

b. 原子炉建屋と電気建屋との境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲である原子炉建屋への流入防止の対策として実施している浸水防止設備の設置位置，浸水防止設備リストを示す（図2，表2）。

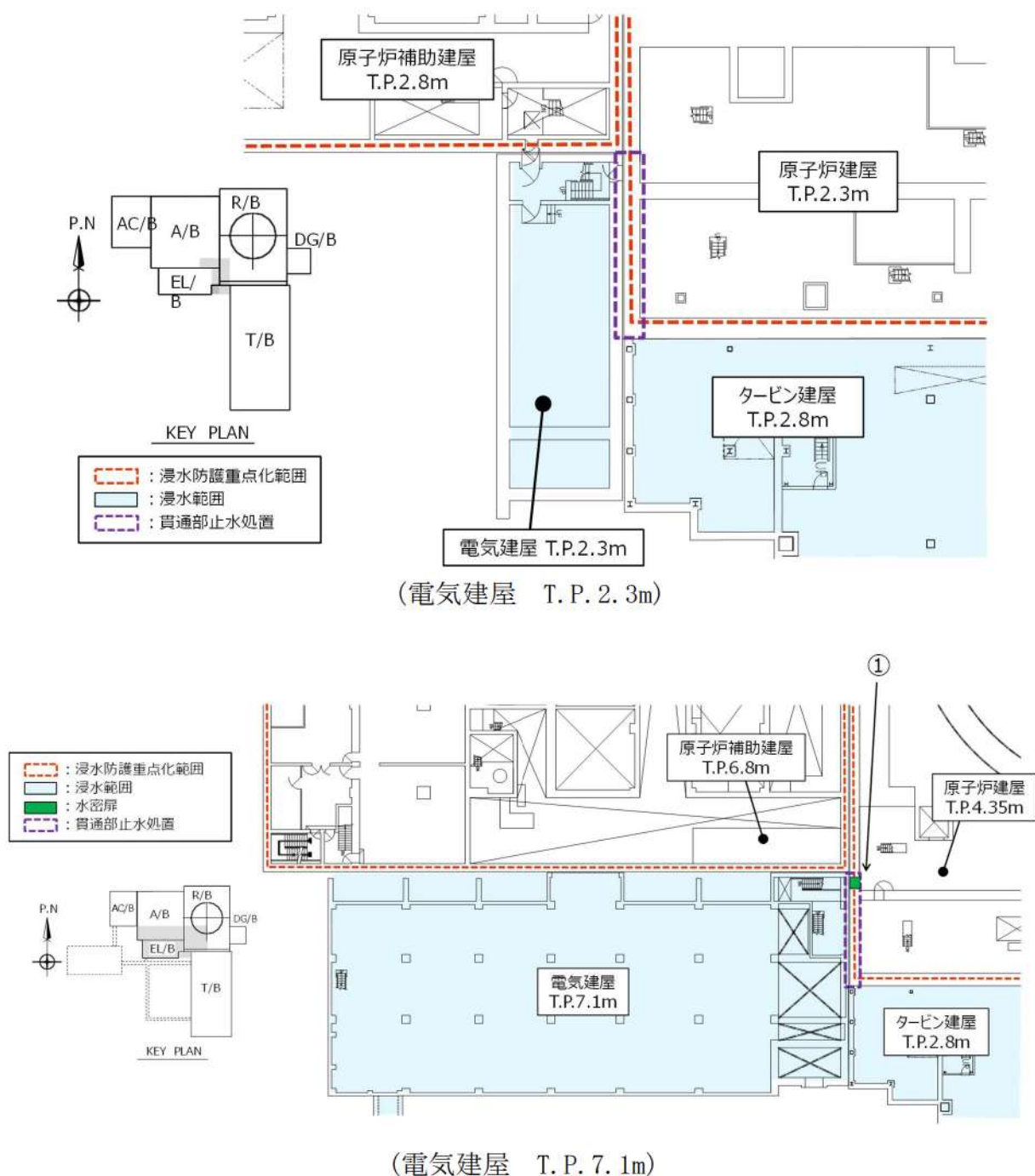


図2 原子炉建屋の浸水対策の概要（電気建屋との境界）

表2 原子炉建屋の浸水対策設備リスト（電気建屋との境界）

番号	設置高さ	建屋	名称	種類
①	T. P. 4. 35m	原子炉建屋	水密扉 No. 69	水密扉

(2) 原子炉補助建屋

原子炉補助建屋に対する流入防止の対策については、原子炉補助建屋と電気建屋との境界における浸水対策及び出入管理建屋との境界における浸水対策があることから、以下にそれぞれの内容について示す。

a. 原子炉補助建屋と電気建屋の境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲である原子炉補助建屋への流入防止の対策として実施している浸水防止設備の設置位置、浸水防止設備リストを示す（図3、表3）。

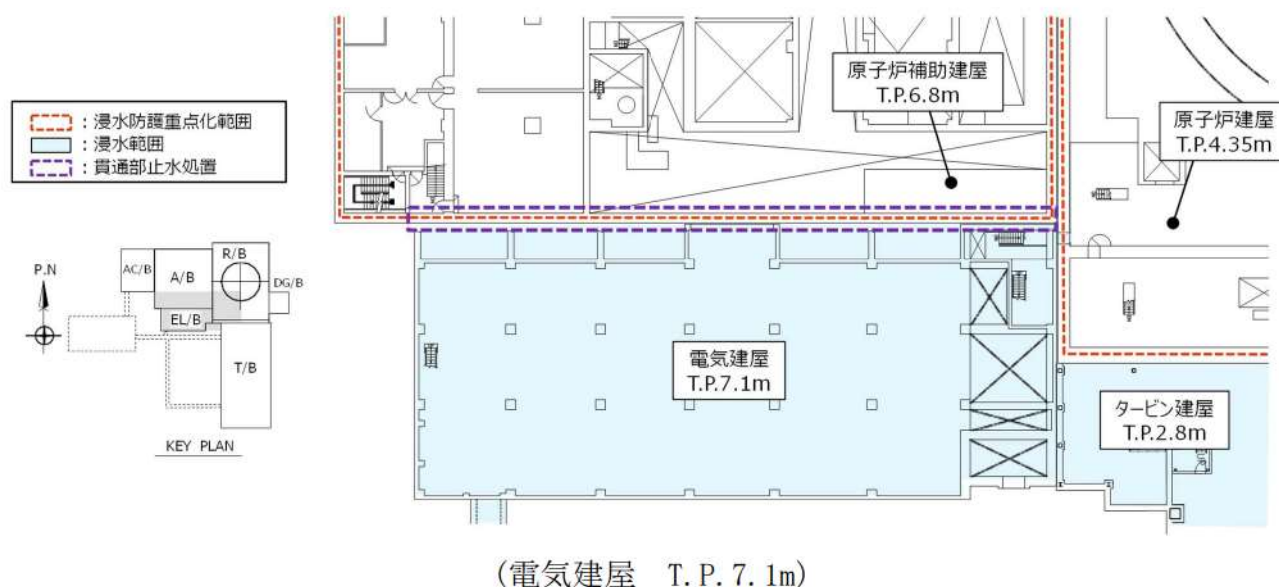
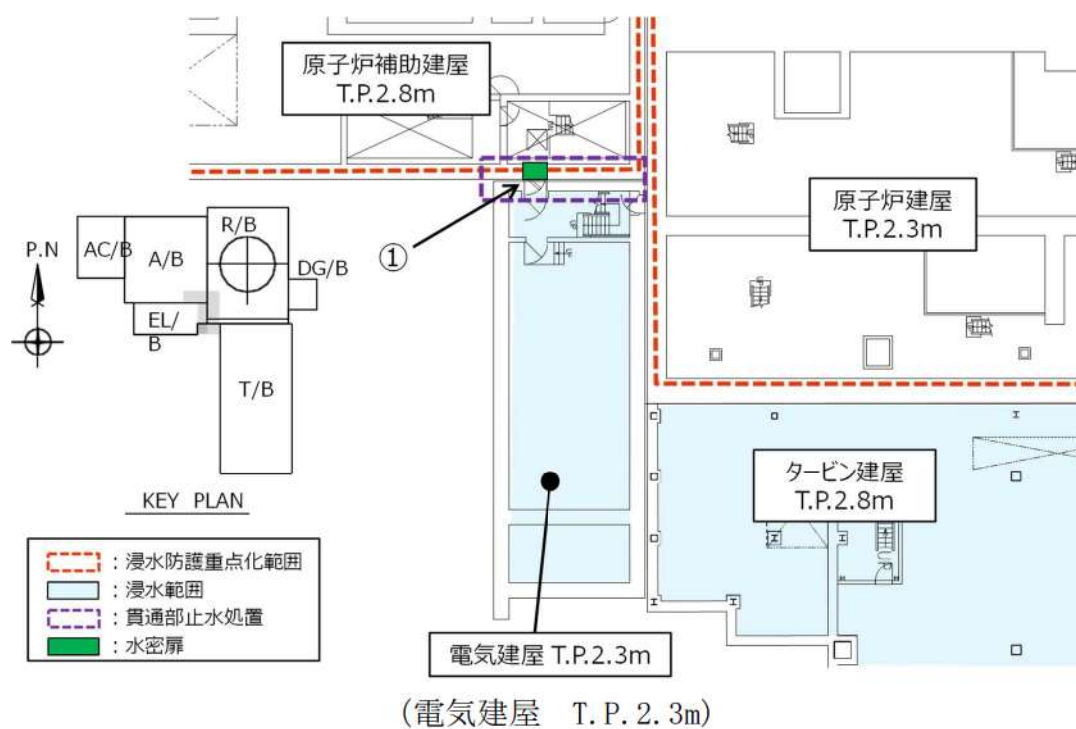


図3 原子炉補助建屋の浸水対策の概要（電気建屋との境界）

表3 原子炉補助建屋の浸水対策設備リスト（電気建屋との境界）

番号	設置高さ	建屋	名称	種類
①	T. P. 2. 3m	原子炉補助建屋	水密扉 No. 68	水密扉

b. 原子炉補助建屋と出入管理建屋の境界における浸水対策

浸水防護重点化範囲である原子炉補助建屋への流入防止の対策として実施している浸水防止設備の設置位置，浸水防止設備リストを示す（図4，表4）。

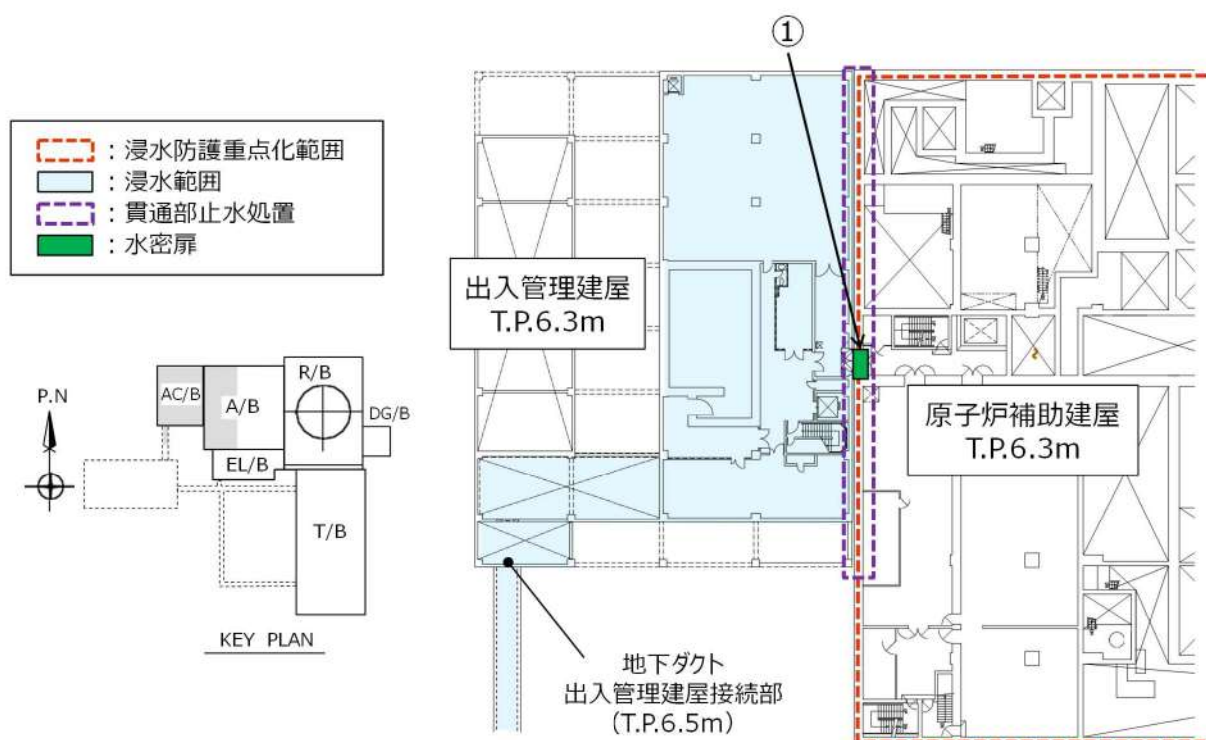


図4 原子炉補助建屋の浸水対策の概要（出入管理建屋との境界）

表4 原子炉補助建屋の浸水対策設備リスト（出入管理建屋との境界）

番号	設置高さ	建屋	名称	種類
①	T. P. 6. 3m	原子炉補助建屋	水密扉 No. 73	水密扉

3. 貫通部止水処置の施工例

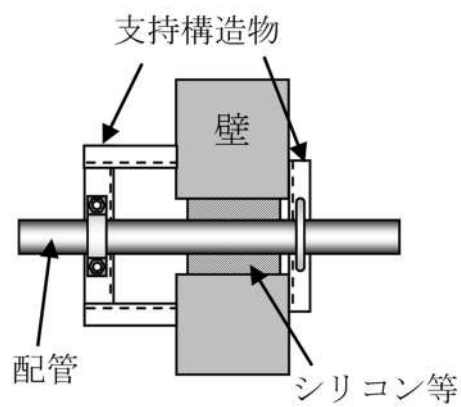
浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策として実施する貫通部止水処置の施工例を以下に示す。

施工例①

シリコンシール



施工状況

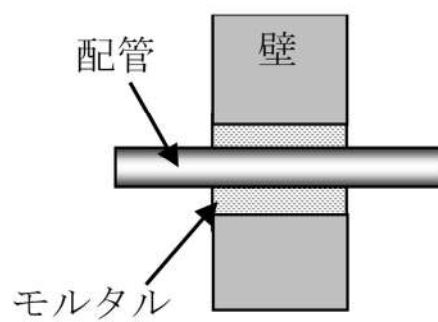


施工例②

モルタル

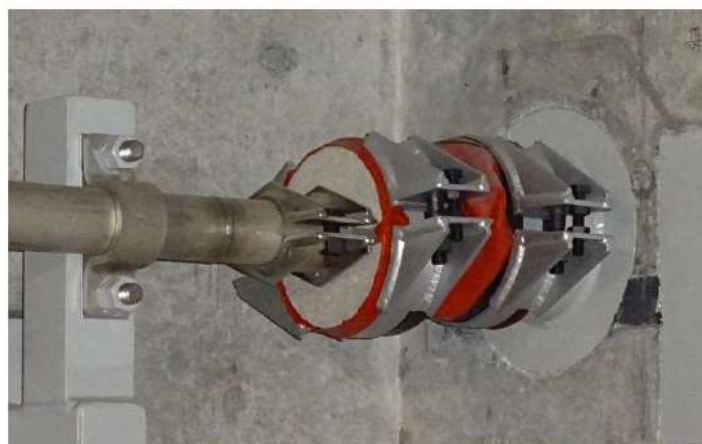


施工状況

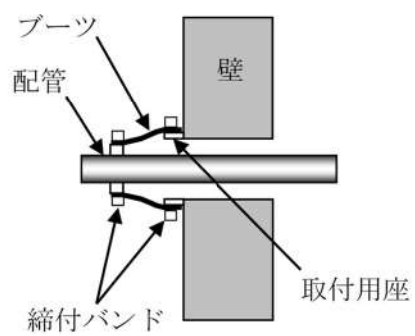


施工例③

ラバーブーツ



施工状況



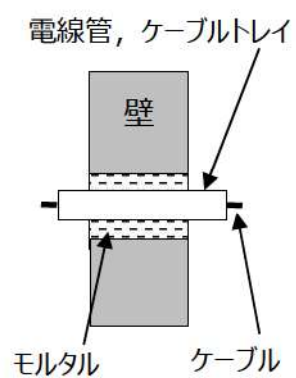
施工例④

電線管／ケーブルトレイ



(写真は電線管の止水処置)

施工状況



基準津波に伴う砂移動評価について

1. はじめに

基準津波による水位変動に伴う海底の砂の移動が取水口への通水性に影響がないことを砂移動評価にて確認している。

ここでは、砂移動解析における粒径の違いによる堆積厚さへの影響を検討した。

なお、砂移動解析の解析条件は「泊発電所3号炉津波評価について」（参考資料1）に基づくものとする。

2. 粒径のパラメータスタディ

砂移動評価における粒径の違いによる堆積厚さへの影響を確認するため、粒径のパラメータスタディを実施した。

検討は、平均粒径 (D_{50}) に加えて、 D_{10} 及び D_{90} を粒径としたケースを追加した。検討ケースを表1に示す。

粒径は、図1に示す地点で試料を採取し、図2に示す粒径加積曲線より、 D_{10} 相当は 0.096mm、 D_{90} 相当は 0.560mm に設定した。

砂移動評価は、基本ケースにおいて、堆積厚さが厚く評価された高橋ほか（1999）の方法を用いた。評価結果を表2に、最大堆積厚分布図を図3に示す。

評価結果から、粒径を変えることにより評価地点によって堆積厚さに変動はあるものの、最大堆積厚さについては基本ケースである D_{50} から変化がなく、貯留堰設置面から貯留堰上端までの高さ（4.00m）に対して十分に小さいことから、粒径の違いによる取水口前面における堆積厚さへの影響は小さい。

表1 検討ケース

粒径	備考
0.154mm	D_{50} 、基本ケース（既往ケース）
0.560mm	D_{90} 相当
0.096mm	D_{10} 相当

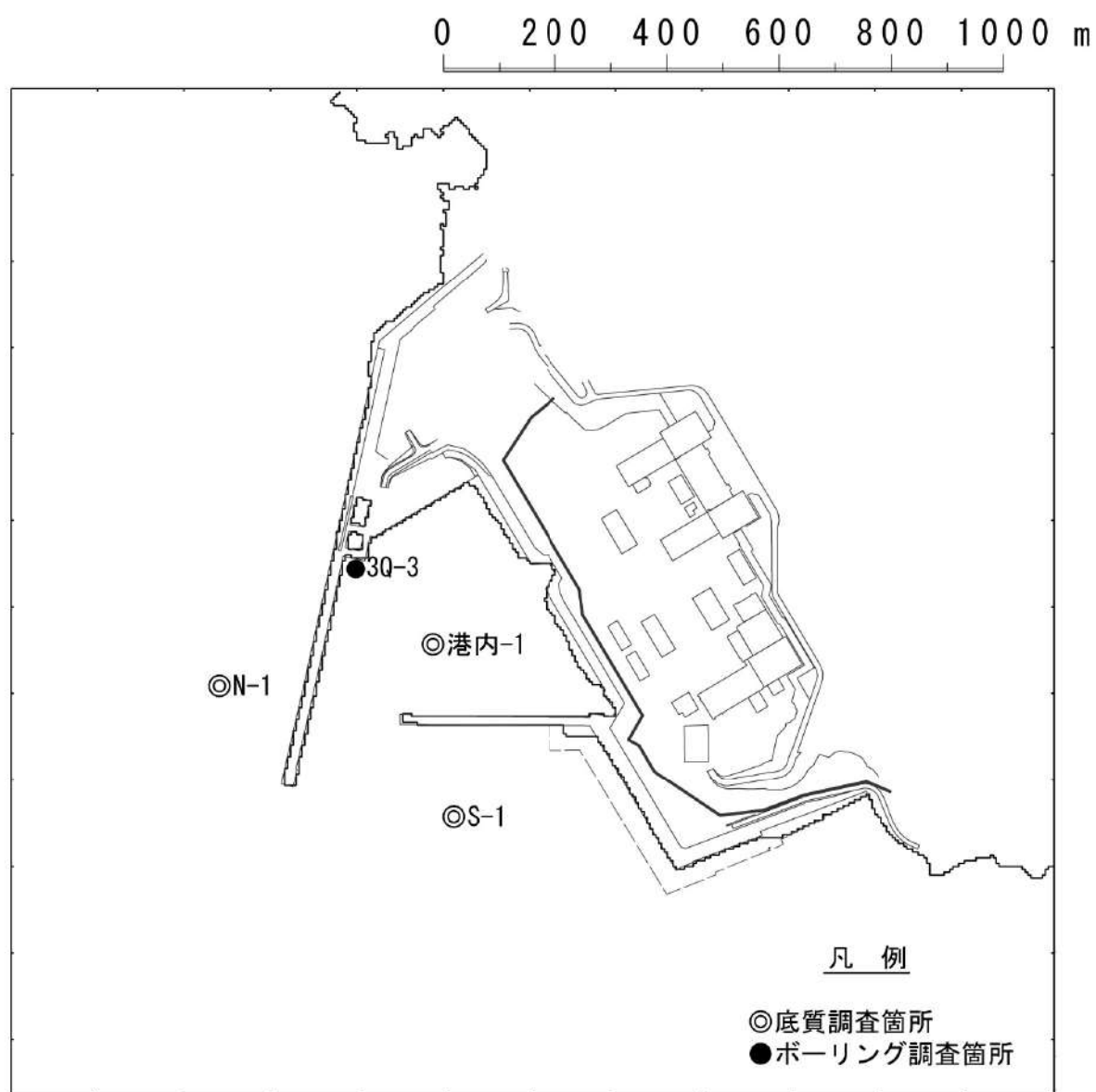


図 1 試料採取地点

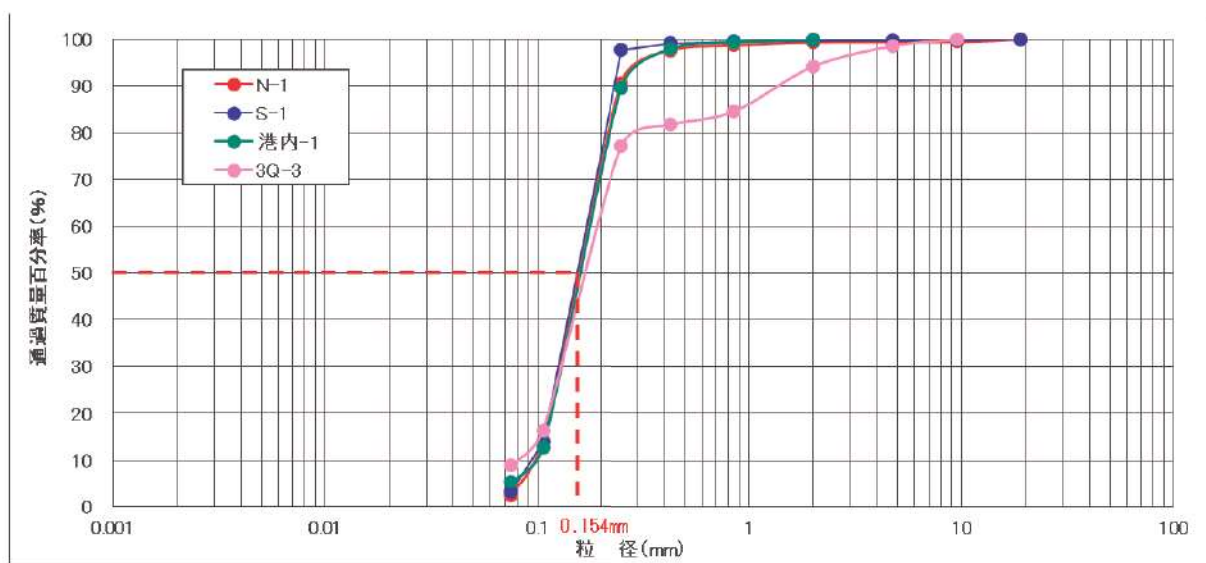


図2 粒径加積曲線

表 2 取水口前面の堆積厚さ

基準津波名称	波源モデル	粒径	3号炉取水口堆積厚さ (m)
基準津波 D (北及び南防波堤損傷)	日本海東縁部 +川白	D ₅₀ (0.154mm)	0.44
		D ₉₀ 相当 (0.560mm)	0.31
		D ₁₀ 相当 (0.096mm)	0.34

※高橋ほか (1999), 浮遊砂濃度の上限値 1%

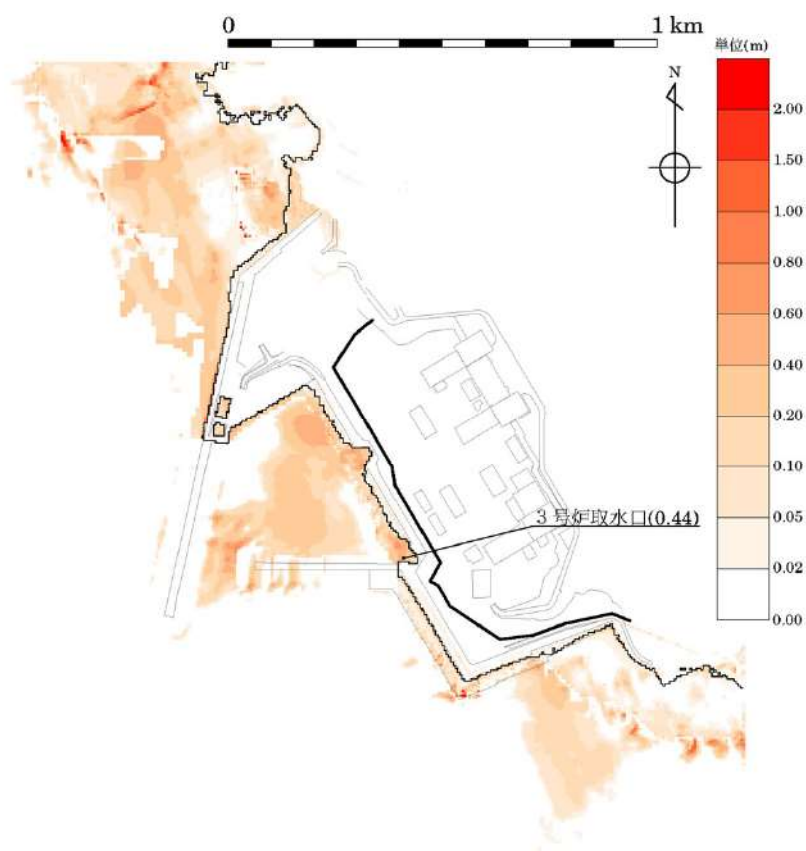


図 3(1) 最大堆積厚分布図 D₅₀ (0.154mm)

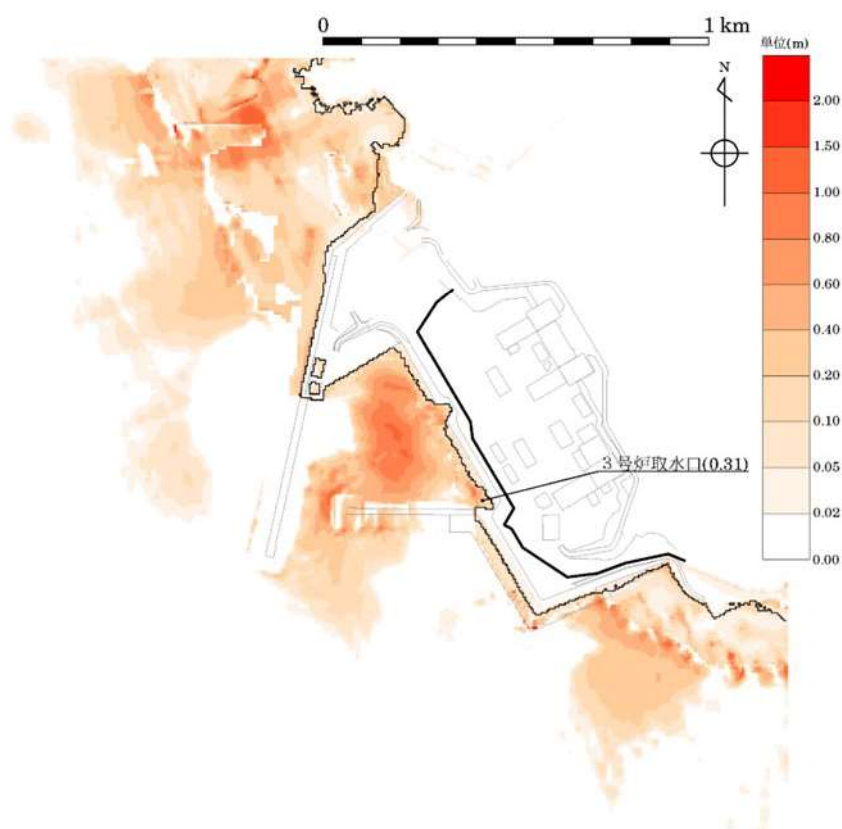


図 3(2) 最大堆積厚分布図 D_{90} 相当 (0.560mm)

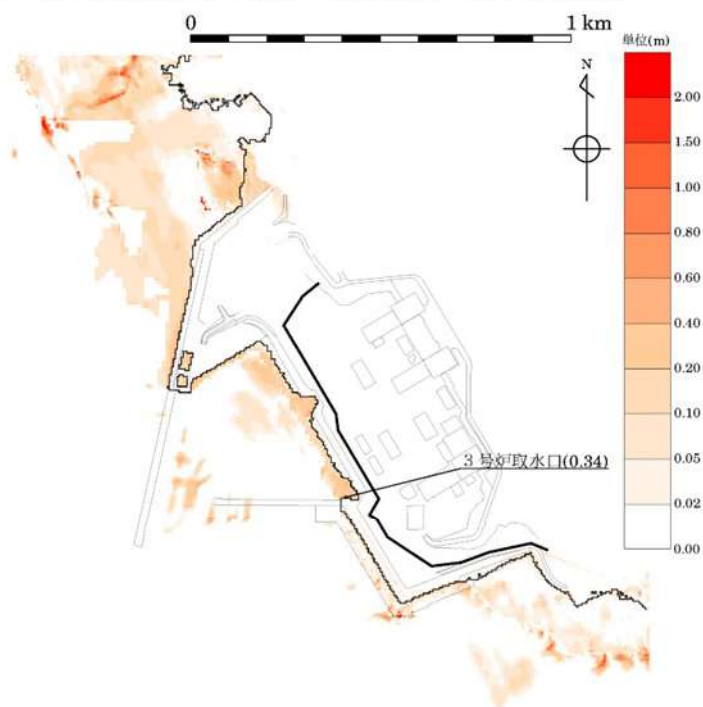


図 3(3) 最大堆積厚分布図 D_{10} 相当 (0.096mm)

5 条一別添 1—添付 12—5

泊発電所周辺海域における底質土砂の分析結果について

1. 底質土砂の性状

平成9年10月及び平成10年7月に実施した発電所敷地周辺海域での底質土砂の分析結果（粒径分布）では，発電所敷地周辺海域には砂が分布しており，N-1，S-1，港内-1 及び 3Q-3 の中央粒径 D_{50} は 0.15mm 程度であった。試料採取場所を図1に，分析結果を表1に，粒径加積曲線を図2に示す。

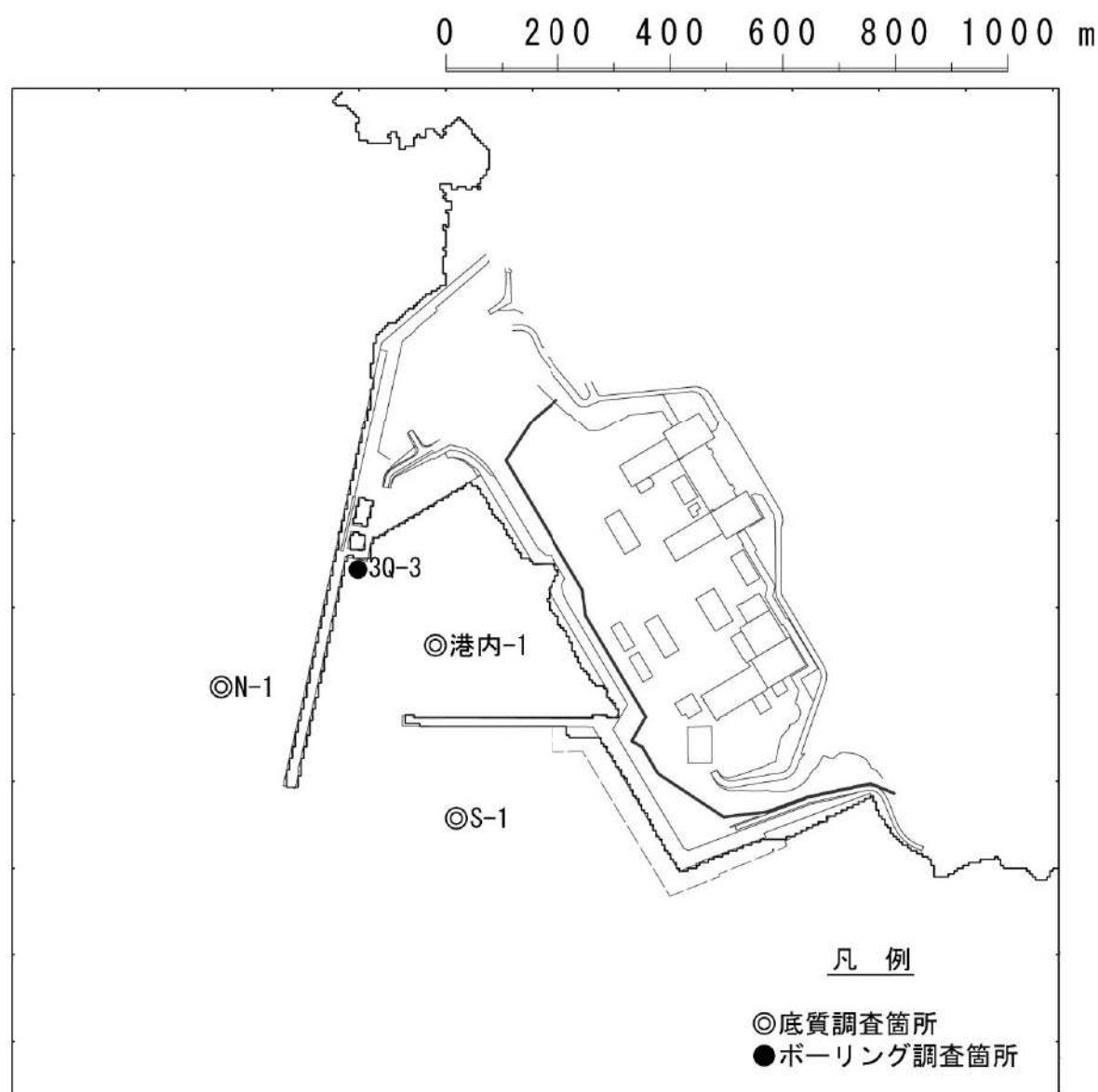


図1 底質土砂の調査地点

表-1 底質土砂分析結果

測点	礫分	砂分	シルト分	粘土	中央粒径 D ₅₀
	2.0 mm以上	2.0~0.074 mm	0.075~ 0.005 mm	0.005 mm以下	
N-1	0.6%	97.1%	2.3%		0.156mm
S-1	0.3%	96.5%	3.2%		0.133mm
港内-1	0.0%	94.6%	5.4%		0.157mm
3Q-3	5.8%	85.3%	8.9%		0.171mm
平均値	—	—	—		0.154mm

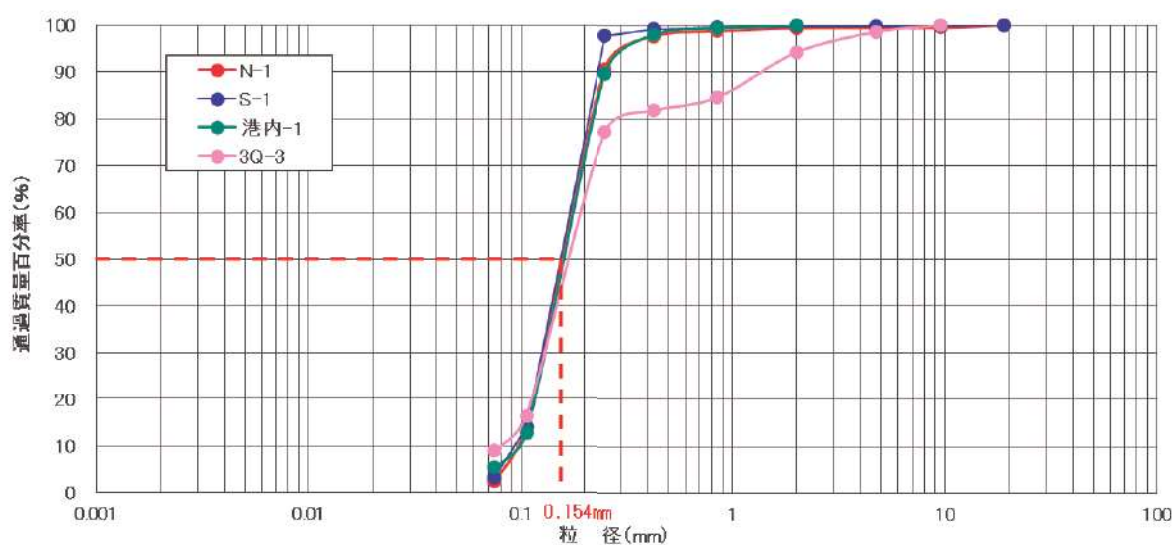


図2 粒径加積曲線

2. 砂移動評価に用いる砂の粒径の設定

底質土砂分析結果に基づき、砂移動評価に用いる砂の粒径を設定した。設定に当たっては、以下の2点に留意した。

- ①底質土砂分析結果の代表性を有する粒径として D_{50} を用いる。
- ②調査を実施した各測点で採取した試料の D_{50} の平均値を用いて粒径を設定する。

上記を考慮し、各測点の D_{50} 粒径から、平均値となる 0.154mm を砂移動評価に用いる砂の粒径とする。

(参考)

砂移動の形態について

砂移動に関する技術知見としては、①～③式により砂移動の形態を作図することができ、これにより砂粒径が大きいほど、砂は移動しない、若しくは浮遊しにくいことを示すことができる。

① Rubey 式により沈降速度を算出（河川・海岸の砂移動で一般的に使用）

$$\frac{w_f}{\sqrt{sgd}} = \sqrt{\frac{2}{3} + \frac{36v^2}{sgd^3}} - \sqrt{\frac{36v^2}{sgd^3}}$$

w_f : 沈降速度 [cm/s] s : 砂の水中比重 g : 重力加速度 [cm/s²]

d : 砂粒の粒径 [cm] v : 水の動粘性係数 [cm²/s]

② 岩垣式により砂粒の粒径から限界摩擦速度を算出（河川・海岸の砂移動で一般的に使用）

$$\begin{aligned} 0.3030 \leq d & \quad ; u_{*c}^2 = 80.9d \\ 0.1180 \leq d \leq 0.3030 & \quad ; u_{*c}^2 = 134.6d^{31/22} \\ 0.0565 \leq d \leq 0.1180 & \quad ; u_{*c}^2 = 55.0d \\ 0.0065 \leq d \leq 0.0565 & \quad ; u_{*c}^2 = 8.41d^{11/32} \\ d \leq 0.0065 & \quad ; u_{*c}^2 = 226d \end{aligned}$$

u_{*c} : 限界摩擦速度 [cm/s] d : 砂粒の粒径 [cm]

③ 砂の掃流及び浮遊領域を判定（荒井・清水「現場のための水理学3」より）

砂静止 . . . $u_* < u_{*c}$ 砂移動 . . . $u_* > u_{*c}$

掃流卓越領域 $\frac{u_*}{w_f} < 1.08$

掃流・浮遊の混在領域 $1.08 < \frac{u_*}{w_f} < 1.67$

浮遊卓越領域 $1.67 < \frac{u_*}{w_f}$

u_* : 摩擦速度 [cm/s] u_{*c} : 限界摩擦速度 [cm/s] w_f : 沈降速度 [cm/s]

①～③を整理すると図1となり、平均粒径よりも大きな粒径を有する砂は浮遊しにくい。

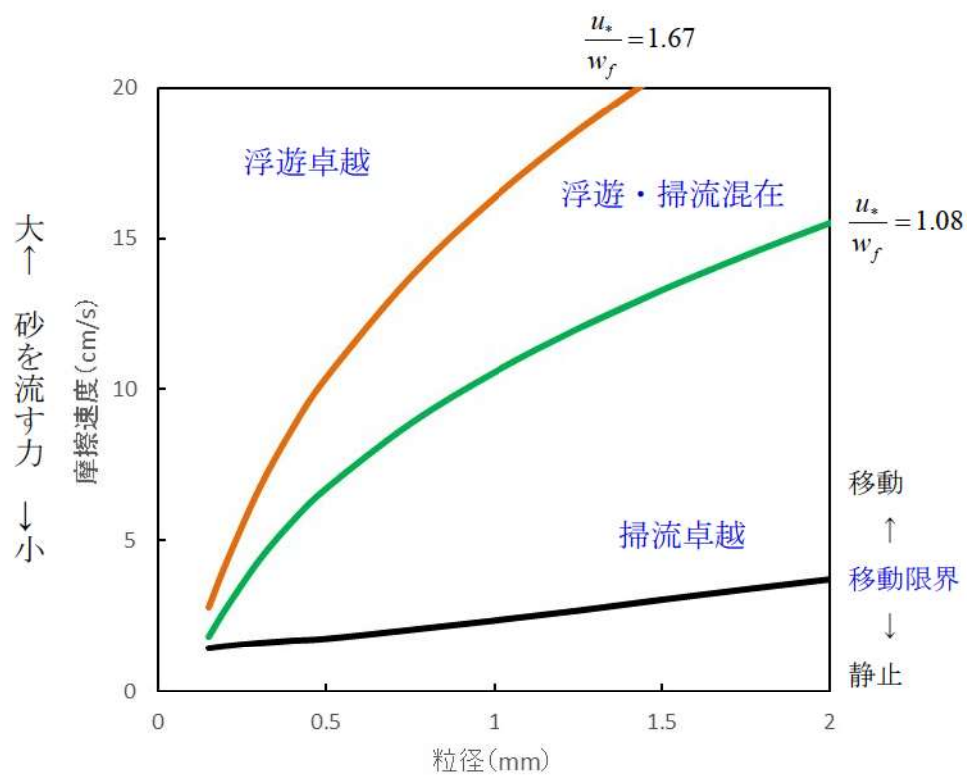
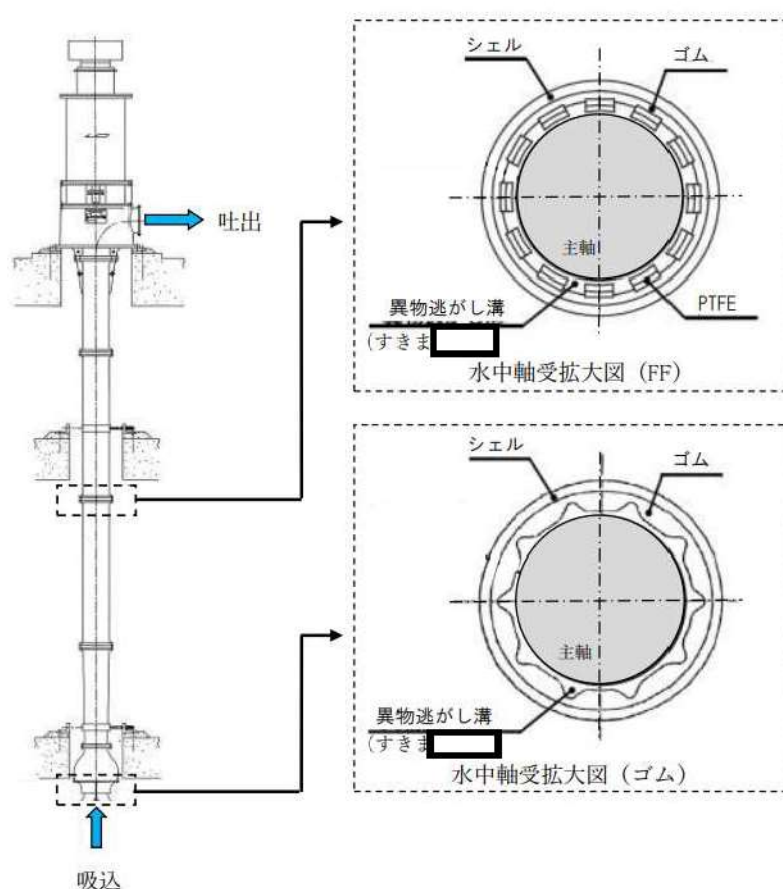


図1 砂移動の形態

海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について

1. はじめに

原子炉補機冷却海水ポンプは、取水時に浮遊砂の一部が軸受潤滑水とともにポンプ軸受に混入したとしても、第1図に示すとおり、軸受に設けられた異物逃がし溝(溝深さ FF 軸受 ゴム軸受: から連続排出される構造となっているため、取水機能は維持できる設計となっている。これまでの運転実績においても、浮遊砂混入による軸受損傷は発生していないが、ここでは、発電所周辺の細かな砂(粒径 0.15mm 程度)が軸受に混入した場合の軸受の耐性について評価する。



第1図 原子炉補機冷却海水ポンプ軸受構造図

2. 軸受摩耗試験

(1) 試験方法

実機原子炉補機冷却海水ポンプを模擬し、浮遊砂濃度 ($4.0 \times 10^{-3} \text{wt}\%$, $2.0 \times 10^{-2} \text{wt}\%$) 連続注入時における運転試験を実施して、軸受の摩耗量を測定した。第1表に試験条件、第2図に原子炉補機冷却海水ポンプ軸受摩耗試験装置を示す。

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

第1表 軸受摩耗試験条件

項目	試験条件
試験砂濃度 [wt%]	4.0×10^{-3} , 2.0×10^{-2}
使用砂	JIS Z 8901 試験用ダスト1種
軸受材料	ゴム軸受, FF 軸受
周速 [mm/s]	
軸受面圧 [kgf/mm ²]	



第2図 原子炉補機冷却海水ポンプ軸受摩耗試験装置

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(2) 試験結果

試験の摩耗量の測定結果を用いて比摩耗量 K_1 を評価し、①の寿命評価式を用いて評価した結果、浮遊砂濃度 $2.0 \times 10^{-2}\text{wt}\%$ の場合の軸受の寿命時間は、上部、中間軸受 (FF 軸受) : 約 2700 時間、ボウル部軸受 (ゴム軸受) : 約 5100 時間、下部軸受 (ゴム軸受) : 約 6200 時間となる。計算条件を第 2 表 に示す。

軸受寿命評価式 (機械工学便覧参照)

$$T = \frac{\delta}{P \cdot V \cdot K_1} \dots \textcircled{1}$$

K_1 : 比摩耗量 (mm^2/kgf) ($2.0 \times 10^{-2}\text{wt}\%$ 時)

δ : 許容摩耗量 (mm)

P : 軸受面圧 (kgf/mm^2)

V : 周速 (mm/s)

T : 寿命時間 (s) ($2.0 \times 10^{-2}\text{wt}\%$ 時)

第 2 表 原子炉補機冷却海水ポンプ軸受寿命評価条件[浮遊砂濃度 $2.0 \times 10^{-2}\text{wt}\%$]

--

3. 基準津波時の砂移動評価結果からの寿命評価

基準津波時における砂移動評価結果から取水ピットポンプ室の浮遊砂濃度は、 $4.0 \times 10^{-2}\text{wt}\%$ となる。前項の試験の比摩耗量とこの結果を用いて津波時の浮遊砂濃度 $4.0 \times 10^{-2}\text{wt}\%$ における比摩耗量を評価する。比摩耗量の②式は、公開文献「立軸ポンプ用セラミック軸受に関する研究」※から引用している。この公開文献では、200ppm～3000ppm のスラリー濃度の軸受摩耗量を測定しており、比摩耗量とスラリー濃度との間には相関関係があると結論づけられており、この知見を参考とした。比摩耗量を計算した結果を第 3 表に示す。

※立軸ポンプ用セラミック軸受に関する研究、湧川ほか (日本機械学会論文集 (B 編) 53 巻 491 号 (昭 62-7), pp. 2094-2098

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

$$\frac{\omega}{\omega_0} = \left(\frac{C_\omega}{C_0}\right)^{0.9} \dots \textcircled{2}$$

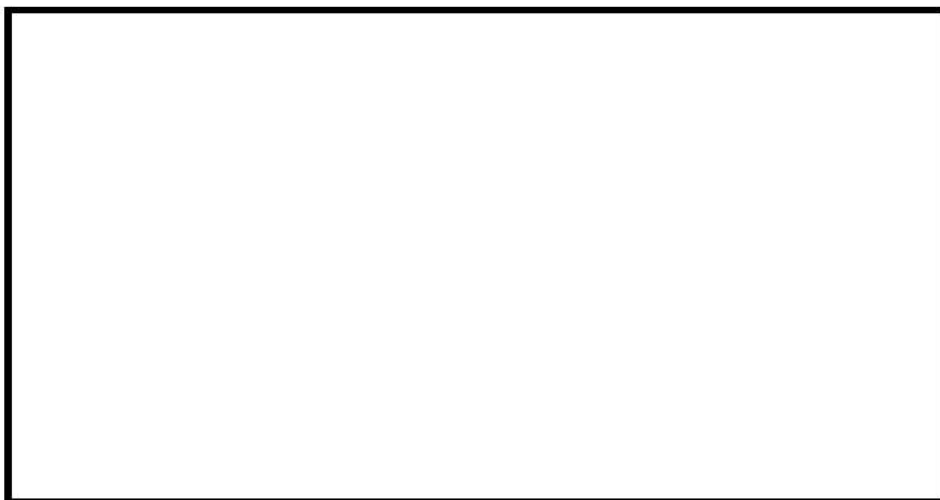
- ω (K2) : 比摩耗量 (mm²/kgf) (4.0×10^{-2} wt%時)
 ω_0 (K1) : 比摩耗量 (mm²/kgf) (2.0×10^{-2} wt%時)
 C_ω : スラリー濃度 (4.0×10^{-2} wt%)
 C_0 : 基準となるスラリー濃度 (2.0×10^{-2} wt%)

比摩耗量を計算した結果を第3図に示す。この結果から寿命評価をした結果、運転可能時間は上部、中間軸受（FF 軸受）：約 1400 時間、ボウル部軸受（ゴム軸受）：約 2700 時間、下部軸受（ゴム軸受）：約 3300 時間となる。計算条件を第3表に示す。

これに対し、津波到達後約 3 時間経過すれば、浮遊砂濃度は無視できる程度まで低下するため、原子炉補機冷却海水ポンプ軸受は津波時の浮遊砂に対して十分な耐性がある。

第3表 原子炉補機冷却海水ポンプ軸受寿命計算条件[浮遊砂濃度 4.0×10^{-2} wt%]

--



第3図 原子炉補機冷却海水ポンプ軸受比摩耗量評価結果 出典：立軸ポンプ用セラミックス軸受に関する研究，湧川ほか（日本機械学会論文集（B 編）53 巻 491 号（昭 62-7），pp. 2094-2098 に
追記

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

4. まとめ

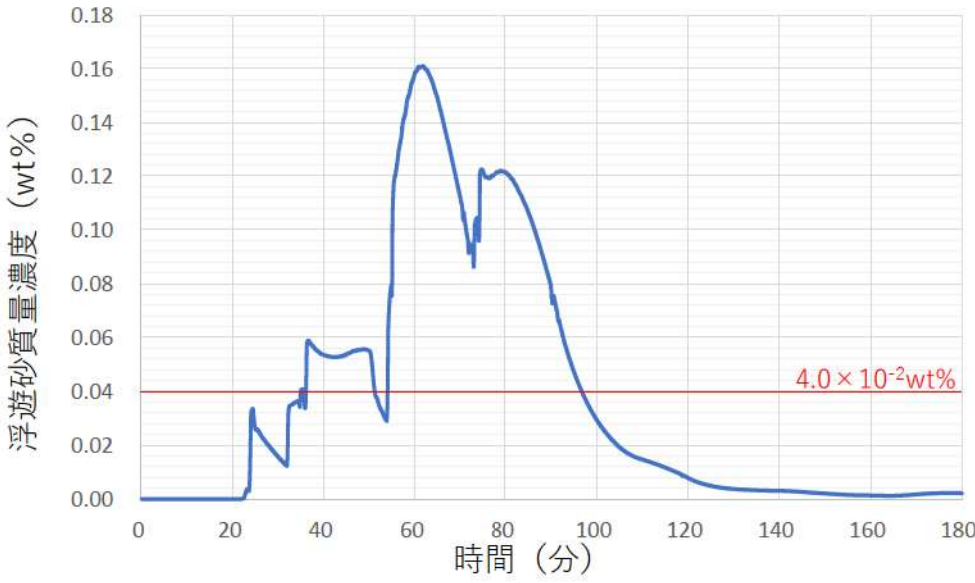
津波来襲による浮遊砂濃度が上昇する時間は長くても3時間程度であり、津波来襲時に原子炉補機冷却海水ポンプ軸受部に浮遊砂が混入したとしても海水ポンプ軸受耐性は十分にあり、取水性に問題はない。

基準津波時の砂移動評価結果

泊発電所 3 号炉の原子炉補機冷却海水ポンプ近傍位置の砂濃度は第 4 表に示す条件にて解析を実施し算出している。原子炉補機冷却海水ポンプ近傍位置での砂濃度は第 4 図に示すとおりであり，原子炉補機冷却海水ポンプ近傍で砂濃度の変化が見られる 15 分から砂濃度が下降傾向を示す 180 分間の平均砂濃度 $4.0 \times 10^{-2} \text{wt}\%$ を評価に用いることとする。

第 4 表 基準津波による砂移動の解析条件

波源	基準津波 F（北及び南防波堤損傷）		
砂移動モデル	高橋ほか（1999）の手法による検討結果		
算出点	原子炉補機冷却海水ポンプ近傍	浮遊砂体積濃度上限値	1 %



第 4 図 基準津波 F（北及び南防波堤損傷）による砂濃度の評価結果

津波漂流物の調査要領について

1. はじめに

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 7 月 8 日施行）」の第五条において、基準津波に対して設計基準対象施設が安全機能を損なわれるおそれがないことが求められており、同解釈の別記 3 において、基準津波による漂流物に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であることが要求されている。

本書は、同要求に対する適合性を示すに当たり実施した「基準津波により漂流物となる可能性がある施設・設備等」の調査要領を示すものである。

2. 調査要領

(1) 調査範囲

調査範囲は、発電所敷地内については、防潮堤の海側となる防潮堤区画外（津波遡上域）とし、発電所敷地外については、基準津波の流向及び流速により発電所周辺 7 km 圏内の範囲全体とする。調査範囲の概要を別紙 1 に示す。

(2) 調査方法

調査は上記の調査範囲を発電所敷地内・敷地外、海域・陸域の 4 つに対して、漂流物となる可能性のある施設・設備の配置特性を踏まえ、調査分類を 4 つに区分して調査を実施する。分類ごとの調査対象、調査方法を表 1 に示す。

(3) 記録方法

調査結果の記録は、「(2) 調査方法」で示した各調査対象について定義や考え方にに基づき、具体的に記録する。調査時の記録方法を別紙 2 に示す。例として、発電所敷地内陸域の構造物の調査結果を抜粋して示す。

また、人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針を別紙 3 に示す。

表 1 漂流物となる可能性がある施設・設備等の調査方法

調査範囲		調査対象 及び 調査分類	調査方法
発電所 敷地内・敷地外	海域・陸域		
発電所 敷地内	海域	船舶	資料調査 ・「港湾施設使用願」と「専用港利用計画」を調査し、港湾内に作業により来航する船舶を抽出 ・国土地理院地理院地図 (Web), 海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出
			聞取調査 ・漁協, 自治体関係者, 海上保安庁及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出
	陸域	発電所敷地内に おける人工構造物	資料調査 ・構内配置図等により、敷地内にある建屋, 機器類等を抽出 ・資料調査及び現場調査にて抽出された施設・設備等の仕様を調査
			聞取調査 ・社内関係者への聞取調査により対象を抽出
			現場調査 ・現場調査により、調査対象を抽出
発電所 敷地外	海域	海上設置物	資料調査 ・国土地理院地理院地図 (Web), 海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある養殖漁業施設, 漁業区域等を抽出
			聞取調査 ・漁協, 自治体関係者及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出
		船舶	現場調査 ・現場を調査し、対象を抽出
			資料調査 ・漁協及び自治体管理資料等の調査により対象を抽出 ・国土地理院地理院地図 (Web), 海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出
	陸域	漁港・市街地における人工構造物	聞取調査 ・漁協, 自治体関係者, 海上保安庁及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出
			資料調査 ・泊村, 共和町, 岩内町の HP, 国土地理院地理院地図 (Web), 海上保安庁「海しる (海洋状況表示システム)」等を調査し、調査範囲内にある市街地及び漁港・港湾施設を抽出
			聞取調査 ・漁協, 自治体関係者への聞取調査により対象を抽出
			現場調査 ・現場を調査し、対象を抽出 ・発電所敷地外の車両の調査については、詳細を添付資料 34 に示す

※ 1 : 発電所敷地内海域の船舶以外の海上設置物は、調査分類 A で調査を実施。

調査範囲の概要

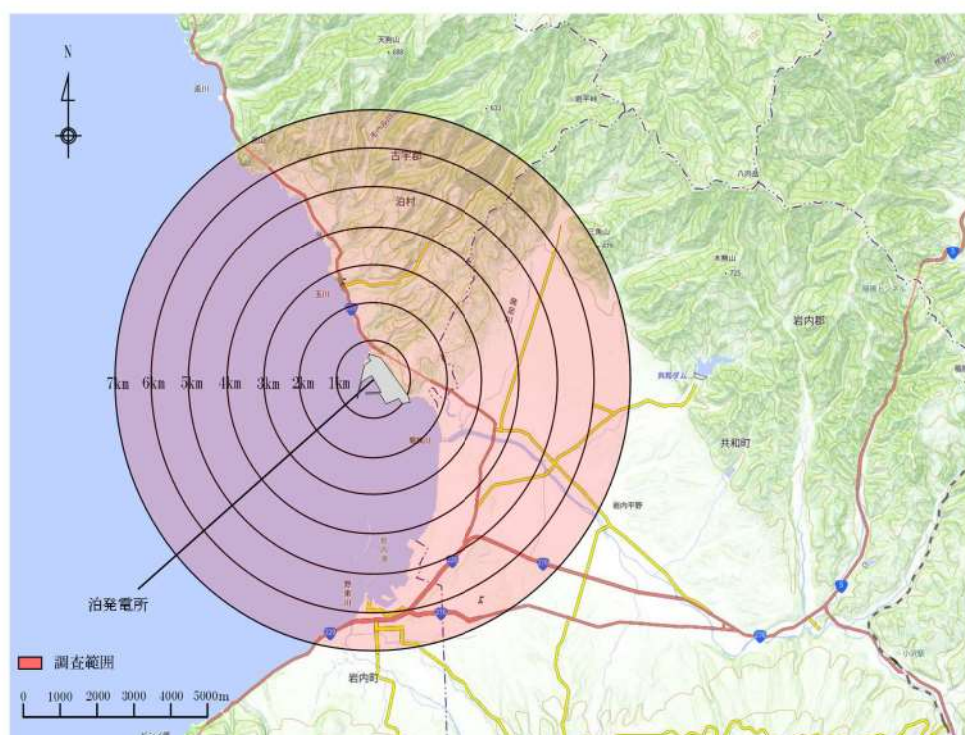


図 1 漂流物調査範囲（発電所敷地外）

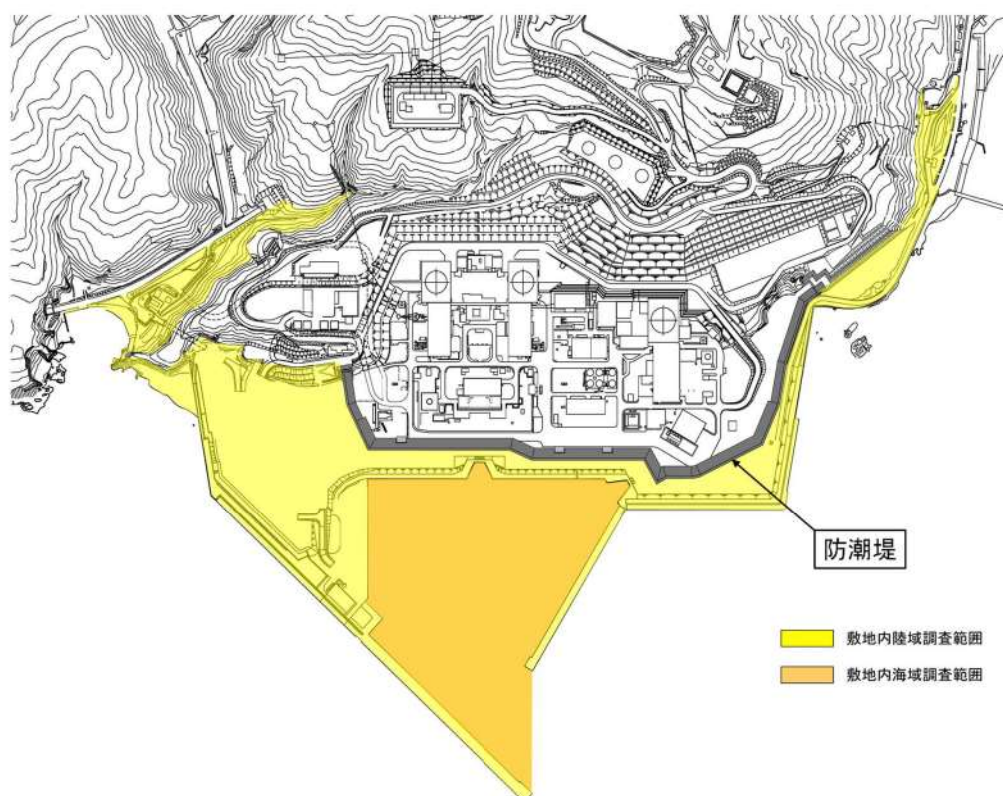


図 2 漂流物調査範囲（発電所敷地内）

調査時の記録方法

調査範囲	調査対象			調査方法	記録方法
	海域・陸域	項目	具体例		
発電所敷地内・敷地外	海域	船舶	D 発電所港湾内作業船、漁船、旅客船等	「港湾施設使用願」と「専用港利用計画」を調査し、作業により港湾内に来航する船舶を抽出 - 国土地理院地理院地図（Web）、海上保安庁「海しる（海洋状況表示システム）」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出 - 漁協、自治体関係者、海上保安庁及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出	名称、重量、航路等
	陸域	発電所敷地内における人工構造物	A 港湾施設建屋設備、工事用車両等	- 構内配置図等の資料を調査し、調査範囲内にある建屋、機器類等を抽出 - 資料調査及び現場調査にて抽出された施設・設備等の仕様を調査 - 社内関係者への聞取調査により対象を抽出 - 現場を調査し、対象を抽出	名称、設置場所、形状、数量、重量等
発電所敷地外	海域	海上設置物	C 養殖漁業施設、その他発電所港湾施設ブイ等	- 国土地理院地理院地図（Web）、海上保安庁「海しる（海洋状況表示システム）」を調査し、調査範囲内にある養殖漁業施設、漁業区域等を抽出 - 漁協、自治体関係者及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出 - 現場を調査し、対象を抽出	名称、設置場所、形状、数量、重量、材料等
		船舶	D 発電所港湾内作業船、漁船、旅客船等	- 漁協及び自治体管理資料等の調査により対象を抽出 - 国土地理院地理院地図（Web）、海上保安庁「海しる（海洋状況表示システム）」を調査し、調査範囲内にある航路等を抽出 - 漁協、自治体関係者、海上保安庁及び社内関係者への聞取調査により対象を抽出	名称、重量、航路等
	陸域	漁港・市街地における人工構造物	B 港湾施設、商・工業施設、公共施設、家屋等	- 泊村、共和町、岩内町のHP、国土地理院地理院地図（Web）、海上保安庁「海しる（海洋状況表示システム）」等を調査し、調査範囲内にある市街地及び漁港・港湾施設を抽出 - 漁協、自治体関係者への聞取調査により対象を抽出 - 現場を調査し、対象を抽出 - 発電所敷地外の車両の調査については、詳細を添付資料 34 に示す	名称、設置場所、形状、数量、重量、材料等

漂流物調査結果リスト（敷地内）

※1 構造物等（固定あり/固定なし/設置）、車両（駐車）とする。
※2 上記の凡例によりない特記事項を記載する。

番号	調査エリア	名称	寸法・面積	資料調査・聞き取り調査				現地調査			
				構造・材質	重量 (最も大きなものを記載)	調査日	数量	状態 ※1	写真 ※2	調査日	備考 ※2
1	VII	中庭ポンプ室	W15.5m×L6.0m×H4.38m	構造：RC造 基礎形式：杭基礎(RC造+構)	約157t(基礎除く)	2021/9/29	1	設置	⑧-009 ⑧-012	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
2	VII	茶漬浄水設備設置									撤去済み
3	VII	モニタリング簡倉(EPO-1)	W2.65m×L2.45m×H3.0m	構造：RC造 基礎形式：直後基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑧-011 ⑧-011b	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
4	IX	モニタリング簡倉(EPO-2)	W2.65m×L2.45m×H3.0m	構造：RC造 基礎形式：直後基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑨-001 ⑨-002 ⑨-002a	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
5	I	モニタリング簡倉(EPO-6)	W2.65m×L2.45m×H3.0m	構造：RC造 基礎形式：直後基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-025 ①-025a ①-025b	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
6	II	モニタリング簡倉(EPO-7)	W2.65m×L2.45m×H3.0m	構造：RC造 基礎形式：直後基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	②-005 ②-005a	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
7	I	モニタリング簡倉(EPO-PS)	W2.65m×L2.45m×H3.0m	構造：RC造 基礎形式：直後基礎(布基礎)	約22t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-022 ①-022b	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
8	V	残留塩素計設置	W6.5m×L4.8m×H3.9m	構造：RC造 基礎形式：直後基礎(布基礎)	約124t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	⑤-023 ⑤-023b	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
9	VI	灯台	1.8m×1.8m×2.8m	構造：鋼製 基礎形式：コンクリート基礎	約1t	2021/9/29	1	設置	⑥-001 ⑥-002	2021/9/14	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし
10	I	稲株守備所	W14.4m×L6.3m+H3.8m +W1.8m×L3.6m×H3.8m	構造：RC造 基礎形式：直後基礎(布基礎)	約208t(基礎共)	2021/9/29	1	設置	①-008 ①-012 ①-013	2021/9/13	2016.2.5の調査結果から寸法・重量の変更なし

人工構造物等の状況を考慮した継続的な調査方針

漂流物調査範囲内の人工構造物（船舶を含む）の位置，形状等に変更が生じた場合は，津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性に影響を及ぼす可能性がある。このため，漂流物調査範囲内の人工構造物（船舶を含む）については，基準適合状態維持の観点から，設置状況を定期的（1回／年）に確認するとともに，「(2) c. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する取水性確保」の第 2.5-23 図に示す漂流物の選定・影響確認フローに基づき評価を実施し，津波防護施設等の健全性又は取水機能を有する安全設備等の取水性を確認し，必要に応じて，対策を実施する。

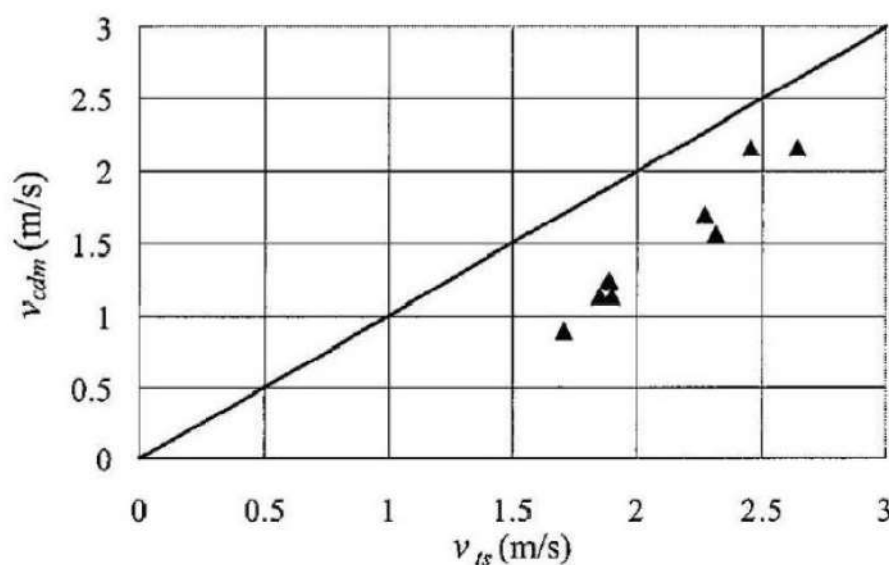
また，発電所の施設・設備の設置・改造等を行う場合においても，都度，津波防護施設の健全性又は取水機能を有する安全設備の取水性への影響評価を実施し，必要に応じて，対策を実施する。

これらの調査・評価方針については，品質マネジメント文書に定め管理する。

漂流物の評価において考慮する津波の流速・流向について

1. 設計に用いる遡上波の流速について

津波による漂流物の漂流速度は、津波の流速に支配される。文献^{※1}によると漂流物の最大漂流速度は津波の浸水流速より小さくなっているが、安全側に漂流速度として津波の流速を用いる。



第1図 浸水流速 v_{ts} と最大漂流速度 v_{cdm} の関係

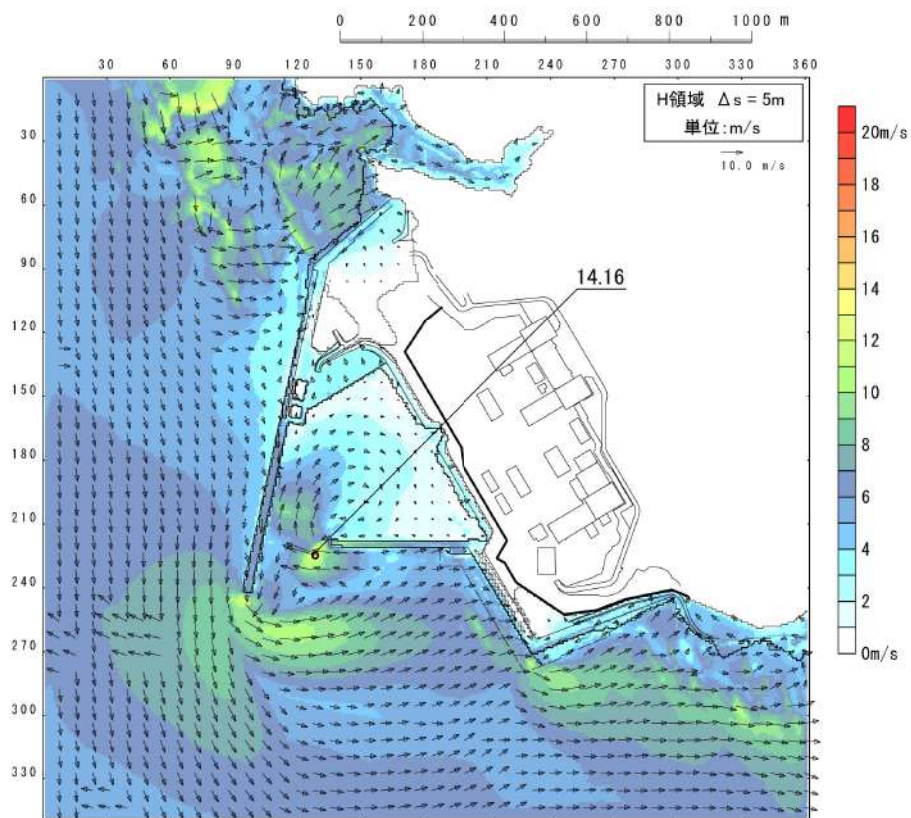
※1 海岸工学論文集，第54巻(2007) 遡上津波によるコンテナ漂流力に関する大規模実験（有川ほか）

漂流物の衝突速度は、評価対象施設周辺の流速に依存すると考えられるが、安全側の評価を実施するために、発電所周辺における最大流速を衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。津波の流速は、平面二次元津波シミュレーションにより得られる値を用いる。設定に当たっては、「防波堤の損傷」及び「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」を影響要因として考慮する（詳細は添付資料3参照）。

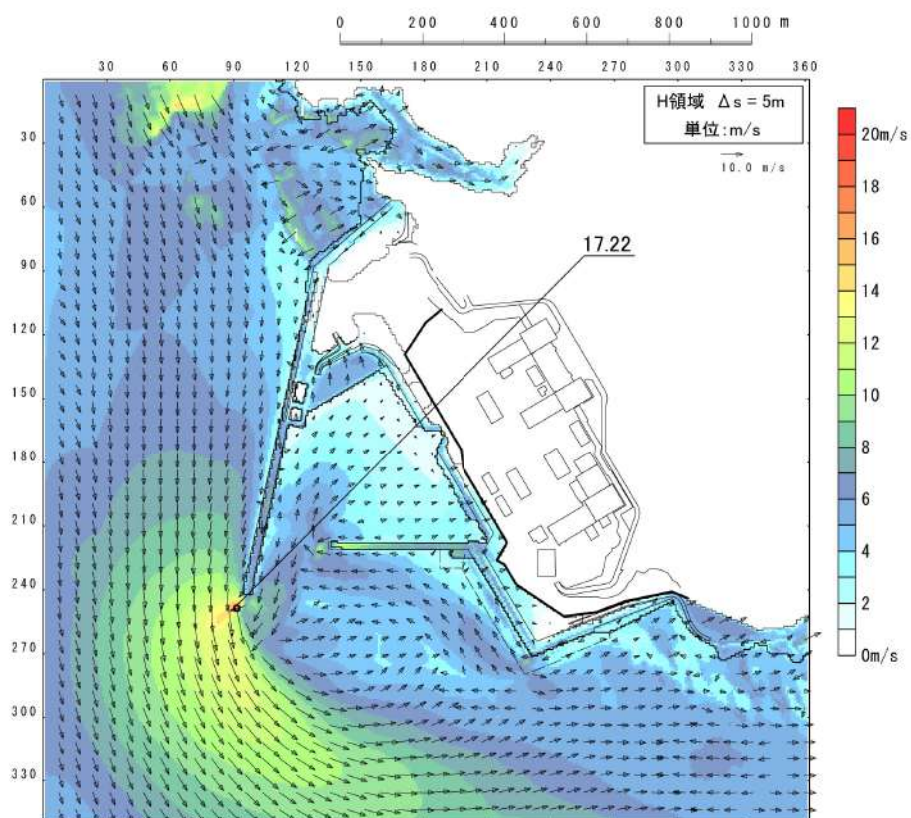
発電所周辺における最大流速分布を第2～21図に示す。

結果として、最大流速は18.00m/sが抽出されたことから※1、18.0m/sを津波防護施設の衝突荷重評価に用いる漂流速度として設定する。

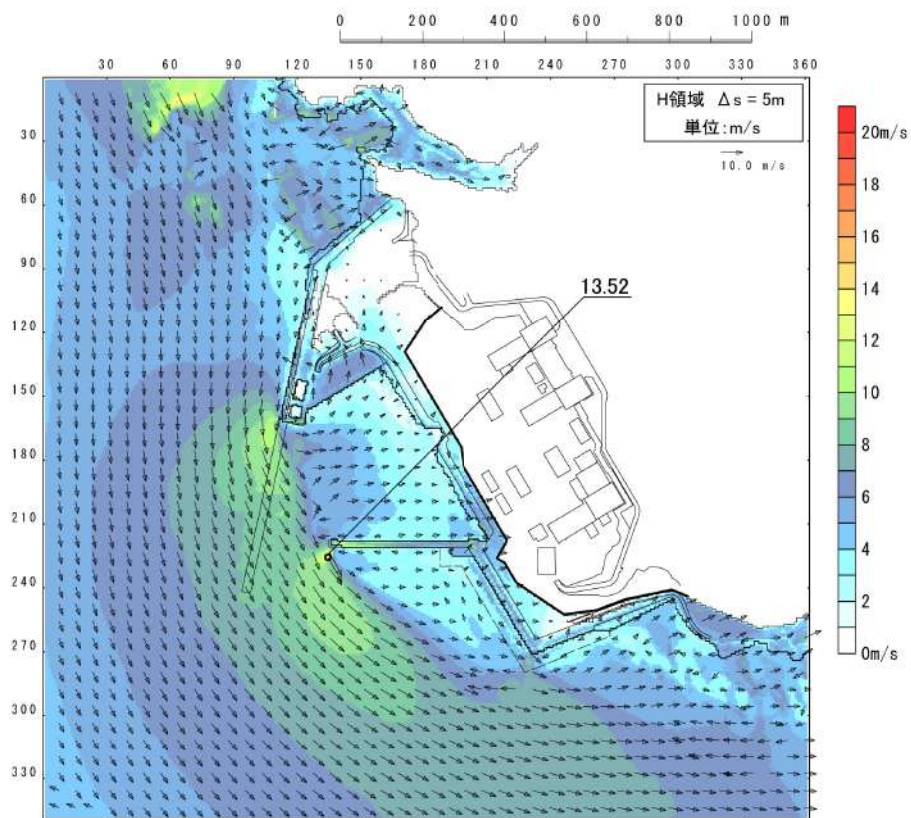
※1：詳細は添付資料3 表2.1.f.h-1, 2.1.f.h-2 参照



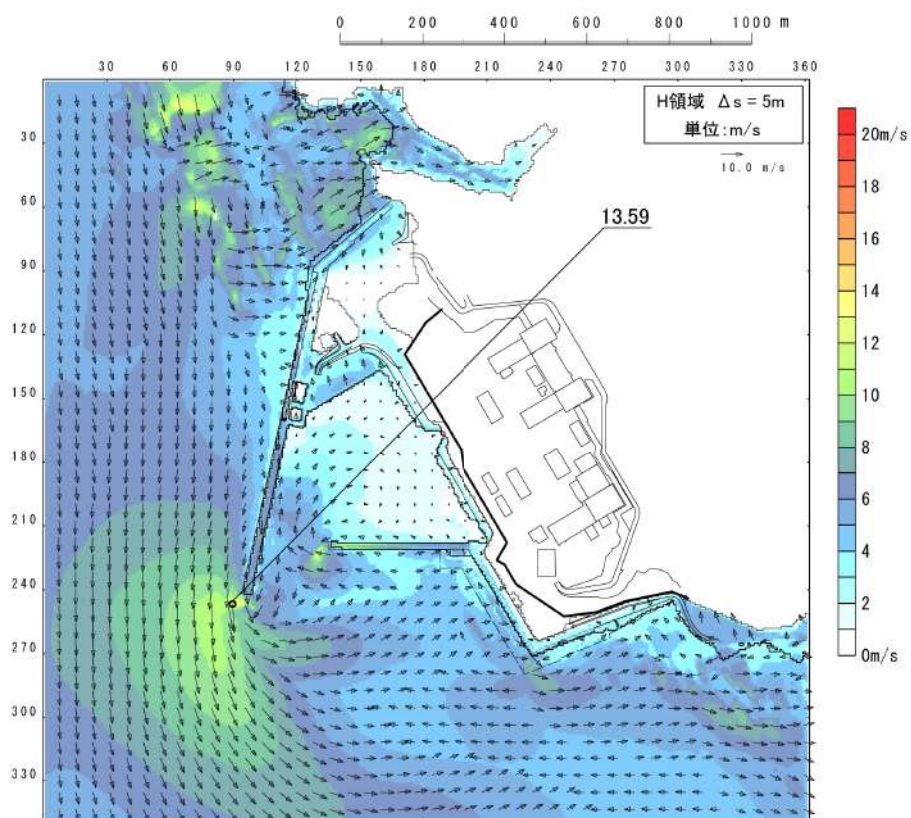
第2図 最大流速分布（基準津波A（防波堤損傷なし，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



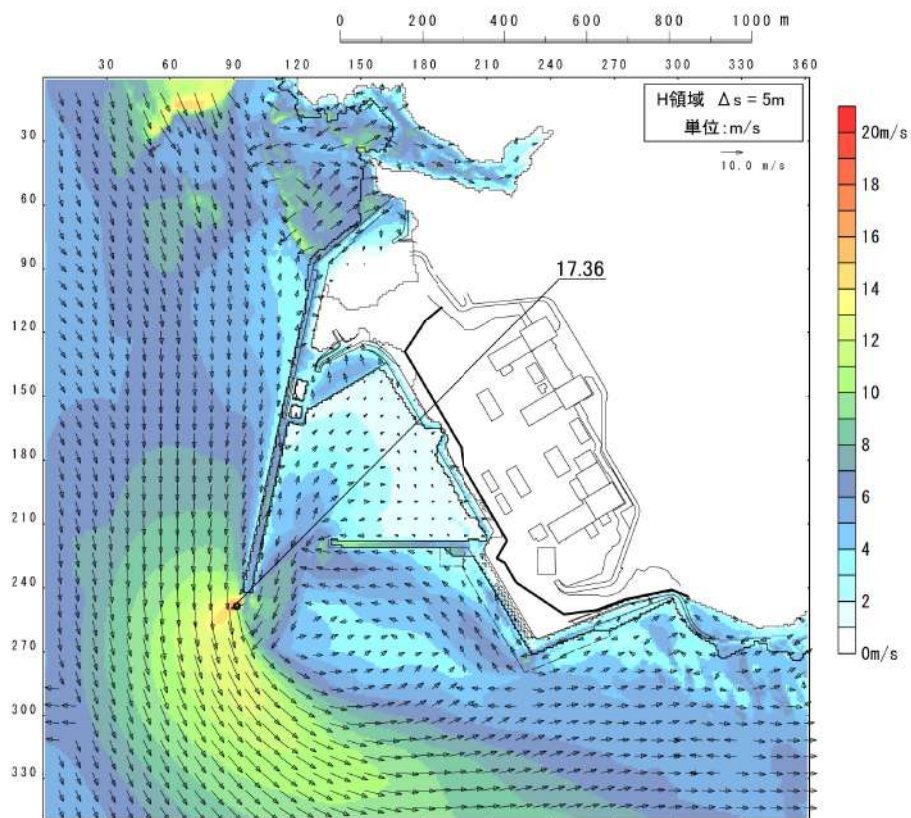
第3図 最大流速分布（基準津波B（防波堤損傷なし，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



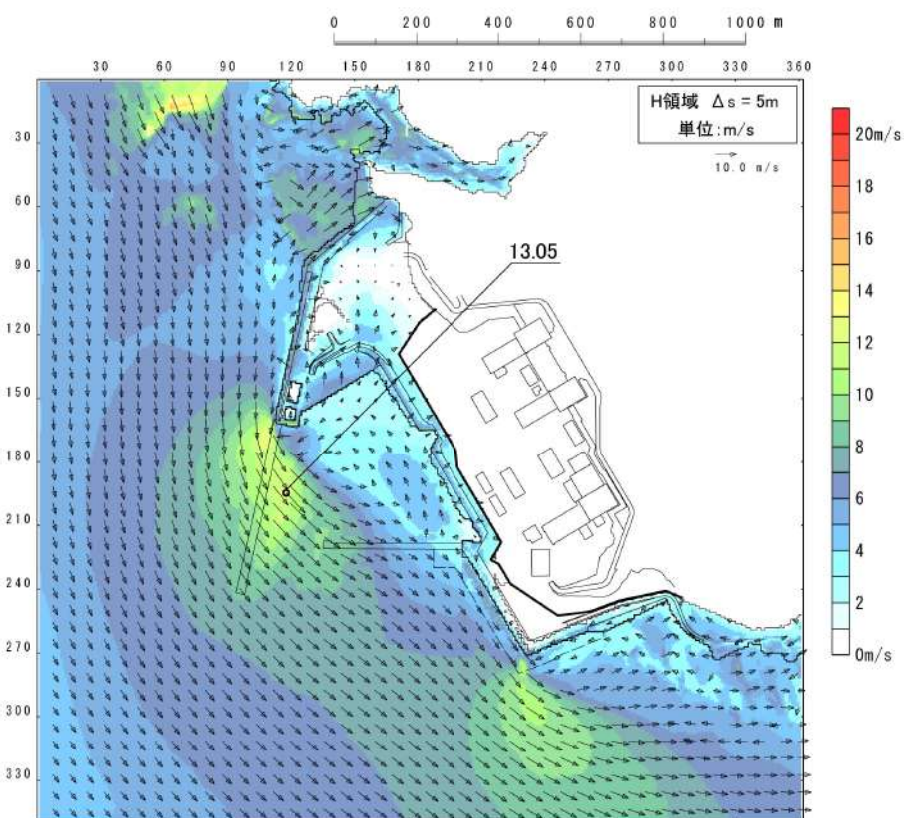
第4図 最大流速分布（基準津波B（北防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



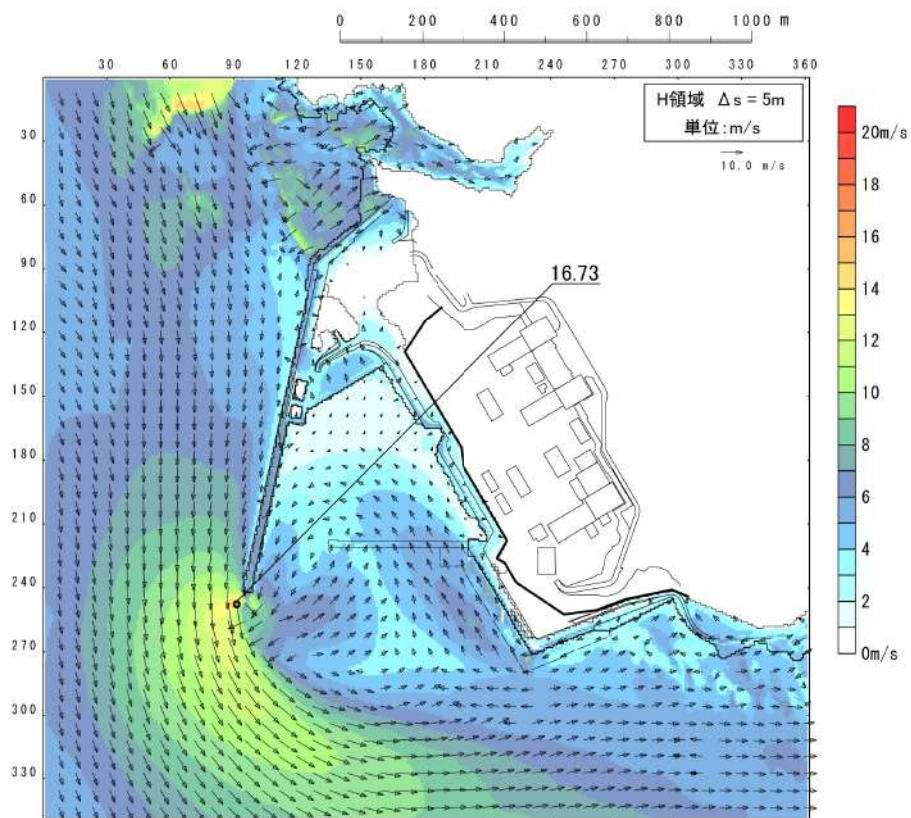
第5図 最大流速分布（基準津波C（防波堤損傷なし，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



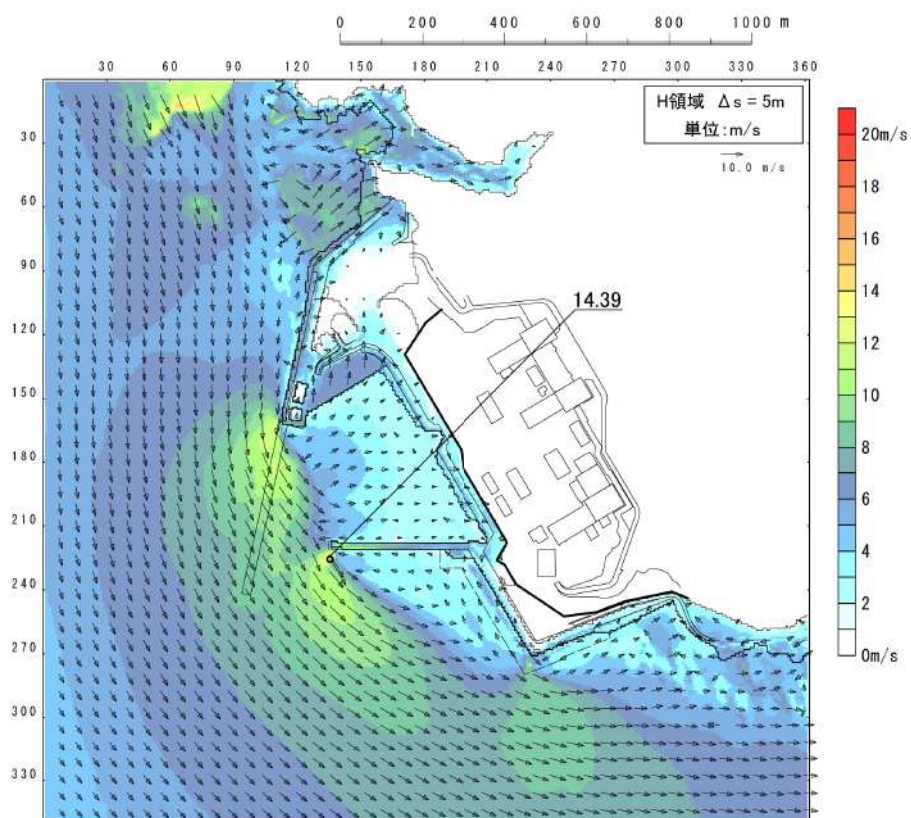
第6図 最大流速分布（基準津波D（防波堤損傷なし，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



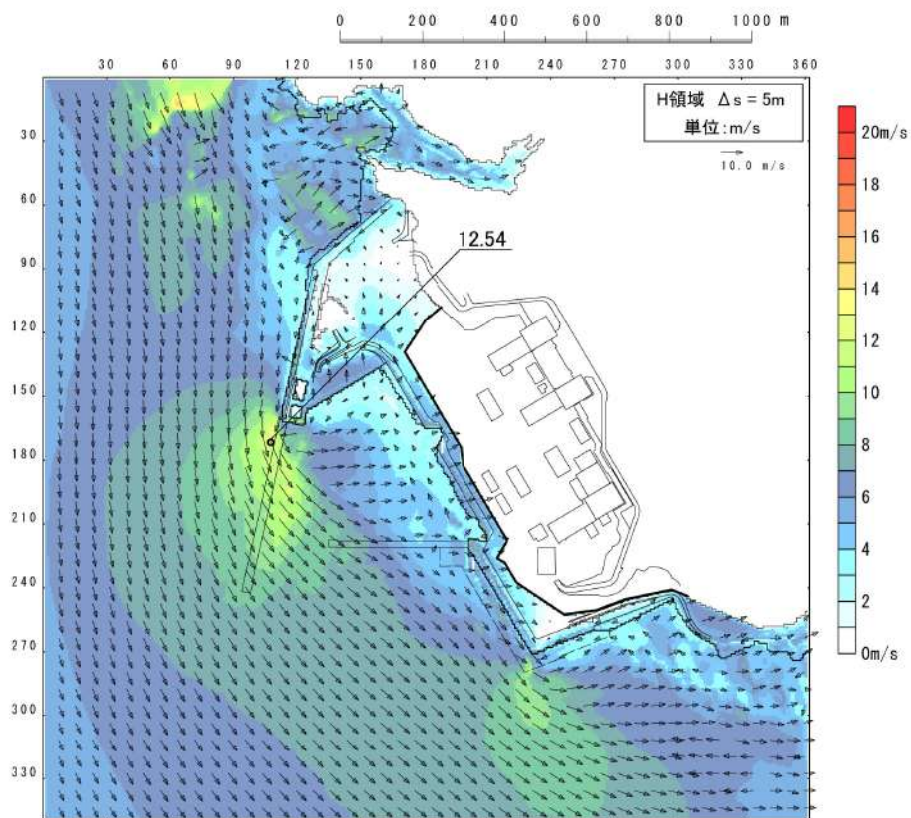
第7図 最大流速分布（基準津波D（北及び南防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



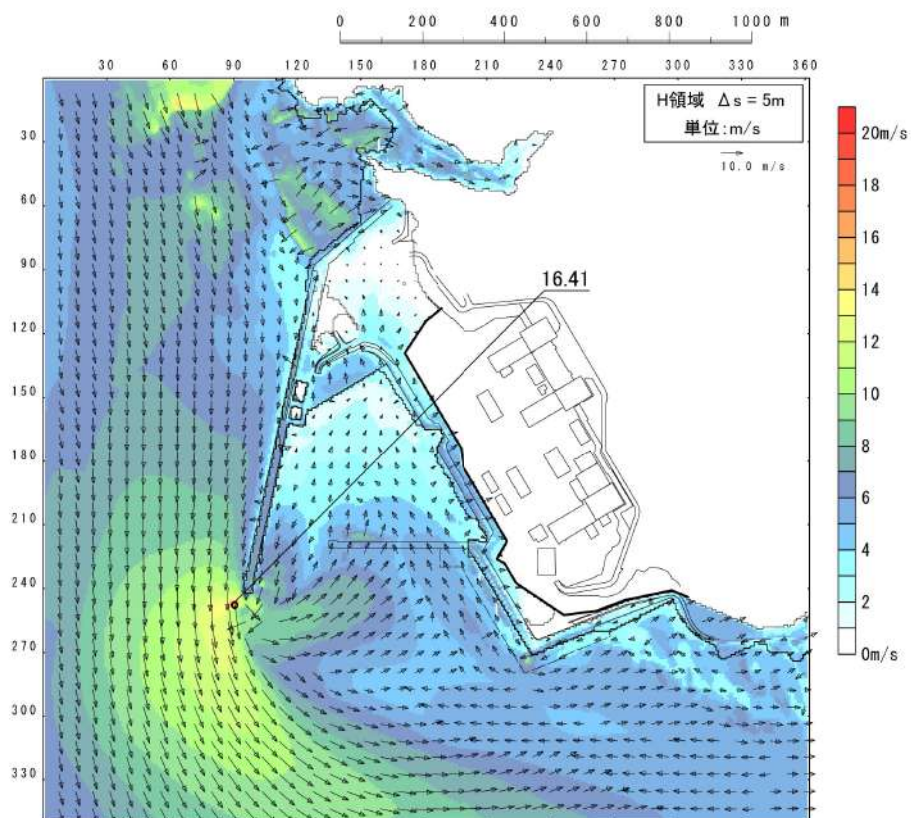
第 8 図 最大流速分布（基準津波 D（南防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



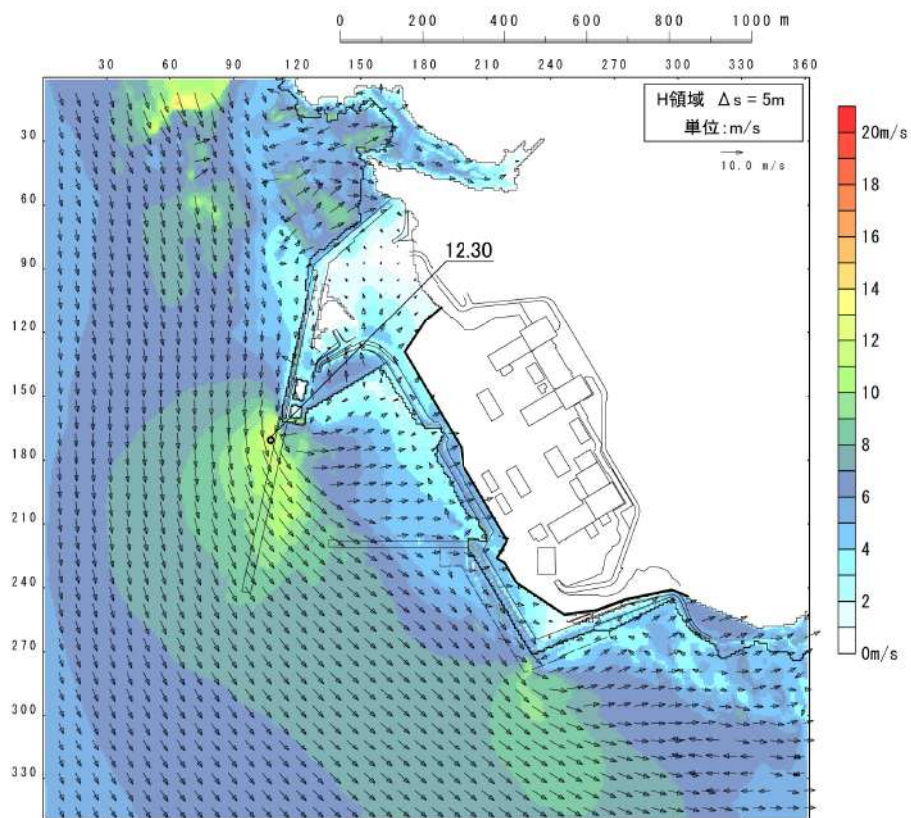
第 9 図 最大流速分布（基準津波 D（北防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



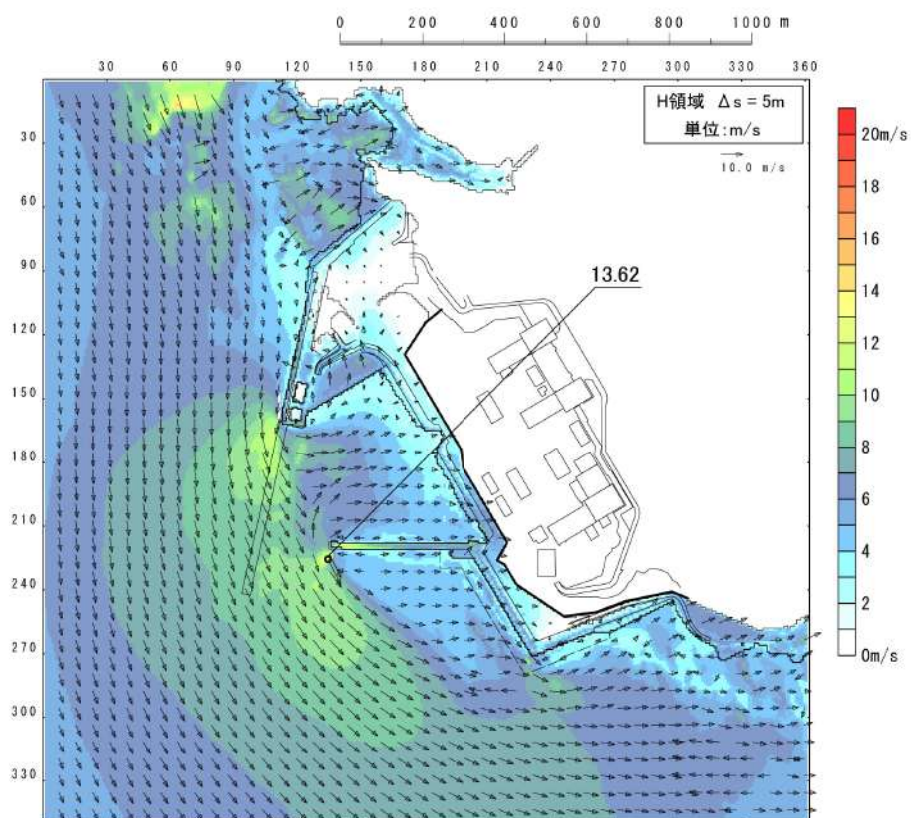
第 10 図 最大流速分布（基準津波 E（北及び南防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



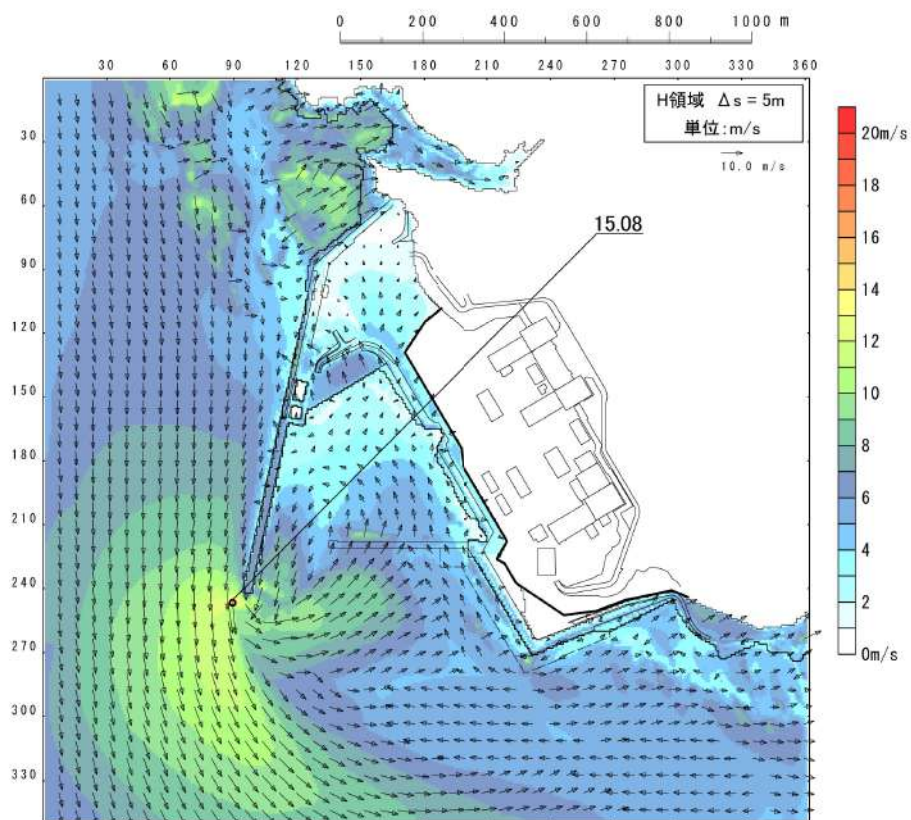
第 11 図 最大流速分布（基準津波 E（南防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



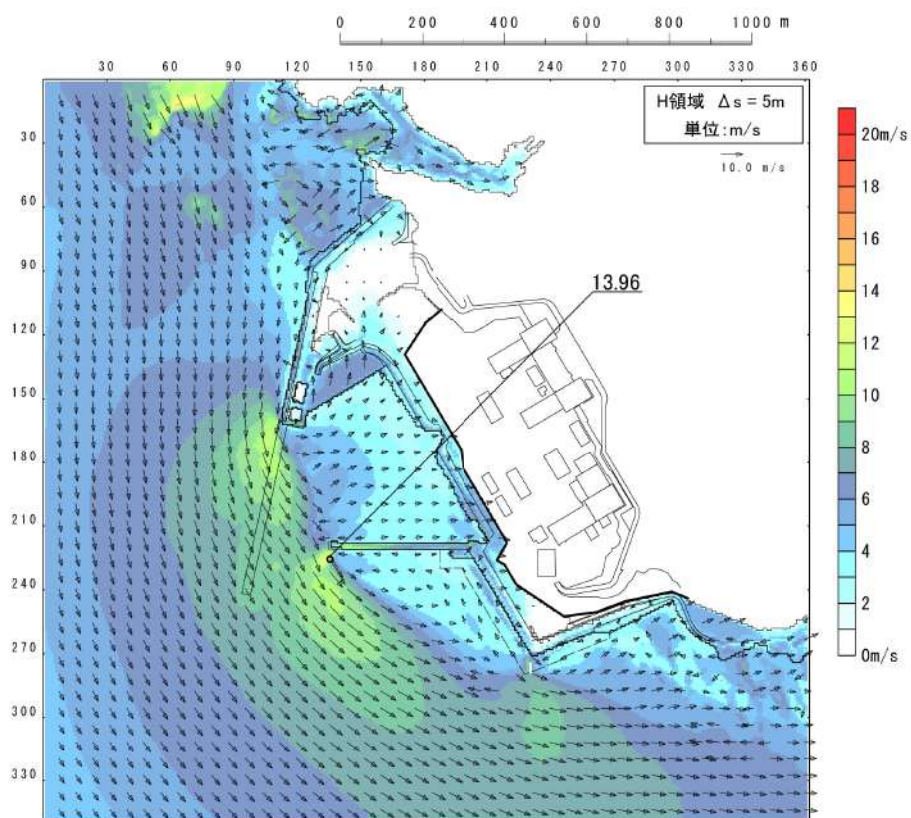
第 12 図 最大流速分布（基準津波 F（北及び南防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



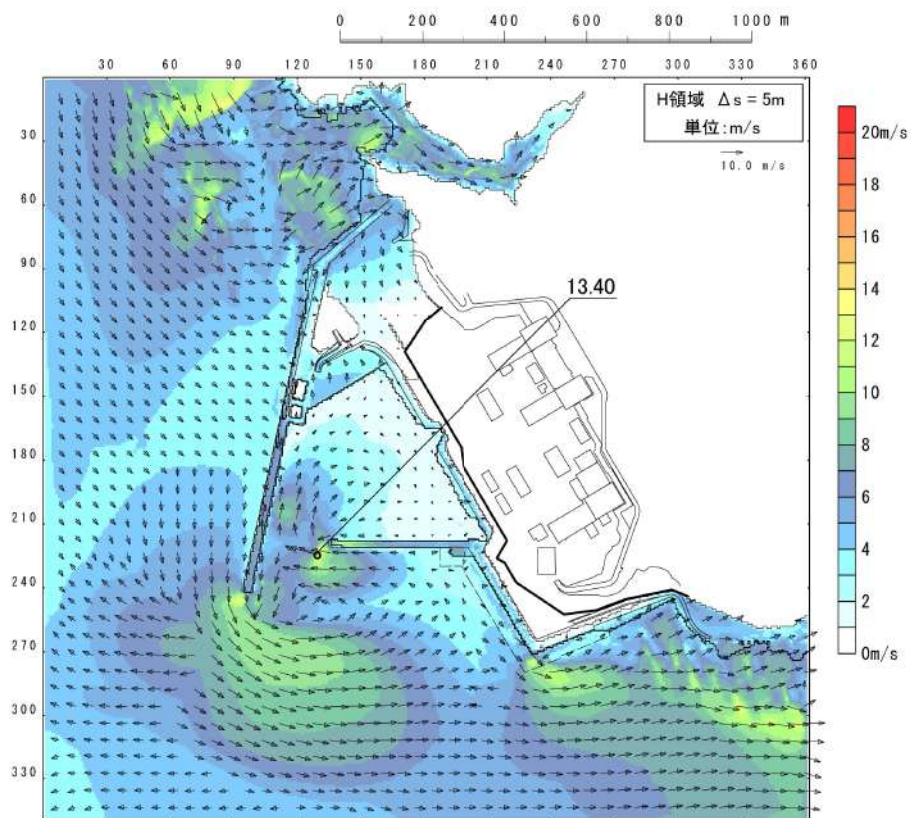
第 13 図 最大流速分布（基準津波 F（北防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



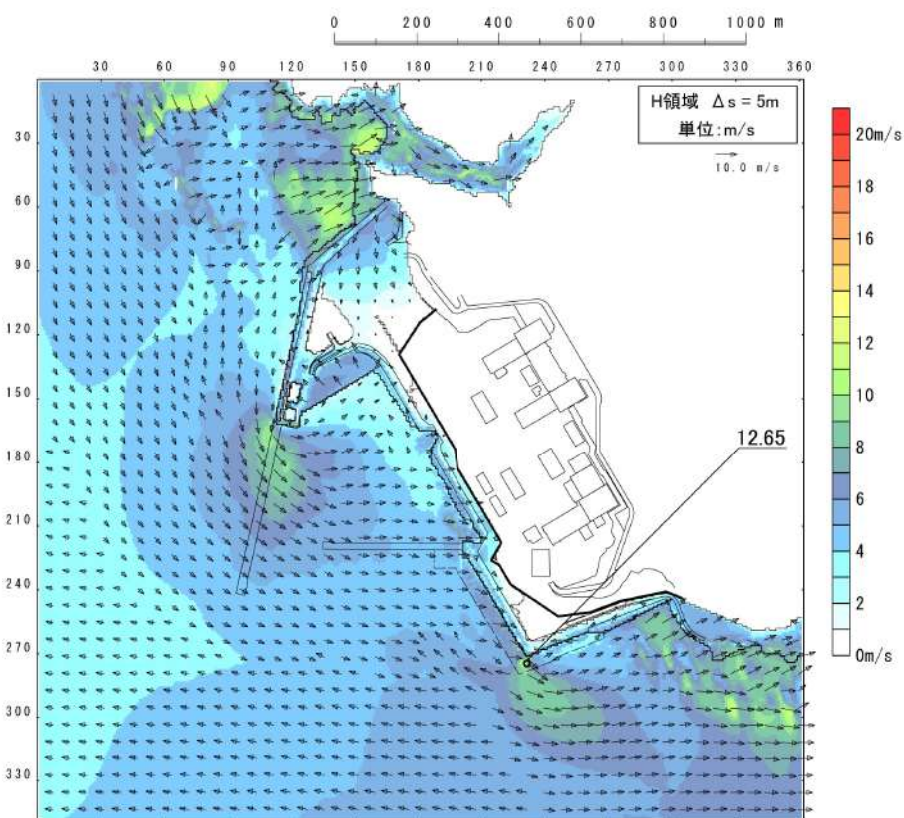
第 14 図 最大流速分布（基準津波 G（南防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



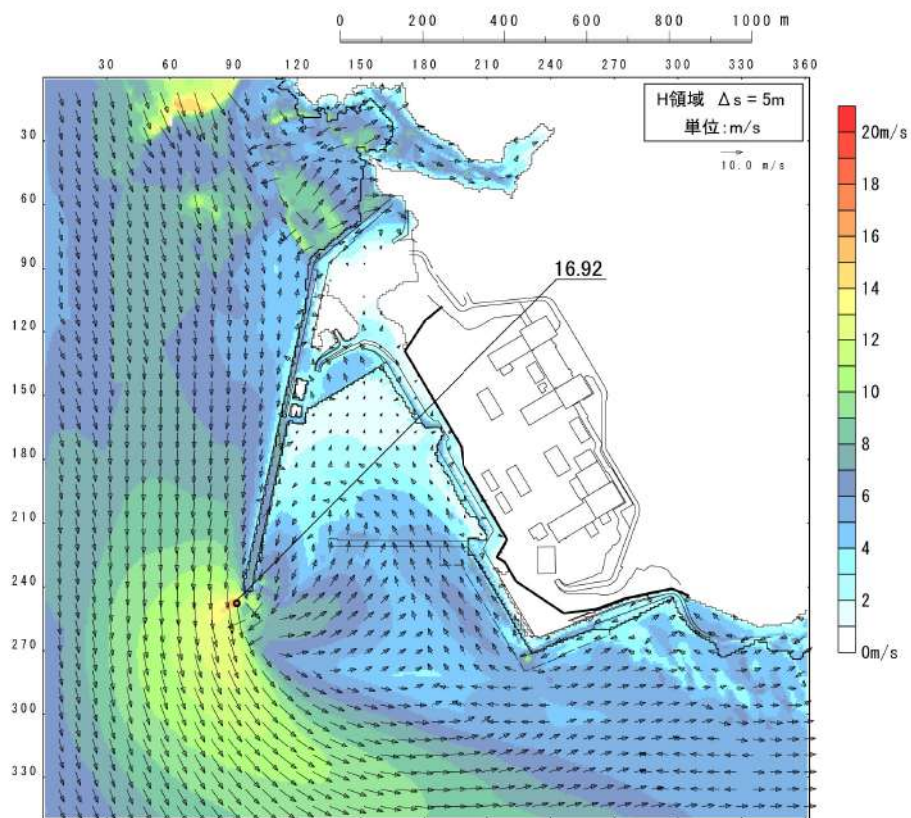
第 15 図 最大流速分布（基準津波 H（北防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



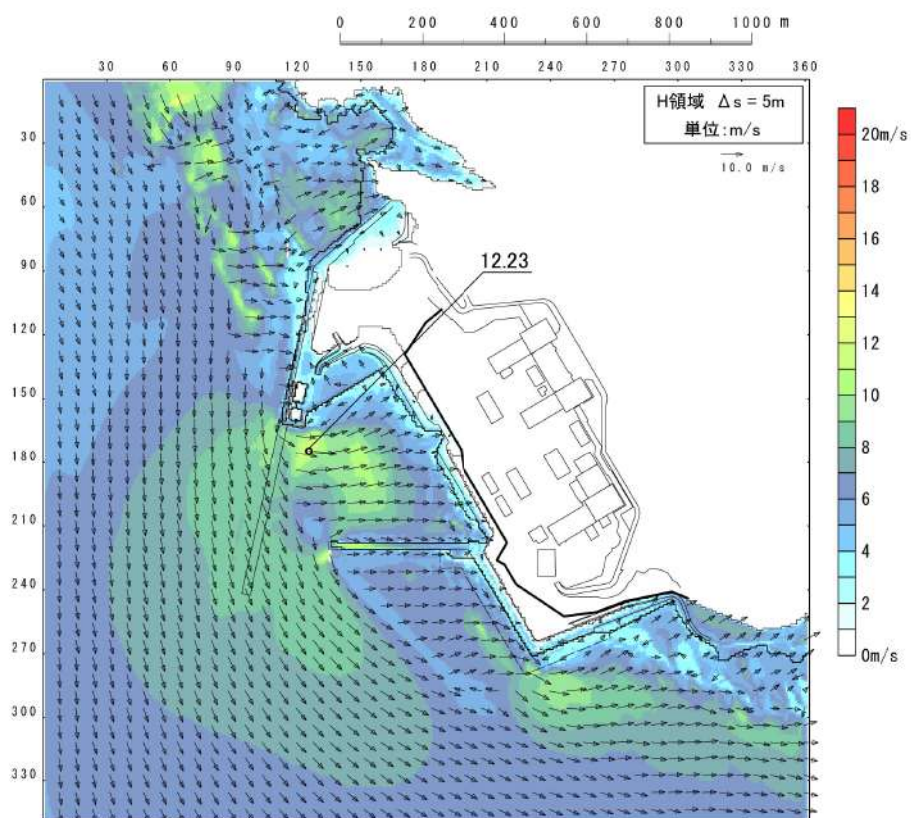
第 16 図 最大流速分布（基準津波 I（防波堤損傷なし，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



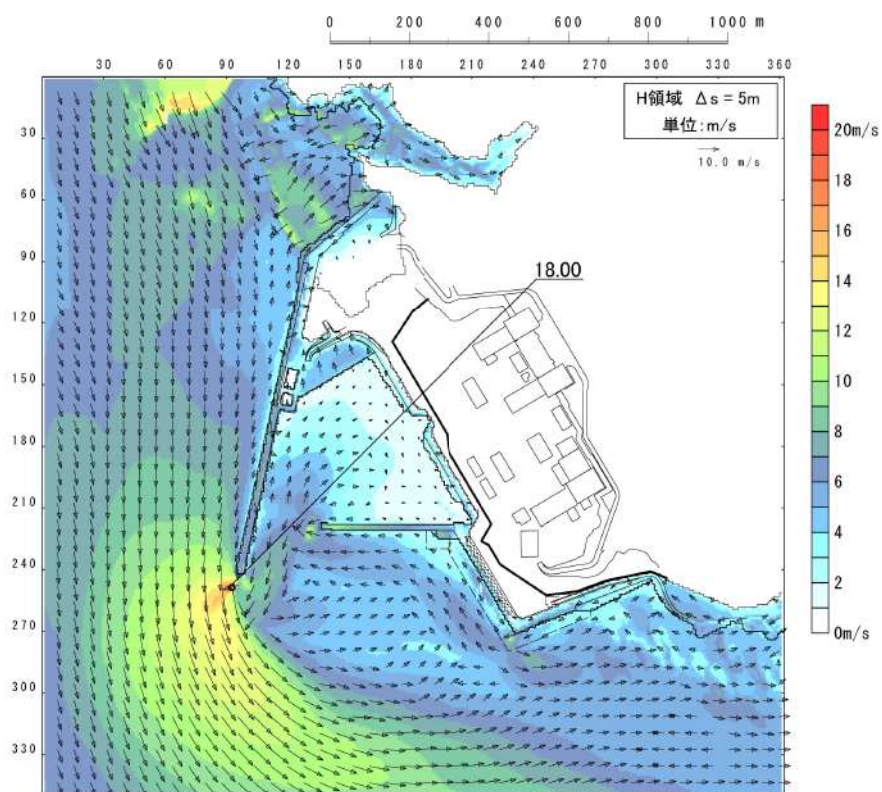
第 17 図 最大流速分布（基準津波 J（北及び南防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



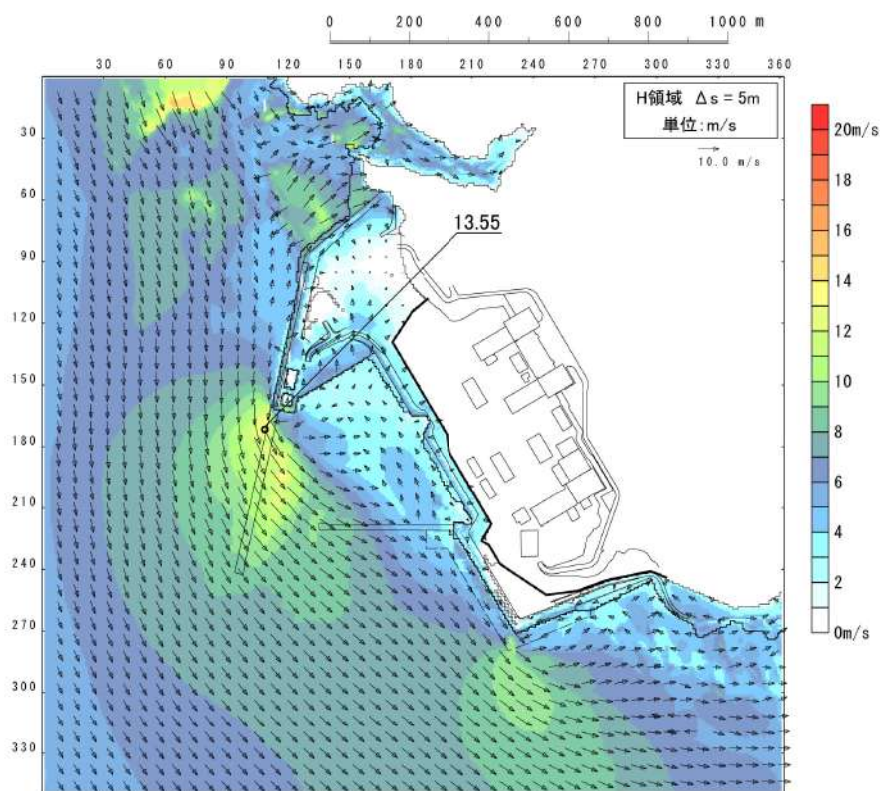
第 18 図 最大流速分布（基準津波 K（南防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



第 19 図 最大流速分布（基準津波 L（北防波堤損傷，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」））



第 20 図 最大流速分布（流速最大ケース 1^{※1}，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」）



第 21 図 最大流速分布（流速最大ケース 2^{※2}，
「敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘」）

- ※1 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし
- ※2 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

津波の流況を踏まえた防波堤の取水口到達及び閉塞可能性評価について

1. はじめに

津波の流況を踏まえた漂流物の取水口到達可能性については、「別添 1 2. 5 (2) e. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保」にて評価している。このうち、泊発電所の防波堤は、津波防護施設及び津波影響軽減施設ではないことも踏まえ、地震や津波波力、津波時の越流による洗堀により横転・滑落等が生じる可能性が考えられること、並びに損傷した状態で津波による流圧力を受けることから、漂流・滑動が生じる可能性を検討し、取水口到達及び閉塞可能性について評価した。

2. 防波堤の構造概要

防波堤の構造概要のうち、防波堤の全体平面図を図 1 に示す。泊発電所の防波堤は北防波堤と南防波堤に分かれており、北防波堤の堤体高は 16.5m、南防波堤の堤体高は先端部から 9 ブロック分が 14.5m、陸地から 8 ブロック分が 12.5m である。なお、3 号炉取水口との位置関係は、北防波堤よりも南防波堤が近接する。

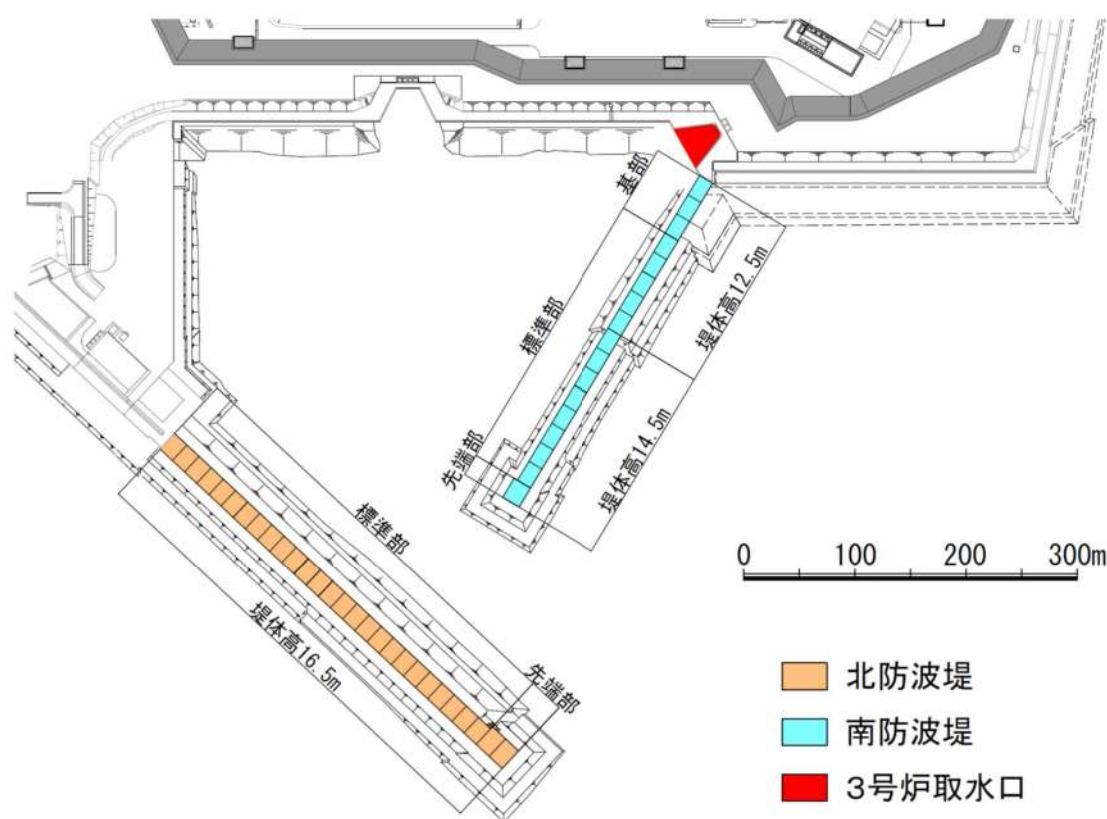


図 1 防波堤の全体平面図

(1) 北防波堤の構造

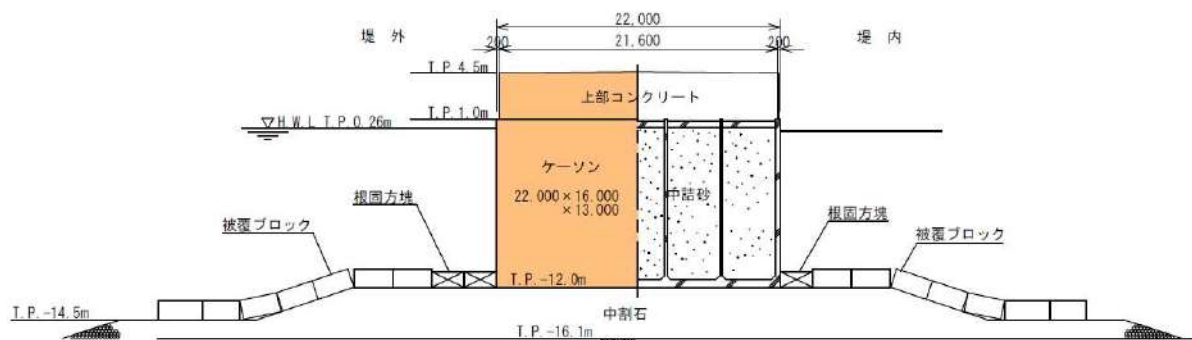
北防波堤の構造は表 1 に示す仕様であり、北防波堤の先端部断面図、標準部断面図、平面図、断面位置図並びに地質断面図を図 2 に示す。

表 1 北防波堤の構造

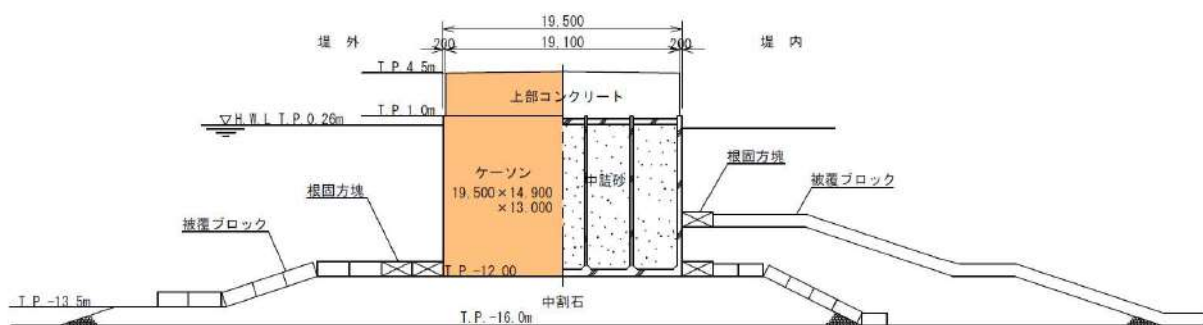
構造物	仕 様
ケーソン	【先端部】 計 2 函 ・ 22.0m (B) × 16.0m (L) × 13.0m (H) : 9,700t ^{※1} 以上 【標準部】 計 26 函 ・ 19.5m (B) × 14.9m (L) × 13.0m (H) : 8,000t ^{※1} 以上
上部コンクリート	【先端部】 ・ 21.6m (B) × 3.5m (H) : 2,900t ^{※2} 以上 【標準部】 ・ 19.1m (B) × 3.5m (H) : 2,400t ^{※2} 以上
根固方塊	34.5t/個
被覆ブロック	4～29t/個
中割石 (基礎マウンド)	30～300kg/個

※1：ケーソンのうち、鉄筋コンクリートと中詰砂の体積を算出した上で、鉄筋コンクリートの密度 2.49t/m³ と中詰砂の密度 2.04t/m³ を用いて、ケーソンの重量を算出した。なお、重量については、100t 単位で切り下げて記載している。

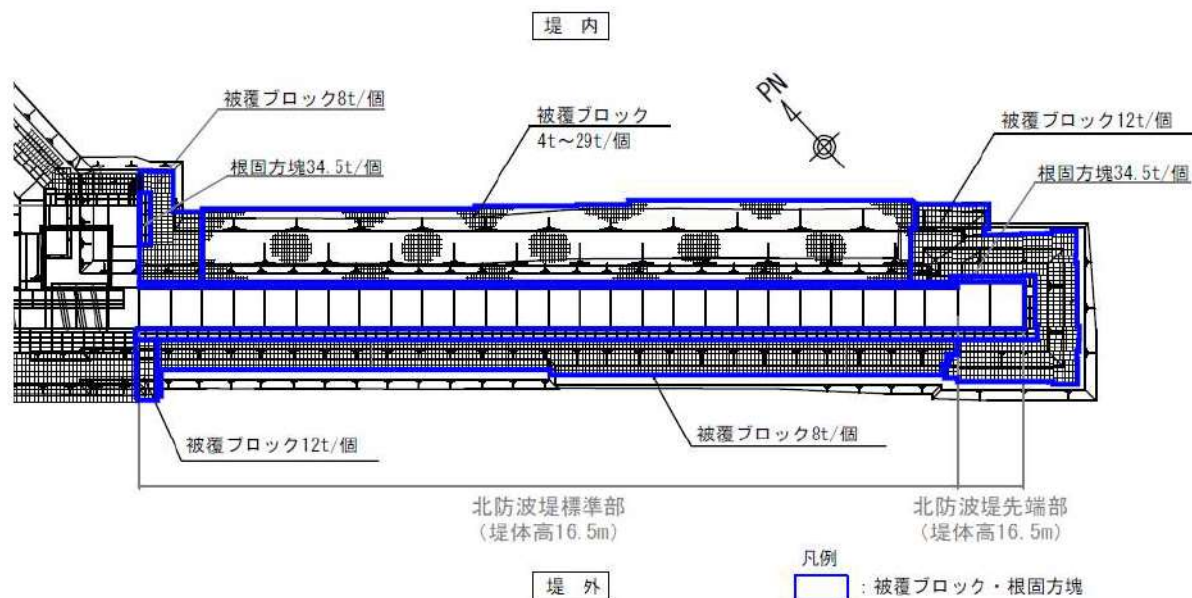
※2：上部コンクリートは、有筋であるものの、保守的に主材料であるコンクリート単体の密度 2.34t/m³ を用いて重量を算出した。なお、重量については、100t 単位で切り下げて記載している。



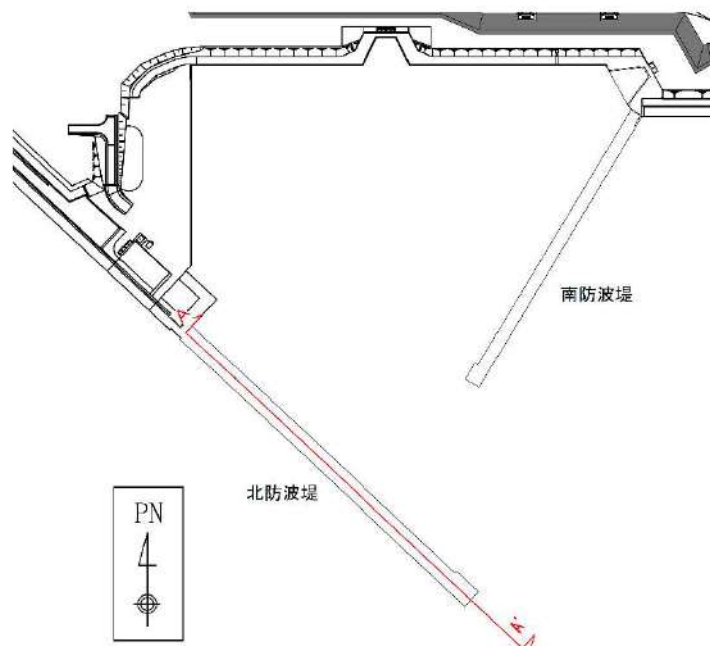
(a) 北防波堤先端部断面図



(b) 北防波堤標準部断面図

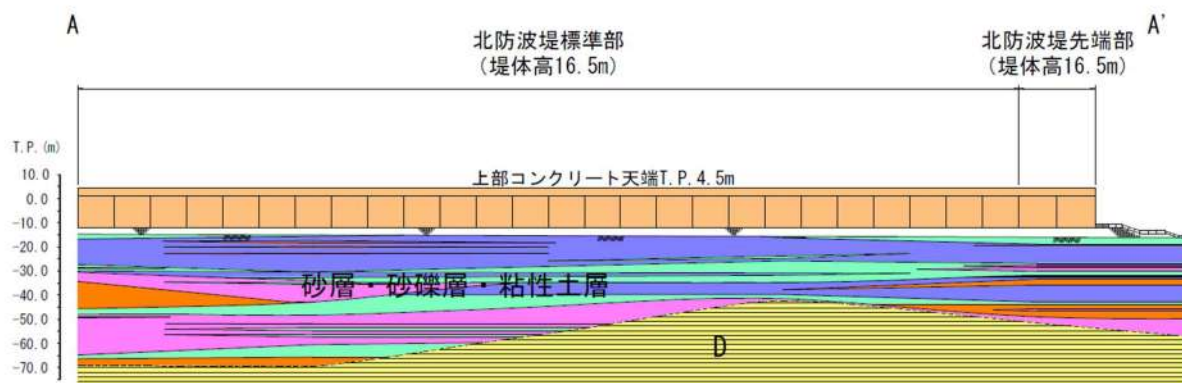


(c) 北防波堤平面図



(d) 断面位置図

砂層 (As1)	A _I : A _I 級岩盤	C : C級岩盤	角礫質安山岩	凝灰岩
砂層 (As2)	A _{II} : A _{II} 級岩盤	D : D級岩盤	安山岩	凝灰角礫岩
砂礫層 (Ag)	A _{III} : A _{III} 級岩盤		含泥岩礫凝灰岩	凝灰質泥岩
粘性土層 (Ac)	B : B級岩盤		軽石凝灰岩	



(e) 北防波堤地質断面図 (A—A' 断面)

図2 北防波堤の構造

(2) 南防波堤の構造

南防波堤の構造は表 2 に示す仕様であり、南防波堤の先端部断面図，標準部断面図，基部断面図，平面図，断面位置図，地質断面図並びに海底地盤コンター図を図 3 に示す。

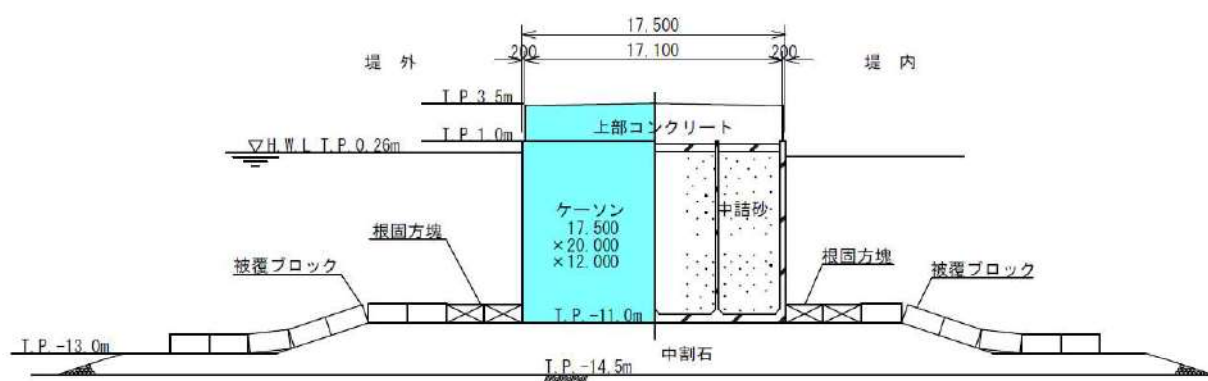
南防波堤の特徴として、地質断面図より南防波堤の堤外側に砂層 (As1 及び As2) が厚く分布している。

表 2 南防波堤の構造

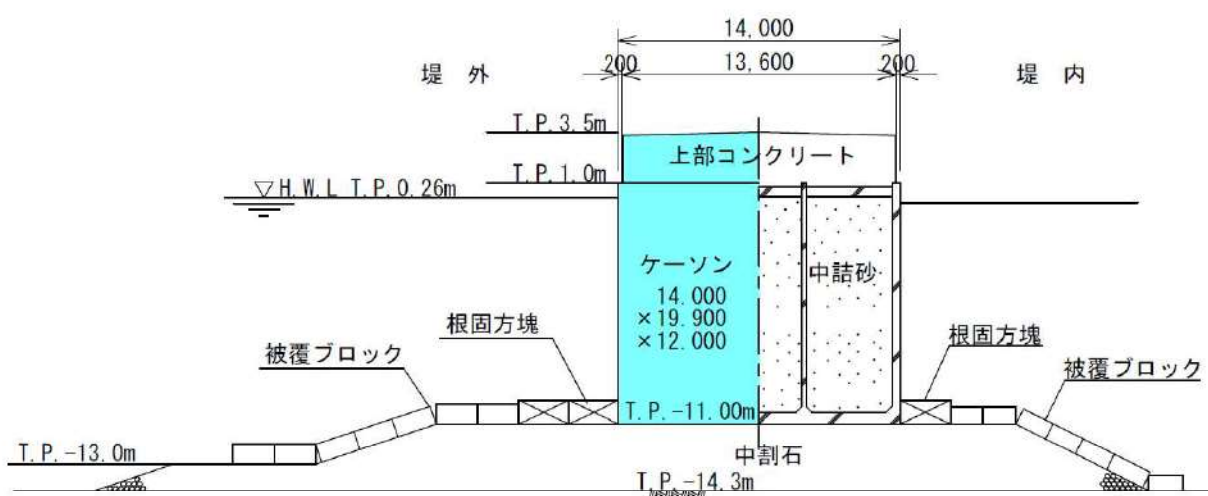
構造物	仕 様
ケーソン	【先端部】 計 1 函 ・ 17.5m (B) × 20.0m (L) × 12.0m (H) : 8,800t ^{※1} 以上 【標準部および基部】 計 16 函 ・ 堤体高 14.5m 計 8 函 14.0m (B) × 19.9m (L) × 12.0m (H) : 7,000t ^{※1} 以上 ・ 堤体高 12.5m 計 8 函 (基部含む) 14.0m (B) × 19.9m (L) × 10.0m (H) : 5,900t ^{※1} 以上
上部コンクリート	【先端部】 ・ 17.1m (B) × 2.5m (H) : 2,100t ^{※2} 以上 【標準部および基部】 ・ 13.6m (B) × 2.5m (H) : 1,600t ^{※2} 以上
消波ブロック	32～40t/個
根固方塊	34.5t/個
被覆ブロック	2～8t/個
中割石 (基礎マウンド)	30～300kg/個

※1：ケーソンのうち、鉄筋コンクリートと中詰砂の体積を算出した上で、鉄筋コンクリートの密度 2.49t/m³ と中詰砂の密度 2.04t/m³ を用いて、ケーソンの重量を算出した。なお、重量については、100t 単位で切り下げて記載している。

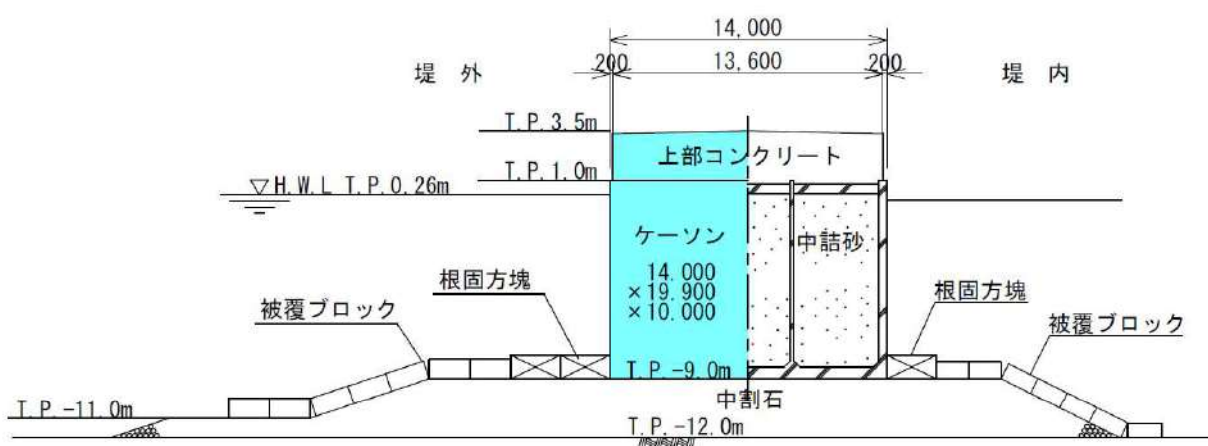
※2：上部コンクリートは、有筋であるものの、保守的に主材料であるコンクリート単体の密度 2.34t/m³ を用いて重量を算出した。なお、重量については、100t 単位で切り下げて記載している。



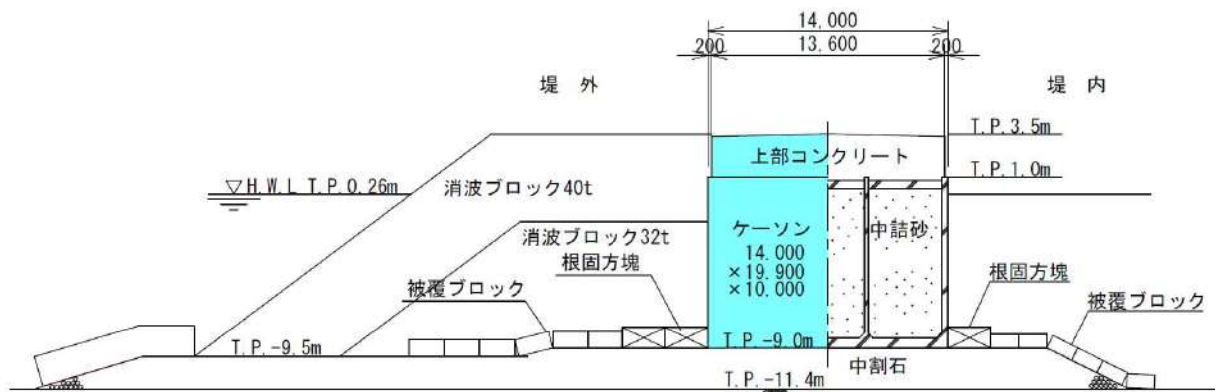
(a) 南防波堤先端部断面図



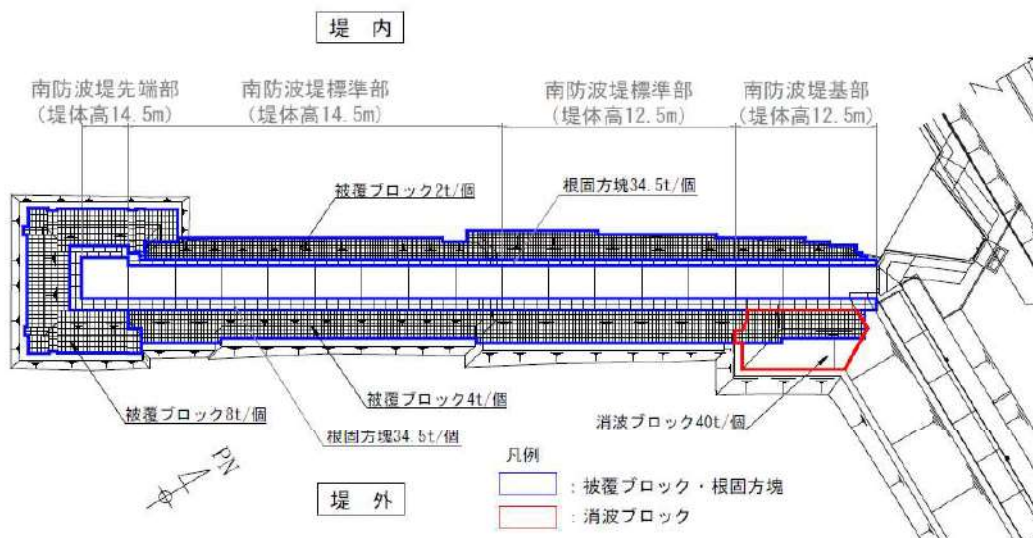
(b) 南防波堤標準部断面図 (堤体高14.5m)



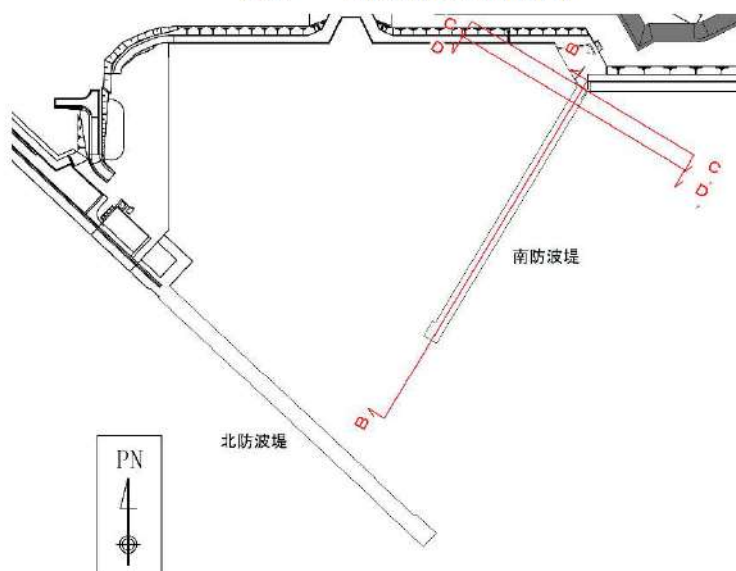
(c) 南防波堤標準部断面図 (堤体高12.5m)



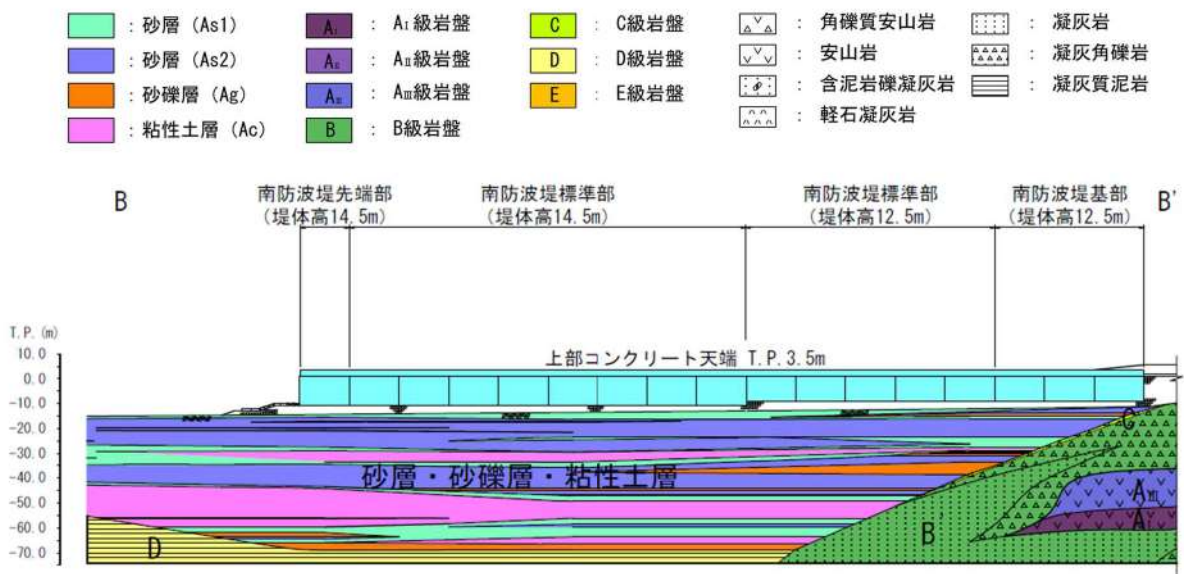
(d) 南防波堤基部断面図 (堤体高12.5m)



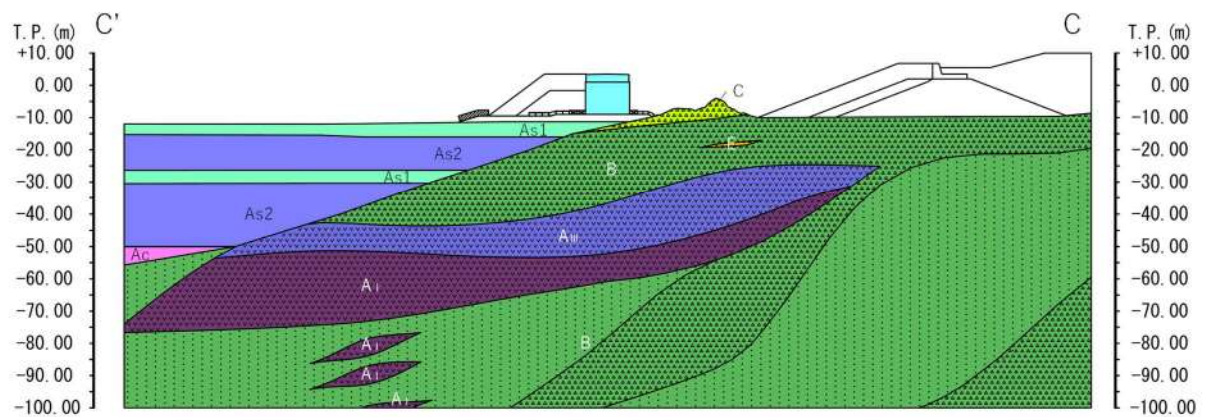
(e) 南防波堤平面図



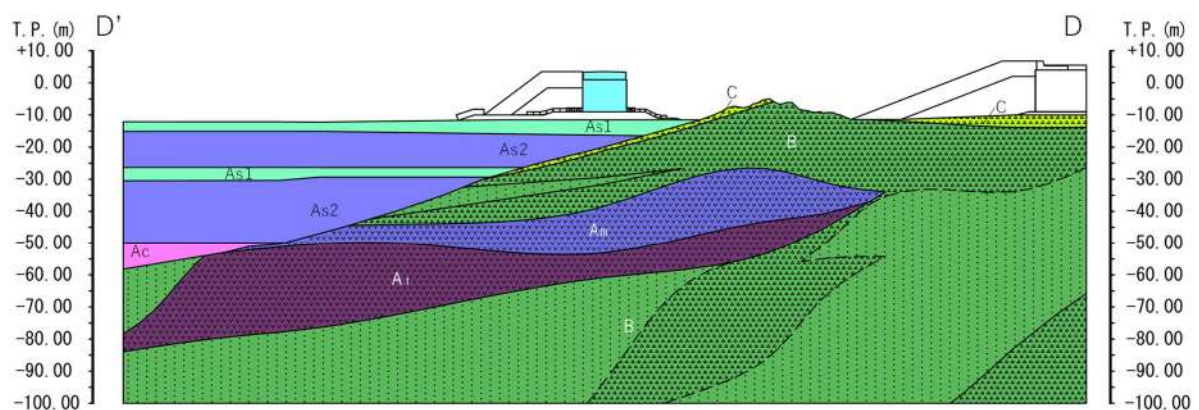
(f) 断面位置図



(g) 南防波堤地質断面図 (B-B' 断面)



(h) 南防波堤地質断面図 (C-C' 断面)



(i) 南防波堤地質断面図 (D-D' 断面)

図3 南防波堤の構造

(3) 防波堤の配置特性及び地形特性

防波堤の配置特性として、図4に示すとおり3号炉取水口に最も近接する南防波堤基部と3号炉取水口の離隔距離は7.7mである。一方、北防波堤は、3号炉取水口との位置関係として、図1に示すとおり取水口に対して港湾を挟んで離隔距離が大きい位置に設置されている。

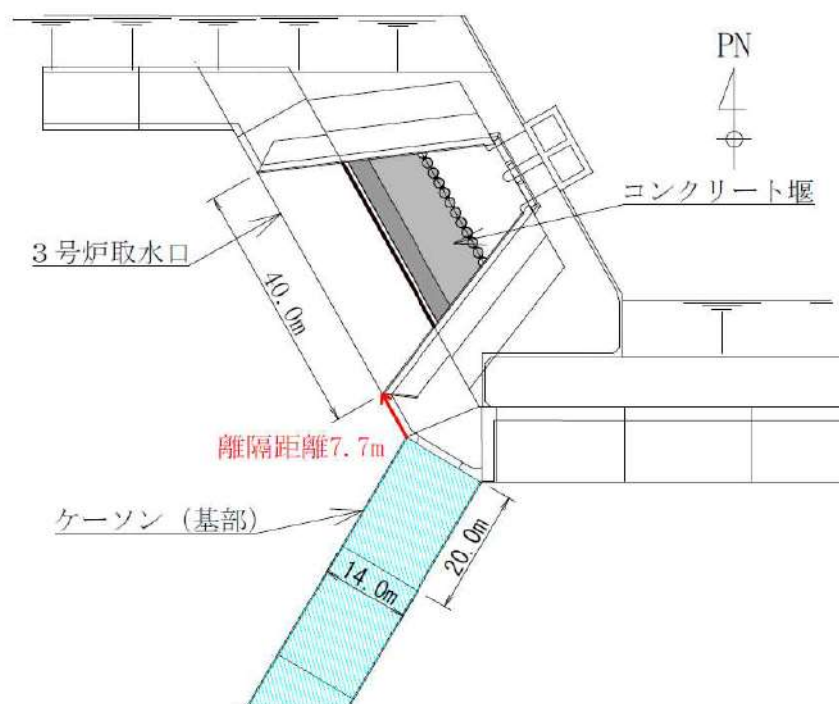
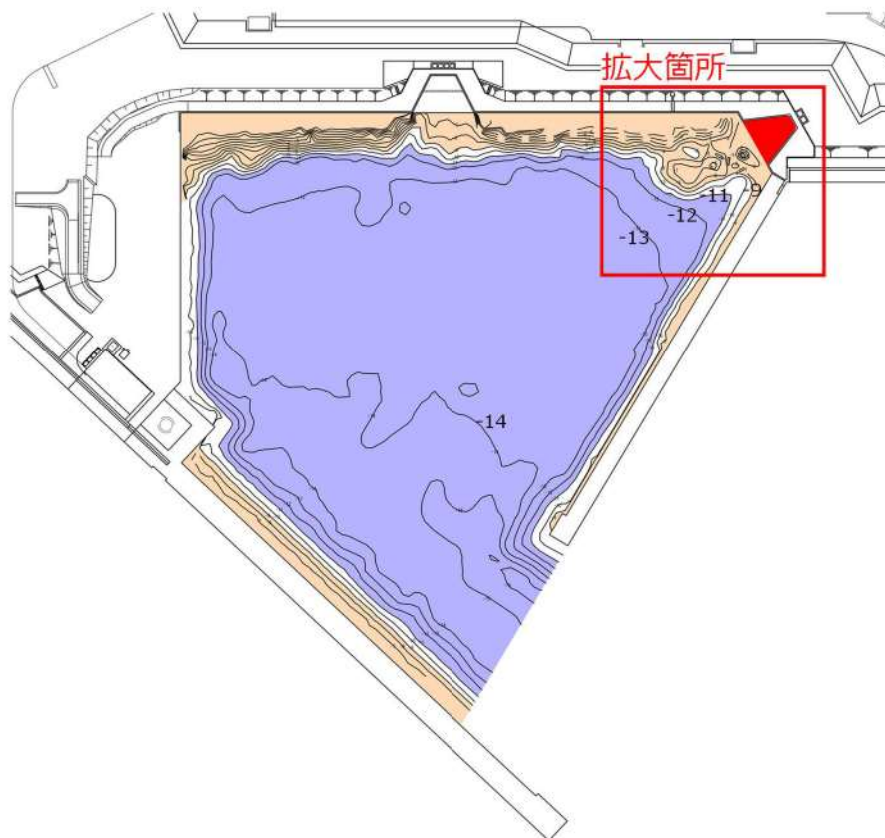


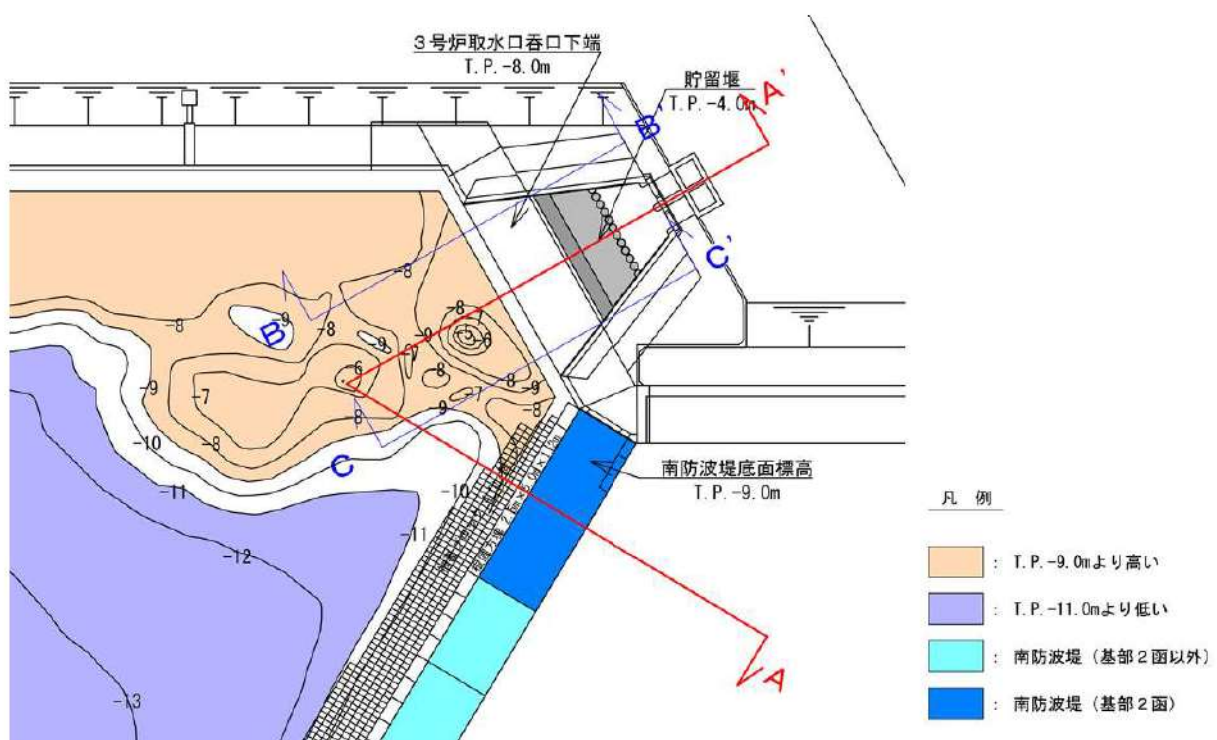
図4 南防波堤基部と3号炉取水口の離隔

地形特性として、発電所港湾内及び取水口前面の海底地形図を図5に示す。図5は、基準津波や入力津波の地形モデル作成に用いた深浅測量結果（平成17年実施）をもとに作成した。また、取水口前面の深浅測量結果は潜水による水深測定（平成29年実施）を用いて確認しており、図6に、潜水による水深測定位置と潜水による岩盤の確認状況を示している。

図5より南防波堤のうち基部2箇の堤内側にはB級及びC級岩盤の高まり（最大標高：T.P. -5.2m）が分布している。一方、基部2箇以外の堤内側においては、基礎マウンドより外側の海底面高が防波堤の底面標高（T.P. -9.0m）より2m以上低く、さらに海底は港湾の外側に向けて下がっている特徴がある。また、取水口呑口下端（T.P. -8.0m）は防波堤の底面標高（T.P. -9.0m）より1mほど高い。

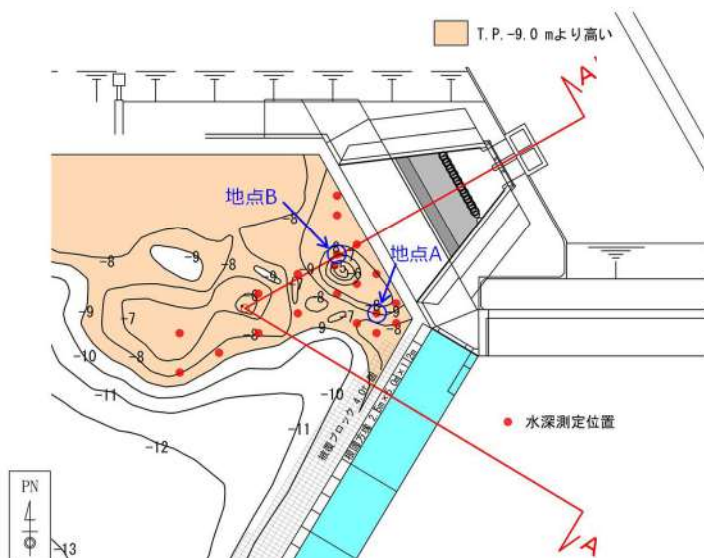


(a) 全体図



(b) 拡大図

図5 3号炉取水口前面の海底地形図（値はT.P.(m)を示す。）



地点A



地点B

水深測定位置

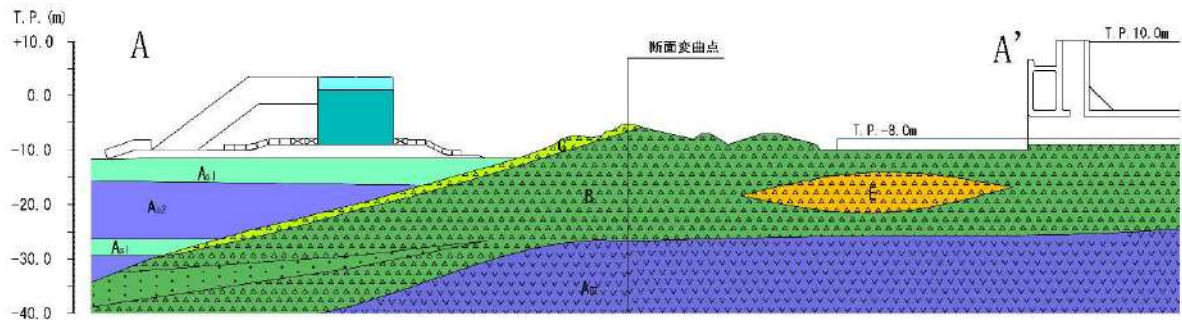
図6 潜水による岩盤状況の確認

南防波堤基部と3号炉取水口の断面図を図7に示す。3号炉取水口と防波堤間のB級及びC級岩盤の高まりの海底岩盤標高は、図5に示す海底地盤コンター図と同じく深浅測量結果を反映している。図7に示す地質断面図のうち、折れ点より取水口側の地質断面図については取水路縦断方向の地質断面図と同一である。折れ点より防波堤側の地質断面図については、防波堤の竣工図、図8に示す位置にて実施したボーリング結果（平成29年実施）及び図3に示す地質断面図をもとに作成している。

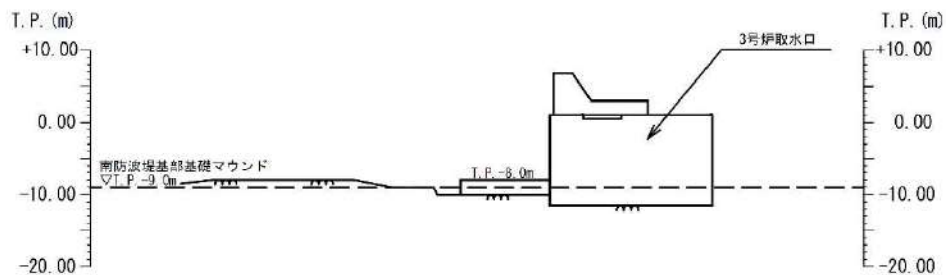
なお、岩盤の強度特性のうち、B岩盤の一軸圧縮強度は 14.2 N/mm^2 であり、C級岩盤の一軸圧縮強度は 7.0 N/mm^2 であることを確認しており、南防波堤（基部2函）の堤内側に分布するB級及びC級岩盤の高まりは、硬質な岩盤である。

凡 例

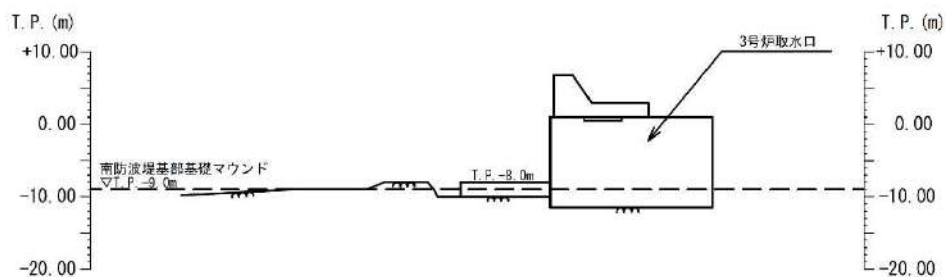
【岩級分類】		: B級岩盤	【岩盤の地質分類】		: 軽石凝灰岩		: 砂 As1 (N値<30)	【南防波堤】			
	: AⅠ級岩盤		: C級岩盤		: 角礫質安山岩		: 凝灰岩		: 砂 As2 (30≦N値)		: 上部コンクリート
	: AⅡ級岩盤		: D級岩盤		: 安山岩		: 凝灰角礫岩		: 埋戻土		: ケーソン
	: AⅢ級岩盤		: E級岩盤		: 含泥岩礫凝灰岩		: 凝灰質泥岩				



A-A' 断面 (図5)



B-B' 断面 (図5)



C-C' 断面 (図5)

図7 南防波堤基部と3号炉取水口の断面図

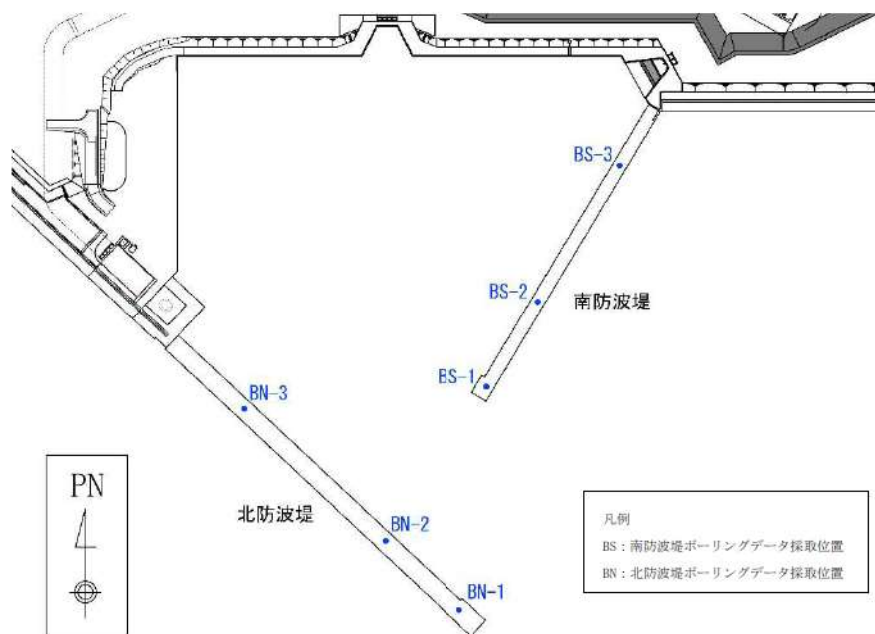


図 8 防波堤のボーリングデータ採取位置

3. 防波堤の取水口到達及び閉塞可能性評価結果

防波堤の取水口到達及び閉塞可能性評価において、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響を及ぼす条件は、複数のケーソン及び上部コンクリートが3号炉取水路前面に到達し、さらに、取水口前面の海底面が平坦でケーソンと岩盤間の隙間がない状態で、ケーソン及び上部コンクリートが隙間なく整列した場合である。そのため、取水口に到達した際の取水性に与える影響を考慮し、防波堤のうち、ケーソン及び上部コンクリートに着目して、取水口到達及び閉塞可能性の評価結果を示す。なお、それ以外の対象施設（消波ブロック、根固方塊、被覆ブロック及び中割石）の評価結果については、「別添1 2.5(2)c. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保」に示す。

防波堤（ケーソン及び上部コンクリート）の取水口到達及び閉塞可能性評価についても他の漂流物と同じく、「別添1 2.5(2)c. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保」に示す漂流物の選定・影響評価確認フローに従い、漂流する可能性・滑動する可能性（Step1）、到達する可能性（Step2）及び閉塞する可能性（Step3）の検討により、防波堤による原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を確認する。

(1) 防波堤の漂流する可能性・滑動する可能性 (Step1) に対する検討結果

「別添 1 2. 5 (2) c. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保」と同じく、漂流物の比重を用いた漂流する可能性及び安定流速を用いた滑動する可能性を評価したところ、以下に示す検討結果のとおり、ケーソン及び上部コンクリートは、漂流する可能性はないものの、滑動する可能性があることを確認した。

ケーソン及び上部コンクリートの比重及び安定流速の算定結果を表 3 に示す。なお、安定流速による滑動する可能性の評価方法については、参考 1 に示す。漂流する可能性に対する評価結果は、表 3 に示すように防波堤のケーソン及び上部コンクリートの比重は海水の比重より大きいことから漂流することはない。一方、滑動する可能性に対する評価として、発電所の港湾内の最大流速 (18m/s) (「添付資料 16 漂流物の評価に考慮する津波の流速・流向について」参照) は、防波堤のケーソン及び上部コンクリートの安定流速よりも大きいことから、滑動する可能性がある。

以上より、防波堤は滑動する可能性があるため、防波堤の滑動を考慮して到達する可能性 (Step2) を評価する。

表 3 比重及び安定流速の算定結果

対象 構造物		漂流する可能性			滑動する可能性				
		密度 (t/m ³)	海水に対 する比重	評価 結果	質量※3、4 (t)	イスバッシュの 定数	斜面の 勾配 (°)	安定 流速※5 (m/s)	評価 結果
北防波堤	ケー ソン	2.15※1	2.08	漂流 しない	$\frac{8,000}{\sim}$ 9,700	0.86	0	17.4	滑動を 考慮
南防波堤		2.15※1	2.08	漂流 しない	$\frac{5,900}{\sim}$ 8,800	0.86	0	16.5	滑動を 考慮
北防波堤	上部 コンク リート	2.34※2	2.27	漂流 しない	$\frac{2,400}{\sim}$ 2,900	0.86	0	15.1	滑動を 考慮
南防波堤		2.34※2	2.27	漂流 しない	$\frac{1,600}{\sim}$ 2,100	0.86	0	14.1	滑動を 考慮

※1：ケーソンの密度は、鉄筋コンクリートの密度 2.49t/m³ と中詰砂の密度 2.04t/m³ を用いて、ケーソン中の鉄筋コンクリート (北防波堤標準部：955.4m³、南防波堤標準部：706.4m³) と中詰砂 (北防波堤標準部：2774.1m³、南防波堤標準部：2032.6m³) の体積比を踏まえて算出している。

※2：上部コンクリートは、有筋ではあるものの、保守的に主材料であるコンクリート単体の密度 2.34t/m³ を用いて、漂流する可能性を評価する。

※3：質量が小さい方が安定流速が小さくなるため、安定流速は防波堤の中でも小さいケーソン及び上部コンクリートの質量 (表中の下線部の質量) を用いて算出している。

※4：安定流速に用いたケーソン及び上部コンクリートの質量の算出方法は、表 1、表 2 に詳細を示す。

※5：安定流速は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説 (日本港湾協会、平成 19 年 7 月)」に準じ、イスバッシュ式を用いて算出した。

(2) 防波堤の到達する可能性 (Step2) の評価結果

到達する可能性 (Step2) を評価するため、影響評価確認フローにおいて、漂流せず、滑動する漂流物に対する判断基準 (影響評価確認フローにおける「判断基準: h」) に用いる「取水口との離隔距離や高低差」を整理する。そこで、「2.

(3) 防波堤の配置特性及び地形特性」を踏まえて整理した地形特性を以下に示す。

- ・北防波堤は、3号炉取水口に対して発電所港湾を挟んで離隔距離を有する位置に設置されている。
- ・南防波堤のうち基部2函以外は、防波堤堤内側の海底面高が防波堤の底面標高 (T.P. -9.0m) より低い。
- ・南防波堤のうち基部2函以外は、防波堤延長の直交方向に滑動し、海底面高が低い方向に移動することが考えられ、3号炉取水口は滑動方向の逆側に位置している。

以上の地形特性を踏まえて、北防波堤、南防波堤 (基部2函以外) 及び南防波堤 (基部2函) に区分して、到達する可能性 (Step2) を評価する。

a. 北防波堤の到達する可能性の評価結果

北防波堤は、3号炉取水口に対して発電所港湾を挟んで離隔距離を有する位置に設置されており、滑動した場合、図9に示すように、3号炉取水口との位置関係から発電所港湾内（T.P. -14.0m）に沈むため、取水口呑口下端（T.P. -8.0m）との高低差（約6m）から3号炉取水口に到達しないと評価した。（判断基準：h）

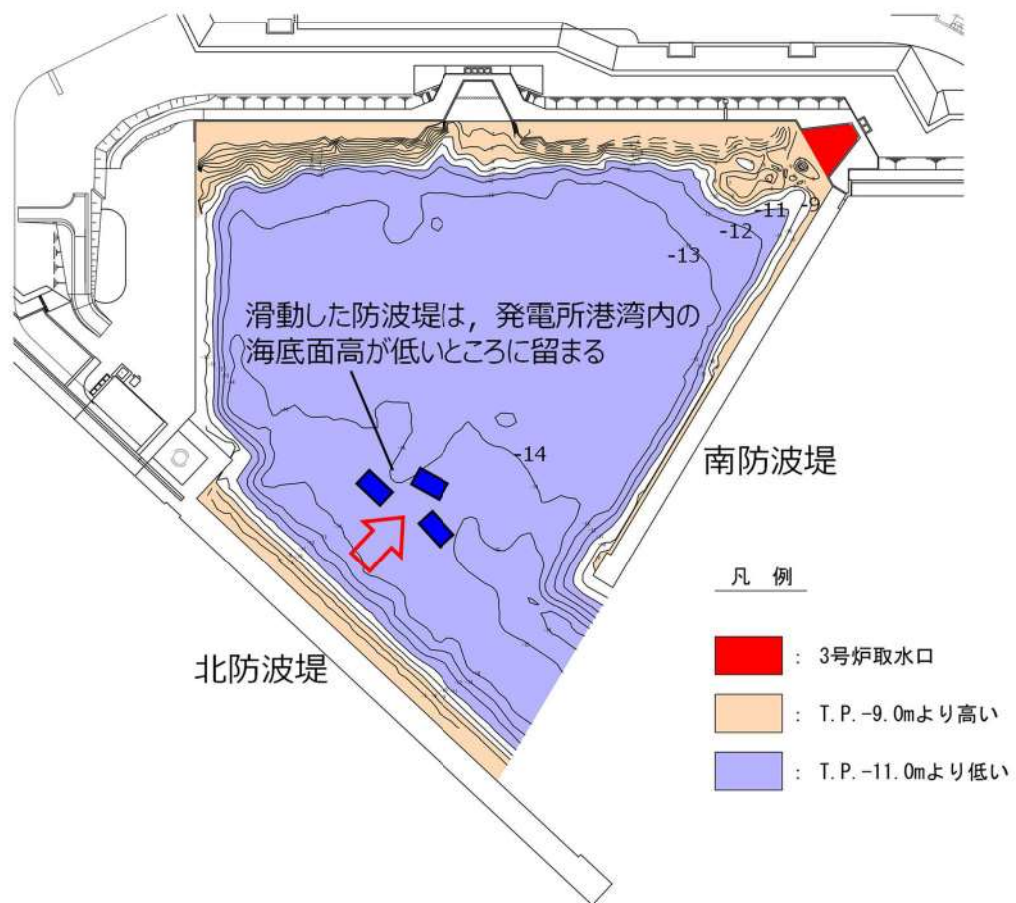


図9 北防波堤が滑動した場合に想定されるケーソンの滑動
（値はT.P.（m）を示す。）

b. 南防波堤（基部2函以外）の到達する可能性の評価結果

南防波堤（基部2函以外）は、漂流することがないこと並びに防波堤堤内側の海底面高が防波堤の底面標高（T.P. -9.0m）より低く、発電所港湾出口側に海底面高が下がっていることを踏まえると、南防波堤（基部2函以外）が海底面高が低い方向に沈み、図10に示すように発電所港湾出口側に滑動すると考えられる。さらに、防波堤の配置状況から、最も滑動しやすいと考えられる防波堤延長の直交方向に滑動した後、取水口方向に大きく方向転換することは、津波に伴う自然現象による滑動では起こりえないと考えられる。

以上を踏まえて、南防波堤（基部2函以外）は、滑動するものの、防波堤の底面標高（T.P. -9.0m）より低い防波堤堤内側の発電所港湾内（T.P. -14.0m）に沈む可能性が高いこと並びに津波に伴う自然現象では大きな方向転換は起こりえないことから、取水口に到達しないと評価した。（判断基準：h）

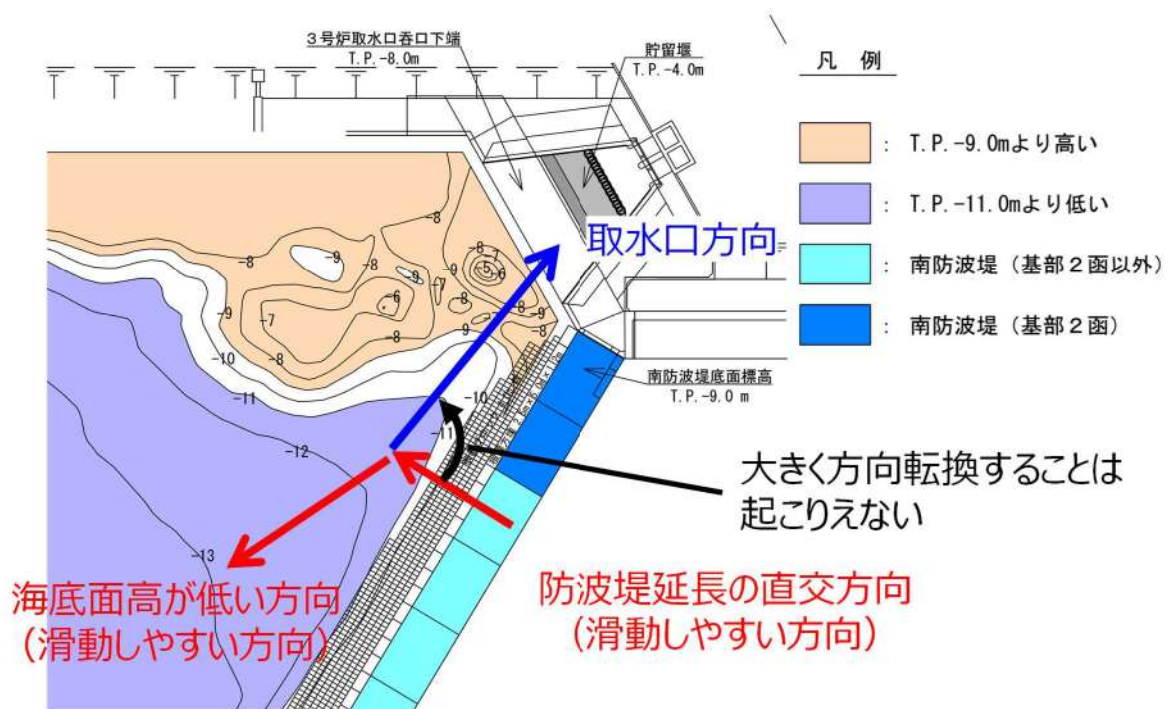


図10 南防波堤（基部2函以外）が滑動した場合に想定されるケーソンの滑動（値はT.P.（m）を示す。）

c. 南防波堤（基部2函）の到達する可能性の評価結果

図11, 図12に示すとおり, 南防波堤（基部2函）の堤内側にB級及びC級岩盤の高まり（最大標高：T.P. -5.2m）が分布している状況で, さらに取水口呑口下端（T.P. -8.0m）は南防波堤の底面標高（T.P. -9.0m）より1mほど高い。そのため, 南防波堤（基部2函）に津波が作用して防波堤が滑動した場合でも, 図13のようにB級及びC級岩盤の高まりにより沖側に留まることが想定されるため, 取水口に到達しないと評価した。（判断基準：h）

さらに, 南防波堤が滑動する状況においては, 発電所港湾内に発生する津波の流れとして, 南防波堤に直交する方向の押波が卓越するため, 南防波堤直交方向から3号炉取水口方向に連続的な津波の流れが生じることはないことから, （詳細は, 「添付資料37 水位変動・流向ベクトルについて」に示す。），津波の流況を考慮しても取水口に到達しないと評価できる。

なお, 想定されるケーソンの滑動に対して, 防波堤以外の漂流物が取水口前面まで漂流・滑動した場合のイメージ図を図14に示す。これより, 防波堤と防波堤以外の漂流物は干渉することはないため, 防波堤以外の漂流物を考慮しても, 原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に対して影響を及ぼすことはない。

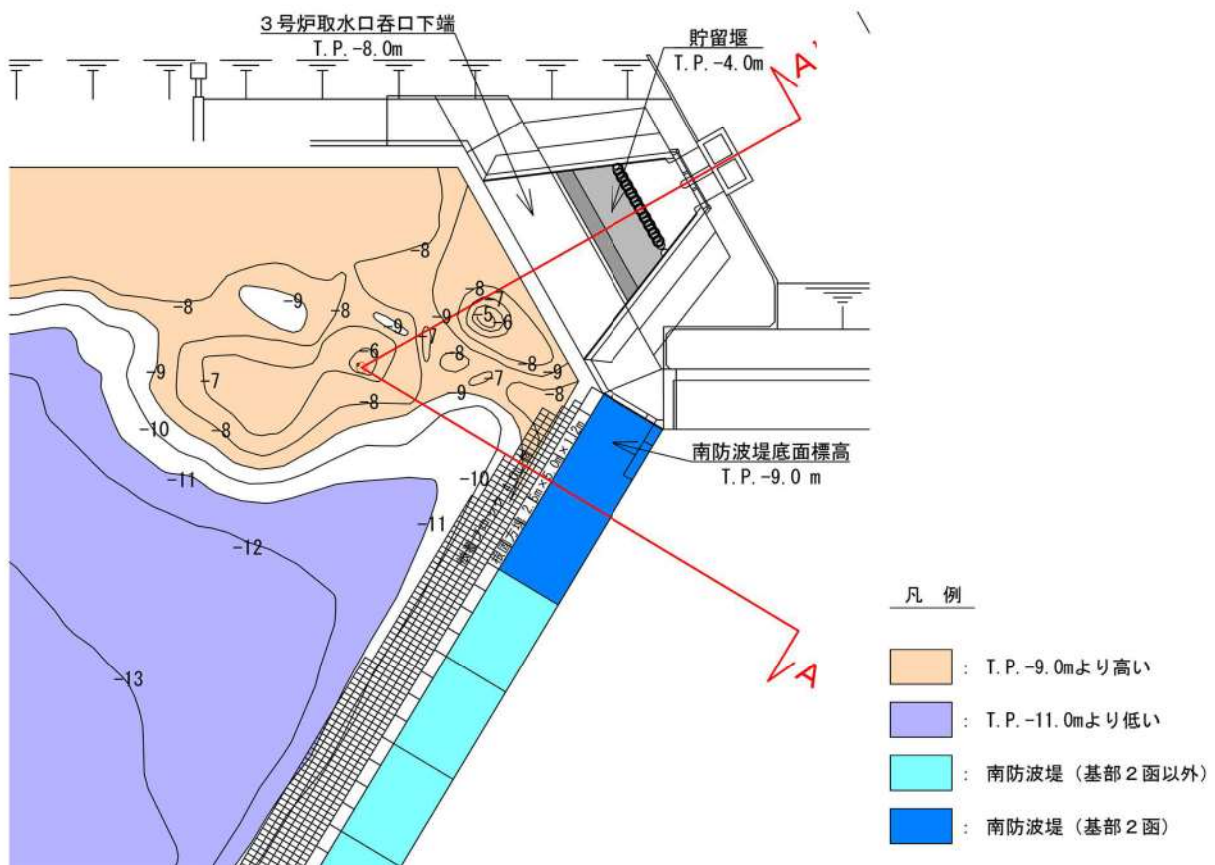


図11 3号炉取水口前面の海底地形図（値はT.P. (m) を示す。）

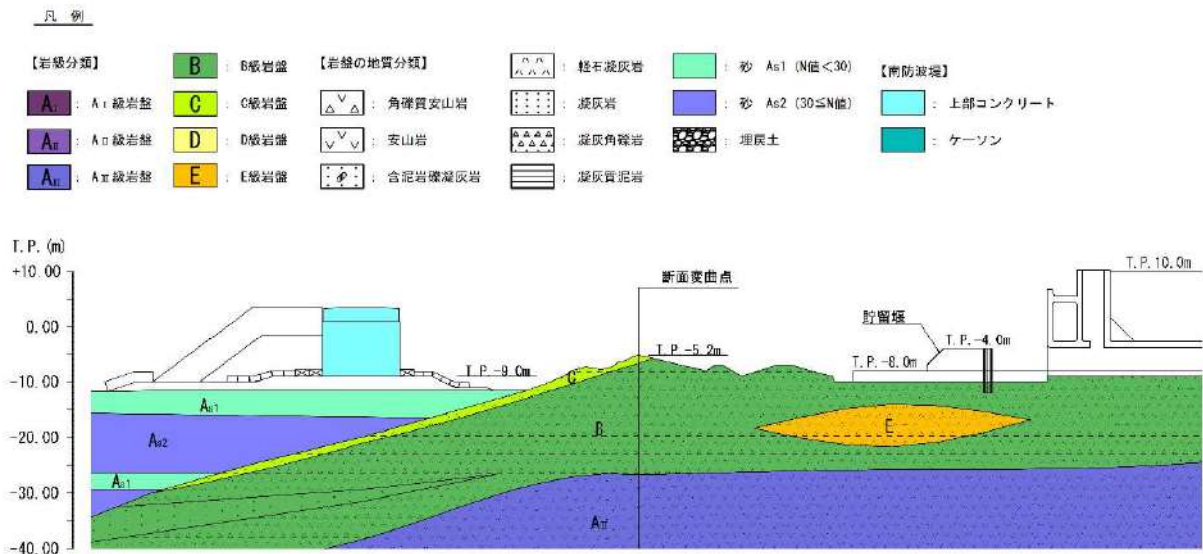
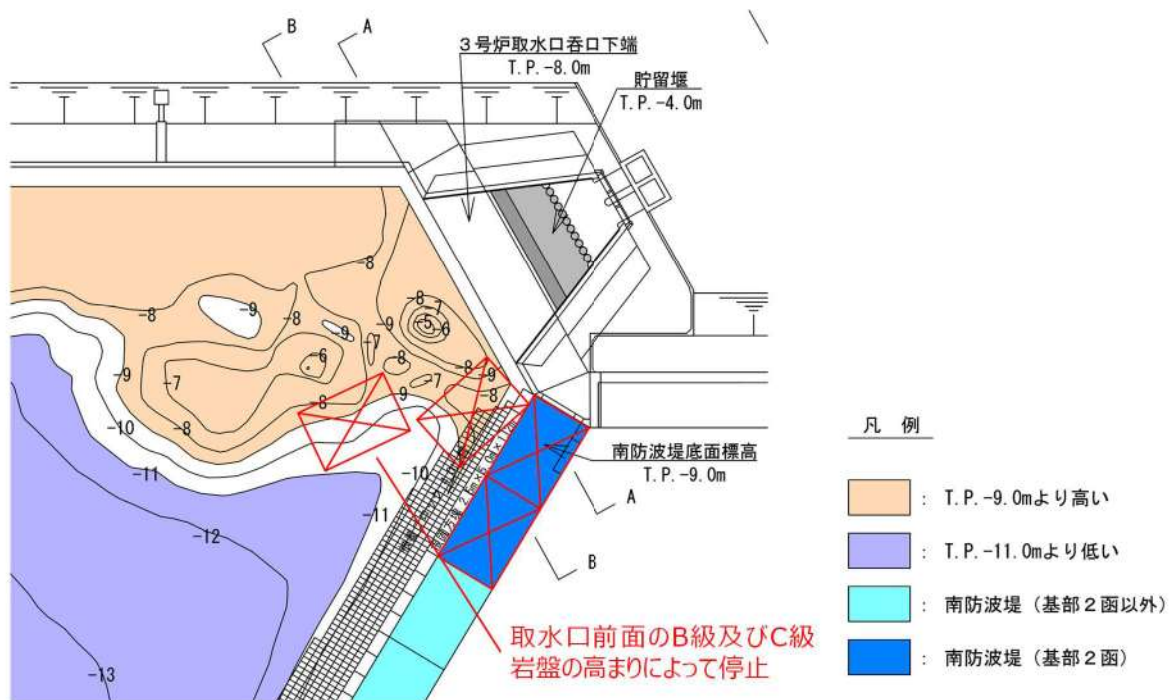
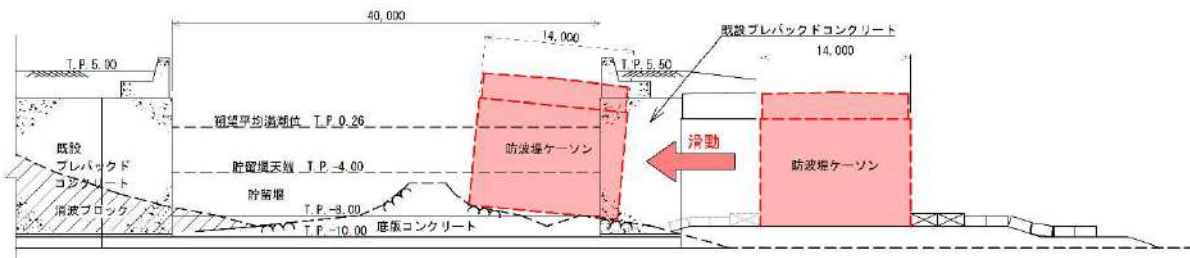


図 1 2 南防波堤基部と 3 号炉取水口の断面図



(a) 平面図（値はT.P. (m) を示す。）



(b) 断面図（平面図A-A断面に岩盤（B-B断面）を投影）

図 1 3 想定される南防波堤（基部2函）の滑動

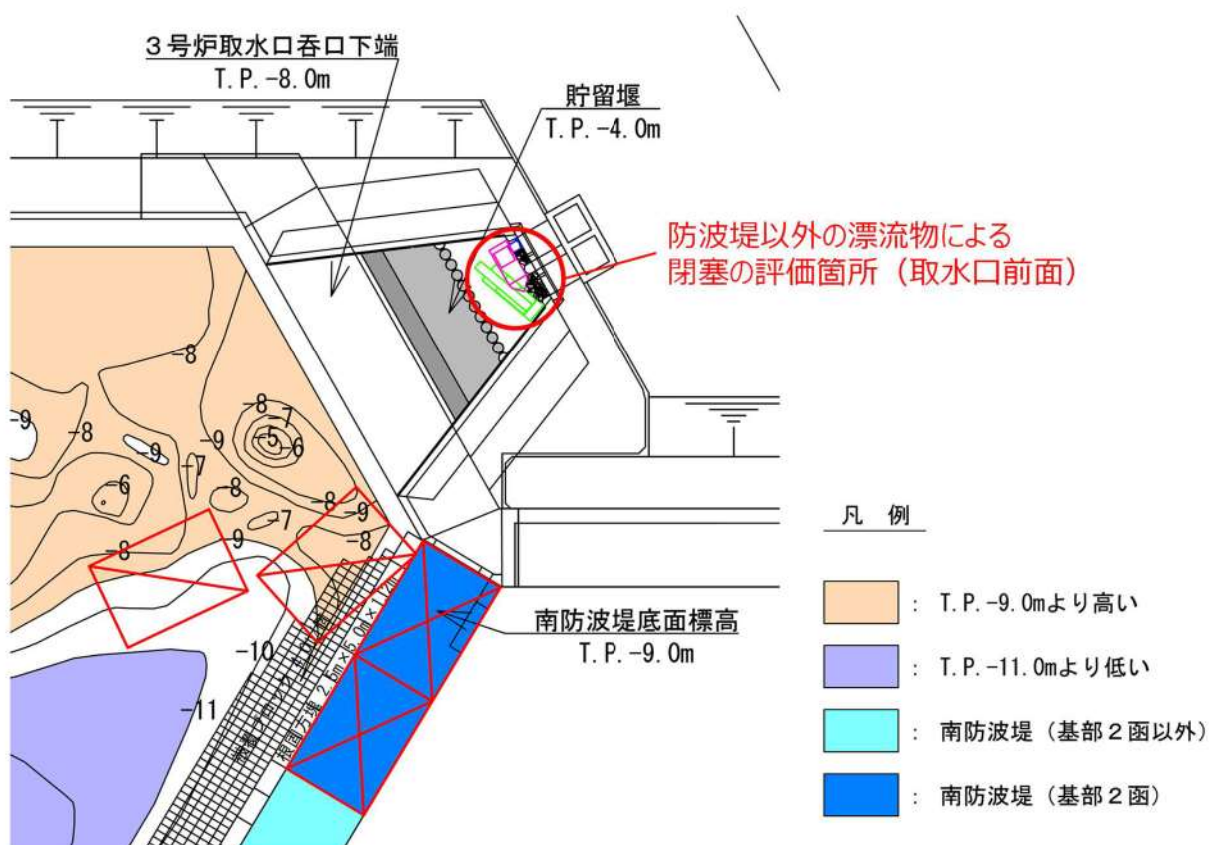


図1 4 想定されるケーソンの滑動に対して防波堤以外の漂流物が取水口前面まで漂流・滑動した場合のイメージ図

安定流速の算定方法について

安定流速は、「港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007）」⁶⁾の流れに対する被覆材の所要質量の評価手法（図 1）に基づき算定する。

なお、同手法は石を別の石の上に乘せた状態における流圧力と摩擦力のつり合い式及び流圧力と重力によるモーメントのつり合い式から導出されている。津波により損傷した防波堤は同手法の想定状態と類似していると考えられ、本手法を適用できる。また、イスバッシュの定数はマウンド被覆材が露出した状態に相当する 0.86 とする。これらは、「別添 1 2. 5（2）c. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保」で示した評価方法と同じである。

1. 7. 3 流れに対する被覆石及びブロックの所要質量

(1) 一般

水の流れに対するマウンドの捨石等の被覆材の所要質量は、一般的に、適切な水理模型実験又は次式によって算定することができる。式中において、記号 y はその添字に関する部分係数であり、添字 k 及び d はそれぞれ特性値及び設計用値を示す。

$$M_d = \frac{\pi \rho_r U_d^6}{48 g^3 (y_d)^6 (S_r - 1)^3 (\cos \theta - \sin \theta)^3} \quad (1. 7. 18)$$

ここに、

M ：捨石等の安定質量（t）

ρ_r ：捨石等の密度（t/m³）

U ：捨石等の上面における水の流れの速度（m/s）

g ：重力加速度（m/s²）

y ：イスバッシュ(Isbash)の定数(埋め込まれた石にあっては 1.20,露出した石にあっては 0.86)

S_r ：捨石等の水に対する比重

θ ：水路床の軸方向の斜面の勾配（°）

図 1 港湾の施設の技術上の基準・同解説⁶⁾（抜粋）

万一防波堤が取水口に到達した場合を想定した閉塞する可能性の確認結果

「別添 1 2. 5 (2) c. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保」では、3 号炉取水口に到達する可能性がある漂流物が及ぼす原子炉補機冷却海水ポンプの取水性確保への影響を評価している。評価の結果、取水口の一部が漂流物によって閉塞した場合でも、漂流物による閉塞後に取水路の約 3 % の通水面積が確保されていれば、取水機能が失われることはないことを確認している。

取水口を閉塞することを仮定した場合の防波堤の滑動を図 1 に示す。図 1 に示すとおりの取水口呑口の前面には、B 級及び C 級岩盤（参考として、T.P. -7.0m 以上の岩盤の高まりが幅 8.5m、長さ 7.5m 程度）が広がっていることを考慮すると、図 2 のようなケーソンの状況が想定されるため、漂流物が三次元的に隙間なく整列することは考えにくく、取水路の 3 % 以上の通水面積が確保される。なお、図 1 は、ケーソンが損壊していない状況において、コンクリート構造のような重量物が底版コンクリートを越えて貯留堰に到達することが考えにくいことと取水口及び貯留堰の構造寸法を踏まえると、ケーソンが損壊せずに取水路前面に到達することはないことを前提に想定した。また、ケーソンが損壊した場合には、コンクリート片になるため、「別添 1 2. 5 (2) c. 基準津波に伴う取水口付近の漂流物に対する通水性確保」における中割石の評価結果同様に、到達しないと評価される。したがって、防波堤の取水口に到達した場合を想定しても防波堤が 3 号炉取水口を閉塞することはないと考えられる。

なお、ケーソンが滑動して、取水口前面の流路が小さくなった場合における取水口前面の流速は、原子炉補器冷却海水ポンプの容量をもとに閉塞部の通過流速及び取水ピット水位について検討した「添付資料 18 漂流物により取水口の一部が閉塞した場合の取水性影響評価について」に記載のとおり、取水口の閉塞前の通常時の流速 1.82m/s に対し、取水口の 97% が閉塞した場合の流速は 1.86m/s と流速に与える閉塞の影響は小さい。

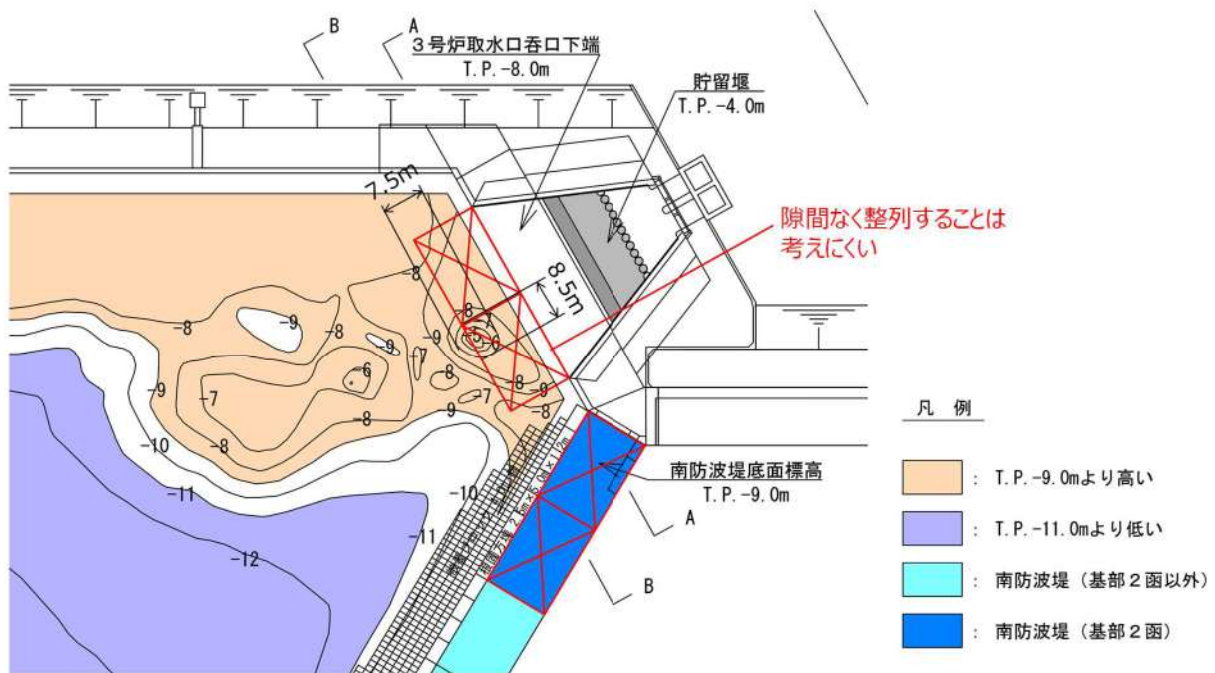


図1 閉塞することを仮定した場合の防波堤の滑動

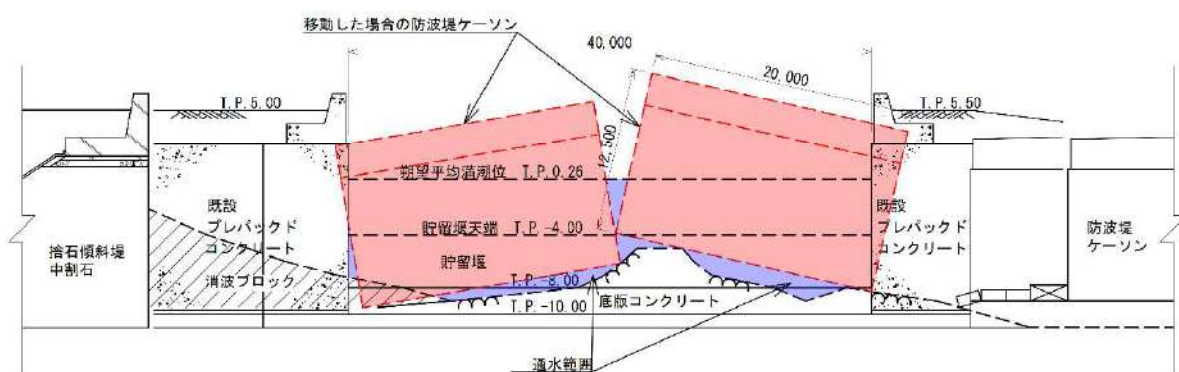


図2 万一防波堤が取水口に到達しても
取水路の3%以上の通水面積が確保された状態
(図1 A-A断面に岩盤(B-B断面)を投影)

【参考文献】

- 1) 国土交通省港湾局：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），2015.
- 2) 国土交通省 東北地方整備局 港湾空港部：第3回 東北港湾における津波・震災対策技術検討委員会，資料-3 pp.2, 2011.
- 3) 下迫健一郎：東北地方太平洋沖地震津波による防波堤の被災，ながれ第32巻，pp.27-32, 2013.

漂流物により取水口の一部が閉塞した場合の取水性影響評価について

1. はじめに

津波により漂流物が取水口に到達した場合、津波は流向・流速を有していることから漂流物が取水口で隙間なく整列することではなく、漂流物の形状からも取水口に密着するようなことはないと考えられるため、取水口を完全に閉塞することはない。しかし、取水口の一部が漂流物によって閉塞することは考えられ、その場合、流路が縮小することにより損失水頭が増加し、原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能への影響が考えられる。

本書では、漂流物により取水口の一部が閉塞した場合の原子炉補機冷却海水ポンプの取水性影響について評価した。

2. 漂流物による取水口閉塞時に増減する損失水頭と算出式について

取水口の一部が漂流物によって閉塞した場合、流路が縮小することにより急縮、急拡による損失水頭が増加する。一方で、津波来襲時は循環水ポンプを停止していることから、取水路全体の流量が通常時より小さくなり、取水路内の摩擦や曲がり、スクリーン等による損失水頭は減少する（図1）。これらの損失水頭の増減を踏まえ、閉塞時の取水設備の損失水頭について、表1に示す算定公式に基づき算出した。

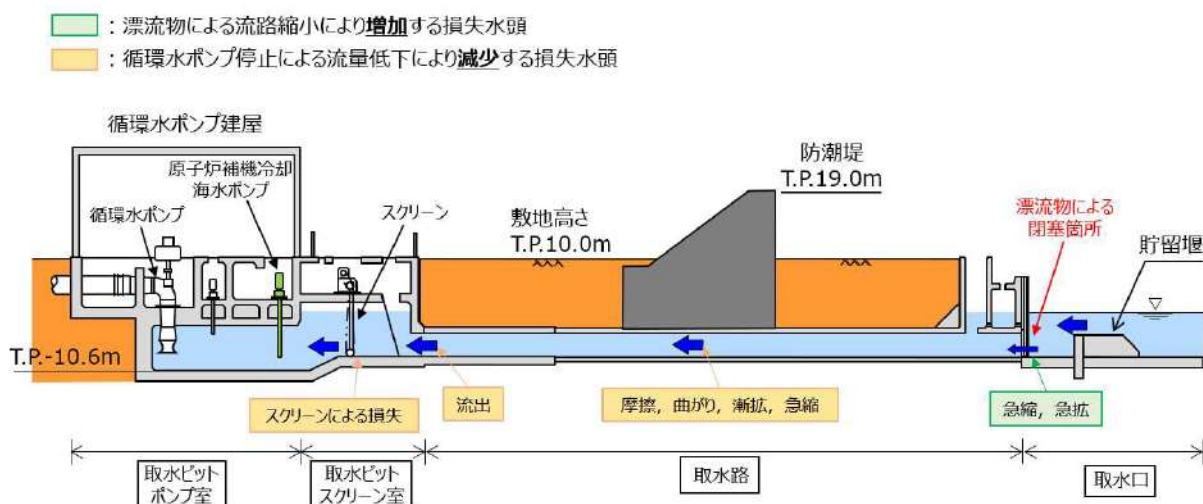


図1 取水口に漂流物が閉塞した場合の損失水頭

表 1 損失水頭算定公式※1

	公式	係数
流出損失	$h_e = f_e \frac{V^2}{2g}$	f_e : 流出損失係数=1.0 V : 管内流速 (m/s)
急拡大損失	$h_{se} = f_{se} \frac{V_1^2}{2g}$ $f_{se} = \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2$	f_{se} : 急拡大損失係数 V_1 : 急拡大前の平均流速 (m/s) A_1 : 急拡大前の管断面積 (m ²) A_2 : 急拡大後の管断面積 (m ²)
急縮損失	$h_{sc} = f_{sc} \frac{V_2^2}{2g}$	f_{sc} : 急縮損失係数 V_2 : 急縮後の平均流速 (m/s)
摩擦損失	$h_f = n^2 \cdot V^2 \frac{L}{R^{4/3}}$	V : 平均流速 (m/s) L : 水路の長さ (m) R : 水路の径深 (m) n : 粗度係数 (m ^{-1/3} ・s)
漸拡大損失	$h_{ge} = f_{ge} \left(1 - \frac{A_1}{A_2}\right)^2 \frac{V_1^2}{2g}$	f_{ge} : 漸拡大損失係数 V_1 : 漸拡大前の平均流速 (m/s) A_1 : 漸拡大前の管断面積 (m ²) A_2 : 漸拡大後の管断面積 (m ²)
曲がり損失	$h_b = f_{b1} \cdot f_{b2} \frac{V^2}{2g}$ $f_{b1} = 0.131 + 0.1632 \left(\frac{D}{\rho}\right)^{7/2}$ $f_{b2} = \left(\frac{\theta}{90}\right)^{1/2}$	f_{b1} : 曲がりの曲率半径 ρ と管径 D との比によって決まる損失係数 (90° の場合) f_{b2} : 任意の曲がり中心角 θ の場合の損失と中心角 90° の場合の損失との比 V : 管内平均流速 (m/s) θ : 曲がり中心角 (°)
可動式スクリーン 損失	$h_{ec} = f_{ec} \frac{V_0^2}{2g}$	f_{ec} : 管内オリフィスの損失係数 V_1 : オリフィス通過流速 (m/s)

※ 1 各公式の引用文献に関しては添付資料 5 を参照

3. 漂流物により取水口の一部が閉塞した場合の取水機能への影響評価

非常用取水設備である取水口は、原子炉補機冷却海水ポンプと循環水ポンプの取水路を兼ねており、津波来襲時には循環水ポンプを停止するため、取水機能として要求される取水路内の流量は原子炉補機冷却海水ポンプ単独の流量である。したがって、必要通水面積の評価に当たっては、流量条件を取水路1条当たり $1.0\text{m}^3/\text{s}$ （循環水ポンプ停止、原子炉補機冷却海水ポンプ2台全台起動時の流量）とした。

表1の水理公式に示される通り、水路内の流れの損失は、いずれも運動エネルギーの一部が損なわれるものとして流速の2乗に比例する関数として表される。したがって、流速が損失水頭に与える影響は大きく、漂流物による流路縮小部の流速が閉塞前の通常時の流速と同等であれば大きな損失増とはならないと考えられるため、全体流量（循環水ポンプ流量と原子炉補機冷却海水ポンプ流量の総和）に対する原子炉補機冷却海水ポンプ流量の比である約3%を取水機能維持に必要な取水口面積割合として設定し、本項では取水口の通水面積の97%が閉塞した場合の取水機能への影響を評価した。その結果、漂流物の閉塞により取水ピットスクリーン取水可能水位（T.P. -6.98m）に対して十分余裕があることから、原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能への影響はないと評価した（表2）。

表2 漂流物により取水口の一部が閉塞した場合の取水機能への影響評価

	流量 (m^3/s)	取水口面積 (m^2)	流速 (m/s)	取水口水位 (m)	取水ピットスクリーン室水位 (m)	ポンプ取水可能 水位 (m)
漂流物による 取水口閉塞時	$1.0^{※1}$	$0.536^{※2}$	$1.87^{※3}$	T.P. -0.14 $^{※4}$	T.P. -0.41 $^{※5}$	T.P. -6.98

※1 原子炉補機冷却海水ポンプ ($1,700\text{ m}^3/\text{h} \approx 0.5\text{ m}^3/\text{s}$) は、取水路1条当たり2台が設置されているため、2台運転時の取水路1条当たりの流量は $0.5\text{ m}^3/\text{s} \times 2\text{台} = 1.0\text{ m}^3/\text{s}$ となる。

※2 取水口の97%が閉塞すると仮定した場合の取水路1条あたりの面積

※3 漂流物により一部閉塞した取水口の流路縮小部における流速。閉塞前の通常時の流速は $1.82\text{m}/\text{s}$ 。

※4 朔望平均干潮位

※5 取水ピットポンプ室天井は T.P. -2.3m であり、取水ピットポンプ室は満水の状態となる。

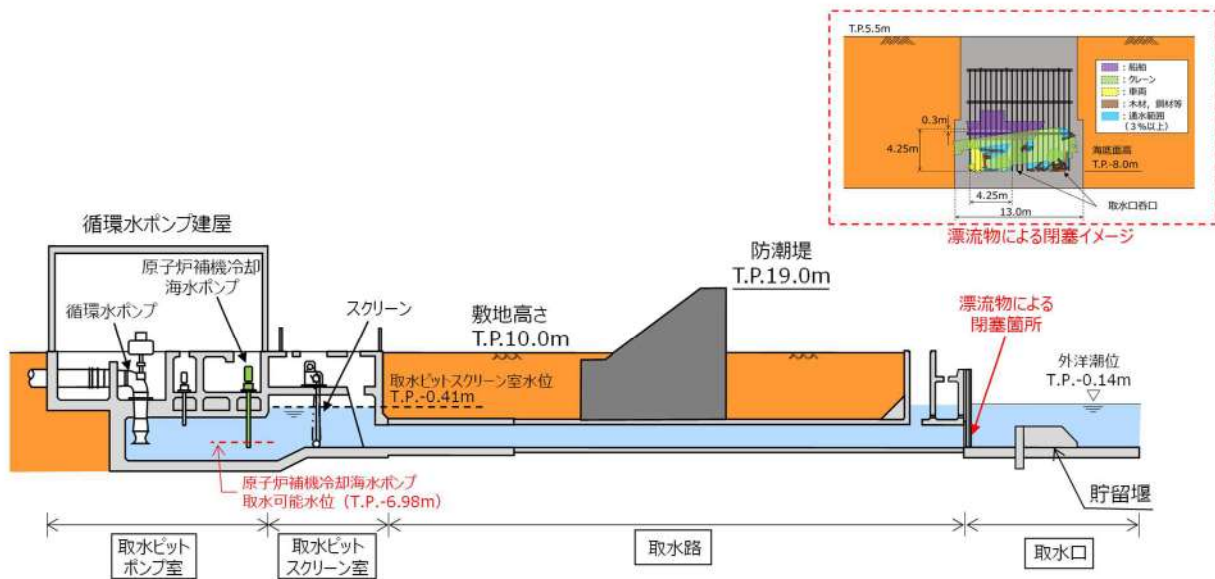


図2 漂流物により取水口の一部が閉塞した場合の取水ピットスクリーン室水位

4. 取水機能維持に必要な取水口の最小面積について

原子炉補機冷却海水ポンプの取水機能維持に必要な取水口の最小面積について、原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位が T.P. -6.98m であるため、取水ピットポンプ室水位が T.P. -6.98m となる場合の取水口面積を評価した。評価の結果、取水機能維持に必要な取水口 1 条あたりの面積は約 0.11m² (取水口面積の 1 %未満) であり、3 項で評価した通水面積 3 %は十分に余裕をもった値である。

緊急地震速報等が発表されない場合の対応について

1. はじめに

泊発電所の耐津波設計方針における緊急地震速報、大津波警報及び津波警報（以下、緊急地震速報等という。）に基づき対応する手順等について、「地震以外の要因に伴う津波」の影響について確認した結果について整理した。

2. 「地震以外の要因に伴う津波」の検討対象について

泊発電所の基準津波の審査において、地震以外の要因に伴う津波として以下の津波を検討している。

- ・火山による山体崩壊（渡島大島）
- ・海底地滑りE
- ・陸上地滑り（川白）
- ・岩盤崩壊（ビンノ岬付近）

これらの津波は、地震以外の要因に伴う津波として選定していることから、津波発生時に緊急地震速報や大津波警報が発表されない可能性がある。

地震以外の要因に伴う津波としては、表1に示す数値シミュレーション結果の通り、陸上地滑り（川白）に伴う津波の水位上昇量が最も大きいこと、水位下降側の評価として陸上地滑り（川白）以外の津波は貯留堰天端高さに到達しないことを踏まえ、陸上地滑り（川白）を確認対象とする。

表1 地震以外の要因に伴う津波の数値シミュレーション結果

評価項目	【参考】 火山による山体崩壊 （渡島大島）	海底地滑りE	陸上地滑り （川白）	岩盤崩壊 （ビンノ岬付近）
	評価値	評価値	評価値	評価値
防潮堤前面 （上昇側）	1.59m	0.24m	4.92m	2.41m
3号炉取水口 （上昇側）	1.32m	0.22m	3.45m	1.53m
1, 2号炉取水口 （上昇側）	1.22m	0.22m	3.64m	1.41m
放水口 （上昇側）	1.13m	0.24m	5.91m	1.71m
「貯留堰を下回る時間」	0s	0s	38s	0s

（令和6年3月22日 第1239回 地震・津波審査会合資料を一部修正）

また、令和6年6月11日 第1258回 地震・津波審査会合にて、海底地滑りに関する新たな知見として、森木ほか(2017)について検討した結果、水位上昇量は陸上地滑り(川白)に対して十分小さいことを確認している。

図1に陸上地滑り(川白)の浸水域及び時刻歴波形を示す。

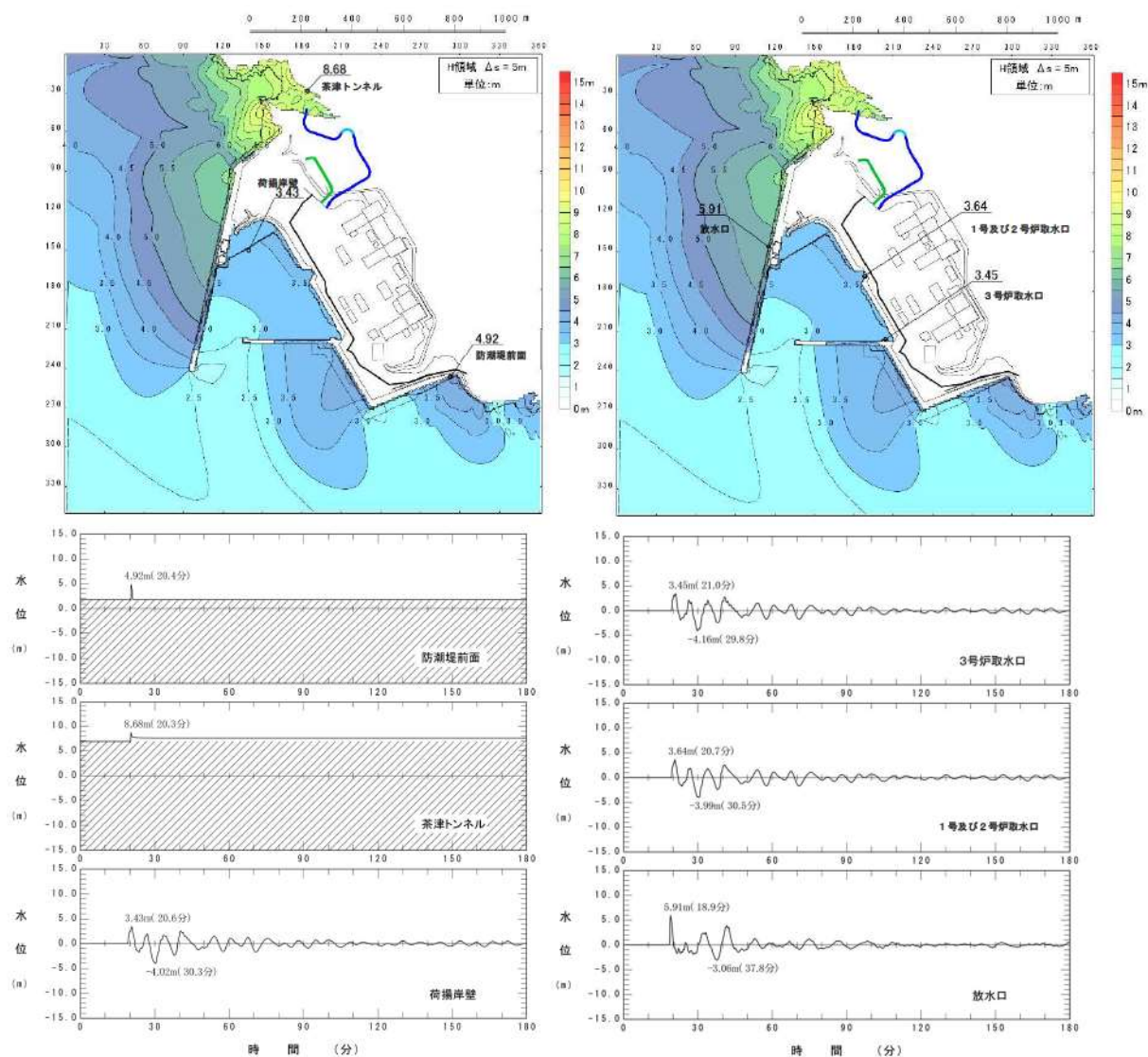


図1 陸上地滑り(川白)の浸水域及び時刻歴波形

3. 緊急地震速報や大津波警報に基づき対応する手順等の影響確認結果

陸上地滑り(川白)は、津波発生時に緊急地震速報や大津波警報が発表されない可能性があることから、津波を早期に検知することが難しい場合があるため、以下の通り耐津波設計方針における緊急地震速報等に基づき対応する手順等に対する影響について確認した。

(1) 循環水ポンプ停止

a. 運用、手順の概要

原子炉補機冷却海水ポンプの取水性を確保するため、貯留堰を設置するとともに、発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合、循環水ポンプを停止する運用としている。

b. 影響確認結果

陸上地滑り(川白)発生時に大津波警報が発表されない場合には循環水ポンプは停止しないことから、循環水ポンプが運転しているものとして原子炉補機冷却海水ポンプの運転可能時間を評価した。

その結果、原子炉補機冷却海水ポンプ運転可能時間は約3分であり、貯留堰を下回る時間(38秒)に対して十分余裕があること、その後の水位上昇により貯留堰内の水位は回復することから、原子炉補機冷却海水ポンプが機能保持できることを確認した。(参考資料1)

(2) 防水壁(鋼製扉)及び水密扉の閉止

a. 運用、手順の概要

防水壁(鋼製扉)及び水密扉は通常時閉運用としている。資機材の運搬や作業に伴い開放する必要がある場合は、緊急地震速報発表時には、直ちに水密扉を閉止することを条件に連続開放を可とする運用としている。

b. 影響確認結果

津波が取水路から敷地に流入することを防止するため、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の防水壁(鋼製扉)及び水密扉を設置している。

陸上地滑り(川白)の取水ピットスクリーン室における水位上昇量はT.P. 4.13mであり、敷地高さT.P. 10.0mに到達しないことを確認していることから、仮に緊急地震速報が発表せず防水壁(鋼製扉)及び水密扉の閉止ができない場合においても、津波が敷地に流入することはない。

なお、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁内側の作業員については、図2で示す作業場所に津波が遡上する可能性がある。そのため、基準適合に関係するものではないが、取水ピットスクリーン室内で作業する際には津波監視カメラ等の監視を強化し、津波の兆候を確認した際には速やかに退避させることで、緊急地震速報等が発表されない津波に対する人命確保を考慮した運用とする。仮に濃霧発生等により全ての津波監視カメラ等の監視が困難な場合には、作業

を中断する，または代替措置として構外での監視人配置を検討する。

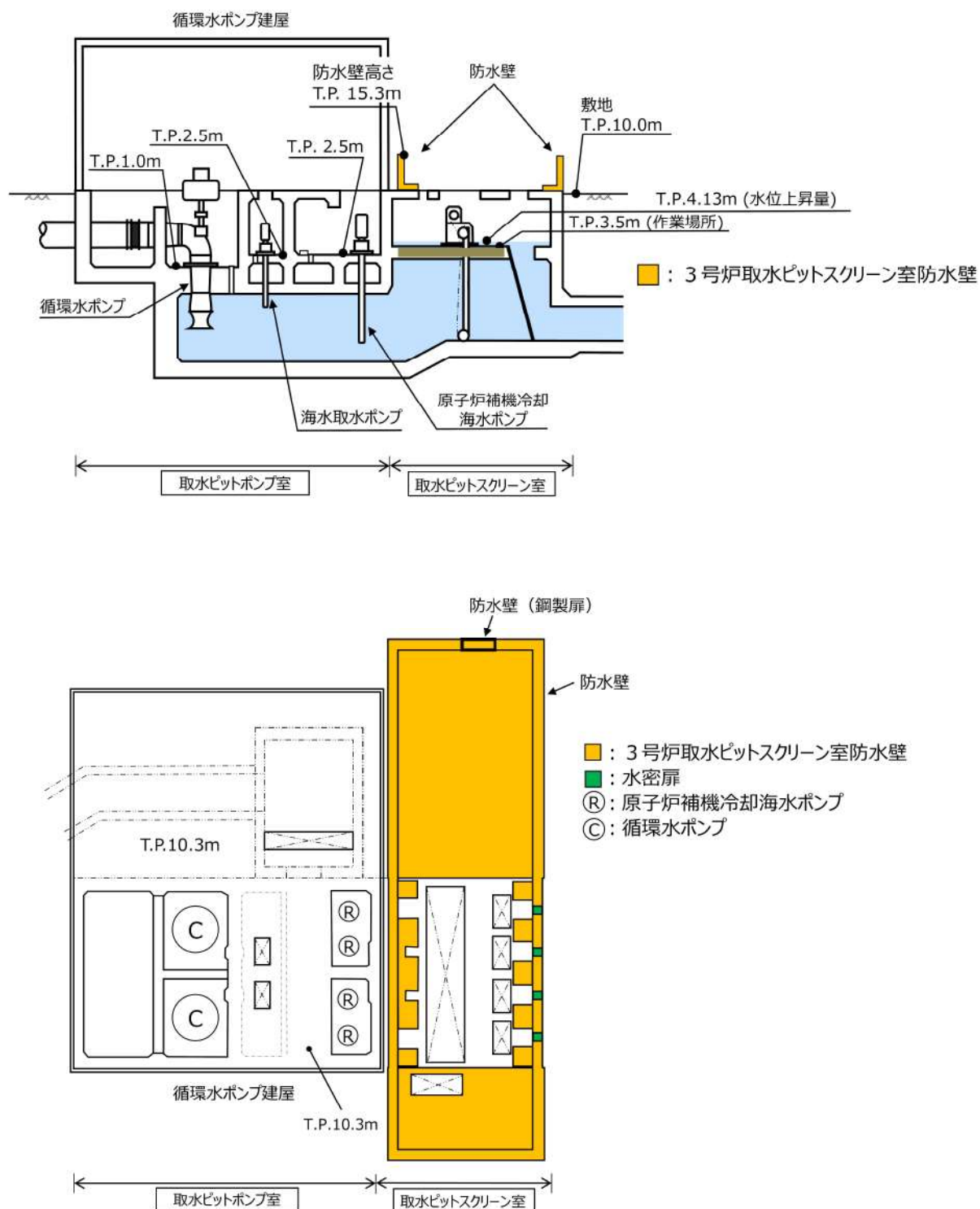


図2 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁配置図

(3) 船の退避

a. 運用、手順の概要

作業（ブイの保守点検，魚類迷入網等の網交換，特別採捕等）に従事する船舶については，緊急地震速報発表時に緊急退避する。

b. 影響確認結果

陸上地滑り（川白）発生時に緊急地震速報が発表されない場合には，上記作業に従事する船舶は緊急退避できず漂流物となる可能性がある。

一方で，陸上地滑り（川白）の防潮堤前面（上昇側）の水位は 4.92m であり，敷地高さ T.P. 10.0m に遡上しないことから，漂流物による防潮堤への影響はない。また，万一，作業船が漂流物となった場合においても，図 3 に示す通り，作業船の投影面積に対して取水口は十分に開口が大きいことから，取水口を閉塞することはない。

なお，基準適合に関係するものではないが，港湾内で作業するには津波監視カメラ等の監視を強化し，津波の兆候を確認した際には速やかに退避させることで，緊急地震速報等が発表されない津波に対する人命確保を考慮した運用とする。仮に濃霧発生等により全ての津波監視カメラ等の監視が困難な場合には，作業を中断する，または代替措置として構外での監視人配置を検討する。

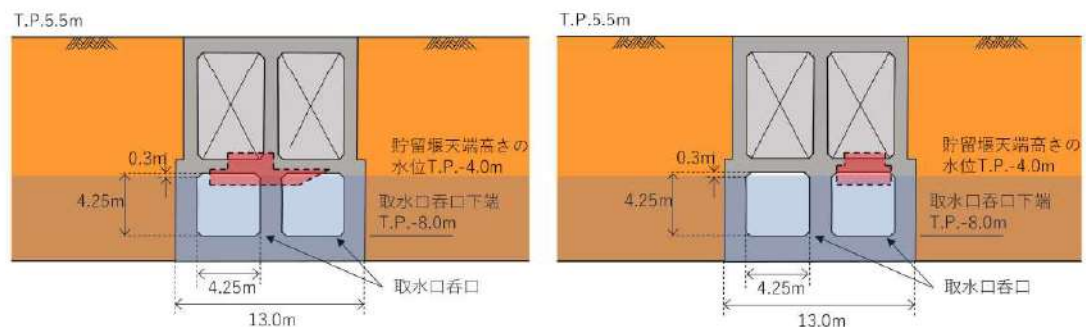


図 3 投影面積で評価した場合

燃料等輸送船については，泊発電所専用港湾に入港させない方針とすることから，影響確認の対象外である。

(4) 車両の退避

a. 運用、手順の概要

取水性への影響評価において、防潮堤区画外で移動及び作業する車両として抽出した巡視点検車両等、車両系重機は、緊急地震速報発表時には原則緊急退避することとするが、地震等により退避ルートが健全ではないことを想定し気相部開放措置を常時実施する。

また、防潮堤近傍にある車両系重機（クレーン）については、緊急地震速報発表時に作業を中断し、転倒しないよう吊荷を降ろしてクレーンを下げることとしている。

b. 影響確認結果

緊急地震速報が発表されない場合、防潮堤区画外で移動及び作業する車両は緊急退避しないが、気相部開放措置を常時実施することから、漂流物とはならない。

取水口近傍の停車位置は図4に示す通り T.P. 5.5m 以上であり、陸上地滑り（川白）は遡上しないことから、防潮堤近傍にある車両系重機は津波の影響を受けない。

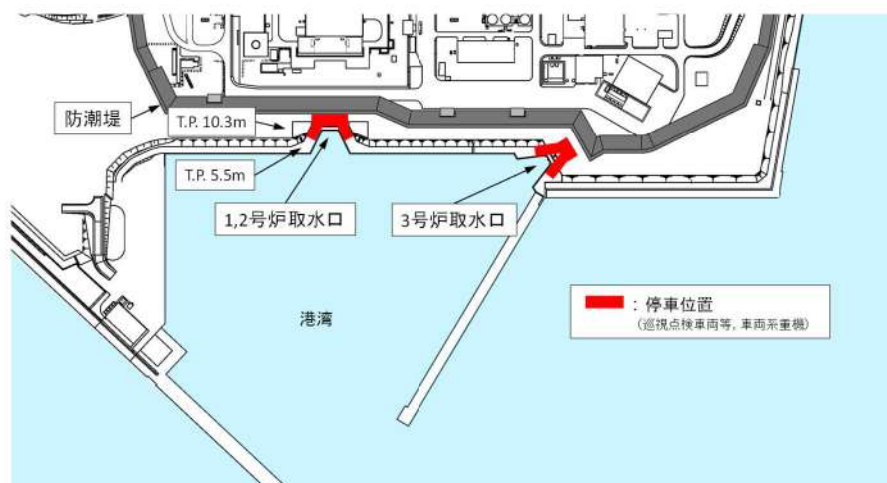


図4 取水口近傍の車両位置図

また、取水口近傍以外で、陸上地滑り（川白）が遡上する可能性がある荷揚岸壁（T.P. 3.0m）付近に停車している車両は、気相部開放措置により漂流物とはならないが、一旦海底に沈んだ場合、滑動する可能性はある。一方で、取水口呑口下端は発電所港湾内に比べ、約6m高い位置にあることから取水口へ到達しない。

なお、基準適合に関係するものではないが、図5に示す港湾（T.P. 5.5m以下）で作業する際には、津波監視カメラ等の監視を強化し、津波の兆候を確認した際には速やかに退避させることで、緊急地震速報等が発表されない津波に対する人命確保を考慮した運用とする。仮に濃霧発生等により全ての津波監視カメラ等の監視が困難な場合には、作業を中断する、または代替措置として構外で

の監視人配置を検討する。

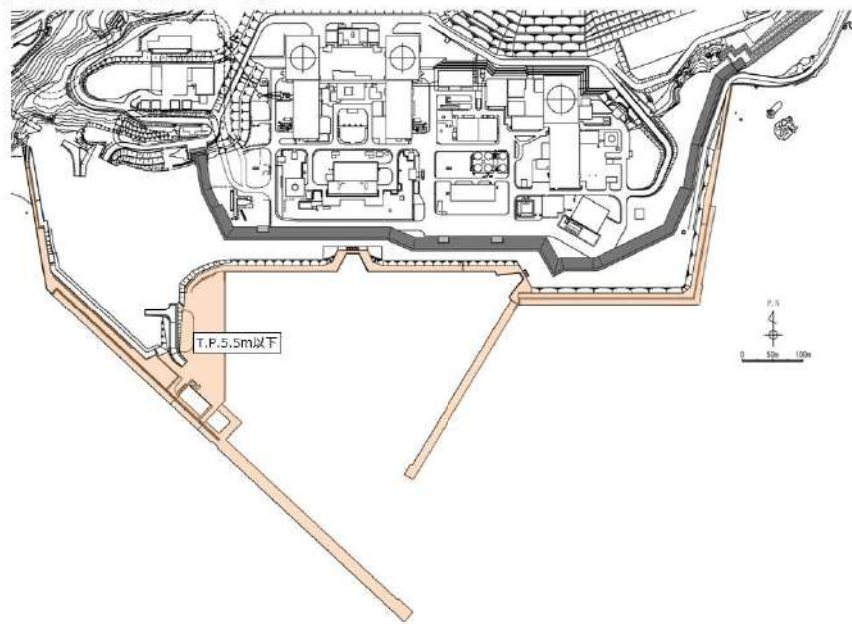


図5 港湾作業時の監視を強化するエリア

(5) 国道漂流物対応

a. 運用、手順の概要

国道 229 号を走行する車両については、電光掲示板の表示及び防災無線による音響周知に加え、当社敷地内に設置する避難経路図による避難誘導や当社スピーカーによる津波警報の周知により高台へ避難すると考えられる。そのため、車両が漂流物化する可能性は小さいものの、茶津近傍の国道 229 号の海側に車両の流出防止対策を行うことで、走行する車両が津波に遭遇した場合においても沖合に押し出されて漂流することを防止する。

以上より、国道 229 号を走行する車両が発電所の取水性及び衝突荷重の算出へ影響を与えることはない。

b. 影響確認結果

電光掲示板や防災無線等による周知ができない可能性があるが、泊発電所の「地震以外の要因に伴う津波」で想定される津波高さは基準津波と比較して低く、津波の遡上域が茶津海岸沿いの一部に限定される。

そのため遡上域に車両が存在する可能性は十分小さく、走行車両が漂流物となる可能性は小さいと考える。また、浸水深が比較的小さく引き波時に海域に流出する前に地面に着座しているものと考えられる。

万が一車両が津波に遭遇した場合においても車両の流出防止対策により海側へ漂流することがないように対策工を設置することから発電所への影響はない。

4. まとめ

緊急地震速報等が発表されない場合の影響確認結果をまとめると表 2 の通りであり、新たな設備対応は不要であることを確認した。

表 2 緊急地震速報等が発表されない場合の影響確認結果

項目	耐津波設計方針	緊急地震速報等が発表されない場合
(1) 循環水ポンプ停止	発電所を含む地域に大津波警報が発表された場合、循環水ポンプを停止する運用としている。	循環水ポンプが運転しているものとして原子炉補機冷却海水ポンプ運転可能時間を評価した結果、貯留堰を下回る時間に対して十分余裕がある。
(2) 防水壁（鋼製扉）及び水密扉の閉止	資機材の運搬や作業に伴い開放する必要がある場合は、緊急地震速報発表時には、直ちに防水壁（鋼製扉）及び水密扉を閉止することを条件に連続開放を可とする運用としている。	防水壁（鋼製扉）及び水密扉の閉止ができない場合においても、津波が敷地に流入することはない。
(3) 船の退避	作業（ブイの保守点検、魚類迷入網等の網交換、特別採捕等）に従事する船舶については、緊急地震速報発表時に緊急退避する。	敷地高さ T.P. 10.0m に遡上しないことから、漂流物による防潮堤への影響はない。また、取水口は十分に開口が大きいことから、取水口を閉塞することはない。
(4) 車両の退避	防潮堤区画外で移動及び作業する車両は、緊急地震速報発表時には原則緊急退避することとするが、地震等により退避ルートが健全ではないことを想定し気相部開放措置を常時実施する。 また、防潮堤近傍にある車両系重機（クレーン）は、緊急地震速報発表時に作業を中断し、転倒しないよう吊荷を降ろしてクレーンを下げることとしている。	気相部開放措置を常時実施することから、車両は漂流物とはならない。取水口近傍の停車位置には、陸上地滑り（川白）は遡上しないことから、車両系重機は津波の影響を受けない。 また、荷揚岸壁付近に停車している車両は、滑動する可能性はあるものの、取水口呑口下端は発電所港湾内に比べ、約 6m 高い位置にあることから取水口へ到達しない。
(5) 国道漂流物対応	電光掲示板の表示及び防災無線による音響周知に加え、当社敷地内に設置する避難経路図による避難誘導や当社スピーカーによる津波警報の周知により高台へ避難すると考えられる。そのため、車両が漂流物化する可能性は小さいものの、茶津近傍の国道 229 号の海側に車両の流出防止対策を行うことで、走行する車両が津波に遭遇した場合においても沖合に押し出されて漂流することを防止する。	遡上域に車両が存在する可能性は十分小さく、走行車両が漂流物となる可能性は小さい。また、浸水深が比較的小さく引き波時に海域に流出する前に地面に着座しているものと考えられる。万が一車両が津波に遭遇した場合においても車両の流出防止対策により海側へ漂流することがないよう対策工を設置することから発電所への影響はない。

陸上地滑り(川白)時の原子炉補機冷却海水ポンプ運転可能時間について

貯留堰天端高さを下回る引き波が発生した場合、常用海水ポンプのうち、海水取水ポンプについては、貯留堰天端高さ (T.P. -4.0m) が当該ポンプの吸込口下端高さ (T.P. -3.11m) を下回っているため、貯留量に影響はない。同じく常用海水ポンプである循環水ポンプについては、気象庁から発表される大津波警報により運転員が中央制御盤から手動で停止する手順となっているため、貯留量には影響はない。

一方で、陸上地滑り(川白)発生時に大津波警報が発表されない場合には循環水ポンプは停止しないため、貯留堰天端高さを下回る引き波が発生した場合は、水位が貯留堰天端高さ (T.P. -4.0m) から循環水ポンプ吸込口下端高さ (T.P. -6.75m) に至るまでの間運転しているものとして、非常用海水ポンプである原子炉補機冷却海水ポンプの運転可能時間を評価した。その結果、原子炉補機冷却海水ポンプ運転可能時間は約 3 分^{*1}であり、貯留堰を下回る時間 (38 秒^{*2}) に対して十分余裕があることを確認した。

- (a) 引き波時に使用可能な貯留量：約 5,804m³…①

貯留堰天端高さ T.P. -4.0m から原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位 T.P. -6.98m までの空間容量

- (b) 循環水ポンプが取水する水量：5,360m³・・・②

貯留堰天端高さ T.P. -4.0m から循環水ポンプ吸込口下端高さ T.P. -6.75m までの空間容量

- (c) 原子炉補機冷却海水ポンプの取水に使用可能な水量：444m³・・・③

$$\text{①} - \text{②} = 5,804\text{m}^3 - 5,360\text{m}^3 = 444\text{m}^3$$

- (d) 原子炉補機冷却海水ポンプの取水容量：6,800m³/h・・・④

$$1,700\text{m}^3/\text{h} \times 4 \text{ 台} = 6,800\text{m}^3/\text{h}$$

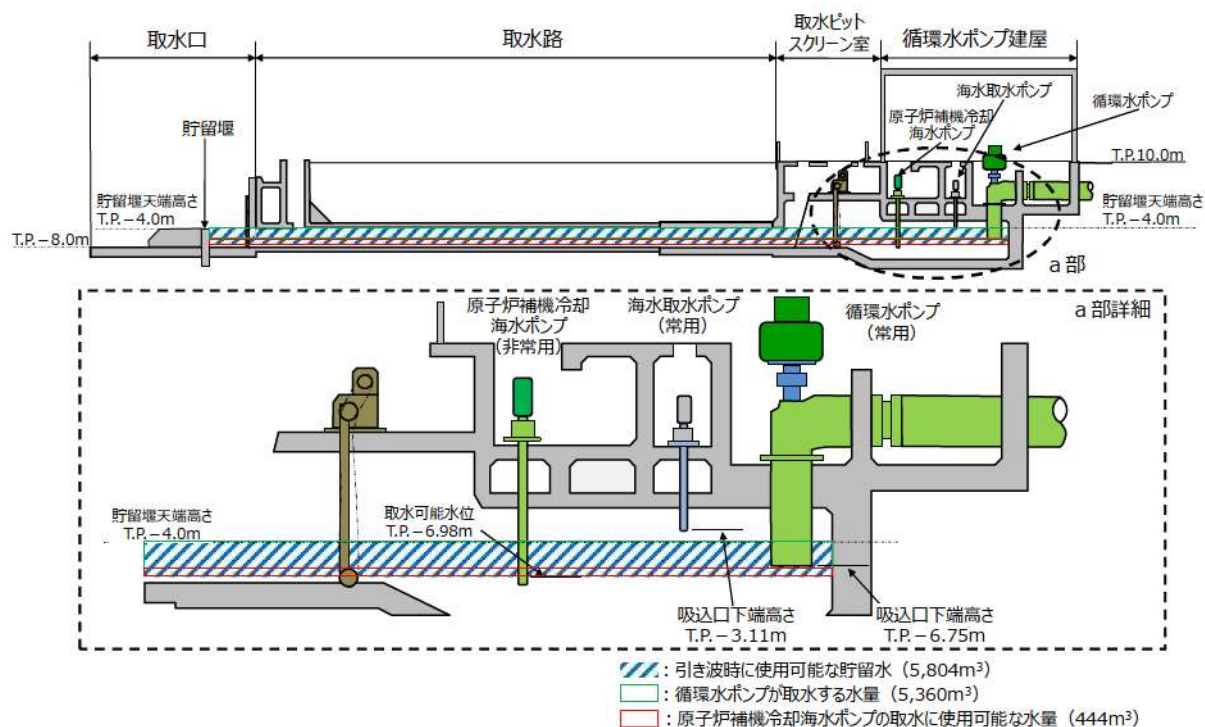
- (e) 原子炉補機冷却海水ポンプ運転可能時間：約 3 分

$$\text{③} \div \text{④} = 444\text{m}^3 \div 6,800\text{m}^3/\text{h} \div 0.065 \text{ 時間} = 3.9 \text{ 分}$$

※1 日本機械学会基準「ポンプの吸込水槽の模型試験法」(JSME S 004-1984)に基づく原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能水位 (T.P. -6.98m) までの貯留量での運転可能時間である。また、水理模型試験で確認した原子炉補機冷却海水ポンプの取水可能限界水位 (T.P.) までの貯留量を見込むと、運転可能時間は約 12 分であり、更に余裕がある。

※2 地震以外の要因に伴う津波の数値シミュレーション結果のうち陸上地滑り(川白)の貯留堰を下回る時間 (令和 6 年 3 月 22 日 第 1239 回 地震・津波審査会合資料)

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



参考図 1 取水設備構造概要（断面図）

なお、引き波の発生により、取水ピットポンプ室水位が循環水ポンプ吸込口下端高さを下回る可能性がある。その際には、海水を復水器へ送水ができずに復水器真空が低下し、タービントリップにより原子炉トリップすることでプラントは停止する。

津波監視設備の監視に関する考え方

1. 津波監視の考え方

津波に関する情報は、気象庁から発信される津波情報（日本気象協会からのデータ受信による警報発報及びパソコン画面への表示又は緊急警報ラジオ）や、構内に設置している津波監視カメラ及び潮位計によって収集する。地震・津波が発生した際のプラント運用に関するフローは添付資料 39 に示すとおり。

構内に設置する津波監視設備（津波監視カメラ及び潮位計）は、津波来襲状況及び構内の状況（具体的には津波の流入経路となりうる、取水路、放水路、屋外排水路、茶津入構トンネル及びアクセスルートトンネルの構内側）を監視するため、昼夜にわたって監視可能な設計としている。監視の考え方について、表 1 に纏める。

表 1 津波監視の考え方

事象	設備	監視場所	監視設備の考え方
引き波発生時	潮位計	中央制御室	引き波時には原子炉補機冷却海水系の海水確保を目的として、潮位計の水位を確認する。
	津波監視カメラ	中央制御室	津波監視カメラを、原子炉建屋壁面、取水路付近の防潮堤上部、東側の防潮堤上部及び西側の防潮堤上部に設置し、津波の状況を確認する。
津波来襲状況	津波監視カメラ	中央制御室	津波来襲時には主に津波監視カメラの映像を確認し、津波の来襲状況や敷地への流入状況等をリアルタイムかつ継続的に確認する。
	潮位計	中央制御室	潮位計にて、上昇側水位を確認する。（入力津波高さを上回る T.P. 15.3m まで計測可能な設計としている。）
津波来襲後の構内状況	津波監視カメラ	中央制御室	津波監視カメラの映像を確認し、津波来襲後の構内の状況を監視する。

津波監視カメラの映像は図 1 に示すフローに従い、中央制御室にて運転員が監視することを基本とするが、緊急時対策所でもカメラ映像の確認を通して現場状況の確認が可能となるよう監視設備を配備する。

複数箇所と同時にカメラ操作を行い操作信号が重複することを避けるため、カメラを中央制御室外で操作する場合は連絡を入れる等、運用により対処する。

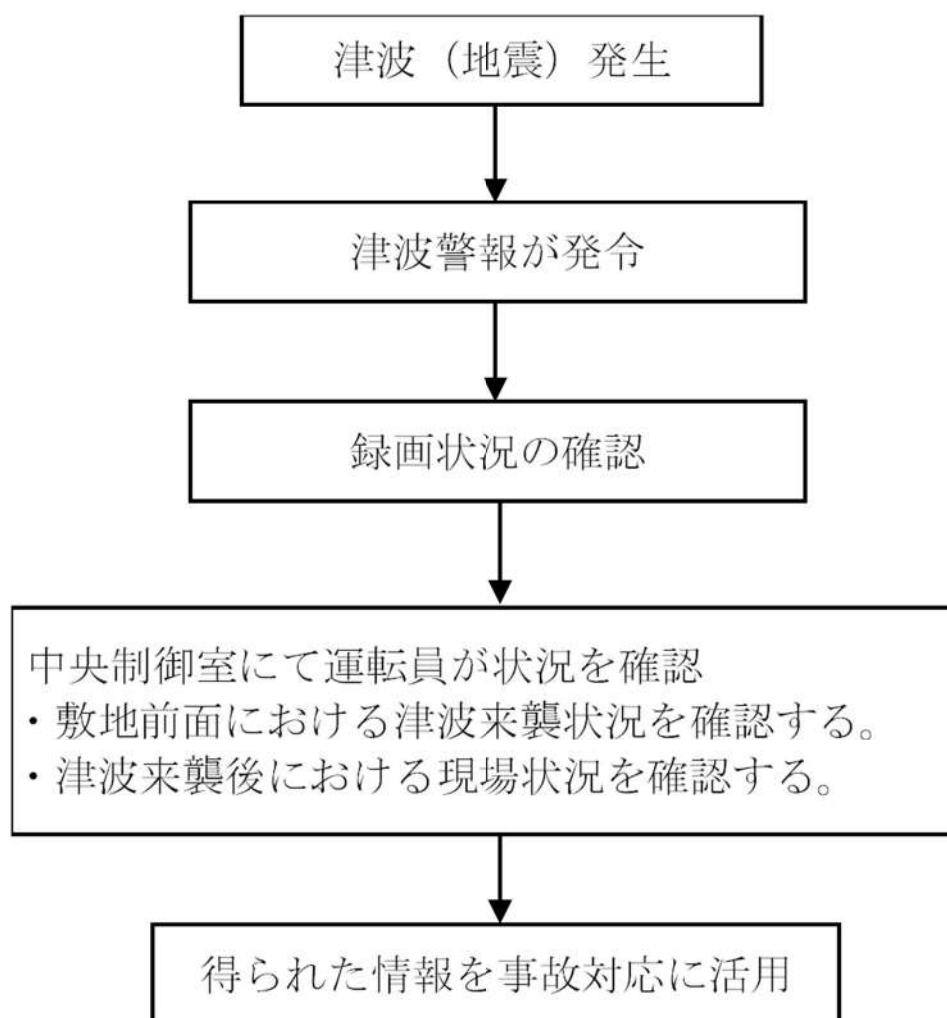


図1 津波監視カメラ運用フロー

2. 全交流動力電源喪失時の津波監視の考え方（参考）

津波監視設備は、耐震Sクラス設備であることから、地震・津波時でも継続監視が必要であり、耐震性を有する非常用電源から受電することで、交流電源喪失時にも継続監視可能な設計としている。

万一、全交流動力電源喪失となった場合においても、津波監視カメラは非常用直流電源設備から受電することで、敷地への津波の繰り返しの来襲を察知するとともに津波の来襲状況の継続監視が可能な設計としている。また、潮位計については、自主対策として設置している専用電源（無停電電源装置）から受電することで継続監視（津波の繰り返しの来襲状況は、図2に示す通り約3時間で大きな水位変動が収まることを踏まえ、専用電源は、3時間以上給電可能な設計としている。）が可能な設計としている。

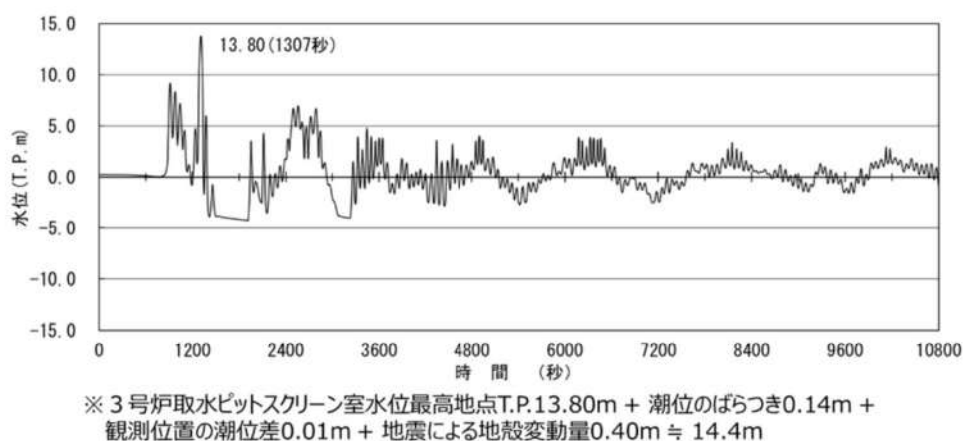


図2 取水ピットスクリーン室の時刻歴波形
(基準津波F（北及び南防波堤損傷，地形変化無し，貝付着無し，スクリーン健全）)

耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて

1. 概要

泊発電所において設置する津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備については、設置許可基準規則及び関連審査ガイドに記載される下記事項（第1表）を考慮した上で荷重の組合せを設定する。

第1表 設置許可基準規則等の荷重組合せに関する要求事項

	記載箇所	記載内容	考慮する荷重
①	耐震審査ガイド※ ¹ 6.3.1 及び 6.3.2	常時作用している荷重及び運転時に作用する荷重と基準地震動による地震力を組み合わせる。	・ 常時荷重 ・ 地震荷重
②	耐震審査ガイド※ ¹ 6.3.3	荷重の組合せに関しては、地震と津波が同時に作用する可能性について検討し、必要に応じて基準地震動による地震力と津波による荷重の組合せを考慮すること。	・ 地震荷重 ・ 津波荷重
③	耐津波審査ガイド※ ² 5.1	耐津波設計における荷重の組合せとして、余震が考慮されていること。	・ 常時荷重 ・ 津波荷重 ・ 余震荷重
④	耐津波審査ガイド※ ² 5.4.2	漂流物の衝突による荷重の組合せを適切に考慮して設計すること。	・ 漂流物衝突荷重
⑤	耐津波審査ガイド※ ² 5.3	津波監視設備については、地震荷重・風荷重の組合せを考慮すること。	・ 地震荷重 ・ 風荷重
⑥	設置許可基準規則 第6条	安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。※ ³	・ 積雪荷重等

※1：「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」を指す。

※2：「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」を指す。

※3：安全施設に対する要求事項であるが、津波防護施設等の設計において準用する。

2. 考慮する荷重について

(1) 常時荷重

常時作用している荷重として、自重、土圧、積載荷重及び海中施設に対する静水圧等を考慮する。

なお、当該施設・設備に運転時の荷重が作用する場合は、運転時荷重を考慮する。

(2) 地震荷重

基準地震動による地震力を考慮する。

(3) 余震荷重

余震荷重として、弾性設計用地震動 S_d1 による地震力を考慮する（添付資料 24 参照）。

なお、施設が浸水した状態で余震が発生した場合における、施設内滞留水に生じる動水圧荷重（スロッシングによる荷重等）も併せて考慮する。

(4) 静的荷重（静水圧）

津波又は低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水により施設・設備に作用する静的荷重として、静水圧を考慮する。

(5) 動的荷重（波力）

津波により施設・設備に作用する動的荷重として、津波の波力による荷重を考慮する。

(6) 動的荷重（突き上げ）

津波により施設・設備に作用する動的荷重として、突き上げ荷重（経路からの津波が鉛直上向き方向に作用する場合の津波荷重）を考慮する。

(7) 漂流物衝突荷重

漂流物の衝突荷重を考慮する（添付資料 16, 23 参照）。

(8) その他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）

各荷重は「第 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止」に規定する設計基準風速の風荷重，設計基準積雪量の積雪荷重，降下火砕物による荷重を考慮する。

3. 荷重の組合せ

3.1 設置状況等に応じて考慮する荷重について

荷重の組合せの設定に当たっては、施設・設備の設置状況や構造（形状）等を考慮し、各荷重の組合せ要否を以下のとおり整理する。

(1) 設置場所及び構造（形状）条件

設置場所が屋外の施設・設備については、構造（形状）も踏まえて、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）を考慮する。なお、設置場所が屋内、敷地地下及び水路部の施設・設備については、当該箇所における自然現象の影響の有無を整理したうえで、影響の無い自然現象による荷重を考慮不要と整理する。

(2) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない施設・設備については、津波荷重として「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

津波の直接的な影響を受ける施設・設備については、津波荷重として動的荷重を考慮し、経路からの津波が鉛直上向きに作用する施設・設備については、「動的荷重（突き上げ）」を考慮する。それ以外の施設・設備については、「動的荷重（波力）」を考慮する。なお、「動的荷重（波力）」における津波荷重は、朝倉式、静水圧差による算定式若しくは管路解析結果に基づき算定する。

(3) 漂流物衝突の影響

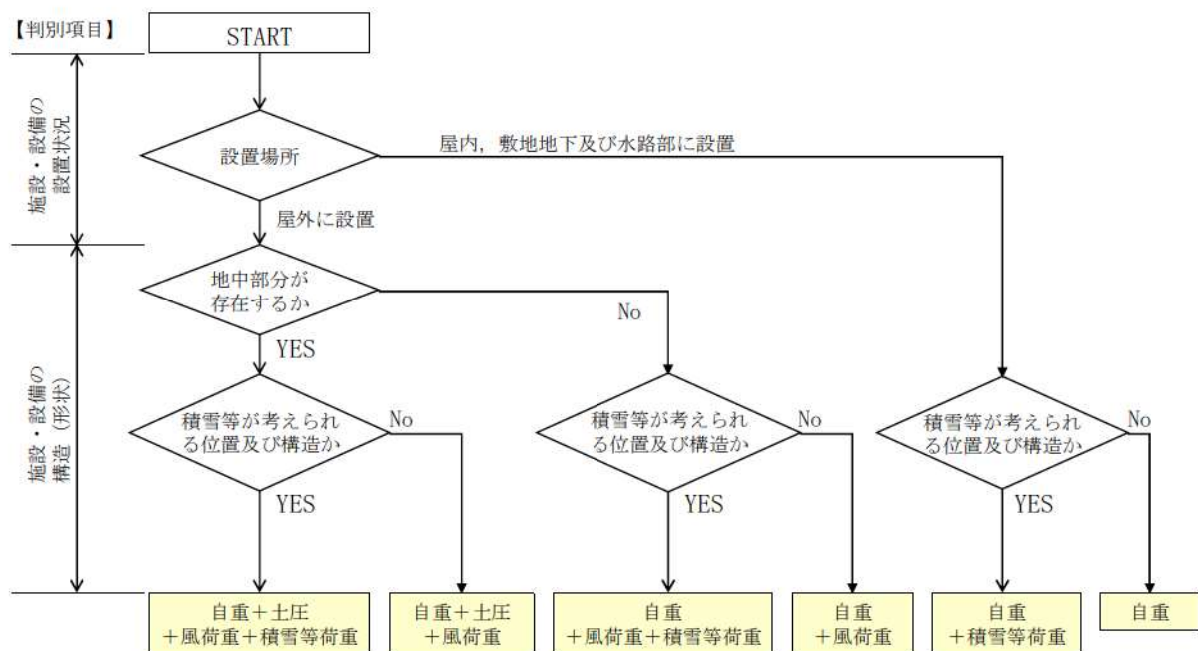
漂流物の衝突が想定される施設・設備については、「漂流物衝突荷重」を考慮する。

(4) 津波の波源の活動の影響

地震に起因する津波の影響を受ける施設・設備について、日本海東縁部に想定される地震による「余震荷重」を考慮する（添付資料 24 参照）。

常時荷重及びその他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）の組合せは、施設・設備の設置状況や構造（形状）等の条件を踏まえて、第 1 図のとおりに分類する。

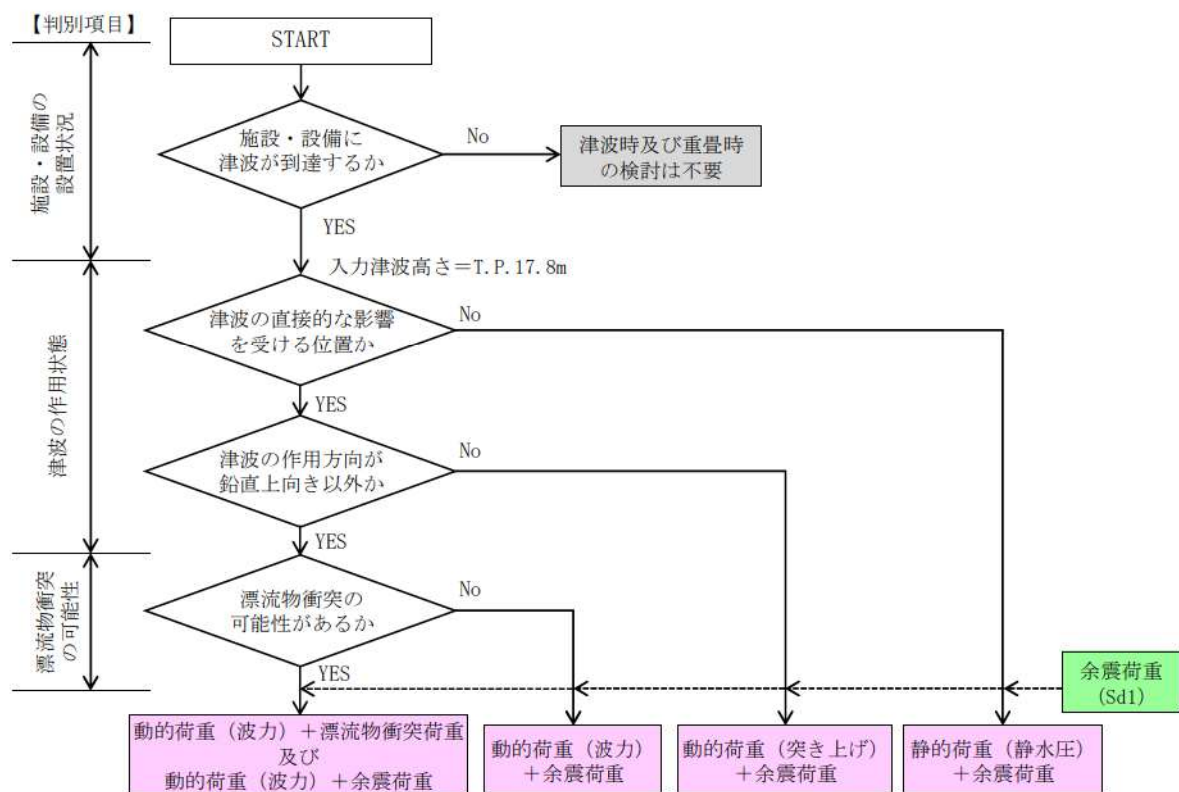
なお、地震時の検討は、全ての施設・設備において、以下で分類した常時荷重（その他自然現象による荷重含む）に地震荷重（ S_s ）を組み合わせで行う。



第1図 常時荷重及びその他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）の組合せ選定フロー

津波時の検討は，第1図で分類した常時荷重及びその他自然現象による荷重（風荷重，積雪荷重等）に，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第2図の荷重を組み合わせる。

なお，低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受ける施設・設備については，静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する。



第2図 津波時及び重畳時における荷重の組合せ選定フロー

3.2 各施設・設備の設計において考慮する荷重の組合せ

3.1 に示す考え方を各施設・設備に展開し、津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の設計に当たって考慮する荷重の組合せを以下のとおり整理する。

(1) 防潮堤

防潮堤の設計において考慮する荷重は、防潮堤の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」及び「積雪荷重等」を考慮する。また、地中部に存在する部位については土圧を考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する施設であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されるため、「漂流物衝突荷重」を考慮する。
上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋漂流物衝突荷重
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

(2) 3号炉取水ピットスクリーン室防水壁

3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設計において考慮する荷重は、3号炉取水ピットスクリーン室防水壁の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」及び「積雪荷重等」を考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する施設であるため、津波荷重として、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。
上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（Ss）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(3) 1号及び2号炉取水路流路縮小工

1号及び2号炉取水路流路縮小工の設計において考慮する荷重は、1号及び2号炉取水路流路縮小工の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、水路部（1号及び2号炉取水路内）に設置することから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する施設であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。なお、津波荷重（津波波力）は、津波時の静水圧、流水圧及び流水の摩擦による推力を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（Ss）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

(4) 3号炉放水ピット流路縮小工

3号炉放水ピット流路縮小工の設計において考慮する荷重は、3号炉放水ピット流路縮小工の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、敷地地下の放水ピット内に設置することから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」は考慮不要であり、積雪等が考えられる構造であることから「積雪荷重等」は考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する設備であり、波圧が鉛直上向きに作用する設備であるため、「動的荷重（突き上げ）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重 (Ss)
- ・ 常時荷重＋動的荷重 (突き上げ)
- ・ 常時荷重＋動的荷重 (突き上げ) ＋余震荷重

(5) 1号及び2号炉放水路逆流防止設備

1号及び2号炉放水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は、1号及び2号炉放水路逆流防止設備の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、水路部（1号及び2号炉放水路内）に設置することから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する施設であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重 (Ss)
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

(6) 貯留堰

貯留堰の設計において考慮する荷重は、貯留堰の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、海中に設置することから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する施設であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されるため、「漂流物衝突荷重」を考慮する。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重 (Ss)
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋漂流物衝突荷重

- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

(7) 屋外排水路逆流防止設備

屋外排水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は、屋外排水路逆流防止設備の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、敷地地下に設置されること、積雪等が考えられる構造でないことから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する施設であるため、津波荷重として「動的荷重（波力）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

(8) 3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備

3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備の設計において考慮する荷重は、3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」を考慮するが、3号炉原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備は薄い鋼材等で構成されており、積雪等が考えられる構造ではないため、「積雪荷重等」は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるため、津波荷重として「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）

- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(9) 水密扉

a. 水密扉（３号炉取水ピットスクリーン室防水壁）

水密扉の設計において考慮する荷重は、水密扉の設置状況により以下のとおり整理される。

(a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」を考慮するが、水密扉は薄い鋼材等で構成されており、積雪等が考えられる構造ではないため、「積雪荷重等」は考慮不要である。

(b) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるため、津波荷重として、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

(c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

b. 水密扉（原子炉建屋及び原子炉補助建屋）

水密扉の設計において考慮する荷重は、水密扉の設置状況により以下のとおり整理される。

(a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋内に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

(b) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるが、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

(c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（Ss）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(10) 浸水防止蓋

浸水防止蓋の設計において考慮する荷重は、浸水防止蓋の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋内に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する設備であり、波圧が鉛直上向きに作用する設備であるため、「動的荷重（突き上げ）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の有無

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（Ss）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（突き上げ）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（突き上げ）＋余震荷重

(11) ドレンライン逆止弁

a. ドレンライン逆止弁（原子炉補機冷却海水ポンプエリア及び循環水ポンプエリア）

ドレンライン逆止弁の設計において考慮する荷重は、ドレンライン逆止弁の設置状況により以下のとおり整理される。

(a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋内に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

(b) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する設備であり、波圧が鉛直上向きに作用する設備であるため、「動的荷重（突き上げ）」を考慮する。

(c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（Ss）

- ・ 常時荷重＋動的荷重（突き上げ）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（突き上げ）＋余震荷重

b. ドレンライン逆止弁（原子炉建屋及びタービン建屋）

ドレンライン逆止弁の設計において考慮する荷重は、ドレンライン逆止弁の設置状況により以下のとおり整理される。

(a) 設置場所及び構造（形状）条件

屋内に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

(b) 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるが、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

(c) 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。

上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（ S_s ）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(12) 貫通部止水処置

貫通部止水処置の設計において考慮する荷重は、貫通部止水処置の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋内又は屋外に設置する設備であるため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて、適切に組合せを考慮する。屋内に設置する設備は、「風荷重」及び「積雪荷重等」は考慮不要である。屋外に設置する設備は、敷地地下に設置されることから「風荷重」は考慮不要であり、また、積雪等が考えられる構造でないことから「積雪荷重等」は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

屋内に設置する設備は、津波の直接的な影響を受けない場所に設置する設備であるが、低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、「静的荷重（静水圧）」を考慮する。屋外に設置する設備は、

津波の波力の影響を受けない場所に設置する施設であるため、津波荷重として「静的荷重（静水圧）」を考慮する。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（Ss）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）
- ・ 常時荷重＋静的荷重（静水圧）＋余震荷重

(13) 津波監視カメラ

津波監視カメラの設計において考慮する荷重は、津波監視カメラの設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するため、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）については、「風荷重」及び「積雪荷重等」を考慮する。

b. 津波荷重の種別

津波の影響を受けない場所に設置する設備であるため、津波荷重は考慮不要である。

c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（Ss）

(14) 潮位計

潮位計の設計において考慮する荷重は、潮位計の設置状況により以下のとおり整理される。

a. 設置場所及び構造（形状）条件

屋外に設置するが、海中に設置されることから、その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は考慮不要である。

b. 津波荷重の種別

津波の直接的な影響を受ける場所に設置する設備であるため、津波荷重として、「動的荷重（波力）」を考慮する。

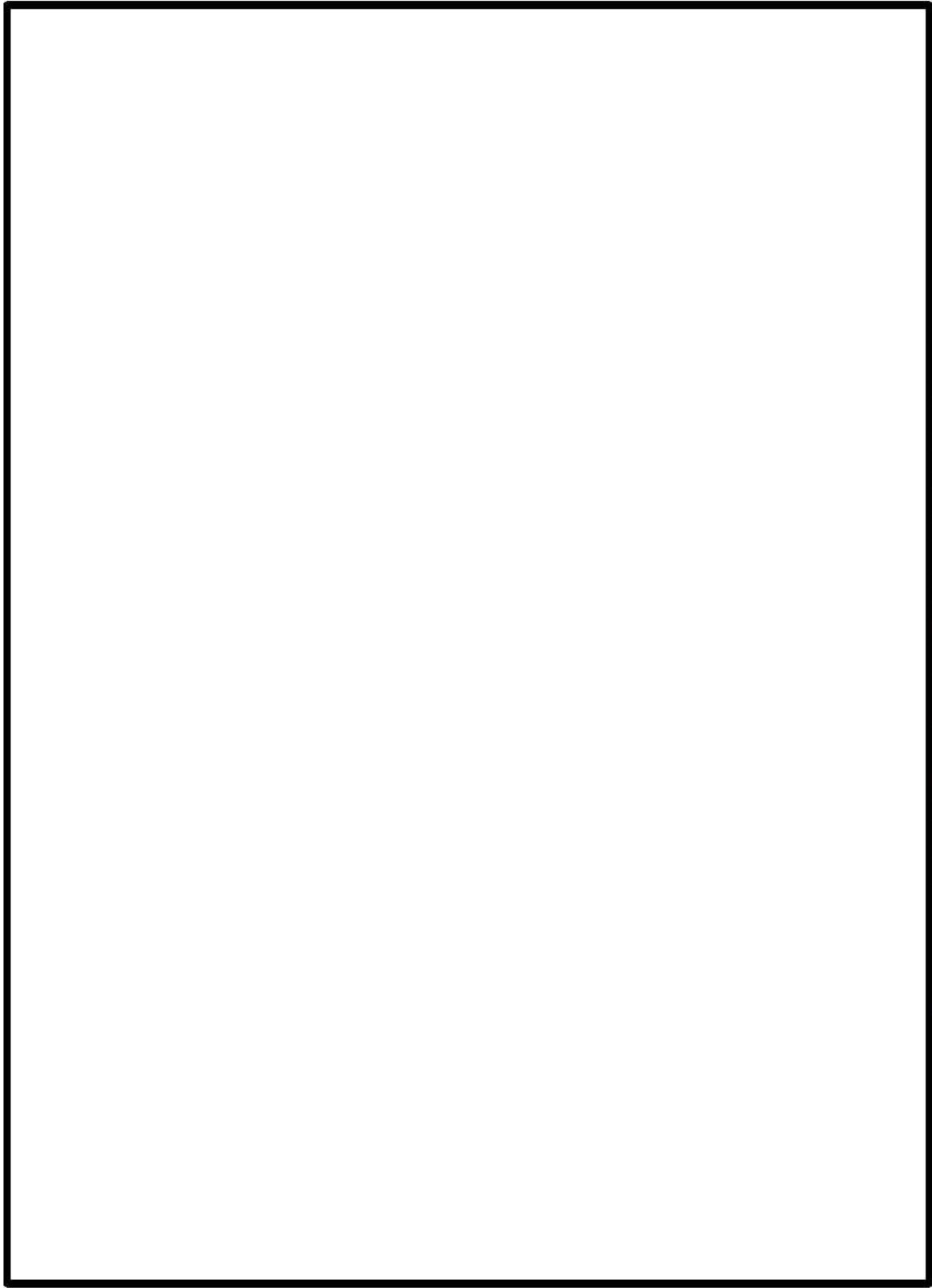
c. 漂流物衝突の影響

漂流物の衝突が想定されないため、「漂流物衝突荷重」は考慮不要である。上記を考慮し、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

- ・ 常時荷重＋地震荷重（Ss）

- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）
- ・ 常時荷重＋動的荷重（波力）＋余震荷重

ここで、第3図に津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の位置を示し、第2表～第5表に考慮する荷重及び荷重の組合せを示す。



第3図 津波防護施設，浸水防止設備及び津波監視設備の平面図

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

第2表 津波防護施設で考慮する荷重及び荷重の組合せ

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		その他の自然現象 による荷重※1		地震 荷重 (Ss)	余震 荷重	津波荷重			備考
				自重	土庄	風 荷重	積 雪 荷重等			動的 荷重 (波力)	動的 荷重 (突き上げ)	静水 圧	
津波防護施設	防潮堤	屋外	常時荷重+地震荷重	○	○	○	○	○					
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○	○	○	○			○			
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) + 漂流物衝突荷重	○	○	○	○			○		○	
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) + 余震荷重	○	○	○	○		○	○			
	3号炉取水ピット スクリーン室 防水壁	屋外	常時荷重+地震荷重	○		○	○	○					
			常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧))	○		○	○					○	
			常時荷重+津波荷重 (静的荷重 (静水圧)) + 余震荷重	○		○	○		○			○	
			常時荷重+地震荷重	○				○					
	1号及び2号炉 取水路 流路縮小工	屋外 (水路部)	常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○						○			
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) + 余震荷重	○					○	○			
			常時荷重+地震荷重	○				○					
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (突き上げ))	○			○				○		
	3号炉放水ピット 流路縮小工	屋外	常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○			○						
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) + 余震荷重	○			○		○		○		
			常時荷重+地震荷重	○				○					
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (突き上げ))	○			○				○		
	1号及び2号炉 放水路 逆流防止設備	屋外 (水路部)	常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○				○					
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) + 余震荷重	○					○	○			
			常時荷重+地震荷重	○									
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○									
	貯留堰	屋外 (海中)	常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○				○					
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) + 漂流物衝突荷重	○						○			
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力))	○								○	
			常時荷重+津波荷重 (動的荷重 (波力)) + 余震荷重	○					○	○			

※1 その他自然現象による荷重 (風荷重, 積雪荷重等) は設備の設置状況, 構造 (形状) 等の条件を含めて適切に組合せを考慮する。

第3表 浸水防止設備（外郭防護）で考慮する荷重及び荷重の組合せ

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		その他の自然現象※1		地震荷重 (Ss)	余震荷重	津波荷重			漂流物衝突荷重	備考
				自重	土圧	風荷重	積雪等荷重			動的荷重	(突き上げ) 動的荷重	静水圧		
浸水防止設備（外郭防護）	屋外排水路 逆流防止設備	屋外 (敷地地下)	常時荷重＋地震荷重	○				○						
			常時荷重＋津波荷重（動的荷重（波力））	○						○				
			常時荷重＋津波荷重（動的荷重（波力）） ＋余震荷重	○					○	○				
	3号炉原子炉補機 冷却海水放水路 逆流防止設備	屋外	常時荷重＋地震荷重	○		○		○						
			常時荷重＋津波荷重（動的荷重（静水圧））	○		○						○		
			常時荷重＋津波荷重（動的荷重（静水圧）） ＋余震荷重	○		○			○	○		○		
	水密扉	屋外	常時荷重＋地震荷重	○		○		○						
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧））	○		○						○		
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧）） ＋余震荷重	○		○			○			○		
	浸水防止蓋	屋内	常時荷重＋地震荷重	○				○						
			常時荷重＋津波荷重（動的荷重（突き上げ））	○							○			
			常時荷重＋津波荷重（動的荷重（突き上げ）） ＋余震荷重	○					○		○			
	ドレンライン 逆止弁	屋内	常時荷重＋地震荷重	○				○						
			常時荷重＋津波荷重（動的荷重（突き上げ））	○							○			
			常時荷重＋津波荷重（動的荷重（突き上げ）） ＋余震荷重	○					○		○			
	貫通部止水処置	屋外 (敷地地下)	常時荷重＋地震荷重	○				○						
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧））	○								○		
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧）） ＋余震荷重	○					○			○		

※1 その他の自然現象（風荷重、積雪荷重等）は設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて適切に組合せを考慮する。

第4表 浸水防止設備（内部防護）で考慮する荷重及び荷重の組合せ

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		その他の自然現象 による荷重※1		地震 荷重 (Ss)	余震 荷重	津波荷重			漂流物衝突荷重	備考
				自重	土圧	風荷重	積雪等荷重			動的荷重 (波力)	動的荷重 (突き上げ)	静水圧		
浸水防止設備（内部防護）	ドレンライン 逆止弁	屋内	常時荷重＋地震荷重	○				○						低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧））	○								○		
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧）） ＋余震荷重	○					○			○		
	水密扉	屋内	常時荷重＋地震荷重	○				○						低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧））	○								○		
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧）） ＋余震荷重	○					○			○		
	貫通部止水処置	屋内	常時荷重＋地震荷重	○				○						低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水の影響を受けることから、静的荷重（静水圧）及び余震荷重を考慮する
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧））	○								○		
			常時荷重＋津波荷重（静的荷重（静水圧）） ＋余震荷重	○					○			○		

※1 その他自然現象による荷重（風荷重、積雪荷重等）は設備の設置状況、構造（形状）等の条件を含めて適切に組合せを考慮する。

第5表 津波監視設備で考慮する荷重及び荷重の組合せ

対象	施設・設備	設置場所	荷重の組合せ	常時		その他の自然現象 による荷重※1		地震 荷重 (Ss)	余震 荷重	津波荷重			漂流物 衝突荷重	備考
				自重	土圧	風 荷重	積雪等 荷重			動的荷重 (波力)	動的荷重 (突き上げ)	静水圧		
津波監視設備	津波監視カメラ	屋外	常時荷重＋地震荷重	○		○	○	○						
			常時荷重＋地震荷重	○				○						
	潮位計	屋外 (海中)	常時荷重＋津波荷重(動的荷重(波力))	○						○				
			常時荷重＋津波荷重(動的荷重(波力)) ＋余震荷重	○					○	○				

※1 その他自然現象による荷重(風荷重, 積雪荷重等)は設備の設置状況, 構造(形状)等の条件を含めて適切に組合せを考慮する。

津波波圧の影響を直接受ける構築物等における津波波圧の設定方針について

1. 基本事項

(1) 津波波圧の評価対象

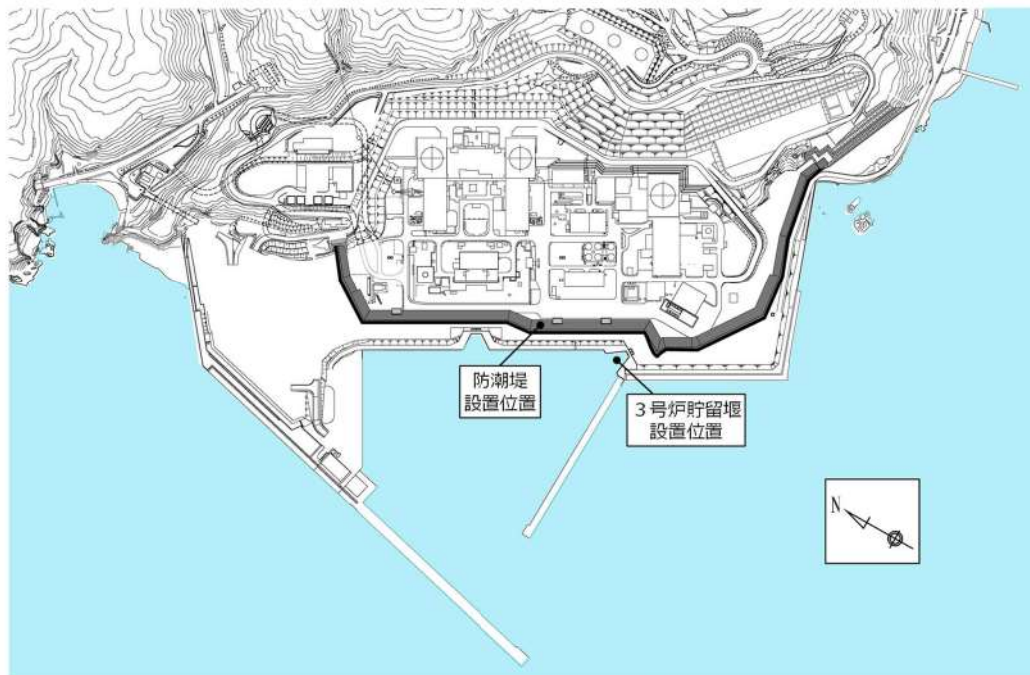
「耐津波設計に係る設工認審査ガイド（令和5年1月改正）」¹⁾の、「津波波圧評価に係る確認事項（別添）」（以下、「設工認審査ガイド別添」という。）では、外郭防護に係る施設及び設備のうち、津波波圧の影響を直接受ける陸域の構築物、海域にあり引き波時に設置面が露出する構築物等を対象として、これらの構築物等に作用する入力津波の波圧（以下、「津波波圧」という。）評価に係る確認事項が示されている。

【設工認審査ガイド別添の適用対象】

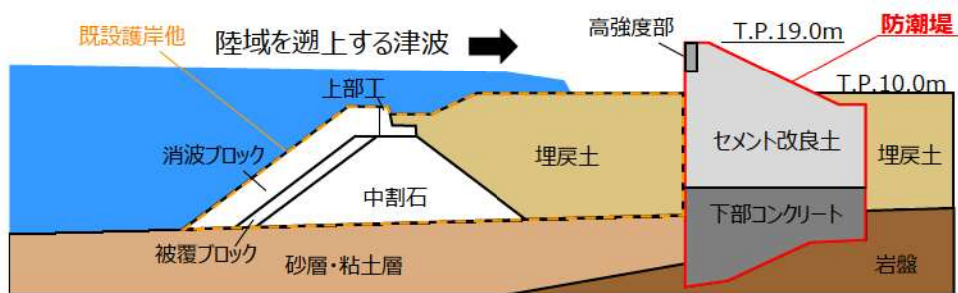
外郭防護に係る施設及び設備のうち、津波波圧の影響を直接受ける陸域の構築物、海域にあり引き波時に設置面が露出する構築物等（以下これらを総称して「防潮堤等」という。）。
海域にあり引き波時に設置面が露出する構築物として、例えば津波影響軽減施設及び設備としての防波堤、離岸堤、潜堤等が考えられる。

泊発電所の外郭防護に係る施設及び設備においては、津波波圧の影響を直接受ける陸域の構築物として防潮堤、海域にあり引き波時に設置面が露出する構築物として3号炉貯留堰（以下、「貯留堰」という。）が設工認審査ガイド別添の適用対象に該当する（第1図～第3図）。

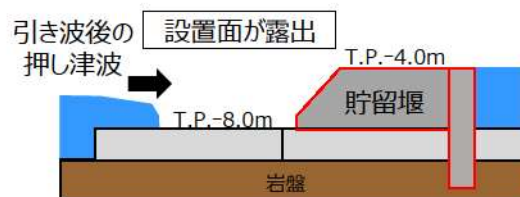
そのため、防潮堤及び貯留堰（以下、「防潮堤等」という。）の設計で考慮する津波波圧は、設計及び工事計画認可（以下、「設工認」という。）段階において、設工認審査ガイド別添に基づき設定する。



第1図 防潮堤等の位置図



第2図 防潮堤に対する津波の遡上イメージ図



第3図 引き波により設置面が露出した状態の貯留堰に対する津波の遡上イメージ図

(2) 津波波圧の評価方針

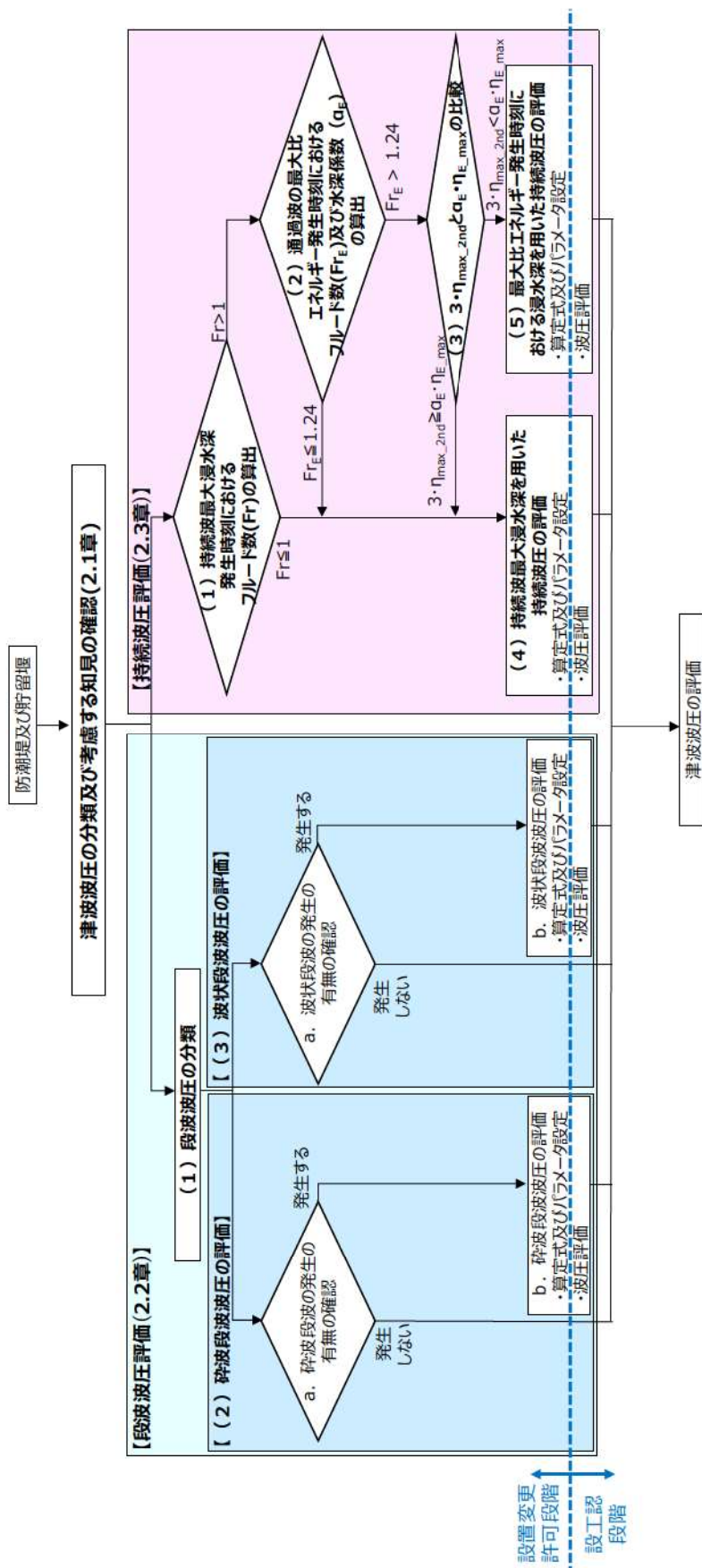
設置変更許可段階においては、津波波圧の設定に用いる入力津波を設定するため、第4図のフローに従い、「砕波段波及び波状段波の発生有無の確認」、「津波波圧評価に用いる算定式の設定」及び「津波波圧の評価に用いるパラメータの設定」までを実施し、設工認段階で津波波圧を設定する（第1表）。

また、波圧評価に当たり津波シミュレーションを用いる場合には、シミュレーションに用いられる非線形長波理論（浅水理論）及び非線形分散波理論の特徴並びに平面二次元津波シミュレーション及び断面二次元津波シミュレーションの特徴を踏まえ、適切な解析手法を用いるものとし、検討内容に応じて防潮堤のモデル化の有無を使い分ける（第2表）。

防潮堤の構造成立性評価においては、既設護岸（上部工及びケーソン）、消波ブロック、被覆ブロック、中割石、裏込石及び埋戻土（以下、これらを「既設護岸他」という。）は、地震による変状の可能性があることから、役割を期待していないため、既設護岸他をモデル化しないが、津波波圧の評価に用いる津波シミュレーションにおいては、入力津波（津波高さ）の検討条件と同様に既設護岸他をモデル化することを基本とする。

設工認審査ガイド別添に基づく津波波圧の評価方針を第3表に示す。第3表のうち朱書部は、設工認審査ガイド別添に評価方針が明記されておらず、当社にて定めた評価方針であり、その妥当性は2章にて示す。

また、参考として、津波波圧の評価方針に関する先行炉との比較を参考資料1に整理した。



第4図 防潮堤等に作用する津波波圧の評価手順※
※耐津波設計に係る設工認審査ガイド別添¹⁾を一部加筆

第1表 防潮堤等に作用する津波波圧評価に係る各手順の実施段階

実施段階	手順
設置変更 許可段階	段波発生有無の確認
	・断面二次元津波シミュレーションによる碎波段波の発生有無の確認
	・防波堤の耐津波設計ガイドラインに基づく波状段波の発生有無の確認
	津波波圧評価に用いる算定式の設定
設工認段階	津波波圧の評価に用いるパラメータの設定
	・浸水深（水位）の設定
	・フルード数の設定
	津波波圧の設定

第2表 津波波圧の評価に用いる手法の特徴及び特徴を踏まえた検討内容

津波評価に用いられる理論及びその特徴	解析手法及びその特徴	防潮堤のモデル化の有無 ^{※2} に応じて検討可能な内容	津波波圧の評価に係る検討内容
○非線形長波理論（浅水理論） ・浅海域の波の非線形性（波高の増幅及び波形の前傾化）が表現可能である。 ・津波の水位が表現可能である。	○平面二次元津波シミュレーション ・複雑な不規則波形及び平面的な流況（泊発電所特有の様々な方向から伝播する津波）が表現可能である。	防潮堤あり	・段波波圧及び持続波圧の評価に用いる浸水深の設定 ・防波堤の耐津波設計ガイドラインに基づく波状段波の発生の有無の確認 ・持続波圧の検討に用いる貯留堰位置の通過波のフルード数等の算出
○非線形分散波理論 ・非線形性及び分散性（分裂波の発生及び発達）が表現可能である。 ・砕波発生による波高の減衰が表現可能である。	○断面二次元津波シミュレーション ^{※1} ・鉛直方向の波圧分布を表現可能である。	防潮堤なし	・防潮堤設置位置の通過波のフルード数等が算出可能である。 ・持続波圧の検討に用いる防潮堤位置の通過波のフルード数等の算出
		防潮堤あり	・波圧算定式（設計波圧）の妥当性確認^{※3}
		防潮堤なし	・砕波段波の発生の有無の確認^{※4}

※1：非線形分散波理論に基づき砕波段波及び波状段波の表現が可能な解析コードである「CADMAS-SURF/3D」を用いる。解析コードの妥当性は水理模型実験にて検証している（参考資料2参照）。

※2：防潮堤前面の既設護岸他は、防潮堤の設計においては役割を期待しないが、津波波圧の評価においては入力津波（津波高さ）の検討条件に合わせモデル化することを基本とする。

※3：設工認段階で実施する。

※4：波状段波の発生有無は、設工認審査ガイド別添で示されている「防波堤の耐津波設計ガイドライン」²⁾に基づき確認する。

第3表 設工認審査ガイド別添の確認事項に対する評価方針 (1/2)

項 目	設工認審査ガイド別添の確認事項	評価方針 ^{※1}
2. 1 津波波圧の分類及び考慮する知見の確認		
(1) 段波波圧及び特続波圧の分類	- 津波波圧として、段波波圧及び特続波圧の両波圧を評価対象としていること。 - また、段波波圧及び特続波圧の分類の考え方が示されていること。	左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。
(2) 段波波圧及び特続波圧の設定方法	津波波圧（段波波圧及び特続波圧）の設定方法が示されていること、段波波圧及び特続波圧の設定の根拠として考慮する知見を明示していること及びこの知見の適用性について評価していること。	左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。
2. 2 段波波圧評価に係る確認		
(1) 段波波圧の分類	防潮堤等に作用する段波波圧を砕波段波波圧及び波状段波波圧に分類し、両波圧を個別に評価対象としていること。	左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。
(2) 砕波段波波圧の影響評価	- 防潮堤等に作用する砕波段波波圧の影響がないと推定する場合、その根拠が明確になっていること。その際、津波の影響評価の前提となる、砕波発生の有無及び発生位置については、適切な条件による水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより推定していること。 - 防潮堤等に作用する砕波段波波圧の影響があると推定する場合、防潮堤等設置位置において防潮堤等がない場合の津波の砕波直前の最大浸水深（以下「段波最大浸水深（$\eta_{max,1st}$）」という。）の3倍の高さに相当する静水圧分布を用いて、砕波段波波圧の影響を評価していること。	- 左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。 - 砕波段波波圧が保守的な設定となるよう、防潮堤の砕波段波波圧の評価で用いる浸水深は、平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）から得られた「入力津波水深（入力津波高さ－敷地標高）の1/2^{※2}」と設定し、「入力津波水深の1/2」の3倍の高さに相当する静水圧分布を用いて、砕波段波波圧の影響を評価する。
(3) 波状段波波圧の影響評価	- 防潮堤等に作用する波状段波波圧の影響がないと推定する場合、その根拠が明確になっていること。その際、既往知見を根拠とする場合は、適切な条件による水理試験及び解析[※]あるいはそれらのいずれかにより、適用性に係る評価が示されていること。 ※「適切な条件による水理試験及び解析」については、根拠とする既往知見（例えば、防潮堤の耐津波設計ガイドライン）との整合性を確認すること。	- 左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。 「防潮堤の耐津波設計ガイドライン」に基づき、前面海域の海底勾配及び平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）により算出した津波高さをを用いて、波状段波の発生の有無を確認する。
	防潮堤等に作用する波状段波波圧の影響があると推定する場合、既往知見で提案されている評価手法等を用いて波状段波波圧の影響を評価していること。また、評価に用いた知見の適用性に関する文献等の根拠が示されていること。	- 適用性に関する根拠を示したうえで、朝倉ら（2000）に基づく算定式を用いて波状段波波圧の影響を評価する。 - 波状段波波圧が保守的な設定となるよう、防潮堤の波状段波波圧の評価に用いる浸水深は、平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）から得られた「入力津波水深（入力津波高さ－敷地標高）の1/2^{※2}」と設定する。

※1：設工認審査ガイド別添に評価方針が明記されておらず、当社にて定めた評価方針を**朱書き**で示す。

※2：先行戸において審査実績がある（参考資料1参照）。

第3表 設工認審査ガイド別添の確認事項に対する評価方針 (2/2)

項 目	設工認審査ガイド別添の確認事項	評価方針※1
2. 3 持続波圧評価に係る確認		
(1) 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(Fr)の算出	- 通過波の持続波領域における防潮堤等設置位置での最大浸水深(以下「持続波最大浸水深($\eta_{\max,2nd}$)」という。)を、設計用浸水深として用いていること及び持続波最大浸水深($\eta_{\max,2nd}$)発生時刻における浸水深及び流速からフルード数(Fr)を適切に算出していること。 - 上記と異なる設計用浸水深及び流速を用いてフルード数(Fr)を算出する場合は、算出した数値の保守性を明示していること。	- 左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。 - 平面二次元津波シミュレーション(防潮堤なし)を用いて、防潮堤設置位置での通過波から、平面二次元津波シミュレーション(防潮堤あり)を用いて、貯留堰設置位置での通過波から、以下を算出する。 - 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(Fr) - 通過波の持続波最大浸水深($\eta_{\max,2nd}$) - 通過波の最大比エネルギ発生時刻におけるフルード数(Fr_E) - 通過波の最大比エネルギ発生時刻における水深係数(α_E) - 通過波の最大比エネルギ発生時刻における浸水深($\eta_{E,\max}$)
(2) 通過波の最大比エネルギ発生時刻におけるフルード数(Fr _E)等の算出	- 持続波最大浸水深($\eta_{\max,2nd}$)発生時刻に基づくフルード数(Fr)が1を超える場合、持続波圧の評価に当たり防潮堤等位置での通過波の最大比エネルギ発生時刻における浸水深($\eta_{E,\max}$)を設計用浸水深として用いていること。 - 最大比エネルギ発生時刻におけるフルード数(Fr_E)を適切に算出していること。 - フルード数(Fr_E)から最大比エネルギ発生時刻における水深係数(α_E)を算出していること。水深係数を式(7)、式(8)によらずに算出している場合は、水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより適用性に係る評価が示されていること。 $\alpha_E = 3.0$ $\alpha_E = (0.70 \cdot Fr_E^2 + 1) + 0.93$ $\alpha_E : \text{最大比エネルギ発生時刻に基づく水深係数}$ $Fr_E : \text{最大比エネルギ発生時刻におけるフルード数}$	
(3) $3 \cdot \eta_{\max,2nd}$ と $\alpha_E \cdot \eta_{E,\max}$ の比較	持続波最大浸水深($\eta_{\max,2nd}$)の3倍の高さと最大比エネルギ発生時刻における浸水深($\eta_{E,\max}$)の水深係数(α_E)倍の高さを比較し、値が大きくなる方を用いて持続波圧を設定していること。	左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。
(4) 持続波最大浸水深を用いた持続波圧の評価	フルード数(Fr)が1以下の場合、持続波圧の評価に当たり国交省の暫定指針を適用し、持続波最大浸水深($\eta_{\max,2nd}$)の3倍の高さに相当する静水圧分布を用いて持続波圧を評価していること。	- 左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。 - 持続波圧が保守的な設定となるよう、持続波最大浸水深は、平面二次元津波シミュレーション(防潮堤あり)から得られた「入力津波水深(入力津波高さ-敷地標高)の$1/2^{0.82}$」と設定し、「入力津波水深の$1/2$」の3倍の高さに相当する静水圧分布を用いて、持続波圧の影響を評価する。
(5) 最大比エネルギ発生時刻における浸水深を用いた持続波圧の評価	最大比エネルギ発生時刻における浸水深($\eta_{E,\max}$)の水深係数(α_E)倍に相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力を持続波圧(P_E)として評価していること。	左に示す確認事項のとおり、評価を実施する。

※1：設工認審査ガイド別添に評価方針が明記されておらず、当社にて定めた評価方針を朱書きで示す。

※2：先行戸において審査実績がある(参考資料1参照)。

2. 防潮堤等に作用する津波波圧評価に係る確認

2.1 津波波圧の分類及び考慮する知見の確認

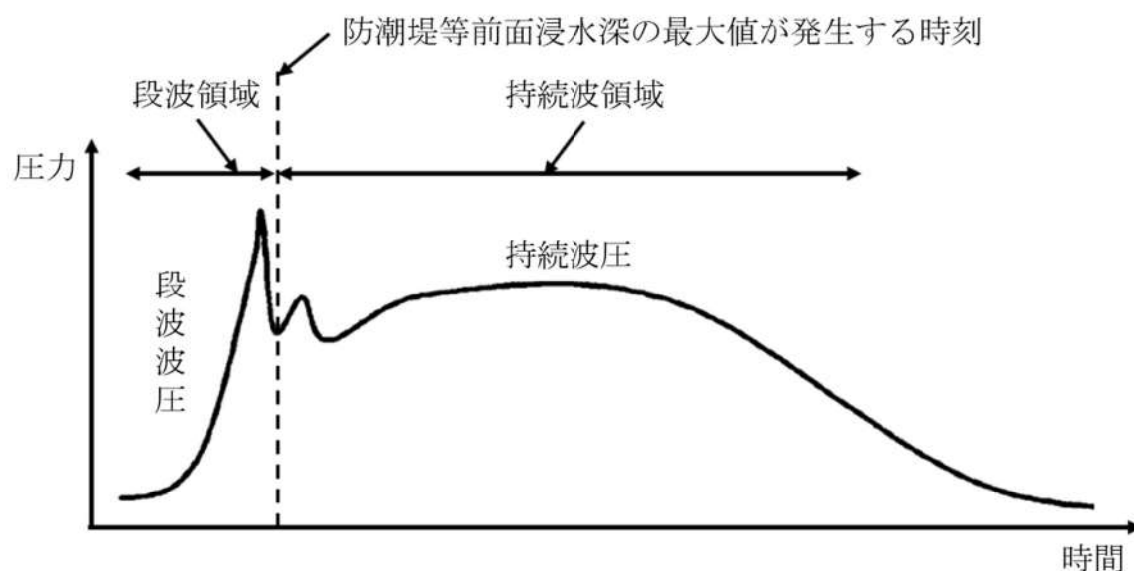
(1) 段波波圧及び持続波圧の分類

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

○津波波圧として、段波波圧及び持続波圧の両波圧を評価対象としていること。
また、段波波圧及び持続波圧の分類の考え方が示されていること。

NRA 技術報告³⁾に基づき、防潮堤等に作用する津波波圧を段波波圧と持続波圧に分類する。段波波圧は、最初に防潮堤等に衝突する津波が与える短時間で大きく変化する波圧であり、津波が防潮堤等に作用してせり上がった際の防潮堤等前面における津波の深さ（以下、「防潮堤等前面浸水深」という。）の最大値が発生する時刻より前の時間帯（以下、「段波領域」という。）に生じる津波波圧とする。一方、持続波圧は、段波波圧の後の継続時間の長い波圧で、長時間にわたり一定の範囲に作用する波圧であり、段波領域より後の時間帯（以下、「持続波領域」という。）に生じる津波波圧とする。

防潮堤等の設計に当たっては、段波波圧及び持続波圧の両波圧を評価対象とし、それぞれ個別に考慮する。



第5図 津波波圧の分類³⁾

(2) 段波波圧及び持続波圧の設定方法

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

○津波波圧（段波波圧及び持続波圧）の設定方法が示されていること、段波波圧及び持続波圧の設定の根拠として考慮する知見を明示していること及びこの知見の適用性について評価していること。

段波波圧及び持続波圧の設定方法は以下のとおりとする。

a. 段波波圧

段波波圧を砕波段波波圧及び波状段波波圧に分類した上で、以下のとおり、両波圧を個別に設定する。

砕波段波波圧は、NRA 技術報告⁴⁾を参考に設定する（2.2章(2)参照）。

波状段波波圧は、朝倉ら(2000)⁵⁾を参考に設定する（2.2章(3)参照）。

b. 持続波圧

持続波圧は、NRA 技術報告^{3), 6), 7)}を参考に、フルード数 (Fr) が1以下の場合と1を超える場合のそれぞれの波圧を設定する（2.3章(4)及び(5)参照）。

c. 知見の適用性

泊発電所の防潮堤等の形状は、直立壁タイプであり、砕波段波波圧及び持続波圧の設定に当たって参考とした NRA 技術報告^{3), 6), 7)}の知見の検討対象とされている直立壁タイプの防潮堤と適用条件が合致していることから、適用性を有していると評価する。

なお、波状段波波圧の設定に当たって参考とした朝倉ら(2000)⁵⁾の知見は、直立護岸背後の陸上構造物を対象に検討がなされており、同じく陸上構造物である泊発電所の防潮堤への適用性を有していると評価する。また、貯留堰の引き波時に設置面が露出した後に津波が来襲する場合は、陸上構造物と同様な条件で波圧が作用するため、防潮堤と同様に朝倉ら(2000)⁵⁾の知見は、貯留堰への適用性を有していると評価する。

2.2 段波波圧評価に係る確認

(1) 段波波圧の分類

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

- 防潮堤等に作用する段波波圧を砕波段波波圧及び波状段波波圧に分類し、両波圧を個別に評価対象としていること。

防潮堤等に作用する段波波圧は、砕波段波波圧及び波状段波波圧に分類される。

砕波段波波圧は、津波の先端部が急峻な壁状となった後に波が砕け、防潮堤等に作用する波圧である。波状段波波圧は、津波の先端部が複数の波に分裂し、防潮堤等に作用する波圧である。

砕波段波及び波状段波の先端部の形状はいずれも急峻な壁状となる特徴を有しており、防潮堤等に作用した場合、構造健全性に影響を与える可能性が考えられることから、両波圧を個別に評価対象とする。

なお、本資料において、波状段波及びソリトン分裂波は同義とする。

(2) 砕波段波波圧の影響評価

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

○防潮堤等に作用する砕波段波波圧の影響がないと推定する場合、その根拠が明確となっていること。その際、津波の影響評価の前提となる、砕波発生の有無及び発生位置については、適切な条件による水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより推定していること。

a. 砕波段波の発生の有無の確認

砕波段波の発生有無は、砕波発生による波高の減衰及び波状段波の表現が可能な断面二次元津波シミュレーションにより確認する。また、防潮堤による反射波の影響がない方が防潮堤設置位置の砕波発生の有無を精度よく確認できるため、断面二次元津波シミュレーションでは、防潮堤はモデル化しない。

また、砕波段波の発生有無の確認に当たっては、全ての基準津波 12 波源に対して防波堤の損傷状態を考慮した 18 ケース及び流速最大ケース 1^{※1}、2^{※2}の計 20 ケース（以下、「評価対象 20 ケース」という。）を検討対象ケースとし、地形変化を考慮しない基本ケースに加え、入力津波（津波高さ及び津波高さ以外（流速及び流況（流向・流速））と同様の地形変化を考慮する。

断面二次元津波シミュレーションは、砕波段波及び波状段波を表現可能な解析コードとして、非線形分散波理論に基づき非圧縮性流体を対象として連続式及び Navier-Stokes 方程式を基本方程式とした数値波動水路 CADMAS-SURF/3D (Ver. 1.5) を用いる。

CADMAS-SURF/3D (Ver. 1.5) の使用に当たっては、水理模型実験の再現解析により、津波水位及び波圧分布を再現できることを確認する。断面二次元津波シミュレーションの妥当性検証を参考資料 2 に示す。

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

(a) 条件整理

イ. 敷地に来襲する津波の特性の確認

断面二次元津波シミュレーションによる砕波段波の発生有無の確認に当たり、解析断面及び入力波形を設定するため、泊発電所に来襲する津波の特性の確認を行った。

なお、本項では、防潮堤前面における水位上昇量が最大となる基準津波 F（北防波堤損傷）の確認結果を示す。基準津波 F（北防波堤損傷）を含む評価対象 20 ケースの水位時刻歴波形及び伝播状況については、参考資料 3 に示す。

基準津波 F（北防波堤損傷）の 3 号炉取水口、1 号及び 2 号炉取水口、放水口及び防潮堤前面における水位時刻歴波形を第 7 図に、平面二次元津波シミュレーションによる伝播状況を第 8 図に示す。

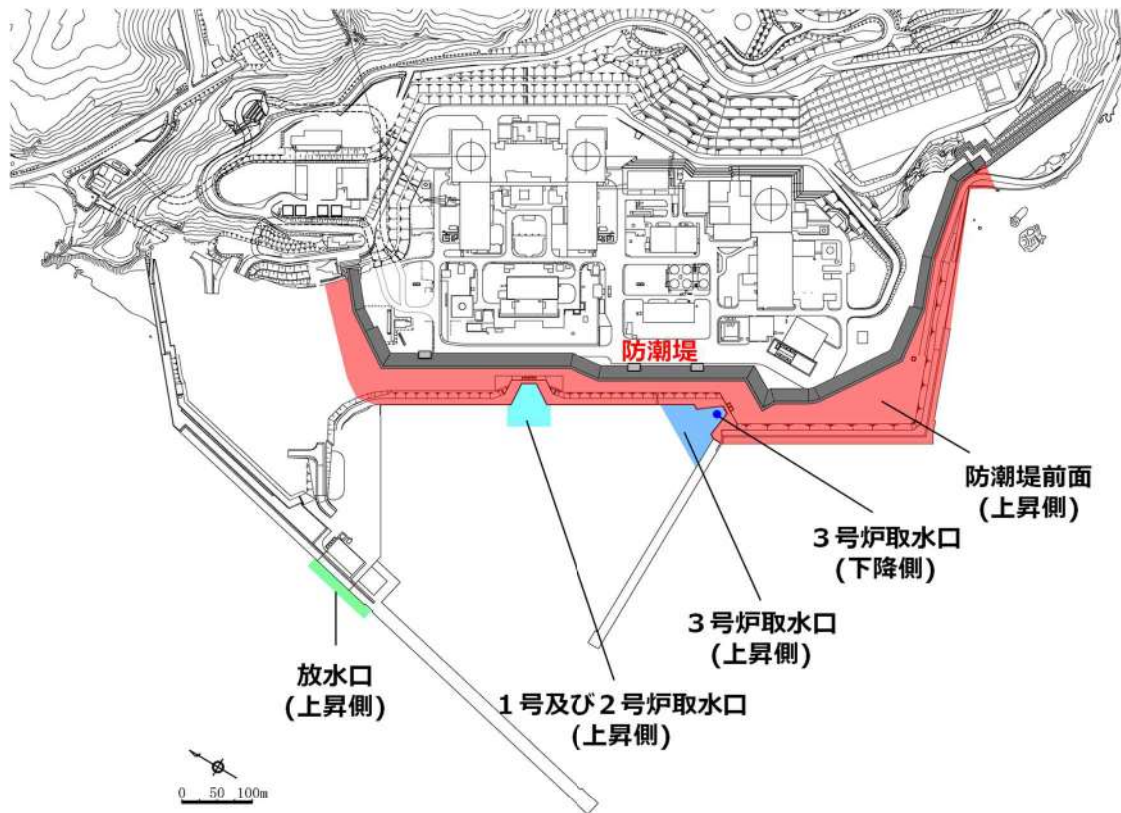
第 7 図に示すとおり、基準津波 F（北防波堤損傷）は、地震発生から約 14 分後、地震に伴う津波の第 1 波が発電所港湾に来襲した後、押し波が 3 分程度継続し、その後、引き波に転じる。地震発生から約 20 分 30 秒後、岩内側で反射された津波及び陸上地すべり（川白）による津波の第 2 波が発電所港湾に来襲し、押し波が 1 分 30 秒程度継続した後、引き波に転じる。地震発生から約 30 分 30 秒後、発電所西側から伝播した津波の第 3 波が発電所港湾に来襲した後、押し波が 3 分程度継続し、その後、引き波に転じる。地震発生から約 34 分 30 秒後、積丹半島北西部から伝播した津波の第 4 波が発電所港湾に来襲する。

その後の津波の水位は第 1 波から第 4 波の津波水位と比較して比較的低くなっていた。

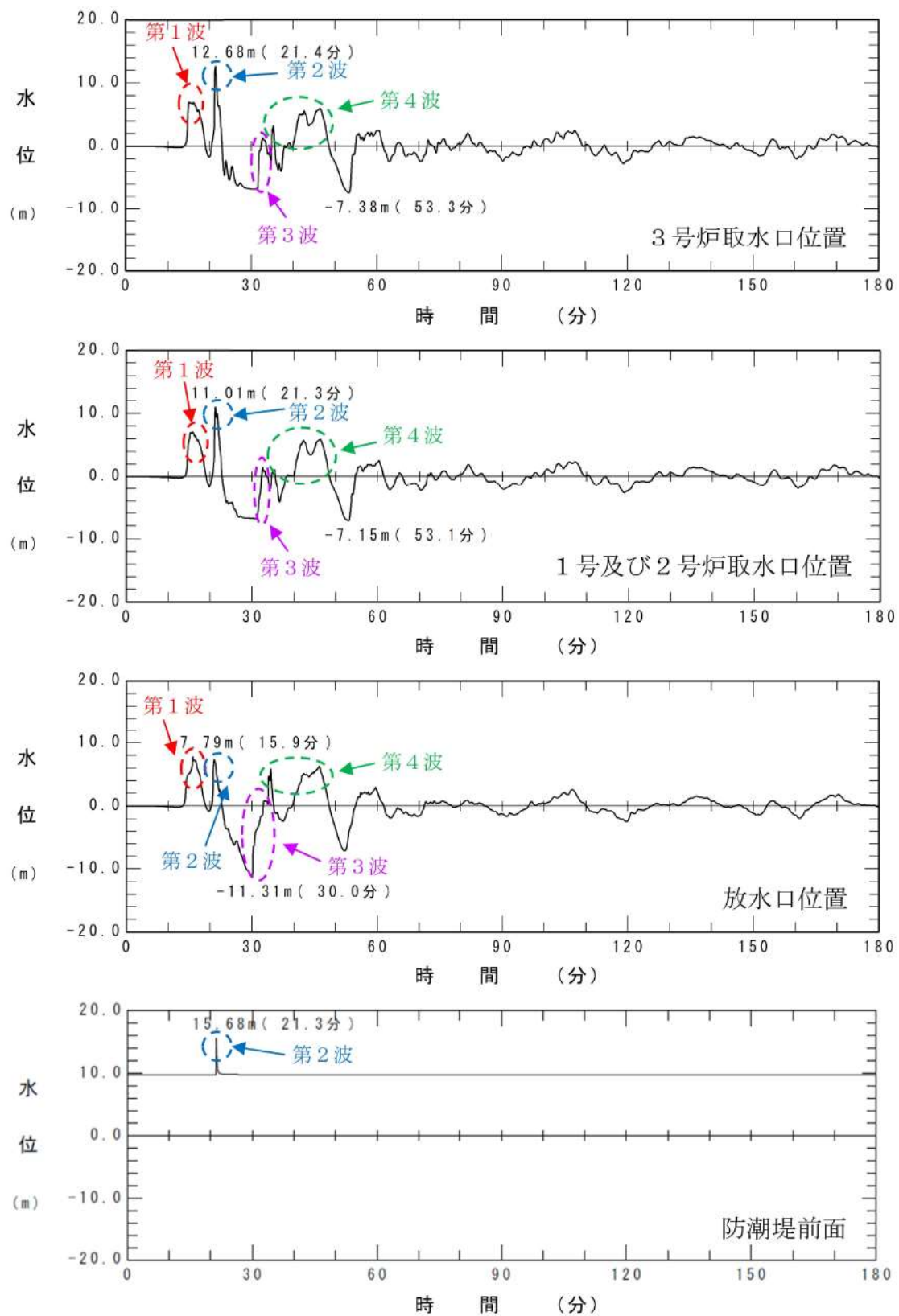
また、第 8 図に示すとおり、第 1 波は周辺地形の影響をほとんど受けずに発電所西側方向から直線的に発電所港湾に到達するが、第 2 波以降の後続波は周辺地形の反射の影響を大きく受ける。第 2 波は、岩内側で反射された津波が、陸上地すべり（川白）と重畳し、泊発電所港湾に来襲する。第 3 波は、発電所西側方向より発電所港湾に来襲する。第 4 波は積丹半島北西部より発電所港湾に来襲する。

評価対象 20 ケースのうち、基準津波 F（北防波堤損傷）以外のケースについても同様の傾向であった（参考資料 3 参照）。

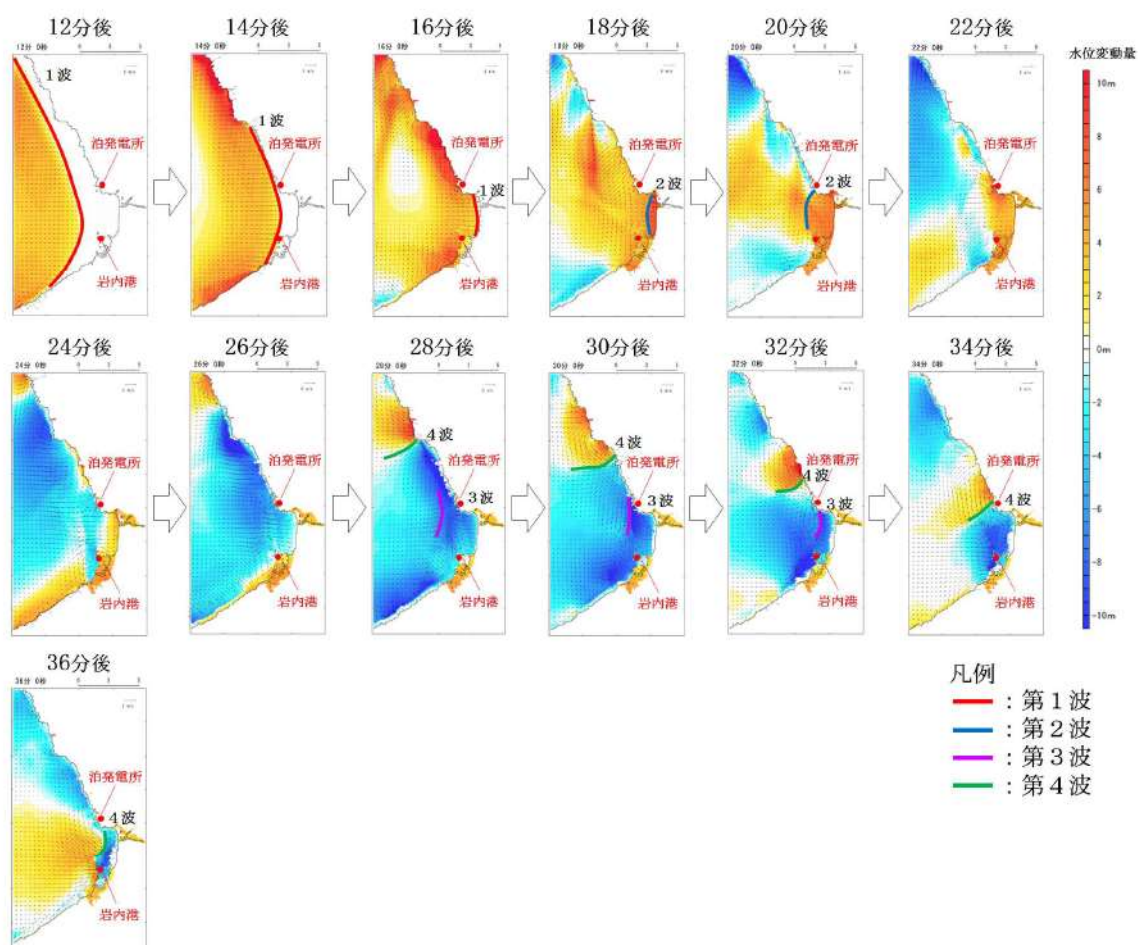
以上を踏まえ、泊発電所に来襲する津波は、第 1 波から第 4 波の水位が高く、第 1 波から第 4 波の伝播方向は第 9 図のとおりとなることを確認した。



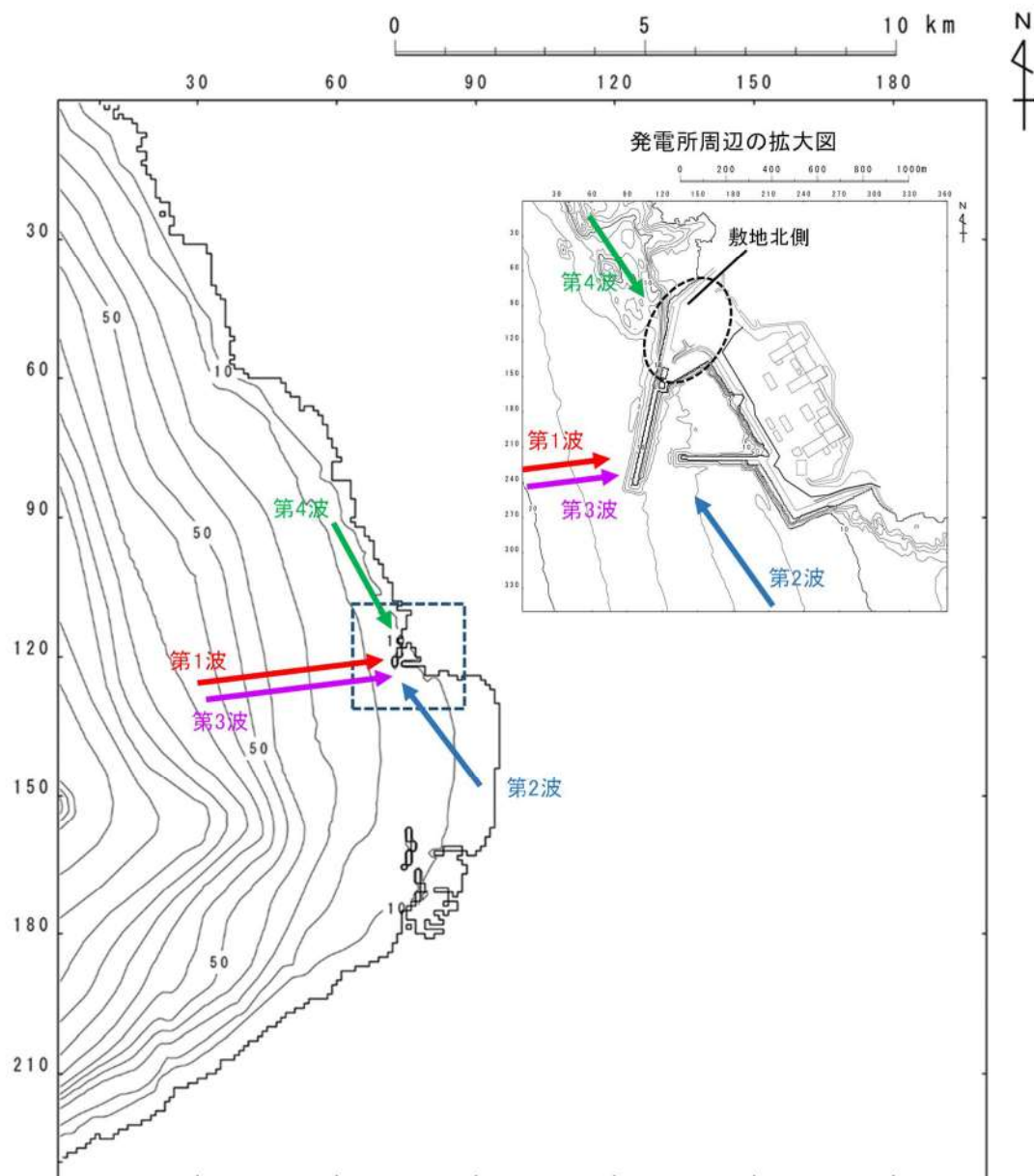
第6図 津波水位の評価地点



第7図 基準津波F（北防波堤損傷）の水位時刻歴波形



第8図 基準津波F（北防波堤損傷）の伝播状況



第9図 評価対象 20 ケースにおける第1波から第4波の伝播方向

(b) 評価方針

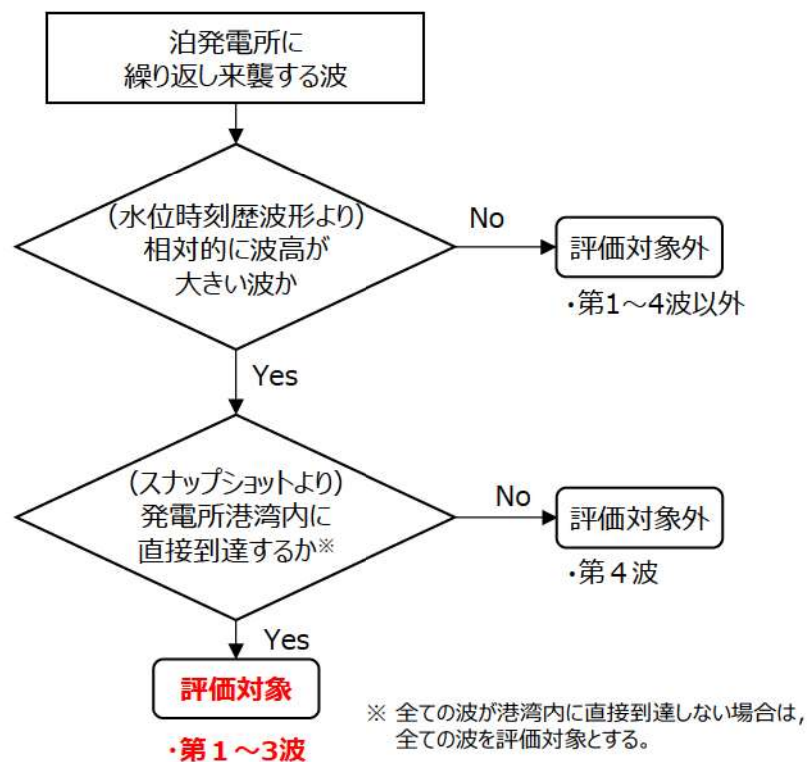
イ. 評価対象とする波の選定

前項の整理のとおり、平面二次元津波シミュレーションの結果より、泊発電所に繰り返し来襲する波は伝播方向が異なるため、各構造物等がある発電所港湾内に直接到達しない可能性がある。そのため、第10図に示すフローに基づき、評価対象とする波を選定する。

泊発電所に来襲する津波は、第1波から第4波の水位が高く、そのうち、第1波から第3波は、伝播方向を踏まえると、発電所港湾内に直接到達する。

一方、北西方向から海岸線沿いに伝播する第4波は発電所港湾内への伝播経路上の敷地北側に衝突し、敷地北側を回り込んで発電所港湾内に伝播してくるため、発電所港湾内には直接到達しない。

そのため、第1波から第3波を評価対象とする。



第10図 評価対象とする波の選定フロー

ロ．評価断面の設定

砕波段波の発生の有無の確認に当たっては、対象とする第1波から第3波の伝播方向ごとに実地形を再現した断面を設定する。

防潮堤等はいずれも発電所港湾内及び敷地全体にわたり位置しているため、評価断面は発電所港湾港口部を中心として設定する。

泊発電所の前面海域は遠浅な海底地形であることから、伝播距離が長い方が波形の前傾化が進行し、砕波段波が発生しやすくなる。そのため、実際の津波の伝播経路よりも長くなるよう、波形入力地点から港口部までの区間と、港口部から発電所港湾内を通過して防潮堤設置位置と直交する地点までの区間とが一直線となるような仮想的な断面を設定することで、発電所港湾内における砕波段波の発生有無を保守的に確認する。

なお、安田ら(2006)⁸⁾によれば、ソリトン分裂波は、伝播するにつれて、波高が高くなり、砕波限界に至るまで伝播距離に比例して発達するとされており、砕波段波についても伝播距離に比例して発達すると考えられる。

護岸形状は防潮堤の構造成立性評価断面とした2-2'断面と設定する。防潮堤の構造成立性評価断面を第12図に示す。

また、砕波段波の発生有無の確認に当たり、十分な伝播距離が確保できる位置まで断面を設定する。第1波から第3波の評価断面の設定根拠を(イ)及び(ロ)に示す。

(イ) 第1波及び第3波

第1波及び第3波は発電所西側から来襲する津波であり、津波の伝播特性を踏まえ、等深線に対して直交する方向を評価断面とする。

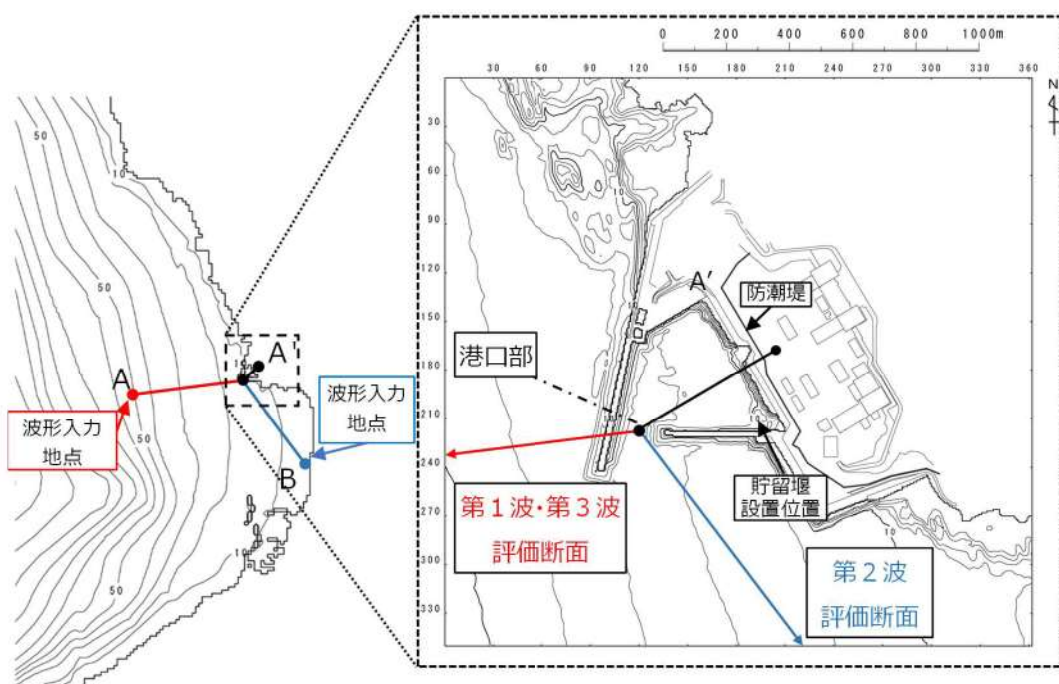
また、津波の辞典⁹⁾における、「一般的に水深50m以深での津波伝播には線形理論、浅海部や陸上部には非線形長波理論が使われることが多い。」及び「浅海域での津波は、波高の増幅や前傾化が著しくなり、最終的に陸上へ這い上がる。」との記載を踏まえ、評価断面は砕波段波が発生しやすく、かつ十分な伝播距離が確保できる、水深50m地点から発電所までの延長約3.5kmの範囲とし、水深50m地点を波形の入力地点と設定する(第11図及び第13図参照)。

第1波及び第3波の評価断面の解析モデルを第14図に示す。

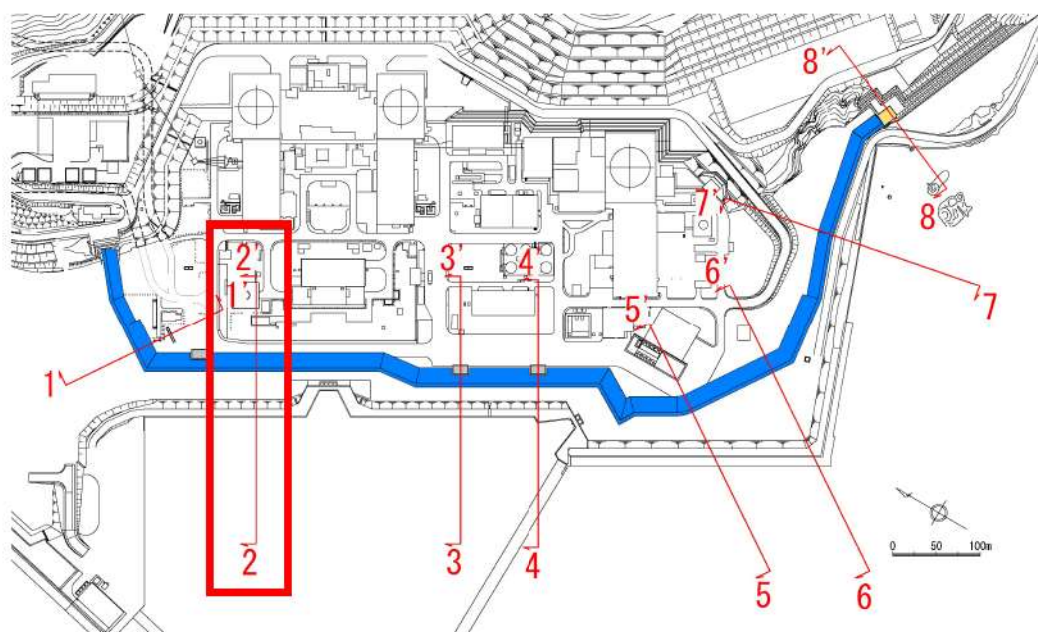
(ロ) 第2波

第2波は岩内側からの反射波であり，発電所方向に遡上する際，反射波は岩内港北側の湾全体で波高が高くなっているため(第8図のうち「18分後及び20分後」参照)，岩内港北側の湾中央から発電所方向を評価断面とする。また，敷地から十分な伝播距離が確保できる位置として，評価断面の延長が約3.4kmとなる陸域と海域の境界部付近を波形の入力地点と設定する(第11図及び第15図参照)。

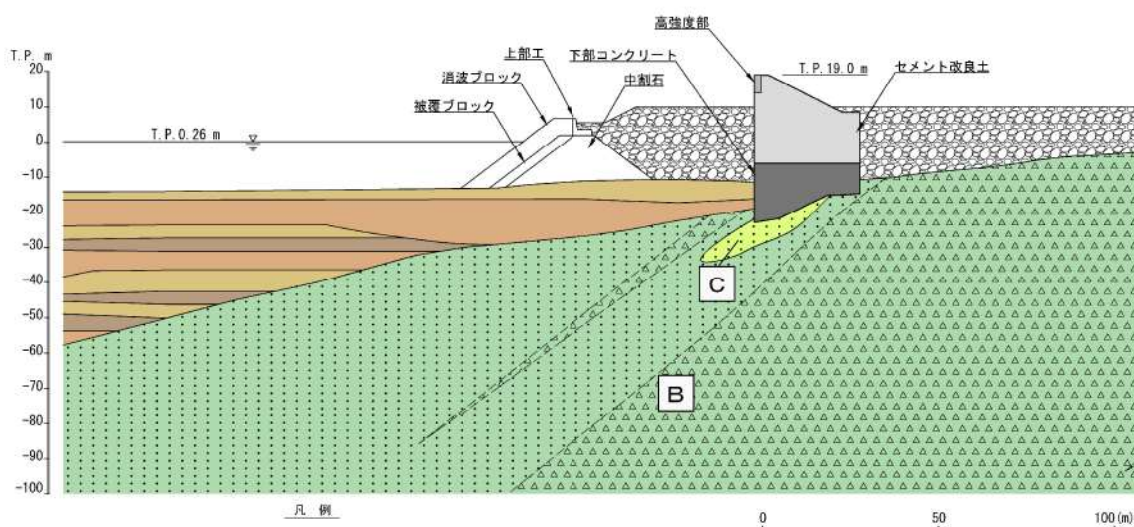
第2波の評価断面の解析モデルを第16図に示す。



第11図 評価断面位置図

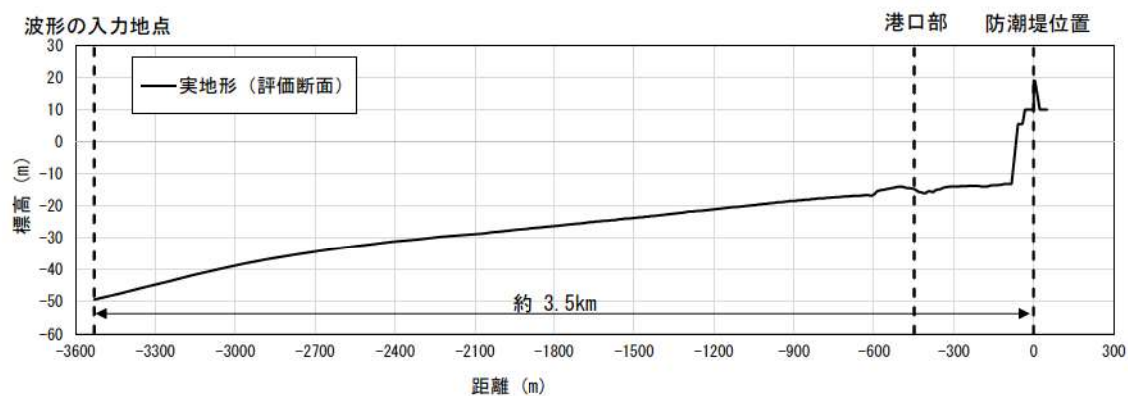


(平面図)

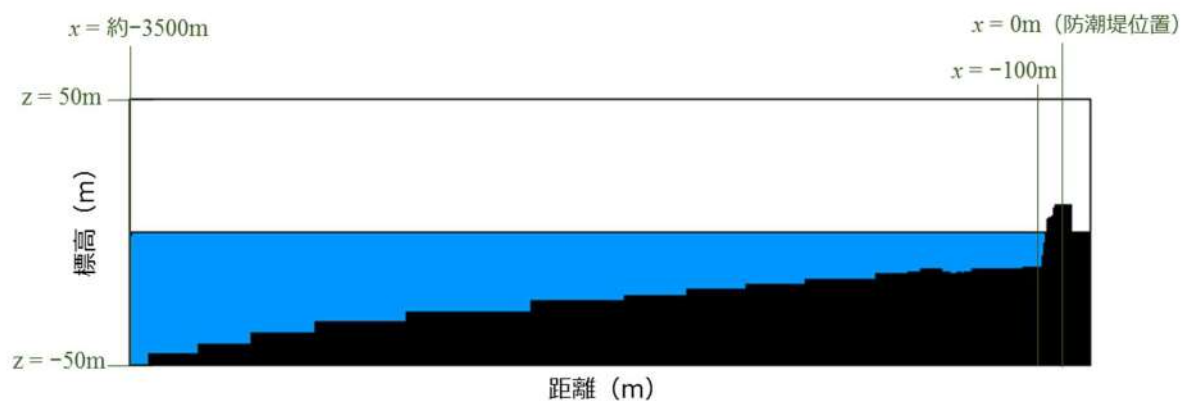


【岩級分類】	【岩壁の地質分類】	
A_I : A _I 級岩壁	: 角礫質安山岩 (Ab)	: 砂 As1 (N値<30)
A_{II} : A _{II} 級岩壁	: 安山岩 (An)	: 砂 As2 (30≤N値)
A_{III} : A _{III} 級岩壁	: 含泥岩性凝灰岩 (Tfm)	: 粘性土 Ac
B : B 級岩壁	: 軽石凝灰岩 (Pt)	: 埋戻土
C : C 級岩壁	: 凝灰岩 (Tf)	: セメント改良土
D : D 級岩壁	: 凝灰角礫岩 (Tb)	: 高強度部
		: 下部コンクリート
		: 端部コンクリート

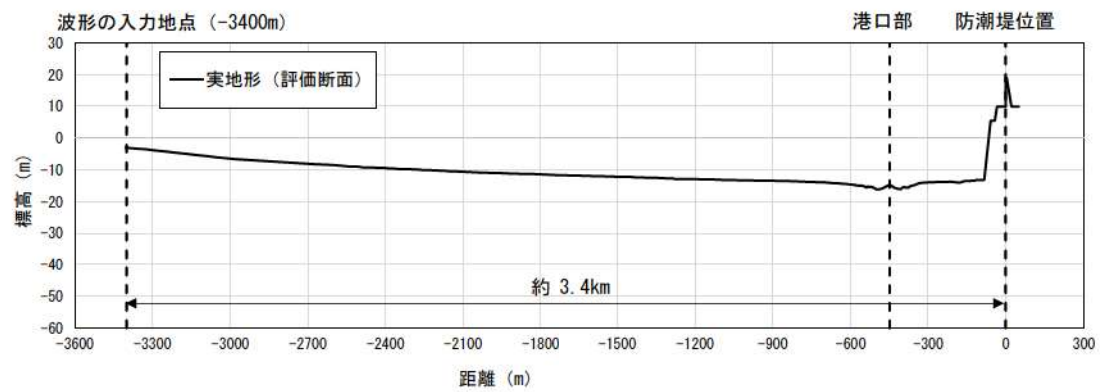
第 1 2 図 防潮堤（標準部）の構造成立性評価断面（「2-2' 断面」）



第 1 3 図 A-A' 断面 (第 1 波及び第 3 波 評価断面)



第 1 4 図 第 1 波及び第 3 波評価断面の解析モデル



第 1 5 図 B-A' 断面 (第 2 波 評価断面)



第 1 6 図 第 2 波評価断面の解析モデル

ハ. 検討対象とする地形変化

砕波段波の発生有無の確認に当たっては、入力津波（津波高さ及び津波高さ以外（流速及び流況（流向・流速））の設定において津波評価に影響を与える可能性のある地形変化を対象とし、地形変化による砕波段波の発生有無を確認する。

入力津波（津波高さ及び津波高さ以外（流速及び流況（流向・流速））の評価は平面二次元津波シミュレーションにより行っているが、砕波段波の発生有無の確認は断面二次元津波シミュレーションにより行う。そのため、津波評価に影響を与える可能性のある地形変化のうち、断面二次元津波シミュレーションの評価断面上に現れない地形変化（地滑り地形①の崩壊、地滑り地形③の崩壊及び土捨場の将来地形及び崩壊）については、確認結果に影響を及ぼさないため、考慮しないこととする（第18図から第21図参照）。

以上を踏まえ、砕波段波の発生有無の確認において検討対象とする地形変化を第4表に示す。

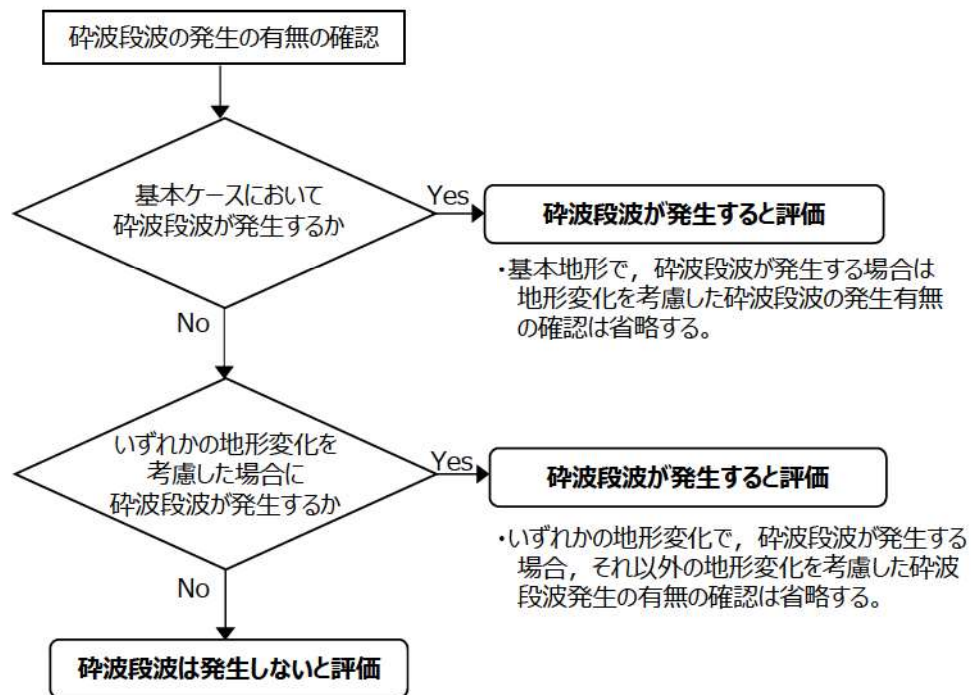
また、砕波段波の発生有無の確認は第17図のフローに従って行うこととし、地形変化を考慮しない地形（以下、「基本ケース」という。）で砕波段波が発生する場合は、第4表に示す地形変化による砕波段波の発生有無の確認は省略し、砕波段波は発生すると評価する。

基本ケースで砕波段波が発生しない場合は、第4表に示す地形変化を個別に考慮し、砕波段波の発生有無を確認する。いずれかの地形変化で砕波段波が発生した場合は、それ以外の個別の地形変化を考慮した確認は実施せず、砕波段波は発生すると評価する。

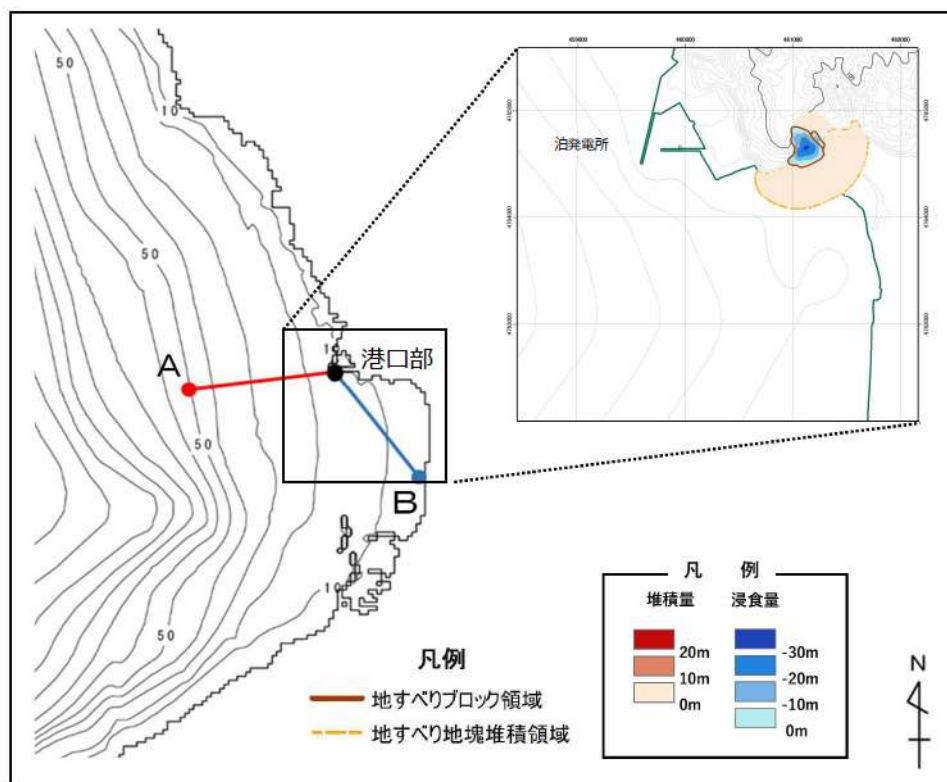
砕波段波の発生有無の評価基準は2.2章（2）a.（c）ロ.に示す。

第4表 砕波段波の発生有無の確認において検討対象とする地形変化

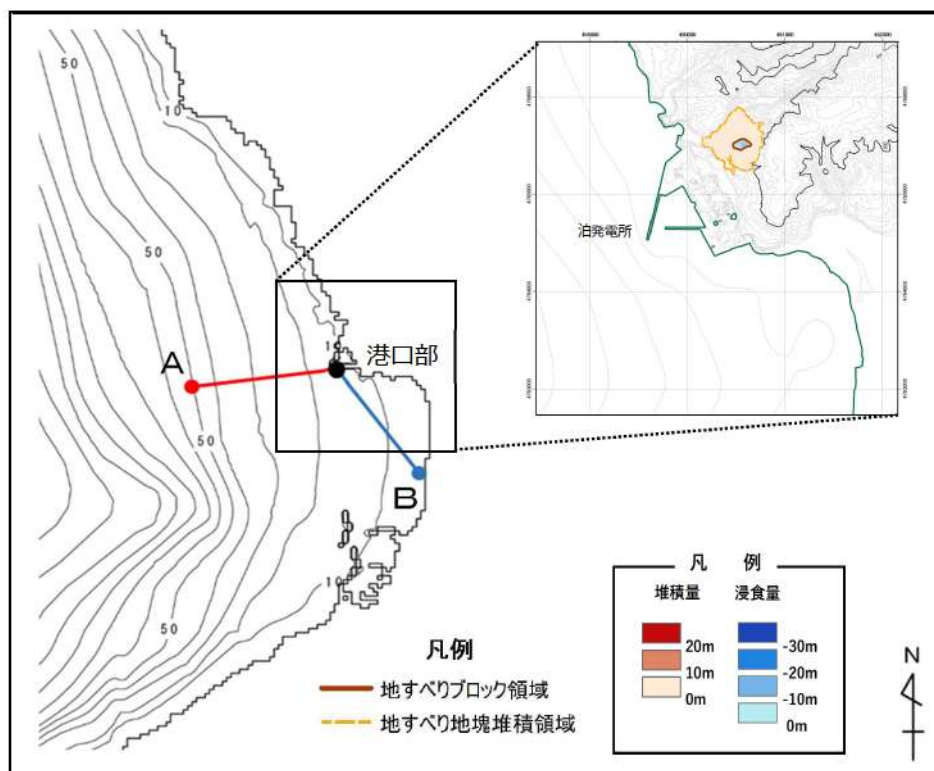
地震による地形変化	敷地地盤（陸域）5.0m 沈下
	敷地前面海底地盤（海域）2.0m 沈下
津波による地形変化	敷地前面海底地盤（海域）0.5m 堆積
	敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘



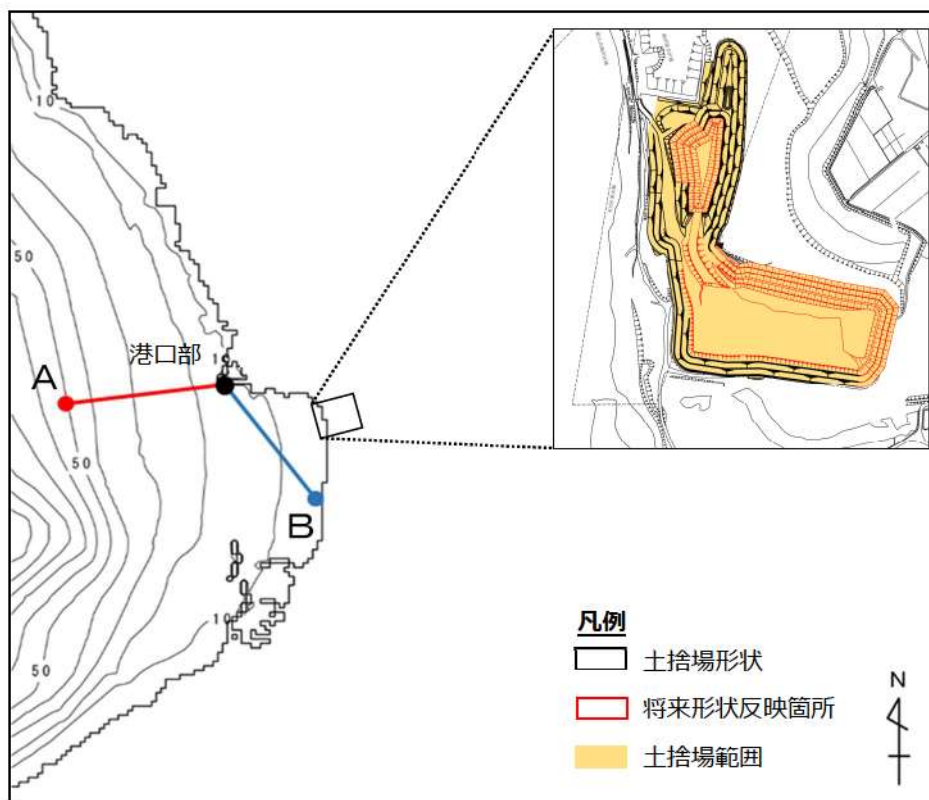
第 1 7 図 碎波段波発生有無の確認フロー



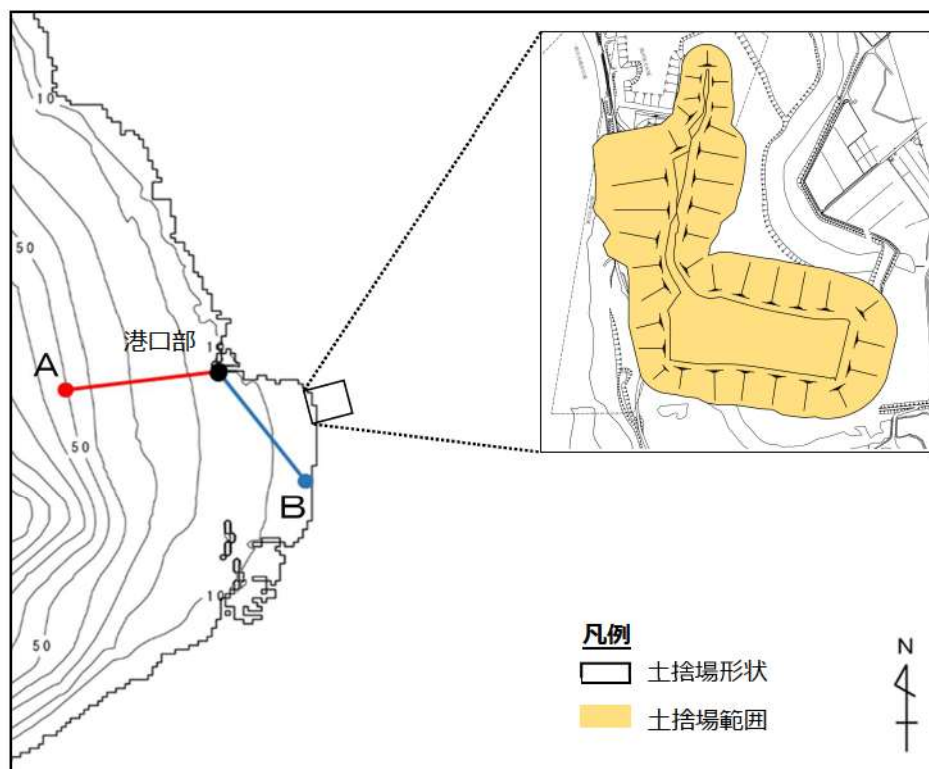
第18図 評価断面と地滑り地形①との位置関係



第19図 評価断面と地滑り地形③との位置関係



第20図 評価断面と土捨場（将来計画反映後）との位置関係



第21図 評価断面と土捨場（将来計画反映後の崩壊斜面）との位置関係

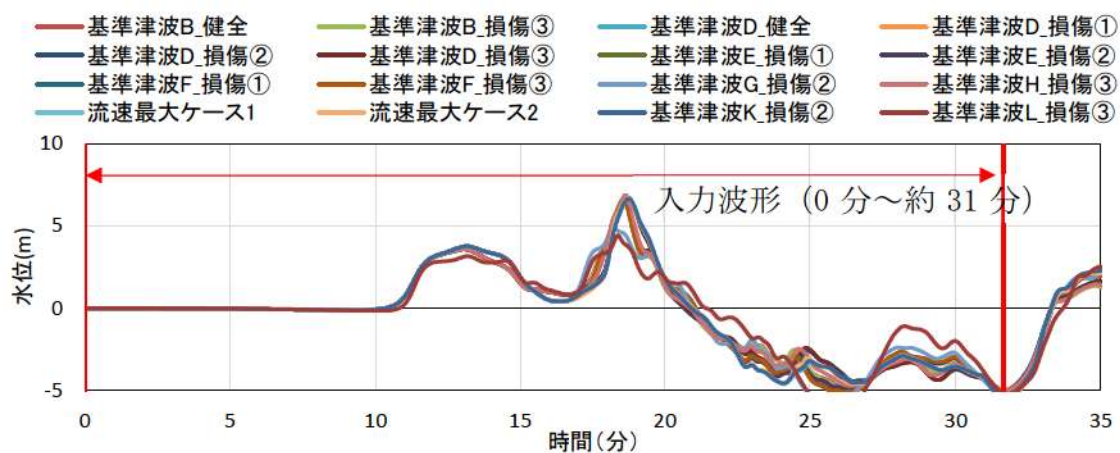
(c) 評価条件

イ. 入力波形

断面二次元津波シミュレーションに入力する波形は、各入力位置における評価対象 20 ケースの平面二次元津波シミュレーションによる水位時刻歴波形とする（第 22 図～第 30 図参照）。

なお、水位時刻歴波形は類似波形をグループ分けして示す。

(イ) 第 1 波

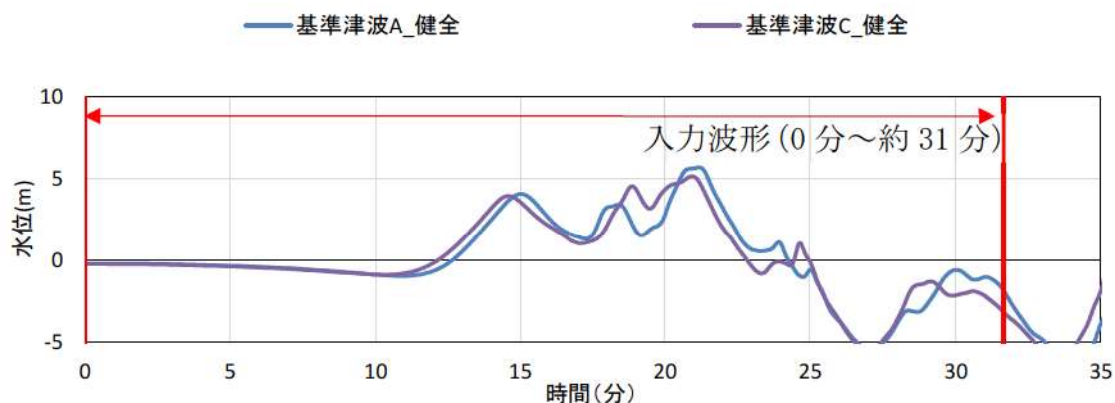


※終了時間は、対象波を含む十分な時間を設定する。

【凡例】 健全：防波堤損傷なし，損傷①：北及び南防波堤損傷

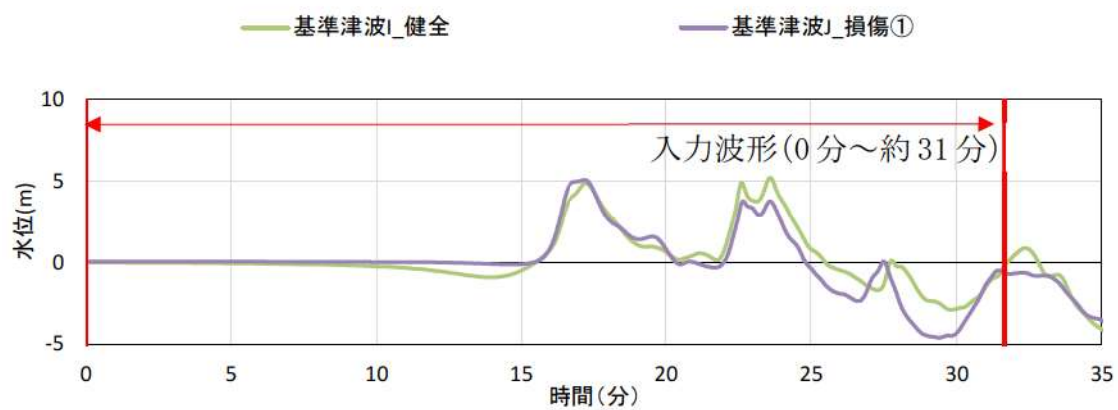
損傷②：南防波堤損傷，損傷③：北防波堤損傷

第 22 図 波形入力位置（A地点）の水位時刻歴波形（第 1 波） グループ 1



※終了時間は、対象波を含む十分な時間を設定する。

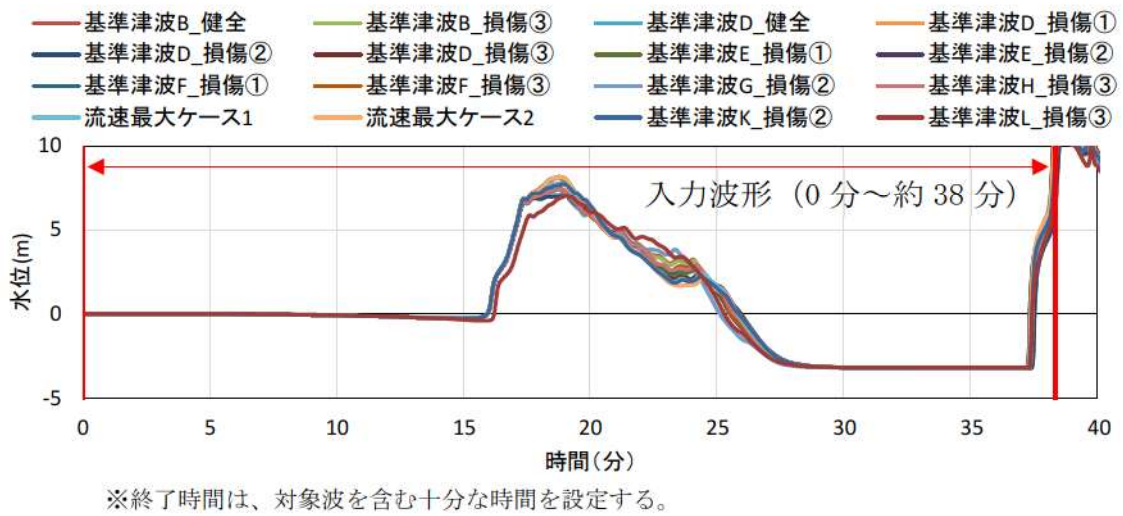
第 23 図 波形入力位置（A地点）の水位時刻歴波形（第 1 波） グループ 2



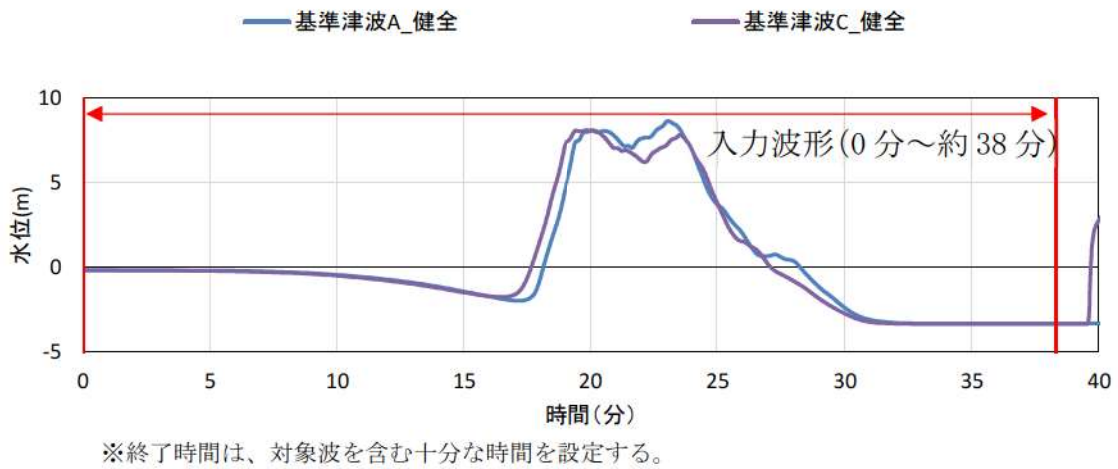
※終了時間は、対象波を含む十分な時間を設定する。

第24図 波形入力位置（A地点）の水位時刻歴波形（第1波） グループ3

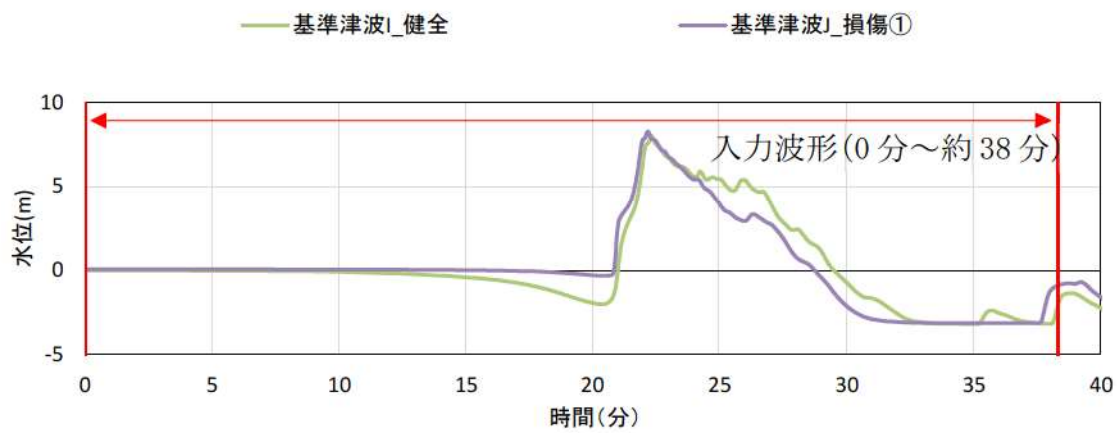
(ロ) 第2波



第25図 波形入力位置（B地点）の水位時刻歴波形（第2波） グループ1



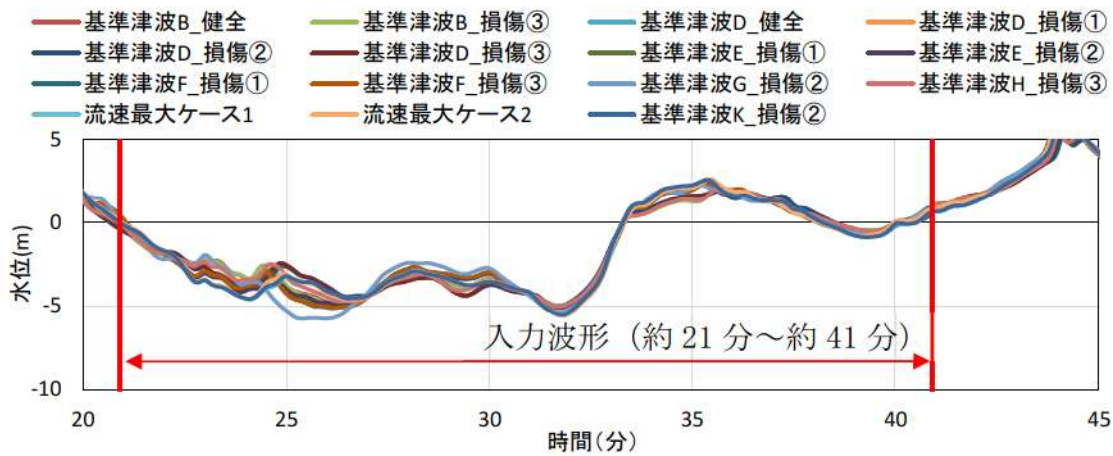
第26図 波形入力位置（B地点）の水位時刻歴波形（第2波） グループ2



※終了時間は、対象波を含む十分な時間を設定する。

第 2 7 図 波形入力位置 (B 地点) の水位時刻歴波形 (第 2 波) グループ 3

(ハ) 第3波

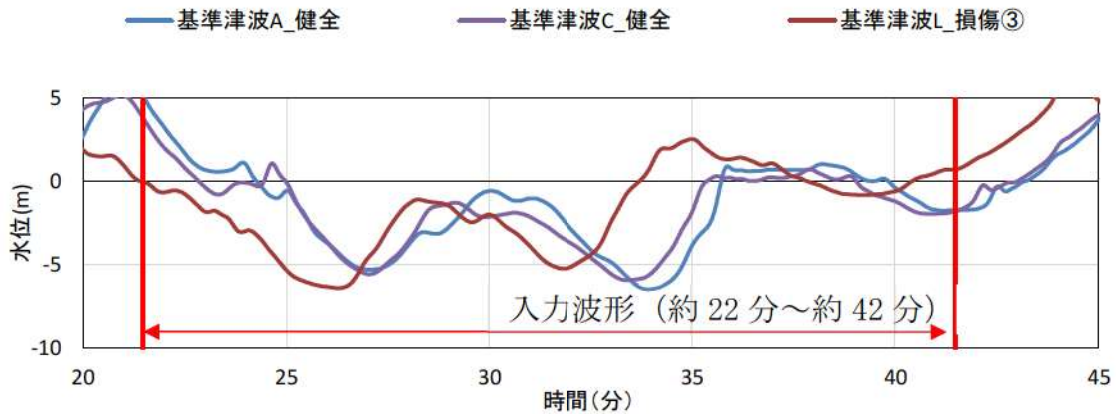


※基準津波 B_損傷③の入力波形の範囲を参考として示す。

入力波形の開始時間は、対象波の直前で水位が約 0.0m となる時間を波源ごとに設定する。

終了時間は、対象波を含む十分な時間を設定する。

第 2 8 図 波形入力位置 (A地点) の水位時刻歴波形 (第3波) グループ 1

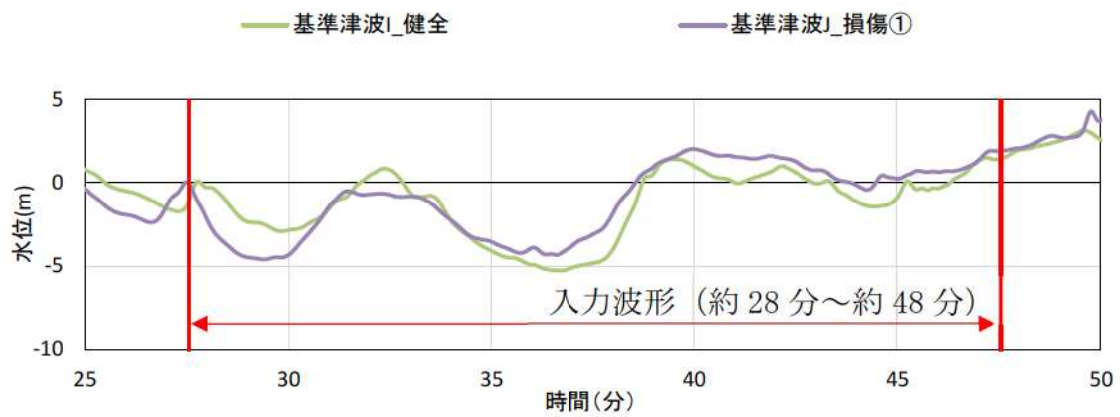


※基準津波 L_損傷③の入力波形の範囲を参考として示す。

入力波形の開始時間は、対象波の直前で水位が約 0.0m となる時間を波源ごとに設定する。

終了時間は、対象波を含む十分な時間を設定する。

第 2 9 図 波形入力位置 (A地点) の水位時刻歴波形 (第3波) グループ 2



※基準津波 J_損傷①の入力波形の範囲を参考として示す。

入力波形の開始時間は、対象波の直前で水位が約 0.0m となる時間を波源ごとに設定する。

終了時間は、対象波を含む十分な時間を設定する。

第 3 0 図 波形入力位置 (A 地点) の水位時刻歴波形 (第 3 波) グループ 3

ロ．評価基準

砕波段波は、津波の先端部が急峻な壁状となった後に波が砕ける事象を指している。したがって、断面二次元津波シミュレーション結果によるスナップショットから、上記のような急峻な壁状の津波波形が示されているか確認する。

また、松山ら（2005）¹⁰⁾ に示される砕波限界 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ を参考に、断面二次元津波シミュレーション結果（水位時刻歴波形及び津波波形）の水面勾配が 30° 以上となる場合、砕波段波は発生すると評価する。

防潮堤等への砕波段波の影響有無の確認の観点から、水面勾配は前面護岸直前（防潮堤設置位置より沖合 100m）の位置にて確認を行い、断面二次元津波シミュレーションの結果（水位時刻歴波形）より、単位計算時間（ Δt ）あたりの津波の水平移動量（ Δx ）及び、単位時間あたりの浸水深の上昇量（ $\Delta \eta$ ）より、水面勾配を算出する。

(d) 評価結果

断面二次元津波シミュレーションによる評価対象 20 ケースにおける第 1 波～第 3 波の水面勾配及びスナップショット（護岸直前の津波波形）について、基準津波 F（北防波堤損傷）を例としてイ．～ロ．で整理する。基準津波 F（北防波堤損傷）を含む評価対象 20 ケースのスナップショットについては、参考資料 4 に整理する。

イ．第 1 波

評価対象 20 ケースにおける第 1 波の水面勾配を第 5 表に、基準津波 F（北防波堤損傷）におけるスナップショットを第 3 1 図に示す。

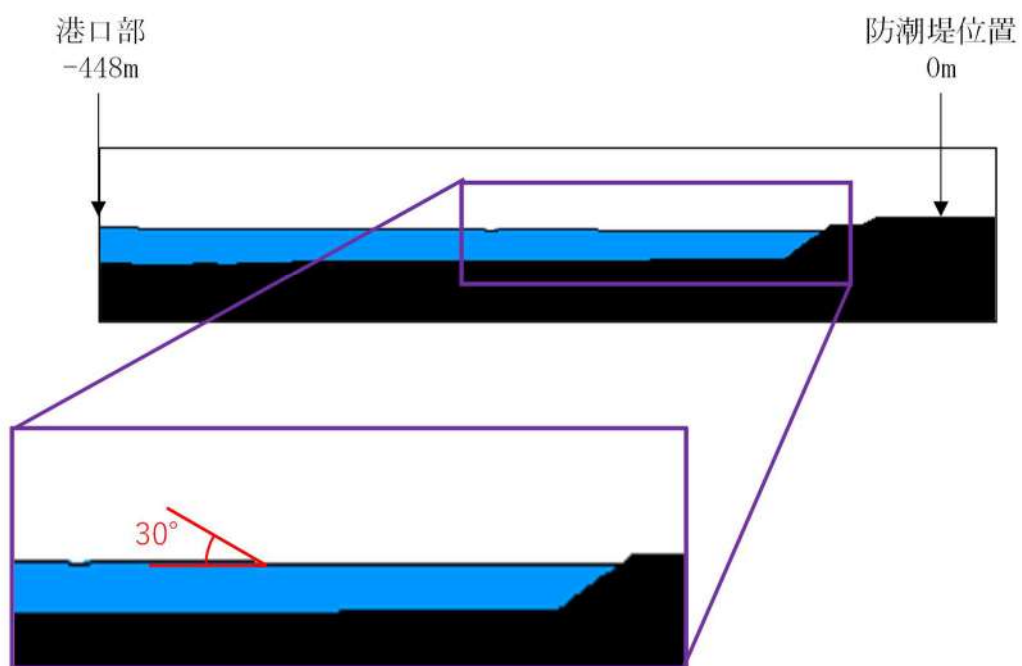
第 1 波は松山ら（2005）¹⁰⁾ に示される碎波限界 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ を下回り、また、スナップショットから、急峻な壁状の津波波形が確認されないことから、碎波段波は発生しないと評価した。

第 5 表 評価対象 20 ケースにおける第 1 波の水面勾配

波源	防波堤の損傷状態	水面勾配 (°)
基準津波 A	防波堤損傷なし	1.7
基準津波 B	防波堤損傷なし	1.6
基準津波 B	北防波堤損傷	7.6
基準津波 C	防波堤損傷なし	2.2
基準津波 D	防波堤損傷なし	1.6
基準津波 D	北及び南防波堤損傷	7.6
基準津波 D	南防波堤損傷	1.7
基準津波 D	北防波堤損傷	7.6
基準津波 E	北及び南防波堤損傷	4.4
基準津波 E	南防波堤損傷	1.7
基準津波 F	北及び南防波堤損傷	4.4
基準津波 F	北防波堤損傷	2.9
基準津波 G	南防波堤損傷	1.7
基準津波 H	北防波堤損傷	7.6
基準津波 I	防波堤損傷なし	3.6
基準津波 J	北及び南防波堤損傷	8.3
基準津波 K	南防波堤損傷	1.7
基準津波 L	北防波堤損傷	3.5
流速最大ケース 1 ※1		1.7
流速最大ケース 2 ※2		4.4

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷



第31図 基準津波F（北防波堤損傷）の第1波のスナップショット
（護岸直前の津波波形）

ロ. 第2波

評価対象 20 ケースにおける第2波の水面勾配を第6表に、基準津波 F（北防波堤損傷）におけるスナップショットを第32図に示す。

第2波は全 20 ケースで護岸前面位置において、松山ら（2005）¹⁰⁾ に示される砕波限界 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ を上回り、また、スナップショットから、急峻な壁状の津波波形が確認されたことから、砕波段波が発生したと評価した。

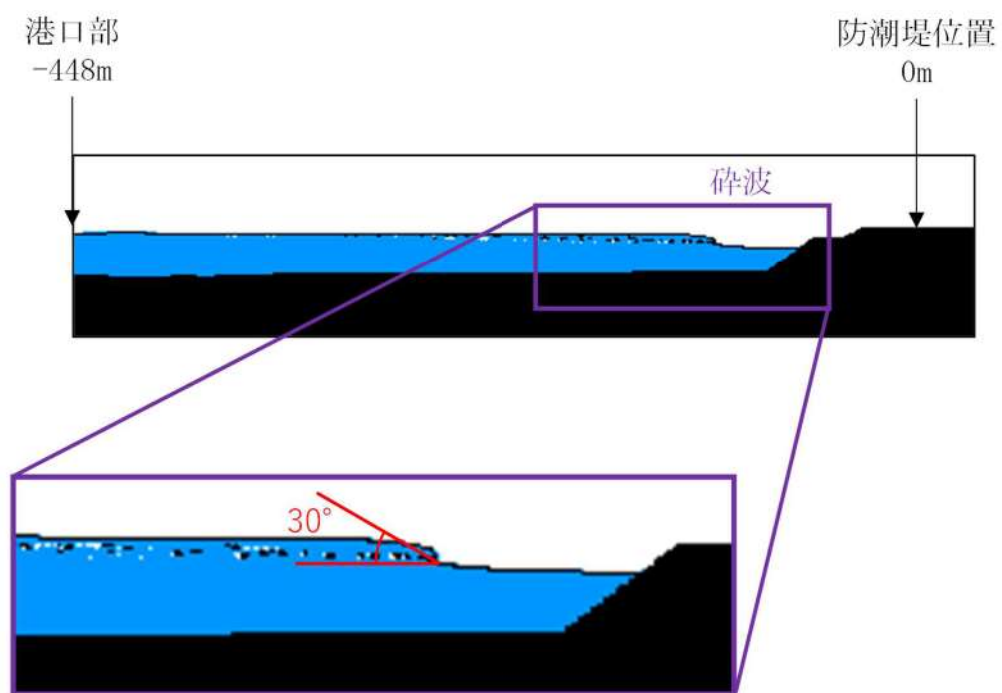
第2波では、基本ケースで砕波段波が発生したことから、第17図のフローに従い、第4表に示す地形変化による砕波段波の発生有無の確認は実施しない。

第6表 評価対象 20 ケースにおける第2波の水面勾配

波源	防波堤の損傷状態	水面勾配 (°)
基準津波 A	防波堤損傷なし	52.0
基準津波 B	防波堤損傷なし	53.6
基準津波 B	北防波堤損傷	62.1
基準津波 C	防波堤損傷なし	49.7
基準津波 D	防波堤損傷なし	66.1
基準津波 D	北及び南防波堤損傷	56.0
基準津波 D	南防波堤損傷	58.3
基準津波 D	北防波堤損傷	63.2
基準津波 E	北及び南防波堤損傷	63.1
基準津波 E	南防波堤損傷	60.5
基準津波 F	北及び南防波堤損傷	60.3
基準津波 F	北防波堤損傷	56.8
基準津波 G	南防波堤損傷	63.0
基準津波 H	北防波堤損傷	66.7
基準津波 I	防波堤損傷なし	63.3
基準津波 J	北及び南防波堤損傷	60.3
基準津波 K	南防波堤損傷	48.3
基準津波 L	北防波堤損傷	53.7
流速最大ケース 1 ^{※1}		59.6
流速最大ケース 2 ^{※2}		55.9

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷



第 3 2 図 基準津波 F（北防波堤損傷）の第 2 波のスナップショット
（護岸直前の津波波形）

ハ. 第3波

評価対象 20 ケースにおける第3波の水面勾配を第7表に、基準津波 F（北防波堤損傷）におけるスナップショットを第33図に示す。

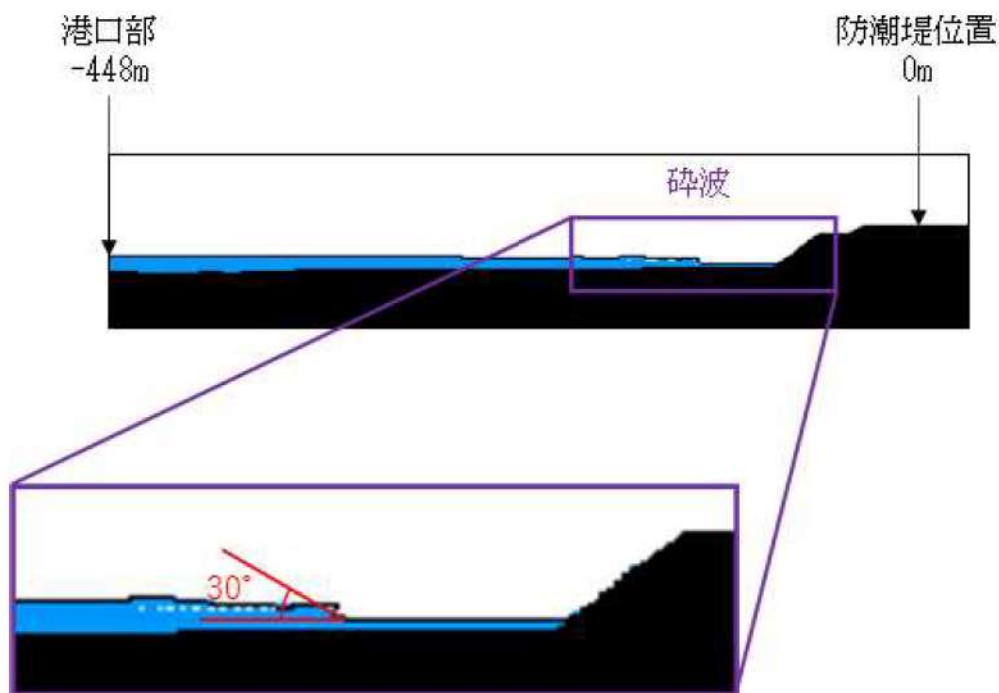
第3波は松山ら（2005）¹⁰⁾ に示される砕波限界 $30^{\circ} \sim 40^{\circ}$ を上回り、また、スナップショットから、急峻な壁状の津波波形が確認されたことから、砕波段波が発生したと評価した。

第7表 評価対象 20 ケースにおける第3波の水面勾配

波源	防波堤の損傷状態	水面勾配 (°)
基準津波 A	防波堤損傷なし	79.0
基準津波 B	防波堤損傷なし	58.3
基準津波 B	北防波堤損傷	49.5
基準津波 C	防波堤損傷なし	77.6
基準津波 D	防波堤損傷なし	41.0
基準津波 D	北及び南防波堤損傷	43.4
基準津波 D	南防波堤損傷	40.7
基準津波 D	北防波堤損傷	44.9
基準津波 E	北及び南防波堤損傷	67.5
基準津波 E	南防波堤損傷	55.0
基準津波 F	北及び南防波堤損傷	70.9
基準津波 F	北防波堤損傷	66.3
基準津波 G	南防波堤損傷	80.1
基準津波 H	北防波堤損傷	54.4
基準津波 I	防波堤損傷なし	3.9
基準津波 J	北及び南防波堤損傷	83.6
基準津波 K	南防波堤損傷	49.3
基準津波 L	北防波堤損傷	83.1
流速最大ケース 1 ※1		47.5
流速最大ケース 2 ※2		57.1

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷



第33図 基準津波F（北防波堤損傷）の第3波のスナップショット
（護岸直前の津波波形）

二. まとめ

第1波は砕波段波の発生は確認されなかったものの、第2波及び第3波は、基本ケースで砕波段波の発生が確認された。

基本ケースにおいて、砕波段波の発生が確認されたことから、地形変化を考慮した砕波段波の発生の有無の確認は実施せず、砕波段波波圧の評価を行う。

b. 砕波段波波圧の評価に係る算定式及びパラメータ

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

○防潮堤等に作用する砕波段波波圧の影響があると推定する場合，防潮堤等設置位置において防潮堤等がない場合の津波の砕波直前の最大浸水深（以下「段波最大浸水深（ $\eta_{\max_1st}$ ）」という。）の3倍の高さに相当する静水圧分布を用いて，砕波段波波圧の影響を評価していること。

(a) 砕波段波波圧の評価に用いる算定式

NRA 技術報告⁴⁾では，防潮堤等に作用する砕波段波を対象とし，砕波に伴う段波浸水深を用いることで，国交省の暫定指針の水深係数3を適用できることを確認している。

2.2 (2) a. (d) に示すとおり，断面二次元津波シミュレーションの結果より，泊発電所においては砕波段波の発生が確認されたため，NRA 技術報告⁴⁾の知見に基づき，砕波段波波圧は，防潮堤等の最下部に作用する圧力 (P_{1st}) を，以下の算出式のとおり評価する。

$$P_{1st} = 3 \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{\max_1st}$$

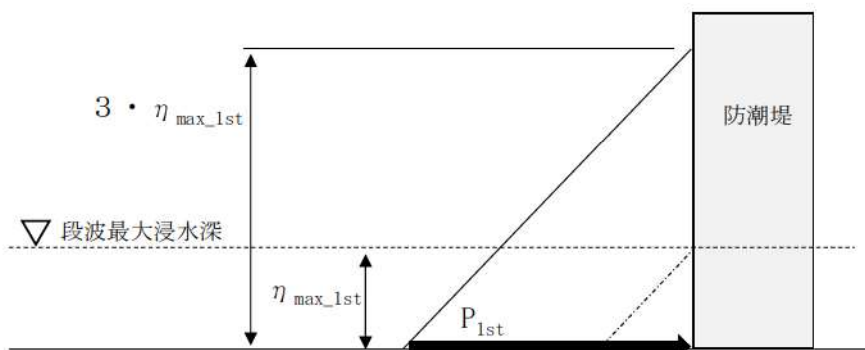
P_{1st} : 段波最大浸水深 ($\eta_{\max_1st}$) の3倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力※ [Pa]

※防潮堤等前面の据付高さを基準高さ（防潮堤等の最下部の高さ）とする。

$\eta_{\max_1st}$: 段波最大浸水深 [m]

ρ : 海水（流体）密度 [kg/m³]

g : 重力加速度 [m/s²]



第34図 砕波段波波圧 算定図

(b) 算定式に用いるパラメータの設定

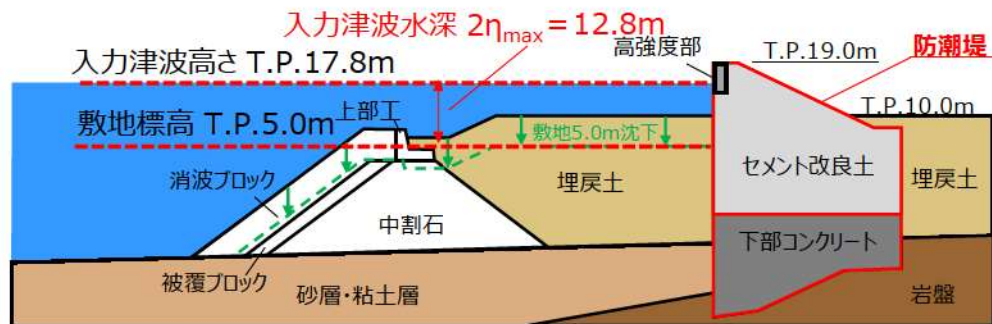
砕波段波波圧の算定式では、段波最大浸水深 ($\eta_{\max_{1st}}$) がパラメータとなることから、砕波段波波圧の評価に用いる段波最大浸水深を以下のとおり設定する。

イ. 防潮堤

設工認審査ガイド別添において、砕波段波波圧に用いる段波最大浸水深は、「防潮堤等設置位置において防潮堤等がない場合の津波の砕波直前の最大浸水深」を用いることとされている。

段波最大浸水深は、通過波の浸水深を用いることとなっているが、砕波段波波圧を保守的に評価するため、平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）により算出した防潮堤前面における「入力津波水深（入力津波高さ－敷地標高）×1/2 の値（6.4m）」と設定し、後述する波状段波波圧の評価に用いる最大遡上水深及び持続波圧の評価に用いる持続波最大浸水深と同一の設計用浸水深 ($\eta_{\max}$) とする。

段波最大浸水深として「入力津波水深×1/2 の値」を設定することの妥当性及び保守性については、参考資料6で示す。

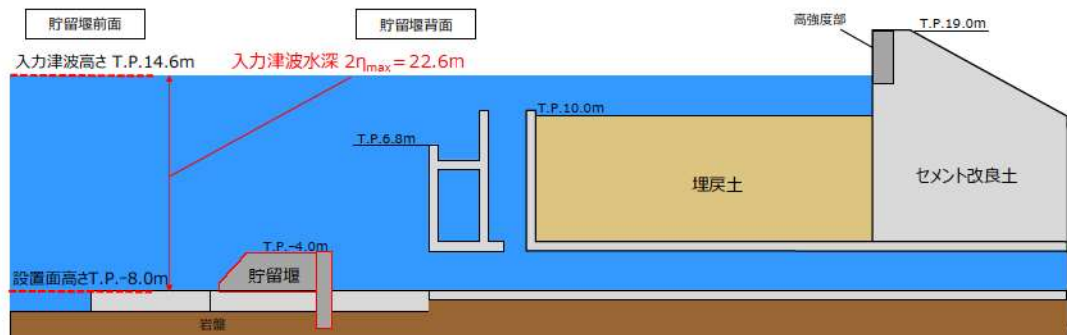


第35図 設計用浸水深 ($\eta_{\max}$) (防潮堤)

ロ. 貯留堰

貯留堰に作用する砕波段波波圧の評価に用いる段波最大浸水深は、砕波段波波圧を保守的に評価するため、平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）により算出した3号炉取水口における「入力津波水深（入力津波高さ－貯留堰設置面高さ）×1/2 の値（11.3m）」と設定し、後述する波状段波波圧の評価に用いる最大遡上水深及び持続波圧の評価に用いる持続波最大浸水深と同一の設計用浸水深（ $\eta_{\max}$ ）とする。

段波最大浸水深として「入力津波水深×1/2 の値」を設定することの妥当性及び保守性については、参考資料6で示す。



第36図 設計用浸水深（ $\eta_{\max}$ ）（貯留堰）※

※貯留堰背面側の水位は設工認段階で設定する。

(3) 波状段波波圧の影響評価

a. 波状段波の発生の有無の確認

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

○防潮堤等に作用する波状段波波圧の影響がないと推定する場合、その根拠が明確となっていること。その際、既往知見を根拠とする場合は、適切な条件による水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより適用性に係る評価が示されていること。

(a) 評価方針

波状段波の発生の有無は、防波堤の耐津波設計ガイドライン²⁾に基づき、以下に示す①かつ②の条件に合致する場合、波状段波が発生すると評価する。条件①における津波高さは、防潮堤による反射波の影響を考慮した津波高さの算出が可能である平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）により算出する。

条件①：シミュレーション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

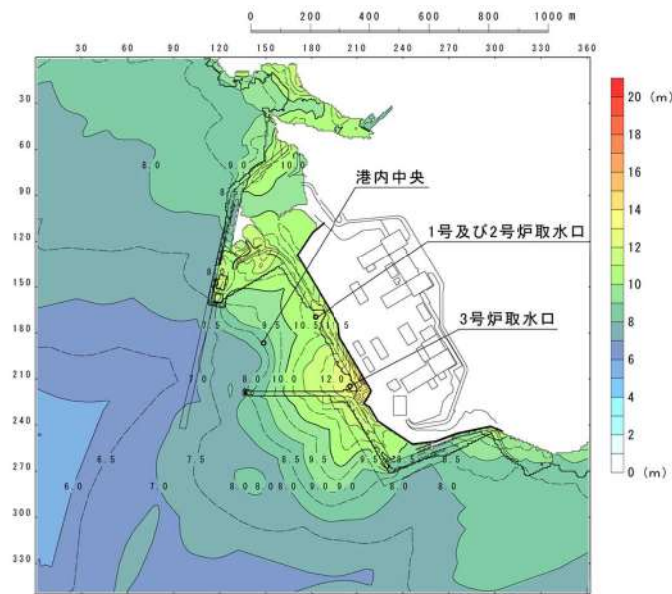
(b) 評価結果

基準津波 F（北防波堤損傷）を例として、「3 号炉取水口」、「1 号及び 2 号炉取水口」及び「港内中央」における最大水位上昇量分布を第 37 図に、各地点の津波高さと水深の割合を整理した結果を第 8 表に示す。この結果、津波高さは水深の 60%以上となり、条件①に合致することを確認した。

条件②について、敷地近傍の平均勾配を整理した結果を第 38 図に示す。沖合 2,500m 地点から敷地近傍の範囲で緩勾配となっており、緩勾配部の平均勾配は約 1/120 となる。この結果、海底勾配が 1/100 以下となり、条件②に合致することを確認した。

以上より、条件①と条件②の両方に合致するため、泊発電所において波状段波が発生すると評価する。

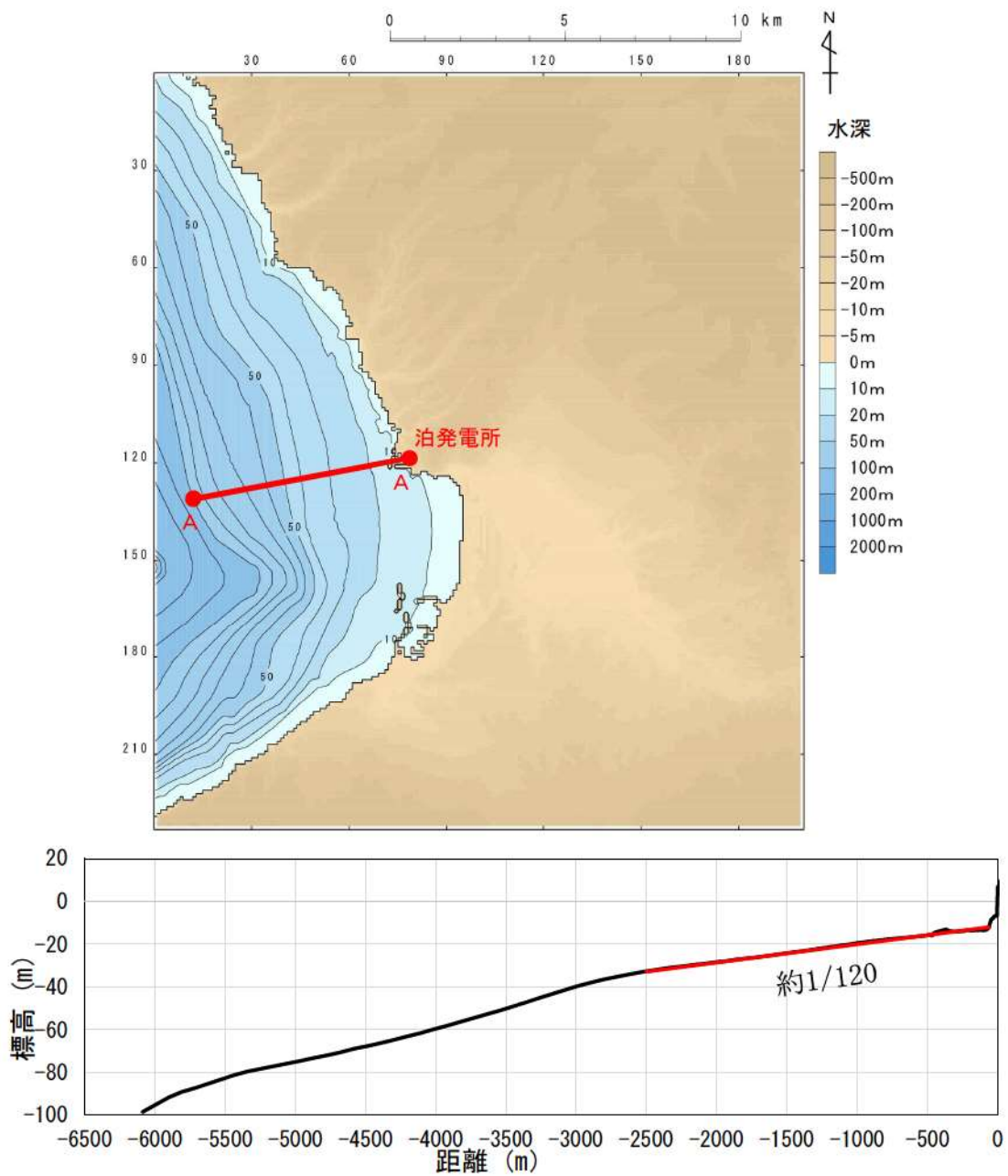
なお、他の評価対象 20 ケースについても、基準津波 F（北防波堤損傷）の場合と同様に、条件①に合致することを確認した。（参考資料 5 参照）。



第37図 基準津波による最大水位上昇量分布
(基準津波 F (北防波堤損傷))

第8表 津波高さと水深の割合
(基準津波 F (北防波堤損傷))

波源	防波堤の損傷状態	地点	(1) 水深	(2) 津波高さ	(2)/(1)
基準津波 F	北防波堤損傷	3号炉取水口	8.0m	12.94m	161.8%
		1号及び2号炉取水口	7.0m	11.27m	161.0%
		港内中央	13.6m	8.84m	65.0%



第 3 8 図 海底地形断面図 (A－A断面)

b. 波状段波波圧の評価に係る算定式及びパラメータ

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

○防潮堤等に作用する波状段波波圧の影響があると推定する場合、既往知見で提案されている評価手法等を用いて波状段波波圧の影響を評価していること。また、評価に用いた知見の適用性に関する文献等の根拠が示されていること。

(a) 算定式及び適用性並びに保守性

イ. 算定式

2.2 (3) a. (b) に示すとおり、泊発電所においては波状段波が発生すると評価した。そのため、波状段波波圧は、既往知見で提案されている評価手法として、朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式を用いて評価する。

朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式では、非分裂波の場合、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圧分布の倍率） α は最大で 3.0 となるとしている。一方、ソリトン分裂波の場合は、構造物上方は水平波圧指標 α で規定される分布に近似されるが、構造物の底面近傍では非分裂波の α を 1.8 倍、作用高は非分裂波の 0.45 倍となる分布になるとしている（第 39 図及び第 40 図）。

朝倉ら (2000)⁵⁾の知見に基づき、波状段波波圧については、防潮堤等の構造物上方に作用する津波波圧と構造物底面近傍に作用する津波波圧とに分けて、それぞれ評価する。

(イ) 構造物上方に作用する津波波圧

構造物上方に作用する津波波圧は、波状段波と非分裂波で同等であることから、構造物がない状態での最大遡上水深（ $\eta_{\max_1st'}$ ）の3倍の高さに相当する静水压分布として評価する。具体的な算出式は以下のとおり。

なお、第39図及び第40図における $\eta_{\max}$ は $\eta_{\max_1st'}$ と定義する。また、 F_x は $P_{1st'}$ による波力を意味する。

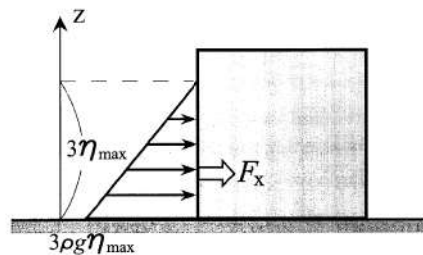
$$P_{1st'} = \rho \cdot g (\alpha \cdot \eta_{\max_1st'} - z)$$

- $P_{1st'}$: 波状段波波圧 [Pa]
 z : 当該部分の地盤面からの高さ（ $0 \leq z \leq \alpha \cdot \eta_{\max_1st'}$ ） [m]
 α : 水深係数。3とする。
 $\eta_{\max_1st'}$: 構造物がない状態での最大遡上水深 [m]
 ρ : 海水（流体）密度 [kg/m³]
 g : 重力加速度 [m/s²]

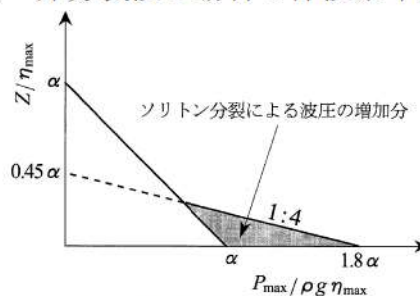
(ロ) 構造物底面近傍に作用する津波波圧

構造物底面近傍に作用する津波波圧は、波状段波が発生する場合、構造物がない状態での最大遡上水深（ $\eta_{\max_1st'}$ ）の3倍の高さに相当する静水压分布に加え、非分裂波の α の1.8倍、作用高さは非分裂波の0.45倍となる分布で評価する。構造物最下部の作用波圧を以下に例示する。

$$P_{1st'} = 1.8 \cdot \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{\max_1st'}$$



第39図 非分裂波の場合の津波水平波圧⁵⁾



第40図 分裂波の無次元最大波圧分布⁵⁾

ロ．知見の適用性

防潮堤に作用する波状段波波圧の評価に当たり考慮した朝倉ら（2000）⁵⁾の知見は、直立護岸背後の陸上構造物を対象に検討がなされているものであり、同じく陸上構造物である泊発電所の防潮堤への適用性を有していると評価する。

貯留堰について、引き波時に設置面が露出した後に津波が来襲する場合は、陸上構造物と同様な条件で波圧が作用するため、防潮堤と同様に朝倉ら（2000）⁵⁾の知見は、貯留堰への適用性を有していると評価する。

なお、設工認審査ガイド別添では、波状段波波圧の算定式として、防波堤の耐津波設計ガイドライン²⁾に示されている修正谷本式が例示されているが、修正谷本式は海中構造物を対象とした知見であるため、防潮堤及び引き波時に設置面が露出した状態の貯留堰に対しては、朝倉ら（2000）⁵⁾に基づく算定式を用いることが妥当である。

【設工認審査ガイド別添 （3）波状段波波圧の影響評価（解説）】

「波状段波波圧の影響を評価していること」については、国交省のガイドライン²⁾では、波状段波が発生する場合には、津波波圧が大きくなるため、これに対応して修正した谷本式（修正谷本式）を波力算定に用いることとしている。

ハ. 知見の保守性

朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式を用いて評価した波状段波波圧が保守的であることを確認するため、朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式及び修正谷本式を用いて評価した波状段波波圧を比較した。

修正谷本式を以下に示す。

$$P_{1st'} = 3 \cdot \rho \cdot g \cdot a_I$$

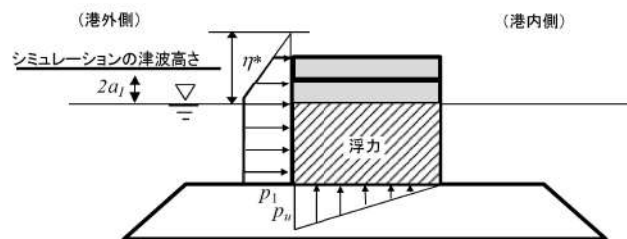
$P_{1st'}$	: 波状段波波圧 [Pa]
a_I	: 入射津波の静水面上の高さ [m]
ρ	: 海水 (流体) 密度 [kg/m ³]
g	: 重力加速度 [m/s ²]

修正谷本式における入射津波の静水面上の高さ (a_I) は、構造物前面での反射の影響を考慮し、津波シミュレーションによる津波高さを 1/2 した値である (第 4 1 図参照)。泊発電所において、朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式における構造物がない状態での最大遡上水深 ($\eta_{\max_1st'}$) は、平面二次元津波シミュレーションにより算出した「入力津波水深×1/2 の値」を設定する方針であるため、防潮堤等においては修正谷本式における入射津波の静水面上の高さ (a_I) と同値となる。

そのため、朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式では、構造物底面近傍に作用する津波波圧を考慮している分、修正谷本式よりも朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式を用いることで、保守的に波状段波波圧を評価することができる。

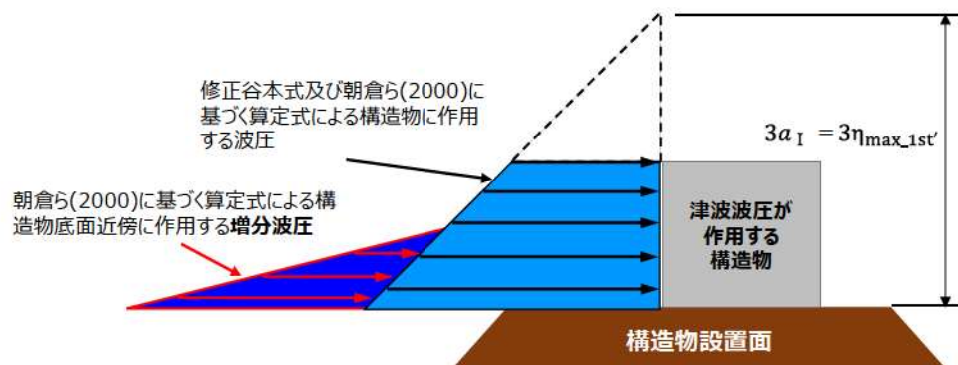
修正谷本式における入射津波の静水面上の高さ (a_I) と朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式の最大遡上水深 ($\eta_{\max_1st'}$) が同一な場合の構造物に作用する津波波圧のイメージ図を第 4 2 図に示す。

なお、最大遡上水深を入力津波水深×1/2 と設定する妥当性及び保守性は参考資料 6 に示す。



$\eta^* = 3.0a_I$	η^* : 静水面上の波圧作用高さ (m)
$p_1 = 3.0\rho_0ga_I$	η_B : 直立壁背面で静水面から下がった水位(m)
$p_2 = \rho_0g\eta_B$	a_I : 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)
$p_L = p_2$	p_1 : 静水面における波圧強度 (kN/m ²)
	p_2 : 直立壁背面における負圧(kN/m ²)
	p_u : 直立壁前面下端における揚圧力(kN/m ²)
	p_L : 直立壁背面下端における揚圧力(kN/m ²)

第 4 1 図 修正谷本式²⁾



第 4 2 図 修正谷本式²⁾ 及び朝倉ら (2000)⁵⁾に基づく算定式による
津波波圧の比較

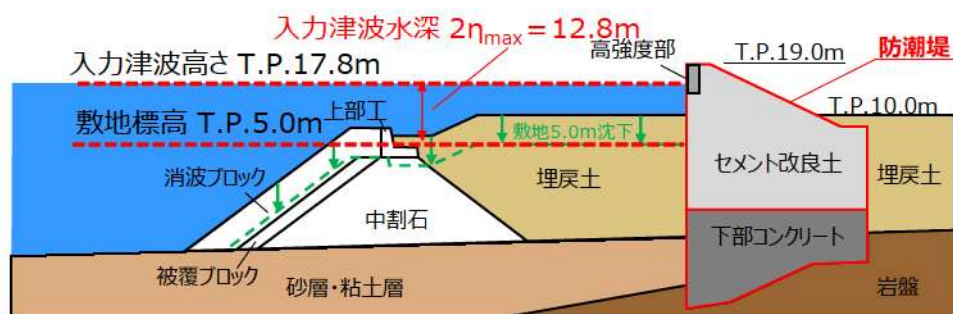
(b) 算定式に用いるパラメータの設定

波状段波波圧の算定式では、構造物がない状態での最大遡上水深 ($\eta_{\max_1st}$) がパラメータとなることから、波状段波波圧の評価に用いる最大遡上水深を以下のとおり設定する。

イ. 防潮堤

朝倉ら(2000)⁵⁾に基づく算定式では、波状段波波圧に用いる最大遡上水深は、構造物がない状態での水深(通過波の浸水深)を用いることとなっているが、波状段波波圧を保守的に評価するため、最大遡上水深は平面二次元津波シミュレーション(防潮堤あり)により算出した防潮堤前面における「入力津波水深(入力津波高さ-敷地標高)×1/2の値(6.4m)」と設定する。また、最大遡上水深は、砕波段波波圧の評価に用いる段波最大浸水深及び後述する持続波圧の評価に用いる持続波最大浸水深と同一の設定用浸水深(η_{max})とする。

最大遡上水深を「入力津波水深×1/2 の値」と設定することの妥当性及び保守性については、参考資料6で示す。

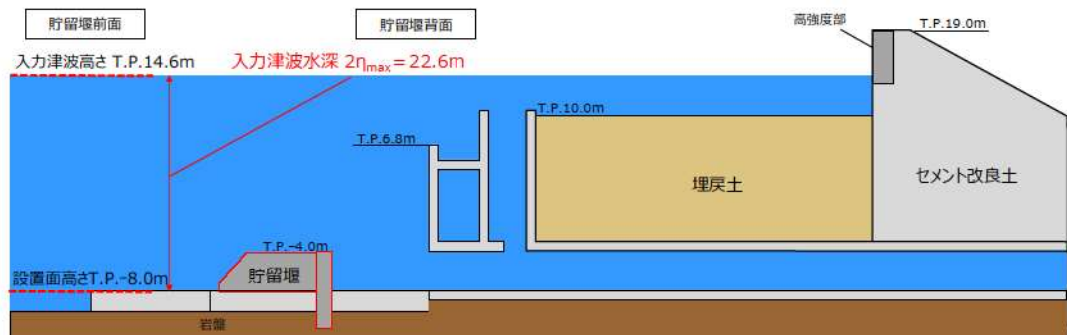


第43図 設計用浸水深 ($\eta_{\max}$) (防潮堤) (再掲)

ロ. 貯留堰

貯留堰に作用する波状段波波圧の評価に用いる最大遡上浸水深は、砕波段波波圧と同様に、波状段波波圧を保守的に評価するため、平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）により算出した3号炉取水口における「入力津波水深（入力津波高さ－貯留堰設置面高さ）×1/2 の値（11.3m）」と設定する。また、最大遡上水深は、砕波段波波圧の評価に用いる段波最大浸水深及び後述する持続波圧の評価に用いる持続波最大浸水深と同一の設計用浸水深（ $\eta_{\max}$ ）とする。

最大遡上水深を「入力津波水深×1/2 の値」と設定することの妥当性及び保守性については、参考資料6で示す。



第44図 設計用浸水深（ $\eta_{\max}$ ）（貯留堰）（再掲）※

※貯留堰背面側の水位は設工認段階で設定する。

2.3 持続波圧評価に係る確認

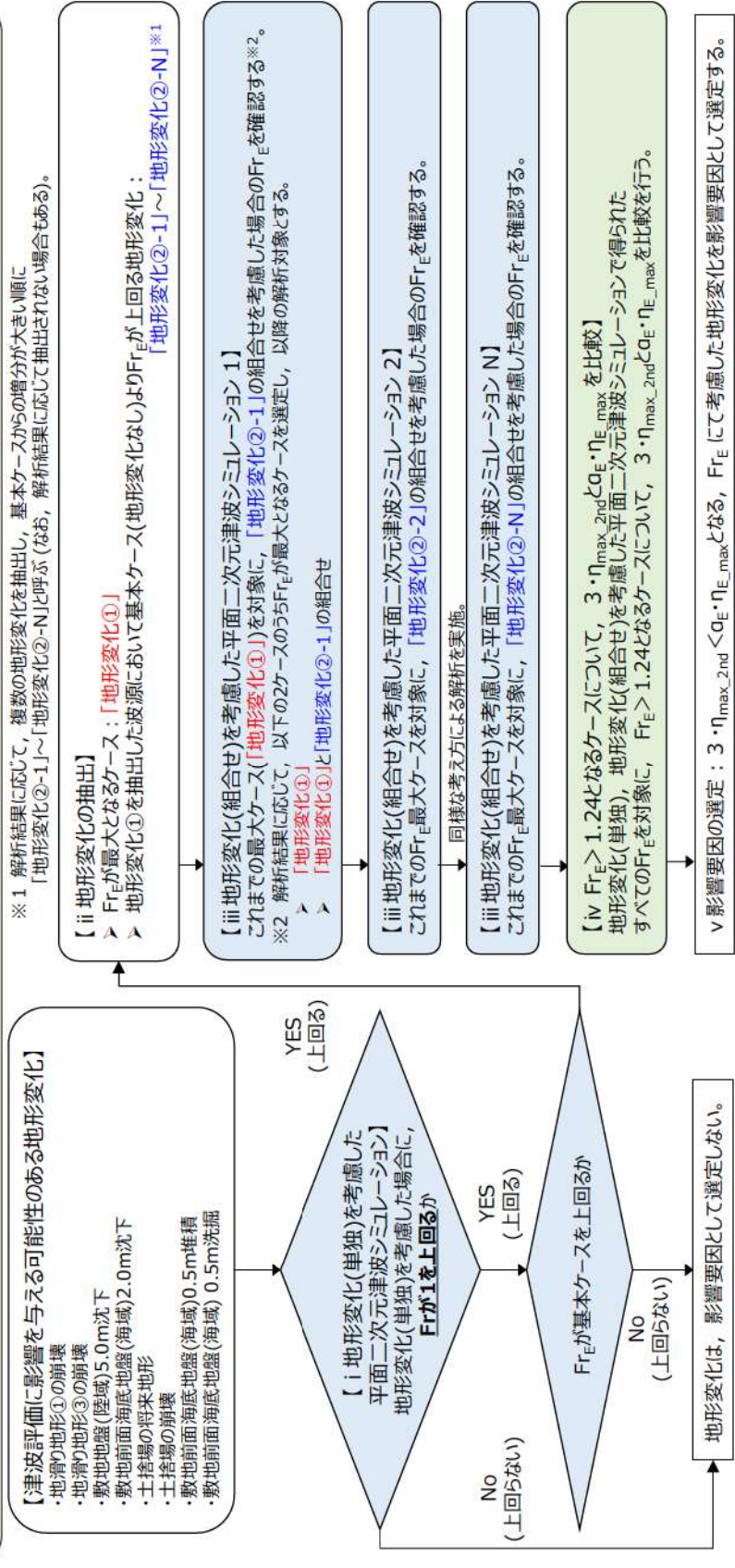
防潮堤等設置位置での浸水深及びフルード数は、広範囲にわたる地形のモデル化が可能で、複雑な不規則波形及び平面的な流況（浸水深・流速）の表現が可能な平面二次元津波シミュレーションを用いて算出する。

また、持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数 (Fr) が 1 を超え、かつ最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) が 1.24 を超える場合には、水深係数 (α) は 3 を超えるため、水深係数 (α) を 3 と適用すると非保守的な評価となる。そのため、持続波圧評価に係るフルード数の検討に当たっては、評価対象 20 ケースを検討対象ケースとし、第 4 5 図に示すフローに従い、保守的な評価となるような地形変化を考慮する。

防潮堤設置位置の通過波のフルード数の算出に当たっては、防潮堤はモデル化せず、貯留堰設置位置の通過波のフルード数の算出に当たっては、防潮堤はモデル化する。なお、入力津波（津波高さ及び津波高さ以外（流速及び流況（流向・流速）））の評価に用いる平面二次元津波シミュレーションと同様、貯留堰はモデル化していない。

防潮堤をモデル化していない基本ケースの地形モデルを第 4 6 図に、地形変化を考慮した地形モデルを第 4 7 図～第 5 4 図に示す。

- ・ 持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数 (Fr) 及び最大比エネルギー (Fr_E) に影響を与える可能性のある地形変化について、「地形変化(単独)」を考慮した平面二次元津波シミュレーションを実施し、地形変化(組合せ)を考慮した場合に、**Frが1を上回り**、かつFr_Eが基本ケース(地形変化なし)より上回るかを確認する。
- ・ 上回る場合には、Fr_Eが最大ケースとなる地形変化として「**地形変化①**」、基本ケース(地形変化なし)より上回る地形変化として「**地形変化②-1**」～「**地形変化②-N**」※1を抽出する。
- ・ そのうえで、「**地形変化②-1**」～「**地形変化②-N**」の順に、地形変化の組合せの影響を確認し、 $3 \cdot \eta_{\max_2nd} < q_E \cdot \eta_{E_max}$ となる、Fr_E にて考慮した地形変化を影響要因として選定する。



第 4 5 図 (1) フルード数に係る地形変化・標高変化 (影響要因の選定) の検討フロー

● 前頁における「i 地形変化(単独)を考慮した津波解析」～「v 影響要因の選定」の検討例 (防潮堤) を以下に示す。

【 i 地形変化(単独)を考慮した津波解析, ii 地形変化の抽出】

地形変化(単独)を考慮した平面二次元津波シミュレーション結果

評価項目	波源	地形モデル (防波堤の損傷状態)	基本 ケース Fr _E	地形変化							
				地滑り地形 ①	地滑り地形 ③	敷地地盤 (陸域) 5.0m沈下	敷地前面 海底地盤 (海域) 2.0m沈下	土捨て場 (将来地形)	土捨て場の崩壊	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m堆積	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m洗掘
防潮堤	基準津波 D	南防波堤損傷	1.19	0.96	0.96	1.07	1.03	0.96	0.97	0.98	0.99
				—	—	1.54 (0.35)	1.21 (0.02)	—	—	—	
	基準津波 E	北防波堤損傷	1.15	1.05	1.10	1.12	1.14	1.10	1.10	1.10	
				1.09 (-0.06)	1.10 (-0.05)	1.40 (0.25)	1.18 (0.03)	1.15 (0.00)	1.15 (0.00)	1.09 (-0.06)	1.15 (0.00)
	基準津波 K	南防波堤損傷	1.23	1.04	1.03	1.05	0.94	1.03	1.03	1.05	1.02
				1.23 (0.00)	1.23 (0.00)	1.10 (-0.13)	—	1.23 (0.00)	1.23 (0.00)	1.24 (0.01)	1.25 (0.02)
基準津波 ...				他検討対象ケースの記載は省略している							

$Fr \leq 1$ となるケースについては、地形変化の組合せ考慮対象外とする(基本ケースとの増分比較対象外とする)。

(次頁に続く)

第45図(2) フルード数に係る地形変化・標高変化(影響要因の選定)の検討例(防潮堤)

(前頁より)

Fr_E最大ケースの確認完了

【Ⅲ 地形変化(組合せ)を考慮した平面二次元津波シミュレーション 1】

： 1.54

： 1.26

➤ 「地形変化①:敷地地盤 (陸域) 5.0m沈下」

と「地形変化②-1:敷地前面海底地盤 (海域) 2.0m沈下」の組合せ

➤ (同上)

【Ⅳ Fr_E > 1.24となるケースについて、 $3 \cdot \eta_{\max_2nd}$ と $\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ を比較】

① $3 \cdot \eta_{\max_2nd} > \alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ 基準津波D (南防波堤損傷, 敷地地盤 (陸域) 5.0m沈下) Fr_E : 1.54

② $3 \cdot \eta_{\max_2nd} > \alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ 基準津波D (南防波堤損傷, 敷地地盤 (陸域) 5.0m沈下 + 敷地前面海底地盤 (海域) 2.0m沈下) Fr_E : 1.26

…以降, すべてのFr_E > 1.24となるケースについて同様の比較を実施する。

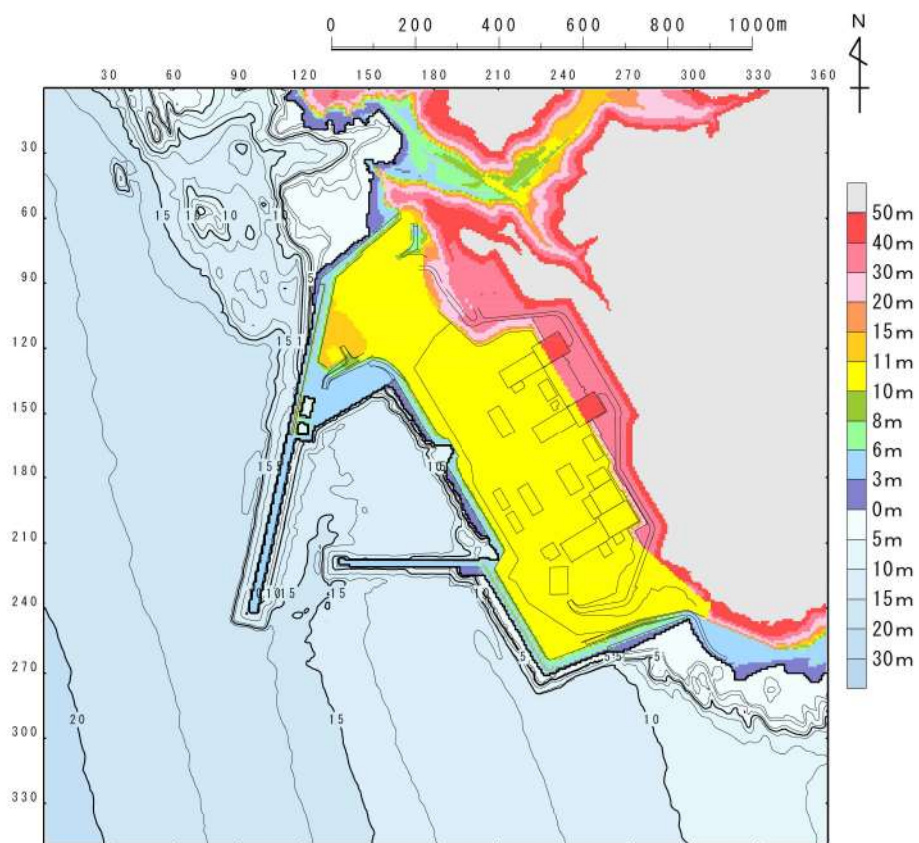
➤ すべてのケースが $3 \cdot \eta_{\max_2nd} \geq \alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ となる。

Ⅴ フルード数に係る影響要因の選定結果※1,2 : 影響要因は選定しない

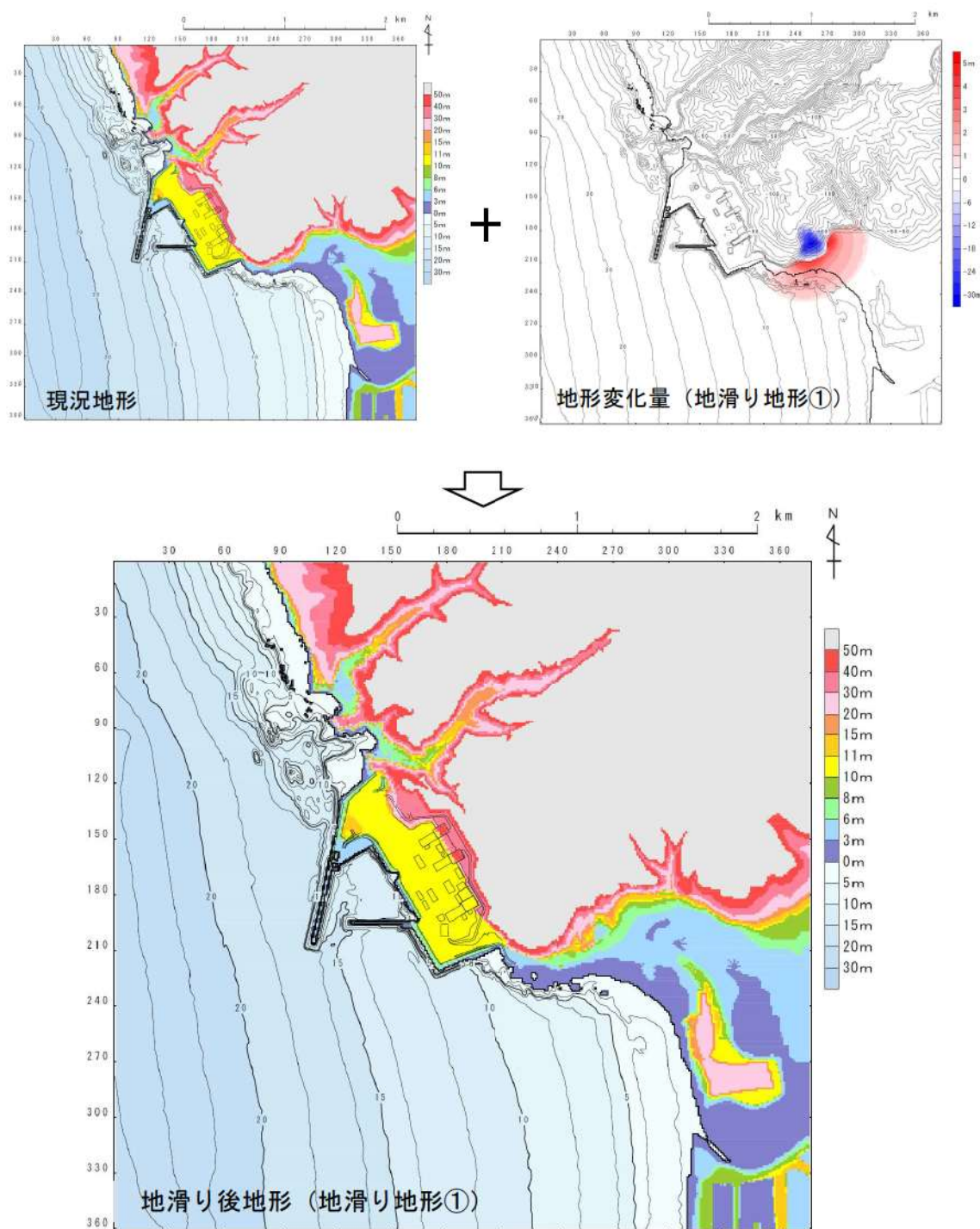
※ 1 : $3 \cdot \eta_{\max_2nd} < \alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ となるケースが無い場合は, フルード数に係る影響要因は設定しない

※ 2 : $3 \cdot \eta_{\max_2nd} < \alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ となるケースが複数ある場合は, 影響要因をそれぞれ設定する

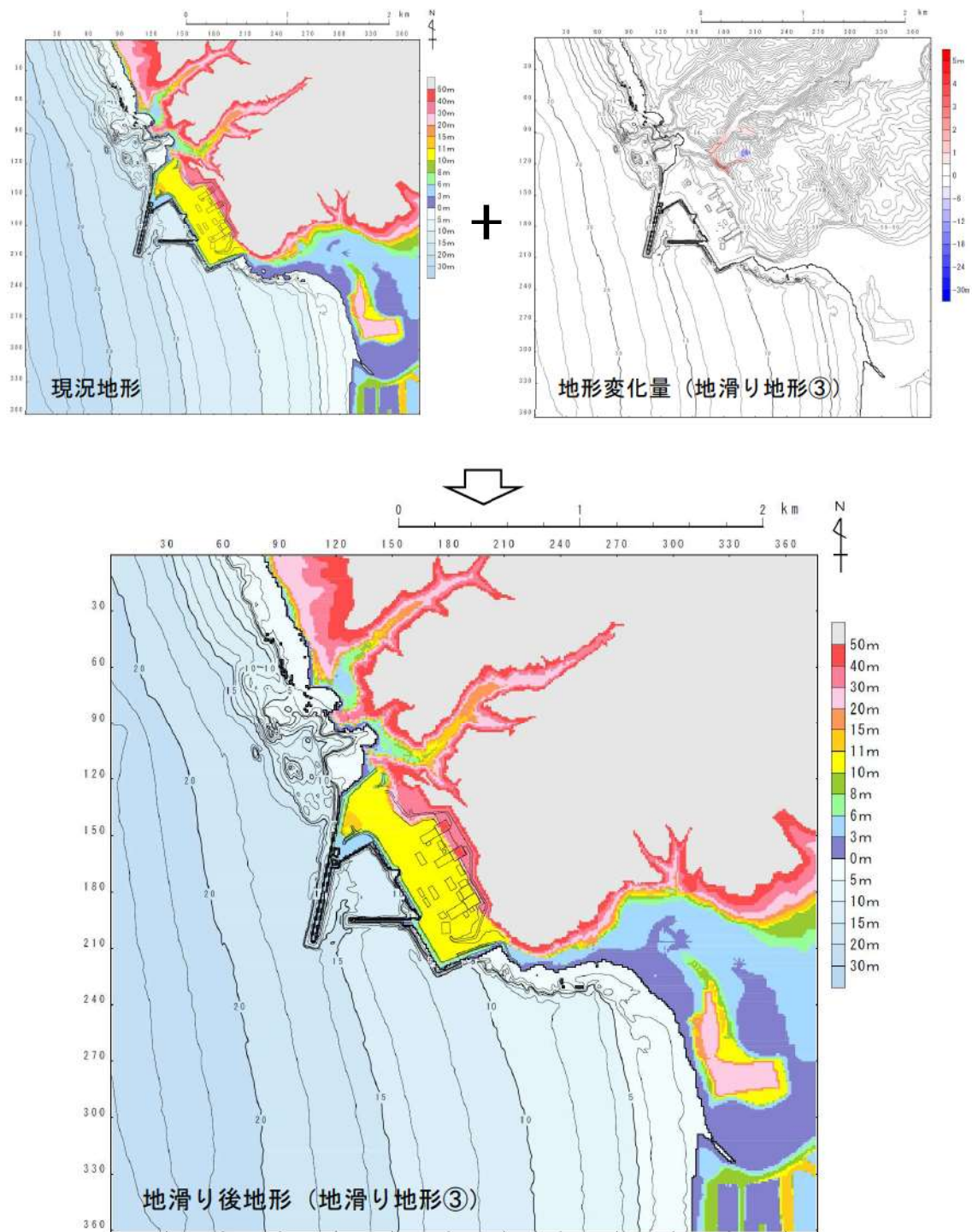
第 4 5 図 (3) フルード数に係る地形変化・標高変化 (影響要因の選定) の検討例 (防潮堤)



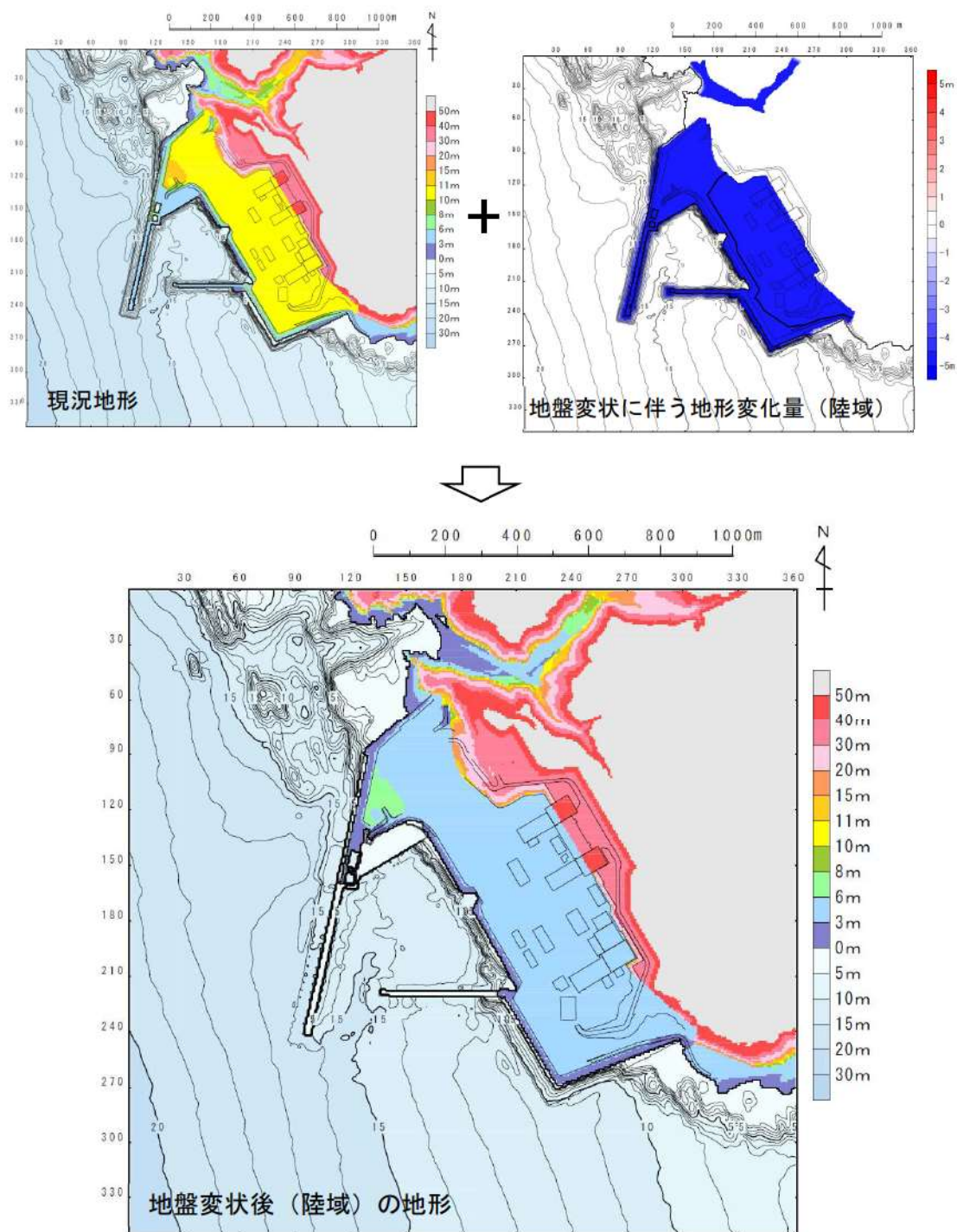
第46図 基本ケースの地形モデル



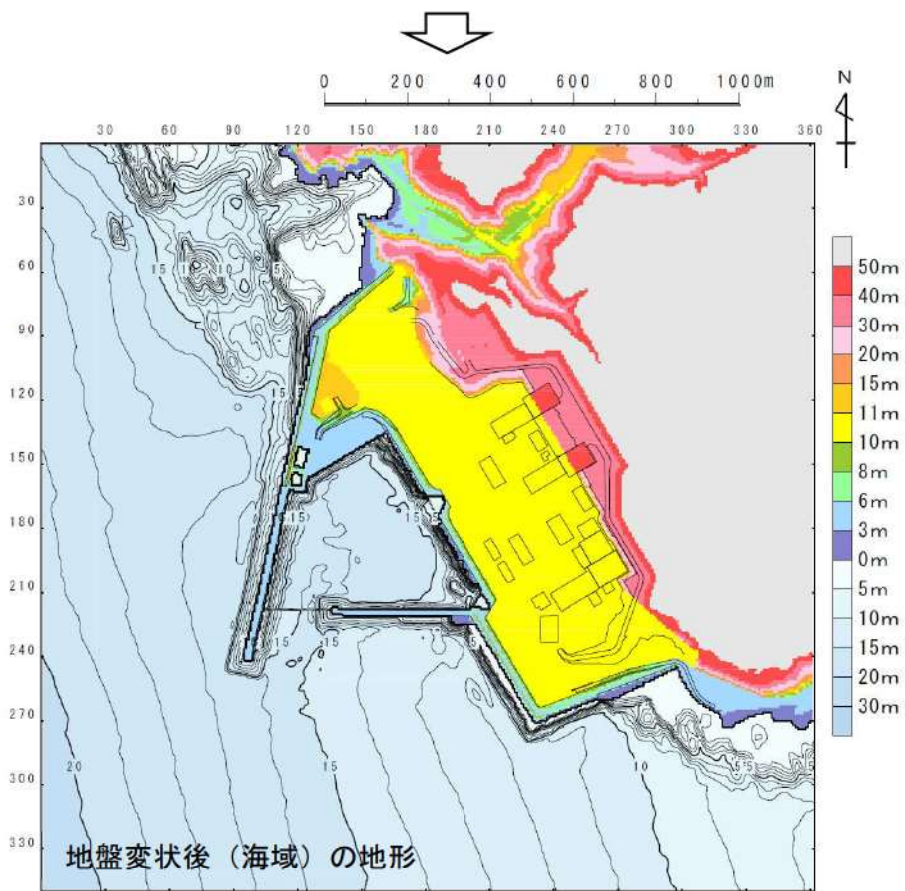
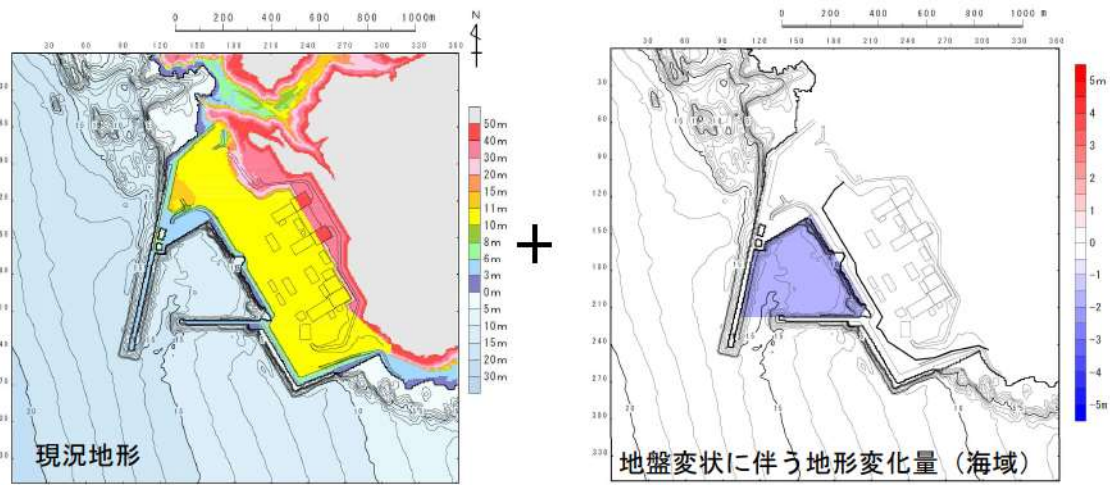
第47図 地滑りシミュレーション結果を反映した地形モデル
(地滑り地形①)



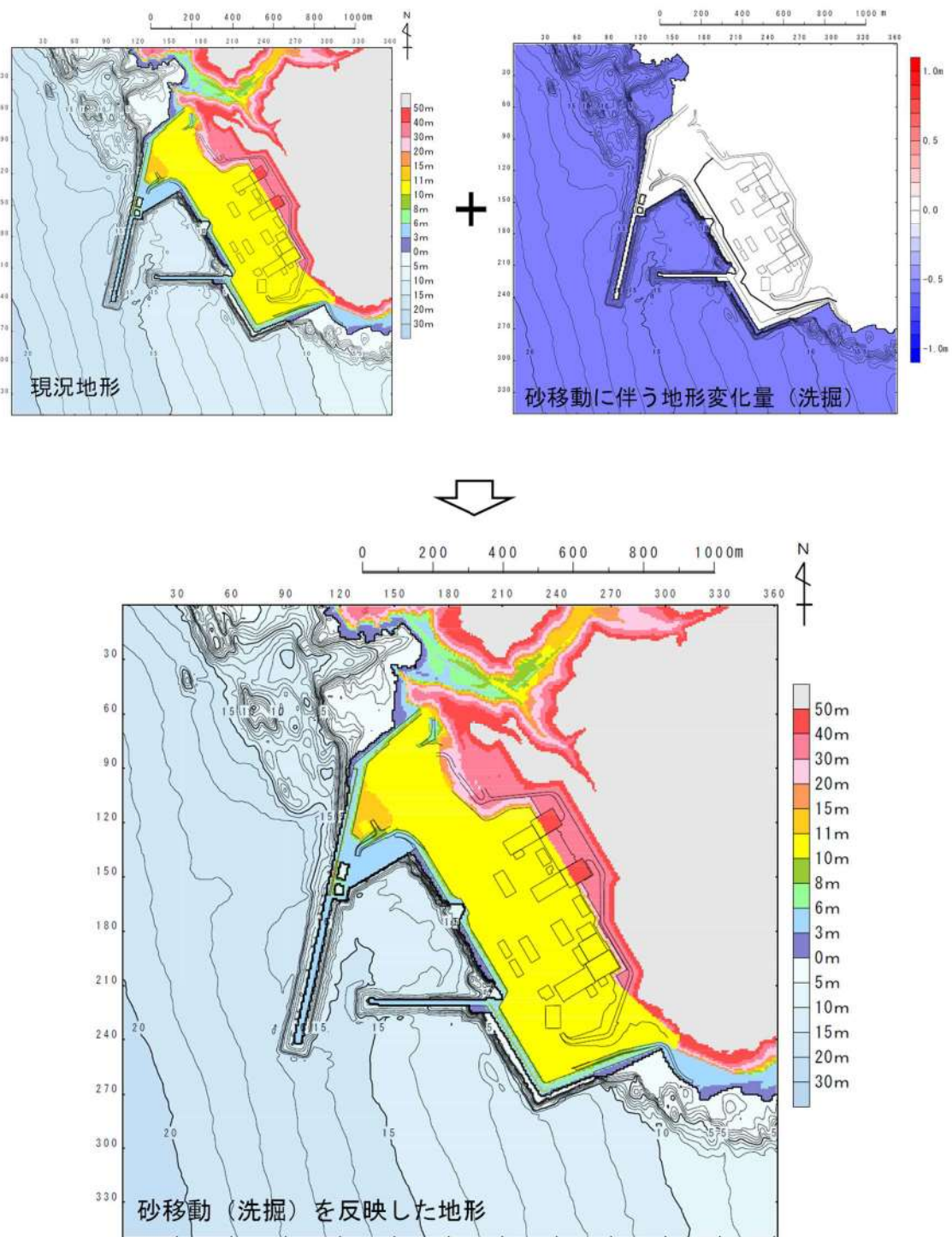
第48図 地滑りシミュレーション結果を反映した地形モデル
(地滑り地形③)



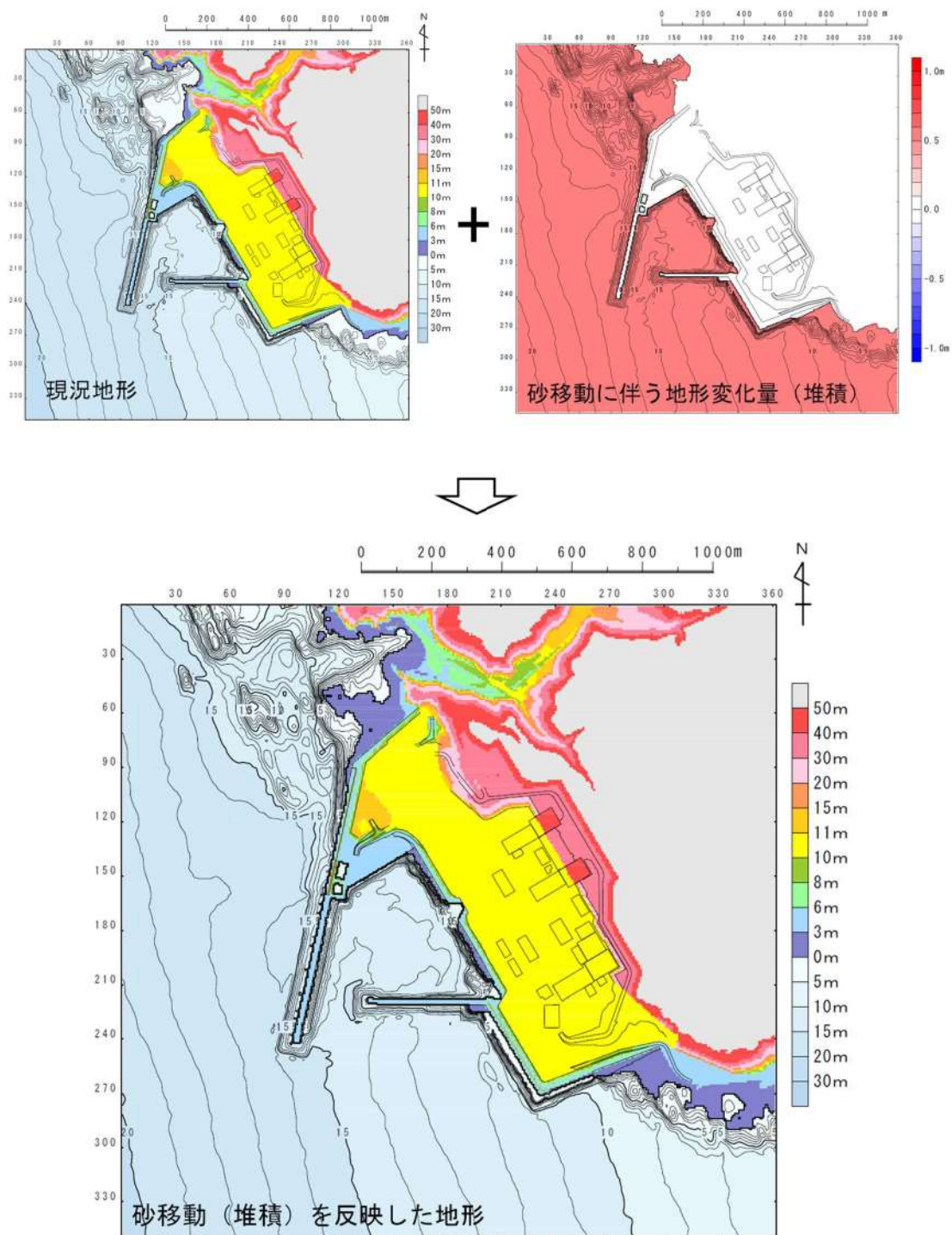
第49図 陸域の地盤変状による沈下量を反映した地形モデル
(5.0m 沈下)



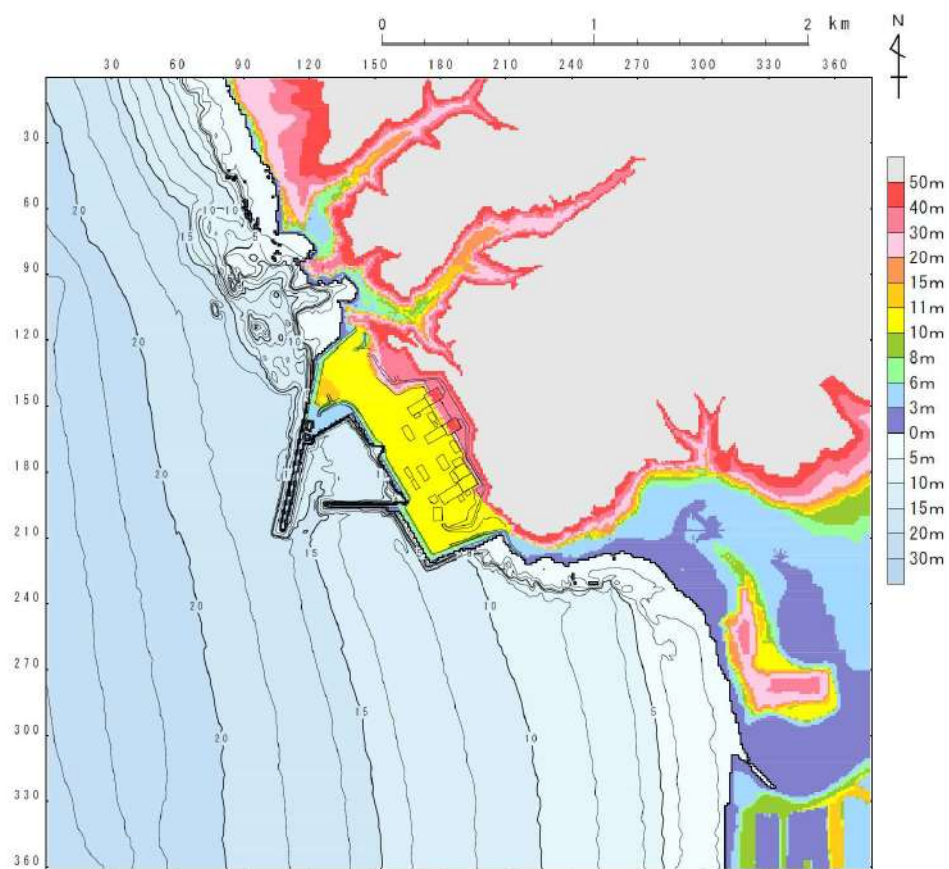
第50図 海域の地盤変状による沈下量を反映した地形モデル



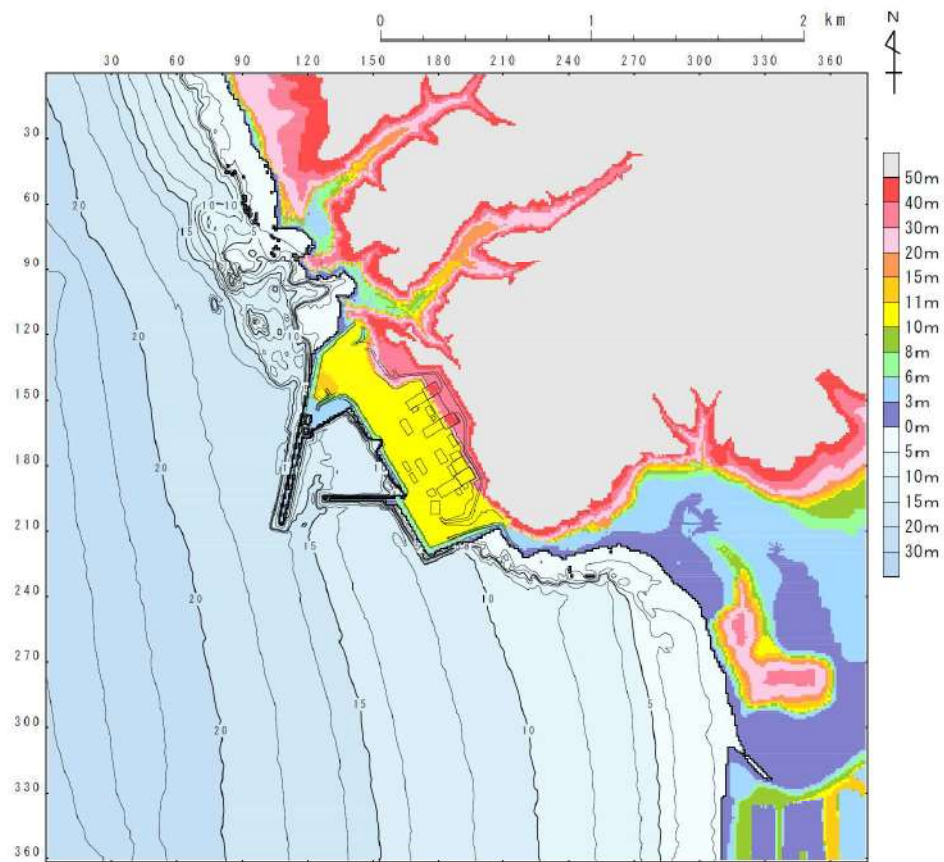
第5 1 図 平面二次元砂移動解析による洗掘深（前面海域平均値）を反映した地形モデル



第5 2 図 平面二次元砂移動解析による堆積厚（前面海域平均値）を反映した地形モデル



第5 3図 将来計画による土捨場形状を反映した地形モデル



第5 4 図 斜面崩壊を考慮した土捨て場形状を反映した地形モデル

(1) 持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数 (Fr) の算出

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

- 通過波の持続波領域における防潮堤等設置位置での最大浸水深（以下「持続波最大浸水深（ $\eta_{\max_2nd}$ ）」という。）を，設計用浸水深として用いていること及び持続波最大浸水深（ $\eta_{\max_2nd}$ ）発生時刻における浸水深及び流速からフルード数 (Fr) を適切に算出していること。上記と異なる設計用浸水深及び流速を用いてフルード数 (Fr) を算出する場合は，算出した数値の保守性を明示していること。

防潮堤等の設置位置における最大浸水深（持続波最大浸水深（ $\eta_{\max_2nd}$ ））を確認し，持続波最大浸水深発生時刻における浸水深（ $\eta_{\max_2nd}$ ）及び流速（ $v_{\eta_max_2nd}$ ）からフルード数 (Fr) を算出する。

また，フルード数 (Fr) の算出に当たっては，第45図に示すフローに従い，地形変化（単独）を考慮する。

$$Fr = \frac{v_{\eta_max_2nd}}{\sqrt{g \cdot \eta_{\max_2nd}}}$$

$\eta_{\max_2nd}$	: 持続波最大浸水深	[m]
$v_{\eta_max_2nd}$	: 持続波最大水深発生時刻における津波の流速	[m/s]
g	: 重力加速度	[m/s ²]

a. 防潮堤

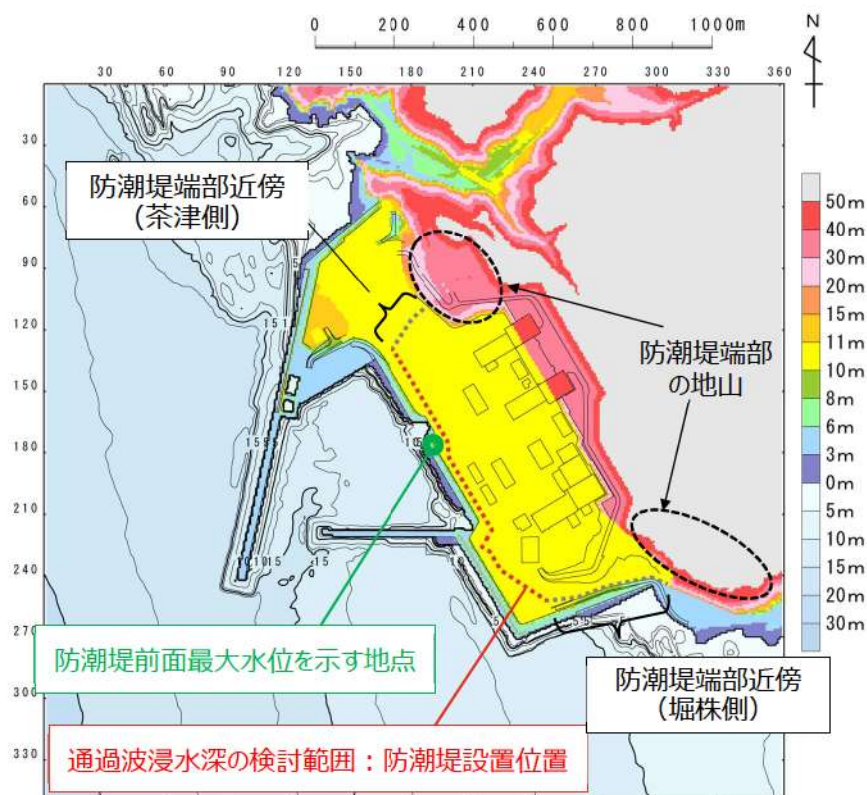
(a) 評価方針

防潮堤設置位置における持続波最大浸水深を確認し、持続波最大浸水深発生時刻における浸水深及び流速からフルード数 (Fr) を算出する。

以下の2点の理由から、評価範囲は地山による反射波の影響を受ける防潮堤端部近傍を除く、海側に面する防潮堤位置を評価範囲として設定する。

- ・防潮堤端部近傍を含めた防潮堤全区間（茶津側端部～堀株側端部）の中で、防潮堤前面最大水位の発生地点は海側に面する位置である。
- ・津波が敷地を遡上するにつれて水位は減衰していくため、仮に地山がない場合（地山標高が敷地標高と同様の状態）を想定すると、地山近傍の通過波浸水深は、海側に面する位置の通過波浸水深を下回る。

検討範囲を第55図に示す。



第55図 浸水深及びフルード数の検討範囲

(b) 評価結果

評価対象 20 ケースにおける防潮堤設置位置の基本ケースの持続波最大浸水深 ($\eta_{\max_2nd}$)、持続波最大浸水深発生時刻における流速 ($v_{\eta_{\max_2nd}}$) 及びフルード数 (Fr) を第 9 表に示す。

地形変化を考慮した場合の持続波最大浸水深 ($\eta_{\max_2nd}$)、持続波最大浸水深発生時刻における流速 ($v_{\eta_{\max_2nd}}$) 及びフルード数 (Fr) を第 10 表～第 17 表に示す。

また、基本ケース及び地形変化を考慮した場合のフルード数 (Fr) を第 18 表に整理する。

第 9 表 基本ケースの持続波最大浸水深発生時刻
におけるフルード数 (Fr)

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_{\max_2nd}}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	0.37	1.58	0.83
	基準津波 B	防波堤損傷なし	0.96	3.33	1.08
	基準津波 B	北防波堤損傷	2.45	5.09	1.04
	基準津波 C	防波堤損傷なし	0.32	1.62	0.91
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.02	0.11	0.24
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.13	3.46	1.04
	基準津波 D	南防波堤損傷	0.68	2.47	0.96
	基準津波 D	北防波堤損傷	1.27	3.36	0.95
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	2.45	5.41	1.10
	基準津波 E	南防波堤損傷	2.07	4.92	1.09
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	2.38	5.31	1.10
	基準津波 F	北防波堤損傷	2.51	5.15	1.04
	基準津波 G	南防波堤損傷	1.40	3.49	0.94
	基準津波 H	北防波堤損傷	2.27	4.80	1.02
	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.14	0.44	0.38
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	1.31	3.50	0.97
	基準津波 K	南防波堤損傷	0.63	2.39	0.96
	基準津波 L	北防波堤損傷	0.18	1.04	0.78
	流速最大ケース 1 ※1		0.02	0.09	0.21
	流速最大ケース 2 ※2		1.08	3.36	1.03

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第10表 地形変化（地滑り地形①の崩壊）を考慮した場合の
持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	0.37	1.58	0.83
	基準津波 B	防波堤損傷なし	0.99	3.37	1.09
	基準津波 B	北防波堤損傷	2.44	5.10	1.04
	基準津波 C	防波堤損傷なし	0.30	1.54	0.90
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.02	0.11	0.23
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.16	3.53	1.04
	基準津波 D	南防波堤損傷	0.70	2.51	0.96
	基準津波 D	北防波堤損傷	1.26	3.35	0.95
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	2.46	5.16	1.05
	基準津波 E	南防波堤損傷	2.05	4.88	1.09
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	2.37	5.29	1.10
	基準津波 F	北防波堤損傷	2.51	5.12	1.03
	基準津波 G	南防波堤損傷	1.39	3.49	0.94
	基準津波 H	北防波堤損傷	2.27	4.80	1.02
	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.14	0.44	0.38
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	1.31	3.49	0.98
	基準津波 K	南防波堤損傷	0.62	2.38	0.96
	基準津波 L	北防波堤損傷	0.19	1.08	0.79
	流速最大ケース 1 ※1		0.01	0.05	0.14
	流速最大ケース 2 ※2		1.11	3.43	1.04

※1 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第 1 1 表 地形変化（地滑り地形③の崩壊）を考慮した場合の
持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	0.37	1.58	0.83
	基準津波 B	防波堤損傷なし	0.96	3.33	1.08
	基準津波 B	北防波堤損傷	2.45	5.09	1.04
	基準津波 C	防波堤損傷なし	0.32	1.63	0.92
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.02	0.11	0.24
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.13	3.46	1.04
	基準津波 D	南防波堤損傷	0.68	2.47	0.96
	基準津波 D	北防波堤損傷	1.27	3.36	0.95
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	2.45	5.41	1.10
	基準津波 E	南防波堤損傷	2.07	4.92	1.09
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	2.38	5.31	1.10
	基準津波 F	北防波堤損傷	2.51	5.15	1.04
	基準津波 G	南防波堤損傷	1.40	3.49	0.94
	基準津波 H	北防波堤損傷	2.27	4.80	1.02
	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.14	0.44	0.38
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	1.31	3.50	0.97
	基準津波 K	南防波堤損傷	0.63	2.40	0.96
	基準津波 L	北防波堤損傷	0.18	1.04	0.78
	流速最大ケース 1 ※1		0.02	0.09	0.21
	流速最大ケース 2 ※2		1.08	3.36	1.03

※ 1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※ 2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第12表 地形変化（敷地地盤（陸域）5.0m 沈下）を考慮した場合の
持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$V_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	3.37	2.52	0.44
	基準津波 B	防波堤損傷なし	4.09	7.46	1.18
	基準津波 B	北防波堤損傷	3.99	5.16	0.82
	基準津波 C	防波堤損傷なし	4.07	3.52	0.56
	基準津波 D	防波堤損傷なし	3.37	5.03	0.87
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	3.56	6.26	1.06
	基準津波 D	南防波堤損傷	3.55	6.31	1.07
	基準津波 D	北防波堤損傷	3.43	5.02	0.87
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	3.96	6.99	1.12
	基準津波 E	南防波堤損傷	3.93	6.96	1.12
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	4.00	4.82	0.77
	基準津波 F	北防波堤損傷	4.09	7.26	1.15
	基準津波 G	南防波堤損傷	3.80	5.47	0.90
	基準津波 H	北防波堤損傷	3.81	6.96	1.14
	基準津波 I	防波堤損傷なし	3.94	2.90	0.47
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	5.02	1.56	0.22
	基準津波 K	南防波堤損傷	3.52	6.41	1.09
	基準津波 L	北防波堤損傷	2.95	4.74	0.88
	流速最大ケース 1 ※1		3.25	4.90	0.87
	流速最大ケース 2 ※2		3.62	6.25	1.05

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第13表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）2.0m 沈下）を考慮した場合の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	0.37	1.58	0.83
	基準津波 B	防波堤損傷なし	0.96	3.32	1.08
	基準津波 B	北防波堤損傷	2.37	4.99	1.03
	基準津波 C	防波堤損傷なし	0.26	1.33	0.84
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.04	0.19	0.32
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.01	3.01	0.96
	基準津波 D	南防波堤損傷	0.49	2.26	1.03
	基準津波 D	北防波堤損傷	1.25	3.35	0.96
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	2.35	5.45	1.14
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.99	4.97	1.13
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	2.30	5.39	1.13
	基準津波 F	北防波堤損傷	2.47	5.46	1.11
	基準津波 G	南防波堤損傷	1.25	3.24	0.92
	基準津波 H	北防波堤損傷	2.28	4.78	1.01
	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.14	0.44	0.38
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	1.26	3.63	1.03
	基準津波 K	南防波堤損傷	0.46	2.13	1.01
	基準津波 L	北防波堤損傷	0.16	0.93	0.74
	流速最大ケース 1 ※1		0.02	0.11	0.23
	流速最大ケース 2 ※2		0.97	2.90	0.94

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第14表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘）を考慮した場合の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	0.35	1.47	0.80
	基準津波 B	防波堤損傷なし	0.91	3.21	1.07
	基準津波 B	北防波堤損傷	2.40	5.03	1.04
	基準津波 C	防波堤損傷なし	0.29	1.50	0.89
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.02	0.08	0.21
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.06	3.32	1.03
	基準津波 D	南防波堤損傷	0.54	2.28	0.99
	基準津波 D	北防波堤損傷	1.22	3.30	0.95
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	2.42	5.36	1.10
	基準津波 E	南防波堤損傷	2.01	5.04	1.13
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	2.37	5.29	1.10
	基準津波 F	北防波堤損傷	2.50	5.10	1.03
	基準津波 G	南防波堤損傷	1.32	3.35	0.93
	基準津波 H	北防波堤損傷	2.24	4.73	1.01
	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.16	0.50	0.40
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	1.24	3.37	0.97
	基準津波 K	南防波堤損傷	0.46	2.20	1.03
	基準津波 L	北防波堤損傷	0.16	0.88	0.72
	流速最大ケース 1 ※1		— ※3	— ※3	— ※3
	流速最大ケース 2 ※2		0.99	3.17	1.02

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

※3 防潮堤設置位置の敷地高さ（T.P. 10.0m）まで通過波が遡上しない。

第15表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）0.5m堆積）を考慮した場合の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波A	防波堤損傷なし	0.40	1.92	0.97
	基準津波B	防波堤損傷なし	1.01	3.43	1.09
	基準津波B	北防波堤損傷	2.51	5.16	1.04
	基準津波C	防波堤損傷なし	0.34	1.73	0.94
	基準津波D	防波堤損傷なし	0.02	0.11	0.24
	基準津波D	北及び南防波堤損傷	1.23	3.66	1.05
	基準津波D	南防波堤損傷	0.80	2.73	0.98
	基準津波D	北防波堤損傷	1.31	3.42	0.95
	基準津波E	北及び南防波堤損傷	2.48	5.18	1.05
	基準津波E	南防波堤損傷	2.11	4.93	1.08
	基準津波F	北及び南防波堤損傷	2.37	5.04	1.05
	基準津波F	北防波堤損傷	2.53	5.16	1.04
	基準津波G	南防波堤損傷	1.46	3.59	0.95
	基準津波H	北防波堤損傷	2.32	4.84	1.02
	基準津波I	防波堤損傷なし	0.11	0.32	0.30
	基準津波J	北及び南防波堤損傷	1.39	3.63	0.98
	基準津波K	南防波堤損傷	0.80	2.73	0.97
	基準津波L	北防波堤損傷	0.21	1.19	0.83
	流速最大ケース1※1		0.03	0.14	0.27
	流速最大ケース2※2		1.19	3.60	1.05

※1 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第16表 地形変化（土捨場（将来計画の反映））を考慮した場合の
持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	0.37	1.57	0.83
	基準津波 B	防波堤損傷なし	0.96	3.33	1.08
	基準津波 B	北防波堤損傷	2.45	5.09	1.04
	基準津波 C	防波堤損傷なし	0.32	1.61	0.91
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.02	0.11	0.24
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.13	3.46	1.04
	基準津波 D	南防波堤損傷	0.68	2.47	0.96
	基準津波 D	北防波堤損傷	1.27	3.36	0.95
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	2.45	5.41	1.10
	基準津波 E	南防波堤損傷	2.07	4.92	1.09
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	2.38	5.31	1.10
	基準津波 F	北防波堤損傷	2.51	5.15	1.04
	基準津波 G	南防波堤損傷	1.40	3.50	0.94
	基準津波 H	北防波堤損傷	2.27	4.80	1.02
	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.14	0.44	0.38
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	1.31	3.50	0.97
	基準津波 K	南防波堤損傷	0.63	2.39	0.96
	基準津波 L	北防波堤損傷	0.18	1.04	0.78
	流速最大ケース 1 ※1		0.01	0.03	0.12
	流速最大ケース 2 ※2		1.08	3.36	1.03

※1 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第17表 地形変化（土捨場（将来計画反映後の斜面崩壊））を考慮した場合の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
防潮堤	基準津波A	防波堤損傷なし	0.34	1.46	0.80
	基準津波B	防波堤損傷なし	0.95	3.29	1.08
	基準津波B	北防波堤損傷	2.46	5.11	1.04
	基準津波C	防波堤損傷なし	0.31	1.57	0.90
	基準津波D	防波堤損傷なし	0.02	0.08	0.21
	基準津波D	北及び南防波堤損傷	1.11	3.44	1.04
	基準津波D	南防波堤損傷	0.63	2.41	0.97
	基準津波D	北防波堤損傷	1.27	3.38	0.96
	基準津波E	北及び南防波堤損傷	2.46	5.40	1.10
	基準津波E	南防波堤損傷	2.06	4.90	1.09
	基準津波F	北及び南防波堤損傷	2.40	5.32	1.10
	基準津波F	北防波堤損傷	2.53	5.14	1.03
	基準津波G	南防波堤損傷	1.37	3.44	0.94
	基準津波H	北防波堤損傷	2.28	4.82	1.02
	基準津波I	防波堤損傷なし	0.14	0.44	0.38
	基準津波J	北及び南防波堤損傷	1.31	3.50	0.97
	基準津波K	南防波堤損傷	0.57	2.30	0.97
	基準津波L	北防波堤損傷	0.17	0.97	0.75
	流速最大ケース1※1		—※3	—※3	—※3
	流速最大ケース2※2		1.07	3.33	1.03

※1 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

※3 防潮堤設置位置の敷地高さ（T.P. 10.0m）まで通過波が遡上しない。

第 18 表(1) 想定される地形変化を考慮した防潮堤設置位置における Fr

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	基本ケース	地形変化							
				地滑り 地形① の崩壊	地滑り 地形③ の崩壊	敷地地盤 (陸域) 5.0m 沈下	敷地前面 海底地盤 (海域) 2.0m 沈下	土捨場 (将来計画 の反映)	土捨場 (将来計画 反映後の 斜面崩壊)	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 堆積	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 洗掘
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	0.83	0.83	0.83	0.44	0.83	0.83	0.80	0.97	0.80
	基準津波 B	防波堤損傷なし	1.08	1.09	1.08	1.18	1.08	1.08	1.08	1.09	1.07
	基準津波 B	北防波堤損傷	1.04	1.04	1.04	0.82	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04
	基準津波 C	防波堤損傷なし	0.91	0.90	0.92	0.56	0.84	0.91	0.90	0.94	0.89
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.24	0.23	0.24	0.87	0.32	0.24	0.21	0.24	0.21
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.04	1.04	1.04	1.06	0.96	1.04	1.04	1.05	1.03
	基準津波 D	南防波堤損傷	0.96	0.96	0.96	1.07	1.03	0.96	0.97	0.98	0.99
	基準津波 D	北防波堤損傷	0.95	0.95	0.95	0.87	0.96	0.95	0.96	0.95	0.95
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	1.10	1.05	1.10	1.12	1.14	1.10	1.10	1.05	1.10
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.09	1.09	1.09	1.12	1.13	1.09	1.09	1.08	1.13
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	1.10	1.10	1.10	0.77	1.13	1.10	1.10	1.05	1.10
	基準津波 F	北防波堤損傷	1.04	1.03	1.04	1.15	1.11	1.04	1.03	1.04	1.03
	基準津波 G	南防波堤損傷	0.94	0.94	0.94	0.90	0.92	0.94	0.94	0.95	0.93
	基準津波 H	北防波堤損傷	1.02	1.02	1.02	1.14	1.01	1.02	1.02	1.02	1.01

【凡例】

：Fr が 1 を上回るケース

第18表(2) 想定される地形変化を考慮した防潮堤設置位置におけるFr

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	基本 ケース	地形変化							
				地滑り 地形① の崩壊	地滑り 地形③ の崩壊	敷地地盤 (陸域) 5.0m 沈下	敷地前面 海底地盤 (海域) 2.0m 沈下	土捨場 (将来計画 の反映)	土捨場 (将来計画 反映後の 斜面崩壊)	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 堆積	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 洗掘
防潮堤	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.38	0.38	0.38	0.47	0.38	0.38	0.38	0.30	0.40
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	0.97	0.98	0.97	0.22	1.03	0.97	0.97	0.98	0.97
	基準津波 K	南防波堤損傷	0.96	0.96	0.96	1.09	1.01	0.96	0.97	0.97	1.03
	基準津波 L	北防波堤損傷	0.78	0.79	0.78	0.88	0.74	0.78	0.75	0.83	0.72
	流速最大ケース 1 ※1		0.21	0.14	0.21	0.87	0.23	0.12	—※3		
	流速最大ケース 2 ※2		1.03	1.04	1.03	1.05	0.94	1.03	1.03	1.05	1.02

【凡例】

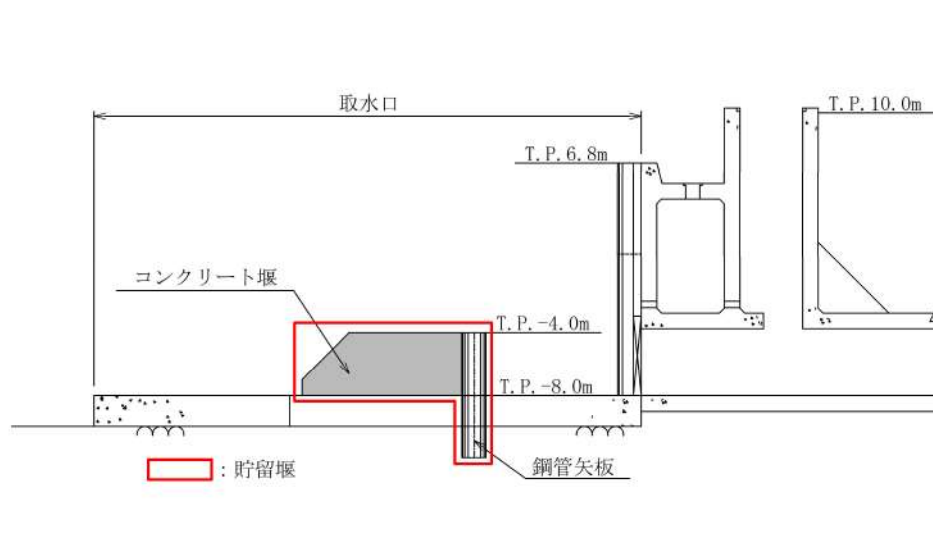
：Fr が 1 を上回るケース

- ※ 1 波源：基準津波 K、防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし
 ※ 2 波源：基準津波 K、防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷
 ※ 3 防潮堤設置位置の敷地高さ (T.P. 10.0m) まで通過波が遡上しない。

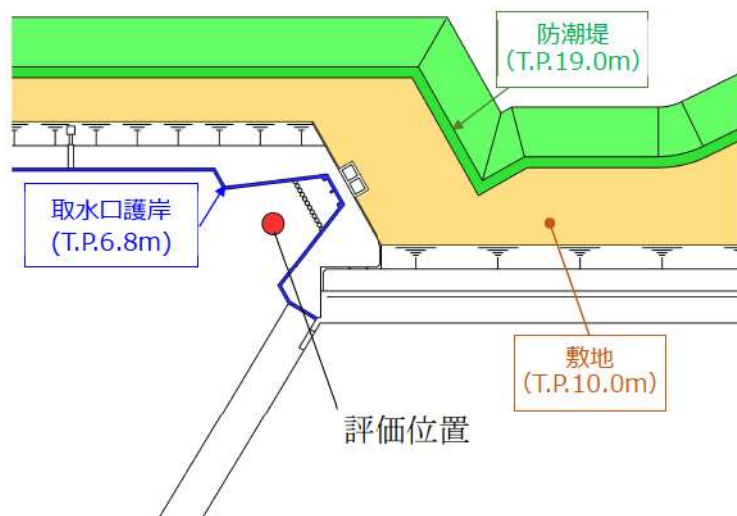
b. 貯留堰

(a) 評価方針

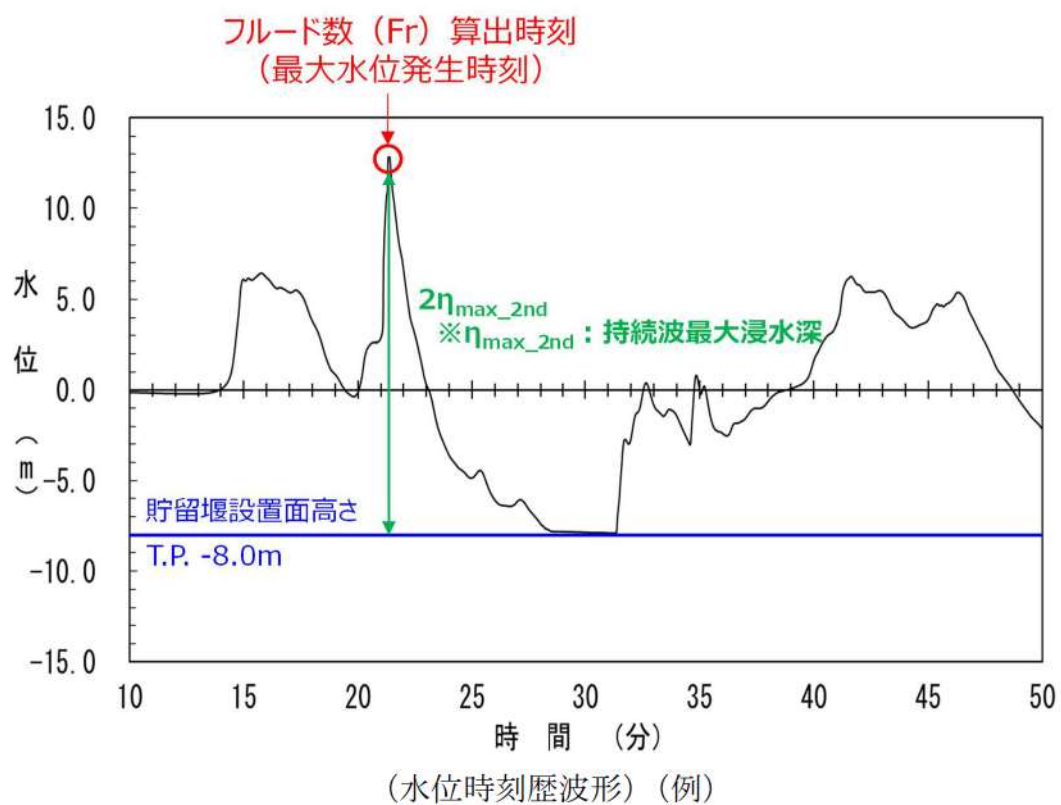
平面二次元津波シミュレーションより得られた3号炉取水口（貯留堰設置位置）の水位は，貯留堰背後の取水口護岸等により，反射波の影響が含まれるため，貯留堰設置位置の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）の算出に当たり，持続波最大浸水深は，最大水位発生時刻における浸水深を1/2する。貯留堰設置位置でのフルード数（Fr）の算出イメージを第58図に示す。



第56図 貯留堰 断面図



第 5 7 図 貯留堰におけるフルード数の評価位置



第 5 8 図 貯留堰設置位置のフルード数 (Fr) の算出イメージ

(b) 評価結果

評価対象 20 ケースにおける貯留堰設置位置の基本ケースの持続波最大浸水深 ($\eta_{\max_2nd}$)、持続波最大浸水深発生時刻における流速 ($v_{\eta_max_2nd}$) 及びフルード数 (Fr) を第 19 表に示す。

地形変化を考慮した場合の持続波最大浸水深 ($\eta_{\max_2nd}$)、持続波最大浸水深発生時刻における流速 ($v_{\eta_max_2nd}$) 及びフルード数 (Fr) を第 20 表～第 27 表に示す。

また、基本ケース及び地形変化を考慮した場合のフルード数 (Fr) を第 28 表に整理する。

第 19 表 基本ケースの持続波最大浸水深発生時刻
におけるフルード数 (Fr)

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波 A	防波堤損傷なし	7.94	0.17	0.02
	基準津波 B	防波堤損傷なし	9.21	0.35	0.04
	基準津波 B	北防波堤損傷	10.41	0.54	0.05
	基準津波 C	防波堤損傷なし	8.69	0.34	0.04
	基準津波 D	防波堤損傷なし	8.75	0.36	0.04
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	9.67	0.72	0.07
	基準津波 D	南防波堤損傷	9.36	0.51	0.05
	基準津波 D	北防波堤損傷	9.78	0.81	0.08
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	10.49	0.90	0.09
	基準津波 E	南防波堤損傷	9.96	0.77	0.08
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	10.54	0.84	0.08
	基準津波 F	北防波堤損傷	10.45	0.58	0.06
	基準津波 G	南防波堤損傷	9.34	0.37	0.04
	基準津波 H	北防波堤損傷	10.29	0.65	0.06
	基準津波 I	防波堤損傷なし	8.43	0.14	0.02
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	9.79	0.78	0.08
	基準津波 K	南防波堤損傷	9.41	0.57	0.06
	基準津波 L	北防波堤損傷	8.68	0.09	0.01
	流速最大ケース 1 ※1		8.55	0.27	0.03
	流速最大ケース 2 ※2		9.66	0.71	0.07

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第20表 地形変化（地滑り地形①の崩壊）を考慮した場合の
持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波 A	防波堤損傷なし	7.92	0.17	0.02
	基準津波 B	防波堤損傷なし	9.20	0.38	0.04
	基準津波 B	北防波堤損傷	10.41	0.53	0.05
	基準津波 C	防波堤損傷なし	8.69	0.34	0.04
	基準津波 D	防波堤損傷なし	8.75	0.36	0.04
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	9.68	0.75	0.08
	基準津波 D	南防波堤損傷	9.37	0.54	0.06
	基準津波 D	北防波堤損傷	9.78	0.83	0.09
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	10.47	0.91	0.09
	基準津波 E	南防波堤損傷	9.92	0.76	0.08
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	10.52	0.85	0.08
	基準津波 F	北防波堤損傷	10.44	0.58	0.06
	基準津波 G	南防波堤損傷	9.31	0.37	0.04
	基準津波 H	北防波堤損傷	10.29	0.65	0.06
	基準津波 I	防波堤損傷なし	8.42	0.16	0.02
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	9.79	0.78	0.08
	基準津波 K	南防波堤損傷	9.40	0.59	0.06
	基準津波 L	北防波堤損傷	8.69	0.10	0.01
	流速最大ケース 1 ※1		8.53	0.27	0.03
	流速最大ケース 2 ※2		9.66	0.74	0.08

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第21表 地形変化（地滑り地形③の崩壊）を考慮した場合の
持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波 A	防波堤損傷なし	7.94	0.17	0.02
	基準津波 B	防波堤損傷なし	9.21	0.35	0.04
	基準津波 B	北防波堤損傷	10.41	0.54	0.05
	基準津波 C	防波堤損傷なし	8.69	0.34	0.04
	基準津波 D	防波堤損傷なし	8.75	0.36	0.04
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	9.67	0.72	0.07
	基準津波 D	南防波堤損傷	9.36	0.51	0.05
	基準津波 D	北防波堤損傷	9.78	0.82	0.08
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	10.49	0.90	0.09
	基準津波 E	南防波堤損傷	9.96	0.77	0.08
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	10.54	0.84	0.08
	基準津波 F	北防波堤損傷	10.45	0.58	0.06
	基準津波 G	南防波堤損傷	9.34	0.37	0.04
	基準津波 H	北防波堤損傷	10.29	0.65	0.06
	基準津波 I	防波堤損傷なし	8.43	0.14	0.02
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	9.79	0.78	0.08
	基準津波 K	南防波堤損傷	9.41	0.58	0.06
	基準津波 L	北防波堤損傷	8.68	0.09	0.01
	流速最大ケース 1 ※1		8.55	0.27	0.03
	流速最大ケース 2 ※2		9.66	0.71	0.07

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第22表 地形変化（敷地地盤（陸域）5.0m 沈下）を考慮した場合の
持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波 A	防波堤損傷なし	7.89	0.16	0.02
	基準津波 B	防波堤損傷なし	10.54	0.41	0.04
	基準津波 B	北防波堤損傷	10.53	0.52	0.05
	基準津波 C	防波堤損傷なし	8.89	1.35	0.14
	基準津波 D	防波堤損傷なし	9.41	0.74	0.08
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	9.51	0.90	0.09
	基準津波 D	南防波堤損傷	9.47	0.94	0.10
	基準津波 D	北防波堤損傷	9.52	0.88	0.09
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	10.49	0.65	0.06
	基準津波 E	南防波堤損傷	10.40	0.65	0.06
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	10.56	0.55	0.05
	基準津波 F	北防波堤損傷	10.61	0.77	0.08
	基準津波 G	南防波堤損傷	9.80	0.88	0.09
	基準津波 H	北防波堤損傷	10.39	0.66	0.07
	基準津波 I	防波堤損傷なし	8.62	0.45	0.05
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	9.64	1.36	0.14
	基準津波 K	南防波堤損傷	9.40	1.11	0.12
	基準津波 L	北防波堤損傷	8.70	0.72	0.08
	流速最大ケース 1 ※1		9.31	0.85	0.09
	流速最大ケース 2 ※2		9.50	1.07	0.11

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第23表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）2.0m 沈下）を考慮した場合の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波 A	防波堤損傷なし	8.00	0.18	0.02
	基準津波 B	防波堤損傷なし	9.29	0.34	0.04
	基準津波 B	北防波堤損傷	10.40	0.57	0.06
	基準津波 C	防波堤損傷なし	8.79	0.37	0.04
	基準津波 D	防波堤損傷なし	8.75	0.33	0.04
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	9.61	0.65	0.07
	基準津波 D	南防波堤損傷	9.27	0.47	0.05
	基準津波 D	北防波堤損傷	9.78	0.83	0.08
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	10.52	1.04	0.10
	基準津波 E	南防波堤損傷	10.03	0.74	0.07
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	10.57	0.82	0.08
	基準津波 F	北防波堤損傷	10.43	0.64	0.06
	基準津波 G	南防波堤損傷	9.42	0.39	0.04
	基準津波 H	北防波堤損傷	10.34	0.70	0.07
	基準津波 I	防波堤損傷なし	8.41	0.30	0.03
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	9.71	0.76	0.08
	基準津波 K	南防波堤損傷	9.30	0.50	0.05
	基準津波 L	北防波堤損傷	8.67	0.09	0.01
	流速最大ケース 1 ※1		8.52	0.23	0.03
	流速最大ケース 2 ※2		9.59	0.64	0.07

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第24表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘）を考慮した場合の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波 A	防波堤損傷なし	7.97	0.18	0.02
	基準津波 B	防波堤損傷なし	9.22	0.29	0.03
	基準津波 B	北防波堤損傷	10.37	0.52	0.05
	基準津波 C	防波堤損傷なし	8.70	0.34	0.04
	基準津波 D	防波堤損傷なし	8.73	0.35	0.04
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	9.60	0.67	0.07
	基準津波 D	南防波堤損傷	9.27	0.48	0.05
	基準津波 D	北防波堤損傷	9.75	0.80	0.08
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	10.43	0.87	0.09
	基準津波 E	南防波堤損傷	9.97	0.74	0.07
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	10.50	0.83	0.08
	基準津波 F	北防波堤損傷	10.43	0.57	0.06
	基準津波 G	南防波堤損傷	9.39	0.39	0.04
	基準津波 H	北防波堤損傷	10.28	0.67	0.07
	基準津波 I	防波堤損傷なし	8.38	0.09	0.01
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	9.74	0.76	0.08
	基準津波 K	南防波堤損傷	9.30	0.50	0.05
	基準津波 L	北防波堤損傷	8.66	0.08	0.01
	流速最大ケース 1 ※1		8.52	0.25	0.03
	流速最大ケース 2 ※2		9.56	0.63	0.07

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第25表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）0.5m堆積）を考慮した場合の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波A	防波堤損傷なし	7.91	0.17	0.02
	基準津波B	防波堤損傷なし	9.20	0.44	0.05
	基準津波B	北防波堤損傷	10.47	0.56	0.06
	基準津波C	防波堤損傷なし	8.69	0.36	0.04
	基準津波D	防波堤損傷なし	8.77	0.38	0.04
	基準津波D	北及び南防波堤損傷	9.74	0.80	0.08
	基準津波D	南防波堤損傷	9.45	0.57	0.06
	基準津波D	北防波堤損傷	9.82	0.86	0.09
	基準津波E	北及び南防波堤損傷	10.53	0.93	0.09
	基準津波E	南防波堤損傷	9.94	0.92	0.09
	基準津波F	北及び南防波堤損傷	10.57	0.86	0.08
	基準津波F	北防波堤損傷	10.48	0.60	0.06
	基準津波G	南防波堤損傷	9.30	0.38	0.04
	基準津波H	北防波堤損傷	10.31	0.66	0.07
	基準津波I	防波堤損傷なし	8.45	0.19	0.02
	基準津波J	北及び南防波堤損傷	9.84	0.83	0.08
	基準津波K	南防波堤損傷	9.51	0.67	0.07
	基準津波L	北防波堤損傷	8.72	0.10	0.01
	流速最大ケース1※1		8.58	0.29	0.03
	流速最大ケース2※2		9.76	0.81	0.08

※1 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第26表 地形変化（土捨場（将来計画の反映））を考慮した場合の
持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波 A	防波堤損傷なし	7.94	0.17	0.02
	基準津波 B	防波堤損傷なし	9.21	0.35	0.04
	基準津波 B	北防波堤損傷	10.41	0.54	0.05
	基準津波 C	防波堤損傷なし	8.69	0.34	0.04
	基準津波 D	防波堤損傷なし	8.75	0.36	0.04
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	9.67	0.72	0.07
	基準津波 D	南防波堤損傷	9.36	0.51	0.05
	基準津波 D	北防波堤損傷	9.78	0.81	0.08
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	10.49	0.90	0.09
	基準津波 E	南防波堤損傷	9.96	0.77	0.08
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	10.54	0.84	0.08
	基準津波 F	北防波堤損傷	10.45	0.58	0.06
	基準津波 G	南防波堤損傷	9.34	0.37	0.04
	基準津波 H	北防波堤損傷	10.29	0.65	0.06
	基準津波 I	防波堤損傷なし	8.43	0.15	0.02
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	9.79	0.78	0.08
	基準津波 K	南防波堤損傷	9.40	0.57	0.06
	基準津波 L	北防波堤損傷	8.68	0.09	0.01
	流速最大ケース 1 ※1		8.55	0.27	0.03
	流速最大ケース 2 ※2		9.66	0.71	0.07

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第27表 地形変化（土捨場（将来計画反映後の斜面崩壊））を考慮した場合の持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数（Fr）

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	$\eta_{\max_2nd}$ (m)	$v_{\eta_max_2nd}$ (m/s)	フルード数 Fr
貯留堰	基準津波A	防波堤損傷なし	7.94	0.17	0.02
	基準津波B	防波堤損傷なし	9.22	0.33	0.04
	基準津波B	北防波堤損傷	10.42	0.54	0.05
	基準津波C	防波堤損傷なし	8.68	0.34	0.04
	基準津波D	防波堤損傷なし	8.74	0.36	0.04
	基準津波D	北及び南防波堤損傷	9.64	0.69	0.07
	基準津波D	南防波堤損傷	9.34	0.49	0.05
	基準津波D	北防波堤損傷	9.78	0.82	0.08
	基準津波E	北及び南防波堤損傷	10.49	0.89	0.09
	基準津波E	南防波堤損傷	9.97	0.76	0.08
	基準津波F	北及び南防波堤損傷	10.55	0.84	0.08
	基準津波F	北防波堤損傷	10.46	0.58	0.06
	基準津波G	南防波堤損傷	9.37	0.37	0.04
	基準津波H	北防波堤損傷	10.30	0.66	0.07
	基準津波I	防波堤損傷なし	8.42	0.14	0.01
	基準津波J	北及び南防波堤損傷	9.79	0.78	0.08
	基準津波K	南防波堤損傷	9.37	0.55	0.06
	基準津波L	北防波堤損傷	8.68	0.09	0.01
	流速最大ケース1※1		8.53	0.26	0.03
	流速最大ケース2※2		9.63	0.68	0.07

※1 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第28表(1) 想定される地形変化を考慮した貯留堰設置位置におけるFr

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	基本ケース	地形変化							
				地滑り 地形① の崩壊	地滑り 地形③ の崩壊	敷地地盤 (陸域) 5.0m 沈下	敷地前面 海底地盤 (海域) 2.0m 沈下	土捨場 (将来計画 の反映)	土捨場 (将来計画 反映後の 斜面崩壊)	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 堆積	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 洗掘
貯留堰	基準津波 A	防波堤損傷なし	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	基準津波 B	防波堤損傷なし	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.05	0.03
	基準津波 B	北防波堤損傷	0.05	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05	0.05	0.06	0.05
	基準津波 C	防波堤損傷なし	0.04	0.04	0.14	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.04	0.04	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	0.07	0.08	0.07	0.09	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07
	基準津波 D	南防波堤損傷	0.05	0.06	0.05	0.10	0.05	0.05	0.05	0.06	0.05
	基準津波 D	北防波堤損傷	0.08	0.09	0.08	0.09	0.08	0.08	0.08	0.09	0.08
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	0.09	0.09	0.09	0.06	0.10	0.09	0.09	0.09	0.09
	基準津波 E	南防波堤損傷	0.08	0.08	0.06	0.06	0.07	0.08	0.08	0.09	0.07
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	0.08	0.08	0.05	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	基準津波 F	北防波堤損傷	0.06	0.06	0.08	0.08	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
	基準津波 G	南防波堤損傷	0.04	0.04	0.09	0.09	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
	基準津波 H	北防波堤損傷	0.06	0.06	0.07	0.07	0.07	0.06	0.07	0.07	0.07

【凡例】

 : Fr が 1 を上回るケース

第28表(2) 想定される地形変化を考慮した貯留堰設置位置におけるFr

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	基本 ケース	地形変化							
				地滑り 地形① の崩壊	地滑り 地形③ の崩壊	敷地地盤 (陸域) 5.0m 沈下	敷地前面 海底地盤 (海域) 2.0m 沈下	土捨場 (将来計画 の反映)	土捨場 (将来計画 反映後の 斜面崩壊)	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 堆積	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 洗掘
貯留堰	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.02	0.02	0.02	0.05	0.03	0.02	0.01	0.02	0.01
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	0.08	0.08	0.08	0.14	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	基準津波 K	南防波堤損傷	0.06	0.06	0.06	0.12	0.05	0.06	0.06	0.07	0.05
	基準津波 L	北防波堤損傷	0.01	0.01	0.01	0.08	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
	流速最大ケース 1 ※1		0.03	0.03	0.03	0.09	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
	流速最大ケース 2 ※2		0.07	0.08	0.07	0.11	0.07	0.07	0.07	0.08	0.07

【凡例】

 : Fr が 1 を上回るケース

※1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

(2) 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) 及び水深係数 (α_E) の算出

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

- 持続波最大浸水深 ($\eta_{\max_2nd}$) 発生時刻に基づくフルード数 (Fr) が 1 を超える場合、持続波圧の評価に当たり防潮堤等位置での通過波の最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) を設計用浸水深として用いていること。最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) を適切に算出していること。

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

- 式 (7)、式 (8) より、フルード数 (Fr_E) から最大比エネルギー発生時刻における水深係数 (α_E) を算出していること。水深係数を式 (7)、式 (8) によらずに算出している場合は、水理試験及び解析あるいはそれらのいずれかにより適用性に係る評価が示されていること。

$$\alpha_E = 3.0 \quad (Fr_E \leq 1.24) \quad (7)$$

$$\alpha_E = (0.70 \cdot Fr_E^2 + 1) + 0.93 \quad (Fr_E > 1.24) \quad (8)$$

α_E : 最大比エネルギー発生時刻に基づく水深係数

Fr_E : 最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数

防潮堤及び貯留堰設置位置での持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数 (Fr) のうち、フルード数 (Fr) が 1 を超えるケースを対象に、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) 及び最大比エネルギー発生時刻における水深係数を (α_E) を算出する。

最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) の検討に当たっては、第 4 5 図に示すフローに従い、地形変化 (単独及び組合せ) を考慮する。

最大比エネルギーは比エネルギー (単位体積重量の水の持つ全エネルギー (全水頭)) の最大値とし、比エネルギーの時刻歴は以下の式から算出する。

$$E(t) = \frac{v(t)^2}{2g} + \eta(t)$$

$E(t)$	: 防潮堤等がない場合の陸側における津波の比エネルギーの時刻歴	[m]
$\eta(t)$	: 防潮堤等がない場合の陸側における津波の浸水深の時刻歴	[m]
$v(t)$	: 防潮堤等がない場合の陸側における津波の流速の時刻歴	[m/s]
g	: 重力加速度	[m/s ²]

最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) は、以下の式から算出する。

$$Fr_E = \frac{v_{E_max}}{\sqrt{g \cdot \eta_{E_max}}}$$

η_{E_max}	: 最大比エネルギー発生時刻における津波の浸水深	[m]
v_{E_max}	: 最大比エネルギー発生時刻における津波の流速	[m/s]
g	: 重力加速度	[m/s ²]

a. 防潮堤

(a) 評価方針

第18表に整理した防潮堤設置位置での持続波最大浸水深発生時刻におけるフルード数 (Fr) が1を超えるケースを対象に、持続波最大浸水深が確認された位置での最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) 及び最大比エネルギー発生時刻における水深係数 (α_E) を算出する。

(b) 評価結果

イ. 最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E)

第29表～第37表より、単独地形変化において、防潮堤設置位置での最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) の最大値は、「基準津波D (南防波堤損傷, 敷地地盤(陸域)5.0m沈下) のケースにおいて1.54となった。

したがって、第45図のフローに従い、「基準津波D (南防波堤損傷, 敷地地盤(陸域)5.0m沈下)」を地形変化①とし、地形変化の組合せの検討を行う。

第38表より、防潮堤設置位置での最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) は、「基本ケース」に対し、「敷地地盤(陸域)5.0m沈下」及び「敷地前面海底地盤(海域)2.0m沈下」の地形変化を考慮した場合に増加が認められたことから、これらの地形変化の組合せを考慮する。

地形変化の組合せを考慮した最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) の比較結果を第39表に示す。

比較の結果、「敷地地盤(陸域)5.0m沈下」の地形変化で最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) が最も大きくなった。

第 29 表 基本ケースにおける防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波 B	防波堤損傷なし	1.08	0.91	3.64	1.22
	基準津波 B	北防波堤損傷	1.04	2.40	5.34	1.10
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.04	1.05	3.94	1.23
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	1.10	2.41	5.57	1.15
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.09	1.98	5.25	1.19
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	1.10	2.34	5.47	1.14
	基準津波 F	北防波堤損傷	1.04	2.45	5.37	1.10
	基準津波 H	北防波堤損傷	1.02	2.23	5.03	1.08
	流速最大ケース 2 [※]		1.03	1.00	3.86	1.23

※ 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第 30 表 地形変化（地滑り地形①の崩壊）を考慮した場合の
防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波 B	防波堤損傷なし	1.09	0.93	3.71	1.23
	基準津波 B	北防波堤損傷	1.04	2.39	5.32	1.10
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.04	1.07	4.01	1.24 [1.236] ^{※1}
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	1.05	2.41	5.35	1.10
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.09	1.96	5.22	1.19
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	1.10	2.33	5.45	1.14
	基準津波 F	北防波堤損傷	1.03	2.45	5.35	1.09
	基準津波 H	北防波堤損傷	1.02	2.23	5.00	1.07
	流速最大ケース 2 ^{※2}		1.04	1.02	3.91	1.23

※1 Fr_E が 1.24 を超えるか確認するため、小数点第 3 位まで記載している。

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第31表 地形変化（地滑り地形③の崩壊）を考慮した場合の
防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波B	防波堤損傷なし	1.08	0.91	3.64	1.22
	基準津波B	北防波堤損傷	1.04	2.40	5.34	1.10
	基準津波D	北及び南防波堤損傷	1.04	1.05	3.94	1.23
	基準津波E	北及び南防波堤損傷	1.10	2.41	5.57	1.15
	基準津波E	南防波堤損傷	1.09	1.98	5.25	1.19
	基準津波F	北及び南防波堤損傷	1.10	2.34	5.47	1.14
	基準津波F	北防波堤損傷	1.04	2.45	5.37	1.10
	基準津波H	北防波堤損傷	1.02	2.23	5.03	1.08
	流速最大ケース2※		1.03	1.00	3.87	1.23

※ 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第32表 地形変化（敷地地盤（陸域）5.0m 沈下）を考慮した場合の
防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波B	防波堤損傷なし	1.18	3.88	8.17	1.32
	基準津波D	北及び南防波堤損傷	1.06	3.46	6.70	1.15
	基準津波D	南防波堤損傷	1.07	2.89	8.21	1.54
	基準津波E	北及び南防波堤損傷	1.12	3.32	8.01	1.40
	基準津波E	南防波堤損傷	1.12	3.45	8.34	1.43
	基準津波F	北防波堤損傷	1.15	3.65	8.39	1.40
	基準津波H	北防波堤損傷	1.14	3.32	8.03	1.41
	基準津波K	南防波堤損傷	1.09	3.36	6.95	1.21
	流速最大ケース2※		1.05	3.56	6.49	1.10

※ 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第33表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）2.0m 沈下）を考慮した場合の
防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波 B	防波堤損傷なし	1.08	0.91	3.65	1.22
	基準津波 B	北防波堤損傷	1.03	2.30	5.25	1.11
	基準津波 D	南防波堤損傷	1.03	0.46	2.56	1.21
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	1.14	2.31	5.59	1.18
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.13	1.89	5.35	1.24 [1.241]*
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	1.13	2.26	5.53	1.17
	基準津波 F	北防波堤損傷	1.11	2.43	5.62	1.15
	基準津波 H	北防波堤損傷	1.01	2.23	5.01	1.07
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	1.03	1.21	3.90	1.13
	基準津波 K	南防波堤損傷	1.01	0.44	2.34	1.13

※： Fr_E が 1.24 を超えるか確認するため、小数点第3位まで記載している。

第34表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）0.5m 洗掘）を考慮した場合の
防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波 B	防波堤損傷なし	1.07	0.86	3.54	1.22
	基準津波 B	北防波堤損傷	1.04	2.33	5.28	1.10
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.03	0.97	3.82	1.24 [1.237]*1
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	1.10	2.37	5.55	1.15
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.13	1.92	5.36	1.24 [1.236]*1
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	1.10	2.32	5.47	1.15
	基準津波 F	北防波堤損傷	1.03	2.43	5.36	1.10
	基準津波 H	北防波堤損傷	1.01	2.19	4.96	1.07
	基準津波 K	南防波堤損傷	1.03	0.44	2.42	1.16
	流速最大ケース 2 *2		1.02	0.90	3.70	1.25

※1 Fr_E が 1.24 を超えるか確認するため、小数点第3位まで記載している。

※2 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第 3 5 表 地形変化（敷地前面海底地盤（海域）0.5m 堆積）を考慮した場合の
防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波 B	防波堤損傷なし	1.09	0.95	3.76	1.23
	基準津波 B	北防波堤損傷	1.04	2.46	5.38	1.09
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.05	1.13	4.15	1.25
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	1.05	2.44	5.35	1.09
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.08	2.03	5.25	1.18
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	1.05	2.34	5.20	1.09
	基準津波 F	北防波堤損傷	1.04	2.47	5.39	1.10
	基準津波 H	北防波堤損傷	1.02	2.27	5.07	1.07
	流速最大ケース 2 ※1		1.05	1.11	4.10	1.24 [1.244]※2

※ 1 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

※ 2 Fr_E が 1.24 を超えるか確認するため，小数点第 3 位まで記載している。

第 3 6 表 地形変化（土捨場（将来計画の反映））を考慮した場合の
防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波 B	防波堤損傷なし	1.08	0.91	3.64	1.22
	基準津波 B	北防波堤損傷	1.04	2.40	5.34	1.10
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.04	1.05	3.94	1.23
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	1.10	2.41	5.57	1.15
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.09	1.98	5.25	1.19
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	1.10	2.34	5.47	1.14
	基準津波 F	北防波堤損傷	1.04	2.45	5.37	1.10
	基準津波 H	北防波堤損傷	1.02	2.23	5.03	1.08
	流速最大ケース 2 ※		1.03	1.00	3.86	1.23

※ 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第37表 地形変化（土捨て場（将来計画反映後の斜面崩壊））を考慮した場合
の防潮堤設置位置の Fr_E

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	Fr	η_{E_max} (m)	V_{E_max} (m/s)	Fr_E
防潮堤	基準津波B	防波堤損傷なし	1.08	0.90	3.62	1.22
	基準津波B	北防波堤損傷	1.04	2.40	5.35	1.10
	基準津波D	北及び南防波堤損傷	1.04	1.03	3.92	1.23
	基準津波E	北及び南防波堤損傷	1.10	2.41	5.59	1.15
	基準津波E	南防波堤損傷	1.09	1.98	5.24	1.19
	基準津波F	北及び南防波堤損傷	1.10	2.35	5.49	1.14
	基準津波F	北防波堤損傷	1.03	2.48	5.37	1.09
	基準津波H	北防波堤損傷	1.02	2.24	5.05	1.08
	流速最大ケース2※		1.03	0.99	3.83	1.23

※ 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第38表(1) 想定される地形変化を踏まえた定量的評価結果 (防潮堤設置位置におけるFr_E)

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	基本 ケース Fr _E	地形変化							
				上段:Fr, 下段:Fr _E (括弧内の数値は基本ケースとの差分)							
				地滑り 地形① の崩壊	地滑り 地形③ の崩壊	敷地地盤 (陸域) 5.0m 沈下	敷地前面 海底地盤 (海域) 2.0m 沈下	土捨場 (将来計画 の反映)	土捨場 (将来計画 反映後の 斜面崩壊)	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 堆積	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 洗掘
防潮堤	基準津波 A	防波堤損傷なし	1.02	0.83 ^{**}	0.83 ^{**}	0.44 ^{**}	0.83 ^{**}	0.83 ^{**}	0.80 ^{**}	0.97 ^{**}	0.80 ^{**}
				—	—	—	—	—	—	—	—
	基準津波 B	防波堤損傷なし	1.22	1.09	1.08	1.18	1.08	1.08	1.08	1.09	1.07
				1.23 (0.01)	1.22 (0.00)	1.32 (0.10)	1.22 (0.00)	1.22 (0.00)	1.22 (0.00)	1.23 (0.01)	1.22 (0.00)
	基準津波 B	北防波堤損傷	1.10	1.04	1.04	0.82 ^{**}	1.03	1.04	1.04	1.04	1.04
				1.10 (0.00)	1.10 (0.00)	—	1.11 (0.01)	1.10 (0.00)	1.10 (0.00)	1.09 (-0.01)	1.10 (0.00)
	基準津波 C	防波堤損傷なし	1.04	0.90 ^{**}	0.92 ^{**}	0.56 ^{**}	0.84 ^{**}	0.91 ^{**}	0.90 ^{**}	0.94 ^{**}	0.89 ^{**}
				—	—	—	—	—	—	—	—
	基準津波 D	防波堤損傷なし	0.24	0.23 ^{**}	0.24 ^{**}	0.87 ^{**}	0.32 ^{**}	0.24 ^{**}	0.21 ^{**}	0.24 ^{**}	0.21 ^{**}
				—	—	—	—	—	—	—	—
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	1.23	1.04	1.04	1.06	0.96 ^{**}	1.04	1.04	1.05	1.03
				1.24 [1.236] (0.01)	1.23 (0.00)	1.15 (-0.08)	—	1.23 (0.00)	1.23 (0.00)	1.25 (0.02)	1.24 [1.237] (0.01)
	基準津波 D	南防波堤損傷	1.19	0.96 ^{**}	0.96 ^{**}	1.07	1.03	0.96 ^{**}	0.97 ^{**}	0.98 ^{**}	0.99 ^{**}
				—	—	1.54 (0.35)	1.21 (0.02)	—	—	—	—
	基準津波 D	北防波堤損傷	1.06	0.95 ^{**}	0.95 ^{**}	0.87 ^{**}	0.96 ^{**}	0.95 ^{**}	0.96 ^{**}	0.95 ^{**}	0.95 ^{**}
				—	—	—	—	—	—	—	—

※Fr が 1 以下となる地形変化については、Fr_E の算出対象外となるため、組合せ地形の抽出候補より除外する。

第38表(2) 想定される地形変化を踏まえた定量的評価結果 (防潮堤設置位置におけるFr_E)

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	基本 ケース Fr _E	地形変化 上段: Fr, 下段: Fr _E (括弧内の数値は基本ケースとの差分)							
				地滑り 地形① の崩壊	地滑り 地形③ の崩壊	敷地地盤 (陸域) 5.0m 沈下	敷地前面 海底地盤 (海域) 2.0m 沈下	土捨て場 (将来計画 の反映)	土捨て場 (将来計画 反映後の 斜面崩壊)	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 堆積	敷地前面 海底地盤 (海域) 0.5m 洗掘
防潮堤	基準津波 E	北及び南防波堤損傷	1.15	1.05	1.10	1.12	1.14	1.10	1.10	1.05	1.10
				1.10 (-0.05)	1.15 (0.00)	1.40 (0.25)	1.18 (0.03)	1.15 (0.00)	1.15 (0.00)	1.09 (-0.06)	1.15 (0.00)
				1.09	1.09	1.12	1.13	1.09	1.09	1.08	1.13
	基準津波 E	南防波堤損傷	1.19	1.19 (0.00)	1.19 (0.00)	1.43 (0.24)	1.24 [1.24] (0.05)	1.19 (0.00)	1.19 (0.00)	1.18 (-0.01)	1.24 [1.236] (0.05)
				1.10	1.10	0.77 ^{**}	1.13	1.10	1.10	1.05	1.10
	基準津波 F	北及び南防波堤損傷	1.14	1.14 (0.00)	1.14 (0.00)	—	1.17 (0.03)	1.14 (0.00)	1.14 (0.00)	1.09 (-0.05)	1.15 (0.01)
				1.03	1.04	1.15	1.11	1.04	1.03	1.04	1.03
	基準津波 F	北防波堤損傷	1.10	1.09 (-0.01)	1.10 (0.00)	1.40 (0.30)	1.15 (0.05)	1.10 (0.00)	1.09 (-0.01)	1.10 (0.00)	1.10 (0.00)
				0.94 ^{**}	0.94 ^{**}	0.90 ^{**}	0.92 ^{**}	0.94 ^{**}	0.94 ^{**}	0.95 ^{**}	0.93 ^{**}
	基準津波 G	南防波堤損傷	1.02	—	—	—	—	—	—	—	—
				1.02	1.02	1.14	1.01	1.02	1.02	1.02	1.01
	基準津波 H	北防波堤損傷	1.08	1.07 (-0.01)	1.08 (0.00)	1.41 (0.33)	1.07 (-0.01)	1.08 (0.00)	1.08 (0.00)	1.07 (-0.01)	1.07 (-0.01)
				0.38 ^{**}	0.38 ^{**}	0.47 ^{**}	0.38 ^{**}	0.38 ^{**}	0.38 ^{**}	0.30 ^{**}	0.40 ^{**}
	基準津波 I	防波堤損傷なし	0.43	—	—	—	—	—	—	—	—
				0.98 ^{**}	0.97 ^{**}	0.22 ^{**}	1.03	0.97 ^{**}	0.97 ^{**}	0.98 ^{**}	0.97 ^{**}
	基準津波 J	北及び南防波堤損傷	1.08	—	—	—	1.13 (0.05)	—	—	—	—

※Fr が 1 以下となる地形変化については, Fr_E の算出対象外となるため, 組合せ地形の抽出候補より除外する。

第38表(3) 想定される地形変化を踏まえた定量的評価結果 (防潮堤設置位置における Fr_E)

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	基本 ケース Fr _E	地形変化 上段：Fr，下段：Fr _E （括弧内の数値は基本ケースとの差分）							
				地滑り 地形① の崩壊	地滑り 地形③ の崩壊	敷地地盤 （陸域） 5.0m 沈下	敷地前面 海底地盤 （海域） 2.0m 沈下	土捨て場 （将来計画 の反映）	土捨て場 （将来計画 反映後の 斜面崩壊）	敷地前面 海底地盤 （海域） 0.5m 堆積	敷地前面 海底地盤 （海域） 0.5m 洗掘
防潮堤	基準津波K	南防波堤損傷	1.08	0.96 ^{※1}	0.96 ^{※1}	1.09	1.01	0.96 ^{※1}	0.97 ^{※1}	0.97 ^{※1}	1.03
				—	—	1.21 (0.13)	1.13 (0.05)	—	—	—	1.16 (0.08)
	基準津波L	北防波堤損傷	0.85	0.79 ^{※1}	0.78 ^{※1}	0.88 ^{※1}	0.74 ^{※1}	0.78 ^{※1}	0.75 ^{※1}	0.83 ^{※1}	0.72 ^{※1}
				—	—	—	—	—	—	—	—
	流速最大ケース1 ^{※2}		0.21	0.14 ^{※1}	0.21 ^{※1}	0.87 ^{※1}	0.23 ^{※1}	0.12 ^{※1}	— ^{※1}	0.27 ^{※1}	— ^{※1}
				—	—	—	—	—	—	—	—
流速最大ケース2 ^{※3}		1.23	1.04	1.03	1.05	0.94 ^{※1}	1.03	1.03	1.05	1.02	
			1.23 (0.00)	1.23 (0.00)	1.10 (-0.13)	—	1.23 (0.00)	1.23 (0.00)	1.24 [1.244] (0.01)	1.25 (0.02)	

※1 Fr が1以下となる地形変化については、 Fr_E の算出対象外となるため、組合せ地形の抽出候補より除外する。

※2 波源：基準津波K、防波堤の損傷状態：防波堤損傷なし

※3 波源：基準津波K、防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

第39表 地形変化の組合せを考慮した防潮堤設置位置における Fr_E の比較

評価項目	波源	防波堤の損傷状態	敷地地盤 (陸域) 5.0m 沈下	地形変化の組合せ	
				敷地地盤(陸域) 5.0m 沈下 + 敷地前地盤(海域) 2.0m 沈下	
Fr_E	防潮堤	南防波堤損傷	1.54	1.26	

ロ. 最大比エネルギー発生時刻における水深係数 (α_E)

防潮堤設置位置の Fr_E が 1.24 以下となるケースについては、水深係数 (α_E) が 3.0 となるため、 Fr_E が 1.24 を超えるケースを対象に、水深係数 (α_E) を算出した結果を第 40 表に示す。

第 40 表 防潮堤設置位置の Fr_E 及び水深係数 (α_E)

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	地形変化	Fr _E	α _E
防潮堤	基準津波 B	防波堤損傷なし	敷地地盤(陸域) 5.0m 沈下	1.32	3.16
	基準津波 D	南防波堤損傷		1.54	3.59
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷		1.40	3.31
	基準津波 E	南防波堤損傷		1.43	3.37
	基準津波 F	北防波堤損傷		1.40	3.31
	基準津波 H	北防波堤損傷		1.41	3.32
	基準津波 E	南防波堤損傷	敷地前面海底地盤(海域) 2.0m 沈下	1.24 [1.241]	3.01
	流速最大ケース 2※		敷地前面海底地盤(海域) 0.5m 洗掘	1.25	3.02
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	敷地前面海底地盤(海域) 0.5m 堆積	1.25	3.02
	流速最大ケース 2※			1.24 [1.244]	3.01
	基準津波 D	南防波堤損傷	敷地地盤(陸域)5.0m 沈下 + 敷地前面海底地盤(海域) 2.0m 沈下	1.26	3.04

※ 波源：基準津波 K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

b. 貯留堰

第28表に整理のとおり，貯留堰設置位置での Fr 数はすべてのケースで1以下となることを確認した。したがって，最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) 及び水深係数 (α_E) の算出は実施しないものとする。

(3) $3 \cdot \eta_{\max_2nd}$ と $\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ の比較

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

○最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) の水深係数 (α_E) 倍に相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力 (P_E) を持続波圧として評価していること。その算出方法を式 (9) に示す。

さらに、式(5)で評価した持続波最大浸水深 ($\eta_{\max_2nd}$) の3倍の高さと最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) の水深係数 (α_E) 倍の高さを比較し、値が大きくなる方を用いて持続波圧を設定していること。

$$P_E = \alpha_E \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{E_max} \quad (9)$$

P_E : 最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) の水深係数 (α_E) 倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部※に作用する圧力 [Pa]

※前面の据付高さを基準高さ(防潮堤等の最下部の高さ)とする。

η_{E_max} : 最大比エネルギー発生時刻における浸水深 [m]

ρ : 海水(流体)密度 [kg/m³]

g : 重力加速度 [m/s²]

a. 防潮堤

最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) が 1.24 以下となるケースについては、 $(3 \cdot \eta_{\max_2nd}) \geq (\alpha_E \cdot \eta_{E_max})$ となることから、最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数 (Fr_E) が 1.24 を超えるケースを対象とし、 $3 \cdot \eta_{\max_2nd}$ 及び $\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ を比較した。

$3 \cdot \eta_{\max_2nd}$ 及び $\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ を比較した結果を第41表に示す。

比較した結果、全てのケースにおいて、 $(3 \cdot \eta_{\max_2nd}) \geq (\alpha_E \cdot \eta_{E_max})$ となったため、持続波最大浸水深を用いて持続波圧を評価する。

第41表 防潮堤設置位置で Fr_E が1.24を上回った検討対象ケース・
地形変化における $3 \cdot \eta_{\max_2nd}$ 及び $\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ の比較

評価対象	波源	防波堤の損傷状態	地形変化	$3 \cdot \eta_{\max_2nd}$	判定	$\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$
防潮堤	基準津波 B	防波堤損傷なし	敷地地盤(陸域) 5.0m 沈下	12.26	$\geq$	12.26
	基準津波 D	南防波堤損傷		10.65		10.39
	基準津波 E	北及び南防波堤損傷		11.87		11.00
	基準津波 E	南防波堤損傷		11.78		11.63
	基準津波 F	北防波堤損傷		12.28		12.07
	基準津波 H	北防波堤損傷		11.44		11.02
	基準津波 E	南防波堤損傷	敷地前面海底地盤(海域) 2.0m 沈下	5.97		5.70
	流速最大ケース 2※		敷地前面海底地盤(海域) 0.5m 洗掘	2.96		2.71
	基準津波 D	北及び南防波堤損傷	敷地前面海底地盤(海域) 0.5m 堆積	3.68		3.42
	流速最大ケース 2※			3.58		3.33
	基準津波 D	南防波堤損傷	敷地地盤(陸域)5.0m 沈下 + 敷地前面海底地盤(海域) 2.0m 沈下	10.40		

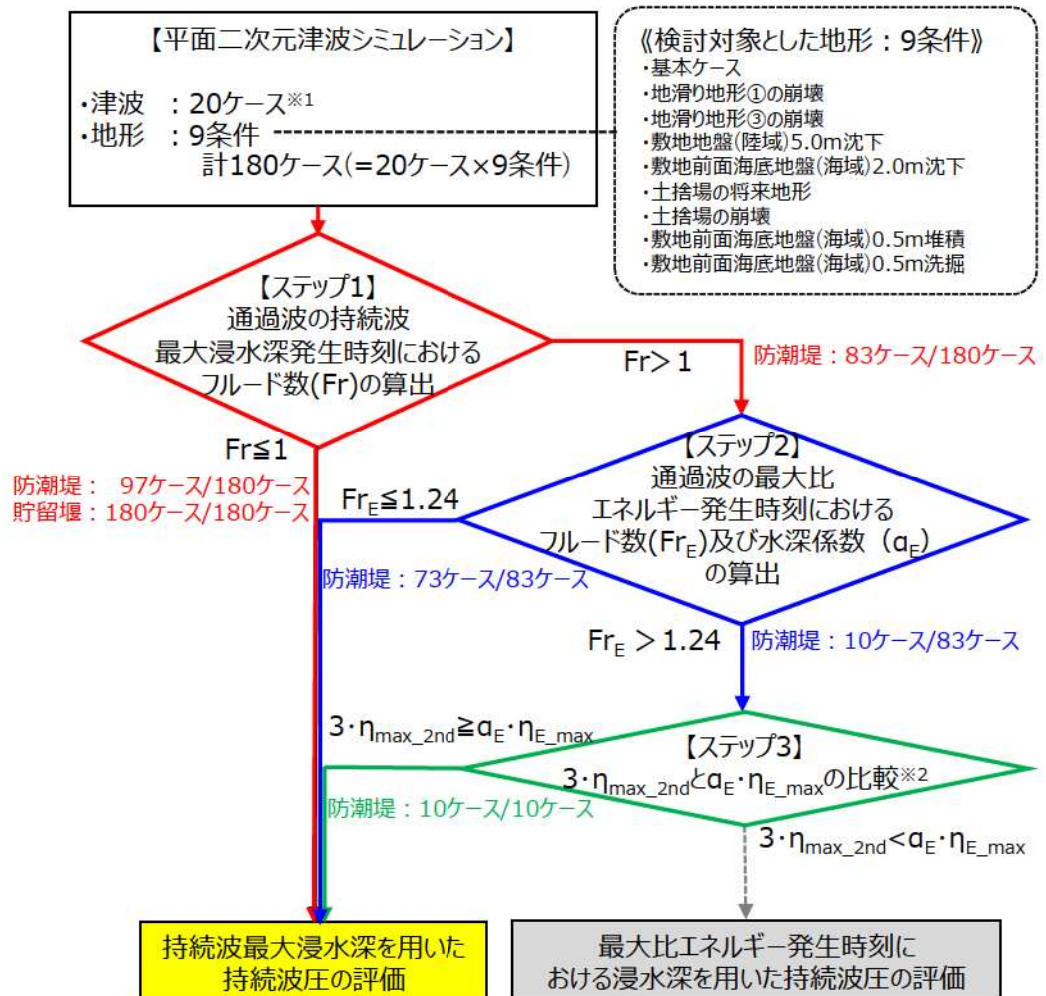
※ 波源：基準津波K，防波堤の損傷状態：北及び南防波堤損傷

b. 貯留堰

貯留堰設置位置における最大比エネルギー発生時刻におけるフルード数(Fr_E)は、全てのケースで $Fr \leq 1$ となることを確認していることから、算出を実施していない。したがって、 $(3 \cdot \eta_{\max_2nd})$ と $(\alpha_E \cdot \eta_{E_max})$ についても、大小比較を実施しないものとする。

c. まとめ

$3 \cdot \eta_{\max_2nd}$ 及び $\alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ を比較した結果、防潮堤設置位置における全てのケースで、 $(3 \cdot \eta_{\max_2nd}) \geq (\alpha_E \cdot \eta_{E_max})$ となったことから、防潮堤及び貯留堰に作用する持続波圧の評価として、最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) の水深係数 (α_E) 倍に相当する静水压分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力 (P_E) は評価せず、持続波最大浸水深を用いて持続波圧を評価する。



※1：基準津波の12波源に対して防波堤の損傷状態を考慮した18ケース及び防波堤の損傷状態ごとに流速が最大となる2ケース（計20ケース）

※2：地形変化の組合せを考慮したケースにおいても、 $3 \cdot \eta_{\max_2nd} \geq \alpha_E \cdot \eta_{E_max}$ となった。

第59図 持続波最大浸水深発生時刻における
フルード数 (Fr) 等の評価結果

(4) 持続波最大浸水深を用いた持続波圧の評価

【設工認審査ガイドにおける確認事項】

○フルード数 (Fr) が 1 以下の場合, 持続波圧の評価に当たり国交省の暫定指針を適用し, 持続波最大浸水深 ($\eta_{\max_2nd}$) の 3 倍の高さに相当する静水圧分布を用いて持続波圧を評価していること。

a. 算定式

国交省の暫定指針では, 防潮堤に作用する設計波圧は, 設計用浸水深を防潮堤がない場合の浸水深に基づき評価し, 設計用浸水深の 3 倍の高さに相当する静水圧分布により求めることとしている。

NRA 技術報告⁶⁾では, 防潮堤等に作用する持続波圧について, フルード数 (Fr) が 1 以下の範囲においては, 水深係数は国交省の暫定指針で採用している 3 を超えないことを確認している。

フルード数 (Fr) が 1 以下の場合, NRA 技術報告⁶⁾の知見に基づき, 防潮堤等の最下部に作用する圧力 (P_{2nd}) は式(5)から評価する。

$$P_{2nd} = 3 \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{\max_2nd} \quad (5)$$

P_{2nd}	: $\eta_{\max_2nd}$ の 3 倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部※に作用する圧力	[Pa]
$\eta_{\max_2nd}$	: 持続波最大浸水深	[m]
ρ	: 海水 (流体) 密度	[kg/m ³]
g	: 重力加速度	[m/s ²]

※前面の据付高さを基準高さ (防潮堤等の最下部の高さ) とする。

b. 算定式に用いるパラメータの設定

持続波最大浸水深を用いた持続波圧の算定式では、持続波最大浸水深 ($\eta_{\max_2nd}$) がパラメータとなることから、持続波圧の評価に用いる持続波最大浸水深を設定する。

(a) 防潮堤

設工認審査ガイド別添において、持続波圧の評価に用いる持続波最大浸水深は、「通過波の持続波領域における防潮堤等設置位置での最大浸水深」とあり、通過波の浸水深を用いることとされている。

入力津波の算定に用いる平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）では、防潮堤設置位置の通過波浸水深を算出できないものの、通過波浸水深よりも、防潮堤前面における「入力津波水深（入力津波高さ（T.P. 17.8m）－敷地標高（T.P. 5.0m））を 1/2 した値（6.4m）」の方が大きいことを確認したことから、持続波圧を保守的に評価するため、泊発電所においては、「入力津波水深の 1/2」を設計用浸水深 ($\eta_{\max}$) と設定する。

通過波浸水深及び「入力津波水深の 1/2 の値」の比較結果は参考資料 6 に示す。

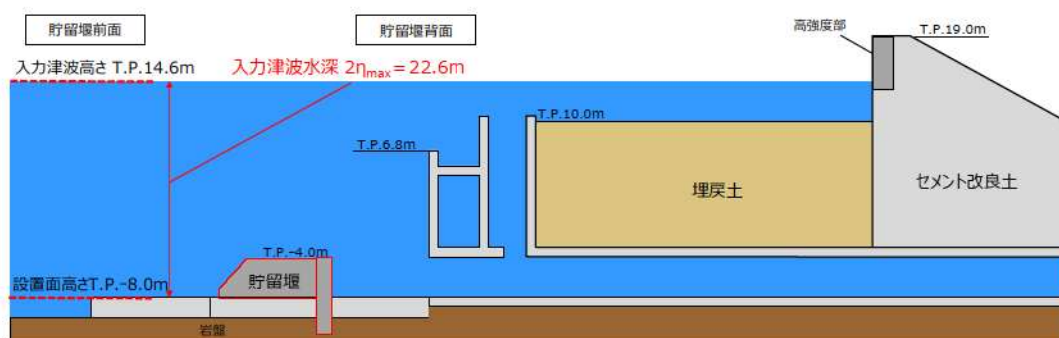


第 6 0 図 設計用浸水深 ($\eta_{\max}$) (防潮堤) (再掲)

(b) 貯留堰

貯留堰に作用する持続波圧の評価に用いる持続波最大浸水深は、砕波段波波圧及び波状段波波圧の評価に用いる浸水深と同様に、持続波圧を保守的に評価するため、平面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）により算定した3号炉取水口における「入力津波水深（入力津波高さ－貯留堰設置面高さ）×1/2の値（11.3m）」を設計用浸水深（ η_{max} ）と設定する。

持続波最大浸水深を「入力津波水深×1/2 の値」と設定することの妥当性及び保守性については、参考資料 6 で示す。

第6 1 図 設計用浸水深 ($\eta_{\max}$) (貯留堰) (再掲) ※

※貯留堰背面側の水位は設工認段階で設定する。

(5) 最大比エネルギー発生時刻における浸水深を用いた持続波圧の評価

【設工認審査ガイドにおける確認事項】(再掲)

○最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) の水深係数 (α_E) 倍に相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力 (P_E) を持続波圧として評価していること。その算出方法を式 (9) に示す。

さらに、式(5)で評価した持続波最大浸水深 (η_{max_2nd}) の3倍の高さと最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) の水深係数 (α_E) 倍の高さを比較し、値が大きくなる方を用いて持続波圧を設定していること。

$$P_E = \alpha_E \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{E_max} \quad (9)$$

P_E : 最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) の水深係数 (α_E) 倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部※に作用する圧力 [Pa]

※前面の据付高さを基準高さ(防潮堤等の最下部の高さ)とする。

η_{E_max} : 最大比エネルギー発生時刻における浸水深 [m]

ρ : 海水(流体)密度 [kg/m³]

g : 重力加速度 [m/s²]

a. 算定式

NRA 技術報告^{3),7)}では、フルード数 (Fr) が 1 を超える場合は、水深係数 3 を超える場合があることから、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) に応じて、以下の式により水深係数 (α_E) を評価することで、防潮堤等に作用する持続波圧を評価できるとしている。

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

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

NRA 技術報告^{3),7)}の知見に基づき、防潮堤等の最下部に作用する圧力 (P_E) を以下の算出式のとおり評価する。

$$P_E = \alpha_E \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{E_max}$$

P_E	: 最大比エネルギー発生時刻における浸水深 (η_{E_max}) の水深係数 (α_E) 倍の高さに相当する静水圧分布で防潮堤等の最下部に作用する圧力	[Pa]
η_{E_max}	: 最大比エネルギー発生時刻における浸水深	[m]
ρ	: 海水 (流体) 密度	[kg/m ³]
g	: 重力加速度	[m/s ²]

b. 算定式に用いるパラメータの設定

(1) ~ (3) 項において、防潮堤については、全てのケースにおいて、 $(3 \cdot \eta_{max_2nd}) \geq (\alpha_E \cdot \eta_{E_max})$ となることを確認し、また、貯留堰については、全てのケースで $Fr \leq 1$ となることを確認したため、最大比エネルギー発生時刻における浸水深のパラメータは設定しない。したがって、最大比エネルギー発生時刻における浸水深を用いた持続波圧は評価しない。

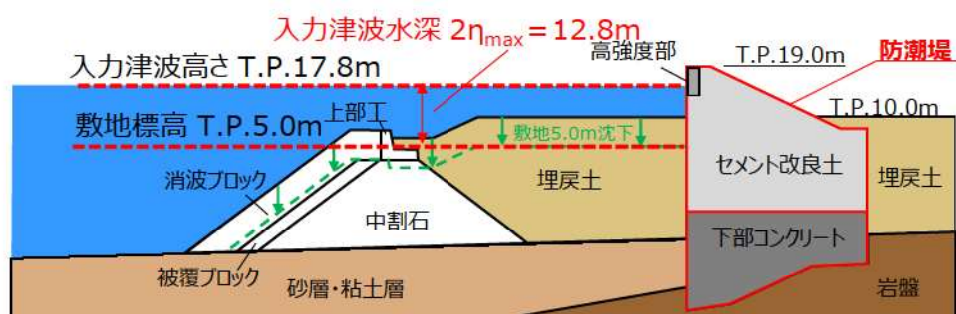
2.4 まとめ

2.2章及び2.3章の検討結果を第42表(1)及び(2)に示す。

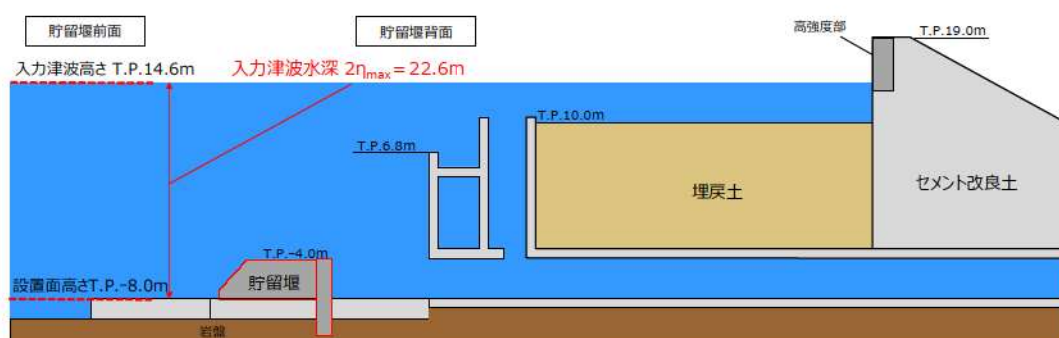
第42表(1)に示すとおり、段波波圧及び持続波圧の算定式は、いずれも津波高さに基づき津波波圧を評価する式となり、最大比エネルギー発生時刻における浸水深を用いた持続波圧を評価すべきケースはなかったことから、防潮堤及び貯留堰について、フルード数に係る入力津波は設定しないこととする。

そのため、津波波圧の評価に用いるパラメータは、想定し得る最大の値となるよう、第42表(2)に示す入力津波高さを用いることで保守的な値に設定する(別添1.6「設計又は評価に用いる入力津波」参照)。

以上より、設工認段階においては、第42表(1)に示す算定式及びパラメータを用いて、砕波段波波圧、波状段波波圧及び持続波圧を評価した上で、保守的な津波波圧を設定する。



第62図 設計用浸水深 (η_{max}) (防潮堤)



第63図 設計用浸水深 (η_{max}) (貯留堰) ※

※貯留堰背面側の水位は設工認段階で設定する。

第42表(1) 津波波圧の算定式及び設定パラメーター一覧

目次	2.2 段階波圧		2.3 持続波圧
	(2) 碎波段階波圧	(3) 波状段階波圧※2	(4) 持続波最大浸水深を用いた持続波圧 (5) 最大比エネルギー発生時刻における浸水深を用いた持続波圧
津波波圧の算定式※1	$P_{1st} = 3 \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{max_1st}$	$P_{1st'} = 1.8\alpha \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{max_1st'}$	$P_{2nd} = \alpha \cdot \rho \cdot g \cdot \eta_{max_2nd}$ 該当ケースなし
津波波圧の評価に用いるパラメータ	η_{max} (設計用浸水深 ($\eta_{max_1st} = \eta_{max_1st'}$, η_{max_2nd}))		
	入力津波高さ(防潮堤前面最高水位)※3		
パラメータの設定根拠	防潮堤	入力津波高さ(3号炉取水口最高水位)※3	
	貯留堰		
パラメータの設定値	防潮堤	6.4m	
	貯留堰	11.3m	

α : 水深係数(=3), ρ : 海水密度, g : 重力加速度, P_{1s} : 碎波段階波圧, $P_{1st'}$: 波状段階波圧, P_{2nd} : 持続波圧

※1 : 代表として, 構造物最下部の作用波圧を例示 ※2 : 構造物上方の作用波圧は $P_{1st'} = \rho \cdot g(\alpha \cdot \eta_{max_1st'} - z)$ を用いて評価する。(5条-別添1-添付22-48参照)

※3 : 第42表(2)参照

第42表(2) 津波波圧の評価に用いるパラメータの設定根拠となる入力津波高さ (水位上昇側)

評価因子	設定位置	波源	地形変化		潮位変動			地震による地殻変動(m)	設定位置における評価値(T.P. m)
			北防波堤	南防波堤	地形変化	朔望平均潮位(m)	潮位のばらつき(m)	観測位置の潮位差(m)	
最高水位	防潮堤前面	基準津波 E	健全	損傷	敷地地盤(陸域)5.0m 沈下	0.26	0.14	0.01	17.8
	3号炉取水口	基準津波 F	損傷	損傷	敷地地盤(陸域)5.0m 沈下 + 敷地前面海底地盤(海域)2.0m 沈下 + 土捨場(将来地形を反映した地形の崩壊)				沈降0.40を考慮
		基準津波 B	損傷	健全					14.6

3. 設工認段階における津波波圧の設定方針

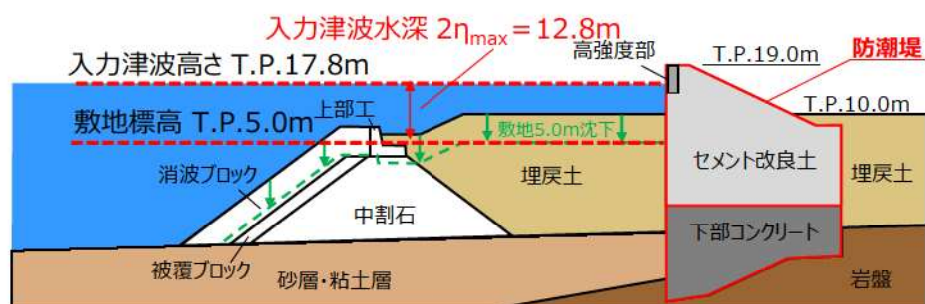
(1) 設計波圧の設定及び設計波圧の妥当性確認

設工認段階において、第42表(1)に示す津波波圧の算定式及び設定したパラメータを用い、各波圧を評価した上で、保守的な津波波圧を設計波圧として設定する。

また、防潮堤及び貯留堰の設計波圧の妥当性を確認するため、断面二次元津波シミュレーション(防潮堤あり)を実施し、断面二次元津波シミュレーションにより得られた津波波圧が設計波圧に包絡されることを確認する。

防潮堤の設計波圧については、第64図に示すとおり、以下の条件を用いて設定する。

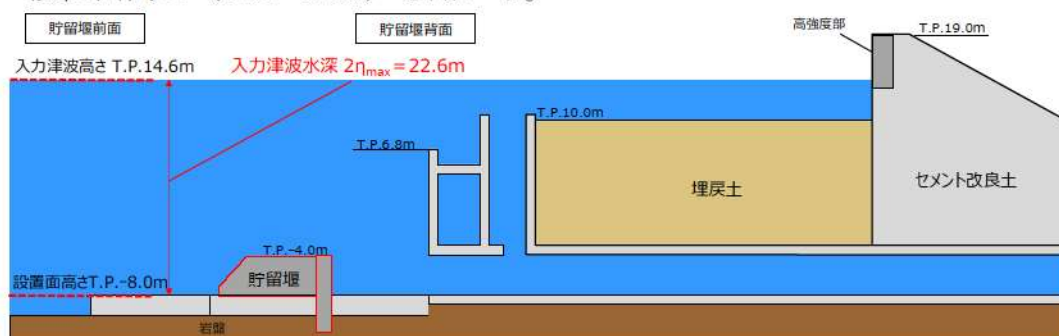
- ・入力津波高さ(T.P. 17.8m)を用いる。
- ・敷地標高(T.P. 5.0m)を用いる(敷地地盤(陸域)5.0m沈下を考慮)。



第64図 防潮堤の設計波圧の設定条件

また、貯留堰の設計波圧については、第65図に示すとおり、以下の条件を用いて設定する。

- ・入力津波高さ(T.P. 14.6m)を用いる。
- ・設置面高さ(T.P. -8.0m)を用いる。



第65図 貯留堰の設計波圧の設定条件*

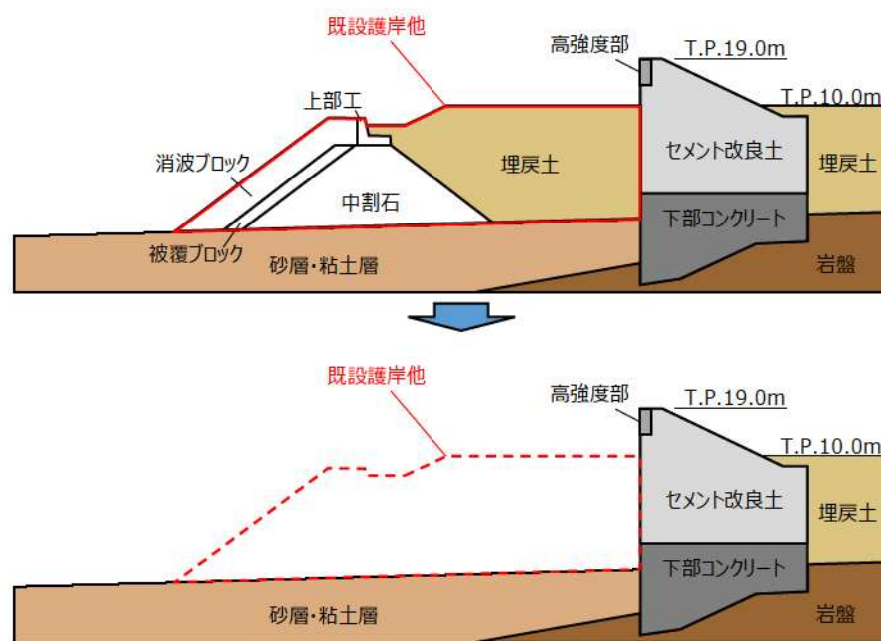
※貯留堰背面側の水位は設工認段階で設定する。

(2) 既設護岸他の損傷の影響評価

防潮堤の構造成立性評価においては、既設護岸他は、地震による変状の可能性があることから、役割を期待しておらず、既設護岸をモデル化していない。

一方、設置変更許可段階で実施する「砕波段波及び波状段波の発生の有無の確認」、「持続波圧の評価に用いる通過波のフルード数等の算出」及び「段波波圧及び持続波圧の評価に用いる浸水深の算出」（第1表及び第2表参照）で用いる平面二次元津波シミュレーション及び断面二次元津波シミュレーションにおいては、入力津波（津波高さ）の検討条件と合わせるため、既設護岸他をモデル化している。

そのため、設工認段階では、既設護岸他の形状が変化した場合において防潮堤に作用する津波波圧を断面二次元津波シミュレーション（防潮堤あり）により確認し、設計波圧に包絡されることを確認する。



第66図 既設護岸他の形状が変化した場合のイメージ図

(3) 海水に浮遊砂が混入した場合の津波波圧への影響評価

地震の揺れに伴う海底地盤の液状化により、底質の粒子間における過剰間隙水圧が上昇し、有効応力が減少するため、底質が移動もしくは巻き上がりやすい状態となる。

津波が液状化した敷地前面の海底土砂を巻き上げて襲来する可能性を考慮し、海水密度が上昇した場合の津波波圧への影響を評価する。（参考資料7参照）