

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-027-08 改 03
提出年月日	2022年10月20日

浸水防護施設の耐震性に関する説明書の補足説明資料

2022年10月

中国電力株式会社

補足説明資料目次

今回提出範囲：

1. 浸水防護施設の設計における考慮事項
 - 1.1 津波と地震の組合せで考慮する荷重
 - 1.2 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定
 - 1.3 津波防護に関する施設の機能設計・構造強度設計に係る許容限界
 - 1.4 津波防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び漂流物衝突荷重の組合せ
 - 1.5 浸水防護施設の評価における漂流物衝突荷重、風荷重及び積雪荷重の設定
 - 1.6 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性
 - 1.7 浸水防護施設のアンカーボルトの設計
 - 1.8 津波防護施設の設計における評価対象断面の選定
 - 1.9 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況
 - 1.10 耐震及び耐津波設計における許容限界
 - 1.11 強度計算に用いた規格・基準類の適用性
 - 1.12 津波に対する止水性能を有する施設の評価

2. 津波防護対象設備
 - 2.1 防波壁に関する補足説明
 - 2.2 防波壁通路防波扉に関する補足説明
 - 2.3 1号機取水槽流路縮小工に関する補足説明
 - 2.4 浸水防止設備に関する補足説明
 - 2.5 津波監視設備に関する補足説明
 - 2.6 漂流防止装置に関する補足説明
 - 2.7 強度評価における鉛直方向荷重の考え方
 - 2.8 津波の流入防止に係る津波バウンダリとなる設備の評価

1.5 浸水防護施設の評価における漂流物衝突荷重、風荷重及び積雪荷重の設定

1.5.1 漂流物衝突荷重

漂流物衝突荷重は、「補足 018-02 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料」のうち「4.5 漂流物による漂流物衝突荷重」において、浸水防護施設の機能に対する影響評価により選定された漂流物として船舶(総トン数 19 トン)を想定し、表 1.5.1-1 に示す津波の流速を用いて、「衝突解析」の結果に基づき設定する。「衝突解析」における衝突状況を図 1.5.1-1 に示す。

表 1.5.1-1 浸水防護施設の設計に用いる津波のパラメータ

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

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

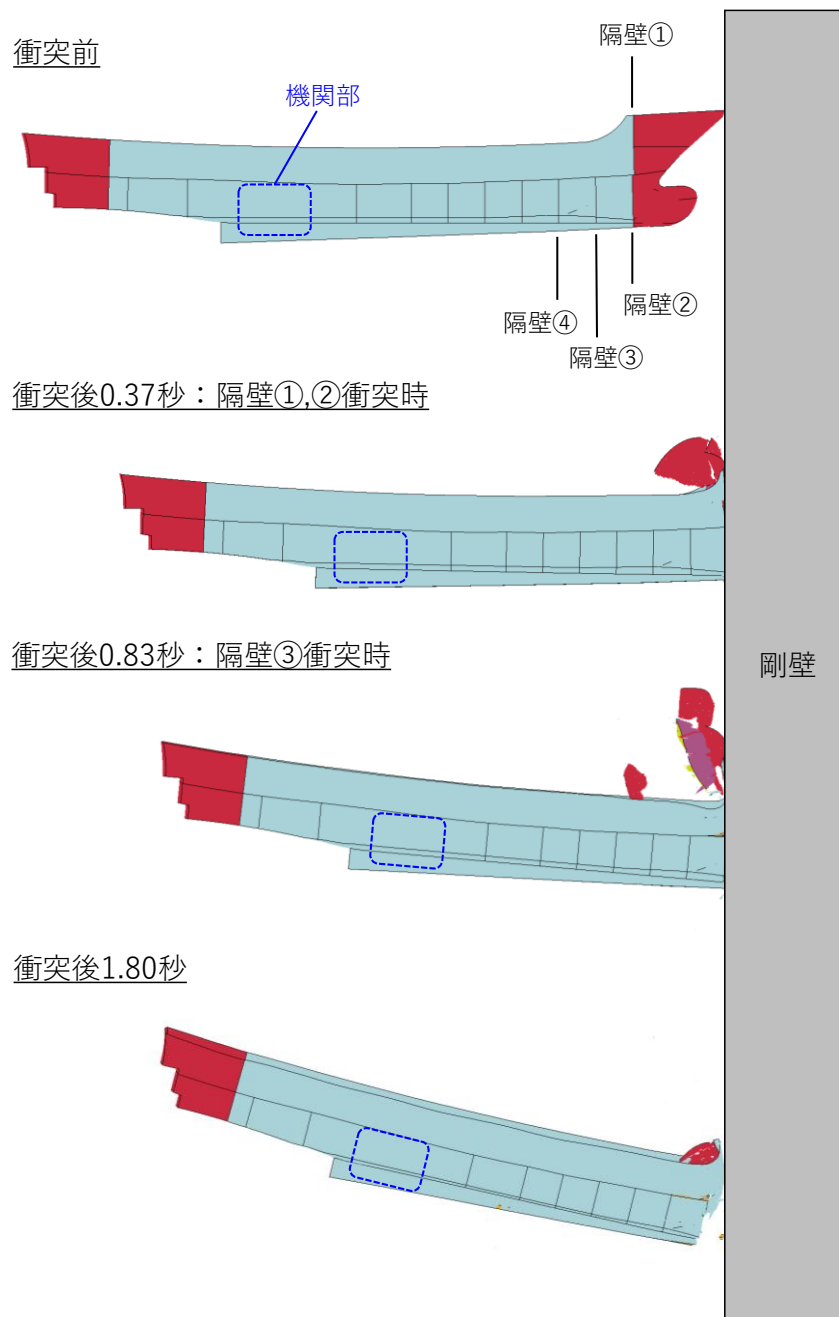
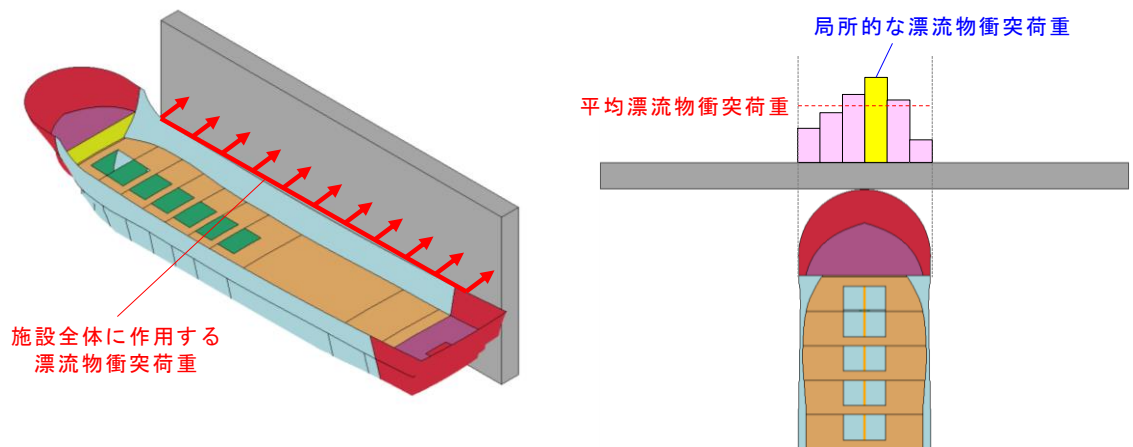


図 1.5.1-1 「衝突解析」における衝突状況
(例：船首衝突)

漂流物衝突荷重として、「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」及び「局所的な漂流物衝突荷重」を設定する（図 1.5.1-2）。

「施設全体に作用する漂流物衝突荷重」は、評価対象構造物の延長に応じて、表 1.5.1-2 に示す設計用漂流物衝突荷重を設定する。また、「局所的な漂流物衝突荷重」の設計用漂流物衝突荷重は、1,200kN を設定する。



(施設全体に作用する漂流物衝突荷重)

(局所的な漂流物衝突荷重)

図 1.5.1-2 設計用漂流物衝突荷重のイメージ図

表 1.5.1-2 評価対象構造物に対する設計用漂流物衝突荷重

(施設全体に作用する漂流物衝突荷重)

評価対象構造物の延長	m	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
衝突解析から算定される漂流物衝突荷重	kN	1,107	2,159	2,654	3,049	3,072	3,078	3,085	3,448	3,859	4,271	4,631	5,082
衝突解析から算定される漂流物衝突荷重を評価対象構造物の延長で除した値	kN/m	1,107	1,080	885	762	614	513	441	431	429	427	421	424
設計用平均漂流物衝突荷重 (設計用平均漂流物衝突荷重×評価対象構造物の延長)	kN/m (kN)	1,200 (1,200)	1,100 (2,200)	890 (2,670)	770 (3,080)	620 (3,100)	520 (3,120)	450 (3,150)	440 (3,520)	430 (3,870)	430 (4,300)	430 (4,730)	430 (5,160)

評価対象構造物の延長	m	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
衝突解析から算定される漂流物衝突荷重	kN	5,529	5,816	6,263	6,544	6,776	6,921	7,013	7,045	7,263	7,355	7,387	7,395
衝突解析から算定される漂流物衝突荷重を評価対象構造物の延長で除した値	kN/m	425	415	418	409	399	385	369	352	346	334	321	308
設計用平均漂流物衝突荷重 (設計用平均漂流物衝突荷重×評価対象構造物の延長)	kN/m (kN)	430 (5,590)	420 (5,880)	420 (6,300)	410 (6,560)	400 (6,800)	390 (7,020)	370 (7,030)	360 (7,200)	350 (7,350)	340 (7,480)	330 (7,590)	310 (7,440)

1.5.2 風荷重

(1) 建築基準法に基づく設定

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

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

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

P_k : 風荷重 (kN)

C_f : 風力係数

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

C_{pe} : 外圧係数

C_{pi} : 内圧係数

A_k : 受風面積 (m²)

q : 速度圧 (kN/m²)

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

V_0 : 設計基準風速 (m/s)

E : 速度圧の高さ方向の分布を表わす係数

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

G_f : ガスト影響係数

E_r : 平均風速の高さ方向の分布を表わす係数

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

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

H : 建築物の高さ

α : 地表面粗度区分による係数

Z_b : 地表面粗度区分による係数

Z_G : 地表面粗度区分による係数

表 1.5.2-1 防波壁の風荷重設定における入力値について* (1/3)

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

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

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

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

注記*：防波壁前面又は背面の敷地高 EL 6.5m における風荷重を示す。

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

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

注記*：防波壁前面又は背面の敷地高 EL 8.5m における風荷重を示す。

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

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

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

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

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

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

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

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

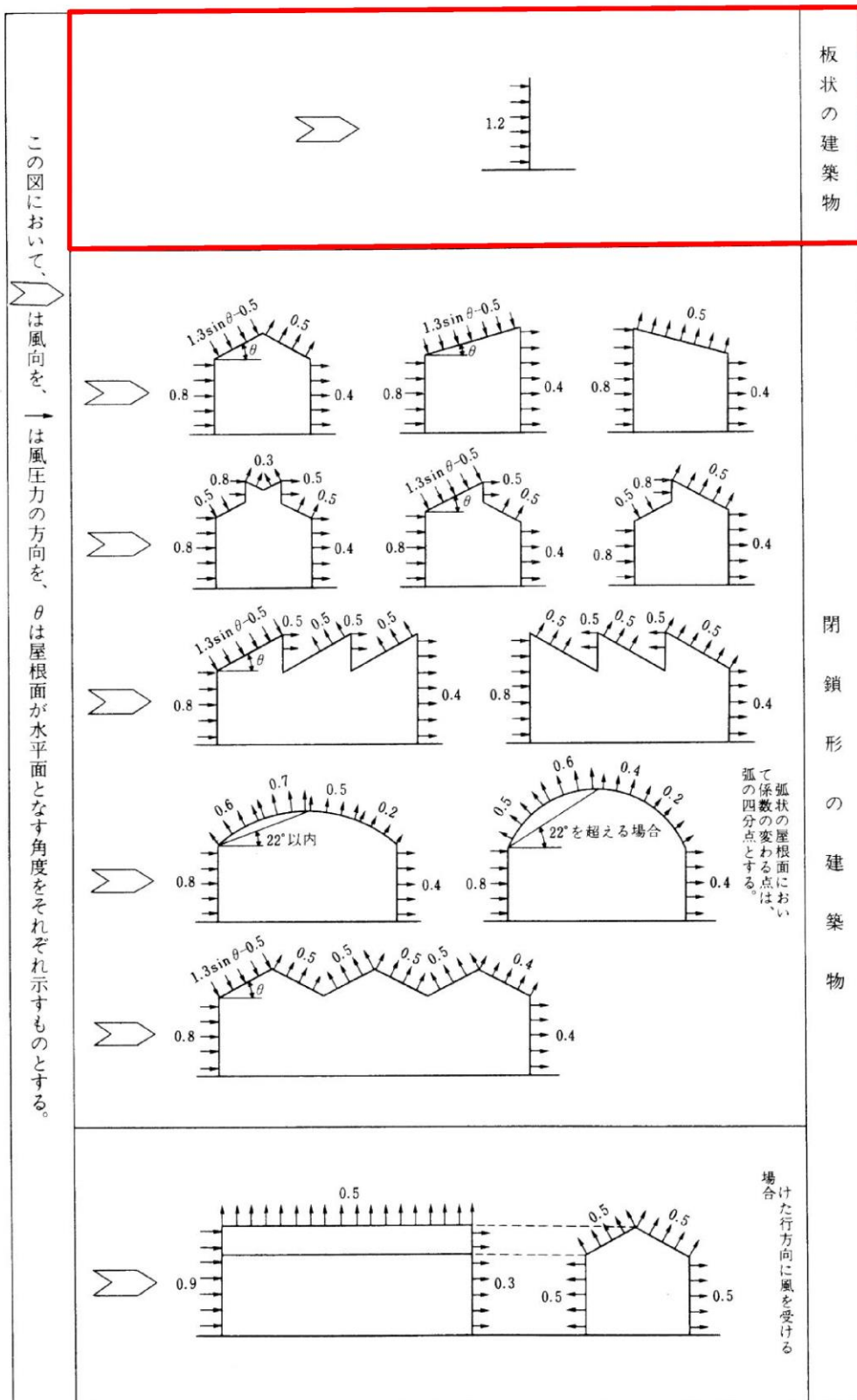


図 1.5.2-1 建築物の構造規定 —建築基準法施行令第3章の解説と運用—，
 (日本建築センター，1997年版) に示される風力係数

表 1.5.2-5 津波監視カメラの風荷重設定における入力値について

入力項目	入力値	根拠	出典
設計基準風速 V_0 (m/s)			
ガスト影響係数 G_f			
建築物の高さ H (m)			
地表面の粗度区分 による係数 α			
地表面の粗度区分 による係数 Z_b			
地表面の粗度区分 による係数 Z_G		追而	
平均風速の高さ方向 の分布を表す係数 E_r			
速度圧の高さ方向の 分布を表す係数 E			
速度圧 q (kN/m ²)			
風力係数 C_f			

1.5.3 積雪荷重

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

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

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

P_s : 積雪荷重 (N)

W_s : 積雪の単位荷重 (N/cm/m²)

d_s : 設計基準積雪量 (cm)

A_s : 水平投影面積 (m²)

表 1.5.3-1 積雪荷重の入力値

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

1.6 津波波圧の算定に用いた規格・基準類の適用性

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

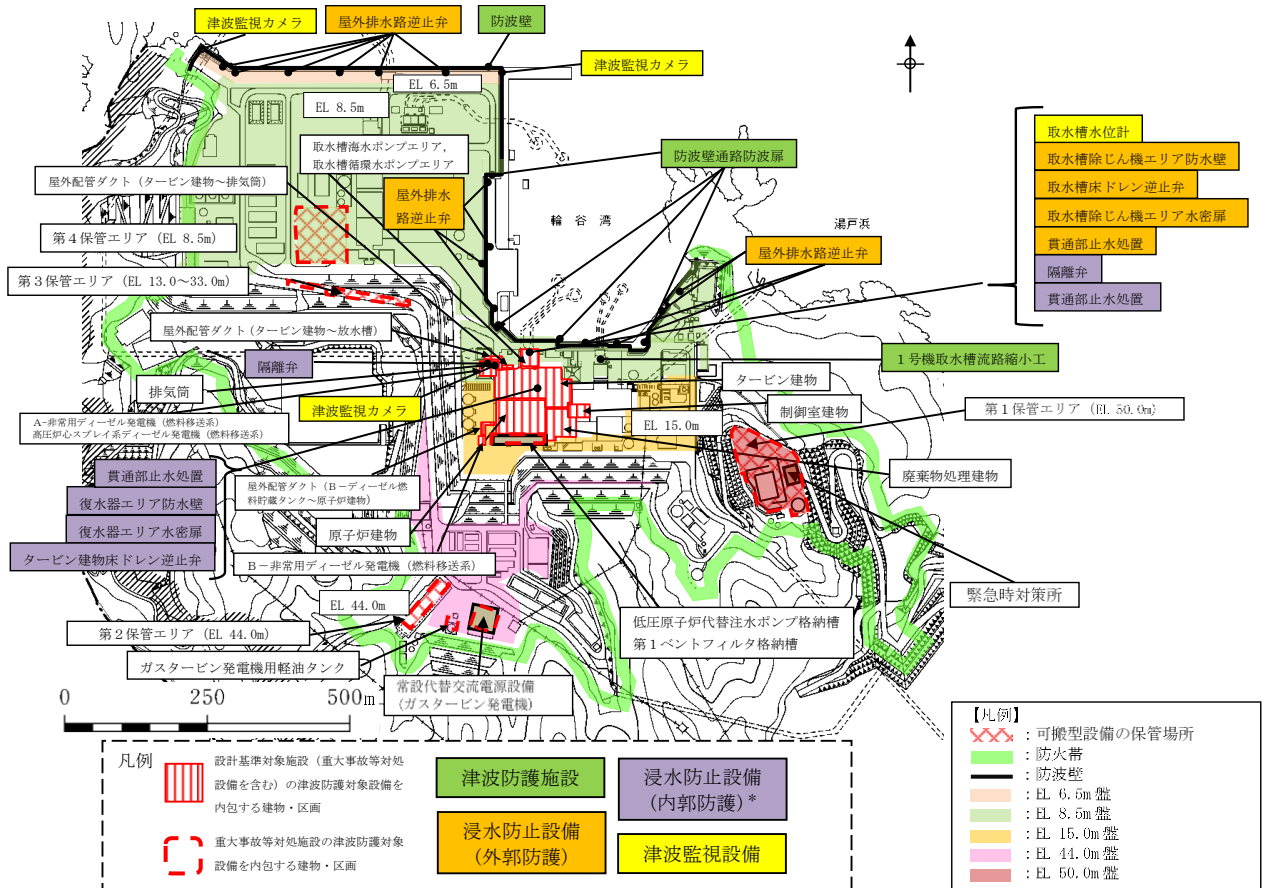
算定式を適用するに当たっては、発電所における遡上津波の特徴を把握する必要があることから、基準津波を対象とした水理模型実験及び数値流体解析（平面二次元、断面二次元、及び三次元津波シミュレーション）を行った。検討に当たって、津波波圧評価における不確かさとして、防波壁周辺の地形形状の影響、津波高さの影響及び津波周期の影響を考慮した。評価対象施設の平面位置を図 1.6-1 に、津波波圧の適用算定式選定フローを図 1.6-2 に、津波波圧の適用算定式の選定結果を表 1.6-1 に示す。

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

* 2：防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）

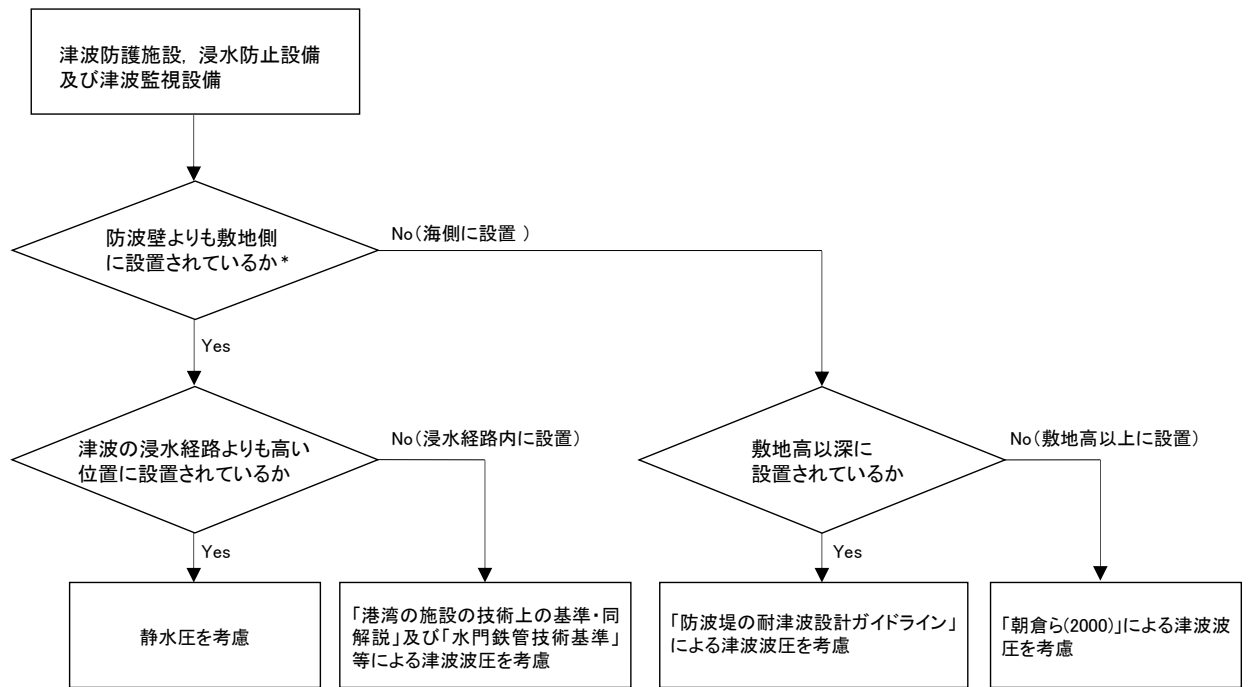
* 3：港湾の施設の技術上の基準・同解説（2007 年版 日本港湾協会）

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



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

図 1.6-1 評価対象施設の平面位置



注記* : 防波壁及び防波壁通路防波扉は海側に設置されている構造物に含む

図 1.6-2 津波波圧の適用算定式選定フロー

表 1.6-1 津波波圧の適用算定式の選定結果

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

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

1.6.1 津波荷重の算定式

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

(1) 津波波圧算定式に関する文献の記載

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

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

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

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

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

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

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

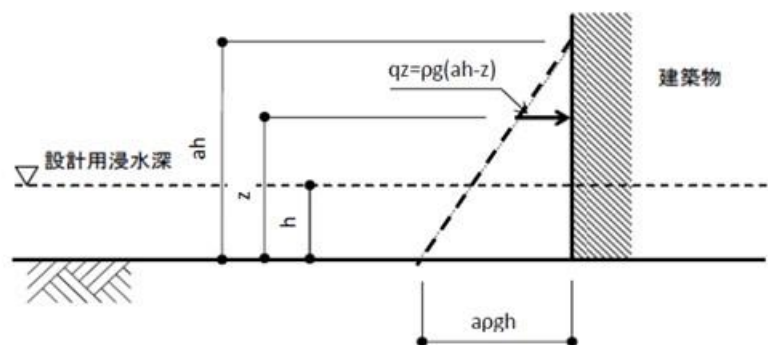
q_z : 構造設計用の進行方向の津波波圧 (kN/m²)

ρg : 海水の単位体積重量 (kN/m³)

h : 設計用浸水深 (m)

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

a : 水深係数 (3 とする)



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

図 1.6.1-1 津波波圧算定図

c. 港湾の津波避難施設的设计ガイドライン (平成 25 年 10 月)

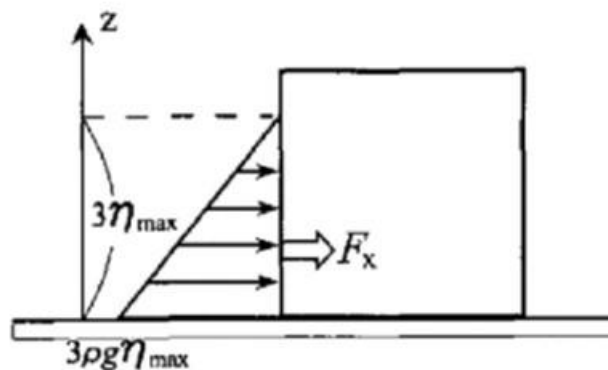
文献 b. に基づく。ただし、津波が生じる方向に施設や他の建築物がある場合や、海岸等から 500m 以上離れている場合において、水深係数は 3 以下にできるとしている。

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

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

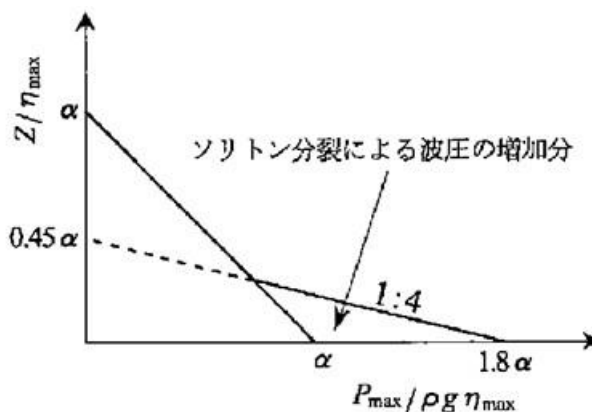
その結果、非分裂波の場合、フルード数が 1.5 以上では構造物前面に作用する津波波圧分布を規定する水平波圧指標 (遡上水深に相当する静水压分布の倍率) α は最大で 3.0 となることが示されている。

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



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

図 1.6.1-2 非分裂波における津波最大波圧分布

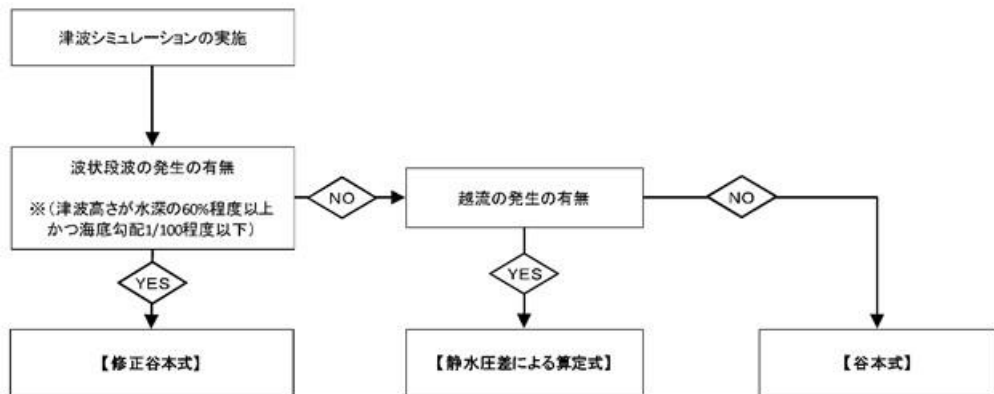


「朝倉ら (2000) : 護岸を越流した津波による波圧に関する実験的研究, 海岸工学論文集, 第 47 卷, 土木学会」より

図 1.6.1-3 分裂波における無次元最大波圧分布

e. 防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）

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

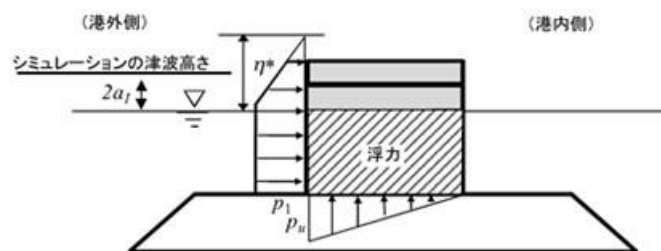


「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）」より

図 1.6.1-4 防波堤に対する津波荷重算定手順

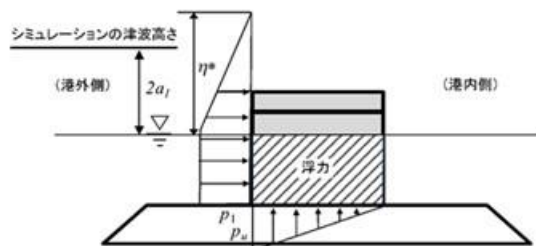
谷本式

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



修正谷本式

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



「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成 27 年 12 月一部改訂）」より

図 1.6.1-5 谷本式及び修正谷本式による算定式

f. 港湾の施設の技術上の基準・同解説 2007 年版（日本港湾協会）

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

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

F_D : 物体に作用する流れの方向の抗力 (kN)

C_D : 抗力係数

ρ_0 : 水の密度 (t/m³)

A : 流れの方向の物体の投影面積 (m²)

U : 流速 (m/s)

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

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

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

P : 管内水の摩擦による推力 (kN)

f : 管内水の摩擦抵抗係数 (kN/m³)

L : 管の長さ (m)

Q : 管内流量 (m³/s)

D : 管の内径 (m)

g : 重力加速度 (m/s²)

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

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

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

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

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

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

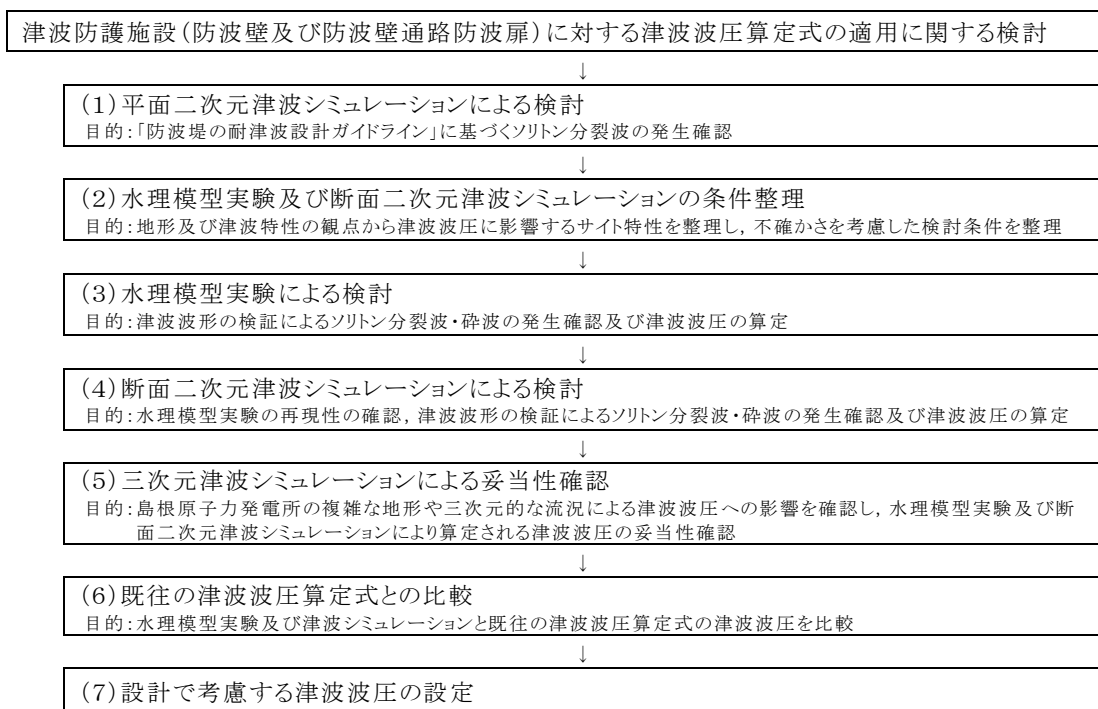


図 1.6.2-1 検討フロー

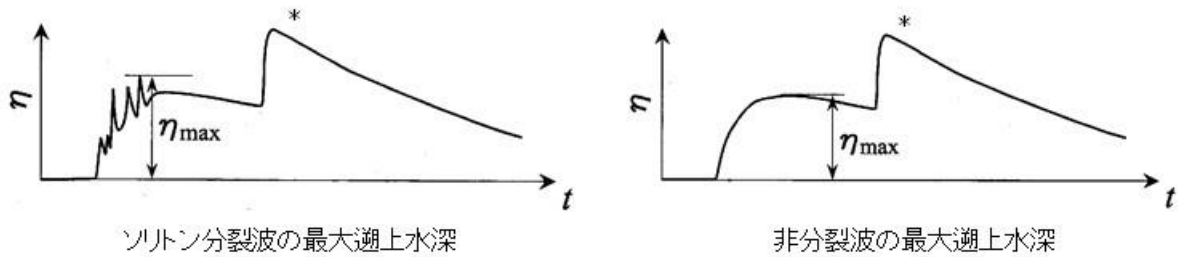
表 1.6.2-1 検討項目及び検討内容

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

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

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

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

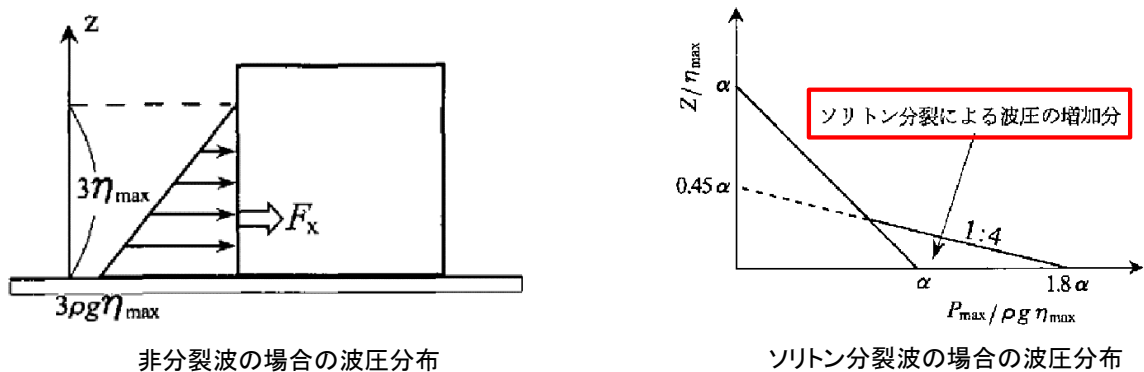


注記* : η_{\max} 後の水位の上昇は反射波を示す。

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

図 1.6.2-2 ソリトン分裂波及び非分裂波の最大遡上水深の比較

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



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

図 1.6.2-3 非分裂波及びソリトン分裂波の波圧分布

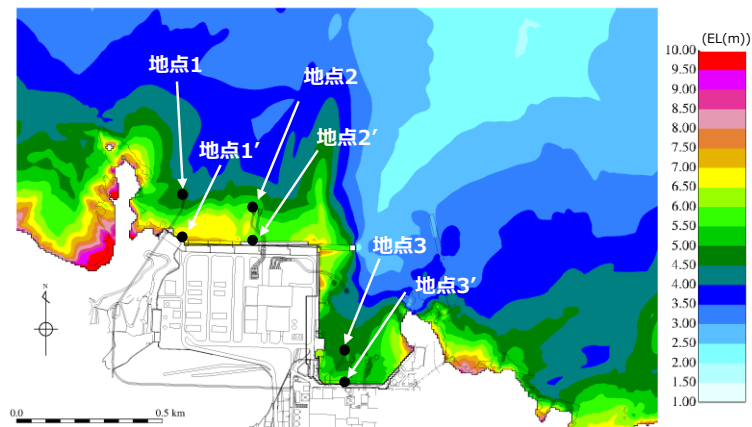
(1) 平面二次元津波シミュレーションによる検討

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

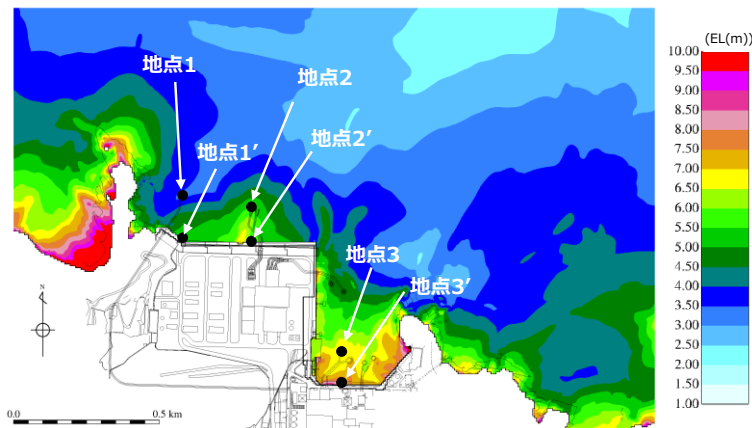
条件①：おおむね入射津波高さが水深の30%以上（津波数値解析等による津波高さが水深の60%以上）

条件②：海底勾配が1/100以下程度の遠浅

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



【基準津波による最高水位分布(基準津波1:防波堤有)】



【基準津波による最高水位分布(基準津波1:防波堤無)】

図1.6.2-4 基準津波による最高水位分布

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

表 1.6.2-3 水深と津波高さの整理結果

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

注記*1：地点 1'~3'地点 1~3 の南方向における護岸前面位置

*2：平面二次元津波シミュレーションによる津波高さを保守的に評価した値

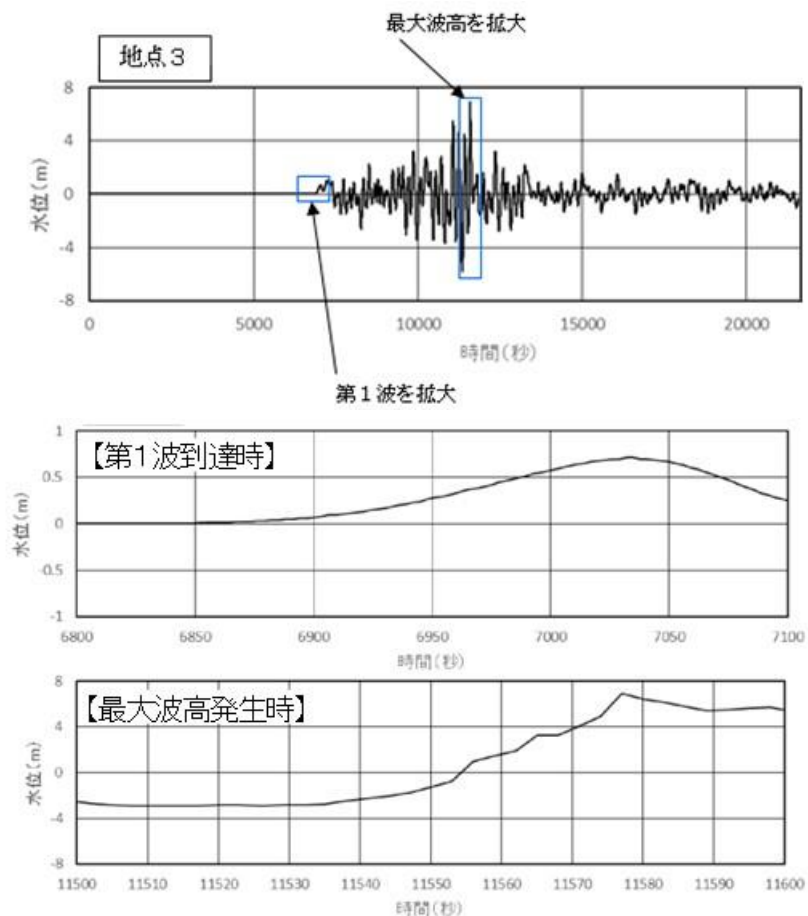


図 1.6.2-5 津波高さの時刻歴波形（地点 3，基準津波 1：防波堤無）

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

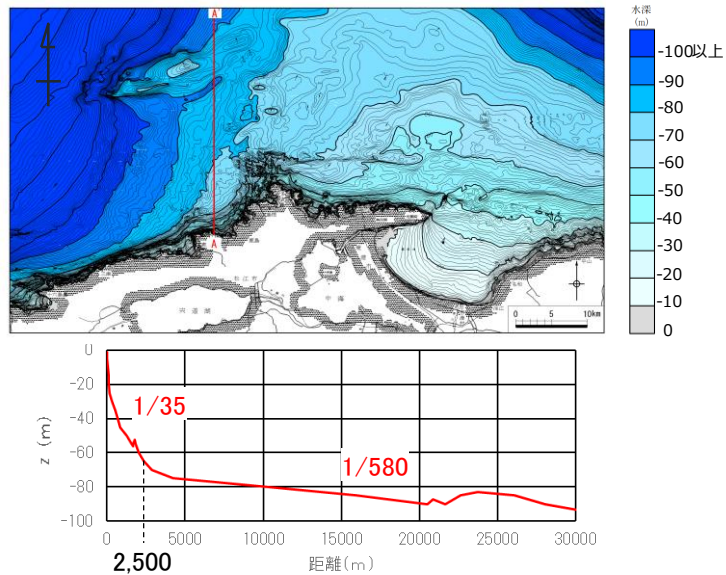


図 1.6.2-6 海底地形断面図

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

(2) 水理模型実験及び断面二次元津波シミュレーションの条件整理

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

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

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

表 1.6.2-4 基準津波（水位上昇側）における津波高さとして流速

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

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

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

表 1.6.2-5 津波波圧に影響する不確かさの考慮内容及び検討ケース一覧

不確かさの考慮内容一覧 (3号機)

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

検討ケース一覧 (3号機)

検討ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁	水理模型 実験	断面二次元津波 シミュレーション
①	基準津波1	基準津波1	有	有	有	○	○
②			無	有	有	○	—
③	波圧検討用津波 (1.5m津波)		有	有	有	○	○
④*			有	有	無	○	—
⑤*			有	無	無	○	—
⑥			基準津波1 の半周期	有	有	有	○

不確かさの考慮内容一覧 (1, 2号機)

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

検討ケース一覧 (1, 2号機)

検討ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁	水理模型 実験	断面二次元津波 シミュレーション
⑦	基準津波1	基準津波1	無	有	有	○	○
⑧	波圧検討用津波 (1.5m津波)		無	有	有	○	○
⑨*			無	有	無	○	—
⑩*			無	無	無	○	—
⑪			基準津波1 の半周期	無	有	有	○

注記* : 通過波計測ケース

(3) 水理模型実験による検討

a. 検討概要

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

b. 入射津波の造波

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

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

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

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

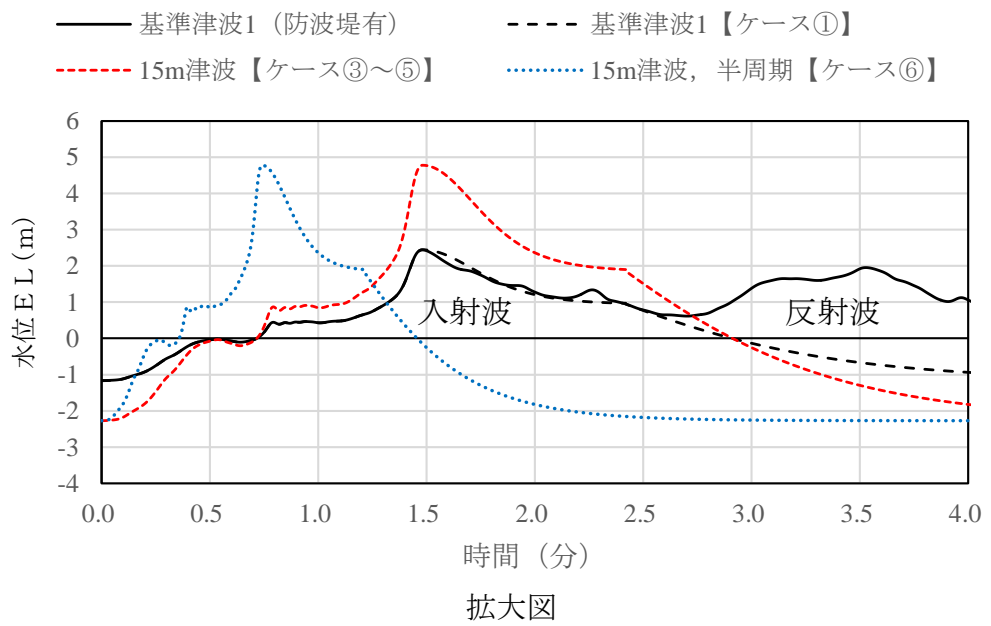
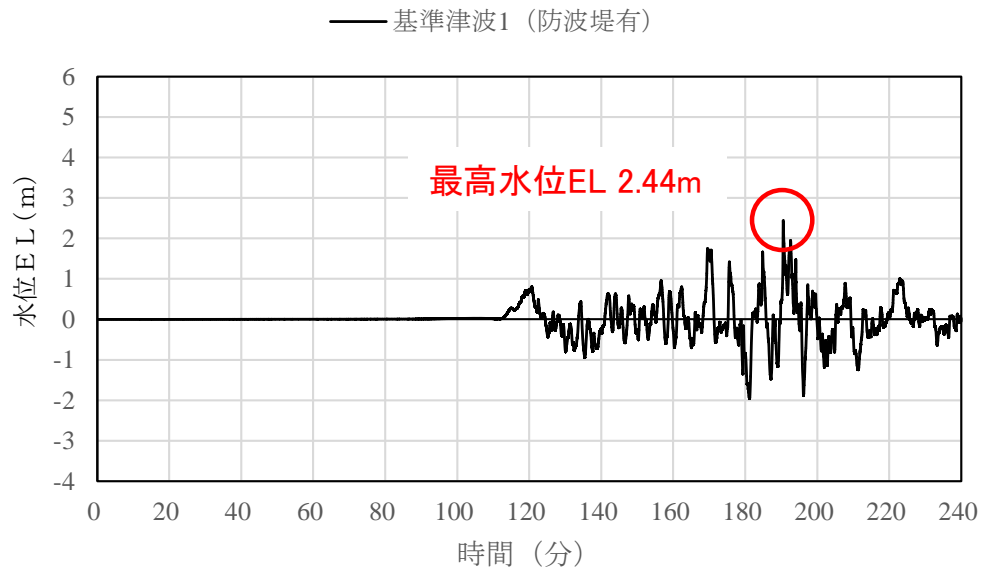


図 1.6.2-7 入射津波の造波波形図 (防波堤有)

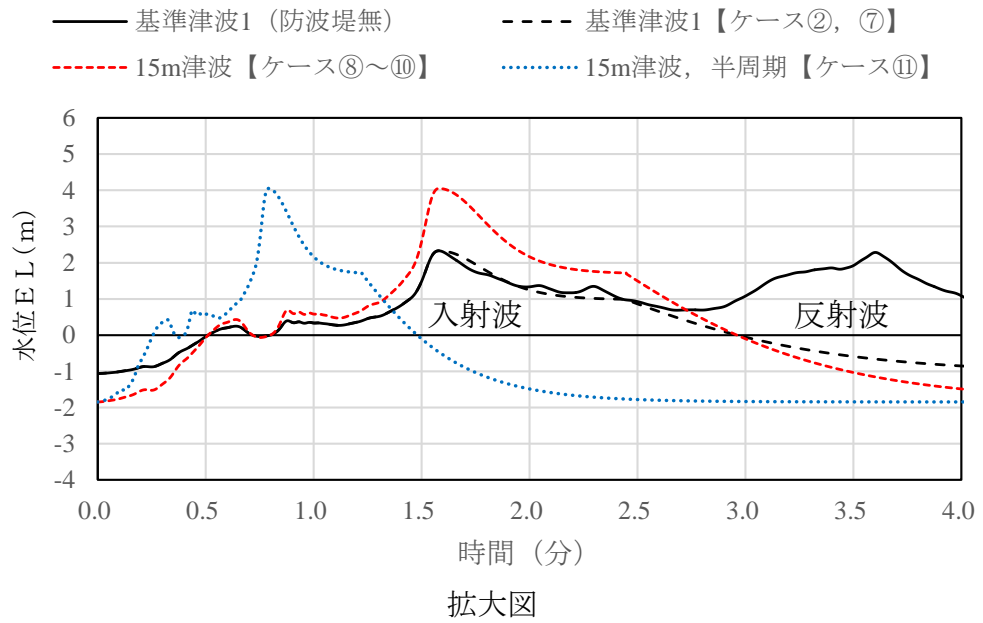
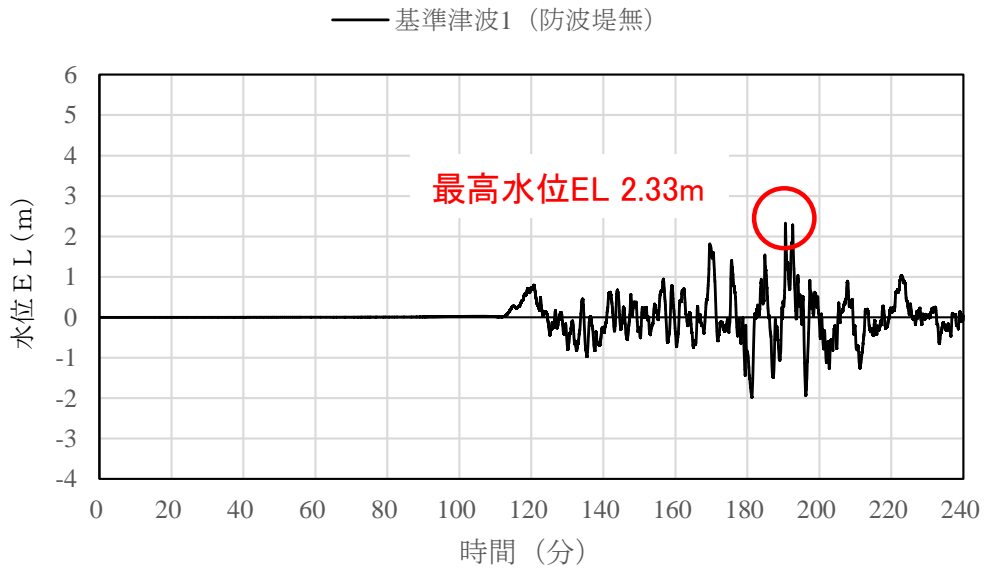
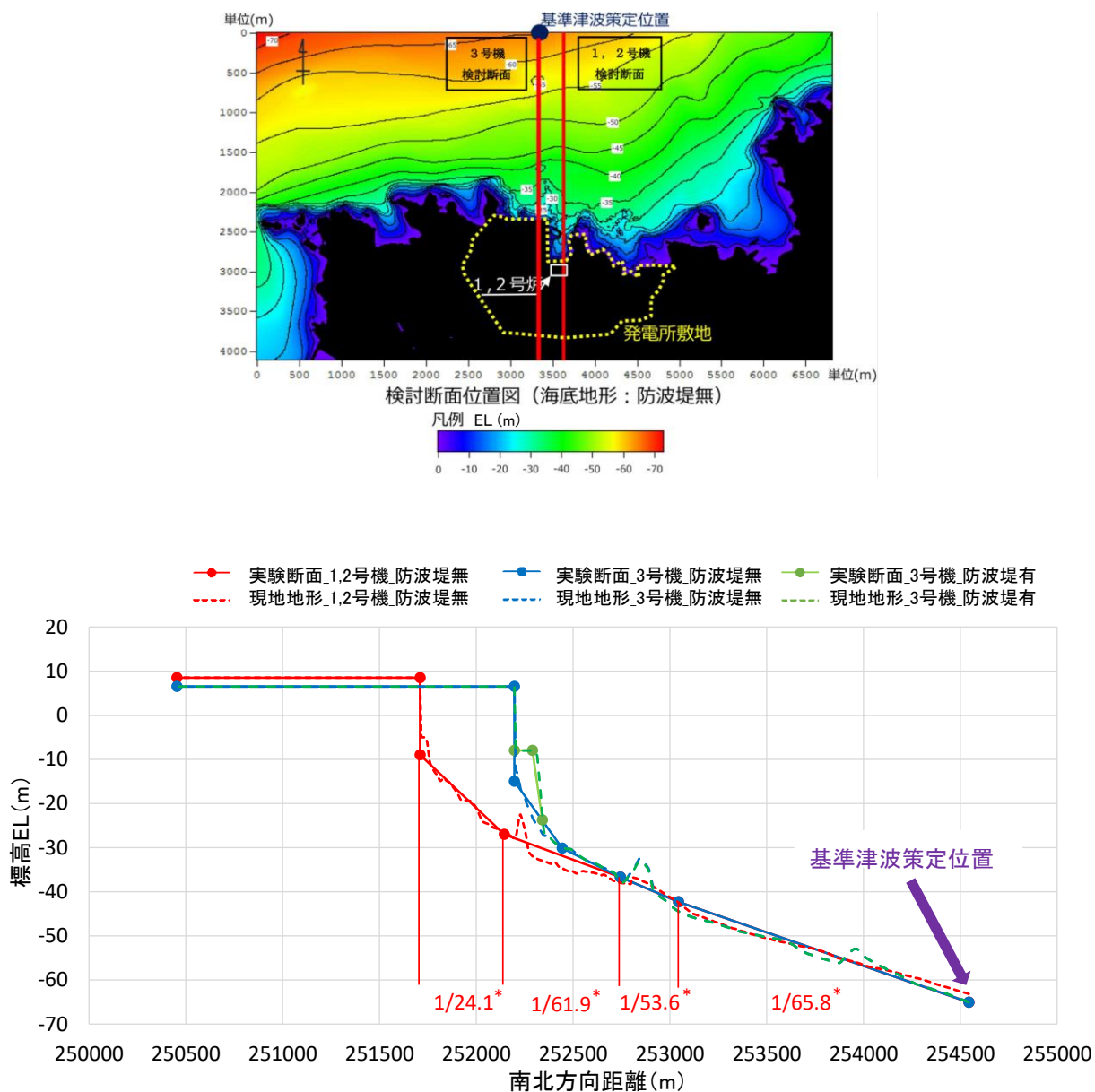


図 1.6.2-8 入射津波の造波波形図 (防波堤無)

c. 検討断面

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



注記* : 海底地形勾配を示す。

図 1.6.2-9 検討断面位置及び検討断面

d. 実験条件

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

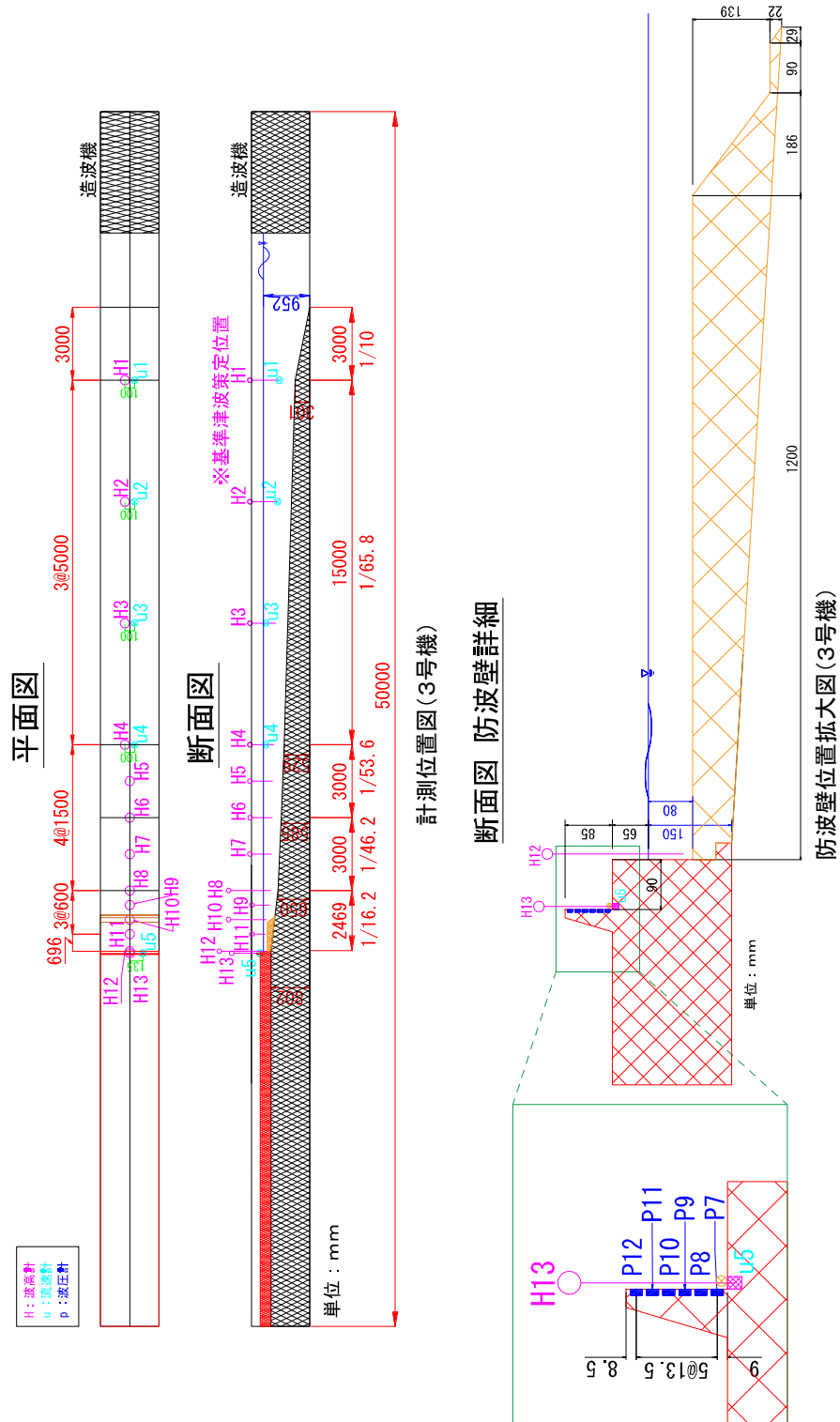


図 1.6.2-10 3号機の実験施設水路の概要

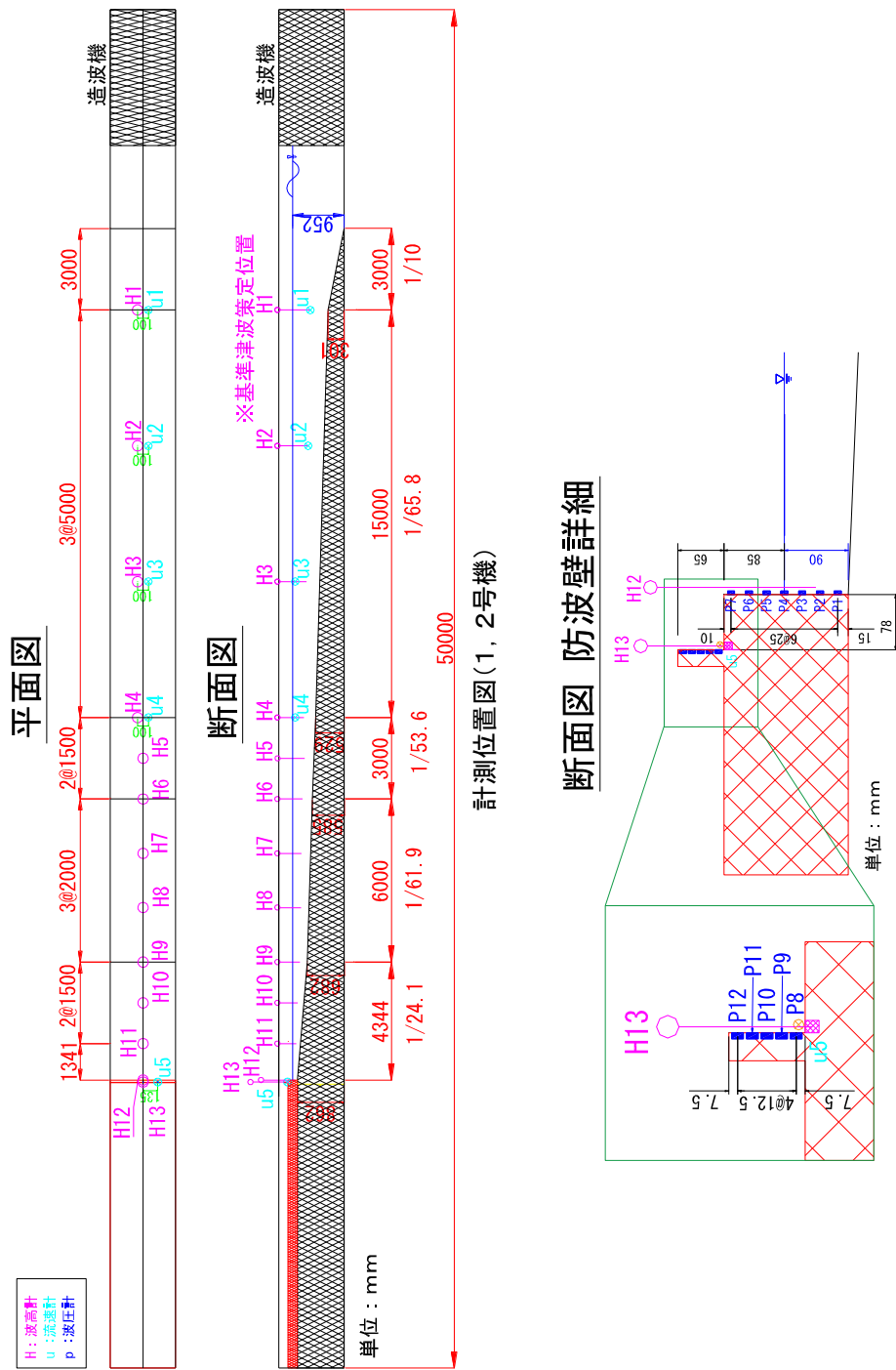


図 1.6.2-11 1, 2号機の実験施設水路の概要

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



図 1.6.2-12 水理模型実験装置

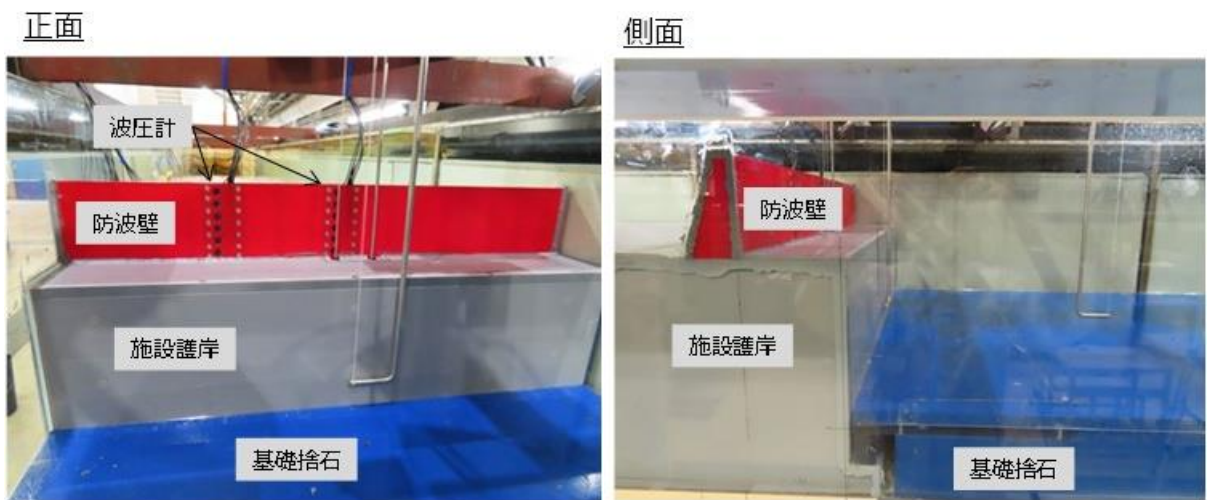


図 1.6.2-13 3号機の実験模型

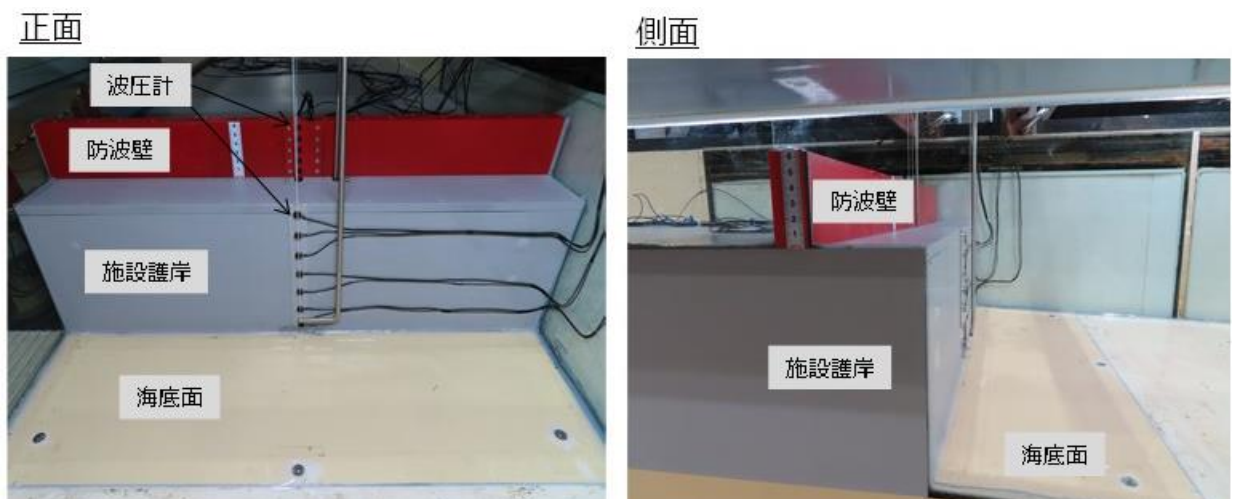


図 1.6.2-14 1, 2号機の実験模型

e. 水理模型実験による結果

(a) 水理模型実験におけるソリトン分裂波及び砕波の確認

(イ) ケース① (3号機)

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

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

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

注記*: 通過波計測ケース

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

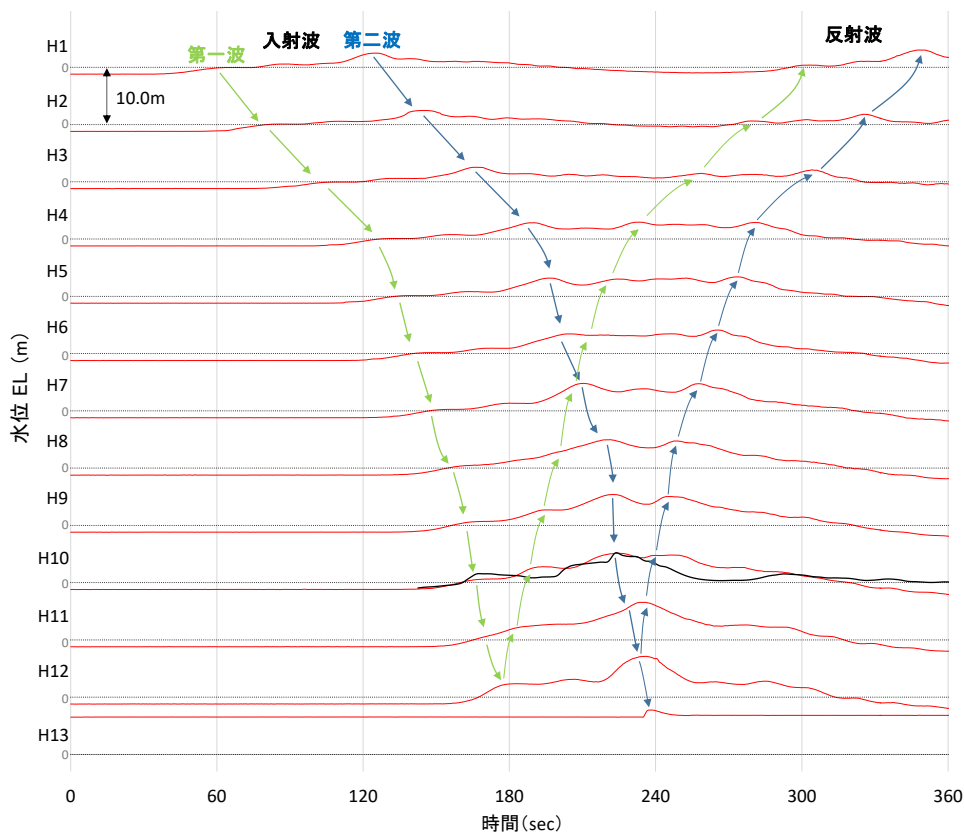


図 1.6.2-15 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース①)

(ロ) ケース② (3号機)

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

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

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	波圧 検討用津波 (15m津波)		有	無	無
ケース⑥			基準津波1 の半周期	有	有

注記*: 通過波計測ケース

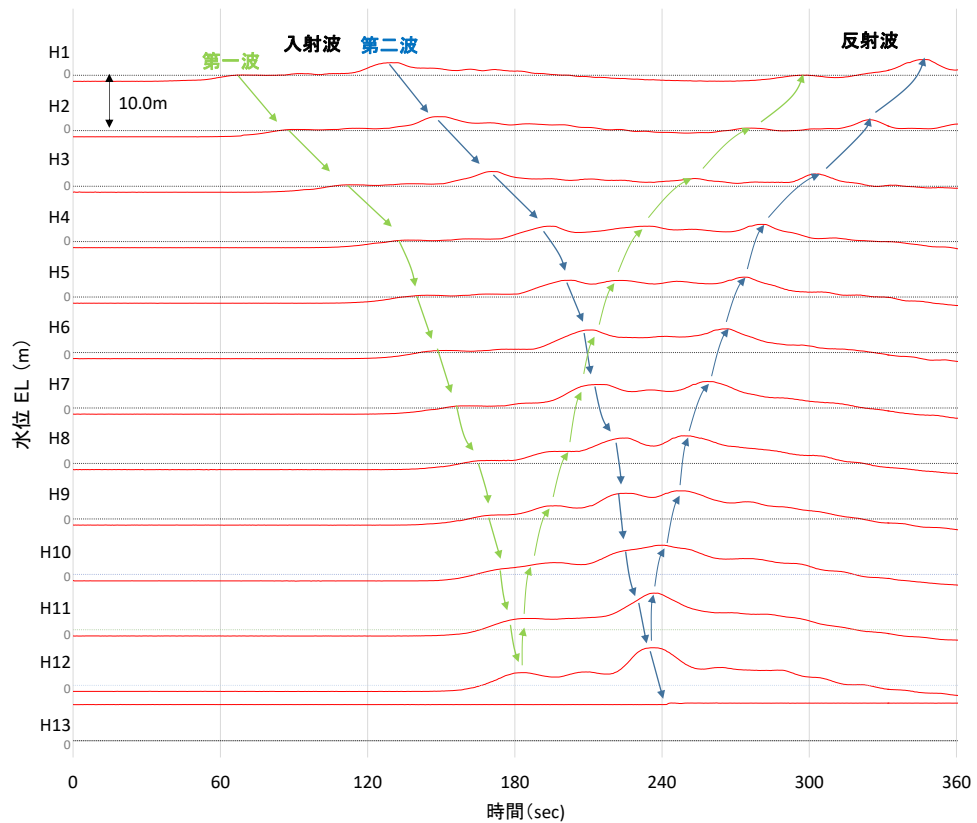


図 1.6.2-16 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース②)

(ハ) ケース③ (3号機)

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

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

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③			有	有	有
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	波圧 検討用津波 (15m津波)		有	無	無
ケース⑥			基準津波1 の半周期	有	有

注記*: 通過波計測ケース

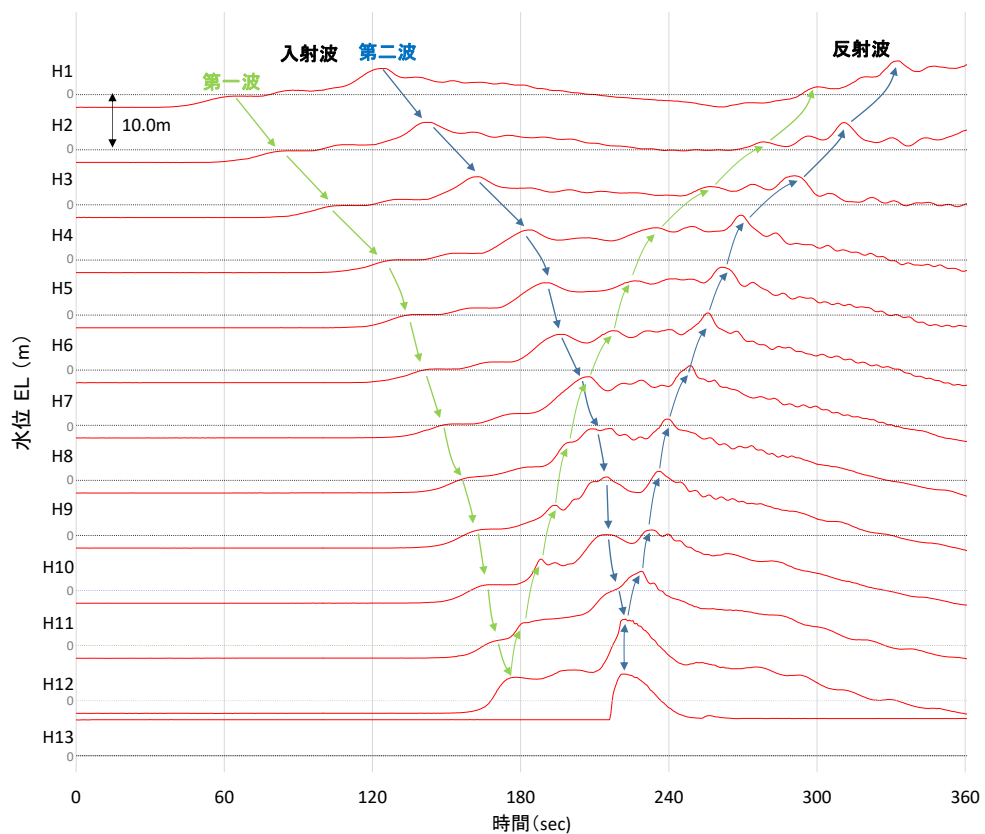


図 1.6.2-17 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース③)

(二) ケース④ (3号機)

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

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

検討 ケース	津波	波形 (周期)	防波堤	施設 護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	波圧 検討用津波 (15m津波)		有	無	無
ケース⑥			基準津波1 の半周期	有	有

注記*: 通過波計測ケース

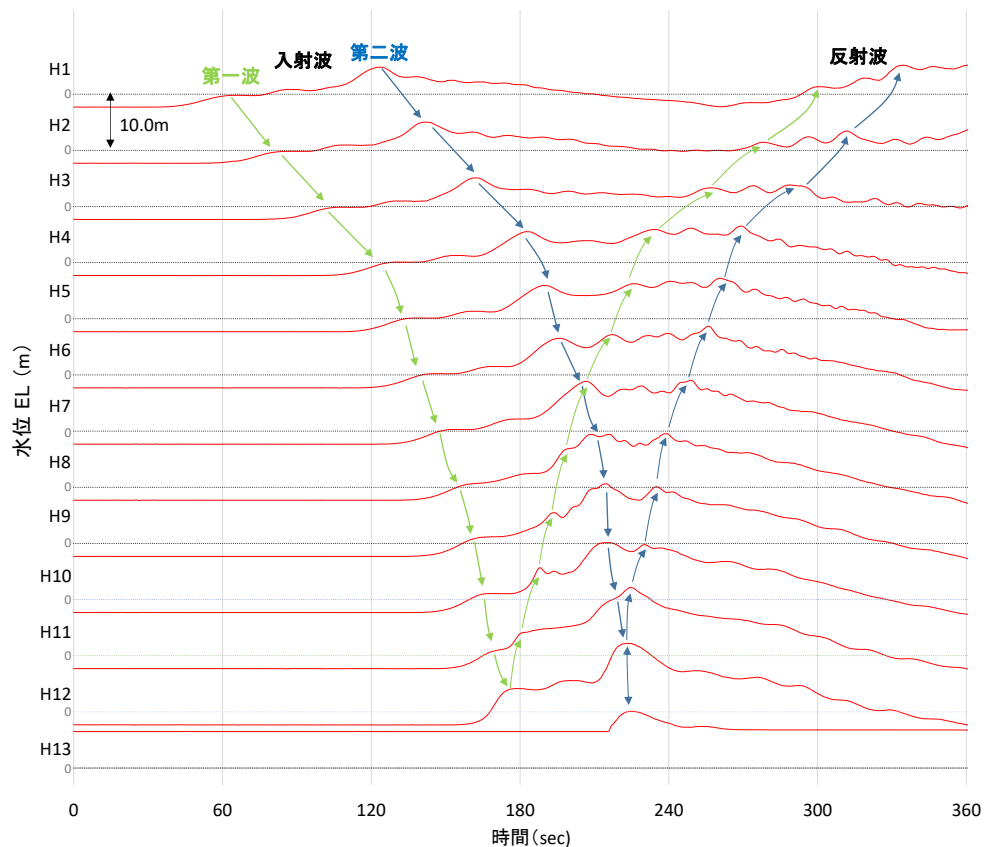


図 1.6.2-18 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース④)

(ホ) ケース⑤ (3号機)

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

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

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

注記*: 通過波計測ケース

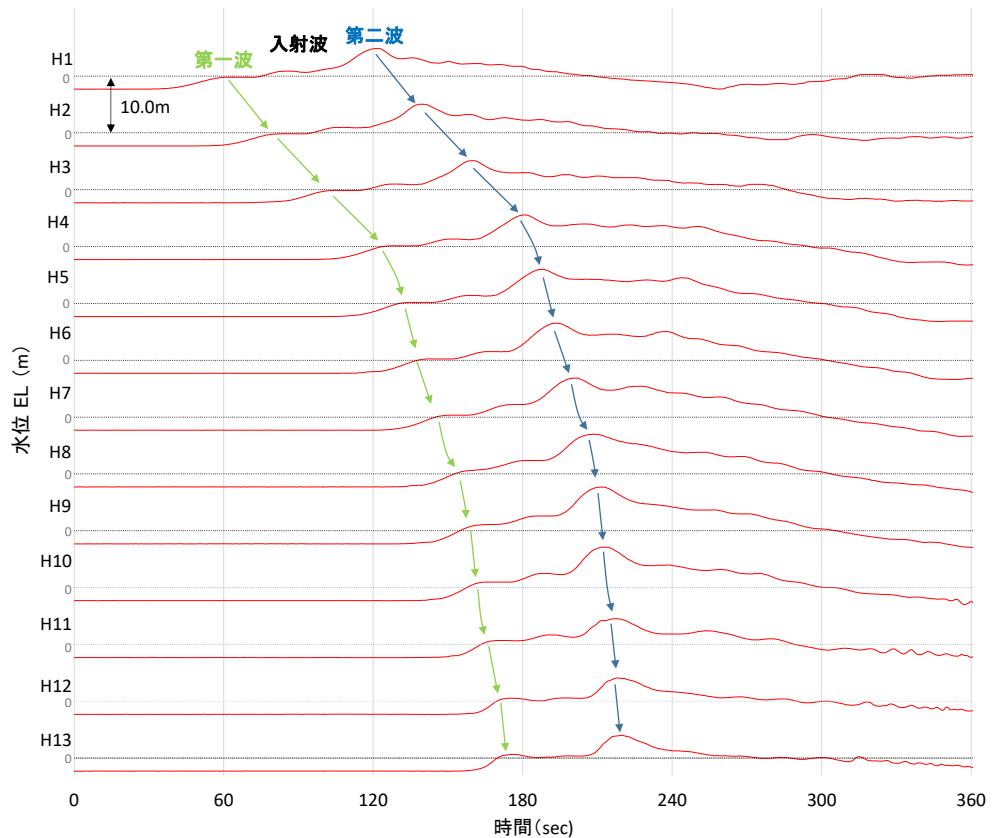


図 1.6.2-19 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑤)

(へ) ケース⑥ (3号機)

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

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

検討ケース	津波	波形(周期)	防波堤	施設護岸	防波壁
ケース①	基準津波1	基準津波1	有	有	有
ケース②			無	有	有
ケース③	有		有	有	
ケース④*	有		有	無	
ケース⑤*	有		無	無	
ケース⑥	波圧 検討用津波 (15m津波)	基準津波1 の半周期	有	有	有

注記*: 通過波計測ケース

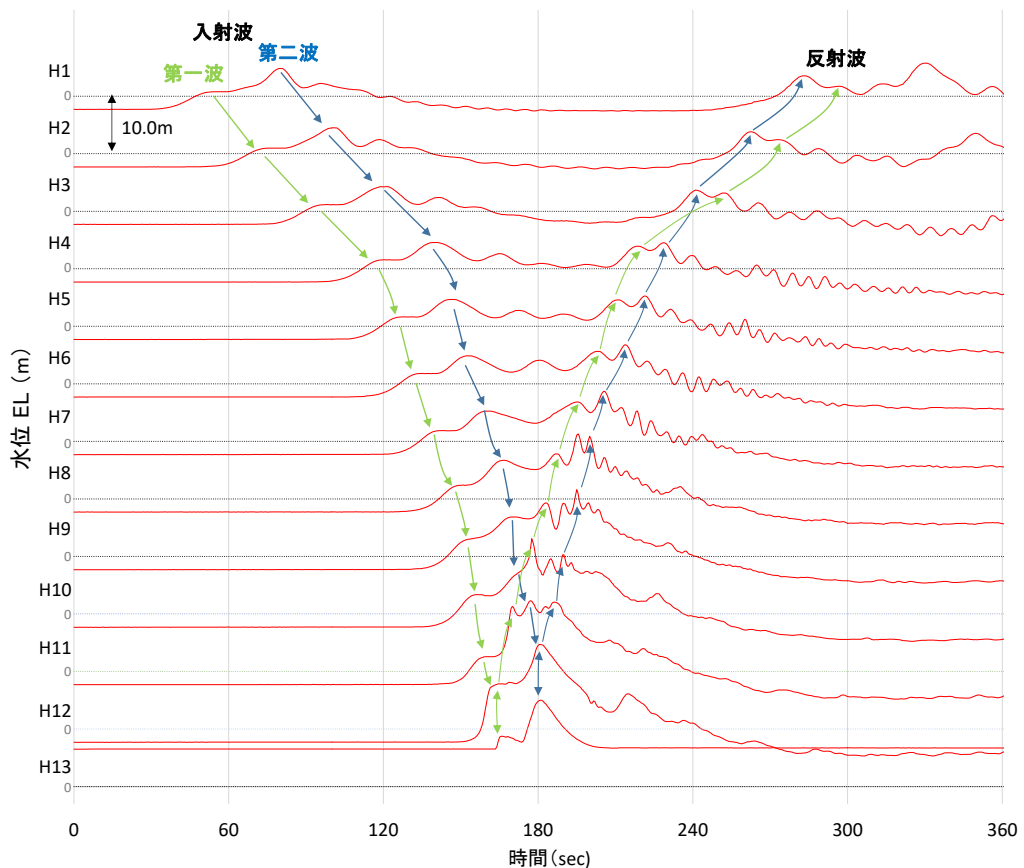


図 1.6.2-20 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑥)

(ト) ケース⑦ (1, 2号機)

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

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

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

注記*: 通過波計測ケース

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

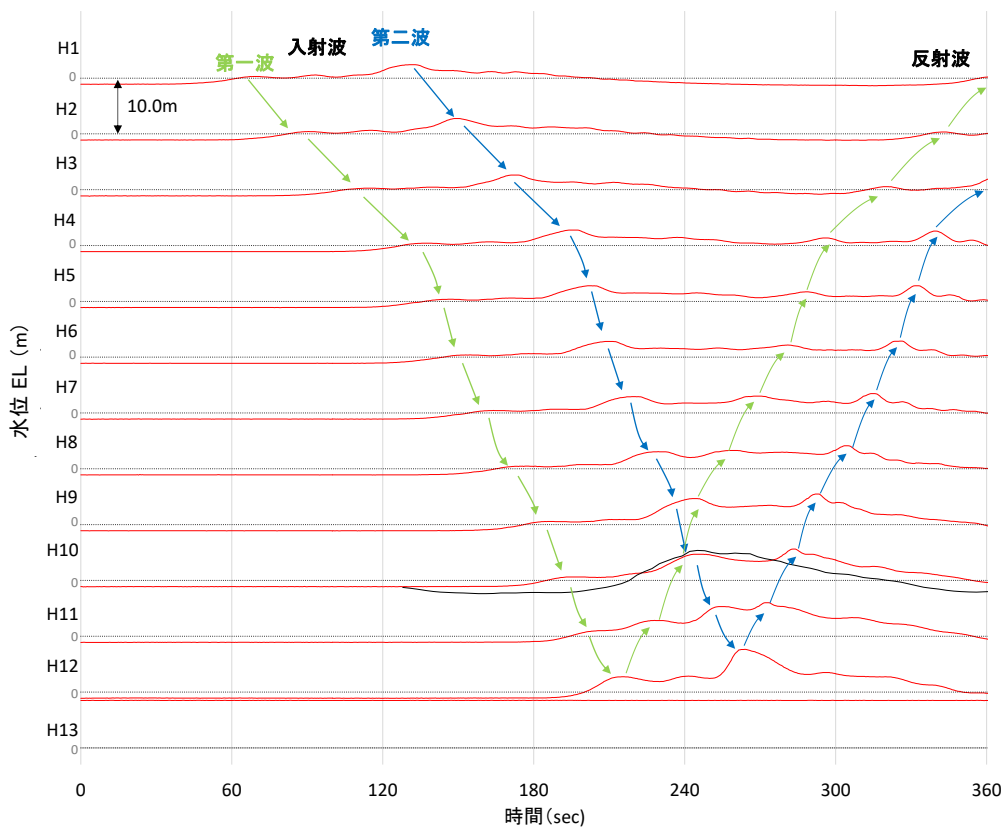


図 1.6.2-21 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑦)

(チ) ケース⑧ (1, 2号機)

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

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

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

注記*: 通過波計測ケース

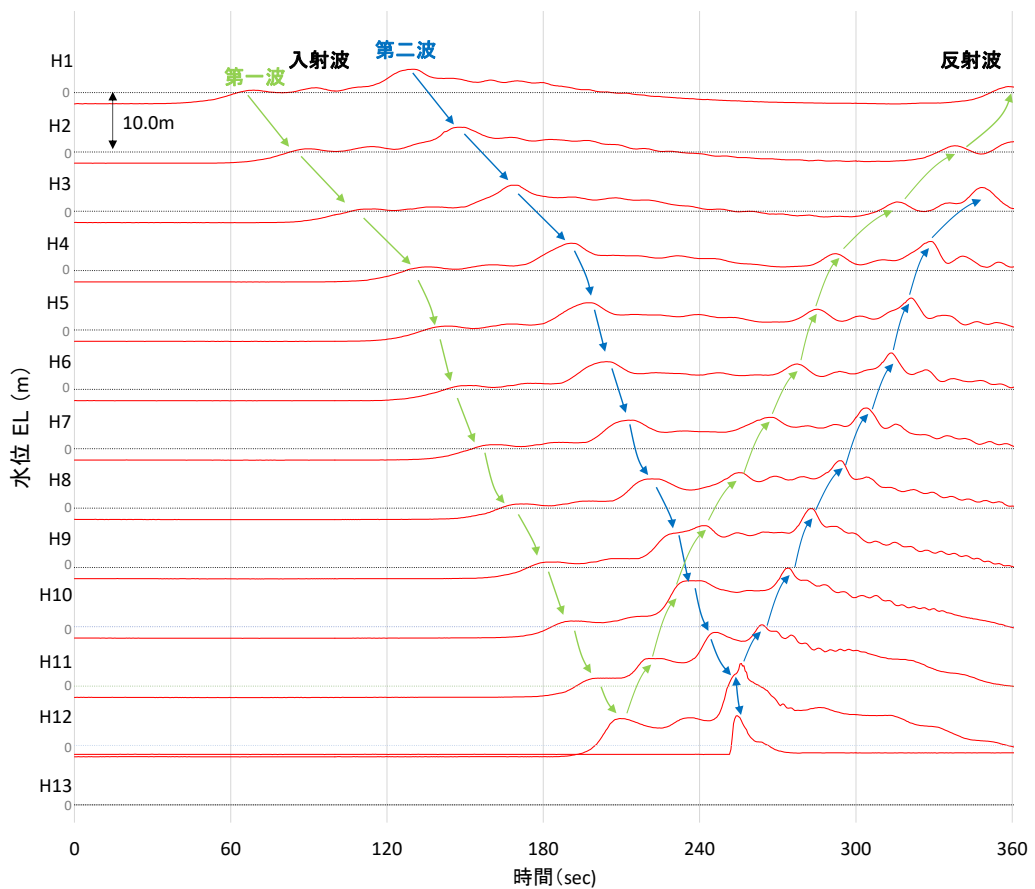


図 1.6.2-22 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑧)

(リ) ケース⑨ (1, 2号機)

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

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

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

注記*:通過波計測ケース

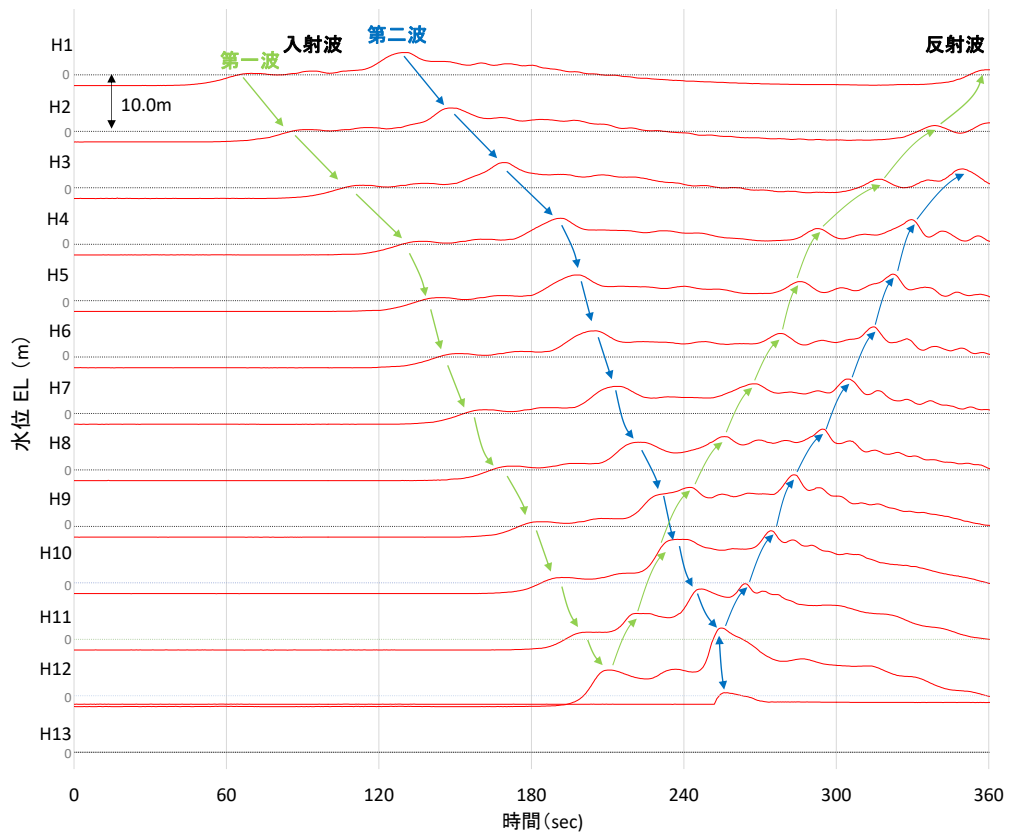


図 1.6.2-23 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑨)

(ヌ) ケース⑩ (1, 2号機)

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

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

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

注記* :通過波計測ケース

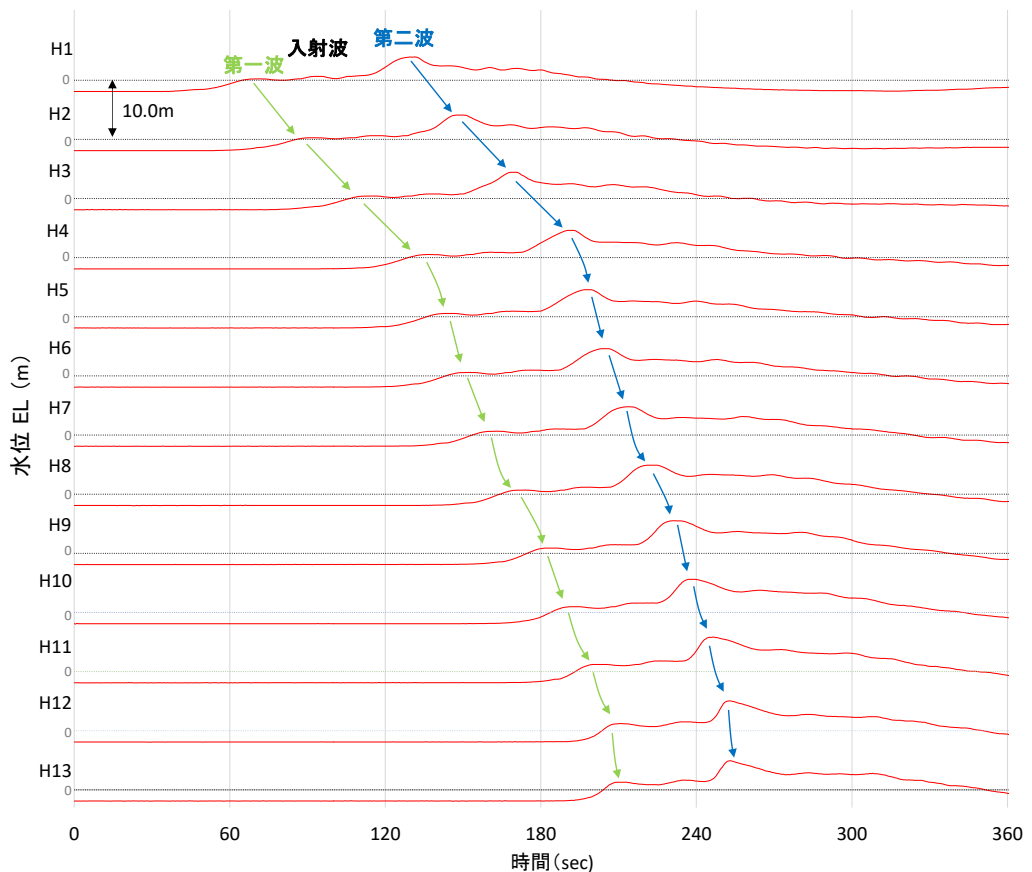


図 1.6.2-24 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑩)

(ル) ケース⑪ (1, 2号機)

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

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

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

注記*:通過波計測ケース

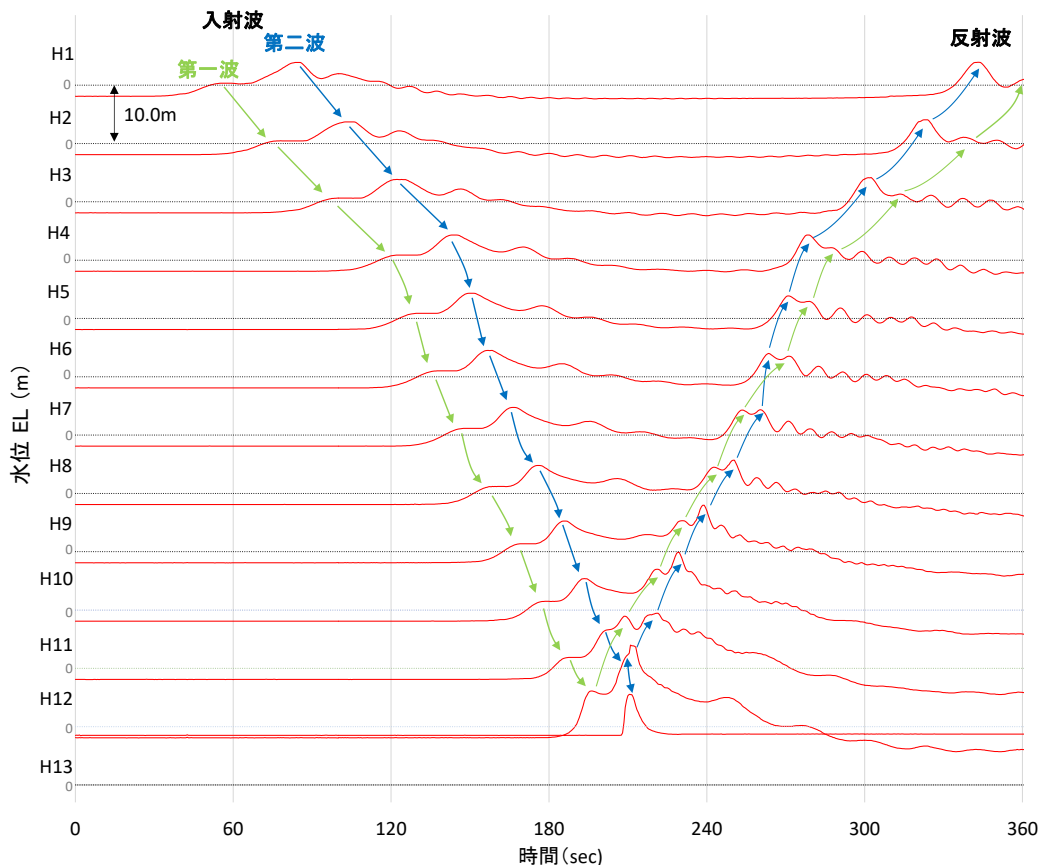


図 1.6.2-25 水理模型実験における水位の時刻歴波形 (ケース⑪)

(b) 水理模型実験による津波波圧の確認

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

(イ) ケース③, ケース⑥ (3号機)

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

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

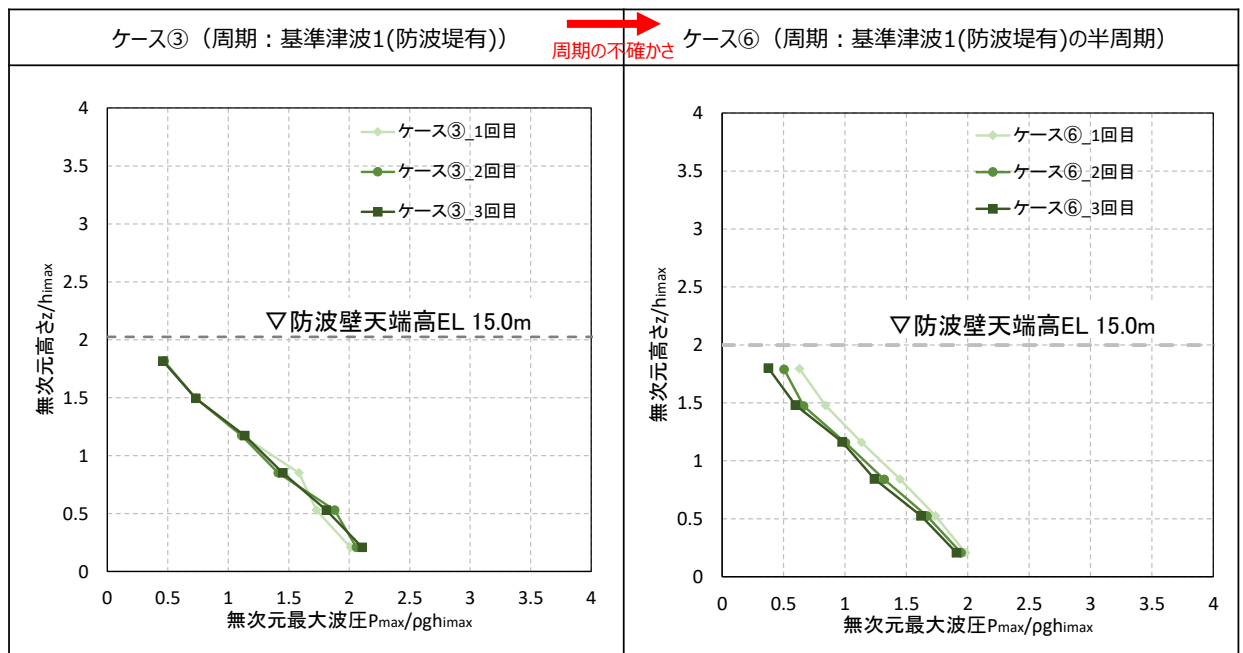


図 1.6.2-26 水理模型実験により算定した波圧分布 (ケース③及びケース⑥)

(ロ) ケース⑧, ケース⑩ (1, 2号機)

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

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

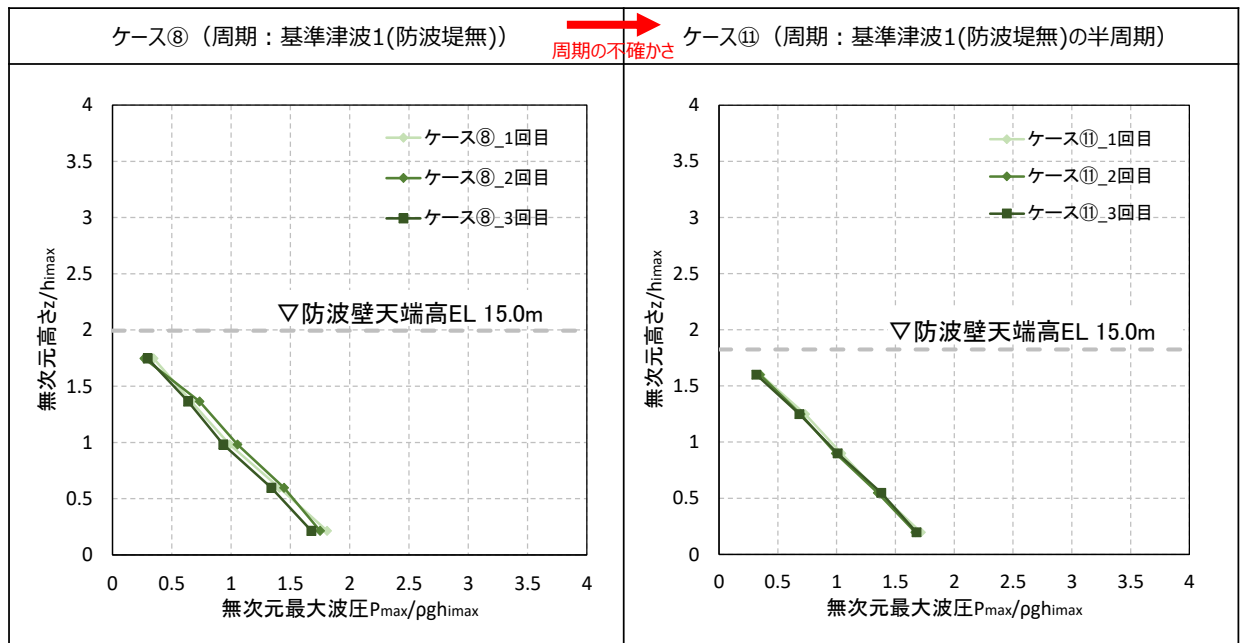


図 1.6.2-27 水理模型実験により算定した波圧分布 (ケース⑧及びケース⑩)

(4) 断面二次元津波シミュレーションによる検討

a. 検討概要

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

b. 検討ケース及び解析条件

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

表 1.6.2-6 断面二次元津波シミュレーションの検討ケース一覧

検討ケース一覧（3号機）

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

検討ケース一覧（1，2号機）

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

c. 断面二次元津波シミュレーションによる解析結果

(a) 断面二次元津波シミュレーションによるソリトン分裂波及び砕波の確認

(イ) ケース① (3号機)

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

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

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

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

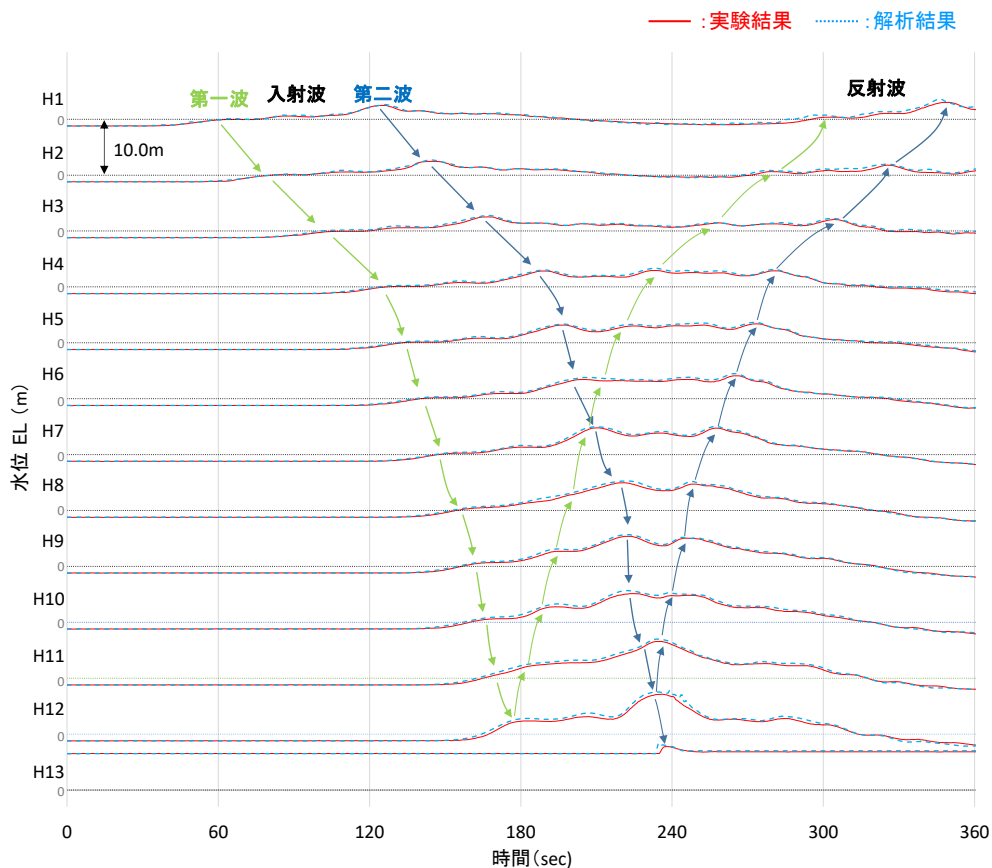


図 1.6.2-28 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形 (ケース①)

(ロ) ケース③ (3号機)

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

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

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

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

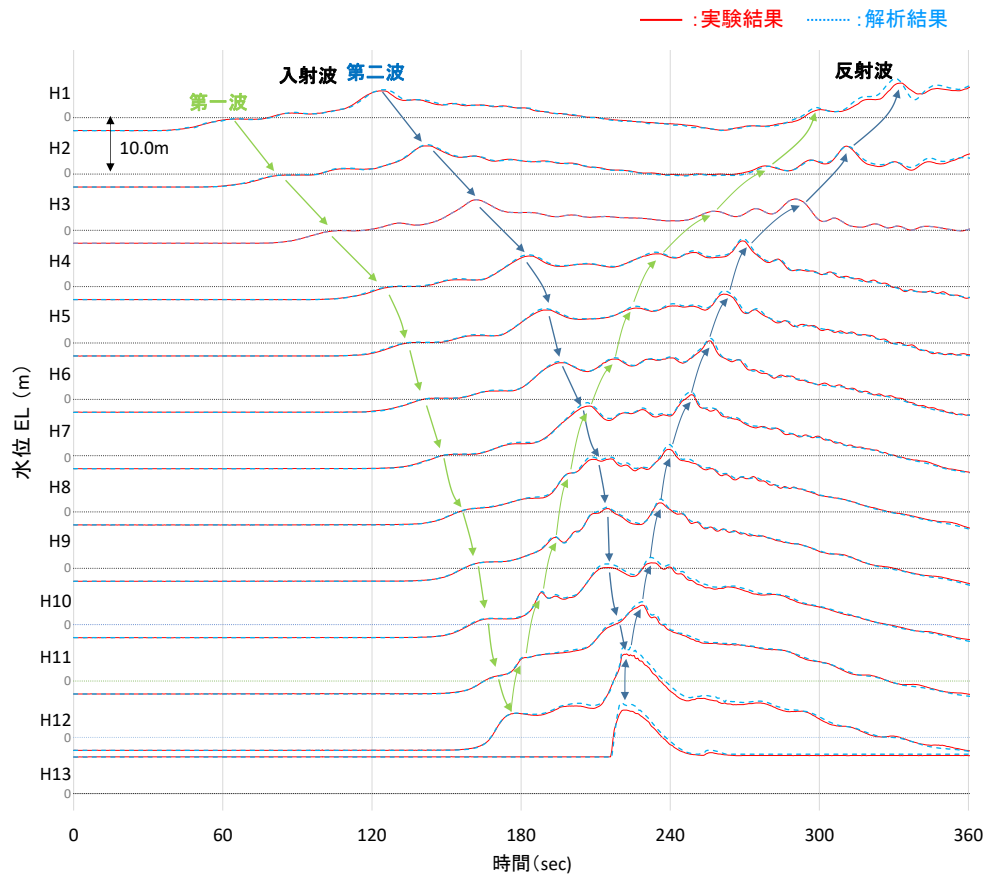


図 1.6.2-29 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形 (ケース③)

(ハ) 波形の水面勾配の確認 (3号機)

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

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

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

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

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

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

護岸法線部を原点とした海底地形

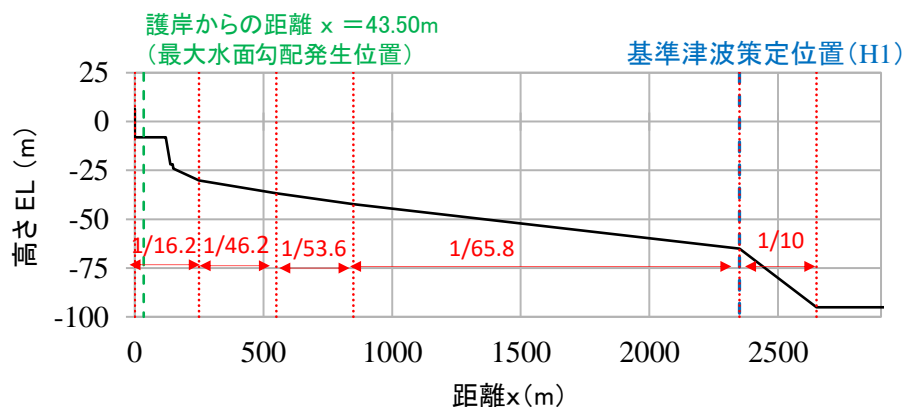
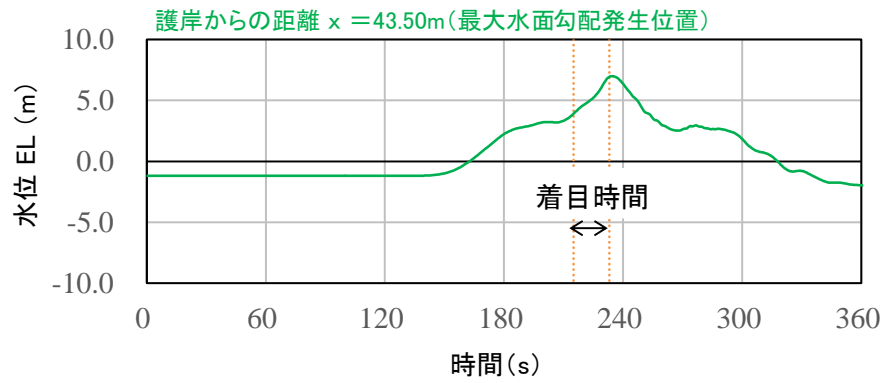
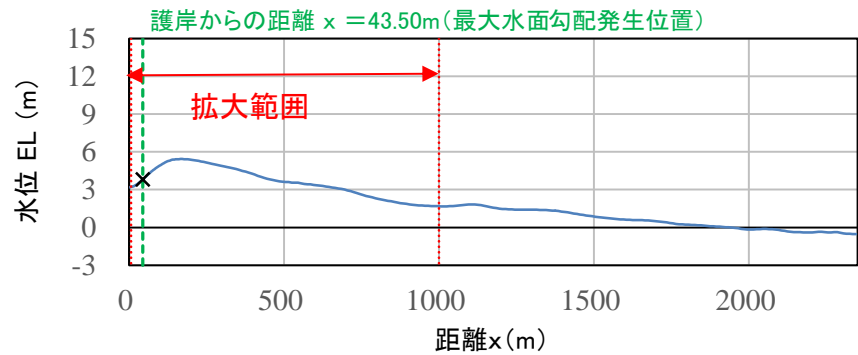


図 1.6.2-30 3号機における海底地形

最大水面勾配が確認された時刻



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



水位分布の拡大図 ($t=218.1\text{s}$)

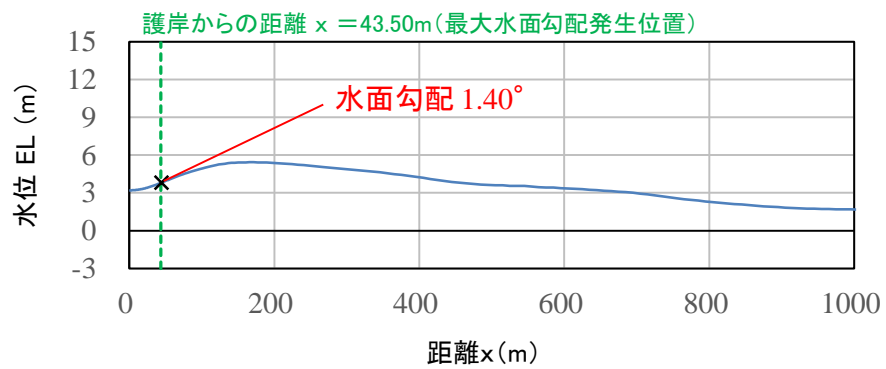


図 1.6.2-31 最大水面勾配の確認結果 (3号機)

(二) ケース⑦ (1, 2号機)

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

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

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

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

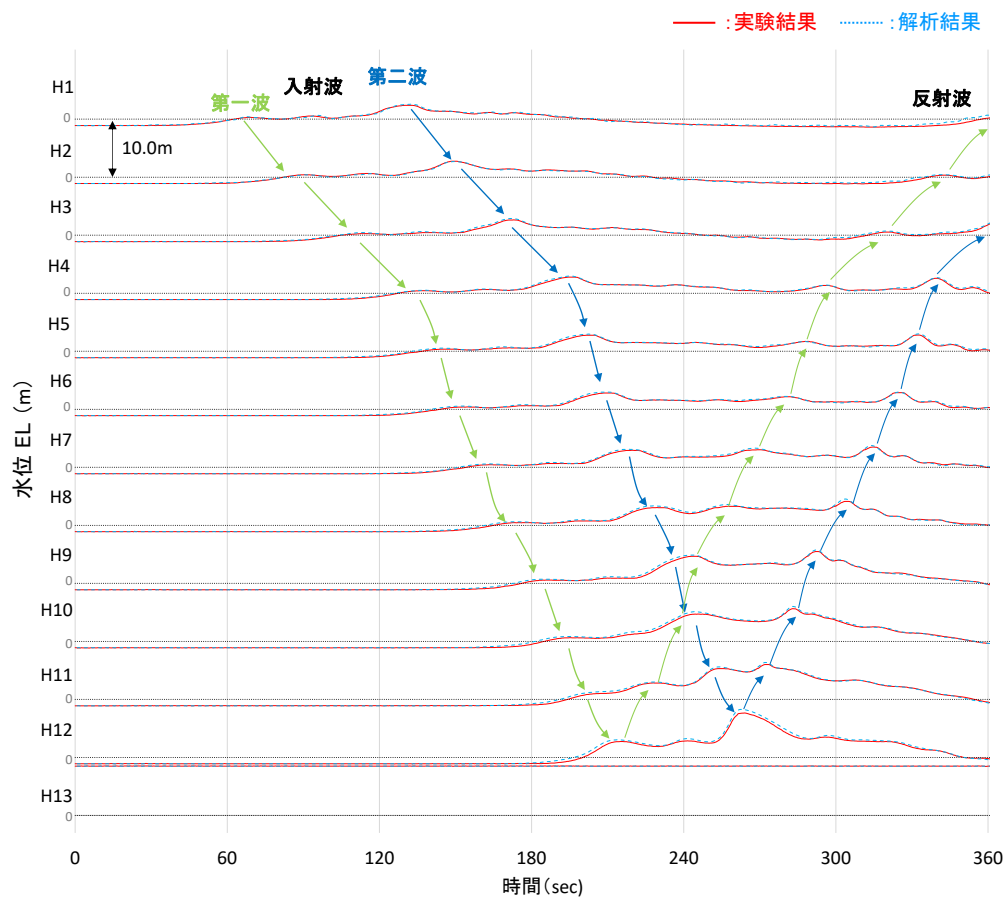


図 1.6.2-32 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形 (ケース⑦)

(ホ) ケース⑧ (1, 2号機)

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

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

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

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

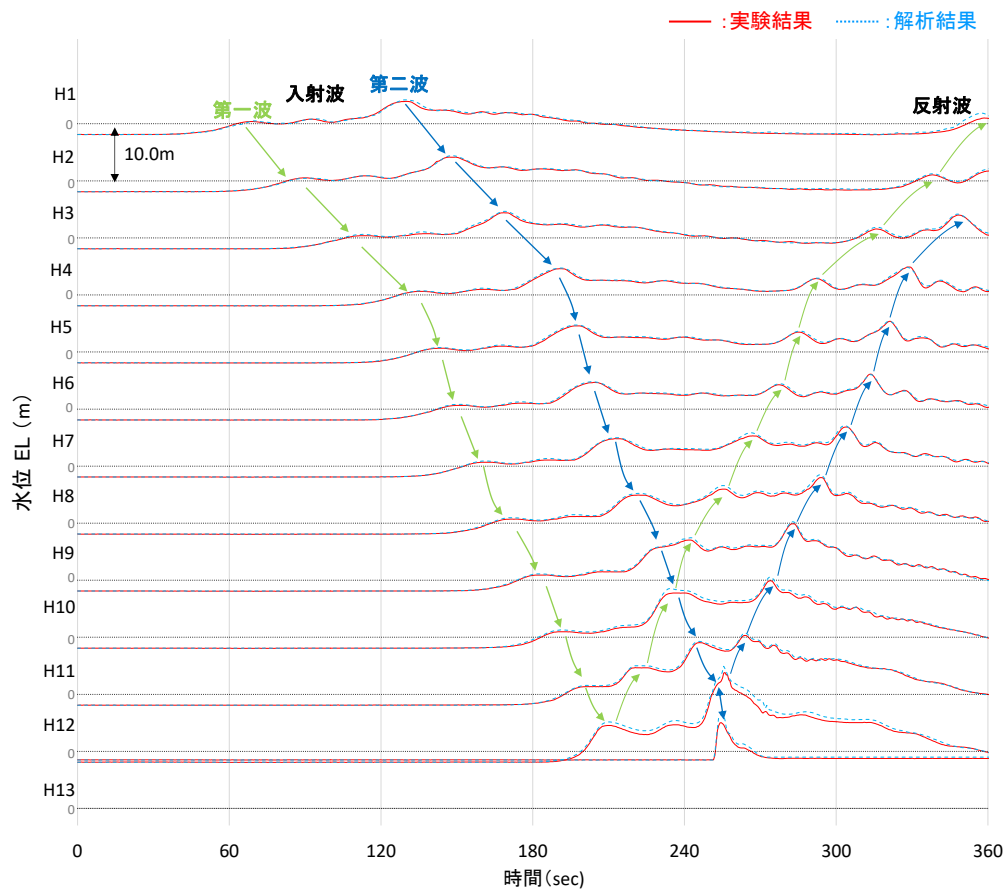


図 1.6.2-33 断面二次元津波シミュレーションにおける水位の時刻歴波形 (ケース⑧)

(へ) 波形の水面勾配の確認 (1, 2号機)

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

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

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

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

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

護岸法線部を原点とした海底地形

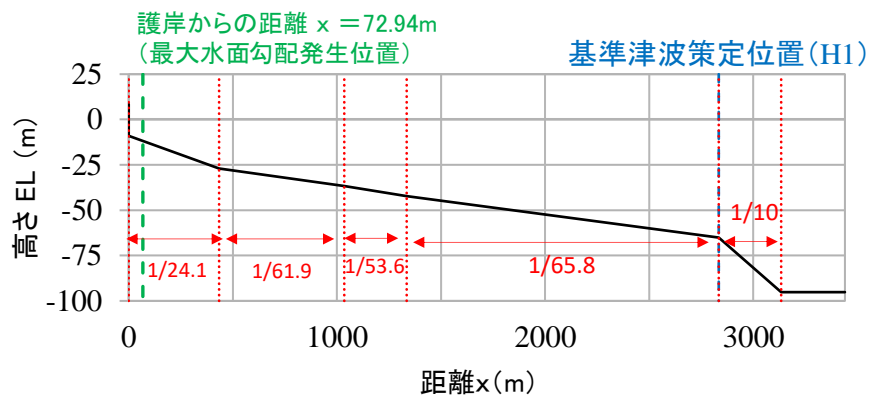
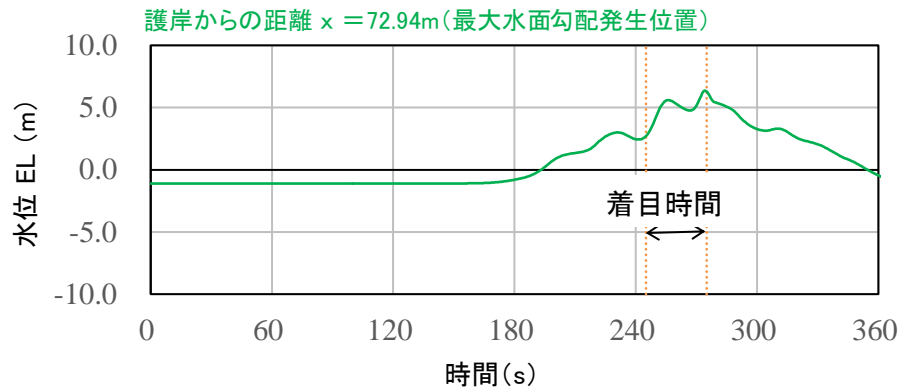
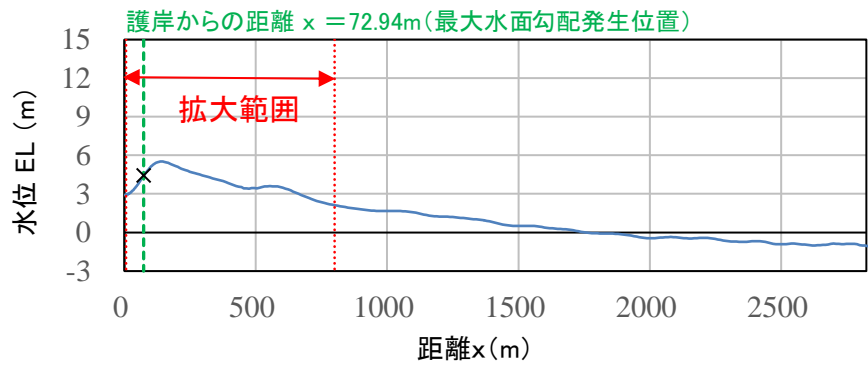


図 1.6.2-34 1, 2号機における海底地形

最大水面勾配が確認された時刻



最大水面勾配が確認された時刻 ($t = 254.4\text{s}$) の水位分布



水位分布の拡大図 ($t = 254.4\text{s}$)

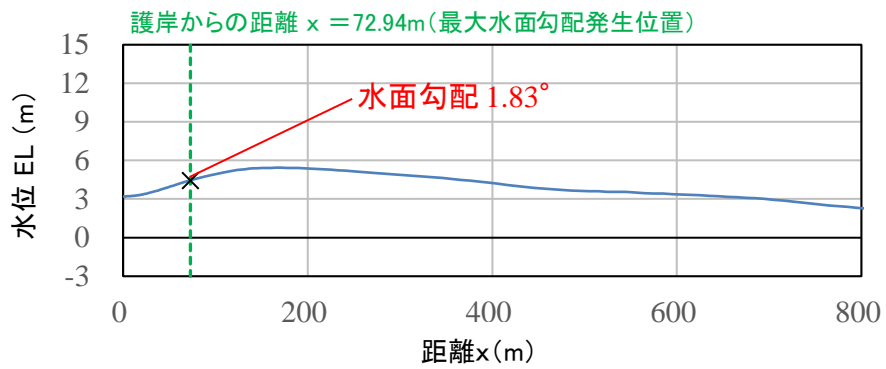


図 1.6.2-35 最大水面勾配の確認結果 (1, 2号機)

(b) 断面二次元津波シミュレーションによる波圧の算定結果

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

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

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

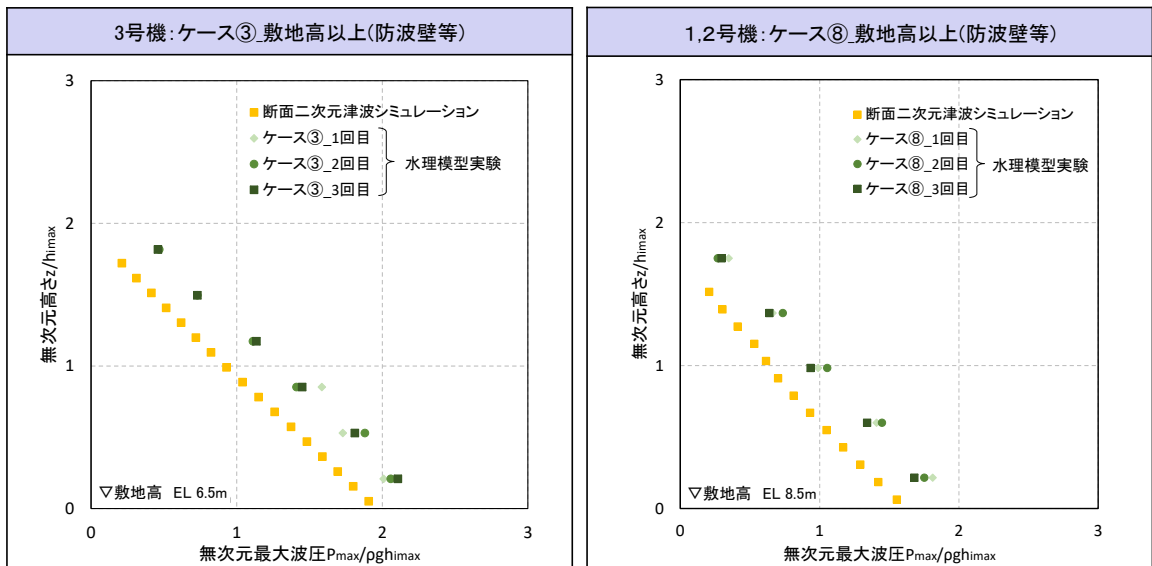


図 1.6.2-36 敷地高以上（防波壁等）における波圧分布の比較

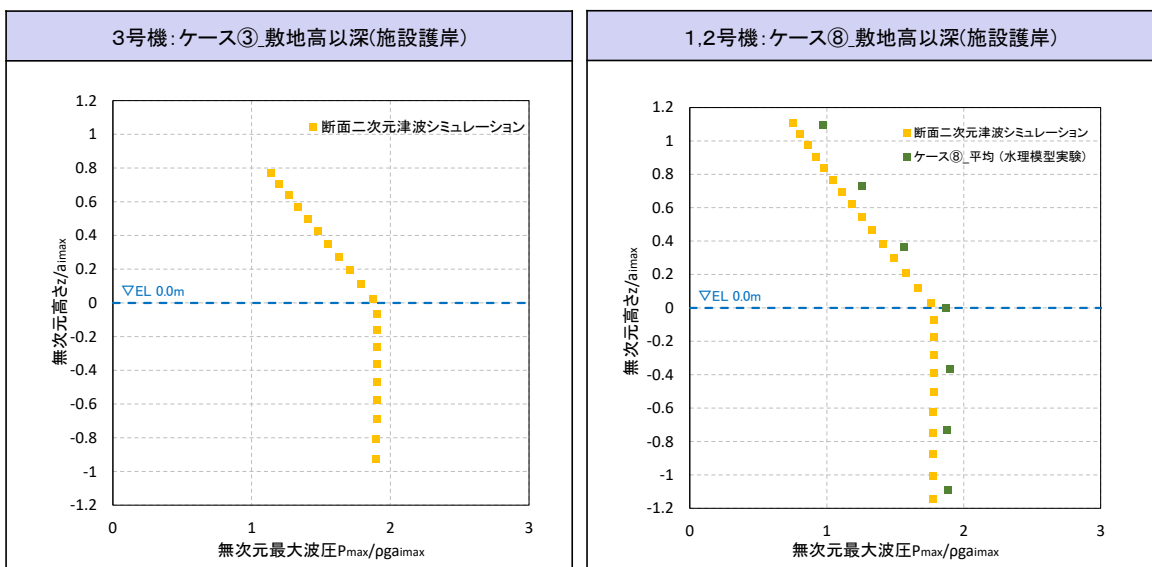


図 1.6.2-37 敷地高以深（施設護岸）における波圧分布の比較

(5) 三次元津波シミュレーションによる妥当性確認

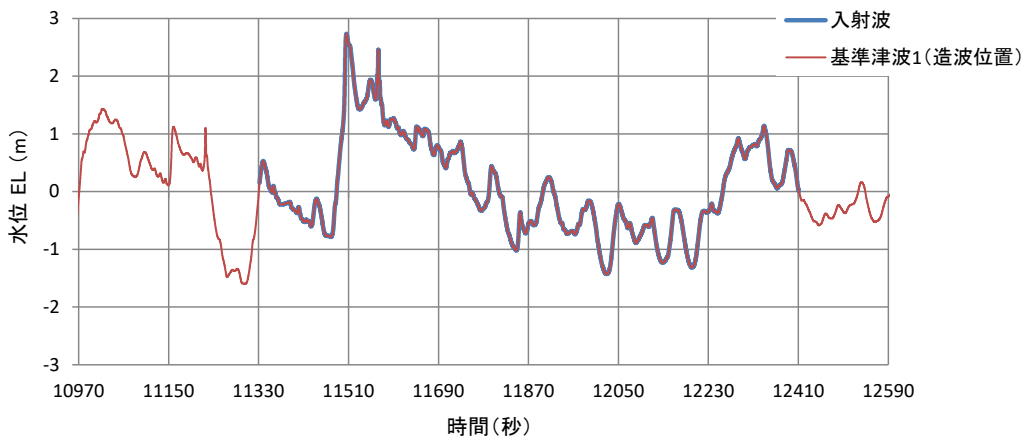
a. 検討概要

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

b. 入射津波の設定

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

入射津波の造波波形(防波堤有)



入射津波の造波波形(防波堤無)

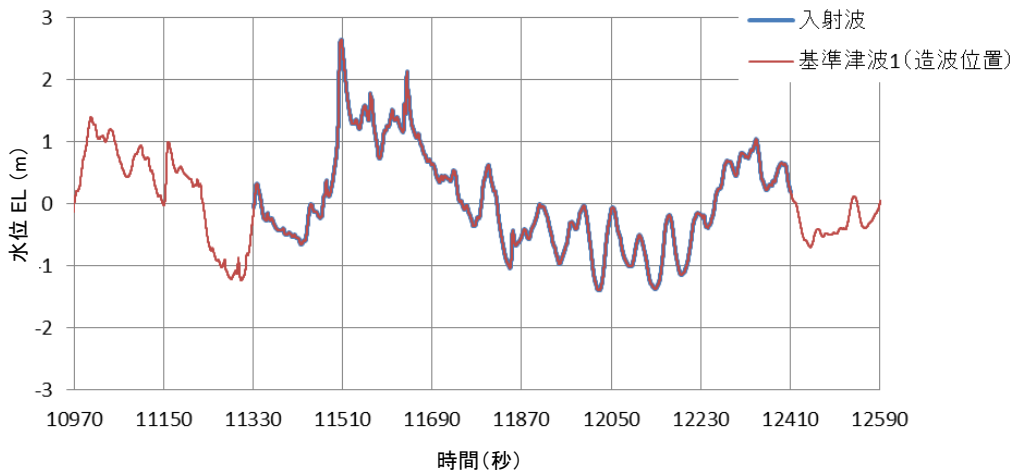


図 1.6.2-38 入射津波の造波波形（防波堤有及び防波堤無）

c. 解析モデル及び解析条件

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

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

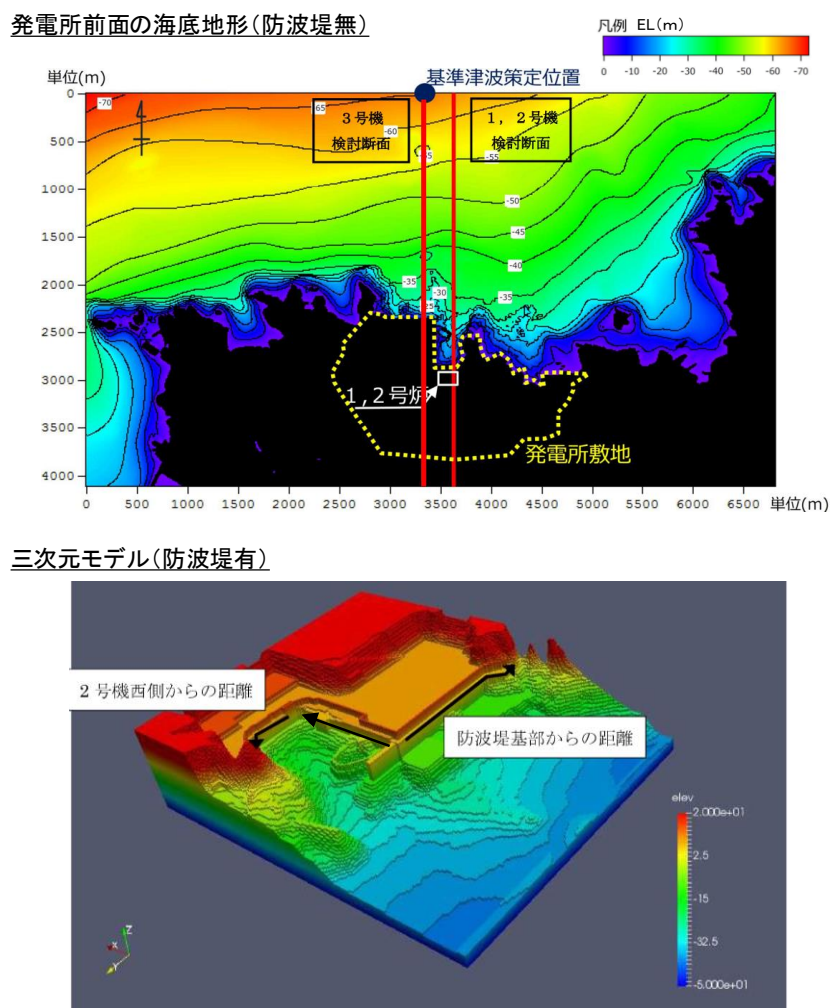


図 1.6.2-39 発電所前面の海底地形及び三次元解析モデル

表 1.6.2-7 三次元津波シミュレーションの解析条件

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

d. 三次元津波シミュレーションによる解析結果

(a) 三次元津波シミュレーションによる津波水位

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

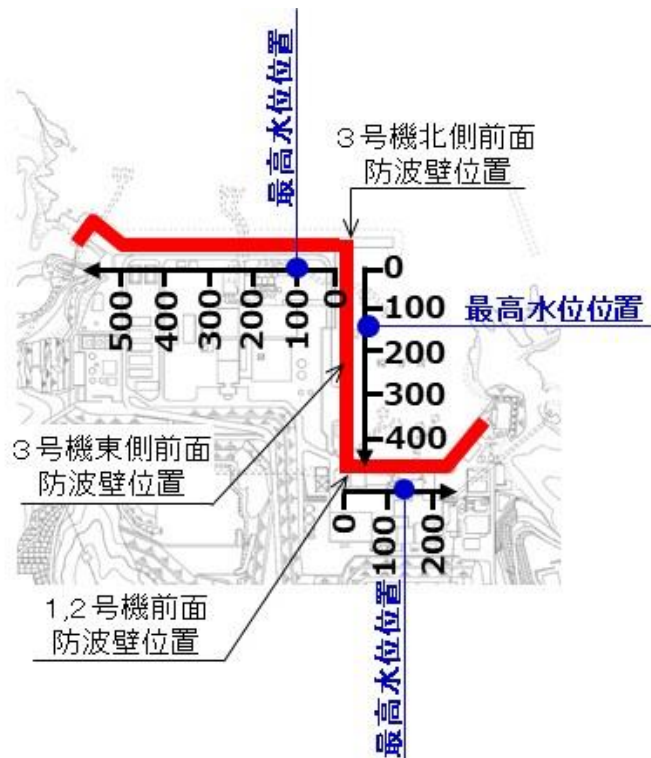


図 1.6.2-40 防波壁の平面位置及び最高水位発生位置

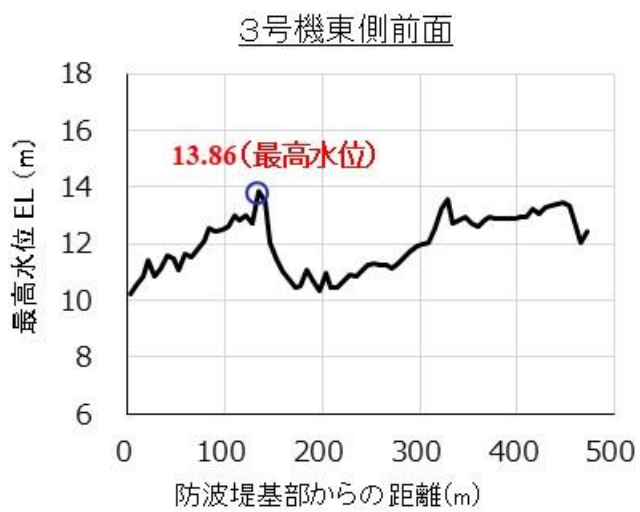
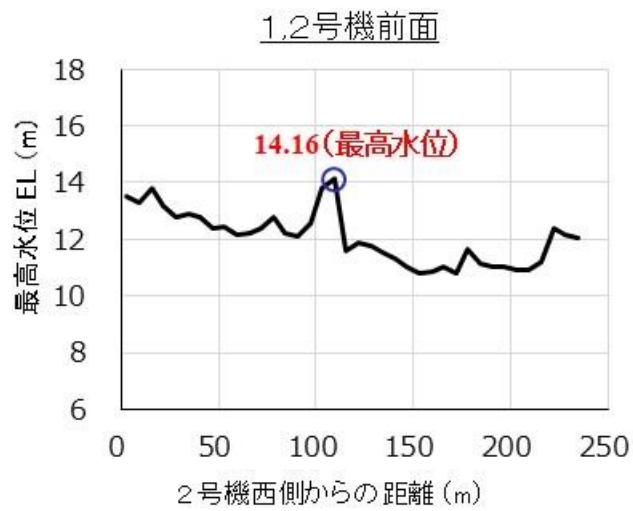
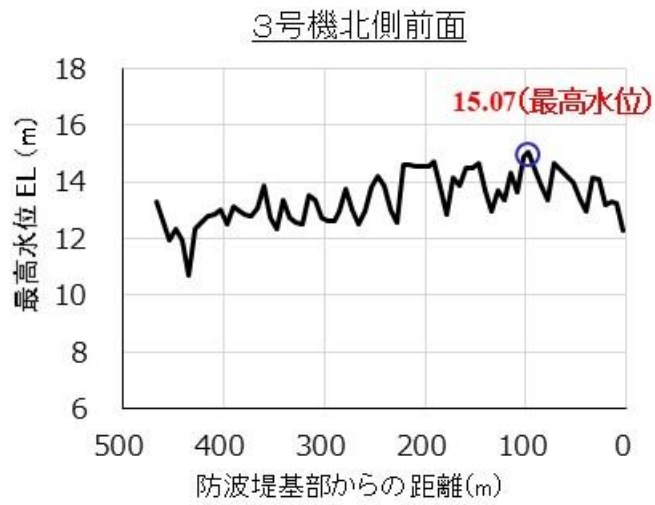


図 1.6.2-41 防波壁前面における最高水位分布

(b) 三次元津波シミュレーションによる津波波圧

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

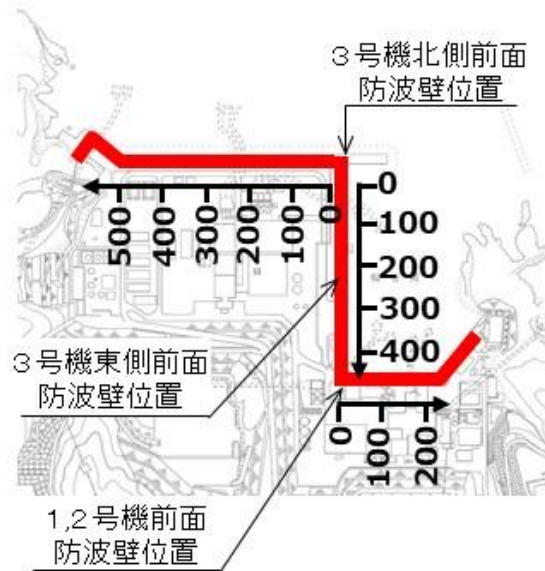


図 1.6.2-42 防波壁平面位置図

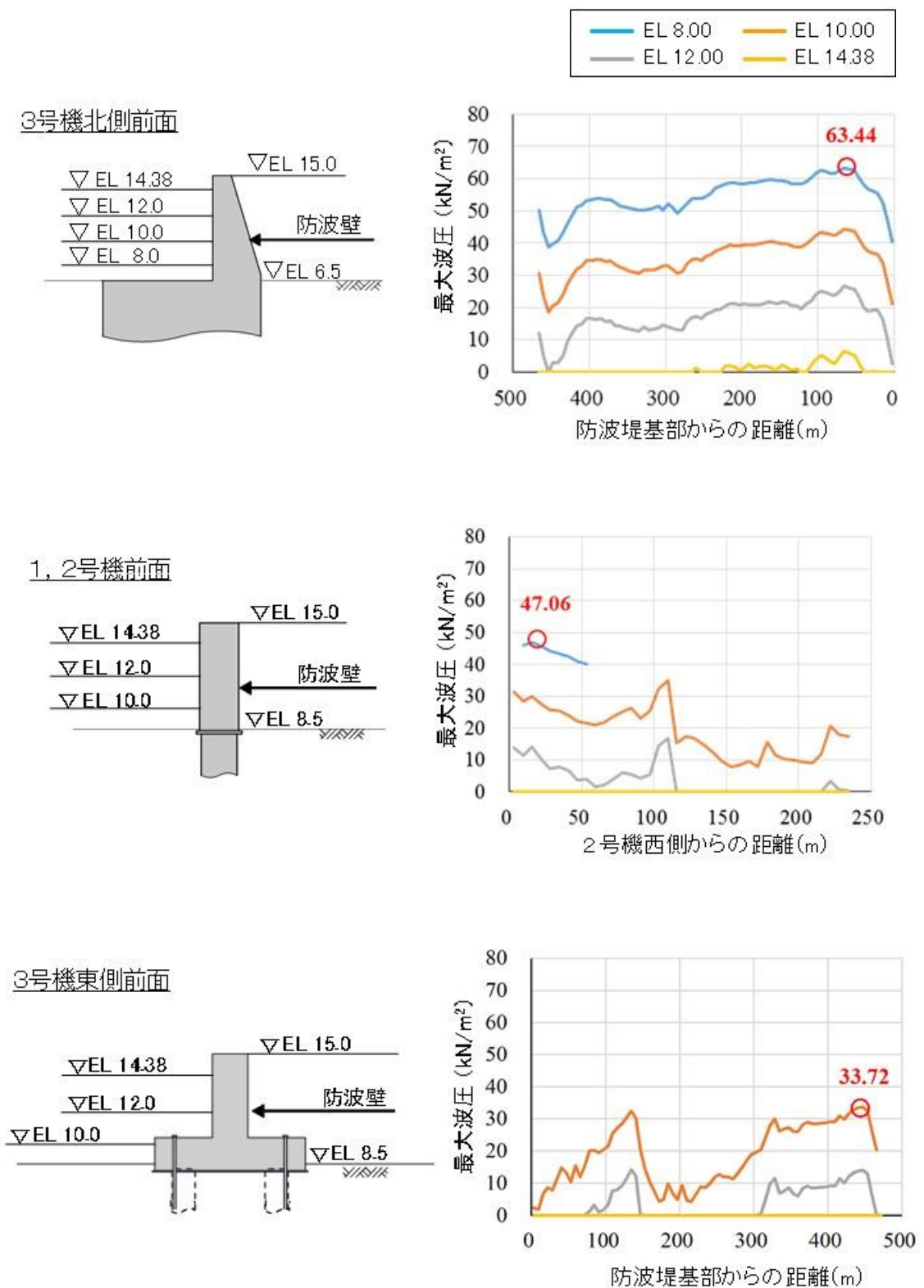


図 1.6.2-43 防波壁に作用する標高別の最大波圧分布

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

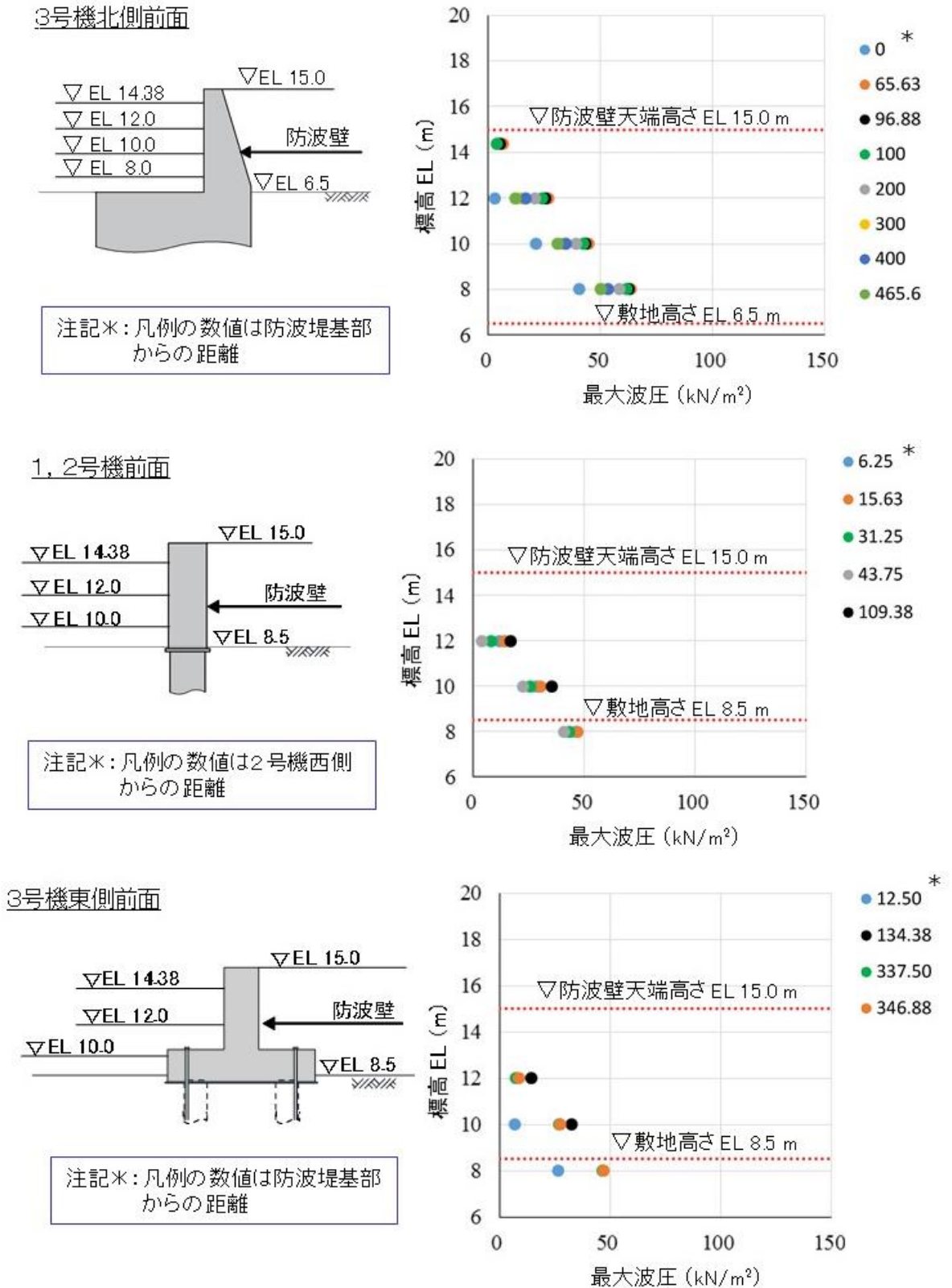
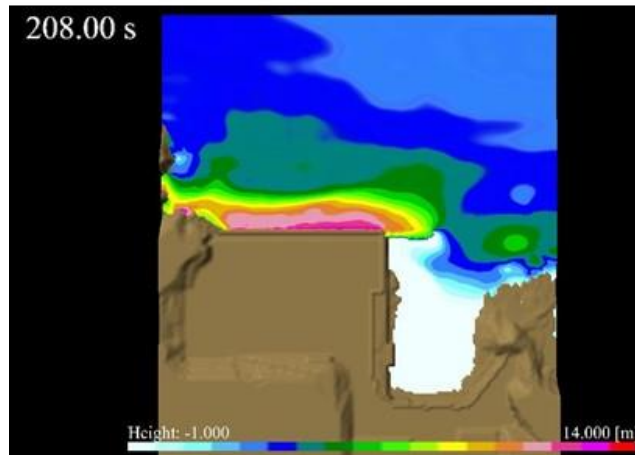


図 1.6.2-44 防波壁に作用する波圧分布（標高毎）

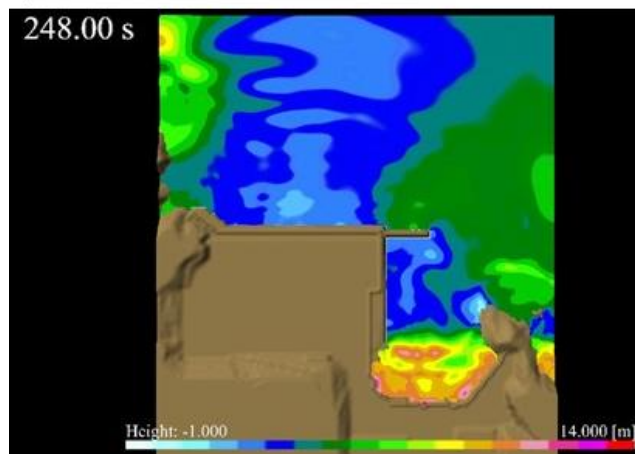
(c) 三次元津波シミュレーションによる津波の作用状況（参考）

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

3号機北側前面最大波到達時刻



1,2号機前面最大波到達時刻



3号機東側前面最大波到達時刻

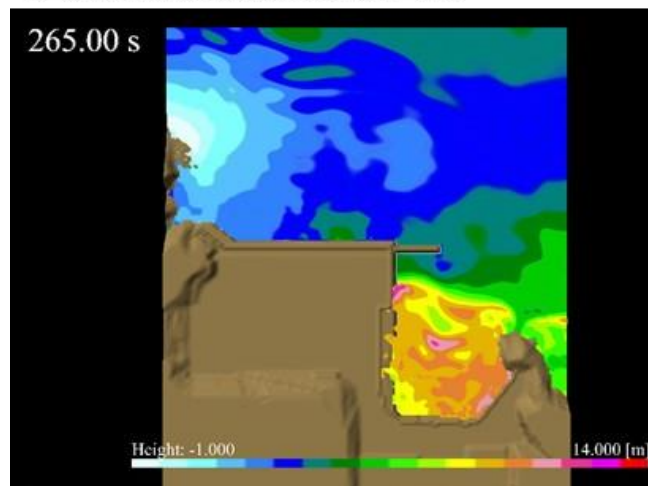


図 1.6.2-45 津波の作用状況（防波堤有）

(d) 津波波圧の妥当性確認

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

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

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

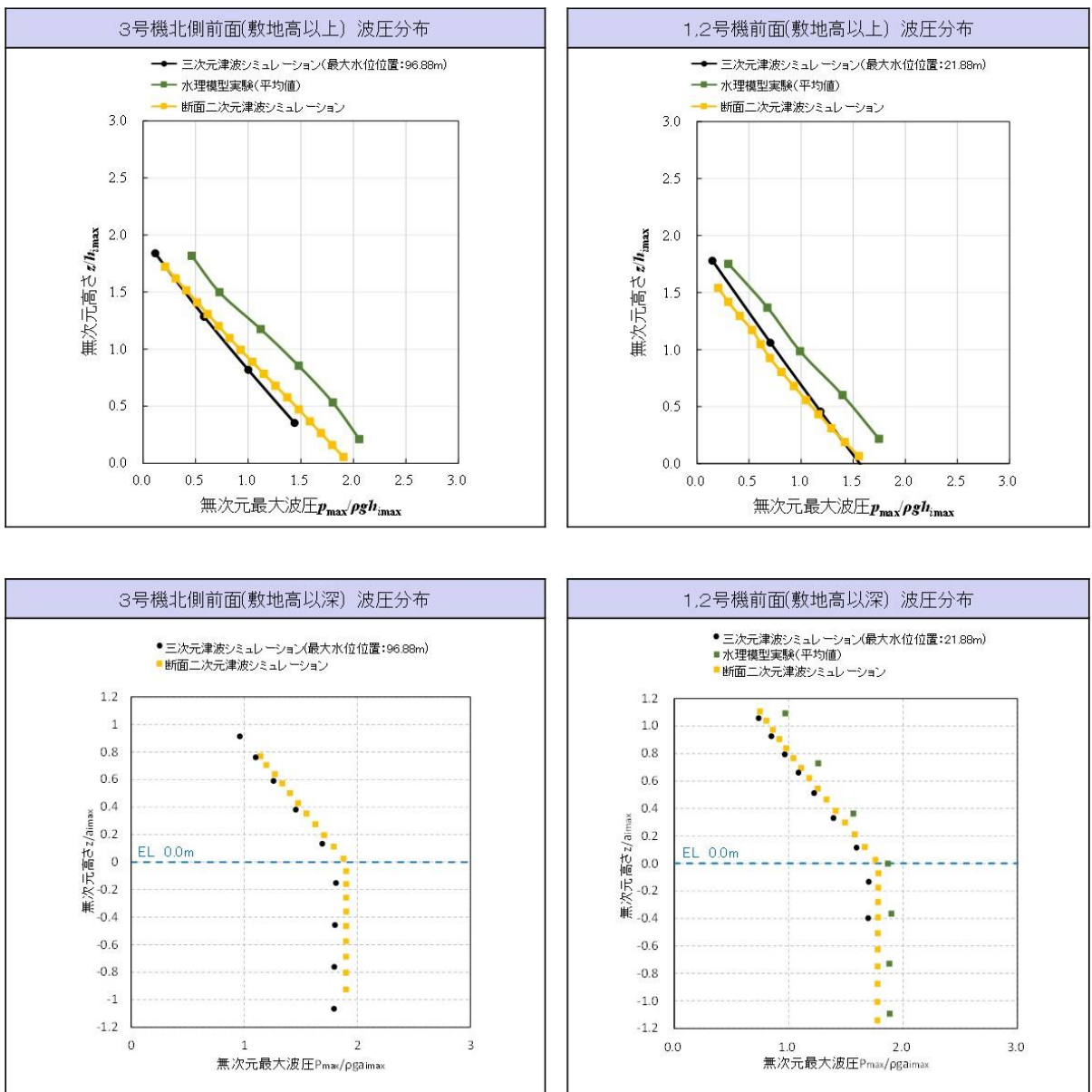


図 1.6.2-46 敷地高以上及び敷地高以深における波圧分布比較

(6) 既往の津波波圧算定式との比較

a. 検討概要

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

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

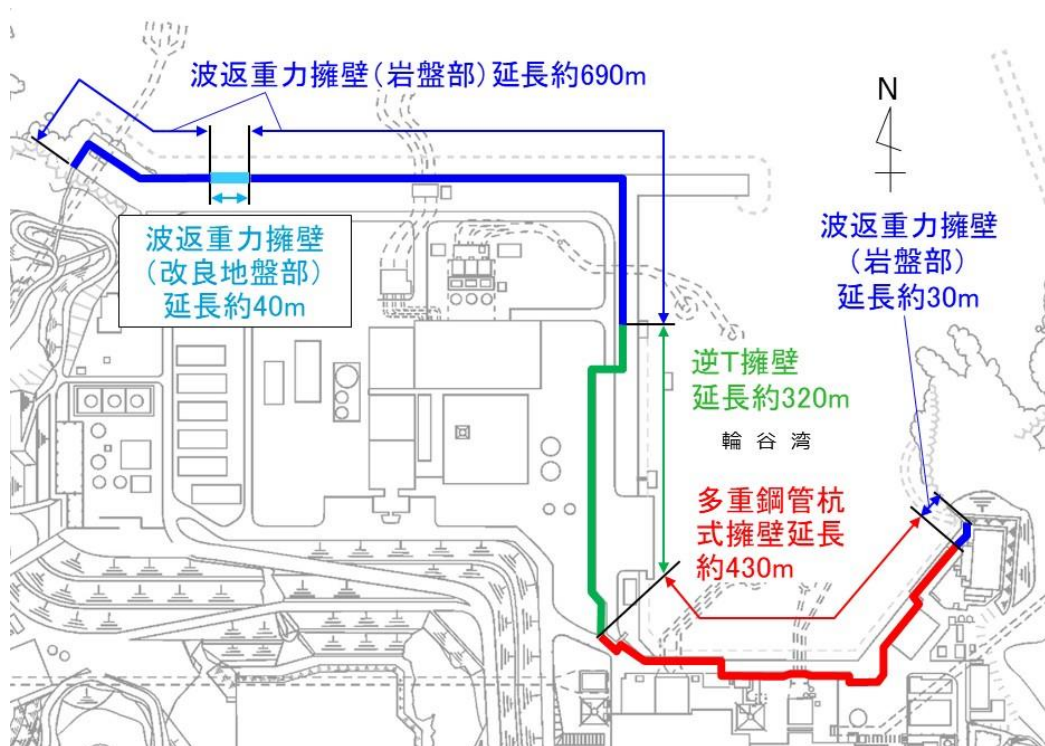
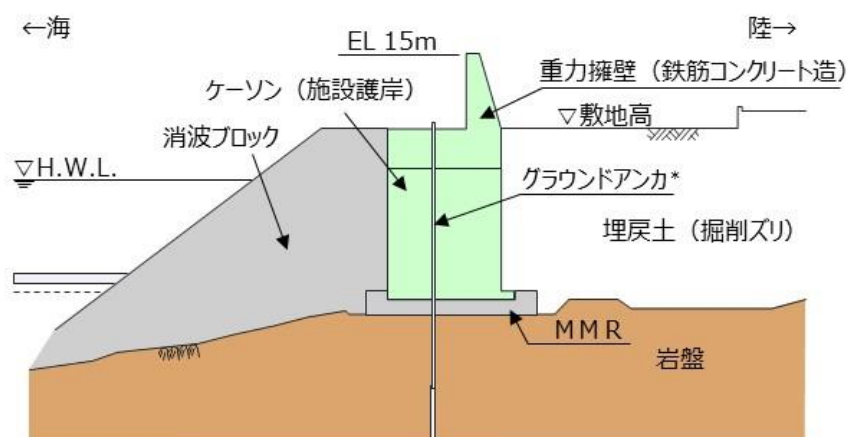


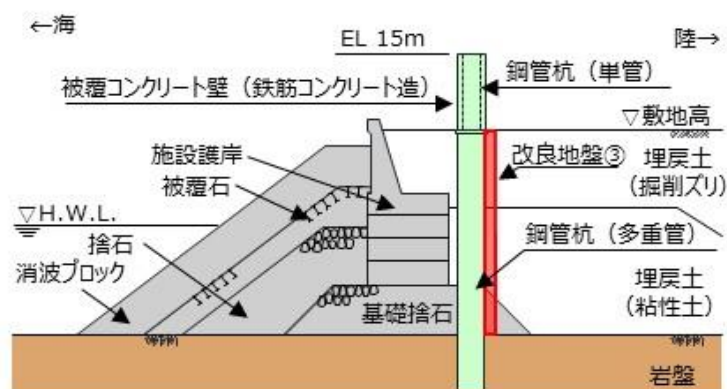
図 1.6.2-47 防波壁の平面位置

波返重力擁壁（3号機北側前面）

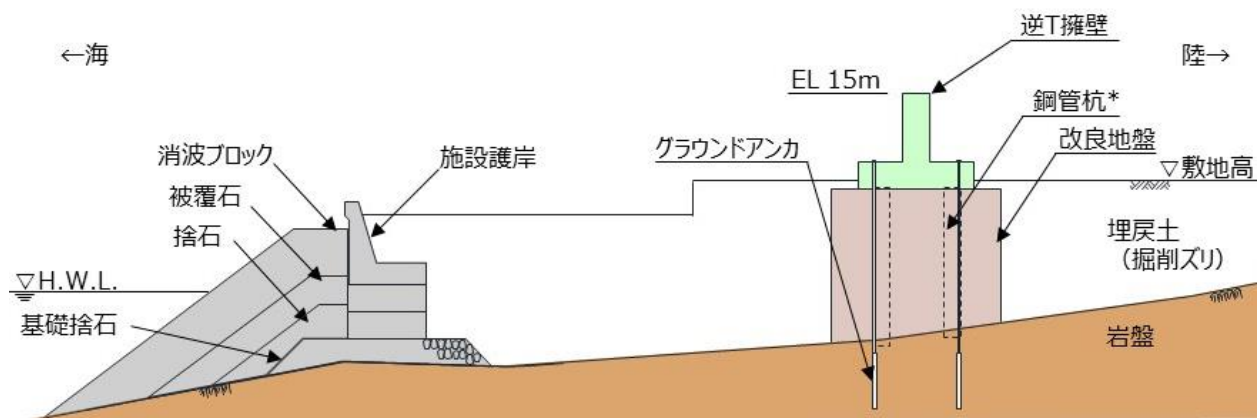


注記*：グラウンドアンカの效果に期待しない

多重鋼管杭式擁壁（1,2号機前面）



逆T擁壁（3号機東側前面）



注記*：鋼管杭の效果に期待しない

図 1.6.2-48 防波壁の断面図

b. 既往の津波波圧算定式における妥当性確認フロー

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

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

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

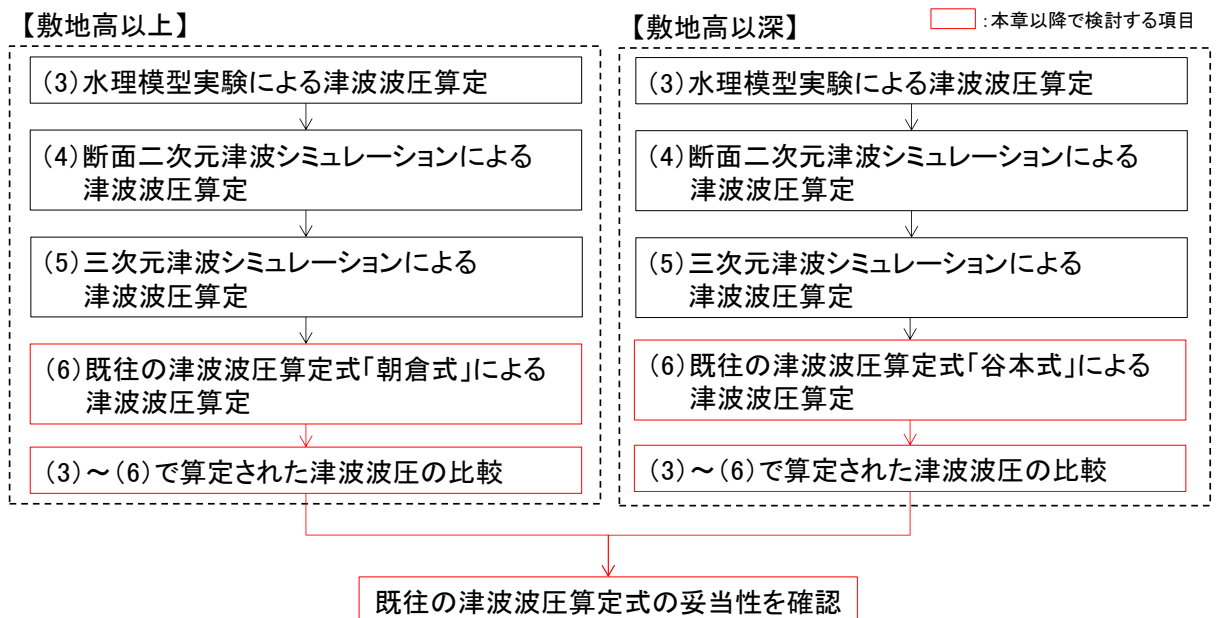


図 1.6.2-49 既往の津波波圧算定式の妥当性確認フロー

c. 朝倉式による津波波圧算定

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

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

既往の津波波圧算定式：朝倉式

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

ここに、

q_z : 津波波圧 (kN/m²)

η : 浸水深 (通過波の浸水深＝最大浸水深の 1/2) (m)

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

a : 水深係数 (3)

ρg : 海水の単位体積重量 (kN/m³)

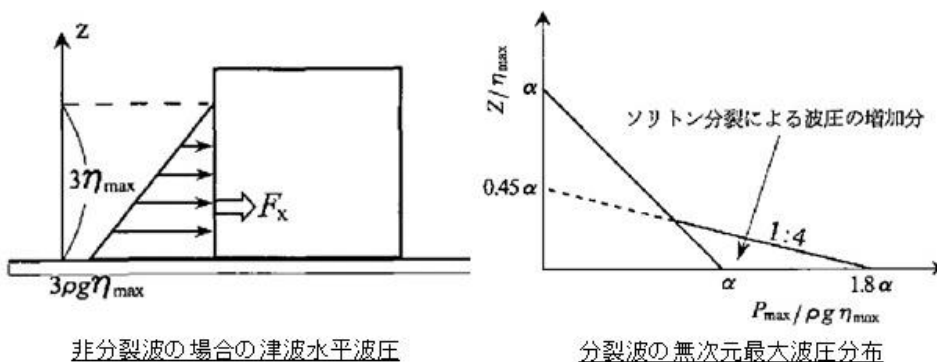


図 1.6.2-50 朝倉式による津波波圧の概念図

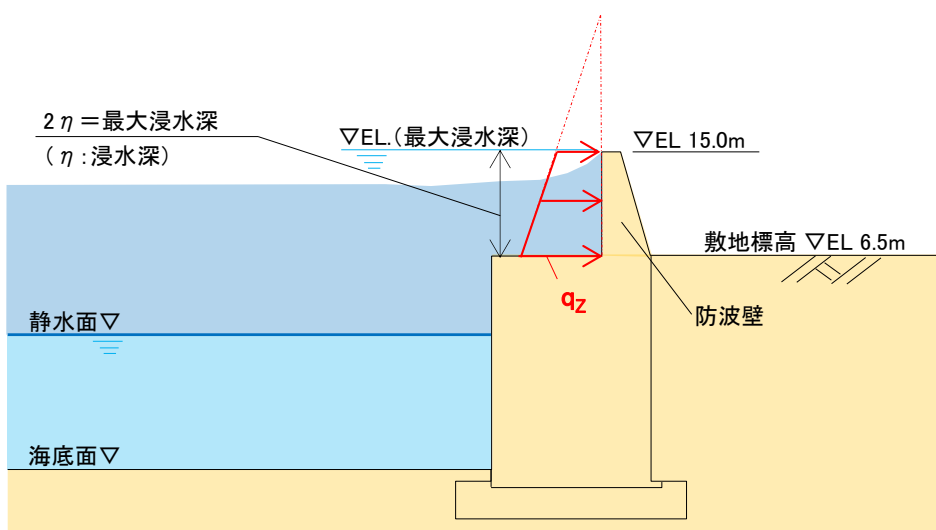


図 1.6.2-51 本検討における津波波圧の作用概念図

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

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

表 1.6.2-8 水理模型実験による浸水深の高さ関係の確認結果

3号機

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

1, 2号機

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

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

ここで、水深係数 a に 3 を用いることに対する妥当性について確認を行う。確認に当たっては、基準津波の評価に用いた平面二次元津波シミュレーション及び基準津波波源を用いて、防波壁が無い場合における防波壁位置での通過波の浸水深と流速から、フルード数を算出する。

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

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

基準津波 1（防波堤無し）を用いた防波壁無しの検討における確認の結果、図 1.6.2-53 に示すとおり、最大比エネルギーを示す時刻におけるフルード数は 0.40 であることを確認した。

「1.6.1(1) 津波波圧算定式に関する文献の記載」に示すとおり、フルード数 1.24 以下においては、水深係数 3 を適用できるとされており、本検討において水深係数 a に 3 を適用することは妥当であることを確認した。

表 1.6.2-9 基準津波 1 を用いた防波壁無しの計算条件

津波	防波堤	施設護岸	防波壁
基準津波 1	無	有	無

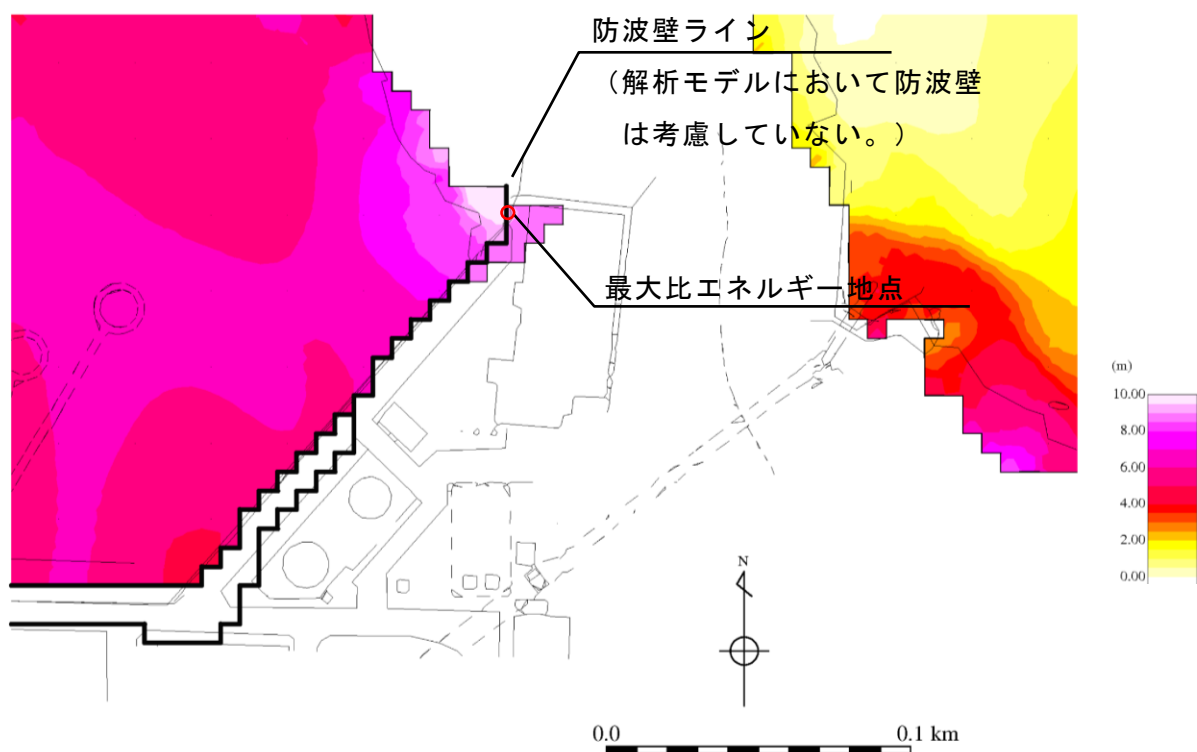


図 1.6.2-52 基準津波 1 を用いた防波壁無しの検討結果
 最大比エネルギー地点・時刻における水位分布

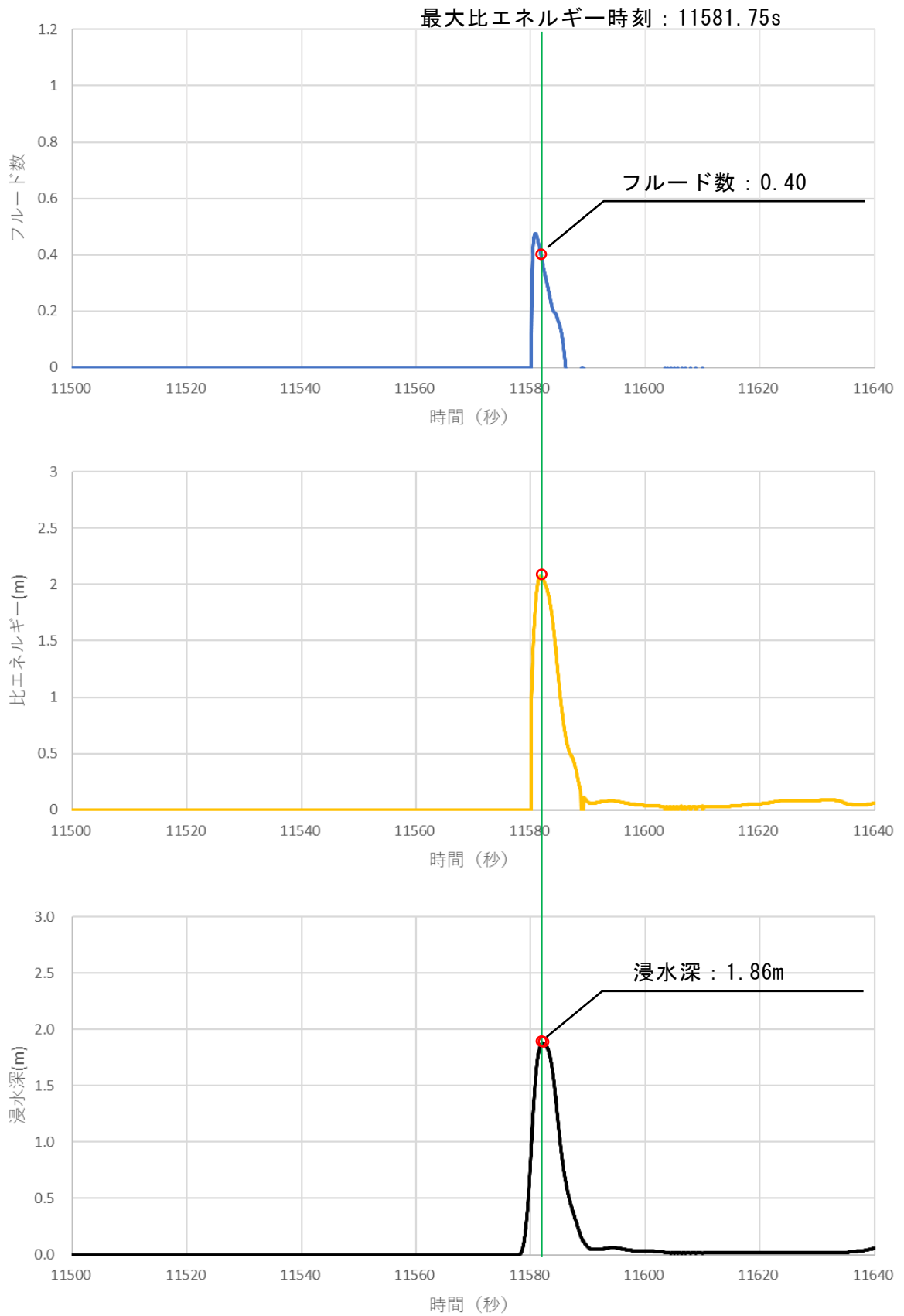
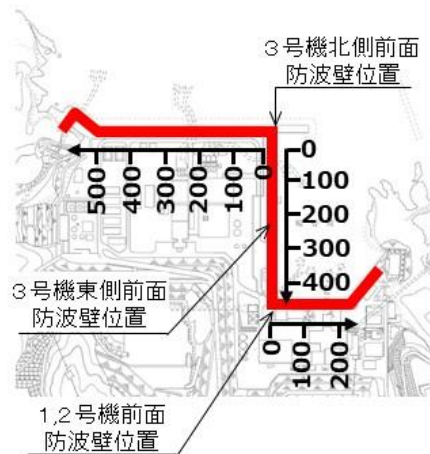


図 1.6.2-53 基準津波 1 を用いた防波壁無しの場合の検討結果におけるフルード数、比エネルギー及び浸水深の時系列分布

d. 朝倉式による津波波圧の比較

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

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



三次元津波シミュレーションと朝倉式の比較

実験及びシミュレーションと朝倉式の比較

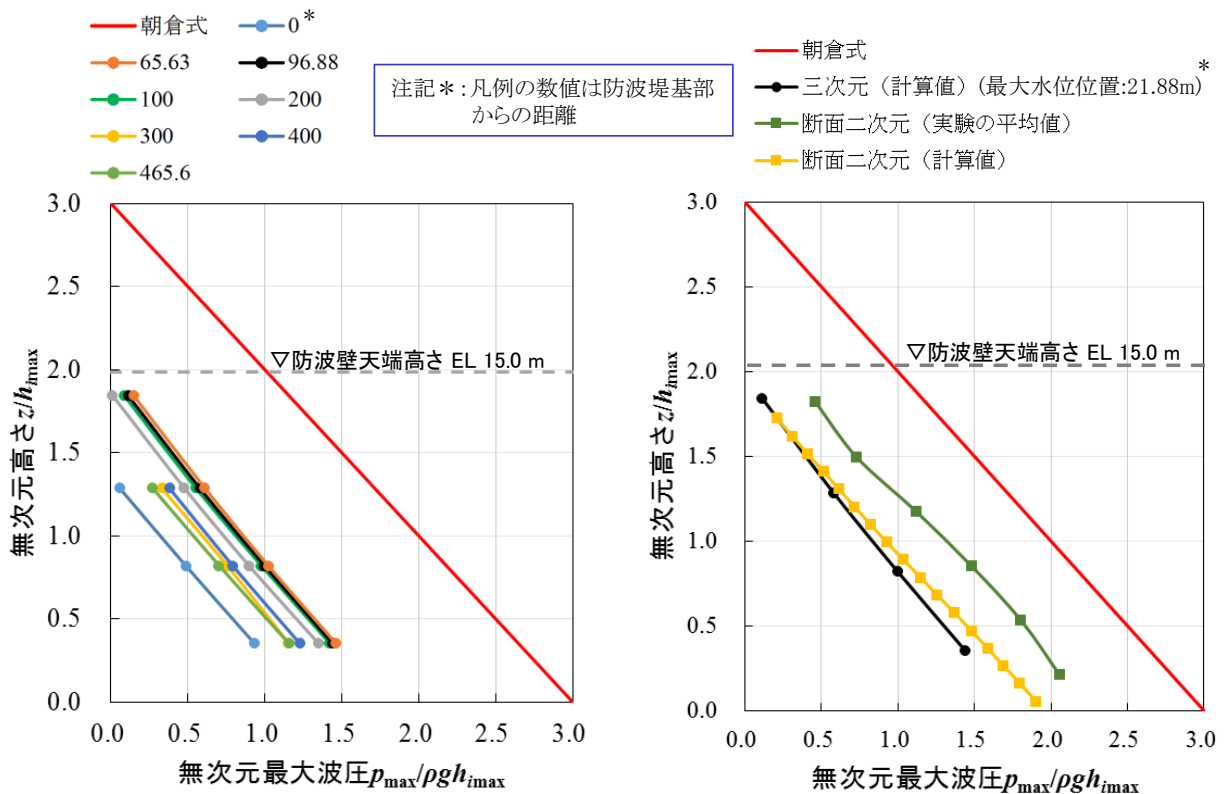
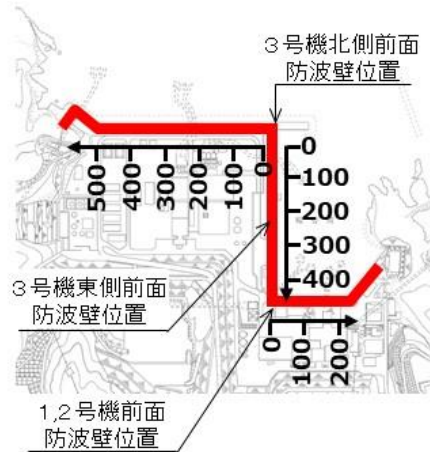


図1.6.2-54 無次元最大波圧分布の比較結果 (3号機北側前面)

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

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



三次元津波シミュレーションと朝倉式の比較

実験及びシミュレーションと朝倉式の比較

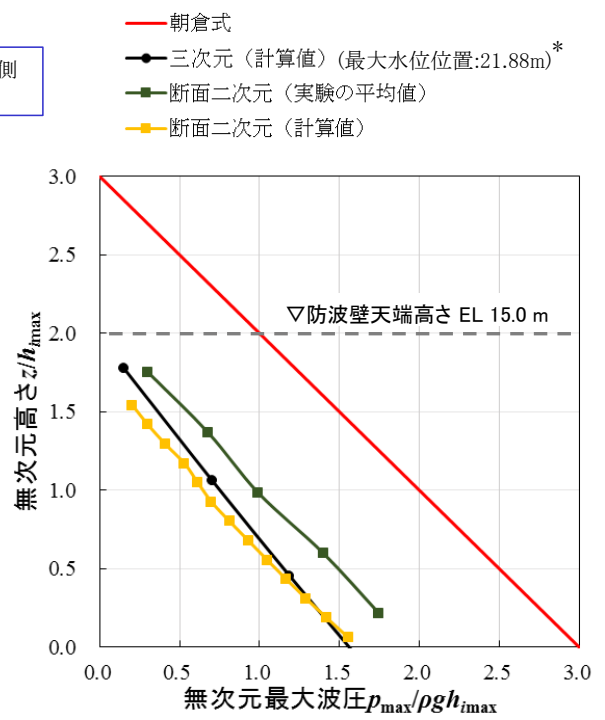
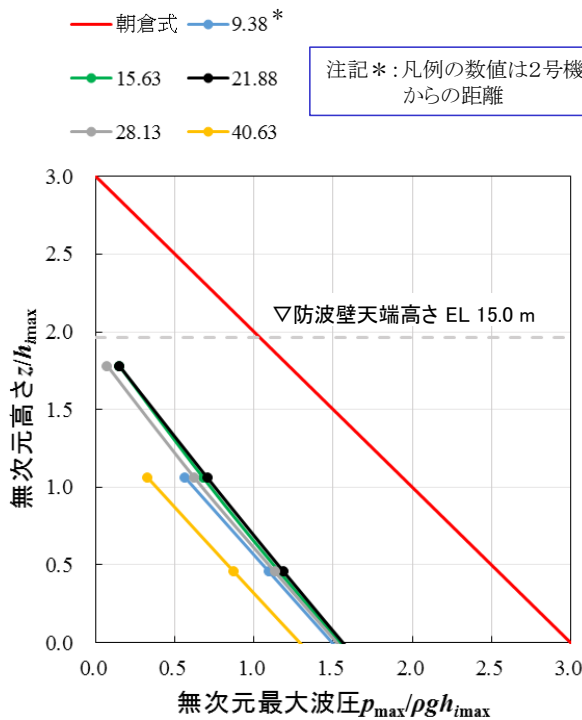
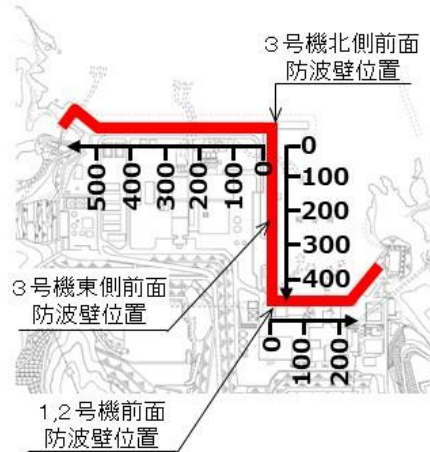


図 1.6.2-55 無次元最大波圧分布の比較結果 (1, 2号機前面)

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

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



三次元津波シミュレーションと朝倉式の比較

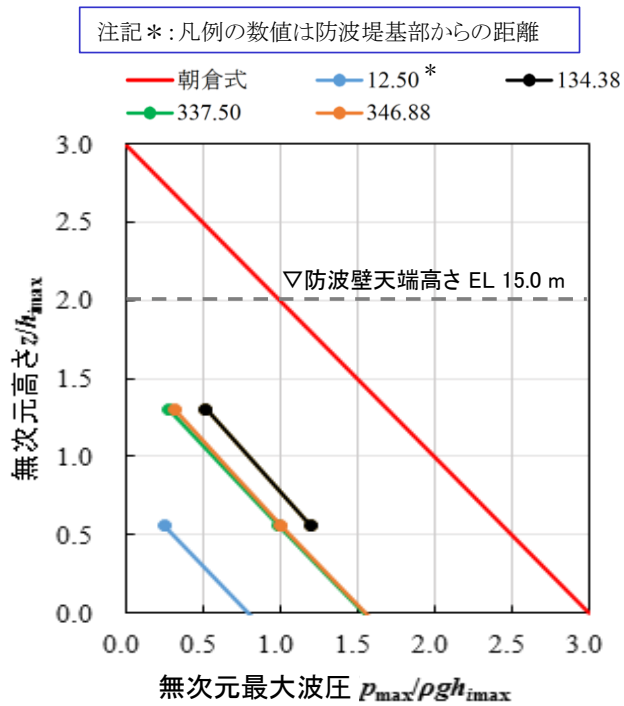


図 1.6.2-56 無次元最大波圧分布の比較結果（3号機東側前面）

e. 谷本式による津波波圧算定

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

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

既往の津波波圧算定式：谷本式

$$\eta^* = 3.0 a_I$$

$$P_1 = 2.2 \rho_0 g a_I$$

$$P_u = P_1$$

ここに、

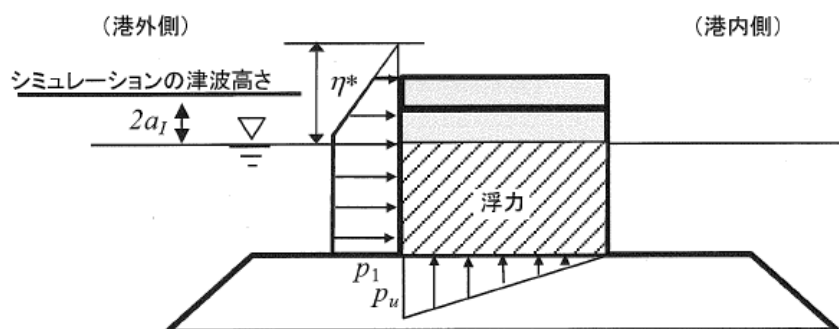
η^* : 静水面上の波圧作用高さ (m)

a_I : 入射津波の静水面上の高さ (振幅) (m)

$\rho_0 g$: 海水の単位体積重量 (kN/m³)

P_u : 直立壁前面下端における揚圧力* (kN/m²)

背面水位が押し波時に静水面より下がらない場合



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

図 1.6.2-57 谷本式による波圧分布の概念図

f. 谷本式による津波波圧の比較

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

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

3号機北側前面

1,2号機前面

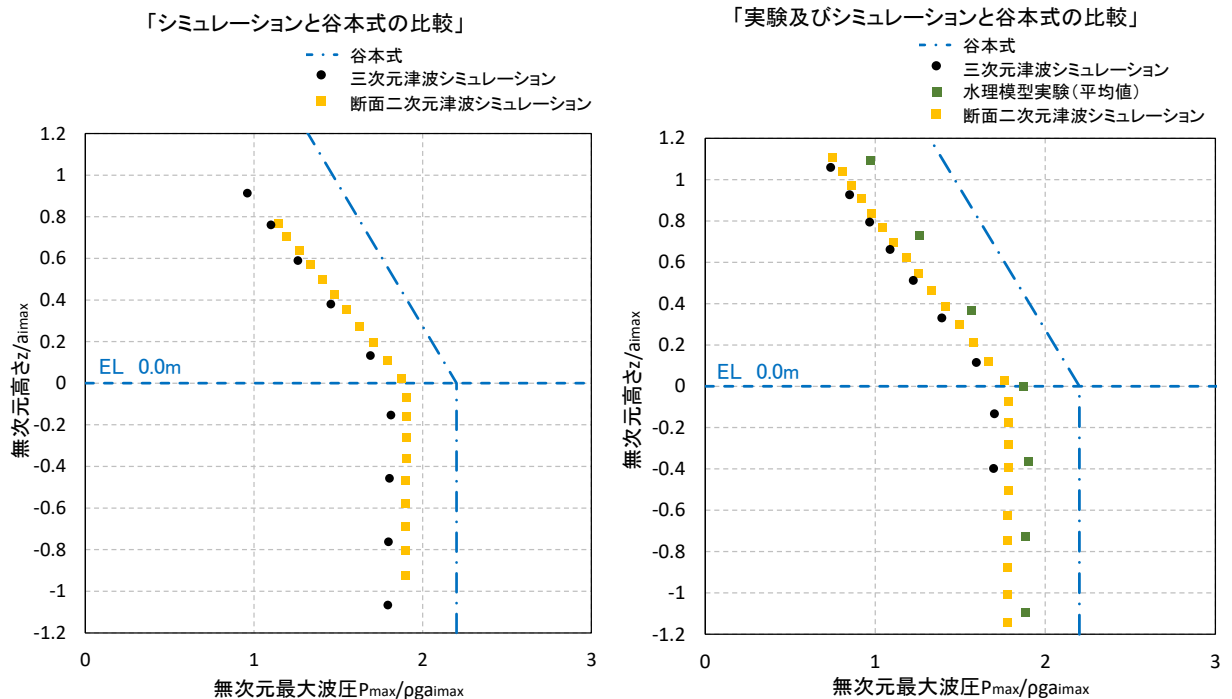


図 1.6.2-58 無次元最大波圧分布の比較結果
(3号機北側前面及び1, 2号機前面)

g. 既往の津波波圧算定式の妥当性確認に関するまとめ

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

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

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

(7) 設計で考慮する津波波圧の設定

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

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

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

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

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

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

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

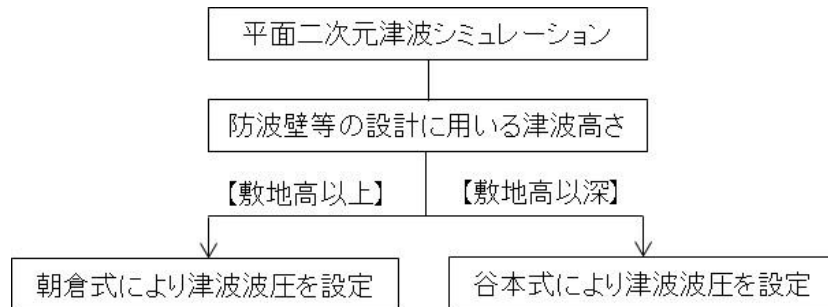


図 1.6.2-59 津波波圧の設定フロー

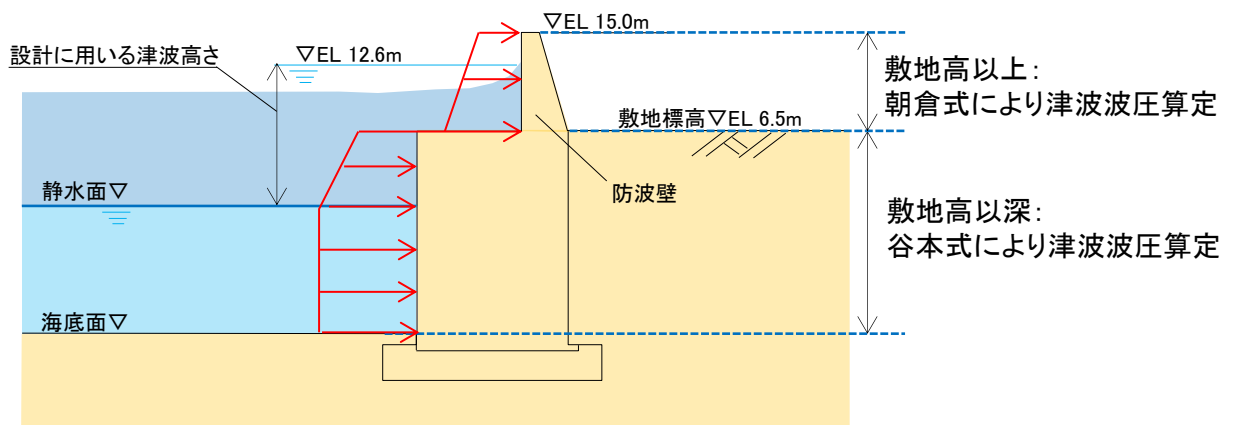


図 1.6.2-60 津波波圧の作用概念図（例：3号機北側前面）

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

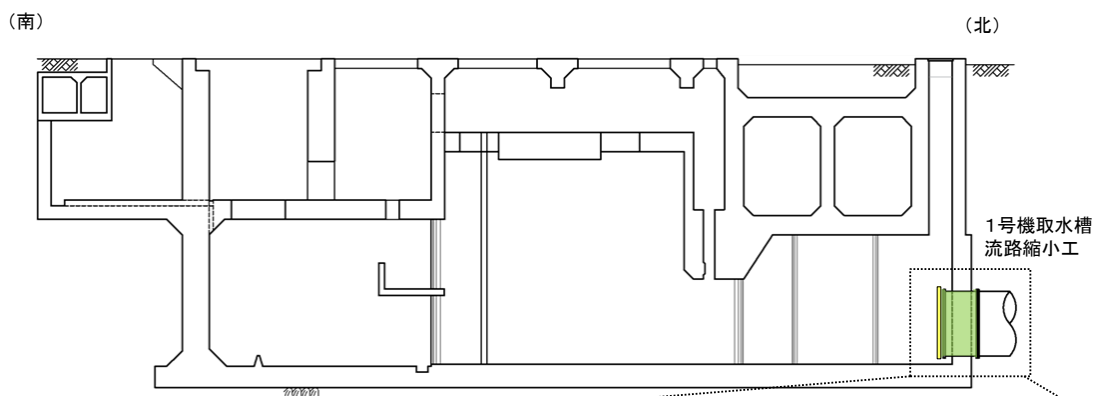
(1) 1号機取水槽流路縮小工の概要

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

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

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

1号機取水槽縦断面図



1号機取水槽流路縮小工

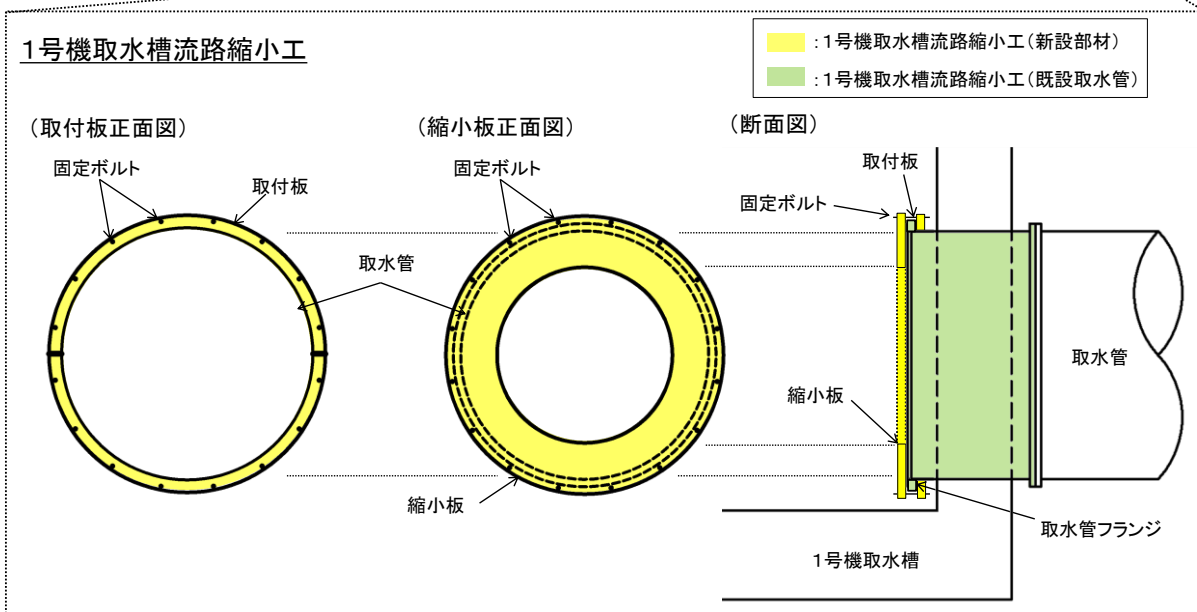


図 1.6.3-1 1号機取水槽流路縮小工の構造図

(2) 1号機取水槽流路縮小工に対する津波波圧の設定方針

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

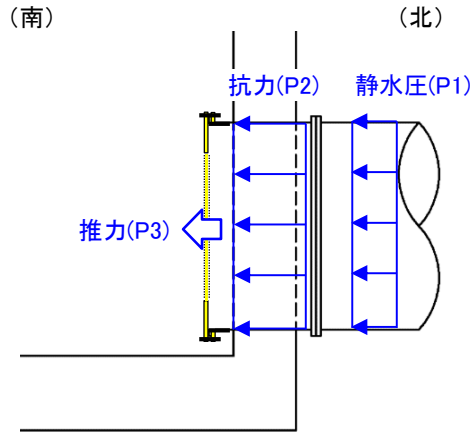


図 1.6.3-2 津波時の荷重作用イメージ

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

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

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

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

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

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

1.9 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況

1.9.1 各施設における津波時及び重畳時の荷重作用状況

防波壁，防波壁通路防波扉及び1号機取水槽流路縮小工の強度計算における津波時及び重畳時に考慮する荷重については，その施設の設置位置や形状等により設定している。表1.9.1-1に各施設における津波時及び重畳時の荷重作用状況を示す。表1.9.1-1では，各施設の解析手法に従い，静的解析，二次元静的有限要素法解析，二次元動的有限要素法解析及び三次元静的有限要素法解析における荷重作用状況を示しているが，詳細については各施設の強度計算書に示す。

表 1.9.1-1 津波時及び重畳時の荷重作用状況 (1/6)

施設名	津波時	重畳時
防波壁 (多重鋼管杭式擁壁)		
	防波壁高さ	EL 15.0 (m)
	設計津波水位	津波時 : EL 12.6 (m), 重畳時 : EL 4.9 (m)
	地盤高さ	EL 8.5 (m)
	設計用浸水深*1	津波時 : 2.05 (m), 重畳時 : —*2
	入射津波の静水面上の高さ*1	津波時 : 6.01 (m), 重畳時 : 2.16 (m)
注記*1 : 敷地高さより上に作用する波圧を朝倉式により算出する際に設計用浸水深を参照し、敷地高さより下に作用する波圧を谷本式により算出する際に入射津波の静水面上の高さを参照する。 *2 : 重畳時は敷地高 EL 8.5m を超えない。		

表 1.9.1-1 津波時及び重畳時の荷重作用状況 (2/6)

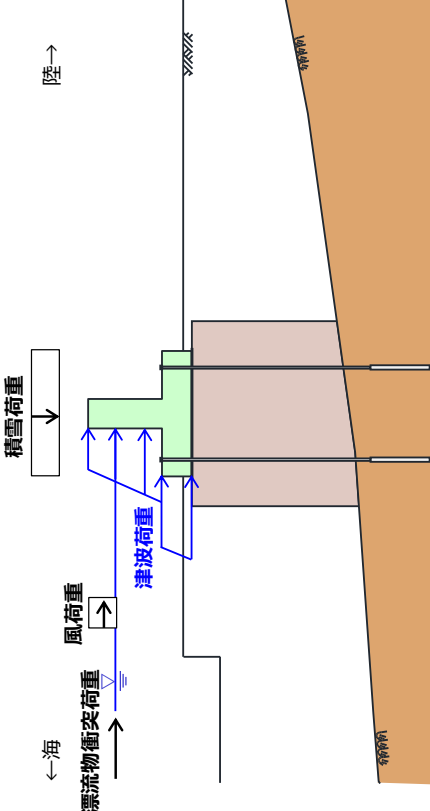
施設名	津波時	重畳時*2								
防波壁 (逆T擁壁)		<table border="1" data-bbox="1053 571 1268 1579"> <tr> <td>防波壁高さ</td> <td>EL 15.0 (m)</td> </tr> <tr> <td>設計津波水位</td> <td>EL 12.6 (m)</td> </tr> <tr> <td>地盤高さ</td> <td>EL 8.5 (m)</td> </tr> <tr> <td>設計用浸水深*1</td> <td>2.05 (m)</td> </tr> </table> <p data-bbox="1284 660 1316 1668">注記*1: 敷地高さより上に作用する波圧を朝倉式により算出する際に設計用浸水深を参照する。</p> <p data-bbox="1332 571 1396 1624">*2: 海城活断層から想定される地震による津波の設計津波水位は EL 4.9m であり敷地高 EL 8.5m を超えないため、重畳時は考慮しない。</p>	防波壁高さ	EL 15.0 (m)	設計津波水位	EL 12.6 (m)	地盤高さ	EL 8.5 (m)	設計用浸水深*1	2.05 (m)
防波壁高さ	EL 15.0 (m)									
設計津波水位	EL 12.6 (m)									
地盤高さ	EL 8.5 (m)									
設計用浸水深*1	2.05 (m)									

表 1.9.1-1 津波時及び重畳時の荷重作用状況 (3/6)

施設名	津波時	重畳時			
防波壁 (波返重力擁壁)					
	3号機東側	3号機北側	東端部	西端部	
	防波壁高さ	EL 15.0 (m)			
	設計津波水位	津波時：EL 12.6 (m), 重畳時：EL 4.9 (m)			
	地盤高さ 設計用浸水深*1	EL 8.5 (m) 津波時：2.05 (m) 重畳時：—*2	EL 6.5 (m) 津波時：3.05 (m) 重畳時：—*2	EL 8.5 (m) 津波時：2.05 (m) 重畳時：—*2	EL 6.5 (m) 津波時：3.05 (m) 重畳時：—*2
入射津波の静水面上の高さ*1	津波時：6.01 (m), 重畳時：2.16 (m)				

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

*2：重畳時は敷地高 EL 8.5m を超えない。

表 1.9.1-1 津波時及び重畳時の荷重作用状況 (4/6)

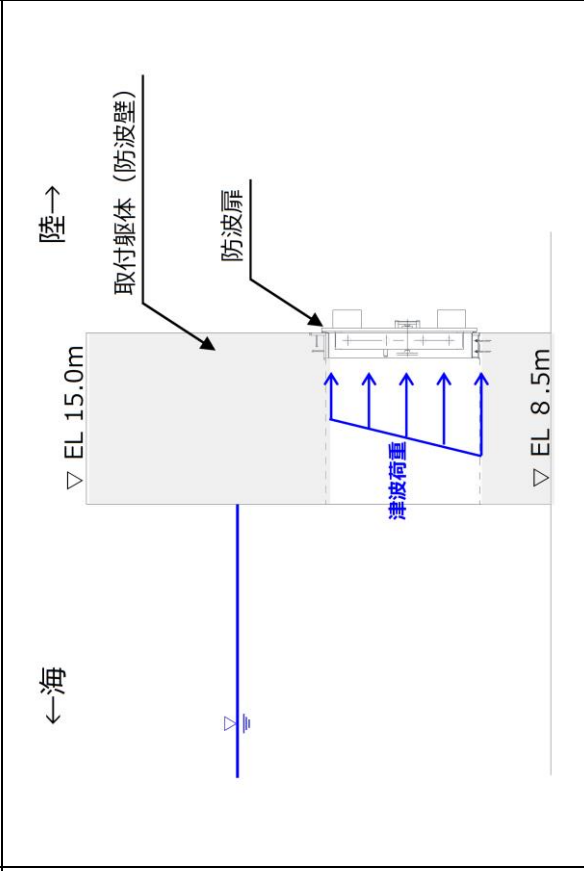
施設名	津波時	重畳時*															
防波壁通路防波扉 (1号機北側, 2号機北側)		—															
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>1号機北側</th> <th>2号機北側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>防波扉高さ</td> <td>EL 11.65 (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>設計津波水位</td> <td>EL 12.6 (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>基準高さ</td> <td>EL 9.5 (m)</td> <td></td> </tr> <tr> <td>設計用浸水深</td> <td>1.55 (m)</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				1号機北側	2号機北側	防波扉高さ	EL 11.65 (m)		設計津波水位	EL 12.6 (m)		基準高さ	EL 9.5 (m)		設計用浸水深	1.55 (m)	
	1号機北側	2号機北側															
防波扉高さ	EL 11.65 (m)																
設計津波水位	EL 12.6 (m)																
基準高さ	EL 9.5 (m)																
設計用浸水深	1.55 (m)																
<p>注記* : 海域活断層から想定される地震による津波の設計津波水位は EL 4.9m であり敷地高 EL 8.5m を超えないため、重畳時は考慮しない。</p>																	

表 1.9.1-1 津波時及び重畳時の荷重作用状況 (5/6)

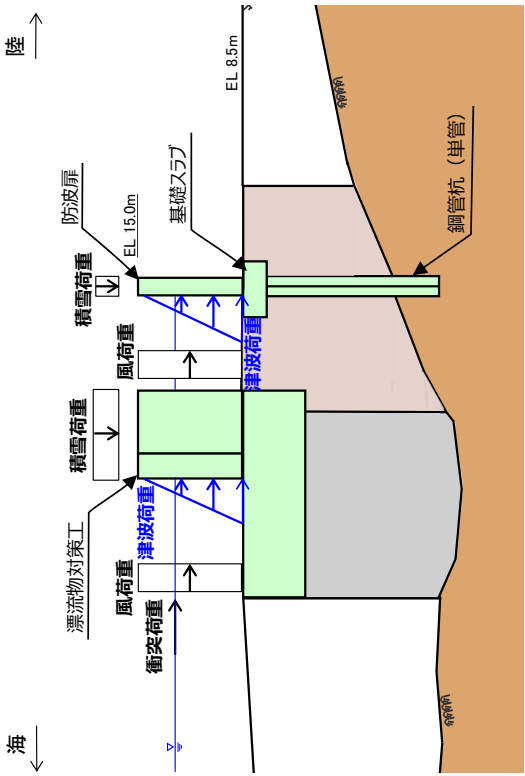
施設名	津波時*1	重畳時*2															
防波壁通路防波扉 (荷揚場南, 3号機東側)		—															
	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="922 1211 959 1955"></th> <th data-bbox="922 1093 959 1211">荷揚場南*</th> <th data-bbox="922 1093 959 1211">3号機東側</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="959 1211 1011 1955">防波扉高さ</td> <td data-bbox="959 1093 1011 1211">EL 15.0 (m)</td> <td data-bbox="959 1093 1011 1211"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1011 1211 1064 1955">設計津波水位</td> <td data-bbox="1011 1093 1064 1211">EL 12.6 (m)</td> <td data-bbox="1011 1093 1064 1211"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1064 1211 1117 1955">地盤高さ</td> <td data-bbox="1064 1093 1117 1211">EL 8.5 (m)</td> <td data-bbox="1064 1093 1117 1211"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1117 1211 1169 1955">設計用浸水深</td> <td data-bbox="1117 1093 1169 1211">2.05 (m)</td> <td data-bbox="1117 1093 1169 1211"></td> </tr> </tbody> </table>		荷揚場南*	3号機東側	防波扉高さ	EL 15.0 (m)		設計津波水位	EL 12.6 (m)		地盤高さ	EL 8.5 (m)		設計用浸水深	2.05 (m)		<p>注記*1：防波扉 (荷揚場南) 及び防波扉 (3号機東側) は、津波時に作用する荷重の種類、防波扉高さ、設計津波高さ、地盤高さ及び設計用浸水深が同じであるため、防波扉 (荷揚場南) を代表して示す。</p> <p>*2：海域活断層から想定される地震による津波の設計津波水位は EL 4.9m であり敷地高 EL 8.5m を超えないため、重畳時は考慮しない。</p>
	荷揚場南*	3号機東側															
防波扉高さ	EL 15.0 (m)																
設計津波水位	EL 12.6 (m)																
地盤高さ	EL 8.5 (m)																
設計用浸水深	2.05 (m)																

表 1.9.1-1 津波時及び重畳時の荷重作用状況 (6/6)

施設名	津波時	重畳時
1号機取水槽流路縮小工		
	1号機取水槽	1号機取水槽流路縮小工
	上端	EL-2.975 (m)
	下端	EL-6.825 (m)
設計津波水位*	津波時：EL 8.3 (m)，重畳時：EL-2.3 (m)，EL 2.8 (m)	
<small>注記*：日本海東縁部を波源とする基準津波による1号機取水口の位置における水位である。</small>		