

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-他-203改01
提出年月日	2022年9月27日

防波壁における施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石の取扱い

2022年9月

中国電力株式会社

## 1. 概要

島根原子力発電所では、施設護岸は複数のセルラーブロック及び上部コンクリートにより構成されており、施設護岸の前面及び基礎に基礎捨石（200～250mm，30kg/個以上）及び被覆石（700～800mm，1.5t/個）を使用している。

津波防護施設である防波壁と施設護岸の配置について、全体平面図を図1に、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における断面図を図2に、防波壁（逆T擁壁）における断面図を図3に、防波壁（波返重力擁壁）における断面図を図4に示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、施設護岸背面又は前面に設置され、基礎捨石及び被覆石は防波壁から離れた位置に設置している断面と、防波壁の鋼管杭が基礎捨石を貫通している断面がある。

防波壁（逆T擁壁）は、施設護岸背面に設置され、基礎捨石及び被覆石は防波壁から離れた位置に設置している。

防波壁（波返重力擁壁）は、施設護岸の擁壁を巻き込むように新設コンクリートを打設することで重力擁壁を設置しており、基礎捨石及び被覆石は周囲に存在しない。

よって、防波壁の周囲に施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石を設置していることから、施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石の役割を踏まえ、防波壁の各構造形式における解析ケースの考え方を整理する。

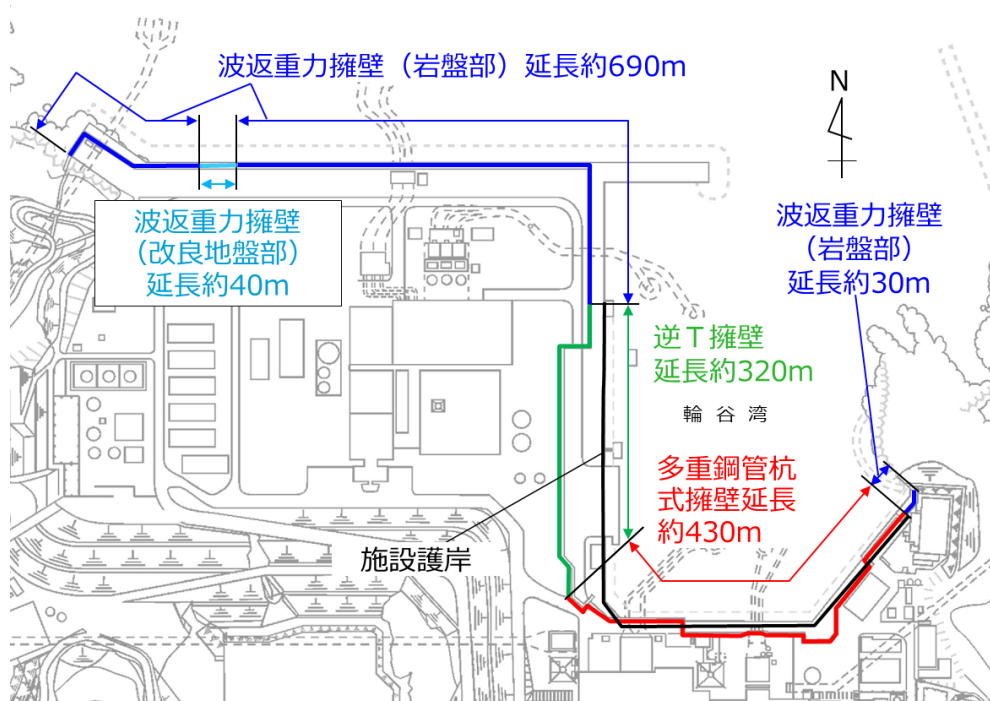
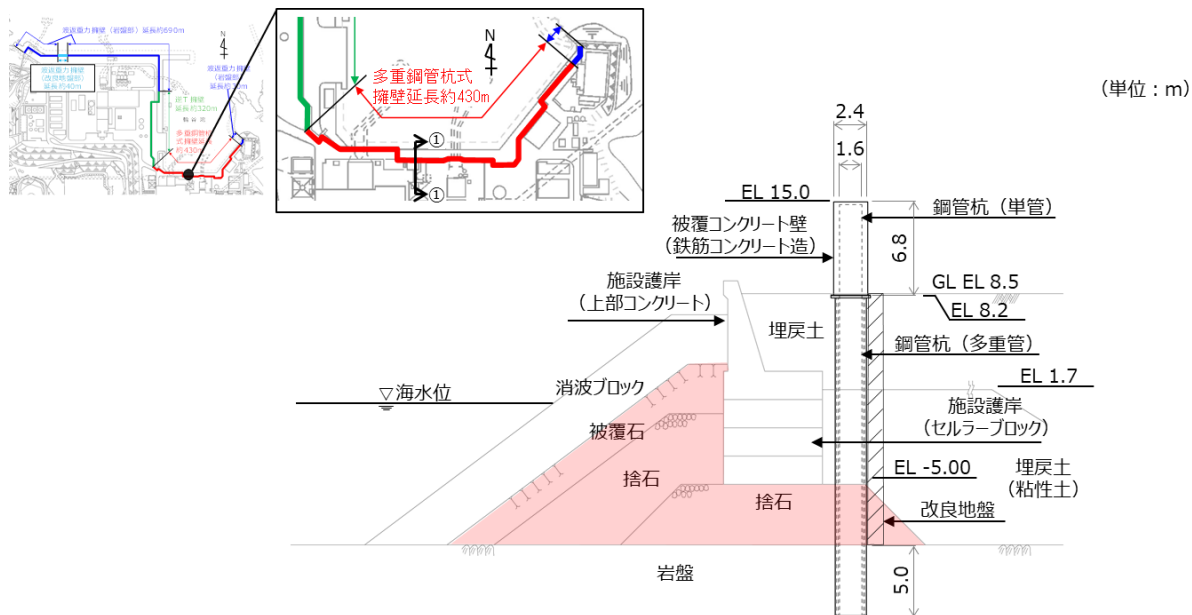
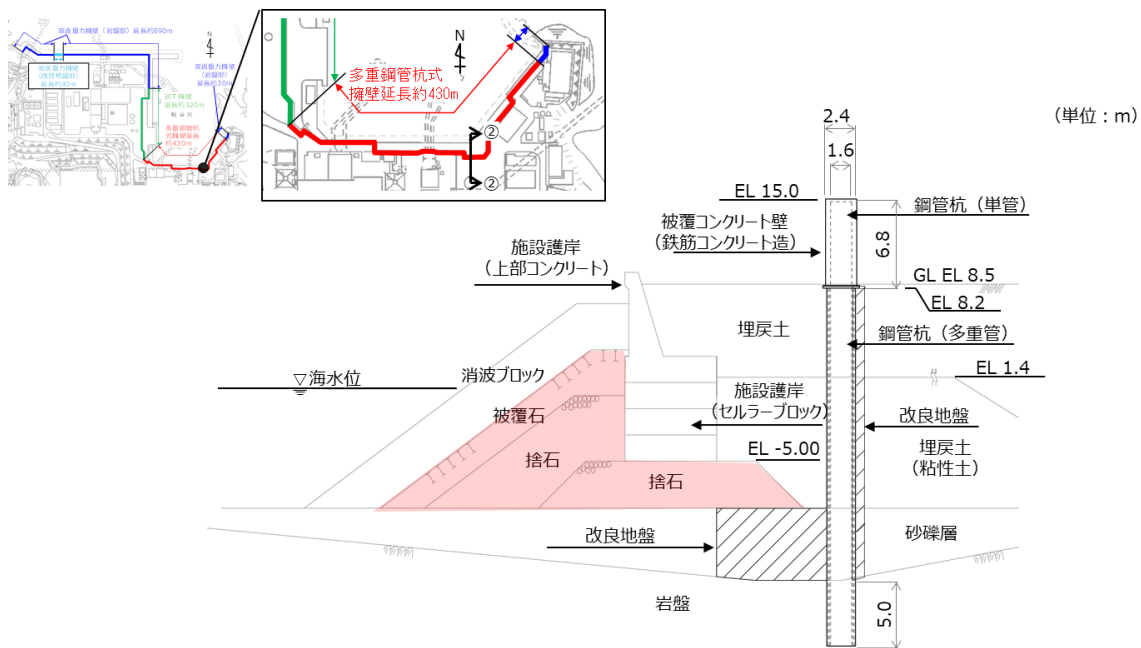


図1 防波壁と施設護岸の配置（全体平面図）



①－①断面

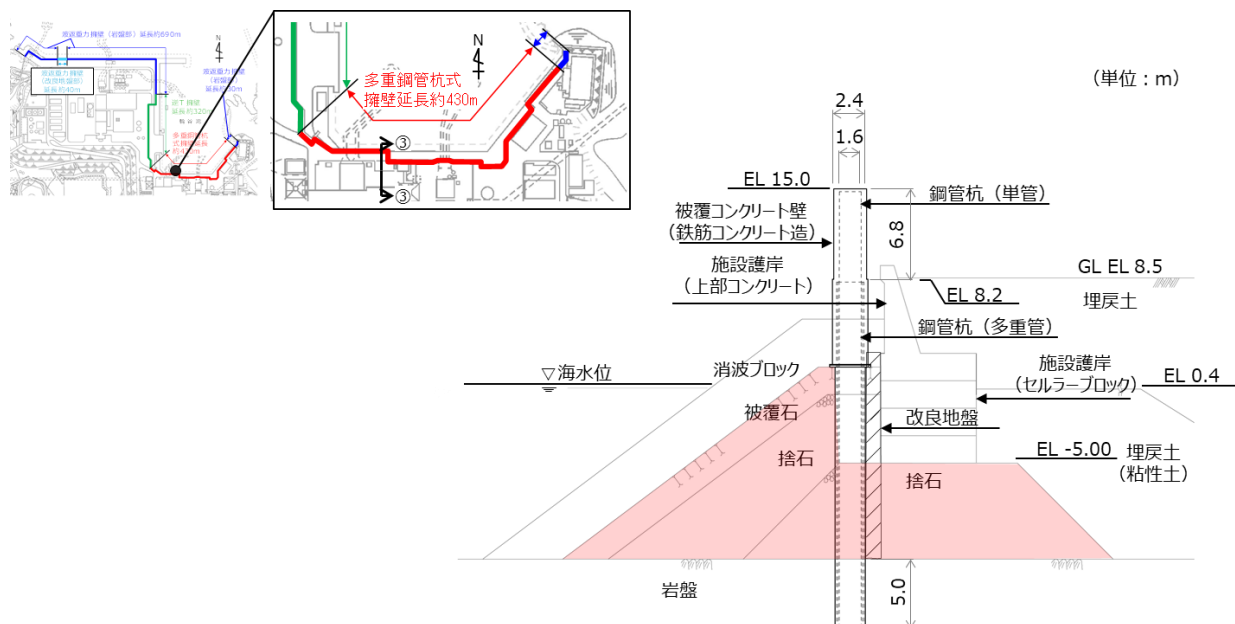
(防波壁の鋼管杭が基礎捨石を貫通している)



②－②断面

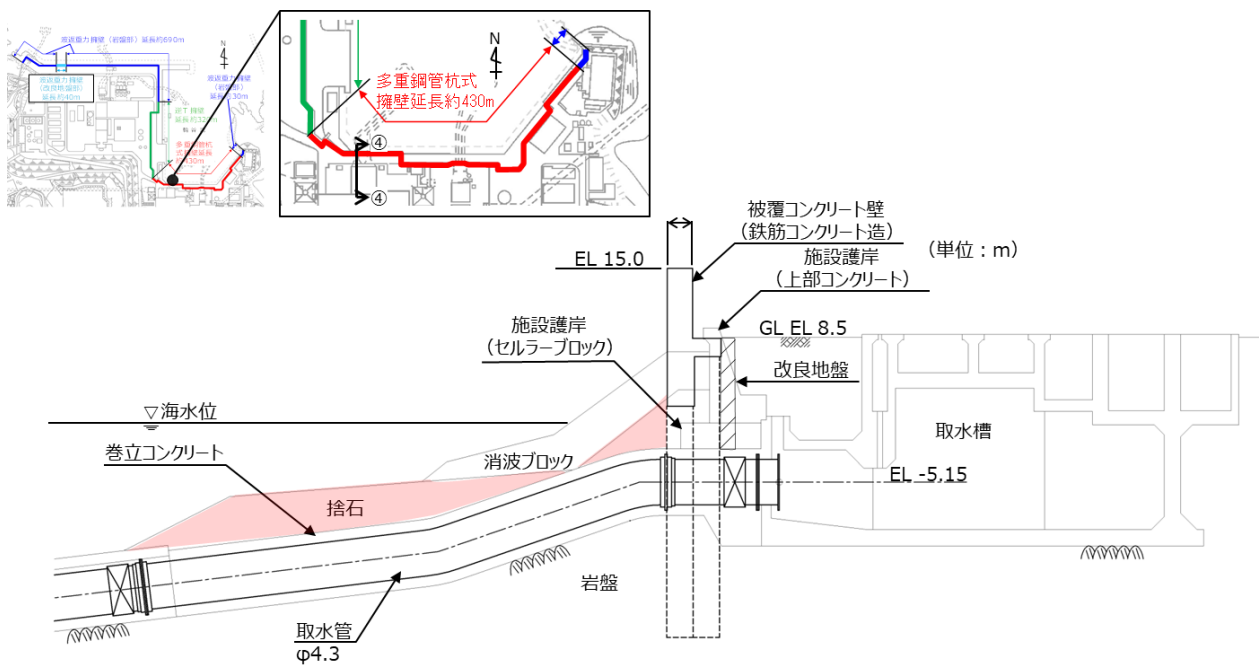
(基礎捨石及び被覆石は防波壁から離れた位置に設置している)

図2 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) における基礎捨石及び被覆石の配置 (1/3)



③－③断面

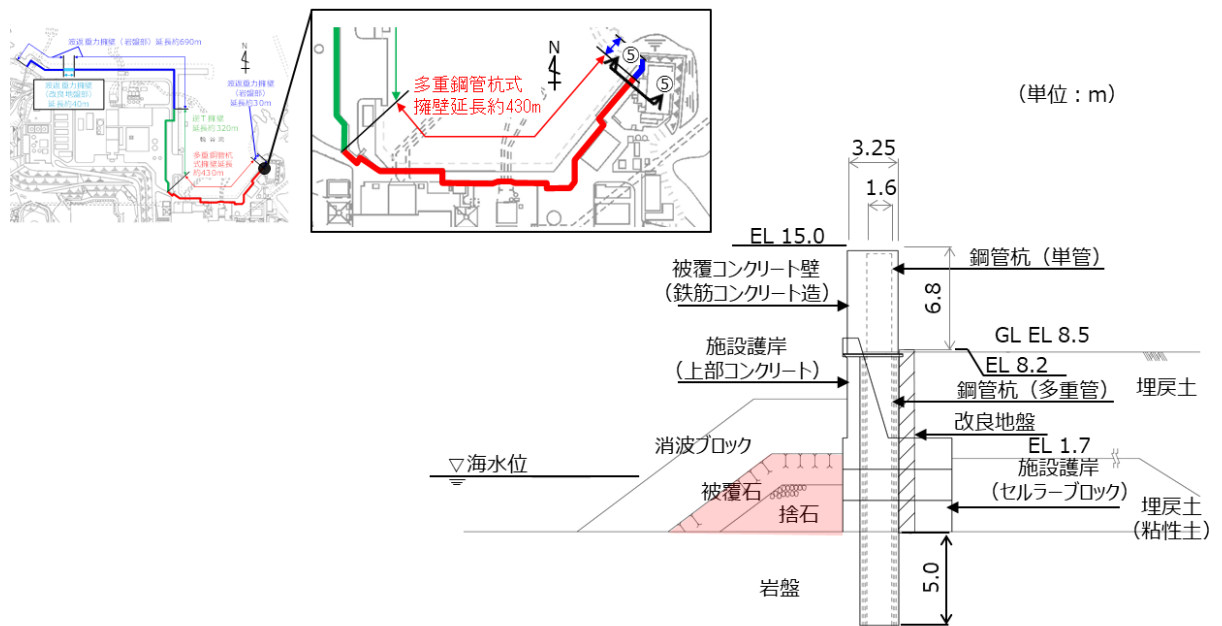
(防波壁の鋼管杭が基礎捨石を貫通している)



④－④断面

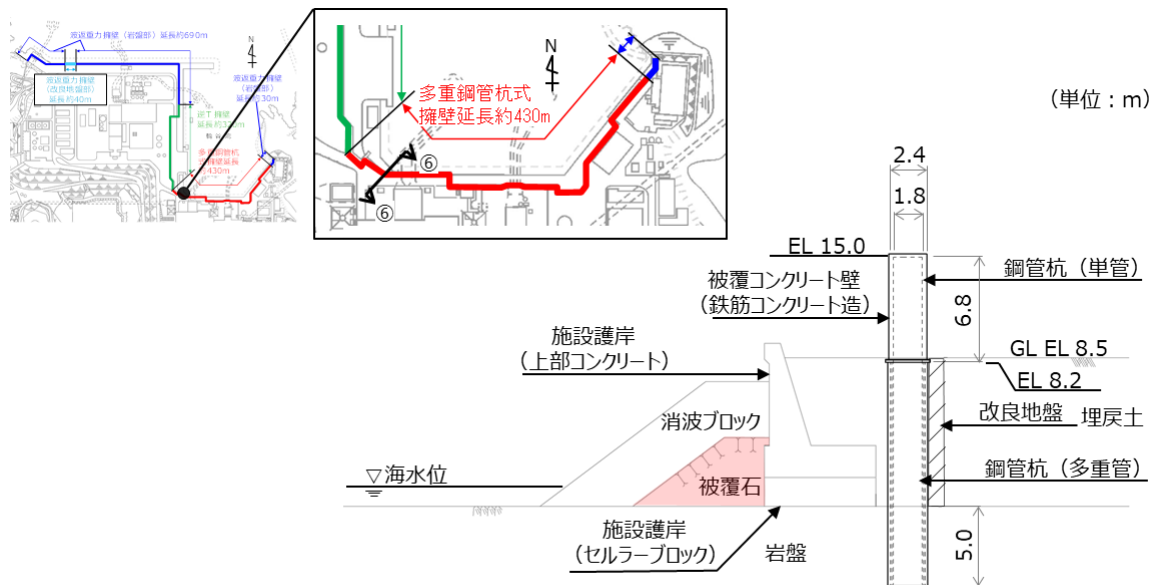
(防波壁の鋼管杭が基礎捨石を貫通している)

図2 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) における基礎捨石及び被覆石の配置 (2 / 3)



⑤-⑤断面

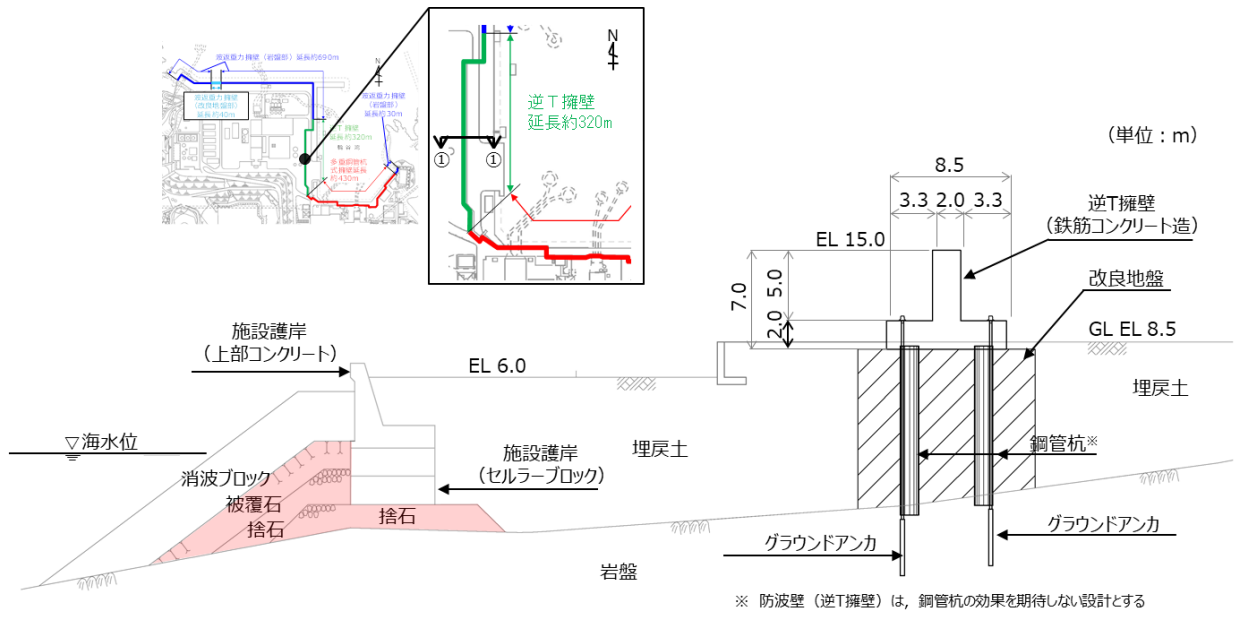
(基礎捨石及び被覆石は防波壁から離れた位置に設置している)



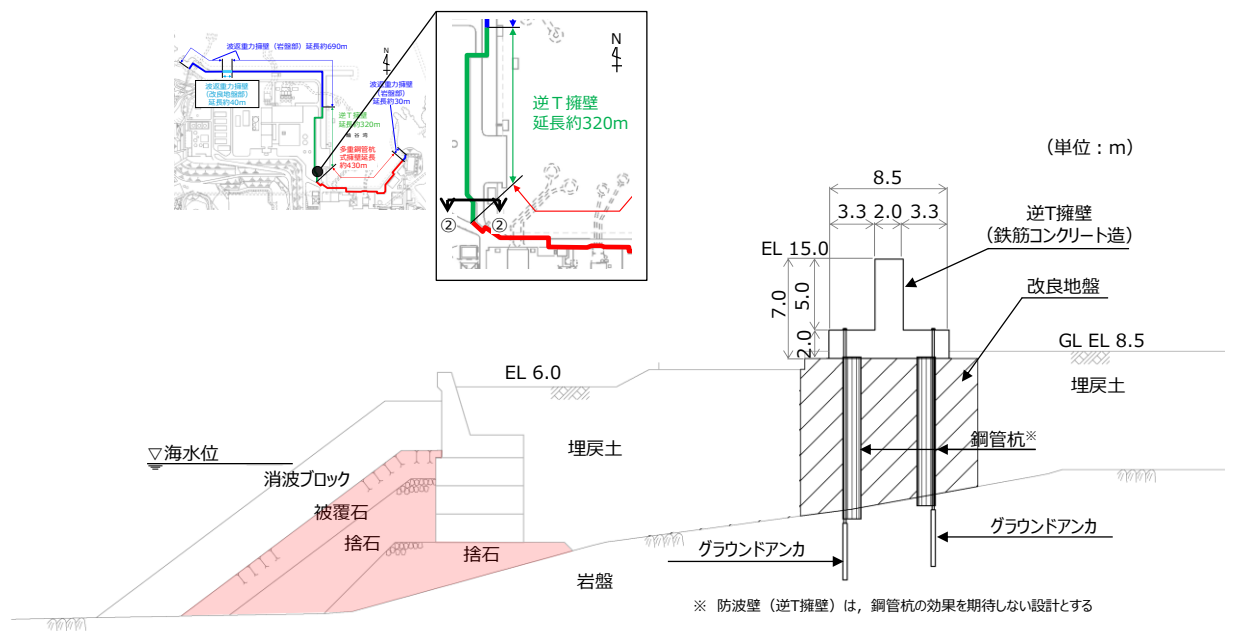
⑥-⑥断面

(基礎捨石及び被覆石は防波壁から離れた位置に設置している)

図2 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)における基礎捨石及び被覆石の配置(3/3)

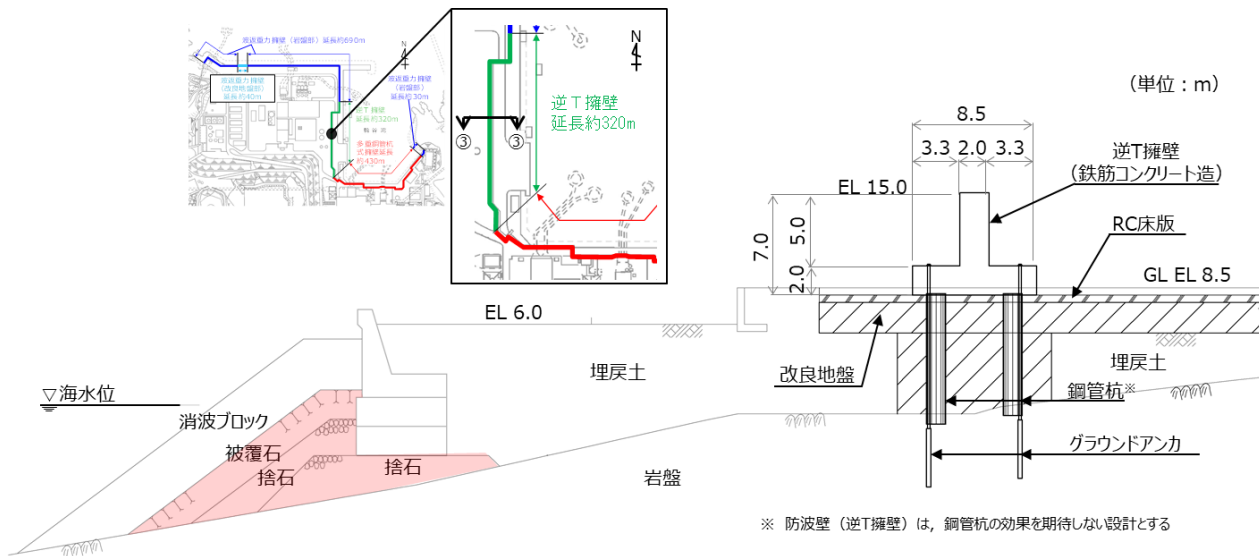


①-①断面

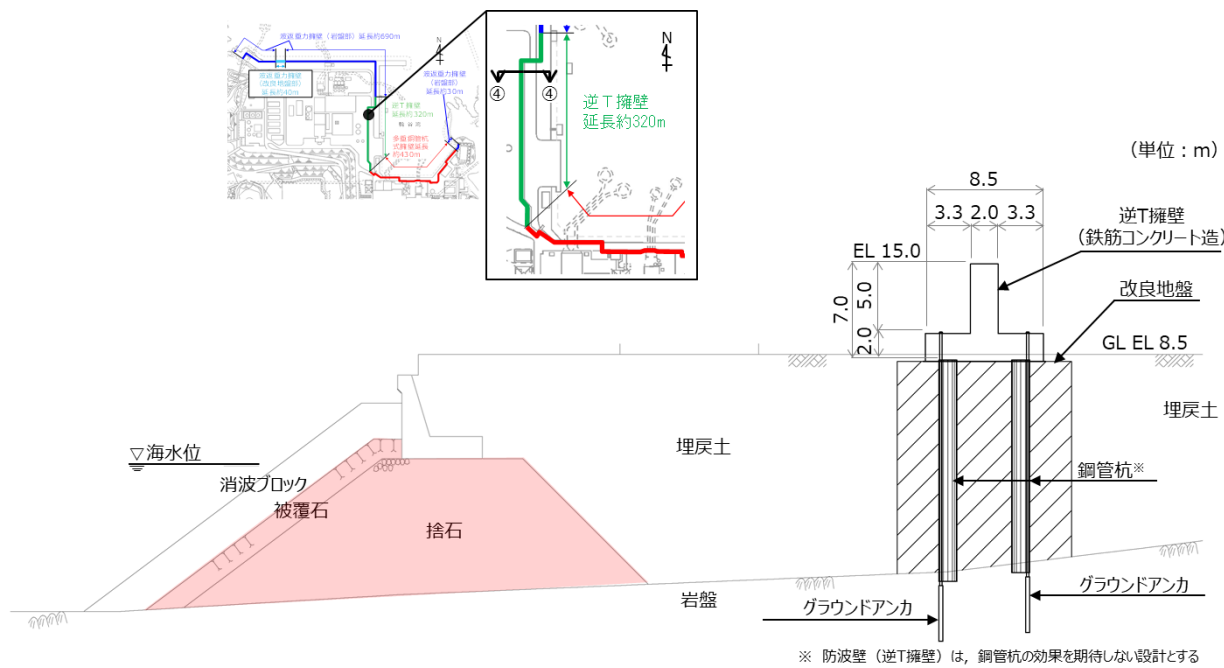


②-②断面

図3 防波壁 (逆T擁壁) における基礎捨石及び被覆石の配置 (1 / 3)

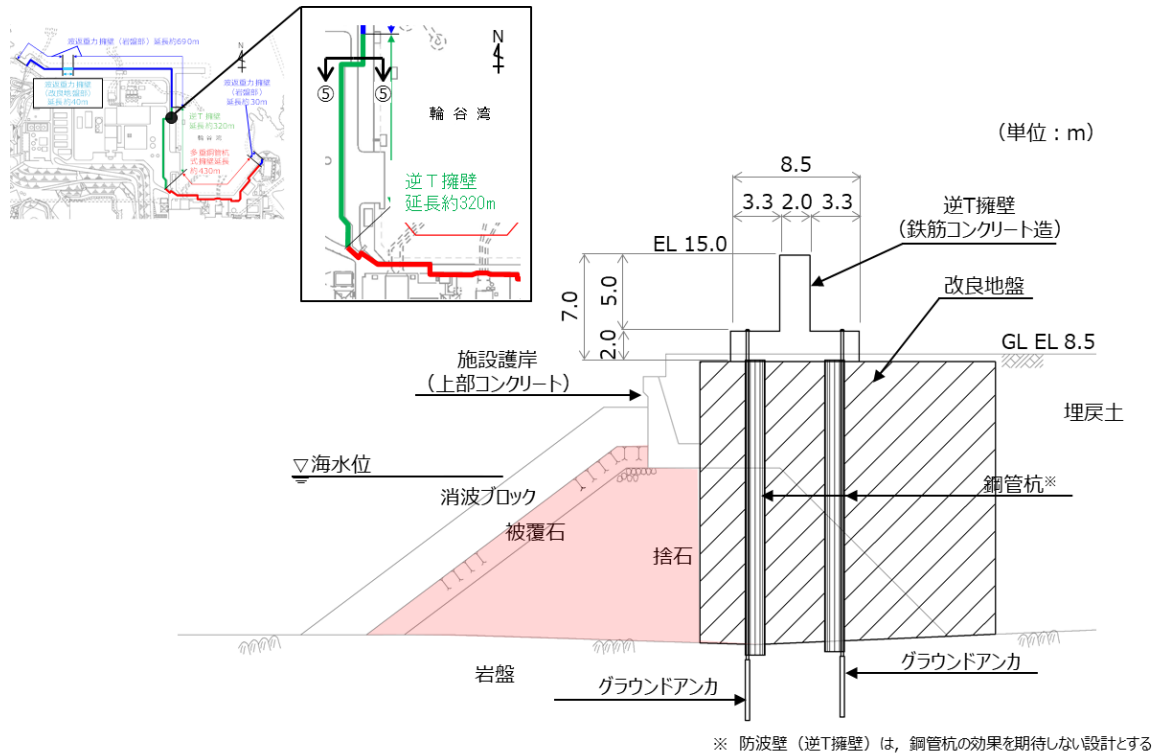


③-③断面

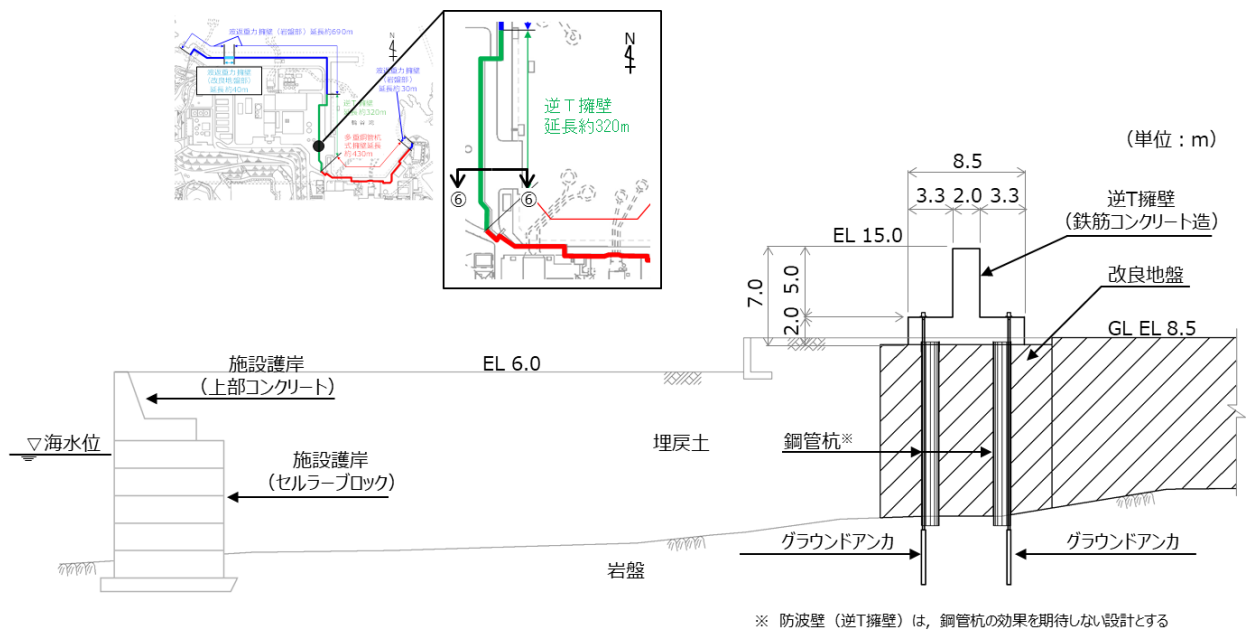


④-④断面

図3 防波壁 (逆T擁壁) における基礎捨石及び被覆石の配置 (2 / 3)



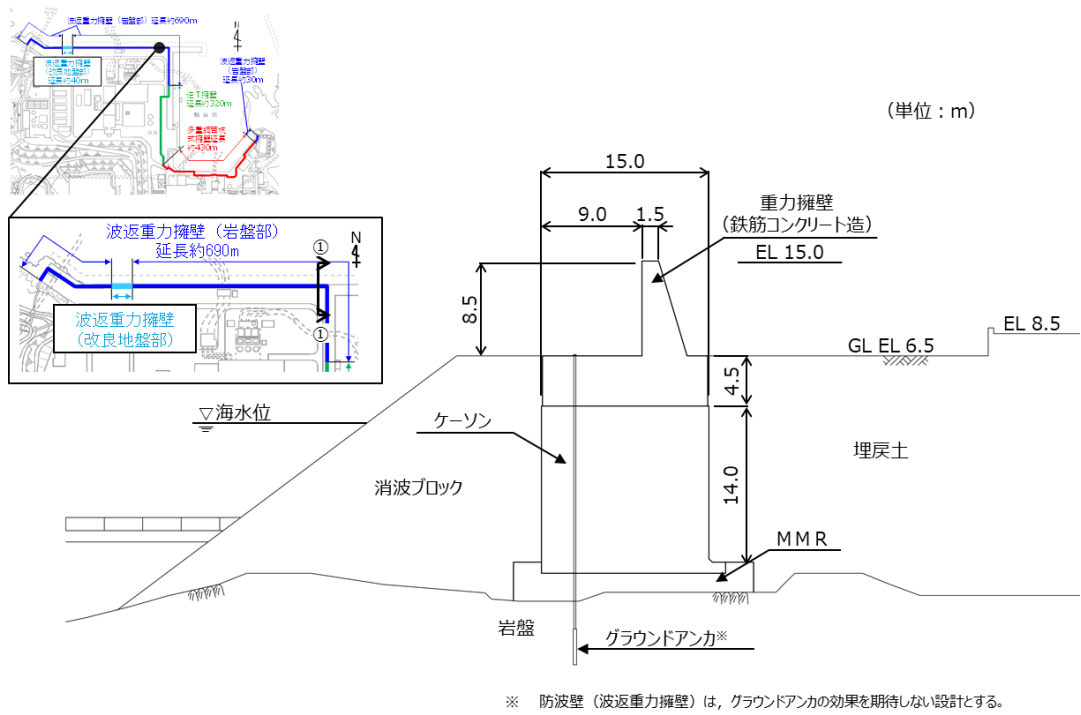
⑤-⑤断面



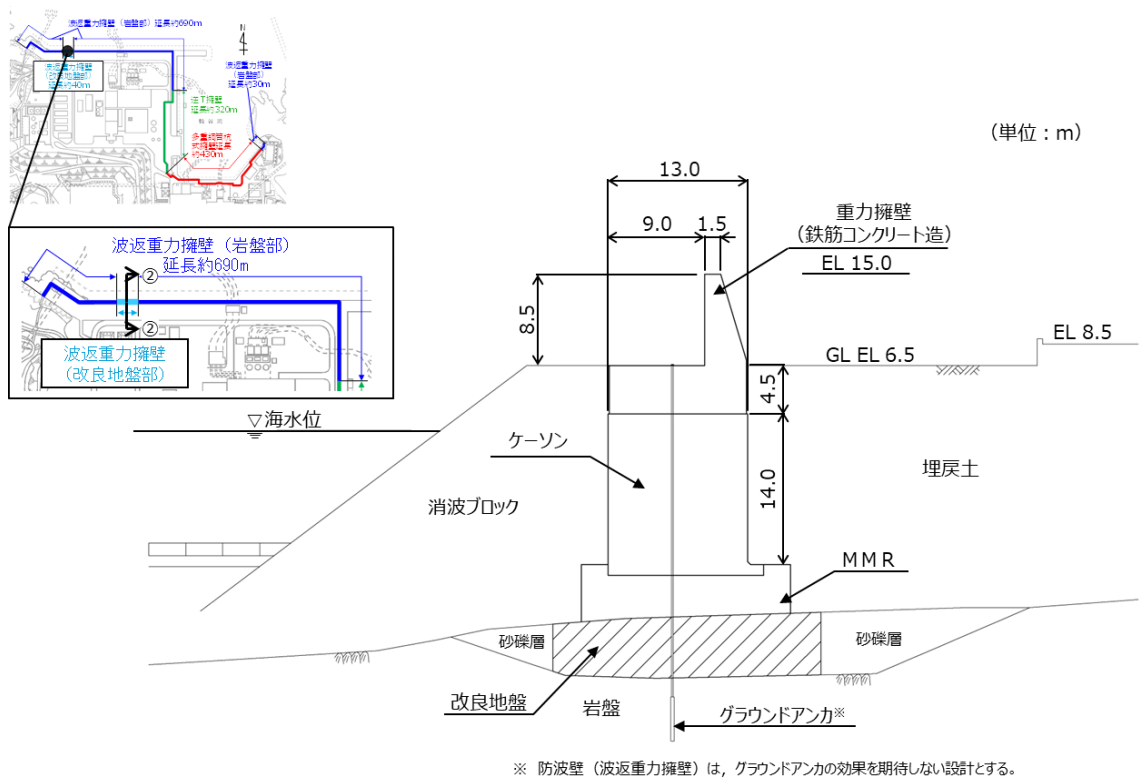
⑥-⑥断面

図3 防波壁 (逆T擁壁) における基礎捨石及び被覆石の配置 (3 / 3)





①－①断面



②－②断面

図4 防波壁（波返重力擁壁）における基礎捨石及び被覆石の配置（1 / 3）

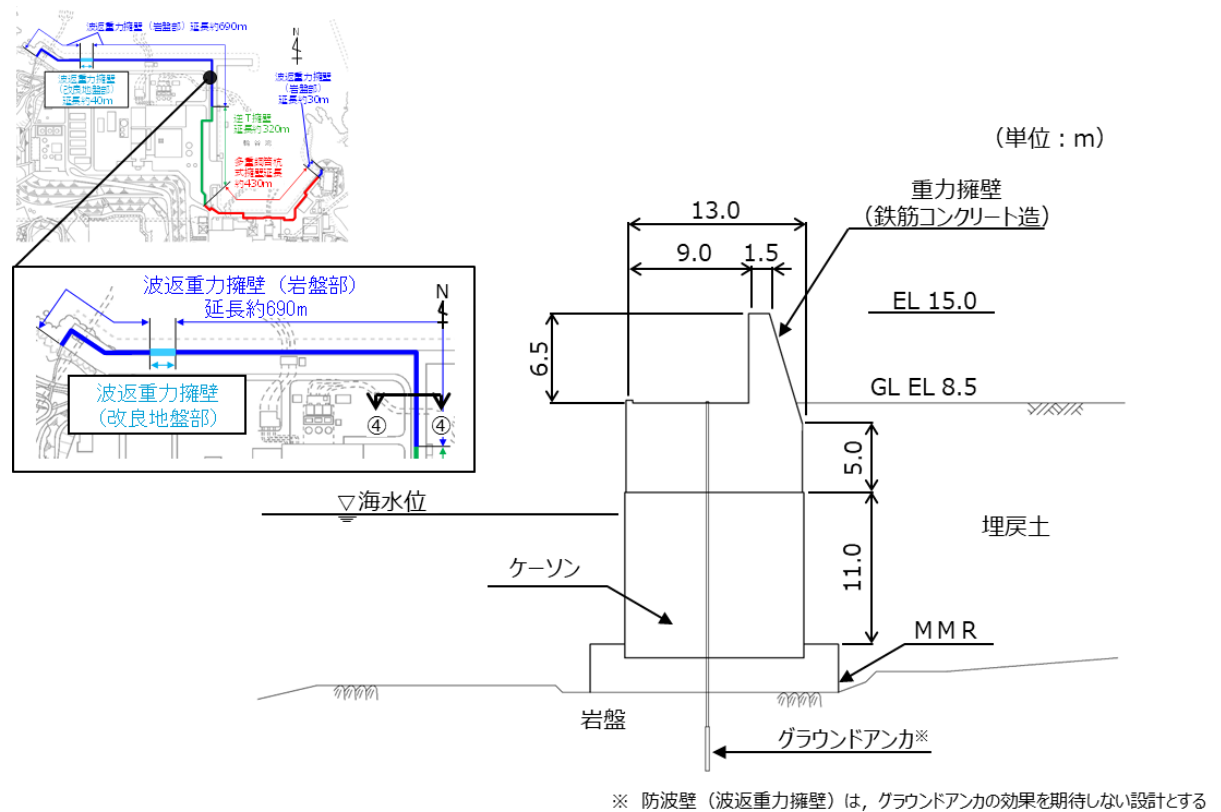
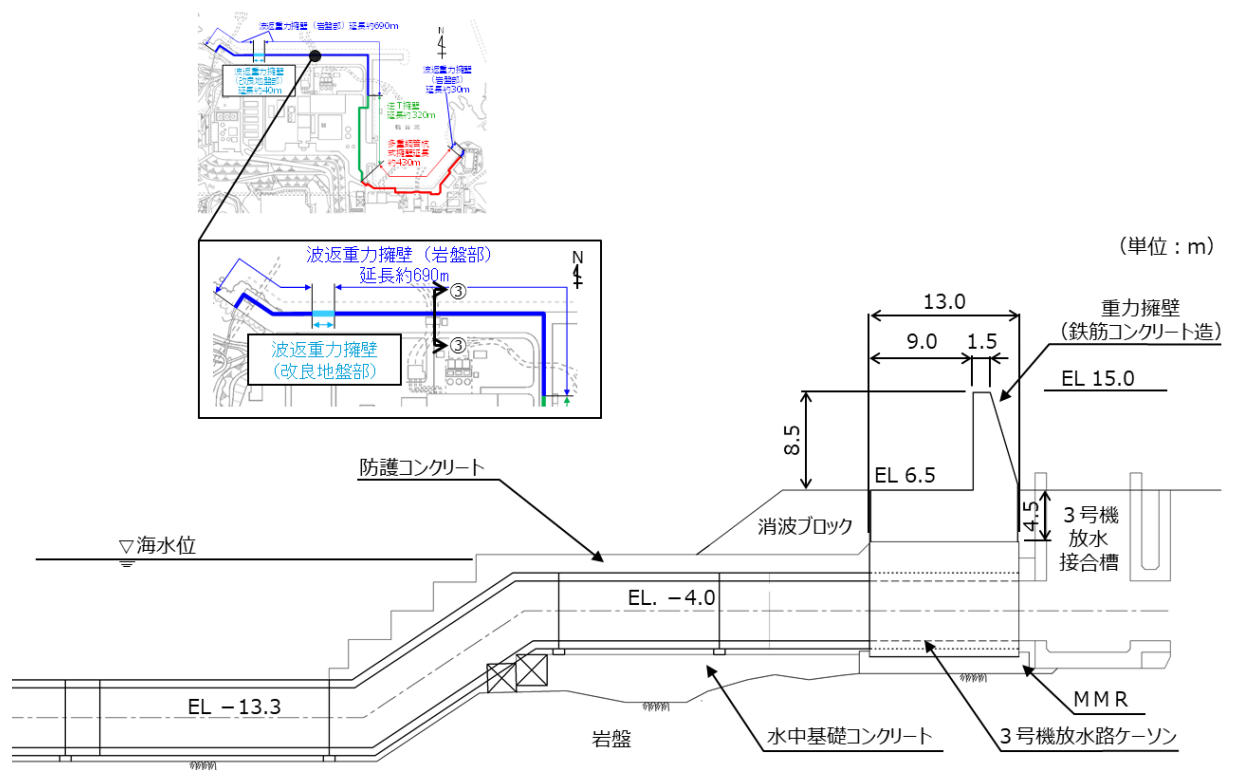
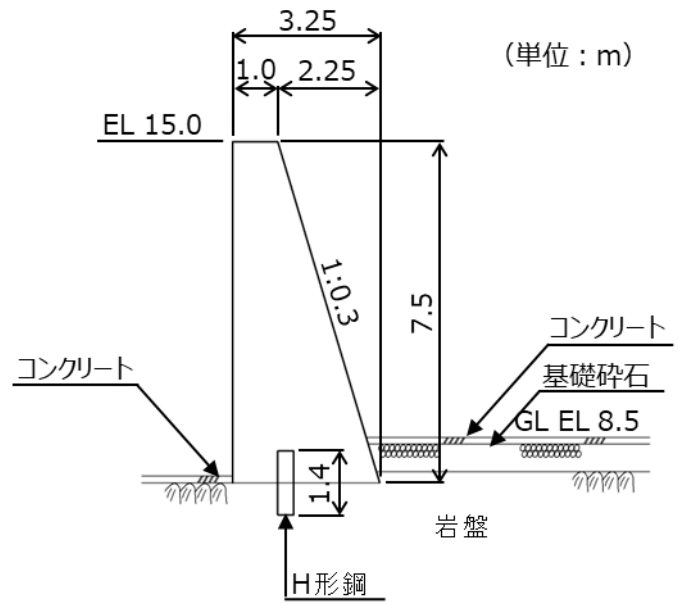
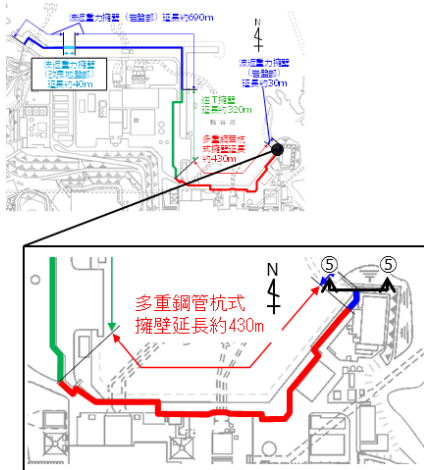
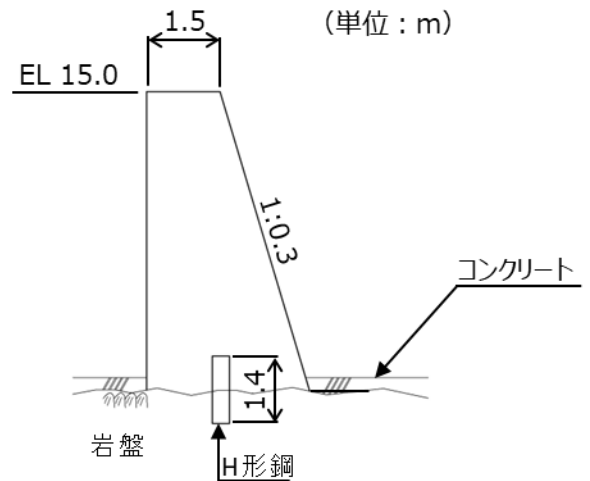
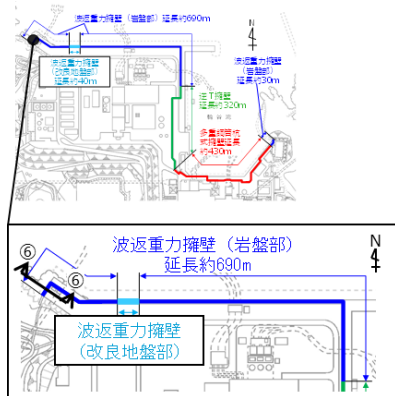


図4 防波壁（波返重力擁壁）における基礎捨石及び被覆石の配置（2 / 3）



⑤-⑤断面



⑥-⑥断面

図4 防波壁 (波返重力擁壁) における基礎捨石及び被覆石の配置 (3 / 3)

## 2. 施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石を踏まえた解析ケース

### 2.1 施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石の役割

施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石の役割を表1に示す。

施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石は耐震性が低いことを踏まえ、その形状を適切にモデル化し、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁（逆T擁壁）の評価を実施することで、施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石による防波壁への波及的影響を考慮する。

ただし、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）のうち、基礎捨石を貫通するように鋼管杭を設置しており、基礎捨石による鋼管杭への影響が懸念される断面については、基礎捨石及び被覆石の解析用物性値として埋戻土（粘性土）を代用する。基礎捨石及び被覆石の解析用物性値の取扱いについては、参考資料1に示す。

表1 施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石の役割

部位	役割
施設護岸	役割に期待しない (解析モデルに取り込み、防波壁への波及的影響を考慮する)
基礎捨石及び被覆石	役割に期待しない (解析モデルに取り込み、防波壁への波及的影響を考慮する)

### 2.2 解析ケース

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）、防波壁（逆T擁壁）及び防波壁（波返重力擁壁）については、地盤物性の平均値を用いた基本ケース及び地盤物性の平均値±1σを用いた不確かさケースに加え、施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石は耐震性が低いことから、施設護岸が損傷した場合の解析ケースを実施する。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁（逆T擁壁）のうち、防波壁の前面に耐震性の低い施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石が設置される断面においては、施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石は役割に期待していないが、これらが防波壁の変形を抑制することが想定されることから、施設護岸が損傷したことを想定し、念のためこれらが無い場合の検討を実施する。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁（逆T擁壁）における施設護岸が損傷したケースを表2のとおり整理する。

施設護岸が損傷したケースを実施する解析断面及び地震動については、施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石の配置状況を踏まえ、基本ケースにおいて最も照査値が厳しくなる断面及び地震動を選定することを基本とする。

表2 防波壁における施設護岸が損傷したケースの整理

構造形式	施設護岸が損傷したケース	具体的な解析モデルの修正内容	対象断面
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	防波壁前面の施設護岸の損傷を仮定	防波壁前面の施設護岸をモデル化しない	施設護岸が防波壁前面に配置された断面より選定
防波壁 (逆T擁壁)	防波壁前面の施設護岸の損傷を仮定	防波壁前面の施設護岸をモデル化しない	⑤-⑤断面

### 3. その他の解析ケース

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）、防波壁（逆T擁壁）及び防波壁（波返重力擁壁）において、設置許可審査からの申し送り事項及び設工認審査を踏まえた影響検討ケースを表3のとおり整理する。

影響検討ケースを実施する解析断面及び地震動については、影響検討ケースの条件が防波壁に大きく影響することが懸念される断面を選定の上、基本ケースにおいて最も照査値が厳しくなる地震動を選定することを基本とする。

表3 防波壁における影響検討ケースの整理

構造形式	影響検討ケース	具体的な解析モデルの修正内容	対象断面
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	砂礫層のせん断弾性係数比による影響確認	砂礫層のせん断弾性係数比について、試験値を踏まえて設定	②-②断面 (砂礫層が存在)
	砂礫層の内部摩擦角による影響確認	砂礫層の内部摩擦角について、文献を踏まえて設定	②-②断面 (砂礫層が存在)
	埋戻土(粘性土)のせん断弾性係数比による影響検討	埋戻土(粘性土)のせん断弾性係数比について、試験値を踏まえて設定	基本ケースを踏まえ選定
	埋戻土(粘性土)の粘着力による影響確認	埋戻土(粘性土)の粘着力について、試験値を踏まえて設定	基本ケースを踏まえ選定
防波壁 (逆T擁壁)	改良地盤⑧による影響確認	改良地盤⑧をモデル化	①-①断面 (改良地盤⑧が存在)
	鋼管杭による影響確認	鋼管杭をモデル化	⑤-⑤断面
	改良地盤①～③の品質確認結果を踏まえた影響検討	改良地盤①～③の動せん断弾性係数について、品質確認試験踏まえて設定	基本ケースを踏まえ選定
防波壁 (波返重力擁壁)	改良地盤⑥のせん断弾性係数	改良地盤⑥の動せん断弾性係数について、試験値を踏まえて設定	②-②断面 (改良地盤⑥が存在)

## 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値について

島根原子力発電所において使用している基礎捨石及び被覆石は、粒径が大きく、室内試験が非常に困難であることから、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」において、「港湾の施設の技術上の基準・同解説」及び「港湾構造物設計事例集」に基づき、表1に示す解析用物性値を設定することを基本とする。

なお、表1に示す解析用物性値を用いて、既往の文献において被災事例の事例検証が行われており、特に残留変形量については、観測値と解析結果が良く適合していることが確認されている。

表1 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値

		基礎捨石及び被覆石
物理特性	密度 $\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	2.04 【1.84】
	間隙率 $n$	0.45
変形特性	動せん断弾性係数 $G_{ma}$ (kN/m <sup>2</sup> )	180,000
	基準平均有効拘束圧 $\sigma_{ma}'$ (kN/m <sup>2</sup> )	98
	ポアソン比 $\nu$	0.33
	減衰定数の上限値 $h_{max}$	0.24
強度特性	粘着力 $c'$ (kN/m <sup>2</sup> )	20
	内部摩擦角 $\phi'$ (°)	35

注：括弧内【】の数字は地下水位以浅の数値を示す。  
動せん断弾性係数及び基準平均有効拘束圧は代表的な数値を示す。

しかしながら、表1に示す物性値を用いた被災事例の事例検証において、地震後の残留変形量の解析結果が観測値とおおむね整合しているが、観測値を安全側に包絡する結果となっていない。また、島根原子力発電所に使用されている基礎捨石及び被覆石の物性値は室内試験による確認ができていないため、地震による時々刻々と変化する基礎捨石及び被覆石の応力状態の不確かさが懸念される。

図1に示すように、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）においては、基礎捨石を貫通するように鋼管杭を設置しており、基礎捨石による鋼管杭への影響が懸念される断面がある。よって、津波防護施設の設計に当たっては、鋼管杭への影響が懸念される断面において、室内試験により物性値を確認した結果、動せん断弾性係数  $G_{ma}$  は表1に示す値と同程度であり、強度特性は保守的な設定となる埋戻土（粘性土）の解析用物性値（表2）を代用して評価を実施する。

表2 基礎捨石及び被覆石の解析用物性値（代用値）  
（埋戻土（粘性土））

		埋戻土（粘性土）
物理特性	密度 $\rho$ ( $g/cm^3$ )	2.07 【2.03】
	間隙率 $n$	0.55
変形特性	動せん断弾性係数 $G_{ma}$ ( $kN/m^2$ )	186,300
	基準平均有効拘束圧 $\sigma_{ma}'$ ( $kN/m^2$ )	151.7
	ポアソン比 $\nu$	0.33
	減衰定数の上限値 $h_{max}$	0.095
強度特性	粘着力 $c'$ ( $kN/m^2$ )	0
	内部摩擦角 $\phi'$ ( $^\circ$ )	30

注：括弧内【】の数字は地下水位が浅い数値を示す。  
動せん断弾性係数及び基準平均有効拘束圧は代表的な数値を示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）及び防波壁（逆T擁壁）における基礎捨石及び被覆石の配置状況及びそれを踏まえた解析用物性値の設定方針について、表3に示す。

表3 基礎捨石及び被覆石の配置状況を踏まえた解析用物性値の設定方針

	断面	基礎捨石及び被覆石 配置状況	基礎捨石及び被覆石 解析用物性値
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	①-①断面 ③-③断面 ④-④断面	防波壁と離れた位置 に設置	表1のとおり設定
	②-②断面 ⑤-⑤断面 ⑥-⑥断面	鋼管杭が貫通	表2のとおり設定 (埋戻土(粘性土) で代用)
	防波壁 (逆T擁壁)	全ての断面	防波壁と離れた位置 に設置