

東海第二発電所

耐津波設計方針について

第504回審査会合(平成29年9月5日)時の
指摘事項に対する回答

平成29年9月26日

日本原子力発電株式会社

No.	指摘事項	説明頁	概要資料
4	漂流物調査に関して、今後の継続調査の基本的な考え方について整理して説明すること。	1	PD-2-10 改17 2.5 (2) 添付資料16
5	鋼製防護壁の止水機構について、構造(可動の有無)、環境条件等の観点から一般産業施設等での使用実績を調査すること。また、止水機構の特異性を考慮して考えられる挙動に対して設計方針を整理して説明すること。	4	PD-2-10 改17 添付資料21 1. (3) 9)

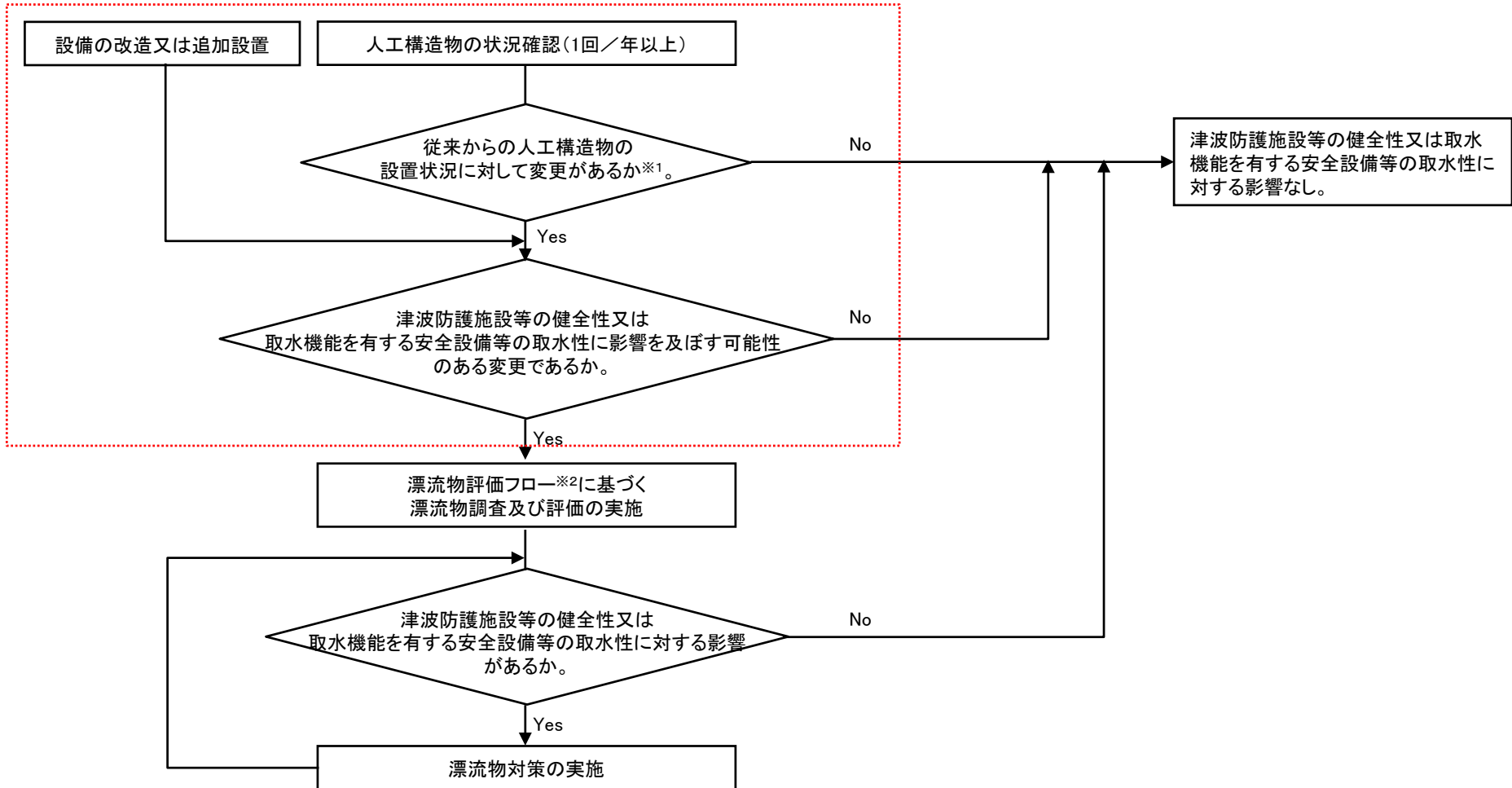
【指摘事項】

漂流物調査に関して、今後の継続調査の基本的な考え方について整理して説明すること。

【回答概要】

今後、敷地及び敷地周辺の人工構造物の位置、形状等に変更が生じた場合は、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に影響を及ぼすおそれがあるため、定期的(1回／年以上)に施設・設備等の人工構造物の状況を確認し、必要に応じて漂流物評価フローに基づき、漂流物調査及び評価を実施する方針とする。

また、発電所の施設・設備の改造や追加設置を行う場合は、その都度、施設・設備への影響について評価する。これら調査・評価方針については、保安規定において規定化し管理する。



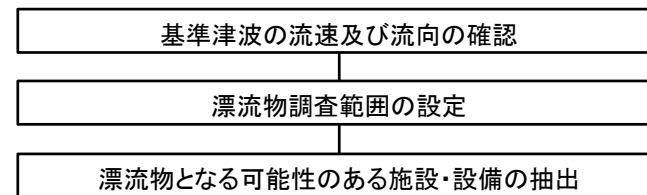
※1: 自治体、地域の連絡会・協定等の情報を活用し、設置状況を確認する。

※2: 次頁にて示す。

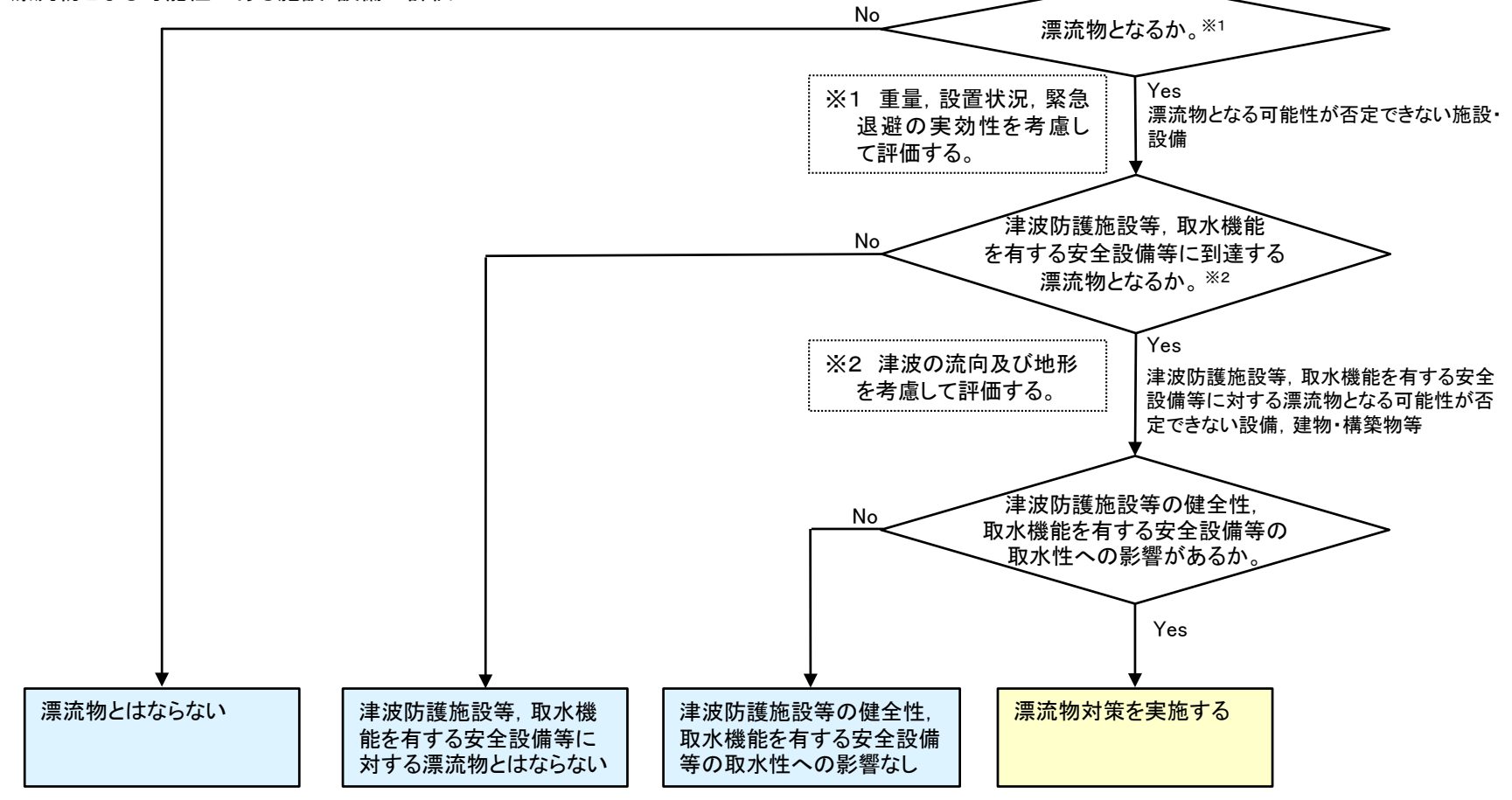
【継続的な漂流物評価フロー】

2. 漂流物評価フロー

- ◆ 漂流物評価フローにより、漂流物となる可能性のある設備、建物・構築物等を抽出するとともに、漂流の可能性について評価を行い、非常用海水ポンプの取水性への影響について確認する。
- ◆ また、抽出された漂流物については、津波防護施設、浸水防止設備への波及的影響を評価する。



漂流物となる可能性のある施設・設備の評価



【漂流物評価フロー(東海港防波堤を除く)】

【指摘事項】

鋼製防護壁の止水機構について、構造(可動の有無)、環境条件等の観点から一般産業施設等での使用実績を調査すること。また、止水機構の特異性を考慮して考えられる挙動に対して設計方針を整理して説明すること。

【回答概要】

鋼製防護壁の止水機構と同様に水密ゴムを使用した設備としては、沿岸部における津波・高潮防災設備として、起伏ゲート、多段式ゲート、稼働防潮堤があることを確認した。これら防災設備の適用場所の環境条件は鋼製防護壁の止水機構と同様と考えられるが、止水機構の止水板が地震時に追従するのに対して、防災設備は地震時の挙動を考慮したものでないことから、構造的には必ずしも一致しない。

このため、止水機構の特異性を考慮して、地震時、津波時及び津波時＋余震時における止水板の挙動について、二次元動的解析により、鋼製部材の健全性を確認する。

また、止水性への影響として想定される劣化・損傷モードとして水密ゴムの摩耗及び異物混入(水密ゴムの破損)を前提とした漏水量評価を実施した。

1. 止水ジョイント部(底部止水機構)の概要説明

1. 止水機構の設計条件と概要

- ◆津波荷重：基準津波 ◆地震荷重：基準地震動Ss
- ◆許容可動範囲：海側へ700mm, 陸側へ500mm, 上下±60mm
- ◆適用規格：道路橋示方書・同解説 II 鉄鋼編,
水門鉄管技術基準, ダム・堰施設技術基準(案)

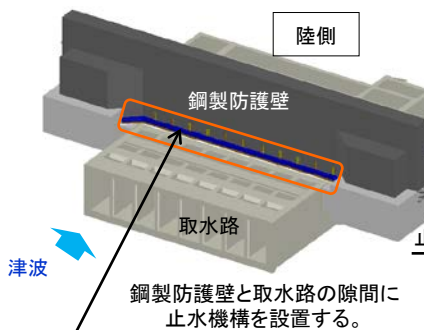
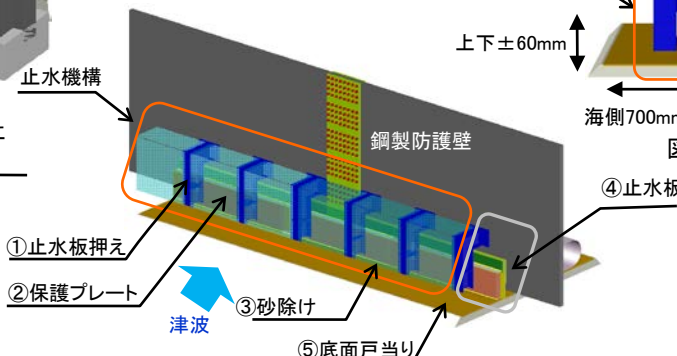
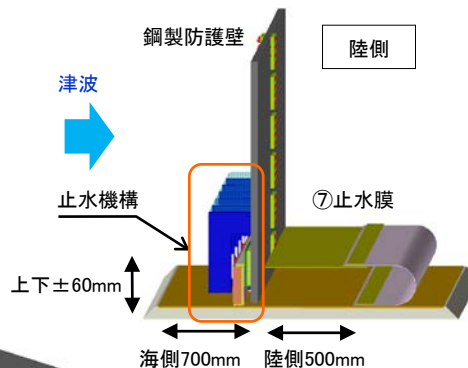


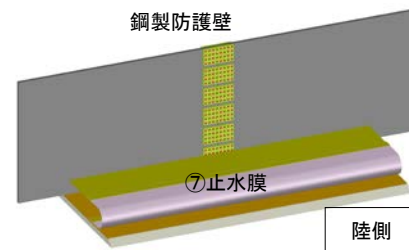
図1 鋼製防潮壁の構造



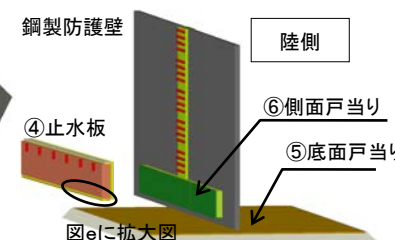
図a 止水機構の構造



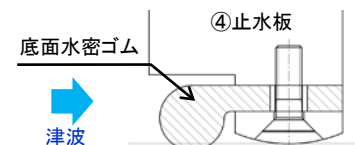
図b 止水機構断面図



図d 止水機構背面の構造



図c 止水板の構造



図e 底面水密ゴムの構造(断面図)
側面も同様に水密ゴムを設置

図2 鋼製防護壁 止水機構の構造

表1 止水機構の用途

	名称	用途	材料
止水機能	①止水板押え	・止水板を支持する。 ・漂流物等から止水板を防護する。	鋼製
	②保護プレート	・漂流物等から止水板を防護する。 ・止水板への異物混入を防止する。	鋼製
	③砂除け	・底面戸当り面への砂等の異物混入を防止する。	ナイロン
	④止水板	・止水機構の扉体の機能。 ・底面及び側面の戸当りに面する部位に水密ゴムを設置し浸水を防止する。 1枚当たりの主要仕様 ○寸法:横2000mm×幅100mm×高さ400mm ○重量:620kg	ステンレス※+ 水密ゴム(P形ゴム)
	⑤底面戸当り	・止水板の底面水密ゴムとのシール性を確保する。(真直度, 平面度管理) ・床部より100mm嵩上げし異物混入を防止する。	ステンレス※
	⑥側面戸当り	・止水板の側面水密ゴムとのシール性を確保する。(真直度, 平面度管理)	ステンレス※
	⑦止水膜	・水密ゴムからの微少な漏えいを保持する。 ・陸側からの異物混入を防止する。	膜材

2. 止水ジョイント部(底部止水機構)の追従性について

2. 止水機構の追従性について

各振動モードによる追従性について以下に示す。

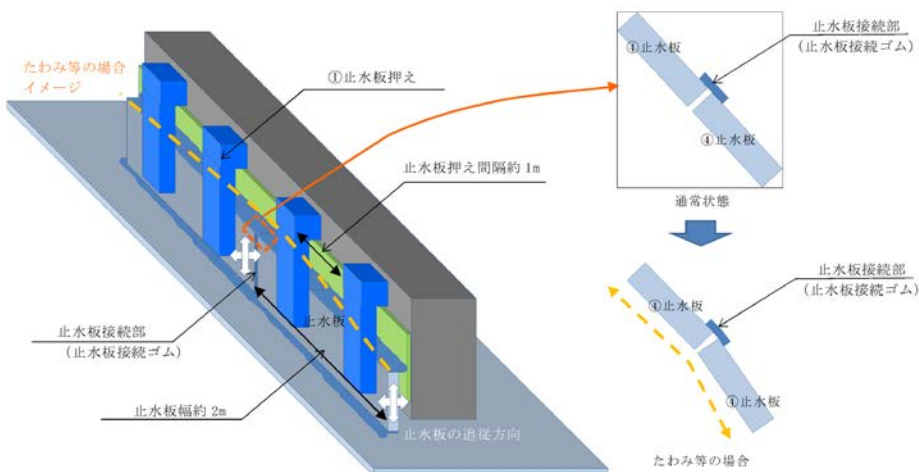
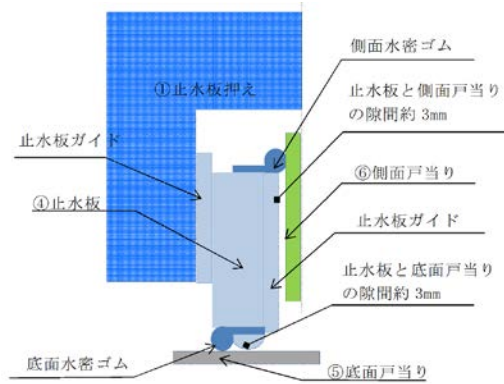


図3 止水機構の止水板の追従イメージ

- ◆ 止水板押えは約1m間隔で1枚の止水板を2箇所支持する。
- ◆ 止水板同士を接続する接続ゴムは、水密ゴム(平形)を採用し側面、底面の水密ゴム(P形)と同じ材質の水密ゴムで水密性を確保している。
- ◆ 止水板接続ゴムは伸縮性に優れている。鋼製防護壁全長にすると水平方向に±約2m、鉛直方向に約0.6mの変位に追従することができる。

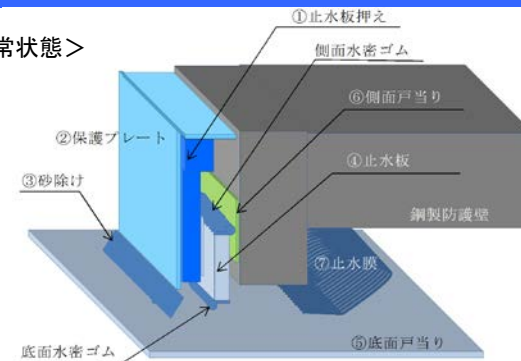


(通常時)

- ◆ 側面戸当り及び底面戸当りとの隙間を約3mmで調整。
- ◆ 水密ゴムのみで密着するよう止水板の位置は調整している。
- ◆ 通常の状態(地震時含む)には、止水板は水圧により拘束されていないため、水密ゴムの摩擦抵抗だけで追従しやすい状態にある。

図5 止水板の支持方法について

<通常状態>



<地震時(鋼製防護壁が上がる状態)>

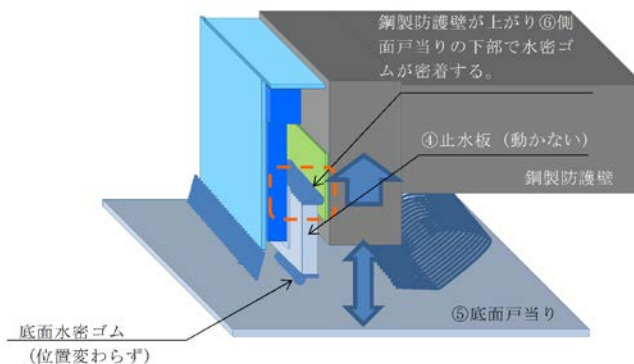
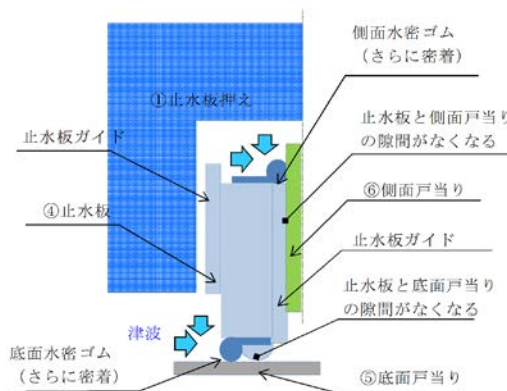


図4 止水機構の動作について(鉛直)

- ◆ 鋼製防護壁が上がる場合は、④止水板は、鋼製防護壁に固定されていないため、現状位置を保持する。
- ◆ 側面水密ゴムは、⑥側面戸当りの下部で密着する。
- ◆ 底面水密ゴムは、現状位置と変わらない。



(津波襲来時)

- ◆ 止水板に水圧がかかると、通常の状態に調整されている約3mmの隙間がなくなり、止水板は側面戸当り側に押し付けられ、水密ゴムの密着性がさらに高まる構造。

2. 止水ジョイント部(底部止水機構)の採用実績と解析方針について

3. 採用実績

鋼製防護壁の構造上の採用実績は以下のとおり。(表2, 図6~8)

表2 ゲート等の採用実績(A社製2017年8月)



図6 可動防潮堤※

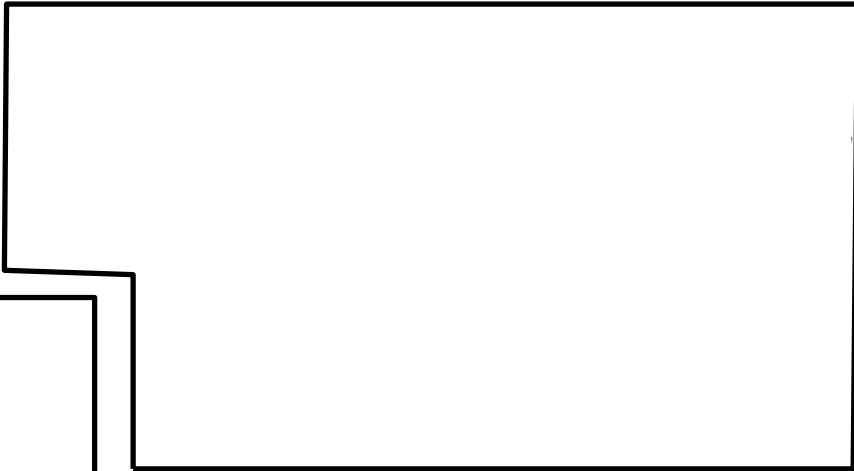


図8 起伏ゲート

※可動防潮堤とは、無動力かつ人為操作なしに開口部閉塞を可能とすることが特長の津波・高潮防災設備。

4. 止水板の挙動解析について

止水板の構造は、一般的に実績のあるものを採用していることを確認した。しかしながら、止水機構の止水板のように地震時の挙動を考慮したものではない。このため、止水装置の止水板の挙動について二次元動的解析を実施し、データを拡充させ信頼性を更に高める。なお、本件の解析結果は詳細設計段階でご説明する。

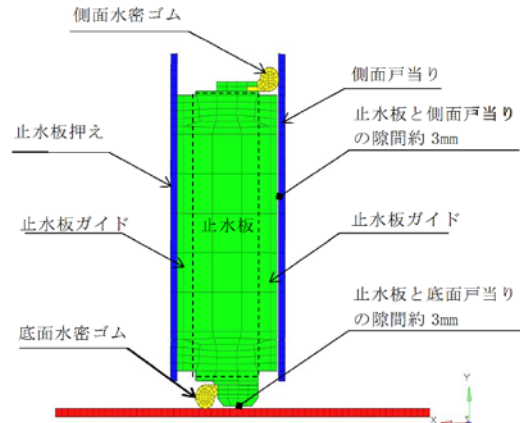


図9 解析モデル図

<評価条件>

- ◆解析コード: MARC(大規模解析対応非線形解析)
- ◆地震動: 基準地震動 S_s
- ◆解析ケース: 3ケース
地震時, 津波時, 地震時+余震
- ◆水密ゴム摩擦係数:
0. 2(ダム・堰施設技術基準(案))
0. 4(劣化傾向模擬)
- ◆評価対象部位:
止水板, 止水板押え, 側面戸当り, 止水板ガイド
- ◆許容応力: 弾性設計範囲内

図7 可動防潮堤(陸上設置型長径間防潮堤)

4. 止水ジョイント部(底部止水機構)の許容漏えい量と漂流物の影響

5. 漏水量の評価

水密ゴムの漏水試験を実施(図10)。通常状態(新品, 表4)での試験結果を示す(表5)。

許容漏えい量はダム・堰施設技術基準より

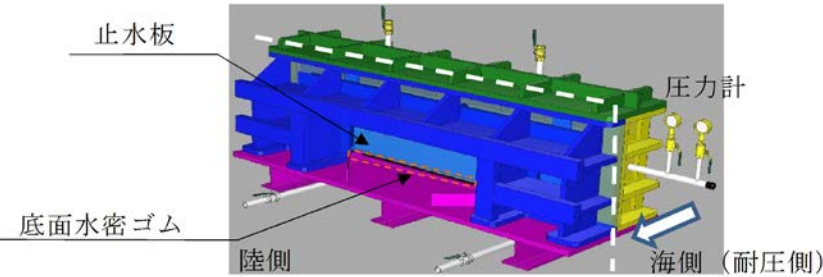


表4 水密ゴムの仕様 ダム・堰施設技術基準(案) 抜粋

表3.3.4-1 水密ゴムの硬さ等

項目	諸数値
引張り強さ	14.7N/mm ² 以上
硬(ショア)さ	40°~80°
吸水率(重量比)	5%以下
破断時の伸び	300%以上
比重	1.1~1.6

表3.3.4-3 水密ゴムの形状と特性

ゴム形状	P形	L, Y形	ケーソン形	平形
使用箇所	側部および上部	側部	四方	底部
適用水深	低圧~高圧	低圧	高圧	低圧~高圧
硬(ショア)さ	50°~70°	50°~60°	50°~70°	50°~60°

表5 漏水試験(通常状態(新品))

※:漏えい量は1mあたり10分の漏えい量

	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏えい量* (ℓ/10分)	許容漏えい量 (ℓ/10分)	判定
試験体 1	0.2	10	0.020	2.0	○
試験体 2	0.2	10	0.029	2.0	○

底面水密ゴムの漏水試験は、許容漏えい量に対し少ない結果となった。

図10 試験装置の概要(上:鳥瞰図 下:試験装置)

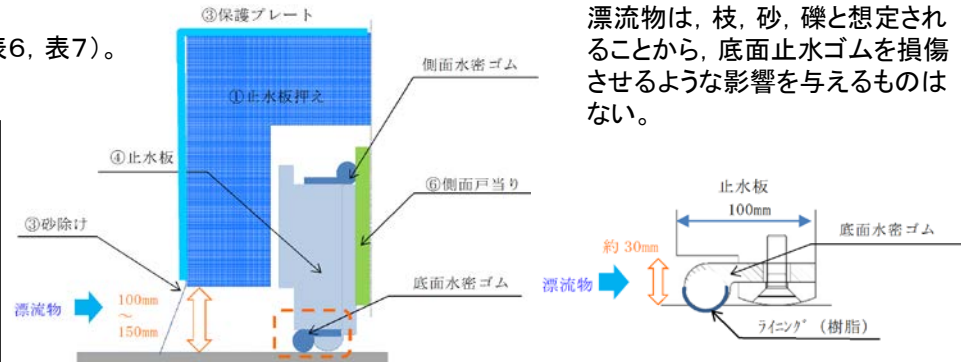
6. 止水機構に対する漂流物による影響評価

底面水密ゴムの影響を与える漂流物を評価した(表6, 図11)。

評価結果より、砂の巻き込みによる影響及び植生による漏えい量を評価した(表6, 表7)。

表6 止水機構の漂流物除去の概要

構造部材	機能・用途	防護されるもの	通過の可能性が高いもの
「①止水板押え」 「②保護プレート」 「③砂除け」 (約 100~150mm)	重量物・大型の漂流物の除去(①②) 軽量の漂流物及び砂、礫の除去(③)	船舶, タンク, サイロ, ポンベ類 資機材類, 建物の外装板, カーテンウォール, 植生, 砂, 礫 など	砂, 礫, 植生
底面水密ゴム (約 30mm)	小型の漂流物除去	植生	砂, 礫, 植生の枝



漂流物は、枝、砂、礫と想定されることから、底面止水ゴムを損傷させるような影響を与えるものはない。

図11 止水壁の漂流物除去の概要

4. 止水ジョイント部(底部止水機構)の漂流物の影響を考慮した漏水試験及び維持管理

7. 漂流物による影響を想定した漏水試験

底面水密ゴムの影響を与える漂流物を評価した6項の結果より、以下の2ケースの漏水試験を参考までに実施した。

- (1) 砂の巻き込みによる試験(表)
- (2) 植生の巻き込みによる試験(表6, 表7)。

表6 漏水試験(砂噛み込み)

※:漏えい量は1mあたり10分の漏えい量

	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏えい量* (ℓ/10分)	許容漏えい量 (ℓ/10分)	判定
1回目	0.17	10	0.039	1.7	○
	0.66	10	0.625	6.7	○
2回目	0.17	10	0.440	1.7	○
	0.66	10	0.525	6.7	○

(1) 砂の巻き込みによる試験

<試験条件>

- ◆試験体:地震(S_g相当)による摩耗試験済み(砂噛み込み)
- ◆試験圧力:以下の圧力による漏水試験(砂噛み込み)
 - ・0.17MPa以上:防潮堤敷地高さ(T.P.+3m)からの静水圧
 - ・0.66MPa以上:防潮堤天端高さ(T.P.+20m)の静水圧×3倍以上
- ◆試験時間:10分保持

(ダム・堰施設技術基準(案)(国土交通省)より)

◆許容漏水量:(表6)

$$W = 10.2L \times P$$

W:漏水量(ml/min)

P:設計圧力 0.17MPa, 0.66MPa

L:長辺の長さ(cm)(試験装置の長さ100cm)

- ・0.17MPaの場合: 173ml/min ⇒ 10分あたり1.7ℓ
- ・0.66MPaの場合: 673ml/min ⇒ 10分あたり6.7ℓ

(2) 植生の巻き込みによる試験

- ◆評価条件:止水板1枚(2m幅)の底面止水ゴムの損傷を想定
- ◆試験圧力:以下の圧力による漏水試験(砂噛み込み)
- ◆試験時間:10分保持

(ダム・堰施設技術基準(案)(国土交通省)より)

◆許容漏水量:

$$Q = CA\sqrt{2gh}$$

C:流入係数 (1.0) g:重力加速度 (9.8m/s²)

A:通過面積m² (0.003×2=0.006m²)

h:水頭 m (防潮堤天端高さ20m-3m設置レベル=17m)

$$Q = 1.0 \times 0.006 \times \sqrt{2 \times 9.8 \times 17} = 6.6\text{m}^3$$

底部水密ゴムの漏水試験は、砂噛み込み状態においても許容漏えい量に対し少ない結果となった。

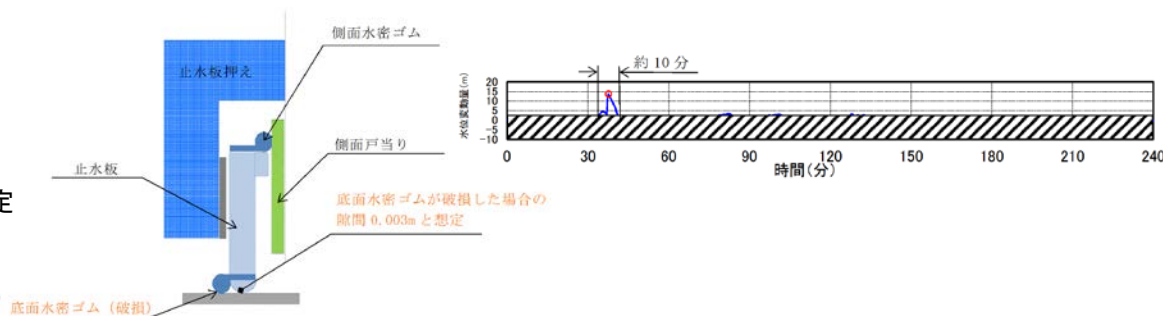


図12 底面水密ゴムの損傷想定位置と時刻歴波形(取水口前面)

計算の結果、1秒あたり約0.11m³であった。基準津波による時刻歴波形からT.P.+3mを超える時間は約10分であるため、漏水量は約66m³程度になる。この漏水量が止水膜がないものとして、T.P.+3m盤の敷地に流入した場合を想定すると約5cm程度の浸水に留まる。

8. 止水ゴムの維持管理

止水機構の水密ゴムは、取替ができるよう構造設計を行う。そのため、通常の維持管理として外観点検及び定期的な硬度測定によるトレンド管理を実施し、補修や取替等が必要な場合には取替を実施する。