

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 3-015-04改01
提出年月日	2023年3月24日

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

2023年3月

中国電力株式会社

## 目 次

1.	概要	1
2.	基本方針	2
2.1	位置	2
2.2	構造概要	3
2.3	評価方針	6
3.	強度評価方法	12
3.1	記号の定義	12
3.2	評価対象断面及び部位	14
3.2.1	評価対象断面	14
3.2.2	評価対象部位	27
3.3	荷重及び荷重の組合せ	28
3.3.1	荷重	28
3.3.2	荷重の組合せ	30
3.4	許容限界	31
3.4.1	鋼管杭	31
3.4.2	被覆コンクリート壁	33
3.4.3	改良地盤	33
3.4.4	止水目地	34
3.4.5	基礎地盤	34
3.5	評価方法	35
3.5.1	津波時	35
3.5.2	重畳時	46
4.	評価条件	50
4.1	津波時	50
4.2	重畳時	52
5.	評価結果	53
5.1	津波時	53
5.1.1	鋼管杭	53
5.1.2	被覆コンクリート壁	61
5.1.3	改良地盤	73
5.1.4	止水目地	77
5.1.5	基礎地盤	78
5.1.6	施設護岸等の損傷による不確かさの影響確認	79
5.2	重畳時	90

5.2.1	鋼管杭	90
5.2.2	被覆コンクリート壁	96
5.2.3	改良地盤	102
5.2.4	止水目地	104
5.2.5	基礎地盤	105
6.	漂流物対策工	106
6.1	概要	106
6.2	基本方針	107
6.2.1	位置	107
6.2.2	構造概要	109
6.2.3	評価方針	113
6.2.4	記号の説明	115
6.3	評価対象部位	116
6.4	強度計算	117
6.4.1	強度計算方法	117
6.4.2	荷重及び荷重の組合せ	117
6.4.3	許容限界	119
6.4.4	評価方法	120
6.4.5	評価条件	121
6.4.6	評価結果	121

## 1. 概要

本資料は、VI-3-別添 3-1「津波への配慮が必要な施設の強度計算の基本方針」に示すとおり、防波壁（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、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。

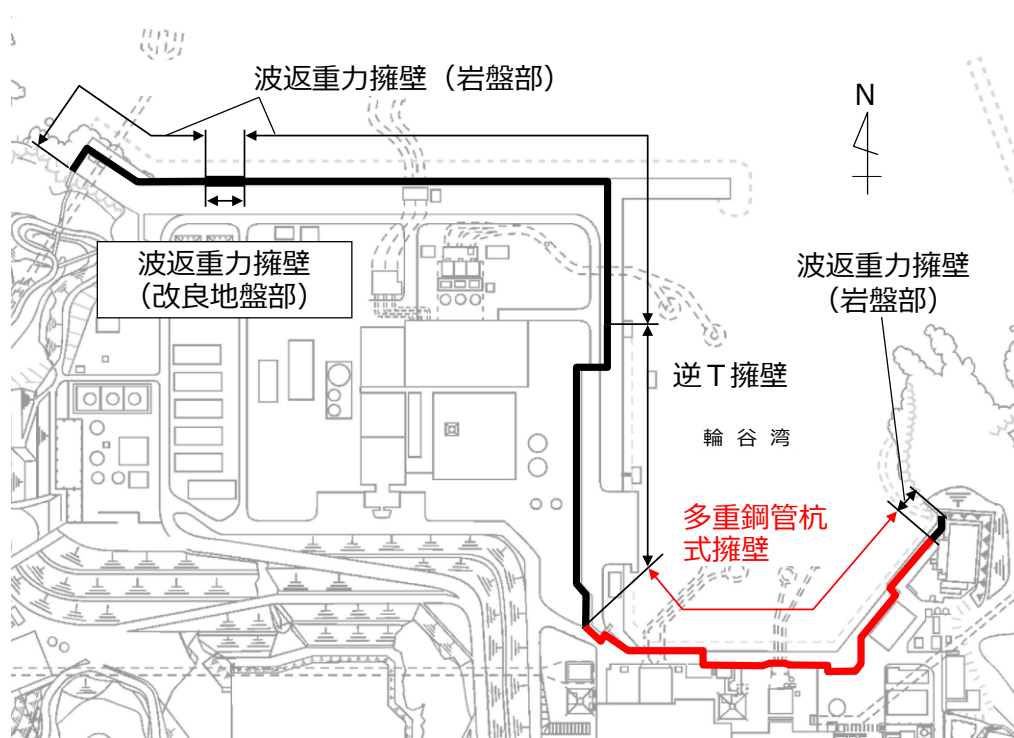


図 2-1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の位置図

## 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。

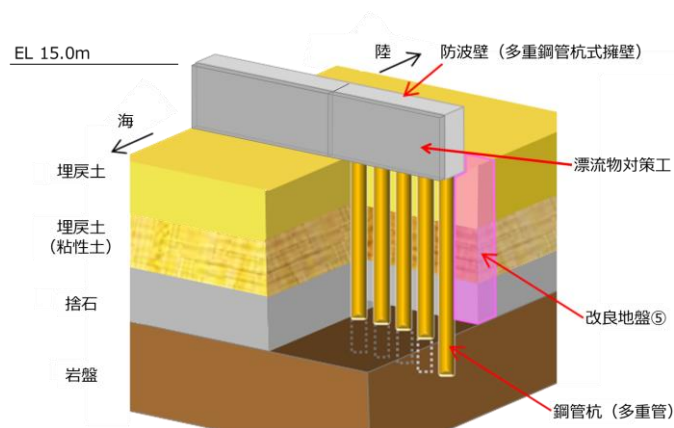
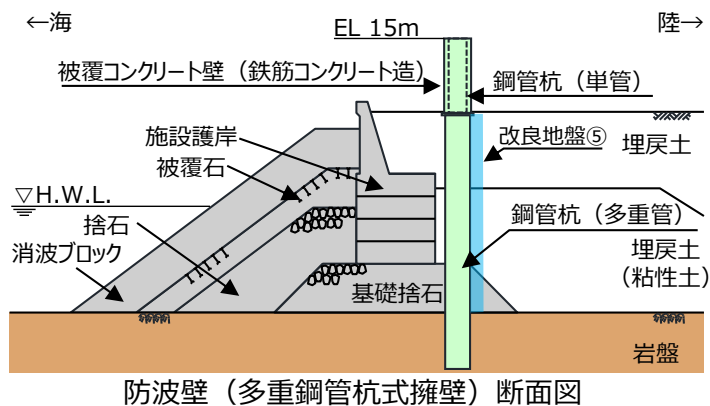


図 2-2(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図(鳥瞰図)



防波壁（多重鋼管杭式擁壁）断面図

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 :  $\phi$  1600 mm  
 4重管 :  $\phi$  1600 mm,  $\phi$  1800 mm,  $\phi$  2000 mm,  $\phi$  2200 mm

(単位 : mm)

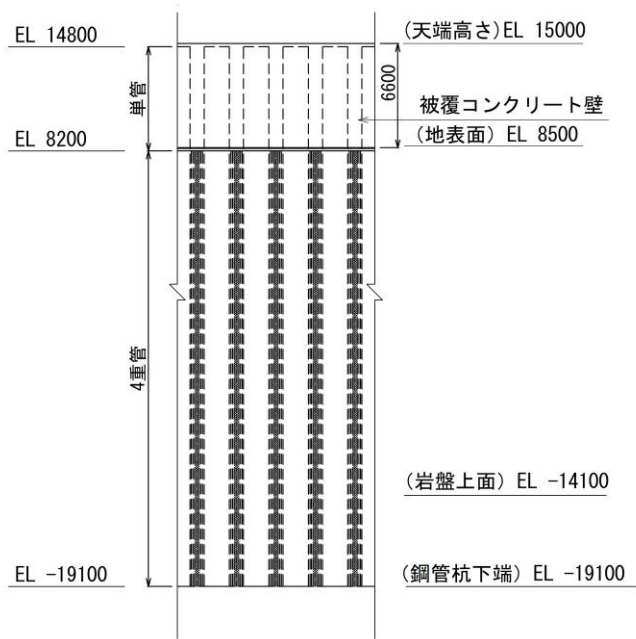


図 2-3(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（正面図）

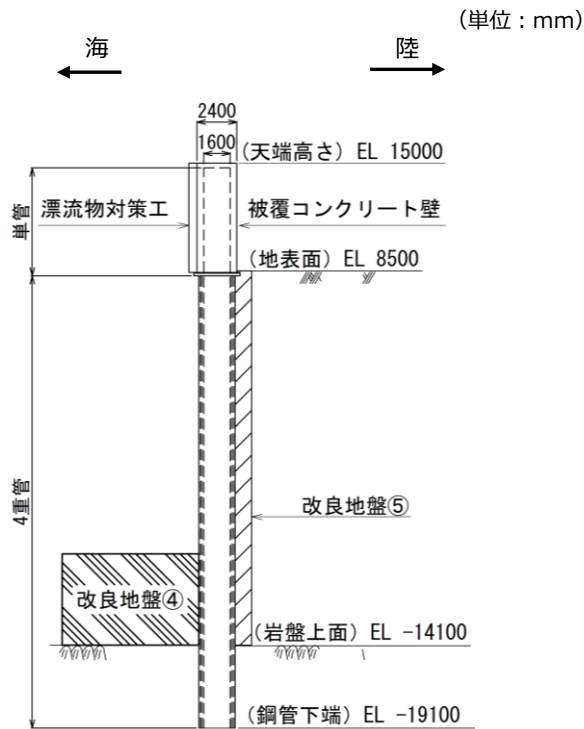


図 2-3(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（断面図）

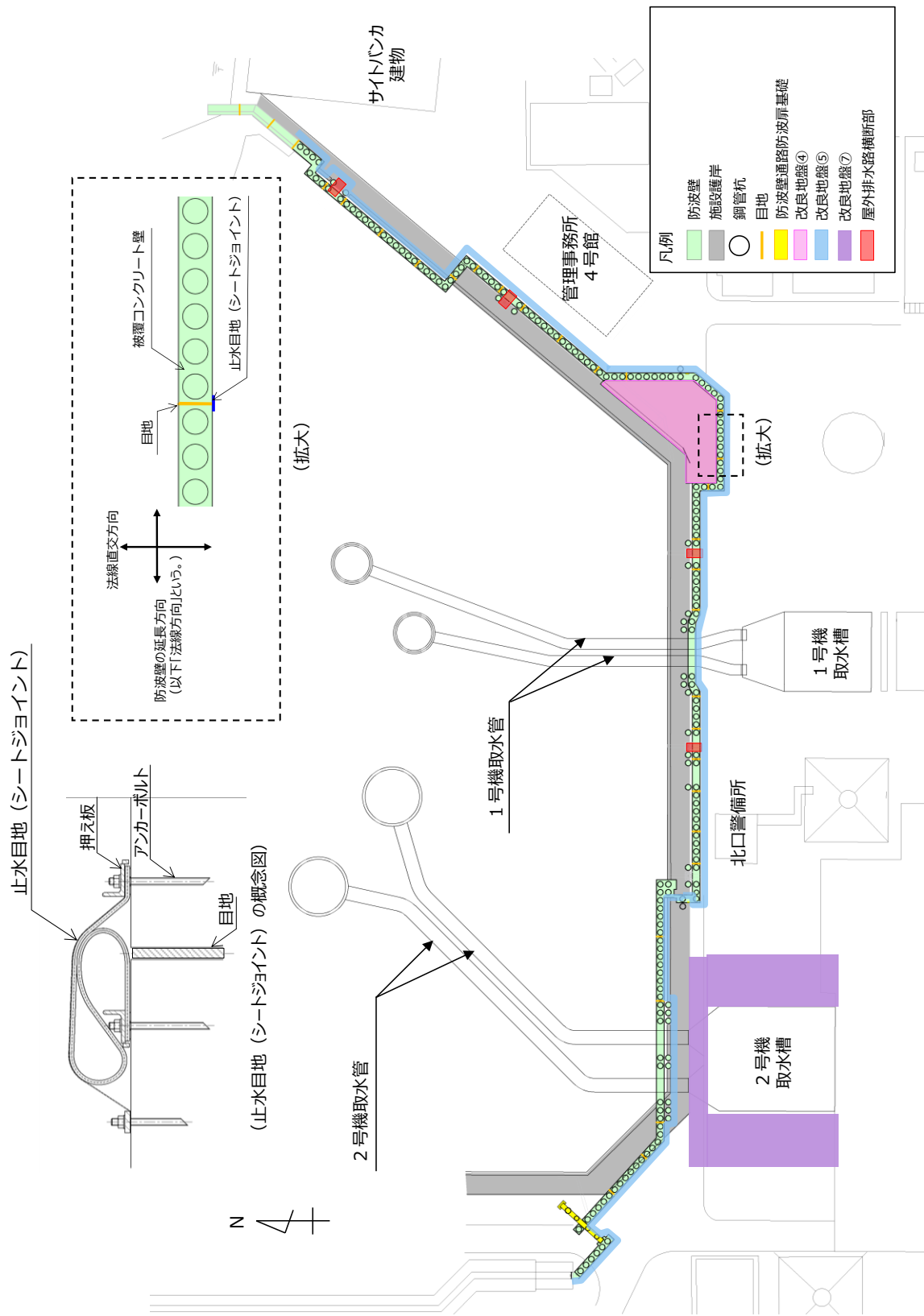


図 2-4 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の止水目地の概念図及び配置位置



### 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）の各部位の役割及び性能目標を表2-1及び表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基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」及び「4.2 許容限界」において設定している荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界を踏まえて実施する。強度評価では、「3. 強度評価方法」に示す方法により、「4. 評価条件」に示す評価条件を用いて評価し、「5. 評価結果」より、防波壁（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)。	・漂流物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。 ・漂流物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

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優位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。	漂流物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。
地盤	改良地盤④	—	—	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

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 改良地盤⑤	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*
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 改良地盤⑤	すべり破壊しないこと（内的安定を保持）を確認	すべり安全率 1.2 以上
	基礎地盤の支持性能	基礎地盤	発生する応力（接地圧）が許容限界以下であることを確認	極限支持力度*
	施設の変形性	止水目地	発生変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。

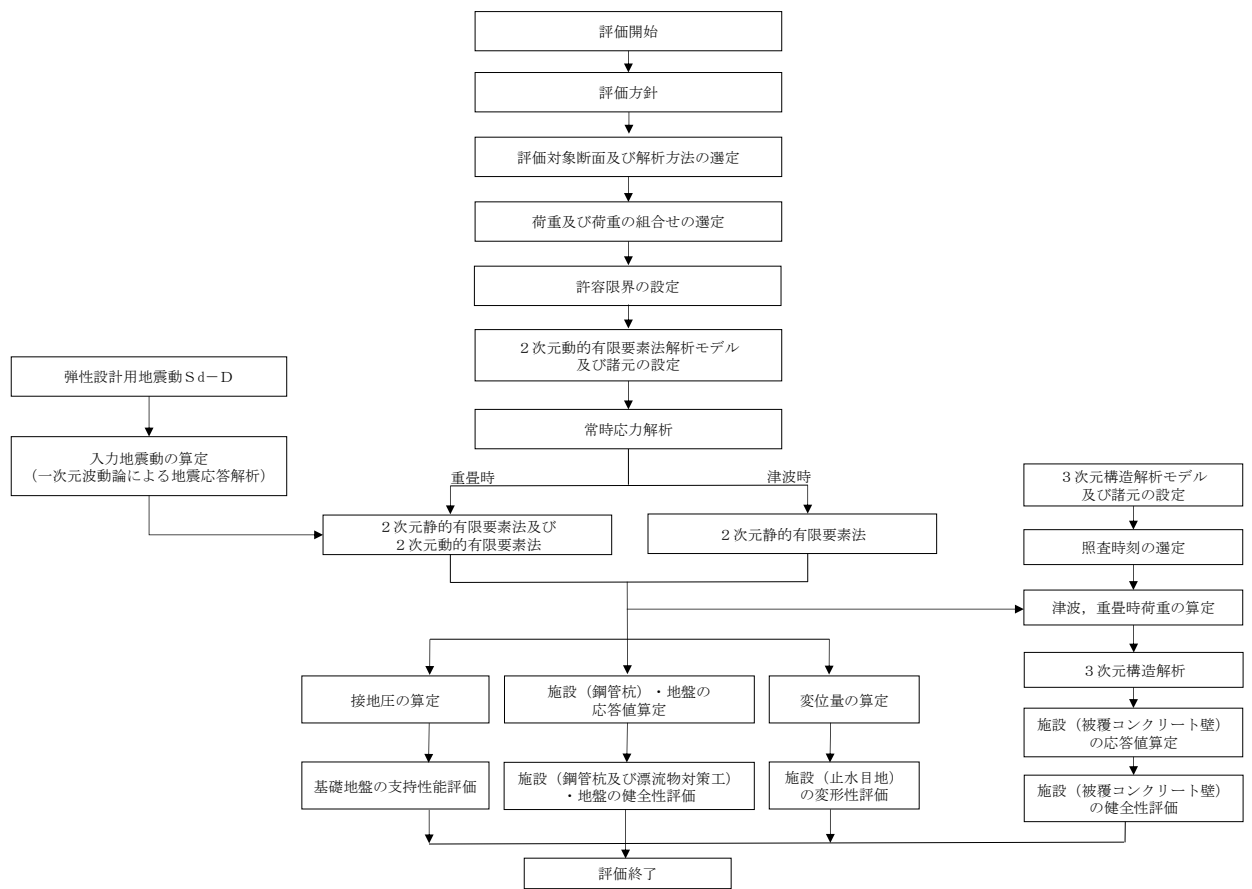


図 2-5 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の強度評価フロー

## 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(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 <sup>2</sup>	積載荷重（機器荷重，漂流物対策工荷重）
P <sub>t</sub>	kN/m <sup>2</sup>	遡上津波荷重
K <sub>Sd</sub>	—	余震荷重
P <sub>c</sub>	kN/m	衝突荷重
P <sub>k</sub>	kN/m <sup>2</sup>	風荷重
P <sub>s</sub>	kN/m <sup>2</sup>	積雪荷重
γ <sub>w</sub>	kN/m <sup>3</sup>	海水の単位体積重量
ρ	t/m <sup>3</sup>	海水の密度
M <sub>y</sub>	kN・m	鋼管杭の降伏モーメント
f <sub>y</sub>	N/mm <sup>2</sup>	鋼管杭の降伏基準点
Z <sub>e</sub>	mm <sup>3</sup>	鋼管杭の断面係数
N	kN	鋼管杭に発生する軸力
A	mm <sup>2</sup>	鋼管杭の断面積
Q <sub>a</sub>	kN	鋼管杭の短期許容せん断力
τ <sub>a</sub>	N/mm <sup>2</sup>	鋼管杭の短期許容せん断応力度
σ <sub>ca</sub>	N/mm <sup>2</sup>	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 <sub>a1</sub>	N/mm <sup>2</sup>	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 <sub>sa</sub>	N/mm <sup>2</sup>	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 <sub>x</sub>	mm	x 方向（法線直交方向）の変位量
δ <sub>z</sub>	mm	z 方向（深度方向）の変位量
δ <sub>x1</sub>	mm	x 方向（法線直交方向）の津波時の最大相対変位量
δ <sub>z2</sub>	mm	z 方向（深度方向）の津波時の最大相対変位量
δ	mm	最大変位量
R <sub>d</sub>	N/mm <sup>2</sup>	鋼管杭下端の軸力より算定される軸応力度
A'	mm <sup>2</sup>	鋼管杭下端の断面積
δ <sub>x(T)</sub>	mm	x 方向（法線直交方向）の最大相対変位量

表 3-1(2) 強度評価に用いる記号

記号	単位	定義
$\delta_y$	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
$\sigma_c$	N/mm <sup>2</sup>	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
$\sigma_s$	N/mm <sup>2</sup>	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
$\tau_c$	N/mm <sup>2</sup>	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 <sub>u</sub>	N/mm <sup>2</sup>	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、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、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形量を求めるため、変形性評価の評価対象断面に選定した。

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

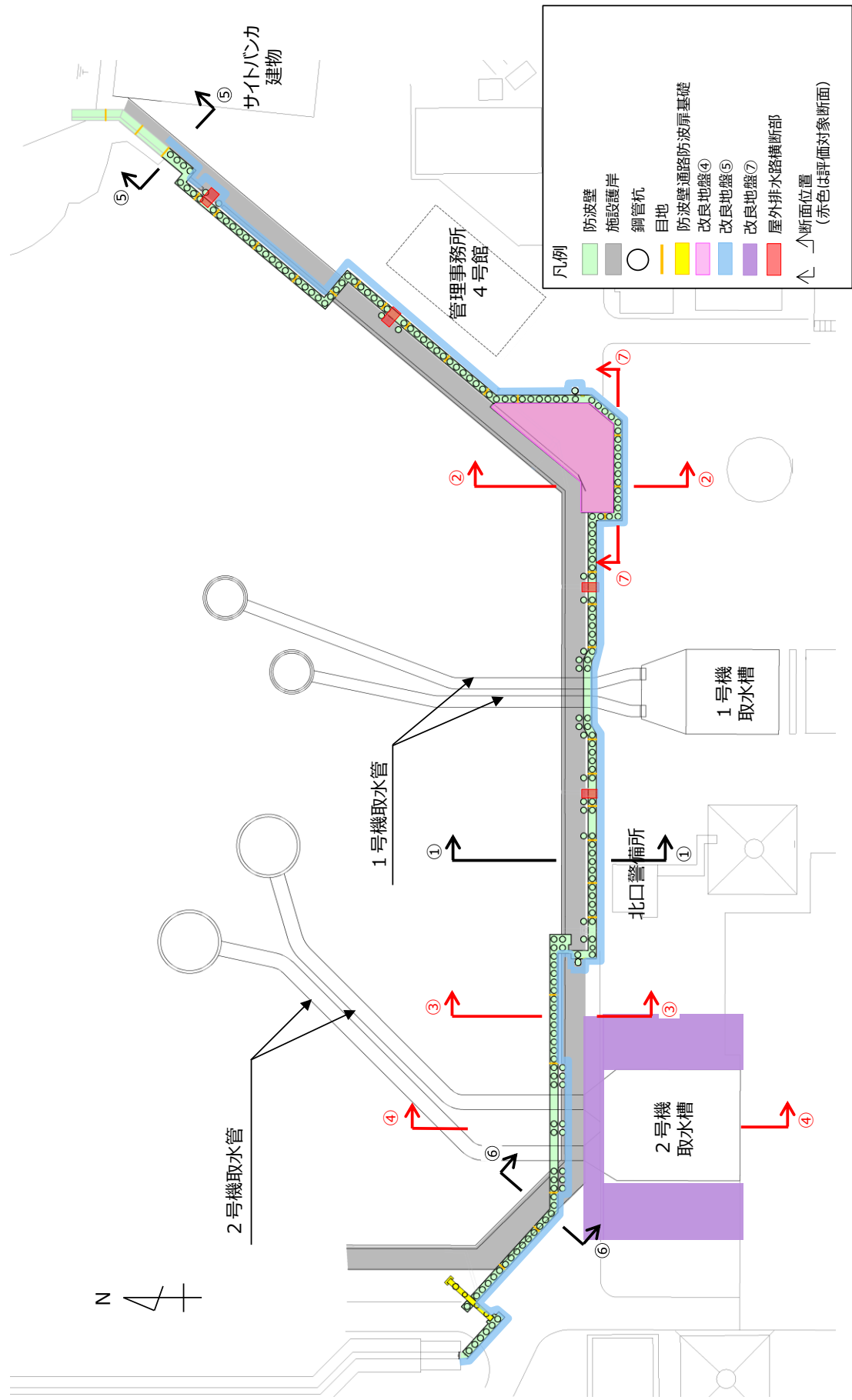
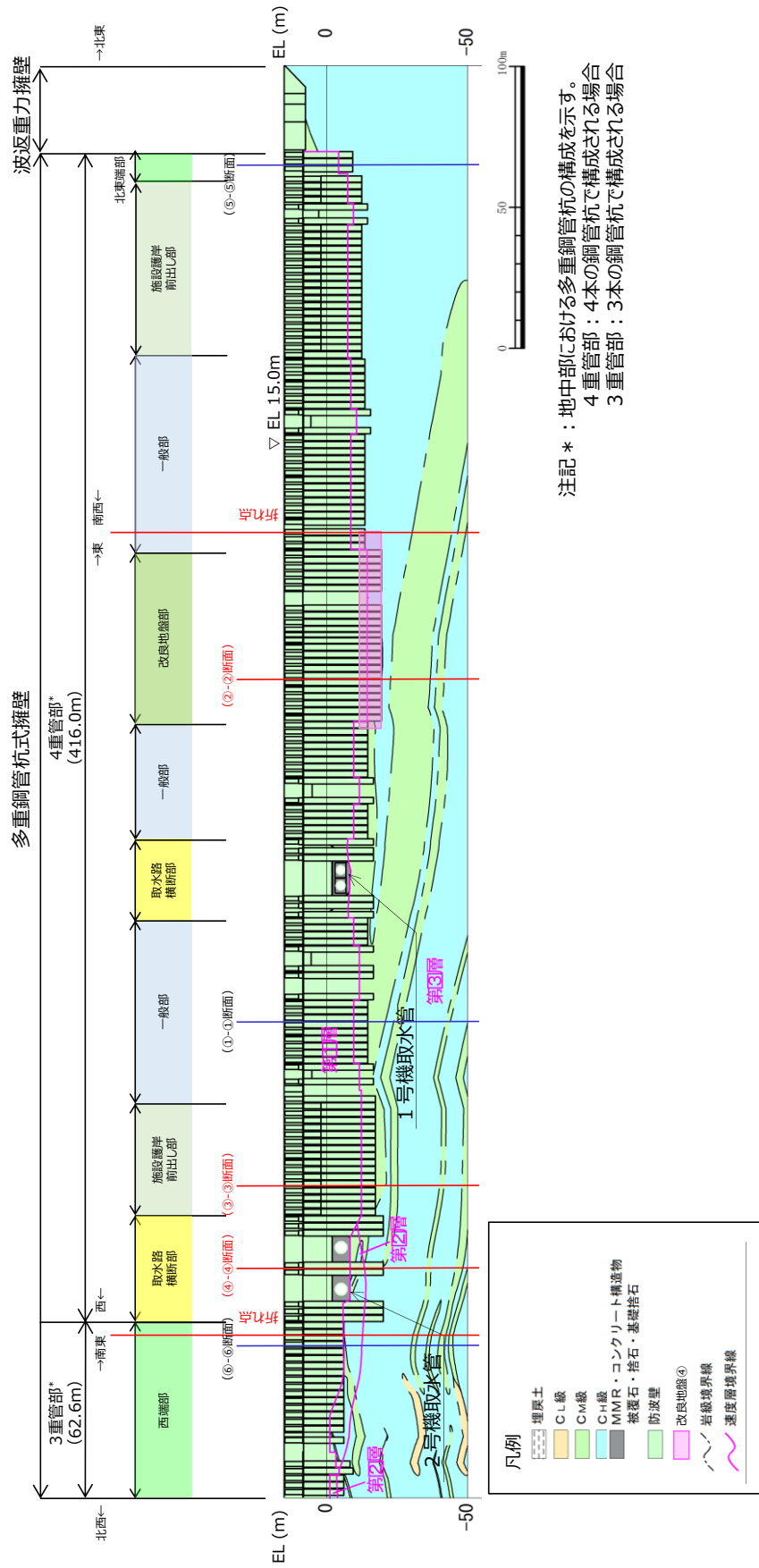


図 3-1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価対象断面位置図



注記\*：地中部における多重鋼管杭の構成を示す。  
 4重管部：4本の鋼管杭で構成される場合  
 3重管部：3本の鋼管杭で構成される場合

図 3-2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の縦断面図

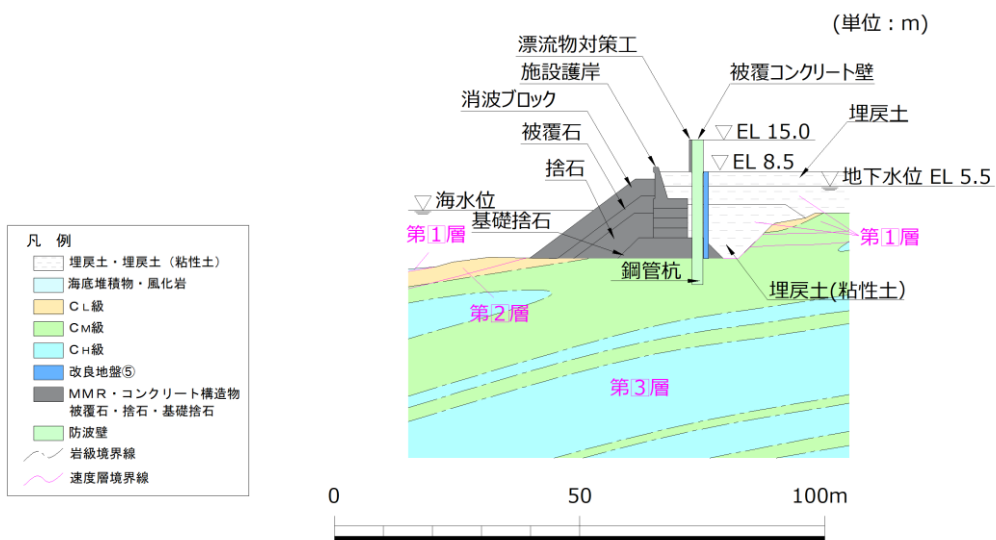


図 3-3 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（①-①断面）

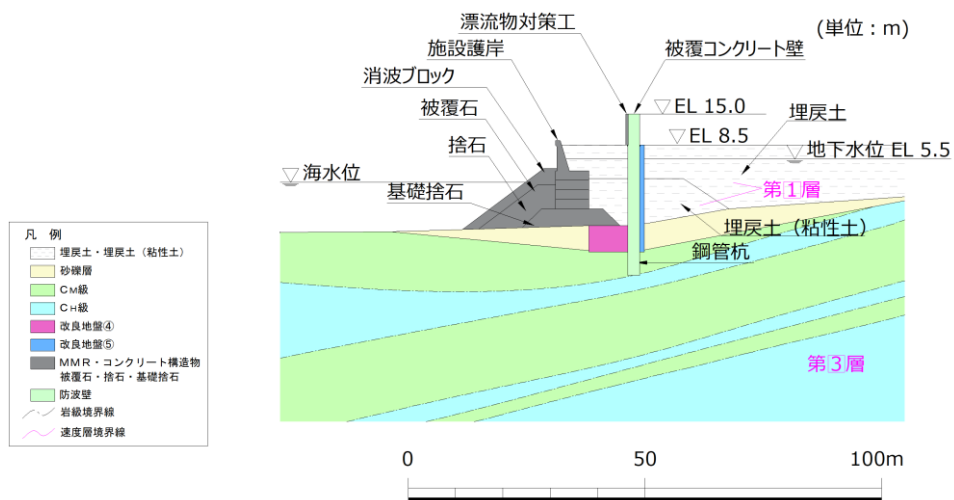


図 3-4 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（②-②断面）

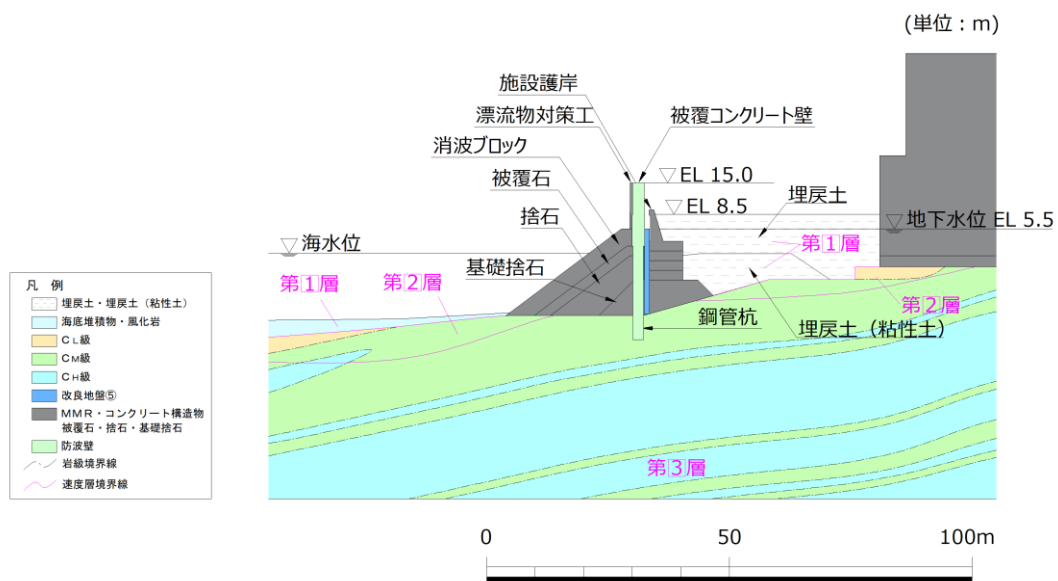


図 3-5 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（③-③断面）

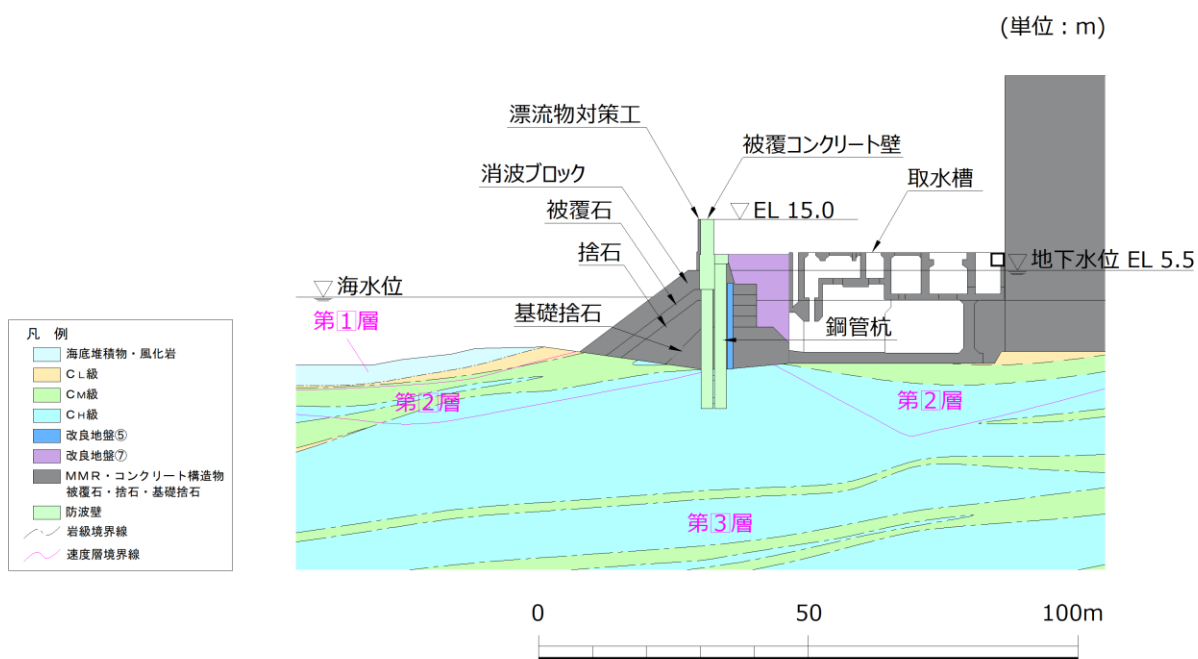


図 3-6 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（④-④断面）

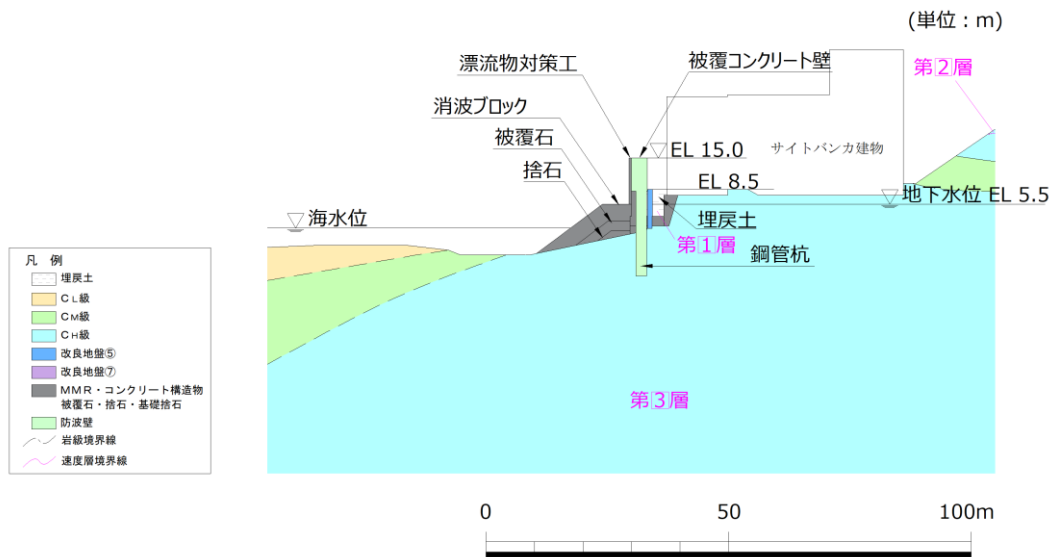


図 3-7 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（⑤-⑤断面）

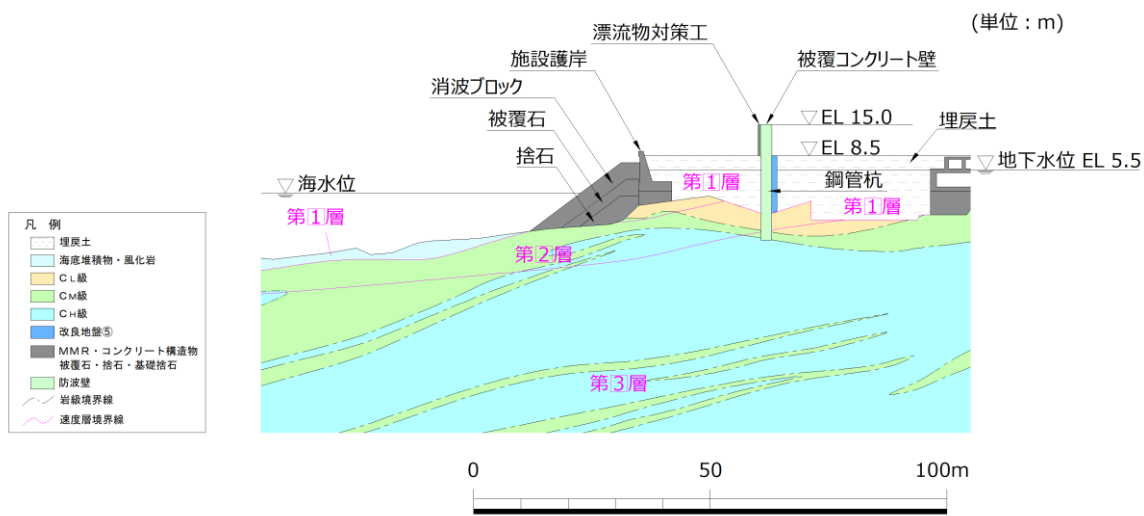


図 3-8 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図（⑥-⑥断面）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

単管 :  $\phi$  1600 mm

4重管 :  $\phi$  1600 mm,  $\phi$  1800 mm,  $\phi$  2000 mm,  $\phi$  2200 mm

(単位 : mm)

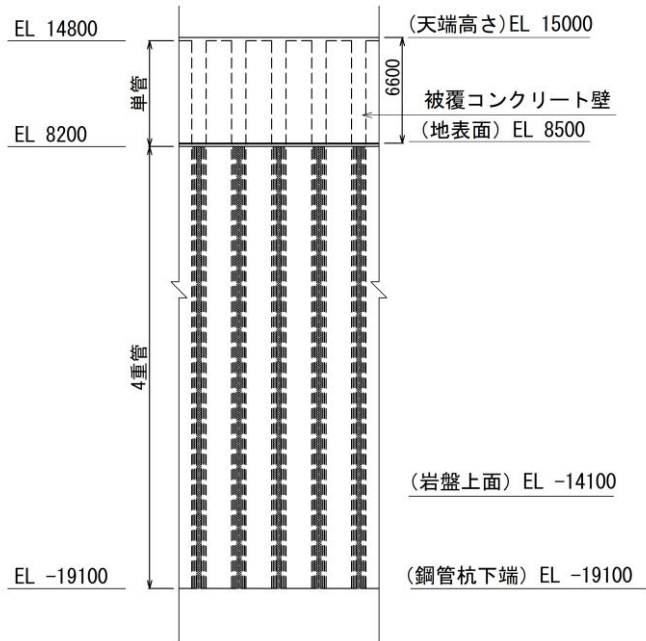


図 3-9(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（②-②断面）（正面図）

(単位 : mm)

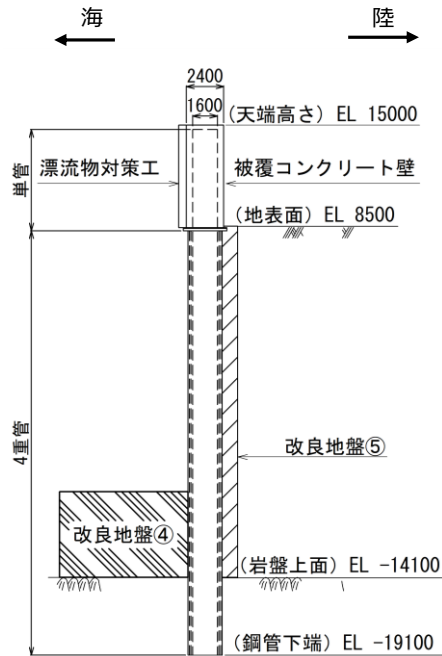


図 3-9(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（②-②断面）（断面図）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

単管 :  $\phi$  1600 mm

3重管 :  $\phi$  1600 mm,  $\phi$  1800 mm,  $\phi$  2000 mm

4重管 :  $\phi$  1600 mm,  $\phi$  1800 mm,  $\phi$  2000 mm,  $\phi$  2200 mm

(単位 : mm)

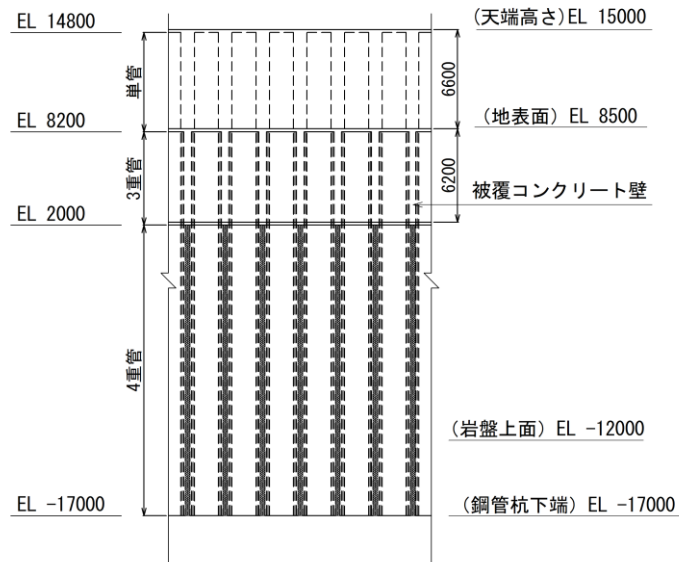


図 3-10(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（③-③断面）（正面図）

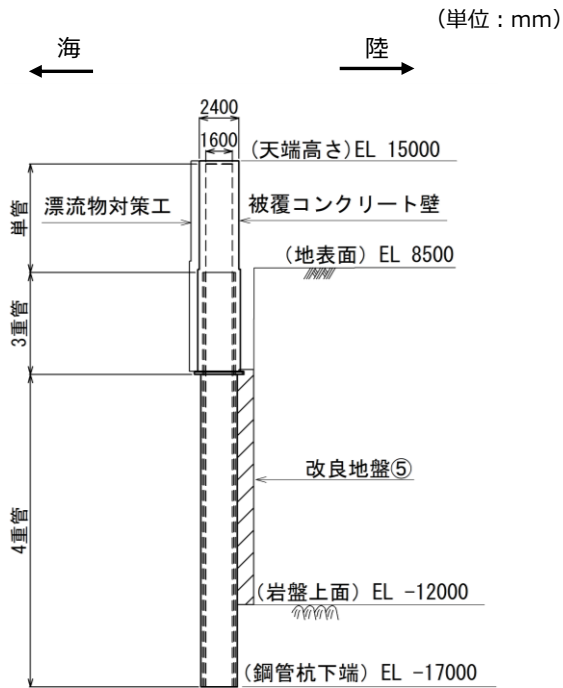


図 3-10(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（③-③断面）（断面図）



【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)

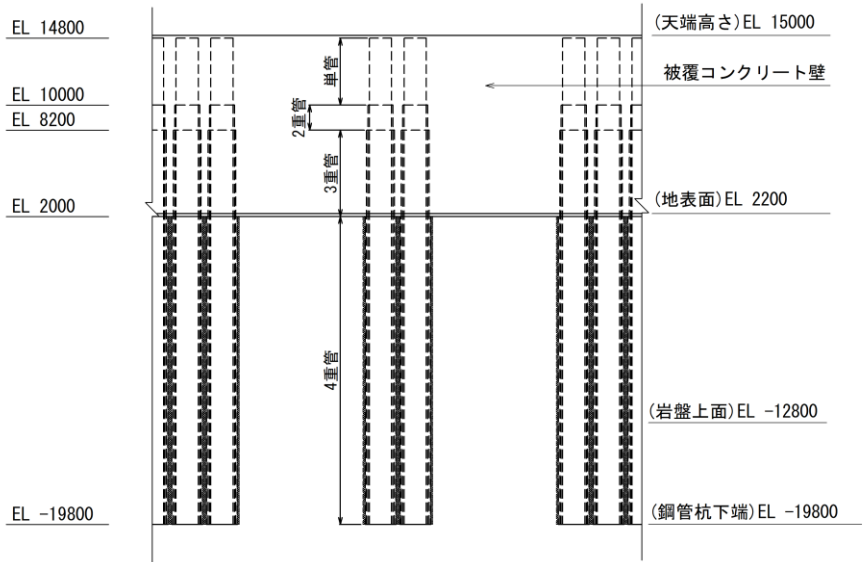


図 3-11(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，海側）（正面図）

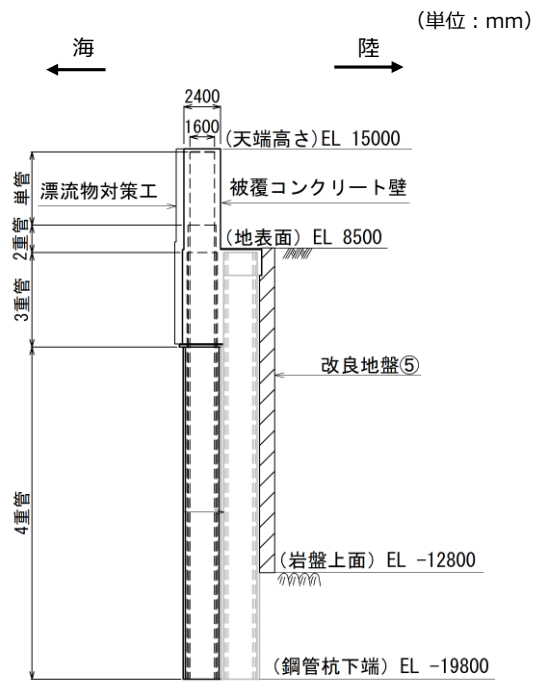


図 3-11(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，海側）（断面図）

【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）

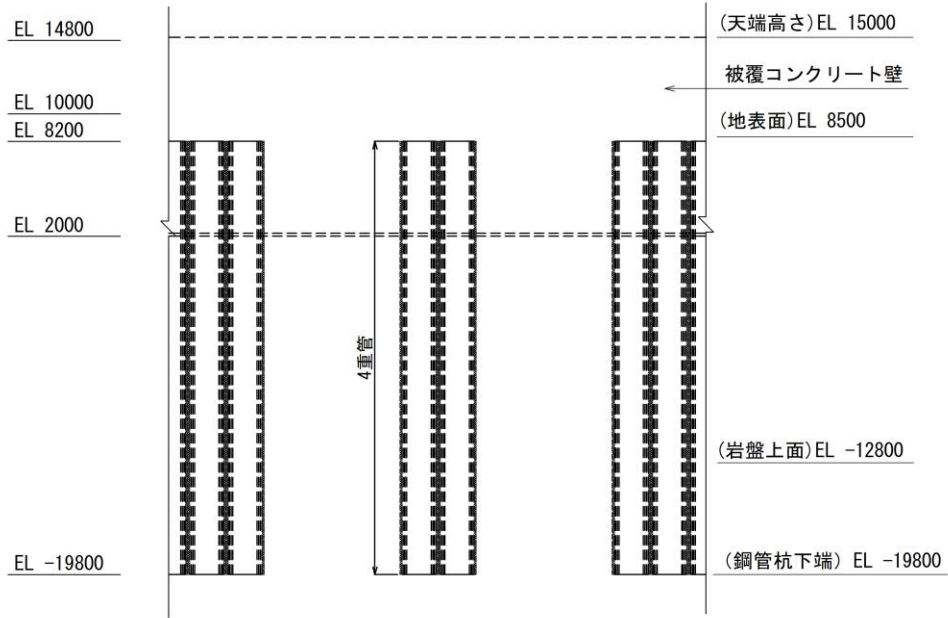


図 3-12(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，陸側）（正面図）

（単位：mm）

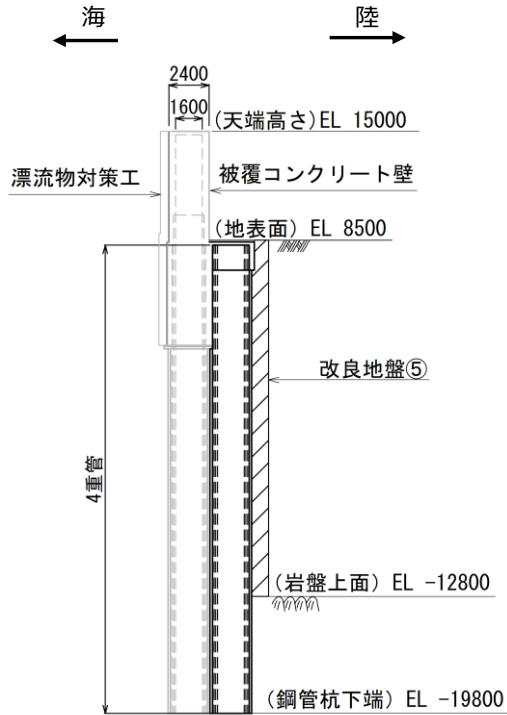


図 3-12(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，陸側）（断面図）

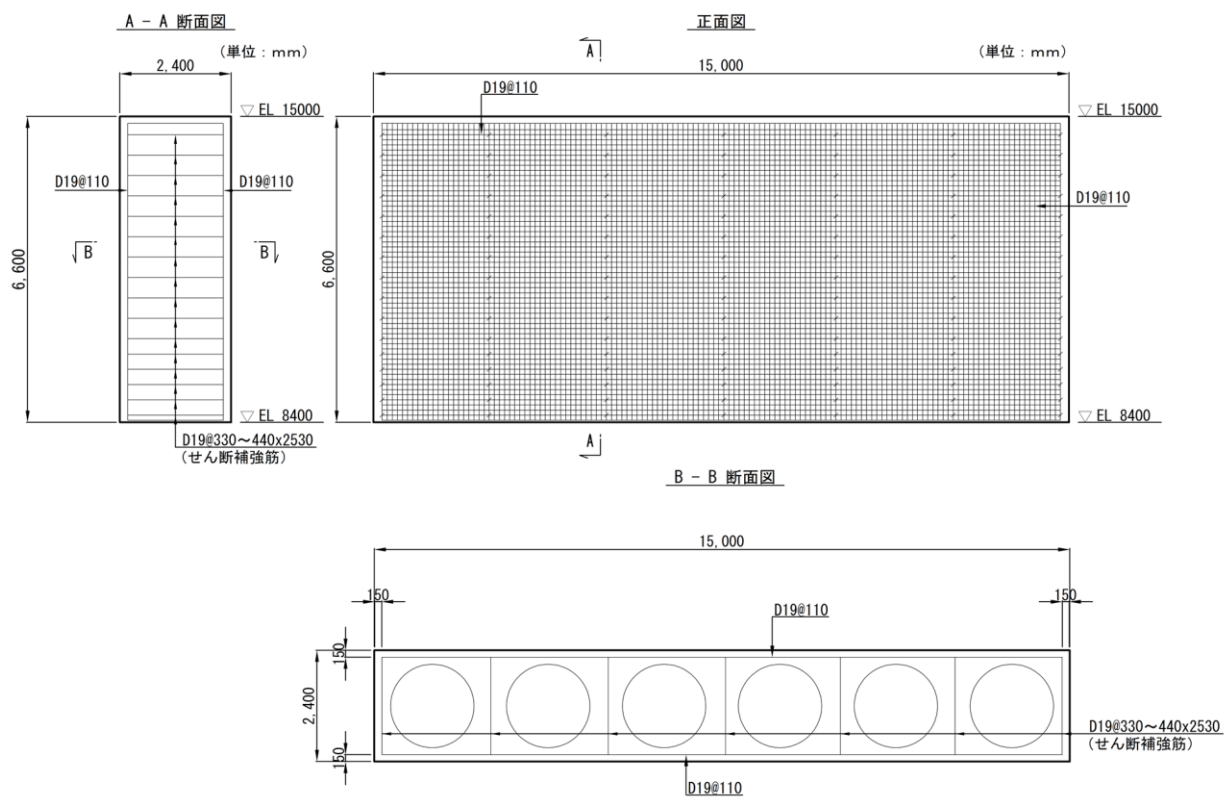


図 3-13 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の被覆コンクリート壁の概略配筋図（②-②断面）

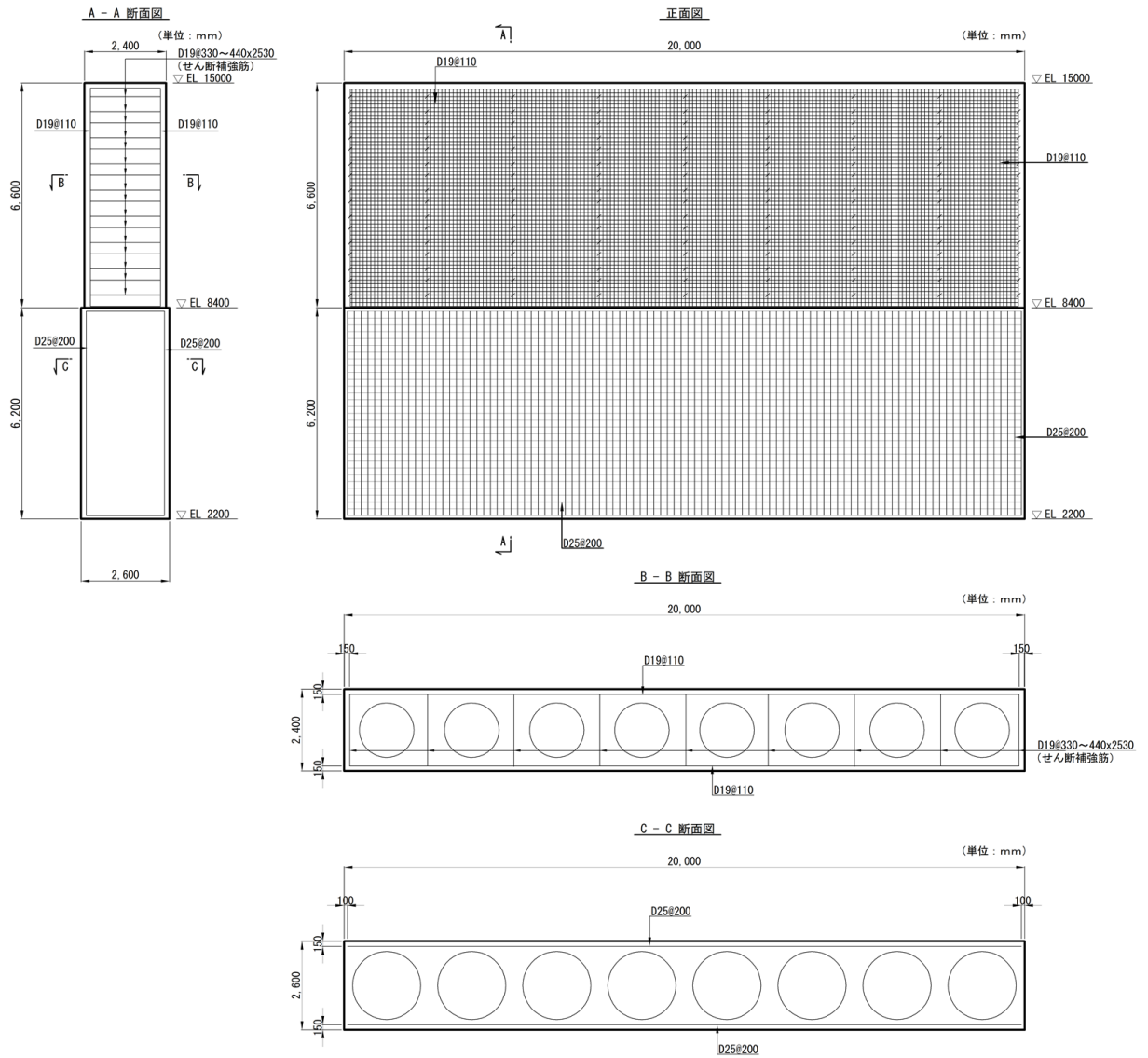


図 3-14 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の被覆コンクリート壁の概略配筋図 (③-③断面)

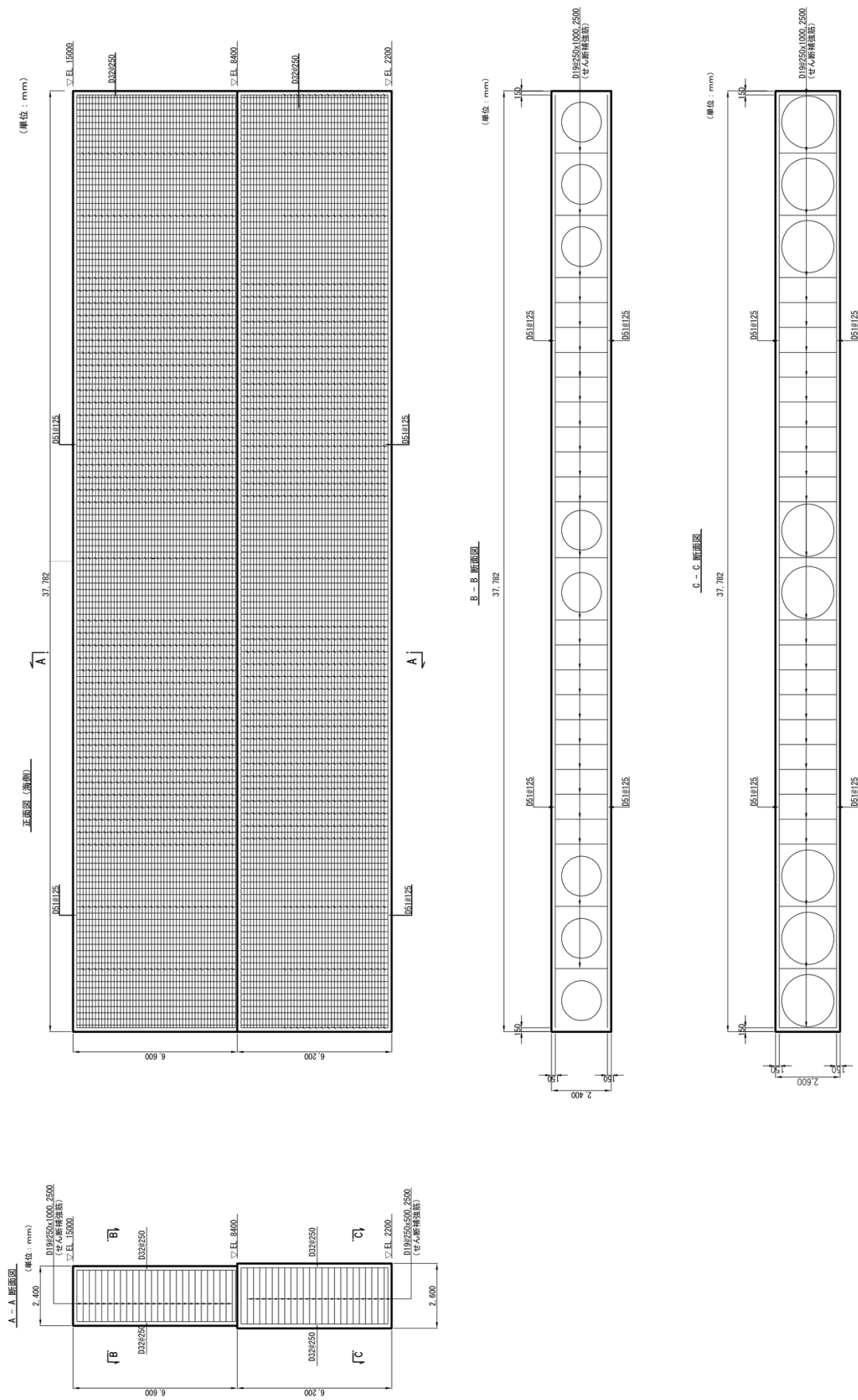


図 3-15 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) の被覆コンクリート壁の概略配筋図 (④-④断面)

### 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基本方針」の「4.1 荷重及び荷重の組合せ」にて示している荷重及び荷重の組合せを踏まえて設定する。

#### 3.3.1 荷重

強度評価には、以下の荷重を用いる。

(1) 常時作用する荷重 (G, P)

常時作用する荷重は持続的に生じる荷重であり、固定荷重及び積載荷重とする。

(2) 遡上津波荷重 (P<sub>t</sub>)

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<sub>Sd</sub>)

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

(4) 衝突荷重 (P<sub>c</sub>)

衝突荷重は、津波漂流物による衝突荷重を選定し、設定する。

衝突荷重は表 3-2 に示すとおり、施設の延長に応じて設定する。

施設に作用させる際は、漂流物対策工による荷重分散を考慮する。

表 3-2 衝突荷重

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

(5) 風荷重 (Pk)

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 (Ps)

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/m<sup>2</sup>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

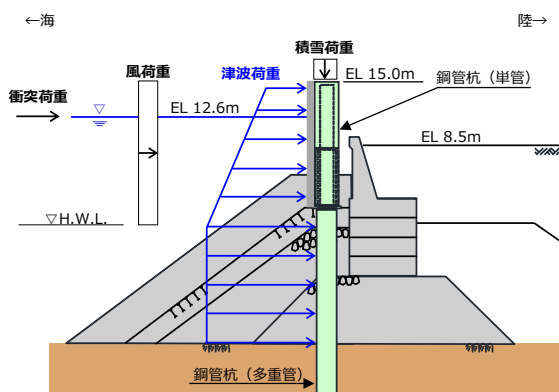


図 3-16(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の荷重作用図（津波時）

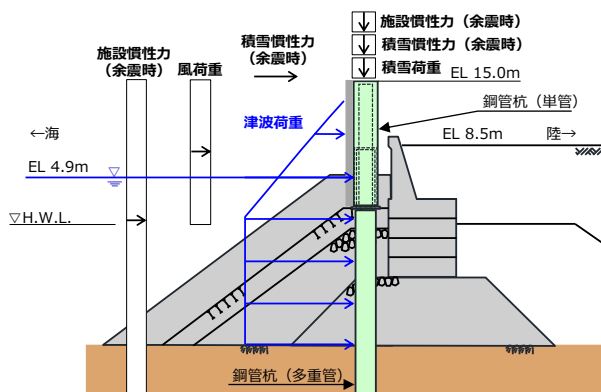


図 3-16(2) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の荷重作用図（重畳時）

### 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基本方針」にて設定している許容限界を踏まえて設定する。

#### 3.4.1 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/mm<sup>2</sup>)

$Z_{ei}$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$N_i$  : 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 (mm<sup>2</sup>)

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)

$\tau_{ai}$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の短期許容応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

$A_i$  : 多重鋼管杭を構成する各鋼管の断面積 (mm<sup>2</sup>)

表 3-4 鋼管杭の許容限界

断面	杭種	杭位置	杭径	杭板厚	鋼種	降伏 モーメント*2 (kN・m)		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 1.6m	25mm	SKK490	14637	—	19421	—
		最内管から 2番目の管	φ 1.8m	25mm	SKK490				
		最内管から 3番目の管	φ 2.0m	25mm	SKK490				
		最内管から 4番目の管	φ 2.2m	25mm*1	SM490Y				
③-③断面		最内管	φ 1.6m	25mm	SKK490	14706	88462	19421	95166
		最内管から 2番目の管	φ 1.8m	25mm	SKK490				
		最内管から 3番目の管	φ 2.0m	25mm	SKK490				
		最内管から 4番目の管	φ 2.2m	25mm*1	SM490Y				
④-④断面 海側杭		最内管	φ 1.6m	25mm	SKK490	34083	57468	19421	65661
		最内管から 2番目の管	φ 1.8m	25mm	SKK490				
		最内管から 3番目の管	φ 2.0m	25mm	SKK490				
		最内管から 4番目の管	φ 2.2m	25mm*1	SM490Y				
④-④断面 陸側杭		最内管	φ 1.6m	25mm	SKK490	88953	89308	41308	95166
		最内管から 2番目の管	φ 1.8m	25mm	SKK490				
		最内管から 3番目の管	φ 2.0m	25mm	SKK490				
		最内管から 4番目の管	φ 2.2m	25mm*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 <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	コンクリート (f' <sub>ck</sub> =24N/mm <sup>2</sup> )	許容曲げ圧縮応力度 $\sigma_{ca}$	9.0
許容せん断応力度 $\tau_{al}$		0.45	0.67
鉄筋 (SD345)	許容曲げ引張応力度 $\sigma_{sa}$	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 に許容限界を示す。

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（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、支持力試験により設定する。基礎地盤の許容限界を表 3-8 に示す。

表 3-8 基礎地盤の許容限界

評価項目	基礎地盤		許容限界 (kN/mm <sup>2</sup> )
極限支持力度	岩盤	C <sub>H</sub> 級	9.8
		C <sub>M</sub> 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基本方針」の「5. 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水位 EL 11.9m に余裕を考慮した津波水位 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、基本ケース（解析ケース①）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（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 耐津波解析における解析ケース

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

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. 解析モデル及び諸元

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

境界条件については、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、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。

(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 <sup>2</sup>

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 <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
鋼管杭	77.0*	2.0×10 <sup>5</sup> *	0.3
被覆コンクリート壁	24.0*	2.50×10 <sup>4</sup> *	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. 地盤及び改良地盤の物性値

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

地盤のうち改良地盤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 <sub>t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )
	c' (N/mm <sup>2</sup> )	φ' (°)	
改良地盤④	0.0	43.03	0.109
改良地盤⑤	0.0	35.60	1.16



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基本方針」の「5. 強度評価方法」に基づき設定する。

(a) 鋼管杭

イ. 曲げ照査

杭体の発生曲げモーメントが降伏モーメント以下であることを確認する。

ロ. せん断照査

杭体の発生せん断力が許容せん断力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。

(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相対変位量とし、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、主たる荷重が法線直交方向に作用する遡上津波荷重及び衝突荷重であることから、法線方向の変位量は考慮しない。

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

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

ここで、

$\delta_{x1}$  : x方向（法線直交方向）の津波時の最大相対変位量

$\delta_{z1}$  : z方向（深度方向）の津波時の最大相対変位量

法線直交方向及び深度方向の変位量を用い、下式のとおり合成方向（2方向合成）の変位量を求め、止水目地（シートジョイント）の津波時の最大変位量とする。

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

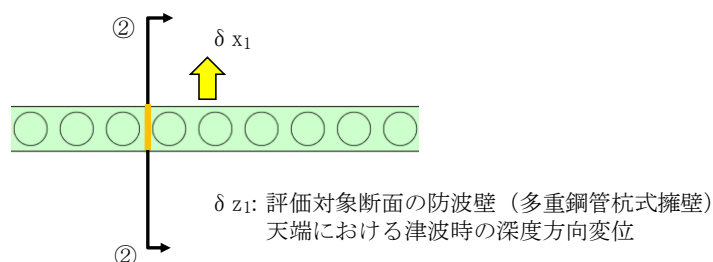


図3-17 津波時の変位の概念図

(d) 基礎地盤

基礎地盤の支持性能評価においては、「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）」に従い，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極限支持力度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/mm<sup>2</sup>）

$N$ ：鋼管杭下端に発生する軸力（kN）

$A'$ ：鋼管杭下端の断面積（mm<sup>2</sup>）

(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、衝突荷重は入力津波水位 EL 11.9mに余裕を考慮した津波水位 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. 解析モデル及び諸元

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。

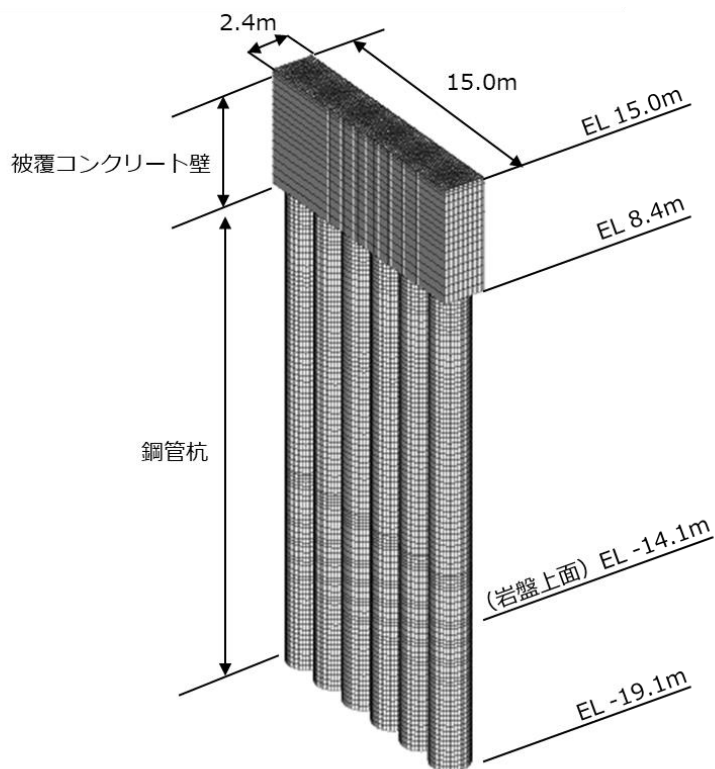


図 3-18 3次元構造解析モデル (②-②断面)

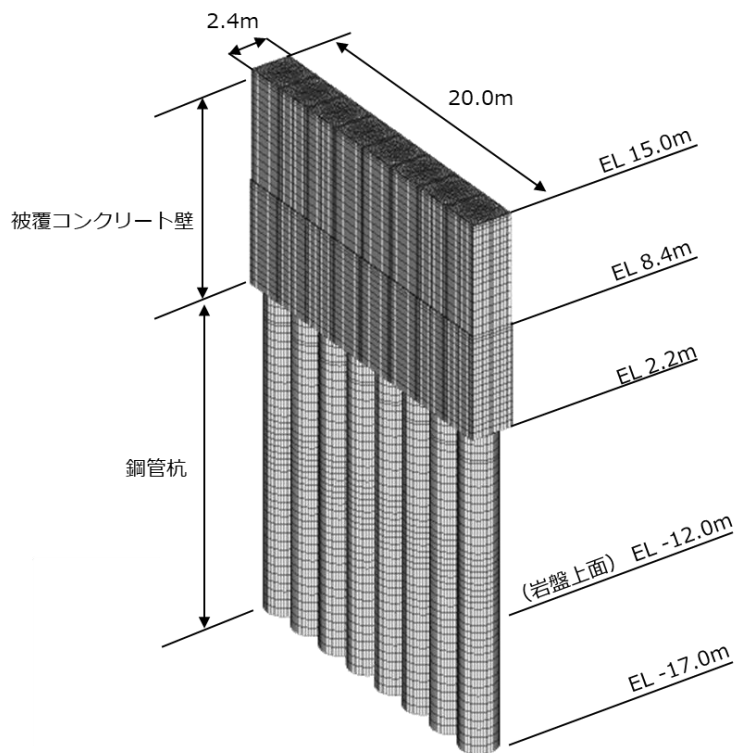


図 3-19 3次元構造解析モデル (③-③断面)

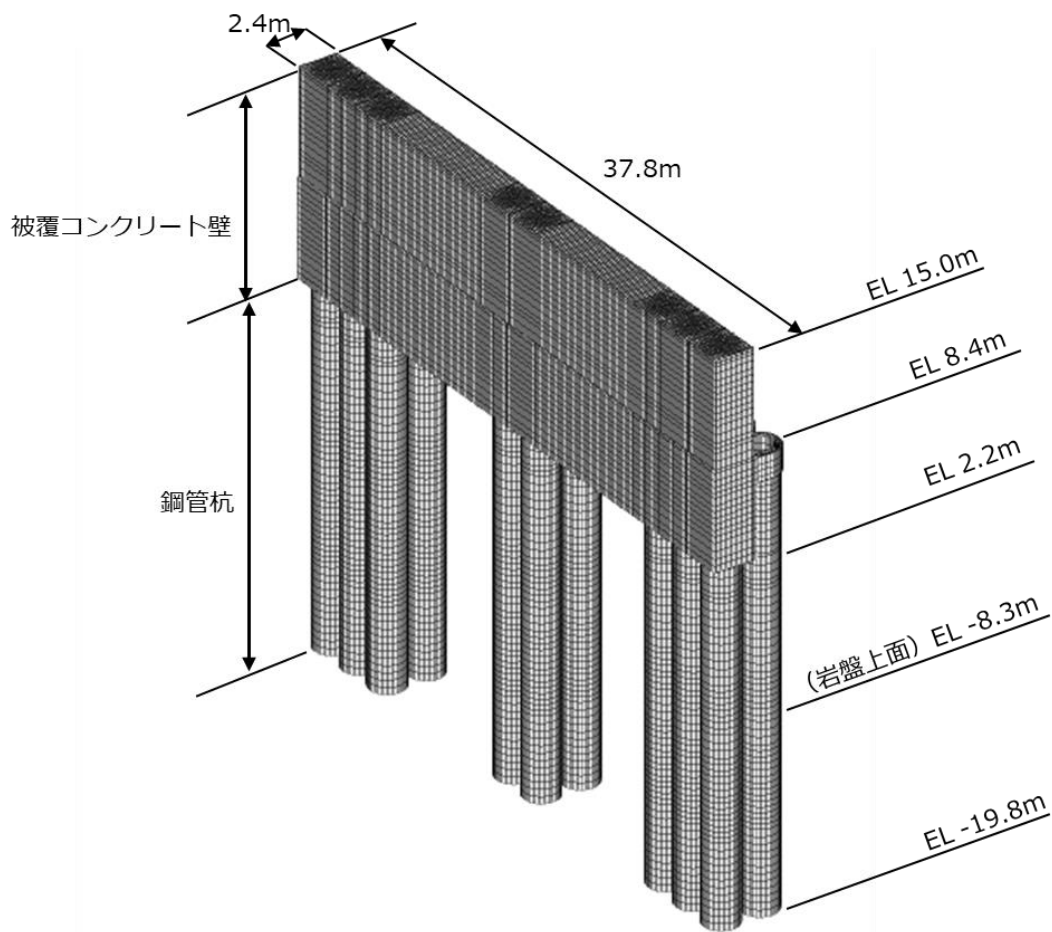


図 3-20 3次元構造解析モデル (④—④断面)

(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。

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次元静的有限要素法」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 <sup>2</sup>

表 3-15 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	ヤング係数 (N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比
被覆コンクリート壁	24.0*	2.50×10 <sup>4</sup> *	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基本方針」の「5. 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、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、弾性設計用地震動 $S_d-D$ に対して、ケース①(基本ケース)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. 解析モデル及び諸元

###### (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

境界条件については、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基本方針」の「5. 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

止水目地の重畳時の変形性評価は、重畳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 3-21 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相対変位量とし、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 方向（法線直交方向）の重畳時の変位量  $\delta_x : \delta_x = |\delta_x(T)| \times 2$

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

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

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。

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

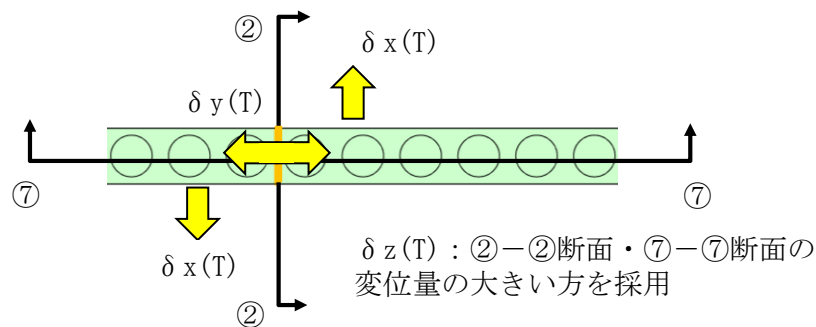


図 3-21 地震時の変位の概念図

(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. 解析モデル及び諸元

(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 (機器荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P <sub>t</sub>	遡上津波荷重 (EL 8.5m)	62.115	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>c</sub>	衝突荷重	210	kN/m
P <sub>k</sub>	風荷重	2.117	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>s</sub>	積雪荷重	0.7	kN/m <sup>2</sup>
γ <sub>w</sub>	海水の単位体積重量	10.1	kN/m <sup>3</sup>
ρ	海水の密度	1.03	t/m <sup>3</sup>
Z <sub>e</sub>	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.6m)	4.80×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.8m)	6.10×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.0m)	7.56×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.2m)	8.81×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
A	鋼管杭の断面積 (Φ=1.6m)	1.24×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=1.8m)	1.39×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.0m)	1.55×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.2m)	1.64×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>

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 (機器荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P <sub>t</sub>	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	133.542	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>c</sub>	衝突荷重	180	kN/m
P <sub>k</sub>	風荷重	2.117	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>s</sub>	積雪荷重	0.7	kN/m <sup>2</sup>
γ <sub>w</sub>	海水の単位体積重量	10.1	kN/m <sup>3</sup>
ρ	海水の密度	1.03	t/m <sup>3</sup>
Z <sub>e</sub>	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.6m)	4.80×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.8m)	6.10×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.0m)	7.56×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.2m)	8.81×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
A	鋼管杭の断面積 (Φ=1.6m)	1.24×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=1.8m)	1.39×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.0m)	1.55×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.2m)	1.64×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>

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 (機器荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P <sub>t</sub>	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	133.542	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>c</sub>	衝突荷重	149	kN/m
P <sub>k</sub>	風荷重	2.117	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>s</sub>	積雪荷重	0.7	kN/m <sup>2</sup>
γ <sub>w</sub>	海水の単位体積重量	10.1	kN/m <sup>3</sup>
ρ	海水の密度	1.03	t/m <sup>3</sup>
Z <sub>e</sub>	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.6m)	4.80×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.8m)	6.10×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.0m)	7.56×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.2m)	8.81×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
A	鋼管杭の断面積 (Φ=1.6m)	1.24×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=1.8m)	1.39×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.0m)	1.55×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.2m)	1.64×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>

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 (機器荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P <sub>t</sub>	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	47.995	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>k</sub>	風荷重	2.117	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>s</sub>	積雪荷重	0.7	kN/m <sup>2</sup>
γ <sub>w</sub>	海水の単位体積重量	10.1	kN/m <sup>3</sup>
ρ	海水の密度	1.03	t/m <sup>3</sup>
Z <sub>e</sub>	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.6m)	4.80×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.8m)	6.10×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.0m)	7.56×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.2m)	8.81×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
A	鋼管杭の断面積 (Φ=1.6m)	1.24×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=1.8m)	1.39×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.0m)	1.55×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.2m)	1.64×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>

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 (機器荷重, 漂流物対策工荷重)	250	kN/m
P <sub>t</sub>	遡上津波荷重 (EL 0.58m)	47.995	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>k</sub>	風荷重	2.117	kN/m <sup>2</sup>
P <sub>s</sub>	積雪荷重	0.7	kN/m <sup>2</sup>
γ <sub>w</sub>	海水の単位体積重量	10.1	kN/m <sup>3</sup>
ρ	海水の密度	1.03	t/m <sup>3</sup>
Z <sub>e</sub>	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.6m)	4.80×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=1.8m)	6.10×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.0m)	7.56×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
	鋼管杭の断面係数 (Φ=2.2m)	8.81×10 <sup>7</sup>	mm <sup>3</sup>
A	鋼管杭の断面積 (Φ=1.6m)	1.24×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=1.8m)	1.39×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.0m)	1.55×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>
	鋼管杭の断面積 (Φ=2.2m)	1.64×10 <sup>5</sup>	mm <sup>2</sup>

## 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、曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表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	照査値 $M/M_y$
曲げモーメント $M$ (kN・m)	軸力 $N$ (kN)	モーメント $M_y$ (kN・m)	
5402	1212	14637	0.37

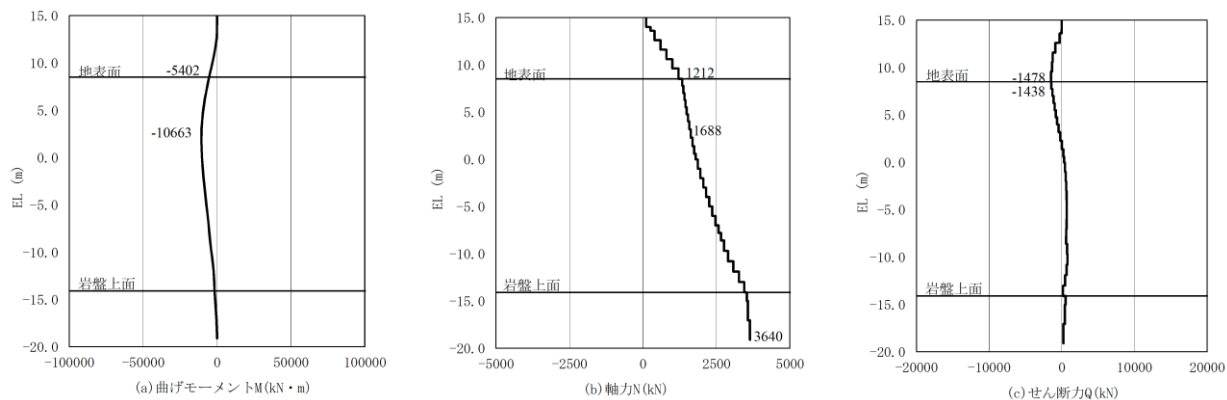


図5-1 鋼管杭における断面力図 (②-②断面)



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

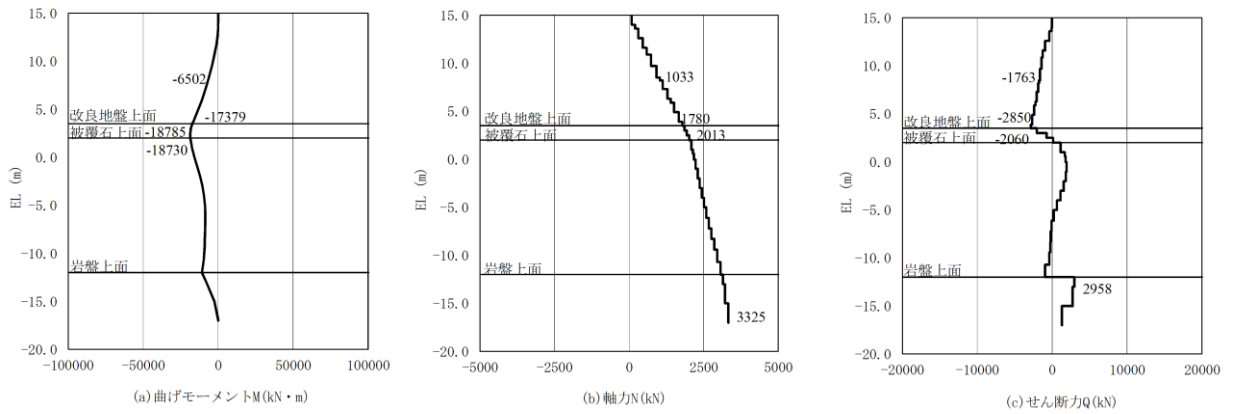


図 5-2 鋼管杭における断面力図 (③-③断面)

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

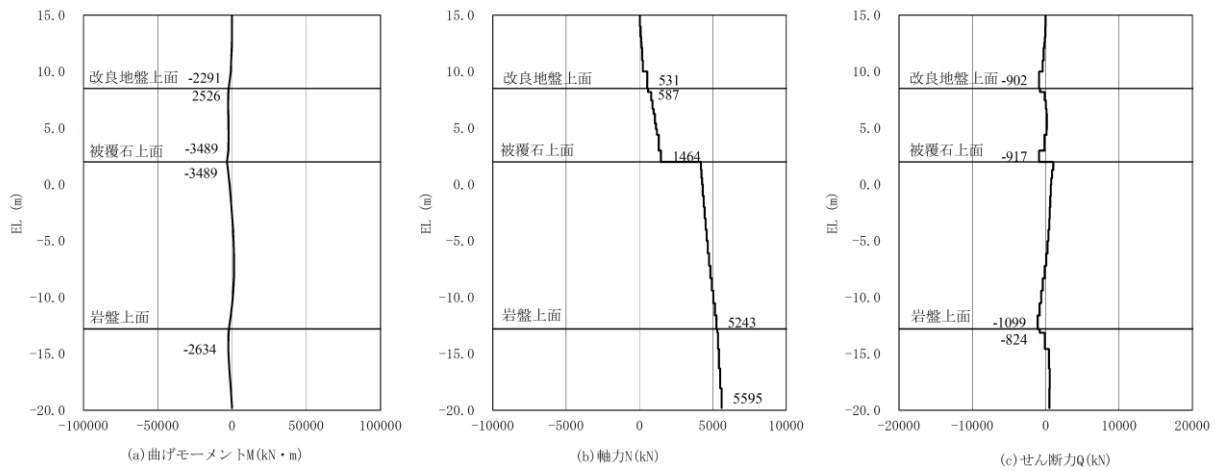


図 5-3(1) 鋼管杭における断面力図 (④-④断面, 海側杭)

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

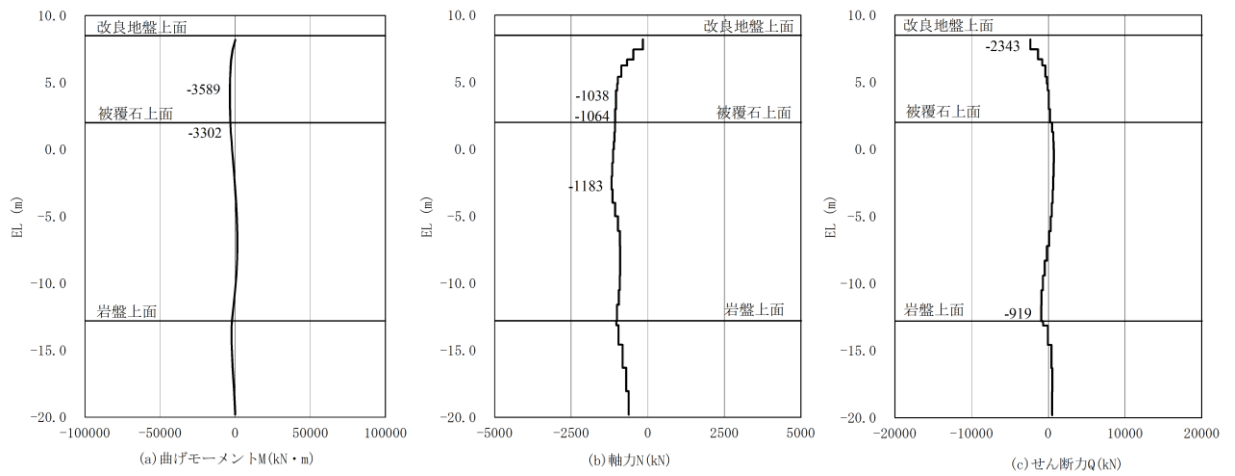


図 5-3(2) 鋼管杭における断面力図 (④-④断面, 陸側杭)

## (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、せん断力に対する照査結果を表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	せん断耐力 $Q_a$ (kN)	照査値 $Q/Q_a$
せん断力 $Q$ (kN)		
1478	19421	0.08

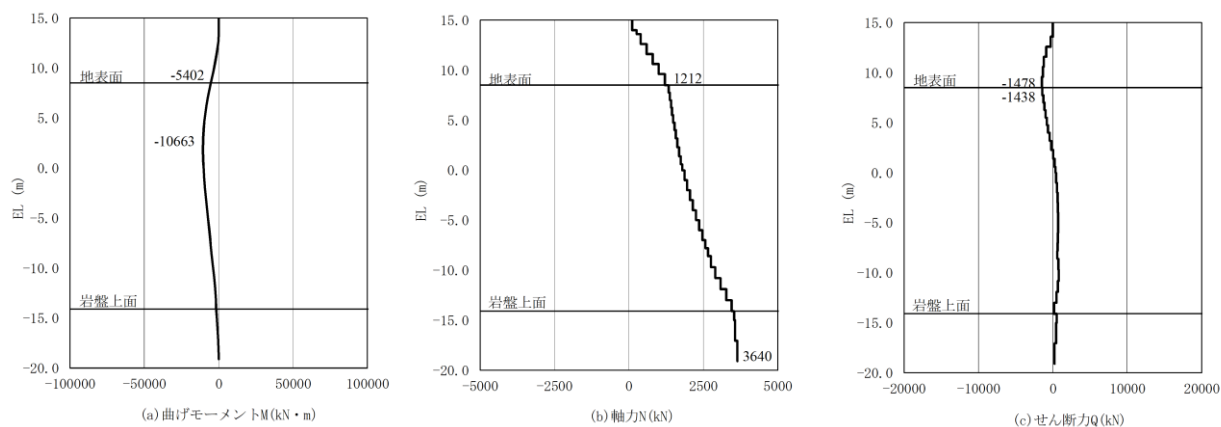


図5-4 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力図  
(②-②断面)

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	せん断耐力	照査値
せん断力 Q (kN)	$Q_a$ (kN)	$Q/Q_a$
1763	19421	0.10

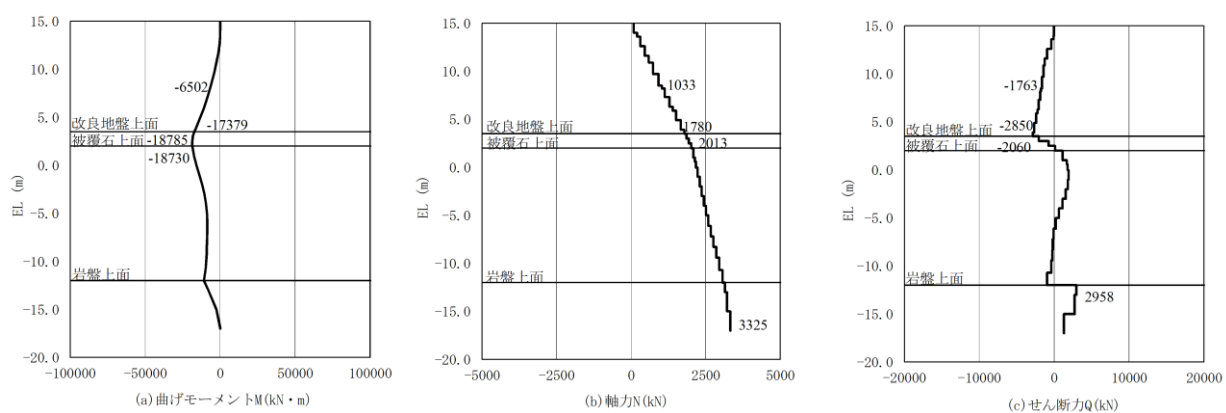


図 5-5 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力図

(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	せん断耐力 $Q_a$ (kN)	照査値 $Q/Q_a$
せん断力 $Q$ (kN)		
902	41308	0.03

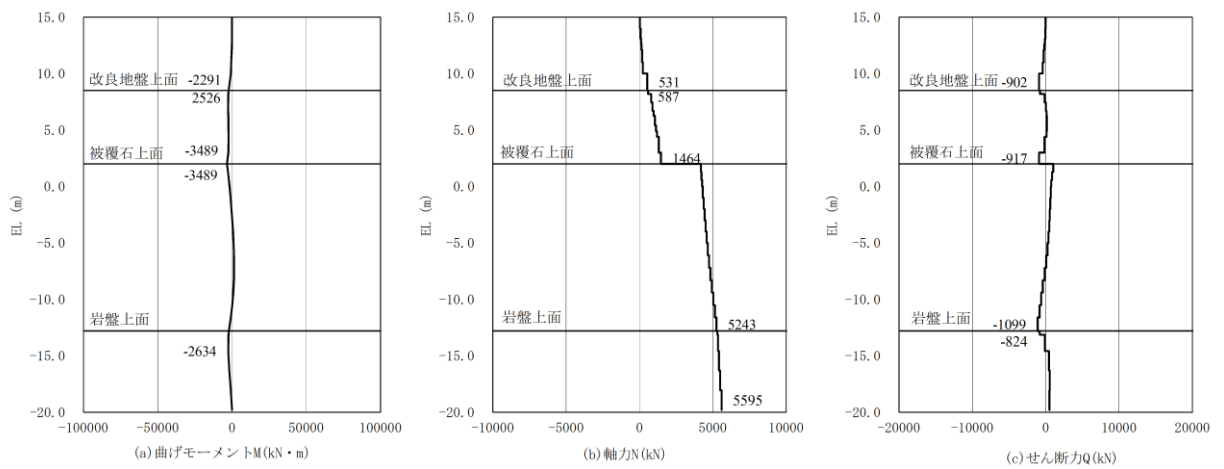


図 5-6(1) 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における断面力図

(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	せん断耐力 $Q_a$ (kN)	照査値 $Q/Q_a$
せん断力 $Q$ (kN)		
2343	95166	0.03

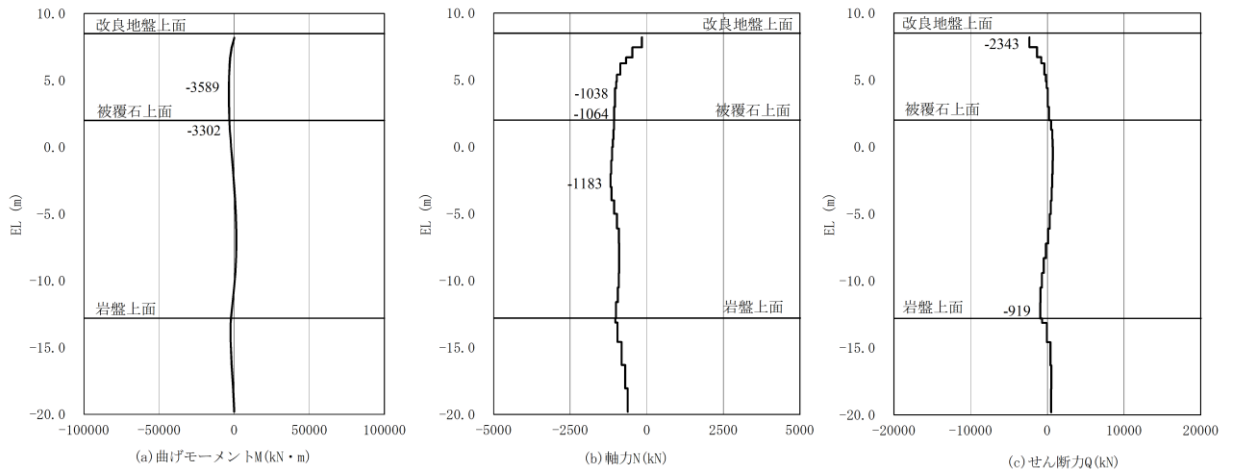


図 5-6(2) 鋼管杭における断面力図 (④-④断面, 陸側杭)

### 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。

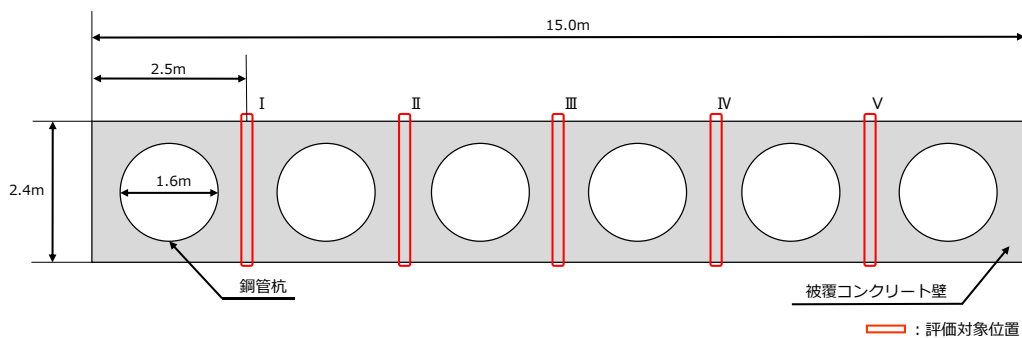


図5-7(1) 評価対象位置図(②-②断面, 平面図)

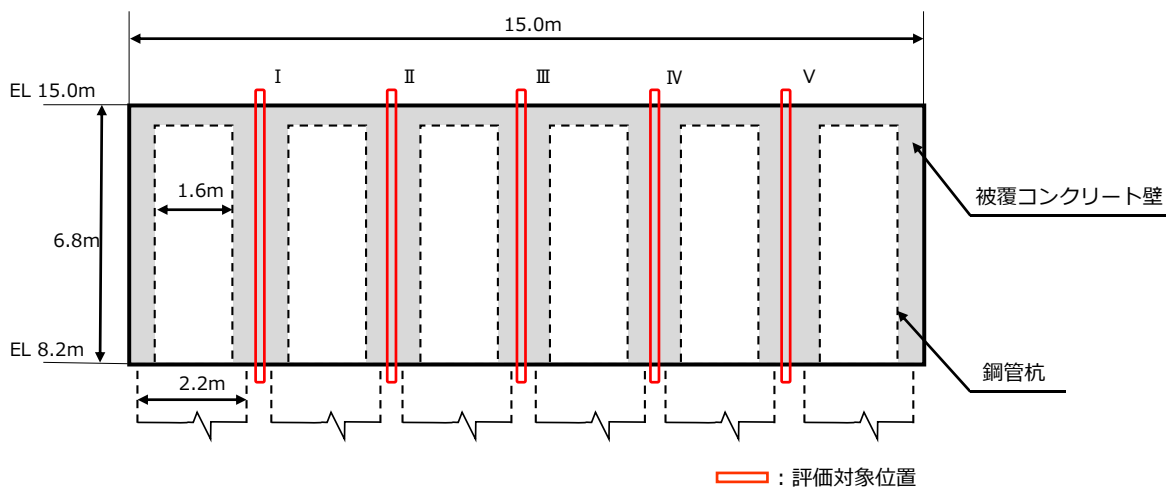


図5-7(2) 評価対象位置図(②-②断面, 正面図)



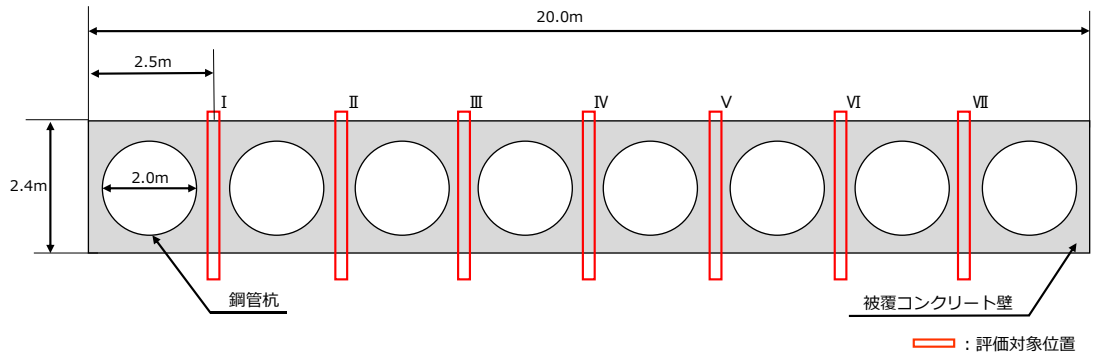


図 5-8(1) 評価対象位置図 (③-③断面, 平面図)

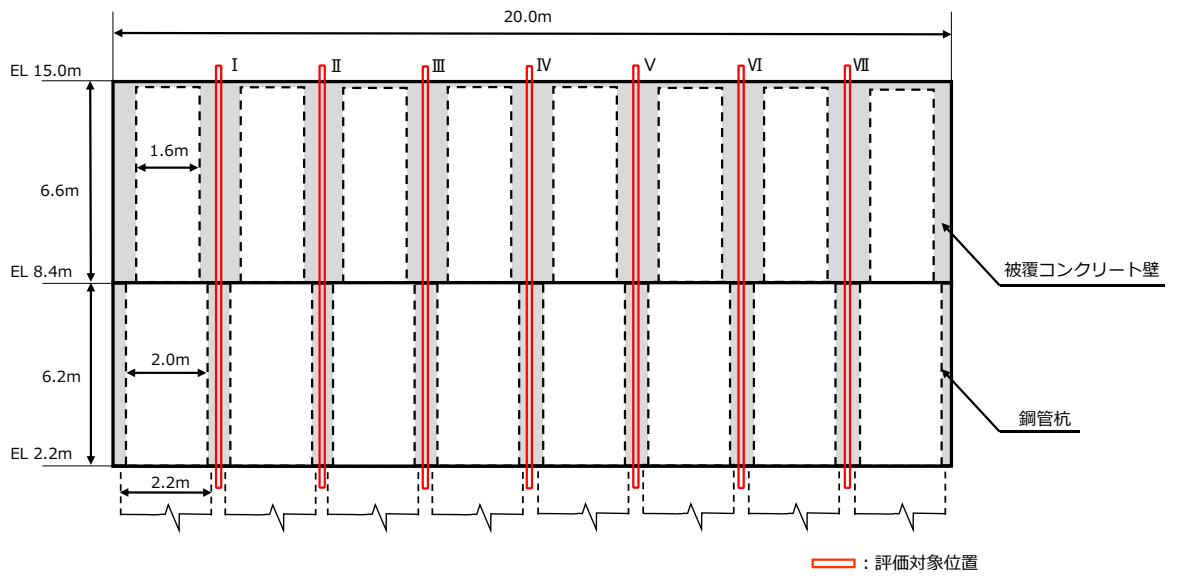


図 5-8(2) 評価対象位置図 (③-③断面, 正面図)

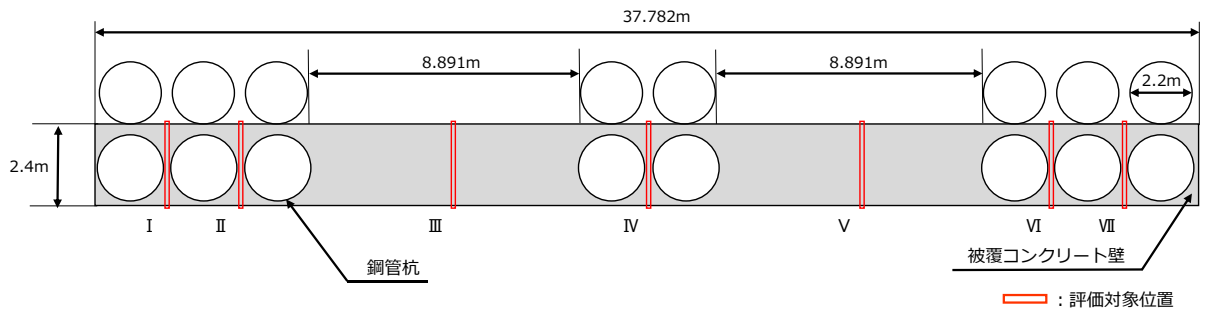


図 5-9(1) 評価対象位置図 (④-④断面, 平面図)

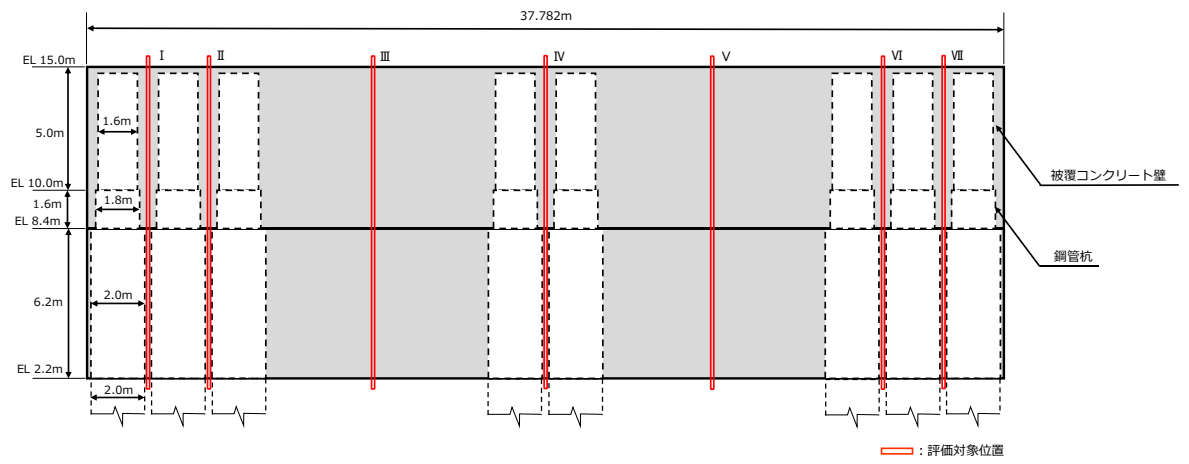


図 5-9(2) 評価対象位置図 (④-④断面, 正面図)

(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結果を表 5-8～表 5-10 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結果を表 5-11～表 5-13 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 5-8 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

(②-②断面)

評価対象位置	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
	曲げモーメント $M^*$ (kN・m)	軸力 $N^*$ (kN)			
Ⅲ	340	7	0.79	13.5	0.06

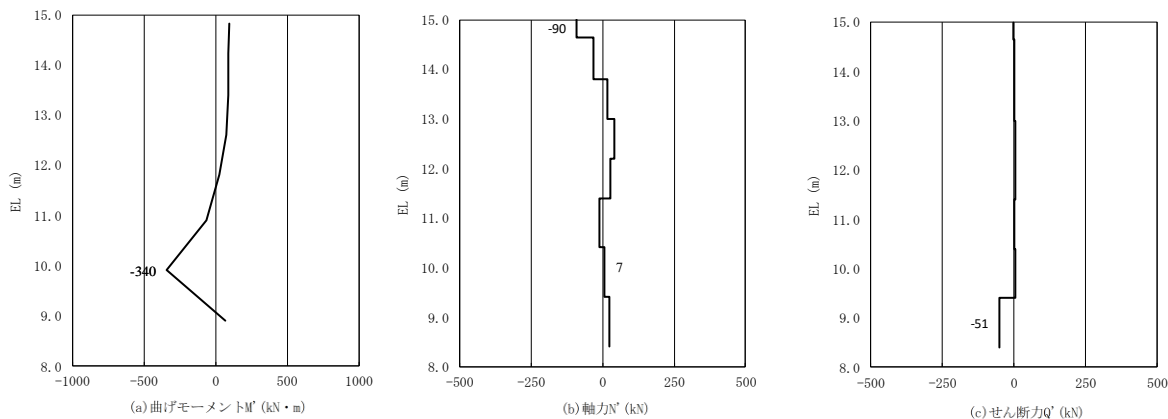


図 5-10 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査に用いる断面力

(評価対象位置Ⅲ, ②-②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

(③—③断面)

評価対象位置	発生断面力		曲げ圧縮 応力度 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
IV	819	177	1.70	13.5	0.13

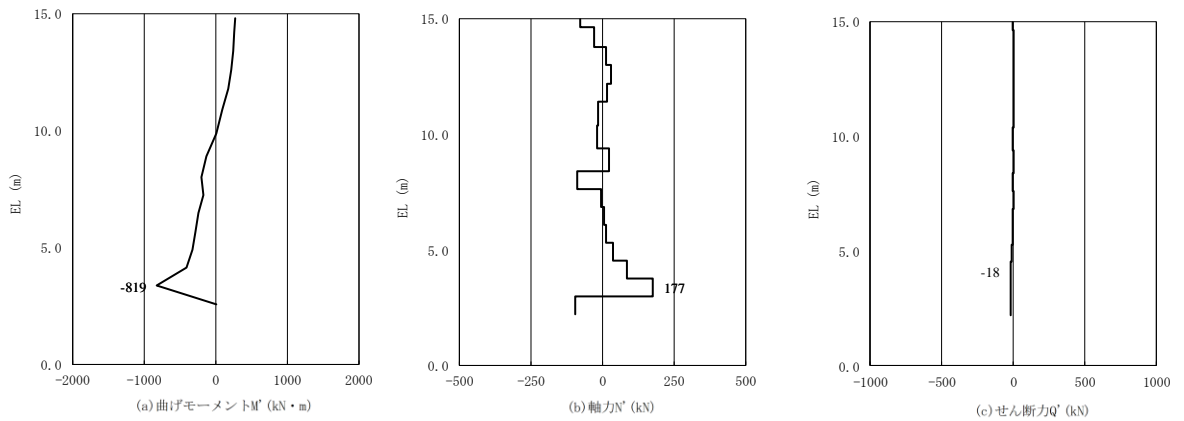


図 5—11 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査に用いる断面力

(評価対象位置IV, ③—③断面)

表 5-10 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 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
Ⅲ	2549	194	2.09	13.5	0.16

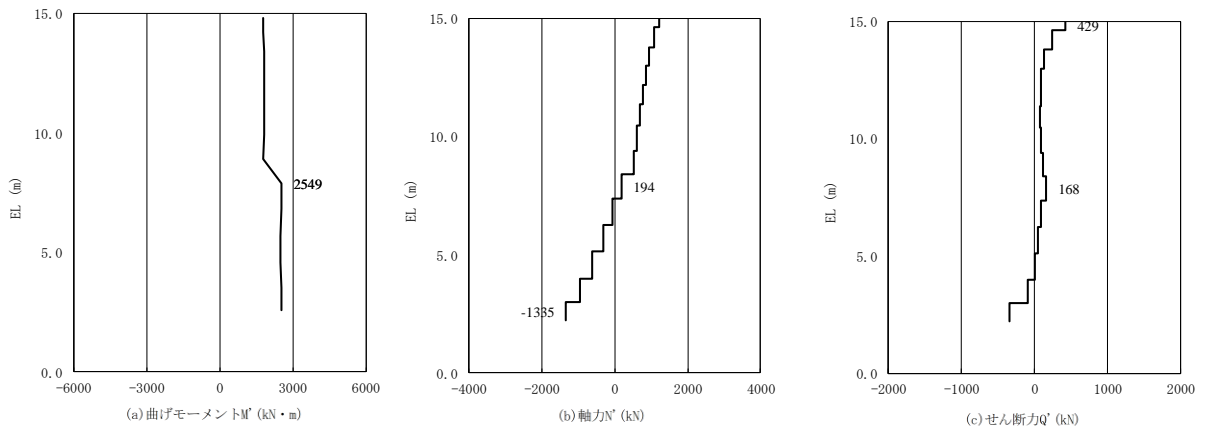


図 5-12 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査に用いる断面力

(評価対象位置Ⅲ, ④-④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

(②-②断面)

評価対象位置	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
Ⅲ	340	7	60.10	294	0.21

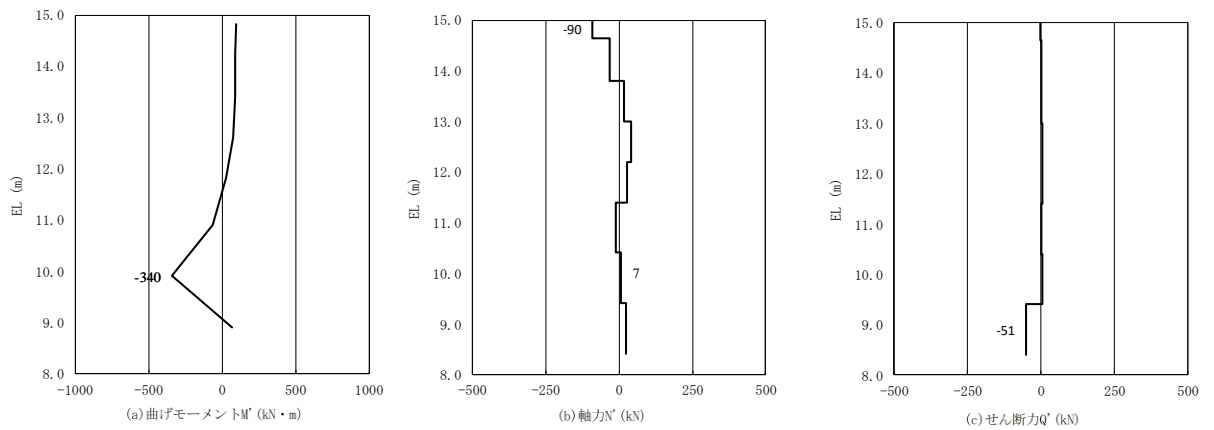


図 5-13 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査に用いる断面力

(評価対象位置Ⅲ, ②-②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

(③-③断面)

評価対象位置	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
IV	819	177	106.20	294	0.37

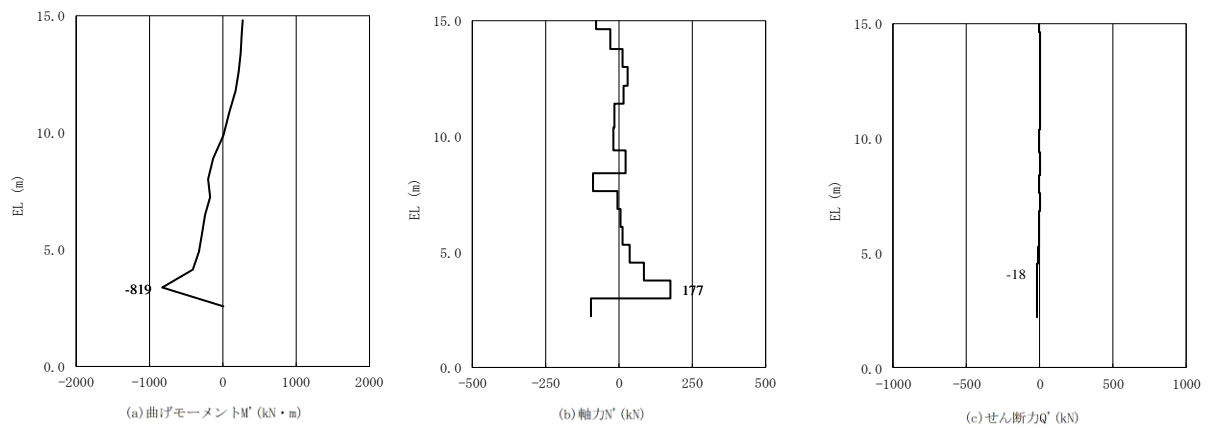


図 5-14 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査に用いる断面力

(評価対象位置IV, ③-③断面)

表 5-3 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)

評価対象位置	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
Ⅲ	2516	1335	108.44	294	0.37

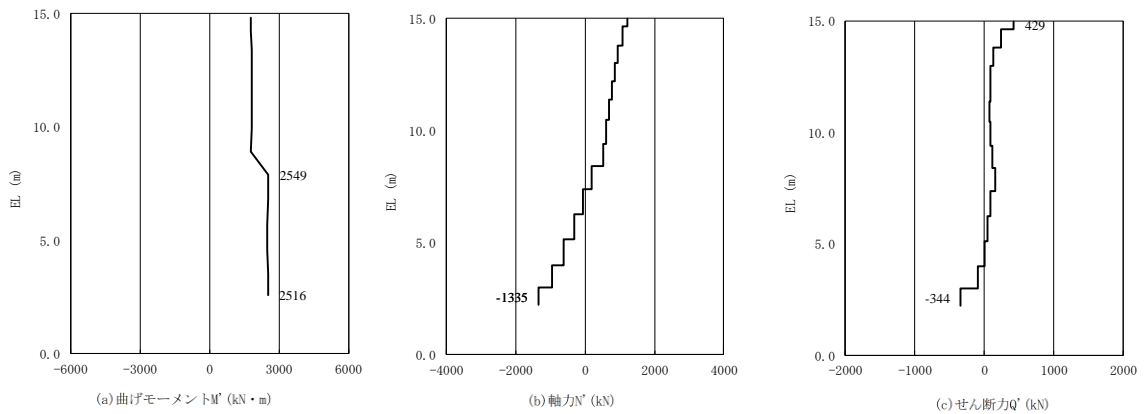


図 5-15 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査に用いる断面力

(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 5-16～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 5-14～表 5-16 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 5-14 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  
(②-②断面)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
	せん断力 $Q'$ (kN)			
I	65	0.03	0.67	0.05

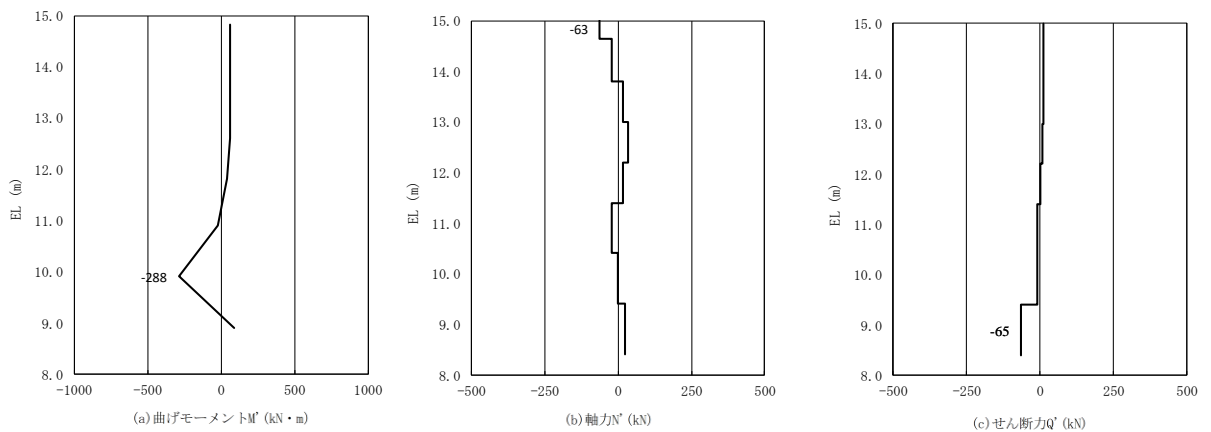


図 5-6 コンクリートのせん断破壊に対する照査において用いる断面力  
(評価対象位置 I, ②-②断面)

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

(③-③断面)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{al}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
	せん断力 $Q'$ (kN)			
I	114	0.05	0.67	0.08

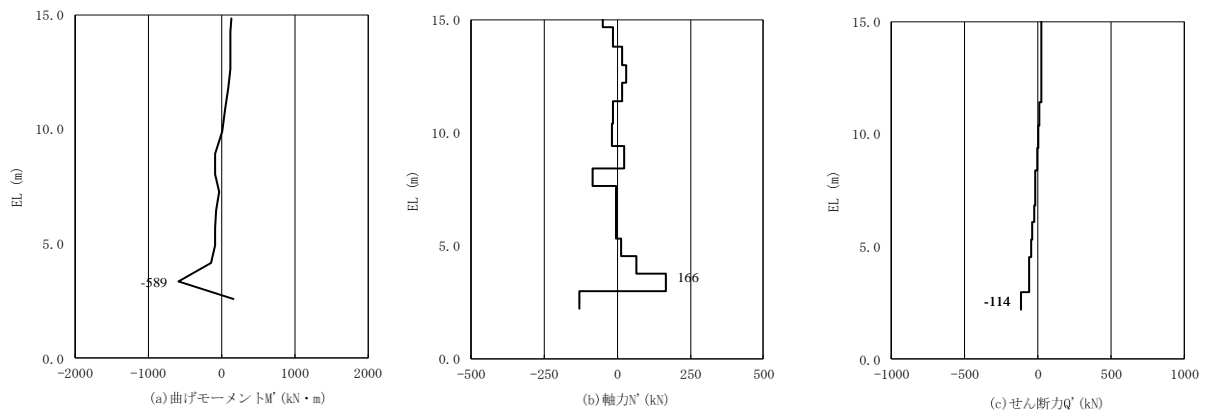


図 5-17 コンクリートのせん断破壊に対する照査において用いる断面力

(評価対象位置 I, ③-③断面)

表 5-6 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 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{a1}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
	せん断力 $Q'$ (kN)			
VI	943	0.44	0.67	0.67

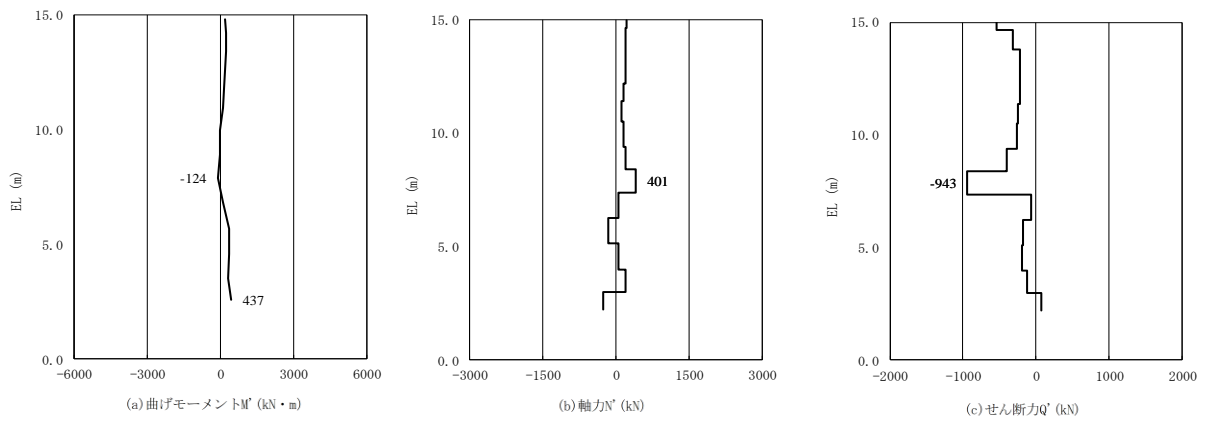


図 5-8 コンクリートのせん断破壊に対する照査において用いる断面力  
(評価対象位置 VI, ④-④断面)

### 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5-17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5-17 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

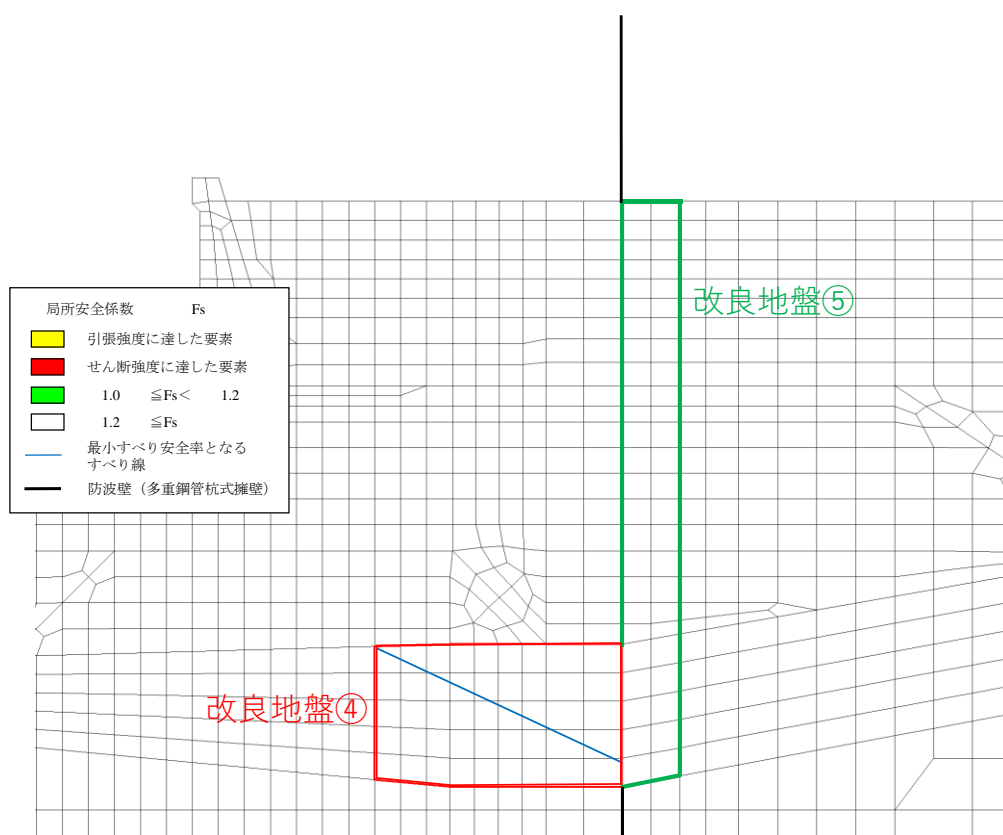


図5-19 改良地盤④の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (②-②断面)

(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 5-18～表 5-20 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 5-18 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

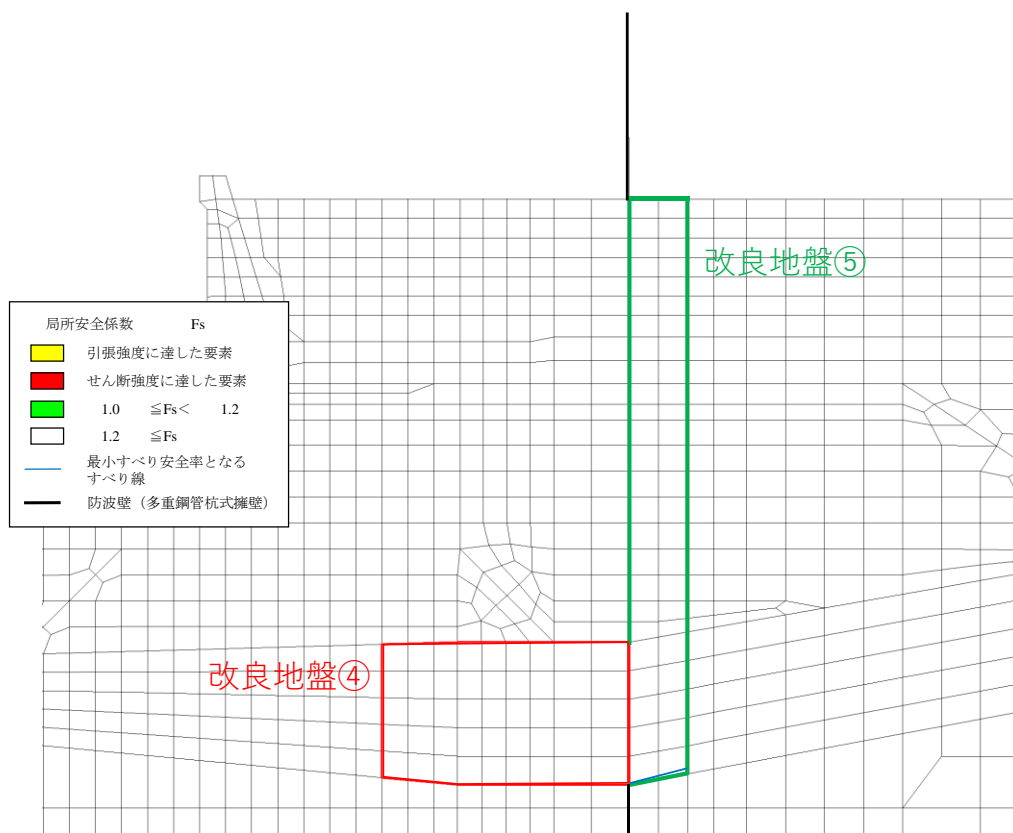


図 5-20 改良地盤⑤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (②-②断面)

表 5-19 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

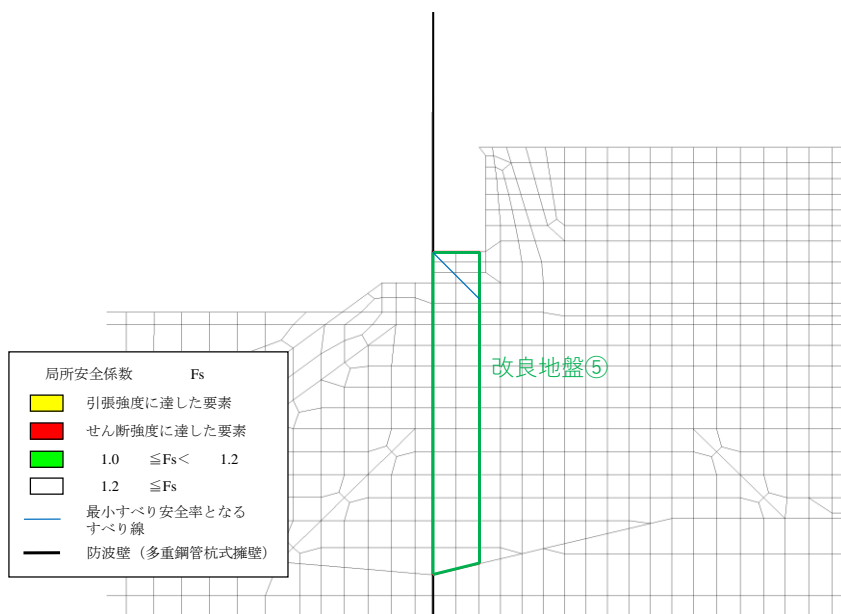


図 5-21 改良地盤⑤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (③-③断面)

表 5-20 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

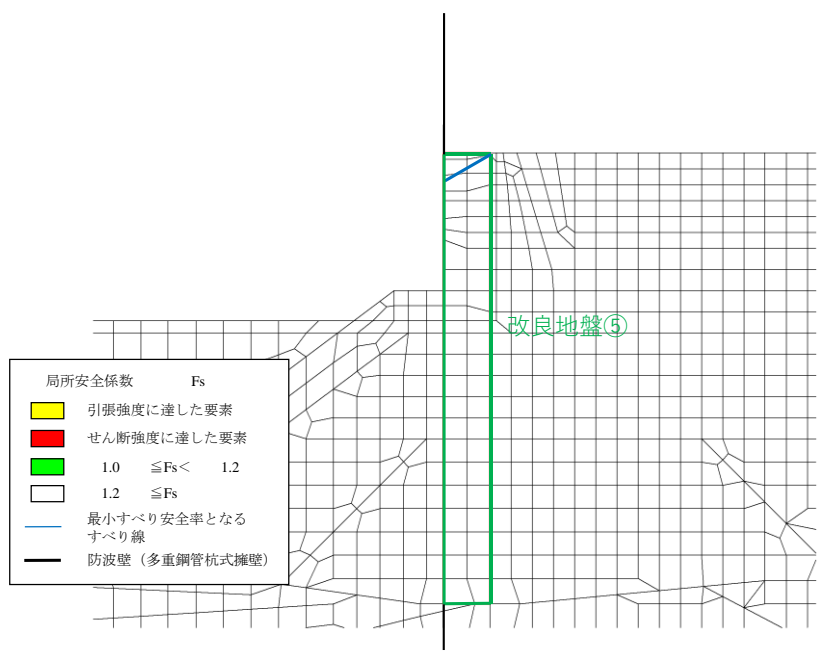


図 5-22 改良地盤⑤の最小すべり安全率となるすべり線及び局所安全係数分布 (④-④断面)

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5-21～表5-23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5-21 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（②-②断面）

方向	津波時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
$\delta x$ : 法線直交方向	116	—
$\delta z$ : 深度方向	0	—
合成方向 (2方向合成)	116	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（③-③断面）

方向	津波時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
$\delta x$ : 法線直交方向	214	—
$\delta z$ : 深度方向	0	—
合成方向 (2方向合成)	214	1580

表5-23 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 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
$\delta x$ : 法線直交方向	31	—
$\delta z$ : 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 5-24～表 5-26 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極限支持力度以下であることを確認した。

表 5-24 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 <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / R_u$
軸力 N (kN)			
3640	1.0	9.8	0.10

表 5-25 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 <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / R_u$
軸力 N (kN)			
3325	0.9	9.8	0.09

表 5-26(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 <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d / R_u$
軸力 N (kN)			
5595	1.5	9.8	0.16

表 5-26(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 <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	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) 概要

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面又は背面には、図5-23のとおり全線にわたって施設護岸等を設置している。

施設護岸等は、その形状を適切にモデル化し防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価を実施する方針としているが、施設護岸等による防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における鋼管杭の変形抑制に寄与する可能性があることから、不確かさケースとして施設護岸等が損傷した場合を想定し、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については施設護岸等が保守的にない場合を、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については保守的に施設護岸等を埋戻土（粘性土）に置換した場合の影響を確認する。

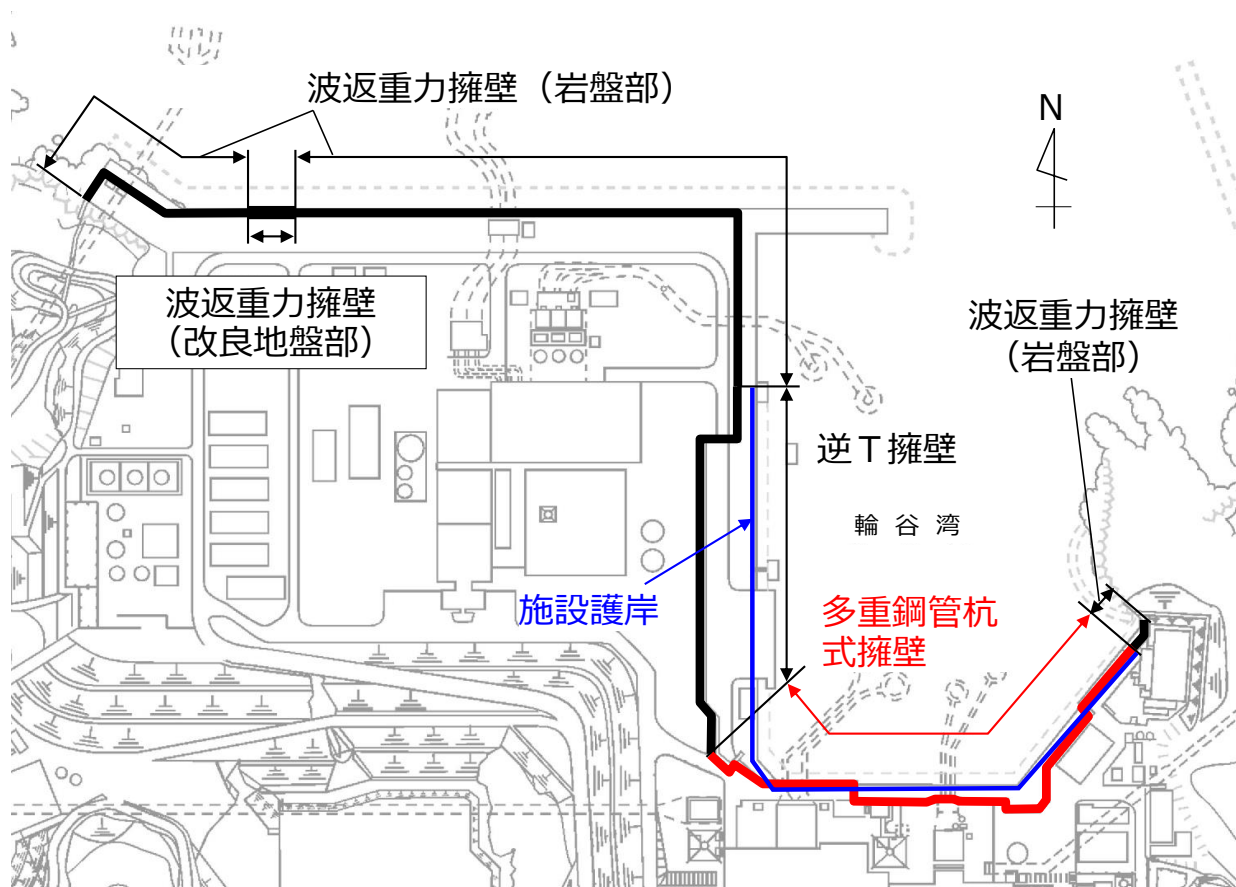


図5-23 防波壁と施設護岸の配置（全体平面図）

(2) 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。

(3) 解析モデル

a. ②-②断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面に施設護岸等がある場合及び防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面に施設護岸等がない場合の②-②断面における解析モデルを図5-24に示す。

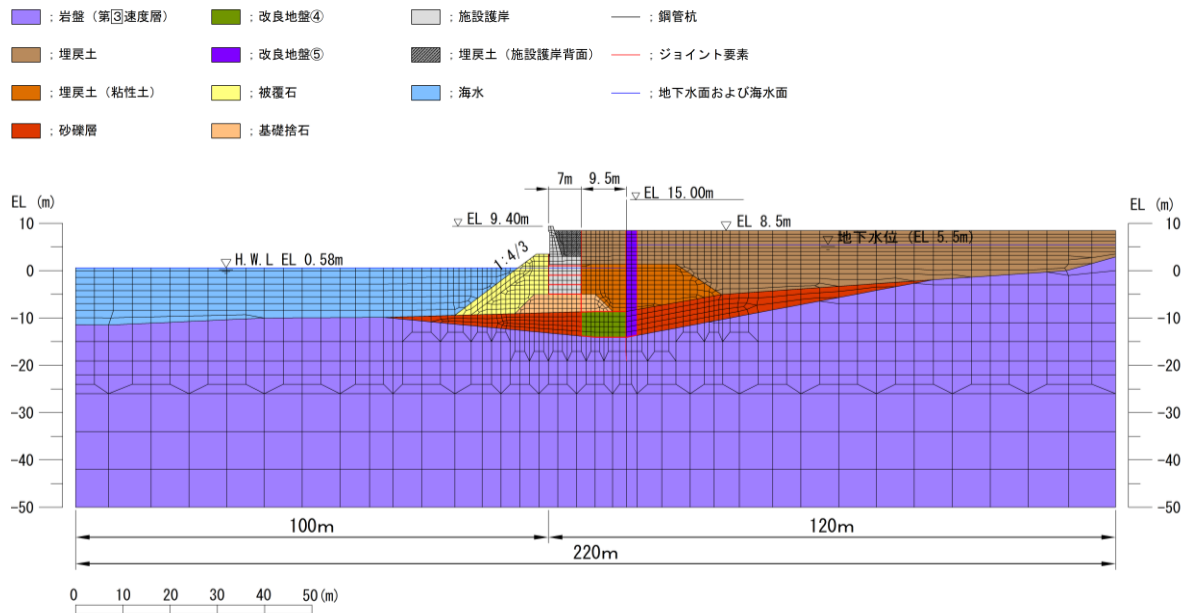


図5-24(1) ②-②断面における解析モデル

(防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面に施設護岸等がある場合)

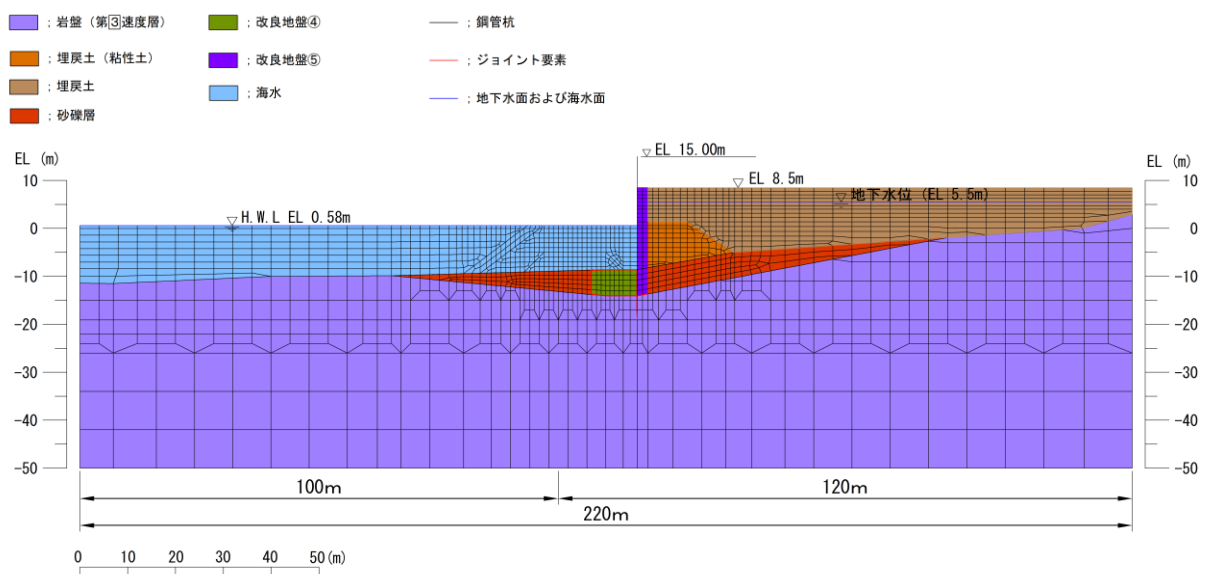


図5-24(2) ②-②断面における解析モデル

(防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面に施設護岸等がない場合)

b. ③-③断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背面に施設護岸等がある場合及び防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背面の施設護岸等を埋戻土（粘性土）に置換した場合の③-③断面における解析モデルを図5-25に示す。

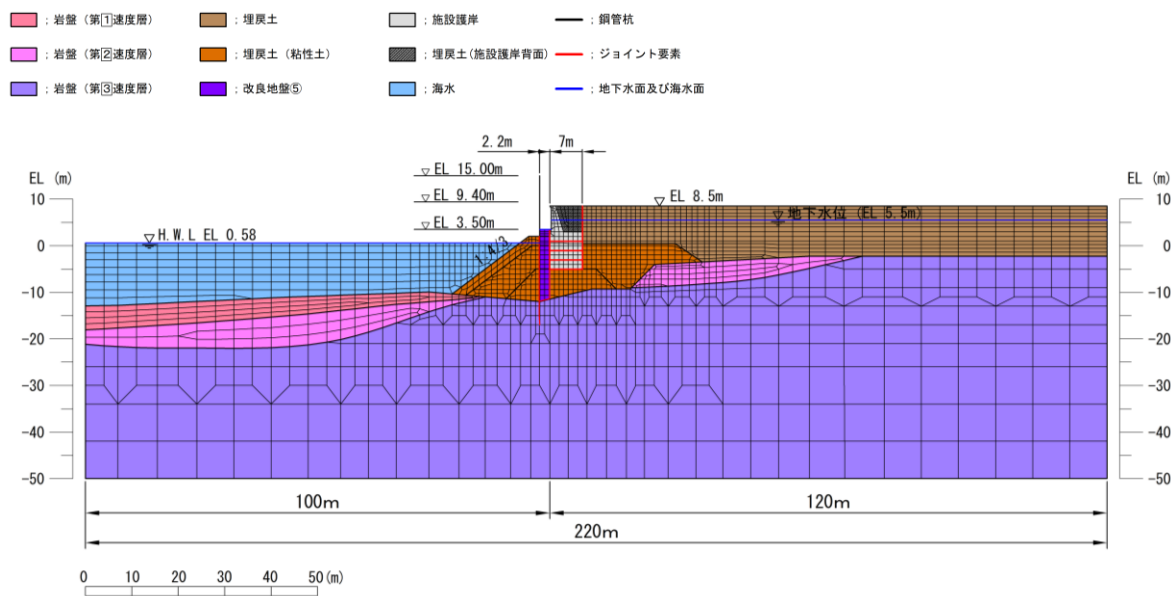


図5-25(1) ③-③断面における解析モデル

(防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背面に施設護岸等がある場合)

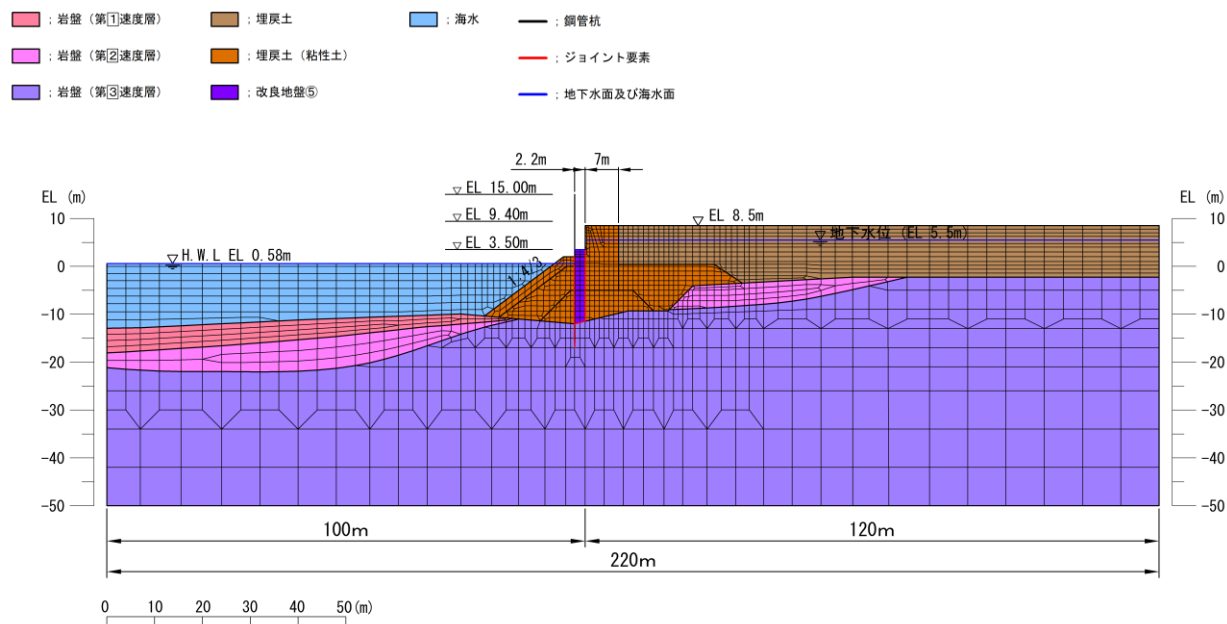


図5-25(2) ③-③断面における解析モデル

(防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背面の施設護岸等を埋戻土（粘性土）に置換した場合)

(4) 津波荷重

a. ②-②断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面に施設護岸等がある場合、朝倉式により遡上津波荷重を算定する。防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面の施設護岸等がない場合、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 5-27 に示す。

表 5-27(1) 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）の前面に施設護岸等がある場合、津波時)

防波壁 天端高 (EL(m))	津波水位 (EL(m))	防波壁前面の 地盤高 (EL(m))	設計用 浸水深 (m)	防波壁前面の 地盤高での波圧 (kN/m <sup>2</sup> )
15.0	12.6	8.5	2.05	62.12

表 5-27(2) 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）の前面に施設護岸等がない場合、津波時)

防波壁 天端高 (EL(m))	津波水位 (EL(m))	海水位 (EL(m))	海水位での波圧 (kN/m <sup>2</sup> )
15.0	12.6	0.58	133.54

b. ③－③断面

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面の施設護岸等がないことから、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検討における遡上津波荷重を表 5-28 に示す。

表 5-28 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 天端高 (EL(m))	津波水位 (EL(m))	海水位 (EL(m))	海水位での波圧 (kN/m <sup>2</sup> )
15.0	12.6	0.58	133.54

(5) 評価結果

a. ②－②断面

鋼管杭の曲げ・軸力系破壊に対する照査値を表 5-29 に、せん断破壊に対する照査値を表 5-30 に、断面力図を図 5-26 に示す。

②－②断面の照査値が最大となる鋼管杭の曲げ・軸力系破壊の照査において、施設護岸等がない場合と施設護岸等がある場合を比較した結果、施設護岸等がない場合の照査値が大きくなることを確認した。

表 5-29 鋼管杭の曲げ・軸力系破壊に対する照査における照査値 (②-②断面)

解析ケース	評価位置	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)		
施設護岸等有 「5.1 評価結果」 にて評価済み	単管	①	5402	1212	14637	0.37
施設護岸等無	単管	②	6483	1212	14637	0.45

表 5-30 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	評価位置	解析ケース	発生断面力	許容せん断力 $Q_a$ (kN)	照査値 $Q/Q_a$
			せん断力 $Q$ (kN)		
施設護岸等有 「5.1 評価結果」 にて評価済み	単管	①	1478	19421	0.08
施設護岸等無	単管	②	1756	19421	0.10



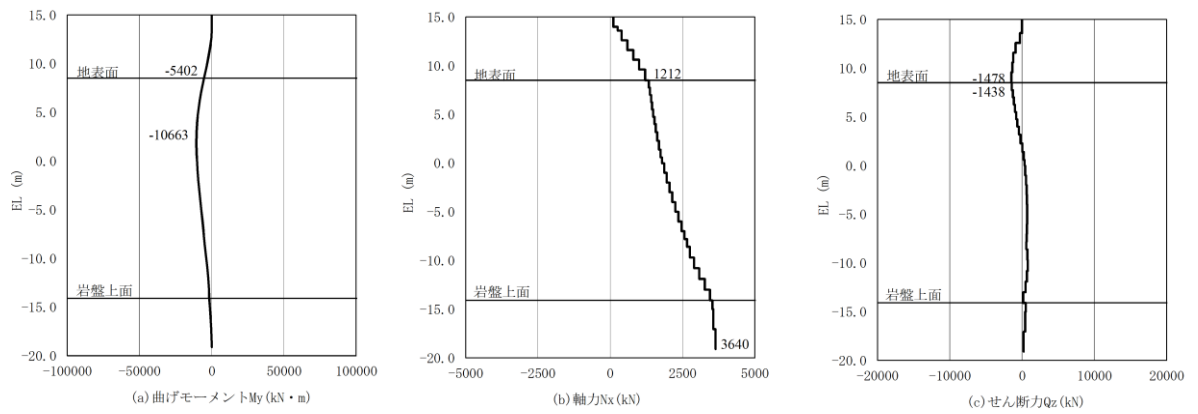


図 5-26(1) 鋼管杭の曲げ・軸力系破壊に対する照査における断面力 (②-②断面)  
(施設護岸等がある場合)

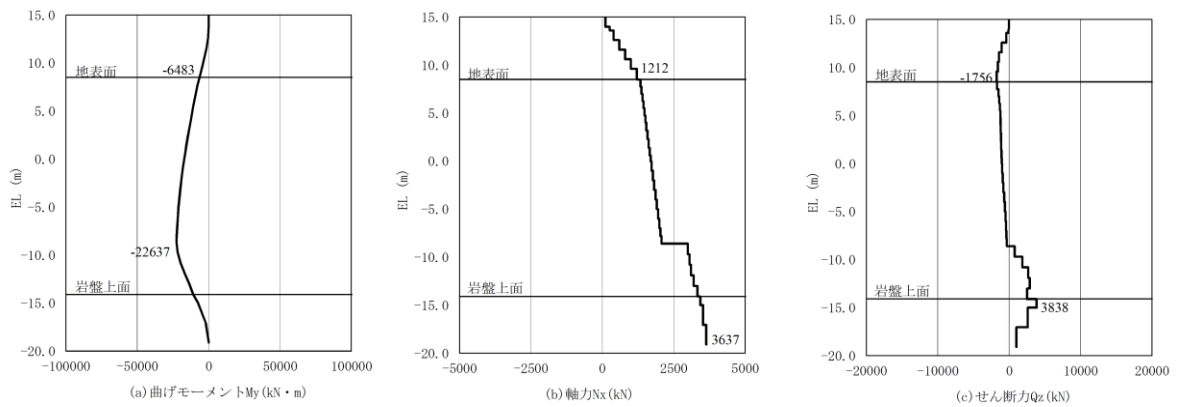


図 5-26(2) 鋼管杭の曲げ・軸力系破壊に対する照査における断面力 (②-②断面)  
(施設護岸等がない場合)

(b) ③－③断面

鋼管杭の曲げ・軸力系破壊に対する照査値を表 5-31 に，せん断破壊に対する照査値を表 5-32 に，断面力図を図 5-27 に示す。

③－③断面の照査値が最大となる鋼管杭の曲げ・軸力系破壊の照査において，施設護岸等を埋戻土（粘性土）に置換した場合の結果として，置換しない場合に対して照査値がおおむね同等となることから，影響は軽微であることを確認した。

表 5-31 鋼管杭の曲げ・軸力系破壊に対する照査における照査値 (③-③断面)

解析ケース	評価位置	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)		
施設護岸等有 「5.1 評価結果」 にて評価済み	単管	①	6502	1033	14706	0.45
施設護岸等無	単管	②	6472	1033	14706	0.45

表 5-32 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	評価位置	解析ケース	発生断面力	許容せん断力 $Q_a$ (kN)	照査値 $Q/Q_a$
			せん断力 $Q$ (kN)		
施設護岸等有 「5.1 評価結果」 にて評価済み	単管	①	1763	19421	0.10
施設護岸等無	単管	②	8771	95166	0.10

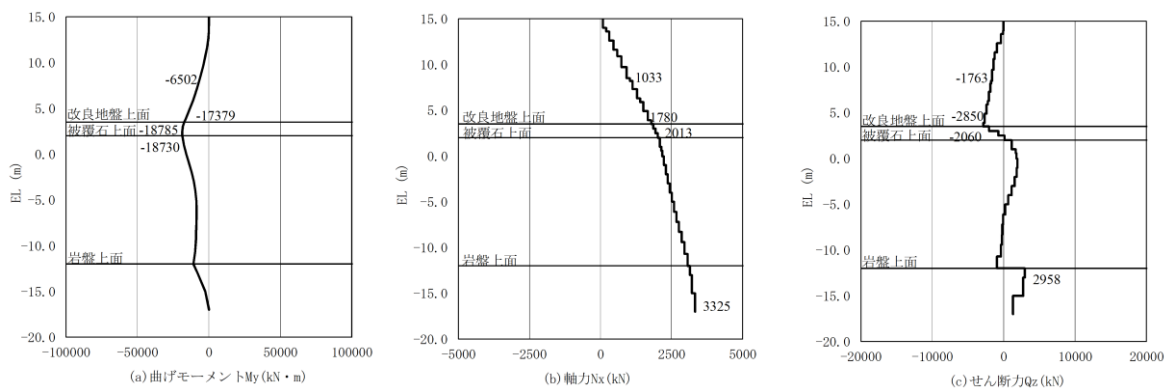


図 5-27(1) 鋼管杭の曲げ・軸力系破壊に対する照査における断面力 (③-③断面)  
(施設護岸等がある場合)

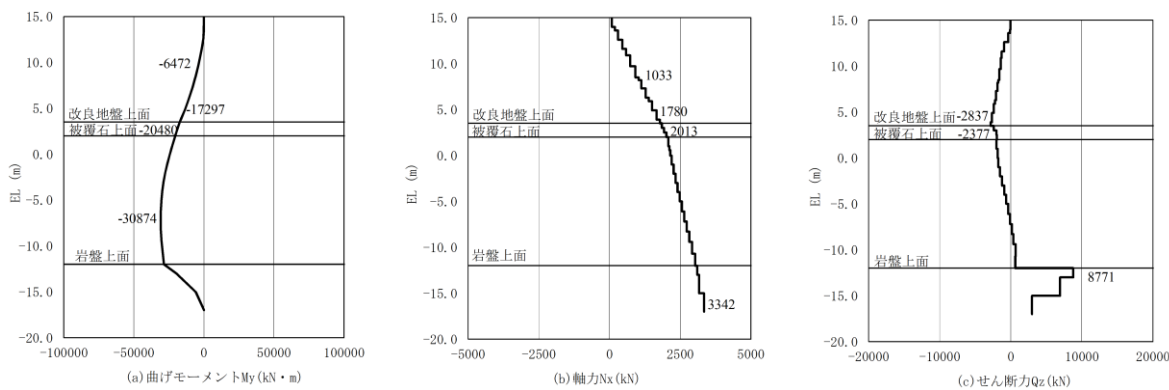


図 5-27(2) 鋼管杭の曲げ・軸力系破壊に対する照査における断面力 (③-③断面)  
(施設護岸等を埋戻土 (粘性土) に置換した場合)

## 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 5-23 及び図 5-24 に、曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表 5-27 及び表 5-28 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 5-27 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

(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

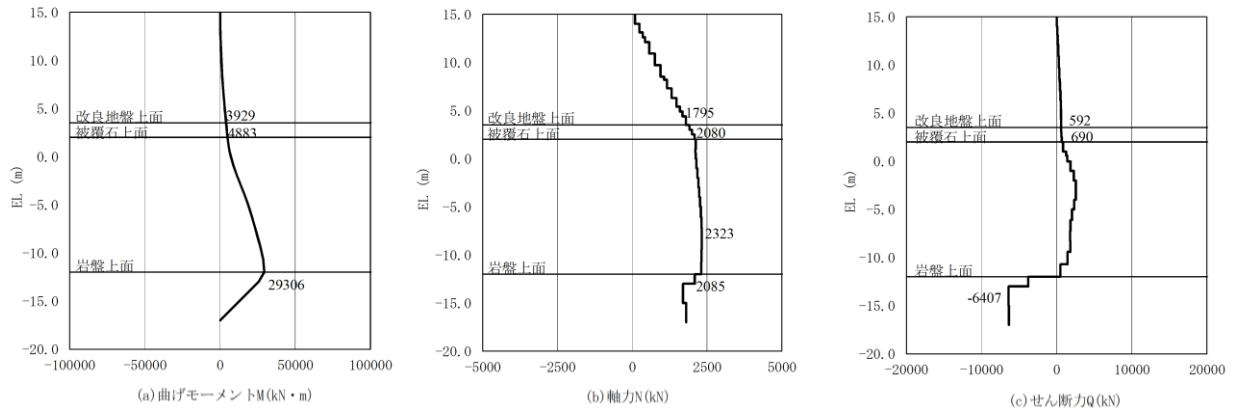


図 5-23 鋼管杭における断面力図 (③-③断面)

表 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

(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

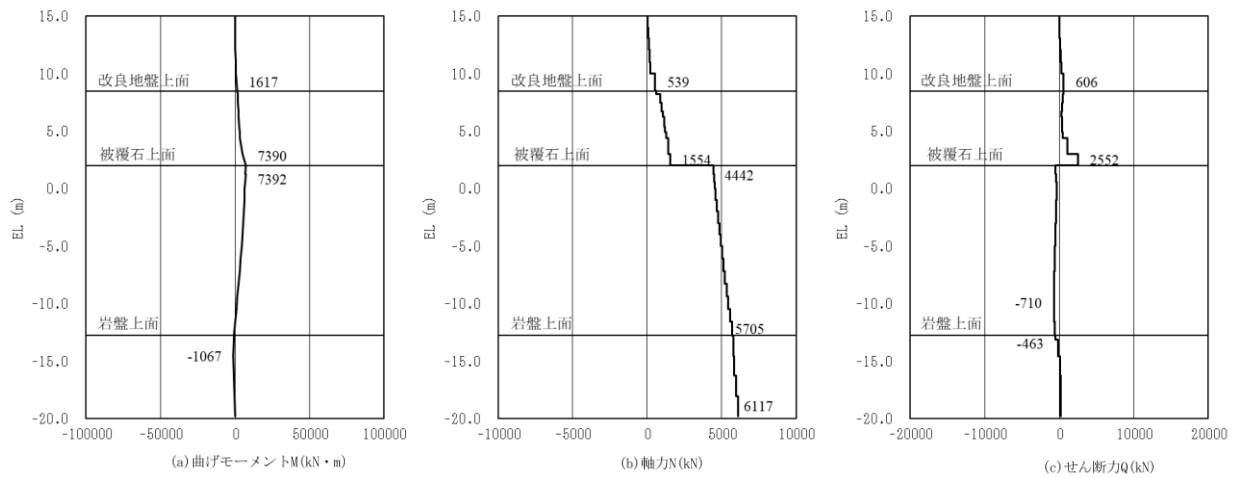


図 5-24(1) 鋼管杭における断面力図 (④-④断面, 海側杭)

表 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

(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

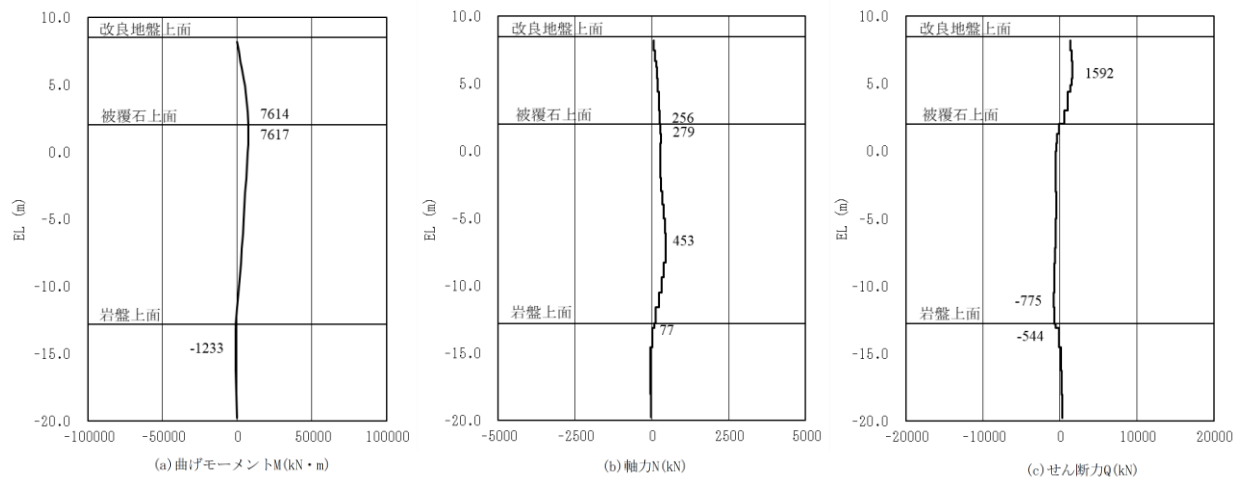


図 5-24 (2) 鋼管杭における断面力図 (④-④断面, 陸側杭)

(3) 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5-25及び図5-26に、せん断力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5-29 鋼管杭のせん断破壊に対する照査における最大照査値

(③-③断面)

発生断面力	せん断耐力 $Q_a$ (kN)	照査値 $Q/Q_a$
せん断力 $Q$ (kN)		
6407	95166	0.07

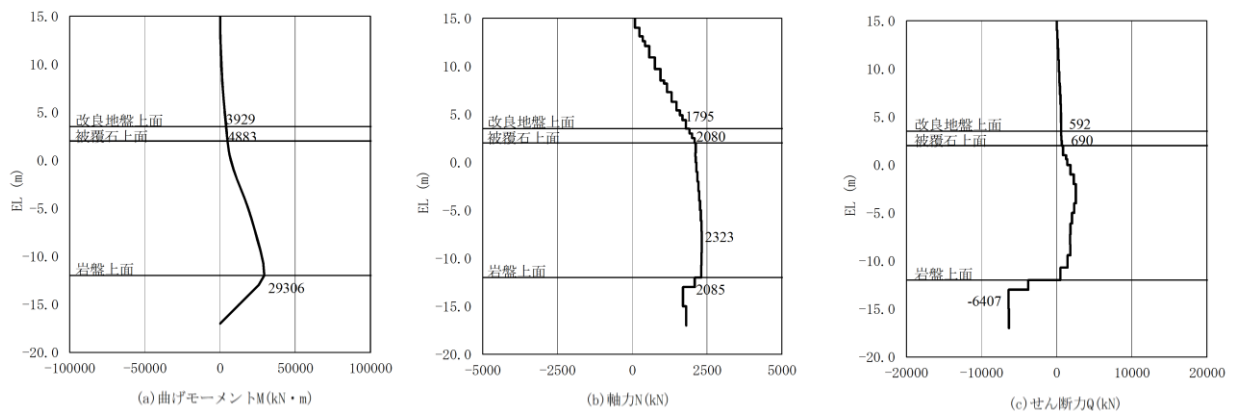


図5-25 鋼管杭における断面力図 (③-③断面)



表 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

(④-④断面, 海側杭)

発生断面力	せん断耐力 $Q_a$ (kN)	照査値 $Q/Q_a$
せん断力 $Q$ (kN)		
2575	65661	0.04

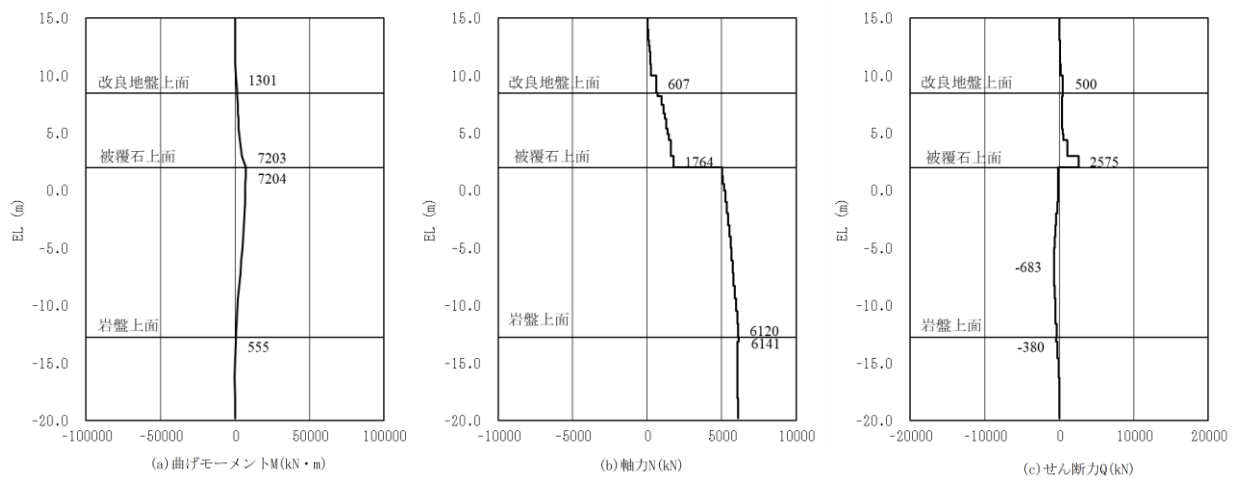


図 5-26(1) 鋼管杭における断面力図 (④-④断面, 海側杭)

表 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

(④-④断面, 陸側杭)

発生断面力	せん断耐力 $Q_a$ (kN)	照査値 $Q/Q_a$
せん断力 $Q$ (kN)		
2883	95166	0.04

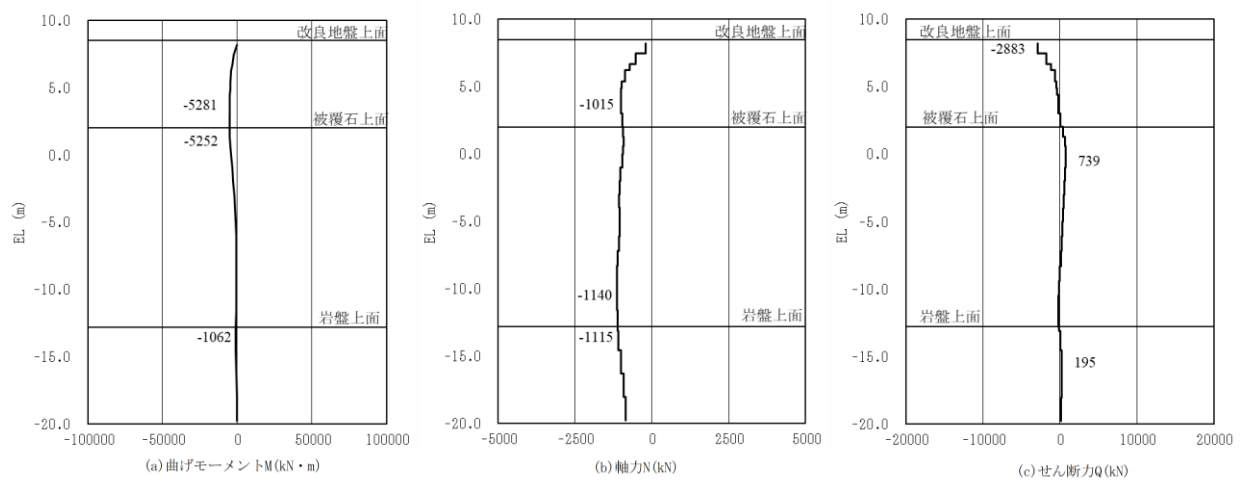


図 5-26(2) 鋼管杭における断面力図 (④-④断面, 陸側杭)

### 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5-27及び図5-28に、コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表5-12及び表5-13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5-29及び図5-30に、鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査結果を表5-14及び表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5-12 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 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
IV	195	137	0.35	13.5	0.03

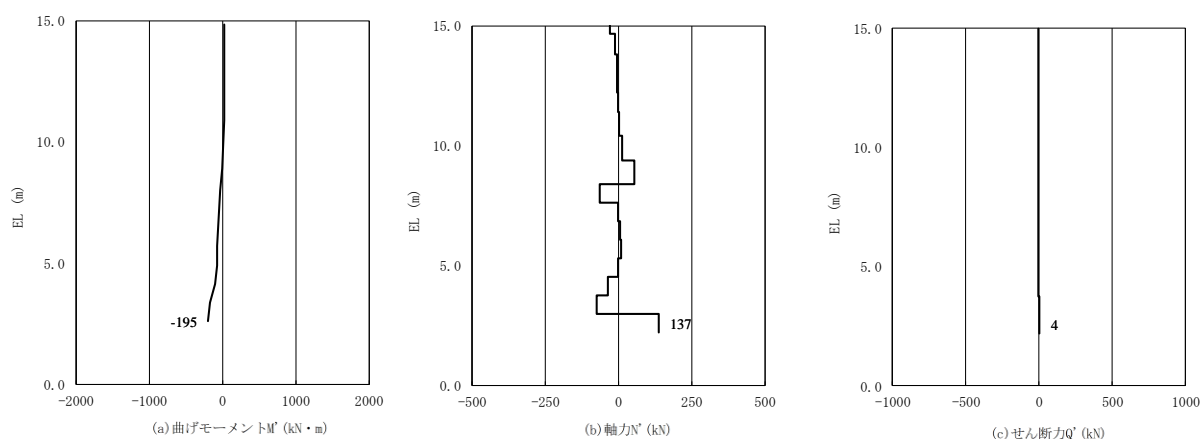


図5-27 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査において用いる断面力  
(評価対象位置IV, ③-③断面)

表 5—13 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 $\sigma_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_c / \sigma_{ca}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
Ⅲ	254	1527	0.71	13.5	0.06

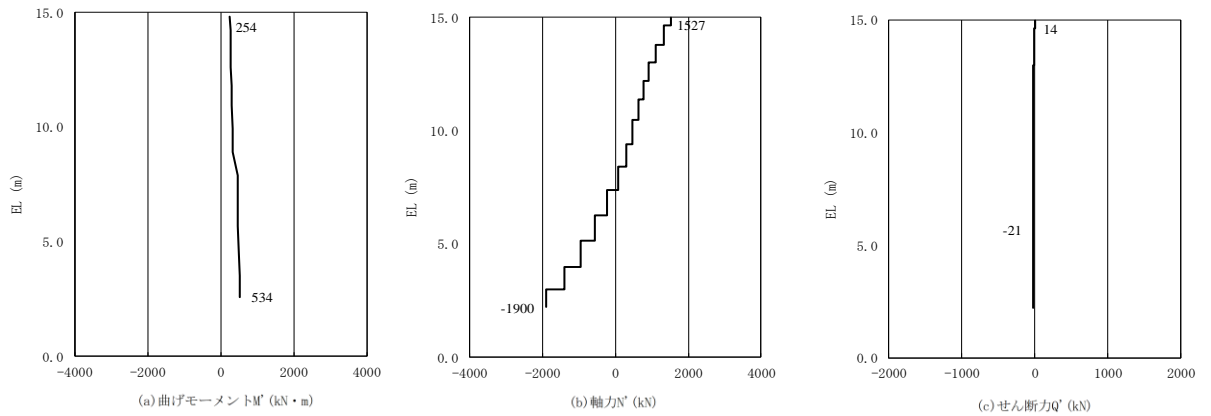


図 5—28 コンクリートの曲げ・軸力系の破壊に対する照査において用いる断面力

(評価対象位置Ⅲ, ④—④断面)

表 5—14 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 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
IV	166	72	42.30	294	0.15

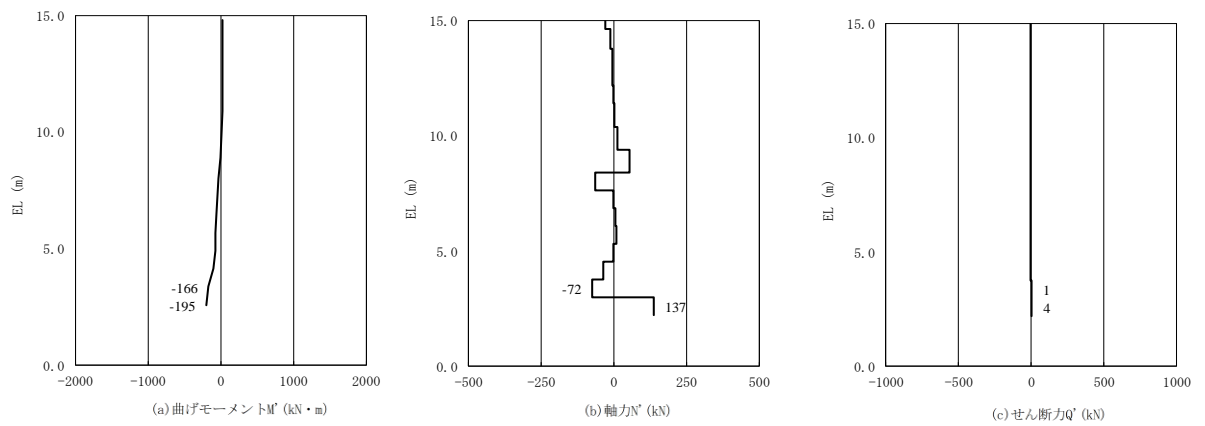


図 5—29 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査において用いる断面力

(評価対象位置IV, ③—③断面)

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

(④—④断面)

評価対象位置	発生断面力		曲げ引張 応力度 $\sigma_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\sigma_{sa}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\sigma_s / \sigma_{sa}$
	曲げモーメント $M'$ (kN・m)	軸力 $N'$ (kN)			
Ⅲ	534	1900	72.89	294	0.25

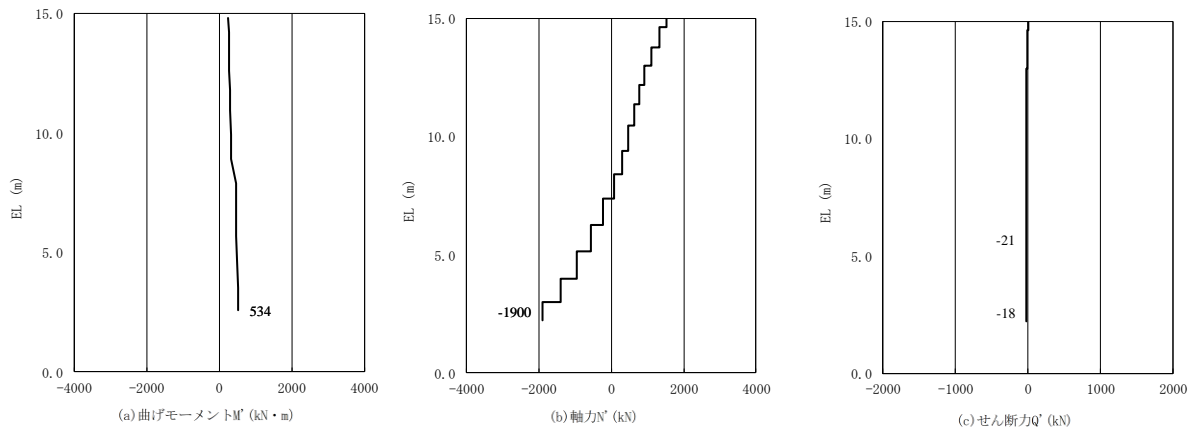


図 5—30 鉄筋の曲げ・軸力系の破壊に対する照査において用いる断面力

(評価対象位置Ⅲ, ④—④断面)

(3) 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 5-31 及び 図 5-32 に、せん断破壊に対する照査結果を表 5-16 及び表 5-17 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 5-16 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  
(③-③断面)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{ca}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
	せん断力 $Q$ (kN)			
VII	65	0.03	0.67	0.05

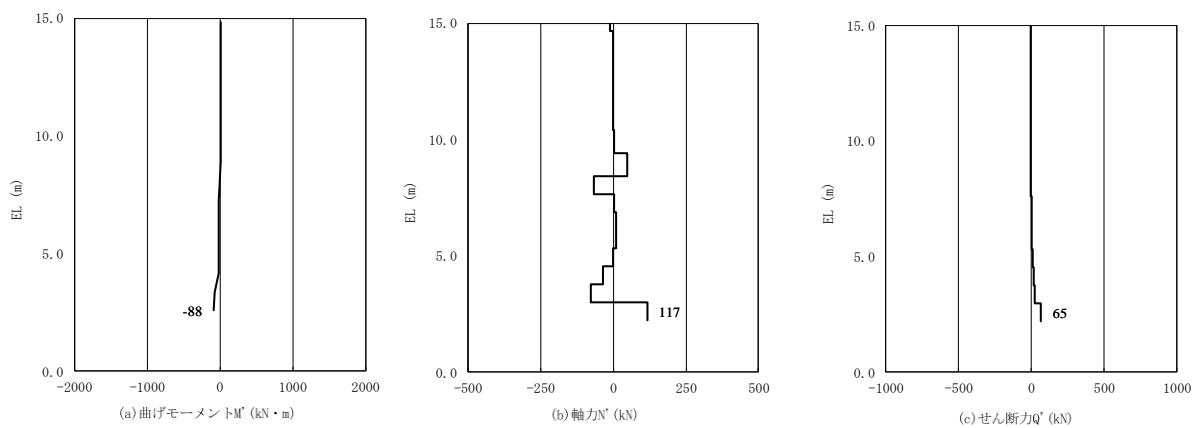


図 5-31 コンクリートのせん断破壊に対する照査において用いる断面力  
(評価対象位置VII, ③-③断面)

表 5-17 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

(④-④断面)

評価対象位置	発生断面力	せん断 応力度 $\tau_c$ (N/mm <sup>2</sup> )	短期許容 応力度 $\tau_{al}$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $\tau_c / \tau_{ca}$
	せん断力 Q' (kN)			
II	161	0.08	0.67	0.12

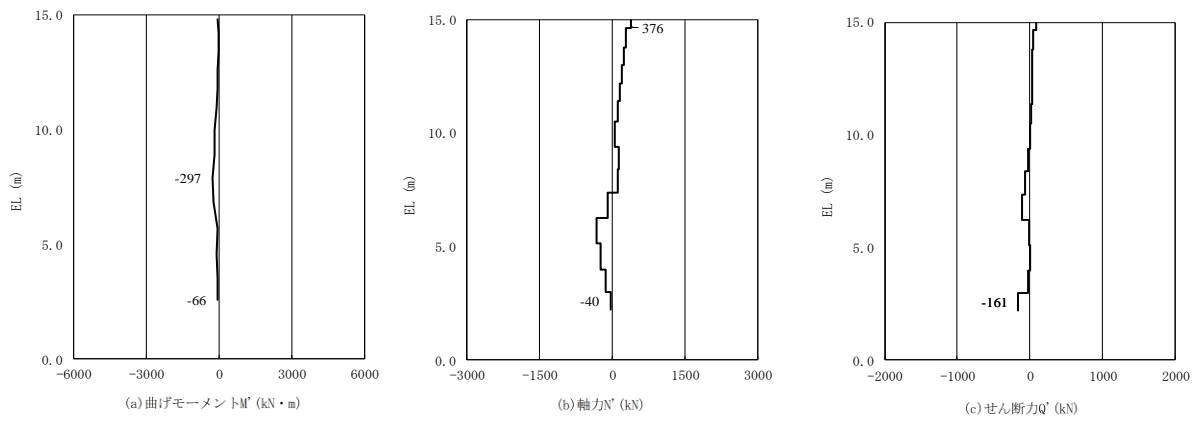


図 5-32 コンクリートのせん断破壊に対する照査において用いる断面力

(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 5-18 及び表 5-19 に、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を図 5-33 及び図 5-34 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 5-18 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

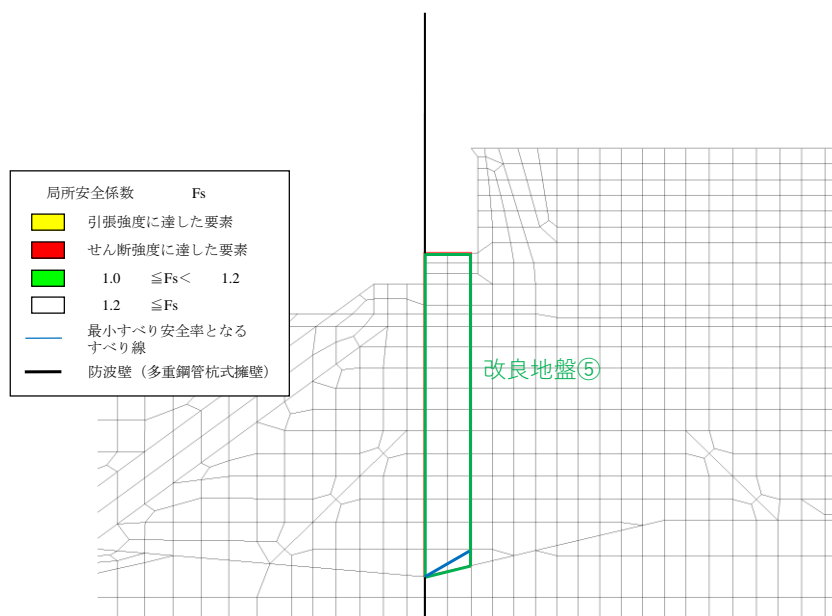


図 5-33 改良地盤⑤の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布  
(③-③断面, S d - D (++) , t = 17.56s)

表 5-19 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

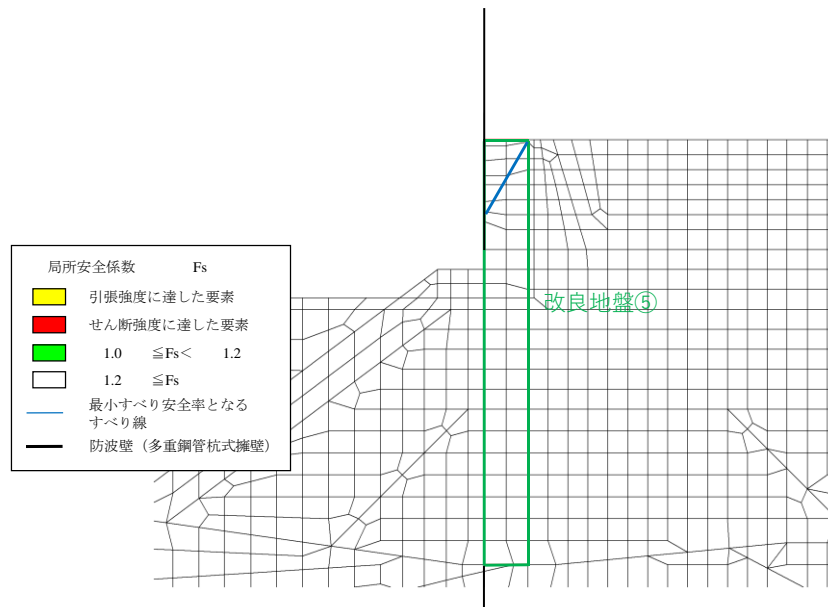


図 5-34 改良地盤⑤の最小すべり安全率時刻におけるすべり線及び局所安全係数分布 (④-④断面, S d - D (++) ,  $t=9.13s$ )

#### 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5-20及び表5-21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（③-③断面）

方向	重畳時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
$\delta x$ : 法線直交方向	327	—
$\delta y$ : 法線方向	11*	—
$\delta z$ : 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5-21 止水目地（シートジョイント）の変位量に対する照査結果（④-④断面）

方向	重畳時 変位量 (mm)	許容限界 (mm)
$\delta x$ : 法線直交方向	68	—
$\delta y$ : 法線方向	11*	—
$\delta z$ : 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 5-22 及び表 5-23 に示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の杭下端部に生じる最大軸力が極限支持力度以下であることを確認した。

表 5-22 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 <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/R_u$
軸力 N (kN)			
3337	0.9	9.8	0.09

表 5-23(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 <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	照査値 $R_d/R_u$
軸力 N (kN)			
7679	2.0	9.8	0.21

表 5-23(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 <sup>2</sup> )	極限支持力度 $R_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	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基本方針」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ものである。

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、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。

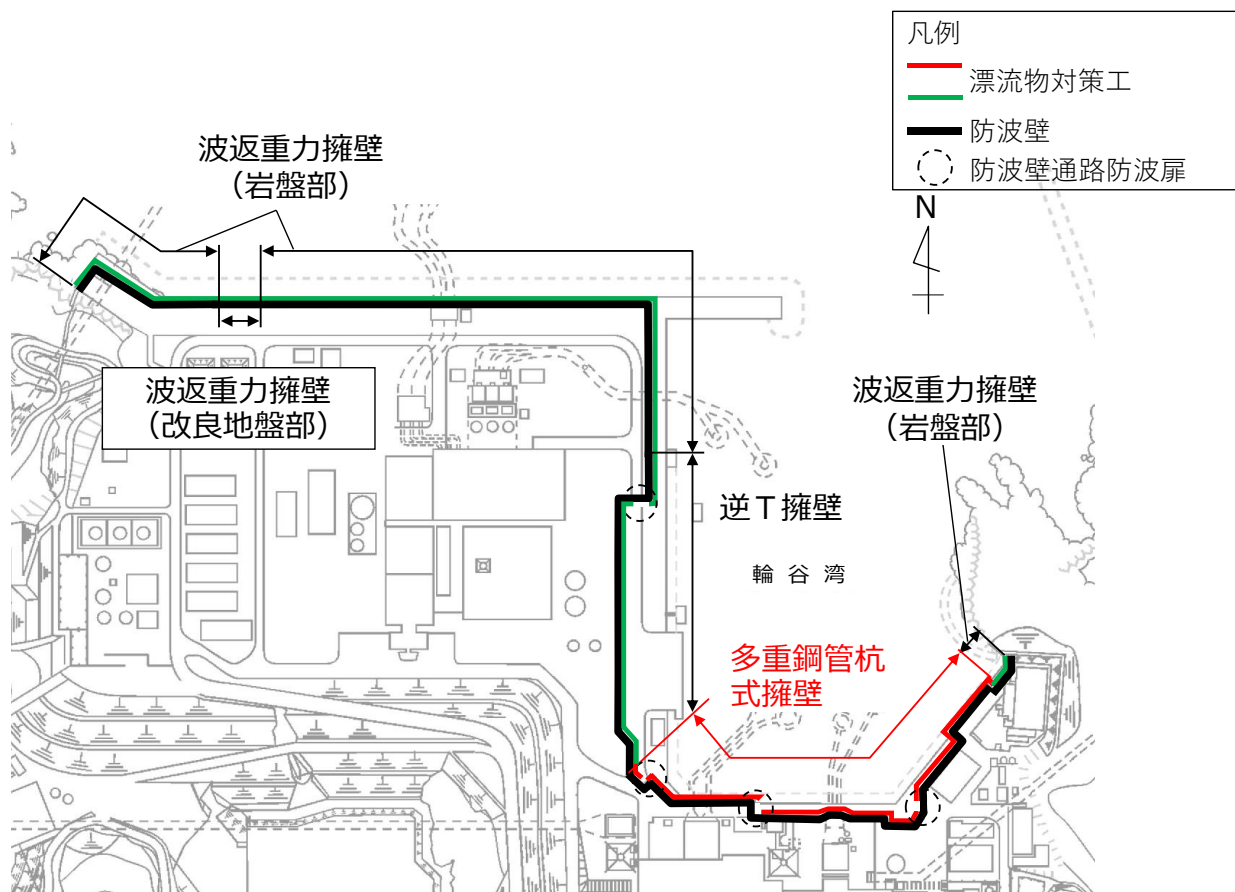


図 6-1 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の位置図

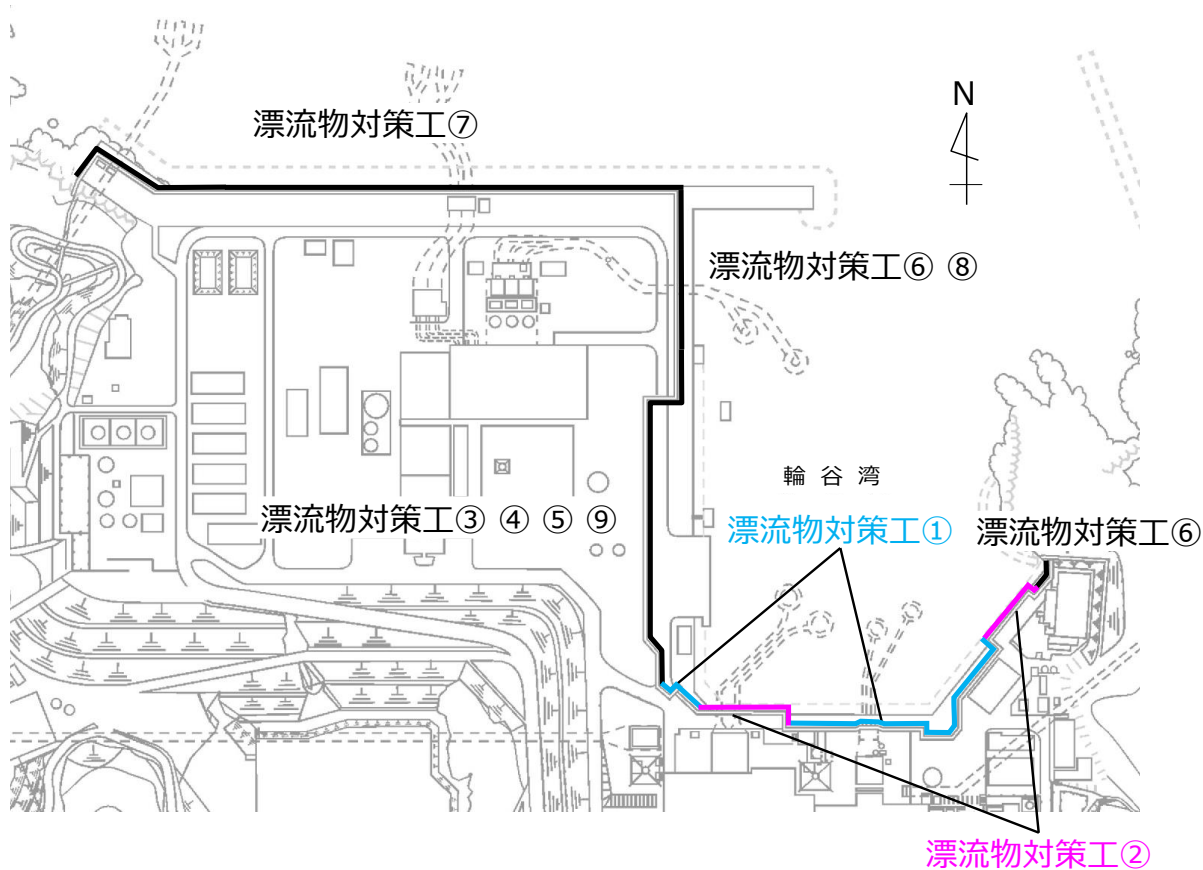


図 6-2 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の構造区分図

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	種別	設置箇所
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）
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）

### 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。



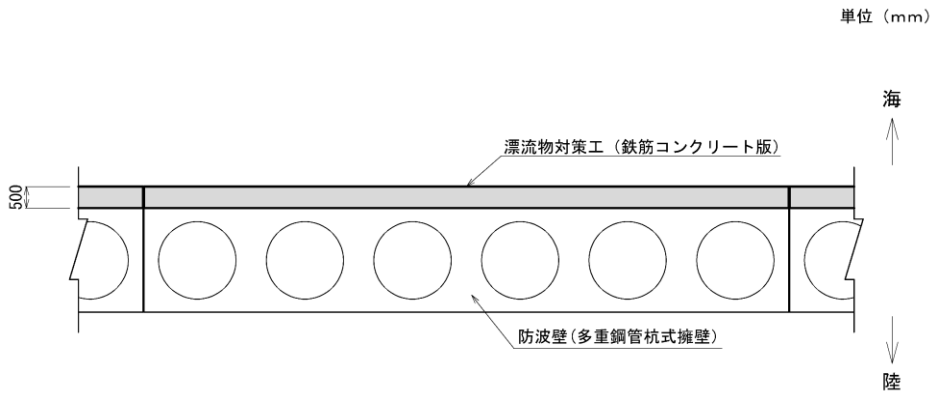


図 6-3(1) 漂流物対策工(鉄筋コンクリート版)の構造概要図(平面図)

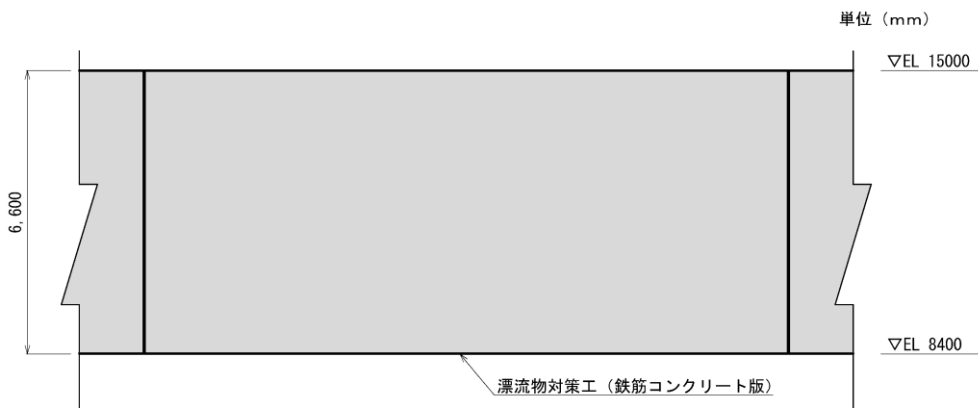


図 6-3(2) 漂流物対策工(鉄筋コンクリート版)の構造概要図(正面図)

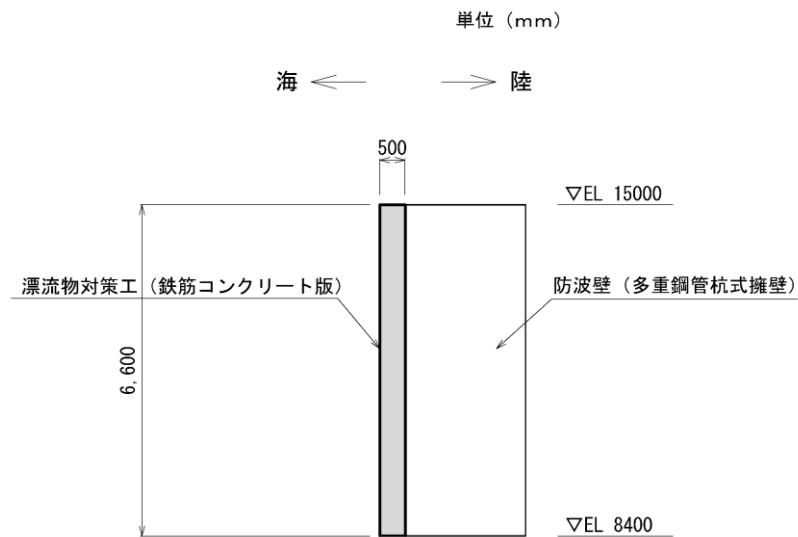


図 6-3(3) 漂流物対策工(鉄筋コンクリート版)の構造概要図(断面図)

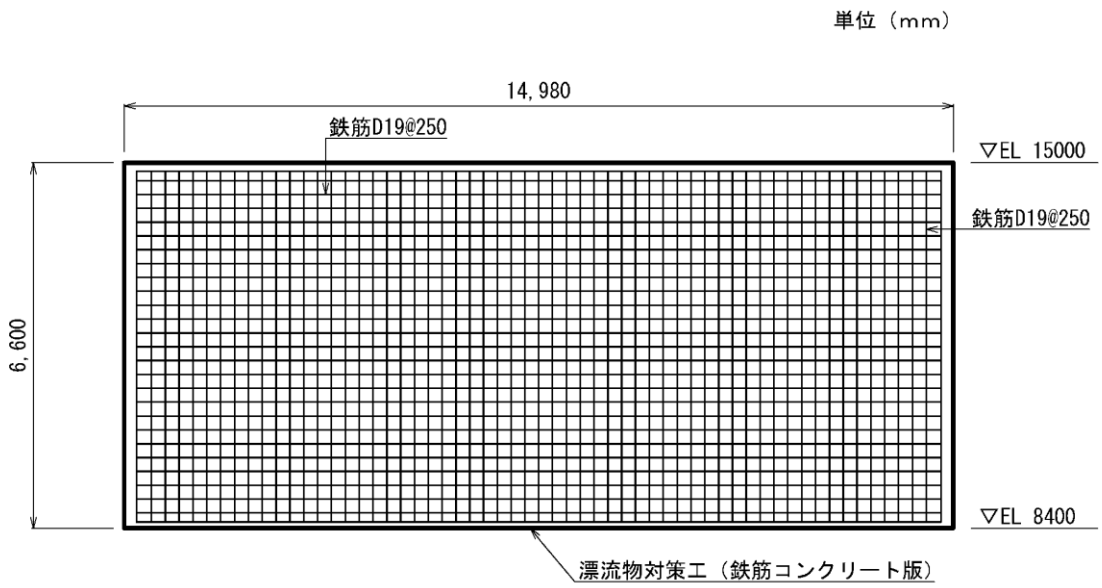


図 6-4(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (正面図)

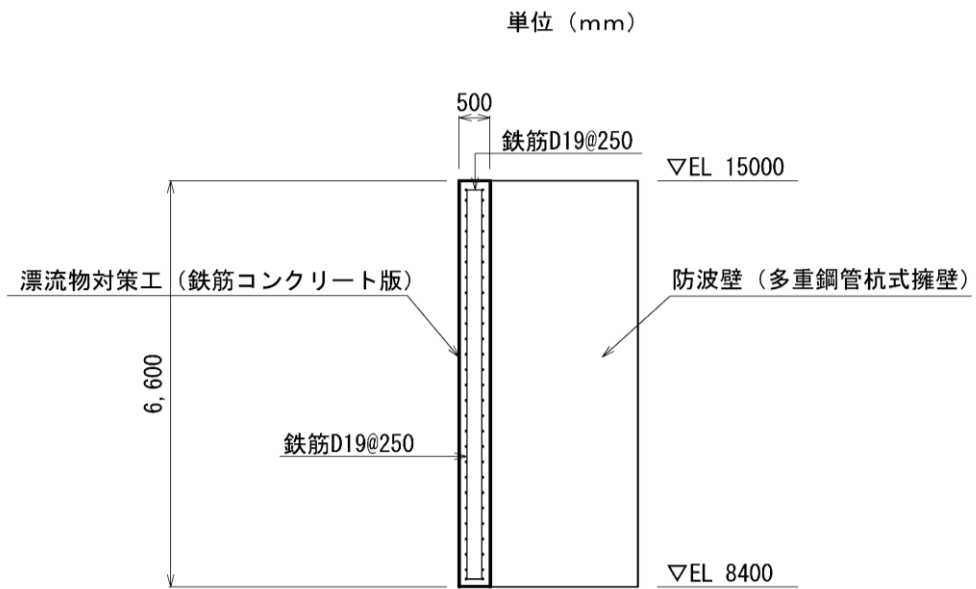


図 6-4(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) の概略配筋図 (断面図)

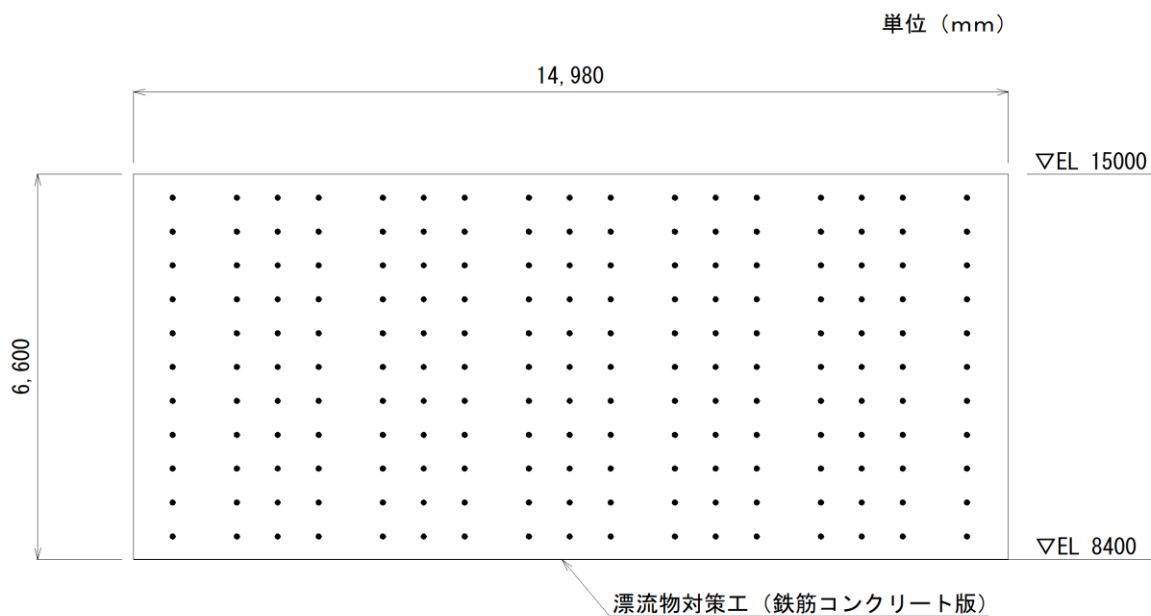


図 6-5(1) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (正面図)

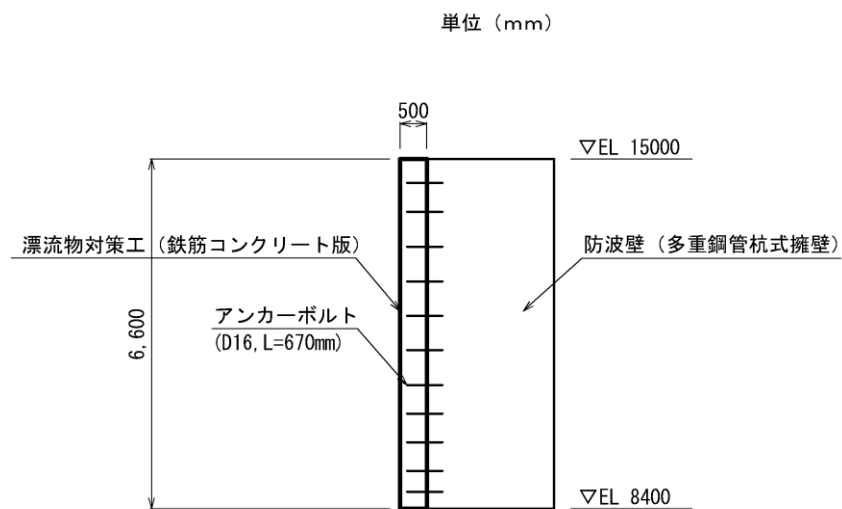


図 6-5(2) 漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) のアンカーボルト配置図 (断面図)

## 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）。	・漂流物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。 ・漂流物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	—	漂流物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

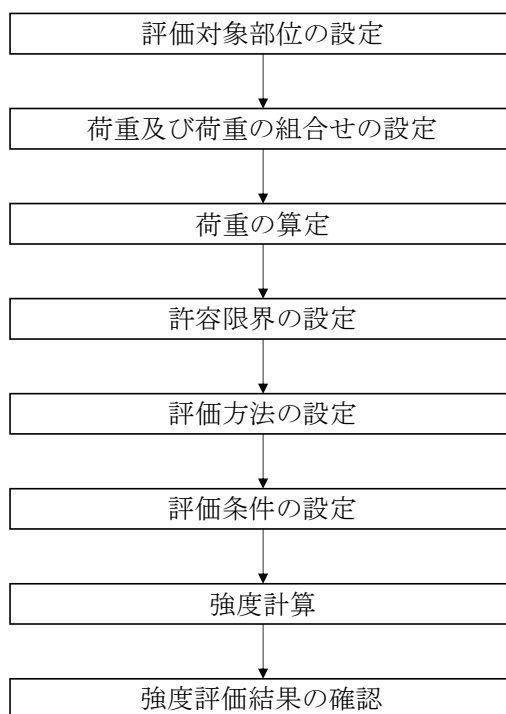


図 6-6 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度計算フロー

#### 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 <sub>t</sub>	kN	遡上津波荷重
P <sub>c</sub>	kN	衝突荷重
P <sub>k</sub>	kN	風荷重
K S d	kN	余震荷重
P <sub>d h</sub>	kN	静水圧
$\rho$	t /m <sup>3</sup>	海水の密度
g	m/s <sup>2</sup>	重力加速度
H <sub>d</sub>	m	水深
$\tau_p$	kN/mm <sup>2</sup>	鉄筋コンクリート版に作用する押抜きせん断力
P <sub>d c</sub>	kN	鉄筋コンクリート版に作用する荷重
U <sub>p</sub>	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。

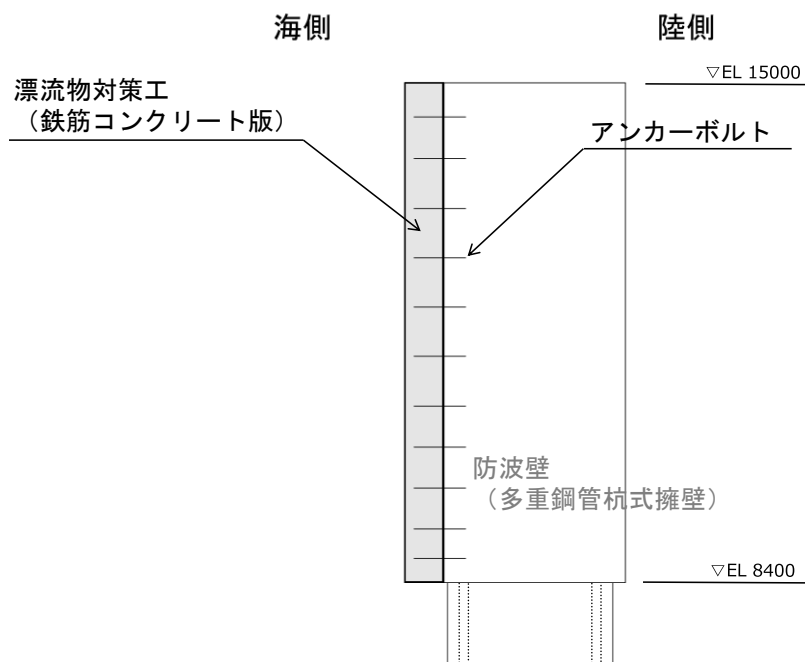


図 6-7 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の評価対象部位

## 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<sub>t</sub>）

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<sub>c</sub>）

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<sub>k</sub>)

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組合せを表6-8に、荷重の作用図を図6-8に示す。

## a. 津波時

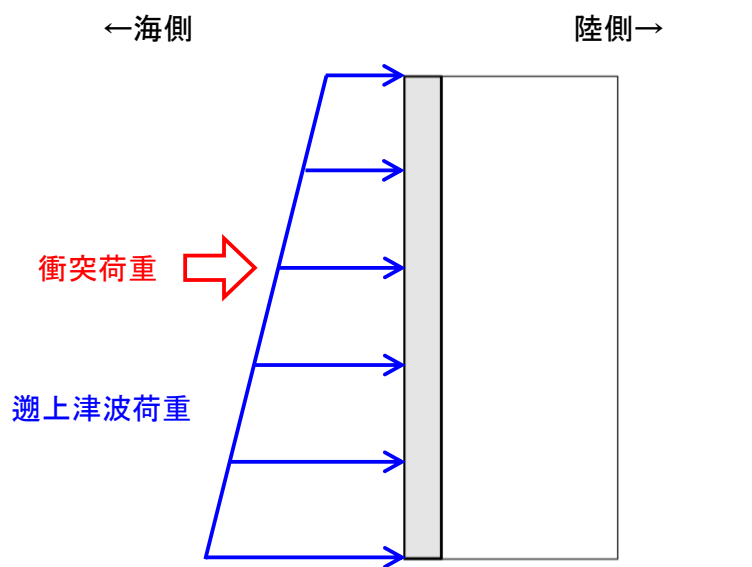
$$G + P_t + P_c + P_k$$

ここで、G：固定荷重 (kN)

P<sub>t</sub>：遡上津波荷重 (kN)

P<sub>c</sub>：衝突荷重 (kN)

P<sub>k</sub>：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 <sup>2</sup>

表 6-8 材料の物性値

材料	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )
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 6-8 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 <sup>2</sup> )		短期許容応力度* (N/mm <sup>2</sup> )
	押抜きせん断応力度	0.9	1.35
コンクリート (f'ck=24N/mm <sup>2</sup> )			

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。

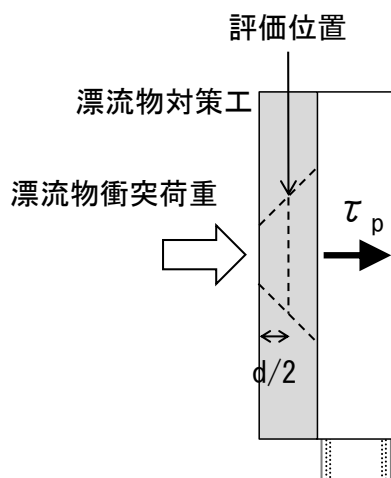


図 6-9 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）のモデル図

##### 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， $\tau_p$ ：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（ $N/mm^2$ ）

$P_{dc}$ ：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）の強度表に用いる入力値

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
$P_k$	kN/m <sup>2</sup>	風荷重	2.0
$U_p$	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
漂流物対策工 （鉄筋コンクリート版）	押抜きせん断	0.71	N/mm <sup>2</sup>	1.35	N/mm <sup>2</sup>	0.53