

VI-3-別添 3 津波又は溢水への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 3-1 津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針

目 次

1. 概要	1
2. 強度評価の基本方針	1
2.1 評価対象施設	1
2.2 評価方針	5
3. 構造強度設計	5
3.1 構造強度の設計方針	5
3.1.1 津波防護施設	5
3.1.2 浸水防止設備	7
3.1.3 津波監視設備	9
3.1.4 漂流防止装置	9
3.2 機能保持の方針	10
3.2.1 防波壁	10
3.2.2 防波壁通路防波扉	20
3.2.3 流路縮小工	24
3.2.4 屋外排水路逆止弁	27
3.2.5 防水壁	30
3.2.6 水密扉	35
3.2.7 床ドレン逆止弁	41
3.2.8 隔離弁	43
3.2.9 ポンプ及び配管	45
3.2.10 貫通部止水処置	47
3.2.11 取水槽水位計	50
3.2.12 漂流防止装置	52
4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界	54
4.1 荷重及び荷重の組合せ	54
4.1.1 荷重の種類	54
4.1.2 荷重の組合せ	56
4.2 許容限界	70
4.2.1 施設ごとの許容限界	70
5. 強度評価方法	102
5.1 津波防護施設に関する評価式	103
5.1.1 防波壁	103
5.1.2 防波壁通路防波扉	105
5.1.3 流路縮小工	106
5.2 浸水防止設備に関する評価式	107
5.2.1 屋外排水路逆止弁	107
5.2.2 防水壁	108

5.2.3	水密扉	110
5.2.4	床ドレン逆止弁	112
5.2.5	隔離弁	114
5.2.6	ポンプ	115
5.2.7	配管	116
5.2.8	貫通部止水処置	117
5.3	津波監視設備に関する評価式	118
5.3.1	取水槽水位計	118
5.4	漂流防止装置に関する評価式	119
5.4.1	漂流防止装置（係船柱）	119
6.	適用規格・基準等	120

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」第6条及び第51条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」に適合する設計とするため、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」に基づき設計する津波防護に関する浸水防護施設である津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備及び漂流防止装置が、津波に対して構造健全性を有することを確認するための強度計算方針について説明するものである。

強度計算は、VI-1-1-3「発電用原子炉施設の自然現象等による損傷の防止に関する説明書」のうちVI-1-1-3-2-1「耐津波設計の基本方針」に示す適用規格・基準等を用いて実施する。

各施設の具体的な計算の方法及び結果は、VI-3-別添 3-2「津波への配慮が必要な施設の強度計算書」に示す。

2. 強度評価の基本方針

強度計算は、「2.1 評価対象施設」に示す評価対象施設を対象として、「4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界」で示す津波による荷重と組合すべき他の荷重による組合せ荷重又は応力が許容限界内にあることを「5. 強度評価方法」に示す評価方法を使用し、「6. 適用規格・基準等」に示す適用規格・基準等を用いて確認する。

2.1 評価対象施設

強度評価の対象施設とする浸水防護施設及び施設分類を表2-1に示す。また、強度評価の対象施設とする浸水防護施設の配置を図2-1に示す。

表 2-1 強度評価の対象施設 (1/2)

施設名称		施設分類	
防波壁	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	津波防護施設	
	防波壁 (逆 T 擁壁)		
	防波壁 (波返重力擁壁)		
防波壁通路防波扉	防波壁通路防波扉 (1号機北側)		
	防波壁通路防波扉 (2号機北側)		
	防波壁通路防波扉 (荷揚場南)		
	防波壁通路防波扉 (3号機東側)		
流路縮小工	1号機取水槽流路縮小工		
屋外排水路逆止弁	屋外排水路逆止弁①		浸水防止設備
	屋外排水路逆止弁②		
	屋外排水路逆止弁③		
	屋外排水路逆止弁④		
	屋外排水路逆止弁⑤		
	屋外排水路逆止弁⑥		
	屋外排水路逆止弁⑦		
	屋外排水路逆止弁⑧-1		
	屋外排水路逆止弁⑧-2		
	屋外排水路逆止弁⑨		
	屋外排水路逆止弁⑩		
	屋外排水路逆止弁⑪		
	屋外排水路逆止弁⑫		
防水壁	取水槽除じん機エリア防水壁		
	復水器エリア防水壁		

表 2-1 強度評価の対象施設 (2/2)

施設名称		施設分類	
水密扉	取水槽除じん機エリア水密扉	浸水防止設備	
	復水器エリア水密扉		
床ドレン逆止弁	取水槽床ドレン逆止弁		
	タービン建物床ドレン逆止弁		
隔離弁	電動弁		
	逆止弁		
ポンプ及び配管			
貫通部止水処置			
取水槽水位計			津波監視設備
漂流防止装置 (係船柱)			漂流防止装置

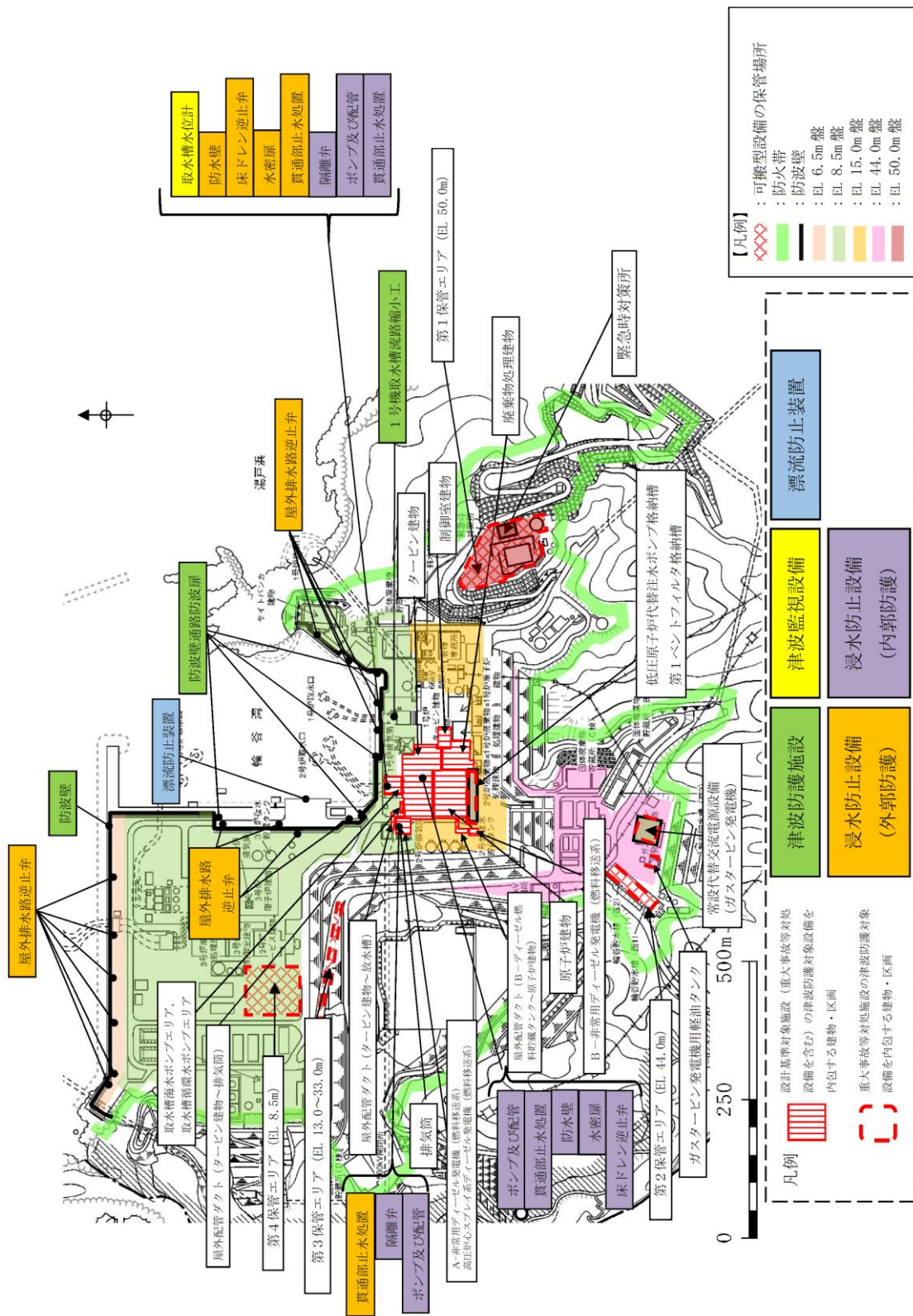


図 2-1 強度評価の対象施設配置図

2.2 評価方針

浸水防護施設は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するため、「2.1 評価対象施設」で分類した施設ごとに、浸水防護に関する強度評価を実施する。

3. 構造強度設計

「2.1 評価対象施設」で設定している施設が、構造強度設計上の性能目標を達成するよう、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「4. 機能設計」で設定している各施設が有する機能を踏まえて、構造強度の設計方針を設定する。

各施設の構造強度の設計方針を設定し、想定する荷重及び荷重の組合せを設定し、それらの荷重に対し、各施設の構造強度を保持するよう構造設計と評価方針を設定する。

3.1 構造強度の設計方針

VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するための設計方針を、「2.1 評価対象施設」ごとに示す。

3.1.1 津波防護施設

(1) 防波壁

防波壁の構造型式としては、多重鋼管杭、被覆コンクリート壁及び漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を有する杭基礎構造の防波壁（多重鋼管杭式擁壁）、逆T擁壁、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）を有する直接基礎構造の防波壁（逆T擁壁）並びに重力擁壁、ケーソン及び漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を有する直接基礎構造の防波壁（波返重力擁壁）の3種類からなる。

防波壁は構造形式ごとに、以下に示すとおり、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、岩盤に支持される鋼管を多重化して鋼管内をコンクリート又はモルタルで充填した多重鋼管による杭基礎構造と、鋼管及び鉄筋コンクリート造の被覆コンクリート壁による上部構造で構成し、地震後の繰返しの上襲を想定した敷地への遡上に伴う津波（以下「遡上波」という。）の浸水に伴う津波荷重、余震、積載物、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。なお、漂流物の衝突による荷重に対しては、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。被覆コンクリート壁の境界部には止水目地を設置し、有意な漏えいが生じない設計とする。

b. 防波壁（逆T擁壁）

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構造及びグラウンドアンカで構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。なお、漂流物の衝突による荷重に対しては、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）を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。逆T擁壁の境界部には止水目地を設置し、有意な漏えいが生じない設計とする。

c. 防波壁（波返重力擁壁）

防波壁（波返重力擁壁）は、岩盤又はマンメイドロック（以下「MMR」という。）若しく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ケーソンによる直接基礎構造と、鉄筋コンクリート造の重力擁壁で構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。なお、漂流物の衝突による荷重に対しては、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。重力擁壁の境界部には止水目地を設置し、有意な漏えいが生じない設計とする。

(2) 防波壁通路防波扉

防波壁通路防波扉は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、岩盤上の改良地盤又は鋼管杭に支持される鉄筋コンクリート造の基礎スラブによる基礎構造と、鋼製扉体及び鉄筋コンクリート造の戸当りで構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。なお、防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）については、漂流物の衝突による荷重に対して、漂流物対策工を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(3) 1号機取水槽流路縮小工

1号機取水槽流路縮小工は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.1 津波防護施設 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、1号機取水管端部に鋼製の縮小板（貫通部径：m）を設けた構造とし、十分な支持性能を有する1号機取水槽北側壁に設置し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

3.1.2 浸水防止設備

(1) 屋外排水路逆止弁

屋外排水路逆止弁は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、鋼製の扉体で構成し、改良地盤又は十分な支持性能を有する防波壁に設置された屋外排水路逆止弁集水柵に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(2) 防水壁

防水壁は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 取水槽除じん機エリア防水壁

取水槽除じん機エリア防水壁は、鋼製の防水壁で構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対し、十分な支持機能を有する取水槽に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 復水器エリア防水壁

復水器エリア防水壁は、鋼製の防水壁で構成し、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、十分な支持性能を有する建物に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(3) 水密扉

水密扉は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 取水槽除じん機エリア水密扉

取水槽除じん機エリア水密扉は、鋼製の水密扉で構成し、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対し、十分な支持機能を有する取水槽に固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

b. 復水器エリア水密扉

復水器エリア水密扉は、鋼製の水密扉で構成し、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、十分な支持性能を有する建物を固定する構造とし、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(4) 床ドレン逆止弁

床ドレン逆止弁は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 取水槽床ドレン逆止弁

取水槽床ドレン逆止弁は、鋼製の弁本体、フロートガイド等で構成し、十分な支持機能を有する取水槽に設置するとともに、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重、余震及び積雪を考慮した荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とする。

b. タービン建物床ドレン逆止弁

タービン建物床ドレン逆止弁は、鋼製の弁本体、フロートガイド等で構成し、十分な支持性能を有するタービン建物に設置するとともに、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、地震後、津波後の再使用性を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

(5) 隔離弁

隔離弁は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえた設計とする。

a. 電動弁

電動弁は鋼製の弁本体等で構成し、十分な支持機能を有する取水槽に設置するとともに、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、浸水防止機能を保持する設計とする。

b. 逆止弁

逆止弁は鋼製の弁本体等で構成し、十分な支持性能を有する屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）内の配管に設置するとともに、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、浸水防止機能を保持する設計とする。

(6) ポンプ及び配管

ポンプ及び配管は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、鋼製のポンプ及び配管で構成し、十分な支持性能を有する取水槽、原子炉建物、タービン建物又は屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）に設置するとともに、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、浸水防止機能を保持する設計とする。

(7) 貫通部止水処置

貫通部止水処置は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.2 浸水防止設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波及び地震による溢水に加えて、津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、取水槽除じん機エリア、放水槽及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の貫通口と貫通物との隙間をシール材、ブーツ又はモルタルにより塞ぐ構造とし、止水性の保持を考慮し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

3.1.3 津波監視設備

(1) 取水槽水位計

取水槽水位計は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.3 津波監視設備 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、漂流物の影響を受けにくい取水槽に検出器を設置し、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、監視機能が保持できる設計とするために、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とする。

3.1.4 漂流防止装置

(1) 漂流防止装置（係船柱）

漂流防止装置（係船柱）は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」の「3.4 漂流防止装置 (3) 性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を踏まえ、海域活断層に想定される地震による津波（基準津波4）の流圧力により作用する燃料輸送船及びLLW輸送船（以下「燃料等輸送船」という。）の引張荷重（以下「係留力」という。）に対し、係留機能が保持できる設計とするために、主要な構造部材が構造健全性を保持する設計とする。

3.2 機能保持の方針

VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している構造強度設計上の性能目標を達成するために、「3.1 構造強度の設計方針」に示す構造を踏まえ、VI-1-1-3-2-1「耐津波設計の基本方針」の「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護施設の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界 b. 荷重の組合せ」及び「2.1.4 津波防護対策に必要な浸水防護施設の設計方針 (2) 荷重の組合せ及び許容限界 c. 許容限界」で設定している荷重を適切に考慮して、各施設の構造設計及びそれを踏まえた評価方針を設定する。

3.2.1 防波壁

(1) 構造設計

防波壁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。防波壁の構造計画を表 3.2-1～表 3.2-3 に示す。

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、鋼管杭、被覆コンクリート壁及び漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）による上部工を有する杭基礎構造とし、鋼管杭を十分な支持性能を有する岩盤に支持させる構造とする。また、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）するために改良地盤を設置する。

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。

b. 防波壁（逆T擁壁）

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、グラウンドアンカ、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）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。

c. 防波壁（波返重力擁壁）

防波壁（波返重力擁壁）は、鉄筋コンクリート造の重力擁壁及び漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を有し、岩盤に直接支持させる構造、又はMMR若しく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ケーソンによる直接基礎構造とし、十分な支持性能を有する岩盤、MMR及び改良地盤に支持させる構造とする。また、岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の重力擁壁においては、構造物と岩盤の境界にH形鋼を設置し滑動を防止する構造とする。

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。

(2) 評価方針

防波壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、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に、構造部材である鋼管杭及び被覆コンクリート壁が、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該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、構成する部材がおおむね弾性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）については、鉄筋コンクリート版及びアンカーボルトがおおむね弾性にとどまることを確認する。

また、基礎地盤（岩盤）については、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。改良地盤については、健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、すべり破壊しないことを確認する。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変位量以下であることを確認する。

b. 防波壁（逆T擁壁）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、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に、構造部材である逆T擁壁及びグラウンドアンカが、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、当該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、構成する部材がおおむね弾性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）については、鉄筋コンクリート版及びアンカーボルトがおおむね弾性にとどまること、漂流物対策工（鋼材）については、鋼材及びアンカーボルトがおおむね弾性にとどまることを確認する。

また、基礎地盤（岩盤及び改良地盤）については、防波壁（逆T擁壁）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力度に基づく許容限界以下であることを確認する。改良地盤については、健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、すべり破壊しないことを確認する。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪を考慮した荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変位量以下であることを確認する。

c. 防波壁（波返重力擁壁）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重, 余震, 漂流物の衝突, 積載物, 風及び積雪による荷重に対し, 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に, 構造部材である重力擁壁, ケーソン, 放水路ケーソン及びH形鋼が, 地震後, 津波後の再使用性や, 津波の繰返し作用を想定し, 当該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, 構成する部材がおおむね弾性にとどまることを確認する。なお, 放水路ケーソンの部材のうち, 隔壁については, 重力擁壁の支持のみに期待することから構造強度を有することを確認する。漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）については, 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のうち鉄筋コンクリート版及びアンカーボルトがおおむね弾性にとどまることを確認する。

また, 基礎地盤（岩盤, MMR及び改良地盤）については, 防波壁（波返重力擁壁）を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力度又は支圧強度に基づく許容限界以下であることを確認する。MMR及び改良地盤については, 健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために, すべり破壊しないことを確認する。

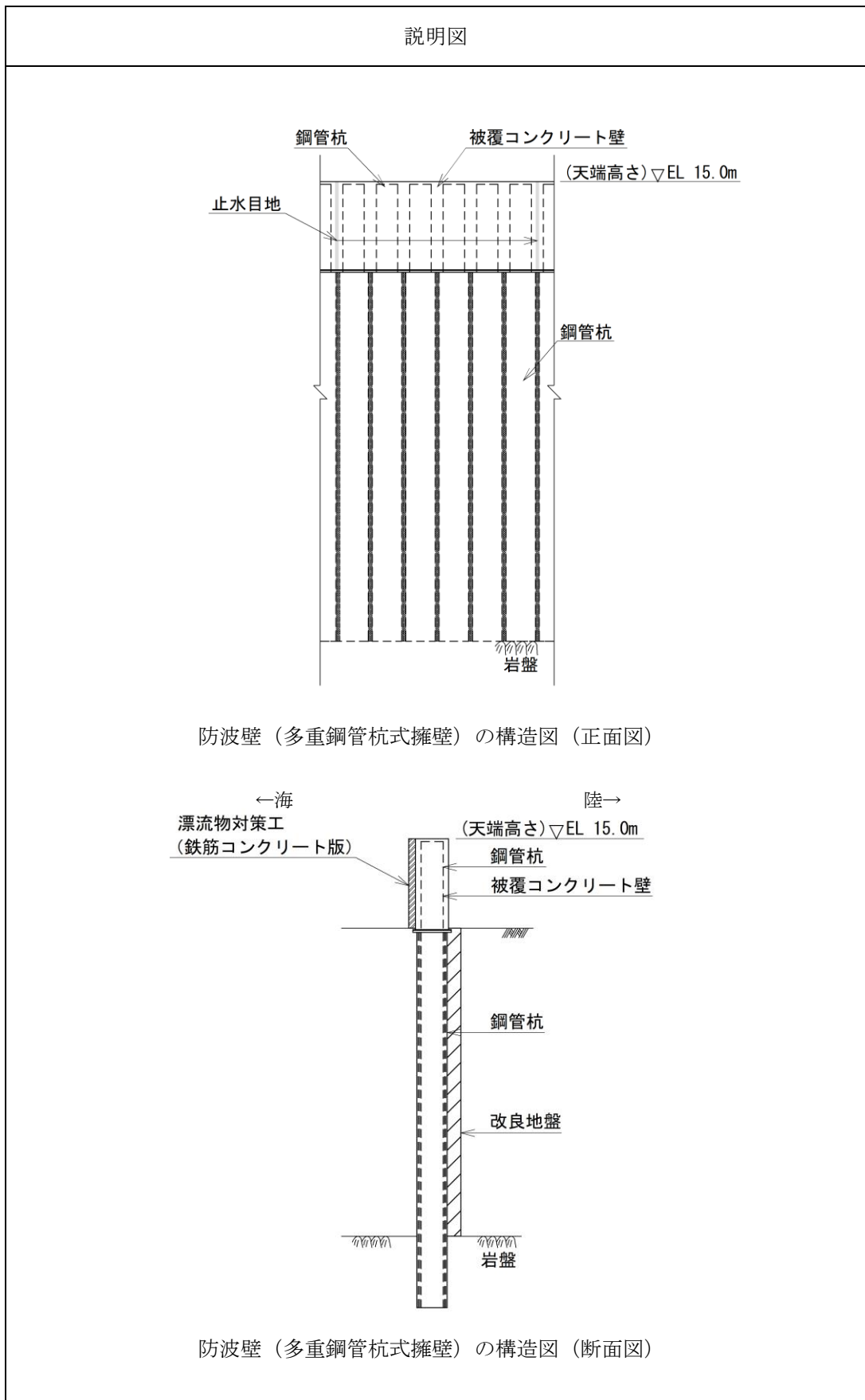
地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重, 余震, 漂流物の衝突, 積載物, 風及び積雪を考慮した荷重に対し, 主要な構造物の境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変位量以下であることを確認する。

表 3.2-1 構造計画（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））（1/2）

配置図		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>十分な支持性能を有する岩盤に設置する。</p>	<p>鋼管杭，被覆コンクリート壁及び漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）から構成される。</p>	<p>次頁に記載</p>

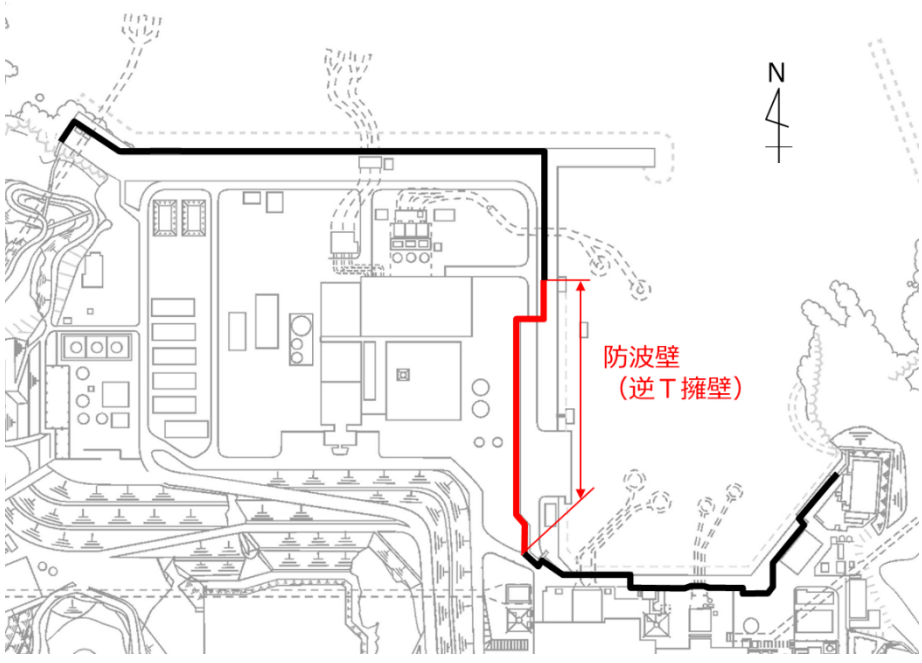
S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-1 構造計画（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））（2/2）



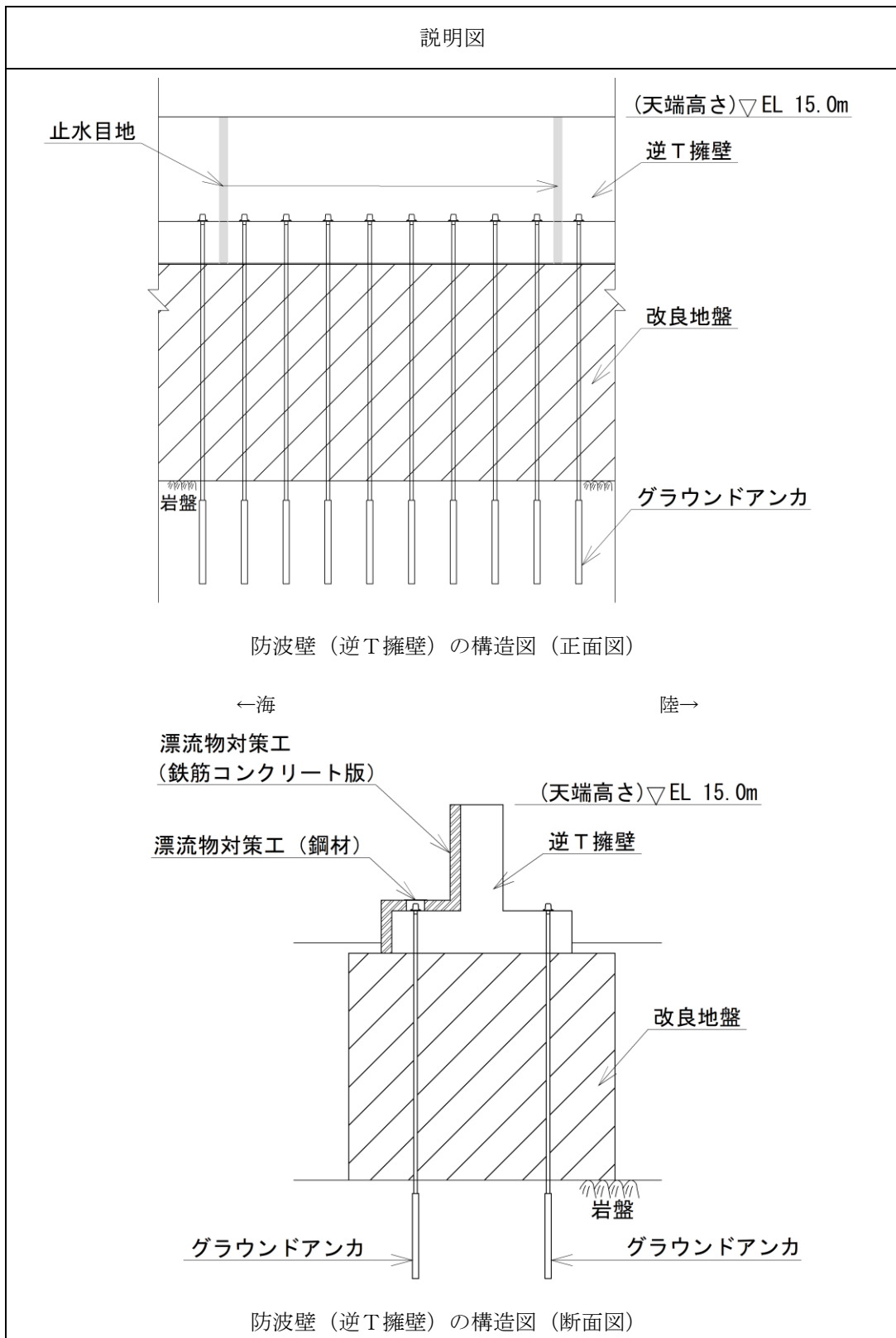
S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-2 構造計画（防波壁（逆T擁壁））（1/2）

配置図		計画の概要		説明図
		<p>防波壁 (逆T擁壁)</p>	説明図	
基礎・支持構造	主体構造	次頁に記載		
十分な支持性能を有する岩盤及び改良地盤に設置する。	逆T擁壁，グラウンドアンカ，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）から構成される。			

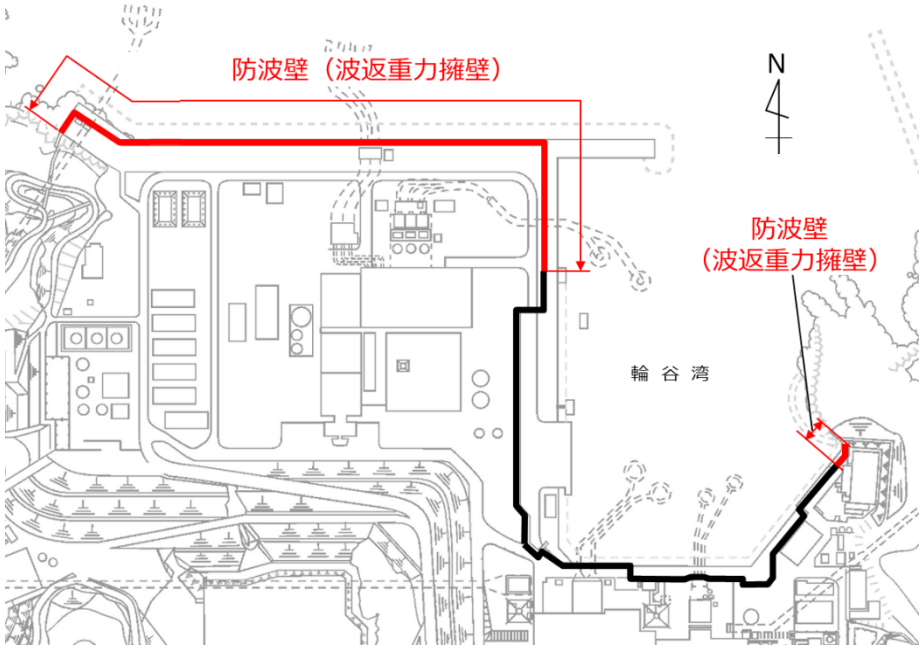
S2 補 VI-3-別添3-1 R1

表 3.2-2 構造計画（防波壁（逆T擁壁））（2/2）



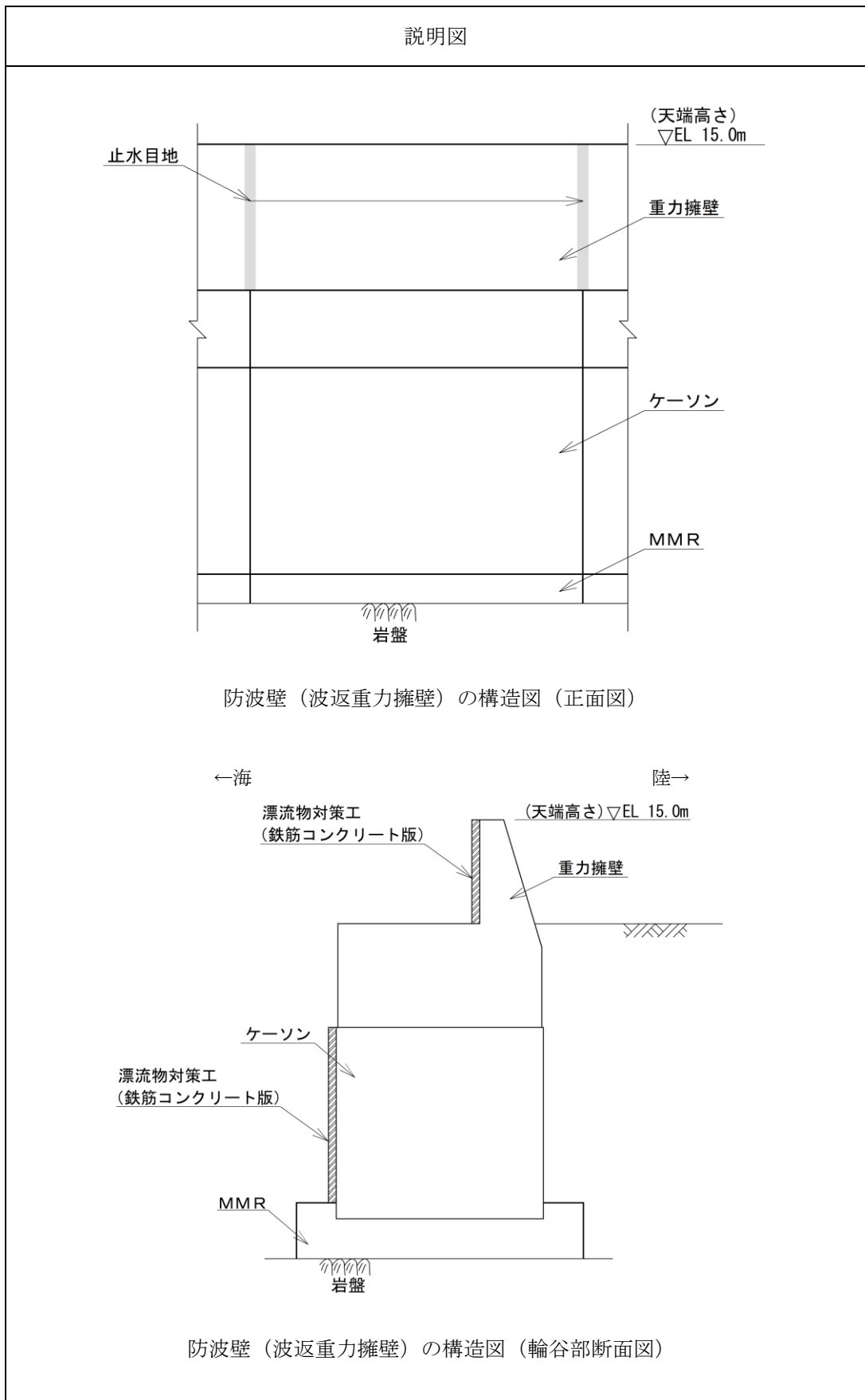
S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-3 構造計画（防波壁（波返重力擁壁））（1/3）

配置図		
		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	説明図
<p>十分な支持性能を有する岩盤，MMR及び改良地盤に設置する。</p>	<p>重力擁壁，ケーソン，放水路ケーソン，H形鋼及び漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）から構成される。</p>	
		<p>次頁に記載</p>

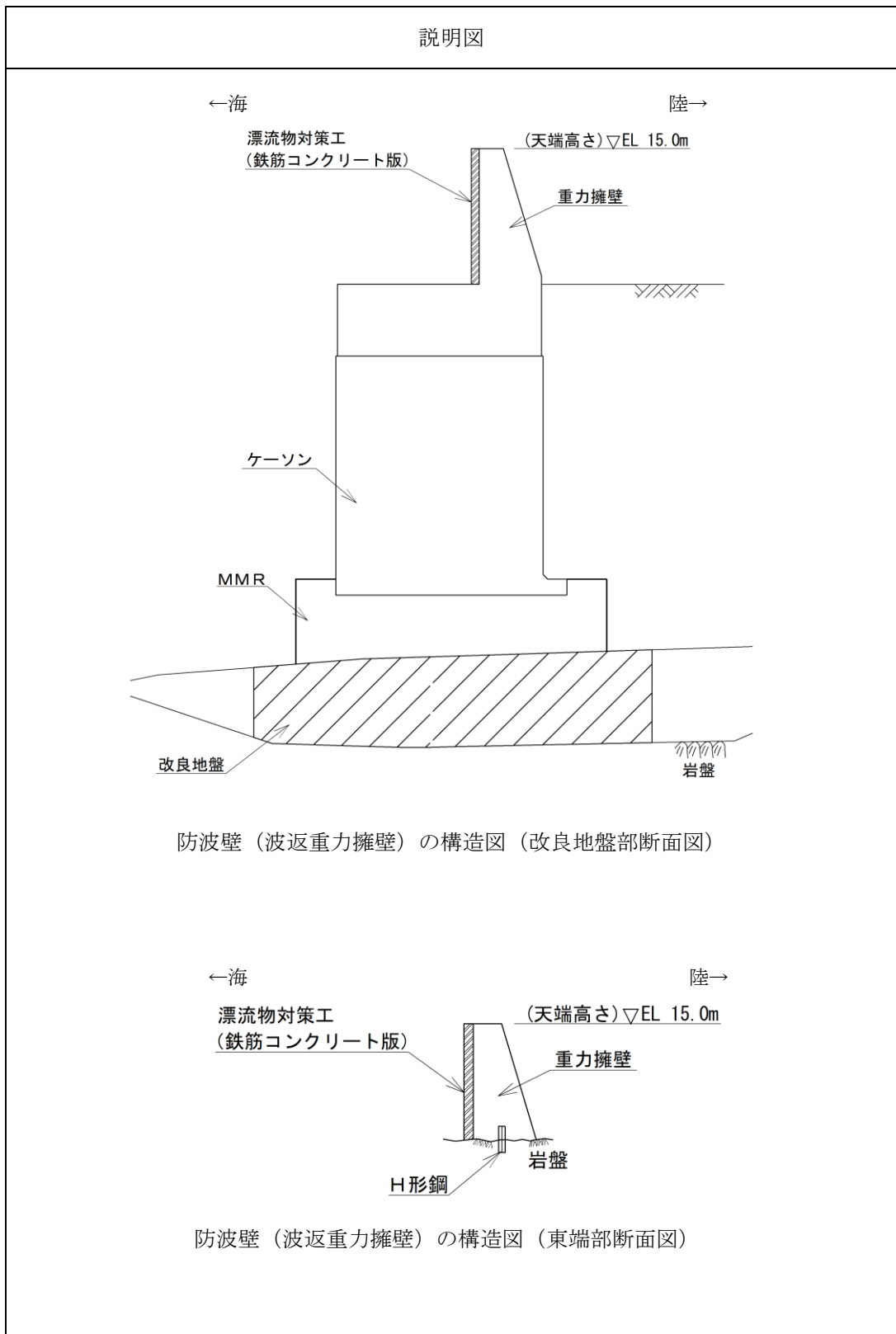
S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-3 構造計画（防波壁（波返重力擁壁））（2/3）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-3 構造計画（防波壁（波返重力擁壁））（3/3）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.2 防波壁通路防波扉

(1) 構造設計

防波壁通路防波扉は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

防波壁通路防波扉は、鋼製扉体及び鉄筋コンクリート造の戸当りで構成される。

防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に設置する構造とする。

防波壁通路防波扉（荷揚場南）は鉄筋コンクリート造の基礎スラブを有する杭基礎構造とし、鋼管杭を十分な支持性能を有する岩盤に支持させる構造とする。

防波壁通路防波扉（3号機東側）はMMR及び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基礎スラブによる直接基礎構造とし、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。

防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）の一部として漂流物対策工を設置し、防波扉に直接漁船等の漂流物が衝突しない構造とする。

防波壁通路防波扉の構造計画を表3.2-4に示す。

(2) 評価方針

防波壁通路防波扉は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）は、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，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に，構造部材である扉板，芯材，カンヌキ及びアンカーボルトが，地震後，津波後の再使用性や，津波の繰返し作用を想定し，当該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，構成する部材がおおむね弾性にとどまることを確認する。

防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）は，地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，風及び積雪を考慮した荷重に対し，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に，構造部材である鋼製扉体，戸当り，基礎スラブ，グラウンドアンカ，鋼管杭及び漂流物対策工が地震後，津波後の再使用性や，津波の繰返し作用を想定し，当該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，構成する部材がおおむね弾性にとどまることを確認する。

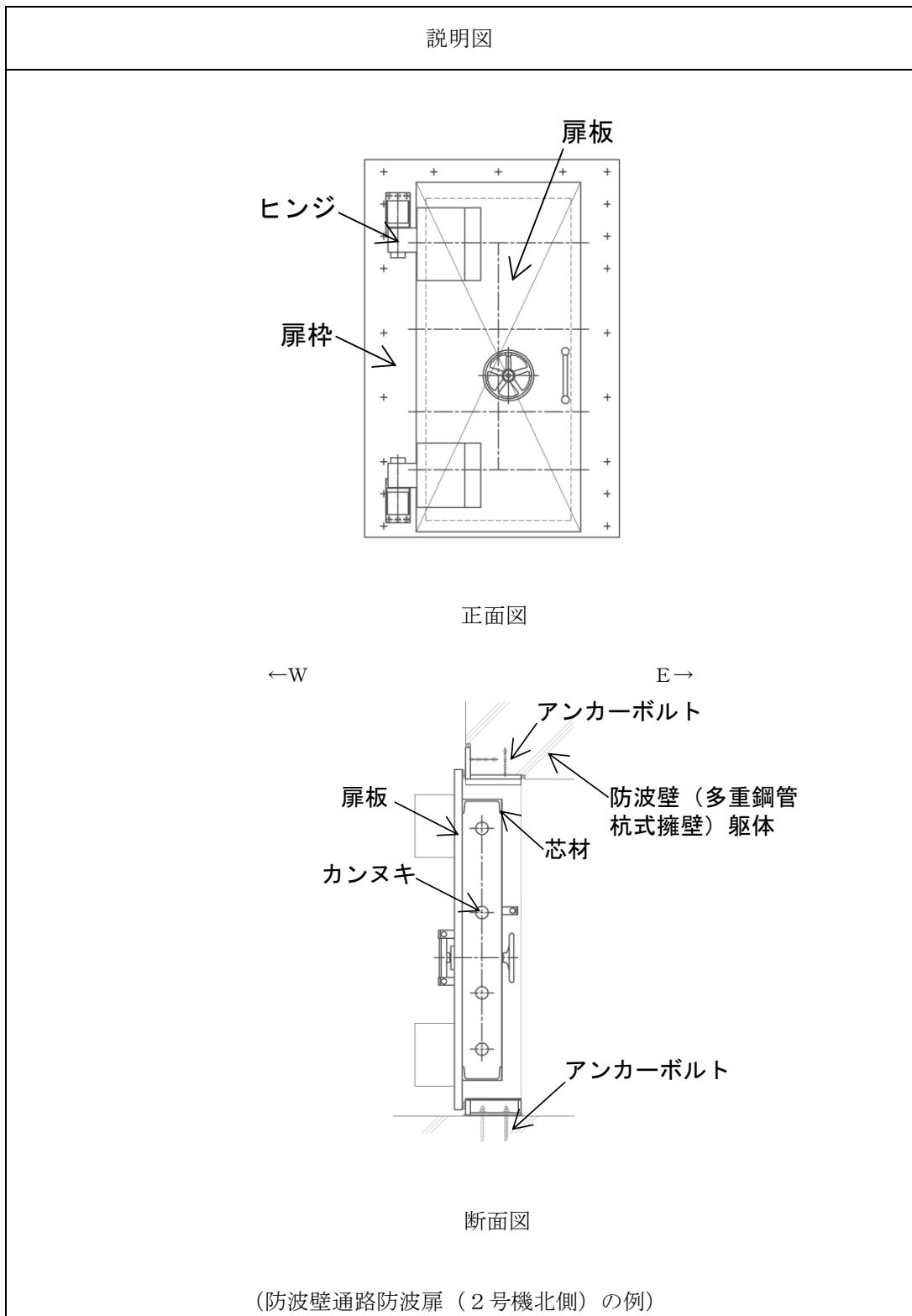
また，基礎地盤（岩盤，MMR及び改良地盤）については，防波壁通路防波扉を支持する基礎地盤に作用する接地圧が極限支持力度又は支圧強度に基づく許容限界以下であることを確認する。改良地盤については，健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために，すべり破壊しないことを確認する。

表 3.2-4 構造計画（防波壁通路防波扉）（1/3）

配置図		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>十分な支持性能を有する岩盤，MMR及び改良地盤に設置する。</p>	<p>鋼製扉体，戸当り，鋼管杭，基礎スラブ，グラウンドアンカ及び漂流物対策工から構成される。</p>	<p>次頁に記載</p>

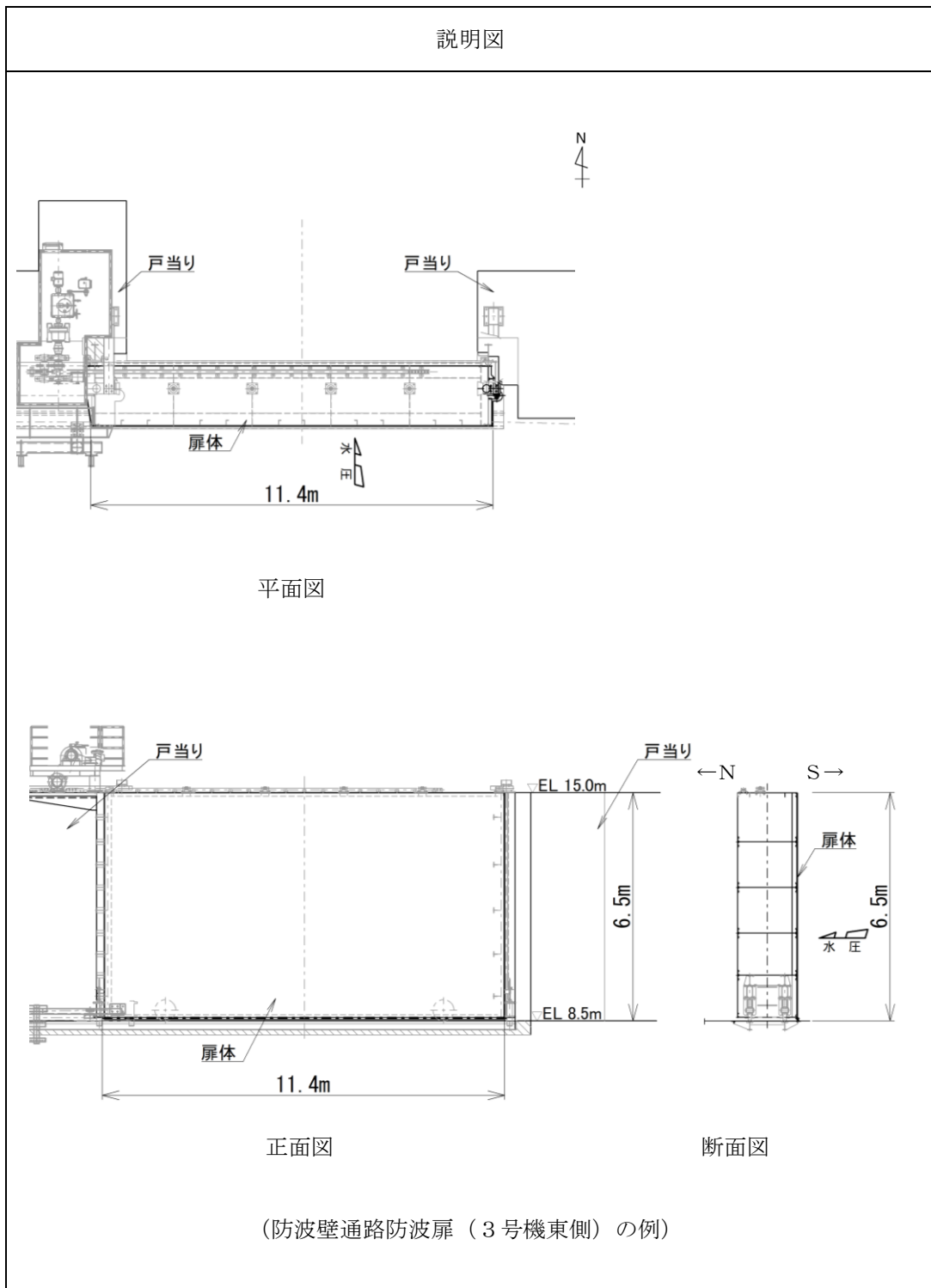
S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-4 構造計画（防波壁通路防波扉）（2/3）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-4 構造計画（防波壁通路防波扉）（3/3）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.3 流路縮小工

(1) 構造設計

1号機取水槽流路縮小工は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

1号機取水槽流路縮小工は、十分な支持性能を有する1号機取水槽北側壁に設置し、1号機取水管端部に鋼製の縮小板（貫通部径：m）を設けた構造とし、流路を縮小するものである。

1号機取水槽流路縮小工の構造計画を表3.2-5に示す。

(2) 評価方針

1号機取水槽流路縮小工は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震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に、構造部材である縮小板、固定ボルト、取水管（管胴部）及び取水管（フランジ部）が、地震後、津波後の再使用性や、津波の繰返し作用を想定し、構成する部材がおおむね弾性にとどまることを確認する。

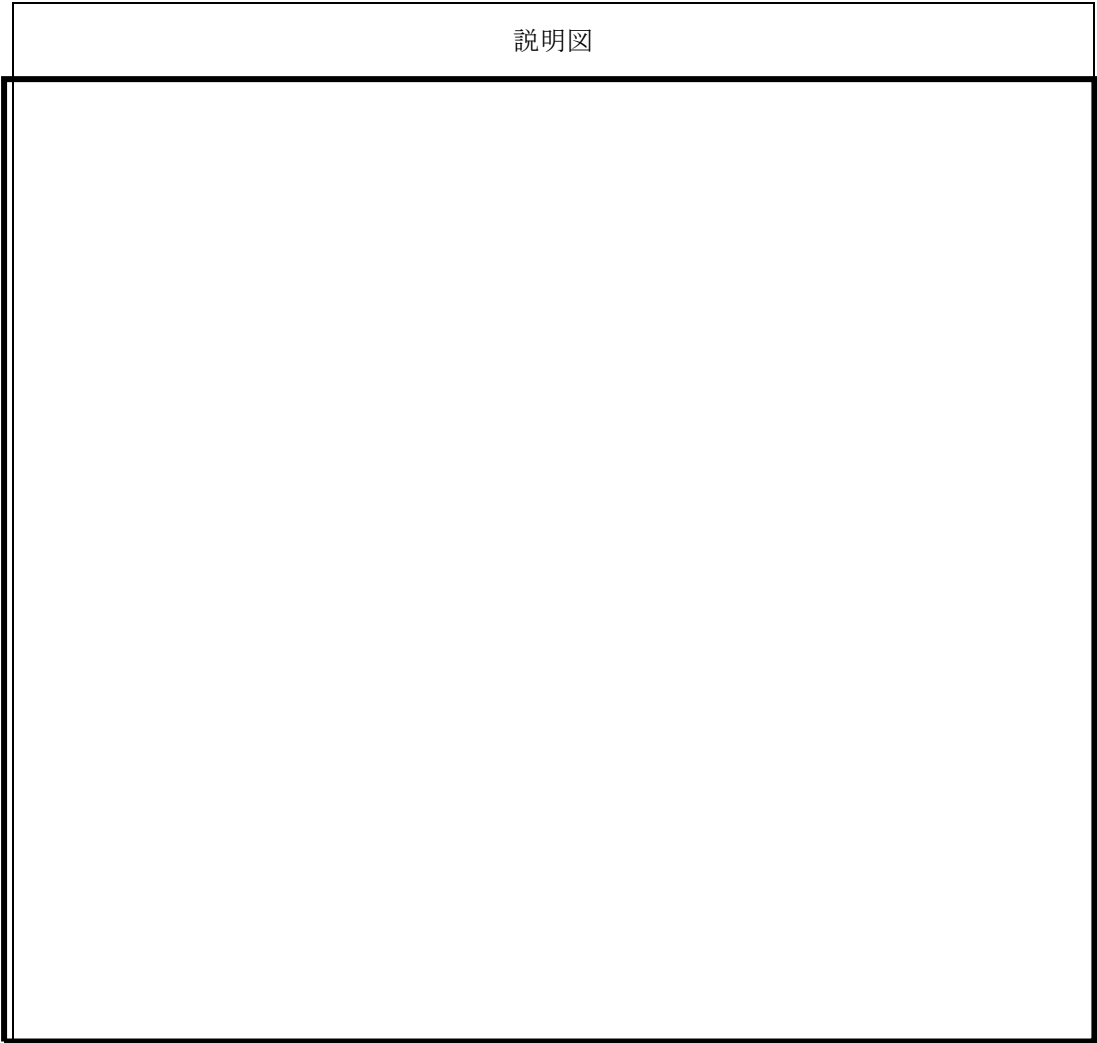
表 3.2-5 構造計画（1号機取水槽流路縮小工）（1/2）

配置図		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>取水管（フランジ部）に，鋼製の縮小板を取付板及び固定ボルトにより固定する。</p>	<p>縮小板，取付板及び固定ボルトにより構成される。</p>	<p>次頁に記載</p>

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-5 構造計画（1号機取水槽流路縮小工）（2/2）

説明図



S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.4 屋外排水路逆止弁

(1) 構造設計

屋外排水路逆止弁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

屋外排水路逆止弁は、鋼製の扉体（スキンプレート、主桁、補助縦桁、吊り金具及び吊りピン）、固定部（吊り金具、吊りピン、戸当り、集水柵（戸当り部コンクリート）及びアンカーボルト）及びそれらを接続する吊り手で構成される。

屋外排水路逆止弁は、十分な支持性能を有する防波壁又は改良地盤に設置された鉄筋コンクリート造の屋外排水路逆止弁集水柵にアンカーボルトで固定する構造とする。また、扉体に作用する荷重は、アンカーボルトを介して鉄筋コンクリート造の屋外排水路逆止弁集水柵に伝達する構造とする。

屋外排水路逆止弁の構造計画を表 3.2-6 に示す。

(2) 評価方針

屋外排水路逆止弁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、止水機能を損なわないよう、スキンプレート、主桁、補助縦桁、戸当り、集水柵（戸当り部コンクリート）がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。なお、津波による荷重の作用時には屋外排水路逆止弁は外水圧により閉じる構造となっており、吊り金具、吊り手、吊りピン、及びアンカーボルトには津波荷重による引張荷重は作用しない。

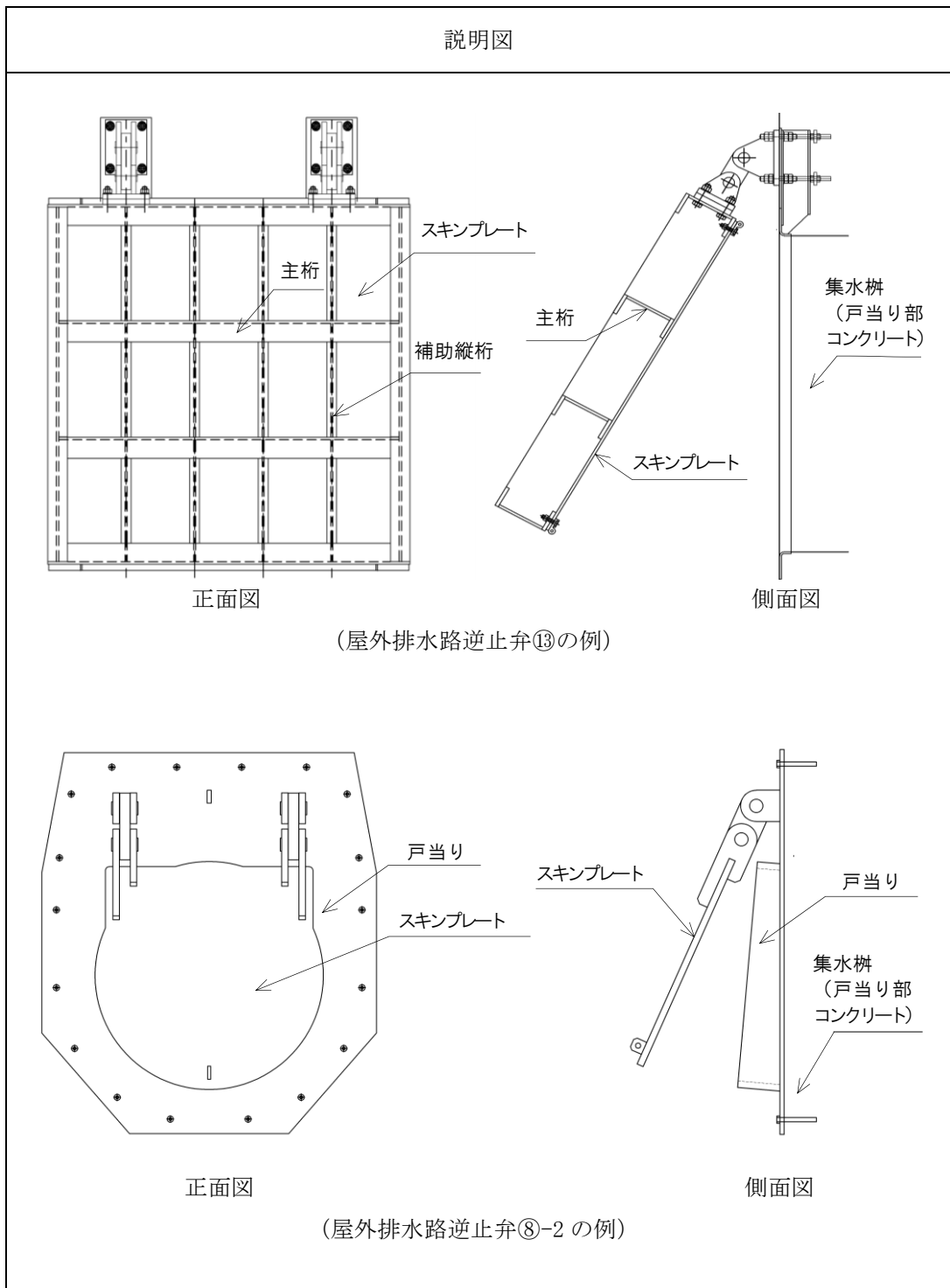
また、止水機能を損なわないよう、漏えいが想定される隙間は、圧着構造となるよう、扉体（板材及び補強材）がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-6 構造計画（屋外排水路逆止弁）（1/2）

配置図		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>十分な支持性能を有する防波壁又は改良地盤に設置された屋外排水路逆止弁集水柵に固定する。</p>	<p>スキンプレートにより構成される。</p>	<p>次頁に記載</p>

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-6 構造計画（屋外排水路逆止弁）（2/2）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.5 防水壁

(1) 構造設計

防水壁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

a. 取水槽除じん機エリア防水壁

取水槽除じん機エリア防水壁は、鋼板、柱、はり及びアンカーボルトを主体構造とし、取水槽にアンカーボルトで固定する構造とする。また、防水壁に作用する荷重は、アンカーボルトを介して取水槽に伝達する構造とする。

取水槽除じん機エリア防水壁の構造計画を表 3.2-7 に示す。

b. 復水器エリア防水壁

復水器エリア防水壁は、鋼板、柱、はり、胴縁、根太、斜材、ブレース及びアンカーボルトを主体構造とし、鉄筋コンクリートの建物躯体にアンカーボルトで固定し、支持する構造とする。

復水器エリア防水壁の構造計画を表 3.2-8 に示す。

(2) 評価方針

a. 取水槽除じん機エリア防水壁

取水槽除じん機エリア防水壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重及び風による荷重に対し、止水機能を損なわないよう、鋼板、柱、はり及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 復水器エリア防水壁

復水器エリア防水壁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、止水機能を損なわないよう、鋼板、柱、はり、胴縁、根太、斜材、ブレース及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

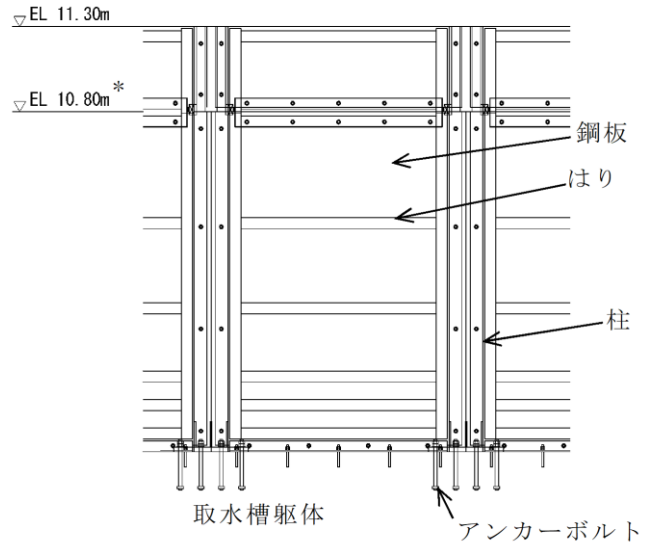
表 3.2-7 構造計画（取水槽除じん機エリア防水壁）（1/2）

配置図		
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
取水槽にアンカーボルトにより固定する。	鋼板，柱，はり及びアンカーボルトから構成される。	次頁に記載

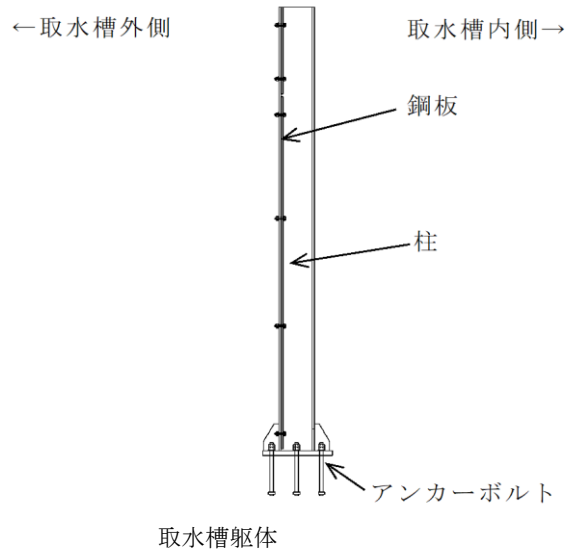
S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-7 構造計画（取水槽除じん機エリア防水壁）（2/2）

説明図



正面図



側面図

注記*：入力津波高さを踏まえ、EL 10.80m～EL 11.30mにおいて嵩上げする。

表 3.2-8 構造計画（復水器エリア防水壁）（1/2）

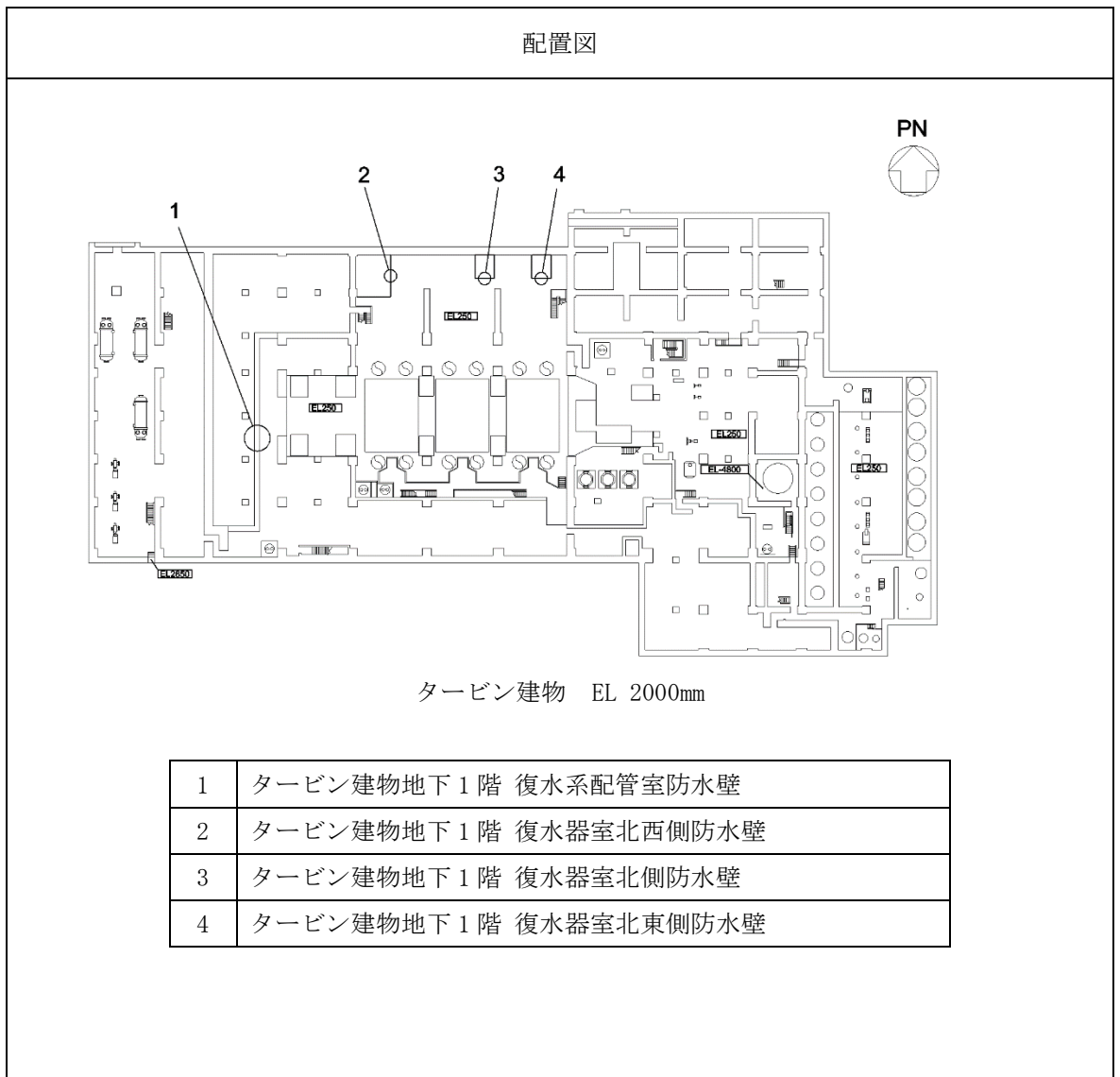


表 3.2-8 構造計画（復水器エリア防水壁）（2/2）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>柱, はり, 胴縁, 根太及び斜材で補強した鋼板を建物躯体にアンカーボルトにて固定する。</p>	<p>鋼板, 柱, はり, 胴縁, 根太, 斜材及びアンカーボルトにより構成される。</p>	<p>アンカーボルト</p> <p>はり</p> <p>アンカーボルト</p> <p>鋼板</p> <p>柱</p> <p>胴縁</p> <p>アンカーボルト</p> <p>根太</p> <p>鋼板</p> <p>はり</p> <p>平面図</p> <p>斜材</p> <p>柱</p> <p>胴縁</p> <p>はり</p> <p>鋼板</p> <p>斜材</p> <p>正面図</p>

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.6 水密扉

水密扉は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

(1) 構造設計

a. 取水槽除じん機エリア水密扉

取水槽除じん機エリア水密扉（東，西）は，鋼製の扉板及び芯材を主体構造とし，取水槽天端に設置した鋼製の支柱をアンカーボルトで固定し，支持する構造とする。

また，作用する荷重については，扉板，芯材，水密扉戸当り用支柱，外部縦柱，外部縦柱固定ボルト，固定プレート及び締付ボルトに伝わり，アンカーボルトを介して取水槽天端に伝達する構造とする。取水槽除じん機エリア水密扉（北）は，鋼製の扉板を主体構造とし，周囲の開口部との間に設置した鋼製の扉枠を支柱にボルトで固定し，支持する構造とする。また，作用する荷重については，扉板及び扉枠に伝わり，水密扉戸当り用支柱及びアンカーボルトを介して取水槽天端に伝達する構造とする。

取水槽除じん機エリア水密扉の構造計画を表 3.2-9 に示す。

b. 復水器エリア水密扉

復水器エリア水密扉は，扉板，芯材及び固定部としてカンヌキを主体構造とし，扉枠を介して建物躯体にアンカーボルトで固定し，支持する構造とする。

また，作用する荷重については，扉板，芯材，カンヌキ及び扉枠に伝わり，アンカーボルトを介して周囲の建物の床及び壁に伝達する構造とする。

復水器エリア水密扉の構造計画を表 3.2-10 に示す。

(2) 評価方針

a. 取水槽除じん機エリア水密扉

取水槽除じん機エリア水密扉は，「(1) 構造設計」を踏まえ，以下の強度評価方針とする。取水槽除じん機エリア水密扉（東，西）は，地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対し，扉板，芯材，水密扉戸当り用支柱，外部縦柱，外部縦柱固定ボルト，固定プレート，締付ボルト及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

取水槽除じん機エリア水密扉（北）は，地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び風による荷重に対し，扉板，扉枠，水密扉戸当り用支柱及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

b. 復水器エリア水密扉

復水器エリア水密扉は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-9 構造計画（取水槽除じん機エリア水密扉）（1/2）

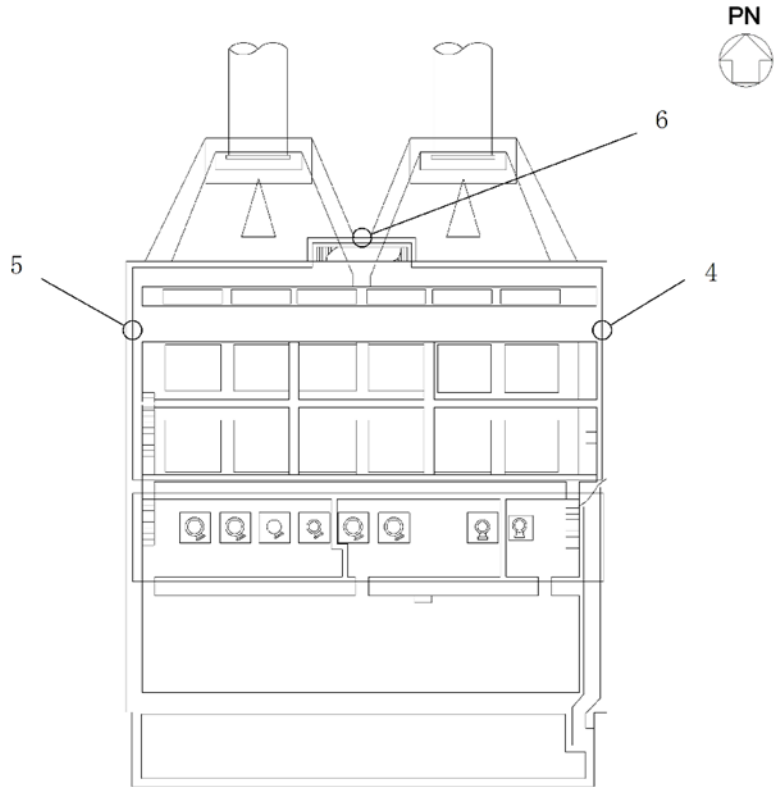
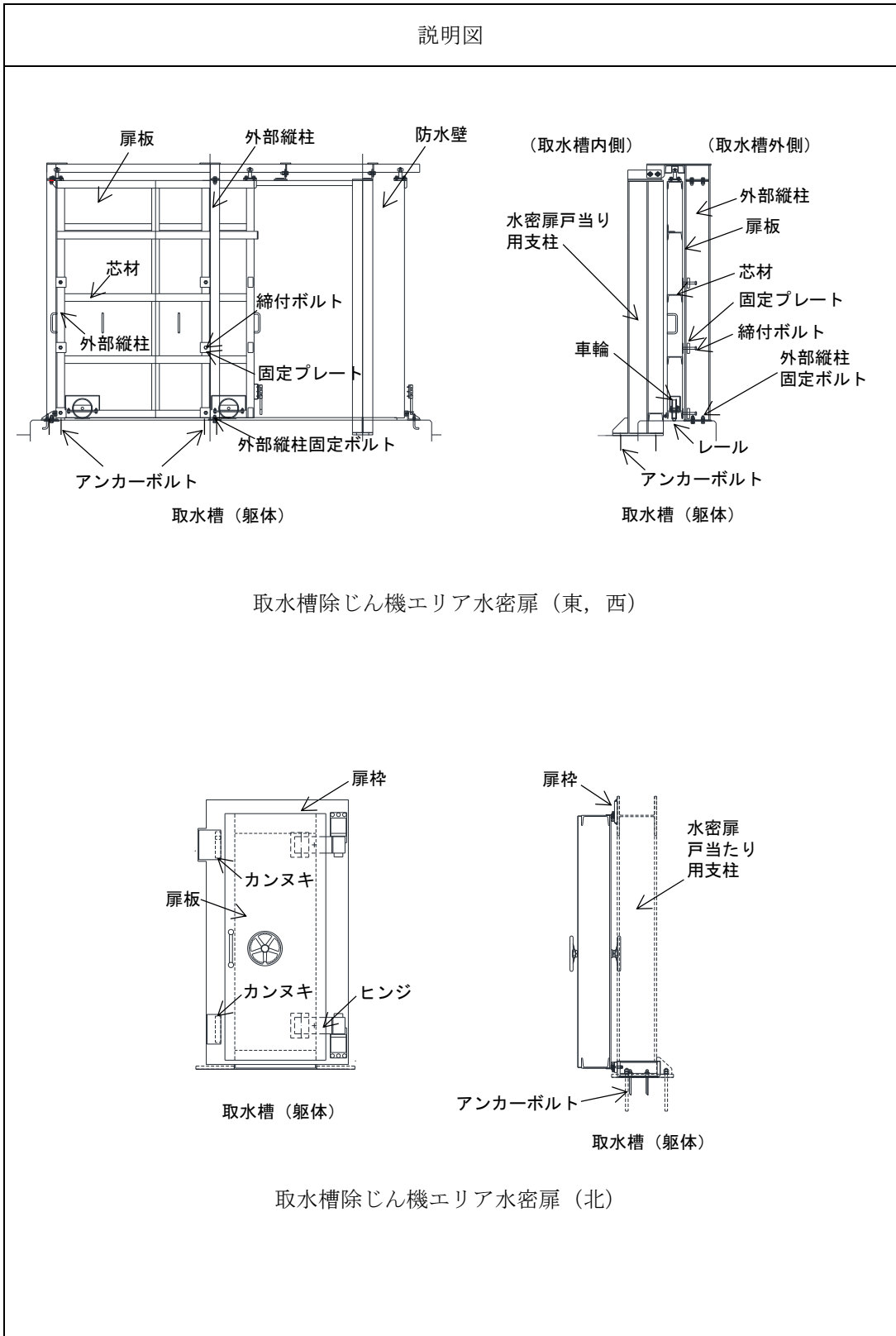
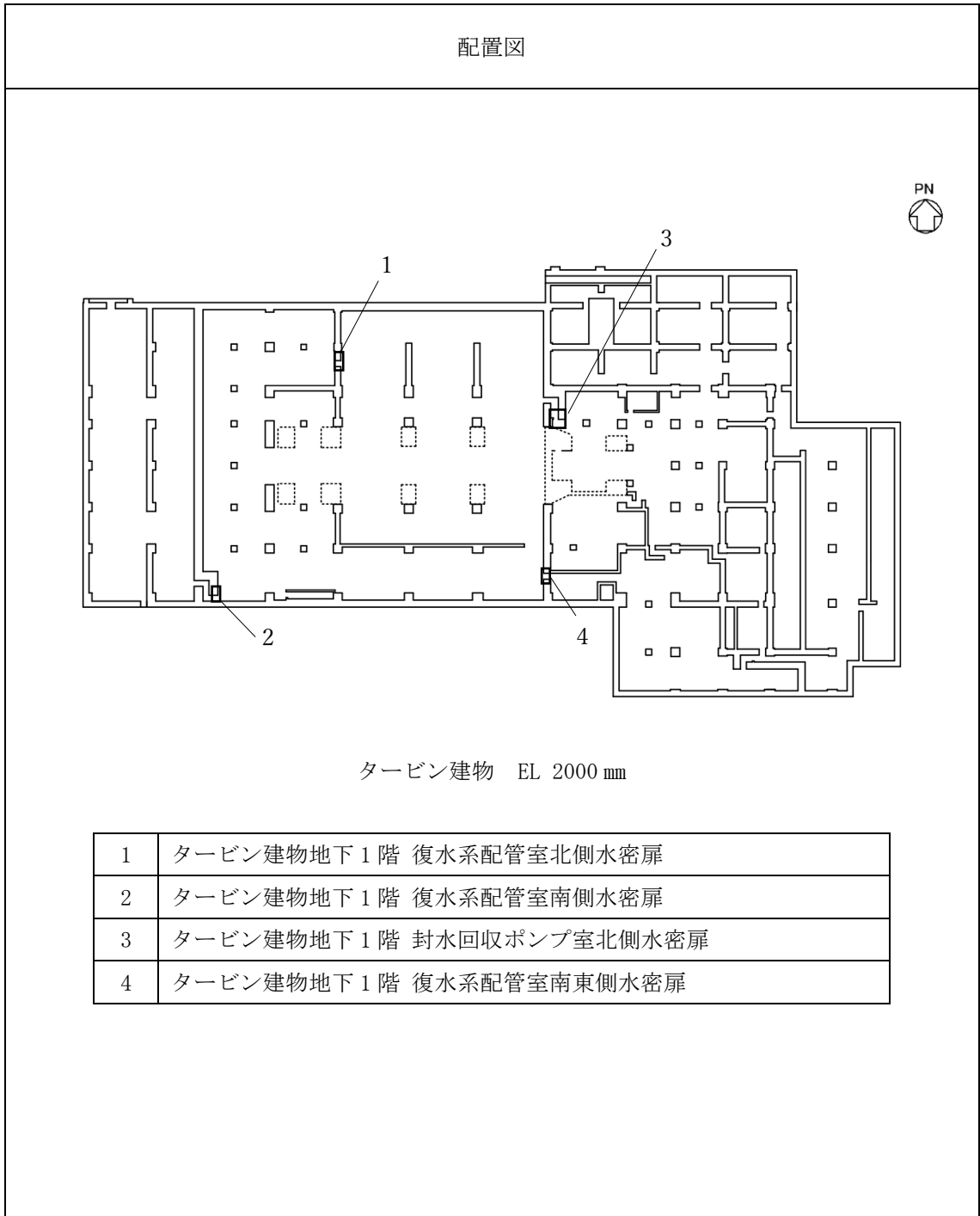
配置図		
		
4	取水槽除じん機エリア水密扉（東）	
5	取水槽除じん機エリア水密扉（西）	
6	取水槽除じん機エリア水密扉（北）	
計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
取水槽にアンカーボルトにより固定する。	鋼製の扉体及びアンカーボルトから構成される。	
		次頁に記載

表3.2-9 構造計画（取水槽除じん機エリア水密扉）（2/2）



S2 補 VI-3-別添3-1 R1

表 3.2-10 構造計画（復水器エリア水密扉）（1/2）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

表 3.2-10 構造計画（復水器エリア水密扉）（2/2）

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、カンヌキにより扉と扉枠が一体化する構造とする。扉枠はアンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキを鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。また、扉と躯体の接続はヒンジを介する構造とする。</p>	

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.7 床ドレン逆止弁

(1) 構造設計

床ドレン逆止弁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。床ドレン逆止弁の構造計画を表 3.2-11 に示す。

a. 取水槽床ドレン逆止弁

取水槽床ドレン逆止弁は、弁座を含む弁本体、弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成し、弁本体を基礎ボルトで基礎に据え付ける構造とする。

b. タービン建物床ドレン逆止弁

タービン建物床ドレン逆止弁は、弁座を含む弁本体、弁体であるフロート及びフロートを弁座に導くフロートガイドで構成し、床面設置の床ドレン配管の取付部に直接ねじ込み固定する構造とする。

(2) 評価方針

床ドレン逆止弁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

a. 取水槽床ドレン逆止弁

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重、余震及び積雪を考慮した荷重に対し、取水槽床ドレン逆止弁の評価対象部位に作用する応力等がおおむね弾性状態にとどまること及び有意な漏えいが生じないことを確認する。

b. タービン建物床ドレン逆止弁

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重に対し、タービン建物床ドレン逆止弁の評価対象部位に作用する応力等がおおむね弾性状態にとどまること及び有意な漏えいが生じないことを確認する。

表 3.2-11 構造計画 (床ドレン逆止弁)

計画の概要				概略構造図
型式	基礎・支持構造	主体構造		
取水槽 床ドレン 逆止弁	80A型 (ボルト 取付式)	弁本体を 基礎ボルト で基礎 に据え付 ける。	弁座を含 む弁本体, 弁体であ るフロート 及びフロ ートを 弁座に導 くフロート ガイドで 構成され る。	
	300A型 (ボルト 取付式)			
タービン建物 床ドレン 逆止弁	80A型 (ねじ込 み取付 式)	配管の取 付部に直 接ねじ込 み固定す る。		

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.8 隔離弁

(1) 構造設計

隔離弁は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。隔離弁の構造計画を表 3.2-12 に示す。

a. 電動弁

電動弁は弁本体、弁体及びモータ部を主体構造とし、タービン補機海水系配管に支持される構造とする。

b. 逆止弁

逆止弁は弁本体及び弁体を主体構造とし、タービン補機海水系配管又は液体廃棄物処理系配管に支持される構造とする。

(2) 評価方針

隔離弁は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、隔離弁の評価対象部位に有意な漏えいが生じないことを確認する。

表 3.2-12 構造計画（隔離弁）

配置図			
<p>屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）</p> <p>タービン建物</p> <p>IC 熱交換</p> <p>廃棄物処理建物より</p> <p>放水槽</p> <p>取水槽</p> <p>PN</p> <p>【凡例】</p> <p>◀▶: 隔離弁（電動弁，逆止弁）</p> <p>←: タービン補機海水系配管</p> <p>→: 液体廃棄物処理系配管</p> <p>Ⓡ: 原子炉補機海水ポンプ</p> <p>ⓗ: 高圧炉心スプレィ補機海水ポンプ</p> <p>Ⓣ: タービン補機海水ポンプ</p> <p>Ⓒ: 循環水ポンプ</p>			
計画の概要			概略構造図
型式	基礎・支持構造	主体構造	
電動弁	系統配管に支持される構造とする。	弁本体，弁体及びモータ部から構成される。	<p>モータ</p> <p>弁体</p>
逆止弁		弁本体及び弁体から構成される。	<p>弁体</p>

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.9 ポンプ及び配管

(1) 構造設計

ポンプ及び配管は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ鋼製とし、ポンプについては基礎ボルトで基礎に据え付け、配管については支持構造物により床、壁等から支持する構造とする。

ポンプ及び配管の構造計画を表 3.2-13 に示す。

(2) 評価方針

ポンプ及び配管は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、ポンプ及び配管の評価対象部位に作用する応力等がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-13 構造計画（ポンプ及び配管）

計画の概要			概略構造図
型式	基礎・支持構造	主体構造	
ポンプ	基礎ボルトで基礎に据え付ける構造とする。	ポンプケーシング、モータから構成する。	
配管	支持構造物により床、壁等から支持する構造とする。	配管から構成する。	

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.10 貫通部止水処置

(1) 構造設計

貫通部止水処置は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。貫通部止水処置は、取水槽除じん機エリア、放水槽及びタービン建物（復水器を設置するエリア）の貫通口と貫通物との隙間をシール材、ブーツ又はモルタルにより止水する構造とする。

なお、電路貫通部については、シール材が型崩れしないよう金属ボックスをアンカーボルトで壁面又は床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填する場合がある。

貫通部止水処置の構造計画を表 3.2-14 に示す。

(2) 評価方針

貫通部止水処置は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

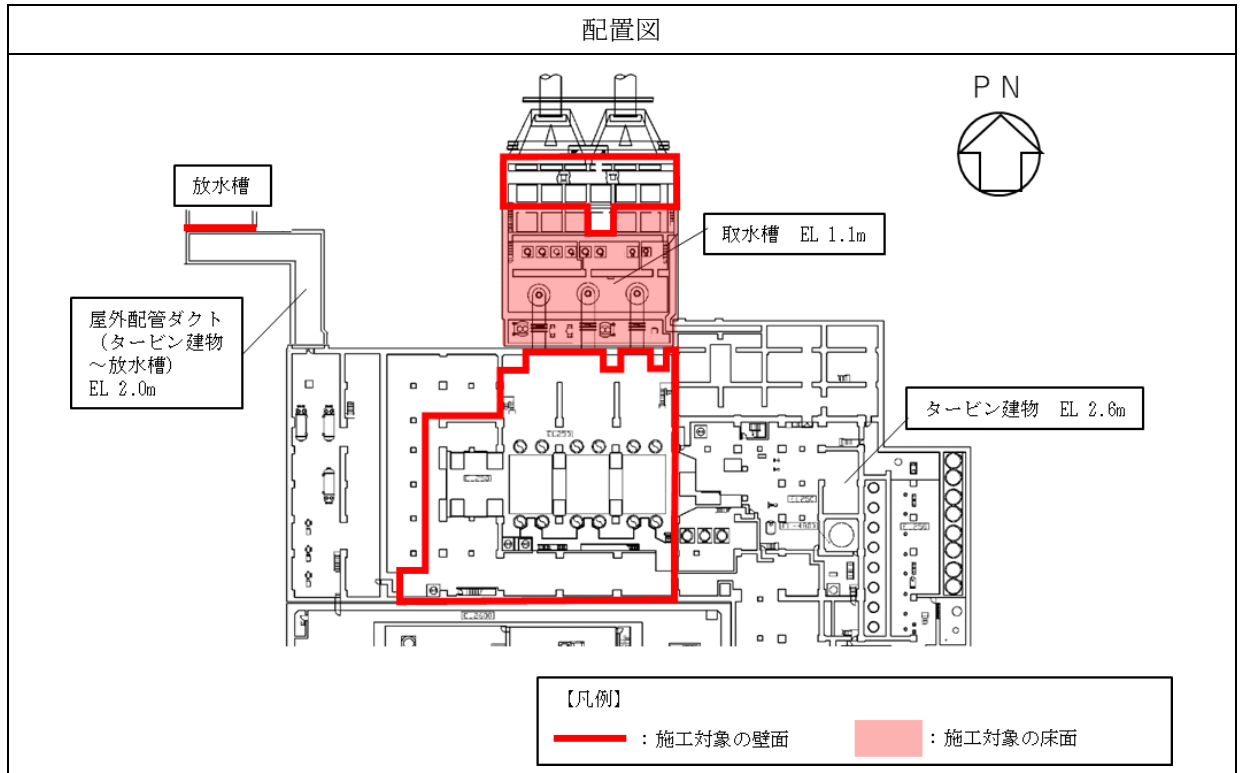
シール材及びブーツによる止水処置については、考慮する荷重に対し、シール材及びブーツに有意な漏えいが生じないことを確認する。

モルタル及び電路貫通部金属ボックスによる止水処置については、考慮する荷重に対し、モルタル及び電路貫通部金属ボックスアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-14 構造計画（貫通部止水処置）（1/2）

設備 名称	計画の概要		概略構造図
	主体構造	支持構造	
貫通部 止水処置	モルタルにて構成する。	貫通部の開口部にモルタルを充填し、硬化後は貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	
	ブーツと締付けバンドにて構成する。	高温配管の熱膨張変位及び地震時の変位を吸収できるように伸縮性ゴムを用い、壁面又は床面設置の貫通口と配管を締付けバンドにて締結する。	
	充填タイプのシール材にて構成する。	貫通部の開口部にシール材を充填する。シール材は、施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成され、貫通部内面及び貫通物外面と一定の付着力によって接合する。	
		電路貫通部については、シール材が型崩れしないよう金属ボックスをアンカーボルトで壁面又は床面に固定し、金属ボックスにシール材を充填する。シール材は、施工時は液状であり、反応硬化によって所定の強度を有する構造物が形成される。	<p>ダム材：液状のシール材が反応硬化するまでの間に必要な堰止め材</p>

表 3.2-14 構造計画（貫通部止水処置）（2/2）



S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.11 取水槽水位計

(1) 構造設計

取水槽水位計は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

取水槽水位計は、検出器、案内管及び監視設備で構成し、検出器は案内管内に設置する。構成する設備のうち津波の影響を受ける案内管について評価を実施する。案内管はサポート鋼材又は基礎ボルトにより固定され、サポート鋼材は基礎ボルトにより壁面に固定し、支持する構造とする。また、検出器に作用する荷重は、基礎ボルトを介して鉄筋コンクリートに伝達される構造とする。

取水槽水位計の構造計画を表 3.2-15 に示す。

(2) 評価方針

取水槽水位計は、「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、取水槽水位計の評価対象部位に作用する応力等がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-15 構造計画（取水槽水位計）

配置図		
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>検出器は案内管内に設置する。案内管はサポート鋼材又は基礎ボルトにより固定され、サポート鋼材は基礎ボルトにより壁面に固定する。</p>	<p>検出器，案内管，サポート鋼材及び基礎ボルトから構成する。</p>	

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

3.2.12 漂流防止装置

(1) 構造設計

漂流防止装置（係船柱）は、「3.1 構造強度の設計方針」で設定している設計方針及びVI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」の「3. 要求機能及び性能目標」で設定している荷重を踏まえ、以下の構造とする。

漂流防止装置（係船柱）は、係船柱、アンカーボルト及びアンカー板で構成し、係船柱をアンカーボルト及びアンカー板により基礎に据え付ける構造とする。

漂流防止装置（係船柱）の構造計画を表 3.2-16 に示す。

(2) 評価方針

漂流防止装置（係船柱）は「(1) 構造設計」を踏まえ、以下の強度評価方針とする。

漂流防止装置（係船柱）は、海域活断層に想定される地震による津波（基準津波4）の流圧力により作用する燃料等輸送船の係留力に対し、係船柱、アンカーボルト及びアンカー板がおおむね弾性状態にとどまることを確認する。

表 3.2-16 構造計画（漂流防止装置（係船柱））

配置図		
計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>漂流防止装置（係船柱）は、アンカーボルト及びアンカー板により基礎に据え付ける構造とする。</p>	<p>漂流防止装置（係船柱）は、係船柱、アンカーボルト及びアンカー板から構成される。</p>	<p style="text-align: right;">（単位：mm）</p>

S2 補 VI-3-別添 3-1 R1

4. 荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界

浸水防護施設の強度計算に用いる荷重及び荷重の組合せを以下の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」に、許容限界を「4.2 許容限界」に示す。

4.1 荷重及び荷重の組合せ

4.1.1 荷重の種類

(1) 常時作用する荷重 (D, G, P)

常時作用する荷重は、持続的に生じる荷重であり、自重又は固定荷重、積載荷重、土圧及び海中部に対する静水圧（浮力含む。）とする。

(2) 津波荷重 (P_t, P_h)

津波荷重は、施設ごとに設置位置における津波の浸入形態に応じて、以下のとおり、遡上津波荷重、突き上げ津波荷重、水平津波荷重又は静水圧荷重として算定する。

津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータを表 4.1-1 に示す。

a. 遡上津波荷重 (P_t)

遡上津波荷重は、遡上波により波圧として作用する荷重であり、「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）」等を参考に、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。

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。

b. 突き上げ津波荷重 (P_t)

突き上げ津波荷重は、床面に設置されている施設に対して、経路からの津波が鉛直上向き方向に作用した場合の津波荷重であり、各施設の設置位置における経路からの津波高さ及び流速を用いて算定する。

c. 水平津波荷重 (P_t)

水平津波荷重は、経路からの津波が水平方向に作用した場合の津波荷重であり、各施設の設置位置における経路からの流速を用いて算定する。

d. 静水圧荷重 (P h)

静水圧荷重は、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重であり、各施設の設置位置における施設の設置高さ及び浸水深さを考慮して、静水圧として算定する。

1号機取水槽流路縮小工の設計における津波荷重については、静水圧荷重に加え、抗力及び摩擦による推力を考慮する。

e. 係留力 (P p)

係留力は、海域活断層から想定される地震による津波（基準津波4）を対象とした津波条件から設定される燃料等輸送船の流圧力に対する係留索の耐力として算定する。

(3) 余震荷重 (S d, K S d)

a. S d

余震荷重 S d は、弾性設計用地震動 S d - D による地震力（動水圧含まない。）として算定する。

b. K S d

余震荷重 K S d は、弾性設計用地震動 S d - D による地震力（動水圧含む。）として算定する。

(4) 衝突荷重 (P c)

衝突荷重は、漂流物として最も重量が大きい総トン数 19 トンの船舶を選定し、衝突解析に基づき設定する。なお、防波壁通路防波扉（1号機北側、2号機北側）の衝突荷重については、防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置されていることから、漂流物として枕木を選定し、既往の算定式に基づき設定する。

(5) 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。

(6) 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。

4.1.2 荷重の組合せ

各施設の強度計算に用いる荷重の組合せは、施設の配置、構造計画に基づく形状及び評価部位を踏まえて、「4.1.1 荷重の種類」で示した荷重(1)～(6)を常時作用する荷重、津波の形態に応じた津波荷重等及びその他自然現象による荷重に分けて適切に組み合わせる。

荷重の組合せにおいては、まず、常時作用する荷重として、対象施設に応じて、以下の荷重の組合せを考慮する。構造物については、固定荷重(G)を考慮する。さらに、上載物の荷重を負担する又は影響を受ける構造である場合は、積載荷重(P)を組み合わせる。

一方、機器類については、自重(D)を考慮する。

次に、津波の形態に応じた津波荷重等の組合せを考慮する。

日本海東縁部の地震を波源とする津波が対象施設に影響がある場合は、津波荷重として、遡上津波荷重(P_t)、突き上げ津波荷重(P_t)、水平津波荷重(P_t)又は静水圧荷重(P_h)を考慮し、強度計算を行う(漂流物の影響を受ける位置に設置している施設については、衝突荷重(P_c)の組合せを考慮する。(以下「津波時」という。))。

海域活断層の地震を波源とする津波が対象施設に影響がある場合は、津波荷重として、遡上津波荷重(P_t)、突き上げ津波荷重(P_t)、水平津波荷重(P_t)又は静水圧荷重(P_h)と余震荷重(S_d, K S_d)の組合せを考慮し、強度計算を行う(以下「重畳時」という。))。なお、船の係留の影響を受ける施設については、係留力(P_p)の組合せを考慮する。ただし、係留力(P_p)に対して余震荷重(S_d, K S_d)の割合が無視できる場合は、各強度計算書において余震荷重(S_d, K S_d)の影響が無視できることを確認したうえで、組合せ計算を実施しない。

最後に、施設の構造等を踏まえ、風荷重(P_k)及び積雪荷重(P_s)の組合せを考慮する。

風荷重(P_k)については、屋外の直接風を受ける場所に設置している施設のうち、風荷重(P_k)の影響が津波荷重(P_t, P_h)と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設については組合せを考慮する。風荷重(P_k)の影響を受ける可能性のある施設については、各強度計算書において風荷重(P_k)の影響を確認する。

積雪荷重(P_s)については、屋外の積雪が生じる場所に設置している施設について、組合せを考慮する。ただし、自重(D)に対して積雪荷重(P_s)の割合が無視できる施設については、各強度計算書において積雪荷重(P_s)の影響が無視できることを確認したうえで、組合せ計算を実施しない。

以上を踏まえ、具体的に施設ごとの強度計算書において考慮すべき荷重の組合せを設定する。荷重の組合せの設定フローを図4.1-1に、フローに基づき設定した施設ごとの荷重の組合せ結果を表4.1-2に示す。

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計
に用いる津波のパラメータ (1/3)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
津波防護 施設	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1}) EL 4.9m ^{*4} (EL 4.2m ^{*2})	10.0m/s ^{*5} 6.0m/s ^{*6}
	防波壁 (逆T擁壁)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	10.0m/s ^{*5}
	防波壁 (波返重力擁壁)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1}) EL 4.9m ^{*4} (EL 4.2m ^{*2})	10.0m/s ^{*5} 6.0m/s ^{*6}
	防波壁通路防波扉 (1号機北側)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	0.6m/s ^{*13}
	防波壁通路防波扉 (2号機北側)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	0.6m/s ^{*13}
	防波壁通路防波扉 (荷揚場南)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	10.0m/s ^{*5}
	防波壁通路防波扉 (3号機東側)	遡上波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1})	10.0m/s ^{*5}
	1号機取水槽 流路縮小工	経路からの津波	EL 8.2m ^{*8} (EL 7.5m ^{*7}) EL-2.3m ^{*10} (EL-3.0m ^{*9}) EL 3.0m ^{*12} (EL 2.3m ^{*11})	10.0m/s ^{*14} 6.0m/s ^{*15}

注：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計
に用いる津波のパラメータ (2/3)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
浸水防止 設備	屋外排水路逆止弁 ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬	経路からの津波	EL 12.6m ^{*3} (EL 11.9m ^{*1}) EL 4.9m ^{*4} (EL 4.2m ^{*2})	—
	取水槽除じん機エリア 防水壁	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	—
	タービン建物 地下1階 復水系配管室防水壁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
	タービン建物 地下1階 復水器室北西側防水壁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
	タービン建物 地下1階 復水器室北側防水壁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
	タービン建物 地下1階 復水器室北東側防水壁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (東)	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	—
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (西)	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	—
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (北)	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	—
	タービン建物 地下1階 復水系配管室北側水密扉	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
	タービン建物 地下1階 復水系配管室南側水密扉	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
	タービン建物 地下1階 封水回収ポンプ室北側 水密扉	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
	タービン建物 地下1階 復水系配管室南東側 水密扉	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—

注：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の設計
に用いる津波のパラメータ (3/3)

設備分類	設備名称	津波の種類	設計に用いる津波のパラメータ	
			設計津波水位 (入力津波水位)	流速
浸水防止 設備	取水槽床ドレン逆止弁	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	1.0m/s ^{*20}
	タービン建物 床ドレン逆止弁	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
	電動弁	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	—
	逆止弁	経路からの津波	EL 8.6m ^{*23} (EL 7.9m ^{*22})	—
	ポンプ	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	2.0m/s ^{*21}
	配管	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	—
	貫通部止水処置 (取水槽)	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	—
	貫通部止水処置 (屋外配管ダクト)	経路からの津波	EL 8.6m ^{*23} (EL 7.9m ^{*22})	—
	貫通部止水処置 (タービン建物)	経路からの津波	EL 5.3m ^{*19} (EL 4.8m ^{*18})	—
津波監視 設備	取水槽水位計	経路からの津波	EL 11.3m ^{*17} (EL 10.6m ^{*16})	2.0m/s ^{*21}

注：注記は表の末尾に記載

表 4.1-1 津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に用いる津波のパラメータの注記を以下に示す。

注記*1：日本海東縁部を波源とする基準津波による施設護岸又は防波壁の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤無し」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。

*2：海域活断層上昇側最大ケースによる施設護岸又は防波壁の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤有り」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。

*3：谷本式又は朝倉式を適用する場合に用いる水位であり、日本海東縁部を波源とする基準津波による施設護岸又は防波壁の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 EL 1.36m と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m (参照する裕度)を加えて設定している。

*4：谷本式を適用する場合に用いる水位であり、海域活断層を波源とする基準津波による施設護岸又は防波壁の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 EL 1.36m と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m (参照する裕度)を加えて設定している。

*5：日本海東縁部を波源とする基準津波において、漂流物の衝突荷重の算出に用いる流速であり、遡上解析から算出した発電所近傍の海域における基準津波の最大流速 9.3m/s を安全側の評価となるよう切り上げて設定している。

*6：海域活断層を波源とする基準津波において、漂流物の衝突荷重の算出に用いる流速であり、遡上解析から算出した発電所近傍の海域における基準津波の最大流速 5.8m/s を安全側の評価となるよう切り上げて設定している。

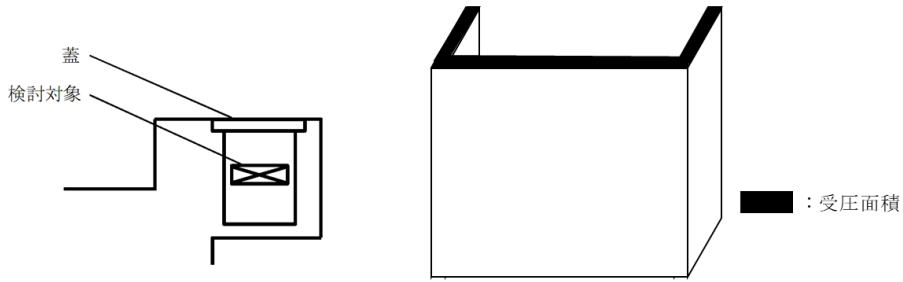
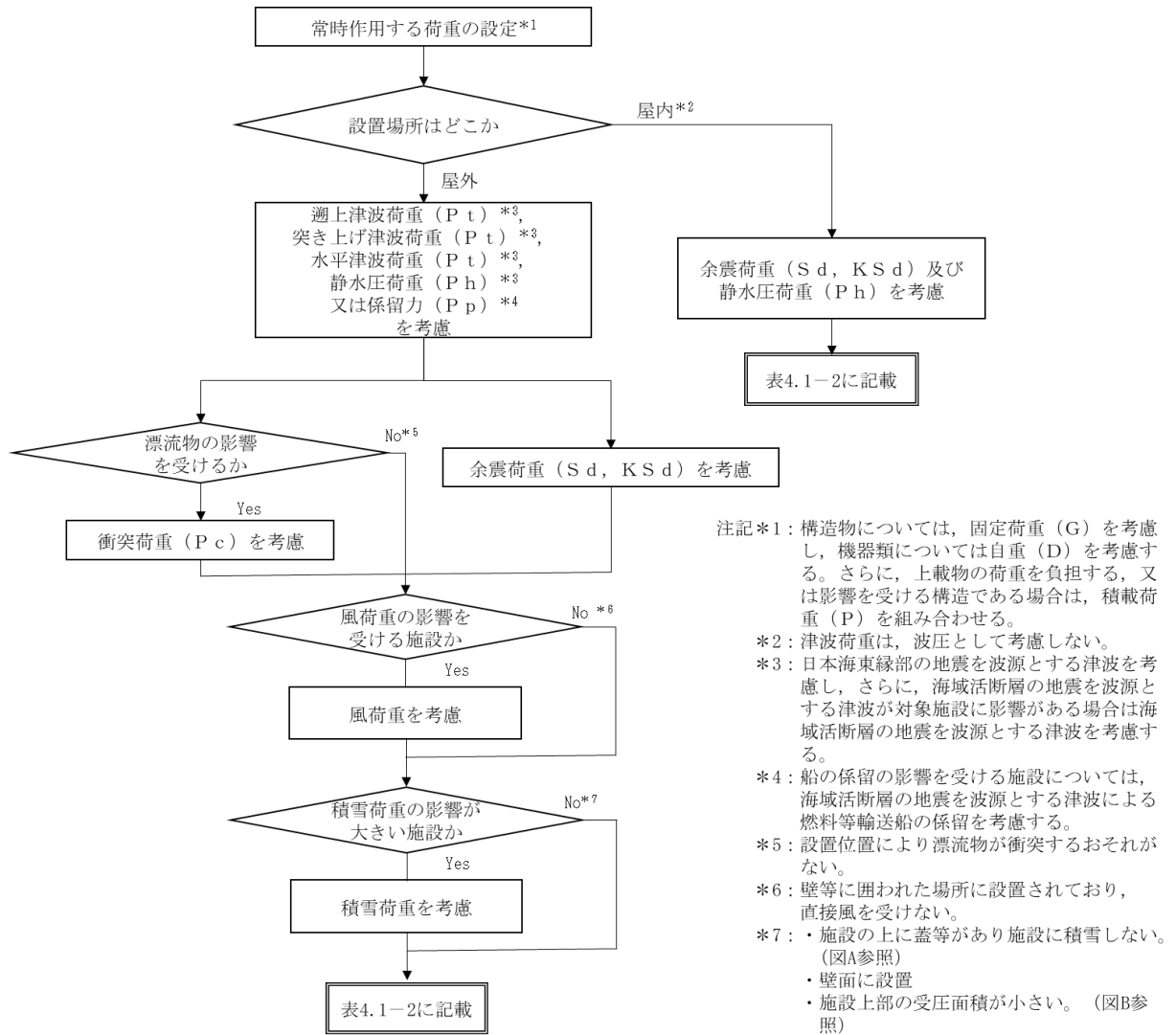
*7：日本海東縁部を波源とする基準津波による 1 号機取水口の入力津波高さである。入力津波高さは、同時刻の 1 号機取水槽との水位差が最大となる「防波堤無し」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。

*8：静水圧荷重の算出に用いる水位であり、日本海東縁部を波源とする基準津波による 1 号機取水口の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 EL 1.36m と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m (参照する裕度)を加えて設定している。

*9：海域活断層を波源とする基準津波による 1 号機取水口の入力津波高さである。入力津波高さは、同時刻の 1 号機取水槽との水位差が最大となる「防波堤無し」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。

- *10: 静水圧荷重の算出に用いる水位であり、海域活断層を波源とする基準津波による1号機取水口の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間100年に対する期待値EL 1.36mと、入力津波で考慮した朔望平均満潮位EL 0.58mと潮位のばらつき0.14mの合計との差である0.64m(参照する裕度)を加えて設定している。
- *11: 海域活断層を波源とする基準津波による1号機取水槽の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤有り」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。
- *12: 動水圧荷重の算出に用いる水位であり、海域活断層を波源とする基準津波による1号機取水槽の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間100年に対する期待値EL 1.36mと、入力津波で考慮した朔望平均満潮位EL 0.58mと潮位のばらつき0.14mの合計との差である0.64m(参照する裕度)を加えて設定している。
- *13: 狭隘な場所における漂流速度については、その設置状況に応じた漂流物、流向を踏まえ、漂流速度を設定している。
- *14: 日本海東縁部を波源とする基準津波において、1号機取水槽流路縮小工に作用する流水圧の算定に用いる流速であり、管路解析から算出した1号機取水槽流路縮小工設置位置における最大流速9.5m/sを切り上げて設定している。
- *15: 海域活断層を波源とする基準津波において、1号機取水槽流路縮小工に作用する流水圧の算定に用いる流速であり、管路解析から算出した1号機取水槽流路縮小工設置位置における最大流速5.7m/sを切り上げて設定している。
- *16: 日本海東縁部を波源とする基準津波による2号機取水槽の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤無し」、「貝付着無し」、「循環水ポンプ停止状態」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m)及び「潮位のばらつき」(0.14m)を考慮している。
- *17: 静水圧荷重の算出に用いる水位であり、日本海東縁部を波源とする基準津波による2号機取水槽の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間100年に対する期待値EL 1.36mと、入力津波で考慮した朔望平均満潮位EL 0.58mと潮位のばらつき0.14mの合計との差である0.64m(参照する裕度)を加えて設定している。
- *18: 地震による溢水にて考慮する機器破損等による溢水量から求めた水位であり、水位が高くなるように設定した浸水範囲、浸水量を用いて算出した床面からの浸水深を設定している。
- *19: 静水圧荷重の算出に用いる水位であり、地震による溢水にて考慮する機器破損等による溢水量から求めた水位に防水壁高さ(EL 5.3m)を考慮した高さを設定している。

- *20 : 突き上げ津波荷重の算出に用いる流速であり、基準津波による入力津波の設定位置において、入力津波高さが最大となる条件で水位が上昇する時の流速約 0.2m/s から余裕を考慮して設定している。
- *21 : 水平津波荷重の算出に用いる流速であり、管路解析から 2 号機取水槽の除じん機エリアにおける基準津波による最大流速 1.06m/s を切り上げて設定している。
- *22 : 日本海東縁部を波源とする基準津波による 2 号機放水槽の入力津波高さである。入力津波高さは、津波高さが最大となる「防波堤有り」、「貝付着無し」、「循環水ポンプ停止状態」の条件として設定している。また、潮位変動として「朔望平均満潮位」(EL 0.58m) 及び「潮位のばらつき」(0.14m) を考慮している。
- *23 : 静水圧荷重の算出に用いる水位であり、日本海東縁部を波源とする基準津波による 2 号機放水槽の入力津波高さに、高潮ハザードによる再現期間 100 年に対する期待値 EL 1.36m と、入力津波で考慮した朔望平均満潮位 EL 0.58m と潮位のばらつき 0.14m の合計との差である 0.64m (参照する裕度) を加えて設定している。



図A 蓋等により積雪しない場合の例

図B 上部の受圧面積が小さい場合の例

図 4.1-1 強度計算における荷重の組合せの設定フロー

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ(1/6)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t), 水平津波荷重 (P t), 静水圧荷重 (P h) 又は係留力 (P p)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	津波時	○	○	—	○*1	○	○	○
	重畳時	○	○	○	○*2	—	○	○
防波壁 (逆T擁壁)	津波時	○	○	—	○*1	○	○	○
	重畳時	○	○	○	○*2	—	○	○

注記*1：日本海東縁部を波源とした津波による遡上津波荷重 (P t)

*2：海域活断層を波源とした津波による遡上津波荷重 (P t)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ(2/6)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t), 水平津波荷重 (P t), 静水圧荷重 (P h) 又は係留力 (P p)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)	津波時	○	—	—	○*1	○*4	—	—
	津波時	○	—	—	○*1	—*5	○	○
1号機取水槽流路縮小工	津波時	○	—	—	○*2	—	—	—
	重畳時	○	—	○	○*3	—	—	—

注記*1 : 日本海東縁部を波源とした津波による遡上津波荷重 (P t)

*2 : 日本海東縁部を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

*3 : 海域活断層を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

*4 : 防波壁の壁面 (海側) より奥まった狭隘な場所に設置するため, 船舶は衝突しない。枕木による衝突荷重を考慮する。

*5 : 防波扉の前面に漂流物対策工を設置することから, 漂流物による衝突荷重は考慮しない。なお, 漂流物対策工は衝突荷重を考慮する。

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ(3/6)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	湖上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t), 水平津波荷重 (P t), 静水圧荷重 (P h) 又は係留力 (P p)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
屋外排水路逆止弁 ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬	津波時	○	-	-	○*1 静水圧荷重 (P h)	-	-	-
	重畳時	○	-	○	○*2 静水圧荷重 (P h)	-	-	-
取水槽除じん機エリス防水壁	津波時	○	-	-	○*1 静水圧荷重 (P h)	-	○	-
タービン建物 地下1階 復水系配管室防水壁	重畳時	○	-	○	○*3 静水圧荷重 (P h)	-	-	-
タービン建物 地下1階 復水器室北西側防水壁	重畳時	○	-	○	○*3 静水圧荷重 (P h)	-	-	-
タービン建物 地下1階 復水器室北側防水壁	重畳時	○	-	○	○*3 静水圧荷重 (P h)	-	-	-
タービン建物 地下1階 復水器室北東側防水壁	重畳時	○	-	○	○*3 静水圧荷重 (P h)	-	-	-

注記*1：日本海東縁部を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

*2：海域活断層を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

*3：地震による溢水にて考慮する静水圧荷重 (P h)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ(4/6)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d)又は K S d)	遡上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t), 水平津波荷重 (P t), 静水圧荷重 (P h) 又は係留力 (P p)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
取水槽除じん機エリア 水密扉 (東)	津波時	○	—	—	○*1 静水圧荷重 (P h)	—	○	—
取水槽除じん機エリア 水密扉 (西)	津波時	○	—	—	○*1 静水圧荷重 (P h)	—	○	—
取水槽除じん機エリア 水密扉 (北)	津波時	○	—	—	○*1 静水圧荷重 (P h)	—	○	—
タービン建物 地下1階 復水系配管室北側水密扉	重畳時	○	—	○	○*2 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
タービン建物 地下1階 復水系配管室南側水密扉	重畳時	○	—	○	○*2 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
タービン建物 地下1階 封水回収ポンプ室北側水密扉	重畳時	○	—	○	○*2 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
タービン建物 地下1階 復水系配管室南東側水密扉	重畳時	○	—	○	○*2 静水圧荷重 (P h)	—	—	—

注記*1：日本海東縁部を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

*2：地震による溢水にて考慮する静水圧荷重 (P h)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (5/6)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d)又は K S d)	遡上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t), 水平津波荷重 (P t), 静水圧荷重 (P h) 又は係留力 (P p)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
取水槽床ドレン逆止弁	重畳時	○	—	○	○*1 突き上げ津波荷重 (P t)	—	—	○
タービン建物床ドレン逆止弁	重畳時	○	—	○	○*2 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
電動弁	重畳時	○	—	○	○*3 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
逆止弁	重畳時	○	—	○	○*3 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
ポンプ	重畳時	○	—	○	○*3,*4 水平津波荷重 (P t) 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
配管	重畳時	○	—	○	○*3 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
貫通部止水処置	重畳時	○	—	○	○*2,*3 静水圧荷重 (P h)	—	—	—
取水槽水位計	重畳時	○	—	○	○*1,*3,*4 突き上げ津波荷重 (P t) 水平津波荷重 (P t) 静水圧荷重 (P h)	—	—	—

注記*1：日本海東縁部を波源とした津波による突き上げ津波荷重 (P t)

*2：地震による溢水にて考慮する静水圧荷重 (P h)

*3：日本海東縁部を波源とした津波による静水圧荷重 (P h)

*4：日本海東縁部を波源とした津波による水平津波荷重 (P t)

表 4.1-2 津波防護に関する施設の強度計算における荷重の組合せ (6/6)

強度計算の対象施設	事象	荷重						
		自重 (D) 又は 固定荷重 (G)	積載荷重 (P)	余震荷重 (S d 又は K S d)	遡上津波荷重 (P t), 突き上げ津波荷重 (P t), 水平津波荷重 (P t), 静水圧荷重 (P h) 又は係留力 (P p)	衝突荷重 (P c)	風荷重 (P k)	積雪荷重 (P s)
漂流防止装置 (係船柱)	重畳時	○	-	○	○*	-	-	-

注記* : 海域活断層を波源とした津波による燃料等輸送船の係留力 (P p)

4.2 許容限界

許容限界は、VI-1-1-3-2-5「津波防護に関する施設の設計方針」にて設定している。

津波荷重を考慮した施設ごとの構造強度設計上の性能目標及び機能保持の評価方針を踏まえて、評価部位ごとに設定する。

「4.1 荷重及び荷重の組合せ」で設定している荷重及び荷重の組合せを含めて施設ごとの許容限界を表4.2-1に示す。

各施設の許容限界の詳細は、各計算書で評価部位の応力や変形の状態を考慮し、評価部位ごとに設定する。

4.2.1 施設ごとの許容限界

(1) 防波壁

a. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

(a) 鋼管杭

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼管杭がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「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）」及び「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会、平成14年3月）」に基づき、おおむね弾性状態にとどまるように、降伏モーメント及び短期許容せん断力として設定する。

(b) 被覆コンクリート壁

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、被覆コンクリート壁（鉄筋コンクリート造）がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「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、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(c) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のうち鉄筋コンクリート版及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、鉄筋コンクリート版の基準津波に対する許容限界は、「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、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。また、アン

カーボルトの基準津波に対する許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(d) 止水目地

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，主要な構造物の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変位量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，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位量とする。

(e) 改良地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，改良地盤の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために，改良地盤がすべり破壊しないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき，すべり安全率 1.2 以上とする。

(f) 岩盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，十分な支持機能を有する岩盤に設置する設計とするために，基準津波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」にて設定している極限支持力度とする。

b. 防波壁（逆T擁壁）

(a) 逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「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、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(b) グラウンドアンカ

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、逆T擁壁（鉄筋コンクリート造）が滑動・転倒しない設計とするためにグラウンドアンカを設置する方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「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、許容アンカー力として設定する。

(c) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のうち鉄筋コンクリート版及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、鉄筋コンクリート版の基準津波に対する許容限界は、「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、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。また、アンカーボルトの基準津波に対する許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会、2010年）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(d) 漂流物対策工（鋼材）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、漂流物対策工（鋼材）のうち鋼材及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、鋼材の基準津波に対する許容限界は、「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、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。また、アンカーボルトの基準津波に対する許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会、2010年）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(e) 止水目地

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，主要な構造物の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため，境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変位量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，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位量とする。

(f) 改良地盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，十分な支持機能を有する改良地盤に設置する設計とするために，基準津波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」に基づき設定する極限支持力度とする。また，改良地盤の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために，改良地盤がすべり破壊しないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき，すべり安全率 1.2 以上とする。

(g) 岩盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，十分な支持機能を有する岩盤に設置する設計とするために，基準津波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」にて設定している極限支持力度とする。

c. 防波壁（波返重力擁壁）

(a) 重力擁壁

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，重力擁壁がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「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，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(b) ケーソン

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，ケーソンがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「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）」及び「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）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(c) 放水路ケーソン

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，放水路ケーソンがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「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）」及び「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）」に基づき，おおむね弾性状態にとどまるように，短期許容応力度又は材料強度として設定する。

(d) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重，余震，漂流物の衝突，積載物，風及び積雪による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のうち鉄筋コンクリート版及びアンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，鉄筋コンクリート版の基準津波に対する許容限界は，「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，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。またアンカーボルトは「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(e) H形鋼

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、H形鋼がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「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、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容せん断応力度として設定する。

(f) 止水目地

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、主要な構造物の境界部に設置する部材を有意な漏えいを生じない変形にとどめる設計とするため、境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変位量以下であることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、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。

(g) 改良地盤及びMMR

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、十分な支持機能を有する改良地盤及びMMRに設置する設計とするために、基準津波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」に基づき設定する極限支持力度又は支圧強度とする。また、改良地盤及びMMRの健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、改良地盤及びMMRがすべり破壊しないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率1.2以上とする。

(h) 岩盤

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、十分な支持機能を有する岩盤に設置する設計とするために、基準津波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」にて設定している極限支持力度とする。

(2) 防波壁通路防波扉

a. 鋼製扉体

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製扉体を構成する部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）は「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005年改定）」及び「JIS G 4303-2012 ステンレス鋼棒」に基づき、また、防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）は「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成28年3月）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

b. 戸当り

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、戸当りを構成する部材が、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「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、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

c. グラウンドアンカ

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重、風及び積雪による荷重に対し、基礎スラブ及び改良地盤が滑動・転倒しない設計とするためにグラウンドアンカを設置する方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「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、許容アンカー力として設定する。

d. 鋼管杭

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼管杭がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「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、おおむね弾性状態にとどまるように、降伏モーメント及び短期許容応力度として設定する。

e. 基礎スラブ

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重、風及び積雪を考慮した荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、基礎スラブが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏

まえ、基準津波に対する許容限界は、「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、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

f. アンカーボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び漂流物の衝突による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会、2010年）」に基づき、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、許容耐力として設定する。

g. 漂流物対策工

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、漂流物対策工のうち鋼製扉体の鋼製部材及びRC支柱がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、鋼製扉体の鋼製部材は「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会、平成28年3月）」に基づき、また、RC支柱は「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、それぞれ適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

h. 改良地盤

改良地盤の健全性及び止水性（難透水性）を保持する設計とするために、改良地盤がすべり破壊しないことを確認する評価方針としている。これを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率1.2以上とする。

i. 改良地盤、岩盤及びMMR

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、風及び積雪による荷重に対し、十分な支持機能を有する岩盤に設置する設計とするために、基準津波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」に基づき設定する極限支持力度又は支圧強度とする。

(3) 1号機取水槽流路縮小工

a. 固定ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造許容応力度設計規準（（社）日本建築学会，2019年制定）」及び「J I S B 1 0 5 1 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質－強度区分を規定したボルト，小ねじ及び植込みボルト－並目ねじ及び細目ねじ」を踏まえて、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

b. 縮小板，取水管（管胴部）及び取水管（フランジ部）

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震に対し、構造部材の構造健全性を保持する設計とするために、鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、基準津波に対する許容限界は、「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005年改定）」を踏まえて、適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように、短期許容応力度として設定する。

(4) 屋外排水路逆止弁

a. 扉体（スキンプレート，主桁及び補助縦桁）

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、扉体を構成するスキンプレート，主桁及び補助縦桁が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成28年3月）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

b. 固定部（戸当り及び集水柵（戸当り部コンクリート））

地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水時の津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，固定部を構成する戸当り，集水柵（戸当り部コンクリート）が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としている。これを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成28年3月）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(5) 防水壁

a. 取水槽除じん機エリア防水壁

(a) 鋼板，柱及びはり

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005年改定）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(b) アンカーボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，許容耐力として設定する。

b. 復水器エリア防水壁

(a) 鋼板，柱，はり，胴縁，根太，ブレース及び斜材

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，鋼製部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-（（社）日本建築学会，2005年改定）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

(b) アンカーボルト

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，アンカーボルトが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，許容耐力として設定する。

(6) 水密扉

a. 取水槽除じん機エリア水密扉

(a) 取水槽除じん機エリア水密扉（東，西）

イ. 扉板，芯材，水密扉戸当り用支柱，外部縦柱，外部縦柱固定ボルト，固定プレート及び締付ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会，2005年改定)」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ロ. アンカーボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会，2010年)」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，許容耐力として設定する。

(b) 取水槽除じん機エリア水密扉（北）

イ. 扉板，扉枠及び水密扉戸当り用支柱

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，鋼製部材がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会，2005年改定)」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，短期許容応力度として設定する。

ロ. アンカーボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重に対し，構造部材の構造健全性を保持する設計とするために，アンカーボルトがおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，基準津波に対する許容限界は，「各種合成構造設計指針・同解説((社)日本建築学会，2010年)」に基づき，適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように，許容耐力として設定する。

b. 復水器エリア水密扉

(a) 扉板, 芯材及びカンヌキ

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し, 構造部材の健全性を保持する設計とするために, 扉板, 芯材及びカンヌキが, おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ, 「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 2005年改定)」に基づき, 適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように, 短期許容応力度として設定する。

(b) アンカーボルト

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し, 構造部材の健全性を保持する設計とするために, アンカーボルトが, おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ, 「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010年)」に基づき, 適切な裕度をもって弾性状態にとどまるように, 許容耐力として設定する。

(7) 床ドレン逆止弁

a. 取水槽床ドレン逆止弁

(a) 弁本体, フロートガイド及び基礎ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重, 余震及び積雪を考慮した荷重に対し, 構造部材の健全性を保持する設計とするために, 弁本体, フロートガイド及び基礎ボルトの構造部材が, おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ, 「発電用原子力設備規格設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007)」に準じた供用状態Cの許容応力(許容応力状態ⅢAS)を許容限界として設定する。

(b) フロート

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重, 余震及び積雪を考慮した荷重に対し, 構造部材の健全性を保持する設計とするために, 弁に有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることを踏まえ, フロートに想定される算出圧力が, 水圧試験で確認された水圧以下であることを確認するため, 水圧試験の水圧を許容限界として設定する。

b. タービン建物床ドレン逆止弁

(a) 弁本体，フロートガイド及び取付部

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，弁本体，フロートガイド及び取付部の構造部材が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「発電用原子力設備規格設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢAS）を許容限界として設定する。

(b) フロート

地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，弁に有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることを踏まえ，フロートに想定される算出圧力が，水圧試験で確認された水圧以下であることを確認するため，水圧試験の水圧を許容限界として設定する。

(8) 隔離弁

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，弁に有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としていることを踏まえ，弁本体に想定される算出圧力が，水圧試験で確認された水圧以下であることを確認するため，水圧試験の水圧を許容限界として設定する。

(9) ポンプ

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，ポンプケーシング及び基礎ボルトが，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「発電用原子力設備規格設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢAS）を許容限界として設定する。

(10) 配管

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し，構造部材の健全性を保持する設計とするために，配管が，おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ，「発電用原子力設備規格設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢAS）を許容限界として設定する。

(11) 貫通部止水処置

a. シール材

考慮する荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するシール材から有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としているため、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

b. ブーツ

考慮する荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するブーツから有意な漏えいが生じないことを確認する評価方針としているため、水圧試験で確認した水圧を許容限界として設定する。

c. モルタル

考慮する荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工するモルタルが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることから、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）」に基づき算定した付着荷重を許容限界として設定する。

d. 電路貫通部金属ボックス

考慮する荷重に対し、貫通口と貫通物の隙間に施工する電路貫通部金属ボックスアンカーボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（(社)日本機械学会，2005/2007）」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢAS）を許容限界として設定する。

(12) 取水槽水位計

a. 基礎ボルト

地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入時の浸水津波高さに応じた津波荷重及び余震を考慮した荷重に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、基礎ボルトが、おおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「発電用原子力設備規格設計・建設規格（(社)日本機械学会，2005/2007）」に準じた供用状態Cの許容応力（許容応力状態ⅢAS）を許容限界として設定する。

(13) 漂流防止装置

a. 漂流防止装置（係船柱）

海域活断層に想定される地震による津波（基準津波4）の流圧力により作用する燃料等輸送船の係留力に対し、構造部材の健全性を保持する設計とするために、係船柱、アンカーボルト及びアンカー板がおおむね弾性状態にとどまることを確認する評価方針としていることを踏まえ、「鋼構造設計基準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005年改訂）」、「JIS G 5101 炭素鋼鋳鋼品」及び「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）」に準じた応力を許容限界として設定する。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界(1/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	G + P + P t + P c + P k + P s G + P + P t + K S d + P k + P s	鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「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)」及び「道路橋示方書 (I 共通編・II 鋼橋編)・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)」に基づき, 降伏モーメント及び短期許容せん断力とする。
				被覆コンクリート壁	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態
		漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)	押抜きせん断	部材が弾性域にとど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] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
				引張, せん断	「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年)」に基づき, 短期許容応力度とする。
		止水目地	変形	有意な漏えいに至る変形	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。
				すべり	「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき, すべり安全率 1.2 以上とする。
		岩盤*1	接地圧*2	支持機能を喪失する状態	VI-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき, 極限支持力度とする。

注記*1: 岩盤部と鋼管杭間に充填するセメントミルクは岩盤とみなす。

*2: 杭前面の岩盤の破壊状態を踏まえた水平支持力の確認も実施する。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (2/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (逆T擁壁)	G + P + P t + P c + P k + P s	逆T擁壁	曲げ, せん断, グラウンドアンカに よる支圧力	部材が弾性域にとど 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] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
			引張	部材が弾性域にとど まらず塑性域に入る 状態	「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, 許容アンカー力とする。
		漂流物対策工 (鉄筋コンクリート 版)	押抜きせん断	部材が弾性域にとど 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] ((社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
			引張, せん断	部材が弾性域にとど まらず塑性域に入る 状態	「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年)」に基づき, 短期許容応力度とする。
		漂流物対策工 (鋼材)	曲げ, せん断	部材が破断する状態	「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, 短期許容応力度とする。
			引張, せん断	部材が弾性域にとど まらず塑性域に入る 状態	「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年)」に基づき, 短期許容応力度とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (3/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (逆T擁壁)	G + P + P t + P c + P k + P s	止水目地	変形	有意な漏えいに至る変形	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位量とする。
		改良地盤	すべり	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
	岩盤, 改良地盤	接地圧	支持機能を喪失する状態	VI-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき、極限支持力度とする。	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界(4/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (波返重力擁壁)	G + P + P _t + P _c + P _k + P _s	重力擁壁	曲げ, せん断	部材が弾性域に どまらず塑性域に 入る状態	「コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] (社) 土木学会, 2002 年制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
				部材が弾性域に どまらず塑性域に 入る状態	
	放水路 ケーソン	曲げ, せん断	主要な部材が弾性 域にとどまらず塑 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] (社) 土木学会, 2002 年制定)」及び「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)」に基づき短期許容応力度又は材料強度とする。	
			支持機能を喪失す る状態		「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)」及び「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)」に基づき, 短期許容応力度, 材料強度又は許容ひずみとする。
		隔壁*			

注記* : 放水路ケーソンの隔壁は, 重力擁壁を支持する機能を有することから, 構造強度を有することを確認するために, 3 次元線形構造解析による曲げ, せん断及び引張に対する評価を行い, 3 次元線形構造解析による許容限界を超える場合は, 3 次元非線形構造解析によるせん断ひずみ評価を行う。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (5/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁 (波返重力擁壁)		漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)	押抜きせん断	部材が弾性域にとど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] ((社)土木学会, 2002 年制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
				部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
	H形鋼	せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「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, 短期許容応力度として設定する。	
			有意な漏えいに至る変形		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。
	止水目地	すべり	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき, すべり安全率 1.2 以上とする。	
			接地圧		VI-2-1-3 「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき, 極限支持力度又は支圧強度とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界(6/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)	G + P t + P c	扉板	曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—(社)日本建築学会, 2005 改定)」に基づき, 短期許容応力度以下とする。
				部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—(社)日本建築学会, 2005 改定)」に基づき, 短期許容応力度以下とする。
		カンヌキ	組合せ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「JIS G 4303-2012 ステンレス鋼棒」に基づき, 短期許容応力度とする。
				部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説 ((社)日本建築学会, 2010 年)」に基づき, 許容耐力とする。

表 4.2-1-1 施設ごととの評価対象部位の許容限界(7/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
防波壁通路防波扉 (荷揚場南, 3号機東側)	G + P t + P k + P s	鋼製扉体	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)(社)ダム・堰施設技術協会, 平成28年3月)」に基づき, 短期許容応力度以下とする。
		戸当り(RC支柱)及び基礎スラブ	曲げ, せん断, グラウンドアンカによる支圧力	部材が弾性域にとど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](社)土木学会, 2002年制定)」に基づき, 短期許容応力度とする。
		グラウンドアンカ	引張	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「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, 許容アンカー力とする。
		鋼管杭	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「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, 降伏モーメント及び短期許容応力度とする。
		改良地盤	すべり	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る設工認審査ガイド」に基づき, すべり安全率1.2以上とする。
		改良地盤, 基礎地盤, MMR	接地圧	支持機能を喪失する状態	VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に基づき, 極限支持応力度又は支圧強度とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (8/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
1号機取水槽 流路縮小工	G + P + P h G + P + P h + K S d	縮小板 固定ボルト	曲げ, せん断 引張	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-(社)日本建築学会, 2005年改定)」に基づき, 短期許容応力度以下とする。
				部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造許容応力度設計規準 ((社)日本建築学会, 2019年制定)」及び「J I S B 1 0 5 1 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質-強度区分を規定したボルト, 小ねじ及び植込みボルト-並目ねじ及び細目ねじ)」に基づき, 短期許容応力度以下とする。
	取水管 (管胴部) 及び取水管 (フランジ部)	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-(社)日本建築学会, 2005年改定)」に基づき, 短期許容応力度以下とする。	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (9/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
屋外排水路逆止弁 ①, ②, ③, ④, ⑤, ⑥, ⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑨, ⑩, ⑪, ⑫, ⑬	G + P h G + P h + K S d	スキンプレート	曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「ダム・堰施設技術基準 (案) (基礎解説編・設備計画マニキュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 28 年 3 月)」に基づき, 短期許容応力度以下とする。
		主桁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
		補助縦桁	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
		戸当り	圧縮	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
		集水柵 (戸当り部コックリート)	圧縮, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界(10/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水槽除じん機 エリア防水壁	G + P _h + P _k	鋼板	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		はり	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
		柱	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
		アンカーボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界(11/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
復水器エリア防水壁	G + P _h + K S d	鋼板	曲げ		「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		柱, はり, 胴縁, 斜材	曲げ, せん断, 圧縮	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
		根太	曲げ, せん断		
		ブレース	圧縮		
		アンカーボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
					「各種合成構造設計指針・同解説 ((社)日本建築学会, 2010年)」に基づき算定した, 許容耐力以下とする。

表 4.2-1 施設ごととの評価対象部位の許容限界 (12/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水槽除じん機 エリア水密扉	G + P _h + P _k	扉板, 芯材, 水密扉 戸当り用支柱, 外部 縦柱, 固定プレート	曲げ, せん断	部材が弾性域にとど まらず塑性域に入る 状態	「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-(社)日本建築学 会, 2005年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		縮付ボルト	圧縮		
		外部縦柱固定ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとど まらず塑性域に入る 状態	「各種合成構造設計指針・同解説 (社) 日本建築学会, 2010年)」に基づき算定した, 許容耐力以下とする。
		アンカーボルト	引張, せん断		

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界(13/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
復水器エリア水密扉	G + P h + K S d	扉板	曲げ		「鋼構造設計規準-許容応力度設計法-((社)日本建築学会, 2005 年改定)」を踏まえ短期許容応力度以下とする。
		芯材	曲げ, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	
		カンヌキ	曲げ, せん断		
		アンカーボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「各種合成構造設計指針・同解説 (社) 日本建築学会, 2010 年)」に基づき算定した, 許容耐力以下とする。

表 4.2-1-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (14/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水槽床ドレン 逆止弁	D + P t + S d + P s	弁本体, フロートガイド	圧縮, 曲げ	部材が弾性域にとど まらず塑性域に入る 状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機 械学会, 2005/2007)」に準じて供用状態 C の許容応力 (許容応力状態 III _A S) 以下とする。
		基礎ボルト	引張, せん断		
床 ドレン 逆止弁	D + P h + S d	フロート	圧縮	有意な漏えいに至る 状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		弁本体, フロートガイド	圧縮, 曲げ	部材が弾性域にとど まらず塑性域に入る 状態	
タービン建物床 ドレン逆止弁	D + P h + S d	取付部	引張, 曲げ	有意な漏えいに至る 状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本 機械学会, 2005/2007)」に準じて供用状態 C の許容応力 (許容応力状態 III _A S) 以下とする。
フロート		圧縮		水圧試験で確認した水圧以下とする。	

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (15/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
電動弁 隔離弁	D + P _h + S _d	弁本体	内圧	有意な漏えいに至る状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
逆止弁					

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (16/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
ポンプ	D + P _h + S _d	ポンプケーシング	内圧, 曲げ 引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007)」に準じて供用状態Cの許容応力 (許容応力状態Ⅲ _{A,S}) 以下とする。
	D + P _t + S _d	基礎ボルト			

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (17/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
配管	D + P _h + S _d	配管	内圧, 曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007)」に準じて供用状態Cの許容応力 (許容応力状態Ⅲ _{A,S}) 以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (18/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
貫通部止水処置	G + P h + K S d	シール材	せん断	有意な漏えいに至る状態	水圧試験で確認した水圧以下とする。
		ブーツ	引張		
	D + K S d	モルタル	圧縮, せん断	部材が弾性域にとど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]」(社)土木学会, 2002年制定)に基づき算定した許容付着荷重以下とする。
		電路貫通部金属ボック クスアンカーボルト	引張, せん断		「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(社)日本機械学会, 2005/2007)に準じて供用状態Cの許容応力(許容応力状態III _{0.5})以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (19/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
取水槽水位計	D + P t + P h + S d	基礎ボルト	引張, せん断	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社) 日本機械学会, 2005/2007)」に準じて供用状態 C の許容応力 (許容応力状態 III _s , S) 以下とする。

表 4.2-1 施設ごとの評価対象部位の許容限界 (20/20)

施設名	荷重の組合せ	評価部位	機能損傷モード		許容限界
			応力等の状態	限界状態	
漂流防止装置 (係船柱)	G + P p + S d	係船柱	曲げ	部材が弾性域にとどまらず塑性域に入る状態	「鋼構造設計基準—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 2005 年改訂)」, 「J I S G 5 1 0 1 炭素鋼鑄鋼品」及び「各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年)」に示される許容限界値以下とする。
		アンカーボルト	引張, せん断		
		アンカー板	曲げ		

5. 強度評価方法

評価手法は、以下に示す解析法により、適用性に留意のうえ、規格及び基準類や既往の文献において適用が妥当とされる手法に基づき実施することを基本とする。

- ・ F E M等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

余震荷重を基に設定した入力地震動に対する評価手法は、以下に示す解析法により、「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)」に基づき実施することを基本とする。

- ・ 時刻歴応答解析
- ・ F E M等を用いた解析法
- ・ 定式化された評価式を用いた解析法

5.1 津波防護施設に関する評価式

5.1.1 防波壁

(1) 評価方針

防波壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴の違いから、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）に分けて評価を行う。
- b. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- c. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁、波返重力擁壁）の荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- d. 防波壁（逆T擁壁）の荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- e. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-1～表 5.1-3 に示す。

表 5.1-1 評価部位及び評価内容（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））

評価部位	評価内容
鋼管杭	曲げ，せん断
被覆コンクリート壁	曲げ，せん断
漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	押抜きせん断，引張，せん断
止水目地	変形
改良地盤	すべり
岩盤	接地圧

表 5.1-2 評価部位及び評価内容（防波壁（逆T擁壁））

評価部位	評価内容
逆T擁壁	曲げ，せん断， グラウンドアンカによる支圧力
グラウンドアンカ	引張
漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	押抜きせん断，引張，せん断
漂流物対策工（鋼材）	曲げ，せん断，引張
止水目地	変形
改良地盤	接地圧，すべり
岩盤	接地圧

表 5.1-3 評価部位及び評価内容（防波壁（波返重力擁壁））

評価部位	評価内容
重力擁壁	曲げ，せん断
ケーソン	曲げ，せん断
放水路ケーソン	曲げ，せん断
漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	押抜きせん断，引張，せん断
H形鋼	せん断
止水目地	変形
改良地盤	接地圧，すべり
MMR	接地圧，すべり
岩盤	接地圧

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-1「防波壁の強度計算書」に示す。

5.1.2 防波壁通路防波扉

(1) 評価方針

防波壁通路防波扉の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重、風及び積雪による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-4 及び表 5.1-5 に示す。

表 5.1-4 評価部位及び評価内容（防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側））

評価部位	評価内容
扉板	曲げ
芯材	組合せ
カンヌキ	組合せ
アンカーボルト	引張

表 5.1-5 評価部位及び評価内容（防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側））

評価部位	評価内容
鋼製扉体	曲げ，せん断
戸当り	曲げ，せん断
グラウンドアンカ	引張
鋼管杭	曲げ，せん断
基礎スラブ	曲げ，せん断 グラウンドアンカによる支圧力
漂流物対策工 (鋼製扉体，RC支柱)	曲げ，せん断
改良地盤	接地圧，すべり
岩盤	接地圧
MMR	接地圧

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-2「防波壁通路防波扉の強度計算書」に示す。

5.1.3 流路縮小工

(1) 評価方針

1号機取水槽流路縮小工の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの流入に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.1-6 に示す。

表 5.1-6 評価部位及び評価内容（1号機取水槽流路縮小工）

評価部位	評価内容
縮小板	曲げ，せん断
固定ボルト	引張
取水管（フランジ部）	曲げ，せん断
取水管（管胴部）	曲げ，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-3「1号機取水槽流路縮小工の強度計算書」に示す。

5.2 浸水防止設備に関する評価式

5.2.1 屋外排水路逆止弁

(1) 評価方針

屋外排水路逆止弁の評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，地震後の繰返しの来襲を想定した遡上波の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重を考慮し，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-1 に示す。

表 5.2-1 評価部位及び評価内容（屋外排水路逆止弁）

評価部位	評価内容
スキンプレート	曲げ
主桁	曲げ，せん断
補助縦桁	曲げ，せん断
戸当り	圧縮
集水桝 (戸当り部コンクリート)	圧縮，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-4「屋外排水路逆止弁の強度計算書」に示す。

5.2.2 防水壁

(1) 取水槽除じん機エリア防水壁

a. 評価方針

取水槽除じん機エリア防水壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-2 に示す。

表 5.2-2 評価部位及び評価内容（取水槽除じん機エリア防水壁）

評価部位	評価内容
鋼板	曲げ，せん断
柱	曲げ，せん断
はり	曲げ，せん断
アンカーボルト	引張，せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-5「防水壁の強度計算書」に示す。

(2) 復水器エリア防水壁

a. 評価方針

防水壁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-3 に示す。

表 5.2-3 評価部位及び評価内容（復水器エリア防水壁）

評価部位	評価内容
鋼板	曲げ
柱	曲げ, せん断, 圧縮
はり	曲げ, せん断, 圧縮
胴縁	曲げ, せん断, 圧縮
斜材	曲げ, せん断, 圧縮
根太	曲げ, せん断
ブレース	圧縮
アンカーボルト	引張, せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-5「防水壁の強度計算書」に示す。

5.2.3 水密扉

(1) 取水槽除じん機エリア水密扉

a. 評価方針

取水槽除じん機エリア水密扉の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波荷重及び風による荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-4 に示す。

表 5.2-4 評価部位及び評価内容（取水槽除じん機エリア水密扉）

評価部位	評価内容
扉板	曲げ，せん断
芯材	曲げ，せん断
水密扉戸当り用支柱	曲げ，せん断
外部縦柱	曲げ，せん断
固定プレート	曲げ，せん断
締付ボルト	圧縮
外部縦柱固定ボルト	引張，せん断
アンカーボルト	引張，せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-6「水密扉の強度計算書」に示す。

(2) 復水器エリア水密扉

a. 評価方針

水密扉の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、地震による溢水に加えて津波の流入を考慮した浸水に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-5 に示す。

表 5.2-5 評価部位及び評価内容（復水器エリア水密扉）

評価部位	評価内容
扉板	曲げ
芯材	曲げ，せん断
カンヌキ	曲げ，せん断
アンカーボルト	引張，せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-6「水密扉の強度計算書」に示す。

5.2.4 床ドレン逆止弁

(1) 取水槽床ドレン逆止弁

a. 評価方針

取水槽床ドレン逆止弁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、津波によって生じる突き上げ津波荷重、余震及び積雪を考慮した荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-6 に示す。

表 5.2-6 評価部位及び評価内容（取水槽床ドレン逆止弁）

評価部位	評価内容
弁本体	圧縮, 曲げ
フロートガイド	
フロート	圧縮
基礎ボルト	引張, せん断

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-7「床ドレン逆止弁の強度計算書」に示す。

(2) タービン建物床ドレン逆止弁

a. 評価方針

タービン建物床ドレン逆止弁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- (a) 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- (b) 荷重及び荷重の組合せは、津波による溢水又は内部溢水の浸水に伴う津波荷重及び余震を考慮した荷重を考慮し、評価される最大荷重を設定する。
- (c) 評価に用いる寸法については、公称値とする。

b. 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-7 に示す。

表 5.2-7 評価部位及び評価内容 (タービン建物床ドレン逆止弁)

評価部位	評価内容
弁本体	圧縮, 曲げ
フロートガイド	
フロート	圧縮
取付部	引張, 曲げ

c. 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-7「床ドレン逆止弁の強度計算書」に示す。

5.2.5 隔離弁

(1) 評価方針

隔離弁の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、考慮する荷重のうち、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-8 に示す。

表 5.2-8 評価部位及び評価内容（隔離弁）

評価部位	評価内容
弁本体	内圧

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-8「隔離弁，機器・配管の強度計算書」に示す。

5.2.6 ポンプ

(1) 評価方針

ポンプの評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，考慮する荷重のうち，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-9 に示す。

表 5.2-9 評価部位及び評価内容（ポンプ）

評価部位	評価内容
ポンプケーシング	内圧，曲げ
基礎ボルト	引張，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-8「隔離弁，機器・配管の強度計算書」に示す。

5.2.7 配管

(1) 評価方針

配管の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，考慮する荷重のうち，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-10 に示す。

表 5.2-10 評価部位及び評価内容（配管）

評価部位	評価内容
配管	内圧，曲げ

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-8「隔離弁，機器・配管の強度計算書」に示す。

5.2.8 貫通部止水処置

(1) 評価方針

貫通部止水処置の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、考慮する荷重のうち、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.2-11 に示す。

表 5.2-11 評価部位及び評価内容（貫通部止水処置）

評価部位	評価内容
シール材	せん断
ブーツ	引張
モルタル	圧縮, せん断
電路貫通部金属ボックス アンカーボルト	引張, せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-9 「貫通部止水処置の強度計算書」に示す。

5.3 津波監視設備に関する評価式

5.3.1 取水槽水位計

(1) 評価方針

取水槽水位計の評価を行う場合、以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴、津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは、考慮する荷重のうち、評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については、公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.3-1 に示す。

表 5.3-1 評価部位及び評価内容（取水槽水位計）

評価部位	評価内容
基礎ボルト	引張，せん断

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については、VI-3-別添 3-2-10「取水槽水位計の強度計算書」に示す。

5.4 漂流防止装置に関する評価式

5.4.1 漂流防止装置（係船柱）

(1) 評価方針

漂流防止装置（係船柱）の評価を行う場合，以下の条件に従うものとする。

- a. 構造上の特徴，津波に伴う荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し，評価部位を設定する。
- b. 荷重及び荷重の組合せは，考慮する荷重のうち，評価される最大荷重を設定する。
- c. 評価に用いる寸法については，公称値とする。

(2) 評価部位

評価部位及び評価内容を表 5.4-1 に示す。

表 5.4-1 評価部位及び評価内容（漂流防止装置（係船柱））

評価部位	評価内容
係船柱	曲げ
アンカーボルト	引張・せん断
アンカー板	曲げ

(3) 強度評価方法

強度計算の方法及び結果については，VI-3-別添 3-2-11「漂流防止装置の強度計算書」に示す。

6. 適用規格・基準等

適用する規格，基準等を以下に示す。

- ・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）
- ・建築基準法・同施行令
- ・道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ・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）
- ・道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ・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）
- ・耐津波設計に係る設工認審査ガイド
- ・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）
- ・ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）
- ・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 年改定）
- ・鋼構造許容応力度設計規準（（社）日本建築学会，2019 年制定）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年）
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）
- ・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）
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005 年）
- ・構造力学公式集（（社）土木学会，1986 年）
- ・水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009 年版）
- ・日本産業規格（J I S）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984（（社）日本電気協会）
- ・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）
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991 追補版（（社）日本電気協会）
- ・機械工学便覧（（社）日本機械学会）
- ・港湾技研資料 No. 102 けい船柱の標準設計（案）（運輸省港湾技術研究所，1970 年）
- ・水門鉄管技術基準 水圧鉄管・鉄鋼構造物編（（社）水門鉄管協会，2007 年）

VI-3-別添 3-2 津波への配慮が必要な施設の強度計算書

VI-3-別添 3-2-1 防波壁の強度計算書

VI-3-別添 3-2-1-1 防波壁（波返重力擁壁）の強度計算書

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	16
3. 強度評価方法	17
3.1 記号の定義	17
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	34
3.3 荷重及び荷重の組合せ	35
3.3.1 荷重	35
3.3.2 荷重の組合せ	37
3.4 許容限界	39
3.4.1 重力擁壁	39
3.4.2 ケーソン	40
3.4.3 H形鋼	43
3.4.4 MMR	43
3.4.5 改良地盤	43
3.4.6 止水目地	44
3.4.7 基礎地盤	44
3.5 評価方法	45
3.5.1 津波時	45
3.5.2 重畳時	57
4. 評価条件	62
4.1 津波時	62
4.2 重畳時	64
5. 評価結果	66
5.1 津波時	66
5.1.1 重力擁壁	66
5.1.2 ケーソン	70
5.1.3 H形鋼	80
5.1.4 MMR	80

5.1.5	改良地盤	84
5.1.6	止水目地	85
5.1.7	基礎地盤	85
5.2	重畳時	91
5.2.1	重力擁壁	91
5.2.2	ケーソン	94
5.2.3	MMR	104
5.2.4	改良地盤	108
5.2.5	止水目地	109
5.2.6	基礎地盤	110
6.	漂流物対策工	116
6.1	概要	116
6.2	基本方針	117
6.2.1	位置	117
6.2.2	構造概要	119
6.2.3	評価方針	126
6.2.4	記号の説明	128
6.3	評価対象部位	129
6.4	強度計算	130
6.4.1	強度計算方法	130
6.4.2	荷重及び荷重の組合せ	130
6.4.3	許容限界	132
6.4.4	評価方法	133
6.4.5	評価条件	134
6.4.6	評価結果	134

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方針」に示すとおり、防波壁（波返重力擁壁）が地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重，余震，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（波返重力擁壁）の位置図を図 2-1 に示す。

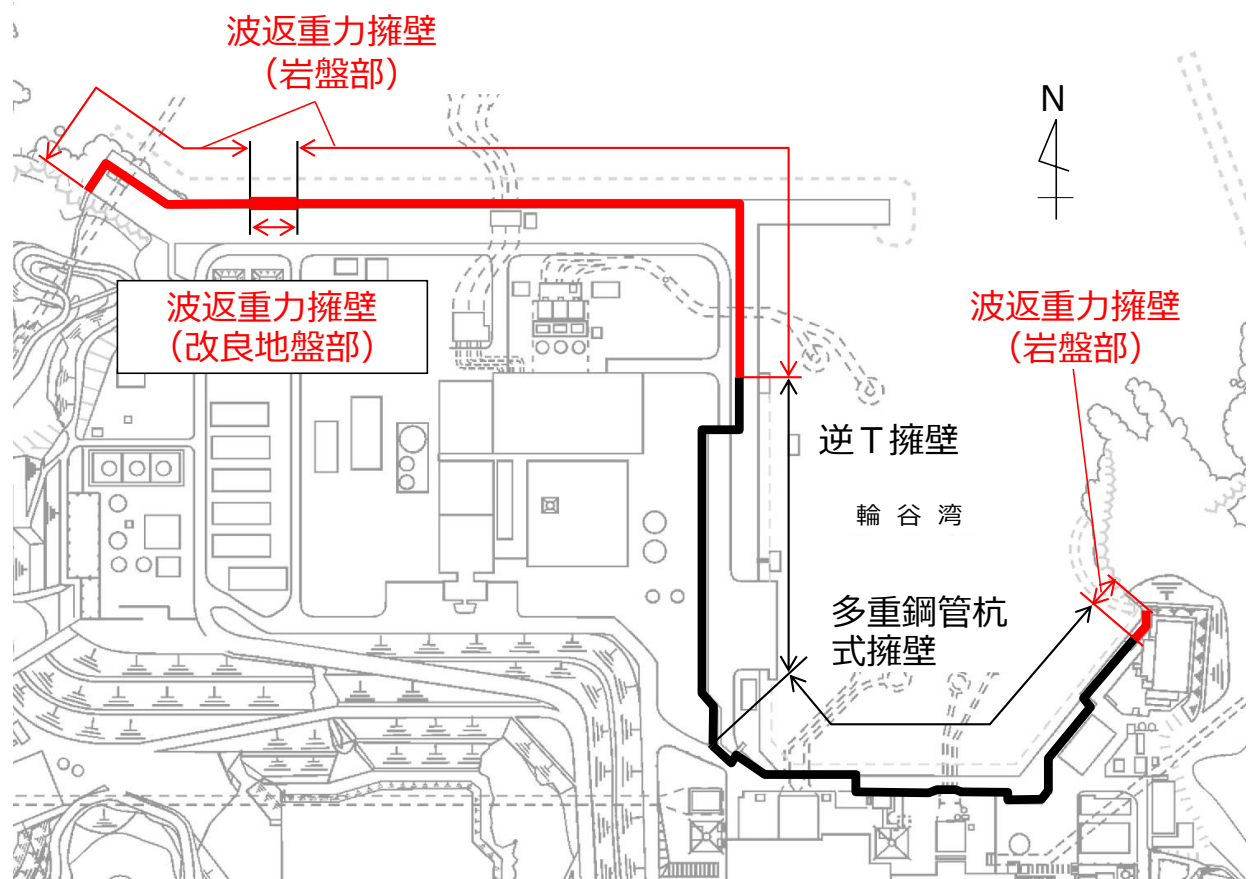


図 2-1 防波壁（波返重力擁壁）の位置図

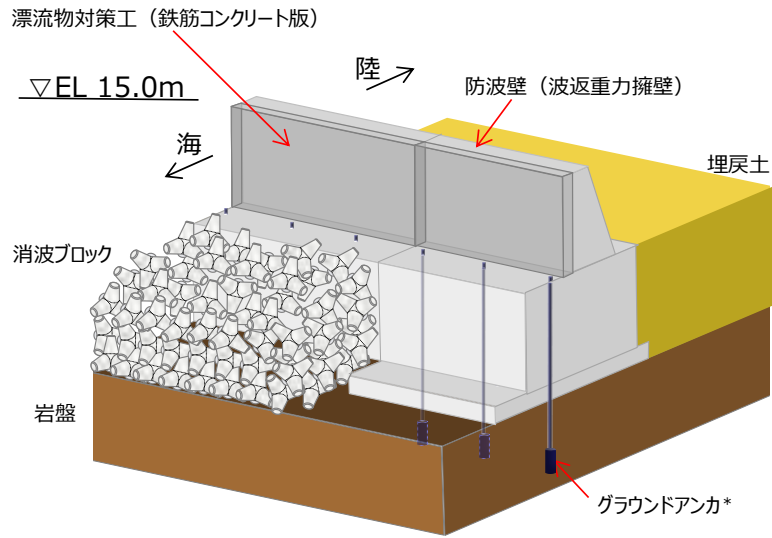
2.2 構造概要

防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図を図 2-2 に，構造図を図 2-3 に，止水目地の概念図及び配置位置図を図 2-4 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）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。

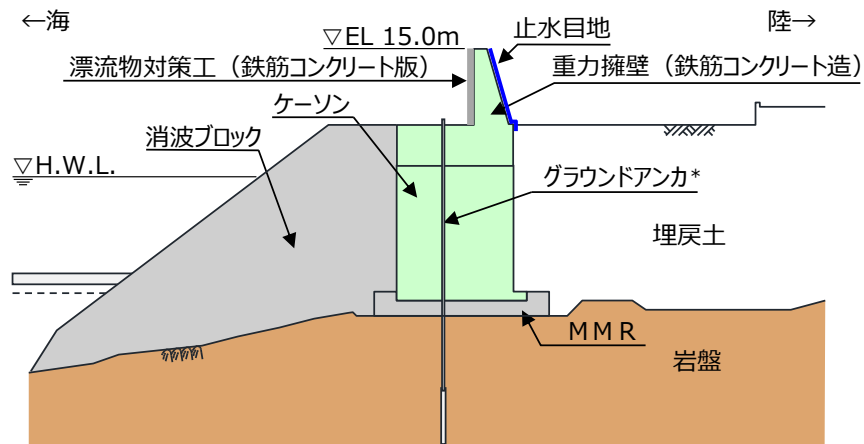
防波壁（波返重力擁壁）は，岩盤又はマンメイドロック（以下「MMR」という。）若しくは改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造のケーソン及び重力擁壁から構成されるケーソン設置部と，鉄筋コンクリート造の重力擁壁が岩盤に直接支持される岩盤直接支持部に分類される。ケーソン内のすべての中詰材（銅水砕スラグ及び砂）については，高圧噴射攪拌工法により改良する。重力擁壁及び前壁の背面に中詰コンクリートが充填されていないケーソンの海側には，鉄筋コンクリート版により構成された漂流物対策工（以下「漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）」という。）を設置し，重力擁壁の陸側の境界部には，試験等により止水性を確認した止水目地を設置する。

なお，構造概要図にはグラウンドアンカを示しているが，その効果を期待しない設計とする。



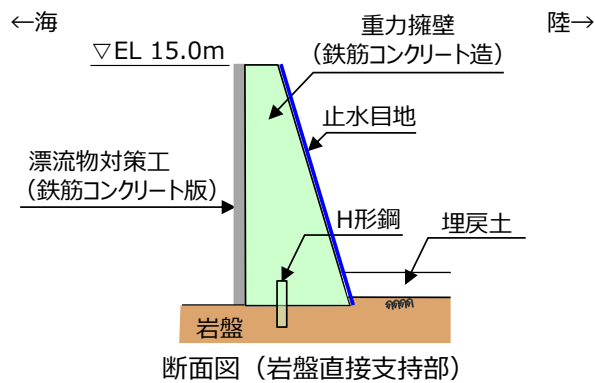
注記*：防波壁（波返重力擁壁）は，グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

図 2-2(1) 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図（鳥瞰図）



注記*：防波壁（波返重力擁壁）は，グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

断面図（ケーソン設置部）



断面図（岩盤直接支持部）

図 2-2(2) 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図（断面図）

(単位：mm)

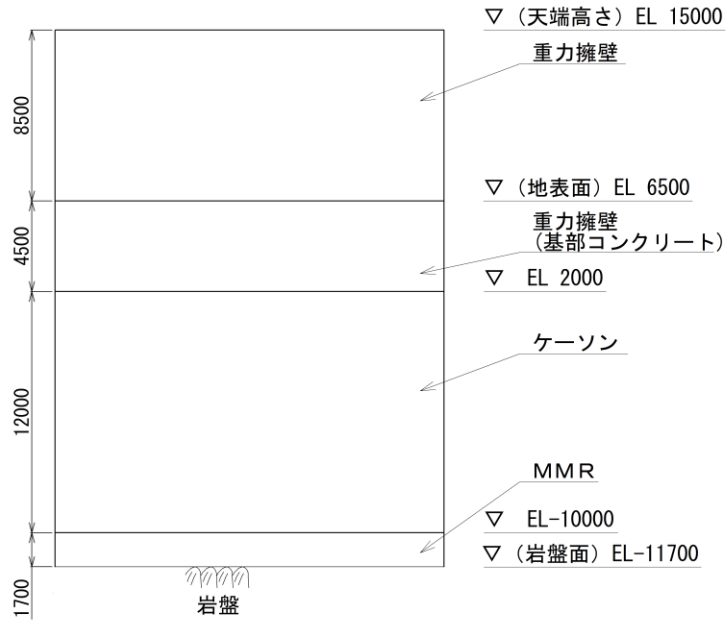


図 2-3(1) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（正面図）（ケーソン設置部）

(単位：mm)

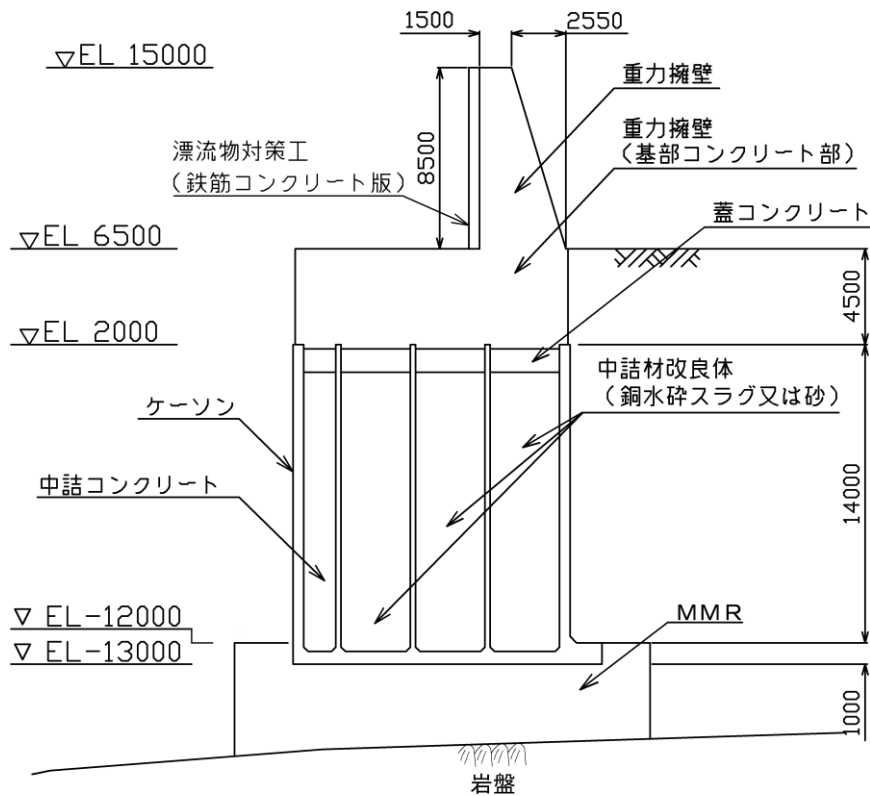


図 2-3(2) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（断面図）（ケーソン設置部）

(単位：mm)

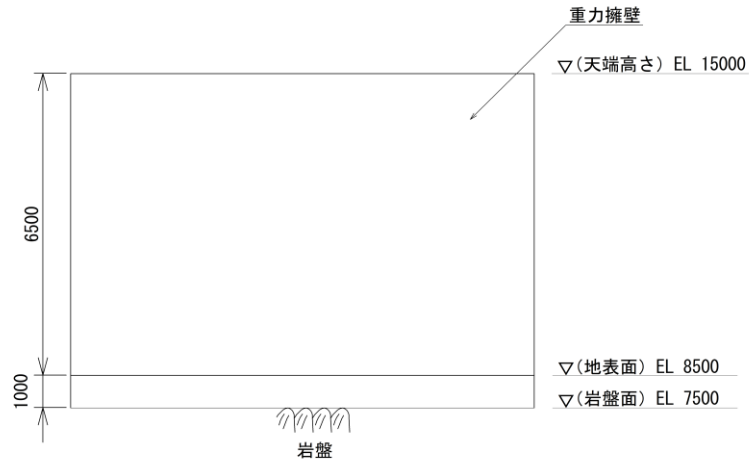
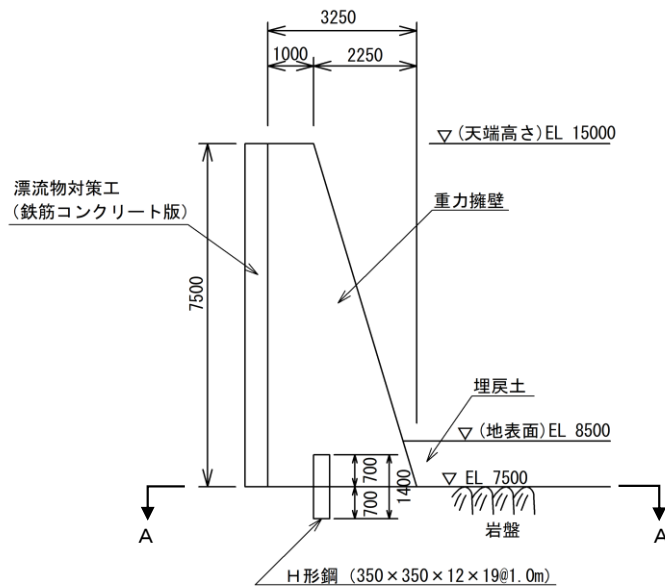
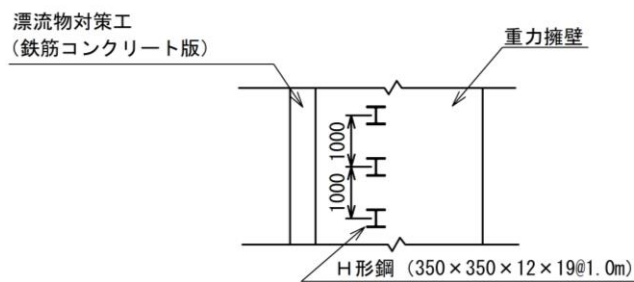


図 2-3(3) 防波壁 (波返重力擁壁) の構造図 (正面図) (岩盤直接支持部)

(単位：mm)



断面図



平面図 (A-A断面)

図 2-3(4) 防波壁 (波返重力擁壁) の構造図 (岩盤直接支持部)

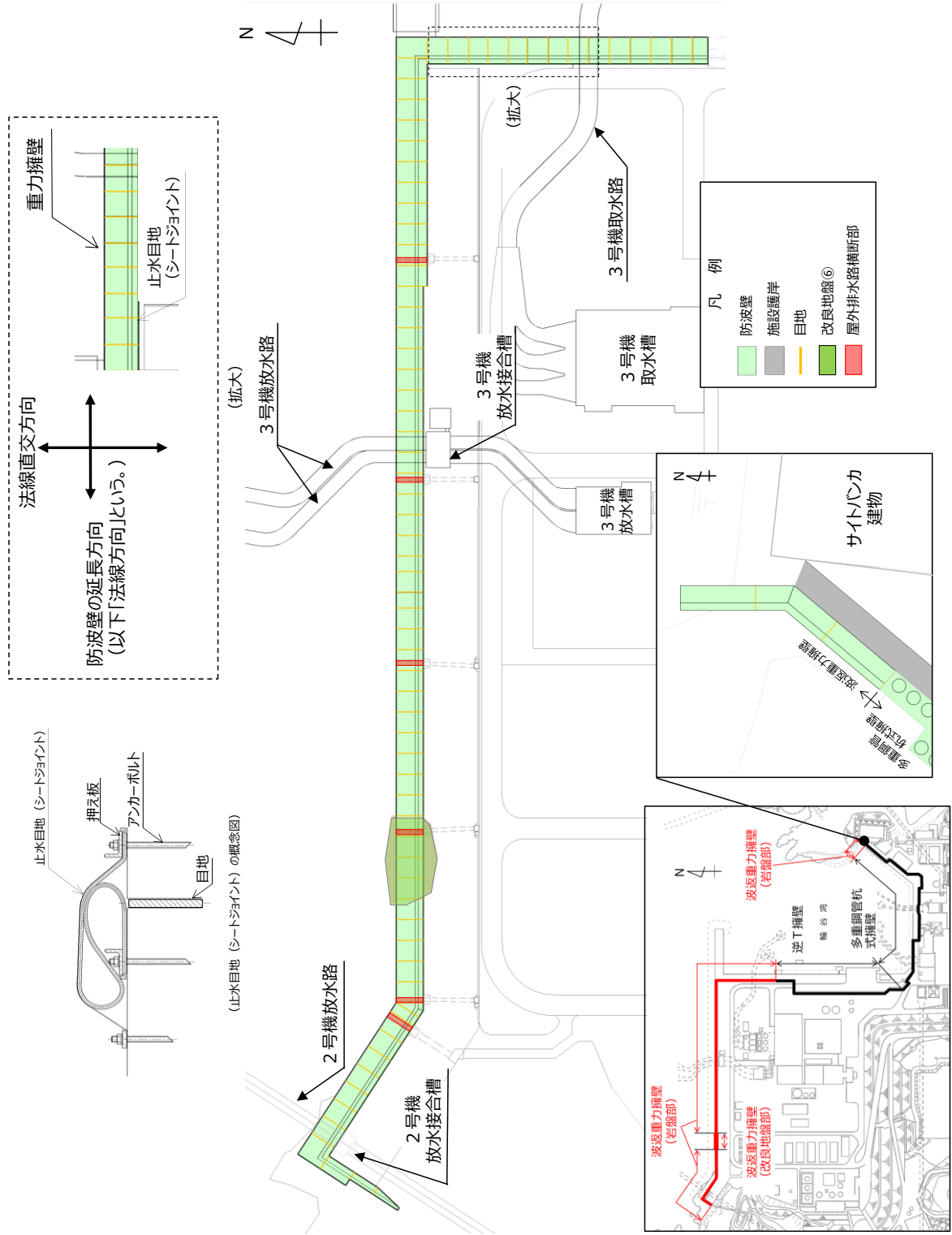


図 2-4 防波壁 (波返重力擁壁) 止水目地の概念図及び配置位置図

2.3 評価方針

防波壁（波返重力擁壁）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（波返重力擁壁）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（波返重力擁壁）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（波返重力擁壁）の評価対象部位の発生応力度、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（波返重力擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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（波返重力擁壁）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。）及び津波と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」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（波返重力擁壁）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。

防波壁（波返重力擁壁）の強度評価フローを図 2-5 に示す。

表 2-1 防波壁（波返重力擁壁）の各部位の役割(1/2)

部位の名称		地震時の役割	津波時の役割	
施設	重力擁壁	・ 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	・ 重力擁壁間の変位に追従する。	・ 重力擁壁間の変位に追従し、遮水性を保持する。	
	ケーソン	・ 重力擁壁及び漂流物対策工を支持する。	・ 重力擁壁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。	
	放水路 ケーソン	頂版 底版 側壁	・ 重力擁壁を支持する。	・ 重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。
		隔壁	・ 重力擁壁を支持する。	・ 重力擁壁を支持する。
	H形鋼	・ 重力擁壁を支持する。	・ 重力擁壁を支持する。	
	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（波返重力擁壁）への影響を考慮する）。	・ 衝突荷重を分散して防波壁（波返重力擁壁）に伝達する。 ・ 衝突荷重による防波壁（波返重力擁壁）の局所的な損傷を防止する。	
地盤	MMR	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 難透水性を保持する。	
	改良地盤⑥	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 難透水性を保持する。	
	岩盤	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・ 基礎地盤のすべり安定性に寄与する。	・ ケーソン及び重力擁壁を支持する。	

表 2-1 防波壁（波返重力擁壁）の各部位の役割(2/2)

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
地盤	埋戻土, 砂礫層	・役割に期待しない（解析モデルに反映し, 防波壁（波返重力擁壁）への相互作用を考慮する）。	・防波壁（波返重力擁壁）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。
	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 防波壁（波返重力擁壁）の各部位の性能目標（1/2）

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	重力擁壁	-	-	構造部材の健全性を保持するために、重力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重力擁壁間から有意な漏えいを生じないために、重力擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。
	止水目地			重力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。	重力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・遮水性を保持すること。
	ケーソン			構造部材の健全性を保持するために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持し、有意な漏えいを生じないために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。
	放水路ケーソン 頂版 底版 側壁			構造部材の健全性を保持するために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持し、有意な漏えいを生じないために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。
				構造強度を有すること。	構造強度を有すること。
	H形鋼			構造部材の健全性を保持するために、H形鋼がおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持するために、H形鋼がおおむね弾性状態にとどまること。
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)			防波壁（波返重力擁壁）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。	衝突荷重を分散して、防波壁（波返重力擁壁）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。

表 2-2 防波壁（波返重力擁壁）の各部位の性能目標 (2/2)

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	MMR	ケーソン及び重力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, MMR及び改良地盤⑥が破壊しないこと (内的安定を保持)。
	改良地盤⑥				
	岩盤				—

表 2-3 防波壁(波返重力擁壁)の評価項目(1/2)

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	重力擁壁		発生する応力(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	短期許容応力度
		ケーソン		発生する応力(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	短期許容応力度
		放水路ケーソン	頂版 底版 側壁	発生する応力(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	短期許容応力度 材料強度
			隔壁	発生する応力(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	短期許容応力度 材料強度
		H形鋼		発生する応力(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
		MMR		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
		改良地盤⑥		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
		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
	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* 支圧強度
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	重力擁壁		発生する応力(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	短期許容応力度
		ケーソン		発生する応力(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	短期許容応力度 材料強度
		放水路ケーソン	頂版 底版 側壁	発生する応力(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	短期許容応力度 材料強度
			H形鋼		発生する応力(せん断力)が許容限界以下であることを確認
		MMR		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

注記* : 妥当な安全余裕を考慮する。

表 2-3 防波壁(波返重力擁壁)の評価項目(2/2)

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・地盤の健全性	改良地盤⑥	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* 支圧強度
	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

注記* : 妥当な安全余裕を考慮する。

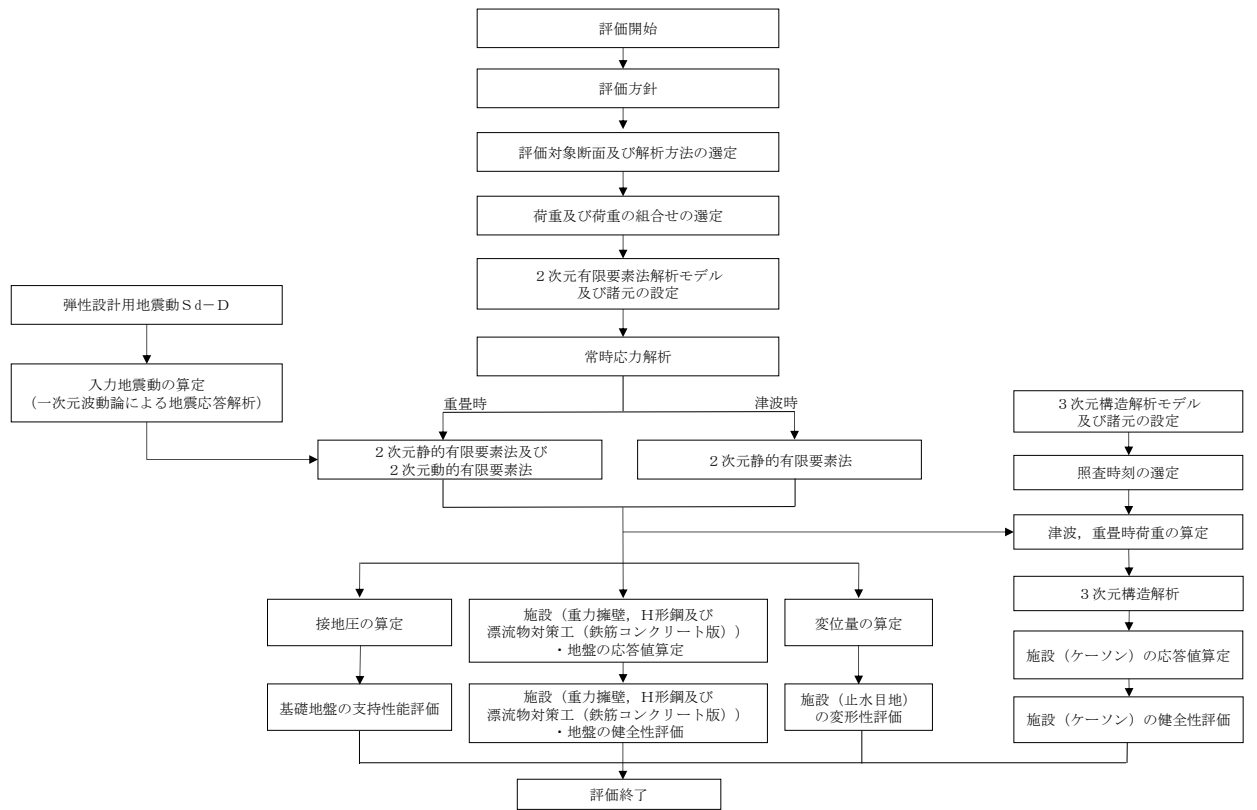


図 2-5 防波壁（波返重力擁壁）の強度評価の検討フロー

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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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(1/2)

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN/m ²	積載荷重（機器・配管荷重，漂流物対策工荷重）
P _t	kN/m ²	遡上津波荷重
K S d	—	余震荷重
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	t/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 _{a1}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度（面外）
σ _{sa}	N/mm ²	鉄筋の許容曲げ引張応力度
τ ₁	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度（面内）
f _{tk}	N/mm ²	コンクリートの引張強度
τ _{Ha}	N/mm ²	H形鋼の許容せん断応力度
δ	mm	最大変位量
δ _x	mm	x 方向（法線直交方向）の変位量
δ _y	mm	y 方向（法線方向）の変位量
δ _z	mm	z 方向（深度方向）の変位量
δ _{x(T)}	mm	x 方向（法線直交方向）の重畳時の最大相対変位量
δ _{y(T)}	mm	y 方向（法線方向）の地震時の最大相対変位量
δ _{z(T)}	mm	z 方向（深度方向）の重畳時の最大相対変位量
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
R _d	N/mm ²	最大接地圧
R _u	N/mm ²	極限支持力度
f' _a	N/mm ²	支圧強度

表 3-1 強度評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	定義
M	kN・m	コンクリートに発生する曲げモーメント
N	kN	コンクリートに発生する軸力
Q	kN	コンクリートに発生するせん断力
Q _H	kN	H形鋼に発生するせん断力
σ_c	N/mm ²	コンクリートに発生する曲げ圧縮応力度
σ_s	N/mm ²	鉄筋又はコンクリートに発生する曲げ引張応力度
τ_c	N/mm ²	コンクリートに発生するせん断応力度
τ_H	N/mm ²	H形鋼に発生するせん断応力度

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

防波壁（波返重力擁壁）の評価対象断面は、防波壁（波返重力擁壁）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（波返重力擁壁）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（波返重力擁壁）の各区分における横断面図を図 3-3～図 3-8 に示す。以下の理由から、②-②断面、③-③断面、④-④断面、⑤-⑤断面及び⑦-⑦断面を評価対象断面として選定する。

- ・②-②断面は、支持構造がケーソンとなる断面のうち、ケーソン高さに対するケーソン幅が狭く、地表面から岩盤上面までの深さが最も深いことに加え、ケーソン直下に改良地盤⑥が配置されているため、評価対象断面として選定した。
- ・③-③断面は、開口部（放水路）を有するケーソンが設置されているため、評価対象断面として選定した。
- ・④-④断面は、地表面高さが最も高いため、評価対象断面として選定した。
- ・⑤-⑤断面は、重力擁壁が岩盤上に直接設置され、支持構造がH形鋼であり、重力擁壁の天端幅及び下端幅が狭いため、評価対象断面として選定した。
- ・⑦-⑦断面は④-④断面に直交する縦断方向の断面である。④-④断面位置における縦断方向の止水目地の変位量を求めるため、変形性評価の評価対象断面に選定した。

なお、重畳時については、⑤-⑤断面の防波壁（波返重力擁壁）前面の敷地高さ（EL 7.5m）は海域活断層から想定される地震による津波（津波高さ EL 4.9m）より高いため、評価を実施しない。

評価対象断面における構造図を図 3-9～図 3-12 に、防波壁（波返重力擁壁）の概略配筋図を図 3-13～図 3-16 に示す。

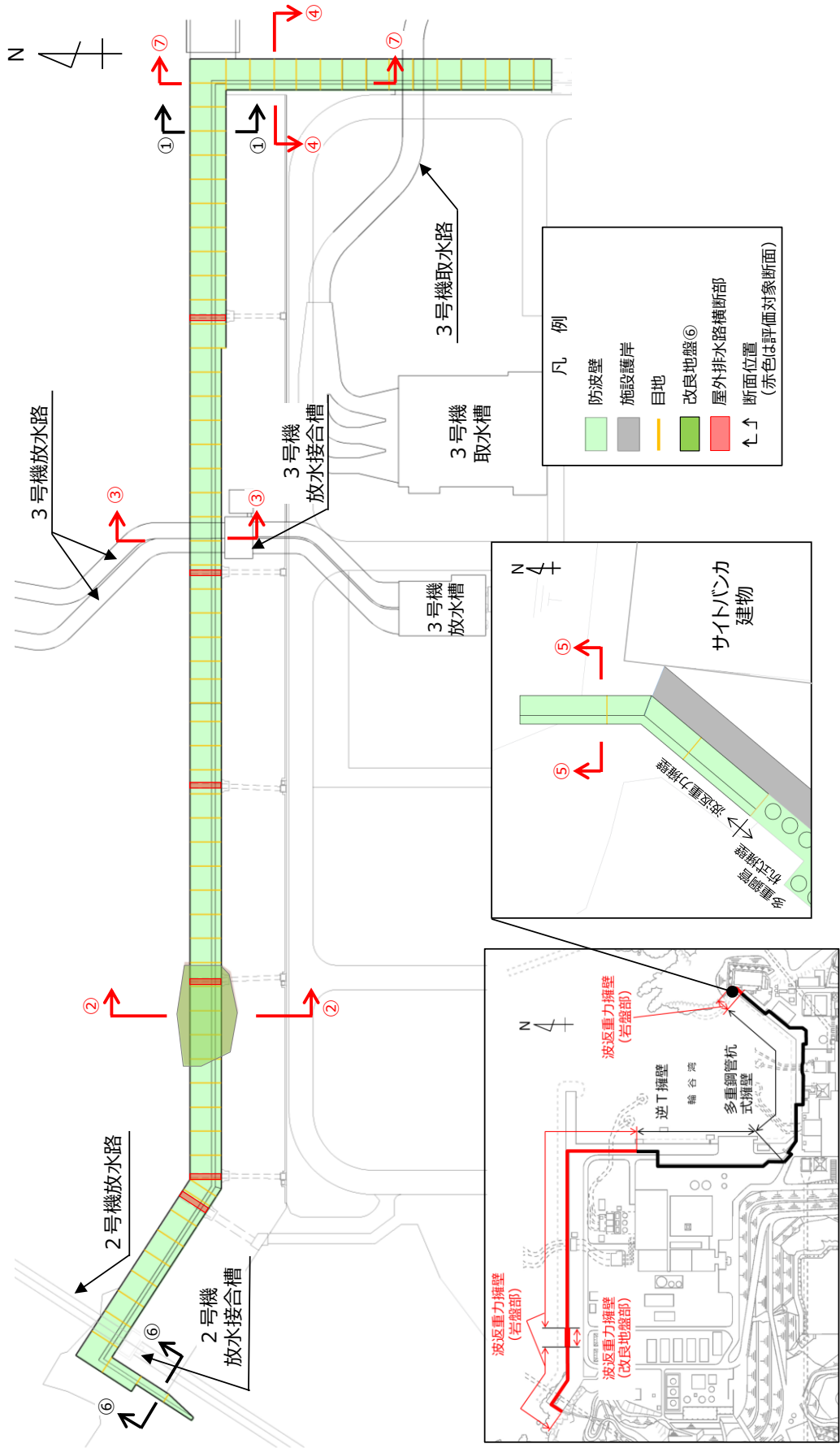


図 3-1 防波壁（波返重力擁壁）の評価対象断面位置図

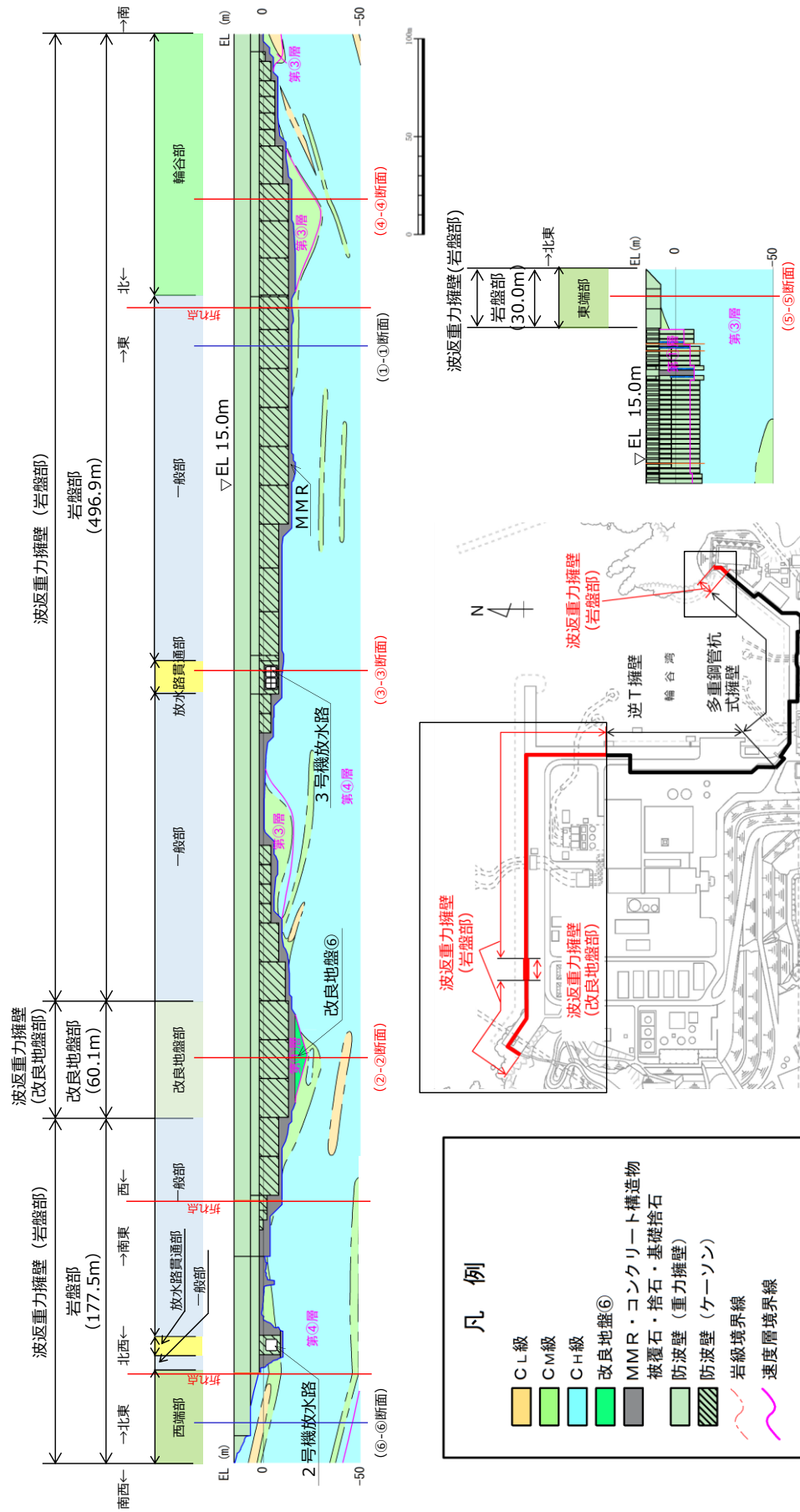


図 3-2 防波壁 (波返重力擁壁) の縦断面図

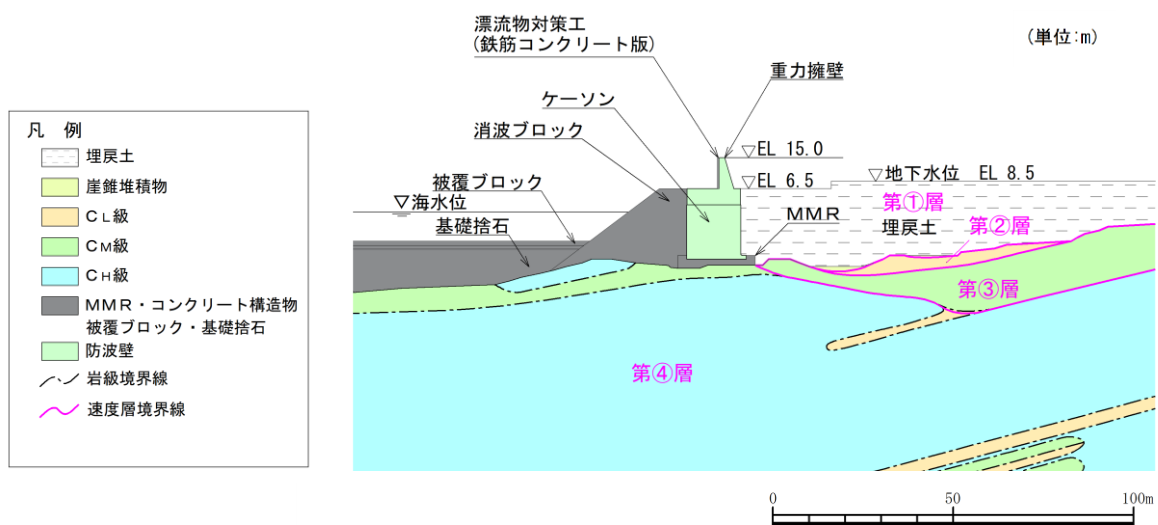


図 3-3 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図（①-①断面）

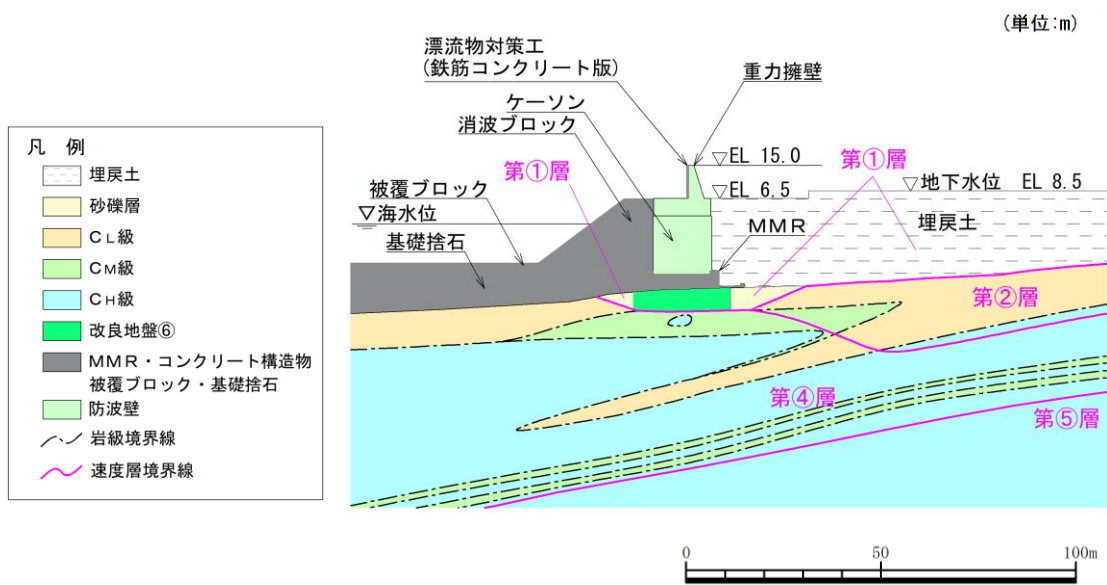


図 3-4 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図（②-②断面）

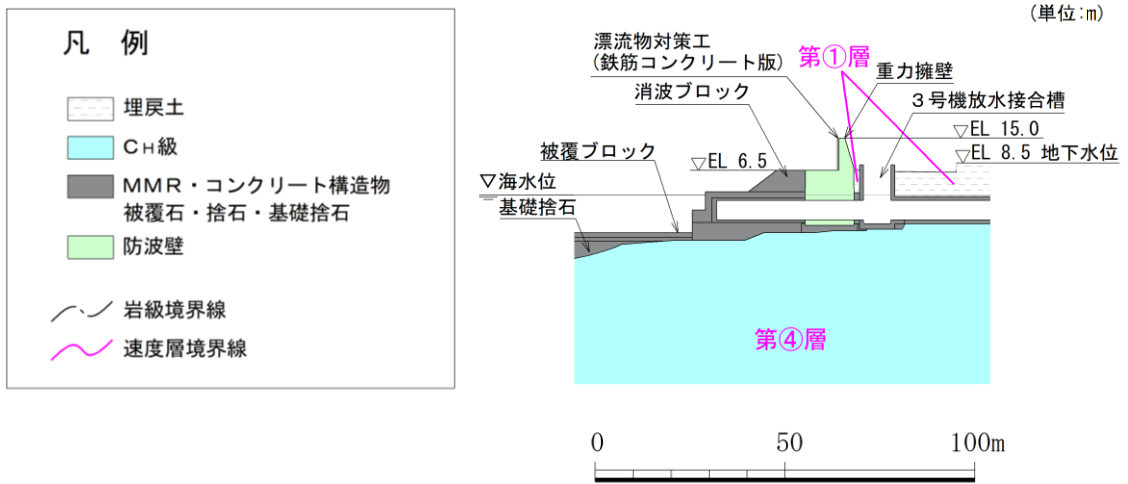


図 3-5 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図（③-③断面）

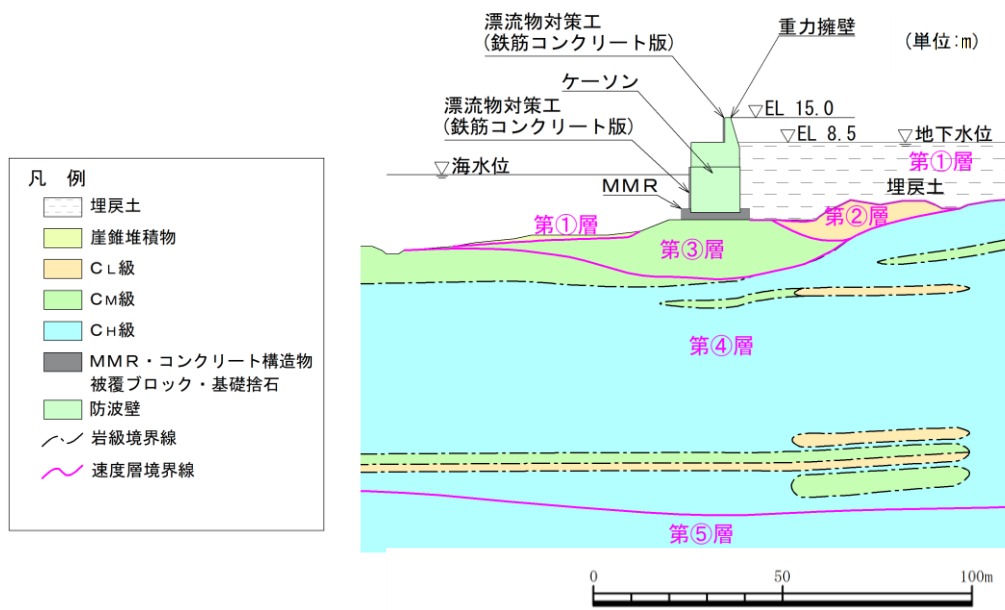


図 3-6 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図（④-④断面）

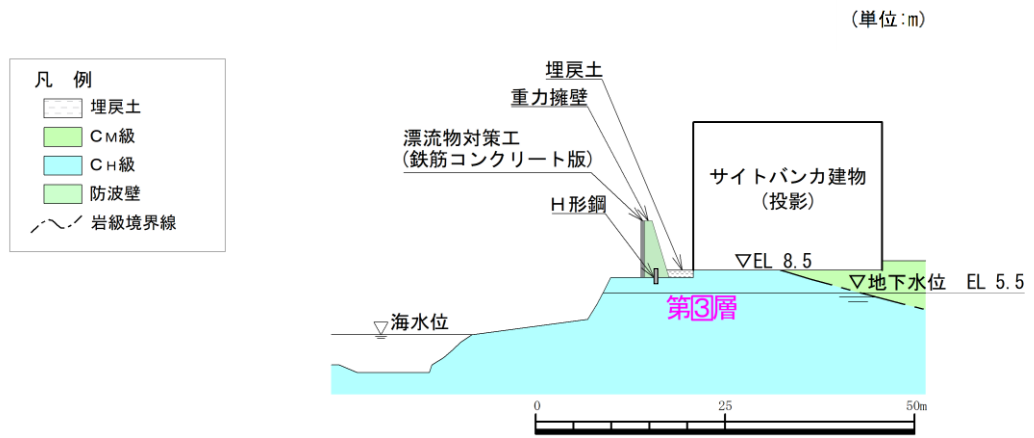


図 3-7 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図（⑤-⑤断面）

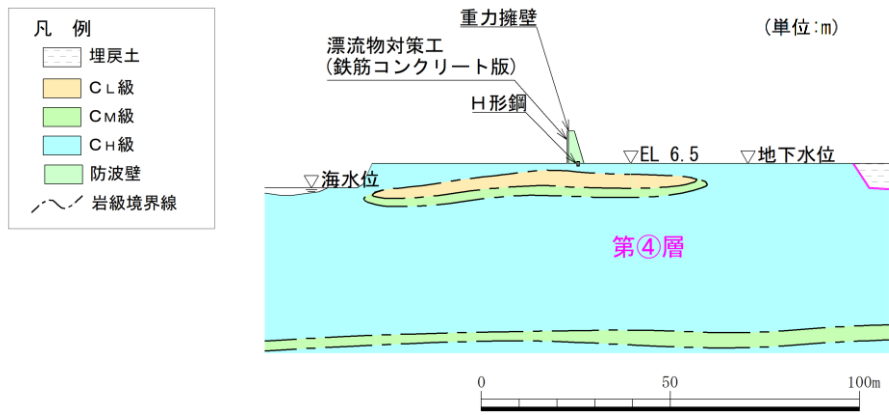


図 3-8 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図（⑥-⑥断面）

(単位：mm)

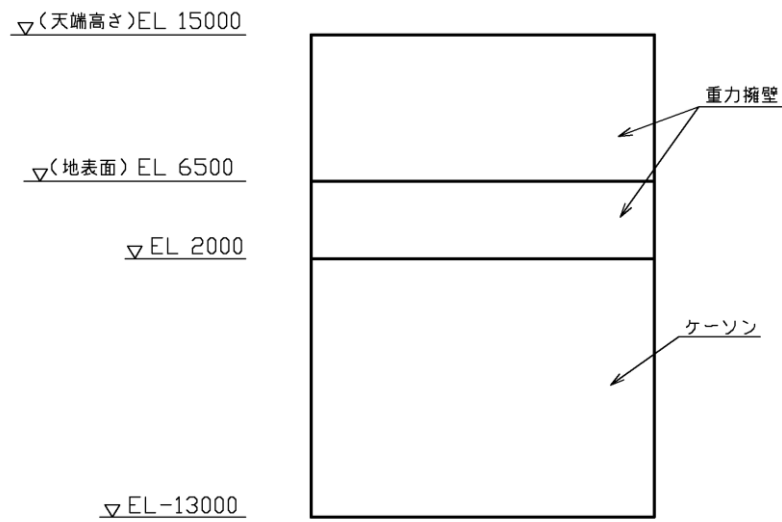


図 3-9(1) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（②-②断面）（正面図）

(単位：mm)

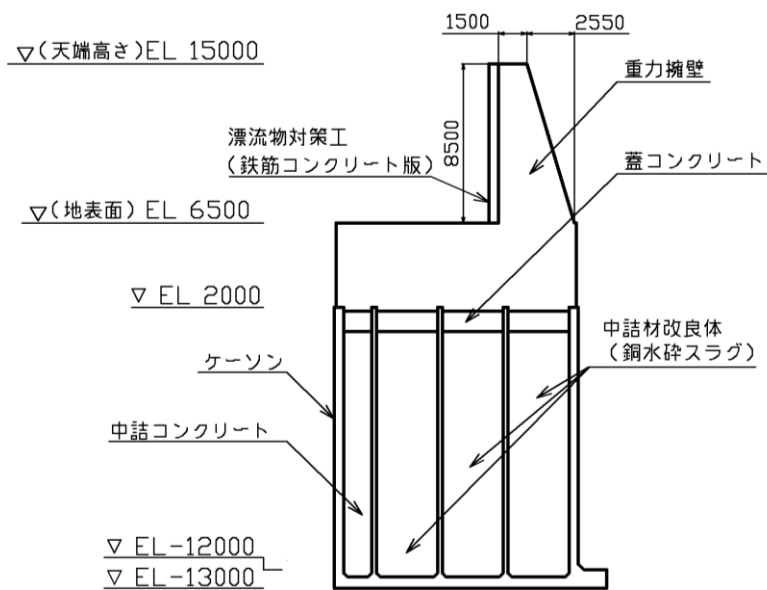


図 3-9(2) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（②-②断面）（断面図）

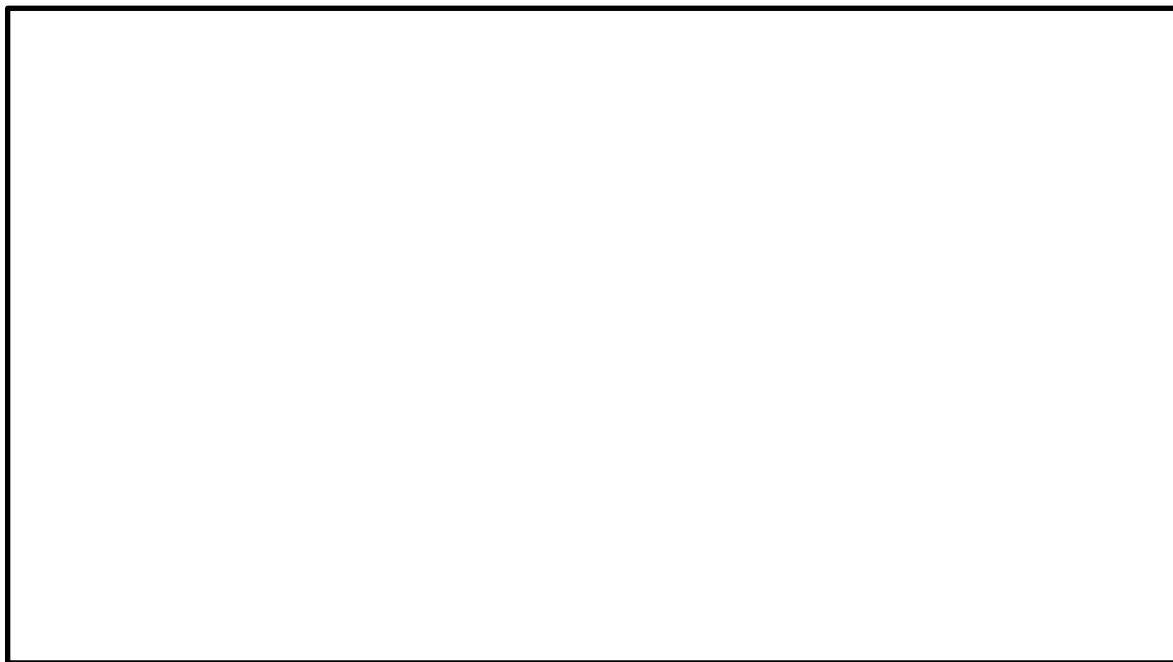


図 3-10(1) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（③-③断面）（正面図）



図 3-10(2) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（③-③断面）（断面図）

(単位：mm)

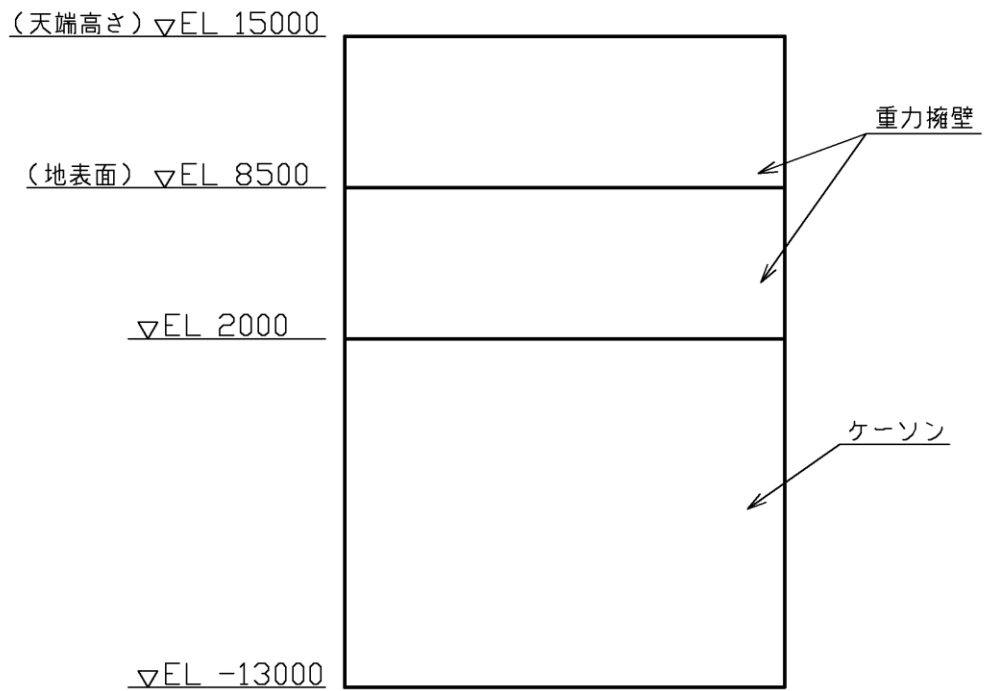


図 3-11(1) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（④-④断面）（正面図）

(単位：mm)

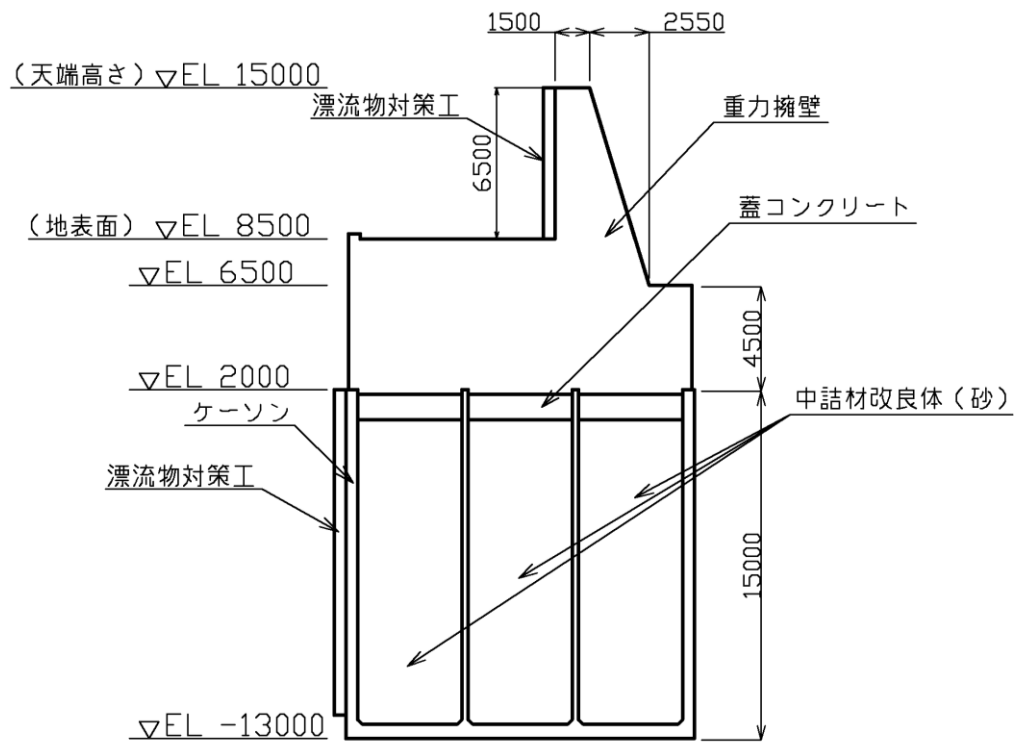


図 3-11(2) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（④-④断面）（断面図）

(単位：mm)

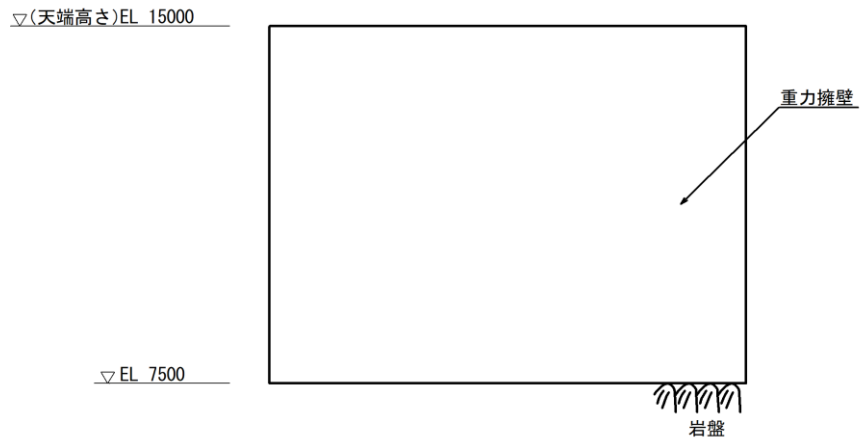


図 3-12 (1) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（⑤-⑤断面）（正面図）

(単位：mm)

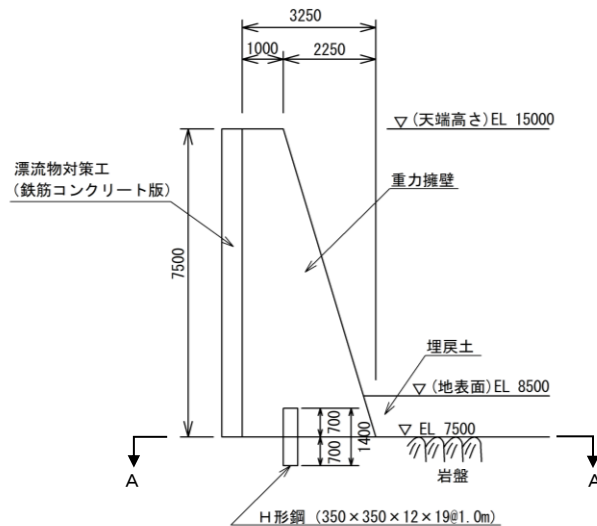
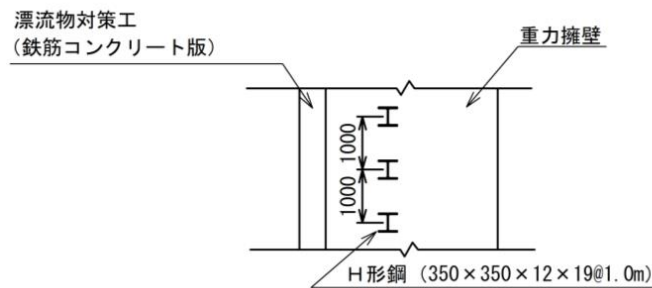


図 3-12 (2) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（⑤-⑤断面）（断面図）

(単位：mm)



(A-A断面)

図 3-12 (3) 防波壁（波返重力擁壁）の構造図（⑤-⑤断面）（平面図）

(単位：mm)

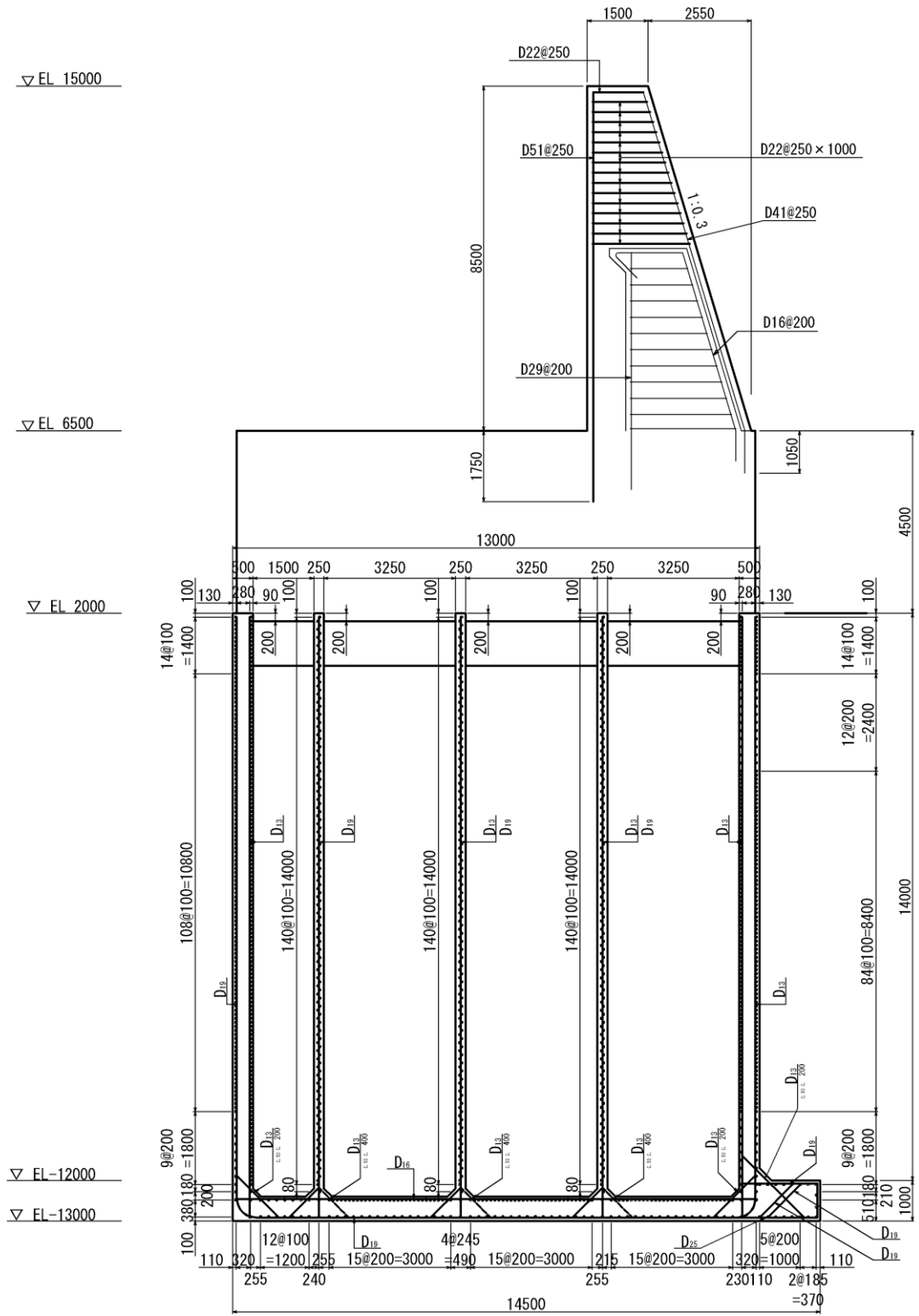


図 3-13 防波壁（波返重力擁壁）の概略配筋図（②-②断面）

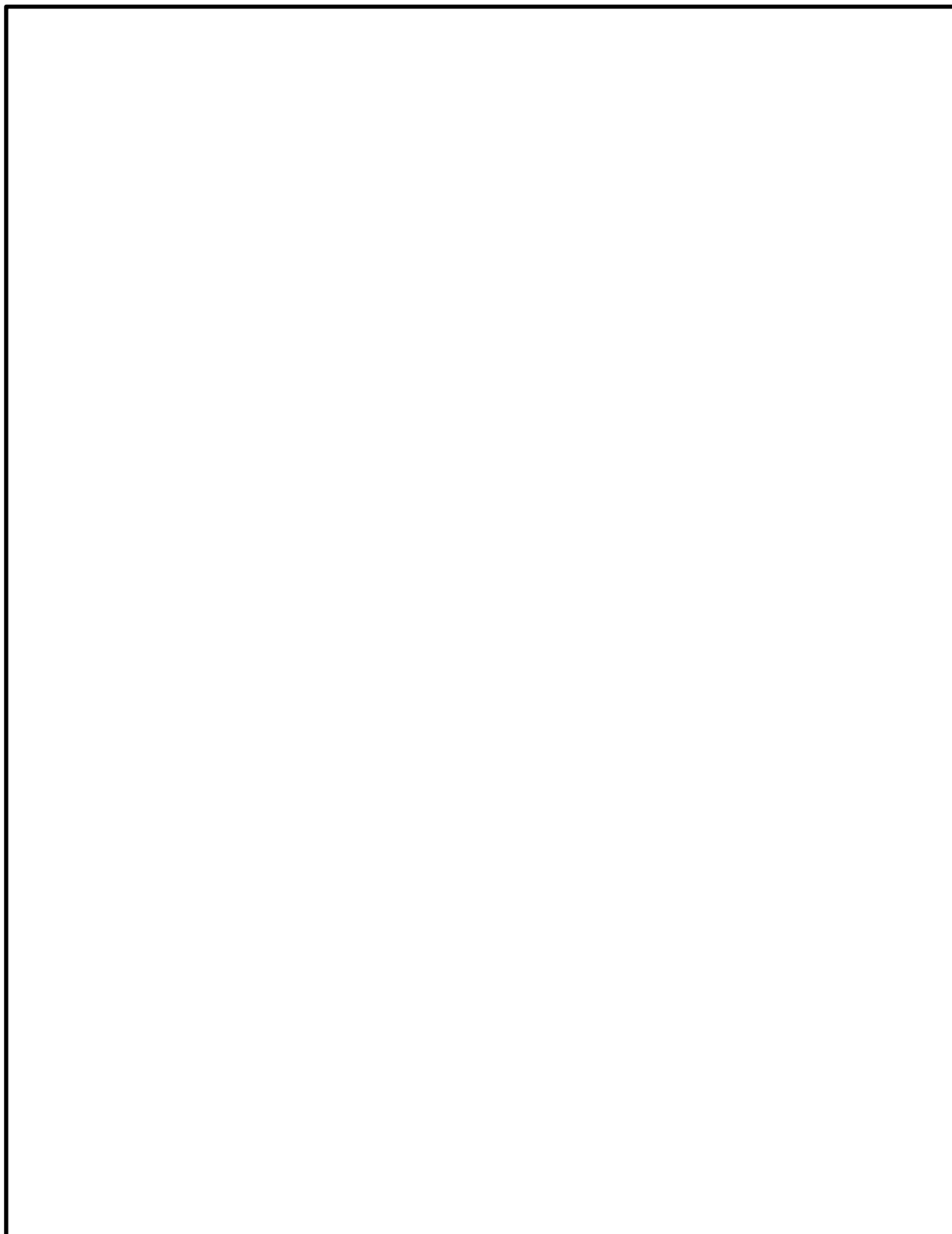


図 3-14(1) 防波壁（波返重力擁壁）の概略配筋図（㉓-㉓断面）

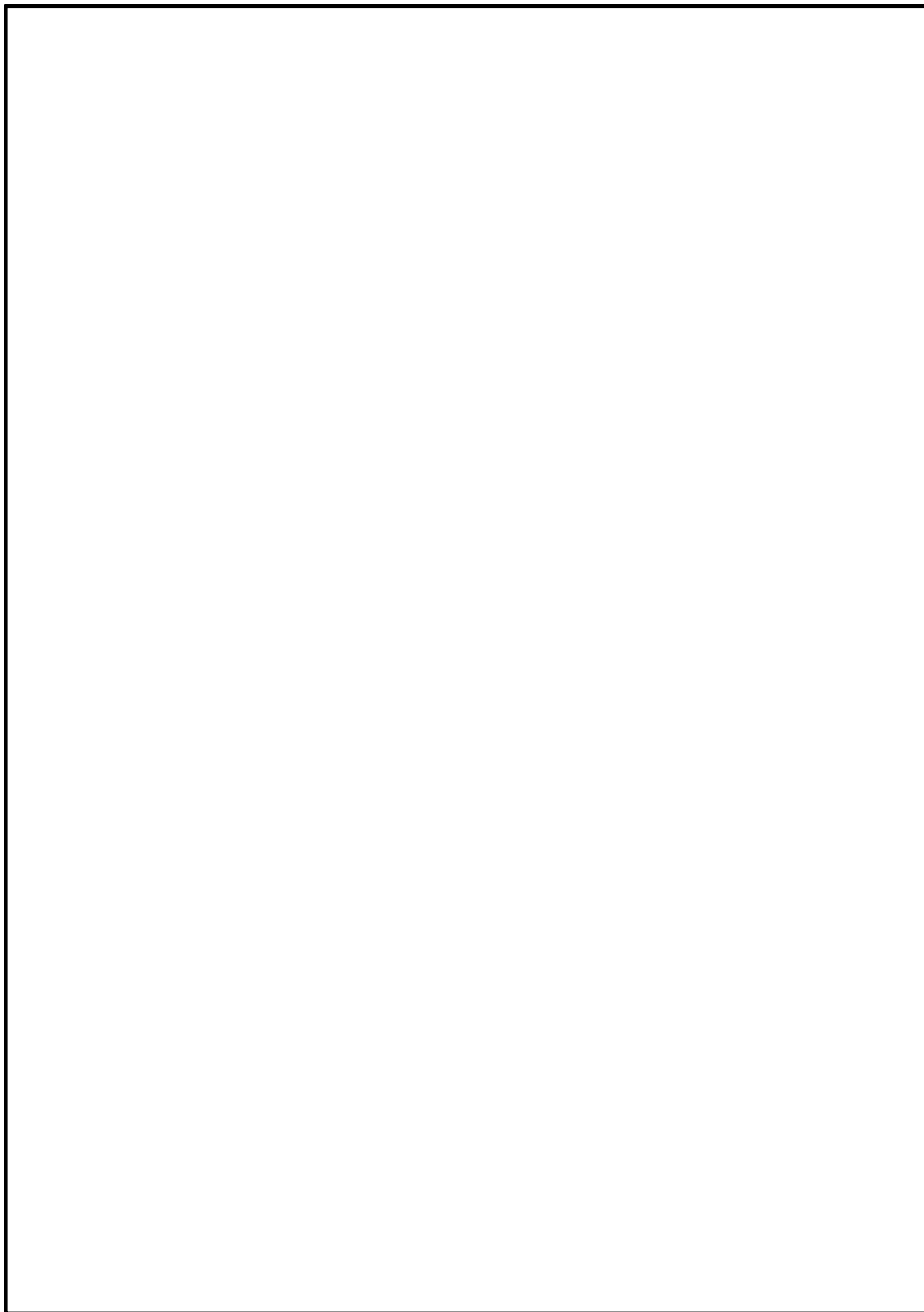


図 3-14(2) 防波壁（波返重力擁壁）の概略配筋図（③-③断面，放水路ケーソン）

(単位 : mm)

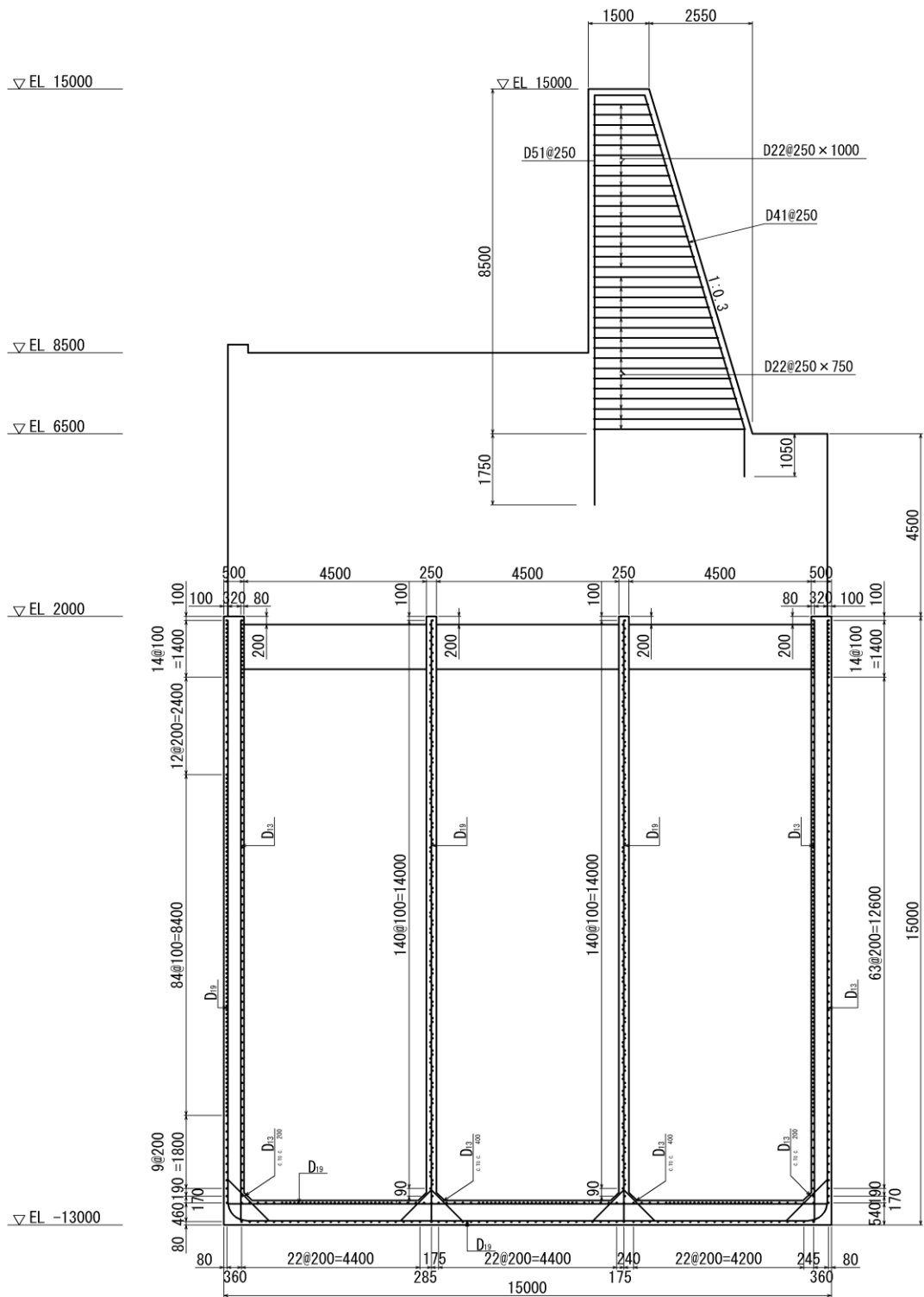


図 3-15 防波壁（波返重力擁壁）の概略配筋図（④-④断面）

(単位：mm)

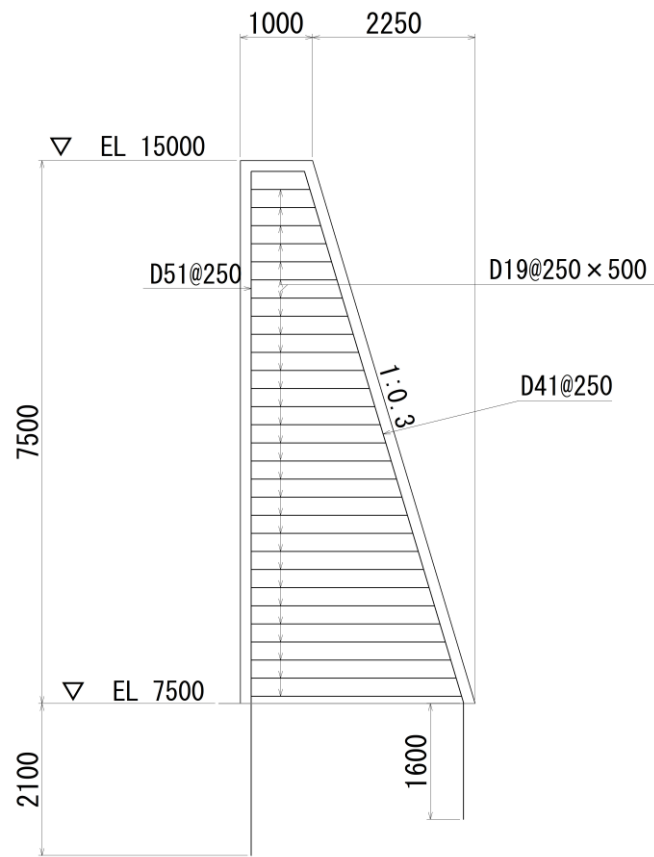


図 3-16 防波壁（波返重力擁壁）の概略配筋図（⑤-⑤断面）

3.2.2 評価対象部位

評価対象部位は、防波壁（波返重力擁壁）の構造的特徴や周辺状況の特徴を踏まえ設定する。

(1) 施設・地盤の健全性評価

2次元静的有限要素法及び2次元動的有限要素法による施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、重力擁壁，H形鋼，MMR及び改良地盤⑥とする。

3次元構造解析による施設の健全性評価に係る評価対象部位は，ケーソンとする。

(2) 施設の変形性評価

2次元静的有限要素法及び2次元動的有限要素法による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

2次元静的有限要素法及び2次元動的有限要素法による基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は，防波壁（波返重力擁壁）を支持する基礎地盤（MMR，改良地盤⑥及び岩盤）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、固定荷重及び積載荷重とする。

(2) 遡上津波荷重 (P_t)

津波時においては、「日本海東縁部に想定される地震による津波（津波高さ EL 12.6m）」を、重畳時においては、「海域活断層から想定される地震による津波（津波高さ EL 4.9m）」を遡上津波荷重として考慮する。なお、評価対象断面のうち⑤-⑤断面は、防波壁（波返重力擁壁）が設置される敷地高さ（EL 7.5m）が重畳時における津波高さ（EL 4.9m）より高い位置に設置されるため、重畳時の評価を実施しない。

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。

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。

(3) 余震荷重 (K S_d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d-D による地震力及び動水圧を考慮する。

(4) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重は、漂流物による衝突荷重を選定し、施設の延長に応じて設定する。

衝突荷重を施設に作用させる際は、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）による荷重分散を考慮する。衝突荷重を表 3-2 に示す。

表 3-2 衝突荷重

評価対象断面	衝突荷重 (kN/m ²)
②-②断面	215
③-③断面	225
④-④断面	215
⑤-⑤断面	405

(5) 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・同施行令」に基づき算定する。

(6) 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 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に区分し、荷重の作用図を図 3-17 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

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

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- P_t : 遡上津波荷重
- $K S_d$: 余震荷重
- P_c : 衝突荷重
- P_k : 風荷重
- P_s : 積雪荷重

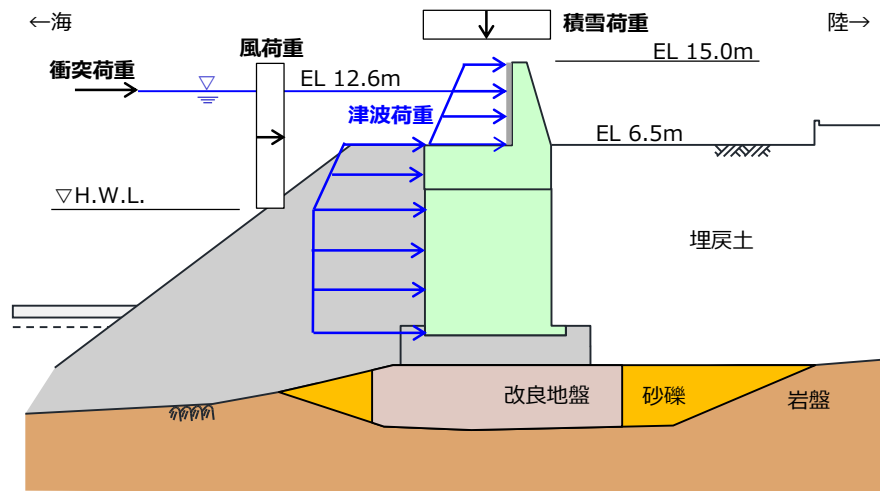


図 3-17(1) 防波壁（波返重力擁壁）の荷重作用図（津波時）

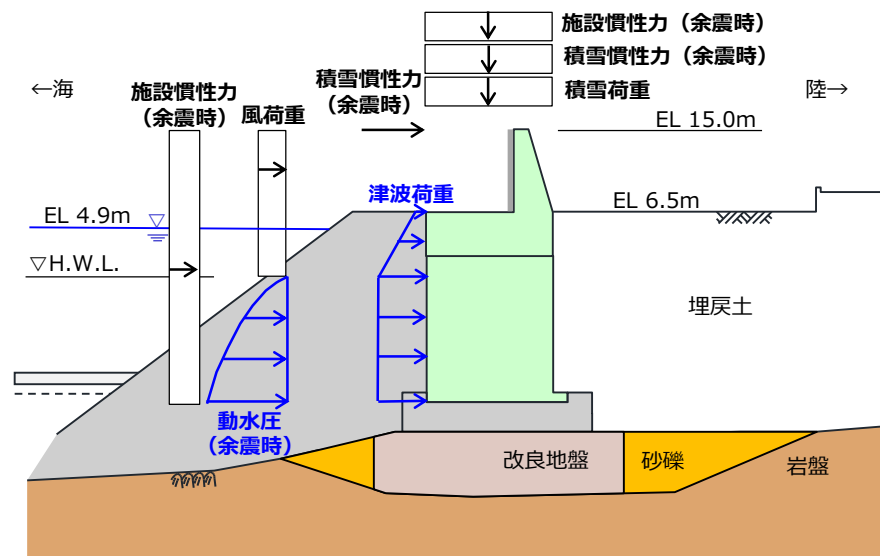


図 3-17(2) 防波壁（波返重力擁壁）の荷重作用図（重畳時）

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 重力擁壁

重力擁壁の許容限界は、「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 に示す短期許容応力度とする。

表 3-4 重力擁壁の許容限界

種別	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* ¹ (N/mm ²)
	コンクリート (f' _{ck} =24N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	9.0
許容せん断応力度 τ_{a1} * ²		0.45	0.67
コンクリート	許容せん断応力度 τ_{a1} * ³	0.43* ⁴	0.64
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 σ_{sa}	196	294

注記*1：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。

*2：④-④断面及び⑤-⑤断面の評価に用いる。

*3：設計基準強度の異なるコンクリートが重力擁壁に混在している②-②断面及び③-③断面の評価に用いる。

*4：設計基準強度 21N/mm² 及び 24N/mm² の各々の許容せん断応力度を用い、評価断面の面積案分により算定

3.4.2 ケーソン

(1) ②-②断面及び④-④断面

ケーソンの許容限界は、「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）」及び「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）」に基づき，表 3-5 に示す短期許容応力度とする。

せん断破壊（面内）に対しては，図 3-18 に示す「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）」に規定されているスケルトンカーブの第 1 折点の許容せん断応力度（面内）を下回ることを許容限界とし，（式 1）に基づき設定する。

表 3-5 ケーソンの許容限界

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
許容せん断応力度 τ_{a1}		0.45	0.67
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，「コンクリートの標準示方書〔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。

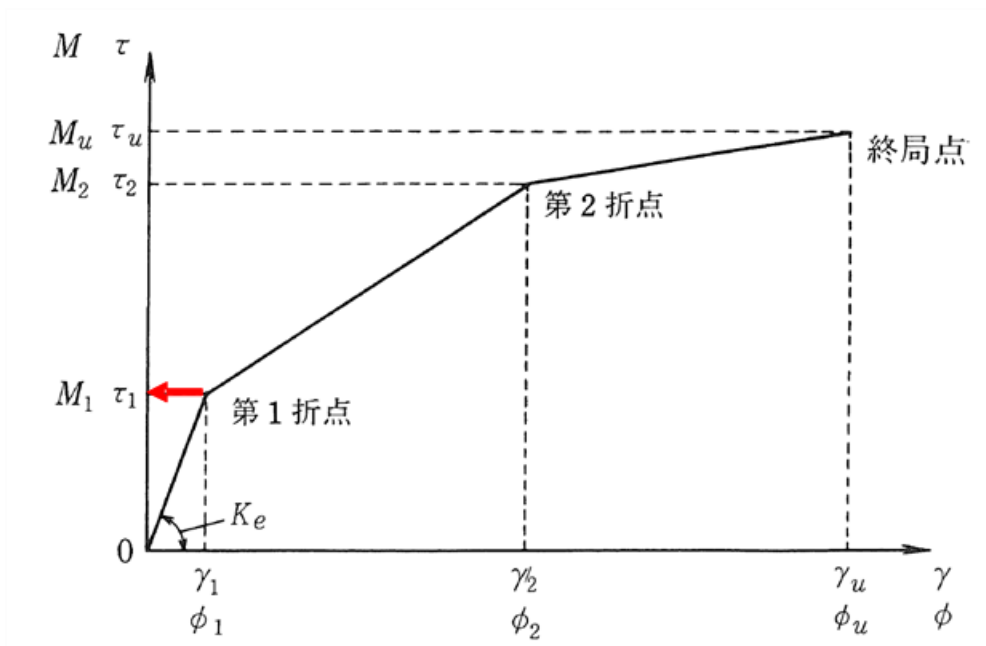


図 3-18 耐震壁のトリリニア・スケルトンカーブ（ $\tau - \gamma$ 関係）と評価式
 （「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987
 （（社）日本電気協会）」に加筆）

$$\tau_1 = \sqrt{0.31\sqrt{F_c}(0.31\sqrt{F_c} + \sigma_v)} \quad (\text{式 1})$$

ここに、

τ_1 : 許容せん断応力度（面内）（ N/mm^2 ）

F_c : 設計基準強度（ N/mm^2 ）

σ_v : 鉛直方向軸応力度（ N/mm^2 ）

(2) ③-③断面

放水路ケーソンの曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊（面外）に対する許容限界は、「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3-6及び表3-7に示す応力度及び強度とする。せん断破壊（面内）に対する許容限界は，図3-18に示す「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）」に規定されているスケルトンカーブの第1折点の許容せん断応力度（面内）を設定する。

表3-6 放水路ケーソンの許容限界（圧縮応力度及びせん断応力度（面外））

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} =24N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	9.0
許容せん断応力度（面外） τ_{a1}		0.45	0.67

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。

表3-7 放水路ケーソンの許容限界（引張強度）

種別	材料強度 (N/mm ²)	
コンクリート (f' _{ck} =24N/mm ²)	引張強度 f _{tk} *	1.91

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）」よりコンクリートの設計基準強度 f'_{ck}を用いて，算定式 $0.23f'_{ck}{}^{2/3}$ により算定

3.4.3 H形鋼

H形鋼の許容限界は、「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 3-8 に示す短期許容応力度とする。

表 3-8 H形鋼の許容限界

種別	許容せん断応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度* (N/mm ²)
	H形鋼 (SM490)	許容せん断応力度 τ_{Ha}	105

注記*：短期許容応力度は、「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）」の許容応力度に対して 1.5 倍の割増を考慮する。

3.4.4 MMR

MMR の施設・地盤の健全性評価に用いる許容限界は、「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 3-9 のとおり許容限界を設定する。

表 3-9 MMR の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.5 改良地盤

改良地盤⑥の施設・地盤の健全性評価に用いる許容限界は、「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 3-10 のとおり許容限界を設定する。

表 3-10 改良地盤⑥の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率	1.2 以上

3.4.6 止水目地

止水目地（シートジョイント）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位量とする。止水目地（シートジョイント）の変位量に対する許容限界を表 3-11 に示す。

表 3-11 止水目地（シートジョイント）の許容限界

評価項目	許容限界 (mm)
変位量	1936

3.4.7 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」に基づき設定する。

基礎地盤の許容限界を表 3-12 に示す。

表 3-12 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	9.8
		C _M 級	
	改良地盤⑥	3.0	
支圧強度	MMR	24.0	

3.5 評価方法

防波壁（波返重力擁壁）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方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

防波壁（波返重力擁壁）の各部位のうち、重力擁壁、H形鋼、MMR及び改良地盤⑥の健全性評価、止水目地の変形性評価並びに基礎地盤の支持性能評価については、2次元静的有限要素法（有効応力解析及び全応力解析）による強度評価を行う。津波時の2次元静的有限要素法において、②-②断面、③-③断面及び④-④断面は、津波時における地盤の有効応力の変化に伴う影響を考慮するため、解析方法は有効応力解析とし、⑤-⑤断面は、地下水位以深に液状化対象層が分布しないことから、解析方法は全応力解析とする。

ケーソンについては、3次元構造解析により健全性評価を行う。

3.5.1 津波時

(1) 2次元有限要素法

a. 解析方法

津波時に発生する応力値及び変位は、「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高さ EL 11.9m に余裕を考慮した津波高さ EL 12.6m に作用させる。

2次元静的有限要素法のうち有効応力解析に用いる解析コードは「FLIP」を使用し、全応力解析に用いる解析コードは、「TDAPⅢ」を使用する。解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. 施設

重力擁壁及びケーソンは、線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、重力擁壁及びケーソン壁に固定して設置することから、積載荷重として考慮する。

c. 解析モデル

評価対象断面のうち②-②断面，③-③断面及び④-④断面の地震応答解析モデルは，VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）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

重力擁壁は，線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。

ケーソンは，構造部材を線形の平面ひずみ要素でモデル化し，3次元構造解析モデルとの変位を整合させるためのヤング係数の調整を行い，3次元構造モデルと等価な剛性となるようモデル化する。

機器・配管及び漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）はモデル化せず，その重量を考慮する。

(d) 地盤のモデル化

イ 有効応力解析

岩盤及びMMRは線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

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。

消波ブロック，基礎捨石及び被覆ブロックはモデル化しない。

ロ 全応力解析

岩盤及びMMRは線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

地盤はマルチスプリング要素にてモデル化する。

消波ブロック，基礎捨石及び被覆ブロックはモデル化しない。

(e) 海水のモデル化

イ 有効応力解析

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。

ロ 全応力解析

海水はモデル化しない。

(f) ジョイント要素

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（国土交通省港湾局，2007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）」を準用して，これらの接合面にジョイント要素を設定する。

d. 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。構造物の使用材料を表3-13に，材料の物性値を表3-14に示す。

表 3-13 使用材料

材料		仕様
コンクリート	重力擁壁 (基部コンクリート)	設計基準強度 18N/mm ²
	重力擁壁 ケーソン	設計基準強度 24N/mm ²
鉄筋		SD345
H形鋼		SM490

表 3-14 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.0 ^{*1}	2.5×10 ⁴ ^{*1}	0.2 ^{*1}
無筋コンクリート	22.6 ^{*2}	2.2×10 ⁴ ^{*1}	0.2 ^{*1}

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：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）

e. 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⑥の残留強度及び引張強度を表 3-15、MMR のせん断強度及び引張強度を表 3-16 のとおり設定する。

表 3-15 改良地盤⑥の残留強度及び引張強度

地盤	残留強度		引張強度 σ_t (kN/m ²)
	c' (N/mm ²)	ϕ' (°)	
改良地盤⑥	0.0	48.80	436

表 3-16 MMR のせん断強度及び引張強度

地盤	せん断強度 τ (N/mm ²)	引張強度 σ_t (N/mm ²)
MMR	4.8	1.91

f. 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 3-17 に示す。

表 3-17 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
防波壁（波返重力擁壁） （②-②断面，③-③断面，④-④断面）	EL 8.5m*
防波壁（波返重力擁壁） （⑤-⑤断面）	EL 5.5m

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。

g. 評価方法

防波壁（波返重力擁壁）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方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

(a) 重力擁壁

重力擁壁の評価は、曲げモーメント及び軸力より算定される曲げ圧縮応力度、曲げ引張応力度並びにせん断力により算定されるせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

重力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。

イ 曲げ照査

コンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認する。

ロ せん断照査

コンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認する。

(b) H形鋼

H形鋼の評価は、⑤-⑤断面において、擁壁下端に発生するせん断力から算定されるせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

(c) MMR

MMRの評価は、②-②断面、③-③断面及び④-④断面において、すべり線のすべり安全率が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基に、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。すべり安全率の算定には、解析コード「C P O S T S 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。

(d) 改良地盤

改良地盤の評価は、②-②断面において、改良地盤⑥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基に、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。すべり安全率の算定には、解析コード「CPOSTSK」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。

(e) 止水目地

止水目地（シートジョイント）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3-19に示すとおり、防波壁（波返重力擁壁）天端における津波時の変位量とし、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。

相対変位量の抽出位置を図3-20に示す。

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

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

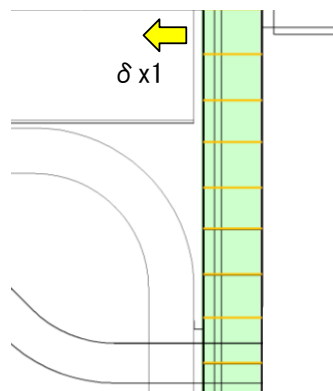
ここで、

δ_{x1} : x方向（法線直交方向）の津波時の相対変位量

δ_{z1} : z方向（深度方向）の津波時の相対変位量

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（シートジョイント）の津波時の変位量とする。

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



$\delta z1$: 深度方向変位

図 3-19 津波時の変位量の概念図

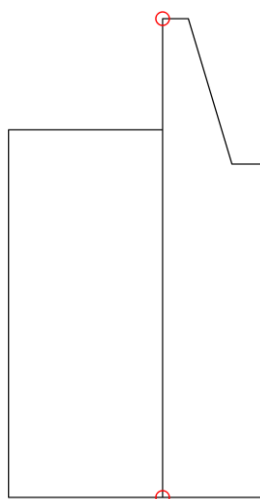


図 3-20 相対変位量抽出位置

(f) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価は、②-②断面、③-③断面、④-④断面及び⑤-⑤断面において、防波壁直下のMMR、改良地盤⑥及び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。

(2) 3次元構造解析

a. 解析方法

②-②断面，③-③断面及び④-④断面は，3次元構造解析によりケーソン及び放水路ケーソンの構造部材の健全性評価を行う。

津波時にケーソン及び放水路ケーソンに発生する応力値は，「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて3次元構造解析により算定する。衝突荷重は入力津波高さ EL 11.9m に余裕を考慮した津波高さ EL 12.6m に作用させる。

3次元構造解析に用いる解析コードは，「FINAS/STAR」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. 施設

(a) ②-②断面及び④-④断面

ケーソンは線形シェル要素でモデル化する。

(b) ③-③断面

放水路ケーソンは線形ソリッド要素でモデル化する。

c. 解析モデル

防波壁（波返重力擁壁）の3次元構造解析における解析モデルを図3-21～図3-23に示す。

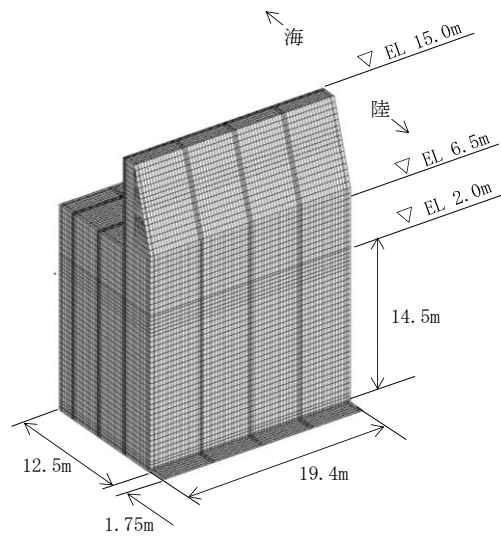
(a) 構造物のモデル化

②-②断面及び④-④断面の3次元構造解析モデルにおいて，ケーソンの壁は線形シェル要素でモデル化し，その他は線形ソリッド要素でモデル化する。

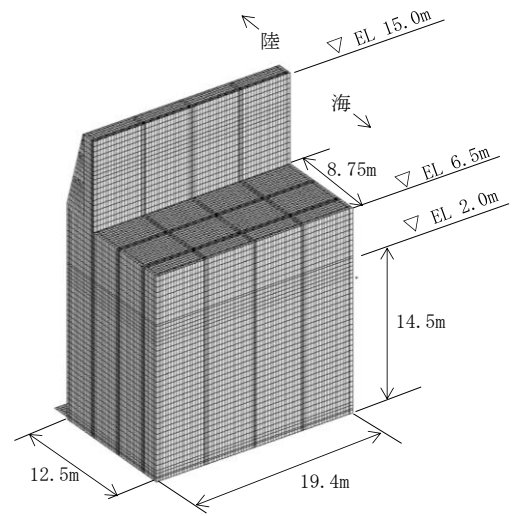
③-③断面の3次元構造解析モデルにおいて，放水路ケーソン及び重力擁壁は線形ソリッド要素でモデル化する。

(b) 地盤ばね

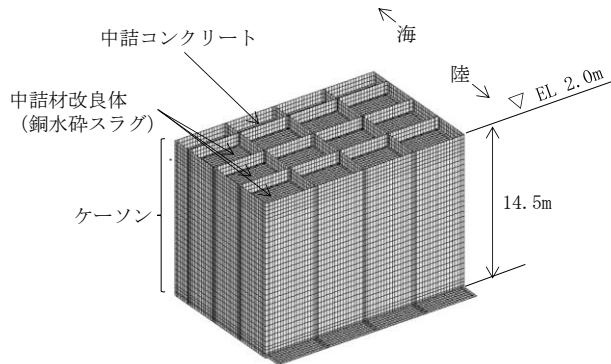
3次元構造解析モデルのうち，ケーソン及び放水路ケーソンの底面には地盤抵抗を表現するため，「道路橋示方書（I 共通編・IV 下部構造編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」に基づき地盤ばねを設置する。



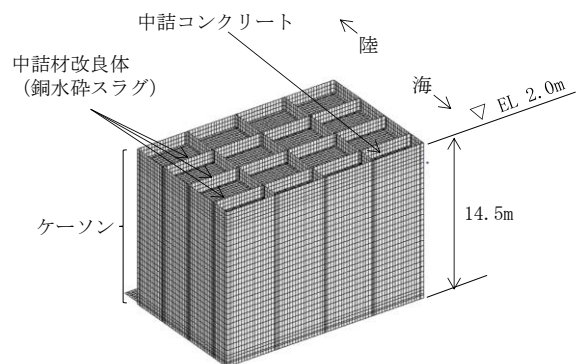
モデル全体図 (陸側)



モデル全体図 (海側)



ケーソンのモデル図 (陸側) *



ケーソンのモデル図 (海側) *

注記* : 重力擁壁及び蓋コンクリートを非表示

図 3-21 3次元構造解析モデル (②-②断面)

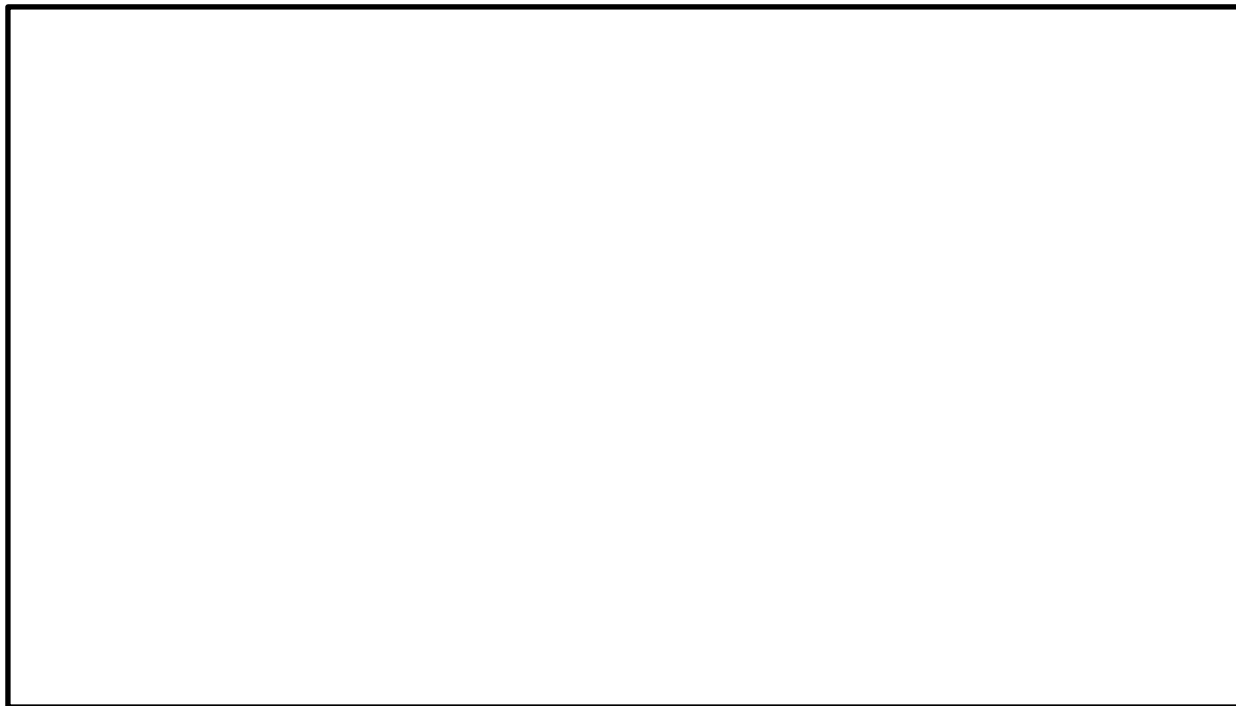
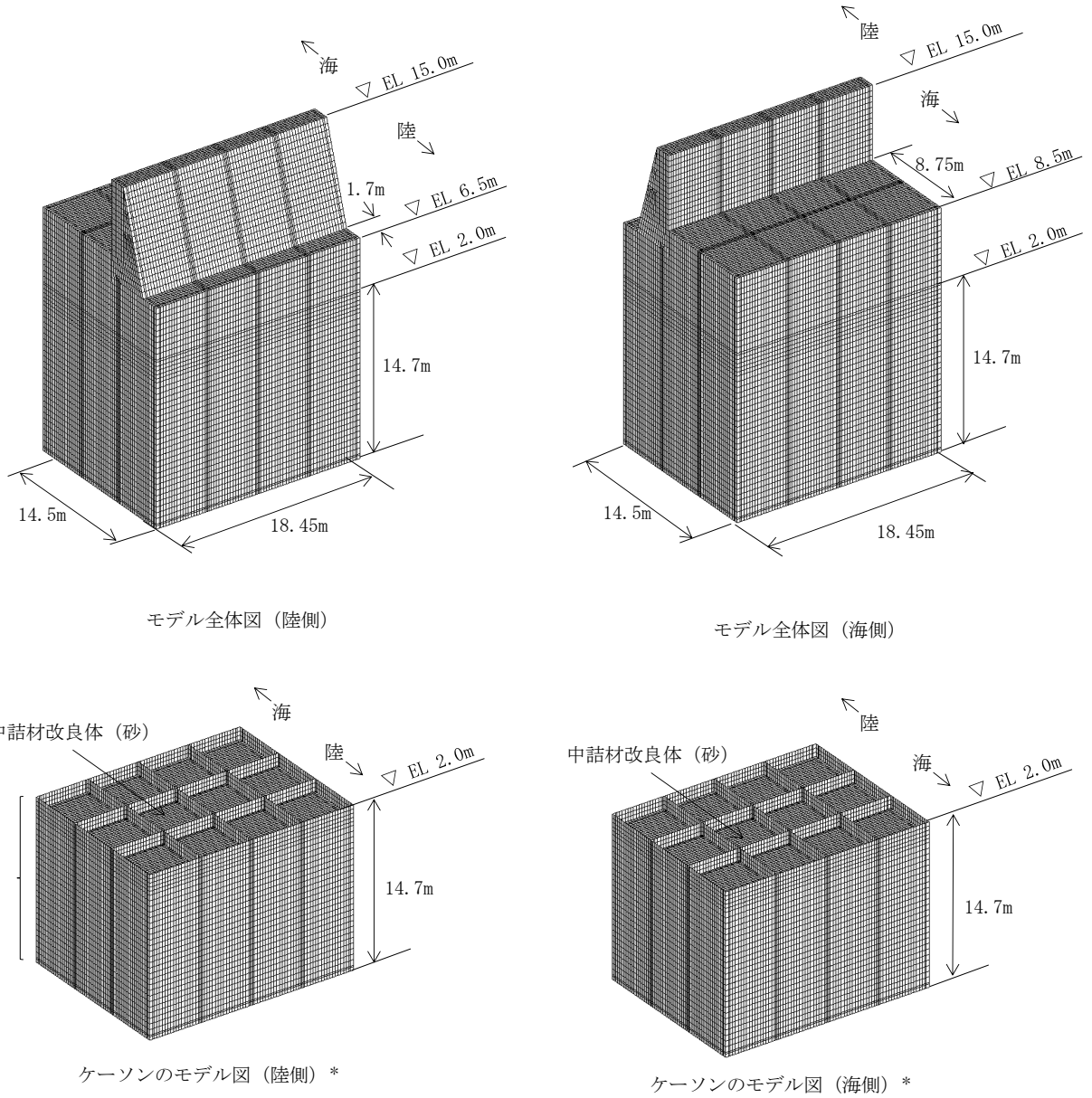


図 3-22 3次元構造解析モデル (③-③断面)



注記* : 重力擁壁及び蓋コンクリートを非表示

図 3-23 3次元構造解析モデル (④-④断面)

d. 使用材料及び材料の物性値

ケーソンの使用材料を表 3-18 に、材料の物性値を表 3-19 に示す。重力擁壁の使用材料及び物性値は、「(1) 2次元有限要素法」に示したものをを用いる。

表 3-18 使用材料

材料	諸元
コンクリート	設計基準強度 24N/mm ²
鉄筋	SD345

表 3-19 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
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)

e. 評価方法

防波壁（波返重力擁壁）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方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

(a) ケーソン

イ ②-②断面及び④-④断面

②-②断面及び④-④断面のケーソンの評価は、曲げモーメント及び軸力より算定される曲げ圧縮応力度、曲げ引張応力度並びにせん断力より算定されるせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

応力度算定には、解析コード「EMRGINING」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。

ロ ③-③断面

③-③断面のケーソンの評価は、3次元構造解析に基づいて算定した圧縮応力度、引張応力度及びせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

3.5.2 重畳時

(1) 2次元有限要素法

a. 解析方法

重畳時に発生する応力値及び変位は、「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及び2次元動的有限要素法により算定する。

重畳時の評価は、②-②断面、③-③断面及び④-④断面を対象とする。

2次元静的有限要素法及び2次元動的有限要素法に用いる解析コードは、「FLIP」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

b. 施設

施設のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

c. 減衰定数

Rayleigh減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰（ $\alpha=0$ 、 $\beta=0.002$ ）を設定する。

d. 解析ケース

重畳時においては、VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」に基づき、弾性設計用地震動S_d-Dに対して、解析ケース①を実施する。

e. 入力地震動

入力地震動は、弾性設計用地震動S_d-Dについて、VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」に基づき設定する。

f. 解析モデル

(a) 解析領域

解析領域については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(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。

2次元静的有限要素法の境界条件は底面固定及び水平固定とし、2次元動的有限要素法の境界条件は半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(c) 構造物のモデル化

構造物のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(d) 地盤のモデル化

地盤のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(e) 海水のモデル化

海水のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(f) ジョイント要素の設定

ジョイント要素の設定については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

g. 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様とする。

h. 地盤の物性値

地盤の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様とする。

i. 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 3-20 に示す。

表 3-20 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
防波壁（波返重力擁壁） ②-②断面，③-③断面， ④-④断面，⑦-⑦断面	EL 8.5m*

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。

j. 評価方法

防波壁（波返重力擁壁）の重畳時の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

(a) 重力擁壁

イ 曲げ照査

重力擁壁の曲げ照査については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

ロ せん断照査

重力擁壁のせん断照査については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(b) MMR

MMRの評価については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(c) 改良地盤⑥

改良地盤⑥の評価については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(d) 止水目地

止水目地（シートジョイント）の重畳時の変形性評価は、重畳時の最大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 3-24 に示すとおり、防波壁（波返重力擁壁）天端における重畳時の変位量とし、保守的に最大の相対変位量を 2 倍したものを算定する。

y 方向（法線方向）の変位量は、余震荷重のみによって生じるが、余震荷重は地震荷重に包絡されることから、保守的に地震時の y 方向（法線方向）の相対変位量を考慮する。

$$x \text{ 方向（法線直交方向）の重畳時の変位量} \quad \delta_x : \delta_x = |\delta_x(T)| \times 2$$

$$y \text{ 方向（法線方向）の地震時の変位量} \quad \delta_y : \delta_y = |\delta_y(T)|$$

$$z \text{ 方向（深度方向）の重畳時の変位量} \quad \delta_z : \delta_z = |\delta_z(T)| \times 2$$

ここで、

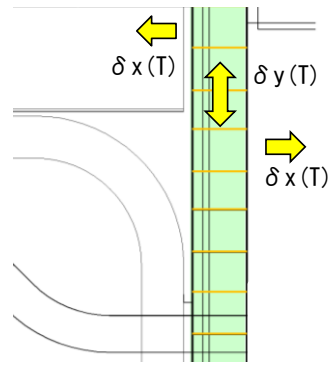
$\delta_x(T)$: x 方向（法線直交方向）の重畳時の最大相対変位量

$\delta_y(T)$: y 方向（法線方向）の地震時の最大相対変位量

$\delta_z(T)$: z 方向（深度方向）の重畳時の最大相対変位量

法線直交方向、法線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（3 方向合成）の変位量を求め、重畳時の最大変位量とする。

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



$\delta z(T)$: 深度方向変位

図 3-24 重畳時の変位量の概念図

(e) 基礎地盤

基礎地盤の評価については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(2) 3次元構造解析

a. 解析方法

重畳時に発生する応力値は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて3次元構造解析により算定する。

3次元構造解析に用いる解析コードは、「FINAS/STAR」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

構造部材の健全性評価において、照査時刻は構造的特徴を踏まえ、部材の評価が厳しくなる時刻を地震応答解析の結果から選定する。

b. 施設

施設のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

c. 解析モデル

(a) 構造物のモデル化

解析モデル及び構造物のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(b) 地盤ばね

地盤ばねについては、「3.5.1 津波時」と同様とする。

d. 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様とする。

e. 評価方法

防波壁(波返重力擁壁)の重畳時の強度評価は、「3.5.1 津波時」と同様とする。

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

4.1 津波時

表 4-1(1) 強度評価に用いる評価条件 (②-②断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (重力擁壁)	565	kN
	固定荷重 (ケーソン)	3237	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) 荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	133.542	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

表 4-1(2) 強度評価に用いる評価条件 (③-③断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (重力擁壁)	565	kN
	固定荷重 (ケーソン)	1967	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) 荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	133.542	kN/m ²
P _c	衝突荷重	225	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 4-1(3) 強度評価に用いる評価条件 (④-④断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (重力擁壁)	491	kN
	固定荷重 (ケーソン)	3542	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) 荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	133.542	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

表 4-1(4) 強度評価に用いる評価条件 (⑤-⑤断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (重力擁壁)	383	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) 荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 7.5m)	77.265	kN/m ²
P _c	衝突荷重	405	kN/m ²
P _k	風荷重	1.764	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

4.2 重畳時

表 4-2(1) 強度評価に用いる評価条件 (②-②断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (重力擁壁)	565	kN
	固定荷重 (ケーソン)	3237	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) 荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	47.995	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(2) 強度評価に用いる評価条件 (③-③断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (重力擁壁)	565	kN
	固定荷重 (ケーソン)	1967	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) 荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	47.995	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(3) 強度評価に用いる評価条件 (④-④断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (重力擁壁)	491	kN
	固定荷重 (ケーソン)	3542	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) 荷重)	250	kN/m
P t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	47.995	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 津波時

5.1.1 重力擁壁

(1) 曲げ照査

②－②断面，③－③断面，④－④断面及び⑤－⑤断面において，重力擁壁のコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査を行った。

コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表 5-1 及び表 5-2 に示す。

この結果から，重力擁壁のコンクリート及び鉄筋における発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
5200	793	3.3	13.5	0.25

表 5-1(2) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(③-③断面)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
5182	846	3.1	13.5	0.24

表 5-1(3) コンクリートの曲げ・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)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
3113	666	2.5	13.5	0.19

表 5-1(4) コンクリートの曲げ・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)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
4066	707	3.6	13.5	0.27

表 5-2(1) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (②-②断面)

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)			
5200	793	123	294	0.42

表 5-2(2) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (③-③断面)

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)			
5182	846	106	294	0.37

表 5-2(3) 鉄筋の曲げ・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)

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)			
3113	666	89	294	0.31

表 5-2(4) 鉄筋の曲げ・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)

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)			
4066	707	136	294	0.47

(2) せん断照査

②－②断面，③－③断面，④－④断面及び⑤－⑤断面において，重力擁壁のコンクリートのせん断破壊に対する照査を行った。

コンクリートのせん断破壊に対する照査結果を表 5-3 に示す。

この結果から，重力擁壁のコンクリートのにおける発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-3(1) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値 (②－②断面)

発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
1232	0.41	0.64	0.64

表 5-3(2) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値 (③－③断面)

発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
1218	0.40	0.64	0.64

表 5-3(3) コンクリート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)

発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
1060	0.37	0.67	0.56

表 5-3(4) コンクリート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)

発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
1128	0.42	0.67	0.63

5.1.2 ケーソン

(1) ②-②断面及び④-④断面

3次元構造解析に基づく、ケーソンの照査結果を示す。評価対象部材は、前壁、後壁、側壁、隔壁、底版及びフーチングとした。評価対象位置図を図5-1に示す。

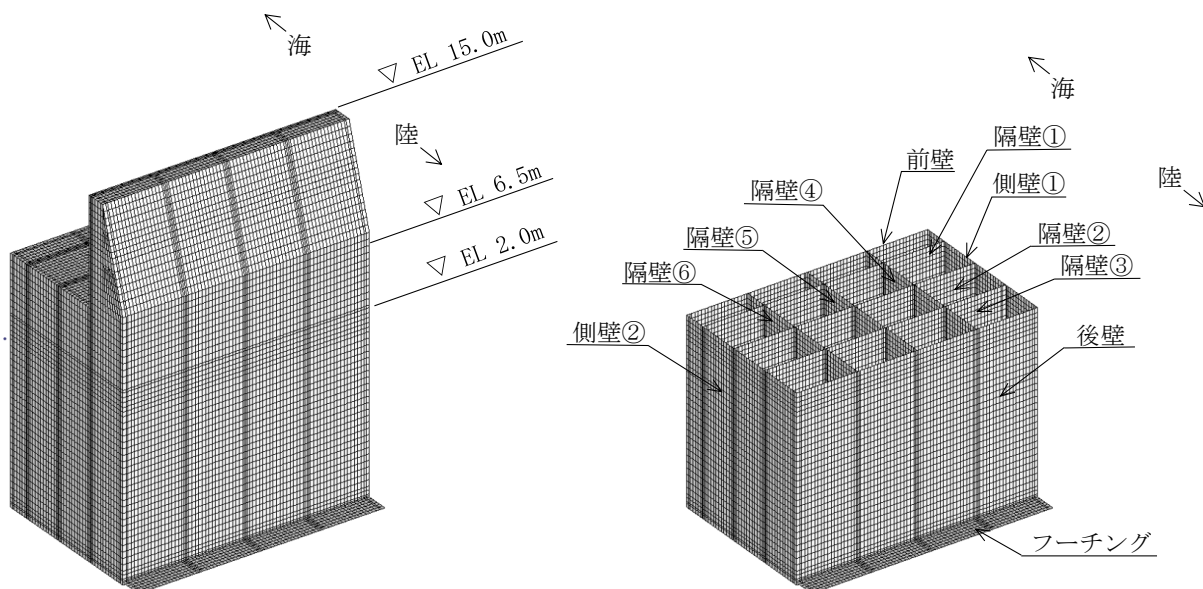


図5-1(1) 評価対象位置図 (②-②断面)

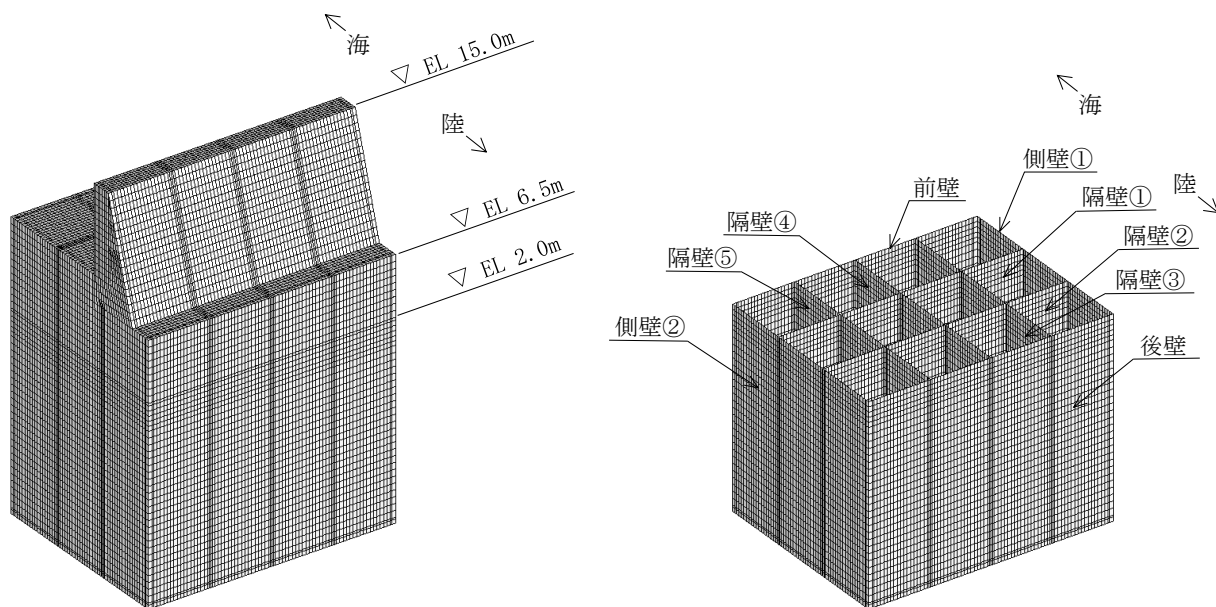


図5-1(2) 評価対象位置図 (④-④断面)

a. 曲げ照査

ケーソンのコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表5-4及び表5-5に示す。

この結果から、ケーソンのコンクリート及び鉄筋に発生する応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-4(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

評価対象 部材	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
底版	53	56	1.2	13.5	0.09
フーチング	37	11	0.3	13.5	0.03
前壁	4	6	0.2	13.5	0.02
後壁	2	780	1.5	13.5	0.12
側壁①	12	634	1.5	13.5	0.12
側壁②	12	634	1.5	13.5	0.12
隔壁①	1	23	0.5	13.5	0.04
隔壁②	1	8	0.6	13.5	0.05
隔壁③	0	264	0.9	13.5	0.07
隔壁④	0	365	1.3	13.5	0.10
隔壁⑤	0	371	1.3	13.5	0.10
隔壁⑥	0	365	1.3	13.5	0.10

表 5-4(2) コンクリートの曲げ・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)

評価対象 部材	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
底版	47	40	0.7	13.5	0.06
前壁	13	20	0.4	13.5	0.03
後壁	0	601	1.2	13.5	0.10
側壁①	17	453	1.3	13.5	0.10
側壁②	17	453	1.3	13.5	0.10
隔壁①	0	161	0.6	13.5	0.05
隔壁②	1	229	0.9	13.5	0.07
隔壁③	0	314	1.0	13.5	0.08
隔壁④	0	322	1.0	13.5	0.08
隔壁⑤	0	314	1.0	13.5	0.08

表 5-5(1) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

評価対象 部材	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)			
底版	53	56	85.5	294	0.30
フーチング	51	107	39.7	294	0.14
前壁	2	184	63.3	294	0.22
後壁	4	110	36.3	294	0.13
側壁①	1	169	73.5	294	0.25
側壁②	1	169	73.5	294	0.25
隔壁①	0	35	28.0	294	0.10
隔壁②	0	57	48.6	294	0.17
隔壁③	0	72	57.5	294	0.20
隔壁④	0	57	23.6	294	0.09
隔壁⑤	0	52	21.3	294	0.08
隔壁⑥	0	57	23.6	294	0.09

表 5-5(2) 鉄筋の曲げ・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)

評価対象 部材	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)			
底版	47	43	46.7	294	0.16
前壁	7	93	35.9	294	0.13
後壁	6	117	41.0	294	0.14
側壁①	1	29	10.0	294	0.04
側壁②	1	29	10.0	294	0.04
隔壁①	0	63	40.7	294	0.14
隔壁②	0	75	47.1	294	0.17
隔壁③	0	4	1.1	294	0.01
隔壁④	0	1	0.3	294	0.01
隔壁⑤	0	4	1.1	294	0.01

b. せん断照査

ケーソンのコンクリートのせん断破壊に対する照査結果を表 5-6 及び表 5-7 に示す。

この結果から、ケーソンのコンクリートに発生する応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-6(1) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査における最大照査値
（②-②断面）

評価対象 部材	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
	せん断力 Q (kN)			
底版	55	0.12	0.67	0.19
フーチング	61	0.08	0.67	0.12
前壁	10	0.02	0.67	0.04
後壁	15	0.04	0.67	0.07
側壁①	29	0.07	0.67	0.11
側壁②	29	0.07	0.67	0.11
隔壁①	3	0.03	0.67	0.05
隔壁②	7	0.06	0.67	0.10
隔壁③	3	0.03	0.67	0.04
隔壁④	3	0.02	0.67	0.04
隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.00
隔壁⑥	3	0.02	0.67	0.04

表 5-6(2) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査における最大照査値
（④-④断面）

評価対象 部材	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
	せん断力 Q (kN)			
底版	51	0.11	0.67	0.17
前壁	23	0.06	0.67	0.09
後壁	24	0.06	0.67	0.09
側壁①	17	0.05	0.67	0.07
側壁②	17	0.05	0.67	0.07
隔壁①	4	0.03	0.67	0.06
隔壁②	3	0.03	0.67	0.04
隔壁③	2	0.02	0.67	0.04
隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
隔壁⑤	2	0.02	0.67	0.04

表 5-7(1) コンクリートせん断破壊（面内）に対する照査における最大照査値
 (②-②断面)

評価対象 部材	発生断面力	せん断 応力度 (面内) τ_c (N/mm ²)	許容せん断 応力度 (面内) τ_1 (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_1
	せん断力 Q (kN)			
底版	46	0.08	1.51	0.06
フーチング	140	0.14	1.51	0.10
前壁	15	0.03	1.51	0.02
後壁	173	0.35	1.99	0.18
側壁①	159	0.32	1.52	0.21
側壁②	159	0.32	1.52	0.21
隔壁①	16	0.06	1.51	0.05
隔壁②	47	0.19	1.73	0.11
隔壁③	77	0.31	1.93	0.16
隔壁④	76	0.31	1.56	0.20
隔壁⑤	78	0.31	1.57	0.20
隔壁⑥	76	0.31	1.56	0.20

表 5-7(2) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査における最大照査値
 (④-④断面)

評価対象 部材	発生断面力	せん断 応力度 (面内) τ_c (N/mm ²)	許容せん断 応力度 (面内) τ_1 (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_1
	せん断力 Q (kN)			
底版	68	0.11	1.51	0.08
前壁	27	0.05	1.54	0.04
後壁	96	0.19	1.89	0.11
側壁①	83	0.17	1.60	0.11
側壁②	83	0.17	1.60	0.11
隔壁①	53	0.21	1.78	0.12
隔壁②	75	0.30	1.87	0.17
隔壁③	42	0.17	1.62	0.11
隔壁④	41	0.16	1.62	0.11
隔壁⑤	42	0.17	1.62	0.11

(2) ③-③断面

3次元構造解析に基づく、放水路ケーソンの照査結果を示す。評価対象部材は、頂版、底版、側壁及び隔壁とした。評価対象位置図を図5-2に示す。

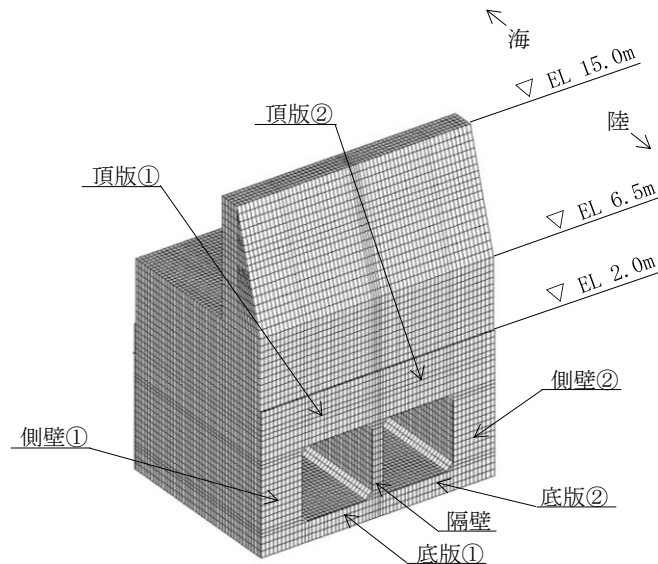


図5-2 評価対象位置図(③-③断面)

a. 構造部材の健全性に対する評価結果

③-③断面において、放水路ケーソンのコンクリートの圧縮応力度、引張応力度及びせん断応力度に対する照査を行った。

コンクリートの圧縮応力度に対する照査結果を表5-8に、コンクリートの引張応力度に対する照査結果を表5-9に、コンクリートのせん断応力度に対する照査結果を表5-10及び表5-11に示す。

この結果から、放水路ケーソンのコンクリートにおける発生応力度が、構造部材の健全性に対する許容限界以下であることを確認した。

表 5-8 コンクリートの圧縮応力度に対する照査における最大照査値

評価対象部材	発生応力	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)		
底版①	2.6	13.5	0.20
底版②	2.6	13.5	0.20
側壁①	4.2	13.5	0.32
側壁②	4.2	13.5	0.32
隔壁	5.6	13.5	0.42
頂版①	1.5	13.5	0.12
頂版②	1.5	13.5	0.12

表 5-9 コンクリートの引張応力度に対する照査における最大照査値

評価対象部材	発生応力	引張強度 f_{tk} (N/mm ²)	照査値 σ_s / f_{tk}
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)		
底版①	0.50	1.91	0.27
底版②	0.50	1.91	0.27
側壁①	0.64	1.91	0.34
側壁②	0.64	1.91	0.34
隔壁	1.17	1.91	0.62
頂版①	0.68	1.91	0.36
頂版②	0.68	1.91	0.36

表 5-10 コンクリートのせん断応力度（面外）に対する照査における最大照査値

評価対象部材	発生応力	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c/τ_{a1}
	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)		
底版①	0.41	0.67	0.61*
底版②	0.41	0.67	0.61*
側壁①	0.47	0.67	0.70
側壁②	0.47	0.67	0.70
隔壁	0.00	0.67	0.00*
頂版①	0.65	0.67	0.98
頂版②	0.65	0.67	0.98

注記*：応力度の平均化を実施した結果の照査値を示す。

表 5-11 コンクリートのせん断応力度（面内）に対する照査における最大照査値

評価対象部材	発生応力	許容せん断 応力度 （面内） τ_1 (N/mm ²)	照査値 τ_c/τ_1
	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)		
底版①	0.53	1.51	0.36
底版②	0.53	1.51	0.36
側壁①	0.81	1.51	0.54
側壁②	0.81	1.51	0.54
隔壁	0.80	1.51	0.54
頂版①	0.15	1.51	0.10
頂版②	0.15	1.51	0.10

5.1.3 H形鋼

(1) せん断照査

⑤－⑤断面に設置しているH形鋼のせん断破壊に対する照査を行った。

H形鋼のせん断破壊に対する照査値を表5-12に示す。

この結果から、H形鋼に発生する応力度が許容限界以下であることを確認した。

表5-12 H形鋼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）

発生断面力 せん断力 Q_H (kN)	せん断 応力度 τ_H (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{Ha} (N/mm ²)	照査値 τ_H/τ_{Ha}
1128	85	157	0.55

5.1.4 MMR

②－②断面、③－③断面及び④－④断面において、MMRのすべり安全率による評価を行った。

MMRの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5-3に示す。

この結果から、MMRのすべり安全率が1.2以上あることを確認した。

表5-13(1) MMRのすべり安全率評価結果（②－②断面）

最小すべり安全率
70.17

表5-13(2) MMRのすべり安全率評価結果（③－③断面）

最小すべり安全率
100.00

表5-13(3) MMRのすべり安全率評価結果（④－④断面）

最小すべり安全率
60.80

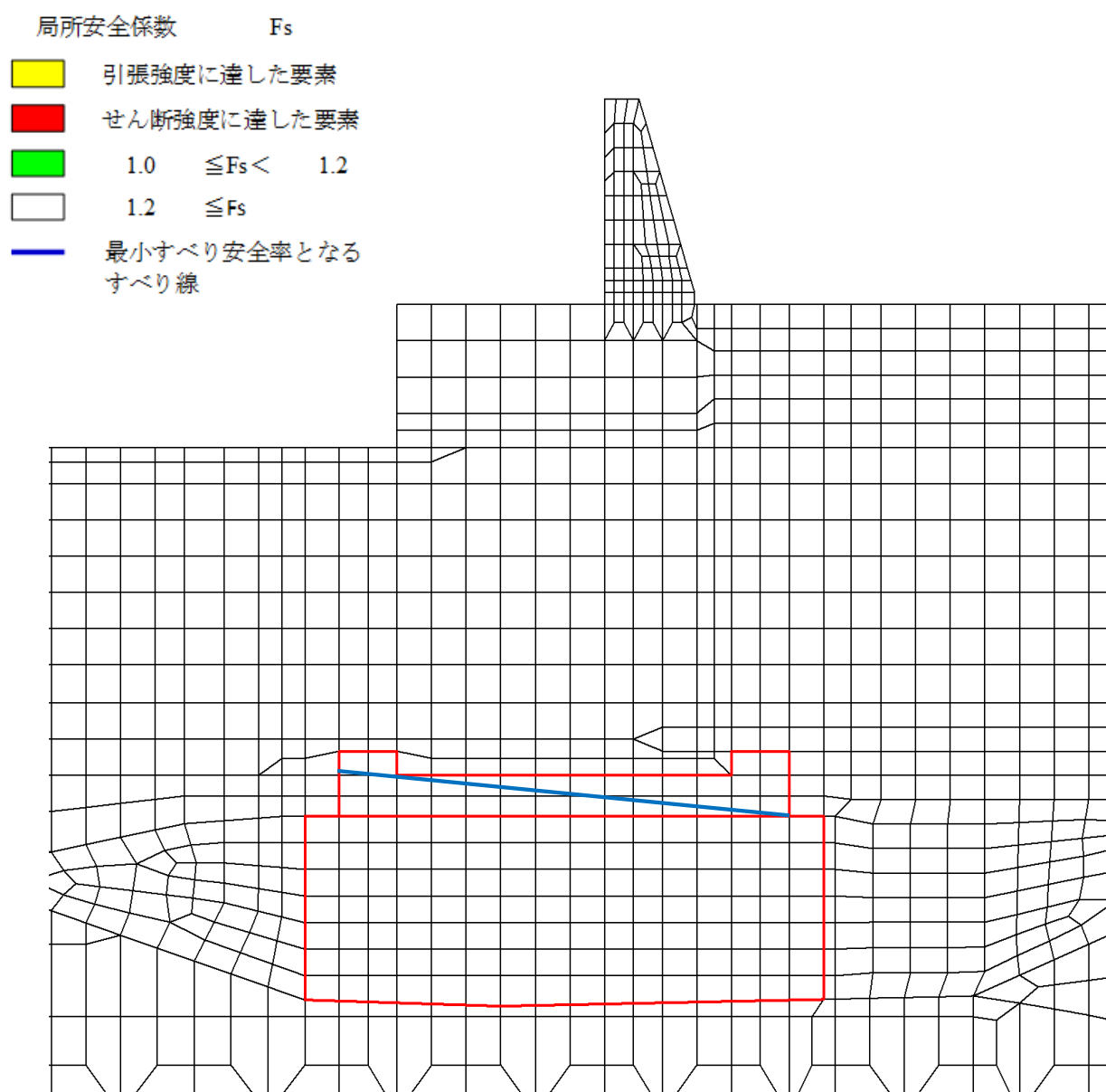


図 5-3(1) MMR の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布図
(②-②断面)

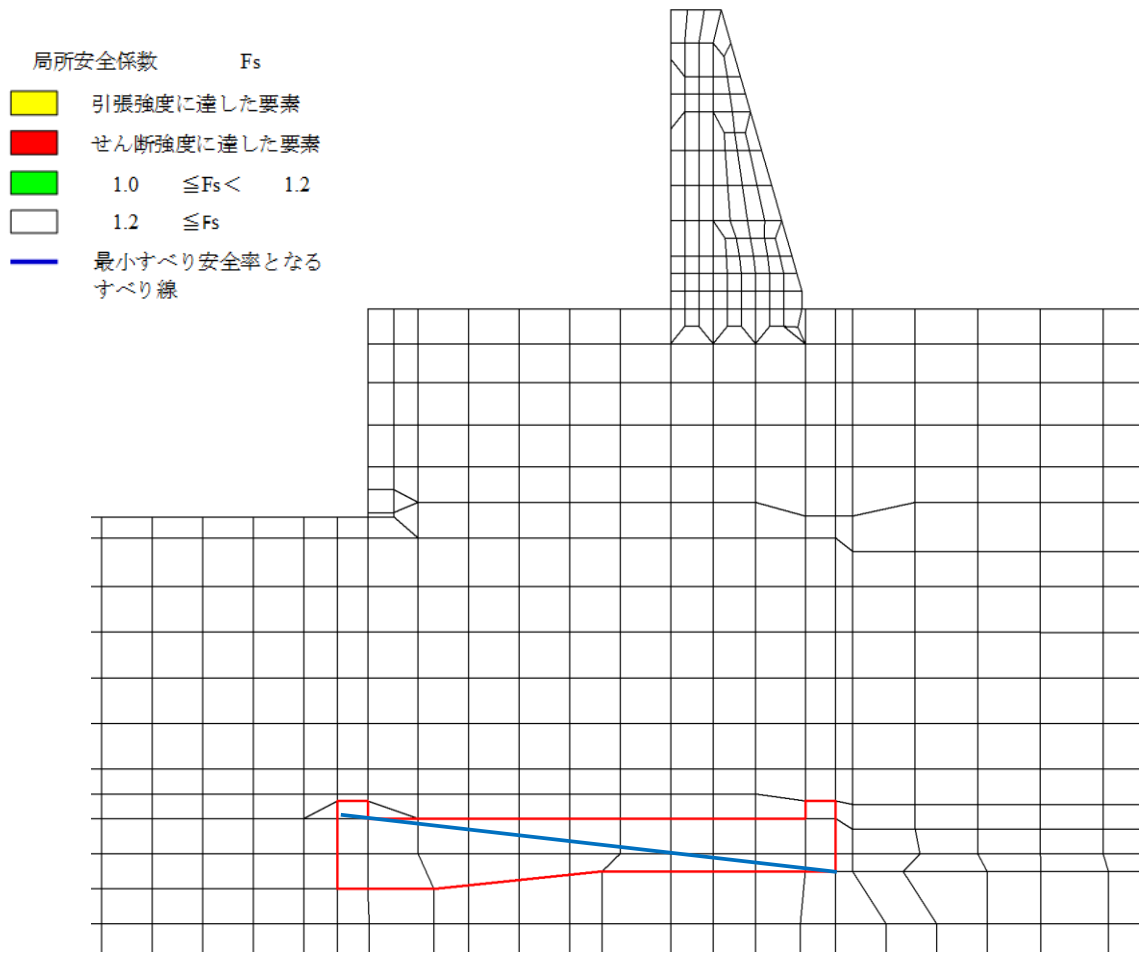







図 5-3(2) MMR の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布図
(③-③断面)

局所安全係数	Fs
	引張強度に達した要素
	せん断強度に達した要素
	$1.0 \leq Fs < 1.2$
	$1.2 \leq Fs$
	最小すべり安全率となるすべり線

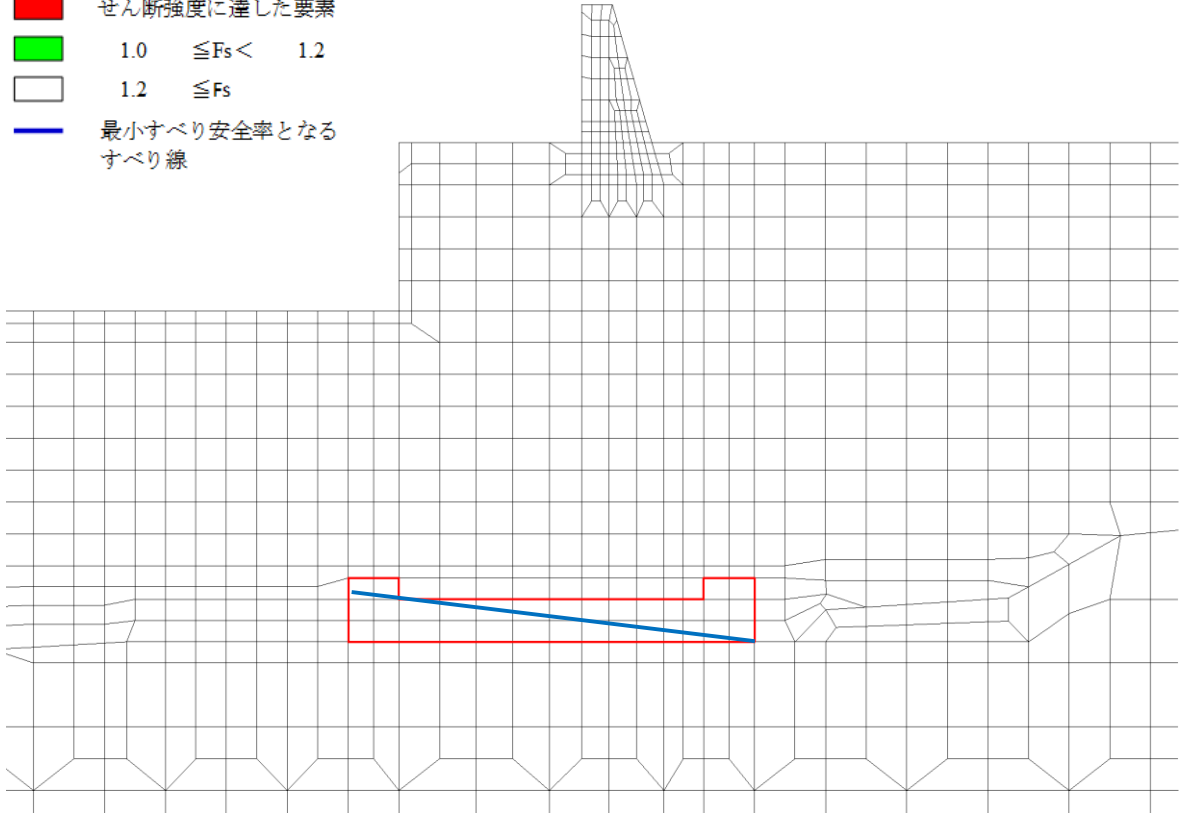


図 5-3(3) MMR の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布図
(④-④断面)

5.1.5 改良地盤

②-②断面において、改良地盤⑥のすべり安全率による評価を行った。

改良地盤⑥のすべり安全率による評価結果を表 5-14 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 に示す。

これらの結果から、改良地盤⑥のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-14 改良地盤⑥のすべり安全率評価結果 (②-②断面)

最小すべり安全率
25.00

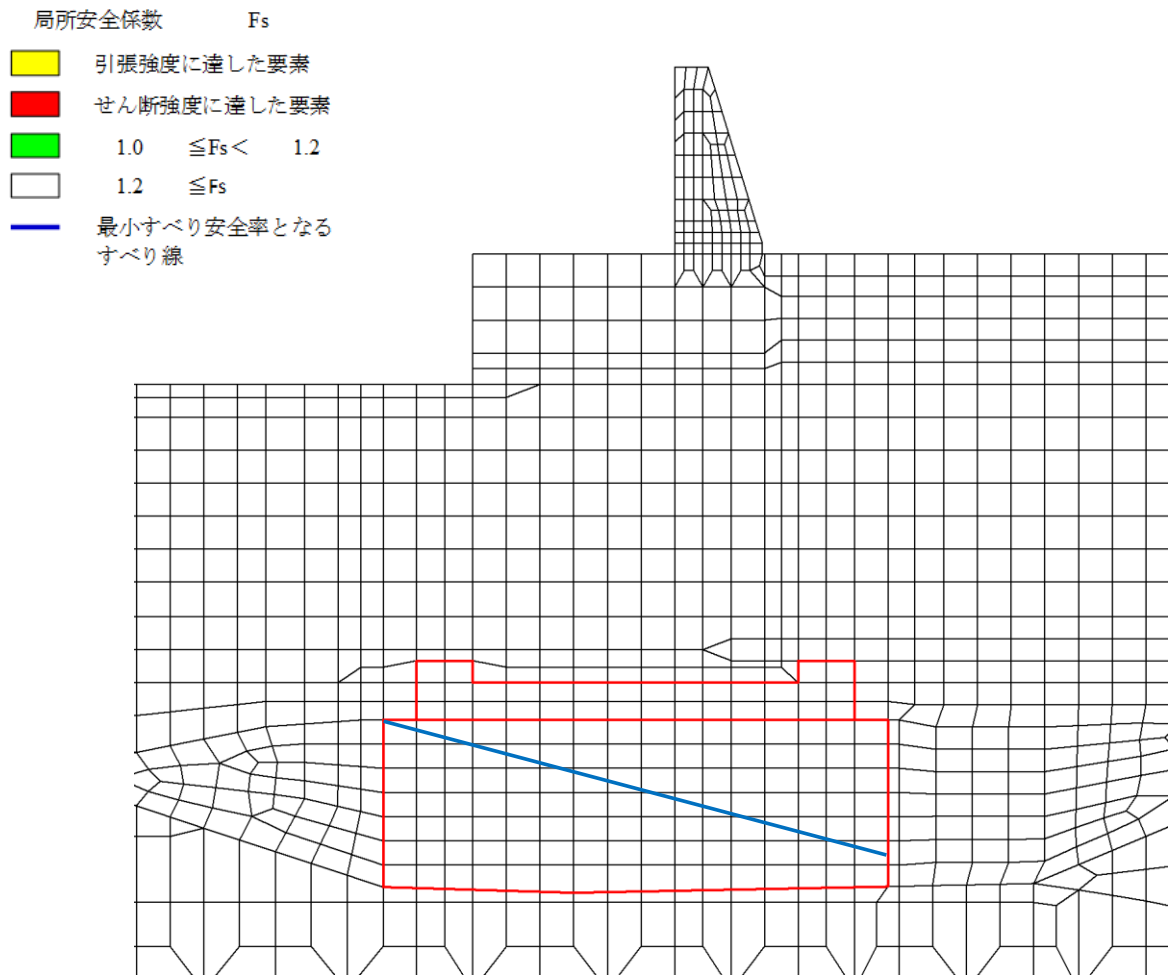


図 5-4 改良地盤⑥の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布図 (②-②断面)

5.1.6 止水目地

止水目地（シートジョイント）の津波時の変位量に対する照査結果を表 5-15 に示す。

止水目地（シートジョイント）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 5-15 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（③-③断面）

方向	津波時の変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δx : 法線直交方向	213	—
δz : 深度方向	1	—
合成方向 (2 方向合成)	213	1936

5.1.7 基礎地盤

②-②断面，③-③断面，④-④断面及び⑤-⑤断面において，基礎地盤の支持性能評価を行った。

基礎地盤の支持性能評価結果を表 5-16～表 5-19 に，基礎地盤の接地圧分布図を図 5-5～図 5-8 に示す。

この結果から，防波壁（波返重力擁壁）の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 5-16(1) 基礎地盤の支持性能評価結果（②-②断面，MMR）

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d / f'_a
0.9	24.0	0.04

表 5-16(2) 基礎地盤の支持性能評価結果（②-②断面，改良地盤⑥）

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
0.2	3.0	0.08

表 5-16(3) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面, 岩盤)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/P_u
0.3	9.8	0.04

表 5-17(1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (③-③断面, MMR)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
0.2	24.0	0.01

表 5-17(2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (③-③断面, 岩盤)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_d (N/mm ²)	照査値 R_d/R_d
0.7	9.8	0.07

表 5-18(1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (④-④断面, MMR)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d/f'_a
0.7	24.0	0.03

表 5-18(2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (④-④断面, 岩盤)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_d
0.5	9.8	0.05

表 5-19 基礎地盤の支持性能評価結果 (⑤-⑤断面, 岩盤)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d/R_d
1.5	9.8	0.16

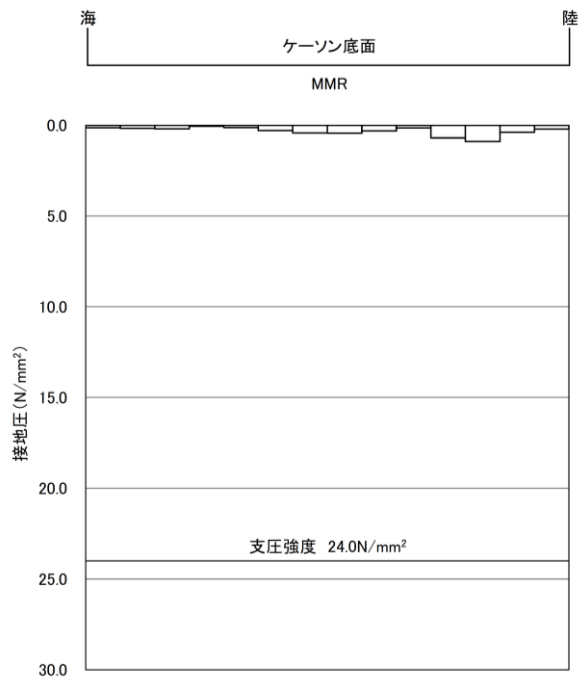


図 5-5(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (②-②断面, MMR)

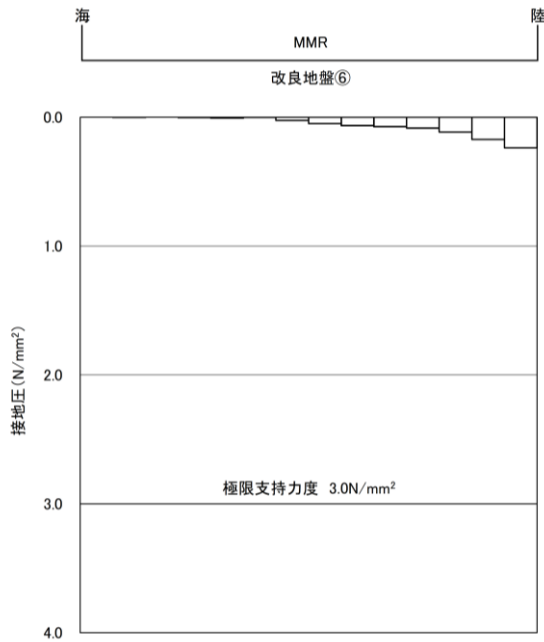


図 5-5(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (②-②断面, 改良地盤⑥)

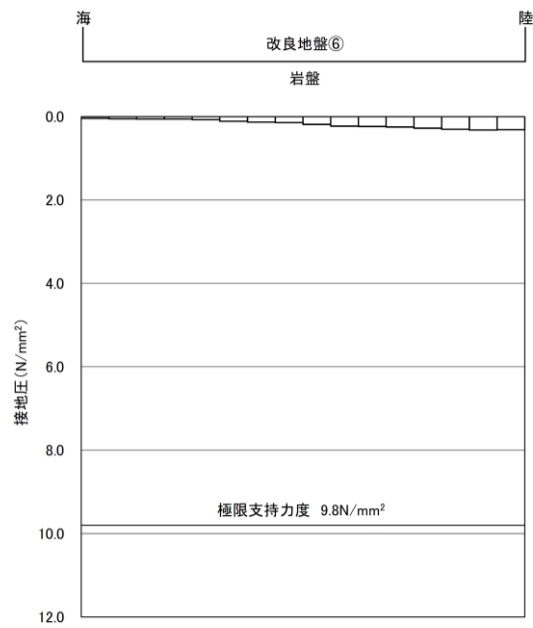


図 5-5(3) 基礎地盤の接地圧分布図 (②-②断面, 岩盤)

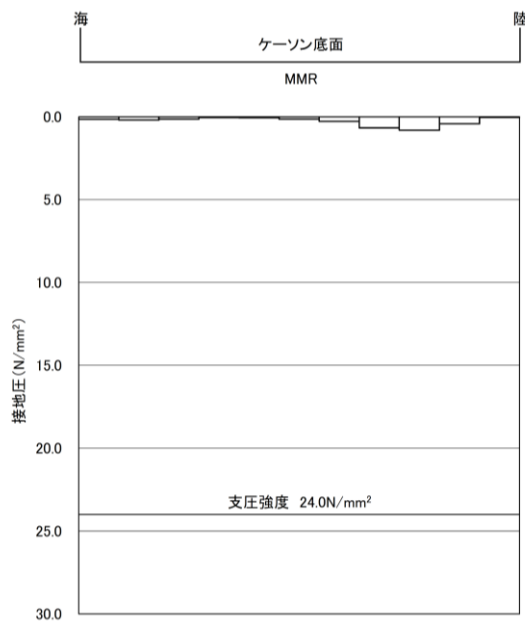


図 5-6(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (③-③断面, MMR)

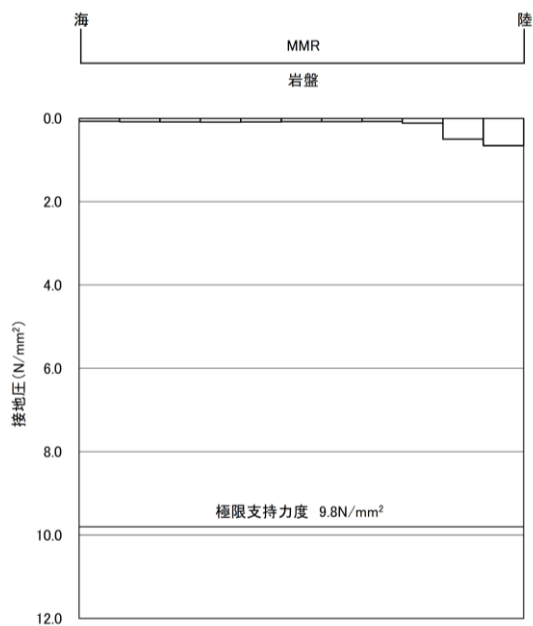


図 5-6(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (③-③断面, 岩盤)

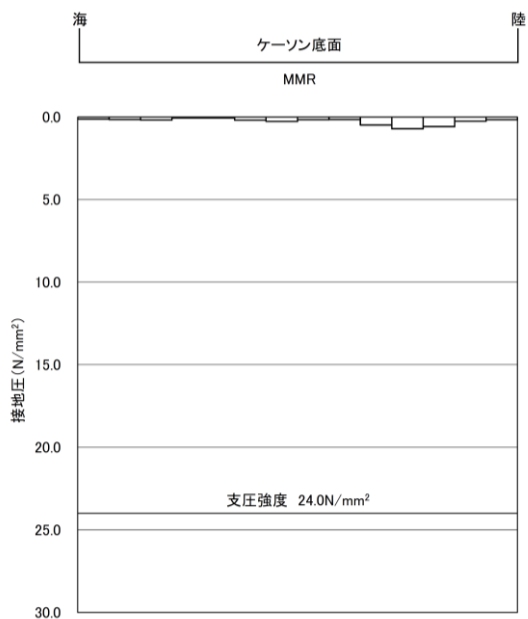


図 5-7(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (④-④断面, MMR)

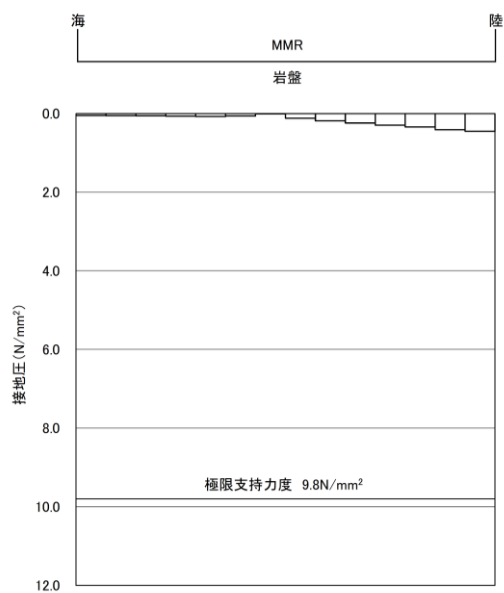


図 5-7(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 岩盤)

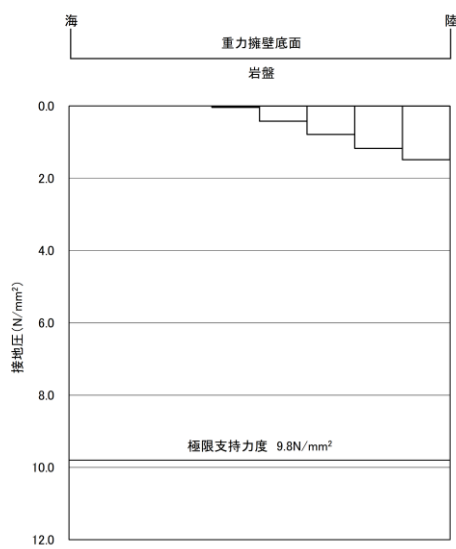


図 5-8 基礎地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 岩盤)

5.2 重畳時

5.2.1 重力擁壁

(1) 曲げ照査

②-②断面，③-③断面及び④-④断面において，重力擁壁のコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査を行った。

重力擁壁のコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表5-20及び表5-21に示す。

この結果から，重力擁壁のコンクリート及び鉄筋における発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表5-20(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
2791	965	1.9	13.5	0.15

表5-20(2) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(③-③断面)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
2848	1034	1.9	13.5	0.15

表5-20(3) コンクリートの曲げ・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)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
2495	1083	2.1	13.5	0.16

表 5-21(1) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (②-②断面)

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)			
2791	965	62	294	0.22

表 5-21(2) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値 (③-③断面)

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)			
2848	1034	57	294	0.20

表 5-21(3) 鉄筋の曲げ・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)

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)			
2495	1083	62	294	0.22

(2) せん断照査

②－②断面，③－③断面及び④－④断面において，重力擁壁のコンクリートのせん断破壊に対する照査を行った。

重力擁壁のコンクリートのせん断破壊に対する照査結果を表 5-22 に示す。

この結果から，重力擁壁コンクリートにおける発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-22(1) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値 (②－②断面)

発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c/τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
610	0.20	0.64	0.32

表 5-22(2) コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値 (③－③断面)

発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c/τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
506	0.17	0.64	0.27

表 5-22(3) コンクリート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)

発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c/τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
461	0.16	0.67	0.24

5.2.2 ケーソン

(1) ②-②断面及び④-④断面

3次元構造解析に基づく、ケーソンの照査結果を示す。評価対象部材は、前壁、後壁、側壁、隔壁、底版及びフーチングとした。評価対象位置図を図5-9に示す。

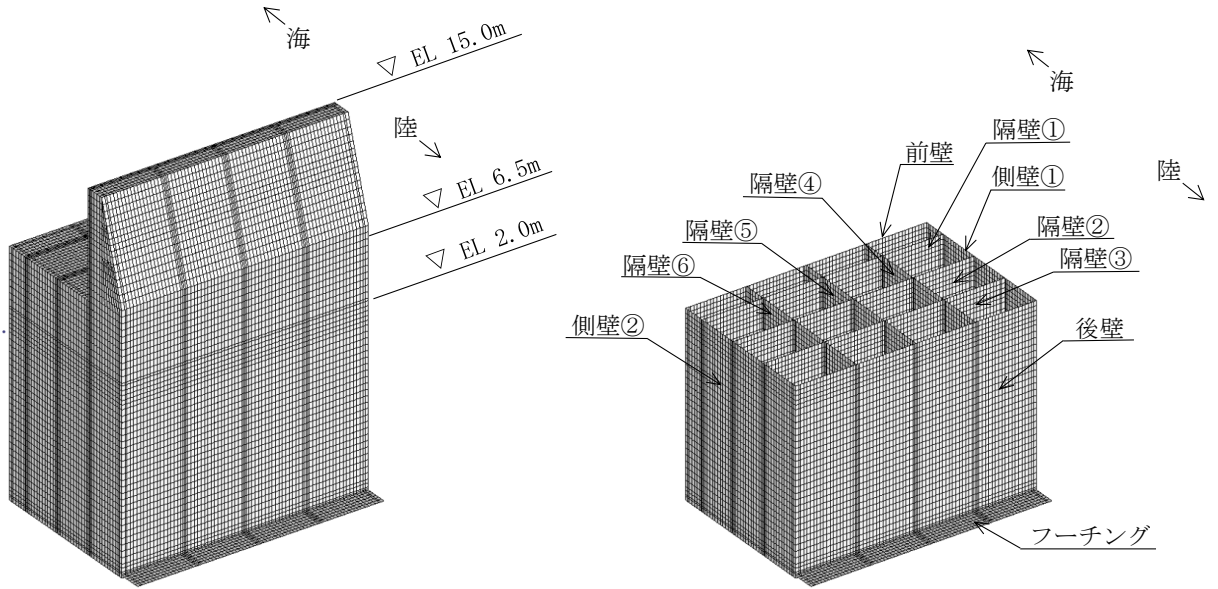


図5-9(1) 評価対象位置図 (②-②断面)

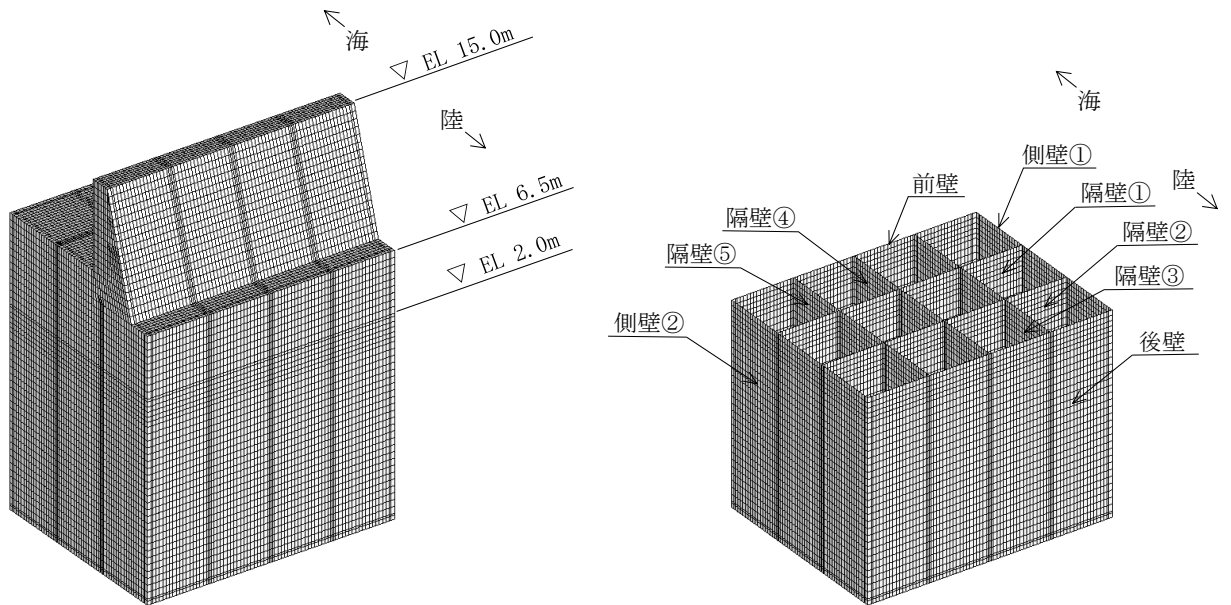


図5-9(2) 評価対象位置図 (④-④断面)

a. 曲げ照査

ケーソンのコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表5-23及び表5-24に示す。

この結果から、ケーソンのコンクリート及び鉄筋に発生する応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-23(1) コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

評価対象 部材	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
底版	45	48	1.0	13.5	0.08
フーチング	25	15	0.2	13.5	0.02
前壁	1	525	1.0	13.5	0.08
後壁	4	567	1.2	13.5	0.10
側壁①	15	439	1.2	13.5	0.09
側壁②	15	439	1.2	13.5	0.09
隔壁①	3	208	1.0	13.5	0.08
隔壁②	5	222	1.2	13.5	0.09
隔壁③	4	224	1.2	13.5	0.09
隔壁④	2	255	1.1	13.5	0.08
隔壁⑤	0	290	1.0	13.5	0.08
隔壁⑥	2	255	1.1	13.5	0.08

表 5-23(2) コンクリートの曲げ・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)

評価対象 部材	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
底版	73	53	1.4	13.5	0.11
前壁	8	874	2.0	13.5	0.15
後壁	28	822	2.2	13.5	0.17
側壁①	29	787	2.2	13.5	0.17
側壁②	29	787	2.2	13.5	0.17
隔壁①	6	396	1.9	13.5	0.14
隔壁②	5	381	1.8	13.5	0.14
隔壁③	2	483	1.8	13.5	0.14
隔壁④	0	483	1.6	13.5	0.12
隔壁⑤	2	483	1.8	13.5	0.14

表 5-24(1) 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

評価対象 部材	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)			
底版	45	48	72.4	294	0.25
フーチング	3	218	36.9	294	0.13
前壁	1	78	25.5	294	0.09
後壁	5	98	33.7	294	0.12
側壁①	2	63	31.4	294	0.11
側壁②	2	63	31.4	294	0.11
隔壁①	0	38	30.6	294	0.11
隔壁②	0	57	44.8	294	0.16
隔壁③	0	63	50.3	294	0.18
隔壁④	0	13	5.6	294	0.02
隔壁⑤	0	12	5.1	294	0.02
隔壁⑥	0	13	5.6	294	0.02

表 5-24(2) 鉄筋の曲げ・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)

評価対象 部材	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)			
底版	77	47	72.0	294	0.25
前壁	0	122	41.1	294	0.14
後壁	6	147	49.0	294	0.17
側壁①	2	50	18.1	294	0.07
側壁②	2	50	18.1	294	0.07
隔壁①	0	95	58.7	294	0.20
隔壁②	0	95	58.8	294	0.20
隔壁③	0	28	17.9	294	0.07
隔壁④	0	33	20.3	294	0.07
隔壁⑤	0	28	17.9	294	0.07

b. せん断照査

ケーソンのコンクリートのせん断破壊に対する照査結果を表 5-25 及び表 5-26 に示す。

この結果から、ケーソンのコンクリートに発生する応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-25(1) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査における最大照査値
（②-②断面）

評価対象 部材	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
	せん断力 Q (kN)			
底版	46	0.10	0.67	0.16
フーチング	44	0.05	0.67	0.09
前壁	24	0.07	0.67	0.11
後壁	40	0.10	0.67	0.15
側壁①	25	0.06	0.67	0.09
側壁②	25	0.06	0.67	0.09
隔壁①	2	0.02	0.67	0.03
隔壁②	5	0.05	0.67	0.07
隔壁③	5	0.04	0.67	0.07
隔壁④	2	0.02	0.67	0.04
隔壁⑤	0	0.00	0.67	0.00
隔壁⑥	2	0.02	0.67	0.04

表 5-25(2) コンクリートのせん断破壊（面外）に対する照査における最大照査値
（④-④断面）

評価対象 部材	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
	せん断力 Q (kN)			
底版	77	0.17	0.67	0.26
前壁	36	0.09	0.67	0.14
後壁	37	0.09	0.67	0.14
側壁①	26	0.07	0.67	0.10
側壁②	26	0.07	0.67	0.10
隔壁①	8	0.07	0.67	0.11
隔壁②	7	0.06	0.67	0.10
隔壁③	3	0.03	0.67	0.05
隔壁④	0	0.00	0.67	0.01
隔壁⑤	3	0.03	0.67	0.05

表 5-26(1) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査における最大照査値
（②-②断面）

評価対象 部材	発生断面力	せん断 応力度 （面内） τ_c (N/mm ²)	許容せん断 応力度 （面内） τ_1 (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_1
	せん断力 Q (kN)			
底版	122	0.20	1.51	0.14
フーチング	128	0.13	1.51	0.09
前壁	53	0.11	1.84	0.06
後壁	147	0.29	1.93	0.16
側壁①	199	0.40	1.80	0.23
側壁②	199	0.40	1.80	0.23
隔壁①	40	0.16	1.85	0.09
隔壁②	63	0.25	1.89	0.14
隔壁③	69	0.27	1.89	0.15
隔壁④	105	0.42	1.82	0.23
隔壁⑤	102	0.41	1.82	0.23
隔壁⑥	105	0.42	1.82	0.23

表 5-26(2) コンクリートのせん断破壊（面内）に対する照査における最大照査値
（④-④断面）

評価対象 部材	発生断面力	せん断 応力度 （面内） τ_c (N/mm ²)	許容せん断 応力度 （面内） τ_1 (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_1
	せん断力 Q (kN)			
底版	162	0.27	1.51	0.18
前壁	135	0.27	2.09	0.13
後壁	152	0.30	2.15	0.15
側壁①	251	0.50	2.00	0.26
側壁②	251	0.50	2.00	0.26
隔壁①	106	0.42	2.11	0.21
隔壁②	110	0.44	2.06	0.22
隔壁③	148	0.59	2.02	0.30
隔壁④	149	0.60	2.01	0.30
隔壁⑤	148	0.59	2.02	0.30

(2) ③-③断面

3次元構造解析に基づく、放水路ケーソンの照査結果を示す。評価対象部材は、頂版、底版、側壁及び隔壁とした。評価対象位置図を図5-10に示す。

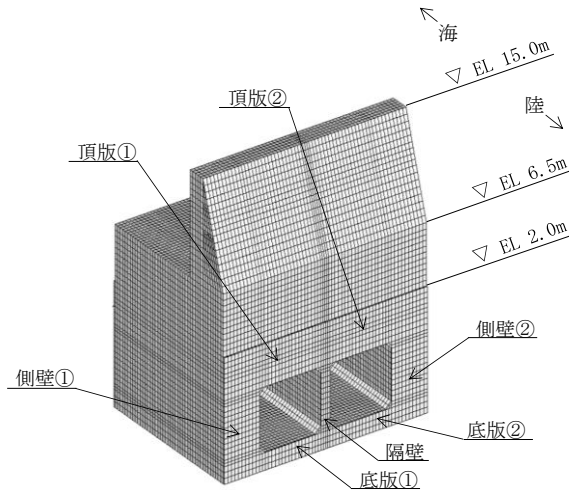


図5-10 評価対象位置図 (③-③断面)

a. 構造部材の健全性に対する評価結果

③-③断面において、放水路ケーソンのコンクリートの圧縮応力度、引張応力度及びせん断応力度に対する照査を行った。

コンクリートの圧縮応力度に対する照査結果を表5-27に、コンクリートの引張応力度に対する照査結果を表5-28に、コンクリートのせん断応力度に対する照査結果を表5-29及び表5-30に示す。

この結果から、放水路ケーソンのコンクリートにおける発生応力度が、構造部材の健全性に対する許容限界以下であることを確認した。

表 5-27 コンクリートの圧縮応力度に対する照査における最大照査値

評価対象部材	発生応力	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	圧縮応力度 σ_c (N/mm ²)		
底版①	2.0	13.5	0.15
底版②	2.0	13.5	0.15
側壁①	3.4	13.5	0.26
側壁②	3.4	13.5	0.26
隔壁	4.6	13.5	0.34
頂版①	1.4	13.5	0.11
頂版②	1.4	13.5	0.11

表 5-28 コンクリートの引張応力度に対する照査における最大照査値

評価対象 部材	発生応力	引張強度 f_{tk} (N/mm ²)	照査値 σ_s / f_{tk}
	引張応力度 σ_s (N/mm ²)		
底版①	0.47	1.91	0.25
底版②	0.47	1.91	0.25
側壁①	0.57	1.91	0.30
側壁②	0.57	1.91	0.30
隔壁	1.13	1.91	0.60
頂版①	0.67	1.91	0.35
頂版②	0.67	1.91	0.35

表 5-29 コンクリートのせん断応力度（面外）に対する照査における最大照査値

評価対象 部材	発生応力	せん断強度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c/τ_{a1}
	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)		
底版①	0.34	0.67	0.51*
底版②	0.34	0.67	0.51*
側壁①	0.43	0.67	0.65
側壁②	0.43	0.67	0.65
隔壁	0.00	0.67	0.00*
頂版①	0.61	0.67	0.91
頂版②	0.61	0.67	0.91

注記*：応力度の平均化を実施した結果の照査値を示す。

表 5-30 コンクリートのせん断応力度（面内）に対する照査における最大照査値

評価対象 部材	発生応力	せん断強度 τ_1 (N/mm ²)	照査値 τ_c/τ_1
	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)		
底版①	0.33	1.51	0.22
底版②	0.33	1.51	0.22
側壁①	0.55	1.51	0.37
側壁②	0.55	1.51	0.37
隔壁	0.56	1.51	0.38
頂版①	0.24	1.51	0.16
頂版②	0.24	1.51	0.16

5.2.3 MMR

②－②断面，③－③断面及び④－④断面において，MMRのすべり安全率による評価を行った。

MMRのすべり安全率による評価結果を表5-31に，最小すべり安全率となる時刻における局所安全係数分布図を図5-11に示す。

これらの結果から，MMRのすべり安全率が1.2以上あることを確認した。

表5-31(1) MMRのすべり安全率評価結果(②－②断面)

地震動	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D (++)	34.13	15.86

表5-31(2) MMRのすべり安全率評価結果(③－③断面)

地震動	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D (++)	28.08	17.07

表5-31(3) MMRのすべり安全率評価結果(④－④断面)

地震動	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D (++)	35.00	13.73

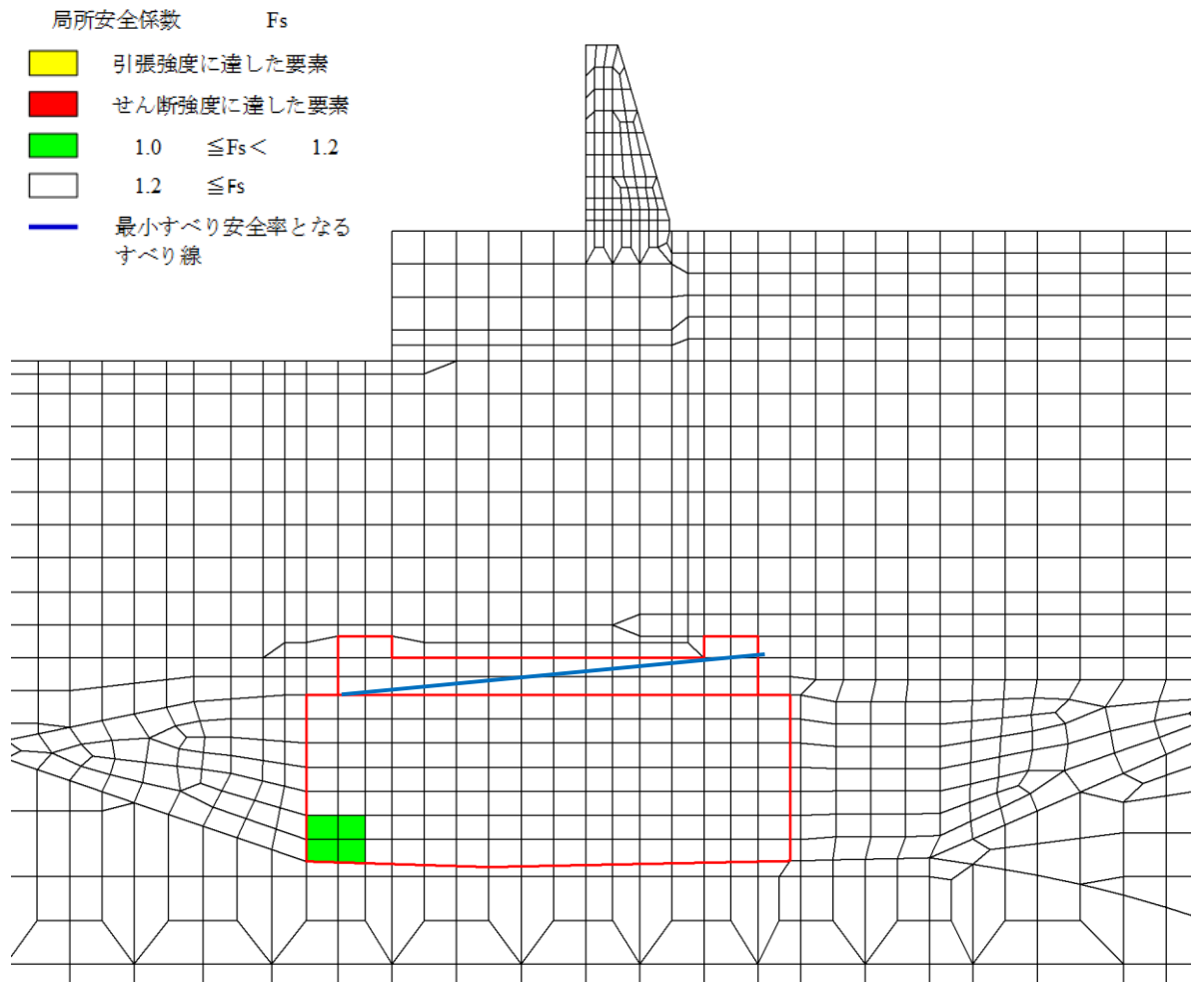


図 5-11(1) MMR の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図
 (②-②断面, S d - D (++) , t = 34.13s)

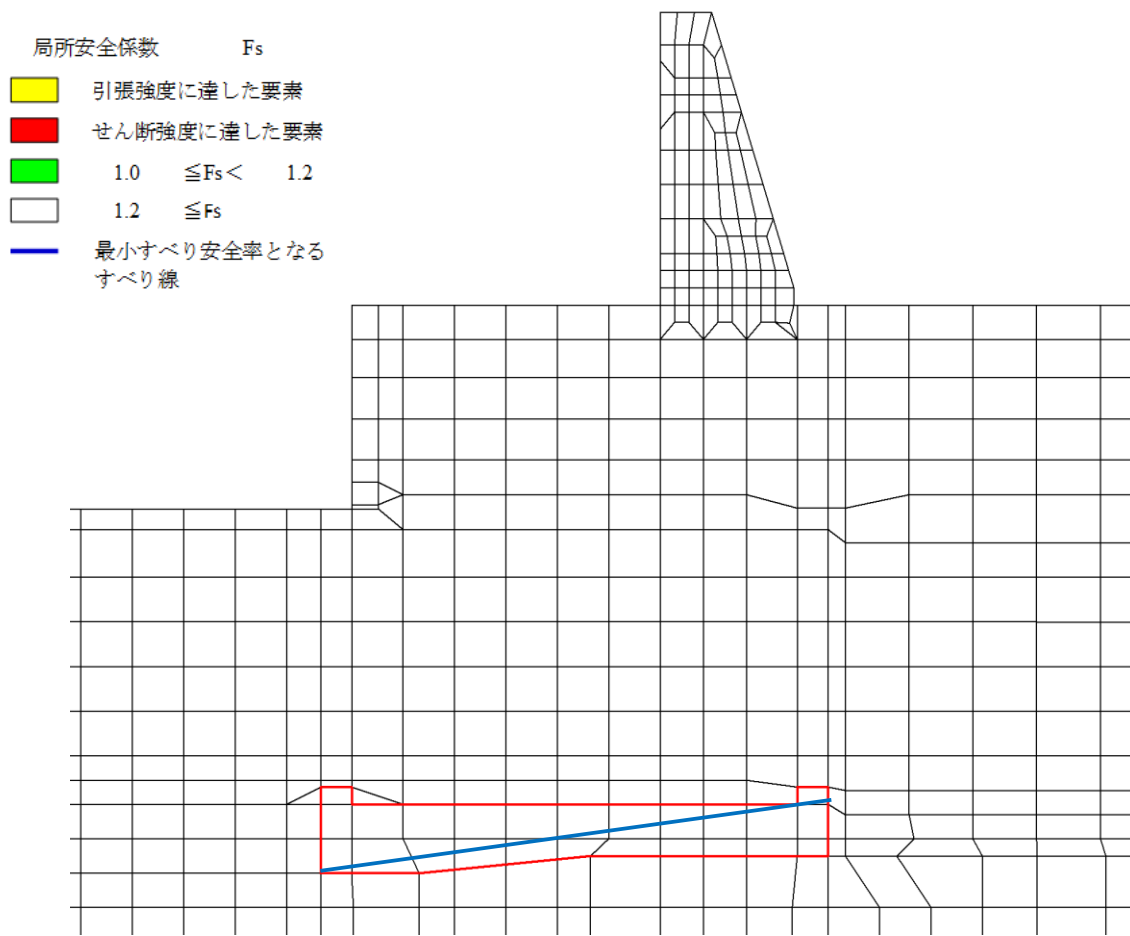


図 5-11(2) MMR の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図
 (③-③断面, S d - D (++) , t=28.08s)

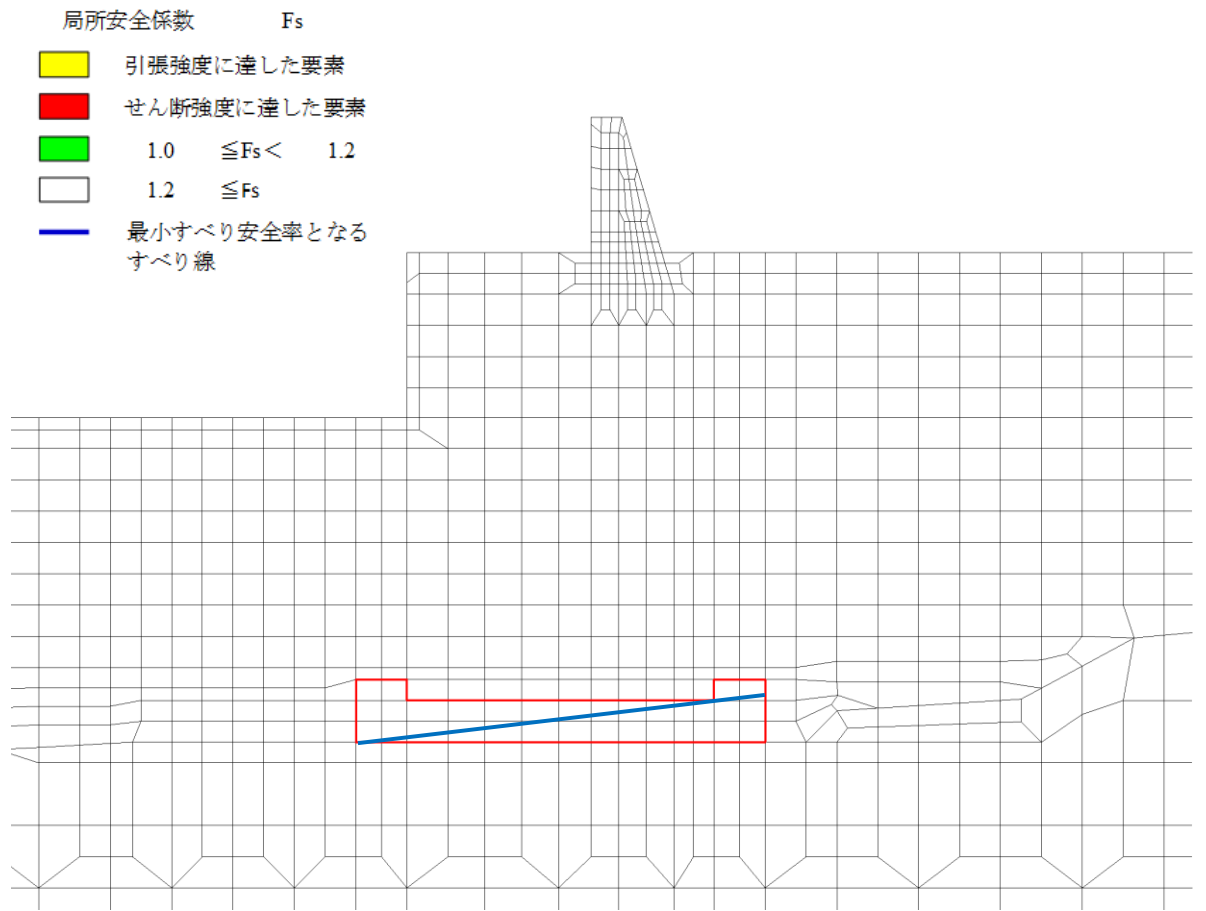


図 5-11(3) MMR の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図
 (④-④断面, S d - D (++) , t=35.00s)

5.2.4 改良地盤

②-②断面において，改良地盤⑥のすべり安全率による評価を行った。

改良地盤⑥のすべり安全率による評価結果を表 5-32 に，最小すべり安全率となる時刻における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⑥のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-32 改良地盤⑥のすべり安全率評価結果 (②-②断面)

地震動	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D (++)	28.38	3.40

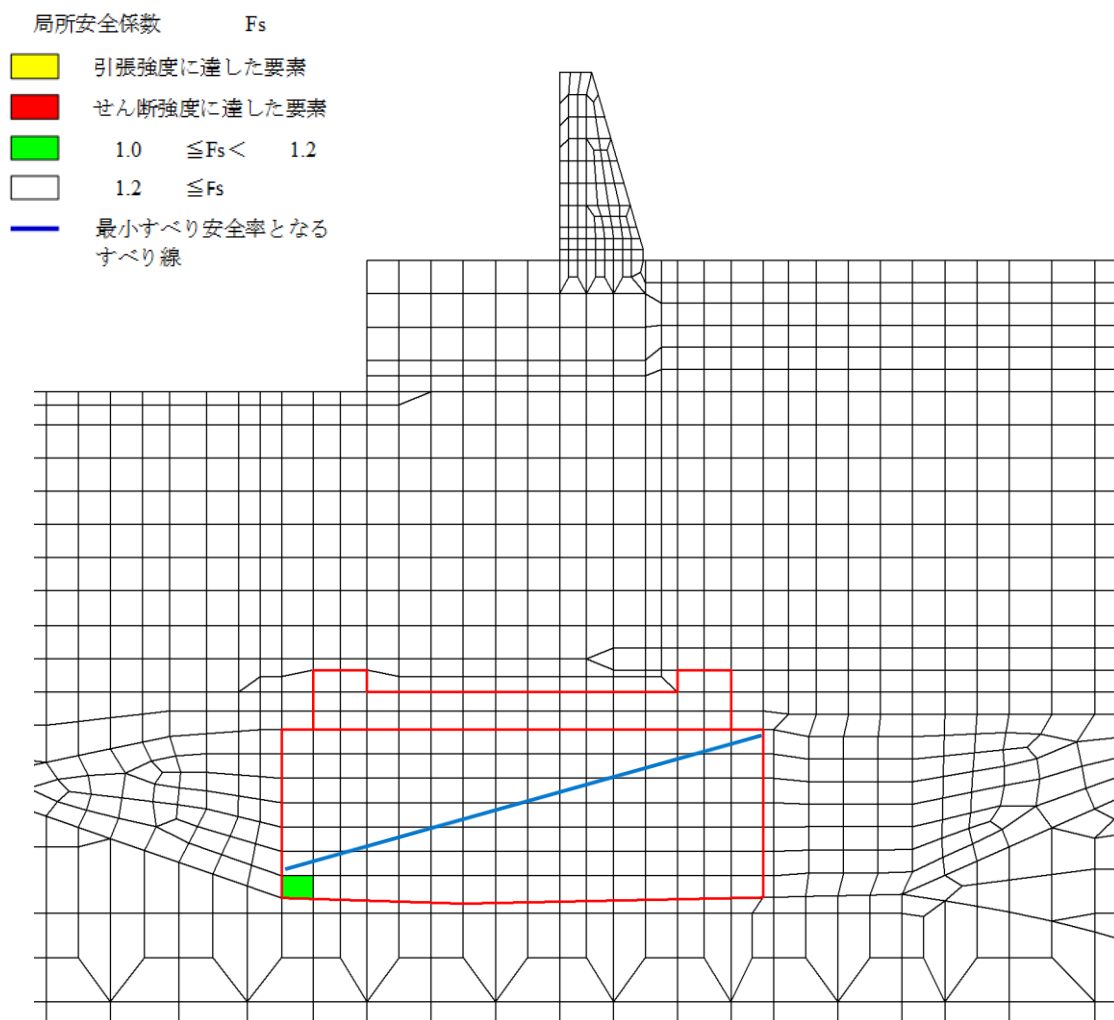


図 5-12 改良地盤⑥の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布図
(②-②断面, S d - D (++) , t=28.38s)

5.2.5 止水目地

止水目地（シートジョイント）の重畳時の変位量に対する照査結果を表 5-33 に示す。

止水目地（シートジョイント）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 5-33 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（④-④断面）

方向	重畳時の変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δx : 法線直交方向	134	—
δy : 法線方向	58*	—
δz : 深度方向	1	—
合成方向 (3 方向合成)	146	1936

注記* : 法線方向の変位が最大となる基準地震動 S_s における
⑦-⑦断面の天端の最大変位量

5.2.6 基礎地盤

②－②断面，③－③断面及び④－④断面において，基礎地盤の支持性能評価を行った。

基礎地盤の支持性能評価結果を表 5-34～表 5-36 に，基礎地盤の接地圧分布図を図 5-13～図 5-15 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 5-34(1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面, MMR)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d / f'_a
1.2	24.0	0.06

表 5-34(2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面, 改良地盤⑥)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
1.5	3.0	0.49

表 5-34(3) 基礎地盤の支持性能評価結果 (②-②断面, 岩盤)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
0.9	9.8	0.09

表 5-35(1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (③-③断面, MMR)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d / f'_a
0.5	24.0	0.03

表 5-35(2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (③-③断面, 岩盤)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
1.1	9.8	0.11

表 5-36(1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (④-④断面, MMR)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	支圧強度 f'_a (N/mm ²)	照査値 R_d / f'_a
1.5	24.0	0.07

表 5-36(2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (④-④断面, 岩盤)

最大接地圧 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
1.3	9.8	0.14

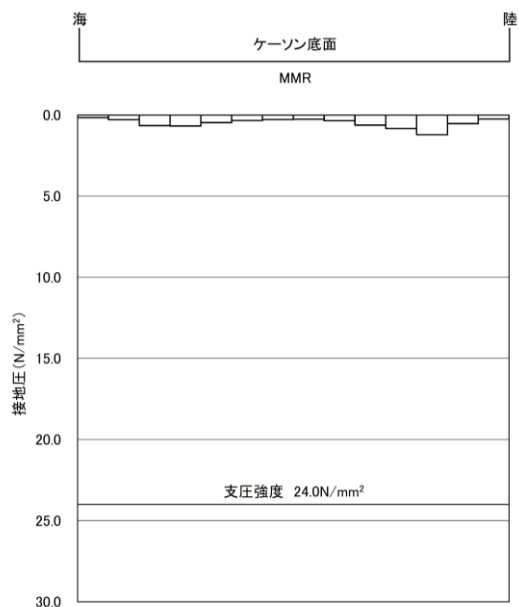


図 5-13(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (②-②断面, MMR)

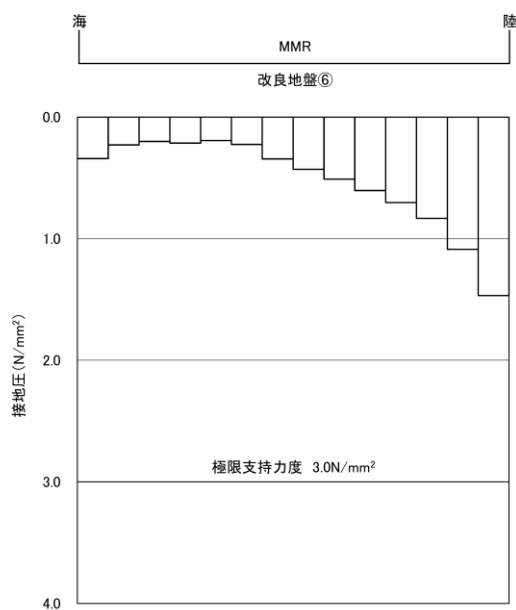


図 5-13(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (②-②断面, 改良地盤⑥)

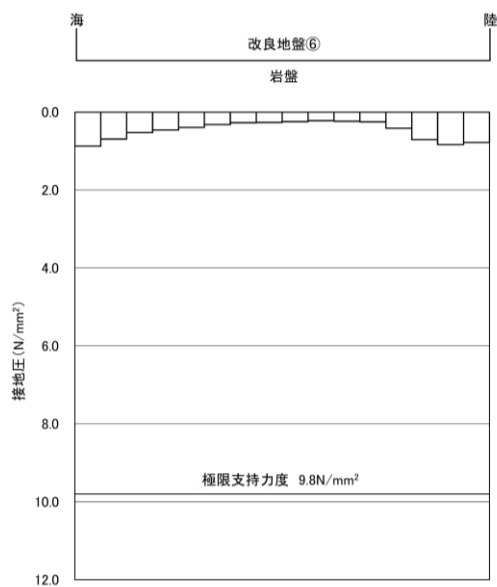


図 5-13(3) 基礎地盤の接地圧分布図 (②-②断面, 岩盤)

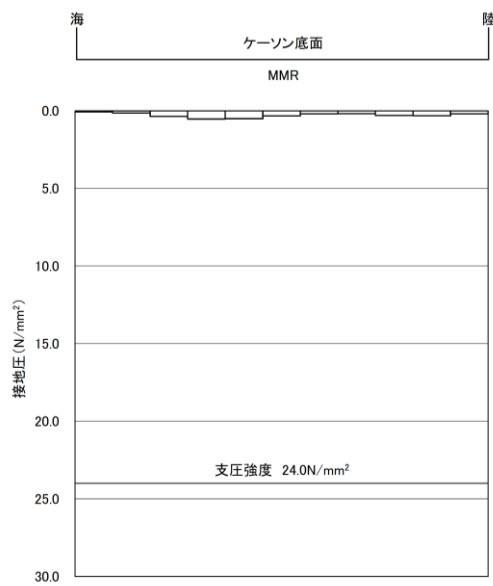


図 5-14(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (③-③断面, MMR)

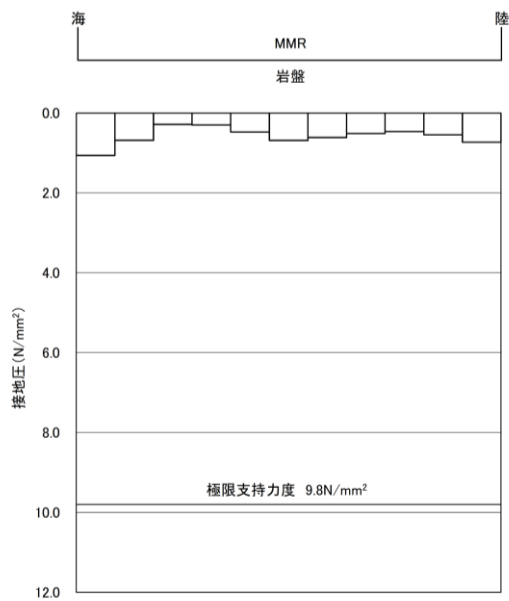


図 5-14(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (③-③断面, 岩盤)

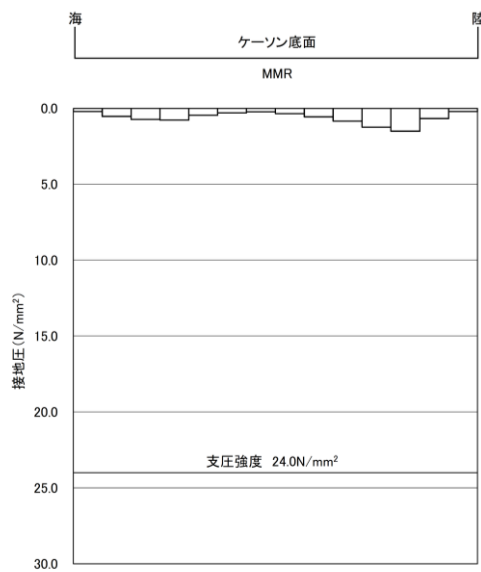


図 5-15(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (④-④断面, MMR)

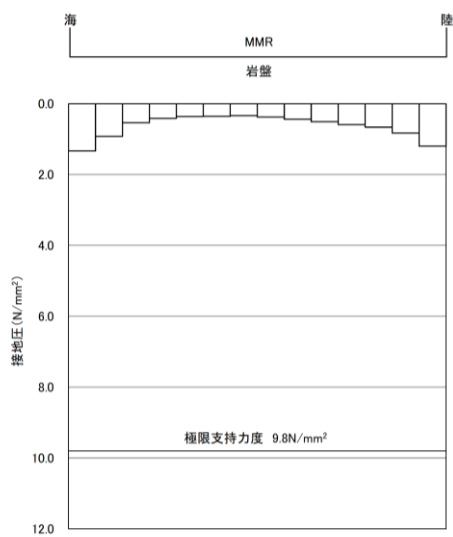


図 5-15(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 岩盤)

6. 漂流物対策工

6.1 概要

津波防護施設である防波壁（波返重力擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算について、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）が構造健全性を保持することを確認する。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、津波荷重、余震、衝突荷重、風荷重及び積雪荷重に対する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（波返重力擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の位置を図6-1に、防波壁（波返重力擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分を図6-2、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分一覧を表6-1に示す。

防波壁（波返重力擁壁）には漂流物対策工⑥、漂流物対策工⑦及び漂流物対策工⑧を設置する。

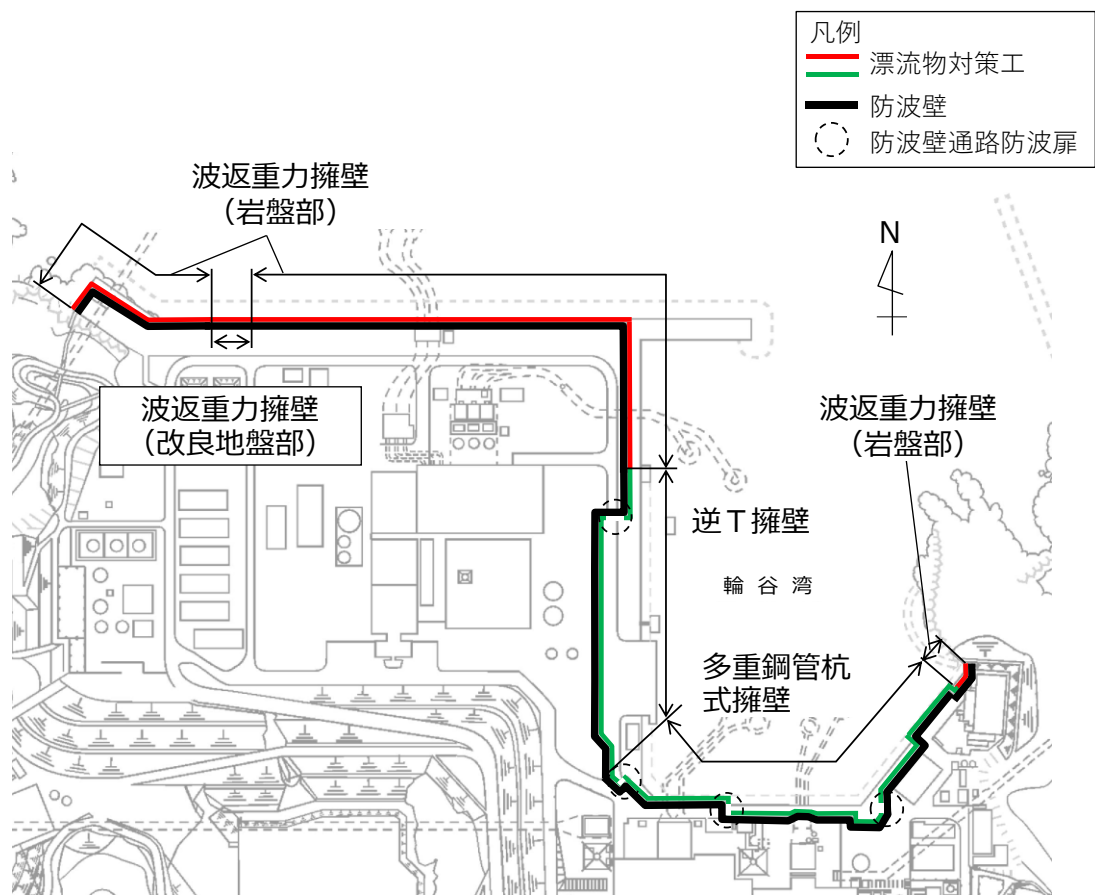


図6-1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の位置図

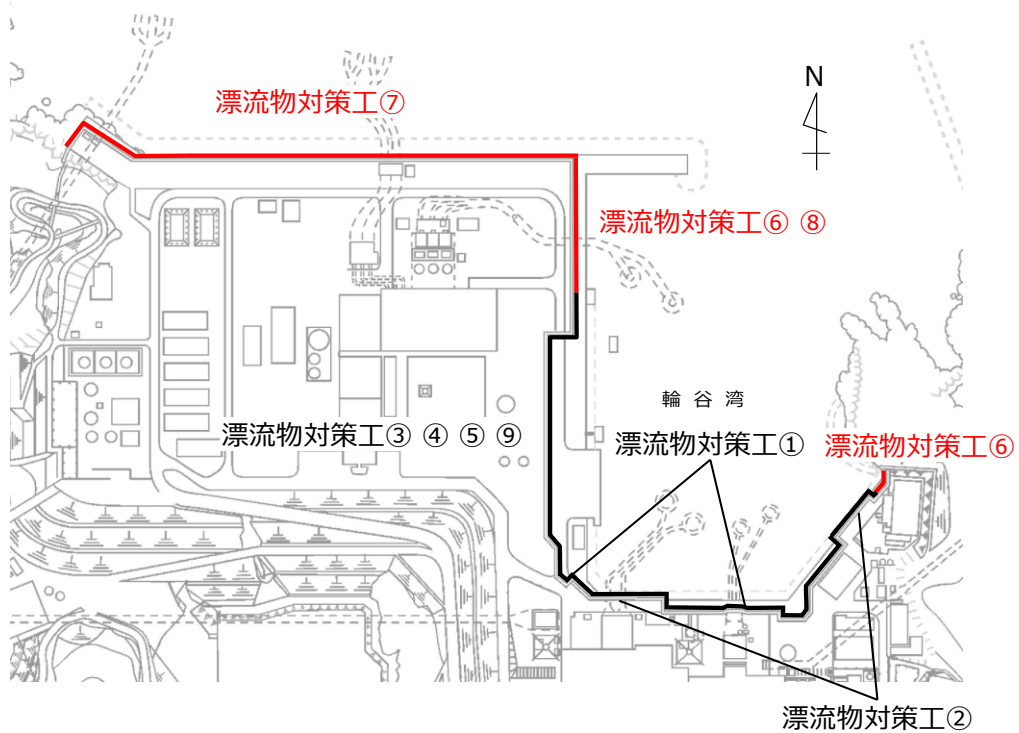


図 6-2 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分図

表 6-1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分一覧

名称	高さ	種別	設置箇所
漂流物対策工⑥	6.5m (EL 15.0m～EL 8.5m)	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) 重力擁壁
漂流物対策工⑦	8.5m (EL 15.0m～EL 6.5m)	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) 重力擁壁
漂流物対策工⑧	14.0m* (EL 2.0m～EL-12.0m)	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) ケーソン

注記*：ケーソンに設置する漂流物対策工のうち最大寸法を記載

6.2.2 構造概要

防波壁（波返重力擁壁）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。

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（波返重力擁壁）に支持される構造とする。

(単位：mm)

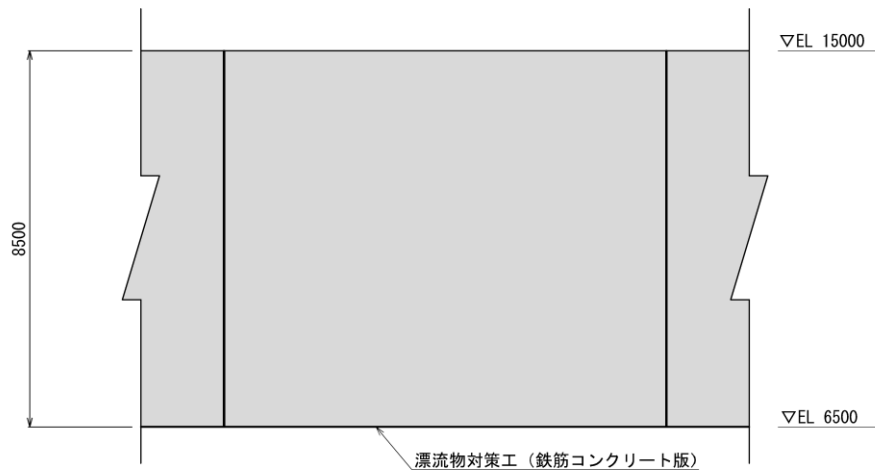


図 6-3(1) 防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (正面図)

(単位：mm)

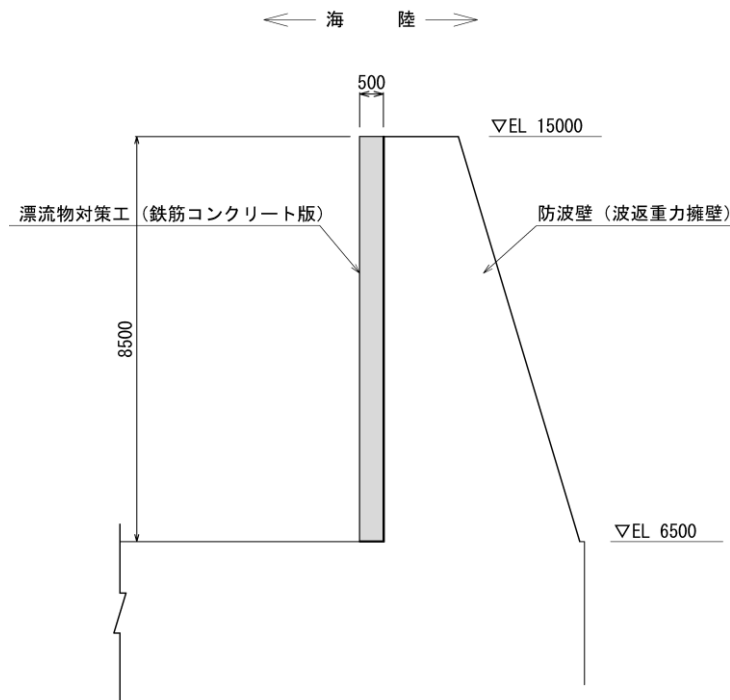


図 6-3(2) 防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (標準断面図)

(単位：mm)

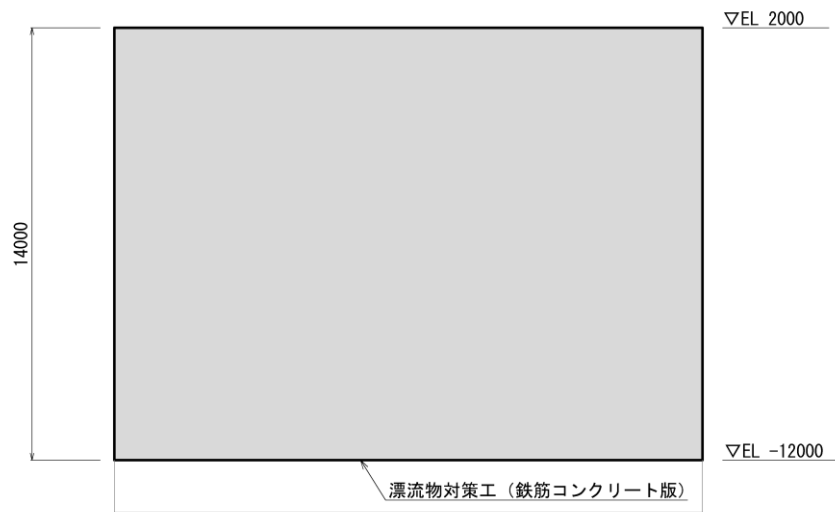


図 6-3(3) 防波壁 (波返重力擁壁) ケーソンにおける漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (正面図)

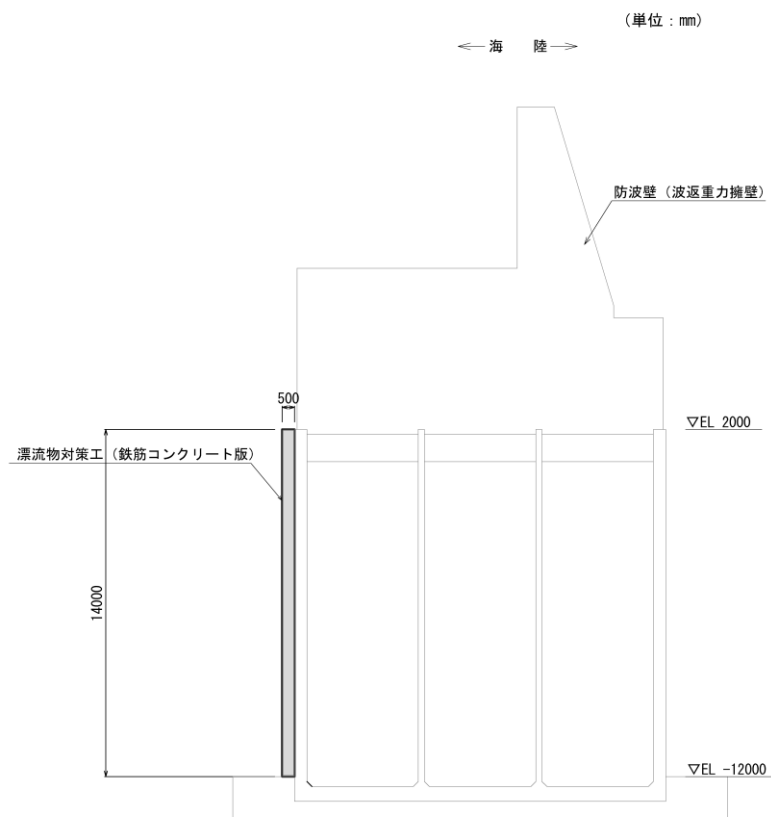


図 6-3(4) 防波壁 (波返重力擁壁) ケーソンにおける漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (標準断面図)

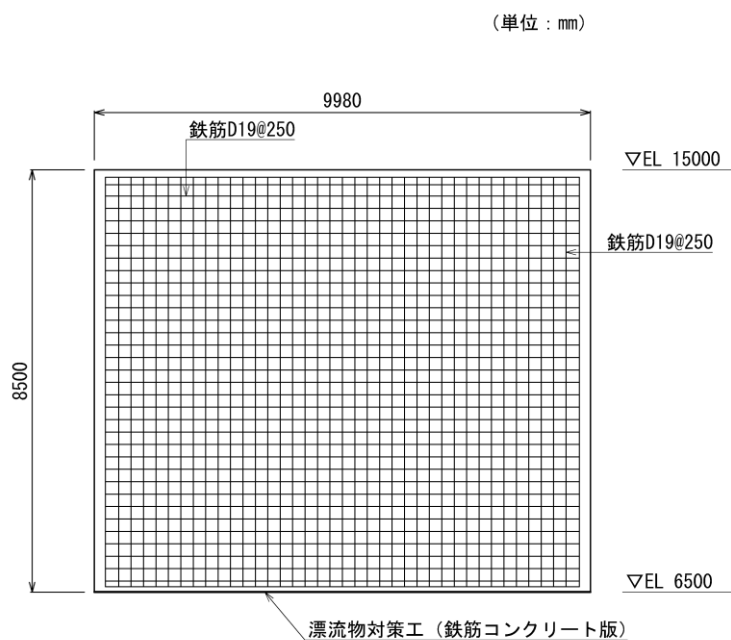


図 6-4(1) 防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (正面図)

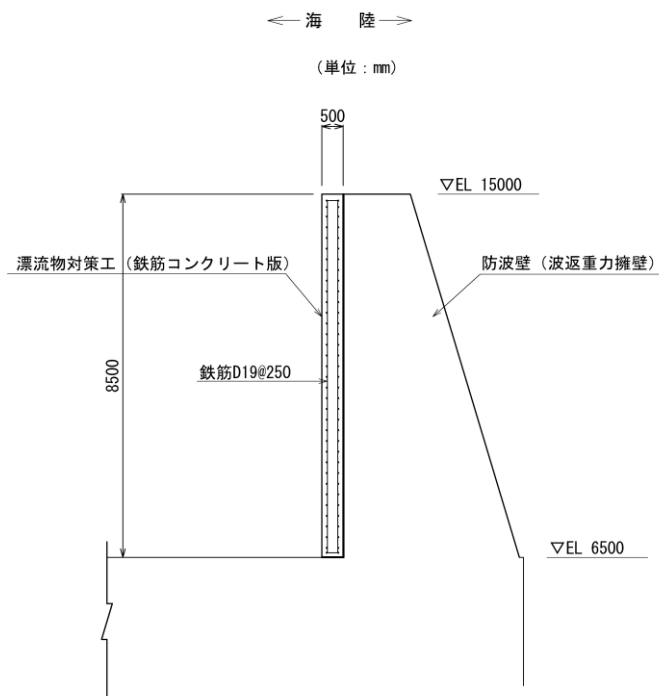


図 6-4(2) 防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (断面図)

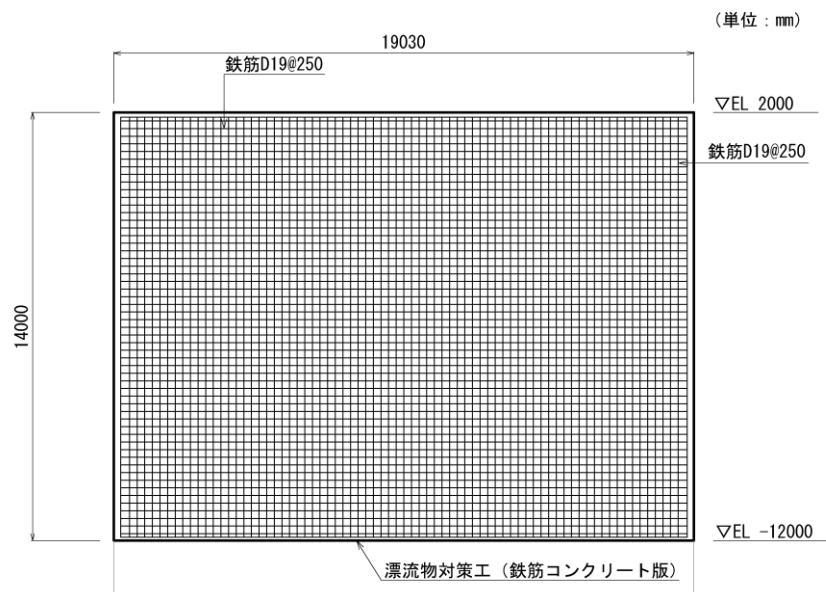


図 6-4(3) 防波壁（波返重力擁壁）ケーソンにおける漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の概略配筋図（正面図）

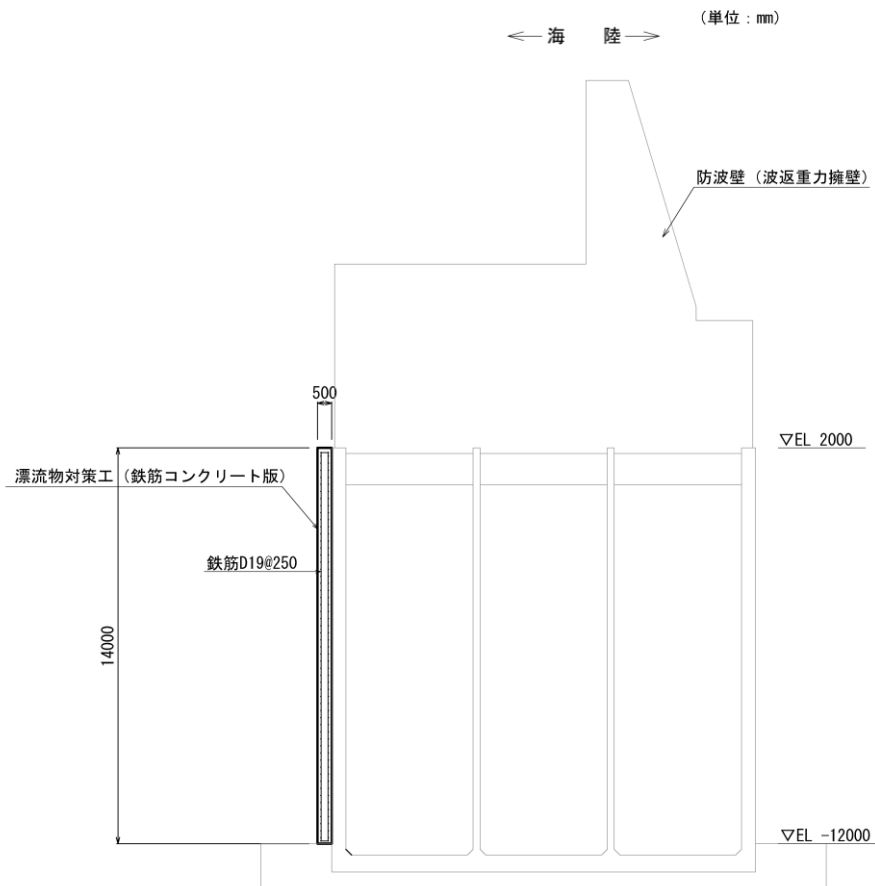


図 6-4(4) 防波壁（波返重力擁壁）ケーソンにおける漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の概略配筋図（断面図）

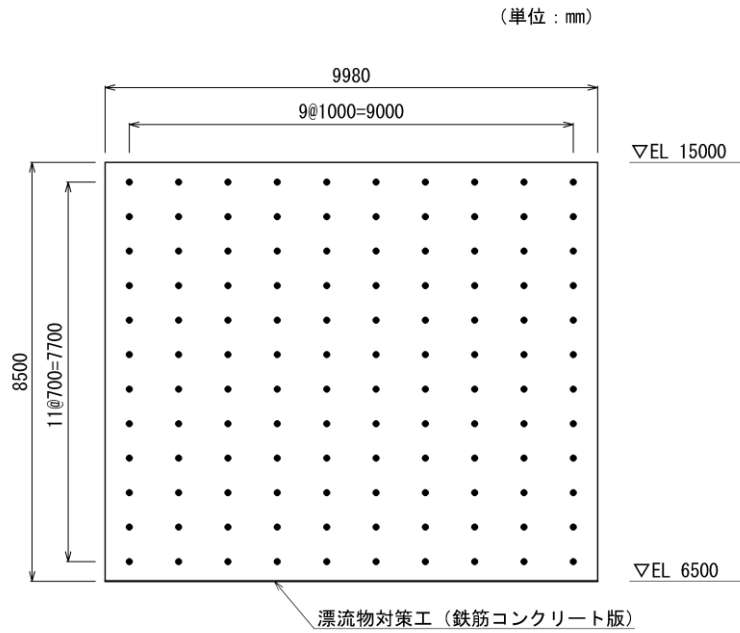


図 6-5(1) 防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (正面図)

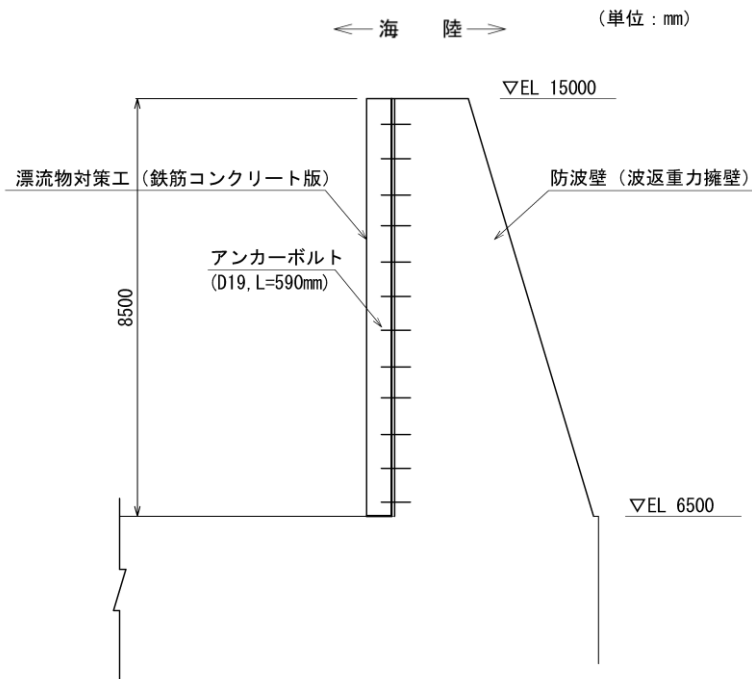


図 6-5(2) 防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (断面図)

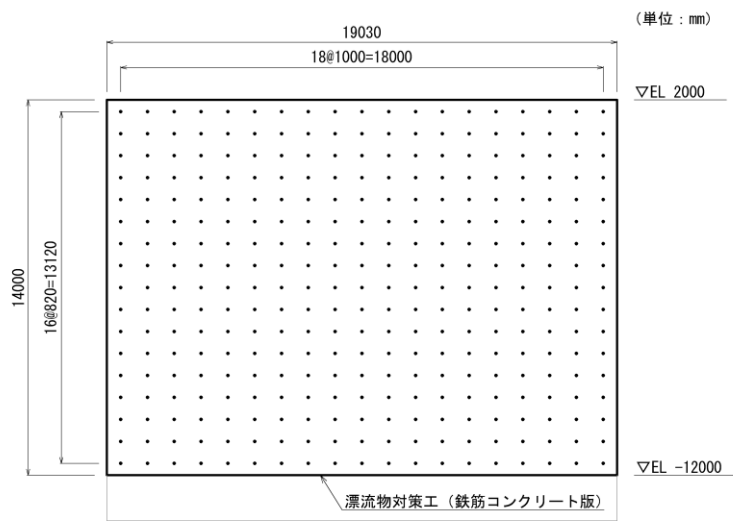


図 6-5(3) 防波壁（波返重力擁壁）ケーソンにおける漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のアンカーボルト配置図（正面図）

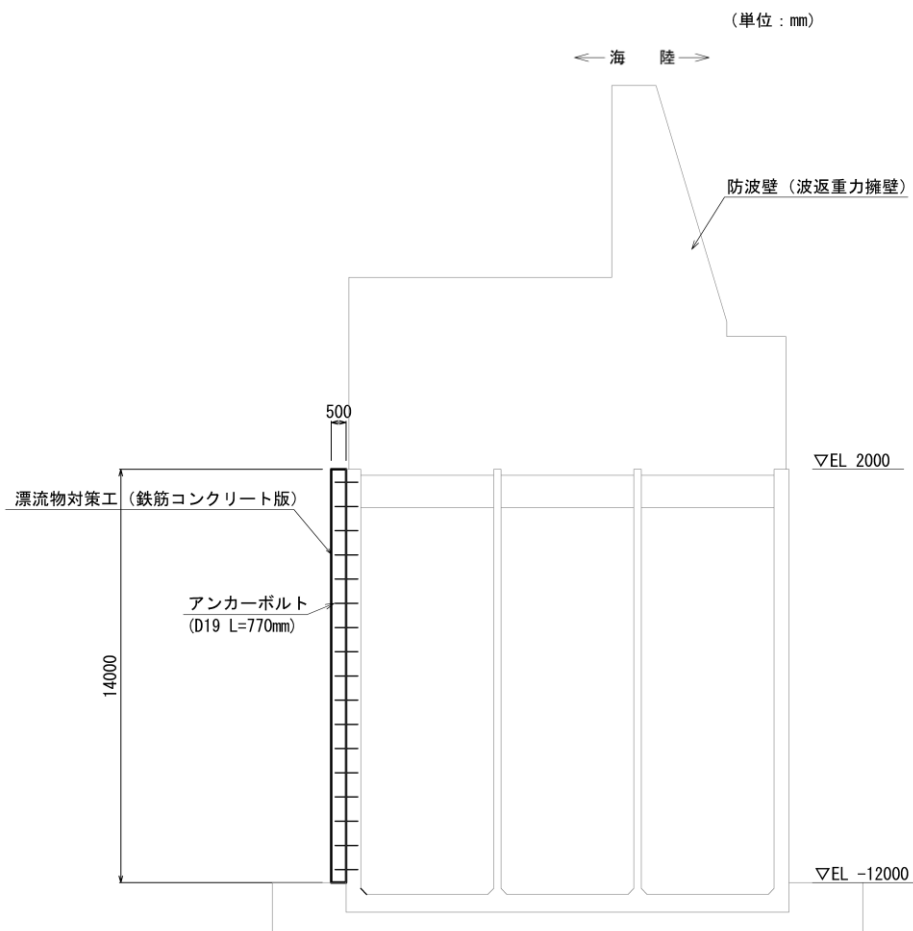


図 6-5(4) 防波壁（波返重力擁壁）ケーソンにおける漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のアンカーボルト配置図（断面図）

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（波返重力擁壁）に設置し、衝突荷重を分散して防波壁（波返重力擁壁）に伝達し、防波壁（波返重力擁壁）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（鉄筋コンクリート版）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）の強度評価は、表 6-4 に示すとおり、津波時の荷重に対して、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を構成する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を確認する。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価フローを図 6-6 に示す。

表 6-2 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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	・役割に期待しない（防波壁（波返重力擁壁）の解析モデルに重量として考慮し、防波壁（波返重力擁壁）への影響を考慮する）。	・衝突荷重を分散して防波壁（波返重力擁壁）に伝達する。 ・衝突荷重による防波壁（波返重力擁壁）の局所的な損傷を防止する。
	アンカーボルト	・鉄筋コンクリート版を支持する。	・鉄筋コンクリート版を支持する。

表 6-3 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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	—	衝突荷重を分散して防波壁（波返重力擁壁）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。
	アンカーボルト	鉄筋コンクリート版が防波壁（波返重力擁壁）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が防波壁（波返重力擁壁）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）の評価項目（強度評価）

評価方針	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	鉄筋コンクリート版	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
	アンカーボルト	発生する応力（アンカーボルトの引張力, 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

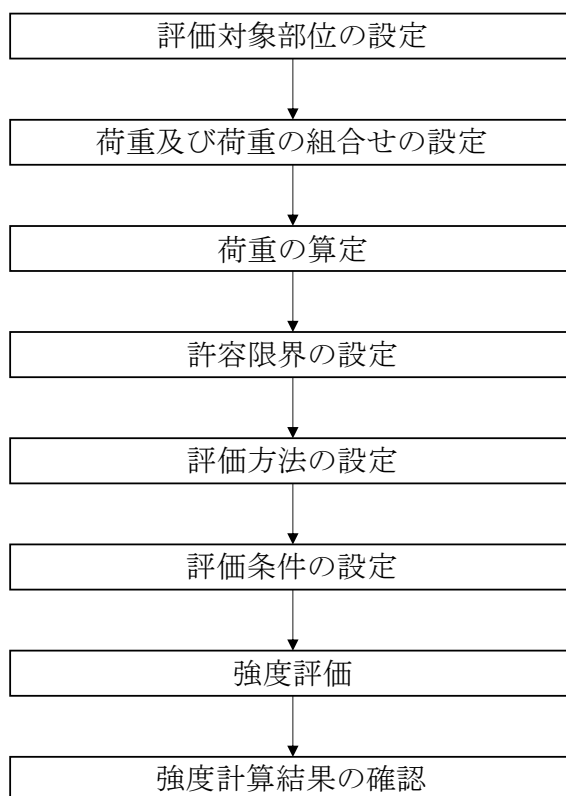


図 6-6 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価フロー

6.2.4 記号の説明

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

表 6-5 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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	遡上津波荷重
P _c	kN	衝突荷重
P _k	kN	風荷重
τ_p	N/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

6.3 評価対象部位

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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、鉄筋コンクリート版とする。

評価対象部位を図 6-7 に示す。

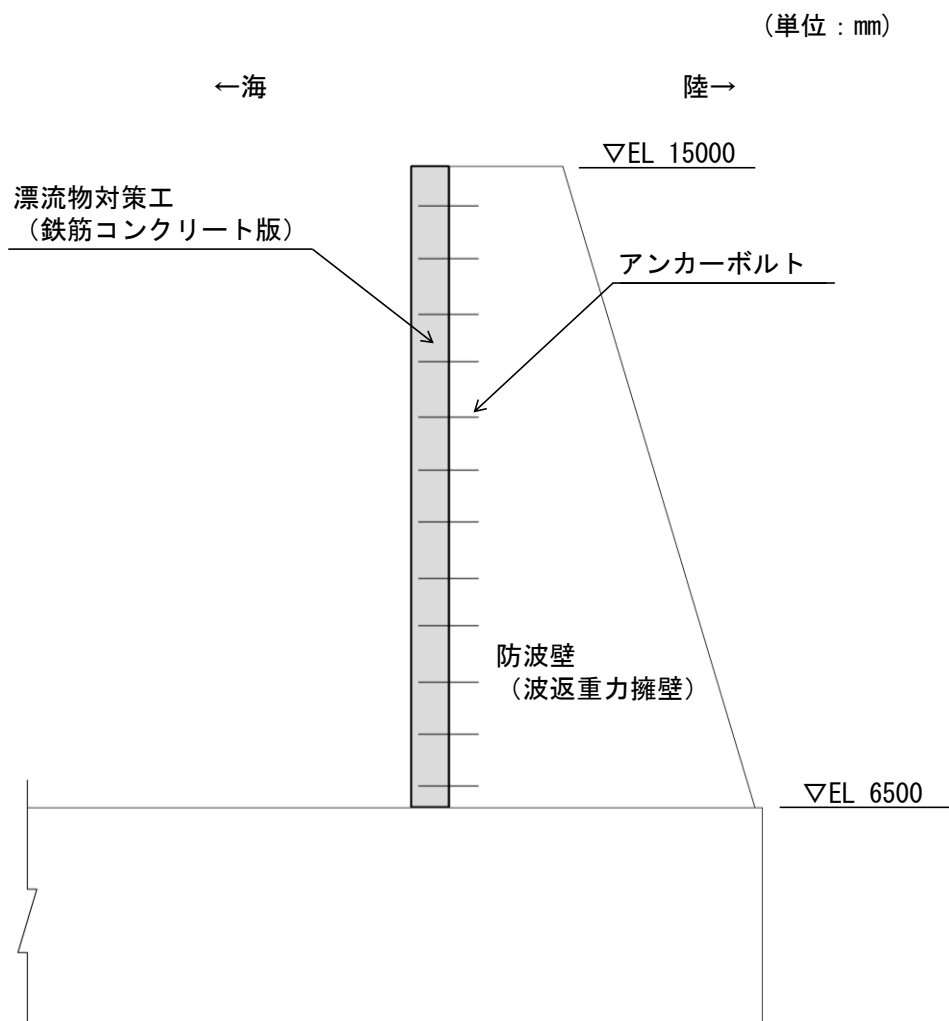


図 6-7 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の評価対象部位

6.4 強度計算

6.4.1 強度計算方法

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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（鉄筋コンクリート版）を構成する部材の自重を考慮する。

b. 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。

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。

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）の強度計算に用いる衝突荷重を表 6-6 に示す。

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1454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1454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）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6-8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 : 遡上津波荷重 (kN)

P_c : 衝突荷重 (kN)

P_k : 風荷重 (kN)

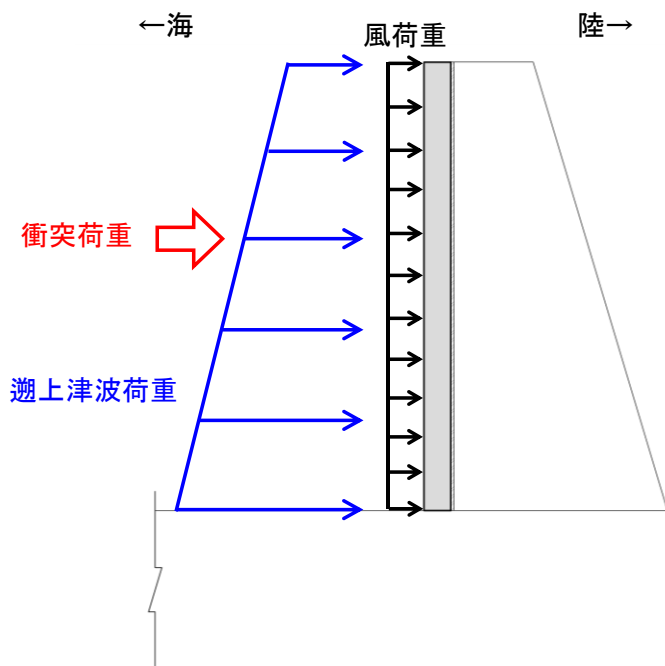


図6-8 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の荷重作用図

6.4.3 許容限界

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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（鉄筋コンクリート版）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

諸元	
アンカーボルト	SD345
鉄筋	SD345
コンクリート	設計基準強度：24N/mm ²

表 6-8 材料の物性値

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）

(2) 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)
	押抜きせん断応力度	0.9	1.35
コンクリート (f'ck=24N/mm ²)			

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。

6.4.4 評価方法

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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）

漂流物対策工（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。漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のモデル図を図 6-9 に示す。

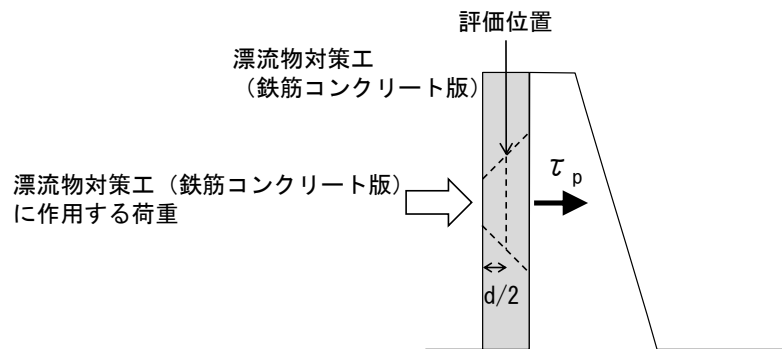


図 6-9 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のモデル図

a. 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

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

ここで、

τ_p : 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 (N/mm²)

P_{dc} : 漂流物対策工（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 : 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の有効高さ (m)

6.4.5 評価条件

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算に用いる入力値を表 6-10 に示す。

表 6-10 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	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に作用する荷重	1336
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	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の有効高さ	0.5

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 6-11 に示す。漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 6-11 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算結果

評価対象部位		発生値応力度 (N/mm^2)	短期許容応力度 (N/mm^2)	照査値
鉄筋 コンクリート版	押抜き せん断	0.71	1.35	0.53

VI-3-別添 3-2-1-2 防波壁（逆T擁壁）の強度計算書

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	40
5.1.1	曲げ照査	40
5.1.2	せん断照査	44
5.1.3	グラウンドアンカによる支圧照査	46
5.2	グラウンドアンカ	47
5.3	改良地盤	48
5.4	止水目地	50
5.5	基礎地盤	51
5.6	施設護岸等の損傷による不確かさの影響確認	56

5.6.1	評価方針	56
5.6.2	解析モデル	56
5.6.3	荷重	57
5.6.4	評価結果	58
6.	漂流物対策工	61
6.1	概要	61
6.2	基本方針	62
6.2.1	位置	62
6.2.2	構造概要	64
6.2.3	評価方針	69
6.2.4	記号の説明	72
6.3	評価対象部位	74
6.4	強度計算	75
6.4.1	強度計算方法	75
6.4.2	荷重及び荷重の組合せ	75
6.4.3	許容限界	77
6.4.4	評価方法	79
6.4.5	評価条件	82
6.4.6	評価結果	83

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。

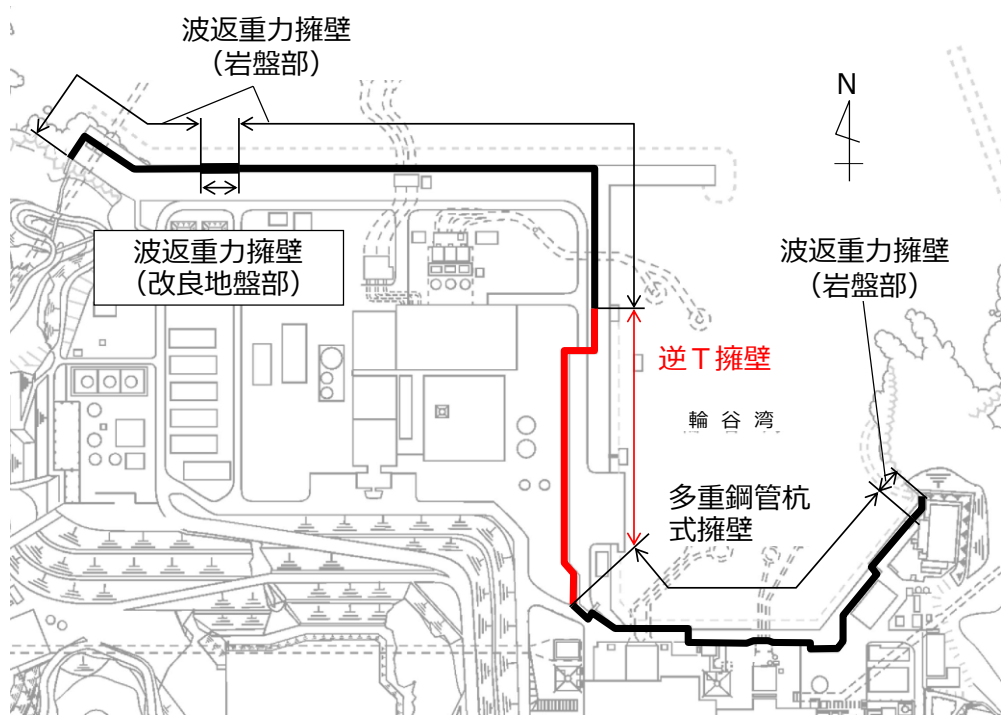


図2-1 防波壁（逆T擁壁）の位置図

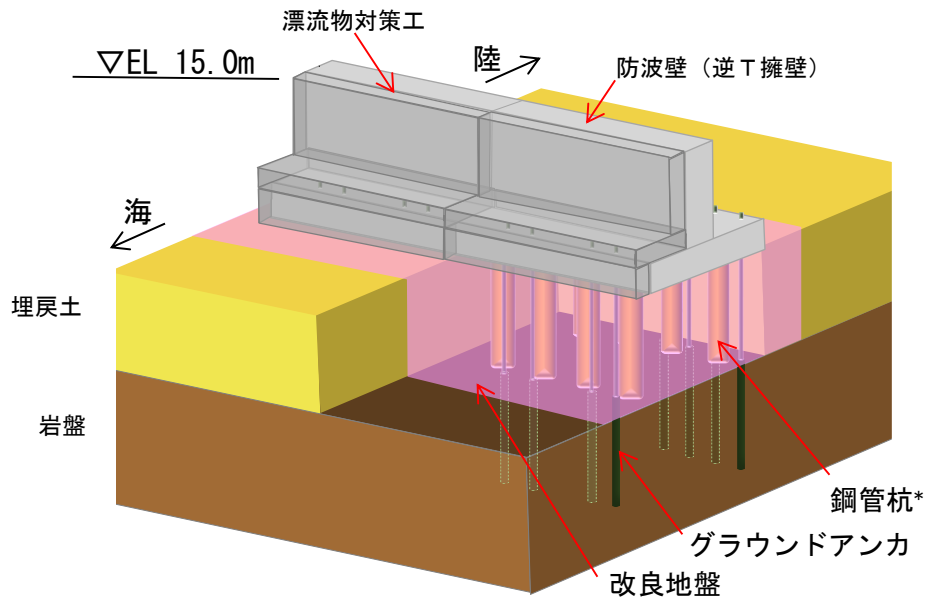
2.2 構造概要

防波壁（逆T擁壁）の構造概要図を図2-2に、構造図を図2-3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。

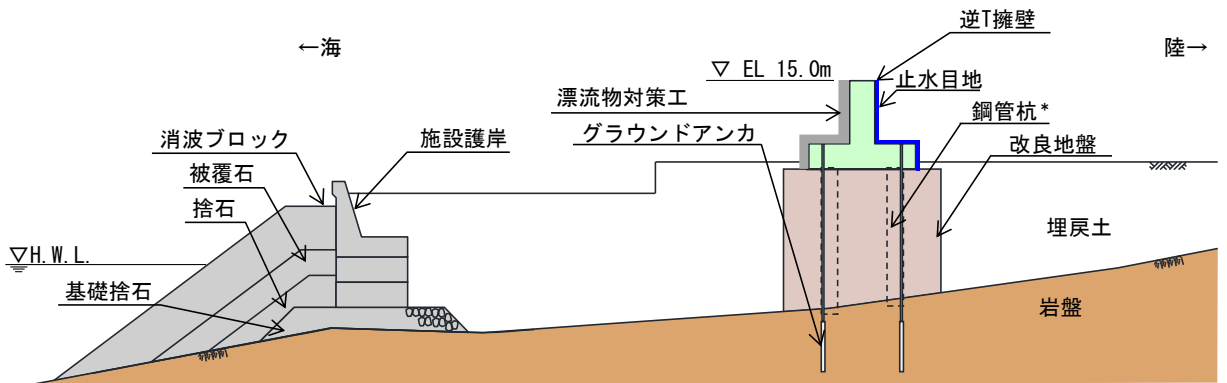
防波壁（逆T擁壁）は、改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の逆T擁壁による直接基礎及びグラウンドアンカで構成し、十分な支持性能を有する岩盤及び改良地盤に支持させる構造とする。約16mを1ブロックの標準とした壁体を連続して設置し、1ブロックにおいて海側では8本、陸側では4本のグラウンドアンカを設置している。逆T擁壁の海側には、鉄筋コンクリート版により構成された漂流物対策工（以下「漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）」という。）を設置し、グラウンドアンカのアンカーヘッド上部には鋼材により構成された漂流物対策工（以下「漂流物対策工（鋼材）」という。）を設置する。また、逆T擁壁の陸側の境界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



注記* : 防波壁 (逆T擁壁) は鋼管杭の効果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)

(単位：mm)

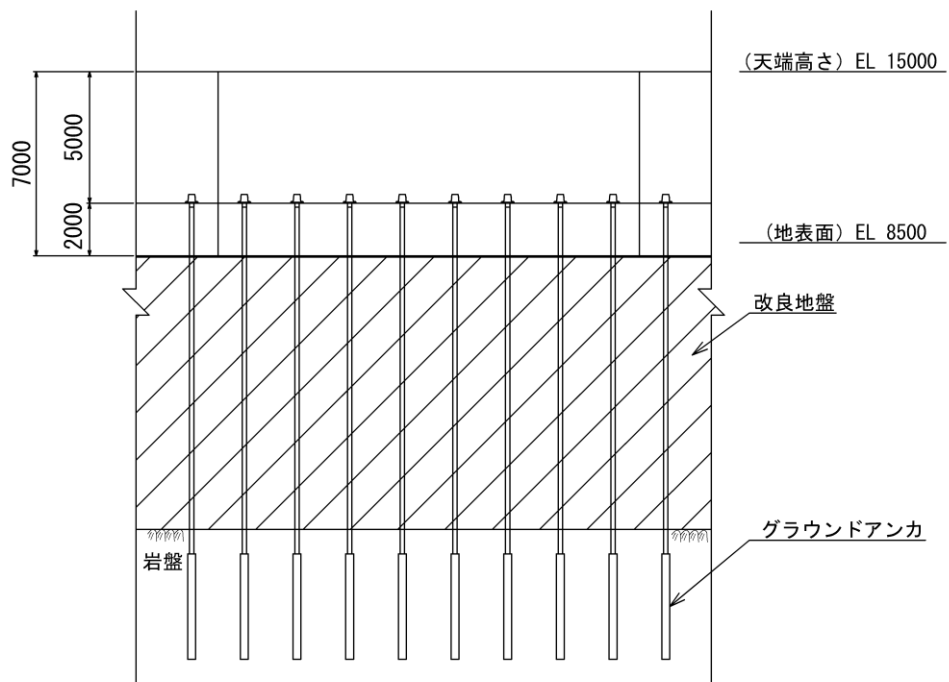


図 2-3(1) 防波壁（逆 T 擁壁）の構造図（正面図）

(単位：mm)

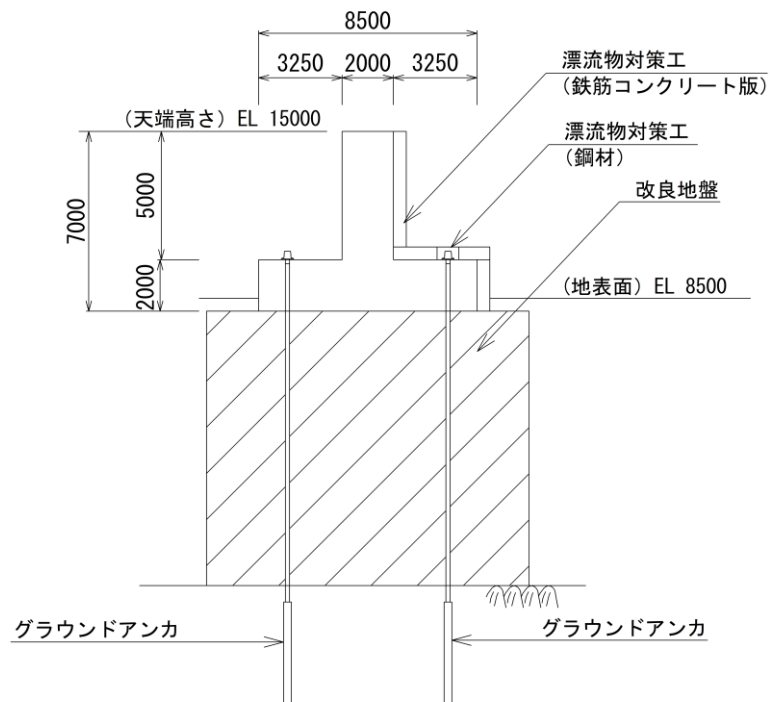


図 2-3(2) 防波壁（逆 T 擁壁）の構造図（断面図）

(単位 : mm)

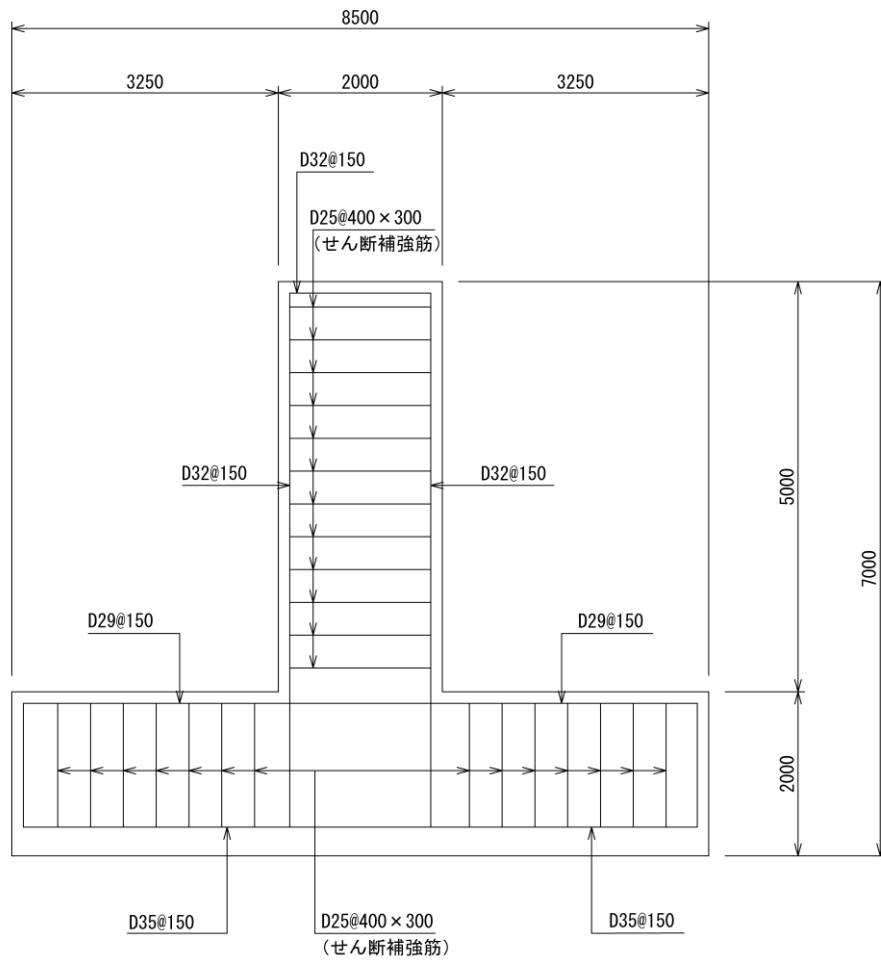


図 2-3(3) 防波壁 (逆 T 擁壁) の構造図 (概略配筋図)

(単位：mm)

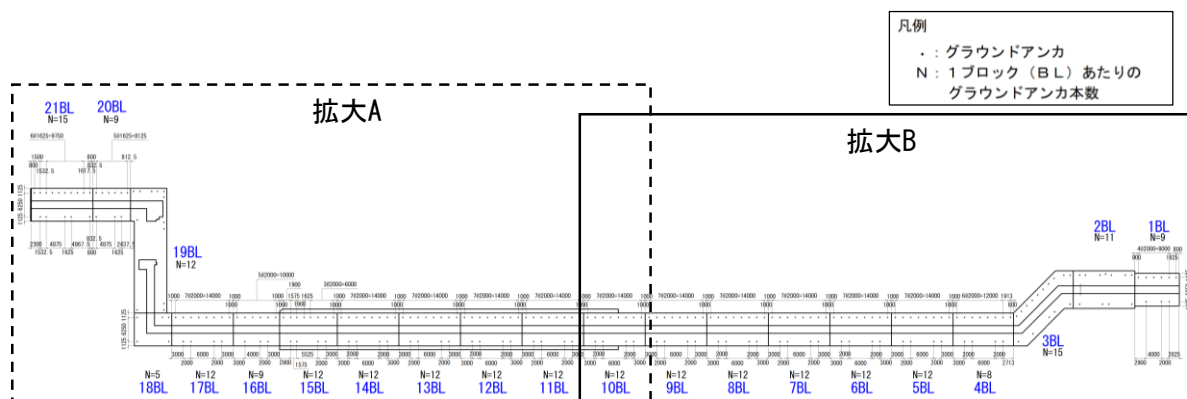


図 2-4(1) 防波壁（逆T擁壁）のグラウンドアンカ配置図（全体平面図）

S2 補 VI-3-別添 3-2-1-2 R1

(単位：mm)

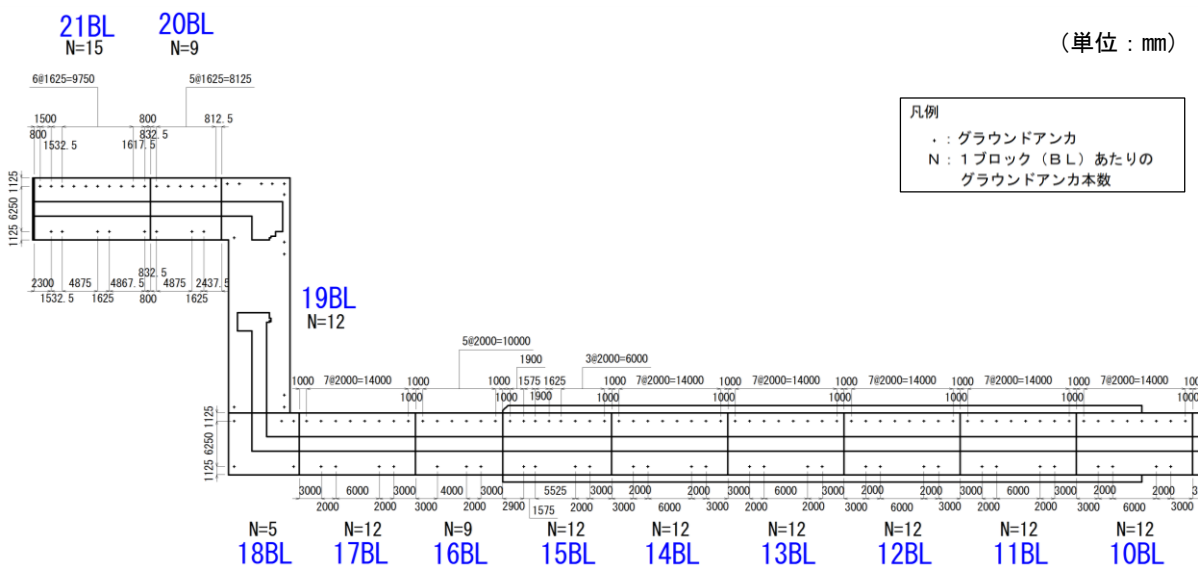


図 2-4(2) 防波壁（逆T擁壁）のグラウンドアンカ配置図（拡大A）

(単位：mm)

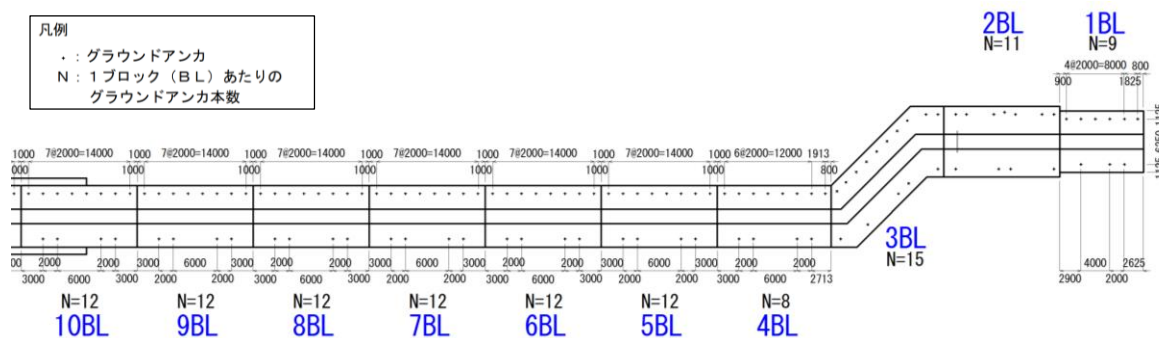
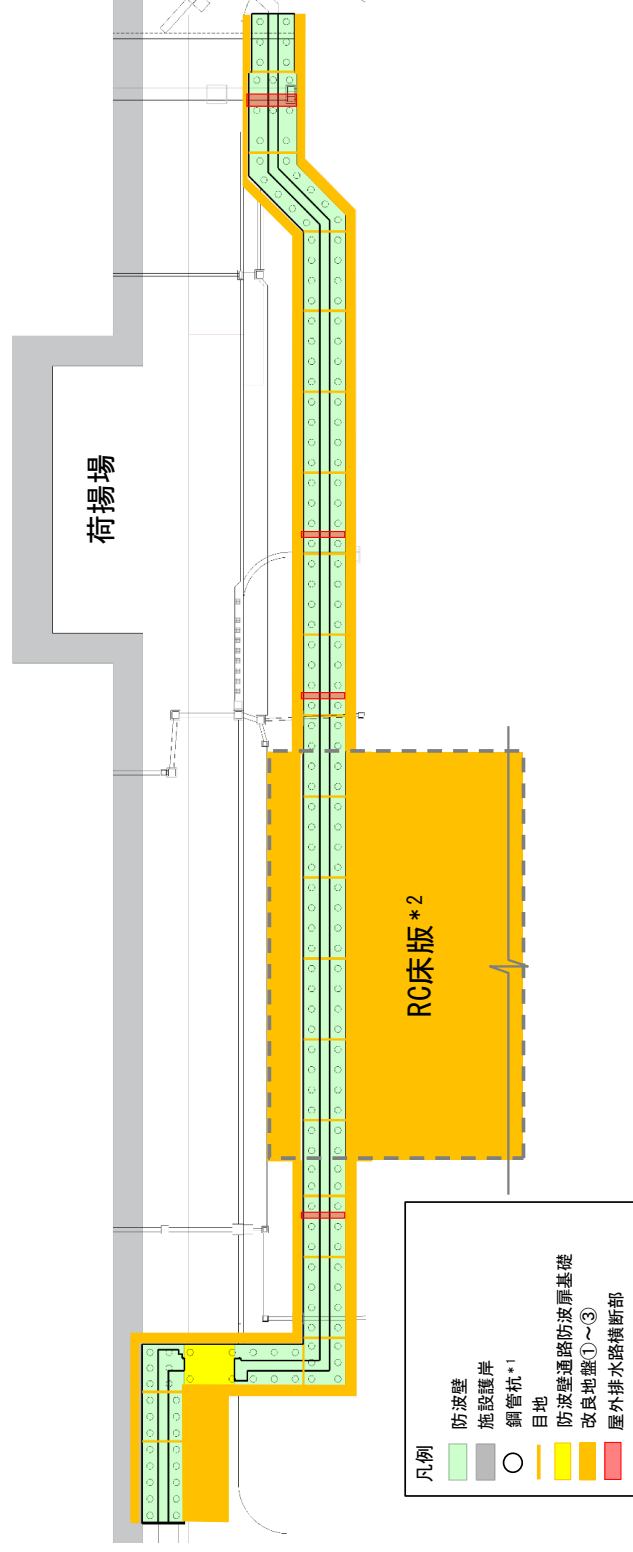
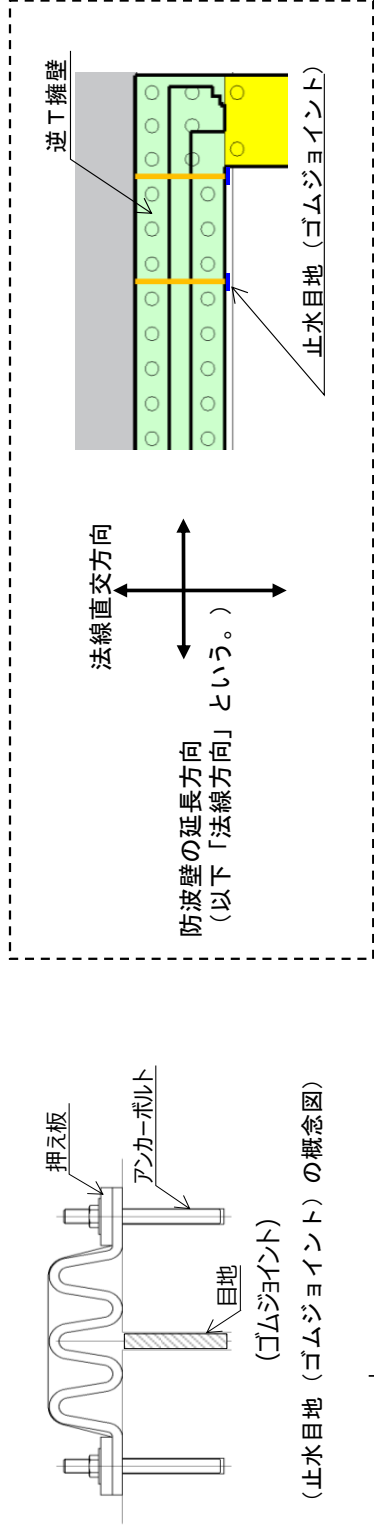


図 2-4(3) 防波壁（逆T擁壁）のグラウンドアンカ配置図（拡大B）



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T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。

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度、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 防波壁（逆 T 擁壁）の各部位の役割 (1/2)

	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）。	・衝突荷重を分散して防波壁（逆 T 擁壁）に伝達する。 ・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 防波壁（逆 T 擁壁）の各部位の役割 (2/2)

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
地盤	施設護岸, 基礎捨石, 被覆石, 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（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）。
	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 防波壁（逆T擁壁）の各部位の性能目標(1/2)

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。	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 防波壁（逆 T 擁壁）の各部位の性能目標 (2/2)

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 防波壁（逆 T 擁壁）の評価項目 (1/2)

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，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
		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*

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

表 2-3 防波壁（逆 T 擁壁）の評価項目 (2/2)

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

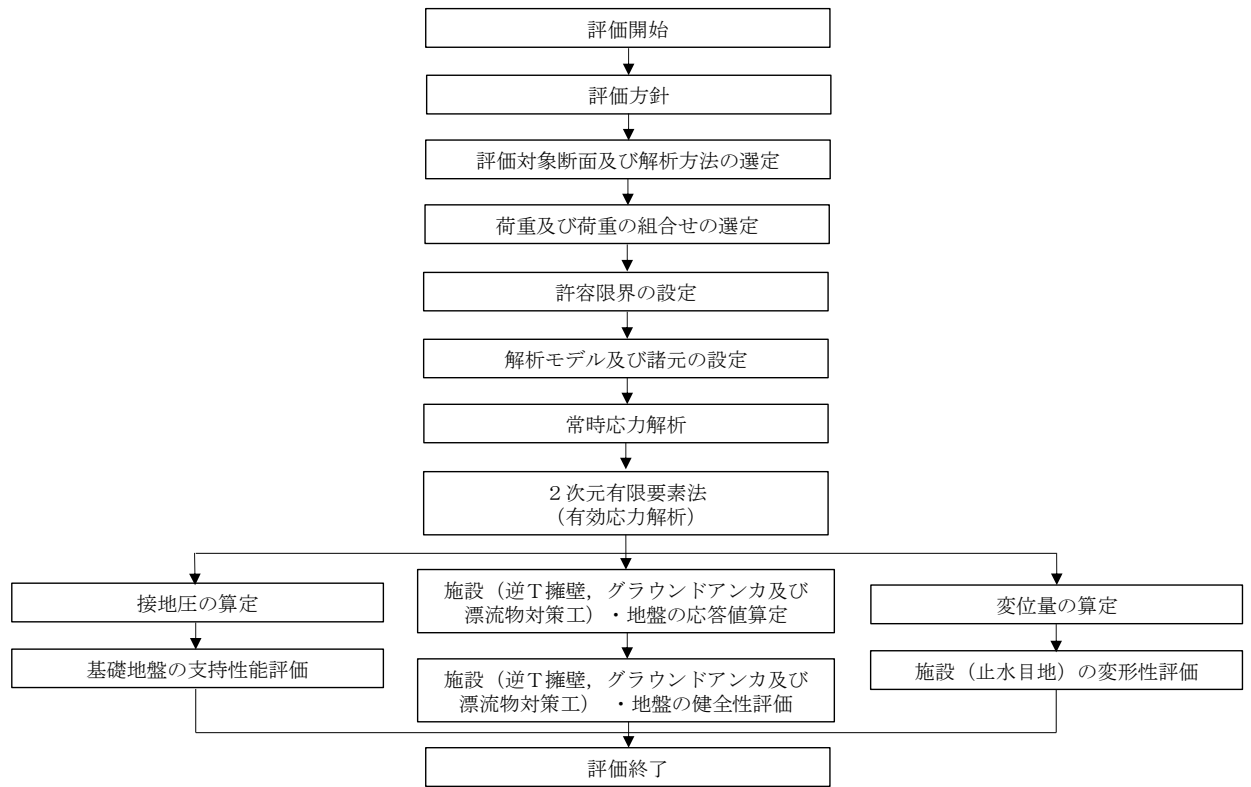


図 2-6 防波壁（逆 T 擁壁）の強度評価の検討フロー

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）
- ・各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）
- ・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

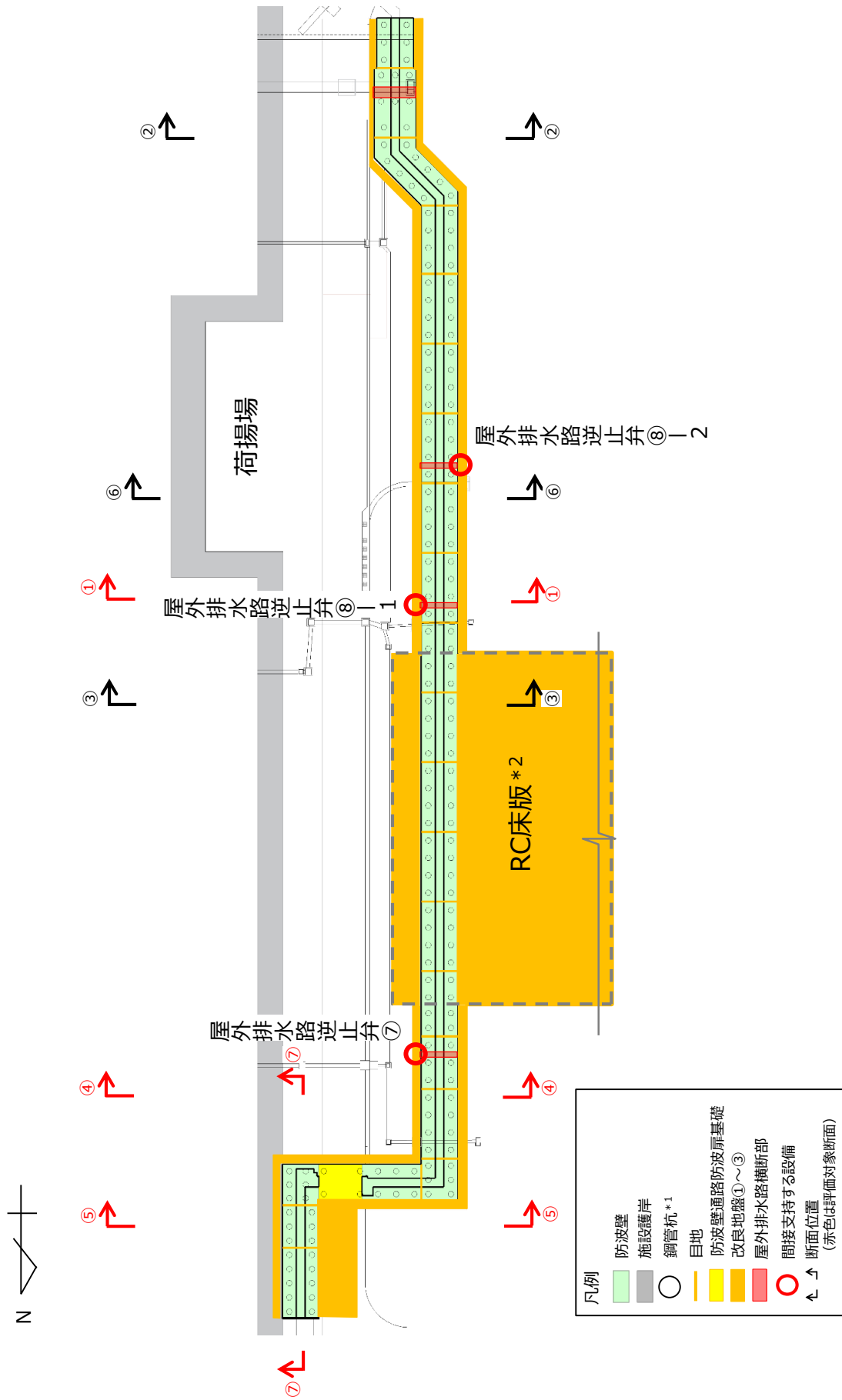
記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN/m	積載荷重（機器・配管荷重，漂流物対策工荷重）
P _t	kN/m ²	遡上津波荷重
P _c	kN/m ²	衝突荷重
P _k	kN/m ²	風荷重
P _s	kN/m ²	積雪荷重
γ_w	kN/m ³	海水の単位体積重量
ρ	t/m ³	海水の密度
σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容曲げ圧縮応力度
τ_{al}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度
σ_{ba}	N/mm ²	コンクリートの許容支圧応力度
σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の許容曲げ引張応力度
T _{as}	kN	グラウンドアンカのテンドンの許容引張力
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	mm	最大変位量
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
R	N/mm ²	最大接地圧
R _u	N/mm ²	極限支持力度
M	kN・m	コンクリートに発生する曲げモーメント
N	kN	コンクリートに発生する軸力
Q	kN	コンクリートに発生するせん断力

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3-8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、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、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。



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 3-1 防波壁（逆T擁壁）の評価対象断面位置図

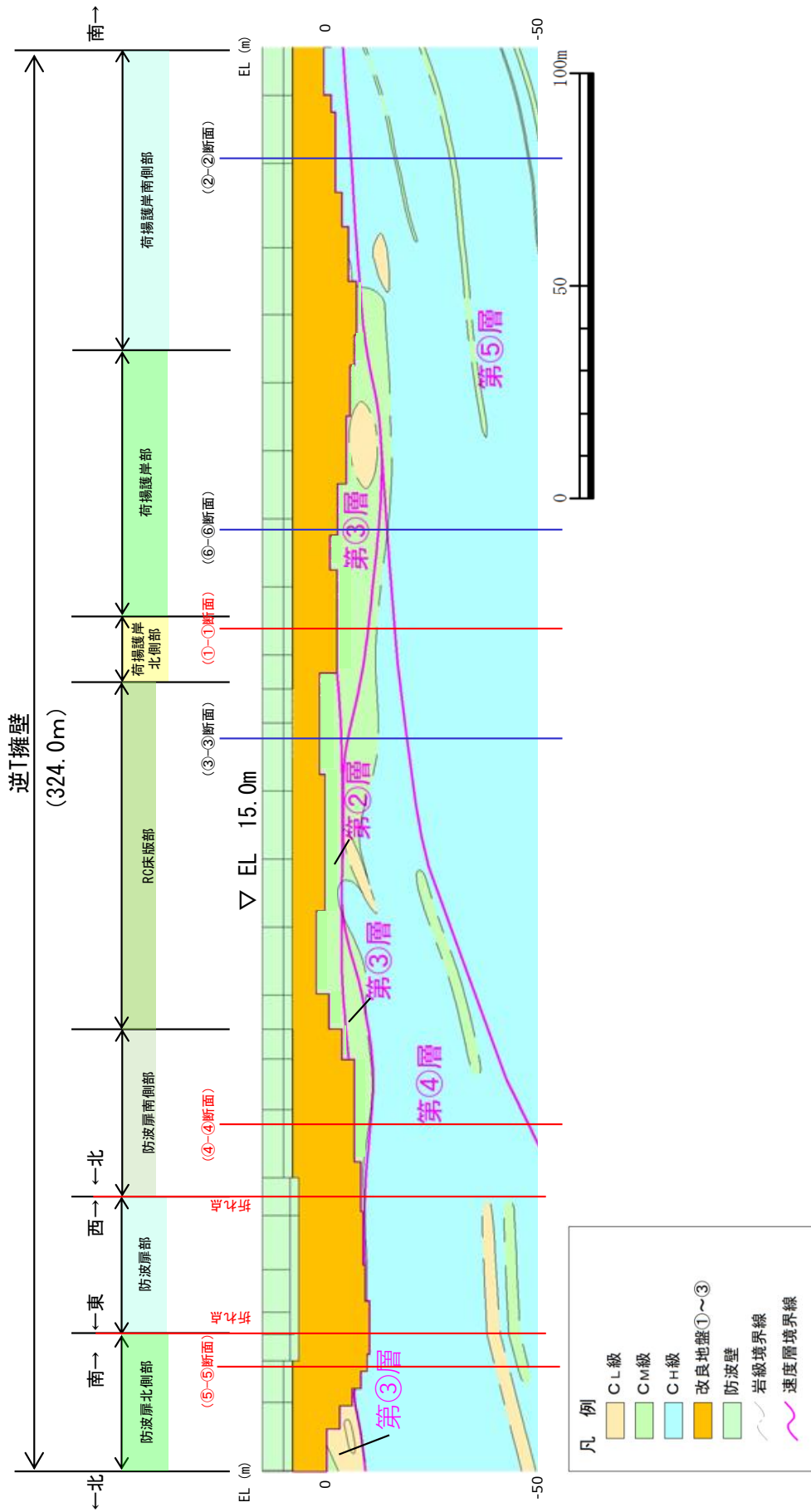


図 3-2 防波壁（逆T擁壁）の縦断面図

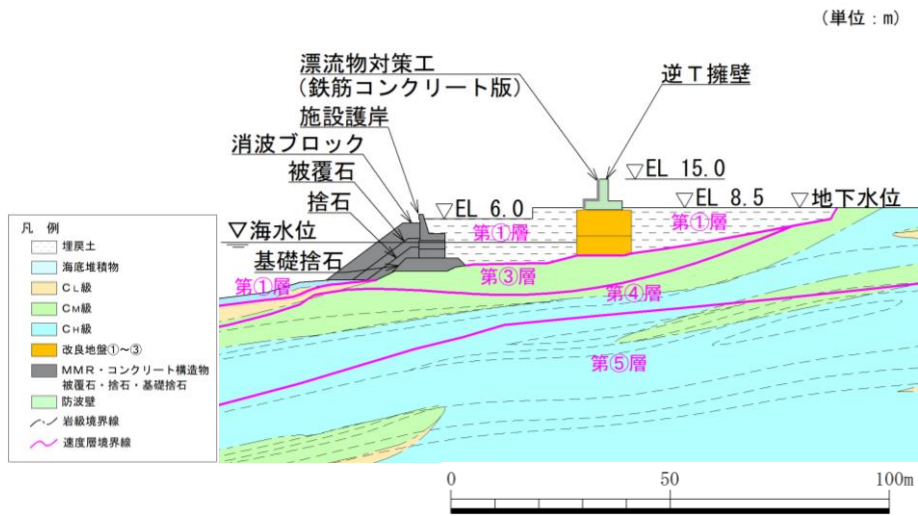


図 3-3 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（①-①断面）

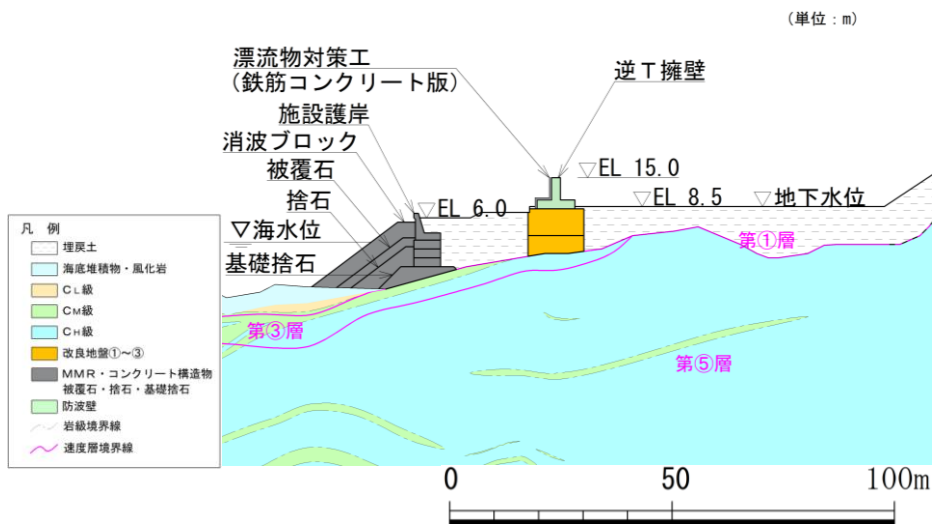


図 3-4 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（②-②断面）

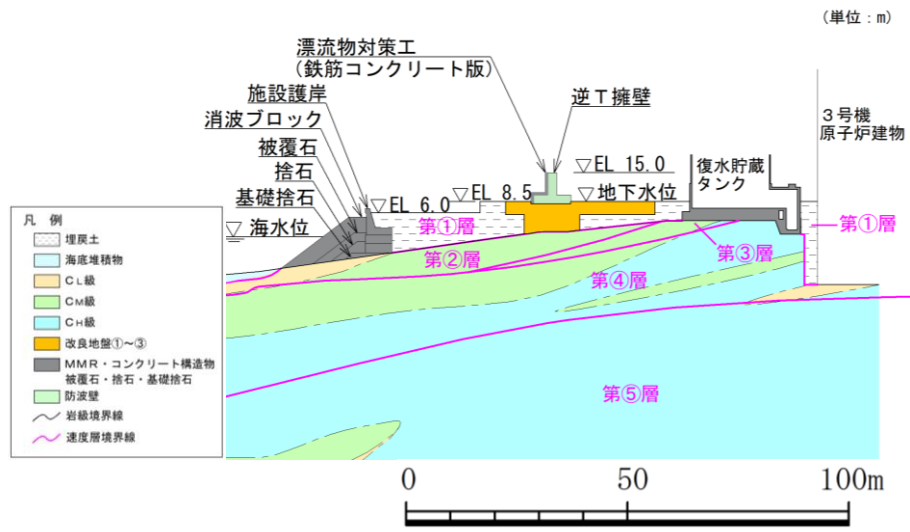


図 3-5 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（③-③断面）

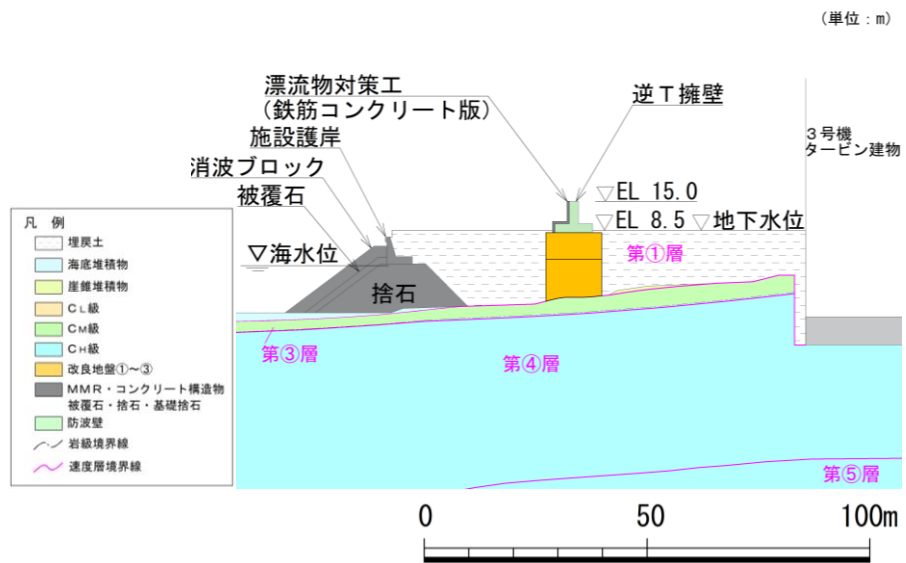


図 3-6 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（④-④断面）

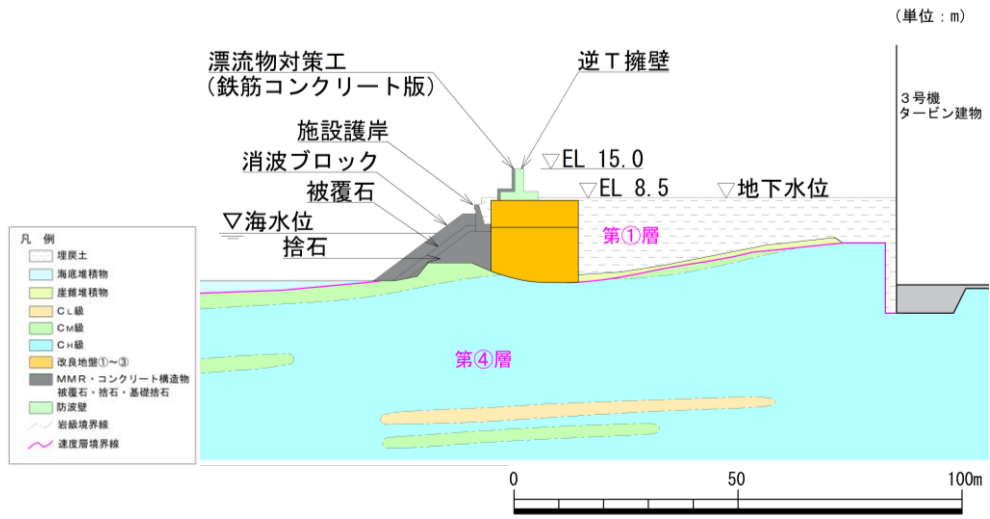


図 3-7 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（⑤-⑤断面）

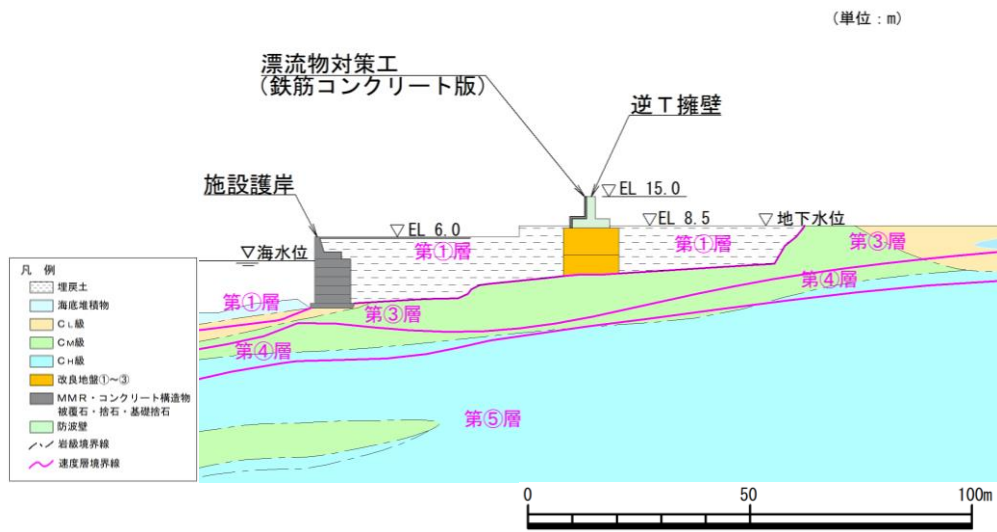


図 3-8 防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図（⑥-⑥断面）

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、防波壁（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、漂流物による衝突荷重を選定し、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（鉄筋コンクリート版）による荷重分散を考慮する。衝突荷重を表 3-2 に示す。

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 ²)	205	205	215

(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

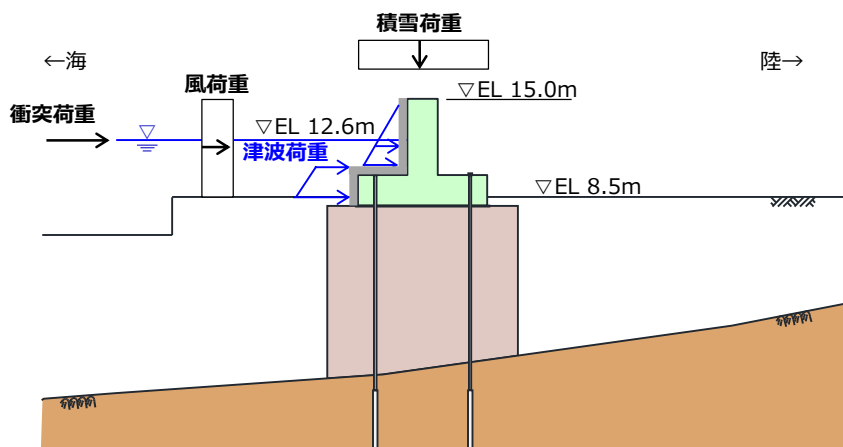


図 3-9 防波壁（逆 T 擁壁）の荷重作用図（津波時）

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に示す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} =24N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	9.0
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

改良地盤の施設・地盤の健全性評価に用いる許容限界は、「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。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	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力値及び変位は、「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」を使用する。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、解析ケース①（基本ケース）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	施設護岸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

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。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、モデル化せず、その重量を考慮する。

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。

消波ブロックはモデル化しない。

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（国土交通省港湾局，2007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	

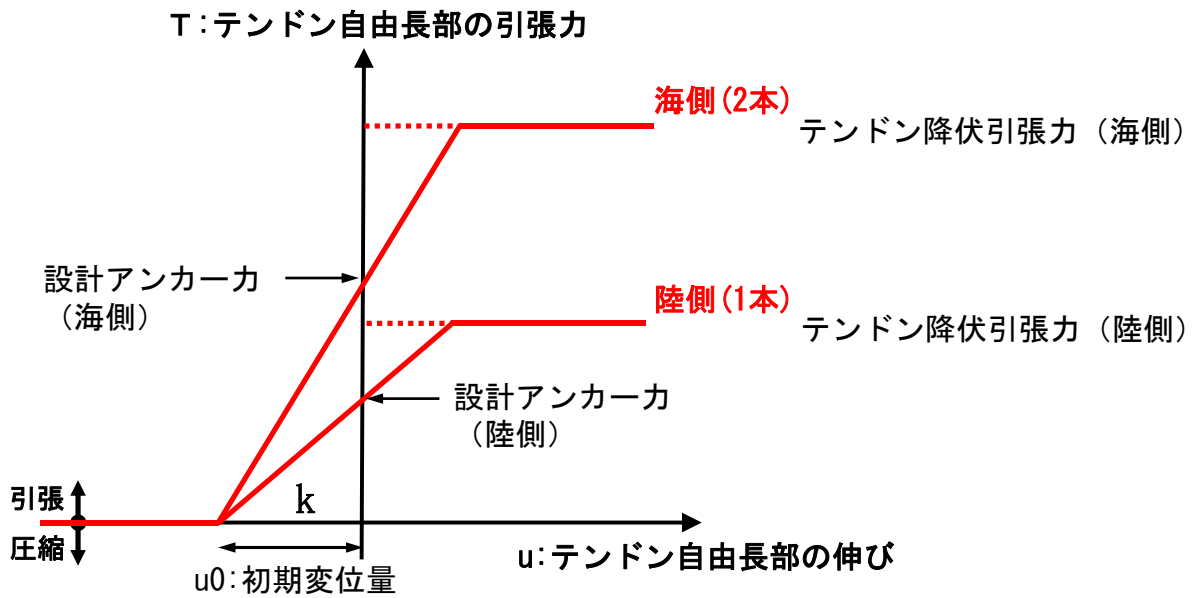


図3-10 グラウンドアンカの非線形ばねモデルの概念図

(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。

$$\sigma_b = \frac{T}{S}$$

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)

(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基に、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。

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

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

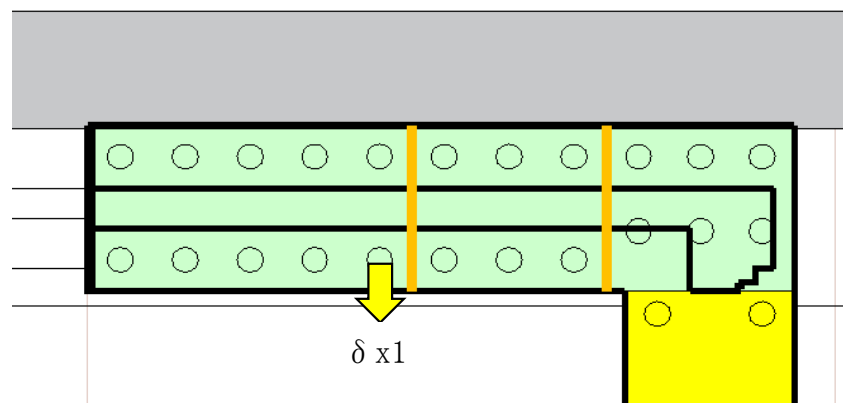
ここで、

δ_{x1} : x 方向（法線直交方向）の津波時の相対変位量

δ_{z1} : z 方向（深度方向）の津波時の相対変位量

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）の津波時の変位量とする。

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



δ_{z1} : 深度方向変位

図 3-11 津波時の変位量の概念図

(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 (機器・配管荷重, 漂流物対策工荷重)	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 (機器・配管荷重, 漂流物対策工荷重)	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 (機器・配管荷重, 漂流物対策工荷重)	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

5.1.1 曲げ照査

逆T擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力を図5-1～図5-3に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表5-1～表5-3に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表5-4～表5-6に示す。

この結果から逆T擁壁のコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

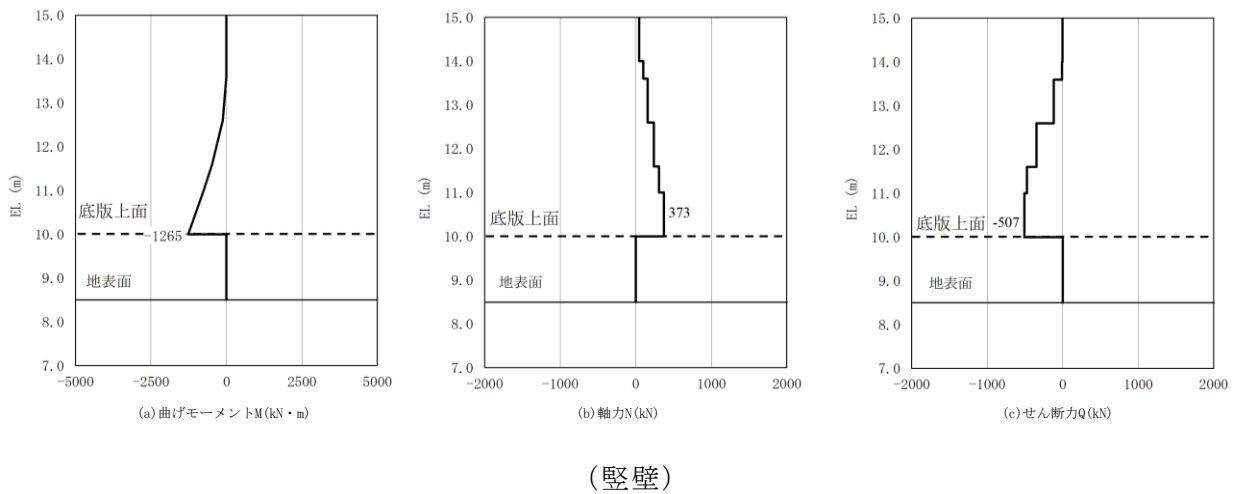


図5-1 逆T擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力 (①-①断面)

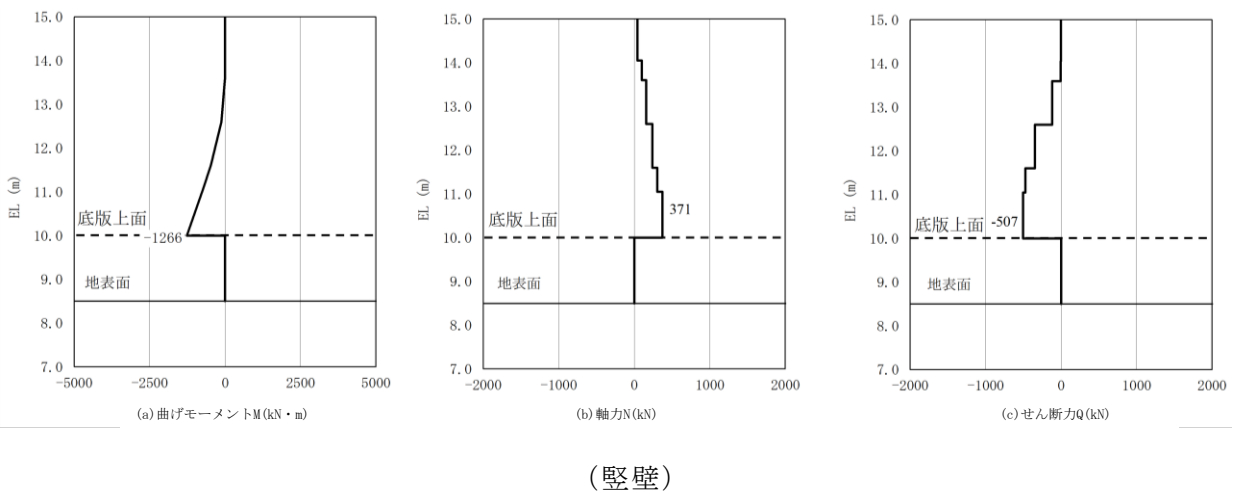
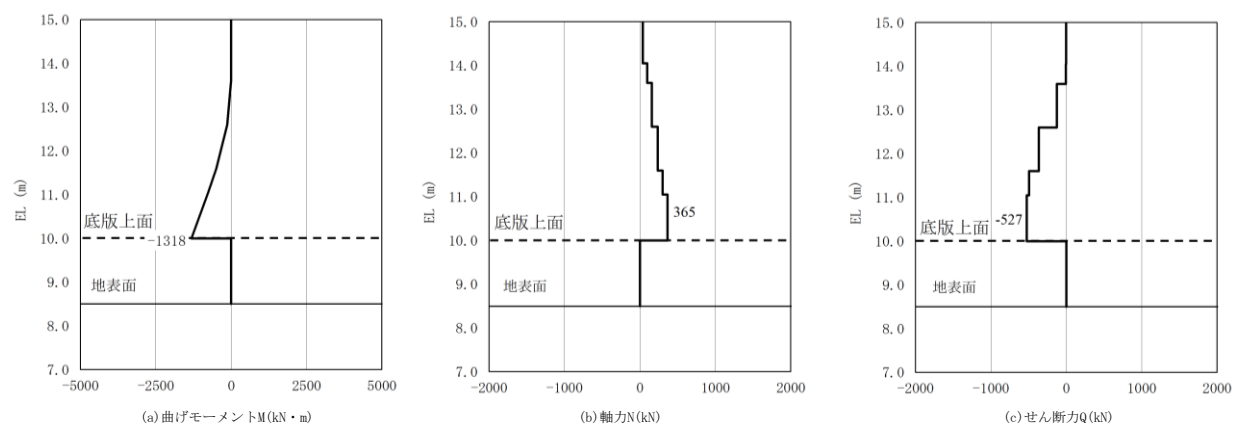


図5-2 逆T擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力 (④-④断面)



(縦壁)

図 5-3 逆T擁壁の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力 (⑤-⑤断面)

表 5-1 コンクリートの曲げ・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)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
1265	373	2.9	13.5	0.22

表 5-2 コンクリートの曲げ・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)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
1266	371	3.0	13.5	0.23

表 5-3 コンクリートの曲げ・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)

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
1318	365	3.1	13.5	0.23

表 5-4 鉄筋の曲げ・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)

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)			
1265	373	107.2	294	0.37

表 5-5 鉄筋の曲げ・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)

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)			
1266	371	107.5	294	0.37

表 5-6 鉄筋の曲げ・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)

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)			
1318	365	113.7	294	0.39

5.1.2 せん断照査

逆T擁壁のせん断破壊に対する照査断面力図を図5-4～図5-6に示し、コンクリートのせん断破壊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擁壁の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

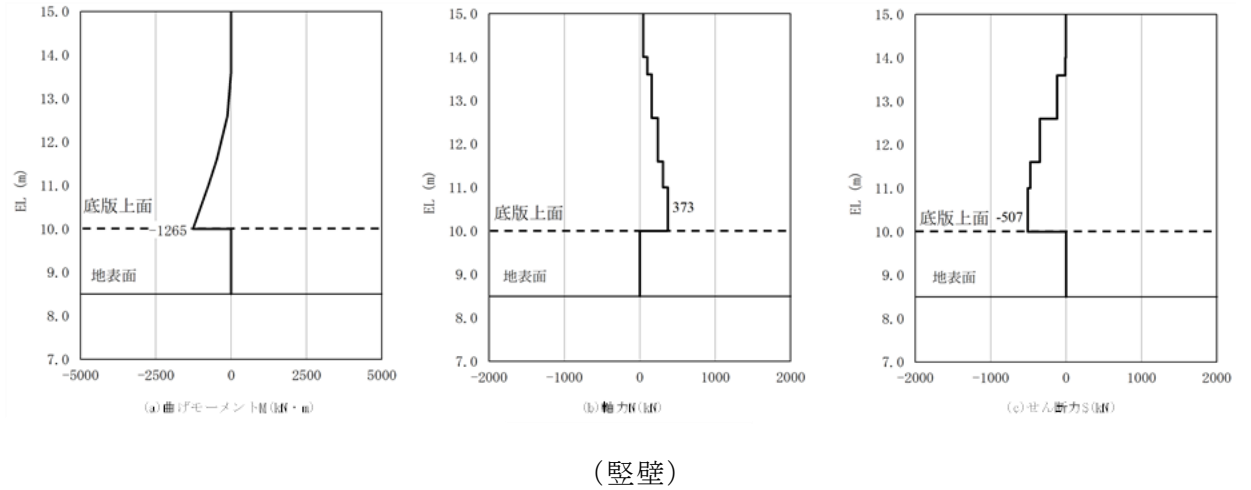


図5-4 逆T擁壁のせん断破壊に対する照査断面力 (①-①断面)

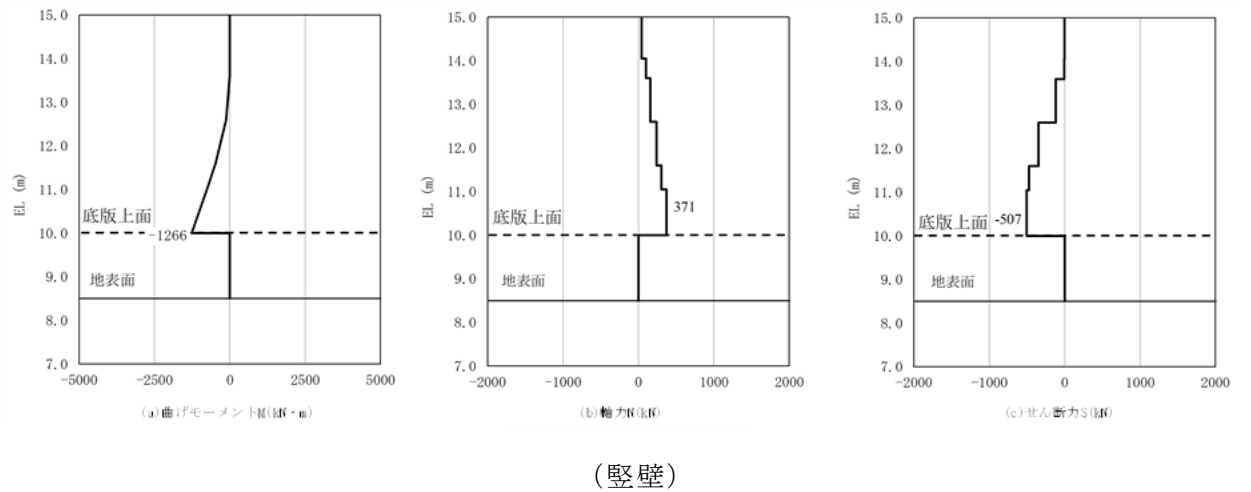
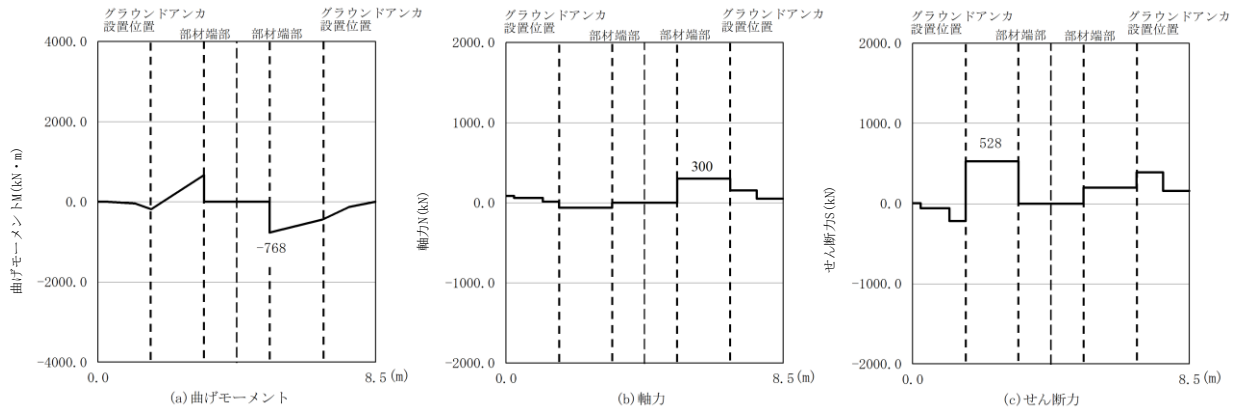


図5-5 逆T擁壁のせん断破壊に対する照査断面力 (④-④断面)



(底版)

図 5-6 逆 T 擁壁のせん断破壊に対する照査断面力 (⑤-⑤断面)

表 5-7 コンクリート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)

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)			
507	0.30	0.67	0.45

表 5-8 コンクリート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)

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)			
507	0.30	0.67	0.45

表 5-9 コンクリート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)

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)			
528	0.35	0.67	0.53

5.1.3 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応力度に対する照査値を表5-10～表5-12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応力度が許容限界以下であることを確認した。

表5-10 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）

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}
10.2	18.0	0.57

表5-11 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）

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}
8.3	18.0	0.47

表5-12 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）

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}
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 5-13～表 5-15 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 5-13 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)

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
1454	1764	0.83

表 5-14 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)

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
1181	1453	0.82

表 5-15 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)

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
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 5-16 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 5-7～図 5-9 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 5-16 改良地盤のすべり安全率評価結果

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

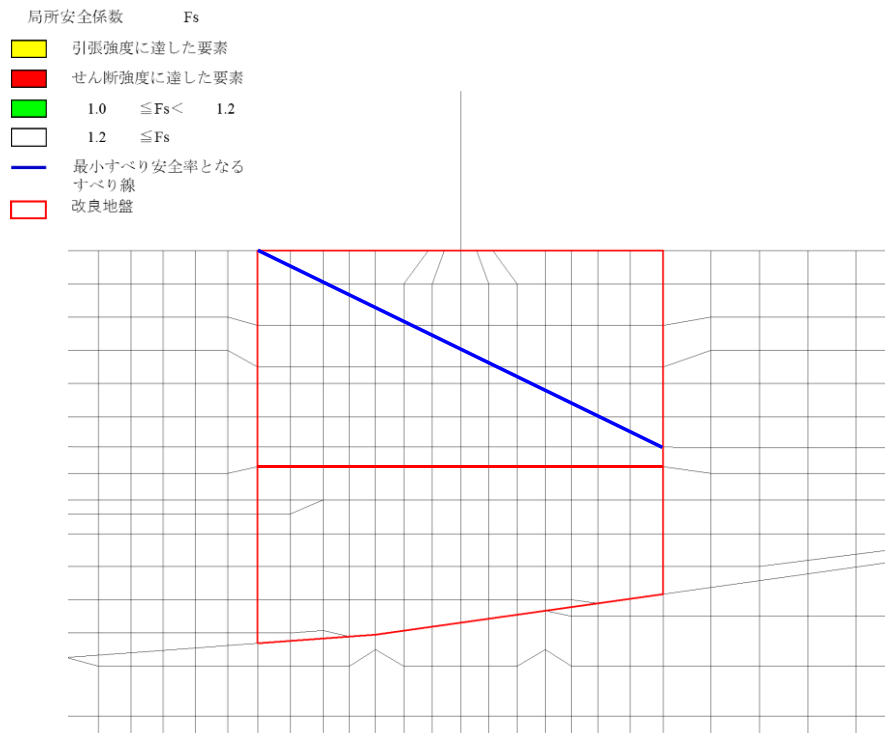


図 5-7 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布（①-①断面）

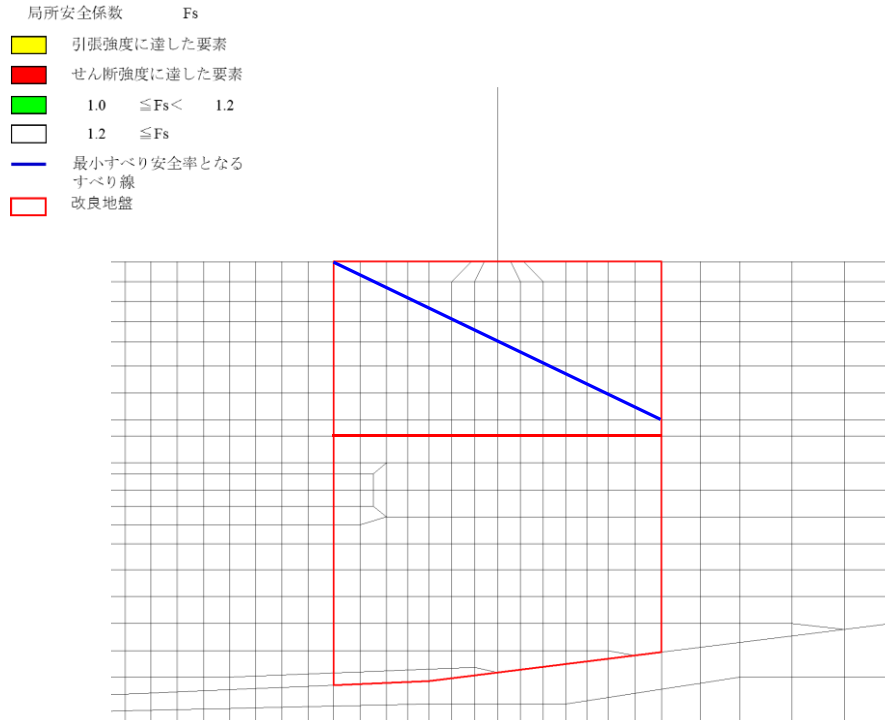


図 5-8 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (④-④断面)

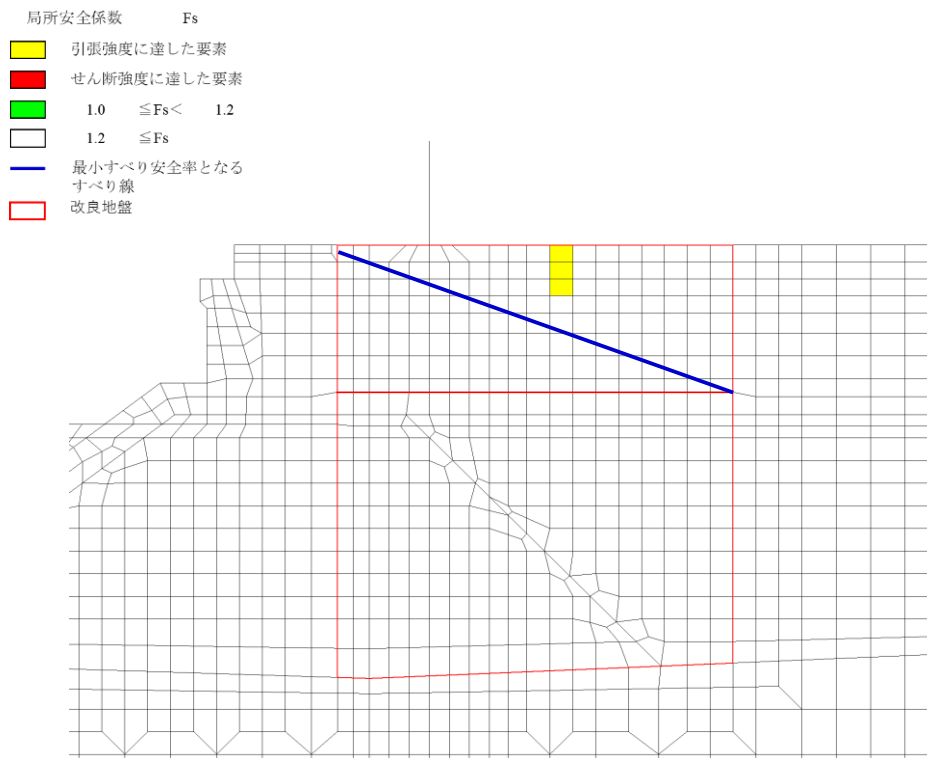


図 5-9 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (⑤-⑤断面)

5.4 止水目地

津波時の止水目地（ゴムジョイント）の津波時の変位量に対する照査結果を表 5-17 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 5-17 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	津波時の変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δx : 法線直交方向	13	—
δz : 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 5-18～表 5-20 に、基礎地盤の接地圧分布図を図 5-10～図 5-12 に示す。

この結果から、防波壁（逆 T 擁壁）の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 5-18(1) 基礎地盤の支持性能評価結果（①-①断面，改良地盤）

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.4	1.4	0.29

表 5-18(2) 基礎地盤の支持性能評価結果（①-①断面，岩盤）

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.5	9.8	0.06

表 5-19(1) 基礎地盤の支持性能評価結果（④-④断面，改良地盤）

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.4	1.4	0.29

表 5-19(2) 基礎地盤の支持性能評価結果（④-④断面，岩盤）

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.5	9.8	0.06

表 5-20(1) 基礎地盤の支持性能評価結果 (⑤-⑤断面, 改良地盤)

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.4	1.4	0.29

表 5-20(2) 基礎地盤の支持性能評価結果 (⑤-⑤断面, 岩盤)

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.4	3.9	0.11

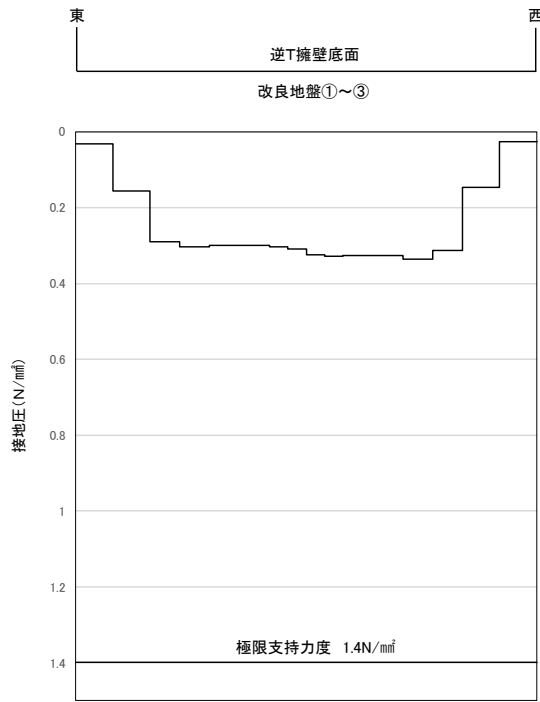


図 5-10(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (①-①断面, 改良地盤)

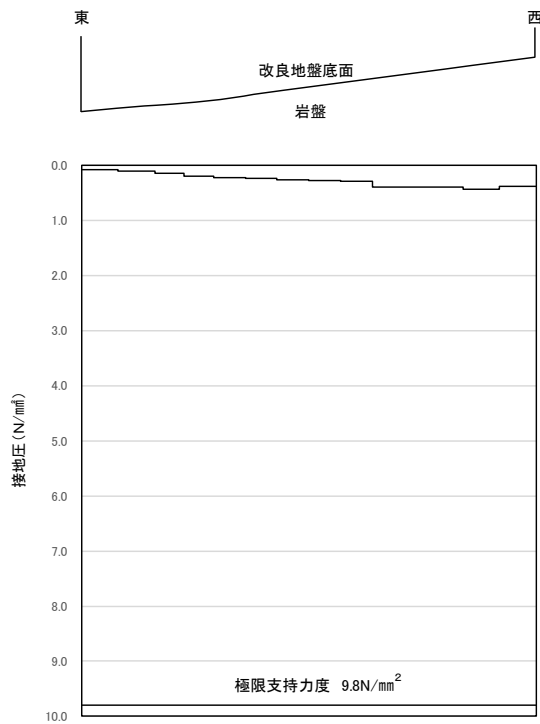


図 5-10(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (①-①断面, 岩盤)

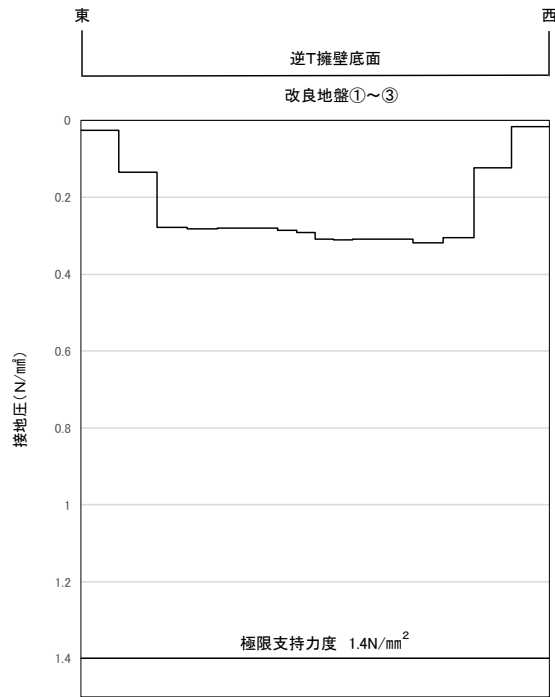


図 5-11(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 改良地盤)

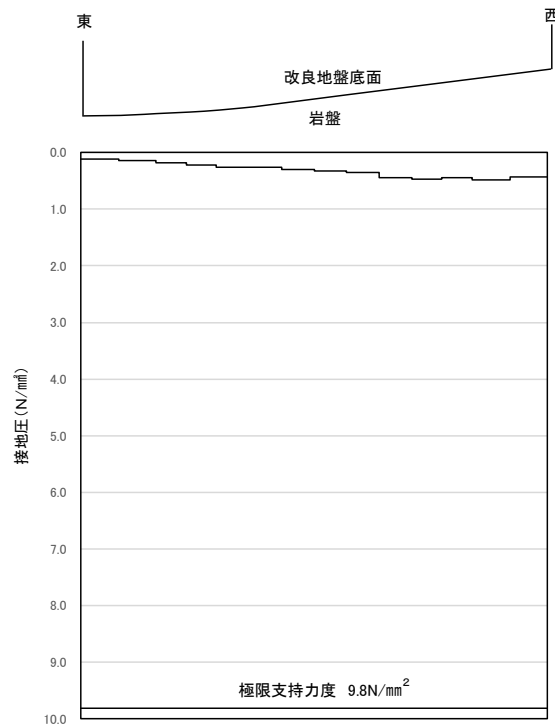


図 5-11(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (④-④断面, 岩盤)

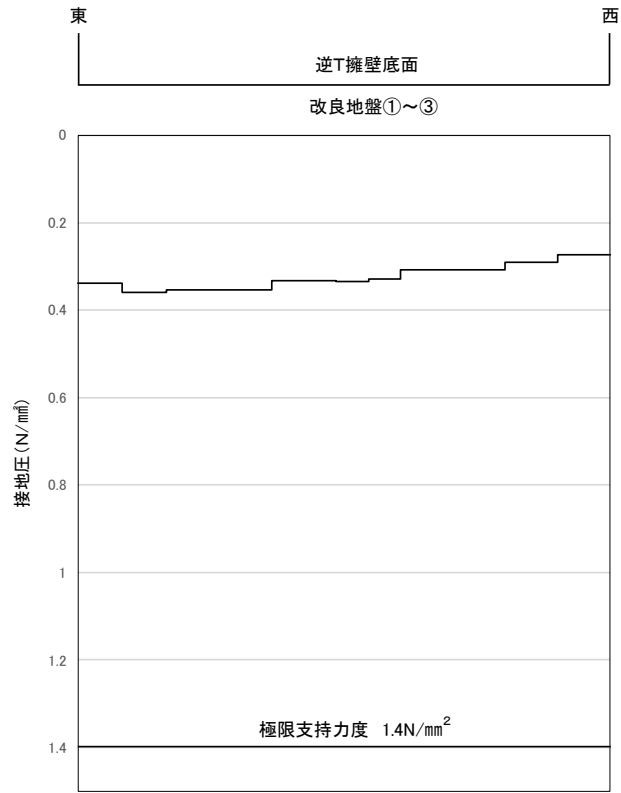


図 5-12(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 改良地盤)

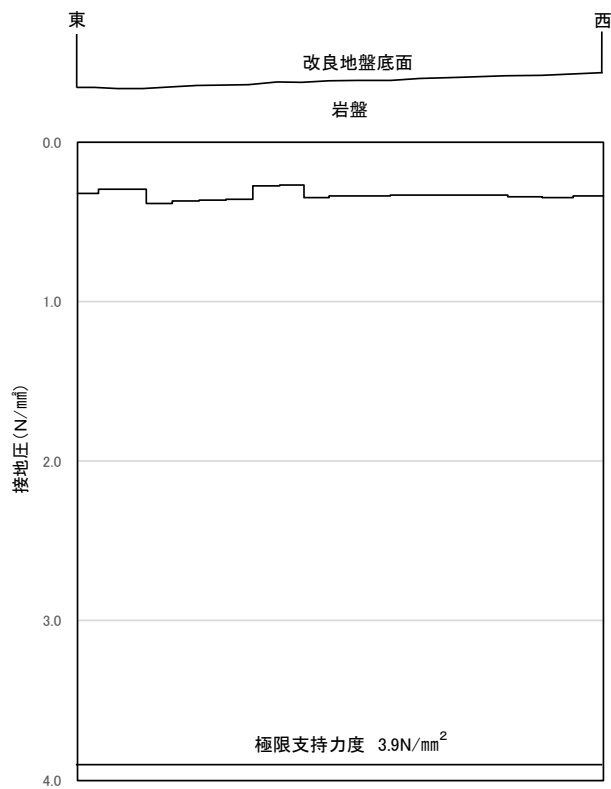


図 5-12(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (⑤-⑤断面, 岩盤)

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

防波壁（逆T擁壁）の前面に設置している施設護岸等は，その形状を適切にモデル化し防波壁（逆T擁壁）の評価を実施する方針としているが，施設護岸等は耐震性が低いことから，施設護岸等が損傷した場合の解析ケースを実施する。

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）の前面の施設護岸等が損傷した場合の⑤-⑤断面における地震応答解析モデルを図5-13に示す。

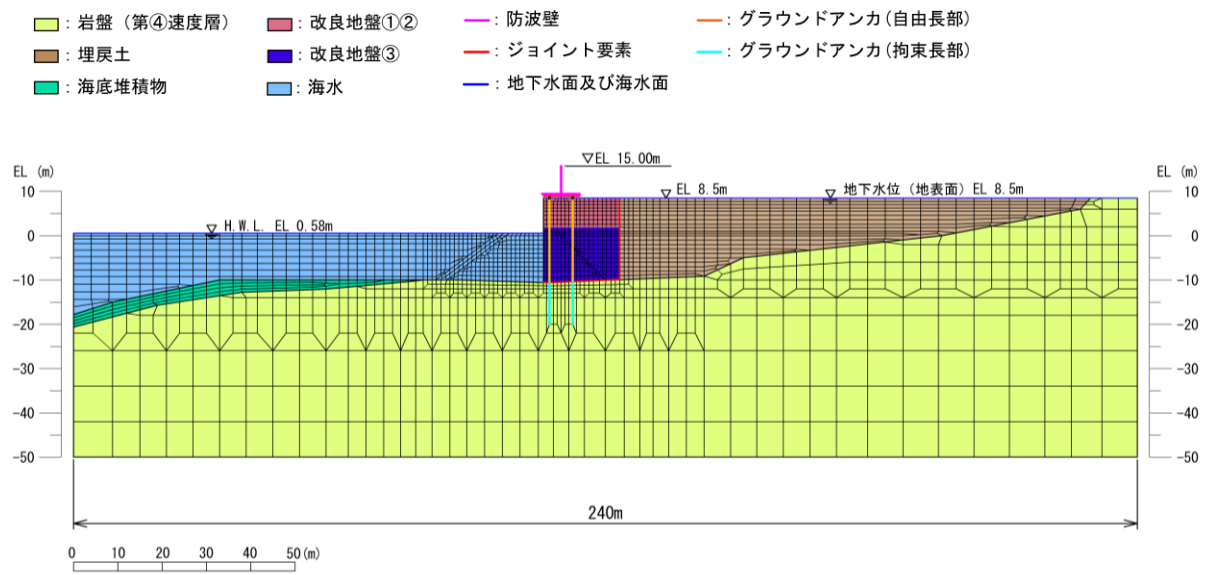


図5-13 ⑤-⑤断面における地震応答解析モデル（施設護岸等が損傷した場合）

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算定する。防波壁（逆T擁壁）の前面に設置している施設護岸等が損傷した場合、敷地高以上については朝倉式により、敷地高以深については谷本式により遡上津波荷重を算定する。

施設護岸等の損傷した場合の遡上津波荷重を表5-21に示す。

表5-21 施設護岸等の損傷した場合の遡上津波荷重（⑤-⑤断面）

防波壁 天端高 (EL(m))	津波 高さ (EL(m))	防波壁 前面の 地盤高 (EL(m))	設計用 浸水深 (m)	入射津波の 静水面上の 高さ (m)	防波壁前面 の地盤高で の波圧 (kN/m ²)	入射津波の 静水面上の 高さでの波圧 (kN/m ²)
15.0	12.6	8.5	2.05	6.01	62.12	133.54

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5-22～表5-24に示す。

この結果から、施設護岸等が損傷した場合においても、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。

表5-22 コンクリートの曲げ・軸力系の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		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメントM (kN・m)	軸力 N (kN)			
① (「5.1 逆T擁壁」 にて評価済み)	1318	365	3.1	13.5	0.23
②	1318	365	3.1	13.5	0.23

表5-23 鉄筋の曲げ・軸力系の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		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 (「5.1 逆T擁壁」 にて評価済み)	1318	365	113.7	294	0.39
②	1318	365	113.8	294	0.39

表 5-24 コンクリート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)			
① (「5.1 逆T擁壁」 にて評価済み)	528	0.35	0.67	0.53
②	516	0.35	0.67	0.53

(2) グラウンドアンカ

施設護岸等が損傷した場合の評価結果を表 5-25 に示す。

この結果から、施設護岸等が損傷した場合においても、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。

表 5-25 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
① (「5.2 グラウンドアン カ」にて評価済み)	1670	2076	0.81
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）の強度計算について、VI-3-別添3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、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）が構造健全性を保持することを確認する。

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）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、津波荷重，衝突荷重，風荷重及び積雪荷重に対する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。

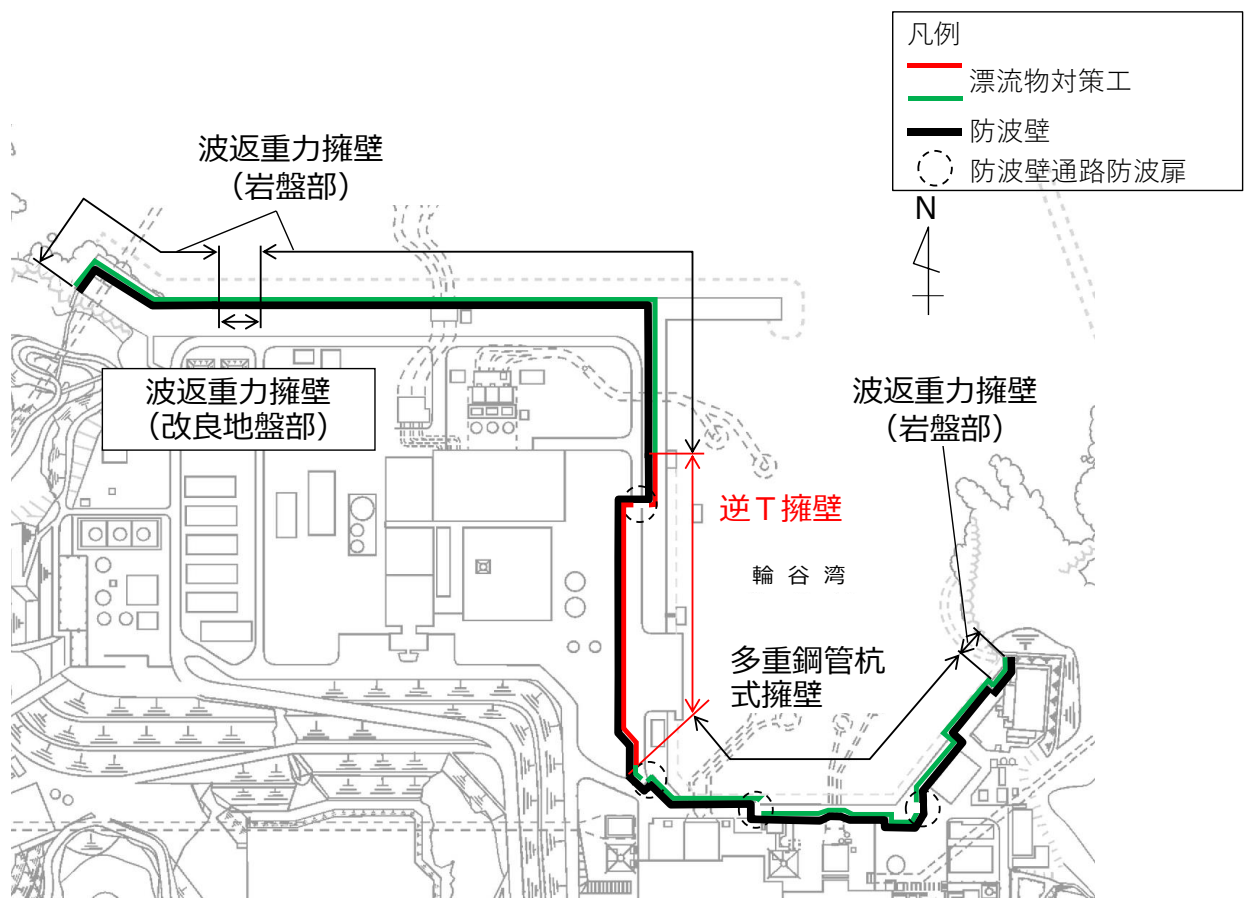


図6-1 漂流物対策工の設置位置図

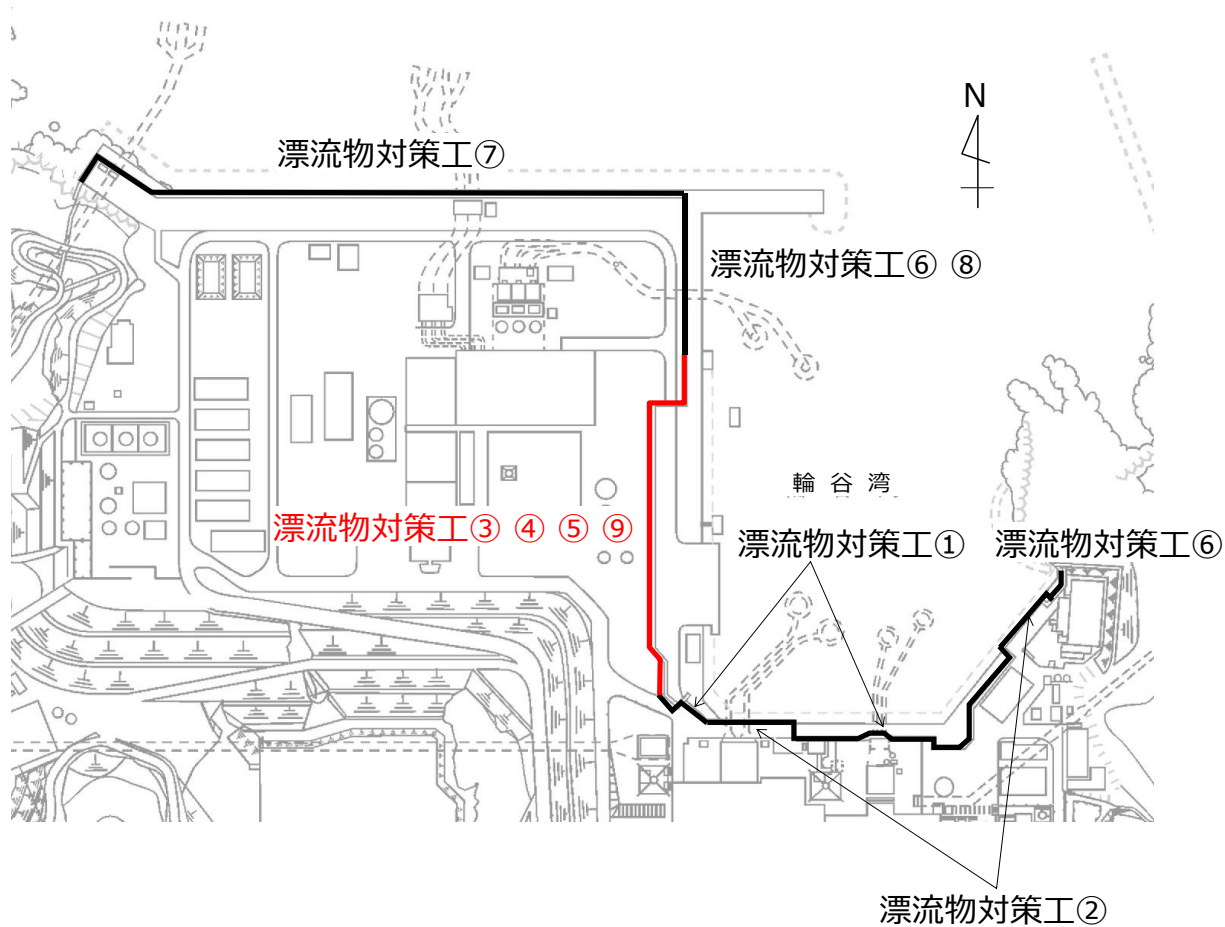


図 6-2 漂流物対策工の構造区分図

表 6-1 漂流物対策工の構造区分一覧

名称	種別	設置箇所
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を基本とする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。

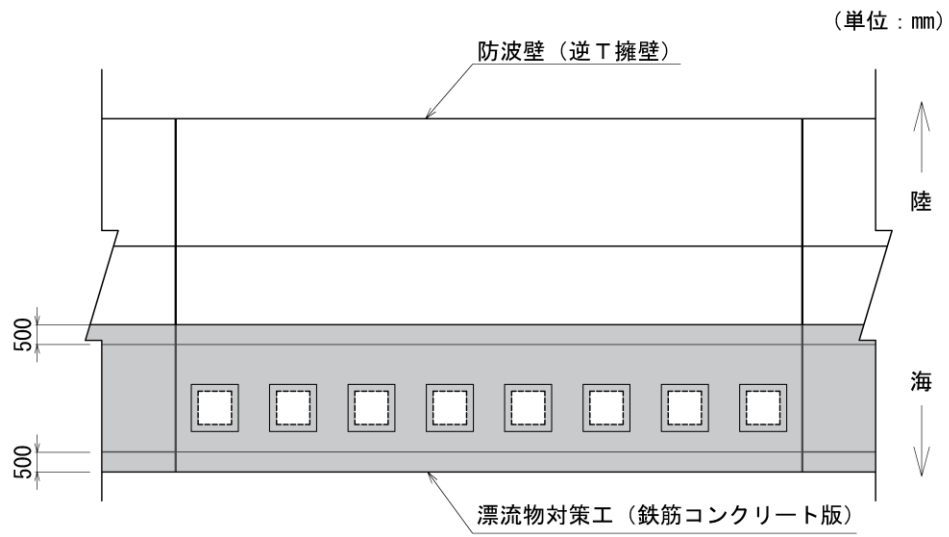


図 6-3(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (平面図)

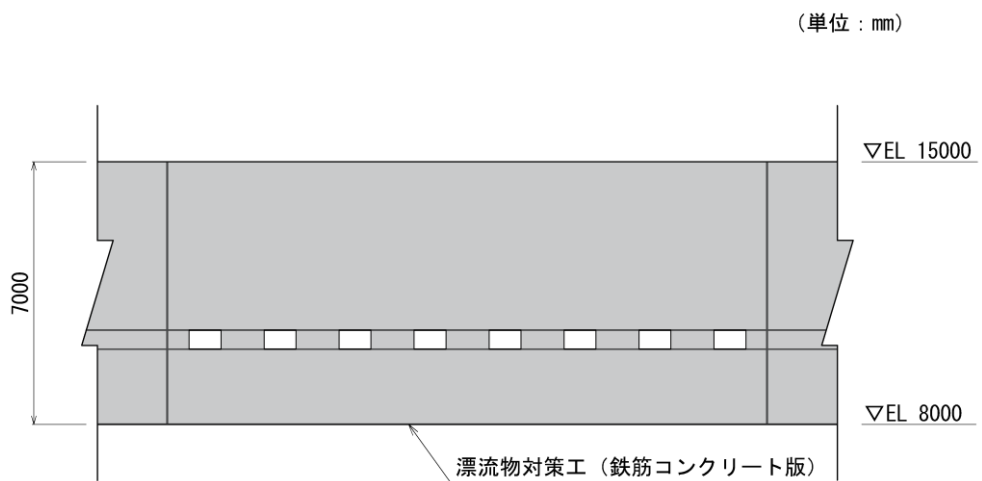


図 6-3(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (正面図)

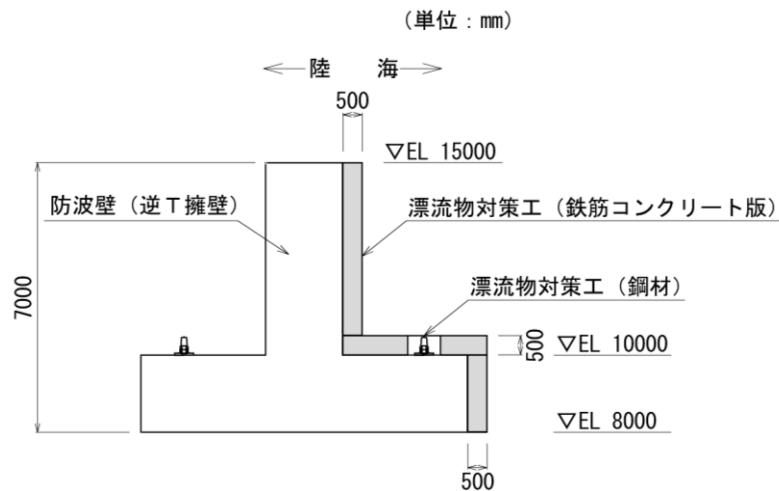


図 6-3(3) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要図 (断面図)

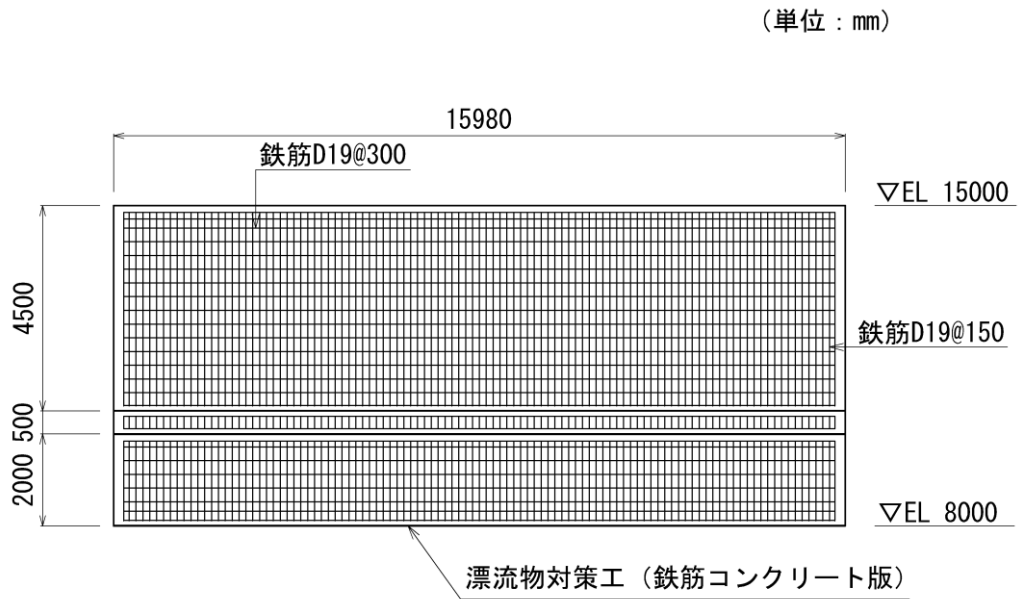


図 6-4(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (正面図)

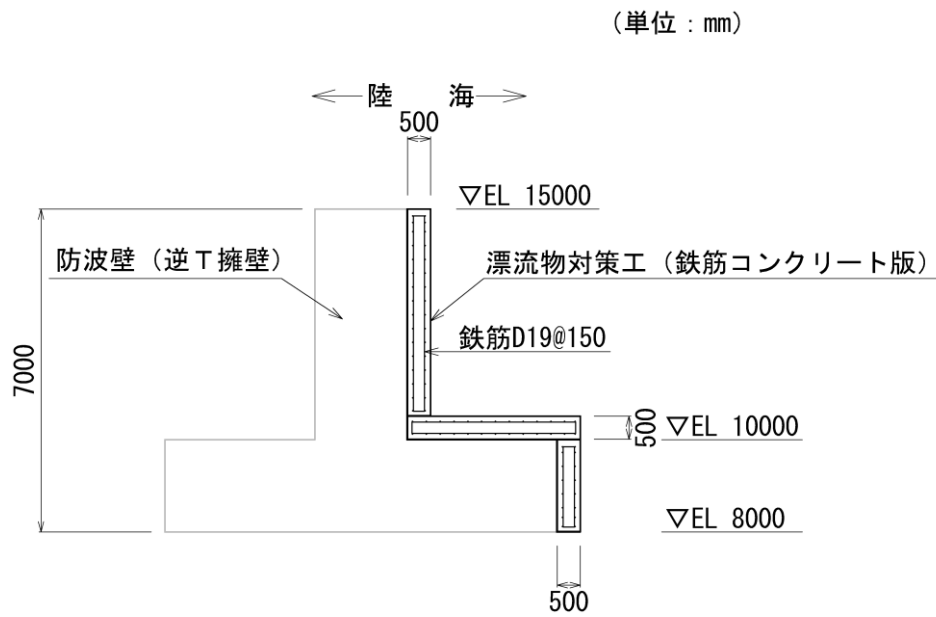


図 6-4(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (断面図)

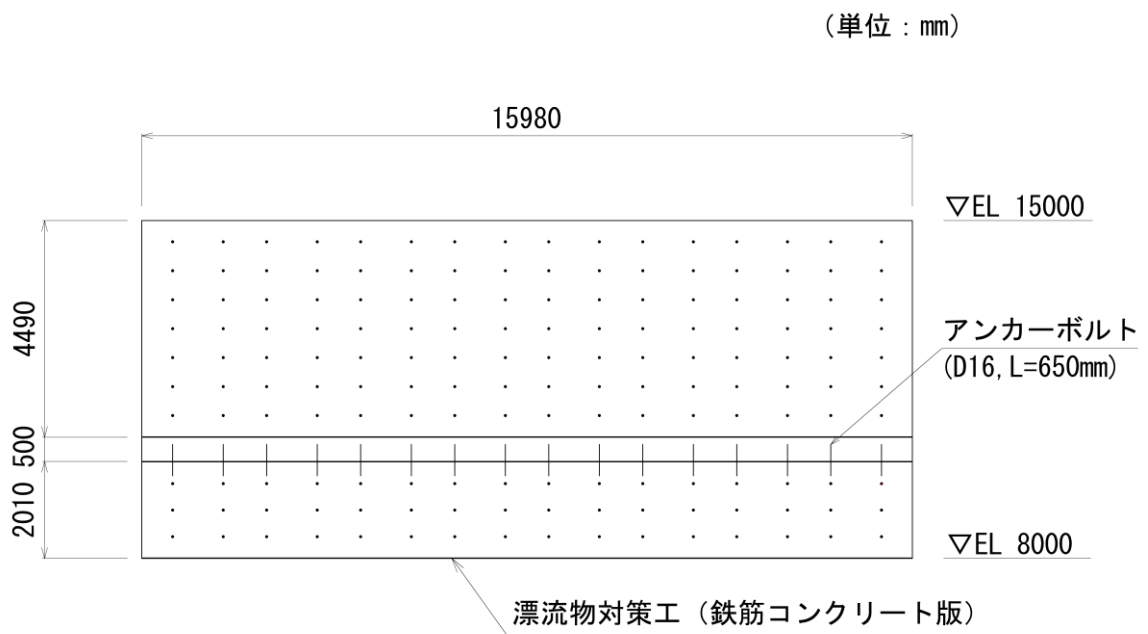


図 6-5(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (正面図)

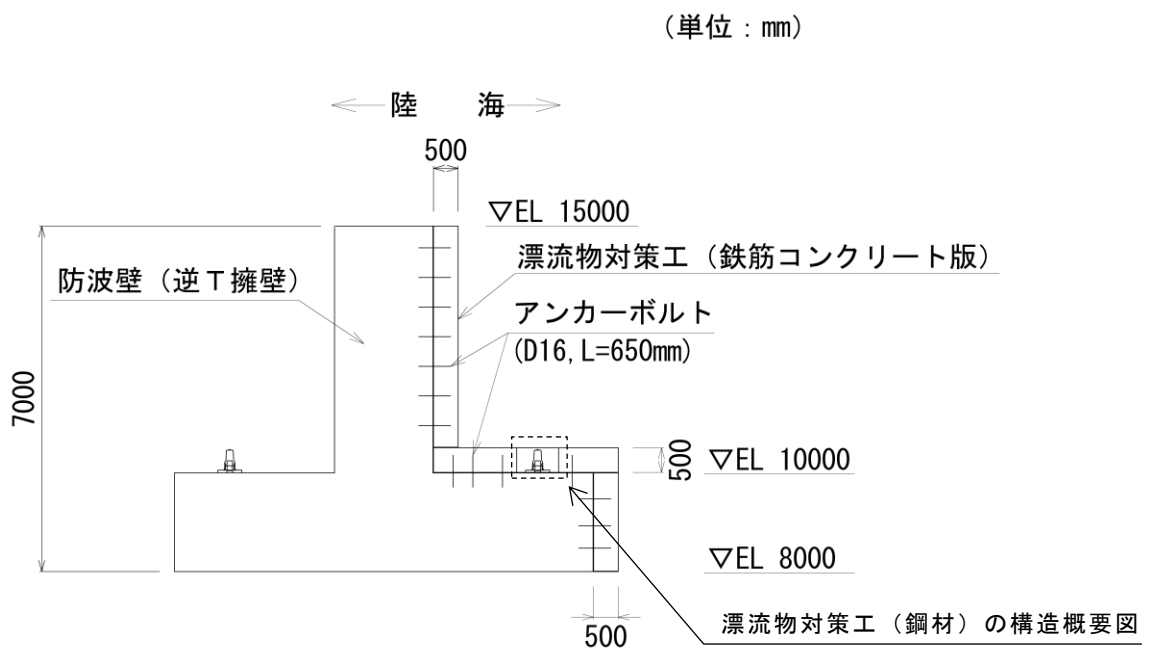


図 6-5(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (断面図)

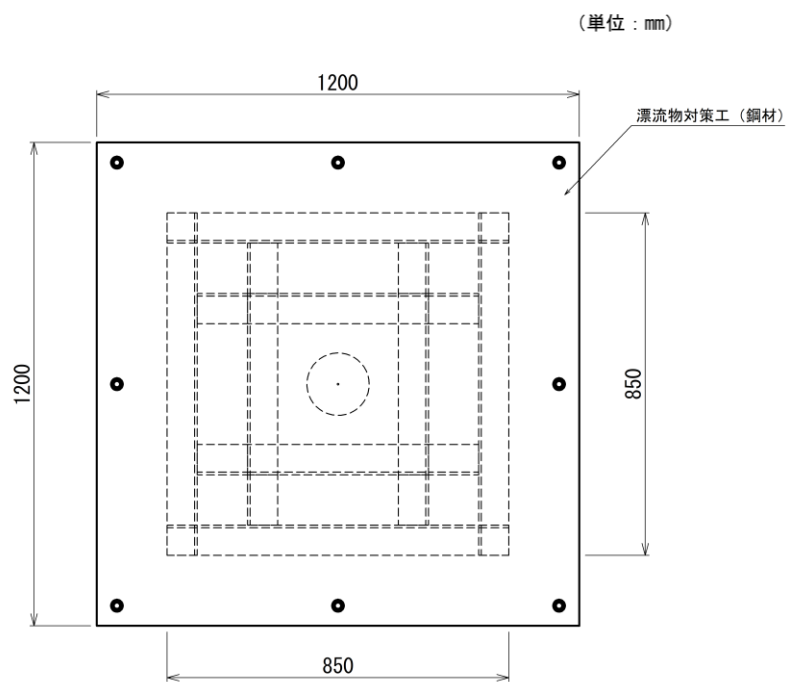


図 6-6(1) 漂流物対策工 (鋼材) の構造概要図 (平面図)

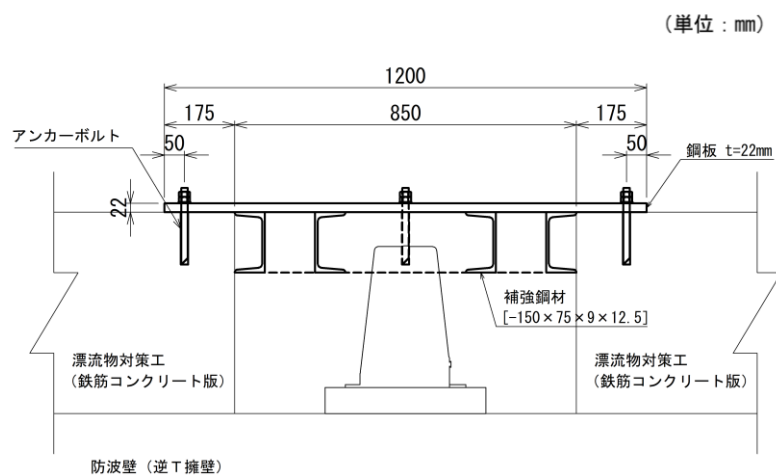


図 6-6(2) 漂流物対策工 (鋼材) の構造概要図 (断面図)

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、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"> 衝突荷重を分散して防波壁（逆T擁壁）に伝達する。 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	—	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	—	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。
	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
	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応力）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

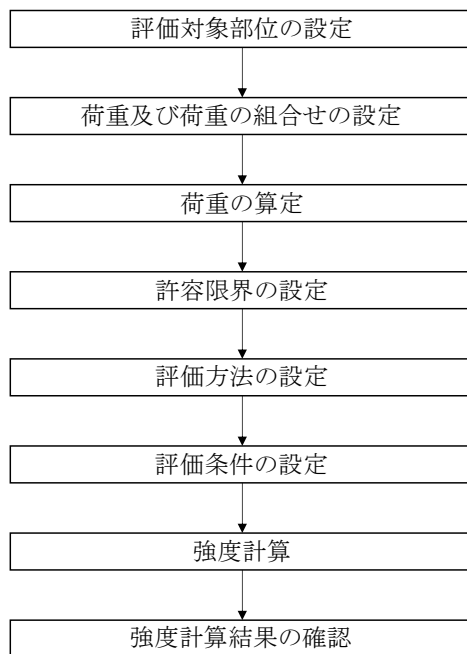


図 6-7 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の強度評価フロー

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 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(1/2)

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P _t	kN	遡上津波荷重
P _c	kN	衝突荷重
P _k	kN	風荷重
τ_p	N/mm ²	鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力
P _{d c}	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
$\sigma_{d k b}$	N/mm ²	鋼材に作用する曲げ応力度
M _{d k}	kN・m	3次元構造解析における発生曲げモーメント
Z _{d k}	mm ³	鋼材の断面係数
$\tau_{d k}$	N/mm ²	鋼材に作用するせん断応力度
Q _{d k}	kN	3次元構造解析における発生せん断力
A _{d k}	mm ²	鋼材の断面積
$\sigma_{d k b 1}$	N/mm ²	鋼板に作用する最大曲げ応力度
M _{d k 1}	kN・m	鋼板に作用する最大発生曲げモーメント
Z _{d k 1}	mm ³	鋼板の断面係数
$\sigma_{d k b 2}$	N/mm ²	補強鋼材に作用する最大発生曲げ応力度
M _{d k 2}	kN・m	補強鋼材に作用する最大発生曲げモーメント
Z _{d k 2}	mm ³	補強鋼材の断面係数
$\tau_{d k b 1}$	N/mm ²	鋼板に作用するせん断応力度

表 6-5 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(2/2)

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_{dk}	kN	アンカーボルトに作用する最大せん断力
T_{dk}	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。

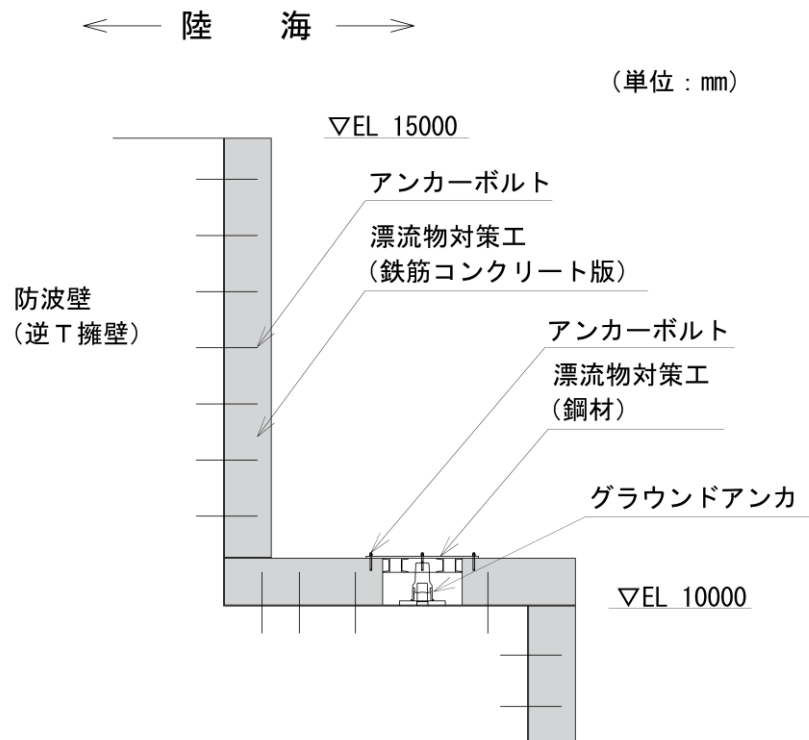


図 6-8 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）及び漂流物対策工（鋼材）の評価対象部位

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. 遡上津波荷重 (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。なお、漂流物対策工 (鋼材) については、津波の水位と各施設の設置高さの差分の静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

$$G + P_t + P_c + P_k$$

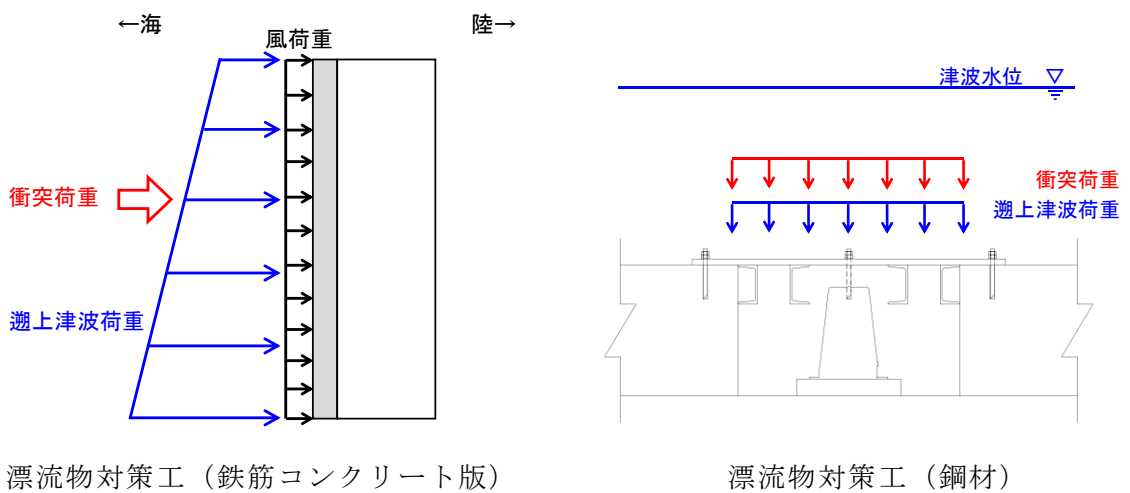
ここで、

G : 固定荷重 (kN)

P_t : 遡上津波荷重 (kN)

P_c : 衝突荷重 (kN)

P_k : 風荷重 (kN)



漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

漂流物対策工（鋼材）

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)	アンカーボルト		SD345
	鉄筋		SD345
	コンクリート		設計基準強度：24N/mm ²
漂流物対策工 (鋼材)	鋼材	鋼板	SS400
		補強鋼材	SS400
	アンカーボルト		SS400

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	1050×10 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。

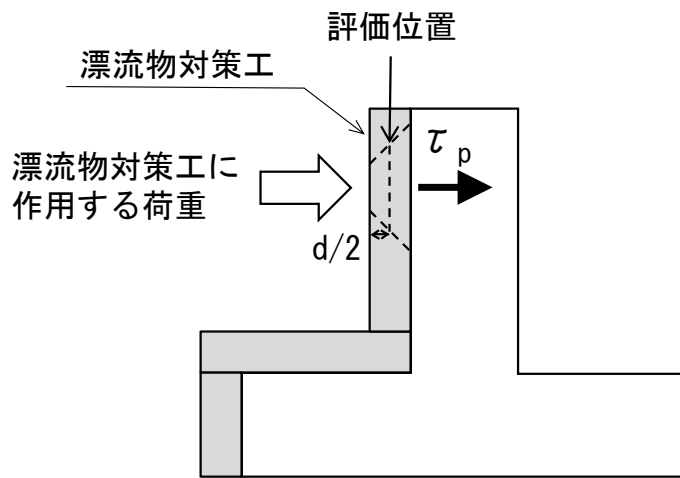


図 6-10 鉄筋コンクリート版のモデル図

(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 (N/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) (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強度評価を行う。

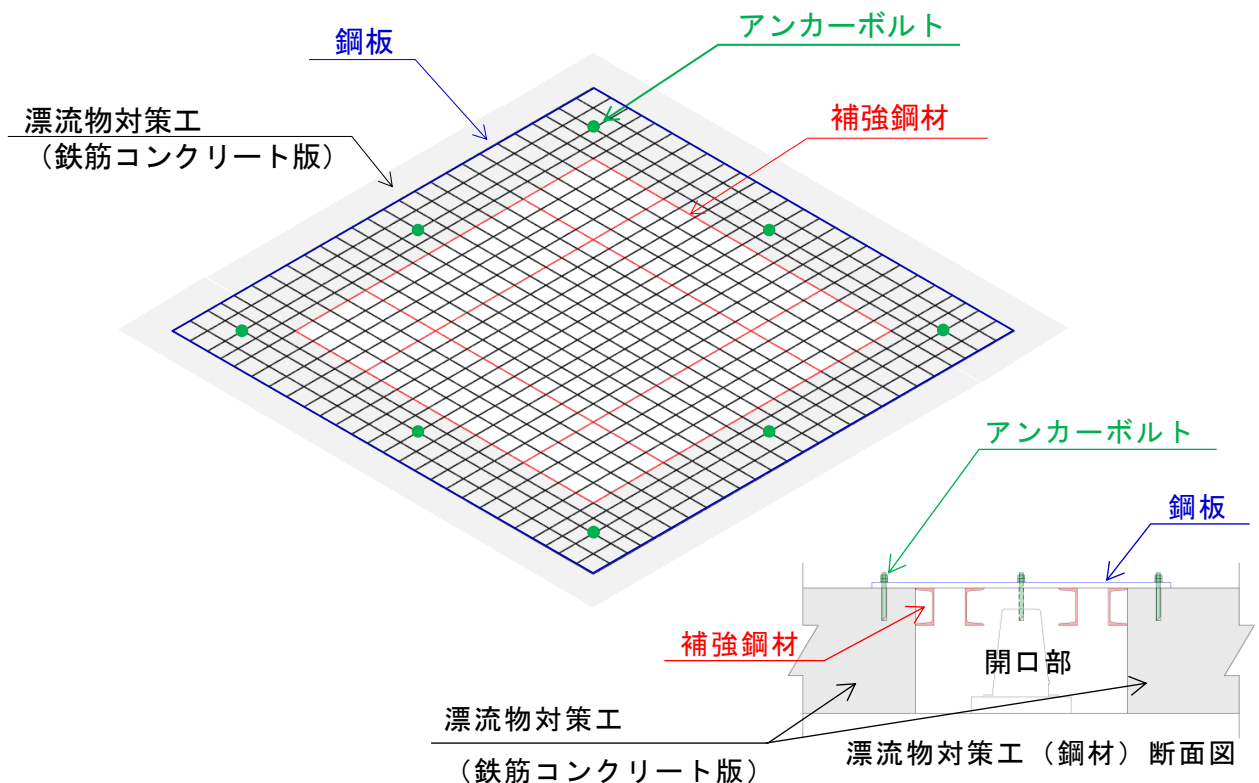
3次元構造解析には、解析コード「NX NASTRAN」を用いる。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

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、「6.4.3 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、「6.4.3 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

$$\sigma_{dkb} = M_{dk} \times 10^6 / Z_{dk}$$

ここで、 σ_{dkb} ：鋼材に作用する曲げ応力度 (N/mm²)

M_{dk} ：3次元構造解析における発生曲げモーメント (kN・m)

Z_{dk} ：鋼材の断面係数 (mm³)

e. 鋼材に作用するせん断応力度

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

ここで、 τ_{dk} ：鋼材に作用するせん断応力度 (N/mm²)

Q_{dk} ：3次元構造解析における発生せん断力 (kN)

A_{dk} ：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_{dk})及びせん断力(S_{dk})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	1336
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応力度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）の強度計算結果

評価対象部位		発生応力度 (N/mm ²)	短期許容応力度 (N/mm ²)	照査値
鉄筋 コンクリート版	押抜き せん断	0.71	1.35	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 σ_{dkb1}	118.5	N/mm ²	210	N/mm ²	0.57
	せん断応力度 τ_{dkb1}	8.0	N/mm ²	120	N/mm ²	0.07
補強鋼材	曲げ応力度 σ_{dkb2}	132.8	N/mm ²	210	N/mm ²	0.64
	せん断応力度 τ_{dkb2}	20.5	N/mm ²	120	N/mm ²	0.18
アンカー ボルト	引張力 T_{dk}	12.2	kN	29.3	kN	0.42
	せん断力 S_{dk}	0.0	kN	24.8	kN	0.00

VI-3-別添 3-2-1-3 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の
強度計算書

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	6
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	16
3.2.1 評価対象断面	16
3.2.2 評価対象部位	29
3.3 荷重及び荷重の組合せ	30
3.3.1 荷重	30
3.3.2 荷重の組合せ	32
3.4 許容限界	33
3.4.1 鋼管杭	33
3.4.2 被覆コンクリート壁	35
3.4.3 改良地盤	35
3.4.4 止水目地	36
3.4.5 基礎地盤	36
3.5 評価方法	37
3.5.1 津波時	37
3.5.2 重畳時	48
4. 評価条件	52
4.1 津波時	52
4.2 重畳時	54
5. 評価結果	55
5.1 津波時	55
5.1.1 鋼管杭	55
5.1.2 被覆コンクリート壁	63
5.1.3 改良地盤	75
5.1.4 止水目地	79
5.1.5 基礎地盤	80
5.1.6 施設護岸等の損傷による不確かさの影響確認	81

5.2	重畳時	91
5.2.1	鋼管杭	91
5.2.2	被覆コンクリート壁	97
5.2.3	改良地盤	103
5.2.4	止水目地	105
5.2.5	基礎地盤	106
6.	漂流物対策工	107
6.1	概要	107
6.2	基本方針	108
6.2.1	位置	108
6.2.2	構造概要	110
6.2.3	評価方針	114
6.2.4	記号の説明	116
6.3	評価対象部位	117
6.4	強度計算	118
6.4.1	強度計算方法	118
6.4.2	荷重及び荷重の組合せ	118
6.4.3	許容限界	120
6.4.4	評価方法	121
6.4.5	評価条件	122
6.4.6	評価結果	122

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方針」に示すとおり、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）が地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重，余震，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（多重鋼管杭式擁壁）の位置図を図2-1に示す。

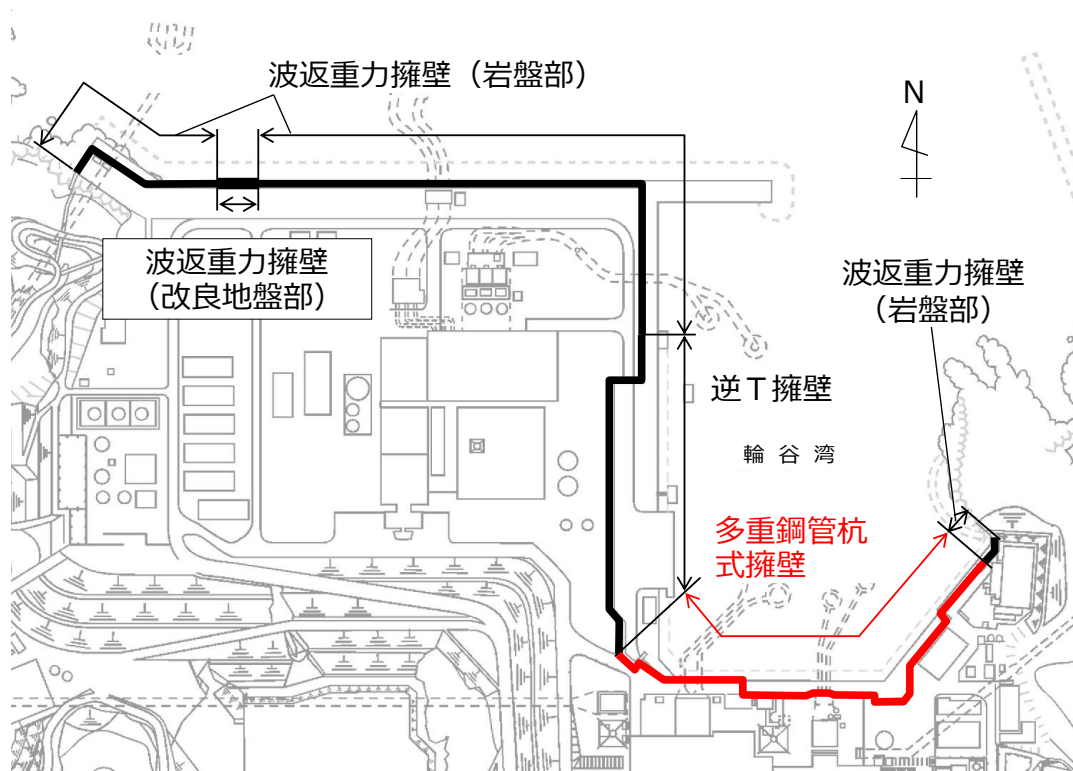


図2-1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の位置図

2.2 構造概要

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図を図 2-2 に、構造図を図 2-3 に、止水目地の概念図及び配置位置図を図 2-4 に示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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（多重鋼管杭式擁壁）は、岩盤に支持される鋼管を多重化して鋼管内をコンクリート又はモルタルで充填した多重鋼管による杭基礎構造と、鋼管及び鉄筋コンクリート造の被覆コンクリート壁による上部構造から構成される。被覆コンクリート壁の海側に、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、被覆コンクリート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とともに、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背後に地盤改良を実施する。

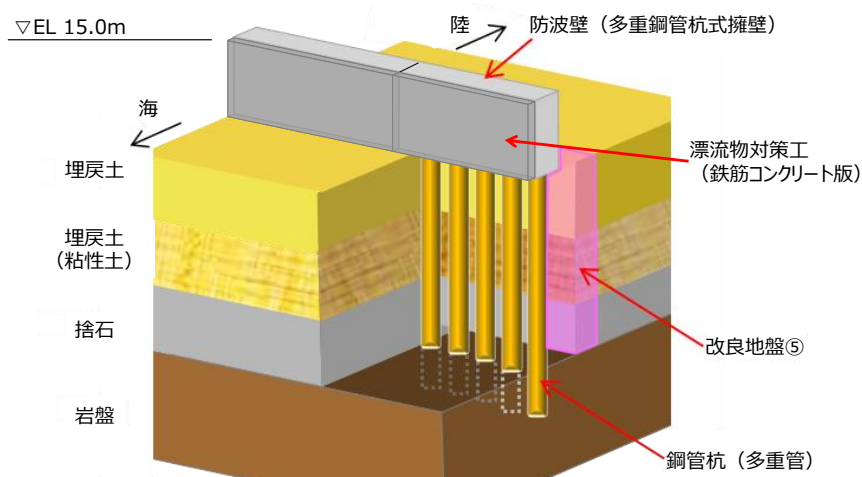


図 2-2(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図（鳥瞰図）

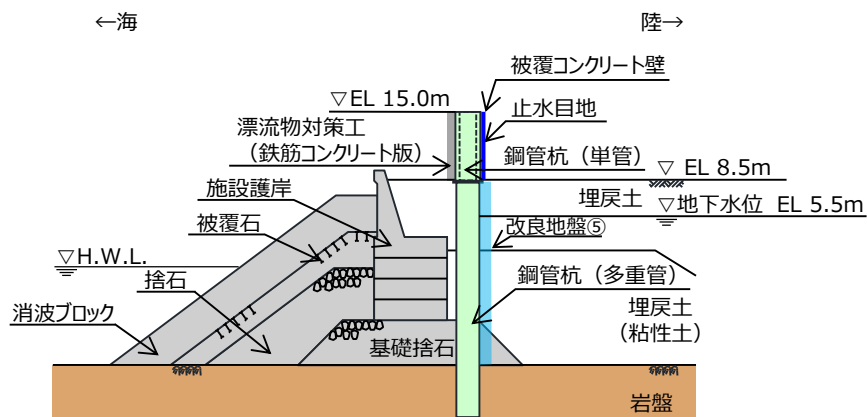


図 2-2(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図（断面図）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】
 単管 : φ 1600 mm
 4重管 : φ 1600 mm, φ 1800 mm, φ 2000 mm, φ 2200 mm

(単位 : mm)

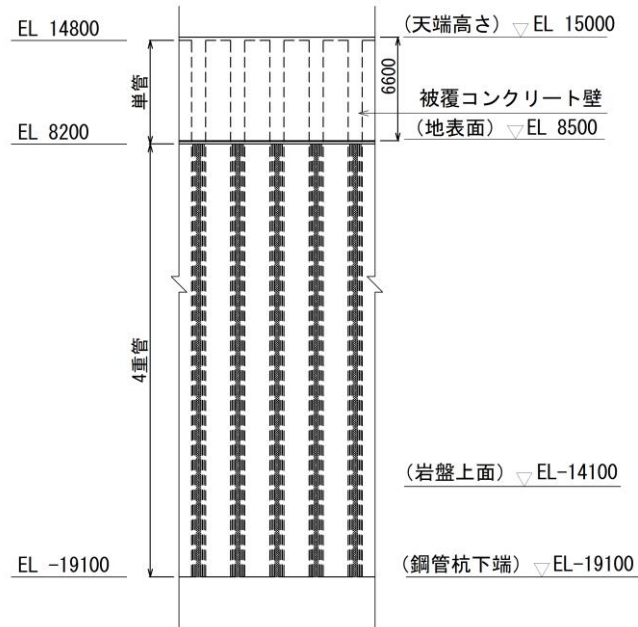


図 2-3(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（正面図）

(単位 : mm)

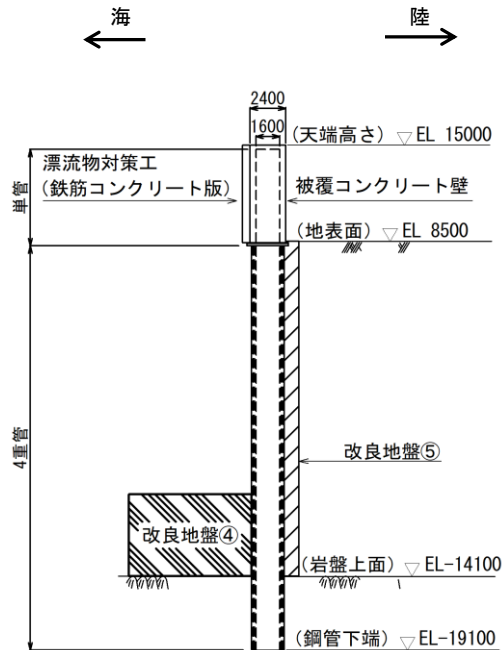


図 2-3(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（断面図）

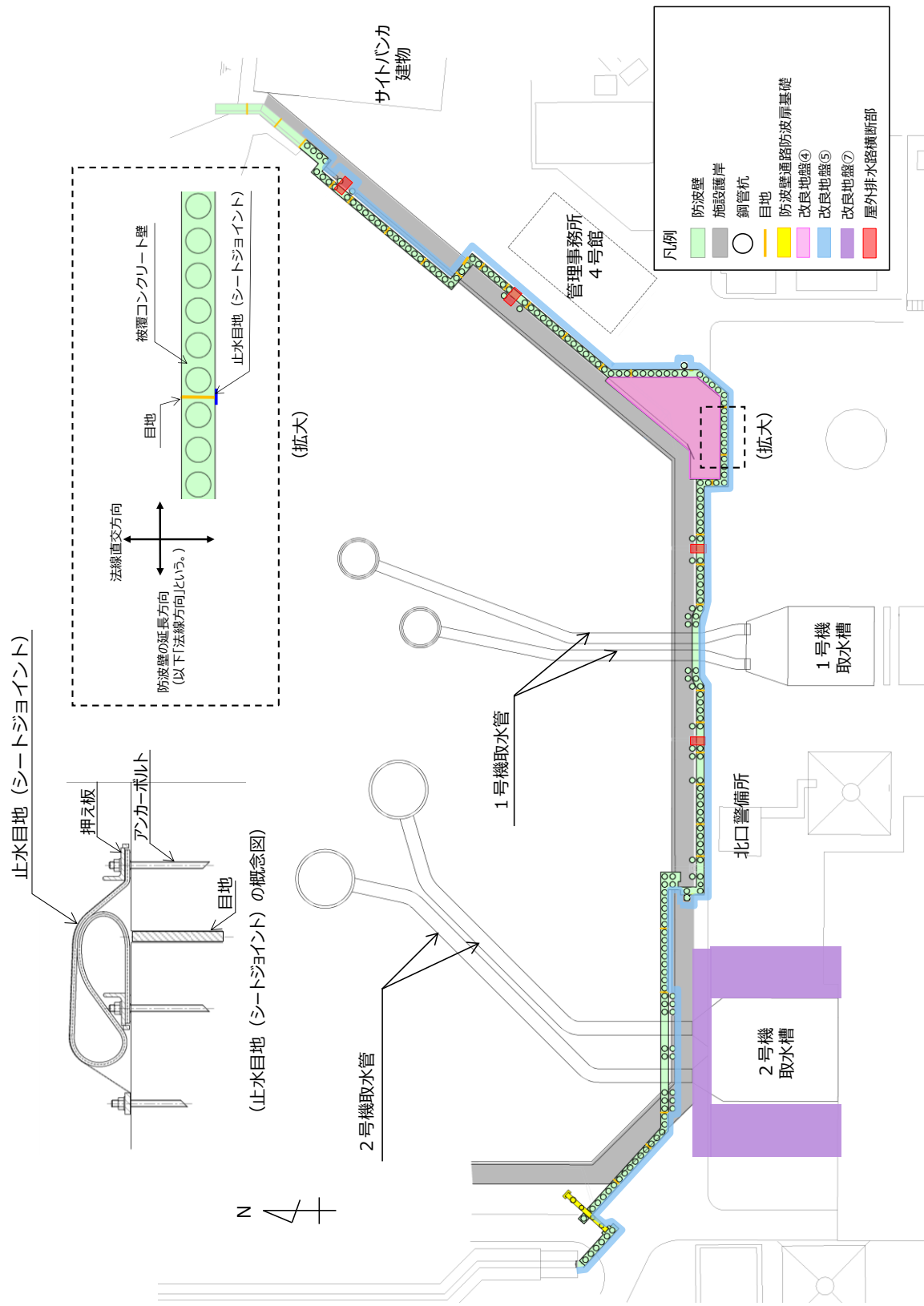


図 2-4 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の止水目地の概念図及び配置位置図

2.3 評価方針

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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（多重鋼管杭式擁壁）の各部位の役割を表2-1に、性能目標を表2-2に示す。

また、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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（多重鋼管杭式擁壁）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（多重鋼管杭式擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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（多重鋼管杭式擁壁）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。）及び津波と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」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（多重鋼管杭式擁壁）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。

防波壁（多重鋼管杭式）の強度評価フローを図2-5に示す。

表 2-1 防波壁(多重鋼管杭式擁壁)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	鋼管杭	・被覆コンクリート壁を支持する。	・被覆コンクリート壁を支持する。
	被覆コンクリート壁	・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	・被覆コンクリート壁間の変位に追従する。	・被覆コンクリート壁間の変位に追従し、遮水性を保持する。
	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(多重鋼管杭式擁壁)への影響を考慮する)。	・衝突荷重を分散して防波壁(多重鋼管杭式擁壁)に伝達する。 ・衝突荷重による防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の局所的な損傷を防止する。
地盤	改良地盤④	・鋼管杭の変形を抑制する。	・難透水性を保持する。
	改良地盤⑤	・役割に期待しない(解析モデルに反映し、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)への相互作用を考慮する)。	・難透水性を保持する。
	改良地盤⑦	・役割に期待しない(解析モデルに反映し、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)への相互作用を考慮する)。	・役割に期待しない(解析モデルに反映し、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)への相互作用を考慮する)。
	岩盤*	・鋼管杭及び被覆コンクリート壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 ・鋼管杭の変形を抑制する。	・鋼管杭及び被覆コンクリート壁を支持する。 ・鋼管杭の変形を抑制する。
	埋戻土, 埋戻土(粘性土), 砂礫層	・役割に期待しない(解析モデルに反映し、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)への相互作用を考慮する)。	・防波壁(多重鋼管杭式擁壁)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。
	施設護岸, 基礎捨石, 捨石, 被覆石	・役割に期待しない(解析モデルに反映し、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)への波及的影響を考慮する)。	・役割に期待しない(解析モデルに反映し、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)への相互作用を考慮する)。
	消波ブロック	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。
	グラウト材(埋戻土部と鋼管杭間に充填)	・役割に期待しない。	・難透水性の地盤ではあるが、役割に期待しない。

注記* : 岩盤部と鋼管杭間に充填するセメントミルクは、岩盤とみなす。

表 2-2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の各部位の性能目標(1/2)

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	鋼管杭	—	—	構造部材の健全性を保持するために、鋼管杭がおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持するために、鋼管杭がおおむね弾性状態にとどまること。
	被覆コンクリート壁			構造部材の健全性を保持するために、被覆コンクリート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被覆コンクリート壁間から有意な漏えいを生じないために、被覆コンクリート壁がおおむね弾性状態にとどまること。
	止水目地			被覆コンクリート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。	被覆コンクリート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。
	漂流物対策工(鉄筋コンクリート版)			防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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。	衝突荷重を分散して、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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。

表 2-2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の各部位の性能目標 (2/2)

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④	—	—	鋼管杭の変形を抑制するため, 改良地盤④がすべり破壊しないこと。(内部安定を保持)	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④がすべり破壊しないこと。(内的安定を保持)
	改良地盤⑤	—	—	—	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⑤がすべり破壊しないこと。(内的安定を保持)
	岩盤*	鋼管杭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。	—	—

注記* : 岩盤部と鋼管杭間に充填するセメントミルクは, 岩盤とみなす。

表 2-3 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価項目(1/2)

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	鋼管杭	発生する断面力（曲げ・軸力及びせん断力）が許容限界以下であることを確認	降伏モーメント（曲げ・軸力）及び短期許容せん断力
		被覆コンクリート壁	発生する応力（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	短期許容応力度
		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、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④	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*

注記*：妥当な安全余裕を考慮する。

表 2-3 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価項目(2/2)

止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	鋼管杭	発生する断面力（曲げ・軸力及びせん断力）が許容限界以下であることを確認	降伏モーメント（曲げ・軸力）及び短期許容せん断力
		被覆コンクリート壁	発生する応力（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	短期許容応力度
		改良地盤④	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
		改良地盤⑤		
	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

注記*： 妥当な安全余裕を考慮する。

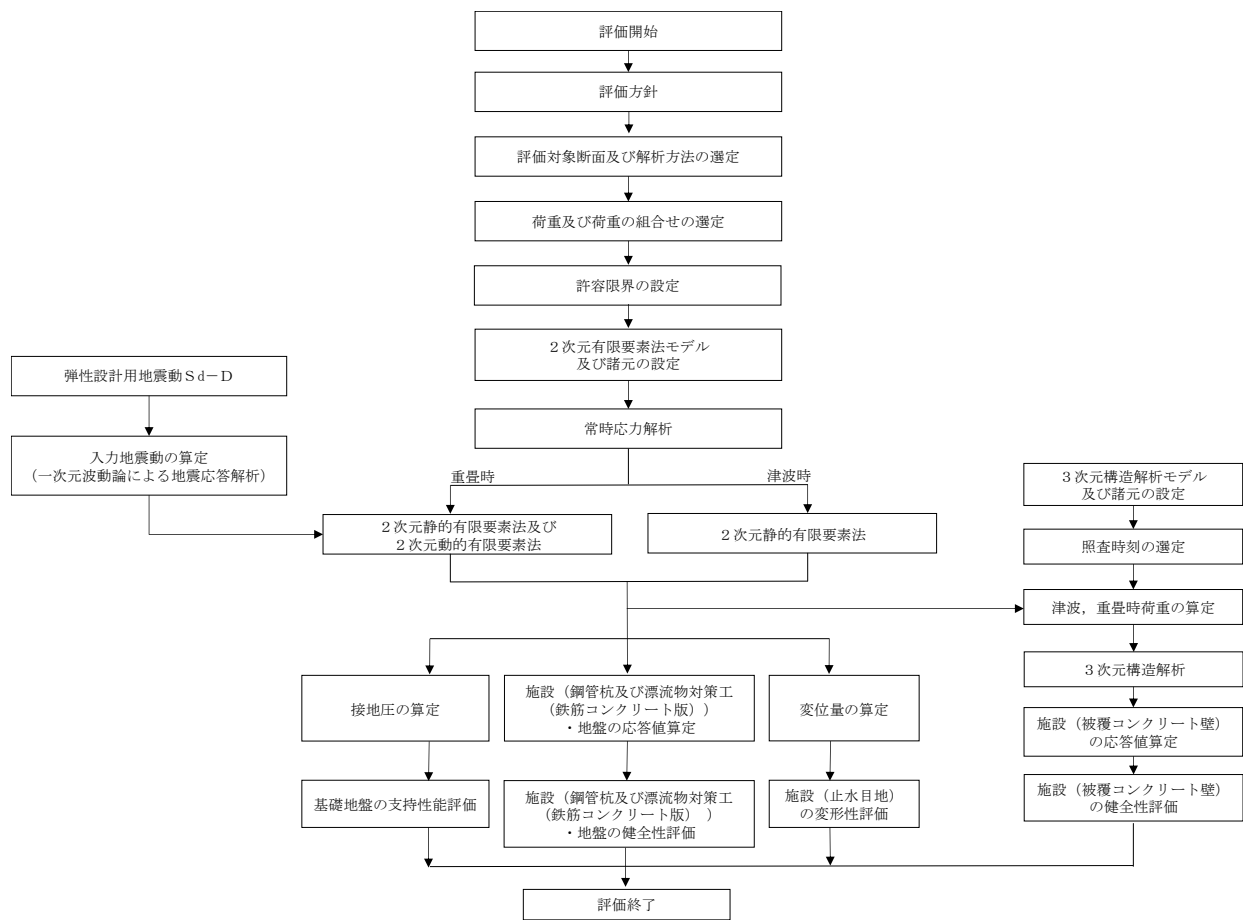


図 2-5 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の強度評価フロー

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）
- ・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・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- ・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）
- ・道路橋示方書（Ⅴ耐震設計編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）
- ・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）
- ・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）
- ・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(1/2)

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P	kN/m ²	積載荷重（機器・配管荷重，漂流物対策工荷重）
P _t	kN/m ²	遡上津波荷重
K S d	—	余震荷重
P _c	kN/m	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	t/m ³	海水の密度
M _y	kN・m	鋼管杭の降伏モーメント
f _y	N/mm ²	鋼管杭の降伏基準点
Z _e	mm ³	鋼管杭の断面係数
N	kN	鋼管杭に発生する軸力
A	mm ²	鋼管杭の断面積
Q _a	kN	鋼管杭の短期許容せん断力
τ _a	N/mm ²	鋼管杭の短期許容せん断応力度
σ _{ca}	N/mm ²	被覆コンクリート壁のコンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
τ _{a1}	N/mm ²	被覆コンクリート壁のコンクリートの短期許容せん断応力度
σ _{sa}	N/mm ²	被覆コンクリート壁の鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
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
δ	mm	最大変位量
R _d	N/mm ²	鋼管杭下端の軸力より算定される軸応力度
A'	mm ²	鋼管杭下端の断面積
δ _{x(T)}	mm	x 方向（法線直交方向）の最大相対変位量

表 3-1 強度評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	定義
δ_y	mm	y 方向（法線方向）の変位量
$\delta_y(T)$	mm	y 方向（法線方向）の地震時の最大相対変位量
$\delta_z(T)$	mm	z 方向（深度方向）の重畳時の最大相対変位量
M	kN・m	鋼管杭に発生する曲げモーメント
Q	kN	鋼管杭に発生するせん断力
M'	kN・m	被覆コンクリート壁に発生する曲げモーメント
N'	kN	被覆コンクリート壁に発生する軸力
σ_c	N/mm ²	被覆コンクリート壁のコンクリートに発生する曲げ圧縮応力度
σ_s	N/mm ²	被覆コンクリート壁の鉄筋に発生する曲げ引張応力度
Q'	kN	被覆コンクリート壁に発生するせん断力
τ_c	N/mm ²	被覆コンクリート壁のコンクリートに発生するせん断応力度
R _u	N/mm ²	極限支持力度

3.2 評価対象断面及び部位

3.2.1 評価対象断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価対象断面は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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（多重鋼管杭式擁壁）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（多重鋼管杭式擁壁）の各区分における横断面図を図 3-3～図 3-8 に示す。以下の理由から、②-②断面、③-③断面、④-④断面及び⑦-⑦断面を評価対象断面として選定する。

- ・ ②-②断面は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）が施設護岸の背面に設置されている断面のうち、岩盤上面深さが最も深く、改良地盤④が設置されていることから評価対象断面に選定した。
- ・ ③-③断面は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）が施設護岸の前面に設置されている断面のうち、岩盤上面の深さが最も深いことから評価対象断面に選定した。
- ・ ④-④断面は、取水管を横断するため、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）のブロック長が最長となり、杭間隔が広いことから評価対象断面に選定した。
- ・ ⑦-⑦断面は②-②断面に直交する縦断方向の断面である。②-②断面位置における縦断方向の止水目地の変位量を求めるため、変形性評価の評価対象断面に選定した。

なお、重畳時については、②-②断面の防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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（津波高さ EL 4.9m）より高いため、評価を実施しない。

評価対象断面における構造図を図 3-9～図 3-12 に、被覆コンクリート壁の概略配筋図を図 3-13～図 3-15 に示す。

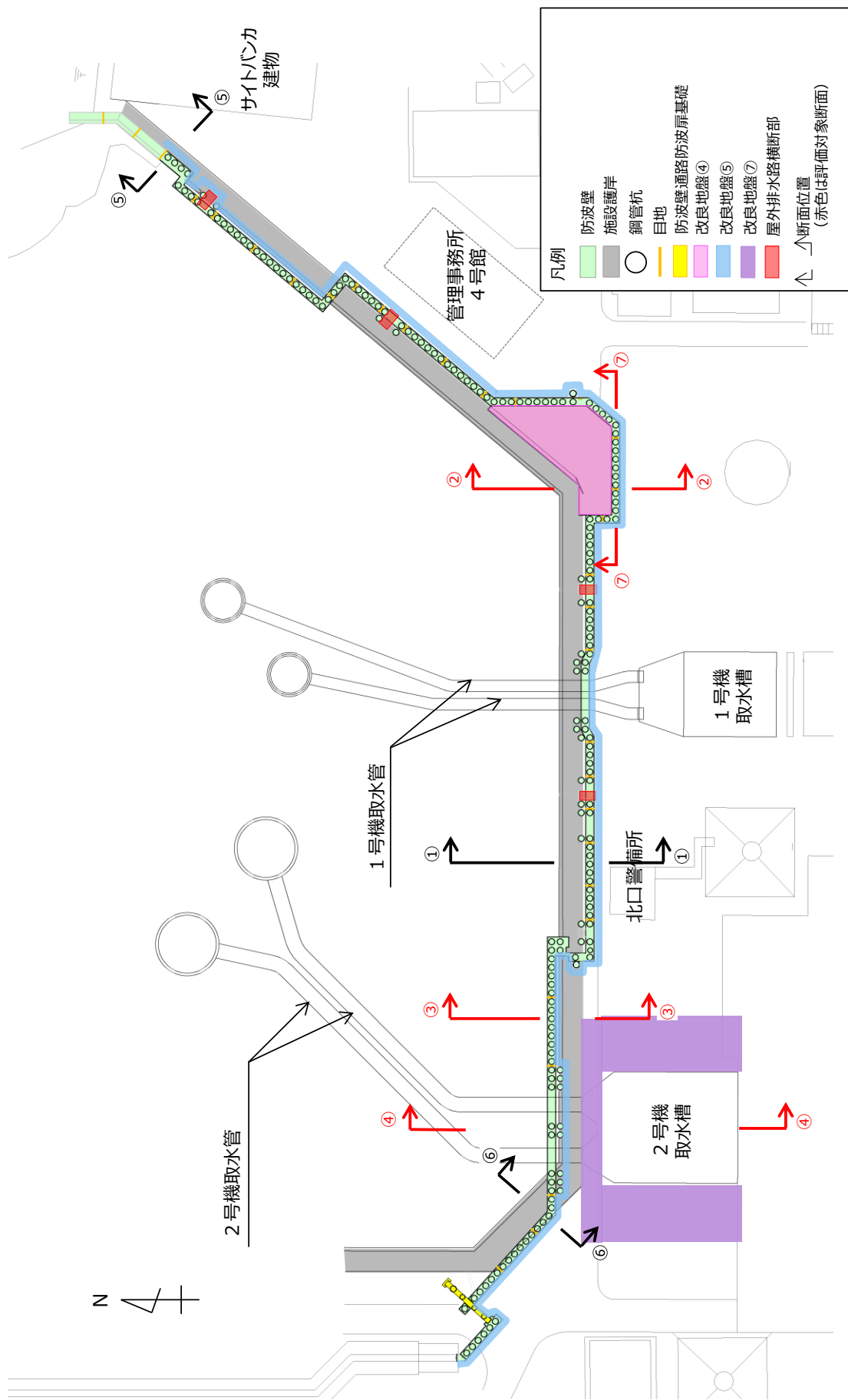


図 3-1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価対象断面位置図

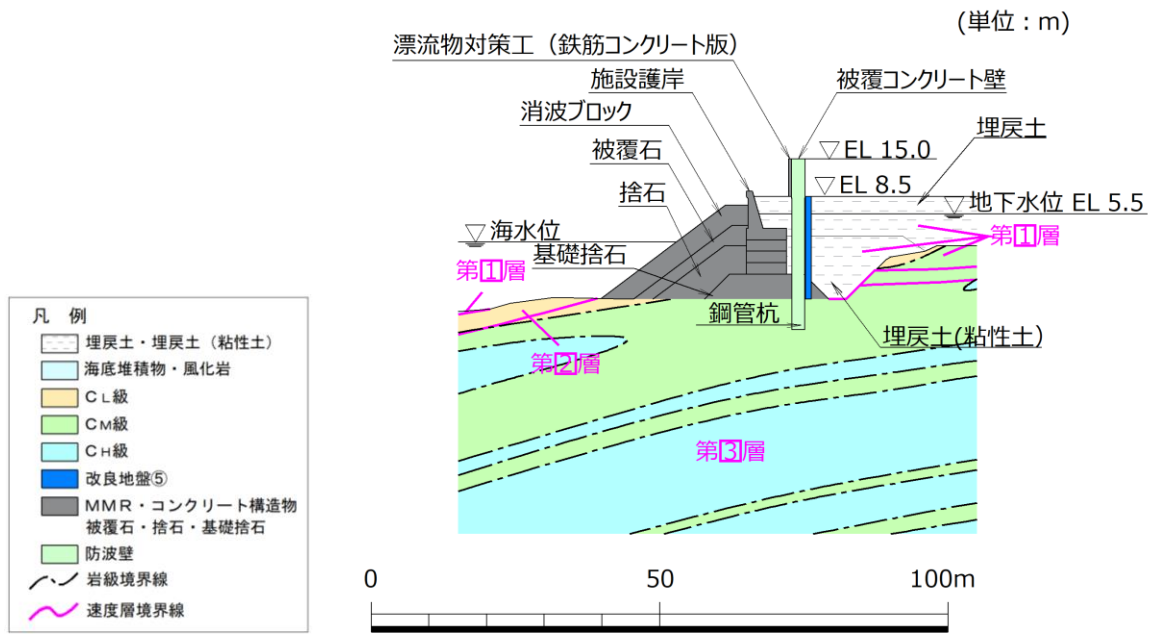


図 3-3 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の横断面図 (①-①断面)

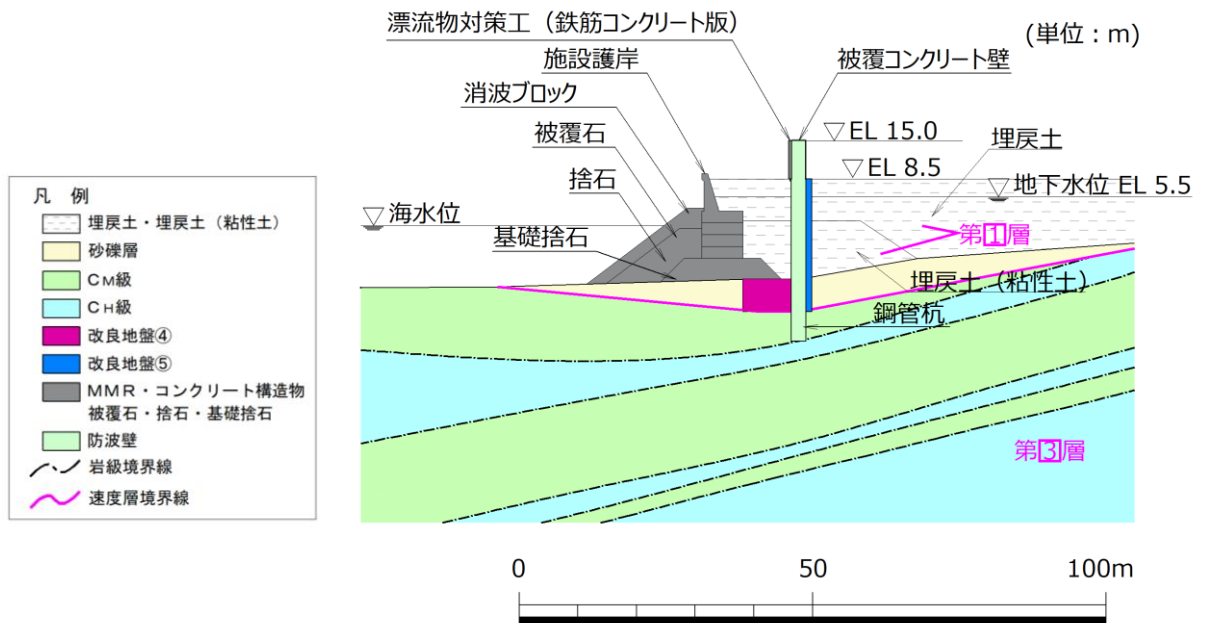


図 3-4 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の横断面図 (②-②断面)

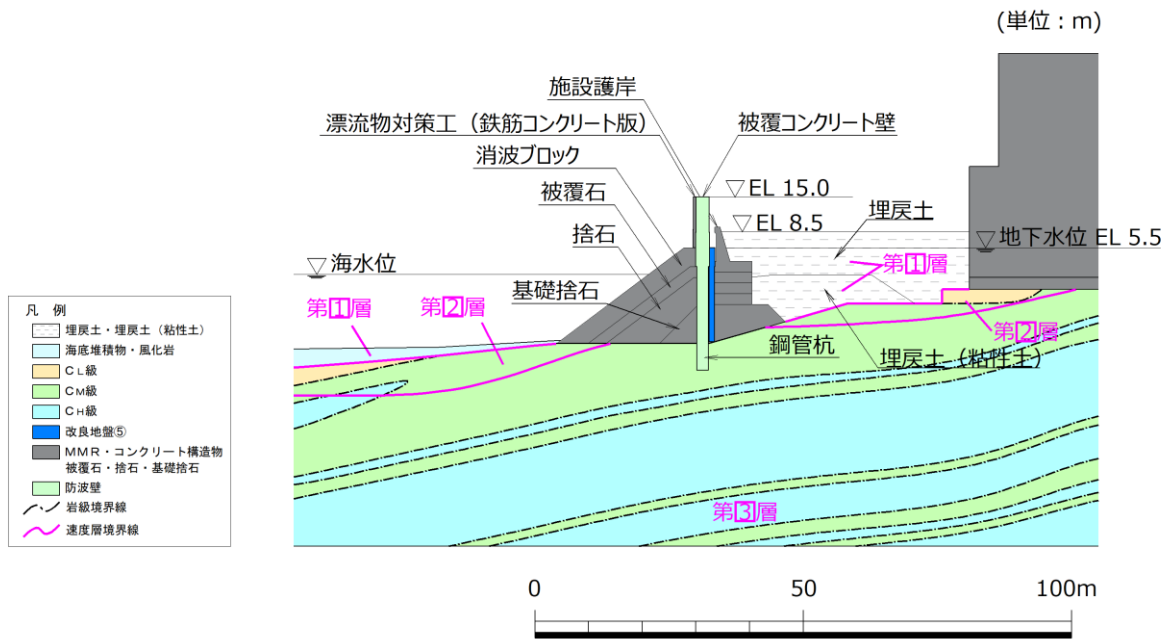


図 3-5 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（③-③断面）

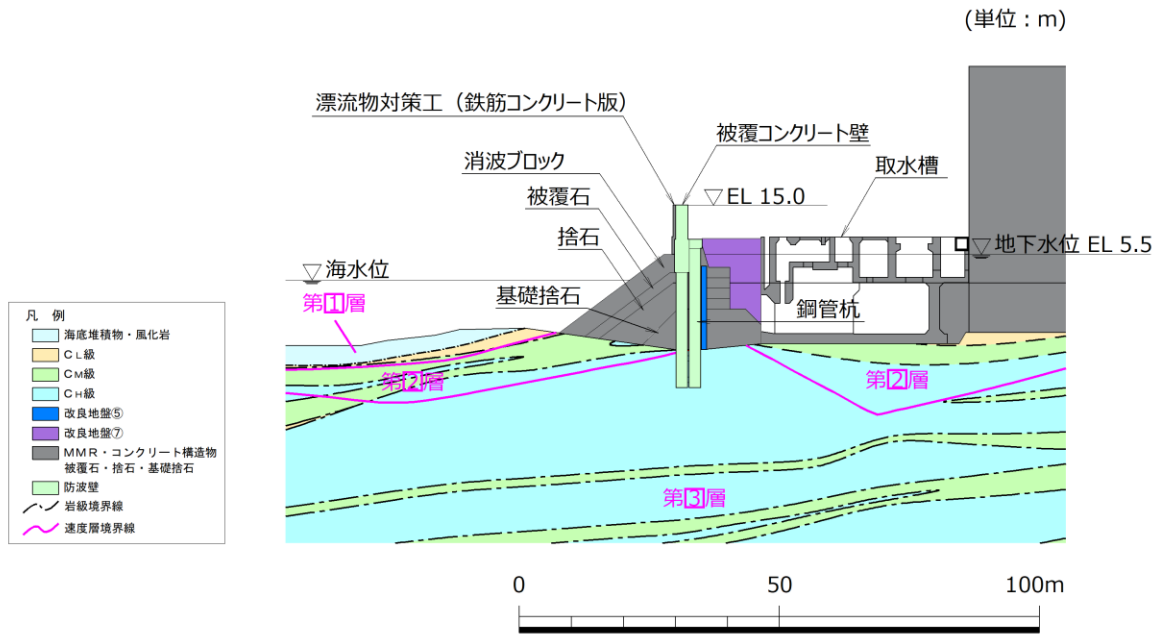


図 3-6 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（④-④断面）

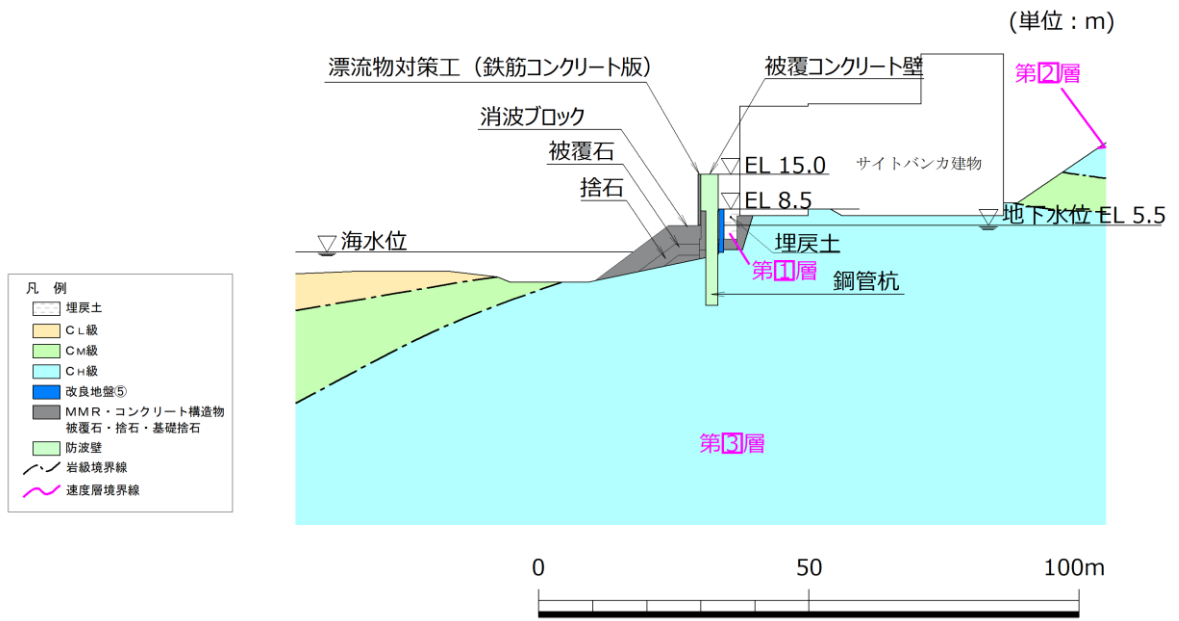


図 3-7 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（⑤-⑤断面）

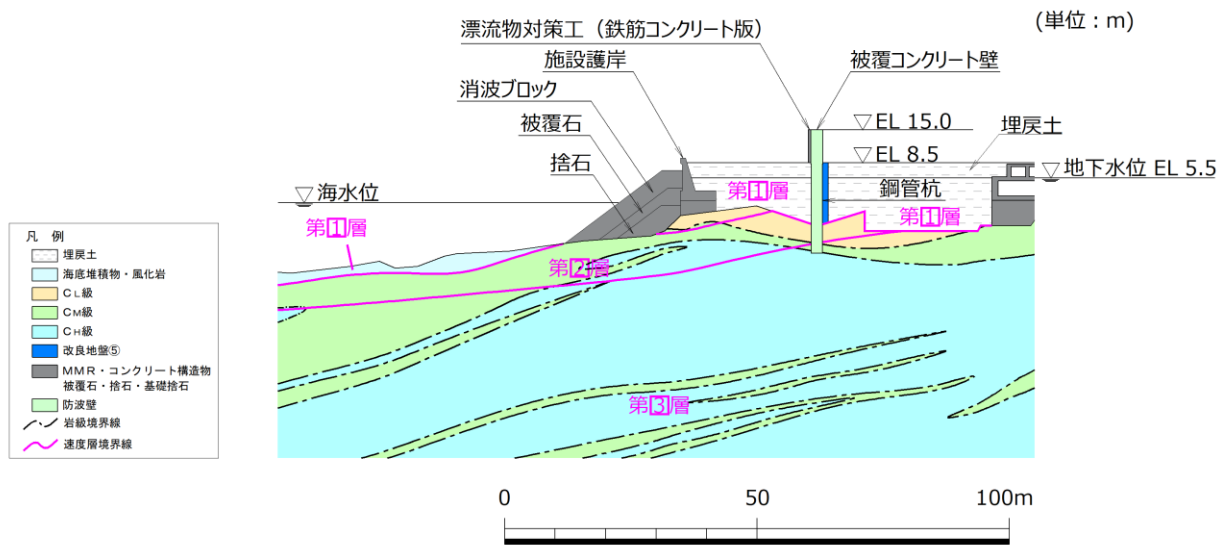


図 3-8 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（⑥-⑥断面）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】
 単管 : ϕ 1600 mm
 4重管 : ϕ 1600 mm, ϕ 1800 mm, ϕ 2000 mm, ϕ 2200 mm

(単位 : mm)

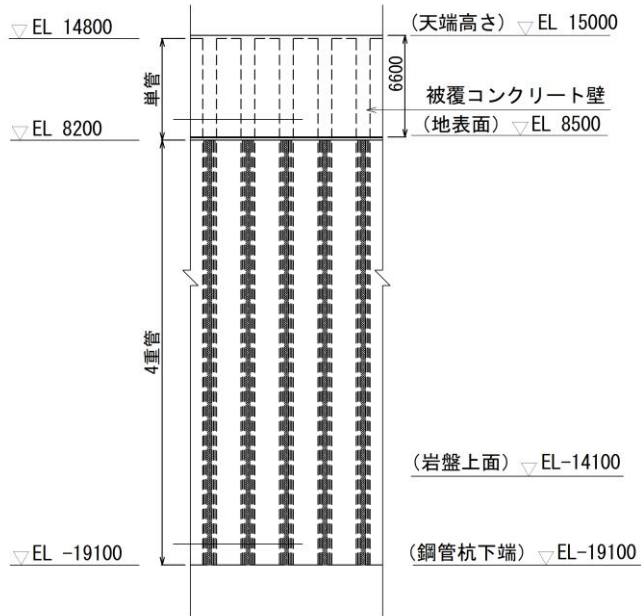


図 3-9(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（②-②断面）（正面図）

(単位 : mm)

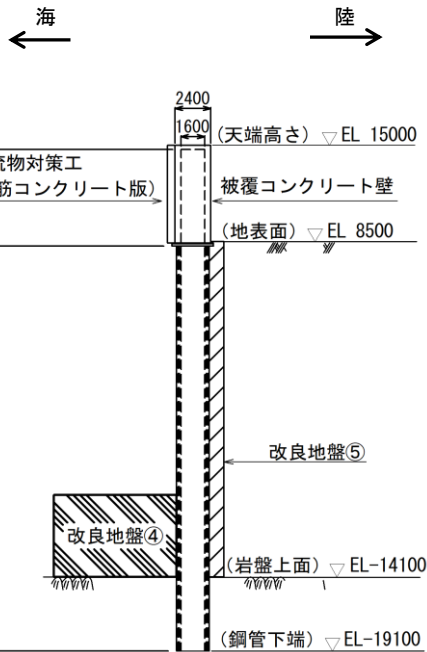


図 3-9(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（②-②断面）（断面図）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】
 単管 : φ 1600 mm
 3 重管 : φ 1600 mm, φ 1800 mm, φ 2000 mm
 4 重管 : φ 1600 mm, φ 1800 mm, φ 2000 mm, φ 2200 mm

(単位 : mm)

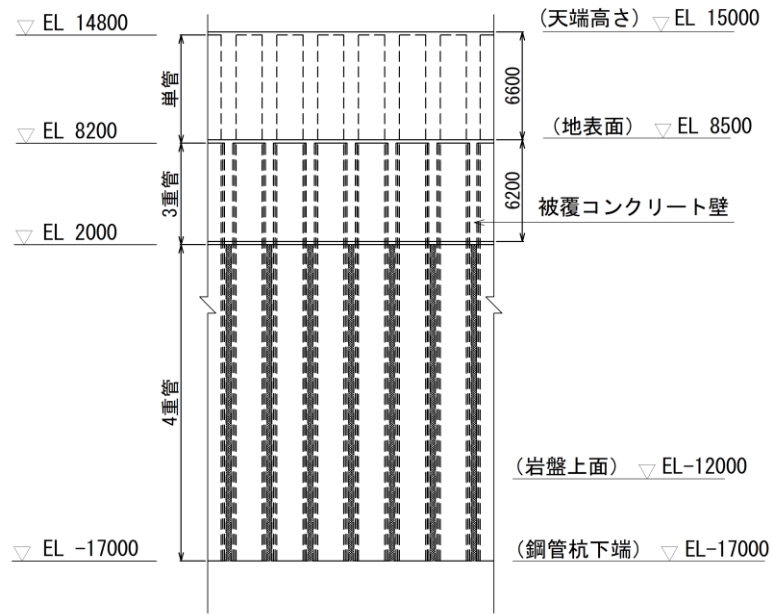


図 3-10(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（③-③断面）（正面図）

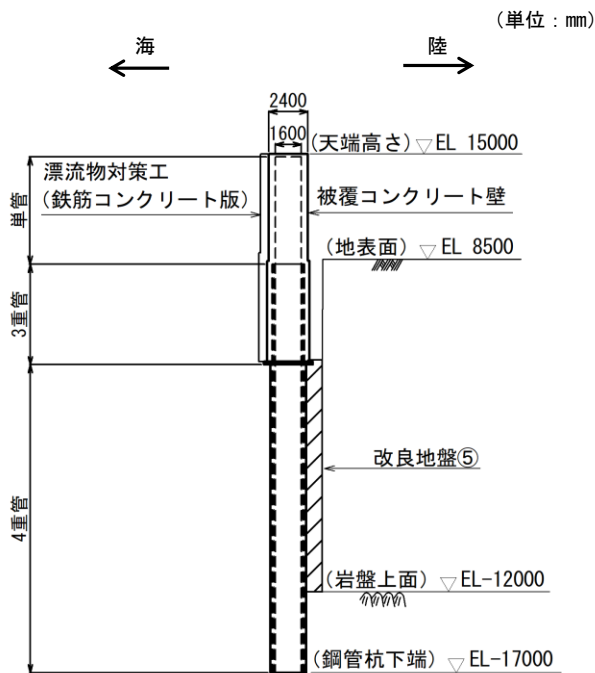


図 3-10(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（③-③断面）（断面図）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】	
単管	: φ 1600 mm
2重管	: φ 1600 mm, φ 1800 mm
3重管	: φ 1600 mm, φ 1800 mm, φ 2000 mm
4重管	: φ 1600 mm, φ 1800 mm, φ 2000 mm, φ 2200 mm

(単位: mm)

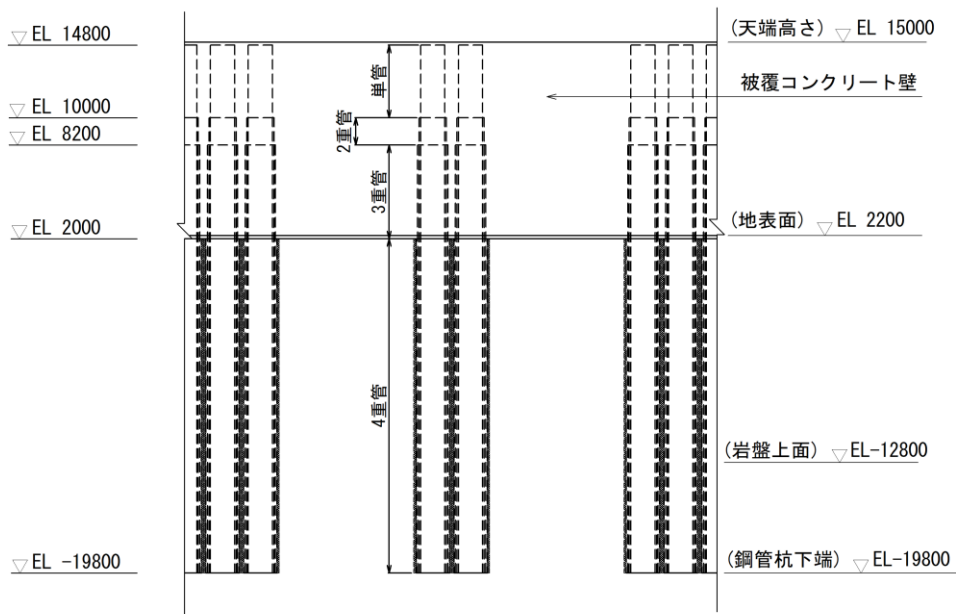


図 3-11(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，海側）（正面図）

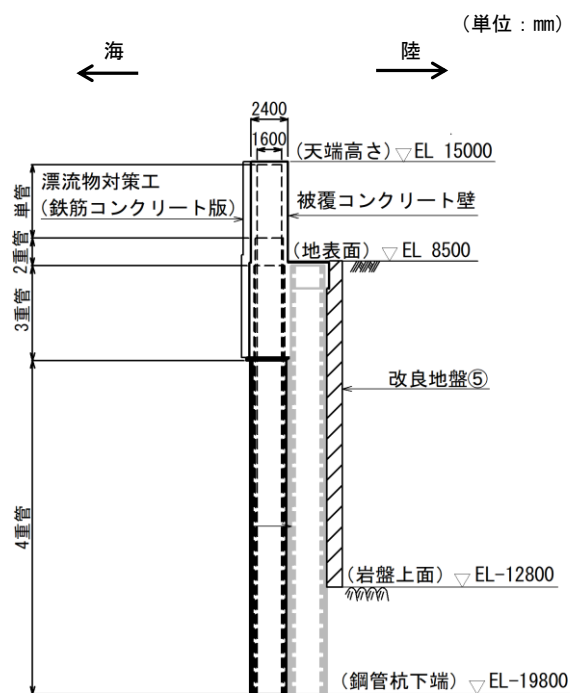


図 3-11(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，海側）（断面図）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

4重管：φ 1600 mm，φ 1800 mm，φ 2000 mm，φ 2200 mm

（単位：mm）

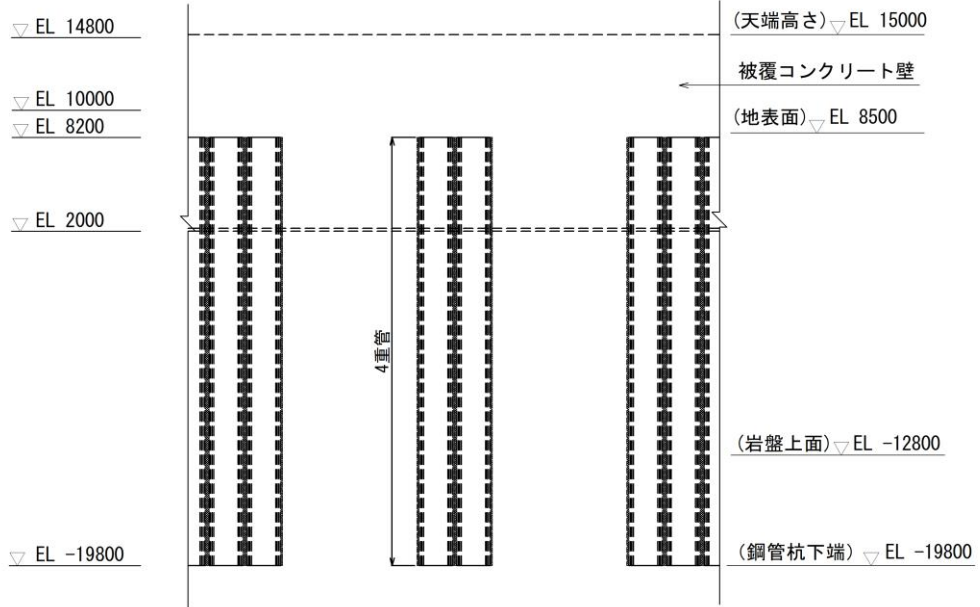


図 3-12(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，陸側）（正面図）

（単位：mm）

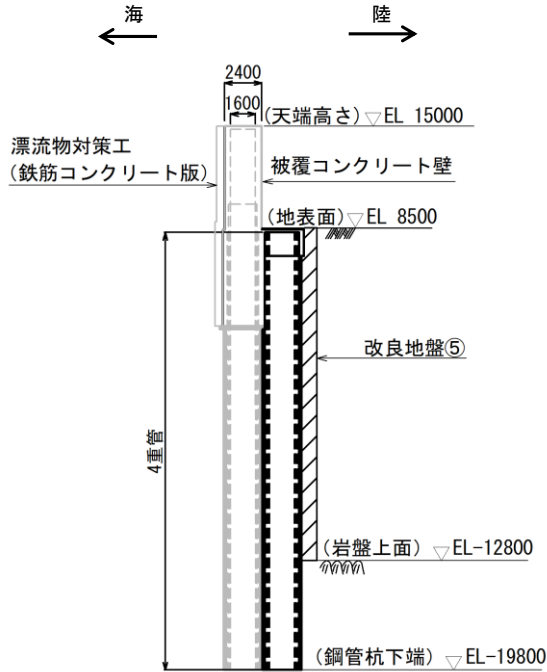


図 3-12(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，陸側）（断面図）

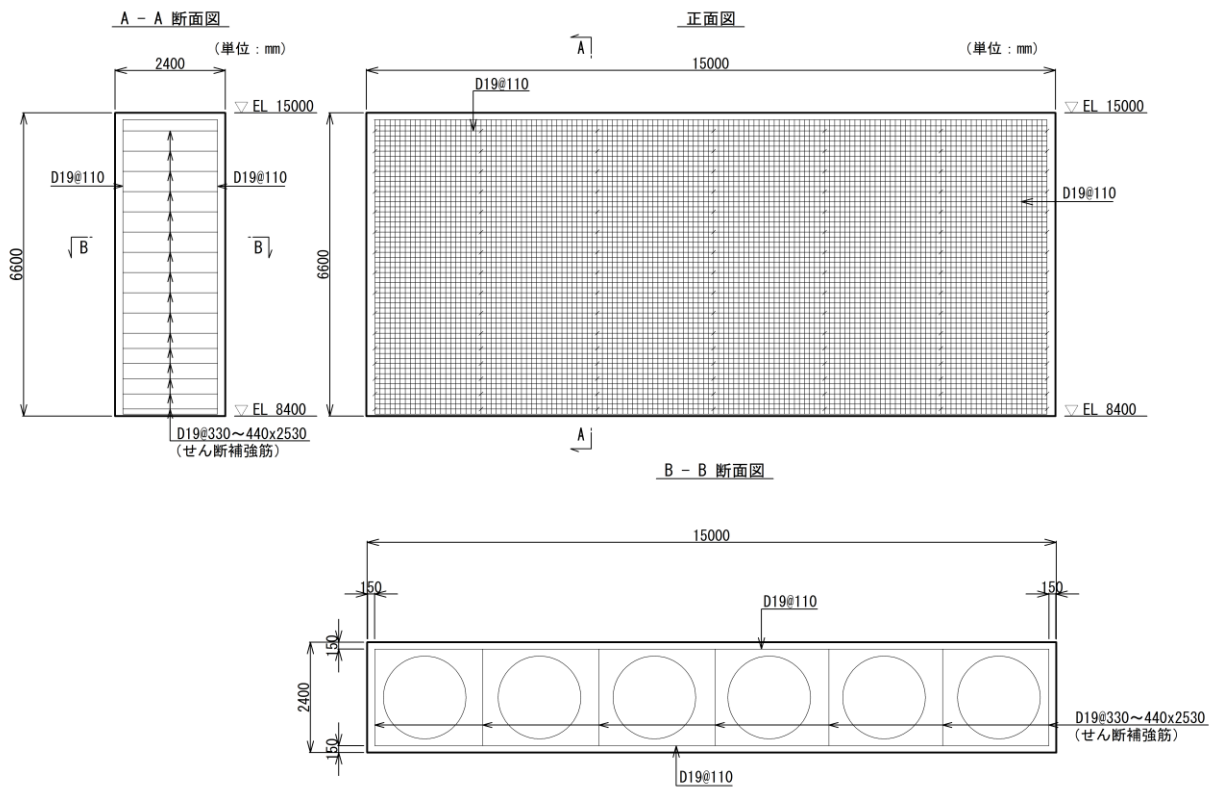


図 3-13 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の
被覆コンクリート壁の概略配筋図（②-②断面）

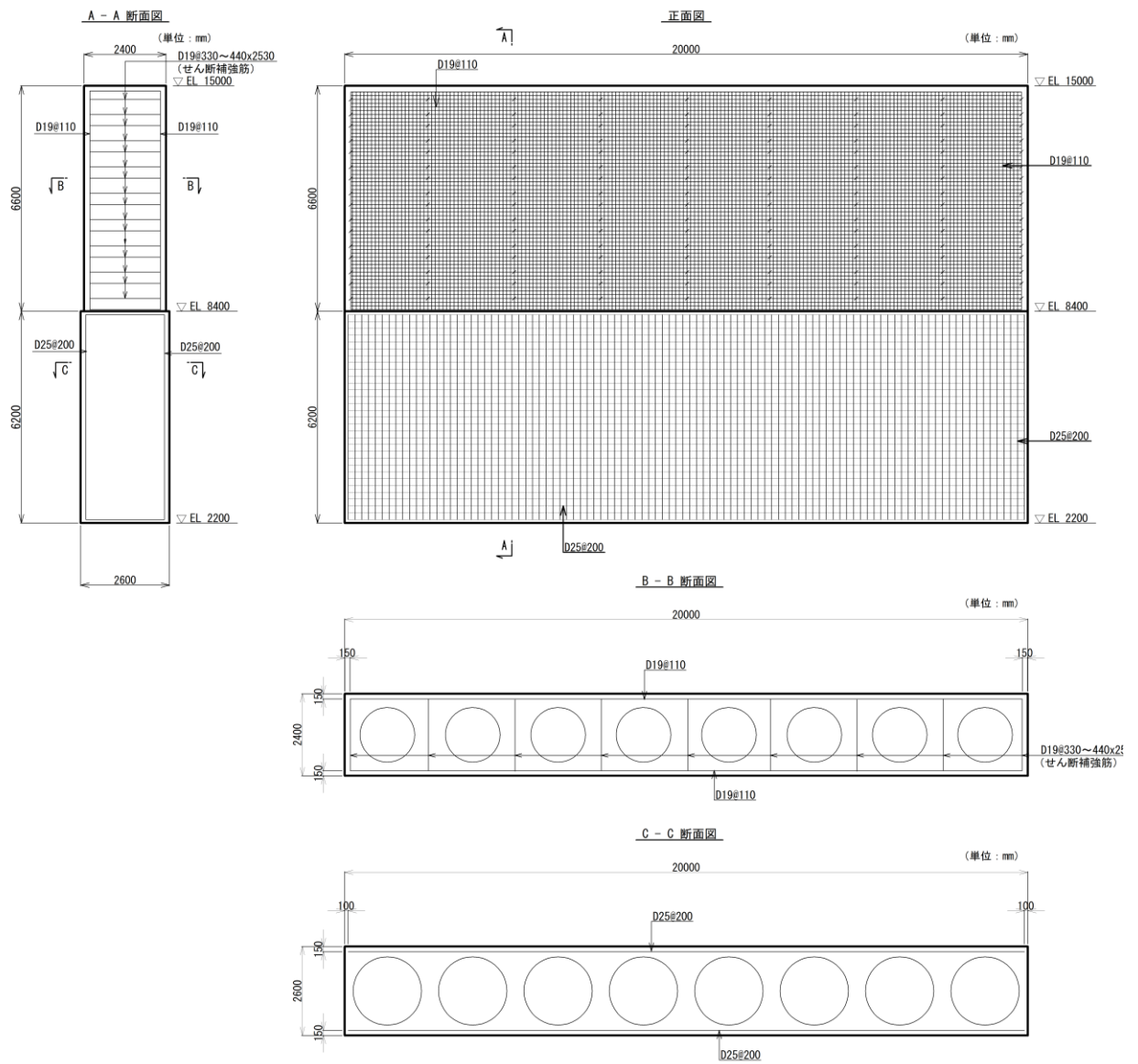


図 3-14 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の被覆コンクリート壁の概略配筋図 (③-③断面)

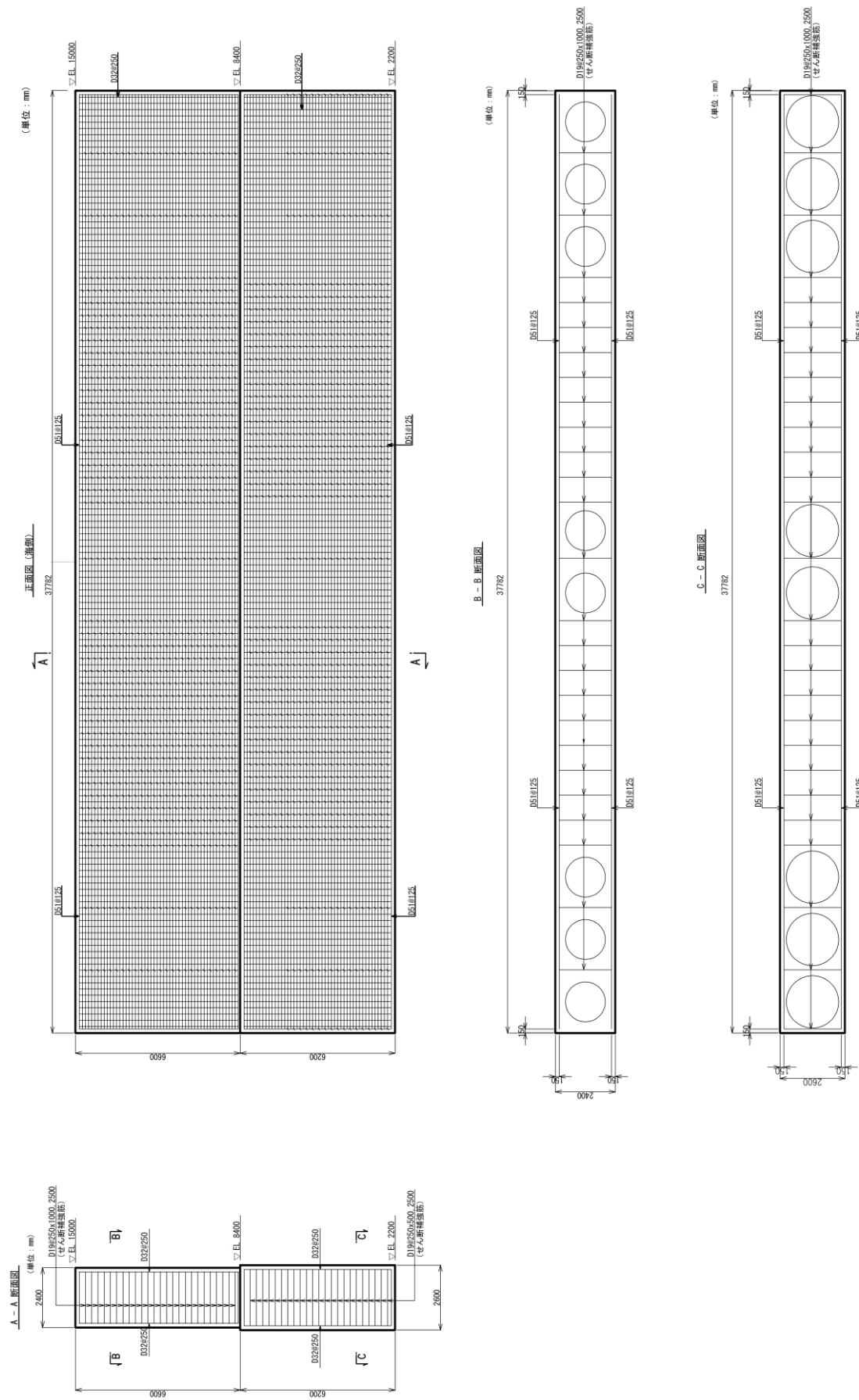


図 3-15 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の被覆コンクリート壁の概略配筋図 (④-④断面)

3.2.2 評価対象部位

評価対象部位は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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

2次元静的有限要素法及び2次元動的有限要素法による施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、鋼管杭，改良地盤④及び改良地盤⑤とする。

3次元構造解析による施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、被覆コンクリート壁とする。

(2) 施設の変形性評価

2次元静的有限要素法及び2次元動的有限要素法による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

2次元静的有限要素法及び2次元動的有限要素法による基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）を支持する基礎地盤（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、固定荷重及び積載荷重とする。

(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。

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。

(3) 余震荷重 (K S d)

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d-D による地震力及び動水圧を考慮する。

(4) 衝突荷重 (P_c)

衝突荷重は、漂流物による衝突荷重を選定し、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(鉄筋コンクリート版)による荷重分散を考慮する。衝突荷重は表 3-2 に示す。

表 3-2 衝突荷重

評価対象断面	②-②断面	③-③断面	④-④断面
衝突荷重(kN/m ²)	210	180	149

(5) 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・同施行令」に基づき算定する。

(6) 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 1cm 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 に示す。強度評価に用いる荷重の組合せは津波時及び重畳時に区分し、荷重の作用図を図 3-16 に示す。

表 3-3 荷重の組合せ

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

- G : 固定荷重
- P : 積載荷重
- P_t : 遡上津波荷重
- $K S_d$: 余震荷重
- P_c : 衝突荷重
- P_k : 風荷重
- P_s : 積雪荷重

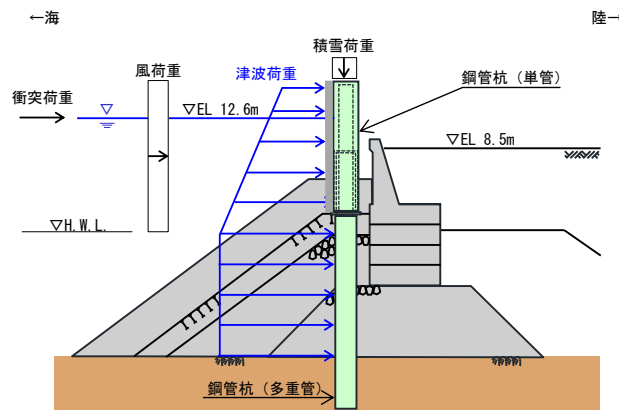


図 3-16(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の荷重作用図（津波時）

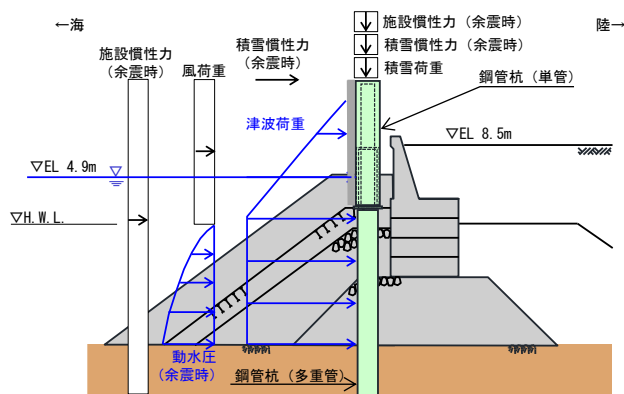


図 3-16(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の荷重作用図（重畳時）

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 鋼管杭

鋼管杭の許容限界は「道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（（社）日本道路協会，平成14年3月）」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）」を基に算出した降伏モーメント及び短期許容せん断力とする。表3-4に鋼管杭の許容限界を示す。

降伏モーメントは次式により算定する。

$$M_y = \sum (f_{yi} - \frac{|N_i|}{A_i}) Z_{ei}$$

ここで、

M_y : 多重鋼管杭の降伏モーメント (kN・m)

f_{yi} : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の降伏基準点 (N/mm²)

Z_{ei} : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面係数 (mm³)

N_i : 多重鋼管杭を構成する各鋼管に発生する軸力 (kN)

A_i : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面積 (mm²)

短期許容せん断力は次式により算定する。

$$Q_a = \sum \tau_{ai} A_i$$

ここで、

Q_a : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の短期許容せん断力 (kN)

τ_{ai} : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の短期許容応力度 (N/mm²)

A_i : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面積 (mm²)

表 3-4 鋼管杭の許容限界

断面	杭種	杭位置	杭径 (m)	杭板厚 (mm)	鋼種	降伏 モーメント*2 (kN・m)		短期許容 せん断力 (kN)	
						津波時	重畳時	津波時	重畳時
②-②断面	地下部 (4重管)	最内管	φ 1.6	25	SKK490	14637	—	19421	—
		最内管から 2番目の管	φ 1.8	25	SKK490				
		最内管から 3番目の管	φ 2.0	25	SKK490				
		最内管から 4番目の管	φ 2.2	25*1	SM490Y				
③-③断面		最内管	φ 1.6	25	SKK490	14706	88462	19421	95166
		最内管から 2番目の管	φ 1.8	25	SKK490				
		最内管から 3番目の管	φ 2.0	25	SKK490				
		最内管から 4番目の管	φ 2.2	25*1	SM490Y				
④-④断面 海側杭		最内管	φ 1.6	25	SKK490	34083	57468	19421	65661
		最内管から 2番目の管	φ 1.8	25	SKK490				
		最内管から 3番目の管	φ 2.0	25	SKK490				
		最内管から 4番目の管	φ 2.2	25*1	SM490Y				
④-④断面 陸側杭		最内管	φ 1.6	25	SKK490	88953	89308	41308	95166
		最内管から 2番目の管	φ 1.8	25	SKK490				
		最内管から 3番目の管	φ 2.0	25	SKK490				
		最内管から 4番目の管	φ 2.2	25*1	SM490Y				

注記*1: 「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,

腐食代1mmを考慮する。

*2: 降伏モーメントは, 鋼管杭に発生する軸力を考慮する。

3.4.2 被覆コンクリート壁

被覆コンクリート壁の許容限界は「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 3-5 に示す短期許容応力度とする。

表 3-5 被覆コンクリート壁の許容限界

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
許容せん断応力度 τ_{a1}		0.45	0.67
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。

3.4.3 改良地盤

改良地盤の施設・地盤の健全性評価に用いる許容限界は「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) 」を準用する。改良地盤の許容限界を表 3-6 に示す。

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（シートジョイント）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。止水目地（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（シートジョイント）の許容限界

評価項目	許容限界 (mm)
変位量	1580

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 (kN/mm ²)
極限支持力度	岩盤	C _H 級	9.8
		C _M 級	

3.5 評価方法

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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方針」の「3. 強度評価方法」に基づき設定する。

3.5.1 津波時

(1) 2次元有限要素法

a. 解析方法

津波時に発生する応力値及び変位は，「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高さ EL 11.9m に余裕を考慮した津波高さ EL 12.6m 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」を使用し，解析コードの検証及び妥当性確認の概要については，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，解析ケース①（基本ケース）を実施する。

また，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面又は背面には，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（多重鋼管杭式擁壁）の変形抑制に寄与する可能性が高いと考えられる②-②断面及び③-③断面については，解析ケース②を実施する。（「5.1.6 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	施設護岸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

b. 施設

鋼管杭は、線形はり要素（ビーム要素）によりモデル化する。

c. 解析モデル

評価対象断面のうち②－②断面，③－③断面，④－④断面及び⑦－⑦断面の解析モデルは，VI-2-10-2-2-3「防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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次元静的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

鋼管杭は，線形はり要素（ビーム要素）によりモデル化する。

被覆コンクリート壁は，横断方向の断面においては，モデル化せず，鋼管杭をモデル化したはりの単位体積重量に被覆コンクリート壁の重量を考慮し，縦断方向の断面においては，線形の平面ひずみ要素によりモデル化する。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は，モデル化せず，その重量を考慮する。

(d) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。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。

消波ブロックはモデル化しない。

(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（国土交通省港湾局，2007）」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。

d. 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。鋼管杭の使用材料を表 3-10 に、材料の物性値を表 3-11 に示す。

表 3-10 使用材料

材料		諸元
鋼管杭		φ 2200mm (SKK490, SM490Y) t=25mm*
		φ 2000mm (SKK490) t=25mm
		φ 1800mm (SKK490) t=25mm
		φ 1600mm (SKK490) t=25mm
被覆コンクリート壁	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度：24N/mm ²

注記*：「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，腐食代 1mm を考慮する。

表 3-11 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鋼管杭	77.0*	2.0×10 ⁵ *	0.3
被覆コンクリート壁	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）

e. 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④及び改良地盤⑤の残留強度及び引張強度を表 3-12 のとおり設定する。

表 3-12 改良地盤④及び改良地盤⑤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④	0.0	43.03	0.109
改良地盤⑤	0.0	35.60	1.160

f. 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 3-13 に示す。

表 3-13 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	防波壁より陸側：EL 5.5m 防波壁より海側：EL 0.58m

g. 評価方法

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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方針」の「3. 強度評価方法」に基づき設定する。

(a) 鋼管杭

イ. 曲げ照査

鋼管杭の発生曲げモーメントが許容限界以下であることを確認する。

ロ. せん断照査

鋼管杭の発生せん断力が許容限界以下であることを確認する。

(b) 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基に，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。すべり安全率の算定には，解析コード「CPOSTSK」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。

(c) 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 3-17 に示すとおり、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）天端における津波時の変位量とし、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。

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

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

ここで、

δ_{x1} : x 方向（法線直交方向）の津波時の相対変位量

δ_{z1} : z 方向（深度方向）の津波時の相対変位量

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（シートジョイント）の津波時の変位量とする。

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

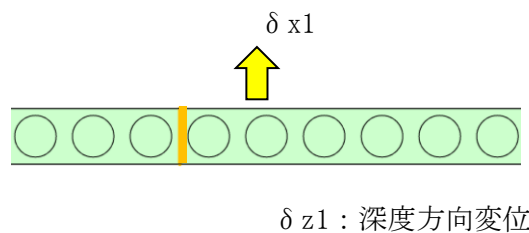


図 3-17 津波時の変位量の概念図

(d) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、杭下端部の軸力を用いて次式により算定される軸応力度が基礎地盤の許容限界以下であることを確認する。

$$R_d = \frac{N}{A'}$$

ここで、

R_d : 鋼管杭下端の軸力より算定される軸応力度 (N/mm²)

N : 鋼管杭下端に発生する軸力 (kN)

A' : 鋼管杭下端の断面積 (mm²)

(2) 3次元構造解析

a. 解析方法

津波時に発生する応力値は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて3次元構造解析により算定する。なお、衝突荷重は入力高さ EL 11.9m に余裕を考慮した津波高さ EL 12.6m に作用させる。

3次元構造解析に用いる解析コードは、「FINAS/STAR」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

b. 施設

被覆コンクリート壁はソリッド要素でモデル化する。

c. 解析モデル

防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の3次元構造解析における解析モデルを図3-18～図3-20に示す。

(a) 構造物のモデル化

3次元構造解析モデルにおいて、鋼管杭はシェル要素でモデル化し、被覆コンクリート壁はソリッド要素でモデル化する。漂流物対策工(鉄筋コンクリート版)は、モデル化せず、その重量を考慮する。

(b) 地盤ばね

3次元構造解析モデルのうち地中部の鋼管杭には、地盤抵抗を表現するため、「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)」及び「道路橋示方書(V 耐震設計編)・同解説((社)日本道路協会, 平成14年3月)」に基づき地盤ばねを設置する。

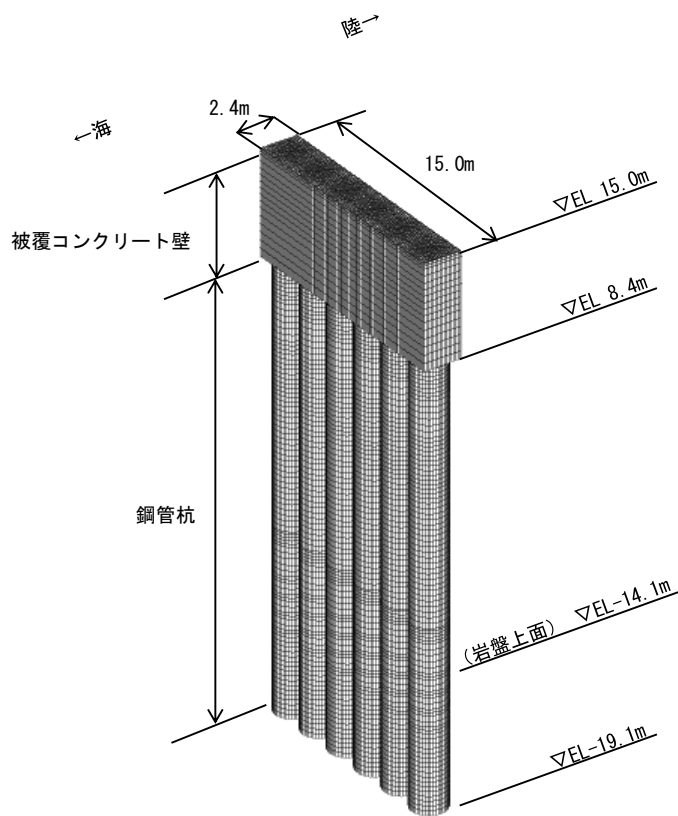


図 3-18 3次元構造解析モデル (②—②断面)

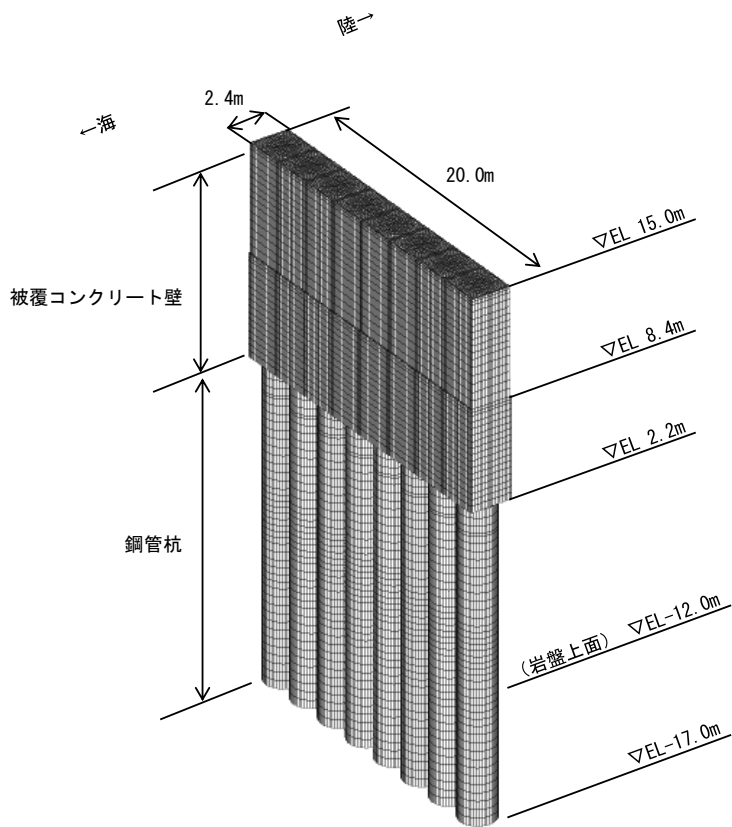


図 3-19 3次元構造解析モデル (③—③断面)

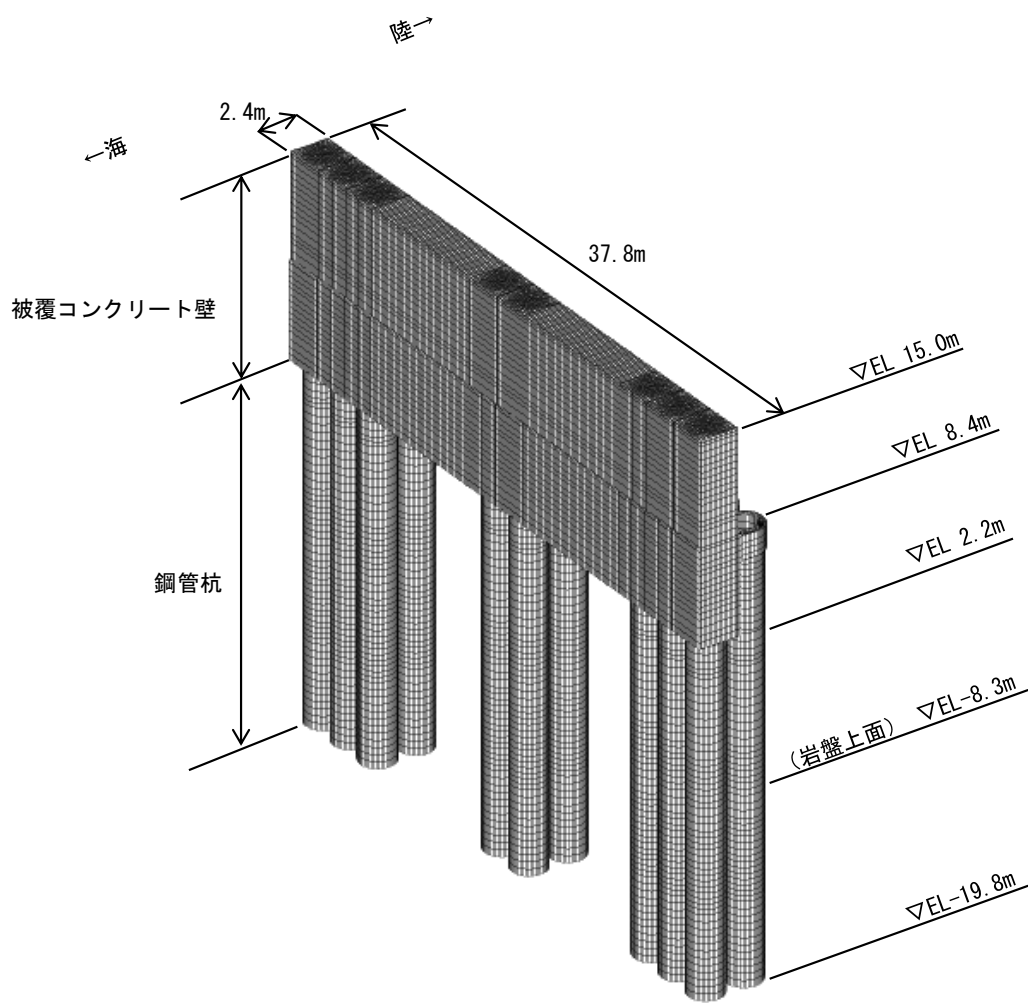


図 3-20 3次元構造解析モデル (④—④断面)

d. 使用材料及び材料の物性値

構造物の使用材料を表 3-14 に、材料の物性値を表 3-15 に示す。鋼管杭の使用材料及び物性値は、「(1) 2次元有限要素法」に示したものをを用いる。

表 3-14 使用材料

材料		諸元
被覆コンクリート壁	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度：24N/mm ²

表 3-15 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
被覆コンクリート壁	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）

e. 評価方法

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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方針」の「3. 強度評価方法」に基づき設定する。

(a) 被覆コンクリート壁

被覆コンクリート壁の評価は、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圧縮応力度及び曲げ引張応力度並びにせん断力より算定されるせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

応力度算定には、解析コード「EMRGINING」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。

3.5.2 重畳時

(1) 2次元有限要素法

a. 解析方法

重畳時に発生する応力値及び変位は、「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及び2次元動的有限要素法により算定する。

2次元静的有限要素法及び2次元動的有限要素法に用いる解析コードは、「F L I P」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

b. 施設

施設のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

c. 減衰定数

Rayleigh減衰を考慮することとし、剛性比例型減衰($\alpha=0$, $\beta=0.002$)を設定する。

d. 解析ケース

重畳時においては、VI-2-10-2-2-3「防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の地震応答計算書」に基づき、③-③断面及び④-④断面においては、弾性設計用地震動S d-Dに対し、解析ケース①を実施する。

e. 入力地震動

入力地震動は、弾性設計用地震動S d-Dについて、VI-2-10-2-2-3「防波壁(多重鋼管杭式擁壁)の地震応答計算書」に基づき設定する。

f. 解析モデル

(a) 解析領域

解析領域については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(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。

2次元静的有限要素法では底面固定及び水平固定とし、2次元動的有限要素法では半無限地盤を模擬するため、粘性境界を設ける。

(c) 構造物のモデル化

構造物のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(d) 地盤のモデル化

地盤のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(e) 海水のモデル化

海水のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(f) ジョイント要素の設定

ジョイント要素の設定については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

g. 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様とする。

h. 地盤の物性値

地盤の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様とする。

i. 地下水位

地下水位については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

j. 評価方法

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の重畳時の強度評価は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」の「3. 強度評価方法」に基づき設定する。

(a) 鋼管杭

イ. 曲げ照査

鋼管杭の曲げ照査については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

ロ. せん断照査

鋼管杭のせん断照査については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(b) 改良地盤

改良地盤の照査については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(c) 止水目地

止水目地（シートジョイント）の重畳時の変形性評価は、重畳時の最大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 3-21 に示すとおり、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）天端における重畳時の変位量とし、保守的に最大の相対変位量を 2 倍したものを算定する。

y 方向（法線方向）の変位量は、余震荷重のみによって生じるが、余震荷重は地震荷重に包絡されることから、保守的に地震時の y 方向（法線方向）の相対変位量を考慮する。

$$x \text{ 方向（法線直交方向）の重畳時の変位量} \quad \delta_x : \delta_x = |\delta_x(T)| \times 2$$

$$y \text{ 方向（法線方向）の地震時の変位量} \quad \delta_y : \delta_y = |\delta_y(T)|$$

$$z \text{ 方向（深度方向）の重畳時の変位量} \quad \delta_z : \delta_z = |\delta_z(T)| \times 2$$

ここで、

$\delta_x(T)$: x 方向（法線直交方向）の重畳時の最大相対変位量

$\delta_y(T)$: y 方向（法線方向）の地震時の最大相対変位量

$\delta_z(T)$: z 方向（深度方向）の重畳時の最大相対変位量

法線直交方向、法線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（3 方向合成）の変位量を求め、重畳時の止水目地の最大変位量とする。

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

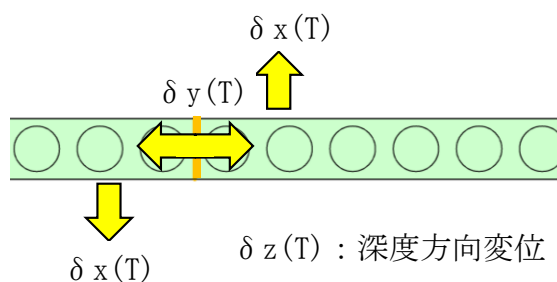


図 3-21 重畳時の変位量の概念図

(d) 基礎地盤

基礎地盤の照査については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(2) 3次元構造解析

a. 解析方法

重畳時に発生する応力値は、「3.3 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて3次元構造解析により算定する。

3次元構造解析に用いる解析コードは、「FINAS/STAR」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

構造部材の健全性評価において、照査時刻は構造的特徴を踏まえ、部材の評価が厳しくなる時刻を地震応答解析の結果から選定する。

b. 施設

施設のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

c. 解析モデル

(a) 構造物のモデル化

構造物のモデル化については、「3.5.1 津波時」と同様とする。

(b) 地盤ばね

地盤ばねについては、「3.5.1 津波時」と同様とする。

d. 使用材料及び材料の物性値

使用材料及び材料の物性値は、「3.5.1 津波時」と同様とする。

e. 評価方法

評価方法は、「3.5.1 津波時」と同様とする。

4. 評価条件

「3. 強度評価方法」に用いる評価条件を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

4.1 津波時

表 4-1(1) 強度評価に用いる条件 (②-②断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	1299	kN
	固定荷重 (被覆コンクリート壁)	631	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 8.5m)	62.115	kN/m ²
P _c	衝突荷重	210	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
Z _e	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.6\text{m}$)	4.80×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.8\text{m}$)	6.10×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.0\text{m}$)	7.56×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.2\text{m}$)	8.81×10^7	mm ³
A	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.6\text{m}$)	1.24×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.8\text{m}$)	1.39×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.0\text{m}$)	1.55×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.2\text{m}$)	1.64×10^5	mm ²

表 4-1(2) 強度評価に用いる条件 (③-③断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	1116	kN
	固定荷重 (被覆コンクリート壁)	1160	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	133.542	kN/m ²
P _c	衝突荷重	180	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
Z _e	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.6\text{m}$)	4.80×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.8\text{m}$)	6.10×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.0\text{m}$)	7.56×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.2\text{m}$)	8.81×10^7	mm ³
A	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.6\text{m}$)	1.24×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.8\text{m}$)	1.39×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.0\text{m}$)	1.55×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.2\text{m}$)	1.64×10^5	mm ²

表 4-1(3) 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 (鋼管杭)	6639	kN
	固定荷重 (被覆コンクリート壁)	14925	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P _t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	133.542	kN/m ²
P _c	衝突荷重	149	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
Z _e	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.6\text{m}$)	4.80×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.8\text{m}$)	6.10×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.0\text{m}$)	7.56×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.2\text{m}$)	8.81×10^7	mm ³
A	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.6\text{m}$)	1.24×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.8\text{m}$)	1.39×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.0\text{m}$)	1.55×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.2\text{m}$)	1.64×10^5	mm ²

4.2 重畳時

表 4-2(1) 強度評価に用いる条件 (③-③断面)

記号	定義	数値	単位
G	固定荷重 (鋼管杭)	1116	kN
	固定荷重 (被覆コンクリート壁)	1160	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	47.995	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
Z _e	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.6\text{m}$)	4.80×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.8\text{m}$)	6.10×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.0\text{m}$)	7.56×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.2\text{m}$)	8.81×10^7	mm ³
A	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.6\text{m}$)	1.24×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.8\text{m}$)	1.39×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.0\text{m}$)	1.55×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.2\text{m}$)	1.64×10^5	mm ²

表 4-2(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 (鋼管杭)	6639	kN
	固定荷重 (被覆コンクリート壁)	14925	kN
P	積載荷重 (機器・配管荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P t	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	47.995	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
Z _e	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.6\text{m}$)	4.80×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=1.8\text{m}$)	6.10×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.0\text{m}$)	7.56×10^7	mm ³
	鋼管杭の断面係数 ($\Phi=2.2\text{m}$)	8.81×10^7	mm ³
A	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.6\text{m}$)	1.24×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=1.8\text{m}$)	1.39×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.0\text{m}$)	1.55×10^5	mm ²
	鋼管杭の断面積 ($\Phi=2.2\text{m}$)	1.64×10^5	mm ²

5. 評価結果

5.1 津波時

5.1.1 鋼管杭

(1) 曲げ照査

鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図5-1～図5-3に、鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表5-1～表5-3に示す。

この結果から鋼管杭の発生断面力が許容限界以下であることを確認した。

表5-1 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
5402	1212	14637	0.37

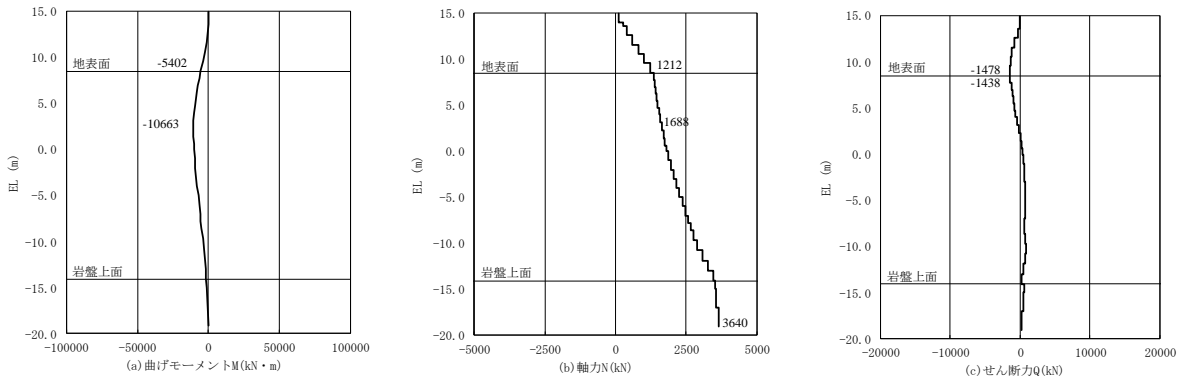


図5-1 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
最大照査値の評価時刻での断面力図
(②-②断面)

表 5-2 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(③-③断面)

発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
6502	1033	14706	0.45

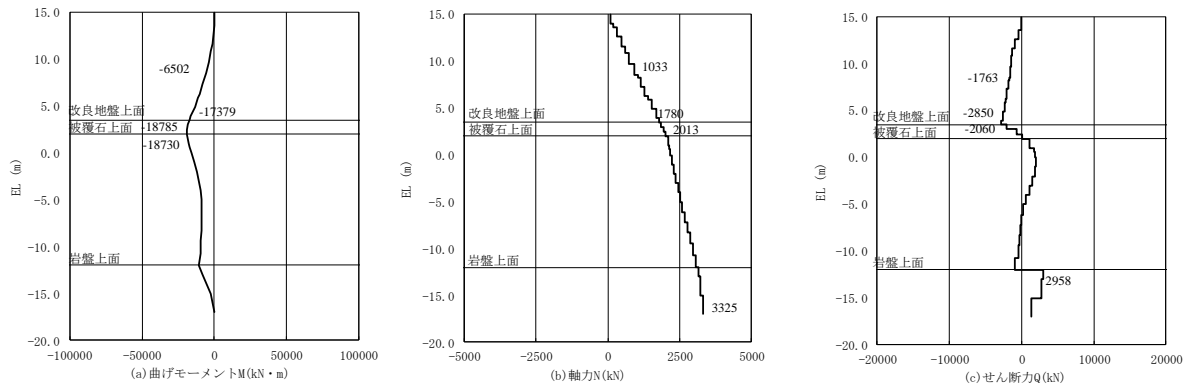


図 5-2 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
最大照査値の評価時刻での断面力図
(③-③断面)

表 5-3(1) 鋼管杭の曲げ・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, 海側杭)

発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
2526	587	34083	0.08

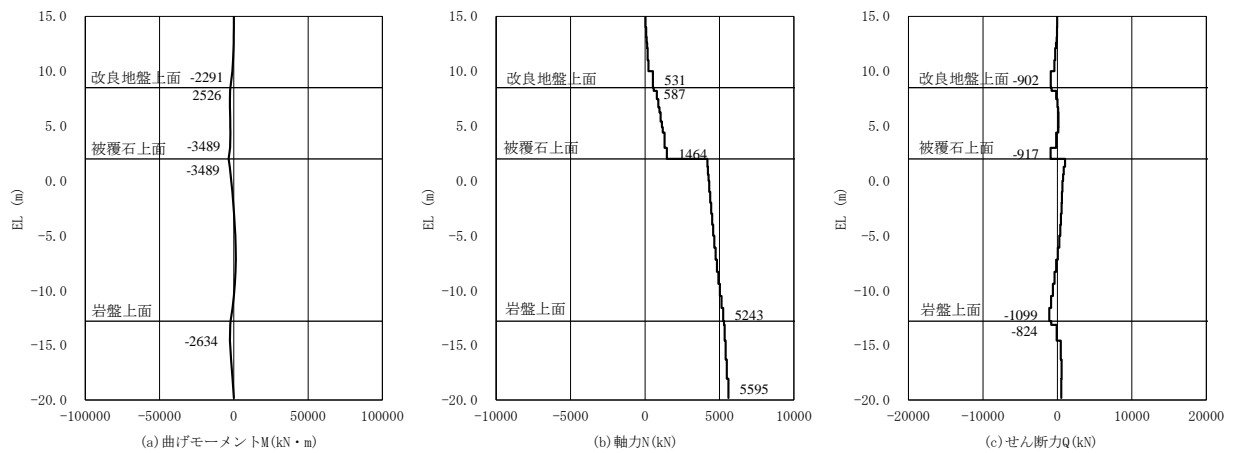


図 5-3(1) 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 最大照査値の評価時刻での断面力図
 (④-④断面, 海側杭)

表 5-3(2) 鋼管杭の曲げ・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, 陸側杭)

発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
3589	1038	88953	0.05

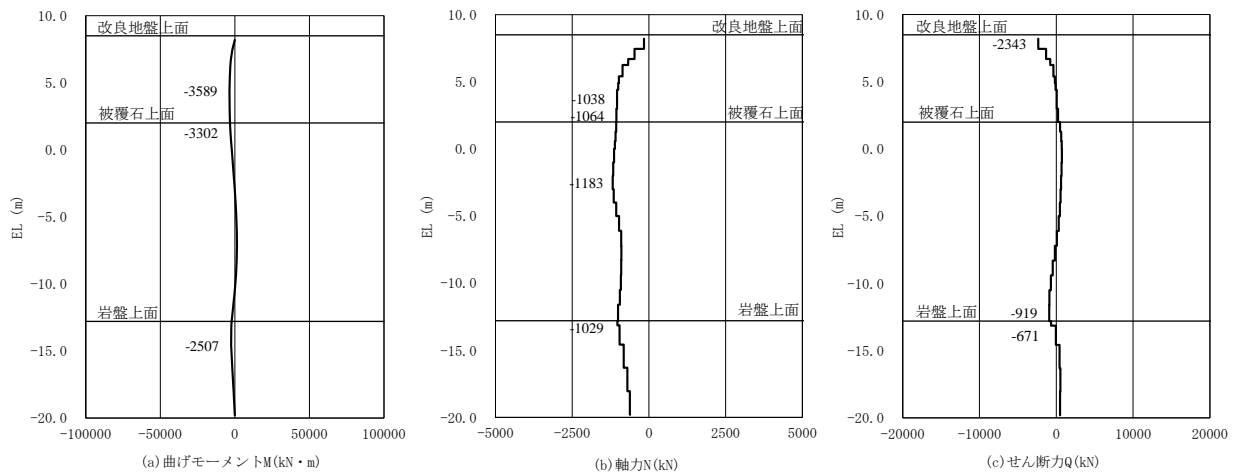


図 5-3(2) 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 最大照査値の評価時刻での断面力図
 (④-④断面, 陸側杭)

(2) せん断照査

鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図5-4～図5-6に、鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値を表5-4～表5-6に示す。

この結果から鋼管杭の発生断面力が許容限界以下であることを確認した。

表5-4 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

発生断面力	短期許容 せん断力 Q_a (kN)	照査値 Q/Q_a
せん断力 Q (kN)		
1478	19421	0.08

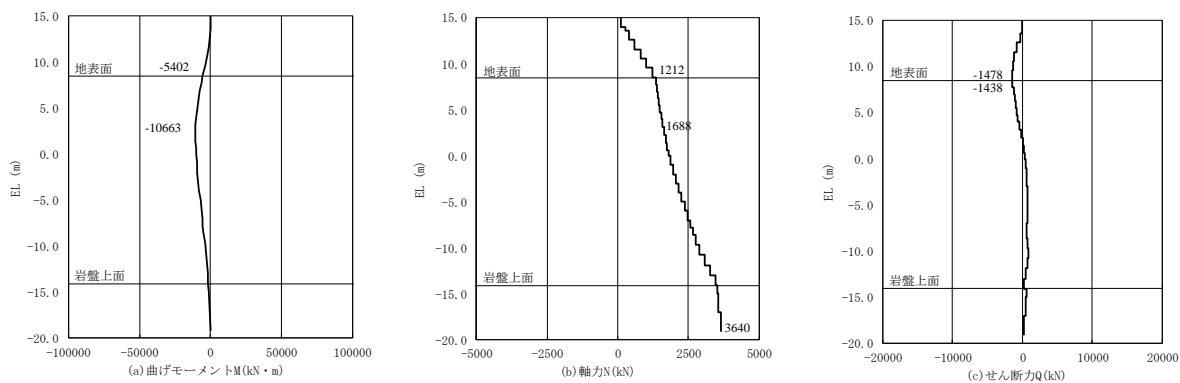


図5-4 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における
最大照査値の評価時刻での断面力図
(②-②断面)

表 5-5 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値

(③-③断面)

発生断面力	短期許容	照査値
せん断力 Q (kN)	せん断力 Q _a (kN)	Q/Q _a
1763	19421	0.10

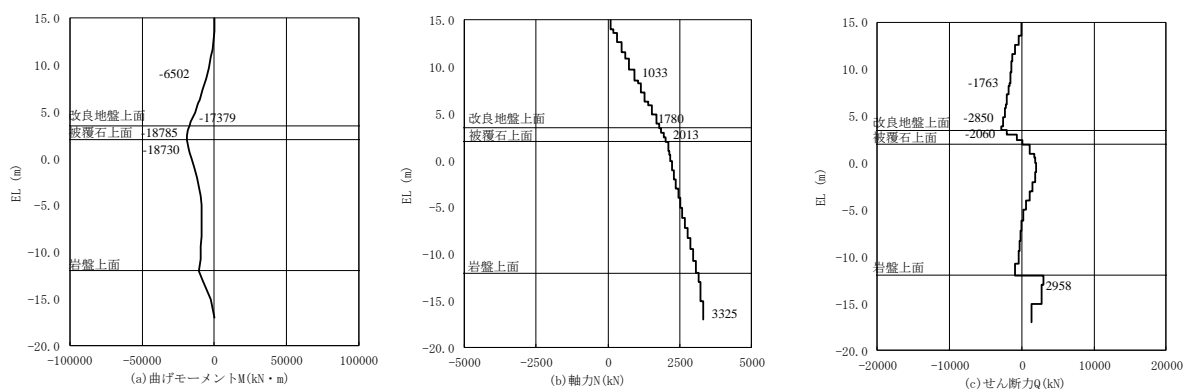


図 5-5 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における

最大照査値の評価時刻での断面力図

(③-③断面)

表 5-6(1) 鋼管杭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, 海側杭)

発生断面力	短期許容 せん断力 Q_a (kN)	照査値 Q/Q_a
せん断力 Q (kN)	41308	0.03

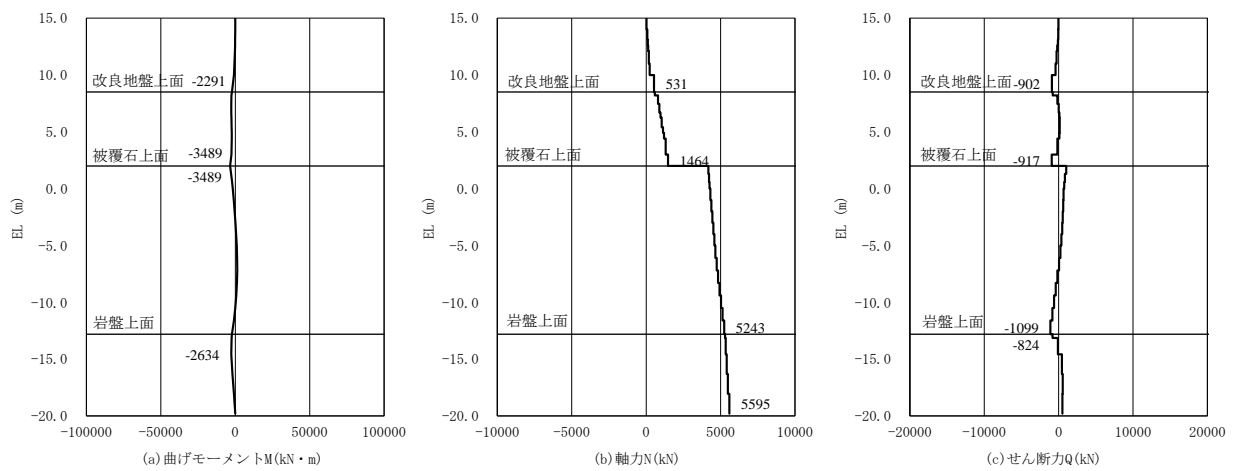


図 5-6(1) 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における
最大照査値の評価時刻での断面力図
(④-④断面, 海側杭)

表 5-6(2) 鋼管杭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, 陸側杭)

発生断面力	短期許容 せん断力 Q_a (kN)	照査値 Q/Q_a
せん断力 Q (kN)	95166	0.03

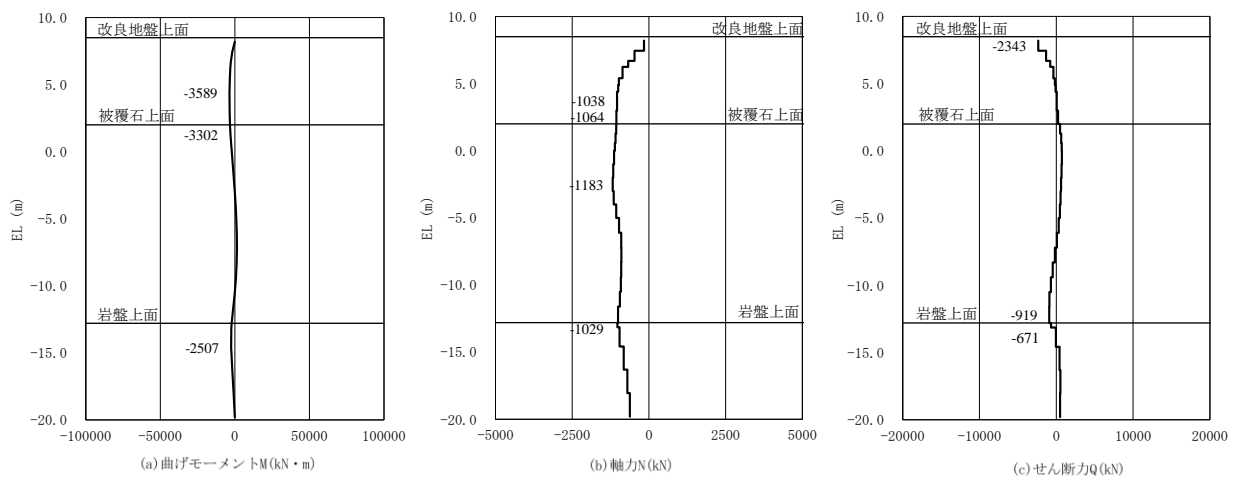


図 5-6(2) 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における
 最大照査値の評価時刻での断面力図
 (④-④断面, 陸側杭)

5.1.2 被覆コンクリート壁

3次元構造解析に基づく、被覆コンクリート壁の照査結果を示す。評価対象位置は、評価の厳しくなる杭間とした。評価対象位置図を図5-7～図5-9に示す。評価対象位置は、②-②断面においては評価対象位置I～Vとし、③-③断面及び④-④断面においては評価対象位置I～VIIとする。

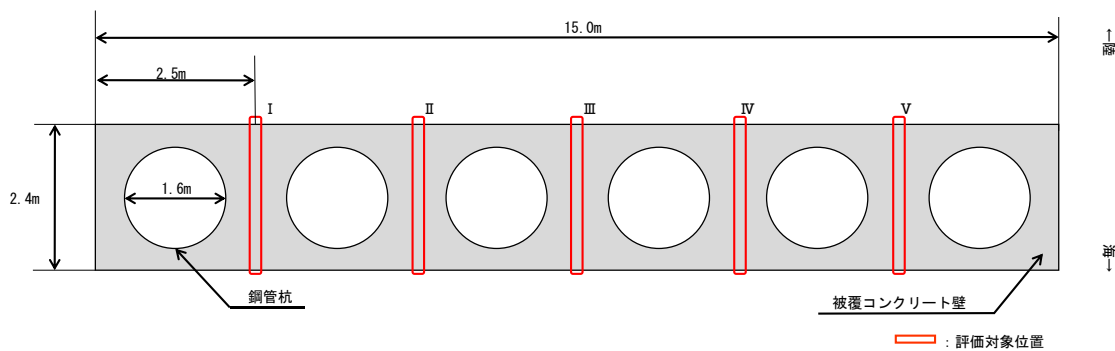


図5-7(1) 評価対象位置図(②-②断面, 平面図)

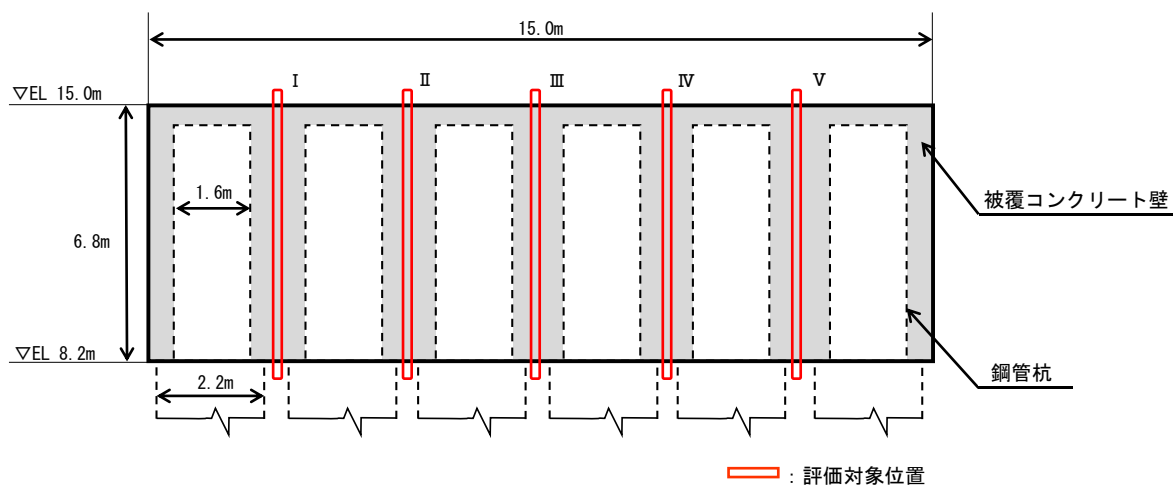


図5-7(2) 評価対象位置図(②-②断面, 正面図)

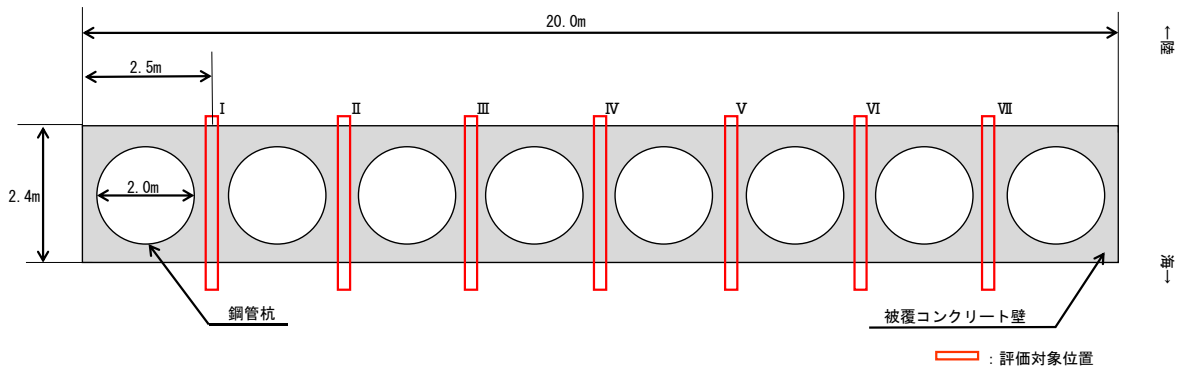


図 5-8(1) 評価対象位置図 (③-③断面, 平面図)

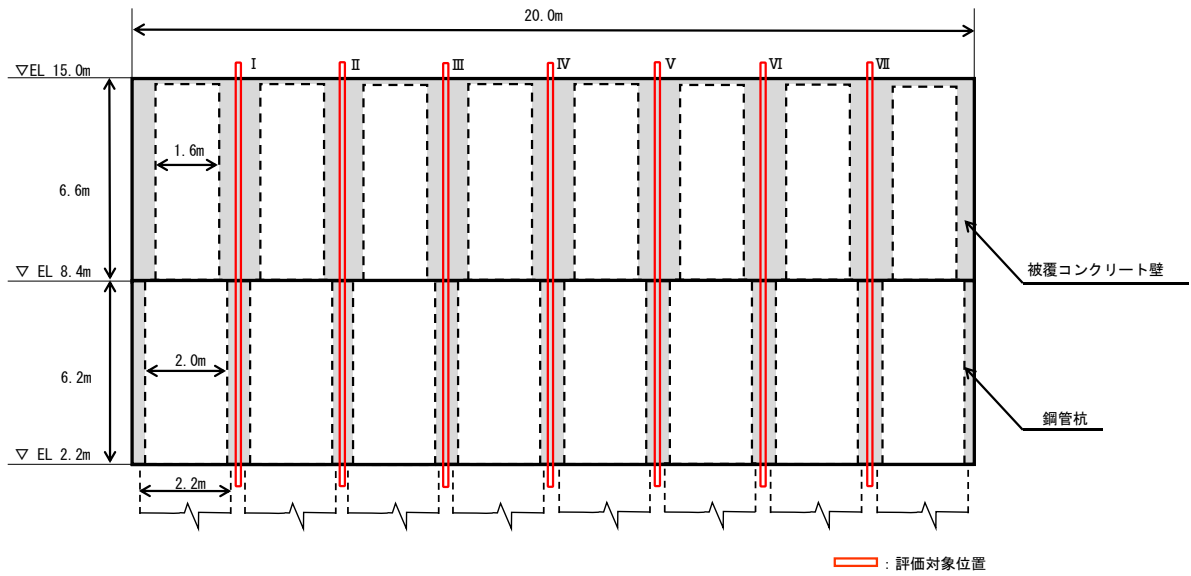


図 5-8(2) 評価対象位置図 (③-③断面, 正面図)

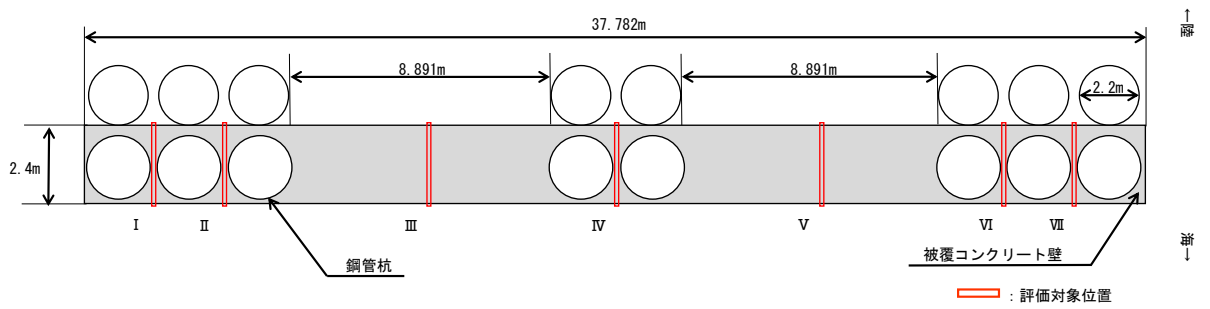


図 5-9(1) 評価対象位置図 (④-④断面, 平面図)

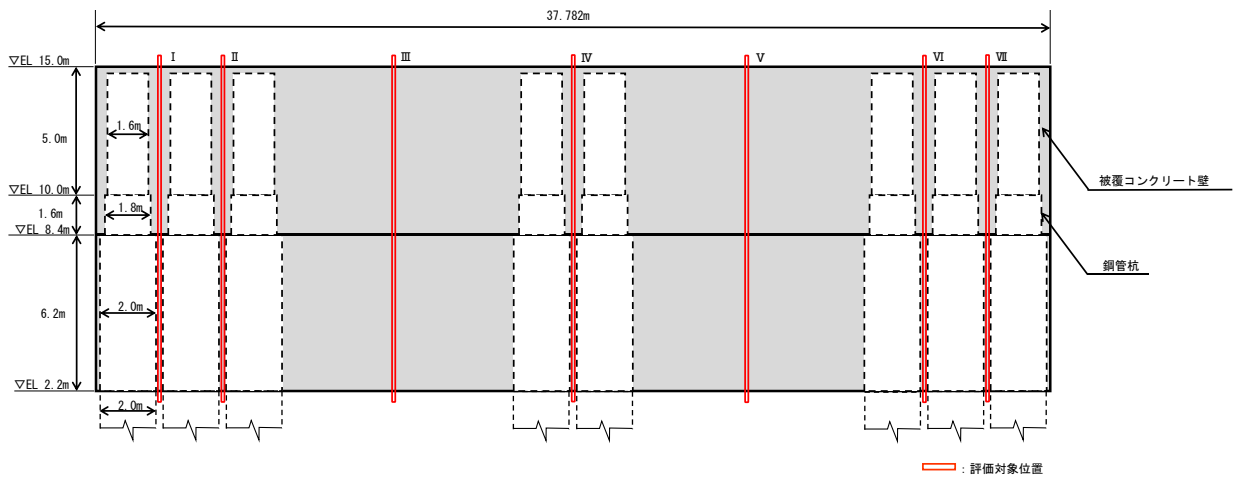


図 5-9(2) 評価対象位置図 (④-④断面, 正面図)

(1) 曲げ照査

コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査の最大照査値が発生している評価対象位置での断面力を図 5-10～図 5-12 に，コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表 5-7～表 5-9 に，鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査の最大照査値が発生している評価対象位置での断面力を図 5-13～図 5-15 に，鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表 5-10～表 5-12 に示す。

この結果から被覆コンクリート壁の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-7 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

評価対象位置	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M' (kN・m)	軸力 N' (kN)			
Ⅲ	340	7	0.8	13.5	0.06

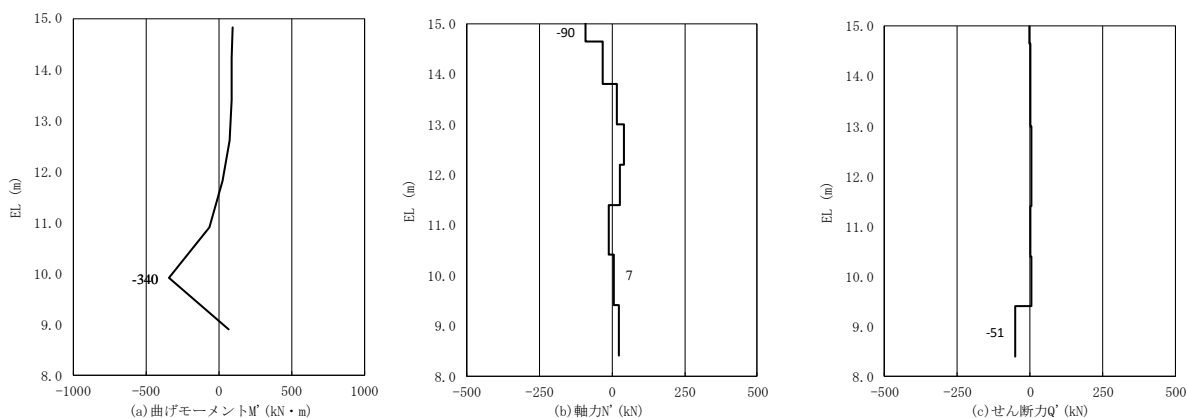


図 5-10 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置Ⅲ，②-②断面)

表 5—8 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(③—③断面)

評価対象位置	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M' (kN・m)	軸力 N' (kN)			
IV	819	177	1.7	13.5	0.13

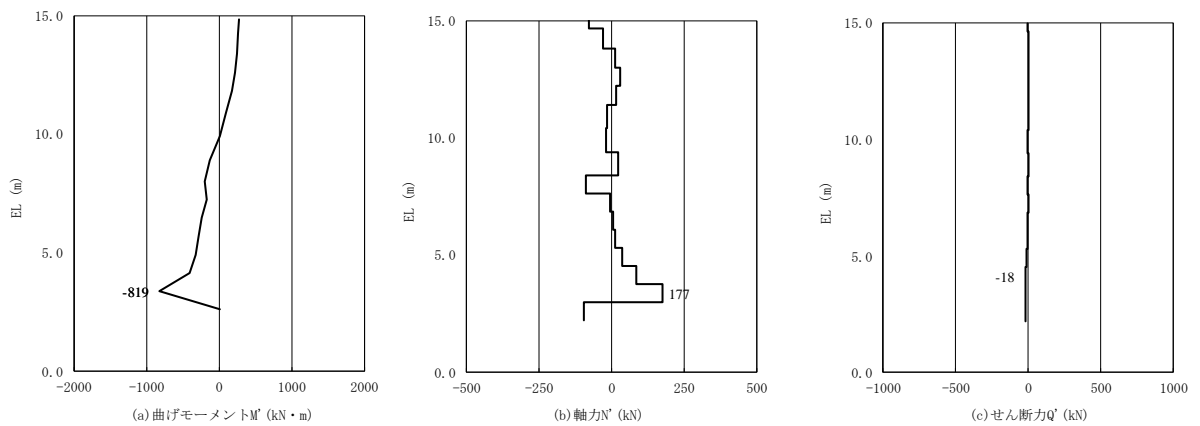


図 5—11 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置IV, ③—③断面)

表 5—9 コンクリートの曲げ・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)

評価対象位置	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M' (kN・m)	軸力 N' (kN)			
Ⅲ	2549	194	2.1	13.5	0.16

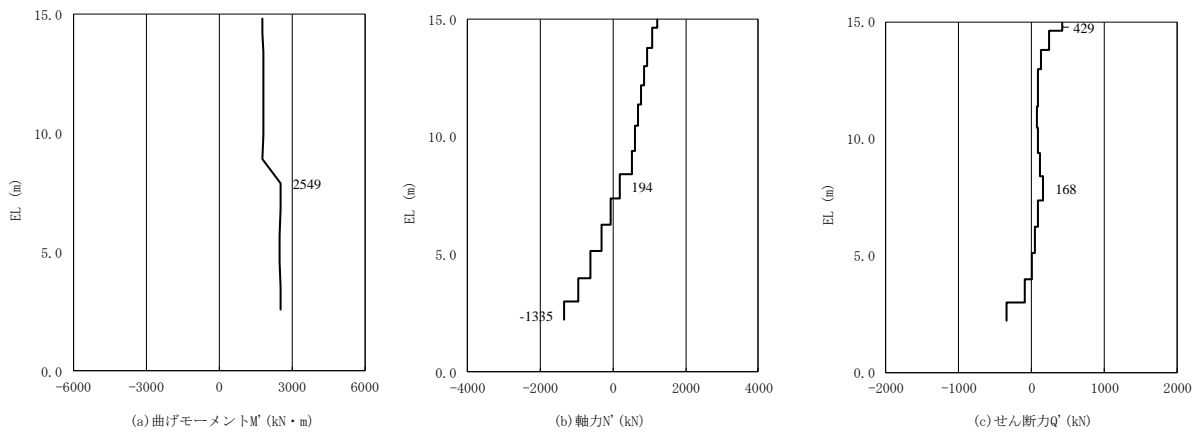


図 5—12 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置Ⅲ, ④—④断面)

表 5-10 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

評価対象位置	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)			
Ⅲ	340	7	60.1	294	0.21

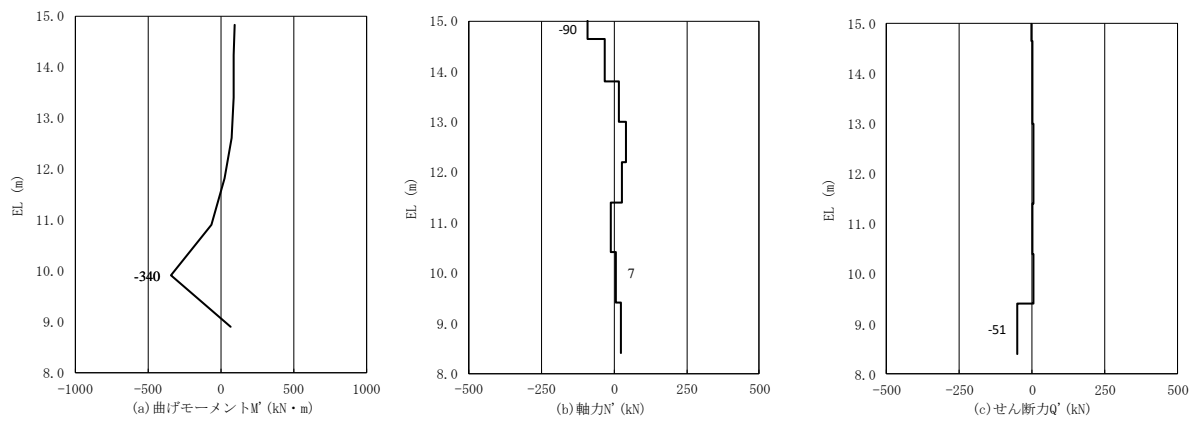


図 5-13 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置Ⅲ, ②-②断面)

表 5-11 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(③-③断面)

評価対象位置	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)			
IV	819	177	106.2	294	0.37

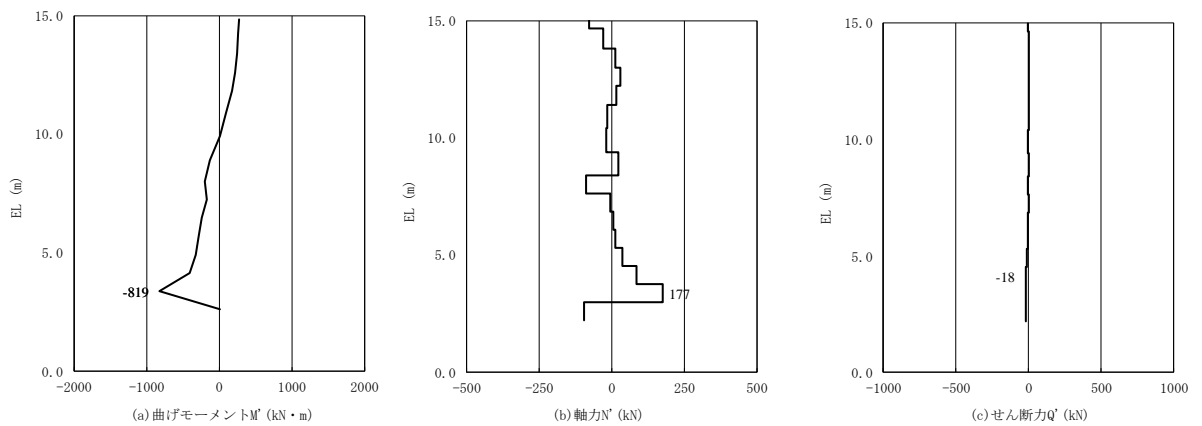


図 5-14 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置IV, ③-③断面)

表 5-12 鉄筋の曲げ・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)

評価対象位置	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)			
Ⅲ	2516	1335	108.4	294	0.37

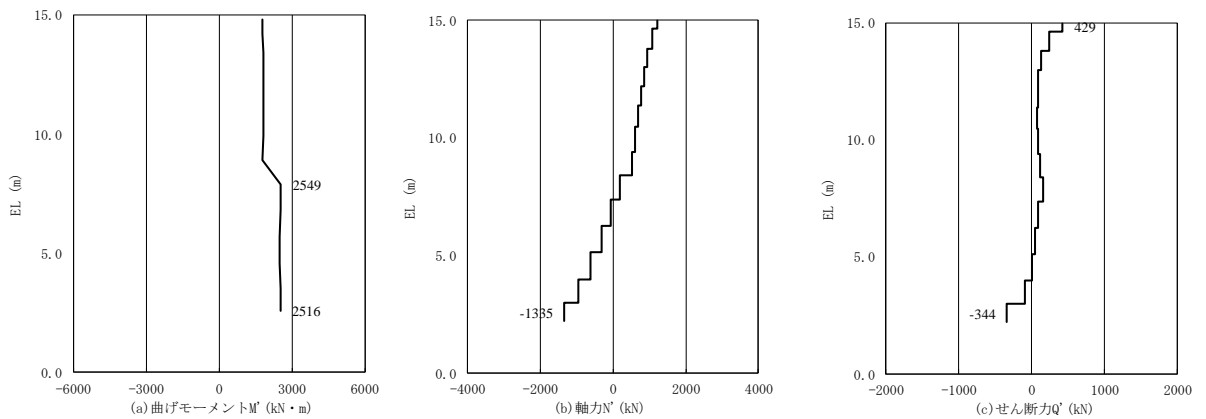


図 5-15 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置Ⅲ, ④-④断面)

(2) せん断照査

コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値が発生している評価対象位置での断面力図 5-16～図 5-18 に、コンクリートのせん断力に対する照査結果を表 5-13～表 5-15 に示す。

この結果から被覆コンクリート壁の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-13 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{al} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{ca}
	せん断力 Q' (kN)			
I	65	0.03	0.67	0.05

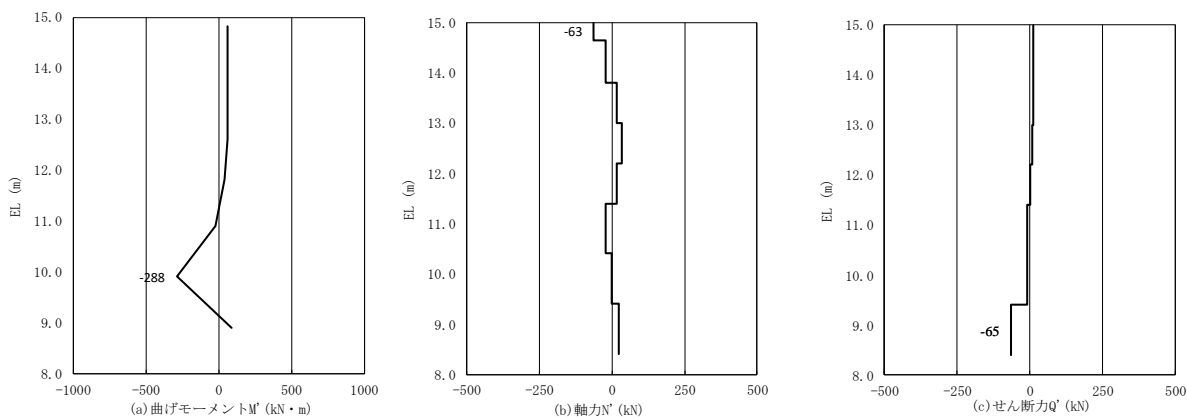


図 5-16 コンクリートのせん断破壊に対する照査における
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力図
(評価対象位置 I , ②-②断面)

表 5-14 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値
(③-③断面)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{al} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{ca}
	せん断力 Q' (kN)			
I	114	0.05	0.67	0.08

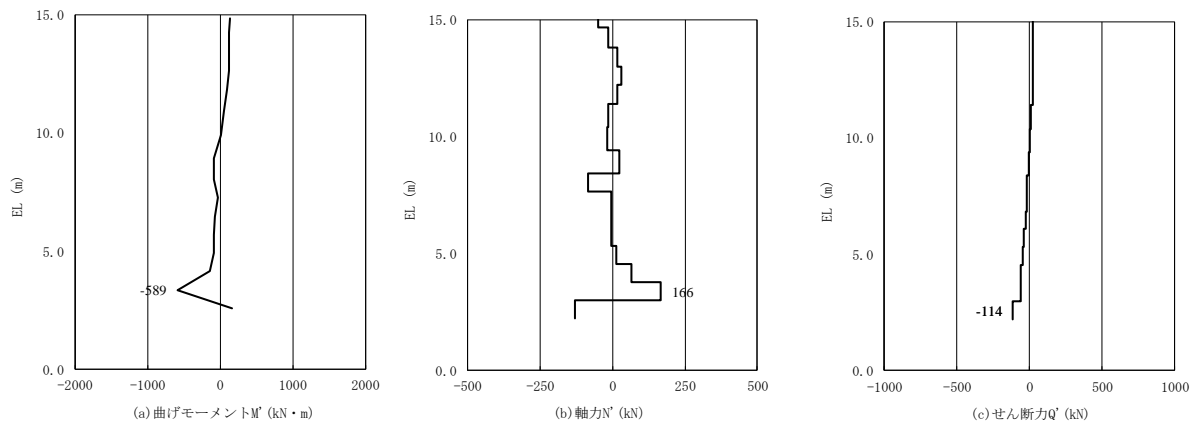


図 5-17 コンクリートのせん断破壊に対する照査における
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力図
(評価対象位置 I, ③-③断面)

表 5-15 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値
(せん断応力) (④-④断面)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{al} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{ca}
	せん断力 Q' (kN)			
VI	943	0.44	0.67	0.67

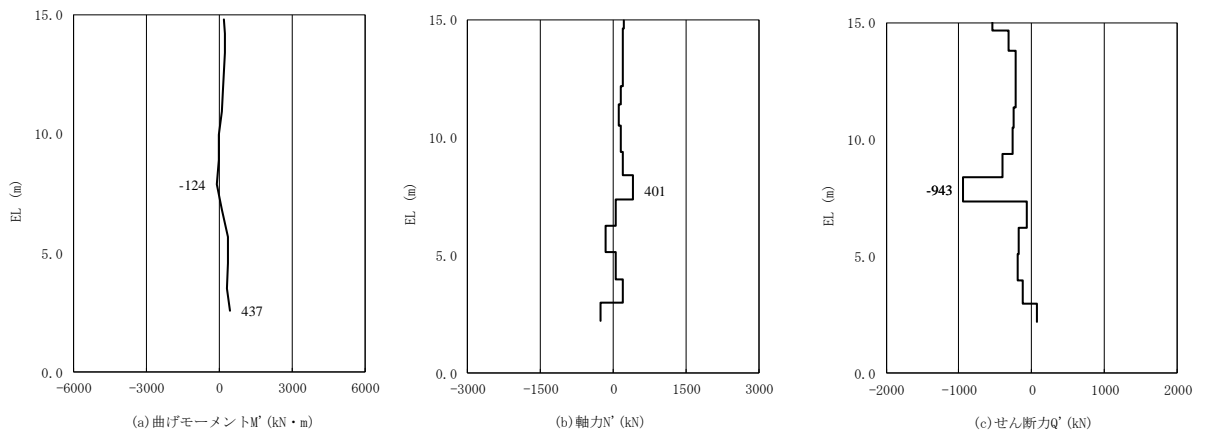


図 5-18 コンクリートのせん断破壊に対する照査における
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力図
(評価対象位置VI, ④-④断面)

5.1.3 改良地盤

(1) 改良地盤④

改良地盤④のすべり安全率による評価結果を表 5-16 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を図 5-19 に示す。これらの結果から、改良地盤④のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-16 改良地盤④のすべり安全率評価結果 (②-②断面)

最小すべり安全率
4.82

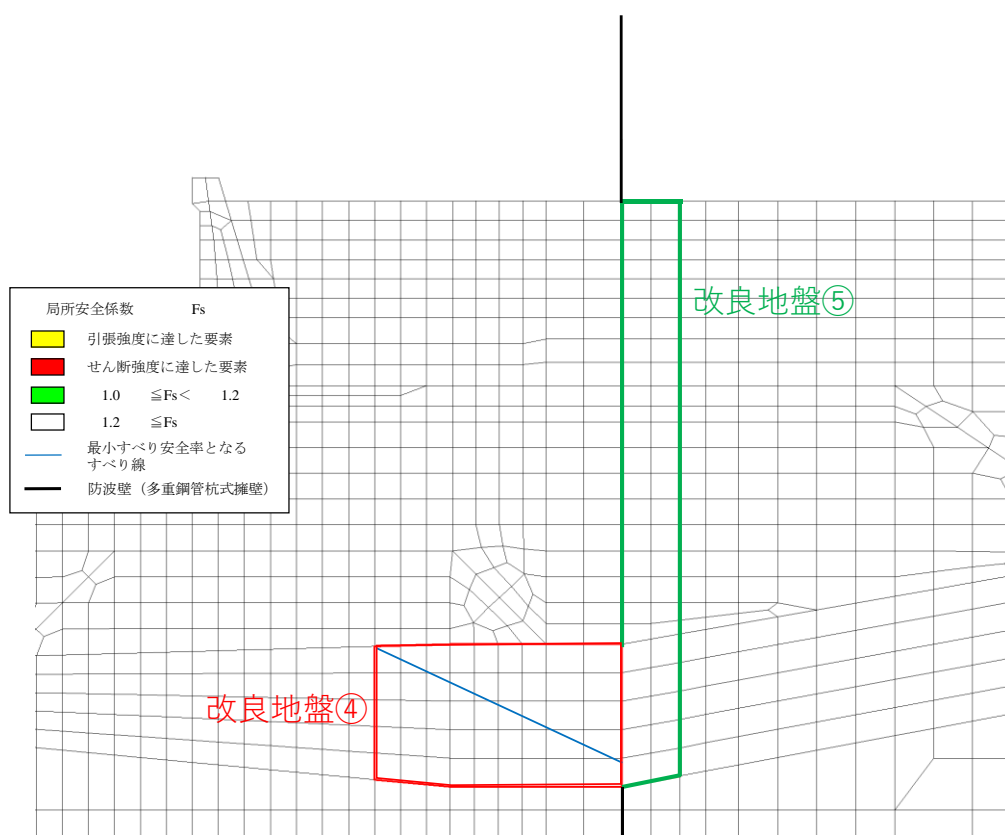


図 5-19 改良地盤④の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (②-②断面)

(2) 改良地盤⑤

改良地盤⑤のすべり安全率の評価結果を表 5-17～表 5-19 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を図 5-20～図 5-22 に示す。これらの結果から、改良地盤⑤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-17 改良地盤⑤のすべり安全率評価結果 (②-②断面)

最小すべり安全率
20.58

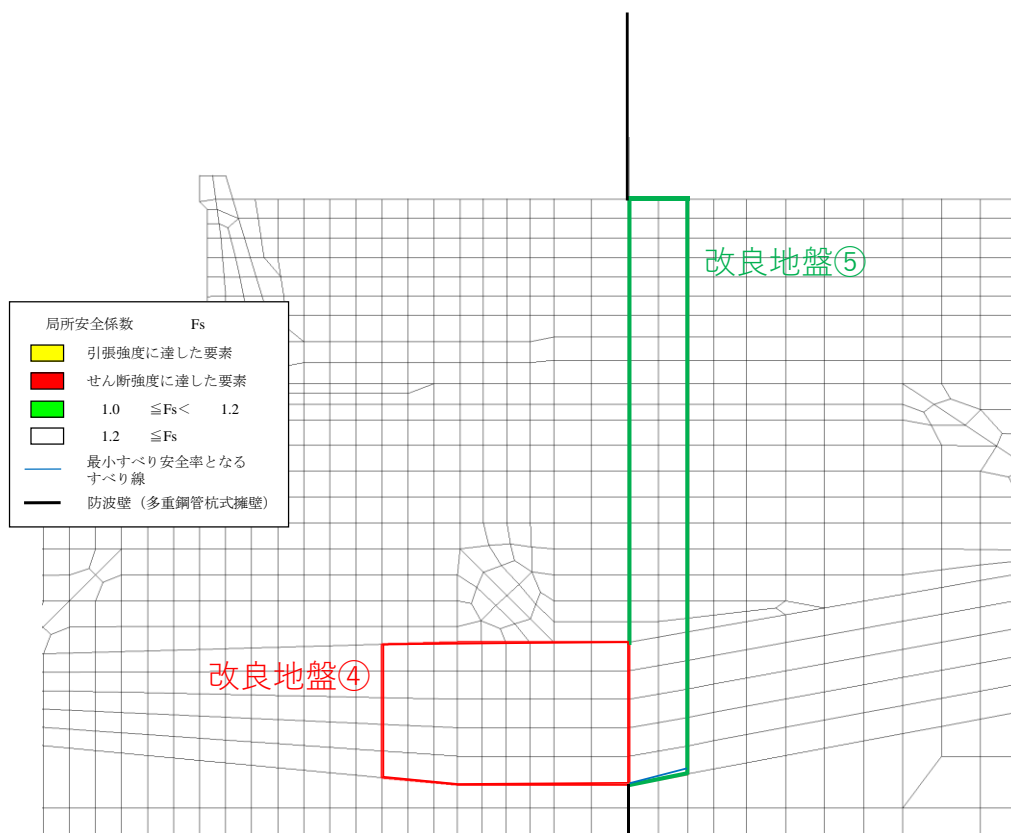


図 5-20 改良地盤⑤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (②-②断面)

表 5-18 改良地盤⑤のすべり安全率評価結果 (③-③断面)

最小すべり安全率
2.16

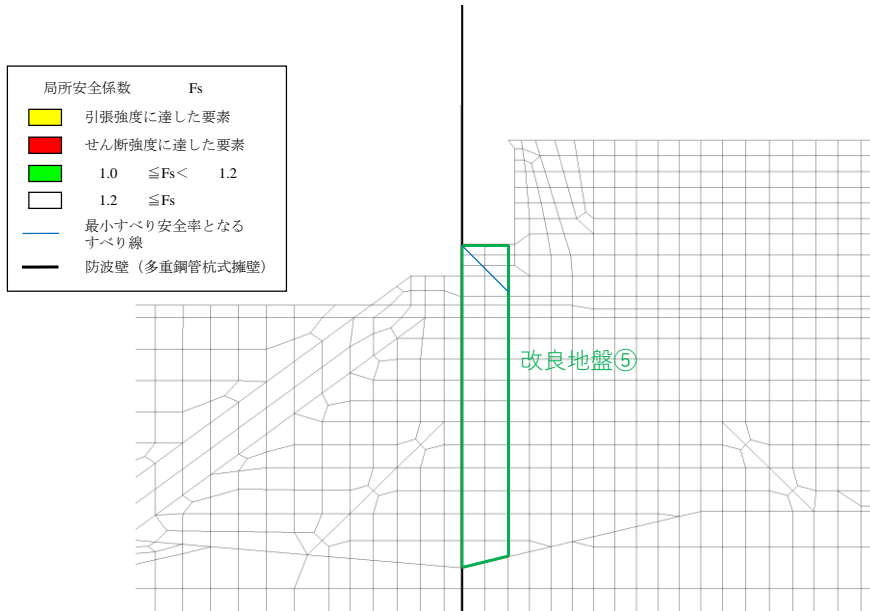


図 5-21 改良地盤⑤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (③-③断面)

表 5-19 改良地盤⑤のすべり安全率評価結果 (④-④断面)

最小すべり安全率
3.22

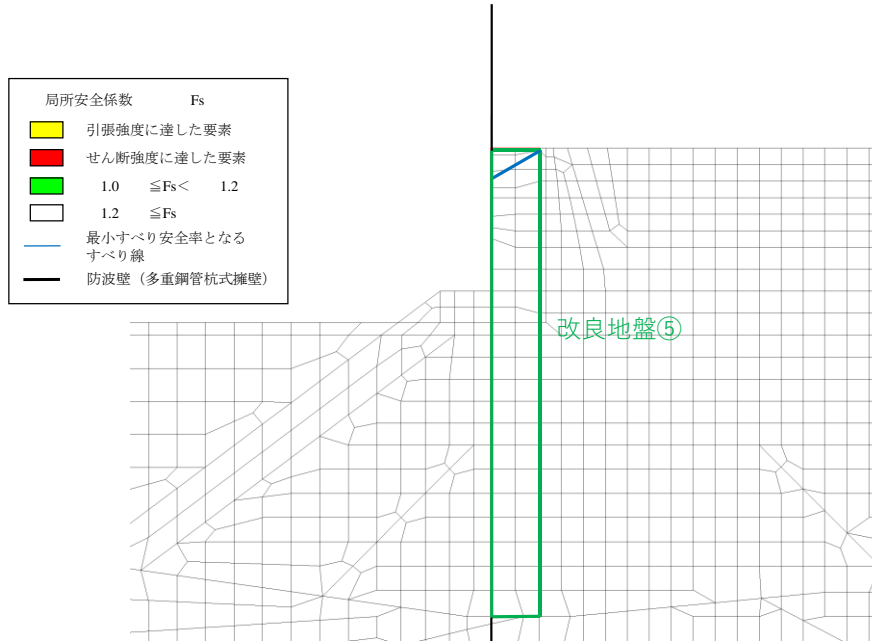


図 5-22 改良地盤⑤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (④-④断面)

5.1.4 止水目地

止水目地（シートジョイント）の津波時の変位量に対する照査結果を表5-20～表5-22に示す。

止水目地（シートジョイント）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5-20 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（②-②断面）

方向	津波時の変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δx : 法線直交方向	116	—
δz : 深度方向	0	—
合成方向 (2方向合成)	116	1580

表5-21 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（③-③断面）

方向	津波時の変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δx : 法線直交方向	214	—
δz : 深度方向	0	—
合成方向 (2方向合成)	214	1580

表5-22 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（④-④断面）

方向	津波時の変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δx : 法線直交方向	31	—
δz : 深度方向	0	—
合成方向 (2方向合成)	31	1580

5.1.5 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価結果を表 5-23～表 5-25 に示す。

この結果から、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の杭下端部に生じる軸応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-23 基礎地盤の支持性能評価結果（②-②断面）

発生断面力	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
軸力 N (kN)			
3640	1.0	9.8	0.10

表 5-24 基礎地盤の支持性能評価結果（③-③断面）

発生断面力	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
軸力 N (kN)			
3325	0.9	9.8	0.09

表 5-25(1) 基礎地盤の支持性能評価結果（④-④断面，海側杭）

発生断面力	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
軸力 N (kN)			
5595	1.5	9.8	0.16

表 5-25(2) 基礎地盤の支持性能評価結果（④-④断面，陸側杭）

発生断面力	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
軸力 N (kN)			
622	0.2	9.8	0.02

5.1.6 施設護岸等の損傷による不確かさの影響確認

(1) 評価方針

津波時において、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面又は背面に施設護岸等がある場合は施設護岸等が受働側に寄与することで、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における鋼管杭の変形を抑制することが想定される。

評価対象断面の選定について、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面に施設護岸等がある断面は、②－②断面のみとなることから②－②断面を選定し、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背面に施設護岸等がある断面は、施設護岸等の背面に埋戻土が分布することから③－③断面を選定する。

解析ケースについては、鋼管杭が施設護岸等の有無及び埋戻土（粘性土）に置換することによる影響を最も受けるため、鋼管杭の照査値に着目し、②－②断面及び③－③断面ともに鋼管杭の照査値（曲げ・軸力系の破壊に対する照査）が最大となる、津波時を選定する。なお、地盤物性は平均値とする。

(2) 解析モデル

a. ②-②断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面の施設護岸等が損傷した場合の②-②断面における解析モデルを図5-23に示す。

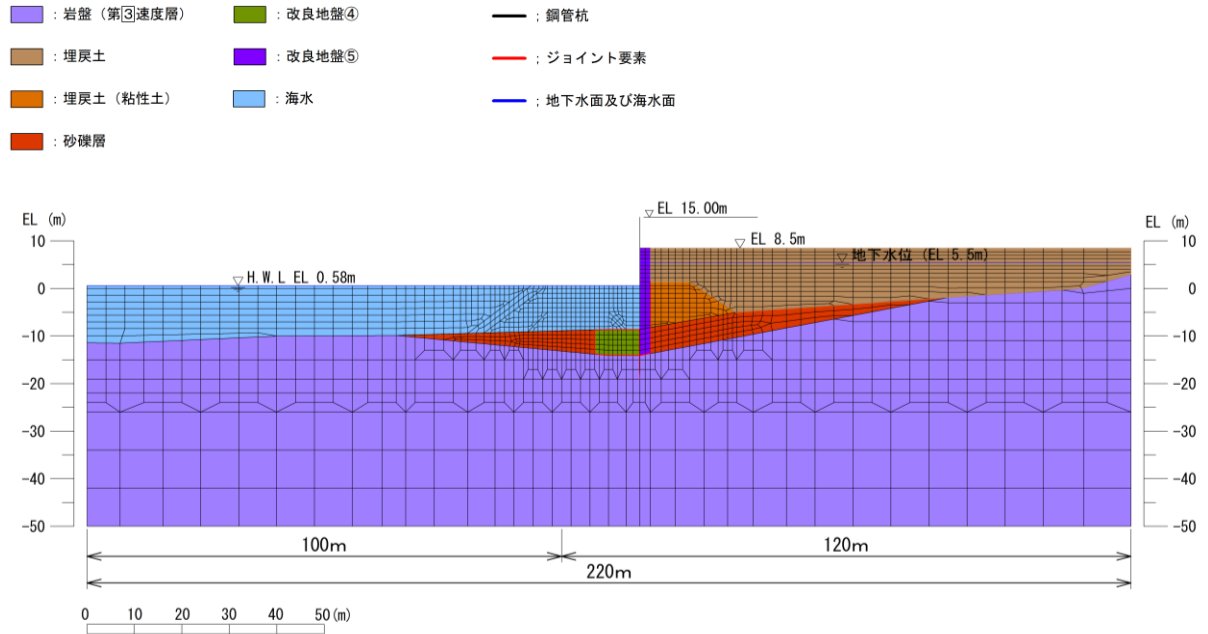


図5-23 ②-②断面における解析モデル

(防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面の施設護岸等が損傷した場合)

b. ③-③断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背面の施設護岸等が損傷した場合の③-③断面における解析モデルを図5-24に示す。

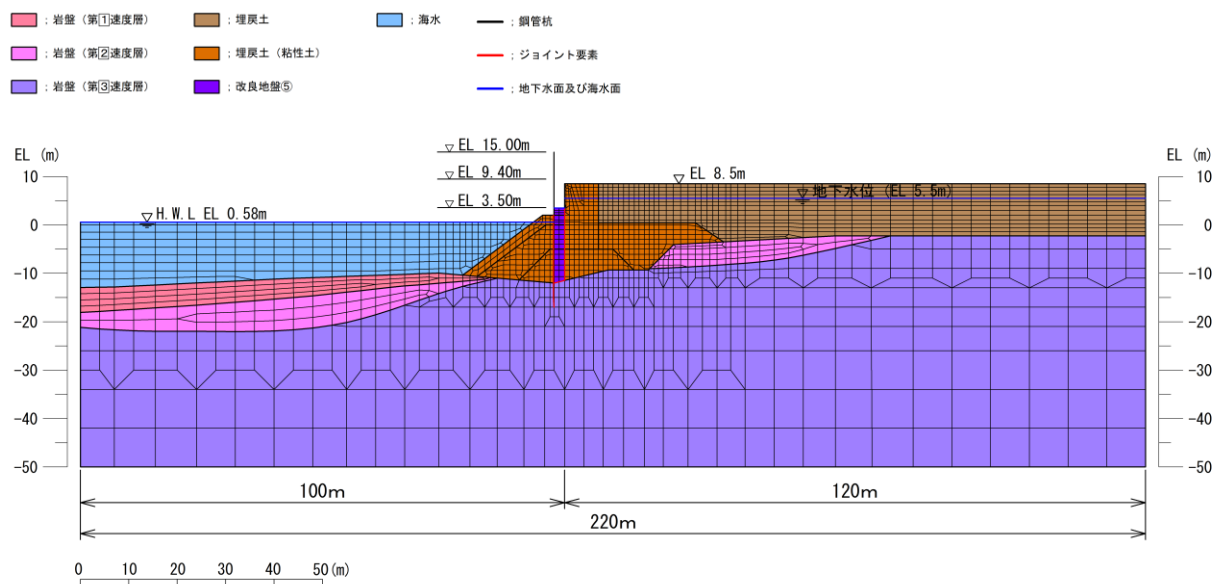


図5-24 ③-③断面における解析モデル

(防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背面の施設護岸等が損傷した場合)

(3) 荷重

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。

a. ②-②断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面の施設護岸等が損傷した場合、谷本式により遡上津波荷重を算定する。

施設護岸等の損傷による不確かさの影響確認における遡上津波荷重を表 5-26 に示す。

表 5-26 施設護岸等の損傷による不確かさの検討における遡上津波荷重

(②-②断面)

(防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面の施設護岸等が損傷した場合，津波時)

防波壁 天端高 (EL(m))	津波高さ (EL(m))	海水位 (EL(m))	海水位での波圧 (kN/m ²)
15.0	12.6	0.58	133.54

b. ③－③断面

施設護岸等の損傷による不確かさの検討における遡上津波荷重を表 5-27 に示す。

表 5-27 施設護岸等の損傷による不確かさの検討における遡上津波荷重
(③－③断面)

(防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の背面の施設護岸等が損傷した場合, 津波時)

防波壁 天端高 (EL(m))	津波高さ (EL(m))	海水位 (EL(m))	海水位での波圧 (kN/m ²)
15.0	12.6	0.58	133.54

(4) 評価結果

a. ②－②断面

鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表 5-28 に, せん断破壊に対する照査における最大照査値を表 5-29 に, 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査における断面力図を図 5-25 に示す。

この結果から, 防波壁 (多重鋼管杭擁壁) の前面の施設護岸等が損傷した場合の発生断面力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-28 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

解析ケース	発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
	曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
① (「5.1.1 鋼管杭」 にて評価済み)	5402	1212	14637	0.37
②	6483	1212	14637	0.45

表 5-29 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値
(②-②断面)

解析ケース	発生断面力	短期許容 せん断力 Q_a (kN)	照査値 Q/Q_a
	せん断力 Q (kN)		
① (「5.1.1 鋼管杭」 にて評価済み)	1478	19421	0.08
②	1756	19421	0.10

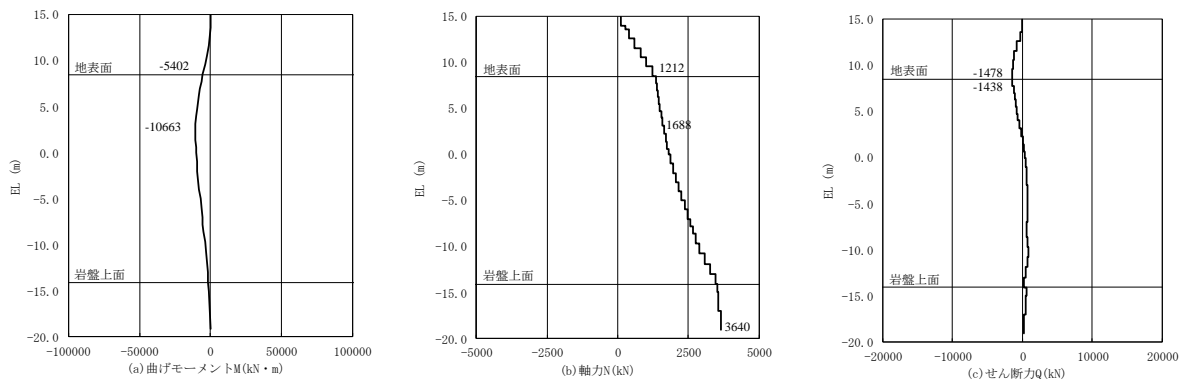


図 5-25(1) 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査における断面力図 (②-②断面) (前面の施設護岸等がある場合)

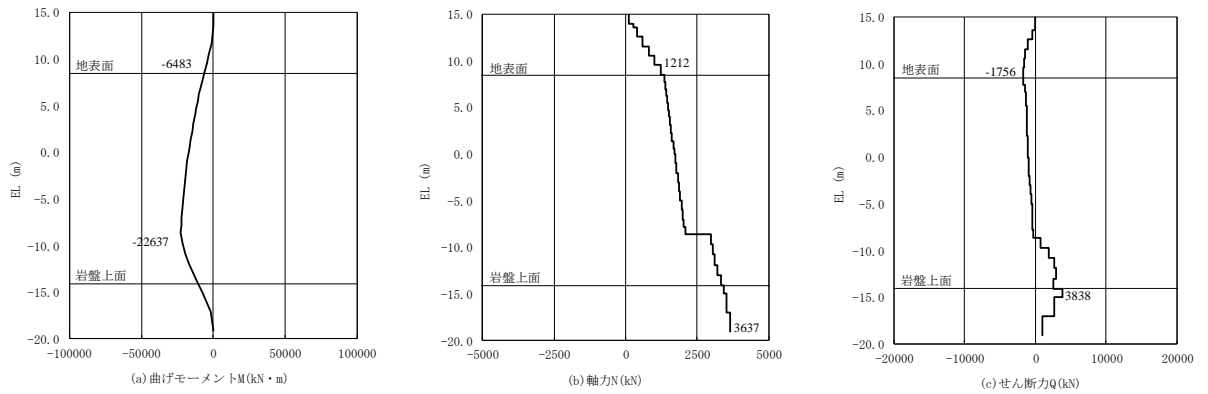


図 5-25(2) 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査における断面力図 (②-②断面) (前面の施設護岸等が損傷した場合)

b. ③－③断面

鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表 5-30 に、せん断破壊に対する照査における最大照査値を表 5-31 に、鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査における断面力図を図 5-26 に示す。

この結果から、防波壁（多重鋼管杭擁壁）の前面の施設護岸等が損傷した場合の発生断面力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-30 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
最大照査値 (③-③断面)

解析ケース	発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
	曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
① (「5.1.1 鋼管杭」 にて評価済み)	6502	1033	14706	0.45
②	6472	1033	14706	0.45

表 5-31 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における
最大照査値 (③-③断面)

解析ケース	発生断面力	短期許容 せん断力 Q_a (kN)	照査値 Q/Q_a
	せん断力 Q (kN)		
① (「5.1.1 鋼管杭」 にて評価済み)	1763	19421	0.10
②	8771	95166	0.10

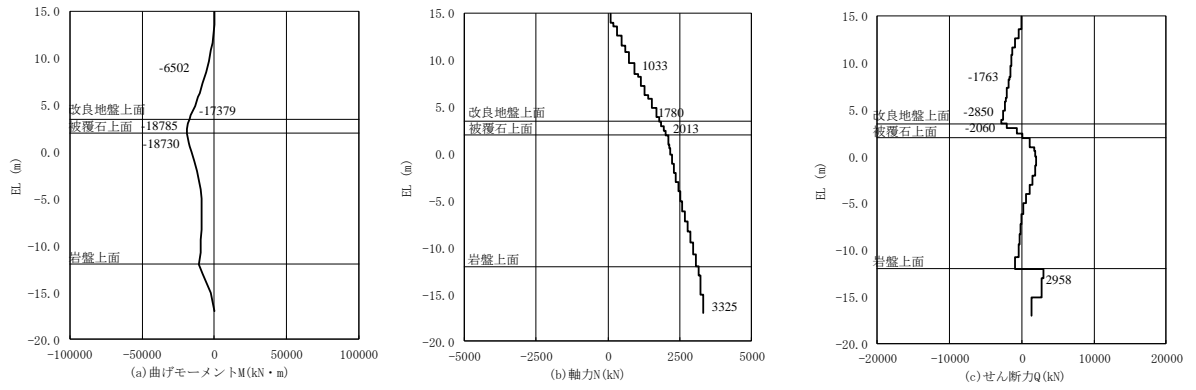


図 5-26(1) 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査における断面力図 (③-③断面) (背面の施設護岸等がある場合)

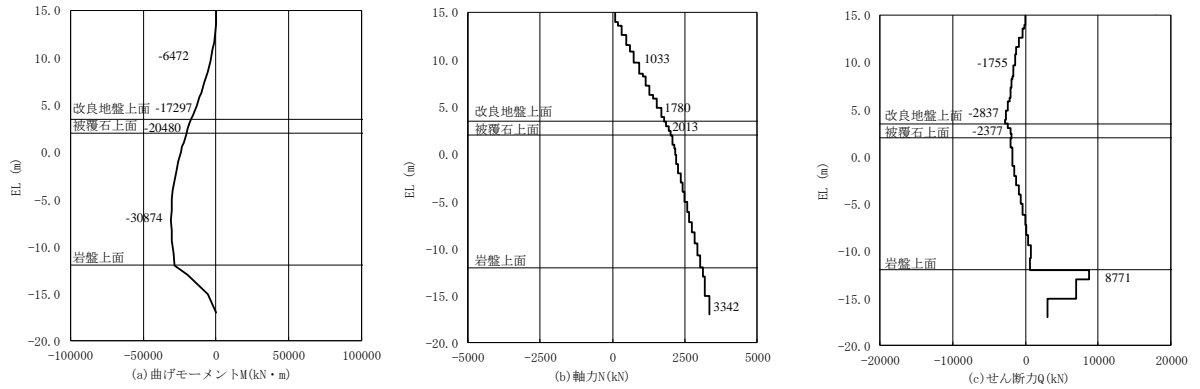


図 5-26(2) 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊及びせん断破壊に対する照査における断面力図 (③-③断面) (背面の施設護岸等が損傷した場合)

5.2 重畳時

5.2.1 鋼管杭

(1) 曲げ照査

鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 5-27 及び図 5-28 に、曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表 5-32 及び表 5-33 に示す。

この結果から鋼管杭の発生断面力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-32 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

(③-③断面)

発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
29306	2085	88462	0.34

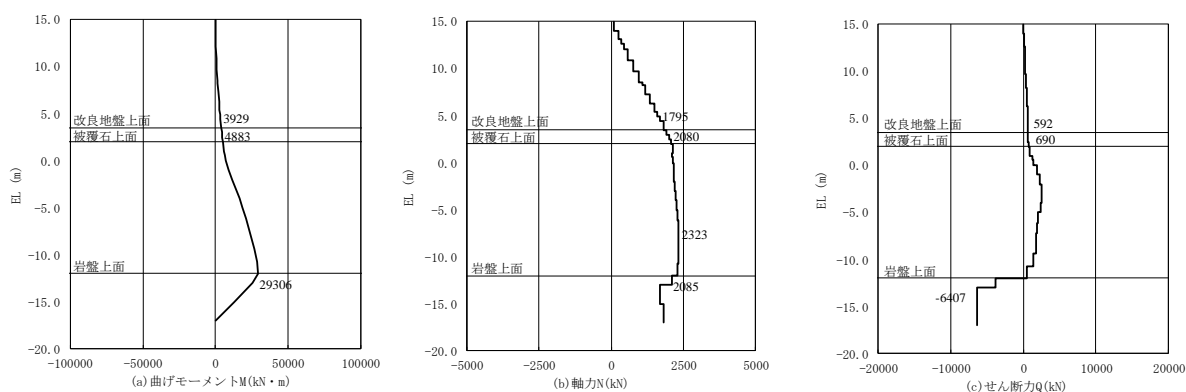


図 5-27 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における

最大照査値の評価時刻での断面力図

(③-③断面)

表 5-33(1) 鋼管杭の曲げ・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, 海側杭)

発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
7390	1554	57468	0.13

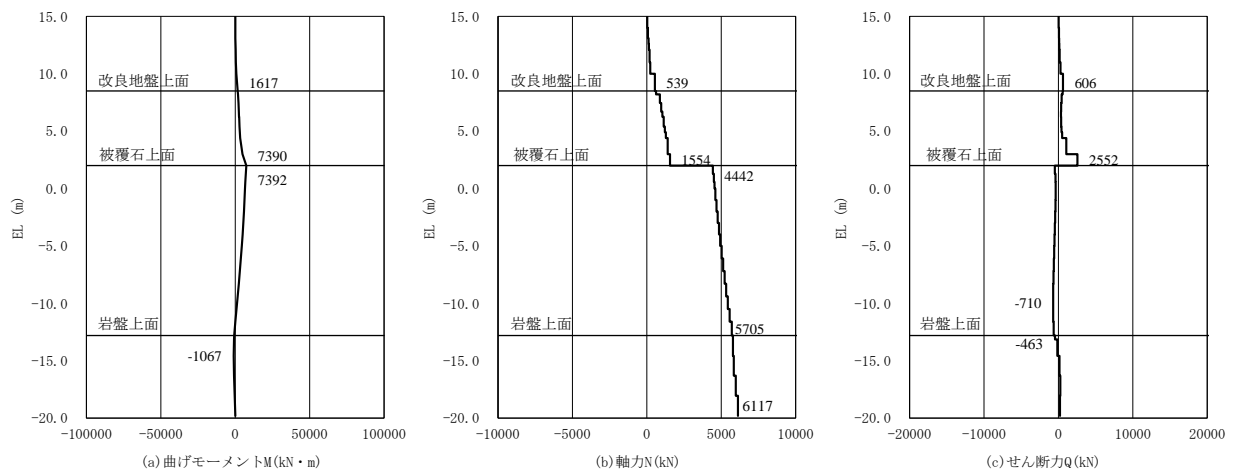


図 5-28(1) 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 最大照査値の評価時刻での断面力図
 (④-④断面, 海側杭)

表 5-33(2) 鋼管杭の曲げ・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, 陸側杭)

発生断面力		降伏 モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
7617	279	89308	0.09

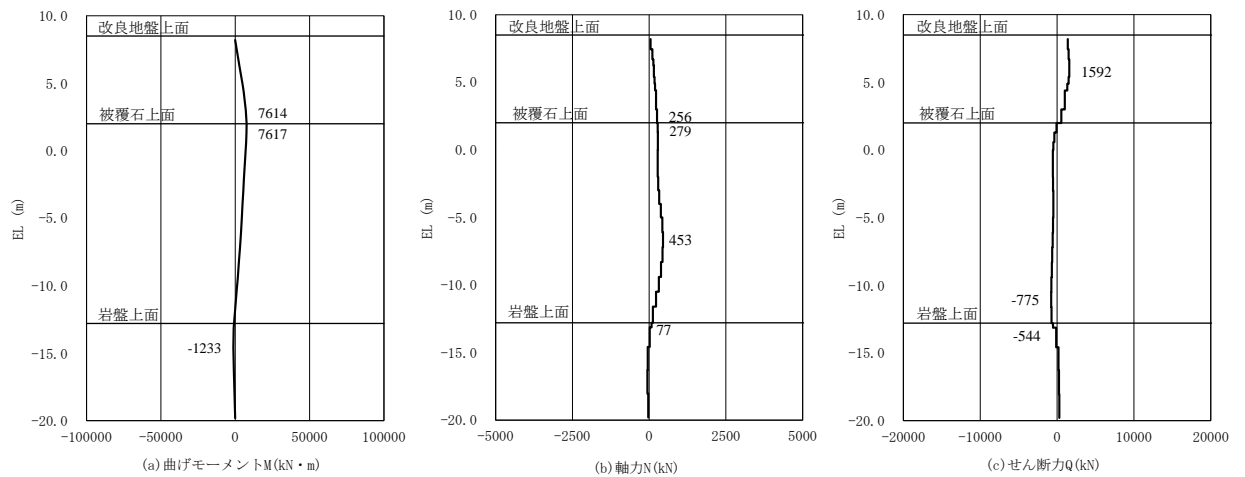


図 5-28(2) 鋼管杭の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における
 最大照査値の評価時刻での断面力図
 (④-④断面, 陸側杭)

(2) せん断照査

鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図5-29及び図5-30に、鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値を表5-34及び表5-35に示す。この結果から鋼管杭の発生断面力が許容限界以下であることを確認した。

表5-34 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値

(③-③断面)

発生断面力	短期許容 せん断力 Q_a (kN)	照査値 Q/Q_a
せん断力 Q (kN)		
6407	95166	0.07

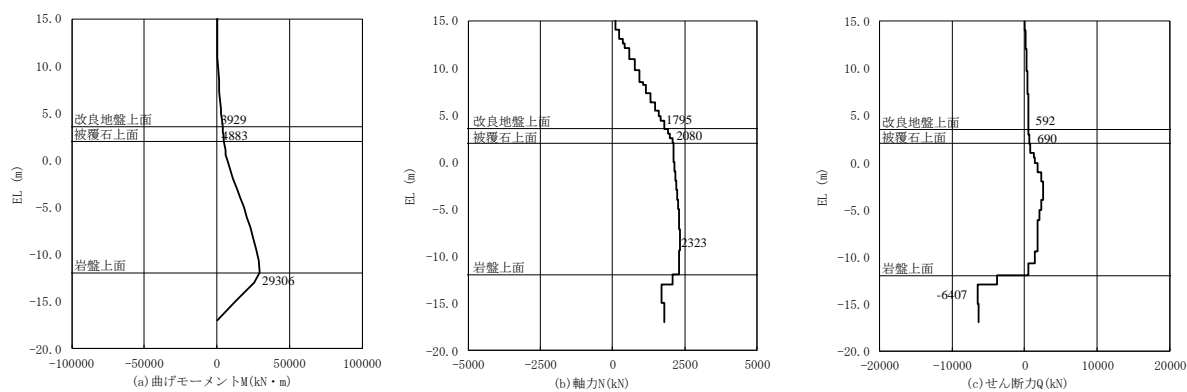


図5-29 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における
最大照査値の評価時刻での断面力図

(③-③断面)

表 5-35(1) 鋼管杭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, 海側杭)

発生断面力	短期許容 せん断力 Q_a (kN)	照査値 Q/Q_a
せん断力 Q (kN)	65661	0.04

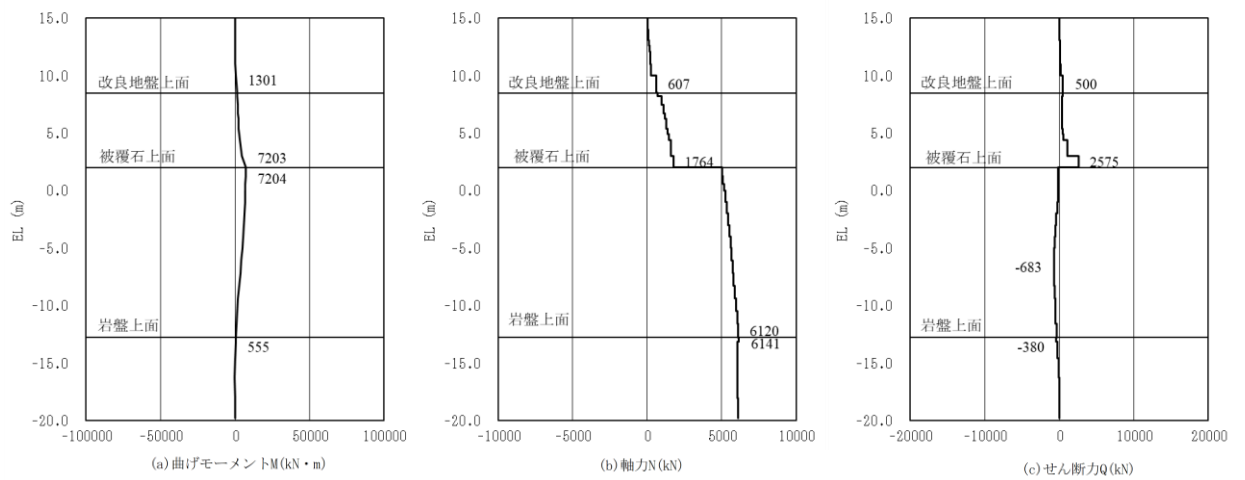


図 5-30(1) 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における
最大照査値の評価時刻での断面力図
(④-④断面, 海側杭)

表 5-35(2) 鋼管杭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, 陸側杭)

発生断面力	短期許容 せん断力 Q_a (kN)	照査値 Q/Q_a
せん断力 Q (kN)		
2883	95166	0.04

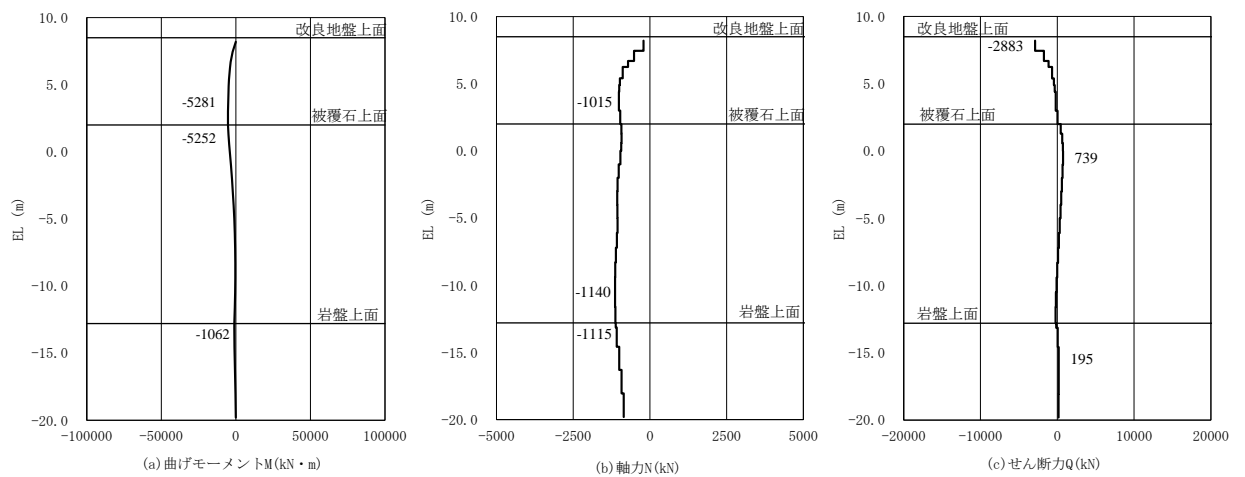


図 5-30(2) 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における
 最大照査値の評価時刻での断面力図
 (④-④断面, 陸側杭)

5.2.2 被覆コンクリート壁

3次元構造解析に基づく、被覆コンクリート壁の照査結果を示す。評価対象位置は、「5.1 津波時」と同様とする。

(1) 曲げ照査

コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査の最大照査値が発生している評価対象位置での断面力を図5-31及び図5-32に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表5-36及び表5-37に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査の最大照査値が発生している評価対象位置での断面力を図5-33及び図5-34に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表5-38及び表5-39に示す。

この結果から被覆コンクリート壁の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表5-36 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値
(③-③断面)

評価対象位置	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M' (kN・m)	軸力 N' (kN)			
IV	195	137	0.35	13.5	0.03

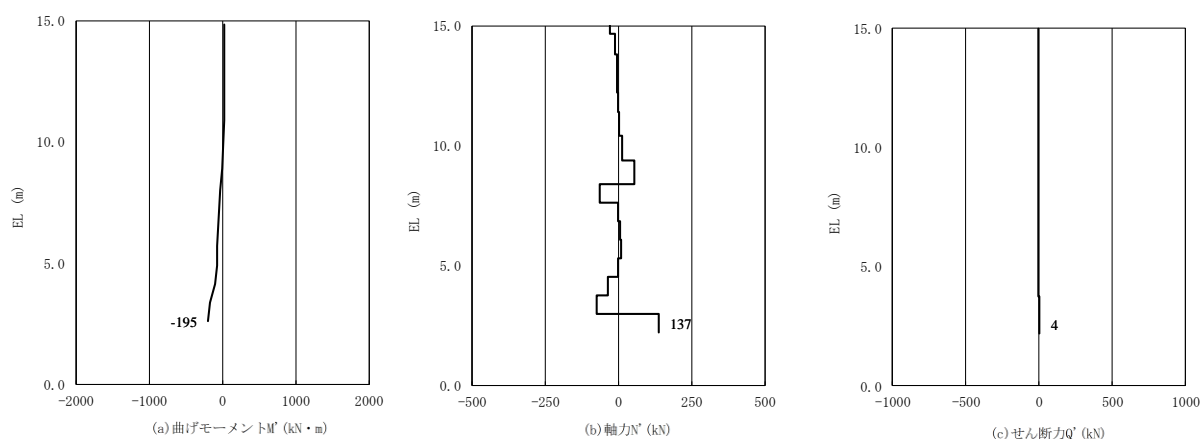


図5-31 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置IV, ③-③断面)

表 5—37 コンクリートの曲げ・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)

評価対象位置	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
	曲げモーメント M' (kN・m)	軸力 N' (kN)			
Ⅲ	254	1527	0.71	13.5	0.06

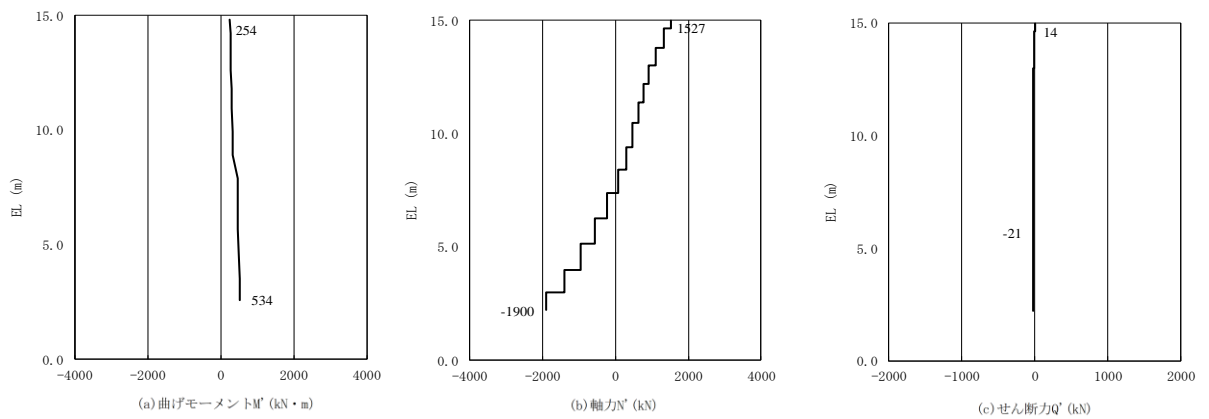


図 5—32 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置Ⅲ, ④—④断面)

表 5—38 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

(③—③断面)

評価対象位置	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)			
IV	166	72	42.30	294	0.15

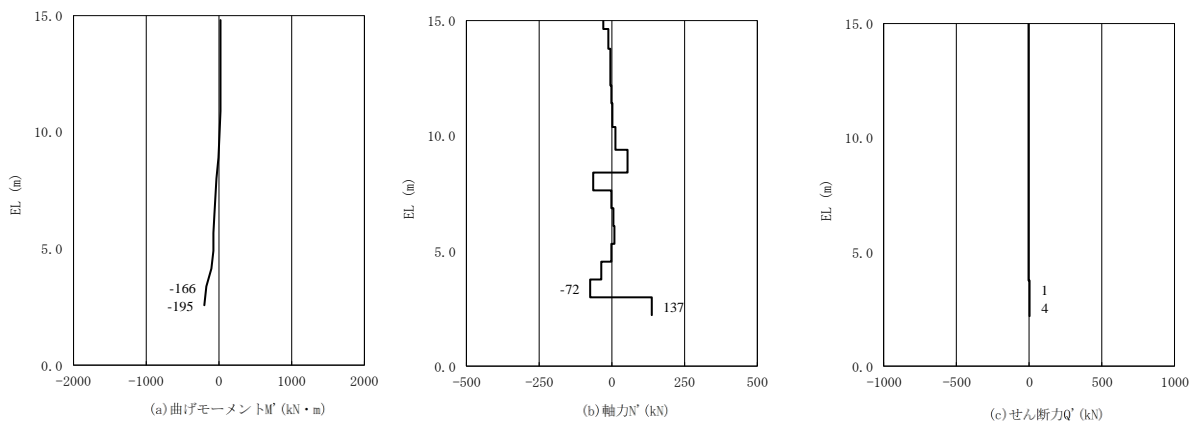


図 5—33 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置IV, ③—③断面)

表 5—39 鉄筋の曲げ・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)

評価対象位置	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)			
Ⅲ	534	1900	72.89	294	0.25

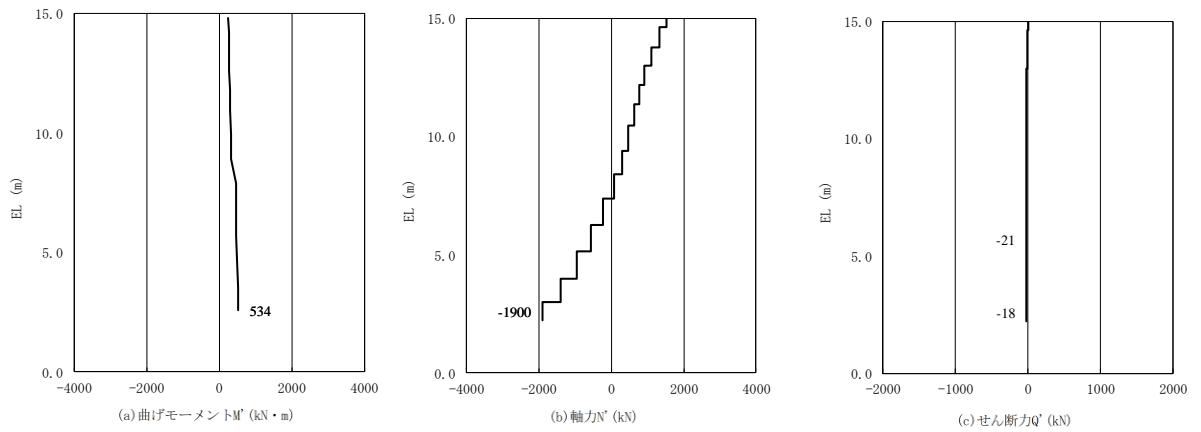


図 5—34 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査の
最大照査値が発生している評価対象位置での断面力
(評価対象位置Ⅲ, ④—④断面)

(2) せん断照査

せん断照査の最大照査値が発生している評価対象位置での断面力図 5-35 及び図 5-36 に、せん断破壊に対する照査結果を表 5-40 及び表 5-41 に示す。

この結果から被覆コンクリート壁の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 5-40 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値
(③-③断面)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{al} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{ca}
	せん断力 Q' (kN)			
VII	65	0.03	0.67	0.05

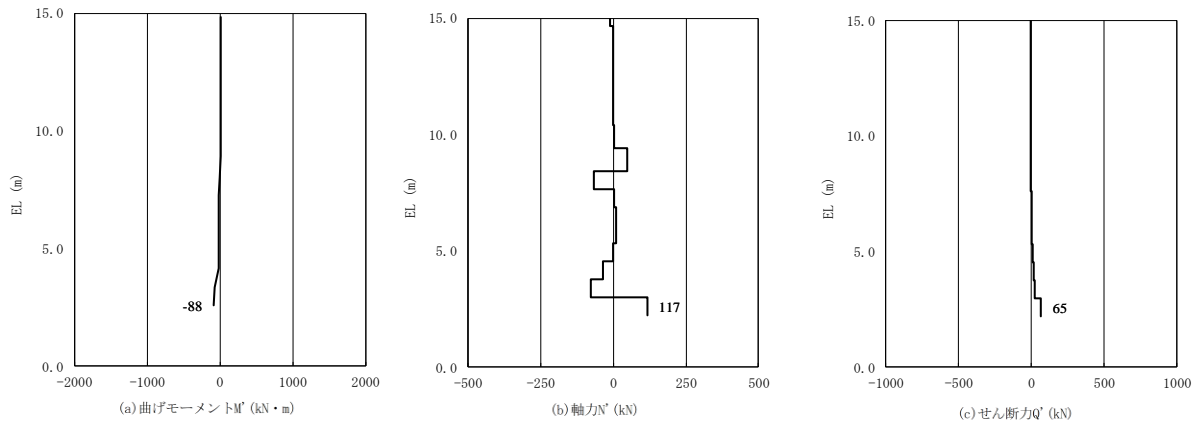


図 5-35 コンクリートのせん断破壊に対する照査において用いる断面力
(評価対象位置VII, ③-③断面)

表 5—41 コンクリート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)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{al} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{ca}
	せん断力 Q' (kN)			
II	161	0.08	0.67	0.12

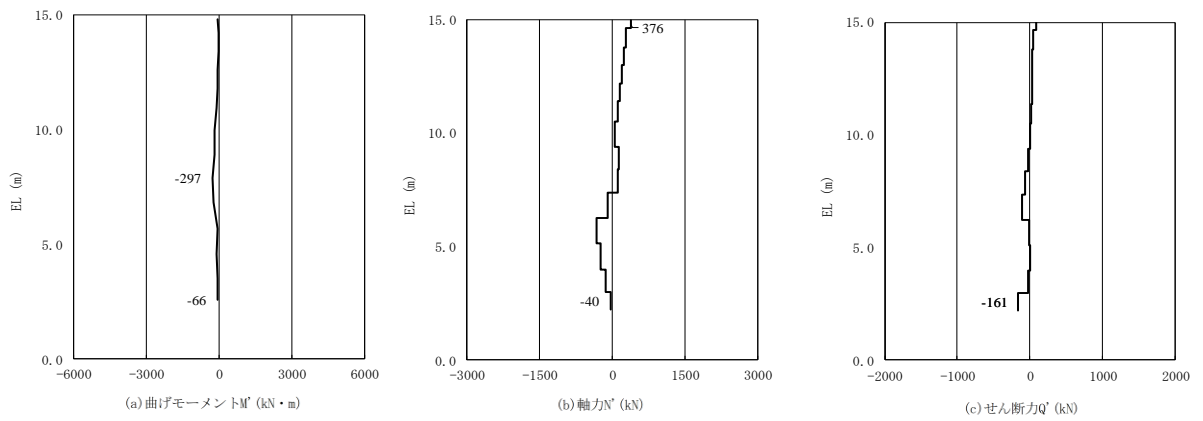


図 5—36 コンクリートのせん断破壊に対する照査において用いる断面力
(評価対象位置 II, ④—④断面)

5.2.3 改良地盤

改良地盤⑤のすべり安全率による評価結果を表 5-42 及び表 5-43 に、最小すべり安全率となる時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布を図 5-37 及び図 5-38 に示す。これらの結果から、改良地盤⑤のすべり安全率が 1.2 以上あることを確認した。

表 5-42 改良地盤⑤のすべり安全率評価結果 (③-③断面)

地震動	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D (++)	17.56	2.73

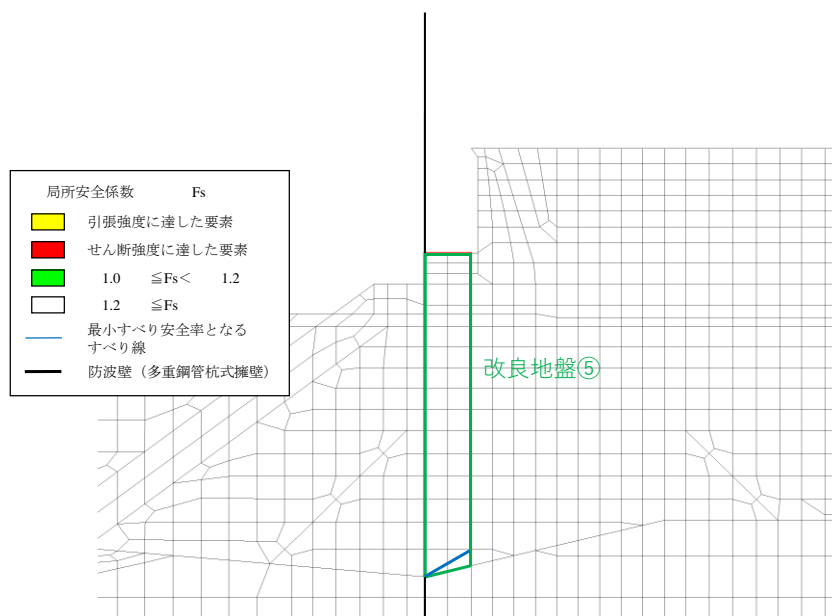


図 5-37 改良地盤⑤の最小すべり安全率時刻となるすべり線及び局所安全係数分布
(③-③断面, S d - D (++) , t = 17.56s)

表 5-43 改良地盤⑤のすべり安全率評価結果 (④-④断面)

地震動	発生時刻 (s)	最小すべり安全率
S d - D (++)	9.13	2.46

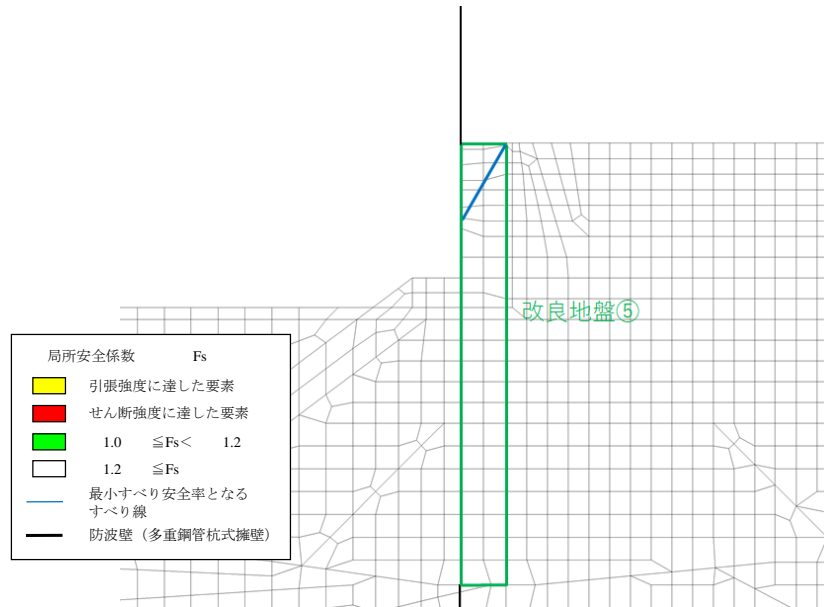


図 5-38 改良地盤⑤の最小すべり安全率時刻となるすべり線及び局所安全係数分布 (④-④断面, S d - D (++) , t=9.13s)

5.2.4 止水目地

止水目地（シートジョイント）の重畳時の変位量に対する照査結果を表 5-44 及び表 5-45 に示す。

止水目地（シートジョイント）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 5-44 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（③-③断面）

方向	重畳時の変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δx : 法線直交方向	327	—
δy : 法線方向	11*	—
δz : 深度方向	19	—
合成方向 (3 方向合成)	327	1580

注記* : 法線方向の変位が最大となる基準地震動 S_s における
⑦-⑦断面の天端の最大変位量

表 5-45 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（④-④断面）

方向	重畳時の変位量 (mm)	許容限界 (mm)
δx : 法線直交方向	68	—
δy : 法線方向	11*	—
δz : 深度方向	19	—
合成方向 (3 方向合成)	71	1580

注記* : 法線方向の変位が最大となる基準地震動 S_s における
⑦-⑦断面の天端の最大変位量

5.2.5 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価結果を表 5-46 及び表 5-47 に示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の杭下端部に生じる軸応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-46 基礎地盤の支持性能評価結果（③-③断面）

発生断面力	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
軸力 N (kN)			
3337	0.9	9.8	0.09

表 5-47(1) 基礎地盤の支持性能評価結果（④-④断面，海側杭）

発生断面力	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
軸力 N (kN)			
7679	2.0	9.8	0.21

表 5-47(2) 基礎地盤の支持性能評価結果（④-④断面，陸側杭）

発生断面力	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
軸力 N (kN)			
1898	0.5	9.8	0.06

6. 漂流物対策工

6.1 概要

津波防護施設である防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算について、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）が構造健全性を保持することを確認する。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に要求される機能の維持を確認するにあたっては、津波荷重、余震、衝突荷重、風荷重及び積雪荷重に対する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（多重鋼管杭式擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の位置を図 6-1 に，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に設置する漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分を図 6-2，漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分一覧を表 6-1 に示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）には漂流物対策工①及び漂流物対策工②を設置する。

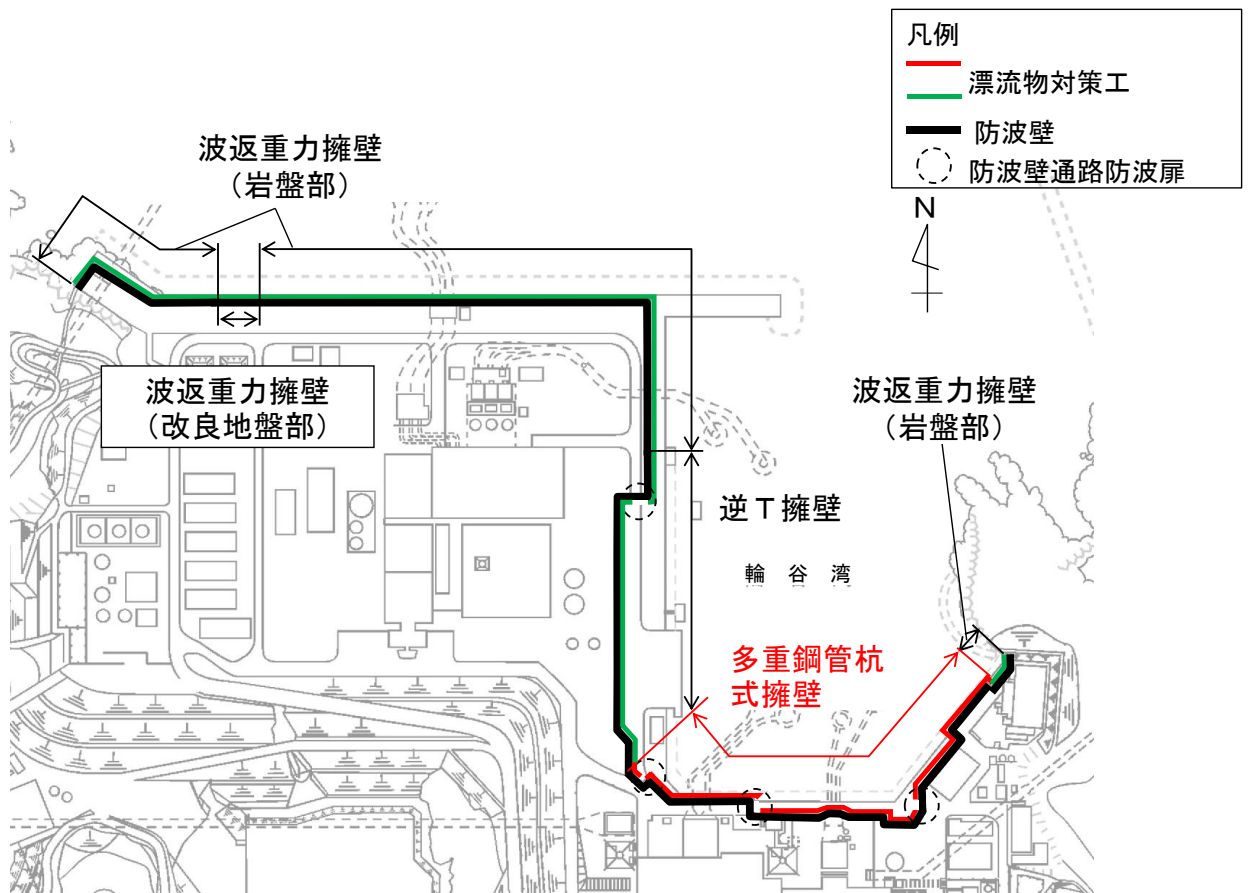


図 6-1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の位置図

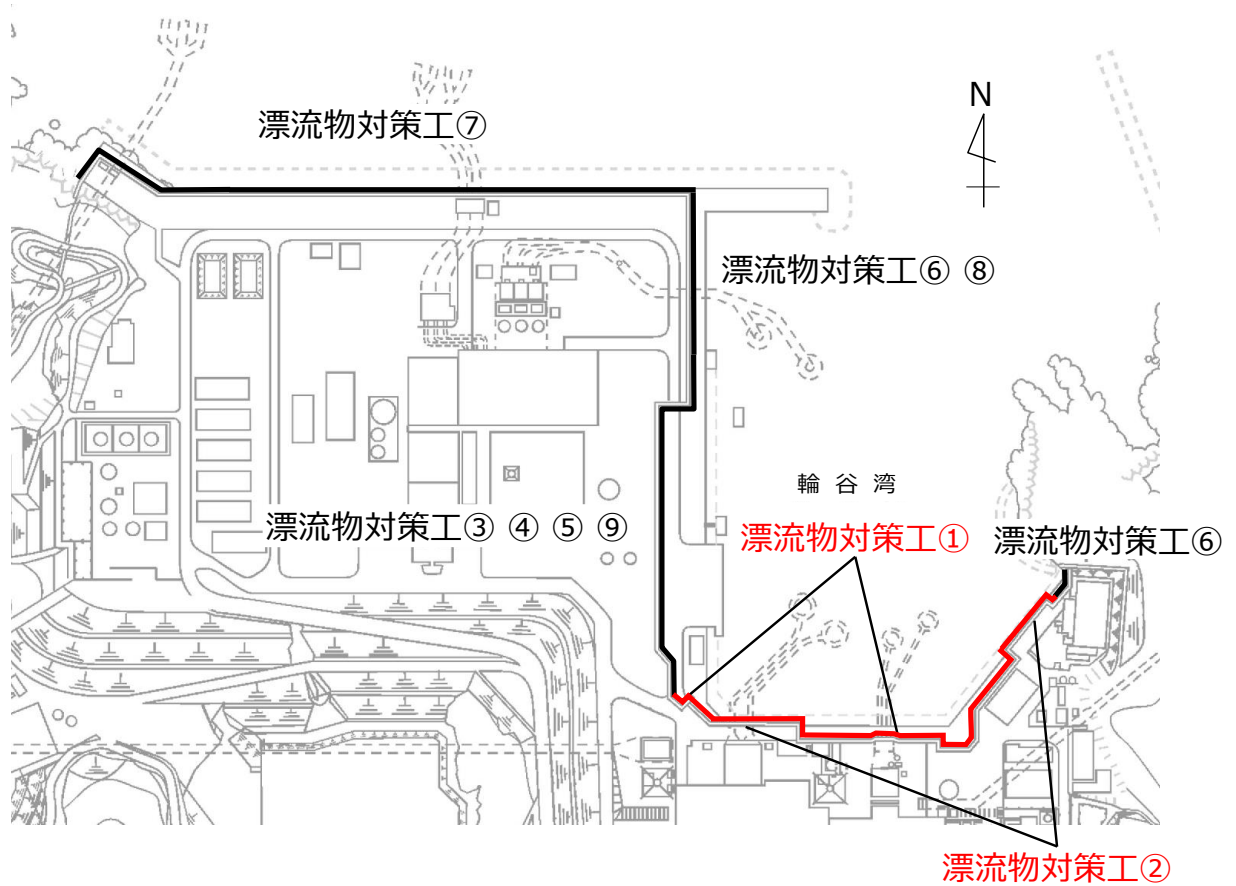


図 6-2 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分図

表 6-1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分一覧

名称	高さ	種別	設置箇所
漂流物対策工①	6.6m (EL 15.0m～EL 8.4m)	鉄筋コンクリート版	施設護岸の前面に 設置されている 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）
漂流物対策工②	12.8m (EL 15.0m～EL 2.2m)	鉄筋コンクリート版	施設護岸の背面に 設置されている 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

6.2.2 構造概要

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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。

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（多重鋼管杭式擁壁）に支持される構造である。

(単位：mm)

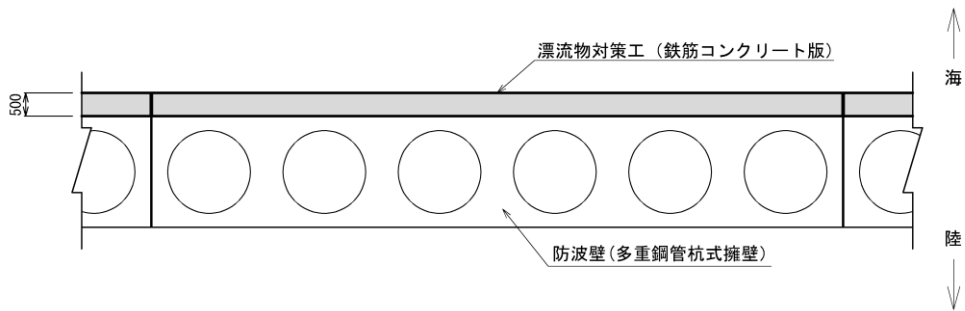


図 6-3(1) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造概要図（平面図）

(単位：mm)

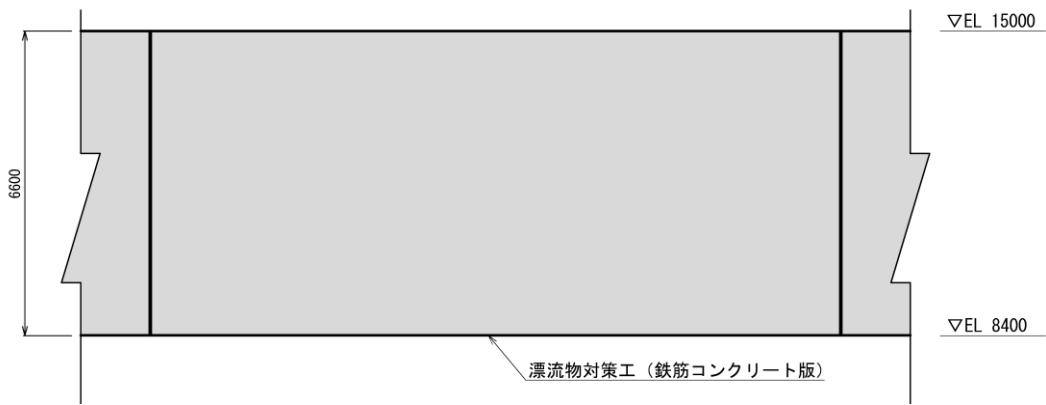


図 6-3(2) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造概要図（正面図）

(単位：mm)

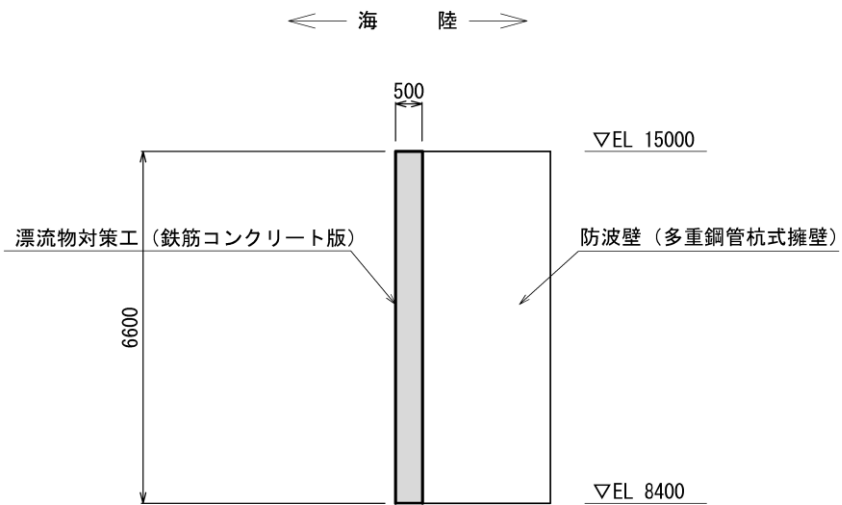


図 6-3(3) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造概要図（標準断面図）

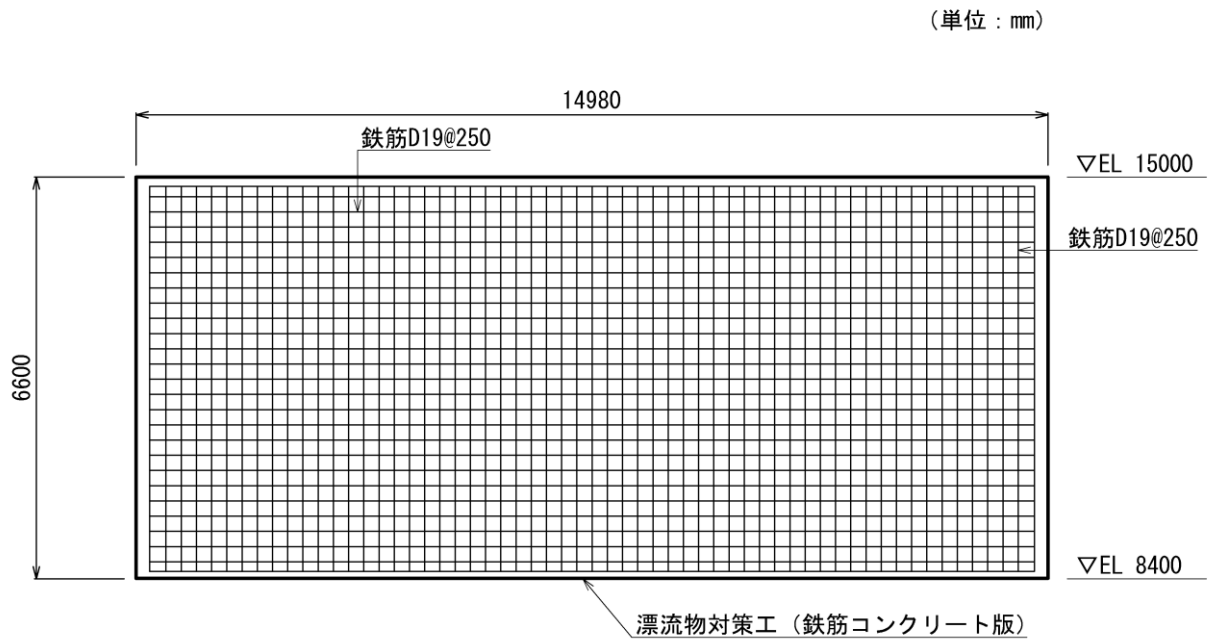


図 6-4(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (正面図)

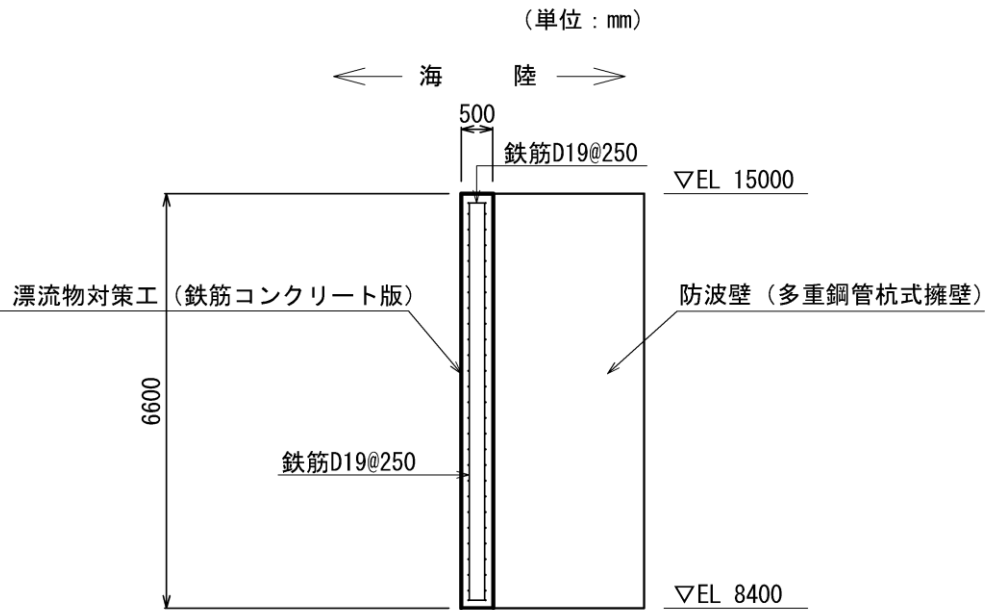


図 6-4(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (断面図)

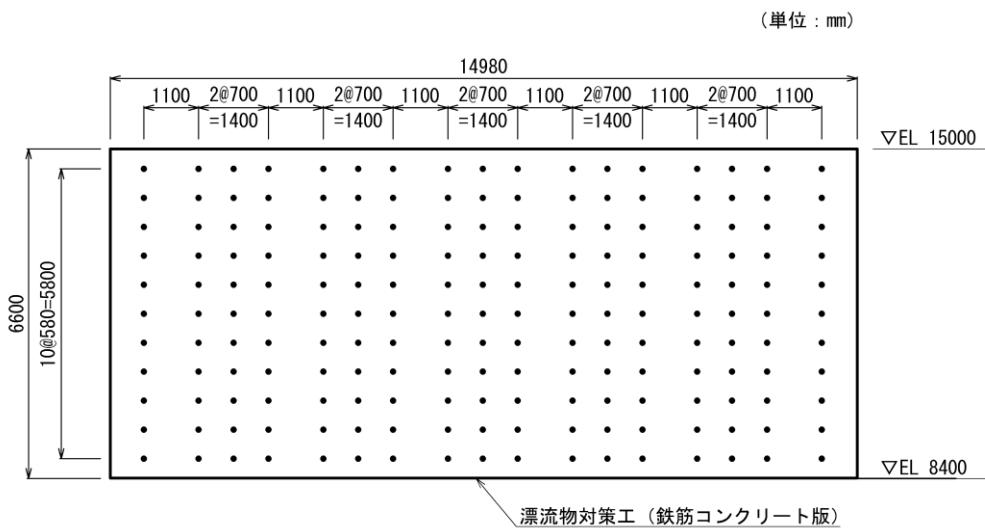


図 6-5(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (正面図)

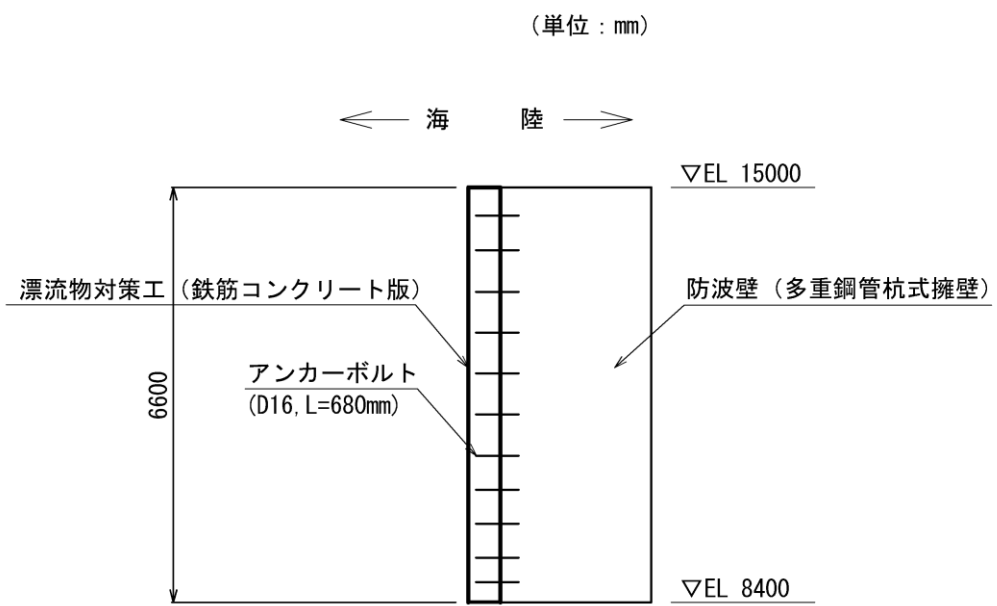


図 6-5(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (断面図)

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（多重鋼管杭式擁壁）に設置し、衝突荷重を分散して防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に伝達し、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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（鉄筋コンクリート版）の各部位の役割を表 6-2 に、性能目標を表 6-3 に示す。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算は、表 6-4 に示すとおり、津波時の荷重に対して、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を構成する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を確認する。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価フローを図 6-6 に示す。

表 6-2 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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	・役割に期待しない（防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の解析モデルに重量として考慮し、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）への影響を考慮する）。	・衝突荷重を分散して防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に伝達する。 ・衝突荷重による防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の局所的な損傷を防止する。
	アンカーボルト	・鉄筋コンクリート版を支持する。	・鉄筋コンクリート版を支持する。

表 6-3 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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	—	衝突荷重を分散して防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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。
	アンカーボルト	鉄筋コンクリート版が防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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が防波壁（多重鋼管杭式擁壁）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）の評価項目（強度計算）

評価方針	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	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
	アンカーボルト	発生する応力（アンカーボルトの引張力、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

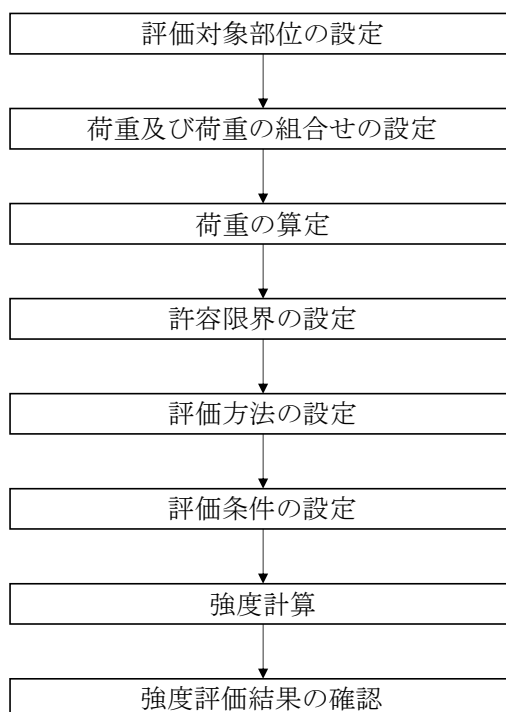


図 6-6 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価フロー

6.2.4 記号の説明

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価に用いる記号を表 6-5 に示す。

表 6-5 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P _t	kN	遡上津波荷重
P _c	kN	衝突荷重
P _k	kN	風荷重
K S d	kN	余震荷重
P _{d h}	kN	静水圧
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	N/mm ²	鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力
P _{d c}	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

6.3 評価対象部位

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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、鉄筋コンクリート版とする。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構成部位を図6-7に示す。

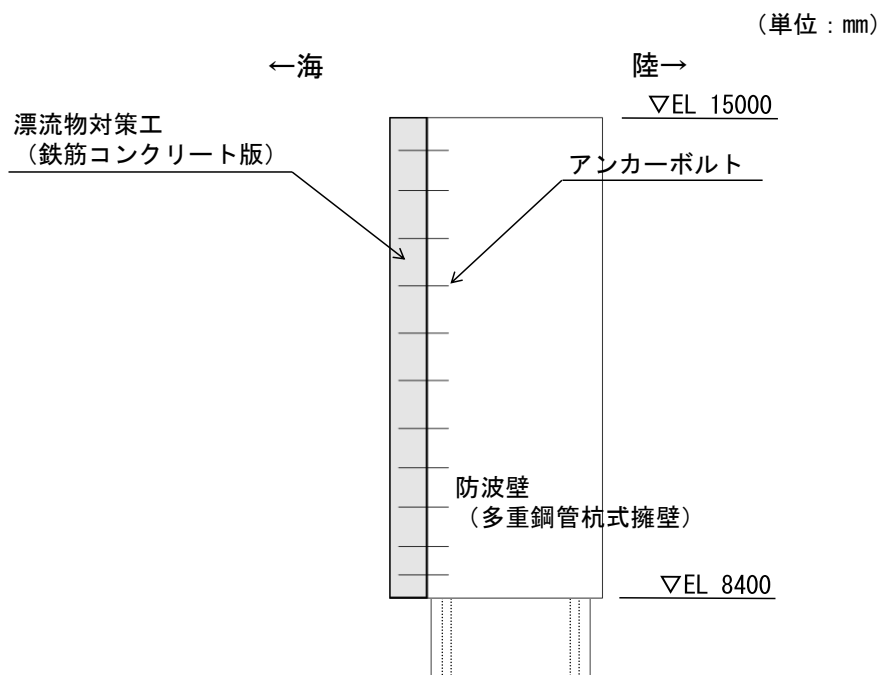


図6-7 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構成部位

6.4 強度計算

6.4.1 強度計算方法

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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（鉄筋コンクリート版）を構成する部材の自重を考慮する。

b. 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。

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。

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）の強度計算に用いる衝突荷重を表 6-6 に示す。

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1454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1454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）の評価に用いる荷重の作用図を図6-8に示す。

a. 津波時

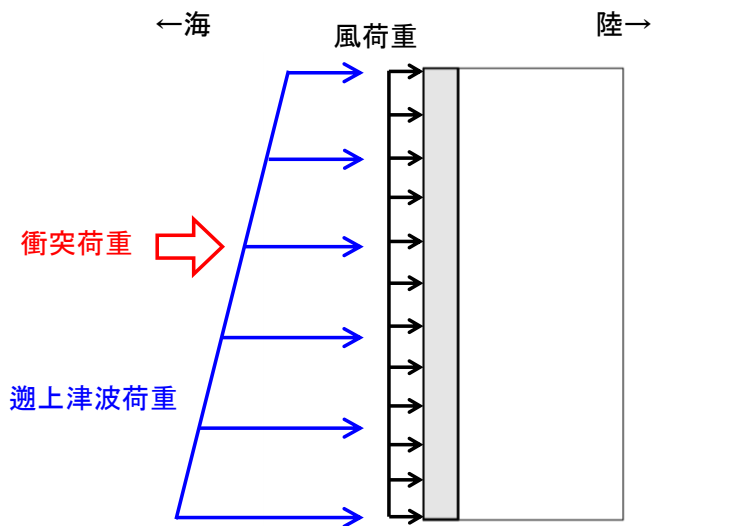
$$G + P_t + P_c + P_k$$

ここで、G：固定荷重 (kN)

P_t：遡上津波荷重 (kN)

P_c：衝突荷重 (kN)

P_k：風荷重 (kN)



漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

図6-8 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の荷重作用図

6.4.3 許容限界

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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（鉄筋コンクリート版）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

諸元	
アンカーボルト	SD345
鉄筋	SD345
コンクリート	設計基準強度：24N/mm ²

表 6-8 材料の物性値

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)

(2) 許容限界

漂流物対策工（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)
	押抜きせん断応力度	0.9	1.35
コンクリート (f'ck=24N/mm ²)			

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。

6.4.4 評価方法

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）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）

漂流物対策工（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。漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のモデル図を図 6-9 に示す。

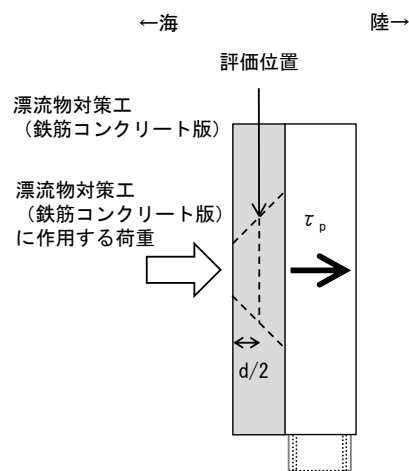


図 6-9 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のモデル図

a. 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

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

ここで、

τ_p : 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 (N/mm²)

P_{dc} : 漂流物対策工（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 : 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の有効高さ (m)

6.4.5 評価条件

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算に用いる入力値を表 6-10 に示す。

表 6-10 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P_{dc}	kN	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に作用する荷重	1336
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	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の有効高さ	0.5

6.4.6 評価結果

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造強度計算結果を表 6-11 に示す。漂流物対策工（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 6-11 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

VI-3-別添 3-2-2 防波壁通路防波扉の強度計算書

防波壁通路防波扉の強度計算書

1. 防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）に関する強度計算書
2. 防波壁通路防波扉（荷揚場南）に関する強度計算書
3. 防波壁通路防波扉（3号機東側）に関する強度計算書

1. 防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）
に関する強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 一般事項	2
2.1 検討対象防波扉一覧	2
2.2 配置概要	3
2.3 構造計画	7
2.4 評価方針	8
2.5 適用規格・基準等	9
2.6 記号の説明	10
3. 強度評価	12
3.1 評価対象部位	12
3.2 荷重及び荷重の組合せ	13
3.2.1 荷重の設定	13
3.2.2 荷重の組合せ	14
3.3 許容限界	15
3.3.1 使用材料	15
3.3.2 許容限界	15
3.4 評価方法	17
3.4.1 応力算定	17
3.4.2 断面検定	24
3.4.3 評価条件	27
4. 評価結果	28

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方針」に示すとおり、防波壁通路防波扉のうち、防波壁通路防波扉（1号機北側）（以下「防波扉（1号機北側）」という。）及び防波壁通路防波扉（2号機北側）（以下「防波扉（2号機北側）」という。）が、地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重及び漂流物の衝突を考慮した荷重に対し、施設の構造健全性を保持することを確認するものである。

2. 一般事項

2.1 検討対象防波扉一覧

検討対象の防波扉を表 2-1 に示す。

表 2-1 検討対象防波扉一覧

扉名称	設置高さ
	EL (m)
防波扉 (1号機北側)	9.5
防波扉 (2号機北側)	9.5

2.2 配置概要

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の位置図を図2-1に，防波扉（1号機北側）の構造図を図2-2に，防波扉（2号機北側）の構造図を図2-3に示す。

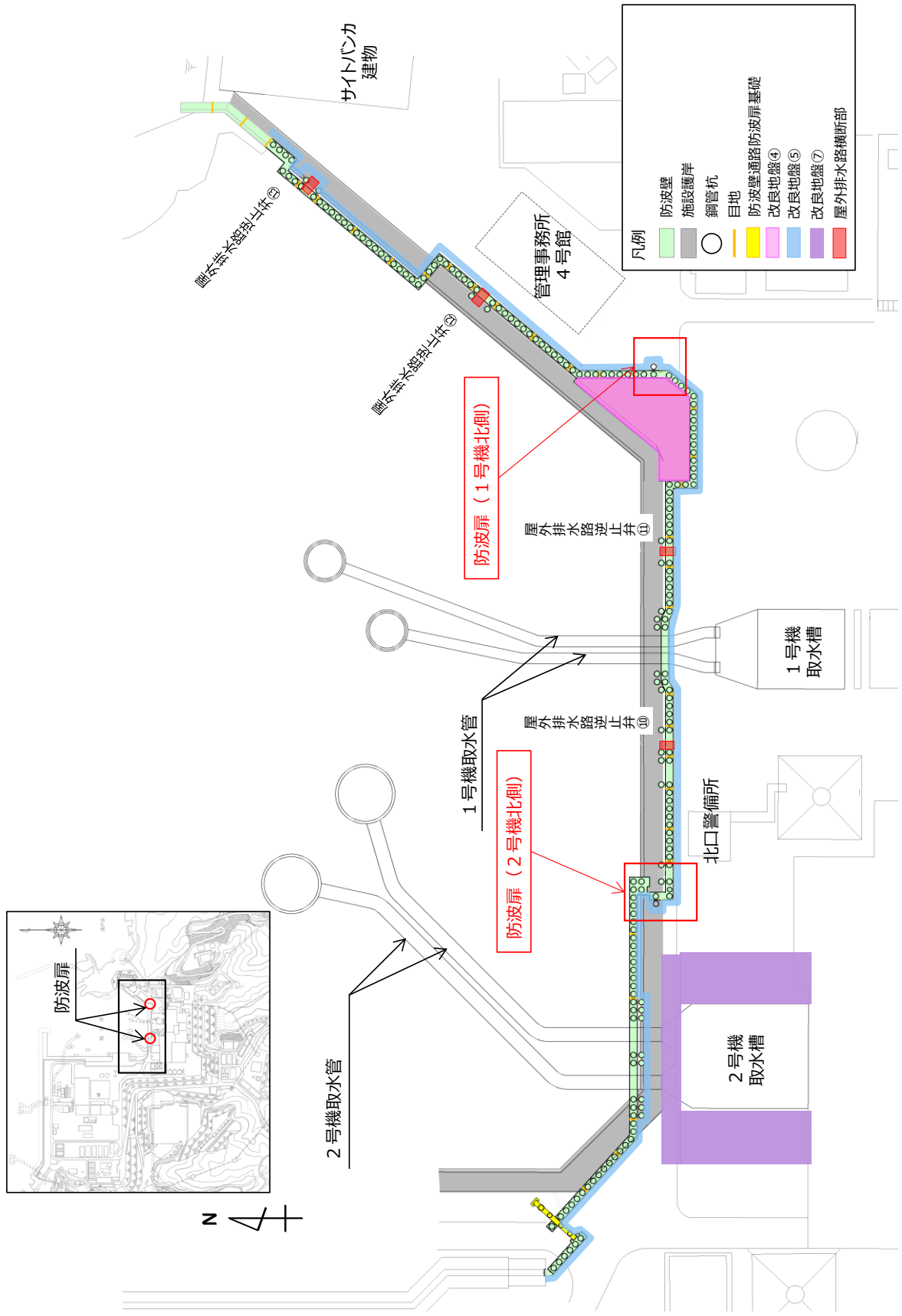


図 2-1 防波扉 (1号機北側) 及び防波扉 (2号機北側) の位置図

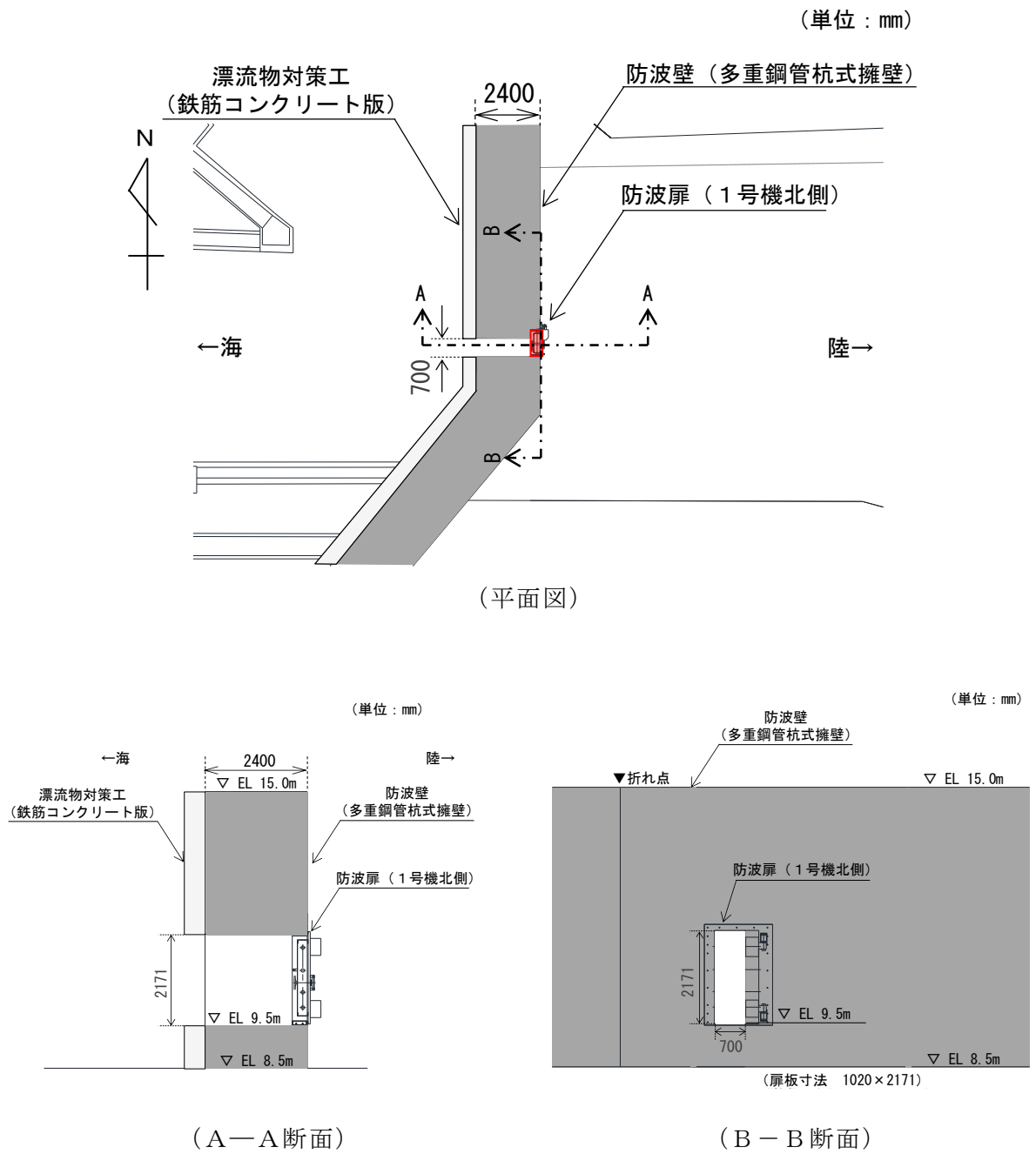
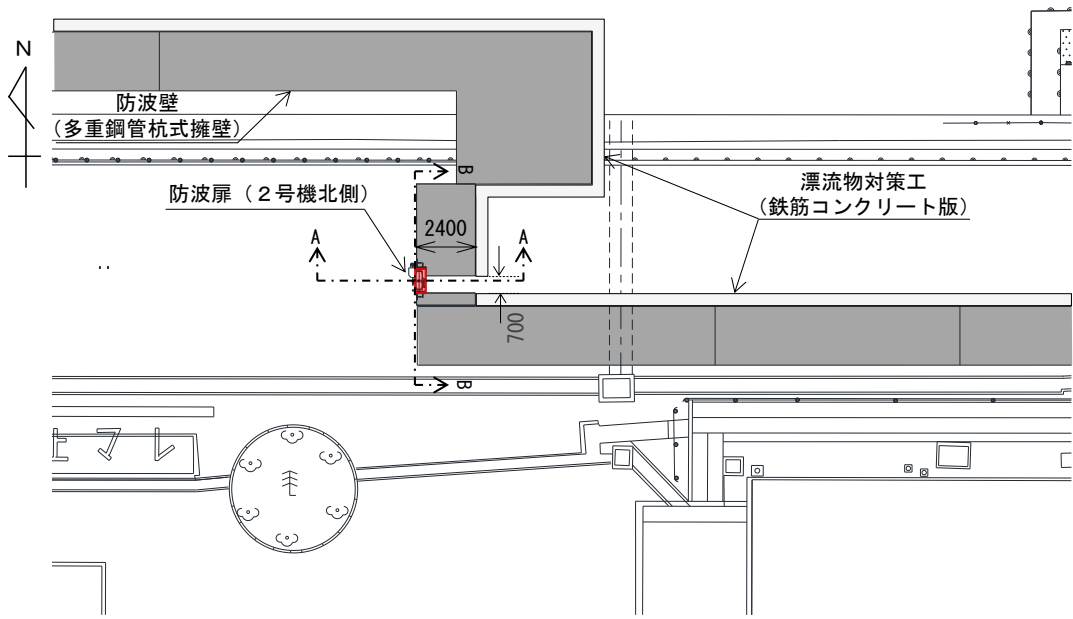


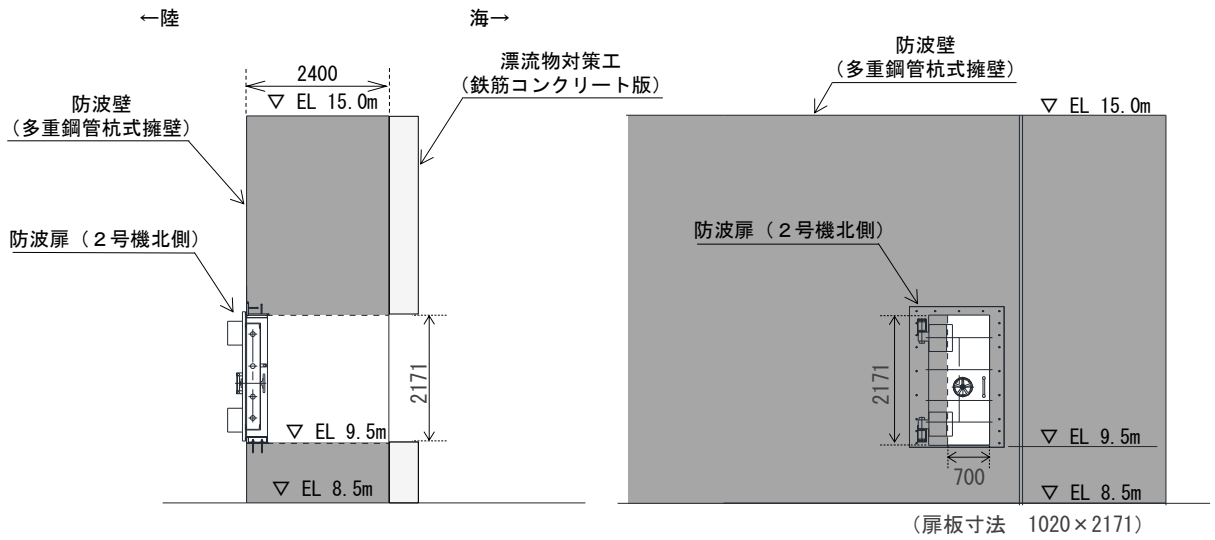
図 2-2 防波扉 (1号機北側) の構造図

(単位 : mm)



(単位 : mm)

(単位 : mm)



(A-A断面)

(B-B断面)

図 2-3 防波扉 (2号機北側) の構造図

2.3 構造計画

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の構造計画を表 2-2 に示す。防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）は扉板、芯材、カンヌキ、ヒンジ部（ヒンジ板、ヒンジピン、ヒンジボルト）、扉枠、アンカーボルトにより構成され、アンカーボルトにより躯体へ固定する構造とする。なお、固定する躯体は防波壁（多重鋼管杭式擁壁）である。

表 2-2 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の構造計画

計画の概要		説明図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>扉開放時においては、ヒンジにより扉が扉枠に固定され、扉閉止時においては、カンヌキ（差込形）により扉と扉枠を一体化する構造とする。</p> <p>扉枠はアンカーボルトにより躯体（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））へ固定する構造とする。</p>	<p>片開型の鋼製扉とし、鋼製の扉板に芯材を取付け、扉に設置されたカンヌキ（差込形）を鋼製の扉枠に差込み、扉と扉枠を一体化させる構造とする。</p> <p>また、扉と躯体の接続はヒンジ部を介する構造とする。</p>	<p style="text-align: center;">説明図</p> <p style="text-align: center;">(正面図)</p> <p style="text-align: center;">(断面図)</p>

2.4 評価方針

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）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方針」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえ、防波扉の評価対象部位に生じる応力度等が許容限界以下であることを、各設備の「3.4 評価方法」に示す方法により、「3.4.3 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、応力評価の確認結果を「4. 評価結果」にて示す。

なお、強度評価については、津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）について評価を実施することとし、津波と余震に伴う荷重が作用する重畳時については、防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の前面の敷地高さ（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）」より高いため、評価を実施しない。

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の強度評価フローを図 2-4 に示す。

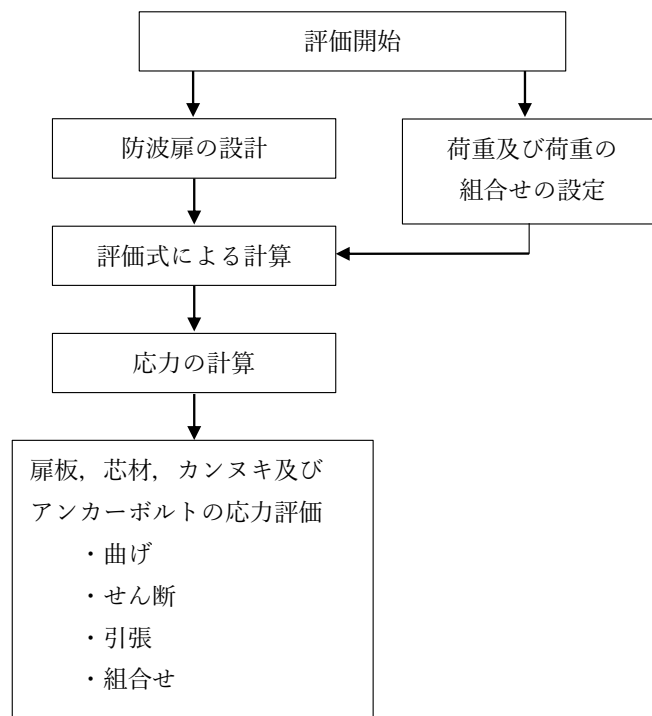


図 2-4 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の強度評価フロー

2.5 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・ 機械工学便覧（（社）日本機械学会）
- ・ 各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）
- ・ 鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005年改定）
- ・ 日本産業規格（J I S）

2.6 記号の説明

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の強度評価に用いる記号を表2-3に示す。

表2-3 強度評価に用いる記号(1/2)

記号	単位	定義
G	kN	扉の固定荷重
P _t	kN/m ²	遡上津波荷重
P _c	kN	衝突荷重
P ₁	kN/m	扉板上端に作用する遡上津波荷重
ρ	t/m ³	水の密度
g	m/s ²	重力加速度
h ₁	m	水頭高さ
h ₂	m	床面から扉板上端までの高さ
L ₁	m	扉板の短辺方向の長さ
P ₂	kN/m	扉板下端に作用する遡上津波荷重
h ₃	m	床面から扉板下端までの高さ
L ₂	m	扉板の長辺方向の長さ
L ₃	m	扉板の遡上津波荷重による曲げモーメントが最大となる高さ
M ₁	kN・m	扉板に生じる遡上津波荷重による曲げモーメント
V ₁	kN	遡上津波荷重により扉上端に生じる反力
M ₂	kN・m	扉板に生じる衝突荷重による曲げモーメント
M ₃	kN・m	扉板に生じる曲げモーメント
P ₃	kN/m	芯材上端に作用する遡上津波荷重
h ₄	m	床面から芯材上端までの高さ
L ₄	m	芯材の負担幅
P ₄	kN/m	芯材下端に作用する遡上津波荷重
h ₅	m	床面から芯材下端までの高さ
M ₄	kN・m	芯材に生じる遡上津波荷重による曲げモーメント
V ₂	kN	遡上津波荷重により芯材上端に生じる反力
L ₆	m	芯材の遡上津波荷重による曲げモーメントが最大となる高さ
L ₅	m	芯材の負担長さ
M ₅	kN・m	芯材に生じる衝突荷重による曲げモーメント

表 2-3 強度評価に用いる記号(2/2)

記号	単位	定義
M_6	$\text{kN} \cdot \text{m}$	芯材に生じる曲げモーメント
Q_1	kN	芯材に生じるせん断力
P_5	kN/m	最下部カンヌキ負担範囲の上端に作用する遡上津波荷重
L_7	m	最下部カンヌキ負担高さ
L_8	m	開口幅
P_6	kN/m	開口下端に作用する遡上津波荷重
R_1	kN	カンヌキ 1 本あたりに作用する遡上津波荷重
n_1	本	最下部カンヌキの本数
M_7	$\text{kN} \cdot \text{m}$	カンヌキ 1 本あたりに生じる曲げモーメント
L_9	m	カンヌキの扉外間距離
Q_2	kN	カンヌキ 1 本あたりに生じるせん断力
P_7	kN/m	開口上端に作用する遡上津波荷重
n_2	本	引張力を受けるアンカーボルトの本数
L_{10}	m	開口高さ
T_1	kN	アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力
σ_1	N/mm^2	扉板に生じる曲げ応力度
Z_1	mm^3	扉板の断面係数
σ_2	N/mm^2	芯材に生じる曲げ応力度
Z_2	mm^3	芯材の断面係数
τ_1	N/mm^2	芯材に生じるせん断応力度
A_1	mm^2	芯材の断面積
x_1	N/mm^2	芯材に生じる組合せ応力度
σ_3	N/mm^2	カンヌキに生じる曲げ応力度
Z_3	mm^3	カンヌキの断面係数
τ_2	N/mm^2	カンヌキに生じるせん断応力度
A_2	mm^2	カンヌキの断面積
x_2	N/mm^2	カンヌキに生じる組合せ応力度
T_{1A}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力

3. 強度評価

3.1 評価対象部位

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の評価対象部位は、「2.3 構造計画」に示す構造上の特徴を踏まえ選定する。

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）を開く方向に外部から作用する遡上津波荷重は、扉板から芯材に伝わり、カンヌキに伝達され、扉枠を固定するアンカーボルトを介し、開口部周囲の防波壁躯体に伝達されることから、評価対象部位は扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトとする。

なお、ヒンジ部は遡上津波荷重の伝達経路とならないため、評価対象外とする。

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）が開く方向に作用する荷重の作用図を図3-1に示す。

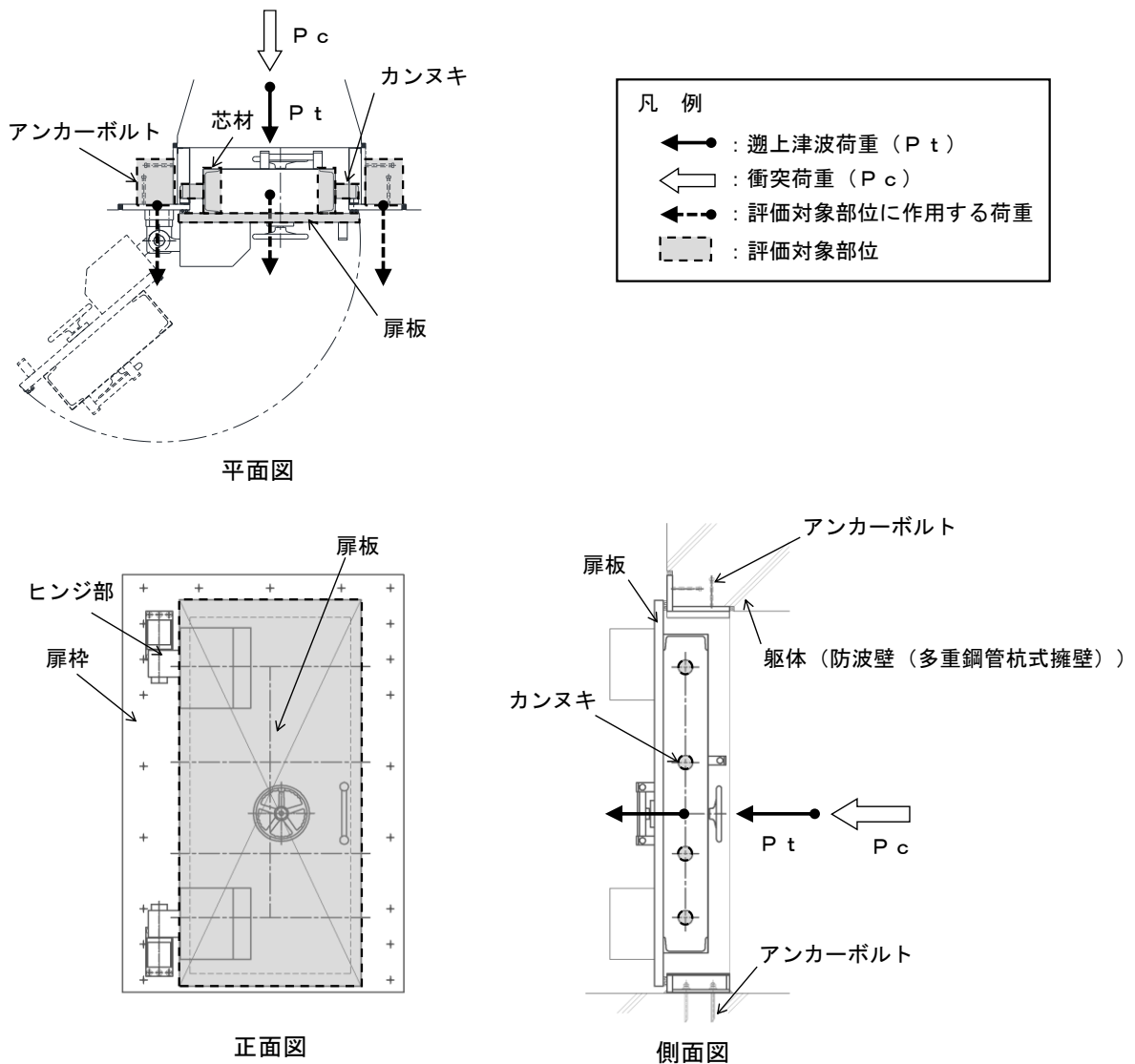


図3-1 防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）が開く方向に作用する荷重の作用図

3.2 荷重及び荷重の組合せ

強度評価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。

3.2.1 荷重の設定

強度評価に用いる荷重を以下に示す。

(1) 扉の固定荷重 (G)

固定荷重として防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の自重を考慮する。

(2) 遡上津波荷重 (P_t)

遡上波により波圧として作用する遡上津波荷重を考慮する。朝倉式により、設計津波水位（入力津波高さに参照する裕度（0.64m）を考慮した水位）と防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の設置高さを用いて算出する。

遡上津波荷重イメージ図を図 3-2 に、遡上津波荷重の算定に用いる水頭高さ及び水の密度を表 3-1 に示す。

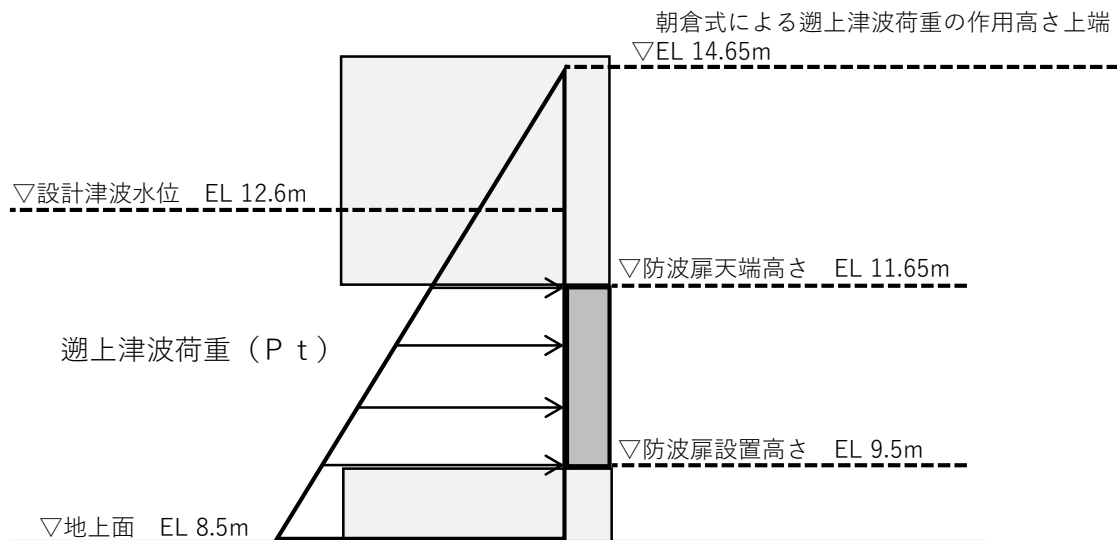


図 3-2 遡上津波荷重イメージ図

表 3-1 水頭高さ及び水の密度

名称	水頭高さ h_1 (m)	水の密度 ρ (t/m ³)
防波扉（1号機北側）及び 防波扉（2号機北側）	5.15*	1.03

注記*：水頭高さは防波扉設置高さ（EL 9.5m）から，朝倉式による
遡上津波荷重の作用高さ上端（EL 14.65m）の差とする。

(3) 衝突荷重（ P_c ）

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）は，防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置することで，漂流物として船舶が衝突しない構造とするため，漂流物として枕木を考慮する。

衝突荷重は，津波荷重により各部材に作用する荷重が最大となる高さに集中荷重として作用するものとし，算定にあたっては既往の算定式により算定した衝突荷重を考慮する。

3.2.2 荷重の組合せ

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の強度評価に用いる荷重の組合せを表 3-2 に示す。

表 3-2 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
津波時	$G + P_t + P_c$

G : 扉の固定荷重

P_t : 遡上津波荷重

P_c : 衝突荷重

3.3 許容限界

許容限界は、「3.1 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.3.1 使用材料

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）を構成する扉板、芯材、カンヌキ及びアンカーボルトの使用材料を表 3-3 に示す。

表 3-3 使用材料

評価対象部位	材質 強度区分	仕様
扉板	SS400	PL-50
芯材	SS400	[-250×90×11×14.5
カンヌキ	SUS304	φ 80
アンカーボルト	アルミキルド鋼	φ 16×160

3.3.2 許容限界

(1) 鋼材

鋼材の許容限界は、「鋼構造設計規準—許容応力度設計法—（（社）日本建築学会，2005年改定）」（以下「S規準」という。）及び「日本産業規格（JIS）」を踏まえて表 3-4 の値とする。

表 3-4 鋼材の許容限界

材質	短期許容応力度 (N/mm ²)	
	曲げ・引張	せん断
SS400 (t ≤ 40*)	235	135
SS400 (40 < t ≤ 100*)	215	124
SUS304	205	118

注記* : t は板厚 (mm) を示す。

(2) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「3.1 評価対象部位」に記載したアンカーボルトに作用する荷重の向きを踏まえて、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010年）」（以下「各種合成構造設計指針・同解説」という。）に基づき算定した表3-5の値とする。

表3-5 アンカーボルトの許容限界

材質	許容耐力 (kN/本)	
	引張	せん断
アルミキルド鋼	47	33

3.4 評価方法

防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）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方針」にて設定している評価式を用いる。

3.4.1 応力算定

(1) 扉板

扉板に生じる応力は、等変分布荷重を受ける両端固定支持のはりとして、次式により算定する。

扉板に作用する荷重の例を図 3-3 に示す。

$$P_1 = \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_2) \cdot L_1$$

ここで、

P_1 : 扉板上端に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

ρ : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h_1 : 水頭高さ (m)

h_2 : 床面から扉板上端までの高さ (m)

L_1 : 扉板の短辺方向の長さ (m)

$$P_2 = \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_3) \cdot L_1$$

ここで、

P_2 : 扉板下端に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

h_3 : 床面から扉板下端までの高さ (m)

$$L_3 = (L_2 / (P_2 - P_1)) \cdot \left\{ -P_1 + \sqrt{\frac{1}{3} \cdot (P_1^2 + P_1 \cdot P_2 + P_2^2)} \right\}$$

ここで、

L_3 : 扉板の遡上津波荷重による曲げモーメントが最大となる高さ (m)

L_2 : 扉板の長辺方向の長さ (m)

$$M_1 = V_1 \cdot L_3 - (P_1 \cdot L_3^2) / 2 - (P_2 - P_1) \cdot L_3^3 / (6 \cdot L_2)$$

ここで、

M_1 : 扉板に生じる遡上津波荷重による曲げモーメント (kN・m)

V_1 : 遡上津波荷重により扉上端に生じる反力 (kN)

$$V_1 = L_2 \cdot (2 \cdot P_1 + P_2) / 6$$

$$M_2 = P_c \cdot L_3 \cdot (L_2 - L_3) / L_2$$

ここで、

M_2 : 扉板に生じる衝突荷重による曲げモーメント (kN・m)

P_c : 衝突荷重 (kN)

$$M_3 = M_1 + M_2$$

ここで、

M_3 : 扉板に生じる曲げモーメント (kN・m)

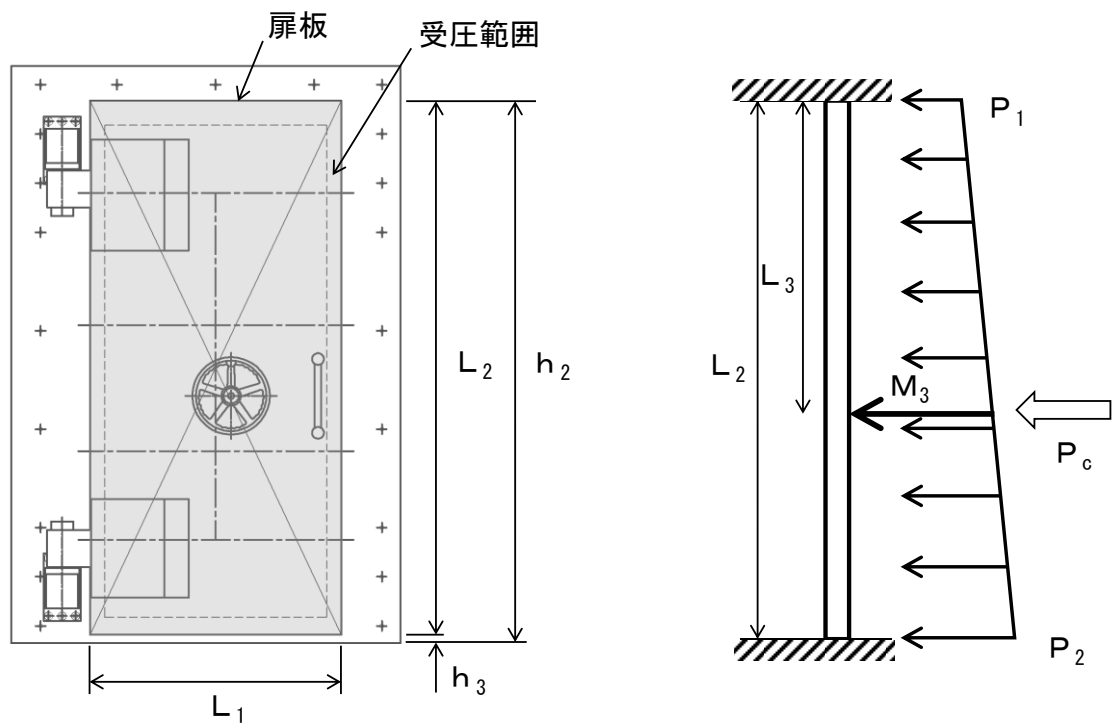


図 3-3 扉板に作用する荷重の例

(2) 芯材

芯材に生じる応力は、遡上津波荷重として等変分布荷重を、集中荷重として衝突荷重をそれぞれ受ける両端固定支持のはりとして次式により算定する。芯材に作用する荷重の例を図 3-4 に示す。

$$P_3 = \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_4) \cdot L_4$$

ここで、

P_3 : 芯材上端に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

ρ : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h_1 : 水頭高さ (m)

h_4 : 床面から芯材上端までの高さ (m)

L_4 : 芯材の負担幅 (m)

$$P_4 = \rho \cdot g \cdot (h_1 - h_5) \cdot L_4$$

ここで、

P_4 : 芯材下端に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

h_5 : 床面から芯材下端までの高さ (m)

$$L_6 = (L_5 / (P_4 - P_3)) \cdot \left\{ -P_3 + \sqrt{\frac{1}{3} \cdot (P_3^2 + P_3 \cdot P_4 + P_4^2)} \right\}$$

ここで、

L_6 : 芯材の遡上津波荷重による曲げモーメントが最大となる高さ (m)

L_5 : 芯材の負担長さ (m)

$$M_4 = V_2 \cdot L_6 - (P_3 \cdot L_6^2) / 2 - (P_4 - P_3) \cdot L_6^3 / (6 \cdot L_5)$$

ここで、

M_4 : 芯材に生じる遡上津波荷重による曲げモーメント (kN・m)

V_2 : 遡上津波荷重により芯材上端に生じる反力 (kN)

$$V_2 = L_5 \cdot (2 \cdot P_3 + P_4) / 6$$

$$M_5 = P_c \cdot L_6 \cdot (L_5 - L_6) / L_5$$

ここで、

M_5 : 芯材に生じる衝突荷重による曲げモーメント (kN・m)

P_c : 衝突荷重 (kN)

$$M_6 = M_4 + M_5$$

ここで、

M_6 : 芯材に生じる曲げモーメント (kN・m)

$$Q_1 = (P_3 + P_4) \cdot L_5 / 2 + P_c$$

ここで、

Q_1 : 芯材に生じるせん断力 (kN)

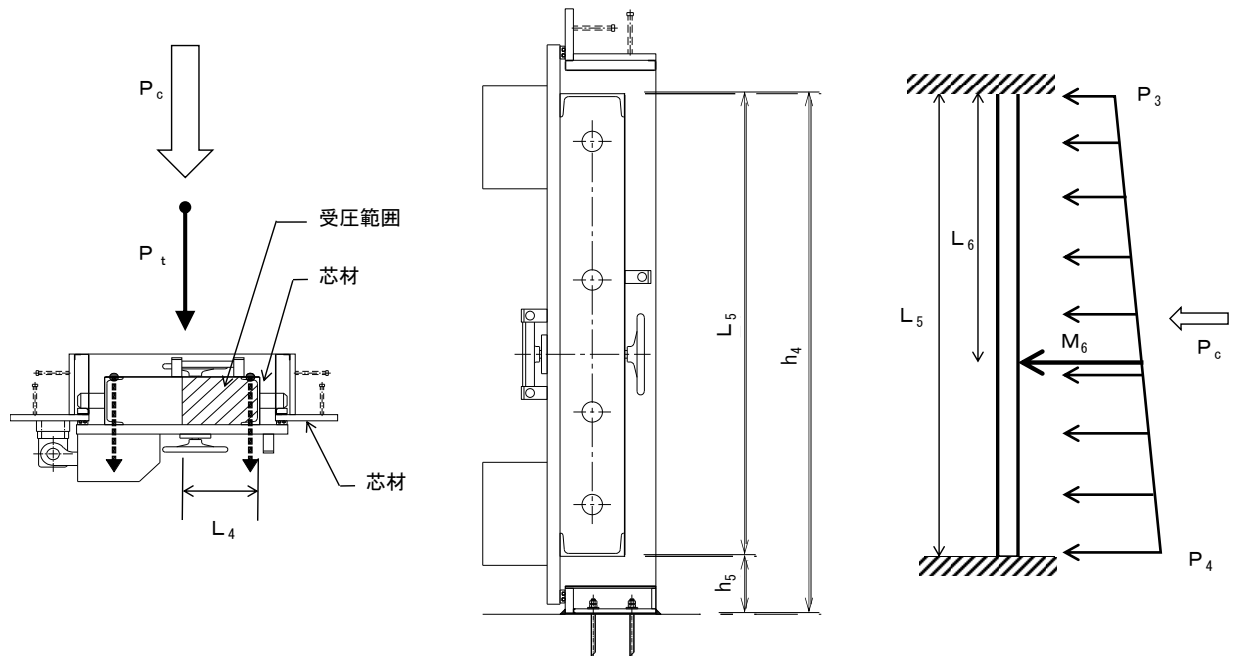


図 3-4 芯材に作用する荷重の例

(3) カンヌキ

カンヌキに生じる応力は次式により算定する。カンヌキは、遡上津波荷重及び衝突荷重が均等に作用するとして算定する。

カンヌキに作用する荷重の例を図 3-5 に示す。

$$P_5 = \rho \cdot g \cdot (h_1 - L_7) \cdot L_8$$

ここで、

P_5 : 最下部カンヌキ負担範囲の上端に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

ρ : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h_1 : 水頭高さ (m)

L_7 : 最下部カンヌキ負担高さ (m)

L_8 : 開口幅 (m)

$$P_6 = \rho \cdot g \cdot h_1 \cdot L_8$$

ここで、

P_6 : 開口下端に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

$$R_1 = (P_5 + P_6) \cdot L_7 / 2 \cdot n_1$$

ここで、

R_1 : カンヌキ 1 本あたりに作用する遡上津波荷重 (kN)

n_1 : 最下部カンヌキの本数 (本)

$$M_7 = (R_1 + P_c / n_1) \cdot L_9$$

ここで、

M_7 : カンヌキ 1 本あたりに生じる曲げモーメント (kN・m)

P_c : 衝突荷重 (kN)

L_9 : カンヌキの扉外間距離 (m)

$$Q_2 = R_1 + P_c / n_1$$

ここで、

Q_2 : カンヌキ 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

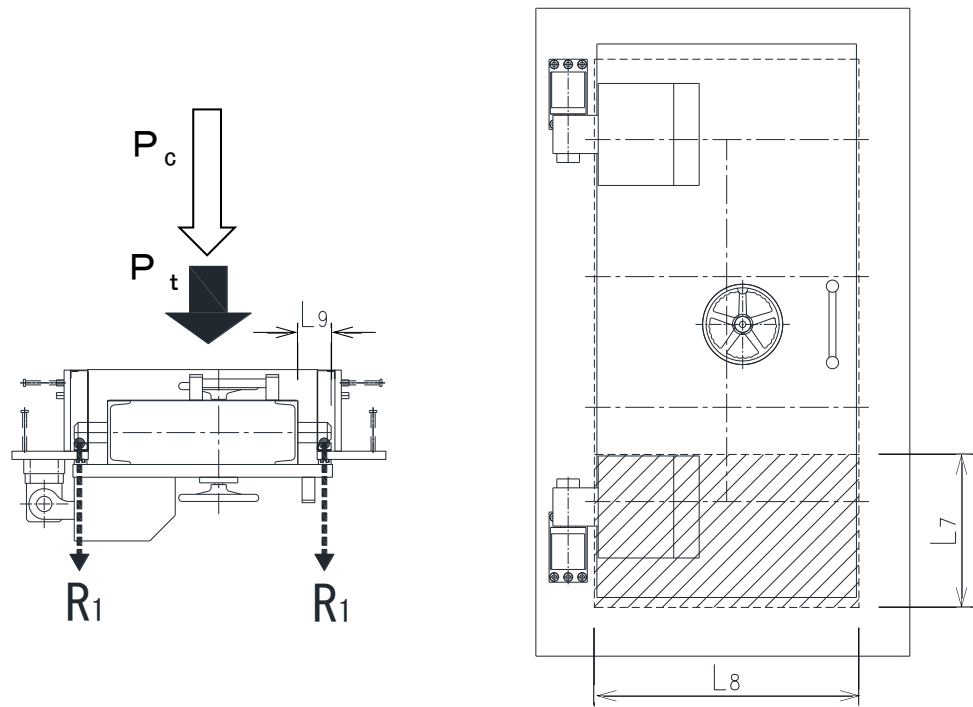


図 3-5 カンヌキに作用する荷重の例

(4) アンカーボルト

アンカーボルトに生じる応力は、遡上津波荷重及び衝突荷重を左右若しくは上下に配置されたアンカーボルトに分配したものである。アンカーボルトに作用する荷重の例を図 3-6 に示す。

$$P_7 = \rho \cdot g \cdot (h_1 - L_{10}) \cdot L_8$$

ここで、

P_7 : 開口上端に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

ρ : 水の密度 (t/m³)

g : 重力加速度 (m/s²)

h_1 : 水頭高さ (m)

L_{10} : 開口高さ (m)

L_8 : 開口幅 (m)

$$T_1 = \{ (P_6 + P_7) \cdot L_{10} / (2 \cdot n_2) \} + P_c / n_2$$

ここで、

T_1 : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

P_6 : 開口下端に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

P_c : 衝突荷重 (kN)

n_2 : 引張力を受けるアンカーボルトの本数 (本)

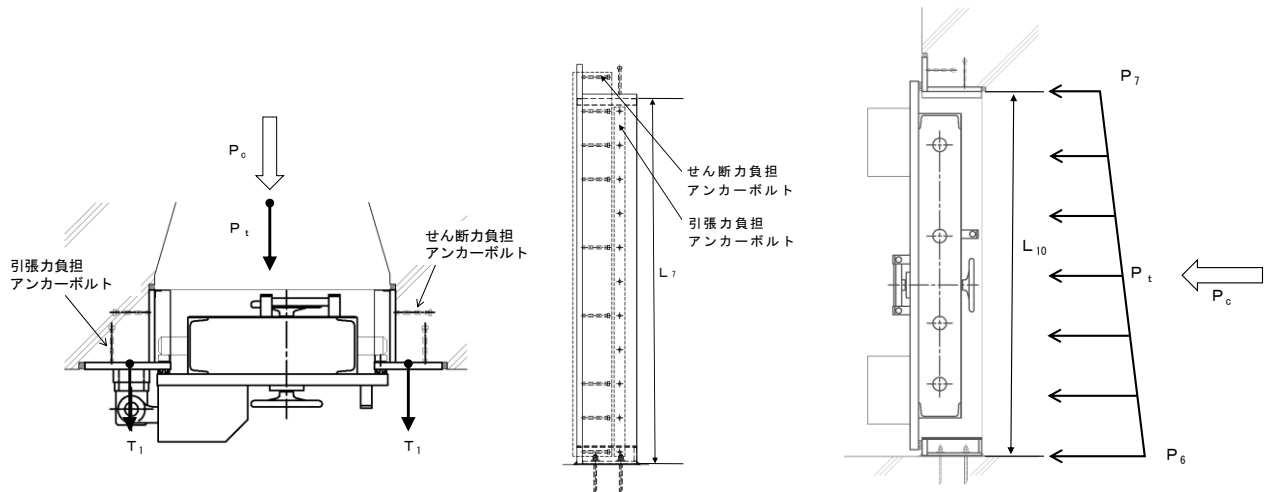


図 3-6 アンカーボルトに作用する荷重の例

3.4.2 断面検定

評価対象部位に生じる応力より算定する応力度及び荷重が、許容限界以下であることを確認する。

(1) 扉板

扉板に生じる曲げ応力度を算定し、扉板の短期許容応力度以下であることを確認する。

$$\sigma_1 = M_3 / Z_1$$

ここで、

σ_1 : 扉板に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_3 : 扉板に生じる曲げモーメント (kN・m)

Z_1 : 扉板の断面係数 (mm³)

(2) 芯材

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から、組合せ応力度を算定し、芯材の短期許容応力度以下であることを確認する。

a. 芯材に生じる曲げ応力度

$$\sigma_2 = M_6 / Z_2$$

ここで、

σ_2 : 芯材に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_6 : 芯材に生じる曲げモーメント (kN・m)

Z_2 : 芯材の断面係数 (mm³)

b. 芯材に生じるせん断応力度

$$\tau_1 = Q_1 / A_1$$

ここで、

τ_1 : 芯材に生じるせん断応力度 (N/mm²)

Q_1 : 芯材に生じるせん断力 (kN)

A_1 : 芯材の断面積 (mm²)

c. 芯材に生じる組合せ応力度

芯材に生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し，短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x_1 = \sqrt{(\sigma_2^2 + 3\tau_1^2)}$$

ここで，

x_1 ：芯材に生じる組合せ応力度 (N/mm²)

(3) カンヌキ

カンヌキに生じる曲げ応力度及びせん断応力度から，組合せ応力度を算定し，カンヌキの短期許容応力度以下であることを確認する。

a. カンヌキに生じる曲げ応力度

$$\sigma_3 = M_7 / Z_3$$

ここで，

σ_3 ：カンヌキに生じる曲げ応力度 (N/mm²)

M_7 ：カンヌキ 1 本あたりに生じる曲げモーメント (kN・m)

Z_3 ：カンヌキの断面係数 (mm³)

b. カンヌキに生じるせん断応力度

$$\tau_2 = Q_2 / A_2$$

ここで，

τ_2 ：カンヌキに生じるせん断応力度 (N/mm²)

Q_2 ：カンヌキ 1 本あたりに生じるせん断力 (kN)

A_2 ：カンヌキの断面積 (mm²)

c. カンヌキに生じる組合せ応力度

カンヌキに生じる曲げ応力度とせん断応力度から，組合せ応力度を「S規準」に基づく次式により算定し，短期許容応力度以下であることを確認する。

$$x_2 = \sqrt{(\sigma_3^2 + 3\tau_2^2)}$$

ここで，

x_2 ：カンヌキに生じる組合せ応力度 (N/mm²)

(4) アンカーボルト

アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力が、「各種合成構造設計指針・同解説」に基づき算定したアンカーボルトの短期許容応力度以下であることを確認する。

$$T_1 / T_{1A} \leq 1.0$$

ここで、

T_1 : アンカーボルト 1 本あたりに生じる引張力 (kN)

T_{1A} : アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力 (kN)

3.4.3 評価条件

強度評価に用いる評価条件を表 3-6 に示す。

表 3-6 強度評価に用いる条件

対象部位	記号	単位	定義	値
共通	ρ	t/m ³	水の密度	1.03
	g	m/s ²	重力加速度	9.80665
	h_1	m	水頭高さ	5.150
	P_c	kN	衝突荷重	6.0
扉板	h_2	m	床面から扉板上端までの高さ	2.210
	h_3	m	床面から扉板下端までの高さ	0.039
	L_1	m	扉板の短辺方向の長さ	1.020
	L_2	m	扉板の長辺方向の長さ	2.171
	L_3	m	扉板の遡上津波荷重による曲げモーメントが最大となる高さ	1.134
芯材	V_2	kN	遡上津波荷重により芯材上端に生じる反力	12.64
	h_4	m	床面から芯材上端までの高さ	2.020
	h_5	m	床面から芯材下端までの高さ	0.225
	L_4	m	芯材の負担幅	0.374
	L_5	m	芯材の負担長さ	1.795
	L_6	m	芯材の遡上津波荷重による曲げモーメントが最大となる高さ	0.9307
	Z_2	mm ³	芯材の断面係数	374000
	τ_1	N/mm ²	芯材に生じるせん断応力度	7
	A_1	mm ²	芯材の断面積	5117
カンヌキ	L_7	m	最下部カンヌキ負担高さ	0.600
	L_8	m	開口幅	1.040
	L_9	m	カンヌキの扉外間距離	0.131
	n_1	本	最下部カンヌキの本数	2
	A_2	mm ²	カンヌキの断面積	5027
アンカー ボルト	T_{1A}	kN	アンカーボルト 1 本あたりの短期許容引張力	47

4. 評価結果

強度評価結果を表 4-1 に示す。防波扉（1号機北側）及び防波扉（2号機北側）の各部材の断面検定を行った結果、発生応力度又は荷重は許容限界以下であることを確認した。

表 4-1 断面検定結果

対象評価部材	単位	分類	発生応力度 又は荷重 (a)	許容 限界 (b)	照査値 (a)/(b)
扉板	N/mm ²	曲げ	66	215	0.31
芯材	N/mm ²	組合せ	27	235	0.12
カンヌキ	N/mm ²	組合せ	49	205	0.24
アンカーボルト	kN	引張	11	47	0.24

2. 防波壁通路防波扉（荷揚場南）に関する強度計算書

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	15
2.4	適用規格・基準等	20
3.	強度評価	21
3.1	記号の定義	21
3.2	評価対象断面	29
3.3	解析方法	31
3.4	荷重及び荷重の組合せ	31
3.4.1	荷重	31
3.4.2	荷重の組合せ	33
3.5	解析モデル及び諸元	34
3.5.1	解析モデル	34
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	36
3.5.3	地盤の物性値	37
3.5.4	地下水位	37
3.6	評価対象部位	38
3.6.1	施設・地盤の健全性評価	38
3.6.2	基礎地盤の支持性能評価	38
3.7	許容限界	39
3.7.1	防波扉	39
3.7.2	漂流物対策工	43
3.8	評価方法	45
3.8.1	防波扉	46
3.8.2	漂流物対策工	56
4.	評価条件	68
5.	評価結果	72
5.1	防波扉	72
5.1.1	防波扉（鋼製扉体）	72
5.1.2	防波扉戸当り（R C 支柱）	72
5.1.3	防波扉基礎スラブ	73
5.1.4	防波扉（鋼管杭）	77

5.1.5	改良地盤	79
5.1.6	基礎地盤	80
5.2	漂流物対策工	81
5.2.1	漂流物対策工（鋼製扉体）	81
5.2.2	漂流物対策工戸当り（RC支柱）	82
5.2.3	漂流物対策工基礎スラブ	86
5.2.4	基礎地盤	90

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方針」に示すとおり、防波壁通路防波扉（荷揚場南）（以下「防波扉（荷揚場南）」という。）が、地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対して、施設・地盤の構造健全性を保持すること及び十分な支持性能を有する地盤に設置していることを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

防波扉（荷揚場南）の位置図を図2-1に示す。

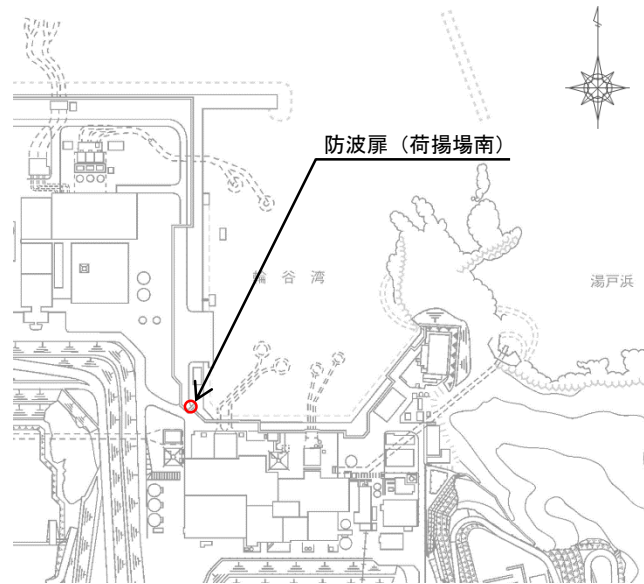


図2-1 防波扉（荷揚場南）の位置図

2.2 構造概要

防波扉（荷揚場南）の構造概要図を図 2-2 に示す。

防波扉（荷揚場南）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。

防波扉（荷揚場南）は，防波扉及び漂流物対策工から構成される。

防波扉は，岩盤に支持される鋼管（以下「防波扉（鋼管杭）」という。）による杭基礎構造と，防波扉（鋼製扉体），防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブによる上部構造から構成される。防波扉（鋼製扉体），防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの境界部には水密ゴムを設置し，止水性を確保する。

防波扉（荷揚場南）の構造図を図 2-3，防波扉戸当り（RC支柱）の概略配筋図を図 2-4 に，防波扉基礎スラブの概略配筋図を図 2-5 に，水密ゴムの概念図を図 2-6 に示す。

漂流物対策工は，漂流物対策工（鋼製扉体），漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブから構成され，マンメイドロック（以下「MMR」という。）及び改良地盤を介して岩盤に支持される。

漂流物対策工の構造図を図 2-7 に，漂流物対策工戸当り（RC支柱）の概略配筋図を図 2-8 に，漂流物対策工基礎スラブの概略配筋図を図 2-9 に，漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの接続部における概略配筋図を図 2-10 に，漂流物対策工戸当り（RC支柱）のアンカー部付近における概略配筋図を図 2-11 に示す。

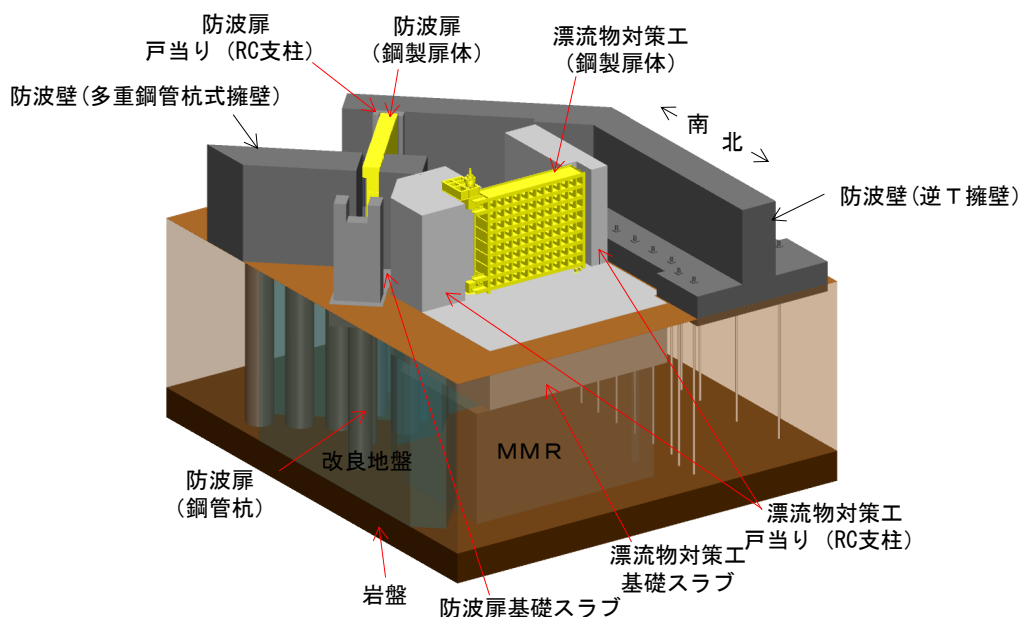


図 2-2(1) 防波扉（荷揚場南）の構造概要図（鳥瞰図）

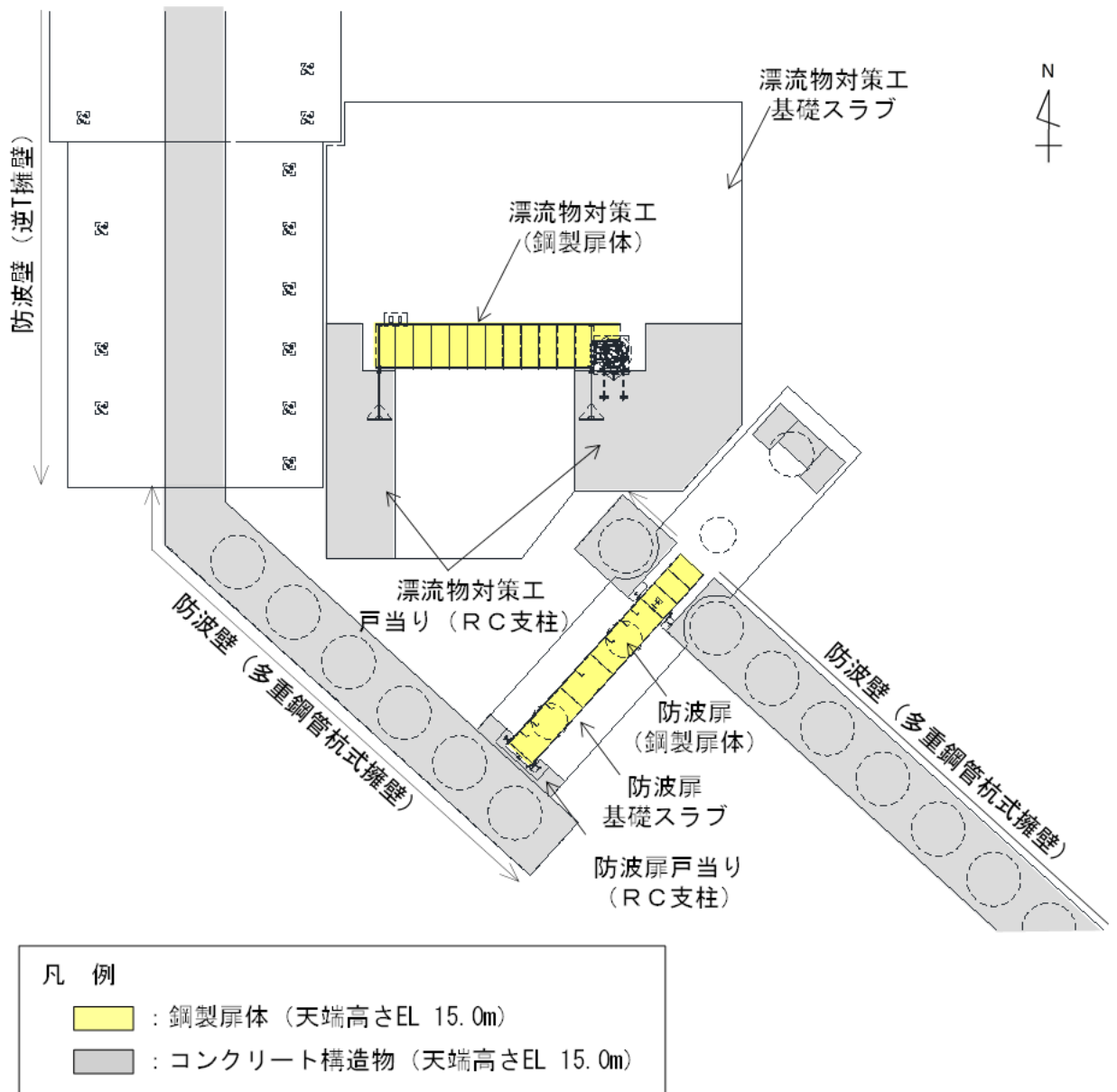


図 2-2(2) 防波扉 (荷揚場南) の構造概要図 (平面図)

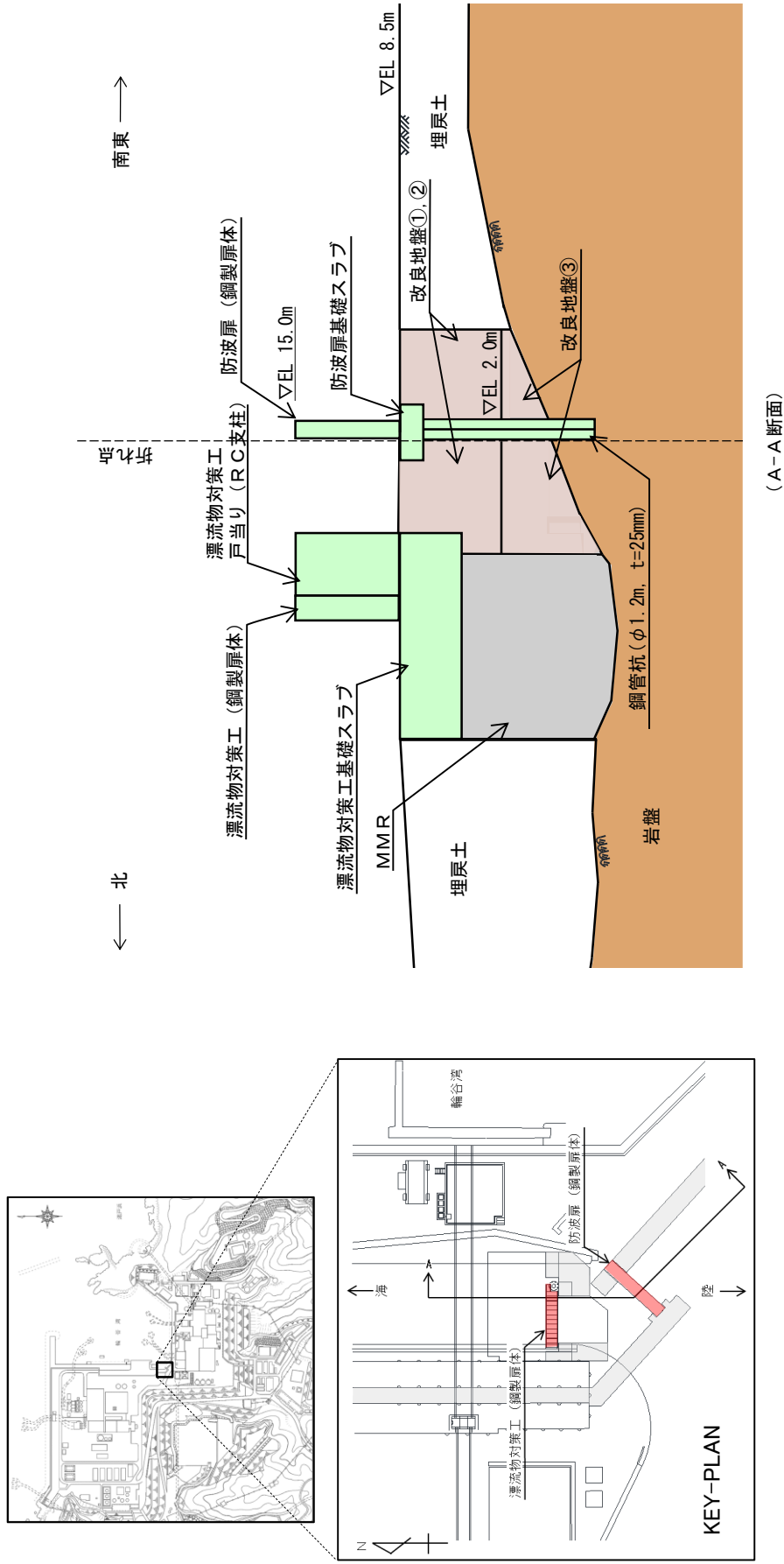
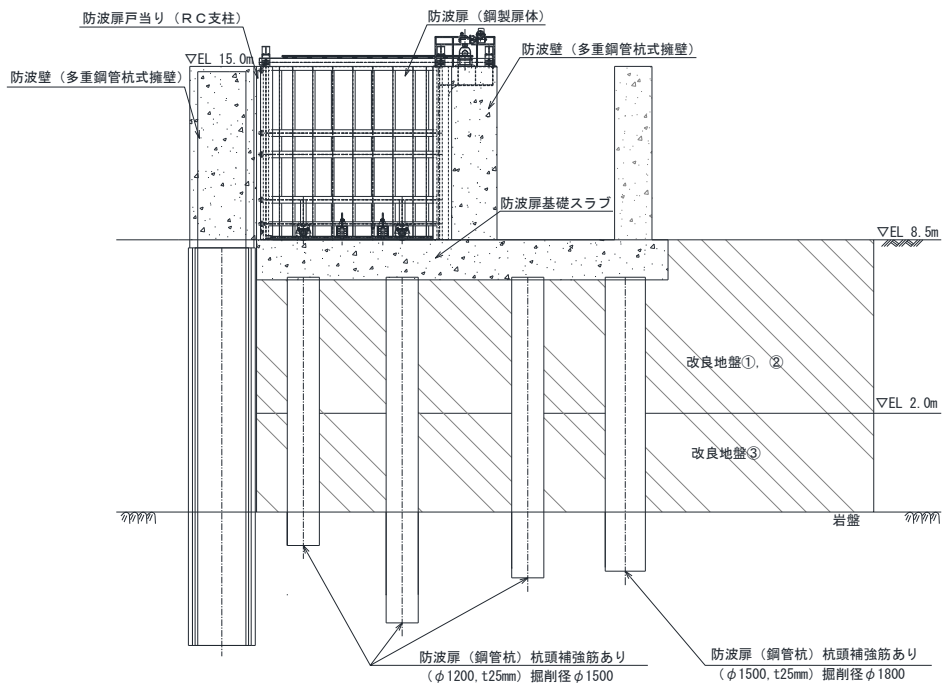
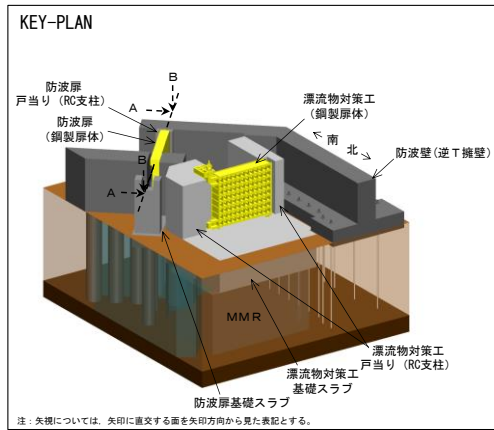
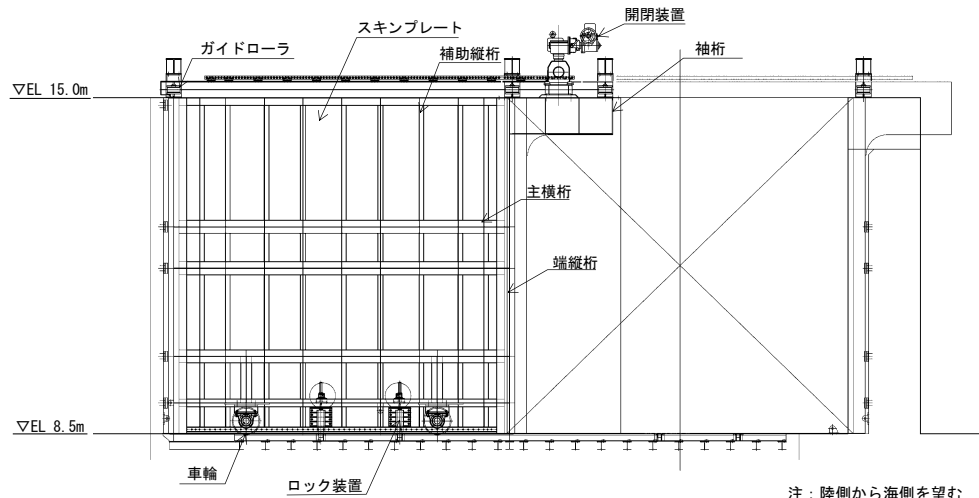


図 2-2 (3) 防波扉 (荷揚場南) の構造概要図 (断面図)



注：陸側から海側を望む

(全体図)



注：陸側から海側を望む

(防波扉 (鋼製扉体) 拡大図)

図 2-3(1) 防波扉の構造図 (A-A断面)

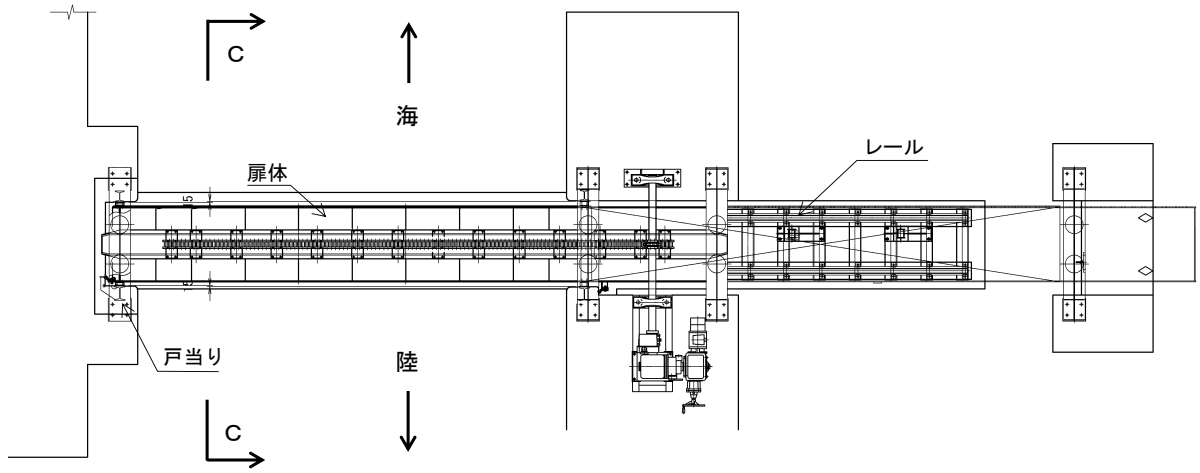


図 2-3(2) 防波扉の構造図 (B-B 断面)

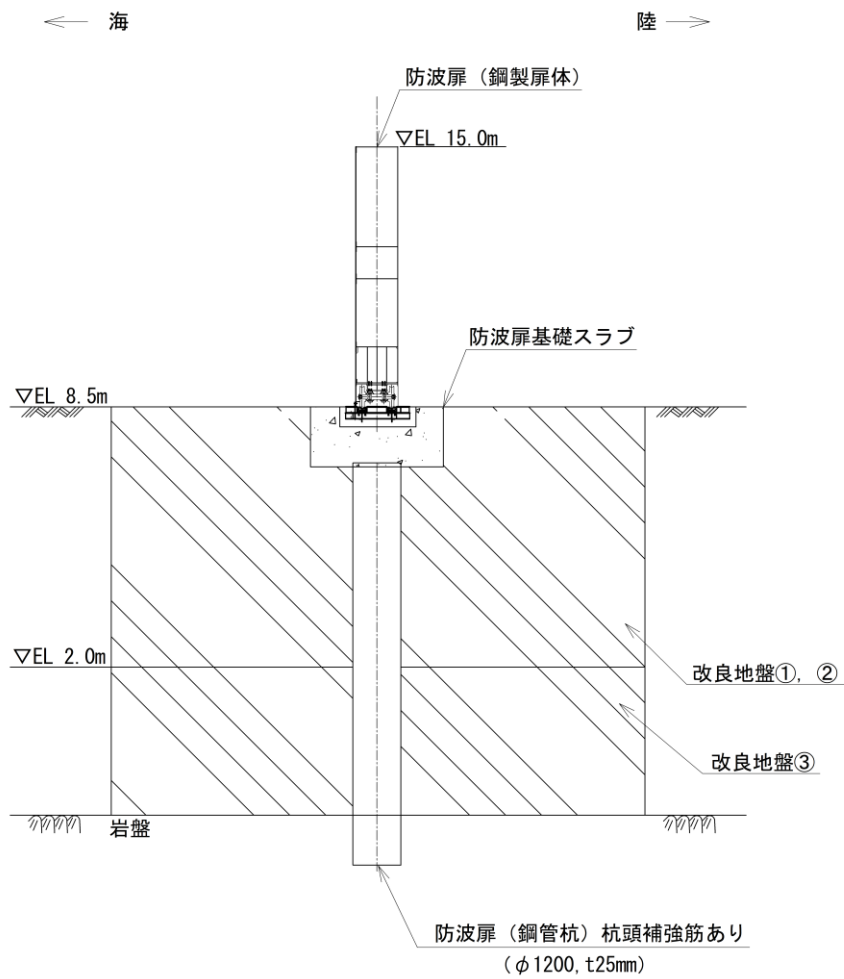


図 2-3(3) 防波扉の構造図 (C-C 断面)

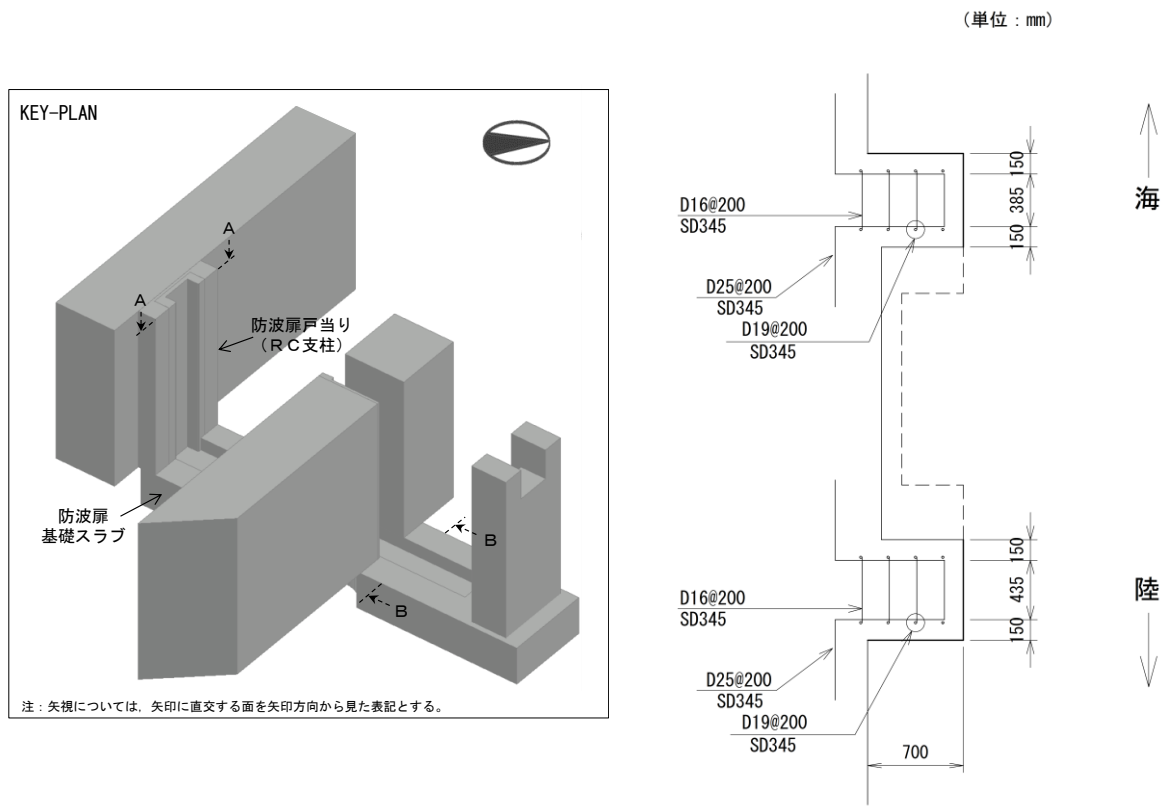


図 2-4 防波扉当り (RC 支柱) の概略配筋図 (A-A 断面)

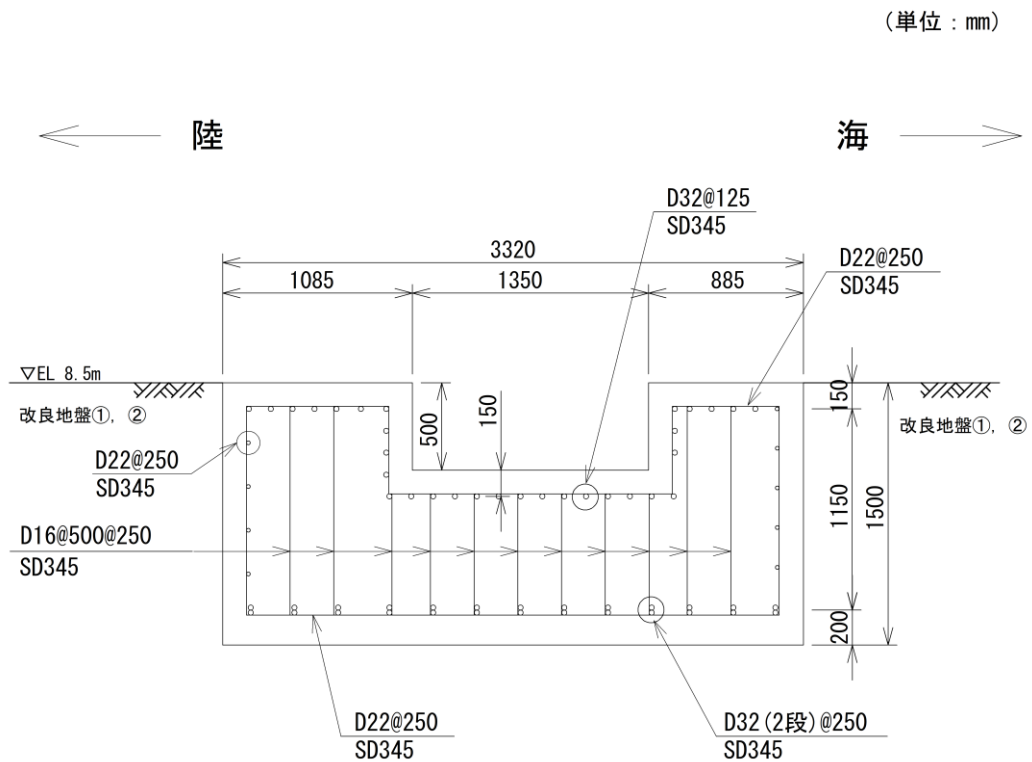


図 2-5 防波扉基礎スラブの概略配筋図 (B-B 断面)

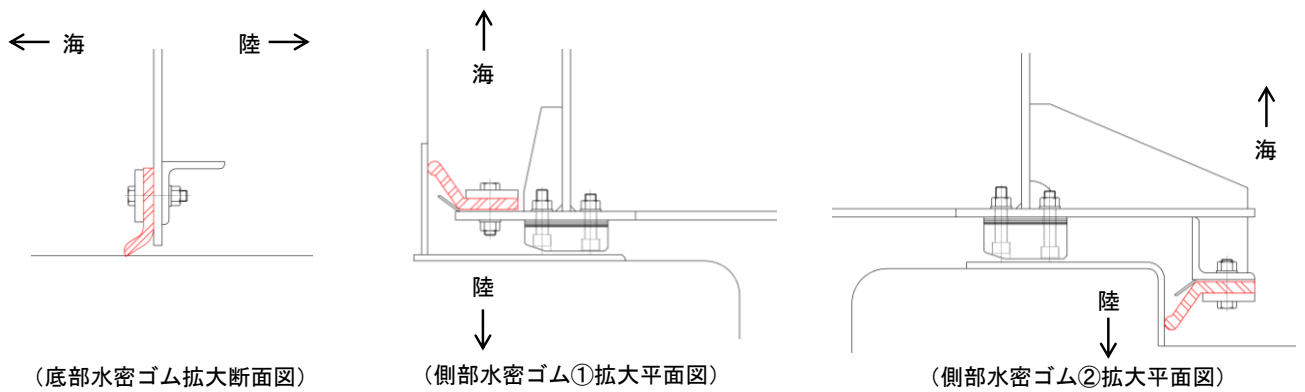
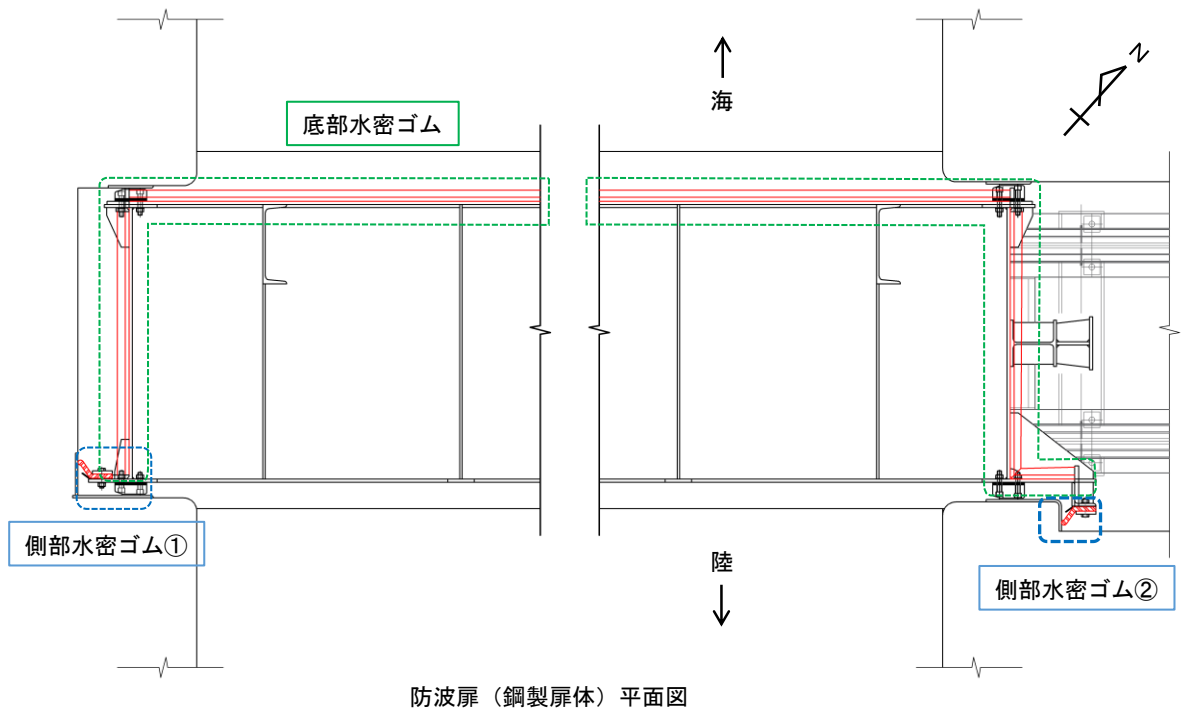
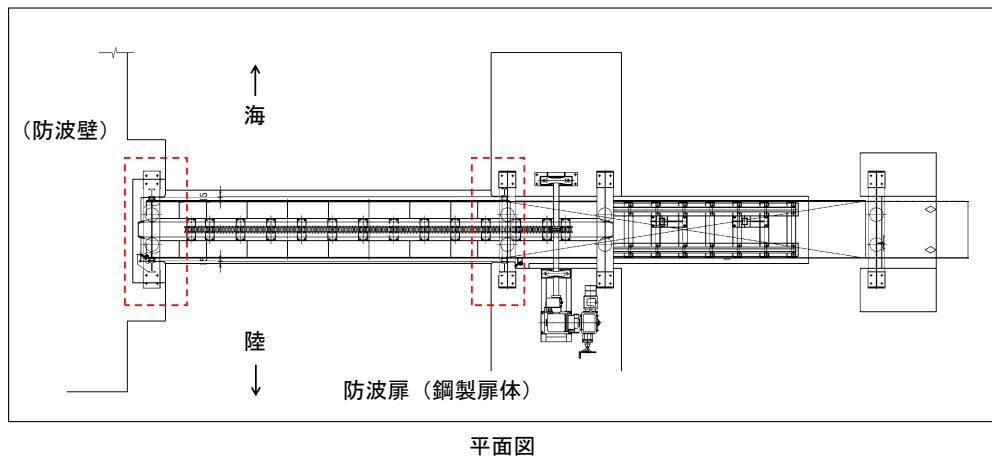
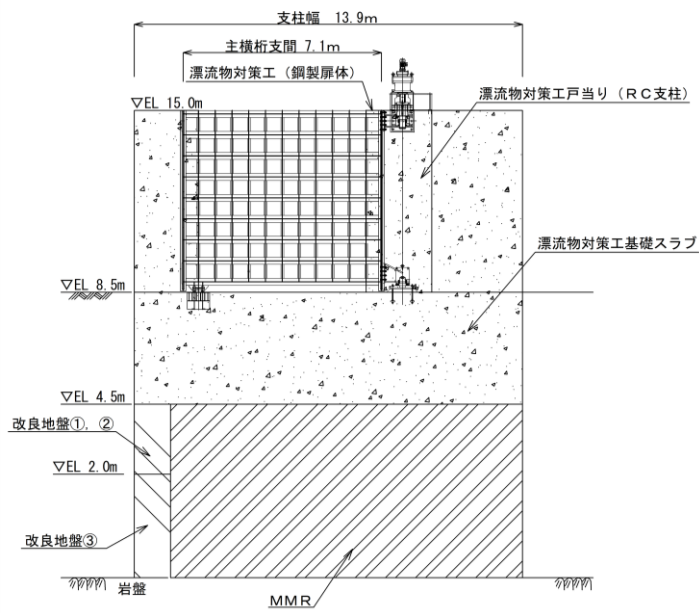
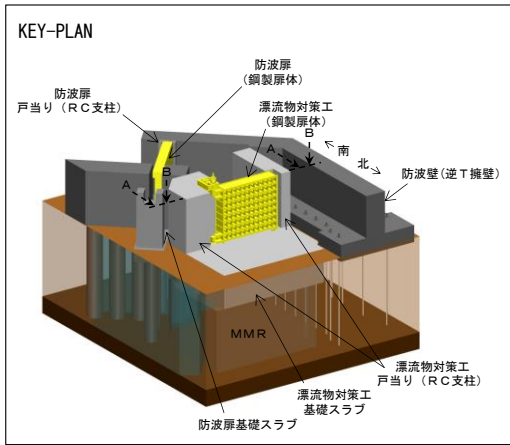
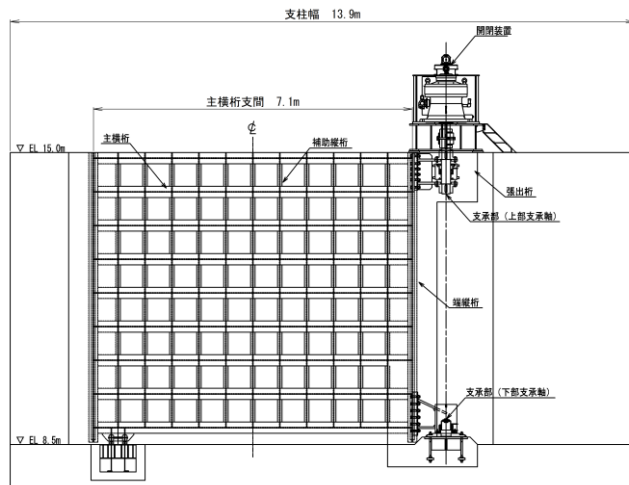


図 2-6 水密ゴムの概念図



注：陸側から海側を望む

(全体図)



注：陸側から海側を望む

(防波扉 (鋼製扉体) 拡大図)

図 2-7(1) 漂流物対策工の構造図 (A-A 断面)

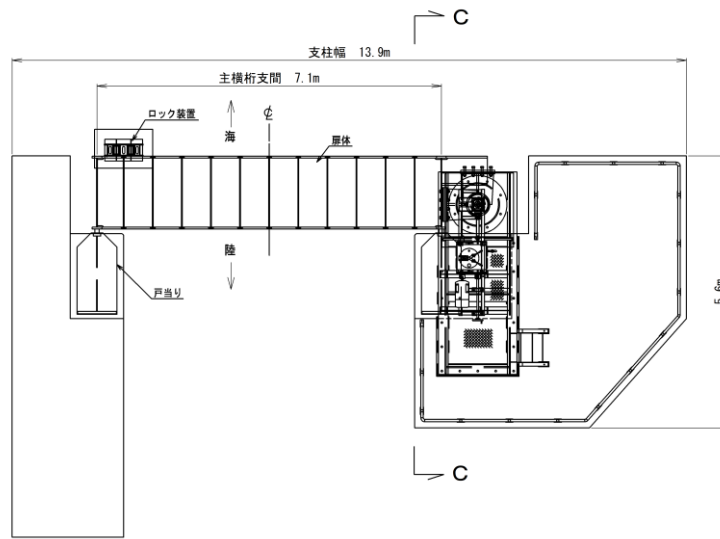


図 2-7(2) 漂流物対策工の構造図 (B-B 断面)

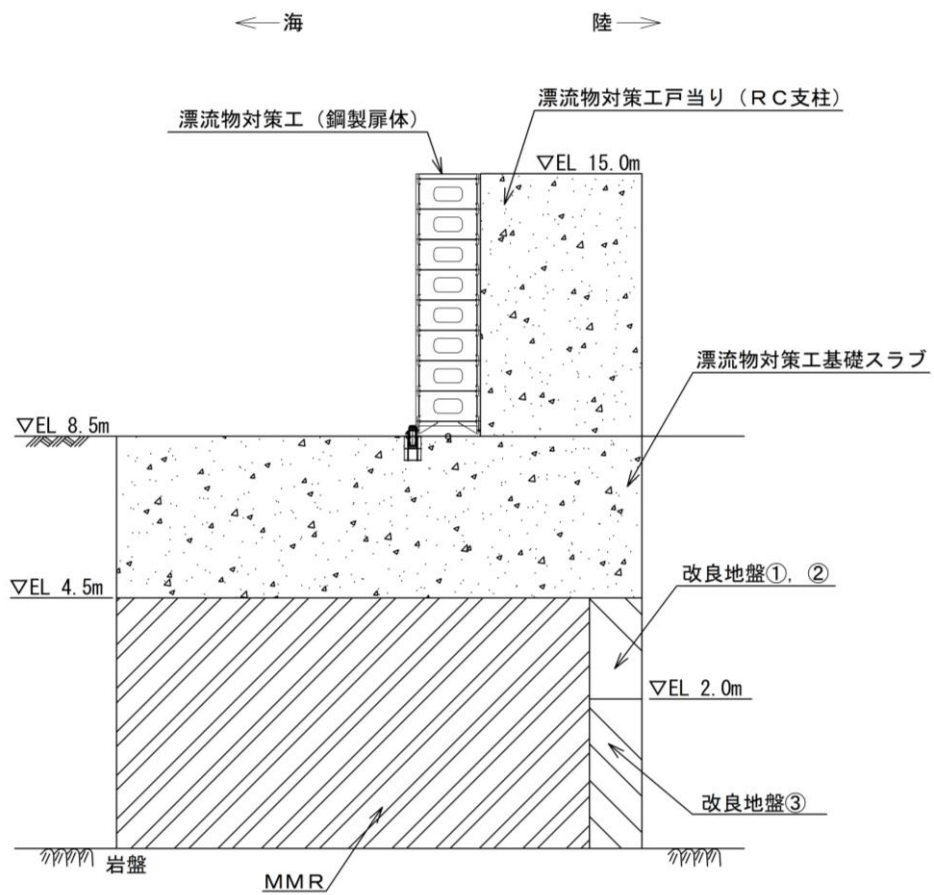


図 2-7(3) 漂流物対策工の構造図 (C-C 断面)

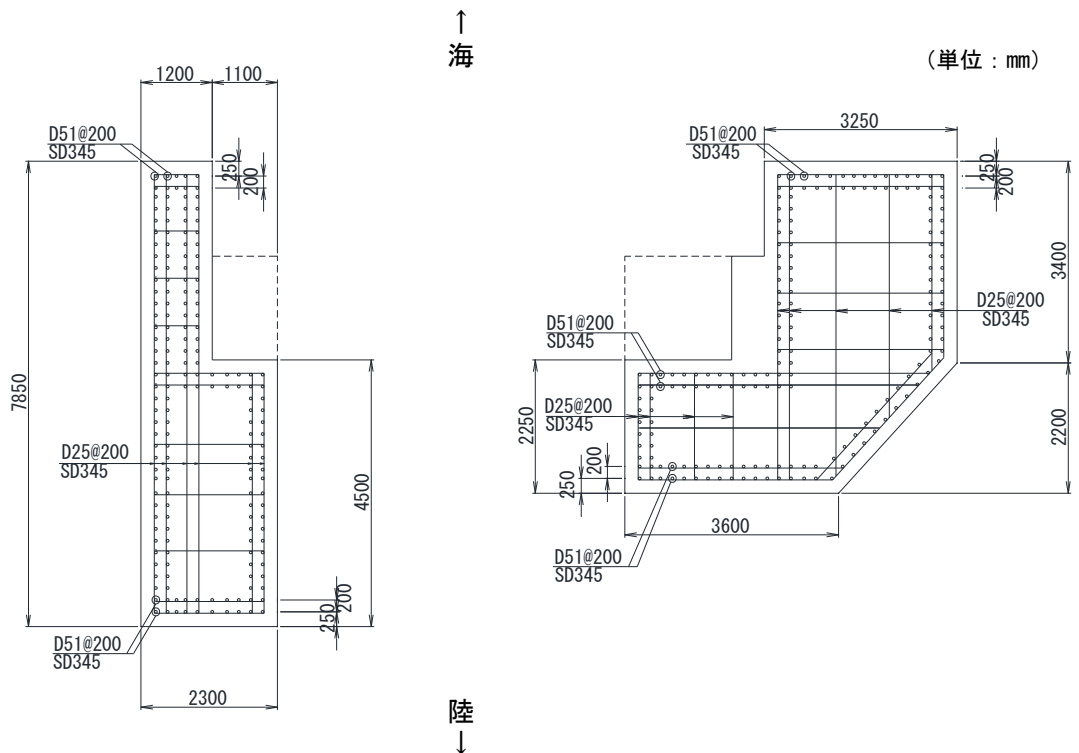
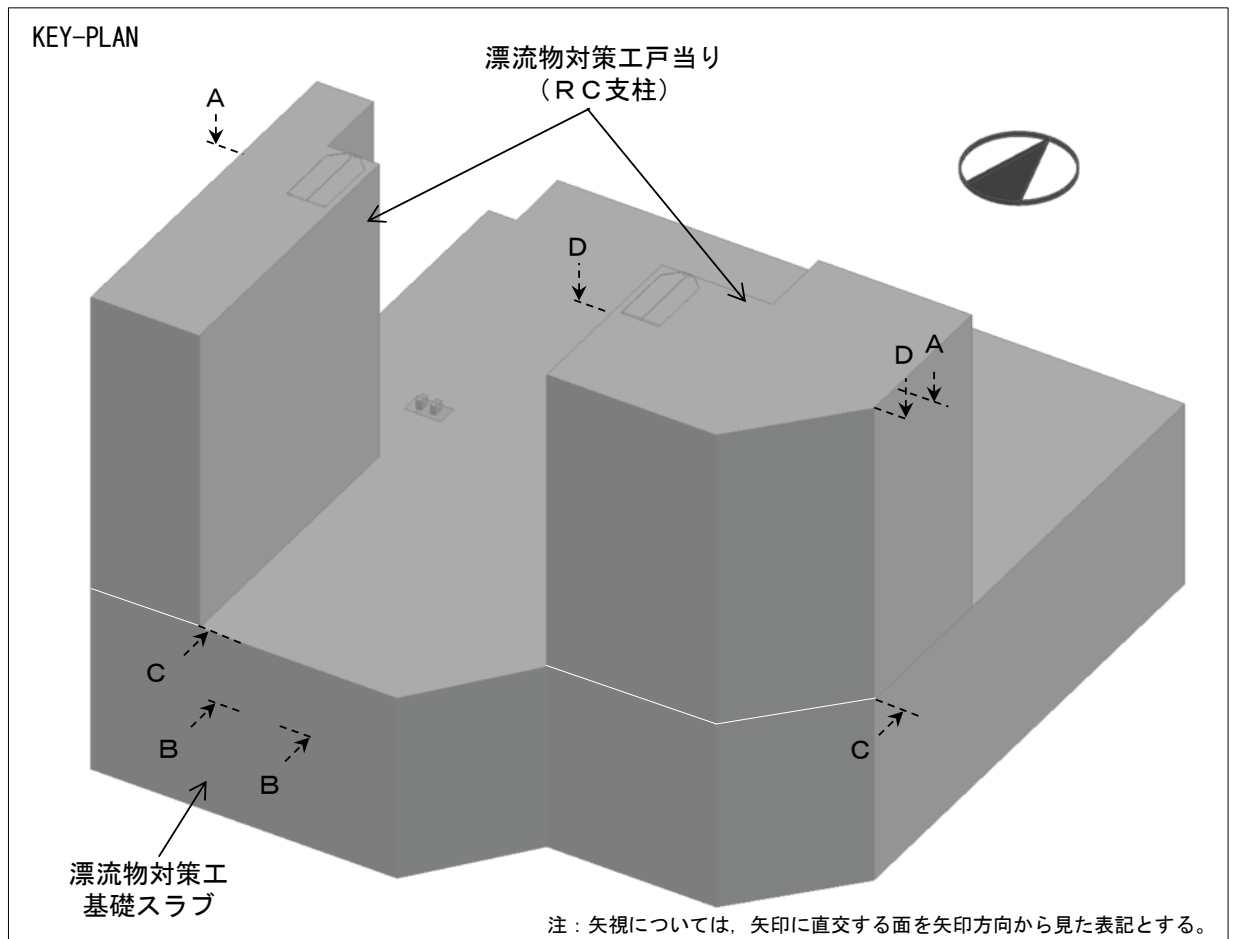


図 2-8 漂流物対策工戸当り (RC支柱) の概略配筋図 (A-A断面)

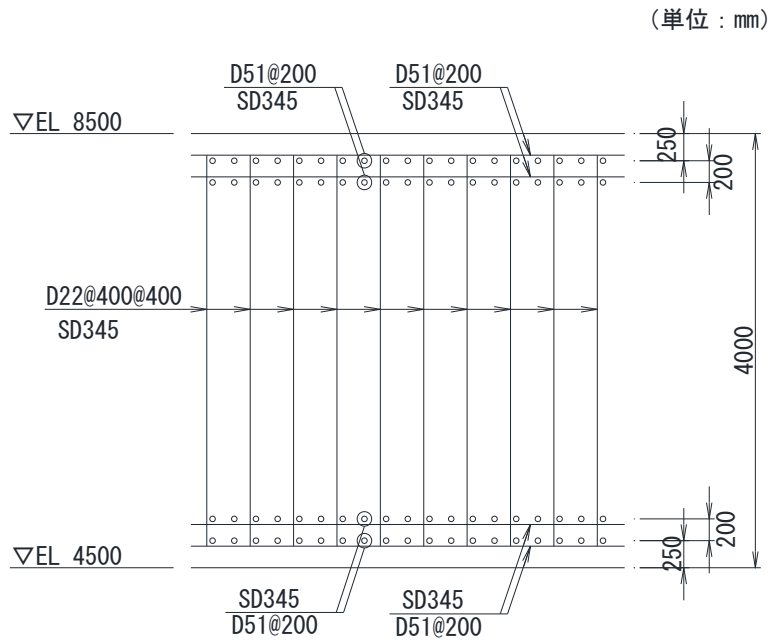


図 2-9 漂流物対策工基礎スラブの概略配筋図 (B-B 断面)

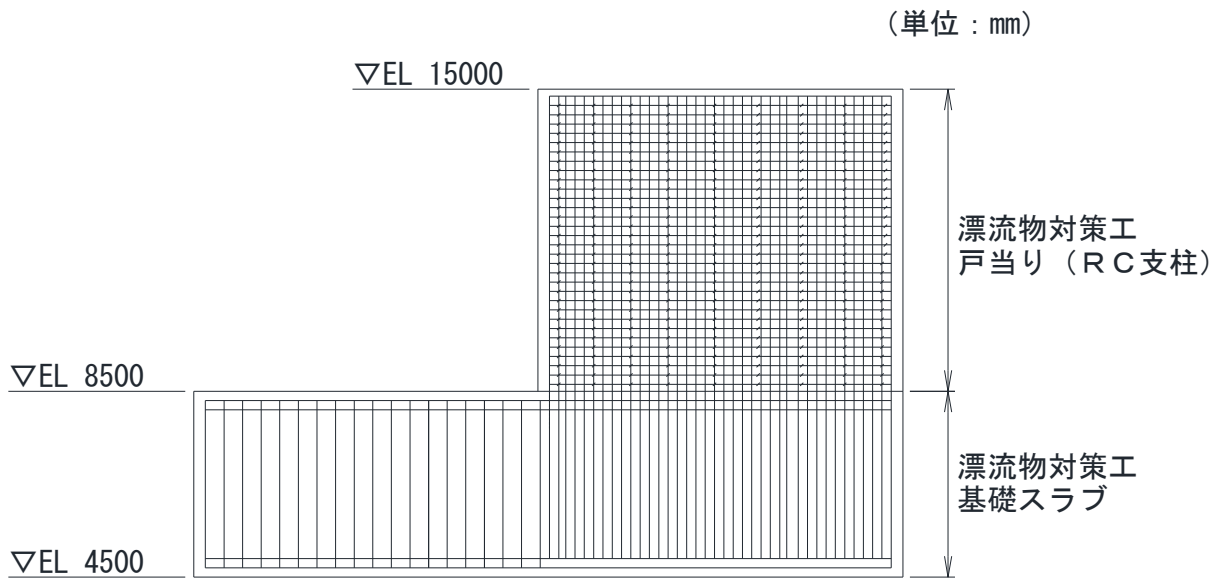


図 2-10 漂流物対策工戸当り (RC 支柱) 及び漂流物対策工基礎スラブの
接続部における概略配筋図 (C-C 断面)

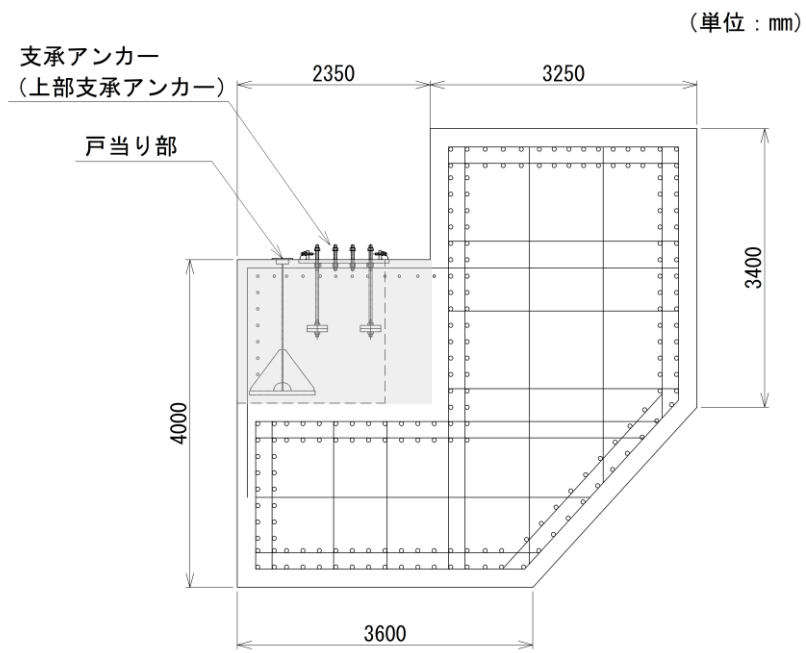


図 2-11 漂流物対策工戸当り (RC支柱) のアンカー部付近における概略配筋図 (D-D 断面)

2.3 評価方針

防波扉（荷揚場南）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。また、漂流物対策工により、防波扉に漁船等の漂流物が直接衝突しない構造とする。

防波扉（荷揚場南）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、防波扉（荷揚場南）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」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、防波扉（荷揚場南）の評価対象部位の発生応力度及びすべり安全率が許容限界を満足することを確認する。

防波扉（荷揚場南）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。

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、防波扉（荷揚場南）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) より高いため、評価を実施しない。

防波扉（荷揚場南）の強度評価は、設計基準対象施設として表 2-3 の防波扉（荷揚場南）の評価項目に示すとおり、施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能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。

防波扉（荷揚場南）の強度評価フローを図 2-12 に示す。

表 2-1 防波扉（荷揚場南）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	防波扉 (鋼製扉体)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・遮水性を保持する。 ・津波荷重を基礎に伝達する。
	防波扉戸当り (RC支柱)	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉（鋼製扉体）を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉（鋼製扉体）を支持する。 ・津波荷重を基礎に伝達する。
	防波扉基礎 スラブ	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）を支持する。
	防波扉 (鋼管杭)	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉基礎スラブを支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉基礎スラブを支持する。
	漂流物対策工 (鋼製扉体)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・漁船等の漂流物を防波扉に直接衝突させない。 ・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を基礎に伝達する。
	漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉に漁船等の漂流物を衝突させない。 ・漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する。 ・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を基礎に伝達する。
	漂流物対策工 基礎スラブ	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物対策工（鋼製扉体）及び漂流物対策工戸当り（RC支柱）を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物対策工（鋼製扉体）及び漂流物対策工戸当り（RC支柱）を支持する。
地盤	改良地盤 ①～③	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭の変形を抑制する。 ・漂流物対策工基礎スラブを鉛直支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭の変形を抑制する。 ・漂流物衝突荷重及び津波荷重を岩盤に伝達する。 ・地盤中からの回り込みによる浸水を防止する（難透水性を保持する）。
	MMR	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物対策工基礎スラブを鉛直支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を岩盤に伝達する。
	岩盤	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭，漂流物対策工基礎スラブ，改良地盤及びMMRを鉛直支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・鋼管杭，漂流物対策工基礎スラブ，改良地盤及びMMRを鉛直支持する。
	埋戻土	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波扉及び漂流物対策工への相互作用を考慮する）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波扉及び漂流物対策工への相互作用を考慮する）。

表 2-2 防波扉（荷揚場南）の各部位の性能目標

性能目標		鉛直支持	すべり安定性	耐震性	耐津波性 (遮水性, 難透水性)		
施設	防波扉 (鋼製扉体)	-	-	構造物材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。	防波扉から有意な漏えいを生じさせないために、おおむね弾性状態に留まること。		
	防波扉戸当り (RC支柱)				防波扉の支持機能を喪失して防波扉との間から有意な漏えいを生じさせないために、おおむね弾性状態に留まること。		
	防波扉基礎 スラブ				構造部材の健全性を保持するために、おおむね弾性状態に留まること。		
	防波扉 (鋼管杭)			-	-	-	漁船等の漂流物を防波扉に衝突させないために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 (鋼製扉体)						構造部材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 戸当り (RC支柱)						構造部材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 基礎スラブ						構造部材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
地盤	改良地盤 ①～③	漂流物対策工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、十分なすべり安定性を保持すること。	鋼管杭の変形を抑制するため、改良地盤がすべり破壊しないこと(内的安定を保持)。 地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を維持)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	鋼管杭及び漂流物対策工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。			-	-	
	MMR	漂流物対策工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。			-	-	-

表 2-3 防波扉（荷揚場南）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	防波扉（鋼製扉体）	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉戸当り（RC支柱）	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉基礎スラブ	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉（鋼管杭）	発生する断面力（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	降伏モーメント（曲げ・軸力） 短期許容応力度
		漂流物対策工（鋼製扉体）	発生する応力（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	短期許容応力度
		漂流物対策工戸当り（RC支柱）	発生する応力（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	短期許容応力度
		漂流物対策工基礎スラブ	発生する応力（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	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（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	防波扉（鋼製扉体）	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉戸当り（RC支柱）	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉基礎スラブ	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉（鋼管杭）	発生する応力（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	降伏モーメント（曲げ・軸力） 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（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度* 支圧強度

注記*：妥当な安全余裕を考慮する。

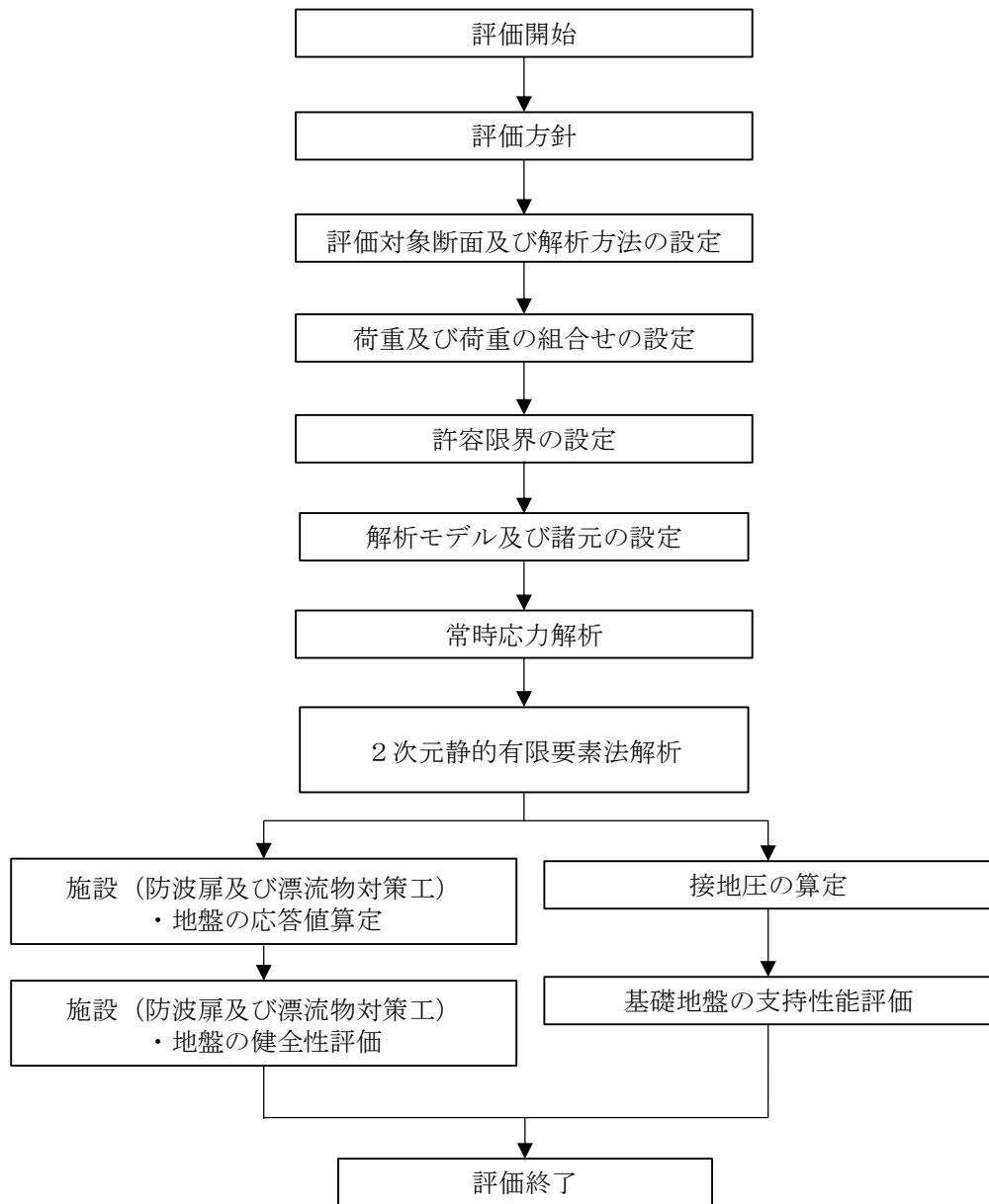


図 2-12 防波扉（荷揚場南）の強度評価フロー

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)
- ・機械工学便覧 ((社) 日本機械学会)
- ・ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 28 年 3 月)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 及び表 3-2 に示す。

表 3-1 防波扉の強度評価に用いる記号(1/4)

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製 扉体)	スキン プレート	a	mm	スキンプレーートの短辺
		b	mm	スキンプレーートの長辺
		t	mm	スキンプレーートの板厚
		k	-	スキンプレーートの辺長比 (b/a) による係数
		β_1	-	応力の補正係数
		P	N/mm ²	スキンプレーートに作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)
		σ	N/mm ²	スキンプレーートに生じる曲げ応力度
		σ_a	N/mm ²	許容曲げ応力度
	主横桁	M	kN・m	主横桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	主横桁に生じるせん断力
		N	kN	主横桁に生じる軸力
		W	kN/m	主横桁に作用する遡上津波荷重
		W'	kN/m	主横桁に作用する風荷重
		L	m	主横桁の支間長
		a	m	主横桁の張出長さ
		L_1	m	主横桁の水密幅
		B	m	側部水密幅
		Z	mm ³	主横桁の断面係数
		A_w	mm ²	主横桁腹板の断面積
		A_s	mm ²	主横桁の断面積
		σ	N/mm ²	主横桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	主横桁に生じるせん断応力度
σ_{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度		
τ_a	N/mm ²	許容せん断応力度		

表 3-1 防波扉の強度評価に用いる記号(2/4)

評価対象部位	記号	単位	定義	
防波扉 (鋼製扉体)	補助縦桁	l	m	主横桁間隔
		m	M	補助縦桁間隔
		P	kN/m ²	補助縦桁に作用する津波時荷重(遡上津波荷重+風荷重)
		M	kN・m	補助縦桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	補助縦桁に生じるせん断力
		Z	mm ³	補助縦桁の断面係数
		A _w	mm ²	補助縦桁腹板の断面積
		σ	N/mm ²	補助縦桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	補助縦桁に生じるせん断応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度
		τ _a	N/mm ²	許容せん断応力度
	端縦桁	R	kN	端縦桁に生じる支点反力
		A _q	mm ²	補剛材の有効断面積
		σ _c	N/mm ²	端縦桁に生じる圧縮応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容圧縮応力度
		A _w	mm ²	端縦桁腹板の有効断面積
		A _s	mm ²	主横桁腹板の有効断面積
		b _w	mm	端縦桁腹板の幅
		b _s	mm	主横桁腹板の幅
		t _w	mm	端縦桁腹板の厚さ
	t _s	mm	主横桁腹板の厚さ	
	支圧板	P	kN/m ²	支圧板に作用する津波時荷重(遡上津波荷重+風荷重)
		C	mm	支圧板の有効幅
		L	mm	防波扉(鋼製扉体)の水密幅
		σ _p	N/mm ²	支圧板に生じる支圧応力度
		σ _a	N/mm ²	許容支圧応力度

表 3-1 防波扉の強度評価に用いる記号(3/4)

評価対象部位		記号	単位	定義
防波扉 (鋼製扉体)	戸当り	P	kN/m ²	防波扉(鋼製扉体)最下部に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)
		L ₁	mm	防波扉(鋼製扉体)の水密幅
		b _f	mm	戸当り(底面フランジ)の幅
		t _f	mm	戸当り(底面フランジ)の厚さ
		l ₁	mm	戸当りの埋込深さ
		l ₂	mm	戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ
		M _f	N・mm/mm	戸当り(底面フランジ)に生じる曲げモーメント
		∑l	mm	せん断抵抗長さ(=l ₁ +2l ₂)
		σ _f	N/mm ²	戸当り(底面フランジ)に生じる曲げ応力度
		σ _{cb}	N/mm ²	戸当り(コンクリート)に生じる支圧応力度
		τ _c	N/mm ²	戸当り(コンクリート)に生じるせん断応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度
		σ _{cba}	N/mm ²	許容支圧応力度
τ _{ca}	N/mm ²	許容せん断応力度		
防波扉戸当り (RC支柱)		σ _{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
		τ _{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
		σ _{sa}	N/mm ²	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
防波扉 基礎スラブ		σ _{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
		τ _{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
		σ _{sa}	N/mm ²	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
		M	kN・m	防波扉基礎スラブに生じる曲げモーメント
		N	kN	防波扉基礎スラブに生じる軸力
		Q	kN	防波扉基礎スラブに生じるせん断力

表 3-1 防波扉の強度評価に用いる記号(4/4)

評価対象部位	記号	単位	定義
防波扉 (鋼管杭)	M_y	kN・m	降伏モーメント
	f_y	N/mm ²	鋼管杭の降伏基準点
	Z_e	mm ³	鋼管杭の断面係数
	N	kN	鋼管杭に発生する軸力
	A	mm ²	鋼管杭の断面積
	τ_{sa}	N/mm ²	鋼管杭の短期許容せん断応力度
	M	kN・m	防波扉(鋼管杭)に生じる曲げモーメント
	N	kN	防波扉(鋼管杭)に生じる軸力
	Q	kN	鋼管杭に生じるせん断力
	τ_s	N/mm ²	鋼管杭に生じるせん断応力度
改良地盤	F_s	—	局所安全係数
基礎地盤	R_u	N/mm ²	極限支持力度
	N	kN	軸力
	R_d	N/mm ²	軸応力度
	A'	mm ²	鋼管杭下端の断面積

表 3-2 漂流物対策工の強度評価に用いる記号(1/4)

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	主横桁	M	kN・m	主横桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	主横桁に生じるせん断力
		P	kN/m	主横桁に作用する衝突荷重
		P'	kN/m	船首衝突による衝突荷重
		W	kN/m	主横桁に作用する遡上津波荷重
		W'	kN/m	主横桁に作用する風荷重
		L	m	主横桁の支間長
		a	m	主横桁の張出長さ
		L ₁	m	漂流物対策工（鉄製扉体）の幅
		b	m	船首衝突作用幅
		Z	mm ³	主横桁の断面係数
		A _w	mm ²	主横桁腹板の断面積
		σ	N/mm ²	主横桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	主横桁に生じるせん断応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度
		τ _a	N/mm ²	許容せん断応力度
	張出桁	M	kN・m	張出桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	張出桁に生じるせん断力
		P	kN	張出桁に作用する衝突荷重
		W	kN/m	張出桁に作用する遡上津波荷重
		W'	kN/m	張出桁に作用する風荷重
		L	m	張出長さ
		Z	mm ³	張出桁の断面係数
		A _w	mm ²	張出桁腹板の断面積
		σ	N/mm ²	張出桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	張出桁に生じるせん断応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度
	τ _a	N/mm ²	許容せん断応力度	
	補助 縦桁	M	kN・m	補助縦桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	補助縦桁に生じるせん断力
		P	kN	補助縦桁に作用する衝突荷重
		W	kN/m	補助縦桁に作用する遡上津波荷重
		W'	kN/m	補助縦桁に作用する風荷重
l		m	主横桁の間隔	

表 3-2 漂流物対策工の強度評価に用いる記号(2/4)

評価対象部位		記号	単位	定義
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	補助 縦桁	Z	mm ³	補助縦桁の断面係数
		A_w	mm ²	補助縦桁腹板の断面積
		σ	N/mm ²	補助縦桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	補助縦桁に生じるせん断応力度
		σ_{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度
		τ_a	N/mm ²	許容せん断応力度
	端縦桁	R	kN	端縦桁に生じる支点反力
		A_q	mm ²	補剛材の有効断面積
		σ_c	N/mm ²	端縦桁に生じる圧縮応力度
		σ_{ca}	N/mm ²	許容圧縮応力度
		A_w	mm ²	端縦桁腹板の有効断面積
		A_{s1}	mm ²	主横桁腹板の有効断面積
		A_{s2}	mm ²	スチフナの有効断面積
		t_w	mm	端縦桁腹板の厚さ
		t_{s1}	mm	主横桁腹板の厚さ
		t_{s2}	mm	スチフナの厚さ
		b_w	mm	端縦桁腹板の長さ
		b_{s1}	mm	主横桁腹板の長さ
		b_{s2}	mm	スチフナの長さ

表 3-2 漂流物対策工の強度評価に用いる記号(3/4)

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	支圧 板, 戸 当り	W	kN/m	戸当りに作用する津波時荷重 (遡上津波荷重 + 風荷重)
		P	kN/m	戸当りに作用する衝突荷重
		C	mm	支圧板の有効幅
		L ₁	mm	漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅
		L ₂	mm	主横桁の荷重分担長さ
		L ₄	mm	衝突荷重分担長さ (鉛直方向に 45° 分散)
		t _w	mm	戸当り (腹板) の厚さ
		b _f	mm	戸当り (底面フランジ) の幅
		t _f	mm	戸当り (底面フランジ) の厚さ
		l ₁	mm	戸当りの埋込深さ
		l ₂	mm	戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ
		M _f	N・mm/mm	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント
		Σl	mm	せん断抵抗長さ (= l ₁ + 2l ₂)
		σ _p	N/mm ²	支圧板に生じる支圧応力度
		σ _b	N/mm ²	戸当り (腹板) に生じる支圧応力度
		σ _f	N/mm ²	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げ応力度
		σ _{cb}	N/mm ²	戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度
		τ _c	N/mm ²	戸当り (コンクリート) に生じるせん断応力度
		σ _{pa}	N/mm ²	支圧板の許容支圧応力度
		σ _{ba}	N/mm ²	戸当り (腹板) の許容支圧応力度
σ _{ca}	N/mm ²	戸当り (底面フランジ) の許容曲げ応力度		
σ _{cba}	N/mm ²	コンクリートの許容支圧応力度		
τ _{ca}	N/mm ²	コンクリートの許容せん断応力度		

表 3-2 漂流物対策工の強度評価に用いる記号(4/4)

評価対象部位	記号	単位	定義
漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
	σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる曲げモーメント
	N	kN	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる軸力
	Q	kN	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じるせん断力
漂流物対策工 基礎スラブ	σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
	σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	漂流物対策工基礎スラブに生じる曲げモーメント
	N	kN	漂流物対策工基礎スラブに生じる軸力
	Q	kN	漂流物対策工基礎スラブに生じるせん断力
基礎地盤	R_u	N/mm ²	極限支持力度
	f'_a	N/mm ²	支圧強度
	R	N/mm ²	基礎地盤の最大接地圧

3.2 評価対象断面

防波扉（荷揚場南）の評価対象断面は，津波荷重の作用方向を踏まえ，防波扉及び漂流物対策工の扉体軸方向が強軸方向であるため，弱軸方向である防波扉及び漂流物対策工の扉体直交方向の断面とする。

防波扉（荷揚場南）の評価対象断面位置図を図 3-1 に，縦断面図を図 3-2 に示す。

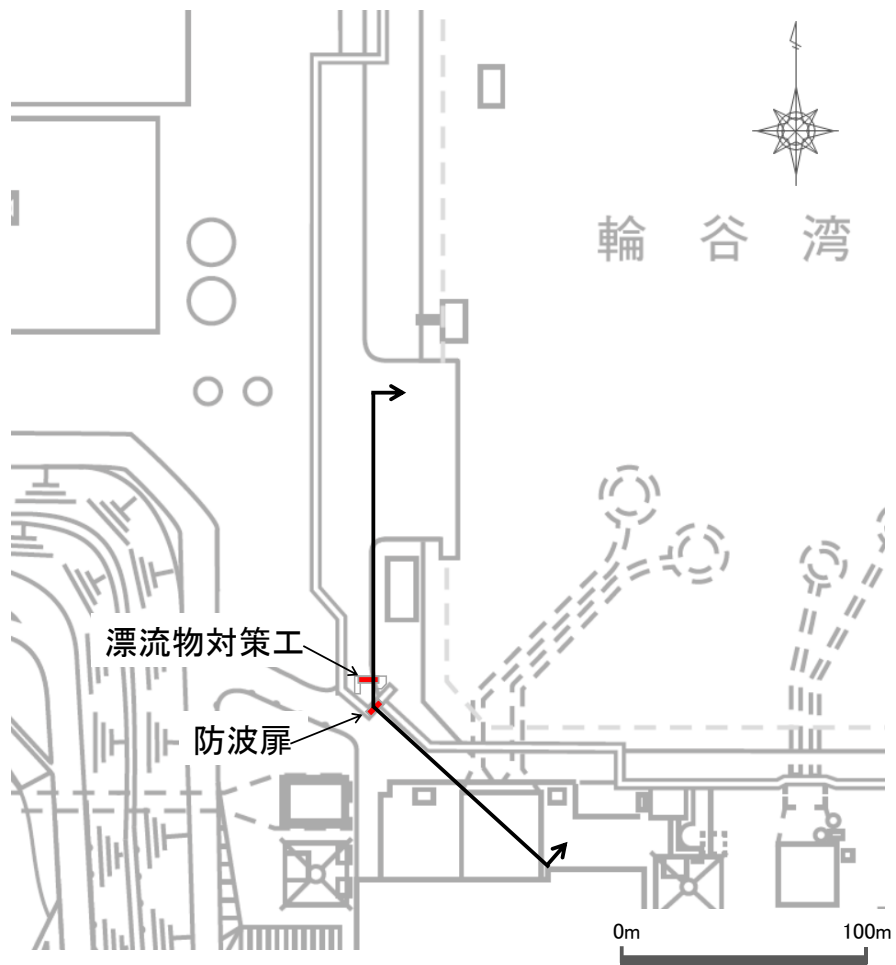


図 3-1 防波扉（荷揚場南）の評価対象断面位置図

(単位：m)

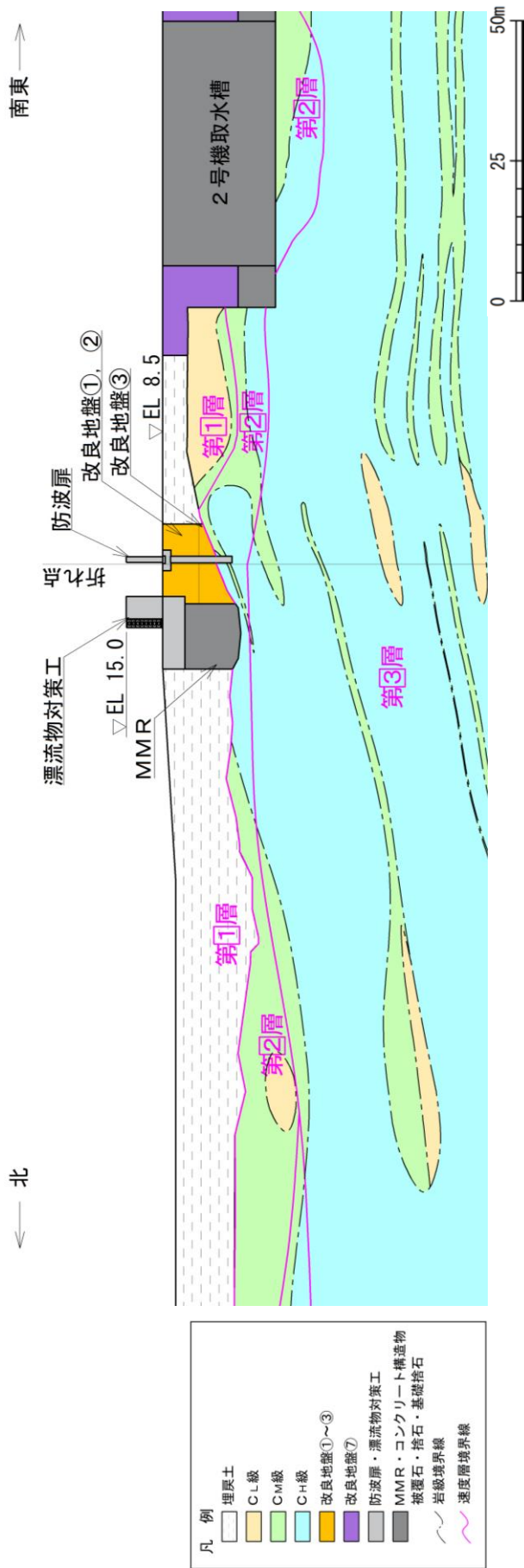


図 3-2 防波扉（荷揚場南）の縦断面図

3.3 解析方法

防波扉（荷揚場南）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方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

津波時に発生する応答値は、「3.4 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて、応力算定式又は2次元有限要素法により算定する。なお、衝突荷重は入力津波高さ EL 11.9m に余裕を考慮した EL 12.6m の位置に作用させる。

2次元有限要素法に用いる解析コードは「FLIP」を使用する。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。

3.4 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方針」のうち、「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。

3.4.1 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）

常時作用する荷重は持続的に生じる荷重であり、固定荷重及び土圧を考慮する。

(2) 遡上津波荷重（P_t）

遡上津波荷重について、朝倉式により、防波扉（荷揚場南）の設置高さを考慮し、津波の水位と防波扉（荷揚場南）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）

衝突荷重については、漂流物対策工により、防波扉に漁船等の漂流物が直接衝突しない構造とすることから、漂流物対策工の強度評価において考慮する。

衝突荷重については、漂流物対策工を構成する部材の構造的特徴を踏まえて、評価が厳しくなるよう設定する。

(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・同施行令」に基づき算定する。

(5) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重は、発電所に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を考慮した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1cm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。

3.4.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表 3-3 に、強度評価に用いる荷重作用図を図 3-3 に示す。なお、漂流物対策工については、漂流物対策工（鋼製扉体）は格子構造であるが、安全側に漂流物対策工（鋼製扉体）の全面に荷重を作用させる。

表 3-3 荷重の組合せ

区分	荷重の組合せ
津波時（防波扉）	$G + P_t + P_k + P_s$
津波時（漂流物対策工）	$G + P_t + P_c + P_k + P_s$

G : 固定荷重

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

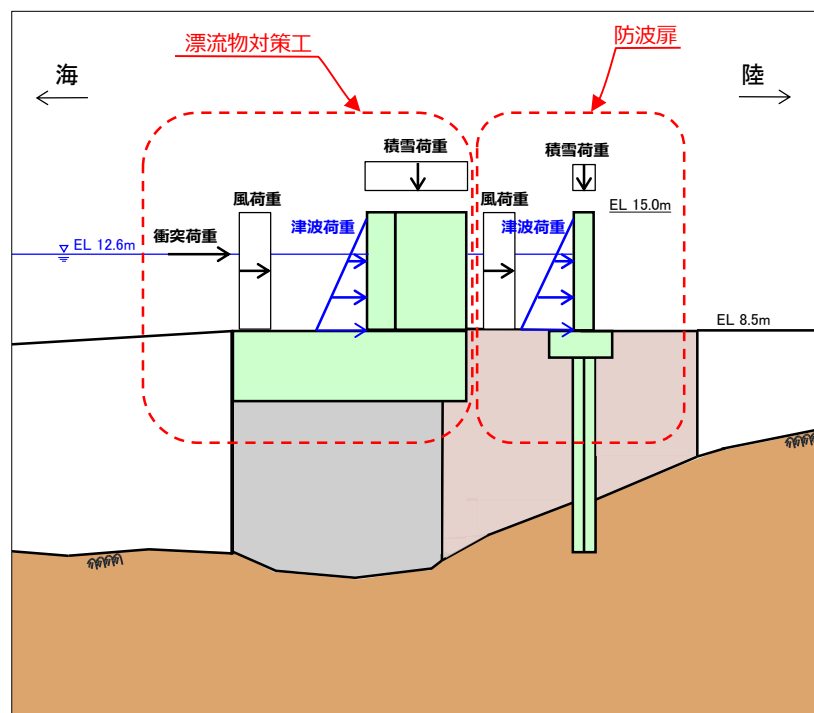


図 3-3 防波扉（荷揚場南）の荷重作用図（津波時）

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

防波扉（荷揚場南）の解析モデルを図 3-4 に示す。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 構造物のモデル化

防波扉基礎スラブ及び防波扉（鋼管杭）は線形はり要素（ビーム要素）でモデル化し、防波扉（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

また、漂流物対策工戸当り（RC 支柱）は線形はり要素（ビーム要素）で、漂流物対策工基礎スラブは、線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。漂流物対策工（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

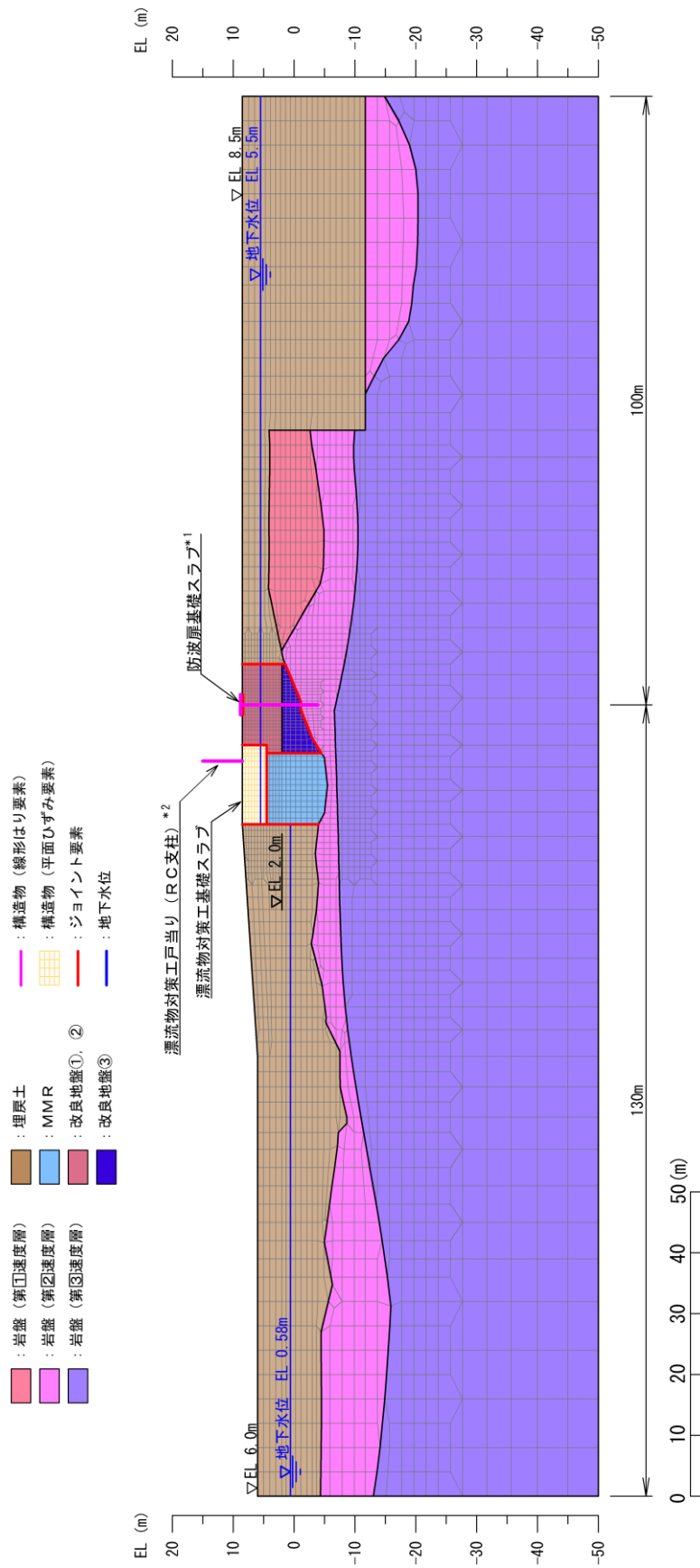
(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

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。

(5) 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（国土交通省港湾局，2007 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。



注記 *1: 鋼管杭との接続位置において、防波扉 (鋼製扉体) を付加質量として考慮する。
 *2: 線形はり要素の上下端において、漂流物対策工 (鋼製扉体) を付加質量として考慮する。

図 3-4 防波扉 (荷揚場南) の解析モデル (評価対象断面)

3.5.2 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 3-4 に、材料の物性値を表 3-5 に示す。

表 3-4(1) 使用材料（防波扉）

材料		諸元
防波扉戸当り（RC支柱） 防波扉基礎スラブ	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度：24N/mm ²
防波扉（鋼製扉体）		SM490, SS400
防波扉（鋼管杭）*		φ1200mm（SKK490）t=25mm

注記*：「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）」に基づき腐食代 1mm を考慮する。

表 3-4(2) 使用材料（漂流物対策工）

材料		諸元
漂流物対策工戸当り（RC支柱） 漂流物対策工基礎スラブ	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度：40N/mm ²
漂流物対策工（鋼製扉体）		SBHS700, SM570

表 3-5(1) 材料の物性値（防波扉）

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.0* ¹	2.5×10 ⁴ * ¹	0.2* ¹
鋼管杭	77.0* ²	2.0×10 ⁵ * ²	0.3* ²

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：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）

表 3-5(2) 材料の物性値（漂流物対策工）

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.0*	3.1×10 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）

3.5.3 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3-6のとおり設定する。

表 3-6 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

3.5.4 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3-7に示す。

表 3-7 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
防波扉 (荷揚場南)	漂流物対策工より陸側 : EL 5.5m
	漂流物対策工より海側 : EL 0.58m

3.6 評価対象部位

評価対象部位は、防波扉（荷揚場南）の構造上の特徴を踏まえ設定する。

3.6.1 施設・地盤の健全性評価

(1) 防波扉

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）、防波扉基礎スラブ、防波扉（鋼管杭）及び改良地盤①～③とする。

(2) 漂流物対策工

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、漂流物対策工（鋼製扉体）、漂流物対策工戸当り（RC支柱）、漂流物対策工基礎スラブとする。

3.6.2 基礎地盤の支持性能評価

(1) 防波扉

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、防波扉を支持する基礎地盤（岩盤）とする。

(2) 漂流物対策工

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、漂流物対策工を支持する基礎地盤（MMR、改良地盤及び岩盤）とする。

3.7 許容限界

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

3.7.1 防波扉

(1) 防波扉（鋼製扉体）

防波扉（鋼製扉体）の許容限界は、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に基づき，表 3-8 に示す短期許容応力度とする。

表 3-8 防波扉（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²)
スキンプレート	SM490	許容曲げ応力度 σ_{ca}	160	240
主横桁	SM490	許容曲げ応力度 σ_{ca}	160	240
		許容せん断応力度 τ_a	90	135
補助縦桁	SS400	許容曲げ応力度 σ_{ca}	120	180
		許容せん断応力度 τ_a	70	105
端縦桁	SM490	許容圧縮応力度 σ_{ca}	160	240
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 σ_{pa}	150	225
戸当り (底面フランジ)	SS400	許容曲げ応力度 σ_{ca}	120	180
戸当り (コンクリート)	$f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 σ_{cba}	5.9	8.8
		許容せん断応力度 τ_{ca}	0.40	0.60

(2) 防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブ

防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの許容限界は、「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3-9に示す短期許容応力度とする。

表3-9 防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの許容限界

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} =24N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	9.0
許容せん断応力度 τ_{a1}		0.45	0.67
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) 防波扉（鋼管杭）

防波扉（鋼管杭）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）」を基に算出した降伏モーメント及び短期許容せん断応力度とする。表 3-10 に鋼管杭の許容限界を示す。

降伏モーメントは次式により算定する。

$$M_y = (f_y - \frac{|N|}{A}) Z_e$$

ここで，

M_y : 鋼管杭の降伏モーメント (kN・m)

f_y : 鋼管杭の降伏基準点 (N/mm²)

Z_e : 鋼管杭の断面係数 (mm³)

N : 鋼管杭に発生する軸力 (kN)

A : 鋼管杭の断面積 (mm²)

表 3-10 防波扉（鋼管杭）の許容限界

杭径	杭板厚	鋼種	降伏 モーメント*2 M_y (kN・m)	短期許容 せん断応力度 τ_{sa} (N/mm ²)
φ 1.2m	25mm*1	SKK490	7978	157

注記*1: 「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，腐食代 1mm を考慮する。

*2: 降伏モーメントは，鋼管杭に発生する軸力を考慮する。

(4) 改良地盤

改良地盤の施設・健全性評価に用いる許容限界は、「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 3-11 に改良地盤の許容限界を示す。

表 3-11 改良地盤の許容限界

評価項目	許容限界
すべり安全率 F_s	1.2 以上

(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、設定する。基礎地盤の許容限界を表 3-12 に示す。

表 3-12 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 R_u	岩盤	C_H 級	9.8
		C_M 級	

3.7.2 漂流物対策工

(1) 漂流物対策工（鋼製扉体）

漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界は、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に基づき，表 3-13 に示す短期許容応力度とする。

表 3-13 漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²)
主横桁	SBHS700	許容曲げ応力度 σ_{ca}	350 ^{*1}	525
	SM570	許容せん断応力度 τ_a	129 ^{*1}	193
張出桁	SBHS700	許容曲げ応力度 σ_{ca}	350 ^{*1}	525
		許容せん断応力度 τ_a	202 ^{*1}	303
補助縦桁	SM570	許容曲げ応力度 σ_{ca}	207 ^{*1, *2}	310
		許容せん断応力度 τ_a	129 ^{*1}	193
端縦桁	SM570	許容圧縮応力度 σ_{ca}	225 ^{*1}	337
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 σ_{pa}	150	225
戸当り (腹板)	SM400	許容支圧応力度 σ_{ba}	180	270
戸当り (底面フランジ)	SBHS700	許容曲げ応力度 σ_{ca}	350 ^{*1}	525
戸当り (コンクリート)	$f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 σ_{cba}	5.9	8.8
		許容せん断応力度 τ_{ca}	0.40	0.60

注記*1：「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

*2：補助縦桁に用いる構造用鋼材（SM570）の許容曲げ応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」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）」に基づき，横倒れ座屈を考慮する。

(2) 漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブ

漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの許容限界は、「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3-14に示す短期許容応力度とする。

表3-14 漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの許容限界

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} =40N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	14.0
許容せん断応力度 τ_{a1}		0.55	0.82
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) 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」に基づき設定する。基礎地盤の許容限界を表3-15に示す。

表3-15 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 R_u	岩盤	C _H 級	9.8
		C _M 級	
	改良地盤		1.4
支圧強度 f'_a	MMR		18.0

3.8 評価方法

防波扉（荷揚場南）の耐震評価のうち、防波扉（鋼製扉体）、漂流物対策工（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）については、構成する各部材に発生する発生応力度又は作用荷重を算定式より算出し、「3.7 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

また、防波扉（鋼管杭）、防波扉基礎スラブ、漂流物対策工戸当り（RC支柱）、漂流物対策工基礎スラブ、改良地盤及び基礎地盤は、2次元有限要素法より算定した発生応力度又は発生断面力が「3.7 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。2次元有限要素法における応力算定には、解析コード「RC断面計算」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。

3.8.1 防波扉

(1) 防波扉（鋼製扉体）

a. スキンプレート

スキンプレートは、4辺が固定された平板としてモデル化し、津波荷重が作用することでスキンプレートに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

スキンプレートの評価イメージ図を図 3-5 に示す。

$$\sigma = \frac{1}{100} k \cdot a^2 \cdot \frac{P}{t^2} \cdot \beta_1$$

ここで、

σ : スキンプレートに生じる曲げ応力度 (N/mm²)

k : スキンプレートの辺長比 (b/a) による係数

a : スキンプレートの短辺 (mm)

b : スキンプレートの長辺 (mm)

P : スキンプレートに作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)
(N/mm²)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

β_1 : 応力の補正係数

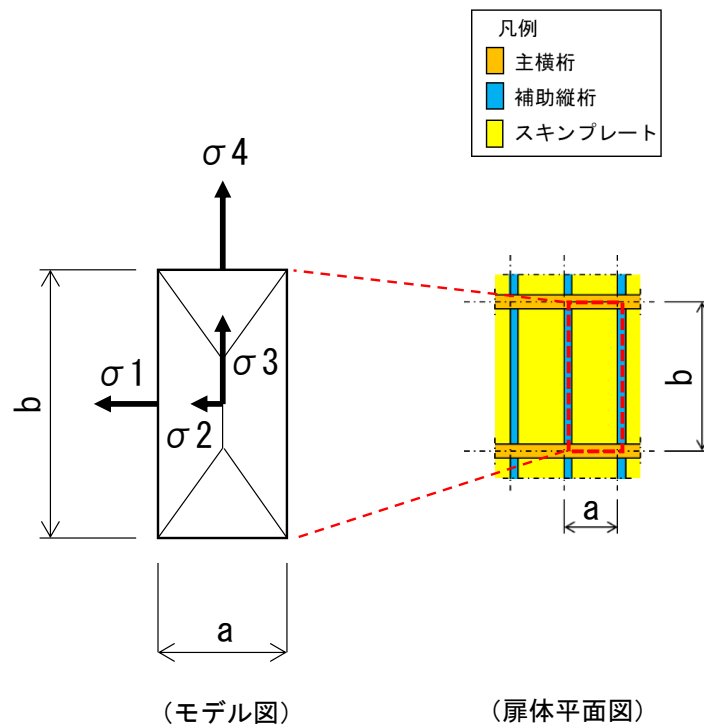


図 3-5 スキンプレートの評価イメージ図

b. 主横桁

主横桁は、戸当りとの接触位置をピン固定とする単純はりでモデル化し、津波荷重として等分布荷重が作用することで主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。また、主横桁の側面から作用する津波荷重を軸力として考慮する。

主横桁の評価対象部を図 3-6 に、主横桁の評価イメージ図を図 3-7 に示す。

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L_1^2\left(\frac{a}{L_1} - \frac{1}{4}\right)$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W')L$$

$$N = (W + W')B_1$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z} + \frac{N \cdot 10^3}{A_s}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁に生じるせん断力 (kN)

N : 主横桁に生じる軸力 (kN)

σ : 主横桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 主横桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 主横桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

W' : 主横桁に作用する風荷重 (kN/m)

L : 主横桁の支間長 (m)

a : 主横桁の張出長さ (m)

L₁ : 主横桁の水密幅 (m)

B : 側部水密幅 (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm³)

A_s : 主横桁の断面積 (mm²)

A_w : 主横桁腹板の断面積 (mm²)

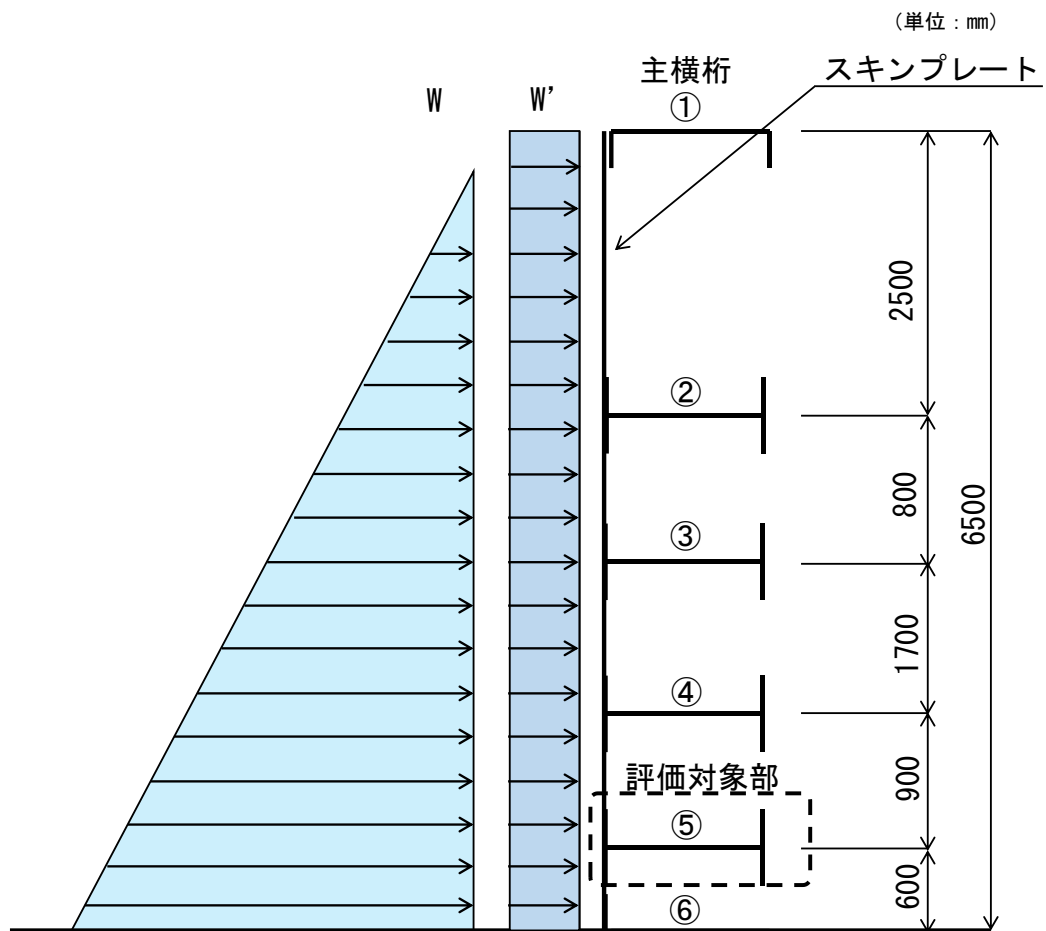


図 3-6 主横桁の評価対象部

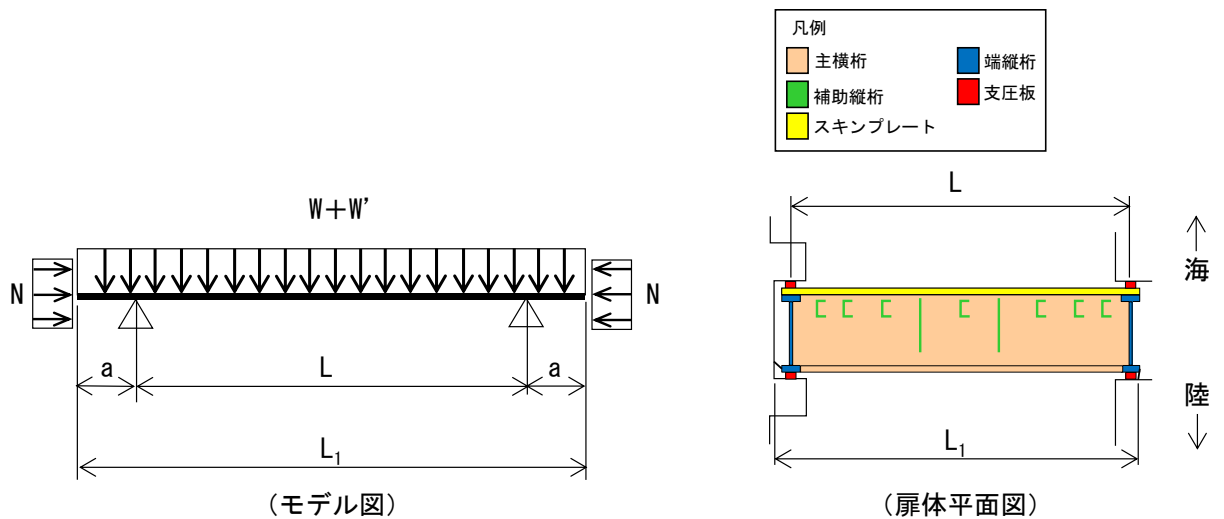


図 3-7 主横桁の評価イメージ図

c. 補助縦桁

補助縦桁は、主横桁をピン固定とする単純はりでモデル化し、津波荷重として分布荷重が作用することで補助縦桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁の評価イメージ図を図 3-8 に示す。

$$M = \frac{P \cdot m}{24} (3 \cdot l^2 - m^2)$$

$$S = \frac{P \cdot m}{2} \left(1 - \frac{m}{2}\right)$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 補助縦桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 補助縦桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 補助縦桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 補助縦桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

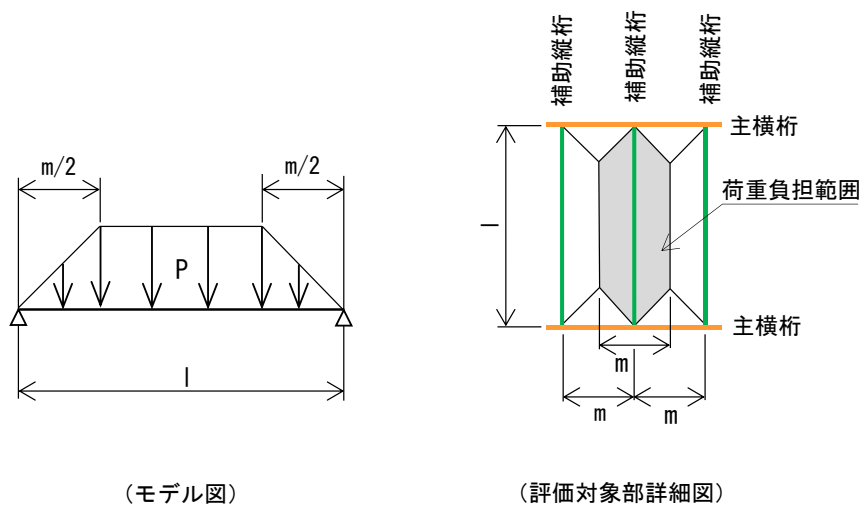
P : 補助縦桁に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重 + 風荷重) (kN/m²)

m : 補助縦桁間隔 (m)

l : 主横桁間隔 (m)

Z : 補助縦桁の断面係数 (mm³)

A_w : 補助縦桁腹板の断面積 (mm²)



(モデル図)

(評価対象部詳細図)

図 3-8 補助縦桁の評価イメージ図

d. 端縦桁

端縦桁は、主横桁からの荷重伝達を考慮し、端縦桁と主横桁の接合部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

端縦桁の評価イメージ図を図 3-9 に示す。

$$\sigma_c = \frac{R \cdot 10^3}{A_q}$$

$$A_q = A_w + A_s \quad \text{ただし, } A_q \leq 1.7A_s$$

$$A_w = b_w \cdot t_w \quad (\text{端縦桁腹板})$$

$$A_s = b_s \cdot t_s \quad (\text{主横桁腹板})$$

ここで、

σ_c : 端縦桁に生じる圧縮応力度 (N/mm²)

R : 端縦桁に生じる支点反力 (kN)

A_q : 補剛材の有効断面積 (mm²)

A_w : 端縦桁腹板の有効断面積 (mm²)

A_s : 主横桁腹板の有効断面積 (mm²)

b_w : 端縦桁腹板の幅 (mm)

t_w : 端縦桁腹板の厚さ (mm)

b_s : 主横桁腹板の幅 (mm)

t_s : 主横桁腹板の厚さ (mm)

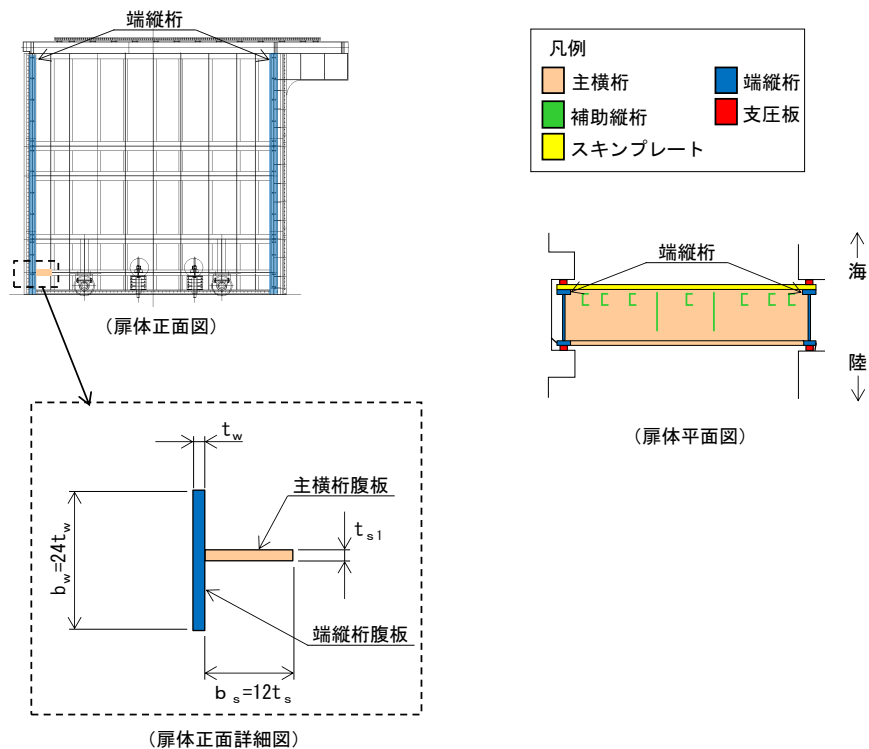


図 3-9 端縦桁の評価イメージ図

e. 支圧板

支圧板は、防波扉（鋼製扉体）から伝達される津波荷重が作用することで支圧板に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支圧板の評価イメージ図を図 3-10 に示す。

$$\sigma_p = \frac{P \cdot L \cdot 10^{-3}}{2 \cdot C}$$

ここで、

σ_p : 支圧板に生じる支圧応力度 (N/mm²)

P : 支圧板に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重) (kN/m²)

L : 防波扉（鋼製扉体）の水密幅 (mm)

C : 支圧板の有効幅 (mm)

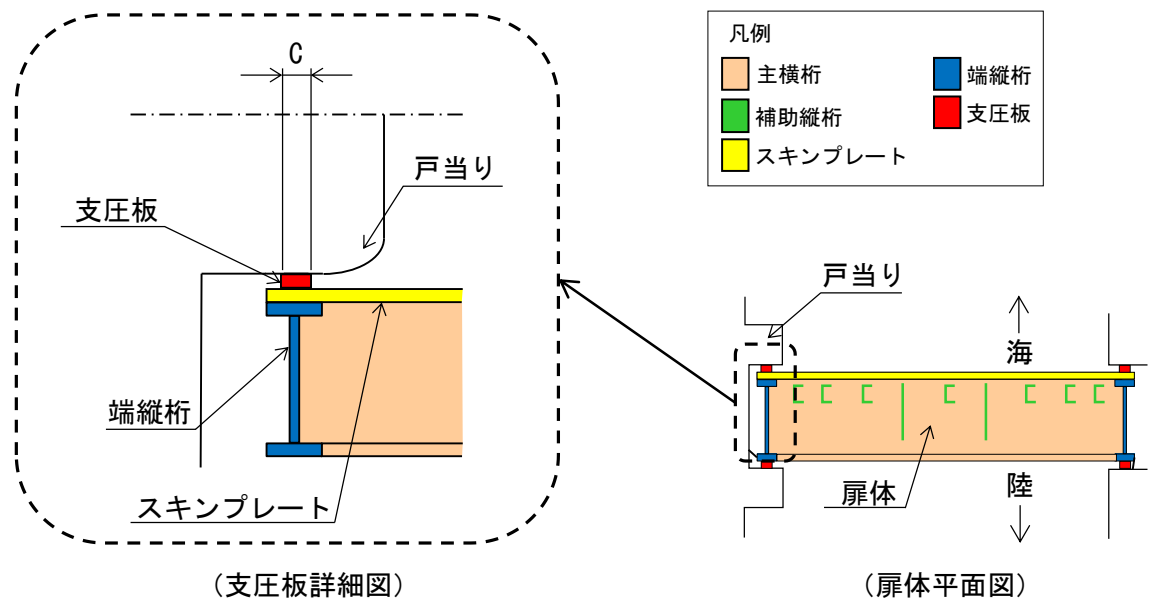


図 3-10 支圧板の評価イメージ図

f. 戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）

戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）は、防波扉（鋼製扉体）から伝達される津波荷重が作用することで戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）の評価イメージ図を 3-11 に示す。

(a) 戸当り（底面フランジ）

$$M_f = \frac{\sigma_{cb} \cdot b_f^2}{8}$$

$$\sigma_f = \frac{6 \cdot M_f}{t_f^2}$$

ここで、

M_f : 戸当り（底面フランジ）に生じる曲げモーメント (N・mm/mm)

σ_f : 戸当り（底面フランジ）に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{cb} : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度 (N/mm²)

b_f : 戸当り（底面フランジ）の幅 (mm)

t_f : 戸当り（底面フランジ）の厚さ (mm)

(b) 戸当り（コンクリート）

$$\sigma_{cb} = \frac{PL_1 \times 10^{-3}}{2b_f}$$

$$\tau_c = \frac{PL_1 \cdot 10^{-3}}{2\sum l}$$

ここで、

σ_{cb} : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度 (N/mm²)

τ_c : 戸当り（コンクリート）に生じるせん断応力度 (N/mm²)

P : 防波扉（鋼製扉体）最下部に作用する津波時荷重
(遡上津波荷重+風荷重) (kN/m²)

L_1 : 防波扉（鋼製扉体）の水密幅 (mm)

b_f : 戸当り（底面フランジ）の幅 (mm)

$\sum l$: せん断抵抗長さ(= $l_1 + 2l_2$) (mm)

l_1 : 戸当りの埋込深さ (mm)

l_2 : 戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ (mm)

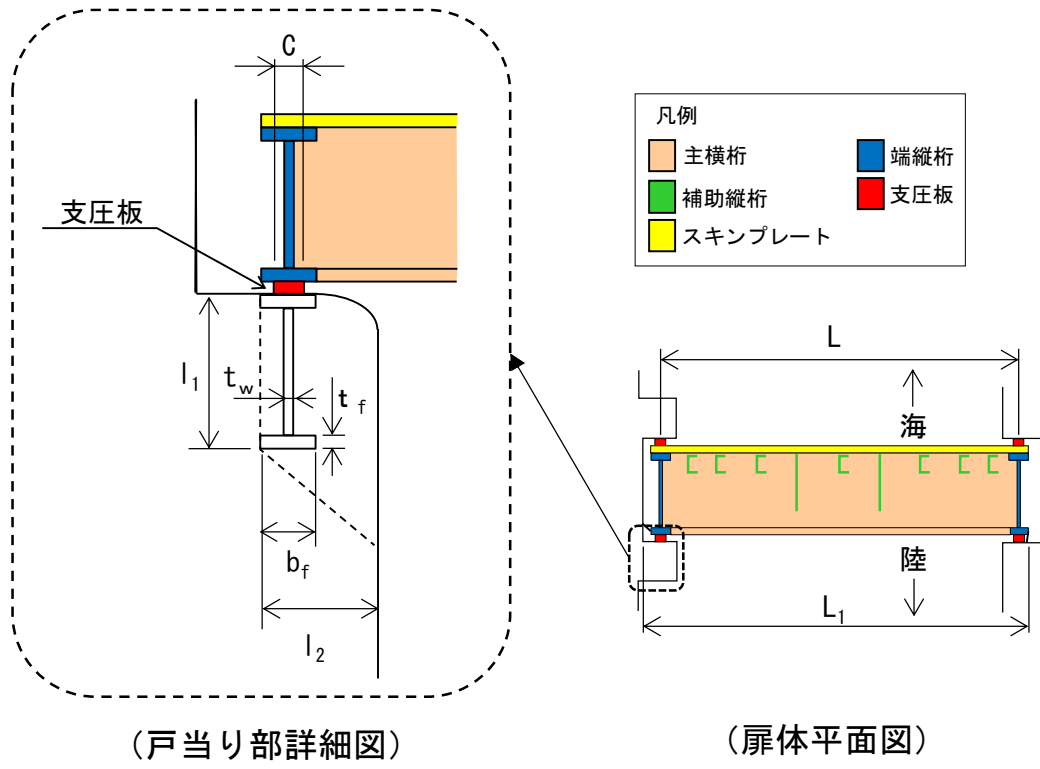


図 3-11 戸当りの評価イメージ図

(2) 防波扉戸当り (RC支柱)

防波扉戸当り (RC支柱) は、防波壁を支点とした片持ちはりでモデル化し、津波荷重が作用することで防波扉戸当り (RC支柱) に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

防波扉戸当り (RC支柱) の位置図を図 3-12 に示す。

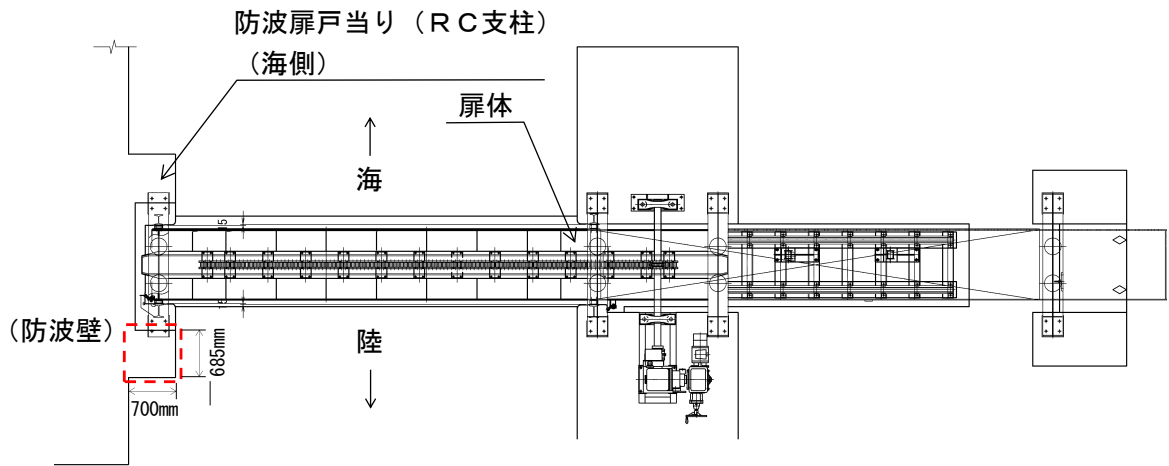


図 3-12 防波扉戸当り (RC支柱) の位置図

(3) 防波扉基礎スラブ

防波扉基礎スラブに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(4) 防波扉（鋼管杭）

鋼管杭の評価は、鋼管杭の曲げモーメント及びせん断力より算定されるせん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

a. 曲げ照査

防波扉（鋼管杭）の発生曲げモーメントが許容限界以下であることを確認する。

b. せん断照査

防波扉（鋼管杭）の発生せん断応力度が許容限界以下であることを確認する。

(5) 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。

すべり安全率の算定には、解析コード「CPOSTSK」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。

(6) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、鋼管杭下端部の軸力を用いて次式により算定される軸応力度が基礎地盤の許容限界以下であることを確認する。

$$R_d = \frac{N}{A'}$$

ここで、

R_d : 鋼管杭下端の軸力より算定される軸応力度 (N/mm²)

N : 鋼管杭下端に発生する軸力 (N)

A' : 鋼管杭下端の断面積 (mm²)

3.8.2 漂流物対策工

(1) 漂流物対策工（鋼製扉体）

a. 主横桁

主横桁は、戸当りとの接触位置をピン固定とする単純はりでモデル化し、津波荷重として等分布荷重が作用することで主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁に作用する衝突荷重は、「施設の延長に応じた衝突荷重」及び「船首衝突による衝突荷重」を考慮する。

主横桁の評価対象部を図 3-13 に、主横桁の評価イメージ図を図 3-14 に示す。

(a) 施設の延長に応じた衝突荷重を考慮する場合

$$M = \frac{1}{2}(W + W' + P)L_1^2 \left(\frac{a}{L_1} - \frac{1}{4} \right)$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W' + P)L$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 主横桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 主横桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 主横桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

W' : 主横桁に作用する風荷重 (kN/m)

P : 主横桁に作用する衝突荷重 (kN/m)

L₁ : 漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅 (m)

a : 主横桁の張出長さ (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm³)

A_w : 主横桁腹板の断面積 (mm²)

L : 主横桁の支間長 (m)

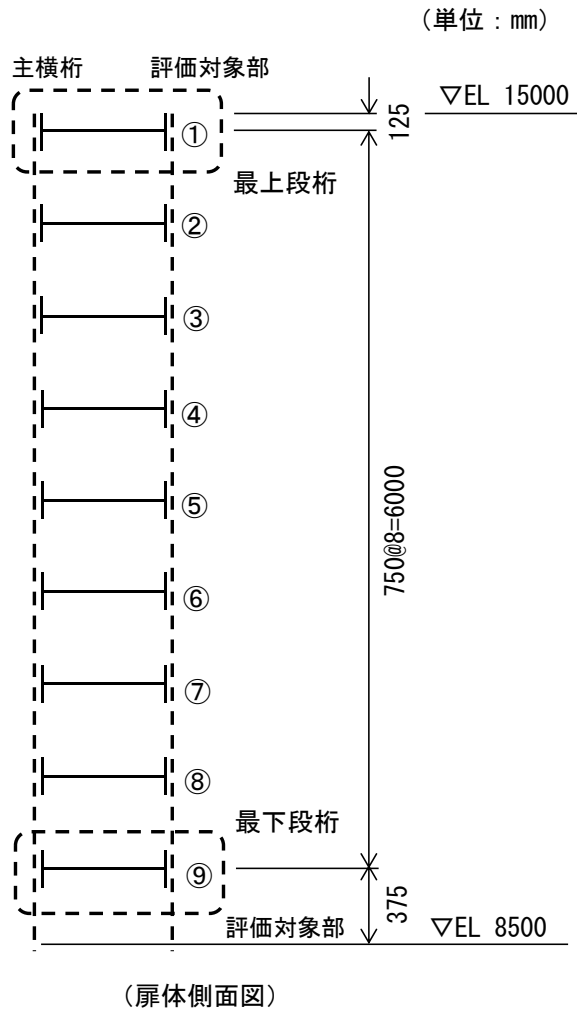


図 3-13 主横桁の評価対象部

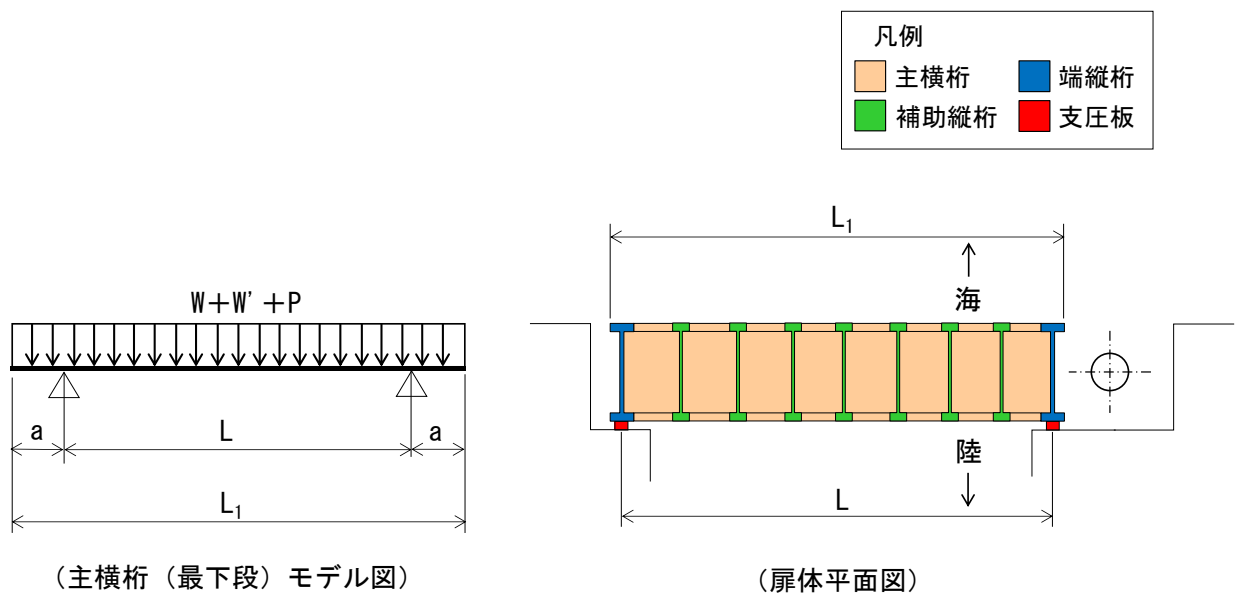


図 3-14 主横桁の評価イメージ図 (1/2)

(b) 船首衝突による衝突荷重を考慮する場合

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L_1^2 \left(\frac{a}{L_1} - \frac{1}{4} \right) + \frac{1}{8}P' \{L^2 - (L^2 - b)^2\}$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W')L + \frac{1}{2}P' b$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

- M : 主横桁に生じる曲げモーメント (kN・m)
- S : 主横桁に生じるせん断力 (kN)
- σ : 主横桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)
- τ : 主横桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)
- W : 主横桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)
- W' : 主横桁に作用する風荷重 (kN/m)
- L₁ : 漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅 (m)
- a : 主横桁の張出長さ (m)
- P' : 船首衝突による衝突荷重 (kN/m)
- L : 主横桁の支間長 (m)
- b : 船首衝突作用幅 (m)
- Z : 主横桁の断面係数 (mm³)
- A_w : 主横桁腹板の断面積 (mm²)

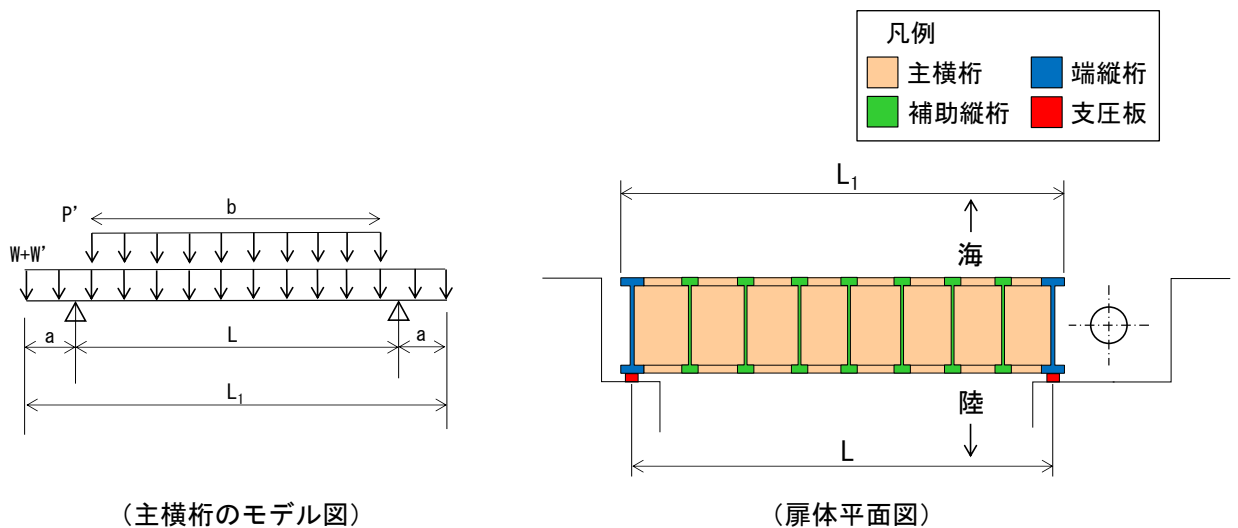


図 3-14 主横桁の評価イメージ図 (2/2)

b. 張出桁

張出桁は、片持ちはりでモデル化し、津波荷重として等分布荷重が作用することで張出桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

なお、主横桁に作用する衝突荷重は、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する。張出桁の評価イメージ図を図 3-15 に示す。

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L^2 + PL$$

$$S = (W + W')L + P$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 張出桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 張出桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 張出桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 張出桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 張出桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

W' : 張出桁に作用する風荷重 (kN/m)

L : 張出長さ (m)

P : 張出桁に作用する衝突荷重 (kN)

Z : 張出桁の断面係数 (mm³)

A_w : 張出桁腹板の断面積 (mm²)

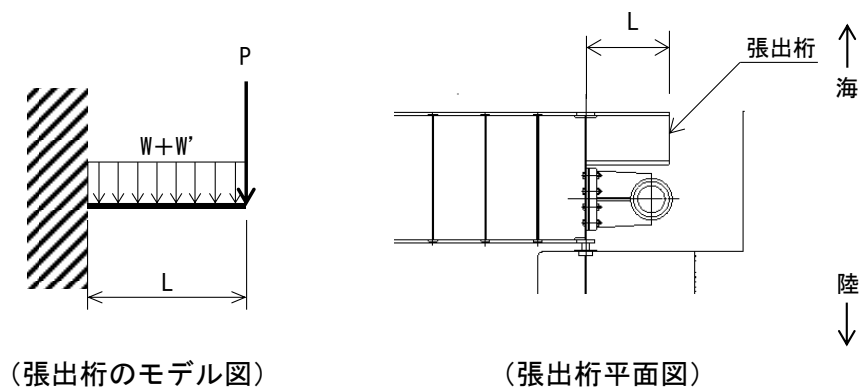


図 3-15 張出桁の評価イメージ図

c. 補助縦桁

補助縦桁は、主横桁をピン固定とする単純はりでモデル化し、津波荷重として等分布荷重が作用することで補助縦桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

なお、補助縦桁に作用する衝突荷重は、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する。補助縦桁の評価イメージ図を図 3-16 に示す。

$$M = \frac{1}{8}(W + W')l^2 + \frac{1}{4}P \cdot l$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W') l + P$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 補助縦桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 補助縦桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 補助縦桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 補助縦桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 補助縦桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

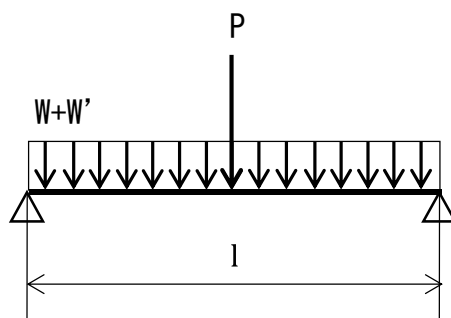
W' : 補助縦桁に作用する風荷重 (kN/m)

P : 補助縦桁に作用する衝突荷重 (kN)

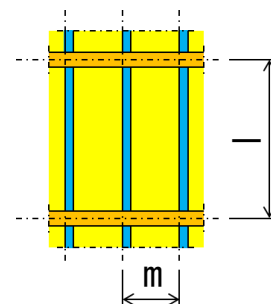
l : 主横桁の間隔 (m)

Z : 補助縦桁の断面係数 (mm³)

A_w : 補助縦桁腹板の断面積 (mm²)



(補助縦桁のモデル図)



(補助縦桁平面図)

図 3-16 補助縦桁の評価イメージ図

d. 端縦桁

端縦桁は、主横桁からの荷重伝達を考慮し、端縦桁と主横桁の接合部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

端縦桁の評価イメージ図を図 3-17 に示す。

$$\sigma_c = \frac{R \cdot 10^3}{A_q}$$

$$A_q = A_w + A_{s1} + A_{s2} \quad \text{ただし, } A_q \leq 1.7 (A_{s1} + A_{s2})$$

$$A_w = b_w \cdot t_w \quad (\text{端縦桁腹板})$$

$$A_{s1} = b_{s1} \cdot t_{s1} \quad (\text{主横桁腹板})$$

$$A_{s2} = b_{s2} \cdot t_{s2} \quad (\text{スチフナ})$$

ここで、

σ_c : 端縦桁に生じる圧縮応力度 (N/mm²)

R : 端縦桁に生じる支点反力 (kN)

A_q : 補剛材の有効断面積 (mm²)

A_w : 端縦桁腹板の有効断面積 (mm²)

A_{s1} : 主横桁腹板の有効断面積 (mm²)

A_{s2} : スチフナの有効断面積 (mm²)

b_w : 端縦桁腹板の長さ (mm)

t_w : 端縦桁腹板の厚さ (mm)

b_{s1} : 主横桁腹板の長さ (mm)

t_{s1} : 主横桁腹板の厚さ (mm)

b_{s2} : スチフナの長さ (mm)

t_{s2} : スチフナの厚さ (mm)

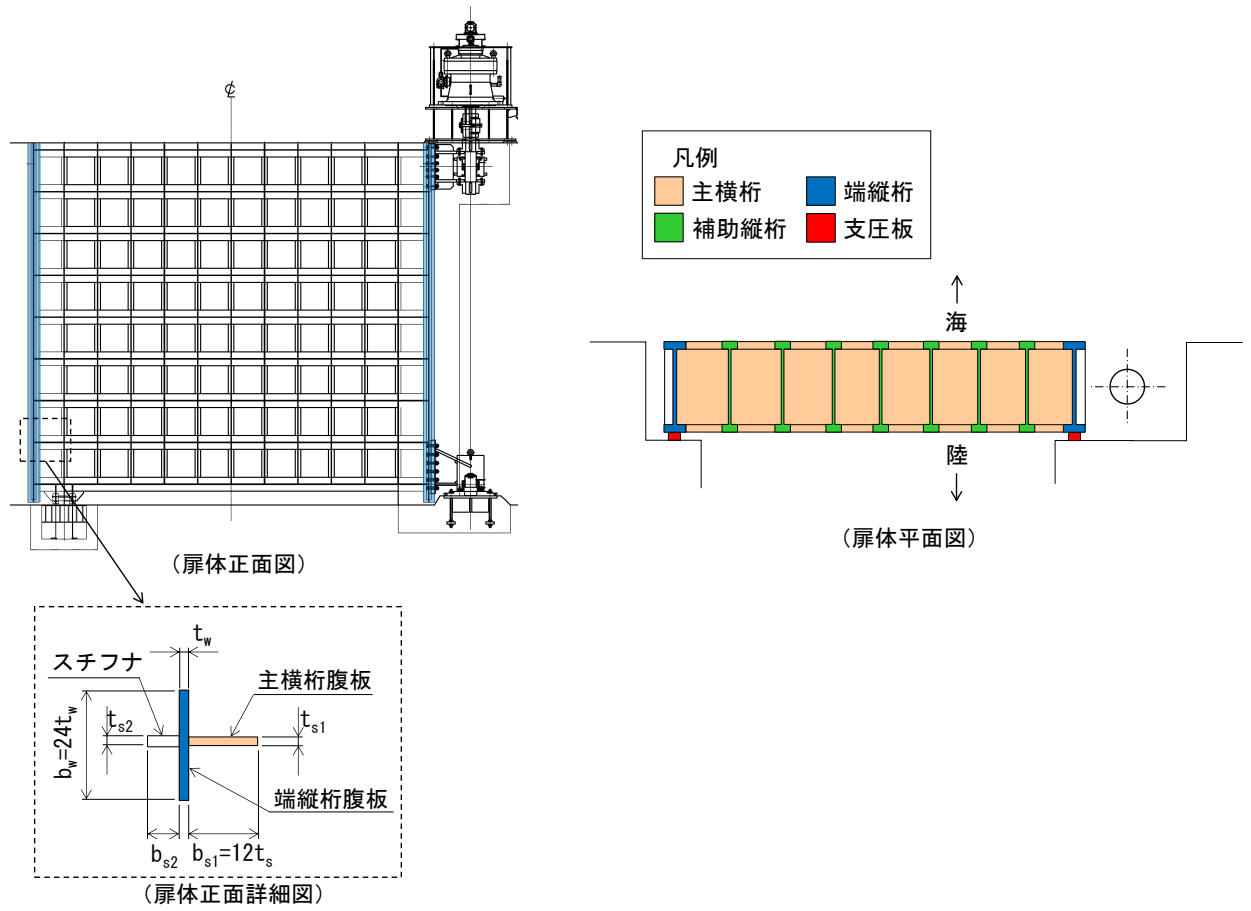


図 3-17 端縦桁の評価イメージ図

e. 支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）

支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）は，漂流物対策工（鋼製扉体）から伝達される津波荷重が作用することで支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

なお，衝突荷重は，「施設の延長に応じた衝突荷重」を考慮する。

支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）の評価イメージ図を図3-18に示す。

(a) 支圧板

$$\sigma_p = \frac{WL_1}{2CL_2} + \frac{PL_1}{2CL_4}$$

ここで，

σ_p : 支圧板に生じる支圧応力度 (N/mm²)

W : 戸当りに作用する津波時荷重（遡上津波荷重＋風荷重） (kN/m)

P : 戸当りに作用する衝突荷重 (kN/m)

L_1 : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (mm)

C : 支圧板の有効幅 (mm)

L_2 : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

L_4 : 衝突荷重分担長さ（鉛直方向に45°分散） (mm)

(b) 戸当り（腹板）

$$\sigma_b = \frac{WL_1}{2t_w L_2} + \frac{PL_1}{2t_w L_4}$$

ここで，

σ_b : 戸当り（腹板）に生じる支圧応力度 (N/mm²)

W : 戸当りに作用する津波時荷重（遡上津波荷重＋風荷重） (kN/m)

P : 戸当りに作用する衝突荷重 (kN/m)

L_1 : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (mm)

t_w : 戸当り（腹板）の厚さ (mm)

L_2 : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

L_4 : 衝突荷重分担長さ（鉛直方向に45°分散） (mm)

(c) 戸当り (底面フランジ)

$$M_f = \frac{\sigma_{cb} \cdot b_f^2}{8}$$

$$\sigma_f = \frac{6M_f}{t_f^2}$$

ここで、

M_f : 戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント (N・mm/mm)

σ_f : 戸当り (底面フランジ) に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{cb} : 戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度 (N/mm²)

b_f : 戸当り (底面フランジ) の幅 (mm)

t_f : 戸当り (底面フランジ) の厚さ (mm)

(d) 戸当り (コンクリート)

$$\sigma_{cb} = \frac{WL_1}{2b_fL_2} + \frac{PL_1}{2b_fL_4}$$

$$\tau_c = \frac{WL_1}{2\Sigma lL_2} + \frac{PL_1}{2\Sigma lL_4}$$

ここで、

σ_{cb} : 戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度 (N/mm²)

τ_c : 戸当り (コンクリート) に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 戸当りに作用する津波荷重 (遡上津波荷重+風荷重) (kN/m)

P : 戸当りに作用する衝突荷重 (kN/m)

L_1 : 漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅 (mm)

L_2 : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

L_4 : 衝突荷重分担長さ (鉛直方向に 45° 分散) (mm)

b_f : 戸当り (底面フランジ) の幅 (mm)

Σl : せん断抵抗長さ (= $l_1 + 2l_2$) (mm)

l_1 : 戸当りの埋込深さ (mm)

l_2 : 戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ (mm)

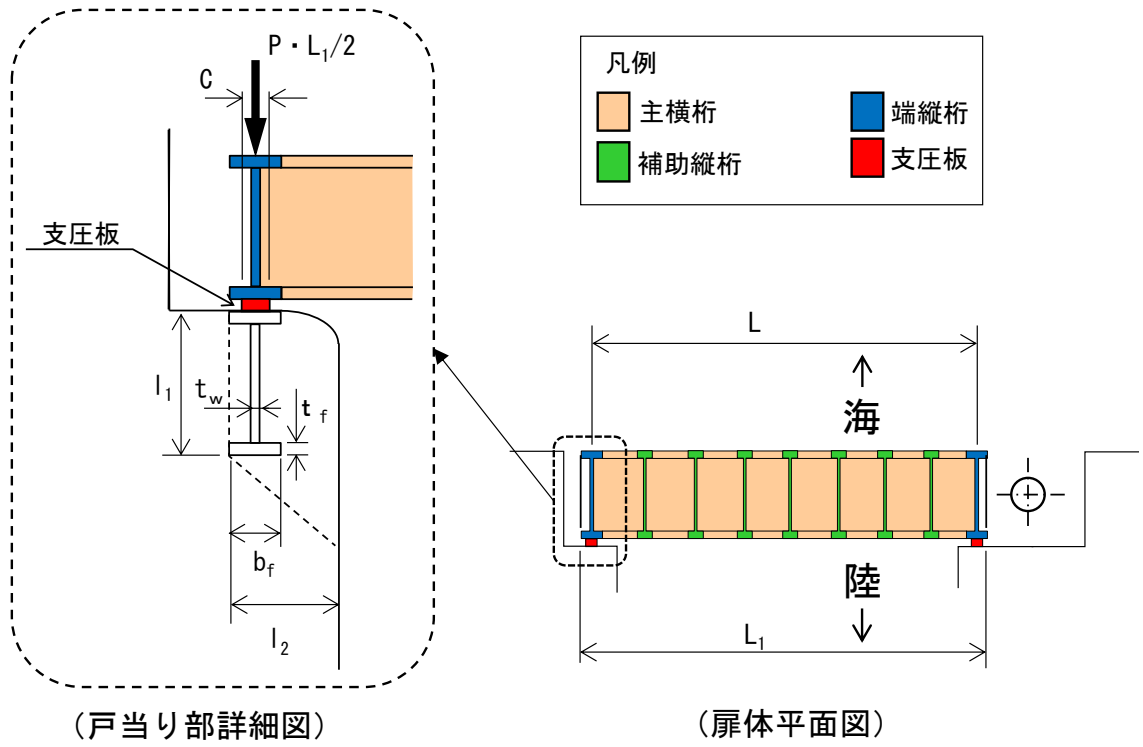


図 3-18 支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）の評価イメージ図

(2) 漂流物対策工戸当り (RC支柱)

漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(3) 漂流物対策工基礎スラブ

漂流物対策工基礎スラブに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(4) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、MMR, 改良地盤及び岩盤に生じる最大接地圧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」に用いる評価条件を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 防波扉の強度評価に用いる条件(1/2)

部材	記号	定義	数値	単位
スキンプレート	a	スキンプレートの短辺	754.5	mm
	b	スキンプレートの長辺	1700	mm
	t	スキンプレートの板厚	12	mm
	k	スキンプレートの辺長比 (b/a) による係数	50	-
	β_1	応力の補正係数	0.8	-
	P	スキンプレートに作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)	0.04877	N/mm ²
主横桁	M	主横桁に生じる曲げモーメント	385.260	kN・m
	S	主横桁に生じるせん断力	237.985	kN
	N	主横桁に生じる軸力	85.821	kN
	W	主横桁に作用する遡上津波荷重	71.331	kN/m
	W'	主横桁に作用する風荷重	1.895	kN/m
	L	主横桁の支間長	6.500	m
	a	主横桁の張出長さ	0.200	m
	L ₁	主横桁の水密幅	6.900	m
	B	側部水密幅	1.172	m
	Z	主横桁の断面係数	3904000	mm ³
	A _w	主横桁腹板の断面積	11350	mm ²
	A _s	主横桁の断面積	15912	mm ²
補助縦桁	l	主横桁間隔	1.7	m
	m	補助縦桁間隔	0.7545	m
	P	補助縦桁に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)	40.185	kN/m ²
	M	補助縦桁に生じる曲げモーメント	10.234	kN・m
	S	補助縦桁に生じるせん断力	20.053	kN
	Z	補助縦桁の断面係数	424000	mm ³
	A _w	補助縦桁腹板の断面積	2470	mm ²

表 4-1 防波扉の強度評価に用いる条件 (2/2)

部材	記号	定義	数値	単位
端縦桁	R	端縦桁に生じる支点反力	237.985	kN
	A_q	補剛材の有効総断面積	2938	mm ²
支圧板	P	支圧板に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)	63.92	kN/m ²
	C	支圧板の有効幅	85	mm
	L_1	防波扉 (鋼製扉体) の水密幅	6900	mm
戸当り (底面 フラン ジ) , 戸当り (コン クリー ト)	P	防波扉 (鋼製扉体) 最下部に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)	63.92	kN/m ²
	L_1	防波扉 (鋼製扉体) の水密幅	6900	mm
	b_f	戸当り (底面フランジ) の幅	150	mm
	t_f	戸当り (底面フランジ) の厚さ	21.2	mm
	l_1	戸当り埋込深さ	200	mm
	l_2	戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ	325	mm
	M_f	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント	4219	N・mm/mm
Σl	せん断抵抗長さ (= $l_1 + 2l_2$)	850	mm	

表 4-2 漂流物対策工の強度評価に用いる条件(1/2)

部材	記号	定義	数値	単位
主横桁	M	主横桁に生じる曲げモーメント	3359.5	kN・m
	S	主横桁に生じるせん断力	1894.2	kN
	P	主横桁に作用する衝突荷重	483	kN/m
	P'	船首衝突による衝突荷重	520	kN/m
	W	主横桁に作用する遡上津波荷重	49.214	kN/m
	W'	主横桁に作用する風荷重	1.354	kN/m
	L	主横桁の支間長	7.1	m
	a	主横桁の張出長さ	0.1	m
	L ₁	漂流物対策工（鋼製扉体）の幅	7.3	m
	b	船首衝突作用幅	6.0	m
	Z	主横桁の断面係数	18674000	mm ³
	A _w	主横桁腹板の断面積	21500	mm ²
張出桁	M	張出桁に生じる曲げモーメント	1147.2	kN・m
	S	張出桁に生じるせん断力	1215.2	kN
	P	張出桁に作用する衝突荷重	1200	kN
	W	張出桁に作用する遡上津波荷重	15.529	kN/m
	W'	張出桁に作用する風荷重	0.451	kN/m
	L	張出長さ	0.950	m
	Z	張出桁の断面係数	6527000	mm ³
	A _w	張出桁腹板の断面積	16870	mm ²
補助縦桁	M	補助縦桁に生じる曲げモーメント	228.6	kN・m
	S	補助縦桁に生じるせん断力	1202.4	kN
	P	補助縦桁に作用する衝突荷重	1200	kN
	W	補助縦桁に作用する遡上津波荷重	6.212	kN/m
	W'	補助縦桁に作用する風荷重	0.181	kN/m
	l	主横桁の間隔	0.750	m
	Z	補助縦桁の断面係数	7567000	mm ³
	A _w	補助縦桁腹板の断面積	21500	mm ²
端縦桁	R	端縦桁に生じる支点反力	1894.2	kN
	A _q	補鋼材の有効断面積	10747	mm ²

表 4-2 漂流物対策工の強度評価に用いる条件 (2/2)

部材	記号	定義	数値	単位
戸当り	W	戸当りに作用する津波時荷重（遡上津波荷重 + 風荷重）	50.568	kN/m
	P	戸当りに作用する衝突荷重	483	kN/m
	C	支圧板の有効幅	80	mm
	L ₁	漂流物対策工（鋼製扉体）の幅	7300	mm
	L ₂	主横桁の荷重分担長さ	750	mm
	L ₄	衝突荷重分担長さ（鉛直方向に 45° 分散）	1875	mm
	t _w	戸当り（腹板）の厚さ	14	mm
	b _f	戸当り（底面フランジ）の幅	800	mm
	t _f	戸当り（底面フランジ）の厚さ	50	mm
	l ₁	戸当りの埋込深さ	1650	mm
	l ₂	戸当りのコンクリート側面からの埋込み深さ	950	mm
	M _f	戸当り（底面フランジ）に生じる曲げモーメント	120000	N・mm/mm
Σl	せん断抵抗長さ（= l ₁ + 2l ₂ ）	3550	mm	

5. 評価結果

5.1 防波扉

5.1.1 防波扉（鋼製扉体）

防波扉（鋼製扉体）の強度評価結果を表 5-1 に示す。防波扉（鋼製扉体）の各部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 防波扉（鋼製扉体）の強度評価結果

部位	種別	発生 応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
スキンプレート	曲げ応力度	77	240	0.33
主横桁	曲げ応力度	104	240	0.44
	せん断応力度	21	135	0.16
補助縦桁	曲げ応力度	24	180	0.14
	せん断応力度	8	105	0.08
端縦桁	圧縮応力度	81	240	0.34
支圧板	支圧応力度	3	225	0.02
戸当り (底面フランジ)	圧縮応力度	56	180	0.32
戸当り (コンクリート)	支圧応力度	1.5	8.8	0.18
	せん断応力度	0.26	0.6	0.44

5.1.2 防波扉戸当り（RC支柱）

防波扉戸当り（RC支柱）の強度評価結果を表 5-2 に示す。防波扉戸当り（RC支柱）の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-2 防波扉戸当り（RC支柱）の耐震評価結果

部位	種別	発生 応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
防波扉戸当り (RC支柱)	曲げ引張応力度	75	294	0.26
	曲げ圧縮応力度	2.1	13.5	0.16
	せん断応力度	0.43	0.67	0.65

5.1.3 防波扉基礎スラブ

(1) 曲げ照査

防波扉基礎スラブのコンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力図を図 5-1 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-3 に示す。鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-4 に示す。

この結果から、防波扉基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

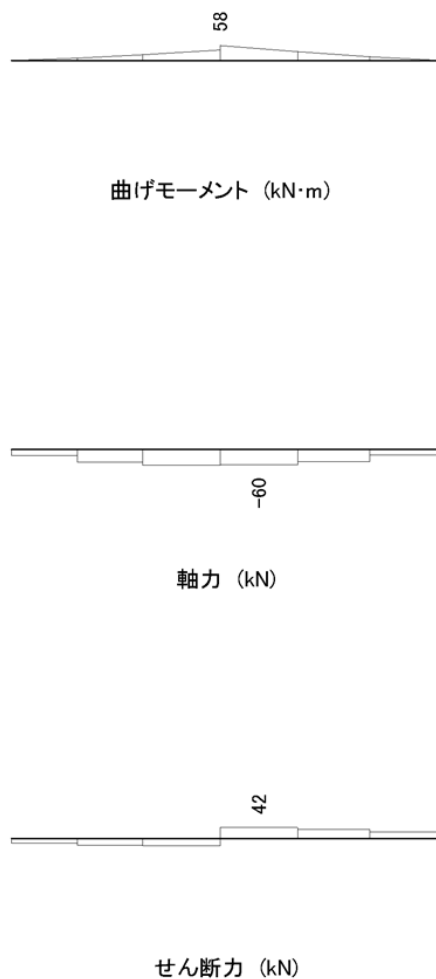


図 5-1 コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力図

表 5-3 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
58	60	0.2	13.5	0.02

表 5-4 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

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)			
58	60	6	294	0.03

(2) せん断照査

防波扉基礎スラブのコンクリートのせん断破壊に対する照査における断面力図を図 5-2 に、コンクリートのせん断破壊に対する照査値を表 5-5 に示す。

この結果から、防波扉基礎スラブのコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

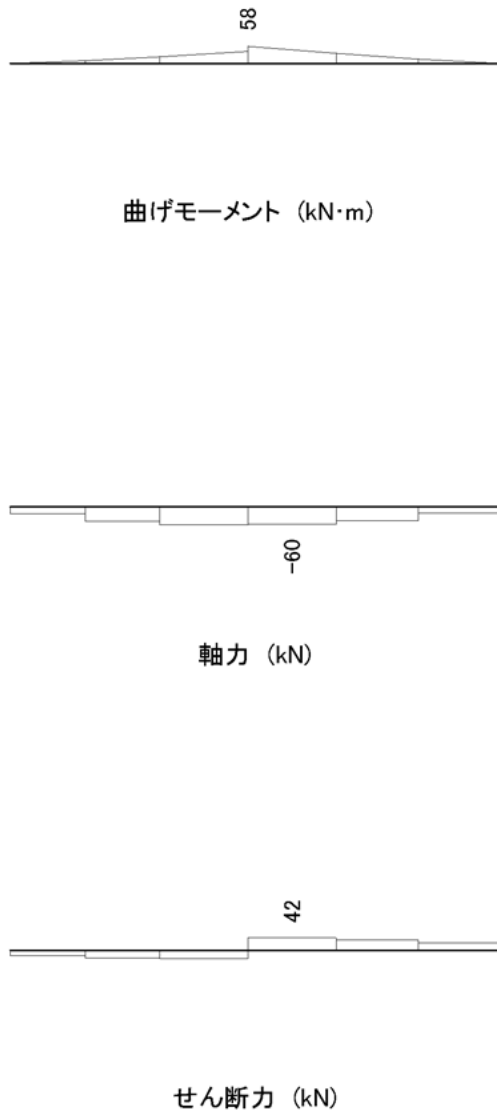


図 5-2 コンクリートのせん断破壊に対する照査における断面力図

表 5-5 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値

発生断面力	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
42	0.01	0.67	0.02

5.1.4 防波扉（鋼管杭）

(1) 曲げ照査

防波扉（鋼管杭）の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力図を図 5-3 に、曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値を表 5-6 に示す。

この結果から、防波扉（鋼管杭）に発生する断面力が許容限界以下であることを確認した。

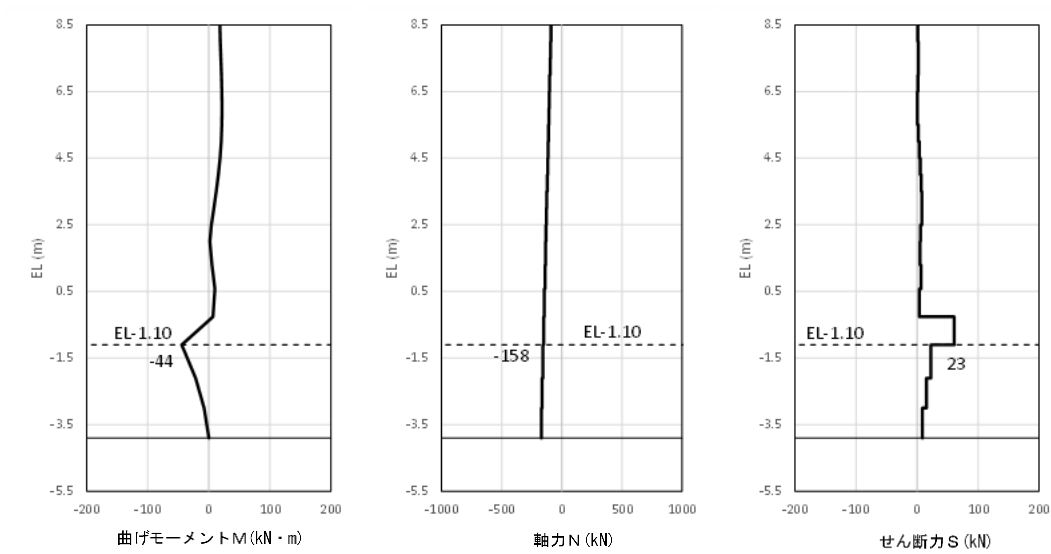


図 5-3 防波扉（鋼管杭）の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力図

表 5-6 防波扉（鋼管杭）の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

発生断面力		降伏モーメント M_y (kN・m)	照査値 M/M_y
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)		
44	158	7978	0.01

(2) せん断照査

防波扉（鋼管杭）のせん断破壊に対する照査における断面力図を図 5-4 に、せん断破壊に対する照査値を表 5-7 に示す。

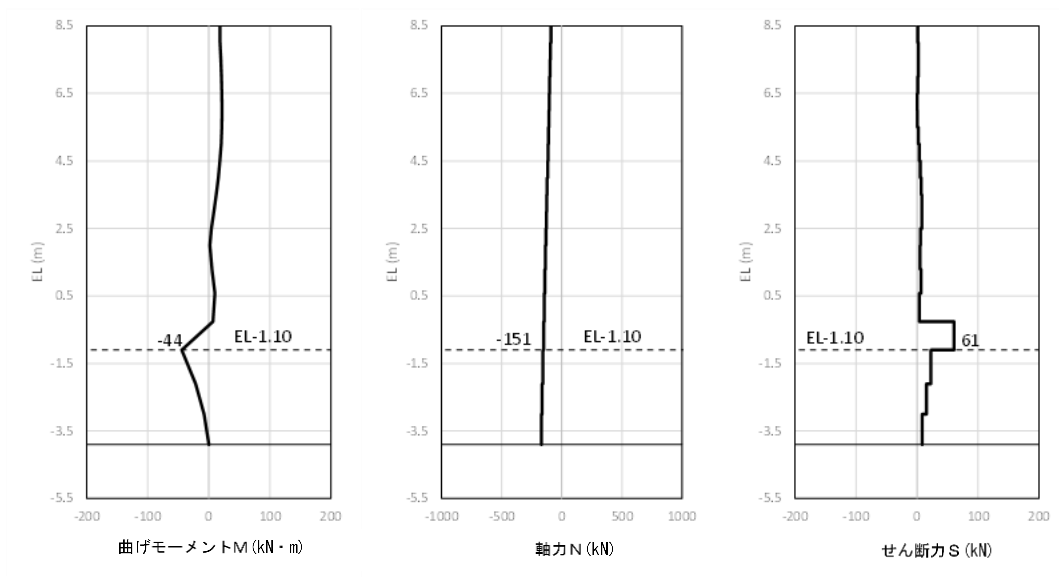


図 5-4 防波扉（鋼管杭）のせん断破壊に対する照査における断面力図

表 5-7 防波扉（鋼管杭）のせん断破壊に対する照査における最大照査値

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 Q (kN)			
61	1	157	0.01

5.1.5 改良地盤

改良地盤のすべり安全率による評価結果を表 5-8 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 5-5 に示す。この結果から、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 5-8 改良地盤のすべり安全率評価結果

最小すべり安全率
14.52

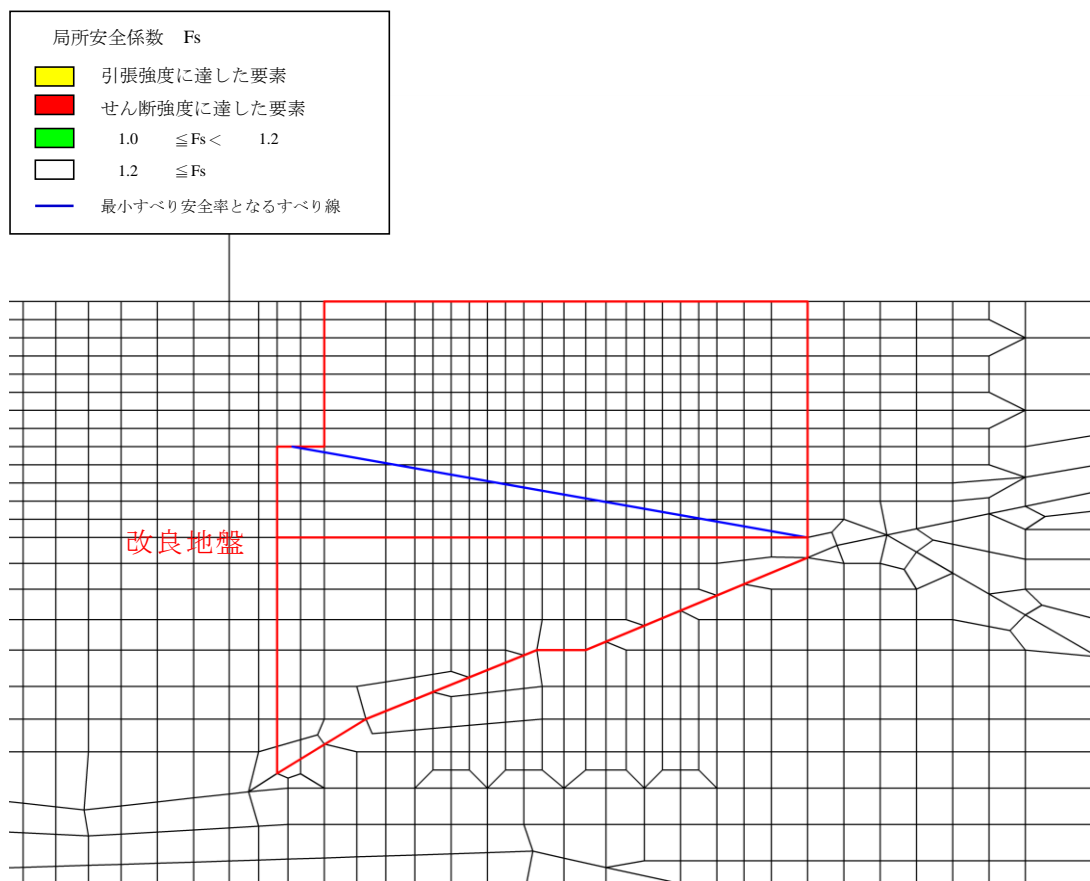


図 5-5 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布図

5.1.6 基礎地盤

基礎地盤の支持性能照査結果を表 5-9 に示す。

防波扉（鋼管杭）の杭下端部に生じる軸応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-9 基礎地盤の支持性能照査結果

発生断面力 軸力 N (kN)	軸応力度 R_d (N/mm ²)	極限支持力度 R_u (N/mm ²)	照査値 R_d / R_u
170	0.151	9.8	0.02

5.2 漂流物対策工

5.2.1 漂流物対策工（鋼製扉体）

漂流物対策工（鋼製扉体）の評価結果を表5-10に示す。この結果から、漂流物対策工（鋼製扉体）の各部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表5-10 漂流物対策工（鋼製扉体）の評価結果

評価対象部材		応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
主横桁	曲げ応力度	180	525	0.35
	せん断応力度	88	193	0.46
主横桁 (船首衝突)	曲げ応力度	188	525	0.36
	せん断応力度	81	193	0.42
張出桁	曲げ応力度	176	525	0.34
	せん断応力度	72	303	0.24
補助縦桁	曲げ応力度	30	310	0.10
	せん断応力度	56	193	0.30
端縦桁	圧縮応力度	176	337	0.53
支圧板	支圧応力度	15	225	0.07
戸当り (腹板)	支圧応力度	85	270	0.32
戸当り (底面フランジ)	曲げ応力度	288	525	0.55
戸当り (コンクリート)	支圧応力度	1.5	8.8	0.18
	せん断応力度	0.33	0.60	0.55

5.2.2 漂流物対策工戸当り（RC支柱）

(1) 曲げ照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力図を図 5-6 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-11 に示す。漂流物対策工戸当り（RC支柱）の鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-12 に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

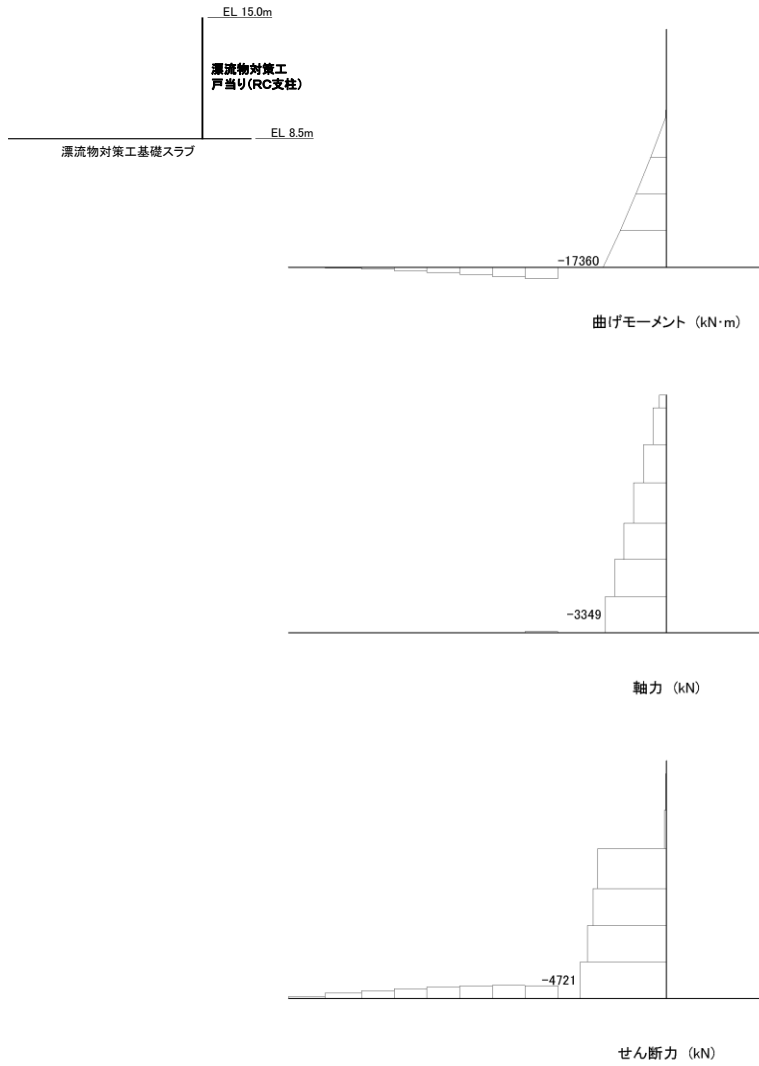


図 5-6 コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力図

表 5-11 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
17360	3349	1.7	21.0	0.09

表 5-12 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

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)			
17360	3349	49	294	0.17

(2) せん断照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートのせん断破壊に対する照査における断面力図を図5-7に、コンクリートのせん断破壊に対する照査値を表5-13に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

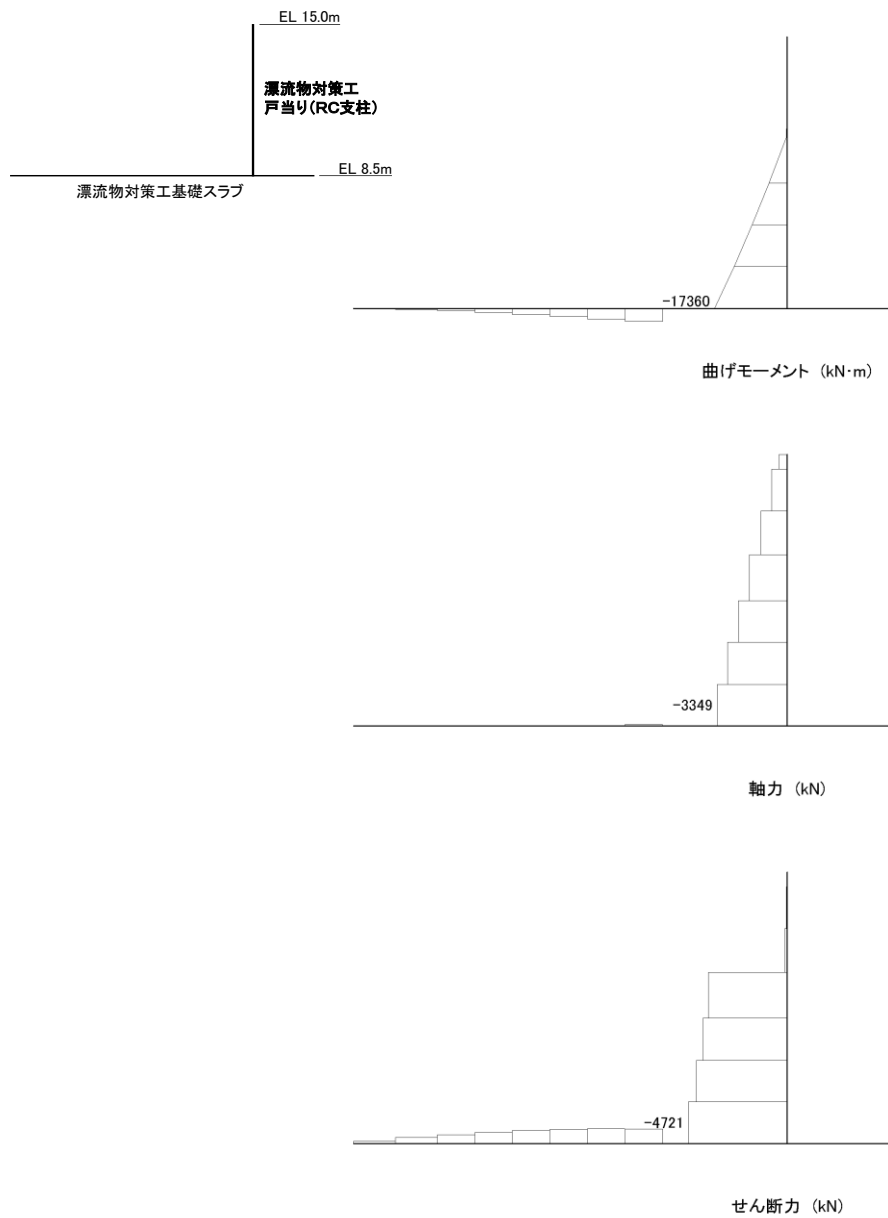


図 5-7 コンクリートのせん断破壊に対する照査における断面力図

表 5-13 コンクリートのせん断破壊に対する照査における照査値

発生断面力	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
4721	0.38	0.82	0.47

5.2.3 漂流物対策工基礎スラブ

(1) 曲げ照査

漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力図を図 5-8 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-14 に示す。漂流物対策工基礎スラブの鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-15 に示す。

この結果から、漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

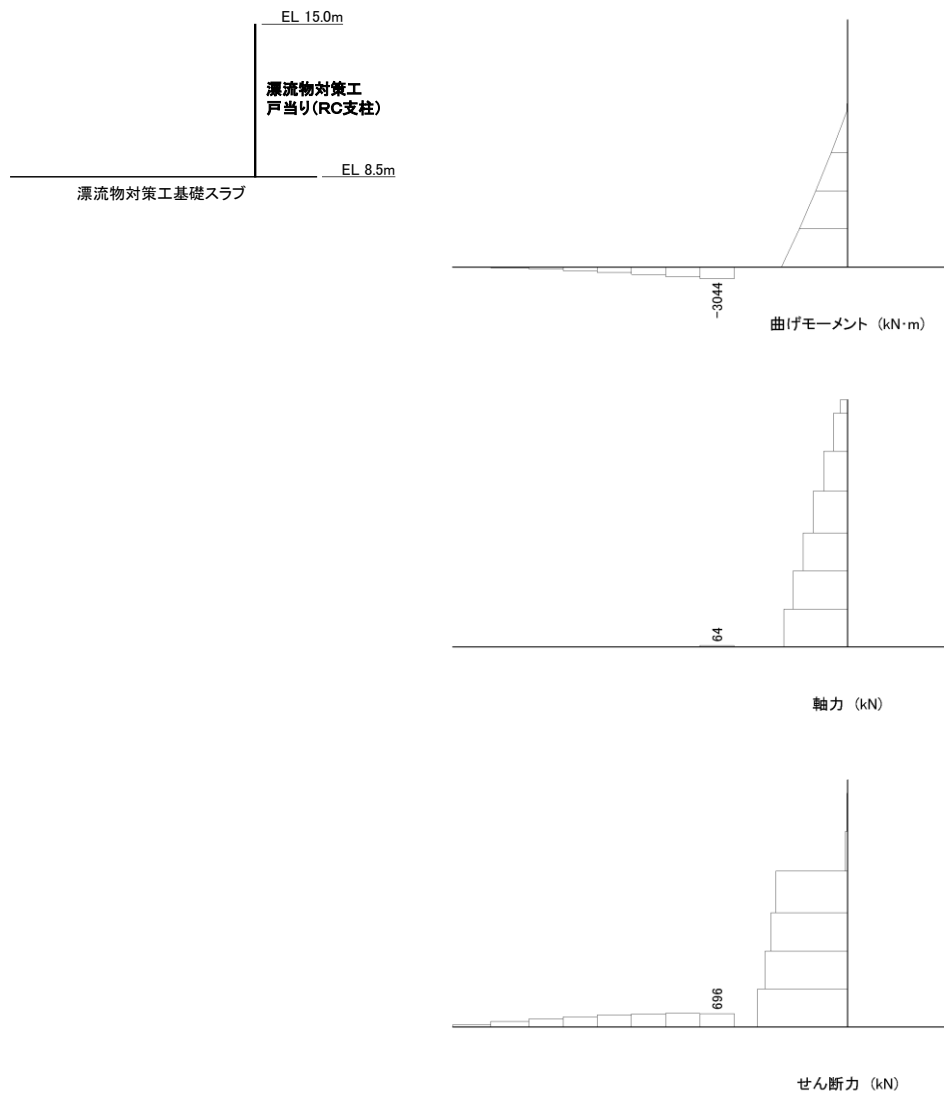


図 5-8 コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における断面力図

表 5-14 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
3044	64	1.2	21.0	0.06

表 5-15 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査における最大照査値

発生断面力		曲げ圧縮 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)			
3044	64	49	294	0.17

(2) せん断照査

漂流物対策工基礎スラブのコンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値の評価時刻での断面力図を図 5-9 に、コンクリートのせん断破壊に対する最大照査値を表 5-16 に示す。

この結果から、漂流物対策工基礎スラブのコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

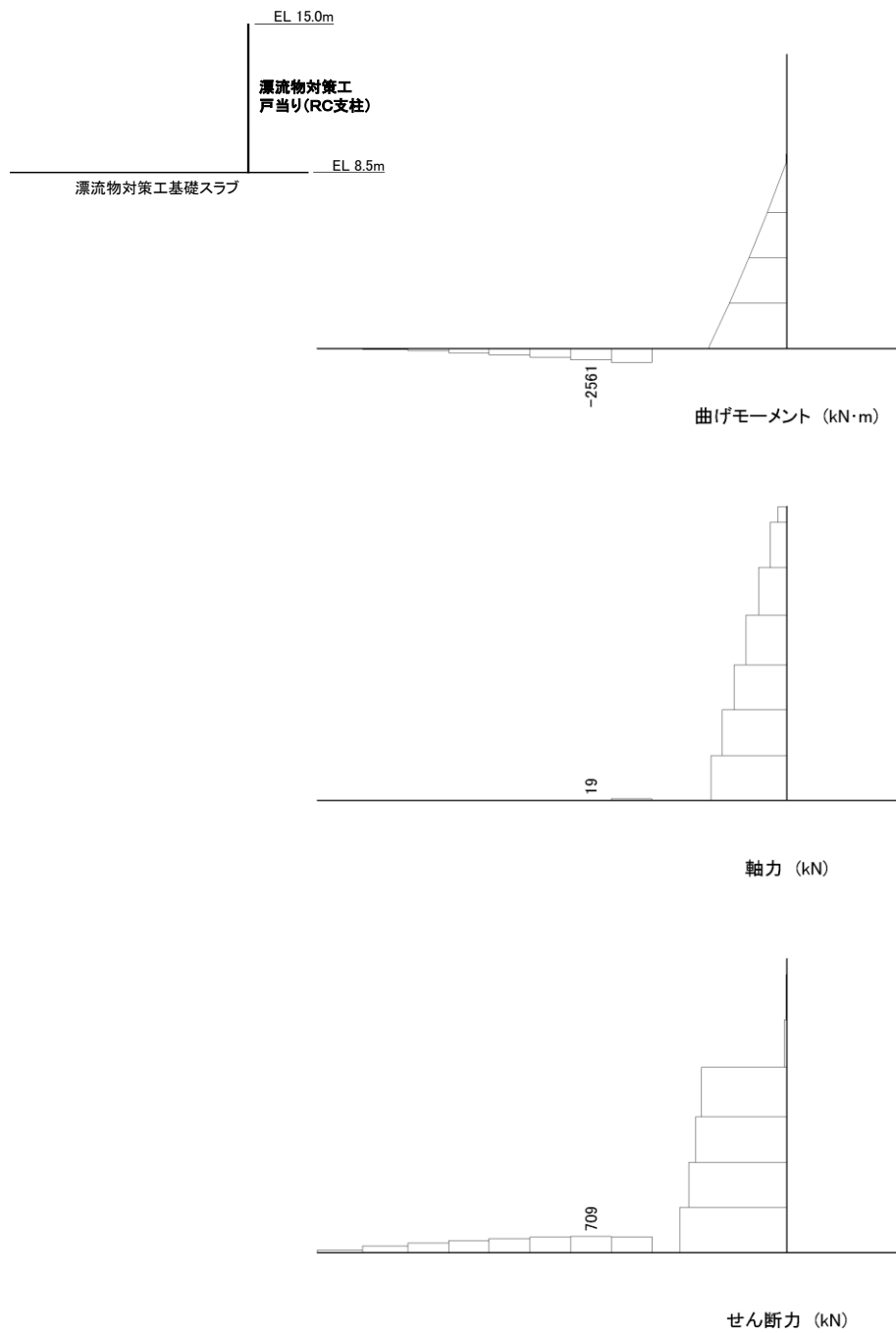


図 5-9 コンクリートのせん断破壊に対する照査における断面力図

表 5-16 コンクリートのせん断破壊に対する照査における照査値

発生断面力	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
709	0.22	0.82	0.28

5.2.4 基礎地盤

基礎地盤の支持性能照査結果を表 5-17 に、接地圧分布図を図 5-10 に示す。
漂流物対策工の基礎地盤に生じる接地圧が許容限界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照査結果 (MMR)

最大接地圧 R (N/mm ²)	支圧強度 f' _a (N/mm ²)	照査値 R/f' _a
0.5	18.0	0.03

表 5-17(2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (改良地盤)

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.2	1.4	0.17

表 5-17(3) 基礎地盤の支持性能照査結果 (岩盤)

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.7	9.8	0.07

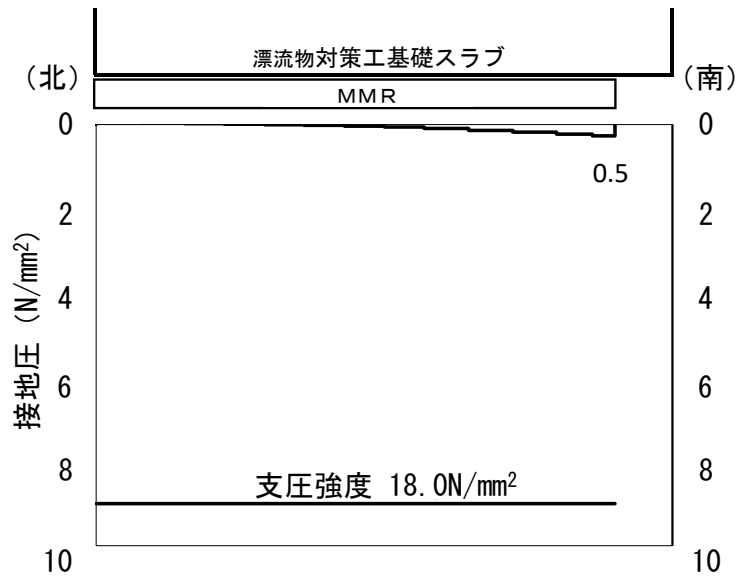


図 5-10(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (MMR)

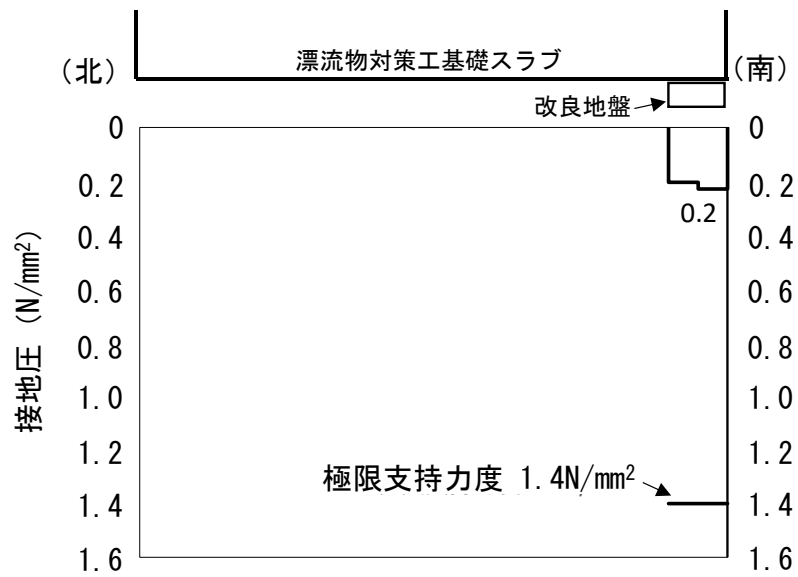


図 5-10(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (改良地盤)

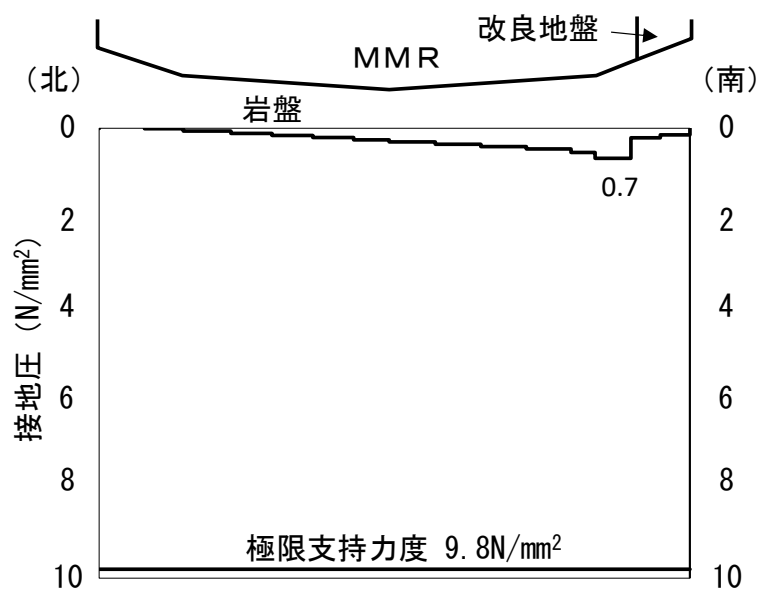


図 5-10(3) 基礎地盤の接地圧分布図 (岩盤)

3. 防波壁通路防波扉（3号機東側）に関する強度計算書

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	16
2.4	適用規格・基準等	21
3.	強度評価	22
3.1	記号の定義	22
3.2	評価対象断面	30
3.3	解析方法	32
3.4	荷重及び荷重の組合せ	32
3.4.1	荷重	32
3.4.2	荷重の組合せ	33
3.5	解析モデル及び諸元	35
3.5.1	解析モデル	35
3.5.2	使用材料及び材料の物性値	37
3.5.3	地盤の物性値	39
3.5.4	地下水位	39
3.6	評価対象部位	40
3.6.1	施設・地盤の健全性評価	40
3.6.2	基礎地盤の支持性能評価	40
3.7	許容限界	41
3.7.1	防波扉	41
3.7.2	漂流物対策工	44
3.8	評価方法	46
3.8.1	防波扉	47
3.8.2	漂流物対策工	57
4.	評価条件	67
5.	評価結果	71
5.1	防波扉	71
5.1.1	防波扉（鋼製扉体）	71
5.1.2	防波扉戸当り（R C支柱）	72
5.1.3	防波扉基礎スラブ	76
5.1.4	グラウンドアンカ	81

5.1.5	改良地盤	82
5.1.6	基礎地盤	83
5.2	漂流物対策工	85
5.2.1	漂流物対策工（鋼製扉体）	85
5.2.2	漂流物対策工戸当り（RC支柱）	86
5.2.3	漂流物対策工基礎スラブ	89
5.2.4	基礎地盤	93

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方針」に示すとおり、防波壁通路防波扉（3号機東側）（以下「防波扉（3号機東側）」という。）が、地震後の繰返しの来襲を想定した津波荷重、漂流物の衝突、風及び積雪を考慮した荷重に対して、施設・地盤の構造健全性を保持すること及び十分な支持性能を有する地盤に設置していることを確認するものである。

2. 基本方針

2.1 位置

防波扉（3号機東側）の位置図を図2-1に示す。

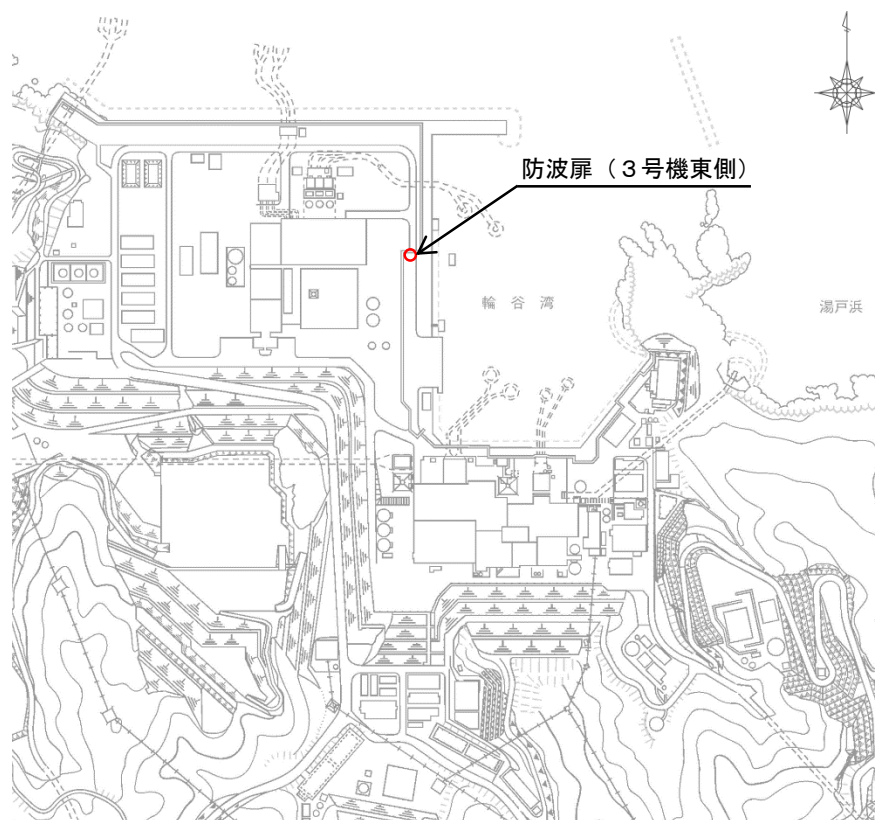


図2-1 防波扉（3号機東側）の位置図

2.2 構造概要

防波扉（3号機東側）の構造概要図を図2-2に示す。

防波扉（3号機東側）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。

防波扉（3号機東側）は、防波扉及び漂流物対策工から構成される。

防波扉は、改良地盤を介して岩盤に支持される直接支持構造と、防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブによる上部構造から構成される。

防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの境界部には水密ゴムを設置し、止水性を確保する。また、防波扉基礎スラブにはグラウンドアンカを設置する。

防波扉（3号機東側）の構造図を図2-3に、防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブ接続部の概略配筋図を図2-4に、防波扉戸当り（RC支柱）の概略配筋図を図2-5に、水密ゴムの概念図を図2-6に示す。

漂流物対策工は、漂流物対策工（鋼製扉体）、漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブから構成され、マンメイドロック（以下「MMR」という。）及び改良地盤を介して岩盤に支持される。

漂流物対策工の構造図を図2-7に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）の概略配筋図を図2-8に、漂流物対策工基礎スラブの概略配筋図を図2-9に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブ接続部の概略配筋図を図2-10に、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のアンカー部付近の概略配筋図を図2-11に示す。

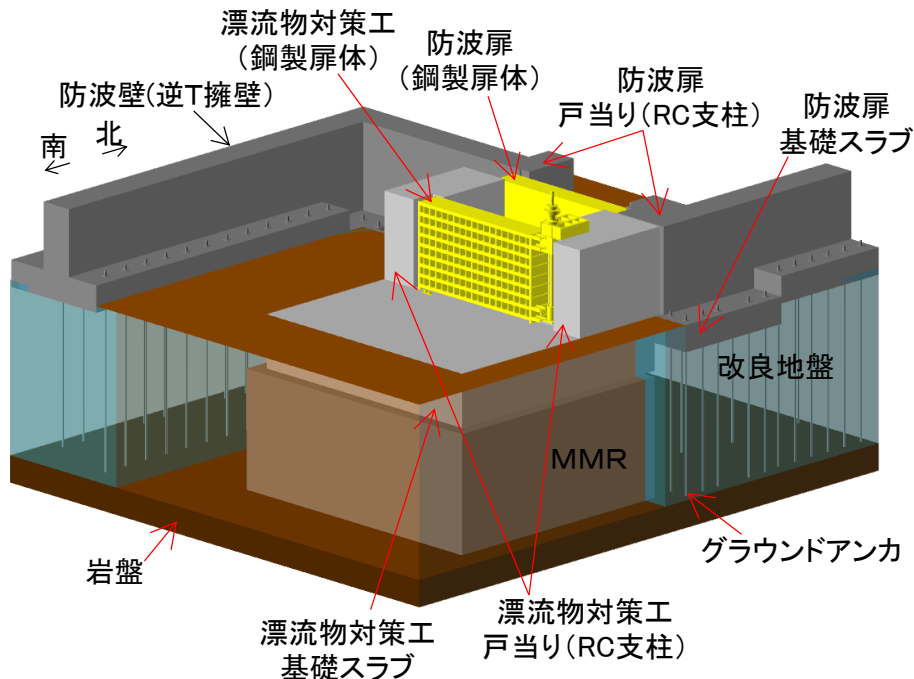


図2-2(1) 防波扉（3号機東側）の構造概要図（鳥瞰図）

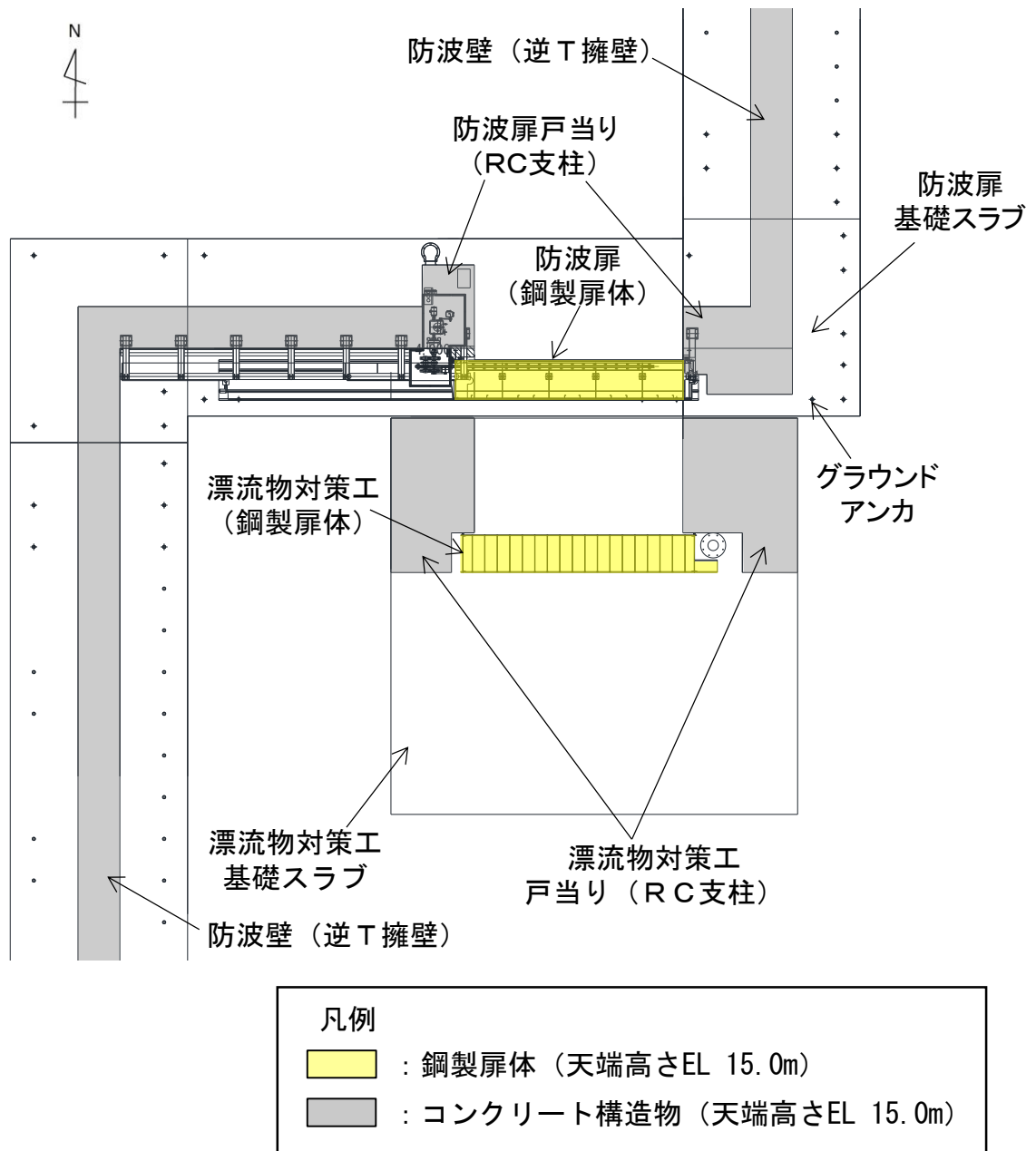


図 2-2(2) 防波扉 (3号機東側) の構造概要図 (平面図)

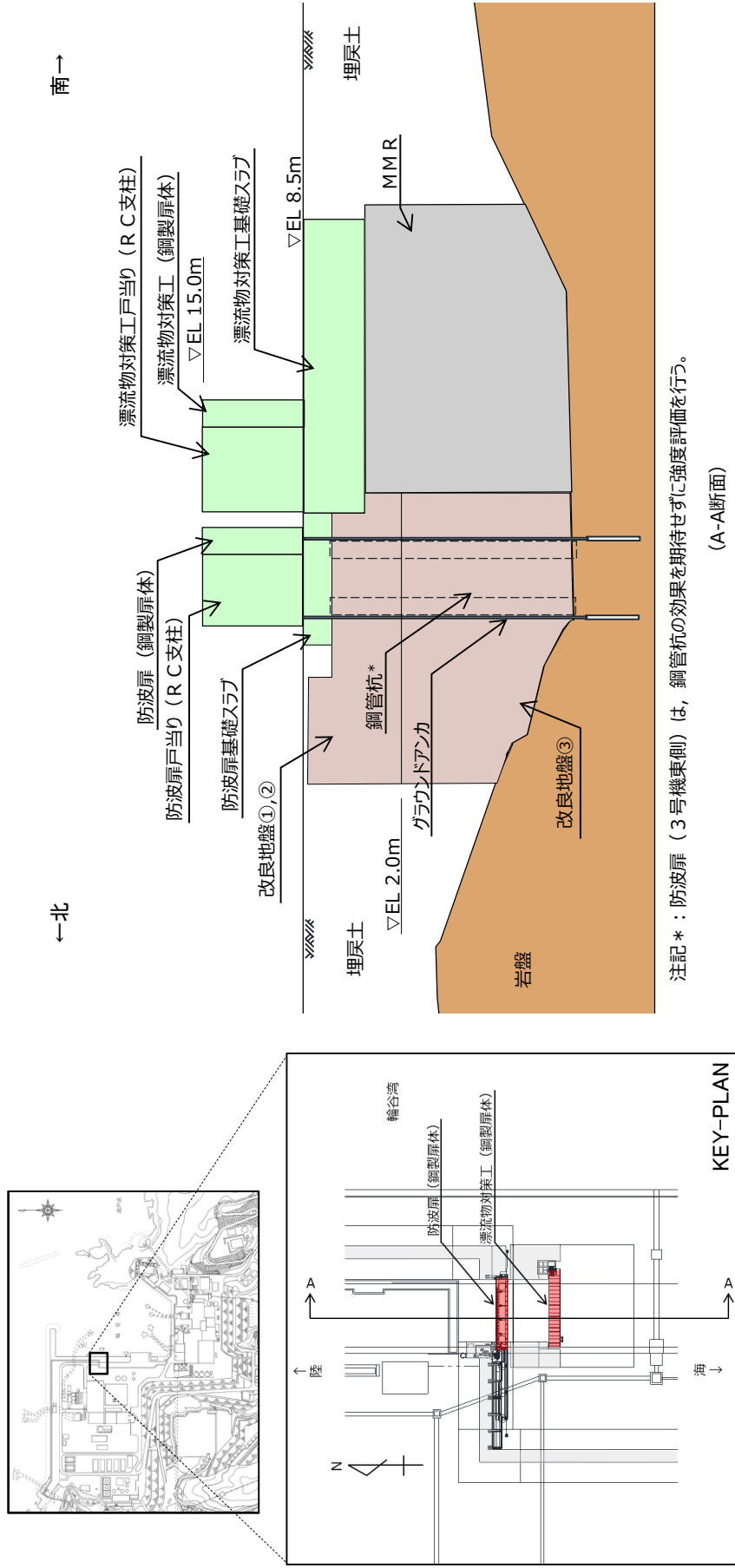
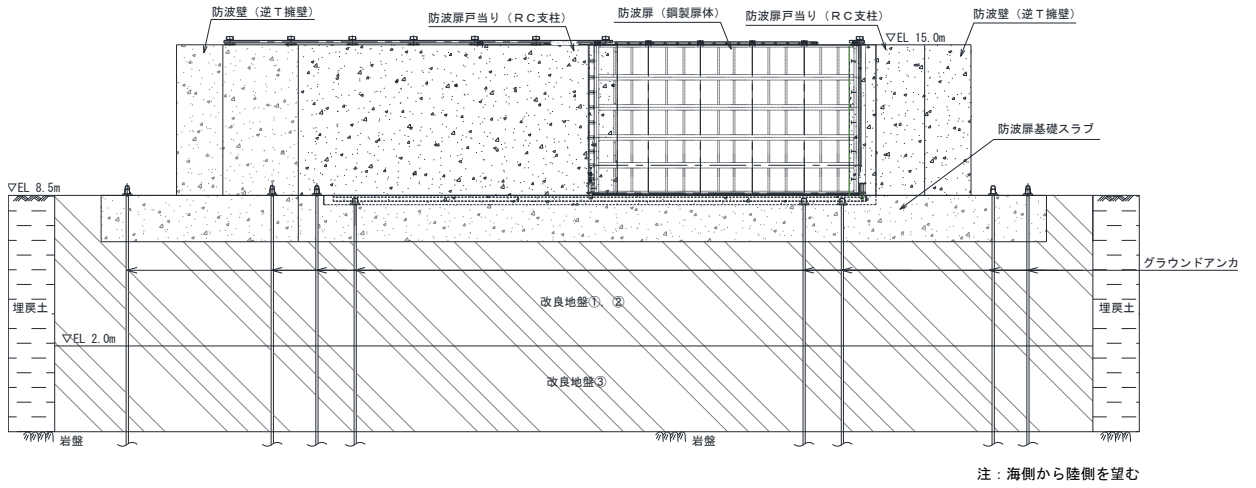
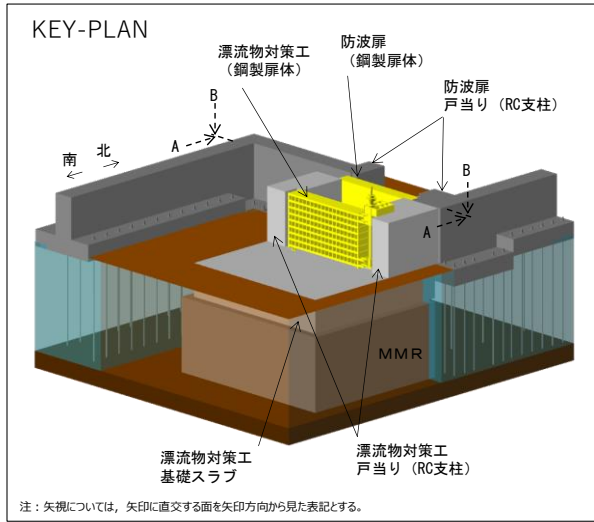
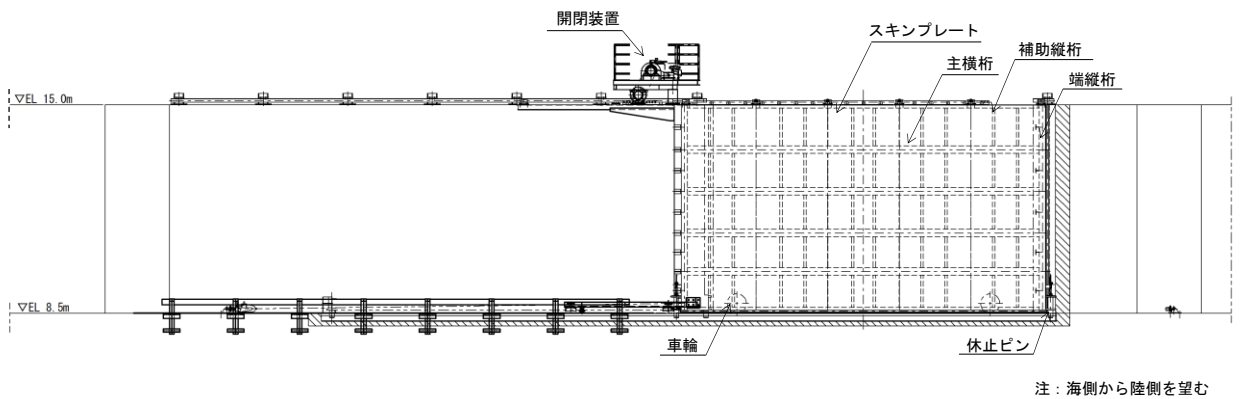


図 2-2(3) 防波扉 (3号機東側) の構造概要図 (断面図)



(全体図)



(防波扉 (鋼製扉体) 拡大図)

図 2-3(1) 防波扉の構造図 (A-A断面)

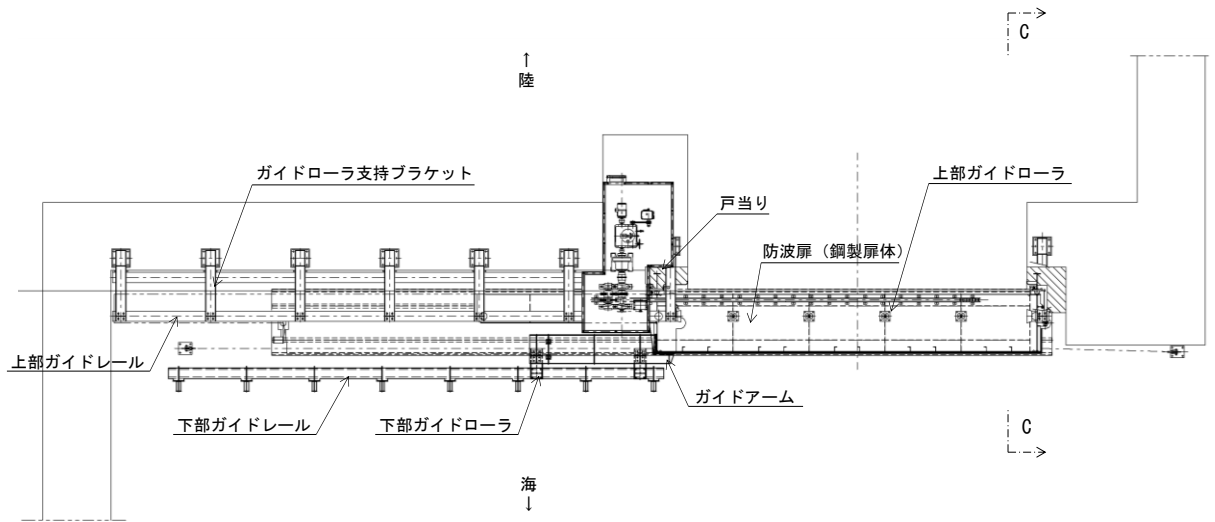


図 2-3(2) 防波扉の構造図 (B-B 断面)

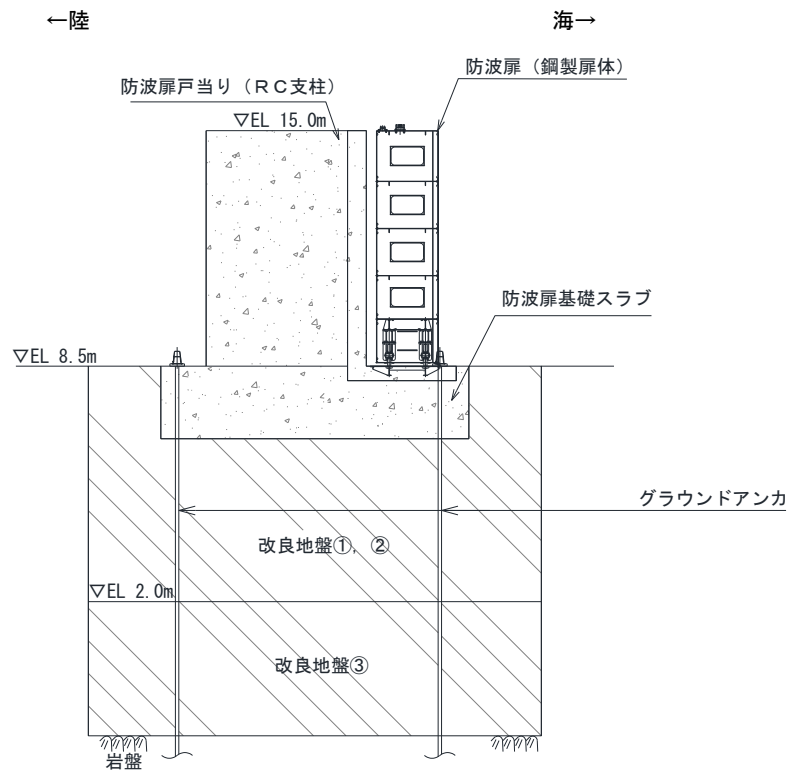


図 2-3(3) 防波扉の構造図 (C-C 断面)

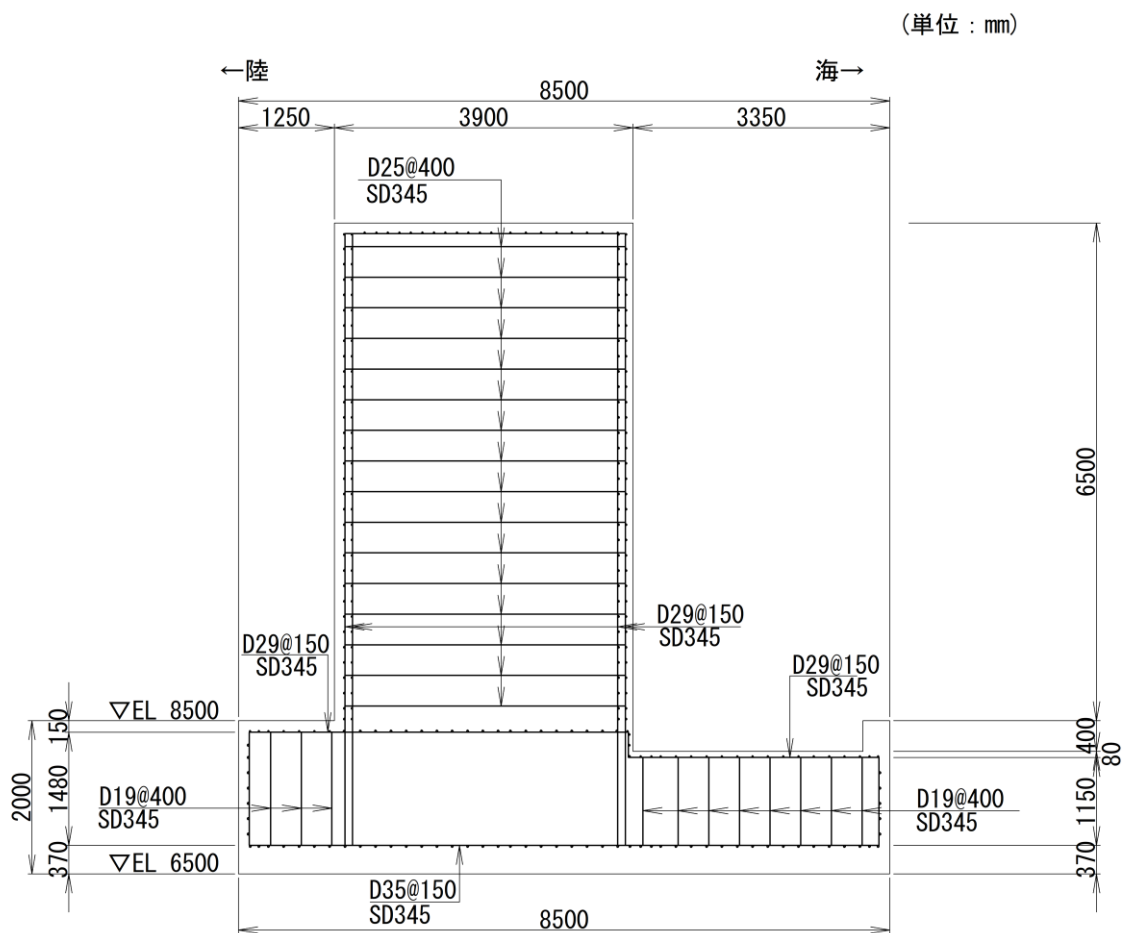
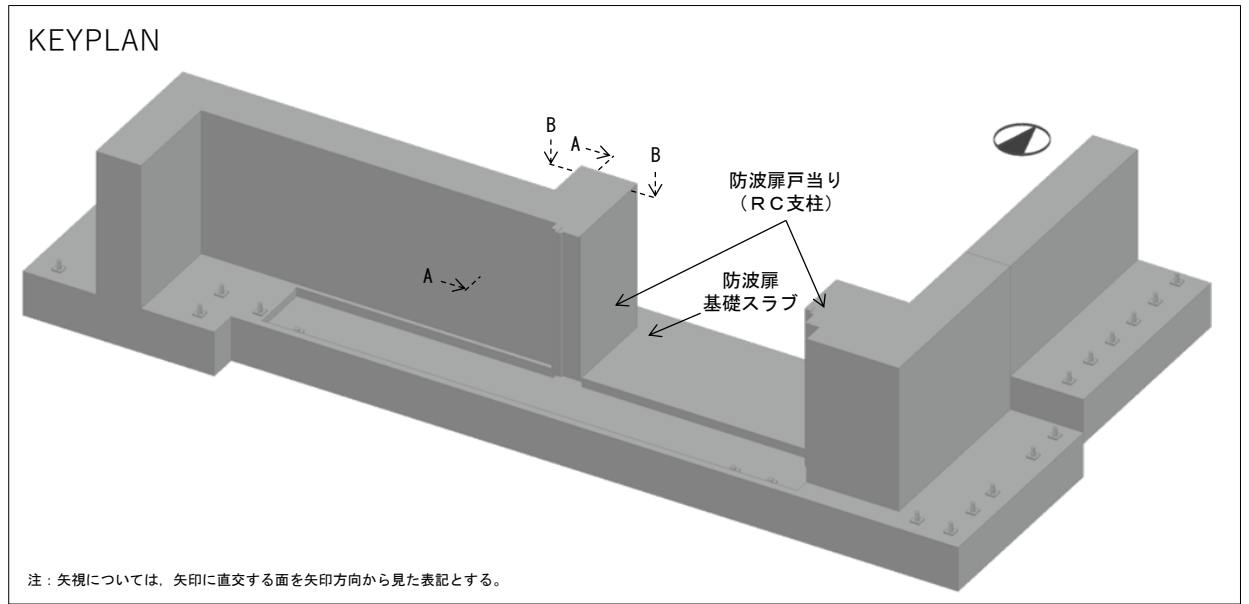


図 2-4 防波扉戸当り (RC支柱) 及び防波扉基礎スラブ接続部の概略配筋図 (A-A断面)

(単位 : mm)

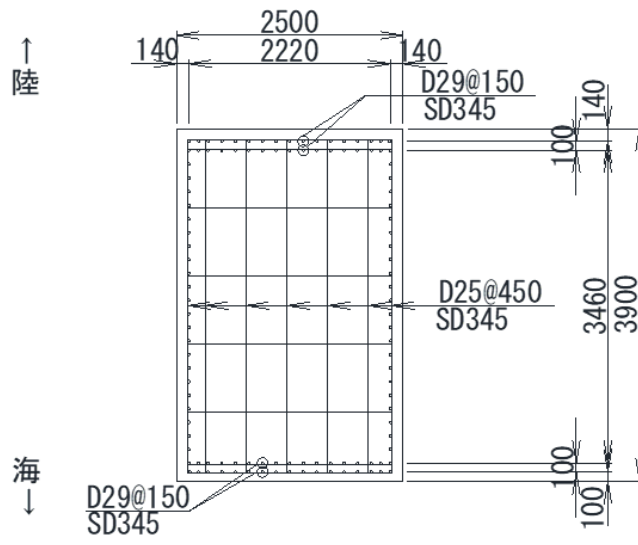
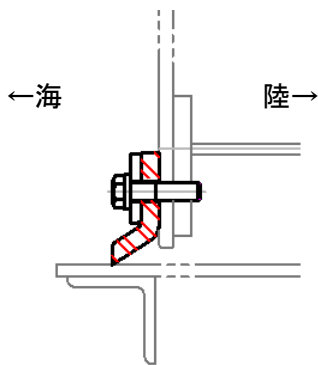
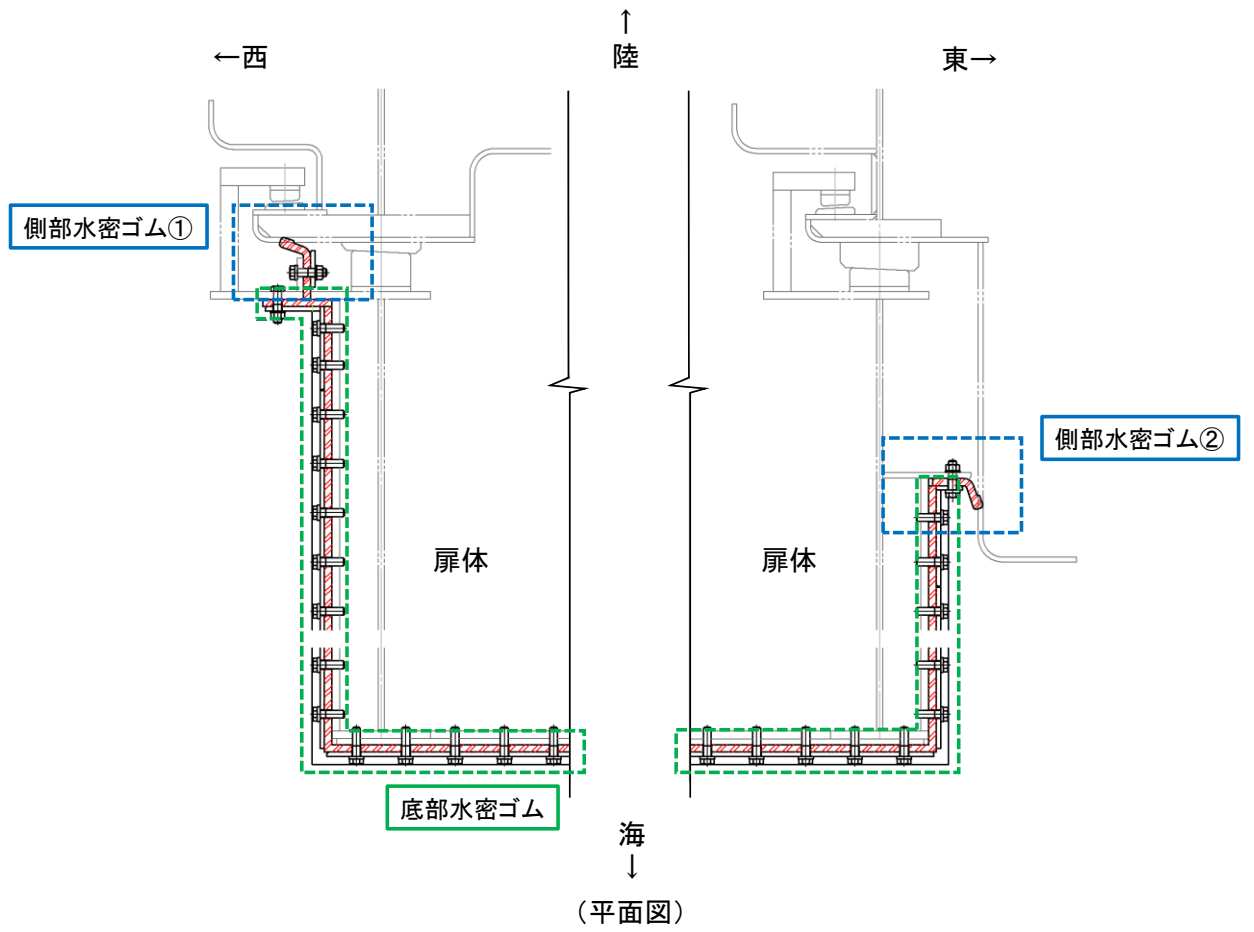
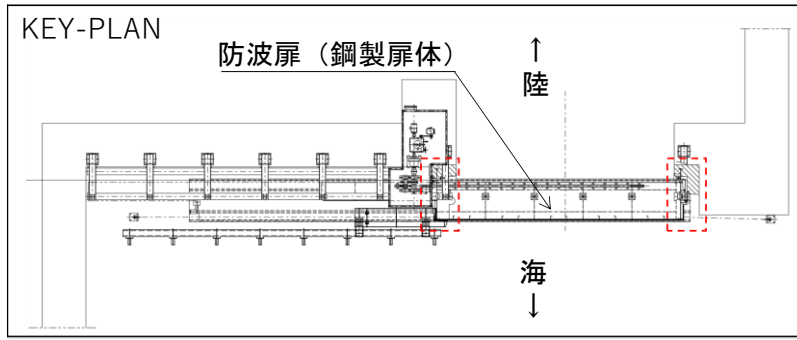
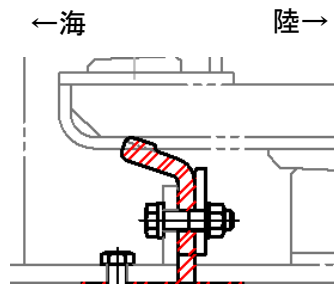


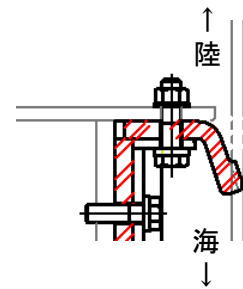
図 2-5 防波扉戸当り (RC 支柱) の概略配筋図 (B-B 断面)



(底部水密ゴム断面図)

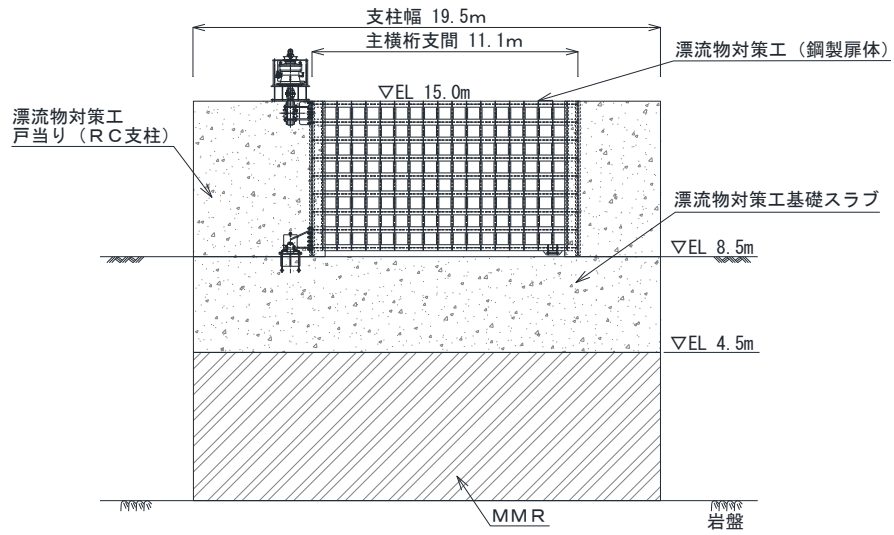
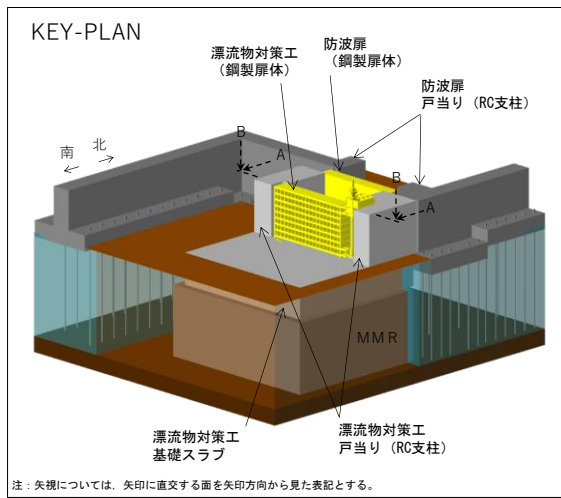


(側部水密ゴム①断面図)

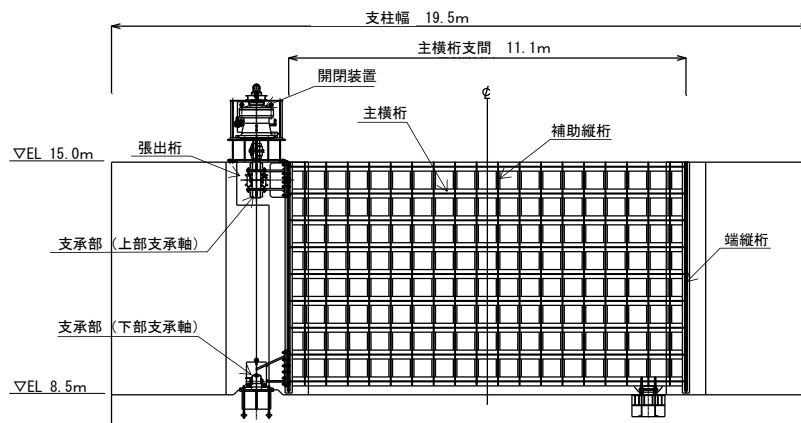


(側部水密ゴム②断面図)

図 2-6 水密ゴム概念図



(全体図)



(漂流物対策工 (鋼製扉体) 拡大図)

図 2-7(1) 漂流物対策工の構造図 (A-A 断面)

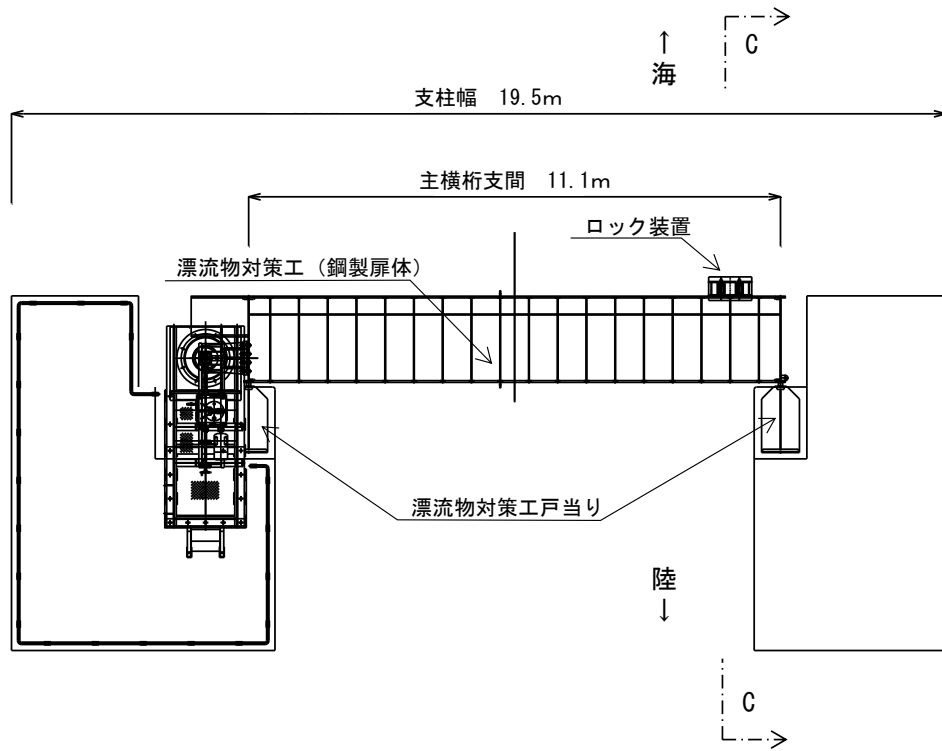


図 2-7(2) 漂流物対策工の構造図 (B-B 断面)

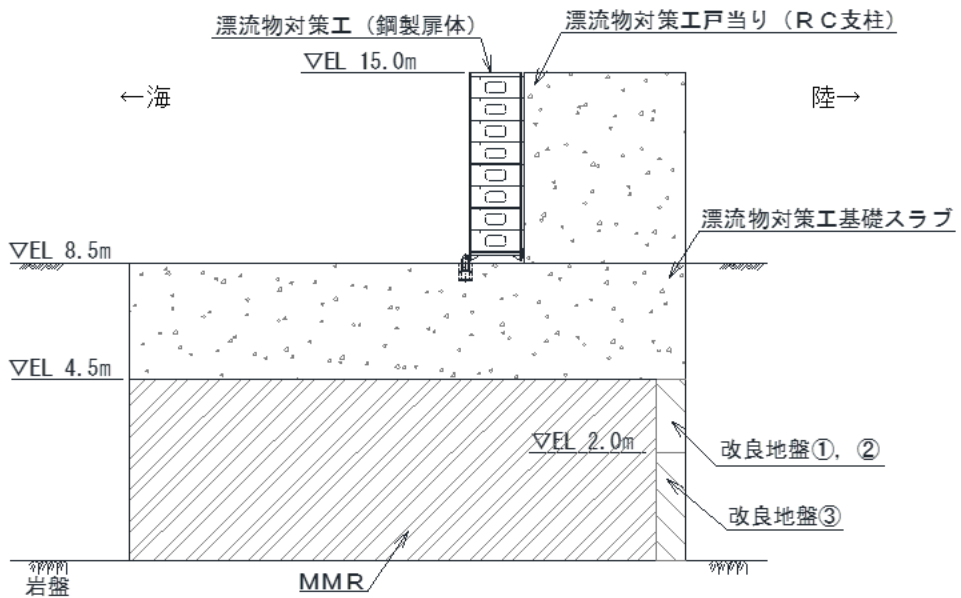
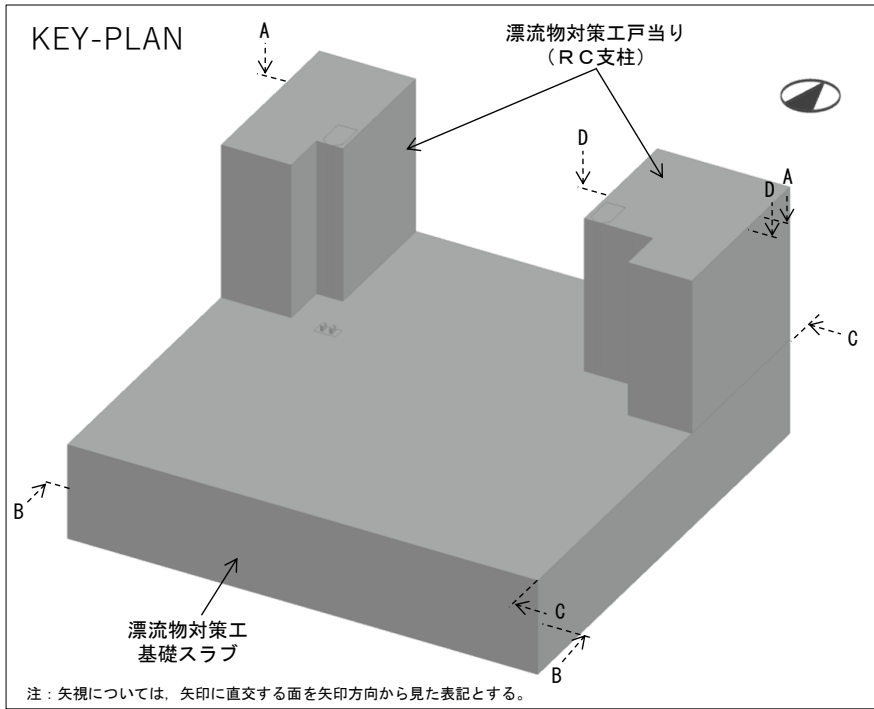


図 2-7(3) 漂流物対策工の構造図 (C-C 断面)



(単位：mm)

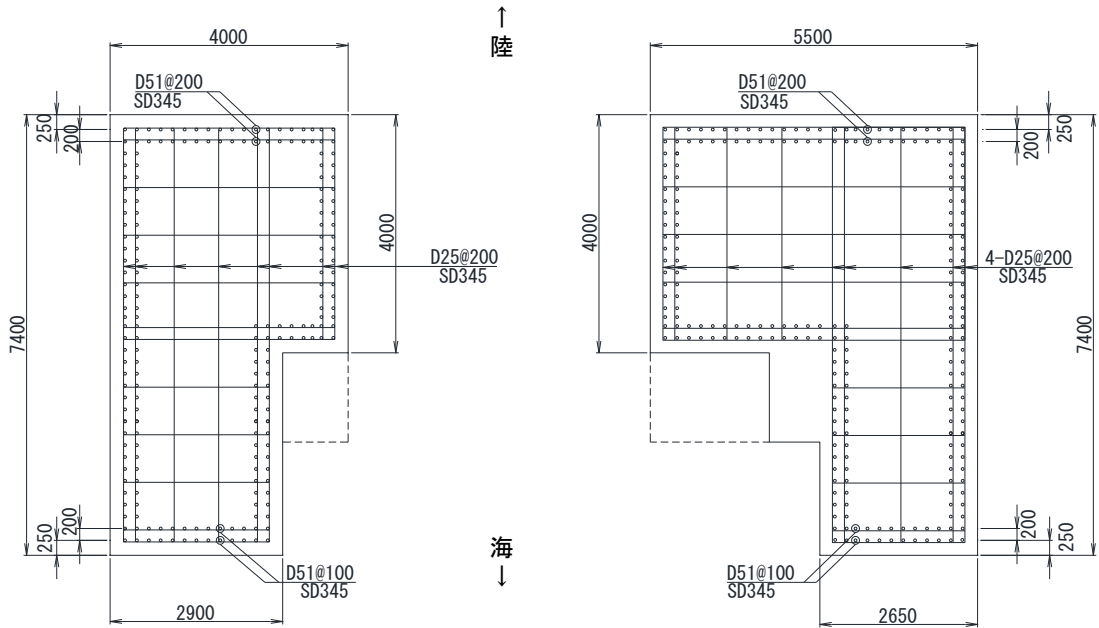


図 2-8 漂流物対策工戸当り (RC支柱) の概略配筋図 (A-A 断面)

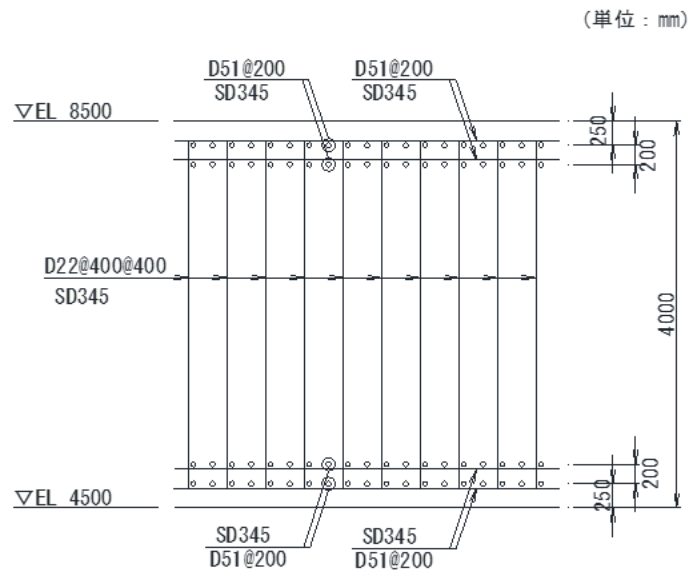


図 2-9 漂流物対策工基礎スラブの概略配筋図 (B-B 断面)

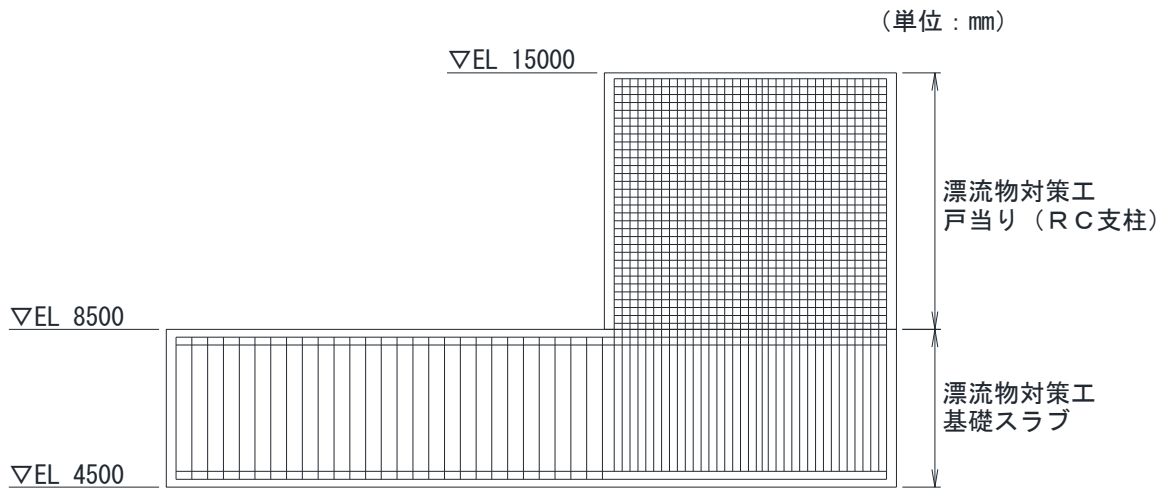
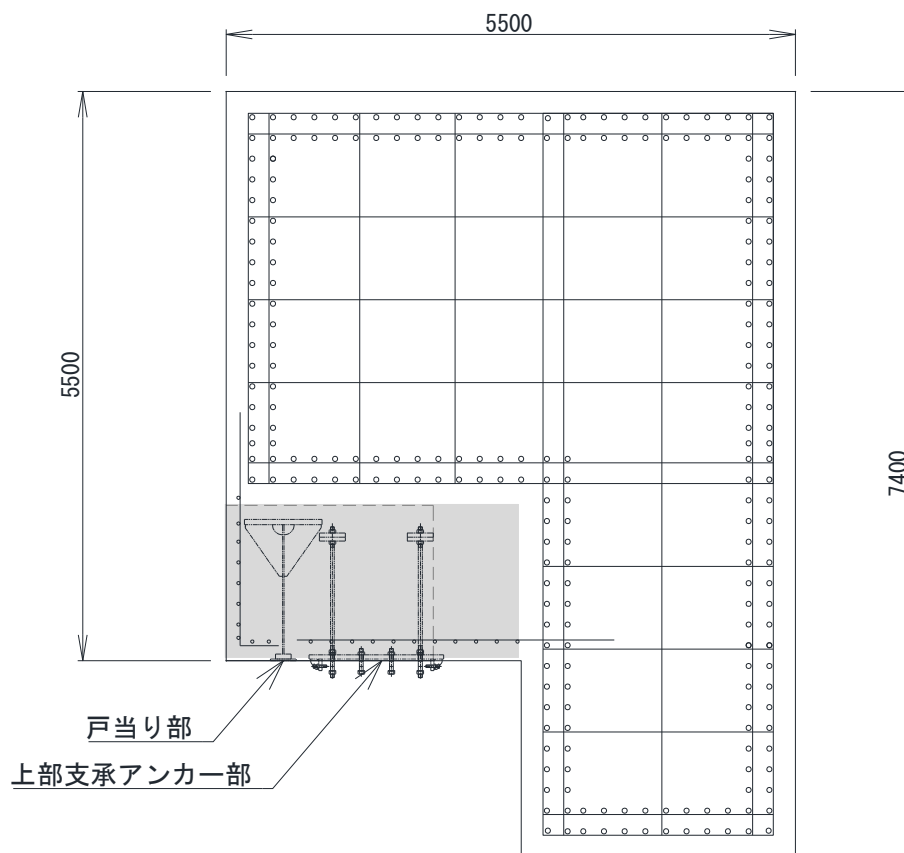


図 2-10 漂流物対策工戸当り (RC 支柱) 及び漂流物対策工基礎スラブ
接続部の概略配筋図 (C-C 断面)

(単位 : mm)



注 : なお, 戸当り部及び上部支承アンカー部には, ひび割れ補強鉄筋を配置する。
ひび割れ補強鉄筋は構造部材として期待していない。

図 2-11 漂流物対策工戸当り (RC支柱) のアンカー部付近の概略配筋図 (D-D断面)

2.3 評価方針

防波扉（3号機東側）は、Sクラス施設である津波防護施設に分類される。また、漂流物対策工により、防波扉に漁船等の漂流物が直接衝突しない構造とする。

防波扉（3号機東側）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、防波扉（3号機東側）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」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、防波扉（3号機東側）の評価対象部位の発生応力度及びすべり安全率が許容限界を満足することを確認する。

防波扉（3号機東側）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。

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、防波扉（3号機東側）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)より高いため、評価を実施しない。

防波扉（3号機東側）の強度評価は、設計基準対象施設として表2-3の防波扉（3号機東側）の評価項目に示すとおり、施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能評価を行う。

施設・地盤の健全性評価及び基礎地盤の支持性能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。

防波扉（3号機東側）の強度評価フローを図2-12に示す。

表 2-1 防波扉（3号機東側）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	防波扉 (鋼製扉体)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・遮水性を保持する。 ・津波荷重を基礎に伝達する。
	防波扉戸当り (RC支柱)	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉（鋼製扉体）を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉（鋼製扉体）を支持する。 ・津波荷重を基礎に伝達する。
	防波扉基礎 スラブ	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）を支持する。
	グラウンド アンカ	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉基礎スラブ及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉基礎スラブ及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。
	漂流物対策工 (鋼製扉体)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・漁船等の漂流物を防波扉に衝突させない。 ・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を基礎に伝達する。
	漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉に漁船等の漂流物を衝突させない。 ・漂流物対策工（鋼製扉体）を支持する。 ・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を基礎に伝達する。
	漂流物対策工 基礎スラブ	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物対策工（鋼製扉体）及び漂流物対策工戸当り（RC支柱）を支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物対策工（鋼製扉体）及び漂流物対策工戸当り（RC支柱）を支持する。
地盤	改良地盤 ①～③	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉基礎スラブを鉛直支持する。 ・漂流物対策工基礎スラブを鉛直支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉基礎スラブを鉛直支持する。 ・漂流物衝突荷重及び津波荷重を岩盤に伝達する。 ・地盤中からの回り込みによる浸水を防止する（難透水性を保持する）。
	MMR	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物対策工基礎スラブを鉛直支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物の衝突荷重及び津波荷重を岩盤に伝達する。
	岩盤	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉基礎スラブ，漂流物対策工基礎スラブ，改良地盤及びMMRを鉛直支持する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波扉基礎スラブ，漂流物対策工基礎スラブ，改良地盤及びMMRを鉛直支持する。
	埋戻土	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波扉及び漂流物対策工への相互作用を考慮する）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波扉及び漂流物対策工への相互作用を考慮する）。

表 2-2 防波扉（3号機東側）の各部位の性能目標

性能目標 部位		鉛直支持	すべり安定性	耐震性	耐津波性 (遮水性, 難透水性)		
施設	防波扉 (鋼製扉体)	-	-	構造物材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。	防波扉から有意な漏えいを生じさせないために、弾性状態に留まること。		
	防波扉戸当り (RC支柱)				防波扉(鋼製扉体)の支持機能を喪失して防波扉(鋼製扉体)との間から有意な漏えいを生じさせないために、弾性状態に留まること。		
	防波扉基礎 スラブ						
	グラウンド アンカ				防波扉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。	防波扉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 (鋼製扉体)				-	-	防波扉に漁船等の漂流物を直接衝突させないために、漂流物対策工がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 戸当り (RC 支柱)			-	-	構造物材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。	構造部材の健全性を保持するために、各部位がおおむね弾性状態に留まること。
	漂流物対策工 基礎スラブ						
地盤	改良地盤 ①～③	防波扉及び漂流物対策工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、十分なすべり安定性を保持すること。	-	地盤中からの回り込みによる浸水を防止(難透水性を維持)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				-		
	MMR	漂流物対策工を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	-	-	-		

表 2-3 防波扉（3号機東側）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	防波扉（鋼製扉体）	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉戸当り（RC支柱）	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉基礎スラブ	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応力）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（鋼製扉体）	発生する応力（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	短期許容応力度
		漂流物対策工戸当り（RC支柱）	発生する応力（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	短期許容応力度
		漂流物対策工基礎スラブ	発生する応力（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	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	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* 支圧強度
		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* 支圧強度
止水性を損なわないこと	施設・地盤の健全性	防波扉（鋼製扉体）	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉戸当り（RC支柱）	発生する応力（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	短期許容応力度
		防波扉基礎スラブ	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応力）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
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	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

注記*：妥当な安全余裕を考慮する。

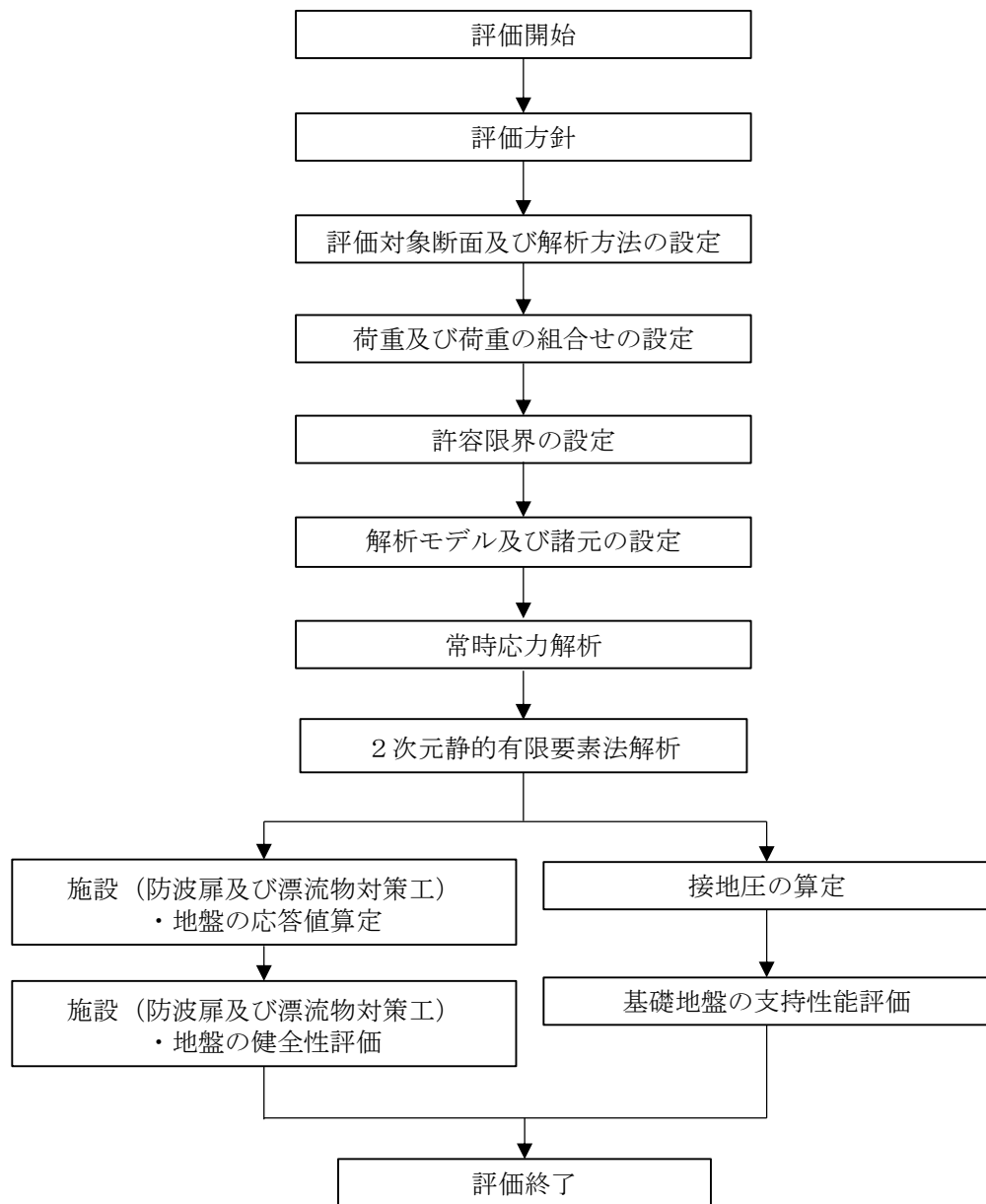


図 2-12 防波扉（3号機東側）の強度評価フロー

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)
- ・機械工学便覧 ((社) 日本機械学会)
- ・ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成 28 年 3 月)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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)
- ・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

3.1 記号の定義

強度評価に用いる記号を表 3-1 及び表 3-2 に示す。

表 3-1 防波扉の強度評価に用いる記号(1/4)

評価対象部位		記号	単位	定義
防波扉 (鋼製扉体)	スキンプレート	P	kN/m ²	スキンプレートに作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)
		a	mm	スキンプレートの短辺
		b	mm	スキンプレートの長辺
		k	—	スキンプレートの辺長比 (b/a)による係数
		t	mm	スキンプレートの板厚
		σ	N/mm ²	スキンプレートに生じる曲げ応力度
		σ_a	N/mm ²	許容曲げ応力度
	主横桁	W	kN/m	主横桁に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+風荷重)
		B	m	主横桁の水密幅
		L	m	主横桁の支間長
		M	kN・m	主横桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	主横桁に生じるせん断力
		N	kN	主横桁に生じる軸力
		Z	mm ³	主横桁の断面係数
		D	m	側部水密幅
		A_w	mm ²	主横桁腹板の断面積
		A_g	mm ²	主横桁の断面積
		σ	N/mm ²	主横桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	主横桁に生じるせん断応力度
		σ_a	N/mm ²	許容曲げ応力度
		τ_a	N/mm ²	許容せん断応力度
		σ_a	N/mm ²	許容曲げ応力度
		τ_a	N/mm ²	許容せん断応力度

表 3-1 防波扉の強度評価に用いる記号(2/4)

評価対象部位		記号	単位	定義
防波扉 (鋼製 扉体)	補助 縦桁	P	kN/m ²	補助縦桁に作用する津波時荷重（遡上津波荷重 + 風荷重）
		a	m	補助縦桁間隔
		b	m	主横桁間隔
		M	kN・m	補助縦桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	補助縦桁に生じるせん断力
		Z	mm ³	補助縦桁の断面係数
		A _w	mm ²	補助縦桁腹板の断面積
		σ	N/mm ²	補助縦桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	補助縦桁に生じるせん断応力度
	端縦桁	R	kN	主横桁に生じる支点反力
		A _q	mm ²	補剛材の有効断面積
		σ _c	N/mm ²	端縦桁に生じる圧縮応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容圧縮応力度
		A _w	mm ²	端縦桁腹板の有効断面積
		A _{s1}	mm ²	主横桁腹板の有効断面積
		A _{s2}	mm ²	スチフナの有効断面積
		t _w	mm	端縦桁腹板の厚さ
		t _{s1}	mm	主横桁腹板の厚さ
		t _{s2}	mm	スチフナの厚さ
		b _w	mm	端縦桁腹板の幅
		b _{s1}	mm	主横桁腹板の幅
	b _{s2}	mm	スチフナの幅	
	支圧板	P	kN/m ²	支圧板に作用する津波時荷重（遡上津波荷重+ 風荷重）
		B	mm	防波扉（鋼製扉体）の水密幅
		b	mm	支圧板の有効幅
		σ _p	N/mm ²	支圧板に生じる支圧応力度
		σ _a	N/mm ²	許容支圧応力度

表 3-1 防波扉の強度評価に用いる記号(3/4)

評価対象部位		記号	単位	定義
防波扉 (鋼製 扉体)	戸当り	P	kN/m ²	防波扉（鋼製扉体）最下部に作用する津波時荷重（遡上津波荷重+風荷重）
		B	mm	防波扉（鋼製扉体）の水密幅
		b _f	mm	戸当り（底面フランジ）の幅
		t _f	mm	戸当り（底面フランジ）の厚さ
		h	mm	戸当りの埋込深さ
		L	mm	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ
		σ	N/mm ²	戸当り（底面フランジ）に生じる曲げ応力度
		σ _p	N/mm ²	戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度
		τ	N/mm ²	戸当り（コンクリート）に生じるせん断応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度
		σ _{cba}	N/mm ²	許容支圧応力度
		τ _{ca}	N/mm ²	許容せん断応力度

表 3-1 防波扉の強度評価に用いる記号(4/4)

評価対象部位	記号	単位	定義
防波扉戸当り (RC支柱)	σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
	σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	防波扉戸当り (RC支柱) に生じる曲げモーメント
	N	kN	防波扉戸当り (RC支柱) に生じる軸力
	Q	kN	防波扉戸当り (RC支柱) に生じるせん断力
防波扉基礎スラブ	σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
	σ_{ba}	N/mm ²	コンクリートの短期許容支圧応力度
	σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	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	発生アンカー力
	S	mm ²	支圧板の面積
	T_a	kN	許容アンカー力
	M	kN・m	防波扉基礎スラブに生じる曲げモーメント
	N	kN	防波扉基礎スラブに生じる軸力
Q	kN	防波扉基礎スラブに生じるせん断力	
改良地盤	F_s	-	局所安全係数
基礎地盤	R_u	N/mm ²	極限支持力度
	R_d	N/mm ²	基礎地盤の最大接地圧

表 3-2 漂流物対策工の強度評価に用いる記号(1/4)

評価対象部位		記号	単位	定義
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	主横桁	M	kN・m	主横桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	主横桁に生じるせん断力
		P	kN/m	主横桁に作用する衝突荷重
		P'	kN/m	船首衝突による衝突荷重
		W	kN/m	主横桁に作用する遡上津波荷重
		W'	kN/m	主横桁に作用する風荷重
		L ₁	m	漂流物対策工(鋼製扉体)の幅
		a	m	主横桁の張出長さ
		L	m	主横桁の支間長
		b	m	船首衝突作用幅
		Z	mm ³	主横桁の断面係数
		A _w	mm ²	主横桁腹板の断面積
		σ	N/mm ²	主横桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	主横桁に生じるせん断応力度
	σ _{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度	
	τ _a	N/mm ²	許容せん断応力度	
	張出桁	M	kN・m	張出桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	張出桁に生じるせん断力
		P	kN	張出桁に作用する衝突荷重
		W	kN/m	張出桁に作用する遡上津波荷重
		W'	kN/m	張出桁に作用する風荷重
		L	m	張出長さ
		Z	mm ³	張出桁の断面係数
		A _w	mm ²	張出桁腹板の断面積
		σ	N/mm ²	張出桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	張出桁に生じるせん断応力度
σ _{ca}		N/mm ²	許容曲げ応力度	
τ _a		N/mm ²	許容せん断応力度	

表 3-2 漂流物対策工の強度評価に用いる記号(2/4)

評価対象部位		記号	単位	定義
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	補助 縦桁	M	kN・m	補助縦桁に生じる曲げモーメント
		S	kN	補助縦桁に生じるせん断力
		P	kN	補助縦桁に作用する衝突荷重
		W	kN/m	補助縦桁に作用する遡上津波荷重
		W'	kN/m	補助縦桁に作用する風荷重
		l	m	主横桁の間隔
		Z	mm ³	補助縦桁の断面係数
		A _w	mm ²	補助縦桁腹板の断面積
		σ	N/mm ²	補助縦桁に生じる曲げ応力度
		τ	N/mm ²	補助縦桁に生じるせん断応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容曲げ応力度
		τ _a	N/mm ²	許容せん断応力度
	端縦桁	R	kN	端縦桁に生じる支点反力
		A _q	mm ²	補剛材の有効断面積
		σ _c	N/mm ²	端縦桁に生じる圧縮応力度
		σ _{ca}	N/mm ²	許容圧縮応力度
		A _w	mm ²	端縦桁腹板の有効断面積
		A _{s1}	mm ²	主横桁腹板の有効断面積
		A _{s2}	mm ²	スチフナの有効断面積
		t _w	mm	端縦桁腹板の厚さ
		t _{s1}	mm	主横桁腹板の厚さ
		t _{s2}	mm	スチフナの厚さ
		b _w	mm	端縦桁腹板の長さ
b _{s1}	mm	主横桁腹板の長さ (mm)		
b _{s2}	mm	スチフナの長さ (mm)		

表 3-2 漂流物対策工の強度評価に用いる記号(3/4)

評価対象部位	記号	単位	定義	
漂流物 対策工 (鋼製 扉体)	戸当り	W	kN/m	戸当りに作用する津波時荷重 (遡上津波荷重+ 風荷重)
		P	kN/m	戸当りに作用する衝突荷重
		C	mm	支圧板の有効幅
		L ₁	mm	漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅
		L ₂	mm	主横桁の荷重分担長さ
		L ₄	mm	衝突荷重分担長さ (鉛直方向に 45° 分散)
		t _w	mm	戸当り (腹板) の厚さ
		b _f	mm	戸当り (底面フランジ) の幅
		t _f	mm	戸当り (底面フランジ) の厚さ
		l ₁	mm	戸当りの埋込深さ
		l ₂	mm	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ
		M _f	N・mm/mm	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメン ト
		Σl	mm	せん断抵抗長さ (= l ₁ +2l ₂)
		σ _p	N/mm ²	支圧板に生じる支圧応力度
		σ _b	N/mm ²	戸当り (腹板) に生じる支圧応力度
		σ _f	N/mm ²	戸当り (底面フランジ) に生じる曲げ応力度
		σ _{cb}	N/mm ²	戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度
		τ _c	N/mm ²	戸当り (コンクリート) に生じるせん断応力度
		σ _{pa}	N/mm ²	支圧板の許容支圧応力度
		σ _{ba}	N/mm ²	戸当り (腹板) の許容支圧応力度
σ _{ca}	N/mm ²	戸当り (底面フランジ) の許容曲げ応力度		
σ _{cba}	N/mm ²	戸当り (コンクリート) の許容支圧応力度		
τ _{ca}	N/mm ²	戸当り (コンクリート) の許容せん断応力度		

表 3-2 漂流物対策工の強度評価に用いる記号(4/4)

評価対象部位	記号	単位	定義
漂流物対策工 戸当り (RC支柱)	σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
	σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる曲げモーメント
	N	kN	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じる軸力
	Q	kN	漂流物対策工戸当り (RC支柱) に生じるせん断力
漂流物対策工 基礎スラブ	σ_{ca}	N/mm ²	コンクリートの短期許容曲げ圧縮応力度
	τ_{a1}	N/mm ²	コンクリートの短期許容せん断応力度
	σ_{sa}	N/mm ²	鉄筋の短期許容曲げ引張応力度
	M	kN・m	漂流物対策工基礎スラブに生じる曲げモーメント
	N	kN	漂流物対策工基礎スラブに生じる軸力
	Q	kN	漂流物対策工基礎スラブに生じるせん断力
基礎地盤	R_u	N/mm ²	極限支持力度
	f'_a	N/mm ²	支圧強度
	R	N/mm ²	基礎地盤の最大接地圧

3.2 評価対象断面

防波扉（3号機東側）の評価対象断面は、津波荷重の作用方向を踏まえ、防波扉（鋼製扉体）及び漂流物対策工（鋼製扉体）の直交方向に作用した場合の影響を評価する。防波扉（3号機東側）の評価対象断面位置図を図3-1に、縦断面図を図3-2に示す。

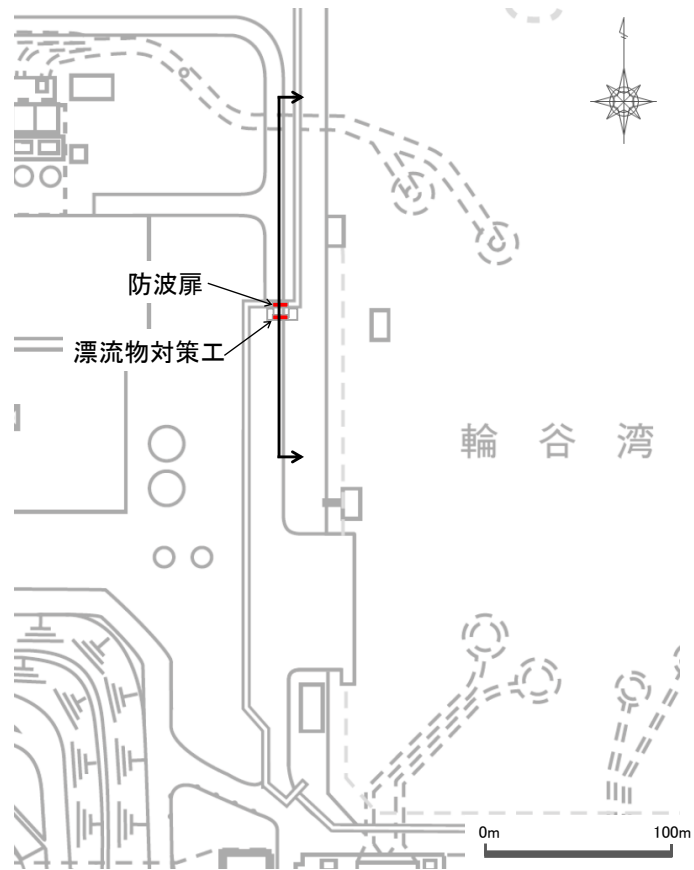


図3-1 防波扉（3号機東側）の評価対象断面位置図

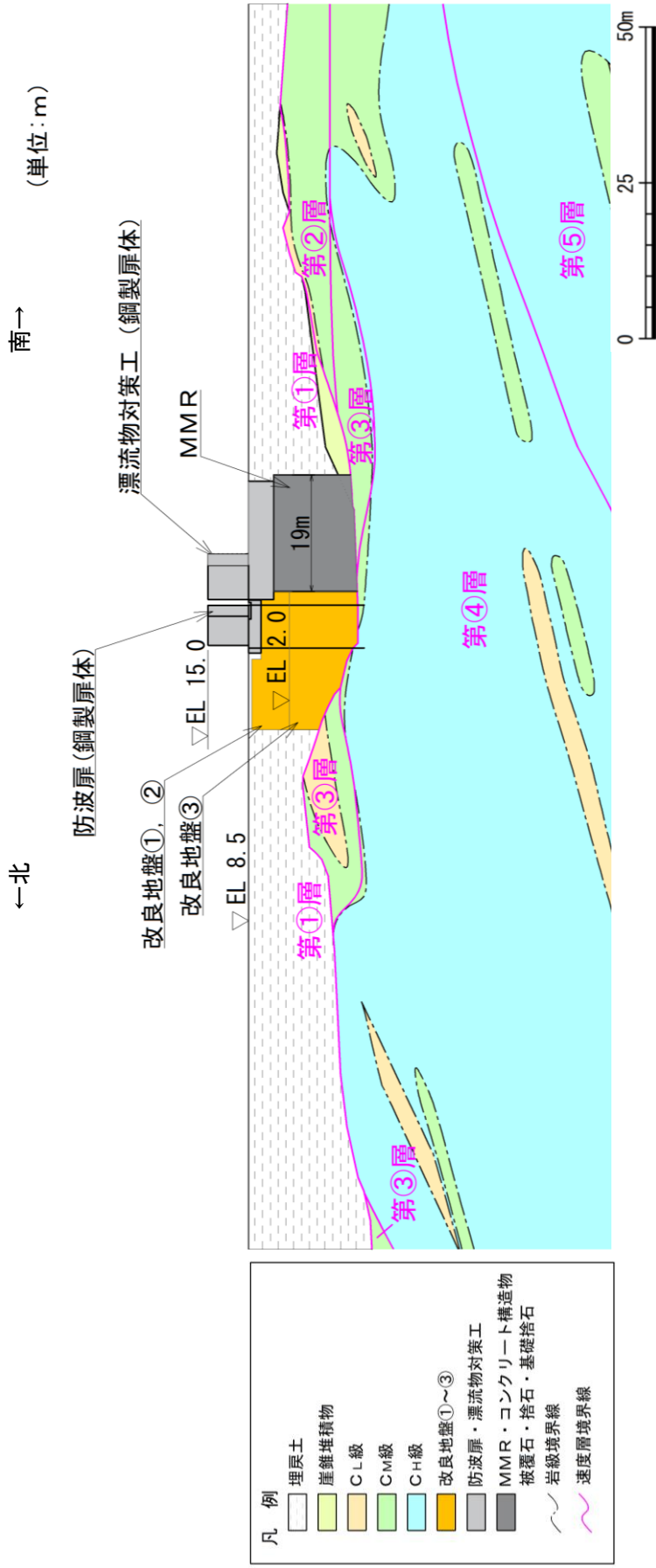


図 3-2 防波扉 (3号機東側) の縦断面図

3.3 解析方法

防波壁（3号機東側）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方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

津波時に発生する応答値は、「3.4 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて、応力算定式又は2次元有限要素法により算定する。なお、衝突荷重は入力津波高さ EL 11.9m に余裕を考慮した EL 12.6m の位置に作用させる。

2次元有限要素法に用いる解析コードは「FLIP」を使用する。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。

3.4 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方針」のうち、「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。

3.4.1 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）

常時作用する荷重は持続的に生じる荷重であり、固定荷重及び土圧を考慮する。また、グラウンドアンカの初期緊張力を考慮する。

(2) 遡上津波荷重（P_t）

遡上津波荷重については、朝倉式により、防波壁（3号機東側）の設置高さを考慮し、津波の水位と防波扉（3号機東側）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）

衝突荷重については、漂流物対策工により、防波扉に漁船等の漂流物が直接衝突しない構造とすることから、漂流物対策工の強度評価において考慮する。

衝突荷重については、漂流物対策工を構成する部材の構造的特徴を踏まえて、評価が厳しくなるよう設定する。

(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・同施行令」に基づき算定する。

(5) 積雪荷重 (P_s)

積雪荷重は、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を考慮した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1cmごとに 20N/m^2 の積雪荷重が作用することを考慮し設定する。

3.4.2 荷重の組合せ

荷重の組合せを表3-3に、強度評価に用いる荷重作用図を図3-3に示す。なお、漂流物対策工については、漂流物対策工（鋼製扉体）は格子構造であるが、安全側に漂流物対策工（鋼製扉体）の全面に荷重を作用させる。

表3-3 荷重の組合せ

外力の状態	荷重の組合せ
津波時（防波扉）	$G + P_t + P_k + P_s$
津波時（漂流物対策工）	$G + P_t + P_c + P_k + P_s$

G : 固定荷重

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

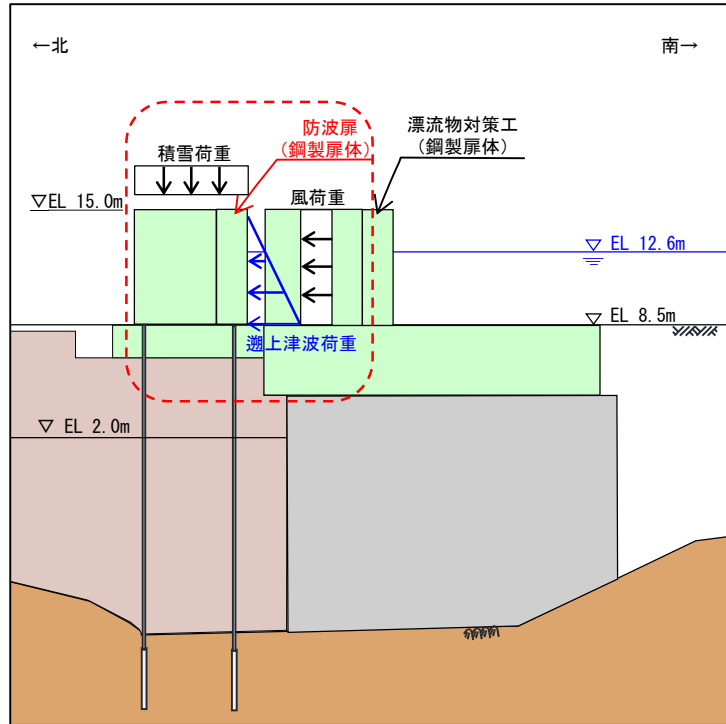


図 3-3(1) 強度評価に用いる荷重作用図 (津波時, 防波扉)

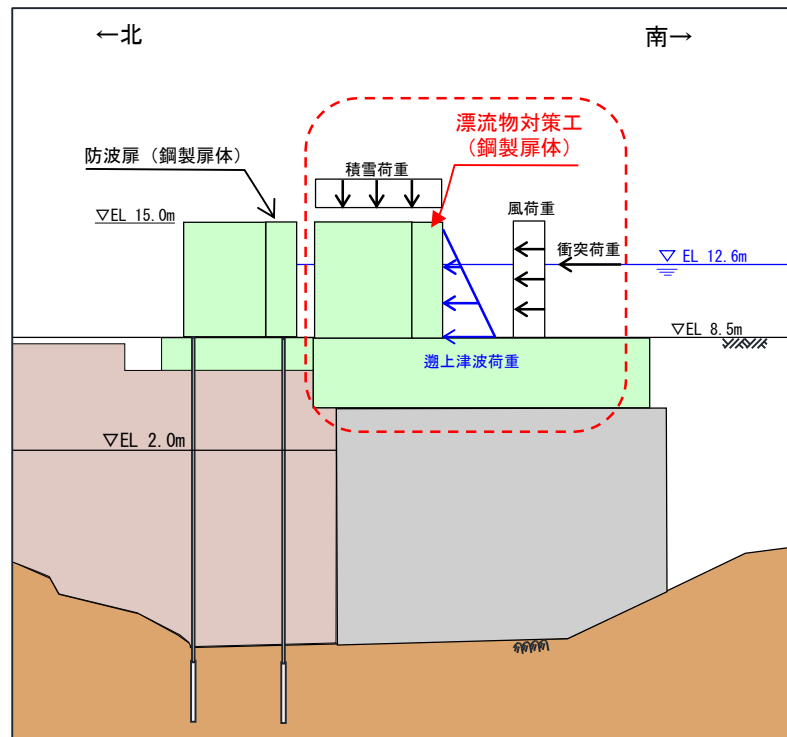


図 3-3(2) 強度評価に用いる荷重の荷重作用図 (津波時, 漂流物対策工)

3.5 解析モデル及び諸元

3.5.1 解析モデル

防波扉（3号機東側）の解析モデルを図3-4に示す。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 構造物のモデル化

防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブは線形はり要素（ビーム要素）、グラウンドアンカは非線形ばね要素でモデル化し、防波扉（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

また、漂流物対策工戸当り（RC支柱）は線形はり要素（ビーム要素）で、漂流物対策工基礎スラブは線形の平面ひずみ要素としてモデル化する。漂流物対策工（鋼製扉体）は付加重量として考慮する。

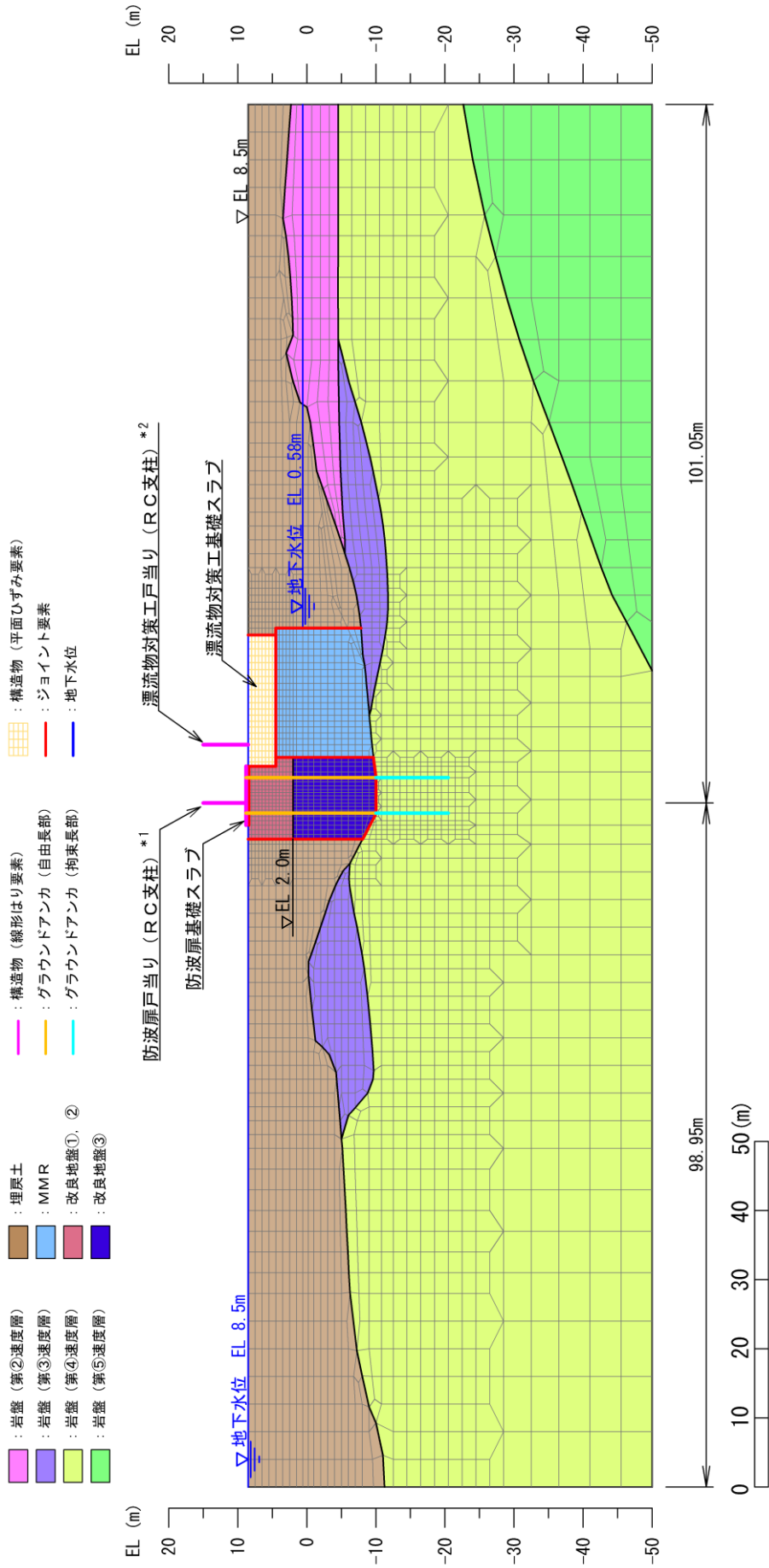
(4) 地盤のモデル化

岩盤は線形の平面ひずみ要素でモデル化する。

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。

(5) 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（国土交通省港湾局，2007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。



注記 *1:線形はり要素の全体の節点において、防波扉 (鋼製扉体) を付加重量として考慮する。
 *2:線形はり要素の上下端において、漂流物対策工 (鋼製扉体) を付加重量として考慮する。

図 3-4 防波扉 (3号機東側) の解析モデル (評価対象断面)

3.5.2 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 3-4 に、材料の物性値を表 3-5 に、グラウンドアンカの非線形ばねモデルの概念図を図 3-5 に示す。

表 3-4(1) 使用材料 (防波扉)

材料		諸元
防波扉戸当り (RC 支柱) 防波扉基礎スラブ	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度 : 24N/mm ²
防波扉 (鋼製扉体)		SM490, SS400, SUS304
グラウンドアンカ		アンカー長 : 27.5m~29.5m 極限引張力 : 2800kN 降伏引張力 : 2400kN

表 3-4(2) 使用材料 (漂流物対策工)

材料		諸元
漂流物対策工戸当り (RC 支柱) 漂流物対策工基礎スラブ	鉄筋	SD345
	コンクリート	設計基準強度 : 40N/mm ²
漂流物対策工 (鋼製扉体)		SBHS700, SM570

表 3-5(1) 材料の物性値 (防波扉)

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
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 3-5(2) 材料の物性値 (漂流物対策工)

材料	単位体積重量 (kN/m ³)	ヤング係数 (N/mm ²)	ポアソン比
鉄筋コンクリート	24.0*	3.1×10^4 *	0.2*

注記* : 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)

表 3-5(3) 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)
14777	2400	1650	112

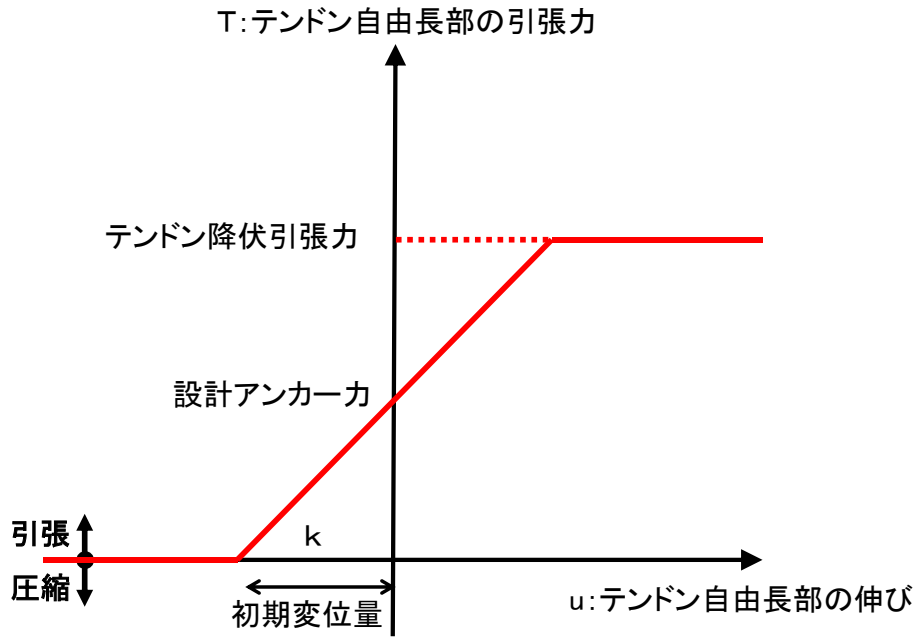


図 3-5 グラウンドアンカの非線形ばねモデルの概念図

3.5.3 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3-6のとおり設定する。

表 3-6 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

3.5.4 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3-7に示す。

表 3-7 設計地下水位

施設名称	設計地下水位
防波扉 (3号機東側)	漂流物対策工より陸側 : EL 8.5m 漂流物対策工より海側 : EL 0.58m

3.6 評価対象部位

評価対象部位は、防波扉（3号機東側）の構造上の特徴を踏まえ設定する。

3.6.1 施設・地盤の健全性評価

(1) 防波扉

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、防波扉（鋼製扉体）、防波扉戸当り（RC支柱）、防波扉基礎スラブ、グラウンドアンカ及び改良地盤①～③とする。

(2) 漂流物対策工

施設・地盤の健全性評価に係る評価対象部位は、漂流物対策工（鋼製扉体）、漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブとする。

3.6.2 基礎地盤の支持性能評価

(1) 防波扉

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、防波扉を支持する基礎地盤（改良地盤及び岩盤）とする。

(2) 漂流物対策工

基礎地盤の支持性能評価に係る評価対象部位は、漂流物対策工を支持する基礎地盤（MMR、改良地盤及び岩盤）とする。

3.7 許容限界

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

3.7.1 防波扉

(1) 防波扉（鋼製扉体）

防波扉（鋼製扉体）の許容限界は、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に基づき，表 3-8 に示す短期許容応力度とする。

表 3-8 防波扉（鋼製扉体）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容応力度 (N/mm ²)
スキンプレート	SM490	許容曲げ応力度 σ_a	160	240
主横桁	SM490	許容曲げ応力度 σ_a	160	240
		許容せん断応力度 τ_a	90	135
補助縦桁	SS400	許容曲げ応力度 σ_a	120	180
		許容せん断応力度 τ_a	70	105
端縦桁	SM490	許容圧縮応力度 σ_{ca}	160	240
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 σ_a	150	225
戸当り (底面フランジ)	SM490	許容曲げ応力度 σ_a	160	240
戸当り (コンクリート)	$f_{ck}=24\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 σ_a	5.9	8.8
		許容せん断応力度 τ_a	0.40	0.60

(2) 防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブ

防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの許容限界は、「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3-9に示す短期許容応力度とする。

表3-9 防波扉戸当り（RC支柱）及び防波扉基礎スラブの許容限界

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
許容せん断応力度 τ_{a1}		0.45	0.67
許容支圧応力度 σ_{ba}		12.0	18.0
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) 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3-10のとおり設定する。

表3-10 グラウンドアンカの許容限界

許容アンカー力 T_a (kN)
2076

(4) 改良地盤

改良地盤の施設・地盤の健全評価に用いる許容限界は、「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3-11に改良地盤の許容限界を示す。

表3-11 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

(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、設定する。基礎地盤の許容限界を表3-12に示す。

表3-12 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 R _u	岩盤	C _H 級	9.8
		C _M 級	
	改良地盤		1.4

3.7.2 漂流物対策工

(1) 漂流物対策工（鋼製扉体）

漂流物対策工（鋼製扉体）の許容限界は、「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に基づき，表 3-13 に示す短期許容応力度とする。

表 3-13 漂流物対策工（鋼製扉体，戸当り）の許容限界

部材	材質	許容応力度 (N/mm ²)		短期許容 応力度 (N/mm ²)
主横桁	SBHS700	許容曲げ応力度 σ_{ca}	350 ^{*1}	525
	SM570	許容せん断応力度 τ_a	129 ^{*1}	193
張出桁	SBHS700	許容曲げ応力度 σ_{ca}	350 ^{*1}	525
		許容せん断応力度 τ_a	202 ^{*1}	303
補助縦桁	SM570	許容曲げ応力度 σ_{ca}	204 ^{*1, *2}	306
		許容せん断応力度 τ_a	129 ^{*1}	193
端縦桁	SM570	許容圧縮応力度 σ_{ca}	225 ^{*1}	337
支圧板	SUS304	許容支圧応力度 σ_{pa}	150	225
戸当り（腹板）	SM400	許容支圧応力度 σ_{ba}	180	270
戸当り （底面フランジ）	SBHS700	許容曲げ応力度 σ_{ca}	350 ^{*1}	525
戸当り （コンクリート）	$f'_{ck}=40\text{N/mm}^2$	許容支圧応力度 σ_{cba}	5.9	8.8
		許容せん断応力度 τ_{ca}	0.40	0.60

注記*1：「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」に基づき，許容曲げ応力度は，降伏点の応力度を安全率 2.0 で除して算出する。また，許容せん断応力度は，許容曲げ応力度を $\sqrt{3}$ で除して算出する。

*2：補助縦桁に用いる構造用鋼材（SM570）の許容曲げ応力度は，「ダム・堰施設技術基準（案）（基準解説編・設備計画マニュアル編）（（社）ダム・堰施設技術協会，平成 28 年 3 月）」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）」に基づき，横倒れ座屈を考慮する。

(2) 漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブ

漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの許容限界は、「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3-14に示す短期許容応力度とする。

表3-14 漂流物対策工戸当り（RC支柱）及び漂流物対策工基礎スラブの許容限界

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} =40N/mm ²)	許容曲げ圧縮応力度 σ_{ca}	14.0
許容せん断応力度 τ_{a1}		0.55	0.82
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) 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，設定する。基礎地盤の許容限界を表3-15に示す。

表3-15 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 R_u	岩盤	C _H 級	9.8
		C _M 級	
	改良地盤		1.4
支圧強度 f'_a	MMR		18.0

3.8 評価方法

防波扉（3号機東側）の耐震評価のうち、防波扉（鋼製扉体）、漂流物対策工（鋼製扉体）及び防波扉戸当り（RC支柱）については、構成する各部材に発生する発生応力度又は作用荷重を算定式より算出し、「3.7 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。

また、グラウンドアンカ、防波扉基礎スラブ、漂流物対策工戸当り（RC支柱）、漂流物対策工基礎スラブ、改良地盤及び基礎地盤は、2次元有限要素法より算定した発生応力度又は発生断面力が「3.7 許容限界」で設定した許容限界を満足することを確認する。2次元有限要素法における応力算定には、解析コード「RC断面計算」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。

3.8.1 防波扉

(1) 防波扉（鋼製扉体）

a. スキンプレート

スキンプレートは、4辺が固定された平板としてモデル化し、津波荷重が作用することでスキンプレートに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

スキンプレートの評価イメージ図を図3-6に示す。

$$\sigma = \frac{1}{100} \cdot k \cdot a^2 \cdot \frac{P \times 10^{-3}}{t^2}$$

ここで、

σ : スキンプレートに生じる曲げ応力度 (N/mm²)

k : スキンプレートの辺長比(b/a)による係数

a : スキンプレートの短辺 (mm)

b : スキンプレートの長辺 (mm)

P : スキンプレートに作用する津波時荷重

(遡上津波荷重+風荷重) (kN/m²)

t : スキンプレートの板厚 (mm)

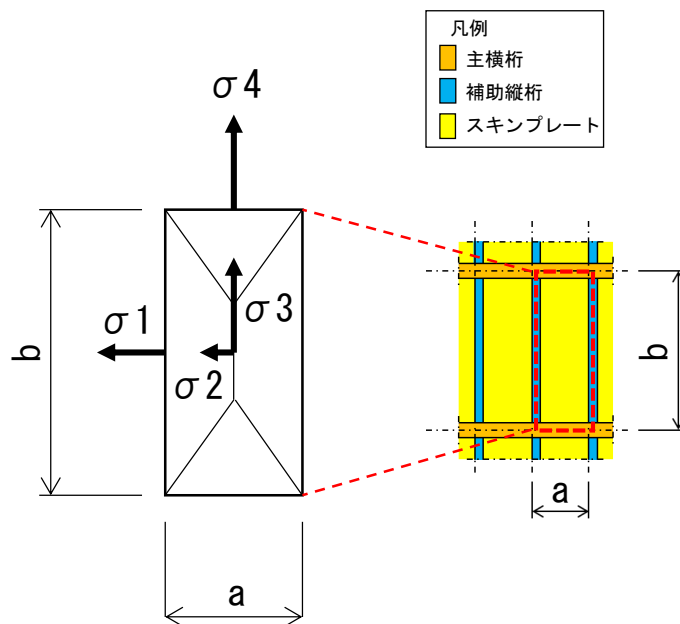


図3-6 スキンプレートの評価イメージ図

b. 主横桁

主横桁は、戸当りとの接触位置をピン固定とする単純はりでモデル化し、津波荷重として分布荷重が作用することで主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁の評価対象部を図 3-7 に、主横桁の評価イメージ図を図 3-8 に示す。

$$M = \frac{W \cdot B}{8} (2L - B)$$

$$S = \frac{W \cdot B}{2}$$

$$N = W \cdot D$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10}{Z} + \frac{N \cdot 10^3}{A_g}$$

$$\tau = \frac{S \times 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁に生じるせん断力 (kN)

N : 主横桁に生じる軸力 (kN)

σ : 主横桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 主横桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 主横桁に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重 + 風荷重) (kN/m)

B : 主横桁の水密幅 (m)

L : 主横桁の支間長 (m)

D : 側部水密幅 (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm³)

A_g : 主横桁の断面積 (mm²)

A_w : 主横桁腹板の断面積 (mm²)

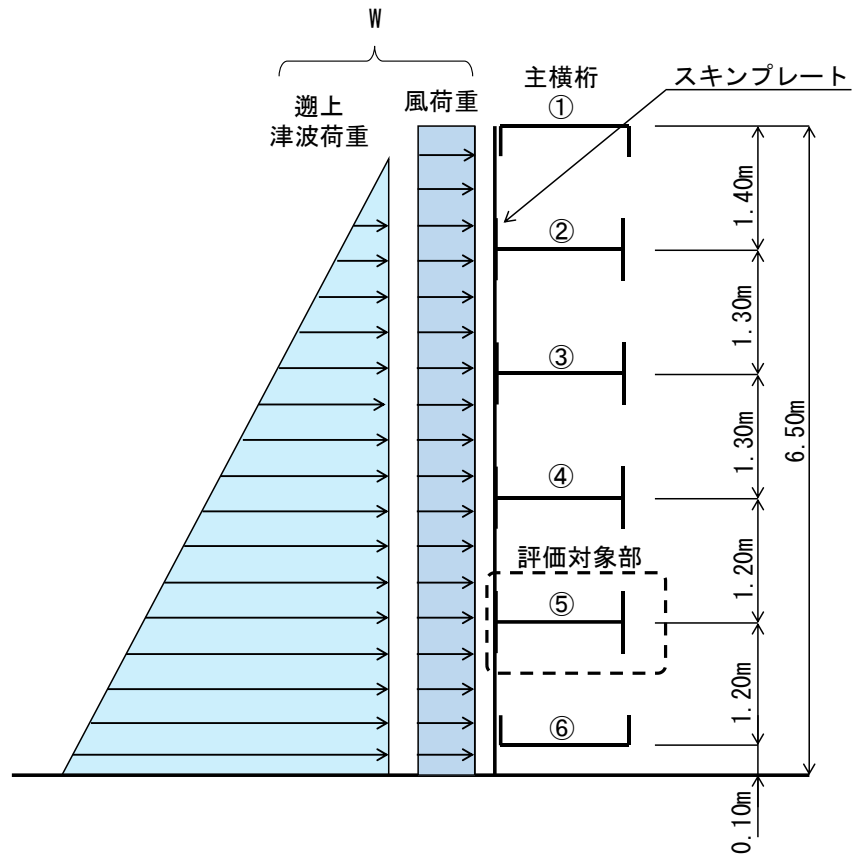


図 3-7 主横桁の評価対象部

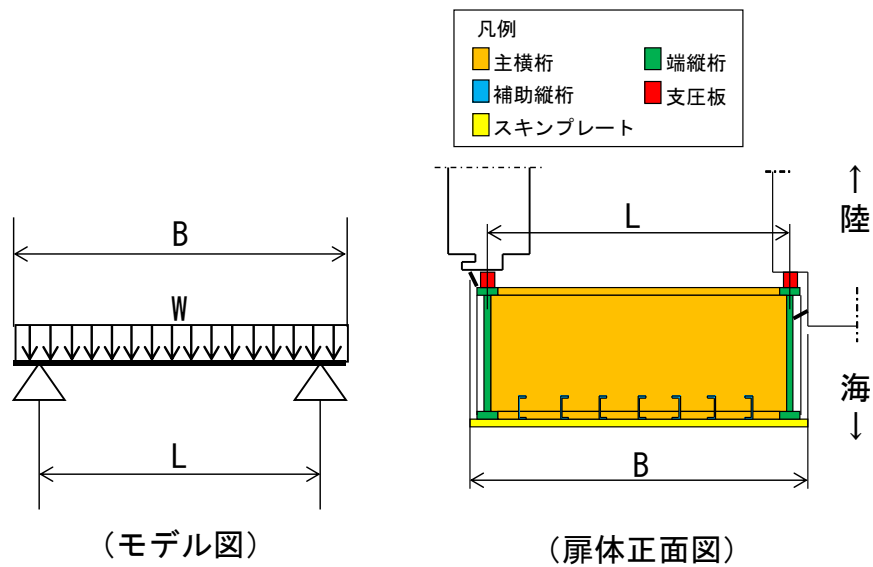


図 3-8 主横桁の評価イメージ図

c. 補助縦桁

補助縦桁は、主横桁をピン固定とする単純はりでモデル化し、津波荷重として分布荷重が作用することで補助縦桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

補助縦桁の評価イメージ図を図 3-9 に示す。

$$M = \frac{P \cdot a}{24} (3b^2 - a^2)$$

$$S = \frac{P \cdot a}{2} \left(b - \frac{a}{2}\right)$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 補助縦桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 補助縦桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 補助縦桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 補助縦桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

P : 補助縦桁に作用する津波時荷重 (遡上津波荷重 + 風荷重) (kN/m²)

a : 補助縦桁間隔 (m)

b : 主横桁間隔 (m)

Z : 補助縦桁の断面係数 (mm³)

A_w : 補助縦桁腹板の断面積 (mm²)

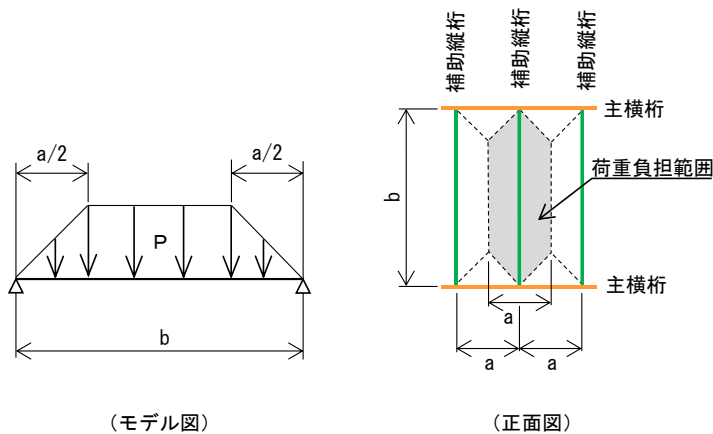


図 3-9 補助縦桁の評価イメージ図

d. 端縦桁

端縦桁は、主横桁からの荷重伝達を考慮し、端縦桁と主横桁の接合部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

端縦桁の評価イメージ図を図 3-10 に示す。

$$\sigma_c = \frac{R \cdot 10^3}{A_q}$$

$$A_q = A_w + A_{s1} + A_{s2} \quad \text{ただし, } A_q \leq 1.7 (A_{s1} + A_{s2})$$

$$A_w = 2b_w \cdot t_w \quad (\text{端縦桁腹板})$$

$$A_{s1} = b_{s1} \cdot t_{s1} \quad (\text{主横桁腹板})$$

$$A_{s2} = b_{s2} \cdot t_{s2} \quad (\text{スチフナ})$$

ここで、

σ_c : 端縦桁に生じる圧縮応力度 (N/mm²)

R : 主横桁に生じる支点反力 (kN)

A_q : 補剛材の有効断面積 (mm²)

A_w : 端縦桁腹板の有効断面積 (mm²)

A_{s1} : 主横桁腹板の有効断面積 (mm²)

A_{s2} : スチフナの有効断面積 (mm²)

b_w : 端縦桁腹板の幅 (mm)

t_w : 端縦桁腹板の厚さ (mm)

b_{s1} : 主横桁腹板の幅 (mm)

t_{s1} : 主横桁腹板の厚さ (mm)

b_{s2} : スチフナの幅 (mm)

t_{s2} : スチフナの厚さ (mm)

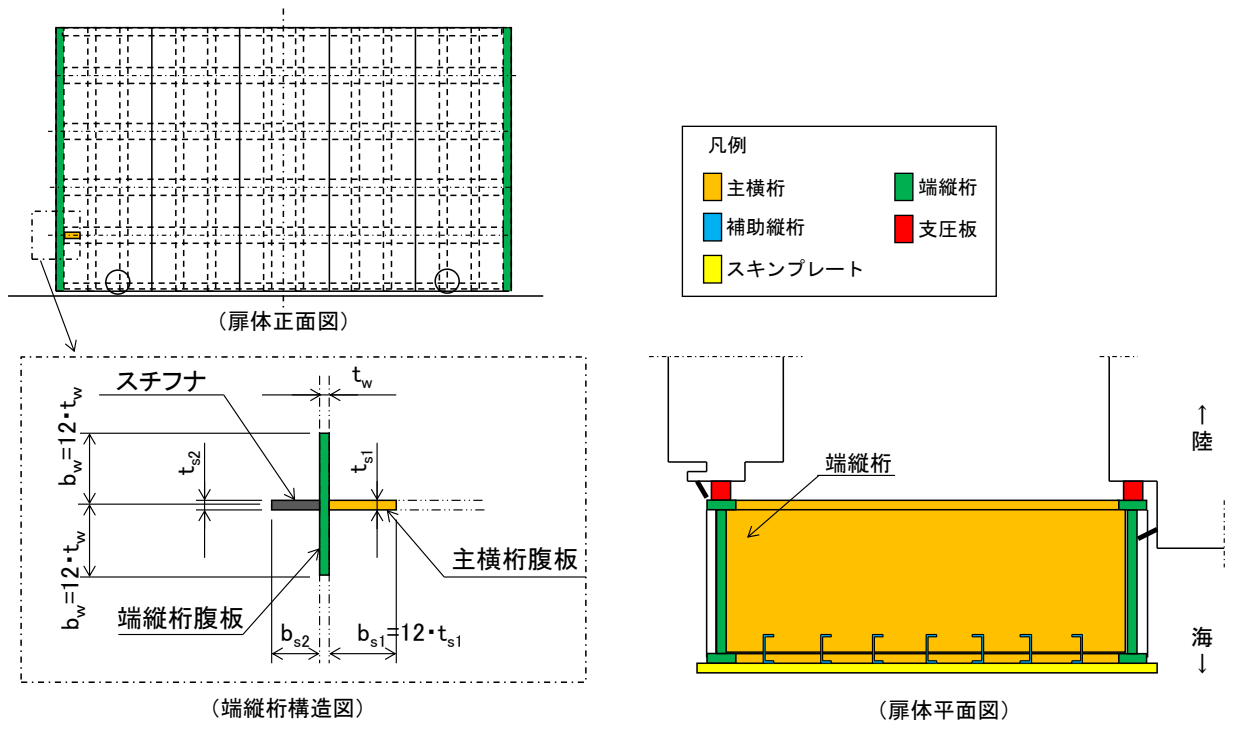


図 3-10 端縦桁の評価イメージ図

e. 支圧板

支圧板は、防波扉（鋼製扉体）から伝達される津波荷重が作用することで支圧板に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

支圧板の評価イメージ図を図 3-11 に示す。

$$\sigma_p = \frac{P \cdot 10^{-3} \cdot B}{2 \cdot b}$$

ここで、

σ_p : 支圧板に生じる支圧応力度 (N/mm²)

P : 支圧板に作用する津波時荷重（遡上津波荷重＋風荷重） (kN/m²)

B : 防波扉（鋼製扉体）の水密幅 (mm)

b : 支圧板の有効幅 (mm)

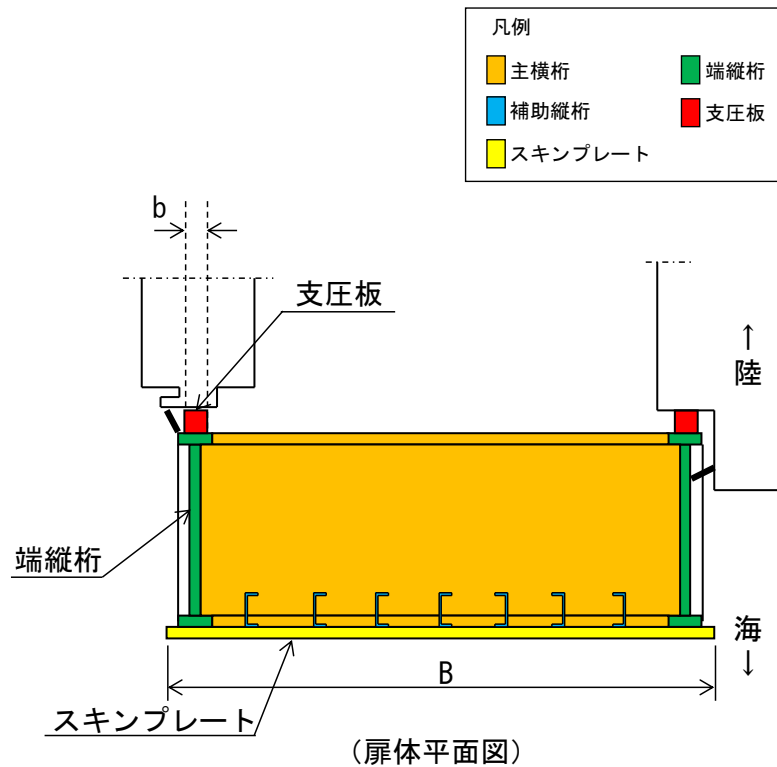


図 3-11 支圧板の評価イメージ図

f. 戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）

戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）は、防波扉（鋼製扉体）から伝達される津波荷重が作用することで戸当り（底面フランジ）及び戸当り（コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

戸当りの評価イメージ図を図 3-12 に示す。

(a) 戸当り（底面フランジ）

$$\sigma = \frac{6 \cdot \sigma_p \cdot b_f^2}{8 \cdot t_f^2}$$

ここで、

σ : 戸当り（底面フランジ）に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

σ_p : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度 (N/mm²)

b_f : 戸当り（底面フランジ）の幅 (mm)

t_f : 戸当り（底面フランジ）の厚さ (mm)

(b) 戸当り（コンクリート）

$$\sigma_p = \frac{P \cdot B \cdot 10^{-3}}{2 \cdot b_f}$$

$$\tau = \frac{\sigma_p \cdot b_f}{h + 2 \cdot L}$$

ここで、

σ_p : 戸当り（コンクリート）に生じる支圧応力度 (N/mm²)

τ : 戸当り（コンクリート）に生じるせん断応力度 (N/mm²)

P : 防波扉（鋼製扉体）最下部に作用する津波時荷重
（遡上津波荷重+風荷重） (kN/m²)

B : 防波扉（鋼製扉体）の水密幅 (mm)

b_f : 戸当り（底面フランジ）の幅 (mm)

h : 戸当りの埋込深さ (mm)

L : 戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ (mm)

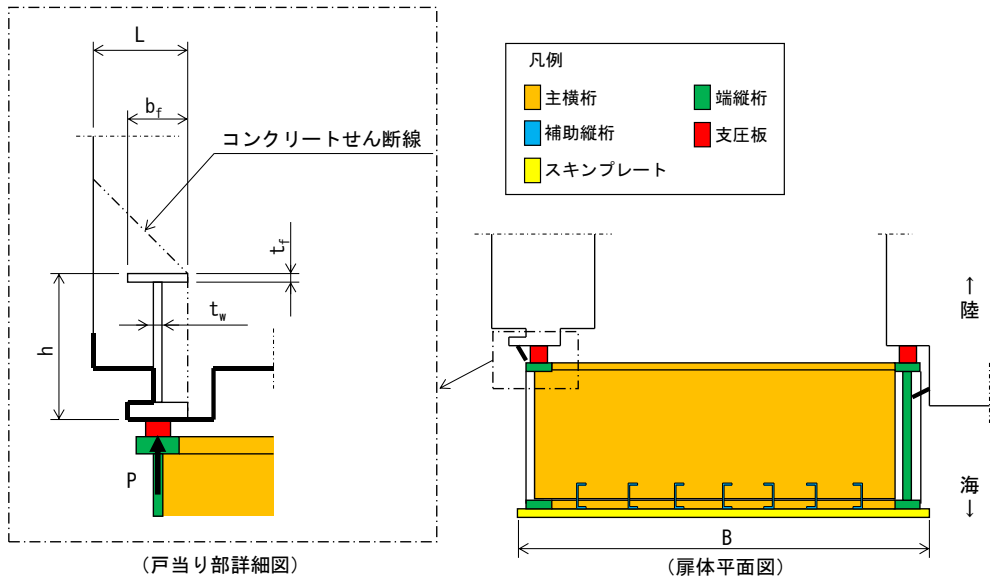


図 3-12 戸当りの評価イメージ図

(2) 防波扉戸当り (RC支柱)

防波扉戸当り (RC支柱) に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(3) 防波扉基礎スラブ

防波扉基礎スラブに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

また、グラウンドアンカによる支圧照査として、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。

$$\sigma_b = \frac{T}{S}$$

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 (N)

S : 支圧板の面積 (mm²)

(4) 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。

(5) 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。

すべり安全率の算定には、解析コード「CPOSTSK」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。

(6) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、改良地盤及び岩盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認する。

3.8.2 漂流物対策工

(1) 漂流物対策工（鋼製扉体）

a. 主横桁

主横桁は、戸当りとの接触位置をピン固定とする単純はりでモデル化し、津波荷重として等分布荷重が作用することで主横桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

主横桁に作用する衝突荷重は、「施設の延長に応じた衝突荷重」及び「船首衝突による衝突荷重」を考慮する。

主横桁の評価対象部を図3-13に、主横桁の評価イメージ図を図3-14に示す。

(a) 施設の延長に応じた衝突荷重を考慮する場合

$$M = \frac{1}{2}(W + W' + P)L_1^2 \left(\frac{a}{L_1} - \frac{1}{4} \right)$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W' + P)L_1$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 主横桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 主横桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 主横桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

W' : 主横桁に作用する風荷重 (kN/m)

P : 主横桁に作用する衝突荷重 (kN/m)

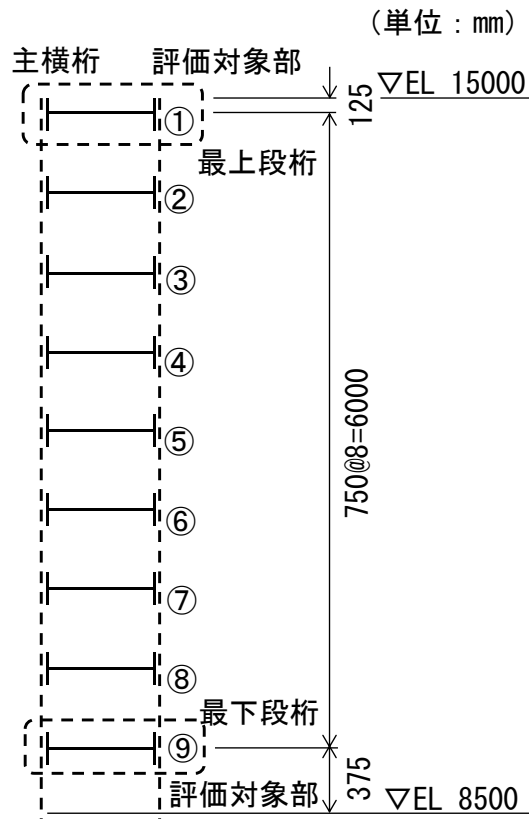
a : 主横桁の張出長さ (m)

L₁ : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm³)

A_w : 主横桁腹板の断面積 (mm²)

L : 主横桁の支間長 (m)



(扉体側面図)

図 3-13 主横桁の評価対象部

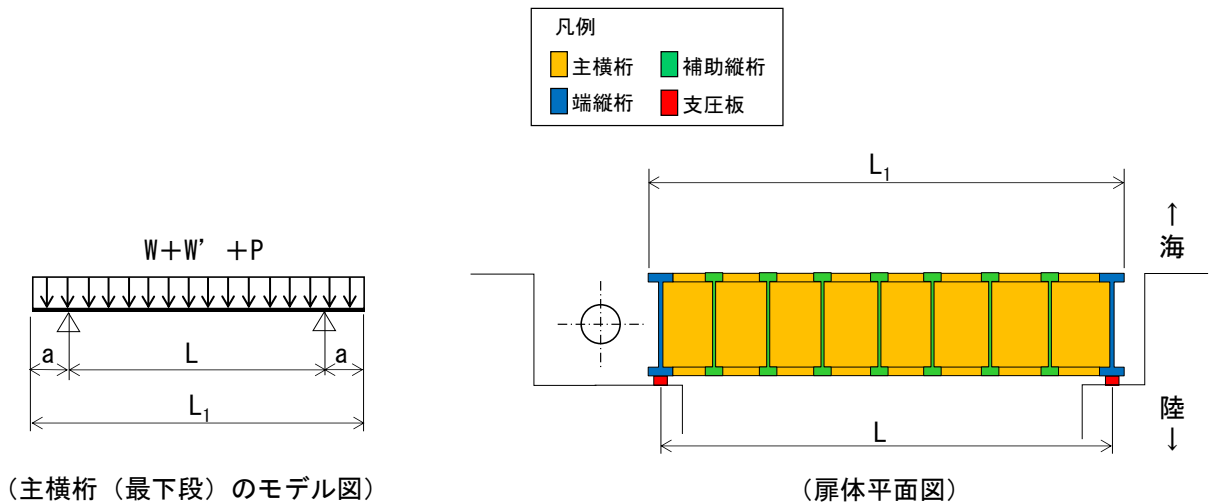


図 3-14 主横桁の評価イメージ図 (1/2)

(b) 船首衝突による衝突荷重を考慮する場合

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L_1^2 \left(\frac{a}{L_1} - \frac{1}{4} \right) + \frac{1}{8}P' \{L^2 - (L - b)^2\}$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W')L_1 + \frac{1}{2}P' b$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 主横桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 主横桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 主横桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 主横桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 主横桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

W' : 主横桁に作用する風荷重 (kN/m)

P' : 船首衝突による衝突荷重 (kN/m)

L₁ : 漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅 (m)

L : 主横桁の支間長 (m)

a : 主横桁の張出長さ (m)

b : 船首衝突作用幅 (m)

Z : 主横桁の断面係数 (mm³)

A_w : 主横桁腹板の断面積 (mm²)

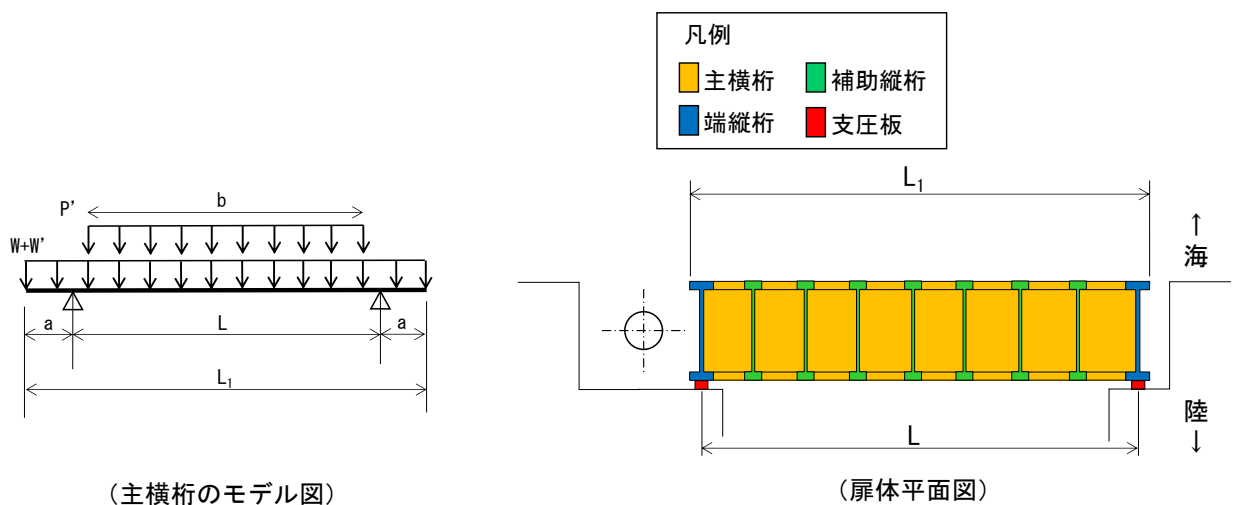


図 3-14 主横桁の評価イメージ図 (2/2)

b. 張出桁

張出桁は、片持ちはりでモデル化し、津波荷重として等分布荷重が作用することで張出桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。なお、張出桁に作用する衝突荷重は、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する。

張出桁の評価イメージ図を図 3-15 に示す。

$$M = \frac{1}{2}(W + W')L^2 + PL$$

$$S = (W + W')L + P$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 張出桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 張出桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 張出桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 張出桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 張出桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

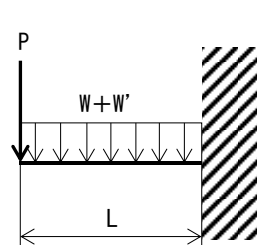
W' : 張出桁に作用する風荷重 (kN/m)

P : 張出桁に作用する衝突荷重 (kN/m)

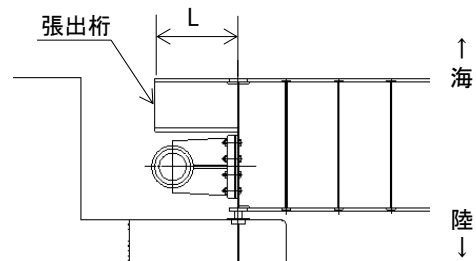
L : 張出長さ (m)

Z : 張出桁の断面係数 (mm³)

A_w : 張出桁腹板の断面積 (mm²)



(張出桁のモデル図)



(張出桁平面図)

図 3-15 張出桁の評価イメージ図

c. 補助縦桁

補助縦桁は、主横桁をピン固定とする単純はりでモデル化し、津波荷重として等分布荷重が作用することで補助縦桁に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

なお、補助縦桁に作用する衝突荷重は、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する。

補助縦桁の評価イメージ図を図 3-16 に示す。

$$M = \frac{1}{8}(W + W')l^2 + \frac{1}{4}P \cdot l$$

$$S = \frac{1}{2}(W + W') l + P$$

$$\sigma = \frac{M \cdot 10^6}{Z}$$

$$\tau = \frac{S \cdot 10^3}{A_w}$$

ここで、

M : 補助縦桁に生じる曲げモーメント (kN・m)

S : 補助縦桁に生じるせん断力 (kN)

σ : 補助縦桁に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

τ : 補助縦桁に生じるせん断応力度 (N/mm²)

W : 補助縦桁に作用する遡上津波荷重 (kN/m)

W' : 補助縦桁に作用する風荷重 (kN/m)

P : 補助縦桁に作用する衝突荷重 (kN)

l : 主横桁の間隔 (m)

Z : 補助縦桁の断面係数 (mm³)

A_w : 補助縦桁腹板の断面積 (mm²)

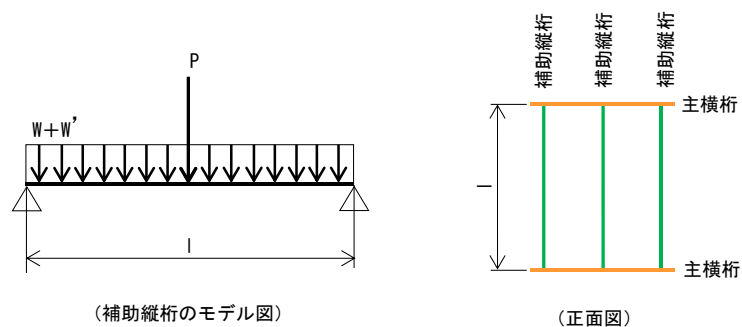


図 3-16 補助縦桁の評価イメージ図

d. 端縦桁

端縦桁は、主横桁からの荷重伝達を考慮し、端縦桁と主横桁の接合部に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

端縦桁の評価イメージ図を図 3-17 に示す。

$$\sigma_c = \frac{R \cdot 10^3}{A_q}$$

$$A_q = A_w + A_{s1} + A_{s2} \quad \text{ただし, } A_q \leq 1.7(A_{s1} + A_{s2})$$

$$A_w = b_w \cdot t_w \quad (\text{端縦桁腹板})$$

$$A_{s1} = b_{s1} \cdot t_{s1} \quad (\text{主横桁腹板})$$

$$A_{s2} = b_{s2} \cdot t_{s2} \quad (\text{スチフナ})$$

ここで、

σ_c : 端縦桁に生じる圧縮応力度 (N/mm²)

R : 端縦桁に生じる支点反力 (kN)

A_q : 補剛材の有効断面積 (mm²)

A_w : 端縦桁腹板の有効断面積 (mm²)

A_{s1} : 主横桁腹板の有効断面積 (mm²)

A_{s2} : スチフナの有効総断面積 (mm²)

b_w : 端縦桁腹板の長さ (mm)

t_w : 端縦桁腹板の厚さ (mm)

b_{s1} : 主横桁腹板の長さ (mm)

t_{s1} : 主横桁腹板の厚さ (mm)

b_{s2} : スチフナの長さ (mm)

t_{s2} : スチフナの厚さ (mm)

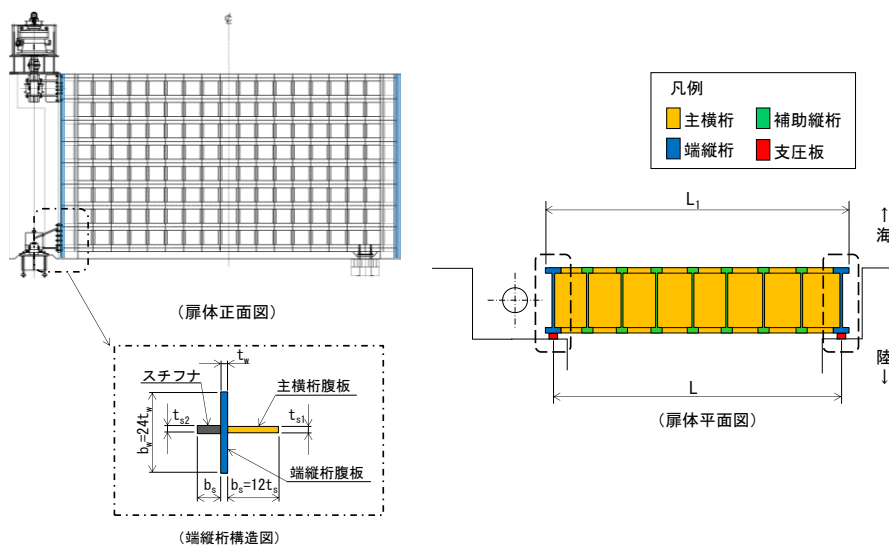


図 3-17 端縦桁の評価イメージ図

e. 支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）

支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）は，漂流物対策工（鋼製扉体）から伝達される津波荷重が作用することで支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。なお，衝突荷重は，「施設の延長に応じた衝突荷重」を考慮する。

支圧板及び戸当り（腹板，底面フランジ，コンクリート）の評価イメージ図を図 3-18 に示す。

(a) 支圧板

$$\sigma_p = \frac{WL_1}{2CL_2} + \frac{PL_1}{2CL_4}$$

ここで，

σ_p : 支圧板に生じる支圧応力度 (N/mm²)

W : 戸当りに作用する津波時荷重（遡上津波荷重＋風荷重） (kN/m)

L₁ : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (mm)

C : 支圧板の有効幅 (mm)

L₂ : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

P : 戸当りに作用する衝突荷重 (kN/m)

L₄ : 衝突荷重分担長さ（鉛直方向に 45°分散） (mm)

(b) 戸当り（腹板）

$$\sigma_b = \frac{WL_1}{2t_w L_2} + \frac{PL_1}{2t_w L_4}$$

ここで，

σ_b : 戸当り（腹板）に生じる支圧応力度 (N/mm²)

W : 戸当りに作用する津波時荷重（遡上津波荷重＋風荷重） (kN/m)

L₁ : 漂流物対策工（鋼製扉体）の幅 (mm)

t_w : 戸当り（腹板）の厚さ (mm)

L₂ : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

P : 戸当りに作用する衝突荷重 (kN/m)

L₄ : 衝突荷重分担長さ（鉛直方向に 45°分散） (mm)

(c) 戸当り (底面フランジ)

$$M_f = \frac{\sigma_{cb} \cdot b_f^2}{8}$$

$$\sigma_f = \frac{6M_f}{t_f^2}$$

ここで,

M_f : 戸当り (底面フランジ) に生じる曲げモーメント (N・mm/mm)

σ_f : 戸当り (底面フランジ) に生じる曲げ応力度 (N/mm²)

σ_{cb} : 戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度 (N/mm²)

b_f : 戸当り (底面フランジ) の幅 (mm)

t_f : 戸当り (底面フランジ) の厚さ (mm)

(d) 戸当り (コンクリート)

$$\sigma_{cb} = \frac{WL_1}{2b_f l_2} + \frac{PL_1}{2b_f l_4}$$

$$\tau_c = \frac{WL_1}{2 \Sigma l L_2} + \frac{PL_1}{2 \Sigma l L_4}$$

ここで,

σ_{cb} : 戸当り (コンクリート) に生じる支圧応力度 (N/mm²)

W : 戸当り (コンクリート) に作用する津波時荷重
(遡上津波荷重+風荷重) (kN/m)

L_1 : 漂流物対策工 (鋼製扉体) の幅 (mm)

b_f : 戸当り (底面フランジ) の幅 (mm)

L_2 : 主横桁の荷重分担長さ (mm)

P : 戸当りに作用する衝突荷重 (kN/m)

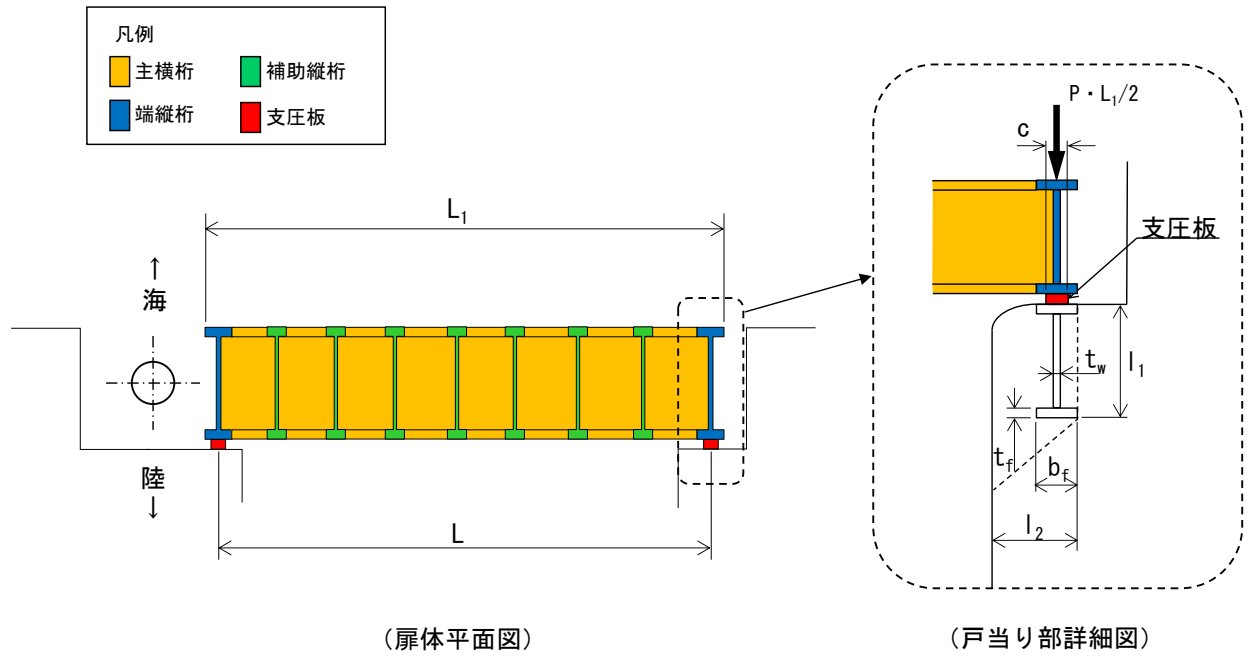
L_4 : 衝突荷重分担長さ (鉛直方向に 45°分散) (mm)

τ_c : 戸当りに生じるせん断応力度 (N/mm²)

Σl : せん断抵抗長さ (= $l_1 + 2l_2$) (mm)

l_1 : 戸当りの埋込深さ (mm)

l_2 : 戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ (mm)



(扉体平面図)

(戸当り部詳細図)

図 3-18 戸当りの評価イメージ図

- (2) 漂流物対策工戸当り（RC支柱）
漂流物対策工戸当り（RC支柱）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。
- (3) 漂流物対策工基礎スラブ
漂流物対策工基礎スラブに生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。
- (4) 基礎地盤
基礎地盤の支持性能評価においては、MMR, 改良地盤及び岩盤に生じる最大接地圧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」に用いる評価条件を表 4-1 及び表 4-2 に示す。

表 4-1 防波扉の強度評価に用いる条件(1/2)

部材	記号	定義	数値	単位
スキンプレート	P	スキンプレートに作用する津波時荷重（遡上津波荷重+風荷重）	56.850	kN/m ²
	a	スキンプレートの短辺	747	mm
	b	スキンプレートの長辺	1200	mm
	k	スキンプレートの辺長比（b/a）による係数	46.8	-
	t	スキンプレートの板厚	12	mm
主横桁	W	主横桁に作用する津波時荷重（遡上津波荷重+風荷重）	60.948	kN/m
	B	主横桁の水密幅	11.600	m
	L	主横桁の支間長	11.200	m
	M	主横桁に生じる曲げモーメント	954.446	kN・m
	S	主横桁に生じるせん断力	353.498	kN
	N	主横桁に生じる軸力	109.706	kN
	Z	主横桁の断面係数	10767582	mm ³
	D	側部水密幅	1.800	m
	A _w	主横桁腹板の断面積	14382	mm ²
	A _g	主横桁の断面積	23012	mm ²
補助縦桁	P	補助縦桁に作用する津波時荷重（遡上津波荷重+風荷重）	56.850	kN/m ²
	a	補助縦桁間隔	0.747	m
	b	主横桁間隔	1.200	m
	M	補助縦桁に生じる曲げモーメント	6.657	kN・m
	S	補助縦桁に生じるせん断力	17.549	kN
	Z	補助縦桁の断面係数	114034	mm ³
	A _w	補助縦桁腹板の断面積	611	mm ²

表 4-1 防波扉の強度評価に用いる条件 (2/2)

部材	記号	定義	数値	単位
端縦桁	R	主横桁に生じる支点反力	353.498	kN
	A _q	補剛材の有効総断面積	2938	mm ²
支圧板	P	支圧板に作用する津波時荷重（遡上津波荷重 + 風荷重）	63.920	kN/m ²
	B	防波扉（鋼製扉体）の水密幅	11600	mm
	b	支圧板の有効幅	100	mm
戸当り	P	防波扉（鋼製扉体）最下部に作用する津波時荷重（遡上津波荷重 + 風荷重）	63.920	kN/m ²
	B	防波扉（鋼製扉体）の水密幅	11600	mm
	b _f	戸当り（底面フランジ）の幅	200	mm
	t _f	戸当り（底面フランジ）の厚さ	22	mm
	h	戸当りの埋込深さ	510	mm
	L	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ	400	mm

表 4-2 漂流物対策工の強度評価に用いる条件(1/2)

部材	記号	定義	数値	単位
主横桁	M	主横桁に生じる曲げモーメント	8338.1	kN・m
	S	主横桁に生じるせん断力	3005.7	kN
	P	主横桁に作用する衝突荷重	491	kN/m
	P'	船首衝突による衝突荷重	520	kN/m
	W	主横桁に作用する遡上津波荷重	49.214	kN/m
	W'	主横桁に作用する風荷重	1.354	kN/m
	L	主横桁の支間長	11.100	m
	a	主横桁の張出長さ	0.100	m
	L ₁	漂流物対策工（鋼製扉体）の幅	11.300	m
	b	船首衝突作用幅	6.000	m
	Z	主横桁の断面係数	23979000	mm ³
	A _w	主横桁腹板の断面積	26300	mm ²
張出桁	M	張出桁に生じる曲げモーメント	1451.5	kN・m
	S	張出桁に生じるせん断力	1219.2	kN
	P	張出桁に作用する衝突荷重	1200	kN
	W	張出桁に作用する遡上津波荷重	15.529	kN/m
	W'	張出桁に作用する風荷重	0.451	kN/m
	L	張出長さ	1.200	m
	Z	張出桁の断面係数	10829000	mm ³
	A _w	張出桁腹板の断面積	26370	mm ²
補助縦桁	M	補助縦桁に生じる曲げモーメント	225.4	kN・m
	S	補助縦桁に生じるせん断力	1202.4	kN
	P	補助縦桁に作用する衝突荷重	1200	kN
	W	補助縦桁に作用する遡上津波荷重	6.212	kN/m
	W'	補助縦桁に作用する風荷重	0.181	kN/m
	l	主横桁の間隔	0.750	m
	Z	補助縦桁の断面係数	10540000	mm ³
	A _w	補助縦桁腹板の断面積	26300	mm ²
端縦桁	R	端縦桁に生じる支点反力	3005.7	kN
	A _q	補剛材の有効断面積	10747	mm ²

表 4-2 漂流物対策工の強度評価に用いる条件 (2/2)

部材	記号	定義	数値	単位
戸当り	W	戸当りに作用する津波時荷重（遡上津波荷重 + 風荷重）	50.568	kN/m
	P	戸当りに作用する衝突荷重	491	kN/m
	C	支圧板の有効幅	80	mm
	L ₁	漂流物対策工（鋼製扉体）の幅	11300	mm
	L ₂	主横桁の荷重分担長さ	750	mm
	L ₄	衝突荷重分担長さ（鉛直方向に 45° 分散）	2175	mm
	t _w	戸当り（腹板）の厚さ	14	mm
	b _f	戸当り（底面フランジ）の幅	750	mm
	t _f	戸当り（底面フランジ）の厚さ	50	mm
	l ₁	戸当りの埋込深さ	1350	mm
	l ₂	戸当りのコンクリート側面からの埋込深さ	925	mm
	M _f	戸当り（底面フランジ）に生じる曲げモーメント	154700	N・m/mm
Σl	せん断抵抗長さ（= l ₁ + 2l ₂ ）	3200	mm	

5. 評価結果

5.1 防波扉

5.1.1 防波扉（鋼製扉体）

防波扉（鋼製扉体）の耐震評価結果を表 5-1 に示す。防波扉（鋼製扉体）の各部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-1 防波扉（鋼製扉体）の主部材の照査結果

部材		発生 応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
スキンプレート	曲げ応力度	103.1	240	0.43
主横桁	曲げ応力度	94.7	240	0.40
	せん断応力度	24.6	135	0.19
補助縦桁	曲げ応力度	58.4	180	0.33
	せん断応力度	28.7	105	0.28
端縦桁	圧縮応力度	120	240	0.50
支圧板	支圧応力度	3.7	225	0.02
戸当り (底面フランジ)	曲げ応力度	114.9	240	0.48
戸当り (コンクリート)	支圧応力度	1.85	8.8	0.22
	せん断応力度	0.28	0.60	0.47

5.1.2 防波扉戸当り（RC支柱）

(1) 曲げ照査

防波扉戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力図を図 5-1 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-2 に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-3 に示す。

この結果から、防波扉戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

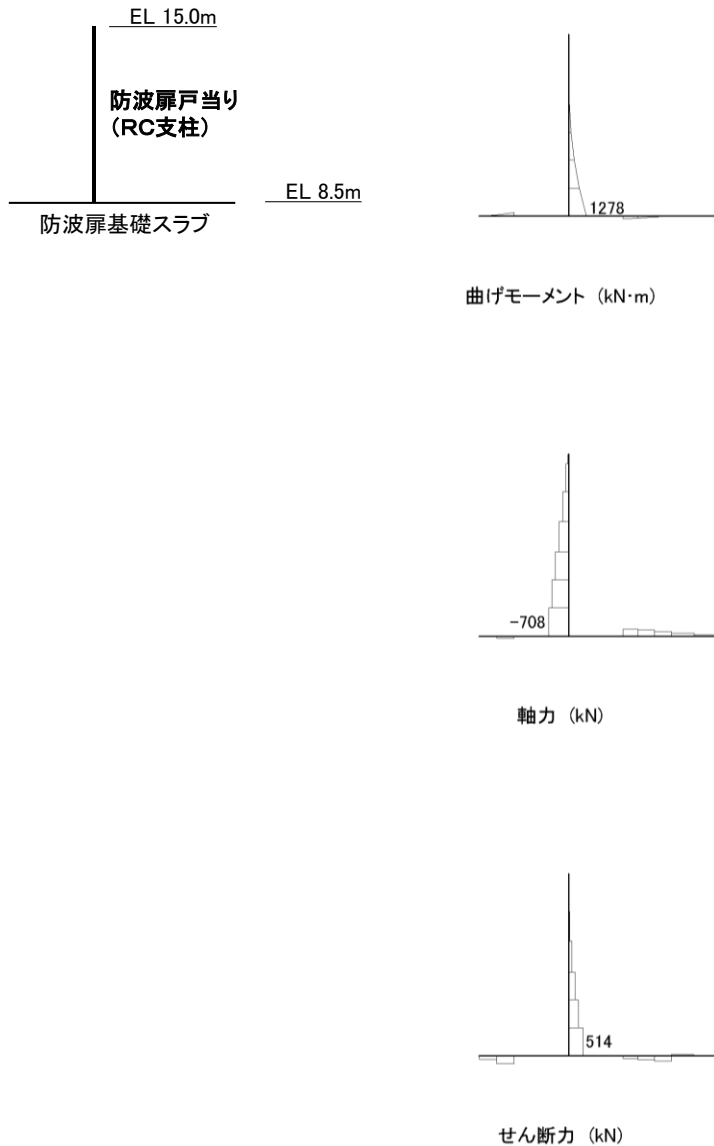


図 5-1 コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力図

表 5-2 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
1278	708	0.8	13.5	0.06

表 5-3 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

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)			
1278	708	12	294	0.04

(2) せん断照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートのせん断破壊に対する照査断面力図を図5-2に、コンクリートのせん断破壊に対する照査値を表5-4に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

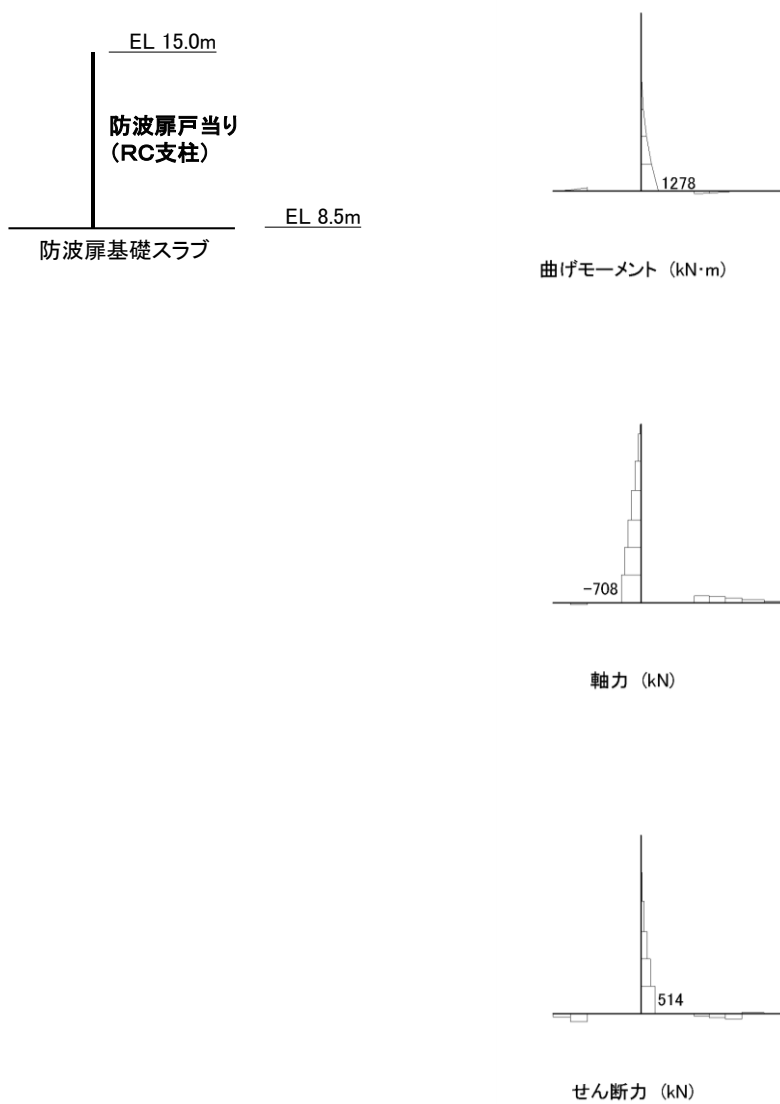


図 5-2 コンクリートのせん断破壊に対する照査断面力図

表 5-4 コンクリートのせん断破壊に対する照査値

発生断面力	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{al} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{al}
せん断力 Q (kN)			
514	0.16	0.67	0.24

5.1.3 防波扉基礎スラブ

(1) 曲げ照査

防波扉基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する断面力図を図5-3及び図5-4に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表5-5に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表5-6に示す。

この結果から、漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

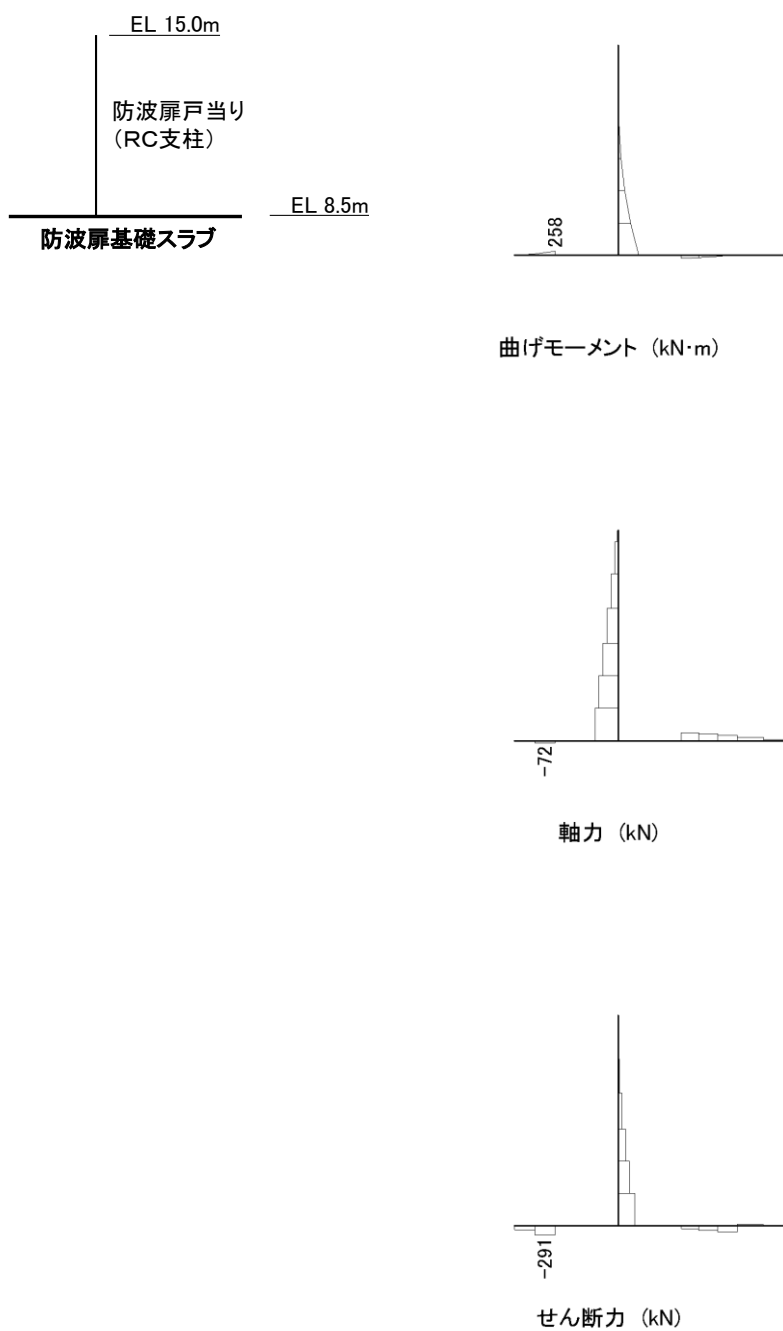


図 5-3 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力図

表 5-5 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
258	72	0.7	13.5	0.05

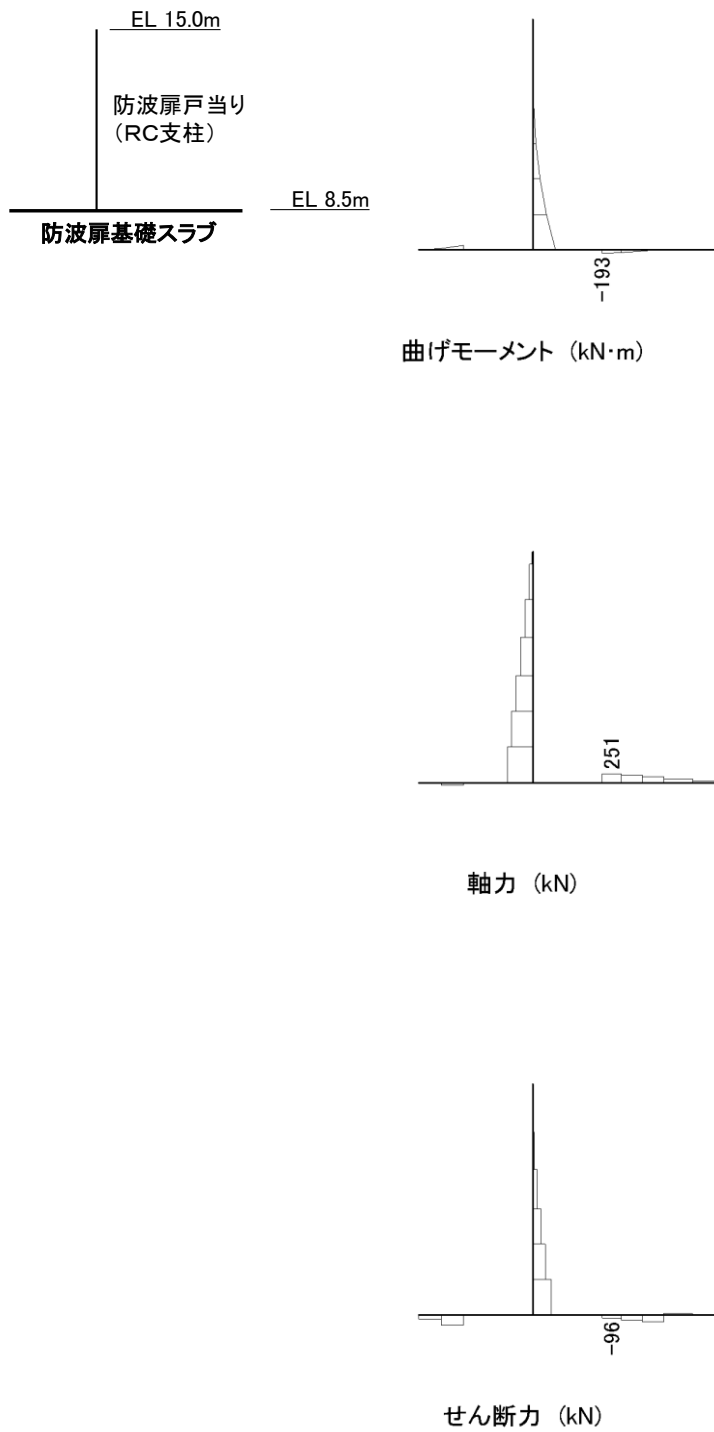


図 5-4 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力図

表 5-6 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

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)			
193	251	58	294	0.20

(2) せん断照査

防波扉基礎スラブのコンクリートのせん断破壊に対する照査断面力図を図 5-5 に、コンクリートのせん断破壊に対する照査値を表 5-7 に示す。

この結果から、防波扉基礎スラブのコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

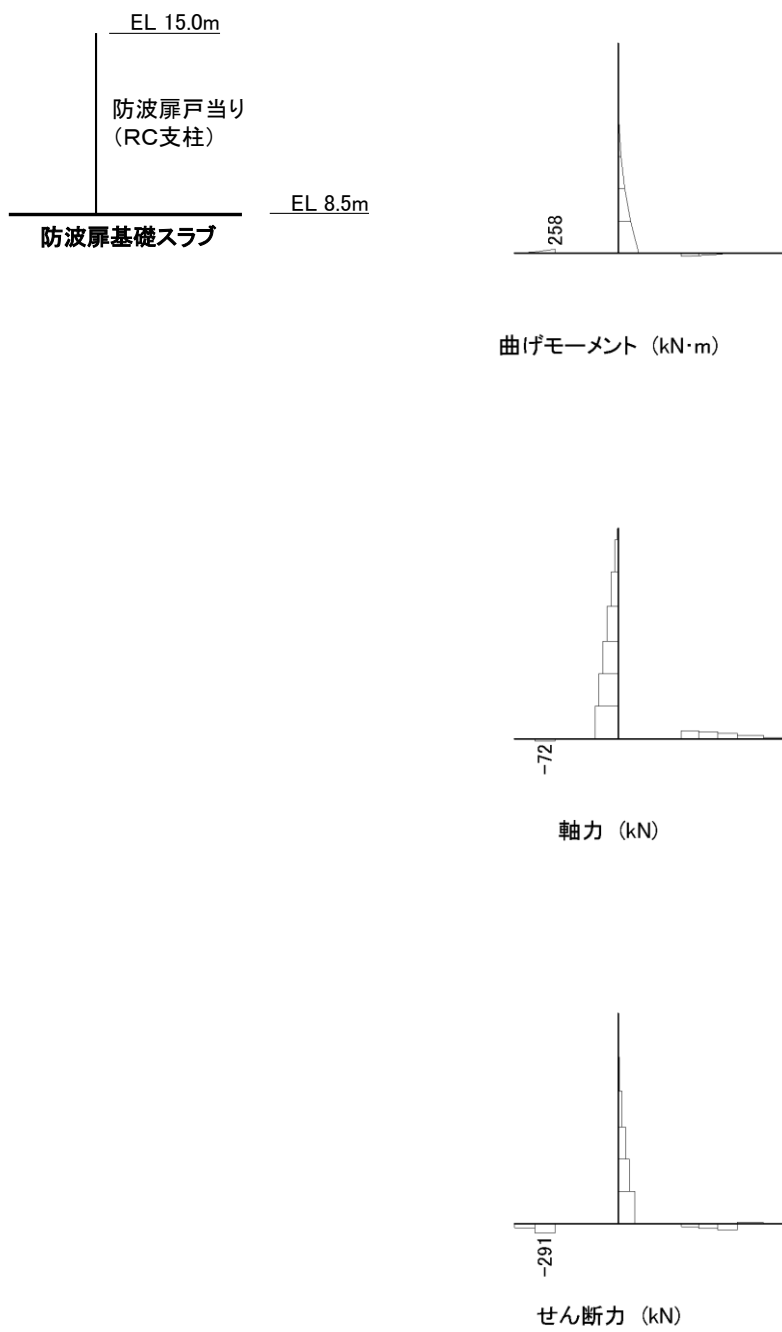


図 5-5 コンクリートのせん断破壊に対する照査断面力図

表 5-7 コンクリートのせん断破壊に対する照査値

発生断面力 せん断力 Q (kN)	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
291	0.21	0.67	0.31

(3) グラウンドアンカによる支圧照査

防波扉基礎スラブのグラウンドアンカによる支圧に対する照査値を表 5-8 に示す。

この結果から、防波扉基礎スラブのグラウンドアンカによる支圧応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-8 防波扉基礎スラブのグラウンドアンカによる
支圧に対する照査における照査値

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}
11.5	18.0	0.64

5.1.4 グラウンドアンカ

防波扉基礎スラブの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 5-9 に示す。

この結果から防波扉基礎スラブの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 5-9 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

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
1651	2076	0.80

5.1.5 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 5-10 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 5-6 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 5-10 改良地盤のすべり安全率評価結果

最小すべり安全率
8.23

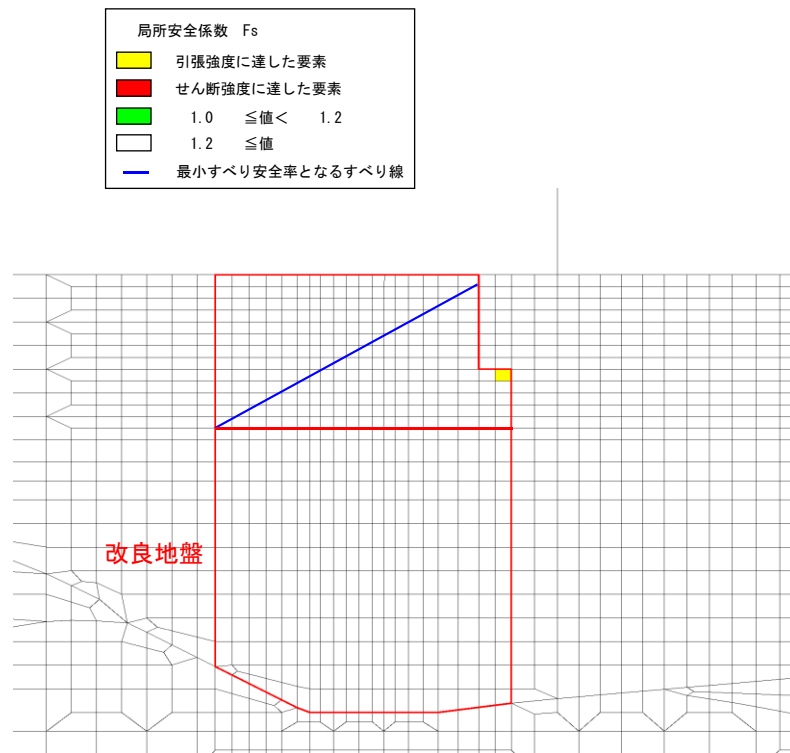


図 5-6 改良地盤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布図

5.1.6 基礎地盤

基礎地盤の支持性能照査結果を表 5-11 に、接地圧分布図を図 5-7 に示す。
防波扉の基礎地盤に生じる接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 5-11(1) 基礎地盤の支持性能照査結果 (改良地盤)

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.3	1.4	0.24

表 5-11(2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (岩盤)

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.5	9.8	0.06

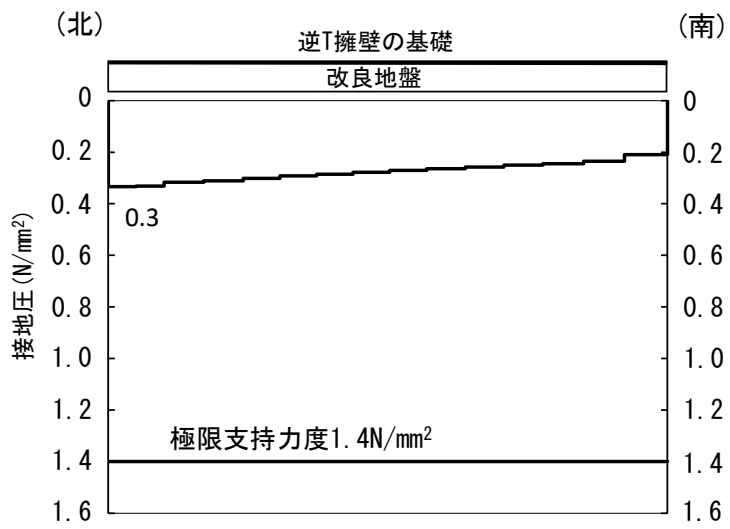


図 5-7(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (改良地盤)

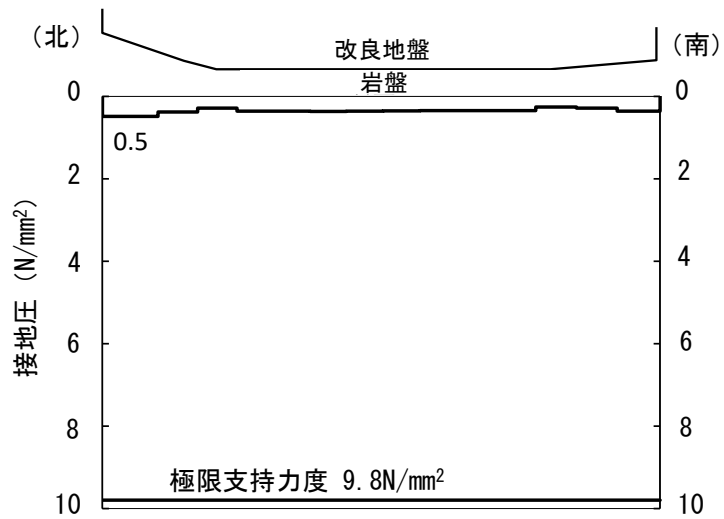


図 5-7(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (岩盤)

5.2 漂流物対策工

5.2.1 漂流物対策工（鋼製扉体）

漂流物対策工（鋼製扉体）の強度評価結果を表 5-12 に示す。防波扉（鋼製扉体）の各部材の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 5-12 漂流物対策工（鋼製扉体）の強度評価結果

部材		発生 応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値	
主横桁	施設の延長に応じた衝突荷重	曲げ応力度	348	525	0.67
		せん断応力度	114	193	0.60
	船首衝突による衝突荷重	曲げ応力度	296	525	0.57
		せん断応力度	70	193	0.37
張出桁		曲げ応力度	134	525	0.26
		せん断応力度	46	303	0.16
補助縦桁		曲げ応力度	21	306	0.07
		せん断応力度	46	193	0.24
端縦桁		圧縮応力度	280	337	0.84
支圧板		支圧応力度	21	225	0.10
戸当り（腹板）		支圧応力度	118	270	0.44
戸当り （底面フランジ）		曲げ応力度	371	525	0.71
戸当り （コンクリート）		支圧応力度	2.2	8.8	0.25
		せん断応力度	0.52	0.60	0.87

5.2.2 漂流物対策工戸当り（RC支柱）

(1) 曲げ照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力を図 5-8 に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力を表 5-13 に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-14 に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

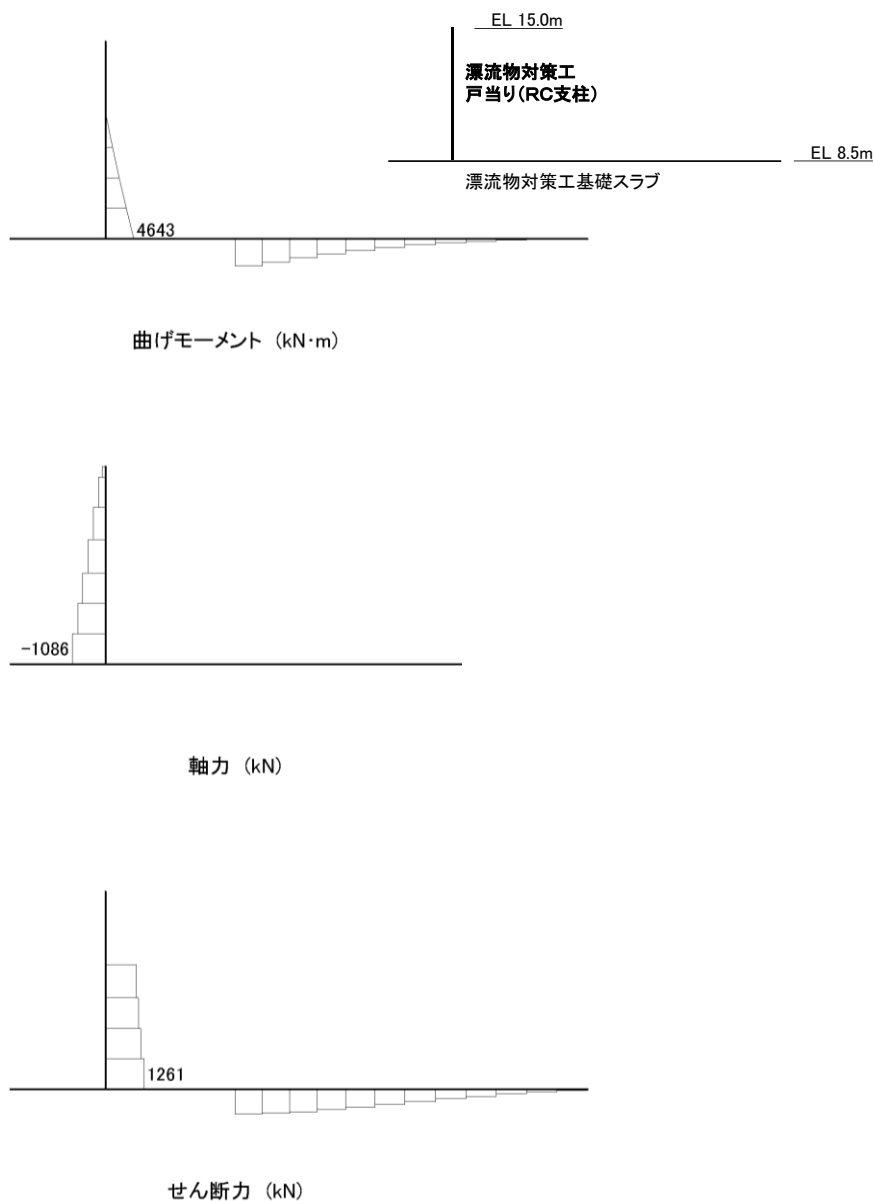


図 5-8 コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力図

表 5-13 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
4643	1086	1.4	21.0	0.07

表 5-14 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN·m)	軸力 N (kN)			
4643	1086	33	294	0.12

(2) せん断照査

防波扉戸当り（RC支柱）のコンクリートのせん断破壊に対する照査断面力図を図5-9に、コンクリートのせん断破壊に対する照査値を表5-15に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

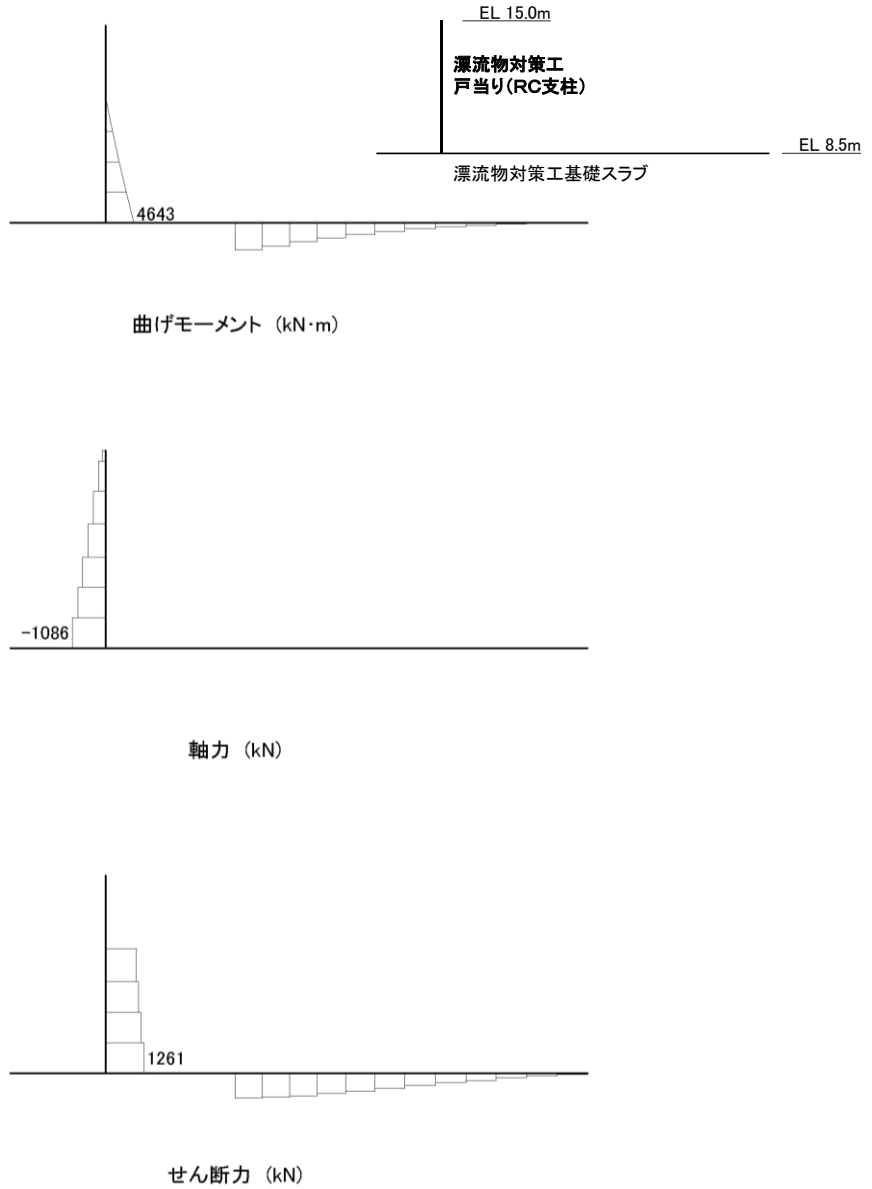


図5-9 コンクリートのせん断破壊に対する照査断面力図

表5-15 コンクリートのせん断破壊に対する照査値

発生断面力	せん断応力度	短期許容 応力度	照査値
せん断力 Q (kN)	τ_c (N/mm ²)	τ_{c1} (N/mm ²)	τ_c / τ_{c1}
1261	0.43	0.82	0.53

5.2.3 漂流物対策工基礎スラブ

(1) 曲げ照査

漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する断面力図を図 5-10 に，コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-16 に，鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値を表 5-17 に示す。

この結果から，漂流物対策工基礎スラブのコンクリート及び鉄筋の発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

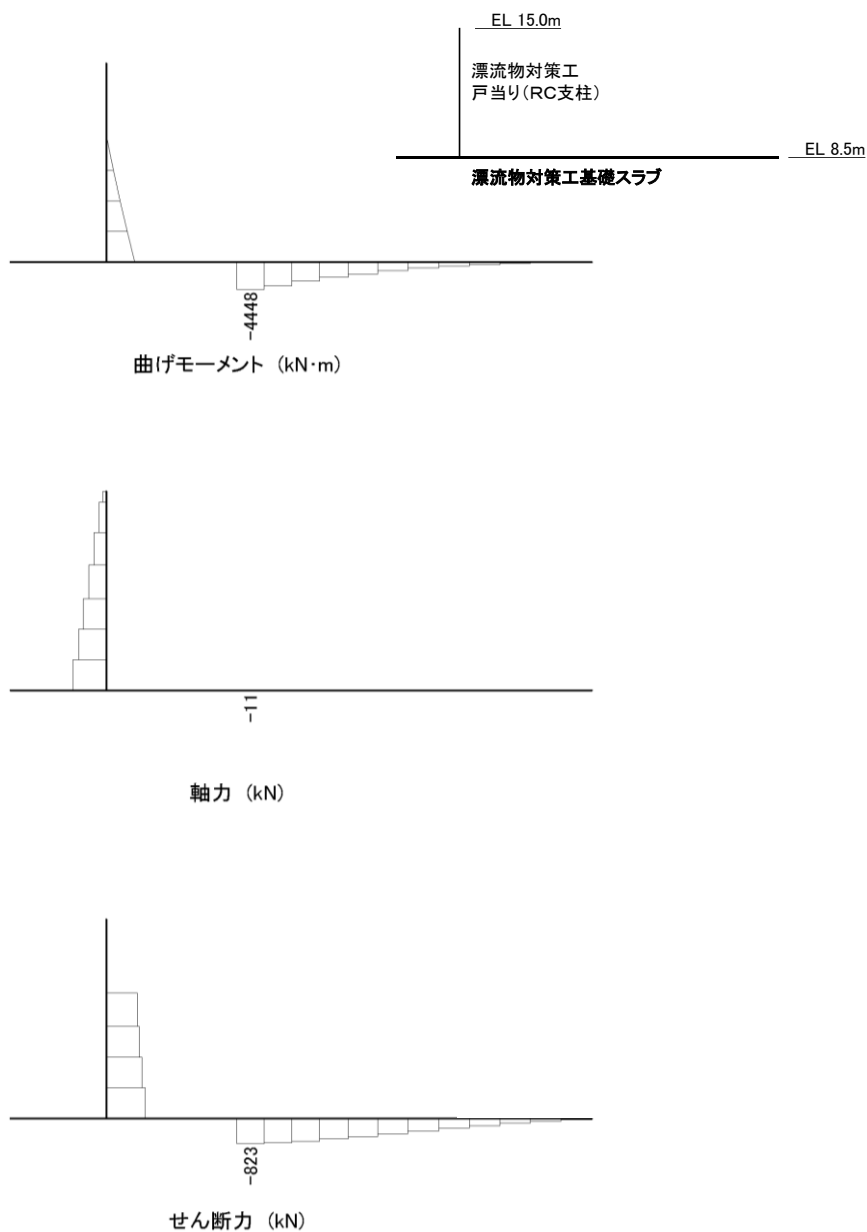


図 5-10 コンクリート及び鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査断面力図

表 5-16 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

発生断面力		曲げ圧縮 応力度 σ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 σ_{ca} (N/mm ²)	照査値 σ_c / σ_{ca}
曲げモーメント M (kN・m)	軸力 N (kN)			
4448	11	1.8	21.0	0.09

表 5-17 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査値

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)			
4448	11	69	294	0.24

(2) せん断照査

漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートのせん断破壊に対する照査断面力図を図 5-11 に、コンクリートのせん断破壊に対する照査値を表 5-18 に示す。

この結果から、漂流物対策工戸当り（RC支柱）のコンクリートの発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

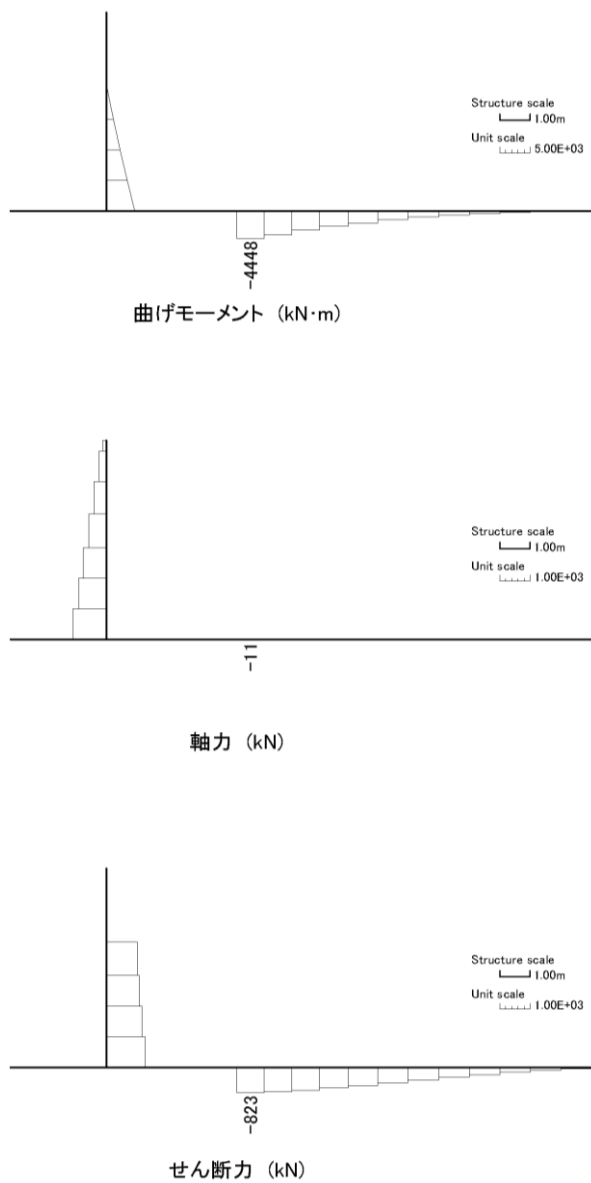


図 5-11 コンクリートのせん断破壊に対する照査断面力図

表 5-18 コンクリートのせん断破壊に対する照査における最大照査値

発生断面力	せん断応力度 τ_c (N/mm ²)	短期許容 応力度 τ_{a1} (N/mm ²)	照査値 τ_c / τ_{a1}
せん断力 Q (kN)			
823	0.26	0.82	0.32

5.2.4 基礎地盤

基礎地盤の支持性能照査結果を表 5-19 に、接地圧分布図を図 5-12 に示す。

漂流物対策工の基礎地盤に生じる最大接地圧が許容限界以下であることを確認した。

表 5-19(1) 基礎地盤の支持性能照査結果 (MMR)

最大接地圧 R (N/mm ²)	支圧強度 f' _a (N/mm ²)	照査値 R/f' _a
0.6	18.0	0.04

表 5-19(2) 基礎地盤の支持性能照査結果 (改良地盤)

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.3	1.4	0.21

表 5-19(3) 基礎地盤の支持性能照査結果 (岩盤)

最大接地圧 R (N/mm ²)	極限支持力度 R _u (N/mm ²)	照査値 R/R _u
0.7	9.8	0.08

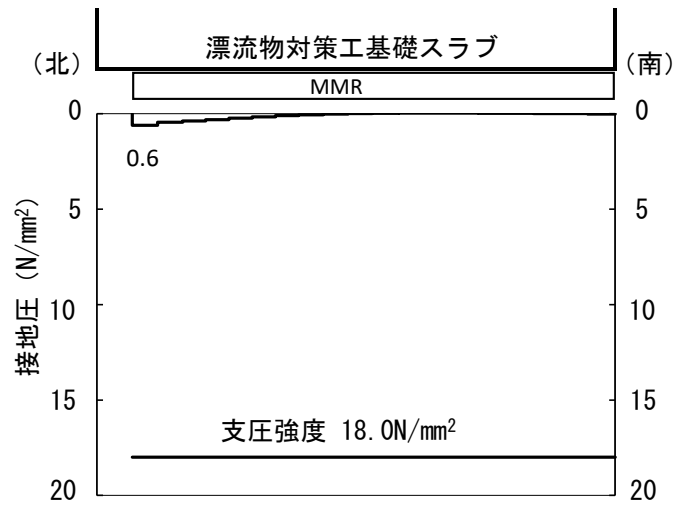


図 5-12(1) 基礎地盤の接地圧分布図 (MMR)

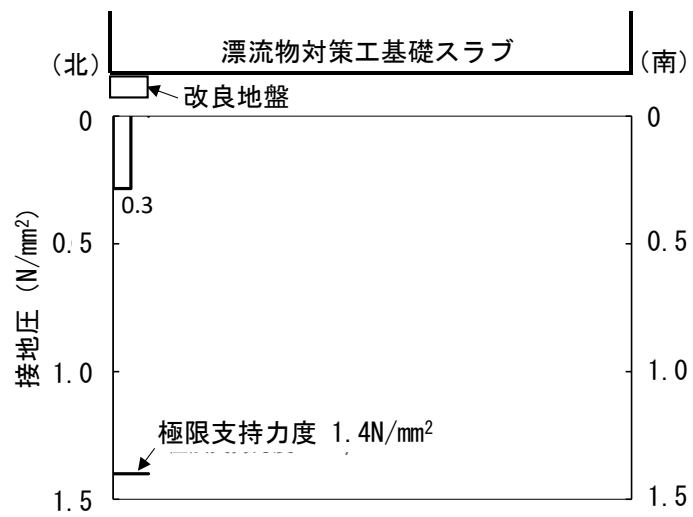


図 5-12(2) 基礎地盤の接地圧分布図 (改良地盤)

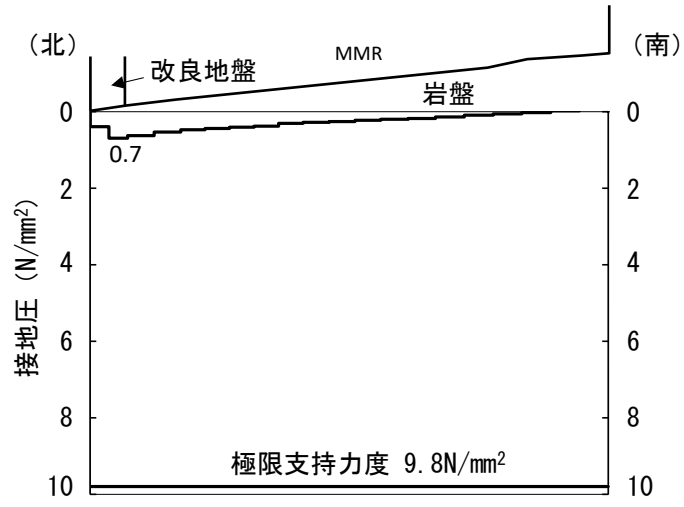


図 5-12(3) 基礎地盤の接地圧分布図 (岩盤)

VI-3-別添 3-2-3 1号機取水槽流路縮小工の強度計算書

目 次

1. 概要	1
2. 位置	2
3. 流路縮小工の強度評価	4
3.1 構造計画	4
3.2 評価方針	6
3.3 適用規格・基準等	8
3.4 記号の説明	9
3.5 評価対象部位	12
3.6 荷重及び荷重の組合せ	13
3.6.1 荷重	13
3.6.2 荷重の組合せ	16
3.6.3 荷重の選定	17
3.7 許容限界	18
3.7.1 使用材料	18
3.7.2 許容限界	18
3.8 評価方法	19
3.8.1 縮小板	19
3.8.2 固定ボルト	22
3.8.3 取水管（フランジ部）	23
3.9 評価条件	26
3.10 評価結果	27

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方針」に示すとおり、1号機取水槽流路縮小工（以下「流路縮小工」という。）が地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波の流入に伴う津波荷重及び余震による荷重に対し、主要な構造部材が構造健全性を保持することを確認するものである。

2. 位置

流路縮小工は、1号機取水槽と1号機取水管の境界部に設置し、1号機取水槽北側壁に間接支持される構造とする。

流路縮小工及び1号機取水槽北側壁の設置位置図を図2-1に、流路縮小工及び1号機取水槽北側壁の詳細位置図を図2-2に示す。

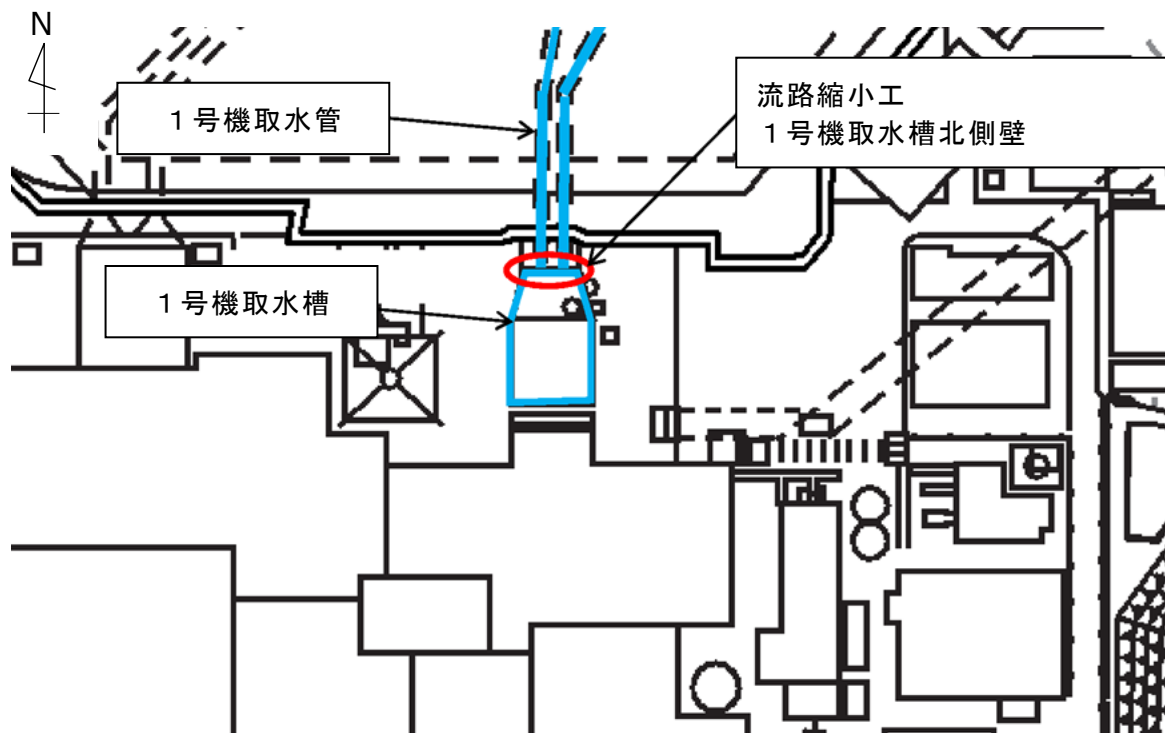


図2-1 流路縮小工及び1号機取水槽北側壁の設置位置図

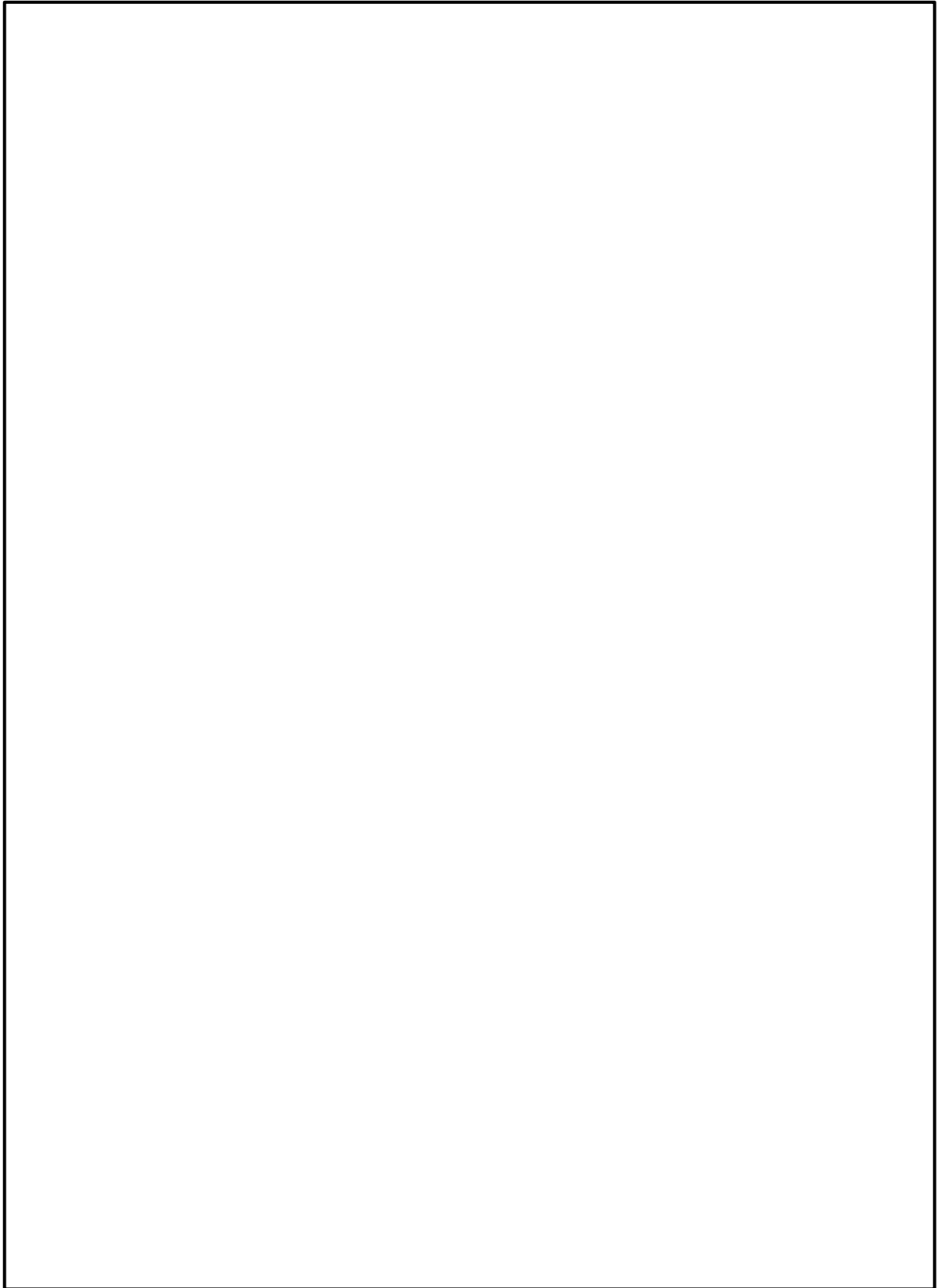


図 2-2 流路縮小工及び 1 号機取水槽北側壁の詳細位置図

3. 流路縮小工の強度評価

3.1 構造計画

流路縮小工は、1号機取水管の終端部のフランジ（以下「取水管（フランジ部）」という。）に、鋼製の縮小板を取付板及び固定ボルトにより固定する構造とする。よって、流路縮小工は、1号機取水管の管胴部（以下「取水管（管胴部）」という。）、取水管（フランジ部）、縮小板、取付板及び固定ボルトから構成される。なお、1号機の原子炉補機海水ポンプに必要な海水を取水するため、縮小板に直径 m の貫通部を設ける。

流路縮小工の構造計画を表 3-1 に示す。

表 3-1 流路縮小工の構造計画

計画の概要		構造概略図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>取水管（フランジ部）に、鋼製の縮小板を取付板及び固定ボルトにより固定する。</p>	<p>縮小板，取付板及び固定ボルトにより構成する。</p>	<p>組立図（A-A断面）</p> <p>正面図</p> <div style="border: 1px solid black; height: 300px; width: 100%;"></div>

S2 補 VI-3-別添 3-2-3 R1

3.2 評価方針

流路縮小工の強度評価は、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に基づき、「3.1 構造計画」に示す流路縮小工の構造を踏まえ、「3.5 評価対象部位」にて設定する評価部位において算出した応力度が許容限界内に収まることを、「3.8 評価方法」及び「3.9 評価条件」に示す方法にて確認する。強度評価の結果を「3.10 評価結果」にて確認する。

強度評価に用いる荷重及び荷重の組合せは、地震後の繰返しの来襲を想定した経路からの津波に伴う荷重作用時（以下「津波時」という。）及び津波に伴う荷重と余震に伴う荷重作用時（以下「重畳時」という。）を考慮し、評価される最大荷重を設定する。

流路縮小工の評価項目を表 3-2 に、強度評価フローを図 3-1 に示す。

また、流路縮小工を構成する部材のうち取付板については、材質及び厚さが縮小板と同等であることから、取付板の評価は縮小板の評価に包含されるものとする。取水管（管胴部）については、重畳時において、弾性設計用地震動 $S_d - D$ による慣性力が作用するが、地震時における基準地震動 S_s による慣性力が大きいことから、VI-2-10-2-6「1号機取水槽流路縮小工の耐震性についての計算書」にて説明する。

なお、1号機取水槽は、設計当時から基準地震動 S_s の増大により、1号機取水槽の耐震性を確保するため、流路縮小工と同等の開口を設けたうえで漸拡ダクト部にコンクリートを充填する。これにより、流路縮小工の大部分は充填コンクリートに拘束されるため、剛構造であると考えられるが、保守的に充填コンクリートによる拘束は期待しない方針とする。1号機取水槽の耐震補強に伴うコンクリート充填範囲図を図 3-2 に示す。

表 3-2 流路縮小工の評価項目

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	構造部材の健全性	縮小板	発生する応力（曲げ応力、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
		固定ボルト	発生する応力（引張応力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度
		取水管（フランジ部）	発生する応力（曲げ応力、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

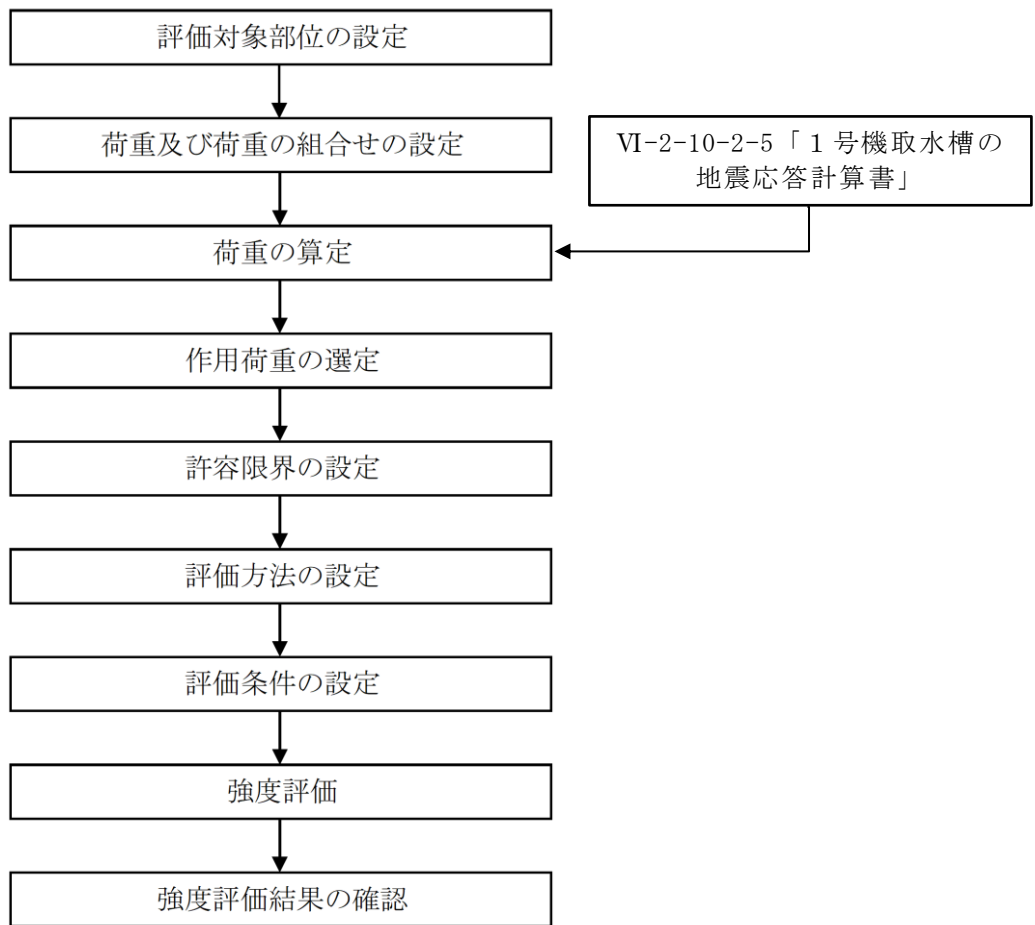


図 3-1 強度評価フロー

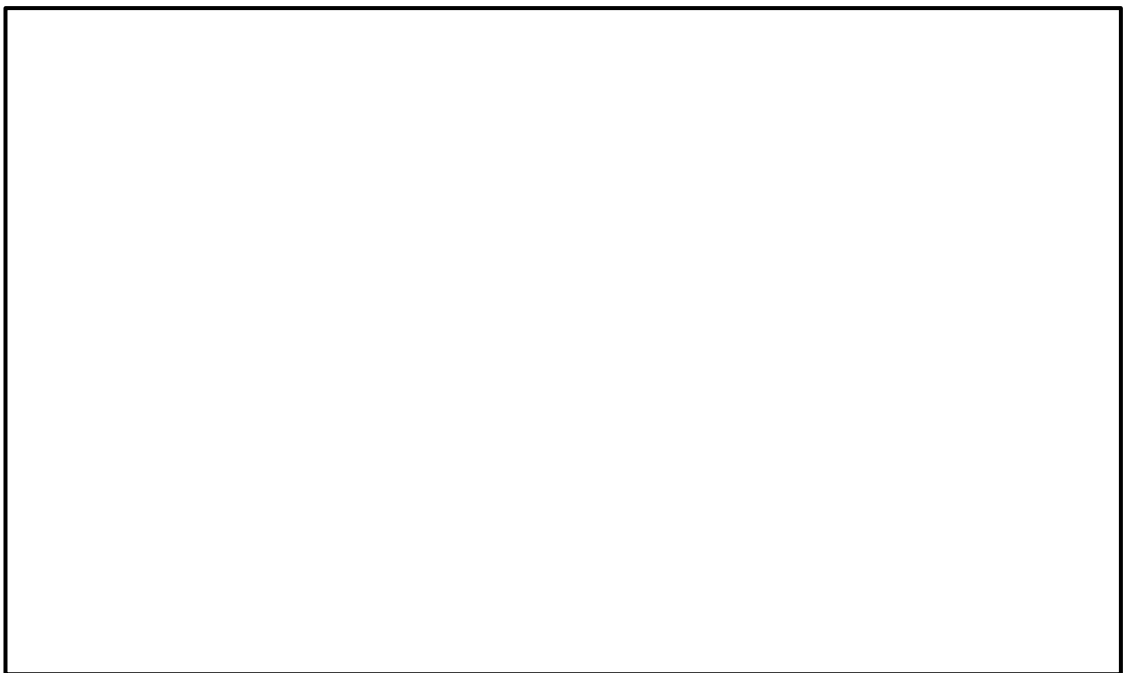


図 3-2 1号機取水槽の耐震補強に伴うコンクリート充填範囲図

3.3 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・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)
- ・原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル ((社) 土木学会, 2005 年)
- ・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)
- ・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－ ((社) 日本建築学会, 2005 年改定)
- ・鋼構造許容応力度設計規準 ((社) 日本建築学会, 2019 年制定)
- ・日本産業規格 (J I S)
- ・構造力学公式集 ((社) 土木学会, 1986 年)
- ・水門鉄管技術基準 水圧鉄管・鉄鋼構造物編 ((社) 水門鉄管協会, 2007 年)

3.4 記号の説明

流路縮小工の強度評価に用いる記号を表 3-3～表 3-5 にそれぞれ示す。

表 3-3 流路縮小工の縮小板の強度計算に用いる記号

記号	単位	定義
p_0	kN/mm^2	縮小板に作用する単位面積あたりの等分布荷重
A_{11}	mm^2	縮小板の作用面積
P	kN	縮小板に作用する津波時荷重
a_1	mm	縮小板の外半径
b_1	mm	縮小板の内半径
M_{r1}	$\text{kN}\cdot\text{mm}/\text{mm}$	縮小板に生じる半径方向の曲げモーメント
$M_{\theta 1}$	$\text{kN}\cdot\text{mm}/\text{mm}$	縮小板に生じる周方向の曲げモーメント
ν	—	ポアソン比
r_1	mm	縮小板の中心から半径方向の距離
κ_1	—	係数
β_1	—	係数
ρ_1	—	係数
σ_1	kN/mm^2	縮小板に生じる最大曲げ応力度
Z_1	mm^3/mm	縮小板の断面係数
t_1	mm	縮小板の板厚
τ_1	kN/mm^2	縮小板に生じる最大せん断応力度
A_{12}	mm^2	縮小板の有効せん断面積
S_1	kN	縮小板に作用するせん断力

表 3-4 流路縮小工の固定ボルトの強度計算に用いる記号

記号	単位	定義
T	kN/本	内側固定ボルトに作用する引張力
T ₁	kN/本	縮小板に作用する荷重により内側固定ボルトに作用する引張力
T ₂	kN/本	縮小板に生じる曲げモーメントにより内側固定ボルトに作用する引張力
M	kN・mm/mm	縮小板に生じる曲げモーメント合力
σ _b	kN/mm ²	内側固定ボルトに生じる最大応力度
P	kN	内側固定ボルトに作用する津波時荷重
n	本	内側固定ボルトの本数
D ₁	mm	フランジ外径
l ₁	mm	支点間距離
M _{r1}	kN・mm/mm	縮小板に生じる半径方向の曲げモーメント
M _{θ1}	kN・mm/mm	縮小板に生じる周方向の曲げモーメント
A	mm ²	内側固定ボルト 1 本の有効断面積

表 3-5 流路縮小工の取水管（フランジ部）の強度計算に用いる記号

記号	単位	定義
P'	kN/mm	取水管（フランジ部）に作用する単位長さあたりの等分布荷重
L_f	mm	取水管（フランジ部）の外周長
P	kN	取水管（フランジ部）に作用する津波時荷重
b_f	mm	取水管（フランジ部）の外半径
M_{rf}	kN・mm/mm	取水管（フランジ部）に生じる半径方向の曲げモーメント
$M_{\theta f}$	kN・mm/mm	取水管（フランジ部）に生じる周方向の曲げモーメント
a_f	mm	取水管（フランジ部）の内半径
ν	—	ポアソン比
r_f	mm	取水管（フランジ部）の中心から半径方向の距離
κ_f	—	係数
β_f	—	係数
ρ_f	—	係数
σ_f	kN/mm ²	取水管（フランジ部）に生じる最大曲げ応力度
Z_f	mm ³ /mm	取水管（フランジ部）の断面係数
t_f	mm	取水管（フランジ部）の板厚
τ_f	kN/mm ²	取水管（フランジ部）に生じる最大せん断応力度
A_3	mm ²	取水管（フランジ部）付け根の断面積
l_f	mm	取水管（フランジ部）付け根の周長
S_f	kN	取水管（フランジ部）に作用するせん断力
D_i	mm	取水管（フランジ部）の管内径
t_p	mm	取水管（管胴部）の管厚

3.5 評価対象部位

流路縮小工の評価対象部位は、「3.1 構造計画」に設定している構造を踏まえて、津波時又は重畳時荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し、縮小板、固定ボルト及び取水管（フランジ部）とする。

固定ボルトは内側固定ボルト及び外側固定ボルトにより構成されるが、内側固定ボルトのみにより引張力を負担するものとして、保守的に強度評価を実施する。

評価対象部位を図 3-3 に示す。

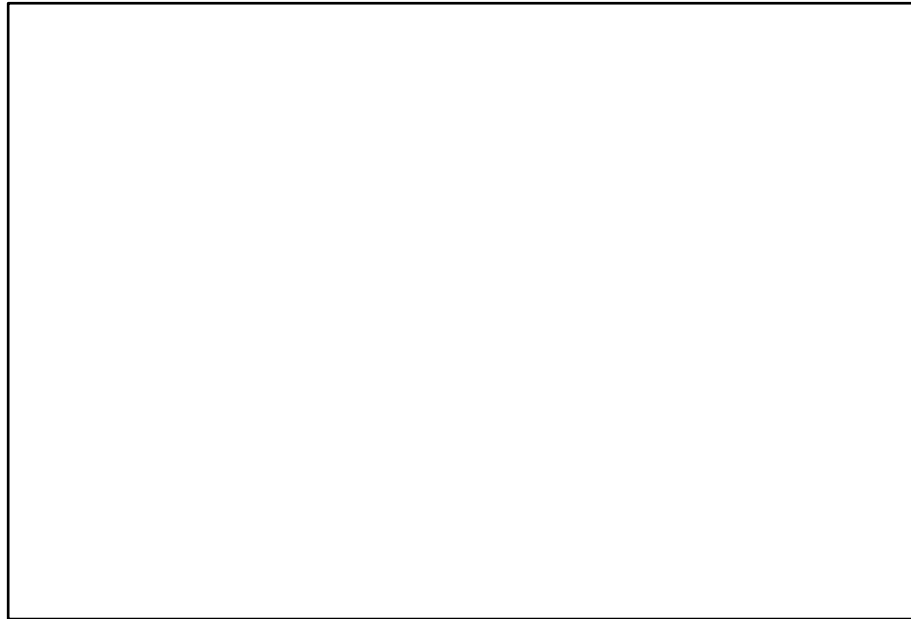


図 3-3 (1) 評価対象部位（縮小板）

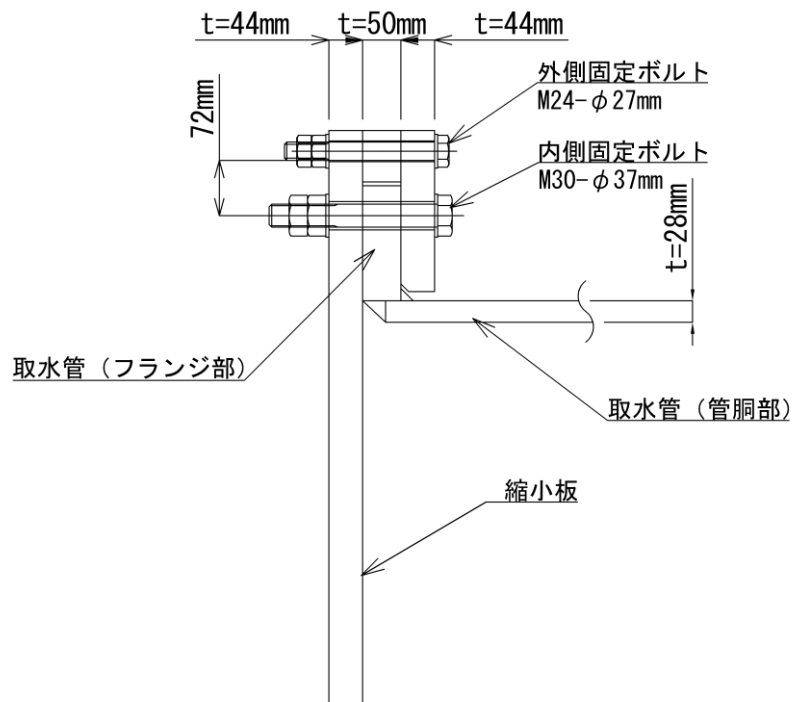


図 3-3 (2) 評価対象部位
(内側固定ボルト及び取水管（フランジ部）)

3.6 荷重及び荷重の組合せ

3.6.1 荷重

強度評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 固定荷重 (G)

固定荷重として、流路縮小工を構成する部材の自重を考慮する。

(2) 静水圧荷重 (P h)

静水圧荷重はVI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり、静水圧、抗力及び推力を考慮する。

a. 静水圧

流路縮小工の上下流の水位差を考慮した静水圧を考慮することとし、以下の式により算定する。

$$F_h = \gamma_w \times \Delta h \times A$$

ここで、

F_h : 静水圧 (kN)

γ_w : 海水の単位体積重量 (=10.1kN/m³)

Δh : 1号機取水口と1号機取水槽の水位差 (m)

A : 縮小板の面積 (m²)

b. 抗力

抗力は「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)」に基づき、以下の式により算定する。

$$F_d = \frac{1}{2} \times \rho_0 \times C_D \times A \times v^2$$

ここで、

F_d : 抗力 (kN)

ρ_0 : 密度 (=1.03t/m³)

C_D : 抗力係数 (=2.01)

A : 縮小板の面積 (m²)

v : 流速 (m/s)

c. 摩擦による推力

摩擦による推力は「水門鉄管技術基準 水圧鉄管・鉄鋼構造物編（（社）水門鉄管協会，2007年）」に基づき，以下の式により算定する。

$$P_{ht} = \frac{2fQ^2}{g \pi D^3} \times L$$

ここで，

P_{ht} : 摩擦による推力 (kN)

f : 流水の摩擦抵抗係数 ($=0.2 \cdot D^{-1/3}$)

D : 貫通部直径 (m)

L : 貫通部長さ (m)

Q : 流量 ($=v \times A'$) (m^3/s)

A' : 貫通部内空断面積 ($=\pi \times D^2/4$) (m^2)

v : 流速 (m/s)

g : 重力加速度 ($=9.80665m/s^2$)

(3) 余震荷重 (K S d)

余震荷重として，VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」に示すとおり，弾性設計用地震動 S d - D に伴う慣性力及び動水圧を考慮する。

なお，余震荷重の算定に用いる設計震度は，1号機取水槽付近の地盤物性のばらつきを考慮したものとして，VI-2-10-2-5「1号機取水槽の地震応答計算書」の地震応答解析結果から余裕を考慮した震度を用いる。

a. 慣性力

慣性力は，流路縮小工の重量に弾性設計用地震動 S d - D による設計水平震度を乗じた次式により算出する。

$$P_{ih} = W \times K_h$$

ここで，

P_{ih} : 水平慣性力 (kN)

W : 重量 (kN)

K_h : 弾性設計用地震動 S d - D による設計水平震度

b. 動水圧

動水圧は、以下の Westergaard の式により算定する。

$$P_{dw} = \pm \frac{7}{8} \times C \times K_h \times \gamma_w \times \sqrt{Z_{dw} \times z_{dw}}$$

ここで、

P_{dw} : 動水圧 (kN/m²) (上流及び下流の両側に作用するため 2 倍する)

C : 補助係数 (=1.0)

K_h : 弾性設計用地震動 S d - D による設計水平震度

γ_w : 海水の単位体積重量 (=10.1kN/m³)

Z_{dw} : 水深 (m)

z_{dw} : 水面から動水圧を求める点までの深さ (m)

VI-2-10-2-6「1号機取水槽流路縮小工の耐震性についての計算書」のうち「3.6 固有値解析」に示すとおり、流路縮小工の固有振動数は 20Hz 以上であることを確認している。流路縮小工の強度評価に用いる設計震度は、流路縮小工を剛構造として考慮した VI-2-10-2-5「1号機取水槽の地震応答計算書」の地震応答解析結果より、地盤物性のばらつきを含めた結果を踏まえた余裕を考慮した震度を用いる。

強度評価に用いる設計震度を表 3-6 に示す。

表 3-6 強度評価に用いる設計震度

設置場所	弾性設計用地震動 S d - D による設計震度
	水平方向 k_h
1号機取水槽北側壁	0.7

3.6.2 荷重の組合せ

流路縮小工の評価に用いる荷重の組合せを以下に示す。荷重の組合せを表 3-7 に、荷重の作用図を図 3-4 に示す。

(1) 津波時

$$G + P h$$

ここで、

G : 固定荷重

P h : 静水圧荷重

(2) 重畳時

$$G + P h + K S d$$

ここで、

G : 固定荷重

P h : 静水圧荷重

K S d : 余震荷重（弾性設計用地震動 S d - D）

表 3-7 荷重の組合せ

種別	荷重	記号	算定方法
固定荷重	躯体自重	G	設計図書に基づいて、対象構造物の体積に材料の密度を乗じて設定する。
静水圧荷重	静水圧	P h	管路解析より 1 号機取水口と 1 号機取水槽との水位差による静水圧を考慮する。
	抗力		津波流速により縮小板に作用する荷重を考慮する。
	推力		津波流速により縮小板に作用する荷重を考慮する。
余震荷重	慣性力	K S d	弾性設計用地震動 S d - D による躯体の慣性力を考慮する。
	動水圧		管路解析より 1 号機取水槽の水位が最大となる水位での動水圧を考慮する。

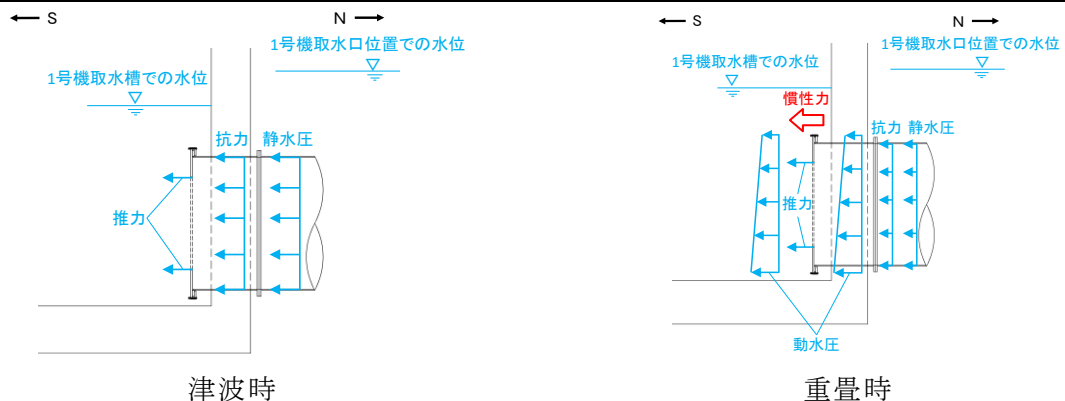


図 3-4 流路縮小工の荷重作用図

3.6.3 荷重の選定

津波時及び重畳時の作用荷重を表 3-8 に示す。表 3-8 より、津波時荷重が重畳時荷重よりも大きくなることから、強度評価に用いる荷重の組合せは、津波時を対象とする。

表 3-8 (1) 縮小板及び固定ボルトの作用荷重

項 目		単位	津波時	重畳時
慣性力	P_{ih}	kN	—	18
動水圧	P_{dw}	kN	—	893
抗力	F_d	kN	756	272
静水圧	F_h	kN	617	171
摩擦による推力	P_{ht}	kN	0	0
合計値	P	kN	1373	1354

表 3-8 (2) 取水管(フランジ部)の作用荷重

項 目		単位	津波時	重畳時
慣性力	P_{ih}	kN	—	32
動水圧	P_{dw}	kN	—	893
抗力	F_d	kN	756	272
静水圧	F_h	kN	617	171
摩擦による推力	P_{ht}	kN	0	0
合計値	P	kN	1373	1368

3.7 許容限界

流路縮小工の許容限界は、「3.5 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

3.7.1 使用材料

流路縮小工を構成する各部材の使用材料を表 3-9 に示す。

表 3-9 使用材料

評価対象部位	材質	仕様
縮小板	SS400	t = 40 (mm) *
固定ボルト	SCM435	内側 : M30, 外側 : M24
取水管 (フランジ部)	SS400	t = 46 (mm) *

注記* : エロージョン摩耗に対する設計・施工上の配慮として、縮小板の余裕厚を 4mm として考慮し、板厚を $44 - 4 = 40$ (mm) と設定する。また、取水管 (フランジ部) についても、余裕厚を 4mm として考慮し、取水管 (フランジ部) の板厚を $50 - 4 = 46$ (mm) と設定する。

3.7.2 許容限界

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

流路縮小工を構成する各部材の許容限界のうち、縮小板及び取水管 (フランジ部) は「鋼構造設計規準—許容応力度設計法— ((社) 日本建築学会, 2005 年改定) 」に基づき、固定ボルトは、「鋼構造許容応力度設計規準 ((社) 日本建築学会, 2019 年制定) 」及び「J I S B 1 0 5 1 炭素鋼及び合金鋼製締結用部品の機械的性質—強度区分を規定したボルト, 小ねじ及び植込みボルト—並目ねじ及び細目ねじ」に基づき設定した短期許容応力度とする。流路縮小工を構成する各部材の許容限界を表 3-10 に示す。

表 3-10 流路縮小工を構成する各部材の許容限界

評価対象部位	材質	短期許容応力度 (N/mm ²)		
		曲げ	せん断	引張
縮小板	SS400	235	135	—
固定ボルト	SCM435	—	—	560
取水管 (フランジ部)	SS400	215	124	—

3.8 評価方法

流路縮小工を構成する各部材に発生する応力度が、許容限界以下であることを確認する。

3.8.1 縮小板

縮小板の管軸方向（水平方向）に対する強度評価を実施する。外径を固定とする有孔円板に等分布荷重が作用することで縮小板に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(1) 縮小板に作用する単位面積あたりの等分布荷重

縮小板に作用する単位長さあたりの等分布荷重は、以下の式より算出する。

$$p_0 = \frac{P}{A_{11}}$$

$$A_{11} = (a_1^2 - b_1^2) \times \pi$$

ここで、

p_0 : 縮小板に作用する単位面積あたりの等分布荷重 (kN/mm²)

A_{11} : 縮小板の作用面積 (mm²)

P : 縮小板に作用する津波時荷重 (kN)

a_1 : 縮小板の外半径 (mm)

b_1 : 縮小板の内半径 (mm)

(2) 縮小板に生じる曲げモーメント

縮小板に生じる曲げモーメントについて、「構造力学公式集（（社）土木学会，1986年）」に基づき以下の式より算出する。

$$M_{r1} = \frac{p_0 a_1^2}{16} \left[(1+\nu)(1-\kappa_1) + 4\beta_1^2 - (3+\nu)\rho_1^2 - \frac{(1-\nu)\kappa_1}{\rho_1^2} + 4\beta_1^2(1+\nu) \ln \rho_1 \right]$$

$$M_{\theta 1} = \frac{p_0 a_1^2}{16} \left[(1+\nu)(1-\kappa_1) + 4\nu\beta_1^2 - (1+3\nu)\rho_1^2 + \frac{(1-\nu)\kappa_1}{\rho_1^2} + 4\beta_1^2(1+\nu) \ln \rho_1 \right]$$

$$\kappa_1 = \beta_1^2 \frac{(1-\nu)\beta_1^2 + (1+\nu)(1+4\beta_1^2 \ln \beta_1)}{1-\nu + (1+\nu)\beta_1^2}$$

$$\beta_1 = \frac{b_1}{a_1}$$

$$\rho_1 = \frac{r_1}{a_1}$$

ここで、

M_{r1} : 縮小板に生じる半径方向の曲げモーメント (kN・mm/mm)

$M_{\theta 1}$: 縮小板に生じる周方向の曲げモーメント (kN・mm/mm)

p_0 : 縮小板に作用する単位面積あたりの等分布荷重 (kN/mm²)

a_1 : 縮小板の外半径 (mm)

ν : ポアソン比

b_1 : 縮小板の内半径 (mm)

r_1 : 縮小板の中心から半径方向の距離 (mm)

$\kappa_1, \beta_1, \rho_1$: 係数

(3) 縮小板に生じる最大曲げ応力度

縮小板に生じる最大曲げ応力度について、「構造力学公式集（（社）土木学会，1986年）」に基づき，以下の式より算出する。

$$\sigma_1 = \frac{\sqrt{M_{r1}^2 + M_{\theta 1}^2}}{Z_1}$$

$$Z_1 = \frac{t_1^2}{6}$$

ここで，

σ_1 : 縮小板に生じる最大曲げ応力度 (kN/mm²)

Z_1 : 縮小板の断面係数 (mm³/mm)

M_{r1} : 縮小板に生じる半径方向の曲げモーメント (kN・mm/mm)

$M_{\theta 1}$: 縮小板に生じる周方向の曲げモーメント (kN・mm/mm)

t_1 : 縮小板の板厚 (mm)

(4) 縮小板に生じる最大せん断応力度

縮小板に生じる最大せん断応力度は，以下の式より算出する。

$$\tau_1 = \frac{S_1}{A_{12}}$$

$$A_{12} = 2 \cdot \pi \cdot a_1 \cdot t_1$$

ここで，

τ_1 : 縮小板に生じる最大せん断応力度 (kN/mm²)

A_{12} : 縮小板の有効せん断面積 (mm²)

S_1 : 縮小板に作用するせん断力 (=P) (kN)

P : 縮小板に作用する津波時荷重 (kN)

a_1 : 縮小板の外半径 (mm)

t_1 : 縮小板の板厚 (mm)

3.8.2 固定ボルト

固定ボルトの管軸方向（水平方向）に対する強度評価を実施する。固定ボルトには、縮小板に作用する水平力により固定ボルトに作用する引張力に加え、縮小板外縁に生じる曲げモーメントに伴い固定ボルトに作用する引張力を有効断面積で除することで求めた応力度が許容限界以下であることを確認する。

(1) 固定ボルトに生じる最大応力度

固定ボルトに生じる最大応力度は、以下の式より算出する。

$$T = T_1 + T_2$$

$$T_1 = \frac{P}{n}$$

$$T_2 = M \cdot \pi \cdot D_1 \cdot \frac{1}{n \cdot l_1}$$

$$M = \sqrt{M_{r1}^2 + M_{\theta 1}^2}$$

$$\sigma_b = \frac{T}{A}$$

ここで、

T : 内側固定ボルトに作用する引張力 (kN/本)

T_1 : 縮小板に作用する荷重により内側固定ボルトに作用する引張力 (kN/本)

T_2 : 縮小板に生じる曲げモーメントにより内側固定ボルトに作用する
引張力 (kN/本)

M : 縮小板に生じる曲げモーメント合力 (kN・mm/mm)

σ_b : 内側固定ボルトに生じる最大応力度 (kN/mm²)

P : 内側固定ボルトに作用する津波時荷重 (kN)

n : 内側固定ボルトの本数 (本)

D_1 : フランジ外径 (mm)

l_1 : 支点間距離 (mm)

M_{r1} : 縮小板に生じる半径方向の曲げモーメント (kN・mm/mm)

$M_{\theta 1}$: 縮小板に生じる周方向の曲げモーメント (kN・mm/mm)

A : 内側固定ボルト 1 本の有効断面積 (mm²)

3.8.3 取水管（フランジ部）

取水管（フランジ部）の管軸方向（水平方向）に対する強度評価を実施する。取水管（フランジ部）は内側固定ボルトを介して荷重が作用するものとして、内径を固定とする有孔円板に等分布荷重が作用することで取水管（フランジ部）に生じる応力度が許容限界以下であることを確認する。

(1) 取水管（フランジ部）に作用する単位長さあたりの等分布荷重

取水管（フランジ部）に作用する単位長さあたりの等分布荷重は、以下の式より算出する。

$$P' = \frac{P}{L_f}$$

$$L_f = 2 \cdot \pi \cdot b_f$$

ここで、

P' : 取水管（フランジ部）に作用する単位長さあたりの等分布荷重（kN/mm）

L_f : 取水管（フランジ部）の外周長（mm）

P : 取水管（フランジ部）に作用する津波時荷重（kN）

b_f : 取水管（フランジ部）の外半径（mm）

(2) 取水管（フランジ部）に生じる曲げモーメント

取水管（フランジ部）に生じる曲げモーメントについて、「構造力学公式集（（社）土木学会，1986年）」に基づき，以下の式より算出する。

$$M_{rf} = \frac{P'a_f\beta_f}{2} \left[-1 + (1+\nu)\kappa_f + (1-\nu)\frac{\kappa_f}{\rho_f} - (1+\nu)\ln\rho_f \right]$$

$$M_{\theta f} = \frac{P'a_f\beta_f}{2} \left[-\nu + (1+\nu)\kappa_f - (1-\nu)\frac{\kappa_f}{\rho_f} - (1+\nu)\ln\rho_f \right]$$

$$\kappa_f = \beta_f^2 \frac{1 + (1+\nu)\ln\beta_f}{1 - \nu + (1+\nu)\beta_f^2}$$

$$\beta_f = \frac{b_f}{a_f}$$

$$\rho_f = \frac{r_f}{a_f}$$

ここで，

M_{rf} : 取水管（フランジ部）に生じる半径方向の曲げモーメント（kN・mm/mm）

$M_{\theta f}$: 取水管（フランジ部）に生じる周方向の曲げモーメント（kN・mm/mm）

P' : 取水管（フランジ部）に作用する単位長さあたりの等分布荷重（kN/mm）

a_f : 取水管（フランジ部）の内半径（mm）

ν : ポアソン比

b_f : 取水管（フランジ部）の外半径（mm）

r_f : 取水管（フランジ部）の中心から半径方向の距離（mm）

$\kappa_f, \beta_f, \rho_f$: 係数

(3) 取水管（フランジ部）に生じる最大曲げ応力度

取水管（フランジ部）に生じる最大曲げ応力度について、「構造力学公式集（（社）土木学会，1986年）」に基づき以下の式より算出する。

$$\sigma_f = \frac{\sqrt{M_{rf}^2 + M_{\theta f}^2}}{Z_f}$$

$$Z_f = \frac{t_f^2}{6}$$

ここで、

σ_f : 取水管（フランジ部）に生じる最大曲げ応力度（kN/mm²）

Z_f : 取水管（フランジ部）の断面係数（mm³/mm）

M_{rf} : 取水管（フランジ部）に生じる半径方向の曲げモーメント（kN・mm/mm）

$M_{\theta f}$: 取水管（フランジ部）に生じる周方向の曲げモーメント（kN・mm/mm）

t_f : 取水管（フランジ部）の板厚（mm）

(4) 取水管（フランジ部）に生じる最大せん断応力度

取水管（フランジ部）に生じる最大せん断応力度は、以下の式より算出する。

$$\tau_f = \frac{S_f}{A_3}$$

$$A_3 = t_f \cdot l_f$$

$$l_f = \pi \cdot (D_i + 2t_p)$$

ここで、

τ_f : 取水管（フランジ部）に生じる最大せん断応力度（kN/mm²）

A_3 : 取水管（フランジ部）付け根の断面積（mm²）

l_f : 取水管（フランジ部）付け根の周長（mm）

S_f : 取水管（フランジ部）に作用するせん断力（=P）（kN）

P : 取水管（フランジ部）に作用する津波時荷重（kN）

t_f : 取水管（フランジ部）の板厚（mm）

D_i : 取水管（フランジ部）の管内径（mm）

t_p : 取水管（管胴部）の管厚（mm）

3.9 評価条件

「3. 流路縮小工の強度評価」に用いる入力値を表 3-11～表 3-13 に示す。

表 3-11 流路縮小工の縮小板の強度評価に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P	kN	縮小板に作用する津波時荷重	1373
a_1	mm	縮小板の外半径	1925
b_1	mm	縮小板の内半径	<input type="text"/>
r_1	mm	縮小板の中心から半径方向の距離	1925
ν	—	ポアソン比	0.3
t_1	mm	縮小板の板厚	40

表 3-12 流路縮小工の固定ボルトの強度評価に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
D_1	mm	フランジ外径	3850
l_1	mm	支点間距離	111
P	kN	内側固定ボルトに作用する津波時荷重	1373
n	本	内側固定ボルトの本数	40
A	mm ²	内側固定ボルト 1 本の有効断面積	561

表 3-13 流路縮小工の取水管（フランジ部）の強度評価に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P	kN	取水管（フランジ部）に作用する津波時荷重	1373
b_f	mm	取水管（フランジ部）の外半径	1814
ν	—	ポアソン比	0.3
a_f	mm	取水管（フランジ部）の内半径	1675
r_f	mm	取水管（フランジ部）の中心から半径方向の距離	1675
t_f	mm	取水管（フランジ部）の板厚	46
S_f	kN	取水管（フランジ部）に作用するせん断力	1373
D_i	mm	取水管（フランジ部）の管内径	3350
t_p	mm	取水管（管胴部）の管厚	24

3.10 評価結果

流路縮小工の強度評価結果を表 3-14 に示す。各部材の断面照査を行った結果、すべての部材において発生応力度が許容限界以下であることを確認した。

表 3-14 流路縮小工の強度評価結果

評価対象部位		発生応力度 (N/mm ²)	許容限界 (N/mm ²)	照査値
縮小板	曲げ	152	235	0.65
	せん断	3	135	0.03
固定ボルト	引張	258	560	0.46
取水管 (フランジ部)	曲げ	53	215	0.25
	せん断	3	124	0.03