

島根原子力発電所 2号炉 津波による損傷の防止

論点 3「防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性」関連

(コメント回答)

令和元年10月
中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません

No.	審査会合日	指摘事項の内容	回答頁
3	H31.2.26	<p>[論点 3]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・防波壁の構造及び支持地盤周辺地盤を含めた設置状況を把握するとともに、先行炉の審査実績を踏まえ、島根原子力発電所の特性を考慮した上で防波壁の構造成立性について整理して説明すること。 ・なお、この整理にあたって、類似する先行炉の津波防護施設の構造、地盤などの周辺環境を含む設計条件・評価手法等との相違の有無を整理すると共に、島根原子力発電所の特有の技術的課題を抽出して提示すること。 	2～83
49※	H31.4.9 第4条 (地震による 損傷の防止)	<p>[論点Ⅱ-31:フレーム解析モデル(線形)の適用]</p> <ul style="list-style-type: none"> ・防波壁の耐震評価については、耐津波設計方針における指摘と併せ、耐震の観点として、荷重及び荷重の組合せ、許容限界、設備への加速度応答に対する配慮などを含めて説明すること。 	52,58

※第4条(地震による損傷の防止)における指摘事項: No.11

審査会合における指摘事項に対する回答【No.3】

■ 指摘事項

【No.3 (論点3) 防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性】

- 防波壁については、波返重力擁壁、鋼管杭式擁壁等の複数の構造形式があること、また、多様な支持地盤、周辺地盤の構成であること、取水路等を跨いで設置する箇所があること、防波壁東西端の地山斜面との接続部の構造などから、防波壁の構造及び支持地盤周辺地盤を含めた設置状況を把握するとともに、先行炉の審査実績を踏まえ、島根原子力発電所の特性を考慮した上で防波壁の構造成立性について整理して説明すること。
 - なお、この整理にあたって、類似する先行炉の津波防護施設の構造、地盤などの周辺環境を含む設計条件・評価手法等との相違の有無を整理すると共に、島根原子力発電所の特有の技術的課題を抽出して提示すること。
- (確認したい事項)
- ・防波壁の構造・仕様、支持地盤及び周辺地盤の地質の網羅的な提示
 - ・先行炉実績との類似点、相違点の整理
 - ・先行炉実績との類似点を踏まえた先行炉実績の設計方針の適用性
 - ・先行炉実績との相違点を踏まえた構造成立性

【(4条 論点Ⅱ-28) 時刻歴応答解析(有効応力解析)の適用】

【(4条 論点Ⅱ-30) 限界状態設計法の適用(降伏モーメント及びせん断応力度による評価)】

【No.49 (4条 論点Ⅱ-31) フレーム解析モデル(線形)の適用】

- 防波壁の耐震評価については、耐津波設計方針における指摘と併せ、耐震の観点として、荷重及び荷重の組合せ、許容限界、設備への加速度応答に対する配慮などを含めて説明すること。

■ 回答

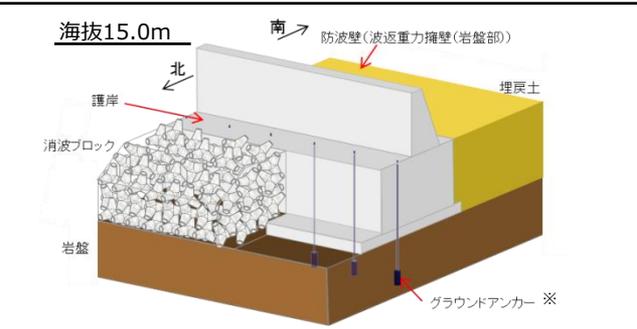
- ・1章では防波壁の設計方針の概要について示す(P3~5)。
- ・2章では構造図等により防波壁の構造・仕様について示す(P6~31)。
- ・3章では地質縦断図、横断図により防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質について示す(P32~51)。
- ・4章では防波壁の基本設計方針について示す。
- ・4.1章では防波壁の設計方針・解析手法について示す。また、4条 論点Ⅱ-28,30,31についても併せて回答する(P52~61)。
- ・4.2章では先行炉実績との類似点・相違点の整理した上で、類似点については先行炉実績の設計方針の適用性について説明し、また、相違点についてはそれを踏まえた構造成立性の見通しについて説明する(P62~68)。

1. 概要

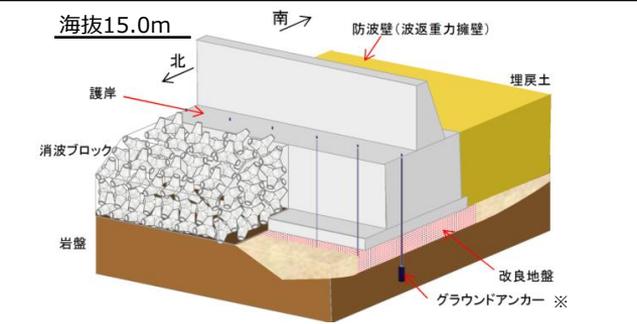
1.1 防波壁の構造型式

- 防波壁の構造型式は、鉄筋コンクリート壁であり、さらに多重鋼管杭式擁壁、鋼管杭式逆T擁壁及び波返重力擁壁に分類。また、波返重力擁壁は、改良地盤部と岩盤支持に分類。
- 防波壁は津波荷重や地震荷重に対して、端部も含めて津波防護機能を十分に保持。また、目地部について適切に止水対策を実施。

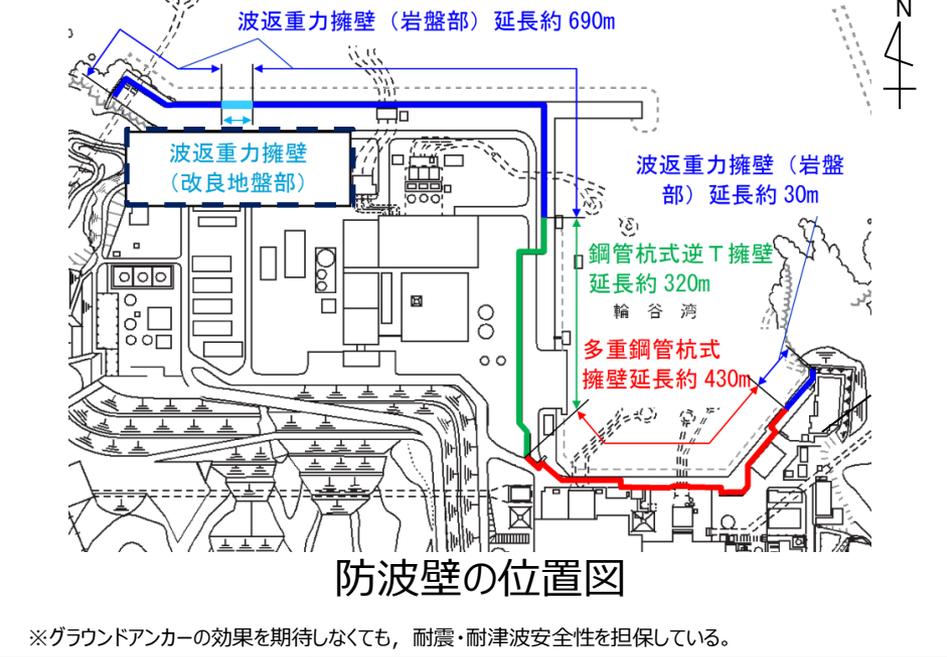
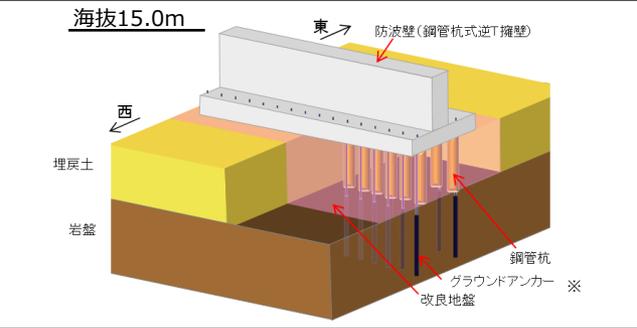
**波返重力擁壁
(岩盤支持)**



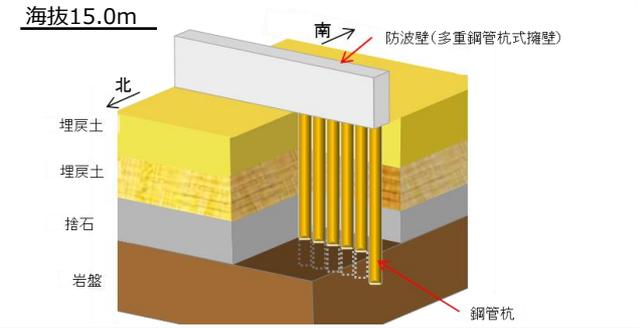
**波返重力擁壁
(改良地盤部)**



**鋼管杭式逆T擁壁
(岩盤支持)**



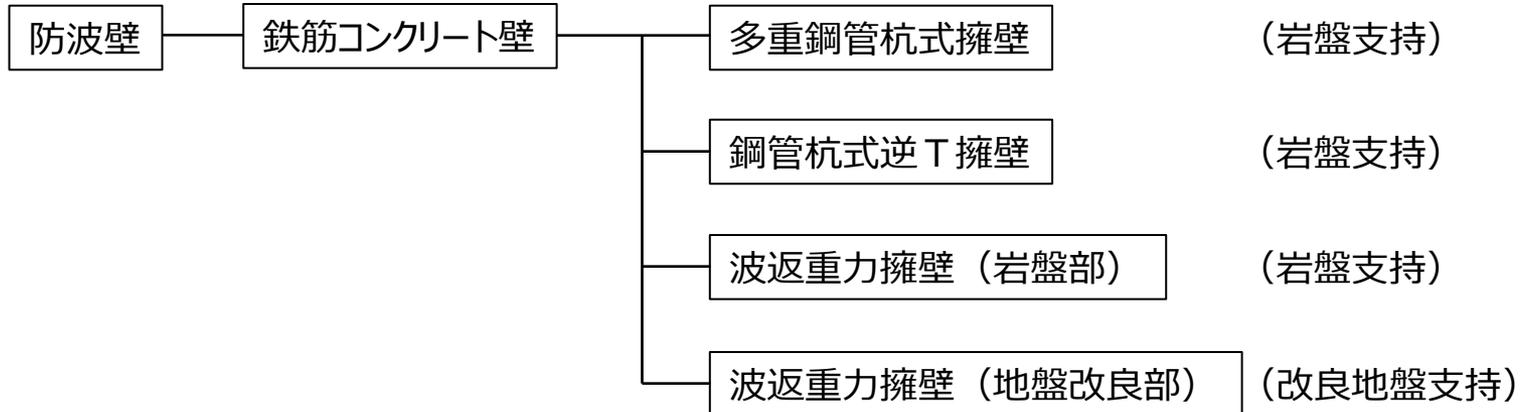
**多重鋼管杭式擁壁
(岩盤支持)**



1. 概要

1.2 防波壁の設計方針

- 津波防護施設として防波壁に求められる要求機能は、繰り返しの襲来を想定した遡上波に対して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、構造全体として変形能力について十分な余裕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、基準津波による遡上波に対し余裕を考慮した防波壁高さを確保するとともに、構造体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。
島根原子力発電所においては、入力津波に対して、高さEL+15mの防波壁を設置し、地震時の変位や変形を考慮しても十分な余裕を確保した防波壁高さとなっている。
- 防波壁の構造型式は、鉄筋コンクリート壁であり、さらに多重鋼管杭式擁壁、鋼管杭式逆T擁壁及び波返重力擁壁に分類される。

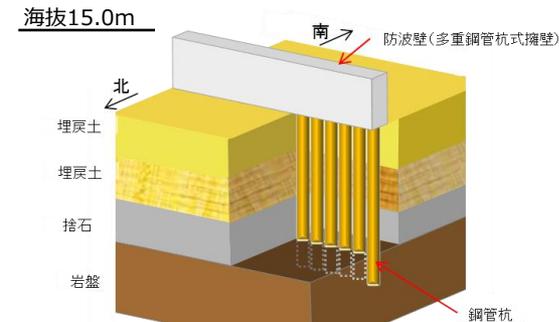


- 防波壁は、地震後及び津波後の再使用性と津波の繰り返し作用を考慮し、構造物全体の変形能力に対して十分な余裕を有するよう設計する。また、津波の検討においては地震による影響を考慮したうえで評価する。

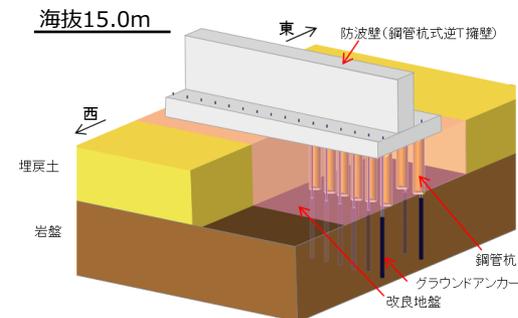
1. 概要

1.3 防波壁の構造選定

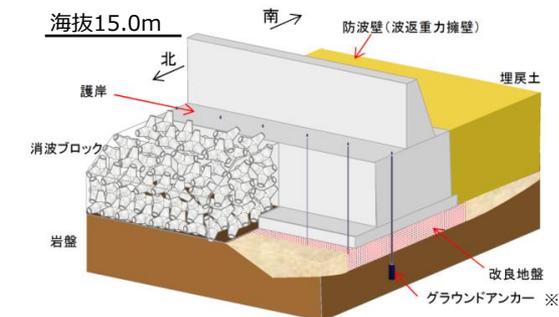
- 防波壁の構造選定の考え方を以下に示す。
- 多重鋼管杭式擁壁の構造選定
 - ・ 1, 2号炉北側の施設護岸は基礎捨石上に設置しており, 1, 2号炉北側の施設護岸と発電所施設は近接し, 狭隘である。
 - ・ 基礎を支持する岩盤の深さは, 最深約EL-14.5mである。
 - ・ 敷地の制約と岩盤深さを考慮し, 鋼管杭による杭基礎構造を選定し, 「港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成19年7月」(以下, 「港湾基準」という)の自立矢板式護岸に準拠し設計することとした。なお, 上部工から伝達される荷重に耐える構造とするため, 大口径の鋼管杭を多重化した。
 - ・ 上部工は下部から連続する鋼管杭(最内管)を被覆する鉄筋コンクリート造とした。
- 鋼管杭式逆T擁壁の構造選定
 - ・ 3号炉東側の一部の施設護岸は基礎捨石上に設置しており, 3号炉東側の施設護岸と発電所施設は十分な離隔距離がある。
 - ・ 基礎を支持する岩盤の深さは, 最深約EL-10.0mである。
 - ・ 岩盤深さを考慮し, 鋼管杭による杭基礎構造を選定し, 港湾基準の外郭施設(護岸)に準拠し設計を行った。
 - ・ 上部工は安定性を考慮し, 逆T構造の鉄筋コンクリート造とした。
- 波返重力擁壁の構造選定
 - ・ 3号炉北側の施設護岸は改良地盤または岩盤に直接設置している。
 - ・ 岩着構造の施設護岸を基礎とした直接基礎構造を選定し, 港湾基準の外郭施設(護岸)に準拠し設計を行った。
 - ・ 上部工は安定性を考慮し, 重力擁壁構造の鉄筋コンクリート造とした。



多重鋼管杭式擁壁



鋼管杭式逆T擁壁

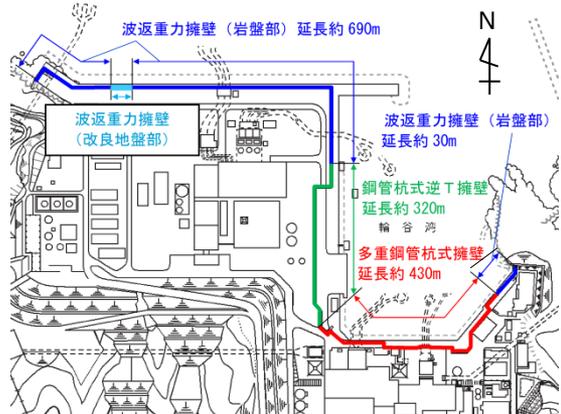


波返重力擁壁

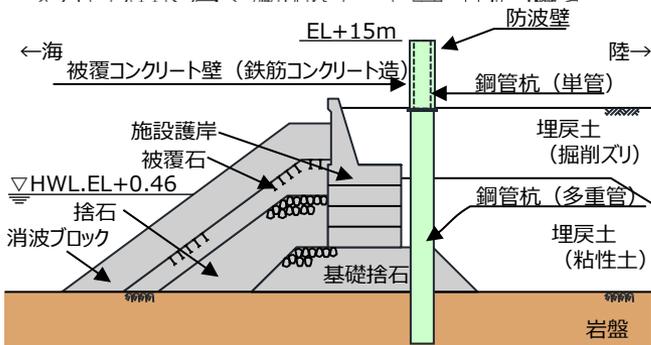
※グラウンドアンカーの効果を期待しなくても, 耐震・耐津波安全性を担保している。

2. 防波壁の構造・仕様

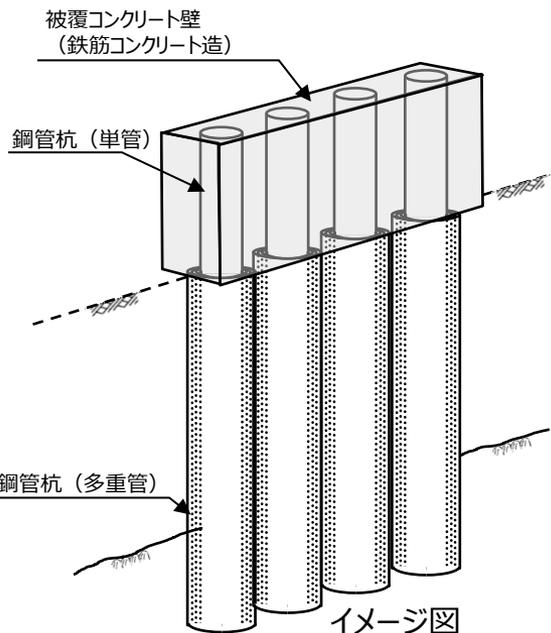
2.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 構造概要（1/8）



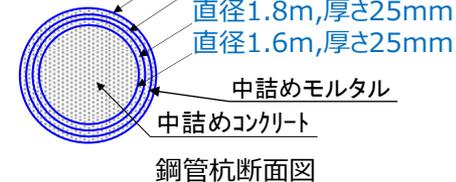
- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、1, 2号炉北側に配置し、鋼管杭を岩盤に打設する（根入れ深さ：5.0m程度）。
- 鋼管杭は、コンクリートで中詰めされた大口径管の多重構造を採用している。また、地中部では隣り合う多重鋼管杭間にセメントミルクを間詰めする。
- 被覆コンクリート壁は、下部の鋼管杭から連続する鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆した部材で構成される。鋼管杭6本程度を1ブロックの標準とした壁体を連続して設置する。このブロック間の境界には、止水性を確保するための止水目地（P30参照）を設置する。



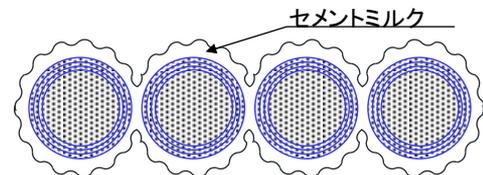
防波壁（多重鋼管杭式擁壁）断面図



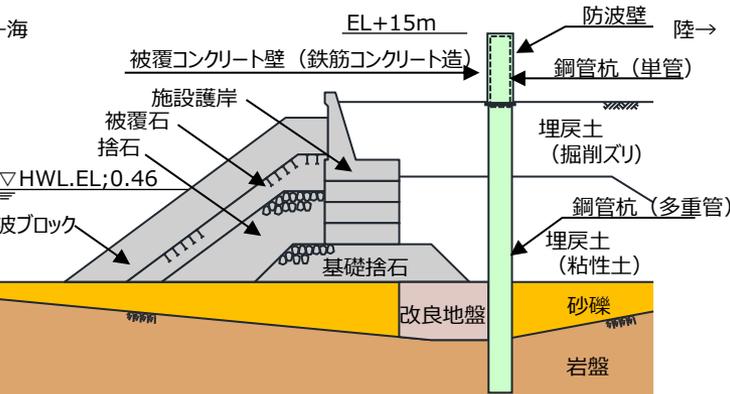
直径2.2m,厚さ25mm
 直径2.0m,厚さ25mm
 直径1.8m,厚さ25mm
 直径1.6m,厚さ25mm



鋼管杭断面図



地中部詳細平面図

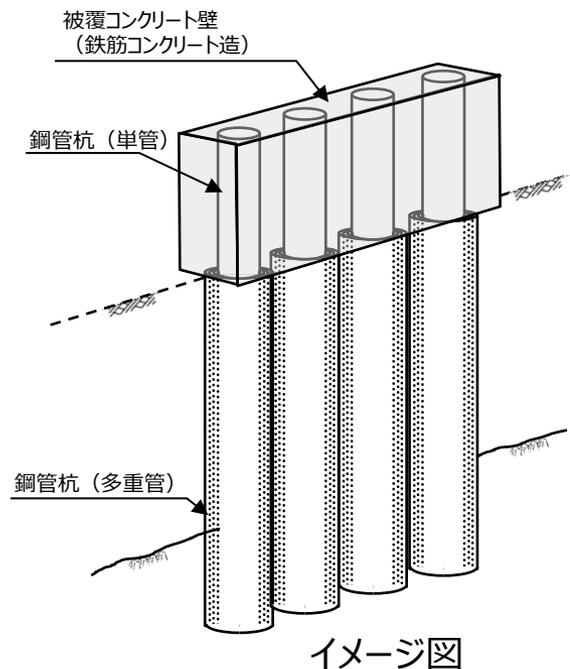


防波壁（多重鋼管杭式擁壁（改良地盤部））断面図

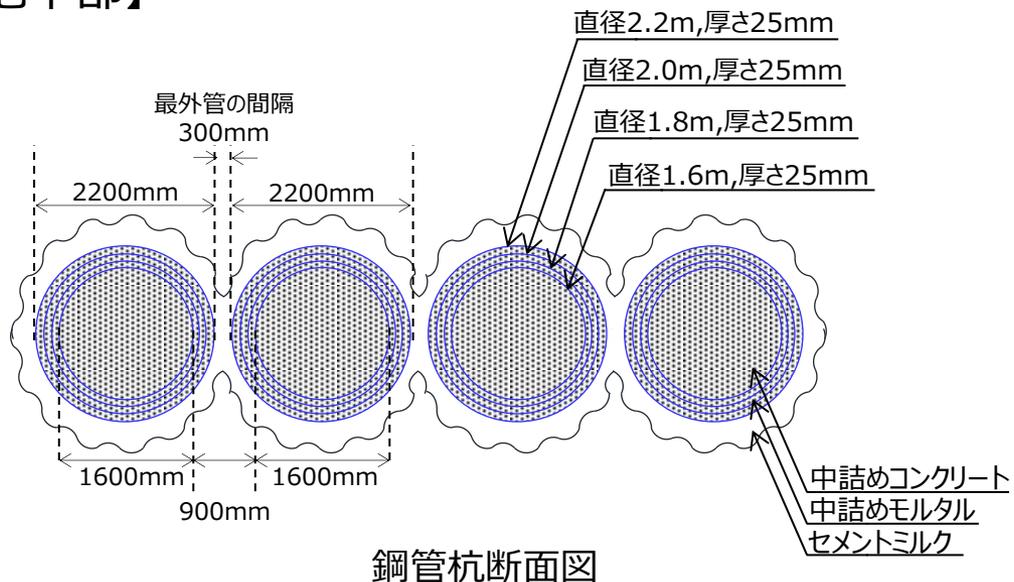
2. 防波壁の構造・仕様

2.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 構造概要（2/8）

- 地中部の鋼管杭の最外管の間隔は約30cmであり、隣り合う鋼管杭間はセメントミルクで間詰めされている。

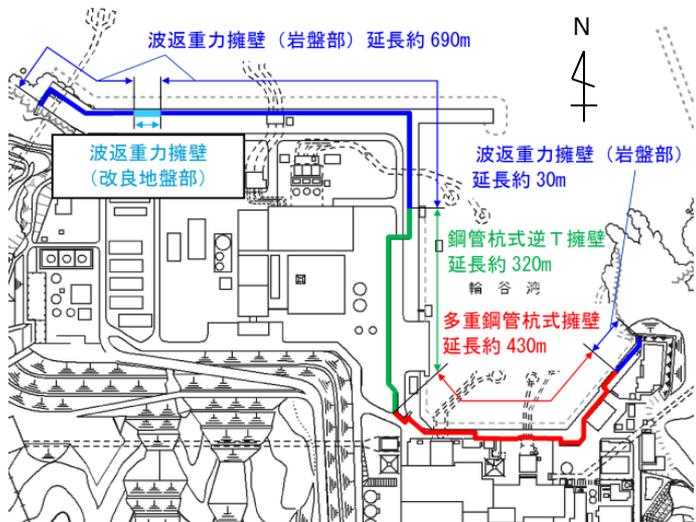


【地中部】

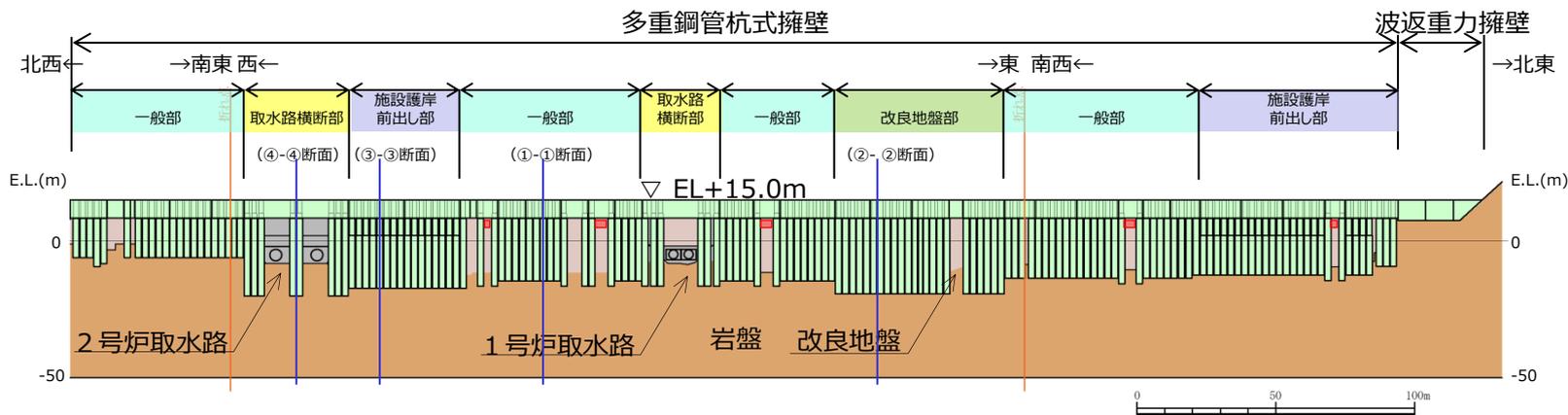
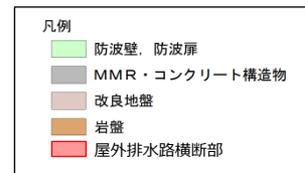


2. 防波壁の構造・仕様

2.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 構造概要（3/8）



- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の縦断図を以下に示す。
- 1, 2号炉北側全線にわたり多重鋼管杭を連続的に設置している。取水路及び屋外排水路設置箇所については、側方の鋼管杭に支持された上部工が横断する構造としている。また、横断部の地中については止水性を確保する観点から、地盤改良を実施する（地盤改良範囲については別添.1-2参照）。

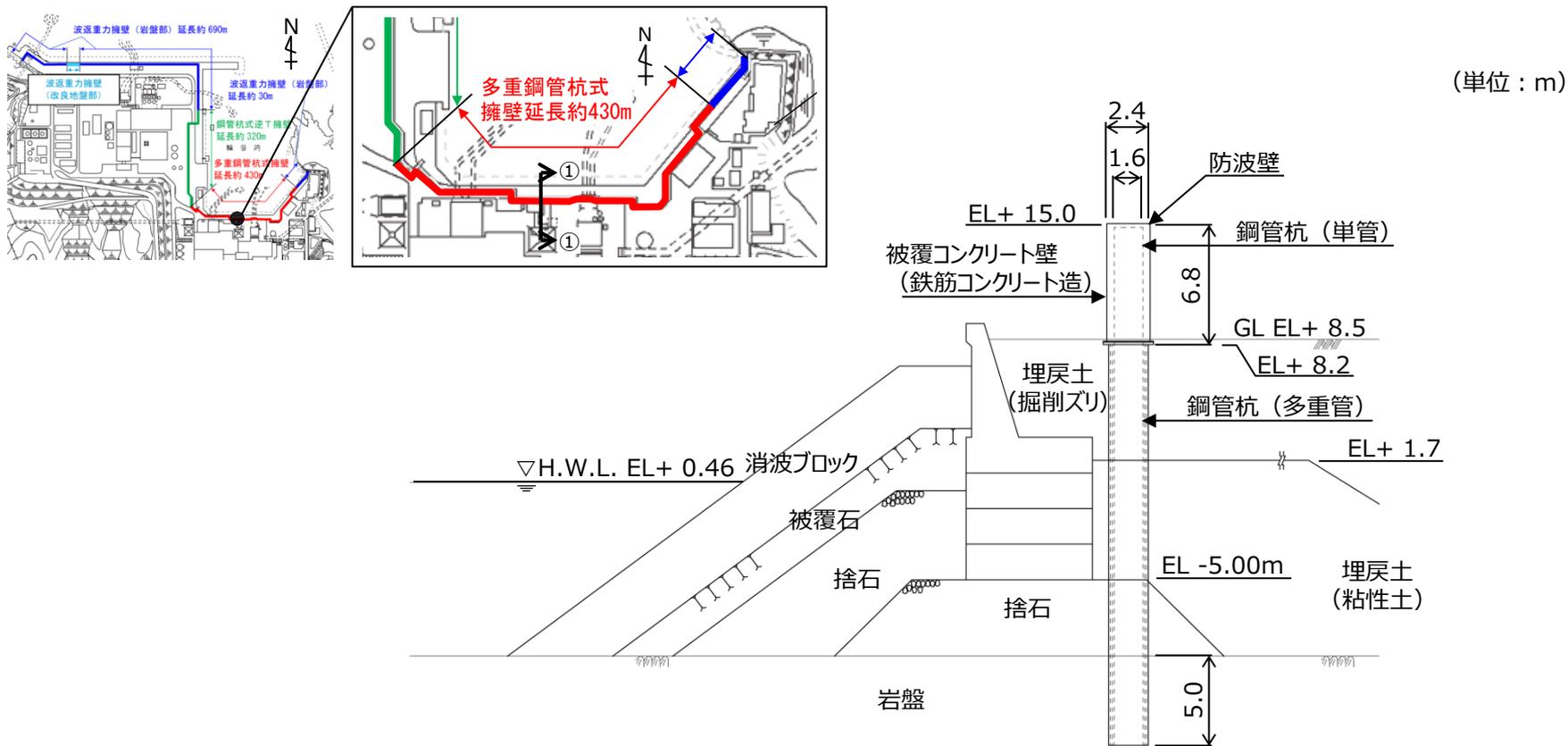


防波壁縦断図（多重鋼管杭式擁壁）

2. 防波壁の構造・仕様

2.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 構造概要（4/8）

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）一般部の構造を以下に示す。
- ①－①断面は、施設護岸の南側（陸側）に防波壁（多重鋼管杭式擁壁）が配置される。



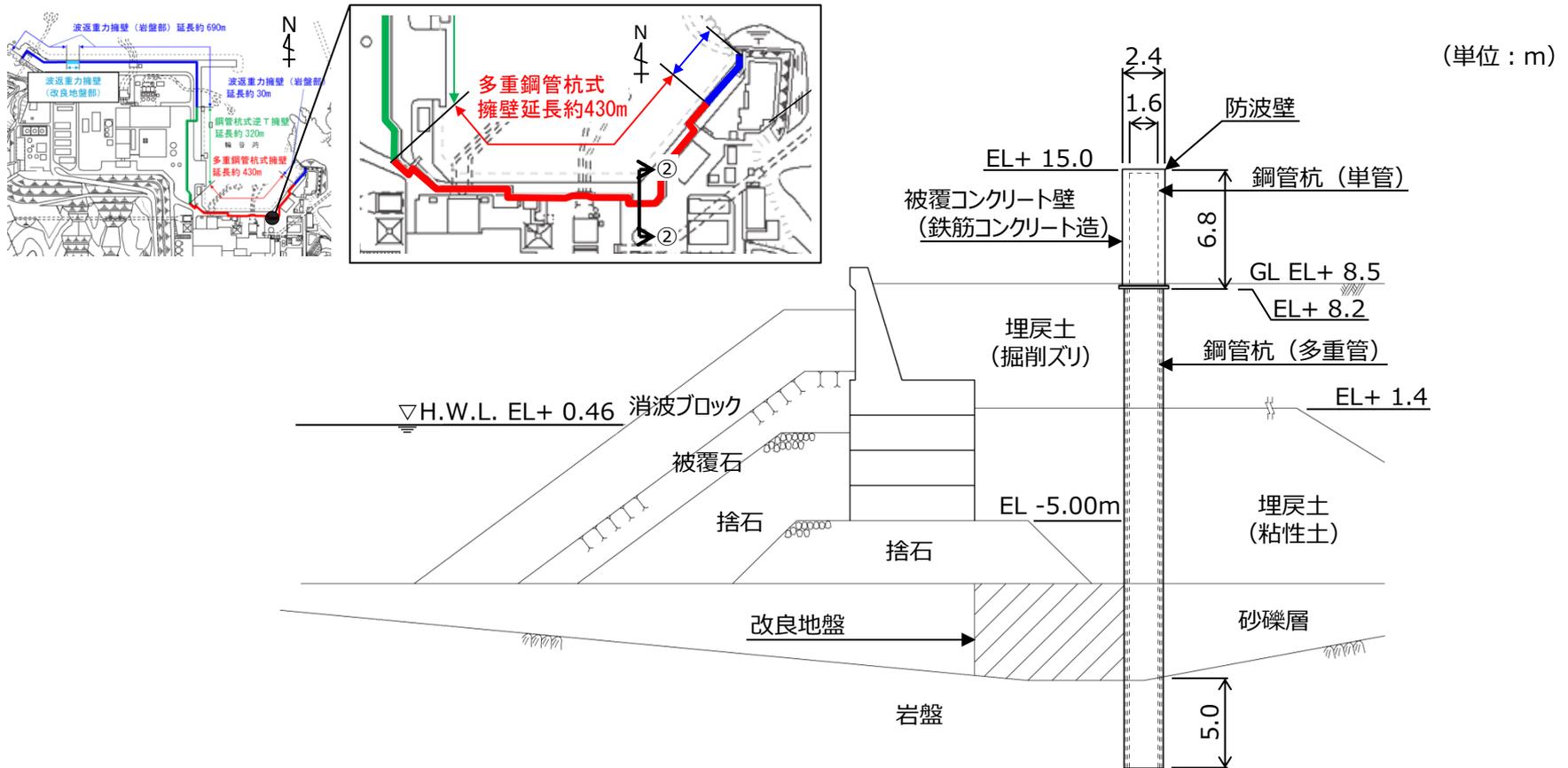
(単位：m)

防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 一般部（①－①断面） 断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 構造概要（5/8）

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）改良地盤部の構造を以下に示す。
- ②-②断面は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の南東角部に位置し、支持地盤が深く、杭長が最も長い箇所である。周辺の砂礫層（海側）に対しては、薬液注入工法により地盤改良を行っている。

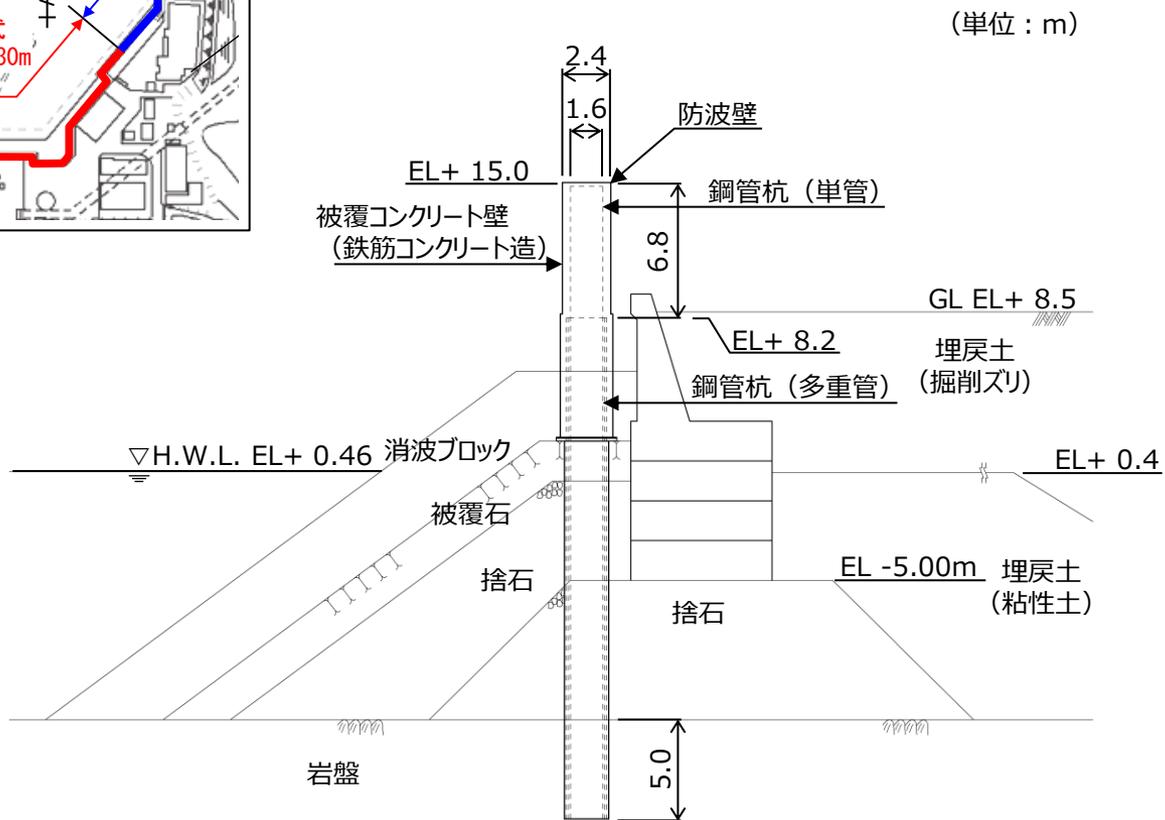
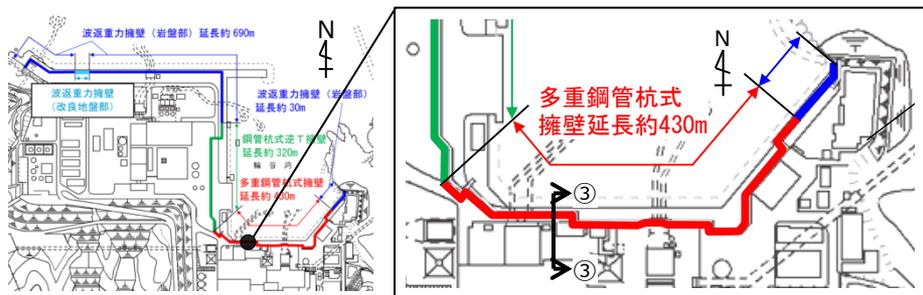


防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 改良地盤部（②-②断面） 断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 構造概要（6/8）

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）施設護岸前出し部の構造を以下に示す。
- ③－③断面は、施設護岸の北側（海側）に防波壁（多重鋼管杭式擁壁）が配置される。



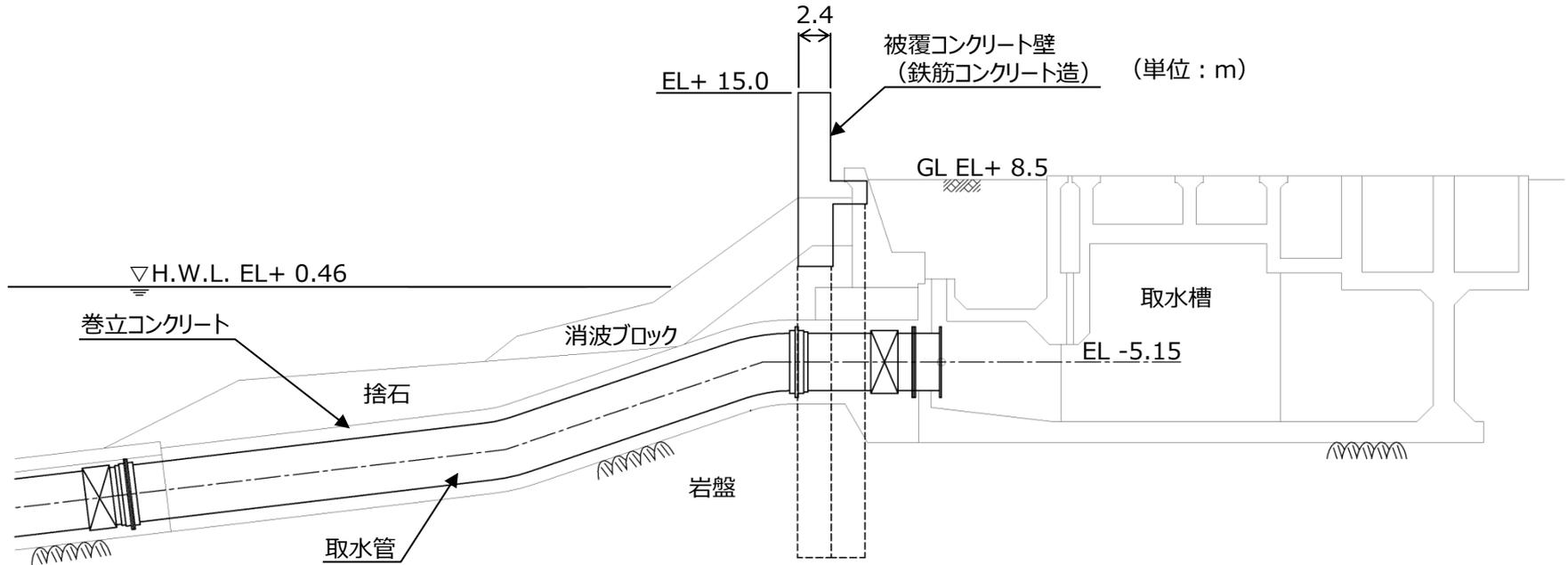
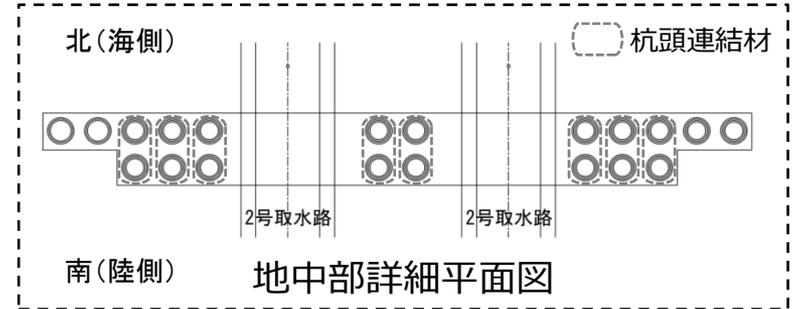
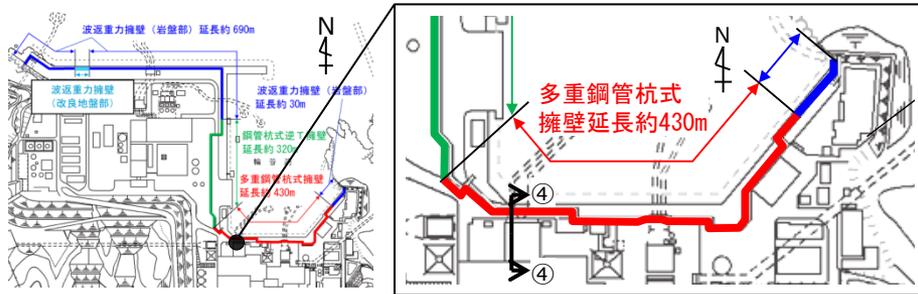
(単位：m)

防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 施設護岸前出し部（③－③断面） 断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 構造概要（7/8）

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）取水路横断部の構造を以下に示す。
- ④－④断面は、2号炉取水管（Φ4.3m）を横断するため、側方の多重鋼管杭を南北方向に2列配置し、杭頭連結材を設置する（杭頭部の構造については別添.1-1参照）。



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）取水路横断部（④－④断面） 断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 構造概要（8/8）

■ 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）を構成する評価対象部位の役割及び仕様を下表に示す。

評価対象部位	役割	備考
鋼管杭※1	被覆コンクリートを支持	
被覆コンクリート壁※1	止水機能の保持，止水目地を支持	
止水目地※1	被覆コンクリート壁間の止水機能の保持	

【地盤】

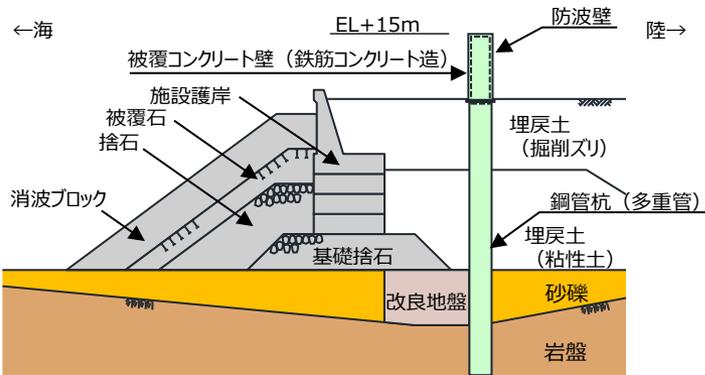
改良地盤①	鋼管杭の変位を抑制	薬液注入工法
改良地盤②	難透水性の保持	薬液注入工法
セメントミルク	難透水性の保持，掘削範囲の充填及び鋼管杭と岩盤の一体化	qu=9.8N/mm ² 以上
岩盤	鋼管杭を支持	基礎地盤
埋戻土（掘削ズリ），埋戻土（粘性土），砂礫	—	
施設護岸，被覆石，捨石，消波ブロック，基礎捨石	—	

※1 鋼管杭，被覆コンクリート壁，止水目地を構造上のバウンダリとする。

評価対象部位の仕様

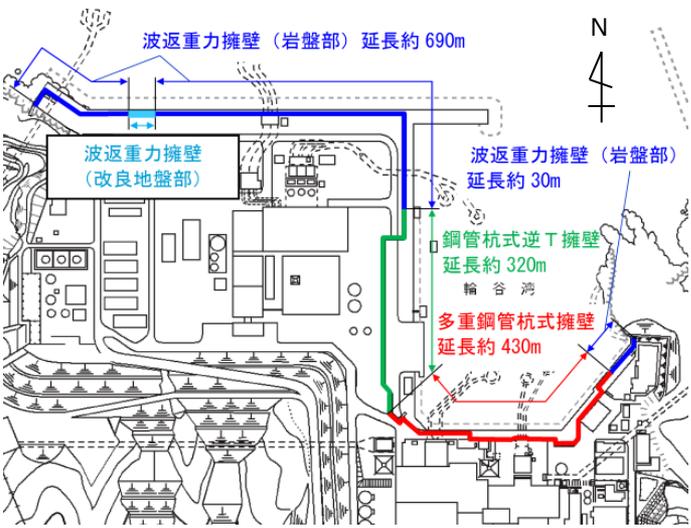
評価対象部位	仕様
鋼管杭	最内管：φ1600mm,t=25mm,SKK490 最内から2番目の管：φ1800mm,t=25mm,SKK490 最内から3番目の管：φ2000mm,t=25mm,SKK490 最外管：φ2200mm,t=25mm,SKK490又はSM490Y※2 杭底～地表面に中詰コンクリート（f'ck=18N/mm ² ）
被覆コンクリート壁	コンクリート：f'ck=24N/mm ² 鉄筋：SD345
止水目地	ゴムジョイント，シートジョイント：クロロプレンゴム

※2 発生する曲げモーメントに応じて降伏点強度の大きいSM490Yを採用する。

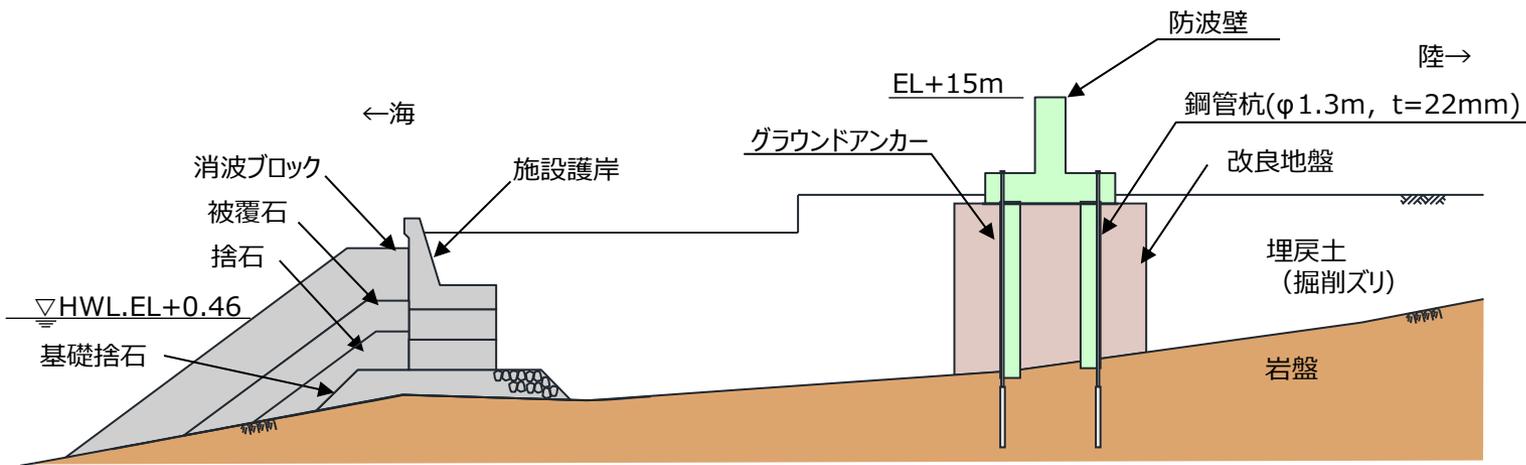


防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

2.2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁） 構造概要（1/4）



- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）は、3号炉東側に配置し、鋼管杭を岩盤に確実に支持させるため岩盤不陸を考慮し、0.5m程度の根入れ深さを確保する。
- 逆T擁壁は、鋼管杭8本程度（横断方向に2列、縦断方向に4列）を1ブロックの標準とした壁体を連続して設置する（杭頭部の構造については別添.2-1参照）。このブロック間の境界には、止水性を確保するための止水目地(P30参照)を設置する。
- グラウンドアンカー（永久アンカー）を設置しているが、アンカーの効果を期待しなくても、耐震・耐津波性を担保している。

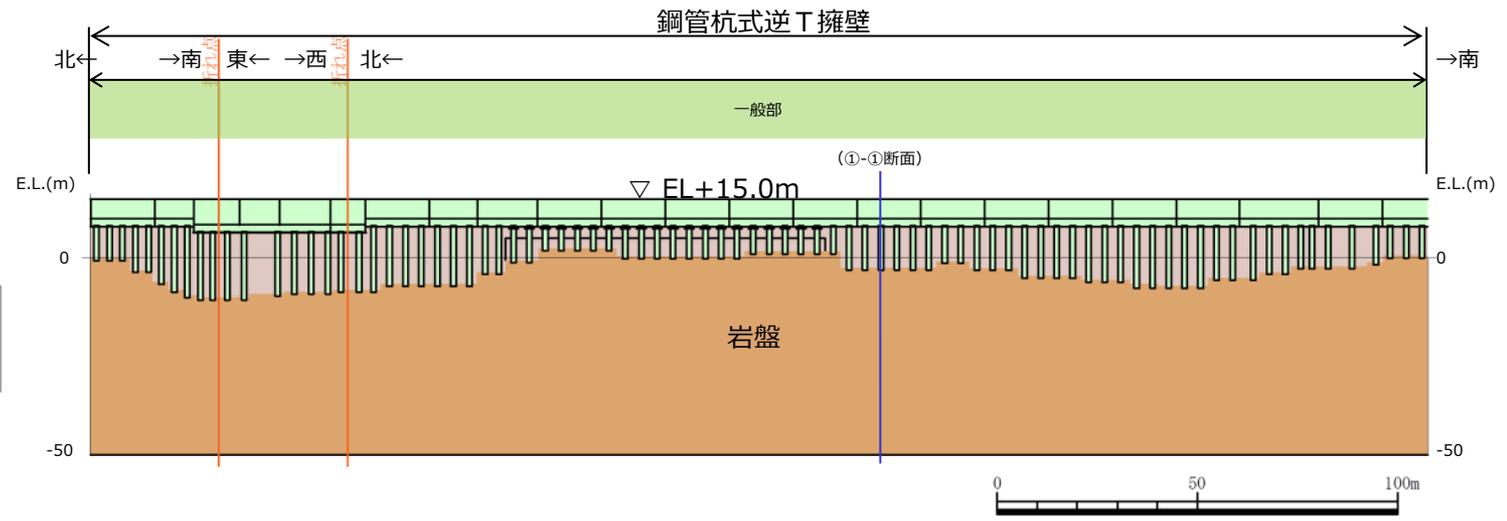
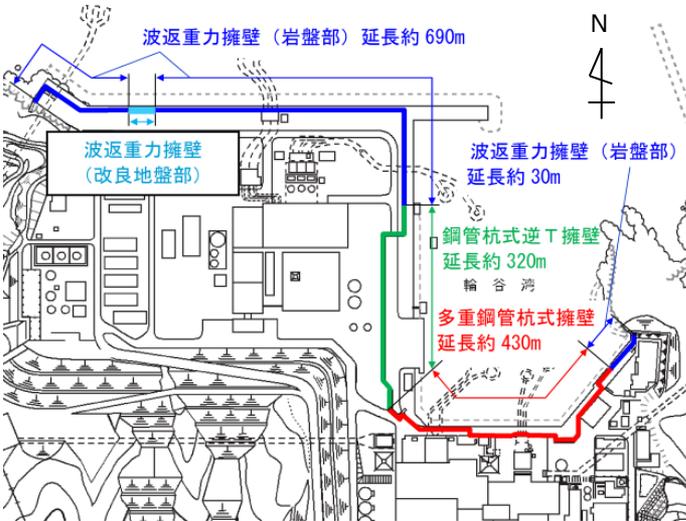


防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁） 構造概要（2/4）

- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の縦断図を以下に示す。
- 3号炉東側全線にわたり鋼管杭を約4m間隔で配置し、止水性の確保等の観点から杭間の埋戻土（掘削ズリ）に対して地盤改良を行う（地盤改良範囲については別添.2-2参照）。

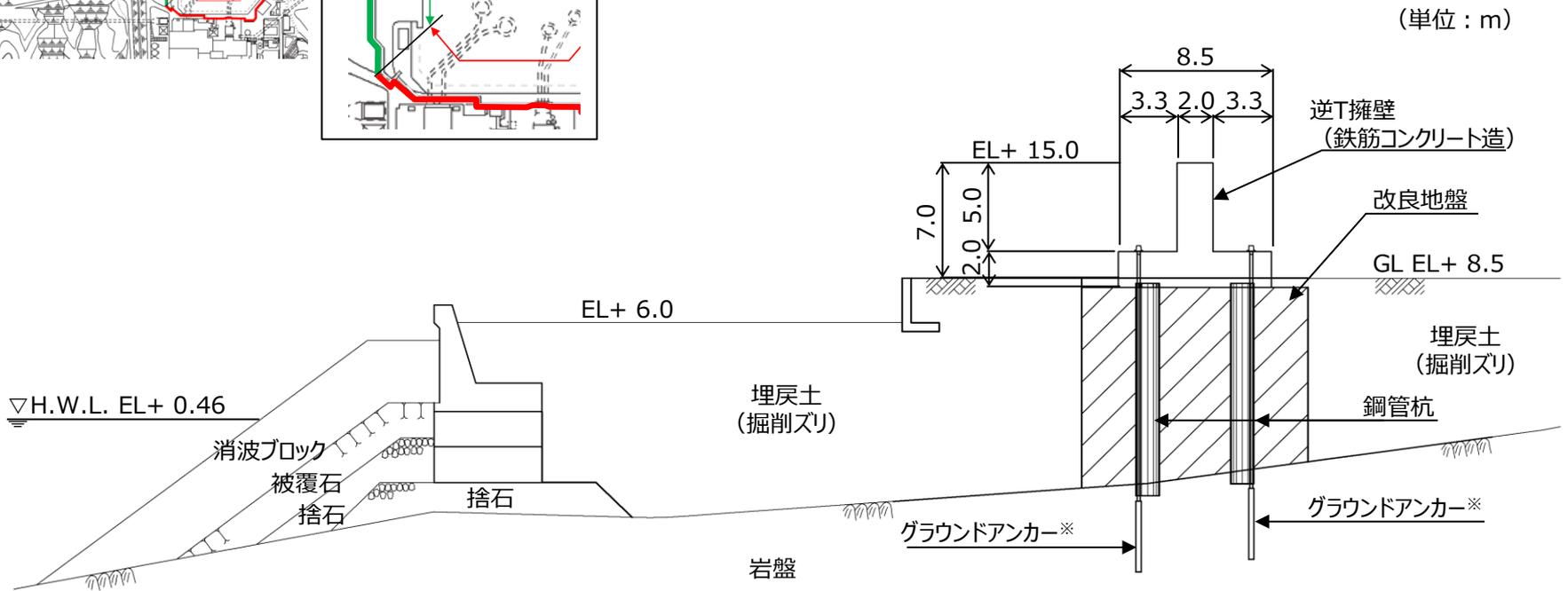
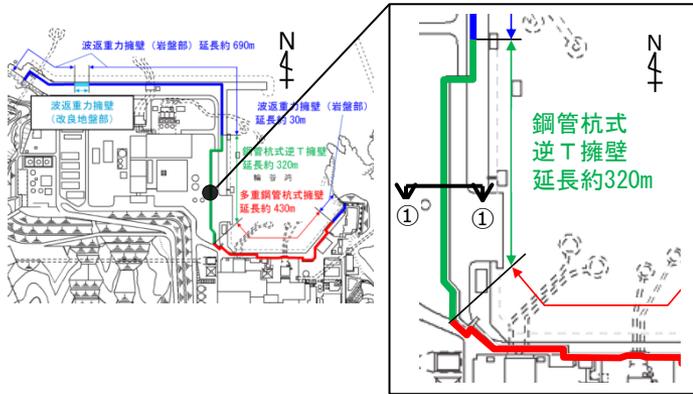


防波壁縦断図（鋼管杭式逆T擁壁）

2. 防波壁の構造・仕様

2.2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁） 構造概要（3/4）

- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）一般部の構造を以下に示す。



※グラウンドアンカーの効果も期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）一般部（①－①断面） 断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁） 構造概要（4/4）

■ 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）を構成する各部位の役割及び仕様を下表に示す。

評価対象部位の役割

■ 施設の範囲

評価対象部位の仕様

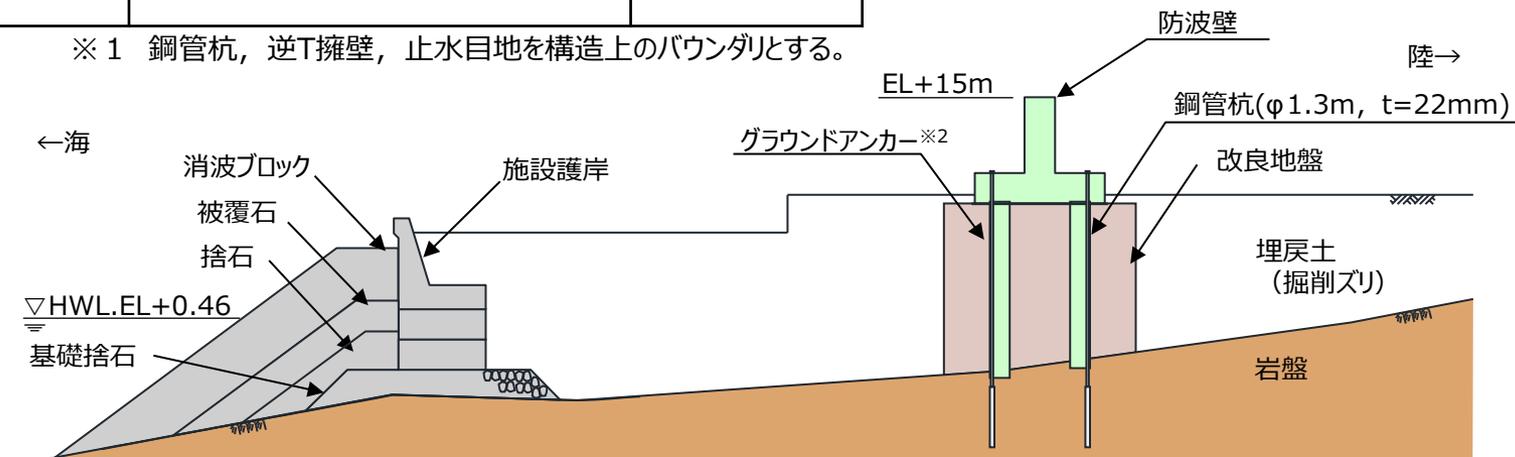
評価対象部位	役割	備考
鋼管杭※1	逆T式鉄筋コンクリート擁壁を支持	
逆T擁壁※1	止水機能の保持, 止水目地を支持	
止水目地※1	逆T擁壁間の止水機能の保持	

部位	仕様
鋼管杭	Φ1300,t=22,SKK490
逆T擁壁	コンクリート : $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ 鉄筋 : SD345
止水目地	ゴムジョイント, シートジョイント : クロロプレンゴム

【地盤】

改良地盤	鋼管杭の変位を抑制, 難透水性の保持	周辺地盤 薬液注入工法
岩盤	鋼管杭を支持	基礎地盤
埋戻土（掘削ズリ）	—	
施設護岸, 被覆石, 捨石, 消波ブロック, 基礎捨石	—	

※1 鋼管杭, 逆T擁壁, 止水目地を構造上のバウンダリとする。

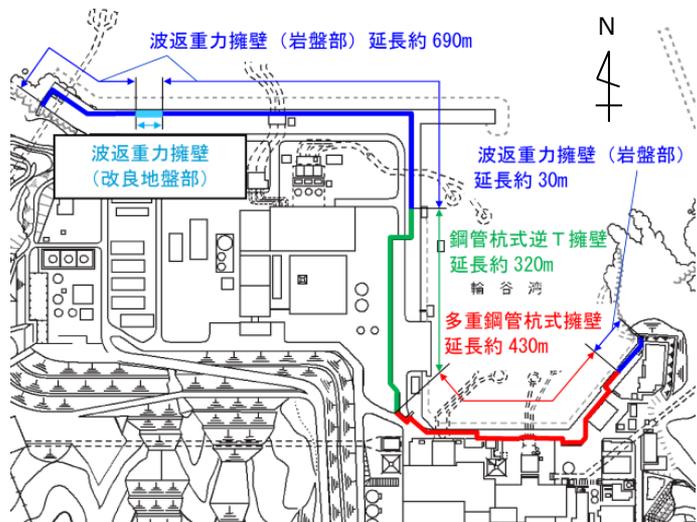


※2 グラウンドアンカーの効果を期待しなくても, 耐震・耐津波安全性を担保している。

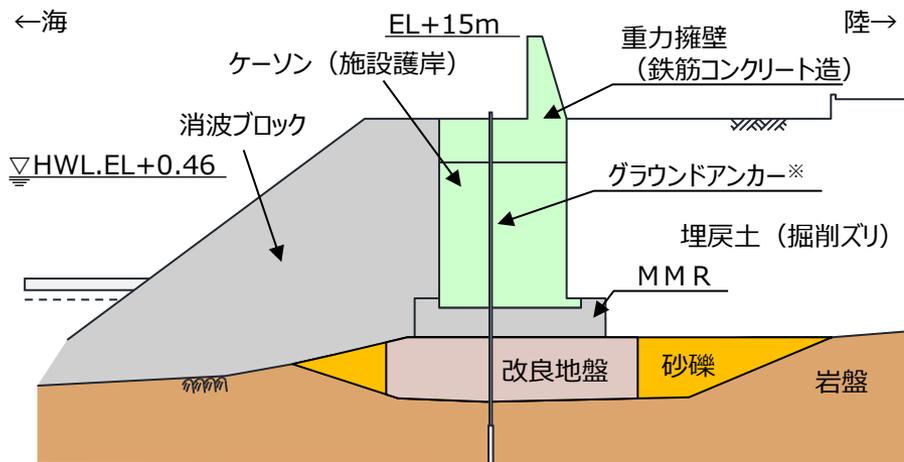
防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）

2. 防波壁の構造・仕様

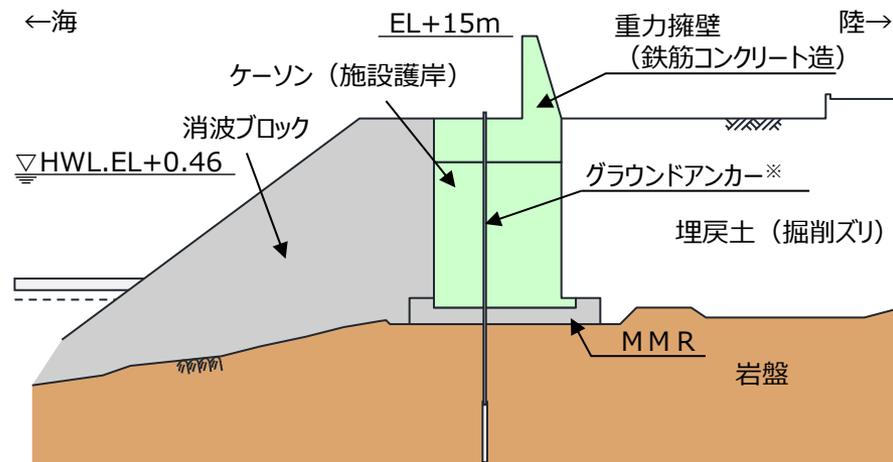
2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（1/9）



- 防波壁（波返重力擁壁）は、3号炉北側及び防波壁両端部に配置する。3号炉北側についてはケーソンを介して岩盤上に設置し、防波壁両端部は地山岩盤に直接設置する。なお、砂礫層が分布する箇所については、地盤改良を実施する（ケーソンの構造については別添.3-1参照）。
- 重力擁壁は、約10mを1ブロックとした壁体を連続して設置する。このブロック間の境界には、止水性を確保するための止水目地(P22参照)を設置する。
- グラウンドアンカー（永久アンカー）を設置しているが、アンカーの効果을期待しなくても、耐震・耐津波性を担保している。



防波壁（波返重力擁壁（改良地盤部））断面図



※グラウンドアンカーの効果을期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））断面図

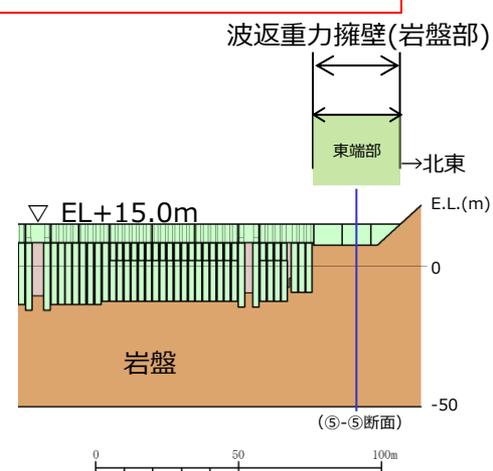
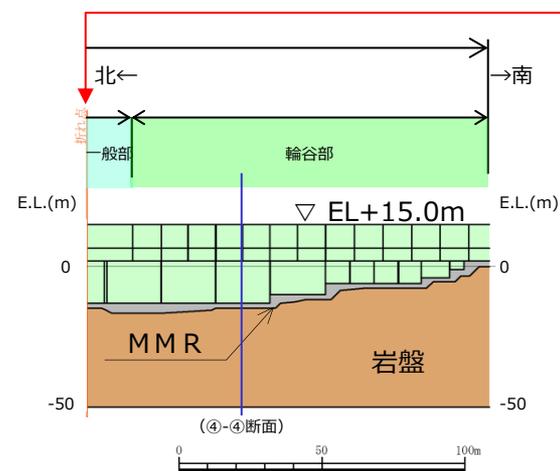
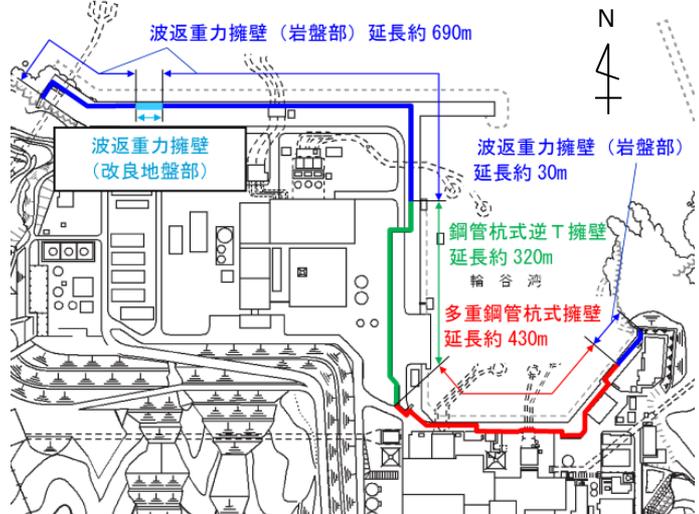
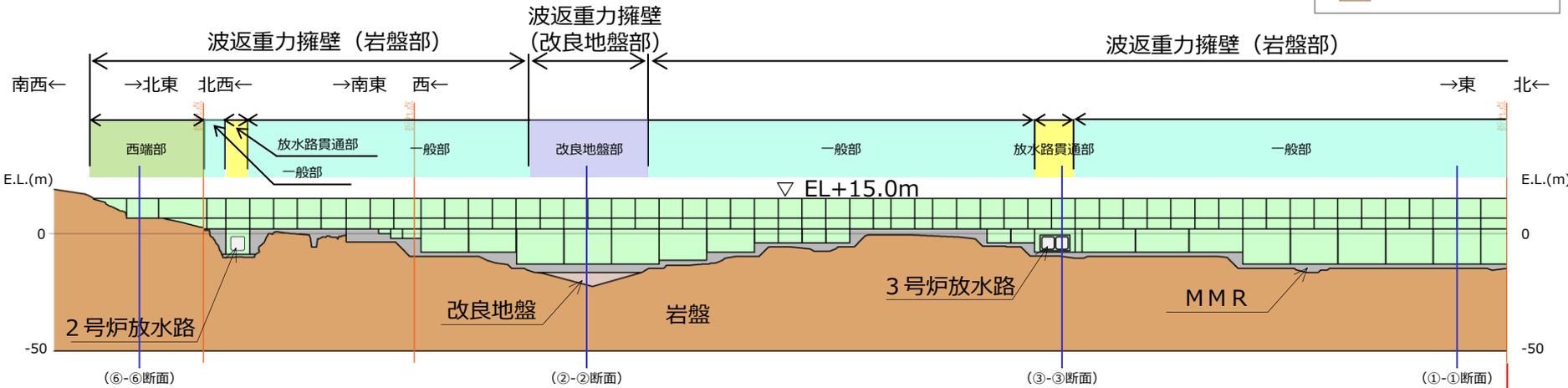
2. 防波壁の構造・仕様

2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（2/9）

- 防波壁（波返重力擁壁）の縦断図を以下に示す。
- 3号炉北側の概ね全線にわたり岩盤に支持されているが、一部に砂礫層が介在する箇所に対して地盤改良を行った（地盤改良範囲については別添.3-2参照）。また、2, 3号炉放水路がケーソンを貫通する箇所がある。

凡例

防波壁, 防波扉
MMR・コンクリート構造物
改良地盤
岩盤

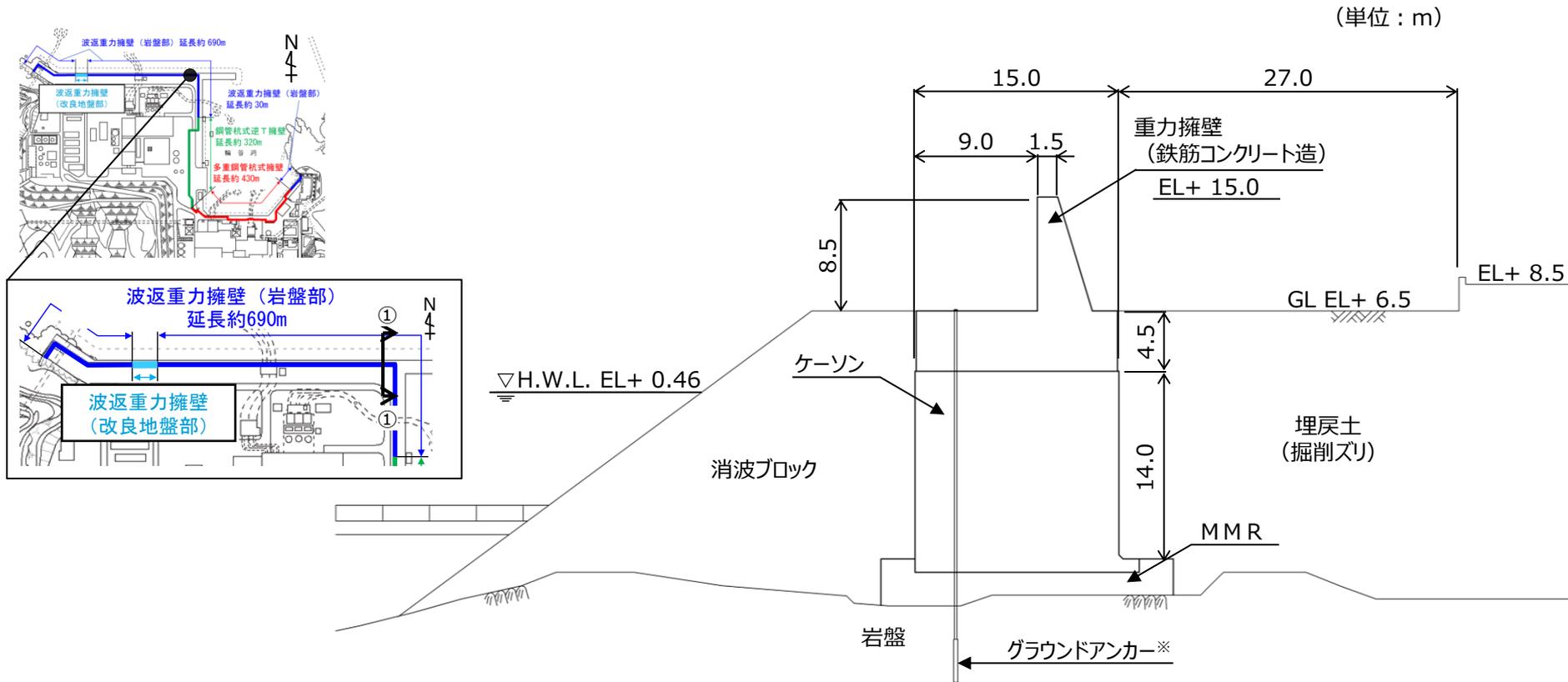


防波壁縦断図（波返重力擁壁）

2. 防波壁の構造・仕様

2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（3/9）

■ 防波壁（波返重力擁壁）一般部の構造を以下に示す。

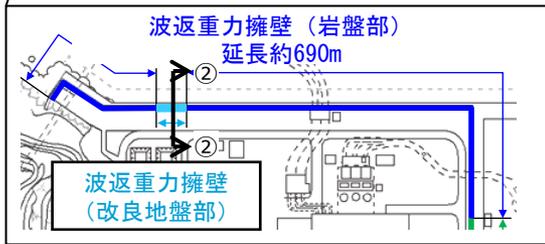
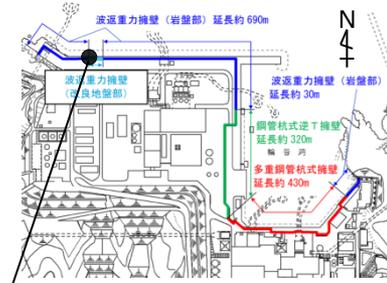


※グラウンドアンカーの効果을期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

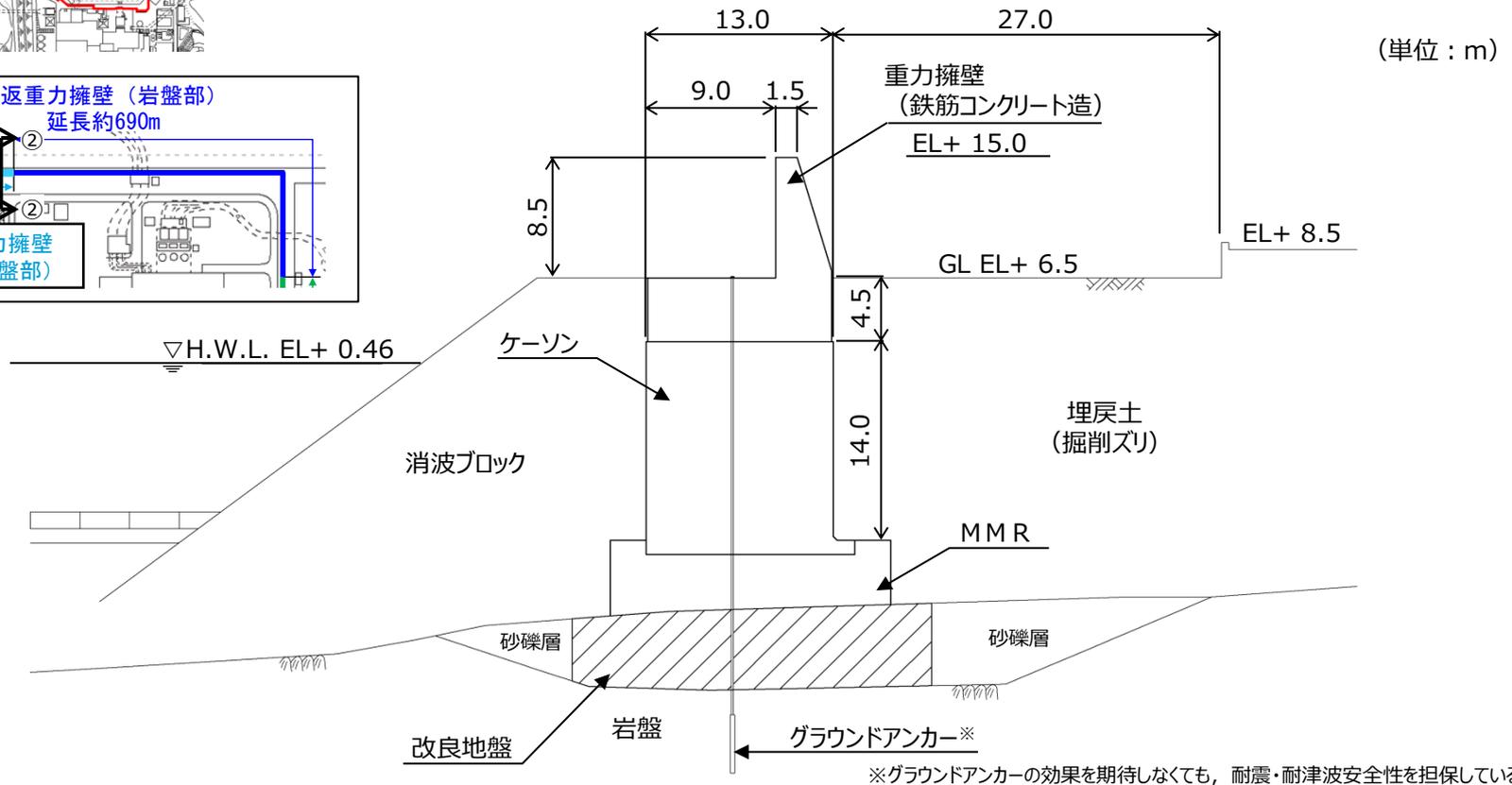
防波壁（波返重力擁壁）一般部（① - ①断面） 断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（4/9）



- 防波壁（波返重力擁壁）改良地盤部の構造を以下に示す。
- ②－②断面は、ケーソン下部に砂礫層を介在していたことから、高圧噴射攪拌工法による地盤改良を実施。

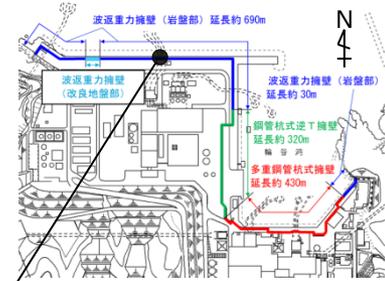


※グラウンドアンカーの効果を期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

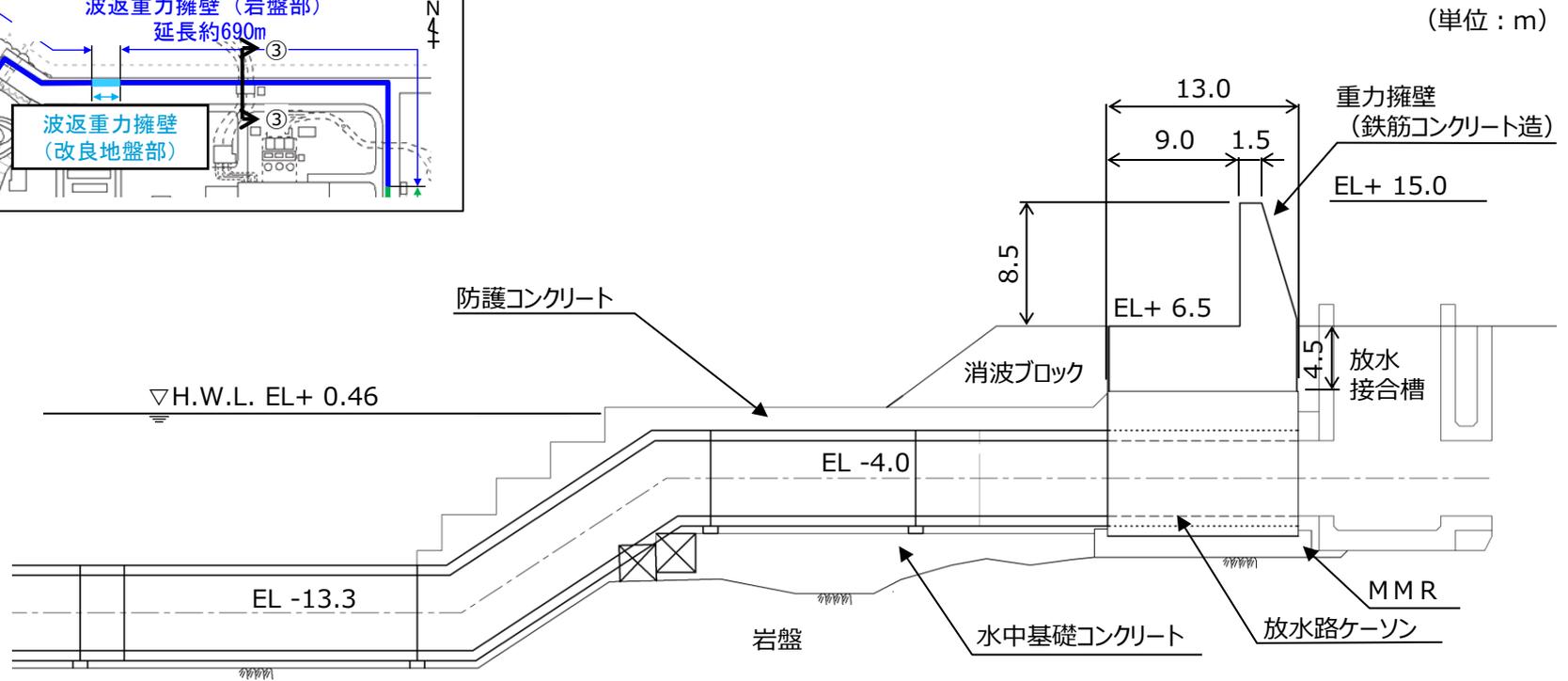
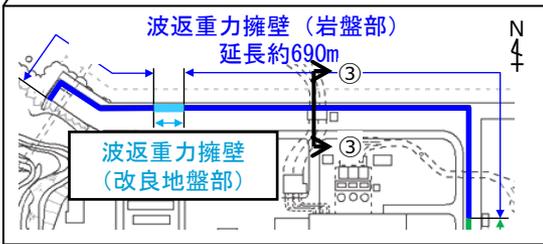
防波壁（波返重力擁壁）改良地盤部（②－②断面）断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（5/9）



- 防波壁（波返重力擁壁）放水路貫通部の構造を以下に示す。
- ③－③断面は，放水路（幅5.2m×高さ5.2m，2連）が貫通するケーソン上に重力擁壁を設置する。
- 放水路貫通部の放水路（ケーソン）は重力擁壁を間接支持する構造物とする。

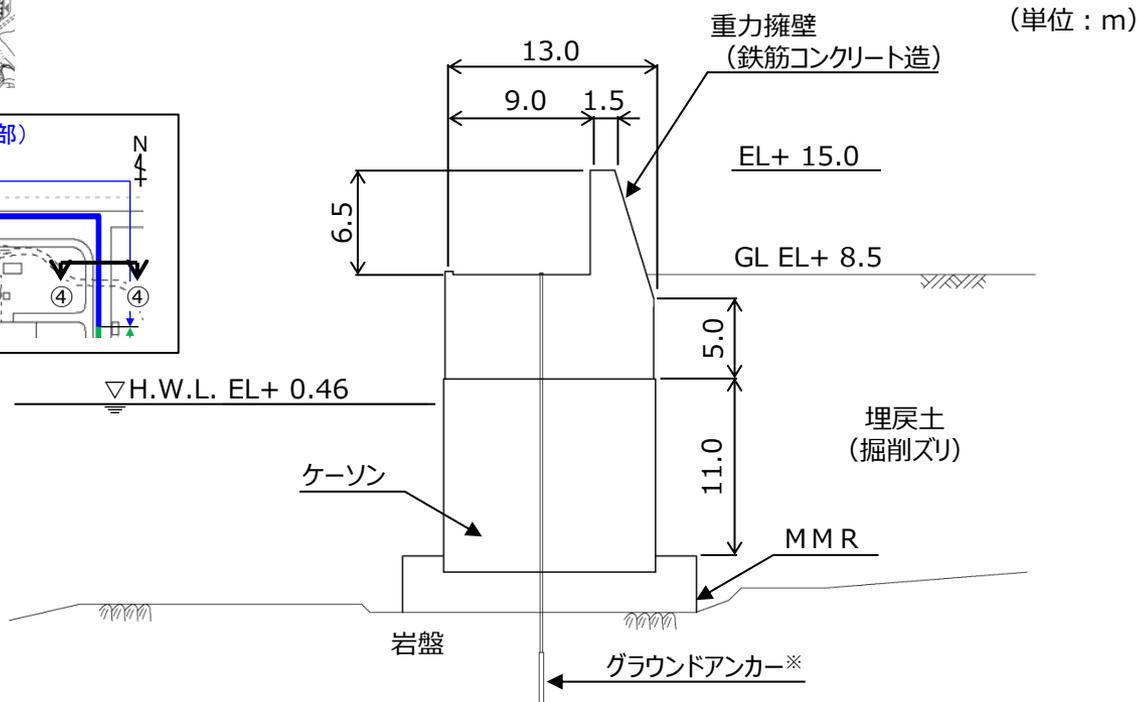
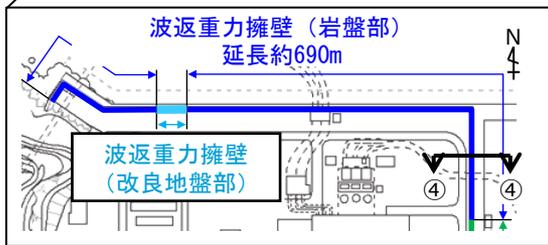
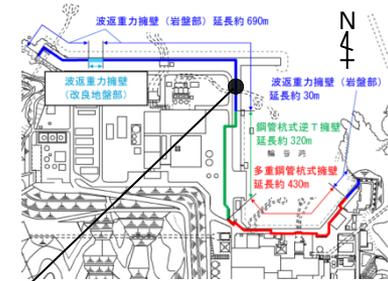


防波壁（波返重力擁壁）放水路貫通部（③－③断面） 断面図

2. 防波壁の構造・仕様

2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（6/9）

- 防波壁（波返重力擁壁）輪谷部の構造を以下に示す。
- ④－④断面は、防波壁（波返重力式擁壁）の東側に位置し、輪谷湾に面している。輪谷湾外の断面とは異なり、防波壁の海側に消波ブロックを設置していない断面である。

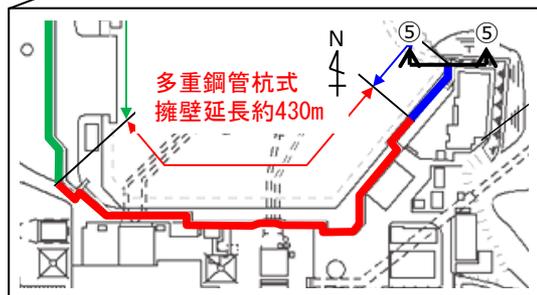
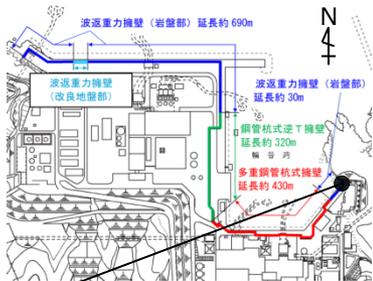


※グラウンドアンカーの効果을期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁（波返重力擁壁）輪谷部（④－④断面） 断面図

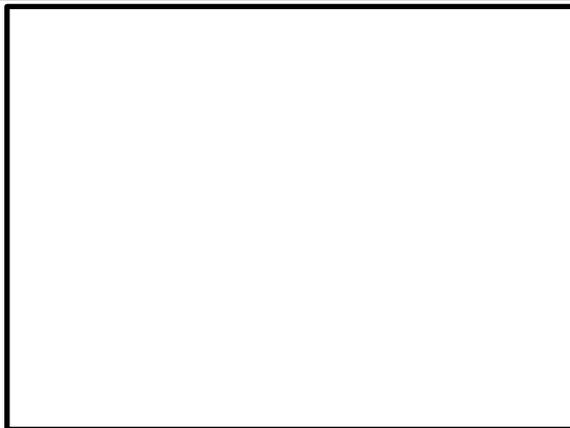
2. 防波壁の構造・仕様

2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（7/9）



- 防波壁（波返重力擁壁）東端部の設置状況，施工時の支持岩盤露出状況，及び構造を以下に示す。
- ⑤－⑤断面は，地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため，岩盤を露出させ，H鋼（H-350×350×12×19）を1m間隔で打設し，重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とする。また，前面及び背面をコンクリートで被覆する。

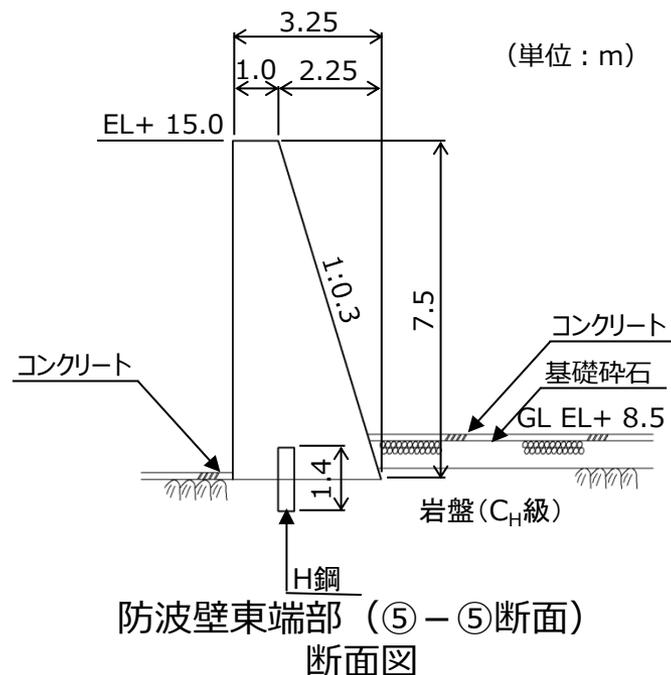
本資料のうち，枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



防波壁東端部 外観写真

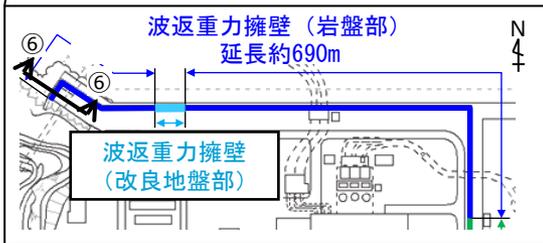
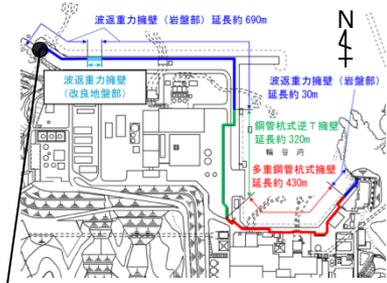


防波壁東端部 岩盤露出状況



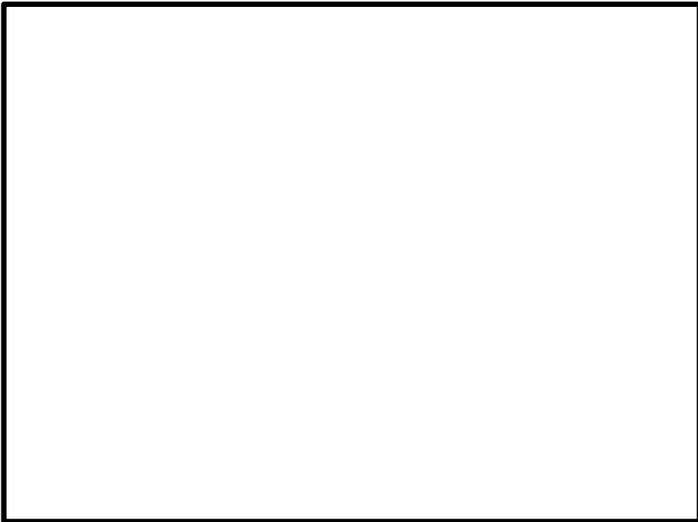
2. 防波壁の構造・仕様

2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（8/9）



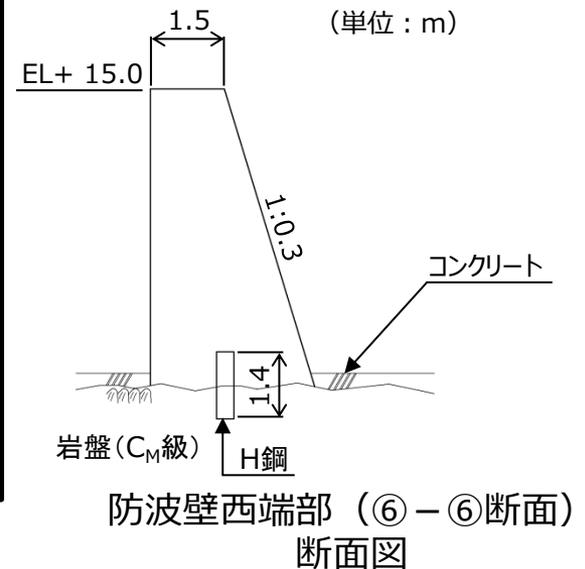
- 防波壁（波返重力擁壁）西端部の設置状況，施工時の支持岩盤露出状況，及び構造を以下に示す。
- ⑥－⑥断面は，東端部同様，地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため，岩盤を露出させ，H鋼（H-350×350×12×19）を1m間隔で打設し，重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とする。また，前面及び背面をコンクリートで被覆する。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



防波壁西端部 状況写真

防波壁西端部 岩盤露出状況



2. 防波壁の構造・仕様

2.3 防波壁（波返重力擁壁） 構造概要（9/9）

■ 防波壁（波返重力擁壁）を構成する各部位の役割及び仕様を下表に示す。

評価対象部位の役割 施設の範囲

評価対象部位	役割	備考
重力擁壁※	止水機能の保持, 止水目地を支持	
止水目地※	波返壁間の止水機能の保持	
ケーソン※	波返壁を支持	

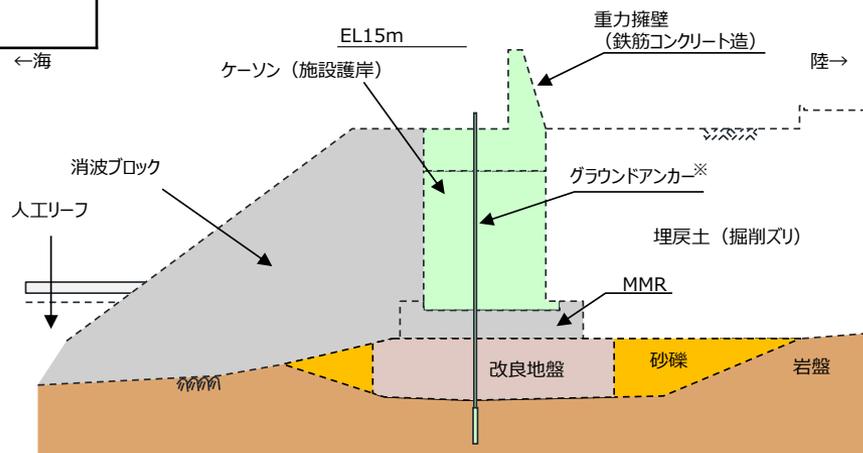
【地盤】

MMR	ケーソンを支持	ケーソン架台に打設した基礎コンクリート, 24N/mm ²
改良地盤	ケーソンを支持, 難透水性の保持	基礎地盤（ケーソン下面と岩盤上面の間に, 砂礫層が介在している区間のみ） 高圧噴射攪拌工法
岩盤	ケーソンを支持	基礎地盤
消波ブロック	—	

※ 重力擁壁, 止水目地, ケーソンを構造上のバウンダリとする。

評価対象部位の仕様

評価対象部位	仕様
重力擁壁	コンクリート：24N/mm ² 鉄筋：SD345
止水目地	ゴムジョイント, シートジョイント： クロロプレンゴム
ケーソン	—

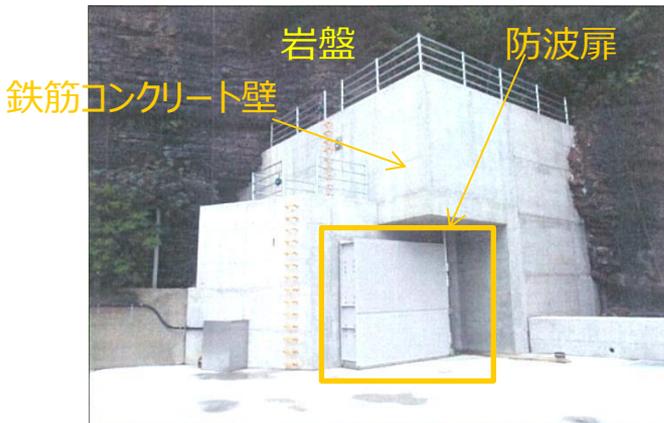
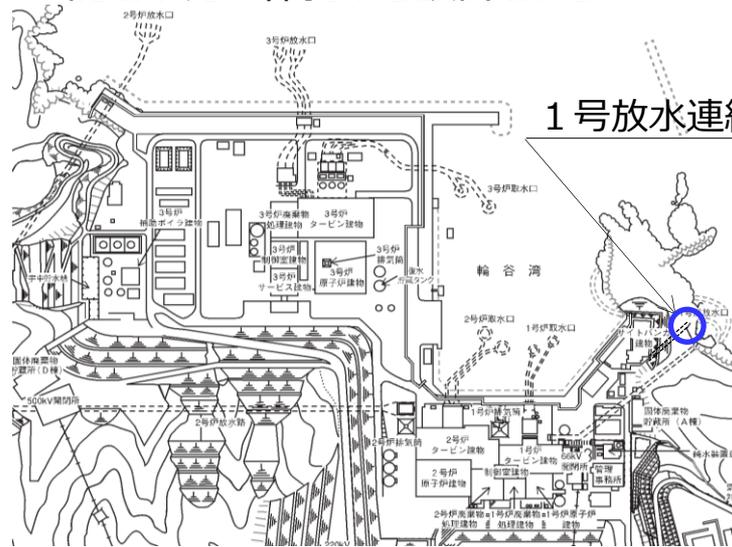


※グラウンドアンカーの効果を期待しなくても, 耐震・耐津波安全性を担保している
防波壁（波返重力擁壁）

2. 防波壁の構造・仕様

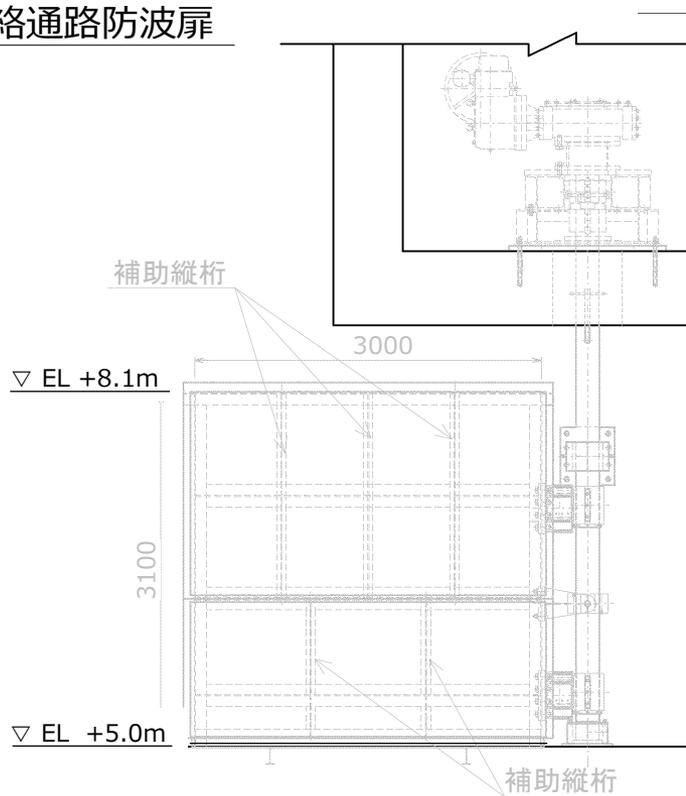
2.4(1) その他の構造概要（1号放水連絡通路防波扉）（1/3）

- 1号炉放水連絡通路からの津波の流入を防止するため、連絡通路坑口部に1号放水連絡通路防波扉（鋼製のスキムプレート、主桁等で構成）を設置する。
- 1号放水連絡通路防波扉のうち扉体支持コンクリートは、津波荷重や地震荷重等に対して津波防護機能を十分に保持する設計とする。



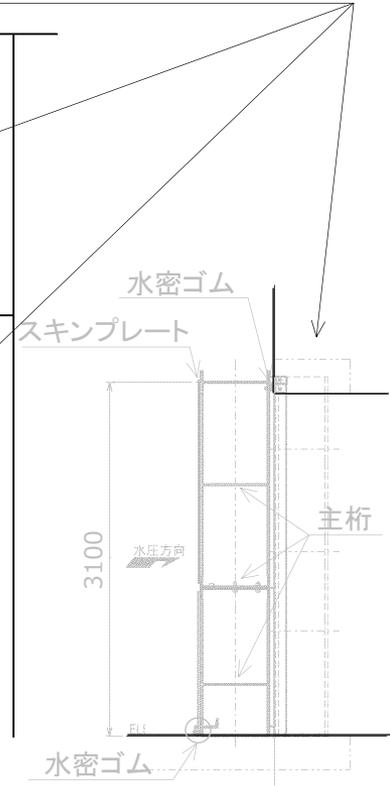
1号放水連絡通路防波扉 設置状況

1号放水連絡通路防波扉



1号放水連絡通路防波扉 正面図

1号放水連絡通路防波扉

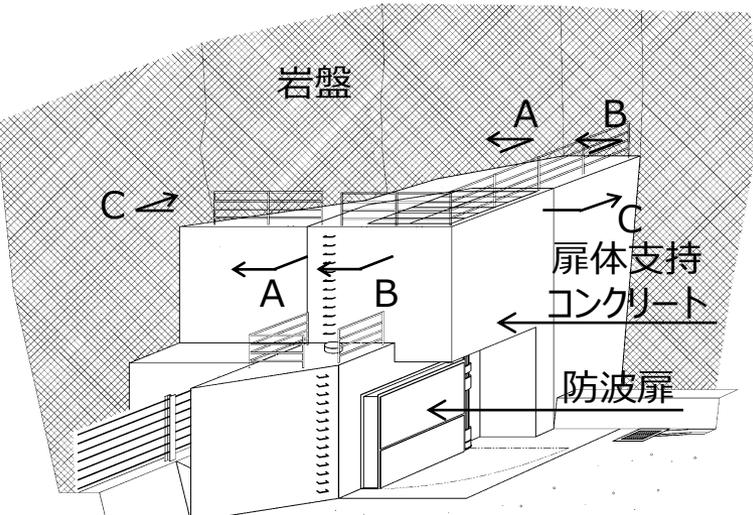


1号放水連絡通路防波扉 断面図

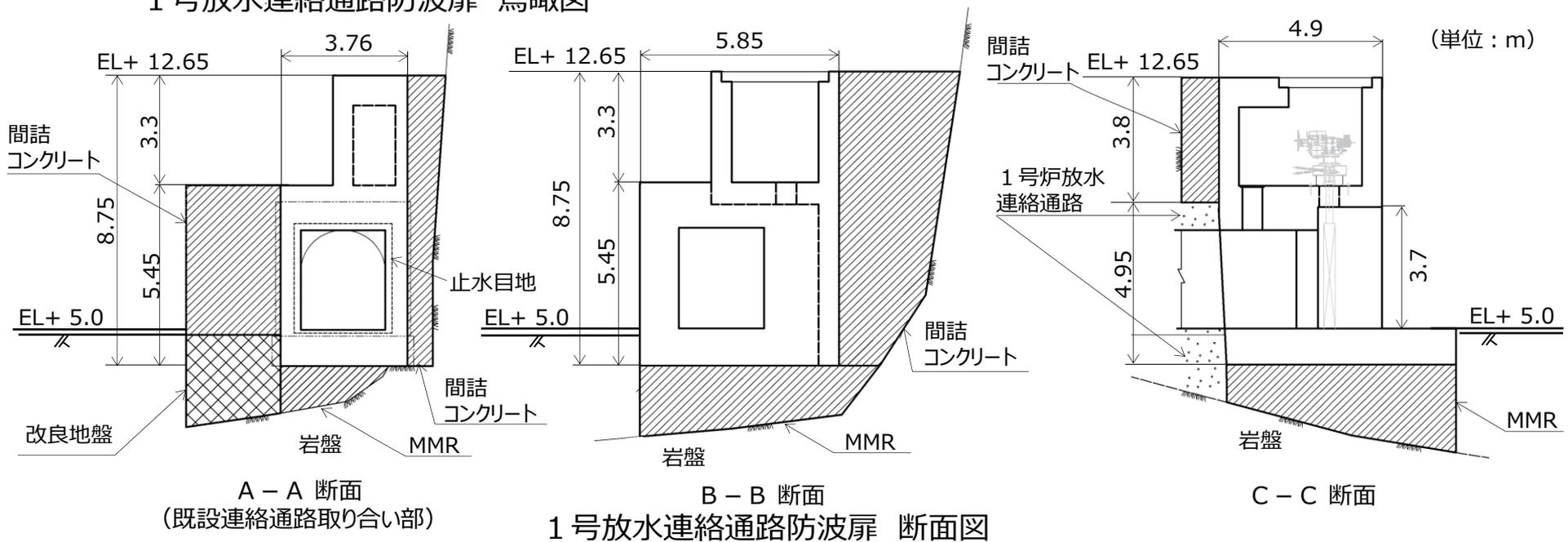
2. 防波壁の構造・仕様

2.4(1) その他の構造概要（1号放水連絡通路防波扉）（2/3）

- 1号放水連絡通路防波扉の設置状況（鳥瞰図）及び構造を以下に示す。
- 1号放水連絡通路防波扉は防波扉及び開閉機構を支持する鉄筋コンクリート構造物で構成しており、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、岩盤を露出させ、MMR（マンメイドロック）を介し、堅硬な地山に設置する。
- 1号炉放水連絡通路坑口部（既設）からの津波の浸入を防止するため、取り合い部に止水目地を設置するとともに、両構造物周辺に間詰コンクリートを打設して周辺地山と一体化を図ることにより地震による変形を抑制する。



1号放水連絡通路防波扉 鳥瞰図



2. 防波壁の構造・仕様

2.4(1) その他の構造概要（1号放水連絡通路防波扉）（3/3）

■ 1号放水連絡通路防波扉を構成する各部位の役割及び仕様を下表に示す。

評価対象部位の役割 施設の範囲

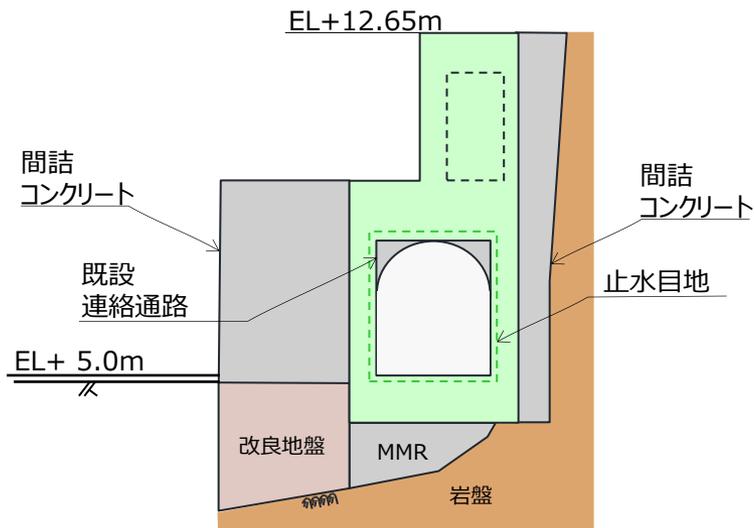
評価対象部位	役割	備考
扉体支持 コンクリート	防波扉（開閉機構含む）の支持， 止水機能の保持	
止水目地	1号炉放水連絡通路間の止水機能の保持	

【地盤】

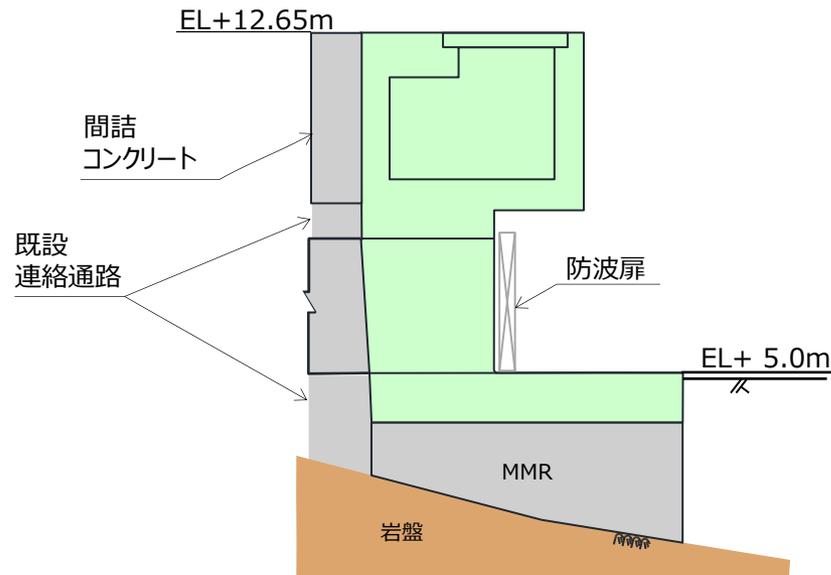
MMR	扉体支持コンクリートを支持	基礎地盤
間詰コンクリート	扉体支持コンクリートの変位を抑制	
改良地盤	間詰コンクリートを支持	周辺地盤 表層改良工法
岩盤	扉体支持コンクリートを支持	基礎地盤

評価対象部位の仕様

評価対象部位	仕様
扉体支持 コンクリート	コンクリート：24N/mm ² 鉄筋：SD345
止水目地	ゴム止水材
MMR・ 間詰コンクリート	コンクリート：18N/mm ²
改良地盤	表層改良工法



A-A 断面
(既設連絡通路取り合い部)



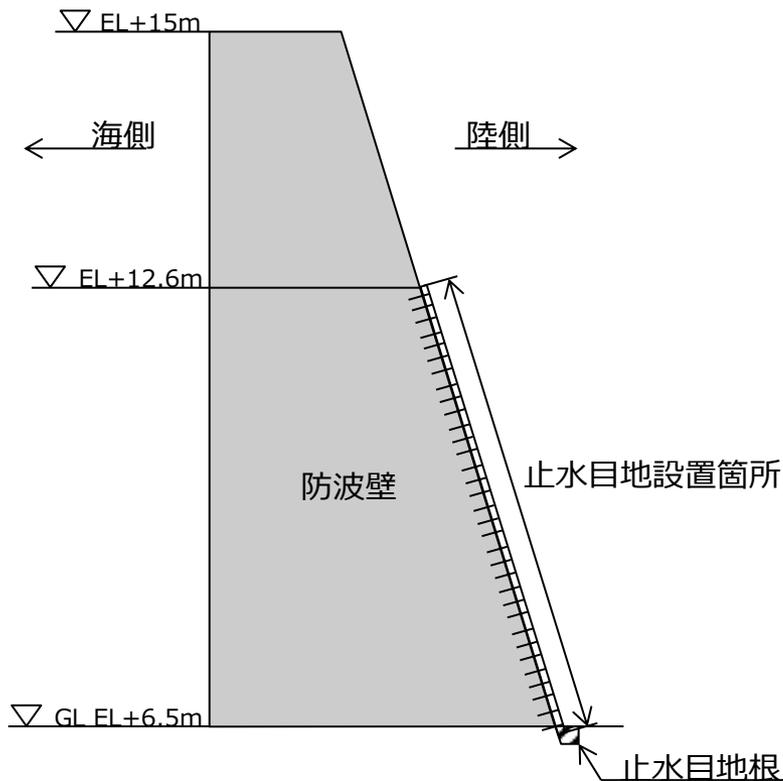
C-C 断面

1号放水連絡通路防波扉 断面図

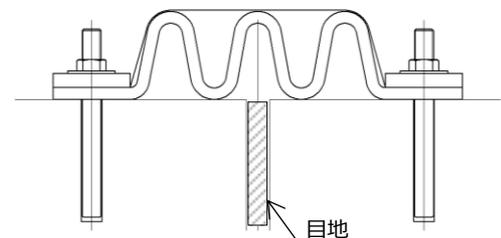
2. 防波壁の構造・仕様

2.4(2) 止水目地 構造の概要 (1/2)

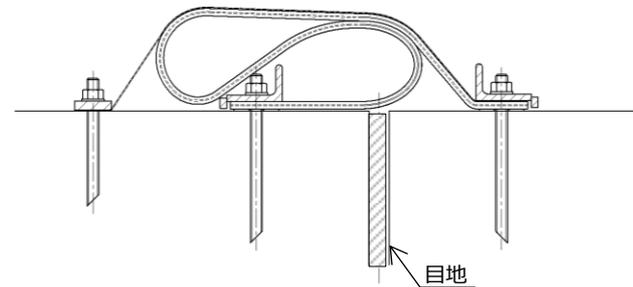
- 防波壁の施工ブロック間の目地部からの津波の遡上を防止するため、止水目地を設置する。
- 止水目地は、隣接する防波壁の施工ブロック間の地震時の相対変位に応じ、ゴムジョイント若しくはシートジョイントを採用する。また、遡上する津波波圧に対する耐津波性を有し、入力津波高さを踏まえた設計とする。
- 止水目地の許容変形量、許容水圧及び耐久性は、メーカー規格及び基準並びに必要なに応じて実施する性能試験を参考に定める。
- 止水目地は、津波漂流物の衝突による損傷を防止するため、防波壁の陸側に設置する。
- 防波壁（波返壁重力式擁壁）を例に止水目地の設置箇所、及び概要図を以下に示す。



止水目地の設置箇所 (例) (防波壁断面図 (波返重力擁壁))



ゴムジョイント (相対変位: 小)

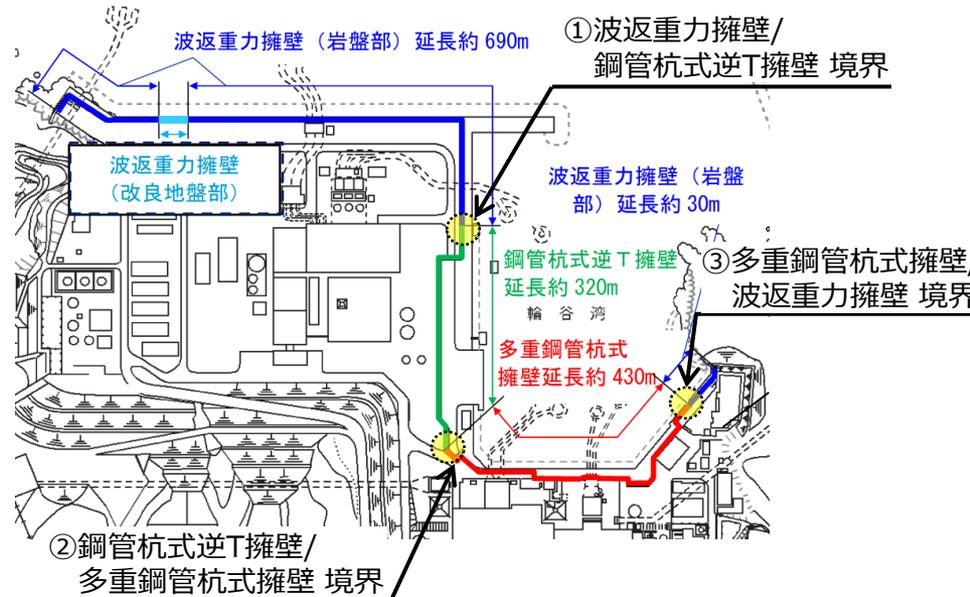


シートジョイント (相対変位: 大)

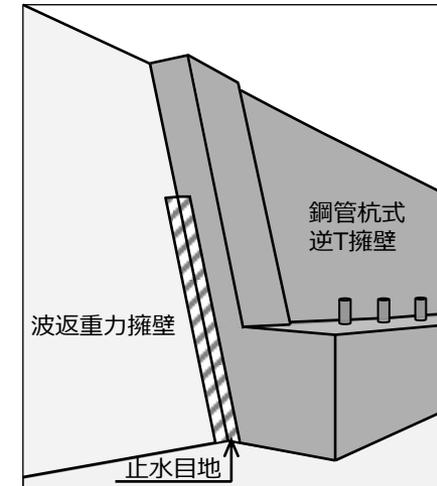
2. 防波壁の構造・仕様

2.4(2) 止水目地 構造の概要 (2/2)

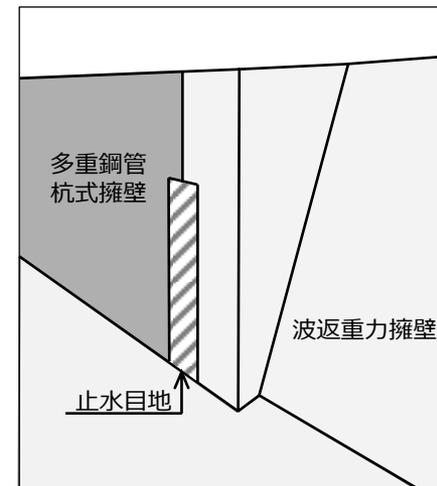
- 防波壁の異種構造型式の境界位置図及び構造概要を以下に示す。
- 防波壁は異種構造型式の境界部が3箇所存在するため、構造をすりつける。
- 境界部には、目地部からの津波の遡上を防止するため、止水目地を設置する。



防波壁の構造型式の境界位置図



①波返重力擁壁 / 鋼管杭式逆T擁壁 境界



③多重鋼管杭式擁壁 / 波返重力擁壁 境界

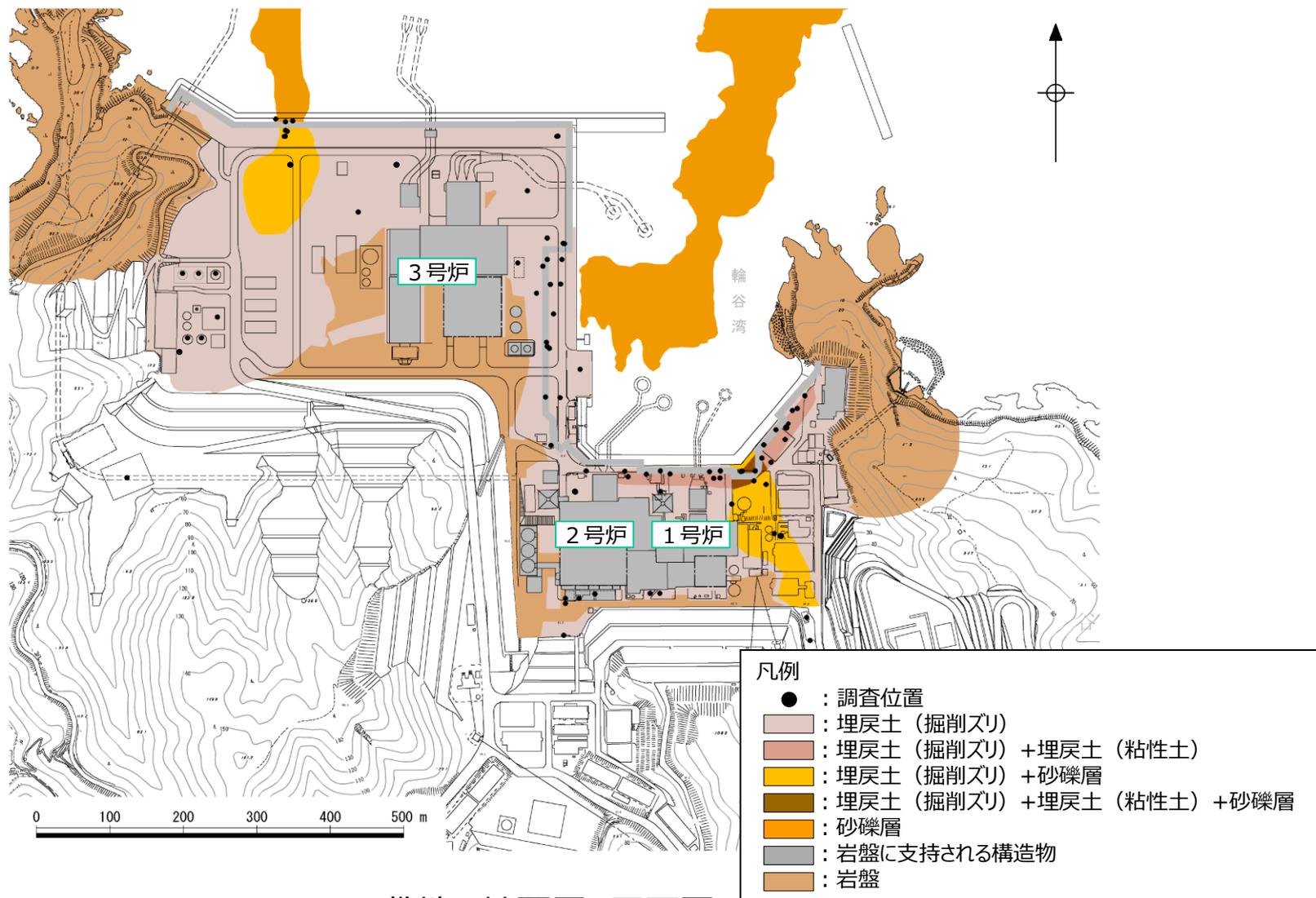


②鋼管杭式逆T擁壁 / 多重鋼管杭式擁壁 境界

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.1 敷地の地層分布状況について

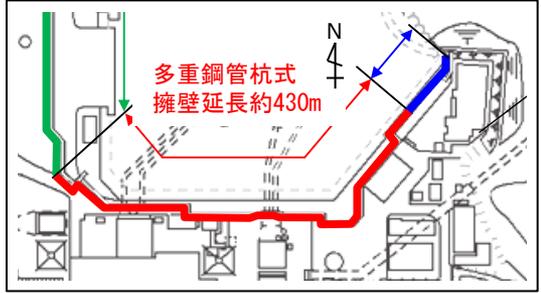
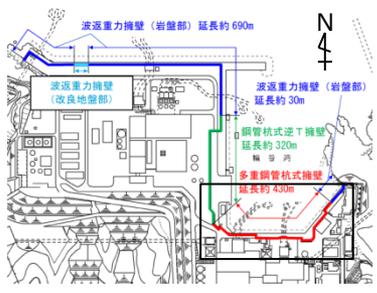
■ 防波壁周辺の被覆層の分布状況及び地山の岩盤の分布状況を以下に示す。



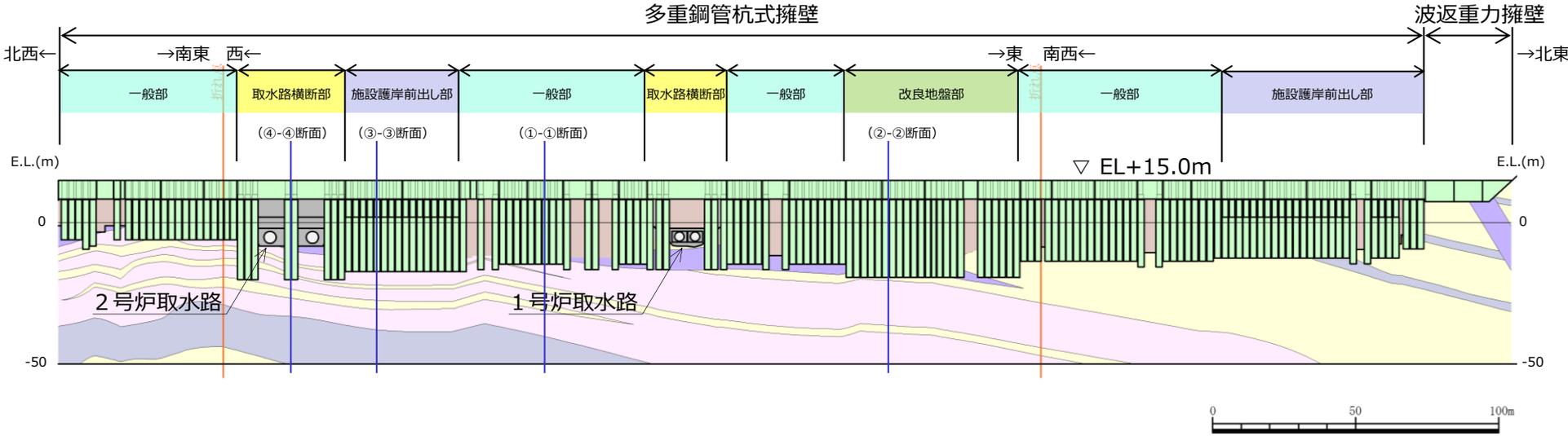
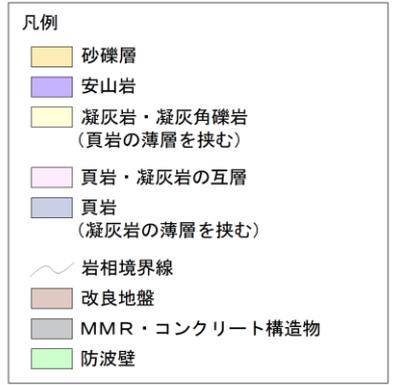
敷地の被覆層 平面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（1/7）



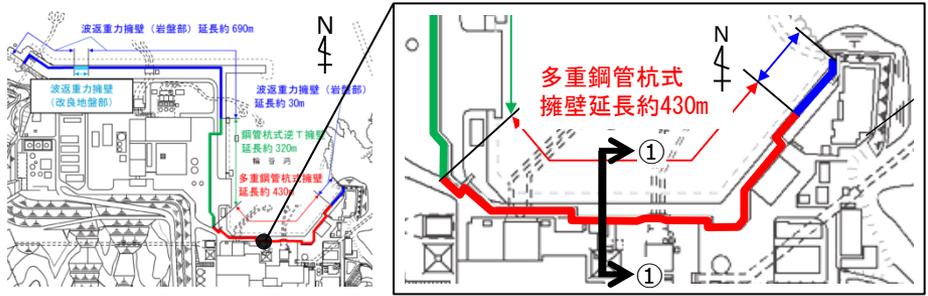
■ 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の地質縦断図を以下に示す。



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）地質縦断図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

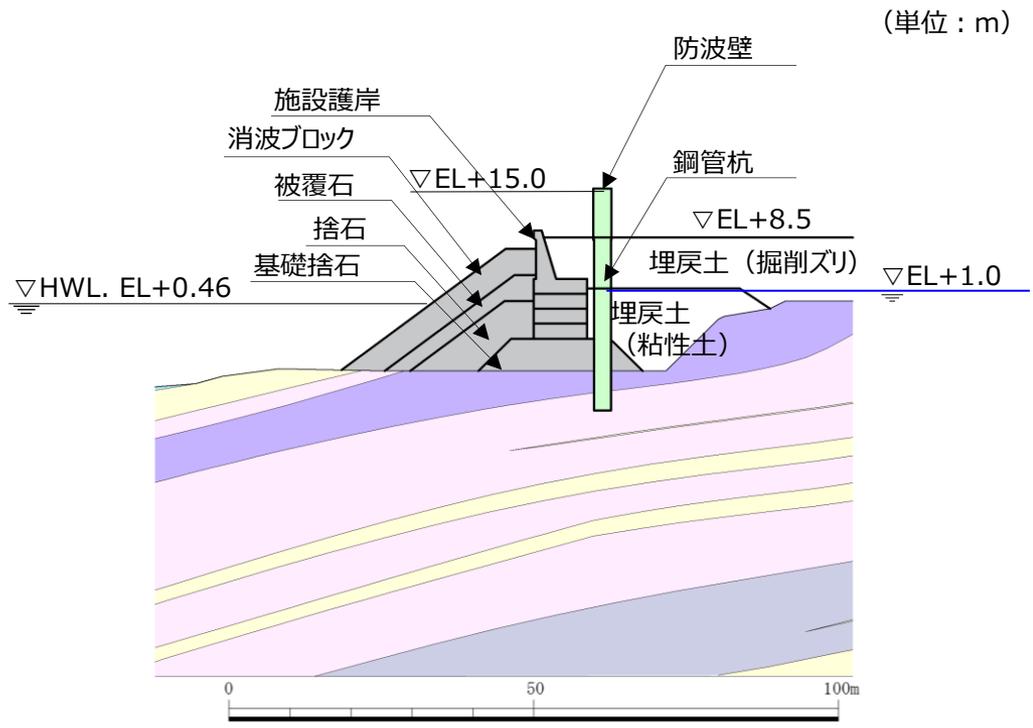
3.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（2/7）



- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）一般部の地質断面図を以下に示す。
- ①-①断面は、鋼管杭を岩盤に根入れする。また、周辺には埋戻土（掘削ズリ）等が分布している。

凡例

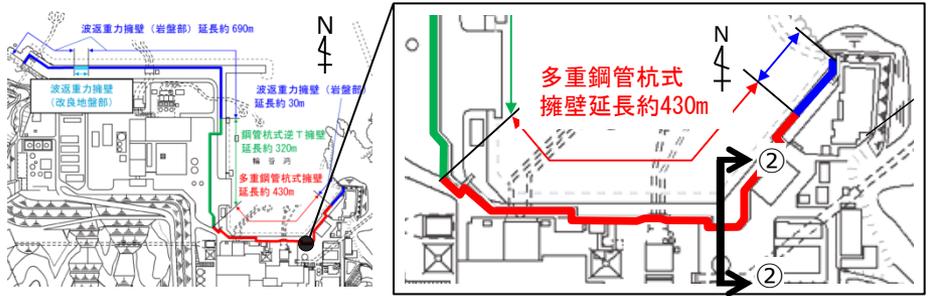
	埋戻土（掘削ズリ、粘性土）
	海底堆積物・風化岩
	安山岩
	凝灰岩・凝灰角礫岩 (頁岩の薄層を挟む)
	頁岩・凝灰岩の互層
	頁岩 (凝灰岩の薄層を挟む)
	岩相境界線
	MMR・コンクリート構造物
	防波壁



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）一般部（①-①断面）
地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

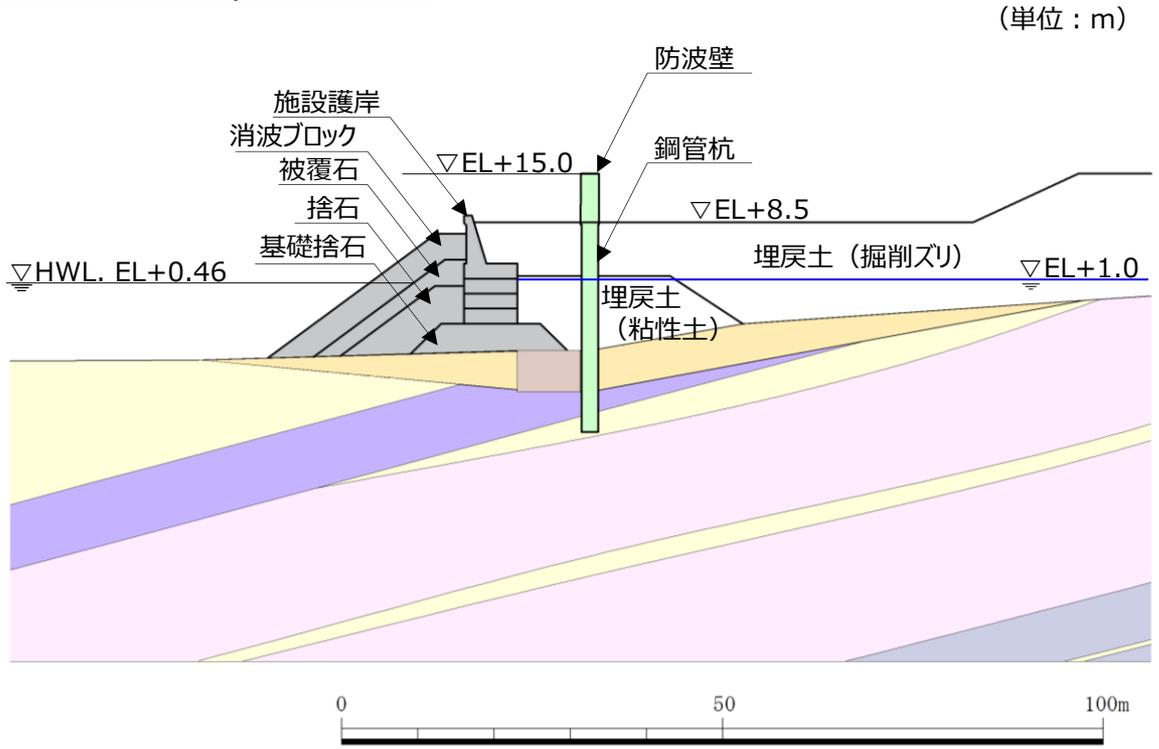
3.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（3/7）



- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）改良地盤部の地質断面図を以下に示す。
- ②-②断面は，鋼管杭を岩盤に根入れする。また，周辺には埋戻土（掘削ズリ），砂礫層等が分布している。

凡例

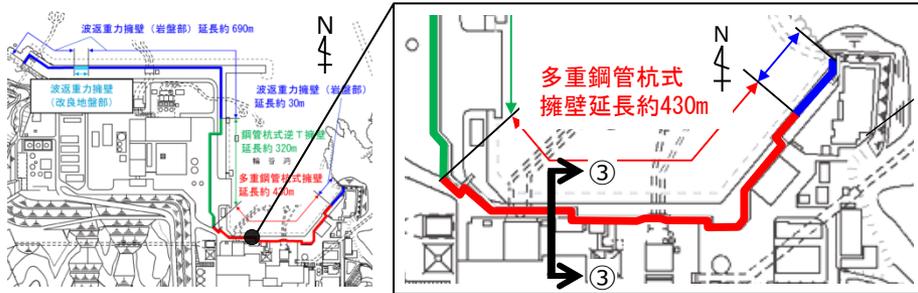
	埋戻土（掘削ズリ，粘性土）
	砂礫層
	安山岩
	凝灰岩・凝灰角礫岩（頁岩の薄層を挟む）
	頁岩・凝灰岩の互層
	頁岩（凝灰岩の薄層を挟む）
	岩相境界線
	改良地盤
	MMR・コンクリート構造物 被覆石・捨石・基礎捨石
	防波壁



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）改良地盤部（②-②断面）
地質断面図

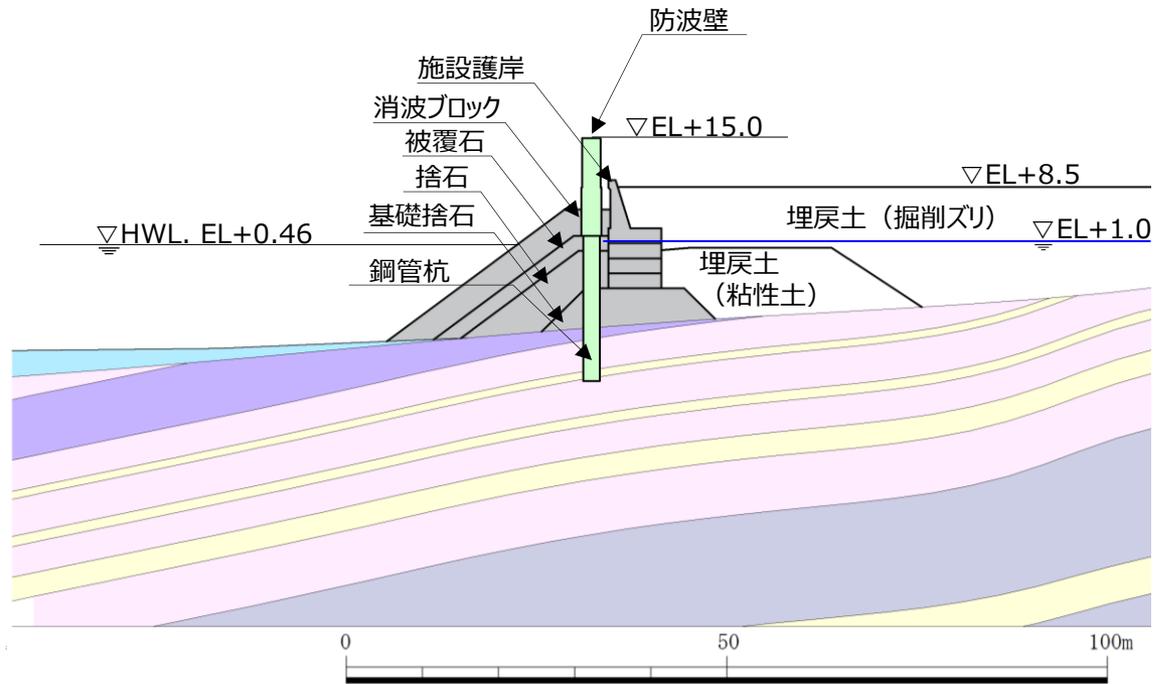
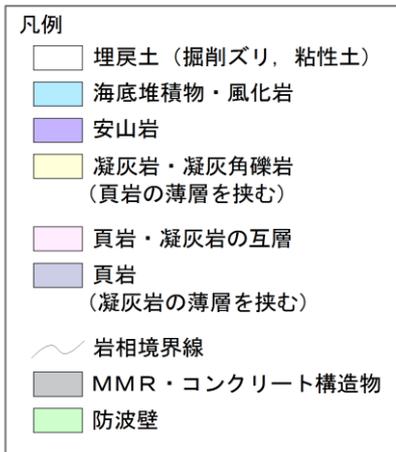
3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（4/7）



- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）施設護岸前出し部の地質断面図を以下に示す。
- ③-③断面は、鋼管杭を岩盤に根入れする。また、周辺には埋戻土（掘削ズリ）等が分布している。

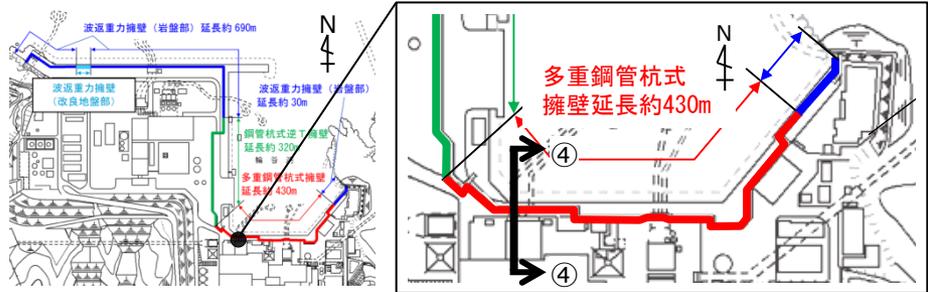
(単位：m)



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）施設護岸前出し部（③-③断面）
地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

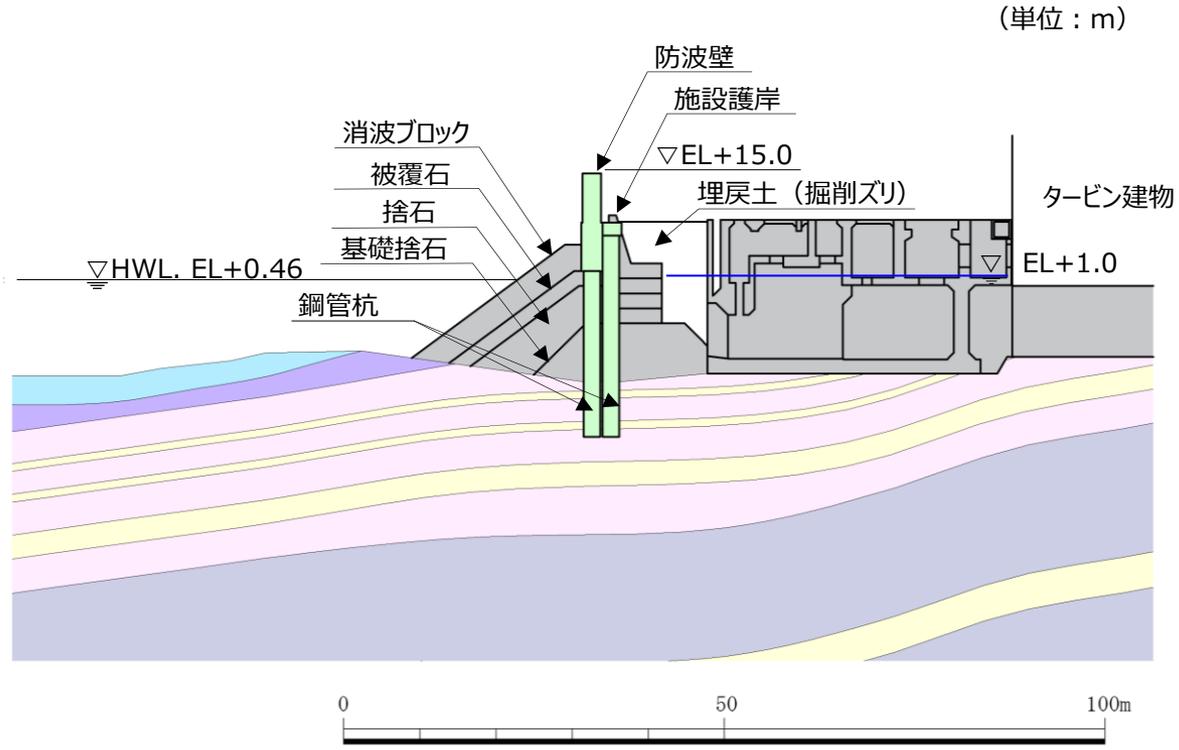
3.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（5/7）



- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）取水路横断部の地質断面図を以下に示す。
- ④－④断面は、鋼管杭を岩盤に根入れする。また、周辺には埋戻土（掘削ズリ）が分布している。

凡例

	埋戻土（掘削ズリ、粘性土）
	海底堆積物・風化岩
	安山岩
	凝灰岩・凝灰角礫岩 (頁岩の薄層を挟む)
	頁岩・凝灰岩の互層
	頁岩 (凝灰岩の薄層を挟む)
	岩相境界線
	MMR・コンクリート構造物 被覆石・捨石・基礎捨石
	防波壁



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）取水路横断部（④-④断面）
地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（6/7）

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）について、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震力特性等の観点を踏まえた耐震評価候補断面の整理方針を以下の表に示す。
- 工認段階において、地震応答解析により耐震評価を行う上で、上記の観点を考慮して断面を整理し、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

耐震評価候補断面の整理（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））（1/2）

観点		防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	
		一般部（①-①断面）	改良地盤部（②-②断面）
要求機能		津波防護施設	津波防護施設
①間接支持する設備		・なし	・なし
②構造的特徴	形式	<ul style="list-style-type: none"> ・線状構造物 ・多重鋼管杭式擁壁は、鋼管杭4,5本程度を標準とした壁体を連続して設置している。 ・被覆コンクリート壁は、下部の鋼管杭から連続する鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆した部材で構成されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・線状構造物 ・多重鋼管杭式擁壁は、鋼管杭6本程度を標準とした壁体を連続して設置している。 ・被覆コンクリート壁は、下部の鋼管杭から連続する鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆した部材で構成されている。
	寸法	<ul style="list-style-type: none"> ・被覆コンクリート：幅2.40m、高さ6.80m ・鋼管杭：φ1.60～2.20m 	<ul style="list-style-type: none"> ・被覆コンクリート：幅2.40m、高さ6.80m ・鋼管杭：φ1.60～2.20m
③周辺状況	周辺地質	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭を根入れ深さ5.0m程度で主にCM級岩盤に打設し、支持されている。 ・周辺地質は、埋戻土（掘削ズリ）及び埋戻土（粘性土）が分布している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭を根入れ深さ5.0m程度で主にCM級岩盤に打設し、支持されている。 ・周辺地質は、埋戻土（掘削ズリ）及び埋戻土（粘性土）が分布し、基礎捨石の下側に改良地盤及び砂礫層が分布している。
	地下水位※	・解析結果等を踏まえて整理する。	・解析結果等を踏まえて整理する。
	隣接構造物	・北側に施設護岸が隣接する。	・北側に施設護岸が隣接する。
④地震力特性		・周辺状況を踏まえて整理する。	
⑤床応答特性		・間接支持する設備なし。	

※地下水位は解析等による地下水位に係る検討結果を踏まえて工認段階で設定する。

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（7/7）

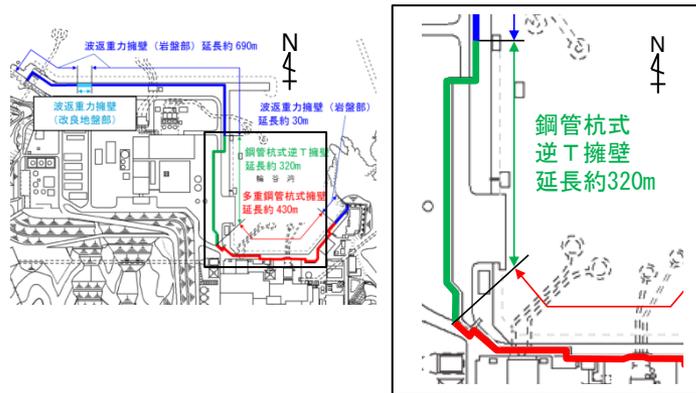
耐震評価候補断面の整理（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））（2/2）

観点		防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	
		施設護岸前出し部（③-③断面）	取水路横断面部（④-④断面）
要求機能		津波防護施設	津波防護施設
①間接支持する設備		・なし	・なし
②構造的特徴	形式	<ul style="list-style-type: none"> ・線状構造物 ・多重鋼管杭式擁壁は、鋼管杭8本程度を標準とした壁体を連続して設置している。 ・被覆コンクリート壁は、下部の鋼管杭から連続する鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆した部材で構成されている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・線状構造物 ・多重鋼管杭式擁壁は、鋼管杭16本程度による壁体を設置している。 ・被覆コンクリート壁は、下部の鋼管杭から連続する鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆した部材で構成されている。
	寸法	<ul style="list-style-type: none"> ・被覆コンクリート：幅2.40m、高さ13.00m ・鋼管杭：φ1.60～2.20m 	<ul style="list-style-type: none"> ・被覆コンクリート：幅2.40m、高さ13.00m ・鋼管杭：φ1.60～2.20m（海側、陸側に2列配置）
③周辺状況	周辺地質	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭を根入れ深さ5.0m程度で主にCM級岩盤に打設し、支持されている。 ・周辺地質は、埋戻土（掘削ズリ）及び埋戻土（粘性土）が分布している。 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭を根入れ深さ7.0m程度で主にCM級及びCH級岩盤に打設し、支持されている。 ・周辺地質は、埋戻土（掘削ズリ）が分布している。
	地下水位※	・解析結果等を踏まえて整理する。	・解析結果等を踏まえて整理する。
	隣接構造物	・南側に施設護岸が隣接する。	・南側に施設護岸が隣接する。
④地震力特性		・周辺状況を踏まえて整理する。	
⑤床応答特性		・間接支持する設備なし。	

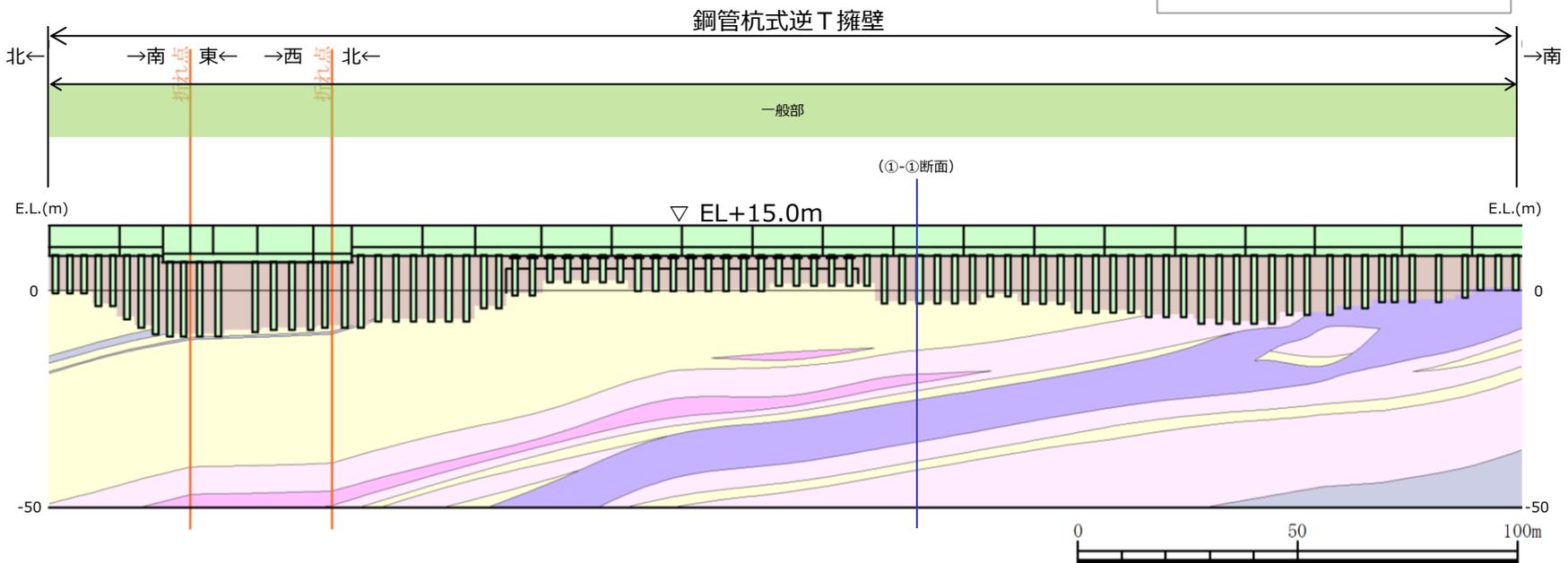
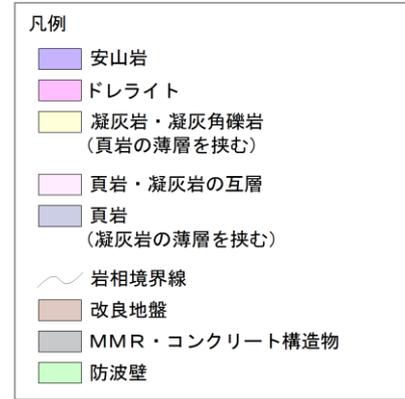
※地下水位は解析等による地下水位に係る検討結果を踏まえて工認段階で設定する。

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.3 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（1/3）



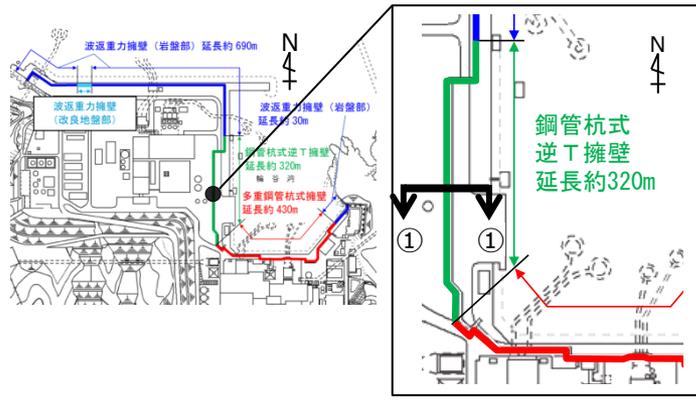
■ 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の地質縦断図を以下に示す。



防波壁（鋼管杭式逆T擁壁） 地質縦断図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

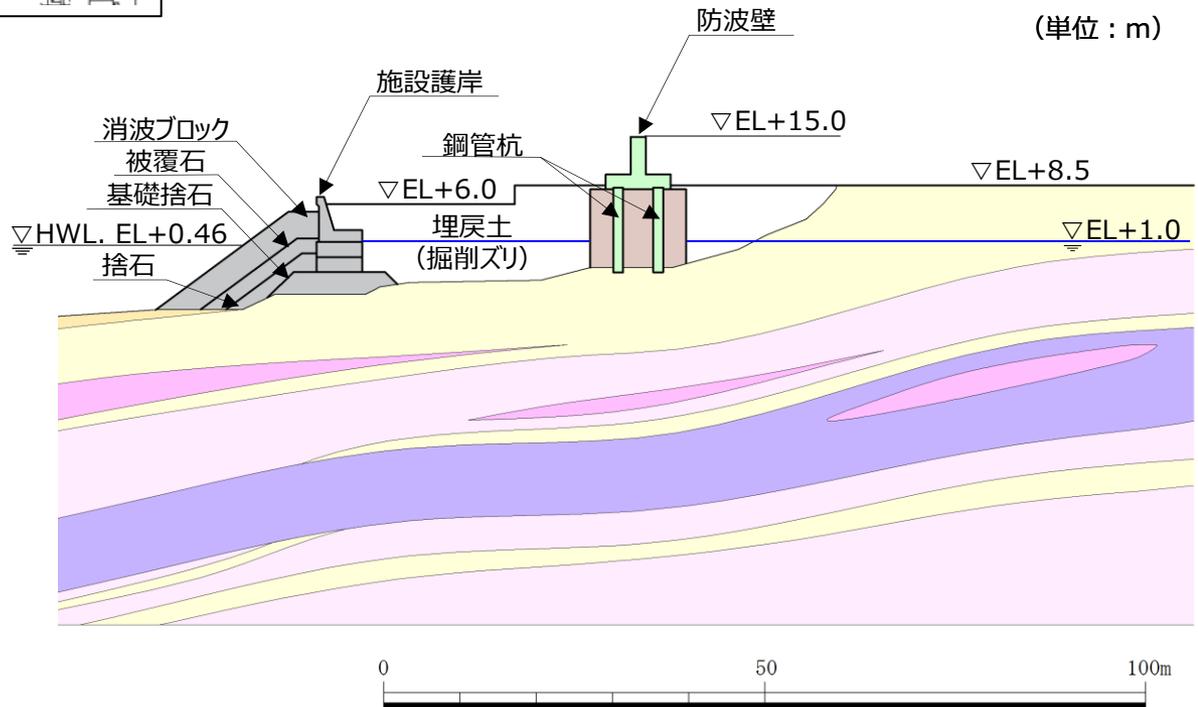
3.3 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（2/3）



- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）一般部の地質断面図を以下に示す。
- ①-①断面は、鋼管杭を岩盤に根入れする。また、周辺の埋戻土（掘削ズリ）を地盤改良している。

凡例

	埋戻土（掘削ズリ）
	砂礫層
	安山岩
	ドレライト
	凝灰岩・凝灰角礫岩 (頁岩の薄層を挟む)
	頁岩・凝灰岩の互層
	岩相境界線
	改良地盤
	MMR・コンクリート構造物 被覆石・捨石・基礎捨石
	防波壁



防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）一般部（①-①断面）
地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.3 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（3/3）

- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）について、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震力特性等の観点を踏まえた耐震評価候補断面の整理方針を以下の表に示す。
- 工認段階において、地震応答解析により耐震評価を行う上で、上記の観点を考慮して断面を整理し、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

耐震評価候補断面の整理（防波壁（鋼管杭式逆T擁壁））

観点		防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）	
		一般部（①-①断面）	
要求機能		津波防護施設	
①間接支持する設備		・なし	
②構造的特徴	形式	<ul style="list-style-type: none"> ・線状構造物 ・鉄筋コンクリート構造物 ・鋼管杭6本又は10本を1ブロックとした壁体を連続して設置する。 	
	寸法	<ul style="list-style-type: none"> ・逆T擁壁：幅8.5m, 高さ7.0m ・鋼管杭：φ1.3m 	
③周辺状況	周辺地質	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭を根入れ0.5m程度で主にCM級岩盤に対して打設し、支持されている。 ・周辺地質は埋戻土（掘削スリ）及び改良地盤が分布している。 	
	地下水位※	<ul style="list-style-type: none"> ・解析結果等を踏まえて整理する。 	
	隣接構造物	<ul style="list-style-type: none"> ・北側に施設護岸が隣接する。 	
④地震力特性		<ul style="list-style-type: none"> ・周辺状況を踏まえて整理する。 	
⑤床応答特性		<ul style="list-style-type: none"> ・間接支持する設備なし。 	

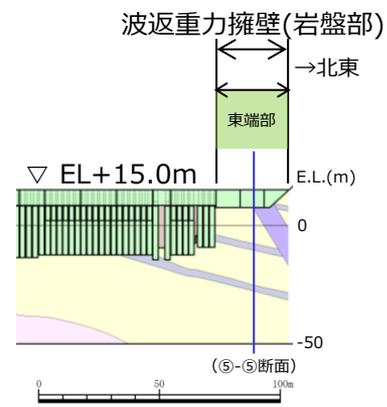
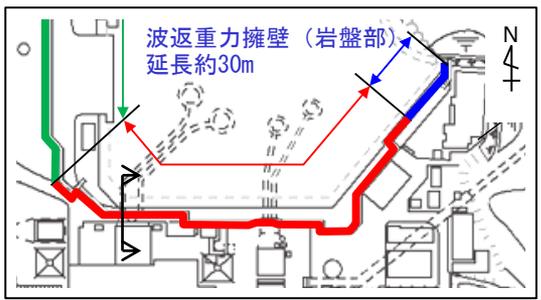
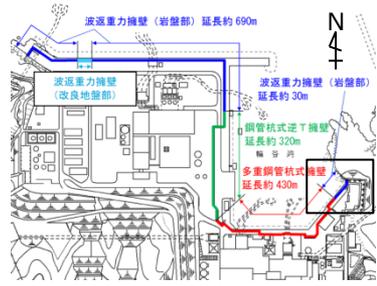
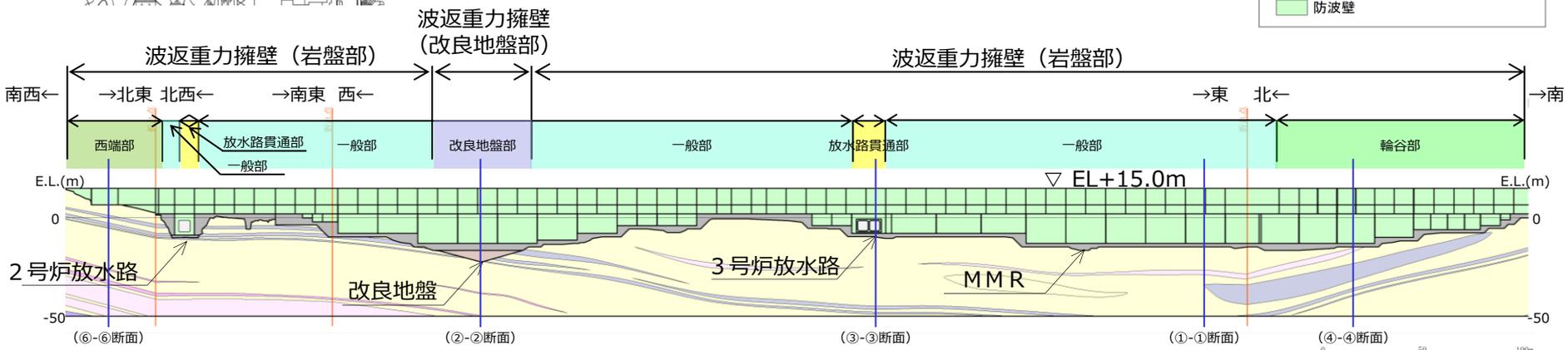
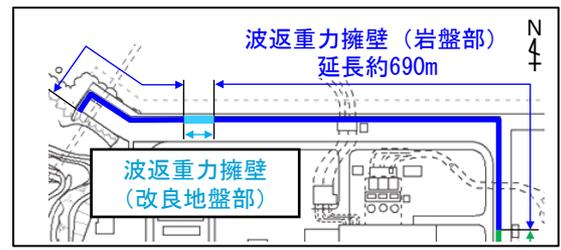
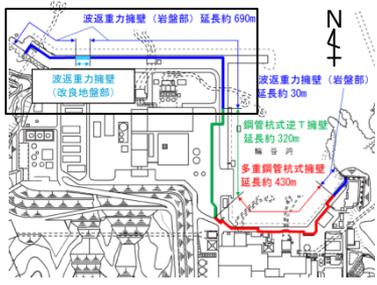
※地下水位は解析等による地下水位に係る検討結果を踏まえて工認段階で設定する。

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（1/9）

■ 防波壁（重力波返擁壁）の地質縦断図を以下に示す。

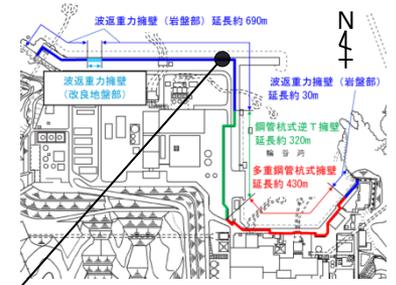
- 凡例
- 安山岩
 - ドレライト
 - 凝灰岩・凝灰角礫岩
(頁岩の薄層を挟む)
 - 頁岩・凝灰岩の互層
 - 頁岩
(凝灰岩の薄層を挟む)
 - 岩相境界線
 - 改良地盤
 - MMR・コンクリート構造物
 - 防波壁



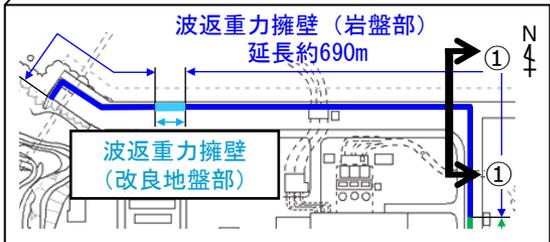
防波壁（波返重力擁壁）地質縦断図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（2/9）

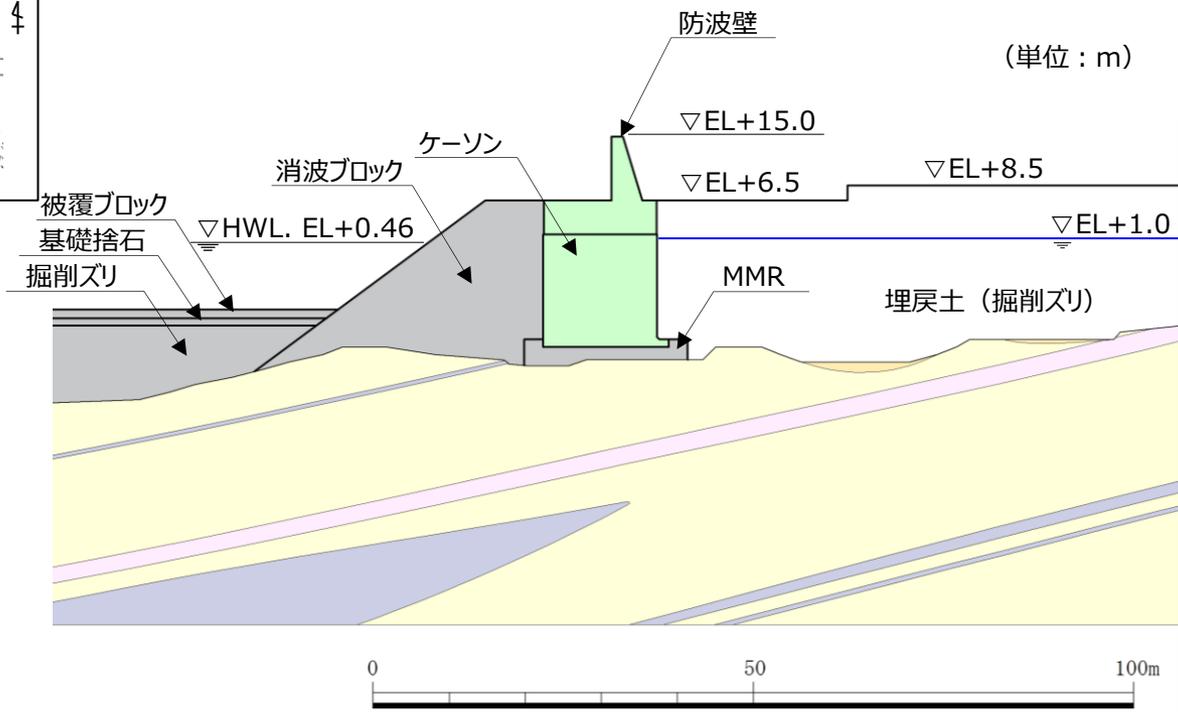


- 防波壁（重力波返擁壁）一般部の地質断面図を以下に示す。
- ①-①断面は、岩盤上にケーソンを介して重力擁壁を設置する。また、背面の周辺地盤には埋戻土（掘削ズリ）が分布している。



凡例

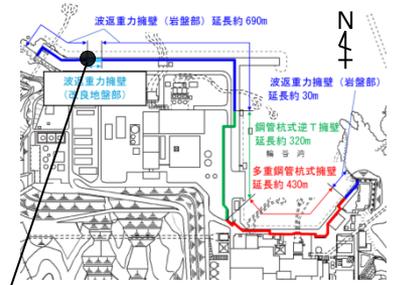
埋戻土（掘削ズリ）
砂礫層
凝灰岩・凝灰角礫岩（頁岩の薄層を挟む）
頁岩・凝灰岩の互層
頁岩（凝灰岩の薄層を挟む）
岩相境界線
MMR・コンクリート構造物
防波壁



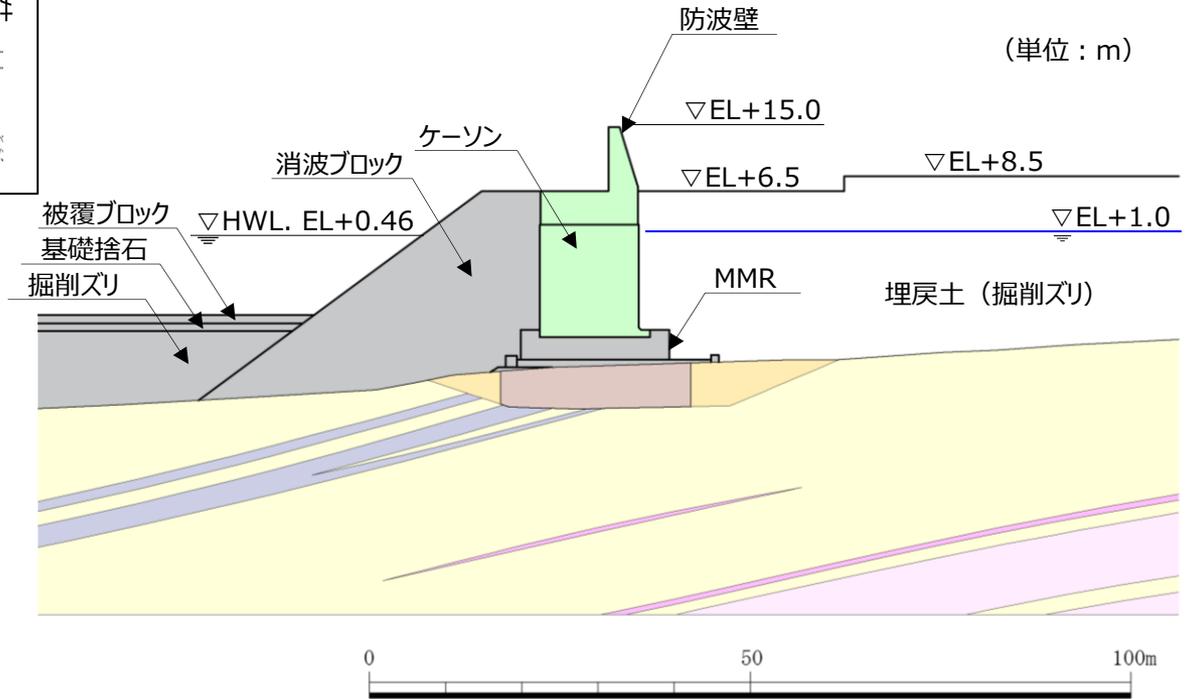
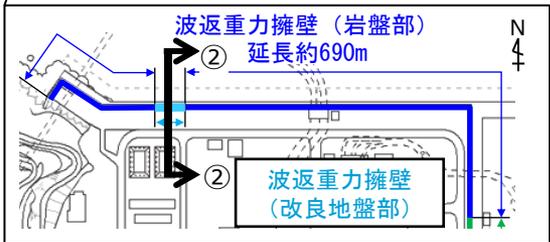
防波壁（波返重力擁壁）一般部（①-①断面）
地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（3/9）



- 防波壁（重力波返擁壁）改良地盤部の地質断面図を以下に示す。
- ②-②断面は，岩盤上の砂礫層を高圧噴射攪拌工法により地盤改良し，その上部にケーソンを介して重力擁壁を設置する。また，背面の周辺地盤には埋戻土（掘削ズリ）が分布している。



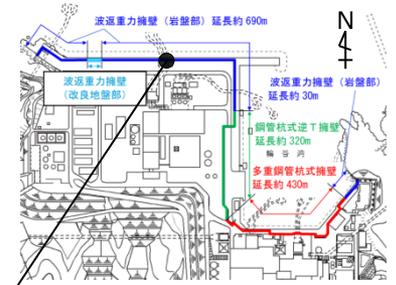
凡例

	埋戻土（掘削ズリ）
	ドレライト
	凝灰岩・凝灰角礫岩 （頁岩の薄層を挟む）
	頁岩・凝灰岩の互層
	頁岩 （凝灰岩の薄層を挟む）
	岩相境界線
	MMR・コンクリート構造物
	防波壁

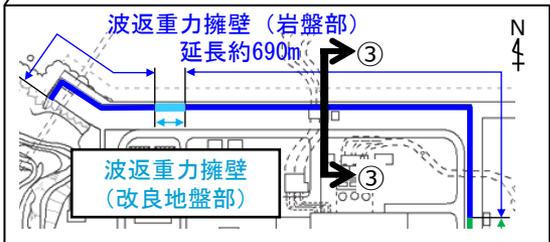
防波壁（波返重力擁壁）改良地盤部（②-②断面）
地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（4/9）



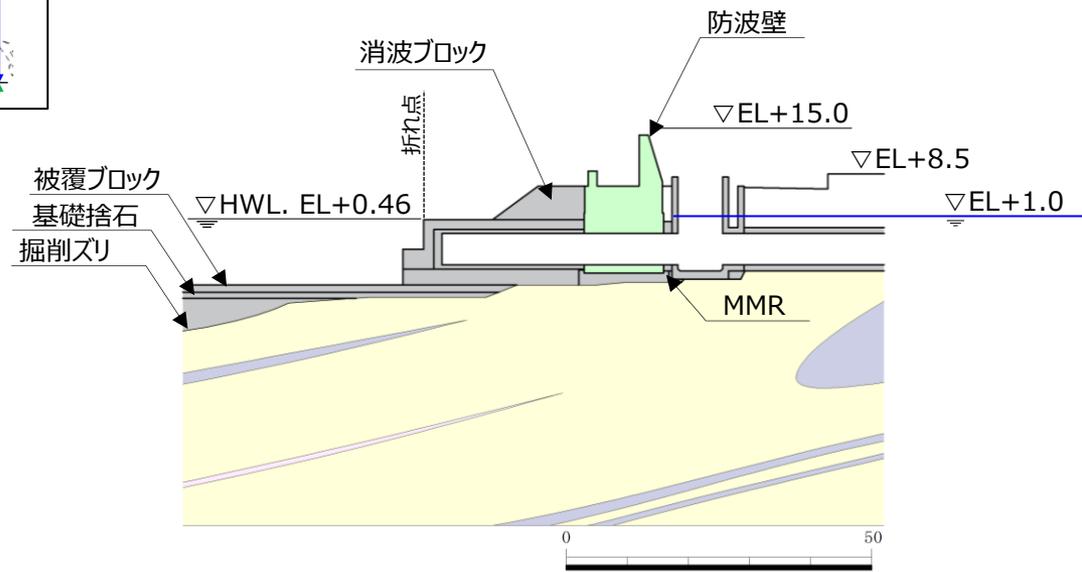
- 防波壁（重力波返擁壁）放水路貫通部の地質断面図を以下に示す。
- ③-③断面は，防波壁下部のケーソンを3号炉放水路が貫通している。



(単位：m)

凡例

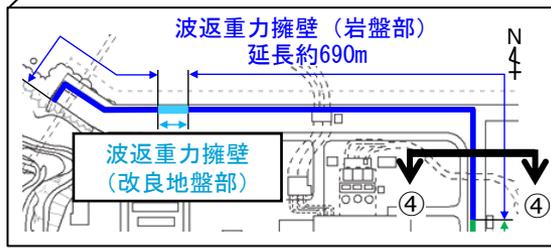
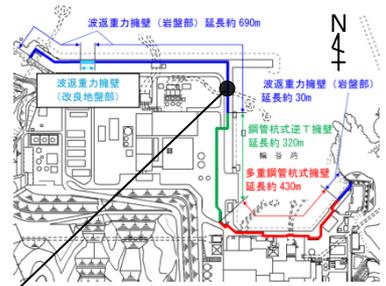
	凝灰岩・凝灰角礫岩 (頁岩の薄層を挟む)
	頁岩・凝灰岩の互層
	頁岩 (凝灰岩の薄層を挟む)
	岩相境界線
	MMR・コンクリート構造物
	防波壁



防波壁（波返重力擁壁）放水路貫通部（③-③断面）地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

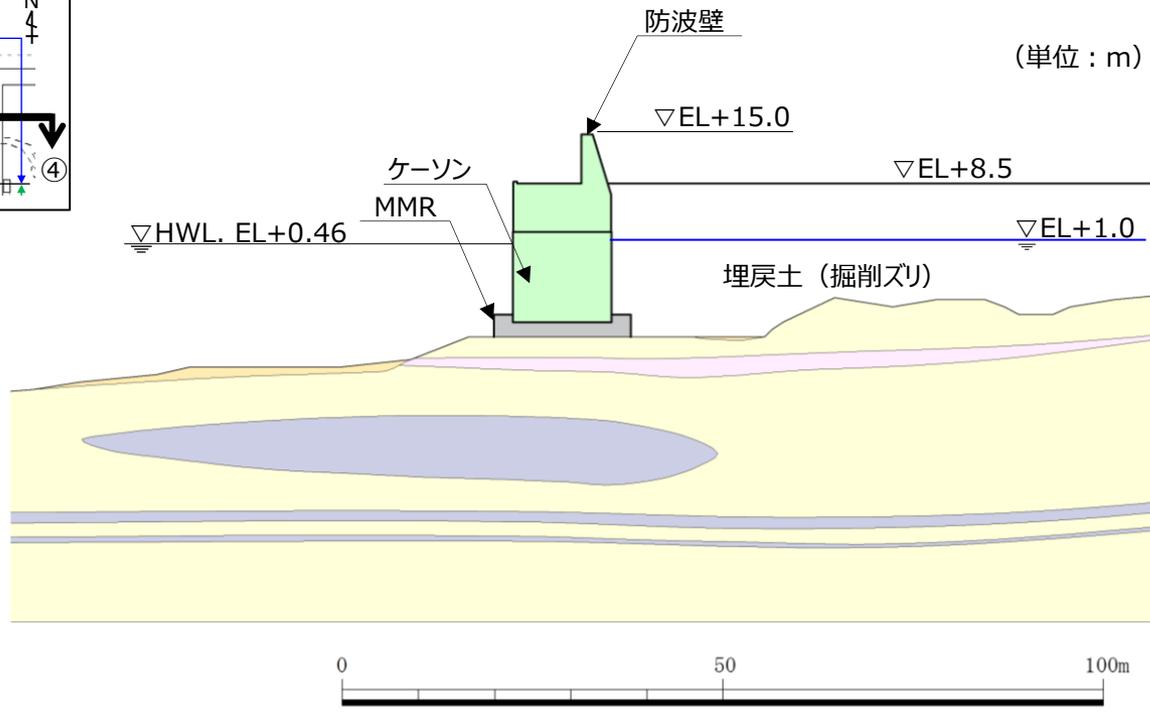
3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（5/9）



- 防波壁（重力波返擁壁）輪谷部の地質断面図を以下に示す。
- ④－④断面は，岩盤上にケーソンを介して重力擁壁を設置する。また，背面の周辺地盤には埋戻土（掘削ズリ）が分布している。

凡例

	埋戻土（掘削ズリ）
	砂礫層
	凝灰岩・凝灰角礫岩 (頁岩の薄層を挟む)
	頁岩・凝灰岩の互層
	頁岩 (凝灰岩の薄層を挟む)
	岩相境界線
	MMR・コンクリート構造物
	防波壁

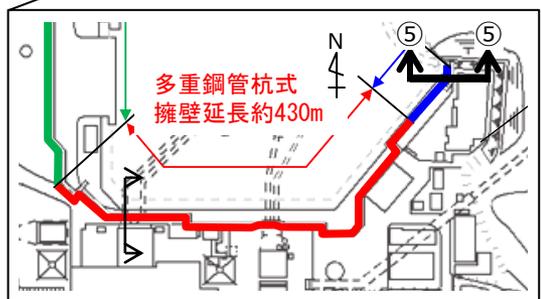
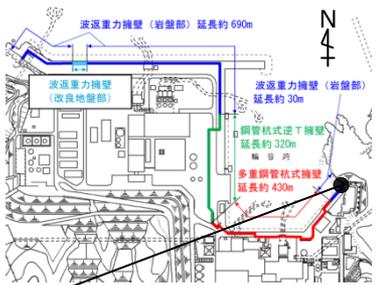


防波壁（波返重力擁壁）輪谷部（④-④断面）
 地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

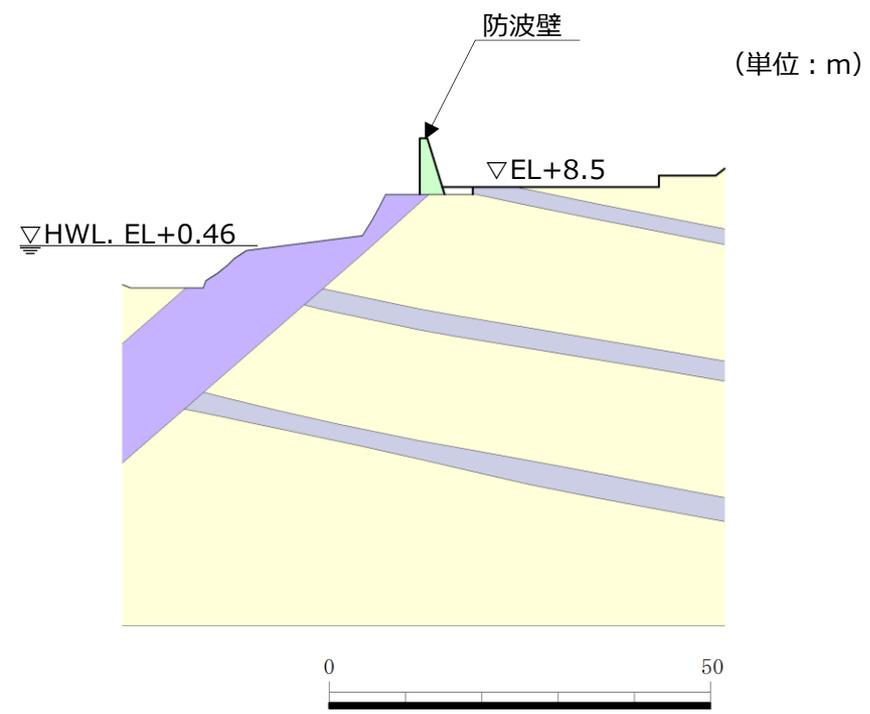
3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（6/9）

- 防波壁（重力波返擁壁）東端部の地質断面図を以下に示す。
- ⑤－⑤断面は、岩盤上に直接、重力擁壁を設置する。



凡例

	埋戻土（掘削ズリ）
	安山岩
	凝灰岩・凝灰角礫岩 (頁岩の薄層を挟む)
	頁岩 (凝灰岩の薄層を挟む)
	岩相境界線
	防波壁

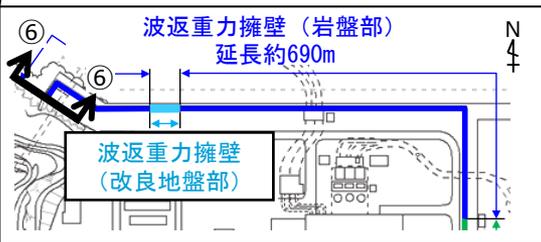
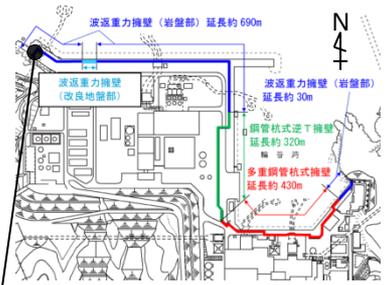


防波壁（波返重力擁壁）東端部（⑤-⑤断面）
地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

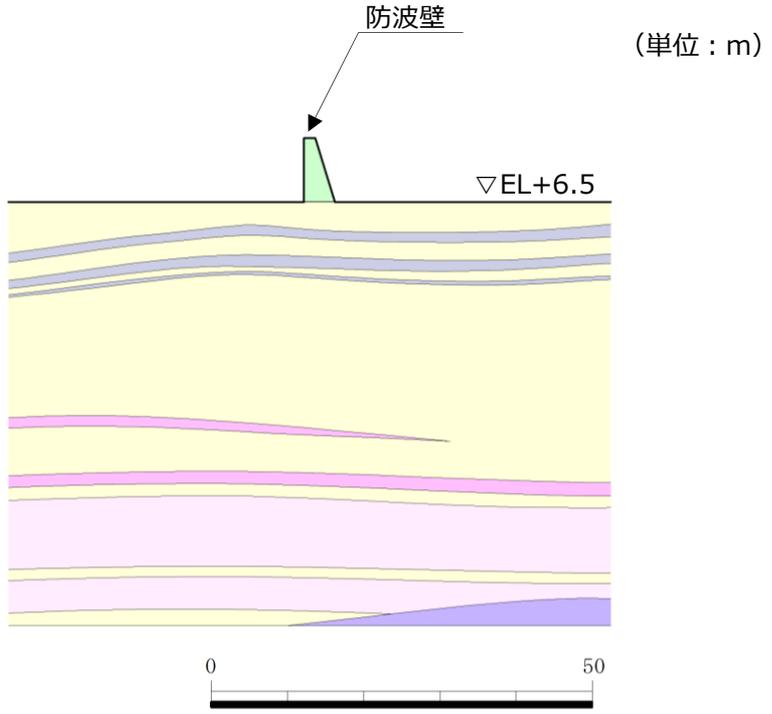
3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（7/9）

- 防波壁（重力波返擁壁）西端部の地質断面図を以下に示す。
- ⑥－⑥断面は、岩盤上に直接、重力擁壁を設置する。



凡例

	安山岩
	ドレライト
	凝灰岩・凝灰角礫岩 (頁岩の薄層を挟む)
	頁岩・凝灰岩の互層
	頁岩 (凝灰岩の薄層を挟む)
	岩相境界線
	防波壁



防波壁（波返重力擁壁）西端部（⑥-⑥断面）
地質断面図

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（8/9）

- 防波壁（波返重力擁壁）について、間接支持する設備、構造的特徴、周辺状況及び地震力特性等の観点を踏まえた耐震評価候補断面の整理方針を以下の表に示す。
- 工認段階において、地震応答解析により耐震評価を行う上で、上記の観点を考慮して断面を整理し、構造物の応答が耐震評価上最も厳しくなると考えられる断面を評価対象断面として選定する。

耐震評価候補断面の整理（防波壁（波返重力擁壁））（1/2）

観点		防波壁（波返重力擁壁）		
		一般部（①-①断面）	改良地盤部（②-②断面）	放水路貫通部（③-③断面）
要求機能		津波防護施設	津波防護施設	津波防護施設
①間接支持する設備		・なし	・なし	・なし
②構造的 特徴	形式	・線状構造物 ・約10mを1ブロックとした鉄筋コンクリート造の壁体を連続で設置している。	・線状構造物 ・約10mを1ブロックとした鉄筋コンクリート造の壁体を連続で設置している。	・線状構造物 ・約10mを1ブロックとした鉄筋コンクリート造の壁体を連続で設置している。
	寸法	・幅1.50m ・高さ8.50m（地上部のみ）	・幅1.50m ・高さ8.50m（地上部のみ）	・幅1.50m ・高さ8.50m（地上部のみ）
③周辺状況	周辺地質	・ケーソンを介して主にCM級岩盤に支持される。 ・周辺地質は、埋戻土（掘削ズリ）が分布している。	・高圧噴射攪拌工法により地盤改良を実施している改良地盤部が存在する。 ・ケーソンを介して主にCM級岩盤または改良地盤に支持される。 ・周辺地質は、埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層が分布している。	・ケーソンを介して主にCH級岩盤に支持される。 ・周辺地質は、埋戻土（掘削ズリ）が分布している。
	地下水位※	・解析結果等を踏まえて整理する。	・解析結果等を踏まえて整理する。	・解析結果等を踏まえて整理する。
	隣接構造物	・なし	・なし	・3号炉放水路が防波壁下部のケーソンを貫通する。
④地震力特性		・周辺状況を踏まえて整理する。		
⑤床応答特性		・間接支持する設備なし。		

※地下水位は解析等による地下水位に係る検討結果を踏まえて工認段階で設定する。

3.防波壁の支持地盤・周辺地盤の地質

3.4 防波壁（波返重力擁壁）の支持地盤・周辺地盤の地質（9/9）

耐震評価候補断面の整理（防波壁（波返重力擁壁））（2/2）

観点		防波壁（波返重力擁壁）		
		輪谷部（④-④断面）	東端部（⑤-⑤断面）	西端部（⑥-⑥断面）
要求機能		津波防護施設	津波防護施設	津波防護施設
①間接支持する設備		・なし	・なし	・なし
②構造的 特徴	形式	・線状構造物 ・約10mを1ブロックとした鉄筋コンクリート造の壁体を連続で設置している。	・線状構造物 ・約10mを1ブロックとした鉄筋コンクリート造の壁体を連続で設置している。 ・端部にかけて岩盤に擦り付く。	・線状構造物 ・約10mを1ブロックとした鉄筋コンクリート造の壁体を連続で設置している。 ・端部にかけて岩盤に擦り付く。
	寸法	・幅1.50m ・高さ6.50m（地上部のみ）	・幅1.50m ・高さ7.50m	・幅1.00m ・高さ8.50m
③周辺状況	周辺地質	・ケーソンを介して主にCM級岩盤に支持される。 ・周辺地質は、埋戻土（掘削ズリ）が分布している。	・主にCH級岩盤に直接支持される。	・CM級岩盤に直接支持される。
	地下水位※	・解析結果等を踏まえて整理する。	・解析結果等を踏まえて整理する。	・解析結果等を踏まえて整理する。
	隣接構造物	・なし	・なし	・なし
④地震力特性		・周辺状況を踏まえて整理する。		
⑤床応答特性		・間接支持する設備なし。		

※地下水位は解析等による地下水位に係る検討結果を踏まえて工認段階で設定する。

4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法（1/10）（論点Ⅱ-31）

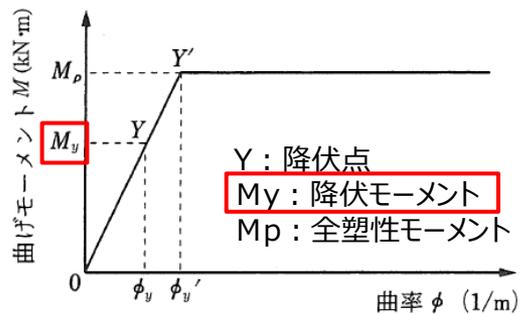
- 防波壁は、地震後及び津波後の再使用性と津波の繰り返し作用を考慮し、構造物全体の变形能力に対して十分な裕度を有するよう以下のとおり設計する（要求機能と設計評価方針の表については別添.4参照）。
- 地震時及び津波時の荷重伝達を評価するため、地震時は地盤と防波壁を連成した2次元FEM解析により断面力を照査し、津波時はフレームモデルを用いた静的解析により断面力を照査する。

構造強度設計			設計に用いる許容限界	摘要	
評価対象部位	応力等の状態	損傷モード			
基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	港湾基準を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力度とする。	共通	
鋼管杭	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（平成14年3月）」を踏まえた降伏モーメント（曲げ）及びせん断応力度（せん断）とする。	多重鋼管杭式擁壁 鋼管杭式逆T擁壁	
ケーソン	せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書，構造性能照査編，2002年制定」を踏まえた短期許容応力度とする。	波返重力擁壁	
被覆コンクリート壁 （鉄筋コンクリート造）	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書，構造性能照査編，2002年制定」を踏まえた短期許容応力度とする。	多重鋼管杭式擁壁	
逆T擁壁 （鉄筋コンクリート造）				鋼管杭式逆T擁壁	
重力擁壁 （鉄筋コンクリート造）				波返重力擁壁	
止水目地	止水目地	変形・水圧	有意な漏えいに至る変形・水圧	メーカー規格及び基準並びに性能試験を参考に定める許容変形量及び許容水圧以下とする。	共通
	止水目地の鋼製部材	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態		

4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法（2/10）（論点Ⅱ-30）

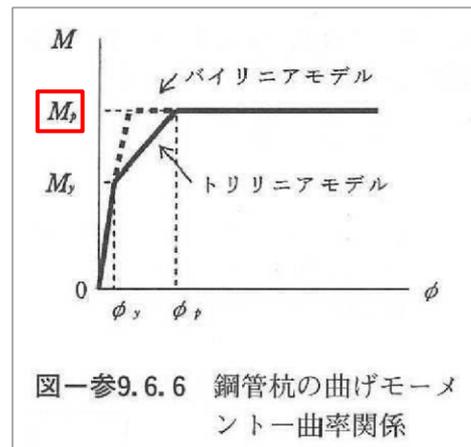
- 「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編 平成14年3月」によると、降伏の判定は、全塑性モーメントを上限値とするバイリニア型の「鋼管杭の杭体の曲げモーメント-曲率関係」を用いてよいとされている。
- 「港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成11年4月」によると、鋼管杭の曲げモーメントと曲率の関係は、全塑性モーメントを上限値とするトリリニアモデルを用いるが、トリリニアモデルに代えて、より簡便に計算が可能な、破線で示すバイリニアモデルを用いても計算結果に差があまり見られないので、バイリニアモデルを用いてよいとされている。
- 以上を踏まえ、鋼管杭の曲げ系破壊については、繰返しの津波荷重に対して機能を保持していることを確認することとし、降伏モーメント M_y を許容限界とする。



鋼管杭の杭体の曲げモーメント-曲率関係



鋼材の応力度-ひずみ曲線

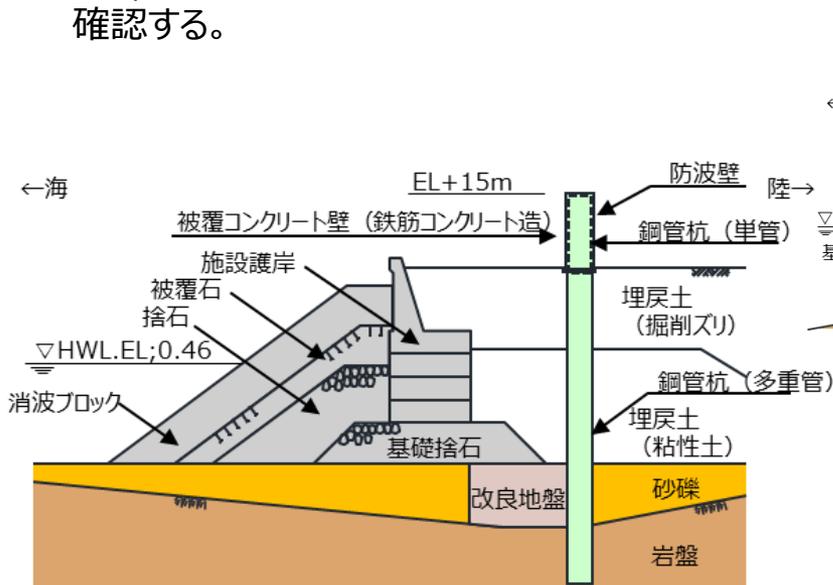


港湾の施設の技術上の基準・同解説 平成11年4月 p.752を抜粋

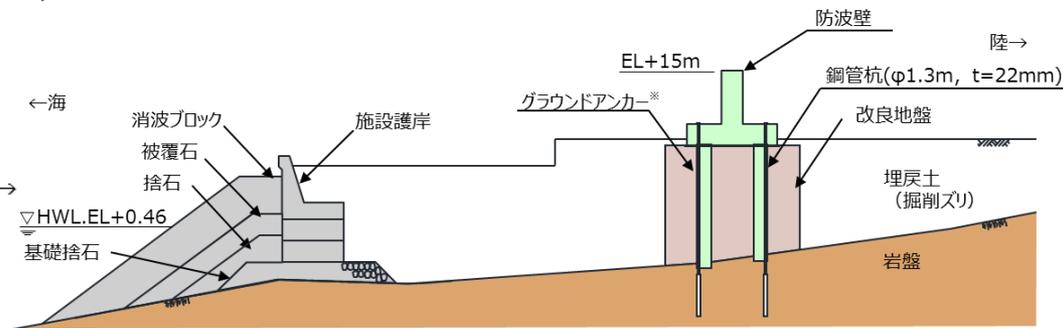
4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法（3/10）（論点Ⅱ-28）

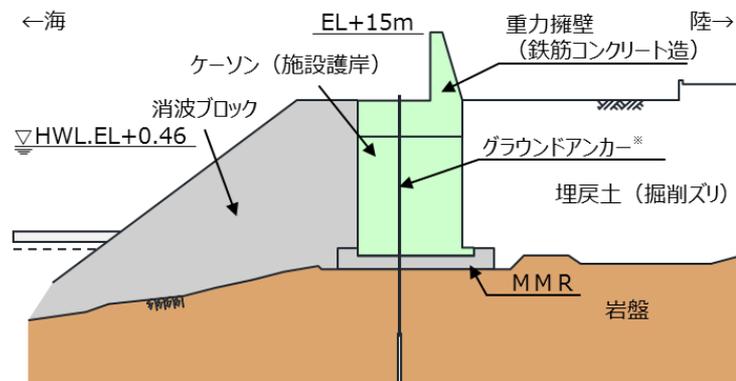
- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁，鋼管杭式逆T擁壁及び波返重力擁壁）の周辺地盤には地下水位以深に埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層が分布しており，繰り返し载荷による間隙水圧の上昇により有効応力の低下が懸念されるため，設計に当たっては，山側から海方向への液状化に起因する側方流動や偏土圧による影響を考慮する。
- 構造物と地盤の動的相互作用を考慮できる2次元動的有限要素解析において，有効応力を用いた時刻歴応答解析により地震時の応答を算定する。
- 液状化強度特性は，港湾基準に基づく詳細な計算例をまとめた港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，H19）に準拠し，有効応力解析（FLIP）の簡易パラメータ設定法（以下，「簡易設定法」という）により設定する。また，簡易設定法より設定した液状化強度特性は，液状化試験結果による液状化強度特性よりも保守的であることを確認する。



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要



防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の構造概要



防波壁（波返重力擁壁）の構造概要

※グラウンドアンカーの効果を期待しなくても，耐震・耐津波安全性を担保している。

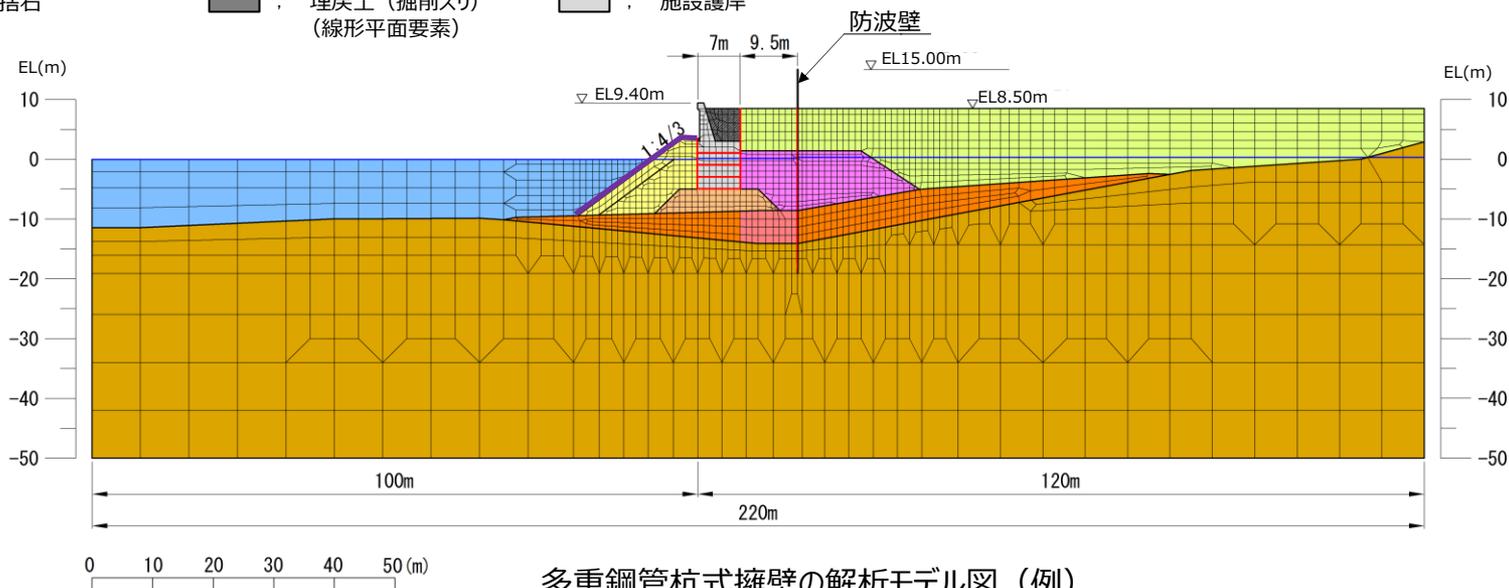
4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法（4/10）

■ 地震時における防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の挙動を確認するために有効応力解析を実施する。

■ 以下に、モデル化の考え方を示す。

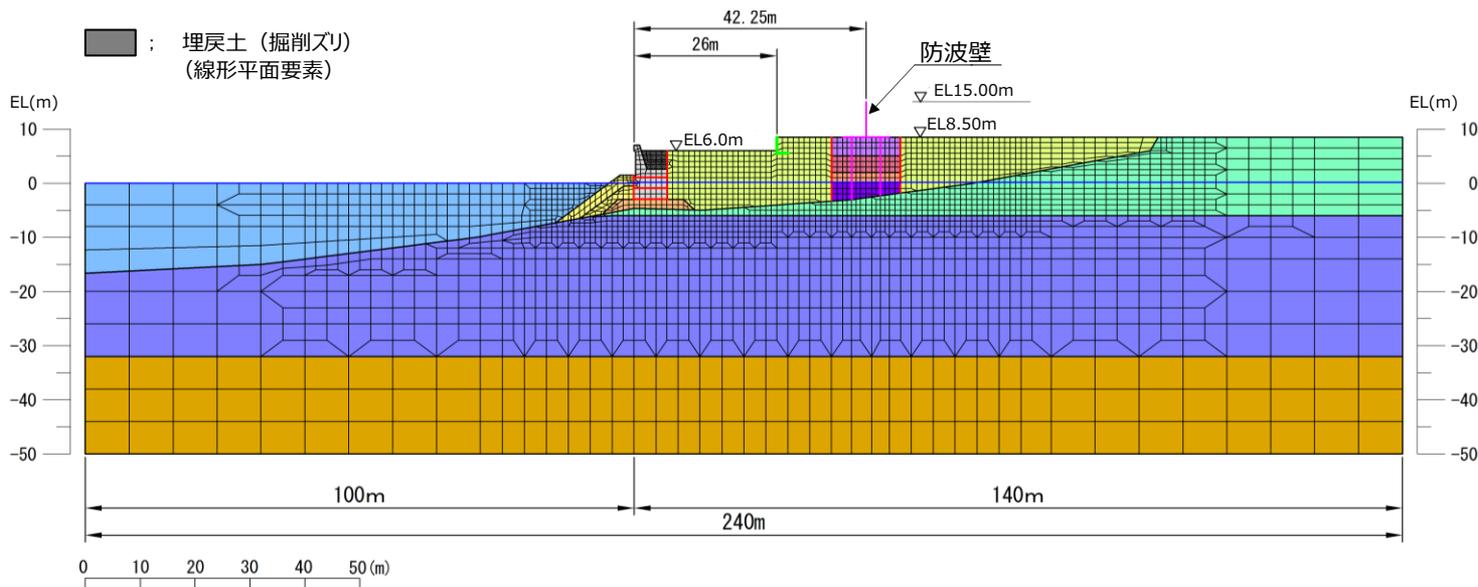
- ・防波壁は線形はり要素でモデル化する（多重鋼管杭のモデル化に関しては別添.5-1参照）。
- ・岩盤及び施設護岸は線形平面要素でモデル化する。
- ・埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層、改良地盤、被覆石及び基礎捨石はマルチスプリング要素でモデル化する。消波ブロックは荷重でモデル化する。
- ・液状化評価対象層である埋戻土（掘削ズリ）及び砂礫層は液状化パラメータを設定する。
- ・海水は流体要素でモデル化する。
- ・防波壁と背後地盤など、要素間の滑り・剥離を考慮する箇所は、ジョイント要素でモデル化する。



4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法（5/10）

- 地震時における防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の挙動を確認するために有効応力解析を実施する。
- 以下に、モデル化の考え方を示す。
 - ・防波壁及び鋼管杭は線形はり要素でモデル化する。
 - ・岩盤及び施設護岸は線形平面要素でモデル化する。
 - ・埋戻土（掘削ズリ）、改良地盤、被覆石及び基礎捨石はマルチスプリング要素でモデル化する。消波ブロックは荷重でモデル化する。
 - ・液状化評価対象層である埋戻土（掘削ズリ）は液状化パラメータを設定する。
 - ・海水は流体要素でモデル化する。
 - ・防波壁と背後地盤など、要素間の滑り・剥離を考慮する箇所は、ジョイント要素でモデル化する。



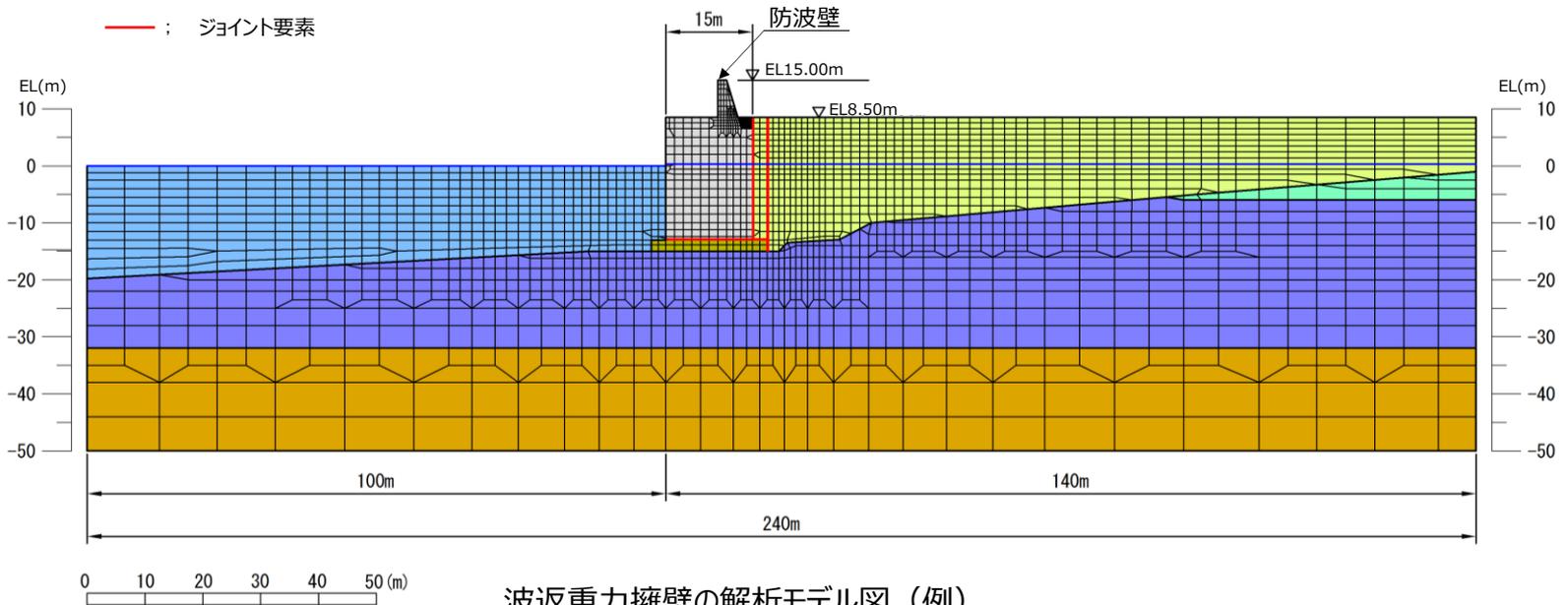
鋼管杭式逆T擁壁の解析モデル図（例）

4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法（6/10）

- 地震時における防波壁（波返重力擁壁）の挙動を確認するために有効応力解析を実施する。
- 以下に、モデル化の考え方を示す。
 - ・波返重力擁壁はケーソン護岸と一体化した構造のため線形平面要素でモデル化する。
 - ・岩盤及びMMRは線形平面要素でモデル化する。
 - ・埋戻土（掘削ズリ）、被覆石、消波ブロックはマルチスプリング要素でモデル化する。なお、防波壁に隣接する消波ブロックは荷重でモデル化する。
 - ・液状化評価対象層である埋戻土（掘削ズリ）は液状化パラメータを設定する。
 - ・海水は流体要素でモデル化する。
 - ・防波壁と背後地盤など、要素間の滑り・剥離を考慮する箇所は、ジョイント要素でモデル化する。

- : 岩盤①
- : 岩盤②
- : 岩盤③
- : 埋戻土（掘削ズリ）
- : MMR
- : ジョイント要素



波返重力擁壁の解析モデル図（例）

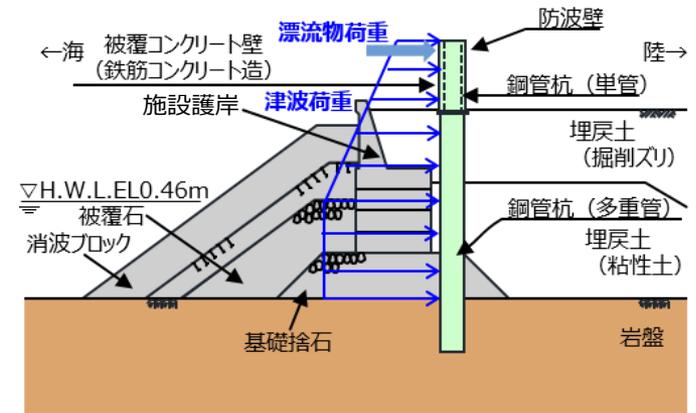
4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法 (7/10)

- 検討ケースは、荷重の組合せを考慮し、以下のケースを実施する。防波壁は、地震後及び津波後の再使用性と津波の繰返し作用を考慮し、構造物全体の変形能力に対して十分な裕度を有するよう設計する。

検討ケース	荷重の組合せ
地震時	常時荷重 + 地震荷重
津波時	常時荷重 + 津波荷重 + 漂流物衝突荷重
重畳時 (津波 + 余震時)	常時荷重 + 津波荷重※ + 余震荷重 ※ 海域活断層に想定される地震による津波荷重

荷重	内容
常時荷重	構造物の自重, 土圧, 水圧, 積雪荷重及び風荷重
地震荷重	基準地震動Ssを作用させる
津波荷重	入力津波高さと同防波壁前面の静水面高さ(朔望平均満潮位EL+0.46m)の差の1/2を津波高さとし、港湾基準に基づき谷本式により津波波力を算定し、作用させる
漂流物衝突荷重	漂流物, 荷重算定式について詳細検討を行った上で防波壁天端高さに作用させる

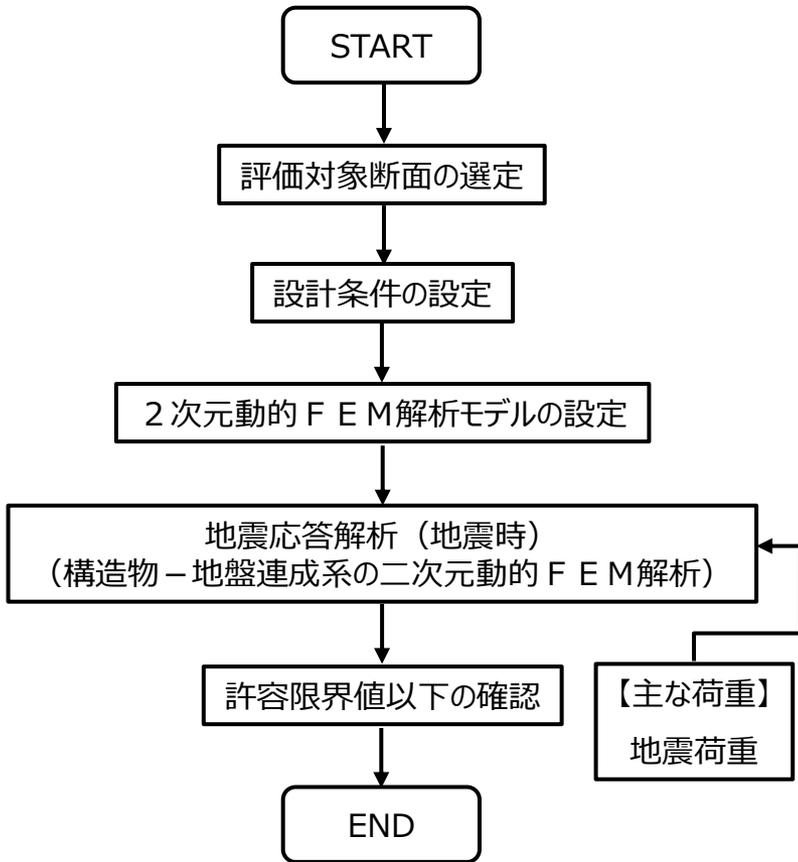


津波時荷重イメージ図 (多重鋼管杭式擁壁)

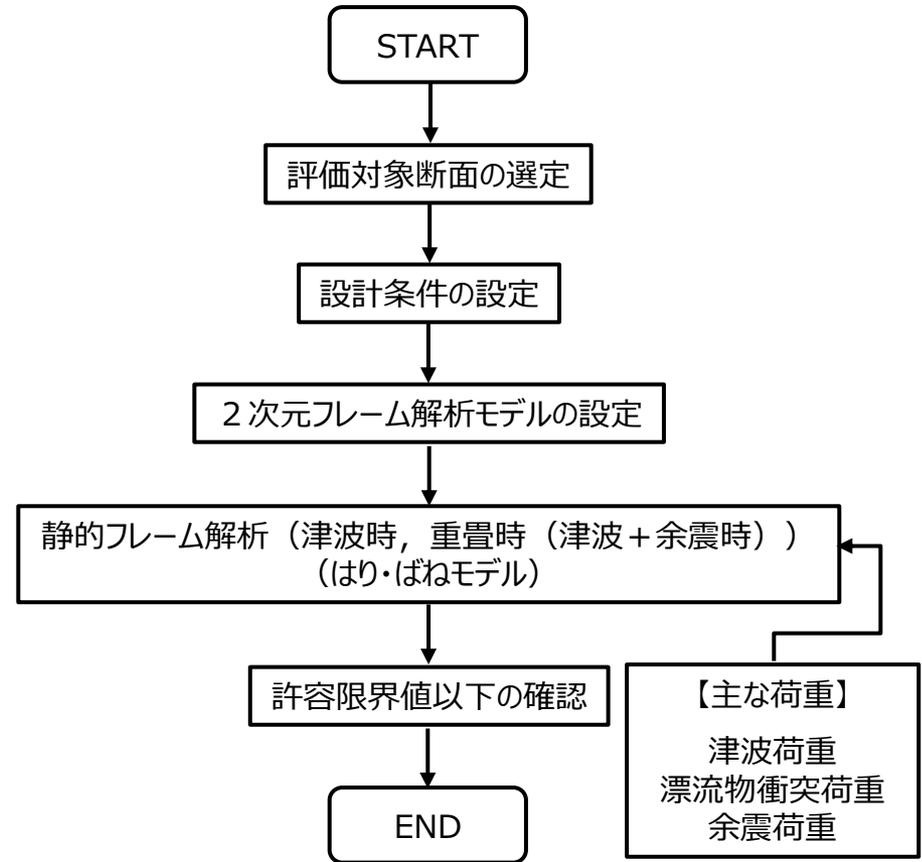
4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法 (8/10)

■ 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の解析フローを以下に示す。



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の設計フロー（地震時）

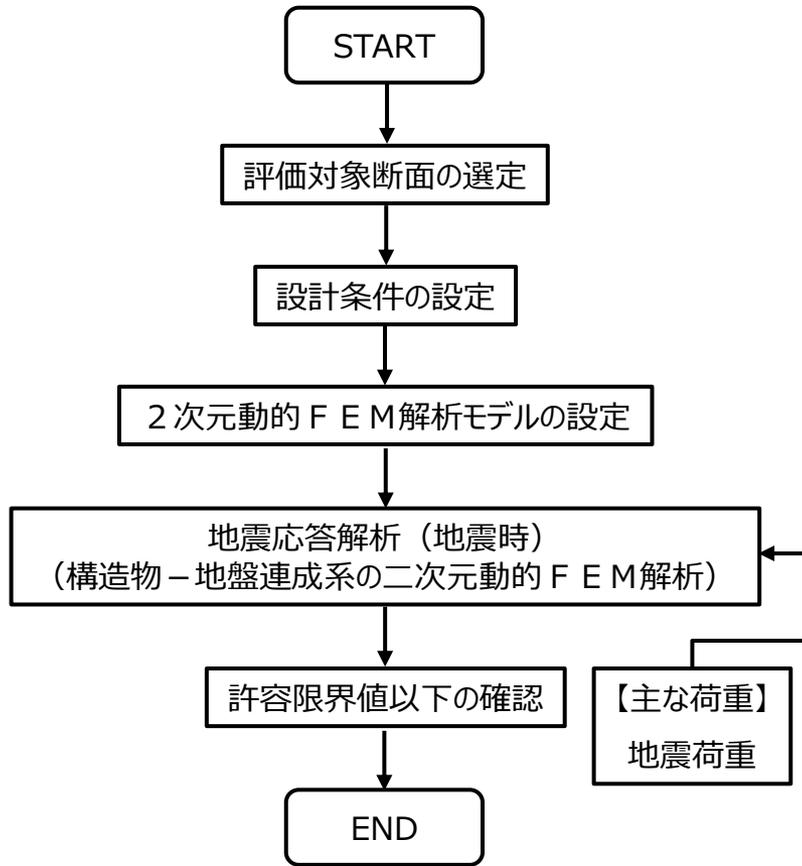


防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の設計フロー（津波時，重畳時（津波＋余震時））

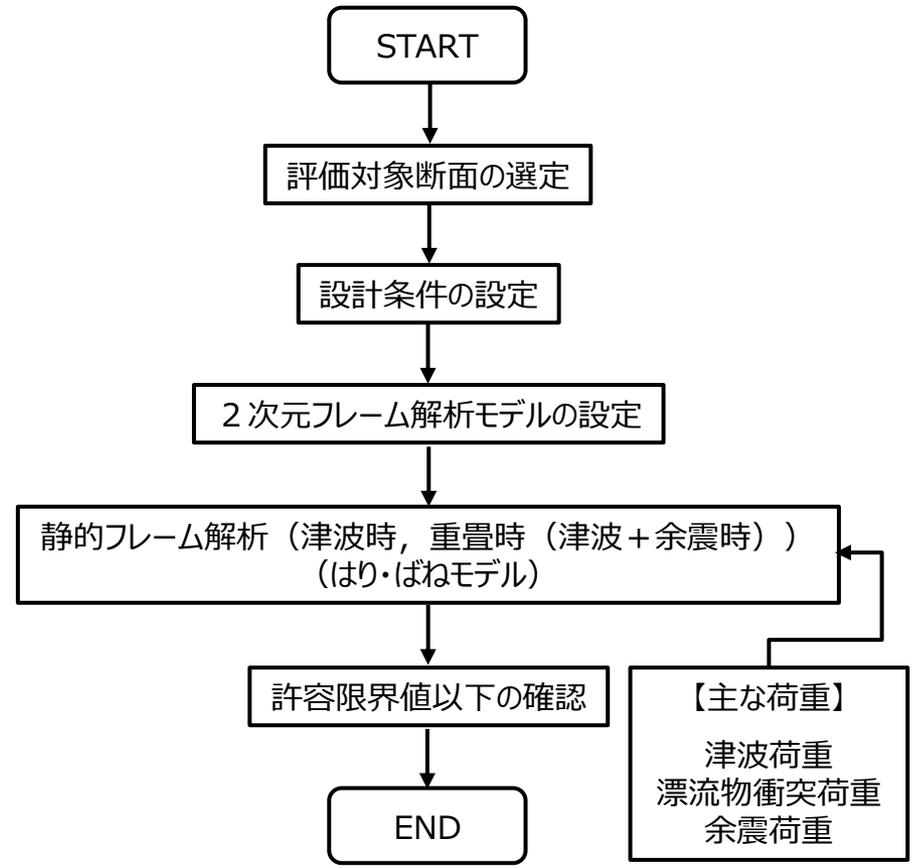
4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法 (9/10)

■ 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の解析フローを以下に示す。



防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の設計フロー（地震時）

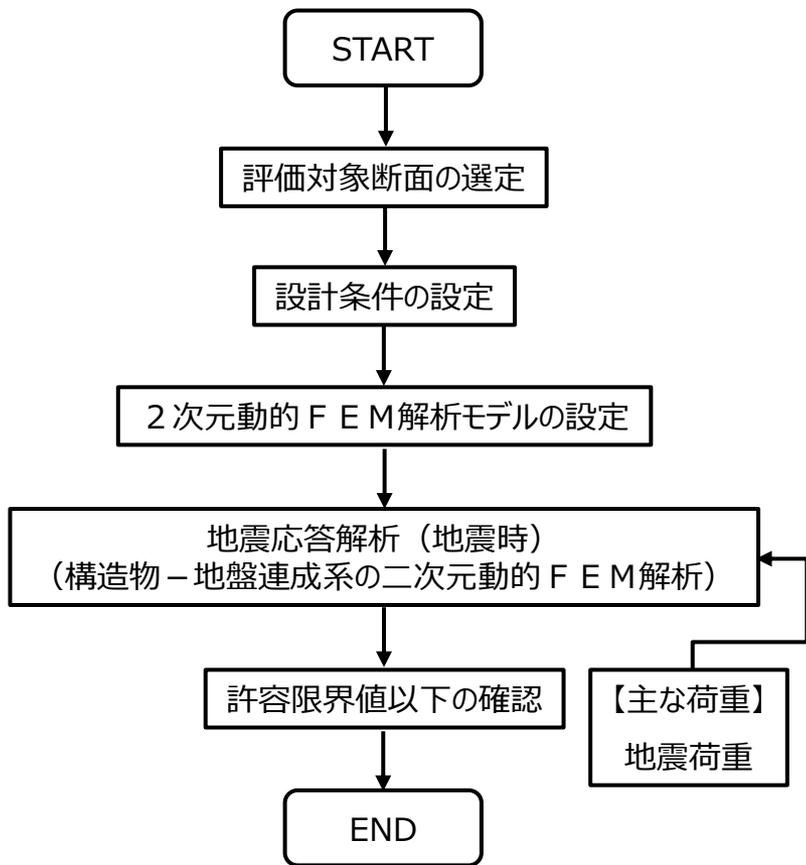


防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の設計フロー（津波時, 重畳時(津波+余震時)

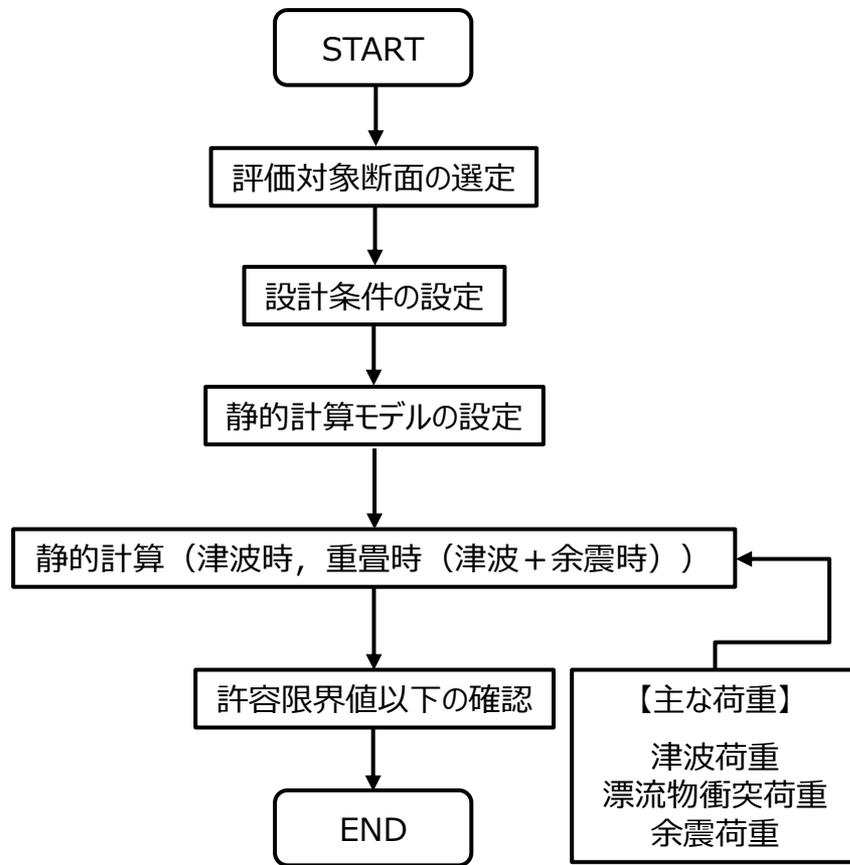
4.基本設計方針

4.1 防波壁の設計方針・解析手法 (10/10)

■ 防波壁（波返重力擁壁）の解析フローを以下に示す。



防波壁（波返重力擁壁）の設計フロー（地震時）



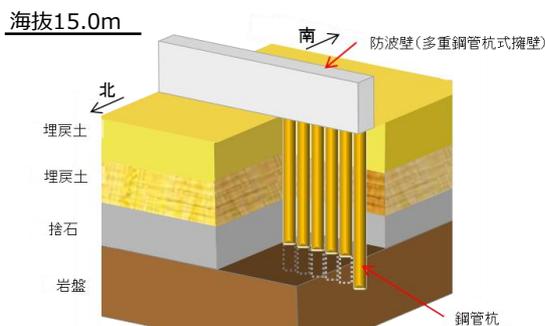
防波壁（波返重力擁壁）の設計フロー（津波時, 重畳時 (津波+余震時)

4.基本設計方針

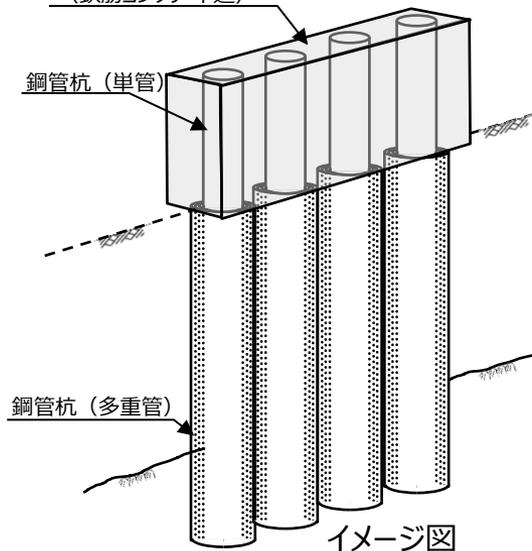
4.2(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造等に関する先行炉との比較（1/2）

- 防波壁のうち多重鋼管杭式擁壁については、岩盤に支持された鋼管杭に上部工として被覆コンクリート壁を設置する構造であることから、類似する先行炉津波防護施設として、東海第二発電所における鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁を選定する。

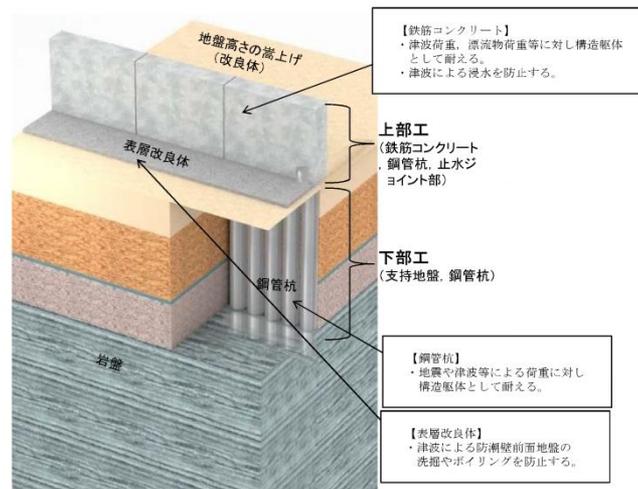
島根原子力発電所
防波壁（多重鋼管杭式擁壁）



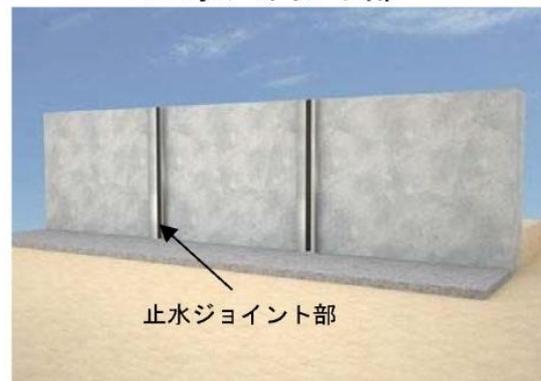
被覆コンクリート壁
(鉄筋コンクリート造)



東海第二発電所
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁



止水ジョイント部



4.基本設計方針

4.2(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造等に関する先行炉との比較（2/2）

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は港湾基準の自立矢板式護岸に準拠し設計を行う。
- 島根原子力発電所の防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造及び設計条件等に関する特徴を示すとともに、東海第二発電所の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁と比較を行い、類似点及び相違点を以下のとおり抽出した。
- 類似点についてはその適用性を、相違点についてはそれを踏まえた設計への反映事項を、それぞれ以下のとおり整理した。

評価項目	島根原子力発電所 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） の構造等	先行炉の構造等※		島根原子力発電所と先行炉との比較		先行炉実績との類似点を 踏まえた設計方針の 適用性	先行炉実績との相違点を 踏まえた設計への 反映事項
		日本原子力発電(株) 東海第二発電所 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁)	類似点	相違点			
防波壁の構造	下部工の構造	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭（多重鋼管杭）を採用する。 鋼管杭は岩盤に支持させる。 鋼管杭の許容限界： (曲げ) 降伏モーメント (せん断) せん断応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭を採用する。 鋼管杭は岩盤に支持させる。 鋼管杭の許容限界： 短期許容応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭を岩盤に支持させる設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭の許容限界について、以下のとおり設定する。 (曲げ) 降伏モーメント (せん断) せん断応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 同様の構造及び支持形態である。多重化した鋼管杭の一体性を確認し、先行炉の鋼管杭の設計方針が適用可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭の許容限界について、道路橋示方書・同解説（平成14年3月）に基づき、曲げについては降伏モーメント、せん断についてはせん断応力度をそれぞれ設定し、設計する。
	上部工の構造	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭間からの津波の浸水を防止する観点で、鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆する。 鋼管杭6本程度を1ブロックの標準とした壁体を連続して設置する。 被覆コンクリート壁（鉄筋コンクリート）の許容限界：短期許容応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭間からの津波の浸水を防止する観点で、鋼管杭を鉄筋コンクリートで被覆する。 鋼管杭5本程度を1ブロックの標準とした壁体を連続して設置する。 鉄筋コンクリートの許容限界： 短期許容応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 複数の鋼管杭を1ブロックとして被覆した鉄筋コンクリート製の壁体を連続して設置する。 許容限界は、短期許容応力度とする。 	-	<ul style="list-style-type: none"> 同様の構造及び許容限界の設定である。先行炉の上部工の設計方針が適用可能である。 	-
止水対策	止水目地	<ul style="list-style-type: none"> 止水目地材として、相対変位に応じ、ゴムジョイント若しくはシートジョイントを採用する。 設置箇所：防波壁の陸側に設置する。 止水目地の許容限界： メーカー規格及び基準並びに性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 止水目地材として、相対変位に応じ、シートジョイントを採用する。 設置箇所：防潮堤の堤内側と堤外側に設置する。 止水目地の許容限界： 許容変形量、許容引張強度 	<ul style="list-style-type: none"> 相対変位に応じ、止水目地材を採用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 止水目地は、防波壁の陸側に設置する。 	<ul style="list-style-type: none"> 同様の止水目地材の採用である。先行炉の止水目地の設計方針が適用可能である（陸側設置の妥当性を確認）。 	-
液状化影響に関する設計への反映		<ul style="list-style-type: none"> 液状化検討対象層（埋戻土（掘削スリ、砂礫層））に対して、液状化試験結果及び有効応力解析（FLIP）の簡易設定法を踏まえた保守的な液状化強度特性を設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化検討対象層に対して、液状化試験結果を踏まえ、地盤を強制的に液状化させる条件（豊浦標準砂の考慮）も含めて保守的な液状化強度特性を設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化検討対象層に対して、液状化試験結果を踏まえ、保守的な液状化強度特性を設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化強度特性の設定において、有効応力解析（FLIP）の簡易設定法を採用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化検討対象層に対する液状化試験結果に基づく保守的な液状化強度特性の設定については同様である。先行炉の液状化影響の設計への反映が適用可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易設定法からの保守的な液状化強度特性を設定し、設計する。

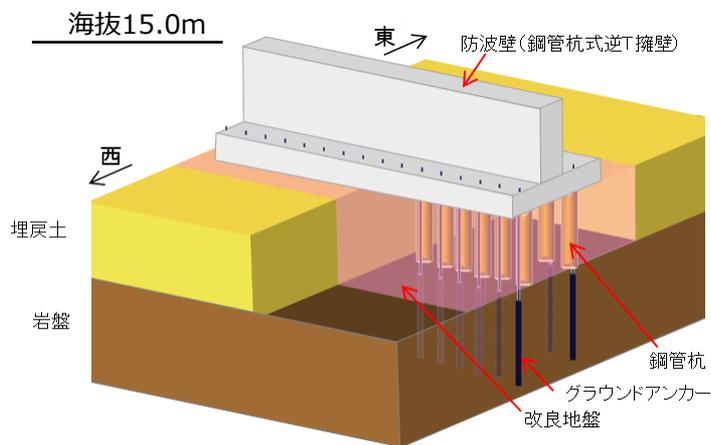
※先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

4.基本設計方針

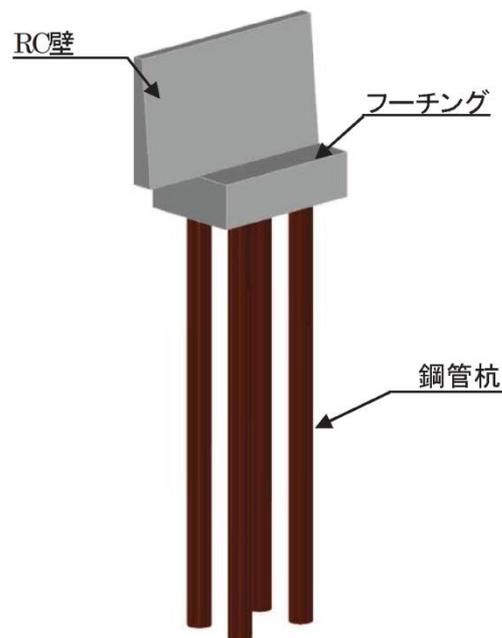
4.2(2) 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の構造等に関する先行炉との比較（1/2）

- 防波壁のうち鋼管杭式逆T擁壁については、岩盤に支持された鋼管杭上に上部工として鉄筋コンクリート壁を設置する構造であることから、類似する先行炉津波防護施設として、女川原子力発電所2号炉における防潮壁（RC遮水壁）を選定する。

島根原子力発電所
防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）



女川原子力発電所2号炉
防潮壁（RC遮水壁）



4.基本設計方針

4.2(2) 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の構造等に関する先行炉との比較（2/2）

- 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）は港湾基準の外郭施設（護岸）に準拠し設計を行う。
- 島根原子力発電所の防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の構造及び設計条件等に関する特徴を示すとともに、女川原子力発電所2号炉の防潮壁（RC遮水壁）と比較を行い、類似点及び相違点を以下のとおり抽出した。
- 類似点についてはその適用性を、相違点についてはそれを踏まえた設計への反映事項を、それぞれ以下のとおり整理した。

項目	島根原子力発電所 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁） の構造等	先行炉の構造等※	島根原子力発電所と先行炉との比較		先行炉実績との類似点を 踏まえた設計方針の 適用性	先行炉実績との相違点を 踏まえた設計への 反映事項	
		東北電力(株) 女川原子力発電所2号炉 防潮壁（RC遮水壁）	類似点	相違点			
防波壁の構造	下部工の構造	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭を採用する。 鋼管杭は岩盤に支持させる。 鋼管杭は防波壁の横断方向に2列配置する。 鋼管杭の許容限界： （曲げ）降伏モーメント （せん断）せん断応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭を採用する。 鋼管杭は岩盤に支持させる。 鋼管杭は防潮壁の横断方向に2列配置する。 鋼管杭の許容限界： （曲げ）降伏強度以下 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭を岩盤に支持させる設計とする。 鋼管杭は防波壁の横断方向に2列配置する。 鋼管杭の許容限界を降伏強度に基づき設定する。 	-	<ul style="list-style-type: none"> 同様の構造、支持形態及び許容限界の設定である。先行炉の鋼管杭の設計方針が適用可能である。 	-
	上部工の構造	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート製の逆T擁壁を地上部に設置する。 逆T擁壁（鉄筋コンクリート）の許容限界：短期許容応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート製の遮水壁を地上部に設置する。 遮水壁の許容限界： （曲げ）降伏耐力以下 （せん断）せん断耐力以下 	<ul style="list-style-type: none"> 鋼管杭に支持された鉄筋コンクリート壁を地上部に設置する。 	-	<ul style="list-style-type: none"> 同様の構造である。先行炉の上部工の設計方針が適用可能である。 	-
止水対策	止水目地	<ul style="list-style-type: none"> 止水目地材として、相対変位に応じ、ゴムジョイント若しくはシートジョイントを採用する。 止水目地の許容限界： メーカー規格及び基準並びに性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 止水目地材として、相対変位に応じ、止水ジョイントを設置する。 止水目地の許容限界： メーカー規格及び基準並びに必要に応じて実施する性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 相対変位に応じ、止水目地材を採用する。 	-	<ul style="list-style-type: none"> 同様の止水目地材の採用である。先行炉の止水目地の設計方針が適用可能である。 	-
液状化影響に関する設計への反映	<ul style="list-style-type: none"> 液状化検討対象層（埋戻土（掘削ズリ、砂礫層））に対して、液状化試験結果及び有効応力解析（FLIP）の簡易設定法を踏まえた保守的な液状化強度特性を設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化検討対象層に対して、液状化試験結果を踏まえ、保守的な液状化強度特性を設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化検討対象層に対して、液状化試験結果を踏まえ、保守的な液状化強度特性を設定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化強度特性の設定において、有効応力解析（FLIP）の簡易設定法を採用する。 	<ul style="list-style-type: none"> 液状化検討対象層に対する液状化試験結果に基づき保守的な液状化強度特性の設定については同様である。先行炉の液状化影響の設計への反映が適用可能である。 	<ul style="list-style-type: none"> 簡易設定法からの保守的な液状化強度特性を設定し、設計する。 	

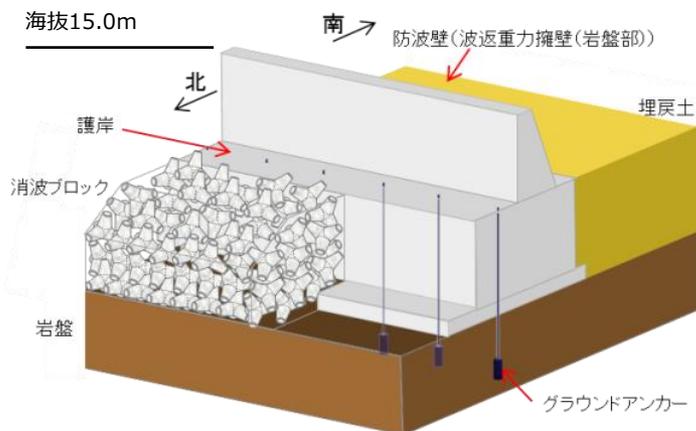
※先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

4.基本設計方針

4.2(3) 防波壁（波返重力擁壁）の構造等に関する先行炉との比較（1/2）

- 防波壁のうち波返重力擁壁については、岩盤上にMMR及びケーソンを介して鉄筋コンクリート壁を設置する構造であることから、類似する先行炉津波防護施設として、美浜発電所における防潮堤（鉄筋コンクリート及び地盤改良部）を選定する。

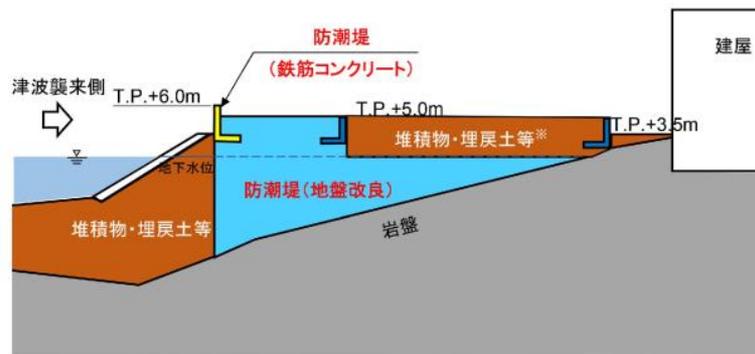
島根原子力発電所
防波壁（波返重力擁壁）



美浜発電所
防潮堤（鉄筋コンクリート及び地盤改良部）



位置図



②-②断面(鉄筋コンクリート及び地盤改良部)

4.基本設計方針

4.2(3) 防波壁（波返重力擁壁）の構造等に関する先行炉との比較（2/2）

- 防波壁（波返重力擁壁）は港湾基準の外郭施設（護岸）に準拠し設計を行う。
- 島根原子力発電所の防波壁（波返重力擁壁）の構造及び設計条件等に関する特徴を示すとともに、美浜発電所の防潮堤（鉄筋コンクリート及び地盤改良部）と比較を行い、類似点及び相違点を以下のとおり抽出した。
- 類似点についてはその適用性を、相違点についてはそれを踏まえた設計への反映事項を、それぞれ以下のとおり整理した。

項目	島根原子力発電所 防波壁（重力波返擁壁）	先行炉の構造※		島根原子力発電所と先行炉との比較		先行炉実績との類似点を 踏まえた設計方針の 適用性	先行炉実績との相違点を 踏まえた設計への 反映事項
		関西電力(株) 美浜発電所 防潮堤 (鉄筋コンクリート及び地盤改良部)	類似点	相違点			
防波壁の構造	下部工の構造	・下部工（ケーソン）は、岩盤若しくは改良地盤に支持させる。なお、上部工（重力擁壁）を直接岩盤若しくはMMRに支持させる箇所がある。	・下部工（改良地盤）は、岩盤に支持させる。	・下部工（コンクリート構造物若しくは改良体）を岩盤に支持させる設計とする。	-	・同様の構造及び支持形態である。先行炉の下部工の設計方針が適用可能である。	-
	上部工の構造	・鉄筋コンクリート製の重力擁壁を地上部に設置する。 ・重力擁壁（鉄筋コンクリート）の許容限界：短期許容応力度	・鉄筋コンクリート製の防潮堤を地上部に設置する。 ・防潮堤の許容限界：短期許容応力度	・コンクリート構造物若しくは改良体に支持された鉄筋コンクリート壁を地上部に設置する。 ・許容限界は、短期許容応力度とする。	-	・同様の構造及び許容限界の設定である。先行炉の上部工の設計方針が適用可能である。	-
止水対策	止水目地	・止水目地材として、相対変位に応じ、ゴムジョイント若しくはシートジョイントを採用する。 ・止水目地の許容限界：メーカー規格及び基準並びに性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下とする。	・止水目地材として、相対変位に応じ、止水ジョイントを設置する。 ・止水目地の許容限界：メーカー規格及び基準並びに性能試験を参考に定めた許容変形量・水圧以下とする。	・相対変位に応じ、止水目地材を採用する。	-	・同様の止水目地材の採用である。先行炉の止水目地の設計方針が適用可能である。	-
液状化影響に関する設計への反映		・液状化検討対象層（埋戻土（掘削ズリ、砂礫層））に対して、液状化試験結果及び有効応力解析（FLIP）の簡易設定法を踏まえた保守的な液状化強度特性を設定する。	・液状化検討対象層に対して、液状化試験結果を踏まえ、保守的な液状化強度特性を設定する。	・液状化検討対象層に対して、液状化試験結果を踏まえ、保守的な液状化強度特性を設定する。	・液状化強度特性の設定において、有効応力解析（FLIP）の簡易設定法を採用する。	・液状化検討対象層に対する液状化試験結果に基づく保守的な液状化強度特性の設定については同様である。先行炉の液状化影響の設計への反映が適用可能である。	・簡易設定法からの保守的な液状化強度特性を設定し、設計する。

※先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

4.基本設計方針

4.2(4) 防波壁の構造等に関する先行炉との比較を踏まえた設計方針

- 島根原子力発電所の防波壁の構造及び設計条件等に関する類似する先行炉の津波防護施設との比較を踏まえ、防波壁は先行炉の設計方針を適用して設計を行う。
 - 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）：東海第二発電所 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁
 - 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）：女川原子力発電所2号炉 防潮壁（RC遮水壁）
 - 防波壁（波返重力擁壁）：美浜発電所 防潮堤（鉄筋コンクリート及び地盤改良部）
- また、多重鋼管杭の許容限界については、道路橋示方書・同解説（平成14年3月）を踏まえた降伏モーメント（曲げ）及びせん断応力度（せん断）とする。
- 防波壁の液状化影響の設計の反映に関して、液状化検討対象層に対する液状化試験結果に基づく保守的な液状化強度特性を設定する点については先行炉と同様であるが、有効応力解析（FLIP）の簡易設定法に基づき液状化強度特性を設定していることから、その適用性については、4条論点Ⅱ-29にて説明する。

論点3「防波壁の構造についての設計方針及び構造成立性」 別添資料

別添.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要

別添.2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の構造概要

別添.3 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要

別添.4 防波壁の設計方針・解析手法

別添.5 防波壁多重鋼管杭の設計方針

別添.6 1号放水連絡通路の構造概要

別添.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要

別添.1 - 1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）杭頭部の構造

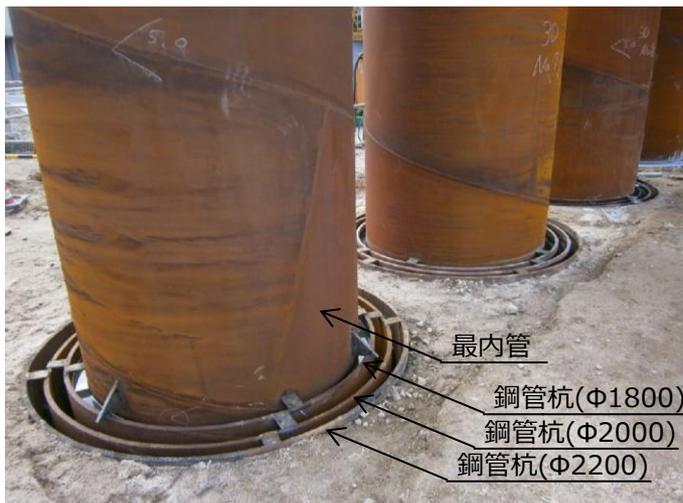
■ 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の杭頭部構造について、一般部及び取水路横断部を例に説明する。

【一般部】

- ・4重管のうち、最内管のΦ1600のみ地上部に突出させ、Φ1800,Φ2000,Φ2200の杭頭上部からΦ1600の杭頭まで、鉄筋コンクリートで被覆する構造としている。

【取水路横断部】

- ・取水路横断部では2号炉取水管を横断するため、取水管の両端部に鋼管杭を追加した構造としている。
- ・地震時及び津波時に被覆コンクリート直下の杭と隣接する追加杭が荷重を分担するように、地上付近（EL+6.7m～+8.2m）で杭頭連結材にて連結し、内部をコンクリートで充填している。杭頭連結材上部から最内管上端まで鉄筋コンクリートで被覆する構造としている。



多重鋼管杭建込み状況

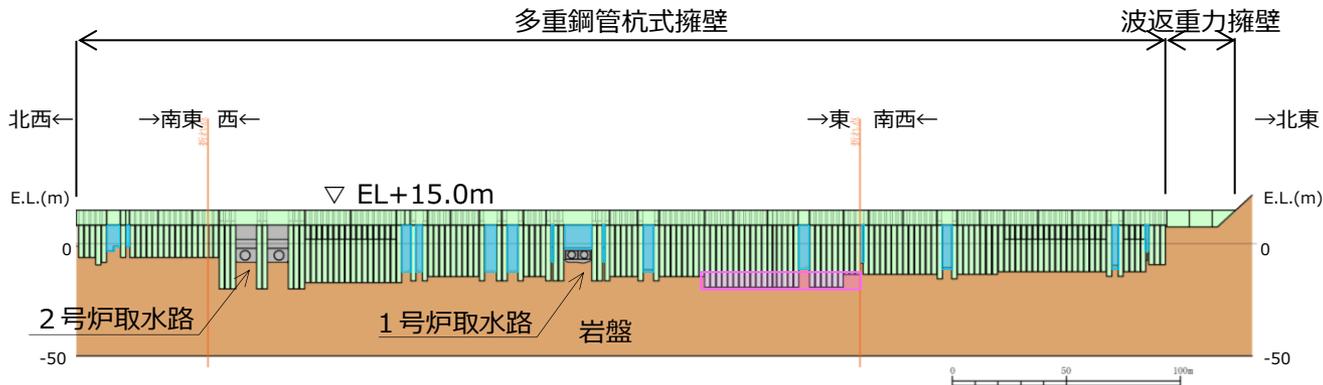
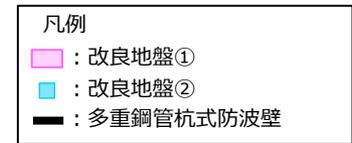
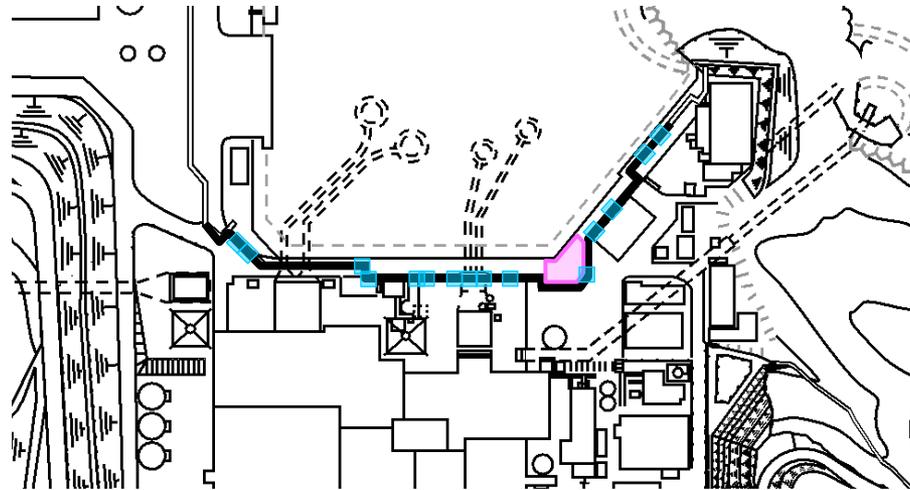


杭頭連結材設置状況

別添.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要

別添.1 - 2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 地盤改良範囲

- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）区間では、岩盤上に砂礫層が堆積している範囲において防波壁前面で薬液注入工法（セメント系固化剤）により改良地盤とする（改良地盤①）。
- また、構造物横断部等で杭間隔が大きい区間においても、薬液注入（セメント系固化剤）により改良地盤とする（改良地盤②）。

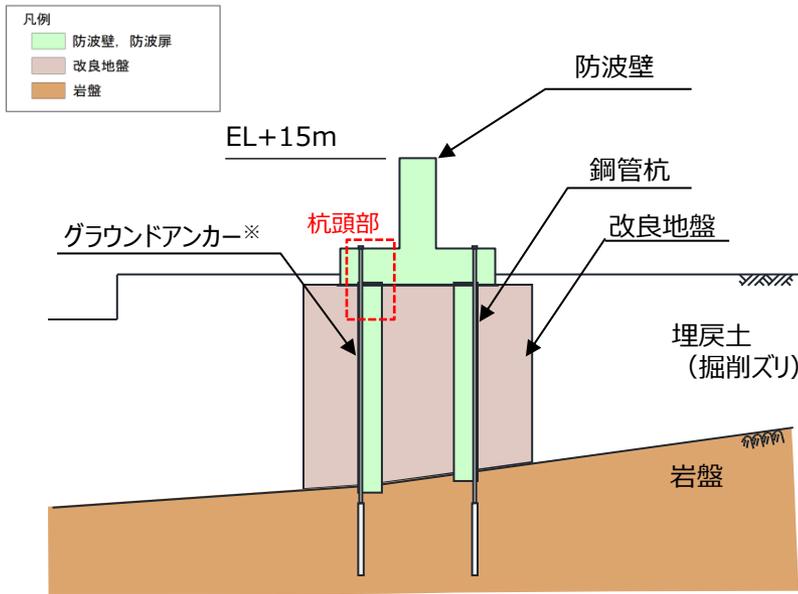


防波壁縦断図（多重鋼管杭式擁壁）

別添.2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の構造概要

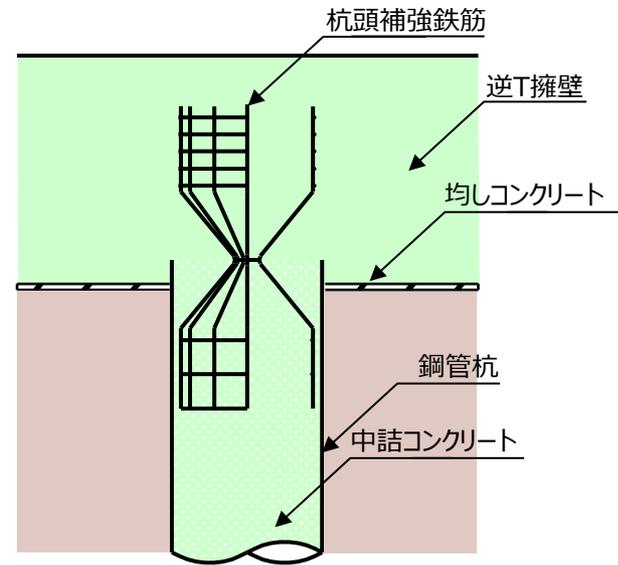
別添.2 - 1 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁） 杭頭部の構造

- 防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)では、道路土工 擁壁工指針（平成24年7月）に基づき、杭頭部での発生応力を抑えることを目的として、杭頭部の結合方式はヒンジ結合を採用し、杭の埋込み深さについては同指針に基づき、「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編（平成14年3月）」を準用して、下図に示す杭頭補強鉄筋を配置する。



※グラウンドアンカーの効果을期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。

防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）

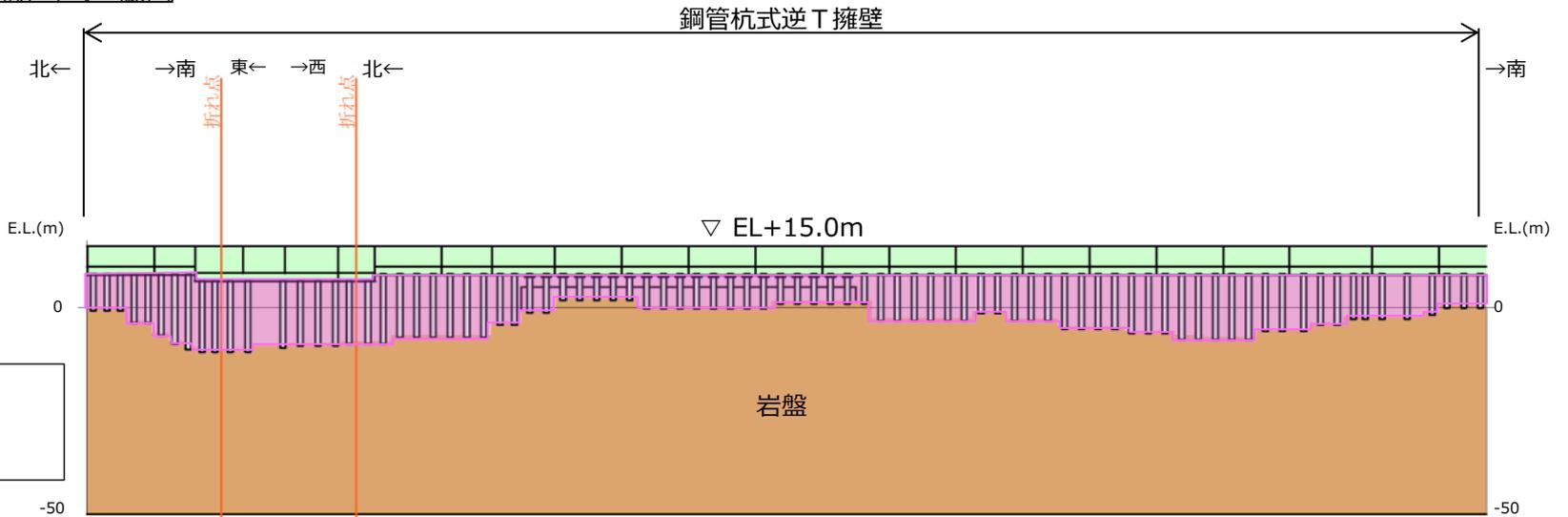
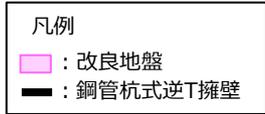
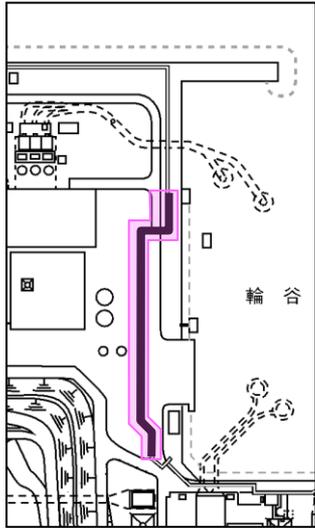


杭頭部 拡大図

別添.2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の構造概要

別添.2-2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁） 地盤改良範囲

■ 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）区間では、防波壁底面から岩盤までを薬液注入工法（セメント系固化剤）により改良地盤とする。



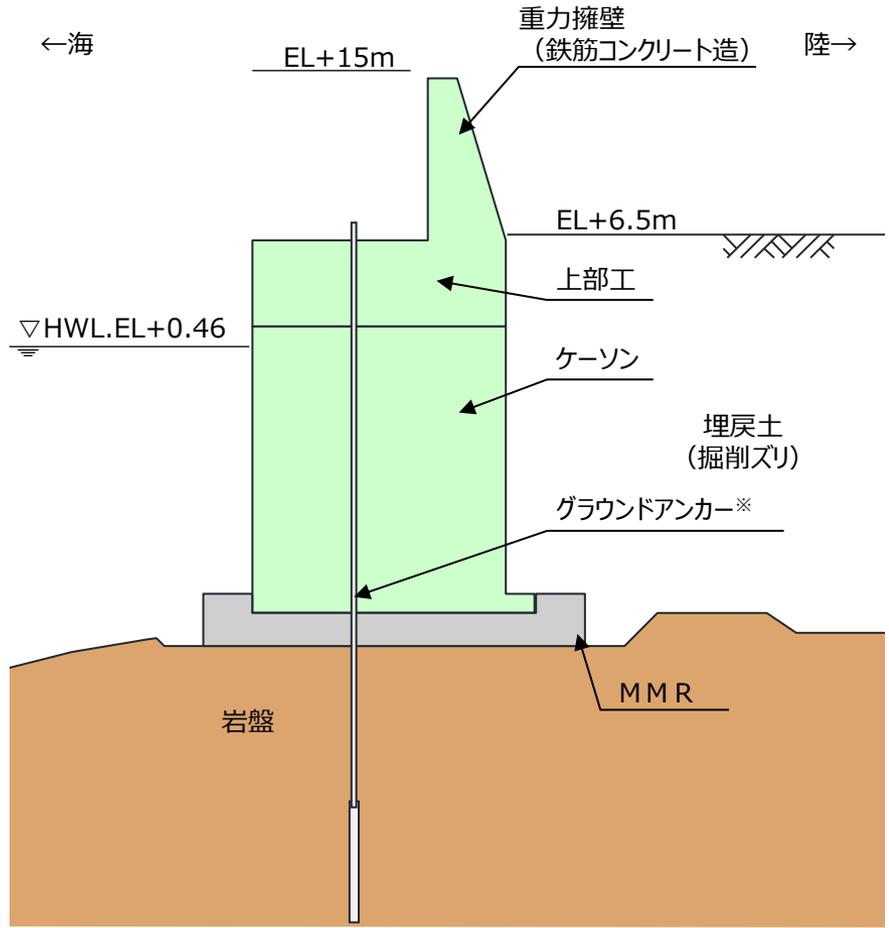
防波壁縦断図（鋼管杭式逆T擁壁）



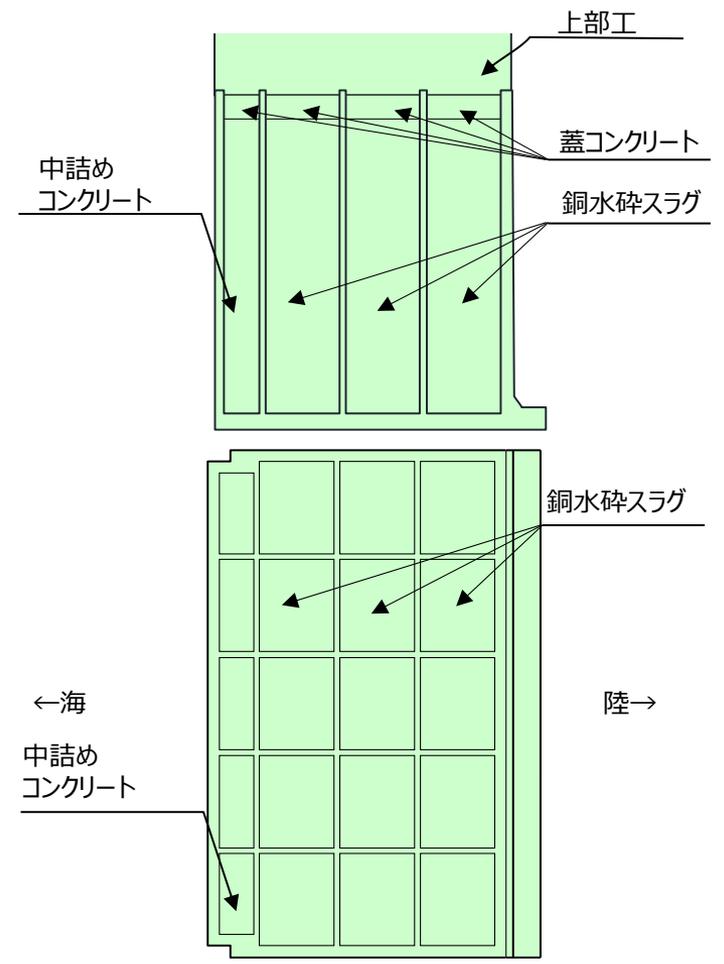
別添.3 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要

別添.3 - 1 防波壁（波返重力擁壁） ケーソンの構造

- 岩盤上に鋼製架台を設置し、ケーソンを据え付けた後、鋼製架台内に水中コンクリートを打設することにより、マンメイドロック（MMR）を構築している。
- ケーソン内はコンクリート又は銅水砕スラグにより中詰めし、その上部を蓋コンクリート及び上部工コンクリートを打設して一体化させている。
- 地上部の重力擁壁は上部工と一体構造としている。



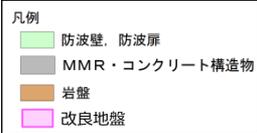
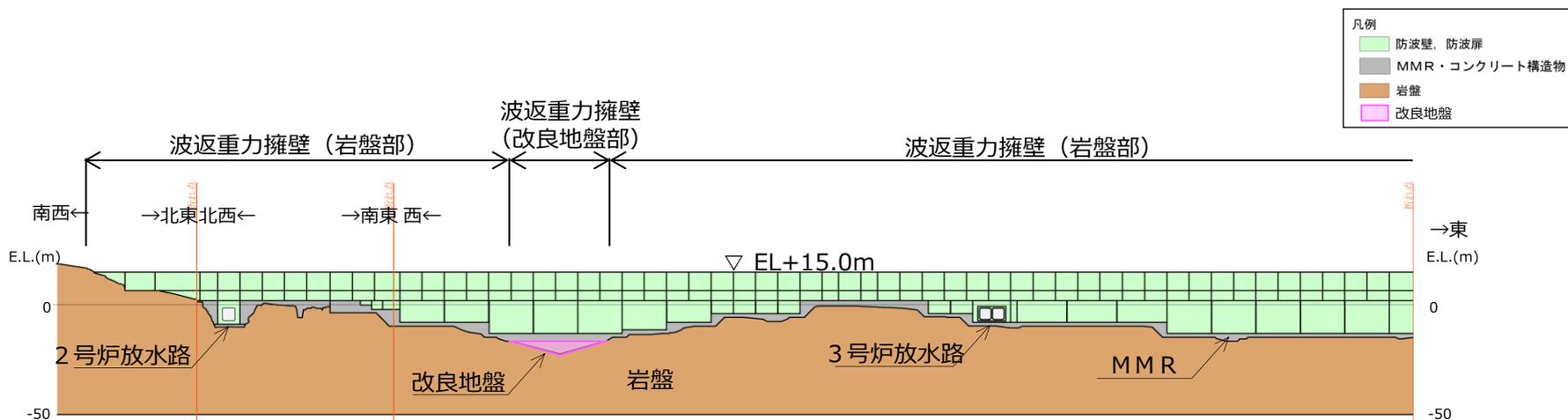
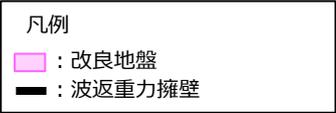
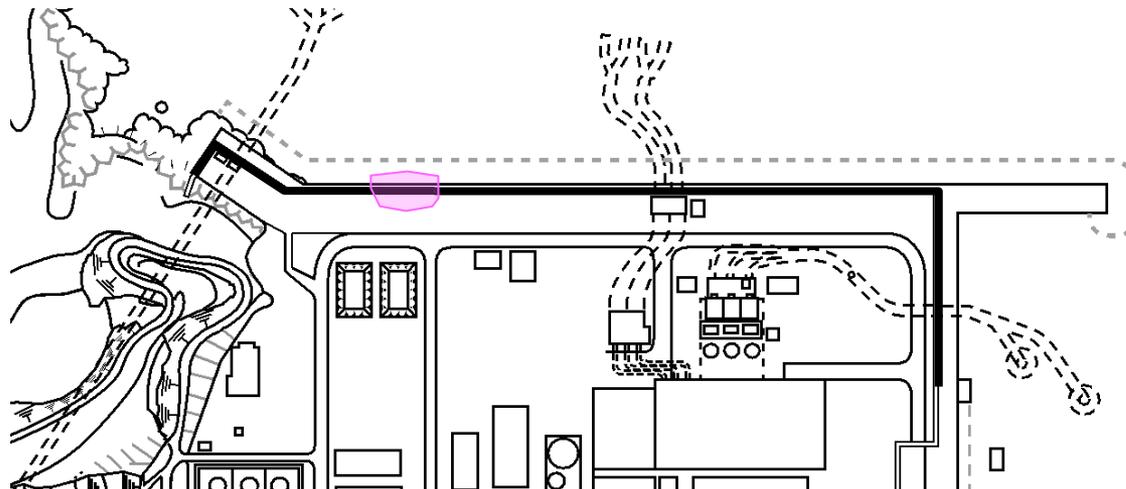
※グラウンドアンカーの効果を期待しなくても、耐震・耐津波安全性を担保している。



ケーソンの構造例

別添.3-2 防波壁（波返重力擁壁） 地盤改良範囲

■ 防波壁（波返重力擁壁）区間では、一部、砂礫層が介在する箇所に対して高圧噴射攪拌工法により改良地盤とする。



防波壁縦断図（波返重力擁壁）

別添.4 防波壁の設計方針・解析手法

別添.4-1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の設計方針・解析手法

- 津波防護に関する施設は、津波の発生に伴い、津波防護対象設備がその安全性又は重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないような設計とする。

赤字：荷重条件
緑字：要求機能
青字：対応方針

施設名	要求機能		機能設計			構造強度設計				設計に用いる許容限界
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の状態	損傷モード	
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	<p>基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド 5.1津波防護施設的设计 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を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に設計すること。 (1)要求事項に適合する設計方針であることを確認する。 (2)設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見直しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。確認内容を以下に示す。 ①荷重組合せ a)余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ:常時+津波、常時+津波+地震(余震) ②荷重の設定 a)津波による荷重(波圧、衝撃力)の設定に関しての考慮(例えば、国交省の暫定指針等)及びそれらの適用性。 b)余震による荷重として、サイト特性(余震の震源、ハザード)が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。 c)地震により周辺地盤に液化化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。 ③許容限界 a)津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物全体の变形能力(終局耐力時の变形)に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。(なお、機能損傷に至った場合、補修にある程度の期間が必要となことから、地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。) 基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド 6.3津波防護施設、浸水防止設備等津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)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(津波防護機能、浸水防止機能)を保持すること</p>	<p>・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、津波による浸水及び漏れ水を防止することが要求される。 ・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、基準地震動 S s に対し、津波防護施設が要求される機能がないよう、構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)に対し、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。</p>	<p>・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防波壁高さ(浸水高さT.P.+11.8mに余裕を考慮した天端高さT.P.+15.0m)の設定により、敷地前面に設置する設計とする。 ②防波壁の上部構造は、鋼管杭の周囲に設置する鉄筋コンクリート壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。 ③防波壁の杭周辺に改良地盤(薬液注入工)を構築することで杭の変位を抑制し、鉄筋コンクリート壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。 ④鉄筋コンクリート壁間は、波圧による変形に追随する、止水性を確認したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。 ・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、基準地震動 S s に対し、鋼管杭及び鉄筋コンクリート壁で構成し、津波時においても主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とし、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とする。 ⑦鉄筋コンクリート壁間は、地震による変形に追随する、止水性を確認したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p>	<p>・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対し、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とする。 ③防波壁の杭周辺に改良地盤(薬液注入工)を構築することで杭の変位を抑制し、鉄筋コンクリート壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。 ④鉄筋コンクリート壁間は、波圧による変形に追随する、止水性を確認したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。 ・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、基準地震動 S s に対し、鋼管杭及び鉄筋コンクリート壁で構成し、津波時においても主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とし、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とする。 ⑦鉄筋コンクリート壁間は、地震による変形に追随する、止水性を確認したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p>	<p>・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とする。 ③防波壁の杭周辺に改良地盤(薬液注入工)を構築することで杭の変位を抑制し、鉄筋コンクリート壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。 ④鉄筋コンクリート壁間は、波圧による変形に追随する、止水性を確認したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。 ・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、基準地震動 S s に対し、鋼管杭及び鉄筋コンクリート壁で構成し、津波時においても主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とし、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とする。 ⑦鉄筋コンクリート壁間は、地震による変形に追随する、止水性を確認したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p>	基礎地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	港湾基準を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力度とする。	
						鋼管杭	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「道路橋方書・同解説 IV下部構造編(平成14年3月)」を踏まえた降伏モーメント(曲げ)及びせん断力度(せん断)とする。	
						被覆コンクリート壁	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書、構造性能照査編、2002年制定」を踏まえた短期許容応力度とする。	
						止水目地	変形・水圧	有意な漏れに至る変形・水圧	メーカー規格及び基準並びに性能試験を参考に定める許容変形量及び許容水圧以下とする。	
止水目地の鋼製部材	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「建築基準法施行令2006年6月」を踏まえた許容応力度とする。							

別添.4 防波壁の設計方針・解析手法

別添.4-2 防波壁（鋼管杭式逆T擁壁）の設計方針・解析手法

赤字：荷重条件
緑字：要求機能
青字：対応方針

施設名	要求機能		機能設計		構造強度設計				設計に用いる許容限界											
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の状態		損傷モード										
防波壁 (鋼管杭式逆T擁壁)	<p>基礎津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド</p> <p>5.津波防護施設の設計</p> <p>津波防護施設については、その構造に応じた十分な保安及び沈没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、感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な設計とする。</p> <p>(1)要求事項に適合する設計方針であることを確認する。</p> <p>(2)設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分に保持できる設計がなされることの見直しを得るため、以下項目について、以下の考え方を確認する。確認内容を以下に例示する。</p> <p>①荷重組合せ</p> <p>a)余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ:常時+津波、常時+沖波+地震(余震)</p> <p>②荷重の設定</p> <p>a)津波による荷重(波圧、衝撃力)の設定に関して、考慮する知見(例えば、国交省の暫定指針等)及びそれらの適用性。</p> <p>b)余震による荷重として、サイト特性(余震の震源、ハザード)が設定される、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。</p> <p>c)地震により周辺地盤に液状化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。</p> <p>③許容限界</p> <p>a)津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物全体の变形能力(終局耐力時の変形)に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。(なお、機能損傷に至った場合、補修に、ある程度の期間が必要となることから、地震、津波後の再使用に着目した許容限界(も留意する必要がある。))</p> <p>基礎地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド</p> <p>6.津波防護施設、浸水防止設備等津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)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(津波防護機能、浸水防止機能)を保持すること。</p>	<p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、津波による浸水及び湧水を防止することが要求される。</p> <p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、基準地震動Ssに対し、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、構造物全体としての変形能力(終局耐力時の変形)に対し、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。</p>	<p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、地震後の繰返しの襲来を想定した地上波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さ(浸水高さ)P₁+11.8mに余裕を考慮した天端高さT_p+15.0mの設定により、敷地を考慮した防波壁高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、基準地震動Ssに対し、主要な構造部材の構造健全性を維持すること、津波時の止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、基準地震動Ssに対し、⑤鋼製及びコンクリートの耐性のある部材を使用することで止水性を保持する設計とする。</p> <p>⑥防波壁の杭周辺に改良地盤(薬液注入工)を構築することで杭の変位を抑制し、鉄筋コンクリート製逆T擁壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。</p> <p>鉄筋コンクリート製逆T擁壁間は、地震による変形に追従する、止水性を確保したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p>	<p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、地震後の繰返しの襲来を想定した地上波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さ(浸水高さ)P₁+11.8mに余裕を考慮した天端高さT_p+15.0mの設定により、敷地を考慮した防波壁高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>①防波壁の杭周辺に改良地盤(薬液注入工)を構築することで杭の変位を抑制し、鉄筋コンクリート製逆T擁壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。</p> <p>②鉄筋コンクリート製逆T擁壁間は、地震による変形に追従する、止水性を確保したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p> <p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、基準地震動Ssに対し、⑤鋼製及びコンクリートの耐性のある部材を使用することで止水性を保持する設計とする。</p> <p>⑥防波壁の杭周辺に改良地盤(薬液注入工)を構築することで杭の変位を抑制し、鉄筋コンクリート製逆T擁壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。</p> <p>鉄筋コンクリート製逆T擁壁間は、地震による変形に追従する、止水性を確保したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p>	<p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、地震後の繰返しの襲来を想定した地上波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さ(浸水高さ)P₁+11.8mに余裕を考慮した天端高さT_p+15.0mの設定により、敷地を考慮した防波壁高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>①防波壁の杭周辺に改良地盤(薬液注入工)を構築することで杭の変位を抑制し、鉄筋コンクリート製逆T擁壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。</p> <p>②鉄筋コンクリート製逆T擁壁間は、地震による変形に追従する、止水性を確保したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p> <p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、基準地震動Ssに対し、⑤鋼製及びコンクリートの耐性のある部材を使用することで止水性を保持する設計とする。</p> <p>⑥防波壁の杭周辺に改良地盤(薬液注入工)を構築することで杭の変位を抑制し、鉄筋コンクリート製逆T擁壁及び止水目地による止水性を保持する設計とする。</p> <p>鉄筋コンクリート製逆T擁壁間は、地震による変形に追従する、止水性を確保したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することによる止水処置を講ずる設計とする。</p>	<p>基準地震動Ssによる地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に支持される設計として、留まることを確認する。</p> <p>基準地震動Ssによる地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするため、構造部材である鋼管杭が、概ね弾性状態に留まることを確認する。</p> <p>基準地震動Ssによる地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とするため、構造部材である鉄筋コンクリート製逆T擁壁が、概ね弾性状態に留まることを確認する。</p> <p>基準地震動Ssによる地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、逆T式鉄筋コンクリート擁壁間から有意な漏れを生じない変形に留める設計とするため、逆T式鉄筋コンクリート擁壁間に設置するゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地が有意な漏れを生じない変形量以下であることを確認する。</p> <p>また、ゴムジョイント及びシートジョイントが止水性を保持するための接続ボルトや鋼製部材は、概ね弾性状態に留まることを確認する。</p>	<p>基礎地盤</p> <p>鋼管杭</p> <p>逆T擁壁</p> <p>止水目地</p>	<p>支持力</p> <p>曲げ・せん断</p> <p>曲げ・せん断</p> <p>変形・水圧</p>	<p>支持機能を喪失する状態</p> <p>部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態</p> <p>部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態</p> <p>有意な漏れに至る変形・水圧</p>	<p>港湾基準を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力度とする。</p> <p>「道路橋示方書・同解説 IV下部構造編(平成14年3月)」を踏まえた降伏モーメント(曲げ)及びせん断応力度(せん断)とする。</p> <p>「コンクリート標準示方書、構造性能照査編、2002年制定」を踏まえた短期許容応力度とする。</p> <p>メーカー規格及び基準並びに性能試験を参考に定める許容変形量及び許容水圧以下とする。</p> <p>「建築基準法施行令2006年6月」を踏まえた許容応力度とする。</p>										
											<p>審査ガイド</p>	<p>要求機能</p>	<p>性能目標</p>	<p>機能設計方針</p>	<p>性能目標</p>	<p>構造強度設計 (評価方針)</p>	<p>評価対象部位</p>	<p>応力等の状態</p>	<p>損傷モード</p>	<p>設計に用いる許容限界</p>
											<p>基礎津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド</p> <p>5.津波防護施設の設計</p> <p>津波防護施設については、その構造に</p>	<p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、津波による浸水及び湧水</p>	<p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、地震後の繰返しの襲来を想定した地上波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さ(浸水高さ)P₁+11.8mに余裕を考慮した天端高さT_p+15.0mの設定により、敷地を考慮した防波壁高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p>	<p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、地震後の繰返しの襲来を想定した地上波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さ(浸水高さ)P₁+11.8mに余裕を考慮した天端高さT_p+15.0mの設定により、敷地を考慮した防波壁高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p>	<p>・防波壁(鋼管杭式逆T擁壁)は、地震後の繰返しの襲来を想定した地上波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さ(浸水高さ)P₁+11.8mに余裕を考慮した天端高さT_p+15.0mの設定により、敷地を考慮した防波壁高さの設定及び構造体の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p>	<p>基準地震動Ssによる地震時荷重、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に支持される設計として、留まることを確認する。</p>	<p>基礎地盤</p>	<p>支持力</p>	<p>支持機能を喪失する状態</p>	<p>港湾基準を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力度とする。</p>

別添.4 防波壁の設計方針・解析手法

別添.4 - 3 防波壁（波返重力擁壁）の設計方針・解析手法

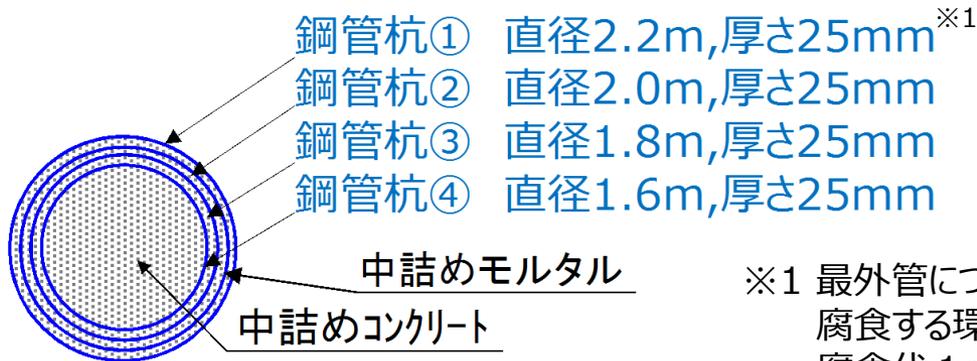
赤字：荷重条件
緑字：要求機能
青字：対応方針

施設名	要求機能		機能設計			構造強度設計				設計に用いる許容限界
	審査ガイド	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の状態	損傷モード	
防波壁 (波返重力擁壁)	<p>基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド</p> <p>5.1津波防護施設設計</p> <p>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沈没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。</p> <p>(1)要求事項に適合する設計方針であることを確認する。</p> <p>(2)設計方針の確認に加え、入力津波に対して津波防護機能が十分保持できる設計がなされることの見直しを得るため、以下の項目について、設定の考え方を確認する。確認内容を以下に例示する。</p> <p>①荷重組合せ</p> <p>a)余震が考慮されていること。耐津波設計における荷重組合せ:常時+津波、常時+津波+地震(余震)</p> <p>②荷重の設定</p> <p>a)津波による荷重(波圧、衝撃力)の設定に関して、考慮する知見(例えば、国交省の暫定指針等)及びそれらの適用性。</p> <p>b)余震による荷重として、サイト特性(余震の震源、ハザード)が考慮され、合理的な頻度、荷重レベルが設定される。</p> <p>c)地震により周辺地盤に液化が発生する場合、防潮堤基礎杭に作用する側方流動力等の可能性を考慮すること。</p> <p>③許容限界</p> <p>a)津波防護機能に対する機能保持限界として、当該構造物全体の变形能力(終局耐力時の变形)に対して十分な余裕を有し、津波防護機能を保持すること。(なお、機能損傷に至った場合、補修にある程度の期間が必要となることから、地震、津波後の再使用性に着目した許容限界にも留意する必要がある。)</p> <p>基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド</p> <p>6.3津波防護施設、浸水防止設備等津波防護機能を有する施設、浸水防止機能を有する設備及び敷地における津波監視機能を有する設備のうち建物及び構築物は、常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力の組合せに対して、当該建物・構築物が構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)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(津波防護機能、浸水防止機能)を保持すること</p>	<p>・防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））は、地震後の繰返しの襲来を想定した入力津波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、津波による浸水及び漏水を防止することが要求される。</p> <p>・防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））は、基準地震動 S s に対し、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)に対し、十分な構造強度を有した構造であることが要求される。</p>	<p>・防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、想定される津波高さに余裕を考慮した防波壁高さの設定及び構造物の境界部等への止水処置により止水性を保持することを機能設計上の性能目標とする。</p> <p>・防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））は、基準地震動 S s に対し、津波防護施設が要求される機能を損なう恐れがないよう、構造物全体としての变形能力(終局耐力時の变形)に対し、十分な構造強度を有した構造であることを機能設計上の性能目標とする。</p>	<p>・防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））は、地震後の繰返しの襲来を想定した遡上波に対して、余震、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した場合においても、①想定される津波高さに余裕を考慮した防波壁高さ（輪谷湾内浸水高さ T.P.+11.8m、輪谷湾外浸水高さ T.P.+10.6mに余裕を考慮した天端高さ T.P.+15.0m）の設定により、敷地前面に設置する設計とする。</p> <p>②防波壁の上部構造は、施設護岸ケーソン上部に設置する重力擁壁及び止水目地により止水性を保持する設計とする。</p> <p>③重力擁壁間は、波圧による変形に追随する、止水性を確認したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することにより止水性を講ずる設計とする。</p> <p>・防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））は、基準地震動 S s に対し、④コンクリートの耐性のある部材を使用することで止水性を保持する設計とする。</p> <p>⑤重力擁壁間は、地震による変形に追随する、止水性を確認したゴムジョイント及びシートジョイントによる止水目地を設置することにより止水処置を講ずる設計とする。</p>	<p>・防波壁（波返重力擁壁（岩盤部））は、地震後の繰返しの襲来を想定した津波荷重、余震や漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対し、十分な支持性能を有する地盤に設置する設計とするため、作用する押し込み力許容値以下に留まることを確認する。</p>	基礎地盤改良地盤	支持力	支持機能を喪失する状態	港湾基準を踏まえ、妥当な安全余裕を考慮した極限支持力度とする。	
						ケーソン	せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	二次元応答解析結果から得られる面内せん断に対して「コンクリート標準示方書、構造性能照査編、2002年制定」を踏まえた短期許容応力度とする。	
						重力擁壁	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「コンクリート標準示方書、構造性能照査編、2002年制定」を踏まえた短期許容応力度とする。	
	止水目地	変形・水圧	有意な漏えいに至る変形・水圧	メーカー規格及び基準並びに性能試験を参考に定める許容変形量及び許容水圧以下とする。						
	止水目地の鋼製部材	曲げ・せん断	部材が弾性域に留まらず塑性域に入る状態	「建築基準法施行令2006年6月」を踏まえた許容応力度とする。						

別添.5 防波壁多重鋼管杭の設計方針

別添.5-1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）のモデル化

- 多重鋼管杭は、各鋼管を中詰めコンクリート及びモルタルで充填することにより、一体挙動・荷重分担する構造とした。また、多重鋼管杭の挙動については実験により確認を行っている（水平載荷実験については別添.5-2参照）。
- 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の二次元動的FEM解析にあたっては、多重鋼管杭はビーム要素でモデル化し、単一の断面積及び断面二次モーメント（各管の断面二次モーメントの合計）を設定する。



※1 最外管については、セメントミルクで周囲を覆われており腐食する環境ではないと判断できるが、保守的に厚さに腐食代1mmを考慮し、断面積・断面二次モーメントを算定する。ここで、腐食代は、港湾基準に示されている鋼材の腐食速度の標準値(陸側土中部、残留水位より下)を使用し、耐用年数を50年として算出した。

$$\text{断面二次モーメント } I^{*2} = I_{①} + I_{②} + I_{③} + I_{④}$$

$$\text{断面積 } A^{*2} = A_{①} + A_{②} + A_{③} + A_{④}$$

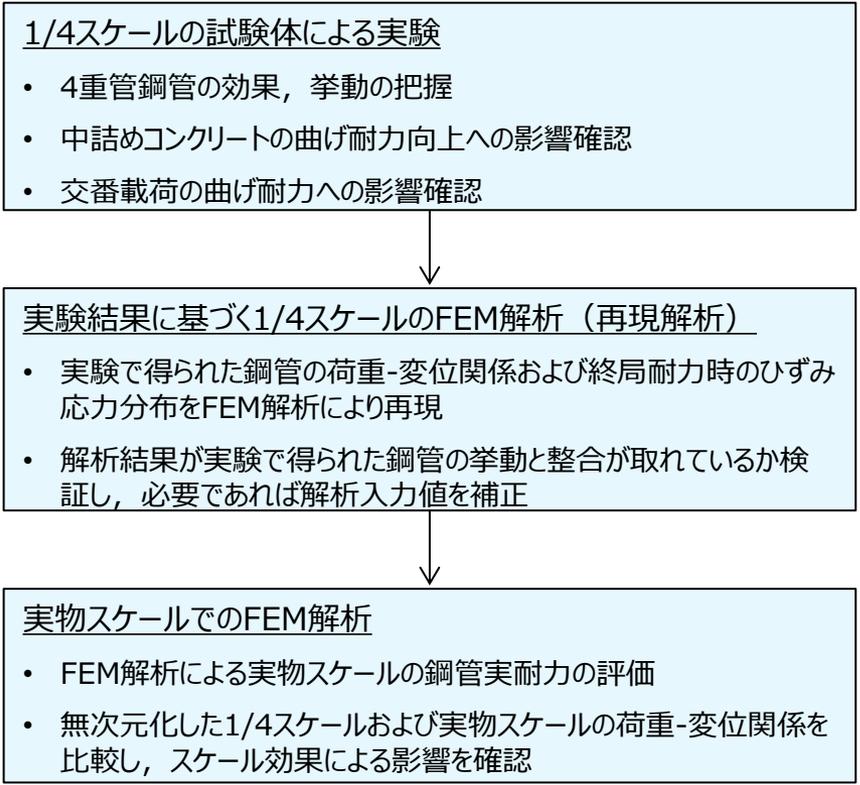
※2 添え字は鋼管杭の番号

別添.5 防波壁多重鋼管杭の設計方針

別添.5 - 2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の水平載荷試験（1/3）

- 多重鋼管杭の実耐力・挙動特性を確認するため、多重鋼管杭の水平載荷実験及び数値解析を検討フローに沿って実施しており、このうち多重管の一体挙動と降伏荷重時の挙動について説明する。
- 耐力・挙動特性に関してスケール効果の影響は小さいことから、1/4スケールの試験体により実験する。
- 実験としては、Case1は単管を、Case2及びCase3は中詰コンクリートの有無が曲げ耐力に与える効果と多重鋼管杭の挙動特性を、Case4は交番載荷を与えた後の多重鋼管杭の挙動特性を確認する。また、港湾基準から算出した全塑性荷重・降伏荷重と比較する。

検討フロー



実機と試験体の相似則

	試験体	現場実機	試験体/実機
鋼管径	Φ528	Φ2200	0.24
	Φ480	Φ2000	0.24
	Φ432	Φ1800	0.24
	Φ384	Φ1600	0.24
鋼管肉厚	6mm	25mm	0.24

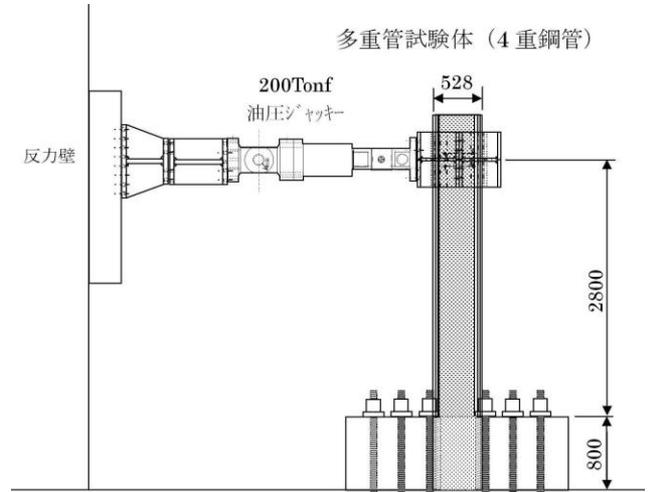
実験ケース

Case	鋼管構造	中詰コンクリート	載荷方法
1	単管φ528	無	水平一方向載荷
2	4重管 φ528 φ480 φ432 φ384	無	水平一方向載荷
3-1		有	水平一方向載荷
3-2			
3-3			
4		有	交番載荷後, 水平一方向載荷

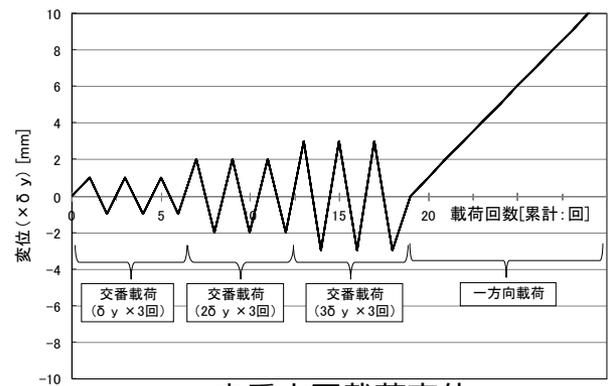
別添.5 防波壁多重鋼管杭の設計方針

別添.5 - 2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の水平載荷試験（2/3）

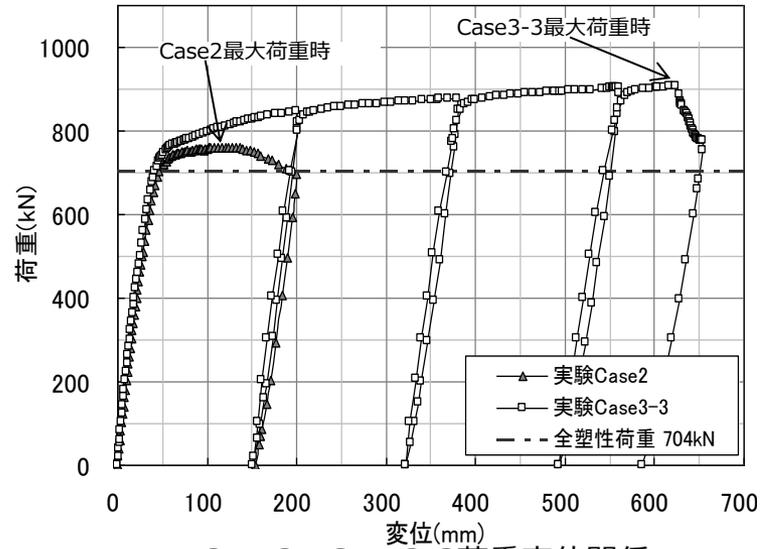
- 実験においては、1/4スケールの試験体に対して、水平一方向載荷ケース（case2及びcase3）並びに地震時の繰り返し荷重を想定した交番水平載荷ケース（case4）の結果を示す。交番載荷では、 δy , $2\delta y$, $3\delta y$ (δy : 実験から得られた最外管の降伏時変位) を繰り返し載荷した後、水平一方向載荷を行っている。
- Case2（4重管中詰無）の結果、最大荷重は多重管の全塑性荷重704kNに対して1.08倍であり、概ね一致している。一方、Case3（4重管中詰有）の結果、最大荷重平均で1.29倍となった。Case2とCase3を比較すると、最外管の局部座屈発生までは同じ挙動を示すが、Case3はCase2と比較して最内側管がコンクリートで中詰めされていることにより、曲げ耐力が増加している。



実験装置概要図



交番水平載荷変位



Case2, Case3-3荷重変位関係

Case2・Case3実験結果の比較

実験Case	最大荷重 (kN)	最大荷重時変位 (mm)	全塑性荷重に対する比率
Case2	761	120	1.08
Case 3-1	908	536	1.29
Case 3-2	904	560	1.28
Case 3-3	907	624	1.29
Case3平均	906	574	1.29

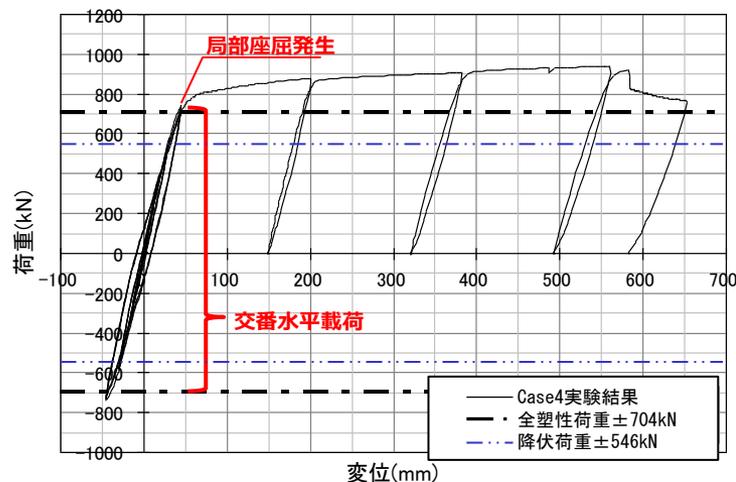
別添.5 防波壁多重鋼管杭の設計方針

別添.5 - 2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の水平載荷試験（3/3）

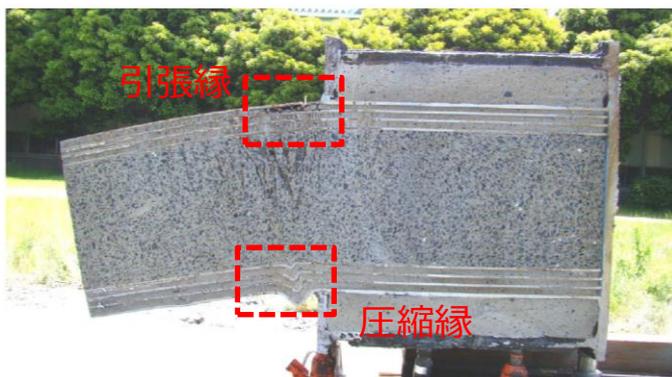
- Case4（交番載荷後、水平一方向）の結果、繰返し荷重を受けた後でもCase3と同様に荷重は緩やかに上昇している。
- 水平荷重と変位の関係から、多重鋼管杭に対する水平載荷実験の荷重は、港湾基準より算定した各管の全塑性モーメントの合計値に達する時の全塑性荷重とおおむね一致していることを確認した。
- 実験後の試験体の切断面の写真を以下に示す。圧縮側のモルタル・コンクリートにひび割れ等の損傷は見られない。また、圧縮側の鋼管杭の座屈による変形量は内側ほど小さく、外側から内側にかけて順番に座屈が発生したと考えられる。
- 以上より、多重鋼管杭は一体構造として挙動して荷重を分担しており、降伏荷重においても弾性挙動を示していることを確認した。



最大荷重時座屈状況



水平荷重と変位の関係



管軸方向切断面

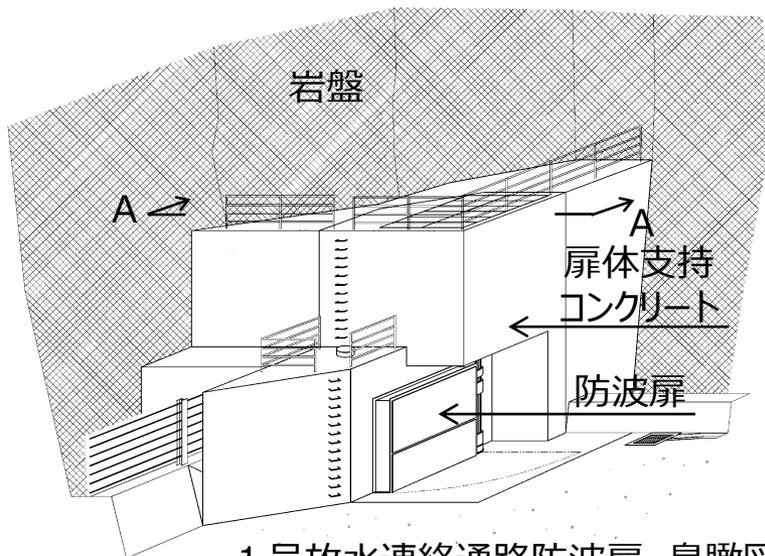


引張縁破断状況

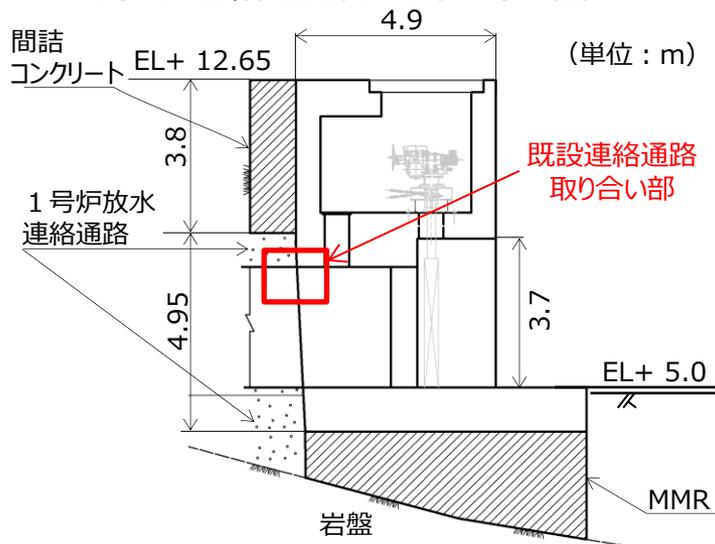


圧縮縁はらみ出し状況

別添.6 1号放水連絡通路の構造概要



1号放水連絡通路防波扉 鳥瞰図



A - A 断面

1号放水連絡通路防波扉 断面図

- 1号炉建設時に設置した1号炉放水連絡通路（既設）の坑口部に経年劣化によるクラックが認められるため、発電所の点検手順に基づき、適切に点検、補修を実施する。

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

既設連絡通路取り合い部