL.8)

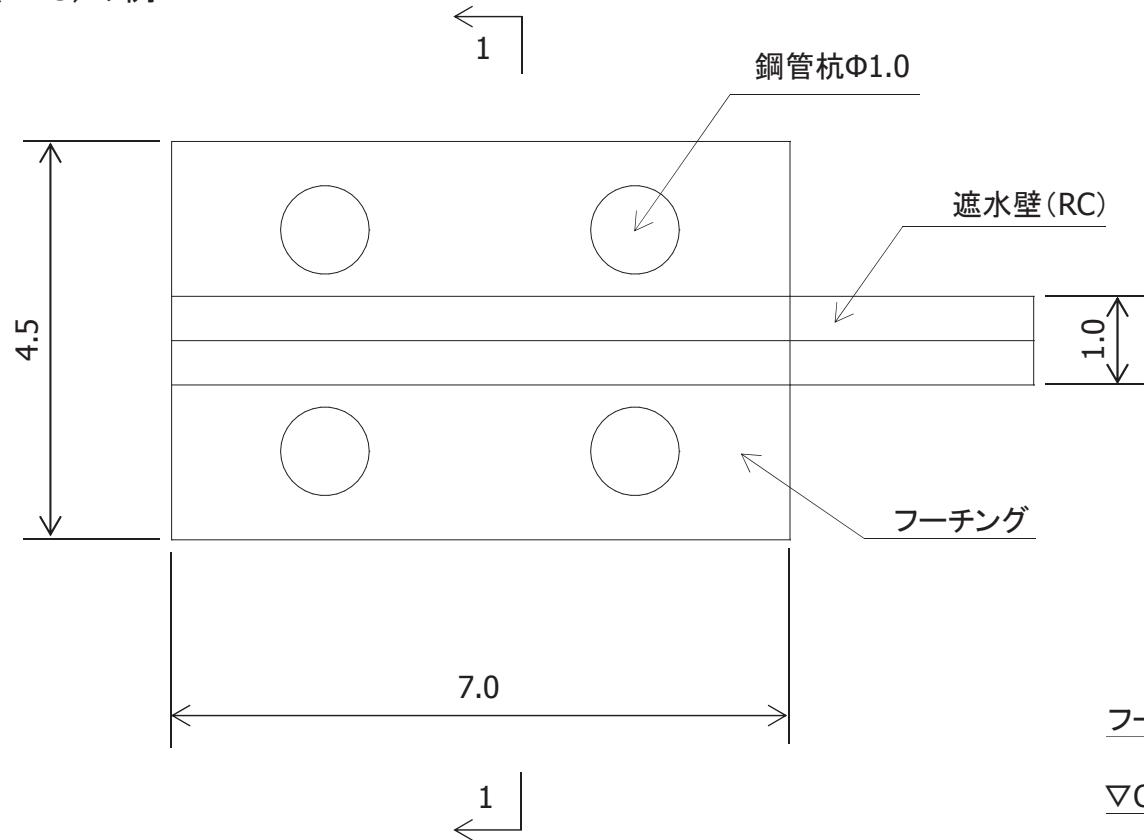
< 支承の仕様 >

部位	仕様	適用規格
鉛直支承	鋼製, せん断キー	JIS, 道路橋示方書

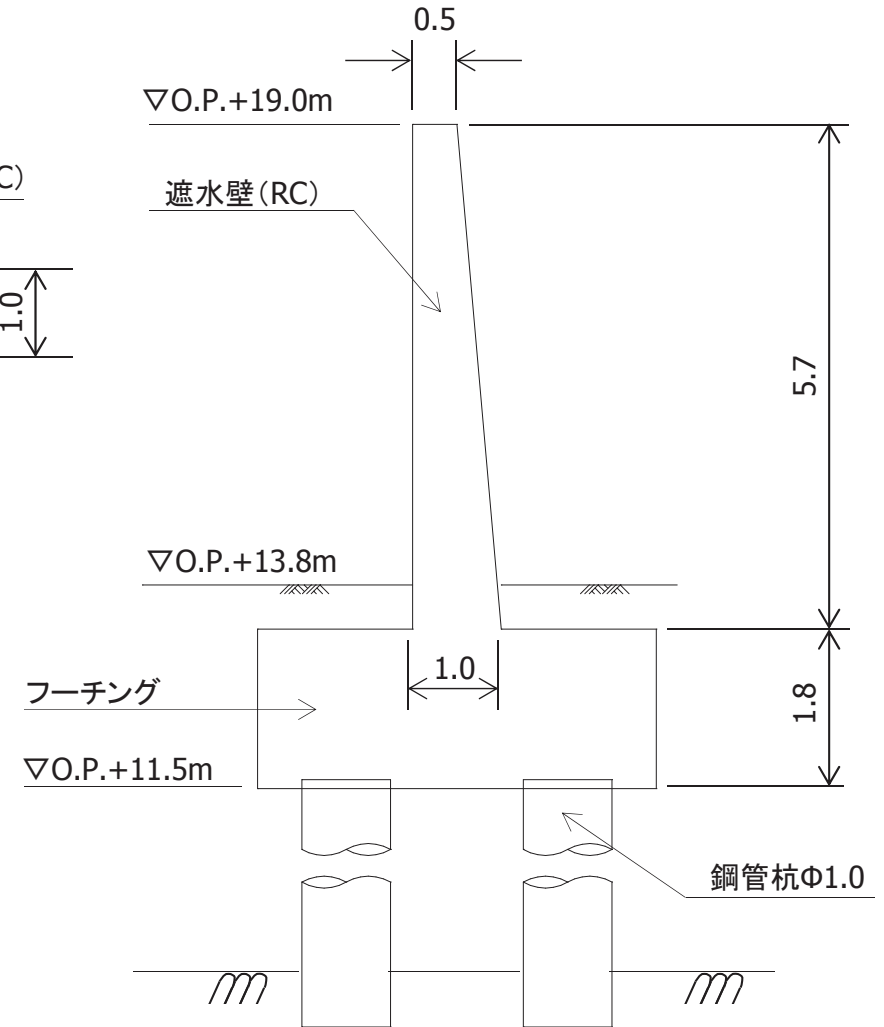
(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【⑤RC遮水壁(1/2)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.3) の例



平面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.3)

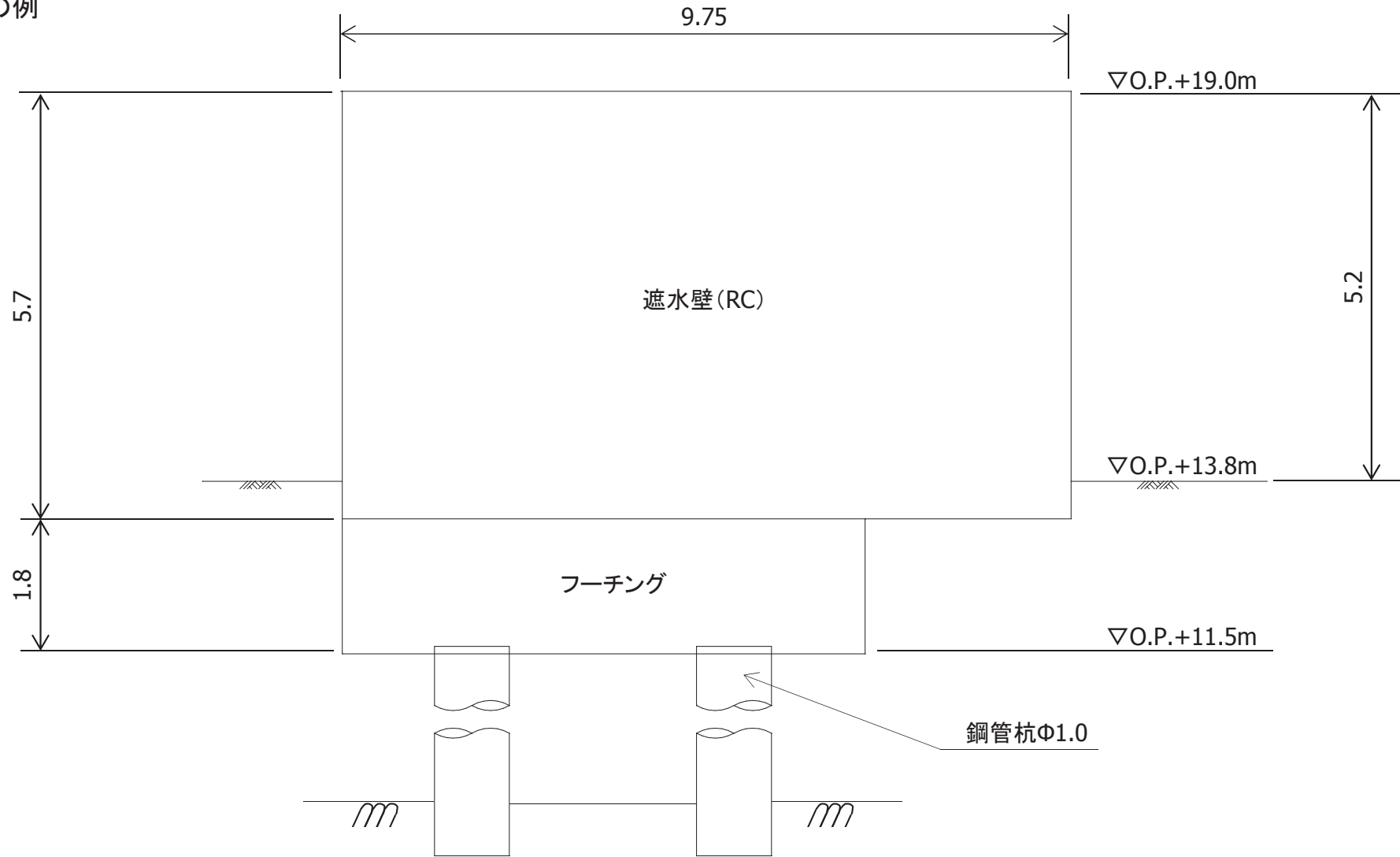


断面図[1-1]
(2号炉海水ポンプ室 BL.3)

(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【⑤RC遮水壁(2/2)】

- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.3)の例

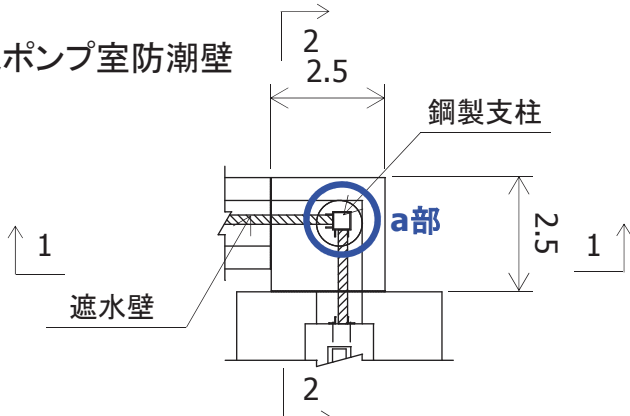


正面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.3)

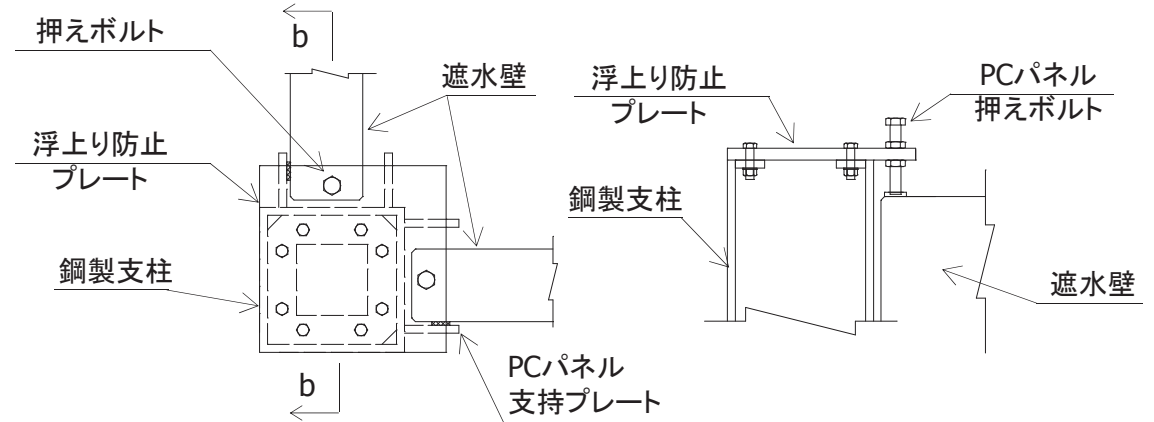
(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【⑥PCパネル遮水壁(隅角部)】

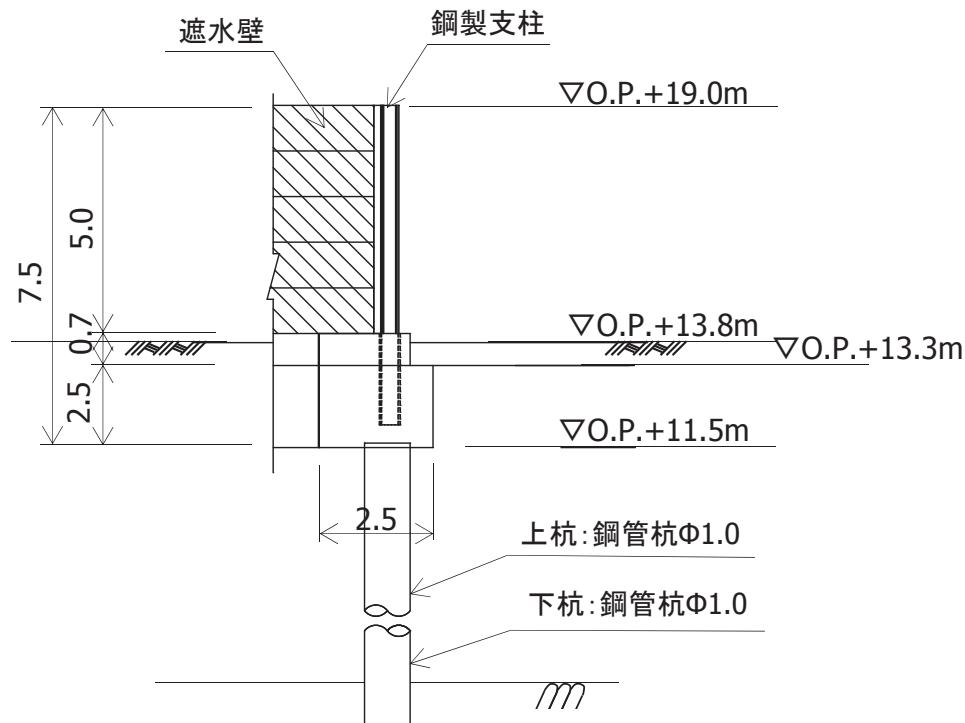
- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.9) の例



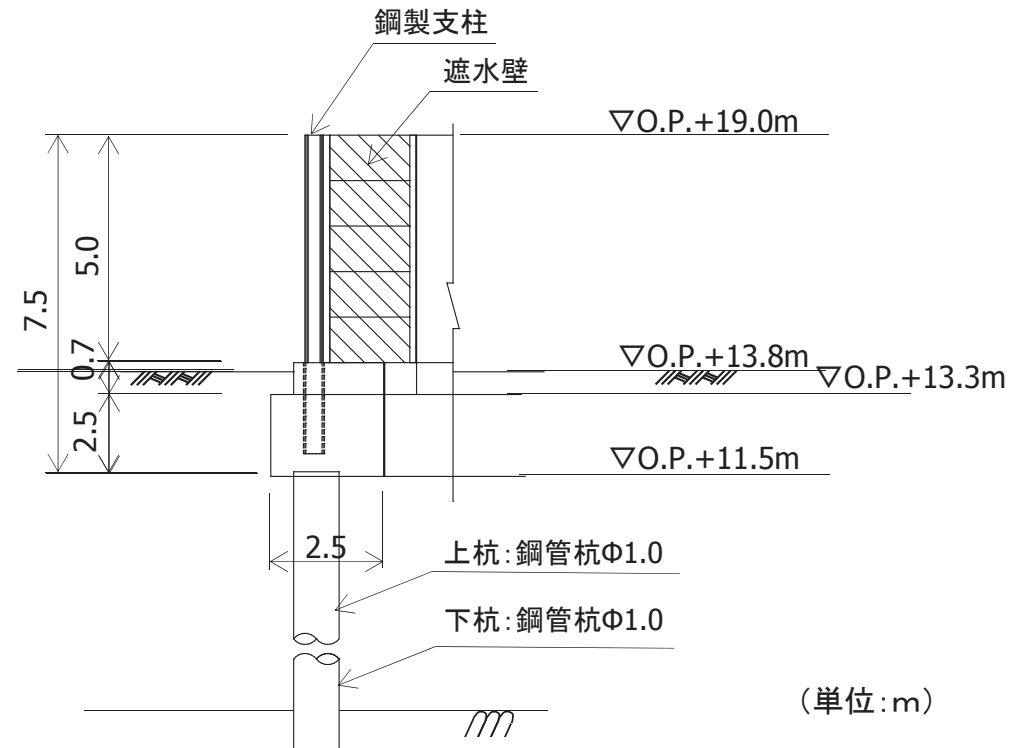
平面図
(2号海水ポンプ室 BL.9)



平面図
a部詳細図
b-b断面図



断面図[1-1]
(2号炉海水ポンプ室 BL.9)

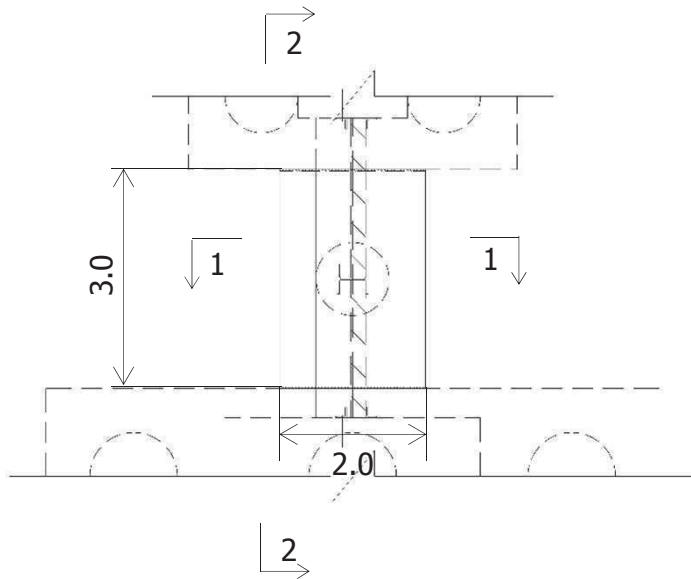


正面図[2-2]
(2号炉海水ポンプ室 BL.9)

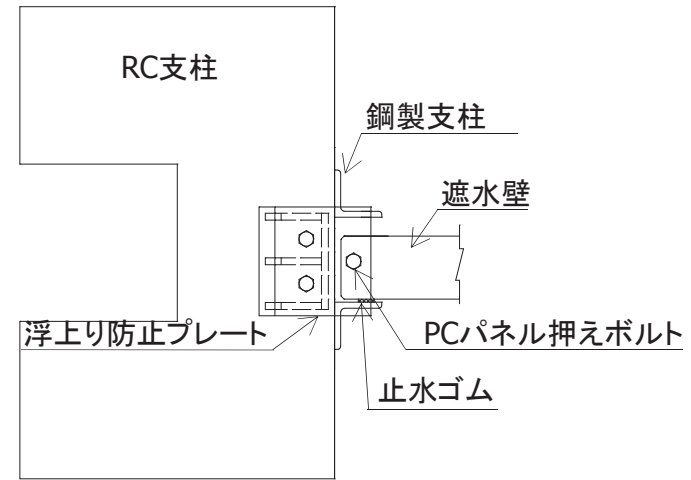
(単位:m)

補足説明資料1. 構造概要図 【⑥PCパネル遮水壁(RC支柱取合部)】

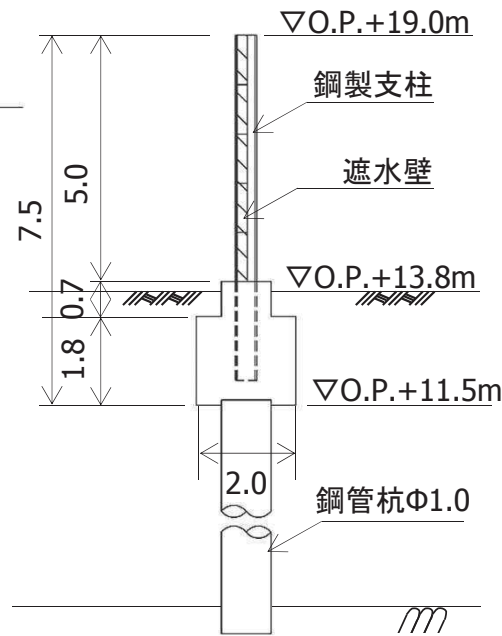
- 2号炉海水ポンプ室防潮壁 (BL.6) の例



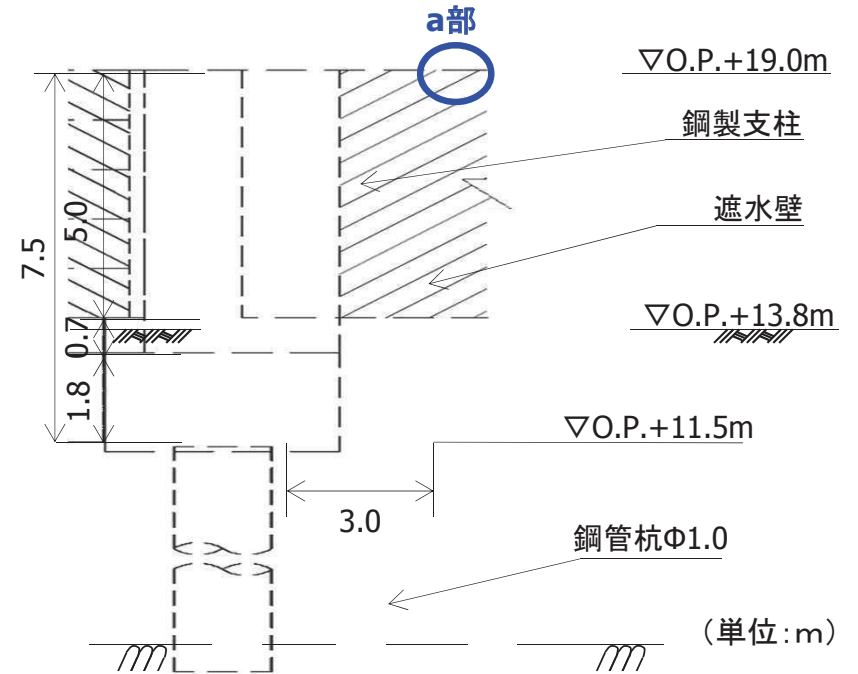
平面図
(2号炉海水ポンプ室 BL.6)



a部詳細図(平面図)



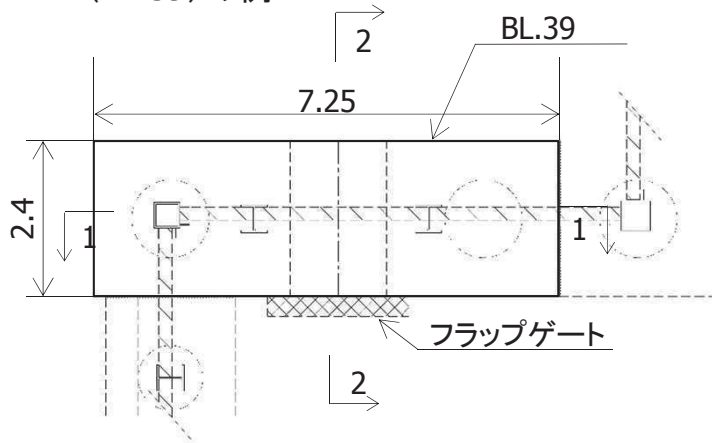
断面図[1-1]
(2号炉海水ポンプ室 BL.6)



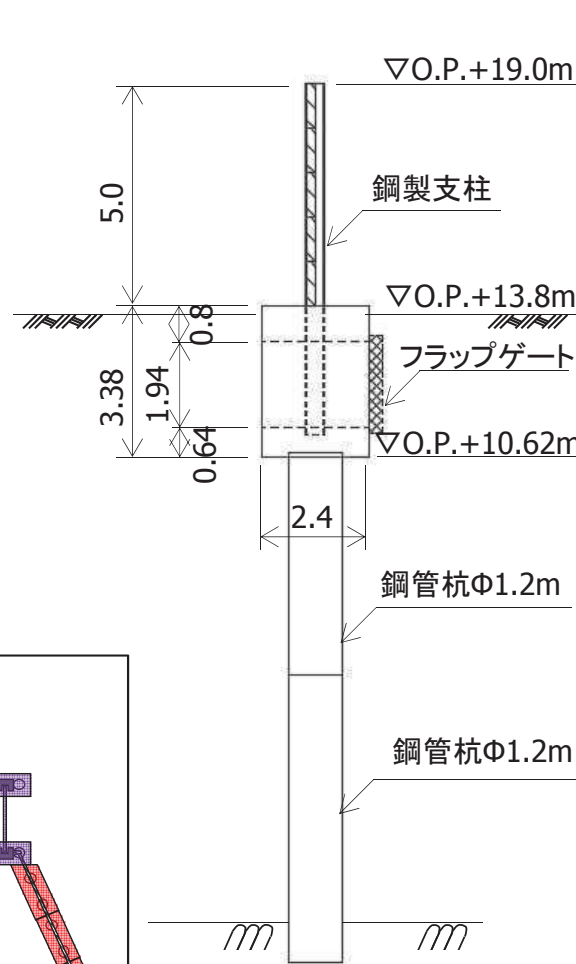
正面図[2-2]
(2号炉海水ポンプ室 BL.6)

補足説明資料1. 構造概要図 【⑦PCパネル遮水壁フラップゲート取付部(1/2)】

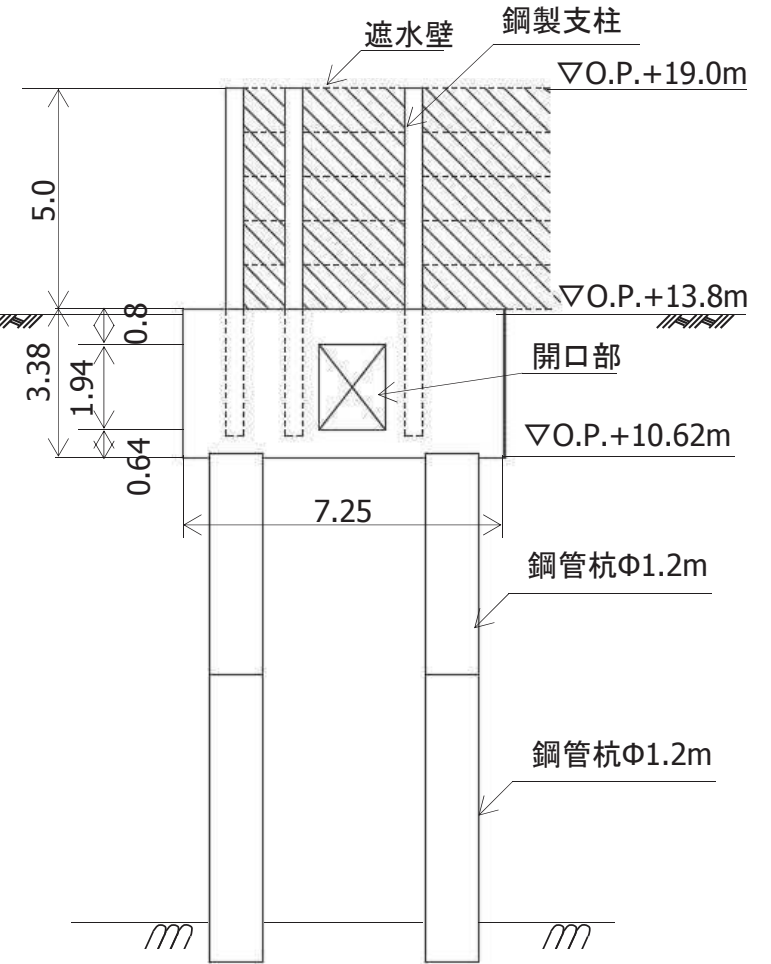
- 2号炉放水立坑防潮壁 (BL.39) の例



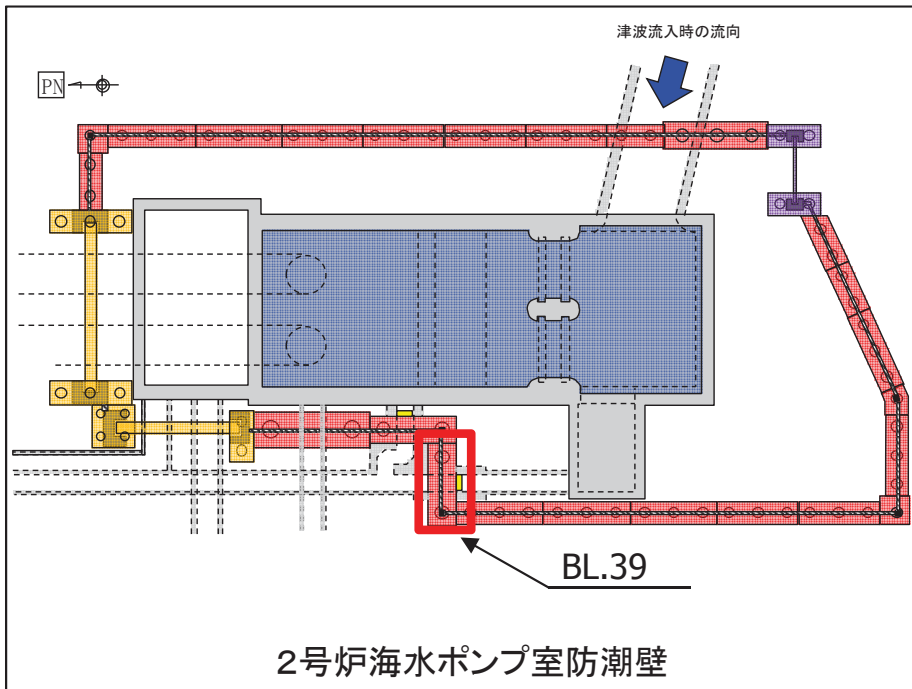
平面図
(2号炉放水立坑 BL.39)



断面図[1-1]
(2号炉放水立坑 BL.39)



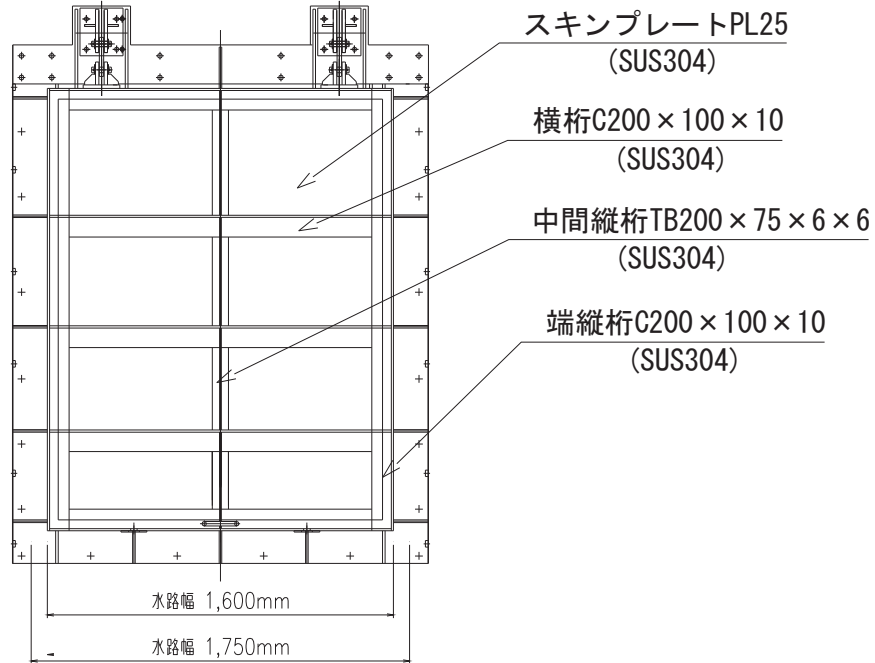
正面図[2-2] (単位:m)
(2号炉放水立坑 BL.39)



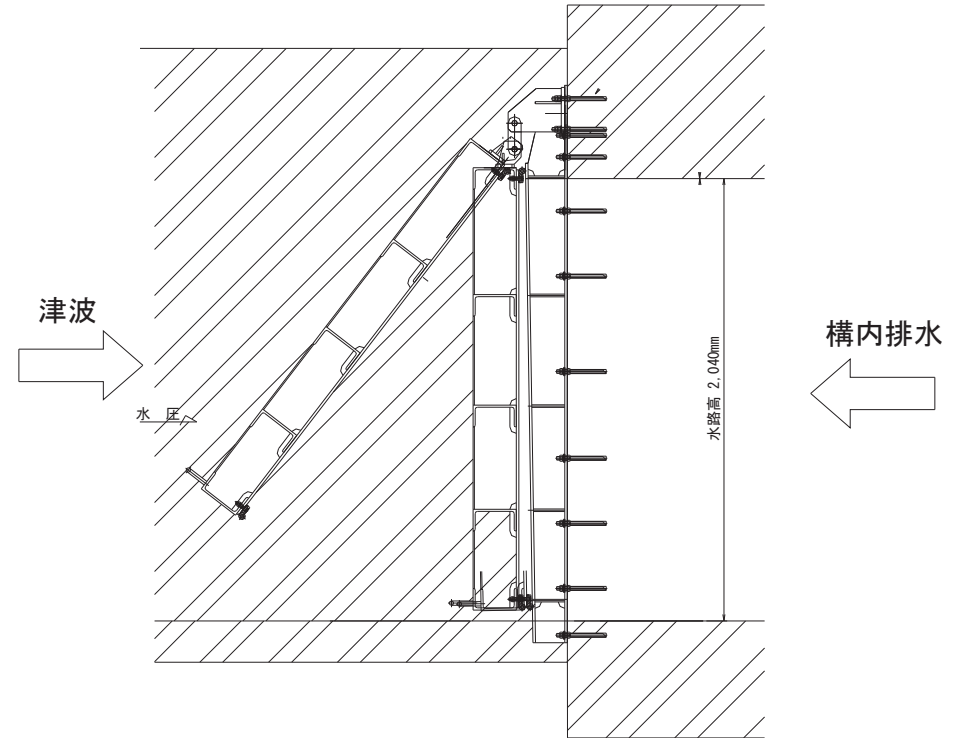
2号炉海水ポンプ室防潮壁

補足説明資料1. 構造概要図 【⑦PCパネル遮水壁フラップゲート取付部(2/2)】

- 2号炉放水立坑防潮壁 (BL.39) の例



フラップゲート正面図
(2号炉放水立坑 BL.39)



フラップゲート断面図
(2号炉放水立坑 BL.39)

補足説明資料2. 一般産業施設における類似構造の施工例

補足説明資料2. 一般産業施設における類似構造の施工例①【PCパネル遮水壁】

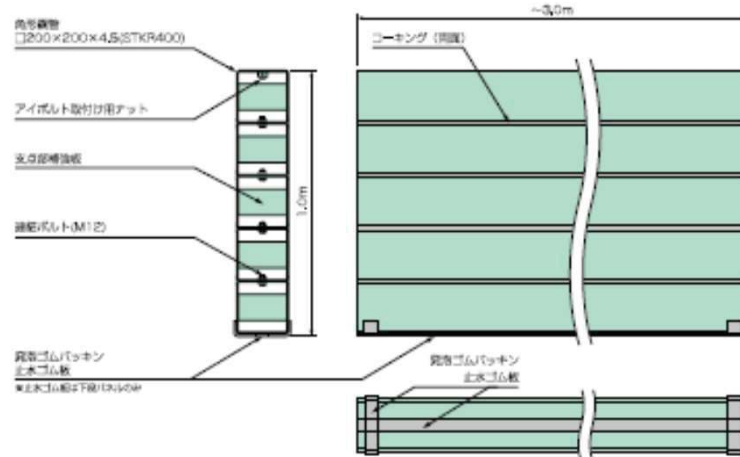
- 一般産業施設におけるPCパネル遮水壁に類似した構造の施工例を以下に示す。
 - 事例①: 日鐵住金建材株式会社 マリンバリア・・・鋼製支柱とパネル構造の壁を組み合わせた止水機構
 - 事例①-1: 徳島県鳴門市 高潮対策工事(徳島河川国道事務所)
 - 事例①-2: 山口県防附市 高潮対策工事(山口県防附土木事務所)



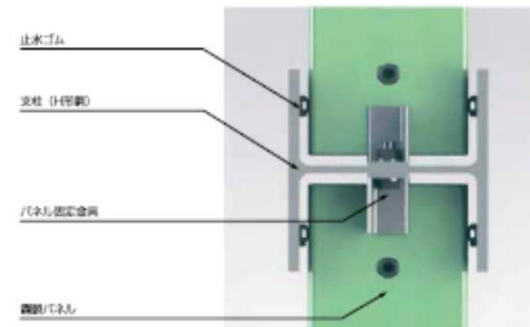
事例①-1



事例①-2



構造図①-1

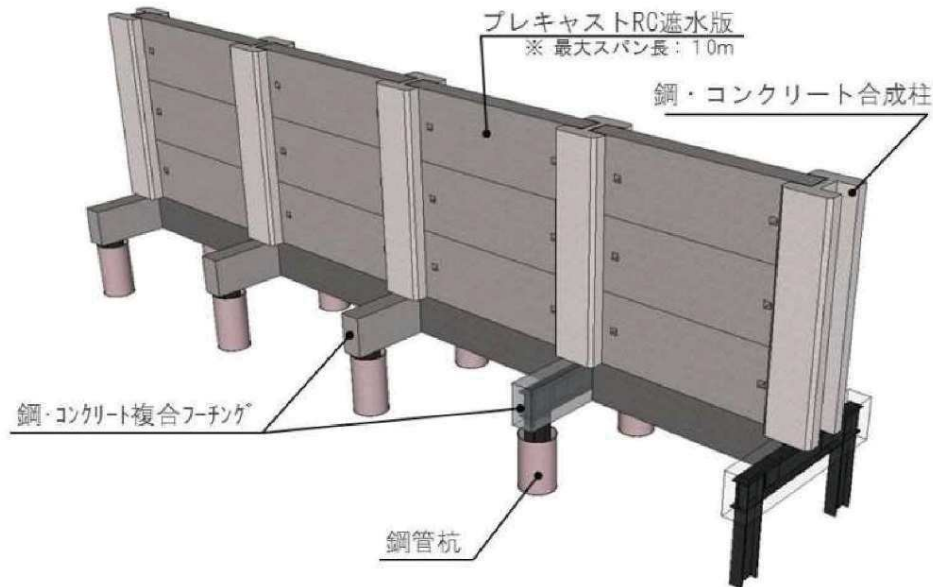


構造図①-2(支柱部)

出典: 日鐵住金建材株式会社 マリンバリア
<https://www.ns-kenzai.co.jp/pdf/bousai/C305marine.pdf>

補足説明資料2. 一般産業施設における類似構造の施工例②【PCパネル遮水壁】

- 一般産業施設におけるPCパネル遮水壁に類似した構造の施工例を以下に示す。
 - 事例②: ジオスター株式会社 プレキャスト防潮堤 …支柱にパネル構造の壁体を組み合わせた止水機構(防潮堤)



事例②



(試験施工状況)

出典: ジオスター株式会社 プレキャスト防潮堤
<http://www.geostr.co.jp/product/>

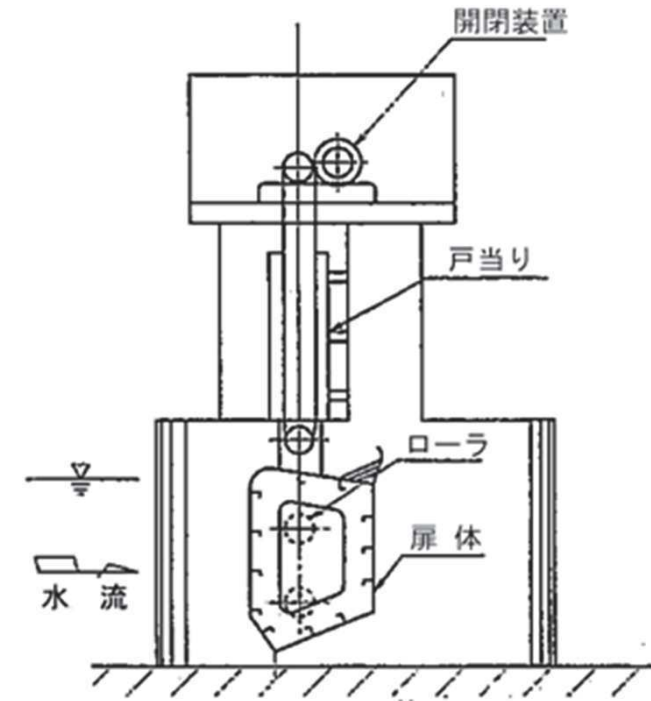
補足説明資料2. 一般産業施設における類似構造の施工例③ 【鋼製遮水壁】

- 一般産業施設における鋼製遮水壁に類似した構造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支柱とシェル構造の鋼製壁を組み合わせた止水機構(防潮堤)
 - 事例④: 鮎田水門(国土交通省)
 - ・・・RC支柱とシェル構造の鋼製壁を組み合わせた止水機構(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/>

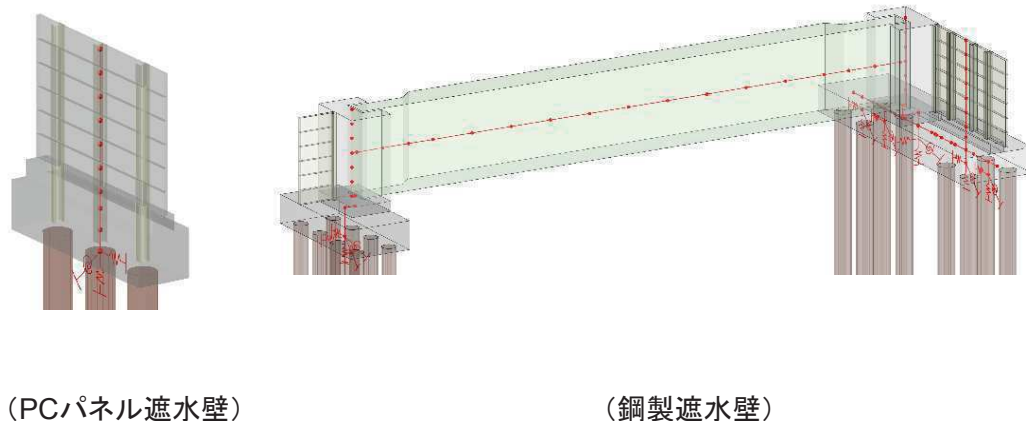


事例④

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3. 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。
(地盤ばねモデルにおける杭応力の照査においては応答変位法との併用)
- 現状の解析手法は、上部工を質点系でモデル化し、基礎フーチング下端に杭と地盤をモデル化したSRばねを取り付けた地震応答解析を実施しているが、上記のモデルによる補足検討を行うことにより、地盤と杭の動的相互作用をより適切に表現することが可能と考えられる。



現行の解析モデル概要図

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

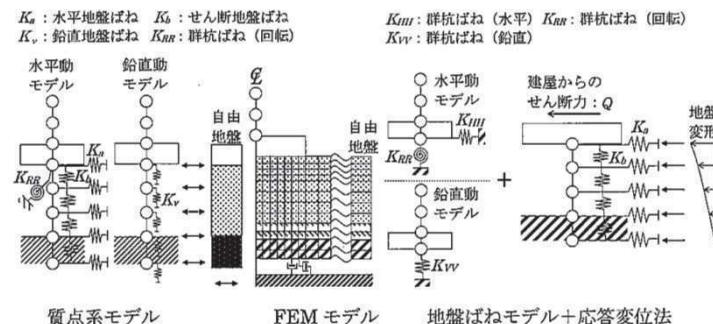
a. 地震応答解析モデルへの入力地震動

地盤ばねモデルやFEMモデルの地盤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。

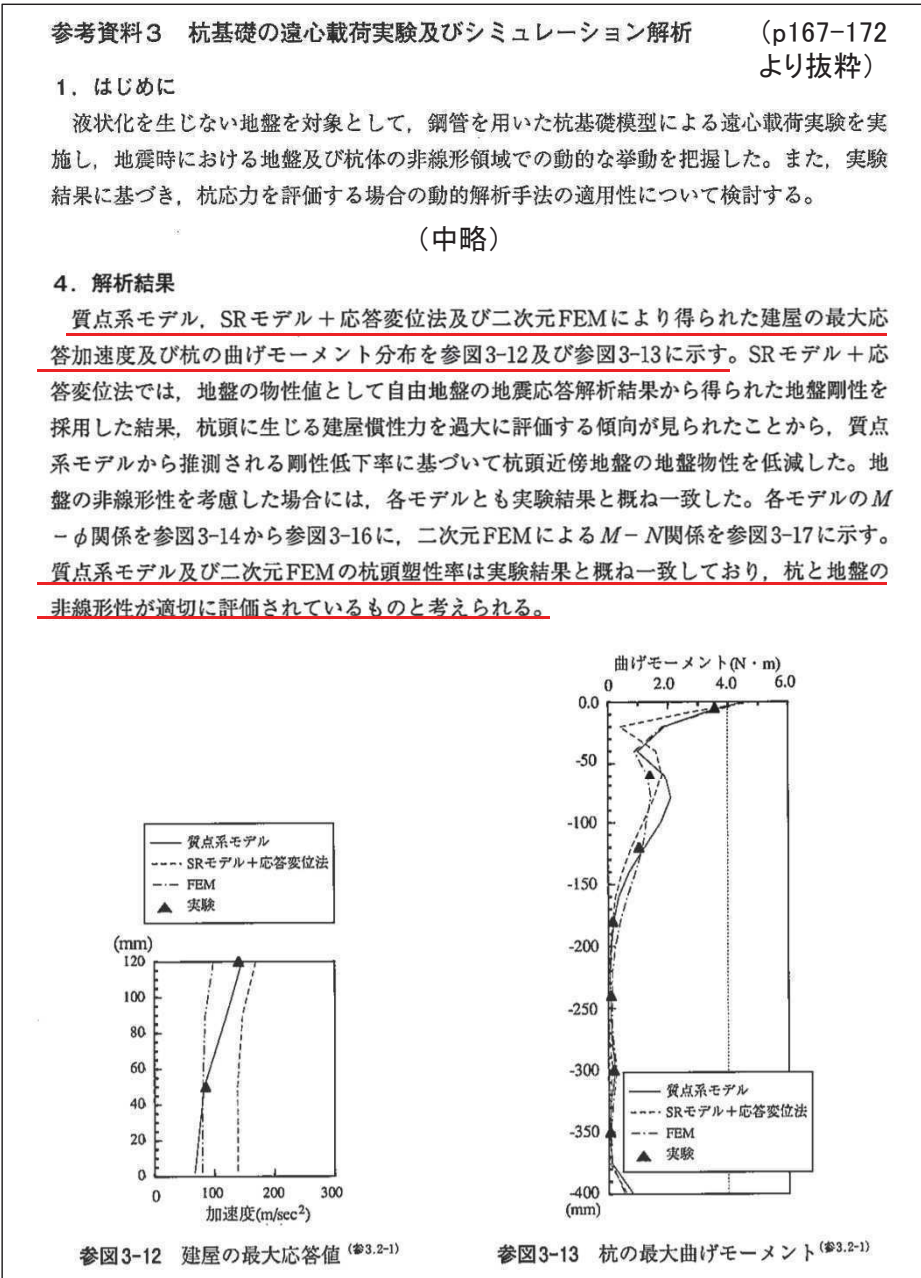
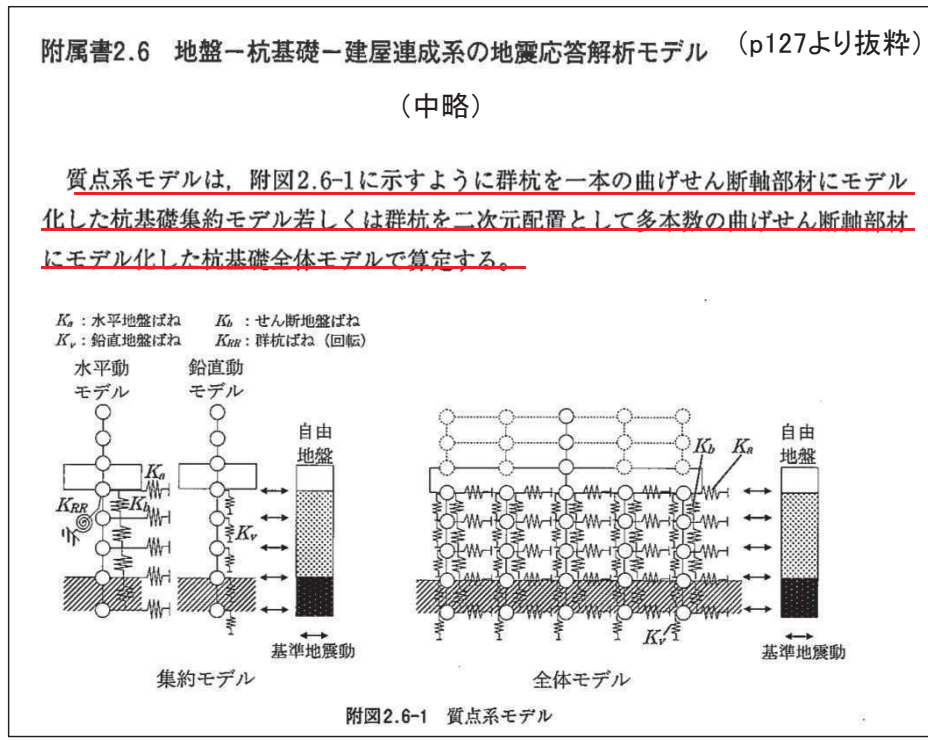
- ① 中間貯蔵建屋、杭基礎及び地盤を一体として、質点系モデルやFEMモデルを用いて地震応答解析を行う方法
- ② 杭基礎と地盤を等価な地盤ばねに置換した地盤ばねモデルを用いて地震応答解析を行う方法。杭応力は、別途応答変位法^(2.4.3-2)などを用いて算定する。



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

- 「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いる。
- 現状の解析手法は、上部工を集約型の質点系でモデル化しているが、PCパネル遮水壁及び鋼製遮水壁の構造(3次元的な変形モードが想定されること、構成部材が柱と梁部材等の線部材であることを踏まえると、全体モデルとして構成要素毎に質点系で表現することによって、より精緻な評価が可能となる。
- なお、質点系モデルの適用においては、他手法との比較検証により妥当性を確認する必要がある(変位置、加速度、杭曲げモーメント)。



「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)(p127, p167~172)」より抜粋

補足説明資料4. 止水目地の性能試験結果

1. 止水目地①, ② (PCパネル遮水壁)

- 止水目地①及び②の性能試験結果を以下に示す。
- 試験は、油圧ジャッキを用いてゴムに圧縮力を作用させた後、手動グラウトポンプを用いてドーナツ型の供試体に水圧を作用させ、漏水・損傷の有無を確認した。
- 試験の結果、漏水及び止水ゴムの損傷ともに見られず、止水性を有することを確認した。

対象目地	仕様	漏水の有無	損傷の有無	試験結果
①	PCパネル遮水壁-鋼製支柱間 (平型ゴム・クロロブレンゴムt=10mm)	無	無	合格
②	PCパネル間 (平型ゴム・クロロブレンゴムt=5mm)	無	無	合格

試験条件

(試験水圧) ①, ②共通

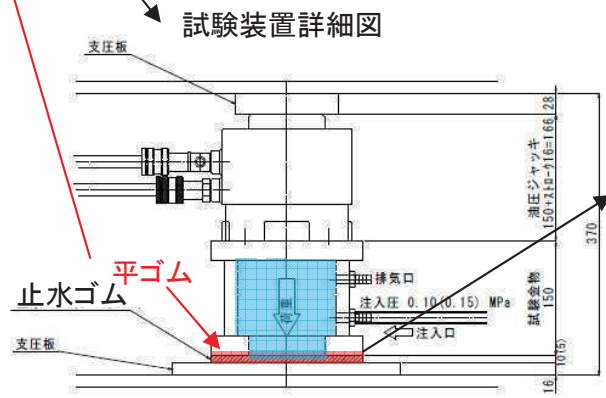
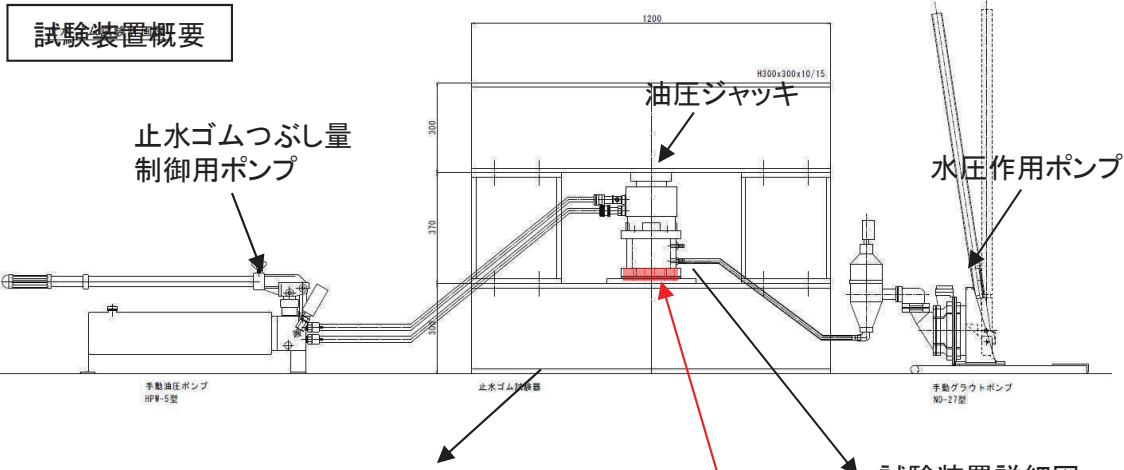
- 0.15Mpa
→津波水圧+余震時の動水圧に安全余裕を考慮して設定

(水圧保持時間) ①, ②共通

- 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

(ゴム圧縮力)

- ①: 0.2mm相当
→施工管理値 (0.2mm以上)
- ②: 200kN/mm²
→PCパネル自重の80%相



供試体(止水目地①-1相当)
φ200mm×φ100mm(穴抜き) 厚さ10mm



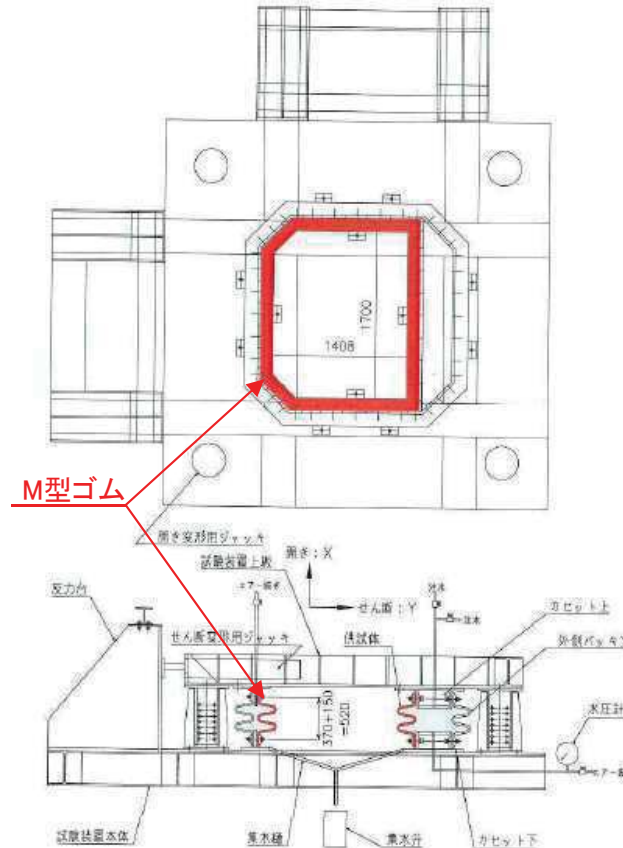
供試体(止水目地①-2相当)
φ200mm×φ100mm(穴抜き) 厚さ5mm

2. 止水目地③・④(鋼製遮水壁-海水ポンプ室横断面部・地中構造物横断面部)(1/2)

- 止水目地③及び④の性能試験結果を以下に示す。
- 性能試験は、地震時を模擬した変形試験と津波+余震時を模擬した変形+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、漏水・損傷の有無を確認した。

対象目地	仕様
③	可とう継手(M型ゴム)・クロロプレンゴムt=16mm
④	

試験装置概要



試験条件

(1) 変形試験

(変形量※) ※: 計算結果に対して安全余裕を考慮して設定

- 開き: 400mm
- せん断: 500mm
- 上下: 500mm

(繰り返し回数)

- 10回

(2) 変形+耐圧試験

(変形量※) ※: 計算結果に対して安全余裕を考慮して設定

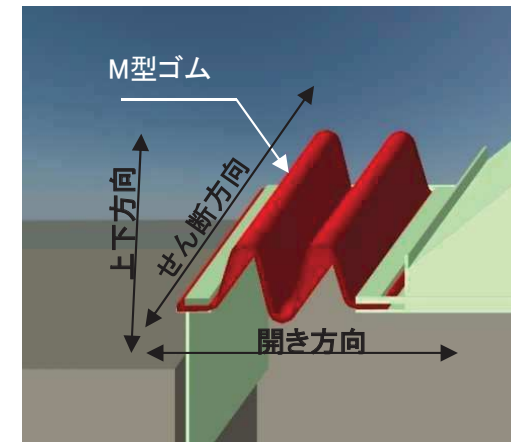
- 開き: 200mm
- せん断: 250mm
- 上下: 250mm

(試験水圧)

- 0.15Mpa
津波水圧+余震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

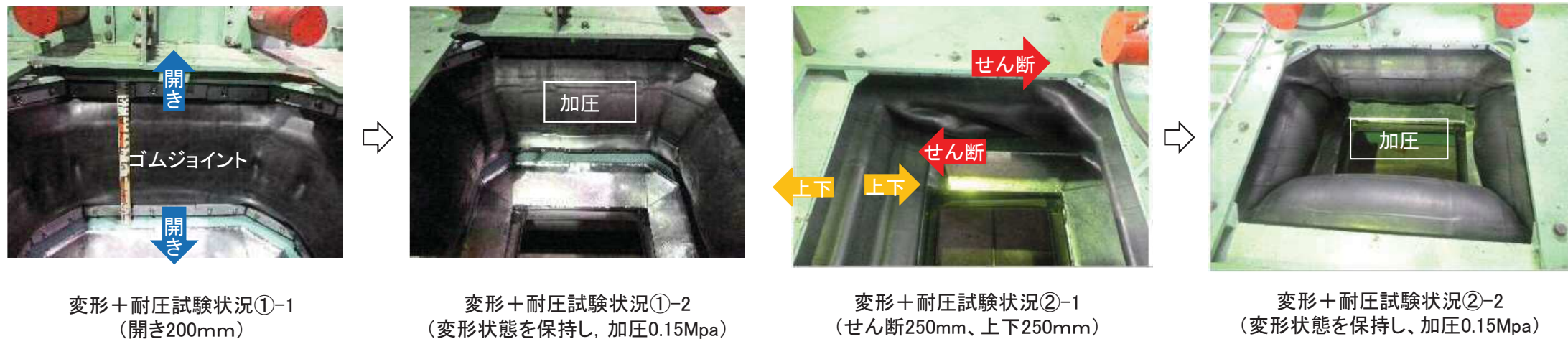
2. 止水目地③・④(鋼製遮水壁-海水ポンプ室横断部・地中構造物横断部)(2/2)

- 試験の結果, 漏水及び止水ゴムの損傷ともに見られず, 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



3. 止水目地⑤・⑥(鋼製遮水壁-車両進入路)

- 止水目地⑤及び⑥の性能試験結果を以下に示す。
- 試験は、給水バルブを用いて供試体に水圧を作用させ、漏水・損傷の有無を確認した。
- 試験の結果、漏水及び止水ゴムの損傷ともに見られず、止水性を有することを確認した。

対象目地	仕様	漏水の有無	損傷の有無	試験結果
⑤	平型ゴム:クロロプレンゴムt=25mm (鋼桁-鋼桁間)	無	無	合格
⑥	P型ゴム:クロロプレンゴムΦ36mm (鋼桁-RC支柱間)	無	無	合格

試験条件 (⑤, ⑥共通)

(試験水圧)

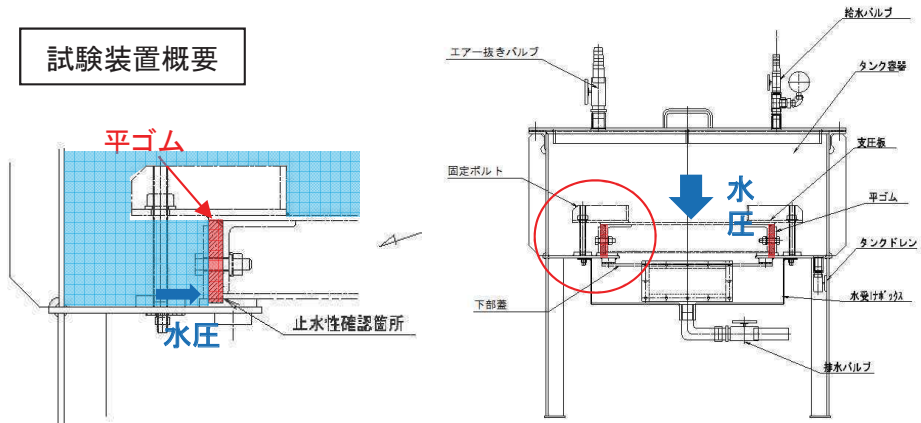
- 0.15Mpa
→津波水圧+余震時の動水圧に安全余裕を考慮して設定

(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

止水目地⑤

試験装置概要



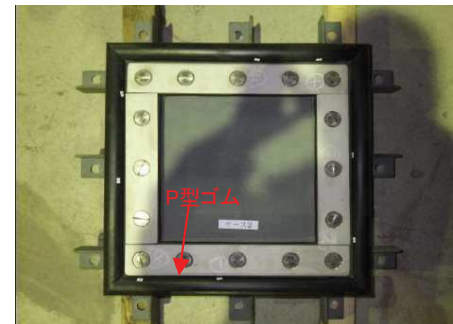
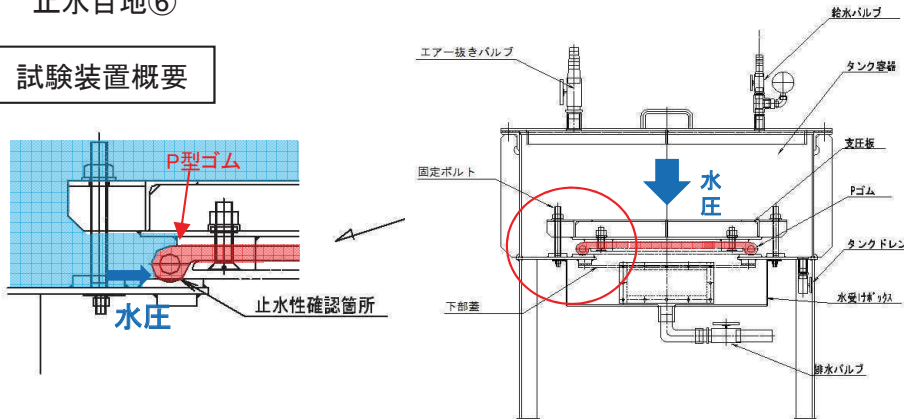
供試体外観-止水目地⑤



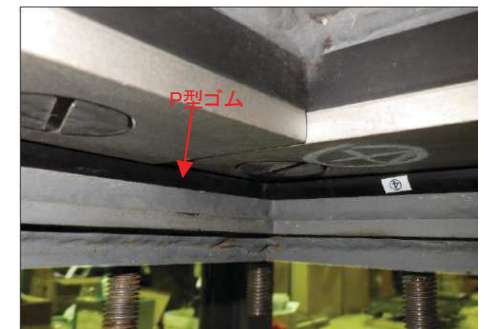
耐圧試験状況-止水目地⑤

止水目地⑥

試験装置概要



供試体外観-止水目地⑥



耐圧試験状況-止水目地⑥

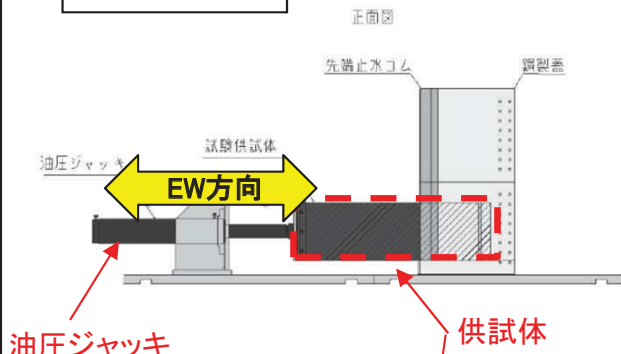
4. 止水目地⑦(RC遮水壁-防潮堤間)(1/2)

- 止水目地⑦の性能試験結果を以下に示す。
- 性能試験は、地震時を模擬した変形試験と津波+余震時を模擬した変形+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。

対象目地	仕様
⑦	可とう継手(スライド型)・クロロプレンゴムt=50mm

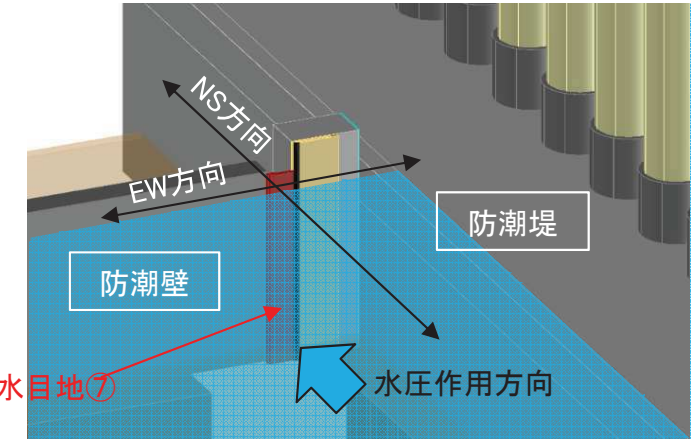
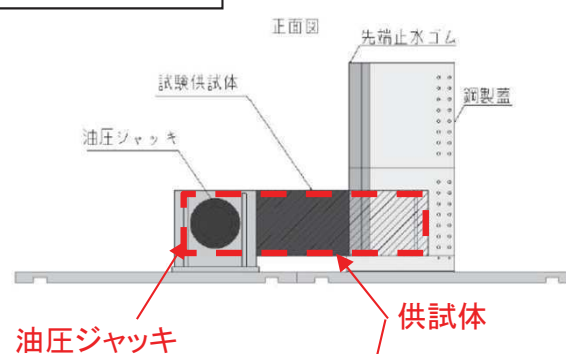
変形試験

試験装置概要 (EW方向)



試験装置概要 (NS方向)

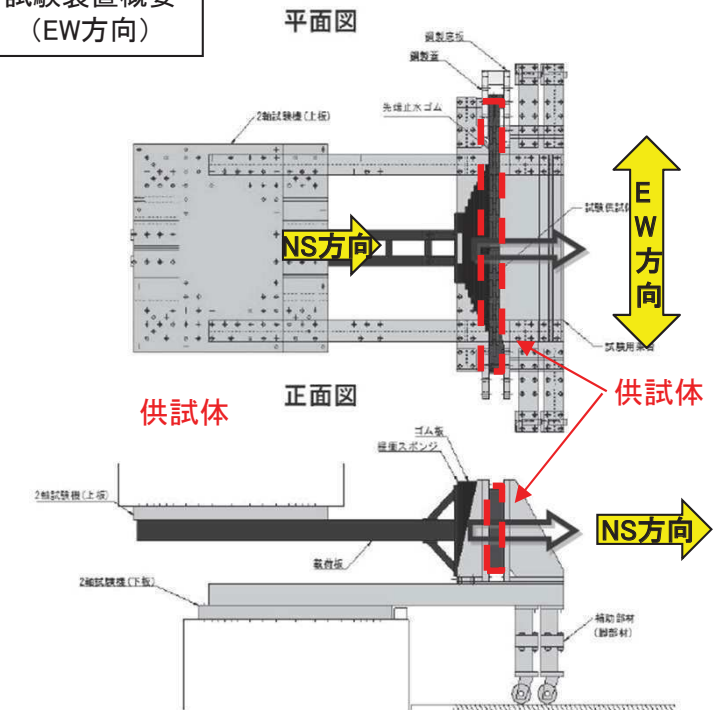
NS方向 (紙面奥行き方向)



変形方向イメージ

変形+耐圧試験

試験装置概要 (EW方向)



4. 止水目地⑦(RC遮水壁-防潮堤間)(2/2)

- 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

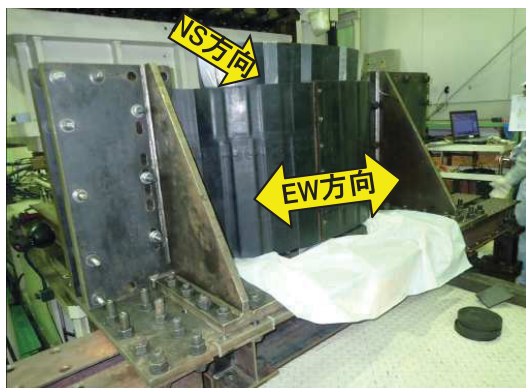


変形試験状況 (EW方向)



変形試験状況 (NS方向)

変形+耐圧試験



変形+耐圧試験状況①
(変形状態を保持し, 0.15Mpa相当を載荷)



変形+耐圧試験状況①
(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※) ※:計算結果に対して安全余裕を考慮して設定

- NS:500mm
- EW:550mm

(繰り返し回数)

- 10回

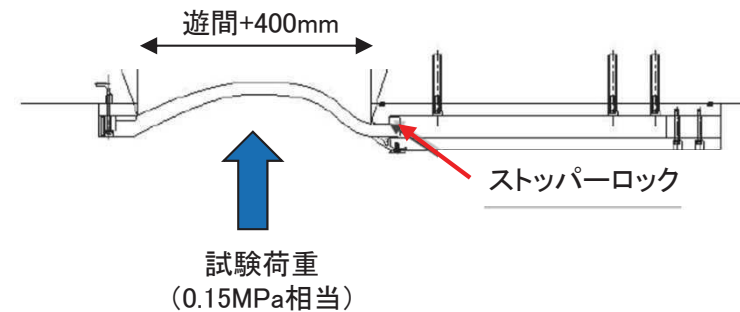
(2)変形+耐圧試験

(変形量※) ※:計算結果に対して安全余裕を考慮して設定

- 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

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. 日鐵住金建材株式会社 マリンバリア
<https://www.ns-kenzai.co.jp/pdf/bousai/C305marine.pdf>
4. ジオスター株式会社 プレキャスト防潮堤
<http://www.geostr.co.jp/product/>
5. 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/>
6. 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
7. 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)