

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-08 改 37
提出年月日	2023年4月7日

浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料

2023年4月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

補足説明資料目次

今回提出範囲：

1. 浸水防護施設の設計における考慮事項
 - 1.1 津波と地震の組合せで考慮する荷重
 - 1.2 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定
 - 1.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造強度設計に係る許容限界
 - 1.4 津波防護施設の強度計算における津波荷重，余震荷重及び漂流物衝突荷重の組合せ
 - 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
 - 1.6 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性
 - 1.7 浸水防護施設のアンカーボルトの設計
 - 1.8 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定
 - 1.9 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況
 - 1.10 耐震及び耐津波設計における許容限界
 - 1.11 強度計算に用いた規格・基準類の適用性
 - 1.12 津波に対する止水性能を有する施設の評価
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
 - 2.1.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明
 - 2.1.2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の強度計算書に関する補足説明
 - 2.1.3 防波壁（逆T擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明
 - 2.1.4 防波壁（逆T擁壁）の強度計算書に関する補足説明
 - 2.1.5 防波壁（波返重力擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明
 - 2.1.6 防波壁（波返重力擁壁）の強度計算書に関する補足説明
 - 2.1.7 防波壁の止水目地に関する補足説明
 - 2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明
 - 2.1.9 防波壁の設計・施工に関する補足説明
 - 2.2 防波壁通路防波扉に関する補足説明
 - 2.3 1号機取水槽流路縮小工に関する補足説明
 - 2.4 浸水防止設備に関する補足説明
 - 2.5 漂流防止装置に関する補足説明
 - 2.6 強度評価における鉛直方向荷重の考え方
 - 2.7 津波の流入防止に係る津波バウンダリとなる設備の評価

1.1 津波と地震の組合せで考慮する荷重

1.1.1 津波と地震の組合せについて

VI-1-1-3-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書」において自然現象の組合せは、発生頻度及び最大荷重の継続時間を考慮して検討しており、基準津波と基準地震動を独立事象として扱う場合は、それぞれの発生頻度が十分小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。それ以外の組合せについて、以下に示す。

(1) 基準津波と地震の組合せについて

基準津波と当該津波の波源を震源とする本震は、伝播速度が異なり同時に敷地に到達することはないため、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する必要はない。

基準津波（海域活断層）と当該津波の波源を震源とする余震は、同時に敷地に到達することを想定し、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮する。

一方、基準津波（日本海東縁部）と当該津波の波源を震源とする余震については、当該津波の波源が敷地から遠く、余震の敷地への影響が明らかに小さいことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。さらに、当該津波については、仮に余震以外のその他の地震として、頻度が高く年に1回程度発生する地震動レベルの小さい地震を独立事象として想定したとしても、当該津波の発生頻度及び最大荷重継続時間（120分と設定：別紙1参照）を踏まえると、当該津波の最大荷重継続時間内に余震以外のその他の地震が発生する頻度は、表1.1.1-1のとおり、 2.3×10^{-8} ／年であり十分小さい*ことから、津波荷重と地震荷重の組合せを考慮しない。

また、基準津波以外の津波は、「阿部（1989）」の予測式に基づく津波の予測高さによると、表1.1.1-2に示すとおり、基準津波（海域活断層）の波源の断層であるF-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層に比べて水位が低く敷地に与える影響は小さいため、余震荷重との組合せを考慮しない。

注記*：「J E A G 4 6 0 1」において組み合わせるべき荷重としては、事象の発生確率、継続時間、地震動の発生確率を踏まえ、その確率が 10^{-7} ／炉年以下となるものは組合せが不要と記載されている。

(2) 基準地震動と津波の組合せについて

基準地震動の震源は、図 1.1.1-2 に示す宍道断層及びF-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層である。

基準地震動の震源（F-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層）からの本震と当該本震に伴う津波は、伝播速度が異なり、図 1.1.1-3 に示すとおり、地震動が敷地に到達する時間内に津波が同時に敷地に到達することはないことから、組合せを考慮する必要はない。

一方、基準地震動の震源と津波の波源が異なる場合については、仮に誘発地震に伴う津波として、敷地に最も近い海域の活断層であるF-Ⅲ断層＋F-Ⅳ断層＋F-Ⅴ断層から想定される地震による津波を考慮したとしても、図 1.1.1-4 に示すとおり、基準地震動の震源からの本震による地震動が敷地に到達する時間内に当該津波が同時に敷地に到達することはない。このため、基準地震動による地震力と津波荷重の組合せを考慮する必要はない。

表 1.1.1-1 地震及び津波の最大荷重継続時間と発生頻度

荷重の種類	最大荷重 継続時間 (年)	発生頻度 (/年)
地震 (基準地震動)	10^{-5*1}	$5 \times 10^{-4*3}$
津波 (基準津波)	$2.3 \times 10^{-4*2}$	$10^{-4} \sim 10^{-5*4}$

注記*1: $10^{-5} = 5$ 分 / (365 日 × 24 時間 × 60 分) として算出

*2: $2.3 \times 10^{-4} = 120$ 分 / (365 日 × 24 時間 × 60 分) として算出
(別紙 1 参照)

*3: 「J E A G 4 6 0 1」に記載されている基準地震動 S_2 の発生確率を読み替えて適用

*4: ハザード評価結果

(基準津波の最大荷重継続時間内に余震以外のその他の地震が発生する頻度)

基準津波の 発生頻度	×	基準津波の 最大荷重継続時間	×	余震以外のその他の地震の 発生頻度 (想定)
$10^{-4} / \text{年}$		$2.3 \times 10^{-4} \text{ 年}$		$1 / \text{年}$
= $2.3 \times 10^{-8} / \text{年}$				

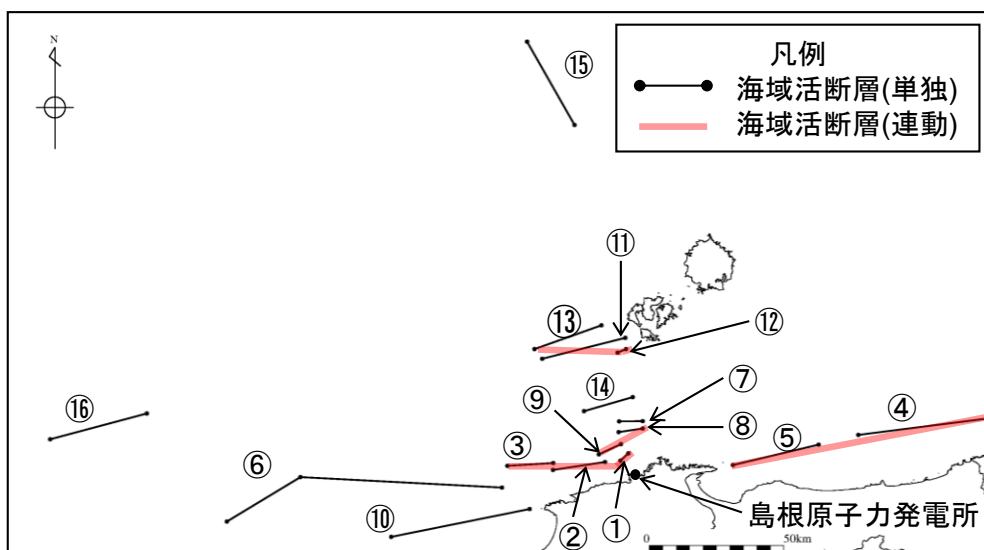


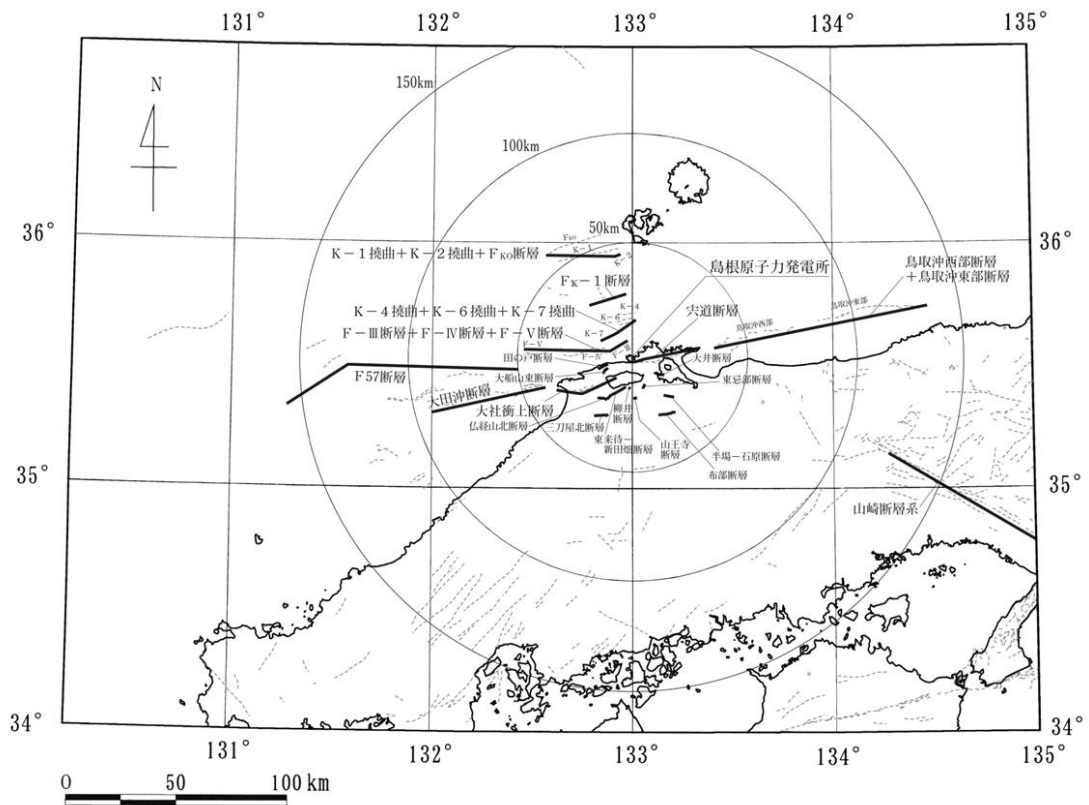
図 1.1.1-1 敷地周辺海域の主な活断層の分布

表 1.1.1-2 「阿部（1989）」の予測式に基づく敷地周辺海域の
主な活断層による津波の予測高*1

No.	断層 (図 1.1.1-1 の番号) *2	断層長さ L (km)	津波の 伝播距離 Δ (km)	Mw	予測高 H(m)
1	F-III断層 + F-IV断層 + F-V断層 (①+②+③) [基準津波の波源の断層]	48.0	24	7.3	3.6
2	鳥取沖西部断層 + 鳥取沖東部断層 (⑤+④)	98	84	7.7	2.7
3	F57断層 (⑥)	108	103	7.7	2.2
4	K-4撓曲 + K-6撓曲 + K-7撓曲 (⑦+⑧+⑨)	19.0	12.9	6.7	1.8
5	大田沖断層 (⑩)	53	67	7.3	1.4
6	K-1撓曲 + K-2撓曲 + F _{K0} 断層 (⑪+⑫+⑬)	36	50	7.1	1.2
7	F _{k-1} 断層 (⑭)	19.0	28.4	6.7	0.8
8	隠岐北西方北部断層 (⑮)	36	149	7.1	0.4
9	見島北方沖西部断層 (⑯)	38	201	7.1	0.3

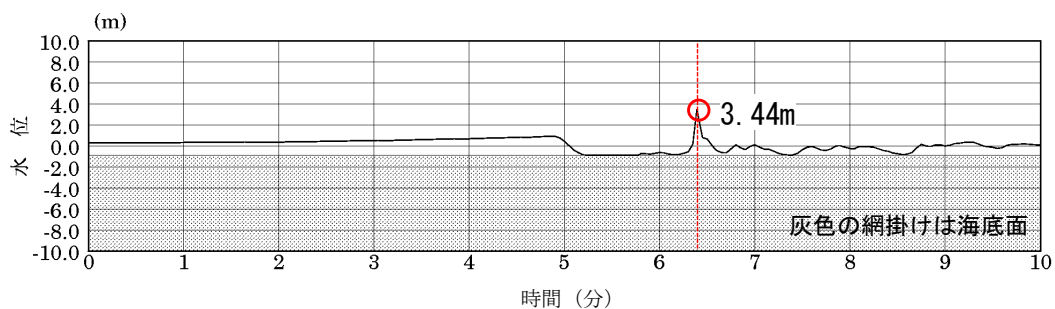
注記*1: 数値は、第771回審査会合資料 1-2 44頁から引用

*2: 日本海の九州から北海道までの津波波源のうち、日本海東縁部の断層以外で「国土交通省・内閣府・文部科学省（2014）」により島根県に与える影響が大きいとされている断層（上表の No. 1～3）及びその他の敷地周辺海域の活断層（上表の No. 4～9）について評価

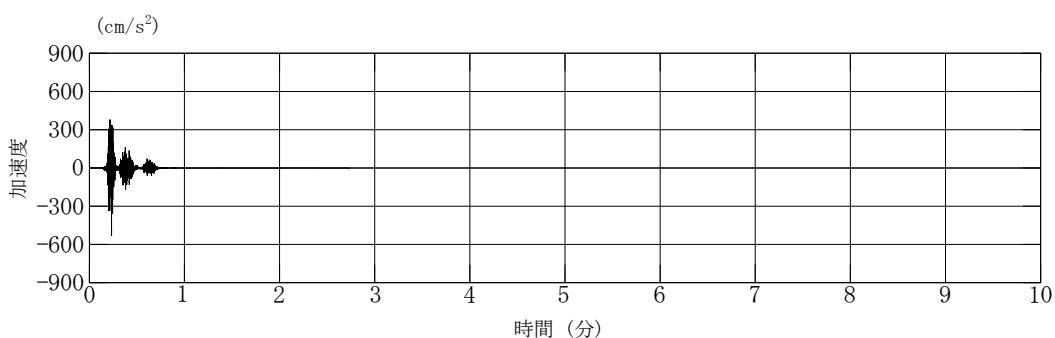


[「[新編] 日本の活断層」に一部加筆]

図 1. 1. 1-2 敷地周辺における活断層の分布



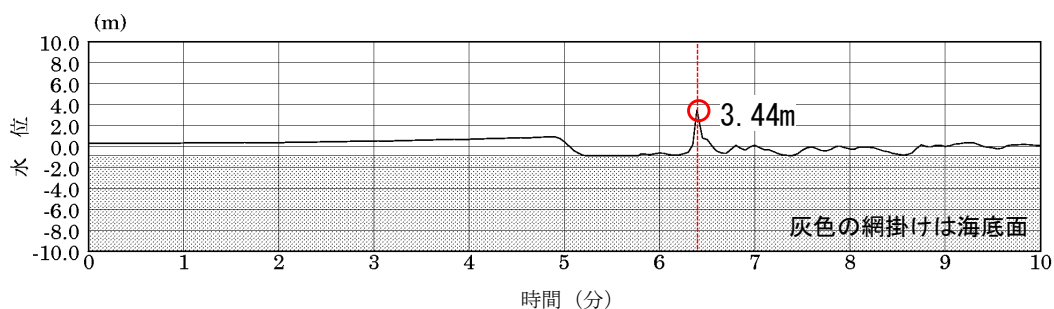
F - III断層 + F - IV断層 + F - V断層から想定される地震による津波*
 (上昇側最大ケース, 施設護岸又は防波壁)



F - III断層 + F - IV断層 + F - V断層による地震の地震動*
 (断層傾斜角の不確かさを考慮したケース, 破壊開始点 6, N S成分)

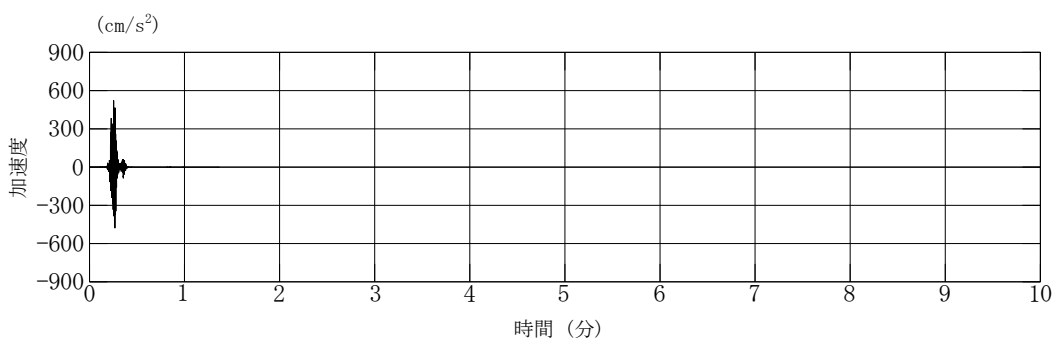
注記* : 時間 0 秒は地震の発生時刻を示す

図 1.1.1-3 F - III断層 + F - IV断層 + F - V断層から想定される地震による津波と
 地震動の敷地への到達時刻の比較



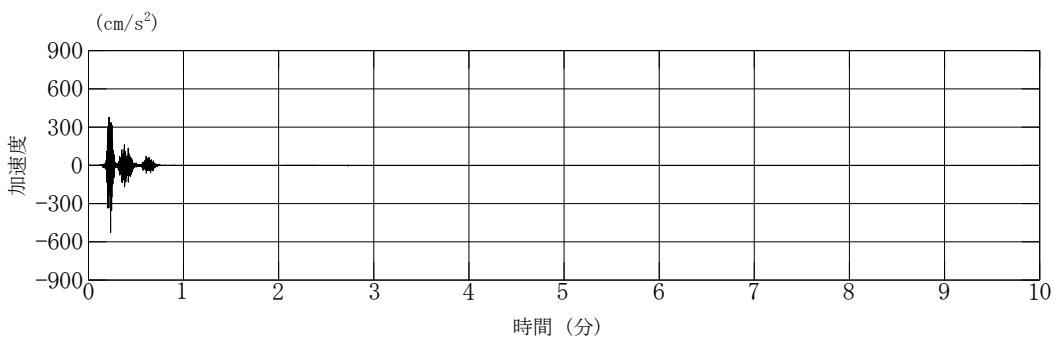
敷地に最も近い海域の活断層から想定される地震による津波*

(F-Ⅲ断層 + F-Ⅳ断層 + F-Ⅴ断層, 上昇側最大ケース, 施設護岸又は防波壁)



宍道断層による地震の地震動*

(基準地震動 S_s-F2, NS成分)



F-Ⅲ断層 + F-Ⅳ断層 + F-Ⅴ断層による地震の地震動*

(断層傾斜角の不確かさを考慮したケース, 破壊開始点6, NS成分)

注記* : 時間 0 秒は地震の発生時刻を示す

図 1.1.1-4 敷地に最も近い海域の活断層から想定される地震による津波と基準地震動の震源からの本震による地震動の敷地への到達時刻の比較

1.1.2 余震荷重について

(1) 検討方針

余震による荷重については、本震発生後の余震及び誘発地震を検討し、耐津波設計において津波荷重と組み合わせる適切な余震荷重を設定する。なお、本検討においては、本震の震源域において発生する地震を余震とし、本震の震源域の外で発生する地震を誘発地震として整理し、図 1.1.2-1 の流れで検討を実施した。

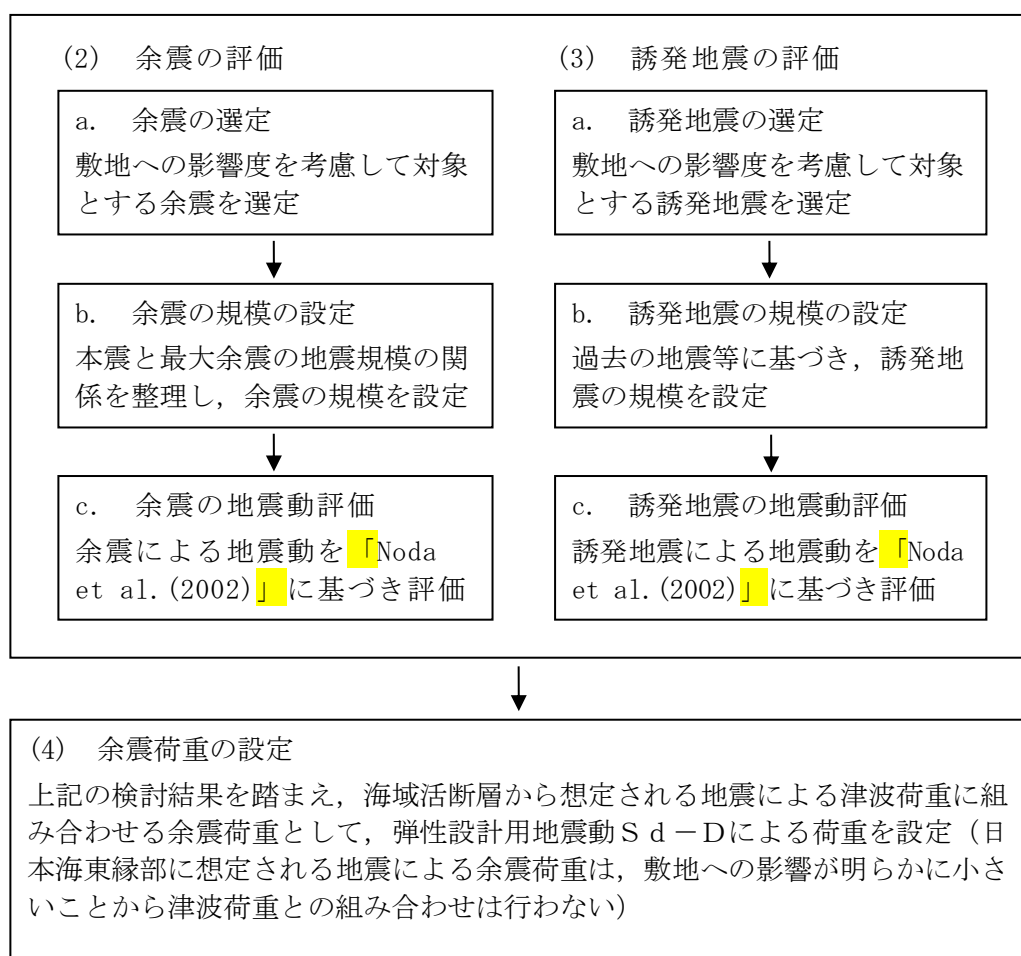


図 1.1.2-1 余震荷重の検討フロー

(2) 余震の評価

a. 余震の選定

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある余震による地震動を評価するにあたり、敷地への影響度を考慮して対象とする余震を選定する。島根原子力発電所における基準津波は、図 1.1.2-2 に示す「日本海東縁部に想定される地震による基準津波 1, 2, 3, 5 及び 6」及び「海域活断層から想定される地震による基準津波 4」である。このうち、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波 1, 2, 3, 5 及び 6」の波源位置は、敷地から 600km 以上の距離にあり、その波源の活動に伴う余震については、敷地への影響が明らかに小さい。一方、「海域活断層から想定される地震による基準津波 4」の波源位置は、敷地からの断層最短距離が約 8km と比較的近く、その波源の活動に伴う余震については、敷地への影響が考えられる。

以上のことから、「海域活断層から想定される地震による基準津波 4」の波源の活動に伴う余震を選定する。

b. 余震の規模の設定

余震の規模は、過去の地震データにおける本震規模と最大余震の規模の関係を整理することにより想定する。検討対象とした地震は、津波荷重と組み合わせる余震荷重を評価するという観点から、地震調査研究推進本部の地震データによる本震のマグニチュードが 7.0 以上とし、かつ、余震を考慮する基準津波 4 の波源の活動に伴い発生する津波の最大水位変化を生起する時間帯は、最大でも地震発生から約 10 分以内であることを考慮し、本震と最大余震との時間間隔が 1 時間程度以内の地震とした。対象とした地震の諸元及び震央分布を表 1.1.2-1 及び図 1.1.2-3 に示す。地震調査研究推進本部の地震データについて、本震のマグニチュード M_0 と最大余震のマグニチュード M_1 の関係から本震と余震のマグニチュードの差 D_1 は、図 1.1.2-4 のとおり、 $D_1 = M_0 - M_1 = 1.2$ として評価できる。余震の規模を想定する際は、データ数が少ないことから、安全側に標準偏差を考慮し $D_1 = 0.9$ として余震の規模を想定する。

c. 余震の地震動評価

基準津波 4 の波源の活動に伴い発生する可能性がある余震による地震動を評価するにあたり、表 1.1.2-2 及び図 1.1.2-5 に示す波源の諸元及び震源モデルを設定し、上記の関係式に基づき余震の規模を設定した上で、「Noda et al. (2002)」により応答スペクトルを評価した。その評価結果と弾性設計用地震動 $S_d - D$ の応答スペクトルを比較して図 1.1.2-6 に示す。同図より、基準津波 4 の波源の活動に伴う余震の地震動評価結果は、弾性設計用地震動 $S_d - D$ を下回っている。

(3) 誘発地震の評価

a. 誘発地震の選定

基準津波の波源の活動に伴い発生する可能性がある誘発地震による地震動を評価するにあたり、敷地への影響度を考慮して対象とする誘発地震を選定する。

過去に発生した誘発地震について、2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）を対象に、余震活動の領域内の地震を除いた本震発生後24時間以内に発生したM6.5以上の内陸地殻内地震を確認すると、本震発生から約13時間後に長野県北部の地震（M6.7）が誘発地震として発生しており、それぞれの地震の震央位置は、図1.1.2-7に示すとおり約400km離れた位置関係になっている。

図1.1.2-8に示す「国土地理院」による2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）の発生後（2011年2月下旬～3月下旬）の地殻変動によると、誘発地震の長野県北部の地震（M6.7）の震央位置周辺に比べて、敷地周辺ではほとんど地殻変動は見られない。また、「遠田（2011）」において、2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）の発生後の応力変化を検討し、近畿地方の変化量は概ね0.1bar以下と小さく、地震活動に目立った変化は見られないことから、「近畿の活断層への影響はごくわずか」としており、近畿地方よりも更に西方の敷地周辺の活断層への影響もごくわずかと考えられる。なお、日本海東縁部の地震の本震のマグニチュードが7.0以上の3地震（1964年新潟地震：本震M7.5 最大余震6.1、1983年日本海中部地震：本震M7.7 最大余震6.1、1993年北海道南西沖地震：本震M7.8 最大余震6.0）については、余震を含めたとしてもM6.5未満の地震しか発生していない。

基準津波のうち、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波1、2、3、5及び6」の波源は2011年東北地方太平洋沖地震（M9.0）より規模が小さく、その位置は図1.1.2-7に示すとおり敷地から600km以上の距離にあり、2011年東北地方太平洋沖地震とその誘発地震の位置関係よりも更に離れていることから、上記の地殻変動や応力変化を考慮すると、その波源の活動に伴う誘発地震が敷地周辺で発生することは考えられない。

一方、「海域活断層から想定される地震による基準津波4」の波源位置は、図1.1.2-7に示すとおり、敷地からの断層最短距離が約8kmと比較的近いことから、その波源の活動に伴う誘発地震が敷地周辺で発生することは考えられる。

以上のことから、「海域活断層から想定される地震による基準津波4」の波源の活動に伴う誘発地震を選定する。

b. 誘発地震の規模の設定

2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)では誘発地震の長野県北部の地震(M6.7)が発生したのは本震発生から約13時間後である。誘発地震を考慮する基準津波4の継続時間のうち最大水位変化を生起する時間帯(最大でも地震発生から約10分以内)においてM6.8以上の誘発地震が発生することは考えにくい。安全側に基準地震動の評価において検討用地震に選定されなかった孤立した短い活断層による地震を対象とし、誘発地震の規模をM6.8に設定する。

c. 誘発地震の地震動評価

基準津波4の波源の活動に伴う誘発地震について、表1.1.2-3及び図1.1.2-9に示す孤立した短い活断層による地震を対象にM6.8の震源モデルを設定し、Noda et al. (2002)により応答スペクトルを評価した。その評価結果と弾性設計用地震動S_{d-D}の応答スペクトルを比較して図1.1.2-10に示す。同図より、基準津波4の波源の活動に伴う誘発地震の地震動評価結果は、弾性設計用地震動S_{d-D}を下回っている。

(4) 余震荷重の設定

以上の検討結果から、基準津波1, 2, 3, 5及び6の波源である「日本海東縁部に想定される地震」については、その余震及び誘発地震の敷地への影響が明らかに小さいことから、津波荷重に組み合わせる余震荷重を設定しない。また、基準津波4の波源である「海域活断層から想定される地震」については、その余震及び誘発地震の地震動評価結果を、全ての周期帯において弾性設計用地震動S_{d-D}が十分に上回ることから、安全側にS_{d-D}による荷重を海域活断層から想定される地震による津波荷重に組み合わせる余震荷重として設定する。

【参考文献】

- 阿部勝征 (1989) : 地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測, 東京大学地震研究所彙報, Vol. 64, pp. 51-69
- 国土交通省・内閣府・文部科学省 (2014) : 日本海における大規模地震に関する調査検討会, 最終報告書 (H26. 9)
- 活断層研究会編 (1991) : [新編] 日本の活断層 分布図と資料, 東京大学出版会
- Noda, S. ・ K. Yashiro ・ K. Takahashi ・ M. Takemura ・ S. Ohno ・ M. Tohdo ・ T. Watanabe (2002) : RESPONSE SPECTRA FOR DESIGN PURPOSE OF STIFF STRUCTURES ON ROCK SITES, OECD-NEA Workshop on the Relations Between Seismological DATA and Seismic Engineering, Oct. 16-18 Istanbul, pp. 399-408
- 地震調査研究推進本部 (2016) : 大地震後の地震活動の見通しに関する情報のあり方, 平成 28 年 8 月 19 日
- 国土地理院 (2011) : 平成 23 年 3 月の地殻変動について
- 遠田晋次 (2011) : 東北地方太平洋沖地震にともなう静的応力変化, <http://www1.rcep.dpri.kyoto-u.ac.jp/events/110311tohoku/toda/index.html>

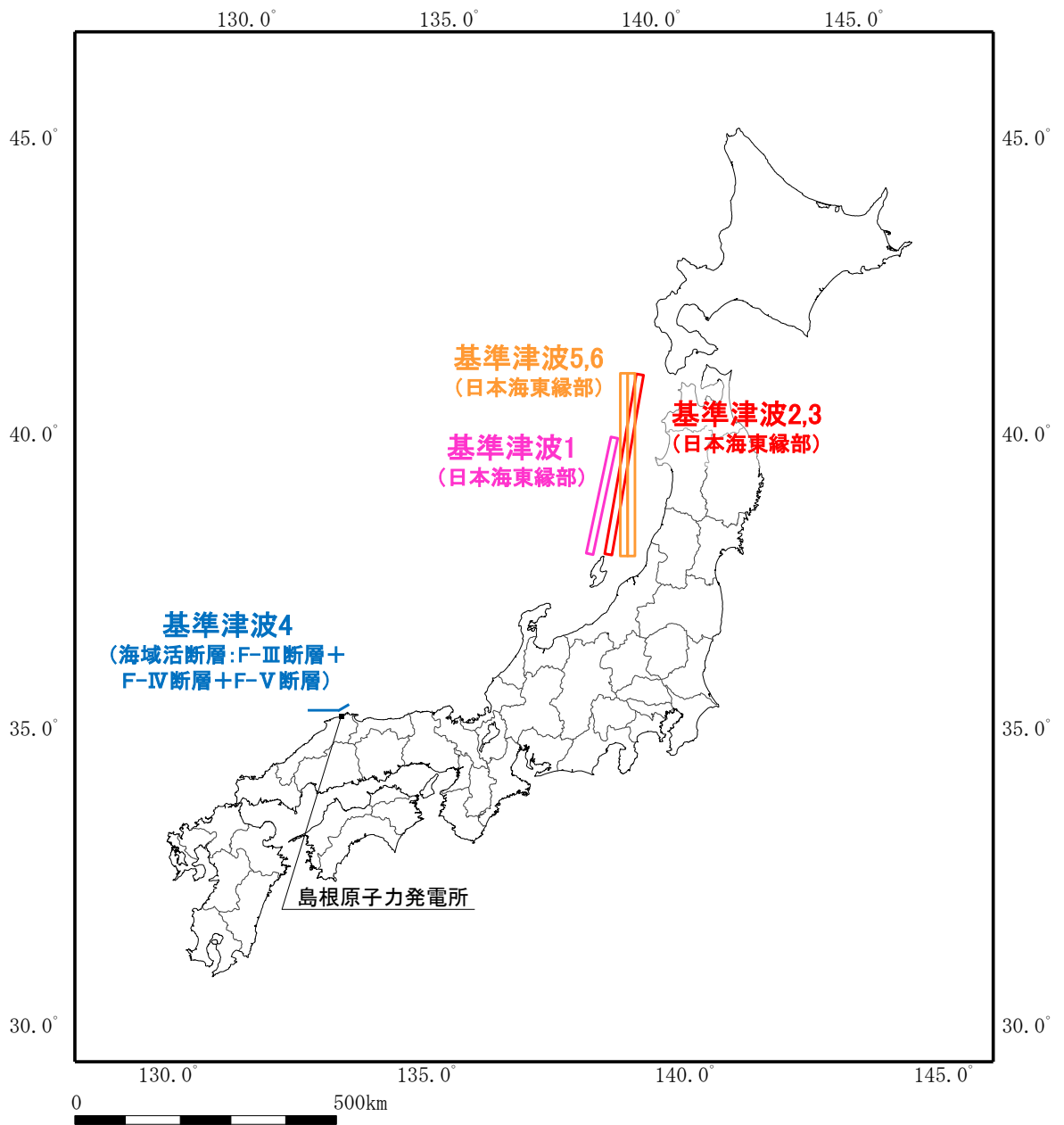


図 1.1.2-2 島根原子力発電所と基準津波の波源

表 1.1.2-1 過去の地震における本震と最大余震の関係 (M7.0 以上)

No.	発生年月日	震源	本震	最大余震	
			マグニチュード M0	マグニチュード M1	本震との 時間間隔
1	2003/9/26	十勝沖	8.0	7.1	1:18
2	2004/11/29	釧路沖	7.1	6.0	0:04
3	2006/11/15	千島列島東方	7.9	6.7*	1:12
4	2008/6/14	岩手宮城内陸地震	7.2	5.7	0:37
5	2008/9/11	十勝沖	7.1	5.7	0:12
6	2011/3/11	東北地方太平洋沖地震	9.0	7.6*	0:29
7	2012/12/7	三陸沖	7.3	6.6	0:13
8	2016/4/16	熊本地震	7.3	5.9	0:21

注記* : 気象庁による最新の震源情報を参照

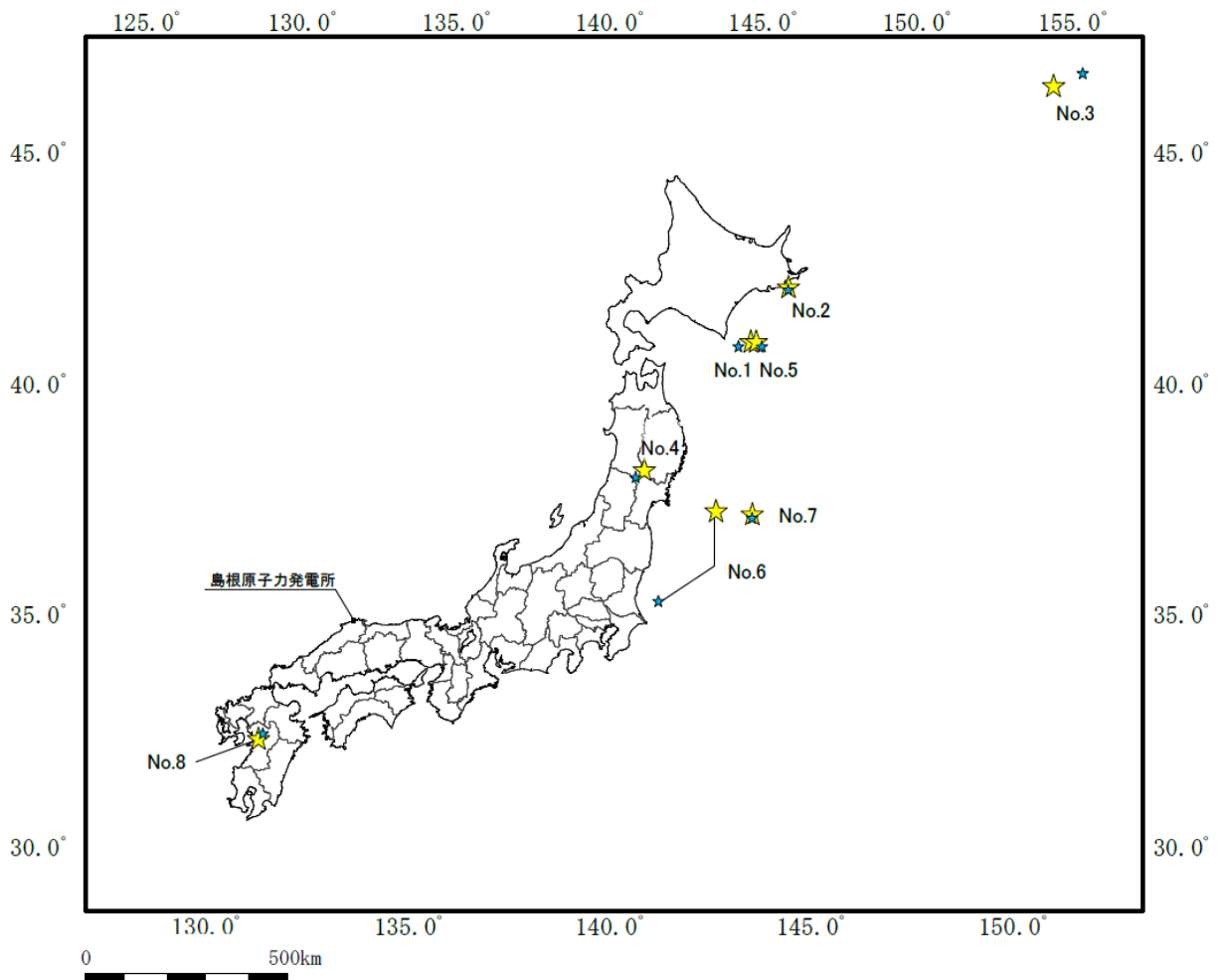


図 1.1.2-3 余震の地震規模の評価に用いた地震の震央分布 [本震 (★), 余震 (★)]

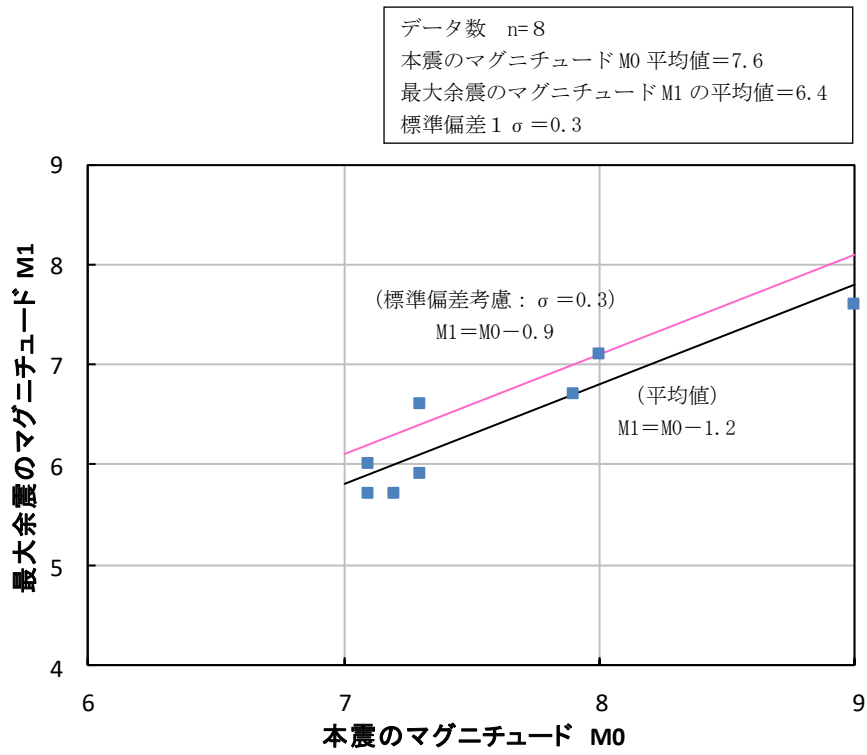


図 1.1.2-4 本震と最大余震の地震規模の関係 (M7.0 以上)

表 1.1.2-2 設定した余震の震源諸元

項目	設定値
本震のマグニチュード [*]	7.6
余震のマグニチュード ^{*1}	6.7
等価震源距離 ^{*2} (km)	17.3

注記*1: 本震と余震のマグニチュードの差D1を0.9として、余震のマグニチュードを評価

*2: 図 1.1.2-5 に示す震源モデルに対し、Noda et al. (2002) に基づき等価震源距離を評価

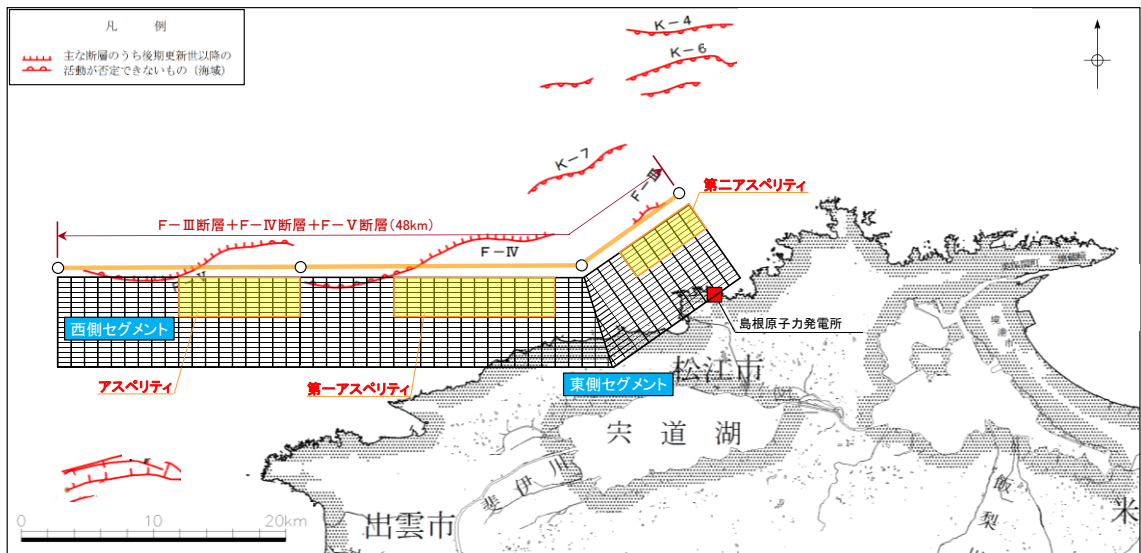


図 1.1.2-5 基準津波 4 の波源に対する震源モデル

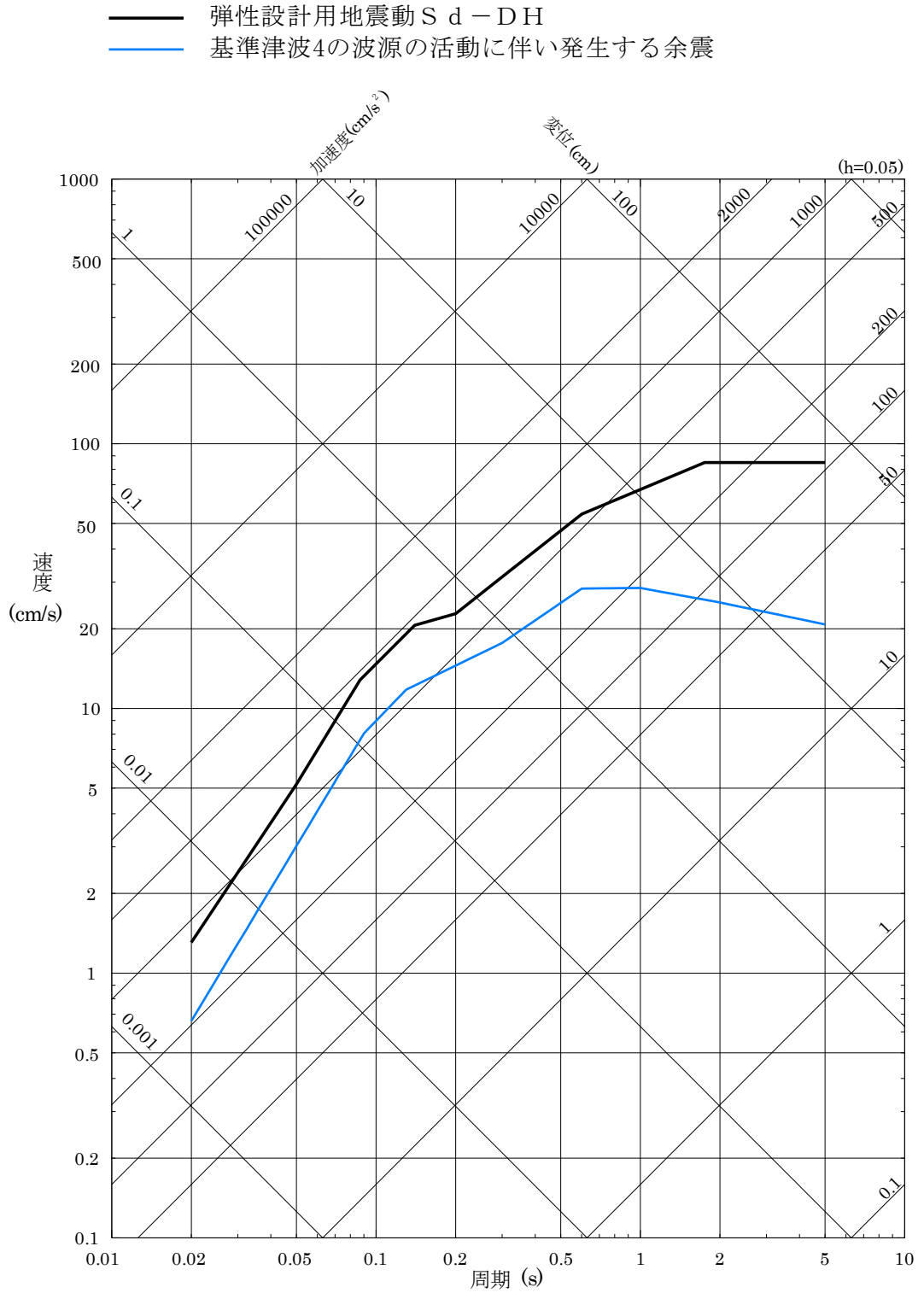


図 1.1.2-6(1) 基準津波4の波源の活動に伴い発生する余震と弾性設計用地震動 S d - D の比較 (水平方向)

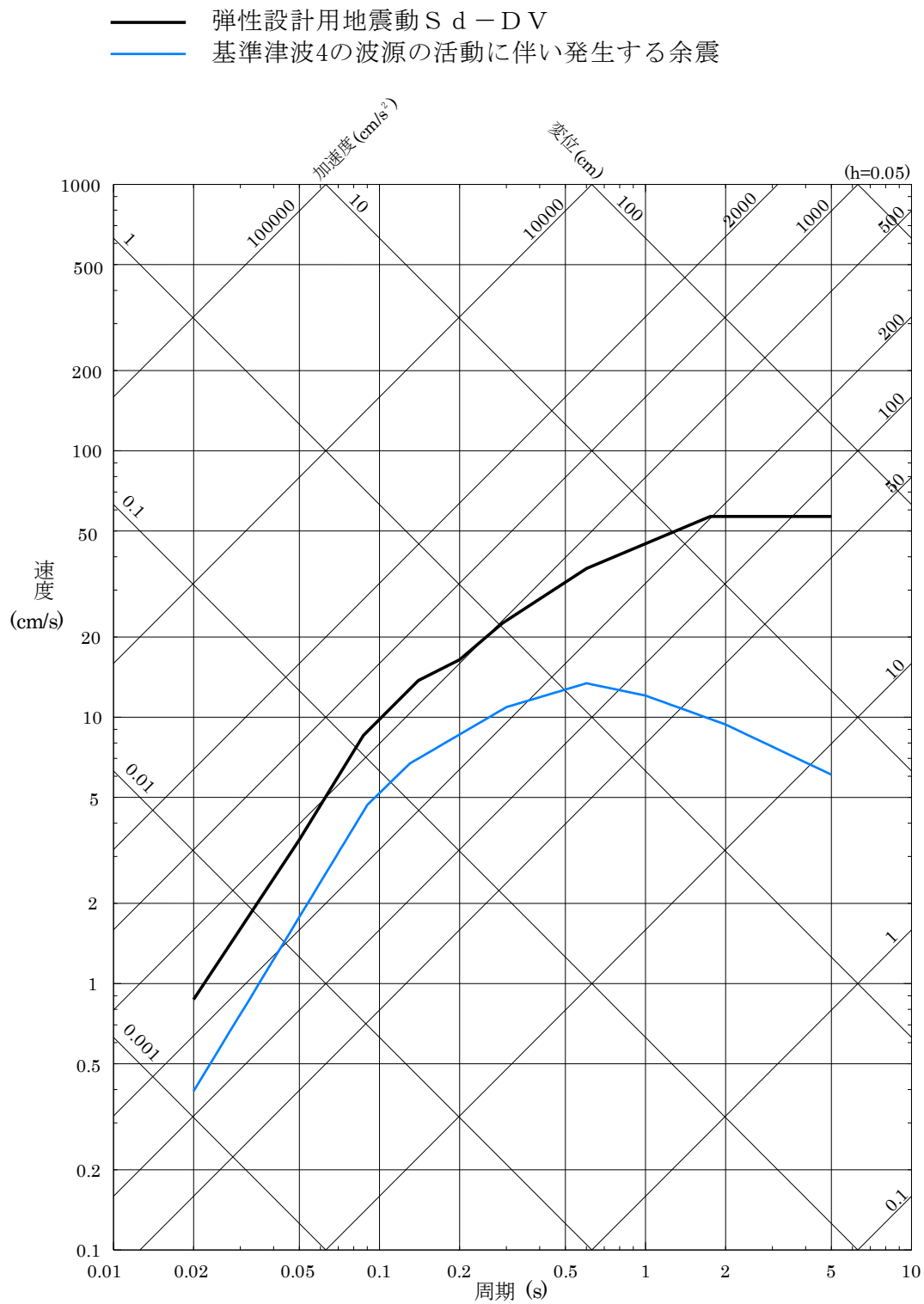


図 1.1.2-6(2) 基準津波4の波源の活動に伴い発生する余震と弾性設計用地震動 S d - D の比較 (鉛直方向)

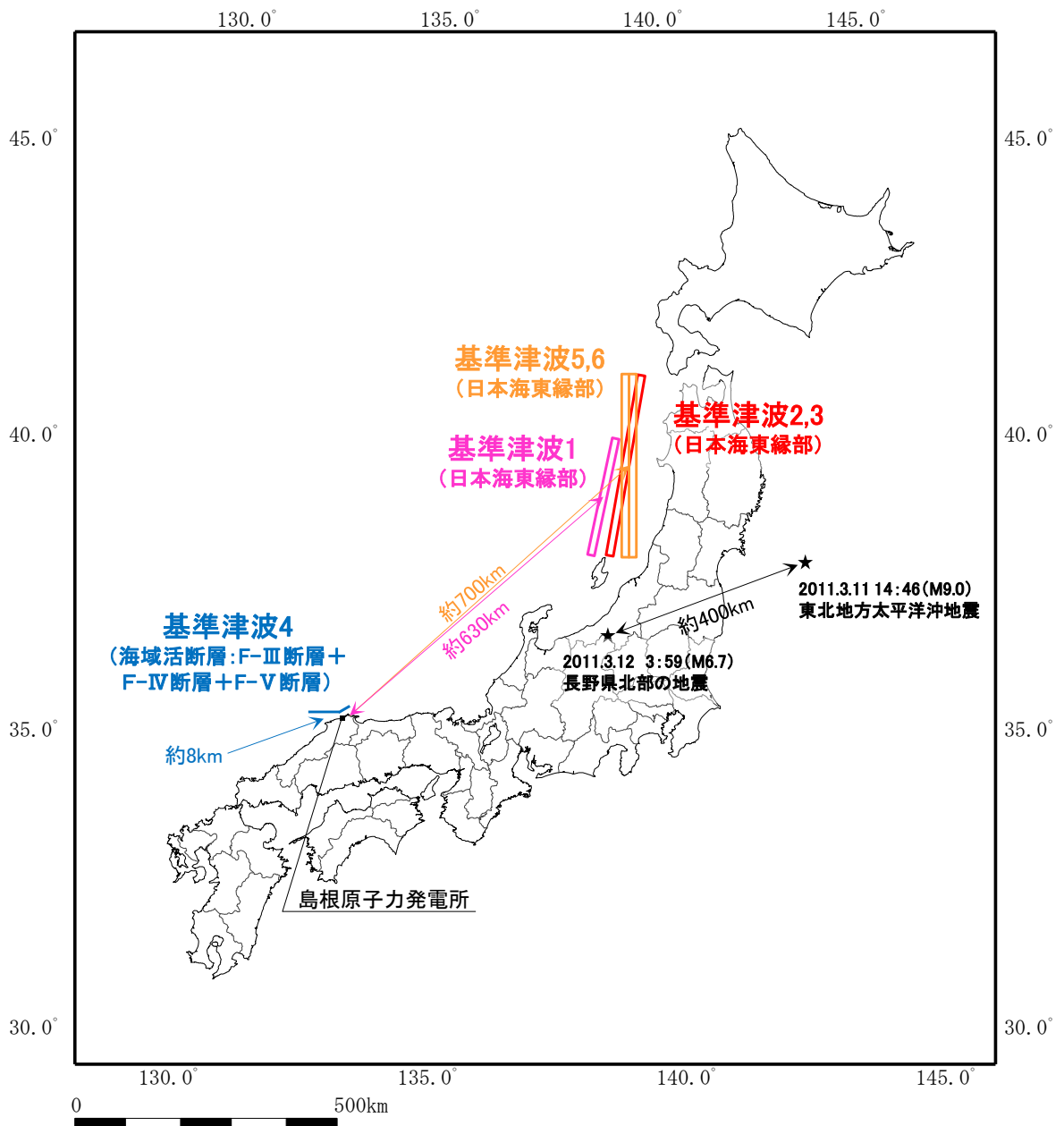
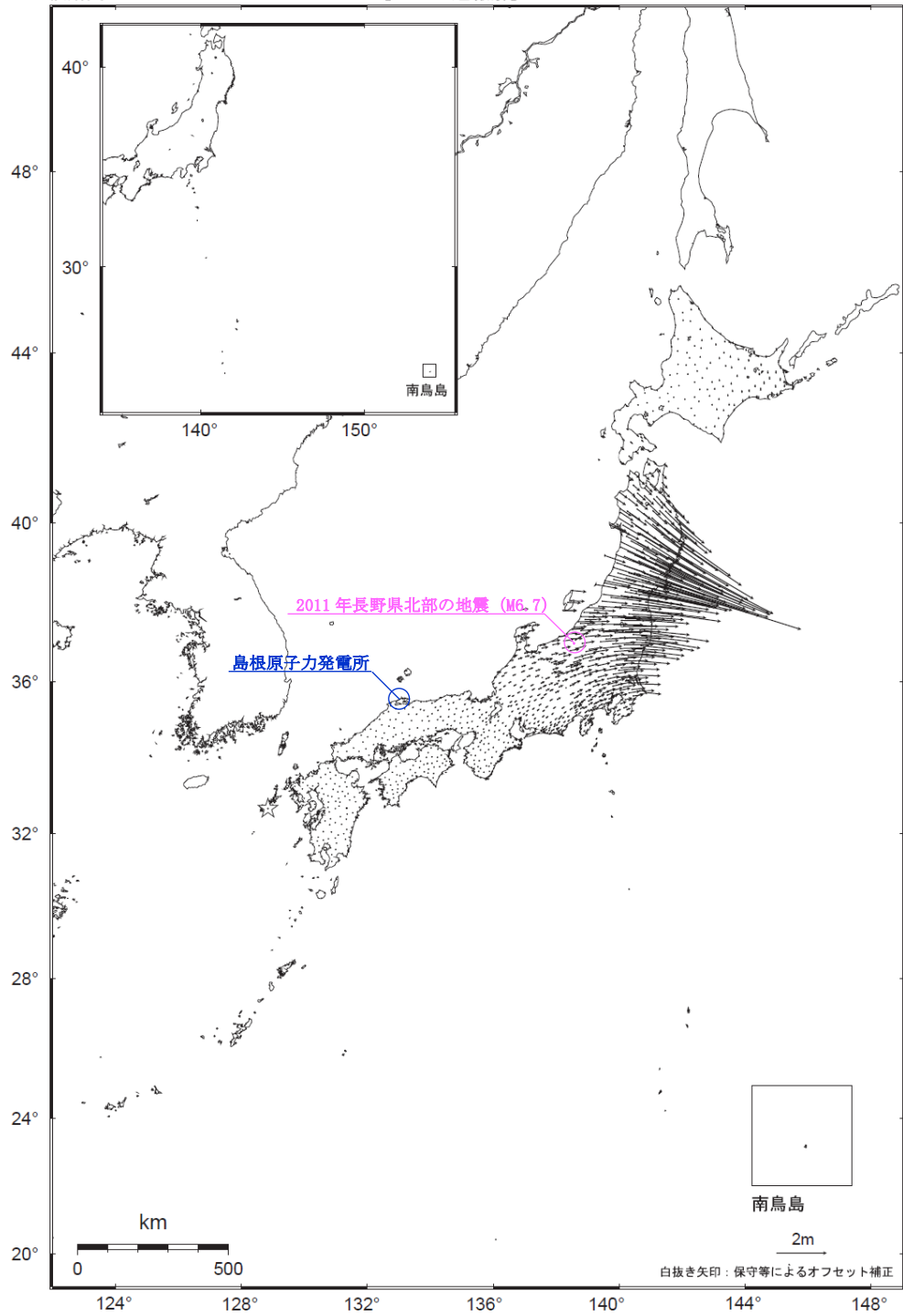


図 1.1.2-7 2011 年東北地方太平洋沖地震と 2011 年長野県北部の地震の震源位置
及び島根原子力発電所と基準津波の波源の位置関係

全国の地殻変動（水平）－1ヶ月－

基準期間：2011.02.22～2011.02.28 [F3：最終解]
 比較期間：2011.03.25～2011.03.31 [R3：速報解]



☆ 固定局：福江（950462）

・3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震に伴う地殻変動が見られます。

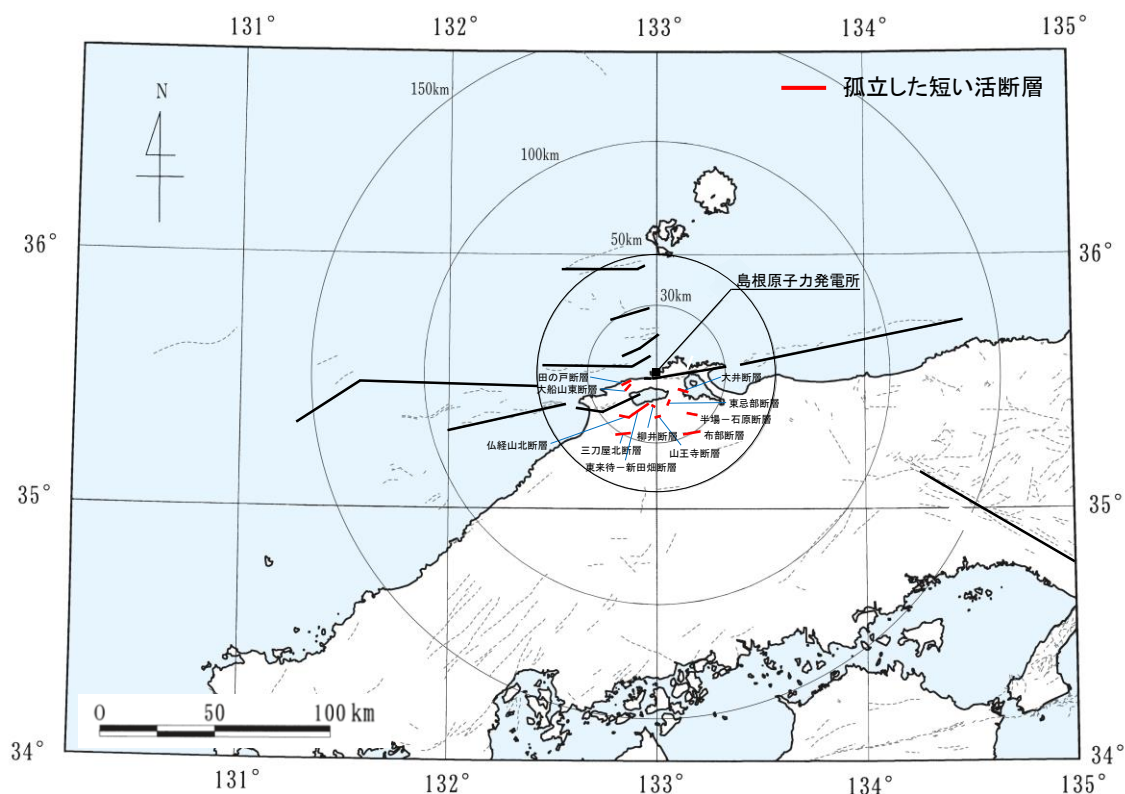
※東北地方太平洋沖地震に伴い、つくば1(92110)が変動したため、2011/3/11以降のQ3、R3解析においては固定点を与論(950495)へ変更している。

[国土地理院（2011）] に一部加筆]

図 1.1.2-8 2011年2月下旬から2011年3月下旬の1ヶ月間の地殻変動

表 1.1.2-3 設定した誘発地震の震源諸元

No.	断層名	マグニチュード M	等価震源距離 Xeq (km)
1	た と 田の戸断層	6.8	16.0
2	おおふなやまひがし 大船山東断層	6.8	16.1
3	ぶつきょうざんきた 仏経山北断層	6.8	26.2
4	ひがしきまち しんたばた 東来待-新田畑断層	6.8	20.2
5	やない 柳井断層	6.8	18.3
6	みとやきた 三刀屋北断層	6.8	32.1
7	はんば いしはら 半場-石原断層	6.8	25.7
8	ふべ 布部断層	6.8	32.1
9	ひがしいんべ 東忌部断層	6.8	17.3
10	さんのうじ 山王寺断層	6.8	22.2
11	おおい 大井断層	6.8	16.0



[「[新編] 日本の活断層」に加筆修正]

図 1.1.2-9 誘発地震として考慮する孤立した短い活断層の分布

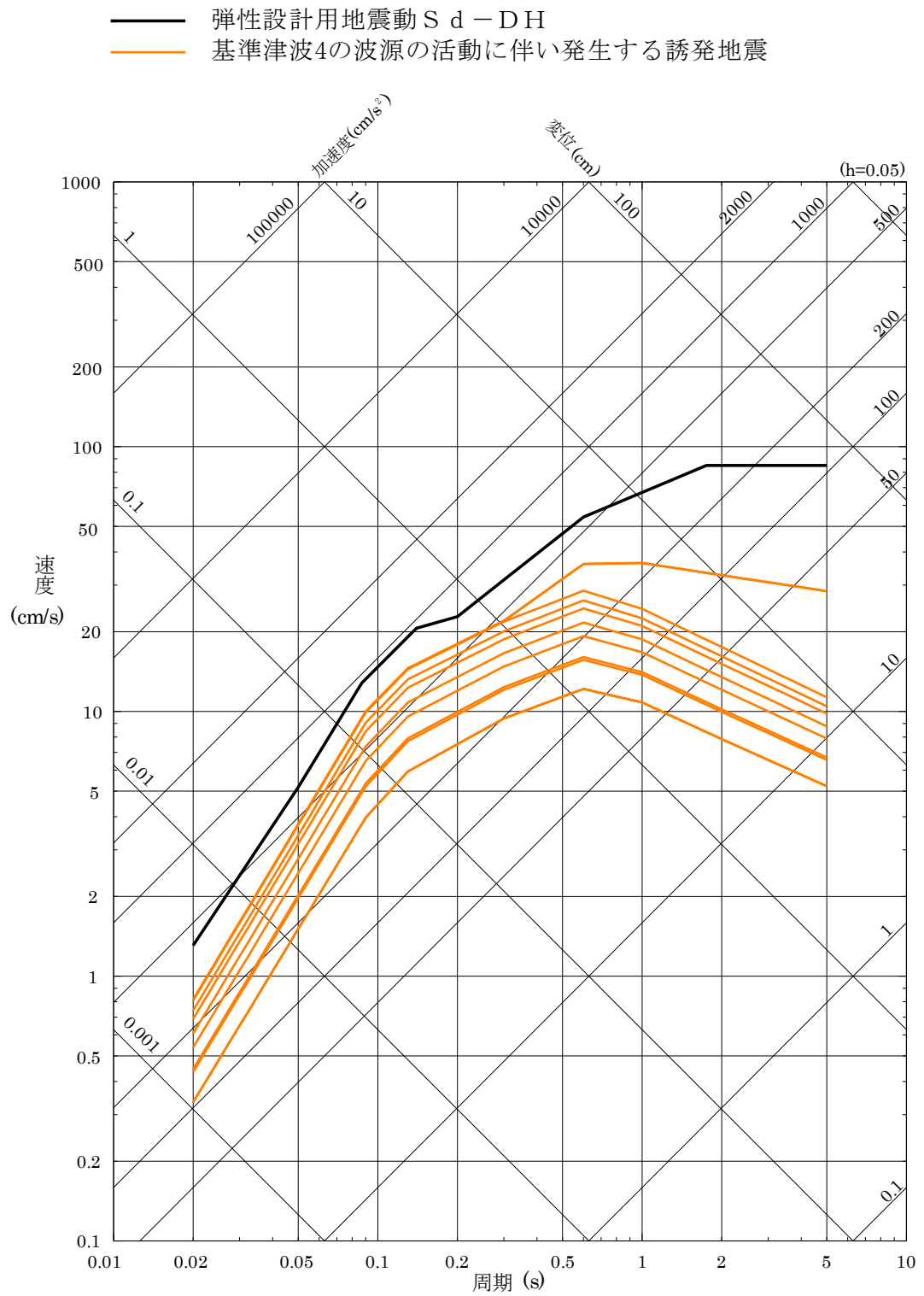


図 1.1.2-10(1) 基準津波4の波源の活動に伴い発生する誘発地震と弾性設計用地震動 S d - D の比較 (水平方向)

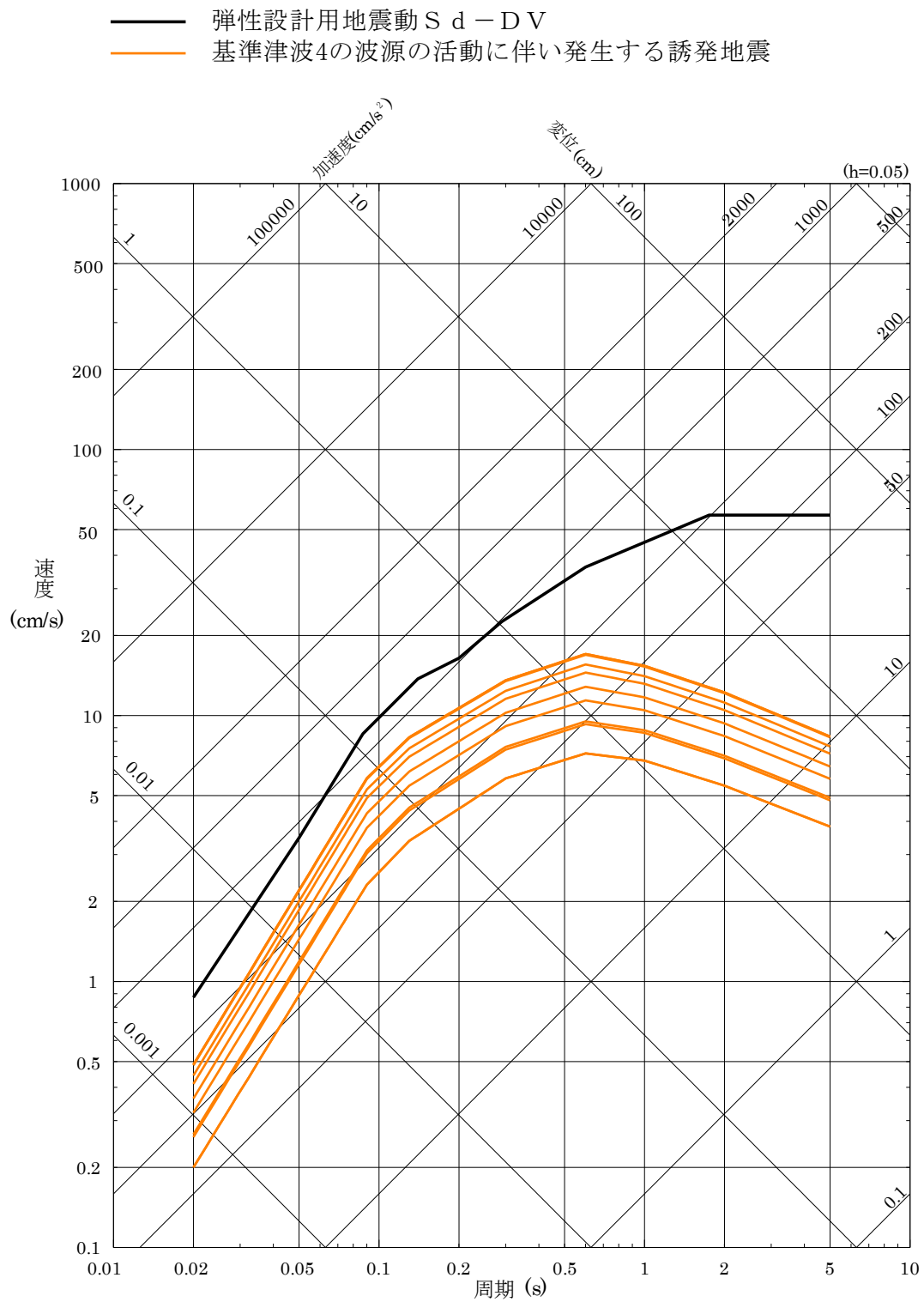
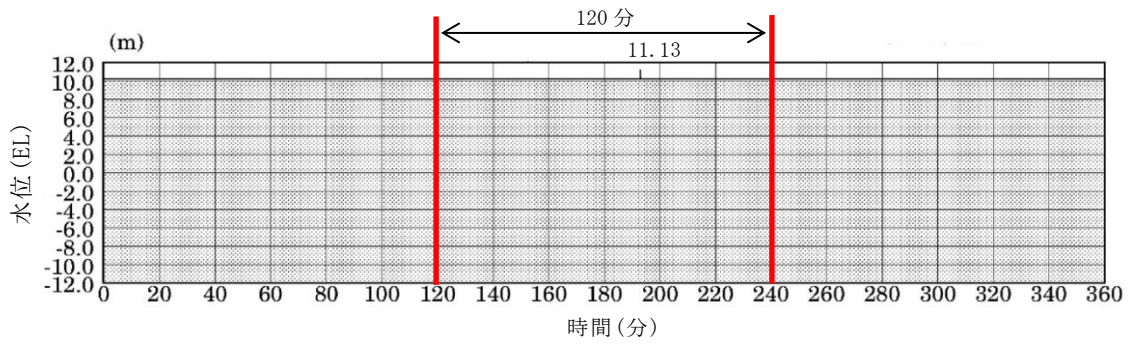


図 1. 1. 2-10(2) 基準津波 4 の波源の活動に伴い発生する誘発地震と弾性設計用地震動 S d - D の比較 (鉛直方向)

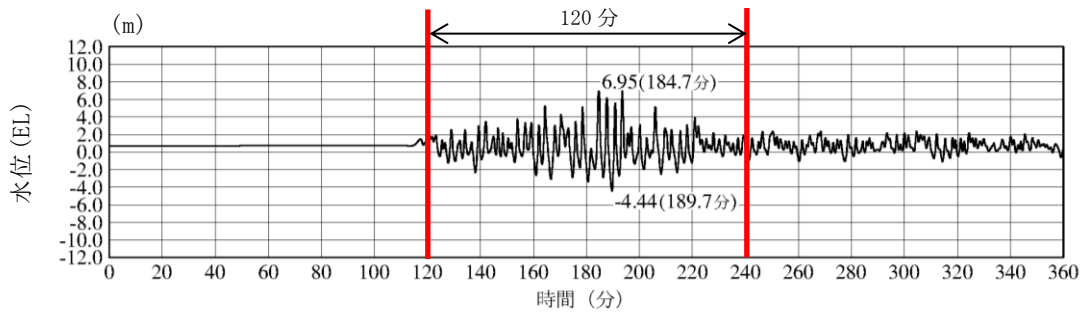
基準津波の最大荷重継続時間について

VI-1-1-3-2-3「入力津波の設定」において確認している、各施設に対する入力津波の時刻歴波形を図 1 に示す。なお、「海域活断層から想定される地震による基準津波 4」は、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波 1, 2, 3, 5 及び 6」と比べ、その津波の継続時間が短いことから、「日本海東縁部に想定される地震による基準津波 1, 2, 3, 5 及び 6」の時刻歴波形のうち、各施設に対して最も水位が高くなる入力津波の時刻歴波形を示している。

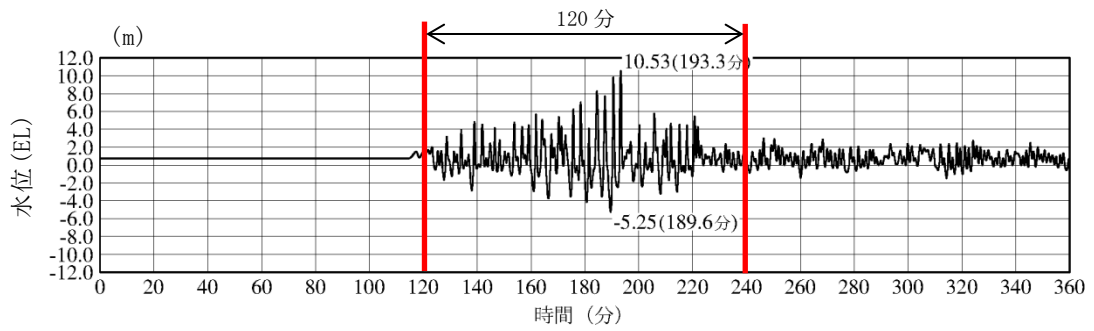
図 1 のとおり、入力津波が最大水位となるのは短時間であることから、津波による最大荷重継続時間も短時間となる。ただし、最大ではないものの比較的高い水位が発生していることから、高い水位が発生する範囲を余裕を持って包含する時間として、津波の最大荷重継続時間を 120 分と設定している。



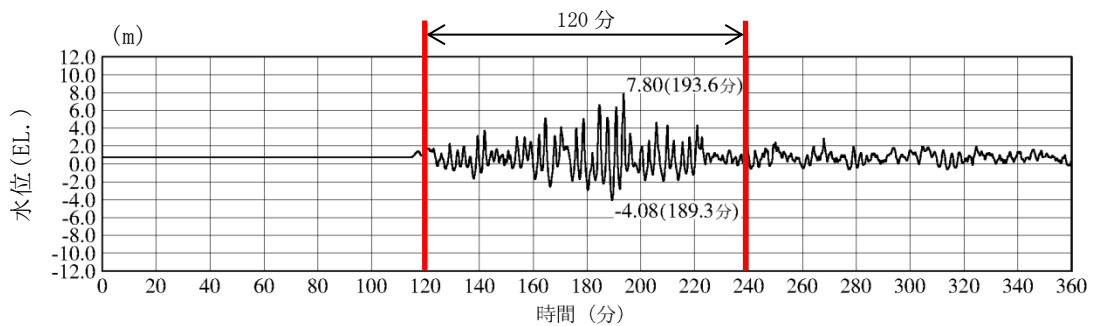
*最大水位上昇量 11.13m + 朔望平均満潮位 0.58m + 潮位のばらつき 0.14m \div EL 11.9m
 施設護岸又は防波壁 (入力津波 1, 防波堤無し)



1号機取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

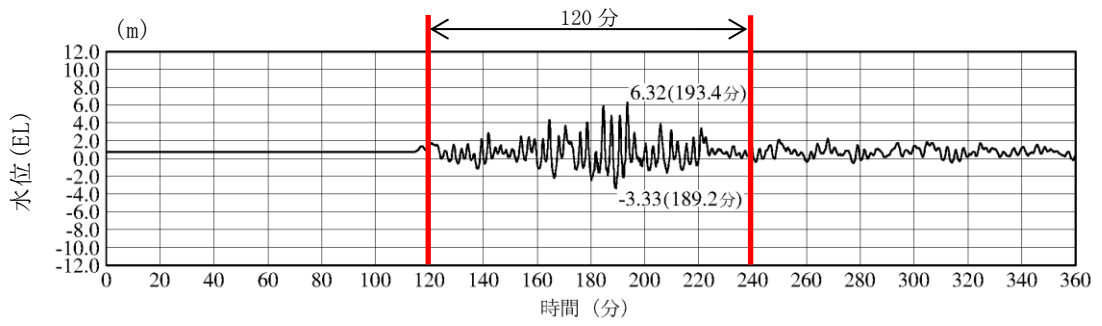


2号機取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

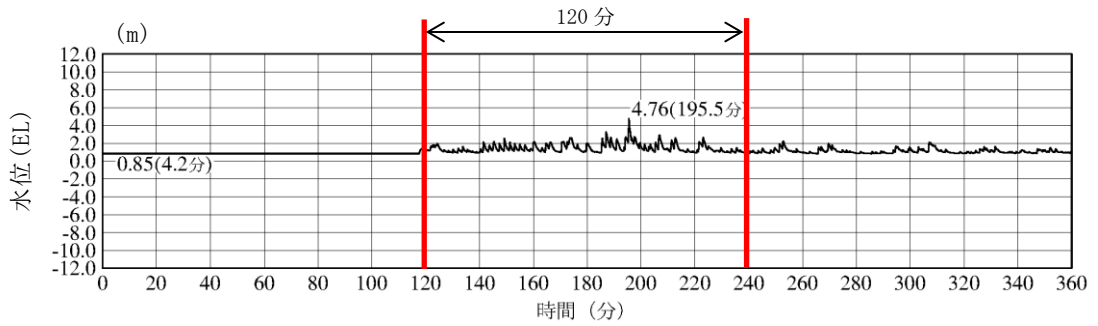


3号機取水槽 (入力津波 1, 防波堤無し)

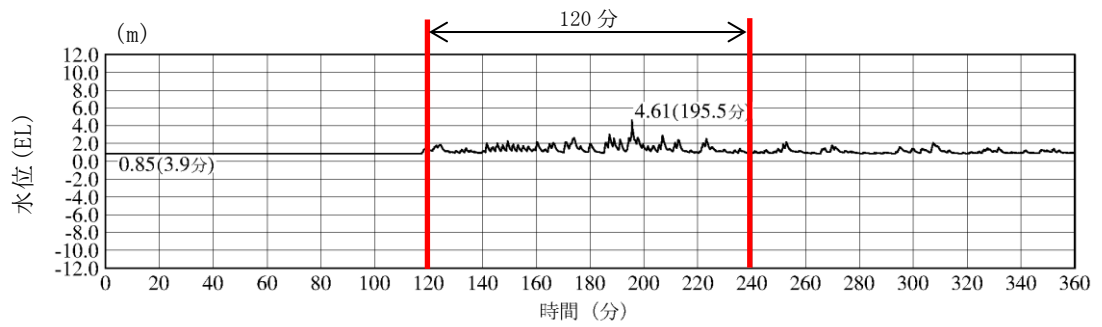
図 1(1) 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部)



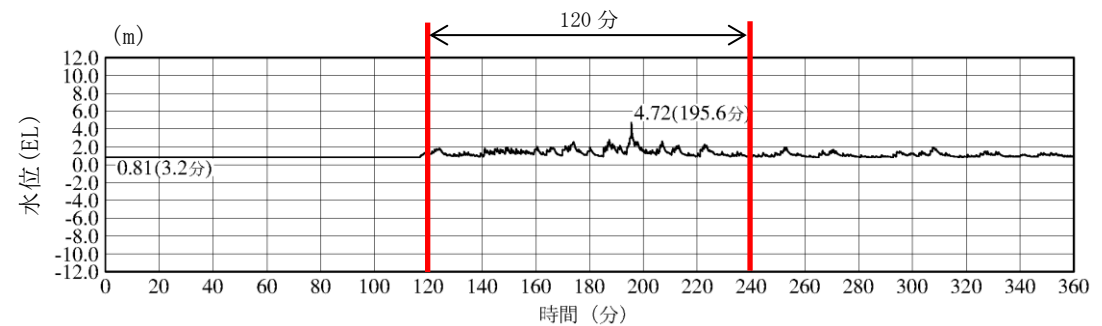
3号機取水路点検口（入力津波 1，防波堤無し）



1号機放水槽（入力津波 1，防波堤有り）

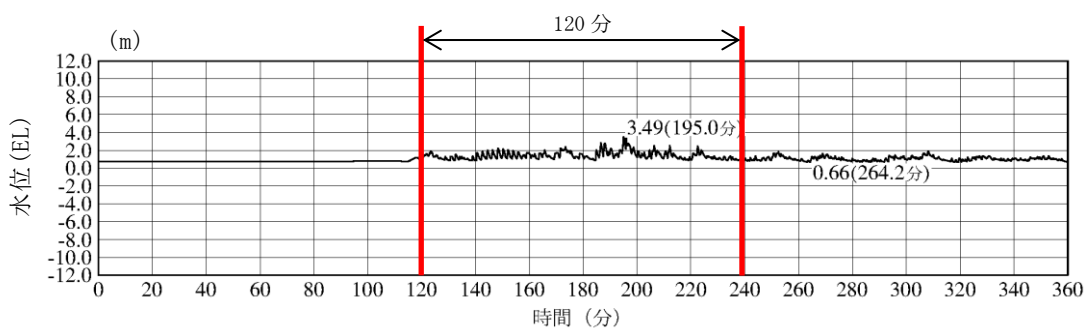


1号機冷却水排水槽（入力津波 1，防波堤有り）

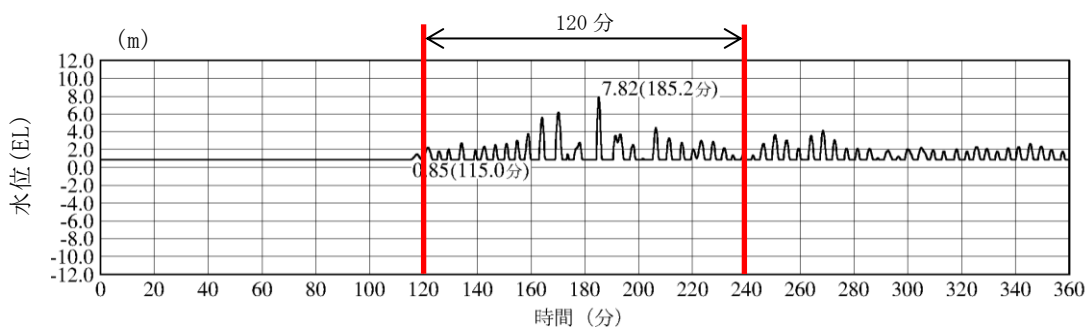


1号機マンホール（入力津波 1，防波堤有り）

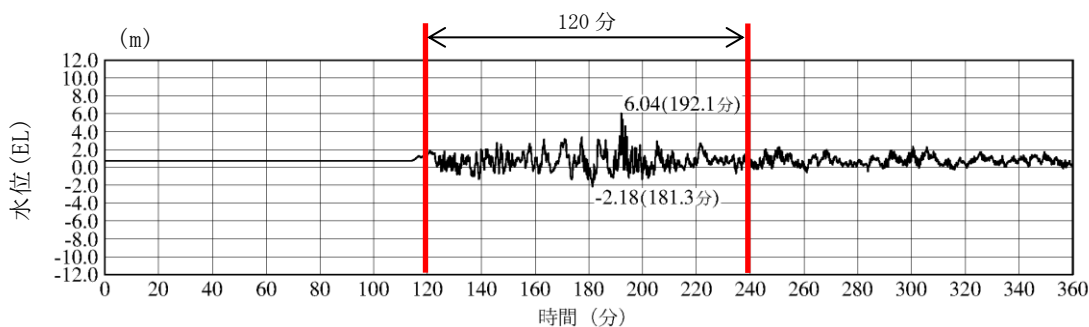
図 1(2) 入力津波の時刻歴波形（日本海東縁部）



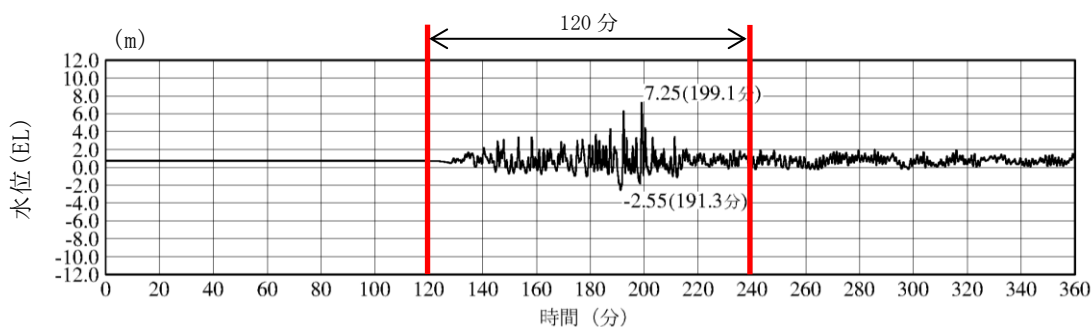
1号機放水接合槽 (入力津波 1, 防波堤有り)



2号機放水水槽 (入力津波 1, 防波堤有り)

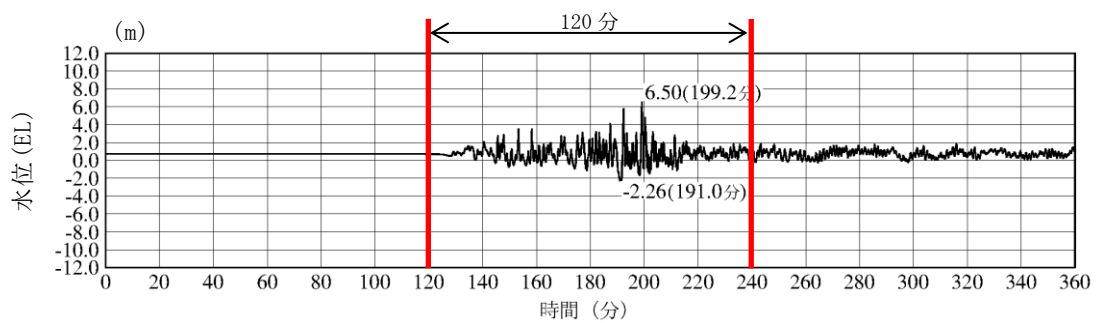


2号機放水接合槽 (入力津波 1, 防波堤無し)



3号機放水水槽 (入力津波 5, 防波堤無し)

図 1(3) 入力津波の時刻歴波形 (日本海東縁部)



3号機放水接合槽（入力津波 5，防波堤無し）

図 1(4) 入力津波の時刻歴波形（日本海東縁部）

1.2 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定

1.2.1 基本方針

自然現象を考慮する浸水防護施設の風荷重については、屋外の直接風を受ける場所に設置されている施設のうち、風の受圧面積が小さい施設、コンクリート構造物等の自重が大きい施設等を除いて、風荷重の影響が地震荷重又は津波荷重と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設においては、組合せを考慮する。また、積雪荷重については、屋外の積雪が生じる場所に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設、設置場所及び積雪の影響が小さい施設等を除いては、積雪荷重を考慮する。

1.2.2 選定対象施設

選定を行う浸水防護施設を以下に示す。

(1) 津波防護施設

- a. 防波壁
 - (a) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）
 - (b) 防波壁（逆T擁壁）
 - (c) 防波壁（波返重力擁壁）

- b. 防波壁通路防波扉
 - (a) 防波壁通路防波扉（1号機北側）
 - (b) 防波壁通路防波扉（2号機北側）
 - (c) 防波壁通路防波扉（荷揚場南）
 - (d) 防波壁通路防波扉（3号機東側）

- c. 流路縮小工
 - (a) 1号機取水槽流路縮小工

(2) 浸水防止設備

- a. 屋外排水路逆止弁

- b. 防水壁
 - (a) 取水槽除じん機エリア防水壁
 - (b) 復水器エリア防水壁

- c. 水密扉
 - (a) 取水槽除じん機エリア水密扉
 - (b) 復水器エリア水密扉

- d. 床ドレン逆止弁
 - (a) 取水槽床ドレン逆止弁
 - (b) タービン建物床ドレン逆止弁

- e. 隔離弁
 - (a) タービン補機海水系隔離システム（漏えい検知器，タービン補機海水ポンプ出口弁及び制御盤）
 - (b) 逆止弁

- f. ポンプ及び配管

- g. 貫通部止水処置

(3) 津波監視設備

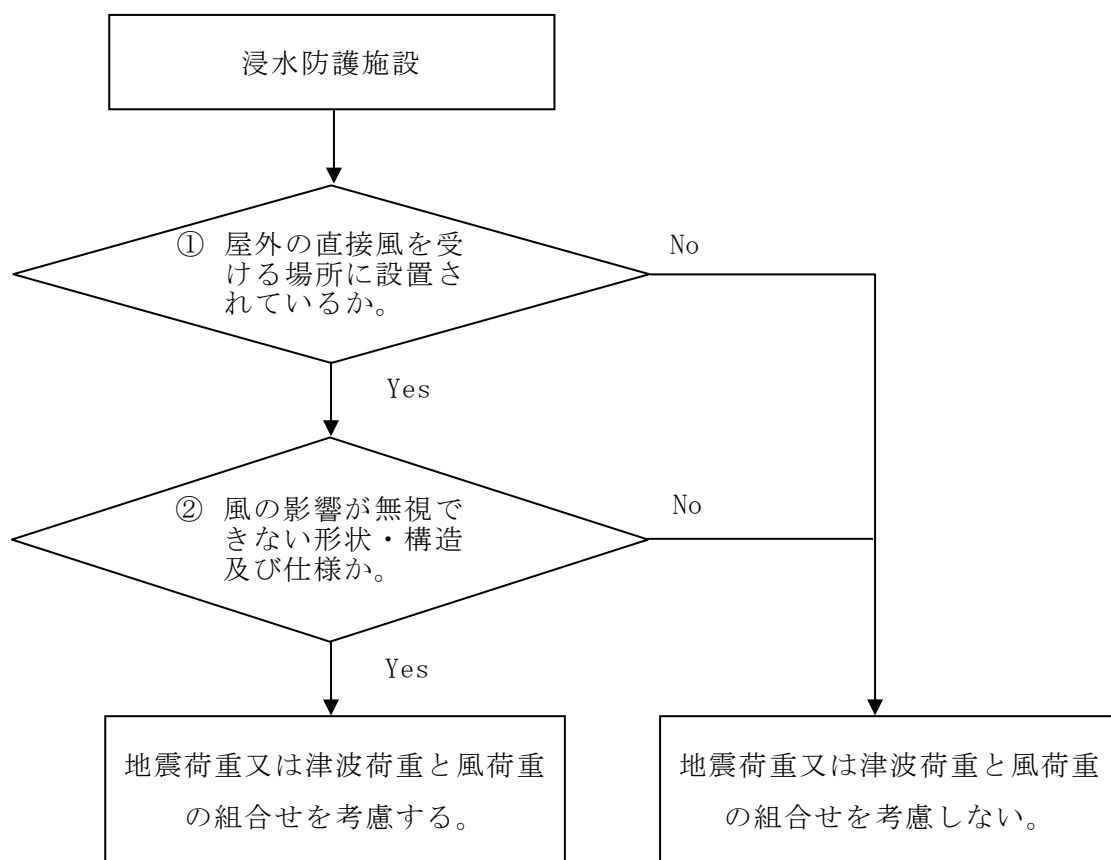
- a. 津波監視カメラ

- b. 取水槽水位計

1.2.3 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定

(1) 風荷重を組み合わせる施設の選定方法

屋外の直接風を受ける場所に設置されている浸水防護施設のうち、風の受圧面積が小さい施設、コンクリート構造物等の自重が大きい施設を除いて、風荷重の影響が地震力と比べて相対的に無視できないような構造、形状及び仕様の施設を選定する。地震荷重又は津波荷重と風荷重の組合せを考慮する施設の選定フローを図1.2.3-1に示す。



以下に示す項目に該当する場合は除外（風荷重との組合せは考慮しない。）する。

①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか。

- ・海中又は地中に設置
- ・壁等に囲われた場所に設置

②風の影響が無視できない形状・構造及び仕様か。

- ・受圧面積が小さい
- ・自重が大きい
- ・床下に設置

図 1.2.3-1 地震荷重又は津波荷重と風荷重の組合せを考慮する施設の選定フロー

(2) 風荷重を組み合わせる施設の選定結果

風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果を表 1.2.3-1 に示す。

表 1.2.3-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (1/4)

強度計算の対象施設	①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない形状・構造及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁 (逆T擁壁)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁通路防波扉 (1号機北側)	○	○	考慮する	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)内に設置する。なお、津波荷重用時には風荷重の受圧面がないため、考慮しない。
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁通路防波扉 (2号機北側)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁通路防波扉 (荷揚場南)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁通路防波扉 (3号機東側)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
1号機取水槽流路縮小工	×	—	考慮しない	地下部にある1号機取水槽に設置するため、直接風を受ける場所がない。

○：該当する(Yes) ×：該当しない(No) —：直接風を受けない場所に設置されるため対象外

表 1.2.3-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (2/4)

強度計算の対象施設	①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない形状・構造及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
屋外排水路逆止弁	×	—	考慮しない	集水柵内に設置するため、直接風を受ける場所がない。
取水槽除じん機エリア防水壁	○	○	考慮する	取水槽除じん機エリアの上部に設置され、受圧面積が大きいため、風の影響を無視できない。
復水器エリア防水壁	×	—	考慮しない	タービン建物内に設置するため、直接風を受ける場所がない。
取水槽除じん機エリア水密扉	○	○	考慮する	取水槽除じん機エリアの上部に設置され、受圧面積が大きいため、風の影響を無視できない。
復水器エリア水密扉	×	—	考慮しない	タービン建物内に設置するため、直接風を受ける場所がない。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：直接風を受けない場所に設置されるため対象外

表 1.2.3-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (3/4)

強度計算の対象施設	①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない形状・構造及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
取水槽床ドレン逆止弁	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)に設置するため、直接風を受ける場所がない。
タービン建物床ドレン逆止弁	×	—	考慮しない	タービン建物内に設置するため、直接風を受ける場所がない。
タービン補機海水系隔離システム(漏えい検知器)	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)及びタービン建物内に設置するため、直接風を受ける場所がない。
タービン補機海水系隔離システム(タービン補機海水ポンプ出口弁)	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)に設置するため、直接風を受ける場所がない。
タービン補機海水系隔離システム(制御盤)	×	—	考慮しない	廃棄物処理建物内に設置するため、直接風を受ける場所がない。
逆止弁	×	—	考慮しない	屋外配管ダクト内に設置するため、直接風を受ける場所がない。

○：該当する(Yes) ×：該当しない(No) —：直接風を受けない場所に設置されるため対象外

表 1.2.3-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (4/4)

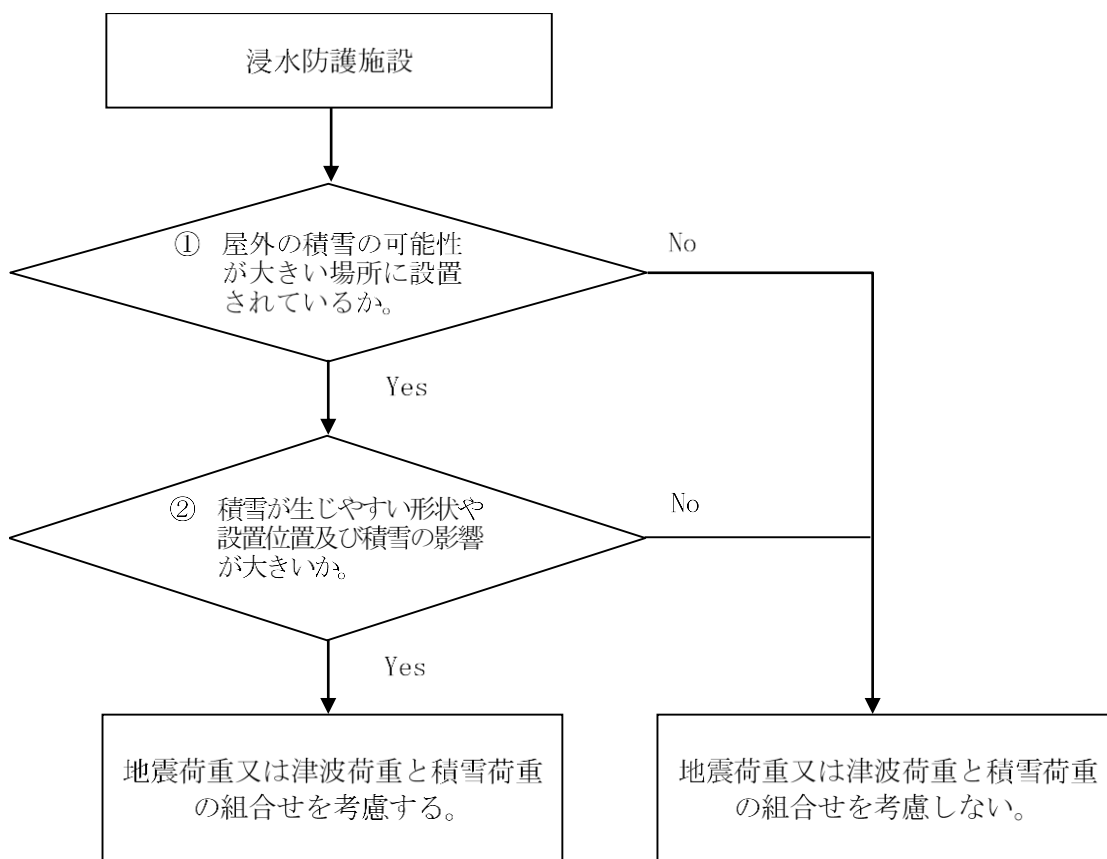
強度計算の対象施設	①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない形状・構造及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
ポンプ及び配管	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)及び屋外配管ダクト内に設置するため、直接風を受ける場所がない。
貫通部止水処置	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)、タービン建物内及び屋外配管ダクト内に設置するため、直接風を受ける場所がない。
津波監視カメラ	○	○	考慮する	屋外に設置するため、風の影響を受ける。
取水槽水位計	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)に設置するため、直接風を受ける場所がない。

○：該当する(Yes) ×：該当しない(No) —：直接風を受けない場所に設置されるため対象外

1.2.4 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定

(1) 積雪荷重を組み合わせる施設の選定方法

屋外の積雪が生じる場所に設置されている施設のうち、積雪による受圧面積が小さい施設、設置場所及び積雪の影響が小さい施設等を除いた施設を選定の対象とする。地震荷重又は津波荷重と積雪荷重の組合せを考慮する施設の選定フローを図1.2.4-1に示す。



以下に示す項目に該当する場合は除外（積雪荷重との組合せは考慮しない。）する。

①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか。

- ・海中又は地中に設置

②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか。

- ・受圧面積が小さい
- ・壁面に設置
- ・蓋等により直接当該施設に積雪しない
- ・自重が大きい

図 1.2.4-1 地震荷重又は津波荷重と積雪荷重の組合せを考慮する施設の選定フロー

(2) 積雪荷重を組み合わせる施設の選定結果

積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果を表 1.2.4-1 に示す。

表 1.2.4-1 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (1/4)

強度計算の対象施設	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されるか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁 (逆T擁壁)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁 (波返重力擁壁)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁通路防波扉 (1号機北側)	○	×	考慮しない	防波壁(多重鋼管杭式擁壁)内に設置する。屋外に露出する面積が少ないことから受圧面積が小さいため、積雪荷重の影響を無視できる。
	○	×	考慮しない	
	○	×	考慮しない	
防波壁通路防波扉 (2号機北側)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁通路防波扉 (荷揚場南)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
防波壁通路防波扉 (3号機東側)	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	○	○	考慮する	
	○	○	考慮する	
1号機取水槽流路縮小工	×	-	考慮しない	地下部にある1号機取水槽に設置するため、積雪の影響を受けない。

○：該当する(Yes) ×：該当しない(No) -：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

表 1.2.4-1 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (2/4)

強度計算の対象施設	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されるか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
屋外排水路逆止弁	×	—	考慮しない	集水枒内に設置するた め、積雪の影響を受けな い。
取水槽除じん機エリア防水壁	○	×	考慮しない	取水槽除じん機エリアに 設置し、受圧面積が小さ いため、積雪荷重の影響 を無視できる。
復水器エリア防水壁	×	—	考慮しない	タービン建物内に設置す るため、積雪の影響を受 けない。
取水槽除じん機エリア水密扉	○	×	考慮しない	取水槽除じん機エリアに 設置し、受圧面積が小さ いため、積雪荷重の影響 を無視できる。
復水器エリア水密扉	×	—	考慮しない	タービン建物内に設置す るため、積雪の影響を受 けない。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

表 1.2.4-1 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (3/4)

強度計算の対象施設	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されるか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
取水槽床ドレン逆止弁	○	○	考慮する	屋外(敷地地下)に設置するため、積雪の影響を受けない。
タービン建物床ドレン逆止弁	×	—	考慮しない	タービン建物内に設置するため、積雪の影響を受けない。
タービン補機海水系隔離システム (漏えい検知器)	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)に設置されるものについては、受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、タービン建物内に設置されるものについては、積雪の影響を受けない。
タービン補機海水系隔離システム (タービン補機海水ポンプ出口弁)	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)に設置されるが、受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、考慮しない。
タービン補機海水系隔離システム (制御盤)	×	—	考慮しない	廃棄物処理建物内に設置するため、積雪の影響を受けない。
逆止弁	×	—	考慮しない	屋外配管ダクト内に設置するため、積雪の影響を受けない。

○：該当する(Yes) ×：該当しない(No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

表 1.2.4-1 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (4/4)

強度計算の対象施設	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されるか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
ポンプ及び配管	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)に設置されるものについては、受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため考慮しない。また、タービン建物内及び屋外配管ダクト内に設置されるものについては、積雪の影響を受けない。
貫通部止水処置	×	—	考慮しない	屋外(敷地地下)に設置されるものについては、受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため考慮しない。また、タービン建物及び屋外配管ダクト内に設置されるものについては、積雪の影響を受けない。
津波監視カメラ	○	○	考慮する	屋外に設置するため、積雪の影響を受ける。
取水槽水位計	○	○	考慮する	屋外に設置するため、積雪の影響を受ける。

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：積雪の可能性が大きい場所に設置されていないため対象外

1.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造強度設計に係る許容限界

津波防護に関する施設は、津波の発生に伴い、津波防護対象設備がその安全性又は重大事故に対処するために必要な機能が損なわれるおそれがないこと、また地震により安全機能が損なわれるおそれがないことを目的として、技術基準規則に適合する設計とする。図 1.3-1 に浸水防護に関する施設の設計方針に係る図書構成を、表 1.3-1～表 1.3-6 に耐津波設計における各施設の基本設計方針，要求機能，機能設計，構造強度設計及び許容限界を示す。

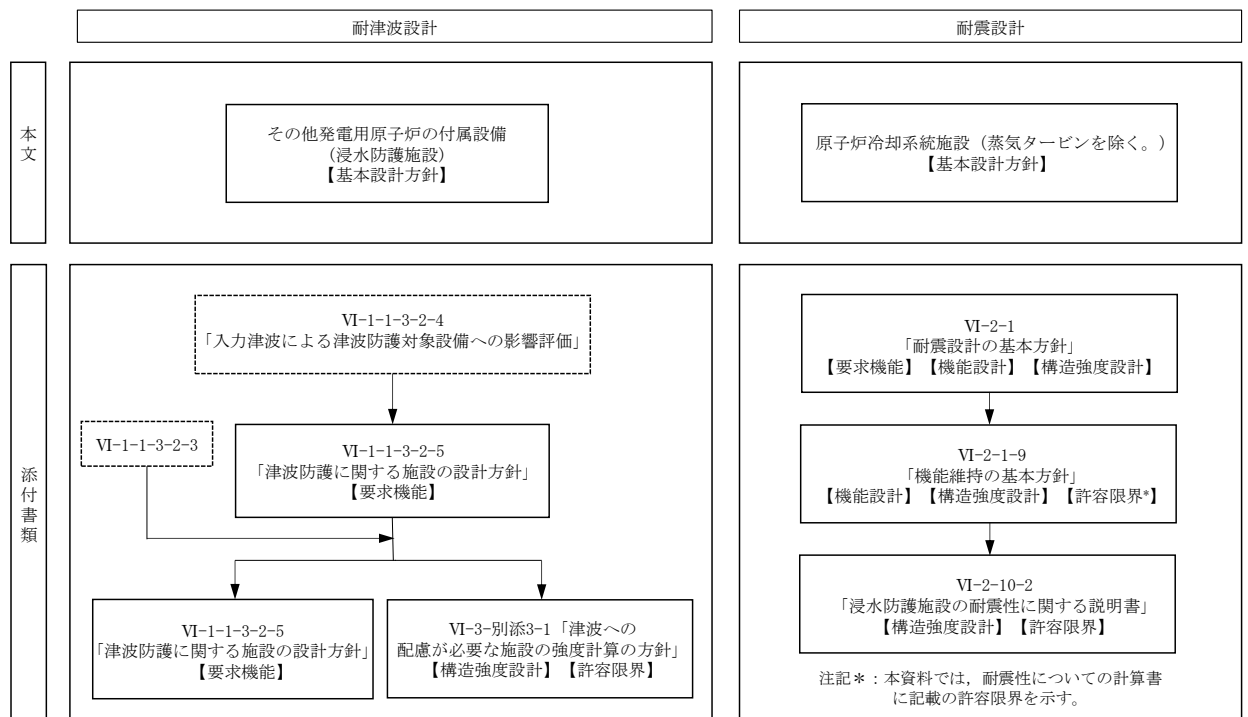


図 1.3-1 津波防護に関する施設の設計方針に係る図書構成

赤字：荷重条件
 緑字：要求機能
 青地：対応方針

表 1.3-3(2/2) 津波防護に関する施設の耐津波設計について

(津波防護施設)

資料	VI-1-1-3-2-5 「津波防護に関する施設の設計方針」		VI-3-3-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」		構造強度設計		評価対象部位		機能損傷モード		設計に用いる許容限界
	基本設計方針 (浸水防護施設)	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	応力等の 状況	機能損傷モード 境界状況		
施設名	表 1.3-3(1/2)に 同じ。	表 1.3-3(1/2)に 同じ。	表 1.3-3(1/2)に 同じ。	表 1.3-3(1/2)に 同じ。	表 1.3-3(1/2)に 同じ。	<p>地震後の繰返しの来襲を想定した湧上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、主要構造体の境界部に設置する止水目地が有意な漏えいを生じない変形量以下であることを確認する。</p> <p>地震後の繰返しの来襲を想定した湧上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、改良地盤が健全性及び積雪による荷重に耐え、改良地盤が健全性及び止水性(不透水性)を保持する設計とするために、すべり破壊しないことを確認する。</p> <p>地震後の繰返しの来襲を想定した湧上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、岩盤に基礎地盤に作用する接地圧が耐力支持力に基づき許容限界以下であることを確認する。</p> <p>地震後の繰返しの来襲を想定した湧上波の浸水に伴う津波荷重、余震、漂流物の衝突、積載物、風及び積雪による荷重に対し、MMRが健全性及び止水性(不透水性)を保持する設計とするために、すべり破壊しないことを確認する。</p>	止水目地	変形	有意な漏えいに至る変形	メーカ規格、漏水試験及び変形試験により、有意な漏えいが生じないことを確認した変形量とする。	
防波壁(波返重力構壁)							改良地盤	接地圧	支持機能を喪失する状態	種限支持力に基づき、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。	
							改良地盤	すべり	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工設審査ガイド」に基づき、すべり安全率1.2以上とする。	
								接地圧	支持機能を喪失する状態	種限支持力に基づき、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。	
岩盤	接地圧	支持機能を喪失する状態	種限支持力に基づき、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。								
							MMR	接地圧	支持機能を喪失する状態	支圧強度に基づき、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。	
								すべり	健全性及び止水性を喪失する状態	「耐津波設計に係る工設審査ガイド」に基づき、すべり安全率1.2以上とする。	

赤字：荷重条件
線字：要求機能
青地：対応方針

表 1.3-5 津波防護に関する施設の耐津波設計について

(津波防護施設)

資料 施設名	VI-1-1-3-2-5 「津波防護に関する施設の設計方針」		VI-3-3-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」		構造強度設計				
	要求機能	性能目標	機能設計方針	性能目標	構造強度設計 (評価方針)	評価対象部位	機能損傷モード		
							応力等の状況	限界状況	
その他発電用原子炉の 付属設備 (海水防護施設)									
基本設計方針									
津波防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	地震後の繰り返し戻りの来襲を想定した湖上波の浸水に伴う津波荷重及び漂流物衝突及び地盤の考慮した荷重に対して、鋼製扉体が地盤に作用する津波荷重、漂流物の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、おおむね弾性状態にとどまらなければならない。	鋼製扉体	曲げ、せん断	部材が弾性状態にとどまらざる弾性域に入ること	「ダム・堰施設技術基準（案）（基礎解説編・設備計画マニュアル編）」（社）ダム・堰施設技術協会、平成 28 年 3 月」に基づき、短期許容応力度とする。
防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	地震後の繰り返し戻りの来襲を想定した湖上波の浸水に伴う津波荷重及び漂流物衝突及び地盤の考慮した荷重に対して、鋼製扉体が地盤に作用する津波荷重、漂流物の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、おおむね弾性状態にとどまらなければならない。	戸当り（RC 支柱）、基礎スラブ	曲げ、せん断	部材が弾性状態にとどまらざる弾性域に入ること	「コンクリート標準示方書「構造性能照査編」（社）土木学会、2002 年制定）」に基づき、短期許容応力度とする。
防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	地震後の繰り返し戻りの来襲を想定した湖上波の浸水に伴う津波荷重及び漂流物衝突及び地盤の考慮した荷重に対して、鋼製扉体が地盤に作用する津波荷重、漂流物の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、おおむね弾性状態にとどまらなければならない。	グラウンドアンカ	引張	部材が弾性状態にとどまらざる弾性域に入ること	「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（社）地盤工学会、2012 年」に基づき、設計アンカー力以下とする。
防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	地震後の繰り返し戻りの来襲を想定した湖上波の浸水に伴う津波荷重及び漂流物衝突及び地盤の考慮した荷重に対して、鋼製扉体が地盤に作用する津波荷重、漂流物の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、おおむね弾性状態にとどまらなければならない。	鋼管杭	曲げ、せん断	部材が弾性状態にとどまらざる弾性域に入ること	「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、感伏モーメント及び短期許容せん断力として設定する。
防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	地震後の繰り返し戻りの来襲を想定した湖上波の浸水に伴う津波荷重及び漂流物衝突及び地盤の考慮した荷重に対して、鋼製扉体が地盤に作用する津波荷重、漂流物の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、おおむね弾性状態にとどまらなければならない。	改良地盤	すべり	健全性及び止水性能を喪失する状態	「耐津波設計に係る工設備審査ガイド」に基づき、すべり安全率 1.2 以上とする。
防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	防波壁防護施設は、構造入力の津波を想定し、余震及び積雪を考慮した場合において、津波防護対象設備が、要求される機能が損なわれ、津波による漏水を防止することが必要とされる。	地震後の繰り返し戻りの来襲を想定した湖上波の浸水に伴う津波荷重及び漂流物衝突及び地盤の考慮した荷重に対して、鋼製扉体が地盤に作用する津波荷重、漂流物の繰返し作用を想定し、当該構造物全体の变形能力に対して十分な余裕を有するよう、おおむね弾性状態にとどまらなければならない。	改良地盤、基礎地盤、MMR	接地圧	支持機能を喪失する状態	権限支持力に基づき、VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」にて設定している値とする。

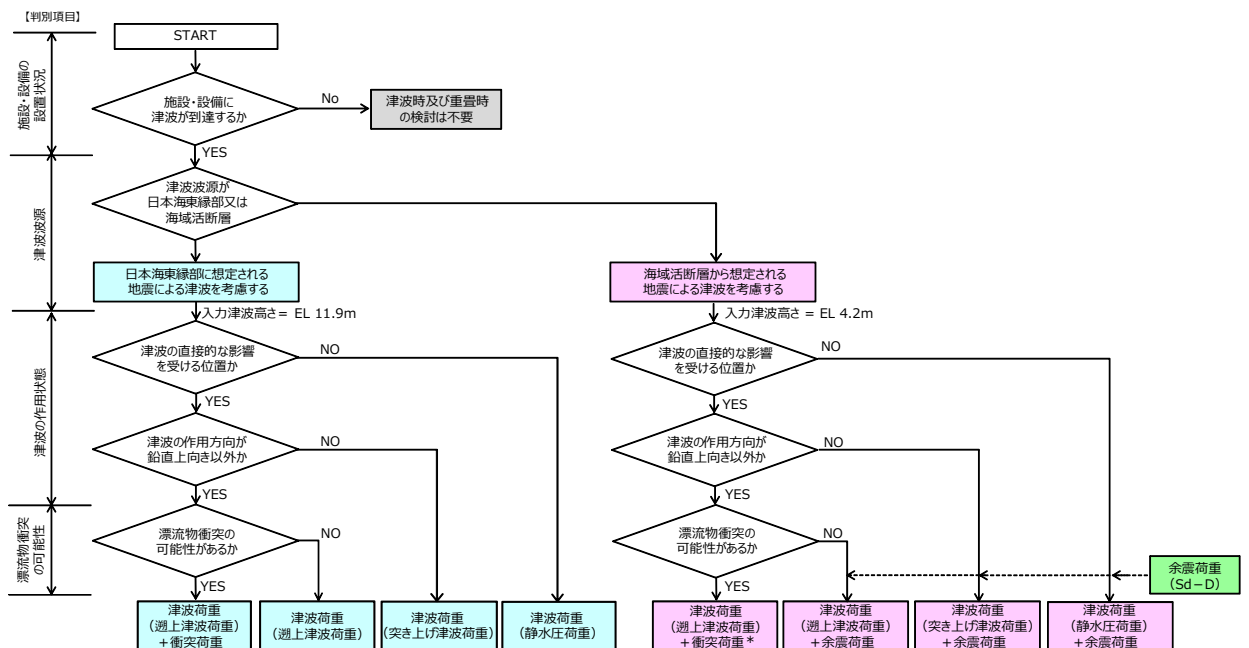
注記*：漂流物の衝突による荷重に対しては、漂流物対策工を設置し、主要な構造部材の構造健全性を保持する設計とする。

1.4 浸水防護施設の強度計算で考慮する荷重及び荷重の組合せ

1.4.1 概要

本資料は、浸水防護施設の強度計算で考慮する荷重及び荷重の組合せの考え方について説明するものである。

浸水防護施設の強度計算で考慮する荷重及び荷重の組合せは、施設の配置、構造計画に基づく形状及び評価対象部位を踏まえて、常時作用する荷重、津波の形態に応じた荷重及びその他自然現象による荷重に分けて適切に組み合わせることとしている。そのため、津波の形態に応じた荷重の組合せとして、津波荷重（遡上津波荷重、突き上げ津波荷重、水平津波荷重又は静水圧荷重）と余震荷重の組合せを考慮する場合と、漂流物の影響を受ける位置に設置している施設については、津波荷重と漂流物による衝突荷重（以下「衝突荷重」という。）の組合せを考慮する場合について強度計算を行う。施設・設備の設置状況、津波波源、津波の作用状態及び漂流物衝突の可能性を踏まえて分類した津波時及び重畳時における荷重の組合せ選定フローを図 1.4.1-1 に示す。



注記*：海域活断層から想定される地震による津波荷重に衝突荷重を考慮するケースについては、日本海東縁部に想定される地震による津波荷重に衝突荷重を考慮するケースに包絡されるため、検討不要とする。

図 1.4.1-1 津波時及び重畳時における荷重の組合せ選定フロー

1.4.2 津波荷重と余震荷重の組合せについて

津波荷重と余震荷重の組合せについては、安全側の評価を行う観点から、津波による最大荷重（最大波高時における波圧）と余震による最大荷重の組合せを考慮する。

なお、津波による最大荷重の継続時間及び余震による最大荷重の継続時間はそれぞれ短時間であり、同時に作用する可能性は小さいことから、十分な余裕を考慮した設定となっている。

1.4.3 津波荷重と衝突荷重の組合せについて

津波荷重と衝突荷重の組合せについて、実際に施設に作用する荷重としては、津波による最大荷重と漂流物衝突による最大荷重が同時に作用する可能性は小さいと考えられるが、設計上の配慮として、津波高さに応じた津波荷重と漂流物による衝突荷重を重畳させる。なお、設計上の配慮として、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、漂流物の衝突速度を安全側に 10.0m/s とし、海域活断層から想定される地震による津波荷重に衝突荷重を考慮するケースについては、日本海東縁部に想定される地震による津波荷重に衝突荷重を考慮するケースに包絡されるため、検討不要とする。

また、狭隘な場所における漂流速度については、その設置状況に応じた設定とする。

1.4.4 浸水防護施設の強度計算で考慮する荷重及び荷重の組合せ

浸水防護施設の強度計算で考慮する荷重の組合せの考え方を表 1.4.4-1 に示す。

表 1.4.4-1 (1/5) 荷重の組合せの考え方 (津波防護施設)

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		余震荷重*1	津波荷重					
				自重	土圧		遡上津波荷重	突き上げ津波荷重	水平津波荷重	静水圧荷重	衝突荷重	
津波防護施設	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	屋外	常時荷重 + 津波荷重 + 衝突荷重	●	●		●				●	
			常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●	●	●						
	防波壁 (逆T擁壁)	屋外	常時荷重 + 津波荷重 + 衝突荷重	●	●		●				●	
			常時荷重 + 津波荷重 + 衝突荷重	●	●	●					●	
	防波壁 (波返重力擁壁)	屋外	常時荷重 + 津波荷重 + 衝突荷重	●	●		●				●	
			常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●	●	●						
	防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)	屋外	常時荷重 + 津波荷重 + 衝突荷重	●	●		●					●*4
			常時荷重 + 津波荷重 + 衝突荷重	●	●	●						
	防波壁通路防波扉 (荷揚場南, 3号機東側)	屋外	常時荷重 + 津波荷重	●	●		●					●*5
			常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●	●	●						●*2
1号機取水槽流路縮小工	屋外	屋外	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●	●	●					●*3	

注記*1：余震荷重は、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受ける箇所を考慮する。

*2：静水圧荷重に加え、津波の流速を考慮した抗力及び摩擦による推力を考慮する。津波の流速については安全側に10.0m/sとして評価を行う。

*3：静水圧荷重に加え、津波の流速を考慮した抗力及び摩擦による推力を考慮する。津波の流速については安全側に6.0m/sとして評価を行う。

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

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

表 1.4.4-1 (2/5) 荷重の組合せの考え方 (浸水防止設備 (外郭防護))

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		余震荷重*	津波荷重				衝突荷重	
				自重	土圧		遡上津波荷重	突き上げ津波荷重	水平津波荷重	静水圧荷重		
浸水防止設備 (外郭防護)	屋外排水路逆止弁 ①~⑦, ⑧-1, ⑧-2, ⑨~⑬	屋外	常時荷重+津波荷重	●						●		
			常時荷重+津波荷重+余震荷重	●		●				●		
	取水槽除じん機エリア 防水壁	屋外	常時荷重+津波荷重	●						●		
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (東)	屋外	常時荷重+津波荷重	●						●		
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (西)	屋外	常時荷重+津波荷重	●						●		
	取水槽除じん機エリア 水密扉 (北)	屋外	常時荷重+津波荷重	●						●		
	取水槽床ドレン逆止弁	屋外 (敷地地下)	常時荷重+津波荷重									
			常時荷重+津波荷重+余震荷重							●		●
	貫通部止水処置	屋外 (敷地地下)	常時荷重+津波荷重		●							●
			常時荷重+津波荷重+余震荷重		●							●

注記* : 余震荷重は、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受ける箇所を考慮する。

表 1.4.4-1 (3/5) 荷重の組合せの考え方 (浸水防止設備 (内郭防護))

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		余震荷重*	津波荷重					
				自重	土圧		遡上津波荷重	突き上げ津波荷重	水平津波荷重	静水圧荷重	衝突荷重	
浸水防止設備 (内郭防護)	タービン建物 地下1階 復水系配管室防水壁	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●				●		
	タービン建物 地下1階 復水器室北西防水壁	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●				●		
	タービン建物 地下1階 復水器室北側防水壁	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●				●		
	タービン建物 地下1階 復水器室北東防水壁	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●				●		
	タービン建物 地下1階 復水系配管室水密扉	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●				●		
	タービン建物 地下1階 復水器室北西水密扉	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●				●		
	タービン建物 地下1階 復水器室北側水密扉	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●				●		
	タービン建物 地下1階 復水器室北東水密扉	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●				●		
	取水槽床ドレン逆止弁	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●					●	
	タービン建物 床ドレン逆止弁	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●					●	
	電動弁	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●					●	

注記* : 余震荷重は、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受ける箇所では考慮する。

表 1.4.4-1 (4/5) 荷重の組合せの考え方 (浸水防止設備 (内郭防護))

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		余震荷重*	津波荷重				衝突荷重	
				自重	土圧		遡上津波荷重	突き上げ津波荷重	水平津波荷重	静水圧荷重		
浸水防止設備 (内郭防護)	逆止弁	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●					●	
	ポンプ	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●					●	
	配管	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●					●	
	貫通部止水処置	屋内	常時荷重 + 津波荷重 + 余震荷重	●		●					●	

注記* : 余震荷重は、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受ける箇所を考慮する。

表 1.4.4-1 (5/5) 荷重の組合せの考え方 (津波監視設備)

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		余震荷重*	津波荷重				衝突荷重
				自重	土圧		遡上津波荷重	突き上げ津波荷重	水平津波荷重	静水圧荷重	
津波監視設備	取水槽水位計	屋内	常時荷重+津波荷重+余震荷重	●		●		●	●	●	

注記*：余震荷重は、海域活断層から想定される地震による津波の影響を受ける箇所を考慮する。

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

1.5.1 漂流物衝突荷重

津波防護施設のうち防波壁及び防波壁通路防波扉において，漂流物の衝突による影響を抑制する目的で，漂流物対策工を設置する。

防波壁において，漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達させること及び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目的で，図 1.5.1-1 に示す漂流物対策工を設置する。

防波壁通路防波扉において，防波壁通路防波扉に漂流物を直接衝突させない目的で，図 1.5.1-2 に示す漂流物対策工を設置する。

津波防護施設に考慮する漂流物衝突荷重について，津波防護施設の構造及び漂流物対策工の有無を踏まえて設定する。

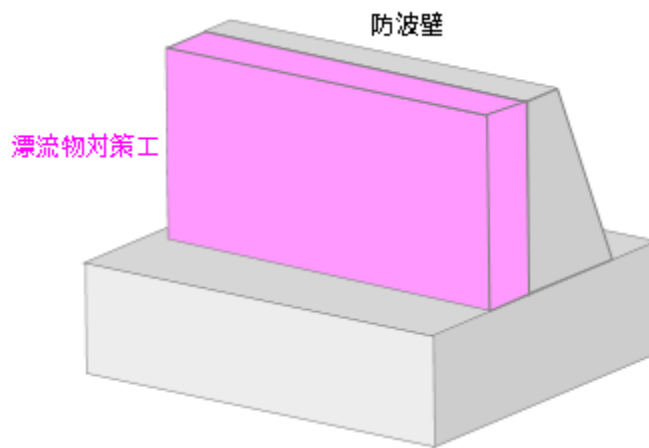


図 1.5.1-1 防波壁に設置する漂流物対策工

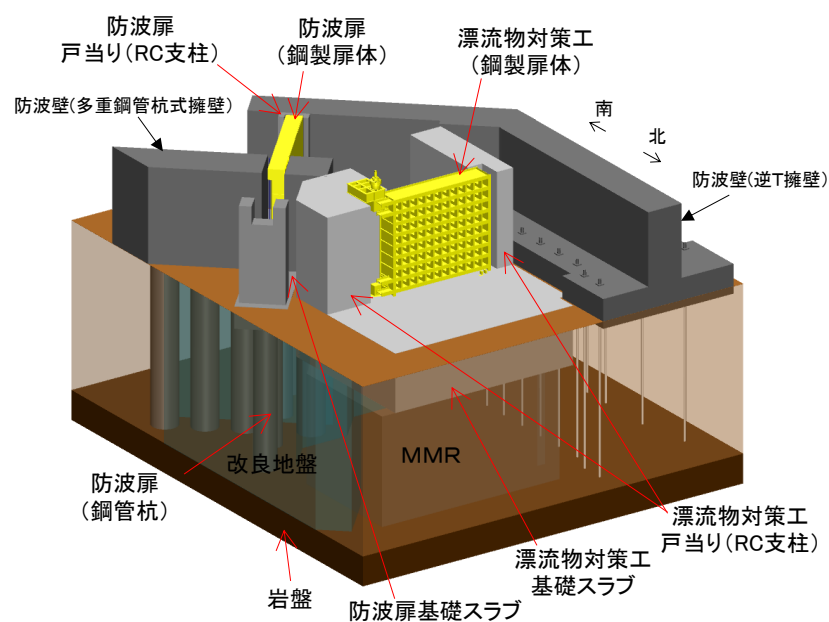


図 1.5.1-2 防波壁通路防波扉に設置する漂流物対策工

(1) 漂流物衝突荷重

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 1.5.1-1 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。「衝突解析」における衝突状況を図 1.5.1-3 に示す。

表 1.5.1-1 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

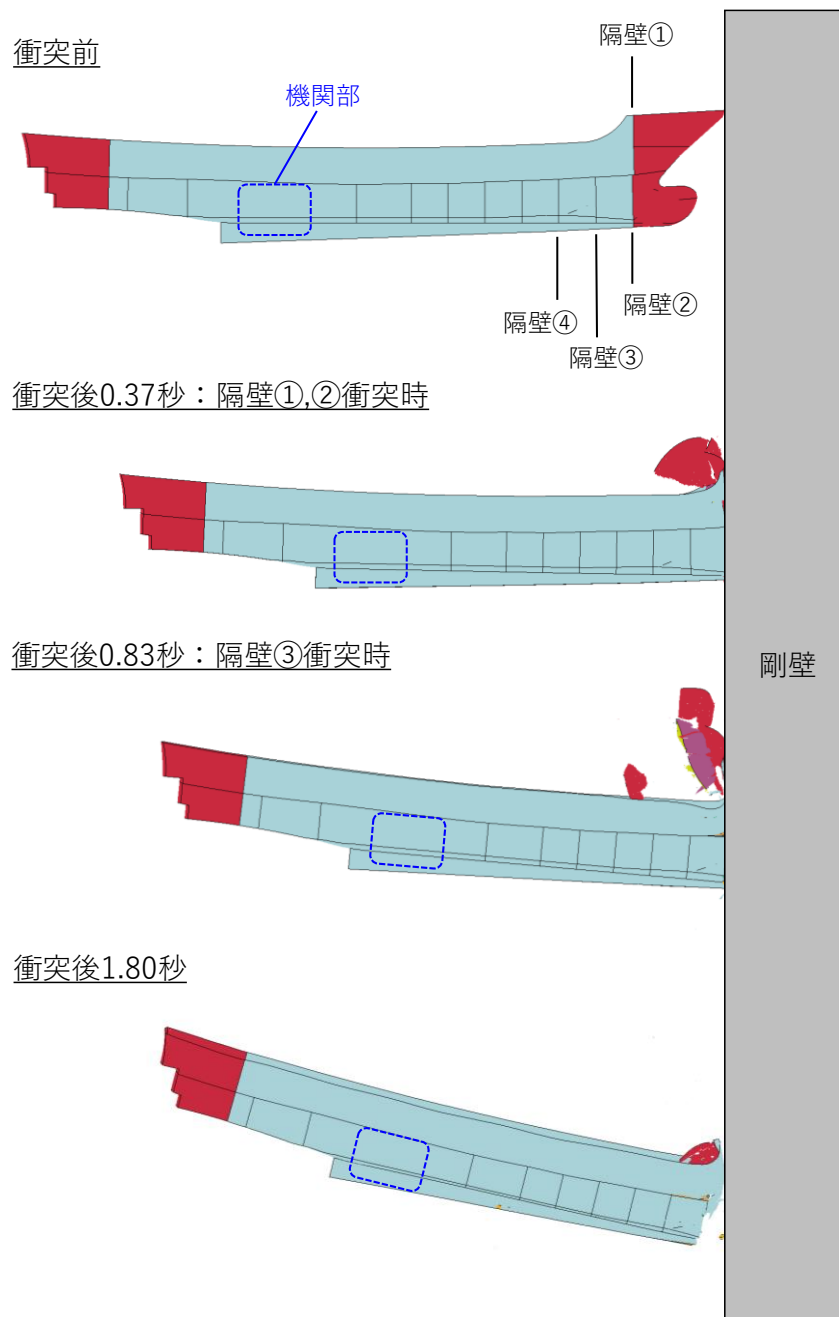


図 1.5.1-3 「衝突解析」における衝突状況
(例：船首衝突)

漂流物衝突荷重として、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」及び「局所的な漂流物衝突荷重」を設定する（図 1.5.1-4）。

「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は、評価対象構造物の延長に応じて、表 1.5.1-2 に示す設計用漂流物衝突荷重を設定する。また、評価対象構造物のうち局所的な損傷が懸念される部材、又は評価対象範囲が「局所的な漂流物衝突荷重」の載荷幅の 1m を下回る部材については、「局所的な漂流物衝突荷重」の設計用漂流物衝突荷重は 1,200kN を設定する。

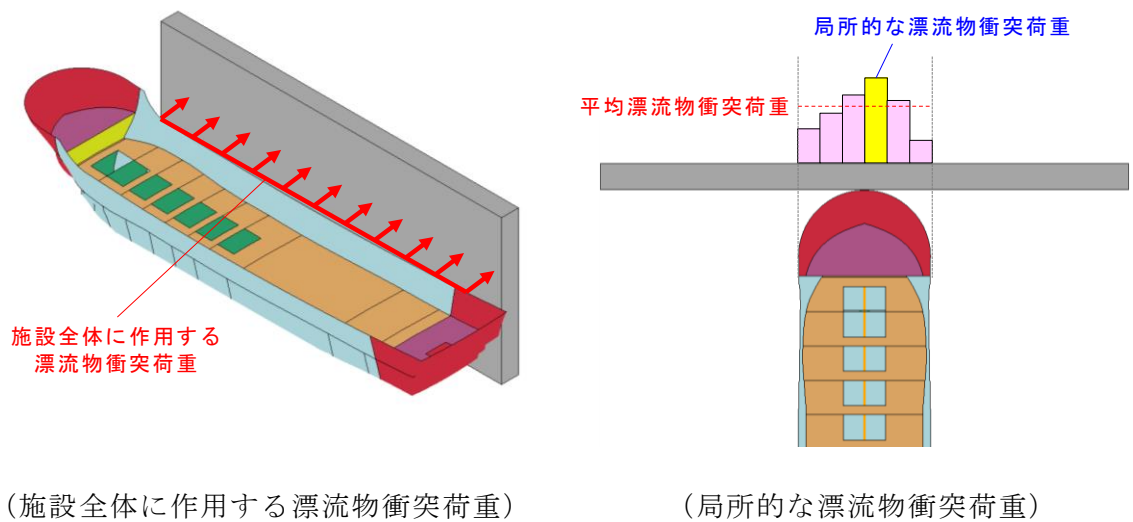


図 1.5.1-4 設計用漂流物衝突荷重のイメージ図

表 1.5.1-2 評価対象構造物に対する設計用漂流物衝突荷重
(施設全体に作用する漂流物衝突荷重)

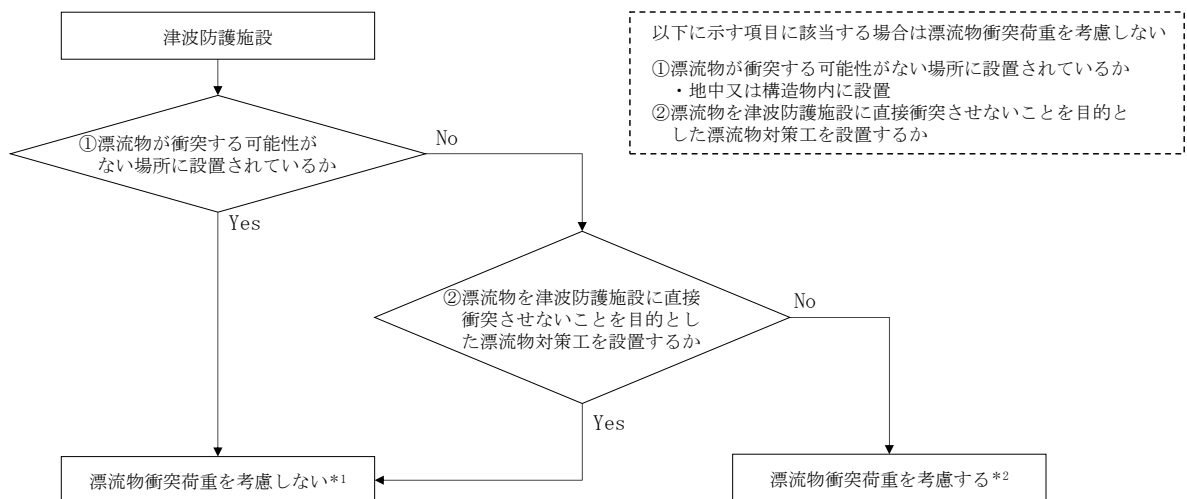
評価対象構造物の延長	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
衝突解析から算定される漂流物衝突荷重	kN	1,107	2,159	2,654	3,049	3,072	3,078	3,085	3,448	3,859	4,271	4,631	5,082
衝突解析から算定される漂流物衝突荷重を評価対象構造物の延長で除した値	kN/m	1,107	1,080	885	762	614	513	441	431	429	427	421	424
設計用平均漂流物衝突荷重 (設計用平均漂流物衝突荷重×評価対象構造物の延長)	kN/m (kN)	1,200 (1,200)	1,100 (2,200)	890 (2,670)	770 (3,080)	620 (3,100)	520 (3,120)	450 (3,150)	440 (3,520)	430 (3,870)	430 (4,300)	430 (4,730)	430 (5,160)
評価対象構造物の延長	m	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
衝突解析から算定される漂流物衝突荷重	kN	5,529	5,816	6,263	6,544	6,776	6,921	7,013	7,045	7,263	7,355	7,387	7,395
衝突解析から算定される漂流物衝突荷重を評価対象構造物の延長で除した値	kN/m	425	415	418	409	399	385	369	352	346	334	321	308
設計用平均漂流物衝突荷重 (設計用平均漂流物衝突荷重×評価対象構造物の延長)	kN/m (kN)	430 (5,590)	420 (5,880)	420 (6,300)	410 (6,560)	400 (6,800)	390 (7,020)	370 (7,030)	360 (7,200)	350 (7,350)	340 (7,480)	330 (7,590)	310 (7,440)

(2) 漂流物衝突荷重を考慮する津波防護施設の選定

津波防護施設において、漂流物衝突荷重を考慮する施設の選定フローを図 1.5.1-5 に、漂流物衝突荷重を考慮する施設の選定結果を表 1.5.1-3 に示す。

表 1.5.1-3 より、漂流物衝突荷重を考慮する施設は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）、防波壁（逆 T 擁壁）及び防波壁（波返重力擁壁）に加えて、防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）に設置する漂流物対策工を選定する。

また、防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置する施設である防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）及び漂流物衝突荷重を考慮しない施設である1号機取水槽流路縮小工の設置状況を図 1.5.1-7 に示す。なお、狭隘な設置場所とは、開口幅が、図 1.5.1-6 に示す標準的な漁船諸元と比較して狭い箇所とした。



注記*1：漂流物を津波防護施設に直接衝突させないことを目的とした漂流物対策工を設置する場合、漂流物対策工は漂流物衝突荷重を考慮する。
*2：防波壁の壁面（海側）より奥まった狭隘な場所に設置する場合は、船舶は衝突しないため、枕木による衝突荷重を考慮する。

図 1.5.1-5 漂流物衝突荷重を考慮する施設の選定フロー

表 1.5.1-3 漂流物衝突荷重を考慮する施設の選定結果

津波防護施設		①漂流物が衝突する可能性がない場所に設置されているか	②漂流物を津波防護施設に直接衝突させないことを目的とした漂流物対策工を設置するか	漂流物衝突荷重の考慮	備考
防波壁	防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	×	×	考慮する	(漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達させること及び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目的で漂流物対策工を設置)
	防波壁 (逆T擁壁)	×	×	考慮する	(漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達させること及び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目的で漂流物対策工を設置)
	防波壁 (波返重力擁壁)	×	×	考慮する	(漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達させること及び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目的で漂流物対策工を設置)
防波壁 通路 防波扉	防波壁通路防波扉 (1号機北側)	×	×	考慮する	狭隘な場所に設置するため、船舶は衝突しない。枕木による漂流物衝突荷重を考慮する。
	防波壁通路防波扉 (2号機北側)	×	×	考慮する	狭隘な場所に設置するため、船舶は衝突しない。枕木による漂流物衝突荷重を考慮する。
	防波壁通路防波扉 (荷揚場南)	×	○	考慮しない	防波壁通路防波扉に漂流物を直接衝突させない目的で漂流物対策工を設置するため、漂流物は衝突しない。なお、漂流物対策工は、漂流物衝突荷重を考慮する
	防波壁通路防波扉 (3号機東側)	×	○	考慮しない	防波壁通路防波扉に漂流物を直接衝突させない目的で漂流物対策工を設置するため、漂流物は衝突しない。なお、漂流物対策工は、漂流物衝突荷重を考慮する
1号機取水槽流路縮小工		○	—	考慮しない	1号機取水槽内に設置するため、漂流物は衝突しない

○：該当する (Yes) ×：該当しない (No) —：漂流物が衝突する可能性がない場所に設置されているため対象外

図-3.4.5 に標準的な漁船諸元の測定方法を示す。

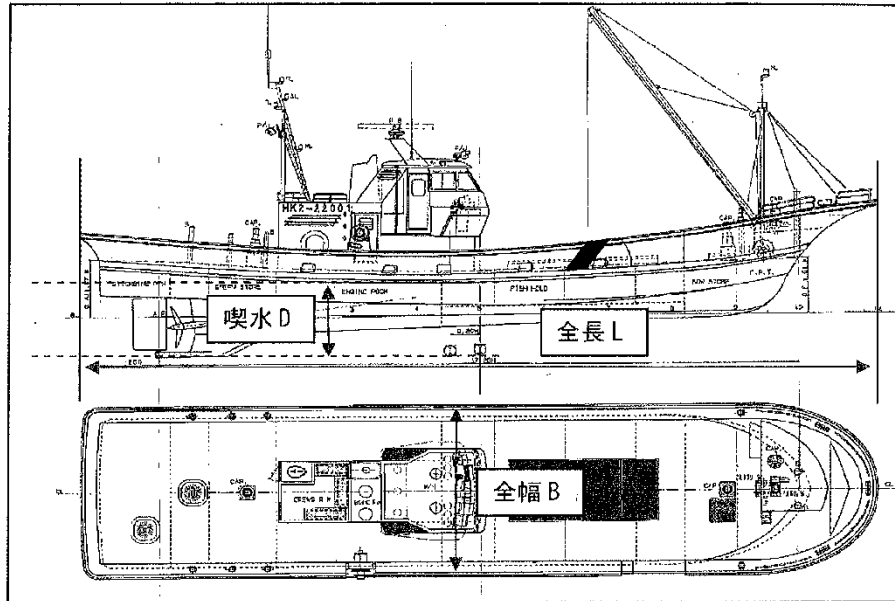


図-3.4.5 標準的な漁船諸元の測定方法(全長L、全幅B、喫水D)

入港漁船の型式、寸法等が不明でその喫水を明確に決定したい場合は、表-3.4.3を参考にすることができる。

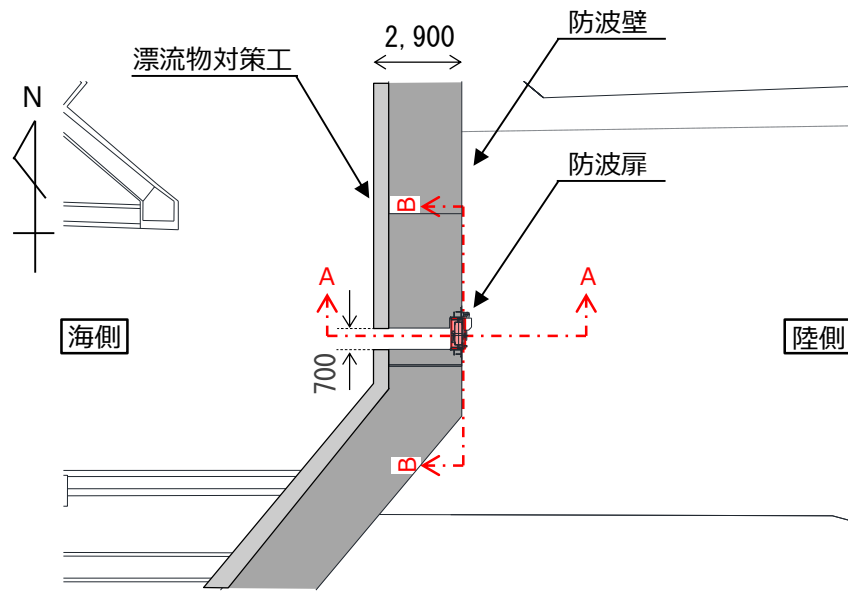
表-3.4.3 漁船の諸元⁷⁾

船型 (G.T.)	船の長さ (L)	船の幅 (B)	喫水	
			最大 (dmax)	最小 (dmin)
1	7.0m	1.8m	1.0m	-m
2	8.0	2.2	1.2	-
3	9.0	2.4	1.4	-
4	10.0	2.6	1.6	-
5	11.0	2.8	1.8	-
10	13.0	3.5	2.0	1.9
20	17.0	4.3	2.2	2.1
30	20.0	4.7	2.5	2.3
40	22.0	5.2	2.7	2.5
50	24.0	5.5	2.9	2.6
100	30.0	6.5	3.7	3.2
150	35.0	7.2	4.2	3.5
200	40.0	7.6	4.6	3.8
300	46.0	8.4	5.2	4.2
400	52.0	8.9	5.6	4.5
500	55.0	9.4	5.9	4.8

図 1.5.1-6 標準的な漁船諸元

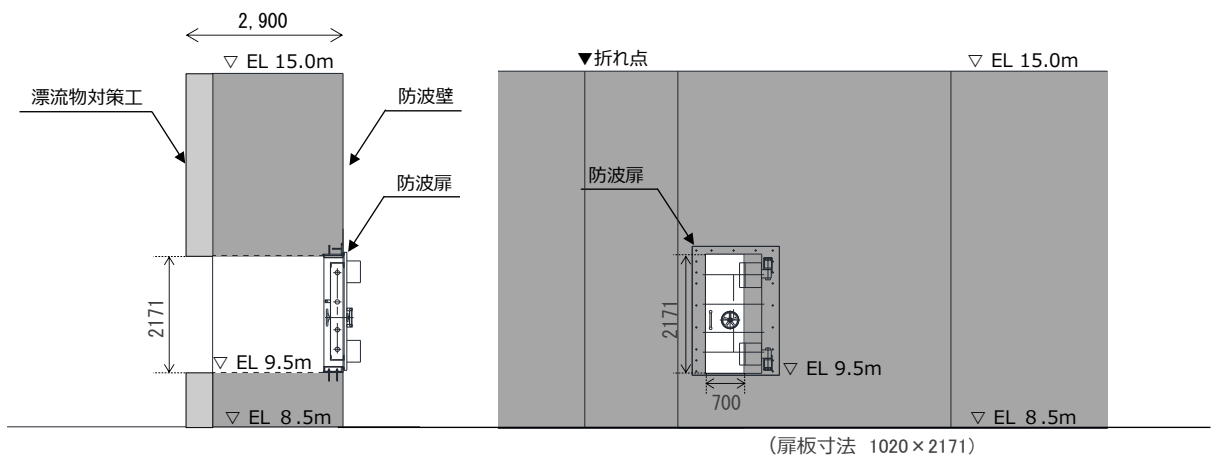
(「津波漂流物対策施設設計ガイドライン

(一般財団法人沿岸技術研究センター, 平成 26 年 3 月)」より抜粋)



平面図

(単位 mm)

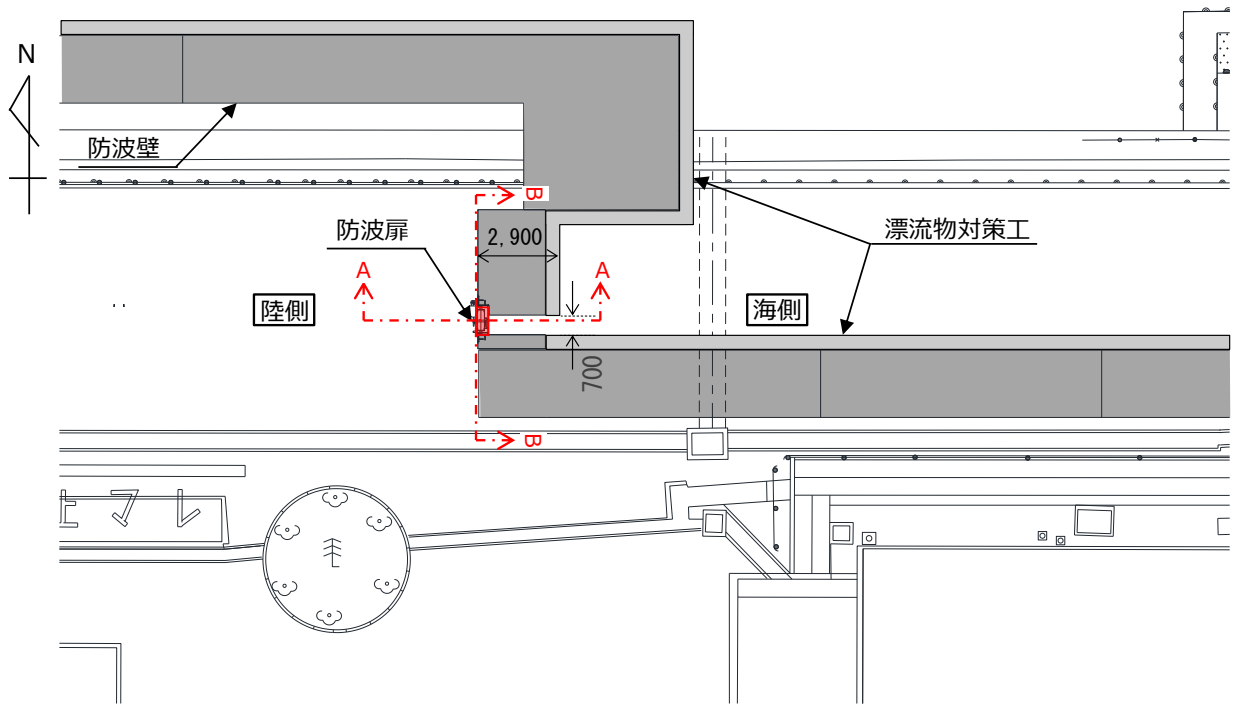


A—A断面

B—B断面

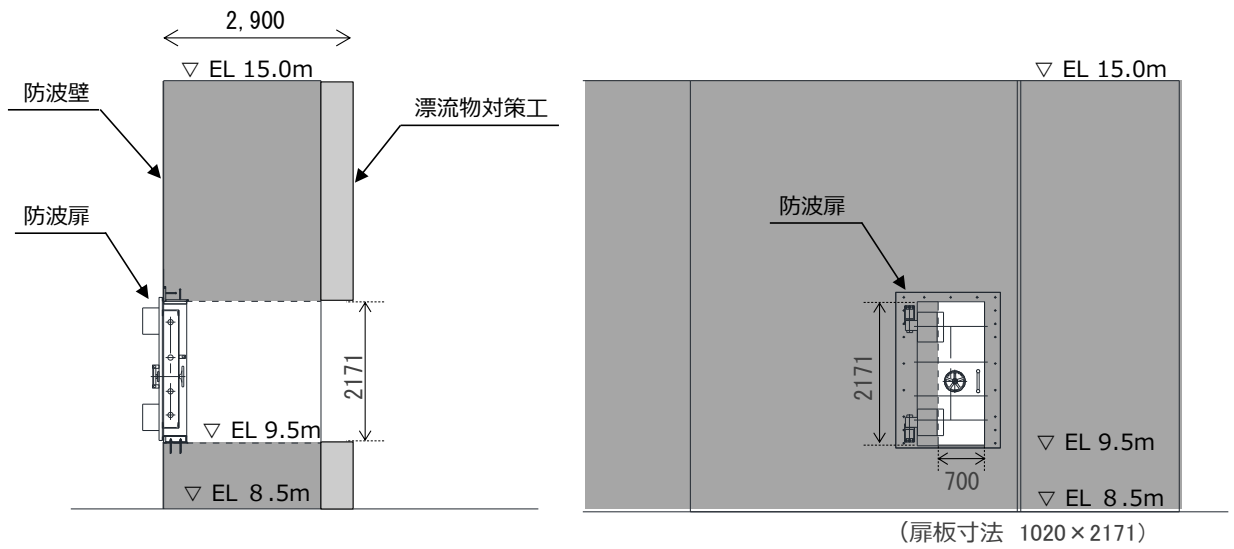
断面図

図 1.5.1-7(1) 狭隘な場所に設置する施設の設置状況
(防波壁通路防波扉 (1号機北側))



平面図

(単位 mm)



A-A断面

B-B断面

断面図

図 1.5.1-7(2) 狭隘な場所に設置する施設の設置状況
(防波壁通路防波扉 (2号機北側))

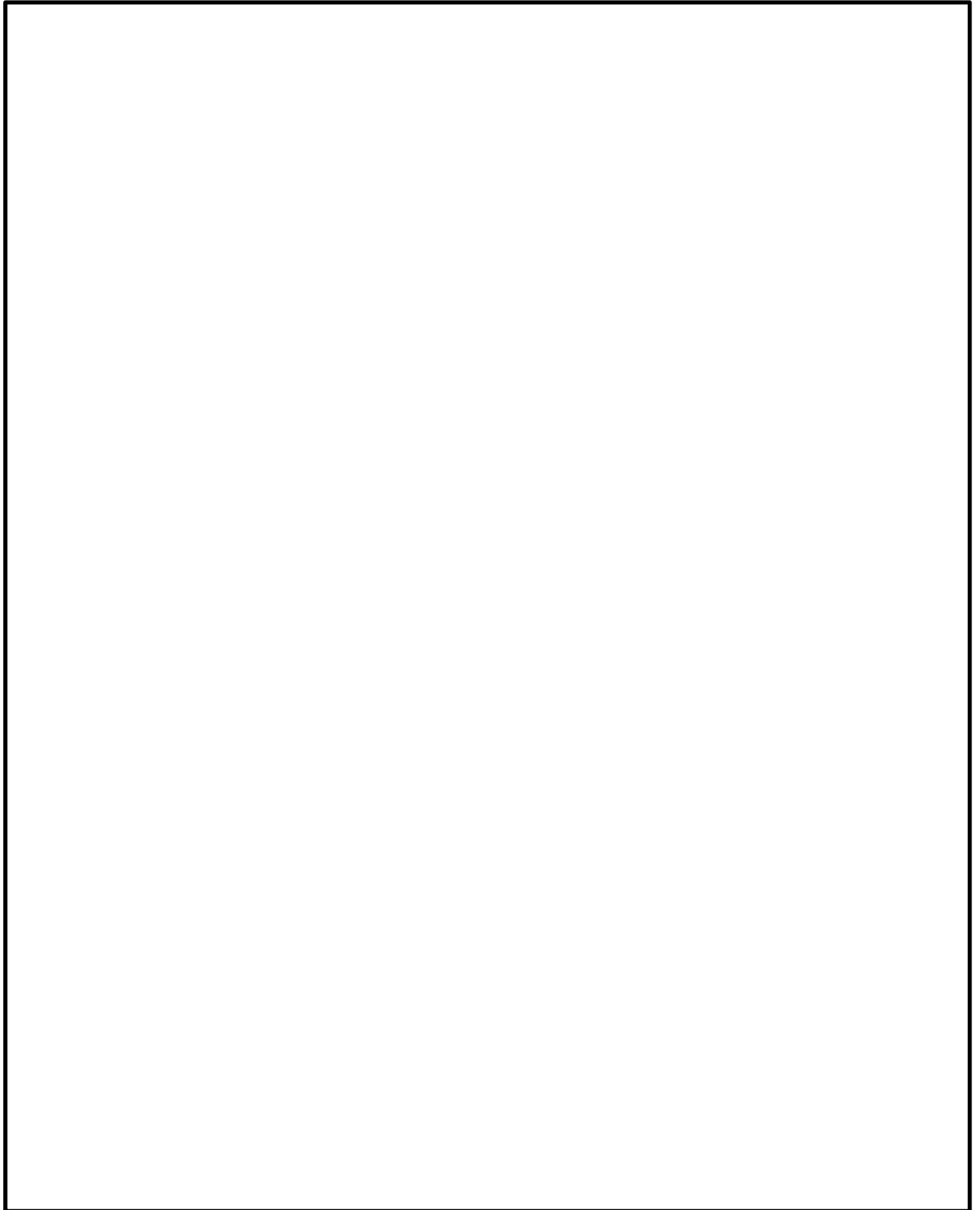


図 1.5.1-7(3) 漂流物衝突荷重を考慮しない施設の設置状況
(1号機取水槽流路縮小工)

(3) 船舶（総トン数 19 トン）による漂流物衝突荷重

船舶（総トン数 19 トン）による漂流物衝突荷重を考慮する津波防護施設及び津波防護施設に設置する漂流物対策工における漂流物衝突荷重の設定方法を示す。

a. 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）は、防波壁の前面に設置し、漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達し、局所的な損傷を防止することを目的としている。

なお、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面の施設護岸が地震により損傷し、**図 1.5.1-8 に示すとおり津波高さ EL 12.6m より低い位置で**、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の鋼管杭に漂流物が衝突する可能性は否定できないが、鋼管杭の評価のうち最も厳しい曲げ・軸力系の破壊においては、津波高さ EL 12.6m より低い位置に漂流物が衝突したとしても発生曲げモーメントは小さくなること、**また防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の背面の改良地盤により地中部の止水性が確保されること**から、鋼管杭に漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置しない。また、防波壁（波返重力擁壁）の一部のケーソンについては、ケーソンの前壁の背面にコンクリートを充填しており、局所的な損傷（コンクリートの押抜きせん断）が懸念されないため、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置しない。

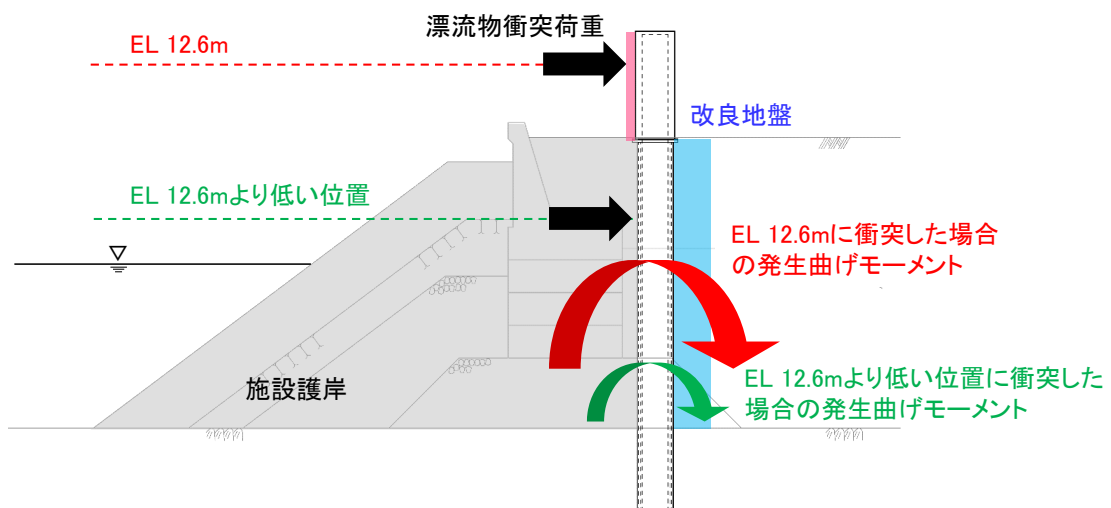


図 1.5.1-8 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における漂流物衝突位置による発生曲げモーメントのイメージ図

漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、漂流物が直接衝突することから、局所的な損傷である押抜きせん断が懸念される。漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）における漂流物衝突荷重の载荷イメージを図 1.5.1-9 に示す。漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の厚さ 0.5m、延長を 15m とした場合、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は 6,300kN（表 1.5.1-2 参照）となり、漂流物衝突荷重による押抜きせん断力は $0.42\text{N}/\text{mm}^2$ となる。「局所的な漂流物衝突荷重」である 1,200kN では、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の中央に衝突した場合の押抜きせん断力は $0.43\text{N}/\text{mm}^2$ 、端部に衝突した場合は $0.63\text{N}/\text{mm}^2$ となる。

よって、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の強度評価において、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する。

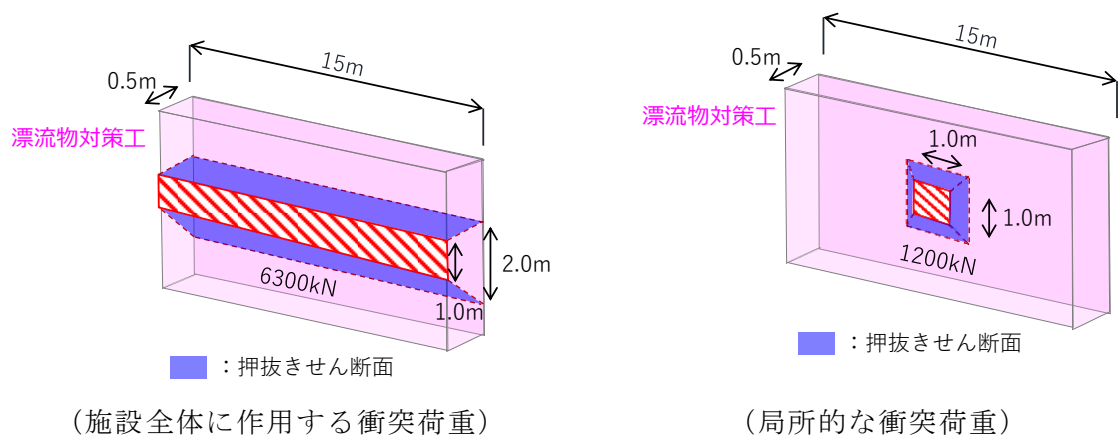


図 1.5.1-9 漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）の漂流物衝突荷重の载荷イメージ

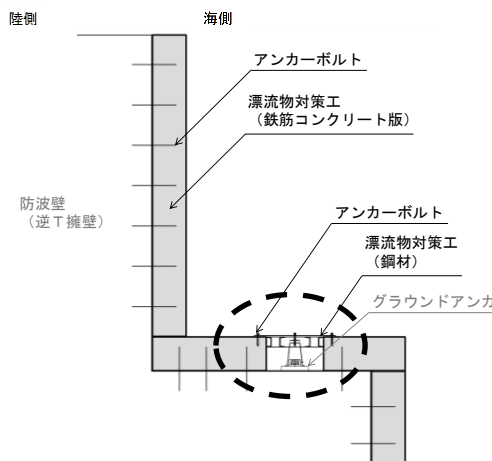
b. 漂流物対策工（鋼材）

漂流物対策工（鋼材）は、防波壁（逆T擁壁）のフーチング（グラウンドアンカ設置箇所）に設置し、漂流物をグラウンドアンカに衝突させないことを目的として、グラウンドアンカ設置箇所である開口部を覆うような構造となっている。

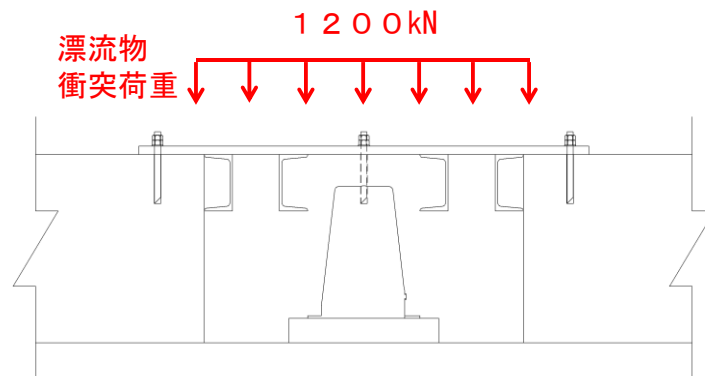
漂流物対策工（鋼材）は、フーチングの上部に設置されるため、津波の進行方向と平行になるが、津波防護施設の一部であることから、安全側の評価の観点から、漂流物衝突荷重を考慮する。

漂流物対策工（鋼材）における漂流物衝突荷重の载荷イメージを図 1.5.1-10 に示す。

漂流物対策工（鋼材）の強度評価においては、評価対象幅となる開口部幅 0.85m を踏まえ、「局所的な漂流物衝突荷重」である 1,200kN を考慮する。



(設置位置図)



(詳細図)

図 1.5.1-10 漂流物対策工（鋼材）の漂流物衝突荷重の载荷イメージ

c. 漂流物対策工（防波壁通路防波扉）

漂流物対策工（防波壁通路防波扉）は、防波壁通路防波扉の前面に設置し、漂流物を防波壁通路防波扉に衝突させないことを目的として、戸当り（RC支柱）及び鋼製扉体で構成される構造となっている。

漂流物対策工（防波壁通路防波扉）の代表構成部材を図 1.5.1-11 に、漂流物対策工（防波壁通路防波扉）の漂流物衝突荷重の载荷イメージを図 1.5.1-12 に示す。

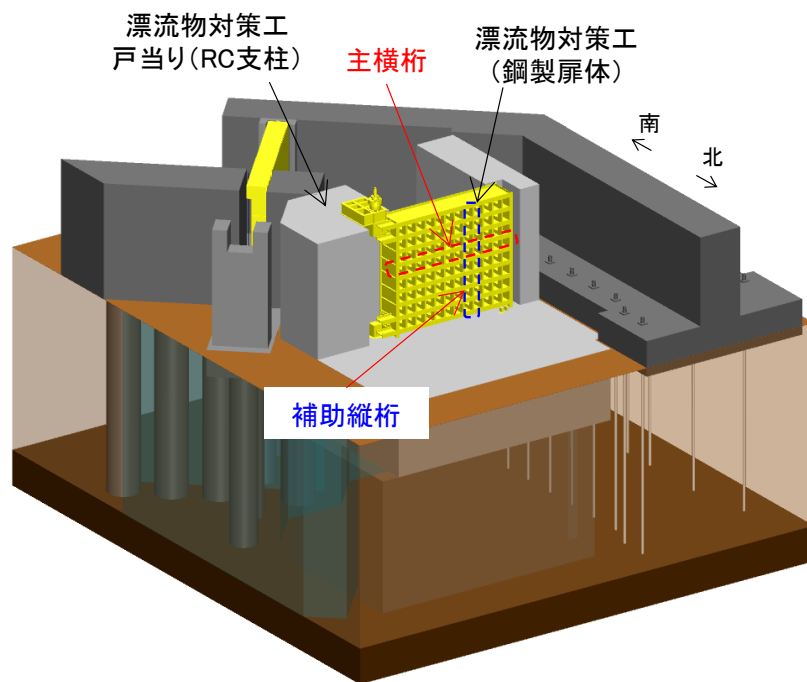
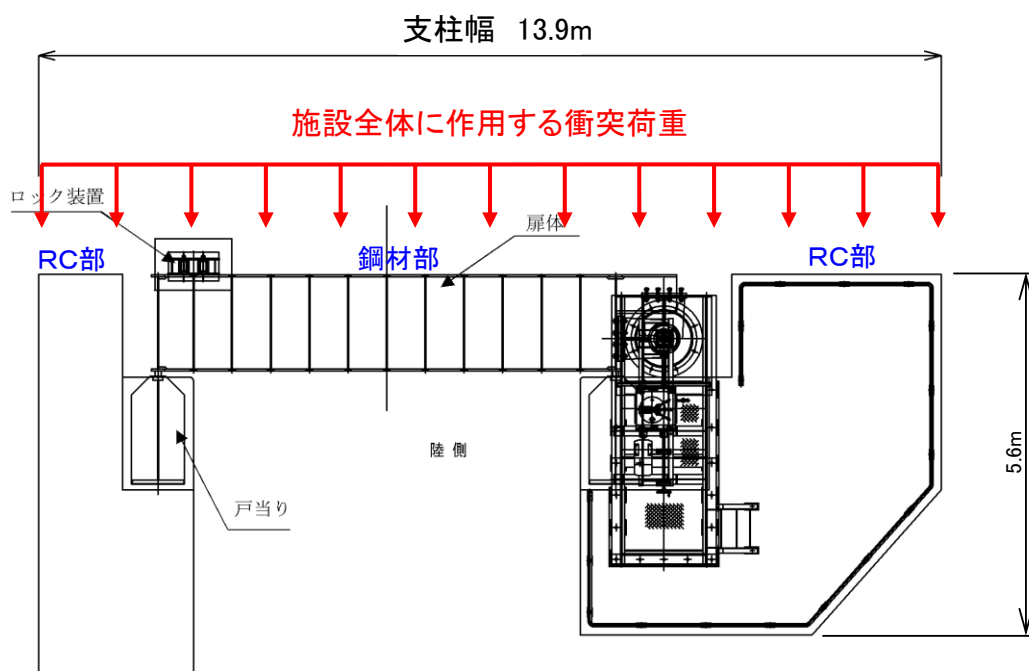


図 1.5.1-11 漂流物対策工（防波壁通路防波扉）の代表構成部材

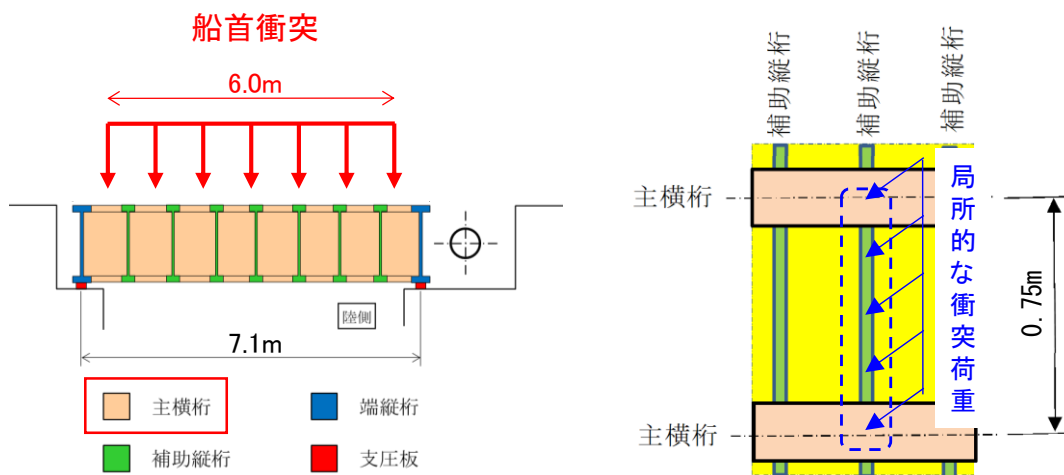
戸当り（RC支柱）及び鋼製扉体を構成する部材のうち、主横桁等の部材幅が大きな部材については、部材に作用する荷重が大きいほど発生する断面力が大きくなることから、「施設全体に作用する衝突荷重」を考慮する。なお、鋼製扉体を構成する部材のうち主横桁については、「施設全体に作用する衝突荷重」に加えて、部材幅が船首幅を上回る鋼材であること、また、異なる材料のRC支柱で両端を支持される構造であることを踏まえ、船首衝突についても考慮する。

一方、鋼製扉体を構成する部材のうち、補助横桁等の部材幅が 1m 未満の部材があることから、漂流物対策工（鋼材）と同様に、「局所的な漂流物衝突荷重」である 1,200kN を用いた検討を実施する。



(平面図)

部材幅が大きな部材 (例：主横桁，戸当り (RC支柱))



(平面図)

(正面図)

船首衝突を考慮する部材 (主横桁)

部材幅が 1m 未満の部材 (例：補助横桁)

図 1.5.1-12 漂流物対策工 (防波壁通路防波扉) の漂流物衝突荷重の载荷イメージ

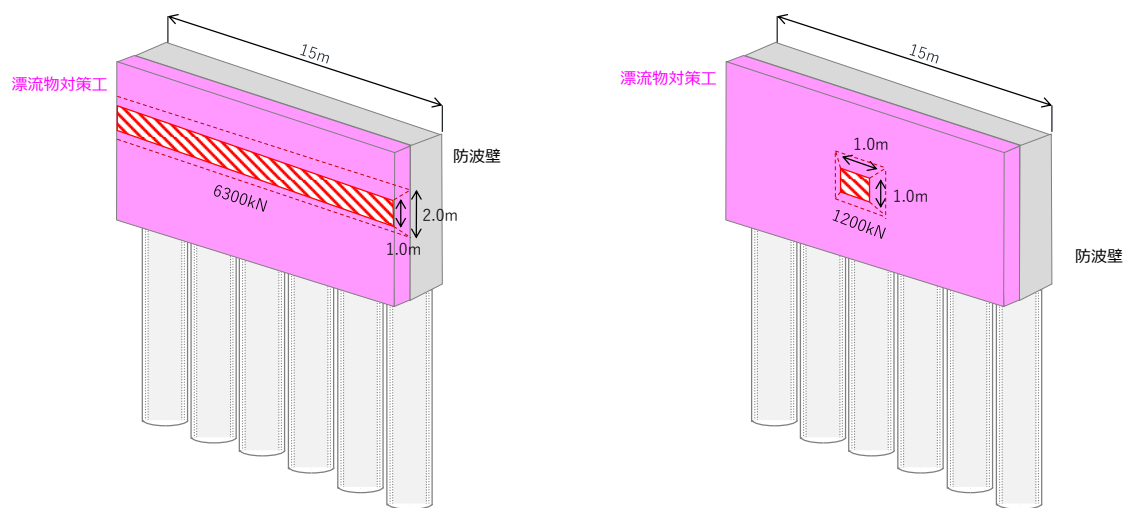
d. 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、鋼管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及び鋼管杭と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。また、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の前面に、漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達させること及び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目的で漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置する。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の漂流物衝突荷重の载荷イメージを図 1.5.1-13 に示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の標準的なブロック長である 15m の場合、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は 6,300kN（表 1.5.1-2 参照）となり、「局所的な漂流物衝突荷重」である 1,200kN を上回る。また、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、「2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明」に示すとおり、「局所的な衝突荷重」においても局所的な損傷（コンクリートの押抜きせん断）は生じないことから、「局所的な衝突荷重」により防波壁（多重鋼管杭式擁壁）が損傷するおそれはない。

よって、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の強度評価において、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」を考慮する。



（施設全体に作用する衝突荷重）

（局所的な衝突荷重）

図 1.5.1-13 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の漂流物衝突荷重の载荷イメージ

e. 防波壁（逆T擁壁）

防波壁（逆T擁壁）は、改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の逆T擁壁による直接基礎構造で構成される。また、防波壁（逆T擁壁）の前面に、漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達させること及び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目的で漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置する。

防波壁（逆T擁壁）の漂流物衝突荷重の载荷イメージを図 1.5.1-14 に示す。

防波壁（逆T擁壁）の標準的なブロック長である 16m の場合、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は 6,560kN（表 1.5.1-2 参照）となり、「局所的な漂流物衝突荷重」である 1,200kN を上回る。また、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、「2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明」に示すとおり、「局所的な衝突荷重」においても局所的な損傷（コンクリートの押抜きせん断）は生じないことから、「局所的な衝突荷重」により防波壁（逆T擁壁）が損傷するおそれはない。

よって、防波壁（逆T擁壁）の強度評価において、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」を考慮する。

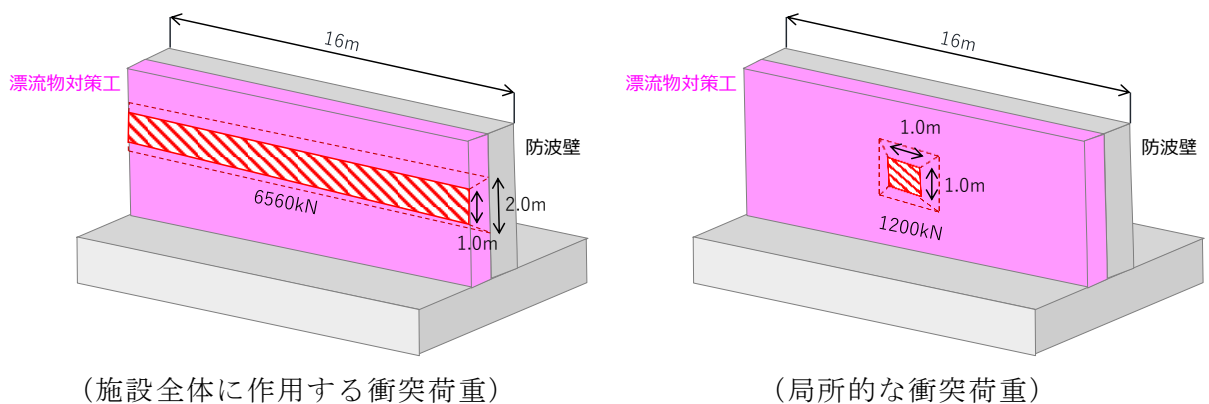


図 1.5.1-14 防波壁（逆T擁壁）の漂流物衝突荷重の载荷イメージ

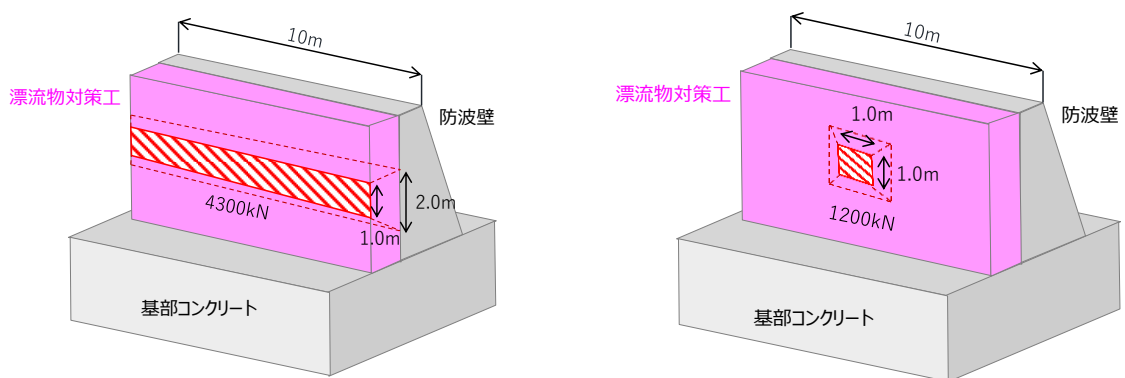
f. 防波壁（波返重力擁壁）

防波壁（波返重力擁壁）は、鉄筋コンクリート造のケーソンによる直接基礎構造と、鉄筋コンクリート造の重力擁壁から構成される。また、防波壁（波返重力擁壁）の前面に、漂流物衝突荷重を分散して防波壁に伝達させること及び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目的で漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を設置する。

防波壁（波返重力擁壁）の漂流物衝突荷重の载荷イメージを図 1.5.1-15 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）の標準的なブロック長である 10m の場合、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は 4,300kN（表 1.5.1-2 参照）となり、「局所的な漂流物衝突荷重」である 1,200kN を上回る。また、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は、「2.1.8 漂流物対策工に関する補足説明」に示すとおり、「局所的な衝突荷重」においても局所的な損傷（コンクリートの押抜きせん断）は生じないことから、「局所的な衝突荷重」により防波壁（波返重力擁壁）が損傷するおそれはない。なお、重力擁壁のうち基部コンクリートは、部材厚が十分厚く、漂流物による局所的な損傷は懸念されないこと、また基部コンクリートに設置しているグラウンドアンカは耐震・耐津波評価において考慮しないことから、重力擁壁のうち基部コンクリートに漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）は設置しない。

よって、防波壁（波返重力擁壁）の強度評価において、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」を考慮する。



(施設全体に作用する衝突荷重)

(局所的な衝突荷重)

図 1.5.1-15 防波壁（波返重力擁壁）の漂流物衝突荷重の载荷イメージ

g. 津波防護施設の強度評価に考慮する漂流物衝突荷重

津波防護施設の構造的特徴及び漂流物対策工の有無を踏まえ、評価対象部材における漂流物衝突荷重の整理を表 1.5.1-4 に示す。

表 1.5.1-4 評価対象部材における漂流物衝突荷重の整理

評価対象施設	評価対象部材	強度評価に考慮する衝突荷重*	選定理由
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	被覆コンクリート壁	施設全体に作用する漂流物衝突荷重	・漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を介して漂流物による衝突荷重を考慮する ・「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は、「局所的な漂流物衝突荷重」を上回ることで、また漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）による局所的な損傷を生じないことから、「施設全体に作用する衝突荷重」を考慮する
	鋼管杭	施設全体に作用する漂流物衝突荷重	・被覆コンクリート壁を介して漂流物による衝突荷重を考慮する ・被覆コンクリート壁における「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」を考慮する
	止水目地	—	・被覆コンクリート壁の敷地側に設置するため、漂流物の衝突を考慮しない
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)	局所的な漂流物衝突荷重	・漂流物が直接衝突し、局所的な損傷が懸念されること、また「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」と比較して「局所的な漂流物衝突荷重」による押抜きせん断力が大きくなることから、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する
防波壁 (逆T擁壁)	逆T擁壁	施設全体に作用する漂流物衝突荷重	・漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を介して漂流物による衝突荷重を考慮する ・「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は、「局所的な漂流物衝突荷重」を上回ることで、また漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）による局所的な損傷を生じないことから、「施設全体に作用する衝突荷重」を考慮する
	グラウンドアンカ	施設全体に作用する漂流物衝突荷重	・逆T擁壁を介して漂流物による衝突荷重を考慮する ・被覆コンクリート壁における「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」を考慮する ・漂流物対策工（鋼材）により、漂流物は直接衝突しない
	止水目地	—	・逆T擁壁の敷地側に設置するため、漂流物の衝突を考慮しない
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)	局所的な漂流物衝突荷重	・漂流物が直接衝突し、局所的な損傷が懸念されること、また「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」と比較して「局所的な漂流物衝突荷重」による押抜きせん断力が大きくなることから、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する
	漂流物対策工（鋼材）	局所的な漂流物衝突荷重	・漂流物が直接衝突し、評価対象幅となる開口部幅0.85mを踏まえ、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する
防波壁 (波返重力擁壁)	重力擁壁	施設全体に作用する漂流物衝突荷重	・漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を介して漂流物による衝突荷重を考慮する ・「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は、「局所的な漂流物衝突荷重」を上回ることで、また漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）による局所的な損傷を生じないことから、「施設全体に作用する衝突荷重」を考慮する
	ケーン	施設全体に作用する漂流物衝突荷重	・漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）を介して漂流物の衝突を考慮するケーンについては、漂流物対策工（鉄筋コンクリート版）による局所的な損傷を生じないことから、「施設全体に作用する衝突荷重」を考慮する ・一部のケーンについては、前壁の背面にコンクリートを充填していることから、局所的な損傷が懸念されないため、「施設全体に作用する衝突荷重」を考慮する
	H形鋼	施設全体に作用する漂流物衝突荷重	・重力擁壁を介して漂流物による衝突荷重を考慮する ・重力擁壁における「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」を考慮する
	止水目地	—	・重力擁壁の敷地側に設置するため、漂流物の衝突を考慮しない
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)	局所的な漂流物衝突荷重	・漂流物が直接衝突し、局所的な損傷が懸念されること、また「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」と比較して「局所的な漂流物衝突荷重」による押抜きせん断力が大きくなることから、「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する
防波壁通路防波扉 (1号機北側) (2号機北側)	防波扉	—	・防波壁の壁面（海側）より奥まった狭い場所に設置するため、船舶は衝突しない。枕木による衝突荷重を考慮する。（「津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料」の「4.5 漂流物による衝突荷重」参照）
防波壁通路防波扉 (荷揚場南) (3号機東側)	防波扉	—	・防波壁通路防波扉の前面に漂流物対策工を設置することから、漂流物による衝突荷重は考慮しない。なお、漂流物対策工は漂流物衝突荷重を考慮する。
	漂流物対策工	施設全体に作用する漂流物衝突荷重 局所的な漂流物衝突荷重	・戸当り（RC支柱）及び鋼製扉体を構成する部材のうち、主横桁等の部材幅が大きな部材については、部材に作用する荷重が大きいほど断面力が大きくなることから、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」を考慮する。 ・なお、鋼製扉体を構成する部材のうち主横桁については、「施設全体に作用する衝突荷重」に加えて、部材幅が船首幅を上回る鋼材であること、また、異なる材料のRC支柱で両端を支持される構造であることを踏まえ、船首衝突についても考慮する。 ・鋼製扉体を構成する部材のうち、補助縦桁等の部材幅が1m未満の部材については「局所的な漂流物衝突荷重」を考慮する。
1号機取水槽流路縮小工	—	—	・1号機取水槽内に設置するため、漂流物は衝突しない

注記*：構造的特徴及び漂流物対策工の設置状況等を踏まえ、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」及び「局所的な漂流物衝突荷重」のうち安全側の評価となる荷重を選定する。

1.5.2 風荷重

(1) 建築基準法に基づく設定

風荷重を考慮する浸水防護施設のうち、防波壁、防波壁通路防波扉、防水壁、水密扉及び津波監視カメラについては、次に示すとおり、建築基準法に基づき風荷重を算出する。

風荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づき、「建設省告示第1454号（平成12年5月31日）」に定められた松江市（（2）から（9）までに掲げる地方以外の地方）の設計基準風速30m/sを使用する。その他の入力値（係数）については、「建設省告示第1454号（平成12年5月31日）」、「建築物の構造規定—建築基準法施行令第3章の解説と運用—（日本建築センター、1997年版）」（以下「建築物の構造規定」という。）及び「建築物荷重指針・同解説（（社）日本建築学会、2004）」（以下「建築物荷重指針・同解説」という。）に基づき設定する。表1.5.2-1に防波壁の風荷重設定における入力値を、表1.5.2-2に防波壁通路防波扉の風荷重設定における入力値を、表1.5.2-3に取水槽除じん機エリア防水壁の風荷重設定における入力値を、表1.5.2-4に取水槽除じん機エリア水密扉の風荷重設定における入力値を、表1.5.2-5に津波監視カメラの風荷重設定における入力値を示す。

$$P_k = C_f \times q \times A_k$$

P_k : 風荷重 (kN)

C_f : 風力係数

$$C_f = C_{pe} - C_{pi}$$

C_{pe} : 外圧係数

C_{pi} : 内圧係数

A_k : 受風面積 (m²)

Q : 速度圧 (kN/m²)

$$q = 0.6 \times E \times V_0^2$$

V_0 : 設計基準風速 (m/s)

E : 速度圧の高さ方向の分布を表わす係数

$$E = E_r^2 \times G_f$$

G_f : ガスト影響係数

E_r : 平均風速の高さ方向の分布を表わす係数

$$E_r = 1.7 \times (Z_b / Z_G)^\alpha \quad (\text{H が } Z_b \text{ 以下の場合})$$

$$E_r = 1.7 \times (H / Z_G)^\alpha \quad (\text{H が } Z_b \text{ を超える場合})$$

H : 建築物の高さ

α : 地表面粗度区分による係数

Z_b : 地表面粗度区分による係数

Z_G : 地表面粗度区分による係数

表 1.5.2-1 防波壁の風荷重設定における入力値について* (1/3)

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)	30	松江市における基準風速 ((2) から (9) までに掲げる地方以外の地方)	建設省告示第 1454 号
ガスト影響係数 G_f	2.0	地表面粗度区分 I における最大の値として保守的に設定	建設省告示第 1454 号
建築物の高さ H (m)	14.42	海面 (EL 0.58m) からの防波壁天端 (EL 15.0m) の高さ	—
地表面の粗度区分による係数 α	0.10	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分による係数 Z_b	5	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分による係数 Z_G	250	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
平均風速の高さ方向の分布を表す係数 E_r	1.278	計算値	—
速度圧の高さ方向の分布を表す係数 E	3.267	計算値	—
速度圧 q (kN/m ²)	1.764	計算値	—
風力係数 C_f	1.2	図 1.5.2-1 参照	建築物の構造規定

注記* : 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) のうち防波壁が施設護岸の前面に設置されている断面及び防波壁 (波返重力擁壁) における風荷重 (海側から陸側) を示す。

表 1.5.2-1 防波壁（陸側から海側）の風荷重設定における入力値について*（2/3）

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)	30	松江市における基準風速（（2）から（9）までに掲げる地方以外の地方）	建設省告示第 1454 号
ガスト影響係数 G_f	2.0	地表面粗度区分 I における最大の値として保守的に設定	建設省告示第 1454 号
建築物の高さ H (m)	8.5	敷地高（EL 6.5m）からの防波壁天端（EL 15.0m）の高さ	—
地表面の粗度区分による係数 α	0.10	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分による係数 Z_b	5	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分による係数 Z_G	250	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
平均風速の高さ方向の分布を表す係数 E_r	1.212	計算値	—
速度圧の高さ方向の分布を表す係数 E	2.939	計算値	—
速度圧 q (kN/m ²)	1.587	計算値	—
風力係数 C_f	1.2	図 1.5.2-1 参照	建築物の構造規定

注記*：防波壁前面又は背面の敷地高 EL 6.5m における風荷重を示す。

表 1.5.2-1 防波壁（陸側から海側）の風荷重設定における入力値について*（3/3）

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)	30	松江市における基準風速（（2）から（9）までに掲げる地方以外の地方）	建設省告示第 1454 号
ガスト影響係数 G_f	2.0	地表面粗度区分 I における最大の値として保守的に設定	建設省告示第 1454 号
建築物の高さ H (m)	6.5	敷地高（EL 8.5m）からの防波壁天端（EL 15.0m）の高さ	—
地表面の粗度区分による係数 α	0.10	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分による係数 Z_b	5	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分による係数 Z_G	250	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
平均風速の高さ方向の分布を表す係数 E_r	1.180	計算値	—
速度圧の高さ方向の分布を表す係数 E	2.786	計算値	—
速度圧 q (kN/m ²)	1.504	計算値	—
風力係数 C_f	1.2	図 1.5.2-1 参照	建築物の構造規定

注記*：防波壁前面又は背面の敷地高 EL 8.5m における風荷重を示す。

表 1.5.2-2 防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）の
風荷重設定における入力値について(1/2)

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 $V_0(\text{m/s})$	30	松江市における基準風速（(2)から(9)までに掲げる地方以外の地方）	建設省告示第1454号
ガスト影響係数 G_f	2.0	地表面粗度区分Iにおける最大の値として保守的に設定	建設省告示第1454号
建築物の高さ $H(\text{m})$	3.15	敷地高（EL 8.5m）からの防波扉開口部天端（EL 11.65m）の高さ	—
地表面の粗度区分による係数 α	0.10	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
地表面の粗度区分による係数 Z_b	5	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
地表面の粗度区分による係数 Z_G	250	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
平均風速の高さ方向の分布を表す係数 E_r	1.150	計算値	—
速度圧の高さ方向の分布を表す係数 E	2.643	計算値	—
速度圧 $q(\text{kN/m}^2)$	1.427	計算値	—
風力係数 C_f	1.2	図1.5.2-1参照	建築物の構造規定

表 1.5.2-2 防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）の
風荷重設定における入力値について（2/2）

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)	30	松江市における基準風速（(2)から(9)までに掲げる地方以外の地方）	建設省告示第1454号
ガスト影響係数 G_f	2.0	地表面粗度区分Iにおける最大の値として保守的に設定	建設省告示第1454号
建築物の高さ H (m)	6.5	敷地高（EL 8.5m）からの防波扉天端（EL 15.0m）の高さ	—
地表面の粗度区分による係数 α	0.10	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
地表面の粗度区分による係数 Z_b	5	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
地表面の粗度区分による係数 Z_G	250	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
平均風速の高さ方向の分布を表す係数 E_r	1.180	計算値	—
速度圧の高さ方向の分布を表す係数 E	2.786	計算値	—
速度圧 q (kN/m ²)	1.504	計算値	—
風力係数 C_f	1.2	図1.5.2-1参照	建築物の構造規定

表 1.5.2-3 取水槽除じん機エリア防水壁の風荷重設定における入力値について

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)	30	松江市における基準風速 ((2) から (9) までに掲げる地方以外の地方)	建設省告示第 1454 号
ガスト影響係数 G_f	2.0	地表面粗度区分 I における最大の値として保守的に設定	建設省告示第 1454 号
建築物の高さ H (m)	2.5～ 3.5	取水槽天端 (EL 8.8m) からの防水壁天端 (EL 11.3～12.3m) の高さ	—
地表面の粗度区分による係数 α	0.10	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分による係数 Z_b	5	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分による係数 Z_G	250	第一第 2 項の表に示す地表面粗度区分 I における地表面の粗度区分による係数	建設省告示第 1454 号
平均風速の高さ方向の分布を表す係数 E_r	1.150	計算値	—
速度圧の高さ方向の分布を表す係数 E	2.645	計算値	—
速度圧 q (kN/m ²)	1.428	計算値	—
風力係数 C_f	1.2	図 1.5.2-1 参照	建築物の構造規定

表 1.5.2-4 取水槽除じん機エリア水密扉の風荷重設定における入力値について

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)	30	松江市における基準風速(2)から(9)までに掲げる地方以外の地方)	建設省告示第1454号
ガスト影響係数 G_f	2.0	地表面粗度区分Iにおける最大の値として保守的に設定	建設省告示第1454号
建築物の高さ H (m)	2.5	取水槽天端(EL 8.8m)からの水密扉天端(EL 11.3m)の高さ	—
地表面の粗度区分による係数 α	0.10	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
地表面の粗度区分による係数 Z_b	5	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
地表面の粗度区分による係数 Z_G	250	第一第2項の表に示す地表面粗度区分Iにおける地表面の粗度区分による係数	建設省告示第1454号
平均風速の高さ方向の分布を表す係数 E_r	1.150	計算値	—
速度圧の高さ方向の分布を表す係数 E	2.645	計算値	—
速度圧 q (kN/m ²)	1.428	計算値	—
風力係数 C_f	1.2	図1.5.2-1参照	建築物の構造規定

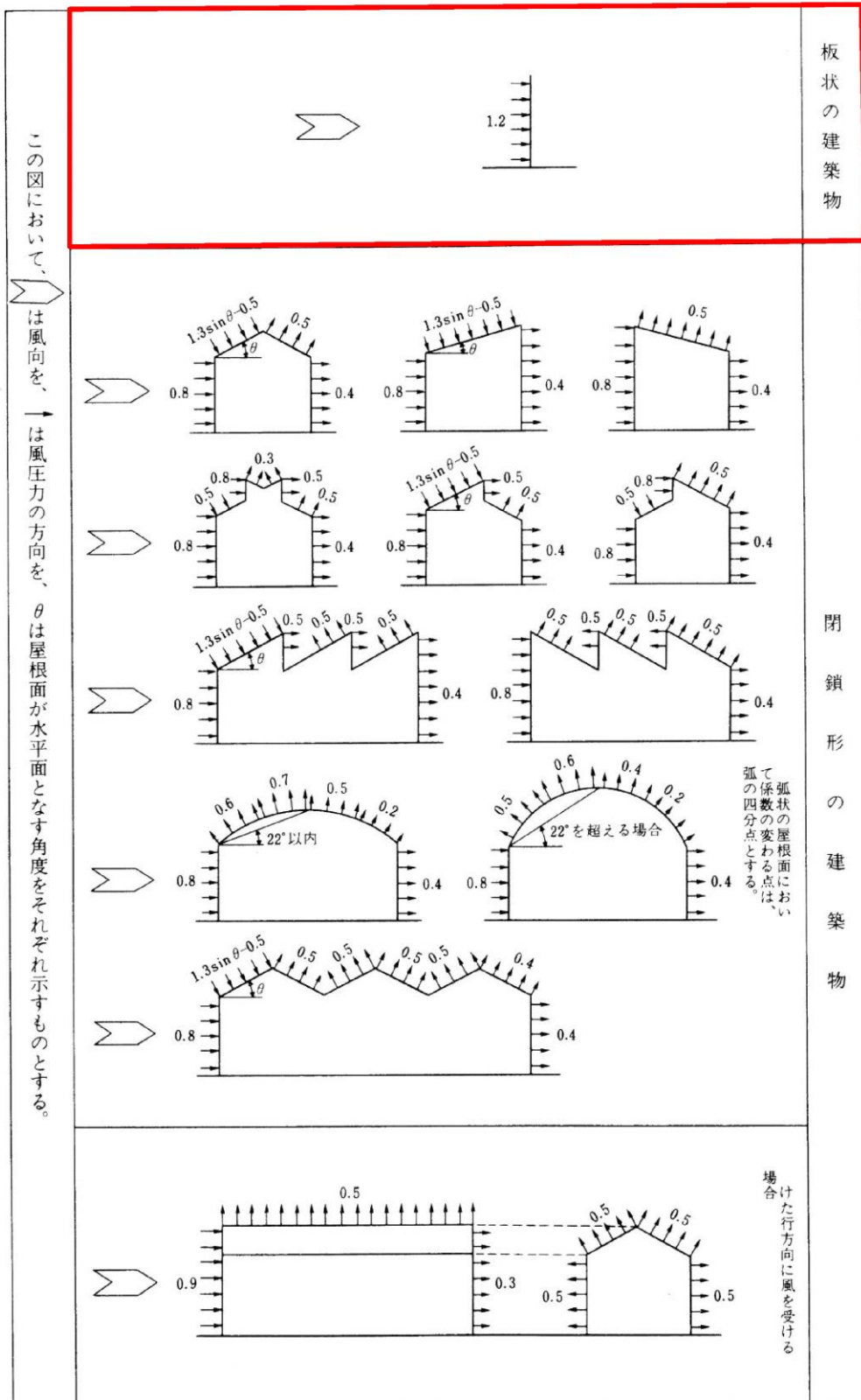


図 1.5.2-1 「建築物の構造規定」に示される風力係数

表 1.5.2-5 津波監視カメラ（2号機排気筒）の
風荷重設定における入力値について（1/2）

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)	30	松江市における基準風速 ((2) から (9) までに掲げる 地方以外の地方)	建設省告示第 1454 号
ガスト影響係数 G_f	2.0	地表面粗度区分Ⅱにおける建築 物高さ 40m 以上から設定	建設省告示第 1454 号
建築物の高さ H (m)	56.0	敷地高 (EL 8.5m) からの津波 監視カメラの設置高さ (EL 64.5m*)	—
地表面の粗度区分 による係数 α	0.15	第一第 2 項の表に示す地表面粗 度区分Ⅱにおける地表面の粗度 区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分 による係数 Z_b	5	第一第 2 項の表に示す地表面粗 度区分Ⅱにおける地表面の粗度 区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分 による係数 Z_G	350	第一第 2 項の表に示す地表面粗 度区分Ⅱにおける地表面の粗度 区分による係数	建設省告示第 1454 号
平均風速の高さ方向 の分布を表す係数 E_r	1.29	計算値	—
速度圧の高さ方向の 分布を表す係数 E	3.34	計算値	—
速度圧 q (kN/m ²)	1.801	計算値	—
風力係数 C_f	2.4	図 1.5.2-2 参照	建築物荷重指針・同解 説

注記*：設置高さ (EL 64.3m) に余裕 (0.2m) を考慮

表 1.5.2-5 津波監視カメラ（3号機北側防波壁（東）（西））の
風荷重設定における入力値について（2/2）

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)	30	松江市における基準風速 ((2) から (9) までに掲げる 地方以外の地方)	建設省告示第 1454 号
ガスト影響係数 G_f	2.16	地表面粗度区分Ⅱにおける建築 物高さ 10m 以上 40m 未満から線 形補間した値	建設省告示第 1454 号
建築物の高さ H (m)	15.92	海面 (EL 0.58m) からの津波監 視カメラの設置高さ (EL 16.5m *)	—
地表面の粗度区分 による係数 α	0.15	第一第 2 項の表に示す地表面粗 度区分Ⅱにおける地表面の粗度 区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分 による係数 Z_b	5	第一第 2 項の表に示す地表面粗 度区分Ⅱにおける地表面の粗度 区分による係数	建設省告示第 1454 号
地表面の粗度区分 による係数 Z_G	350	第一第 2 項の表に示す地表面粗 度区分Ⅱにおける地表面の粗度 区分による係数	建設省告示第 1454 号
平均風速の高さ方向 の分布を表す係数 E_r	1.08	計算値	—
速度圧の高さ方向の 分布を表す係数 E	2.49	計算値	—
速度圧 q (kN/m ²)	1.346	計算値	—
風力係数 C_f	2.4	図 1.5.2-2 参照	建築物荷重指針・同解 説

注記*：防波壁天端高さ (EL 15.0m) + 1.5m (東側架台の高さ (1.2m) を包絡する高さ)


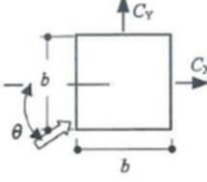
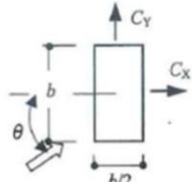
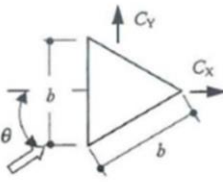
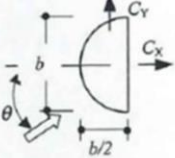
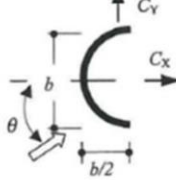
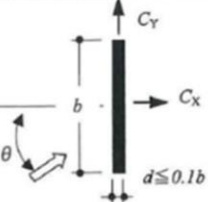
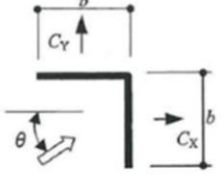
											
C_X	$\theta(^{\circ})$	C_X	C_Y	$\theta(^{\circ})$	C_X	C_Y	$\theta(^{\circ})$	C_X	C_Y		
1.2	0	2.1	0	0	2.4	0	0	2.1	0		
	45	1.6	1.6	45	1.6	0.7	30	2.1	-0.2		
				90	0	0.8	60	0.7	1.1		
											
$\theta(^{\circ})$	C_X	C_Y	$\theta(^{\circ})$	C_X	C_Y	$\theta(^{\circ})$	C_X	C_Y	$\theta(^{\circ})$	C_X	C_Y
0	1.2	0	0	1.1	0	0	2.0	0	0	1.9	2.2
45	0.8	0.8	45	0.8	0.7	45	1.8	0.1	45	2.3	2.3
90	0.6	0.5	90	0.9	0.5	90	0	0.1	90	2.2	1.9
135	-1.7	0.6	135	-2.3	0.6				135	-1.9	-0.6
180	-2.3	0	180	-2.5	0				180	-2.0	0.3
									225	-1.4	-1.4

図 1.5.2-2 「建築物荷重指針・同解説」の6章 風荷重 表 A6.16 に示される風力係数

1.5.3 積雪荷重

積雪荷重は、VI-1-1-3-1-1「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する基本方針」に基づき、発電所の最寄りの気象官署である松江地方気象台で観測された月最深積雪の最大値である 100cm に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した値を設定する。なお、津波による荷重と積雪荷重については、積雪荷重の継続時間が長いため組合せを考慮し、施設の形状、配置により適切に組み合わせる。組み合わせる積雪荷重としては、島根原子力発電所は多雪区域ではないため、建築基準法には他の荷重との組合せは定められていない。ただし、発電用原子炉施設の重要性を鑑み、建築基準法の多雪区域における地震荷重と積雪荷重の組合せの考え方を適用することから、係数 0.35 を考慮する。

また、「建築基準法施行令第 86 条第 2 項」により、積雪量 1cm ごとに 20N/m² の積雪荷重が作用することを考慮し、表 1.5.3-1 のとおり積雪荷重を算定する。

$$P_s/A_s = 0.35 \times W_s \times d_s$$

P_s : 積雪荷重 (N)

W_s : 積雪の単位荷重 (N/cm/m²)

d_s : 設計基準積雪量 (cm)

A_s : 水平投影面積 (m²)

表 1.5.3-1 積雪荷重の入力値

積雪荷重 W_s (N/cm/m ²)	設計基準積雪量 d_s (cm)	単位面積当たりの積雪荷重 P_s/A_s (N/m ²)
20	100	700

1.6 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性

津波防護施設等の津波波圧は、防波壁及び防波壁通路防波扉に対して、敷地高以上に設置している施設には「朝倉ら（2000）」*¹で示される算定式を、敷地高以深に設置している施設に対しては「防波堤の耐津波設計ガイドライン」*²で示される算定式を、1号機取水槽流路縮小工に対しては「港湾の施設の技術上の基準・同解説」*³及び「水門鉄管技術基準」*⁴で示される算定式を参考に求める。また、経路から流入する津波の水圧に対しては、静水圧を用いる。

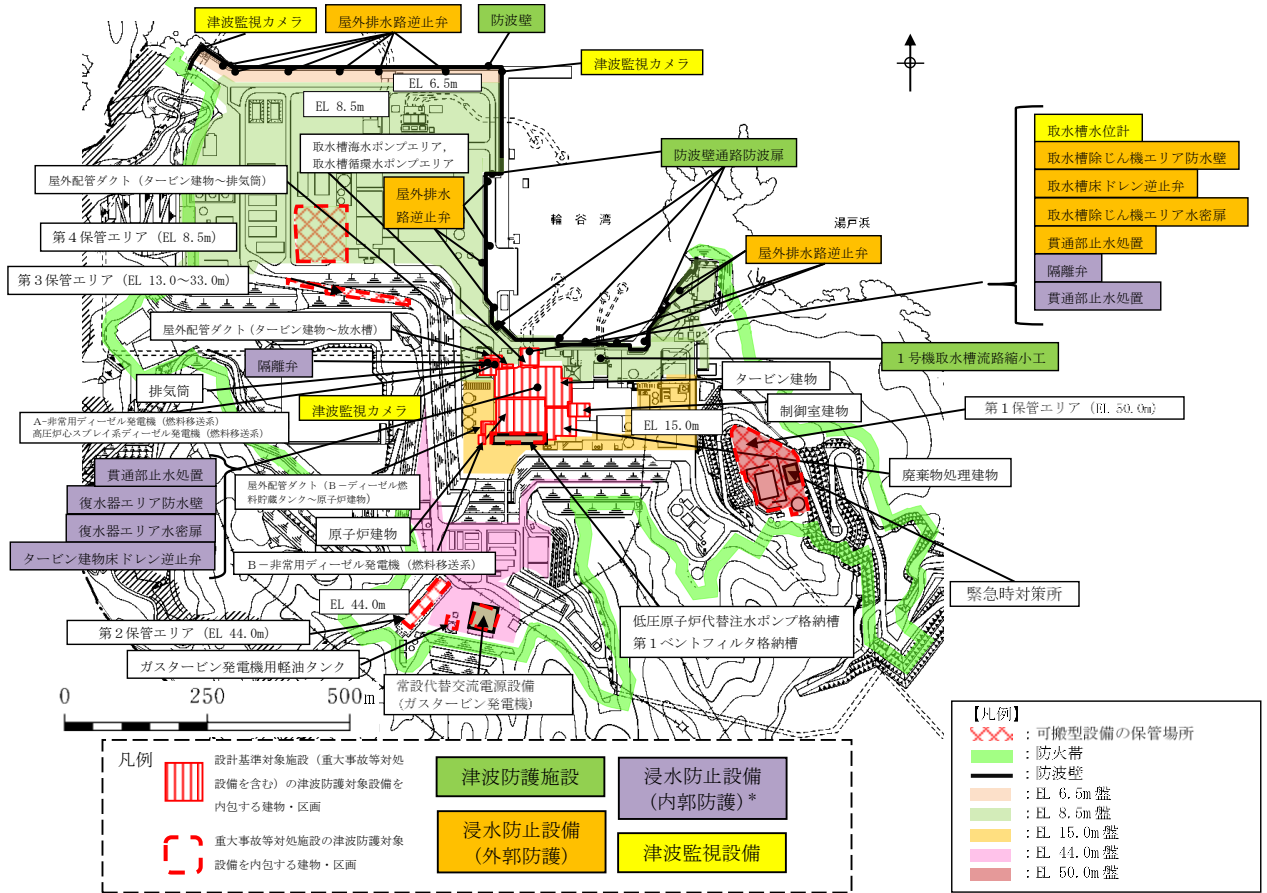
算定式を適用するに当たっては、発電所における遡上津波の特徴を把握する必要があることから、基準津波を対象とした水理模型実験及び数値流体解析（平面二次元、断面二次元、及び三次元津波シミュレーション）を行った。検討に当たって、津波波圧評価における不確かさとして、防波壁周辺の地形形状の影響、津波高さの影響及び津波周期の影響を考慮した。評価対象施設の平面位置を図 1.6-1 に、津波波圧の適用算定式選定フローを図 1.6-2 に、津波波圧の適用算定式の選定結果を表 1.6-1 に示す。

注記* 1：朝倉ら（2000）：護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究，海岸工学論文集，第 47 巻，土木学会

* 2：防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）

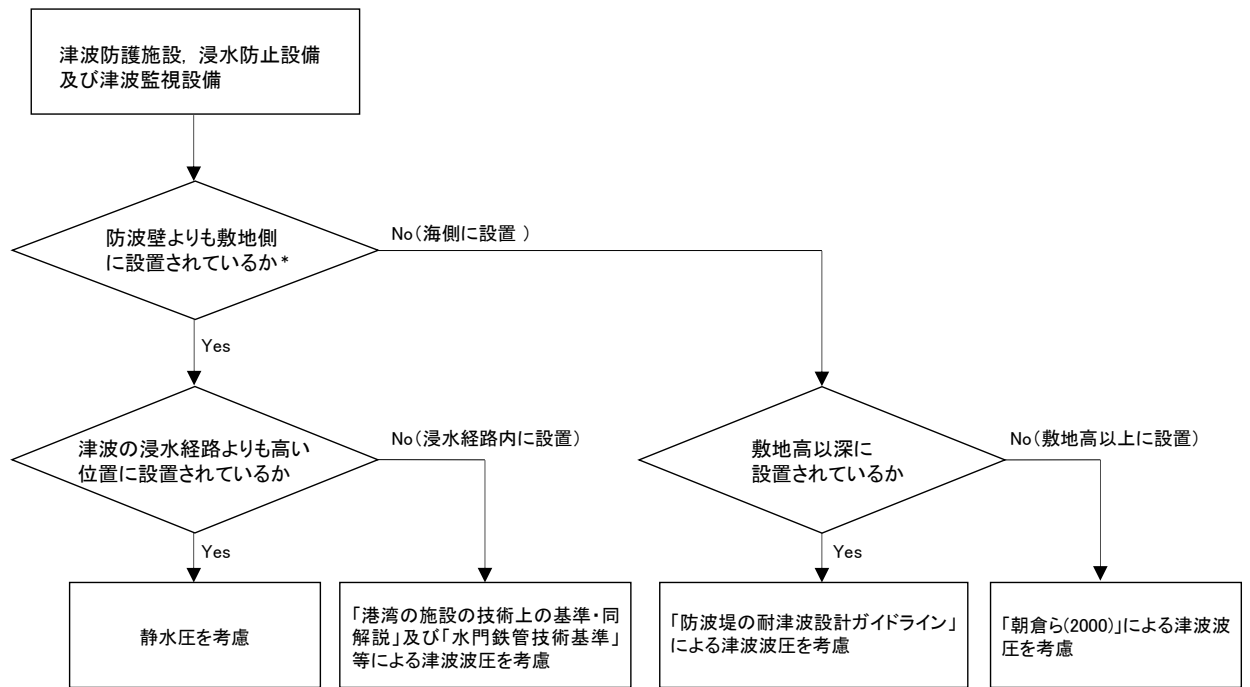
* 3：港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007 年版）

* 4：水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）平成 29 年版（（社）水門鉄管協会）



注記*：基準地震動 S s による地震力に対してバウンダリ機能保持のみを要求する機器・配管を除く。

図 1.6-1 評価対象施設の平面位置



注記* : 防波壁及び防波壁通路防波扉は海側に設置されている構造物に含む

図 1.6-2 津波波圧の適用算定式選定フロー

表 1.6-1 津波波圧の適用算定式の選定結果

施設名称		配置位置	設置高さ	適用算定式	
津波防護施設	防波壁	多重鋼管杭式擁壁	敷地高以深	防波堤の耐津波設計ガイドライン	
			敷地高以上	朝倉ら(2000)	
		逆T擁壁	敷地高以上	朝倉ら(2000)	
		波返重力擁壁	敷地高以深	防波堤の耐津波設計ガイドライン	
	敷地高以上		朝倉ら(2000)		
	防波壁通路防波扉		敷地側	敷地高以上	朝倉ら(2000)
1号機取水槽流路縮小工		敷地側	経路内	「港湾の施設の技術上の基準・同解説」及び「水門鉄管技術基準」	
浸水防止設備 (外郭防護)	屋外排水路逆止弁		海側 敷地側	経路より上方	静水圧荷重
	取水槽除じん機エリア防水壁		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
	取水槽除じん機エリア水密扉		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
	取水槽床ドレン逆止弁		敷地側	経路より上方	静水圧荷重*1
	貫通部止水処置		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
浸水防止設備 (内郭防護)	復水器エリア防水壁		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
	復水器エリア水密扉		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
	タービン建物床ドレン逆止弁		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
	隔離弁		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
	ポンプ		敷地側	経路内及び 経路より上方	静水圧荷重及び水平津波荷重*2
	配管		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
	貫通部止水処置		敷地側	経路より上方	静水圧荷重
津波監視設備	取水槽水位計		敷地側	経路内及び 経路より上方	静水圧荷重及び水平津波荷重

注記*1：鉛直上向き方向に津波が作用する施設については、突き上げ津波荷重を考慮する。

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

1.6.1 津波荷重の算定式

津波防護施設等の津波荷重の算定式は、「朝倉ら（2000）」の研究を基にした「港湾の津波避難施設の設計ガイドライン（国土交通省港湾局，平成 25 年 10 月）」や「防波堤の耐津波設計ガイドライン」等を参考に設定する。以下に，参考にした文献の津波波圧算定式の考え方と津波防護施設等への適用を示す。

(1) 津波波圧算定式に関する文献の記載

- a. N R A 技術報告「防潮堤に作用する最大持続波圧評価式の提案」（令和 4 年 7 月）

持続波圧を対象として防潮堤に対する作用波圧の評価方法を明確にするため，水理試験及び解析を実施した結果，通過波の最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) から，防潮堤に作用する最大持続波における水深係数 (α_E) を評価可能な式を提案した。

$$\alpha_E = 3.0 \quad (Fr_E \leq 1.24)$$

$$\alpha_E = (0.70 \times Fr_E^2 + 1) + 0.93 \quad (Fr_E > 1.24)$$

- b. 東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（平成 23 年）

構造設計用の進行方向の津波波圧は，図 1.6.1-1 に示す概念に基づき，次式により算定する。

$$q_z = \rho g (a h - z)$$

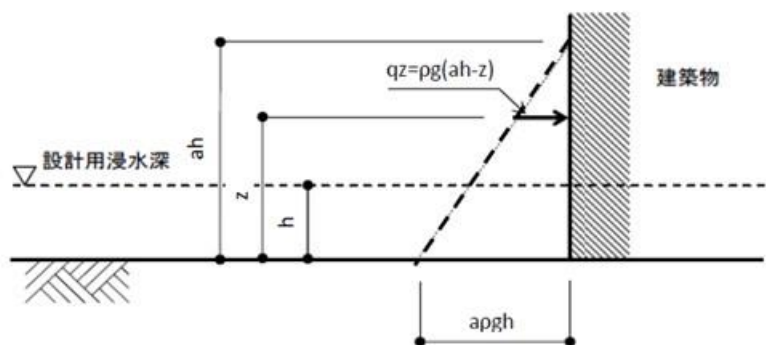
q_z : 構造設計用の進行方向の津波波圧 (kN/m²)

ρg : 海水の単位体積重量 (kN/m³)

h : 設計用浸水深 (m)

z : 当該部分の地盤面からの高さ ($0 \leq z \leq a h$) (m)

a : 水深係数 (3 とする)



「東日本大震災における津波による建築物被害を踏まえた津波避難ビル等の構造上の要件に係る暫定指針（平成 23 年）」より

図 1.6.1-1 津波波圧算定図

c. 港湾の津波避難施設的设计ガイドライン (平成 25 年 10 月)

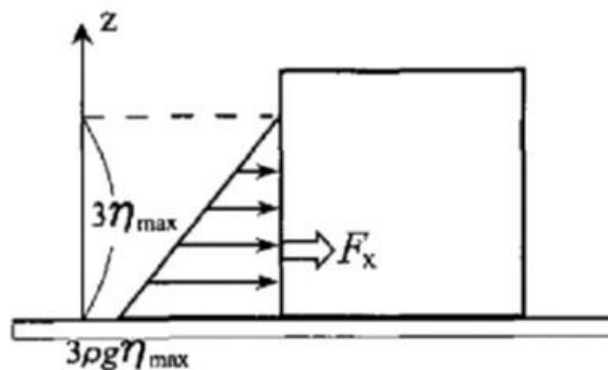
文献 b. に基づく。ただし、津波が生じる方向に施設や他の建築物がある場合や、海岸等から 500m 以上離れている場合において、水深係数は 3 以下にできるとしている。

d. 朝倉ら (2000) : 護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 47 卷, 土木学会, pp. 911-915.

直立護岸を越流した津波の遡上特性から護岸背後の陸上構造物に作用する津波波圧について実験水路を用いて検討している。

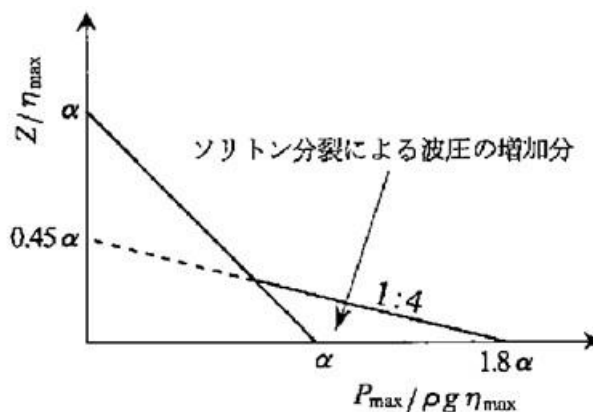
その結果、非分裂波の場合、フルード数が 1.5 以上では構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標 (遡上水深に相当する静水压分布の倍率) α は最大で 3.0 となることが示されている。

非分裂波における津波最大波圧分布を図 1.6.1-2 に、分裂波における無次元最大波圧分布を図 1.6.1-3 に示す。ソリトン分裂波の場合は図 1.6.1-3 に示されるように、構造物前面に働く津波波圧は、構造物底面近傍で非分裂波の α を 1.8 倍した値となるとしている。



「朝倉ら (2000) : 護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 47 卷, 土木学会」より

図 1.6.1-2 非分裂波における津波最大波圧分布

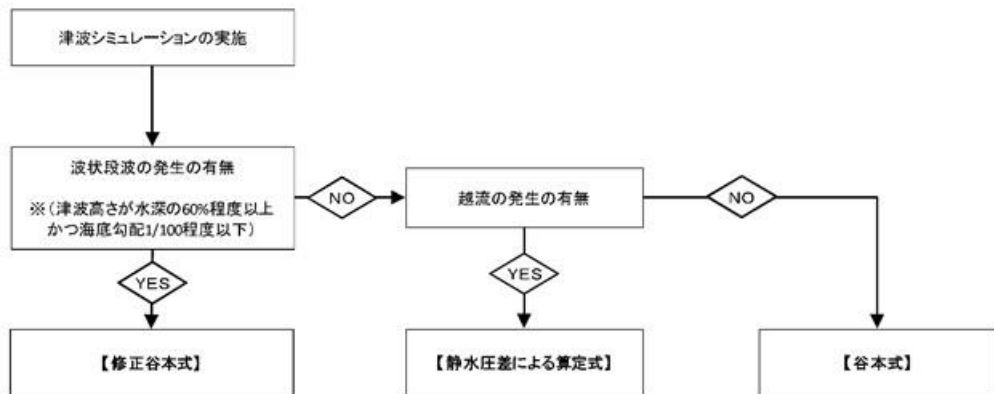


「朝倉ら (2000) : 護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 47 卷, 土木学会」より

図 1.6.1-3 分裂波における無次元最大波圧分布

e. 防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）

防波堤の津波波圧の適用の考え方として、ソリトン分裂波が発生する場合は修正谷本式を、ソリトン分裂波が発生せず津波が防波堤を越流する場合は静水圧差による算定式を、ソリトン分裂波が発生せず越流しない場合は谷本式を用いることとしている。防波堤に対する津波荷重算定手順を図 1.6.1-4 に、谷本式及び修正谷本式を図 1.6.1-5 に示す。

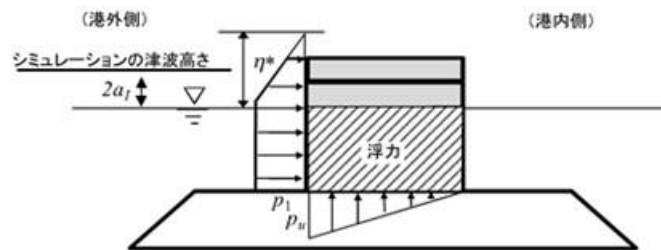


「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）」より

図 1.6.1-4 防波堤に対する津波荷重算定手順

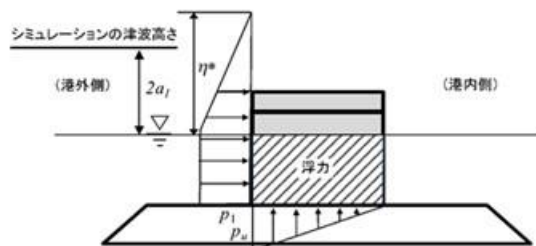
谷本式

$\eta^* = 3.0a_t$	η^* : 静水面上の波圧作用高さ (m)
$p_1 = 2.2\rho_0ga_t$	a_t : 入射津波の静水面上の高さ (振幅) (m)
$p_u = p_1$	ρ_0g : 海水の単位体積重量 (kN/m ³)
	p_1 : 静水面における波圧強度 (kN/m ²)
	p_u : 直立壁前面下端における揚圧力(kN/m ²)



修正谷本式

$\eta^* = 3.0a_t$	η^* : 静水面上の波圧作用高さ (m)
$p_1 = 3.0\rho_0ga_t$	a_t : 入射津波の静水面上の高さ (振幅) (m)
$p_u = p_1$	ρ_0g : 海水の単位体積重量 (kN/m ³)
	p_1 : 静水面における波圧強度 (kN/m ²)
	p_u : 直立壁前面下端における揚圧力(kN/m ²)



「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）」より

図 1.6.1-5 谷本式及び修正谷本式による算定式

- f. 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）

水中又は水面付近の部材及び施設の流れによる力は，流れの方向に作用する抗力と流れに直角の方向に作用する揚力として分けられ，抗力は次式により算定する。

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_0 A U^2$$

F_D ：物体に作用する流れの方向の抗力（kN）

C_D ：抗力係数

ρ_0 ：水の密度（t/m³）

A ：流れの方向の物体の投影面積（m²）

U ：流速（m/s）

- g. 水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）平成29年版（（社）水門鉄管協会）

水圧鉄管の管軸方向の推力のうち，管内水の摩擦による推力は次式により算定する。

$$P = \frac{2 f Q^2}{g \pi D^3} L$$

P ：管内水の摩擦による推力（kN）

f ：管内水の摩擦抵抗係数（kN/m³）

L ：管の長さ（m）

Q ：管内流量（m³/s）

D ：管の内径（m）

g ：重力加速度（m/s²）

1.6.2 津波防護施設（防波壁及び防波壁通路防波扉）に対する津波波圧算定式の適用に関する検討

島根原子力発電所における防波壁及び防波壁通路防波扉（以下「防波壁等」という。）の設計で考慮する津波波圧は、「水理模型実験及び津波シミュレーションによる津波波圧」と「既往の津波波圧算定式による津波波圧」を比較・検証することで設定する。

既往の津波波圧算定式は、ソリトン分裂波や砕波の発生有無により、算定式の適用性が異なるため、島根原子力発電所における基準津波の特性及び沿岸の陸海域の地形を考慮した、平面二次元津波シミュレーション、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションを実施して、ソリトン分裂波及び砕波の発生確認及び津波波圧を算定する。

また、島根原子力発電所は輪谷湾を中心とした半円状の複雑な地形であるため、三次元津波シミュレーションにより、複雑な地形特性を考慮した三次元的な流況による津波波圧への影響を確認し、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧の妥当性を確認する。

次に、水理模型実験及び津波シミュレーションと既往の津波波圧算定式の津波波圧との比較結果を踏まえて、設計で考慮する津波波圧を設定する。

検討フローを図 1.6.2-1 に、検討項目及び検討内容を表 1.6.2-1 に、津波シミュレーション及び水理模型実験の長所・短所の整理結果を表 1.6.2-2 に示す。

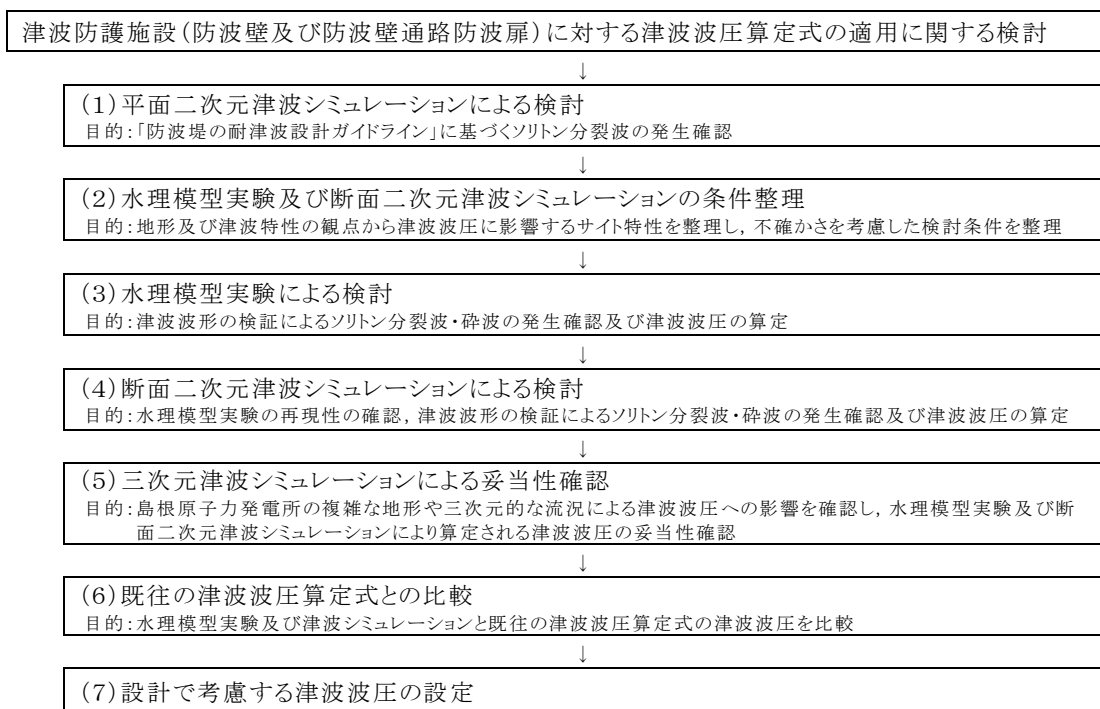


図 1.6.2-1 検討フロー

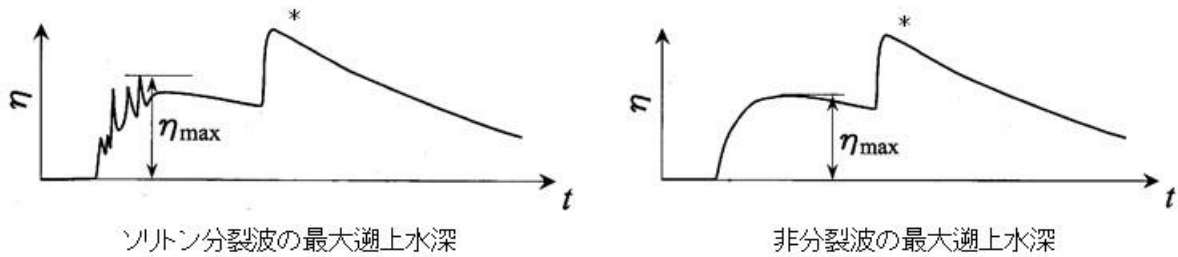
表 1.6.2-1 検討項目及び検討内容

検討項目	検討内容
(1) 平面二次元津波シミュレーションによる検討	平面二次元津波シミュレーション結果及び海底勾配を用いて、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づき、ソリトン分裂波の発生有無を確認する。
(2) 水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの条件整理	水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの追加実施に当たって、地形特性及び津波特性の観点から津波波圧に影響するサイト特性を整理し、不確かさを考慮した検討条件を設定する。
(3) 水理模型実験による検討	流体の挙動を直接確認でき、サイト特性に応じた評価が可能となる水理模型実験を追加実施し、水位の時刻歴波形からソリトン分裂波及び砕波の発生有無を確認するとともに、防波壁及び施設護岸位置における津波波圧を算定する。
(4) 断面二次元津波シミュレーションによる検討	水理模型実験結果について、ソリトン分裂波及び砕波を表現可能な断面二次元津波シミュレーション(CADMAS-SURF(Ver.5.1))を追加実施し、再現性を確認するとともに、防波壁及び施設護岸位置における津波波圧を算定する。
(5) 三次元津波シミュレーションによる検討による妥当性確認	複雑な地形特性及び津波特性に応じた評価が可能である三次元津波シミュレーション(CADMAS-SURF/3D(Ver.1.5))を追加実施し、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧と比較することで妥当性を確認する。
(6) 既往の津波波圧算定式との比較	敷地高以上の構造物に作用する津波波圧は、津波シミュレーション及び水理模型実験により直接算定し、津波波圧算定式(朝倉式)により算定した津波波圧と比較する。 敷地高以深の構造物作用する津波波圧は、津波シミュレーション及び水理模型実験により直接算定し、津波波圧算定式(谷本式)により算定した津波波圧と比較する。
(7) 設計で考慮する津波波圧の設定	防波壁等について保守的な設計を行う観点から、上記の検討結果を踏まえた設計用津波波圧を設定する。

表 1.6.2-2 津波シミュレーション解析及び水理模型実験の長所・短所の整理結果

解析手法 【基礎方程式】	長所	短所	長所・短所を踏まえた 検討内容
平面二次元津波シミュレーション 【非線形長波方程式】	<ul style="list-style-type: none"> ・広範囲にわたる地形のモデル化が可能 ・複雑な不規則波形及び平面的な流況の再現が可能 ・解析時間が短い ・審査における実績がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・ソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認が困難 ・津波波圧の直接評価が不可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・基準津波の策定(入力津波高さ・流速) ・「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づくソリトン分裂波の発生確認
水理模型実験	<ul style="list-style-type: none"> ・ソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認が可能 ・津波波圧を直接評価可能 ・審査における実績がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑な地形や構造物のモデル化が困難 ・複雑な不規則波形の再現が困難 ・三次元的な流況の再現が不可能 ・実験に時間を要する 	<ul style="list-style-type: none"> ・ソリトン分裂波及び砕波の発生確認 ・津波波圧の確認
断面二次元津波シミュレーション 【Navier-Stokes 方程式】	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑な不規則波形の再現が可能 ・ソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認が可能 ・津波波圧を直接評価可能 ・解析時間が短い ・審査における実績がある 	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑な地形や構造物のモデル化が困難 ・三次元的な流況の再現が不可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・水理模型実験の再現性確認 ・ソリトン分裂波及び砕波の発生確認 ・津波波圧の確認
三次元津波シミュレーション 【Navier-Stokes 方程式】	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑な地形や構造物のモデル化が可能 ・複雑な不規則波形及び三次元的な流況の再現が可能 ・複雑な地形及び三次元的な流況等を踏まえた津波波圧を直接評価可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・解析に時間を要する ・計算機能力を踏まえて解析範囲に限界がある ・審査における実績がない 	<ul style="list-style-type: none"> ・複雑な地形特性及び津波特性を踏まえた津波波圧の確認

ソリトン分裂波は津波の伝播過程で複数の波に分裂し、波高が増幅する現象である。また、砕波は波が浅海域を進行する際に、波高が高くなると波が砕け、波高が急激に小さくなる現象である。いずれも構造物へ衝撃的な波圧を作用させる可能性がある現象である。ソリトン分裂波及び非分裂波の最大遡上水深の比較を図 1.6.2-2 に示す。

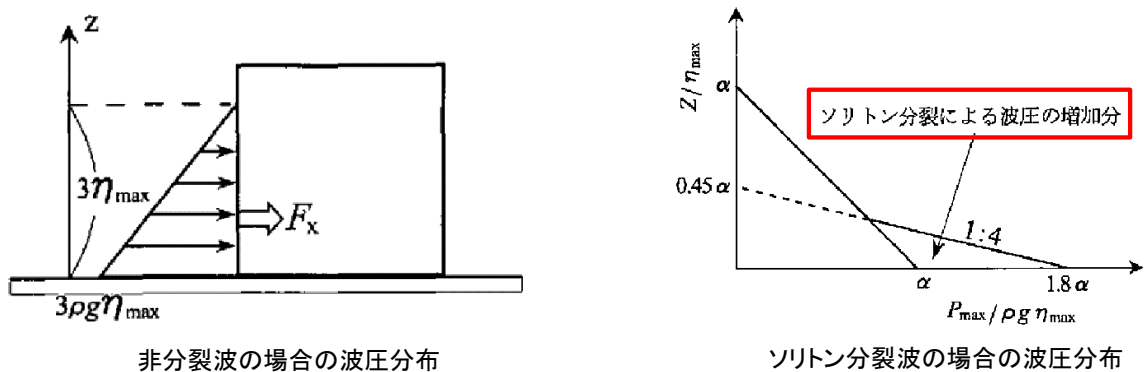


注記* : η_{\max} 後の水位の上昇は反射波を示す。

「朝倉ら (2000) : 護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 47 巻, 土木学会」より

図 1.6.2-2 ソリトン分裂波及び非分裂波の最大遡上水深の比較

図 1.6.2-3 に示すとおり, 非分裂波の場合の構造物に作用する津波波圧分布は, 津波高さに依存した直線形状となる。一方, ソリトン分裂波が生じた場合は, 構造物の底面近傍では非分裂波を 1.8 倍した波圧が作用し, 水平波力は非分裂波に比べて約 20% 大きくなる可能性がある。



「朝倉ら (2000) : 護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 47 巻, 土木学会」より

図 1.6.2-3 非分裂波及びソリトン分裂波の波圧分布

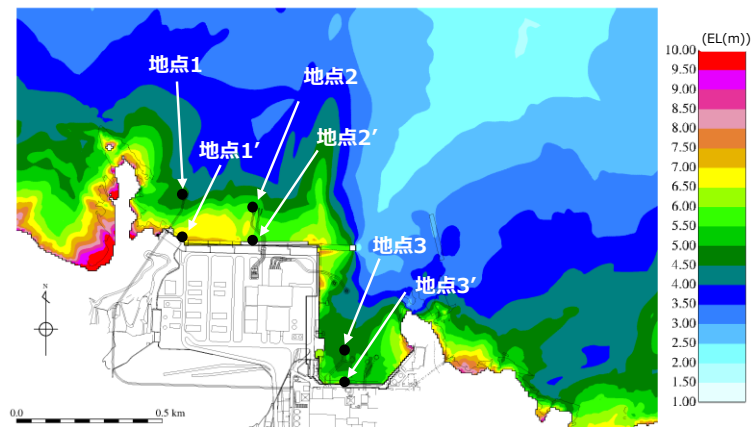
(1) 平面二次元津波シミュレーションによる検討

沖合から伝播してくる津波が、サイト前面においてソリトン分裂波を伴うか否かの判定に当たっては、「防波堤の耐津波設計ガイドライン」において以下に示す①かつ②の条件に合致する場合、ソリトン分裂波が発生するとされている。

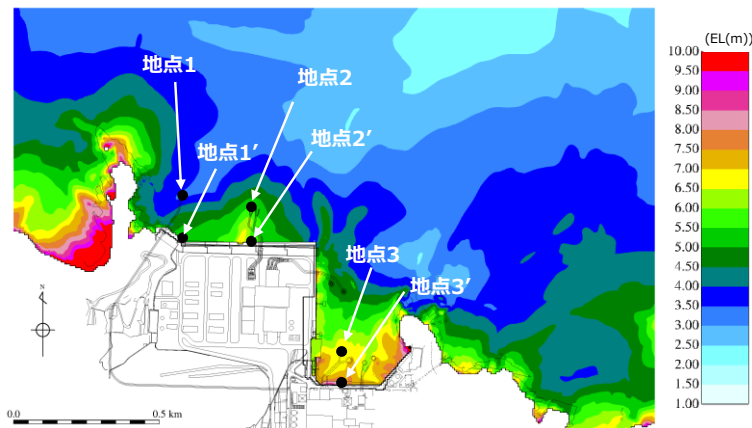
条件①：おおむね入射津波高さが水深の30%以上（津波数値解析等による津波高さが水深の60%以上）

条件②：海底勾配が1/100以下程度の遠浅

「防波堤の耐津波設計ガイドライン」に基づいたソリトン分裂波の発生有無において、条件①については、平面二次元津波シミュレーションの結果より確認を行う。平面二次元津波シミュレーション解析では、基準津波（水位上昇側）のうち入力津波高さが最大となる基準津波1（防波堤有及び防波堤無）を対象とし、図1.6.2-4に示す地点1～3及び地点1'～3'における水深と津波高さを算定して確認を行った。



【基準津波による最高水位分布(基準津波1:防波堤有)】



【基準津波による最高水位分布(基準津波1:防波堤無)】

図1.6.2-4 基準津波による最高水位分布

対象地点に対する水深と津波高さの整理結果を表 1.6.2-3 に示す。地点 1~3 では津波高さは水深の 60%以下となるが、水深が 10m よりも浅い地点 1'~3'では護岸の反射波の影響により津波高さが水深の 60%以上となるため、条件①に合致することを確認した。地点 3 における津波高さの時刻歴波形を図 1.6.2-5 に示す。

表 1.6.2-3 水深と津波高さの整理結果

地点 ^{*1}	(1)水深	(2)津波高さ ^{*2}		(2)/(1)	
		防波堤有	防波堤無	防波堤有	防波堤無
地点 1	16m	5.0m	4.0m	31.3%	25.0%
地点 2	16m	6.0m	6.0m	37.5%	37.5%
地点 3	17m	5.0m	7.0m	29.4%	41.2%
地点 1'	4.0m	7.5m	6.0m	187.5%	150.0%
地点 2'	6.0m	6.0m	6.0m	100.0%	100.0%
地点 3'	5.0m	6.0m	8.0m	120.0%	160.0%

注記*1：地点 1'~3'地点 1~3 の南方向における護岸前面位置

*2：平面二次元津波シミュレーションによる津波高さを保守的に評価した値

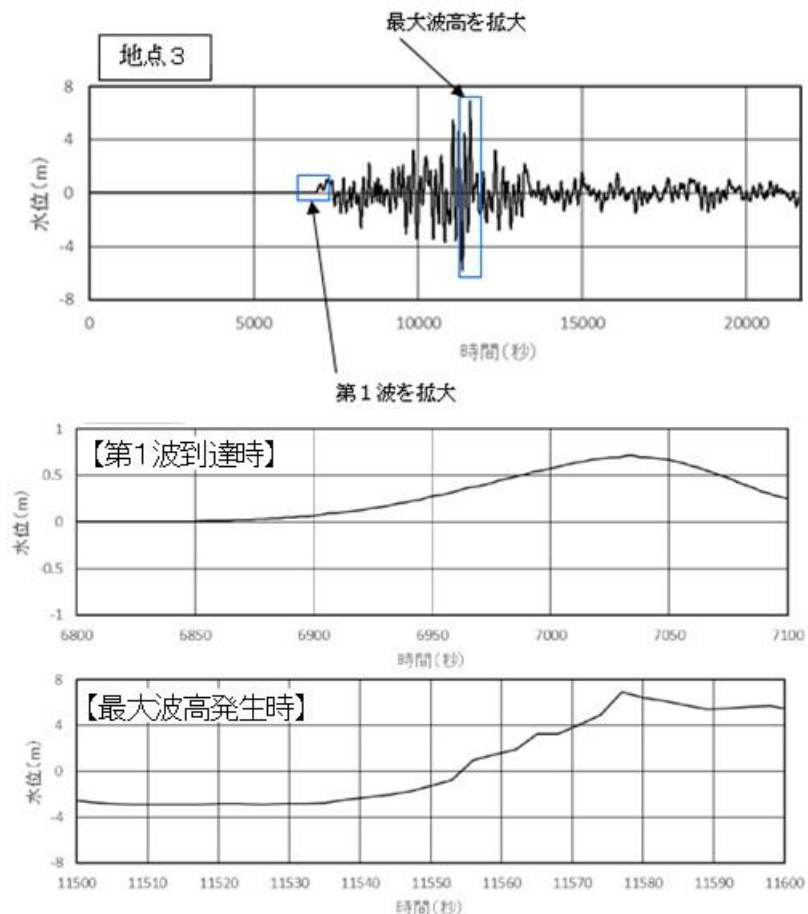


図 1.6.2-5 津波高さの時刻歴波形（地点 3，基準津波 1：防波堤無）

条件②においては，図 1.6.2-6 に示す海底地形を基に発電所前面の沖合 2,500m から施設近傍までの平均勾配 (A-A 断面) を確認した結果，約 $1/35 (>1/100)$ となり，表 1.6.2-3 における発電所前面地点 1'~3' から沖合 200m までの海底勾配においても約 $1/20 (>1/100)$ となるため，条件②に合致しないことを確認した。

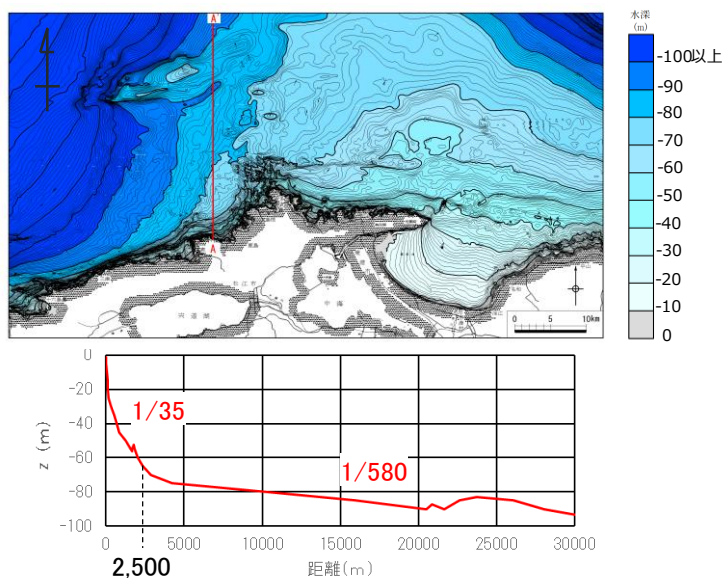


図 1.6.2-6 海底地形断面図

以上より，「防波堤の耐津波設計ガイドライン」におけるソリトン分裂波の発生有無の確認結果として，条件②に合致しないため，島根原子力発電所ではソリトン分裂波が発生しないと考えられるが，碎波発生有無の確認を含めて，水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションにおいてもソリトン分裂波の発生有無の確認を行う。

(2) 水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの条件整理

地形特性及び津波特性の観点から津波波圧に影響するサイト特性を整理し、不確かさを含めて実験条件及び解析条件を設定する。

水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションに使用する基準津波の選定に当たっては、ソリトン分裂波や砕波の発生及び津波波圧への影響要因である津波高さ及び流速を指標とした。

基準津波のうち津波波圧に対して支配的となる水位上昇側の基準津波を対象とし、発電所近傍の海域における結果について整理した。整理結果より、3号機においては基準津波1（防波堤有）、1、2号機においては基準津波1（防波堤無）を選定した。基準津波（水位上昇側）における津波高さとして表1.6.2-4に示す。

表 1.6.2-4 基準津波（水位上昇側）における津波高さとして流速

津波波源	基準津波	地形変化	津波高さ		流速		備考
		防波堤	最高水位 EL(m)	発生位置	最大 流速 (m/s)	発生位置	
日本海東縁部	1	有	10.7	3号機北側前面	9.3	3号機北側前面	3号機の検討で選定
		無	11.9	1,2号機前面	9.2	1,2号機前面	1,2号機の検討で選定
	2	有	9.0	3号機東側前面	8.9	1,2号機前面	
	5	無	11.5	1,2号機前面	8.6	3号機東側前面	

基準津波1（防波堤有、防波堤無）による津波高さを防波壁全域において評価するため、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションにおける津波高さについては、基準津波1よりも大きいケースとして、津波高さが防波壁天端高さであるEL 15.0mとなる波圧検討用津波(15m津波)を設定した。

また、水理模型実験では、防波壁前面での浸水深及びフルード数算定を目的に、防波壁がない状態での津波遡上状況を確認するケースも併せて実施した。津波波圧に影響する不確かさの考慮内容一覧及び検討ケース一覧を表1.6.2-5に示す。

表 1.6.2-5 津波波圧に影響する不確かさの考慮内容及び検討ケース一覧

不確かさの考慮内容一覧（3号機）

分類	項目	サイト特性	不確かさの考慮内容	比較する検討ケース
地形	周辺地形	防波堤の有無	防波壁周辺の地形変状の不確かさを考慮 ⇒基準津波1(防波堤有)及び 基準津波1(防波堤無)	①, ②
津波	波形	振幅 (津波高さ)	津波高さの不確かさを考慮 ⇒基準津波1(防波堤有)及び 波圧検討用津波(1.5m津波)	①, ③
		短周期	津波周期の不確かさを考慮 ⇒基準津波1(防波堤有)及び 基準津波1(防波堤有)の半周期	③, ⑥

検討ケース一覧（3号機）

検討ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁	水理模型 実験	断面二次元津波 シミュレーション
①	基準津波1	基準津波1	有	有	有	○	○
②			無	有	有	○	—
③	波圧検討用津波 (15m津波)		有	有	有	○	○
④*			有	有	無	○	—
⑤*			有	無	無	○	—
⑥			基準津波1 の半周期	有	有	有	○

不確かさの考慮内容一覧（1, 2号機）

分類	項目	サイト特性	不確かさの考慮内容	比較する検討ケース
地形	周辺地形	防波堤の有無	1, 2号機前面は防波堤無の方が津波高さが高くなるため, 地形変状の不確かさは考慮しない	—
津波	波形	振幅 (津波高さ)	津波高さの不確かさを考慮 ⇒基準津波1(防波堤無)及び 波圧検討用津波(1.5m津波)	⑦, ⑧
		短周期	津波周期の不確かさを考慮 ⇒基準津波1(防波堤無)及び 基準津波1(防波堤無)の半周期	⑧, ⑪

検討ケース一覧（1, 2号機）

検討ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁	水理模型 実験	断面二次元津波 シミュレーション
⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有	○	○
⑧	波圧検討用津波 (15m津波)		無	有	有	○	○
⑨*			無	有	無	○	—
⑩*			無	無	無	○	—
⑪			基準津波1 の半周期	無	有	有	○

注記* : 通過波計測ケース

(3) 水理模型実験による検討

a. 検討概要

水理模型実験では、津波波形の検証によるソリトン分裂波・砕波の発生確認及び津波波圧を算定する。

b. 入射津波の造波

水理模型実験における再現範囲は施設護岸から離れた沖合約 2.5km の位置とし、入力津波高さが最大となる基準津波 1 (防波堤有及び防波堤無) の平面二次元津波シミュレーションから求めた同地点における津波波形 (最大押し波 1 波) を入力する。

実験における入射津波は、同地点の水位と流速を用いて入射波成分と反射波成分に分離し、入射波成分を造波する。

入射津波高さについては、基準津波 1 (防波堤有及び防波堤無) と、不確かさを考慮した波圧検討用津波 (15m 津波) を設定する。波圧検討用津波 (15m 津波) は、基準津波 1 (防波堤有及び防波堤無) と同周期として防波壁前面における反射波を含む遡上高が EL 15m となるよう振幅を調整する。なお、波圧検討用津波 (15m 津波) は、防波壁等の設計における津波波圧として用いるものではない。

周期については、基準津波 1 (防波堤有及び防波堤無) の周期と、不確かさを考慮した基準津波 1 (防波堤有及び防波堤無) の半周期を設定する。入射津波の造波波形図 (防波堤有) を図 1.6.2-7 に、入射津波の造波波形図 (防波堤無) を図 1.6.2-8 に示す。

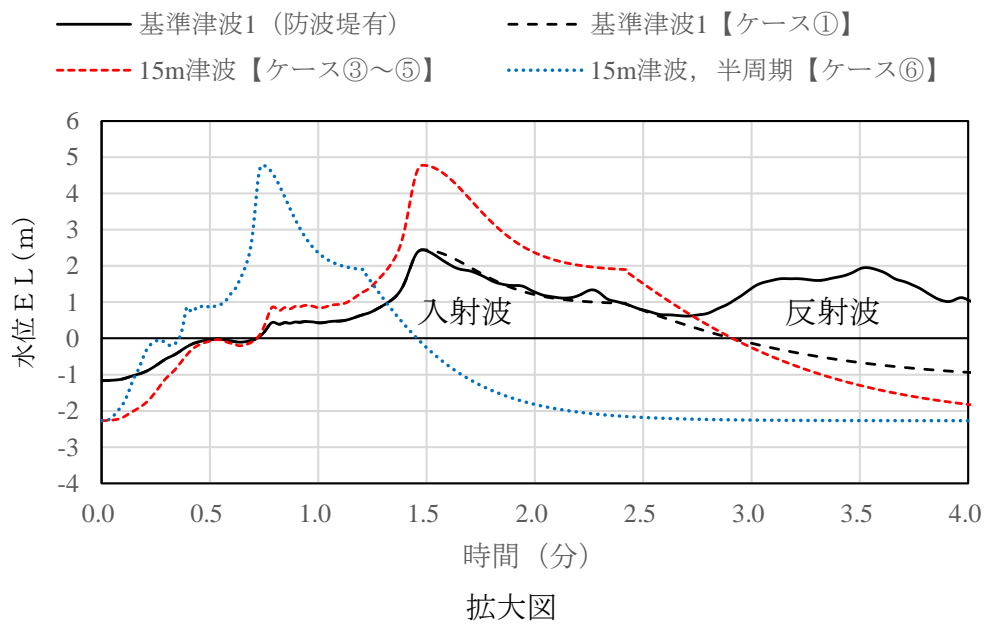
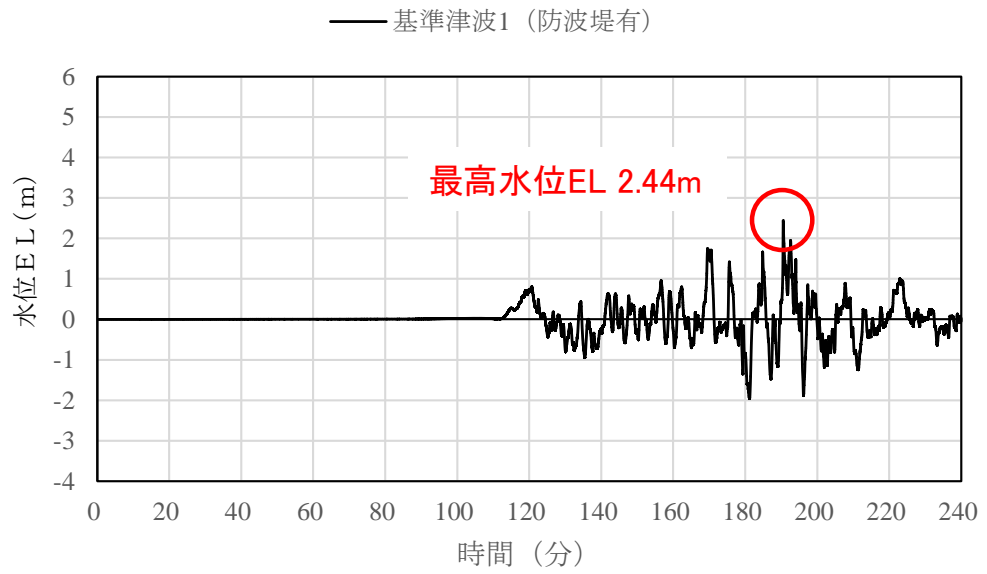


図 1.6.2-7 入射津波の造波波形図 (防波堤有)

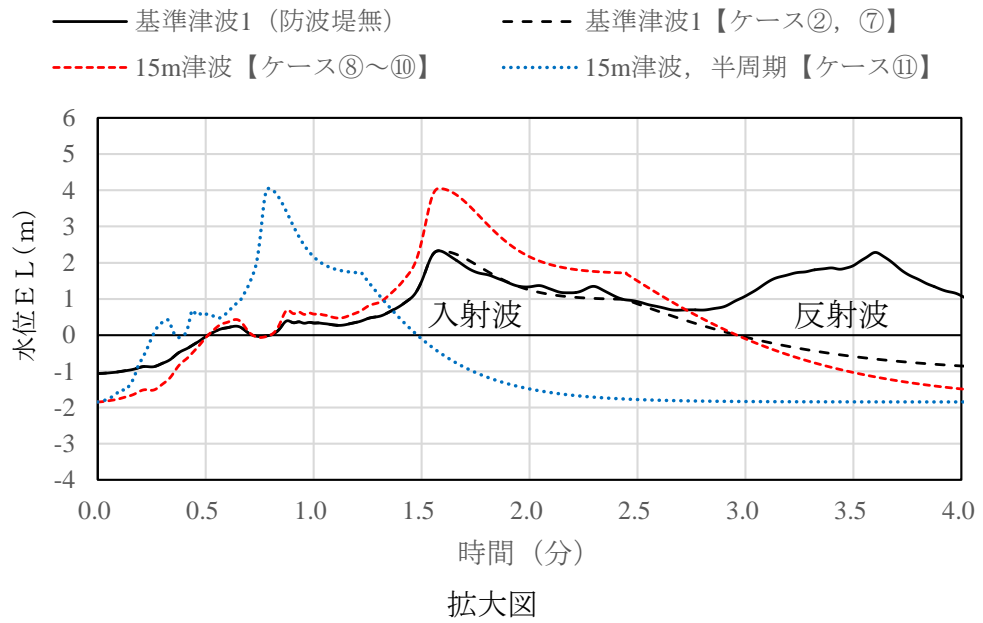
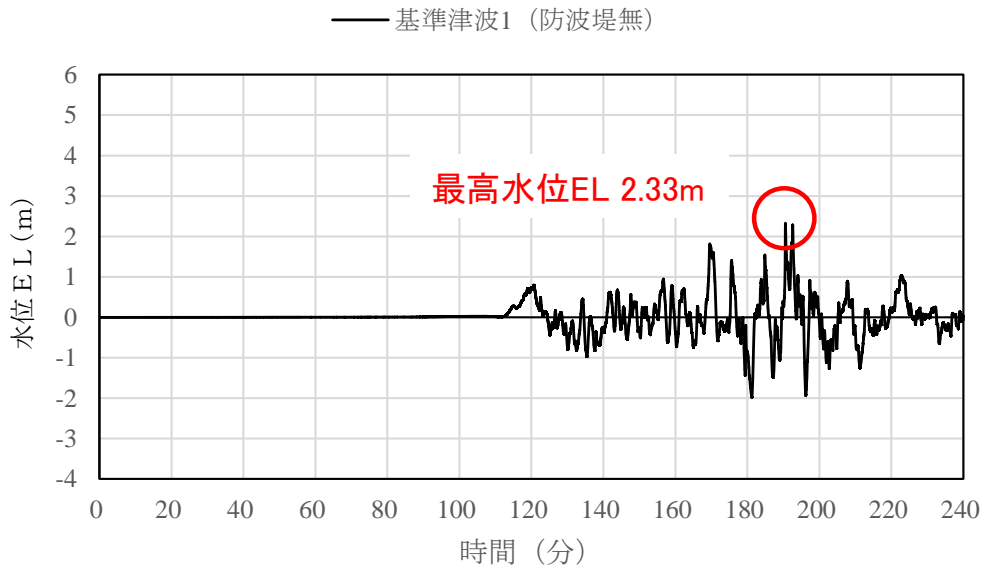
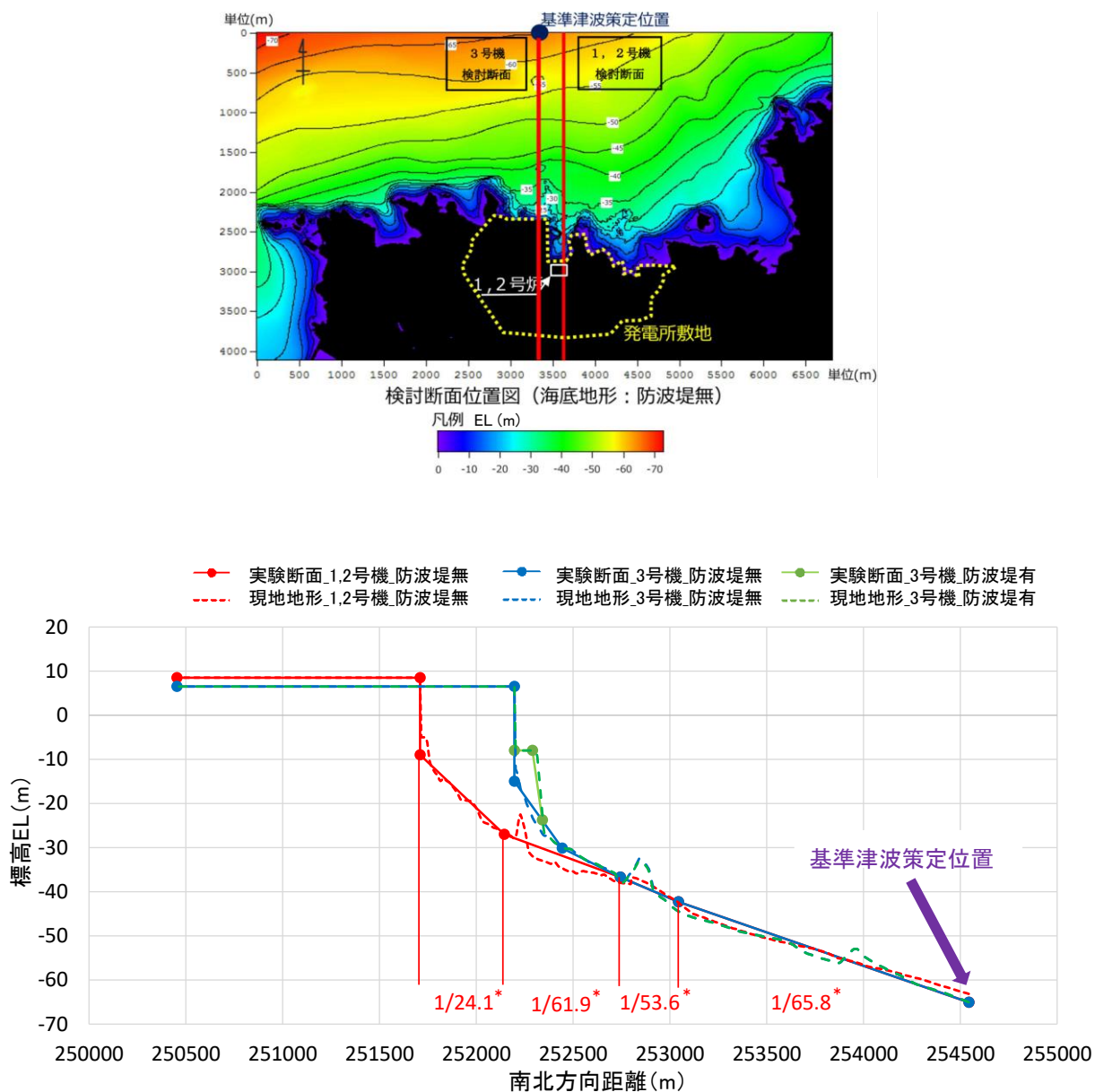


図 1.6.2-8 入射津波の造波波形図 (防波堤無)

c. 検討断面

島根原子力発電所前面の海底地形及び津波の伝搬特性を踏まえ、本実験の検討断面は、防波壁の延長方向に直交し、海底地形を示す等水深線ともほぼ直交する南北方向とする。水理模型実験における検討断面位置及び検討断面を図 1.6.2-9 に示す。



注記*：海底地形勾配を示す。

図 1.6.2-9 検討断面位置及び検討断面

d. 実験条件

実験施設の水路は、長さ 50m×幅 0.6m×高さ 1.2m とし、沖合約 2.5km から陸側の範囲を再現するために、実験縮尺（幾何縮尺）は 1/100 とする。3号機の実験施設水路の概要を図 1.6.2-10 に、1, 2号機の実験施設水路の概要を図 1.6.2-11 に示す。

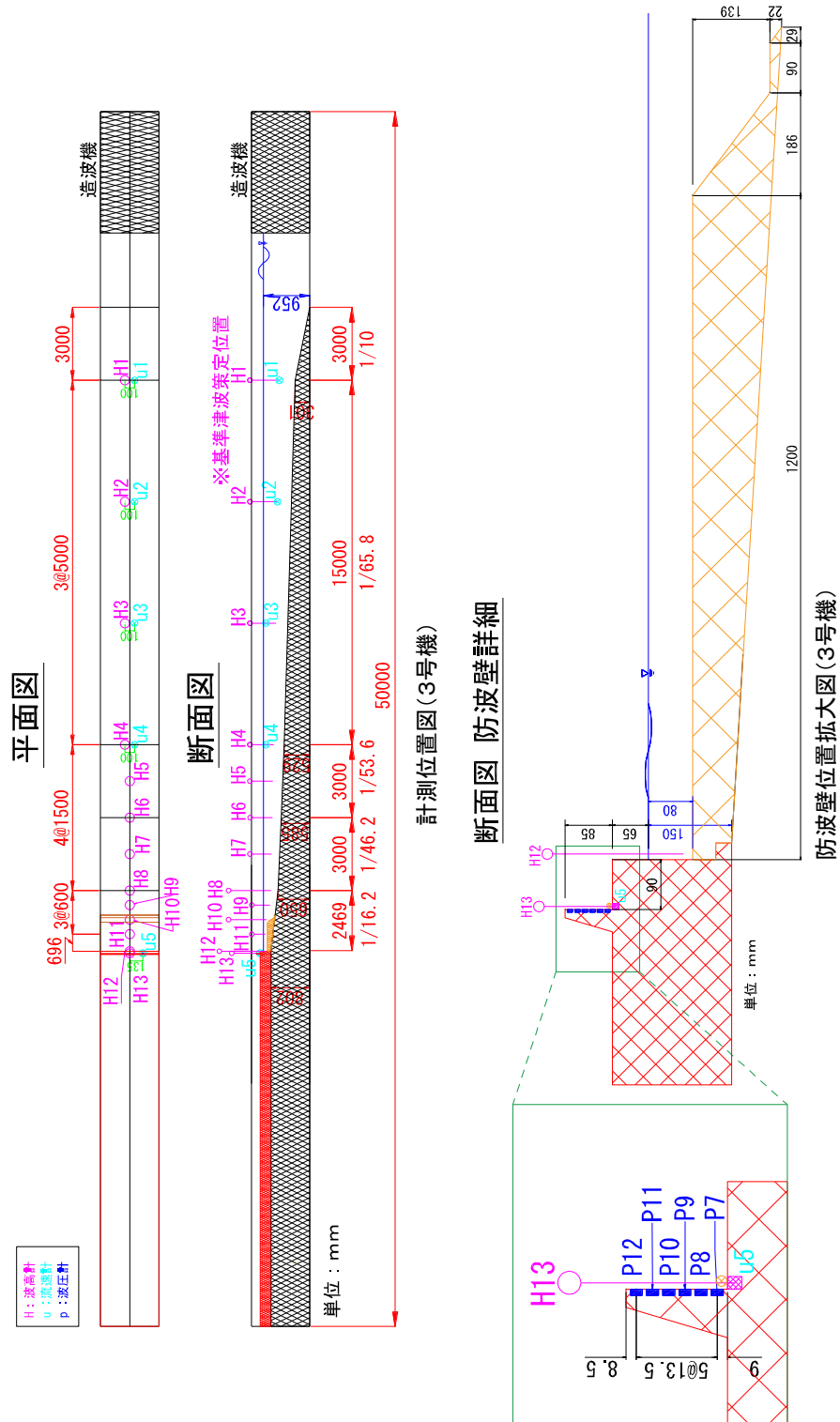


図 1.6.2-10 3号機の実験施設水路の概要

水理模型実験装置を図 1.6.2-12 に、3号機の実験模型を図 1.6.2-13 に、1, 2号機の実験模型を図 1.6.2-14 に示す。



図 1.6.2-12 水理模型実験装置

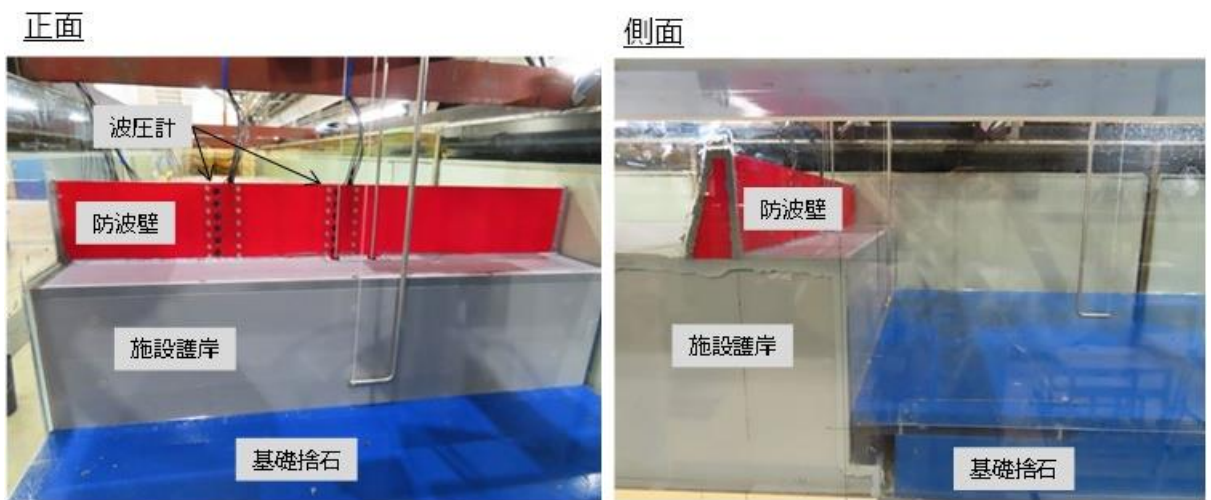


図 1.6.2-13 3号機の実験模型

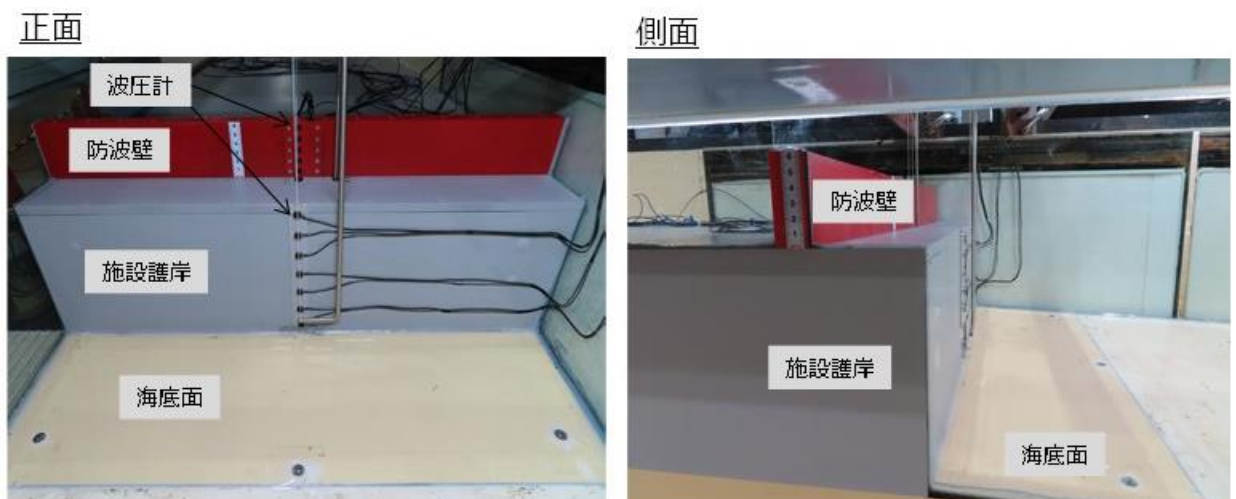


図 1.6.2-14 1, 2号機の実験模型

e. 水理模型実験による結果

(a) 水理模型実験におけるソリトン分裂波及び砕波の確認

(イ) ケース①（3号機）

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した（H1～H12 地点）。また、水理模型実験（H10 地点）と同等な水深における平面二次元津波シミュレーション（地点1）の時刻歴波形を比較した結果、同等の津波を再現できていることを確認した。

防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について、緩やかに上昇していることを確認した。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-15 に示す。

検討ケース	津波	波形(周期)	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	有		無	無	
ケース⑥	基準津波1の半周期		有	有	有

注記*: 通過波計測ケース

—: 水理模型実験結果
—: 平面二次元津波シミュレーション解析結果(地点1)

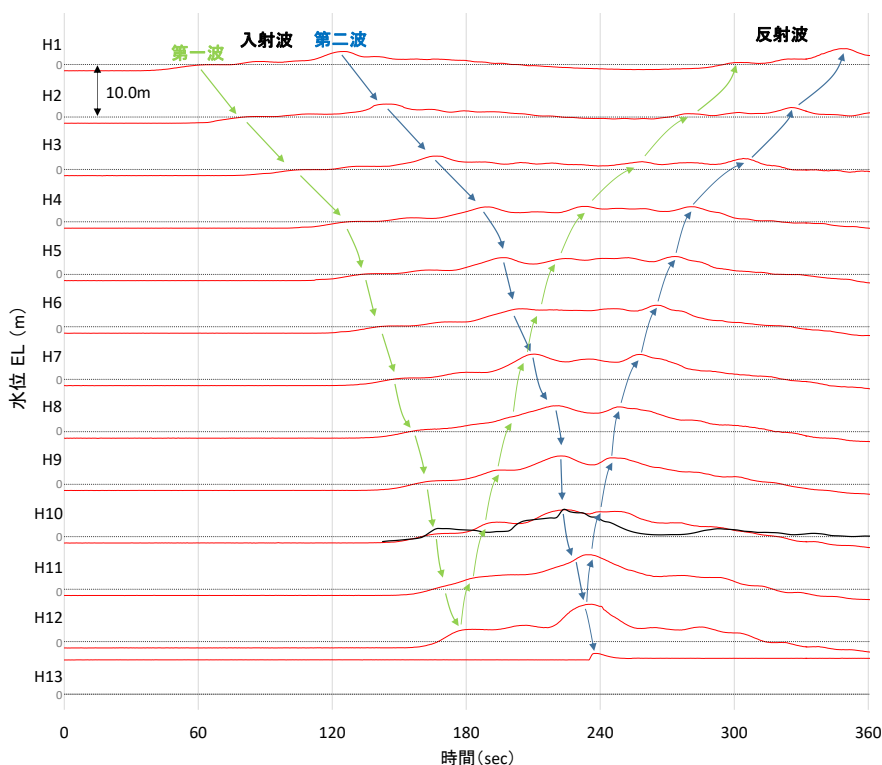


図 1.6.2-15 水理模型実験における水位の時刻歴波形（ケース①）

(ロ) ケース② (3号機)

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した (H1~H12 地点)。

防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について、緩やかに上昇していることを確認した。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-16 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	有		無	無	
ケース⑥	基準津波1 の半周期		有	有	有

注記*:通過波計測ケース

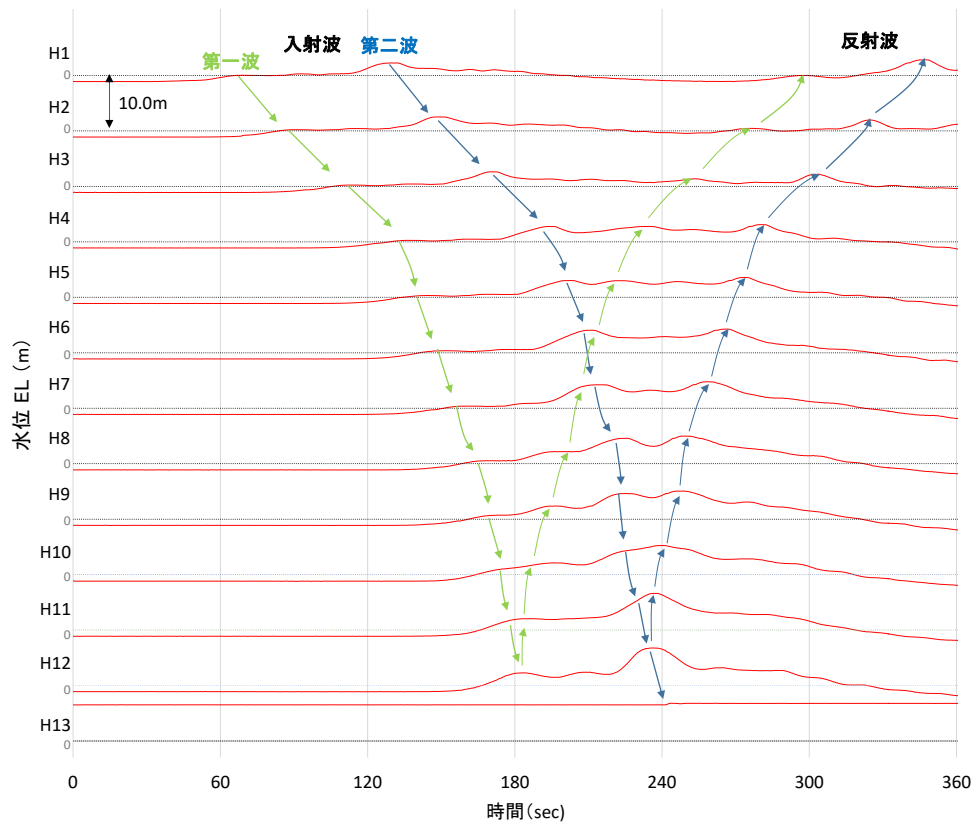


図 1.6.2-16 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース②)

(ハ) ケース③ (3号機)

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した (H1~H12 地点)。

防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認したことから、波圧を算定して影響を確認する。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-17 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	有		無	無	
ケース⑥	基準津波1 の半周期		有	有	有

注記*: 通過波計測ケース

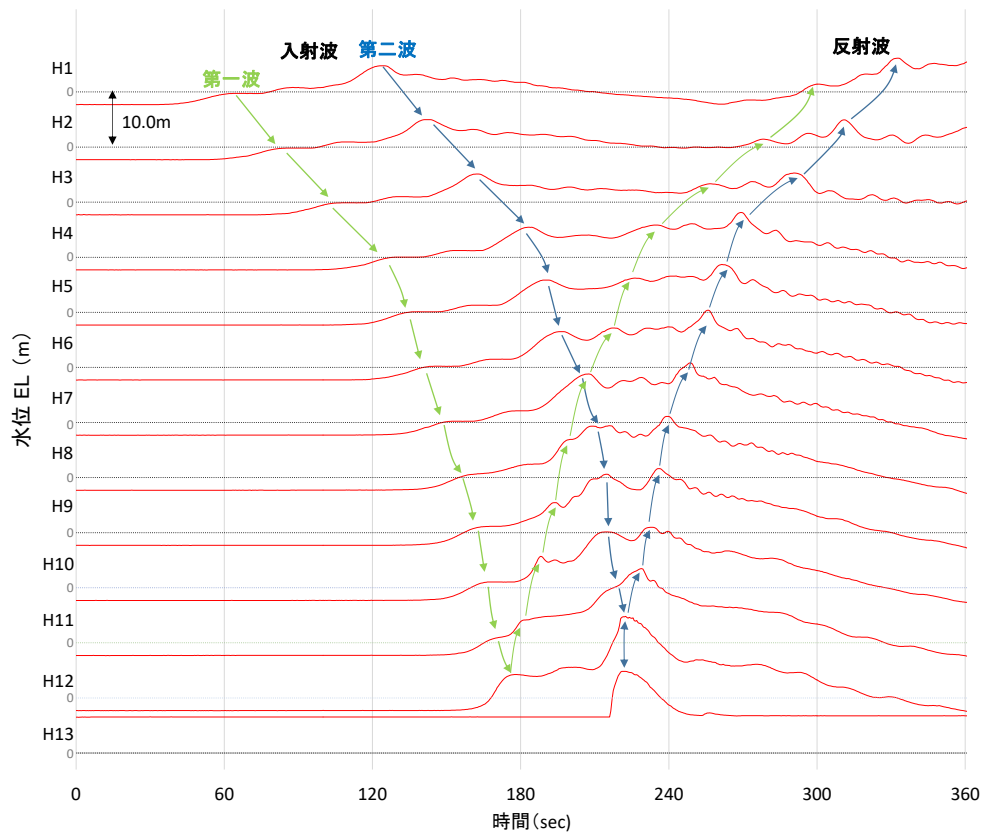


図 1.6.2-17 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース③)

(二) ケース④ (3号機)

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した (H1~H12 地点)。

防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認した。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-18 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	有		無	無	
ケース⑥	基準津波1 の半周期		有	有	有

注記*: 通過波計測ケース

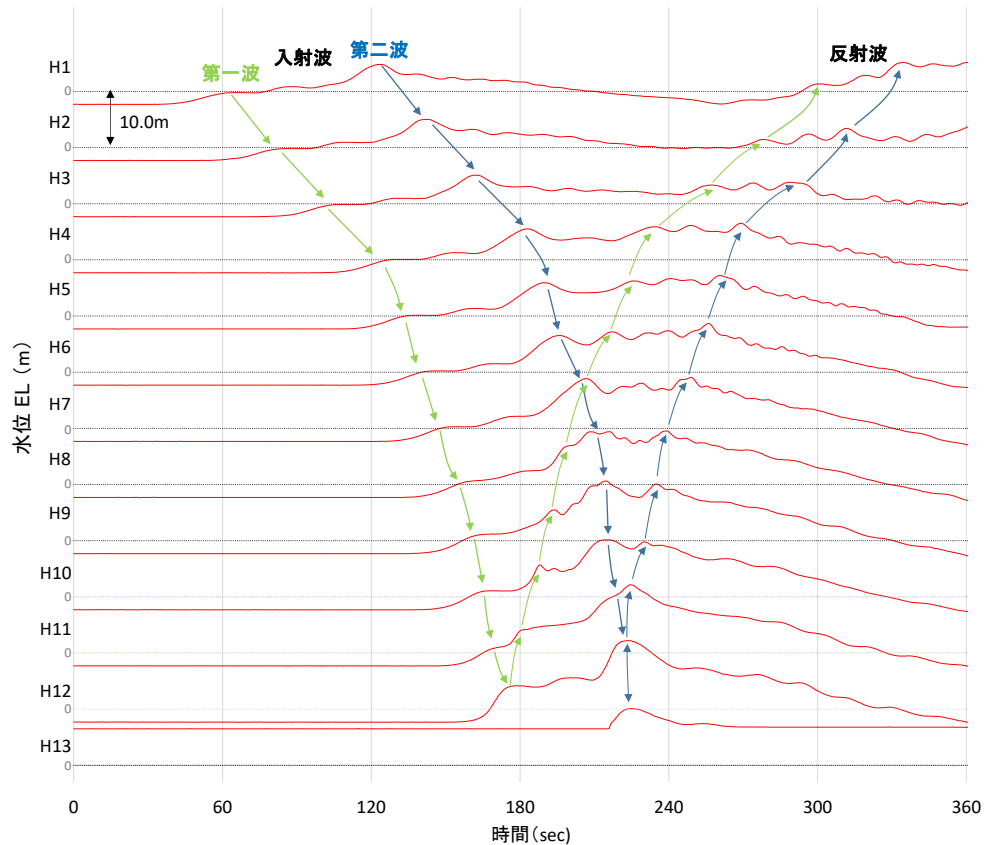


図 1.6.2-18 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース④)

(ホ) ケース⑤ (3号機)

本ケースは反射波の影響を受けない状態でのソリトン分裂波及び碎波の発生有無の確認のため、施設護岸及び防波壁無による通過波実験を行った。

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び碎波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した (H1~H12 地点)。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-19 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	有		無	無	
ケース⑥	基準津波1 の半周期		有	有	有

注記*: 通過波計測ケース

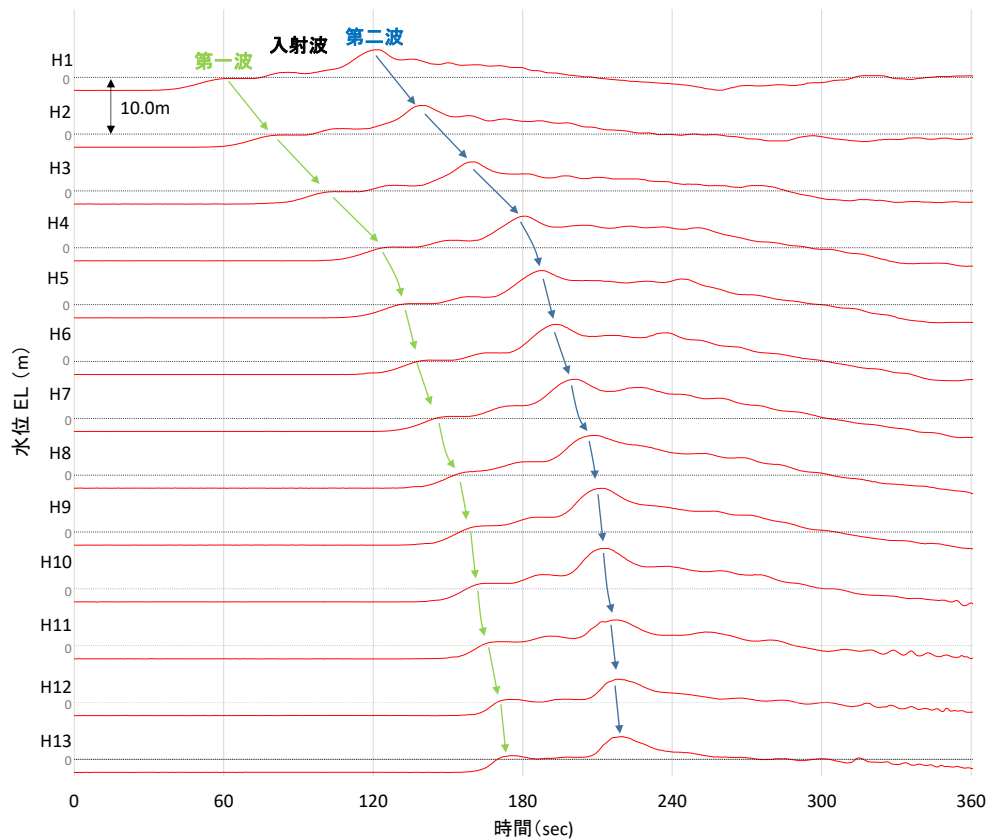


図 1.6.2-19 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑤)

(へ) ケース⑥ (3号機)

本ケースは不確かさケースとして、極端に周期を短くした場合の検討(基準津波1の半周期)を実施した。

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した(H1~H12)。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認したことから、波圧を算定して影響を確認する。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図1.6.2-20に示す。

検討ケース	津波	波形(周期)	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	有		無	無	
ケース⑥	基準津波1の半周期	有	有	有	

注記*: 通過波計測ケース

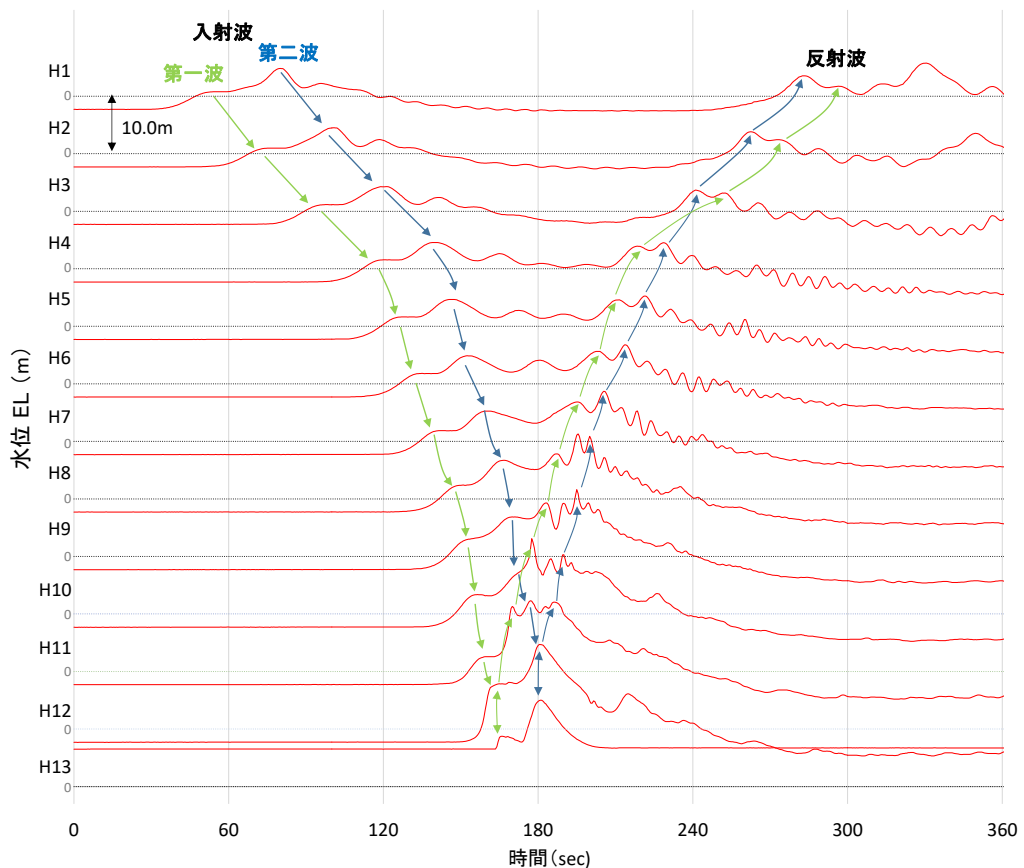


図 1.6.2-20 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑥)

(ト) ケース⑦ (1, 2号機)

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した (H1~H12 地点)。また、水理模型実験 (H10 地点) と同等な水深における平面二次元津波シミュレーション (地点 3) の時刻歴波形を比較した結果、同等の津波を再現できていることを確認した。

防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について、緩やかに上昇していることを確認した。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-21 に示す。

検討ケース	津波	波形(周期)	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有
ケース⑧	波圧 検討用津波 (15m津波)		無	有	有
ケース⑨※			無	有	無
ケース⑩※			無	無	無
ケース⑪		基準津波1 の半周期	無	有	有

注記*: 通過波計測ケース

—: 水理模型実験結果
—: 平面二次元津波シミュレーション解析結果(地点3)

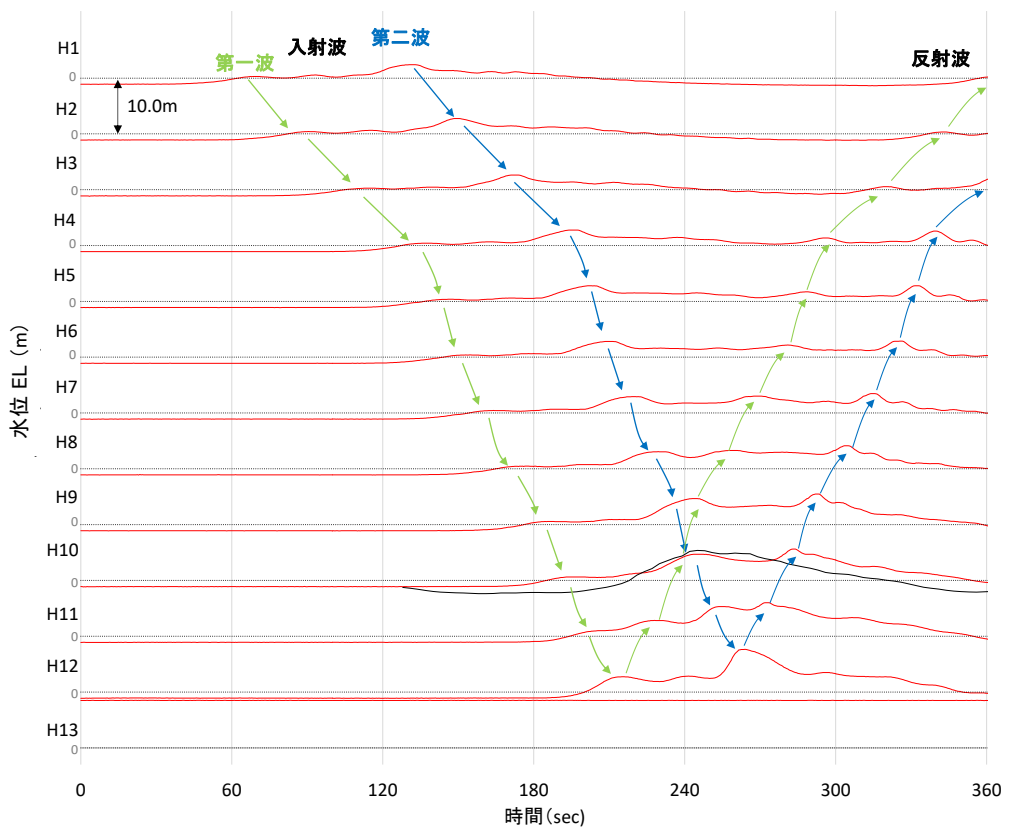


図 1.6.2-21 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑦)

(チ) ケース⑧ (1, 2号機)

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した (H1~H12 地点)。

防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認したことから、波圧を算定して影響を確認する。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-22 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有
ケース⑧	波圧 検討用津波 (15m津波)		無	有	有
ケース⑨*			無	有	無
ケース⑩*			無	無	無
ケース⑪		基準津波1 の半周期	無	有	有

注記*: 通過波計測ケース

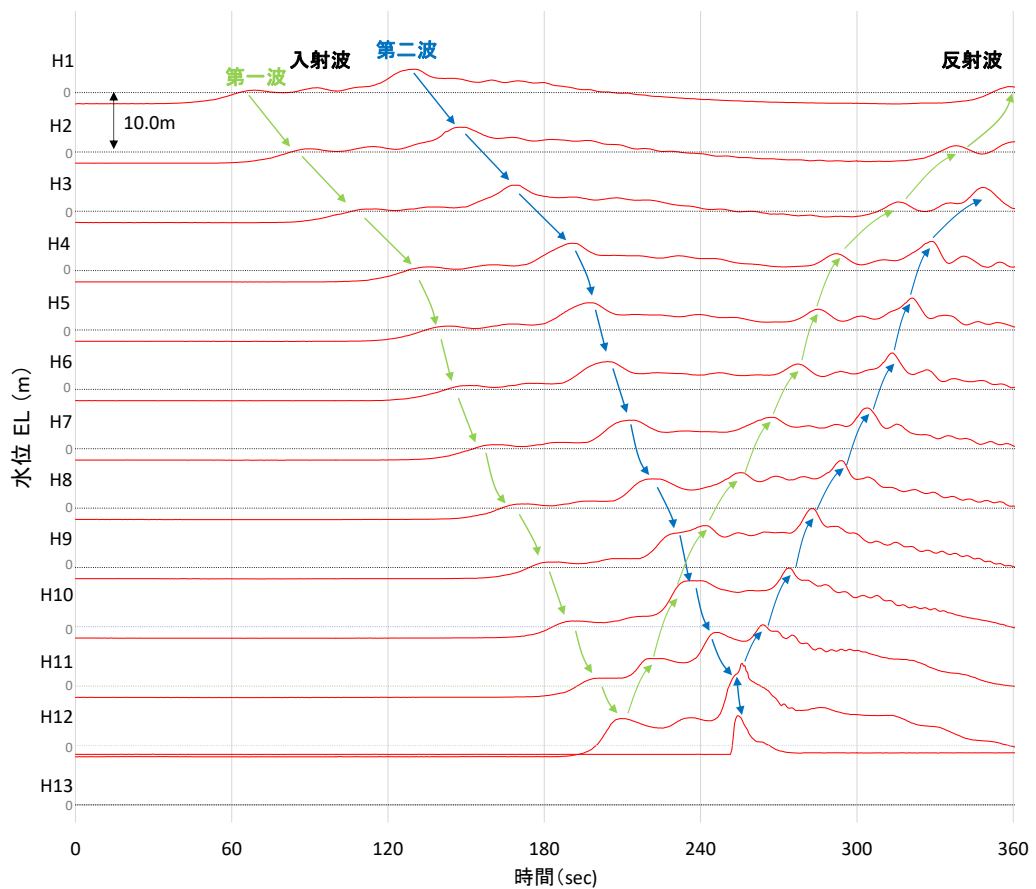


図 1.6.2-22 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑧)

(リ) ケース⑨ (1, 2号機)

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した (H1~H12 地点)。

防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しないことを確認した。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認した。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-23 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有
ケース⑧	波圧 検討用津波 (15m津波)		無	有	有
ケース⑨*			無	有	無
ケース⑩*			無	無	無
ケース⑪		基準津波1 の半周期	無	有	有

注記*: 通過波計測ケース

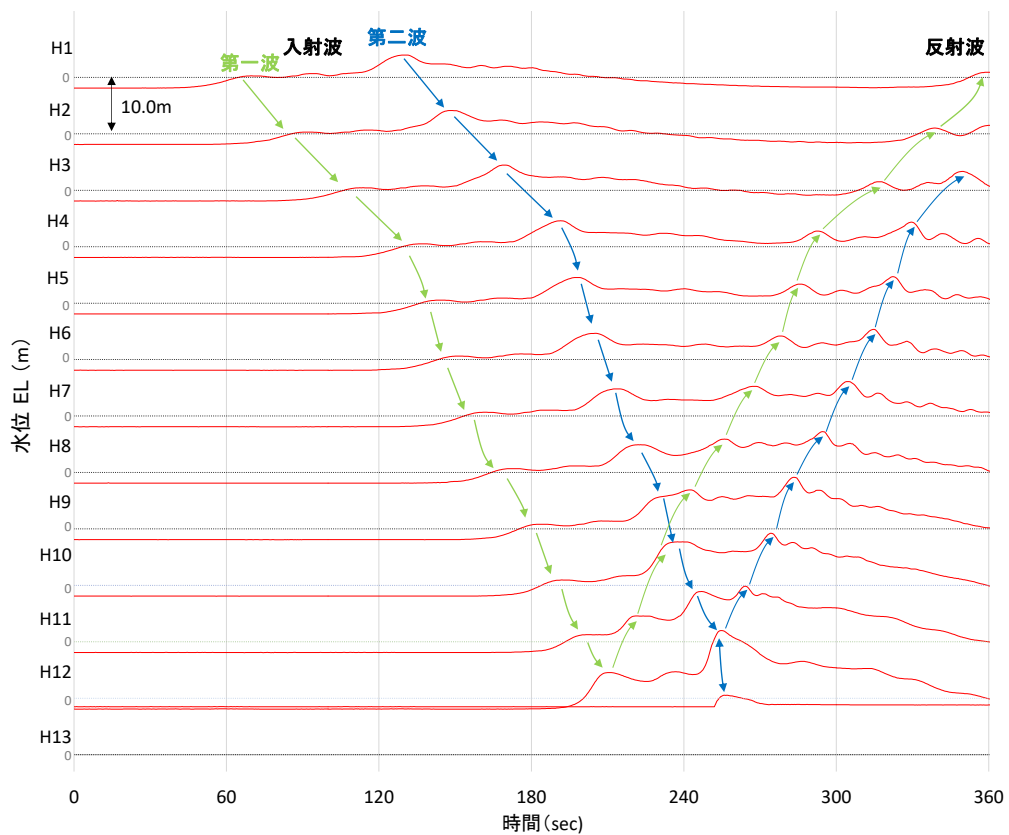


図 1.6.2-23 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑨)

(ヌ) ケース⑩ (1, 2号機)

本ケースは反射波の影響を受けない状態でのソリトン分裂波及び砕波の発生有無の確認のため、施設護岸及び防波壁無による通過波実験を行った。

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した (H1~H12 地点)。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図 1.6.2-24 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有
ケース⑧	波圧 検討用津波 (15m津波)		無	有	有
ケース⑨*			無	有	無
ケース⑩*			無	無	無
ケース⑪		基準津波1 の半周期	無	有	有

注記*: 通過波計測ケース

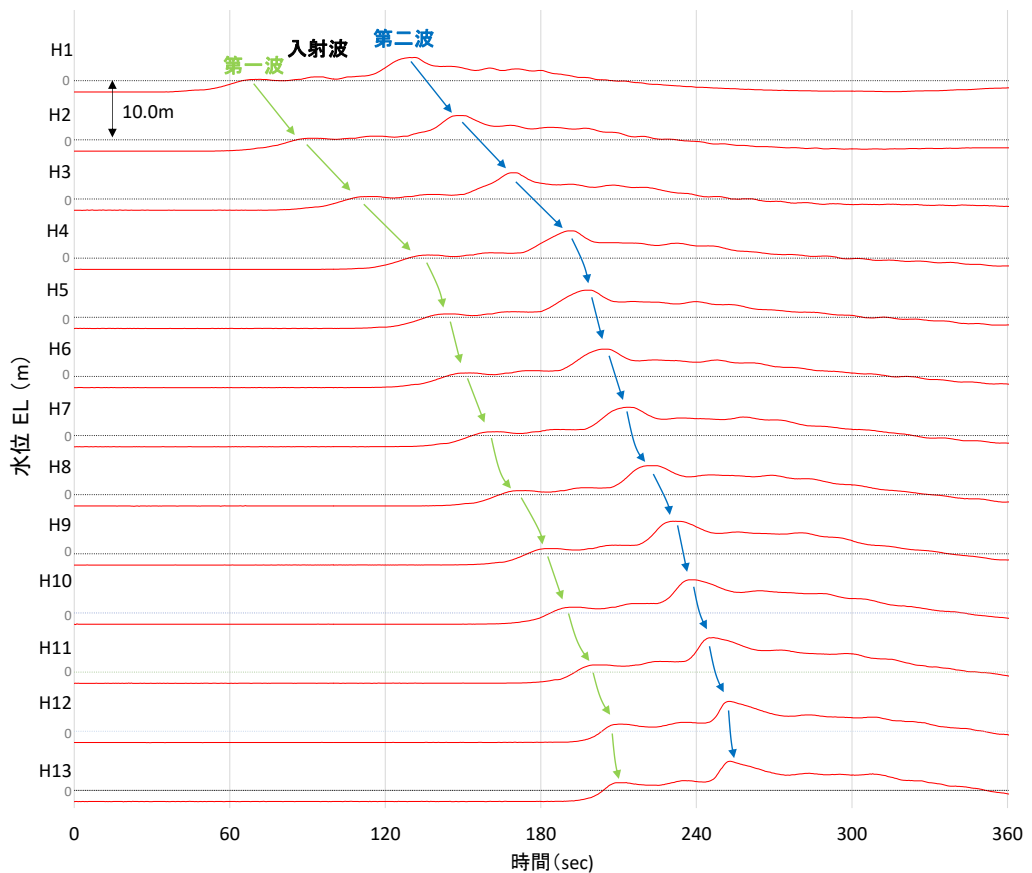


図 1.6.2-24 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑩)

(ル) ケース⑪ (1, 2号機)

本ケースは不確かさケースとして、極端に周期を短くした場合の検討(基準津波1の半周期)を実施した。

発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇していることを確認した(H1~H12)。また、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れを確認したことから、波圧を算定して影響を確認する。水理模型実験における水位の時刻歴波形を図1.6.2-25に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有
ケース⑧	波圧 検討用津波 (15m津波)		無	有	有
ケース⑨*			無	有	無
ケース⑩*			無	無	無
ケース⑪		基準津波1 の半周期	無	有	有

注記*:通過波計測ケース

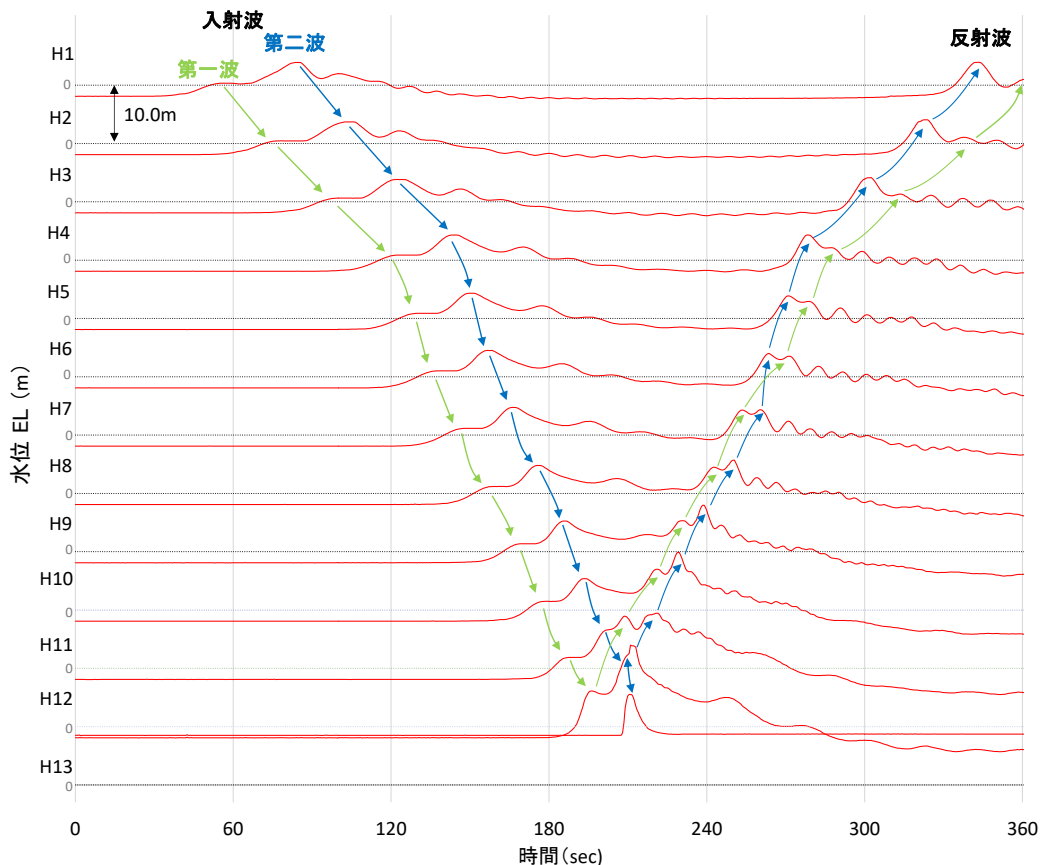


図 1.6.2-25 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑪)

(b) 水理模型実験による津波波圧の確認

水理模型実験において、第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形に乱れが認められたことから、防波壁に作用する波圧について確認した。

(イ) ケース③, ケース⑥ (3号機)

水理模型実験において計測した防波壁に作用する波圧分布を図 1.6.2-26 に示す。なお、横軸の波圧と縦軸の標高は津波による浸水深で無次元化を図った。水理模型実験により算定した3号機の防波壁における波圧分布は直線型となり、ソリトン分裂波にみられる防波壁基部付近における波圧の増加及び砕波発生時にみられる波圧の増加傾向が生じていないため、ソリトン分裂波や砕波による津波波圧への有意な影響はないことを確認した。

また、津波周期の不確かさとして、半周期としたケース⑥においても同様に、津波波圧への有意な影響はないことを確認した。

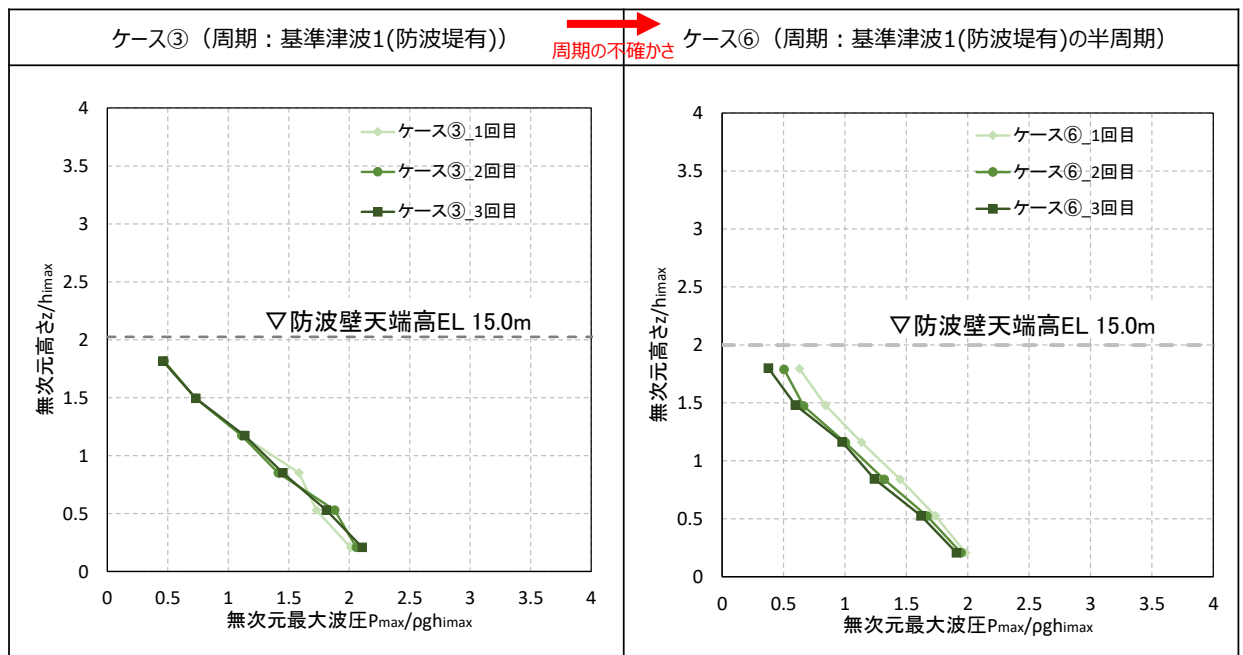


図 1.6.2-26 水理模型実験により算定した波圧分布 (ケース③及びケース⑥)

(ロ) ケース⑧, ケース⑩ (1, 2号機)

水理模型実験において計測した防波壁に作用する波圧分布を図 1.6.2-27 に示す。水理模型実験により算定した1, 2号機の防波壁における波圧分布は、直線型の波圧分布となりソリトン分裂波にみられる防波壁基部付近における波圧の増加及び砕波発生時にみられる波圧の増加傾向が生じていないため、ソリトン分裂波や砕波による津波波圧への有意な影響はないことを確認した。

また、津波周期の不確かさとして、半周期としたケース⑩においても同様に、津波波圧への有意な影響はないことを確認した。

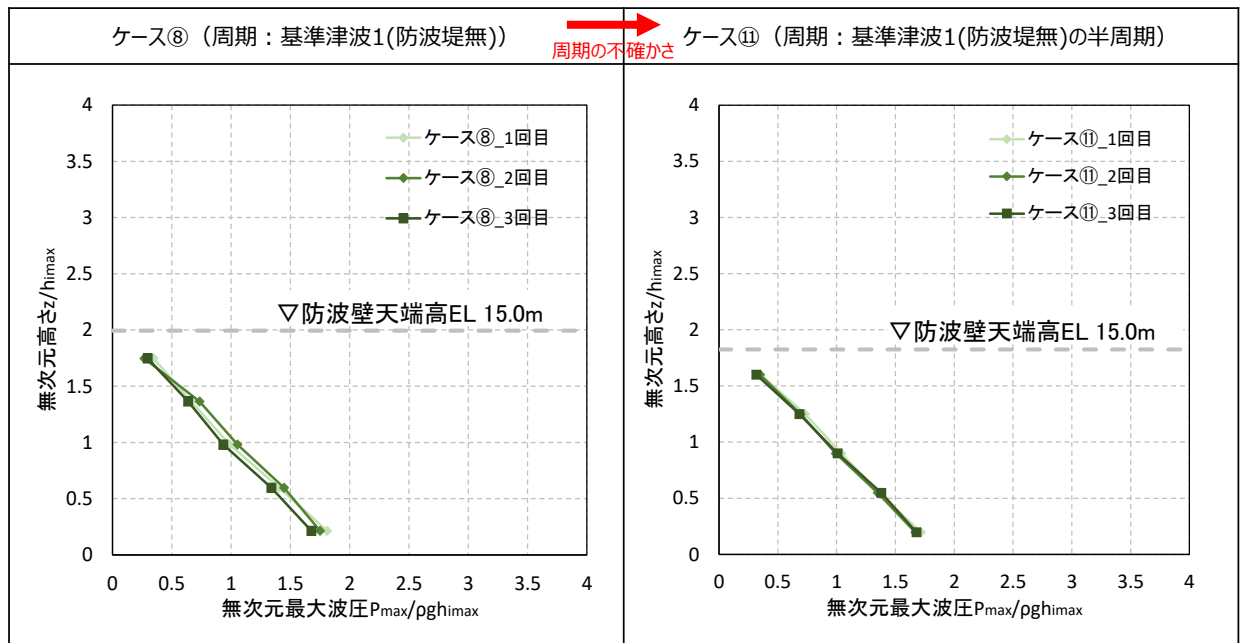


図 1.6.2-27 水理模型実験により算定した波圧分布 (ケース⑧及びケース⑩)

(4) 断面二次元津波シミュレーションによる検討

a. 検討概要

水理模型実験の再現性の確認，津波波形の検証によるソリトン分裂波・砕波の発生確認及び津波波圧の算定を目的として，断面二次元津波シミュレーションを実施する。

b. 検討ケース及び解析条件

断面二次元津波シミュレーションの検討ケースは，水理模型実験の再現性の確認を踏まえて，表 1.6.2-6 に示す水理模型実験の検討ケースを基に，3号機においてはケース①及び③，1，2号機においてはケース⑦及び⑧とし，解析条件は水理模型実験と同条件となるように設定した。

表 1.6.2-6 断面二次元津波シミュレーションの検討ケース一覧

検討ケース一覧（3号機）

検討ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
③	波圧検討用津波 (15m 津波)	基準津波1	有	有	有

検討ケース一覧（1，2号機）

検討ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有
⑧	波圧検討用津波 (15m 津波)	基準津波1	無	有	有

c. 断面二次元津波シミュレーションによる解析結果

(a) 断面二次元津波シミュレーションによるソリトン分裂波及び砕波の確認

(イ) ケース① (3号機)

ケース①の解析結果として、以下に示すとおり、水理模型実験と同等の水位の時刻歴波形を再現できていることを確認した (H1~H13 地点)。

- ・発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇している (H1~H12 地点)。
- ・防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しない。
- ・第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について、緩やかに上昇している。

断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形を図 1.6.2-28 に示す。

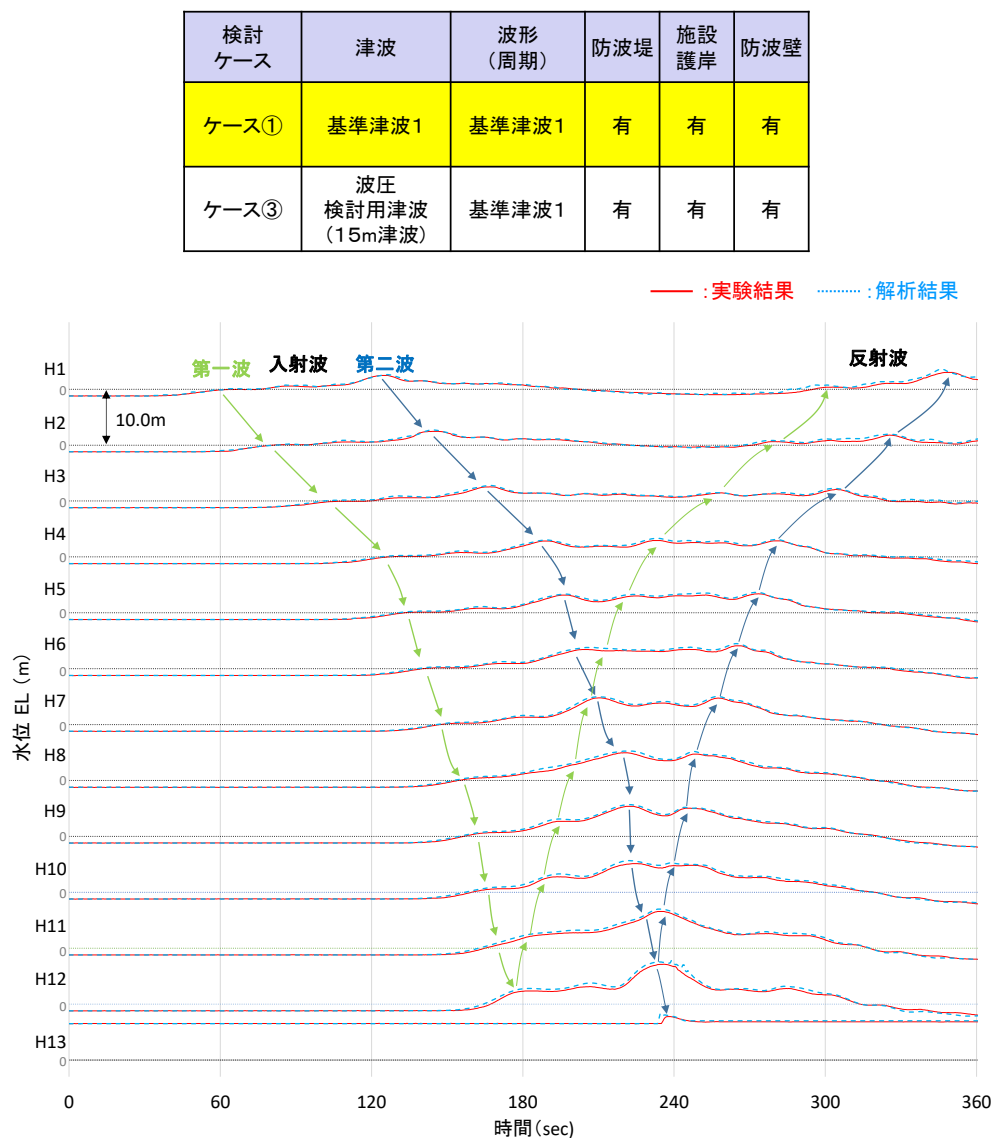


図 1.6.2-28 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形 (ケース①)

(ロ) ケース③ (3号機)

ケース③の解析結果として、以下に示すとおり、水理模型実験と同等の水位の時刻歴波形を再現できていることを確認した (H1~H13 地点)。

- ・発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇している (H1~H12)。
- ・防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しない。
- ・第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れが確認できる。

断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形を図 1.6.2-29 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース③	波圧 検討用津波 (15m津波)	基準津波1	有	有	有

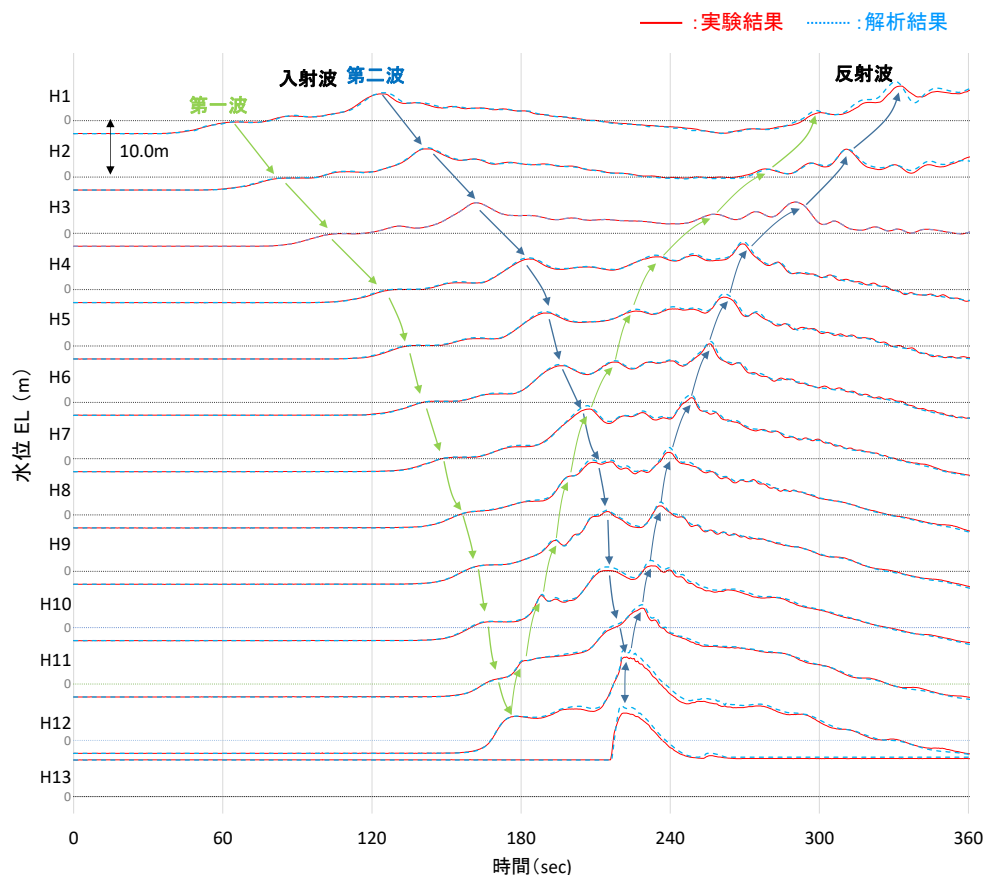


図 1.6.2-29 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形 (ケース③)

(ハ) 波形の水面勾配の確認 (3号機)

3号機を対象とした、ケース①における断面二次元津波シミュレーション結果による、水位の時刻歴波形を基に水面勾配を確認した。

3号機における海底地形を図 1.6.2-30 に、最大水面勾配の確認結果を図 1.6.2-31 に示す。

図 1.6.2-31 示すとおり、水位の時刻歴波形を基に水位上昇量が大きくなる時刻に着目して水位分布を確認した結果、護岸から 43.50m 位置において、水面勾配は最大で 1.40° となることを確認した。

津波のソリトン分裂現象と分裂波の砕波限界を把握するために津波の実験を実施されている「松山ら(2005)」*における水面勾配の砕波限界 $30^\circ \sim 40^\circ$ に比べて、本ケースにおける水面勾配は十分に小さいことを確認した。

以上より、基準津波を対象としたケース①における、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる結果を踏まえて、水位の時刻歴波形及び水位分布からソリトン分裂波や砕波と考えられる挙動は認められないため、3号機ではソリトン分裂波及び砕波は発生しないと判断した。

注記*：松山昌史・池野正明・榊山勉・柳沢賢・藤井直樹（2005）大陸棚上におけるソリトン分裂した津波の砕波に関する無ひずみ模型実験，海岸工学論文集 第 52 巻，pp.241-245，2005

護岸法線部を原点とした海底地形

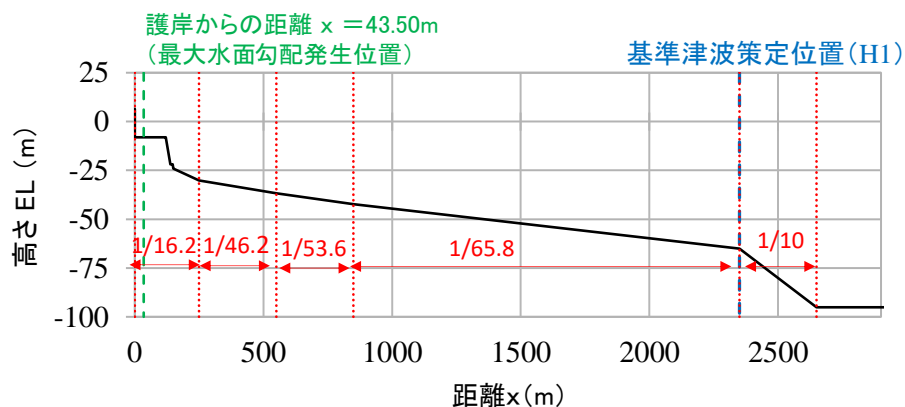
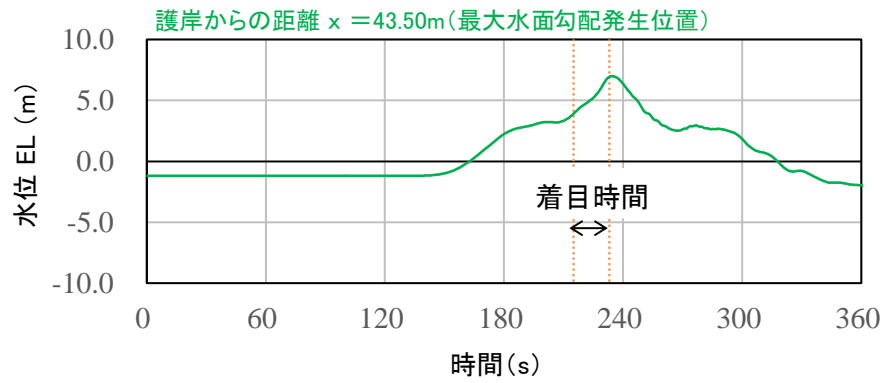
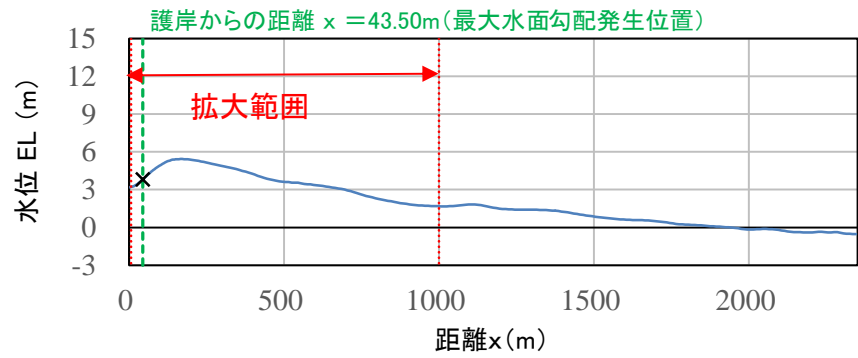


図 1.6.2-30 3号機における海底地形

最大水面勾配が確認された時刻



最大水面勾配が確認された時刻 ($t=218.1\text{s}$) の水位分布



水位分布の拡大図 ($t=218.1\text{s}$)

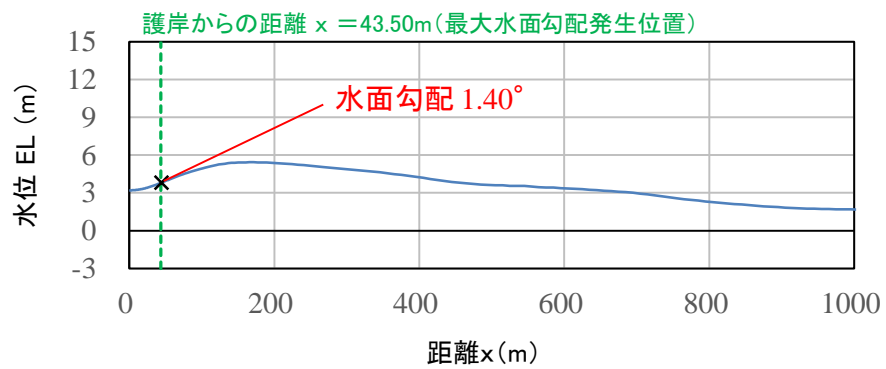


図 1.6.2-31 最大水面勾配の確認結果 (3号機)

(二) ケース⑦ (1, 2号機)

ケース⑦の解析結果として、以下に示すとおり、水理模型実験と同等の水位の時刻歴波形を再現できていることを確認した (H1~H13 地点)。

- ・発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇している (H1~H12 地点)。
- ・防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しない。
- ・第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について、緩やかに上昇している。

断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形を図 1.6.2-32 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有
ケース⑧	波圧 検討用津波 (15m津波)	基準津波1	無	有	有

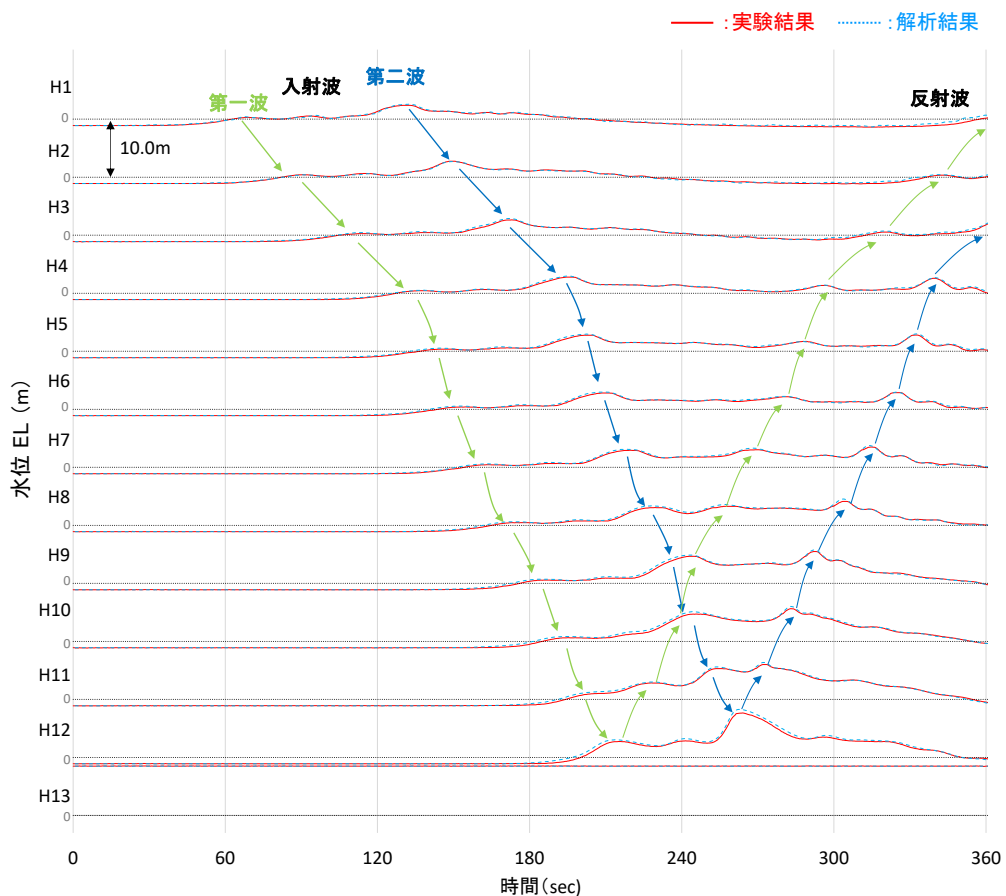


図 1.6.2-32 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形 (ケース⑦)

(ホ) ケース⑧ (1, 2号機)

ケース⑧の解析結果として、以下に示すとおり、水理模型実験と同等の水位の時刻歴波形を再現できていることを確認した (H1~H13 地点)。

- ・発電所沖合から防波壁の近傍において、ソリトン分裂波及び砕波を示す波形がなく、水位は緩やかに上昇している (H1~H12)。
- ・防波壁前面の H13 地点においても、ソリトン分裂波及び砕波は発生しない。
- ・第一波の反射波と第二波の入射波がぶつかった後の波形について乱れが確認できる。

断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形を図 1.6.2-33 に示す。

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有
ケース⑧	波圧 検討用津波 (15m津波)	基準津波1	無	有	有

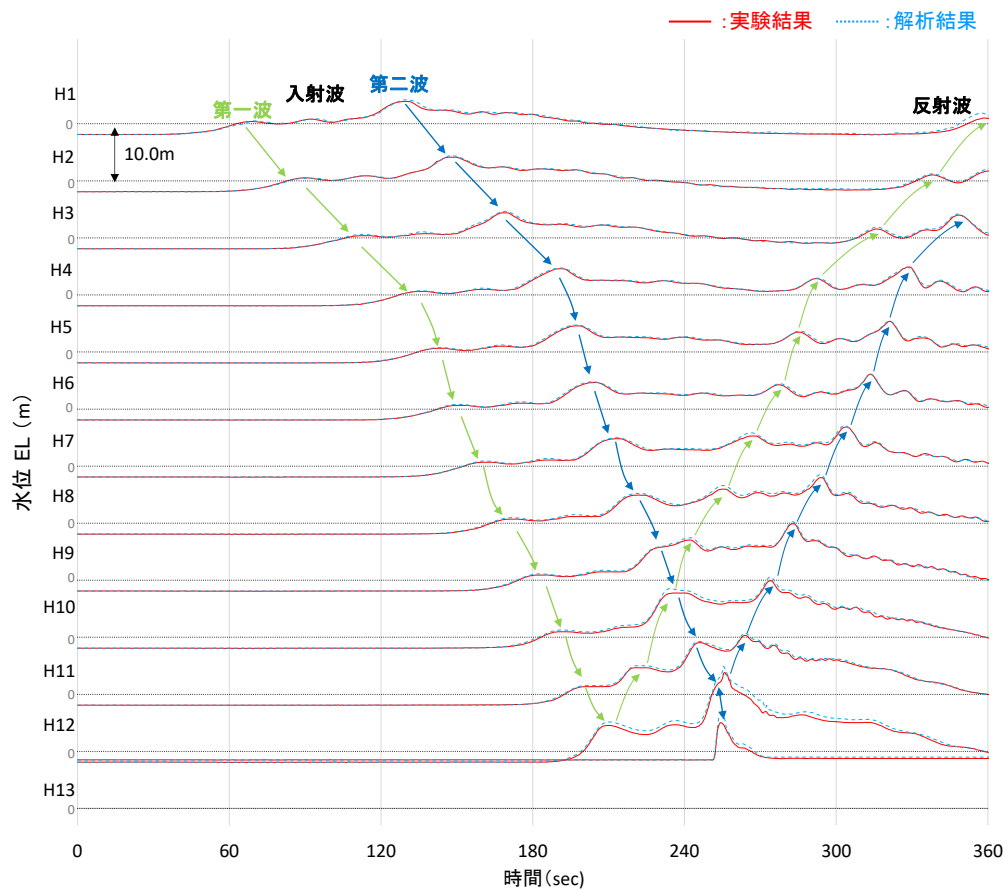


図 1.6.2-33 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形 (ケース⑧)

(へ) 波形の水面勾配の確認 (1, 2号機)

1, 2号機を対象とした, ケース⑦における断面二次元津波シミュレーション結果による, 水位の時刻歴波形を基に水面勾配を確認した。

1, 2号機における海底地形を図 1.6.2-34 に, 最大水面勾配の確認結果を図 1.6.2-35 に示す。

図 1.6.2-35 示すとおり, 水位の時刻歴波形を基に水位上昇量が大きくなる時刻に着目して水位分布を確認した結果, 護岸から 72.94m 位置において, 水面勾配は最大で 1.83° となることを確認した。

津波のソリトン分裂現象と分裂波の砕波限界を把握するために津波の実験を実施されている「松山ら(2005)」における水面勾配の砕波限界 $30^\circ \sim 40^\circ$ に比べて, 本ケースにおける水面勾配は十分に小さいことを確認した。

以上より, 基準津波を対象としたケース⑦における, 水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる結果を踏まえて, 水位の時刻歴波形及び水位分布からソリトン分裂波や砕波と考えられる挙動は認められないため, 1, 2号機ではソリトン分裂波及び砕波は発生しないと判断した。

護岸法線部を原点とした海底地形

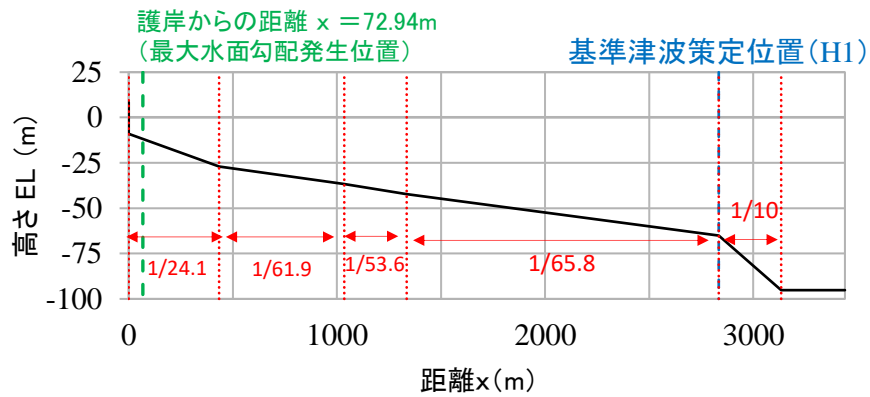
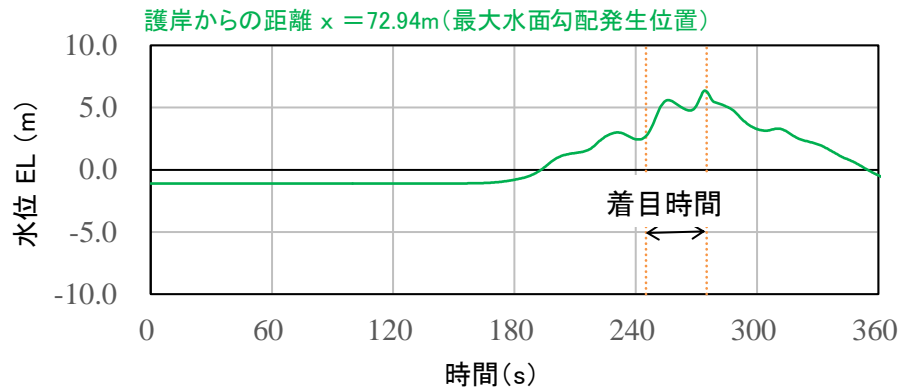
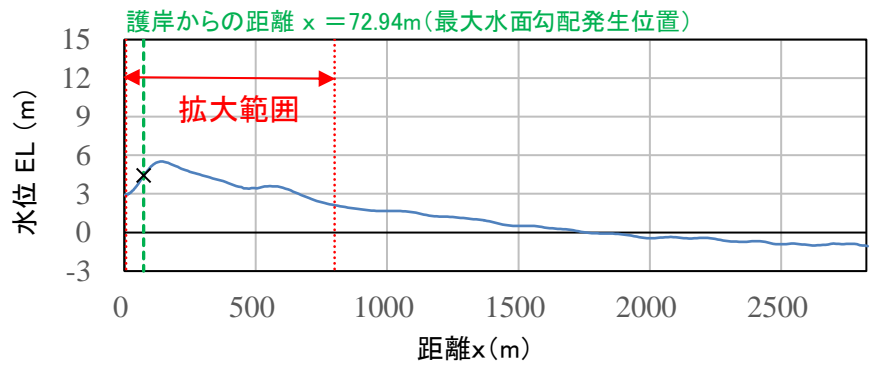


図 1.6.2-34 1, 2号機における海底地形

最大水面勾配が確認された時刻



最大水面勾配が確認された時刻 (t = 254.4s) の水位分布



水位分布の拡大図 (t = 254.4s)

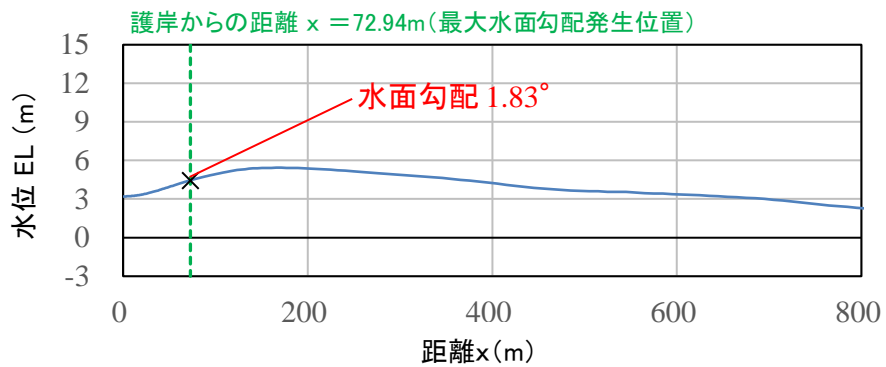


図 1.6.2-35 最大水面勾配の確認結果 (1, 2号機)

(b) 断面二次元津波シミュレーションによる波圧の算定結果

断面二次元津波シミュレーションにより算定した敷地高以上（防波壁等）に作用する波圧分布を図 1.6.2-36 に、敷地高以深（施設護岸）に作用する波圧分布を図 1.6.2-37 に示す。なお、波圧分布図においては横軸の波圧と縦軸の標高を静水面からの津波高さで無次元化を図った。

また、敷地高以上及び 1, 2 号機の敷地高以深においては、比較対象として同条件による水理模型実験結果による波圧分布の結果も示す。

断面二次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布は、水理模型実験と同程度であり、再現性があることを確認するとともに、直線型の波圧分布となることから、ソリトン分裂波や砕波による津波波圧への有意な影響はないことを確認した。

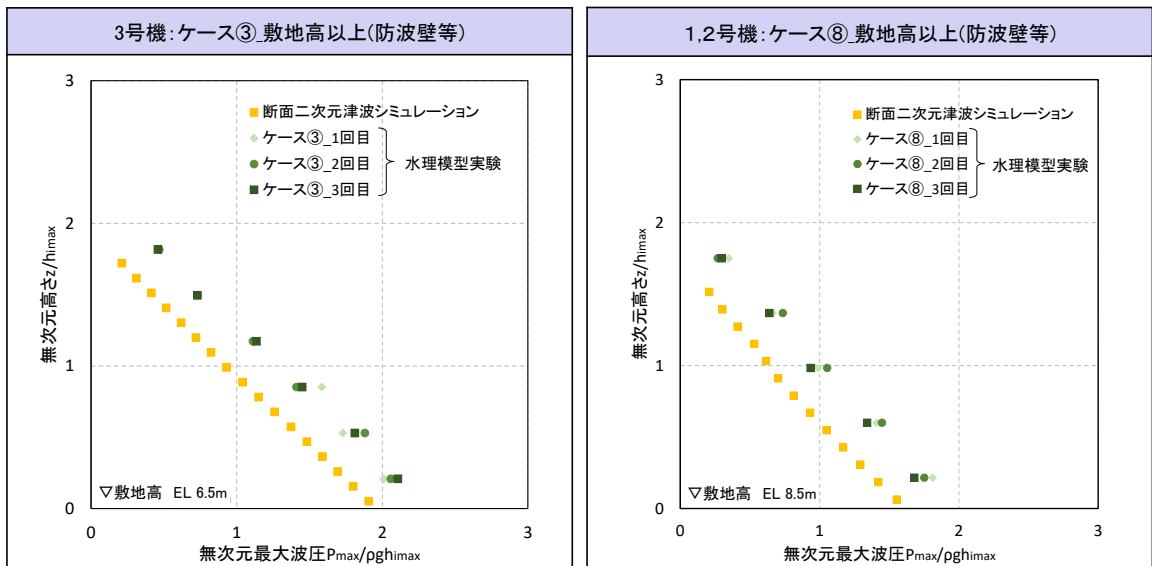


図 1.6.2-36 敷地高以上（防波壁等）における波圧分布の比較

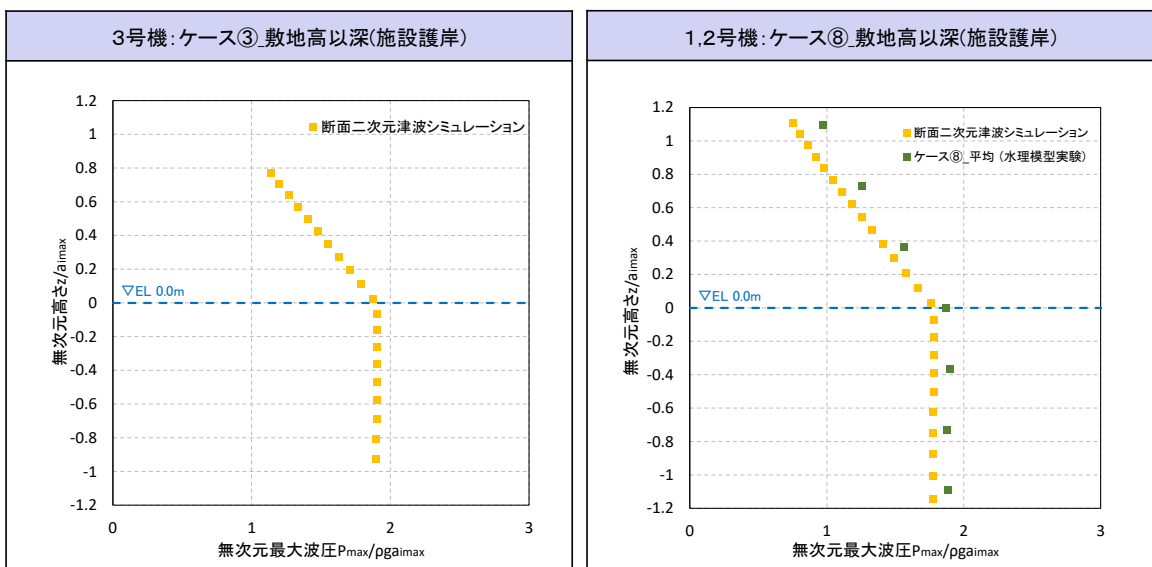


図 1.6.2-37 敷地高以深（施設護岸）における波圧分布の比較

(5) 三次元津波シミュレーションによる妥当性確認

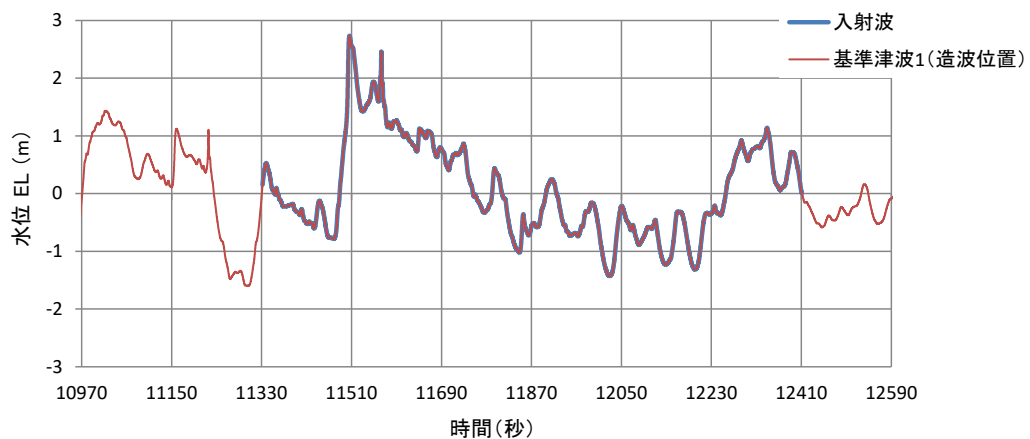
a. 検討概要

前述の水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションでは、島根原子力発電所の代表断面について検討した。島根原子力発電所は輪谷湾を中心とした半円状の複雑な地形であるため、三次元津波シミュレーションを実施して、複雑な地形や三次元的な流況による津波波圧への影響を確認し、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧の妥当性を確認する。

b. 入射津波の設定

入射津波については、基準津波1（防波堤有及び防波堤無）の場合、敷地への浸水が局所的であり、防波壁等への津波波圧の影響確認が困難なことから、波圧検討用津波（15m津波）を設定する。なお、波圧検討用津波（15m津波）により算定した波圧は、防波壁等の設計用津波波圧として用いるものではない。入力津波の造波波形を図 1.6.2-38 に示す。

入射津波の造波波形(防波堤有)



入射津波の造波波形(防波堤無)

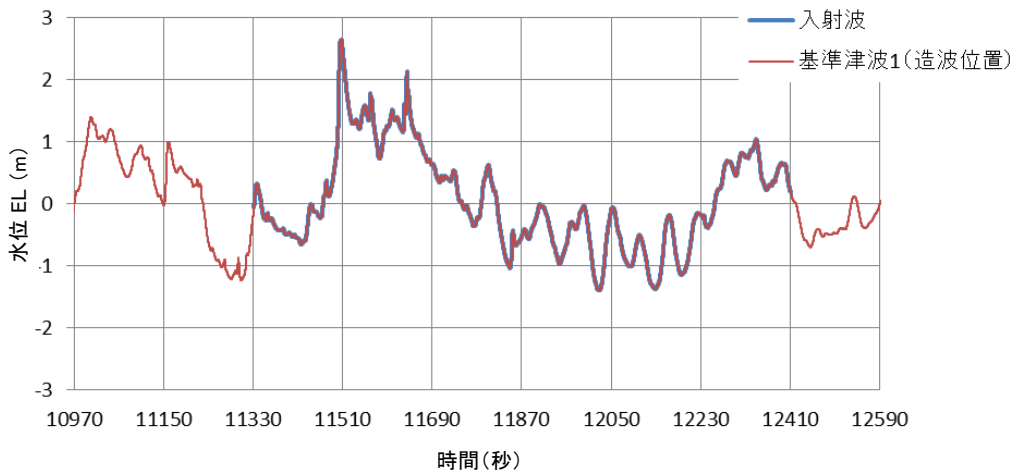


図 1.6.2-38 入射津波の造波波形（防波堤有及び防波堤無）

c. 解析モデル及び解析条件

解析モデルについては、防波壁位置における津波高さ及び津波波圧を算定するため、陸海域の地形等の特性（1, 2号機前面が入り組んだ複雑な地形）を再現して海底地形及び敷地をモデル化するとともに、防波壁等の形状及び高さを再現した地形とする。

発電所前面の海底地形及び三次元解析モデルを図 1.6.2-39 に、三次元津波シミュレーションの解析条件を表 1.6.2-7 に示す。

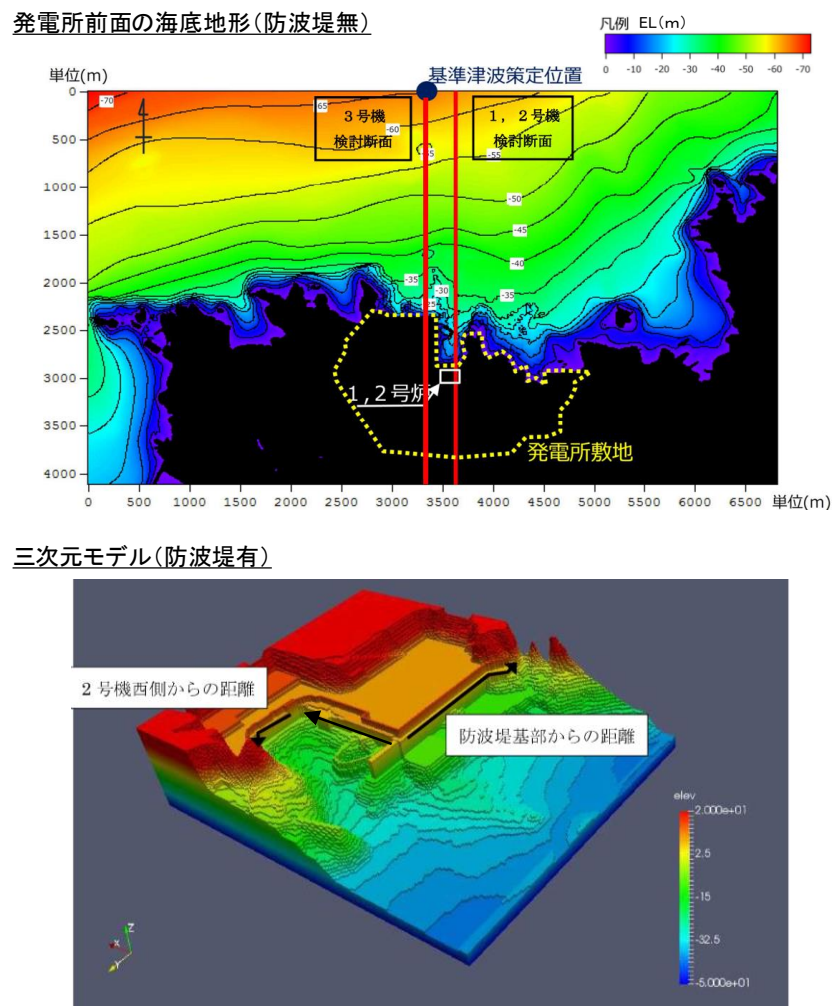


図 1.6.2-39 発電所前面の海底地形及び三次元解析モデル

表 1.6.2-7 三次元津波シミュレーションの解析条件

モデル化領域	南北方向：2,175m, 東西方向：1,125m
格子間隔	$\Delta x=6.25\text{m}$, $\Delta y=6.25\text{m}$, $\Delta z=1.0\sim 2.0\text{m}$
解析時間	1079 秒（基準津波 1 の押し波最大波）

d. 三次元津波シミュレーションによる解析結果

(a) 三次元津波シミュレーションによる津波水位

波圧検討用津波（15m津波）を用いた三次元津波シミュレーションにより抽出された防波壁前面における最高水位発生位置を図 1.6.2-40 に，最高水位分布を図 1.6.2-41 に示す。

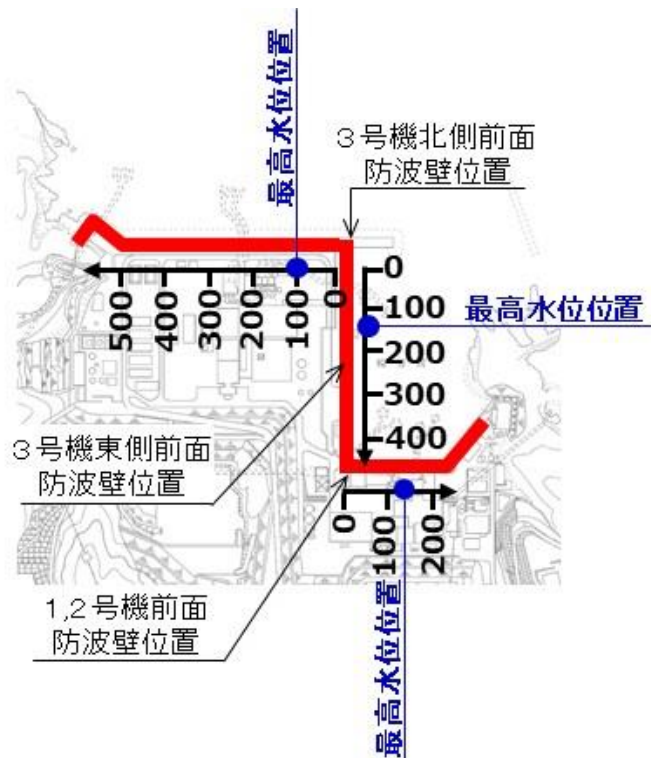


図 1.6.2-40 防波壁の平面位置及び最高水位発生位置

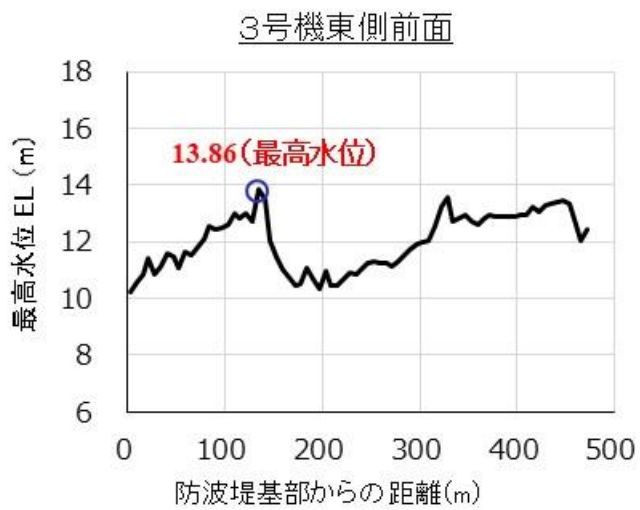
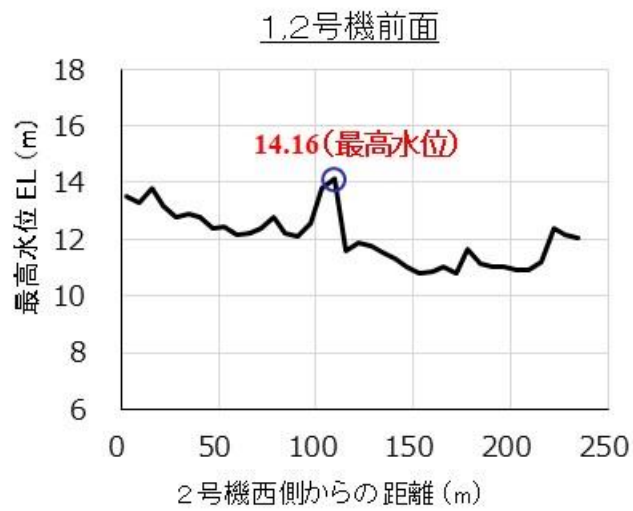
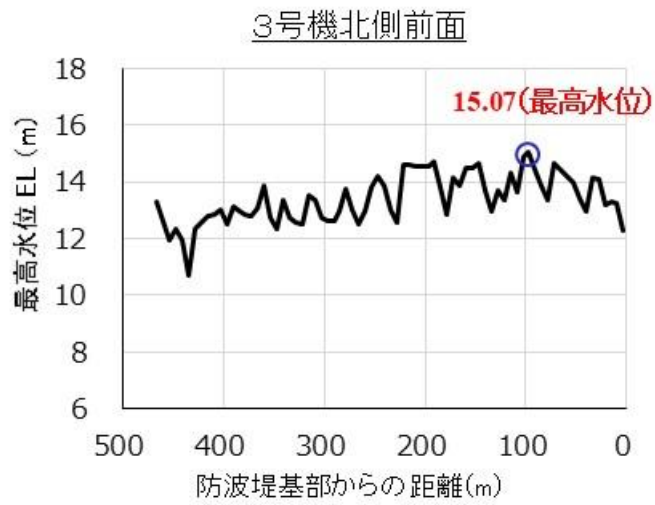


図 1.6.2-41 防波壁前面における最高水位分布

(b) 三次元津波シミュレーションによる津波波圧

防波壁平面位置を図 1.6.2-42 に、波圧検討用津波（15m津波）を用いた三次元津波シミュレーションにより直接算定した、標高別の最大波圧分布を図 1.6.2-43 に示す。

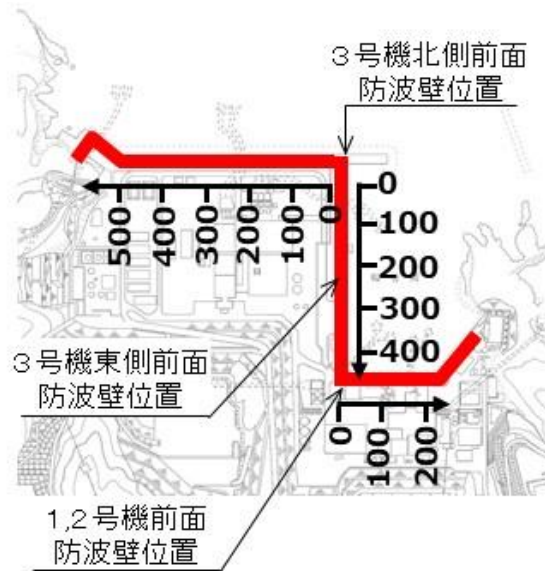


図 1.6.2-42 防波壁平面位置図

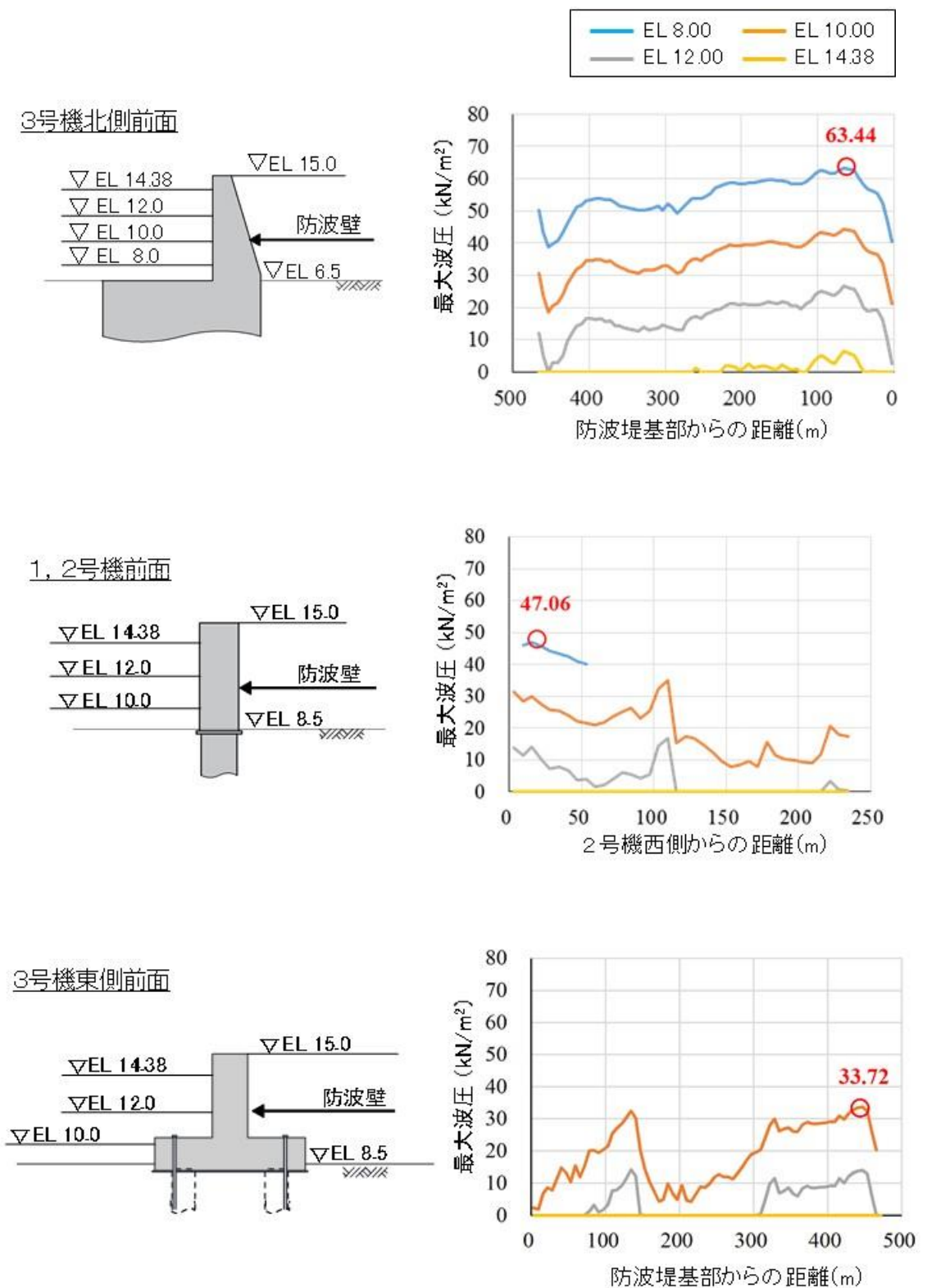


図 1.6.2-43 防波壁に作用する標高別の最大波圧分布

波圧検討用津波（15m津波）を用いた三次元津波シミュレーションにより防波壁に作用する波圧（標高毎）を直接算定した結果を図 1.6.2-44 に示す。

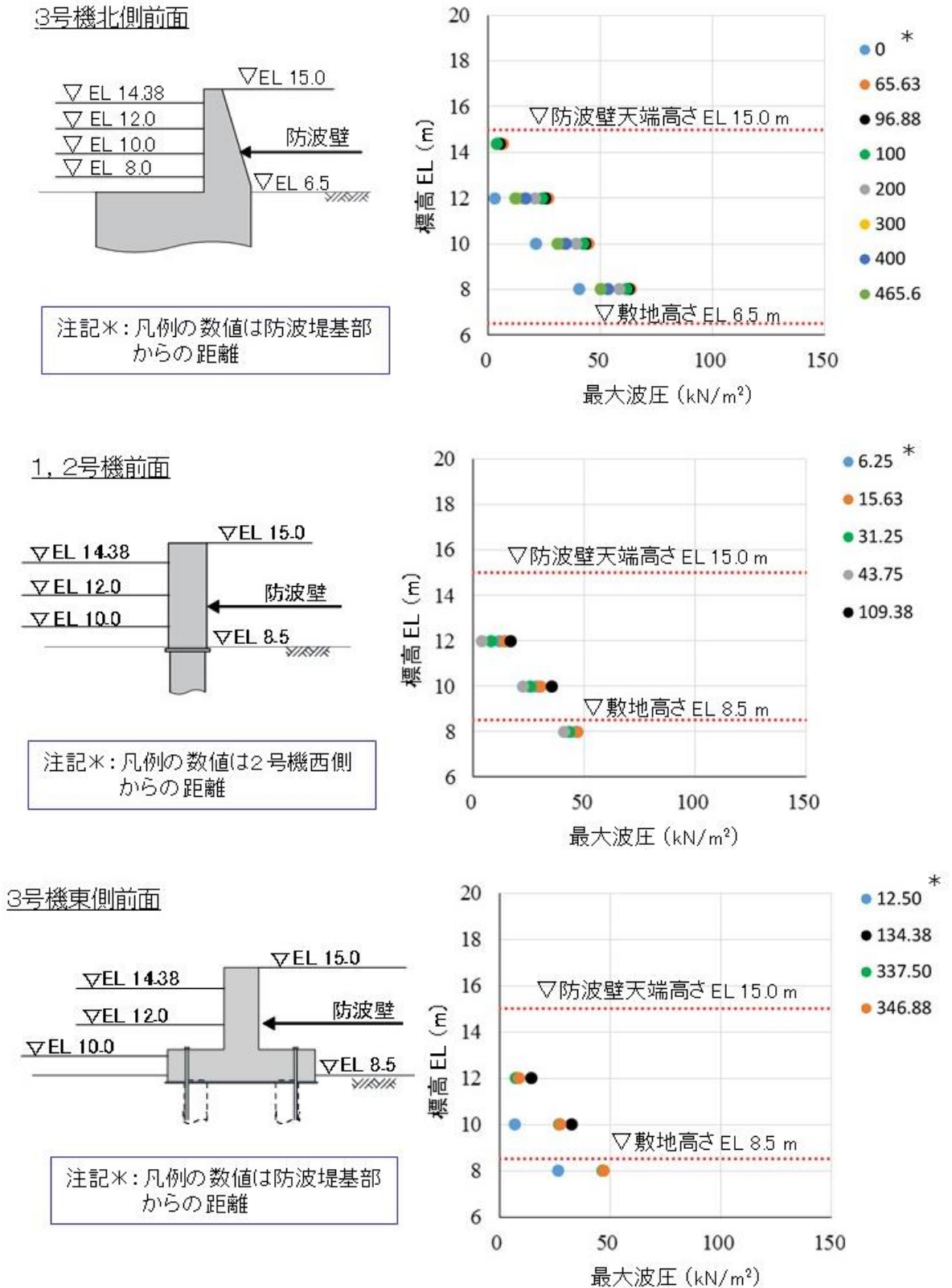
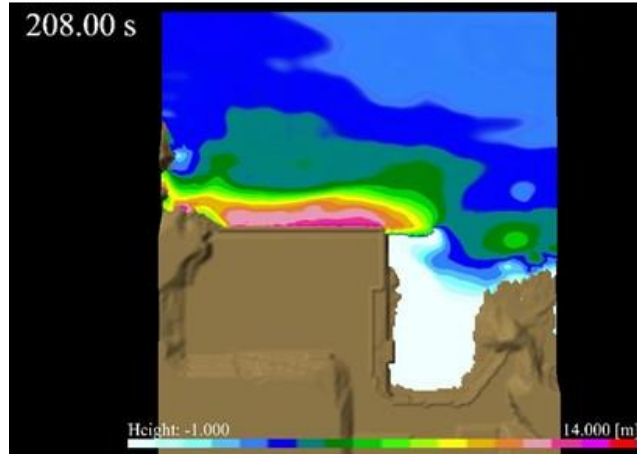


図 1.6.2-44 防波壁に作用する波圧分布（標高毎）

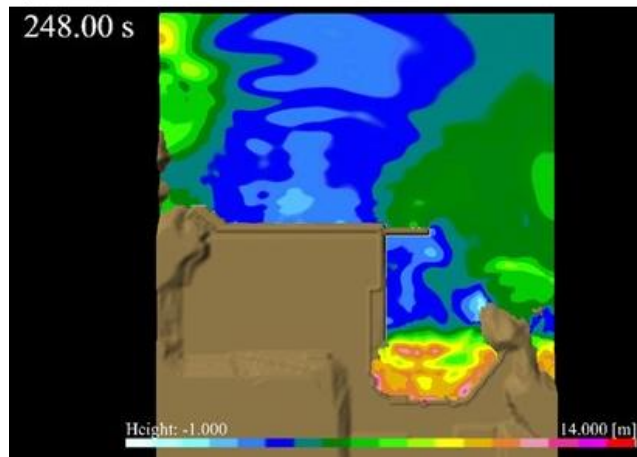
(c) 三次元津波シミュレーションによる津波の作用状況（参考）

参考として，三次元津波シミュレーションによる最大波到達時刻の津波の作用状況（防波堤有）を図 1.6.2-45 に示す。

3号機北側前面最大波到達時刻



1,2号機前面最大波到達時刻



3号機東側前面最大波到達時刻

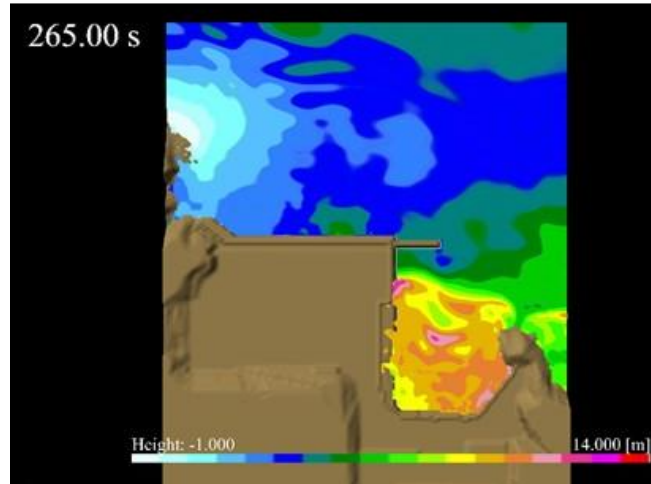


図 1.6.2-45 津波の作用状況（防波堤有）

(d) 津波波圧の妥当性確認

断面二次元津波シミュレーション及び水理模型実験により算定される津波波圧の妥当性確認として、三次元津波シミュレーションにより算定される津波波圧を含めて比較を行った。3号機北側前面及び1,2号機前面の敷地高以上及び敷地高以深における、各波圧分布の比較結果を図1.6.2-46に示す。

津波波圧の比較結果から、三次元津波シミュレーションによる複雑な地形を考慮することによる津波波圧への影響として、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧と同等又は包絡されることを確認した。

以上より、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションにより算定される津波波圧は妥当であることを確認した。

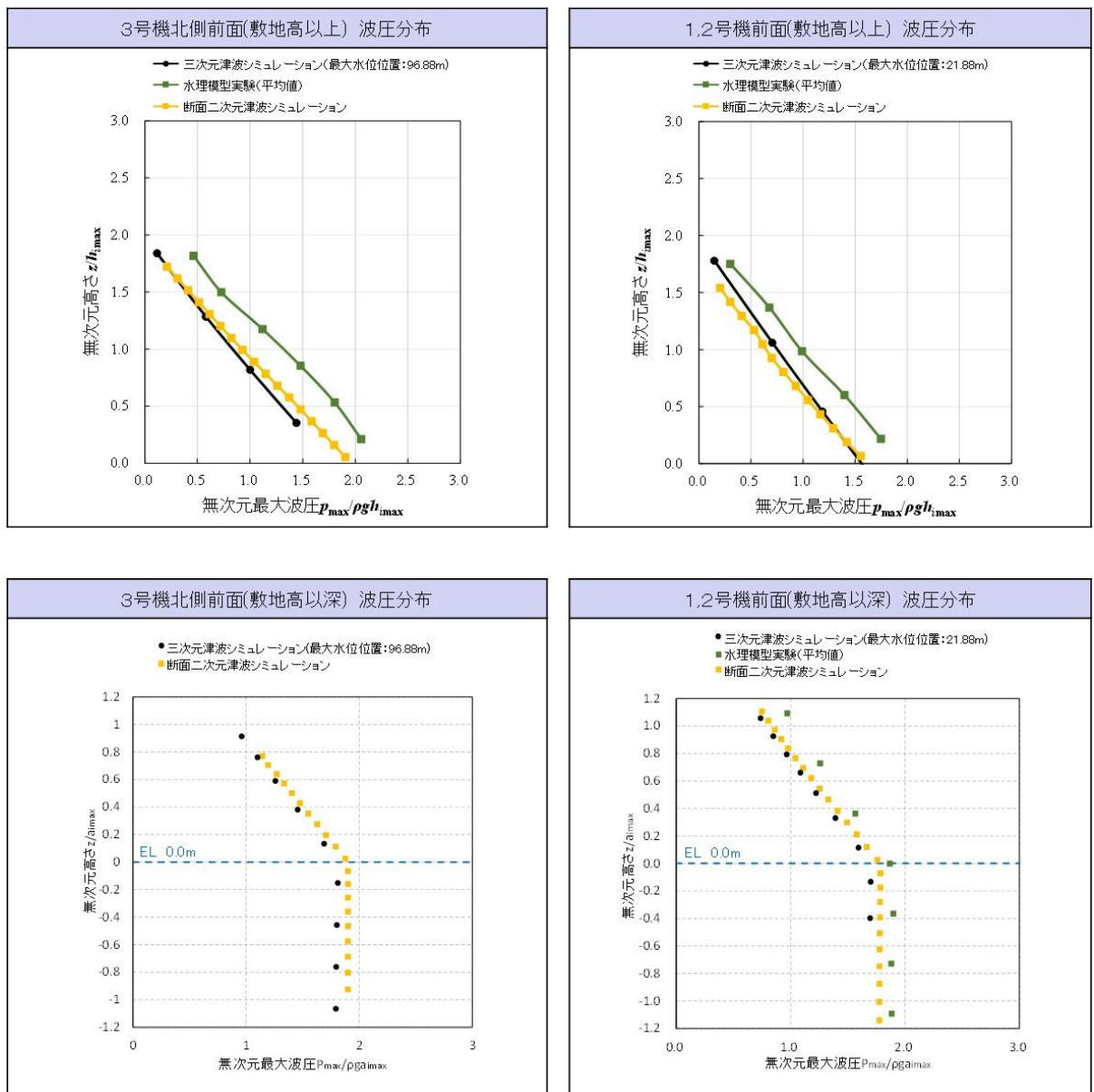


図 1.6.2-46 敷地高以上及び敷地高以深における波圧分布比較

(6) 既往の津波波圧算定式との比較

a. 検討概要

波圧検討用津波(15m津波)における, 水理模型実験, 断面二次元及び三次元津波シミュレーションにより算定した津波波圧と既往の津波波圧算定式により算定した津波波圧を比較することで, 津波波圧算定式により算定した津波波圧の妥当性を確認する。

島根原子力発電所の防波壁の平面位置を図 1.6.2-47 に, 各防波壁の断面図を図 1.6.2-48 に示す。

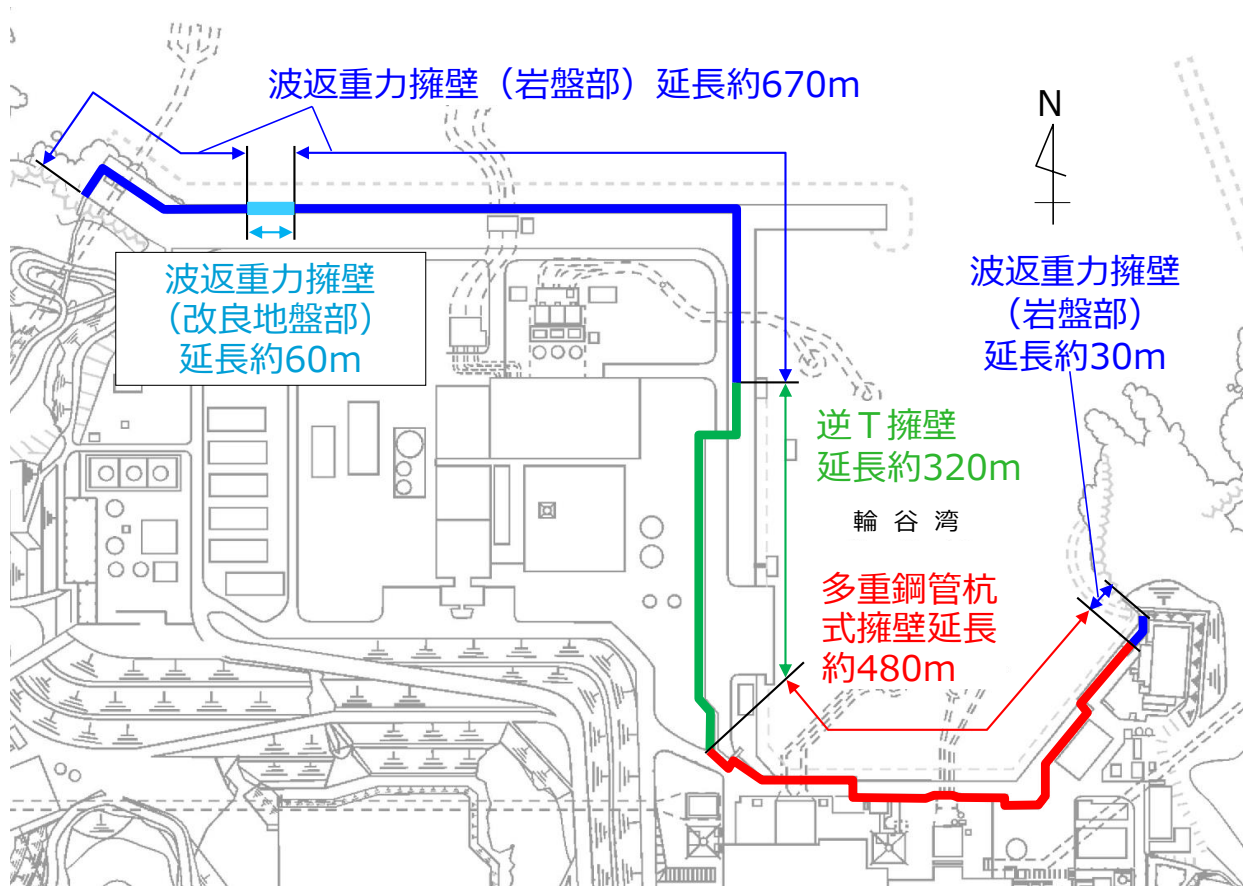
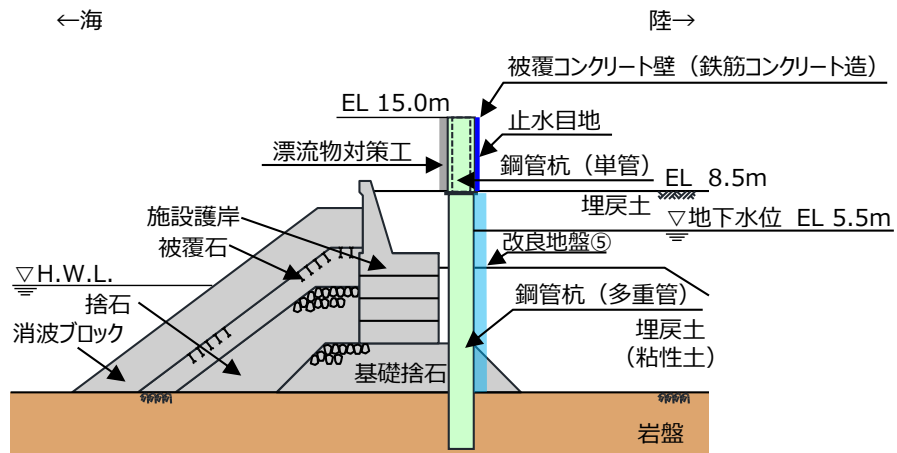
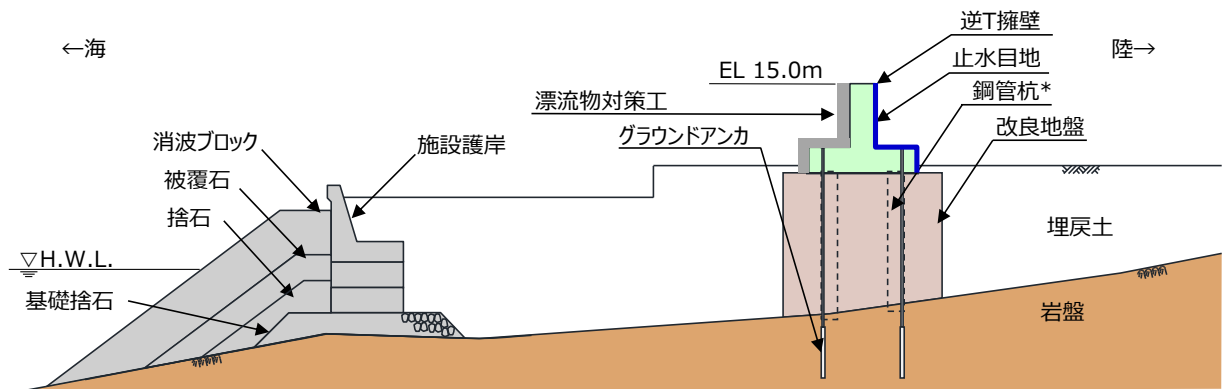


図 1.6.2-47 防波壁の平面位置

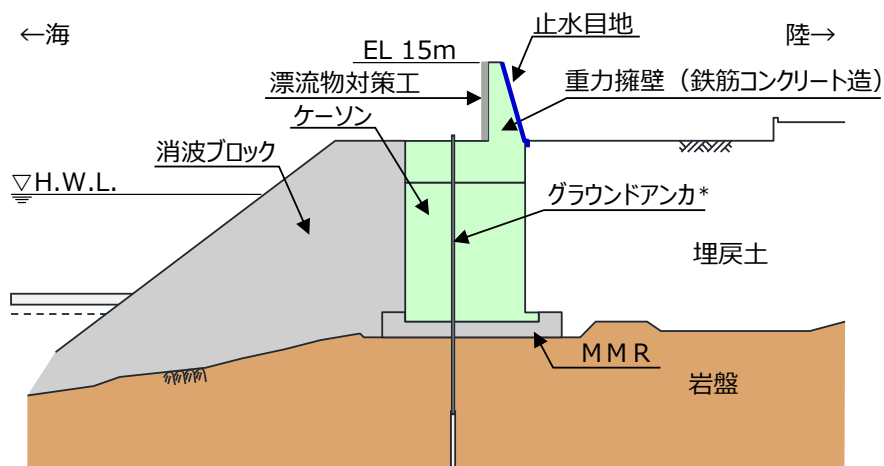


多重鋼管杭式擁壁 (1, 2号機前面)



注記* : 防波壁 (逆T擁壁) は, 鋼管杭の効果을期待せず耐震評価を行う。

逆T擁壁 (3号機東側前面)



岩盤部 (ケーソン設置部)

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

波返重力擁壁 (3号機北側前面)

図 1.6.2-48 防波壁の断面図

b. 既往の津波波圧算定式における妥当性確認フロー

既往の津波波圧算定式により算定した津波波圧の妥当性確認は、水理模型実験、断面二次元及び三次元津波シミュレーションにより防波壁等に作用する津波波圧と、既往の津波波圧算定式により算定した津波波圧を比較することで行う。

また、既往の津波波圧算定式により津波波圧を算定するに当たり、敷地高以上に作用する津波波圧に対しては「朝倉ら（2000）」を基に朝倉式を、敷地高以深に作用する津波波圧に対しては「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）」を基に谷本式により算定する。

既往の津波波圧算定式における妥当性の確認フローを図 1.6.2-49 に示す。

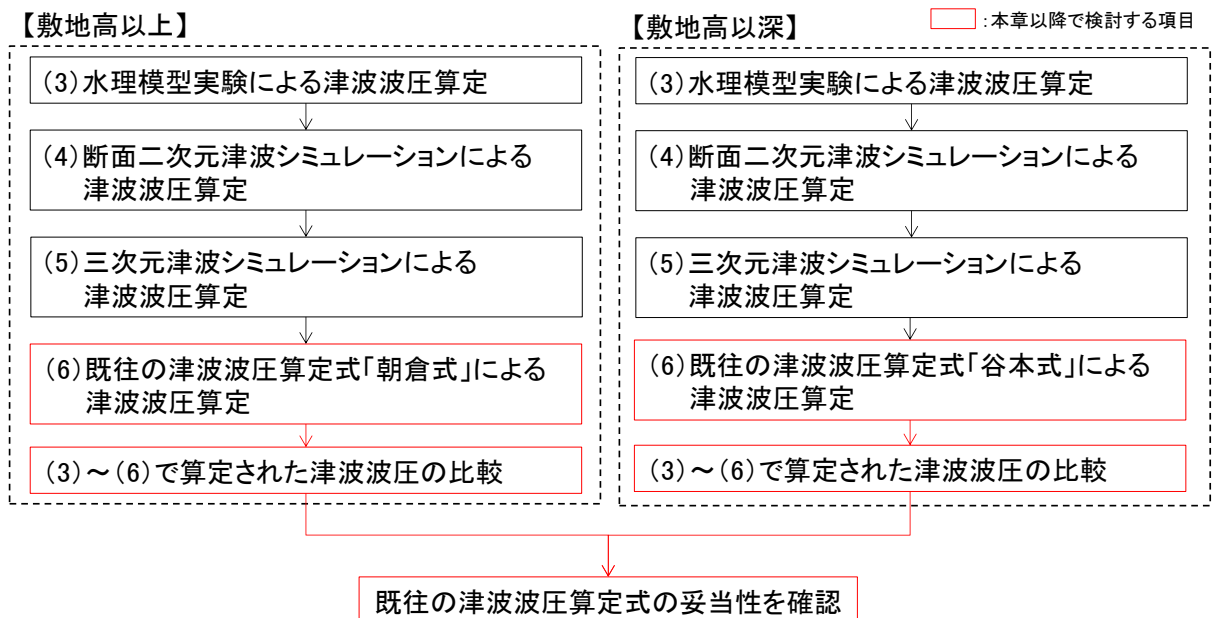


図 1.6.2-49 既往の津波波圧算定式の妥当性確認フロー

c. 朝倉式による津波波圧算定

敷地高以上に作用する津波波圧の算定に用いる朝倉式は、遡上した津波の通過波の浸水深に応じた波圧を算定する式である。本検討における津波波圧の算定に用いる浸水深については、安全側に防波壁前面における最大浸水深（入力津波高さ－敷地標高）の半分と仮定して津波波圧を算定する。

朝倉式による津波波圧の概念図を図 1.6.2-50 に、防波壁に対する朝倉式による津波波圧の作用概念図を図 1.6.2-51 に示す。

既往の津波波圧算定式：朝倉式

$$q_z = \rho g (a \eta - z)$$

ここに、

q_z : 津波波圧 (kN/m²)

η : 浸水深 (通過波の浸水深＝最大浸水深の 1/2) (m)

z : 当該部分の地盤面からの高さ (m) ($0 \leq z \leq a h$)

a : 水深係数 (3)

ρg : 海水の単位体積重量 (kN/m³)

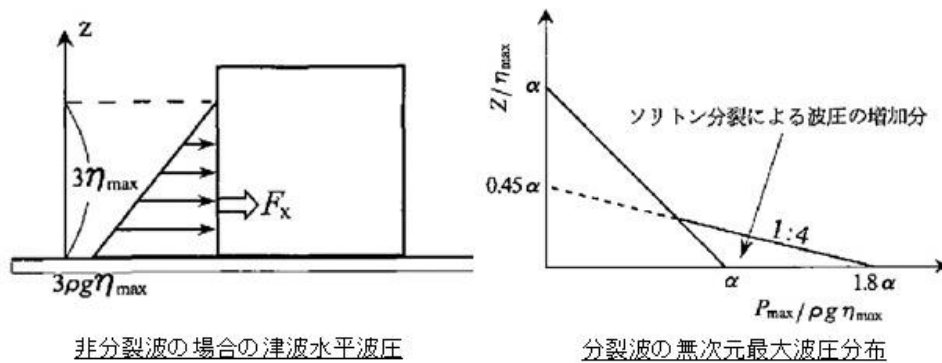


図 1.6.2-50 朝倉式による津波波圧の概念図

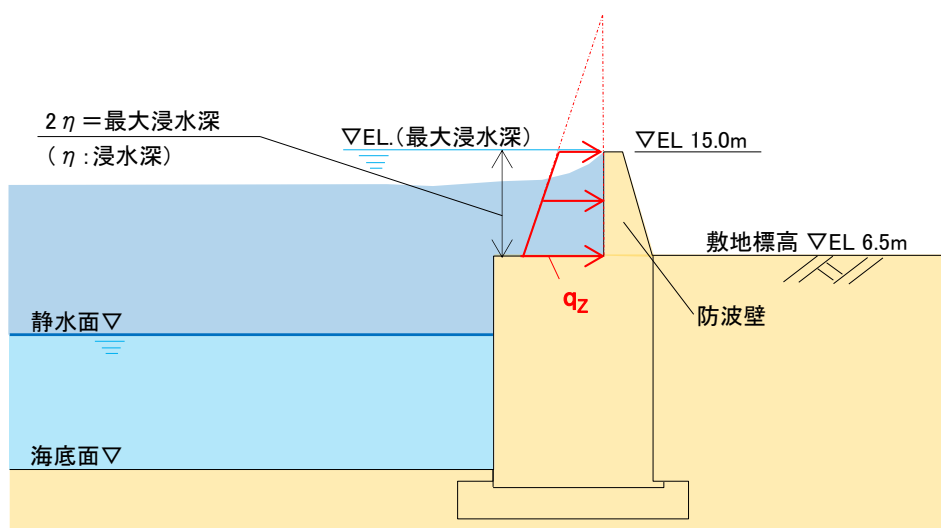


図 1.6.2-51 本検討における津波波圧の作用概念図

ここで、防波壁前面の最大浸水深の半分を用いることに対する保守性について確認を行う。

水理模型実験において、防波壁が無い場合における通過波の浸水深（ケース④及び⑨）と、防波壁がある場合における防波壁前面における津波高さ（入力津波高さ）から敷地標高を引いた最大浸水深の半分と設定した浸水深（ケース③及び⑧）の大小関係について、波圧検討用津波（15m 津波）における水理模型実験を基に比較した結果を表 1.6.2-8 に示す。

表 1.6.2-8 水理模型実験による浸水深の高さ関係の確認結果

3号機

検討 ケース	防波壁	防波壁前面の 最大浸水深	浸水深 η
ケース③	有	8.397m	4.199m (防波壁前面の最大浸水深の半分)
ケース④	無	—	3.643m (防波壁位置の通過波の浸水深)

1, 2号機

検討 ケース	防波壁	防波壁前面の 最大浸水深	浸水深 η
ケース⑧	有	6.511m	3.256m (防波壁前面の最大浸水深の半分)
ケース⑨	無	—	2.015m (防波壁位置の通過波の浸水深)

上記の結果より、3号機及び1, 2号機ともに防波壁前面の最大浸水深の半分を用いた浸水深が防波壁位置の通過波の浸水深より大きい値となり、津波波圧は安全側の評価となることを確認した。

ここで、津波防護施設等に作用する波圧のうち持続波圧については、「耐津波設計に係る設工認審査ガイド（令和5年1月改正）」の「別添 津波波圧評価に係る確認事項」によると、「フルード数（Fr）が1を超える場合、水深係数は3を超えうるため、国交省の暫定指針の3を適用すると、非保守的な波圧評価となる可能性がある」ことを踏まえ、津波波圧算定において水深係数 a に3を用いることに対する妥当性について確認を行う。確認に当たっては、基準津波の評価に用いた平面二次元津波シミュレーション及び基準津波波源を用いて、防波壁が無い場合における防波壁位置での通過波の浸水深と流速から、フルード数を算出する。

算出に用いる基準津波波源としては、施設護岸又は防波壁で最大水位上昇量を示した基準津波1（防波堤無し）を用いる。計算条件を表1.6.2-9に示す。

評価の結果、基準津波1（防波堤無し）を用いた防波壁無しの検討において、防波壁位置を越え敷地へ浸水が確認された範囲は、1，2号機前面の防波壁ライン東端部のみであった。最大浸水深を示す時刻における水位分布を図1.6.2-52に示す。また、最大浸水深を示す地点における防波壁通過波のフルード数、比エネルギー及び浸水深の時系列分布を図1.6.2-53に示す。

基準津波1（防波堤無し）を用いた防波壁無しの検討における確認の結果、図1.6.2-53に示すとおり、最大浸水深を示す時刻におけるフルード数は0.37であることを確認した。

「耐津波設計に係る設工認審査ガイド（令和5年1月改正）」によると、通過波の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数1以下においては、水深係数3を適用できるとされており、本検討において水深係数 a に3を適用することは妥当であることを確認した。

表 1.6.2-9 基準津波1を用いた防波壁無しの計算条件

津波	防波堤	施設護岸	防波壁
基準津波1	無	有	<u>無</u>

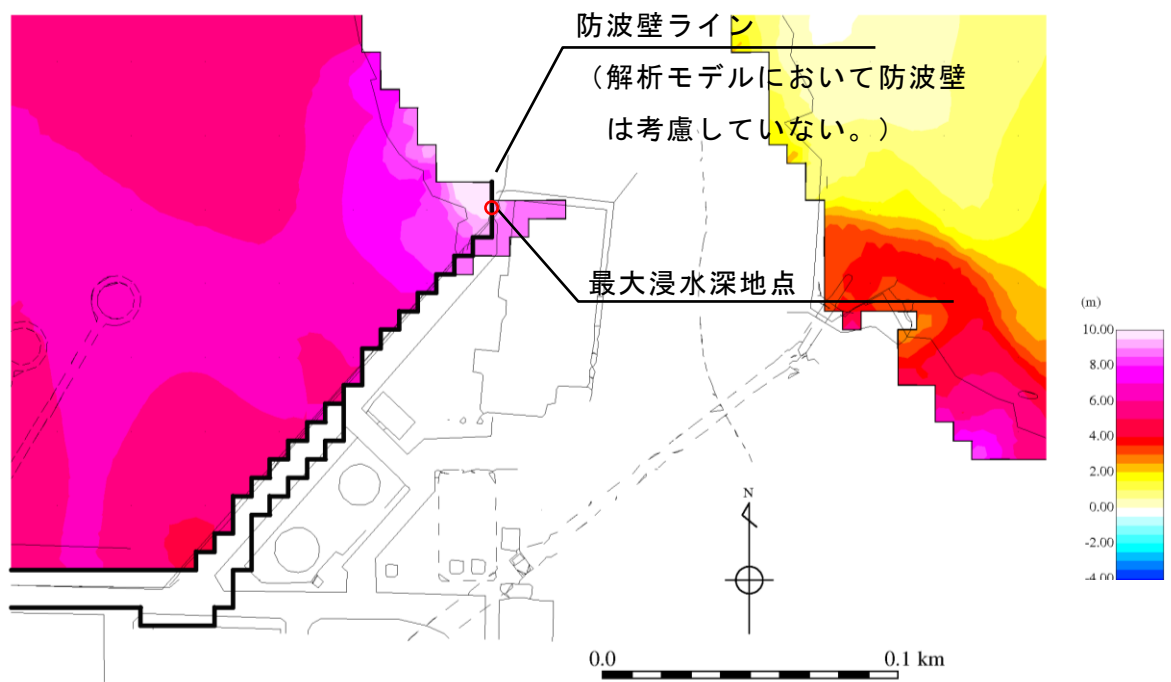


図 1.6.2-52 基準津波 1 を用いた防波壁無しの検討結果
 最大浸水深地点・時刻における水位分布

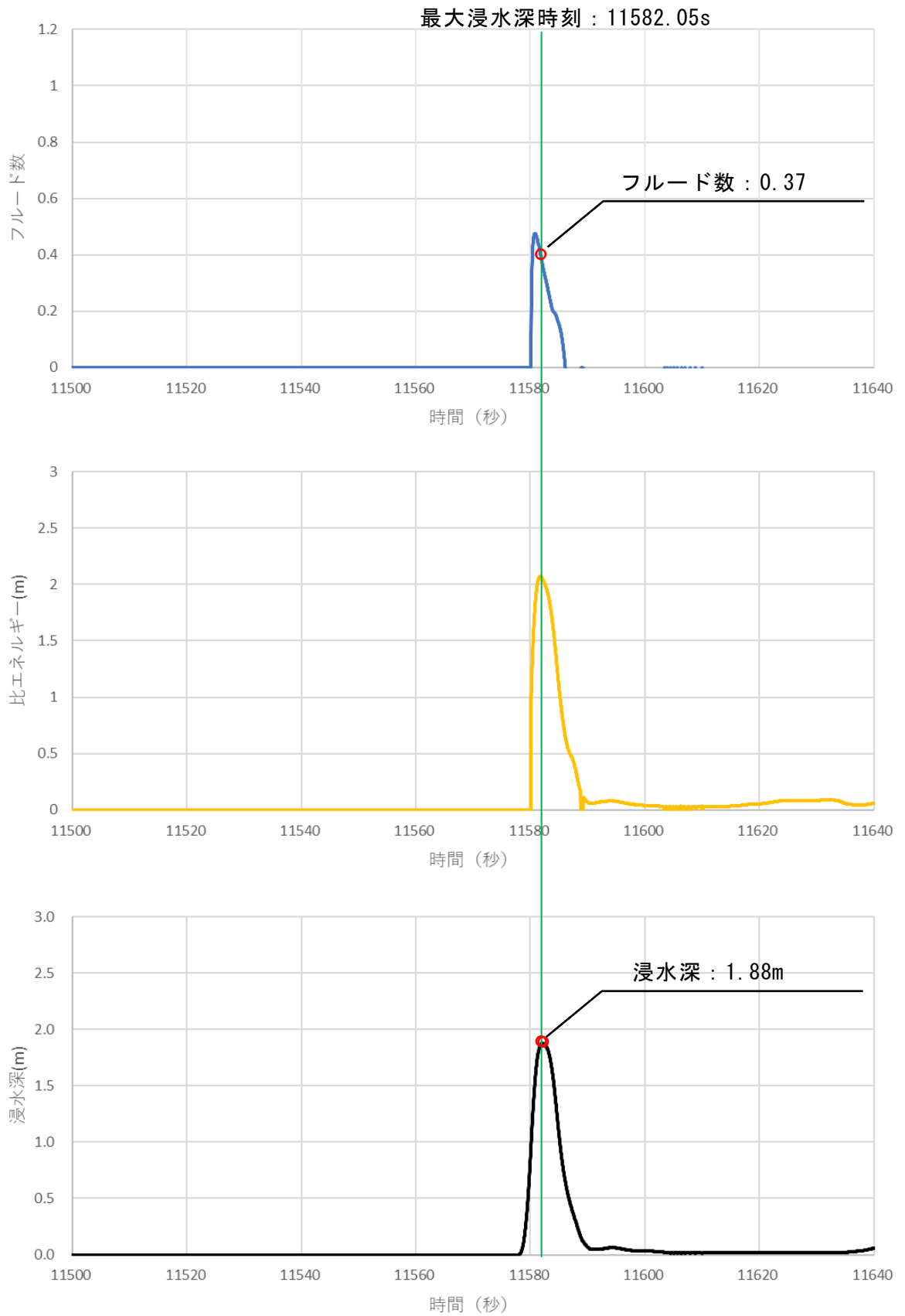
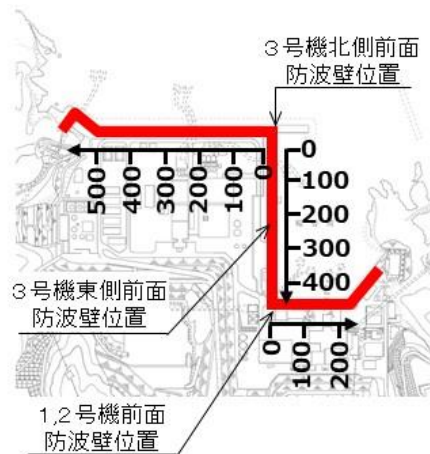


図 1.6.2-53 基準津波 1 を用いた防波壁無しの検討結果における
フールド数、比エネルギー及び浸水深の時系列分布

d. 朝倉式による津波波圧の比較

3号機北側前面における朝倉式により算定した波圧分布と水理模型実験、断面二次元及び三次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布の比較結果を図1.6.2-54に示す。

図1.6.2-54より、3号機北側前面における水理模型実験、断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションによる波圧分布は、朝倉式による波圧分布に包絡されることを確認した。



三次元津波シミュレーションと朝倉式の比較

実験及びシミュレーションと朝倉式の比較

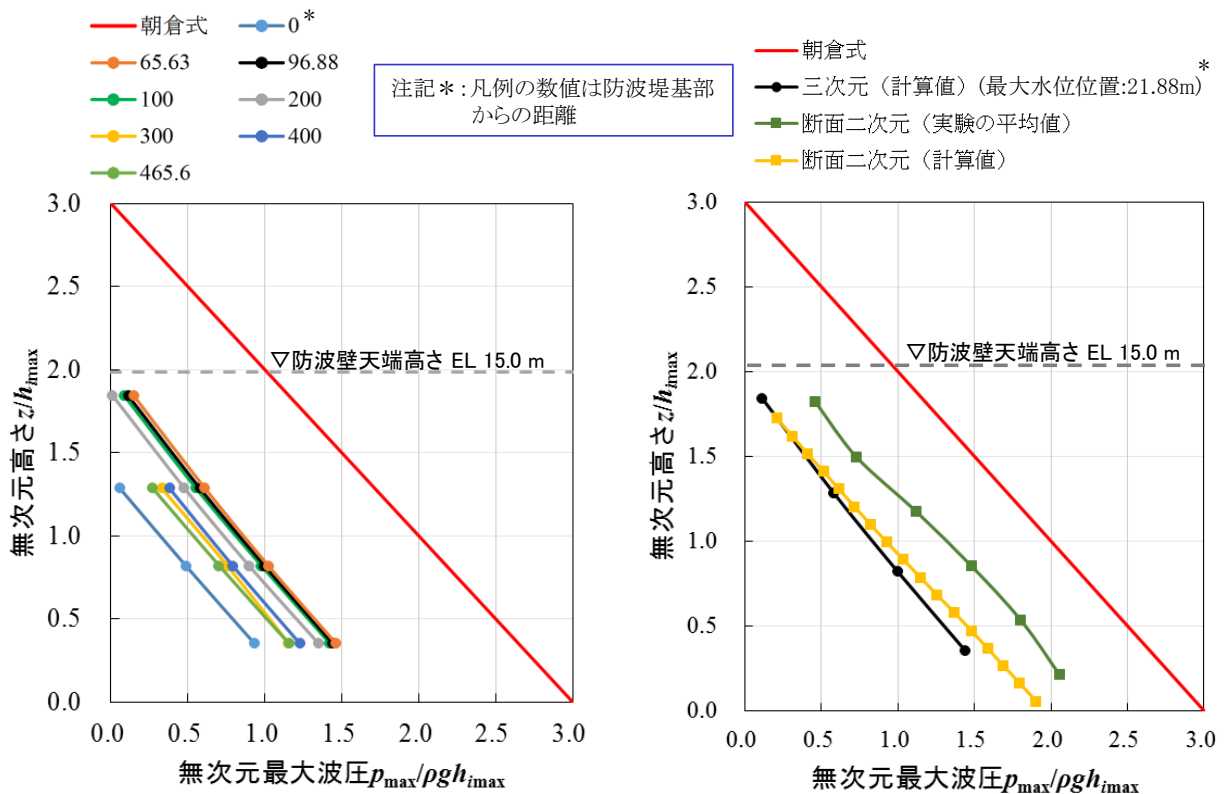
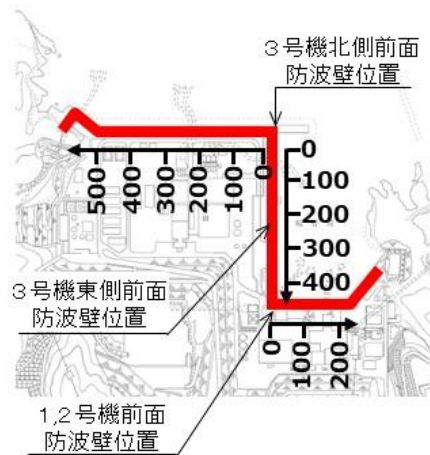


図1.6.2-54 無次元最大波圧分布の比較結果 (3号機北側前面)

1, 2号機前面における朝倉式により算定した波圧分布と水理模型実験, 断面二次元及び三次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布の比較結果を図 1.6.2-55 に示す。

図 1.6.2-55 より, 1, 2号機前面における水理模型実験, 断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションによる波圧分布は, 朝倉式による波圧分布に包絡されることを確認した。



三次元津波シミュレーションと朝倉式の比較

実験及びシミュレーションと朝倉式の比較

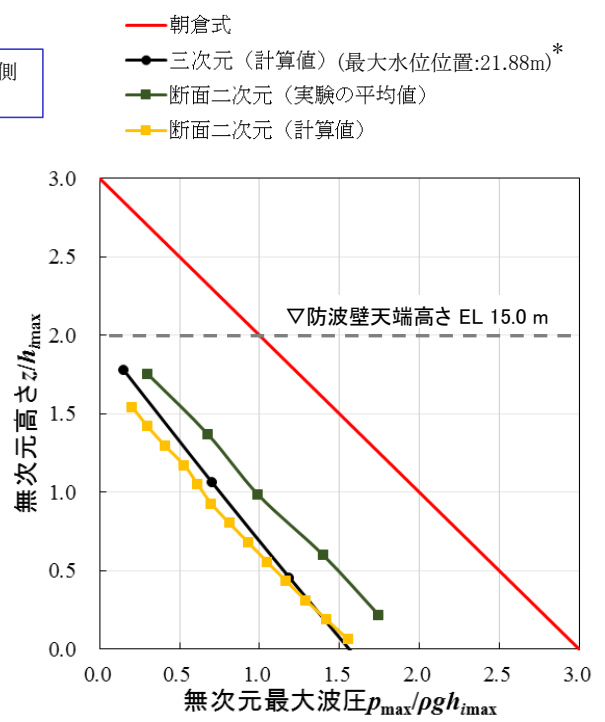
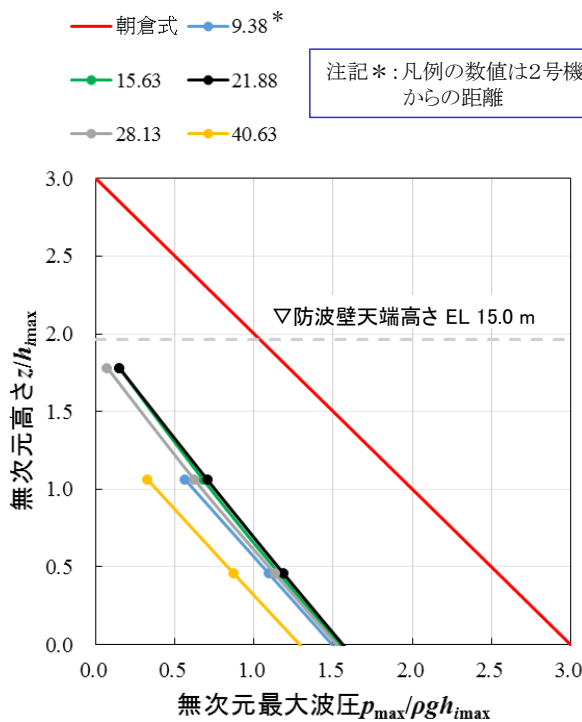
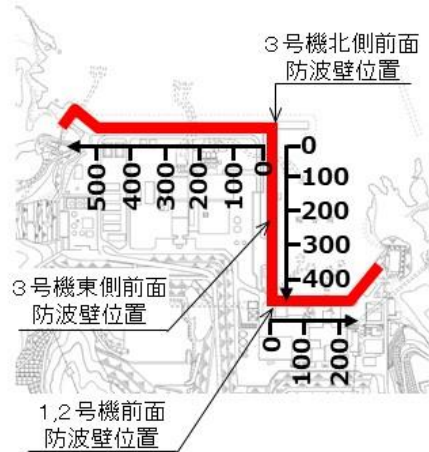


図 1.6.2-55 無次元最大波圧分布の比較結果 (1, 2号機前面)

3号機東側前面における朝倉式により算定した波圧分布と三次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布の比較結果を図 1.6.2-56 に示す。

図 1.6.2-56 より、3号機東側前面における三次元津波シミュレーションによる波圧分布は、朝倉式による波圧分布に包絡されることを確認した。



三次元津波シミュレーションと朝倉式の比較

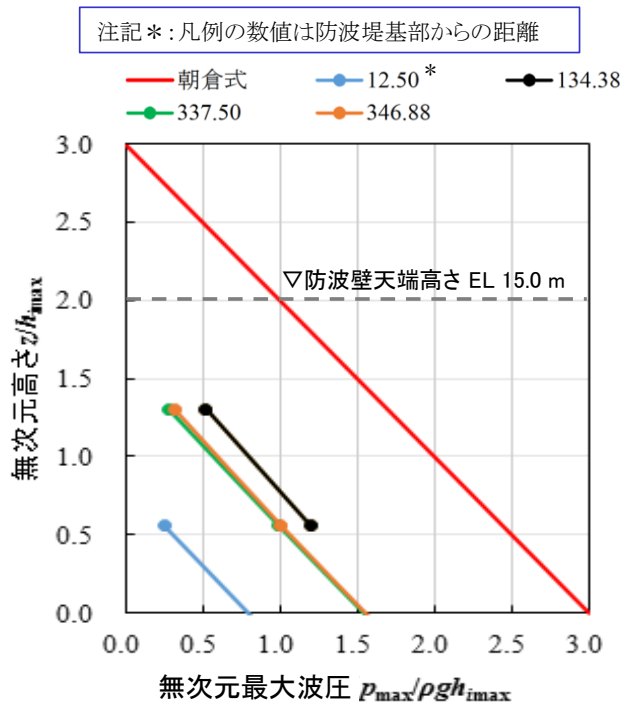


図 1.6.2-56 無次元最大波圧分布の比較結果 (3号機東側前面)

e. 谷本式による津波波圧算定

敷地高以深に作用する津波波圧の算定に用いる谷本式は、構造物前面の津波高さ（津波シミュレーション）に応じて波圧を算定する式である。なお、谷本式で使用する入射津波の静水面上の高さ（ $2a_I$ ）は、各津波シミュレーションにより抽出された護岸前面の最高水位を使用する。

また、島根原子力発電所の防波壁は、岩盤又は改良地盤により支持されており、十分に止水性があるため揚圧力は考慮しない。谷本式による波圧分布の概念図を図 1.6.2-57 に示す。

既往の津波波圧算定式：谷本式

$$\eta^* = 3.0 a_I$$

$$P_1 = 2.2 \rho_0 g a_I$$

$$P_u = P_1$$

ここに、

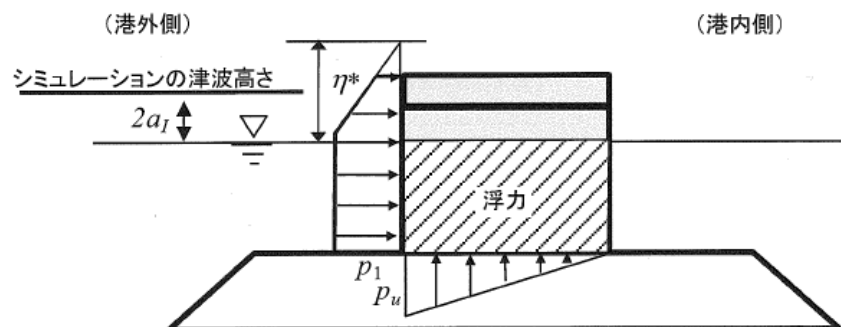
η^* : 静水面上の波圧作用高さ (m)

a_I : 入射津波の静水面上の高さ (振幅) (m)

$\rho_0 g$: 海水の単位体積重量 (kN/m^3)

P_u : 直立壁前面下端における揚圧力* (kN/m^2)

背面水位が押し波時に静水面より下がらない場合



- ・島根原子力発電所の防波壁背後は敷地であるため、港湾外の波圧を算定した図を引用した。
- ・なお、「背面水位が押し波時に静水面より下がる場合」でも港外側に作用する津波波圧は同じである。

図 1.6.2-57 谷本式による波圧分布の概念図

f. 谷本式による津波波圧の比較

3号機北側前面における谷本式により算定した波圧分布と断面二次元及び三次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布の比較結果及び1, 2号機前面における谷本式により算定した波圧分布と水理模型実験, 断面二次元及び三次元津波シミュレーションにより算定した波圧分布の比較結果を図 1.6.2-58 に示す。

図 1.6.2-58 より, 谷本式による波圧分布が全ての波圧を包絡することを確認した。

3号機北側前面

1,2号機前面

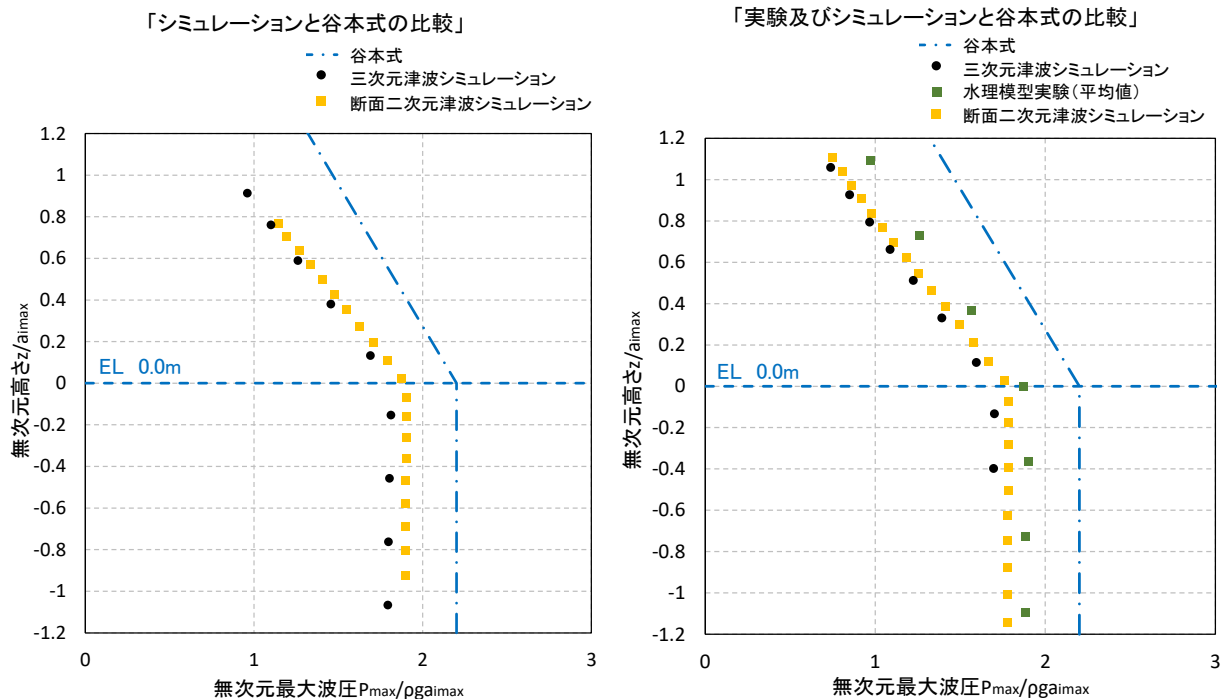


図 1.6.2-58 無次元最大波圧分布の比較結果
(3号機北側前面及び1, 2号機前面)

g. 既往の津波波圧算定式の妥当性確認に関するまとめ

津波は波浪に比べて周期が長いことから、その波力は水位の上昇による静水圧として評価される場合が多い。しかし、実際には流れに伴う動的な影響や作用の継続時間による影響が考えられ、精度よく波力を評価するためには、水理模型実験等を行うことが望ましいため、水理模型実験、断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションを実施した。

敷地高以上（防波壁前面）においては、敷地標高や遡上水深等により津波波圧への影響が大きいことから、朝倉式に用いる通過波の浸水深において、最大浸水深（入力津波高さ－敷地高さ）の半分の高さを用いることで、水理模型実験、断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションにより算定される波圧に対して保守性を確保していることを確認した。

敷地高以深（護岸前面）においては、水理模型実験、断面二次元津波シミュレーション及び三次元津波シミュレーションの結果、いずれもばらつきの小さい線形の波圧分布となり、これらの実験や解析手法の差異による波圧分布に有意な差異はない。また、3号機の水理模型実験では、敷地高以深の波圧を測定できていないが、護岸前面で緩やかな水位上昇を示しており、1、2号機の津波シミュレーション及び水理模型実験と同様な波圧分布になると考えられることから、いずれも谷本式により算定される波圧分布に包絡されると判断した。以上のことから、津波波圧を谷本式で評価することの保守性を確認した。

(7) 設計で考慮する津波波圧の設定

水理模型実験の結果より、ソリトン分裂波や砕波が発生しないことを確認した。また、津波波圧については、敷地高以上の波圧分布は直線型となり、敷地高以深の波圧分布については海水位までは直線型、静水面以深では一定となり、津波波圧への有意な影響がないことを確認した。

断面二次元津波シミュレーション解析の結果より、水理模型実験を再現でき、時刻歴波形、水位分布及び水面勾配からソリトン分裂波や砕波が発生しないことを確認した。また、波圧分布についても水理模型実験と同様に津波波圧への有意な影響はないことを確認した。

三次元津波シミュレーション解析の結果より、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる波圧分布と同等、又は包絡されることを確認した。

以上の結果より、島根原子力発電所の複雑な地形や三次元的な流況による影響は認められないため、水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションによる津波波圧は妥当であると判断した。

水理模型実験及び津波シミュレーション結果による津波波圧は、既往の津波波圧算定式による津波波圧に包絡されることを確認したことから、防波壁等の設計で考慮する津波波圧を以下のとおり設定する。

- ・敷地高以上については、平面二次元津波シミュレーション解析で設定した入力津波高さに基づき、朝倉式により津波波圧を設定し、敷地高以深については、平面二次元津波シミュレーション解析で設定した入力津波高さに基づき、谷本式により津波波圧を設定する。
- ・防波壁等の設計用津波波圧の算定に用いる津波高さは、平面二次元津波シミュレーション結果による入力津波高さに潮位のばらつきを考慮した津波高さを用いる。

津波波圧の設定フローを図 1.6.2-59 に、津波波圧の作用概念図を図 1.6.2-60 に示す。

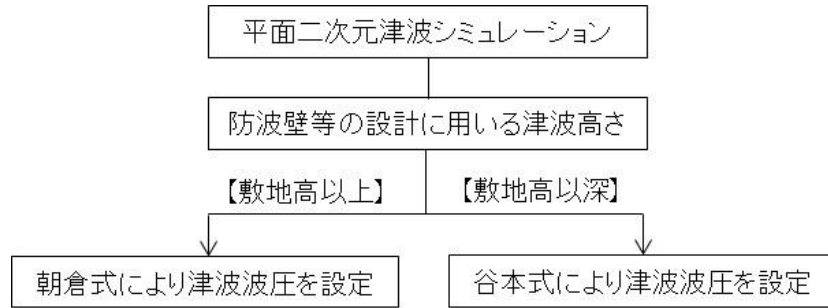


図 1.6.2-59 津波波圧の設定フロー

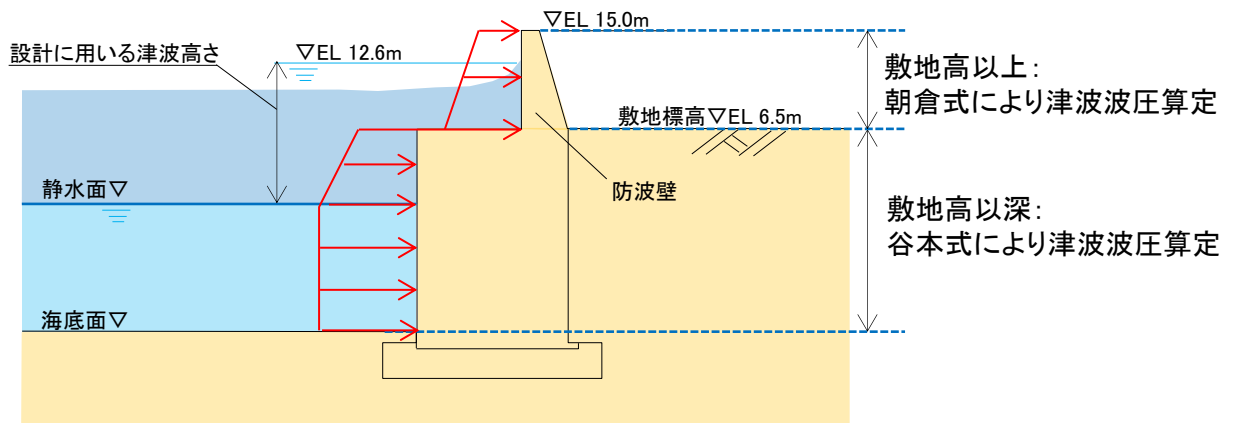


図 1.6.2-60 津波波圧の作用概念図 (例：3号機北側前面)

1.6.3 津波防護施設（1号機取水槽流路縮小工）に対する津波波圧算定式の適用に関する検討

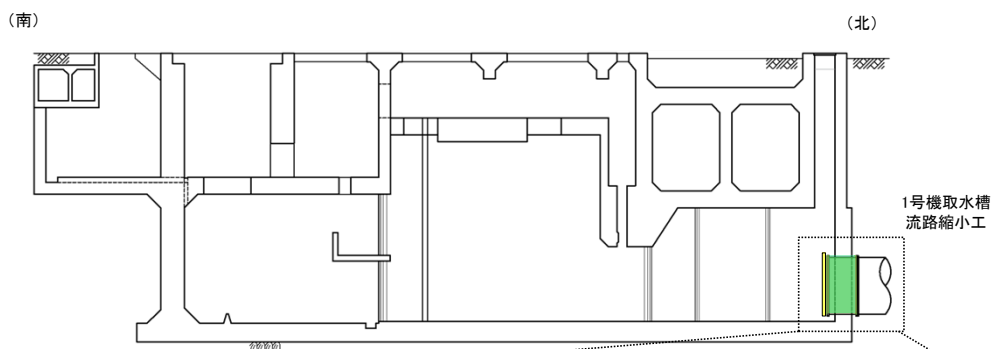
(1) 1号機取水槽流路縮小工の概要

1号機取水槽流路縮小工は、1号機取水槽の既設取水管及び既設取水管終端部のフランジに、新設部材である鋼製縮小板を取付板及び固定ボルトにより固定する構造である。流路縮小工の構造図を図1.6.3-1に示す。

1号機取水槽流路縮小工は水中に配置することから、常時及び津波時ともに流れによる力が作用すると考えられ、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（国土交通省港湾局，2007年版）」に、水中又は水面付近の部材及び施設の、流れ方向に作用する抗力の荷重算定式が設定されている。

また、1号機取水槽流路縮小工の開口部には、管内水の摩擦による推力が作用すると考えられ、「水門鉄管技術基準（水圧鉄管・鉄鋼構造物編）平成29年版（（社）水門鉄管協会）」に、管内水の摩擦による推力の算定式が設定されている。

1号機取水槽縦断面図



1号機取水槽流路縮小工

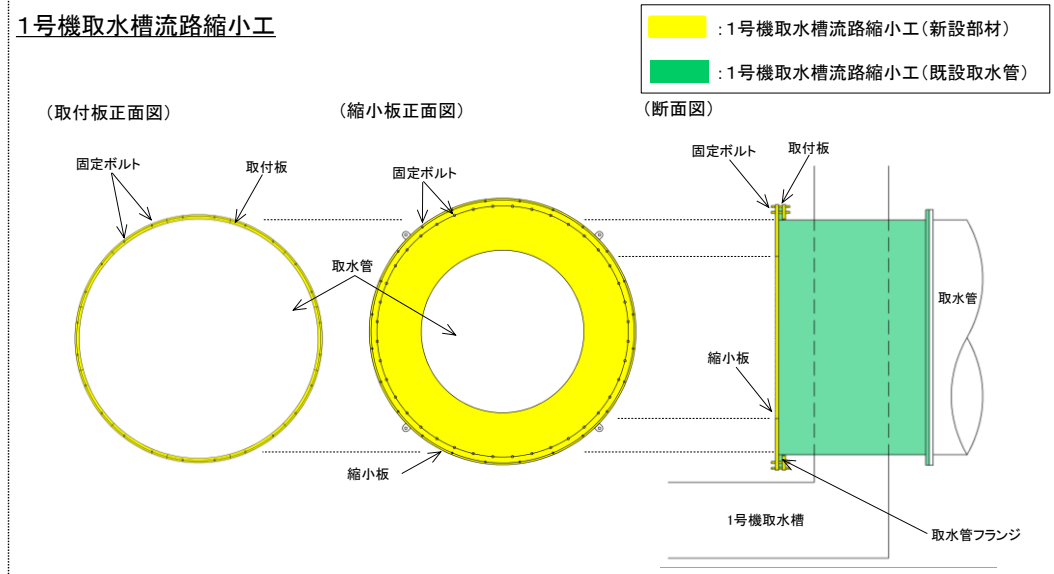


図 1.6.3-1 1号機取水槽流路縮小工の構造図

(2) 1号機取水槽流路縮小工に対する津波波圧の設定方針

1号機取水槽流路縮小工に対する津波波圧は，図 1.6.3-2 に示すとおり，静水圧 (P1)，抗力 (P2)，推力 (P3) を考慮する。

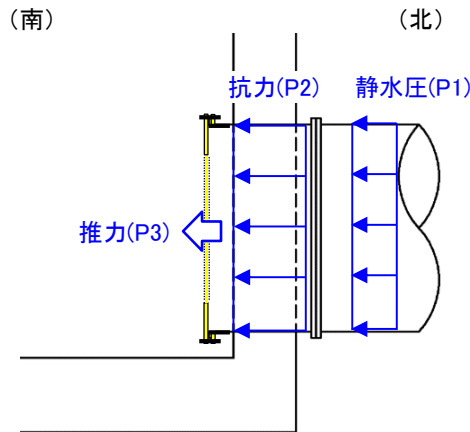


図 1.6.3-2 津波時の荷重作用イメージ

縮小板に作用する抗力 (P2) は，「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (国土交通省港湾局，2007 年版)」を参照し，次式により設定する。なお，抗力の算定に当たっては，縮小板には開口部があるが，安全側に開口の無い平板に作用するものとして抗力係数を設定し，平板の抗力係数のうち最大となる 2.01 を考慮する。

$$F_D = \frac{1}{2} C_D \rho_0 A U^2$$

- F_D : 物体に作用する流れの方向の抗力 (kN)
- C_D : 抗力係数 (安全側に平板の抗力係数 2.01)
- ρ_0 : 水の密度 (海水密度 $1.03\text{t/m}^3 = 10.1\text{kN/m}^3$)
- A : 流れの方向の物体の投影面積 (m^2)
- U : 流速 (m/s)

開口部に作用する推力 (P3) は，「水門鉄管技術基準 (水圧鉄管・鉄鋼構造物編) 平成 29 年度 ((社)水門鉄管協会)」を参照し，次式により設定する。

$$P = \frac{2 f Q^2}{g \pi D^3} L$$

- P : 管内水の摩擦による推力 (kN)
- f : 管内水の摩擦抵抗係数 ($0.2 \times D^{-1/3}\text{kN/m}^3$)
- L : 管の長さ (m)
- Q : 管内流量 (m^3/s)
- D : 管の内径 (m)
- g : 重力加速度 (9.80665m/s^2)

1.7 浸水防護施設のアンカーボルトの設計について

(1) 津波防護施設及び浸水防止設備（機器・配管系以外）の設計について

浸水防護施設のうち津波防護施設及び浸水防止設備（機器・配管系以外の設備）で使用するアンカーボルトについては、先付け工法を採用する場合は、基本的に頭付きアンカーボルトにより施工する。頭付きアンカーボルトについては、「各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年）」に基づき設計し評価を実施する。また、頭付きアンカーボルトは、「各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年）」に示される構造・材料のものを設定することとする。なお、特殊アンカーボルトにより施工する場合は、「各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年）」に基づき耐力を実験により確認した上で評価する。

既設の構築物にアンカーボルトを設置する等の理由により、後打ち工法を採用する場合は、接着系アンカーボルトにより施工する。接着系アンカーボルトについては、「各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年）」に基づき設計し評価することを基本とする。また、接着系アンカーボルトは、基本的に、「各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年）」に示される構造・材料のものを設定することとする。なお、一部のアンカーボルトの径が「各種合成構造設計指針・同解説（(社)日本建築学会，2010年）」の適用基準に示されている適用範囲に含まれていないものについては、適用性を確認した上で、メーカーの評価式により評価する。

(2) 浸水防止設備（機器・配管系）及び津波監視設備の設計について

浸水防護施設のうち浸水防止設備（機器・配管系の設備）及び津波監視設備で使用するアンカーボルトについては、VI-2-1-11「機器・配管の耐震支持設計方針」に基づき設定する。

浸水防護施設の支持構造とアンカーの種類について、表 1.7-1 に示す。

表 1.7-1 (1/4) 浸水防護施設の支持構造とアンカーの種類について

(1) 浸水防護施設（機器・配管系以外）

浸水防護施設	間接支持構造物への支持構造	アンカーの種類	備考
防波壁 （多重鋼管杭式擁壁）	漂流物対策工は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 （接着系アンカーボルト）	防波壁（多重鋼管杭式擁壁）については、漂流物対策工との接続を示す。
防波壁（逆T擁壁）	漂流物対策工は、防波壁（逆T擁壁）に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 （接着系アンカーボルト）	防波壁（逆T擁壁）については、漂流物対策工との接続を示す。
防波壁（波返重力擁壁）	漂流物対策工は、防波壁（波返重力擁壁）に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 （接着系アンカーボルト）	防波壁（波返重力擁壁）については、漂流物対策工との接続を示す。
屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥	屋外排水路逆止弁①，②，③，④，⑤，⑥は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 （特殊アンカーボルト）	
屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫	屋外排水路逆止弁⑦，⑧-1，⑧-2，⑩，⑪，⑫は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 （接着系アンカーボルト）	

表 1.7-1 (2/4) 浸水防護施設の支持構造とアンカーの種類について

浸水防護施設	間接支持構造物への支持構造	アンカーの種類	備考
屋外排水路逆止弁⑨、⑬	屋外排水路逆止弁⑨、⑬は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト)	
取水槽除じん機エリア防水壁	取水槽除じん機エリア防水壁は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト) アンカーボルト：後打ち工法 (接着系アンカーボルト)	
復水器エリア防水壁	復水器エリア防水壁は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 (接着系アンカーボルト)	
復水器エリア水密扉	復水器エリア水密扉は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 (接着系アンカーボルト)	
取水槽除じん機エリア水密扉	取水槽除じん機エリア水密扉は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト)	
防波壁通路防波扉(1号機北側)	防波壁通路防波扉(1号機北側)は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト)	
防波壁通路防波扉(2号機北側)	防波壁通路防波扉(2号機北側)は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト)	
防波壁通路防波扉(荷揚場南)	防波壁通路防波扉の漂流物対策工鋼製扉体は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト)	設計は、「ダム・堰施設技術基準(案)」*に準拠する。
防波壁通路防波扉(3号機東側)	防波壁通路防波扉の漂流物対策工鋼製扉体は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト)	設計は、「ダム・堰施設技術基準(案)」*に準拠する。

注記*：ダム・堰施設技術基準(案)(基礎解説編・設備計画マニュアル編)(社)ダム・堰施設技術協会、平成28年3月)

表 1.7-1 (3/4) 浸水防護施設の支持構造とアンカーの種類について

(2) 浸水防護施設（機器・配管系）

浸水防護施設		間接支持構造物への支持構造	アンカーの種類	備考
取水槽床ドレン逆止弁		取水槽床ドレン逆止弁は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 (機械系アンカーボルト，接着系アンカーボルト)	
タービン建物床ドレン逆止弁		タービン建物床ドレン逆止弁は、間接支持構造物にねじ込み固定することにより支持する。	—	
電動弁	タービン補機海水ポンプ 出口弁	タービン補機海水ポンプ出口弁は、タービン補機海水系配管に支持される。	—	
	タービン補機海水ポンプ 第二出口弁	タービン補機海水ポンプ第二出口弁は、タービン補機海水系配管に支持される。	—	
逆止弁	タービン補機海水系逆止 弁	タービン補機海水系逆止弁は、タービン補機海水系配管に支持される。	—	
	液体廃棄物処理系逆止弁	液体廃棄物処理系逆止弁は、液体廃棄物処理系配管に支持される。	—	

表 1.7-1 (4/4) 浸水防護施設の支持構造とアンカーの種類について

浸水防護施設		間接支持構造物への支持構造	アンカーの種類	備考
ポンプ	タービン補機海水ポンプ	タービン補機海水ポンプは、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト)	
	循環水ポンプ	循環水ポンプは、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：先付け工法 (頭付きアンカーボルト)	
ポンプ及び配管	タービン補機海水系配管	タービン補機海水系配管は、配管支持構造物により支持される。	—	
	循環水系配管	循環水系配管は、配管支持構造物により支持される。	—	
	タービン補機海水系配管	タービン補機海水系配管は、配管支持構造物により支持される。	—	
	原子炉補機海水系配管	原子炉補機海水系配管は、配管支持構造物により支持される。	—	
	高圧炉心スプレイ補機海水系配管	高圧炉心スプレイ補機海水系配管は、配管支持構造物により支持される。	—	
	液体廃棄物処理系配管	液体廃棄物処理系配管は、配管支持構造物により支持される。	—	
津波監視カメラ	2号機排気筒	津波監視カメラは、間接支持構造物に溶接及び取付ボルトにより支持する。	—	
	3号機北側防波壁上部(東)	津波監視カメラは、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 (接着系アンカーボルト)	
	3号機北側防波壁上部(西)	津波監視カメラは、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 (接着系アンカーボルト)	
取水槽水位計	取水槽水位計は、間接支持構造物に埋め込まれたアンカーボルトにより支持する。	アンカーボルト：後打ち工法 (接着系アンカーボルト)		

注記*：浸水防止設備としてバウンダリ機能を保持する範囲を対象とする。

1.8 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定

1.8.1 概要

津波防護施設の評価対象断面は、各構造物の構造及び地質の特徴を踏まえ選定している。

本資料においては、各構造物の評価対象断面の選定における考え方を整理することで、評価対象断面の妥当性について説明する。

(1) 評価対象断面の選定の考え方

津波防護施設の評価対象断面の選定については、「補足-026-01 屋外重要土木構造物の耐震安全性評価について」に示す屋外重要土木構造物の耐震評価における断面選定の考え方に準ずるとともに、津波による波圧等の観点も踏まえて、耐震・耐津波評価を行う上で厳しい断面を選定する。

(2) 評価対象断面の選定結果

表 1.8.1-1 に各構造物の断面選定結果一覧を示す。

表 1.8.1-1 各構造物の断面選定結果一覧

構造物	選定断面	選定理由（概要）
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)	②-②断面	防波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が設置されているため。
	③-③断面	防波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ため。
	④-④断面	取水路を横断することから、防波壁(多重鋼管杭式擁壁)のブロック長が最長となり、杭の杭間隔が広いため。
防波壁（逆T擁壁）	①-①断面	岩盤上面の深さ、改良地盤の幅及び施設護岸までの距離が標準的な断面であるため。
	④-④断面	岩盤上面の深さが深く、改良地盤の幅が狭い。また、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が高いため。
	⑤-⑤断面	岩盤上面の深さが最も深く、逆T擁壁から施設護岸までの距離が最も近いため。
防波壁 (波返重力擁壁)	②-②断面	ケーソン高さに対するケーソン幅が最も狭く、岩盤上面深さが最も深いことに加え、改良地盤⑥が配置されているため。
	③-③断面	開口部（放水路）を有するケーソンが設置されているため。
	④-④断面	防波壁陸側の地表面高さが最も高いため。
	⑤-⑤断面	重力擁壁が岩盤に直接設置され、支持構造がH形鋼であり、重力擁壁の天端幅及び下端幅が狭いため。
防波壁通路防波扉	1号機北側	構造諸元、周辺地質状況等が異なるため、すべての構造を評価対象とする。
	2号機北側	
	荷揚場南	
	3号機東側	
1号機取水槽流路縮小工		1号機取水槽北側壁の応答を用いて評価することから、1号機取水槽の縦断方向を評価対象断面とする。

1.8.2 防波壁

防波壁の平面配置図を図 1.8.2-1 に示す。

防波壁の構造形式は、鉄筋コンクリート壁であり、天端高さは EL 15.0m である。また、構造的特徴により、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）、防波壁（逆 T 擁壁）、防波壁（波返重力擁壁）に区分されることから、それぞれの構造形式毎に評価対象断面を選定する。

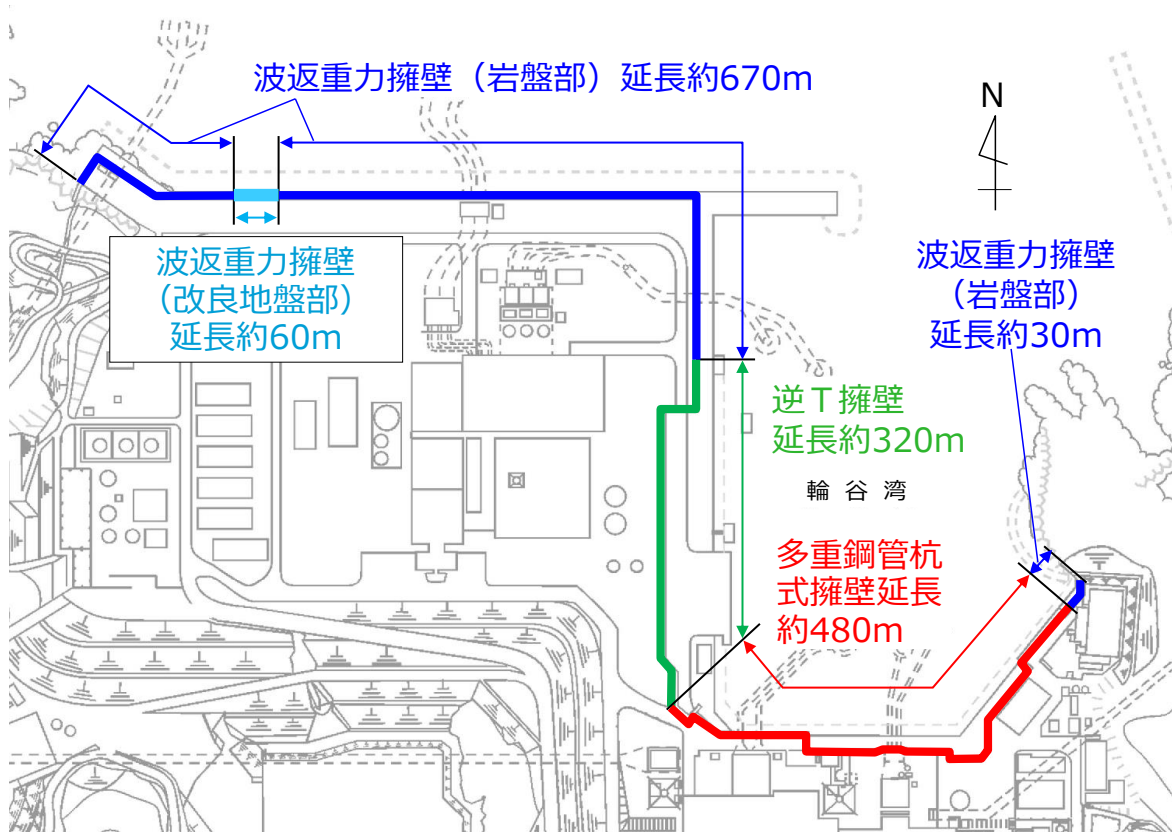


図 1.8.2-1 防波壁の平面配置図

(1) 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の位置図及び縦断面図を図 1.8.2-2 及び図 1.8.2-3 に、構造概要図を図 1.8.2-4 及び図 1.8.2-5 に示す。

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）は、総延長は約 480m、天端高さは EL 15.0m であり、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（下部工）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工で構成される。

被覆コンクリート壁は、鋼管杭 6 本を 1 ブロックの標準とした壁体を連続して設置し、ブロック間の境界には止水性を保持するための止水目地を設置する。

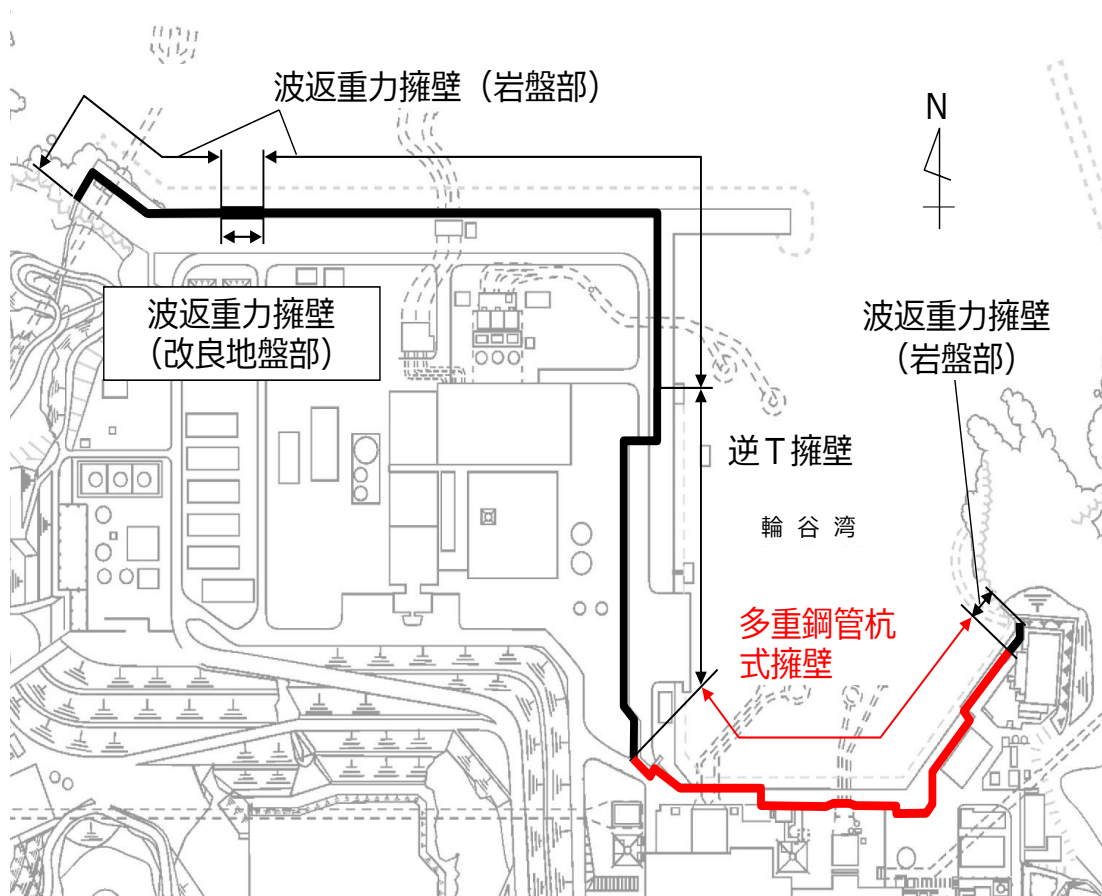
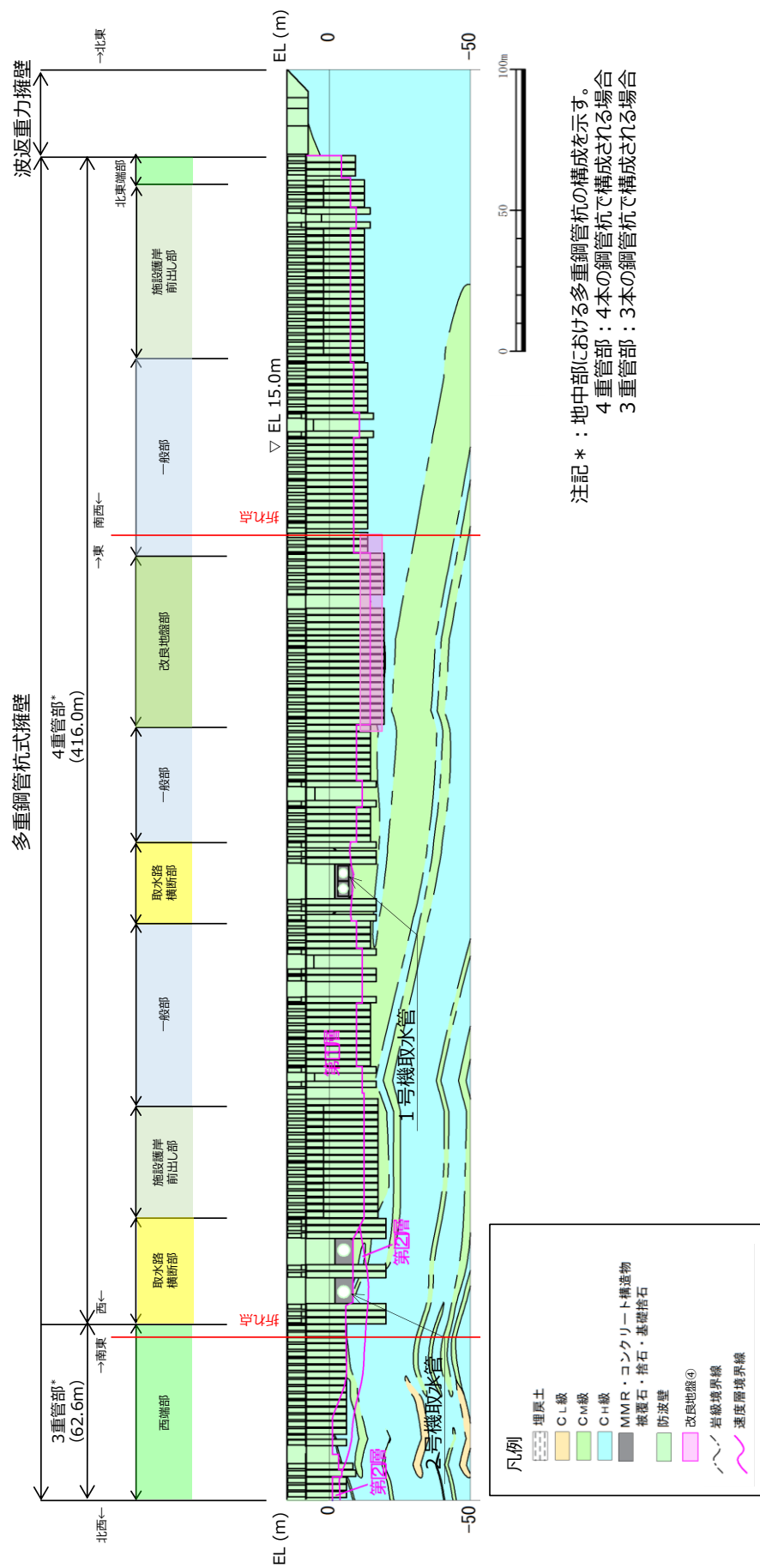


図 1.8.2-2 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の位置図



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 1.8.2-3 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の縦断面図

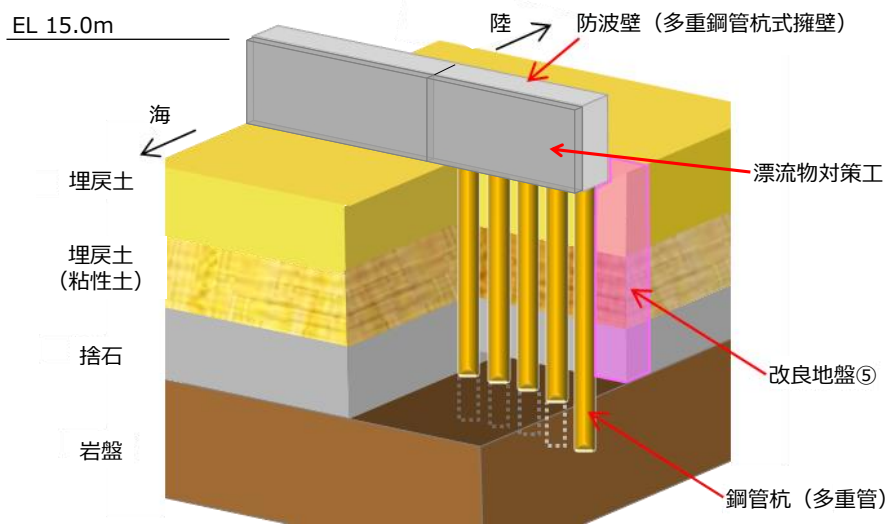


図 1.8.2-4 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図

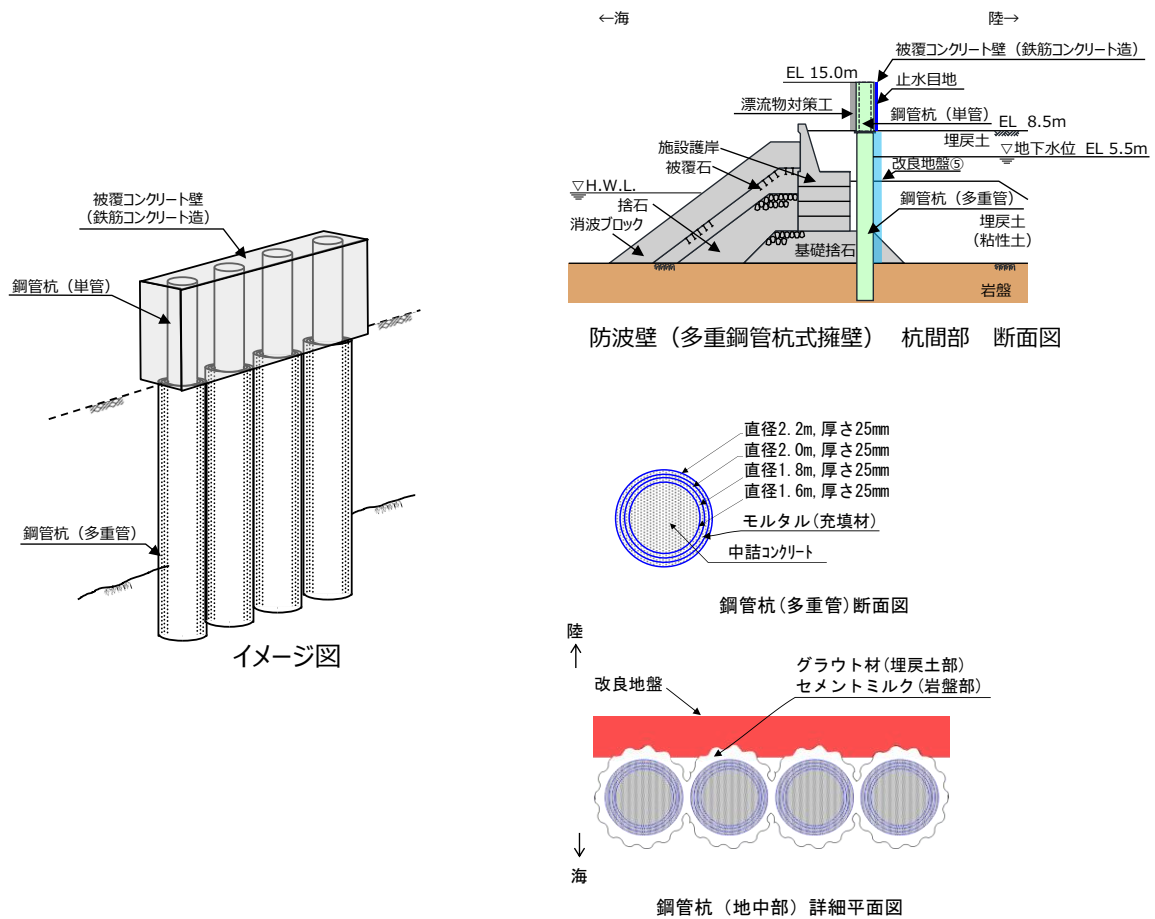


図 1.8.2-5 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造概要図（断面図）

図 1.8.2-6～図 1.8.2-13 に防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の平面配置図，
縦断面図及び横断面図を示す。

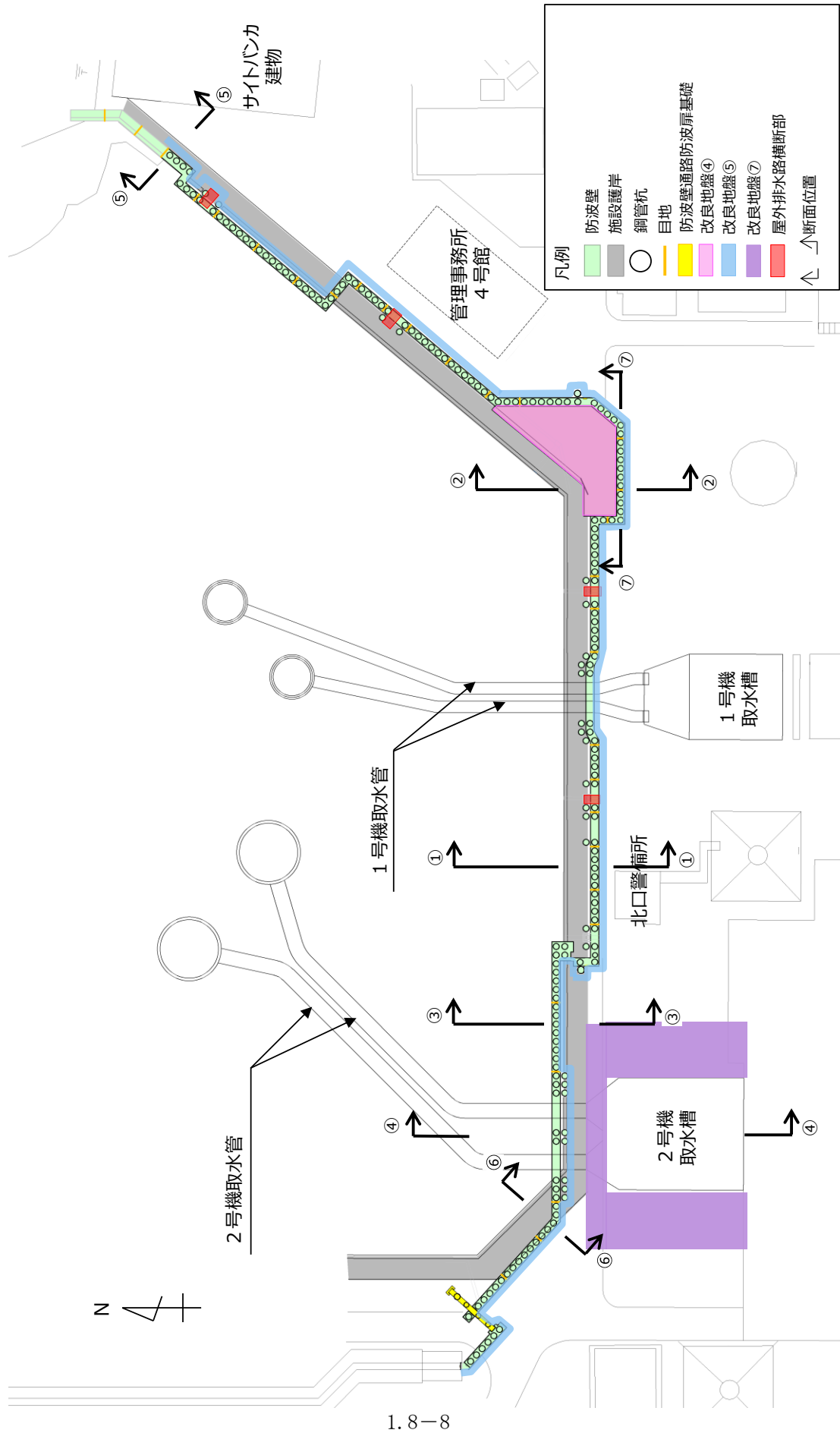


図 1.8.2-6 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）平面配置図

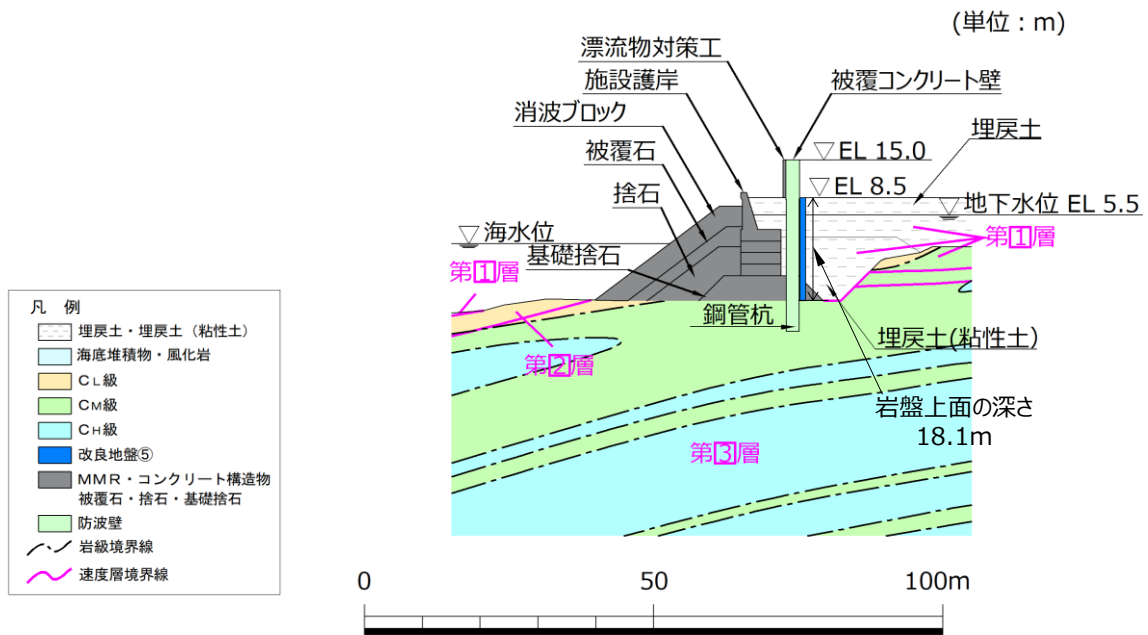


図 1.8.2-8 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図
一般部（①-①断面）

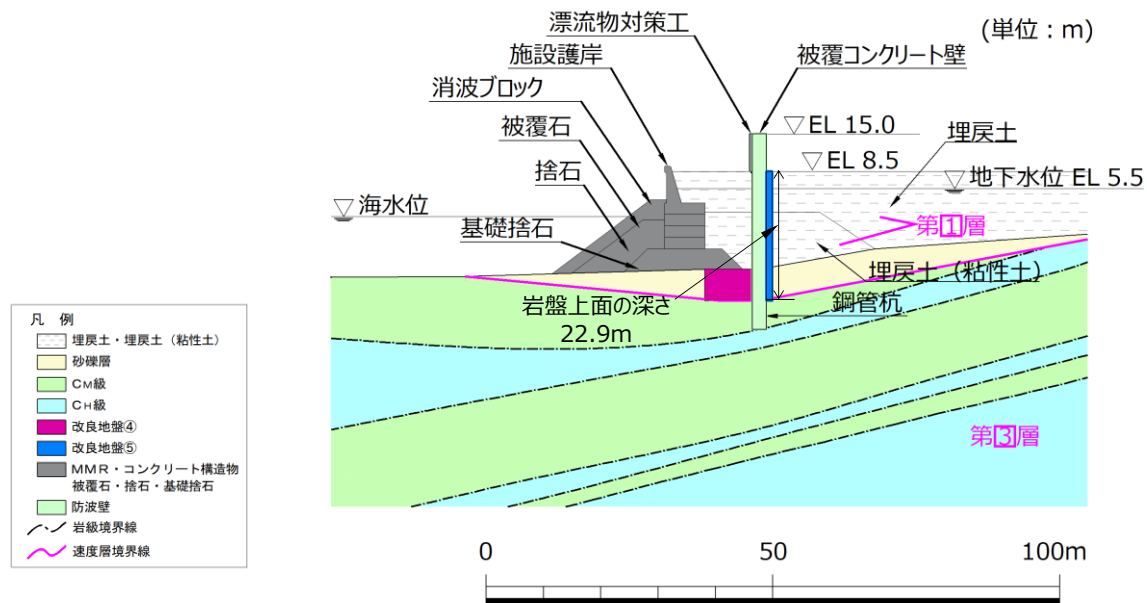


図 1.8.2-9 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図
改良地盤部（②-②断面）

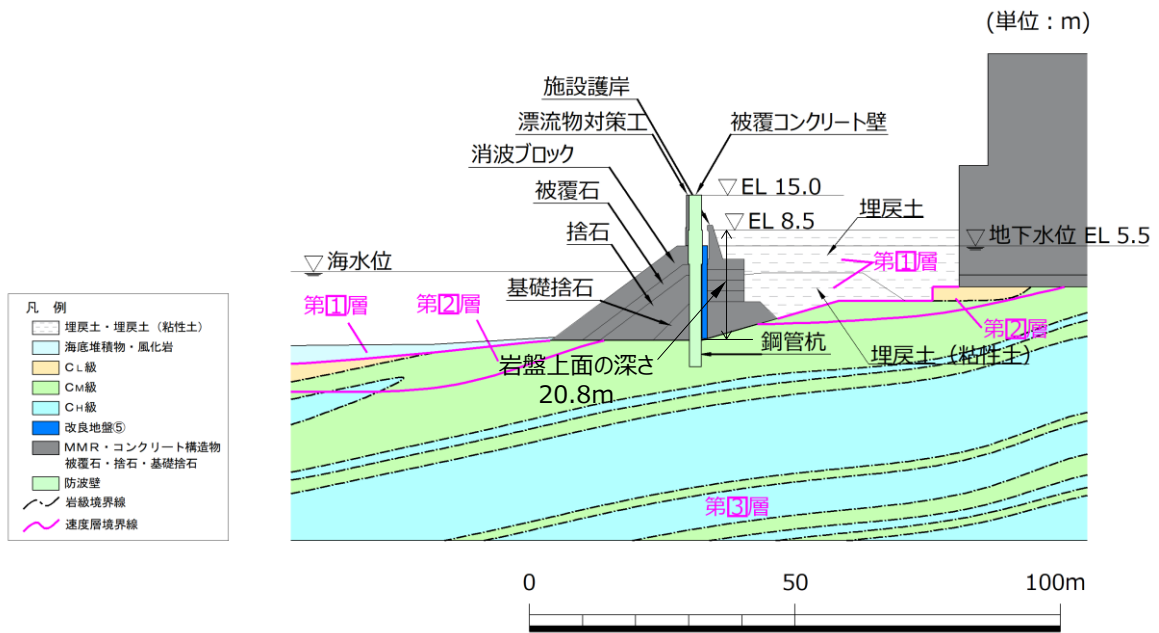


図 1.8.2-10 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図
施設護岸前出し部（③-③断面）

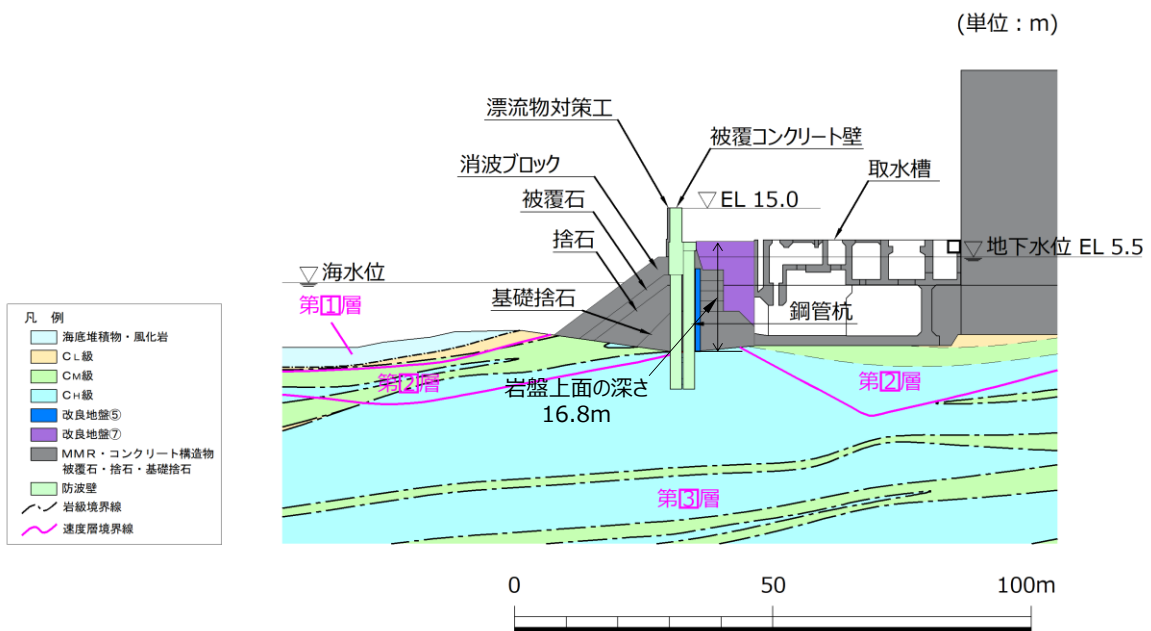


図 1.8.2-11 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図
取水路横断部（④-④断面）

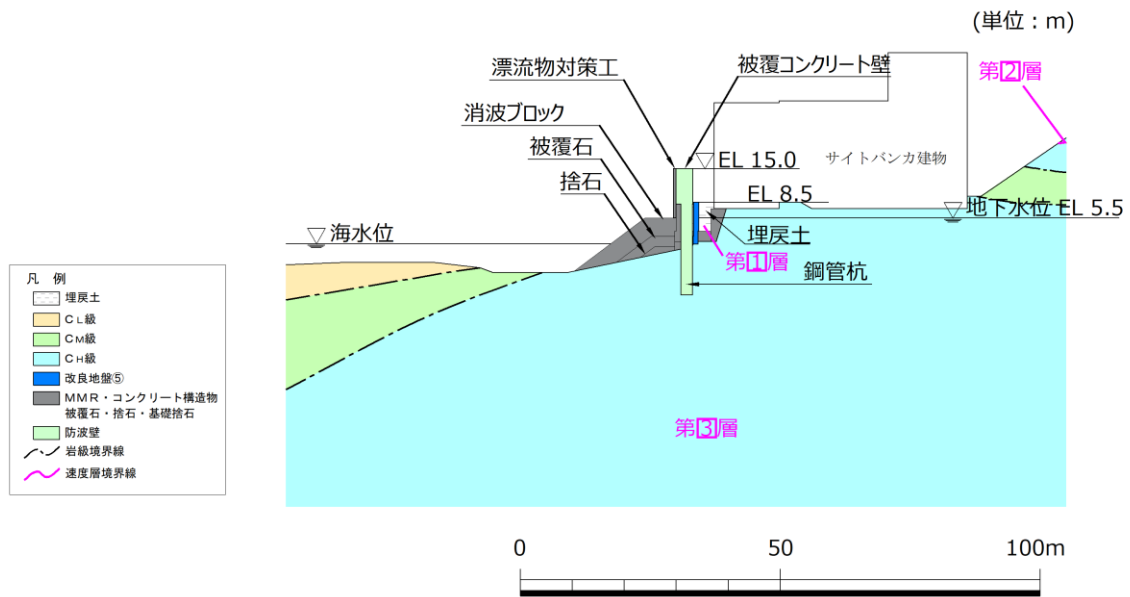


図 1.8.2-12 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図
北東端部（⑤-⑤断面）

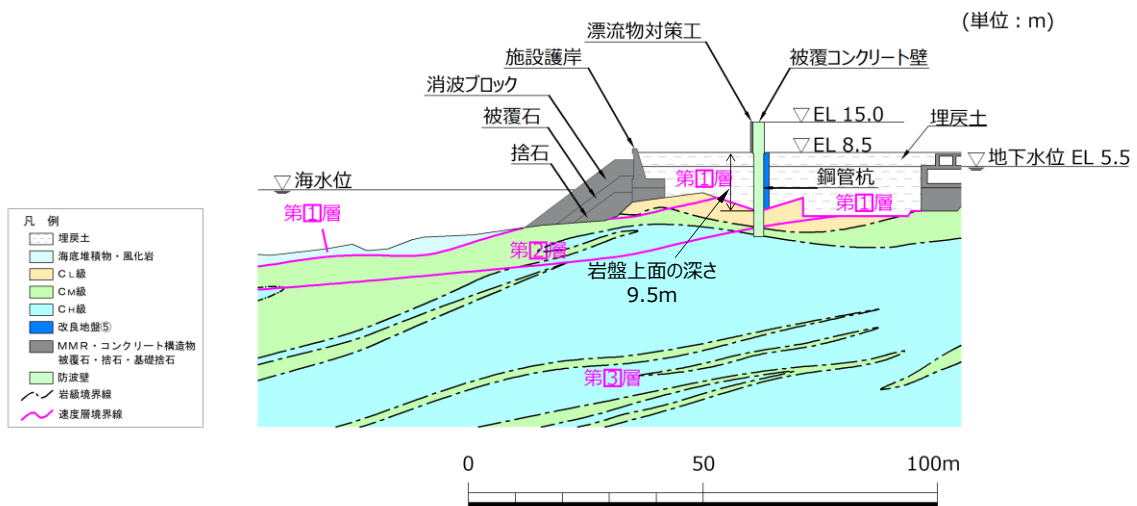


図 1.8.2-13 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図
西端部（⑥-⑥断面）

a. 評価候補断面の整理

(a) 各部位の役割及び性能目標

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における施設及び地盤の役割を表 1.8.2-1 に，役割を踏まえた性能目標を表 1.8.2-2 に，性能目標を踏まえた照査項目及び許容限界を表 1.8.2-3 に示す。

表 1.8.2-1 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（「2.1.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明（参考資料3）セメントミルクの評価方針」参照）。

表 1.8.2-2 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④がすべり破壊しないこと。（内部安定を保持）	地盤中からの回り込みによる流入を防止（難透水性を保持）するため改良地盤④がすべり破壊しないこと。（内的安定を保持）
	改良地盤⑤	—	—	—	地盤中からの回り込みによる流入を防止（難透水性を保持）するため改良地盤⑤がすべり破壊しないこと。（内的安定を保持）
	岩盤*	鋼管杭を鉛直支持するため、十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため、十分なすべり安全性を保持すること。	—	—

注記*：岩盤部と鋼管杭間に充填するセメントミルクは、岩盤とみなす（「2.1.1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明（参考資料3）セメントミルクの評価方針」参照）。

表 1.8.2-3 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の各部位の照査項目及び許容限界

（上段：照査項目，下段：許容限界）

部位		照査項目と許容限界			
		鉛直支持 (第3条)	すべり安定性 (第3条)	耐震性 (第4条)	耐津波性*1 (第5条)
施設	鋼管杭	-	-	曲げ・せん断 (降伏モーメント(曲げ)及び短期許容せん断力(せん断))	
	被覆コンクリート壁			曲げ・せん断 (短期許容応力度以下)	
	止水目地			変形 (許容変形量以下)	変形・水圧 (許容変形量・許容水圧以下)
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)			引張・せん断 (短期許容応力度以下)	押抜せん断 (短期許容応力度以下)
地盤	改良地盤④	-	-	すべり安全率*3 (1.2以上)	
	改良地盤⑤			-	すべり安全率*3 (1.2以上)
	岩盤*4	支持力*5 (極限支持力度)	すべり安全率(基礎地盤)*2 (1.5以上)	-	

注記*1：設備及び地盤を含む範囲の浸透流解析により、津波の滞水時間中に流入しないことを確認する。

*2：第3条のすべり安全率は施設の外的安定の確認を目的としており、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価結果に係る審査ガイド」に基づいて1.5以上を許容限界とする。

*3：第4条・第5条のすべり安全率は各部位の内的安定の確認を目的としており、「耐津波設計に係る審査ガイド」を準用して1.2以上を許容限界とする。

*4：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。

*5：杭前面の岩盤の破壊状態を踏まえた水平支持力の確認も実施する。

(b) 評価候補断面の整理

(a)で整理した各部位の性能目標及び表 1.8.2-4 に示す構造的特徴等を踏まえ、評価候補断面整理の観点を整理した結果を表 1.8.2-5 に示す。

観点の整理に当たっては、表 1.8.2-3 に示す照査項目である、曲げ・せん断、変形・水圧、引張、すべり安全率及び支持力に影響を及ぼす要素として、地震時応答加速度、津波時荷重及び地盤変位に関係するかを判断項目とする。

また、耐震性のない施設護岸が損傷した場合の影響確認断面の選定については、「c. 影響確認断面の選定」に示す。

各観点の詳細を以下に示す。

【構造的特徴】

- ・防波壁（多重鋼管杭擁壁）の構造的特徴及び施設護岸との位置関係については、表 1.8.2-4 及び図 1.8.2-14～図 1.8.2-20 に示すとおり、断面に応じて異なる構造であることから、選定上の観点とする。

【周辺地盤状況】

- ・岩盤上面の深さについては、図 1.8.2-7～図 1.8.2-13 に示すとおり、岩盤上面の深さが深いほど、改良地盤及び埋戻土の厚さが厚くなり、地震時応答加速度及び地盤変位が大きくなると考えられるため、選定上の観点とする。
- ・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）のうち改良地盤④を設置することで地震時応答加速度及び地盤変位に影響があると考えられるため、選定上の観点とする。一方、改良地盤⑤は全線にわたって一定の幅であるため、選定上の観点としない。
- ・施設護岸により、地震時応答加速度及び地盤変位に影響があると考えられるが、施設護岸は耐震性を有さないため、施設護岸の損傷の有無による影響確認を実施する。
- ・岩級については、地震時応答加速度及び地盤変位への影響がないことから、選定上の観点としない。

【地下水位】

- ・地下水位については、図 1.8.2-8～図 1.8.2-13 に示すとおり、設計用地下水位は防波壁より陸側は EL 5.5m、防波壁より海側は EL 0.58m で一定であるため、選定上の観点としない。

【周辺構造物の有無】

- ・ 周辺構造物の有無については、図 1.8.2-7～図 1.8.2-13 に示すとおり、取水管を横断する箇所においては杭間隔が広くなることにより、地震時応答加速度に影響するため、選定上の観点とする。

【間接支持される機器・配管系の有無】

- ・ 間接支持される機器・配管系の有無については、図 1.8.2-6 に示すとおり、屋外排水路逆止弁を支持するが、屋外排水路逆止弁の耐震評価に用いる加速度応答抽出断面の選定については、「2.4 屋外排水路逆止弁に関する補足説明」に示す。

【入力津波】

- ・ 入力津波については、図 1.8.2-8～図 1.8.2-13 に示すとおり、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における設計津波水位は EL 12.6m で一定であるため、選定上の観点としない。

表 1.8.2-4 防波壁（多重鋼管杭擁壁）の構造的特徴

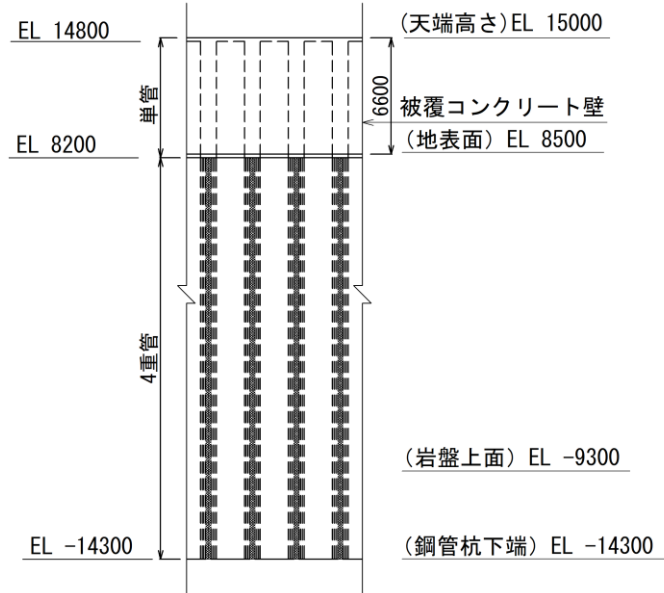
断面	施設護岸との位置関係	構造的特徴						
		天端高さ EL (m)	上部工		下部工			
			被覆コンクリート壁		鋼管杭			
			天端幅 (m)	高さ (m)	杭種	杭径 (m)	板厚 (mm)	鋼種
一般部 (①-①断面)	施設護岸の背面に設置	15.0	2.40	6.80	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
					地下部 (4重管)	φ 1.6~2.2	25	SKK490
改良地盤部 (②-②断面)	施設護岸の背面に設置	15.0	2.40	6.80	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
					地下部 (4重管)	φ 1.6~2.0	25	SKK490
						φ 2.2	25	SM490Y
施設護岸前出し部 (③-③断面)	施設護岸の前面に設置	15.0	2.40	13.00	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
					地下部 (4重管)	φ 1.6~2.0	25	SKK490
						φ 2.2	25	SM490Y
取水路横断部 (④-④断面)	施設護岸の前面に設置	15.0	2.40	13.00	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
					地下部 (4重管)	φ 1.6~2.0	25	SKK490
						φ 2.2	25	SM490Y
北東端部 (⑤-⑤断面)	施設護岸の前面に設置	15.0	3.25	6.80	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
					地下部 (4重管)	φ 1.6~2.2	25	SKK490
西端部 (⑥-⑥断面)	施設護岸の背面に設置	15.0	2.40	6.80	地上部 (単管)	φ 1.8	25	SKK490
					地下部 (3重管)	φ 1.6~2.2	25	SKK490

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

単管 : ϕ 1600 mm

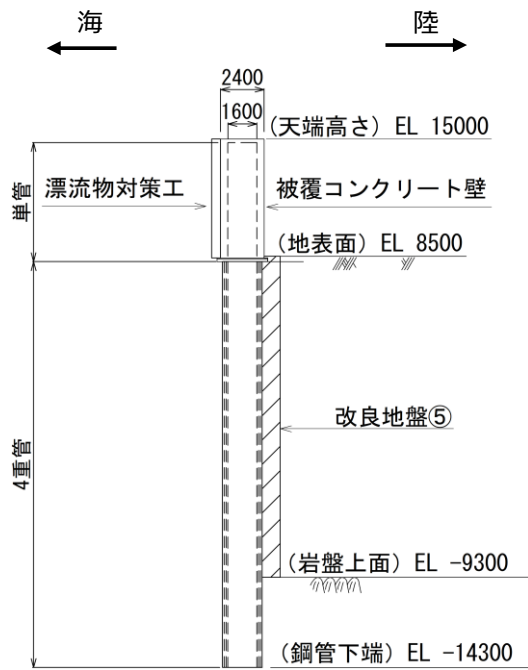
4重管 : ϕ 1600 mm, ϕ 1800 mm, ϕ 2000 mm, ϕ 2200 mm

(単位 : mm)



(正面図)

(単位 : mm)



(断面図)

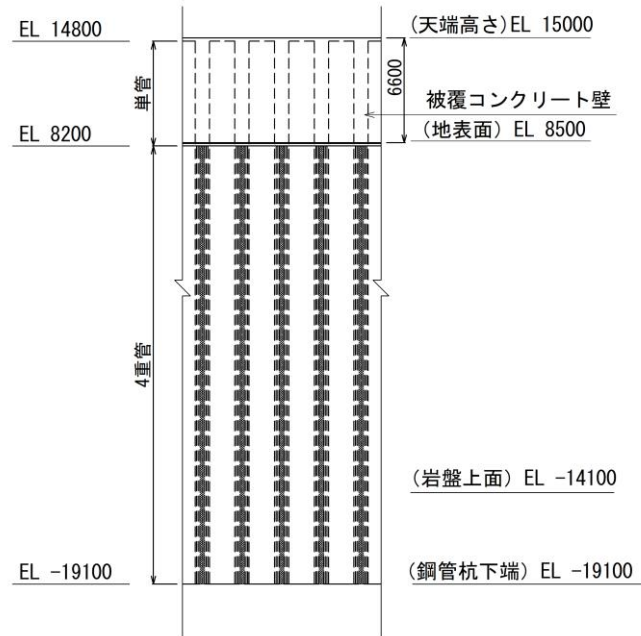
図 1.8.2-14 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（①-①断面）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

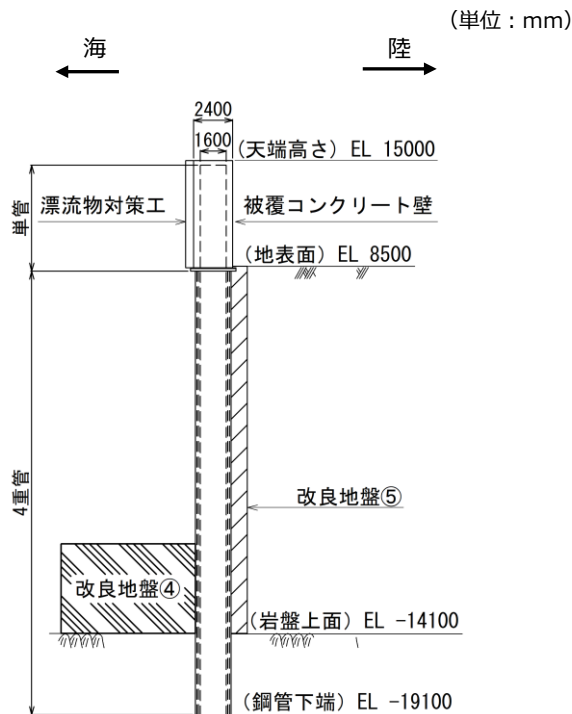
単管 : ϕ 1600 mm

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

(単位 : mm)



(正面図)



(断面図)

図 1.8.2-15 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（②-②断面）

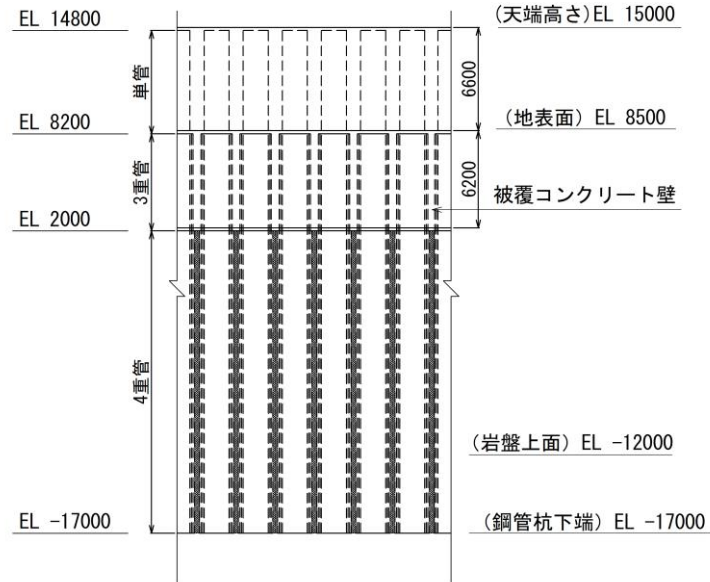
【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

単管 : ϕ 1600 mm

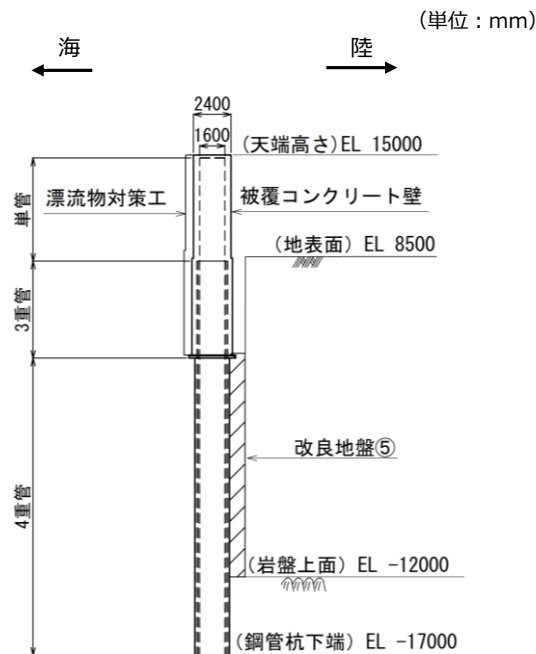
3重管 : ϕ 1600 mm, ϕ 1800 mm, ϕ 2000 mm

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

(単位 : mm)



(正面図)



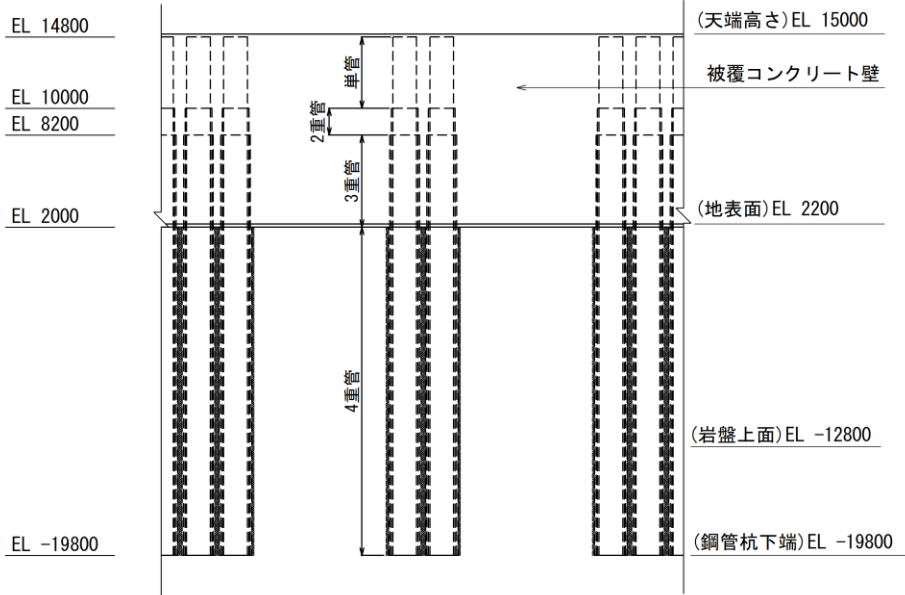
(断面図)

図 1.8.2-16 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（③-③断面）

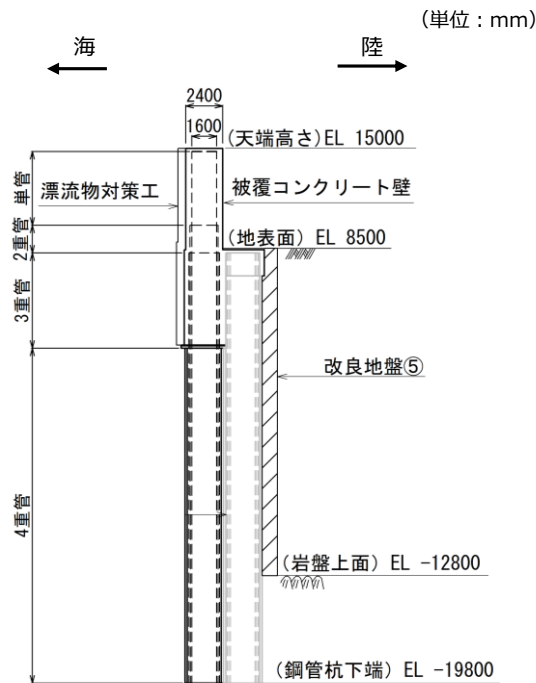
【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

- 単管 : φ 1600 mm
- 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)



(正面図)



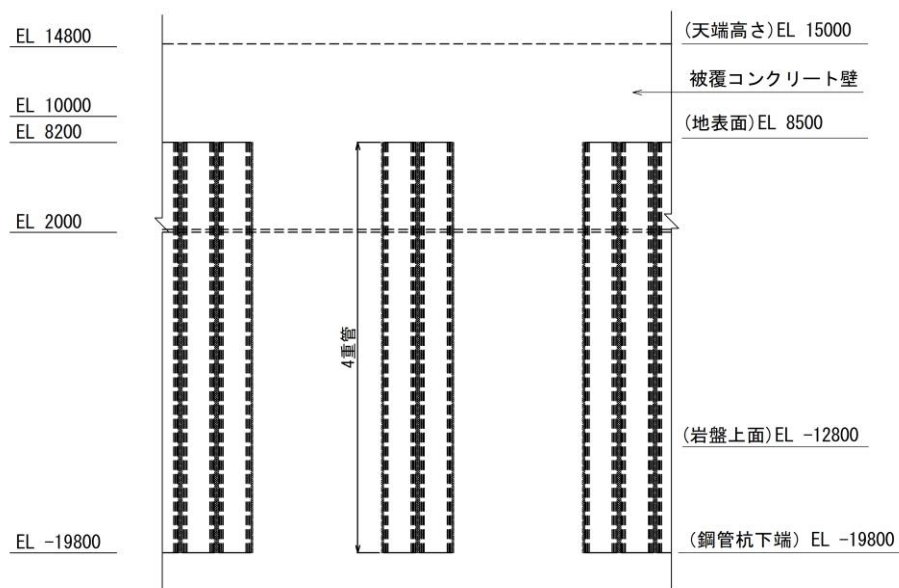
(断面図)

図 1.8.2-17 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，海側）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

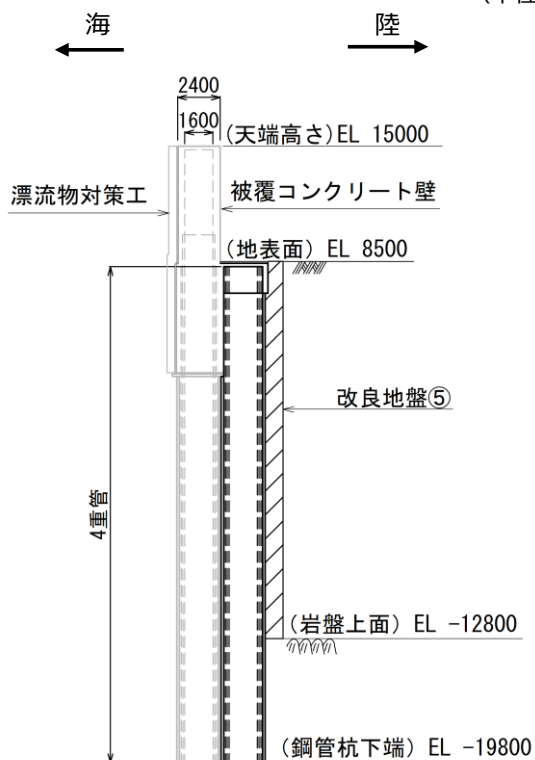
4重管：φ 1600 mm，φ 1800 mm，φ 2000 mm，φ 2200 mm

(単位：mm)



(正面図)

(単位：mm)



(断面図)

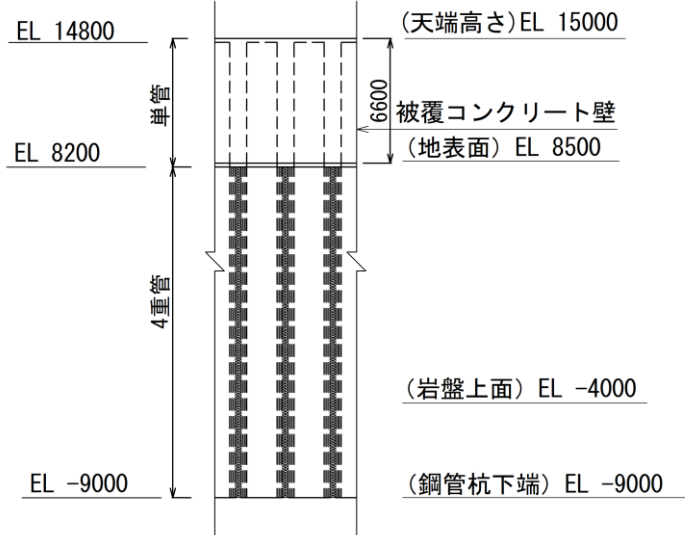
図 1.8.2-18 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（④-④断面，陸側）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

単管 : ϕ 1600 mm

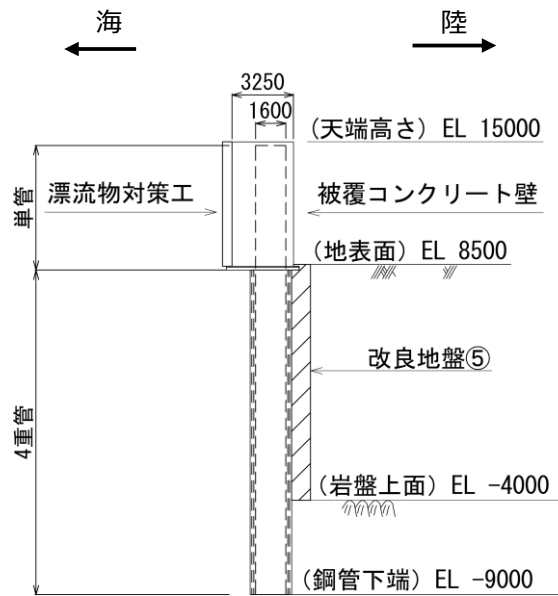
4重管 : ϕ 1600 mm, ϕ 1800 mm, ϕ 2000 mm, ϕ 2200 mm

(単位 : mm)



(正面図)

(単位 : mm)



(断面図)

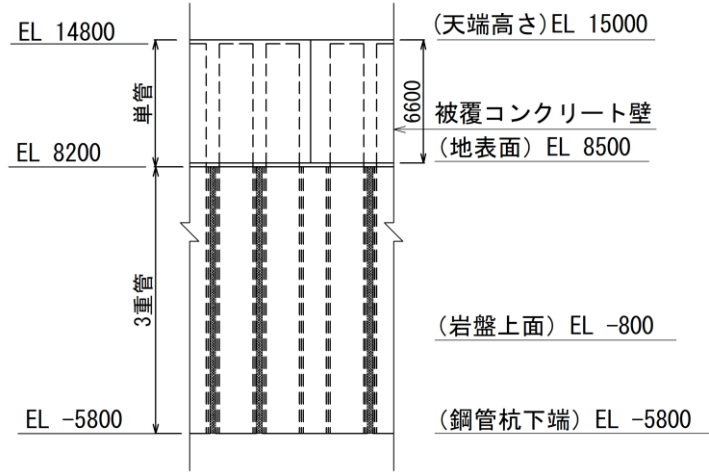
図 1.8.2-19 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（⑤-⑤断面）

【鋼管杭の構成（鋼管杭の板厚はすべて 25 mm）】

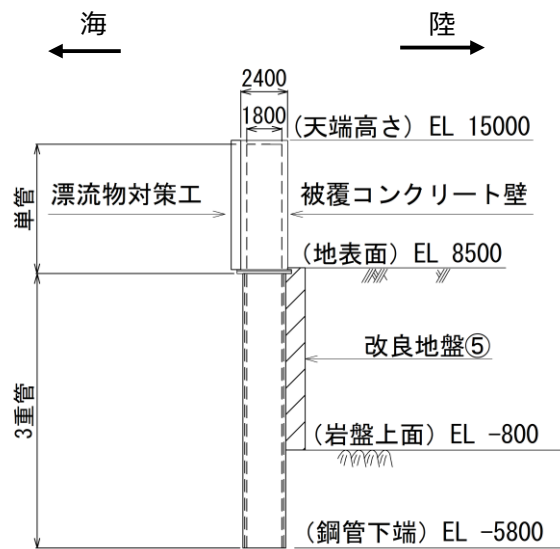
単管 : ϕ 1800 mm

3重管 : ϕ 1800 mm, ϕ 2000 mm, ϕ 2200 mm

(単位 : mm)



(正面図)



(断面図)

図 1.8.2-20 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造図（⑥-⑥断面）

表 1.8.2-5 評価候補断面整理の観点（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））

評価候補断面整理上の観点		評価対象断面選定の方針観点	観点*
構造的特徴	施設護岸との位置関係	・断面によって施設護岸の背面又は前面に位置しており、地震時応答加速度及び地盤変位に影響するため、選定上の観点とする。	○
	天端高さ	・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の天端高さは EL 15.0m で一定であるため、選定上の観点としない。	—
	被覆コンクリート壁	・断面によって被覆コンクリート壁の寸法が異なり、下部工である鋼管杭の発生断面力に影響するが、被覆コンクリート壁の寸法による影響検討結果を踏まえ、選定上の観点としない（（参考資料1）被覆コンクリート壁及び鋼管杭の仕様を踏まえた評価対象断面の確認について）。	—
	鋼管杭	・断面によって鋼管杭の仕様が異なることによって、耐震・耐津波評価に影響するが、鋼管杭の仕様による影響検討を踏まえ、選定上の観点としない（（参考資料1）被覆コンクリート壁及び鋼管杭の仕様を踏まえた評価対象断面の確認について）。	—
周辺地盤状況	岩盤上面の深さ	・縦断方向に深さが変化し、地震時応答加速度及び地盤変位に影響するため、選定上の観点とする。	○
	改良地盤の配置状況	・改良地盤④を設置することで地震時応答加速度及び地盤変位に影響があると考えられるため、選定上の観点とする。一方、改良地盤⑤は全線にわたって一定の幅であるため、選定上の観点としない。	○
	施設護岸による影響の有無	・施設護岸の損傷の有無による影響確認を実施する。	△
	岩級	・地震時応答加速度及び地盤変位への影響がないことから、選定上の観点としない。	—
地下水位	・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における設計用地下水位は、防波壁より陸側は EL 5.5m、防波壁より海側は EL 0.58m で一定であるため、選定上の観点としない。	—	
周辺構造物の有無	・消波ブロックは解析モデル上では考慮しないため、選定上の観点としない。 ・取水管を横断する箇所においては杭間隔が広くなることにより、地盤変位に影響するため、選定上の観点とする。	○	
間接支持される機器・配管系の有無	・屋外排水路逆止弁を支持する。屋外排水路逆止弁の耐震評価に用いる加速度応答抽出断面の選定については、「2.4 屋外排水路逆止弁に関する補足説明」に示す。	—	
入力津波	・防波壁（多重鋼管杭式擁壁）における設計津波水位は EL 12.6m で縦断方向に一定であるため、選定上の観点としない。	—	

注記*：○；観点とする。—；観点としない。△；影響確認を行う

b. 評価対象断面の選定

「a. 評価候補断面の整理」で示した評価候補断面の整理を踏まえ、評価対象断面を選定する。評価対象断面の選定には、図 1.8.2-7～図 1.8.2-13 に示す防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の横断面図及び縦断面図を用いる。

評価対象断面選定結果を表 1.8.2-6 に、評価対象断面の平面位置図を図 1.8.2-21 に、縦断位置図を図 1.8.2-22 に示す。

改良地盤部（②-②断面）は、防波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。

施設護岸前出し部（③-③断面）は、防波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ため、選定した。

取水路横断部（④-④断面）は、取水管を横断する断面のうち、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。

また、改良地盤部（②-②断面）は、他の断面に比べ、岩盤上面の深さが深いことから、止水目地の変形量が大きいと考えられるため、横断方向の変形性評価の評価対象断面に選定した。

改良地盤部（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、改良地盤部（②-②断面）に直交する縦断方向の（⑦-⑦断面）を縦断方向の変形性評価の評価対象断面に選定した。

表 1.8.2-6 評価対象断面選定結果（防波壁（多重鋼管杭式擁壁））

検討断面	評価対象断面整理上の観点				該当する観点	選定理由
	(1) 施設護岸との位置関係	(2) 岩盤上面深さ(m)	(3) 改良地盤の配置状況	(4) 周辺構造物の有無		
一般部 (①-①断面)	施設護岸の背面に設置	18.1	-	-	(1)	施設護岸の背面に設置している断面のうち、改良地盤部(②-②断面)と比較して、岩盤上面深さが浅いことから改良地盤部(②-②断面)に代表させる。
改良地盤部 (②-②断面)	施設護岸の背面に設置	22.9	改良地盤④	-	(1) (2) (3)	施設護岸の背面に設置している断面のうち、他の断面と比較して、岩盤上面深さが最も深いこと及び改良地盤④が設置されていることから評価対象断面に選定する。
施設護岸前出し部 (③-③断面)	施設護岸の前面に設置	20.8	-	-	(1) (2)	施設護岸の前面に設置している断面のうち、他の断面と比較して、岩盤上面深さが最も深いことから評価対象断面に選定する。
取水路横断部 (④-④断面)	施設護岸の前面に設置	16.8	-	取水管	(1) (4)	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、杭の設置間隔が広いことから評価対象断面に選定する。
北東端部 (⑤-⑤断面)	施設護岸の前面に設置	12.7	-	-	(1)	施設護岸の前面に設置している断面のうち、施設護岸前出し部(③-③断面)と比較して、岩盤上面深さが浅いことから施設護岸前出し部(③-③断面)に代表させる。
西端部 (⑥-⑥断面)	施設護岸の背面に設置	9.5	-	-	(1)	施設護岸の背面に設置している断面のうち、改良地盤部(②-②断面)と比較して、岩盤上面深さが浅いことから改良地盤部(②-②断面)に代表させる。

□ : 番号を付与する観点

□ : 観点の番号付与が多い

□ : 選定した評価対象断面

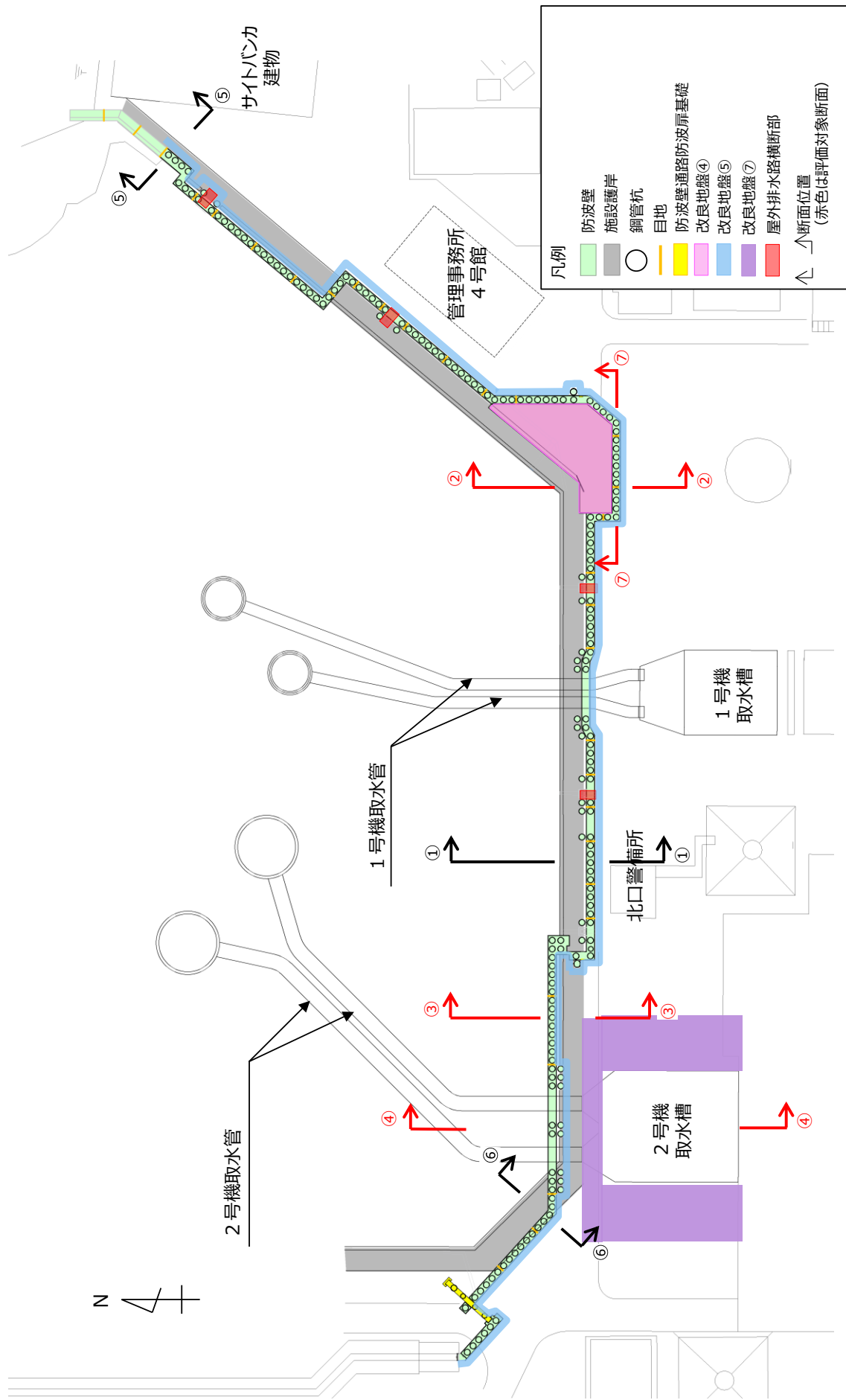


図 1.8.2-21 評価対象断面の平面位置図

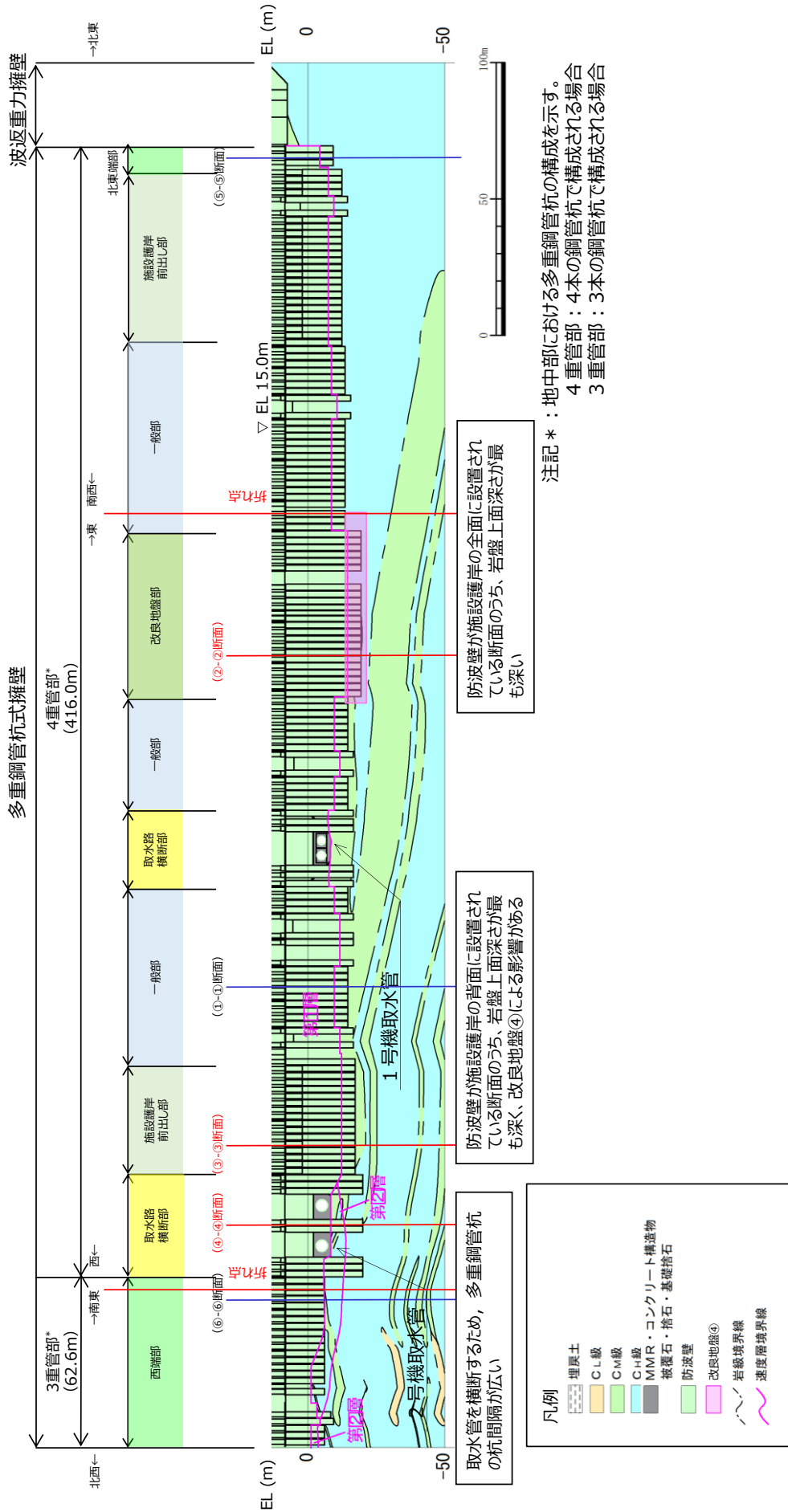


図 1.8.2-22 評価対象断面の縦断位置図

c. 影響確認断面の選定

(a) 施設護岸が損傷した場合の影響確認断面の選定

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）には、防波壁の前面又は背面に施設護岸等が設置される断面がある。施設護岸等があることで、防波壁の安定性が向上している可能性があるが、施設護岸等は耐震性を有さないことから、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）に置換した場合の検討を実施する。

影響確認断面については、「1.8.2(2)b. 評価対象断面の選定」で示す評価対象断面選定結果のうち防波壁の前面に施設護岸等がある断面は、改良地盤部（②-②断面）のみとなることから改良地盤部（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施設護岸前出し部（③-③断面）を選定する。（図 1.8.2-23 及び図 1.8.2-24）。

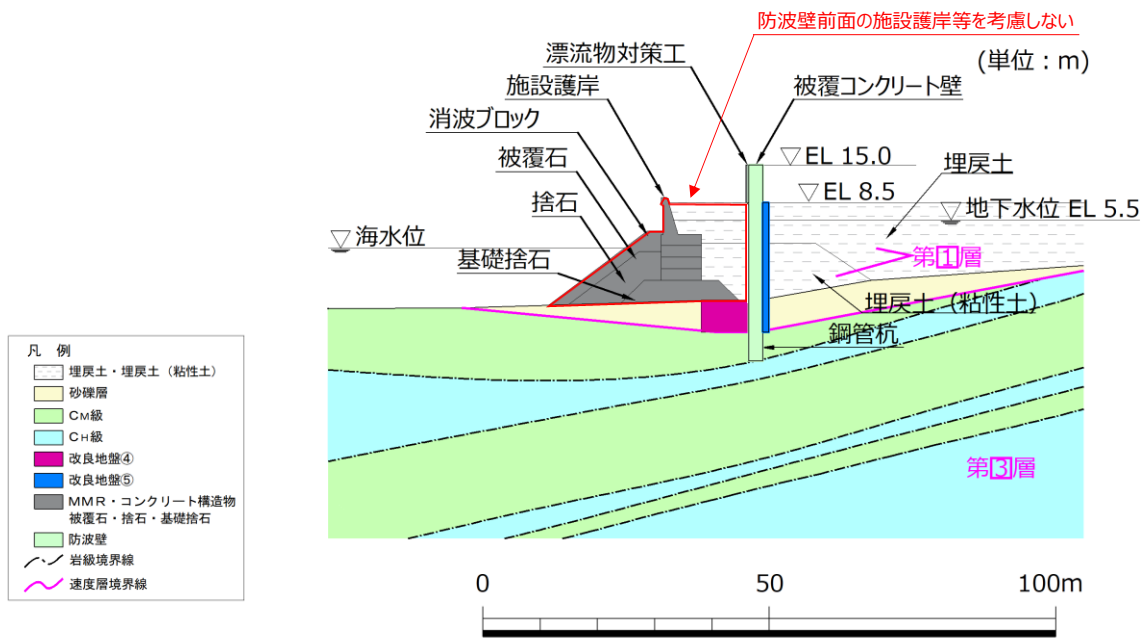


図 1.8.2-23 施設護岸等が損傷した場合の影響確認断面（②-②断面）

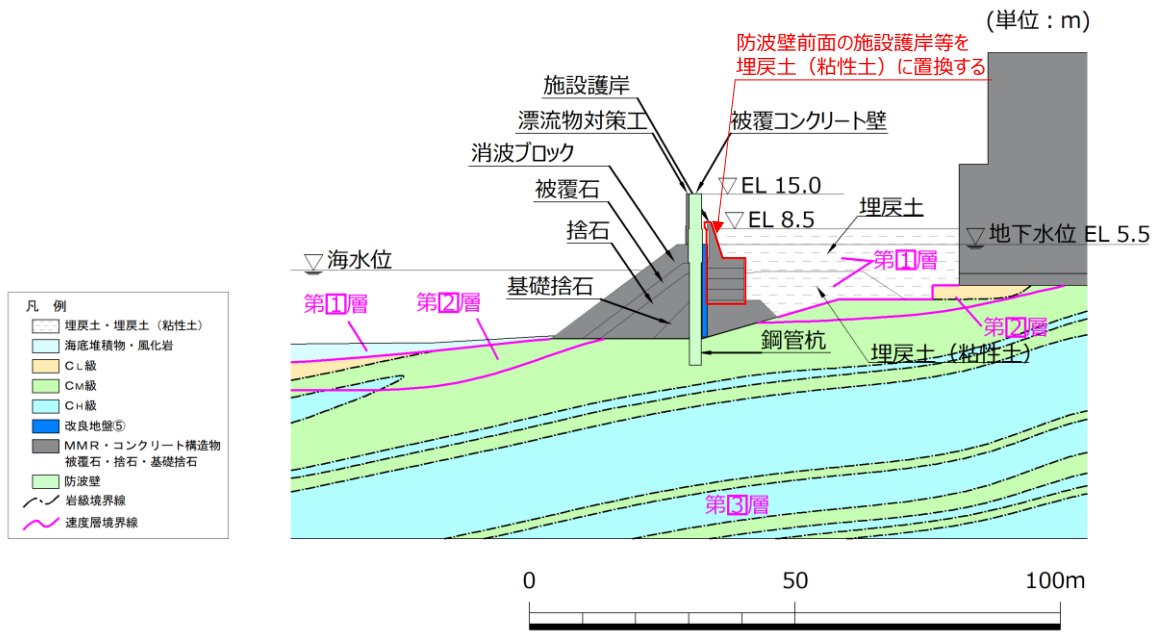


図 1.8.2-24 施設護岸等が損傷した場合の影響確認断面 (③-③断面)

(参考資料 1) 被覆コンクリート壁及び鋼管杭の仕様を踏まえた評価対象断面の確認について

1. 概要

防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の評価対象断面として、改良地盤部（②－②断面）、施設護岸前出し部（③－③断面）及び取水路横断部（④－④断面）を選定している。

評価対象断面以外の断面では、表－1に示すとおり、被覆コンクリート壁及び鋼管杭の仕様が評価対象断面と異なる一般部（①－①断面）、北東端部（⑤－⑤断面）及び西端部（⑥－⑥断面）があり、耐震・耐津波評価が厳しくなる可能性がある。

よって、本資料では耐震・耐津波評価の観点も踏まえ、評価対象断面の妥当性を確認する。

表－1 防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の構造的特徴

断面	構造的特徴						
	天端高さ EL (m)	上部工		下部工			
		被覆コンクリート壁		鋼管杭			
		天端幅 (m)	高さ (m)	杭種	杭径 (m)	板厚 (mm)	鋼種
一般部 (①-①断面)	15.0	2.40	6.80	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
				地下部 (4重管)	φ 1.6~2.2	25	SKK490
改良地盤部 (②-②断面)	15.0	2.40	6.80	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
				地下部 (4重管)	φ 1.6~2.0	25	SKK490
					φ 2.2	25	SM490Y
施設護岸前出し部 (③-③断面)	15.0	2.40	13.00	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
				地下部 (4重管)	φ 1.6~2.0	25	SKK490
					φ 2.2	25	SM490Y
取水路横断面 (④-④断面)	15.0	2.40	13.00	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
				地下部 (4重管)	φ 1.6~2.0	25	SKK490
					φ 2.2	25	SM490Y
北東端部 (⑤-⑤断面)	15.0	3.25	6.80	地上部 (単管)	φ 1.6	25	SKK490
				地下部 (4重管)	φ 1.6~2.2	25	SKK490
西端部 (⑥-⑥断面)	15.0	2.40	6.80	地上部 (単管)	φ 1.8	25	SKK490
				地下部 (3重管)	φ 1.6~2.2	25	SKK490

: 評価対象断面

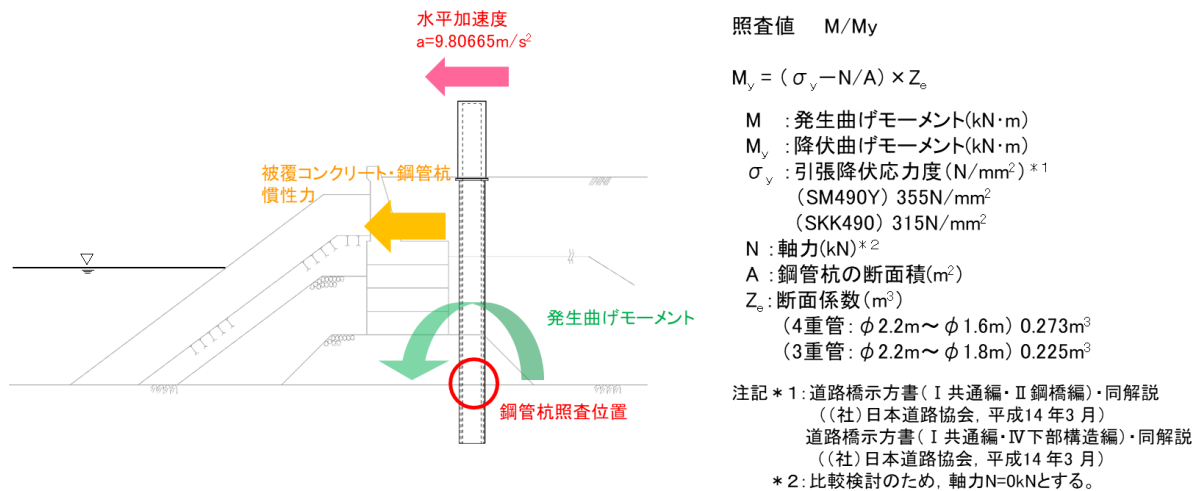
: 評価対象断面と異なる被覆コンクリート又は鋼管杭の仕様

2. 耐震・耐津波評価の観点における確認

耐震・耐津波評価に当たっては、岩盤上面深さが深く、地震時応答加速度が大きくなる改良地盤部（②－②断面）又は施設護岸前出し部（③－③断面）が厳しくなると想定される。

耐震・耐津波評価の観点における確認に当たっては、すべての断面において同じ水平加速度（ $a = 9.80665\text{m/s}^2$ ）が生じると仮定し、発生曲げモーメントに対して、照査が最も厳しくなると想定される岩盤境界部の鋼管杭の照査値を比較する。耐震・耐津波評価の観点における確認方法を図－1 に示す。

なお、取水路横断面部（④－④断面）は、杭間隔が広く、2列の多重鋼管杭が杭頭連結材で連結されており、他の構造と異なることから、本検討は実施しない。



図－1 耐震・耐津波評価の観点における確認方法

3. 耐震・耐津波評価の観点における確認結果

耐震・耐津波評価の観点における確認結果を表-2に示す。

改良地盤部(②-②断面)及び施設護岸前出し部(③-③断面)が他の断面と比較して照査値が厳しくなることから、本資料で示す評価対象断面の妥当性を確認した。

表-2 耐震・耐津波評価の観点における確認結果

地震動	曲げモーメント M(kN・m)	降伏曲げモーメント My(kN・m)	照査値 M/My
改良地盤部 (②-②断面)	38,899	89,439	0.43
施設護岸前出し部 (③-③断面)	39,090	89,439	0.44
一般部 (①-①断面)	27,731	85,914	0.32
北東端部 (⑤-⑤断面)	17,378	85,914	0.20
西端部 (⑥-⑥断面)	10,814	70,807	0.15

(2) 防波壁（逆T擁壁）

防波壁（逆T擁壁）の位置図及び縦断面図を図1.8.2-25及び図1.8.2-26に、構造概要図を図1.8.2-27及び図1.8.2-28に示す。

防波壁（逆T擁壁）は、総延長は約320m、天端高さはEL 15.0mであり、改良地盤を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造の逆T擁壁による直接基礎構造で構成される。

防波壁（逆T擁壁）は、約16mを1ブロックの標準とした壁体を連続して設置し、ブロック間の境界には止水性を保持するための止水目地を設置する。1ブロックにおいて海側では8本、陸側では4本を標準にグラウンドアンカを設置している。

逆T擁壁は、全線にわたって同じ構造である。

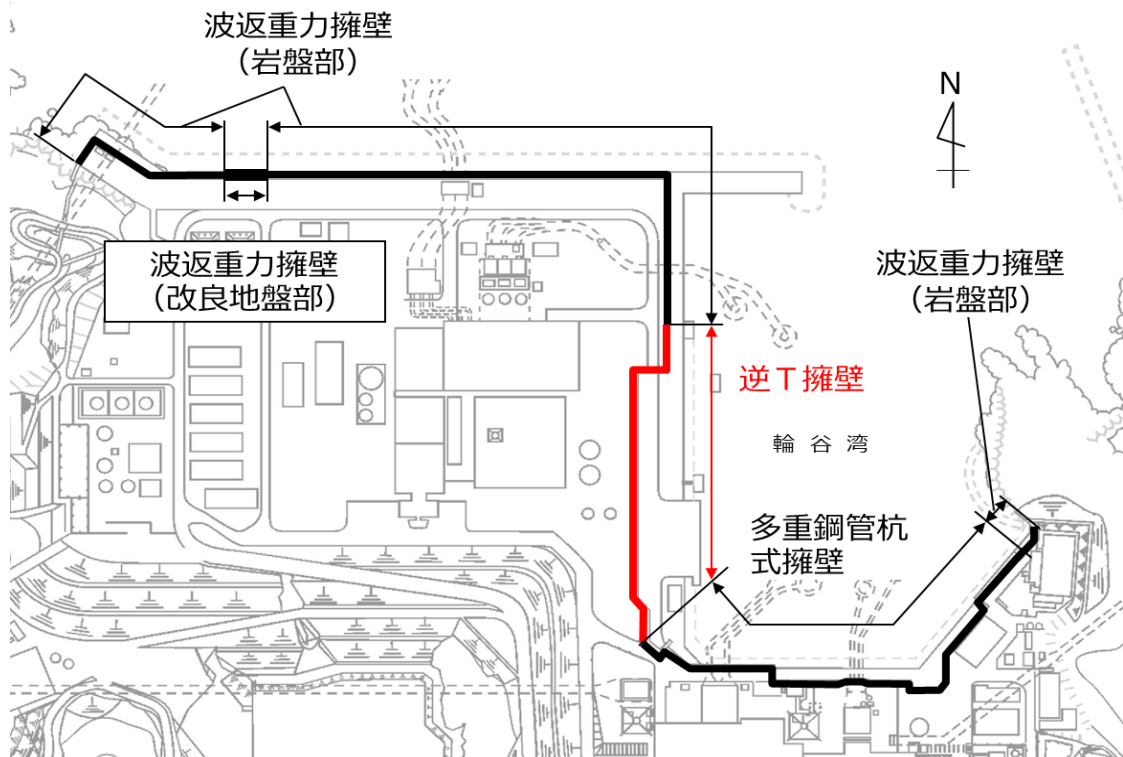


図1.8.2-25 防波壁（逆T擁壁）の位置図

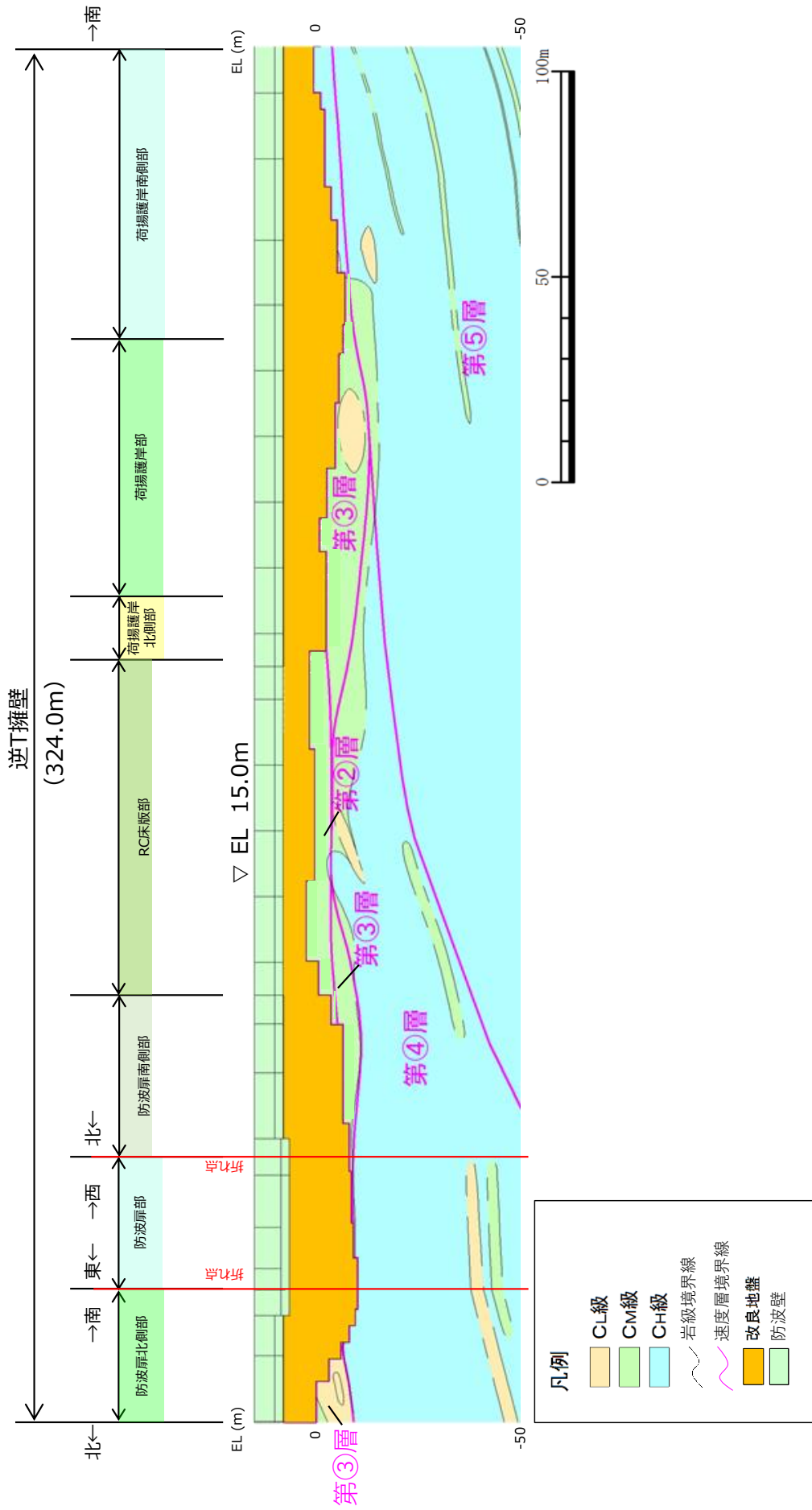
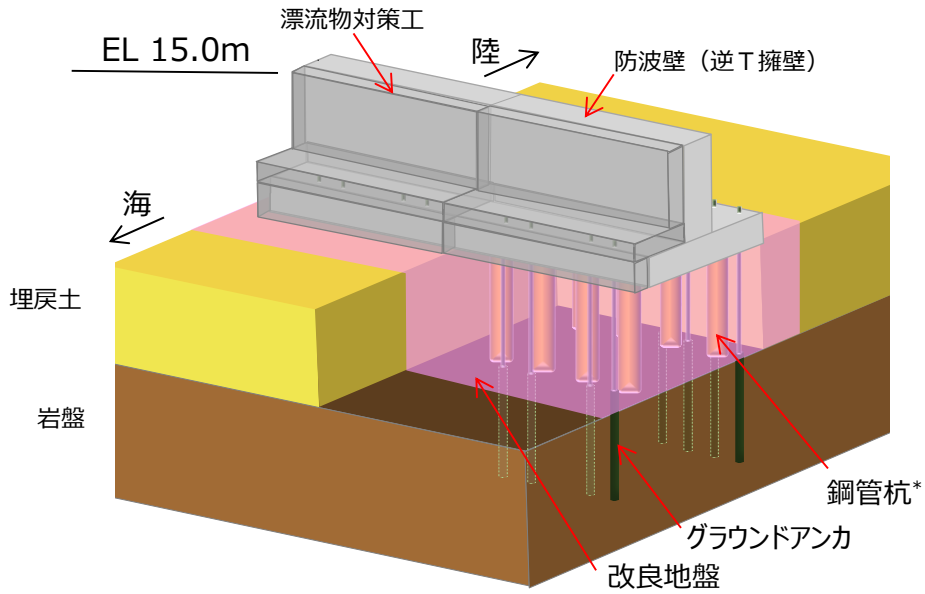
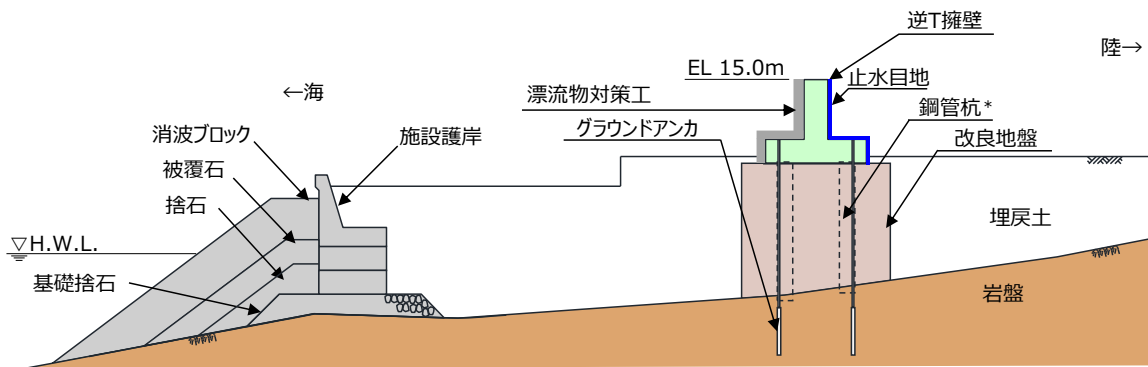


図 1.8.2-26 防波壁（逆T擁壁）の縦断面図



注記* 防波壁（逆T擁壁）は鋼管杭の効果을期待せず耐震評価を行う。

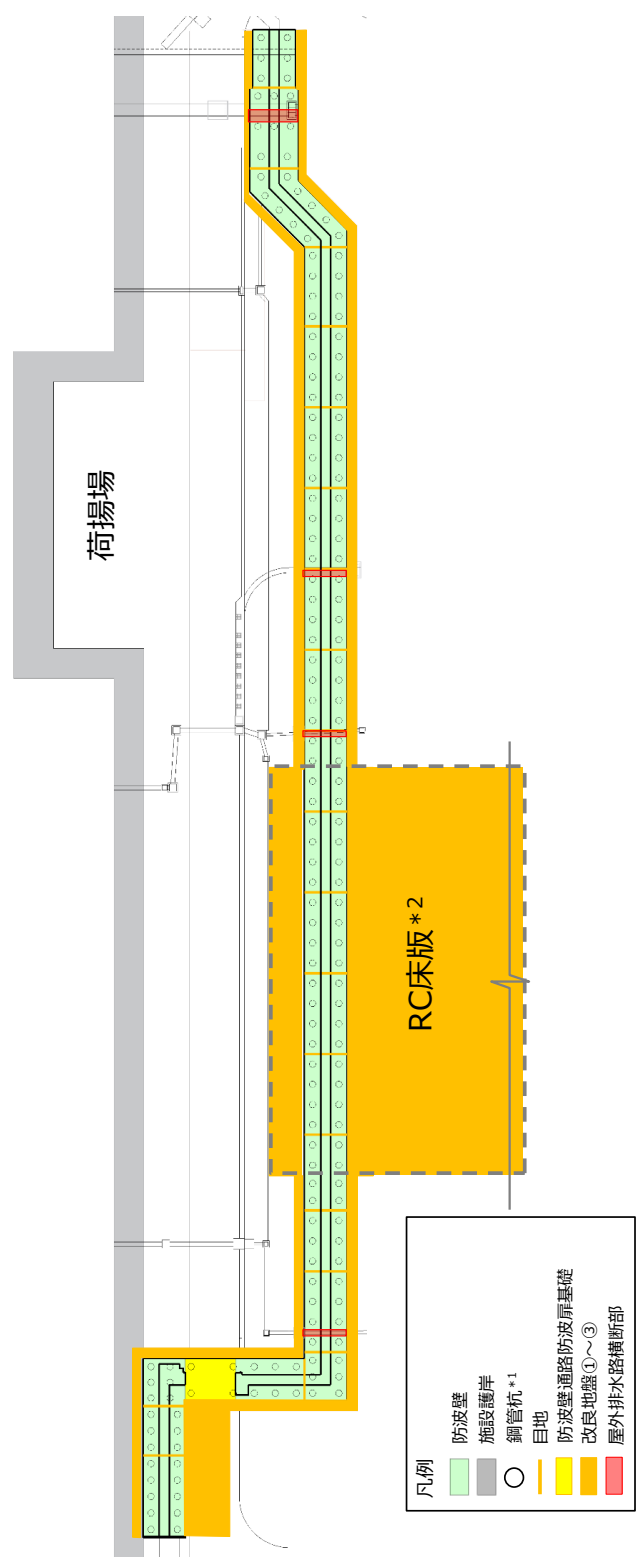
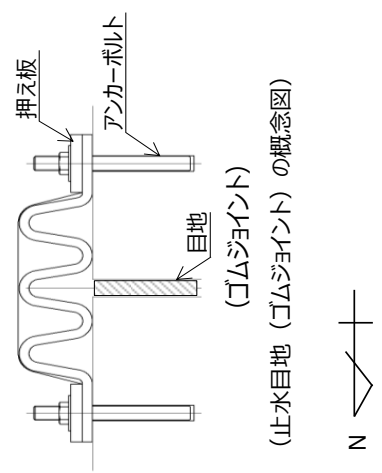
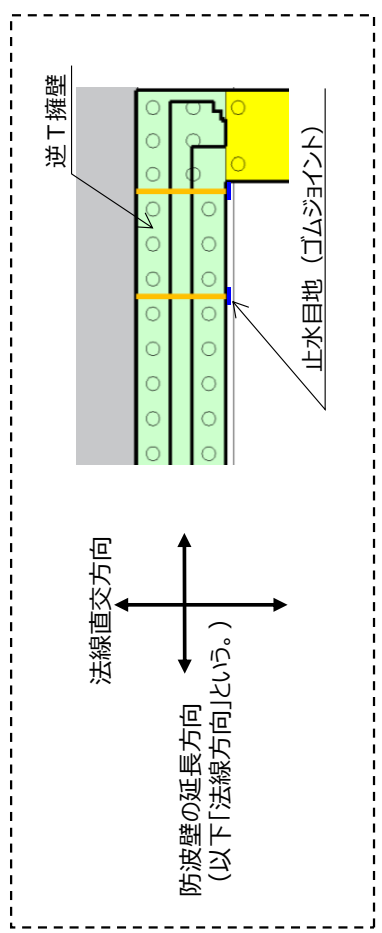
図 1.8.2-27 防波壁（逆T擁壁）の構造概要図（鳥瞰図）



注記* : 防波壁（逆T擁壁）は，鋼管杭の効果을期待せず耐震評価を行う。

図 1.8.2-28 防波壁（逆T擁壁）の構造概要図（断面図）

図 1.8.2-29～図 1.8.2-37 に防波壁（逆T擁壁）の縦断面図及び横断面図を示す。



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

図 1.8.2-29 防波壁（逆T擁壁）平面配置図

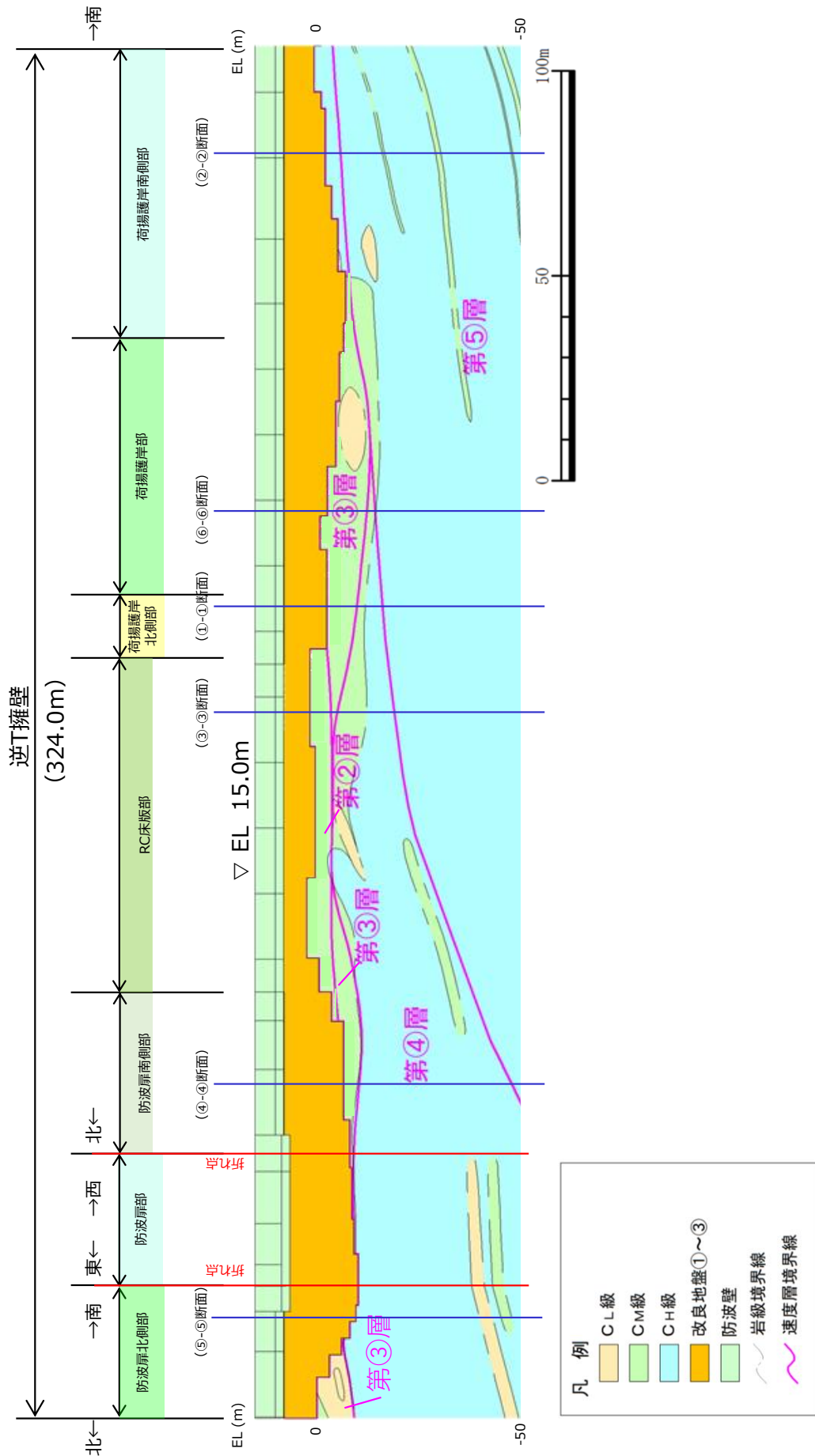


図 1.8.2-30 防波壁（逆T擁壁）縦断面図

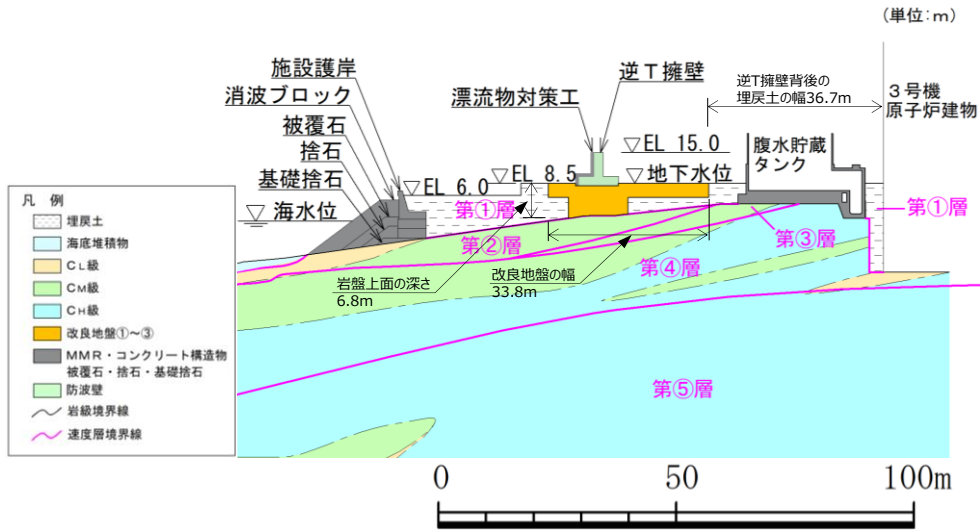


図 1.8.2-33 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（③-③断面）

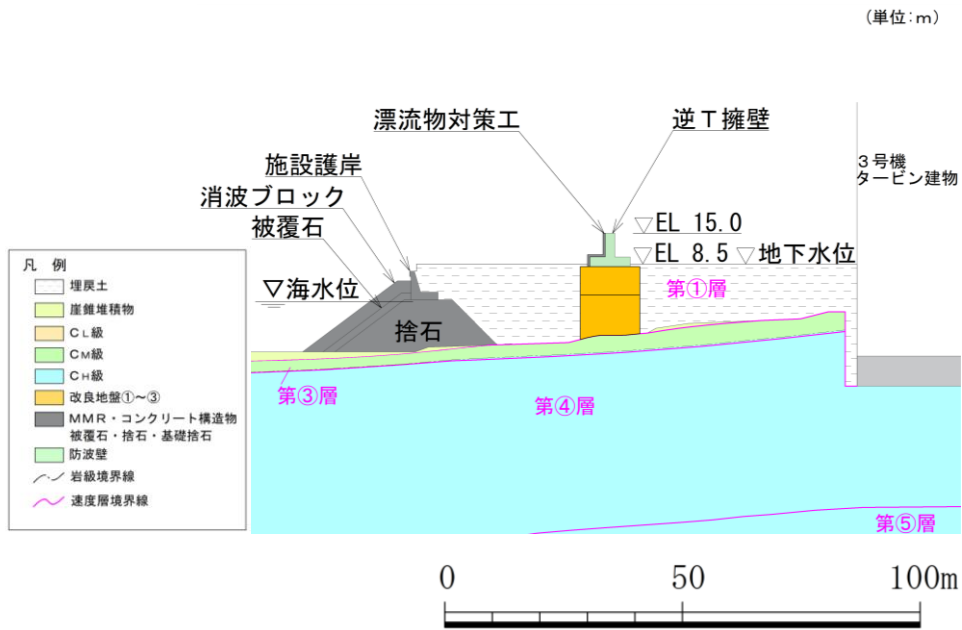


図 1.8.2-34 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（④-④断面）

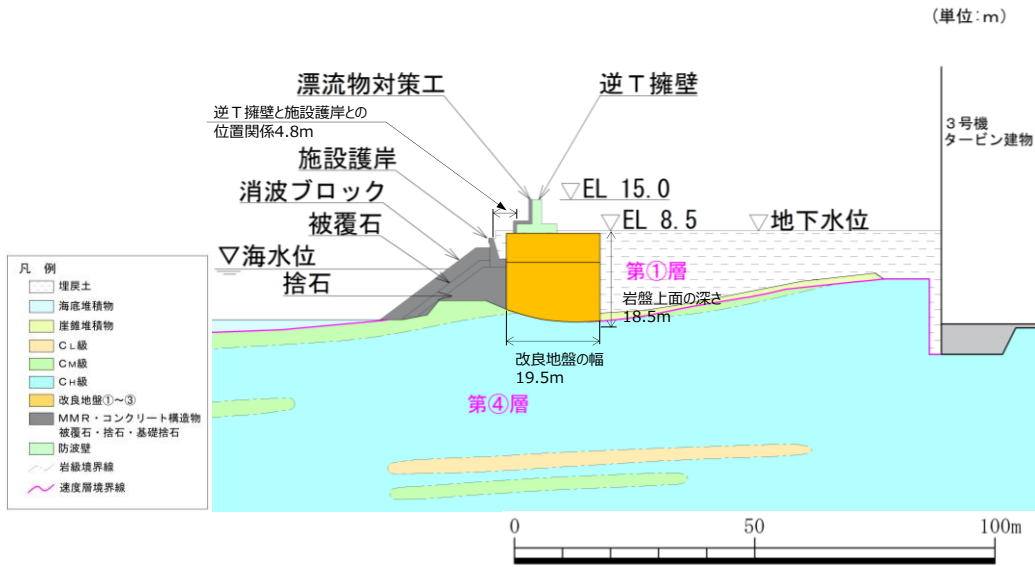


図 1.8.2-35 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（⑤-⑤断面）

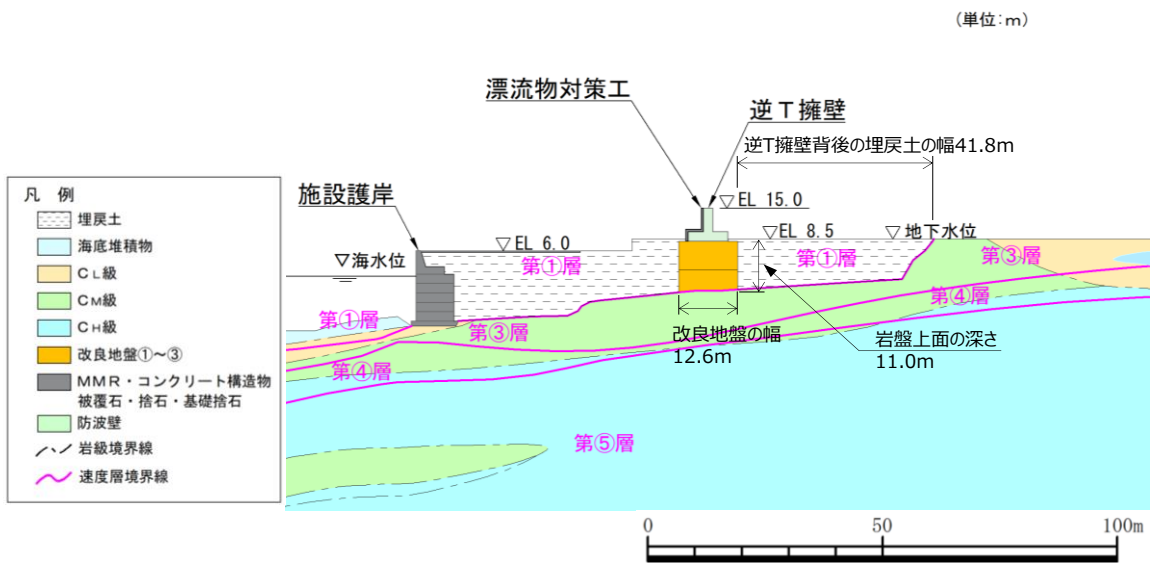


図 1.8.2-36 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（⑥-⑥断面）

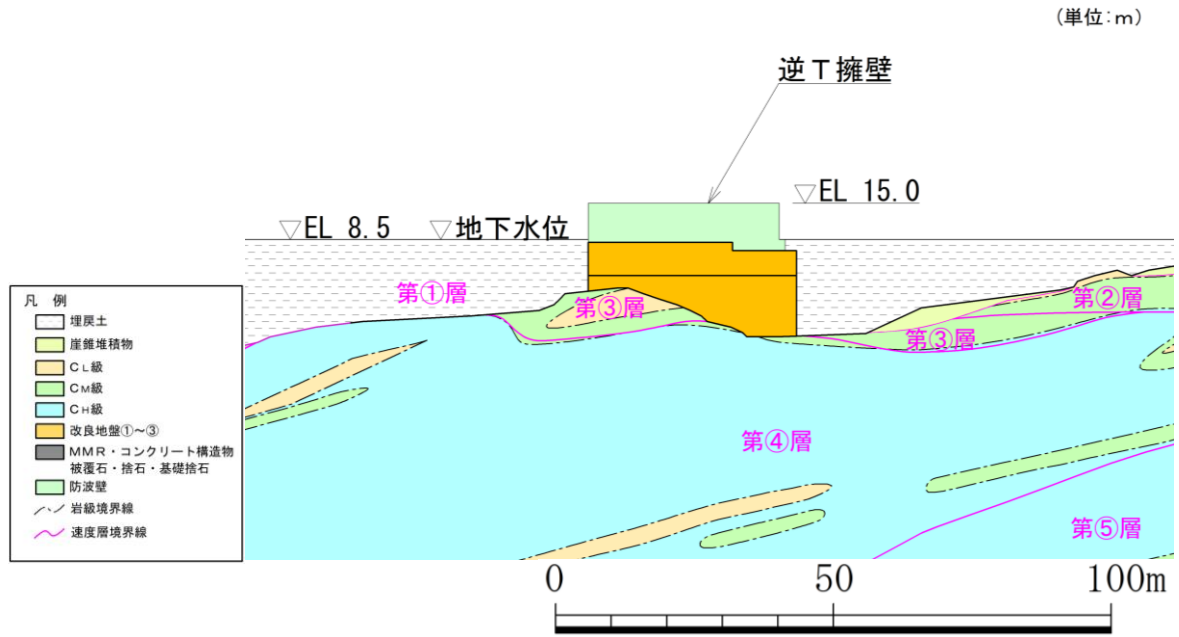


図 1.8.2-37 防波壁（逆T擁壁）の横断面図（⑦-⑦断面）

- a. 評価候補断面の整理
 (a) 各部位の役割及び性能目標

防波壁（逆T擁壁）における施設及び地盤の役割を表1.8.2-7に、役割を踏まえた性能目標を表1.8.2-8に、性能目標を踏まえた照査項目及び許容限界を表1.8.2-9に示す。

表1.8.2-7 (1/2) 防波壁（逆T擁壁）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
施設	逆T擁壁	・止水目地及び漂流物対策工を支持する。	・止水目地及び漂流物対策工を支持するとともに、遮水性を保持する。
	止水目地	・逆T擁壁間の変位に追従する。	・逆T擁壁間の変位に追従し、遮水性を保持する。
	グラウンドアンカ	・逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。	・逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒を抑止する。
	鋼管杭	・役割に期待しない。	・役割に期待しない。
	漂流物対策工 （鉄筋コンクリート版）	・役割に期待しない（防波壁の解析モデルに重量として考慮し、防波壁（逆T擁壁）への影響を考慮する）。	・漂流物衝突荷重を分散して防波壁（逆T擁壁）に伝達する。
	漂流物対策工 （鋼材）		・漂流物衝突荷重による防波壁（逆T擁壁）の局所的な損傷を防止する。
			・漂流物をグラウンドアンカに衝突させない。

表 1.8.2-7 (2/2) 防波壁（逆 T 擁壁）の各部位の役割

	部位の名称	地震時の役割	津波時の役割
地盤	改良地盤①～③*	<ul style="list-style-type: none"> ・逆 T 擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・逆 T 擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。
	岩盤	<ul style="list-style-type: none"> ・逆 T 擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・逆 T 擁壁を支持する。
	埋戻土	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない（解析モデルに反映し、防波壁（逆 T 擁壁）への相互作用を考慮する）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波壁（逆 T 擁壁）より陸側については、津波荷重に対して地盤反力として寄与する。
	施設護岸，基礎捨石	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない（解析モデルに反映し、防波壁（逆 T 擁壁）への波及的影響を考慮する）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない。（解析モデルに反映し、防波壁（逆 T 擁壁）への相互作用を考慮する）
	被覆石，捨石		
	消波ブロック	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない。

注記*：RC床版については、保守的に改良地盤として扱う。

表 1.8.2-8 (1/2) 防波壁（逆T擁壁）の各部位の性能目標

部位		性能目標			
		鉛直支持	すべり 安定性	耐震性	耐津波性 (透水性, 難透水性)
施設	逆T擁壁	-	-	構造部材の健全性を保持するために、逆T擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。	止水目地の支持機能を喪失して逆T擁壁間から有意な漏えいを生じないために、逆T擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。
	止水目地			逆T擁壁間から有意な漏えいを生じないために、止水目地の変形性能を保持すること。	逆T擁壁間から有意な漏えいを生じないために、止水目地の変形・遮水性能を保持すること。
	グラウンドアンカ			逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒抑止のために許容アンカー力を確保すること。	逆T擁壁及び改良地盤の滑動・転倒抑止のために許容アンカー力を確保すること。
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)			防波壁（逆T擁壁）から分離しないために、漂流物対策工がおおむね弾性状態にとどまること。	漂流物衝突荷重を分散して、防波壁（逆T擁壁）に伝達するために、鉄筋コンクリート版がおおむね弾性状態にとどまること。
	漂流物対策工 (鋼材)			漂流物対策工がおおむね弾性状態にとどまること。	グラウンドアンカに漂流物を直接衝突させないために、鋼材がおおむね弾性状態にとどまること。

表 1.8.2-8 (2/2) 防波壁（逆T擁壁）の各部位の性能目標

部位		性能目標			
		鉛直支持	すべり 安定性	耐震性	耐津波性 (透水性, 難透水性)
地盤	改良地盤 ①～③*	逆T擁壁を鉛直支持するため, 十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため, 十分なすべり安全性を保持すること。	—	地盤中からの回り込みによる流入を防止（難透水性を保持）するため改良地盤①～③がすべり破壊しないこと。 (内的安定を保持)
	岩盤				—

注記* : RC床版については, 保守的に改良地盤として扱う。

表 1.8.2-9 防波壁(逆T擁壁)の各部位の照査項目及び許容限界

(上段：照査項目，下段：許容限界)

部位		照査項目と許容限界			
		鉛直支持 (第3条)	すべり安定性 (第3条)	耐震性 (第4条)	耐津波性*1 (第5条)
施設	逆T擁壁	-	-	曲げ・せん断・支圧*4 (短期許容応力度以下)	
	止水目地			変形 (許容変形量以下)	変形・水圧 (許容変形量・許容水圧以下)
	グラウンドアンカ			引張 (設計アンカー力以下)	
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)			引張・せん断 (短期許容応力度以下)	押抜せん断 (短期許容応力度以下)
	漂流物対策工(鋼材)			曲げ・せん断・引張 (短期許容応力度以下)	
地盤	改良地盤①～③*2	支持力	すべり安全率(基礎地盤)*3	すべり安全率*5 (1.2以上)	
	岩盤	(極限支持力度)	(1.5以上)	-	

注記*1：設備及び地盤を含む範囲の浸透流解析により、津波の滞水時間中に流入しないことを確認する。

*2：RC床版については、保守的に改良地盤として扱う。

*3：第3条のすべり安全率は施設の外的安定の確認を目的としており、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価結果に係る審査ガイド」に基づいて1.5以上を許容限界とする。

*4：グラウンドアンカの受圧板からの反力及び隣接する躯体からの荷重による逆T擁壁の照査を併せて実施する。

*5：第4条・第5条のすべり安全率は各部位の内的安定の確認を目的としており、「耐津波設計に係る審査ガイド」を準用して1.2以上を許容限界とする。

(b) 評価候補断面の整理

(a)で整理した各部位の性能目標を踏まえ、評価候補断面整理の観点を整理した結果を表 1.8.2-10 に示す。観点の整理に当たっては、表 1.8.2-9 に示す照査項目である曲げ、せん断、アンカーによる支圧、隣接する躯体同士の支圧、変形、水圧、引張、アンカー力、すべり安全率及び支持力に影響を及ぼす要素として、地震時応答加速度、津波時荷重及び地盤変位に関係するかを判断項目とする。

また、影響検討断面の選定については、「c. 影響確認断面の選定」に示す。

各観点の詳細は以下のとおり。

【構造的特徴】

- ・防波壁（逆T擁壁）の構造的特徴については、図 1.8.2-25～図 1.8.2-28 に示すとおり、全線にわたって一定の構造であるため、選定上の観点としない。

【周辺地盤状況】

- ・岩盤上面の深さについては、図 1.8.2-30～図 1.8.2-36 に示すとおり、岩盤上面の深さが深いほど、改良地盤及び埋戻土の厚さが厚くなり、地震時応答加速度及び地盤変位が大きくなると考えられるため、選定上の観点とする。
- ・逆T擁壁を支持する改良地盤の幅については、改良地盤の幅が狭いほど、地震時応答加速度及び地盤変位が大きくなると考えられるため、選定上の観点とする。
- ・岩盤上面の傾斜については、一様に東方の海側に 5～10° 傾斜しており、大きな差異は認められないため、選定上の観点としない。
- ・逆T擁壁背面の埋戻土については、液状化により傾斜方向（海側）に流動化し、逆T擁壁の地震応答に影響すると考えられるが、その土圧は岩盤の上面深さに依存すると考えられることから、岩盤上面の深さの影響に包含されるため、選定上の観点としない。

- ・改良地盤と施設護岸との位置関係については、改良地盤と施設護岸との間に分布する埋戻土は液状化により傾斜方向（海側）に流動するため、改良地盤と施設護岸が離れている場合、改良地盤及び逆 T 擁壁の地震時応答加速度等への影響は小さくなると考えられる。改良地盤と施設護岸が近接している場合、施設護岸の改良地盤及び逆 T 擁壁の地震時応答加速度等への影響は大きくなると考えられることから、選定上の観点とする。
なお、施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石は役割に期待していないが、これらが防波壁の変形を抑制することが想定されることから、施設護岸が損傷したことを想定し、これらが無い場合を不確かさケースとして評価する。
- ・岩級については、地震時応答加速度及び地盤変位への影響がないことから、選定上の観点としない。

【許容アンカー力に占める初期緊張力の割合】

- ・グラウンドアンカの照査に用いる発生アンカー力は、初期緊張力（設計アンカー力）に地震時緊張力増分を加えたものであり、大半を初期緊張力が占め、地震時増分は微小と考えられることから、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合は、照査値と同等になる。
初期緊張力については、耐津波評価において、逆 T 擁壁が転倒しないよう、エリア毎に異なる値を設定している。
一方で、初期緊張力に応じてアンカー体長を変更することで、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が 0.8 程度となるように設計している。（図 1.8.2-38 参照）
以上のことから、グラウンドアンカの照査値は、どの地点でも同等になると考えられるが、上記割合に若干の差異があること、照査値が 0.8 以上と厳しくなると想定されることから、選定上の観点とする。

【地下水位】

- ・地下水位については、図 1.8.2-30～図 1.8.2-36 に示すとおり、設計用地下水位は防波壁より陸側は EL 8.5m、防波壁より海側は EL 0.58m で一定であるため、選定上の観点としない。

【隣接構造物の有無】

- ・隣接構造物の有無については、図 1.8.2-30～図 1.8.2-36 に示すとおり、隣接構造物は無いため、選定上の観点としない。

【間接支持される機器・配管系の有無】

- ・間接支持される機器・配管系の有無については、図 1.8.2-29 に示すとおり、屋外排水路逆止弁を支持するが、屋外排水路逆止弁の耐震評価に用いる加速度応答抽出断面の選定については、「補足-027-08 浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料」のうち「屋外排水路逆止弁に関する補足説明」に示す。

【入力津波】

- ・入力津波については、図 1.8.2-30～図 1.8.2-36 に示すとおり、逆 T 擁壁における設計津波水位は EL 12.6m で一定であるため、選定上の観点としない。

表 1.8.2-10(1/2) 評価候補断面の整理における観点（防波壁（逆T擁壁））

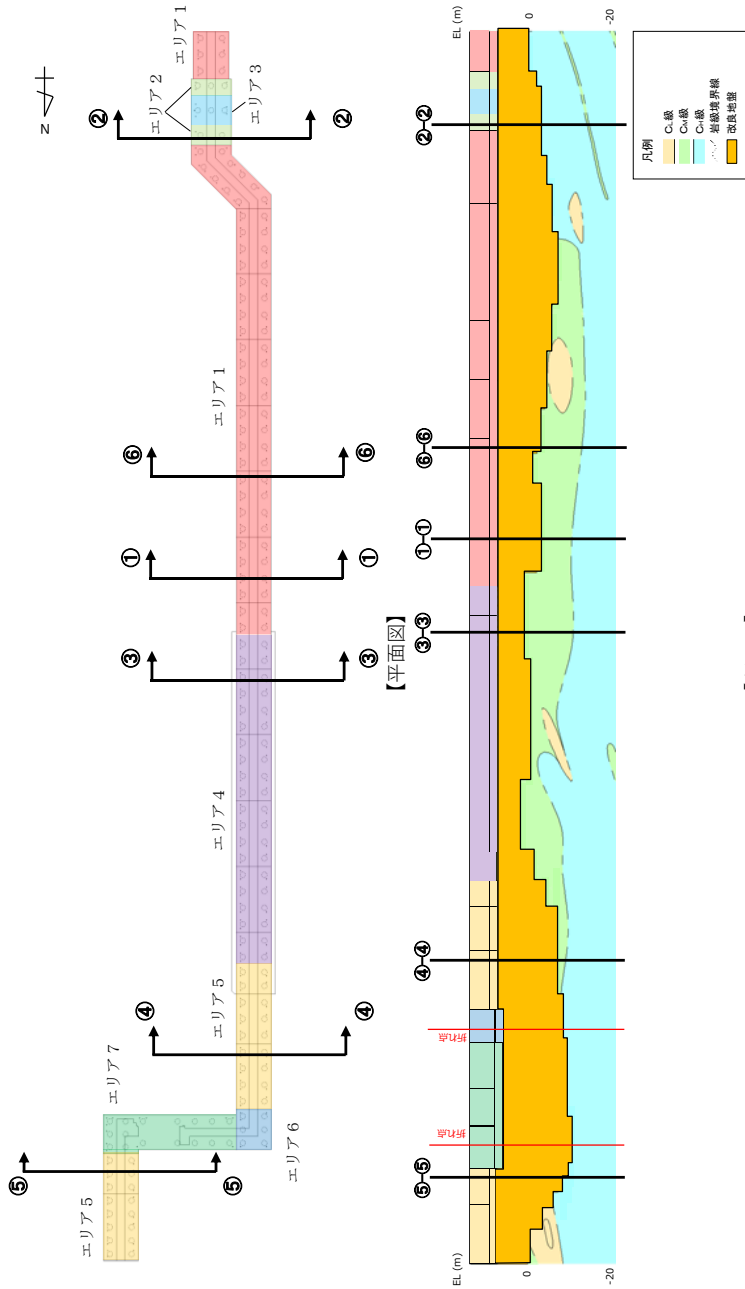
評価候補断面整理上の観点		評価対象断面選定の方針	観点*
構造的特徴		<ul style="list-style-type: none"> 全線にわたって一定の構造であるため、選定上の観点としない。 逆T擁壁直下の鋼管杭は、支持地盤への根入れが浅く、鋼管杭の効果を期待せずに耐震評価を行うが、防波壁（逆T擁壁）のフーチングへの影響を確認するため、鋼管杭をモデル化した場合の影響確認を行う。 	△
周辺地盤状況	岩盤上面の深さ	<ul style="list-style-type: none"> 縦断方向に深さが変化し、岩盤上面の深さが深いほど、地震時応答加速度及び地盤変位が大きくなると考えられるため、選定上の観点とする。 	○
	改良地盤の幅	<ul style="list-style-type: none"> 縦断方向に幅が変化し、改良地盤の幅が狭いほど、地震時応答加速度及び地盤変位が大きくなると考えられるため、選定上の観点とする。 	○
	岩盤上面の傾斜	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤上面の傾斜については、一様に東方の海側に5~10°傾斜しており、大きな差異は認められないため、選定上の観点としない。 	—
	逆T擁壁周辺の埋戻土	<ul style="list-style-type: none"> 液状化により傾斜方向（海側）に流動化し、逆T擁壁の地震応答に影響すると考えられるが、その土圧は岩盤の上面深さに依存すると考えられることから、岩盤上面の深さの影響に包含されるため、選定上の観点としない。 	—
	改良地盤と施設護岸との位置関係	<ul style="list-style-type: none"> 改良地盤と施設護岸との位置関係については、改良地盤と施設護岸との間に分布する埋戻土は液状化により傾斜方向（海側）に流動するため、改良地盤と施設護岸が離れている場合、改良地盤及び逆T擁壁の地震時応答加速度等への影響は小さくなると考えられる。改良地盤と施設護岸が近接している場合、施設護岸の改良地盤及び逆T擁壁の地震時応答加速度等への影響は大きくなると考えられることから、選定上の観点とする。 なお、施設護岸並びに基礎捨石及び被覆石は役割に期待していないが、これらが防波壁の変形を抑制することが想定されることから、施設護岸が損傷したことを想定し、これらが無い場合を不確かさケースとして評価する。 	○
	岩級	<ul style="list-style-type: none"> 地震時応答加速度及び地盤変位に影響しないことから、選定上の観点としない。 	—

注記*：○；観点とする。—；観点としない。△；影響確認を行う。

表 1.8.2-10(2/2) 評価候補断面の整理における観点（防波壁（逆T擁壁））

評価候補断面整理上の観点	評価対象断面選定の方針	観点*
許容アンカー力に占める初期緊張力の割合	<ul style="list-style-type: none"> ・グラウンドアンカの照査に用いる発生アンカー力は、初期緊張力（設計アンカー力）に地震時緊張力増分を加えたものであり、大半を初期緊張力が占め、地震時増分は微小と考えられることから、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合は、照査値と同等になる。 ・初期緊張力については、耐津波評価において、逆T擁壁が転倒しないよう、エリア毎に異なる値を設定している。 ・一方で、初期緊張力に応じてアンカー体長を変更することで、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が 0.8 程度となるように設計している。（図 1.8.2-38 参照） ・以上のことから、グラウンドアンカの照査値は、どの地点でも同等になると考えられるが、上記割合に若干の差異があること、照査値が 0.8 以上と厳しくなると想定されることから、選定上の観点とする。 	○
地下水位	<ul style="list-style-type: none"> ・逆T擁壁における設計用地下水位は、防波壁より陸側は EL 8.5m、防波壁より海側は EL 0.58m で一定であるため、選定上の観点としない。 	—
周辺構造物の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・隣接構造物は無いため、選定上の観点としない。 ・逆T擁壁には、液状化抑制を目的とした自主的な裕度向上対策として、流動化処理工法による改良地盤⑧が隣接している。改良地盤⑧は、埋戻土よりも剛性が高いため、大きな影響はないと考えられるが、念のため、改良地盤⑧をモデル化した場合の影響確認を行う。 	△
間接支持される機器・配管系の有無	<ul style="list-style-type: none"> ・屋外排水路逆止弁を支持する。屋外排水路逆止弁の耐震評価に用いる加速度応答抽出断面の選定については、「補足-027-08 浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料」のうち「屋外排水路逆止弁に関する補足説明」に示す。 	—
入力津波	<ul style="list-style-type: none"> ・逆T擁壁における設計津波水位は EL 12.6m で一定であるため、選定上の観点としない。 	—

注記*：○；観点とする。—；観点としない。△；影響確認を行う。



【断面図】

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

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

図 1.8.2-38 逆T擁壁に設置されたグラウンドアンカーの諸元

b. 評価対象断面の選定

1.8.2(2)a. で示した評価候補断面の整理を踏まえ、評価対象断面を選定する。評価対象断面の選定には、図 1.8.2-30～図 1.8.2-36 に示す防波壁（逆 T 擁壁）の横断面図及び縦断面図を用いる。

評価対象断面選定結果を表 1.8.2-11 に、評価対象断面の平面位置図を図 1.8.2-39 に、縦断位置図を図 1.8.2-40 に示す。

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

④-④断面は、岩盤上面の深さが 15.0m と深いこと、逆 T 擁壁直下の改良地盤の幅が 12.6m と狭いこと及び許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が 0.81 と高いことから、施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び変形性評価の評価対象断面に選定した。

⑤-⑤断面は、逆 T 擁壁直下の改良地盤の幅は 19.5m と広いが、岩盤上面の深さは 18.5m と最も深く、改良地盤と施設護岸が接していることから、施設・地盤の健全性評価，基礎地盤の支持性能評価及び変形性評価の評価対象断面に選定した。

なお、⑥-⑥断面は、①-①断面と比べ、岩盤上面の深さ、改良地盤の幅、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合及び地表面最大加速度が同等である（参考資料 2 参照）ことから、設置変更許可段階における構造成立性評価断面である①-①断面に代表させる。

表 1.8.2-11 評価対象断面選定結果（防波壁（逆T擁壁））

検討断面	評価対象断面整理上の観点				該当する 観点	選定理由
	(1) 岩盤上面の深さ (m)	(2) 改良地盤の幅 (m)	(3) 改良地盤と施設護 岸との位置関係	(4) 初期緊張力 /許容アンカー力		
①-①断面	10.9	12.6	改良地盤と施設護岸が 離れている	0.82	(2), (4)	改良地盤の幅が狭いこと、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が最も高いこと及び設置変更許可段階における構造成立性評価断面であることから、評価対象断面に選定する。
②-②断面	10.5	12.6	改良地盤と施設護岸が 離れている	0.82	(2), (4)	①-①断面に比べ、改良地盤の幅及び許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が同等であり、岩盤上面の深さが浅いことから、①-①断面に代表させる。
③-③断面	6.8	33.8	改良地盤と施設護岸が 離れている	0.77	—	⑤-⑤断面に比べ、岩盤上面の深さが浅いこと、改良地盤の幅が広いこと、改良地盤と施設護岸が離れていること及び許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が低いことから、⑤-⑤断面に代表させる。
④-④断面	15.0	12.6	改良地盤と施設護岸が 離れている	0.81	(1), (2), (4)	岩盤上面深さが深いこと、改良地盤の幅が狭いこと及び許容アンカー力に占める初期緊張力の割合が高いことから、評価対象断面に選定する。
⑤-⑤断面	18.5	19.5	改良地盤と施設護岸が 接している	0.79	(1), (3)	岩盤上面の深さが最も深いこと及び改良地盤と施設護岸が接していることから、評価対象断面に選定する。
⑥-⑥断面	11.0	12.6	改良地盤と施設護岸が 離れている	0.82	(2), (4)	①-①断面に比べ、岩盤上面の深さ、改良地盤の幅、許容アンカー力に占める初期緊張力の割合及び地表面最大加速度が同等であることから、設置変更許可段階における構造成立性評価断面である①-①断面に代表させる。

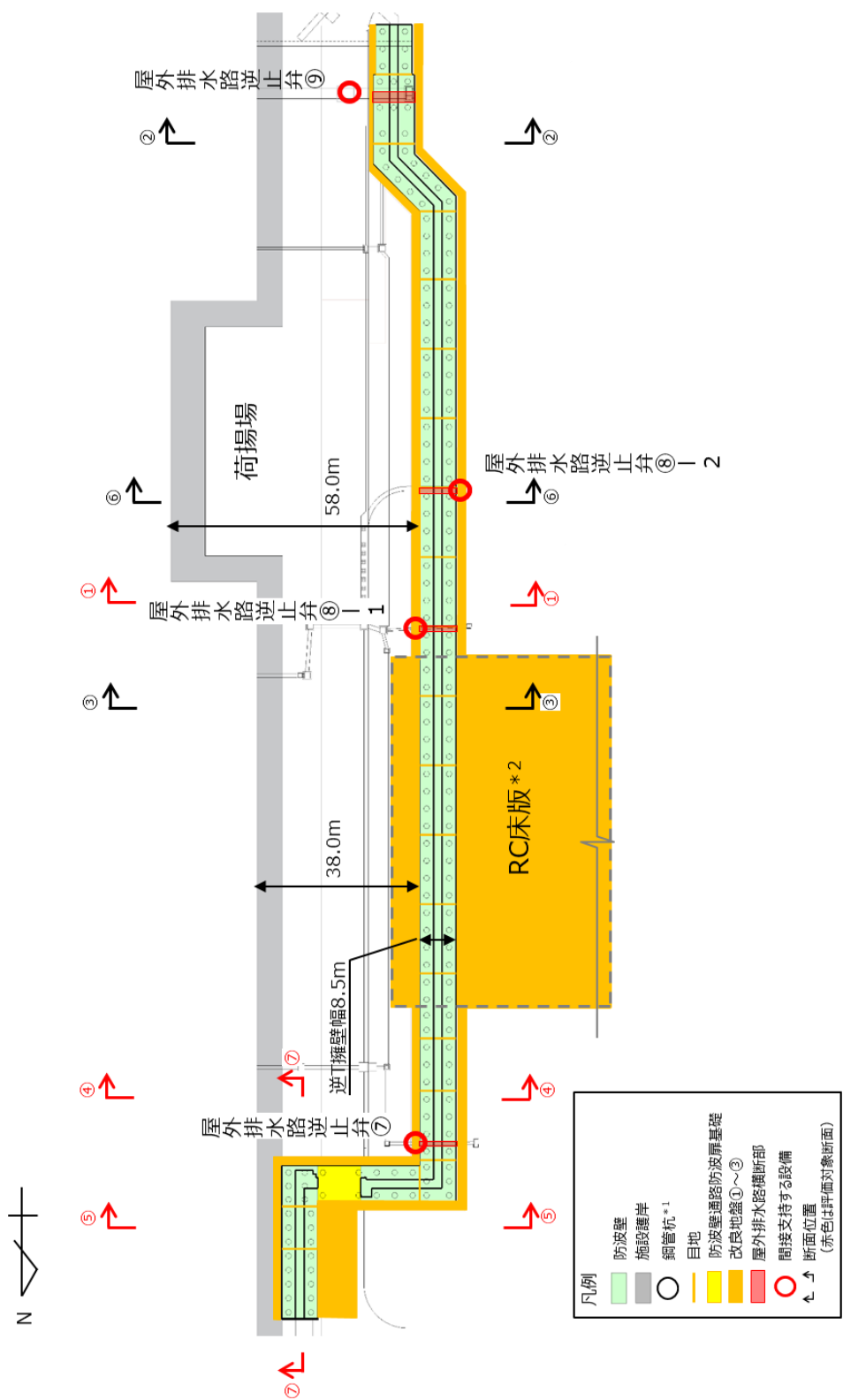


図 1.8.2-39 評価対象断面の平面位置図

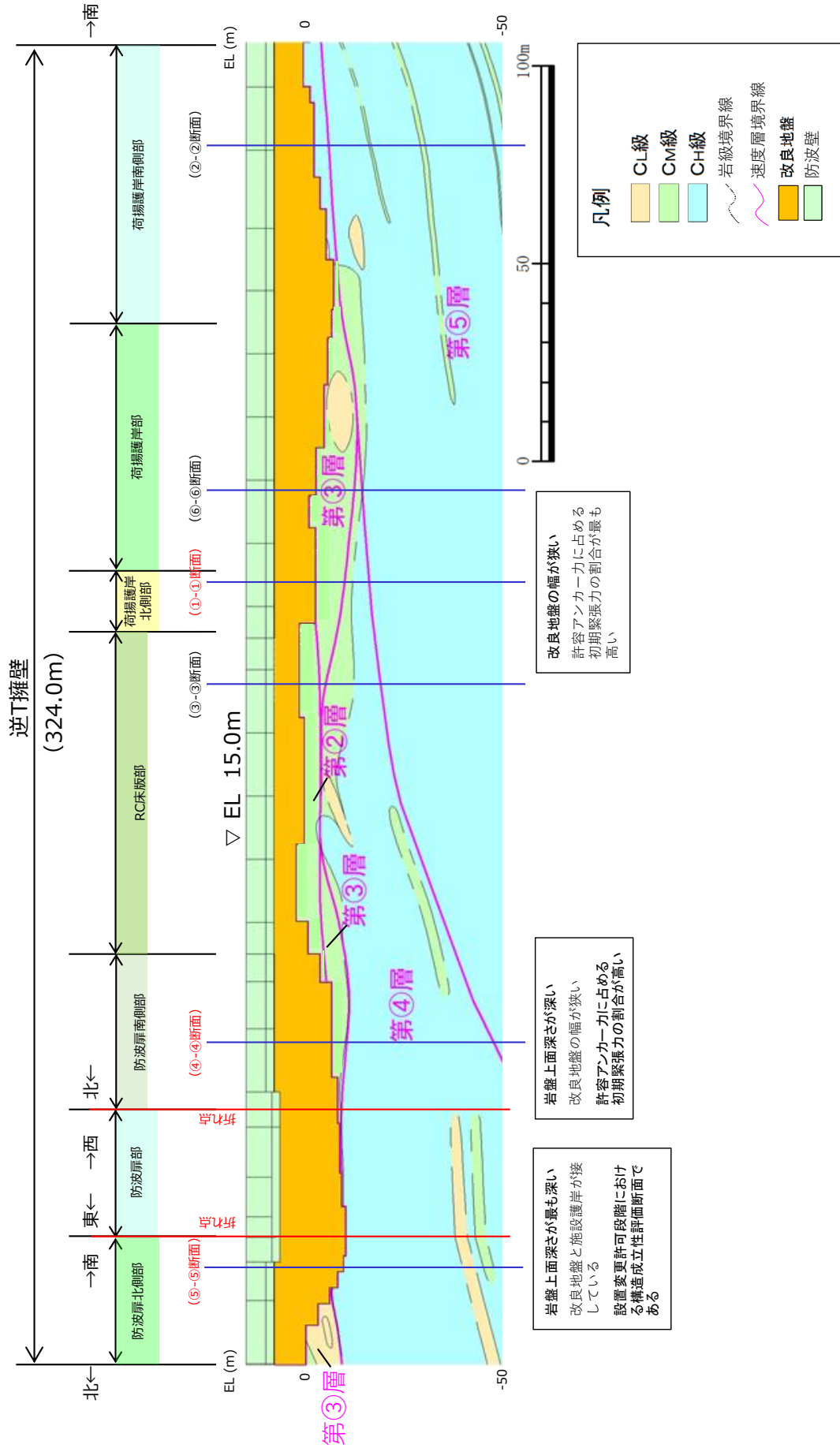


図 1.8.2-40 評価対象断面の縦断位置図

施設の健全性評価のうち隣接する躯体同士の支圧評価については、隣接する躯体をモデル化して支圧応力度を算定するため、縦断方向に評価対象断面を選定する。

表 1.8.2-11 に示す横断方向の評価対象断面の選定結果を踏まえると、⑤-⑤断面位置が最も地震時応答加速度及び地盤変位が大きくなると考えられることから、⑤-⑤断面に直交する⑦-⑦断面を隣接する躯体同士の支圧評価の評価対象断面に選定した。

また、変形性評価（止水目地の変形）については、3次元的な止水目地の変位量を算定するため、横断方向に加え、上記で選定した⑦-⑦断面を用いる（図 1.8.2-41）。

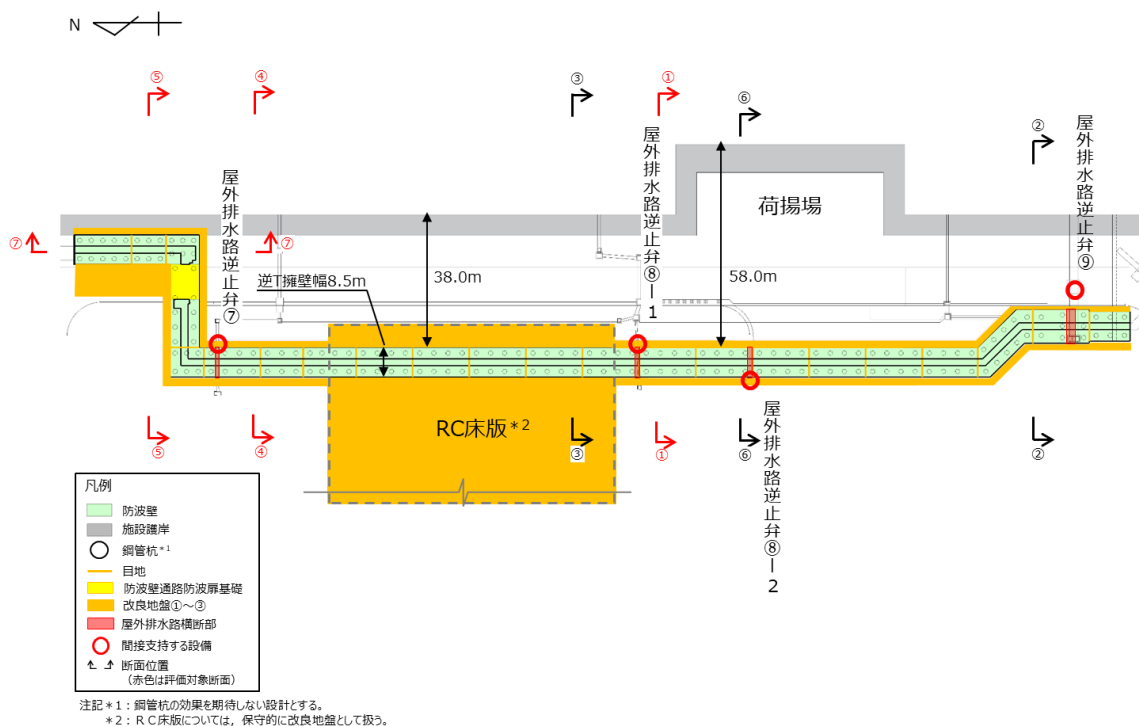


図 1.8.2-41 評価対象断面（縦断方向）の平面位置図

c. 影響確認断面の選定

(a) 鋼管杭による影響確認断面の選定

防波壁（逆T擁壁）直下には、鋼管杭が位置している（図 1.8.2-42）。

鋼管杭は支持地盤への根入れが浅く、鋼管杭に役割を期待しない方針とするが、防波壁（逆T擁壁）のフーチングへの影響を確認するため、逆T擁壁の耐震評価の厳しい⑤-⑤断面において、鋼管杭をモデル化した場合の影響確認を行う。影響確認断面位置を図 1.8.2-43 に、鋼管杭影響検討断面図を図 1.8.2-44 に示す。

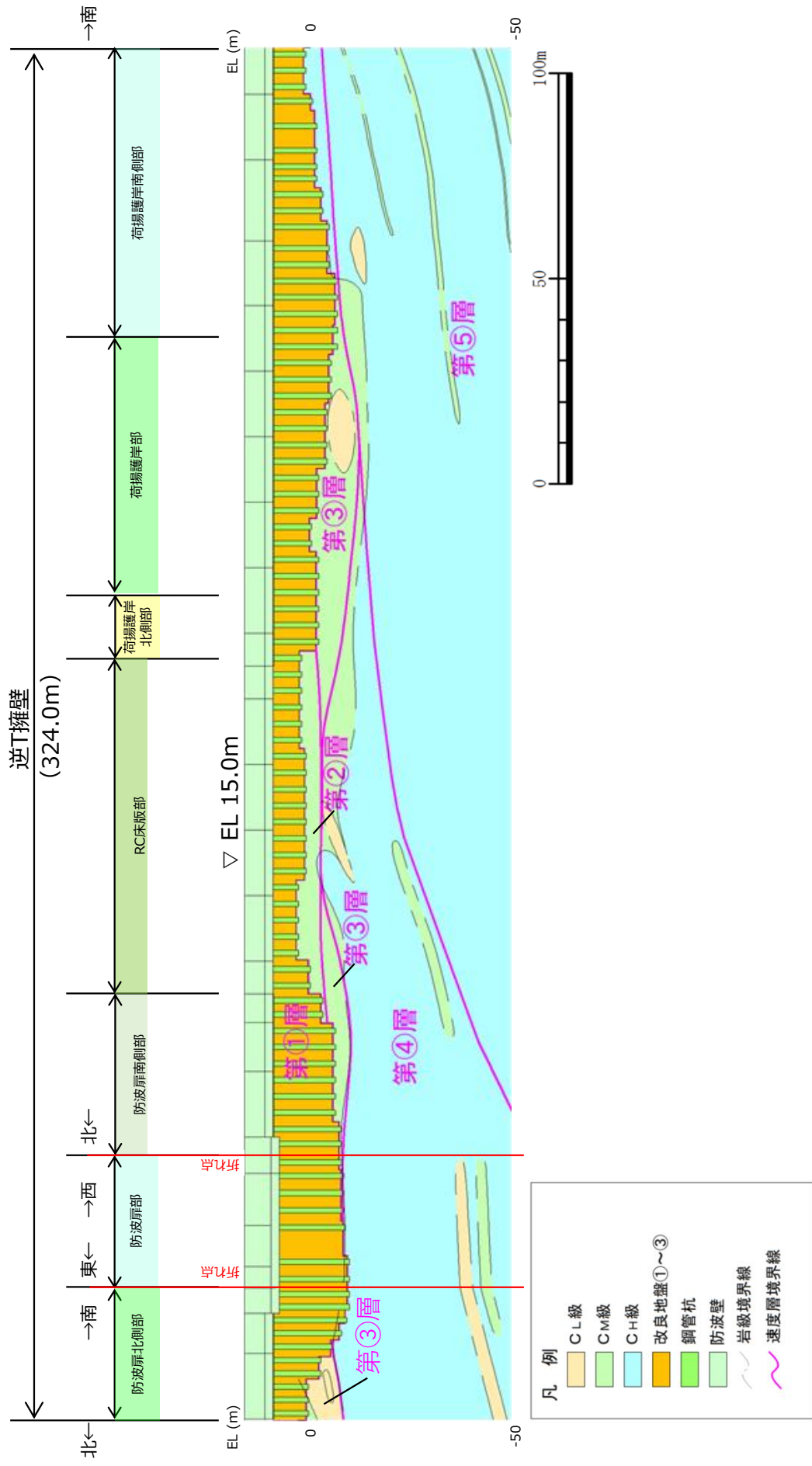
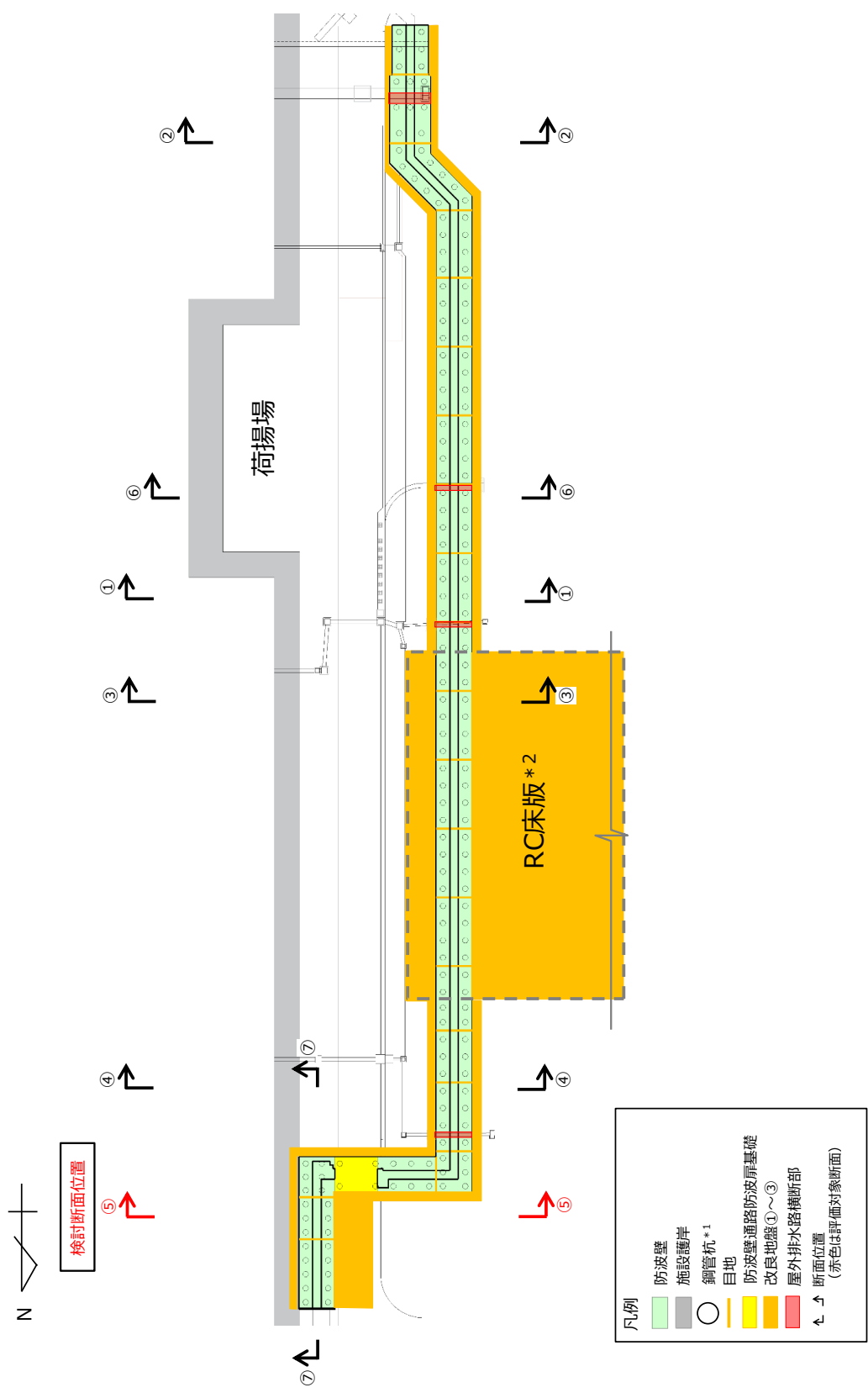


図 1.8.2-42 鋼管杭の位置図



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

図 1.8.2 - 43 影響確認断面位置図

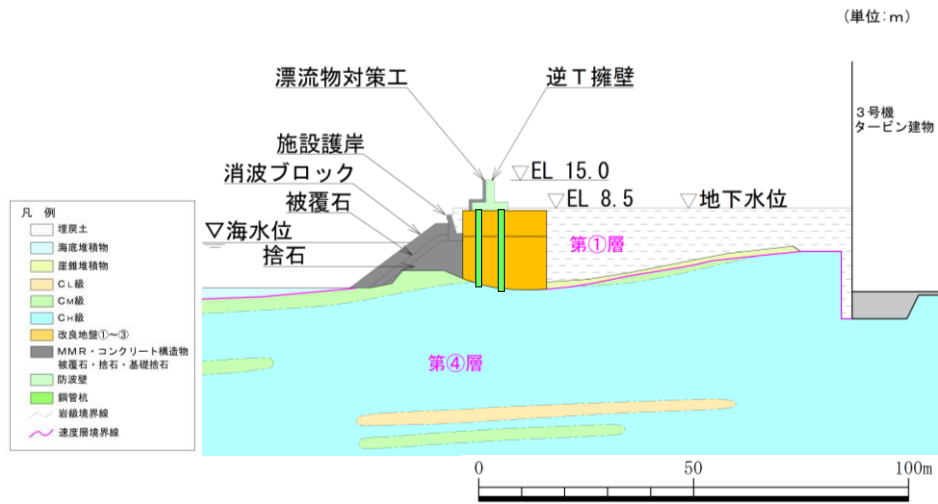


図 1.8.2-44 鋼管杭影響検討断面図 (⑤-⑤断面)

(b) 改良地盤⑧による影響確認断面の選定

防波壁（逆T擁壁）には、液状化抑制を目的とした自主的な裕度向上対策として、流動化処理工法による改良地盤⑧が隣接している（図 1.8.2-45）。

改良地盤⑧は、埋戻土よりも剛性が高く、モデル化したとしても大きな影響はないと考えられるが、念のため、図 1.8.2-46 に示す①-①断面において、改良地盤⑧をモデル化した場合の影響確認を行う。

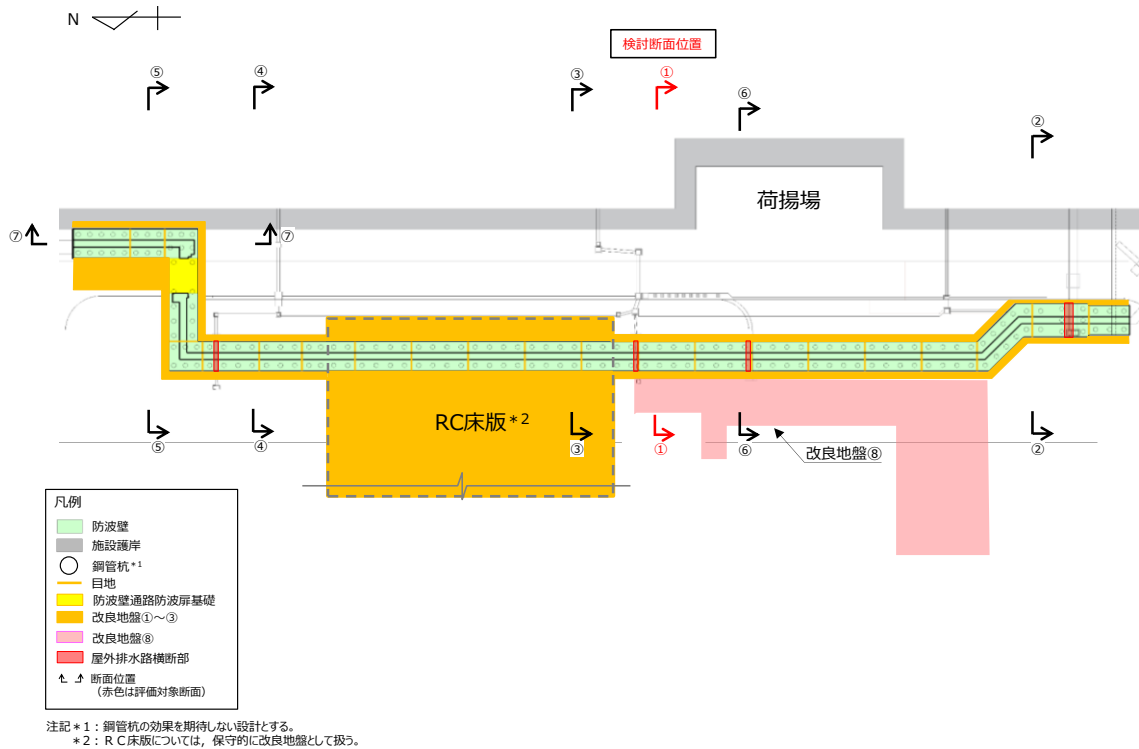


図 1.8.2-45 改良地盤⑧の位置図

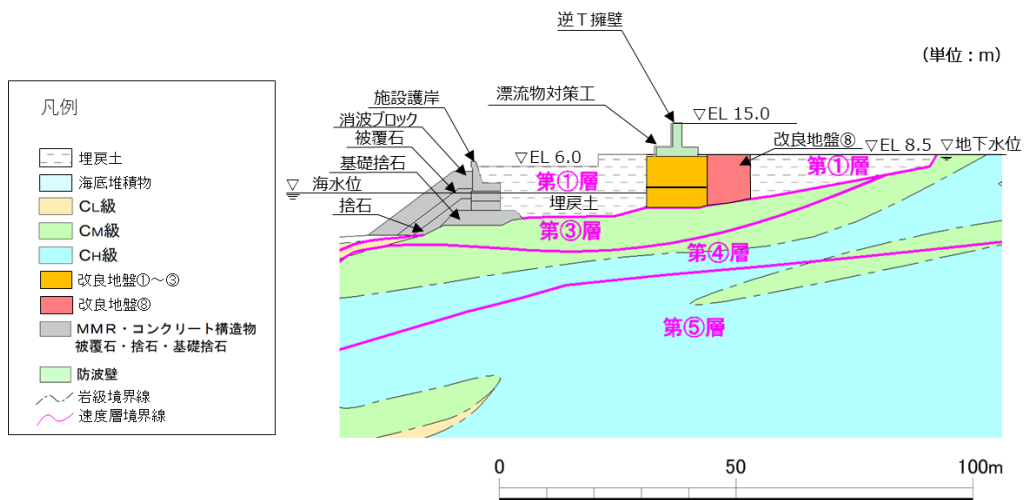


図 1.8.2-46 改良地盤⑧影響検討断面図（①-①断面）

(c) 改良地盤①～③の品質確認結果を踏まえた影響確認断面の選定

VI-2-1-3「地盤の支持性能に係る基本方針」に記載のとおり，改良地盤①～③は，室内配合試験における試験結果を踏まえて解析用物性値を設定しており，実施工の改良地盤は設計値を上回るように施工されることから，構造物評価や改良地盤の破壊等の影響を確認する目的で，品質確認結果より得られた改良地盤①～③の物性値を踏まえた影響検討を実施する。

影響検討を行う断面は，逆T擁壁の耐震評価の厳しい⑤－⑤断面とする。影響確認断面位置を図1.8.2-47に，地質断面図を図1.8.2-48に示す。

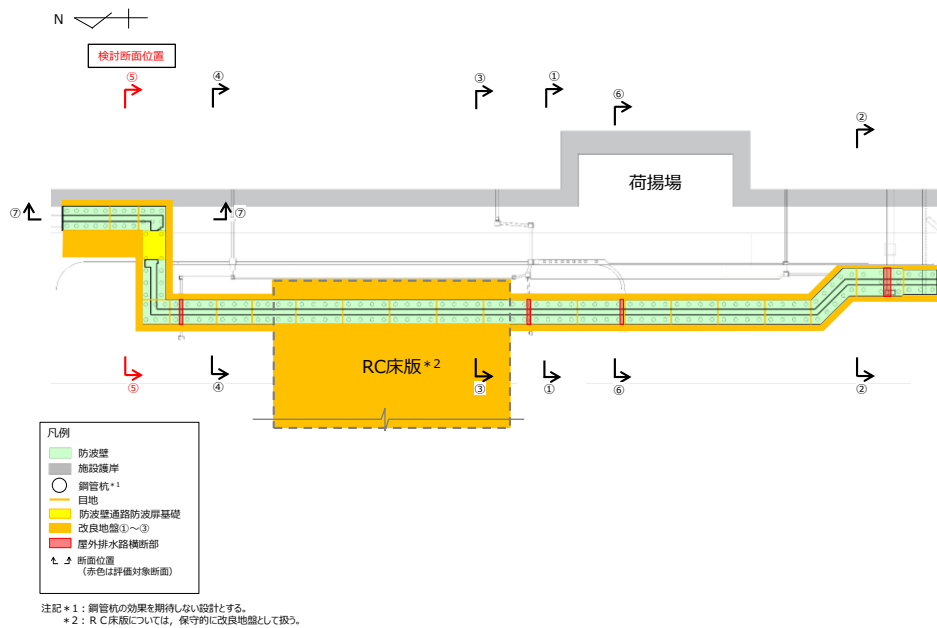


図 1.8.2-47 影響確認断面位置図

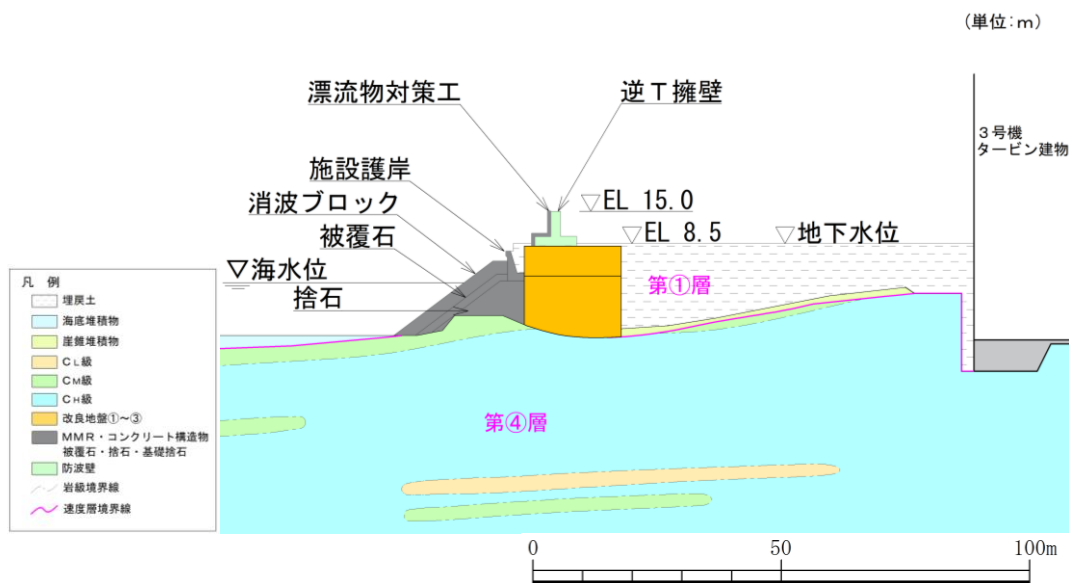


図 1.8.2-48 影響確認断面の地質断面図 (⑤－⑤断面)

(参考資料 2) 1次元地震応答解析における地震応答加速度の比較について

1. 概要

防波壁（逆T擁壁）の評価対象断面の選定にあたり，評価対象断面整理上の観点の影響が同等である①－①断面及び⑥－⑥断面において1次元地震応答解析（SHAKE）を実施し，地震応答加速度の比較検討を行う。

2. 評価方法及び解析結果

実施位置図を図2-1に，解析モデル図を図2-2に示す。

1次元地震応答解析は，「2.1.3 防波壁（逆T擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明」の「3.4 入力地震動」に記載の入力地震動の算定と同じ手法とした。

地震動抽出位置は，地表面とした。地震動は $S_s - D$ （水平）とした。

1次元地震応答解析の解析結果を表2-1に示す。

①－①断面及び⑥－⑥断面の地表面最大加速度は同等であることを確認した。

以上より，表1.8.2-5に記載のとおり，⑥－⑥断面は，①－①断面と比べ，岩盤上面の深さ，改良地盤の幅，許容アンカー力に占める初期緊張力の割合及び地表面最大加速度が同等であることから，設置変更許可段階における構造成立性評価断面である①－①断面に代表させる。

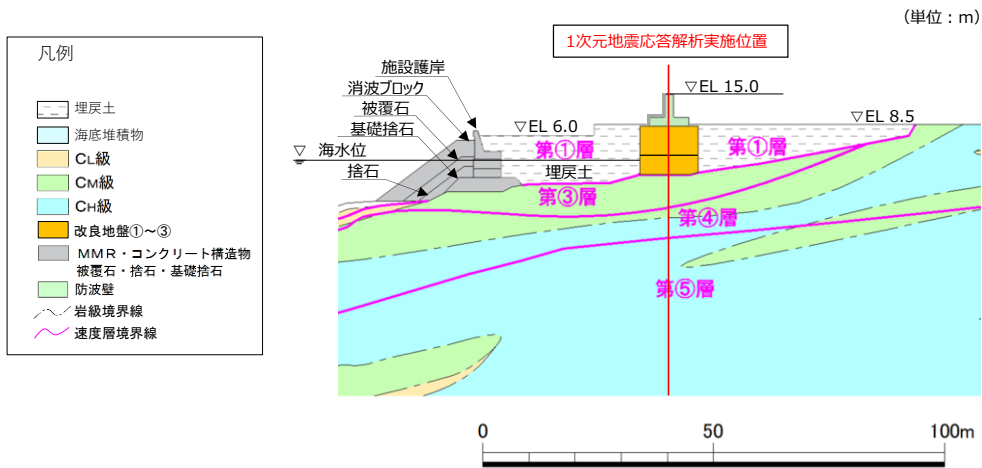


図 2-1(1) 1次元地震応答解析実施位置 (①-①断面)

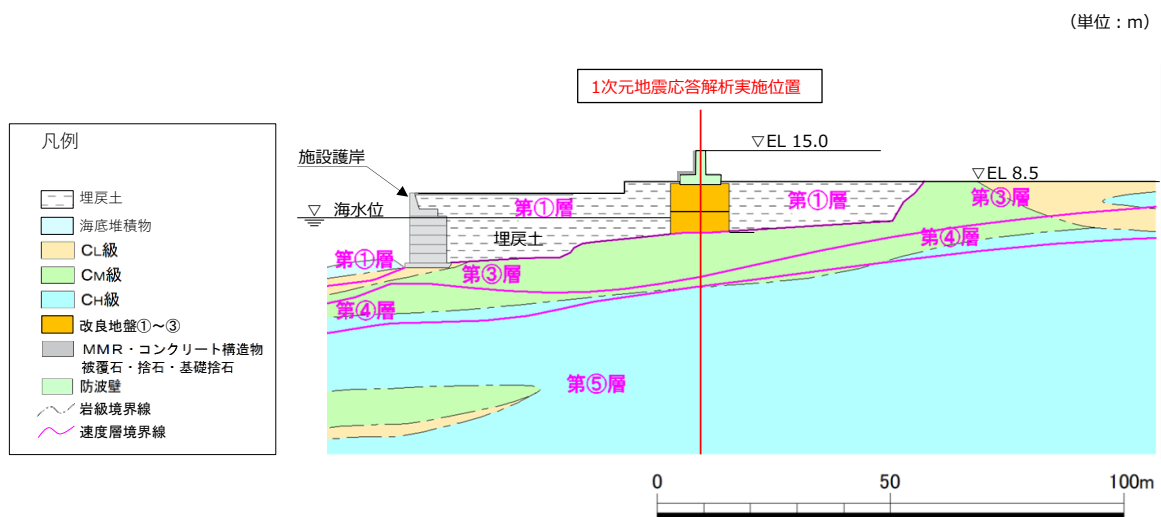


図 2-1(2) 1次元地震応答解析実施位置 (⑥-⑥断面)

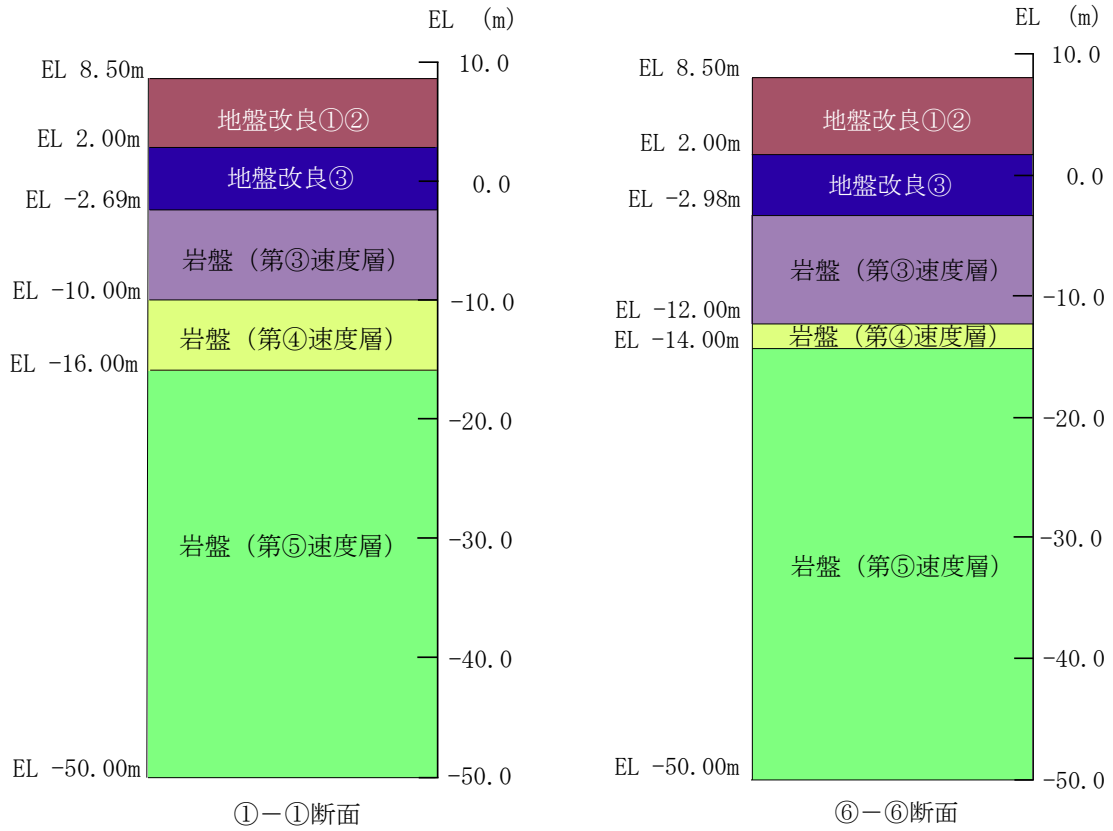


図 2-2 1次元地震応答解析モデル

表 2-1 1次元地震応答解析結果

断面	1次元地震応答解析による 地表面最大加速度 S _s -D (水平) (cm/s ²)
①-①断面	1267
⑥-⑥断面	1261

(3) 防波壁（波返重力擁壁）

防波壁（波返重力擁壁）の位置図及び縦断面図面を図 1.8.2-49 及び図 1.8.2-50 に、構造概要図を図 1.8.2-51 及び図 1.8.2-52 に示す。

防波壁（波返重力擁壁）は、総延長は約 760m、天端高さは EL 15.0m であり、堅固な地山の岩盤又はMMR（マンメイドロック）等を介して岩盤に支持される鉄筋コンクリート造のケーソンによる直接基礎構造（下部工）と、鉄筋コンクリート造の重力擁壁（上部工）で構成される。

ケーソンは箱型形状であり、箱型内部には格子状に複数隔壁を配置しており、隔壁により囲まれた箇所には、中詰コンクリート又は中詰材（銅水砕スラグ及び砂）を充填しており、すべての中詰材（銅水砕スラグ及び砂）を高圧噴射攪拌工法により改良する。

波返重力擁壁は、1ブロック約 10m を標準とした壁体を連続して設置し、ブロック間の境界には止水性を保持するための止水目地を設置する。また、重力擁壁及び前壁の背面に中詰コンクリートが充填されていないケーソンの前面には、鉄筋コンクリート造の漂流物対策工を設置する。

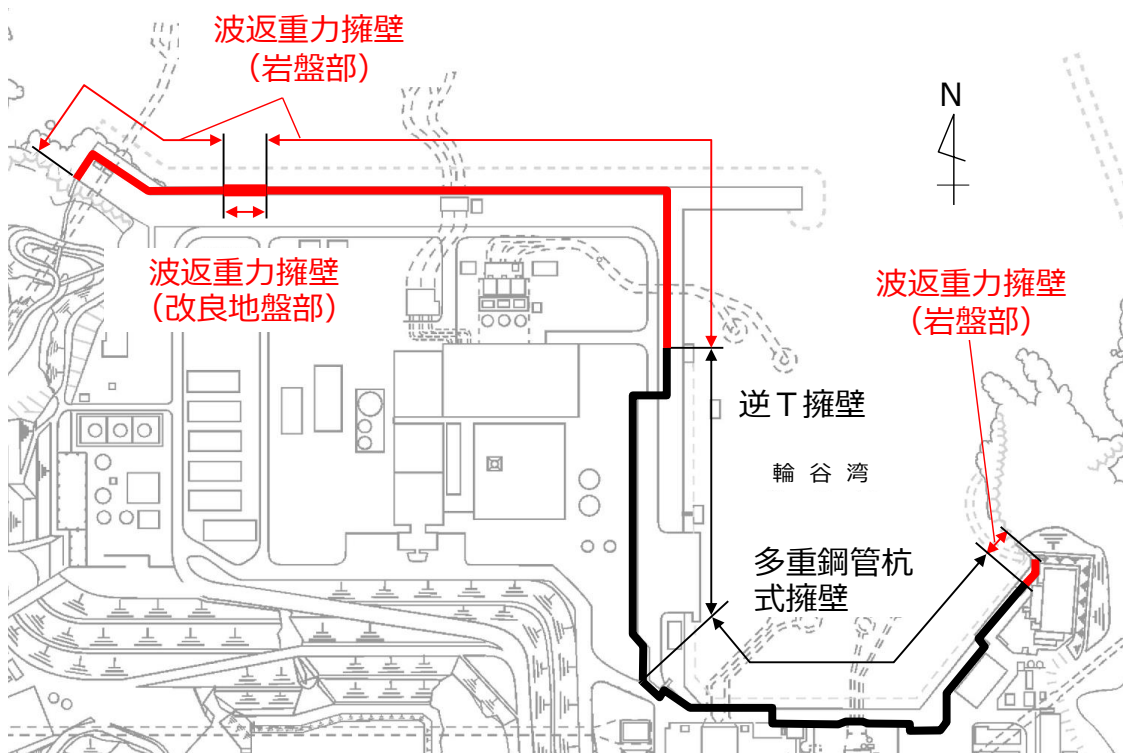


図 1.8.2-49 防波壁（波返重力擁壁）の位置図

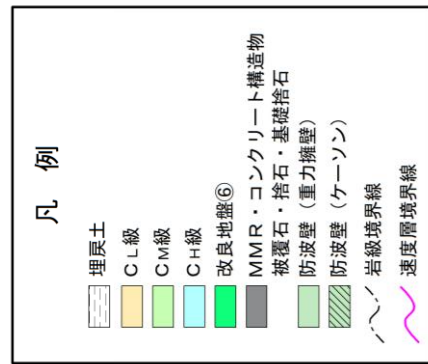
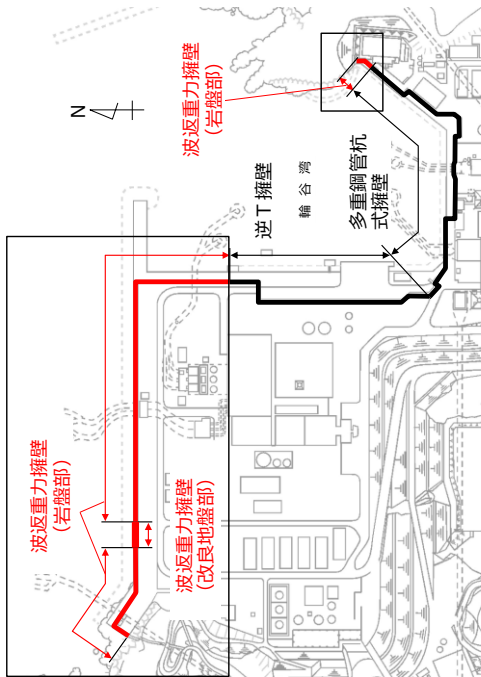
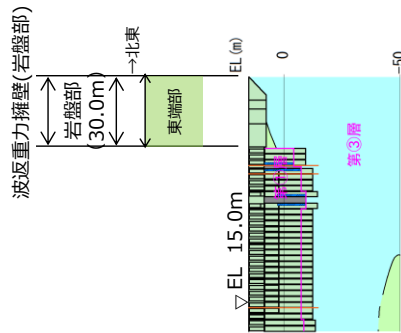
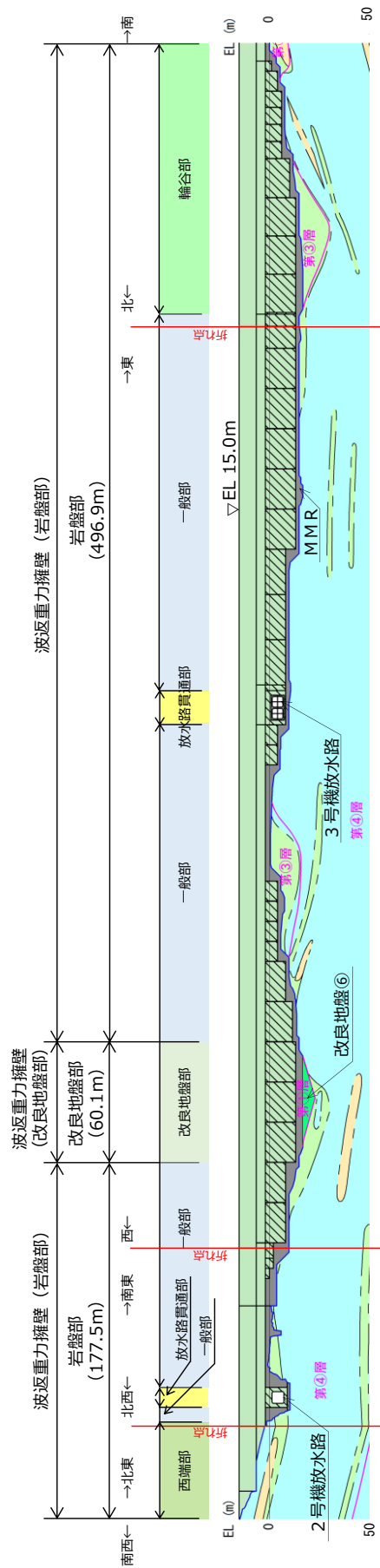
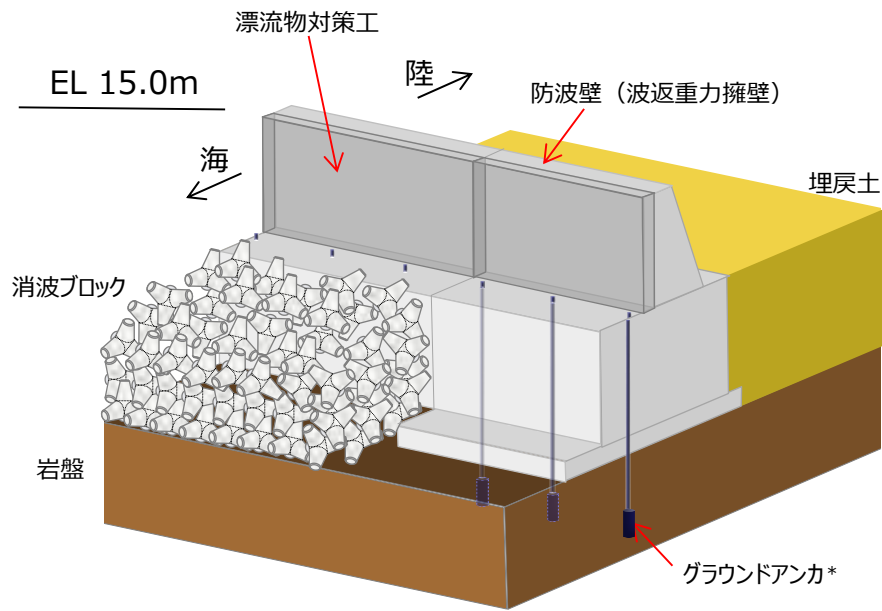


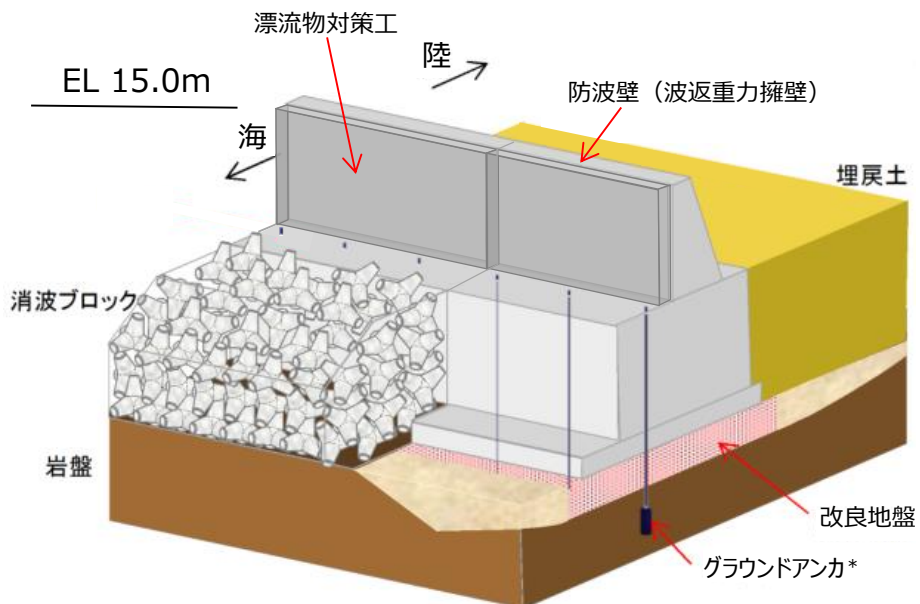
図 1.8.2-50 防波壁 (波返重力擁壁) の縦断面図

波返重力擁壁（岩盤部）



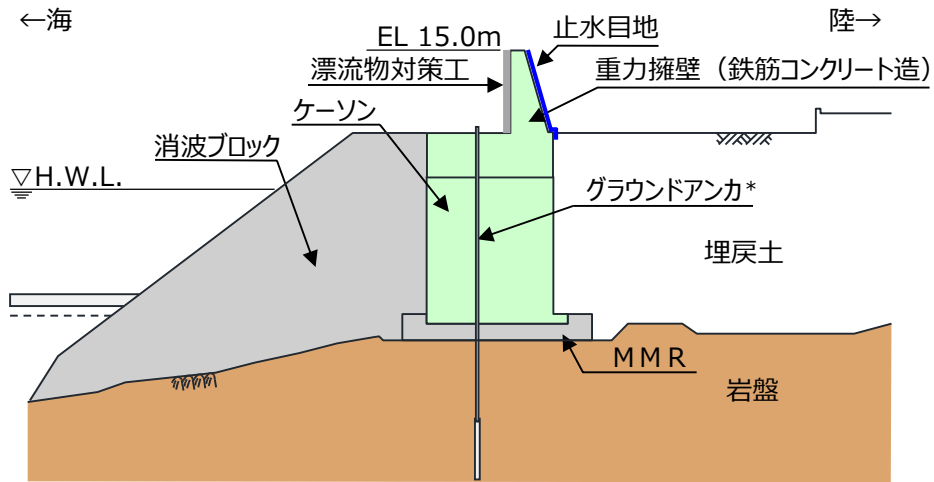
注記*：防波壁（波返重力擁壁）は，グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

波返重力擁壁（改良地盤部）



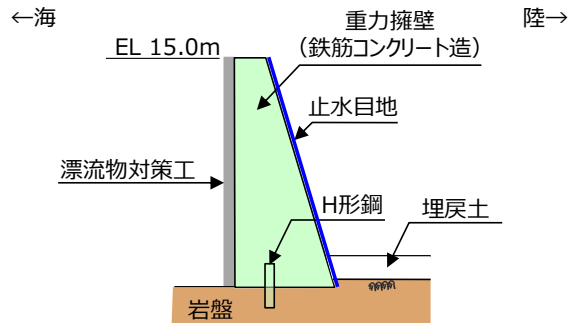
注記*：防波壁（波返重力擁壁）は，グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

図 1.8.2-51 防波壁（波返重力擁壁）の構造概要図

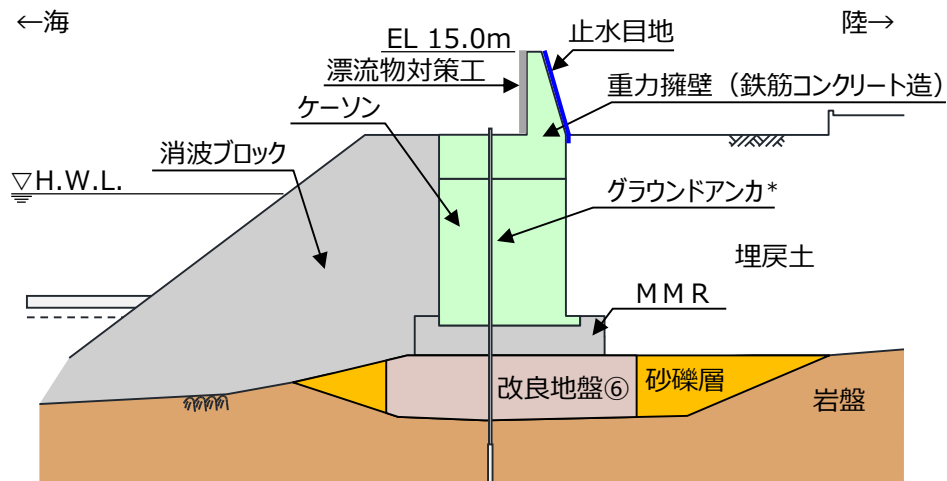


注記* : 防波壁 (波返重力擁壁) は, グラウンドアンカの効果を期待しない設計とする。

断面図 (ケーソン設置部)



断面図 (岩盤直接支持部)



改良地盤部 (ケーソン設置部)

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

図 1.8.2-52 防波壁 (波返重力擁壁) の構造概要図 (断面図)

図 1.8.2-53～図 1.8.2-60 に防波壁（波返重力擁壁）の平面配置図，縦断面位置図及び横断面図を示す。

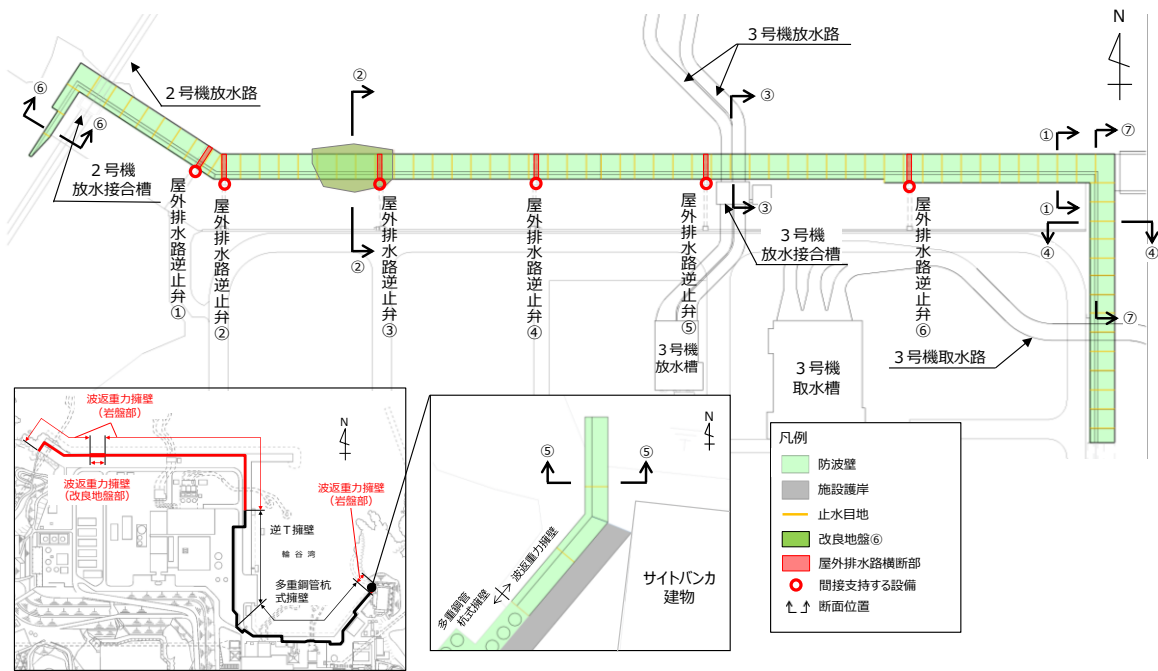


図 1.8.2-53 防波壁（波返重力擁壁）平面配置図

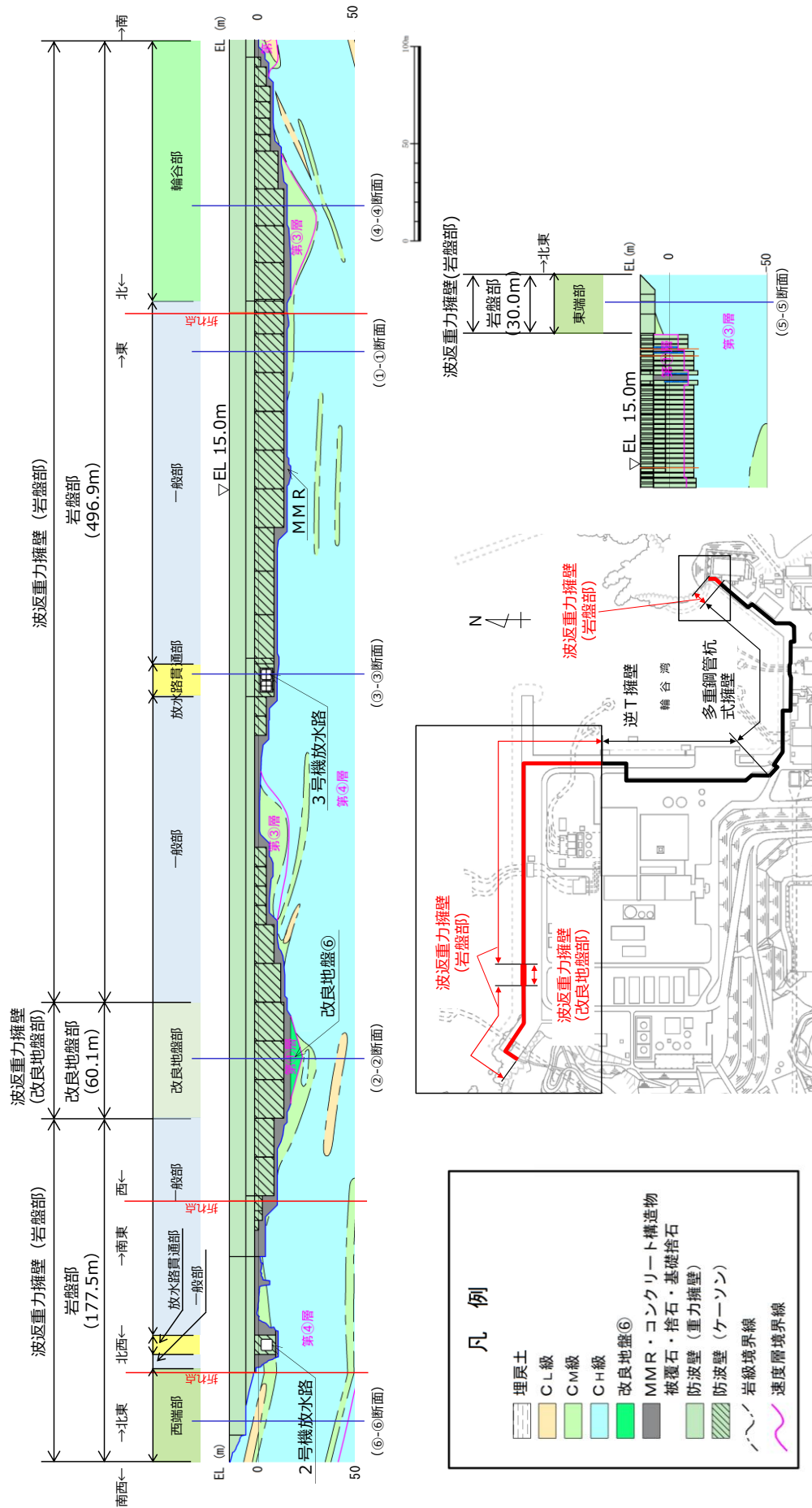


図 1.8.2-54 防波壁 (波返重力擁壁) 縦断面位置図

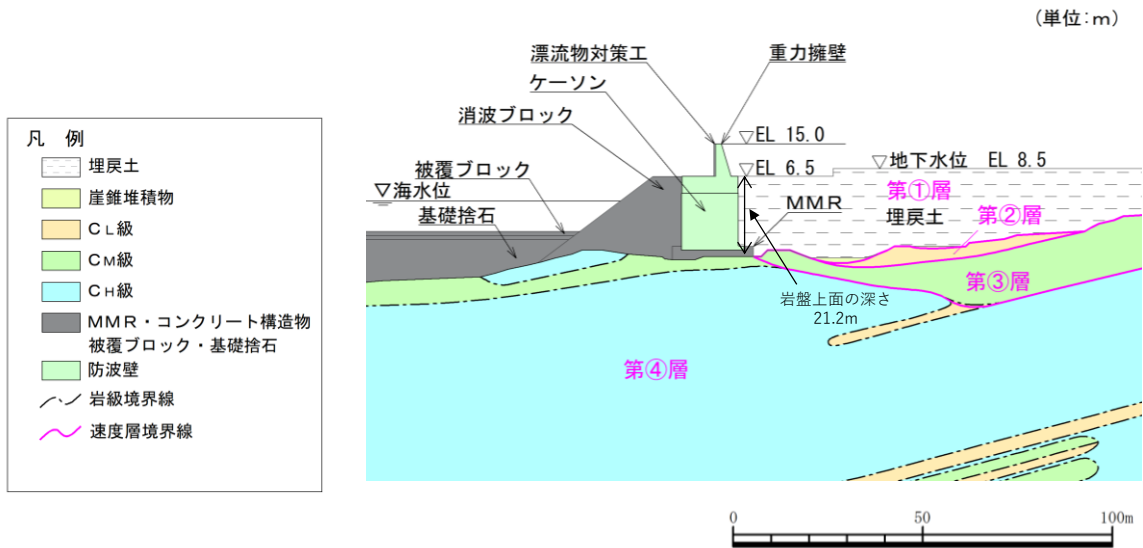


図 1.8.2-55 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図
一般部（①-①断面）

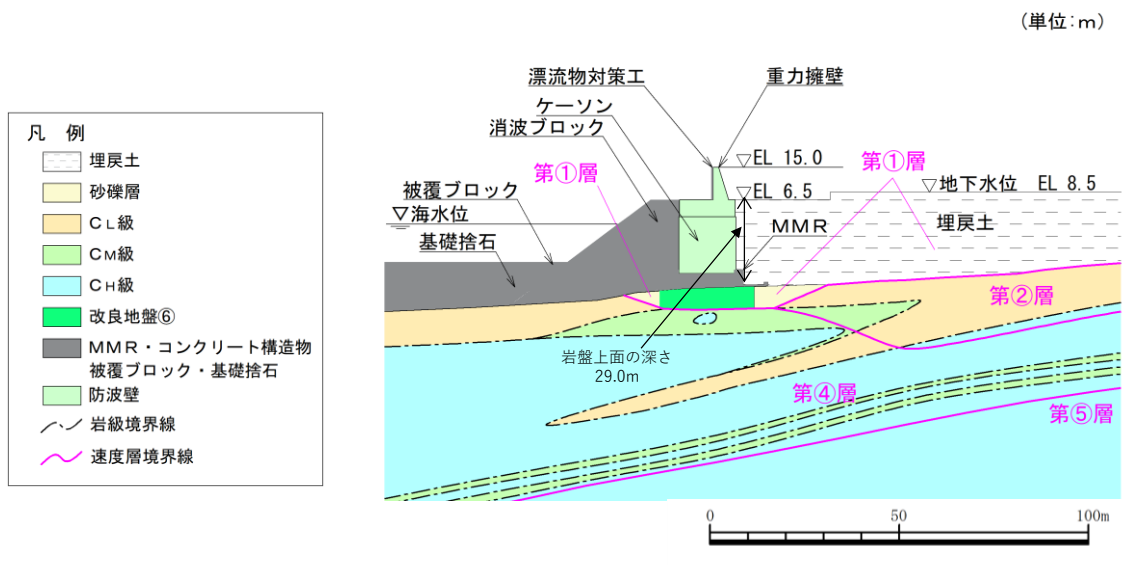


図 1.8.2-56 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図
改良地盤部（②-②断面）

(単位:m)

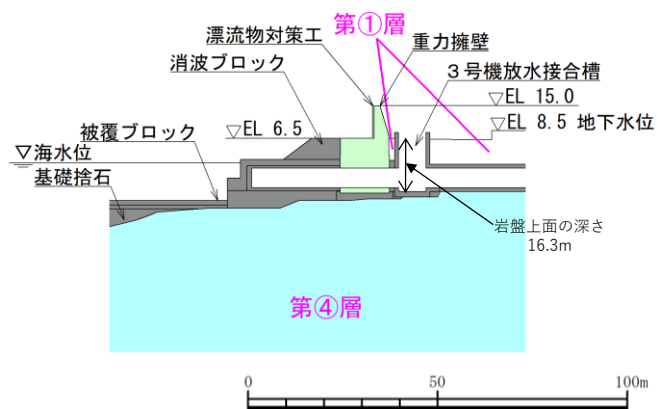
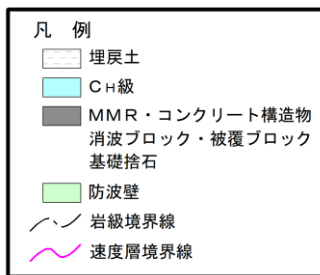


図 1.8.2-57 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図
放水路貫通部（③-③断面）

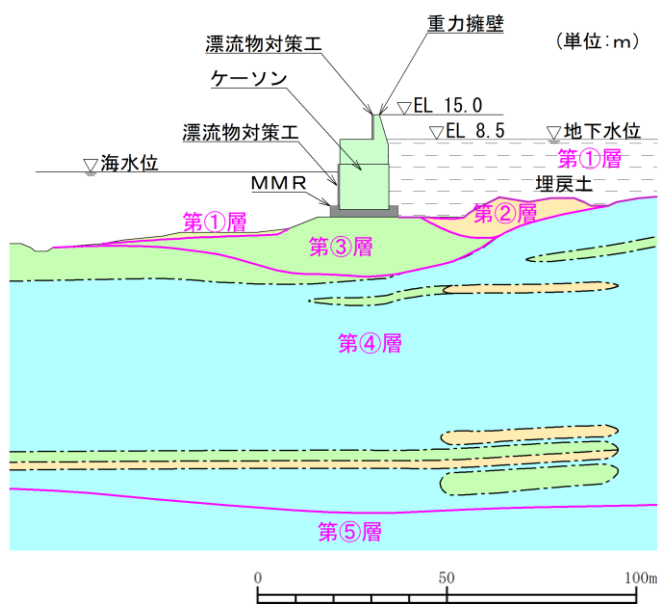
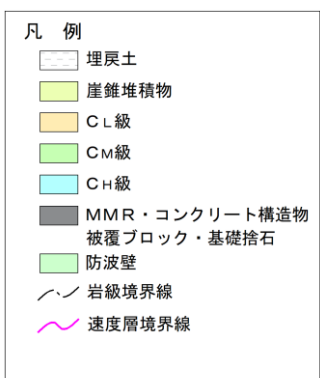


図 1.8.2-58 防波壁（波返重力擁壁）の横断面図
輪谷部（④-④断面）

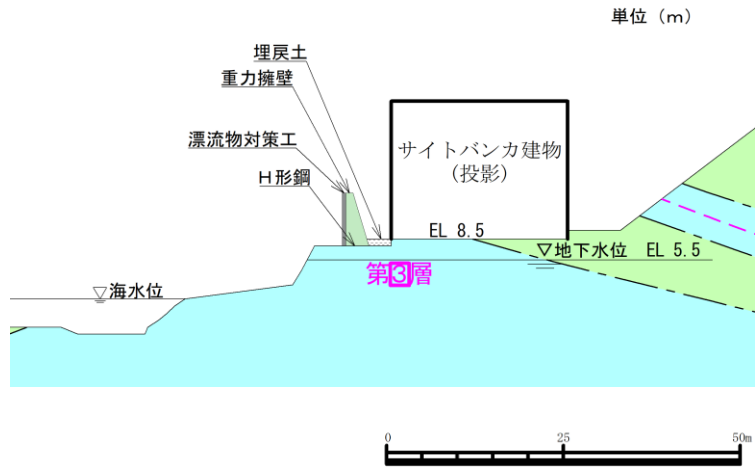


図 1.8.2-59 防波壁 (波返重力擁壁) の横断面図
東端部 (⑤-⑤断面)

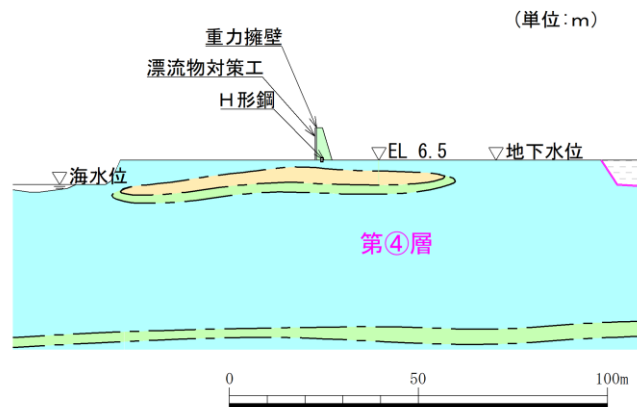


図 1.8.2-60 防波壁 (波返重力擁壁) の横断面図
西端部 (⑥-⑥断面)

a. 評価候補断面の整理

(a) 各部位の役割及び性能目標

防波壁(波返重力擁壁)における施設及び地盤の役割を表 1.8.2-12 に、役割を踏まえた性能目標を表 1.8.2-13 に、性能目標を踏まえた照査項目と許容限界を表 1.8.2-14 に示す。

表 1.8.2-12 (1/2) 防波壁（波返重力擁壁）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	重力擁壁	・止水目地及び漂流物対策工を支持する。	・止水目地及び漂流物対策工を支持するとともに、遮水性を保持する。	
	止水目地	・重力擁壁間の変位に追従する。	・重力擁壁間の変位に追従し、遮水性を保持する。	
	ケーソン	・重力擁壁及び漂流物対策工を支持する。	・重力擁壁及び漂流物対策工を支持するとともに、遮水性を保持する。	
	放水路 ケーソン	頂版 底版 側壁	・重力擁壁を支持する。	・重力擁壁を支持するとともに、遮水性を保持する。
		隔壁	・重力擁壁を支持する。	・重力擁壁を支持する。
	H形鋼	・重力擁壁を支持する。	・重力擁壁を支持する。	
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)	・役割に期待しない（解析モデルに重量として考慮し、防波壁（波返重力擁壁）への影響を考慮する）。	・漂流物衝突荷重を分散して防波壁（波返重力擁壁）に伝達する。 ・漂流物衝突荷重による防波壁（波返重力擁壁）の局所的な損傷を防止する。		

表 1.8.2-12 (2/2) 防波壁（波返重力擁壁）の各部位の役割

地盤	MMR	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。
	改良地盤⑥	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・難透水性を保持する。
	岩盤	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーソン及び重力擁壁を支持する。 ・基礎地盤のすべり安定性に寄与する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ケーソン及び重力擁壁を支持する。
	埋戻土，砂礫層	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない（解析モデルに反映し，防波壁（波返重力擁壁）への相互作用を考慮する）。 	<ul style="list-style-type: none"> ・防波壁（波返重力擁壁）より陸側については，津波荷重に対して地盤反力として寄与する。
	消波ブロック	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・役割に期待しない。

表 1.8.2-13 (1/2) 防波壁（波返重力擁壁）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 (遮水性, 難透水性)
施設	重力擁壁	—	—	構造部材の健全性を保持するために、重力擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。	止水目地の支持機能を喪失して重力擁壁間から有意な漏えいを生じないために、重力擁壁がおおむね弾性状態にとどまること。
	止水目地			重力擁壁間から有意な漏えいを生じないために、止水目地の変形性能を保持すること。	重力擁壁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。
	ケーソン			構造部材の健全性を保持するために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持し、有意な漏えいを生じないために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。
	放水路ケーソン 頂版 底版 側壁			構造部材の健全性を保持するために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持し、有意な漏えいを生じないために、ケーソンがおおむね弾性状態にとどまること。
				隔壁	構造強度を有すること。
	H形鋼			構造部材の健全性を保持するために、H形鋼がおおむね弾性状態にとどまること。	構造部材の健全性を保持するために、H形鋼がおおむね弾性状態にとどまること。
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)			—	—

表 1.8.2-13 (2/2) 防波壁（波返重力擁壁）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 (遮水性, 難透水性)
地盤	MMR	ケーソン及び重力擁壁を鉛直支持するため, 十分な支持力を保持すること。	基礎地盤のすべり安定性を確保するため, 十分なすべり安全性を保持すること。	—	地盤中からの回り込みによる流入を防止（難透水性を保持）するためMMR及び改良地盤⑥がすべり破壊しないこと。（内的安定を保持）
	改良地盤⑥				
	岩盤				—

表 1.8.2-14 防波壁（波返重力擁壁）の各部位の照査項目及び許容限界

（上段：照査項目，下段：許容限界）

部位		照査項目と許容限界				
		鉛直支持 (第3条)	すべり安定性 (第3条)	耐震性 (第4条)	耐津波性*1 (透水性、離透水性) (第5条)	
施設	重力擁壁	-	-	曲げ・せん断 (短期許容応力度以下)		
	止水目地			変形 (許容変形量以下)	変形・水圧 (許容変形量・許容水圧以下)	
	ケーソン			曲げ・せん断 (短期許容応力度以下)		
	放水路ケーソン			頂版、底版、側壁	曲げ・せん断 (短期許容応力度、材料強度以下)	
				隔壁	曲げ・せん断又はひずみ (短期許容応力度、材料強度又は許容ひずみ以下)	
	H形鋼			せん断 (短期許容応力度以下)		
	漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版)			引張・せん断 (短期許容応力度以下)	押抜せん断 (短期許容応力度以下)	
	MMR			支持力	すべり安全率(基礎地盤)*2	すべり安全率*3
地盤	改良地盤⑥	(極限支持力度、支圧強度)	(1.5以上)	(1.2以上)		
	岩盤			-		

注記*1：設備及び地盤を含む範囲の浸透流解析により、MMR及び改良地盤の透水係数を保守的に考慮しても津波の滞水時間中に流入しないことを確認する。
 *2：第3条のすべり安全率は施設の外的安定の確認を目的としており、「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価結果に係る審査ガイド」に基づいて1.5以上を許容限界とする。
 *3：第4条・第5条のすべり安全率は各部位の内的安定の確認を目的としており、「耐津波設計に係る審査ガイド」を準用して1.2以上を許容限界とする。

(b) 評価候補断面の整理

(a)で整理した各部位の性能目標及び表 1.8.2-15 に示す構造的特徴等を踏まえ、評価候補断面整理の観点を整理した結果を表 1.8.2-16 に示す。

観点の整理に当たり、表 1.8.2-17 に示す照査項目である、曲げ・せん断、変形・水圧及びすべり安全率に影響を及ぼす要素として、地震時応答加速度、津波時荷重及び地盤変位に関係するかを判断項目とする。各観点の詳細を以下に示す。

【構造的特徴】

- ・防波壁（波返重力擁壁）は、表 1.8.2-15 に示すとおり、上部構造である波返重力擁壁の形状寸法及び下部構造の支持構造及び形状寸法によって、地震時応答加速度及び地盤変位に影響があると考えられるため、選定上の観点とする。
- ・すべてのケーソンの中詰材（銅水砕スラグ及び砂）について、高圧噴射攪拌工法で改良していることから、選定上の観点としない。なお、中詰材改良体の詳細については、「2.1.5 防波壁（波返重力擁壁）の耐震性についての計算書に関する補足説明」の「参考資料3 ケーソン中詰材改良体の解析用物性値について」に示す。
- ・2号機放水路ケーソンは、周囲がMMRで埋め戻されており、開口部の面積が3号機放水路ケーソンに比べて狭いことから評価対象断面に選定せず、3号機放水路ケーソン（放水路貫通部（③-③断面））を評価対象断面に選定する。

【周辺地盤状況】

- ・岩盤上面の深さについては、表 1.8.2-15 に示すとおり、地表面から岩盤上面までの深さによって、地震時応答加速度及び地盤変位に影響があると考えられるため、選定上の観点とする。
- ・改良地盤の有無については、表 1.8.2-15 に示すとおり、改良地盤の有無によって、地震時応答加速度及び地盤変位に影響があると考えられるため、選定上の観点とする。
- ・岩級については、地震時応答加速度及び地盤変位への影響がないことから、選定上の観点としない。

【地下水位】

- ・地下水位については、防波壁（波返重力擁壁）の設計用地下水位が、地表面で一定であるため、選定上の観点としない。

【周辺構造物の有無】

- ・周辺構造物は、表 1.8.2-15 に示すとおり一部の断面において存在するが、周辺構造物の有無によらず、土圧の軽減作用に期待しない評価を行うため、選定上の観点としない。また、消波ブロックは解析モデル上では考慮しないため、選定上の観点としない。
- ・3号機取水路は、「トンネル標準示方書（山岳工法編）・同解説（平成8年，土木学会）」に記載された，掘削時の応力解放に伴う緩み高さ4m以上の離隔を確保できていることから，周辺構造物にはあたらず，波及的影響を及ぼすおそれはない施設であることを確認しているため，選定上の観点としない。図 1.8.2-61 に3号機取水路の配置図を，図 1.8.2-62 に3号機取水路の横断図を示す。

【間接支持される機器・配管系の有無】

- ・間接支持される機器・配管系の有無については，図 1.8.2-40 に示すとおり，屋外排水路逆止弁及び津波監視カメラを支持するが，屋外排水路逆止弁及び津波監視カメラの耐震評価に用いる加速度応答抽出断面の選定については，「2.4 浸水防止設備に関する補足説明」及び「2.5 津波監視設備に関する補足説明」に示す。

【入力津波】

- ・入力津波については，防波壁（波返重力擁壁）における設計津波水位はEL 12.6m で一定であるため，選定上の観点としない。

表 1.8.2-15 防波壁（波返重力擁壁）の構造的特徴，周辺地盤状況
及び周辺構造物の有無

断面	構造的特徴			周辺地盤状況			周辺構造物の有無	
	天端高さ EL (m)	上部工		下部工	地表面から 岩盤までの 深さ(m)	地表面 高さ EL (m)		改良 地盤の 有無
		波返重力擁壁						
		天端幅 (m)	高さ (m)					
一般部 (①-①断面)	15.0	1.50	8.50	ケーソン B: 15.0 L: 19.9 H: 15.0	21.2	6.5	—	—
改良地盤部 (②-②断面)	15.0	1.50	8.50	ケーソン B: 13.0 L: 19.9 H: 15.0	29.0	6.5	有	—
放水路貫通部 (③-③断面)	15.0	1.50	8.50		16.3	6.5	—	放水接合槽
輪谷部 (④-④断面)	15.0	1.50	6.50	ケーソン B: 15.0 L: 18.95 H: 15.0	23.2	8.5	—	—
東端部 (⑤-⑤断面)	15.0	1.00	7.50	H形鋼 H-350×350 ×12×19	0.0	8.5	—	—
西端部 (⑥-⑥断面)	15.0	1.50	8.50	H形鋼 H-350×350 ×12×19	0.0	6.5	—	—

注記* : B=ケーソン幅, L=ケーソン延長, H=ケーソン高さ

表 1.8.2-16 (1/2) 評価候補断面整理の観点 (防波壁 (波返重力擁壁))

評価候補断面整理上の観点		評価対象断面選定の方針観点	観点*
構造的特徴	天端高さ	・防波壁 (波返重力擁壁) の天端高さは EL 15.0m で一定であるため、選定上の観点としない。	—
	重力擁壁の寸法	・断面によって寸法及び形状が異なることによって、地震時応答加速度に影響するため、選定上の観点とする。	○
	支持構造及び寸法	・断面によって下部工の支持構造及び寸法が異なることによって、重力擁壁の地震時応答加速度に影響するため、選定上の観点とする。	○
	ケーソン中詰材	・すべてのケーソンの中詰材 (銅水砕スラグ及び砂) について、高圧噴射攪拌工法で改良していることから、選定上の観点としない。	—
	放水路ケーソン	・2号機放水路ケーソンは、周囲がMMRで埋め戻されており、開口部の面積が3号機放水路ケーソンに比べて狭いことから評価対象断面に選定せず、3号機放水路ケーソン (放水路貫通部 (③-③断面)) を評価対象断面に選定する。	—
周辺地盤状況	地表面から岩盤上面までの深さ	・縦断方向に深さが変化し、地震時応答加速度及び地盤変位に影響するため、選定上の観点とする。	○
	地表面の高さ	・地表面高さが異なることによって、地震時応答加速度に影響するため、選定上の観点とする。	○
	改良地盤の有無	・改良地盤部では、岩盤上の砂礫層を地盤改良し、その上部にケーソンを設置しており、地震時応答加速度及び地盤変位に影響するため、選定上の観点とする。	○
地下水位		・防波壁 (波返重力擁壁) の設計用地下水位は、地表面で一定であるため、選定上の観点としない。	—

注記* : ○ ; 観点とする。 — ; 観点としない。 △ ; 影響確認を行う。

表 1.8.2-16 (2/2) 評価候補断面整理の観点 (防波壁 (波返重力擁壁))

評価候補断面 整理上の観点	評価対象断面選定の方針観点	観点*
周辺構造物 の有無	<ul style="list-style-type: none"> 周辺構造物は、一部の断面において存在するが、周辺構造物の有無によらず、土圧の軽減作用に期待しない評価を行うため、選定上の観点としない。 	—
	<ul style="list-style-type: none"> 3号機取水路は、「トンネル標準示方書(山岳工法編)・同解説(平成8年,土木学会)」に記載された、掘削時の応力解放に伴う緩み高さ分以上の離隔を確保できていることから、周辺構造物にはあたらず、波及的影響を及ぼすおそれはない施設であることを確認しているため、選定上の観点としない。 	—
間接支持される 機器・配管系 の有無	<ul style="list-style-type: none"> 屋外排水路逆止弁及び津波監視カメラを支持する。屋外排水路逆止弁及び津波監視カメラの耐震評価に用いる加速度応答抽出断面の選定については、「2.4 浸水防止設備に関する補足説明」及び「2.5 津波監視設備に関する補足説明」に示す。 	—
入力津波	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁(波返重力擁壁)における設計津波水位は EL 12.6m で一定であるため、選定上の観点としない。 	—

注記* : ○ ; 観点とする。 — ; 観点としない。 △ ; 影響確認を行う。

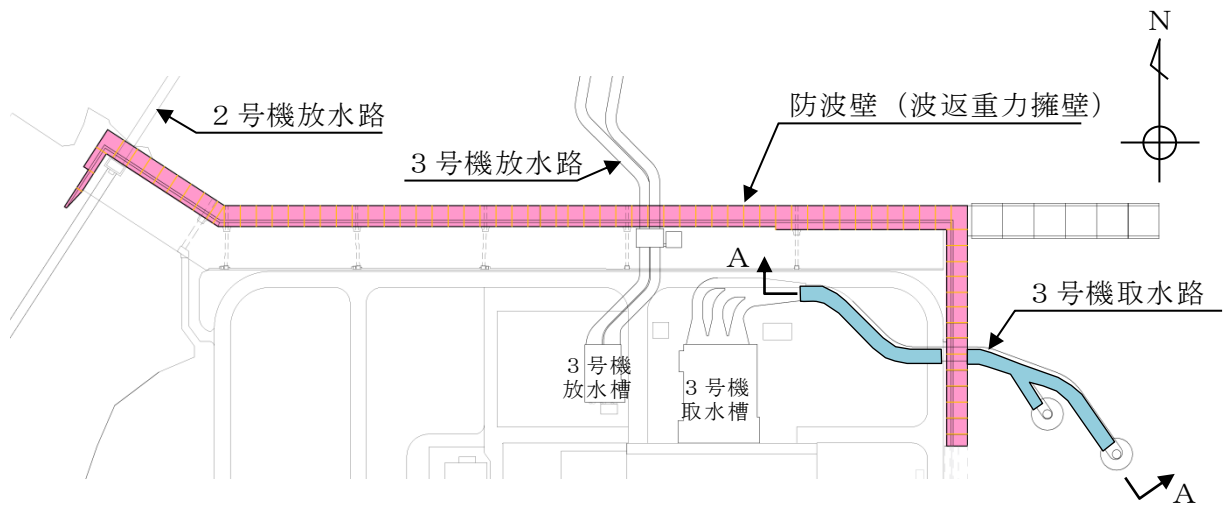


図 1.8.2-61 3号機取水路の配置図

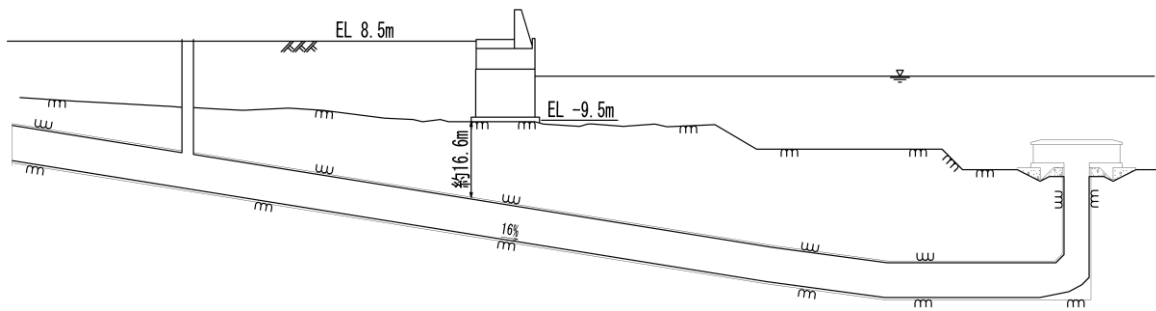


図 1.8.2-62 3号機取水路の横断面図 (A-A断面)

b. 評価対象断面の選定

1.8.1(3)a. で示した評価候補断面の整理を踏まえ、評価対象断面を選定する。評価対象断面の選定には図 1.8.2-53～図 1.8.2-60 に示す防波壁（波返重力擁壁）の縦断面図及び横断面図を用いる。

評価対象断面選定結果を表 1.8.2-17 に、評価対象断面の平面位置図を図 1.8.2-63 に、縦断位置図を図 1.8.2-64 に示す。

改良地盤部（②-②断面）は、支持構造がケーソンとなる断面のうち、ケーソン高さに対するケーソン幅が狭く、地表面から岩盤上面までの深さが最も深いことに加え、ケーソン直下に改良地盤⑥が配置されているため、評価対象断面として選定した。

放水路貫通部（③-③断面）は、開口部（放水路）を有するケーソンが設置されているため、評価対象断面として選定した。

輪谷部（④-④断面）は、地表面高さが最も高いため、評価対象断面として選定した。

東端部（⑤-⑤断面）は、重力擁壁が岩盤上に直接設置され、支持構造がH形鋼であり、重力擁壁の天端幅及び下端幅が狭いため、評価対象断面として選定した。

また、輪谷部（④-④断面）は、地表面高さが最も高く、止水目地の変形量が大きいと考えられるため、横断方向の変形性評価の評価対象断面に選定した。

輪谷部（④-④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、輪谷部（④-④断面）に直交する縦断方向の断面を縦断方向の変形性評価の評価対象断面に選定した。

表 1.8.2-17 評価対象断面選定結果（防波壁（波返重力擁壁））

検討断面	評価対象断面整理上の観点					該当する観点	選定理由
	(1) 重力擁壁寸法 (m)	(2) 支持構造及び寸法 (m)	(3) 地表面から岩盤上面までの深さ (m)	(4) 地表面高さ EL (m)	(5) 改良地盤の有無		
一般部 ①-①断面	天端幅 : 1.5m 高さ : 8.5m	ケーソン B : 15.0 L : 19.9 H : 15.0	21.2	6.5	—	—	改良地盤部(②-②断面)と比較して、ケーソンの幅が広く、改良地盤が無いことに加え、岩盤上面深さも浅いことから改良地盤部(②-②断面)に代表させる。
改良地盤部 ②-②断面	天端幅 : 1.5m 高さ : 8.5m	ケーソン B : 13.0 L : 19.9 H : 15.0	29.0	6.5	有	(2) (3) (5)	支持構造がケーソンとなる他断面のうち、ケーソン高さに対するケーソン幅が最も狭く、岩盤上面深さも最も深いことに加え、改良地盤⑥が配置してあることから評価対象断面に選定する。
放水路貫通部 ③-③断面	天端幅 : 1.5m 高さ : 8.5m		16.3	6.5	—	(2)	改良地盤部(②-②断面)と比較して、ケーソンの高さが低いが、開口部（放水路）を有するため、評価対象断面に選定する。
輪谷部 ④-④断面	天端幅 : 1.5m 高さ : 6.5m	ケーソン B : 15.0 L : 18.95 H : 15.0	23.2	8.5	—	(4)	改良地盤部(②-②断面)と比較して、ケーソンの幅が広いが、地表面高さが高いことから評価対象断面に選定する。
東端部 ⑤-⑤断面	天端幅 : 1.0m 高さ : 7.5m	H形鋼 H350×350×12×19	0.0	8.5	—	(1) (2) (4)	重力擁壁が岩盤に直接設置され、支持構造がH形鋼であり、西端部(⑥-⑥)断面と比べて重力擁壁の天端幅及び下端幅が狭いことから、評価対象断面に選定する。
西端部 ⑥-⑥断面	天端幅 : 1.5m 高さ : 8.5m	H形鋼 H350×350×12×19	0.0	6.5	—	(2)	東端部(⑤-⑤断面)と比較して、天端幅及び下端幅が広いことから、東端部(⑤-⑤断面)に代表させる。

■ : 番号を付与する観点

■ : 観点の番号付与が多い

□ : 選定した評価対象断面

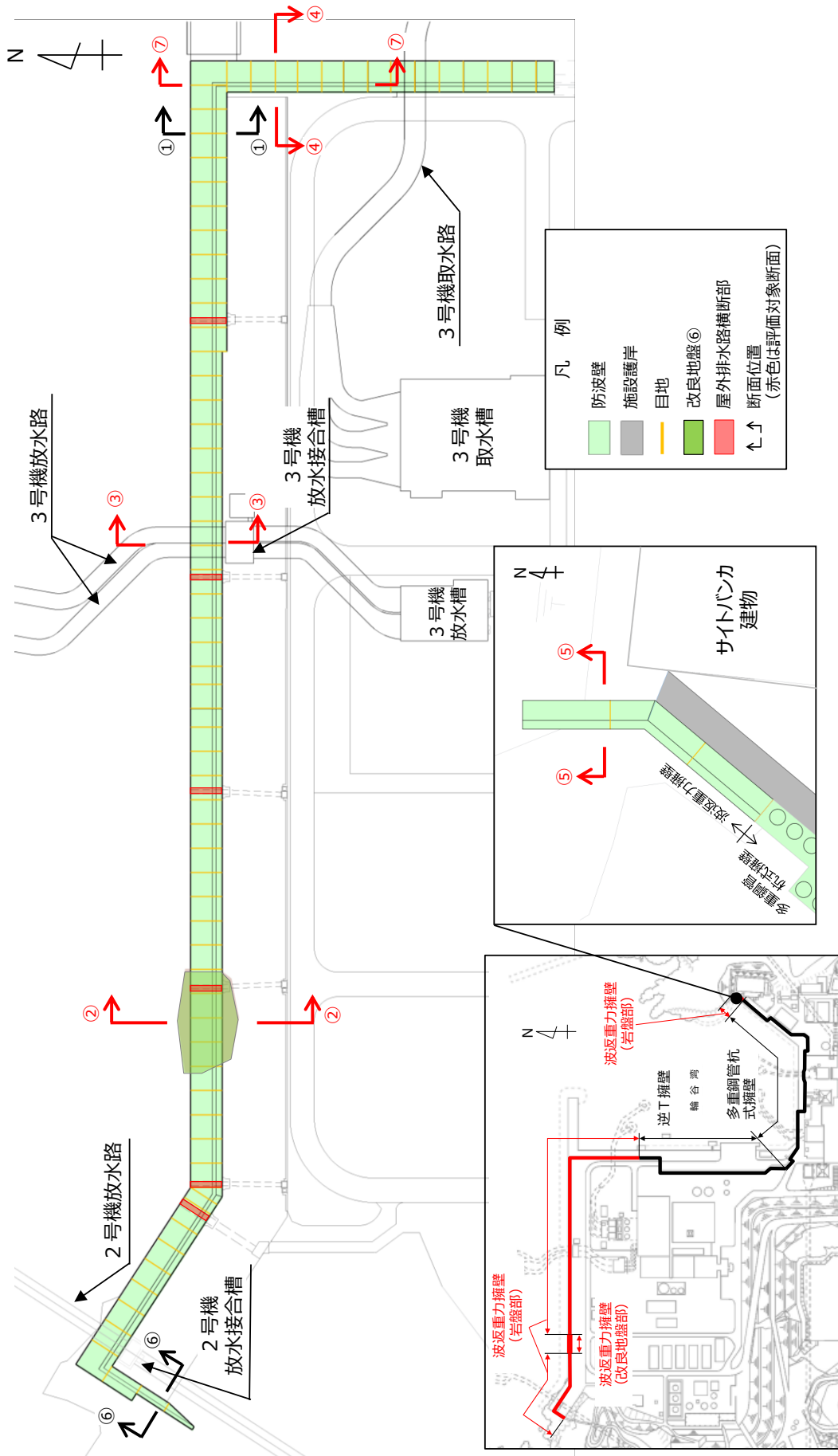
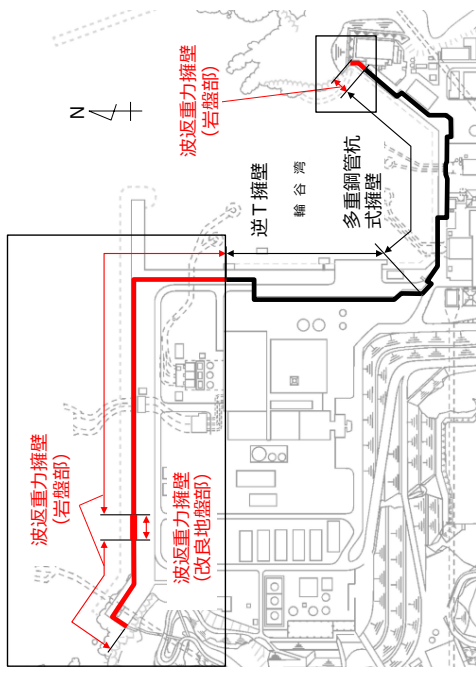
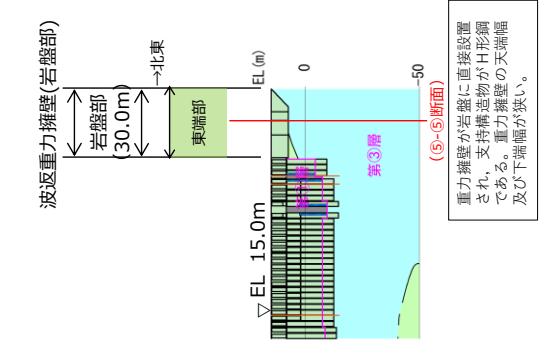
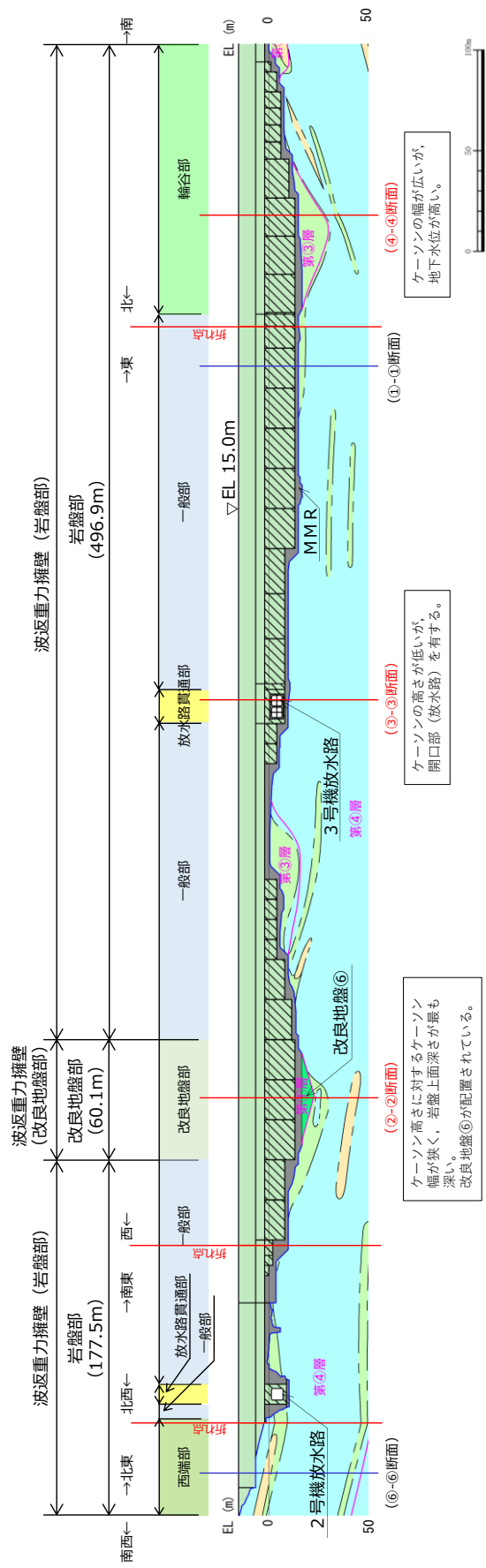


図 1.8.2-63 評価対象断面の平面位置図



凡例

	埋戻土
	CL級
	CM級
	CH級
	改良地盤⑥
	MMR・コンクリート構造物
	被覆石・捨石・基礎捨石
	防波壁 (重力擁壁)
	防波壁 (ケーソン)
	岩盤境界線
	速度層境界線

図 1.8.2-64 評価対象断面の縦断位置図

1.8.3 防波壁通路防波扉

防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側，荷揚場南，3号機東側）の位置図を図 1.8.3-1～図 1.8.3-2 に，平面図及び断面図を図 1.8.3-3～図 1.8.3-6 に示す。

防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）は，鋼製扉と扉枠が一体化する構造とし，扉枠はアンカーボルトにより防波壁（多重鋼管杭式擁壁）へ固定する構造とする。

防波壁通路防波扉（荷揚場南）は，鋼製扉が戸当り（RC支柱）により支持された横開き式の構造物であり，基礎スラブと一体化した鋼管杭を介して十分な支持機能を有する岩盤に設置する。

防波壁通路防波扉（3号機東側）は，鋼製扉が戸当り（RC支柱）により支持された横開き式の構造物であり，改良地盤を介して十分な支持機能を有する岩盤に設置する。

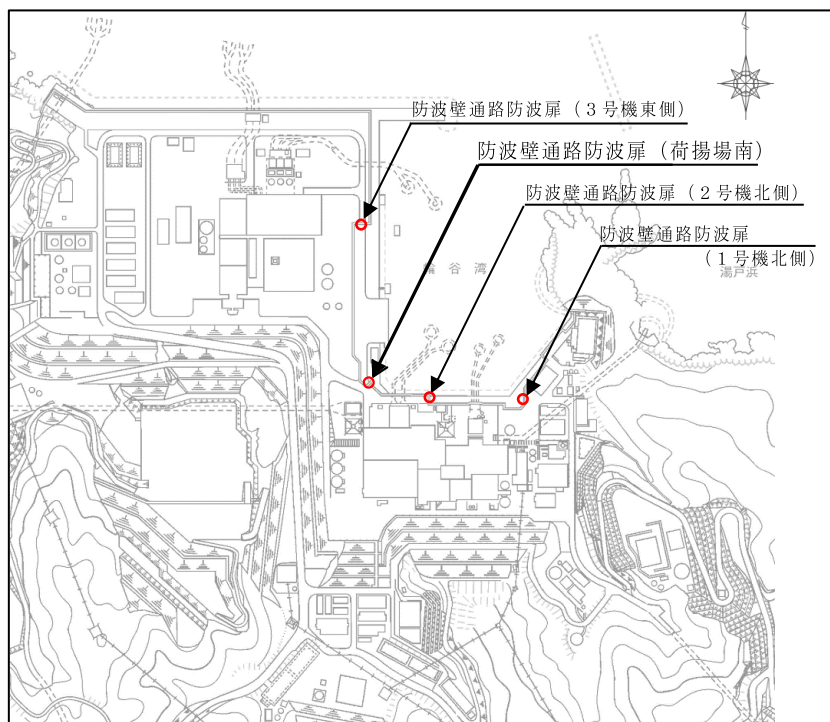
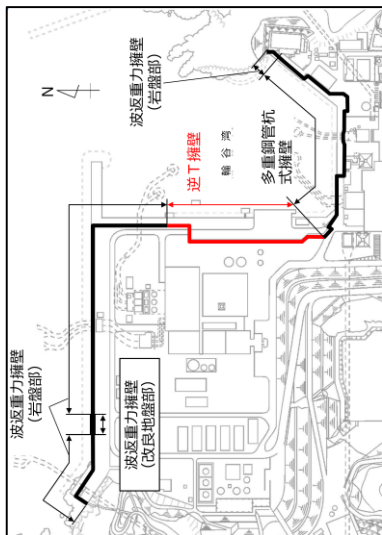


図 1.8.3-1 防波壁通路防波扉 位置図（平面図）



凡例

	Cl級
	Cm級
	Ch級
	岩級境界線
	速度層境界線
	改良地盤
	防波壁

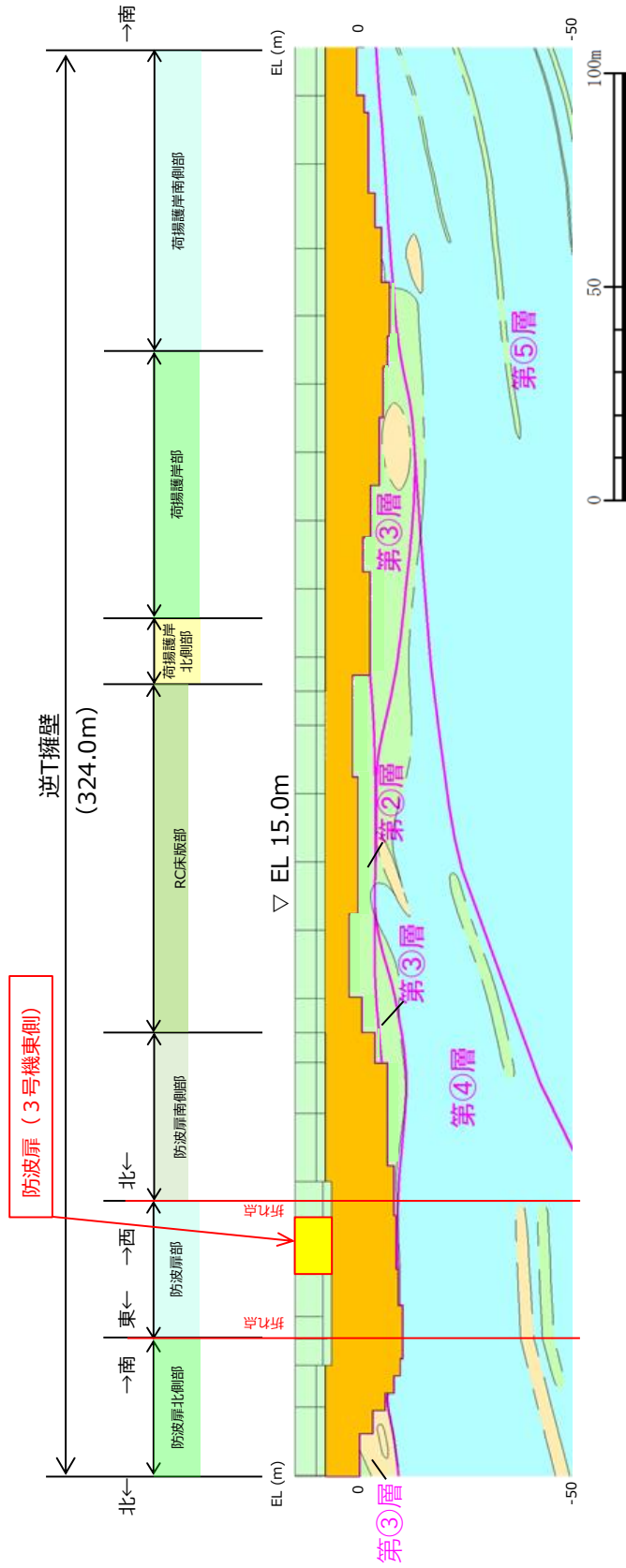


図 1.8.3-2(2) 防波壁通路防波壁 (3号機東側) 位置図 (縦断面図)

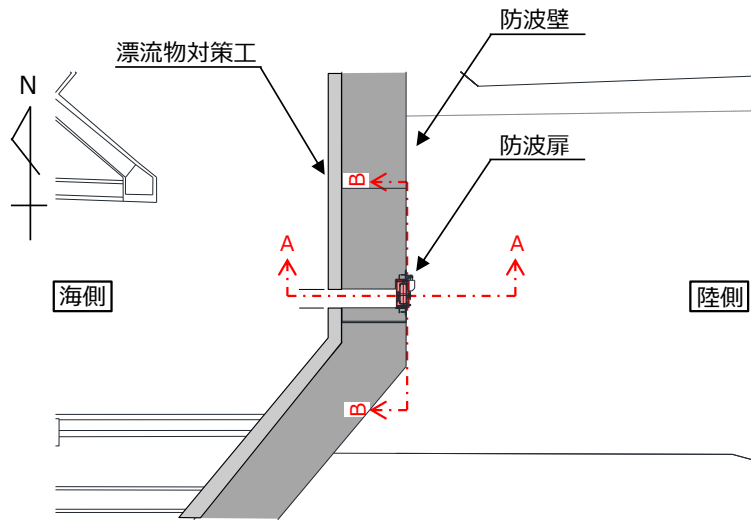


图 1.8.3-3(1) 防波壁通路防波扉（1号機北側） 平面图

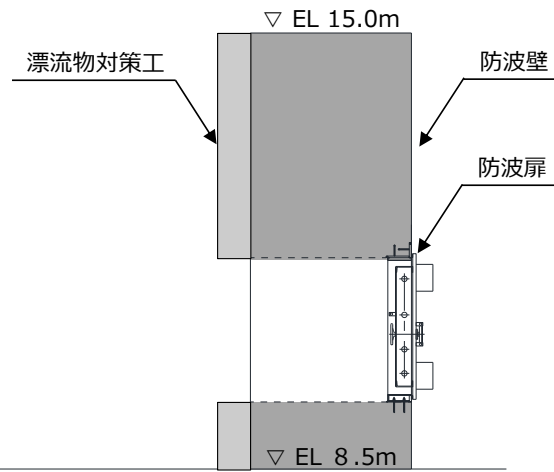


图 1.8.3-3(2) 防波壁通路防波扉（1号機北側） A-A 断面图

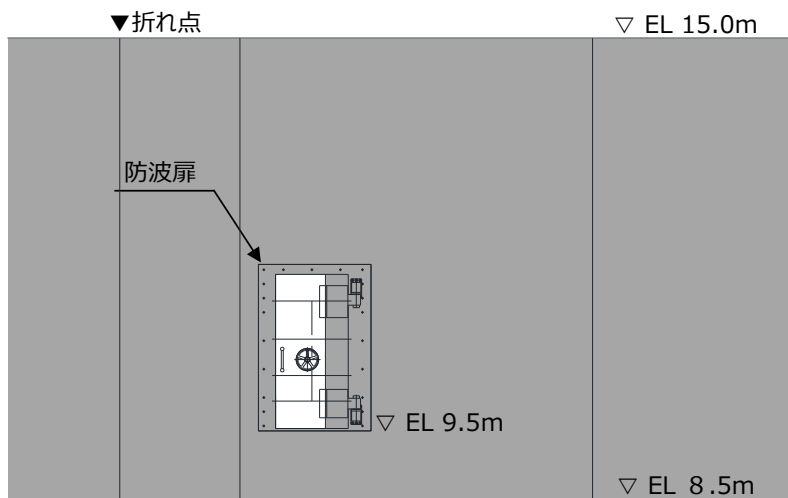


图 1.8.3-3(3) 防波壁通路防波扉（1号機北側） B-B 断面图

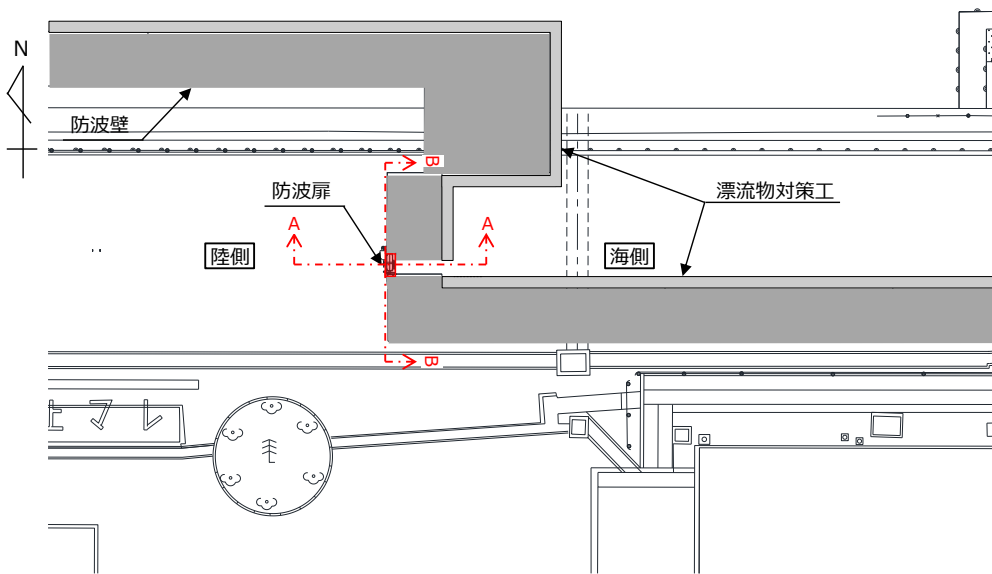


图 1.8.3-4(1) 防波壁通路防波扉（2号機北側） 平面図

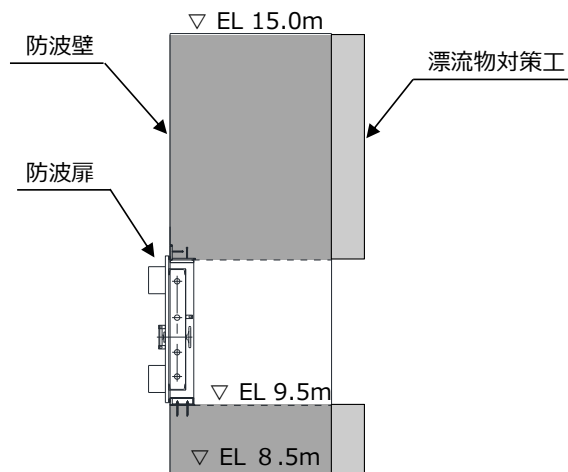


图 1.8.3-4(2) 防波壁通路防波扉（2号機北側）

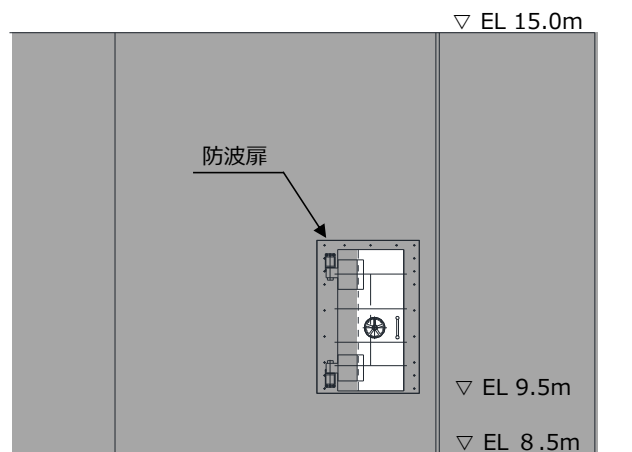


图 1.8.3-4(3) 防波壁通路防波扉（2号機北側） B-B断面図

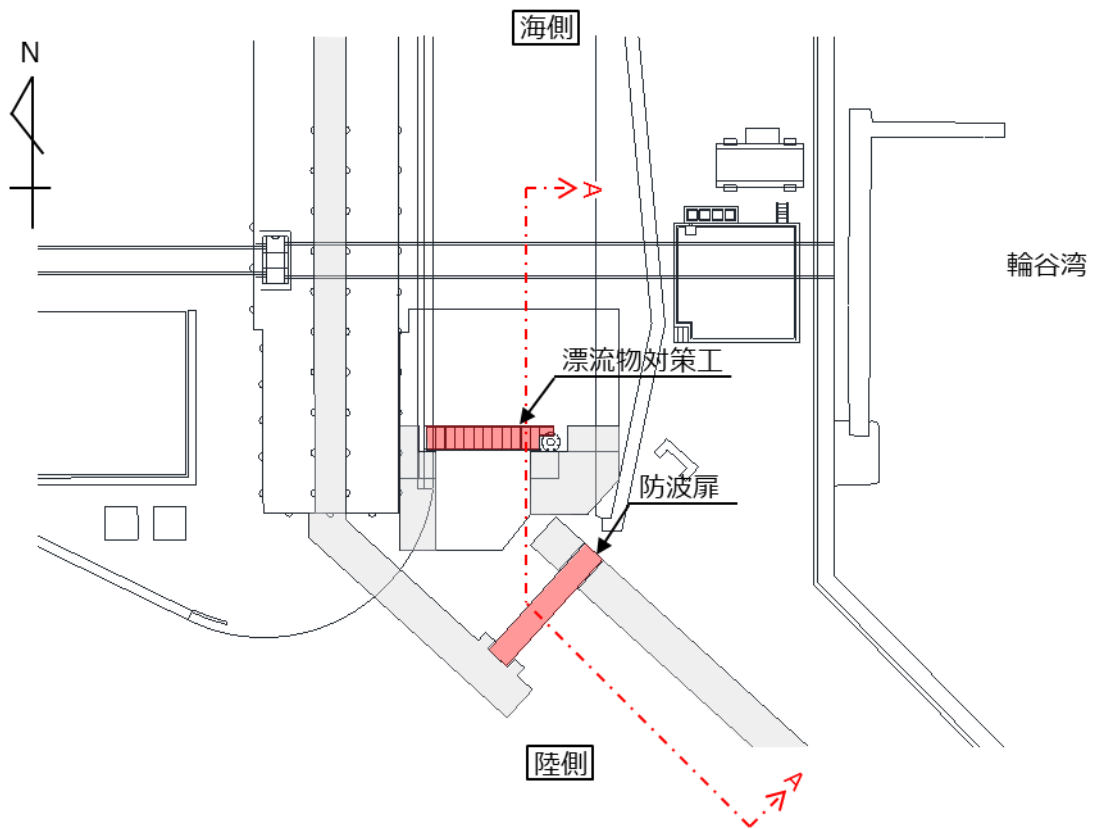


図 1.8.3-5(1) 防波壁通路防波扉（荷揚場南） 平面図

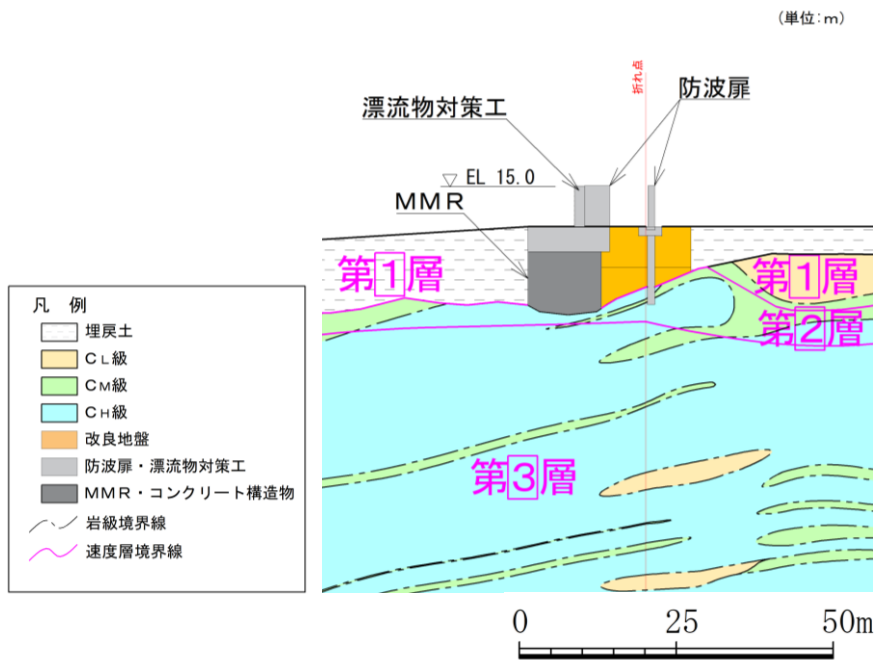


図 1.8.3-5(2) 防波壁通路防波扉（荷揚場南） A-A断面図

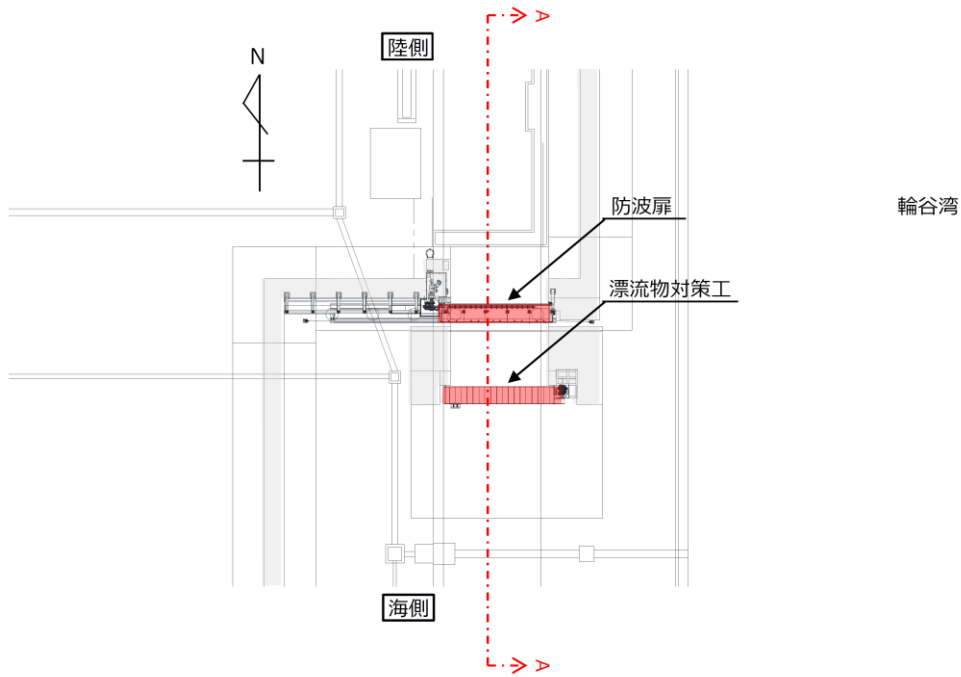


図 1.8.3-6(1) 防波壁通路防波扉（3号機東側） 平面図

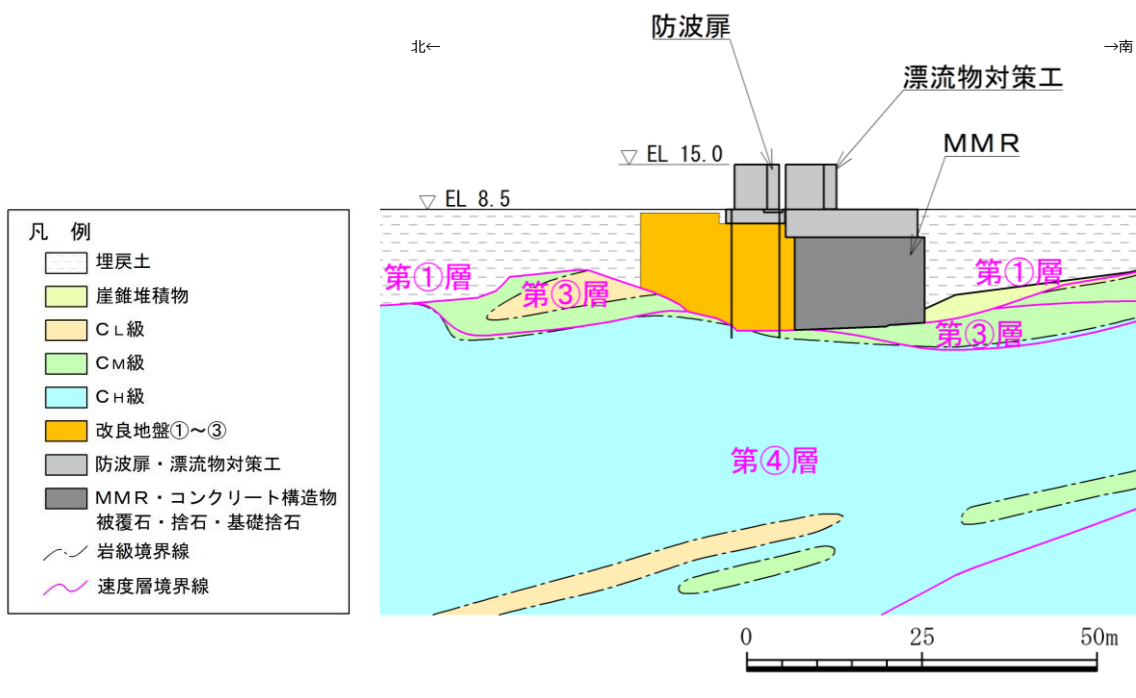


図 1.8.3-6(2) 防波壁通路防波扉（3号機東側） A-A断面図

(1) 評価対象断面の考え方

防波壁通路防波扉は、相対的に断面係数が大きい壁軸方向が強軸断面方向、壁軸直交方向が弱軸断面方向となることから、壁軸直交方向を評価対象断面とする。

(2) 評価対象断面の選定

防波壁通路防波扉（1号機北側，2号機北側）は防波壁（多重鋼管杭式擁壁）に設置されていることから、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の応答を用いる。当該応答に用いる評価対象断面の選定は、防波壁（多重鋼管杭式擁壁）の選定に従う。

防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）は、構造諸元，周辺地質状況等が異なることから、いずれの防波壁通路防波扉についても壁軸直交方向を評価対象として選定する。

1.8.4 1号機取水槽流路縮小工

1号機取水槽流路縮小工の位置図を図1.8.4-1に、構造概要図を図1.8.4-2に示す。

1号機取水槽流路縮小工は、1号機取水槽から敷地への津波の流入を防止するため、取水管（管胴部）及び取水管（フランジ部）に、新設部材である鋼製縮小版を取付版及び固定ボルトにより固定する構造である。

1号機取水槽流路縮小工は、1号機取水槽北側壁に設置する。

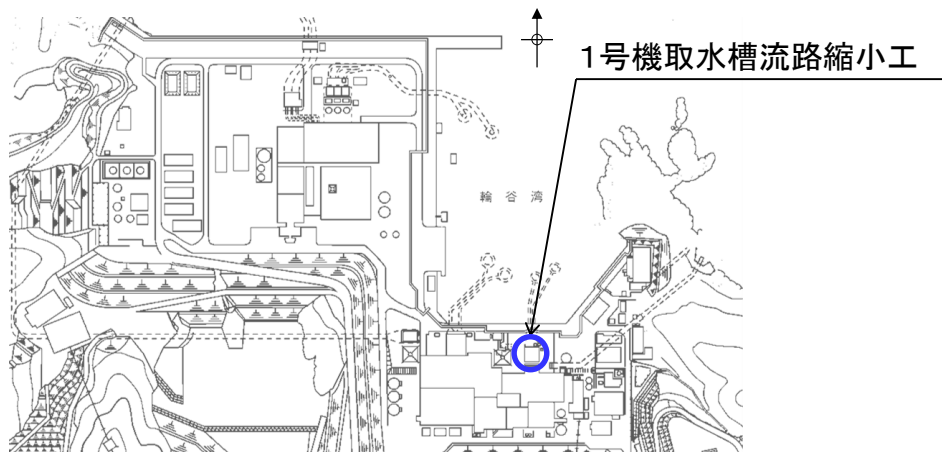
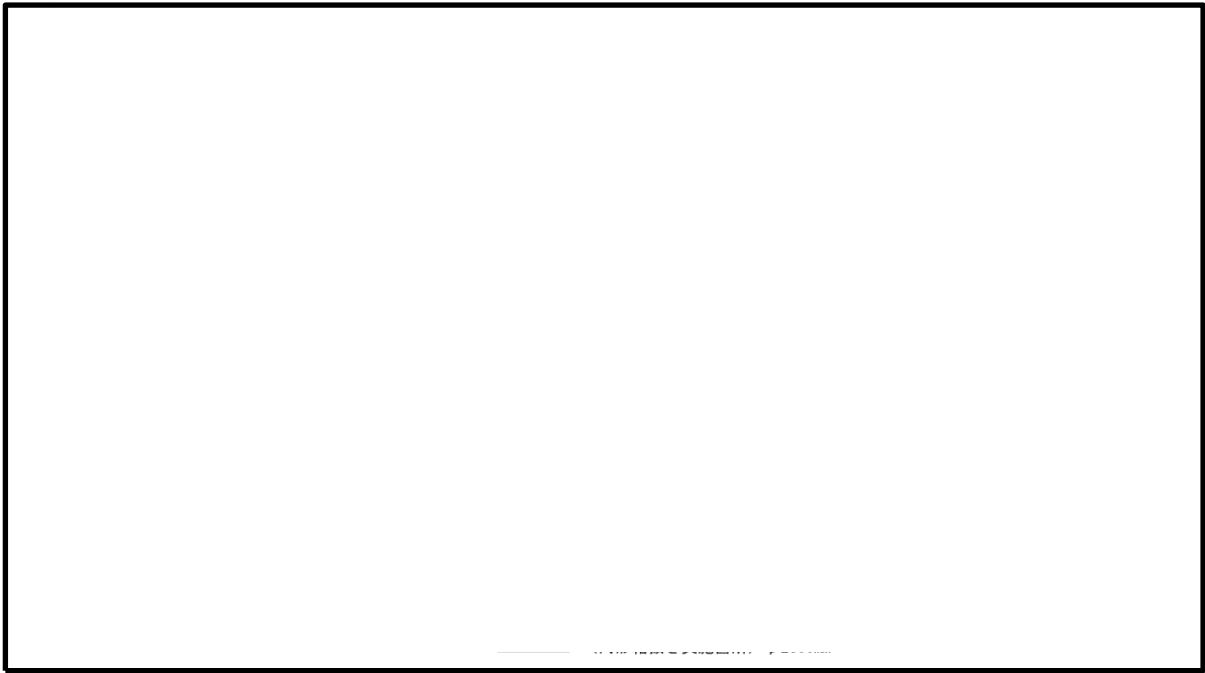
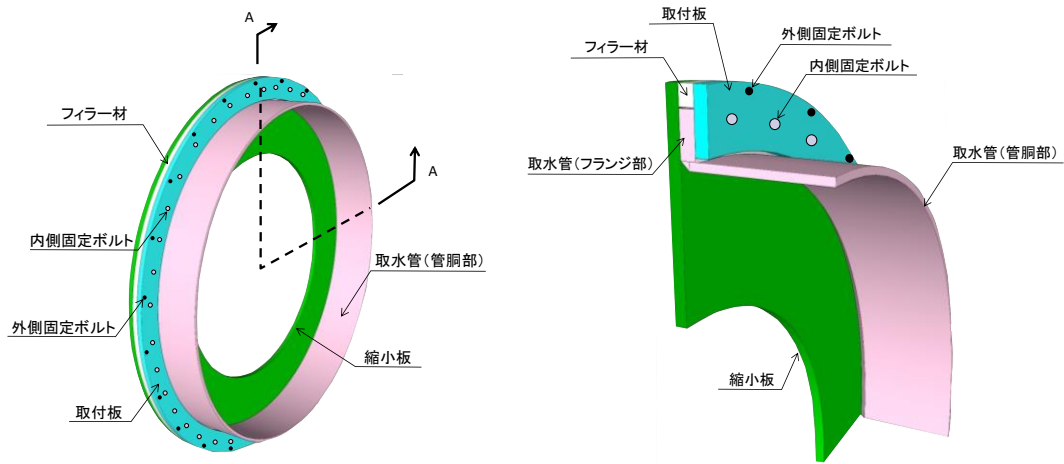


図1.8.4-1 1号機取水槽流路縮小工の位置図



(1号機取水槽 縦断図)



(流路縮小工 詳細図)

図 1.8.4-2 1号機取水槽流路縮小工の構造概要図

(1) 評価対象断面の選定

1号機取水槽流路縮小工は、1号機取水槽北側壁に設置されていることから、耐震評価においては、1号機取水槽北側壁の応答を用いることとし、1号機取水槽の縦断面を評価対象断面として選定する。

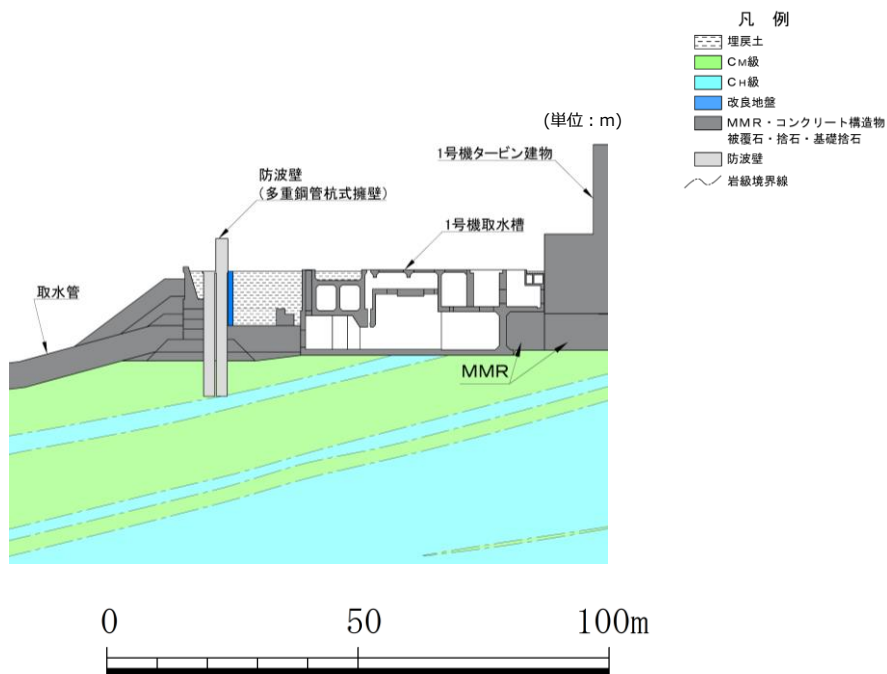


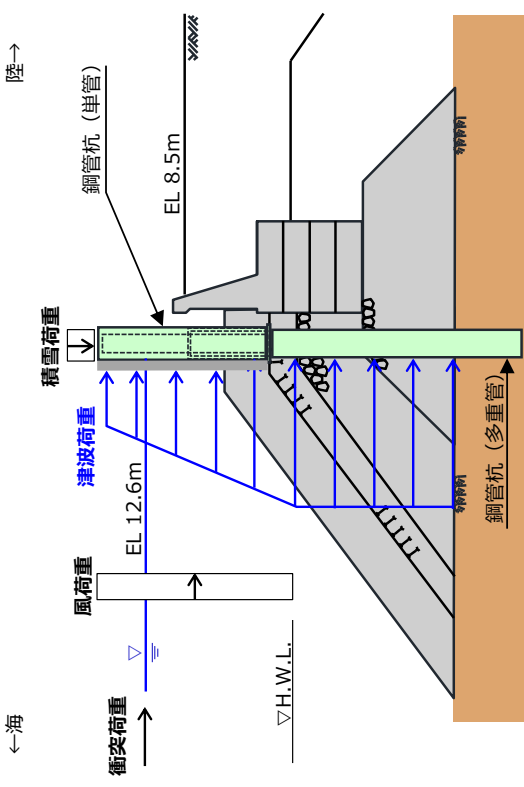
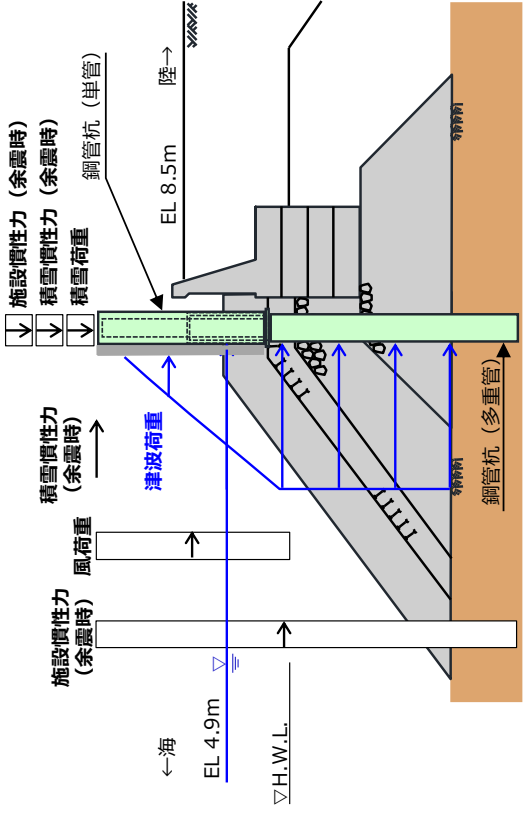
図 1.8.4-3 1号機取水槽の縦断面図

1.9 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況

1.9.1 各施設における津波時及び重畳時の荷重作用状況

防波壁，防波壁通路防波扉及び1号機取水槽流路縮小工の強度計算における津波時及び重畳時に考慮する荷重については，その施設の設置位置や形状等により設定している。表1.9.1-1に各施設における津波時及び重畳時の荷重作用状況を示す。表1.9.1-1では，各施設の解析手法に従い，静的解析，2次元静的有限要素法，2次元動的有限要素法及び3次元構造解析における荷重作用状況を示しているが，詳細については各施設の強度計算書に示す。

表 1.9.1-1 (1/6) 津波時及び重畳時の荷重作用状況

施設名	津波時	重畳時
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)		
防波壁高さ	EL 15.0 (m)	
設計津波水位	津波時 : EL 12.6 (m), 重畳時 : EL 4.9 (m)	
地盤高さ	EL 8.5 (m)	
設計用浸水深*1	津波時 : 2.05 (m), 重畳時 : —*2	
入射津波の静水面上の高さ*1	津波時 : 6.01 (m), 重畳時 : 2.16 (m)	

注記*1: 敷地高さより上に作用する波圧を朝倉式により算出する際に設計用浸水深を参照し、敷地高さより下に作用する波圧を谷本式により算出する際に入射津波の静水面上の高さを参照する。

*2: 海城活断層から想定される地震による津波の設計津波水位はEL 4.9mであり敷地高EL 8.5mを超えない

表 1.9.1-1 (2/6) 津波時及び重畳時の荷重作用状況

施設名	津波時	重畳時*2								
防波壁 (逆T擁壁)		—								
<table border="1"> <tr> <td>防波壁高さ</td> <td>EL 15.0 (m)</td> </tr> <tr> <td>設計津波水位</td> <td>EL 12.6 (m)</td> </tr> <tr> <td>地盤高さ</td> <td>EL 8.5 (m)</td> </tr> <tr> <td>設計用浸水深*1</td> <td>2.05 (m)</td> </tr> </table>			防波壁高さ	EL 15.0 (m)	設計津波水位	EL 12.6 (m)	地盤高さ	EL 8.5 (m)	設計用浸水深*1	2.05 (m)
防波壁高さ	EL 15.0 (m)									
設計津波水位	EL 12.6 (m)									
地盤高さ	EL 8.5 (m)									
設計用浸水深*1	2.05 (m)									
<p>注記*1：敷地高さより上に作用する波圧を朝倉式により算出する際に設計用浸水深を参照する。</p>										
<p>*2：海域活断層から想定される地震による津波の設計津波水位は EL 4.9m であり敷地高 EL 8.5m を超えないため、重畳時は考慮しない。</p>										

表 1.9.1-1 (3/6) 津波時及び重畳時の荷重作用状況

施設名	津波時	重畳時
防波壁 (波返重力擁壁)		
防波壁高さ	3号機東側	3号機北側
設計津波水位	EL 15.0 (m)	
地盤高さ	EL 8.5 (m)	EL 7.5 (m)
設計用浸水深 ^{*1}	津波時：2.05 (m) 重畳時： ^{*2} -	津波時：2.05 (m) 重畳時： ^{*3} -
入射津波の静水面上の高さ ^{*1}	津波時：6.01 (m), 重畳時：2.16 (m)	— ^{*3}
注記	<p>*1：敷地高以上に作用する波圧を朝倉式により算出する際に設計用浸水深を参照し、敷地高以深に作用する波圧を谷本式により算出する際に入射津波の静水面上の高さを参照する。</p> <p>*2：海域活断層から想定される津波の設計津波水位は EL 4.9m であり敷地高を超えない</p> <p>*3：海域活断層から想定される地震による津波の設計津波水位は EL 4.9m であり敷地高を超えないため、重畳時は考慮しない。</p>	

表 1.9.1-1 (4/6) 津波時及び重畳時の荷重作用状況

施設名	津波時	重畳時*2										
防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)	<p>陸→</p> <p>防波壁</p> <p>防波扉</p> <p>津波荷重</p> <p>漂流物衝突荷重</p> <p>漂流物対策工</p> <p>←海</p> <p>▽ EL 15.0m</p> <p>▽ EL 9.5m</p> <p>▽ EL 8.5m</p>	—										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="965 1160 1021 1960">1号機北側</th> <th data-bbox="965 548 1021 1160">2号機北側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1021 1160 1077 1960">防波扉高さ</td> <td data-bbox="1021 548 1077 1160">EL 11.65(m)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1077 1160 1133 1960">設計津波水位</td> <td data-bbox="1077 548 1133 1160">EL 12.6(m)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1133 1160 1189 1960">基準高さ</td> <td data-bbox="1133 548 1189 1160">EL 9.5(m)</td> </tr> <tr> <td data-bbox="1189 1160 1244 1960">設計用浸水深*1</td> <td data-bbox="1189 548 1244 1160">2.05(m)</td> </tr> </tbody> </table>	1号機北側	2号機北側	防波扉高さ	EL 11.65(m)	設計津波水位	EL 12.6(m)	基準高さ	EL 9.5(m)	設計用浸水深*1	2.05(m)	<p>注記*1：敷地高さより上に作用する波圧を朝倉式により算出する際に設計用浸水深を参照する。 *2：海域活断層から想定される地震による津波の設計津波水位はEL 4.9mであり敷地高EL 8.5mを超えないため、重畳時は考慮しない。</p>
1号機北側	2号機北側											
防波扉高さ	EL 11.65(m)											
設計津波水位	EL 12.6(m)											
基準高さ	EL 9.5(m)											
設計用浸水深*1	2.05(m)											

表 1.9.1-1 (5/6) 津波時及び重畳時の荷重作用状況

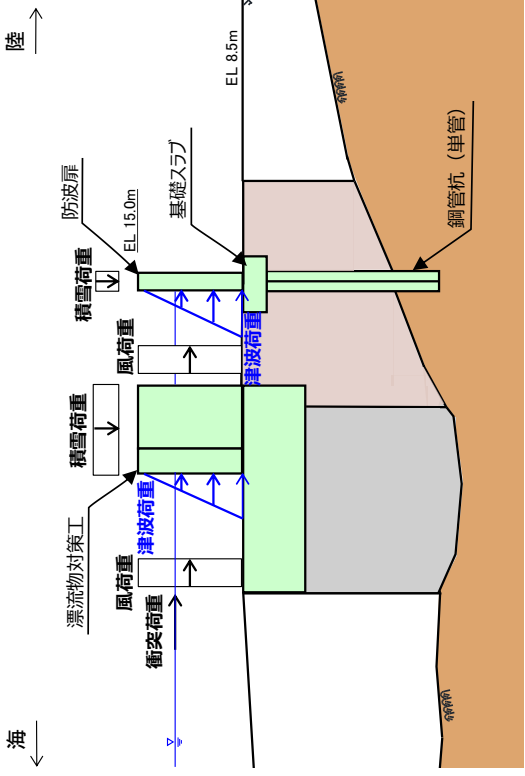
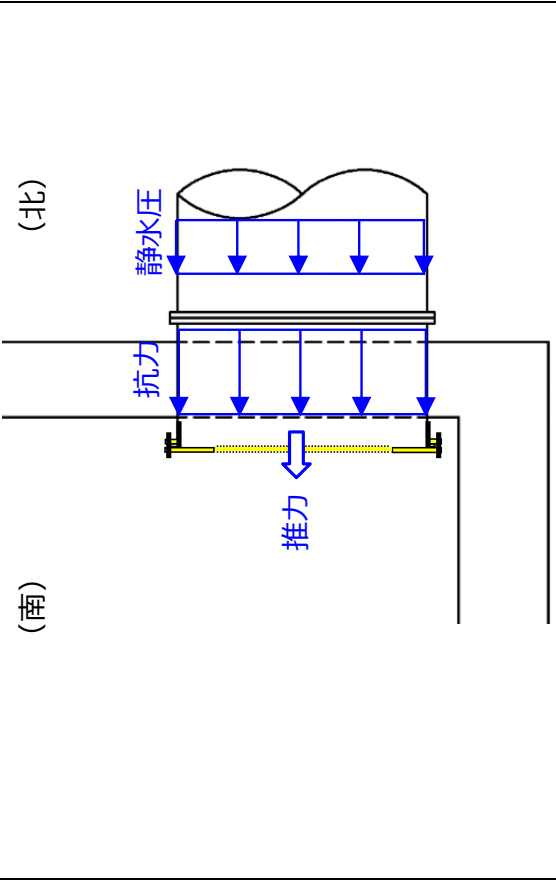
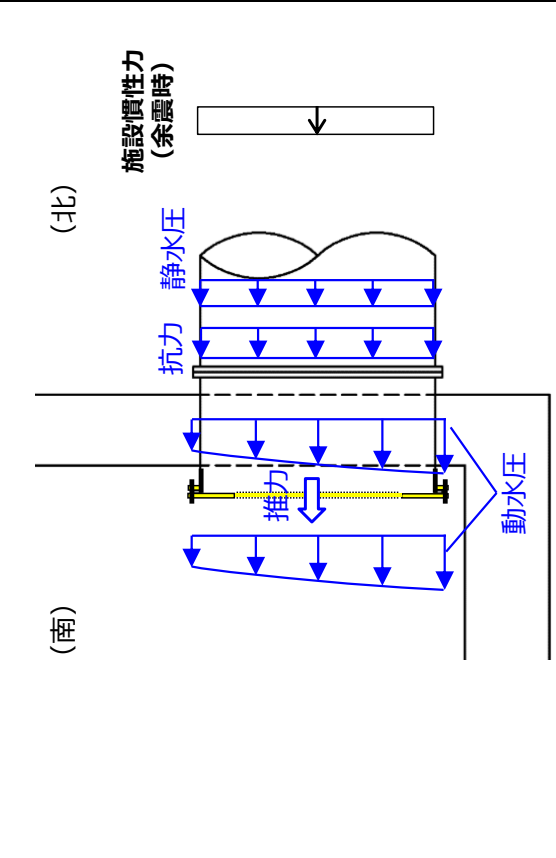
施設名	津波時*1	重畳時*3										
防波壁通路防波扉（荷揚場南，3号機東側）		—										
	<table border="1" data-bbox="957 504 1236 1691"> <thead> <tr> <th>荷揚場南</th> <th>3号機東側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>防波扉高さ</td> <td>EL 15.0 (m)</td> </tr> <tr> <td>設計津波水位</td> <td>EL 12.6 (m)</td> </tr> <tr> <td>地盤高さ</td> <td>EL 8.5 (m)</td> </tr> <tr> <td>設計用浸水深*2</td> <td>2.05 (m)</td> </tr> </tbody> </table>	荷揚場南	3号機東側	防波扉高さ	EL 15.0 (m)	設計津波水位	EL 12.6 (m)	地盤高さ	EL 8.5 (m)	設計用浸水深*2	2.05 (m)	<p>注記*1：防波扉（荷揚場南）及び防波扉（3号機東側）は、津波時に作用する荷重の種類、防波扉高さ、設計津波高さ、地盤高さ及び設計用浸水深が同じであるため、防波扉（荷揚場南）を代表して示す。</p> <p>*2：敷地高さより上に作用する波圧を朝倉式により算出する際に設計用浸水深を参照する。</p> <p>*3：海域活断層から想定される地震による津波の設計津波水位はEL 4.9mであり敷地高EL 8.5mを超えないため、重畳時は考慮しない。</p>
荷揚場南	3号機東側											
防波扉高さ	EL 15.0 (m)											
設計津波水位	EL 12.6 (m)											
地盤高さ	EL 8.5 (m)											
設計用浸水深*2	2.05 (m)											

表 1.9.1-1 (6/6) 津波時及び重畳時の荷重作用状況

施設名	津波時	重畳時
1号機取水槽流路縮小工		

1.10 耐震及び耐津波設計における許容限界

1.10.1 基本方針

津波防護施設の耐震及び耐津波設計における部材の許容限界については、「耐震設計に係る工認審査ガイド」及び「耐津波設計に係る工認審査ガイド」（以下「審査ガイド」という。）に示されている規格及び基準に基づき設定することを基本とする。直接適用できない場合にはその他の規格，基準類の適用性を検討し，適切に設定する（詳細は「1.11 強度計算に用いた規格・基準類の適用性」に示す）。

1.10.2 適用する規格，基準類

津波防護施設の各部材における許容限界について表 1.10.2-1 に示す。以下に材料毎の適用する規格，基準類を示す。

(1) 鉄筋

鉄筋の許容限界については，審査ガイドに示されている「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）」に基づき設定することを基本とする。

(2) コンクリート

コンクリートの許容限界については，審査ガイドに示されている「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）」に基づき設定することを基本とする。

防波壁（波返重力擁壁）のケーソン及び放水路ケーソンにおけるコンクリートのせん断（面内）及びせん断ひずみについては，審査ガイドに示されている「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987（（社）日本電気協会）」に基づき設定する。

(3) 鋼材

鋼材の許容限界については審査ガイドに示されている「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）」又は「鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 年改定）」に基づき設定することを基本とする。

(4) アンカーボルト

アンカーボルトの許容限界については、「各種合成構造設計指針・同解説（（社）日本建築学会，2010 年）」に基づき設定する。

(5) グラウンドアンカ

グラウンドアンカの許容限界については、「グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説（（社）地盤工学会，2012 年）」に基づき設定する。

表 1.10.2-1 (1/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類
(防波壁 (多重鋼管杭式擁壁))

部材	規格	許容限界					適用する規格・基準類
		地震時、津波時、重量時					
		種別	許容 応力度 (N/mm ²)	割増し 係数*	短期許容 応力度 (N/mm ²)	降伏 応力度 (N/mm ²)	
被覆コンクリート壁 (鉄筋)	SD345	引張	196	1.5	294	—	・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)
		曲げ	9	1.5	13.5	—	
		せん断	0.45	1.5	0.67	—	
被覆コンクリート壁 (コンクリート)	設計基準強度 $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	押抜き せん断	0.9	1.5	1.35	—	・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 (I 共通編・II 鋼橋編) ・同解説 ((社) 日本道路協会, 平成 14 年 3 月)
		曲げ	—	—	—	315	
		せん断	105	1.5	157	—	
漂流対策工 (鉄筋コンクリ ート版) (コンクリート)	SKK490	曲げ	—	—	—	—	・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)
		せん断	—	—	—	—	
		曲げ	—	—	—	355	
鋼管杭 (鋼材)	SM490Y	せん断	120	1.5	180	—	・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)
		曲げ	—	—	—	—	

注記* : 短期許容応力度は、地震の影響を考慮した荷重の組合せに対して、割増し係数を乗じた値であることが、それぞれの規格・基準類に示されている。

表 1.10.2-1 (2/14) 各部材の許容限界に適用する規格，基準類
 (防波壁 (多重鋼管杭式擁壁))

部材	許容限界			適用する規格・基準類
	地震時，津波時，重畳時			
	規格	せん断耐力 (kN/本)	引抜耐力 (kN/本)	
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) (アンカーボルト)	SD345	47.9	42.3	・各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010年)

表 1.10.2-1 (3/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類

(防波壁 (逆T擁壁))

部材	規格	許容限界				適用する規格・基準類	
		地震時、津波時、重量時					
		種別	許容 応力度 (N/mm ²)	割増し 係数*	短期許容 応力度 (N/mm ²)		
逆T擁壁 (鉄筋)	SD345	曲げ	196	1.5	294	・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)	
		曲げ	9.0	1.5	13.5		
		せん断	0.45	1.5	0.67		
		支圧 (グラウンド アンカ)	12	1.5	18		
逆T擁壁 (コンクリート)	設計基準強度 $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	支圧 (隣接躯体)	7.2	1.5	10.8		
		押抜き せん断	0.9	1.5	1.35		
漂流物対策工 (鉄筋コンク リート版) (コンクリート)	設計基準強度 $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	曲げ	140	1.5	210		・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)
		せん断	80	1.5	120		
漂流物対策工 (鋼材) (鋼材)	SS400						

注記*: 短期許容応力度は、地震の影響を考慮した荷重の組合せに対して、割増し係数を乗じた値であることが、規格・基準類に示されている。

表 1.10.2-1 (4/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類
(防波壁 (逆T擁壁))

部材	規格	許容限界			適用する規格・基準類
		地震時、津波時、重畳時		降伏強度 (N/mm ²)	
		せん断耐力 (kN/本)	引抜耐力 (kN/本)		
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) (アンカーボルト)	SD345	47.9	42.3	345	・各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010年)
漂流物対策工 (鋼材) (アンカーボルト)	SS400	24.8	29.3	345	

表 1.10.2-1 (5/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類
(防波壁 (逆T擁壁))

部材	規格	許容限界		適用する規格・基準類
		地震時、津波時、重畳時 設計アンカー力 (kN)		
		アンカー長	極限引張り力	
グラウンドアンカ (①-①断面)	アンカー長：17.5m～30.0m 極限引張り力：2800kN 降伏引張り力：2400kN	1764*	・グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 ((社) 地盤工学会, 2012年)	
グラウンドアンカ (④-④断面)		1453*		
グラウンドアンカ (⑤-⑤断面)		2076*		

注記*：グラウンドアンカの許容限界は、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説 ((社) 地盤工学会, 2012年)」に基づき、テンドンの許容引張り力、テンドンの許容拘束力及びテンドンの許容引抜力の最小値であるテンドンの許容拘束力を採用する。

表 1.10.2-1 (6/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類
(防波壁 (波返重力擁壁))

部材	規格	許容限界				適用する規格・基準類
		種別	地震時，津波時，重量時 許容 応力度 (N/mm ²)	割増し 係数*1	短期許容 応力度 (N/mm ²)	
重力擁壁 (鉄筋)	SD345	曲げ	196	1.5	294	<ul style="list-style-type: none"> ・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) ・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)
	SD345	曲げ	196	1.5	294	
重力擁壁 (コンクリート)	設計基準強度 $f_{ck}=24\text{N/mm}^2$	曲げ	9.0	1.5	13.5	
	設計基準強度 $f_{ck}=21\text{N/mm}^2$	せん断	0.45	1.5	0.67	
ケーン (コンクリート)	設計基準強度 $f_{ck}=24\text{N/mm}^2$	せん断	0.43	1.5	0.64	
		曲げ	9.0	1.5	13.5	
	設計基準強度 $f_{ck}=24\text{N/mm}^2$	せん断 (面外)	0.45	1.5	0.67	
		せん断 (面内)	—*2	—	—	
放水路ケーン (コンクリート)	設計基準強度 $f_{ck}=24\text{N/mm}^2$	曲げ	9.0	1.5	13.5	
		せん断 (面外)	0.45	1.5	0.67	
	設計基準強度 $f_{ck}=24\text{N/mm}^2$	せん断 (面内)	—*2	—	—	
		押し抜き せん断	0.9	1.5	1.35	
H形鋼 (鋼材)	SM490	せん断	105	1.5	157	<ul style="list-style-type: none"> ・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)

注記*1: 短期許容応力度は、地震の影響を考慮した荷重の組合せに対して、割増し係数を乗じた値であることが、規格・基準類に示されている。

*2: 「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987 ((社) 日本電気協会)」に規定されているスケルトンカーブの第 1 折点の許容せん断応力度 (面内) を許容限界とする。

表 1.10.2-1 (7/14) 各部位の許容限界に適用する規格、基準類

(防波壁 (波返重力擁壁))

部材	規格	許容限界		適用する規格・基準類
		地震時, 津波時, 重畳時 引張強度 (N/mm ²)		
放水路ケーソン (頂版, 底版, 側壁) (コンクリート)	設計基準強度 $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	1.91		・コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ((社) 土木学会, 2002年 制定)

表 1.10.2-1 (8/14) 各部位の許容限界に適用する規格、基準類

(防波壁 (波返重力擁壁))

部材	規格	許容限界		適用する規格・基準類
		地震時, 津波時, 重畳時 せん断ひずみ		
放水路ケーソン (隔壁) * (コンクリート)	設計基準強度 $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$	2000 μ (2/1000)		・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)

注記* : 放水路ケーソン (隔壁) は, 重力擁壁の支持のみを期待し, 3 次元非線形構造解析による許容限界は, 「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)」に基づき許容ひずみを設定する。

表 1.10.2-1 (9/14) 各部位の許容限界に適用する規格、基準類

(防波壁 (波返重力擁壁))

部材	規格	許容限界			適用する規格・基準類
		せん断耐力 (kN/本)	地震時, 津波時, 重畳時 引抜耐力 (kN/本)	降伏強度 (N/mm ²)	
漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) * (アンカーボルト)	SD345	69.1	60.2	345	・各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010 年)

注記* : 重力擁壁及びケーソンに設置する漂流物対策工 (鉄筋コンクリート版) を示す。

表 1.10.2-1 (10/14) 各部材の許容応力度及び短期許容応力度に適用する規格、基準類
(防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側))

部材	規格	許容限界				適用する規格・基準類
		地震時、津波時				
		種別	許容 応力度 (N/mm ²)	割増し 係数*	短期許容 応力度 (N/mm ²)	
防波扉 (扉板) (鋼材)	SS400	曲げ	143	1.5	215	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼構造設計規程 - 許容応力度設計法 - ((社) 日本建築学会, 2005 改定)
		曲げ	156	1.5	235	
		せん断	90	1.5	135	
防波扉 (芯材) (鋼材)	SS400	引張	143	1.5	215	
		圧縮	230	1.5	345	
		せん断	250	1.5	375	
防波扉 (ヒンジ部) (鋼材)	S45C	引張	434	1.5	651	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼構造設計規程 - 許容応力度設計法 - ((社) 日本建築学会, 2005 改定) ・ 「JIS G 4051 - 2016 機械構造用炭素鋼鋼材」
		圧縮	136	1.5	205	
		せん断	78	1.5	118	
防波扉 (カンヌキ) (鋼材)	SUS304	引張	136	1.5	205	<ul style="list-style-type: none"> ・ 鋼構造設計規程 - 許容応力度設計法 - ((社) 日本建築学会, 2005 改定) ・ 「JIS G 4303 - 2012 ステンレス鋼棒」
		圧縮	78	1.5	118	
		せん断	136	1.5	205	

注記*：短期許容応力度は、地震の影響を考慮した荷重の組合せに対して、割増し係数を乗じた値であることが、それぞれの規格・基準類に示されている。

表 1.10.2-1 (11/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類
(防波壁通路防波扉 (荷揚場南, 3号機東側))

部材	規格	許容限界				適用する規格・基準類
		地震時、津波時				
		種別	許容 応力度 (N/mm ²)	割増し 係数*1	短期許容 応力度 (N/mm ²)	
防波扉 (鋼製扉体) (鋼材)	SM490	曲げ	160	1.5	240	<ul style="list-style-type: none"> ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術基準協会, 平成 28 年 3 月)
		せん断	90	1.5	135	
		圧縮	160	1.5	240	
	SS400	曲げ	120	1.5	180	
		せん断	70	1.5	105	
防波扉基礎 (RC支柱, フーチング) (鉄筋)	SD345	曲げ	196	1.5	294	<ul style="list-style-type: none"> 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)
		せん断	196	1.5	294	
	設計基準強度 $f_{ck}=24\text{N/mm}^2$	曲げ	9	1.5	13.5	
		せん断	0.45	1.5	0.67	
防波扉基礎 (鋼管杭) (鋼材)	SKK490 ($\phi 1200\text{mm} \cdot t25\text{mm}$)	せん断	105	1.5	157	<ul style="list-style-type: none"> 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)

注記* : 短期許容応力度は, 地震の影響を考慮した荷重の組合せに対して, 割り増し係数を乗じた値であることが, それぞれの規格・基準類に示されている。

表 1.10.2-1 (12/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類
(防波壁通路防波扉 (荷揚場南, 3号機東側))

部材	規格	許容限界				適用する規格・基準類
		地震時、津波時				
		種別	許容 応力度 (N/mm ²)	割増し 係数*1	短期許容 応力度 (N/mm ²)	
漂流物対策工 (鋼製扉体, 戸当り) (鋼材)	SBHS700	曲げ	350	1.5	525	<ul style="list-style-type: none"> ダム・堰施設技術基準 (案) (基準解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術基準協会, 平成 28 年 3 月)
		せん断	202	1.5	303	
	曲げ	207	1.5	310		
	せん断	129	1.5	193		
	圧縮	225	1.5	337		
漂流物対策工 (RC支柱, フーチング) (鉄筋)	SD345	曲げ	196	1.5	294	<ul style="list-style-type: none"> 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)
		せん断	196	1.5	294	
漂流物対策工基礎 (RC支柱, フーチング) (コンクリート)	設計基準強度 $f_{ck}=40\text{N/mm}^2$	曲げ	14	1.5	21	
		せん断	0.55	1.5	0.82	

注記* : 短期許容応力度は, 地震の影響を考慮した荷重の組合せに対して, 割増し係数を乗じた値であることが, それぞれの規格・基準類に示されている。

表 1.10.2-1 (13/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類

(防波壁通路防波扉 (3号機東側))

部材	規格	許容限界		適用する規格・基準類
		地震時、津波時 設計アンカー力 (kN)		
グラウンドアンカ	アンカー長：10.0m～20.5m 極限引張り力：2800kN 降伏引張り力：2400kN	2076*		・グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（（社）地盤工学会、2012年）

注記*：グラウンドアンカの許容限界は、「グラウンドアンカー設計・施工基準、同解説（（社）地盤工学会、2012年）」に基づき、テンドンの許容引張り力、テンドンの許容拘束力及びテンドンの許容引抜力の最小値であるテンドンの許容拘束力を採用する。

表 1.10.2-1 (14/14) 各部材の許容限界に適用する規格、基準類

(1号機取水槽流路縮小工)

部材	規格	許容限界				適用する規格・基準類
		地震時、津波時、重量時				
		種別	許容 応力度 (N/mm ²)	割増し 係数*	短期許容 応力度 (N/mm ²)	
縮小板 (鋼材)		曲げ	157	1.5	235	・鋼構造設計規準－許容応力度設計法－(社)日本建築学会, 2005 改定)
		せん断	90	1.5	135	
取水管 (フランジ部) (鋼材)	SS400	曲げ	143	1.5	215	
		せん断	83	1.5	124	
取水管 (管胴部) (鋼材)		曲げ	157	1.5	235	
		せん断	90	1.5	135	
固定ボルト (鋼材)	SCM435	引張	373	1.5	560	・鋼構造許容応力度設計規準 (社)日本建築学会, 2019 制定)

注記*：短期許容応力度は、地震の影響を考慮した荷重の組合せに対して、割増し係数を乗じた値であることが、それぞれの規格・基準類に示されている。

1.11 強度計算に用いた規格・基準類の適用性

1.11.1 規格・基準の適用性について

規格・基準の適用性について、表 1.11.1-1 に示す。

なお、「審査ガイド記載有無」については、以下のとおり、分類を行う。

△：審査ガイドに記載がある規格・基準であり、年度が異なるもの

－：審査ガイドに記載のない規格・基準

表 1.11.1-1 (1/3) 規格・基準の適用性について

No.	規格・基準名	審査ガイド 記載有無	対象設備	適用性
1	グラウンドアンカー設計・施工基準，同解説（（社）地盤工学会，2012年）	—	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁（逆T擁壁） 防波壁通路防波扉（3号機東側） 	グラウンドアンカーの設計基準として，一般国道等で多数の採用実績があり，適用性があると判断している。
2	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）	—	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 防波壁（逆T擁壁） 防波壁（波返重力擁壁） 防波壁通路防波扉（荷揚場南） 防波壁通路防波扉（3号機東側） 	先行プラントにおいて採用実績のある規格であり，適用性があると判断している。
3	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）	△	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁（多重鋼管杭式擁壁） 防波壁（波返重力擁壁） 	審査ガイドに記載の基準の改訂版であり，適用性があると判断している。
4	コンクリート標準示方書〔設計編〕（（社）土木学会，2012年制定）	△	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁（波返重力擁壁） 	審査ガイドに記載の基準の改訂版であり，適用性があると判断している。
5	コンクリート標準示方書〔設計編〕（（社）土木学会，2017年制定）	△	<ul style="list-style-type: none"> 防波壁（波返重力擁壁） 	審査ガイドに記載の基準の改訂版であり，適用性があると判断している。
6	原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震性能照査指針・マニュアル（（社）土木学会，2005年）	—	<ul style="list-style-type: none"> 1号機取水槽流路縮小工 	原子力発電所屋外重要土木構造物に特化した規格・基準であり，屋外重要土木構造物の特徴（埋設された鉄筋コンクリート構造）を十分に考慮されたものであり，適用性があると判断している。

表 1.11.1-1 (2/3) 規格・基準の適用性について

No.	規格・基準名	審査ガイド 記載有無	対象設備	適用性
7	構造力学公式集 ((社) 土木学会, 1986年)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1号機取水槽流路縮小工 ・ 屋外排水路逆止弁 ・ 復水器エリア防水壁 ・ 復水器エリア水密扉 ・ 取水槽除じん機エリア防水壁 ・ 取水槽除じん機エリア水密扉 	先行プラントにおいて採用実績のある規格であり, 適用性があるとは判断している。
8	ダム・堰施設技術基準(案) (基礎解説編・設備計画マニュアル編) ((社) ダム・堰施設技術協会, 平成28年3月)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 屋外排水路逆止弁 ・ 防波壁通路防波扉 (荷揚場南) ・ 防波壁通路防波扉 (3号機東側) 	先行プラントにおいて採用実績のある規格であり, 適用性があるとは判断している。
9	各種合成構造設計指針・同解説 ((社) 日本建築学会, 2010年)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) ・ 防波壁 (逆T擁壁) ・ 防波壁 (波返重力擁壁) ・ 復水器エリア防水壁 ・ 復水器エリア水密扉 ・ 取水槽除じん機エリア防水壁 ・ 取水槽除じん機エリア水密扉 ・ 屋外排水路逆止弁 ・ 防波壁通路防波扉 (1号機北側) ・ 防波壁通路防波扉 (2号機北側) 	先行プラントにおいて採用実績のある規格であり, 適用性があるとは判断している。
10	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)	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 防波壁 (多重鋼管杭式擁壁) 	先行プラントにおいて採用実績のある規格であり, 適用性があるとは判断している。

表 1.11.1-1 (3/3) 規格・基準の適用性について

No.	規格・基準名	審査ガイド 記載有無	対象設備	適用性
11	鋼構造許容応力度設計規準（（社）日本建築学会，2019年制定）	△	<ul style="list-style-type: none"> ・ 1号機取水槽流路縮小工 	審査ガイドに記載の基準の改訂版であり，適用性があると判断している。
12	機械工学便覧（（社）日本機械学会）	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 屋外排水路逆止弁 ・ 床ドレン逆止弁 ・ 貫通部止水処置 ・ 防波壁通路防波扉（1号機北側） ・ 防波壁通路防波扉（2号機北側） ・ 防波壁通路防波扉（荷揚場南） ・ 防波壁通路防波扉（3号機東側） 	先行プラントにおいて採用実績のある規格であり，適用性があると判断している。
13	道路橋示方書（Ⅰ共通編・Ⅱ鋼橋編）・同解説（日本道路協会，平成24年3月）	—	<ul style="list-style-type: none"> ・ 屋外排水路逆止弁 	先行プラントにおいて採用実績のある規格であり，適用性があると判断している。
14	水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，2009年版）	△	<ul style="list-style-type: none"> ・ 復水器エリア防水壁 ・ 復水器エリア水密扉 	審査ガイドに記載の基準の改訂版であり，適用性があると判断している。

【その他，審査ガイドに記載のある規格・基準】

耐津波設計に係る工認審査ガイド

No.	規格・基準名
1	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)
2	原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1 ・補-1984 ((社)日本電気協会)
3	原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1991 追補版 ((社)日本電気協会)
4	建築基準法・同施行令
5	鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－ ((社)日本建築学会, 1999 改定)
6	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)
7	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)
8	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)
9	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)
10	発電用原子力設備規格 設計・建設規格 ((社)日本機械学会, 2005/2007)
11	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 25 年)

耐震設計に係る工認審査ガイド

No.	規格・基準名
1	建築基準法・同施行令
2	鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，1999 改定）
3	原子力施設鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説（（社）日本建築学会，2005 制定）
4	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）
5	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）
6	発電用原子力設備規格 設計・建設規格（（社）日本機械学会，2005/2007）
7	鋼構造設計規準－許容応力度設計法－（（社）日本建築学会，2005 改定）
8	水道施設耐震工法指針・解説（（社）日本水道協会，1997 年版）

1.12 津波に対する止水性能を有する施設の評価

1.12.1 概要

取水槽の海水ポンプエリア及び循環水ポンプエリアについては、VI-2-1-4「重要度分類及び重大事故等対処施設の施設区分の基本方針」に示すとおり、Sクラスの機器・配管が設置され、浸水防護重点化範囲として設定されている。また、取水槽に設置される浸水防護に関する施設としては、取水槽除じん機エリア防水壁、取水槽除じん機エリア水密扉、取水槽床ドレン逆止弁、隔離弁、機器・配管、貫通部止水処置及び取水槽水位計があり、これらはSクラスであるとともに、地震時・津波時においても止水機能が要求される設備である。

本資料では、津波時に部材からの漏水によりSクラスの機器・配管の安全機能を損なうことがないように、取水槽における津波に対する止水機能を確認する。

取水槽の止水機能が要求される範囲（部材）について、基準地震動 S_s による地震力に伴い生じる荷重又は応力に対して、止水性が維持されることを、VI-2-2-19「取水槽の耐震性についての計算書」にて確認している。

取水槽の海水ポンプエリア及び循環水ポンプエリアに関する止水機能を損なわないことの確認において、面外荷重によって漏水が生じるような顕著な（部材を貫通するような）ひび割れが発生しないことを、コンクリートの圧縮ひずみ及び主筋ひずみについて部材降伏に相当するひずみ（コンクリートの圧縮ひずみ 2000μ 、主筋ひずみ 1725μ ）を許容限界として照査を実施する。また、せん断破壊に対する許容限界は、土木学会マニュアルに基づくせん断耐力として照査を実施する。

また、面内荷重によって面内せん断ひずみが弾性範囲内（「J E A G 4 6 0 1 - 1987」で規定されているスケルトンカーブの第一折点 (γ_1) （以下「 γ_1 」という。））を下回ることを確認する。面内せん断ひずみが「 γ_1 」を超過する場合は、漏水量を算定し、津波防護に影響を与えないことを確認する。

1.12.2 取水槽の漏水量評価結果

取水槽において止水機能が要求される範囲（部材）を図 1.12-1 に示す。津波の押し波に対する止水機能を有するのは、除じん機エリアから流入する津波に対する止水として隔壁②-1，隔壁②-2，隔壁③-1，分離壁②及び分離壁③が、水路部からの止水に対して中床版②が該当する。

隔壁及び中床版は、津波防護対象設備を内包する区画（海水ポンプエリア及び循環水ポンプエリア）に隣接していることから、止水性の確認を行う。

取水槽の耐震評価については、VI-2-2-19「取水槽の耐震性についての計算書」に記載のとおり、基準地震動 S_s による地震力に伴い生じる面外方向の荷重又は応力に対して断面降伏に至らないこと及びせん断耐力を下回ることを確認していることから、漏水が生じるような顕著なひび割れは発生せず、止水性は維持される。

一方で、面内変形に対しては、 γ_1 を下回れば面内せん断ひび割れは発生せず水密性があると考えられ、 γ_1 を超過する場合は漏水量を算定し、止水性を損なう恐れがないことを評価することとしていることから、「補足 026-02 取水槽の地震応答計算書及び耐震性についての計算書に関する補足説明資料」のうち「参考 5 止水機能が要求される部材に対する漏水量評価について」において、止水機能を要求される部材のうち面内せん断ひずみが γ_1 を超過した部材に対して漏水量評価を実施している。

これらの部材について、基準地震動 S_s に対する面内せん断ひずみ及び γ_1 は表 1.12-1 のとおりであり、中床版が最も面内せん断ひずみが大きく、かつ γ_1 を超過する。このため、中床版を代表部材として選定し、中床版で面内せん断ひずみが大きく算出された地震応答解析ケース ($S_s - D (-+)$ ，解析ケース⑤) を用いて、3次元構造解析を実施する。3次元構造解析に用いる荷重は、中床版②の水平方向の相対変位が最大となる時刻の地震時増分荷重とする。

漏水量評価は、基準地震動 S_s を経験した後に、独立事象として、日本海東縁部の地震発生に伴う基準津波が襲来し、除じん機エリアの水位が上昇し、水位が最高水位となった状態を想定する。

取水槽の浸水量評価結果を表 1.12-2 に示す。浸水量評価の結果、ひび割れ幅やひび割れの貫通、津波の継続時間を保守的に考慮した総漏水量を 0.2m^3 と評価している。循環水ポンプエリアにおける浸水深さは 0.88mm であり、浸水影響を考慮する機器がない同エリアの側壁高さ $7,700\text{mm}$ (EL 8.8m) と比較して十分小さく、安全機能への影響はないことを確認した。

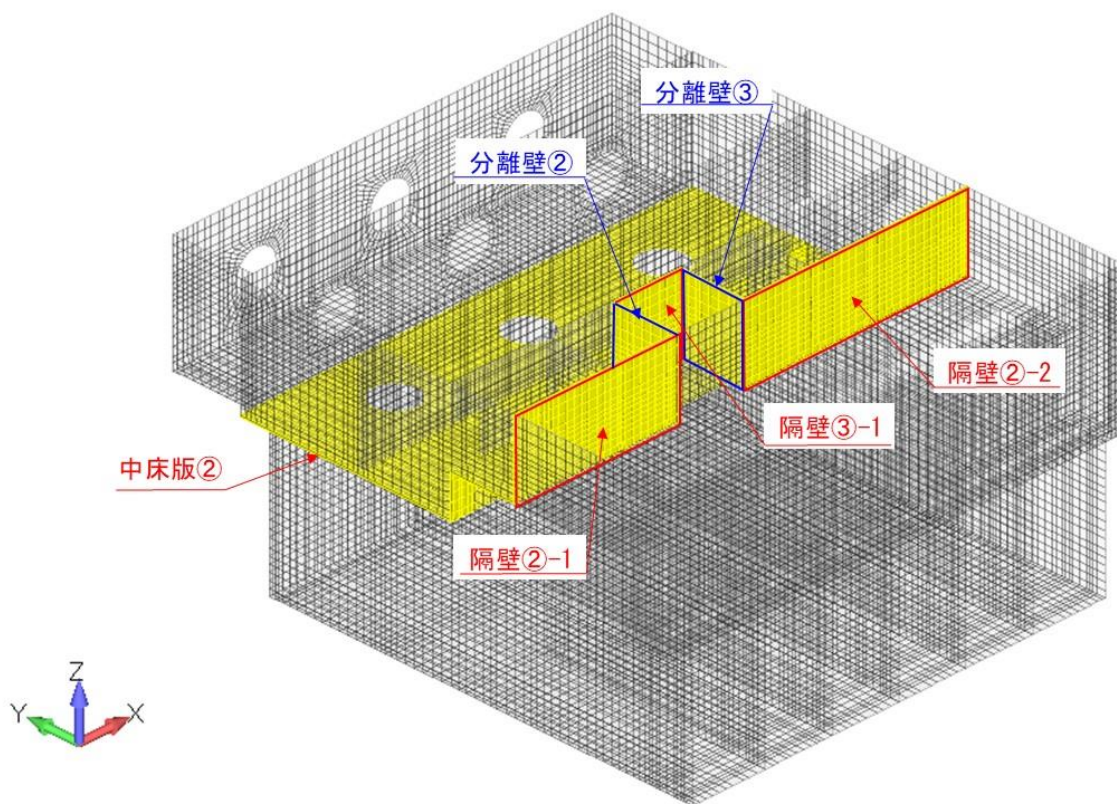


図 1.12-1 取水槽において止水機能が求められる部材の範囲

表 1.12-1 取水槽の評価対象部材の面内せん断ひずみ

部位	解析 ケース	地震波	面内せん断 ひずみ	第一折点 γ_1
中床版	⑤	S s - D (-+)	2001 μ	146 μ
隔壁	①	S s - D (+-)	1037 μ	146 μ
分離壁	④	S s - D (++)	110 μ	146 μ

表 1.12-2 取水槽の浸水量評価結果

	漏水量 (m ³)	浸水深さ (mm)
循環水ポンプエリア	0.2	0.88
海水ポンプエリア	漏水なし	浸水なし