

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02
提出年月日	2023年4月7日

VI-3-別添 3-2-1-2 防波壁（逆T擁壁）の
強度計算書

2023年4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	9
2.4	適用規格・基準等	17
3.	強度評価方法	18
3.1	記号の定義	18
3.2	評価対象断面及び部位	19
3.2.1	評価対象断面	19
3.2.2	評価対象部位	25
3.3	荷重及び荷重の組合せ	25
3.3.1	荷重	25
3.3.2	荷重の組合せ	27
3.4	許容限界	28
3.4.1	逆T擁壁	28
3.4.2	グラウンドアンカ	28
3.4.3	改良地盤	29
3.4.4	止水目地	29
3.4.5	基礎地盤	29
3.5	評価方法	30
3.5.1	解析方法	30
3.5.2	解析モデル及び諸元	31
3.5.3	評価方法	35
4.	評価条件	38
5.	評価結果	40
5.1	逆T擁壁の評価結果	40
5.1.1	曲げ照査及びせん断照査	40
5.1.2	グラウンドアンカによる支圧照査	45
5.2	グラウンドアンカ	46
5.3	改良地盤	47
5.4	止水目地	49
5.5	基礎地盤	50
5.6	施設護岸等の損傷による不確かさの影響確認	55

5.6.1	評価方針	55
5.6.2	解析モデル	55
5.6.3	荷重	56
5.6.4	評価結果	57
6.	漂流物対策工	59
6.1	概要	59
6.2	基本方針	60
6.2.1	位置	60
6.2.2	構造概要	62
6.2.3	評価方針	67
6.2.4	記号の説明	70
6.3	評価対象部位	72
6.4	強度計算	73
6.4.1	強度計算方法	73
6.4.2	荷重及び荷重の組合せ	73
6.4.3	許容限界	75
6.4.4	評価方法	77
6.4.5	評価条件	80
6.4.6	評価結果	81

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）が地震後の繰返しの来襲を想定した津波、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。

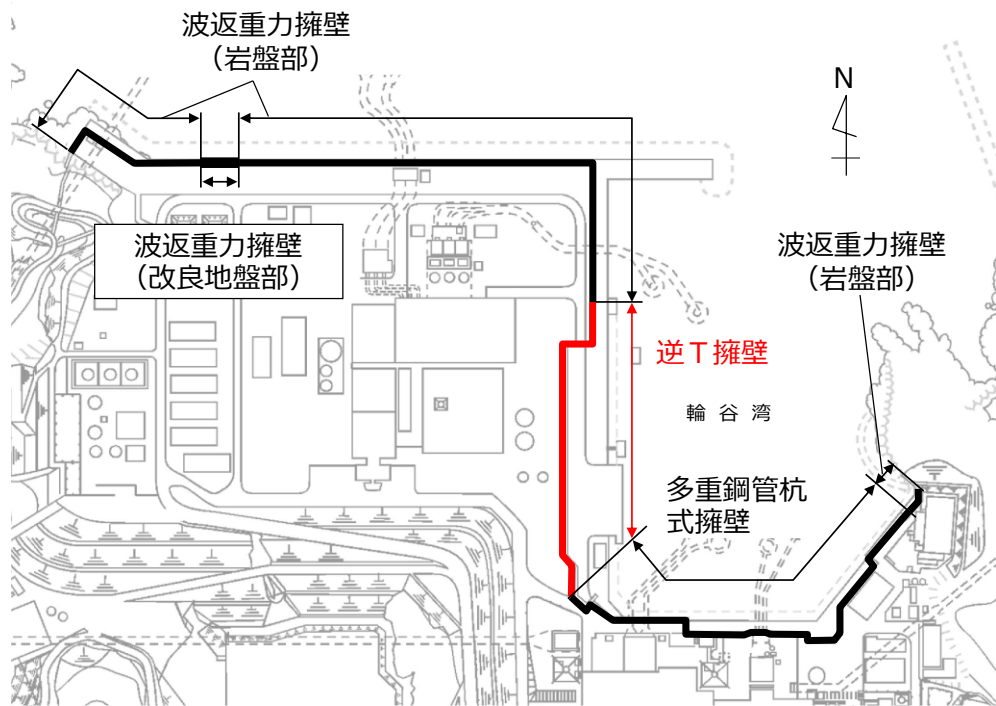


図2-1 防波壁（逆T擁壁）の位置図

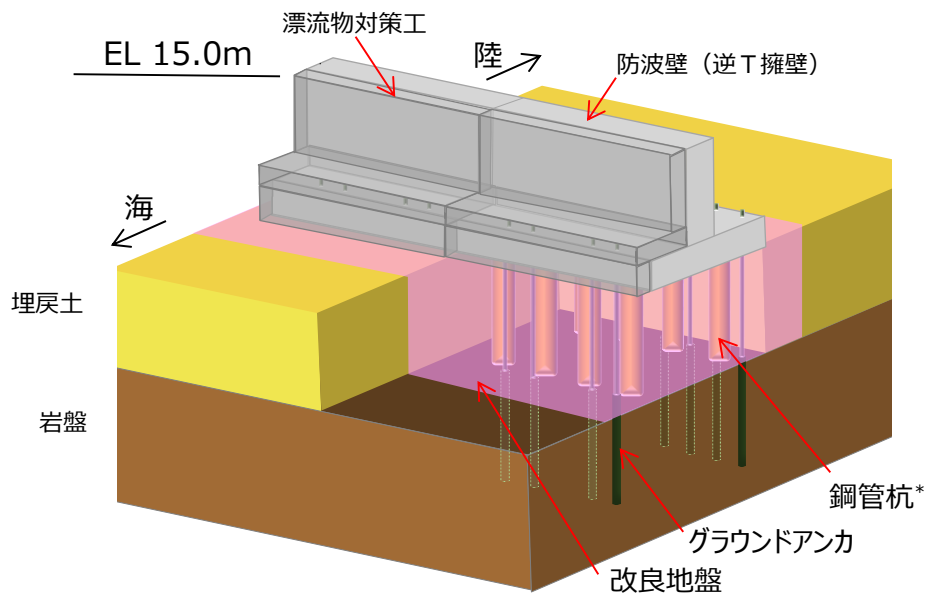
2.2 構造概要

防波壁（逆T擁壁）の構造概要図を図2-2に、構造図を図-3に、グラウンドアンカの配置図を図2-4に、止水目地の概念図及び配置位置図を図2-5に示す。

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

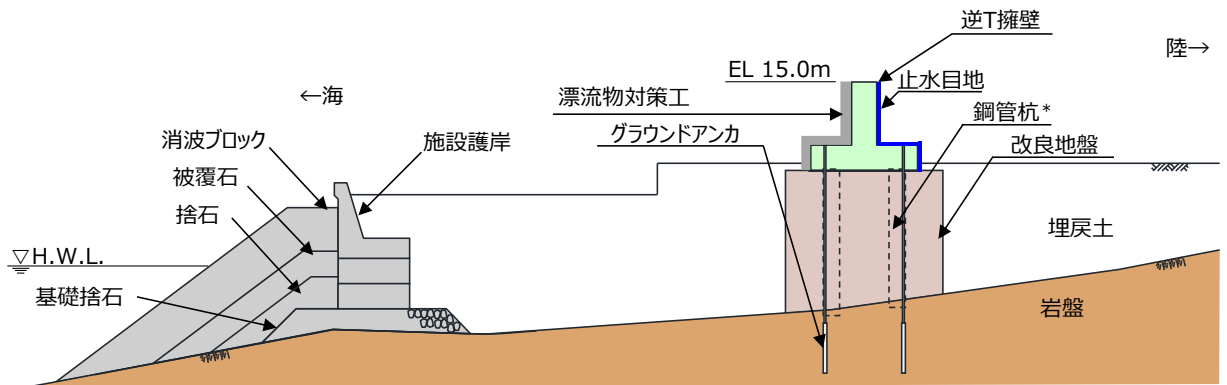
防波壁（逆T擁壁）は、改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の逆T擁壁による直接基礎及びグラウンドアンカで構成し、十分な支持性能を有する岩盤及び改良地盤に支持させる構造とする。約16mを1ブロックの標準とした壁体を連続して設置し、1ブロックにおいて海側では8本、陸側では4本のグラウンドアンカを設置している。逆T擁壁の海側には、鉄筋コンクリート版により構成された漂流物対策工（以下「漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）」という。）を設置し、グラウンドアンカのアンカーヘッド上部には鋼材により構成された漂流物対策工（以下「漂流物対策工（鋼材）」という。）を設置する。また、逆T擁壁の陸側の境界部には、試験等により止水性を確認した止水目地を設置する。

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을期待しない設計とする。

図 2-2(1) 防波壁（逆T擁壁）の構造概要図（鳥瞰図）



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 2-2(2) 防波壁（逆T擁壁）の構造概要図（断面図）

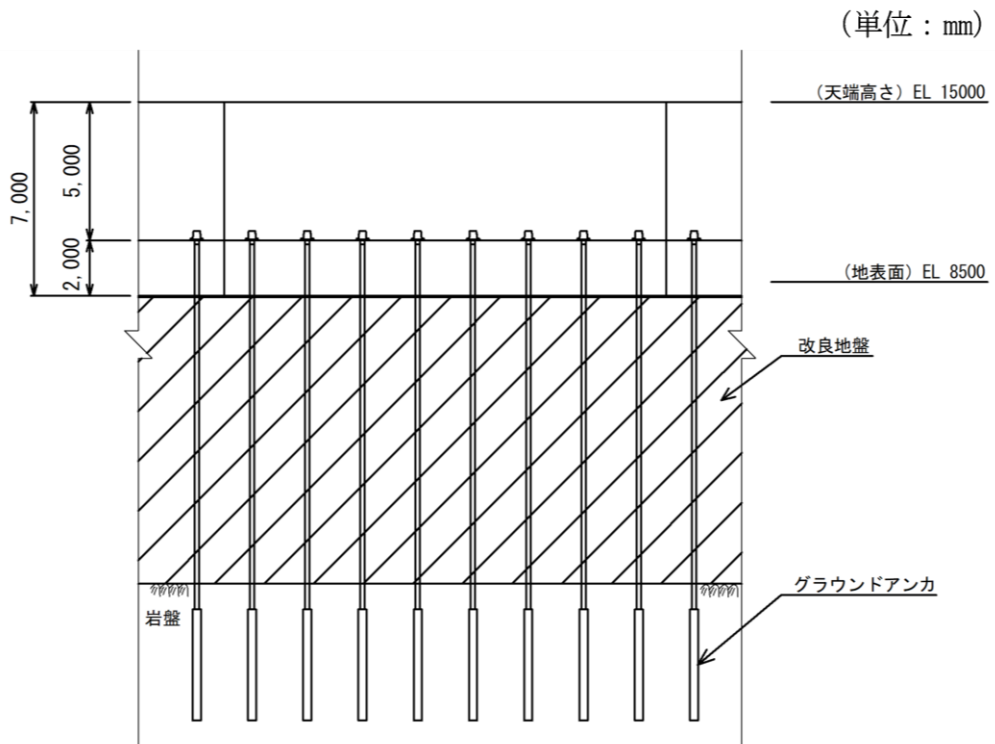


図 2-3(1) 防波壁（逆 T 擁壁）の構造図（正面図）

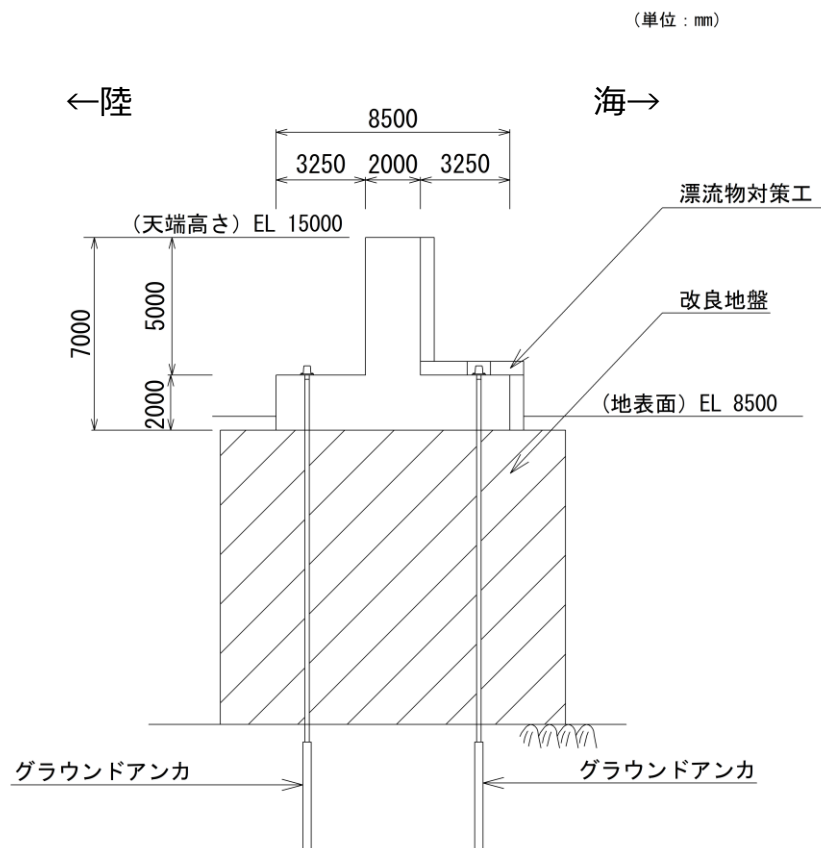


図 2-3(2) 防波壁（逆 T 擁壁）の構造図（断面図）

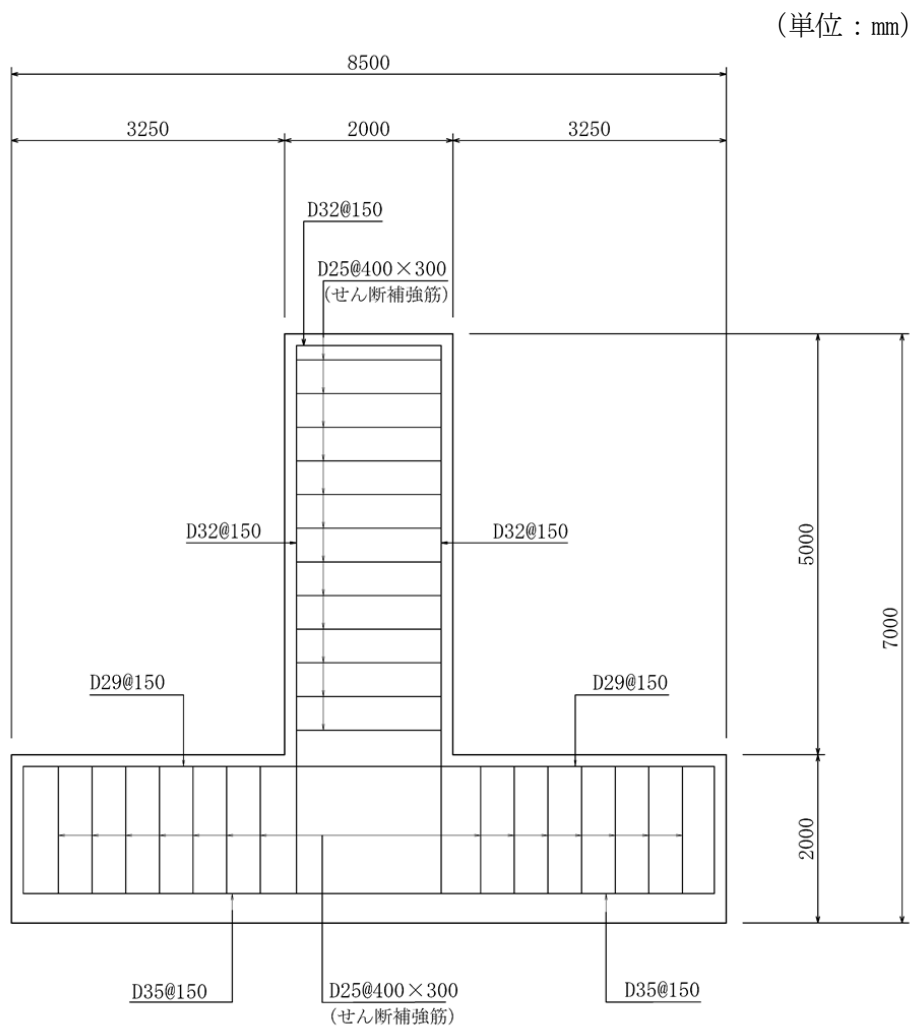


図 2-3(3) 防波壁 (逆 T 擁壁) の構造図 (概略配筋図)

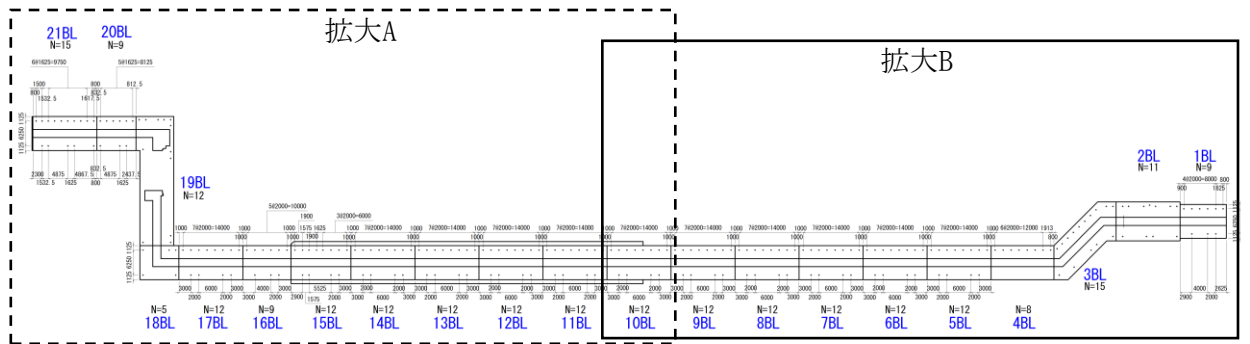


図 2-4(1) 防波壁（逆T擁壁）のグラウンドアンカ配置図（全体平面図）

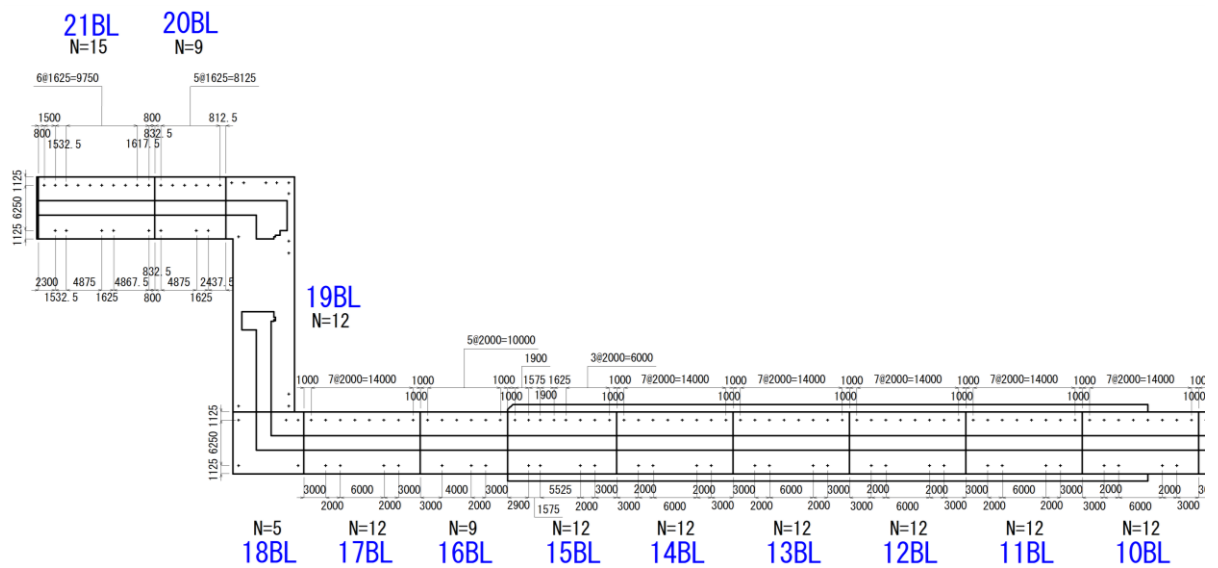


図 2-4(2) 防波壁（逆T擁壁）のグラウンドアンカ配置図（拡大A）

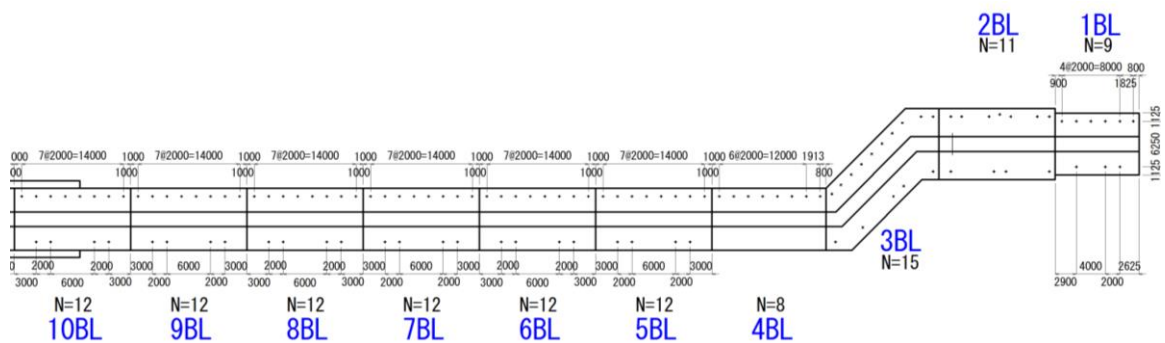
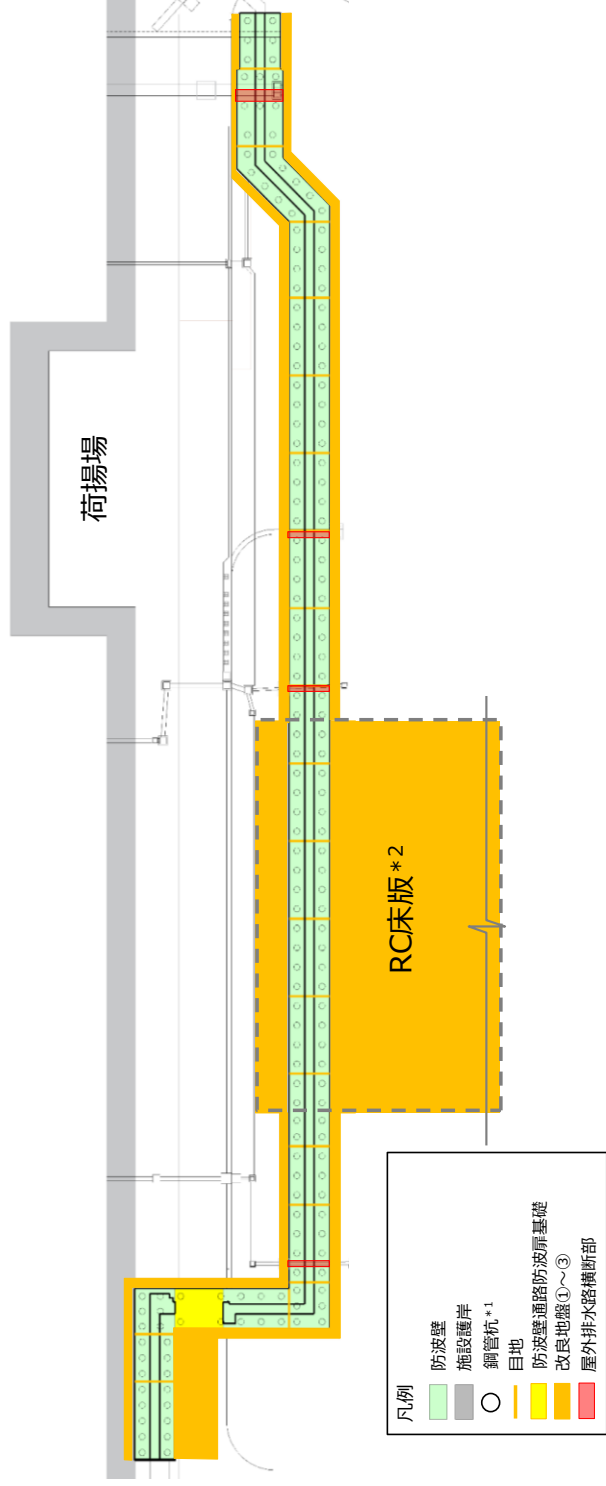
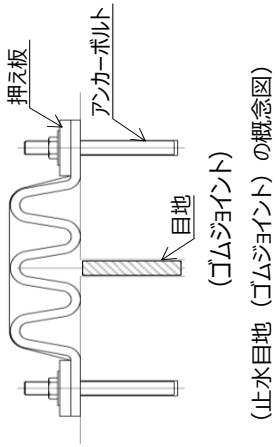
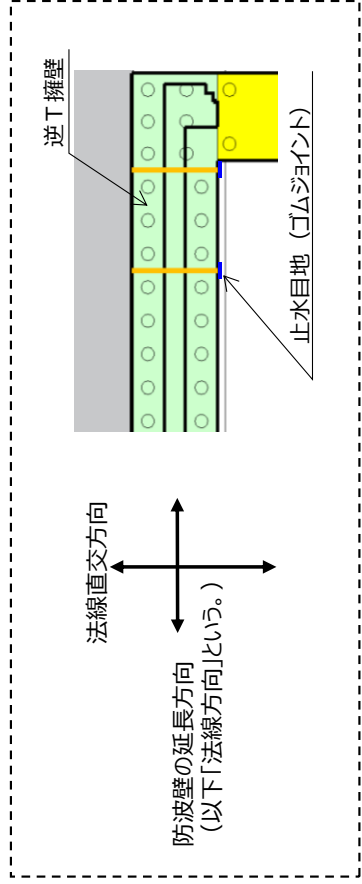


図 2-4(3) 防波壁（逆T擁壁）のグラウンドアンカ配置図（拡大B）



注記*1：鋼管杭の効果を期待しない設計とする。
*2：RC床版については、保守的に改良地盤として扱う。

図 2-5 防波壁 (逆丁擁壁) の止水目地の概念図及び配置位置図

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位量が許容限界を満足することを確認し、「6. 漂流物対策工」より、防波壁（逆T擁壁）に設置する漂流物対策工の発生応力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、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）の作用方向や伝達過程を考慮した評価対象部位を設定し、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。

なお、津波と余震に伴う荷重が作用する重畳時については、防波壁（逆T擁壁）前面の敷地高さ（EL 8.5m）は「海域活断層から想定される地震による津波（津波水位 EL 4.9m）」より高い位置に設置されるため、評価を実施しない。

防波壁（逆T擁壁）の強度評価の検討フローを図2-6に示す。

表 2-1(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	・止水目地及び漂流物対策工を支持する。	・止水目地及び漂流物対策工を支持するとともに、遮水性を保持する。
	止水目地	・逆 T 擁壁間の変位に追従する。	・逆 T 擁壁間の変位に追従し、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（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。
	漂流物対策工 (鋼材)		・漂流物をグラウンドアンカに衝突させない。
地盤	改良地盤①～③*	・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（解析モデルに反映し、防波壁（逆 T 擁壁）への相互作用を考慮する）。	・防波壁（逆 T 擁壁）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。

注記*：RC床版については、保守的に改良地盤として扱う。

表 2-1(2) 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
施設地盤	施設護岸， 基礎捨石	・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波壁（逆 T 擁壁）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。

表 2-2(1) 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擁壁間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・転倒抑止のために許容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・転倒抑止のために許容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おおむね弾性状態にとどまること。
	漂流物対策工 (鋼材)			—	—	—	グラウンドアンカに漂流物を直接衝突させないために, 鋼材がおおむね弾性状態にとどまること。

表 2-2(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)
地盤	改良地盤① ~③*	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①~③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(1) 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 応力 , せん断 応力 及び グラウンド アンカによる支圧力)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	許容 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(押抜きせん断 応力)が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		漂流物対策工(鋼材)	発生する応力(鋼材の曲げ 応力 及びせん断 応力 並びにアンカーボルトの引張力及びせん断力)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
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(曲げ 応力 , せん断 応力 及び グラウンド アンカによる支圧力)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	許容 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	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*

注記* : 妥当な安全余裕を考慮する。

表 2-3(2) 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
止水性を損なわないこと	施設の変形性	止水目地	発生変位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位量

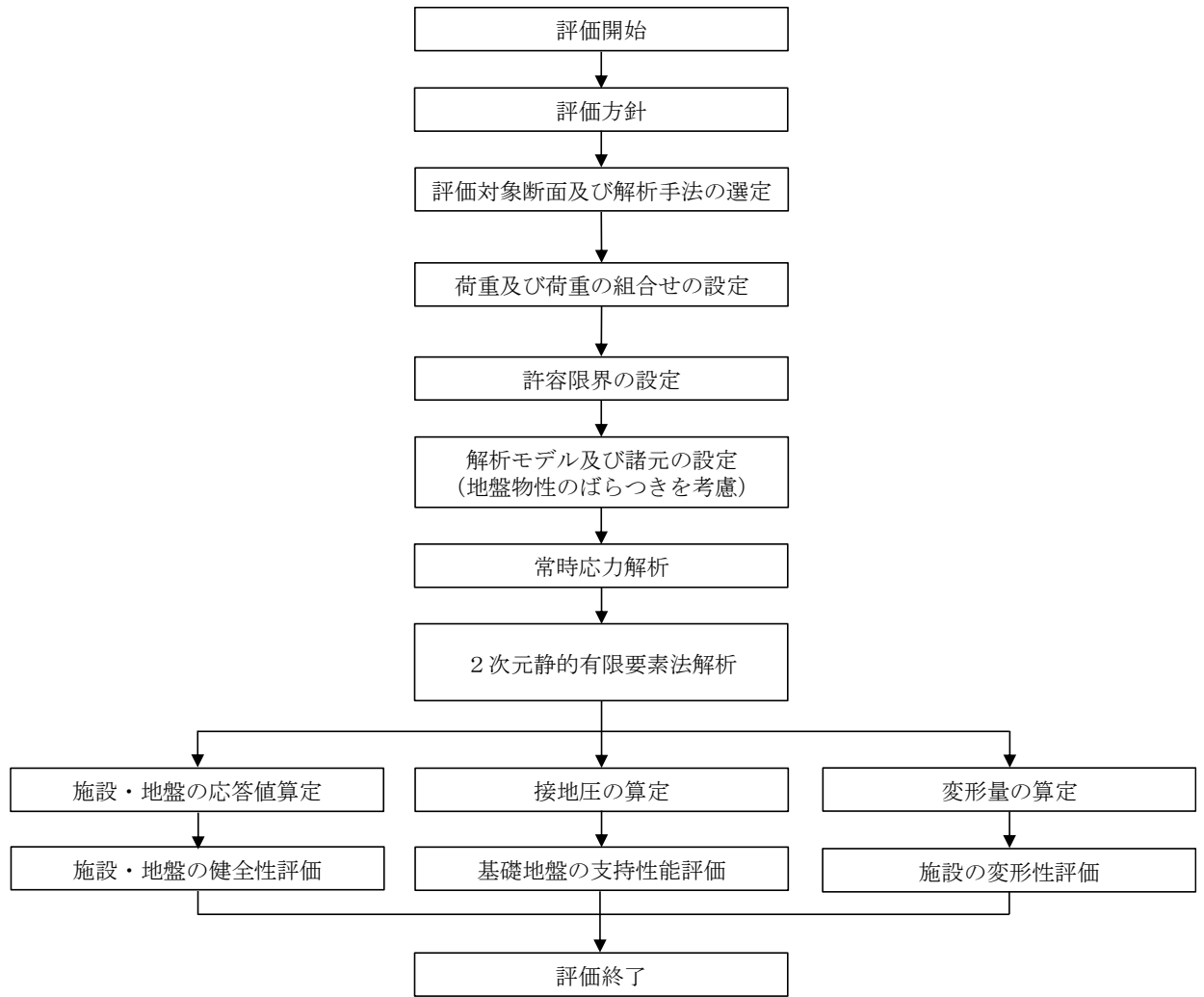


図 2-6 防波壁（逆 T 擁壁）の強度評価の検討フロー

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]（（社）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（（社）地盤工学会，2012年）
- ・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（（社）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（（社）日本電気協会）
- ・防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成27年12月一部改訂）
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）
- ・港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター，平成19年3月）
- ・建築基準法・同施行令

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
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き力
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
T _a	kN	グラウンドアンカの許容アンカー力
S	mm ²	グラウンドアンカの支圧板の面積
δ_x	mm	x 方向 (法線直交方向) の変位量
δ_z	mm	z 方向 (深度方向) の変位量
δ_{x1}	mm	x 方向 (法線直交方向) の津波時の相対変位量
δ_{z1}	mm	z 方向 (深度方向) の津波時の相対変位量
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断面である。防波壁（逆T擁壁）直下の改良地盤の幅が約12m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、評価対象断面として選定した。
- ・④-④断面は防波壁通路防波扉南側における断面である。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、この評価対象断面として選定した。
- ・⑤-⑤断面は防波壁通路防波扉北側における断面である。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、評価対象断面として選定した。

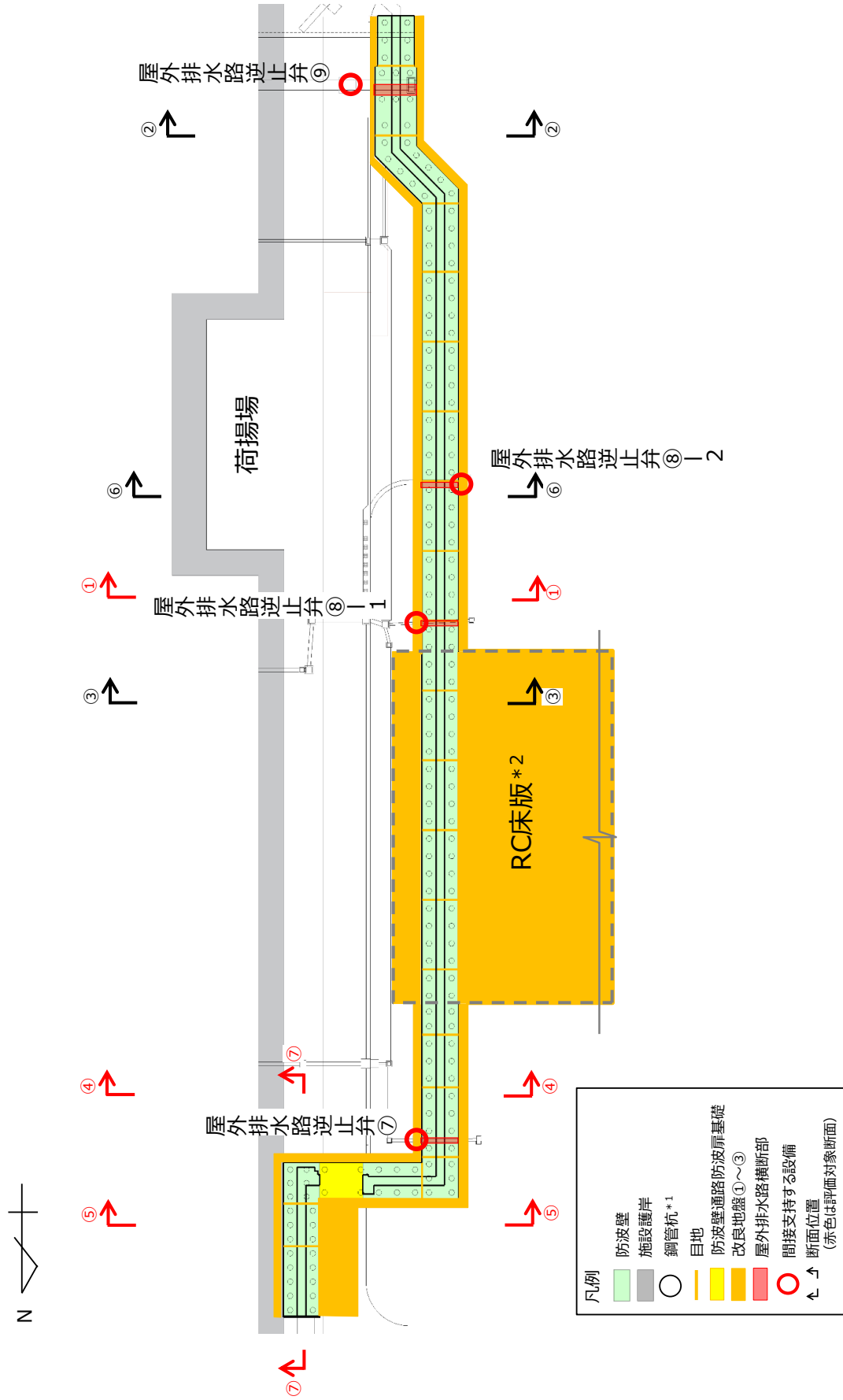


図 3-1 防波壁（逆T擁壁）の評価対象断面位置図

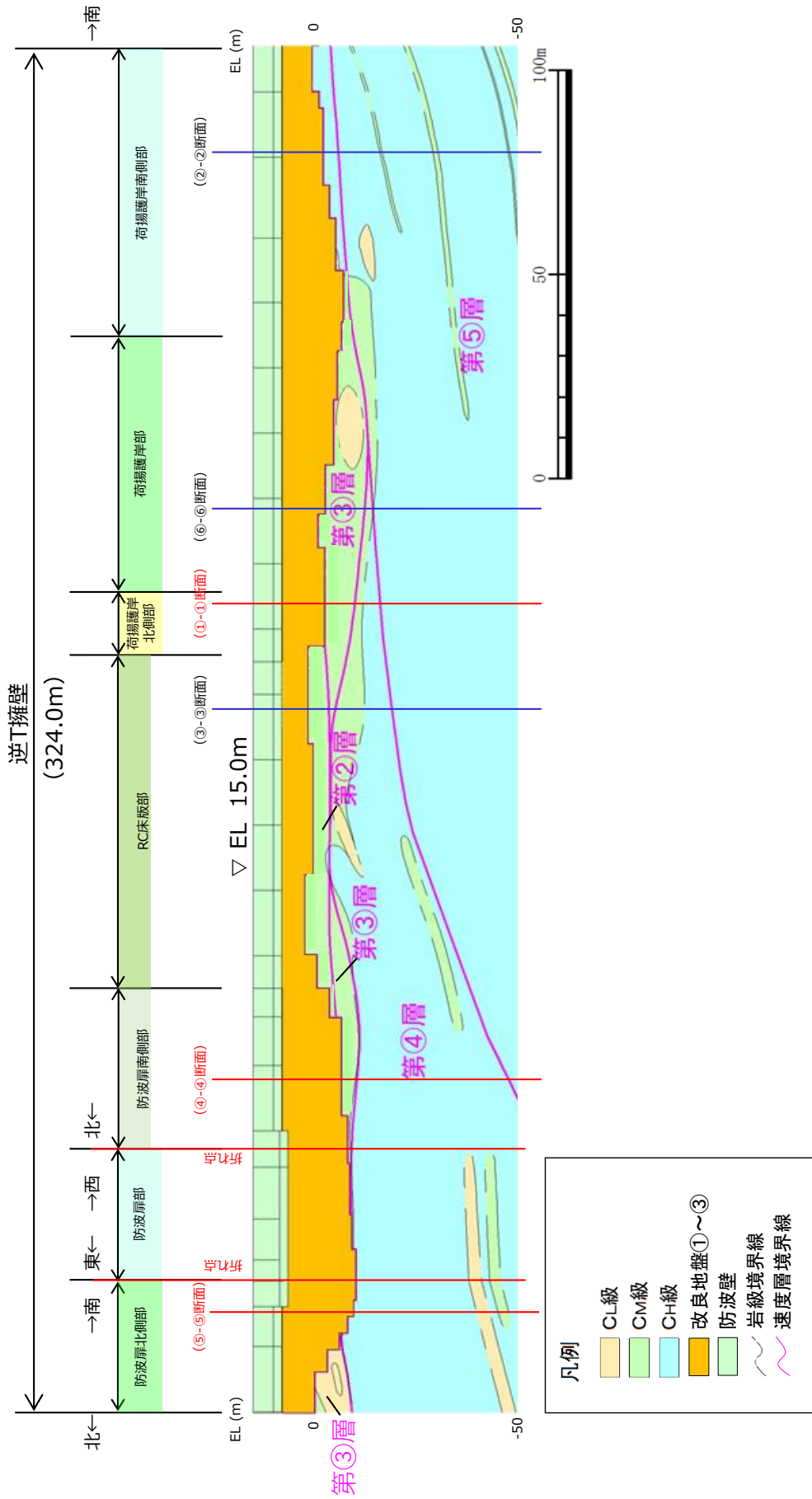


図 3-2 防波壁（逆T擁壁）の縦断面図

(単位：m)

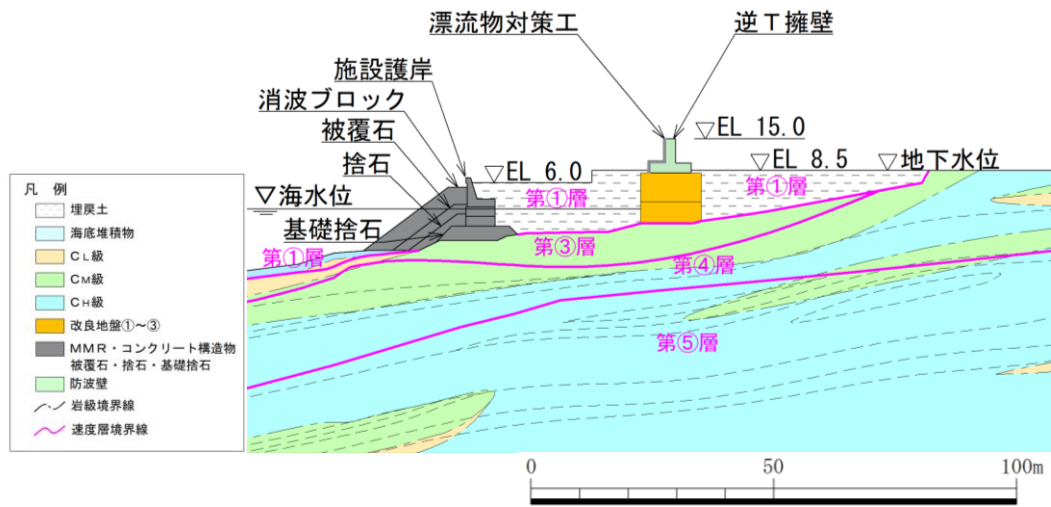


図 3-3 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（①-①断面）

(単位：m)

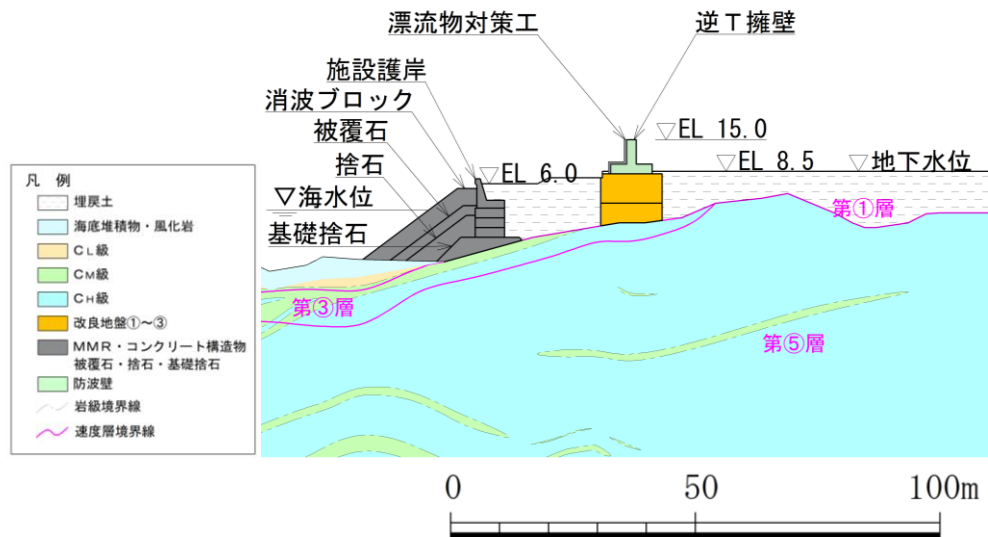


図 3-4 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（②-②断面）

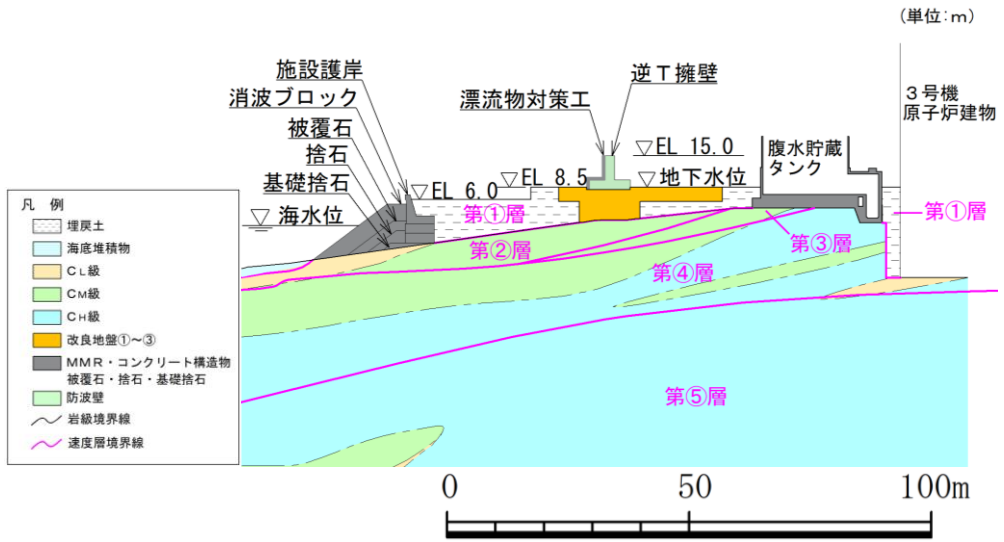


図 3-5 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（③-③断面）

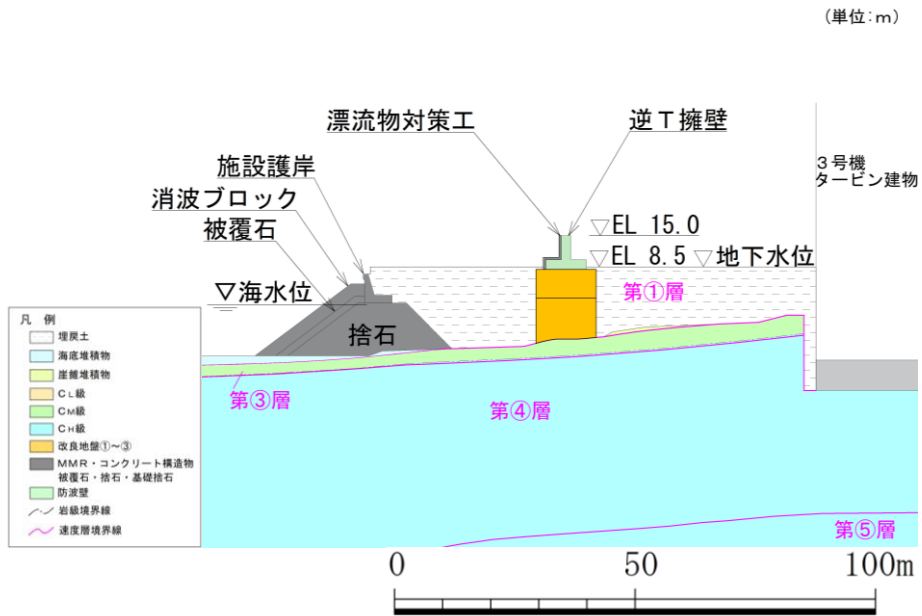


図 3-6 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（④-④断面）

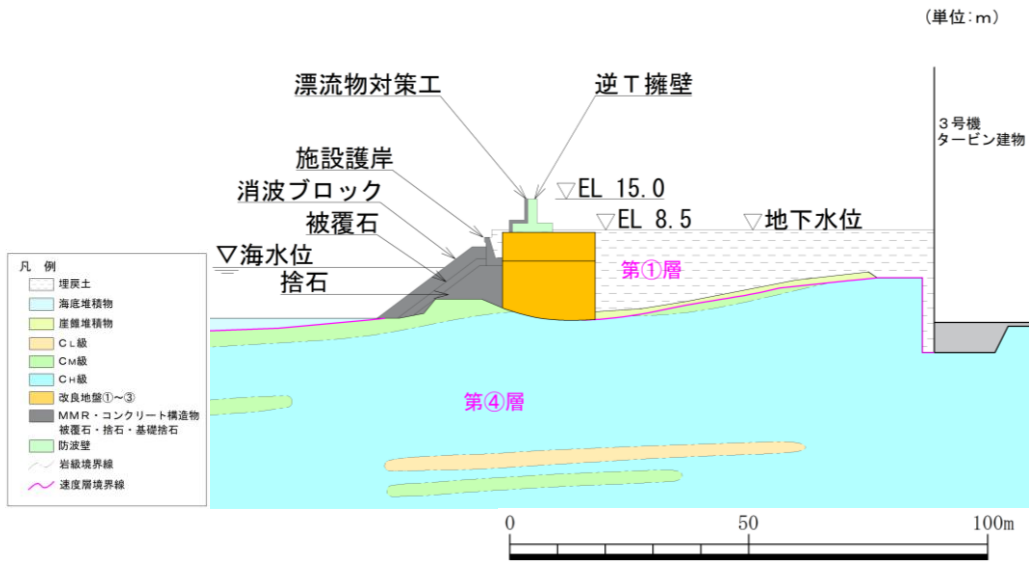


図 3-7 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（⑤-⑤断面）

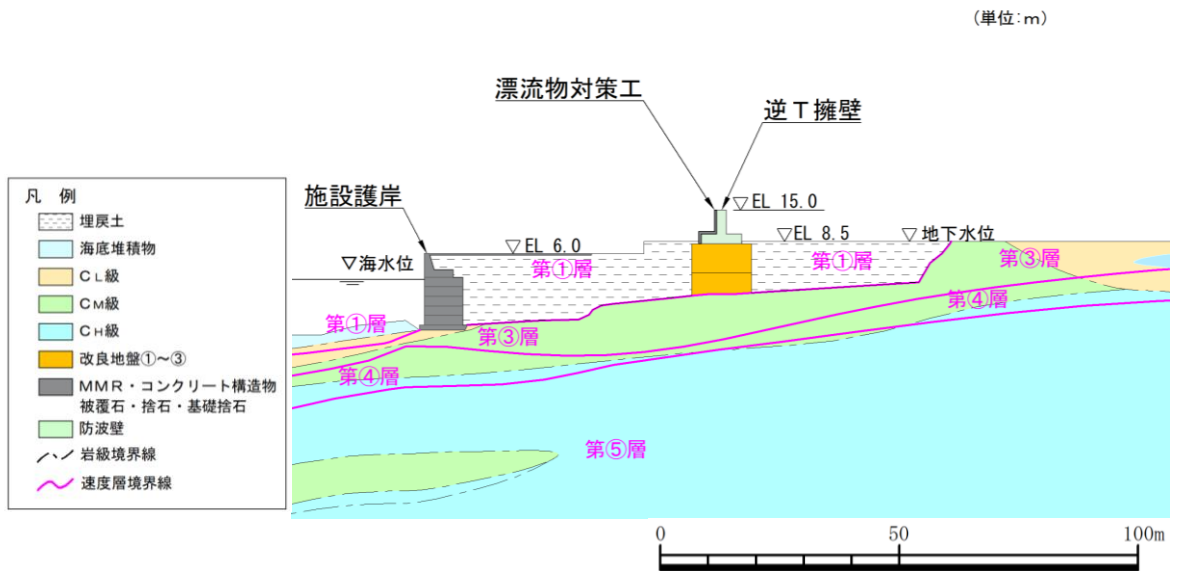


図 3-8 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（⑥-⑥断面）

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，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、積載荷重及びグラウンドアンカの初期緊張力とする。

(2) 遡上津波荷重（P_t）

敷地高以上については、朝倉式により、各施設の設置位置における設置高さを考慮し、津波の水位と各施設の設置高さの差分の1/2倍を浸水深として、浸水深の3倍で作用する水圧として算定する。

(3) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重は、津波漂流物による衝突荷重を**選定し**、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
衝突荷重 (kN/m)	410	410	430

(4) 風荷重 (P_k)

風荷重**については**、**設計基準風速を** 30m/s とし、「**建築基準法・同施工令**」に基づき**算定**する。

(5) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重**として**、発電所**最寄りの**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**35.0cm**とする。積雪荷重**については**、**松江市建築基準法施行細則（平成17年3月31日松江市規則第234号）**により、積雪量 1 cm ごとに 20N/m²の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

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 3-9 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

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

- G : 固定荷重
- 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

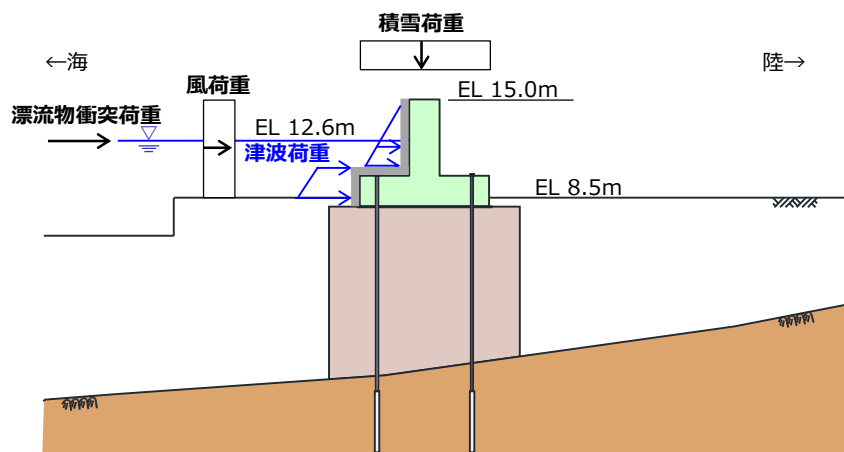


図 3-9 防波壁（逆 T 擁壁）の荷重作用図（津波時）

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擁壁の許容限界は、「コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき、表3-4のとおり設定する。

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}	9.0	13.5
	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[構造性能照査編]（（社）土木学会，2002年制定）」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（（社）地盤工学会，2012年）」に基づき、許容アンカー力を表3-5のとおり設定する。

表 3-5 グラウンドアンカの許容限界

許容値 (kN)		
①-①断面	④-④断面	⑤-⑤断面
1764	1453	2076

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（平成 25 年 6 月 19 日原管地発第 1306196 号）」を準用し、表 3-6 のとおり設定する。

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（ゴムジョイント）の許容限界は、メーカー規格、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位量とする。評価対象断面である⑤-⑤断面における止水目地（ゴムジョイント）の変位量に対する許容限界を表 3-7 に示す。

表 3-7 止水目地（ゴムジョイント）の変位量の許容限界

評価項目	許容限界 (mm)
変位量	449

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）・同解説（（社）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)
極限支持力度	岩盤	C _H 級
		C _M 級
		C _L 級
	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 の位置に作用させる。

2次元静的有限要素法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。

強度評価では、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）の前面には施設護岸が設置されており、施設護岸の基礎には基礎捨石及び被覆石（以下「施設護岸等」という。）を設置している。施設護岸等が防波壁（逆T擁壁）の変形抑制に寄与する可能性が高いと考えられる⑤-⑤断面については、解析ケース（解析ケース②）を実施する。（「5.6 施設護岸等の損傷による不確かさの影響確認」参照。）

強度評価における解析ケースを表3-9に示す。

表3-9 解析ケース

解析ケース	ケース①	ケース②
		基本 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

評価対象断面のうち①-①断面、④-④断面及び⑤-⑤断面の解析モデルは、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」に示した解析モデルを用いる。

a. 解析領域

解析領域は、「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（社）日本電気協会」を参考に、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、非線形ばねでモデル化し、定着部分を多点拘束(MPC)とする。

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

津波時の施設及び地盤の接合面における剥離及びすべりを考慮するため、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（（社）日本港湾協会、H19年版）」及び「港湾構造物設計事例集（沿岸技術研究センター、平成19年3月）」に準拠して、これらの接合面にジョイント要素を設定する。

(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 3-10 に、材料の物性値を表 3-11 及び表 3-12 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 3-10 に示す。

表 3-10 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：17.5m～30.0m, 極限引張力：2800kN, 降伏引張力：2400kN

表 3-11 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]（(社) 土木学会，2002 年制定）

表 3-12 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	

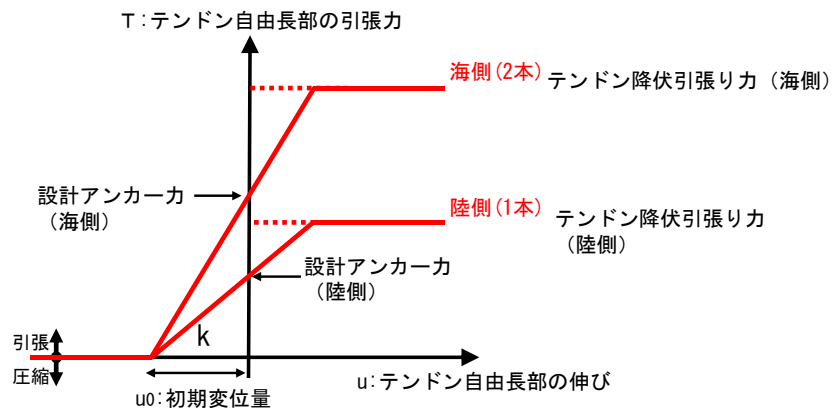


図3-10 グラウンドアンカの非線形ばねモデルの概念図

(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 3-13 のとおり設定する。

表 3-13 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。設計地下水位を表 3-14 に示す。

表 3-14 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
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. 曲げ照査及びせん断照査

逆T擁壁の評価は、コンクリートの曲げ応力及び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度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線上のすべり安全率が1.2以上であることを確認する。すべり安全率は、想定したすべり線上の応力状態をもとに、すべり線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。

改良地盤の応力度算定には、解析コード「C P O S T K」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。

(4) 止水目地

止水目地の津波時の変形性評価は、津波時の変位量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）の変位量は、図 3-11 に示すとおり、防波壁（逆 T 擁壁）天端における津波時の相対変位量とし、保守的に相対変位量を 2 倍したものを算定する。

y 方向（法線方向）の変位量は、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、法線方向の変位量は考慮しない。

$$x \text{ 方向（法線直交方向）の津波時の変位量} \quad \delta_x : \delta_x = |\delta_{x1}| \times 2$$

$$z \text{ 方向（深度方向）の津波時の変位量} \quad \delta_z : \delta_z = |\delta_{z1}| \times 2$$

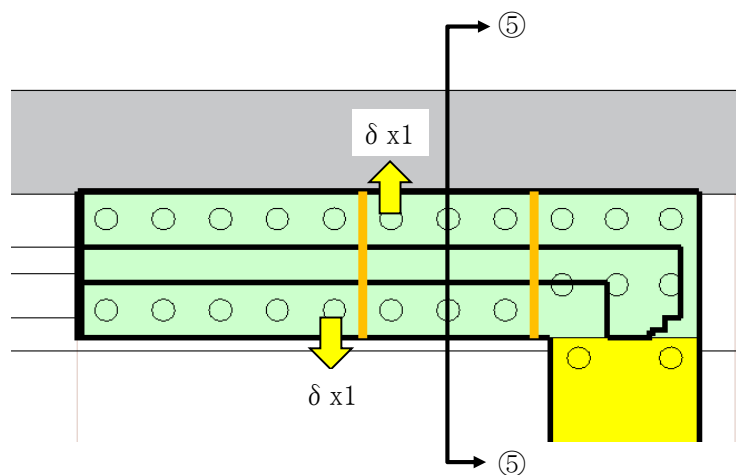
ここで、

δ_{x1} : x 方向（法線直交方向）の津波時の最大相対変位量

δ_{z1} : z 方向（深度方向）の津波時の最大相対変位量

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（ゴムジョイント）の津波時の最大変位量とする。

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



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 3-11 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。

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
	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	t/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
	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	t/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
	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	t/m ³

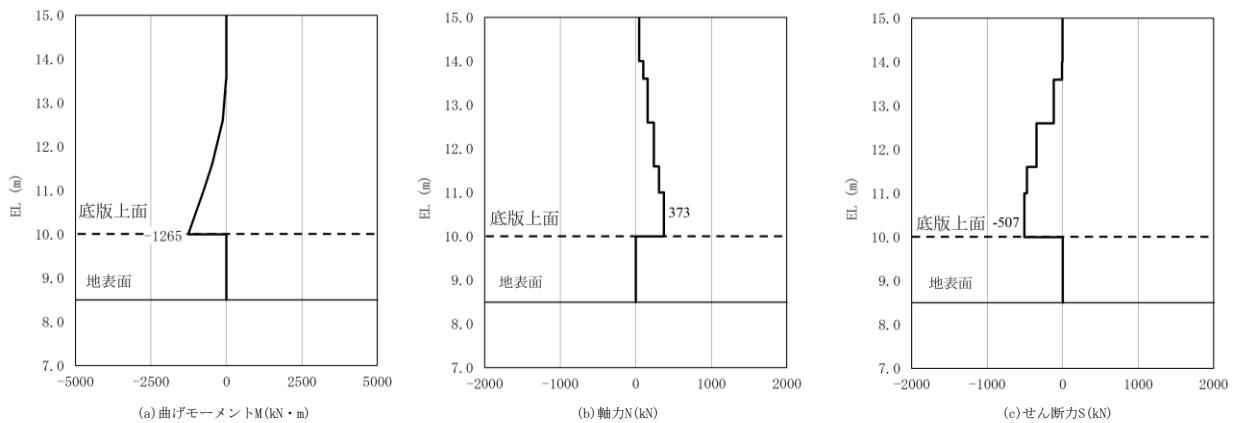
5. 評価結果

5.1 逆T擁壁の評価結果

5.1.1 曲げ照査及びせん断照査

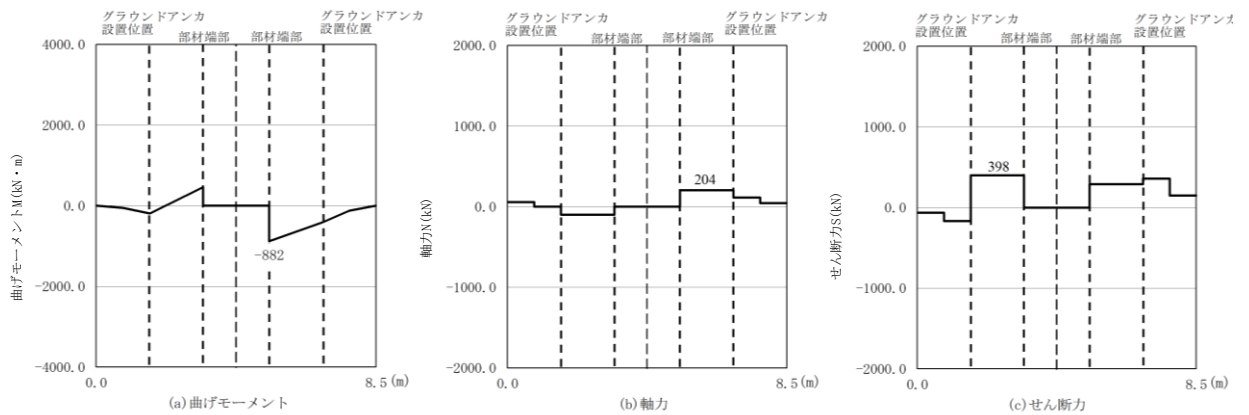
逆T擁壁の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査断面力図を図 5-1～図 5-3 に示し、逆T擁壁の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査値を表 5-1～表 5-6 に示す。

この結果から逆T擁壁の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。



(- : 引張、 + : 圧縮)

(縦壁)



(- : 引張、 + : 圧縮)

(底版)

図 5-1 逆T擁壁の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する

照査断面力 (①-①断面)

解析ケース①：基本ケース

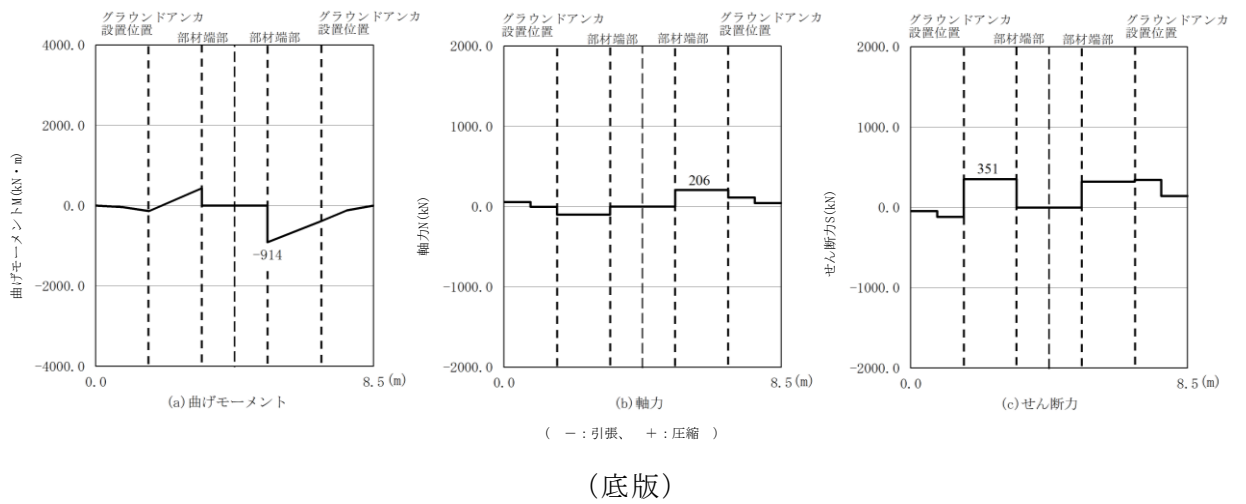
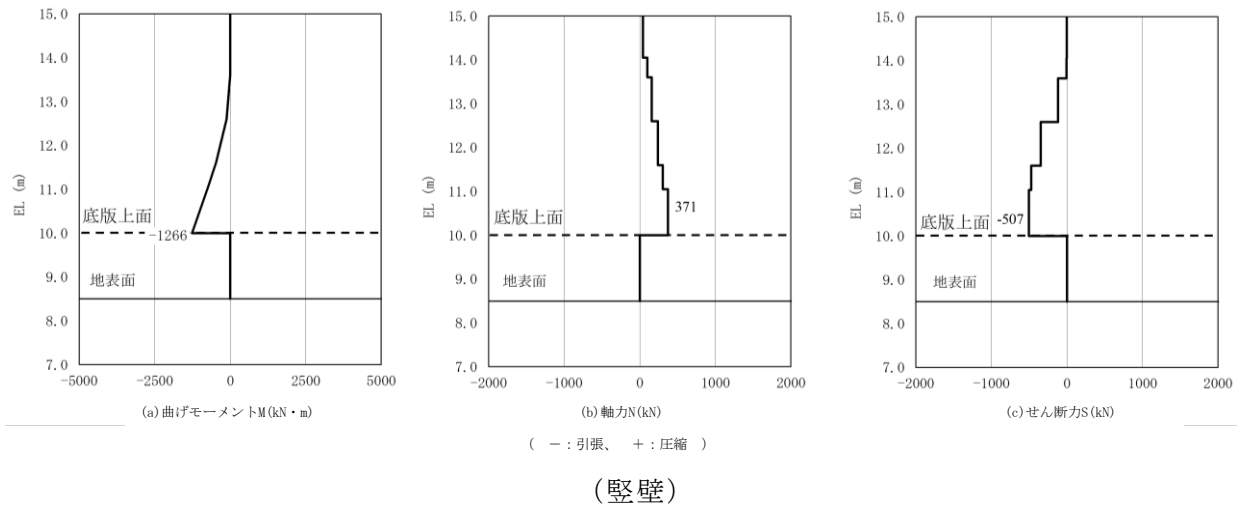
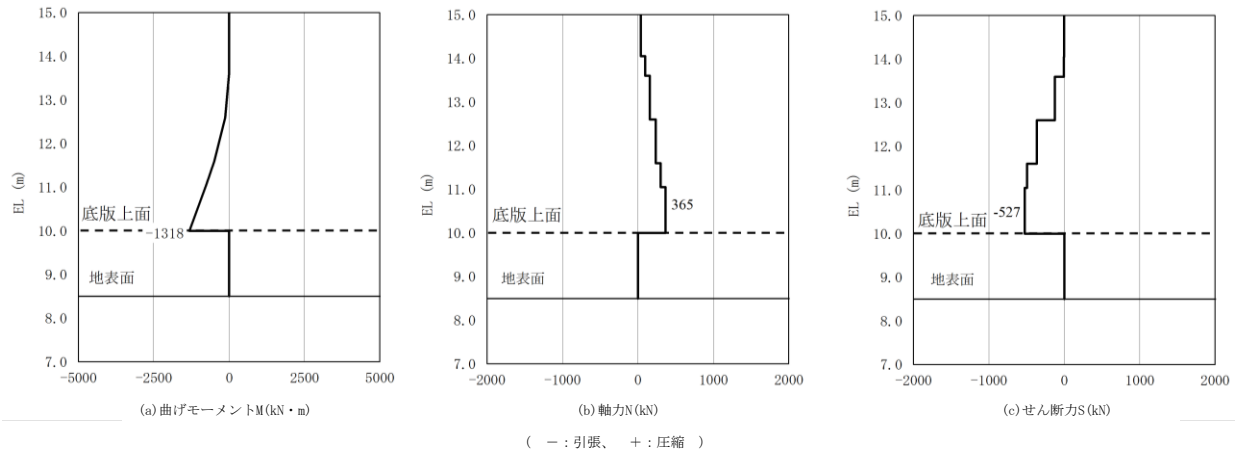


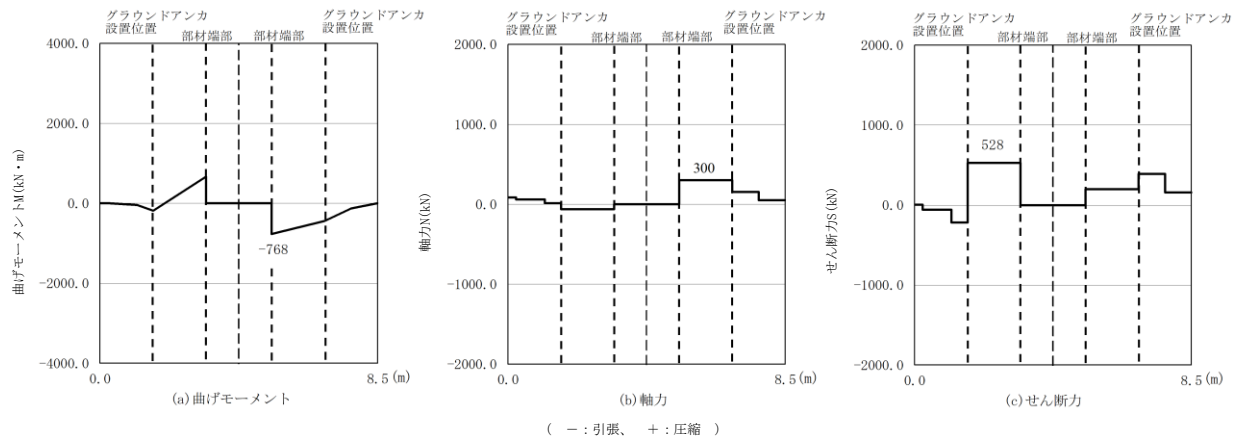
図 5-2 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する

照査断面力 (④-④断面)

解析ケース①：基本ケース



(壁)



(底版)

図 5-3 逆 T 擁壁の曲げ・軸力系の破壊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 M (kN・m)	軸力 N (kN)			
①	1265	373	107.2	294	0.37

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 M (kN・m)	軸力 N (kN)			
①	1266	371	107.5	294	0.37

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 M (kN・m)	軸力 N (kN)			
①	1318	365	113.7 (113.7)*	294	0.39

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 (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{a1}
	せん断力 Q (kN)			
①	507	0.30	0.67	0.45

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 (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{a1}
	せん断力 Q (kN)			
①	507	0.30	0.67	0.45

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 (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_s / τ_{a1}
	せん断力 Q (kN)			
①	528	0.35	0.67	0.53

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 σ_b 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	0.57

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	0.47

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	18.0	0.65

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)	許容アンカー力 T _a (kN)	照査値 T/T _a
①	1454	1764	0.83

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)	許容アンカー力 T _a (kN)	照査値 T/T _a
①	1181	1453	0.82

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)	許容アンカー力 T _a (kN)	照査値 T/T _a
①	1670	2076	0.81

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

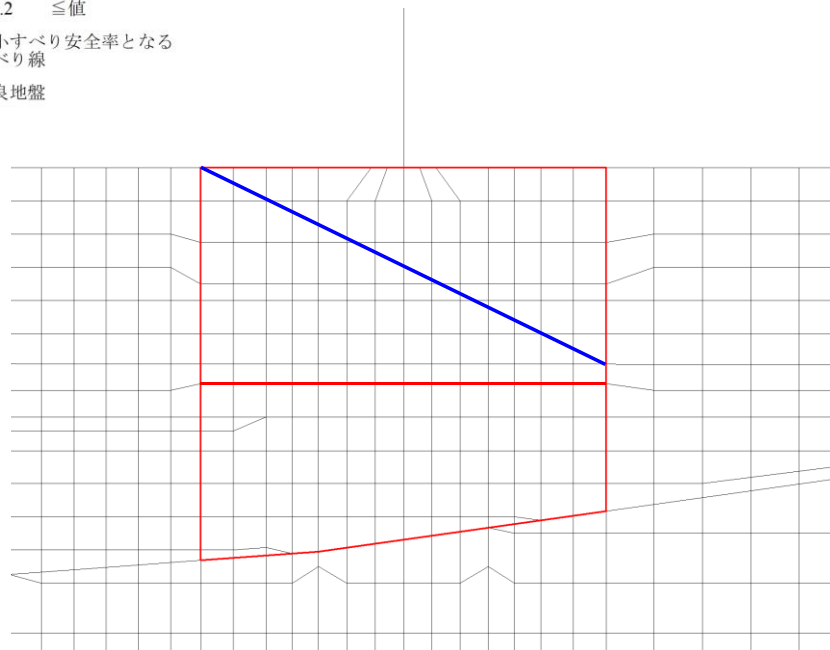


図 5-4 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布
(①-①断面)

解析ケース①：基本ケース

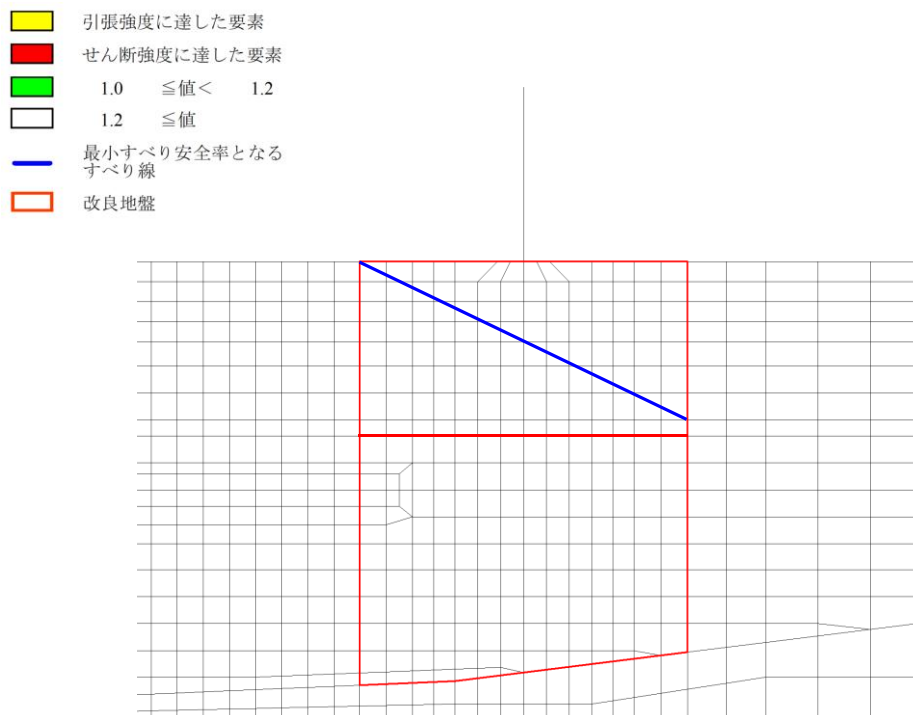


図 5-5 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布
(④-④断面)

解析ケース①：基本ケース

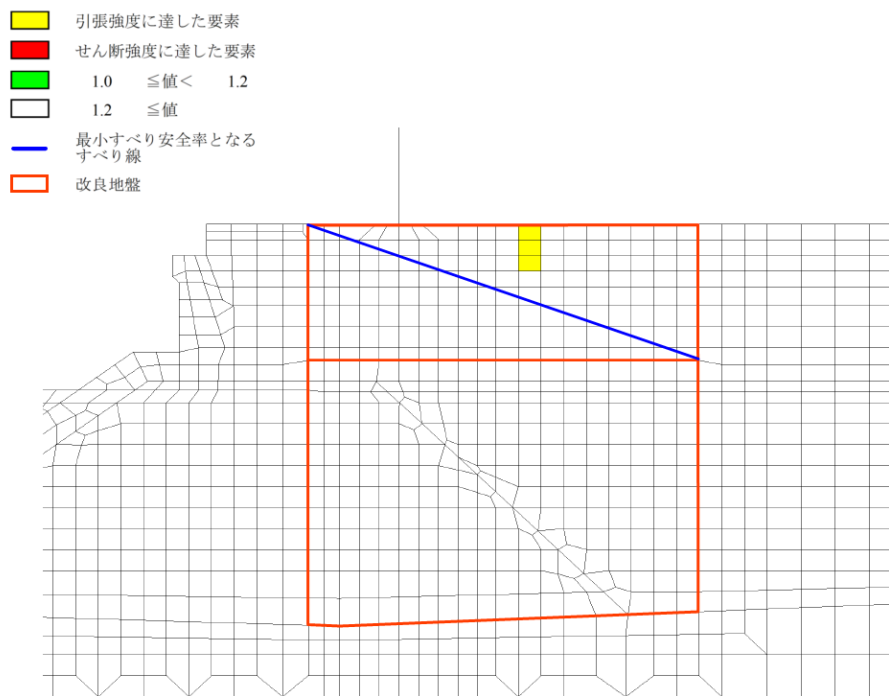


図 5-6 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布
(⑤-⑤断面)

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（ゴムジョイント）の変位量に対する照査結果を表 5-14 に示す。

津波時の止水目地（ゴムジョイント）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（ゴムジョイント）の変位量に対する照査結果（⑤-⑤断面）

方向	津波時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δ_x : 法線直交 方向	13	—
δ_z : 深度方向	1	—
合成方向 (2 方向合成)	13	449

5.5 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価結果を表 5-15～表 5-17 に、基礎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 5-15(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	0.29

表 5-15(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	0.06

表 5-16(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	0.29

表 5-16(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	0.06

表 5-17(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	1.4	0.29

表 5-17(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	3.9	0.11

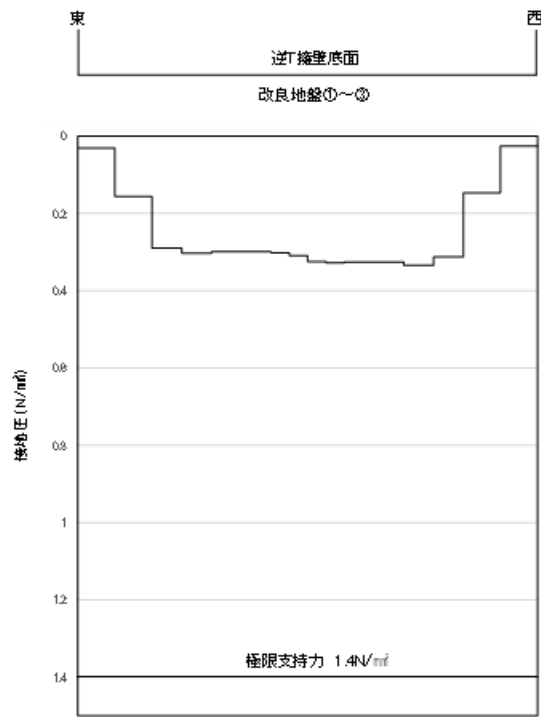


図 5-7(1) **基礎**地盤の接地圧分布図 (①-①断面, 逆T擁壁)
解析ケース①: 基本ケース

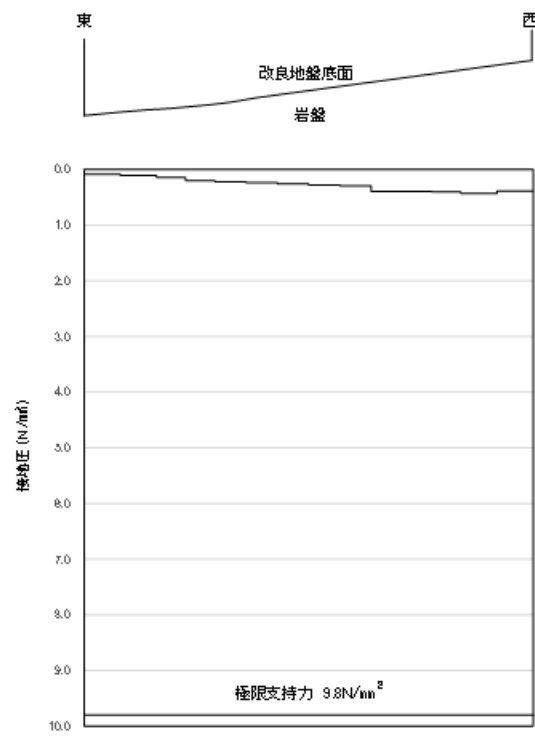


図 5-7(2) **基礎**地盤の接地圧分布図 (①-①断面, 改良地盤)
解析ケース①: 基本ケース

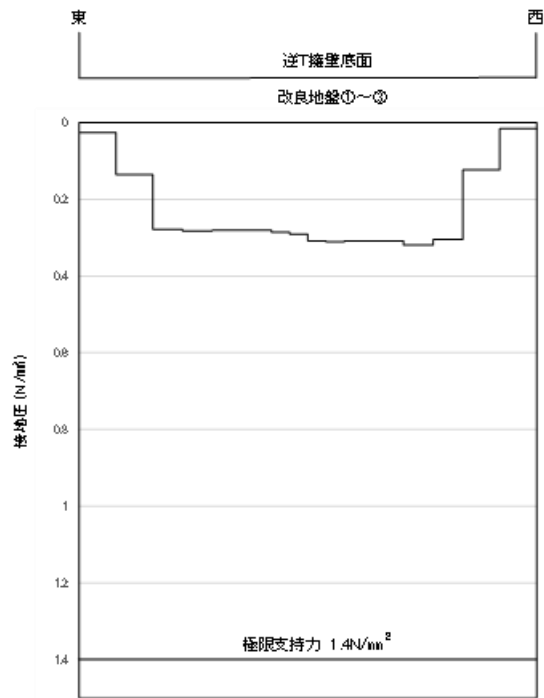


図 5-8(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 逆T擁壁)
解析ケース①: 基本ケース

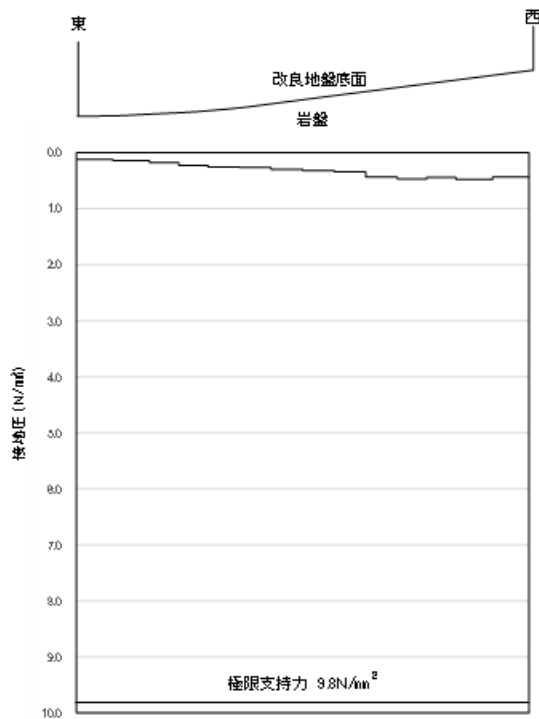


図 5-8(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 改良地盤)
解析ケース①: 基本ケース

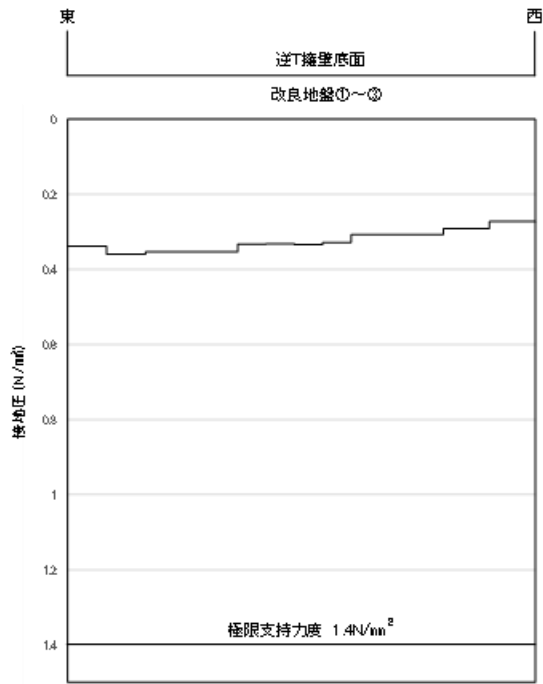


図 5-9(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 逆T擁壁)
解析ケース①: 基本ケース

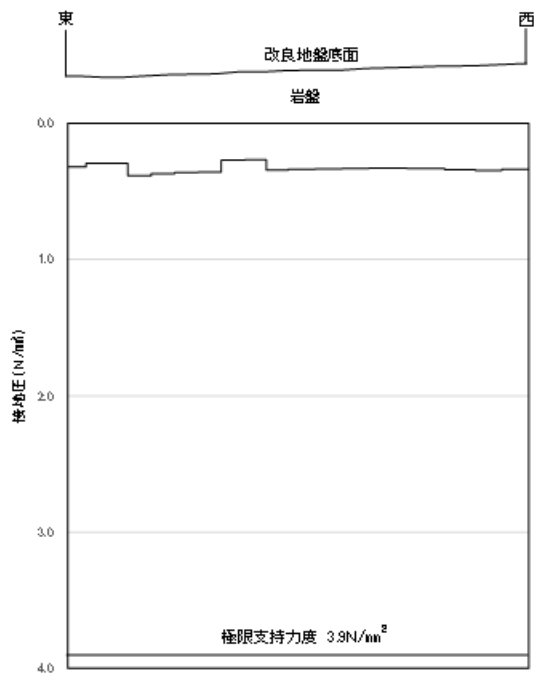


図 5-9(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 改良地盤)
解析ケース①: 基本ケース

5.6 施設護岸等の損傷による不確かさの影響確認

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。

5.6.2 解析モデル

防波壁（逆T擁壁）の前面に施設護岸等がない場合の⑤-⑤断面における地震応答解析モデルを図5-10に示す

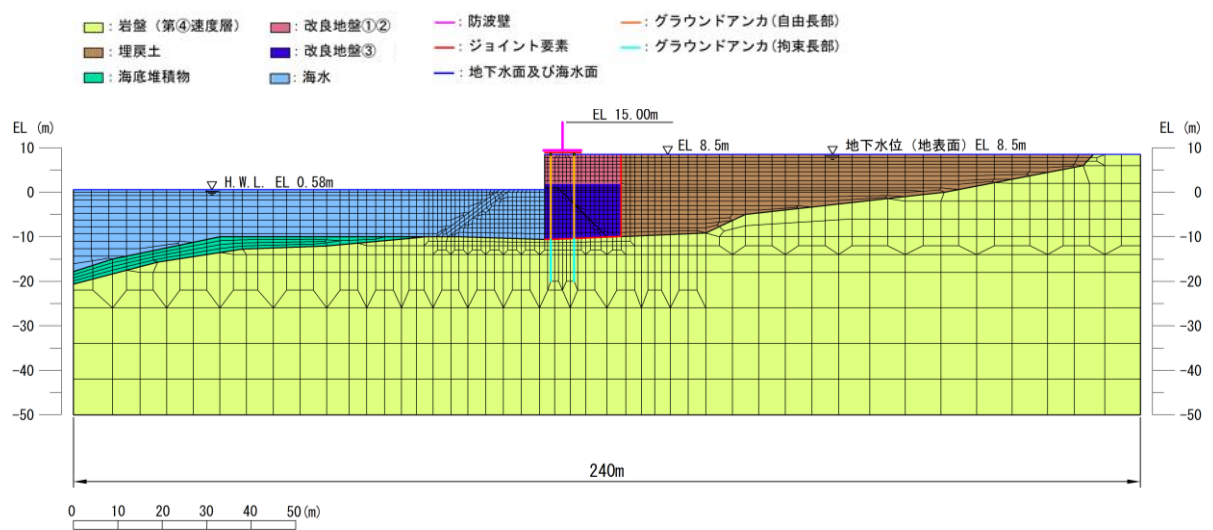


図5-10 ⑤-⑤断面における地震応答解析モデル
(施設護岸等が損傷した場合)

5.6.3 荷重

施設護岸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、「防波堤の耐津波設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 27 年 12 月）一部改訂」に基づき、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 示す。

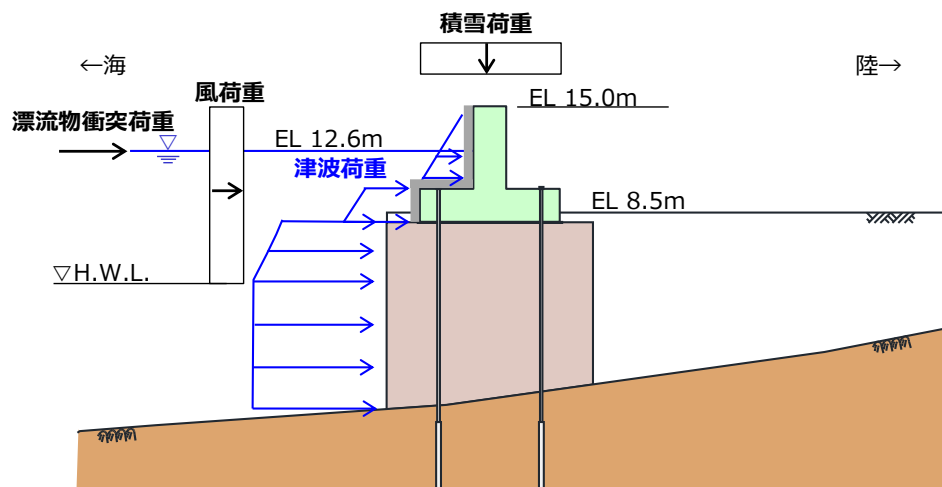


図 5-11 防波壁（逆T擁壁）の荷重作用図（不確かさケース）

5.6.4 評価結果

(1) 逆T擁壁

施設護岸等が損傷した場合の評価結果を表5-18～表5-20に示す。施設護岸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5-18 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 M (kN・m)	軸力 N (kN)			
施設護 岸等有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	1318	365	113.7	294	0.39
施設護 岸等無	②	1318	365	113.8	294	0.39

表5-19 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 (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ / τ_{a1}
		せん断力 Q (kN)				
施設護 岸等有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	528		0.35	0.67	0.53
施設護 岸等無	②	516		0.35	0.67	0.53

表 5-20 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)	許容アンカー力 T _a (kN)	照査値 T/T _a
施設護岸等有	① (「5. 評価結果」 にて評価済み)	1670	2076	0.81
施設護岸等無	②	1691	2076	0.82

6. 漂流物対策工

6.1 概要

津波防護施設である防波壁（逆T擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の耐震性について、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防波壁（逆T擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析に基づく構造部材の健全性評価を行う。

6.2 基本方針

6.2.1 位置

防波壁（逆T擁壁）に設置する漂流物対策工の位置を図6-1に、防波壁（逆T擁壁）に設置する漂流物対策工の構造区分を図6-2、漂流物対策工の構造区分一覧を表6-1に示す。

防波壁（逆T擁壁）には漂流物対策工③，漂流物対策工④，漂流物対策工⑤及び漂流物対策工⑨を設置する。

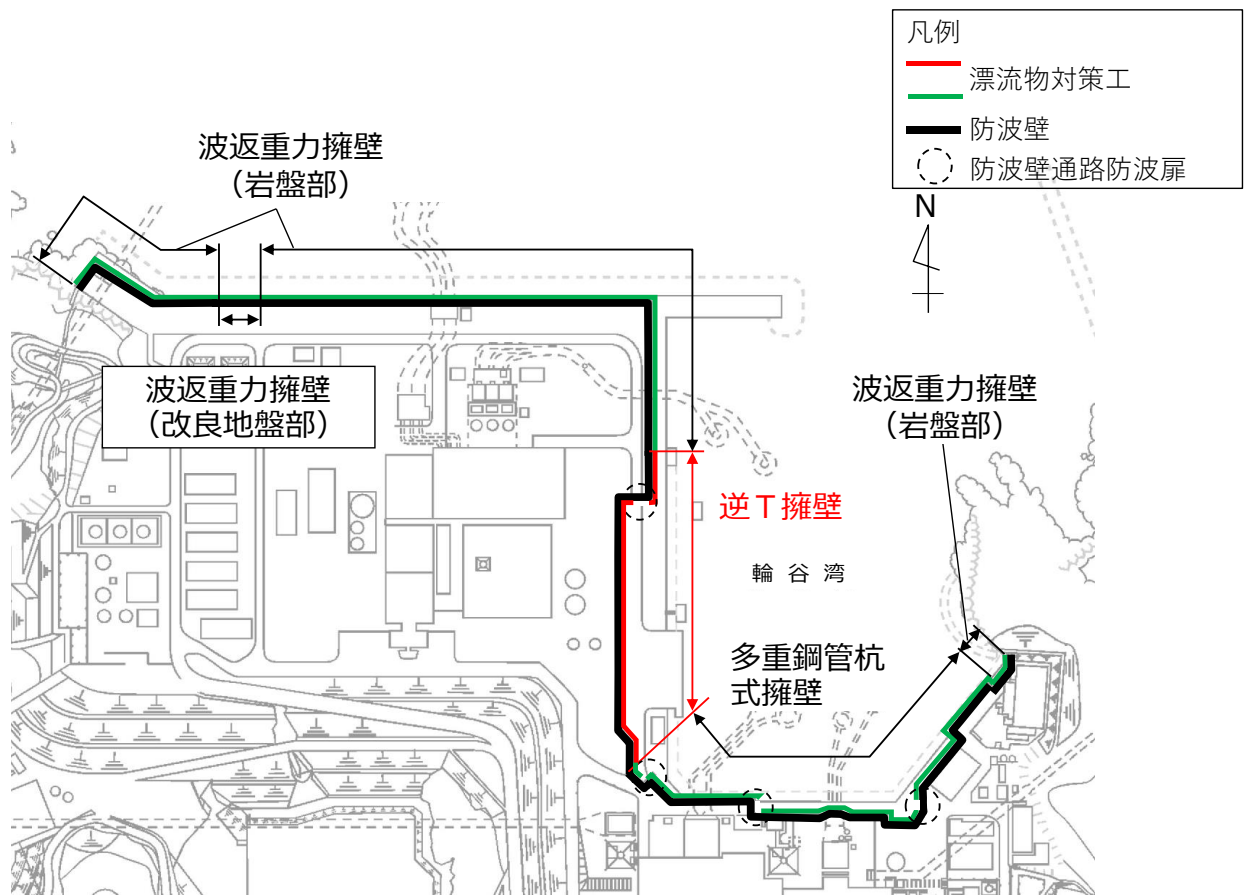


図6-1 漂流物対策工の設置位置図

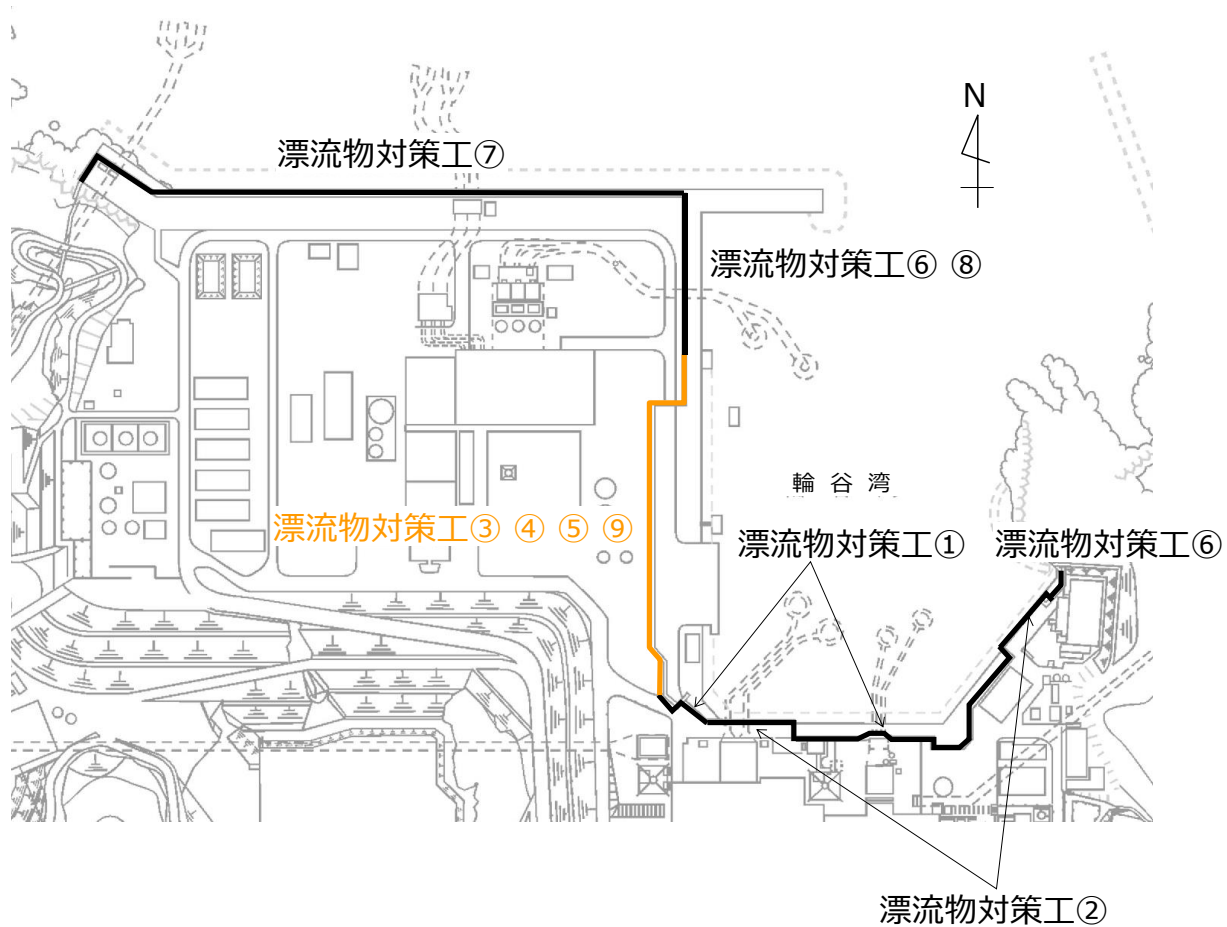


図 6-2 漂流物対策工の構造区分図

表 6-1 漂流物対策工の構造区分一覧

名称	種別	設置個所
漂流物対策工③	鉄筋コンクリート版	防波壁（逆T擁壁） 縦壁
漂流物対策工④	鉄筋コンクリート版	防波壁（逆T擁壁） フーチング
漂流物対策工⑤	鉄筋コンクリート版	防波壁（逆T擁壁） フーチング側壁
漂流物対策工⑨	鋼材	防波壁（逆T擁壁） グラウンドアンカ

6.2.2 構造概要

防波壁（逆T擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造概要図を図6-3に、概略配筋図を図6-4に、アンカーボルト配置図を図6-5に示す。また、漂流物対策工（鋼材）の構造概要図を図6-6に示す。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、厚さ50cmの鉄筋コンクリート版で構成される構造とし、アンカーボルトにより防波壁（逆T擁壁）に支持される構造である。

また、漂流物対策工（鋼材）は、グラウンドアンカのアンカーヘッド上部に設置するものであり、鋼材により構成される構造とし、アンカーボルトにより漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に固定される構造である。

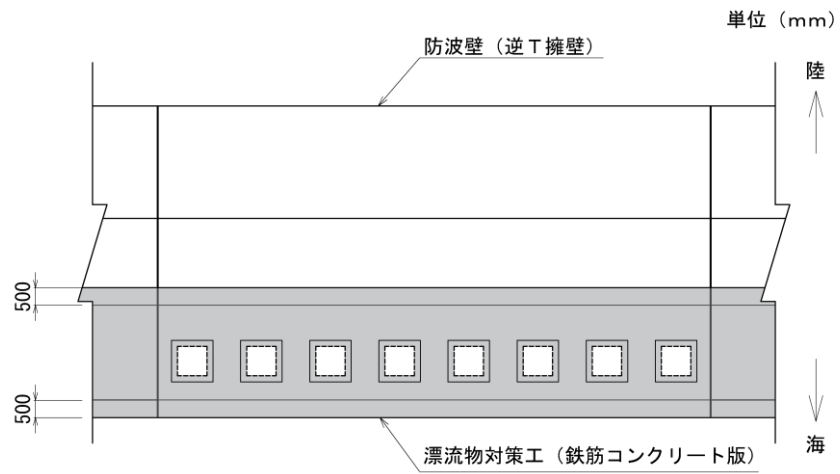


図 6-3(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (平面図)

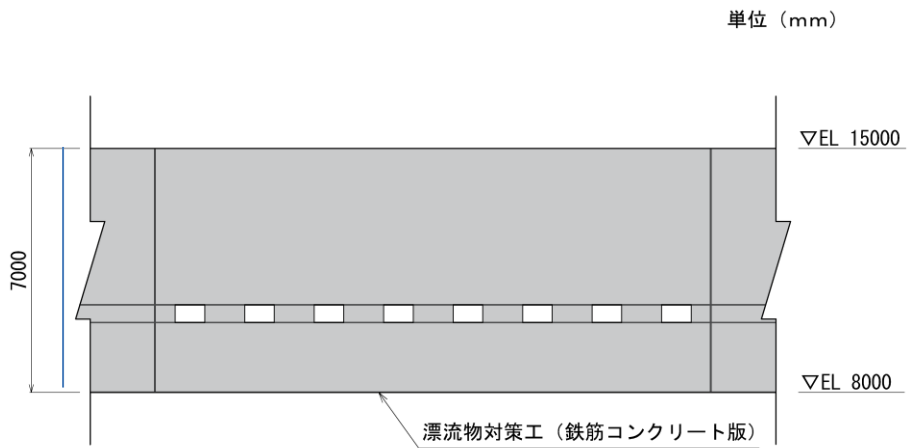


図 6-3(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (正面図)

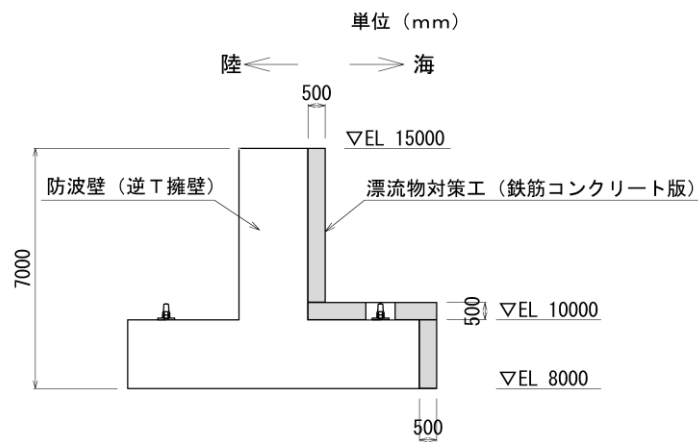


図 6-3(3) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (断面図)

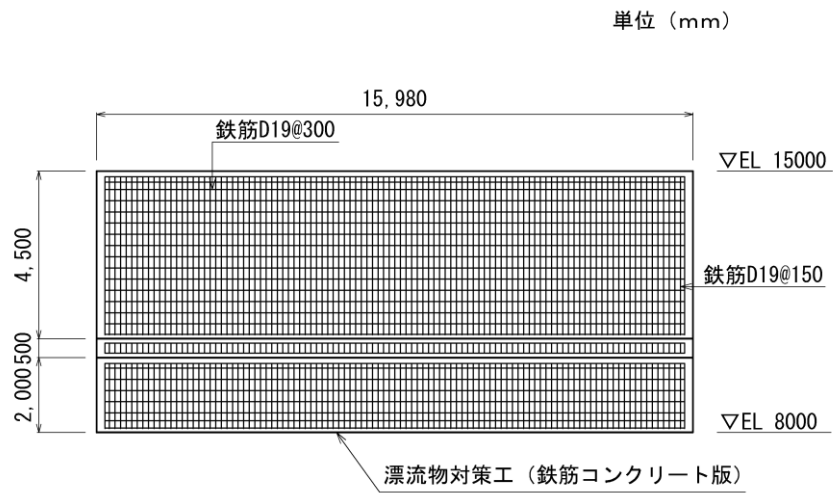


図 6-4(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (正面図)

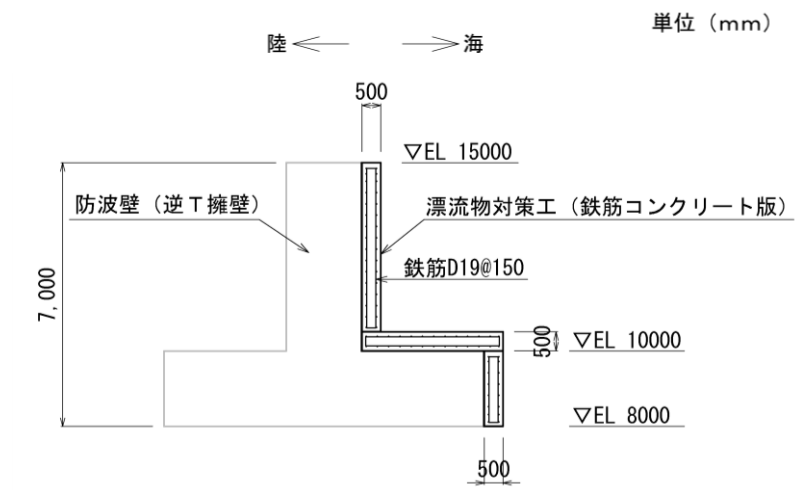


図 6-4(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (断面図)

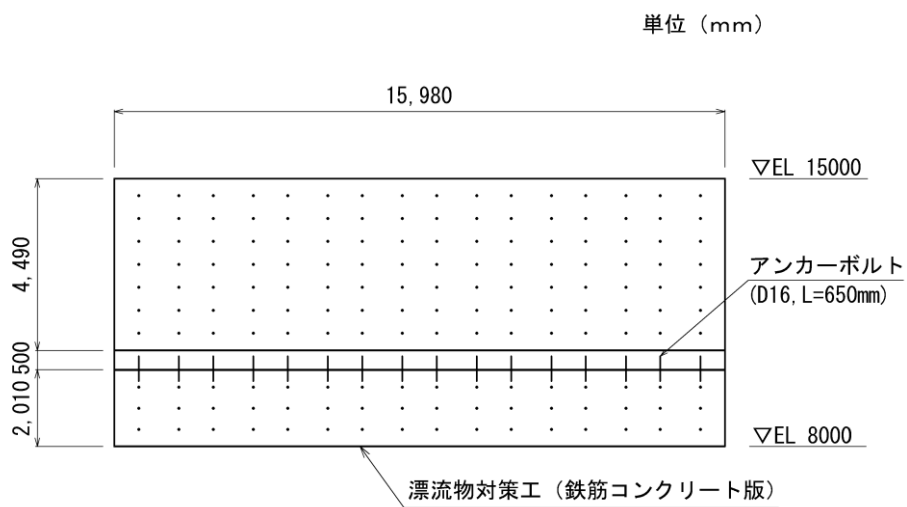


図 6-5(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (正面図)

S2 補 VI-3-別添 3-2-1-2 R0

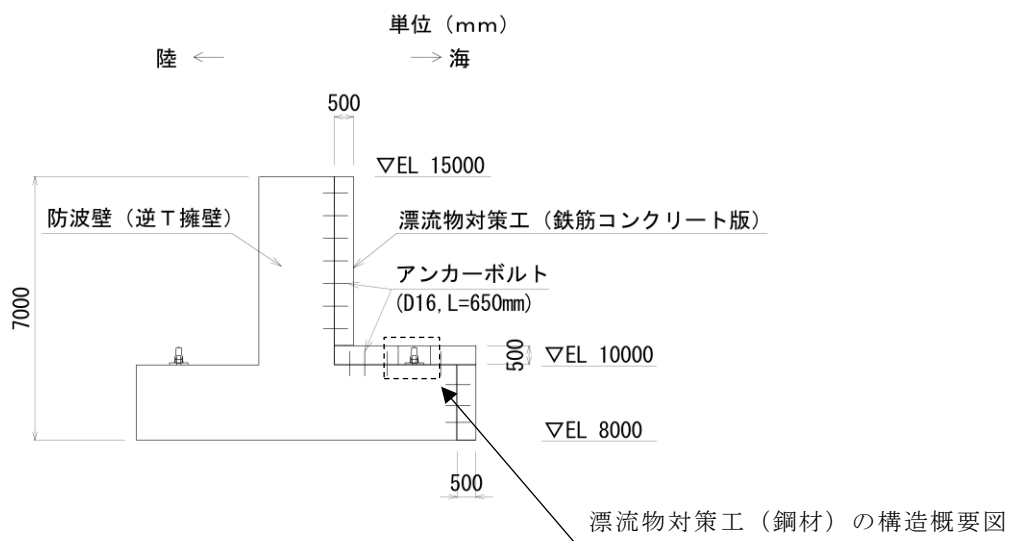


図 6-5(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (断面図)

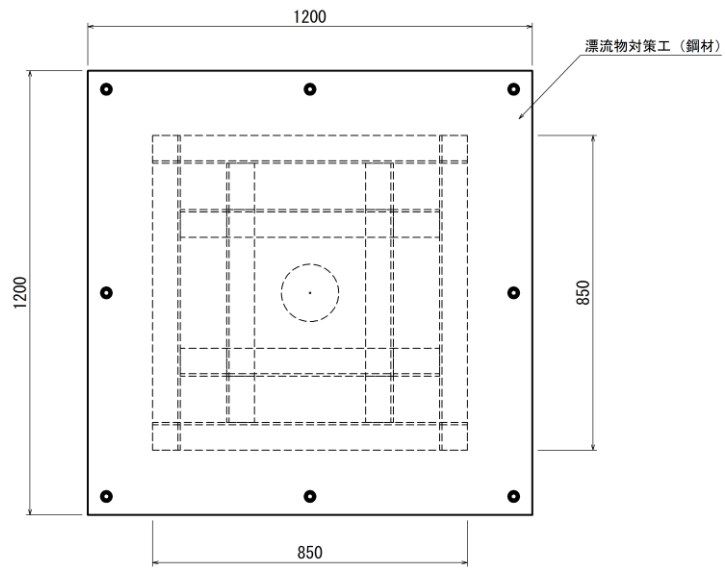


図 6-6(1) 漂流物対策工 (鋼材) の構造概要図 (平面図)

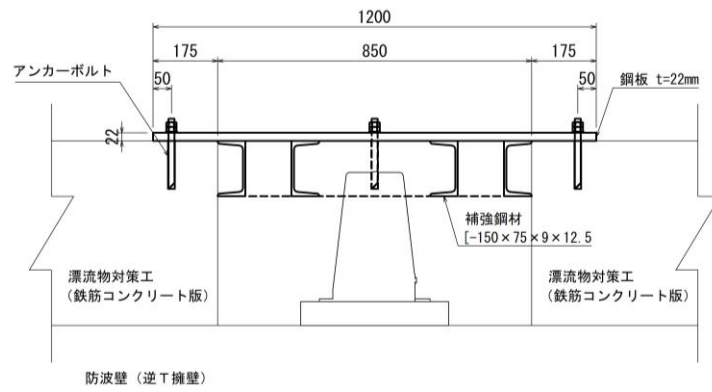


図 6-6(2) 漂流物対策工 (鋼材) の構造概要図 (断面図)

6.2.3 評価方針

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、津波防護施設である防波壁（逆T擁壁）に設置し、漂流物衝突荷重を分散して防波壁（逆T擁壁）に伝達し、防波壁（逆T擁壁）の局所的な損傷を防止する機能を有することから、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。

漂流物対策工（鋼材）は、津波防護施設である防波壁（逆T擁壁）に設置し、漂流物をグラウンドアンカに衝突させない機能を有することから、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の各部位の役割及び性能目標を表6-2及び表6-3に示す。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の強度評価は、表6-4に示すとおり、津波時及び重畳時の荷重に対して、漂流物対策工を構成する鉄筋コンクリート版及び鋼材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の耐震評価フローを図6-7に示す。

表6-2 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）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	鉄筋コンクリート版	<ul style="list-style-type: none"> 役割に期待しない（防波壁（逆T擁壁）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）。 	<ul style="list-style-type: none"> 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。
	鋼材	<ul style="list-style-type: none"> 役割に期待しない（防波壁（逆T擁壁）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）。 	<ul style="list-style-type: none"> 漂流物をグラウンドアンカに衝突させない。
	アンカーボルト	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート版を支持する。 鋼材を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート版を支持する。 鋼材を支持する。

表 6-3 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の各部位の性能目標

部位		性能目標	
		耐震性	耐津波性
施設	鉄筋コンクリート版	—	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おおむね弾性状態にとどまること。
	鋼材	—	漂流物衝突荷重をグラウンドアンカに伝達させないために、鋼材がおおむね弾性状態にとどまること。
	アンカーボルト	鉄筋コンクリート版及び鋼材が防波壁（逆T擁壁）から分離しないために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまること。	鉄筋コンクリート版及び鋼材が防波壁（逆T擁壁）から分離しないために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまること。

表 6-4 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の評価項目（強度評価）

評価方針	種別	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	アンカーボルト	発生する応力（押抜きせん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
	漂流物対策工（鋼材）	鋼材	発生する応力（鋼材の曲げ応力及びせん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		アンカーボルト	発生する応力（アンカーボルトの引張力及びせん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度

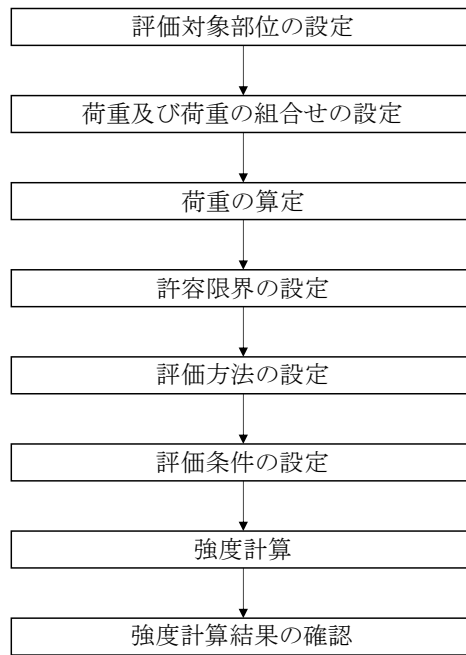


図 6-7 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の強度評価フロー

6.2.4 記号の説明

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の強度計算に用いる記号を表 6-5 に示す。

表 6-5(1) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の強度計算に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P _t	kN	浸水津波荷重
P _c	kN	漂流物衝突荷重
P _k	kN	風荷重
K _{Sd}	kN	余震荷重
ρ	t/m ³	海水の密度
g	m/s ²	重力加速度
H _d	m	水深
τ_p	kN/mm ²	鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力
P _{dc}	kN	鉄筋コンクリート版に作用する荷重
U _p	m	設計断面の周長（載荷面から d/2 離れた位置）
d	m	鉄筋コンクリート版の有効高さ
σ_{dkb}	N/mm ²	鋼材に作用する曲げ応力度
M _{dk}	kN・m	3次元構造解析における発生曲げモーメント
Z _{dk}	mm ³	鋼材の断面係数
τ_{dk}	N/mm ²	鋼材に作用するせん断応力度
Q _{dk}	kN	3次元構造解析における発生せん断力
A _{dk}	mm ²	鋼材の断面積
σ_{dkb1}	N/mm ²	鋼板に作用する最大曲げ応力度
M _{dk1}	kN・m	鋼板に作用する最大発生曲げモーメント
Z _{dk1}	mm ³	鋼板の断面係数
σ_{dkb2}	N/mm ²	補強鋼材に作用する最大発生曲げ応力度
M _{dk2}	kN・m	補強鋼材に作用する最大発生曲げモーメント
Z _{dk2}	mm ³	補強鋼材の断面係数
τ_{dkb1}	N/mm ²	鋼板に作用するせん断応力度

表 6-5(2) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の
強度計算に用いる記号

記号	単位	定義
Q_{dk1}	kN	鋼板に作用する最大せん断力
A_{dk1}	mm ³	鋼板の断面積
τ_{dkb2}	N/mm ²	補強鋼材に作用するせん断応力度
Q_{dk2}	kN	補強鋼材に作用する最大せん断力
A_{dk2}	mm ²	補強鋼材の断面積
S_{dk2}	kN	アンカーボルトに作用する最大せん断力
T_{dk2}	kN	アンカーボルトに作用する最大引張力

6.3 評価対象部位

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の評価対象部位は、「6.2.2 構造概要」に設定している構造を踏まえて、津波時荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の評価対象部位は、鉄筋コンクリート版とし、漂流物対策工（鋼材）の評価対象部位は、鋼材及びアンカーボルトとする。

評価対象部位を図 6-8 に示す。

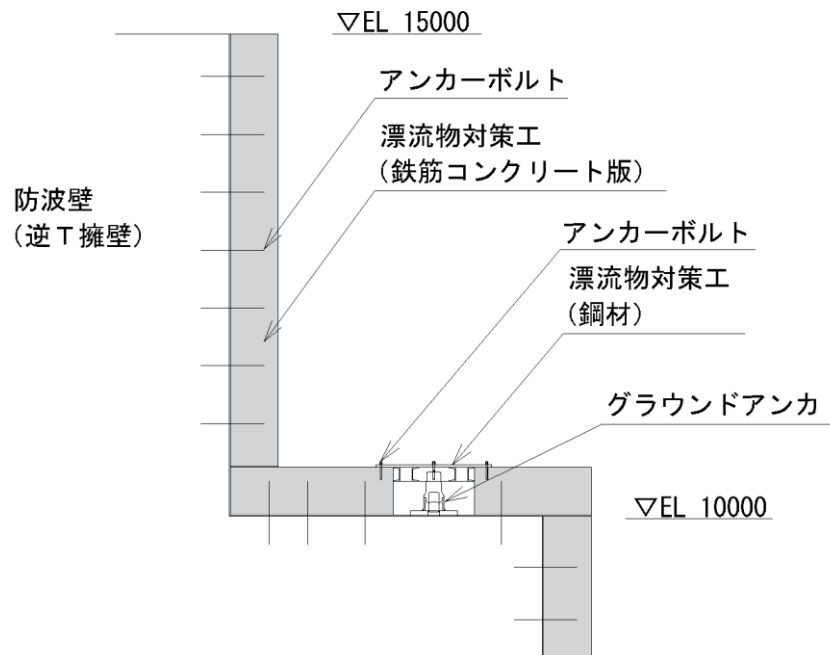


図 6-8 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の評価対象部位

6.4 強度計算

6.4.1 強度計算方法

漂流物対策工の強度計算は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に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、「6.3 評価対象部位」にて設定する評価対象部位に作用する応力が「6.4.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

6.4.2 荷重及び荷重の組合せ

(1) 荷重

a. 固定荷重 (G)

固定荷重として、漂流対策工を構成する部材の自重を考慮する。

b. 浸水津波荷重 (P t)

朝倉式により、各施設の設置位置における設置高さを考慮し、津波の水位と各施設の設置高さの差分の 1/2 倍を浸水深として、浸水深の 3 倍で作用する水圧として算定する。

c. 衝突荷重 (P c)

浸水防護施設の機能に対する影響評価により選定された漂流物として船舶（総トン数 19 トン）による衝突荷重が局所的に作用するものとし、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の強度計算に用いる衝突荷重を表 6-6 のとおり設定する。

表 6-6 強度計算に用いる衝突荷重

衝突荷重 (kN)
1200

d. 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。

(2) 荷重の組合せ

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の強度計算に用いる荷重の組合せを以下に示し、荷重の作用図を図 6-9 に示す。

a. 津波時

$$G + P_t + P_c + P_k$$

ここで、 G ：固定荷重（kN）

P_t ：浸水津波荷重（kN）

P_c ：衝突荷重（kN）

P_k ：風荷重（kN）

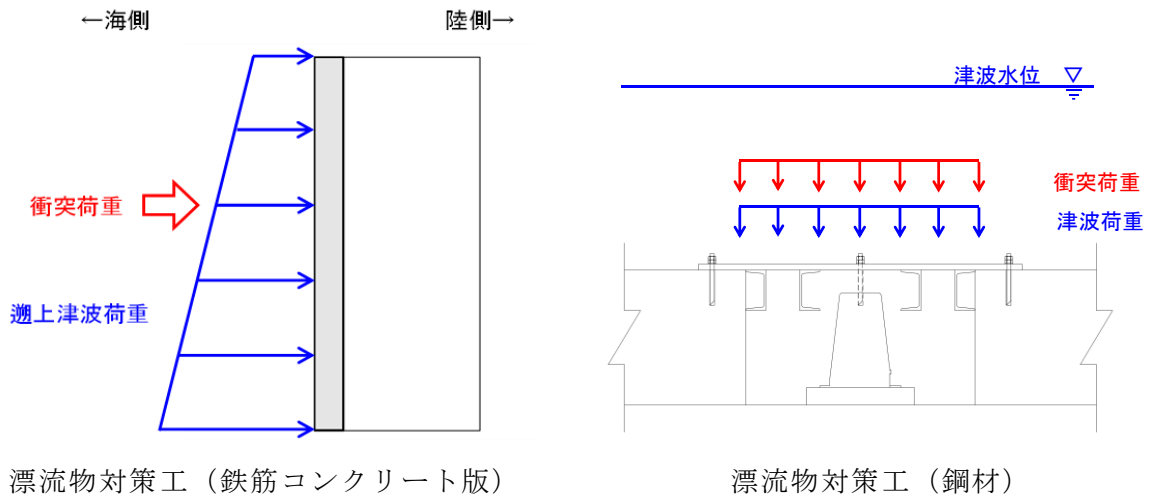


図 6-9 漂流物対策工の荷重作用図

6.4.3 許容限界

漂流物対策工の許容限界は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき設定する。

(1) 使用材料

漂流物対策工を構成する各部材の使用材料を表 6-7 に、材料の物性値を表 6-8 に示す。

表 6-7 使用材料

種別	材料		諸元
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)	鉄筋コンクリート		設計基準強度 24N/mm ²
	アンカーボルト		SD345, D16
漂流物対策工 (鋼材)	鋼材	鋼板	SS400, 板厚 22mm
		補強鋼材	SS400, [-150×75×9×12.5
	アンカーボルト		SS400, M16

表 6-8(1) 材料の物性値 (漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版))

材料	単位体積重量 (kN/m ³)
鉄筋コンクリート	24.0*

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

表 6-8(2) 材料の物性値 (漂流物対策工 (鋼材))

材料	単位体積重量 (kN/m ³) *1	ヤング係数 (N/mm ²) *1	断面積 (mm ²) *2	断面係数 (mm ³) *2	断面 2 次 モーメント (mm ⁴) *3
鋼板	77	2.00×10 ⁵	220×10 ²	80.67×10 ³	—
補強鋼材	77	2.00×10 ⁵	30.59×10 ²	140×10 ³	1,050×10 ⁴ 147×10 ⁴

注記*1 : コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002 年制定)

*2 : 鋼板の断面積, 断面係数は応力計算に使用する単位幅当りの値を示す。

*3 : 断面 2 次モーメントの上段は強軸の値, 下段は弱軸の値を示す。

(2) 許容限界

許容限界は、VI-3-別添 3-1-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に基づき設定する。

a. 鉄筋コンクリート版

鉄筋コンクリート版の許容限界は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」に基づき，表 6-9 の値とする。

表 6-9 鉄筋コンクリート版の許容限界

評価対象部位	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	コンクリート ($f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$)	押抜きせん断応力度	0.9

注記*：短期許容応力度は、「コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（（社）土木学会，2002年制定）」より許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

b. 鋼材

鋼材の許容限界は「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）」に基づき，表 6-10 の値とする。

表 6-10 鋼材の許容限界

評価対象部位	材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
		曲げ	せん断
鋼材（鋼板，補強鋼材）	SS400	210	120

6.4.4 評価方法

漂流物対策工を構成する各部材に発生する応力が、許容限界以下であることを確認する。

(1) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

a. 鉄筋コンクリート版

鉄筋コンクリート版の押抜きせん断に対する強度計算を実施する。鉄筋コンクリート版のモデル図を図6-10に示す。

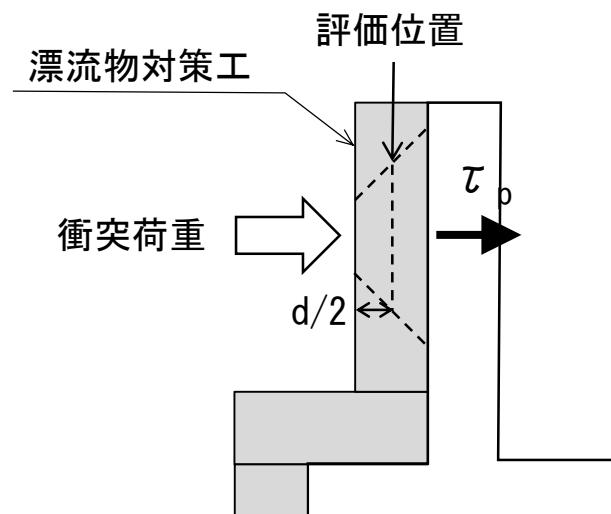


図6-10 鉄筋コンクリート版のモデル図

(a) 鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力

$$\tau_p = P_{dc} / U_p \cdot d$$

ここで、

τ_p : 鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力 (kN/mm²)

P_{dc} : 鉄筋コンクリート版に作用する荷重 (kN)

U_p : 設計断面の周長 (載荷面から $d/2$ 離れた位置で算定) (m)

d : 鉄筋コンクリート版の有効高さ (m)

(2) 漂流物対策工（鋼材）

a. 解析方法

漂流物対策工（鋼材）は、3次元構造解析により耐震評価を行う。

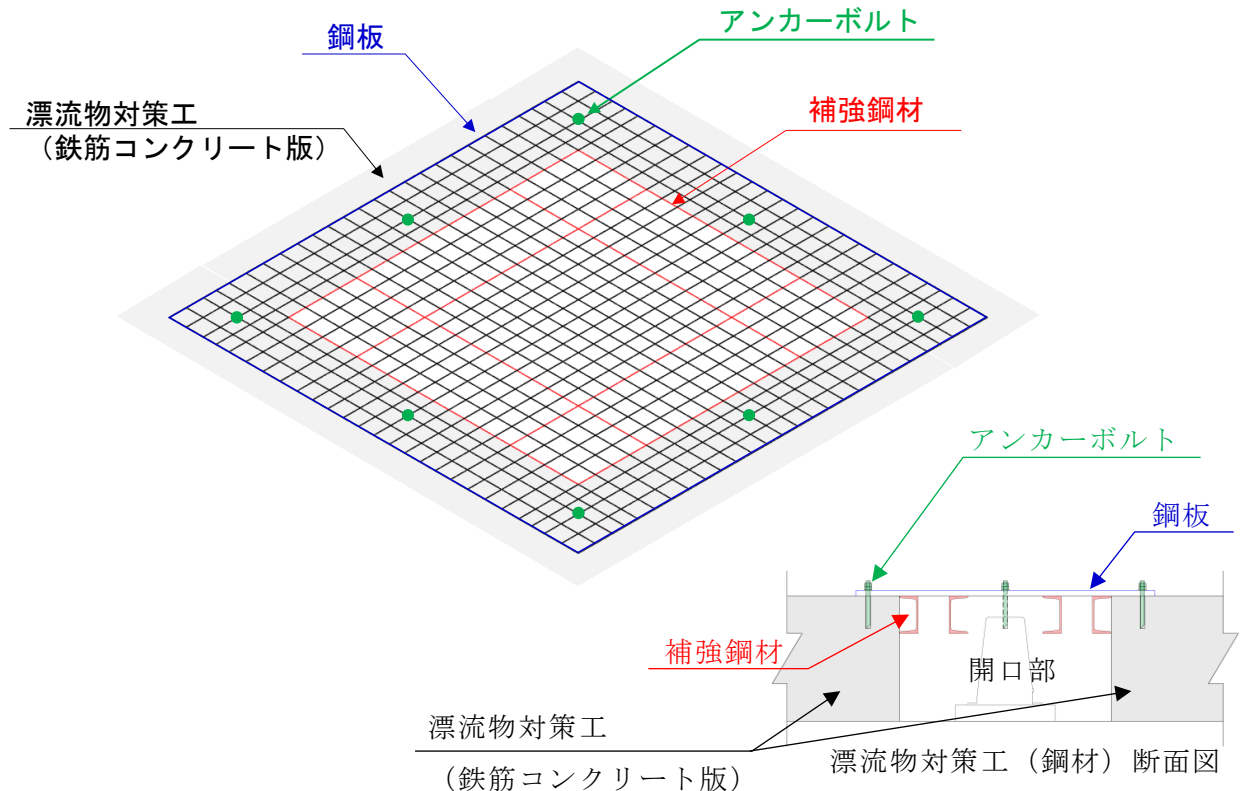
3次元構造解析には、解析コード「NASTRAN」を用いる。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

3次元構造解析は、3次元構造解析モデルに津波荷重及び漂流物衝突荷重を入力することで、漂流物対策工（鋼材）の強度計算を実施する。

b. 解析モデル

漂流物対策工（鋼材）のうち、鋼板は線形シェル要素でモデル化し、補強鋼材は線形はり要素でモデル化する。鋼板の接触面となる漂流物対策工の鉄筋コンクリート版は、バネ支点としてモデル化する。アンカーボルトを配置している箇所は全固定とする。

漂流物対策工（鋼材）の3次元構造解析モデルを図6-11に示す。



注：バネ支点は開口部を除く全節点に与える。

図6-11 漂流物対策工（鋼材）の3次元構造解析モデル

c. 評価方法

鋼板及び補強鋼材について、3次元構造解析より得られた曲げモーメント及び軸力より算定される曲げ応力並びにせん断力より算定されるせん断応力が、「4.3 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

アンカーボルトについて、3次元構造解析より得られた引張力及びせん断力が、「4.3 許容限界」で設定した許容限界以下であることを確認する。

d. 鋼材に作用する曲げ応力度

$$\sigma_{s k b} = M_{s k} \times 10^6 / Z_{s k}$$

ここで、 $\sigma_{s k b}$ ：鋼材に作用する曲げ応力度 (N/mm²)

$M_{s k}$ ：3次元構造解析における発生曲げモーメント (kN・m)

$Z_{s k}$ ：鋼材の断面係数 (mm³)

e. 鋼材に作用するせん断応力度

$$\tau_{s k} = Q_{s k} \times 10^3 / A_{s k}$$

ここで、 $\tau_{s k}$ ：鋼材に作用するせん断応力度 (N/mm²)

$Q_{s k}$ ：3次元構造解析における発生せん断力 (kN)

$A_{s k}$ ：鋼材の断面積 (mm²)

f. アンカーボルトに作用する引張力及びせん断力

3次元構造解析におけるアンカーボルト位置に作用する引張力($T_{s k}$)及びせん断力($S_{s k}$)を抽出する。

6.4.5 評価条件

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の強度計算に用いる入力値を表 6-11 に示す。

表 6-11(1) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に作用する
押抜きせん断力の強度計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P_{dc}	kN	鉄筋コンクリート版に作用する荷重	1,336
U_p	M	設計断面の周長（載荷面から $d/2$ 離れた位置）	5.57
d	M	鉄筋コンクリート版の有効高さ	0.5

表 6-11(2) 鋼板に作用する最大曲げ応力度の強度計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
M_{dk1}	kN・m	鋼板に作用する最大発生曲げモーメント	9.556*
Z_{dk1}	mm ³	鋼板の断面係数	80.67×10^3

注記*：3次元構造解析より設定する。

表 6-11(3) 補強鋼材に作用する最大曲げ応力度の強度計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
M_{dk2}	kN・m	補強鋼材に作用する最大発生曲げモーメント	18.59*
Z_{dk2}	mm ³	補強鋼材の断面係数	140×10^3

注記*：3次元構造解析より設定する。

表 6-11(4) 鋼板に作用する最大せん断応力度の強度計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{dk1}	kN	鋼板に作用する最大せん断力	176.1*
A_{dk1}	mm ²	鋼板の断面積	220×10^2

注記*：3次元構造解析より設定する。

表 6-11(5) 補強鋼材に作用する最大せん断応力度の強度計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{dk2}	kN	補強鋼材に作用する最大せん断力	62.6*
A_{dk2}	mm ²	補強鋼材の断面積	30.59×10^2

注記*：3次元構造解析より設定する。

6.4.6 評価結果

(1) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算結果を表6-12に示す。鉄筋コンクリート版の発生力が許容限界以下であることを確認した。

表6-12 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造強度計算結果

評価対象部位		発生値		許容限界		照査値
鉄筋 コンクリート版	押抜き せん断	0.71*	N/mm ²	1.35	N/mm ²	0.53*

(2) 漂流物対策工（鋼材）

漂流物対策工（鋼材）の強度評価結果を表6-13に示す。鋼材の発生応力度及びアンカーボルトの発生力が許容限界以下であることを確認した。

表6-13 漂流物対策工（鋼材）の構造強度計算結果

評価対象部位		発生値		許容限界		照査値
鋼板	曲げ応力度	118.5	N/mm ²	210	N/mm ²	0.57
	せん断応力度	8.0	N/mm ²	120	N/mm ²	0.07
補強鋼材	曲げ応力度	132.8	N/mm ²	210	N/mm ²	0.64
	せん断応力度	20.5	N/mm ²	120	N/mm ²	0.18
アンカー ボルト	引張力	12.2	kN	29.3	kN	0.42
	せん断力	0.0	kN	24.8	kN	0.00