

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 3-015-03改01
提出年月日	2022年 12月 23日

VI-3-別添 3-2-1-2 防波壁（逆 T 擁壁）の
強度計算書

S2 補 VI-3-別添 3-2-1-2 R0

2022年 12月

中国電力株式会社

目次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	8
2.4	適用規格・基準等	13
3.	強度評価方法	14
3.1	記号の定義	14
3.2	評価対象断面及び部位	15
3.2.1	評価対象断面	15
3.2.2	評価対象部位	20
3.3	荷重及び荷重の組合せ	20
3.3.1	荷重	20
3.3.2	荷重の組合せ	23
3.4	許容限界	24
3.4.1	逆T擁壁	24
3.4.2	グラウンドアンカ	25
3.4.3	改良地盤	25
3.4.4	止水目地	25
3.4.5	基礎地盤	26
3.5	評価方法	27
3.5.1	解析方法	27
3.5.2	解析モデル及び諸元	30
3.5.3	評価方法	36
4.	評価条件	41
5.	評価結果	43
5.1	逆T擁壁の評価結果	43
5.1.1	曲げ軸力照査及びせん断力照査	43
5.1.2	グラウンドアンカによる支圧照査	48
5.2	グラウンドアンカ	49
5.3	改良地盤	50
5.4	止水目地	52
5.5	基礎地盤	53
5.6	防波壁前面の施設護岸，基礎捨石等の損傷による不確かさの検討	58

5.6.1 評価方針	58
5.6.2 評価結果	60

1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に示すとおり、防波壁（逆 T 擁壁）が津波荷重，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，施設・地盤の構造健全性を保持すること，十分な支持性能を有する地盤に設置していること及び主要な構造体の境界部に設置する部材が有意な漏えいを生じない変形にとどまることを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

防波壁（逆T擁壁）の位置図を図2-1に示す。

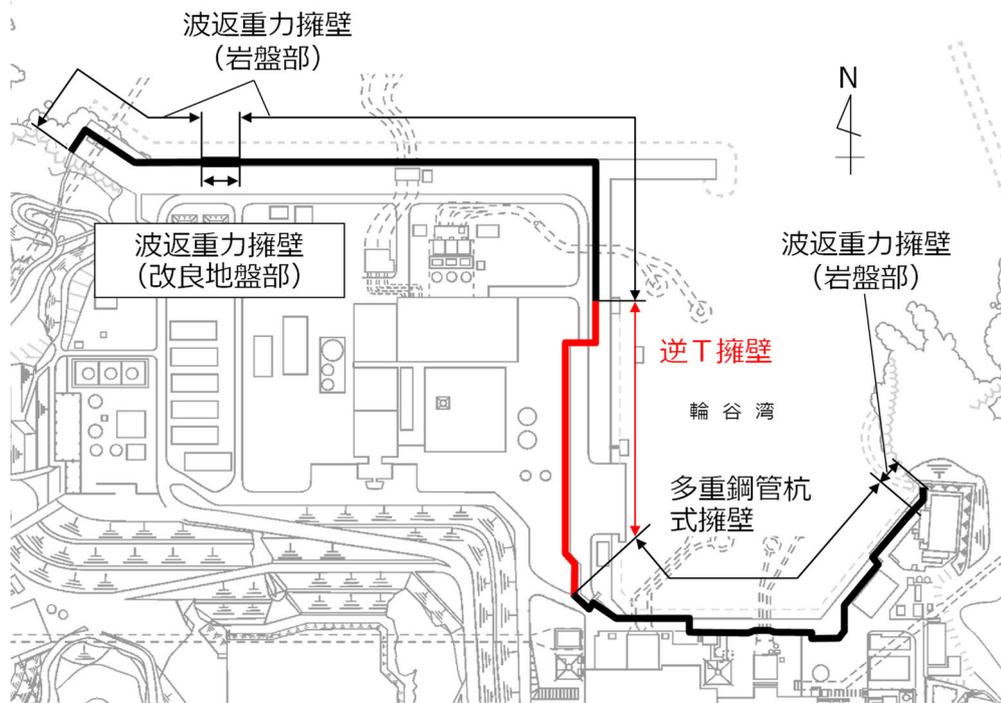


図2-1 防波壁（逆T擁壁）の位置図

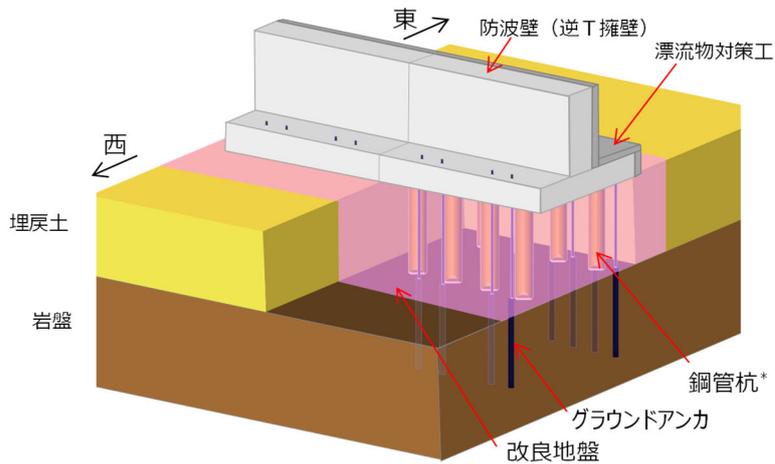
2.2 構造概要

防波壁（逆 T 擁壁）は、改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の逆 T 擁壁による直接基礎及びグラウンドアンカで構成し、十分な支持性能を有する岩盤及び改良地盤に支持させる構造とする。隣接する構造物との境界には、止水性を確保するための止水目地を設置する。

防波壁（逆 T 擁壁）は、入力津波による浸水高さ（EL 11.9m）に対して余裕を考慮した天端高さ（EL 15.0m）とする。

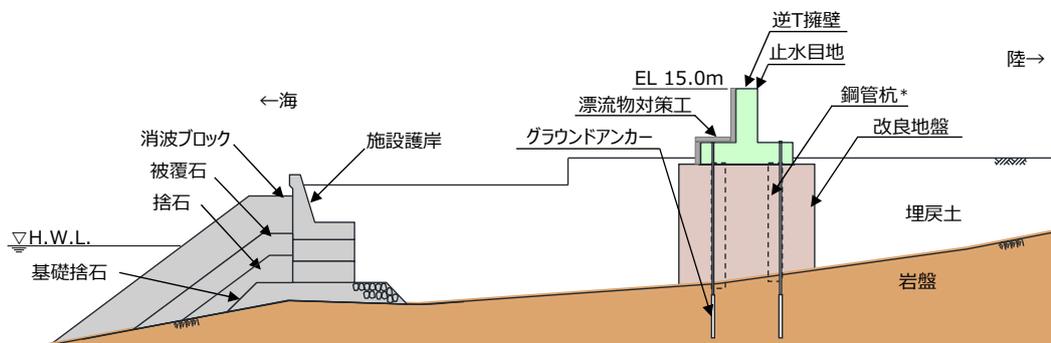
防波壁（逆 T 擁壁）の構造概要図を図 2-2～図 2-5 に、概略配筋図を図 2-6 に、グラウンドアンカの配置図を図 2-7 に、止水目地の概念図及び配置位置図を図 2-8 及び図 2-9 に示す。

なお、構造概要図には鋼管杭を示しているが、その効果を期待しない設計とする。



注記*：防波壁（逆 T 擁壁）は、鋼管杭の効果を期待しない設計とする。

図 2-2 防波壁（逆 T 擁壁）の構造概要図



注記*：防波壁（逆 T 擁壁）は、鋼管杭の効果を期待しない設計とする。

図 2-3 防波壁（逆 T 擁壁）の構造概要図（断面図）

以降の構造図等については、漂流物対策工を今後追記する。

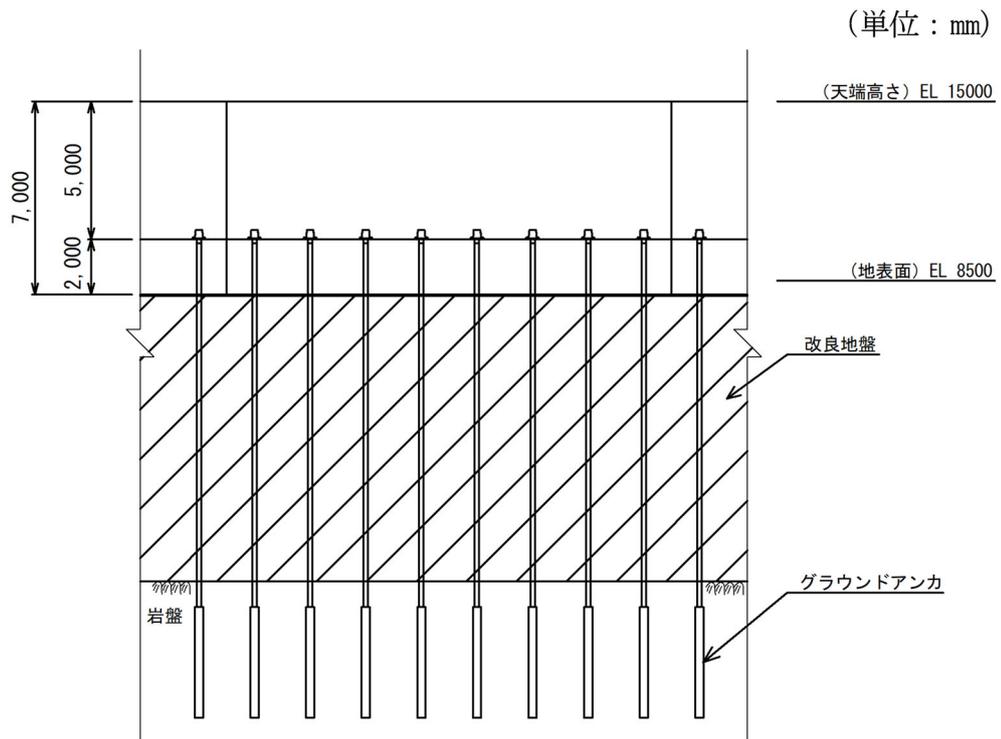


図 2-4 防波壁（逆 T 擁壁）の構造図（正面図）

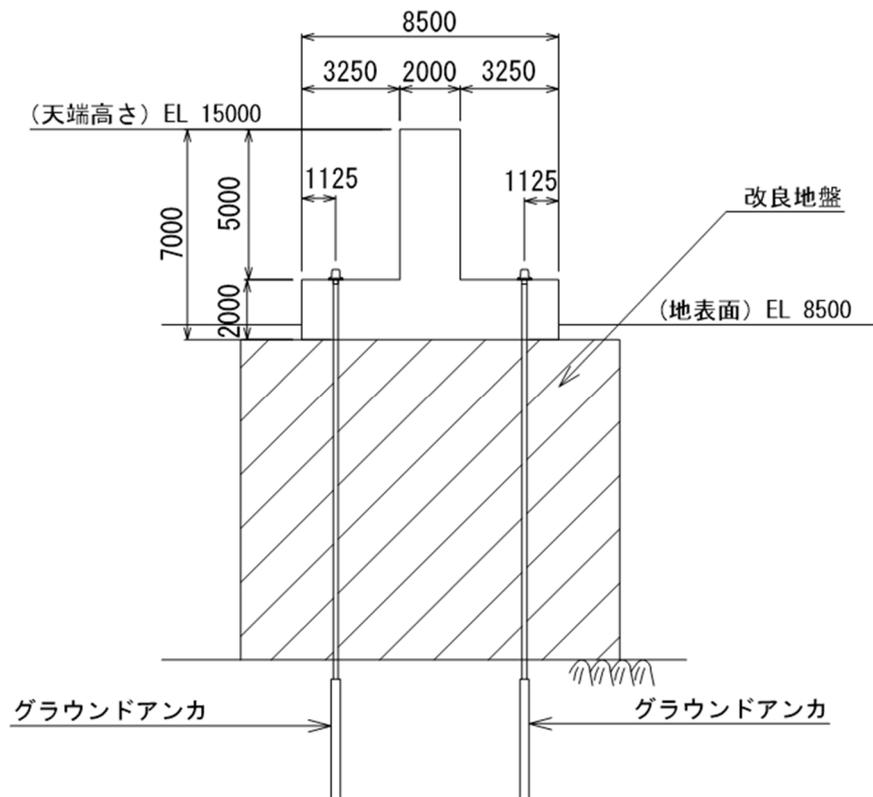


図 2-5 防波壁（逆 T 擁壁）の構造図（断面図）

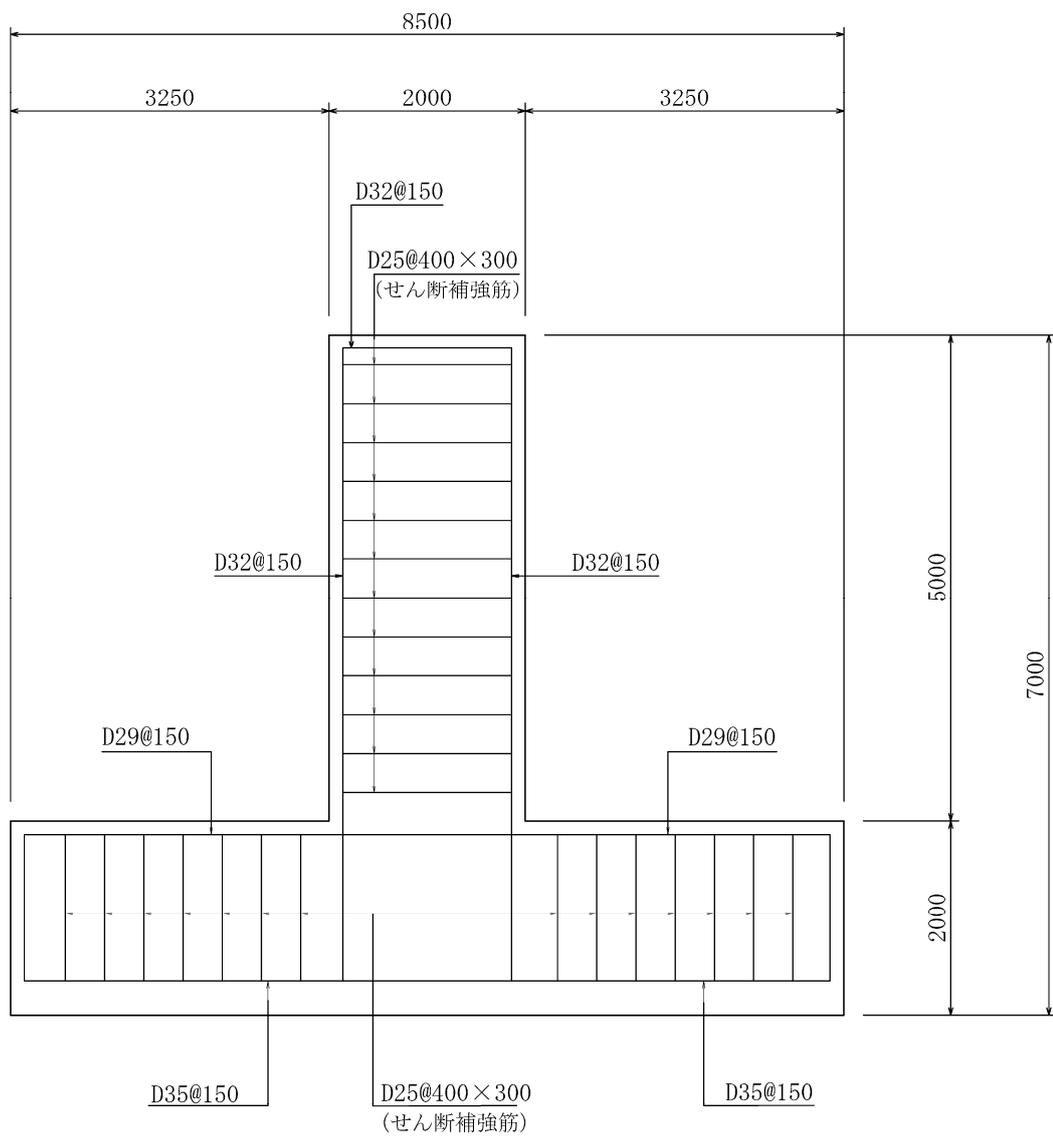
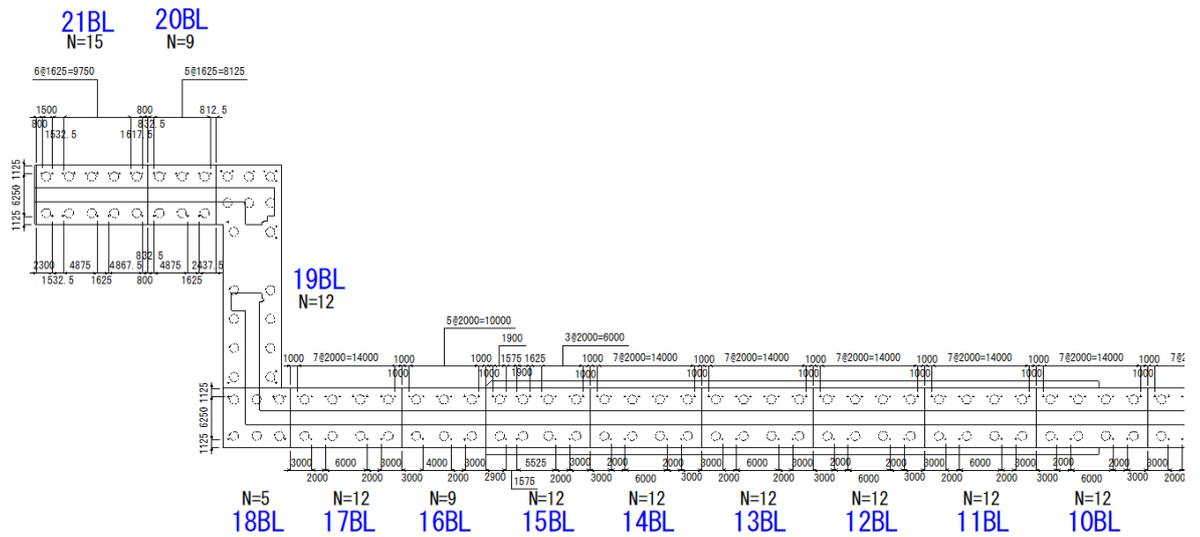
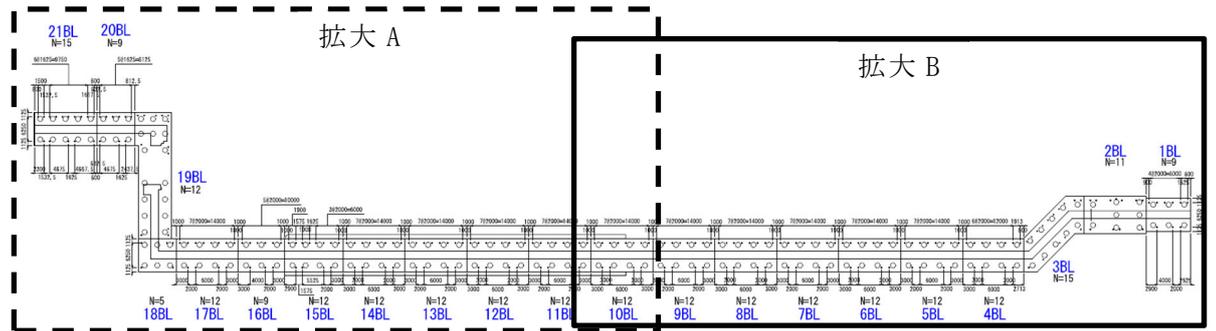
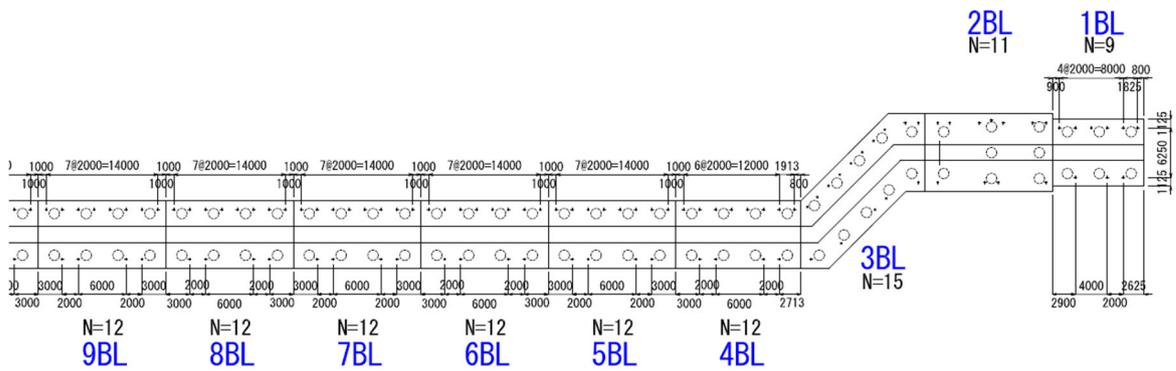


図 2-6 防波壁（逆 T 擁壁）の概略配筋図



(拡大 A)



(拡大 B)

図 2-7 防波壁（逆 T 擁壁）のグラウンドアンカ配置図

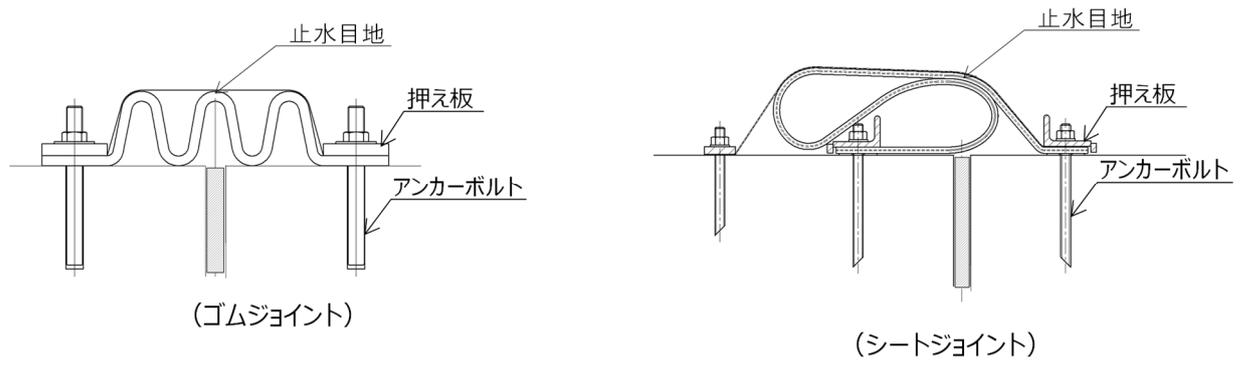


図 2-8 防波壁（逆 T 擁壁）の止水目地の概念図

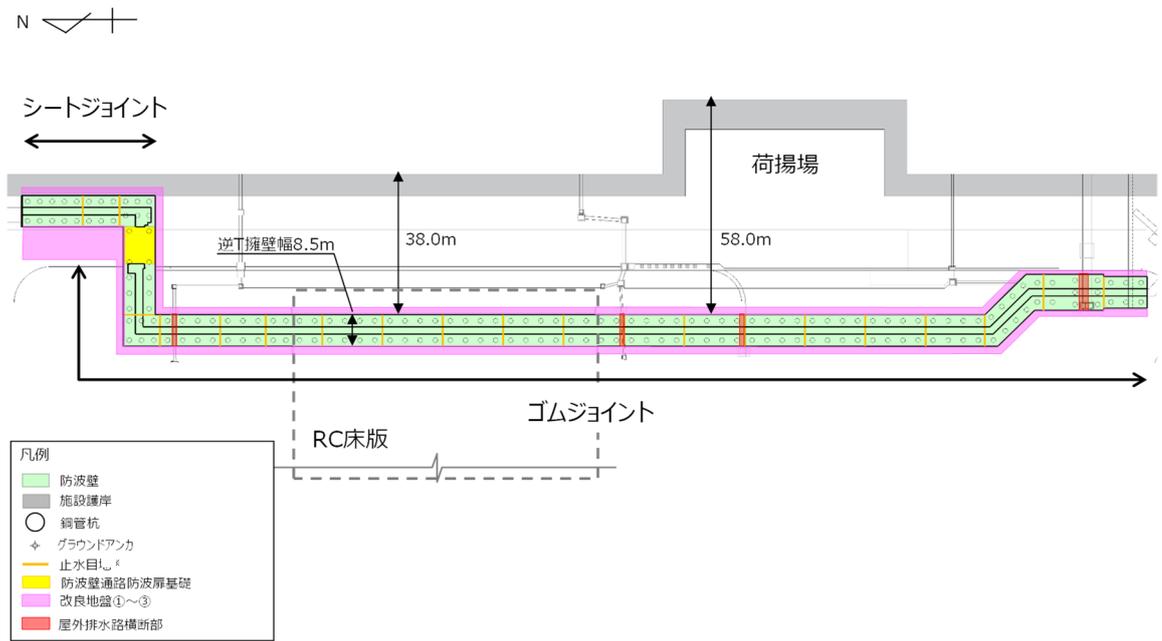


図 2-9 止水目地の設置

2.3 評価方針

防波壁（逆 T 擁壁）は，S クラス施設である津波防護施設に分類される。

防波壁（逆 T 擁壁）の各部位の役割及び性能目標を表 2-1 及び表 2-2 に示す。

また，防波壁（逆 T 擁壁）の強度評価は，VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では，「3. 強度評価方法」に示す方法により，「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し，「5. 評価結果」より，防波壁（逆 T 擁壁）の評価対象部位の発生応力，すべり安全率及び発生変形量が許容限界を満足することを確認する。

防波壁（逆 T 擁壁）の強度評価においては，その構造を踏まえ，津波の作用方向や伝達過程を考慮し，評価対象部位を設定する。強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは，津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）について行う。

防波壁（逆 T 擁壁）の強度評価は，設計基準対象施設として表 2-3 の防波壁（逆 T 擁壁）の評価項目に示すとおり，施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を行う。

施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び施設の変形性評価を実施することにより，構造強度を有すること及び止水性を損なわないことを確認する。

防波壁（逆 T 擁壁）の強度評価の検討フローを図 2-10 に示す。

表 2-1 防波壁（逆 T 擁壁）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	逆 T 擁壁	・ 止水目地を支持する。	・ 止水目地を支持するとともに、遮水性を保持する。
	止水目地	・ 逆 T 擁壁間の変形に追従する。	・ 逆 T 擁壁間の変形に追従し、遮水性を保持する。
	グラウンドアンカ	・ 逆 T 擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。	・ 逆 T 擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。
	鋼管杭	・ 役割に期待しない。	・ 役割に期待しない。
	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	・ 役割に期待しない（防波壁の解析モデルに重量として考慮し、防波壁（逆 T 擁壁）への影響を考慮する）。	・ 漂流物衝突荷重を分散して防波壁（逆 T 擁壁）に伝達する ・ 漂流物衝突荷重による防波壁（逆 T 擁壁）の局所的な損傷を防止する。
地盤	改良地盤*	・ 逆 T 擁壁を支持する。 ・ 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ 逆 T 擁壁を支持する。 ・ 難透水性を保持する。
	岩盤	・ 逆 T 擁壁を支持する。 ・ 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ 逆 T 擁壁を支持する。
	埋戻土	・ 役割に期待しない（解析モデルに取り込み、防波壁への相互作用を考慮する）。	・ 防波壁より陸側については、津波荷重に対して地盤反力として寄与する。
	施設護岸，基礎捨石	・ 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）。	・ 役割に期待しない。
	被覆石，捨石		
	消波ブロック	・ 役割に期待しない。	・ 役割に期待しない。

注記*：RC床版については、保守的に改良地盤として扱う。

表 2-2 防波壁（逆 T 擁壁）の各部位の性能目標

部位		性能目標			
		鉛直支持	すべり安定性	耐震性	耐津波性 (透水性, 難透水性)
施設	逆 T 擁壁	-	-	構造部材の健全性を保持するために、逆 T 擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。	止水目地の支持機能を喪失して逆 T 擁壁間から有意な漏えいを生じないために、逆 T 擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。
	止水目地			逆 T 擁壁間から有意な漏えいを生じないために、止水目地の変形性能を保持すること。	逆 T 擁壁から有意な漏えいを生じないために、止水目地の変形・遮水性能を保持すること。
	グラウンドアンカ			逆 T 擁壁及び改良地盤の滑動・転倒抑止のために設計アンカー力を確保すること。	逆 T 擁壁及び改良地盤の滑動・転倒抑止のために設計アンカー力を確保すること。
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)			防波壁（逆 T 擁壁）から分離しないために、漂流物対策工がおおむね弾性状態にとどまること。	漂流物衝突荷重を分散して、防波壁（逆 T 擁壁）に伝達するために、鉄筋コンクリート版がせん断破壊しないこと。
地盤	改良地盤*	逆 T 擁壁を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、十分なすべり安全性を保持すること。	-	地盤中からの回り込みによる流入を防止（難透水性を保持）するため改良地盤がすべり破壊しないこと。（内的安定を保持）
	岩盤			-	-

注記*：RC床版については、保守的に改良地盤として扱う。

表 2-3 防波壁(逆 T 擁壁)の評価項目

評価方針	評価項目	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	施設・地盤の健全性	逆 T 擁壁	発生する応力（曲げ，軸力，せん断力及びアンカーによる支圧力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		グラウンドアンカ	発生するアンカー力が許容限界以下であることを確認	設計アンカー力
		漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	発生する応力度（押抜きせん断力及びアンカーの引抜き力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		改良地盤①～③	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力度（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	逆 T 擁壁	発生する応力度（曲げ，軸力及びせん断力及びアンカーによる支圧力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		グラウンドアンカ	発生するアンカー力が許容限界以下であることを確認	設計アンカー力
		改良地盤①～③	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*
	施設の変形性	止水目地	発生変形量が許容限界以下であることを確認	有意な漏えいが生じないことを確認した変形量

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

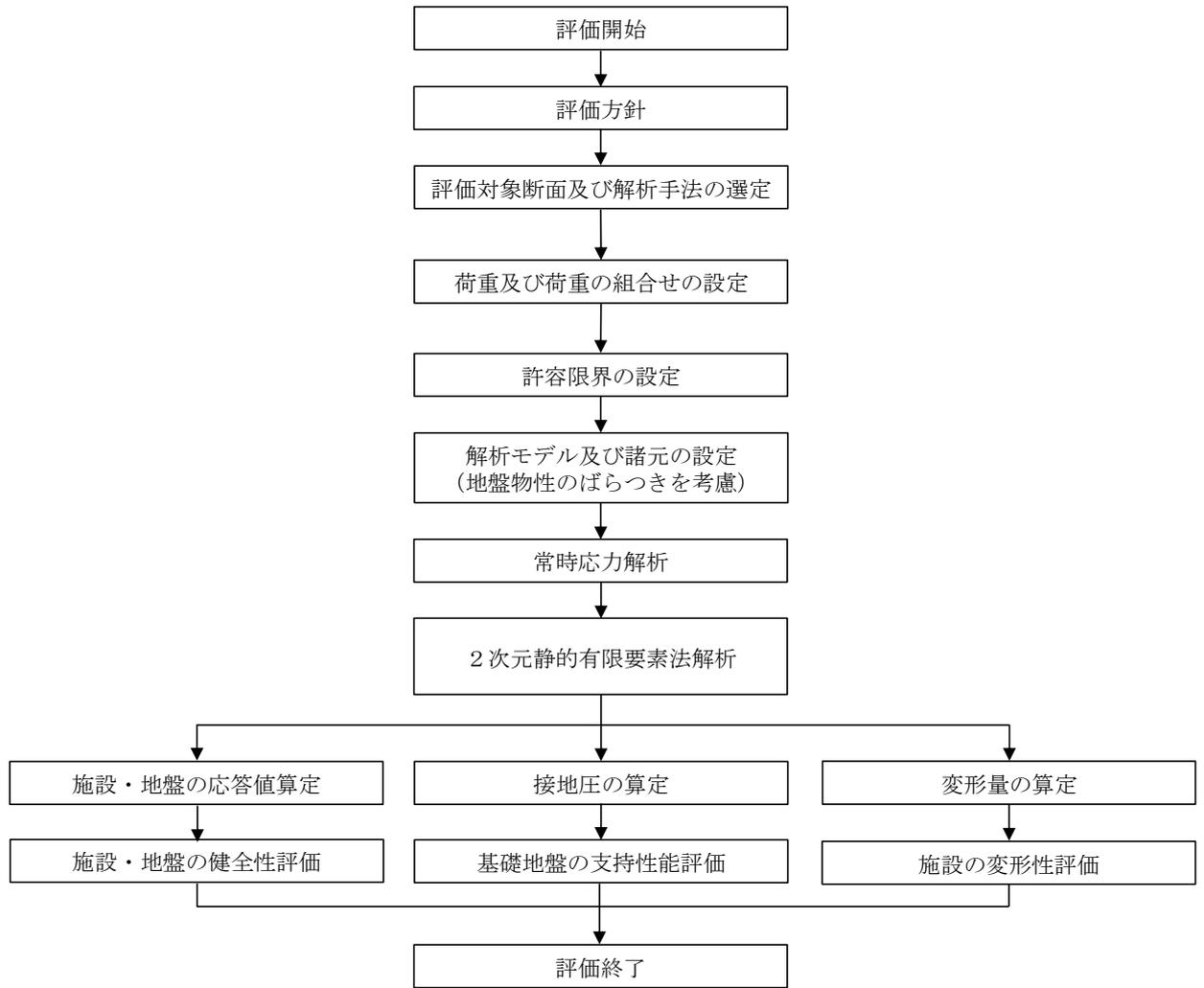


図 2-10 防波壁（逆 T 擁壁）の強度評価の検討フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定)
- ・グラウンドアンカー設計・施工基準, 同解説 J G S 4101-2012 (地盤工学会)
- ・耐津波設計に係る工認審査ガイド (平成 25 年 6 月 19 日原管地発第 1306196 号)
- ・道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編)・同解説 (日本道路協会 平成 14 年 3 月)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 (日本電気協会)

3. 強度評価方法

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 に示す。

表 3-1 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
G_a	kN	グラウンドアンカの初期緊張力
P	kN/m	積載荷重
P_t	kN/m ²	遡上津波荷重
P_c	kN/m ²	衝突荷重
P_k	kN/m ²	風荷重
P_s	kN/m ²	積雪荷重
γ_w	kN/m ³	海水の単位体積重量
ρ	ton/m ³	海水の密度
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
τ_{al}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度
σ_{ba}	N/mm ²	コンクリートの許容支圧応力度
σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の許容曲げ引張応力度
T_{as}	kN	グラウンドアンカのテンドンの許容引張力
T_{ab}	kN	グラウンドアンカのテンドンの許容拘束力
T_{ag}	kN	グラウンドアンカのテンドンの許容引抜力
k	kN/m	グラウンドアンカの引張剛性
σ_b	N/mm ²	グラウンドアンカにより発生する支圧応力度
T	kN	グラウンドアンカの発生アンカー力
S	mm ²	グラウンドアンカの支圧板の面積
δ_x	mm	止水目地の x 方向の変位
δ_z	mm	止水目地の z 方向の変位
δ_{x1}	mm	逆 T 擁壁天端における x 方向の変位
δ_{z1}	mm	逆 T 擁壁天端における z 方向の変位
P	N/mm ²	最大接地圧
P_u	N/mm ²	極限支持力

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

防波壁（逆 T 擁壁）の評価対象断面は、防波壁（逆 T 擁壁）の構造上の特徴や周辺地盤状況を踏まえて設定する。防波壁（逆 T 擁壁）の評価対象断面位置図を図 3-1 に、縦断面図を図 3-2 に、防波壁（逆 T 擁壁）の各区分における横断面図を図 3-3～図 3-9 に示す。以下の理由から、①-①断面、④-④断面及び⑤-⑤断面を評価対象断面として選定する。

・①-①断面は荷揚護岸北側における横断方向の断面である。防波壁（逆 T 擁壁）直下の改良地盤の幅が 12.6m と狭いこと、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が 0.82 と最も高いこと及び設置変更許可段階における構造成立性評価断面であることから、施設・地盤の健全性評価（逆 T 擁壁の曲げ・せん断・アンカーによる支圧、グラウンドアンカの引張、改良地盤の内的安定）、基礎地盤の支持性能評価（改良地盤及び岩盤の支持力）及び変形性評価（止水目地の変形）の評価対象断面に選定した。

・④-④断面は防波壁通路防波扉南側における横断方向の断面である。岩盤上面の深さが 15.0m と深いこと、防波壁（逆 T 擁壁）直下の改良地盤の幅が 12.6m と狭いこと及び許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が 0.81 と高いことから、施設・地盤の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び変形性評価の評価対象断面に選定した。

・⑤-⑤断面は防波壁通路防波扉北側における横断方向の断面である。防波壁（逆 T 擁壁）直下の改良地盤の幅は 19.5m と広いが、岩盤上面の深さは 18.5m と最も深く、改良地盤と施設護岸が接していることから、施設・地盤の健全性評価、基礎地盤の支持性能評価及び変形性評価の評価対象断面に選定した。

なお、⑦-⑦断面は⑤-⑤断面に直交する断面であるが、主たる荷重が横断方向に作用する遡上津波荷重及び衝突荷重であることから、縦断方向の相対変位は生じないため、評価対象断面として選定しない。

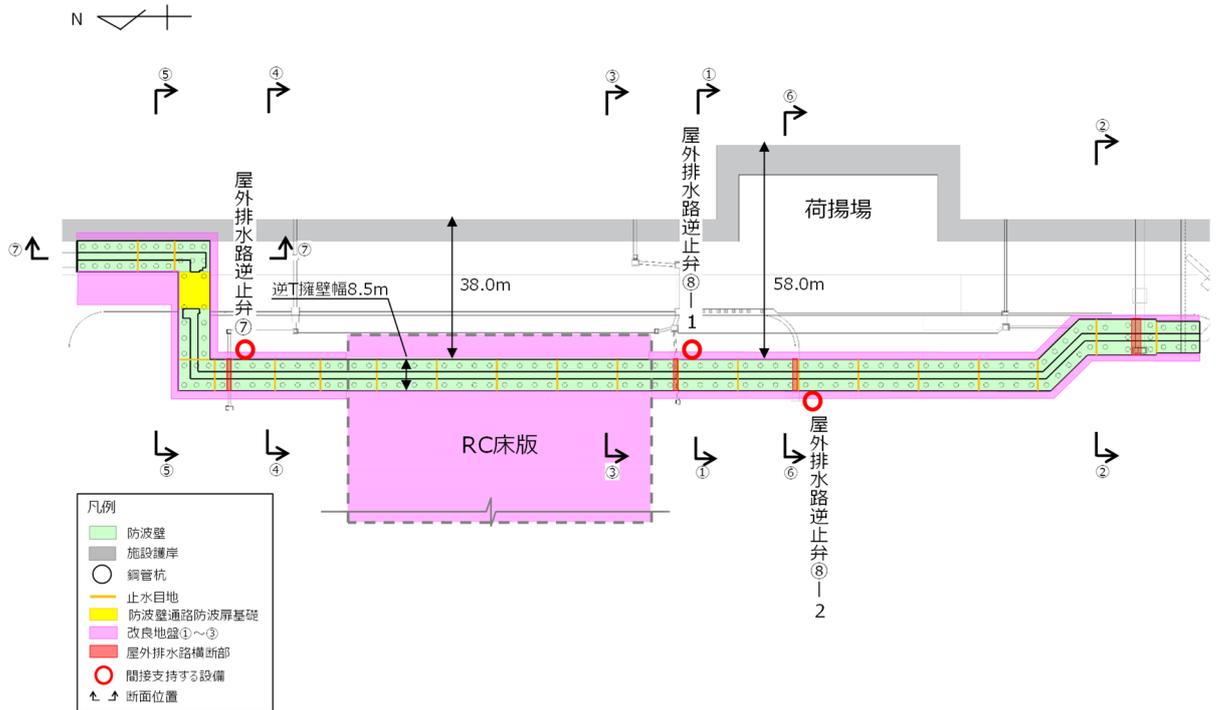


図 3-1 防波壁（逆 T 擁壁）の評価対象断面位置図

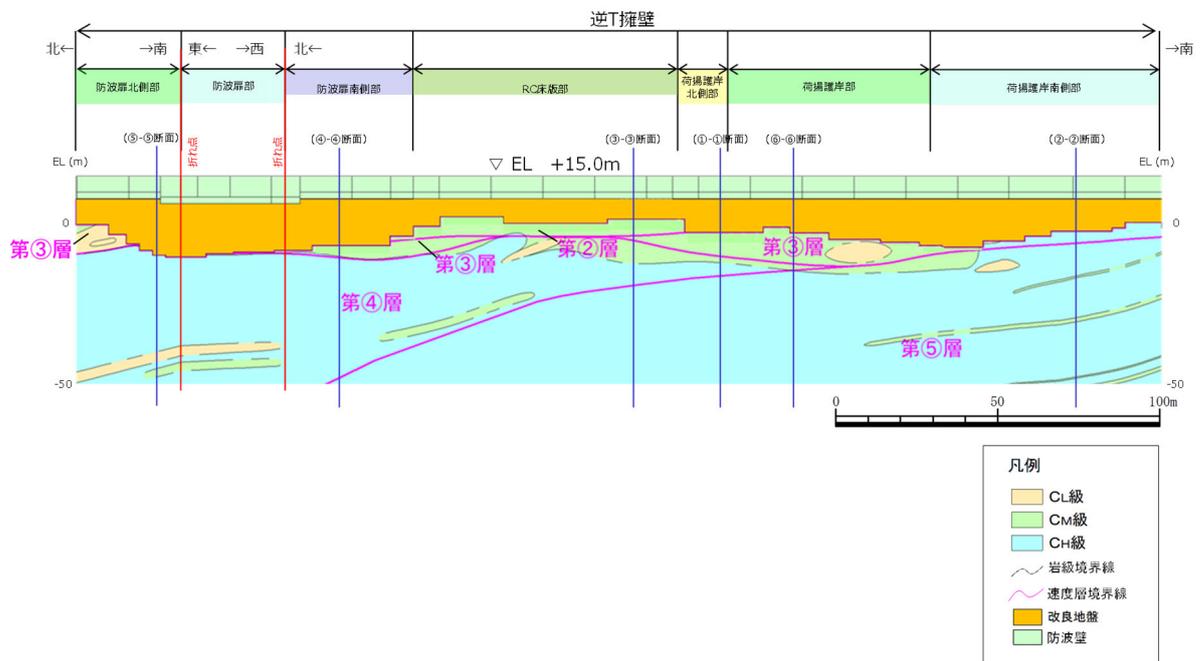


図 3-2 防波壁（逆 T 擁壁）の縦断面図

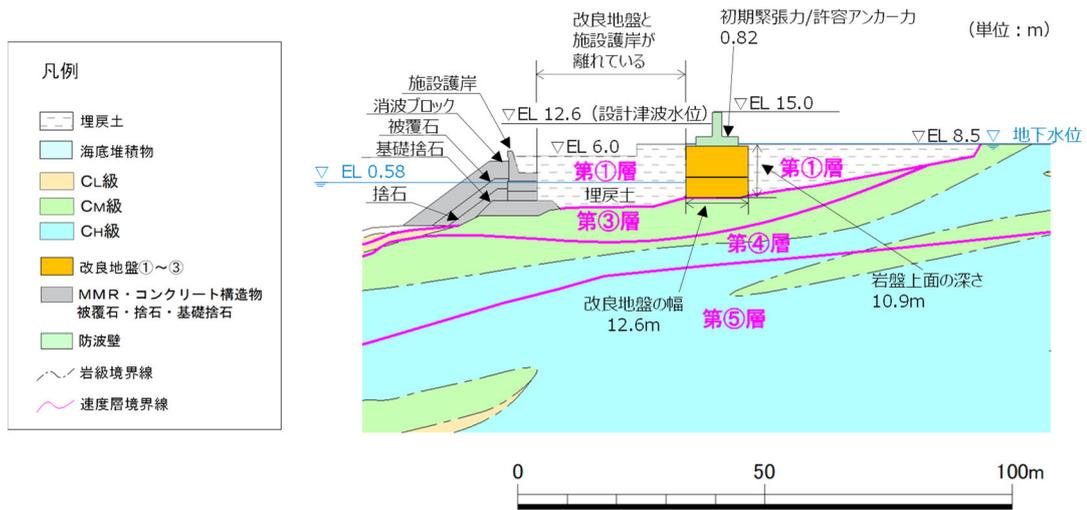


図 3-3 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（①-①断面）

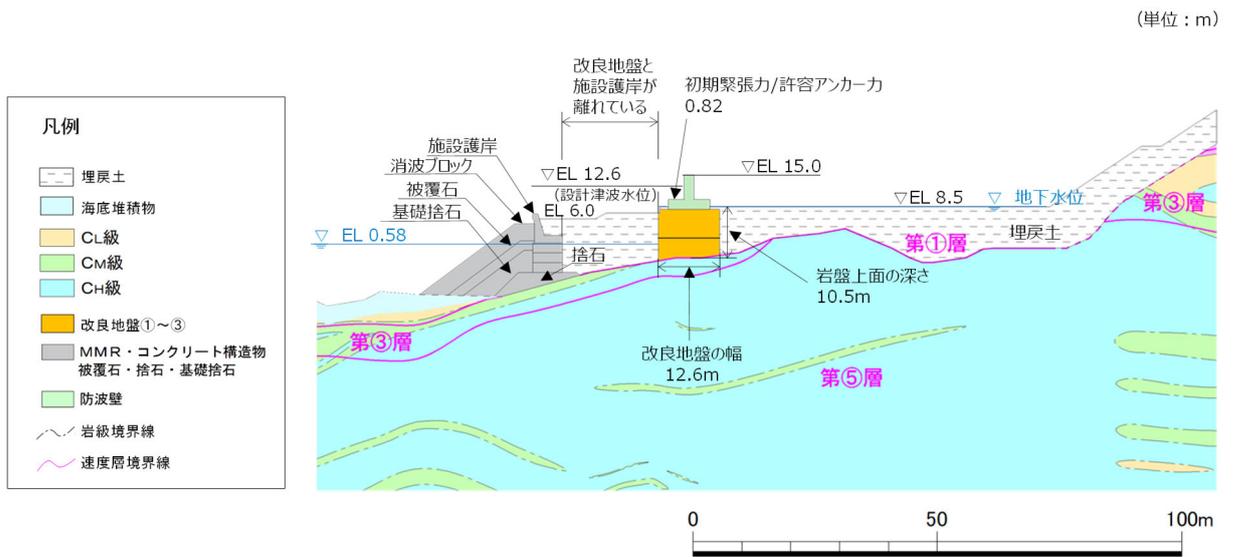


図 3-4 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（②-②断面）

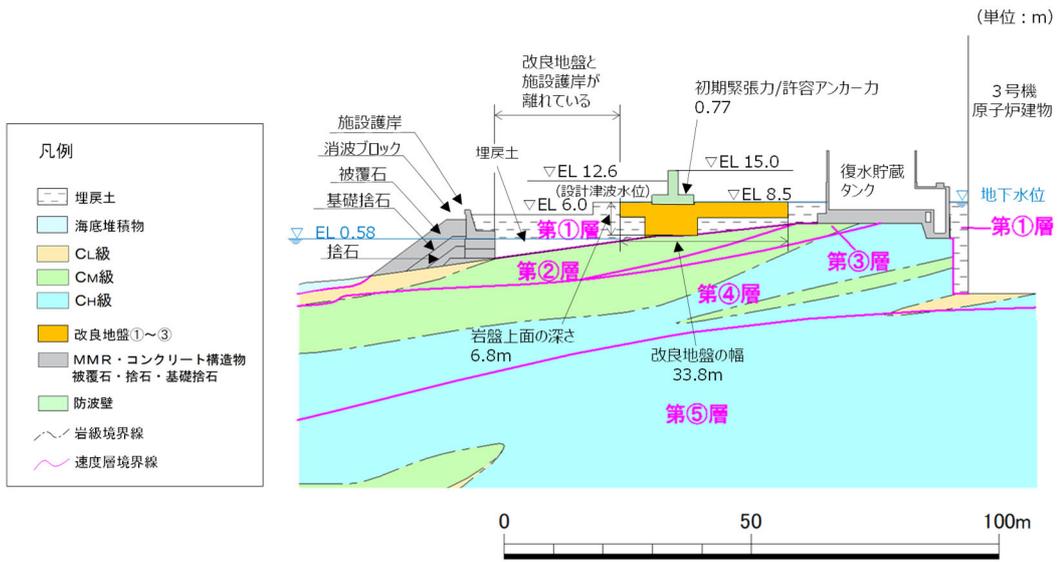


図 3-5 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（③-③断面）

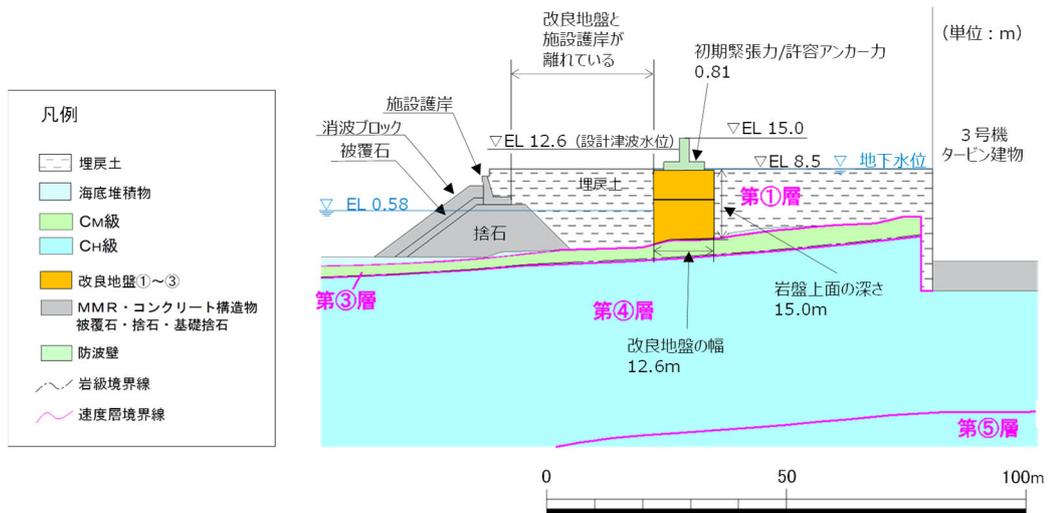


図 3-6 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（④-④断面）

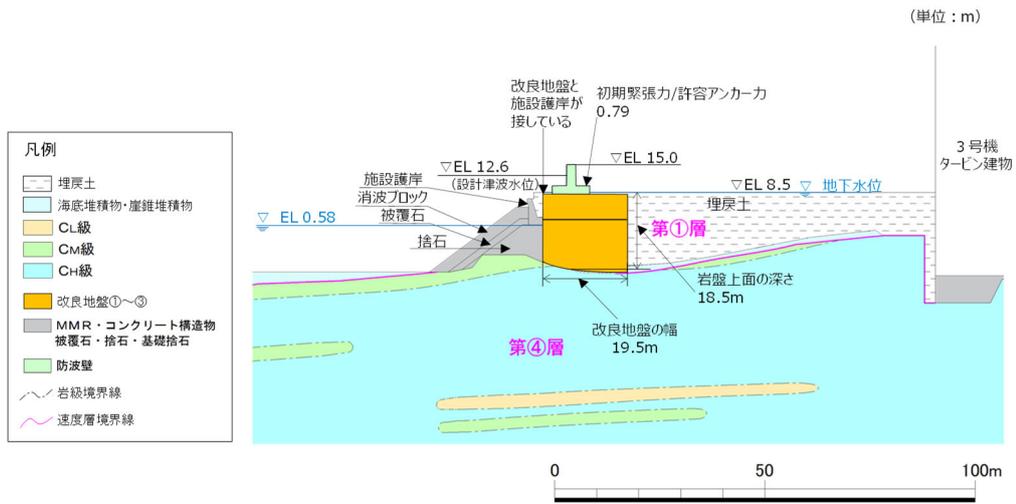


図 3-7 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（⑤-⑤断面）

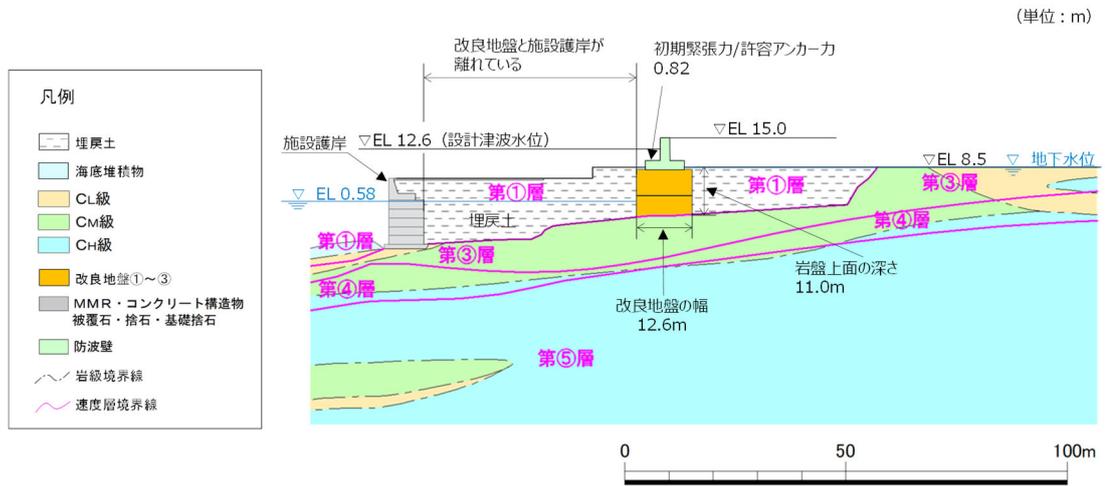


図 3-8 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（⑥-⑥断面）

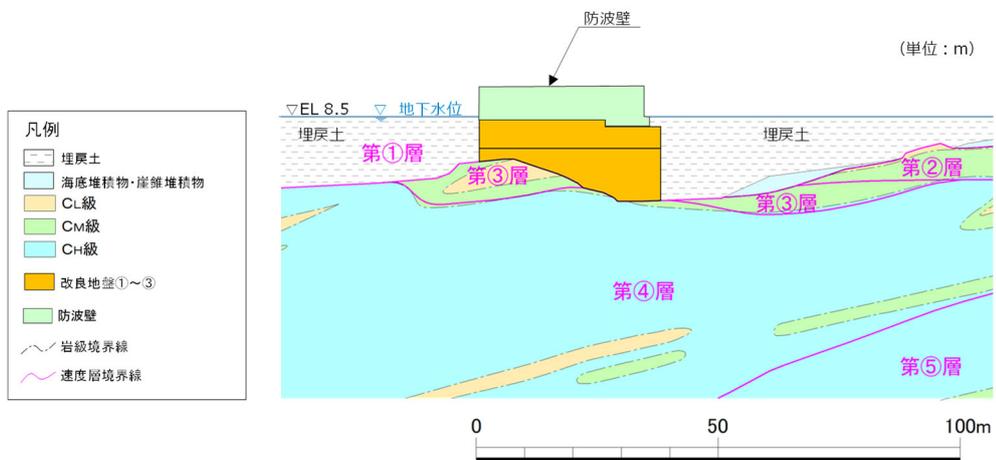


図 3-9 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（⑦-⑦断面）

3.2.2 評価対象部位

評価対象部位は，防波壁（逆 T 擁壁）の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえて設定する。

(1) 施設・地盤の健全性評価

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は，逆 T 擁壁，グラウンドアンカ及び改良地盤①～③とする。

(2) 施設の変形性評価

施設の変形性評価に係る評価対象部位は，構造物間に設置する止水目地とする。

(3) 基礎地盤の支持性能評価

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は，逆 T 擁壁を支持する基礎地盤（逆 T 擁壁直下の改良地盤及び改良地盤直下の岩盤）とする。

3.3 荷重及び荷重の組合せ

強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せは，VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

3.3.1 荷重

強度評価には，以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重（G，G_a，P）

常時作用する荷重は，持続的に生じる荷重であり，固定荷重，グラウンドアンカの初期緊張力，積載荷重とする。

(2) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に基づき、防波壁前面における入力津波水位 EL 11.9m に余裕を考慮した津波水位 EL 12.6m を用いることとし、その標高と防波壁前面の地盤標高の差分の 1/2 倍を設計用浸水深とし、朝倉式に基づき、その 3 倍を考慮して算定する。

なお、水理模型実験、断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションによる津波波圧を算定し、朝倉式により算定した津波波圧がこれらを包絡することを確認することにより、朝倉式の妥当性を確認している。

(3) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に基づき、施設全体に作用する津波漂流物による衝突荷重を設定する。

衝突荷重は表 3-2 に示すとおり、施設の延長に応じて設定する。

施設に作用させる際は、漂流物対策工による荷重分散を考慮する。

表 3-2 衝突荷重

	①-①断面	④-④断面	⑤-⑤断面
施設延長 (m)	16.00	16.00	9.77
衝突荷重 (kN/m)	410	410	430
衝突荷重(分散後) (kN/m ²)	205	205	215

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重は、平成 12 年 5 月 31 日建設省告示第 1 4 5 4 号に定められた松江市の基準風速 30m/s を使用する。浸水防護施設が設置される状況に応じて、建築基準法及び建設省告示第 1 4 5 4 号に基づき、ガスト影響係数等を適切に設定して算出する。

(5) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重は、発電所に最も近い気象官署である松江地方気象台（松江市）での観測記録（1941～2018年）より、観測史上1位の月最深積雪100cm（1971年2月4日）に平均的な積雪荷重を与えるための係数0.35を考慮した値を基本とし、積雪量1cmごとに20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し、各施設の積雪面積を乗じて設定する。

3.3.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に、荷重作用図を図 3-10 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時	$G + G_a + P + P_t + P_c + P_k + P_s$

G : 固定荷重

G_a : グラウンドアンカの初期緊張力

P : 積載荷重

P_t : 遡上津波荷重

P_c : 衝突荷重

P_k : 風荷重

P_s : 積雪荷重

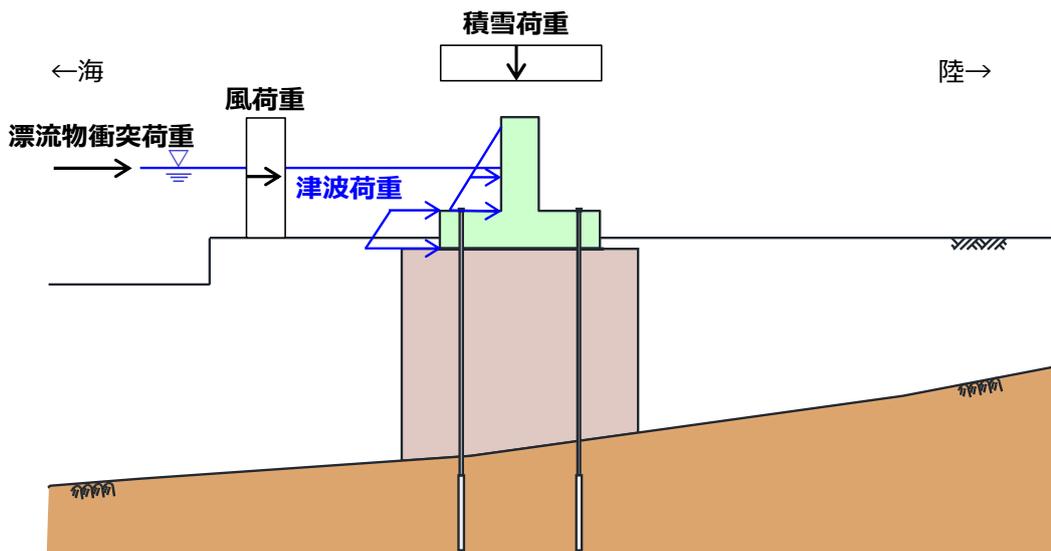


図 3-10 防波壁（逆 T 擁壁）の荷重作用図（津波時）

3.4 許容限界

許容限界は、「3.2 評価対象断面及び部位」にて設定した評価対象部位の応力や変形の状態を考慮し、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.4.1 逆 T 擁壁

逆 T 擁壁の許容限界を表 3-4 に示す。逆 T 擁壁の許容限界は、「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (土木学会, 2002 年制定)」に基づき、短期許容応力度とする。

表 3-4 逆 T 擁壁の許容限界

種別	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	コンクリート ($f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$))	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	9
許容せん断応力度 τ_{a1}		0.45	0.67
支圧応力度 σ_{ba} (グラウンドアンカ)		12	18
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	196	294

注記* : 短期許容応力度は、コンクリート標準示方書より許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

3.4.2 グラウンドアンカ

グラウンドアンカの許容限界は、「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説 JGS4101-2012（地盤工学会）」に基づき，テンドンの許容引張力 T_{as} ，テンドンの許容拘束力 T_{ab} 及びテンドンの許容引抜き力 T_{ag} を表 3-5 のとおり設定し，この中で最小であるテンドンの許容拘束力 T_{ab} を許容限界として採用する。

表 3-5 グラウンドアンカの許容限界

項目	許容値 (kN)		
	①-①断面	④-④断面	⑤-⑤断面
テンドンの許容引張力 T_{as}	2160	2160	2160
テンドンの許容拘束力 T_{ab}	<u>1764</u> (採用)	<u>1453</u> (採用)	<u>2076</u> (採用)
テンドンの許容引抜き力 T_{ag}	1802	1484	2120

3.4.3 改良地盤

改良地盤の許容限界は、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」を準用し，表 3-6 に示すすべり安全率とする。

表 3-6 改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.4 止水目地

止水目地の許容限界は，メーカ規格，漏水試験及び変形試験により，有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。評価対象断面である①-①断面，④-④断面及び⑤-⑤断面位置におけるシートジョイントの許容限界を表 3-7 に示す。

表 3-7 止水目地の変形量の許容限界

評価項目	許容限界 (mm)	
	①-①断面，④-④断面	⑤-⑤断面
変形量	ゴムジョイント：449	シートジョイント：1960

3.4.5 基礎地盤

基礎地盤に発生する接地圧に対する許容限界は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、支持力試験及び「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解析（日本道路協会，平成 14 年 3 月）」により設定する。基礎地盤の許容限界を表 3-8 に示す。

表 3-8 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤		許容限界 (N/mm ²)
極限支持力	岩盤	C _H 級	9.8
		C _M 級	
		C _L 級	3.9
	改良地盤		1.4

3.5 評価方法

防波壁（逆 T 擁壁）の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

3.5.1 解析方法

津波時に発生する応答値は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて 2次元静的有限要素法解析により算定する。なお、衝突荷重は入力津波水位 EL 11.9m に余裕を考慮した津波水位 EL 12.6m を作用させる。

2次元静的有限要素法解析に用いる解析コードは「FLIP」使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

(1) 材料物性及び地盤物性のばらつき

以下の理由から、地盤物性のばらつきによる耐津波解析時の照査値への影響が軽微であると考えられるため、地盤物性のばらつきを考慮しないこととする。

- ・ VI-2-10-2-3-2 「防波壁（逆 T 擁壁）の耐震性についての計算書」において、埋戻土の物性（初期せん断弾性係数）のばらつきの影響を考慮した耐震評価を実施した結果、照査値への影響が軽微であることを確認している。
- ・ VI-2-10-2-3-2 「防波壁（逆 T 擁壁）の耐震性についての計算書」に示す耐震評価結果と津波による強度評価結果を比較すると、耐震評価時の照査値は強度評価時の照査値をおおむね上回っている。（津波による強度評価結果は後段に示す「5. 評価結果」参照。）

耐津波解析における解析ケースの地盤物性を表 3-9 に示す。

表 3-9 耐津波解析における解析ケースの地盤物性

解析ケース	地盤物性	
	埋戻土 (G_0 : 初期せん断弾性係数)	岩盤 (G_d : 動せん断弾性係数)
ケース① (基本ケース)	平均値	平均値
ケース② (防波壁前面の施設護岸, 基礎捨石等の損傷を 考慮した解析ケース)	平均値	平均値

(2) 解析ケースの選定

耐津波解析では、全ての評価対象断面において、入力津波に対し、基本ケース（解析ケース①）を実施する。

また、防波壁（逆 T 擁壁）の前面に設置されている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、基礎捨石等が損傷し、これらがなくなることで、改良地盤側方にも津波荷重が直接作用する解析ケース（解析ケース②）を実施する。

解析ケース②は、岩盤上面の深さが最も深く、津波荷重による改良地盤への作用範囲が最も大きくなると考えられる⑤-⑤断面において、防波壁前面の施設護岸、基礎捨石等の損傷を考慮した解析ケースを実施する。（「5.6 防波壁前面の施設護岸、基礎捨石等の損傷による不確かさの検討」参照。）

強度評価における解析ケースを表 3-10 に示す。

表 3-10 耐津波解析における解析ケース

解析ケース	ケース①	ケース②
	基本ケース	防波壁前面の施設護岸， 基礎捨石等の損傷を 考慮した解析ケース
地盤物性	平均値	平均値
施設護岸等	有	無

3.5.2 解析モデル及び諸元

(1) 解析モデル

防波壁（逆 T 擁壁）の解析モデルを図 3-11～図 3-13 に示す。

a. 解析領域

解析領域は，境界条件の影響が地盤及び構造物の応力状態に影響を及ぼさないよう，十分広い領域とする。

b. 境界条件

常時応力解析時の境界条件は底面固定とし，側方は自重等による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。

また，津波時の 2 次元有限要素法における境界条件は底面固定及び水平固定とする。

c. 構造物のモデル化

逆 T 擁壁は，鉄筋コンクリート造であり，線形はり要素（ビーム要素）でモデル化する。

グラウンドアンカは，非線形ばね及び MPC（多点拘束）でモデル化する。

d. 地盤のモデル化

地盤は，マルチスプリング要素及び間隙水要素にてモデル化する。

e. 海水のモデル化

海水は液体要素でモデル化する。なお，遡上津波荷重は別途考慮する。

f. ジョイント要素の設定

「構造物と改良地盤」，「埋戻土と改良地盤」，「構造物と埋戻土」及び「施設護岸の構造間」の接合面における剥離及びすべりを考慮するため，これらの接合面にジョイント要素を設定する。

- | | | | | |
|------------|------------------|--------------|-----------|----------------|
| 岩盤 (第③速度層) | 海底堆積物 | 基礎捨石 | 防波壁 | グラウンドアンカ(自由長部) |
| 岩盤 (第④速度層) | 改良地盤①② 浅層 (薬液注入) | 護岸 | L型擁壁 | グラウンドアンカ(拘束長部) |
| 岩盤 (第⑤速度層) | 改良地盤③ 深層 (薬液注入) | 埋戻土 (施設護岸背面) | ジョイント要素 | |
| 埋戻土 | 被覆石 | 海水 | 地下水面及び海水面 | |

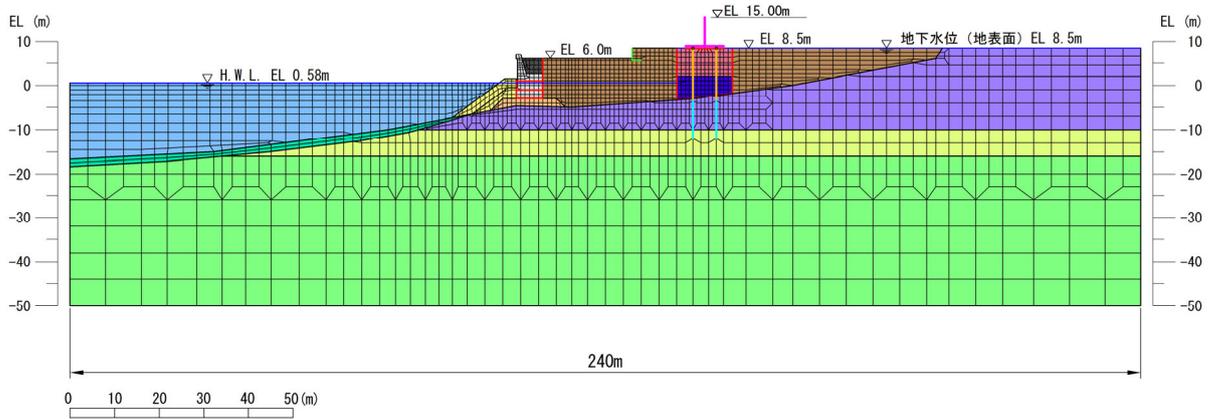


図 3-11 解析モデル (①-①断面)

- | | | | | |
|------------|------------------|--------------|-----------|----------------|
| 岩盤 (第③速度層) | 海底堆積物 | 基礎捨石 | 防波壁 | グラウンドアンカ(自由長部) |
| 岩盤 (第④速度層) | 改良地盤①② 浅層 (薬液注入) | 護岸 | L型擁壁 | グラウンドアンカ(拘束長部) |
| 岩盤 (第⑤速度層) | 改良地盤③ 深層 (薬液注入) | 埋戻土 (施設護岸背面) | ジョイント要素 | |
| 埋戻土 | 被覆石 | 海水 | 地下水面及び海水面 | |

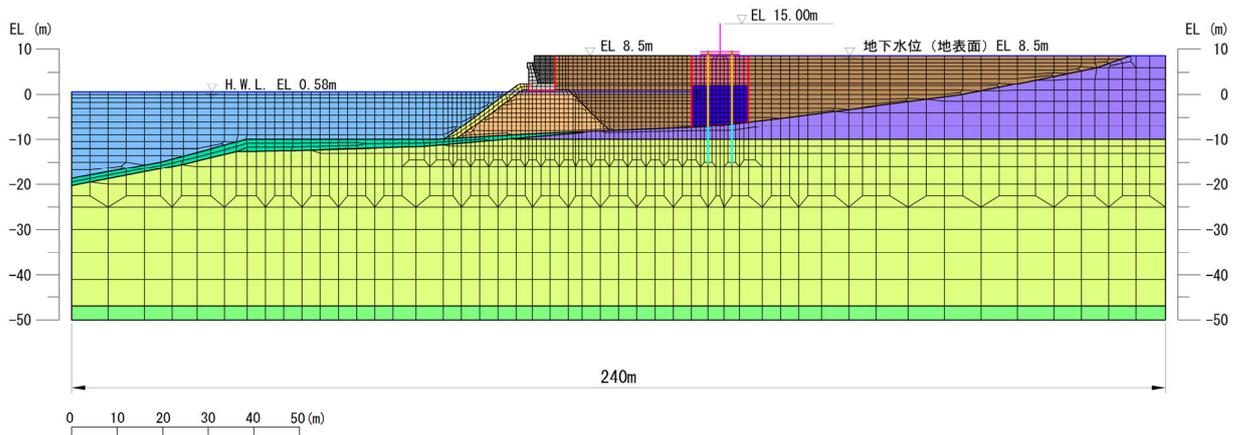


図 3-12 解析モデル (④-④断面)

- | | | | | | |
|----------------|----------------------|----------|------------------|---------------|---------------------|
| ■ : 岩盤 (第④速度層) | ■ : 改良地盤①② 浅層 (薬液注入) | ■ : 基礎捨石 | ■ : 埋戻土 (施設護岸背面) | — : 防波壁 | — : グラウンドアンカ (自由長部) |
| ■ : 埋戻土 | ■ : 改良地盤③ 深層 (薬液注入) | ■ : 護岸 | ■ : 海水 | — : ジョイント要素 | — : グラウンドアンカ (拘束長部) |
| ■ : 海底堆積物 | ■ : 被覆石 | | | — : 地下水面及び海水面 | |

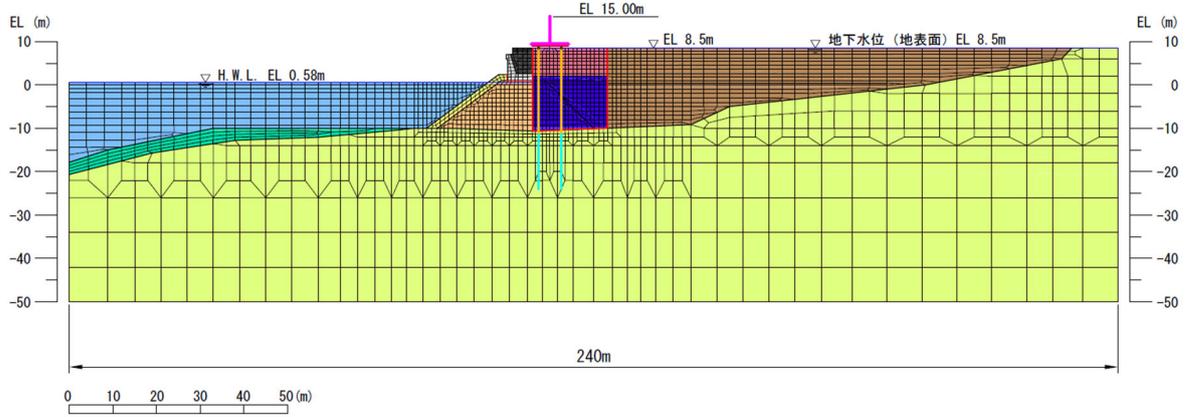


図 3-13 解析モデル (⑤-⑤断面)

(2) 使用材料及び材料の物性値

強度評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。使用材料を表 3-11 に、材料の物性値を表 3-12 及び表 3-13 に示す。また、グラウンドアンカにおける非線形ばねモデルの概念図を図 3-14 に示す。

表 3-11 使用材料

材料		諸元
逆 T 擁壁	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度：24N/mm ²
グラウンドアンカ		アンカー長：22.0m～30.0m, 極限引張り力：2800kN, 降伏引張り力：2400kN

表 3-12 材料の物性値（逆 T 擁壁）

材料		単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
逆 T 擁壁	鉄筋コンクリート	24.0*	2.5×10 ⁴ *	0.2*

注記*：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]（土木学会，2002 年制定）

表 3-13 材料の物性値 (グラウンドアンカ)

		引張剛性 k (kN/m)	テンドン降伏 引張り力 (kN)	設計アンカー 力 (kN)	初期変位量 (mm)
①-①断面	陸側(アンカー1本)	20493	2400(アンカー1本) 4800(アンカー2本)	1440	70
	海側(アンカー2本)	40986		2880	
④-④断面	陸側(アンカー1本)	15567		1170	75
	海側(アンカー2本)	31134		2340	
⑤-⑤断面	陸側(アンカー1本)	14064		1650	117
	海側(アンカー2本)	28128		3300	

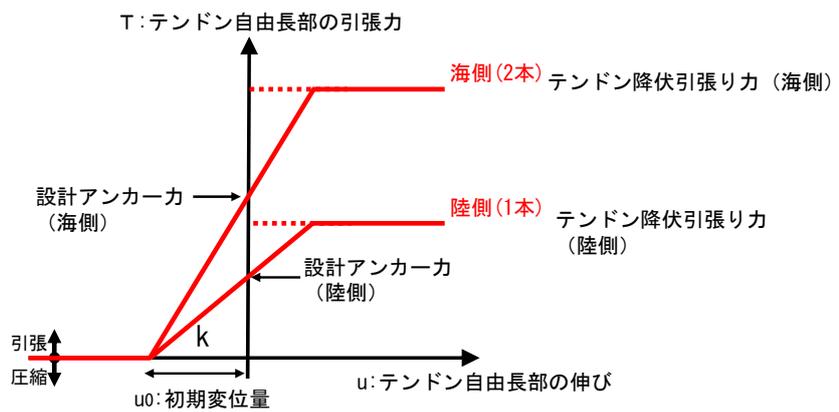


図3-14 グラウンドアンカの非線形ばねモデルの概念図

(3) 地盤及び改良地盤の物性値

地盤の物性値は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している物性値を用いる。

地盤のうち改良地盤①～③の残留強度及び引張強度を表3-14のとおり設定する。

表3-14 改良地盤①～③の残留強度及び引張強度

地盤	残留強度		引張強度 σ_t (N/mm ²)
	c' (N/mm ²)	ϕ' (°)	
改良地盤①・②	0.091	46.08	0.258
改良地盤③	0.205	42.71	0.495

(4) 地下水位

設計用地地下水位は、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に従い設定する。設計用地下水位を表3-15に示す。

表3-15 設計用地下水位

施設名称	設計用地下水位
防波壁（逆T擁壁）	防波壁より陸側：EL 8.5m* 防波壁より海側：EL 0.58m

注記*：地表面がEL 8.5mよりも低い地点については、地下水位を地表面とする。

3.5.3 評価方法

防波壁（逆 T 擁壁）の津波時の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

(1) 逆 T 擁壁

a. 曲げ軸力照査及びせん断力照査

逆 T 擁壁の評価は、コンクリートの曲げ圧縮応力及び部材に作用するせん断応力が許容限界以下であることを確認する。

逆 T 擁壁の応力度算定には、解析コード「EMR G I N G」を使用する。なお、解析コードの検証、妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. グラウンドアンカによる支圧照査

グラウンドアンカによる支圧照査は、発生アンカー力を用いて次式により算定される支圧応力が許容限界以下であることを確認する。

$$\sigma_b = \frac{T}{S} \quad \dots \dots \dots (3.1)$$

ここで、

σ_b : グラウンドアンカにより発生する支圧応力度 (N/mm²)

T : 発生アンカー力 (引張) (N)

S : 支圧板の面積 (mm²) (=142800mm²)

(2) グラウンドアンカ

グラウンドアンカの強度評価は、算定した発生アンカー力が許容限界以下であることを確認する。

(3) 改良地盤

改良地盤の評価は、改良地盤を通るすべり面のすべり安全率が 1.2 以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をせん断力の和で除した値を求め、最小すべり安全率を算定する。

(4) 止水目地

止水目地の津波時の評価について、津波時による最大変位が許容限界以下であることを確認する。

x 方向（法線直交方向）及び z 方向（深度方向）の変位は、図 3-15 に示すとおり、逆 T 擁壁天端における津波時の変位量とし、保守的に各ブロックの位相が逆になったことを考慮し、変位量を 2 倍したものを考慮する。

y 方向（法線方向）の変位は、主たる荷重が法線直交方向に作用する遡上津波荷重及び衝突荷重であることから、法線方向の相対変位は生じないため考慮しない。

$$\begin{aligned} \text{x 方向（法線直交方向）の変位} \quad \delta_x : \delta_x &= |\delta_{x1}| \times 2 \\ \text{z 方向（深度方向）の変位} \quad \delta_z : \delta_z &= |\delta_{z1}| \times 2 \end{aligned}$$

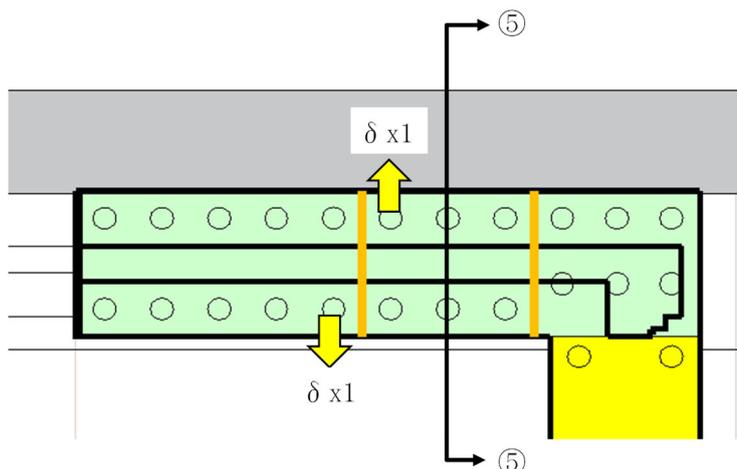
ここで、

δ_{x1} : 逆 T 擁壁天端における x 方向の変位

δ_{z1} : 逆 T 擁壁天端における z 方向の変位

法線直交方向及び深度方向の変位量を用い、下式のとおり合成方向（2 方向合成）の変位量を求め、止水目地の津波時による変位とする。

$$\text{変位量} \quad \delta : \delta = \sqrt{(\delta_x^2 + \delta_z^2)}$$



δ_{z1} : ⑤-⑤断面の逆 T 擁壁天端における津波時の深度方向変位

図 3-15 津波時の変位の概念図

(5) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては，底版直下の改良地盤及び改良地盤直下の岩盤に生じる接地圧の最大値が許容限界以下であることを確認する。

なお、上記(1)、(2)及び(5)の評価にあたっては、以下のとおり⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカー仕様を反映した照査についても実施する。

- ・逆T擁壁の津波時に発生する応答値が厳しくなると考えられる⑤-⑤断面のモデル化にあたっては、更なる保守性を考慮するため、図3-16のとおり、岩盤上面深さがさらに深い⑤'-⑤'断面位置での地質断面図及びアンカー仕様を用いている。
- ・照査値が0.8以上と厳しくなると想定されることから、念のため実態に即したアンカー仕様にすることによる影響を確認するため、⑤'-⑤'断面位置（エリア7）での地質断面図と⑤-⑤断面位置（エリア5）のアンカー仕様を反映した照査を実施する。

⑤-⑤断面位置と⑤'-⑤'断面の各諸元を表3-16に、⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカー仕様を反映した照査条件を表3-17に示す。

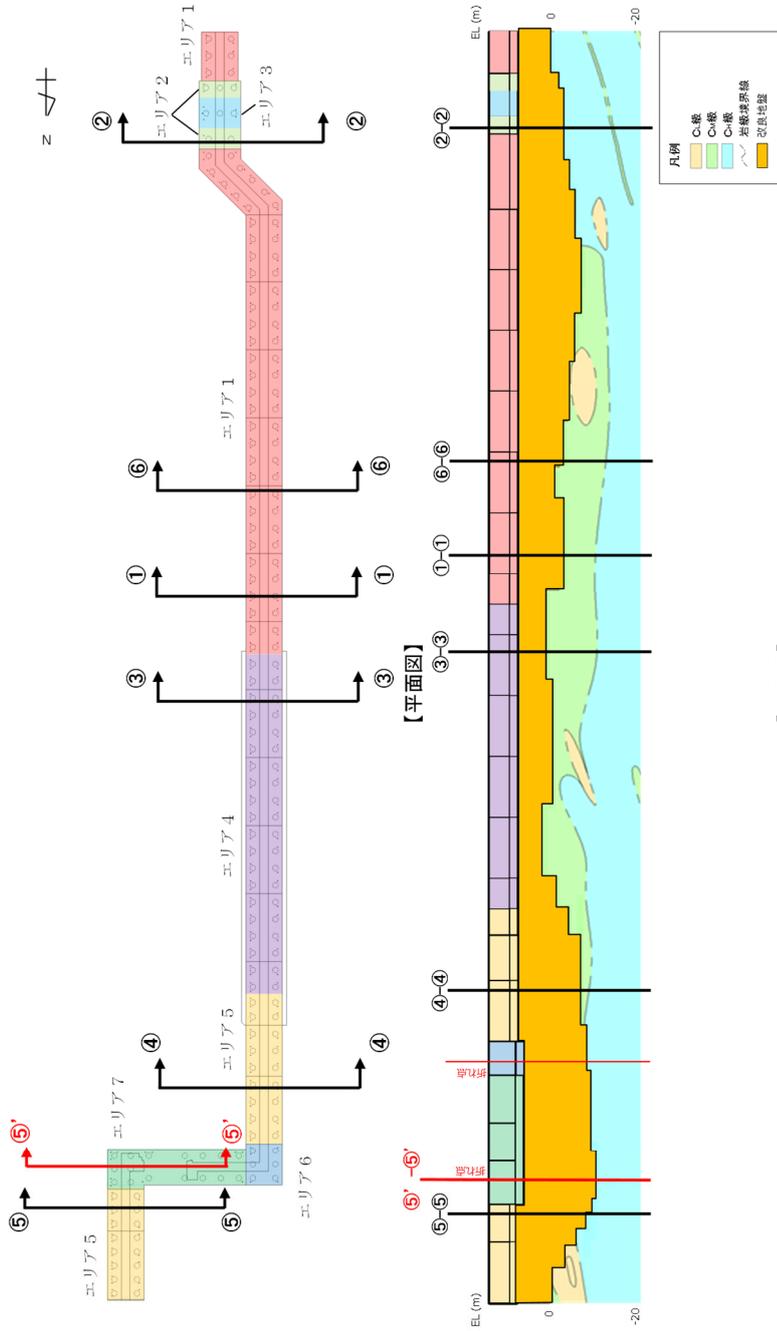
表3-16 ⑤-⑤断面位置と⑤'-⑤'断面の各諸元

	⑤-⑤断面位置	⑤'-⑤'断面位置
構造物	逆T擁壁横断方向	逆T擁壁縦断方向
岩盤深さ	17.9m	18.5m
設計アンカー力 (A)	1170 kN (エリア5)	1650 kN (エリア7)
許容アンカー力 (B)	1453 kN (エリア5)	2076 kN (エリア7)
設計アンカー力/許容アンカー力 (A/B)	0.81	0.79
発生アンカー力 (C)	1170 kN + α	1650 kN + α
グラウンドアンカー照査値 (C/B)	0.8程度 (推定)	0.8程度 (推定)

注： □ ⑤-⑤断面の解析モデルに採用

表3-17 ⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカー仕様を反映した照査条件

	解析ケース	地盤状況	アンカー仕様
⑤-⑤断面 (基本ケース)	ケース①	⑤'-⑤'断面	⑤'-⑤'断面
⑤-⑤断面 アンカー仕様反映	ケース①	⑤'-⑤'断面	⑤-⑤断面



【断面図】

アンカー種別	削孔径 (mm)	PC鋼φ (mm)	PC鋼本数 (本)	テンドン自由長* (mm)	アンカー体長 (テンドン拘束長) (mm)	テンドンの極限引張り力 (kN)	テンドンの降伏引張り力 (kN)	テンドンの見かけの周長 (mm)	設計アンカー力 (kN)	許容アンカー力 (kN)	海側のグラウンドアンカー設置間隔 (mm)	設計アンカー力/許容アンカー力
エリア1				8000~18000	8500				1440	1764	2000	0.82
エリア2				11000~13500	10000				1700	2076	1650	0.82
エリア3				12500~13000	9000				1500	1868	1535	0.80
エリア4	135	15.2	11	7000~11500	8500	2800	2400	138.4	1360	1764	2000	0.77
エリア5				10000~20500	7000				1170	1453	1625 (北側) 2000 (南側)	0.81
エリア6				17000~18500	9500				1550	1972	1650	0.79
エリア7				17500~20000	10000				1650	2076	1650	0.79

注記*：テンドン自由長部はアンカー体が岩盤に確実に定着するよう岩盤上面深さに合わせて長さを調整している。

図 3-16 ⑤-⑤断面及び⑤'-⑤'断面の位置図

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1～表 4-3 に示す。

表 4-1 強度評価に用いる条件 (①-①断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (防波壁)	10368	kN
G _a	グラウンドアンカの初期緊張力	1440	kN
P	積載荷重	225	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 8.5m)	62.115	kN/m ²
P _c	衝突荷重	205	kN/m ²
P _k	風荷重	2.117	kN/m ²
P _s	積雪荷重	0.7	kN/m ²
γ _w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1.03	ton/m ³

表 4-2 強度評価に用いる条件 (④-④断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (防波壁)	10368	kN
G _a	グラウンドアンカの初期緊張力	1170	kN
P	積載荷重	225	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 8.5m)	62.115	kN/m ²
P _c	衝突荷重	205	kN/m ²
P _k	風荷重	2.117	kN/m ²
P _s	積雪荷重	0.7	kN/m ²
γ _w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1.03	ton/m ³

表 4-3 強度評価に用いる条件 (⑤-⑤断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (防波壁)	6331	kN
G _a	グラウンドアンカの初期緊張力	1650	kN
P	積載荷重	215.385	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 8.5m)	62.115	kN/m ²
P _c	衝突荷重	215	kN/m ²
P _k	風荷重	2.117	kN/m ²
P _s	積雪荷重	0.7	kN/m ²
γ _w	海水の単位体積重量	10.1	kN/m ³
ρ	海水の密度	1.03	ton/m ³

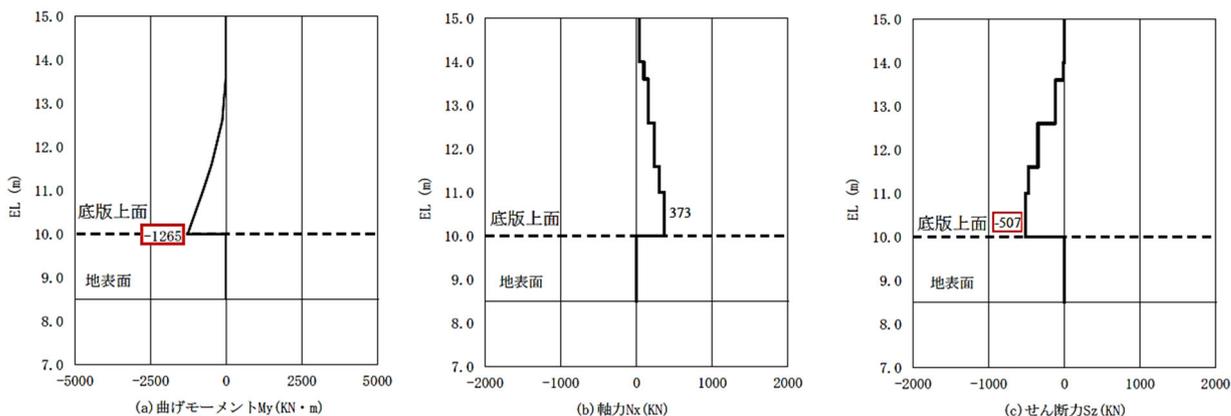
5. 評価結果

5.1 逆 T 擁壁の評価結果

5.1.1 曲げ軸力照査及びせん断力照査

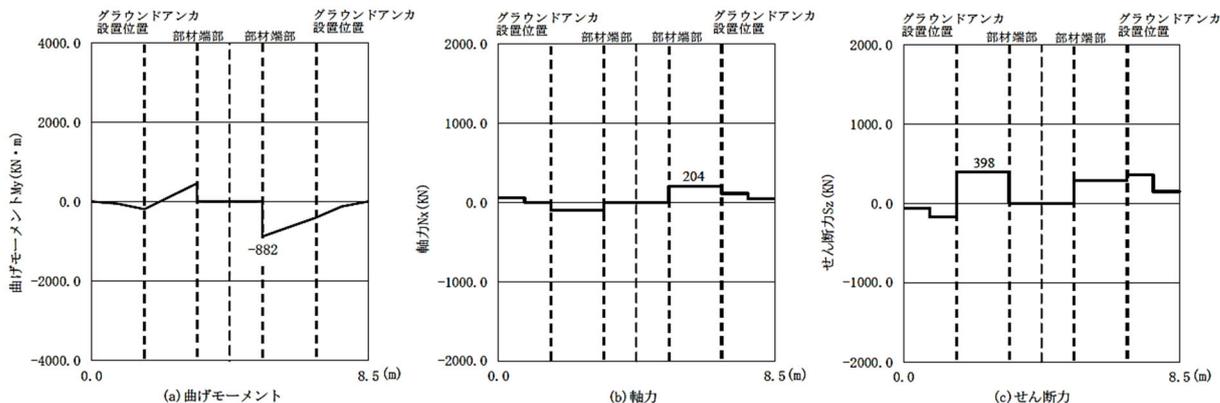
逆 T 擁壁の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査断面力図を図 5-1～図 5-3 に示し，曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査値を表 5-1～表 5-6 に示す。

この結果から逆 T 擁壁の発生応力が許容限界以下であることを確認した。



(- : 引張, + : 圧縮)

(豎壁)

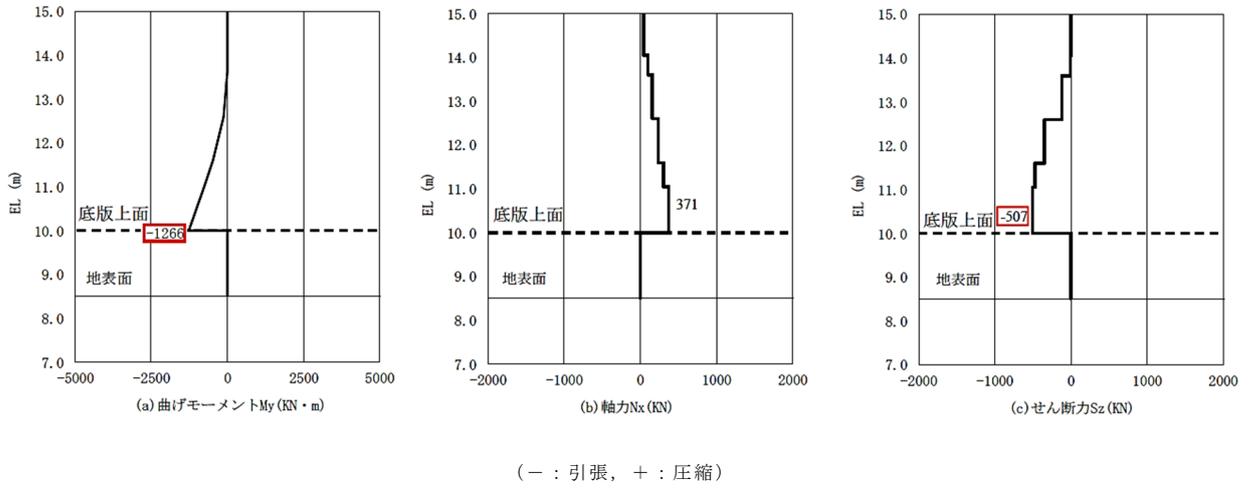


(- : 引張, + : 圧縮)

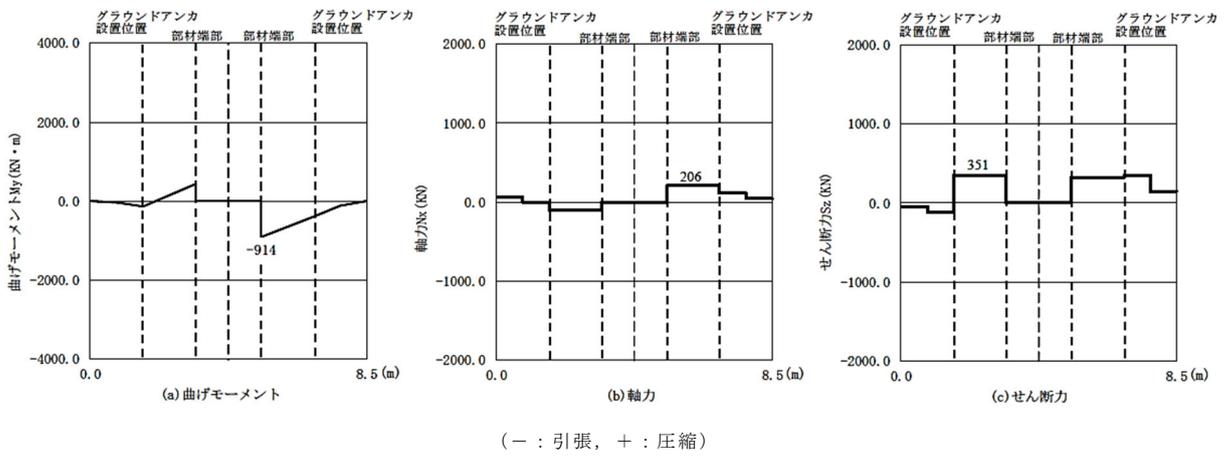
(底版)

図 5-1 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査断面力図 (①-①断面)

解析ケース①：基本ケース



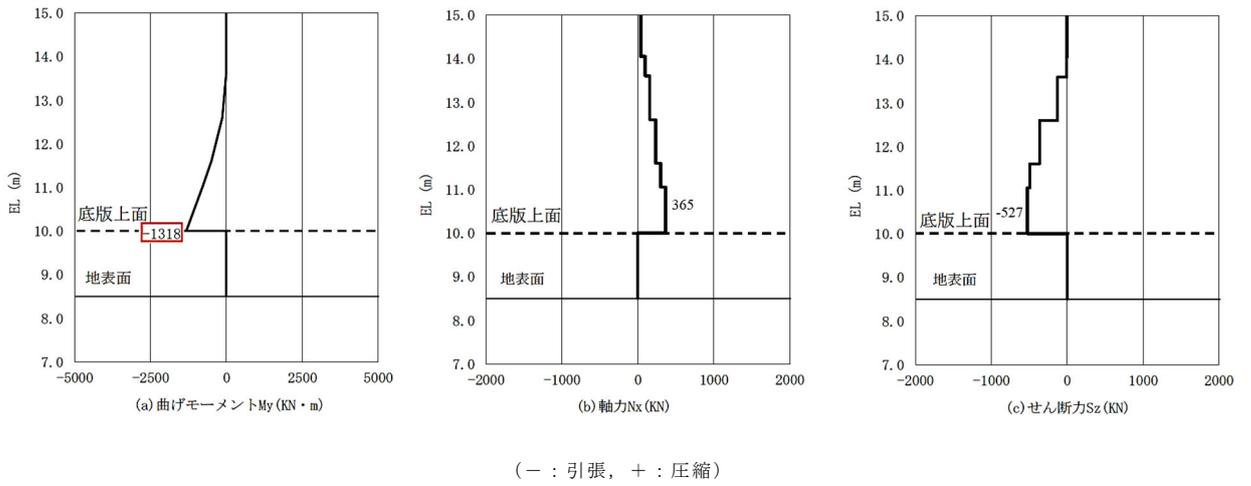
(壁)



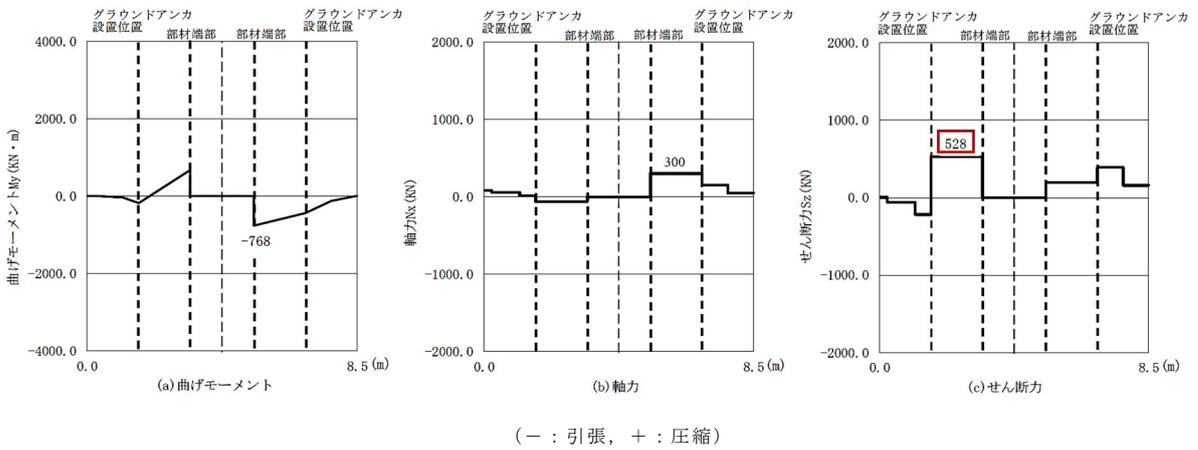
(底版)

図 5-2 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査断面力 (④-④断面)

解析ケース①：基本ケース



(豎壁)



(底版)

図 5-3 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査断面力 (⑤-⑤断面)

解析ケース①：基本ケース

表 5-1 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

(①-①断面)

解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	-1265	373	107.2	294	0.365

表 5-2 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

(④-④断面)

解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	-1266	371	107.5	294	0.366

表 5-3 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

(⑤-⑤断面)

解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s/σ_{sa}
	曲げモーメント (kN・m)	軸力 (kN)			
①	-1318 (-1317)*	365 (365)*	113.7 (113.7)*	294	0.387 (0.387)*

注記* : ⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカ仕様を反映した照査結果

表 5-4 逆 T 擁壁のせん断破壊に対する照査における最大照査値 (①-①断面)

解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
	せん断力 (kN)			
①	-507	0.30	0.67	0.448

表 5-5 逆 T 擁壁のせん断破壊に対する照査における最大照査値 (④-④断面)

解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
	せん断力 (kN)			
①	-507	0.30	0.67	0.448

表 5-6 逆 T 擁壁のせん断破壊に対する照査における最大照査値 (⑤-⑤断面)

解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
	せん断力 (kN)			
①	528 (-526)*	0.35 (0.31)*	0.67	0.523 (0.463)*

注記* : ⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカ仕様を反映した照査結果

5.1.2 グラウンドアンカによる支圧照査

逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧に対する照査値を表 5-7～表 5-9 に示す。

この結果から逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧が許容限界以下であることを確認した。

表 5-7 逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧に対する照査における

最大照査値 (①-①断面)

解析 ケース	支圧 応力度 σ_b (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ba} (N/mm ²)	照査値 σ_b / σ_{ba}
①	10.2	18.0	0.567

表 5-8 逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧に対する照査における

最大照査値 (④-④断面)

解析 ケース	支圧 応力度 σ_b (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ba} (N/mm ²)	照査値 σ_b / σ_{ba}
①	8.3	18.0	0.462

表 5-9 逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧に対する照査における

最大照査値 (⑤-⑤断面)

解析 ケース	支圧 応力度 σ_b (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ba} (N/mm ²)	照査値 σ_b / σ_{ba}
①	11.7 (8.3)*	18.0	0.650 (0.462)*

注記* : ⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカ仕様を反映した照査結果

5.2 グラウンドアンカ

グラウンドアンカの発生アンカー力に対する照査値を表 5-10～表 5-12 に示す。

この結果からグラウンドアンカの発生アンカー力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-10 グラウンドアンカの発生アンカー力に対する照査における最大照査値

(①-①断面)

解析 ケース	発生アンカー力 T(kN)	テンドンの 許容拘束力 T _{ab} (kN)	照査値 T/T _{ab}
①	1454	1764	0.825

表 5-11 グラウンドアンカの発生アンカー力に対する照査における最大照査値

(④-④断面)

解析 ケース	発生アンカー力 T(kN)	テンドンの 許容拘束力 T _{ab} (kN)	照査値 T/T _{ab}
①	1181	1453	0.813

表 5-12 グラウンドアンカの発生アンカー力に対する照査における最大照査値

(⑤-⑤断面)

解析 ケース	発生アンカー力 T(kN)	テンドンの 許容拘束力 T _{ab} (kN)	照査値 T/T _{ab}
①	1670 (1190)*	2076	0.805 (0.819)*

注記* : ⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカ仕様を反映した照査結果

5.3 改良地盤

改良地盤におけるすべり安全率による評価結果を表 5-13 に、最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布図を図 5-4～図 5-6 に示す。

これらの結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-13 改良地盤のすべり安全率評価結果

解析 ケース	最小すべり安全率		
	①-①断面	④-④断面	⑤-⑤断面
①	8.20	8.54	10.33

- 引張強度に達した要素
- せん断強度に達した要素
- 1.0 ≤ 値 < 1.2
- 1.2 ≤ 値
- 最小すべり安全率となるすべり線
- 改良地盤

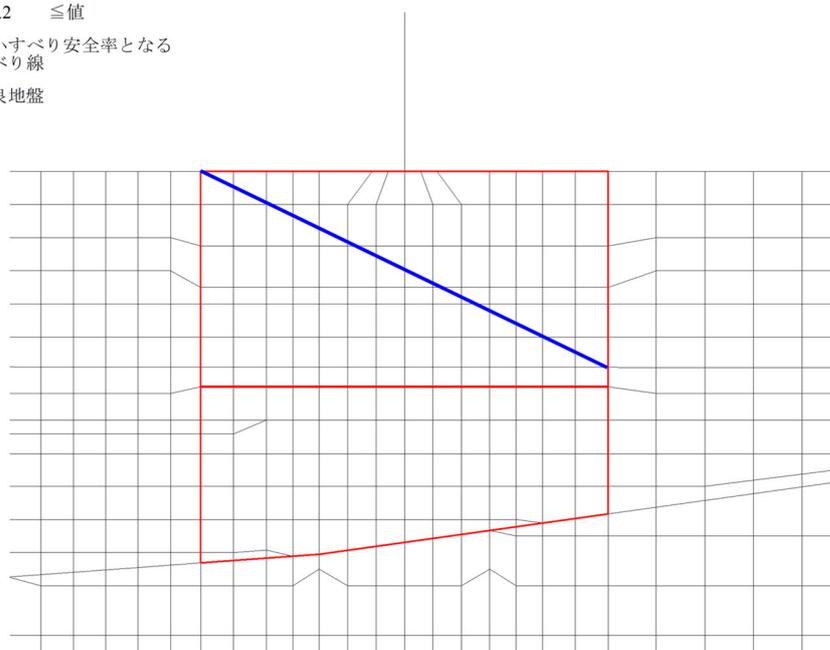


図 5-4 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布
(①-①断面)

解析ケース①：基本ケース

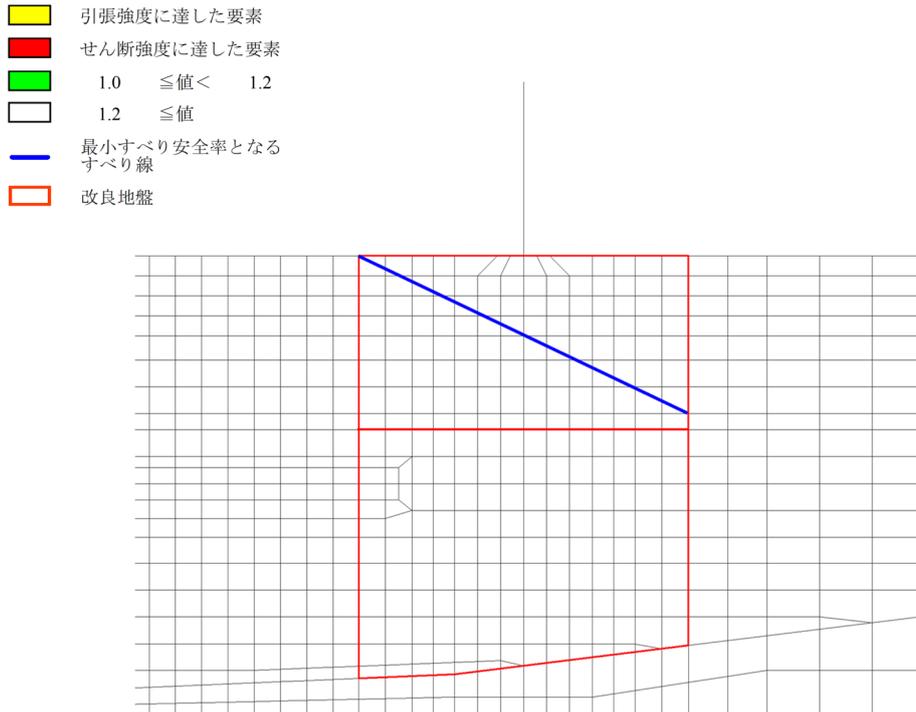


図 5-5 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布

(④-④断面)

解析ケース①：基本ケース

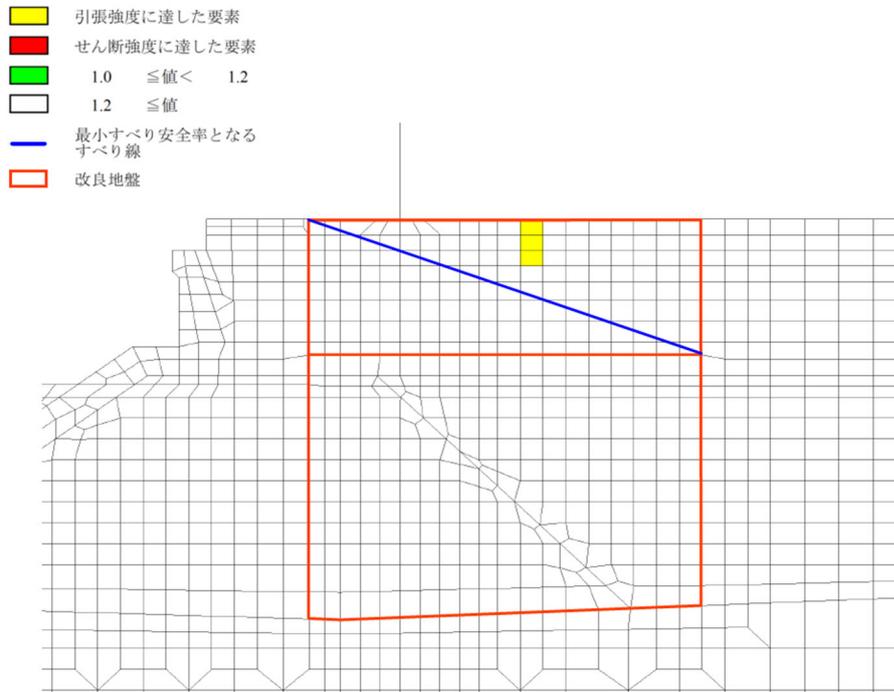


図 5-6 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布

(⑤-⑤断面)

解析ケース①：基本ケース

5.4 止水目地

津波時の止水目地の変位量に対する照査結果を表 5-14～表 5-16 に示す。

津波時の止水目地の変位量に対する照査を行った結果、変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5-14 止水目地設置箇所の津波時変位量 (①-①断面)

方向	津波時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δ_x : 横断方向	10.04	—
δ_z : 鉛直方向	0.08	—
合成方向 (2 方向合成)	13.17	ゴムジョイント : 449

表 5-15 止水目地設置箇所の津波時変位量 (④-④断面)

方向	津波時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δ_x : 横断方向	11.52	—
δ_z : 鉛直方向	0.02	—
合成方向 (2 方向合成)	13.17	ゴムジョイント : 449

表 5-16 止水目地設置箇所の津波時変位量 (⑤-⑤断面)

方向	津波時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δ_x : 横断方向	13.08	—
δ_z : 鉛直方向	1.48	—
合成方向 (2 方向合成)	13.17	シートジョイント : 1960

5.5 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価結果を表 5-17～表 5-19 に、支持地盤の接地圧分布図を図 5-7～図 5-9 に示す。

防波壁（逆 T 擁壁）の基礎地盤に生じる最大接地圧が極限支持力度以下であることを確認した。

表 5-17(1) 基礎地盤の支持性能評価結果（①-①断面，改良地盤）

解析 ケース	最大接地圧 P (N/mm ²)	極限支持力度 P _u (N/mm ²)	照査値 P / P _u
①	0.4	1.4	0.286

表 5-17(2) 基礎地盤の支持性能評価結果（①-①断面，岩盤）

解析 ケース	最大接地圧 P (N/mm ²)	極限支持力度 P _u (N/mm ²)	照査値 P / P _u
①	0.5	9.8	0.052

表 5-18(1) 基礎地盤の支持性能評価結果（④-④断面，改良地盤）

解析 ケース	最大接地圧 P (N/mm ²)	極限支持力度 P _u (N/mm ²)	照査値 P / P _u
①	0.4	1.4	0.286

表 5-18(2) 基礎地盤の支持性能評価結果（④-④断面，岩盤）

解析 ケース	最大接地圧 P (N/mm ²)	極限支持力度 P _u (N/mm ²)	照査値 P / P _u
①	0.5	9.8	0.052

表 5-19(1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (⑤-⑤断面, 改良地盤)

解析 ケース	最大接地圧 P (N/mm ²)	極限支持力度 P _u (N/mm ²)	照査値 P / P _u
①	0.4 (0.4)*	1.4	0.286 (0.286)*

注記* : ⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカ仕様を反映した照査結果

表 5-19(2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (⑤-⑤断面, 岩盤)

解析 ケース	最大接地圧 P (N/mm ²)	極限支持力度 P _u (N/mm ²)	照査値 P / P _u
①	0.4 (0.4)*	3.9	0.103 (0.103)*

注記* : ⑤-⑤断面位置でのグラウンドアンカ仕様を反映した照査結果

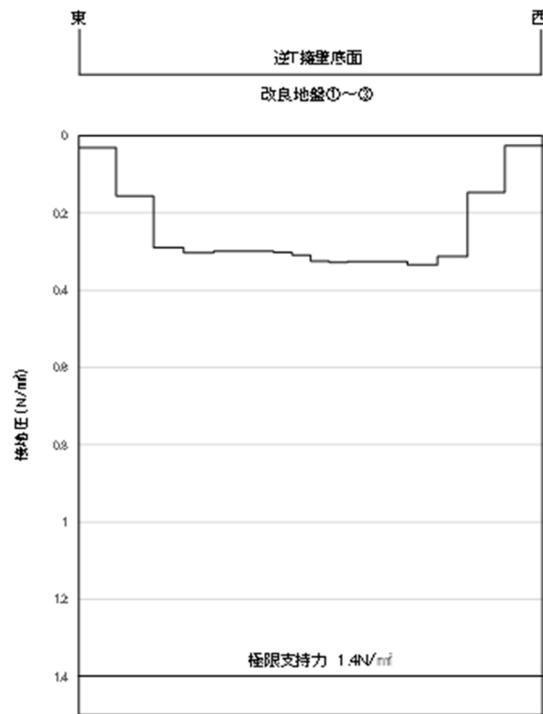


図 5-7(1) 支持地盤の接地圧分布図 (①-①断面, 逆 T 擁壁)

解析ケース①: 基本ケース

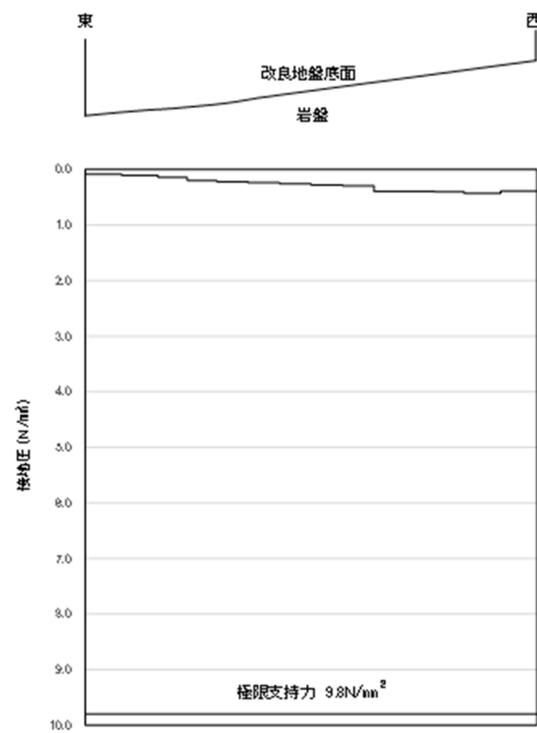


図 5-7(2) 支持地盤の接地圧分布図 (①-①断面, 改良地盤)

解析ケース①: 基本ケース

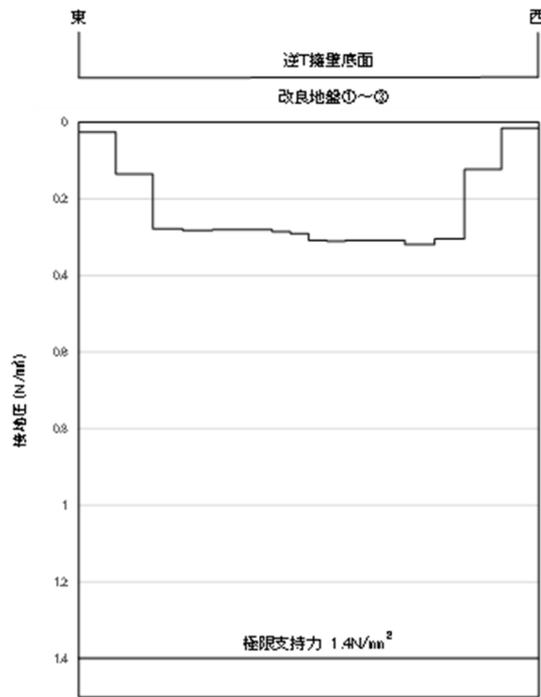


図 5-8(1) 支持地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 逆 T 擁壁)

解析ケース①：基本ケース

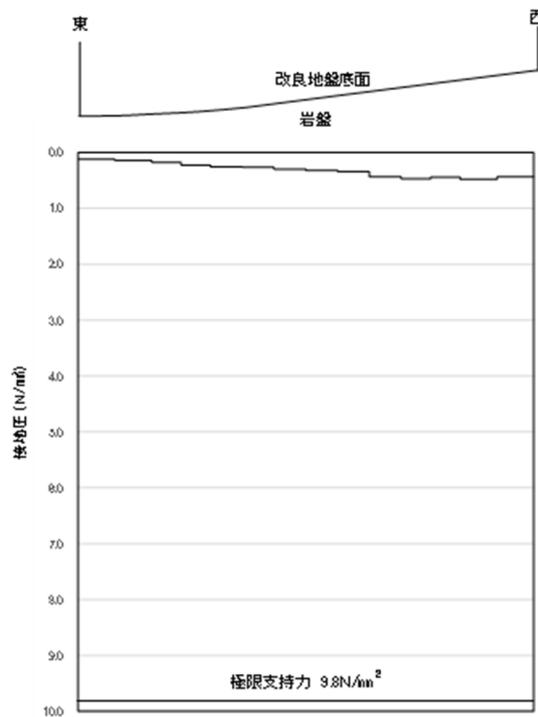


図 5-8(2) 支持地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 改良地盤)

解析ケース①：基本ケース

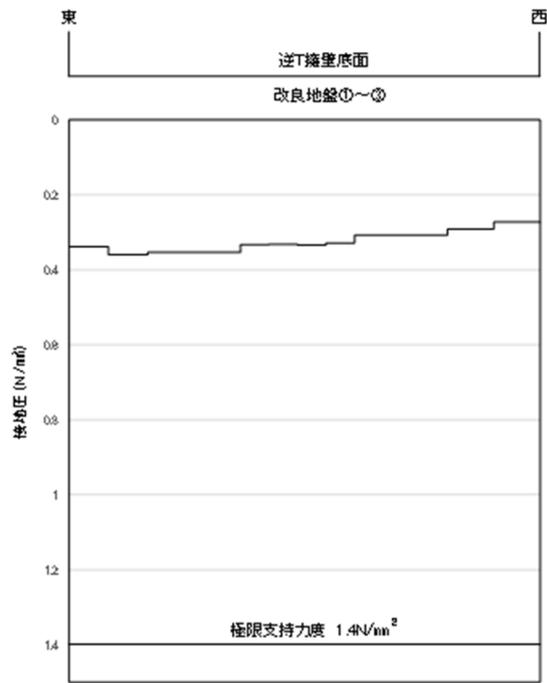


図 5-9(1) 支持地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 逆 T 擁壁)

解析ケース①：基本ケース

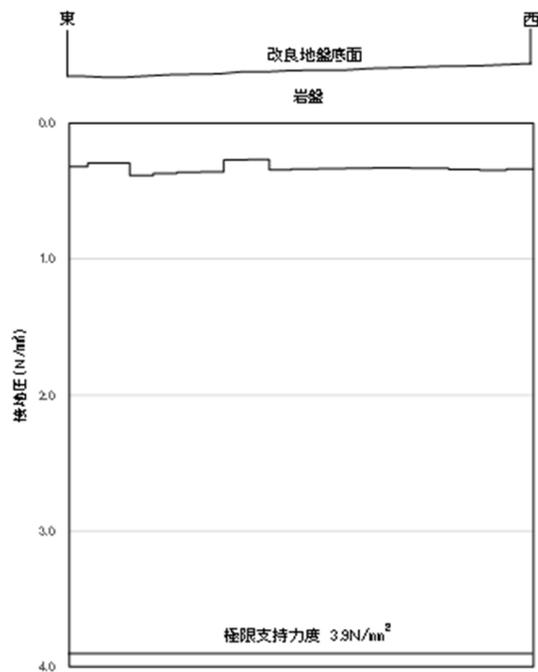


図 5-9(2) 支持地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 改良地盤)

解析ケース①：基本ケース

5.6 防波壁前面の施設護岸，基礎捨石等の損傷による不確かさの検討

5.6.1 評価方針

評価対象断面については，岩盤上面の深さが最も深く，津波荷重による改良地盤への作用範囲が最も大きくなると考えられる⑤-⑤断面とする。

⑤-⑤断面の施設護岸，基礎捨石等が損傷した場合の解析モデルを図5-10に示す。

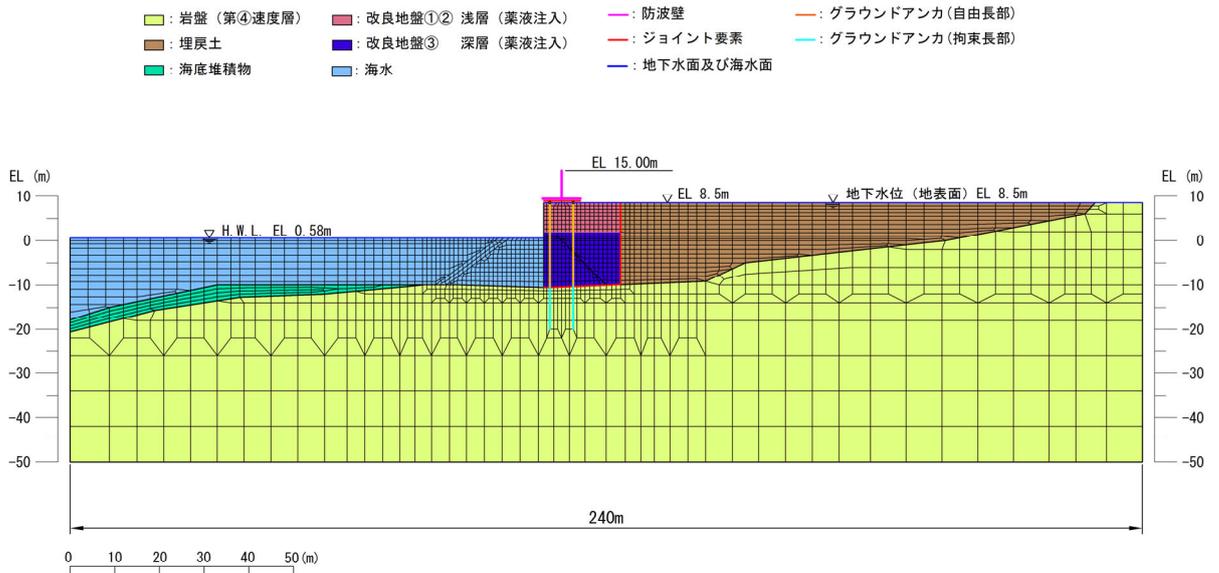


図5-10 ⑤-⑤断面における施設護岸，基礎捨石等が損傷した場合の解析モデル

また，不確かさの検討を行う解析ケースについては，表5-20に示す解析ケースに対して施設護岸，基礎捨石等が損傷した場合を考慮する。

表5-20 解析ケース

解析ケース	施設護岸並びに 基礎捨石及び被覆石	地盤の物性値
ケース① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	有	平均値
ケース②	無	平均値

(2) 荷重

施設護岸，基礎捨石等が損傷した場合に津波荷重が改良地盤に作用するため，施設護岸，基礎捨石等の損傷による不確かさケースの強度評価に用いる荷重のうち，遡上津波荷重を以下のとおり設定する。

・ 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重については，防波壁前面における入力津波水位 EL 11.9m に余裕を考慮した津波水位 EL 12.6m を用いることとし，その標高と防波壁前面の地盤標高の差分の 1/2 倍を設計用浸水深とし，朝倉式に基づき，その 3 倍を考慮して算定する。

敷地高以深については，谷本式により，各施設の設置位置における設置高さを考慮し，津波高さの 1/2 を入射津波高さとして定義し，静水面上の波圧作用高さは入射津波高さの 3 倍とし，静水面における波圧強度は入射津波高さに相当する静水圧の 2.2 倍として算定する。

荷重作用図を図 5-11 に示す。

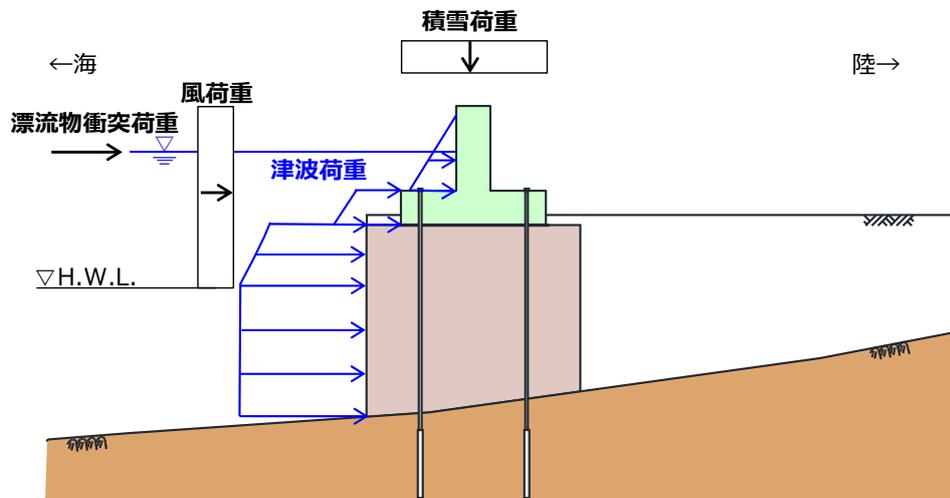


図 5-11 防波壁（逆 T 擁壁）の荷重作用図（不確かさケース）

5.6.2 評価結果

(1) 逆 T 擁壁

施設護岸，基礎捨石等が損傷した場合の評価結果を表 5-21～表 5-26 に示す。
本検討の結果，施設護岸，基礎捨石等が損傷した場合においても，逆 T 擁壁の主
部材の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-21 逆 T 擁壁の鉄筋の曲げ引張照査における照査値

(⑤-⑤断面)

	解析 ケース	発生断面力		曲げ引張 応力度 σ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{sa} (N/mm ²)	照査値 σ_s / σ_{sa}
		曲げモー メント (kN・m)	軸力 (kN)			
施設護 岸等有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	-1318	365	113.7	294	0.387
施設護 岸等無	②	-1318	365	113.8	294	0.388

表 5-22 逆 T 擁壁のせん断破壊に対する照査における照査値

(⑤-⑤断面)

	解析 ケース	発生断面力	せん断 応力度 τ_s (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{sa} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{sa}
		せん断力 (kN)			
施設護 岸等有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	528	0.35	0.67	0.523
施設護 岸等無	②	516	0.35	0.67	0.523

表 5-23 逆 T 擁壁のグラウンドアンカによる支圧応力度に対する照査における照査値

(⑤-⑤断面)

	解析 ケース	支圧 応力度 σ_b (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ba} (N/mm ²)	照査値 σ_b / σ_{ba}
施設護岸等 有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	11.7	18.0	0.650
施設護岸等 無	②	11.8	18.0	0.656

表 5-24 グラウンドアンカの発生アンカー力に対する照査における照査値

(⑤-⑤断面)

	解析 ケース	発生アンカー力 T (kN)	テンドンの 許容拘束力 T _{ab} (kN)	照査値 T/T _{ab}
施設護岸等 有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	1670	2076	0.805
施設護岸等 無	②	1691	2076	0.815

表 5-25 基礎地盤の支持性能評価結果 (改良地盤①~③)

(⑤-⑤断面)

	解析 ケース	最大接地圧 P (N/mm ²)	極限支持力 P _u (N/mm ²)	照査値 P / P _u
施設護岸等 有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	0.4	1.4	0.286
施設護岸等 無	②	0.4	1.4	0.286

表 5-26 基礎地盤の支持性能評価結果 (岩盤)

(⑤-⑤断面)

	解析 ケース	最大接地圧 P (N/mm ²)	極限支持力 P _u (N/mm ²)	照査値 P / P _u
施設護岸等 有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	0.4	3.9	0.103
施設護岸等 無	②	0.5	3.9	0.129

(2) 改良地盤

改良地盤におけるすべり安全率による評価結果を表 5-27 に、最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布図を図 5-12 に示す。

これらの結果から、改良地盤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-27 改良地盤のすべり安全率評価結果

	解析ケース	最小すべり安全率
施設護岸等有	① (「5. 評価結果」にて評価済み)	10.33
施設護岸等無	②	10.19

- 引張強度に達した要素
- せん断強度に達した要素
- 1.0 ≤ 値 < 1.2
- 1.2 ≤ 値
- 最小すべり安全率となるすべり線
- 改良地盤

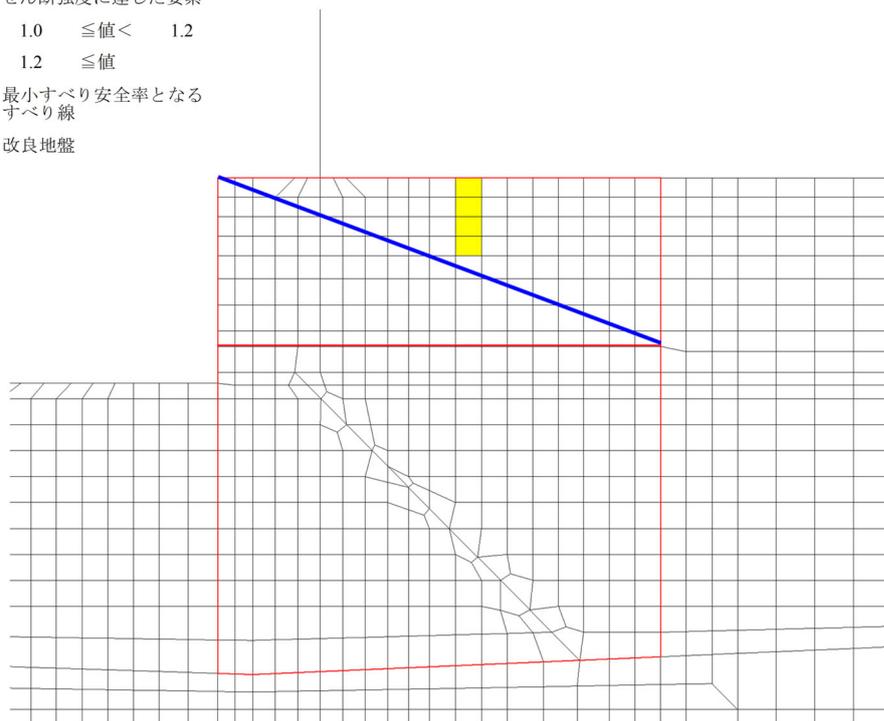


図 5-12 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布

(⑤-⑤断面)

解析ケース②：施設護岸，基礎捨石等が損傷したケース

(3) 止水目地

津波時の止水目地の変位量に対する照査結果を表 5-28 に示す。

津波時の止水目地の変位量に対する照査を行った結果、変位量が許容限界以下であることを確認した。

表 5-28 止水目地設置箇所の津波時変位量（解析ケース②，⑤-⑤断面）

方向	津波時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δ_x : 横断方向	21.86	—
δ_z : 鉛直方向	3.58	—
合成方向 (2方向合成)	22.16	シートジョイント : 1960