

- 2. 浸水防護施設に関する補足資料
 - 2.1 防波壁に関する補足説明
 - 2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明

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	17
2.4 適用規格・基準等	21
2.5 記号の説明	22
3. 評価対象部位	27
4. 耐震評価	28
4.1 耐震評価方法	28
4.2 荷重及び荷重の組合せ	36
4.2.1 荷重の組合せ	36
4.2.2 荷重の設定	38
4.2.3 荷重の算定	40
4.3 許容限界	49
4.3.1 使用材料	49
4.3.2 許容限界	50
4.4 評価方法	51
4.4.1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	51
4.4.2 漂流物対策工（鋼材）	52
4.5 評価条件	57
4.6 応力計算	60
4.6.1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	60
4.6.2 漂流物対策工（鋼材）	62
4.7 評価結果	69
4.7.1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	69
4.7.2 漂流物対策工（鋼材）	70
5. 強度計算	71
5.1 強度計算方法	71
5.2 荷重及び荷重の組合せ	71

5.2.1	荷重の組合せ	71
5.2.2	荷重の設定	75
5.2.3	荷重の算定	77
5.3	許容限界	81
5.3.1	使用材料	81
5.3.2	許容限界	81
5.4	評価方法	82
5.4.1	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	82
5.4.2	漂流物対策工（鋼材）	83
5.5	評価条件	84
5.6	応力計算	85
5.6.1	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	85
5.6.2	漂流物対策工（鋼材）	87
5.7	評価結果	91
5.7.1	漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）	91
5.7.2	漂流物対策工（鋼材）	91
	参考資料 1 耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定について	
	参考資料 2 アンカーボルトの許容限界について	
	参考資料 3 漂流物対策工の施工方法について	

1. 概要

本資料は、津波防護施設である防波壁に設置する漂流物対策工の耐震性について、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、防波壁に設置する漂流物対策工が基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有していることを確認するものである。また、漂流物対策工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基本方針」に示すとおり、漂流物対策工の構造健全性を保持することを確認するものである。

漂流物対策工に要求される機能の維持を確認するにあたっては、地震応答解析又は津波荷重及び漂流物衝突荷重に基づく構造部材の健全性評価を行う。

2. 基本方針

2.1 位置

漂流物対策工の設置範囲を図 2.1-1 に示す。

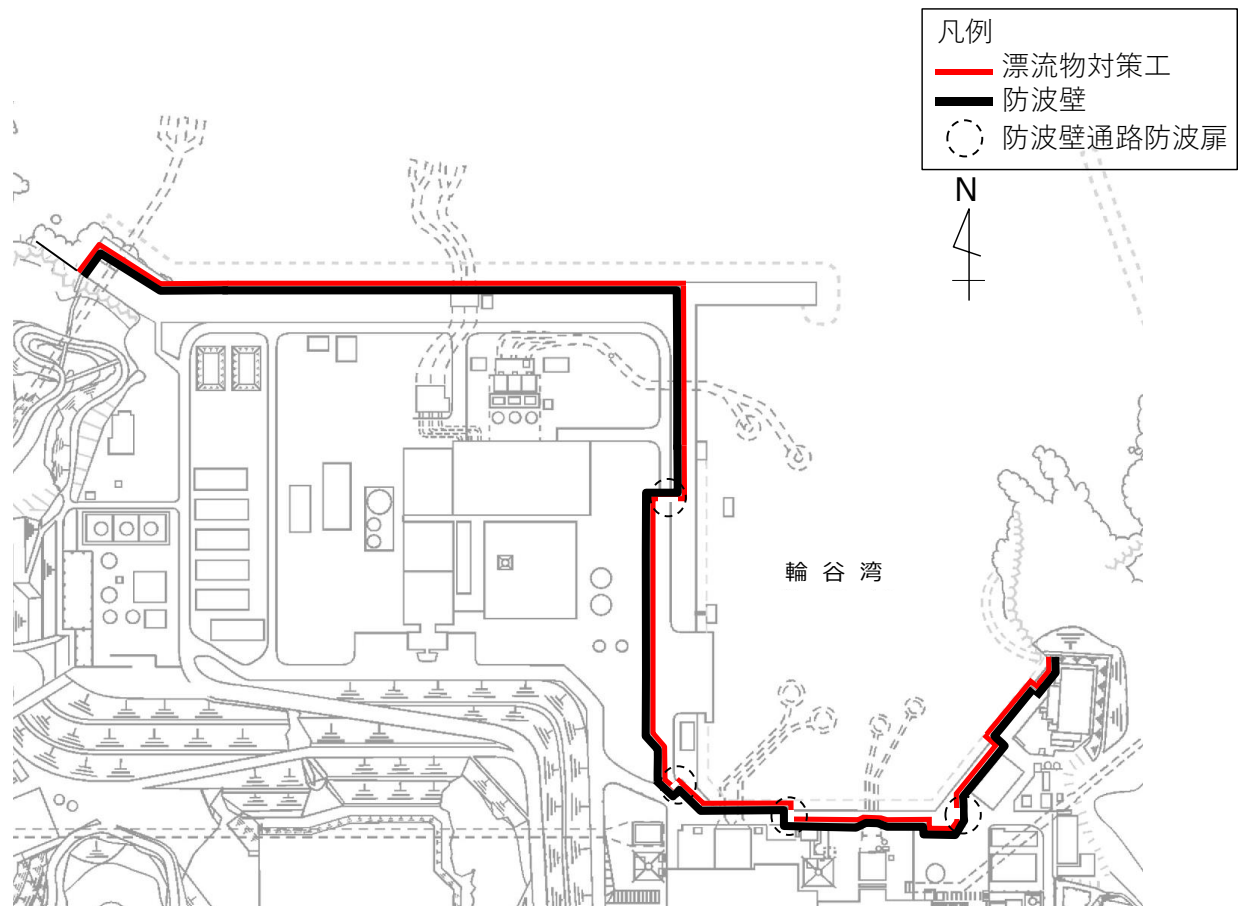


図 2.1-1 漂流物対策工の設置範囲

2.2 構造概要

漂流物対策工の配置図を図 2.2-1 に示す。防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に設置される漂流物対策工の構造概要図を図 2.2-2 に、防波壁（逆 T 擁壁）に設置される漂流物対策工の構造概要図を図 2.2-3 及び図 2.2-4 に、防波壁（波返重力擁壁）に設置される漂流物対策工の構造概要図を図 2.2-5 及び図 2.2-6 に示す。

漂流物対策工は、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に支持される構造（以下「漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）」という。）を基本とする。

防波壁（波返重力擁壁）のうちケーソンの前壁背面がコンクリートで充填されていないケーソンについて、ケーソンの前面に漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置する。

防波壁（逆 T 擁壁）に設置される漂流物対策工のうち、グラウンドアンカを設置している範囲は鋼材及びアンカーボルトにより構成する構造（以下「漂流物対策工（鋼材）」という。）とし、グラウンドアンカの保守管理時に取り外しが可能な構造とする。

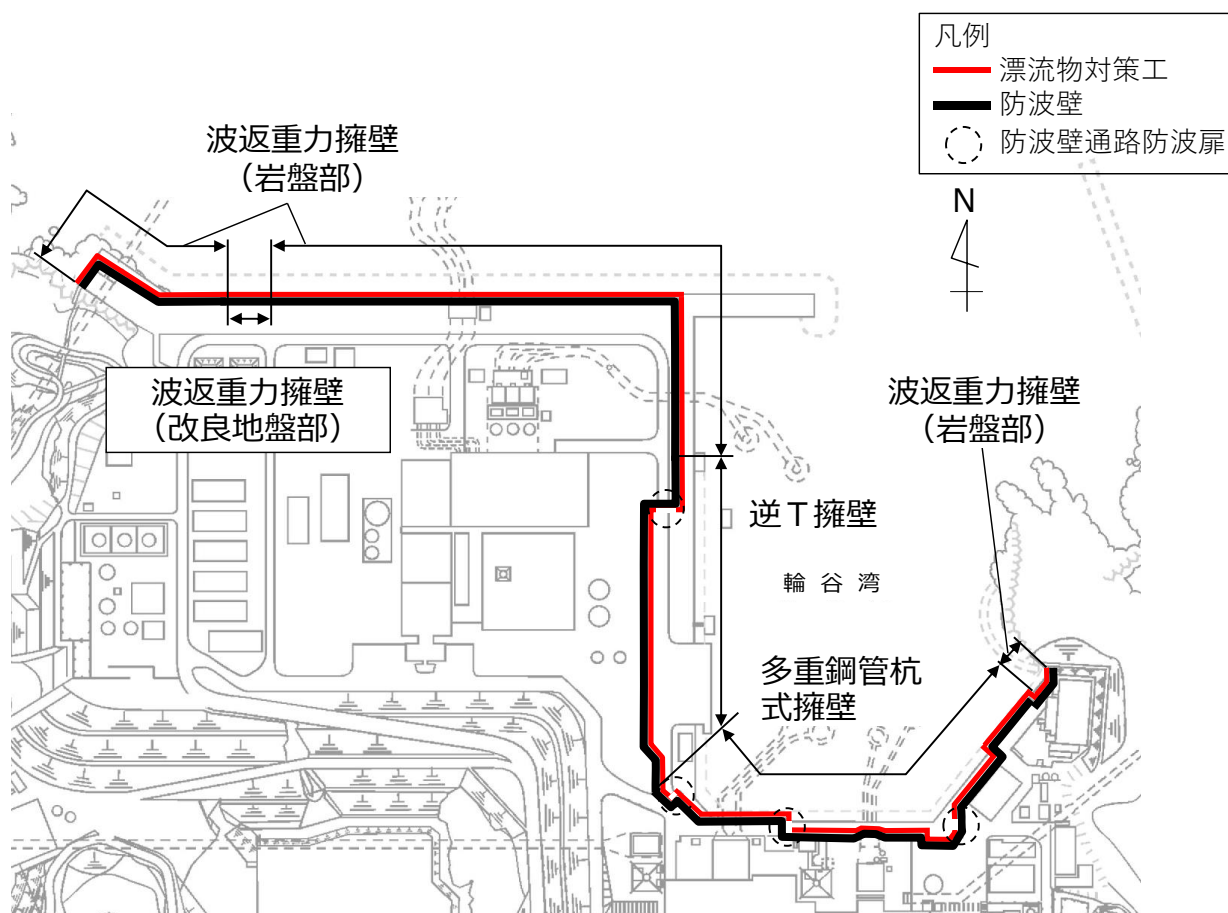


図 2.2-1 漂流物対策工の配置図

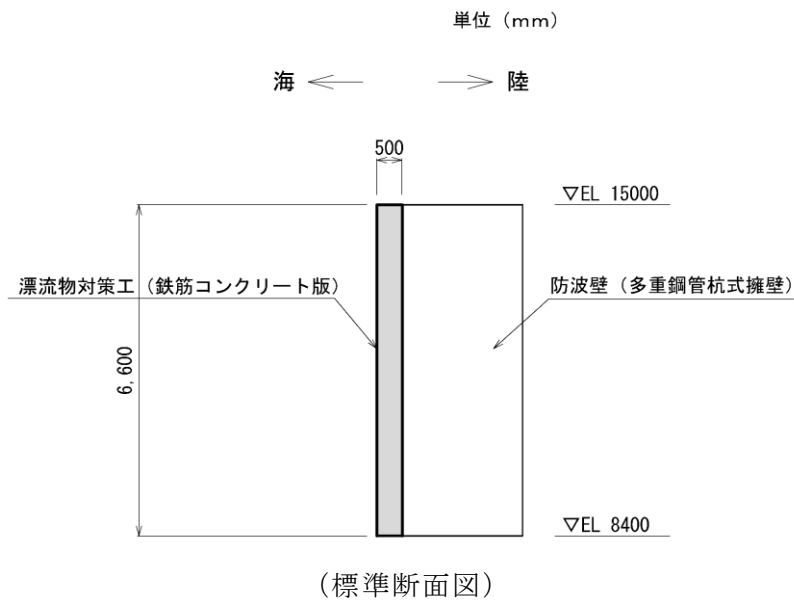
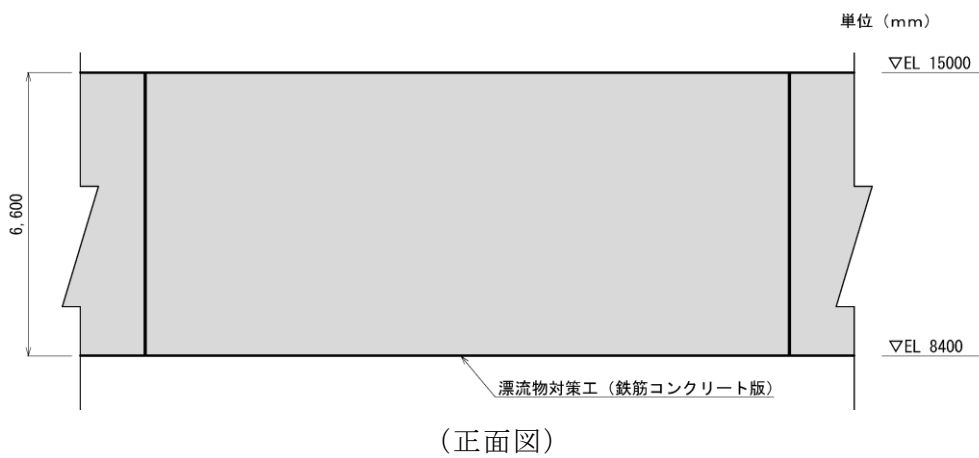
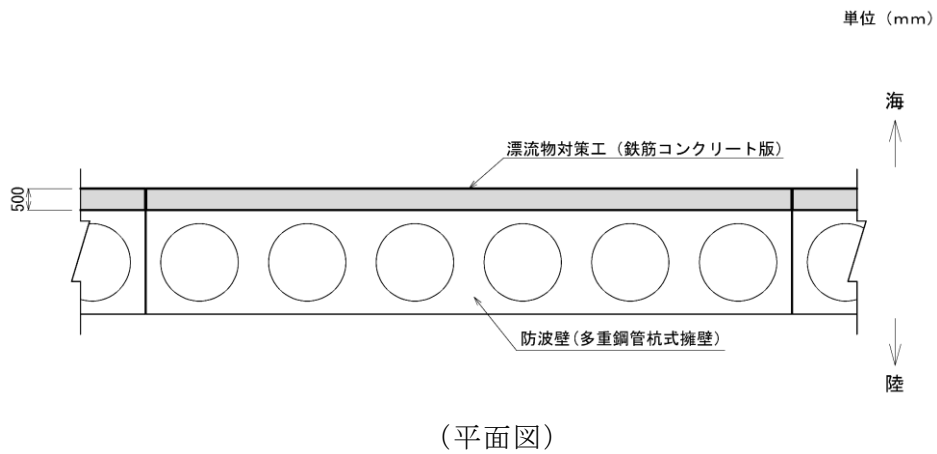
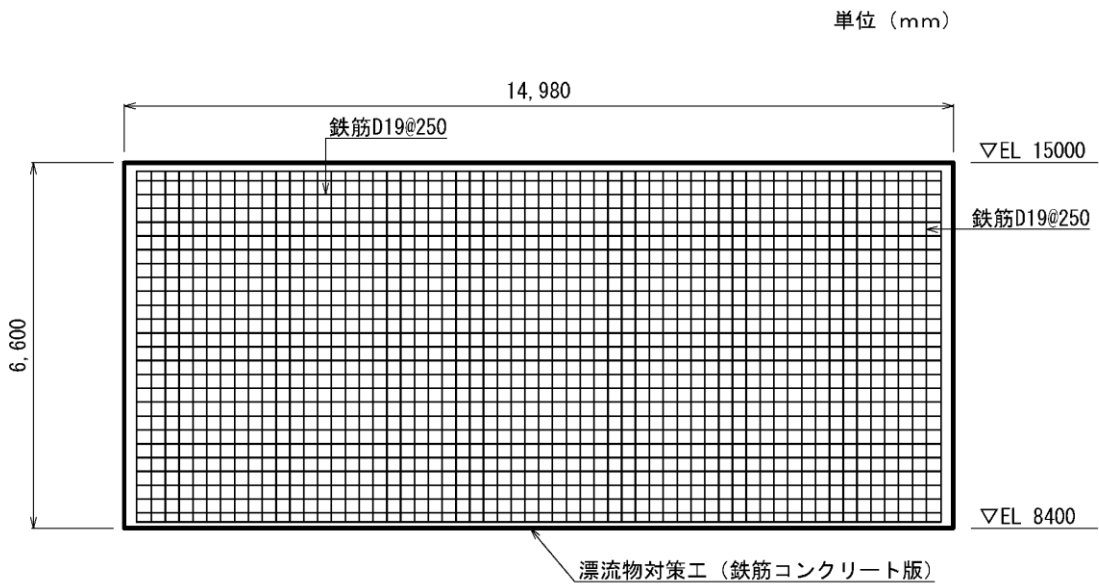
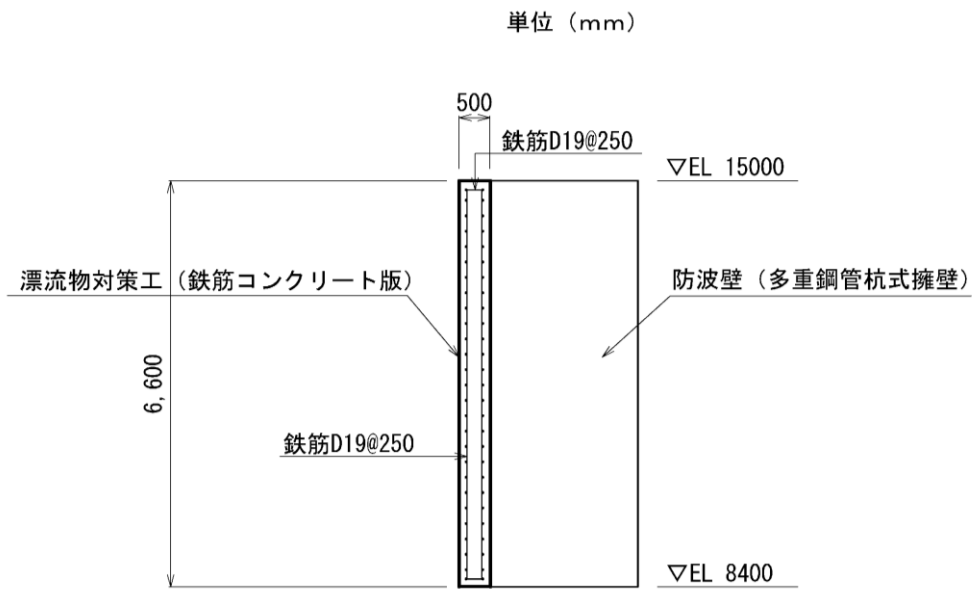


図 2.2-2(1) 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要

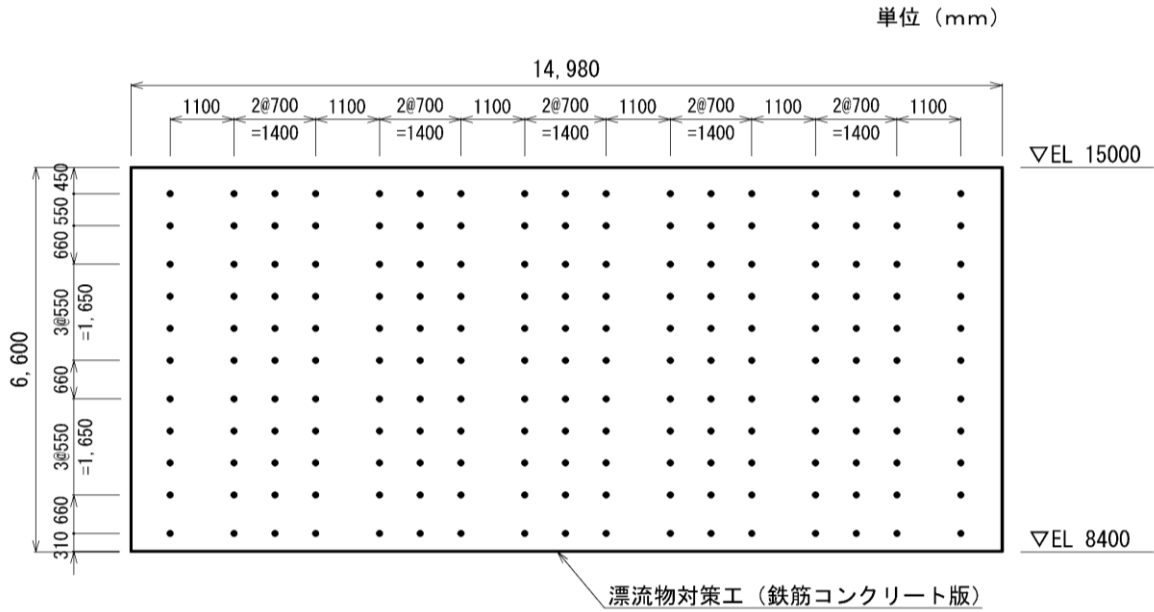


(概略配筋図 (正面図))

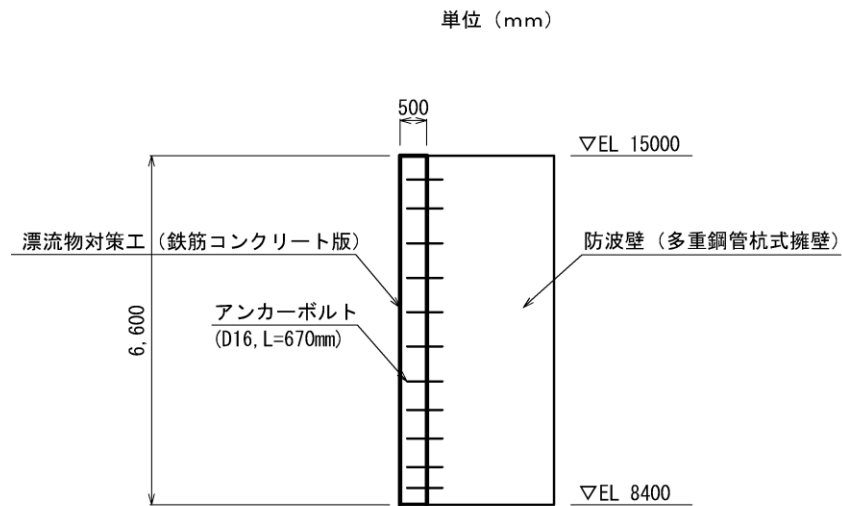


(概略配筋図 (断面図))

図 2.2-2(2) 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) における
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要

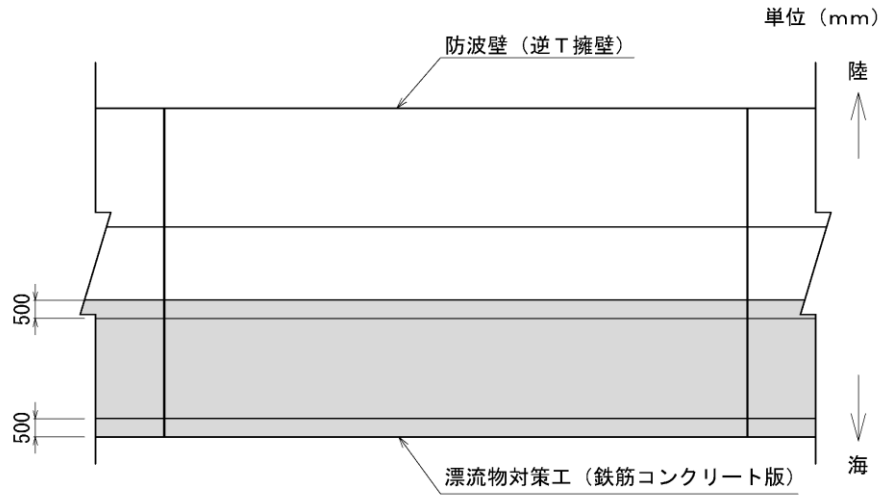


(アンカーボルト配置図 (正面図))

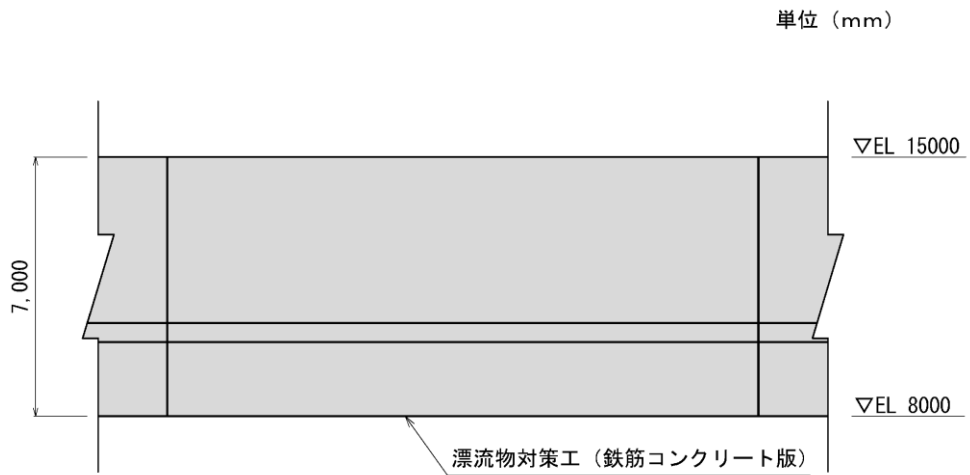


(アンカーボルト配置図 (断面図))

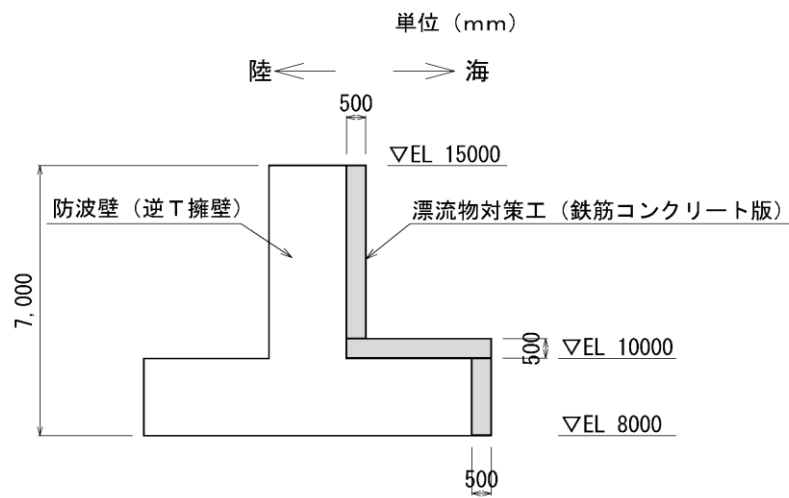
図 2.2-2(3) 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) における
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要



(平面図)



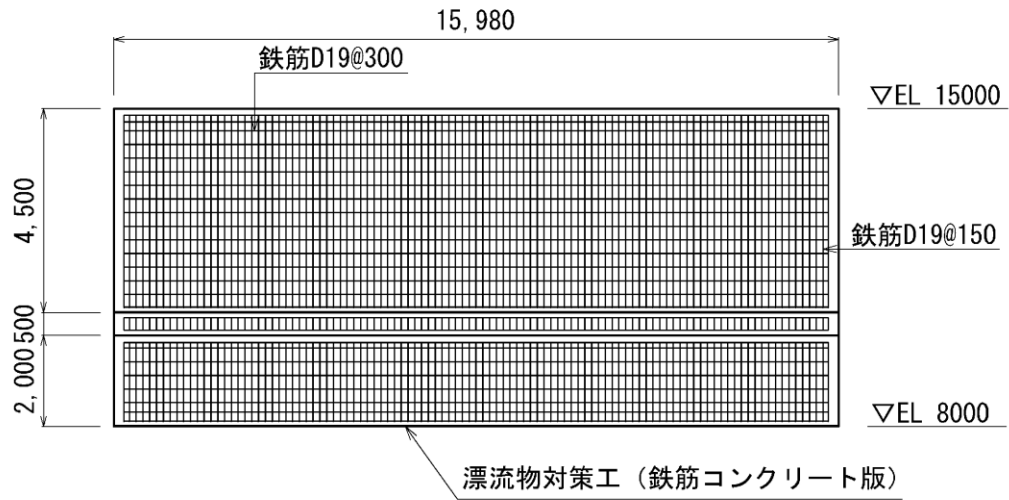
(正面図)



(標準断面図)

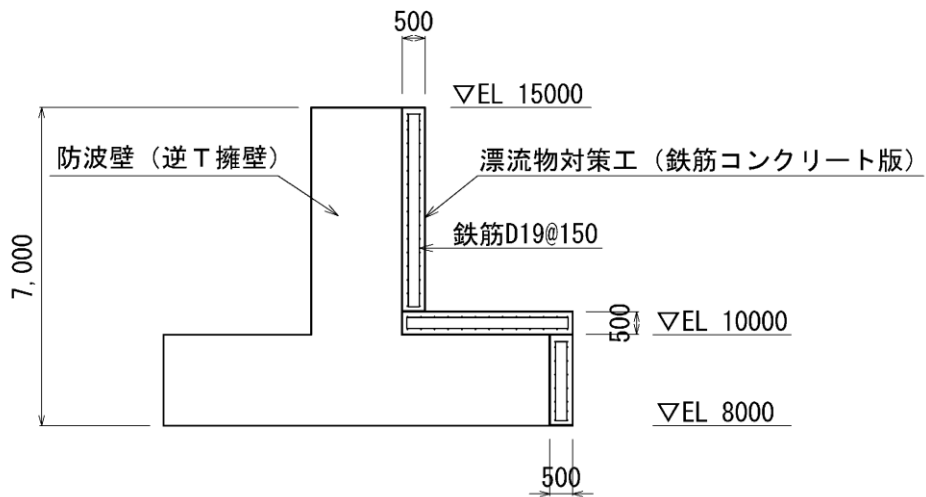
図 2.2-3(1) 防波壁 (逆T擁壁) における
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要

単位 (mm)



(概略配筋図 (正面図))

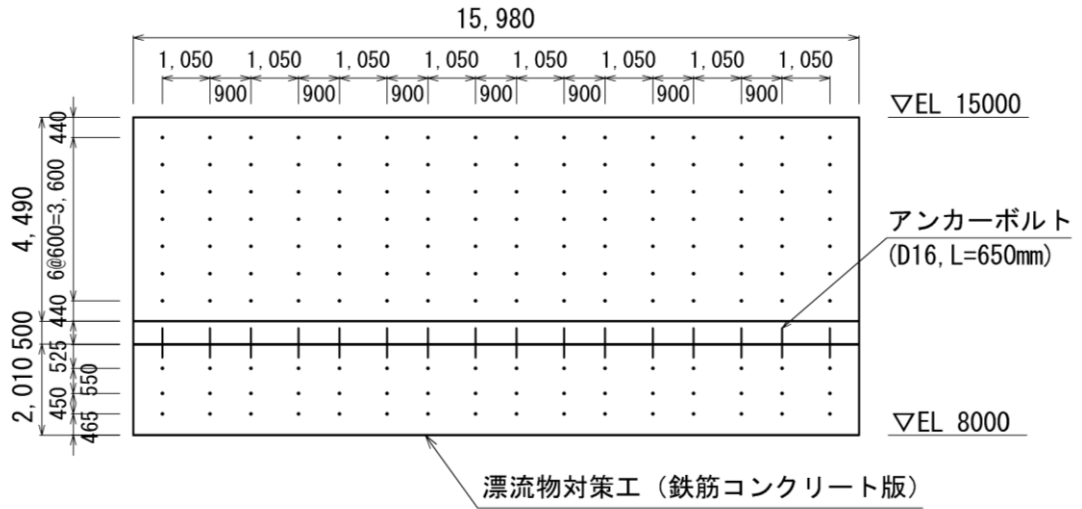
単位 (mm)



(概略配筋図 (断面図))

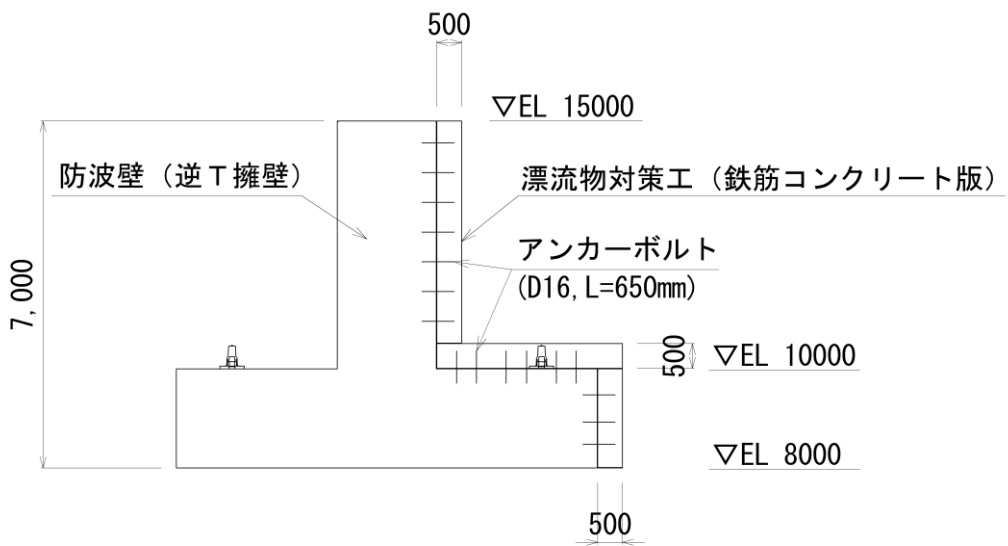
図 2.2-3(2) 防波壁 (逆T擁壁) における
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要

単位 (mm)



(アンカーボルト配置図 (正面図))

単位 (mm)



(アンカーボルト配置図 (断面図))

図 2.2-3(3) 防波壁 (逆T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

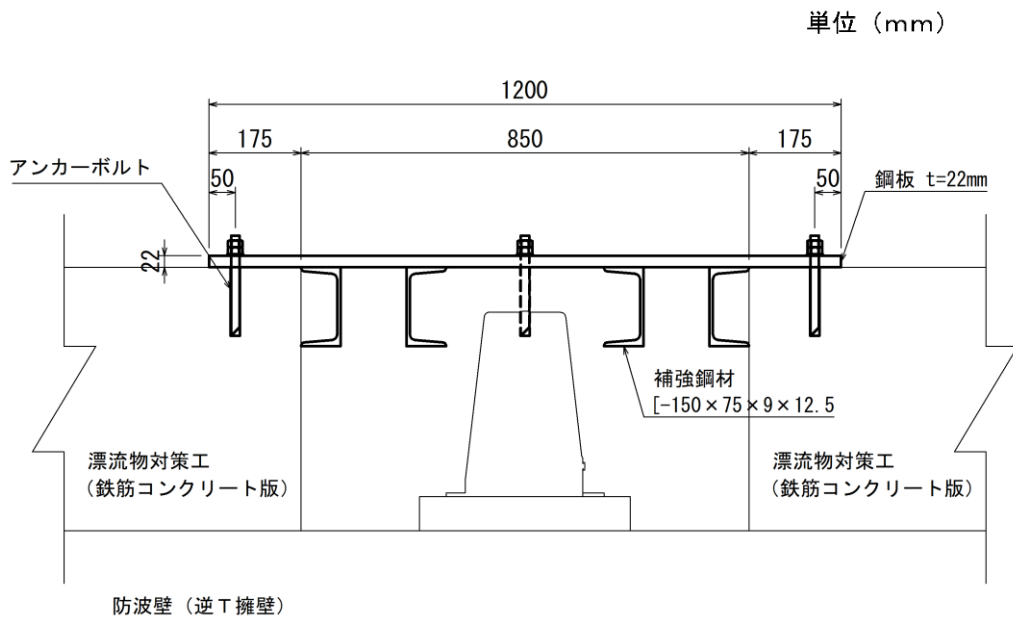
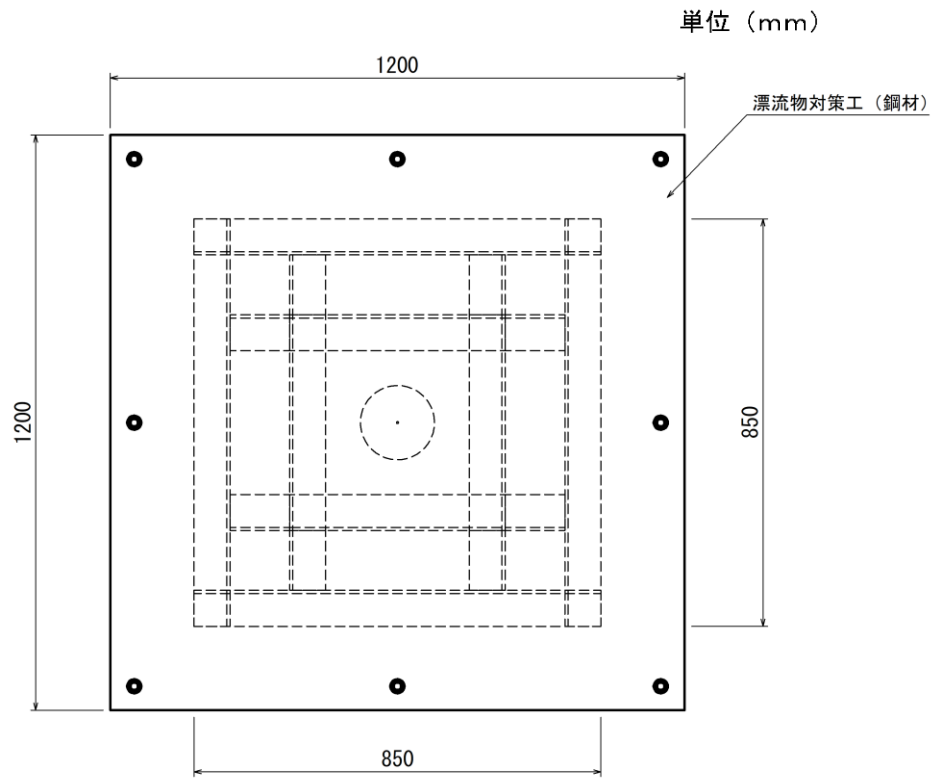
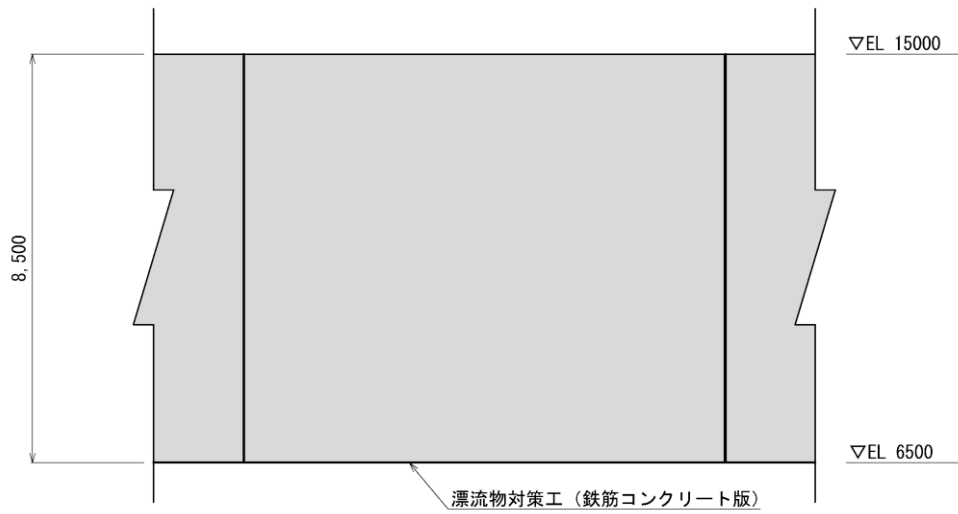
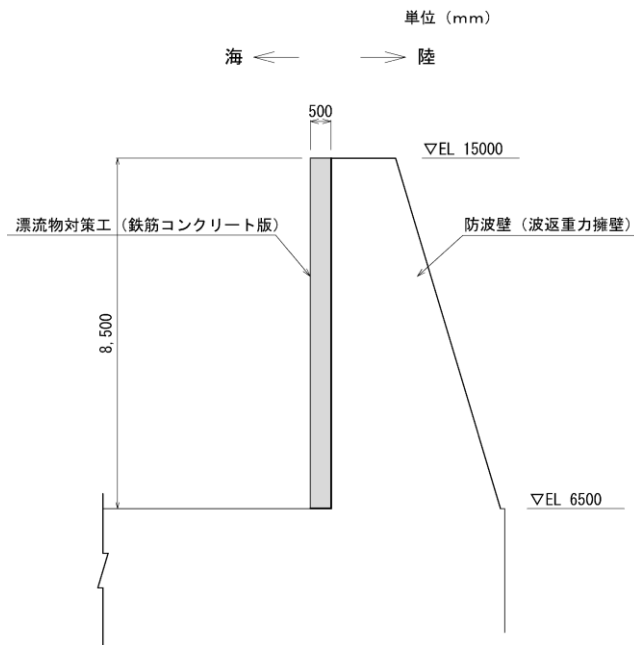


図 2.2-4 防波壁 (逆T擁壁) における漂流物対策工 (鋼材) の構造概要

単位 (mm)



(正面図)



(標準断面図)

図 2.2-5(1) 防波壁 (波返重力擁壁) における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要

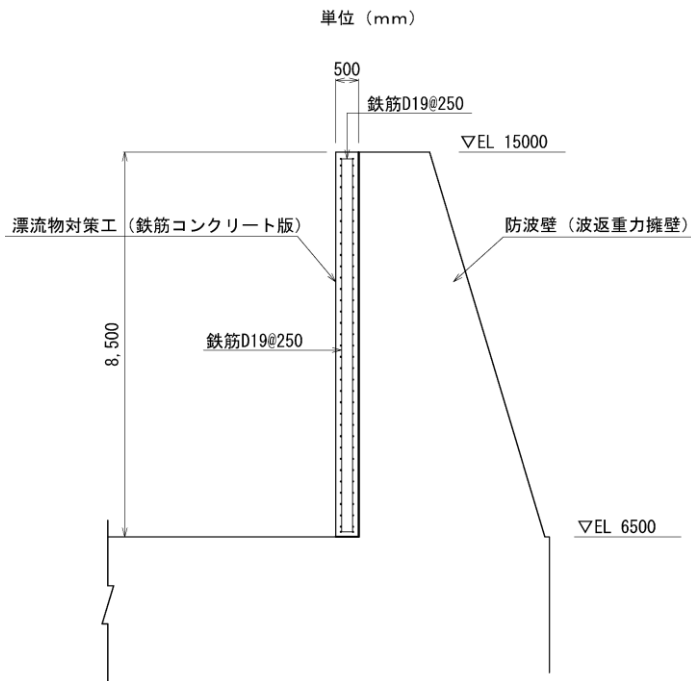
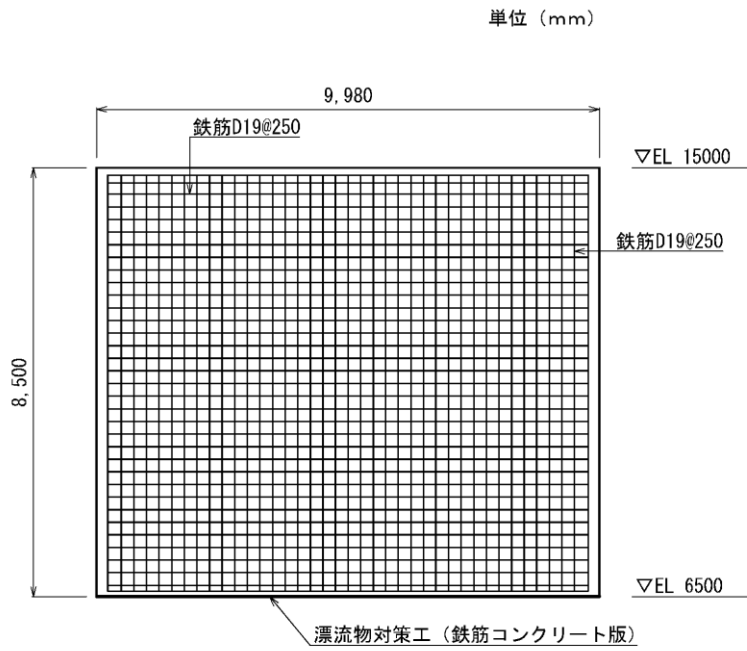
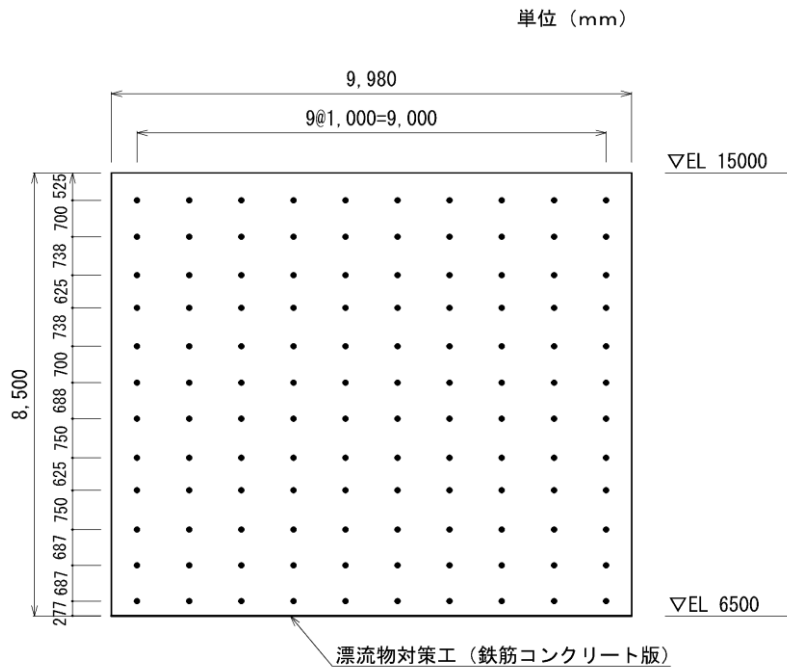
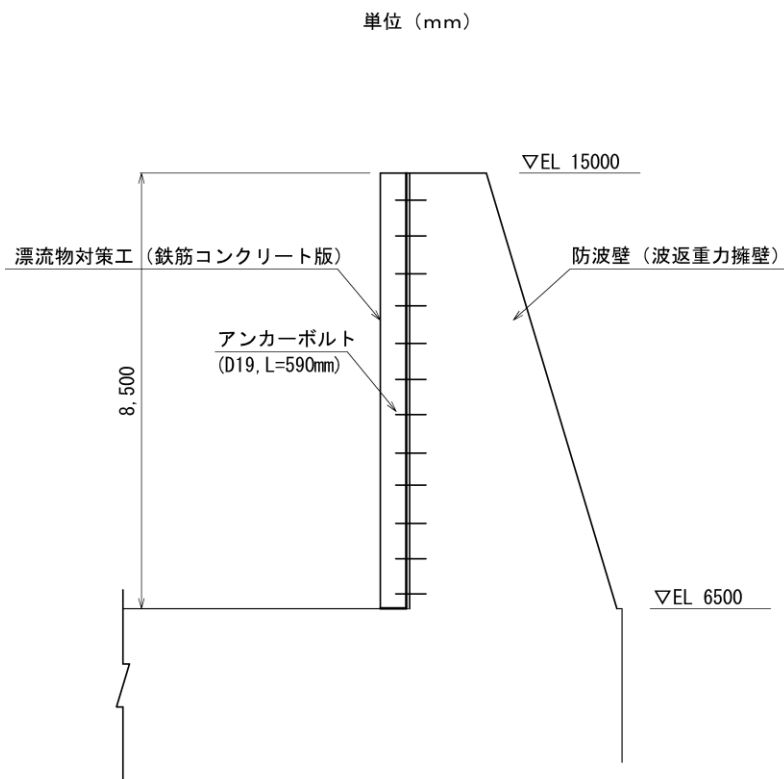


図 2.2-5(2) 防波壁 (波返重力擁壁) における漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要



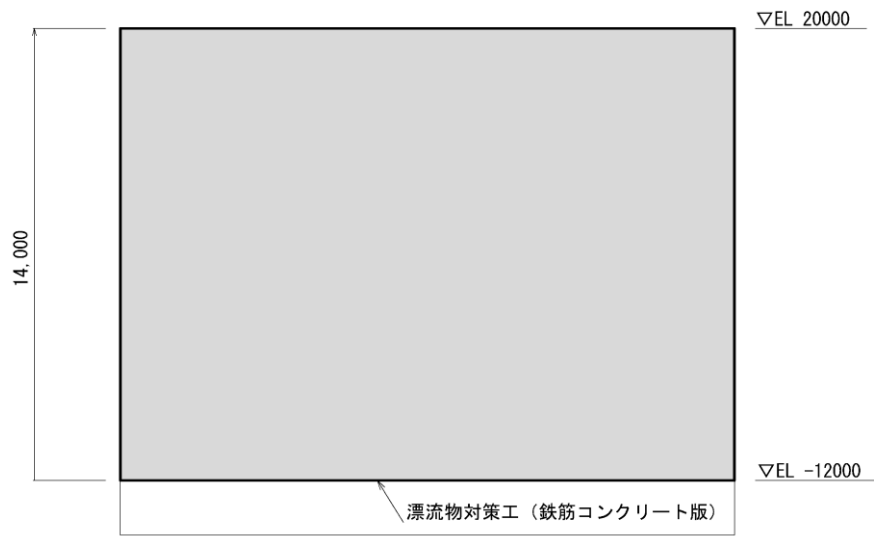
(アンカーボルト配置図 (正面図))



(アンカーボルト配置図 (断面図))

図 2.2-5(3) 防波壁 (波返重力擁壁) における
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の構造概要

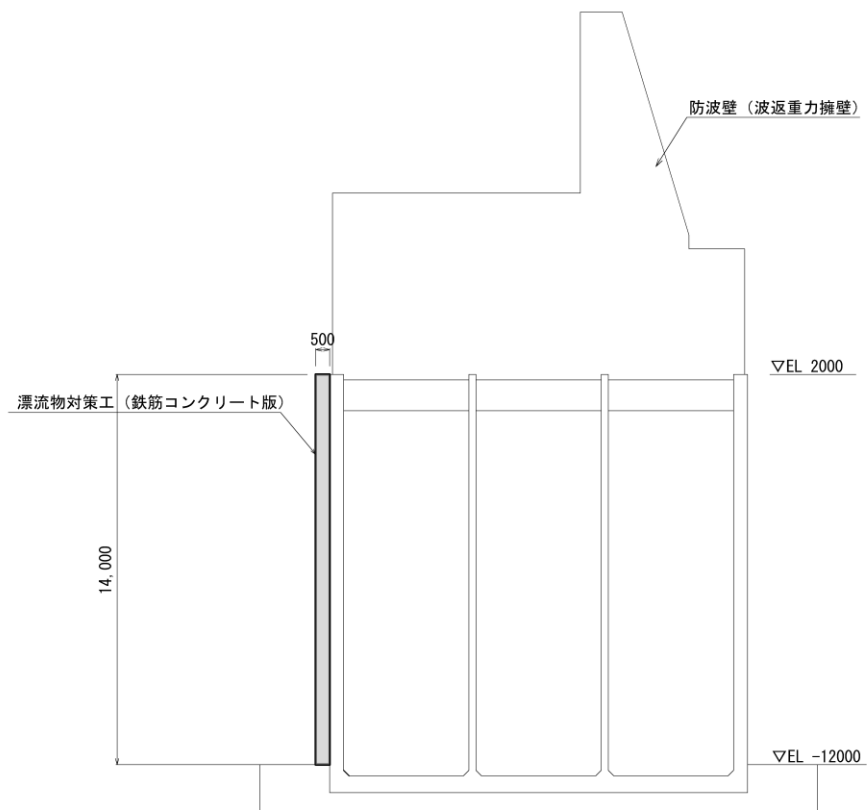
単位 (mm)



(正面図)

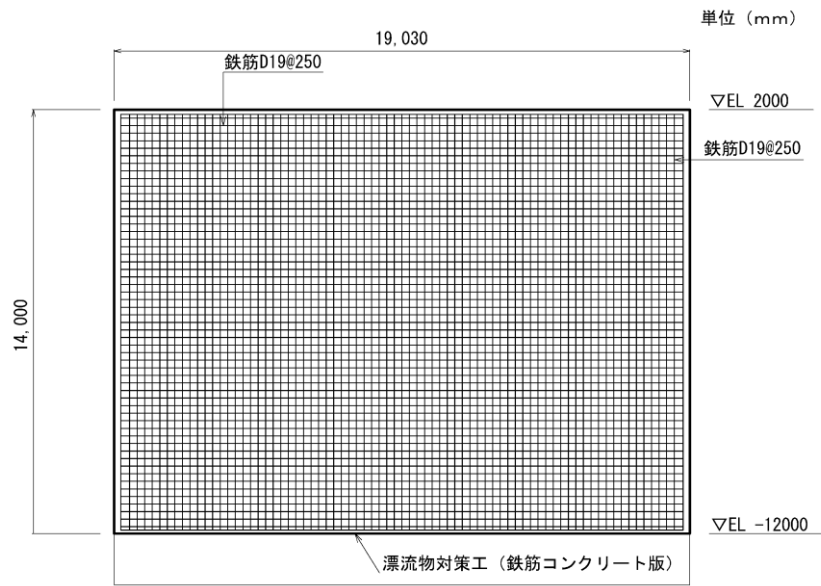
単位 (mm)

海 ← → 陸

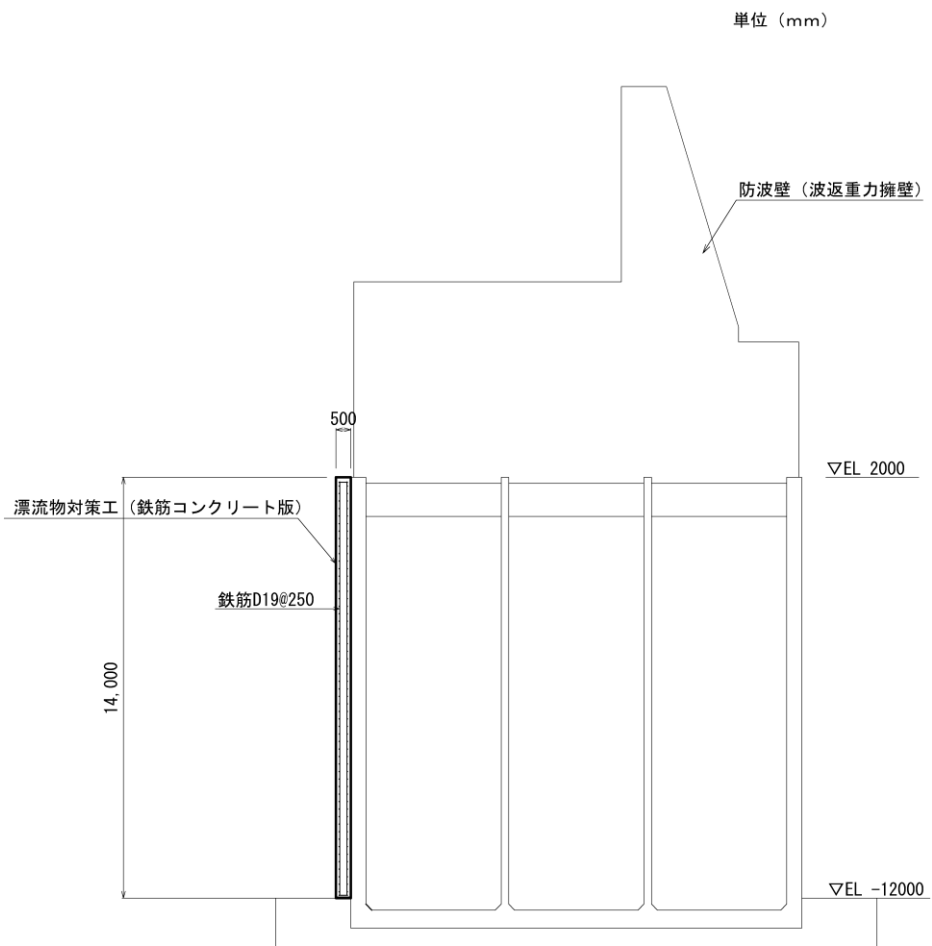


(標準断面図)

図 2.2-6(1) 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

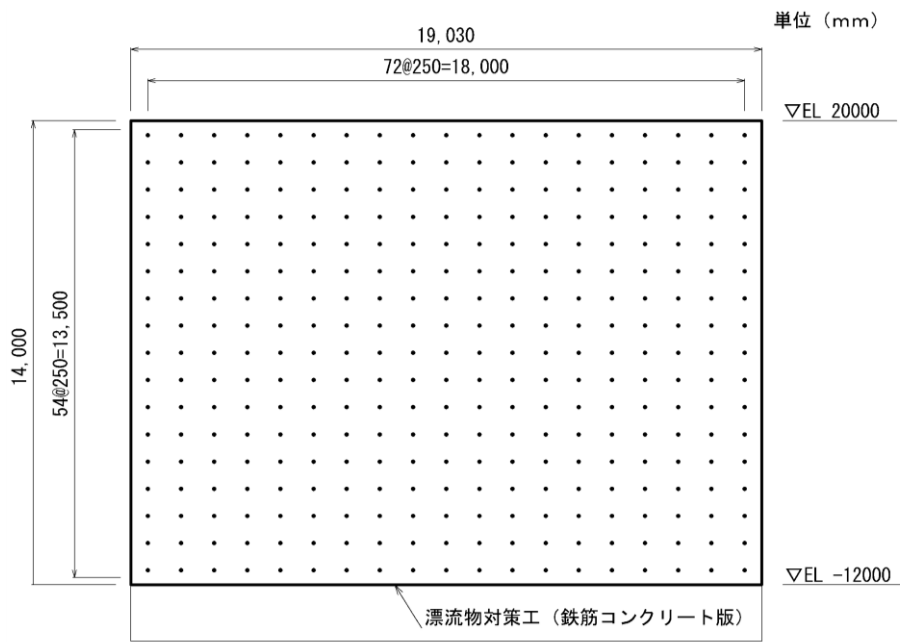


(概略配筋図 (正面図))

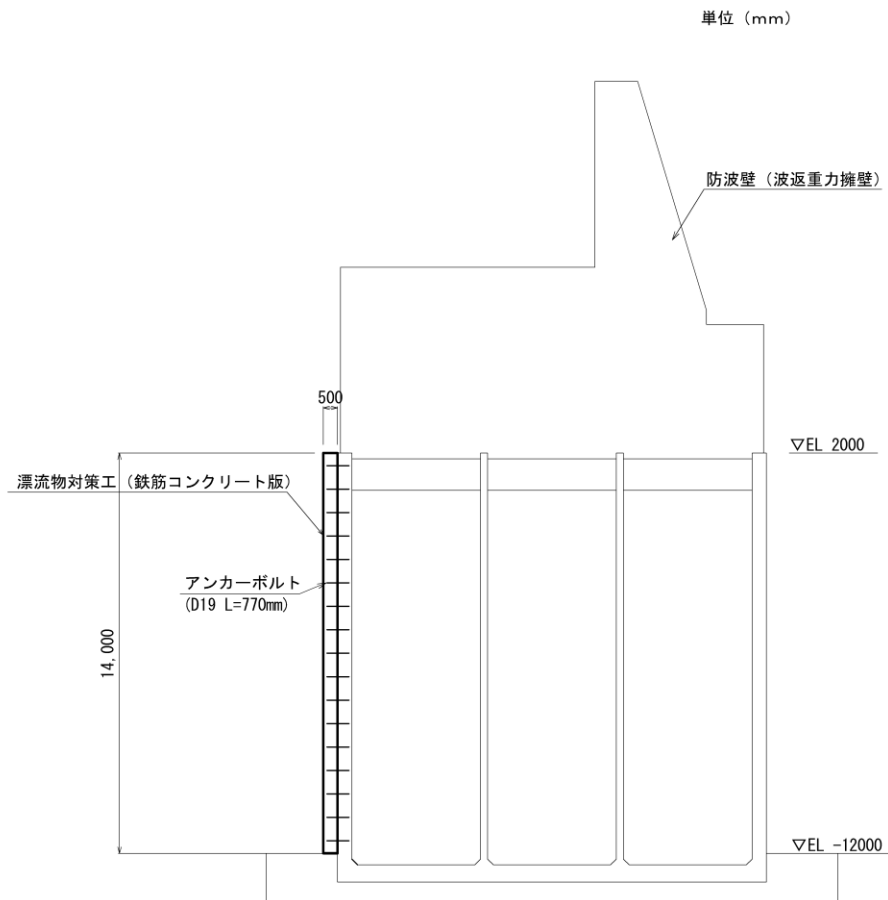


(概略配筋図 (断面図))

図 2.2-6(2) 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



(アンカーボルト配置図 (正面図))



(アンカーボルト配置図 (断面図))

図 2.2-6(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

2.3 評価方針

漂流物対策工は、津波防護施設である防波壁に設置し、漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達し、防波壁の局所的な損傷を防止する機能、又は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。

漂流物対策工の各部位の役割及び性能目標を表 2.3-1 及び表 2.3-2 に示す。

漂流物対策工の耐震評価は、表 2.3-3 に示すとおり、防波壁の地震応答解析結果に基づき、地震時の慣性力により漂流物対策工が防波壁から分離しないことを確認する。

漂流物対策工の強度計算は、表 2.3-4 に示すとおり、津波時及び重畳時の荷重に対して、漂流物対策工を構成する鉄筋コンクリート版がせん断破壊又は鋼材が破断しないことを確認する。

漂流物対策工の耐震評価フローを図 2.3-1 に、強度計算フローを図 2.3-2 に示す。

表 2.3-1 漂流物対策工の各部位の役割

	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(防波壁の解析モデルに重量として考慮し、防波壁への影響を考慮する)。 	<ul style="list-style-type: none"> 漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達する。 漂流物衝突荷重による防波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(防波壁の解析モデルに重量として考慮し、防波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。 鋼材を固定する。 	<ul style="list-style-type: none"> 鉄筋コンクリート版を支持する。 鋼材を固定する。

表 2.3-2 漂流物対策工の各部位の性能目標

部位		性能目標	
		耐震性	耐津波性
施設	鉄筋コンクリート版	—	漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達するために、鉄筋コンクリート版がせん断破壊しないこと。
	鋼材	—	漂流物衝突荷重をグラウンドアンカに伝達させないために、鋼材が破断しないこと。
	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 2.3-3 漂流物対策工の評価項目（耐震評価）

評価方針	部位	評価方法	許容限界
構造強度を有すること	鋼材	発生する応力（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	短期許容応力度
	アンカーボルト	発生する応力（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

表 2.3-4 漂流物対策工の評価項目（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（押抜きせん断力）が許容限界以下であることを確認	短期許容応力度*
	鋼材	発生する応力（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	短期許容応力度*
	アンカーボルト	発生する応力（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

注記*：短期許容応力度を上回る応力が発生した場合、性能目標を満足するために適切な許容限界を設定する。

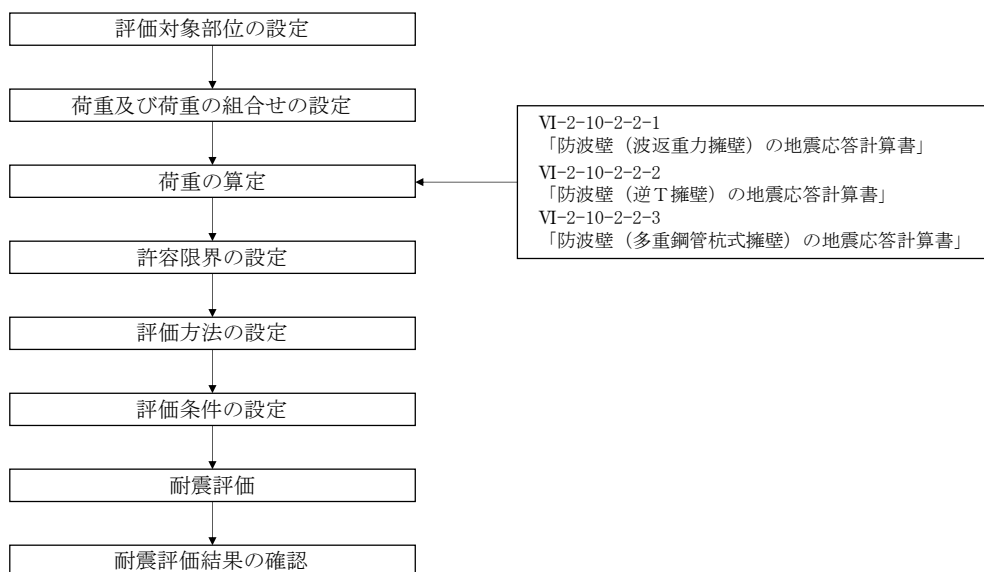


図 2.3-1 漂流物対策工の耐震評価フロー

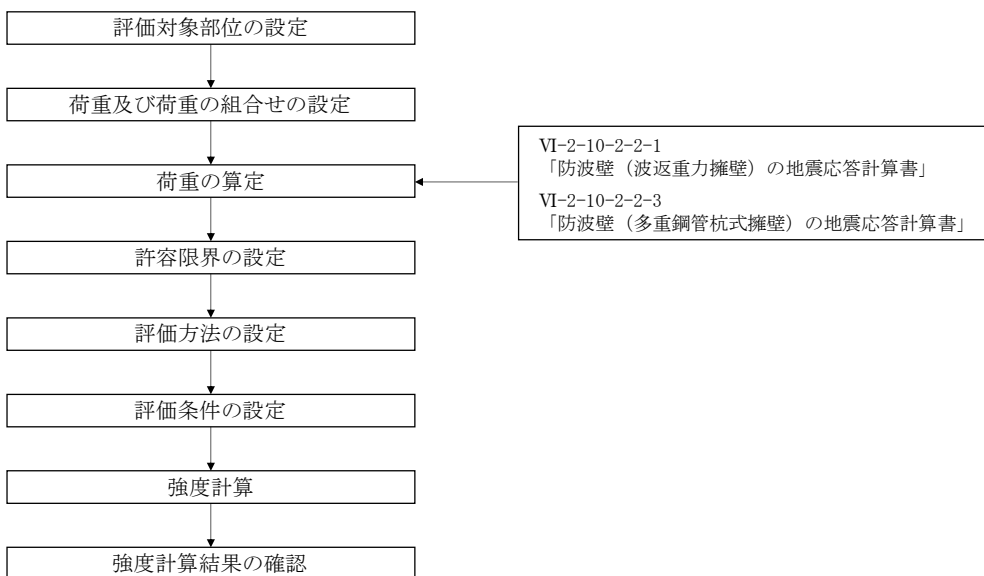


図 2.3-2 漂流物対策工の強度計算フロー

2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定)
- ・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)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987 (日本電気協会)
- ・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)
- ・各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会, 2010年)
- ・港湾の施設の技術上の基準・同解説 ((社) 日本港湾協会, H19年版)
- ・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)

表 2.4-1 適用する規格, 基準類

項目		適用する規格, 基準類	備考
仕様材料及び材料定数		コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定) 道路橋示方書(I 共通編・IV下部構造編)・同解説 (日本道路協会, 平成14年3月)	—
荷重及び荷重の組合せ		コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定)	永久荷重+偶発荷重+従たる変動荷重の適切な組合せを検討
許容限界	鉄筋コンクリート版	コンクリート標準示方書[構造性能照査編](土木学会, 2002年制定)	押抜きせん断照査は, 発生応力度が, 短期許容応力度以下であることを確認
	鋼材	道路橋示方書(I 共通編・IV下部構造編)・同解説 (日本道路協会, 平成14年3月)	曲げ・軸力照査及びせん断力照査は, 発生応力度が, 短期許容応力度以下であることを確認
	アンカーボルト	各種合成構造設計指針・同解説 (日本建築学会, 2010年)	引張力照査及びせん断力照査は, 発生引張力又は発生せん断力が, 許容引き抜き力又は許容せん断力以下であることを確認
地震応答解析		原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987(日本電気協会)	有限要素法による二次元モデルを用いた時刻歴非線形解析
		港湾の施設の技術上の基準・同解説((社) 日本港湾協会, H19年版) 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)	ジョイント要素の物性値の設定

2.5 記号の説明

漂流物対策工の耐震評価及び強度計算に用いる記号を表 2.5-1～表 2.5-6 にそれぞれ示す。

表 2.5-1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版，鋼材）の荷重の計算に用いる記号
（耐震計算）

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
S_s	kN	基準地震動 S_s による地震荷重
$P_{s s}$	kN	慣性力
W_s	kN	重量
$P_{s s h}$	kN	水平慣性力
$K_{s h}$	—	基準地震動 S_s による水平方向震度
$P_{s s v}$	kN	鉛直慣性力
$K_{s v}$	—	基準地震動 S_s による鉛直方向震度
$P_{s d w}$	kN	動水圧の合力
ρ	t/m ³	海水の密度
g	m/s ²	重力加速度
H_s	m	水深
$P_{s h}$	kN	静水圧

表 2.5-2 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版，鋼材）の荷重の計算に用いる記号
（強度計算）

記号	単位	定義
G	kN	固定荷重
P_t	kN	浸水津波荷重
P_c	kN	漂流物衝突荷重
P_k	kN	風荷重
$K_{s d}$	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

表 2.5-3 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の耐震計算に用いる記号

記号	単位	定義
W_{s1}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工①）重量
K_{sh1}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工①）水平震度
P_{ssh1}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工①）水平慣性力
K_{sv1}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工①）鉛直震度
P_{ssv1}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工①）鉛直慣性力
W_{s4}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工④）重量
K_{sh4}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工④）水平震度
P_{ssh4}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工④）水平慣性力
K_{sv4}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工④）鉛直震度
P_{ssv4}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工④）鉛直慣性力
W_{s5}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑤）重量
K_{sh5}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工⑤）水平震度
P_{ssh5}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑤）水平慣性力
K_{sv5}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工⑤）鉛直震度
P_{ssv5}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑤）鉛直慣性力
W_{s6}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑥）重量
K_{sh6}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工⑥）水平震度
P_{ssh6}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑥）水平慣性力
K_{sv6}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工⑥）鉛直震度
P_{ssv6}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑥）鉛直慣性力
W_{s8}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑧）重量
K_{sh8}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工⑧）水平震度
P_{ssh8}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑧）水平慣性力
K_{sv8}	—	慣性力による荷重（漂流物対策工⑧）鉛直震度
P_{ssv8}	kN	慣性力による荷重（漂流物対策工⑧）鉛直慣性力
p_{sc}	kN/本	アンカーボルト 1 本に作用する引張力
P_{sc}	kN	アンカーボルトに作用する引張力
n_{sc}	本	漂流物対策工を支持するアンカーボルトの本数
q_{sc}	kN/本	アンカーボルト 1 本に作用するせん断力
Q_{sc}	kN	アンカーボルトに作用するせん断力

表 2.5-4 漂流物対策工（鋼材）の耐震計算に用いる記号

記号	単位	定義
$\sigma_{s k b}$	N/mm ²	鋼材に作用する曲げ応力度
$M_{s k}$	kN・m	3次元構造解析における発生曲げモーメント
$Z_{s k}$	mm ³	鋼材の断面係数
$\tau_{s k}$	N/mm ²	鋼材に作用するせん断応力度
$Q_{s k}$	kN	3次元構造解析における発生せん断力
$A_{s k}$	mm ²	鋼材の断面積
$\sigma_{s k b 1}$	N/mm ²	鋼板に作用する最大曲げ応力度
$M_{s k 1}$	kN・m	鋼板に作用する最大発生曲げモーメント
$Z_{s k 1}$	mm ³	鋼板の断面係数
$\sigma_{s k b 2}$	N/mm ²	補強鋼材に作用する最大発生曲げ応力度
$M_{s k 2}$	kN・m	補強鋼材に作用する最大発生曲げモーメント
$Z_{s k 2}$	mm ³	補強鋼材の断面係数
$\tau_{s k b 1}$	N/mm ²	鋼板に作用するせん断応力度
$Q_{s k 1}$	kN	鋼板に作用する最大せん断力
$A_{s k 1}$	mm ²	鋼板の断面積
$\tau_{s k 2}$	N/mm ²	補強鋼材に作用するせん断応力度
$Q_{s k 2}$	kN	補強鋼材に作用する最大せん断力
$A_{s k 2}$	mm ²	補強鋼材の断面積
$T_{s k 1}$	kN	アンカーボルトに作用する最大引張力
$S_{s k 1}$	kN	アンカーボルトに作用する最大せん断力

表 2.5-5 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
τ_p	kN/mm ²	鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力
$P_{d c}$	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

表 2.5-6 漂流物対策工（鋼材）の強度計算に用いる記号

記号	単位	定義
σ_{dkb}	N/mm ²	鋼材に作用する曲げ応力度
M_{dk}	kN・m	3次元構造解析における発生曲げモーメント
Z_{dk}	mm ³	鋼材の断面係数
τ_{dk}	N/mm ²	鋼材に作用するせん断応力度
Q_{dk}	kN	3次元構造解析における発生せん断力
A_{dk}	mm ²	鋼材の断面積
σ_{dkb1}	N/mm ²	鋼板に作用する最大曲げ応力度
M_{dk1}	kN・m	鋼板に作用する最大発生曲げモーメント
Z_{dk1}	mm ³	鋼板の断面係数
σ_{dkb2}	N/mm ²	補強鋼材に作用する最大発生曲げ応力度
M_{dk2}	kN・m	補強鋼材に作用する最大発生曲げモーメント
Z_{dk2}	mm ³	補強鋼材の断面係数
τ_{dkb1}	N/mm ²	鋼板に作用するせん断応力度
Q_{dk1}	kN	鋼板に作用する最大せん断力
A_{dk1}	mm ²	鋼板の断面積
τ_{dkb2}	N/mm ²	補強鋼材に作用するせん断応力度
Q_{dk2}	kN	補強鋼材に作用する最大せん断力
A_{dk2}	mm ²	補強鋼材の断面積
S_{dk2}	kN	アンカーボルトに作用する最大せん断力
T_{dk2}	kN	アンカーボルトに作用する最大引張力

3. 評価対象部位

漂流物対策工は、「2.2 構造概要」に設定している構造を踏まえて、地震時荷重、津波時荷重又は重畳時荷重の作用方向及び伝達過程を考慮し設定する。

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及びアンカーボルトとする。また、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 3-1 及び図 3-2 に示す。

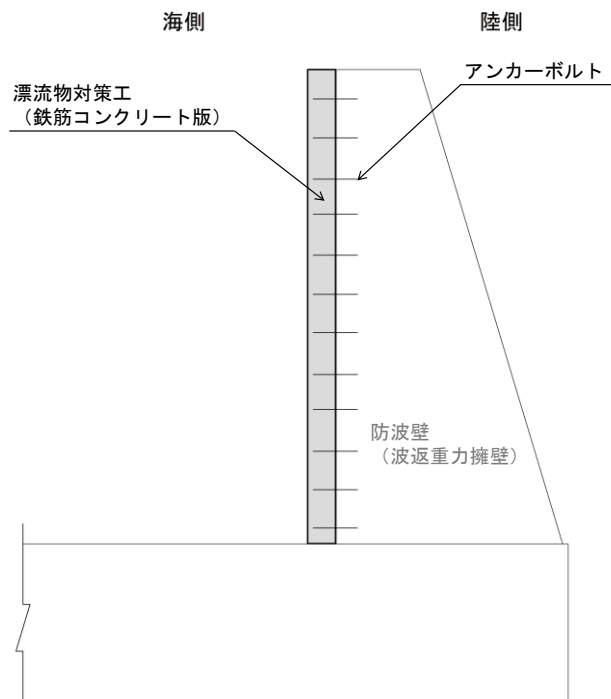


図 3-1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の評価対象部位

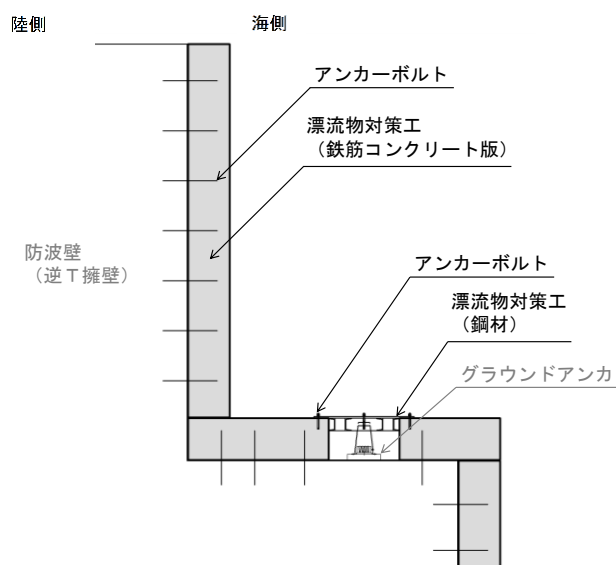


図 3-2 漂流物対策工（鋼材）の評価対象部位

4. 耐震評価

4.1 耐震評価方法

漂流物対策工の耐震評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」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、「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等が「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。

漂流物対策工の構造的特徴を踏まえ、漂流物対策工の構造区分を表 4.1-1 に、漂流物対策工の構造区分の配置図を図 4.1-1 に、各構造区分の構造概要図を図 4.1-2 に示す。

表 4.1-1 漂流物対策工の構造区分

名称	種別	設置箇所	鉄筋コンクリート版		アンカーボルト	
			厚さ	高さ	径	標準本数 (幅1mあたり)
漂流物対策工①	鉄筋コンクリート版	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	50cm	6.6m (EL 15.0m~EL 8.4m)	D16	11本
漂流物対策工②	鉄筋コンクリート版	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	50cm	12.8m (EL 15.0m~EL 2.2m)	D16	23本
漂流物対策工③	鉄筋コンクリート版	防波壁(逆T擁壁) 堅壁	50cm	4.5m (EL 15.0m~EL 10.5m)	D16	7本
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	50cm	— (EL 10.0m)	D16	6本
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	50cm	2.0m (EL 10.0m~EL 8.0m)	D16	3本
漂流物対策工⑥	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) 重力擁壁	50cm	6.5m (EL 15.0m~EL 8.5m)	D19	9本
漂流物対策工⑦	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) 重力擁壁	50cm	8.5m (EL 15.0m~EL 6.5m)	D19	12本
漂流物対策工⑧	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) ケーソン	50cm	14.0m* (EL 2.0m~EL-12.0m)	D19	17本
漂流物対策工⑨	鋼材	防波壁(逆T擁壁) フーチング (グラウンドアンカ設置箇所)	—	—	M16	—

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

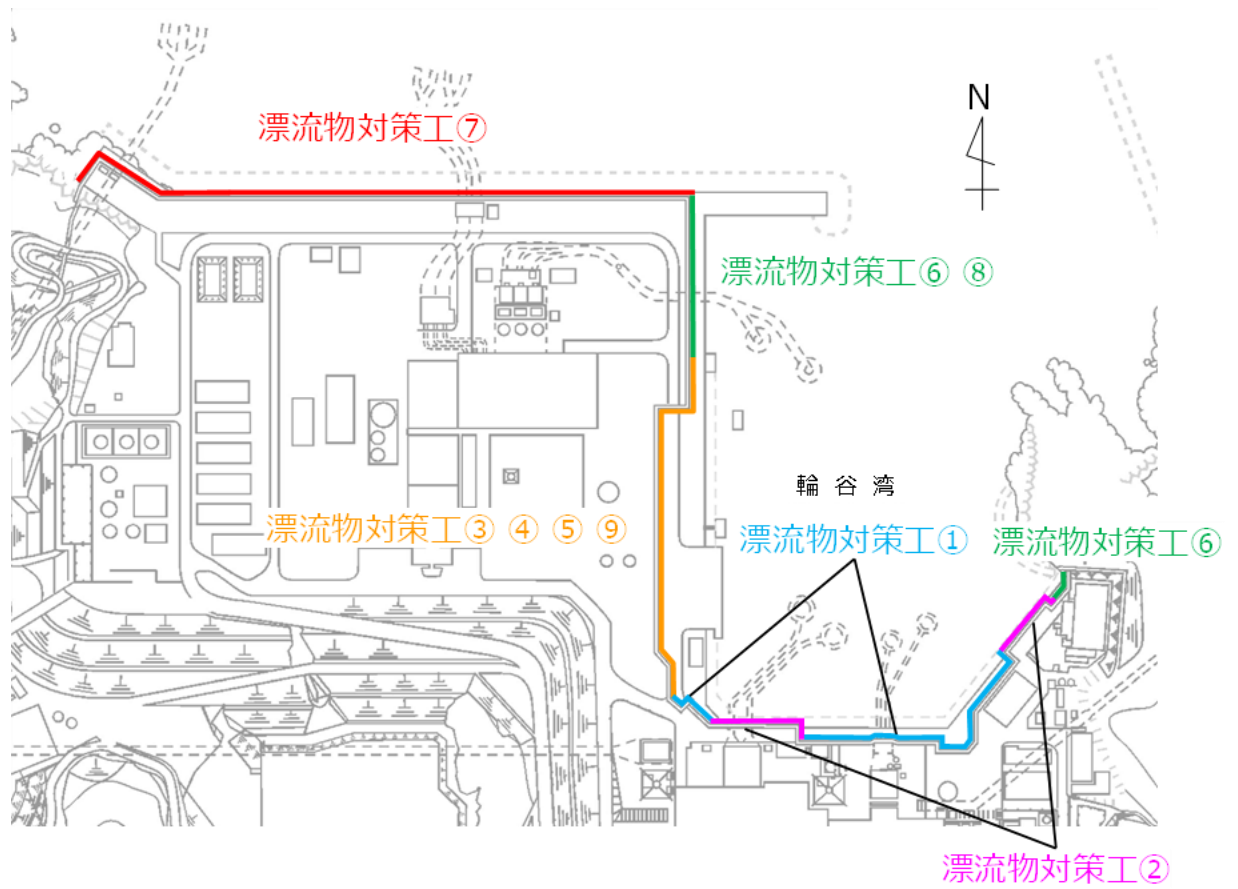


図 4.1-1 漂流物対策工の構造区分の配置図

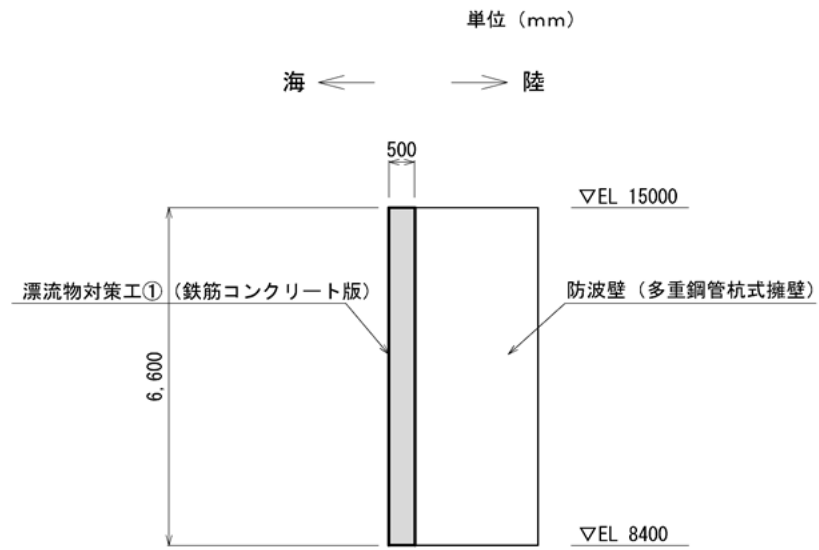


図 4.1-2(1) 漂流物対策工①の構造概要図

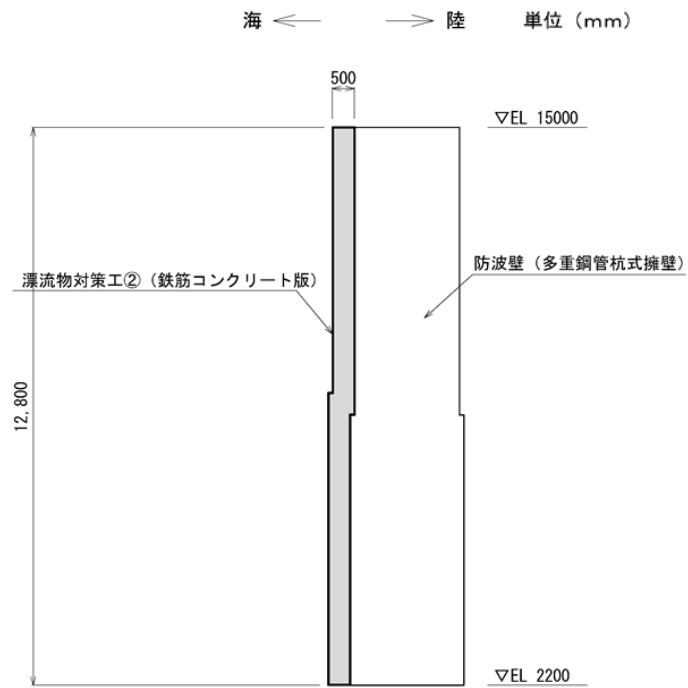


図 4.1-2(2) 漂流物対策工②の構造概要図

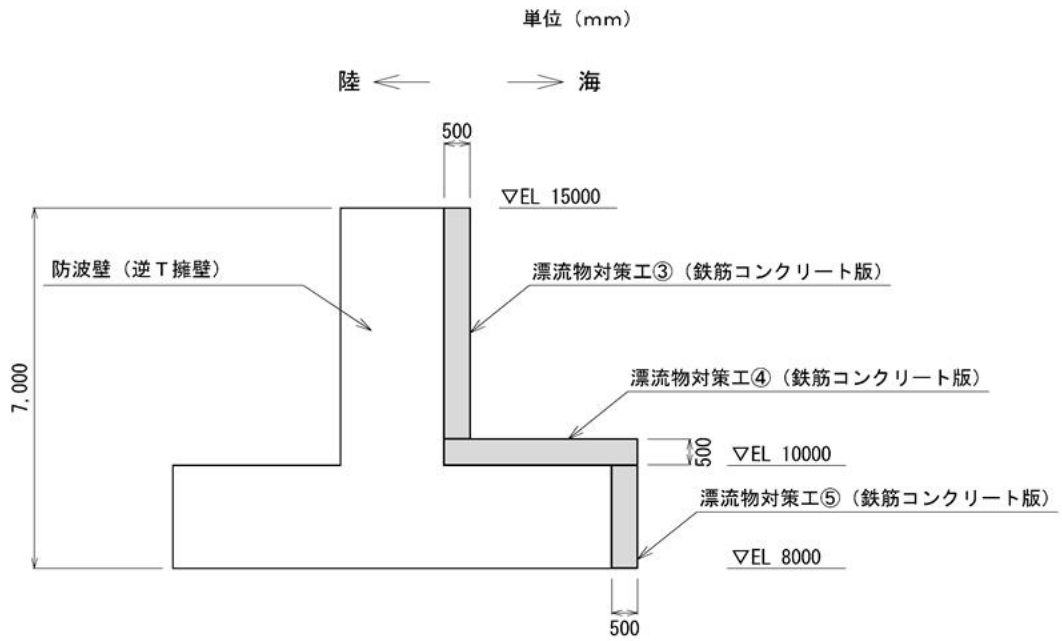


図 4.1-2(3) 漂流物対策工③～⑤の構造概要図

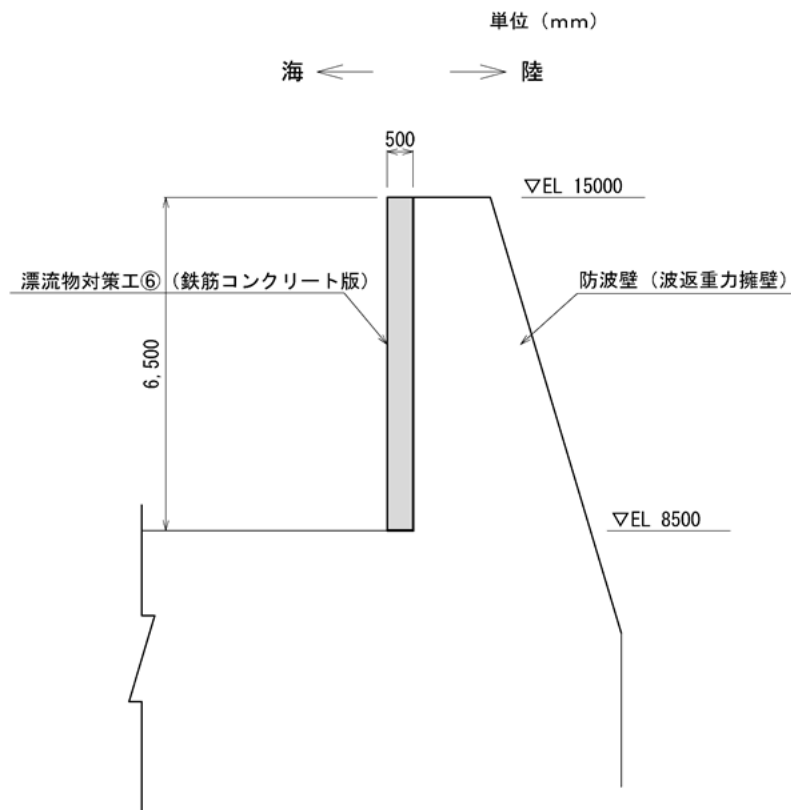


図 4.1-2(4) 漂流物対策工⑥の構造概要図

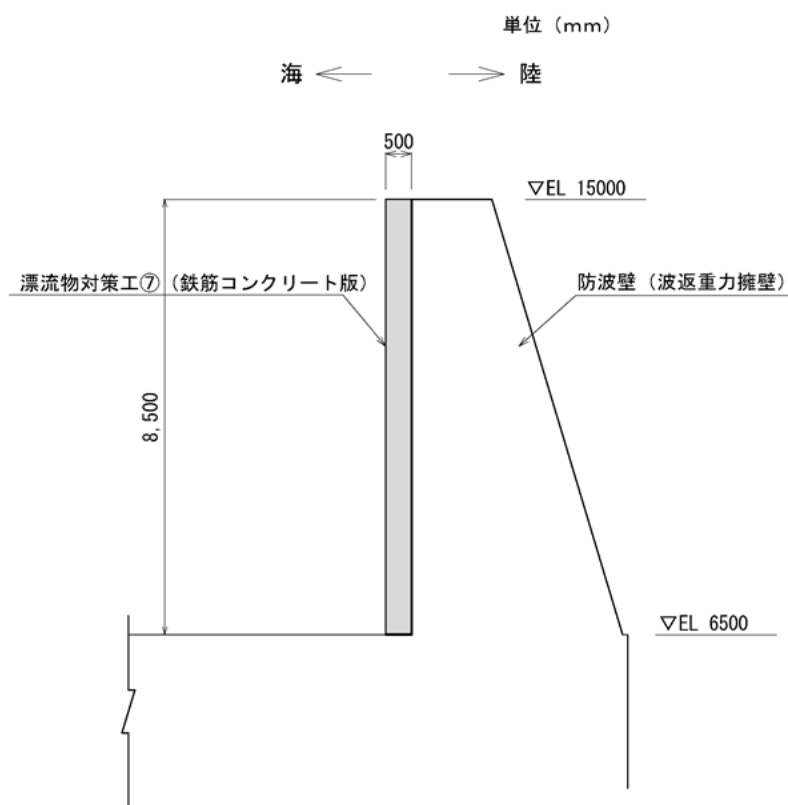


図 4.1-2(5) 漂流物対策工⑦の構造概要図

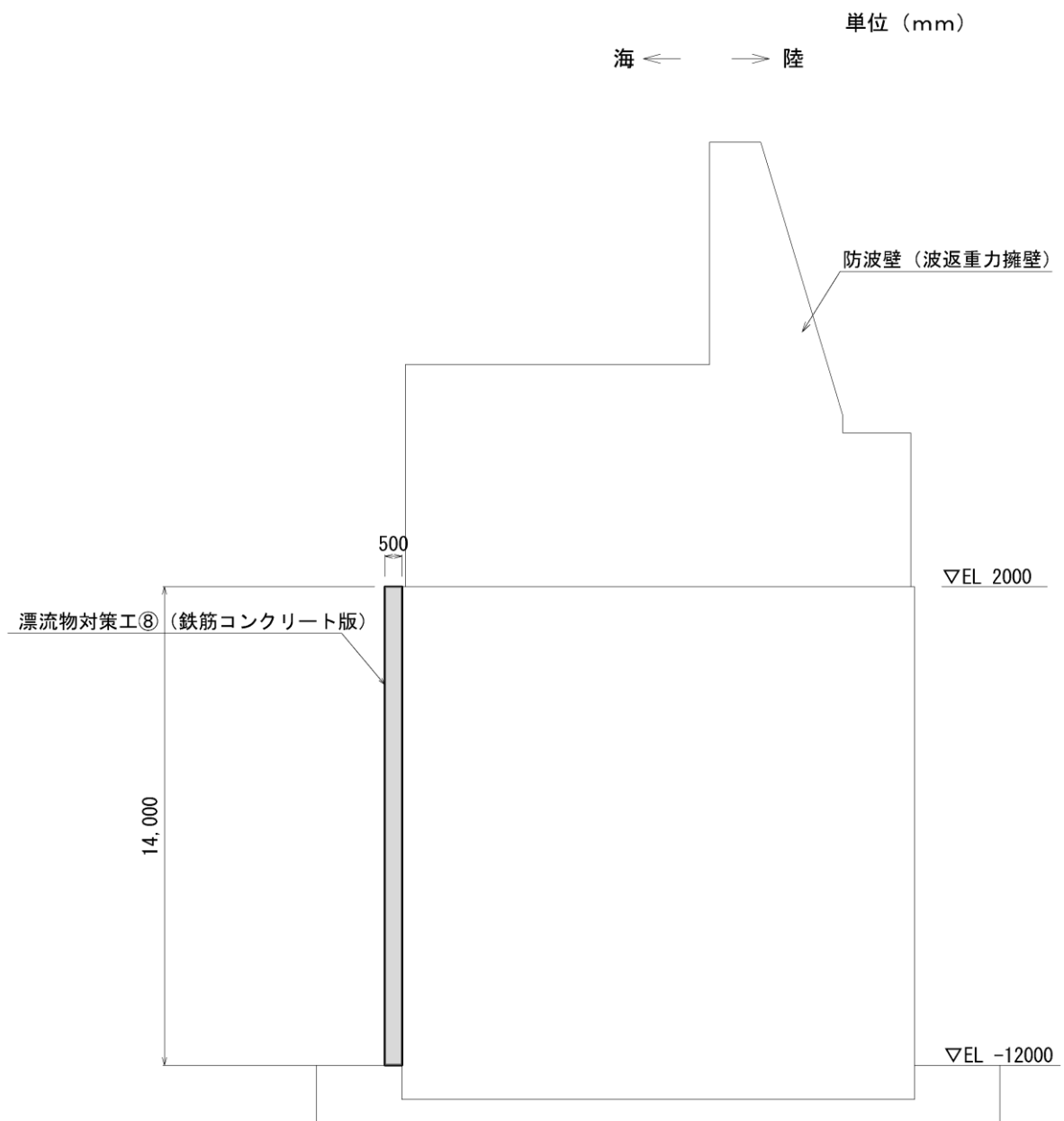


図 4.1-2(6) 漂流物対策工⑧の構造概要図

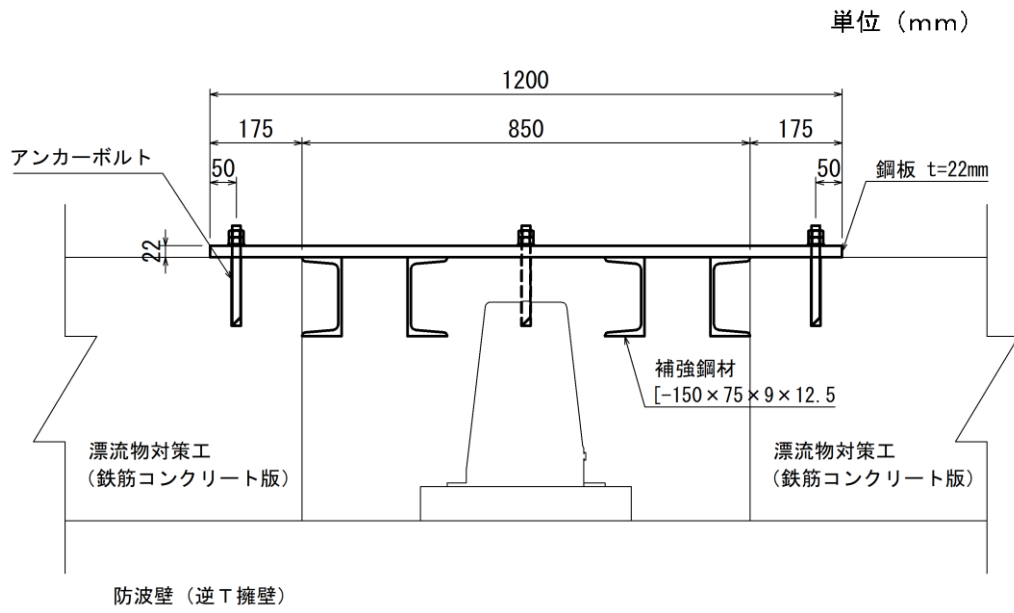


図 4.1-2(7) 漂流物対策工⑨の構造概要図

耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分を表 4.1-2 のとおり示す。漂流物対策工の構造的特徴及び設置される防波壁の地震時応答の観点から、耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定することとし、詳細については参考資料 1 に示す。

表 4.1-2 耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分

名称	種別	設置箇所	鉄筋コンクリート版		アンカーボルト		評価対象
			厚さ	高さ	径	標準本数 (幅1mあたり)	
漂流物対策工①	鉄筋コンクリート版	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	50cm	6.6m (EL 15.0m~EL 8.4m)	D16	11本	○
漂流物対策工②	鉄筋コンクリート版	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	50cm	12.8m (EL 15.0m~EL 2.2m)	D16	23本	
漂流物対策工③	鉄筋コンクリート版	防波壁 (逆T擁壁) 堅壁	50cm	4.5m (EL 15.0m~EL 10.5m)	D16	7本	
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	50cm	— (EL 10.0m)	D16	6本	○
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	50cm	2.0m (EL 10.0m~EL 8.0m)	D16	3本	○
漂流物対策工⑥	鉄筋コンクリート版	防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁	50cm	6.5m (EL 15.0m~EL 8.5m)	D19	9本	○
漂流物対策工⑦	鉄筋コンクリート版	防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁	50cm	8.5m (EL 15.0m~EL 6.5m)	D19	12本	
漂流物対策工⑧	鉄筋コンクリート版	防波壁 (波返重力擁壁) ケーソン	50cm	14.0m* (EL 2.0m~EL-12.0m)	D19	17本	○
漂流物対策工⑨	鋼材	防波壁 (逆T擁壁) フーチング (グラウンドアンカ設置箇所)	—	—	M16	—	○

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

: 耐震評価を実施する構造区分

4.2 荷重及び荷重の組合せ

4.2.1 荷重の組合せ

漂流物対策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 4.2.1-1 に、荷重の作用イメージ図を図 4.2.1-1 に示す。

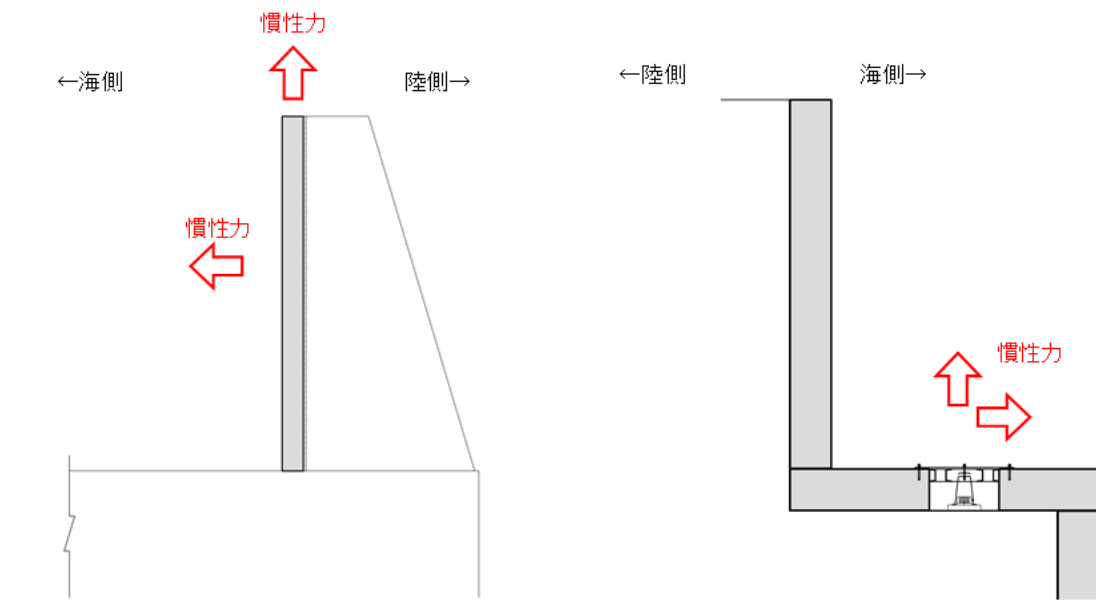
$$G + S_s$$

ここで、 G : 固定荷重 (kN)

S_s : 基準地震動 S_s による地震荷重 (kN)

表 4.2.1-1 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重 G	常時 考慮 荷重	躯体自重	○	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。
		機器・配管荷重	—	対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	—	土被りはないため考慮しない。
		積載荷重	—	積載荷重は考慮しない。
	静止土圧		—	気中又は海中に設置されているため考慮しない。
	静水圧 P_{sh}		— (○)	気中に設置されているため考慮しない。 (ケーソンに設置する漂流物対策工⑧は海中に設置するため考慮する。)
	積雪荷重		—	厚さが 50cm であり、積雪荷重による影響は軽微のため考慮しない。
	風荷重		—	風荷重による影響は軽微のため考慮しない。
地震荷重 S_s	水平慣性力 P_{ssh}	○	基準地震動 S_s による躯体への水平方向の慣性力を考慮する。	
	鉛直慣性力 P_{ssv}	○	基準地震動 S_s による躯体への鉛直方向の慣性力を考慮する。	
	動水圧 P_{sdw}	— (○)	気中に設置されているため考慮しない。 (ケーソンに設置する漂流物対策工⑧は海中に設置するため考慮する。)	



漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

漂流物対策工（鋼材）

図 4.2.1-1 漂流物対策工の荷重作用イメージ図

4.2.2 荷重の設定

耐震評価に用いる荷重は以下のとおりとする。また、ケーソンに設置する漂流物対策工⑧は海中に設置するため、静水圧及び動水圧についても考慮する。

(1) 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。

(2) 地震荷重 (S_s)

地震荷重として、基準地震動 S_s に伴う慣性力を考慮するものとする。

なお、地震荷重の算定に用いる震度は、漂流物対策工は防波壁に設置することから、VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」及び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」の地震応答解析結果を用いる。

a. 慣性力 (P_{s s})

慣性力は、漂流物対策工の重量に震度を乗じた次式により算出する。

$$P_{s s h} = W_s \times K_{s h}$$

$$P_{s s v} = W_s \times K_{s v}$$

ここで、P_{s s h}, P_{s s v} : 水平・鉛直慣性力 (kN)

W_s : 重量 (kN)

K_{s h}, K_{s v} : 基準地震動 S_s による水平・鉛直方向震度

b. 動水圧 (P_{s d w})

動水圧は、以下の Westergaard の式により算定する。

$$p_{s d w} = \frac{7}{8} \times K_{s h} \times \rho \times g \times \sqrt{H \times h}$$

ここで、p_{s d w} : 動水圧 (kN)

K_{s h} : 基準地震動 S_s による水平方向震度

ρ : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H : 水深 (m)

h : 水面から動水圧を求める点までの深さ (m)

$$P_{s d w} = \frac{7}{12} \times K_{s h} \times \rho \times g \times H_s^2$$

ここで、 $P_{s d w}$: 動水圧の合力 (kN)

$K_{s h}$: 基準地震動 S_s による水平方向の震度

ρ : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H_s : 水深 (m)

(3) 静水圧 ($P_{s h}$)

海水位から漂流物対策工下端までの静水圧を考慮する。

$$P_{s h} = \frac{1}{2} \times \rho \times g \times H_s^2$$

ここで、 $P_{s h}$: 静水圧 (kN)

ρ : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H_s : 水深 (m)

4.2.3 荷重の算定

耐震評価に用いる荷重の算定は以下のとおりとする。

(1) 慣性力 (P_{ss})

$$P_{ssh} = W_s \times K_{sh}$$

$$P_{ssv} = W_s \times K_{sv}$$

ここで、 P_{ssh} 、 P_{ssv} ：水平・鉛直慣性力 (kN)

W_s ：重量 (kN)

K_{sh} 、 K_{sv} ：基準地震動 S_s による水平・鉛直方向震度

地震荷重の算定に用いる震度は、VI-2-10-2-2-1「防波壁（波返重力擁壁）の地震応答計算書」、VI-2-10-2-2-2「防波壁（逆T擁壁）の地震応答計算書」及び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」の地震応答解析結果より、漂流物対策工が設置される範囲における水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度の加重平均値を用いて、重力加速度 (9.80665m/s^2) で除して設計震度を算定する。基準地震動 S_s による水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度分布図及び加速度抽出位置を図 4.2.3-1 に、耐震評価に用いる水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度の加重平均値及び設計震度を表 4.2.3-1 に示す。

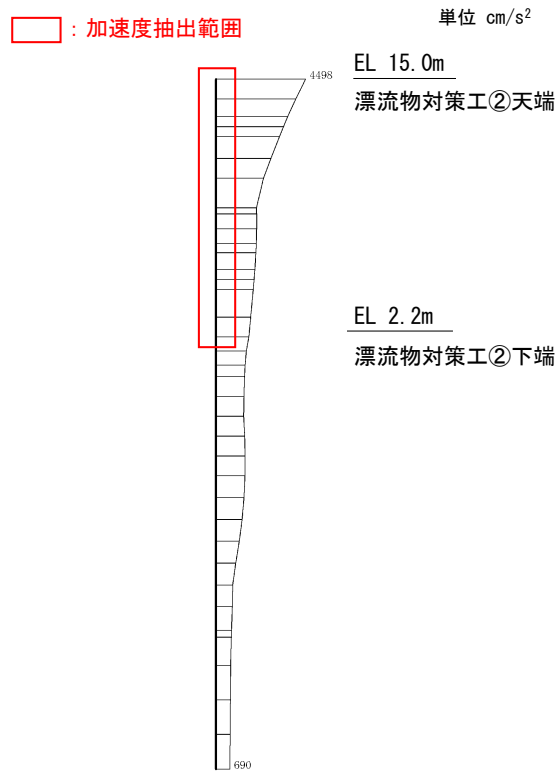


図 4.2.3-1(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の最大水平加速度分布図及び加速度抽出位置
（④-④断面 S s - D (-+) (解析ケース③))

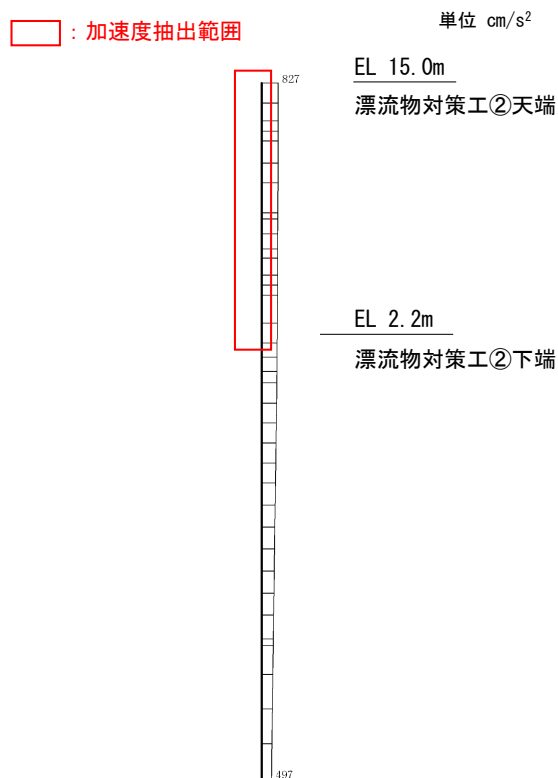


図 4.2.3-1(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の最大鉛直加速度分布図及び加速度抽出位置
（④-④断面 S s - D (一一) (解析ケース①))

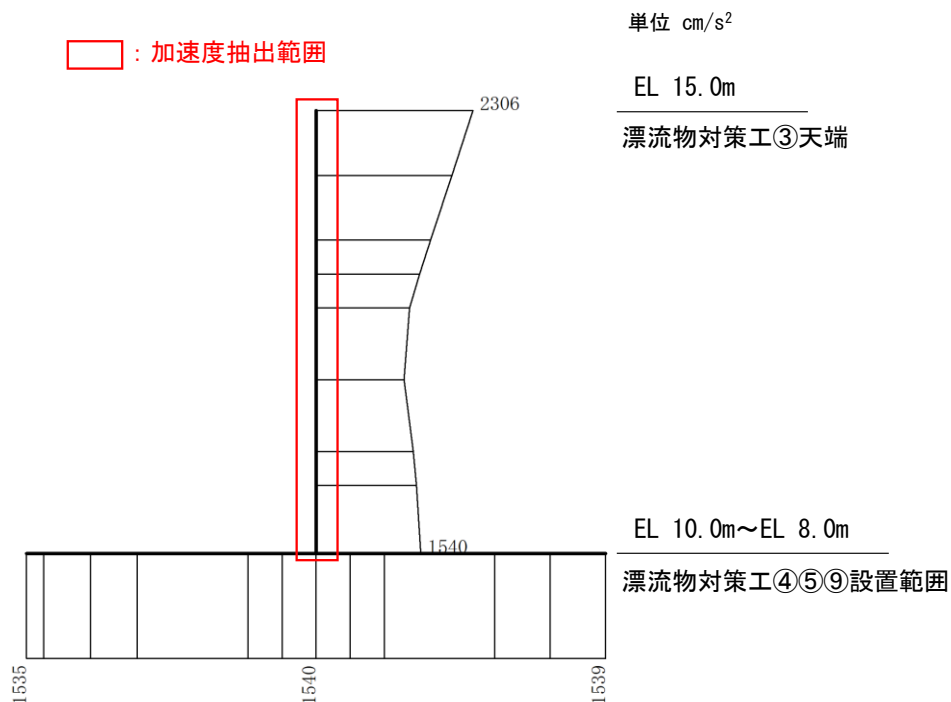


図 4.2.3-1(3) 防波壁（逆T擁壁）の最大水平加速度分布図及び加速度抽出位置
（⑤-⑤断面 S s - N 1（++）（解析ケース②））

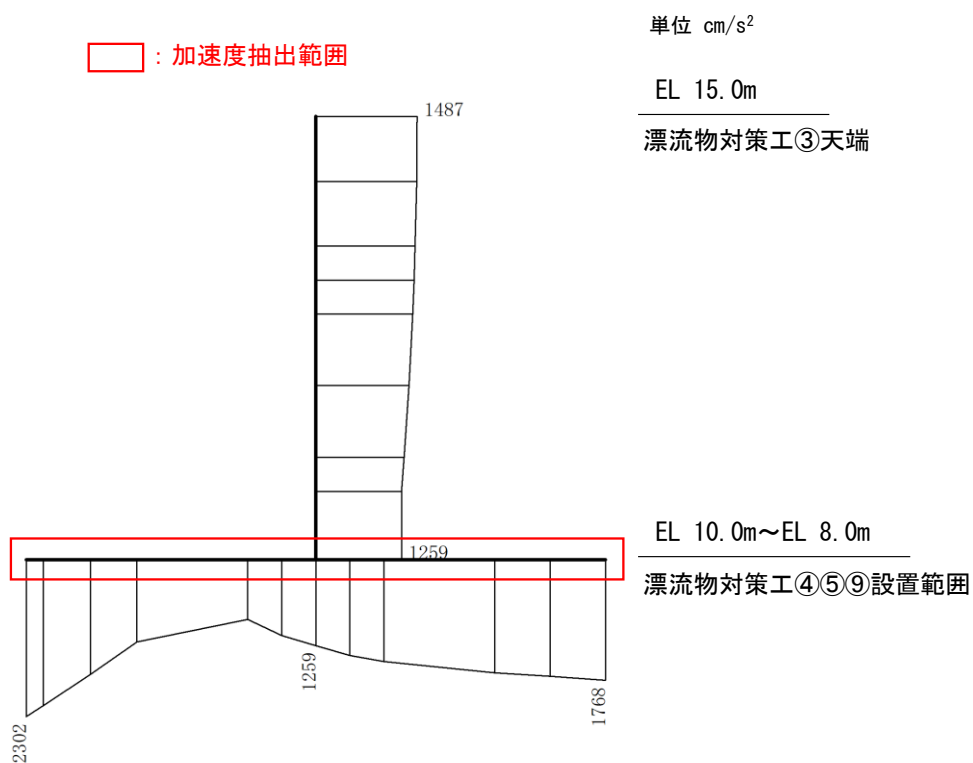


図 4.2.3-1(4) 防波壁（逆T擁壁）の最大鉛直加速度分布図及び加速度抽出位置
（⑤-⑤断面 S s - N 1（++）（解析ケース①））

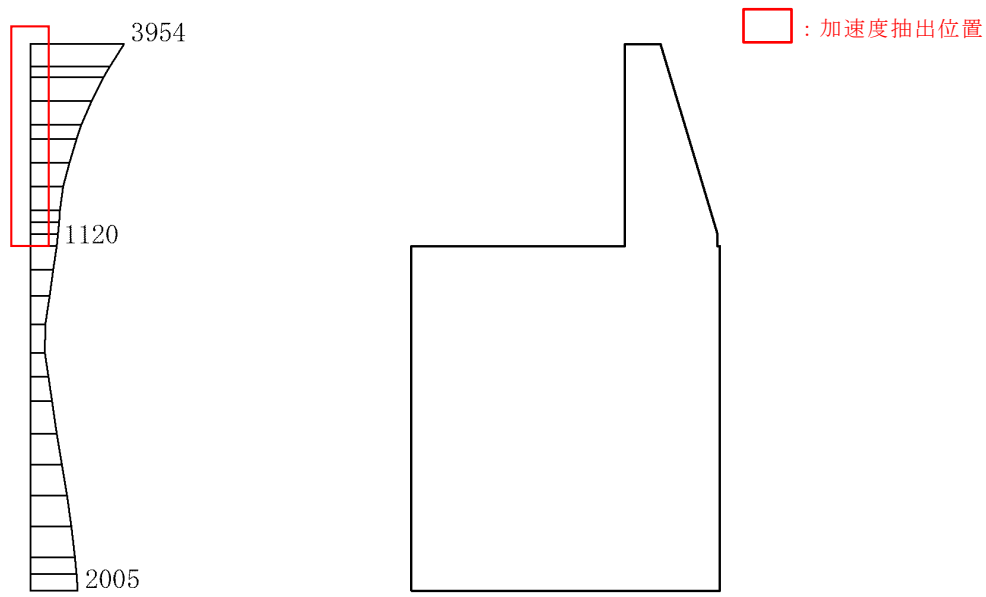


図 4.2.3-1(5) 防波壁（波返重力擁壁）の最大水平加速度分布図及び加速度抽出位置
 (③-③断面 S s - D (- -) (解析ケース①))

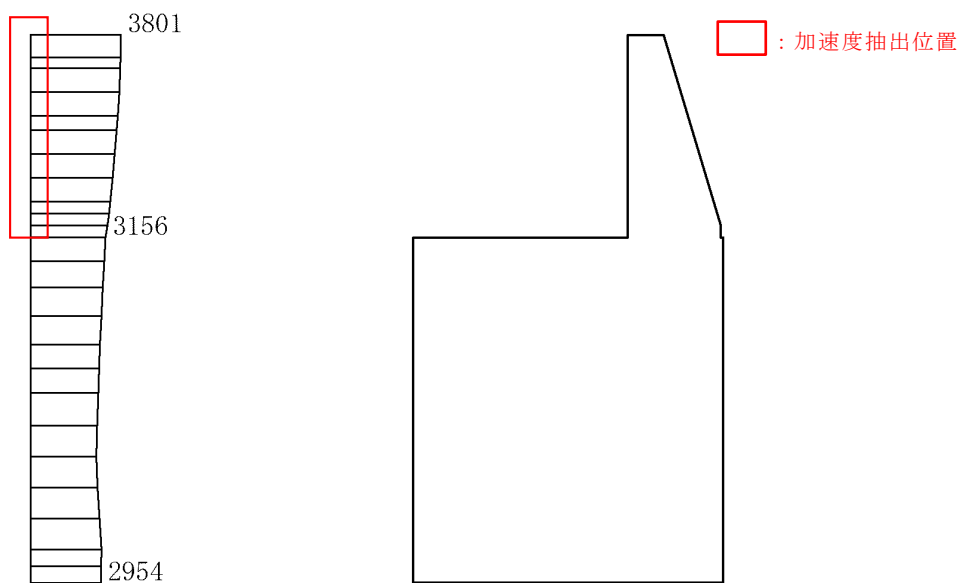


図 4.2.3-1(6) 防波壁（波返重力擁壁）の最大鉛直加速度分布図及び加速度抽出位置
 (③-③断面 S s - N 1 (- +) (解析ケース①))

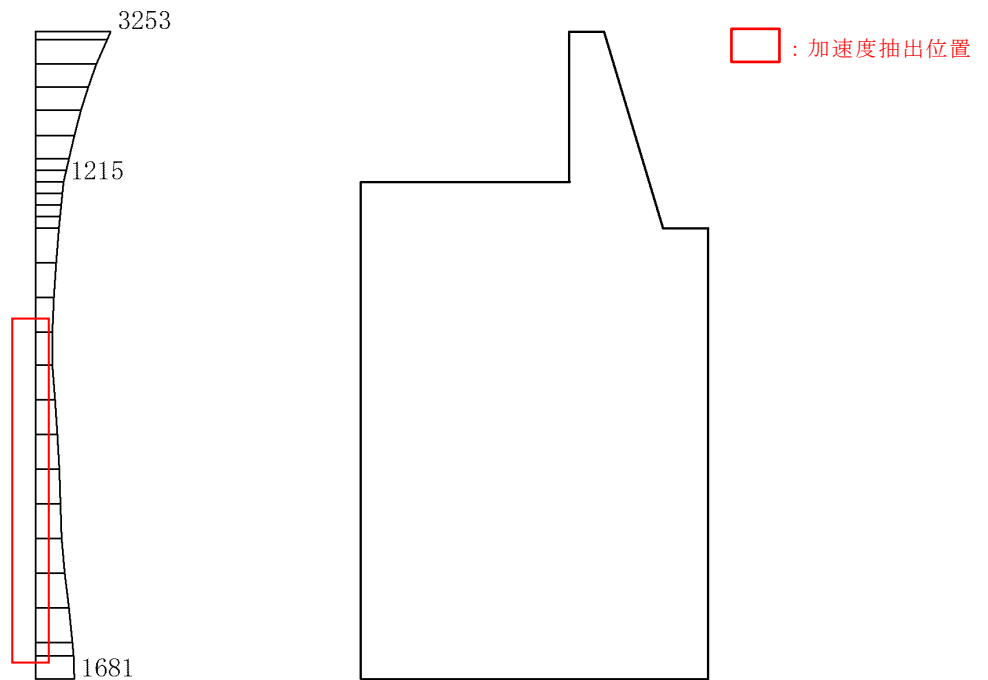


図 4.2.3-1(7) 防波壁（波返重力擁壁）の最大水平加速度分布図及び加速度抽出位置
（漂流物対策工⑧）

（④-④断面 S s - D（-+）（解析ケース②））

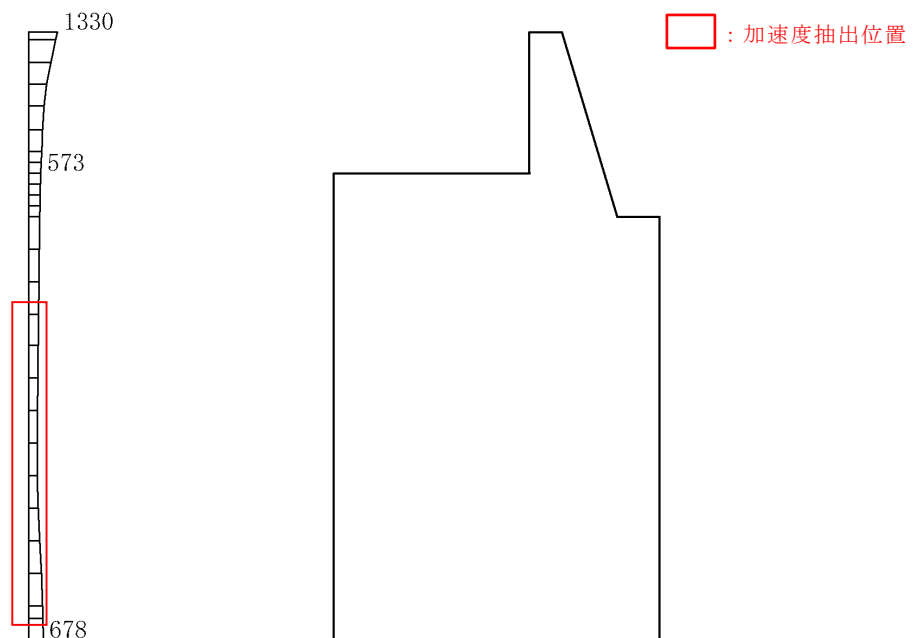


図 4.2.3-1(8) 防波壁（波返重力擁壁）の最大鉛直加速度分布図及び加速度抽出位置
（漂流物対策工⑧）

（④-④断面 S s - N 1（++）（解析ケース②））

表 4.2.3-1 漂流物対策工の設計に用いる加速度及び設計震度

名称	種別	設置個所	加速度の加重平均値		水平震度	鉛直震度
			(水平) (cm/s^2)	(鉛直) (cm/s^2)		
漂流物対策工①	鉄筋コンクリート版	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	2,507	805	2.56	0.83
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	1,595	1,456	1.63	1.49
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	1,595	1,456	1.63	1.49
漂流物対策工⑥	鉄筋コンクリート版	防波壁（波返重力擁壁）重力擁壁	2,093	3,568	2.14	3.64
漂流物対策工⑧	鉄筋コンクリート版	防波壁（波返重力擁壁）ケーソン	1,176	2,297	1.20	2.35

表 4.2.3-2 に漂流物対策工（幅 1 m あたり）に作用する慣性力による荷重の算定における計算条件を示す。

表 4.2.3-2(1) 慣性力による荷重（漂流物対策工①）

項目		単位	入力値
重量	W_{s1}	kN	79.2
水平震度	K_{sh1}	—	2.56
水平慣性力	P_{ssh1}	kN	202.8
鉛直震度	K_{sv1}	—	0.83
鉛直慣性力	P_{ssv1}	kN	65.7

表 4.2.3-2(2) 慣性力による荷重（漂流物対策工④）

項目		単位	入力値
重量	W_{s4}	kN	45
水平震度	K_{sh4}	—	1.63
水平慣性力	P_{ssh4}	kN	73.4
鉛直震度	K_{sv4}	—	1.49
鉛直慣性力	P_{ssv4}	kN	67.1

表 4.2.3-2(3) 慣性力による荷重 (漂流物対策工⑤)

項 目		単位	地震時
重量	W_{s5}	kN	24
水平震度	K_{sh5}	—	1.63
水平慣性力	P_{ssh5}	kN	39.1
鉛直震度	K_{sv5}	—	1.49
鉛直慣性力	P_{ssv5}	kN	35.8

表 4.2.3-2(4) 慣性力による荷重 (漂流物対策工⑥)

項 目		単位	地震時
重量	W_{s6}	kN	78
水平震度	K_{sh6}	—	2.14
水平慣性力	P_{ssh6}	kN	166.9
鉛直震度	K_{sv6}	—	3.64
鉛直慣性力	P_{ssv6}	kN	283.9

表 4.2.3-2(5) 慣性力による荷重 (漂流物対策工⑧)

項 目		単位	地震時
重量	W_{s8}	kN	168
水平震度	K_{sh8}	—	1.20
水平慣性力	P_{ssh8}	kN	201.6
鉛直震度	K_{sv8}	—	2.35
鉛直慣性力	P_{ssv8}	kN	394.8

(2) 動水圧 ($P_{d w}$)

$$p_{s d w} = \frac{7}{8} \times K_{s h} \times \rho \times g \times \sqrt{H \times h}$$

ここで、 $p_{s d w}$: 動水圧 (kN)

$K_{s h}$: 基準地震動 S_s による水平方向震度

ρ : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H : 水深 (m)

h : 水面から動水圧を求める点までの深さ (m)

$$P_{s d w} = \frac{7}{12} \times K_{s h} \times \rho \times g \times H_s^2$$

ここで、 $P_{s d w}$: 動水圧の合力 (kN)

$K_{s h}$: 基準地震動 S_s による水平方向震度

ρ : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H_s : 水深 (m)

表 4.2.3-3 に動水圧による荷重の算定における計算条件を示す。

表 4.2.3-3 動水圧による荷重 (漂流物対策工⑧)

項目		単位	地震時
水平設計震度	$K_{s h}$	—	1.20
海水位	—	m	EL 0.58
漂流物対策工下端	—	m	EL-12.00
水深	H_s	m	12.58
動水圧の合力	$P_{s d w}$	kN	1,119

(3) 静水圧 (P_{s h})

$$P_{s h} = \frac{1}{2} \times \rho \times g \times H_s^2$$

ここで, P_{s h} : 静水圧 (kN)

ρ : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H_s : 水深 (m)

表 4.2.3-4 に静水圧による荷重の算定における計算条件を示す。

表 4.2.3-4 静水圧による荷重 (漂流物対策工⑧)

項目		単位	常時
海水位	—	m	EL 0.58
漂流物対策工下端	—	m	EL-12.00
水深	H _s	m	12.58
静水圧	P _{s h}	kN	799

4.3 許容限界

漂流物対策工の許容限界は、「3. 評価対象部位」にて設定した部位に対し、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

4.3.1 使用材料

(1) 漂流物対策工

漂流物対策工を構成する各部材の使用材料を表 4.3.1-1 に、材料の物性値を表 4.3.1-2 に示す。

表 4.3.1-1 使用材料

諸元	
鉄筋コンクリート	設計基準強度 24N/mm ²
鋼材	SS400
アンカーボルト	SD345, SS400

表 4.3.1-2 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](土木学会, 2002年制定)

4.3.2 許容限界

許容限界は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき設定する。

(1) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）」に基づき，表4.3.2-1の値とする。

表 4.3.2-1 アンカーボルトの許容限界

評価対象部位		材質	引張耐力* (kN/本)	せん断耐力* (kN/本)	
アンカーボルト	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)	SD345 (D16)	42.3	47.9
		防波壁 (逆T擁壁)	SD345 (D16)	42.3	47.9
		防波壁 (波返重力擁壁)	SD345 (D19)	60.2	69.1
		防波壁 (波返重力擁壁) ケーソン	SD345 (D19)	60.2	69.1
	漂流物対策工(鋼材)	SS400 (M16)	29.3	24.8	

注記*：「各種合成構造設計指針・同解説（日本建築学会，2010年）」に基づき設定する。
詳細は，参考資料2に示す。

(2) 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（日本道路協会，平成14年3月）」に基づき，表4.3.2-2の値とする。

表 4.3.2-2 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

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。

4.4.1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

アンカーボルトの引張力及びせん断力に対する耐震評価を実施する。アンカーボルトのモデル図を図 4.4.1-1 に示す。

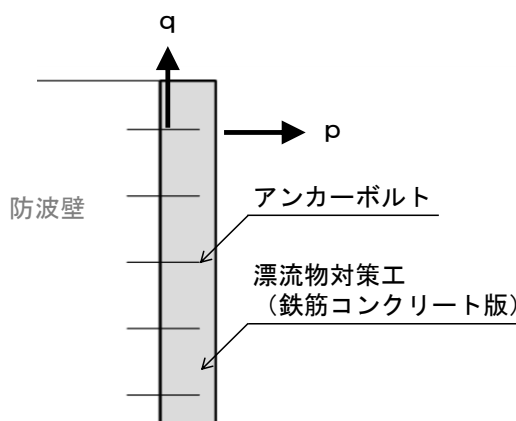


図 4.4.1-1 アンカーボルトのモデル図

(1) アンカーボルトに作用する引張力

$$p_{sc} = P_{sc} / n_{sc}$$

ここで、 p_{sc} ：アンカーボルト 1 本に作用する引張力 (kN/本)

P_{sc} ：アンカーボルトに作用する引張力 (kN)

n_{sc} ：漂流物対策工を支持するアンカーボルトの本数 (本)

(2) アンカーボルトに作用するせん断力

$$q_{sc} = Q_{sc} / n_{sc}$$

ここで、 q_{sc} ：アンカーボルト 1 本に作用するせん断力 (kN/本)

Q_{sc} ：アンカーボルトに作用するせん断力 (kN)

n_{sc} ：漂流物対策工を支持するアンカーボルトの本数 (本)

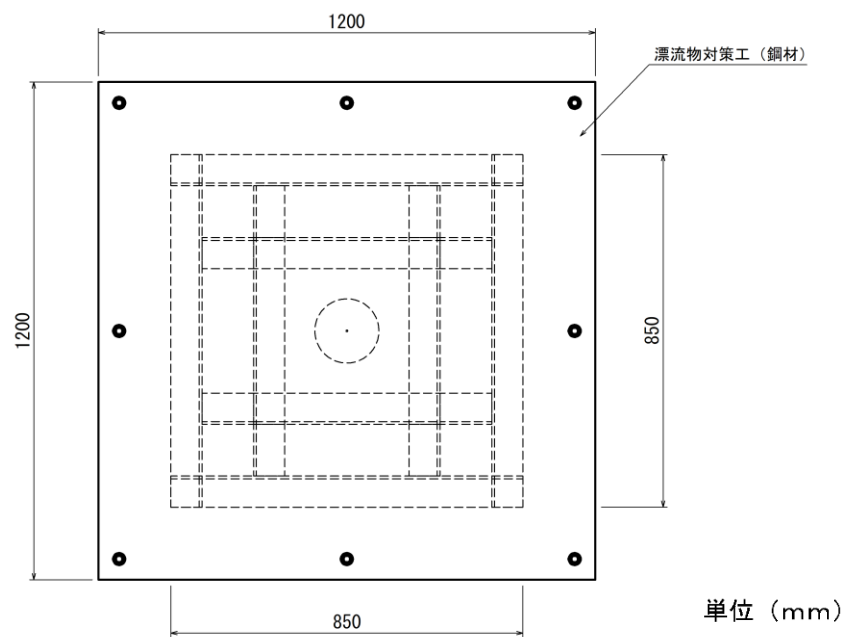
4.4.2 漂流物対策工（鋼材）

(1) 解析方法

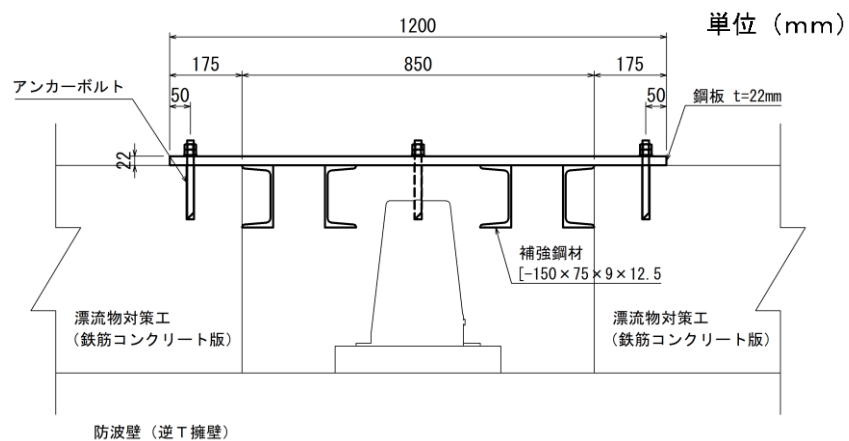
漂流物対策工（鋼材）は、図 4.4.2-1 に示すとおり、鋼板に補強鋼材を格子状に配置した複雑な構造であることから、3次元構造解析により耐震評価を行う。

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

3次元構造解析は、防波壁（逆T擁壁）のフーチングにおける慣性力を、3次元構造解析モデルに入力することで、漂流物対策工（鋼材）の耐震評価を実施する。



(平面図)



(断面図)

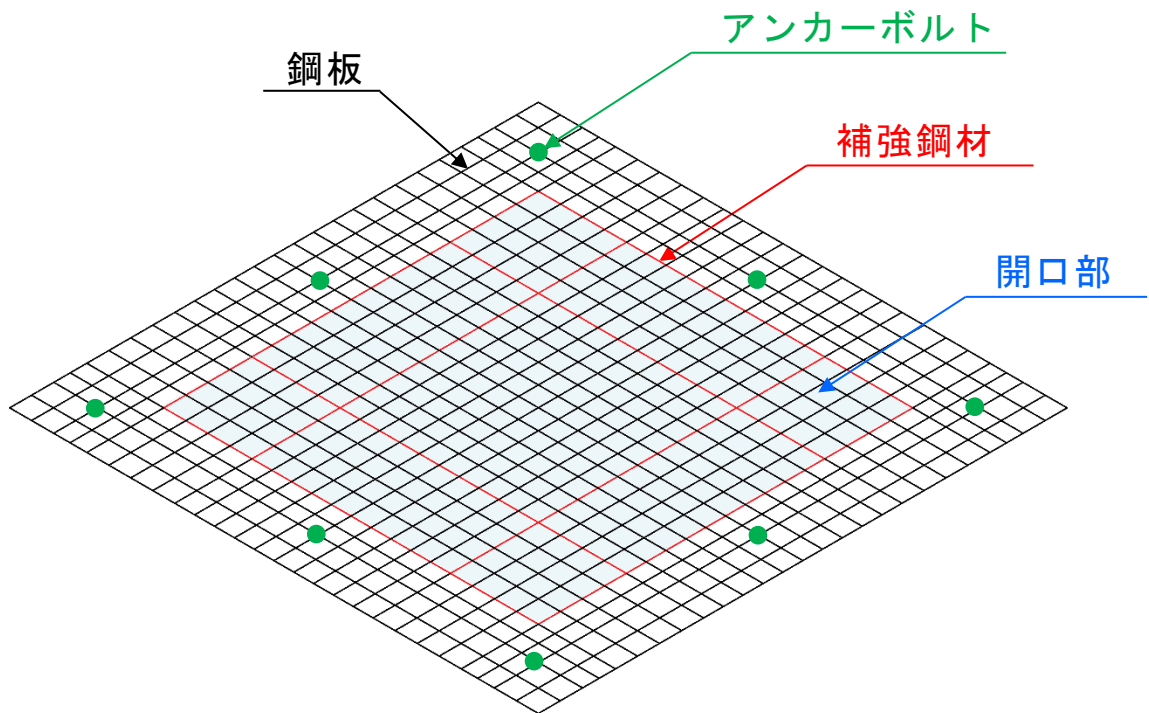
図 4.4.2-1 漂流物対策工（鋼材）の構造図

(2) 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。漂流物対策工（鋼材）を設置す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。また、鋼板及び補強鋼材に発生する断面力を安全側に評価する観点から、アンカーボルトを配置している箇所は全固定とする。

開口部との境界については、下向きに荷重が生じる際は、コンクリートに支持されるため鉛直変位固定とするが、上向きに荷重が生じる際は抵抗しないバネ支点を用いる。

漂流物対策工（鋼材）の3次元構造解析モデルを図4.4.2-2に示す。



注：バネ支点は開口部を除く全節点に与える。

図 4.4.2-2 漂流物対策工（鋼材）の3次元構造解析モデル

(3) 使用材料及び材料の物性値

耐震評価に用いる材料定数は、適用基準類を基に設定する。

漂流物対策工（鋼材）の使用材料を表 4.4.2-1 に、材料の物性値を表 4.4.2-2 に示す。

表 4.4.2-1 使用材料

材料		諸元
漂流物対策工	鋼板	板厚 22mm
	補強鋼材	[-150×75×9×12.5

表 4.4.2-2 材料の物性値*1

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

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

*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。

(4) 入力荷重の設定

3次元構造解析における入力荷重の载荷イメージ図を図4.4.2-3に示す。

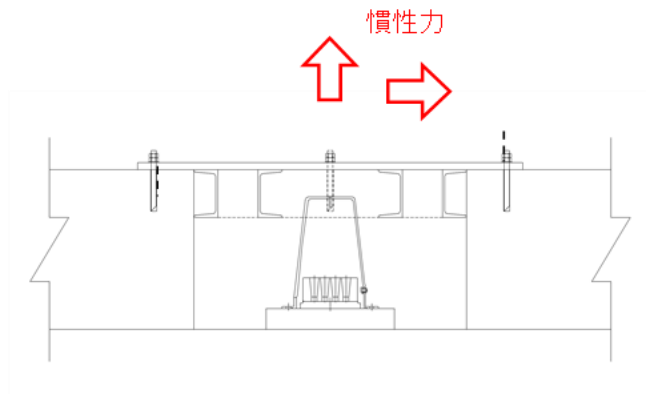


図4.4.2-3 鋼材の荷重イメージ図

躯体の慣性力は、地震応答解析モデルにおける漂流物対策工の設置位置における応答加速度から算定する。図4.2.3-1に示す加速度に裕度を考慮した設計震度を表4.4.2-3に示す。

算定した慣性力は、漂流物対策工（鋼材）の3次元構造解析モデルに水平方向及び鉛直方向に同時に入力する。

表4.4.2-3 最大加速度及び余震震度

名称	種別	設置箇所	加速度の加重平均値		水平震度	鉛直震度
			(水平) (cm/s^2)	(鉛直) (cm/s^2)		
漂流物対策工⑨	鋼材	防波壁（逆T擁壁）フーチング （グラウンドアンカ設置箇所）	1,595	1,456	3.00	3.00

(5) 評価方法

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

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

各部材に生じる発生応力等のイメージ図を図 4.4.2-4 に示す。

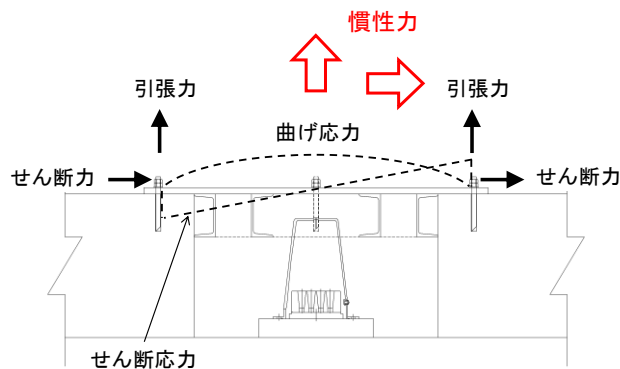


図 4.4.2-4 各部材に生じる発生応力等のイメージ図

(6) 鋼材に作用する曲げ応力度

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

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

$M_{s k}$ ：3次元構造解析における発生曲げモーメント（kN・m）

$Z_{s k}$ ：鋼材の断面係数（mm³）

(7) 鋼材に作用するせん断応力度

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

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

$Q_{s k}$ ：3次元構造解析における発生せん断力（kN）

$A_{s k}$ ：鋼材の断面積（mm²）

(8) アンカーボルトに作用する引張力及びせん断力

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

4.5 評価条件

漂流物対策工の耐震評価に用いる入力値を表 4.5-1 に示す。

表 4.5-1(1) 漂流物対策工①のアンカーボルトに作用する引張力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P_{sc1}	kN	漂流物対策工①に作用する引張力 ($= P_{ssh1}$)	203
n_{sc1}	本	アンカーボルトの本数	11

表 4.5-1(2) 漂流物対策工①のアンカーボルトに作用するせん断力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{sc1}	kN	漂流物対策工①に作用するせん断力 ($= P_{ssv1}$)	66
n_{sc1}	本	アンカーボルトの本数	11

表 4.5-1(3) 漂流物対策工④のアンカーボルトに作用する引張力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P_{sc4}	kN	漂流物対策工④に作用する引張力 ($= P_{ssv4}$)	67
n_{sc4}	本	アンカーボルトの本数	6

表 4.5-1(4) 漂流物対策工④のアンカーボルトに作用するせん断力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{sc4}	kN	漂流物対策工④に作用するせん断力 ($= P_{ssh4}$)	73
n_{sc4}	本	アンカーボルトの本数	6

表 4.5-1(5) 漂流物対策工⑤のアンカーボルトに作用する引張力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P_{sc5}	kN	漂流物対策工⑤に作用する引張力 ($= P_{ssh5}$)	39
n_{sc5}	本	アンカーボルトの本数	3

表 4.5-1(6) 漂流物対策工⑤のアンカーボルトに作用するせん断力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{sc5}	kN	漂流物対策工⑤に作用するせん断力 ($= P_{ssv5}$)	36
n_{sc5}	本	アンカーボルトの本数	3

表 4.5-1(7) 漂流物対策工⑥のアンカーボルトに作用する引張力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P_{sc6}	kN	漂流物対策工⑥に作用する引張力 ($= P_{ssh6}$)	167
n_{sc6}	本	アンカーボルトの本数	9

表 4.5-1(8) 漂流物対策工⑥のアンカーボルトに作用するせん断力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{sc6}	kN	漂流物対策工⑥に作用するせん断力 ($= P_{ssv6}$)	284
n_{sc6}	本	アンカーボルトの本数	9

表 4.5-1(9) 漂流物対策工⑧のアンカーボルトに作用する引張力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
P_{sc8}	kN	漂流物対策工⑧に作用する引張力 ($= P_{ssh8} + P_{sdw} - P_{sh}$)	522
P_{ssh8}	kN	水平慣性力	202
P_{sdw}	kN	動水圧	1,119
P_{sh}	kN	静水圧	799
n_{sc8}	本	アンカーボルトの本数	17

表 4.5-1(10) 漂流物対策工⑧のアンカーボルトに作用するせん断力の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{sc8}	kN	漂流物対策工⑧に作用するせん断力 ($= P_{ssv8}$)	395
n_{sc8}	本	アンカーボルトの本数	17

表 4.5-1(11) 漂流物対策工⑨の鋼材（鋼板）に作用する
最大曲げ応力度の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
M_{sk1}	kN・m	鋼板に作用する最大発生曲げモーメント	0.359*
Z_{sk1}	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 4.5-1(12) 漂流物対策工⑨の鋼材（補強鋼材）に作用する
最大曲げ応力度の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
M_{sk2}	kN・m	補強鋼材に作用する最大発生曲げモーメント	0.198*
Z_{sk2}	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 4.5-1(13) 漂流物対策工⑨の鋼材（鋼板）に作用する
最大せん断応力度の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{sk1}	kN	鋼板に作用する最大せん断力	7.068*
A_{sk1}	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 4.5-1(14) 漂流物対策工⑨の鋼材（補強鋼材）に作用する
最大せん断応力度の計算に用いる入力値

記号	単位	定義	入力値
Q_{sk2}	kN	補強鋼材に作用する最大せん断力	0.937*
A_{sk2}	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。

4.6 応力計算

4.6.1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

(1) アンカーボルトに作用する引張力

$$p_{sc} = P_{sc} / n_{sc}$$

ここで、 p_{sc} ：アンカーボルト1本に作用する引張力（kN/本）

P_{sc} ：アンカーボルトに作用する引張力（kN）

n_{sc} ：漂流物対策工を支持するアンカーボルトの本数（本）

「4.5 評価条件」より、アンカーボルトに作用する引張力を表 4.6.1-1 に示す。

表 4.6.1-1 アンカーボルトに作用する引張力

$p_{sc(n)}$	$P_{sc(n)}$ (kN)	$n_{sc(n)}$ (本)	$P_{sc(n)} / n_{sc(n)}$ (kN/本)
p_{sc1}	203	11	18.5
p_{sc4}	67	6	11.2
p_{sc5}	39	3	13.1
p_{sc6}	167	9	18.6
p_{sc8}	522	17	30.7

(2) アンカーボルトに作用するせん断力

$$q_{sc} = Q_{sc} / n_{sc}$$

ここで、 q_{sc} ：アンカーボルト1本に作用するせん断力 (kN/本)

Q_{sc} ：アンカーボルトに作用するせん断力 (kN)

n_{sc} ：漂流物対策工を支持するアンカーボルトの本数 (本)

「4.5 評価条件」より、アンカーボルトに作用するせん断力を表 4.6.1-2 に示す。

表 4.6.1-2 アンカーボルトに作用するせん断力

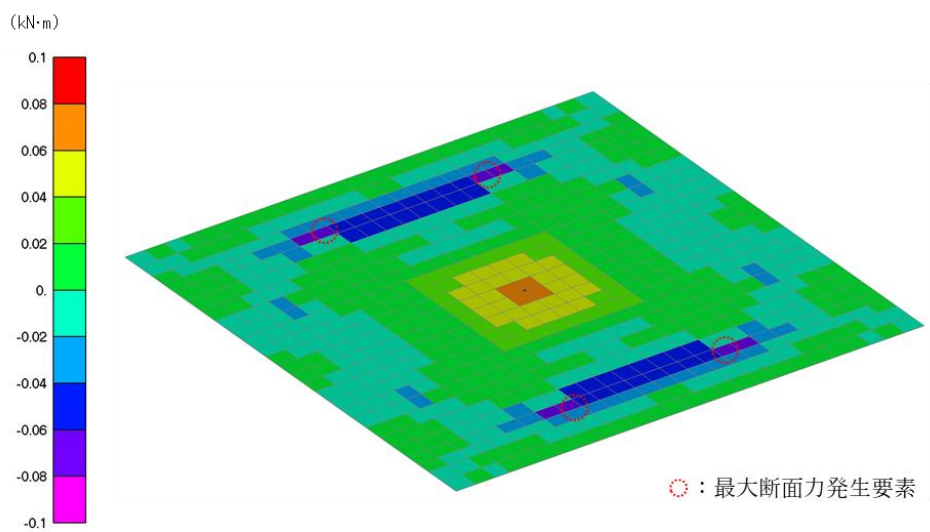
$q_{sc(n)}$	$Q_{sc(n)}$ (kN)	$n_{sc(n)}$ (本)	$Q_{sc(n)} / n_{sc(n)}$ (kN/本)
q_{sc1}	66	11	6.0
q_{sc4}	73	6	12.3
q_{sc5}	36	3	12.0
q_{sc6}	284	9	31.6
q_{sc8}	395	17	23.3

4.6.2 漂流物対策工（鋼材）

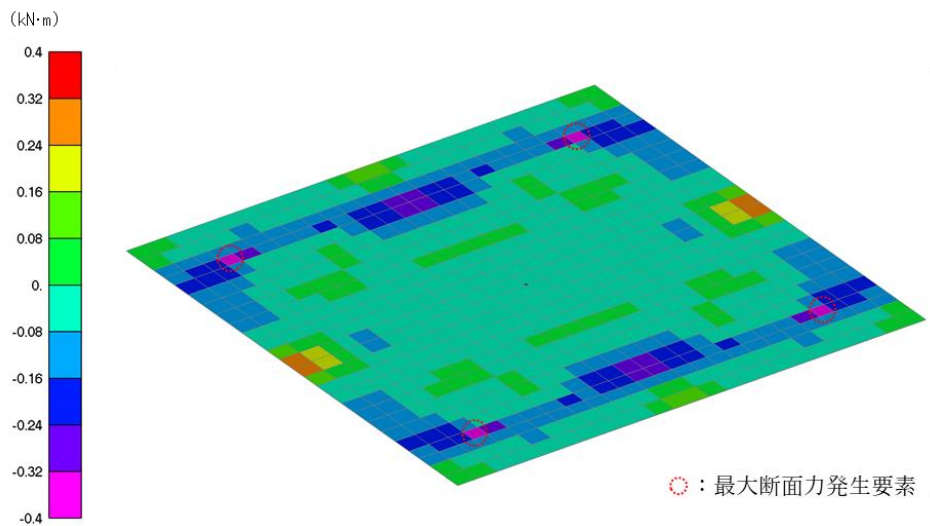
3次元構造解析の結果から、鋼板及び補強鋼材に発生している断面力を用いて曲げ応力度及びせん断応力度を算定する。

(1) 鋼材に作用する曲げ応力度

3次元構造解析における鋼板の発生曲げモーメントのコンター図を図4.6.2-1に、補強鋼材の発生曲げモーメントのコンター図を図4.6.2-2に示す。鋼板及び補強鋼材において発生曲げモーメントにより曲げ応力度を算定する。

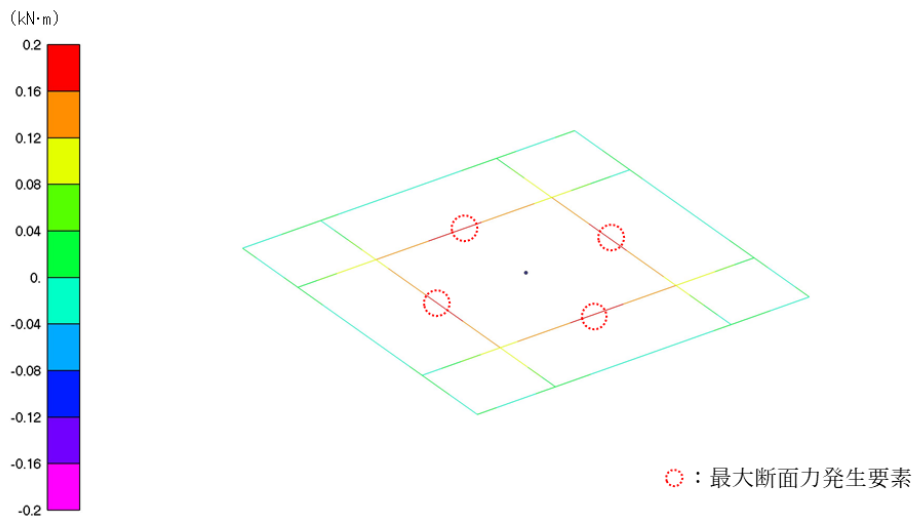


(鉛直震度 下向き)

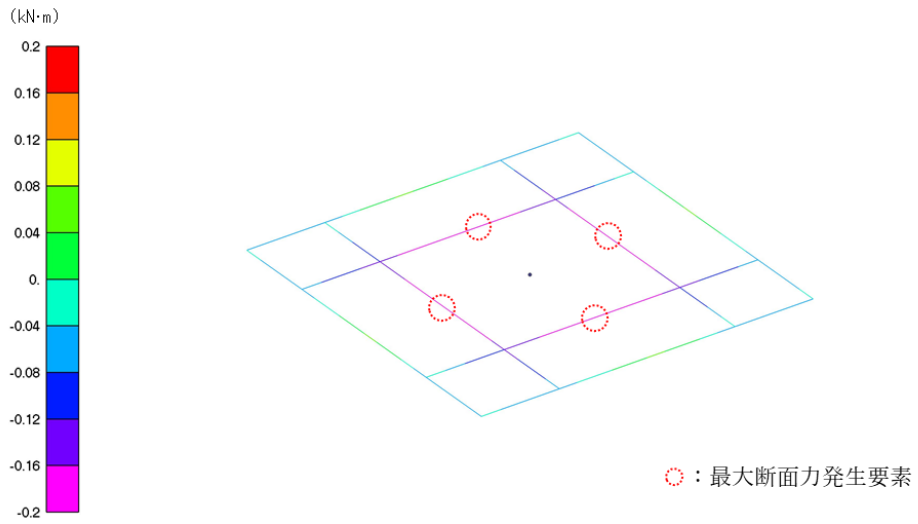


(鉛直震度 上向き)

図 4.6.2-1 鋼板の発生曲げモーメントのコンター図



(鉛直震度 下向き)



(鉛直震度 上向き)

図 4.6.2-2 補強鋼材の発生曲げモーメントのコンター図

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

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

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

$Z_{s k}$: 鋼材の断面係数 (mm³)

「4.5 評価条件」より、鋼材に作用する最大曲げ応力度 ($\sigma_{s k b}$) を以下のとおり設定する。

a . 鋼板

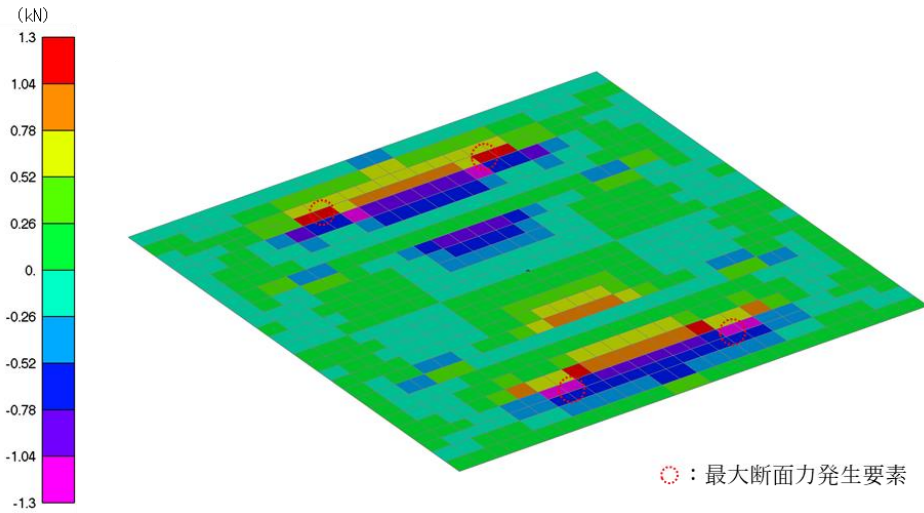
$$\begin{aligned}\sigma_{s k b 1} &= M_{s k 1} \times 10^6 / Z_{s k 1} \\ &= 0.359 \times 10^6 / 80.67 \times 10^3 \\ &= 4.5 \text{N/mm}^2\end{aligned}$$

b . 補強鋼材

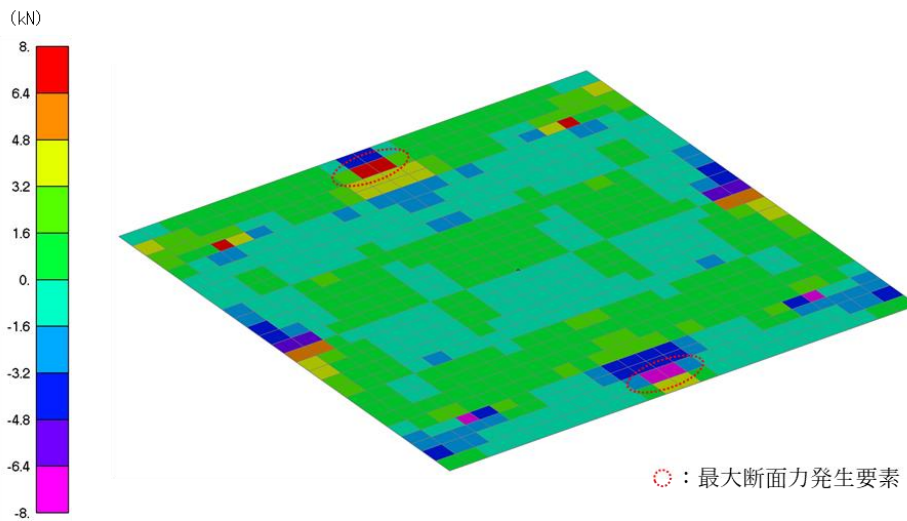
$$\begin{aligned}\sigma_{s k b 2} &= M_{s k 2} \times 10^6 / Z_{s k 2} \\ &= 0.198 \times 10^6 / 140 \times 10^3 \\ &= 1.5 \text{N/mm}^2\end{aligned}$$

(2) 鋼材に作用するせん断曲げ応力度

3次元構造解析における鋼板の発生せん断力のコンター図を図4.6.2-3に、補強鋼材の発生曲げモーメントのコンター図を図4.6.2-4に示す。鋼板及び補強鋼材において発生せん断力により曲げ応力度を算定する。

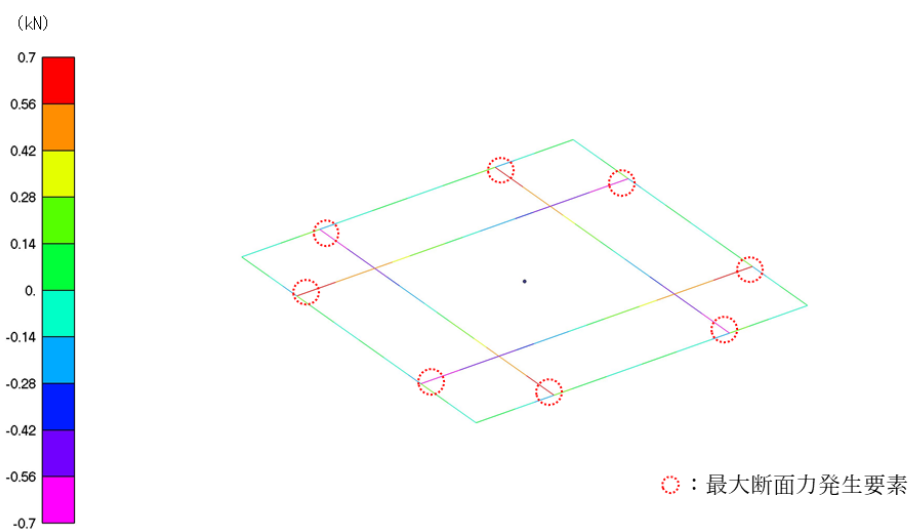


(鉛直震度 下向き)

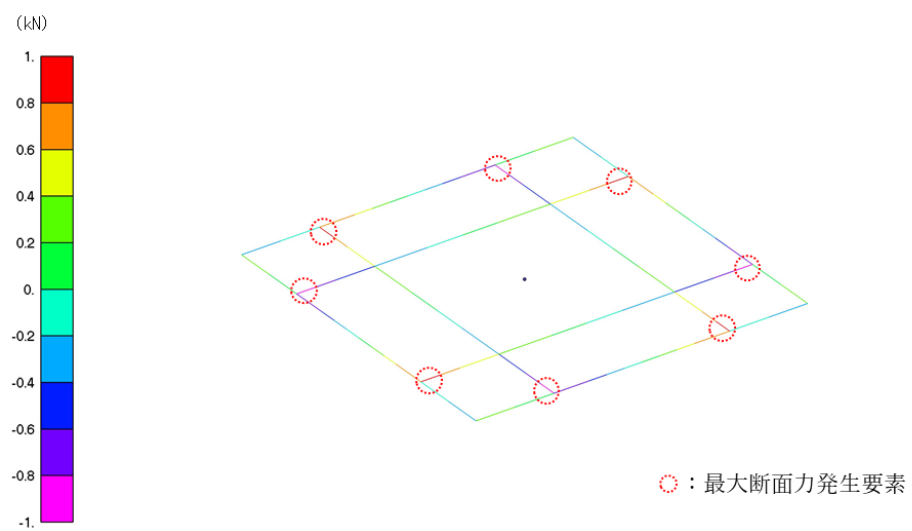


(鉛直震度 上向き)

図4.6.2-3 鋼板の発生せん断力のコンター図



(鉛直震度 下向き)



(鉛直震度 上向き)

図 4.6.2-4 補強鋼材の発生せん断力のコンター図

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

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

$Q_{s k}$: 3次元構造解析における発生せん断力 (kN)

$A_{s k}$: 鋼材の断面積 (mm²)

「4.5 評価条件」より、鋼材に作用する最大せん断応力度 ($\tau_{s k}$) を以下のとおり設定する。

a . 鋼板

$$\begin{aligned} \tau_{s k 1} &= Q_{s k 1} \times 10^3 / A_{s k 1} \\ &= 7.068 \times 10^3 / 220 \times 10^2 \\ &= 0.4 \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

b . 補強鋼材

$$\begin{aligned} \tau_{s k 2} &= Q_{s k 2} \times 10^3 / A_{s k 2} \\ &= 0.937 \times 10^3 / 30.59 \times 10^2 \\ &= 0.4 \text{N/mm}^2 \end{aligned}$$

(3) アンカーボルトに作用するせん断力及び引張力

3次元構造解析において、アンカーボルトに作用する引張力及びせん断力を表4.6.2-1に示す。

表 4.6.2-1 アンカーボルトに作用するせん断力及び引張力

評価対象部位	最大引張力 T_k (kN)	最大せん断力 S_k (kN)
アンカーボルト	1.5	2.0

4.7 評価結果

4.7.1 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）のアンカーボルトの引張き力及びせん断力に対する耐震評価結果を表 4.7.1-1 に示す。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 4.7.1-1(1) アンカーボルトの引張き力に対する耐震評価結果

評価部位	材質	引張き力 (a) (kN/本)	許容限界 (b) (kN/本)	照査値 (a/b)
漂流物対策工①	SD345 (D16)	18.5	42.3	0.44
漂流物対策工④	SD345 (D16)	11.2	42.3	0.27
漂流物対策工⑤	SD345 (D16)	13.1	42.3	0.31
漂流物対策工⑥	SD345 (D19)	18.6	60.2	0.31
漂流物対策工⑧	SD345 (D19)	30.7	60.2	0.53

表 4.7.1-1(2) アンカーボルトのせん断力に対する耐震評価結果

評価部位	材質	せん断力 (a) (kN/本)	許容限界 (b) (kN/本)	照査値 (a/b)
漂流物対策工①	SD345 (D16)	6.0	47.9	0.13
漂流物対策工④	SD345 (D16)	12.3	47.9	0.26
漂流物対策工⑤	SD345 (D16)	12.0	47.9	0.25
漂流物対策工⑥	SD345 (D19)	31.6	69.1	0.46
漂流物対策工⑧	SD345 (D19)	23.3	69.1	0.34

4.7.2 漂流物対策工（鋼材）

漂流物対策工（鋼材）の耐震評価結果を表 4.7.2-1 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 4.7.2-1 漂流物対策工（鋼材）の耐震評価結果

評価対象部位		発生値		許容限界		照査値
鋼板	曲げ応力度	4.5	N/mm ²	210	N/mm ²	0.03
	せん断応力度	0.4	N/mm ²	120	N/mm ²	0.01
補強鋼材	曲げ応力度	1.5	N/mm ²	210	N/mm ²	0.01
	せん断応力度	0.4	N/mm ²	120	N/mm ²	0.01
アンカー ボルト	引張力	1.5	kN	29.3	kN	0.06
	せん断力	2.0	kN	24.8	kN	0.09

5. 強度計算

5.1 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、「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「5.3 許容限界」にて示す許容限界以下であることを確認する。

5.2 荷重及び荷重の組合せ

5.2.1 荷重の組合せ

漂流物対策工の評価に用いる荷重の組合せを選定するため、津波時及び重畳時の荷重の組合せを下記に示す。荷重の組合せを表 5.2.1-1 に、荷重の作用図を図 5.2.1-1 に示す。

なお、重畳時の浸水津波荷重は、重畳時に考慮する津波高さは EL 4.9m であることから、津波時の浸水津波荷重に包絡される。また、アンカーボルトの評価に用いる余震荷重について、重畳時の余震荷重及び動水圧の算定に用いる弾性設計用地震動 S_d-D の加速度は、図 5.2.1-2 に示すとおり、地震時の加速度に包絡される。以上を踏まえ、重畳時の荷重は、地震時又は津波時に包絡されることから、重畳時の検討は省略する。

(1) 津波時

$$G + P_t + P_c + P_k$$

ここで、G：固定荷重 (kN)

P_t：浸水津波荷重 (kN)

P_c：漂流物衝突荷重 (kN)

P_k：風荷重 (kN)

(2) 重畳時

$$G + P_t + K_{s_d} + P_k$$

ここで、G：固定荷重 (kN)

P_t：浸水津波荷重 (kN)

K_{s_d}：余震荷重 (kN)

P_k：風荷重 (kN)

表 5.2.1-1 荷重の組合せ

種別		荷重		算定方法
永久 荷重	常時 考慮 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。
		機器・ 配管荷重	－	対象構造物に作用する機器・配管はないため考慮しない。
		土被り荷重	－	土被りはないため考慮しない。
		積載荷重	－	積載荷重は考慮しない。
	静止土圧		－	気中又は海中に設置されているため考慮しない。
	静水圧 P _{d h}		－ (○)	気中に設置されているため考慮しない。 (ケーソンに設置する漂流物対策工⑧は海中に設置するため考慮する。)
	積雪荷重		－	厚さが 50cm であり、積雪荷重による影響は軽微のため考慮しない。
	風荷重 P _k		○	風荷重を考慮する。
余震荷重 K _{s d}	水平地震動	○	弾性設計用地震動 S _{s - D} による躯体の慣性力を考慮する。	
	鉛直地震動	○	弾性設計用地震動 S _{s - D} による躯体の慣性力を考慮する。	
	動水圧	－ (○)	気中に設置されているため考慮しない。 (ケーソンに設置する漂流物対策工⑧は海中に設置するため考慮する。)	
浸水津波荷重 P _t	遡上津波 荷重	○	遡上波による波圧を考慮する。	
漂流物衝突荷重 P _c		○	漂流物による衝突荷重を考慮する。	

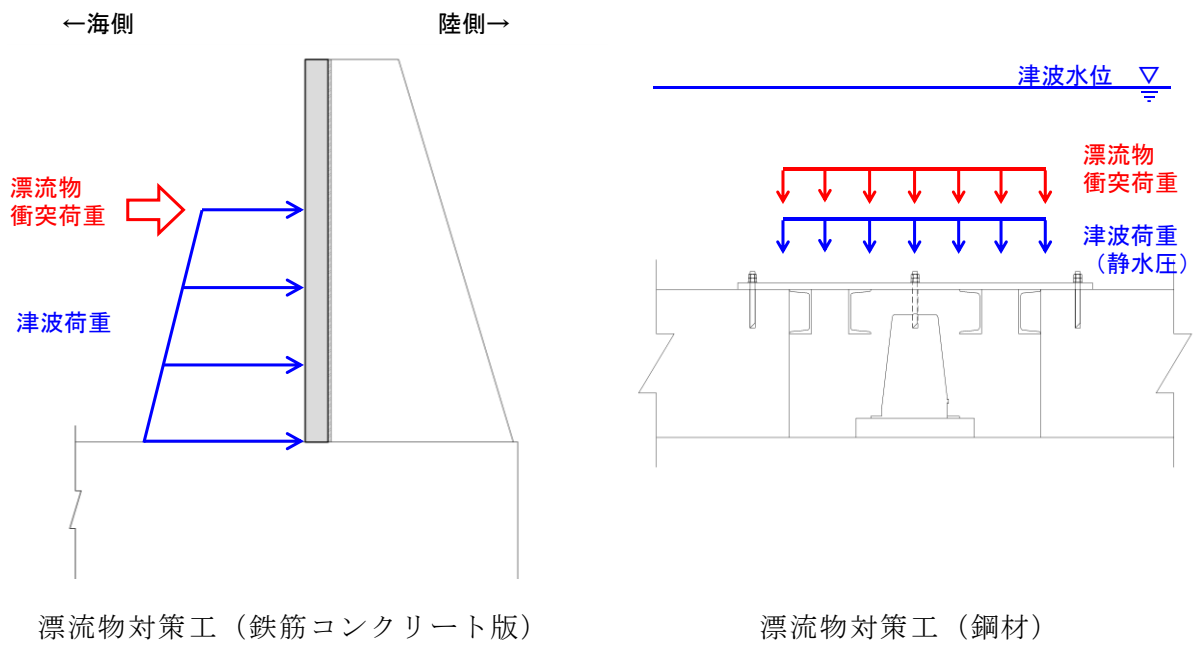
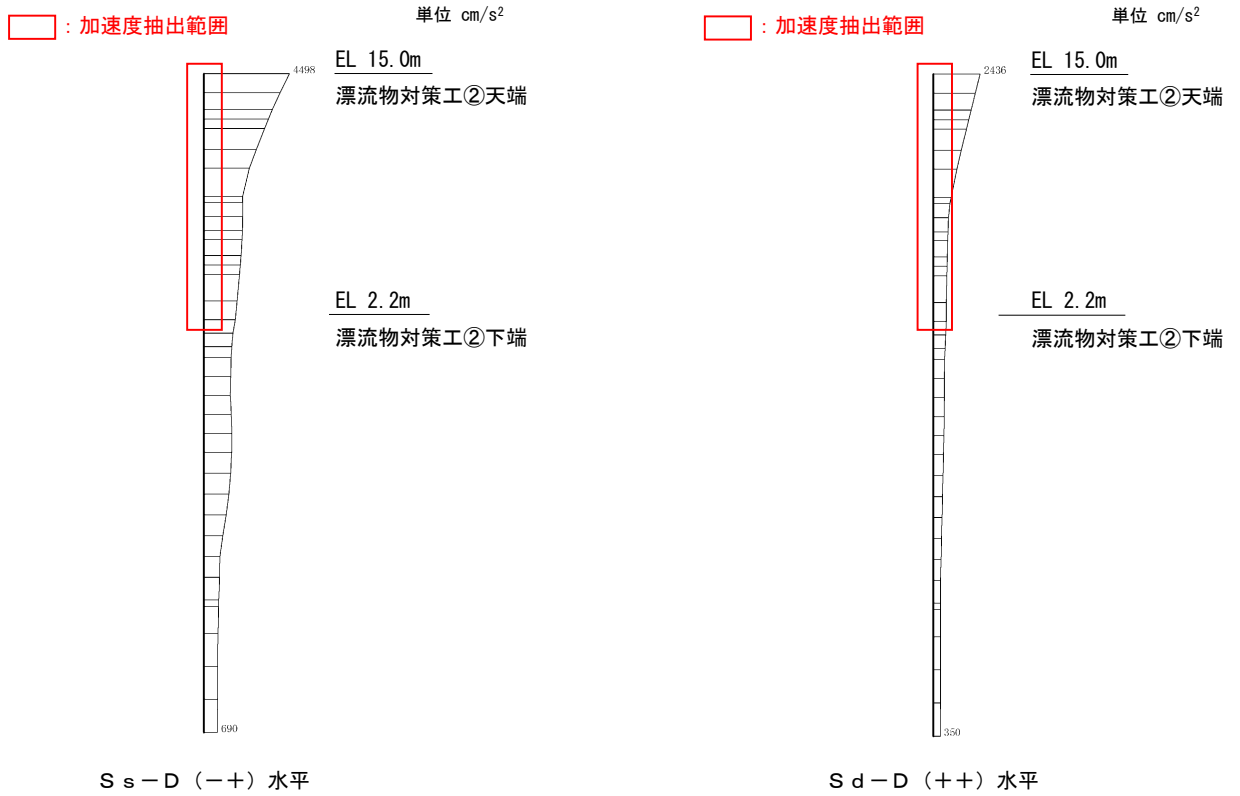
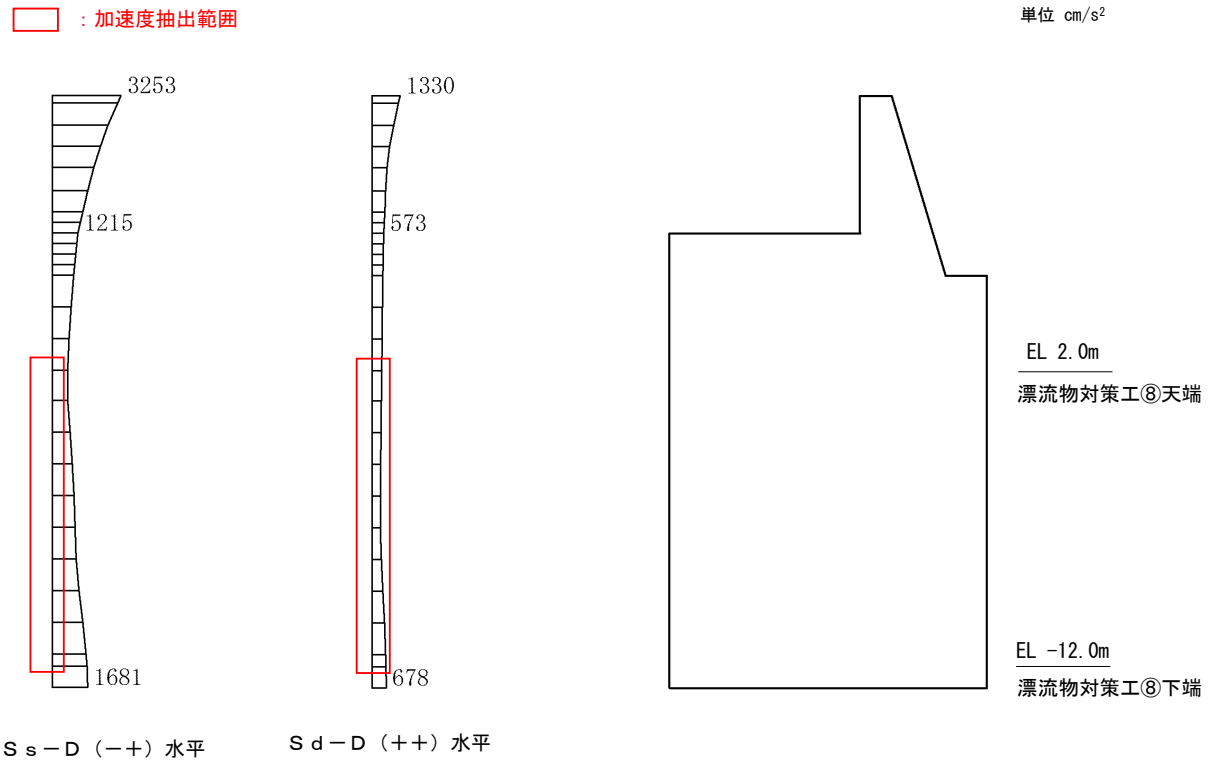


図 5.2.1-1 漂流物対策工の荷重作用図



(防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) ④-④断面)



(防波壁 (波返重力擁壁) ④-④断面)

図 5.2.1-2 地震時と余震時の最大応答加速度分布の比較

5.2.2 荷重の設定

強度計算に用いる荷重は以下のとおりとする。また、ケーソンに設置する漂流物対策工は海中に設置するため、静水圧についても考慮する。

(1) 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。

(2) 浸水津波荷重 (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、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) 漂流物衝突荷重 (P_c)

漂流物衝突荷重は、「補足 018-02 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料」のうち「4.5 漂流物による漂流物衝突荷重」において、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)を想定し、表 5.2.2-1 に示す津波の流速を用いて、「衝突解析」の結果に基づき設定する。

表 5.2.2-1 浸水防護施設の設計に用いる津波のパラメータ

設備分類	設備名称	津波のパラメータ	
		津波高さ (EL(m))	流速(m/s)
浸水防護施設	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	12.6	10.0*
	防波壁(逆T擁壁)	12.6	10.0*
	防波壁(波返重力擁壁)	12.6	10.0*

注記 * : 「補足 018-02 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料」のうち「4.5 漂流物による漂流物衝突荷重」に示されるように、安全側に日本海東縁部に想定される地震による津波及び海域活断層から想定される地震による津波ともに、漂流物の衝突速度 10.0m/s を設定

(4) 風荷重 (P_k)

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

(5) 静水圧 (P_{dh})

海水位から漂流物対策工下端までの静水圧を考慮する。

$$P_{dh} = \frac{1}{2} \times \rho \times g \times H_d^2$$

ここで、 P_{dh} : 静水圧 (kN)

ρ : 海水の密度 (=1.03t/m³)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

H_d : 水深 (m)

5.2.3 荷重の算定

強度計算に用いる荷重の算定は以下のとおりとする。

(1) 浸水津波荷重 (P_t)

津波時の遡上津波荷重について、防波壁前面における入力津波水位 EL 11.9m に余裕を考慮した津波水位 EL 12.6m を用いる。

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に作用する浸水津波荷重のうち、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。また、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。

漂流物対策工（鋼材）は、防波壁（逆 T 擁壁）のフーチング上部（EL 10.5m）に設置されることから、防波壁前面における入力津波水位 EL 11.9m に余裕を考慮した津波水位 EL 12.6m を踏まえた静水圧を浸水津波荷重として考慮する。

漂流物対策工に作用する遡上津波荷重を表 5.2.3-1 に示す。表 5.2.3-1 に示す遡上津波荷重を踏まえ、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遡上津波荷重を表 5.2.3-2 及び表 5.2.3-3 に示す。

表 5.2.3-1 漂流物対策工に作用する遡上津波荷重

漂流物対策工			遡上津波荷重 (kN/m ²) * ¹
設置箇所	構造形式	設置高さ	津波時
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	鉄筋 コンクリート版	EL 15.0m～ EL 8.4m	62.1
		EL 15.0m～ EL 2.2m	121.5
防波壁 (逆 T 擁壁)	鉄筋 コンクリート版	EL 15.0m～ EL 8.0m	62.1
防波壁 (逆 T 擁壁) 漂流物対策工 (鋼材)	鋼材	(EL 10.5m)	36.4* ²
防波壁 (波返重力擁壁)	鉄筋 コンクリート版	EL 15.0m～ EL 8.5m	62.1
		EL 15.0m～ EL 6.5m	92.4
防波壁 (波返重力擁壁) ケーソン		EL 2.0m ～ EL-12.0m	133.5

注記*1：漂流物対策工に作用する遡上津波荷重の最大値を記載

*2：防波壁前面における入力津波水位 EL 11.9m に余裕を考慮した津波水位 EL 12.6m を踏まえた静水圧を記載

表 5.2.3-2 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の強度計算に用いる遡上津波荷重

荷重	津波時
遡上津波荷重 (kN)	134

表 5.2.3-3 漂流物対策工 (鋼材) の強度計算に用いる遡上津波荷重

荷重	津波時
遡上津波荷重 (kN)	36.4

(2) 漂流物衝突荷重 (P_c)

漂流物衝突荷重の設定については、「1.5 浸水防護施設の評価における漂流物衝突荷重、風荷重及び積雪荷重の設定」に示す「局所的な漂流物衝突荷重」を設定する。

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）における「局所的な漂流物衝突荷重」の作用イメージを図 5.2.3-1 に示す。漂流物対策工の強度計算に用いる漂流物衝突荷重を表 5.2.3-4 に示す。

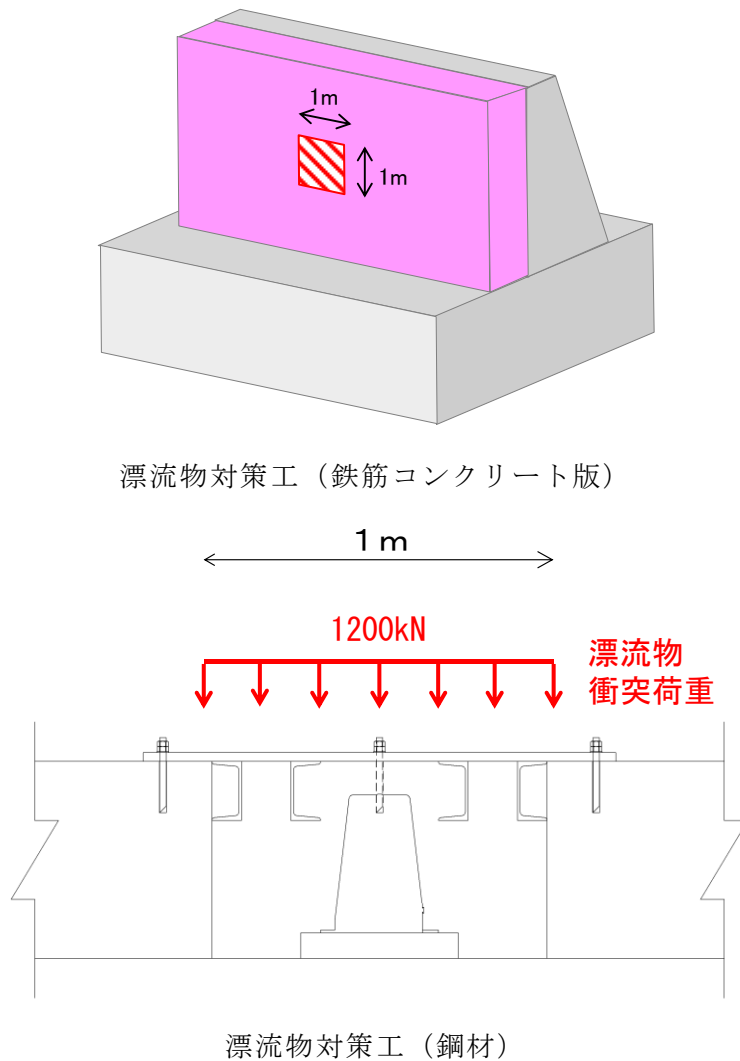


図 5.2.3-1 「局所的な漂流物衝突荷重」の作用イメージ

表 5.2.3-4 強度計算に用いる漂流物衝突荷重

衝突荷重 (kN)
1,200

(3) 風荷重 (P_k)

風荷重は、「1.5 浸水防護施設の評価における漂流物衝突荷重、風荷重及び積雪荷重の設定」に示す防波壁に設定する風荷重に、裕度を考慮した値を用いる。漂流物対策工の強度計算に用いる風荷重を表 5.2.3-5 に示す。

表 5.2.3-5 漂流物対策工の強度計算に用いる風荷重

風荷重 (kN/m ²)
2.0

(4) 静水圧 (P_{dh})

静水圧は、鉄筋コンクリート版のアンカーボルトの評価に用いるが、重畳時におけるアンカーボルトの評価は「4.7 評価結果」に包絡されるため、荷重の算定は不要と判断する。

5.3 許容限界

漂流物対策工の許容限界は、「3. 評価対象部位」にて設定した部位に対し、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」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

5.3.1 使用材料

(1) 漂流物対策工

漂流物対策工を構成する各部材の使用材料は、「4.3.1 使用材料」を基に設定する。

5.3.2 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。

(1) 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](土木学会, 2002年制定)」に基づき、表 5.3.2-1 の値とする。

表 5.3.2-1 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=24N/mm ²)	押し抜きせん断応力度	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](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) 鋼材

鋼材の許容限界は、「4.3.2 許容限界」を基に設定する。

(3) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界は、「4.3.2 許容限界」を基に設定する。

5.4 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。

5.4.1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

(1) 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 5.4.1-1 に示す。

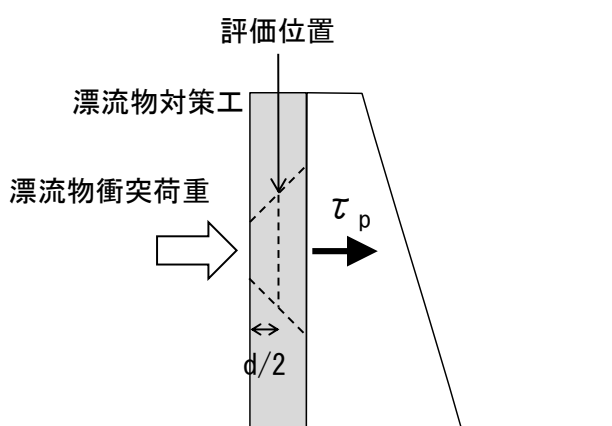


図 5.4.1-1 鉄筋コンクリート版のモデル図

a. 鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力

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

ここで、 τ_p ：鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力（ kN/mm^2 ）

P_{dc} ：鉄筋コンクリート版に作用する荷重（ kN ）

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

d ：鉄筋コンクリート版の有効高さ（ m ）

5.4.2 漂流物対策工（鋼材）

(1) 解析方法

漂流物対策工（鋼材）は、鋼板に補強鋼材を格子状に配置した複雑な構造であることから、3次元構造解析により強度計算を行う。

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

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

(2) 解析モデル

解析モデルは、「4.4 評価方法」に記載のとおりとする。

(3) 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、「4.4 評価方法」に記載のとおりとする。

(4) 入力荷重の設定

3次元構造解析モデルにおける津波荷重及び漂流物衝突荷重の作用イメージ図を図5.4.2-1に示す。

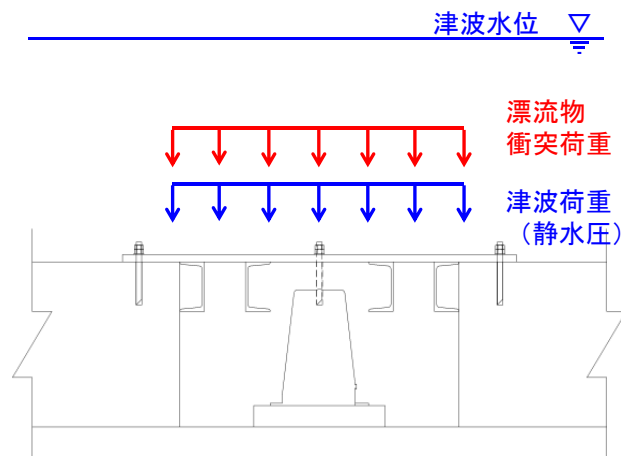


図 5.4.2-1 3次元構造解析モデルにおける荷重の作用イメージ図

(5) 評価方法

評価方法は、「4.4 評価方法」に記載のとおりとする。

5.5 評価条件

漂流物対策工の強度計算に用いる入力値を表 5.5-1 に示す。

表 5.5.1-1(1) 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）に作用する
押抜きせん断力の計算に用いる入力値

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

表 5.5.1-1(2) 鋼板に作用する最大曲げ応力度の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 5.5.1-1(3) 補強鋼材に作用する最大曲げ応力度の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 5.5.1-1(4) 鋼板に作用する最大せん断応力度の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 5.5.1-1(5) 補強鋼材に作用する最大せん断応力度の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。

5.6 応力計算

5.6.1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）

(1) 鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力

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

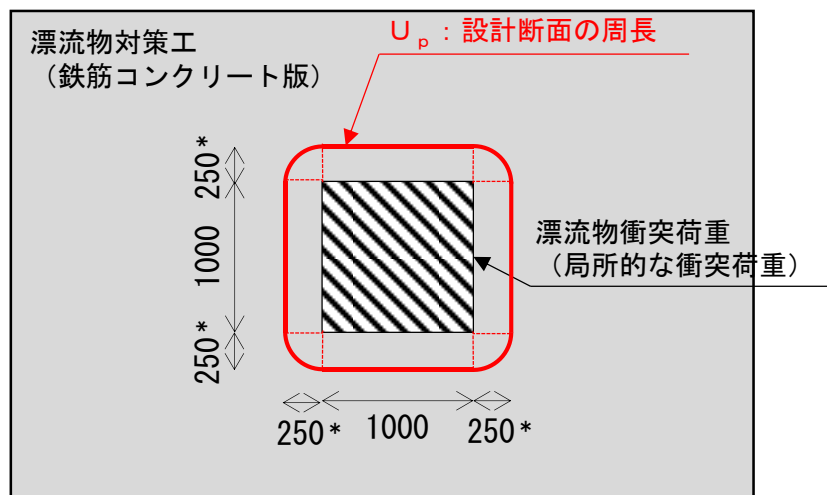
ここで、 τ_p ：鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力（kN/mm²）

P_{dc} ：鉄筋コンクリート版に作用する荷重（kN）

U_p ：設計断面の周長（載荷面から $d/2$ 離れた位置）（m）

d ：鉄筋コンクリート版の有効高さ（m）

設計断面の周長 U_p の算定イメージを図 5.6.1-1 に示す。



注記*：載荷面から $d/2$ 離れた位置として
鉄筋コンクリート版の厚さ $500\text{mm} \div 2 = 250\text{mm}$

図 5.6.1-1 設計断面の周長 U_p の算定イメージ

「5.5 評価条件」より、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（ τ_p ）は以下のとおりとなる。

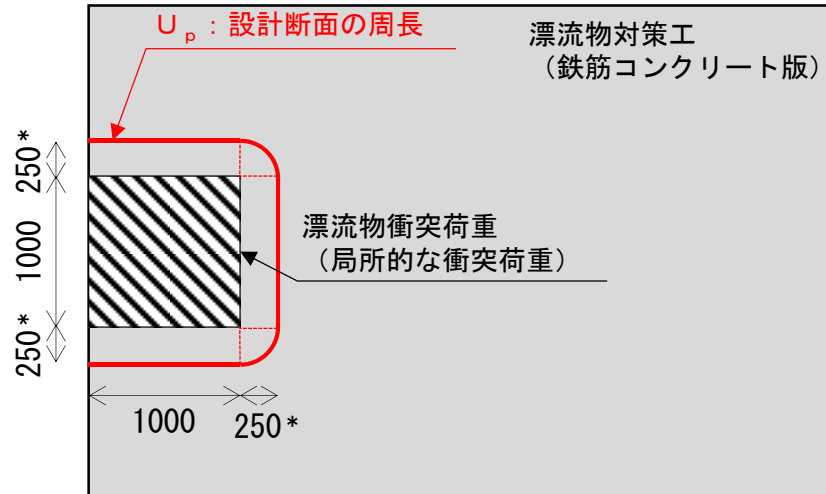
$$\tau_p = P_{dc} / U_p \cdot d$$

$$= 1,336 / 5.57 \cdot 0.5$$

$$= 479.7 \text{ kN/m}^2$$

$$= 0.48 \text{ N/mm}^2$$

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の端部に漂流物が衝突した場合の設計断面の周長 U_p の算定イメージを図 5.6.1-2 に示す。



注記* : 載荷面から $d/2$ 離れた位置として
鉄筋コンクリート版の厚さ $500\text{mm} \div 2 = 250\text{mm}$

図 5.6.1-2 漂流物対策工の端部（鉄筋コンクリート版）に漂流物が衝突した場合の設計断面の周長 U_p の算定イメージ

「5.5 評価条件」より，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（ τ_p ）は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned} \tau_p &= P_{dc} / U_p \cdot d \\ &= 1,336 / 3.79 \cdot 0.5 \\ &= 705.9 \text{ kN/m}^2 \\ &= 0.71 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

5.6.2 漂流物対策工（鋼材）

3次元構造解析の結果から、鋼板及び補強鋼材に発生している断面力を用いて曲げ応力度及びせん断応力度を算定する。

(1) 鋼材に作用する曲げ応力度

3次元構造解析における鋼板の発生曲げモーメントのコンター図を図5.6.2-1に、補強鋼材の発生曲げモーメントのコンター図を図5.6.2-2に示す。鋼板及び補強鋼材において発生曲げモーメントにより曲げ応力度を算定する。

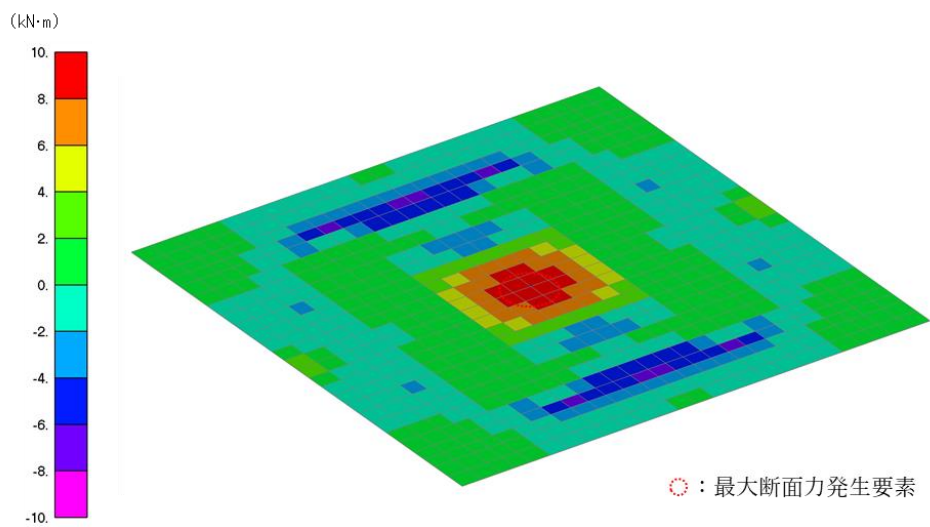


図 5.6.2-1 鋼板の発生曲げモーメントのコンター図

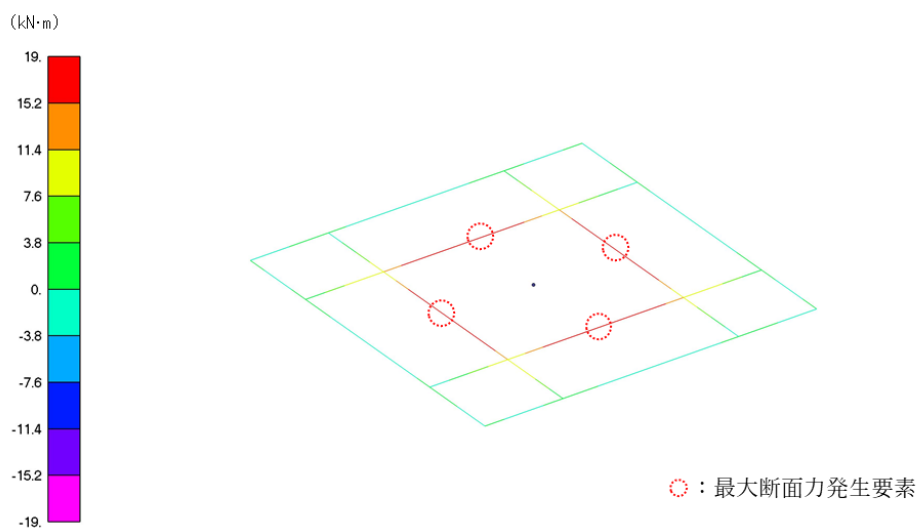


図 5.6.2-2 補強鋼材の発生曲げモーメントのコンター図

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

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)

「5.5 評価条件」より、鋼材に作用する最大曲げ応力度 (σ_{dkb}) を以下のとおり設定する。

a. 鋼板

$$\begin{aligned}\sigma_{dkb1} &= M_{dk1} \times 10^6 / Z_{dk1} \\ &= 9.556 \times 10^6 / 80.67 \times 10^3 \\ &= 118.5 \text{N/mm}^2\end{aligned}$$

b. 補強鋼材

$$\begin{aligned}\sigma_{dkb2} &= M_{dk2} \times 10^6 / Z_{dk2} \\ &= 18.59 \times 10^6 / 140 \times 10^3 \\ &= 132.8 \text{N/mm}^2\end{aligned}$$

(2) 鋼材に作用するせん断応力度

3次元構造解析における鋼板の発生せん断力のコンター図を図 5.6.2-3 に、補強鋼材の発生せん断力のコンター図を図 5.6.2-4 に示す。鋼板及び補強鋼材において発生せん断力によりせん断応力度を算定する。

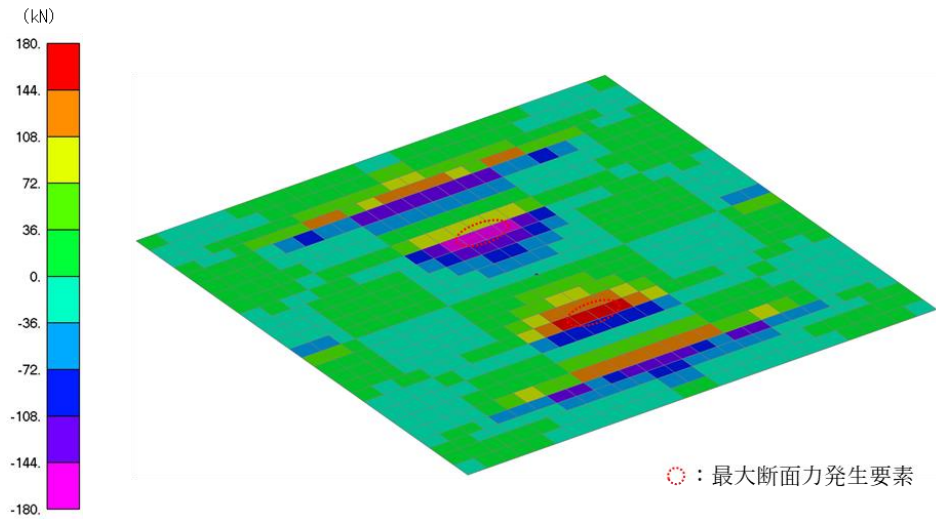


図 5.6.2-3 鋼板の発生せん断力のコンター図

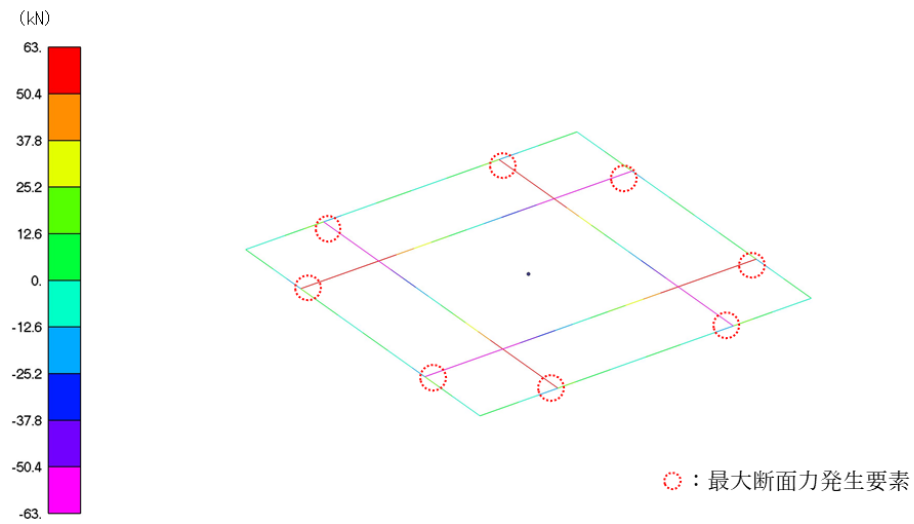


図 5.6.2-4 補強鋼材の発生せん断力のコンター図

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

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）

「5.5 評価条件」より、鋼材に作用するせん断応力度（ τ_{dk} ）を以下のとおり設定する。

a. 鋼板

$$\begin{aligned} \tau_{dk1} &= Q_{dk1} \times 10^3 / A_{dk1} \\ &= 176.1 \times 10^3 / 220 \times 10^2 \\ &= 8.0 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

b. 補強鋼材

$$\begin{aligned} \tau_{dk2} &= Q_{dk2} \times 10^3 / A_{dk2} \\ &= 62.6 \times 10^3 / 30.59 \times 10^2 \\ &= 20.5 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

(3) アンカーボルトに作用するせん断力及び引張力

3次元構造解析において、アンカーボルトに作用する引張力及びせん断力を表5.6.2-1に示す。

表 5.6.2-1 アンカーボルトに作用するせん断力及び引張力

評価対象部位	最大引張力 T_{dk} (kN)	最大せん断力 S_{dk} (kN)
アンカーボルト	12.2	0.0

5.7 評価結果

5.7.1 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）の耐震評価結果を表 5.7.1-1 に示す。鉄筋コンクリート版の発生力が許容限界以下であることを確認した。

表 5.7.1-1 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	0.48	N/mm ²	1.35	N/mm ²	0.36
	せん断	0.71*	N/mm ²	1.35	N/mm ²	0.53*

注記*：漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の端部に漂流物が衝突した場合

5.7.2 漂流物対策工（鋼材）

漂流物対策工（鋼材）の耐震評価結果を表 5.7.2-1 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 5.7.2-1 漂流物対策工（鋼材）の構造強度計算結果

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

(参考資料1) 耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定について

1. 概要

漂流物対策工について、構造的特徴及び地震応答加速度の観点から、耐震評価を行う上で厳しい構造区分を選定している。

本資料においては、耐震評価を実施する構造区分の選定における考え方を整理し、その妥当性を説明する。

2. 漂流物対策工の構造区分

漂流物対策工の構造区分を表2-1に、漂流物対策工の配置図を図2-1に、各構造区分の構造概要図を図2-2～図2-8に示す。

漂流物対策工の構造形式は、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)に区分され、防波壁の形状に応じて漂流物対策工の設置高さが異なることから、それぞれの構造的特徴を踏まえ、耐震評価を実施する構造区分を選定する。

表2-1 漂流物対策工の構造区分

名称	種別	設置箇所	鉄筋コンクリート版		アンカーボルト	
			厚さ	高さ	径	標準本数 (幅1mあたり)
漂流物対策工①	鉄筋コンクリート版	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	50cm	6.6m (EL 15.0m~EL 8.4m)	D16	11本
漂流物対策工②	鉄筋コンクリート版	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)	50cm	12.8m (EL 15.0m~EL 2.2m)	D16	23本
漂流物対策工③	鉄筋コンクリート版	防波壁(逆T擁壁) 堅壁	50cm	4.5m (EL 15.0m~EL 10.5m)	D16	7本
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	50cm	— (EL 10.0m)	D16	6本
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	50cm	2.0m (EL 10.0m~EL 8.0m)	D16	3本
漂流物対策工⑥	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) 重力擁壁	50cm	6.5m (EL 15.0m~EL 8.5m)	D19	9本
漂流物対策工⑦	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) 重力擁壁	50cm	8.5m (EL 15.0m~EL 6.5m)	D19	12本
漂流物対策工⑧	鉄筋コンクリート版	防波壁(波返重力擁壁) ケーソン	50cm	14.0m* (EL 2.0m~EL-12.0m)	D19	17本
漂流物対策工⑨	鋼材	防波壁(逆T擁壁) フーチング (グラウンドアンカ設置箇所)	—	—	M16	—

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

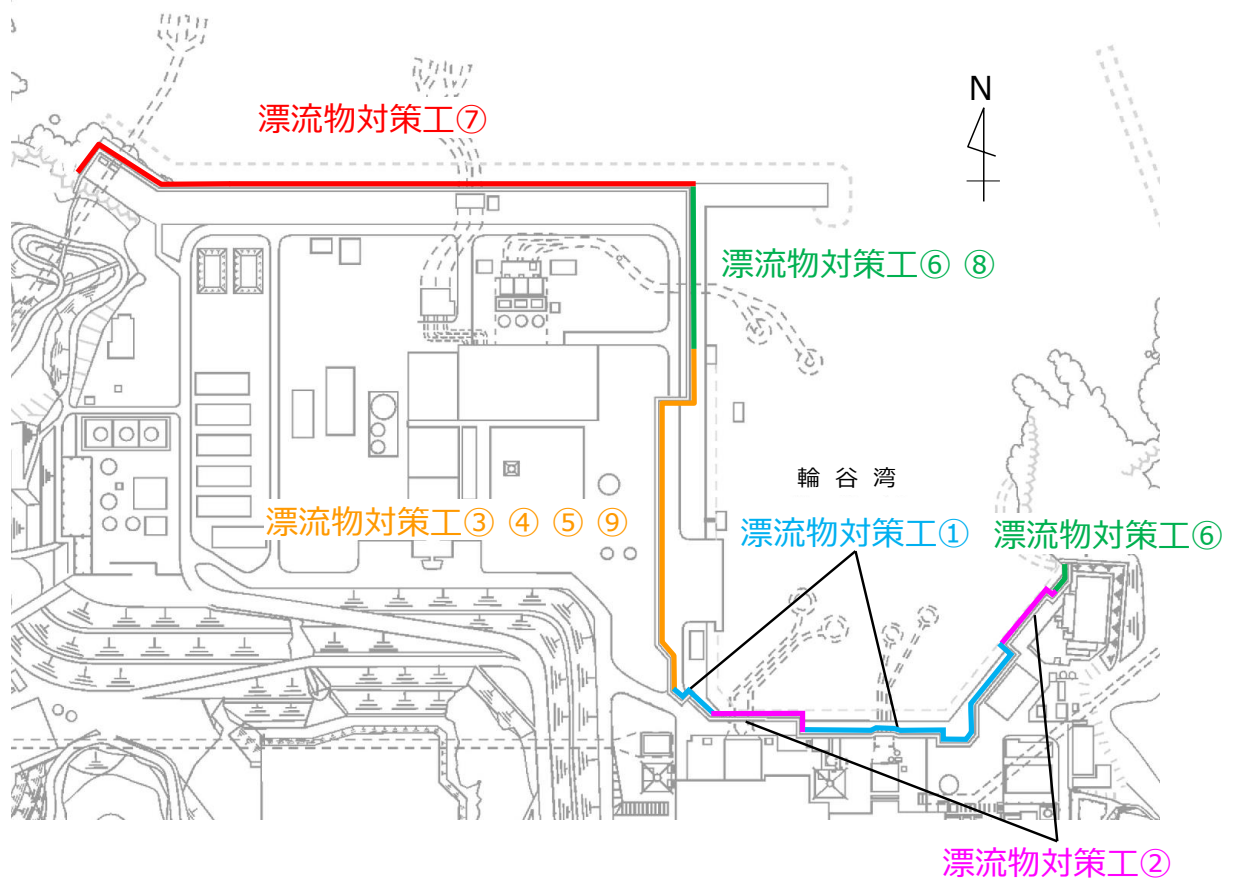


図 2-1 漂流物対策工の構造区分の配置図

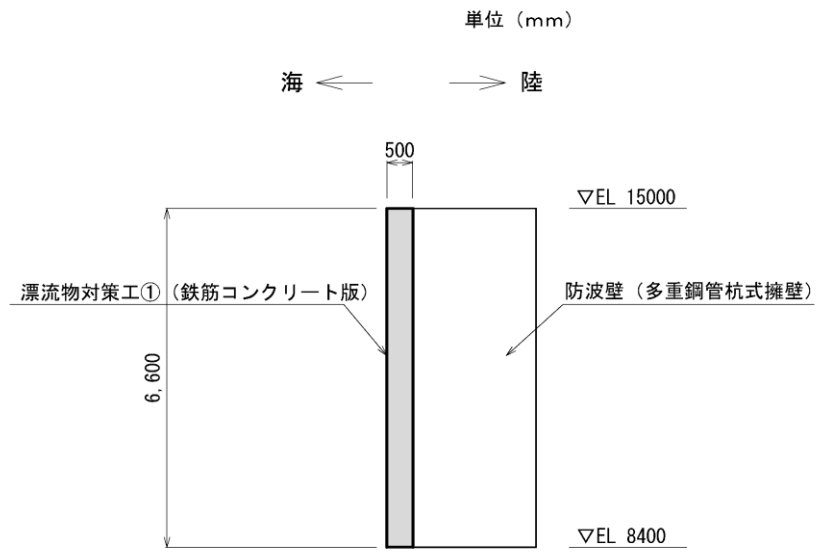


図 2-2 漂流物対策工①の構造概要図

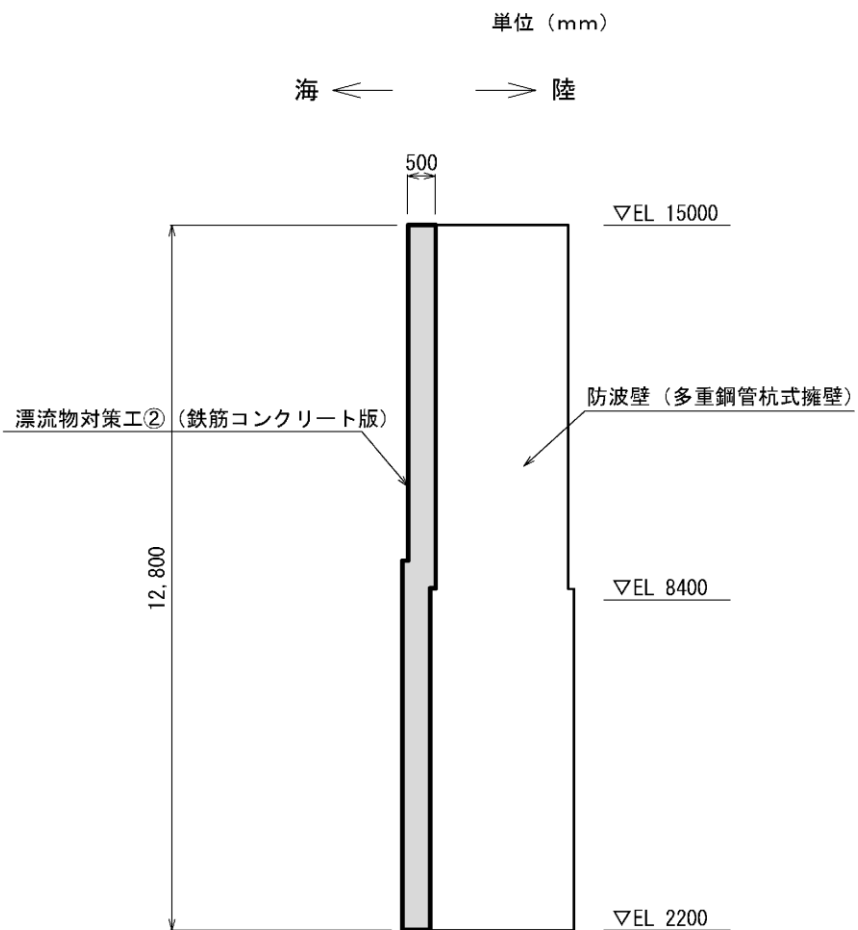


図 2-3 漂流物対策工②の構造概要図

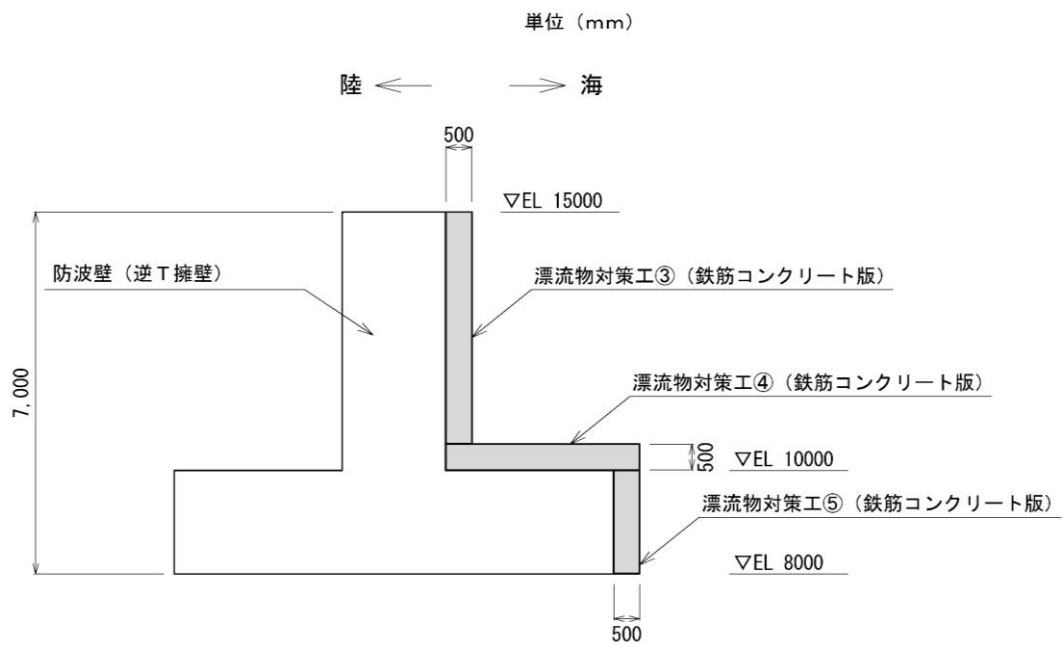


図 2-4 漂流物対策工③～⑤の構造概要図

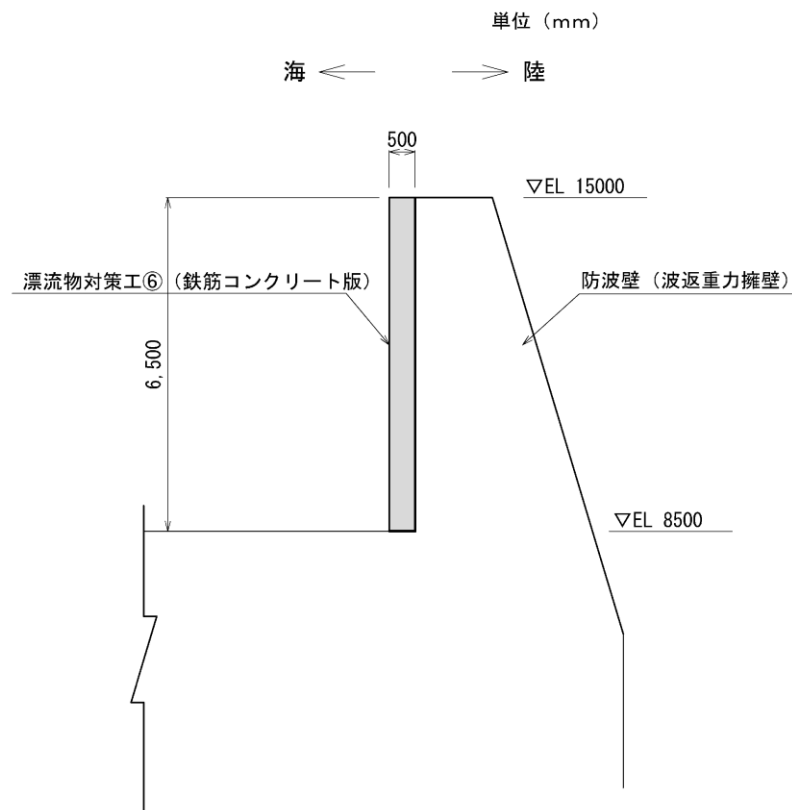


図 2-5 漂流物対策工⑥の構造概要図

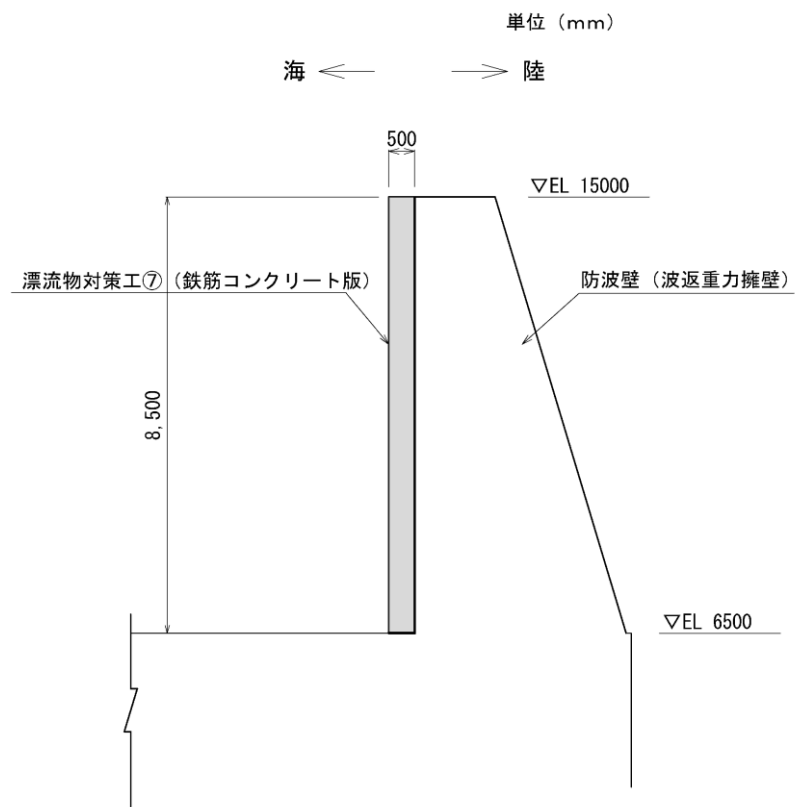


図 2-6 漂流物対策工⑦の構造概要図

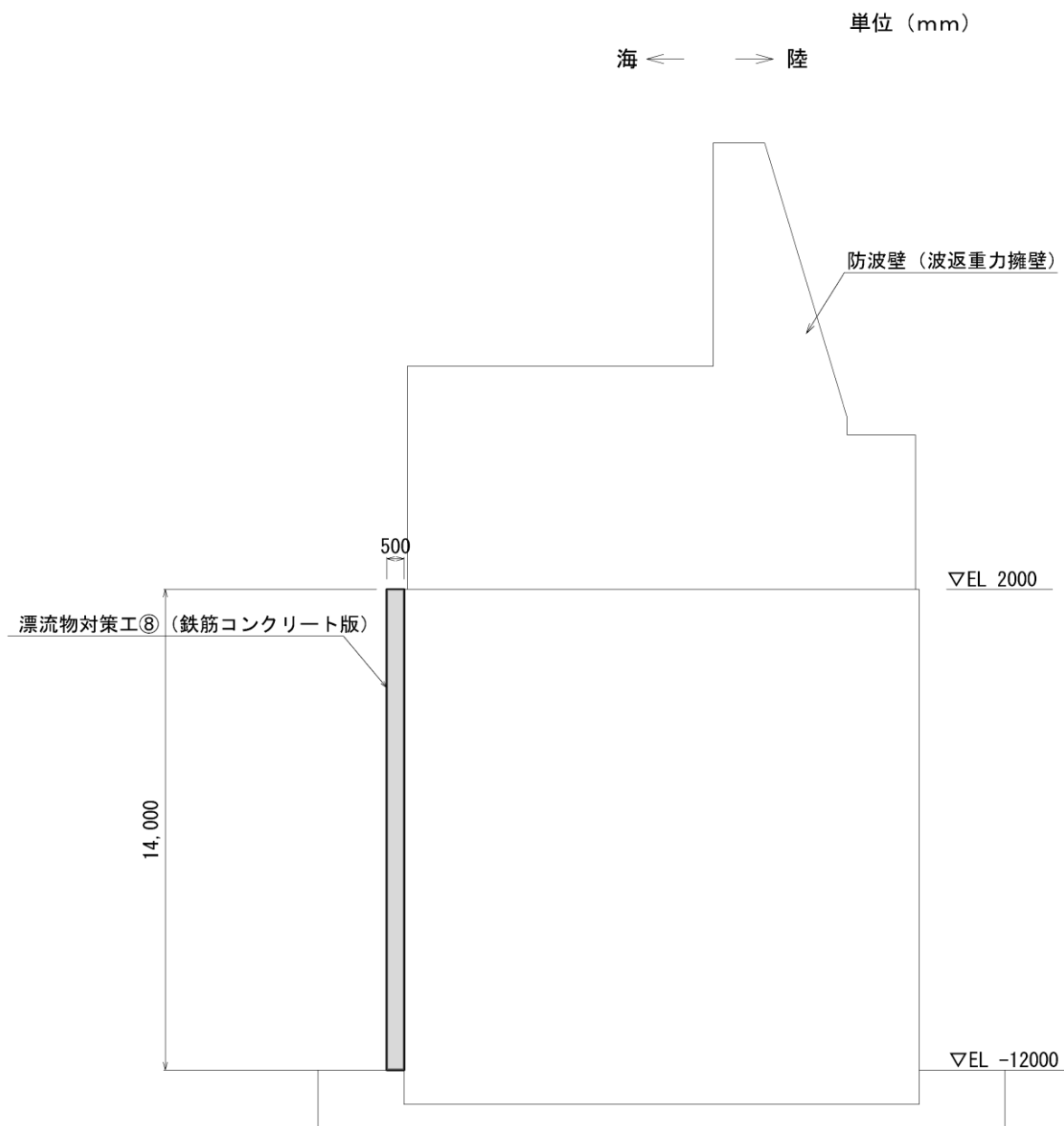


図 2-7 漂流物対策工⑧の構造概要図

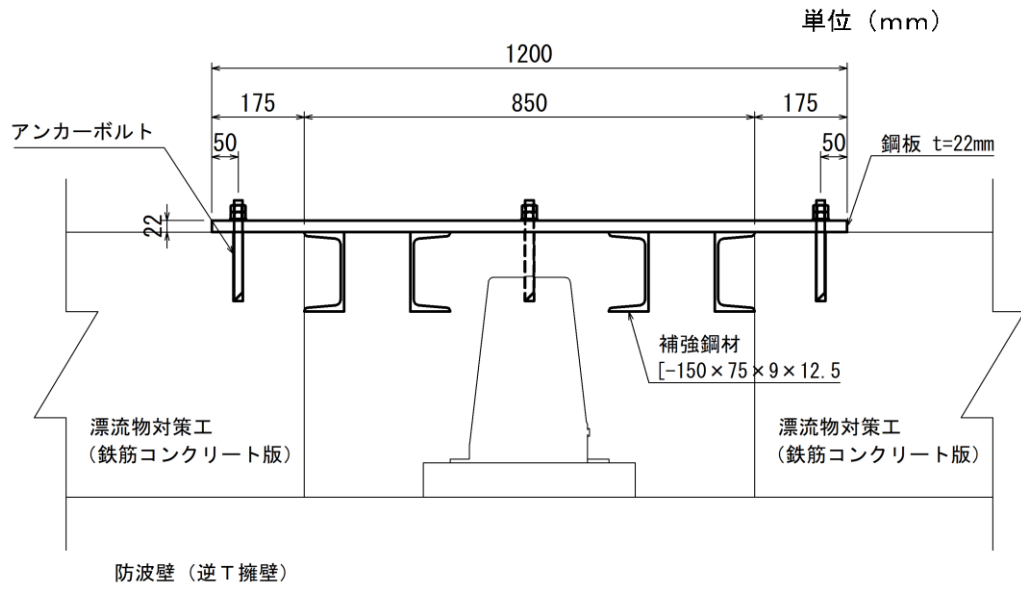


図 2-8 漂流物対策工⑨の構造概要図

3. 耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定の考え方

漂流物対策工は、津波時において、漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達し、防波壁の局所的な損傷を防止する機能、又は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。よって、漂流物対策工の耐震評価において、地震時の慣性力により防波壁から分離しないことを確認する必要がある。

耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定上の観点として、耐震評価において主たる荷重である慣性力に着目し、漂流物対策工の構造的特徴及び地震時応答加速度を判断項目とする。

各観点の詳細を以下に示す。

【構造的特徴】

- 漂流物対策工の種別について、構成する部材が異なり、耐震評価に影響を与える可能性があることから、選定上の観点とする。（観点①）
- 漂流物対策工の設置位置について、海中に設置される場合、慣性力に加えて、静水圧及び動水圧が作用し、耐震評価に影響を与える可能性があることから、選定上の観点とする。（観点③）
- 漂流物対策工の設置方向（鉛直・水平）によって、慣性力の作用方向が異なり、耐震評価に影響を与える可能性があることから、選定上の観点とする。（観点④）
- 漂流物対策工の厚さは、50cmで一定であるため、選定上の観点としない。
- 漂流物対策工の高さは、構造区分に応じて異なり、漂流物対策工の重量に伴い慣性力に影響があることから、選定上の観点とする。（観点⑤）
- 漂流物対策工の鉄筋コンクリート版を支持するアンカーボルトの径及び本数について、構造区分に応じて異なり、耐震評価に影響を与えることから、選定上の観点とする。（観点⑥）

【設置される防波壁】

- 設置される防波壁の地震時応答を用いて、漂流物対策工の慣性力を算定することから、選定上の観点とする。（観点②）

漂流物対策工の各構造区分における耐震評価の観点とする項目について、表 3-1 のとおり整理する。

表 3-1 漂流物対策工の各構造区分における耐震評価の観点とする項目

名称	種別	設置箇所	設置位置	設置方向	鉄筋コンクリート版		アンカーボルト	
					厚さ	高さ	径	標準本数 (幅1mあたり)
漂流物対策工①	鉄筋コンクリート版	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	気中	鉛直	50cm	6.6m	D16	11本
漂流物対策工②	鉄筋コンクリート版	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	気中	鉛直	50cm	12.8m	D16	23本
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	気中	鉛直	50cm	4.5m	D16	7本
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	気中	水平	50cm	—	D16	6本
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	気中	鉛直	50cm	2.0m	D16	3本
漂流物対策工⑥	鉄筋コンクリート版	防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁	気中	鉛直	50cm	6.5m	D19	9本
漂流物対策工⑦	鉄筋コンクリート版	防波壁 (波返重力擁壁) 重力擁壁	気中	鉛直	50cm	8.5m	D19	12本
漂流物対策工⑧	鉄筋コンクリート版	防波壁 (波返重力擁壁) ケーソン	気中・海中	鉛直	50cm	14.0m	D19	17本
漂流物対策工⑨	鋼材	防波壁 (逆T擁壁) グラウンドアンカ	気中	鉛直	—	—	M16	—

: 耐震評価の観点とする項目

4. 耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定

漂流物対策工の耐震評価においては、地震時の慣性力により防波壁から分離しないことを確認するため、アンカーボルトの耐力が地震時の慣性力を上回ることを確認することから、アンカーボルト1本当たりの漂流物対策工の慣性力が大きい構造区分について、耐震評価を実施する構造区分として選定する。慣性力は、表4-1に示す基準地震動 S_s による水平・鉛直方向の設計震度を用いて、以下の式により算定する。なお、基準地震動 S_s による震度は、漂流物対策工を設置する防波壁の構造形式によって地震応答加速度が変わるため、防波壁の構造形式毎に漂流物対策工の耐震評価を実施することとし、防波壁の構造形式毎の漂流物対策工が設置される範囲における水平方向及び鉛直方向の最大応答加速度の加重平均値を用いて、重力加速度（9.80665m/s²）で除して設計震度を算定する。

$$P_{ss} = W \times K_s$$

ここで、 P_{ss} ：慣性力（kN）

W ：重量（kN）

K_s ：基準地震動 S_s による水平・鉛直方向の震度

表4-1 漂流物対策工の設計に用いる加速度及び設計震度

名称	種別	設置個所	加速度の加重平均値		水平震度	鉛直震度
			(水平) (cm/s ²)	(鉛直) (cm/s ²)		
漂流物対策工①	鉄筋コンクリート版	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	2,507	805	2.56	0.83
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	1,595	1,456	1.63	1.49
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	1,595	1,456	1.63	1.49
漂流物対策工⑥	鉄筋コンクリート版	防波壁（波返重力擁壁）重力擁壁	2,093	3,568	2.14	3.64
漂流物対策工⑧	鉄筋コンクリート版	防波壁（波返重力擁壁）ケーソン	1,176	2,297	1.20	2.35

アンカーボルト 1 本当たりの漂流物対策工の慣性力の整理を表 4-2 に示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、漂流物対策工①におけるアンカーボルト 1 本当たりの慣性力が大きい。

防波壁（逆 T 擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、漂流物対策工⑤におけるアンカーボルト 1 本当たりの慣性力が大きい。

防波壁（波返重力擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、漂流物対策工⑥におけるアンカーボルト 1 本当たりの慣性力が大きい。

なお、設置方向が水平となる漂流物対策工④，設置位置が海中となる漂流物対策工⑧及び鋼材で構成される漂流物対策工⑨は，他構造区分と異なる構造的特徴を有するため，耐震評価を実施する。

表 4-2 アンカーボルト 1 本当たりの漂流物対策工の慣性力の整理

設置箇所	名称	アンカーボルト 標準本数N (幅1m当たり) (本)	重量W (幅1m当たり) (kN)	設計震度 K_{sh} (水平)	設計震度 K_{sv} (鉛直)	慣性力 P_{ssh} (水平)	慣性力 P_{ssv} (鉛直)	アンカーボルト 1本当たりの 慣性力 (水平) P_{ssh}/N (kN/本)	アンカーボルト 1本当たりの 慣性力 (鉛直) P_{ssv}/N (kN/本)
防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	漂流物対策工①	11	79.2	2.56	0.83	202.8	65.7	18.5	6.0
	漂流物対策工②	23	156	2.56	0.83	399.4	129.5	17.4	5.7
防波壁（逆 T 擁壁）	漂流物対策工③	7	54	1.63	1.49	88.0	80.5	12.6	11.5
	漂流物対策工⑤	3	24	1.63	1.49	39.1	35.8	13.1	12.0
防波壁（波返重力擁壁）	漂流物対策工⑥	9	78	2.14	3.64	166.9	283.9	18.6	31.6
	漂流物対策工⑦	12	102	2.14	3.64	218.3	371.3	18.2	31.0

5. 耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定結果

耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定結果を表5-1に示す。

表5-1 耐震評価を実施する漂流物対策工の構造区分の選定結果

名称	種別	設置箇所	鉄筋コンクリート版		アンカーボルト		評価対象	選定理由
			厚さ	高さ	径	標準本数 (幅1mあたり)		
漂流物対策工①	鉄筋コンクリート版	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	50cm	6.6m (EL. 15.0m~EL. 8.4m)	D16	11本	○	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、アンカーボルト1本当たりの慣性力が大きいことから、評価対象に選定する。
漂流物対策工②	鉄筋コンクリート版	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）	50cm	12.8m (EL. 15.0m~EL. 2.2m)	D16	23本		防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、漂流物対策工①と比較して、アンカーボルト1本当たりの慣性力が小さいことから、漂流物対策工①に代表させる。
漂流物対策工③	鉄筋コンクリート版	防波壁（逆T擁壁） 堅壁	50cm	4.5m (EL. 15.0m~EL. 10.5m)	D16	7本		防波壁（逆T擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、漂流物対策工⑤と比較して、アンカーボルト1本当たりの慣性力が小さいことから、漂流物対策工⑤に代表させる。
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	50cm	— (EL. 10.0m)	D16	6本	○	設置方向が水平のため、評価対象に選定する。
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	50cm	2.0m (EL. 10.0m~EL. 8.0m)	D16	3本	○	防波壁（逆T擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、アンカーボルト1本当たりの慣性力が大きいことから、評価対象に選定する。
漂流物対策工⑥	鉄筋コンクリート版	防波壁（波返重力擁壁） 重力擁壁	50cm	6.5m (EL. 15.0m~EL. 8.5m)	D19	9本	○	防波壁（波返重力擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、アンカーボルト1本当たりの慣性力が大きいことから、評価対象に選定する。
漂流物対策工⑦	鉄筋コンクリート版	防波壁（波返重力擁壁） 重力擁壁	50cm	8.5m (EL. 15.0m~EL. 6.5m)	D19	12本		防波壁（波返重力擁壁）に設置する漂流物対策工のうち、漂流物対策工⑥と比較して、アンカーボルト1本当たりの慣性力が小さいことから、漂流物対策工⑥に代表させる。
漂流物対策工⑧	鉄筋コンクリート版	防波壁（波返重力擁壁） ケーソン	50cm	14.0m* (EL. 2.0m~EL. 12.0m)	D19	17本	○	設置位置が海中のため、評価対象に選定する。
漂流物対策工⑨	鋼材	防波壁（逆T擁壁） フーチング (グラウンドアンカ設置箇所)	—	—	M16	—	○	鋼材で構成されるため、評価対象に選定する。

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

○：耐震評価を実施する構造区分

(参考資料 2) アンカーボルトの許容限界について

1. 許容限界の設定方法

防波壁に設置する漂流物対策工に用いるアンカーボルトを表 1-1 に示す。

アンカーボルトの許容限界は「各種合成構造設計指針・同解説(日本建築学会, 2010 年)」の接着系アンカーボルトの設計に基づき, 以下のとおり設定する。

表 1-1 流物対策工に用いるアンカーボルト

設置箇所		アンカーボルト 仕様
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)	SD345 (D16)
	防波壁 (逆 T 擁壁)	SD345 (D16)
	防波壁 (波返重力擁壁)	SD345 (D19)
	防波壁 (波返重力擁壁) ケーソン	SD345 (D19)
漂流物対策工 (鋼材)		SS400 (M16)

1.1 許容引張力 p_a の算定

接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 p_a は、以下で算定されるアンカーボルトの降伏により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 p_{a1} 、コーン状破壊により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 p_{a2} 、及びアンカーボルトの付着力により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 p_{a3} のうち小さい値とする。

$$p_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{pa} \cdot s c a$$

$$p_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_c$$

$$p_{a3} = \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce}$$

$$\tau_a = \alpha_1 \cdot \alpha_2 \cdot \alpha_3 \cdot \tau_{bavg}$$

$$\alpha_n = 0.5(c_n/l_e) + 0.5$$

$$A_c = \pi \cdot l_e \cdot (l_e + d_a)$$

ただし、 $(c_n/l_e) \geq 1.0$ の場合は $(c_n/l_e) = 1.0$ 、 $l_e \geq 10d_a$ の場合は $l_e = 10d_a$ とする。

ここで、

p_{a1} : 接着系アンカーボルトの降伏により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 (kN)

p_{a2} : 定着したコンクリート躯体のコーン状破壊により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 (kN)

p_{a3} : 接着系アンカーボルトの付着力により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 (kN)

ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 : 低減係数で表 1.1-1 の値を用いる

$s \sigma_{pa}$: 接着系アンカーボルトの規格降伏点強度 (N/mm²)

$s c a$: 接着系アンカーボルトの断面積 (mm²)

$c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で、 $0.31\sqrt{F_c}$ とする。(N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

A_c : コーン状破壊面の有効水平投影面積 (mm²)

d_a : 接着系アンカーボルトの径 (mm)

l_{ce} : 接着系アンカーボルトの強度算定用埋込み長さで、 $l_{ce} = l_e - 2d_a$ とする (mm)

l_e : 接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ (mm)

τ_a : 接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度 (N/mm²)

α_n : 付着強度の低減係数 ($n = 1, 2, 3$)

τ_{bavg} : 接着系アンカーボルトの基本平均付着強度で表 1.1-2 から保守的に無機系の値を用いる (N/mm²)

c_n : へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2 で $c_n = a_n/2$ ($n = 1 \sim 3$) とする (mm)

表 1.1-1 低減係数

	$\phi 1$	$\phi 2$	$\phi 3$
長期荷重用	2/3	1/3	1/3
短期荷重用	1.0	2/3	2/3

表 1.1-2 接着系アンカーボルトの基本平均付着強度

	カプセル方式		注入方式
	有機系	無機系	有機系
普通コンクリート	$10\sqrt{F_c/21}$	$5\sqrt{F_c/21}$	$7\sqrt{F_c/21}$
軽量コンクリート	$8\sqrt{F_c/21}$	$4\sqrt{F_c/21}$	$5.6\sqrt{F_c/21}$

1.2 許容せん断力 q_a の算定

接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 q_a は、以下で算定されるアンカーボルトのせん断強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 q_{a1} 、支圧強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 q_{a2} 、及びコーン状破壊により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 q_{a3} のうちいずれか小さい値とする。

$$q_{a1} = \phi_1 \cdot s \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a2} = \phi_2 \cdot c \sigma_{qa} \cdot s c a$$

$$q_{a3} = \phi_2 \cdot c \sigma_t \cdot A_{qc}$$

ここで、

q_{a1} : 接着系アンカーボルトのせん断強度により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 (kN)

q_{a2} : 定着した躯体の支圧強度により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 (kN)

q_{a3} : 定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の接着系アンカーボルト 1 本当たりの許容せん断力 (kN)

ϕ_1, ϕ_2 : 低減係数で表 1.1-1 の値を用いる

$s \sigma_{qa}$: 接着系アンカーボルトのせん断強度で、規格降伏点強度 $\times 0.7$ とする (N/mm²)

$s c a$: 接着系アンカーボルトの断面積 (mm²)

$c \sigma_{qa}$: コンクリートの支圧強度で、 $0.5 \sqrt{F_c \cdot E_c}$ とする (N/mm²)

$c \sigma_t$: コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度で、 $0.31 \sqrt{F_c}$ とする。 (N/mm²)

F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)

E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)

A_{qc} : せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積で、 $0.5 \pi c^2$ とする (mm²)

c : へりあき寸法 (mm)

2. 評価条件

アンカーボルトの許容限界の評価に用いる入力値を表 2-1 に示す。

表 2-1(1) アンカーボルトの許容限界の評価に用いる入力値
(防波壁 (多重鋼管杭式擁壁), 防波壁 (逆 T 擁壁))

記号	単位	定義	入力値
ϕ_1	—	低減係数	1
$s\sigma_{pa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトの規格降伏点強度	345
$s_c a$	mm ²	接着系アンカーボルトの断面積	198.6
ϕ_2	—	低減係数	2/3
$c\sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度	1.52
A_c	mm ²	コーン状破壊面の有効水平投影面積	242509
ϕ_3	—	低減係数	2/3
τ_a	N/mm ²	接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度	5.35
d_a	mm	接着系アンカーボルトの径	15.9
l_{ce}	mm	接着系アンカーボルトの強度算定用埋込み長さ	238
l_e	mm	接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ	270
α_1	—	付着強度の低減係数	1
α_2	—	付着強度の低減係数	1
α_3	—	付着強度の低減係数	1
τ_{bavg}	N/mm ²	接着系アンカーボルトの基本平均付着強度	5.35
F_c	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度	24
c_1	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	300
c_2	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	300
c_3	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	—
$s\sigma_{qa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトのせん断強度	241.5
$c\sigma_{qa}$	N/mm ²	コンクリートの支圧強度	387.3
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数	25000
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	141372

表 2-1(2) アンカーボルトの許容限界の評価に用いる入力値
(防波壁 (波返重力擁壁))

記号	単位	定義	入力値
ϕ_1	—	低減係数	1
${}_s\sigma_{pa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトの規格降伏点強度	345
${}_sc a$	mm ²	接着系アンカーボルトの断面積	286.5
ϕ_2	—	低減係数	2/3
${}_c\sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度	1.52
A_c	mm ²	コーン状破壊面の有効水平投影面積	340901
ϕ_3	—	低減係数	2/3
τ_a	N/mm ²	接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度	5.35
d_a	mm	接着系アンカーボルトの径	19.1
l_{ce}	mm	接着系アンカーボルトの強度算定用埋込み長さ	282
l_e	mm	接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ	320
α_1	—	付着強度の低減係数	1
α_2	—	付着強度の低減係数	1
α_3	—	付着強度の低減係数	1
τ_{bavg}	N/mm ²	接着系アンカーボルトの基本平均付着強度	5.35
F_c	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度	24
c_1	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	350
c_2	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	350
c_3	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	—
${}_s\sigma_{qa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトのせん断強度	241.5
${}_c\sigma_{qa}$	N/mm ²	コンクリートの支圧強度	387.3
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数	25000
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	192423

表 2-1(3) アンカーボルトの許容限界の評価に用いる入力値
(防波壁 (波返重力擁壁 (ケーソン)))

記号	単位	定義	入力値
ϕ_1	—	低減係数	1
$s\sigma_{pa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトの規格降伏点強度	345
$s_c a$	mm ²	接着系アンカーボルトの断面積	286.5
ϕ_2	—	低減係数	2/3
$c\sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度	1.52
A_c	mm ²	コーン状破壊面の有効水平投影面積	452286
ϕ_3	—	低減係数	2/3
τ_a	N/mm ²	接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度	4.54*
d_a	mm	接着系アンカーボルトの径	19.1
l_{ce}	mm	接着系アンカーボルトの強度算定用埋込み長さ	332
l_e	mm	接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ	370
α_1	—	付着強度の低減係数	1
α_2	—	付着強度の低減係数	1
α_3	—	付着強度の低減係数	1
τ_{bavg}	N/mm ²	接着系アンカーボルトの基本平均付着強度	5.35
F_c	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度	24
c_1	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	370
c_2	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	370
c_3	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	—
$s\sigma_{qa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトのせん断強度	241.5
$c\sigma_{qa}$	N/mm ²	コンクリートの支圧強度	387.3
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数	25000
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	215042

注記* : エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いるため, 「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針〔改訂版〕(土木学会, 2003年)」に基づき, 付着強度を85%に減じる。

表 2-1(4) アンカーボルトの許容限界の評価に用いる入力値
(漂流物対策工(鋼材))

記号	単位	定義	入力値
ϕ_1	—	低減係数	1
${}_s\sigma_{pa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトの規格降伏点強度	235
${}_sc a$	mm ²	接着系アンカーボルトの断面積	157.0
ϕ_2	—	低減係数	2/3
${}_c\sigma_t$	N/mm ²	コーン状破壊に対するコンクリートの引張強度	1.52
A_c	mm ²	コーン状破壊面の有効水平投影面積	46558
ϕ_3	—	低減係数	2/3
τ_a	N/mm ²	接着系アンカーボルトの引張力に対する付着強度	10.69
d_a	mm	接着系アンカーボルトの径	16
l_{ce}	mm	接着系アンカーボルトの強度算定用埋込み長さ	82
l_e	mm	接着系アンカーボルトの有効埋込み長さ	114
α_1	—	付着強度の低減係数	1
α_2	—	付着強度の低減係数	1
α_3	—	付着強度の低減係数	1
τ_{bavg}	N/mm ²	接着系アンカーボルトの基本平均付着強度	10.69
F_c	N/mm ²	コンクリートの設計基準強度	24
c_1	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	125
c_2	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	175
c_3	mm	へりあき寸法, 又は, アンカーボルトピッチ a の 1/2	275
${}_s\sigma_{qa}$	N/mm ²	接着系アンカーボルトのせん断強度	164.5
${}_c\sigma_{qa}$	N/mm ²	コンクリートの支圧強度	387.3
E_c	N/mm ²	コンクリートのヤング係数	25000
A_{qc}	mm ²	せん断力に対するコーン状破壊面の有効投影面積	24544

3. 許容限界の計算

「1.1 引張力」及び「1.2 せん断力」で表される許容限界の評価式に，表 2-1 のアンカーボルトの許容限界の評価に用いる入力値を代入して，算定した各アンカーボルトの許容限界値を算定する。

接着系アンカーボルトの降伏により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 p_{a1} を以下に示す。

【防波壁（多重鋼管杭式擁壁），防波壁（逆 T 擁壁）】

$$\begin{aligned} p_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_c \cdot a \\ &= 1 \cdot 345 \cdot 198.6 \\ &= 68.5 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁）】

$$\begin{aligned} p_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_c \cdot a \\ &= 1 \cdot 345 \cdot 286.5 \\ &= 98.8 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁（ケーソン））】

$$\begin{aligned} p_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_c \cdot a \\ &= 1 \cdot 345 \cdot 286.5 \\ &= 98.8 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【漂流物対策工（鋼材）】

$$\begin{aligned} p_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{pa} \cdot s_c \cdot a \\ &= 1 \cdot 235 \cdot 157.0 \\ &= 36.8 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

接着系アンカーボルトのコーン状破壊により決まる場合のアンカーボルト 1 本当たりの許容引張力 p_{a2} を以下に示す。

【防波壁（多重鋼管杭式擁壁），防波壁（逆 T 擁壁）】

$$\begin{aligned} p_{a2} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_c \\ &= (2/3) \cdot 1.52 \cdot 242509 \\ &= 245 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁）】

$$\begin{aligned} p_{a2} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_c \\ &= (2/3) \cdot 1.52 \cdot 340901 \\ &= 345 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁（ケーソン））】

$$\begin{aligned} p_{a2} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_c \\ &= (2/3) \cdot 1.52 \cdot 452286 \\ &= 457 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【漂流物対策工（鋼材）】

$$\begin{aligned} p_{a2} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_c \\ &= (2/3) \cdot 1.52 \cdot 46558 \\ &= 47 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

接着系アンカーボルトの付着力により決まる場合のアンカーボルト1本当たりの許容引張力 p_{a3} を以下に示す。

【防波壁（多重鋼管杭式擁壁），防波壁（逆T擁壁）】

$$\begin{aligned} p_{a3} &= \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce} \\ &= (2/3) \cdot 5.35 \cdot 3.14 \cdot 15.9 \cdot 238 \\ &= 42.3 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁）】

$$\begin{aligned} p_{a3} &= \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce} \\ &= (2/3) \cdot 5.35 \cdot 3.14 \cdot 19.1 \cdot 282 \\ &= 60.2 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁（ケーソン））】

$$\begin{aligned} p_{a3} &= \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce} \\ &= (2/3) \cdot 4.54 \cdot 3.14 \cdot 19.1 \cdot 332 \\ &= 60.2 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【漂流物対策工（鋼材）】

$$\begin{aligned} p_{a3} &= \phi_3 \cdot \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_{ce} \\ &= (2/3) \cdot 10.69 \cdot 3.14 \cdot 16 \cdot 82 \\ &= 29.3 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

接着系アンカーボルトのせん断強度により決まる場合のアンカーボルト1本当たりの許容せん断力 q_{a1} を以下に示す。

【防波壁（多重鋼管杭式擁壁），防波壁（逆T擁壁）】

$$\begin{aligned} q_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a \\ &= 1 \cdot 241.5 \cdot 198.6 \\ &= 47.9 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁）】

$$\begin{aligned} q_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a \\ &= 1 \cdot 241.5 \cdot 286.5 \\ &= 69.1 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁（ケーソン））】

$$\begin{aligned} q_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a \\ &= 1 \cdot 241.5 \cdot 286.5 \\ &= 69.1 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【漂流物対策工（鋼材）】

$$\begin{aligned} q_{a1} &= \phi_1 \cdot s \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a \\ &= 1 \cdot 164.5 \cdot 157 \\ &= 25.8 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

定着した躯体の支圧強度により決まる場合の接着系アンカーボルト1本当たりの許容せん断力 q_{a2} を以下に示す。

【防波壁（多重鋼管杭式擁壁），防波壁（逆T擁壁）】

$$\begin{aligned} q_{a2} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a \\ &= (2/3) \cdot 387.3 \cdot 198.6 \\ &= 51.2 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁）】

$$\begin{aligned} q_{a2} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a \\ &= (2/3) \cdot 387.3 \cdot 286.5 \\ &= 73.9 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁（ケーソン））】

$$\begin{aligned} q_{a2} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a \\ &= (2/3) \cdot 387.3 \cdot 286.5 \\ &= 73.9 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【漂流物対策工（鋼材）】

$$\begin{aligned} q_{a2} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_{qa} \cdot s_c a \\ &= (2/3) \cdot 387.3 \cdot 157.0 \\ &= 40.5 \text{ kN} \end{aligned}$$

定着した躯体のコーン状破壊により決まる場合の接着系アンカーボルト1本当たりの許容せん断力 q_{a3} を以下に示す。

【防波壁（多重鋼管杭式擁壁），防波壁（逆T擁壁）】

$$\begin{aligned} q_{a3} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc} \\ &= (2/3) \cdot 1.52 \cdot 141372 \\ &= 143.1 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁）】

$$\begin{aligned} q_{a3} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc} \\ &= (2/3) \cdot 1.52 \cdot 192423 \\ &= 194.8 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【防波壁（波返重力擁壁（ケーソン））】

$$\begin{aligned} q_{a3} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc} \\ &= (2/3) \cdot 1.52 \cdot 215042 \\ &= 217.7 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

【漂流物対策工（鋼材）】

$$\begin{aligned} q_{a3} &= \phi_2 \cdot c \cdot \sigma_t \cdot A_{qc} \\ &= (2/3) \cdot 1.52 \cdot 24544 \\ &= 24.8 \text{ (kN)} \end{aligned}$$

4. アンカーボルトの許容限界

「3. 許容限界の計算」で算定したアンカーボルトの許容限界値のうち最小値を，漂流物対策工の耐震評価及び強度評価におけるアンカーボルトの許容限界として設定する。

アンカーボルトの許容限界を表 4-1 に示す。

表 4-1 アンカーボルトの許容限界

評価対象部位		材質	許容引張力 (kN/本) 【最小値のケース】	許容せん断力 (kN/本) 【最小値のケース】
アンカー ボルト	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	SS400 (D16)	42.3 【 p_{a3} 】	47.9 【 q_{a1} 】
	防波壁 (逆T擁壁)	SS400 (D16)	42.3 【 p_{a3} 】	47.9 【 q_{a1} 】
	防波壁 (波返重力擁壁)	SS400 (D19)	60.2 【 p_{a3} 】	69.1 【 q_{a1} 】
	防波壁 (波返重力擁壁) ケーソン	SS400 (D19)	60.2 【 p_{a3} 】	69.1 【 q_{a1} 】
	漂流物対策工 (鋼材)	SS400 (M16)	29.3 【 p_{a3} 】	24.8 【 q_{a3} 】

(参考資料 3) 漂流物対策工の施工方法について

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、防波壁の前面に目地材及びアンカーボルトを配置し、厚さ 50cm の鉄筋コンクリート版を設置する。防波壁（波返重力擁壁）を例として、漂流物対策工(鉄筋コンクリート版)の施工ステップ図を図 1 に示す。

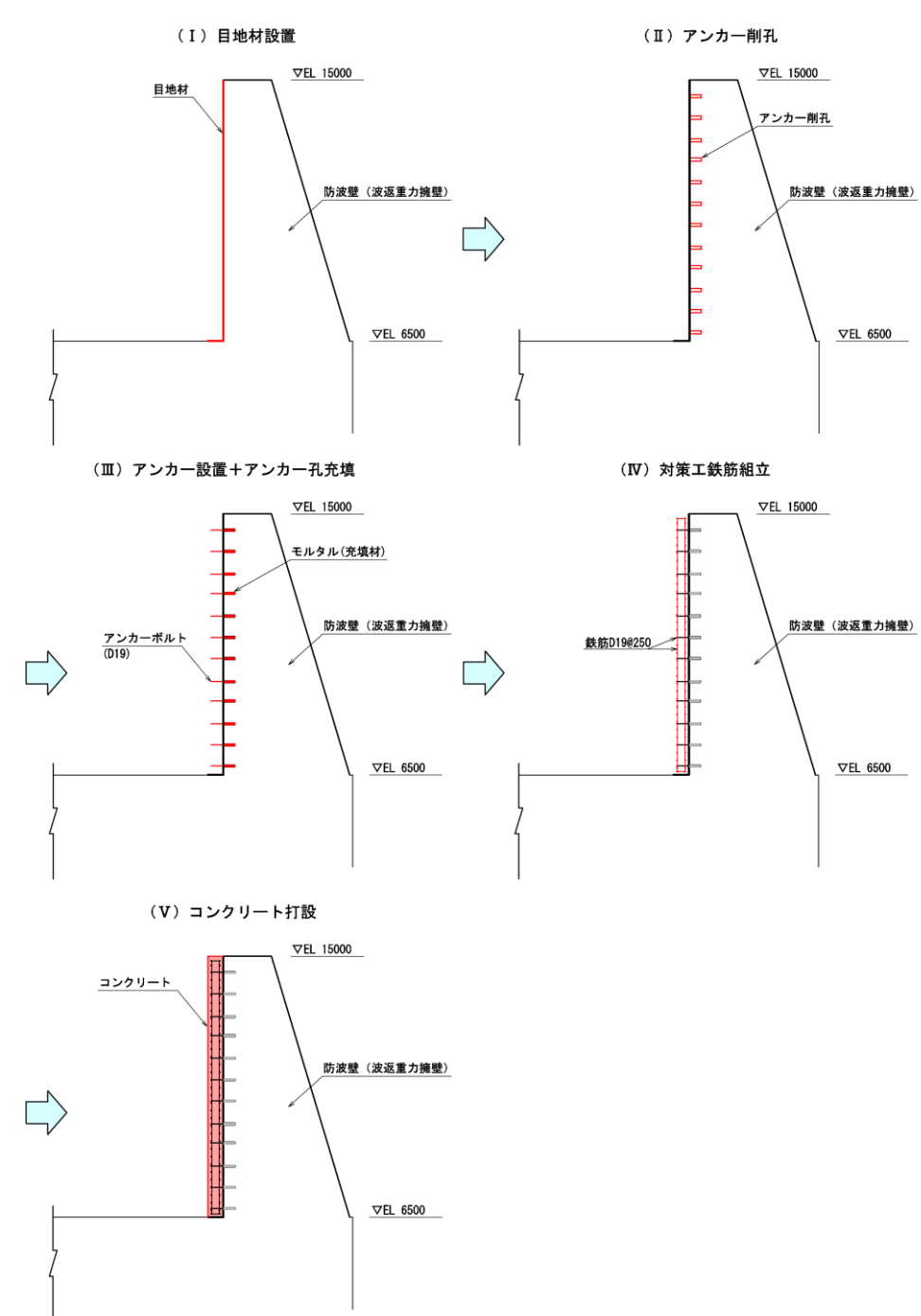


図 1 漂流物対策工の施工ステップ図
(例：防波壁（波返重力擁壁）)