

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-60-1 改 15
提出年月日	平成 30 年 3 月 9 日

東海第二発電所

工事計画に係る説明資料

(V-1-1-2-2 津波への配慮に関する説明書)

平成 30 年 3 月

日本原子力発電株式会社

改定履歴

改定	改定日 (提出年月日)	改定内容
改0	H30.2.5	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規制定</li> <li>・「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を新規作成し、追加</li> </ul>
改1	H30.2.7	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を新規作成し、追加</li> </ul>
改2	H30.2.8	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改0の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定</li> </ul>
改3	H30.2.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改1に、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を新規作成し、追加（「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」は、変更なし）</li> </ul>
改4	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改3の内、「1.1 潮位観測記録の考え方について」及び「1.3 港湾内の局所的な海面の励起について」を改定（「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」は、変更なし）</li> </ul>
改5	H30.2.13	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」及び「5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について」を新規作成し、追加</li> </ul>
改6	H30.2.15	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」を新規作成し、追加</li> </ul>
改7	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改6に、「5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について」を新規作成し、追加（「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」及び「5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について」は、変更なし）</li> </ul>
改8	H30.2.19	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」及び「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を新規作成し、追加</li> </ul>
改9	H30.2.22	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改8の「5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について」を改定（「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」は、変更なし）</li> </ul>
改10	H30.2.23	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改2の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定</li> </ul>
改11	H30.2.27	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「4.1 設計に用いる遡上波の流速について」及び「5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について」を新規作成し、追加</li> </ul>
改12	H30.3.1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について」、「1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて」、「4.2 漂流物による影響確認について」、「5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて」及び「5.6 浸水量評価について」を新規作成し、追加</li> <li>・改4の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定</li> </ul>
改13	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>・改12の内、「1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討」を改定</li> </ul>
改14	H30.3.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>・「5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について」のうち、「5.11.5 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁」を新規作成</li> <li>・「5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁止水シールについて」を改定</li> </ul>
改15	H30.3.9	<ul style="list-style-type: none"> <li>・資料番号を「補足-60」→「補足-60-1」に変更（改定番号は継続）</li> <li>・改7の内、「5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について」を改定</li> <li>・改10の「6.1.3 止水機構に関する補足説明」を改定</li> </ul>

下線は、今回提出資料を示す。

## 目 次

1. 入力津波の評価
  - 1.1 潮位観測記録の考え方について[改 4 H30. 2. 13]
  - 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について[改 12 H30. 3. 1]
  - 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について[改 4 H30. 2. 13]
  - 1.4 津波シミュレーションにおける解析モデルについて[改 12 H30. 3. 1]
  - 1.5 入力津波のパラメータスタディの考慮について
  - 1.6 SA用海水ピットの構造を踏まえた影響の有無の検討[改 13 H30. 3. 6]
2. 津波防護対象設備
  - 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
3. 取水性に関する考慮事項
  - 3.1 砂移動による影響確認について
  - 3.2 海水ポンプの波力に対する強度評価について
  - 3.3 電源喪失による除塵装置の機能喪失に伴う取水性の影響について
4. 漂流物に関する考慮事項
  - 4.1 設計に用いる遡上波の流速について[改 11 H30. 2. 27]
  - 4.2 漂流物による影響確認について[改 12 H30. 3. 1]
  - 4.3 漂流物衝突力について
5. 設計における考慮事項
  - 5.1 地震と津波の組合せで考慮する荷重について[改 7 H30. 2. 19]
  - 5.2 耐津波設計における現場確認プロセスについて[改 12 H30. 3. 1]
  - 5.3 強度計算に用いた規格・基準について
  - 5.4 津波波力の選定に用いた規格・基準類の適用性について[改 11 H30. 2. 27]
  - 5.5 津波防護施設のアンカーの設計に用いる規格・基準類の適用性について
  - 5.6 浸水量評価について[改 12 H30. 3. 1]
  - 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について[改 15 H30. 3. 9]
  - 5.8 浸水防護に関する施設の機能設計・構造設計に係る許容限界について
  - 5.9 浸水防護施設の評価に係る地盤物性値及び地質構造について[改 9 H30. 2. 22]
  - 5.10 浸水防護施設の強度計算における津波荷重、余震荷重及び衝突荷重の組合せについて[改 5 H30. 2. 13]
  - 5.11 浸水防護施設の設計における評価対象断面の選定について[改 14 H30. 3. 6]
  - 5.12 浸水防護施設の評価における衝突荷重、風荷重及び積雪荷重について
  - 5.13 スロッシングによる貯留堰貯水量に対する影響評価について
  - 5.14 防潮堤止水ジョイント部材及び鋼製防護壁シール材について[改 14 H30. 3. 6]
  - 5.15 東海発電所の取放水路の埋戻の施工管理要領について
  - 5.16 地殻変動後の基準津波襲来時における海水ポンプの取水性への影響について
  - 5.17 強度計算における津波時及び重畳時の荷重作用状況について[改 5 H30. 2. 13]
  - 5.18 津波に対する止水性能を有する施設の評価について

[ ]内は、当該箇所を提出  
(最新)したときの改訂を示  
す。

5.19 津波荷重の算出における高潮の考慮について[改 7 H30. 2. 19]

6. 浸水防護施設に関する補足資料

6.1 鋼製防護壁に関する補足説明

6.1.1 鋼製防護壁の設計に関する補足説明

6.1.2 鋼製防護壁アンカーに関する補足説明

6.1.3 止水機構に関する補足説明[改 15 H30. 3. 9]

6.2 鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明

6.2.1 鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明

6.2.2 フラップゲートに関する補足説明

6.3 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）に関する補足説明

6.3.1 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計に関する補足説明

6.4 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁に関する補足説明

6.4.1 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計に関する補足説明

6.5 防潮扉に関する補足説明

6.5.1 防潮扉の設計に関する補足説明

6.6 放水路ゲートに関する補足説明

6.6.1 放水路ゲートの設計に関する補足説明

6.7 構内排水路逆流防止設備に関する補足説明

6.7.1 構内排水路逆流防止設備の設計に関する補足説明

6.8 貯留堰に関する補足説明

6.8.1 貯留堰の設計に関する補足説明

6.8.2 貯留堰取付護岸に関する補足説明

6.9 浸水防護設備に関する補足説明

6.9.1 浸水防止蓋，水密ハッチ，水密扉，逆止弁の設計に関する補足説明

6.9.2 逆止弁の漏えい試験について

6.9.3 逆止弁を構成する各部材の評価について

6.9.4 津波荷重（突き上げ）の強度評価における鉛直方向荷重の考え方について

6.10 津波監視設備に関する補足説明

6.10.1 津波監視カメラの設計に関する補足説明

6.10.2 取水ピット水位計及び潮位計の設計に関する補足説明

6.10.3 加振試験の条件について

6.10.4 津波監視設備の設備構成及び電源構成について

6.11 耐震計算における材料物性値のばらつきの影響に関する補足説明

6.12 止水ジョイント部の相対変位量に関する補足説明

6.13 止水ジョイント部の漂流物対策に関する補足説明

[ ]内は，当該箇所を提出（最新）したときの改訂を示す。

## 5.7 自然現象を考慮する浸水防護施設の選定について

### (1) 基本方針

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

### (2) 選定対象施設

選定を行う浸水防護施設を以下に示す。

#### a. 津波防護施設

- ・防潮堤（鋼製防護壁）
- ・防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁）
- ・防潮堤（鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア））
- ・防潮壁（鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁）
- ・防潮扉
- ・放水路ゲート
- ・構内排水路逆流防止設備
- ・貯留堰

#### b. 浸水防止設備

- ・取水路点検用開口部浸水防止蓋
- ・海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁
- ・取水ピット空気抜き配管逆止弁
- ・海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋
- ・S A用海水ピット開口部浸水防止蓋
- ・緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋
- ・緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋
- ・緊急用開始ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋
- ・緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁
- ・緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁
- ・放水路ゲート点検用開口部浸水防止蓋
- ・格納容器圧力逃がし装置格納槽点検用水密ハッチ
- ・常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ
- ・常設低圧代替注水系格納槽可搬型ポンプ用水密ハッチ
- ・常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉
- ・原子炉建屋原子炉棟水密扉

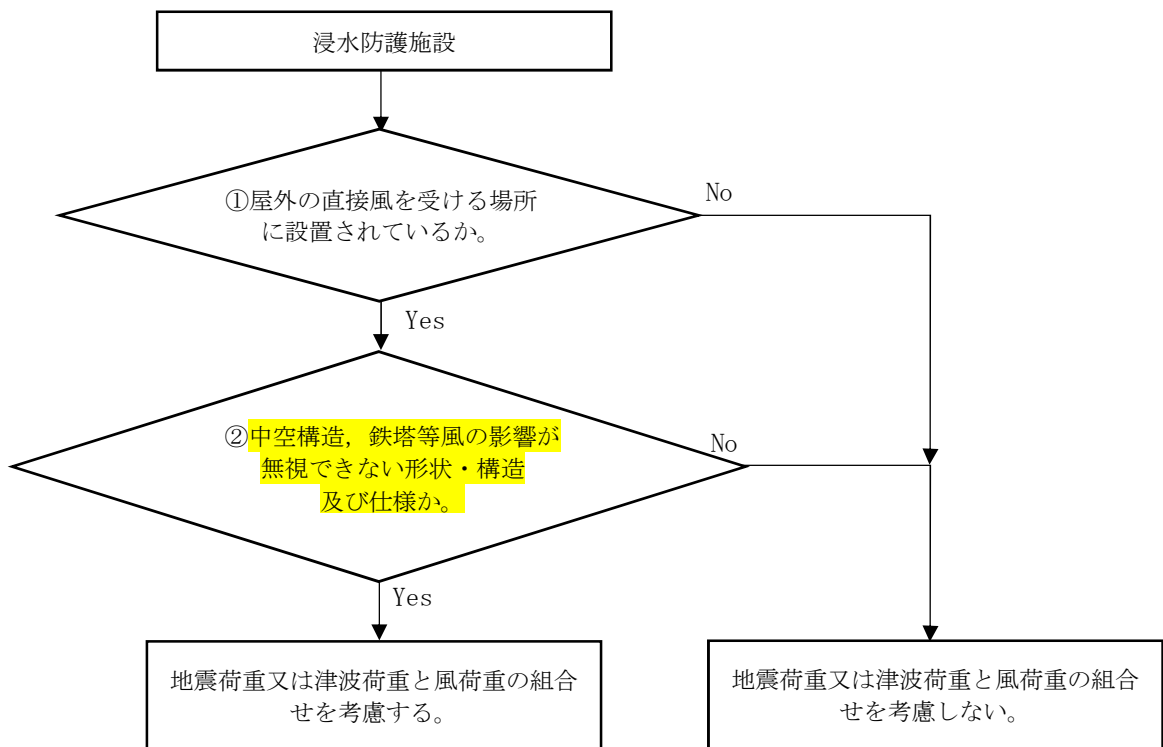
- ・原子炉建屋付属棟東側水密扉
- ・原子炉建屋付属棟西側水密扉
- ・原子炉建屋付属棟南側水密扉
- ・原子炉建屋付属棟北側水密扉 1
- ・原子炉建屋付属棟北側水密扉 2
- ・貫通部止水処置

c. 津波監視設備

- ・津波・構内監視カメラ
- ・取水ピット水位計
- ・潮位計

(3) 風荷重を組合せる施設の選定方法

屋外の直接風を受ける場所に設置されている浸水防止施設のうち、風荷重の影響が無視できない構造や形状として、中空構造物や鉄塔のように寸法に対して比較的軽量かつ長大な構造物を選定する。図 5.7-1 に選定フローを示す。



以下に示す項目に該当する場合は除外（風荷重との組合せは考慮しない。）する。

①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか。

- ・海中又は地中に設置
- ・壁等に囲われた場所に設置

②中空構造，鉄塔等，風の影響が無視できない形状・構造及び仕様か。

- ・受圧面積が小さい
- ・自重が大きい
- ・床下に設置

図 5.7-1 地震荷重又は津波荷重と風荷重の組合せを考慮する施設の選定フロー

(4) 風荷重を組合せる施設の選定結果

風荷重を組合せる施設の選定結果を表 5.7-1 に示す。

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (1/4)

施設・設備	①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造、形状及び仕様か	風荷重の組合せ		備考
			考慮する	考慮しない	
防潮堤	鋼製防護壁	○	○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置 ただし、津波荷重作用時には、津波により 風荷重の受圧面が存在しないため、考慮し ない。
	鉄筋コンクリート 防潮壁	○	○	考慮する	
	鉄筋コンクリート 防潮壁(放水路エリ ア)	○	○	考慮する	
	鋼管杭鉄筋コンク リート防潮壁	○	○	考慮する	
津波防護施設	防潮扉	○		考慮する	敷地前面東側の防潮堤(鉄筋コンクリート 防潮壁)及び敷地側面南側の防潮堤(鋼管 杭鉄筋コンクリート防潮壁)に設置 ただし、津波荷重作用時には、津波により 風荷重の受圧面が存在しないため、考慮し ない。
	放水路ゲート	○		考慮する	防潮堤直下の放水路上に設置 ただし、津波荷重作用時には、津波により 風荷重の受圧面が存在しないため、考慮し ない。
	構内排水路逆流防止設備	○	×	考慮しない	防潮堤の地下部の集水枠の中に設置する ため、風荷重の影響を無視できる。
	貯留堰	×	—	考慮しない	水中に設置するため、直接風を受ける場所 にない。

○：該当する (Yes)      ×：該当しない (No)



表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (2/4)

施設・設備	①屋外の直接風を受けるか 場所に設置されているか	②風の影響が無視できない 構造、形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	取水路点検用開口部浸水防止蓋	○	×	取水路の床面に設置するため、風荷重の影響を無視できる。
	海水ポンプグラウンドドレン排出口逆止弁	×	—	海水ポンプ室の床面の排出口に埋め込むように設置するため、直接風を受ける場所がない。
	取水ピット空気抜き配管逆止弁	○	×	循環水ポンプ室内の取水ピット空気抜き配管に設置 受圧面積が小さいため、風荷重の影響を無視できる。
	海水ポンプ室ケーブル点検口浸水防止蓋	○	×	海水ポンプ室の壁面に設置 受圧面積が小さいため、風荷重の影響を無視できる。
	SA用海水ピット開口部浸水防止蓋	○	×	SA用海水ピットの上面の開口部に設置し、鋼製カバーにより屋外と隔離されているため、風荷重の影響を無視できる。
	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋	×	—	地下部にある緊急用海水ポンプ室内に設置しているため、直接風を受ける場所がない。
	緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	○	×	緊急用海水ポンプピットの上版に設置しているため、風荷重の影響を無視できる。
	緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋	○	×	緊急用海水ポンプピットの上版に設置しているため、風荷重の影響を無視できる。

○：該当する (Yes)      ×：該当しない (No)

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (3/4)

施設・設備	①屋外の直接風を受けるか 場所に設置されているか	②風の影響が無視できない 構造, 形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	緊急用海水ポンプグラウンド レン排出口逆止弁	×	考慮しない	地下部にある緊急用海水ポンプ室内に設置しているため, 直接風を受ける場所になり。
	緊急用海水ポンプ室床ドレン 排出口逆止弁	×	考慮しない	地下部にある緊急用海水ポンプ室内に設置しているため, 直接風を受ける場所になり。
	放水路ゲート点検用開口部浸 水防止蓋	○	考慮しない	防潮堤直下の放水路上に設置するため, 風荷重の影響を無視できる。
	格納容器圧力逃がし装置格納 槽点検用水密ハッチ	○	考慮しない	格納容器圧力逃がし装置格納槽の上版に設置しているため, 風荷重の影響を無視できる。
	常設低圧代替注水系格納槽点 検用水密ハッチ	○	考慮しない	常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置しているため, 風荷重の影響を無視できる。
	常設低圧代替注水系可搬型ポ ンプ用水密ハッチ	○	考慮しない	常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置しているため, 直接風を受ける場所になり。
	常設代替高圧電源装置用カル バート原子炉建屋側水密扉	×	考慮しない	常設代替高圧電源装置用カルバートの立坑内に設置しているため, 直接風を受ける場所にならない。

○ : 該当する (Yes)      × : 該当しない (No)

表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (3/4)

施設・設備	①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造, 形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備考
原子炉建屋原子炉棟水密扉	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置
原子炉建屋付属棟東側水密扉	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置
原子炉建屋付属棟西側水密扉	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置
原子炉建屋付属棟南側水密扉	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置
原子炉建屋付属棟北側水密扉 <sub>1</sub>	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置
原子炉建屋付属棟北側水密扉 <sub>2</sub>	○	○	考慮する	原子炉建屋の外壁に設置
貫通部止水処置	○	×	考慮しない	受圧面積が小さいため, 風荷重の影響を無視できる。

○ : 該当する (Yes)      × : 該当しない (No)

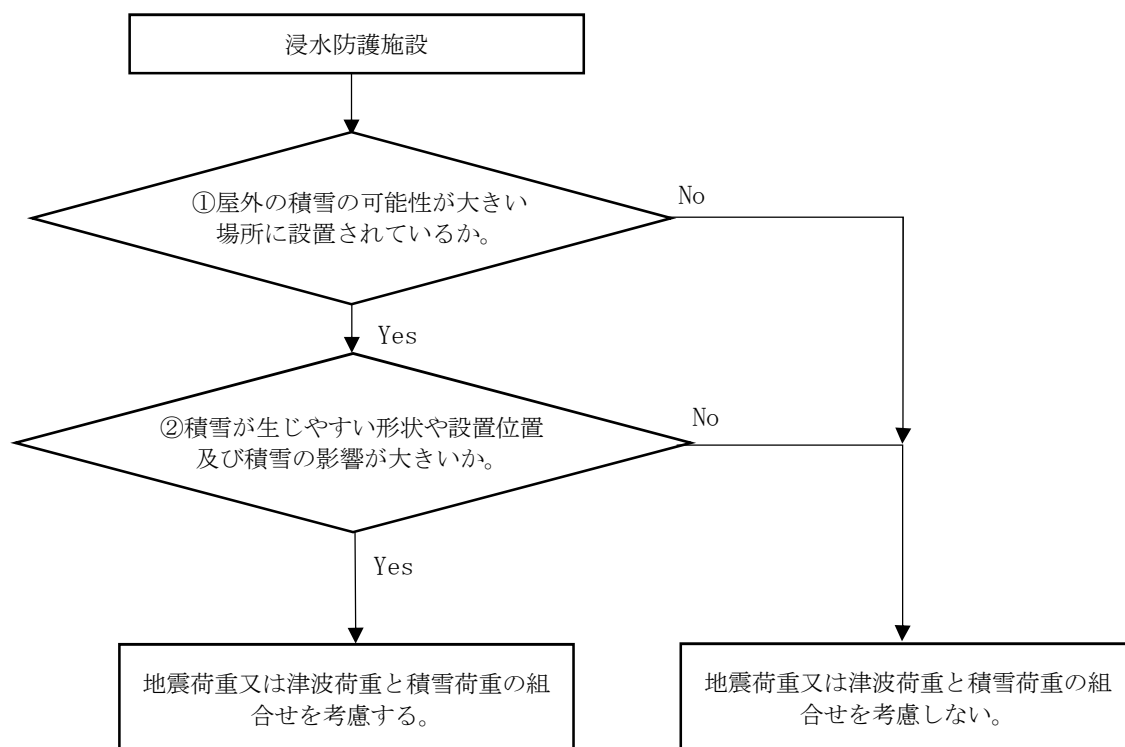
表 5.7-1 風荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (4/4)

施設・設備	①屋外の直接風を受ける場所に設置されているか	②風の影響が無視できない構造、形状及び仕様か	風荷重の組合せ	備 考
津波監視設備	津波・構内監視カメラ	○	考慮する	原子炉建屋屋上及び防潮堤の天端に設置
	取水ビット水位計	○	考慮しない	取水路の上版の貫通口内に設置し、上部閉止板により屋外と隔離されているため、風荷重の影響を無視できる。
	潮位計	×	考慮しない	取水路内の壁面に設置するため、直接風を受ける場所がない。

○：該当する (Yes)      ×：該当しない (No)

(5) 積雪荷重を組合せる施設の選定方法

屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されている浸水防護施設のうち、積雪が生じやすい形状や設置位置に設置されている施設を選定の対象とする。図 5.7-2 に選定フローを示す。



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

①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか。

- ・海中又は地中に設置

②積雪が起りやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか。

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

図 5.7-2 地震荷重又は津波荷重と積雪荷重の組合せを考慮する施設の選定フロー

(6) 積雪荷重を組合せる施設の選定結果

積雪荷重を組合せる施設の選定結果を表 5.7-2 に示す。

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (1/4)

施設・設備	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか		②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか		積雪荷重の組合せ	備考
	○	○	○	○		
防潮堤	鋼製防護壁	○		○	考慮する	敷地周辺の地上部に設置
	鉄筋コンクリート防潮壁	○		○	考慮する	
	鉄筋コンクリート防潮壁 (放水路エリア)	○		○	考慮する	
	鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁	○		○	考慮する	
津波防護施設	防潮扉	○		○	考慮する	敷地前面東側の防潮堤 (鉄筋コンクリート防潮壁) 及び敷地側面南側の防潮堤 (鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁) に設置
	放水路ゲート	○		○	考慮する	防潮堤直下の放水路上に設置
	構内排水路逆流防止設備	○		×	考慮しない	防潮堤の地下部の集水桁の壁面に設置し、受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	貯留堰	×		—	考慮しない	水中に設置するため、積雪する場所にない。

○：該当する (Yes)      ×：該当しない (No)

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (2/4)

施設・設備	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	取水路点検用開口部浸水防止蓋	○	考慮する	取水路の床面に設置
	海水ポンプグラウンドドレン排水出口逆止弁	○	考慮しない	海水ポンプ室内の床面に設置 受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	取水ピット空気抜き配管逆止弁	○	考慮しない	循環水ポンプ室内の床面に設置 受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	海水ポンプ室ケーブール点検口浸水防止蓋	○	考慮しない	海水ポンプ室の壁面に設置 受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
	S A用ピット開口部浸水防止蓋	○	考慮しない	S A用海水ピットの上面の開口部に設置し、鋼製カバーにより屋外と隔離されているため、積雪荷重の影響を無視できる。
	緊急用海水ポンプピット点検用開口部浸水防止蓋	×	—	緊急用海水ポンプ室内に設置しているため、積雪する場所になり。
	緊急用海水ポンプ点検用開口部浸水防止蓋	○	○	緊急用海水ポンプピットの上版に設置
	緊急用海水ポンプ室人員用開口部浸水防止蓋	○	○	緊急用海水ポンプピットの上版に設置

○：該当する (Yes)      ×：該当しない (No)

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (3/4)

施設・設備	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きい	積雪荷重の組合せ	備考
浸水防止設備	緊急用海水ポンプグランドドレン排出口逆止弁	×	考慮しない	緊急用海水ポンプ室内に設置しているため、積雪する場所がない。
	緊急用海水ポンプ室床ドレン排出口逆止弁	×	考慮しない	緊急用海水ポンプ室内に設置しているため、積雪する場所がない。
	放水路ゲート点検用開口部 浸水防止蓋	○	考慮する	防潮堤直下の放水路上に設置
	格納容器圧力逃がし装置格納格納槽点検用水密ハッチ	○	考慮する	格納容器圧力逃がし装置格納槽の上版に設置
	常設低圧代替注水系格納槽点検用水密ハッチ	○	考慮する	常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置
	常設低圧代替注水系可搬型ポンプ用水密ハッチ	○	考慮する	常設低圧代替注水系格納槽の上版に設置
	常設代替高圧電源装置用カルバート原子炉建屋側水密扉	×	考慮しない	常設代替高圧電源装置用カルバートの立坑内に設置しているため、積雪する場所がない。

○：該当する (Yes)      ×：該当しない (No)



表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (3/4)

施設・設備	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
原子炉建屋原子炉棟水密扉	○	×	考慮しない	原子炉建屋外壁に設置受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
原子炉建屋付属棟東側水密扉	○	×	考慮しない	原子炉建屋外壁に設置受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
原子炉建屋付属棟西側水密扉	○	×	考慮しない	原子炉建屋外壁に設置受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
原子炉建屋付属棟南側水密扉	○	×	考慮しない	原子炉建屋外壁に設置受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
原子炉建屋付属棟北側水密扉 1	○	×	考慮しない	原子炉建屋外壁に設置受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
原子炉建屋付属棟北側水密扉 2	○	×	考慮しない	原子炉建屋外壁に設置受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。
貫通部止水処置	○	×	考慮しない	壁面に設置している又は受圧面積が小さく積雪しにくい形状のため、積雪荷重の影響を無視できる。

○：該当する (Yes)      ×：該当しない (No)

表 5.7-2 積雪荷重を考慮する浸水防護施設の選定結果 (4/4)

施設・設備	①屋外の積雪の可能性が大きい場所に設置されているか	②積雪が生じやすい形状や設置位置及び積雪の影響が大きいか	積雪荷重の組合せ	備考
津波・構内監視カメラ	○	○	考慮する	原子炉建屋屋上及び防潮堤の天端に設置
取水ピット水位計	○	×	考慮しない	取水路の上版の貫通口内に設置し、上部閉止板により屋外と隔離されているため、積雪荷重の影響を無視できる。
潮位計	×	-	考慮しない	取水路内の壁面に設置するため、積雪する場所がない。

○：該当する (Yes)      ×：該当しない (No)

### 6.1.3 止水機構に関する補足説明

#### 6.1.3.1 止水機構（1次止水機構）の実規模大実証試験の計画について

##### 1. 目的

止水機構が基準地震動  $S_s$  及び余震+津波時において、実規模大の試験装置を用いた試験（以下「実証試験」という。）を行い、止水板の挙動を確認することにより、変位追従性、水密ゴムの健全性を確認する。

##### 2. 止水機構（1次止水機構）の概要

鋼製防護壁と既設取水路間の止水構造は、津波による荷重、鋼製防護壁と取水路の地震時における追従性を確保することから、止水板が可動できるよう止水機構を設置する。1次止水機構は、止水板の底面と側面に設置した水密ゴムにて水密性を確保する構造とする。水密ゴムは、摩擦抵抗を低減し追従性を向上させるため、表面ライニング（樹脂）を施工する。

また、止水板には漂流物の衝突による影響も考慮し、止水板押え及び保護プレートを設置し漂流物荷重からも耐える構造とする。

止水機構の構造図を図1に、1次止水機構に係る各部位の役割・機能を表1に示す。

なお、止水機構は、1次止水機構である止水板からの微少な浸水も考慮し、敷地内に浸水させないよう陸側にシートジョイントからなる2次止水機構を設置する。

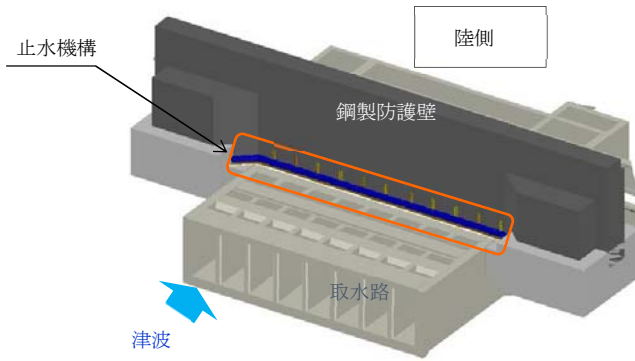


図 止水機構の設置位置

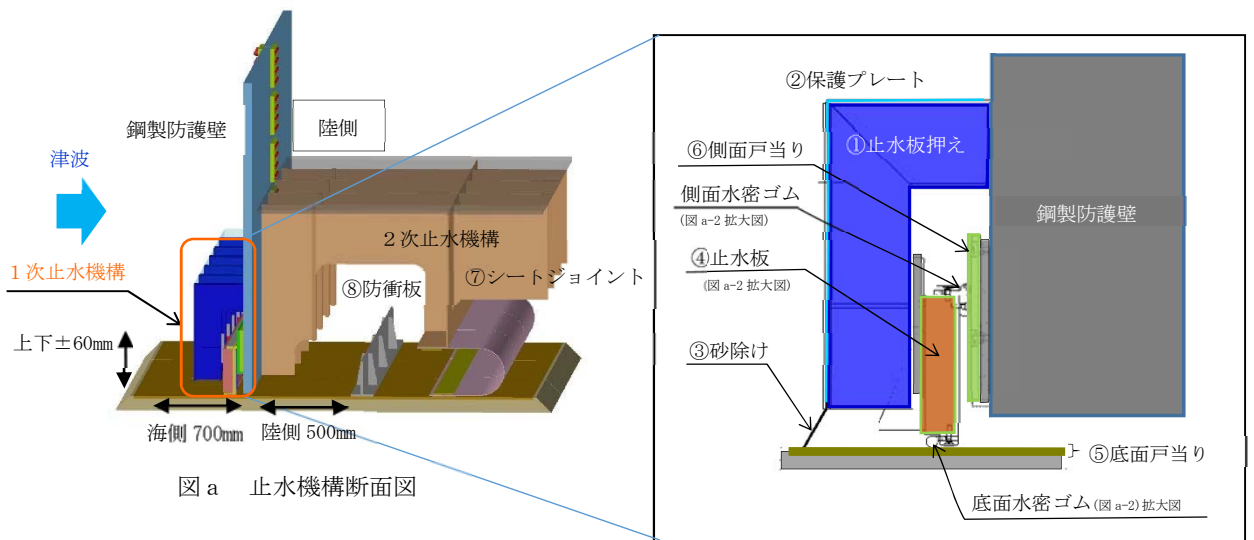


図 a 止水機構断面図

図 a-1 1次止水機構拡大図

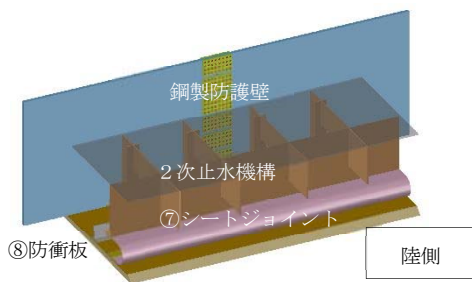


図 b 2次止水機構の構造

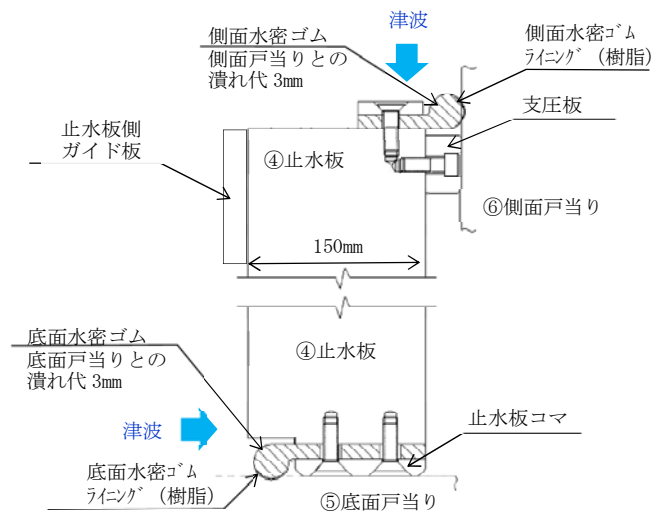


図 a-2 止水板、底面・側面水密ゴム拡大図

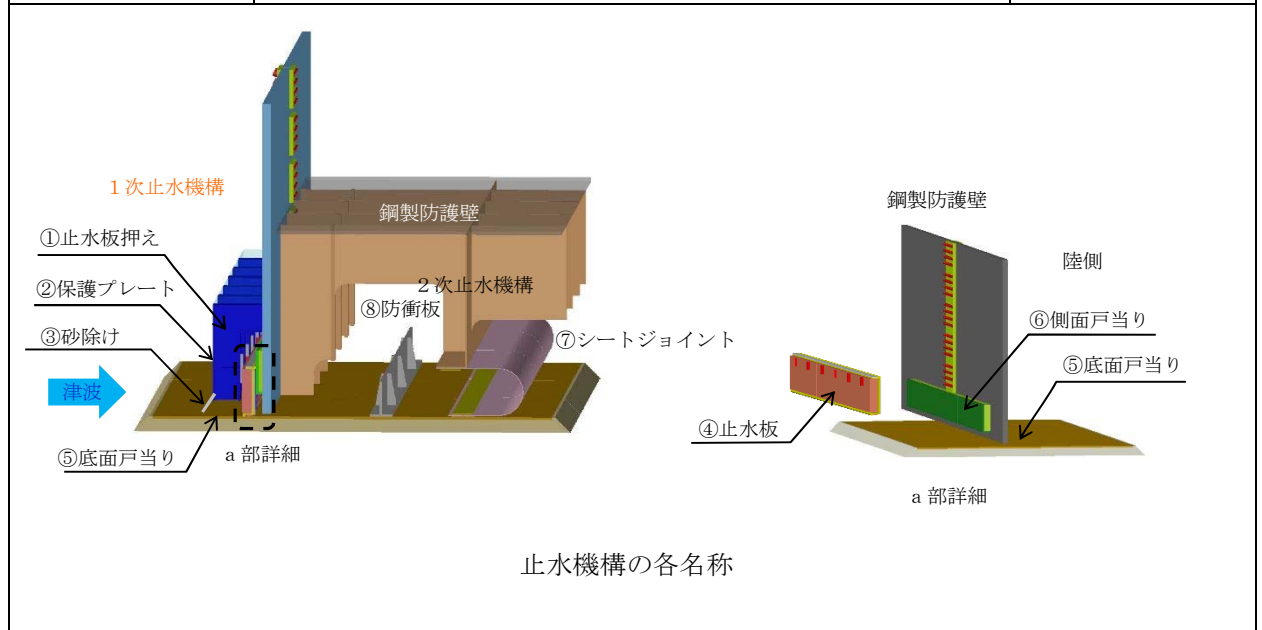
図1 止水機構の構造図

6. 1. 3-2

表1 1次止水機構に係る各部位の役割・機能

各部位の役割・機能については以下のとおり。名称は下図に示す。

名称	役割・機能	材料
① 止水板押え	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 止水板を支持する。</li> <li>・ 漂流物等から止水板を防護する。</li> </ul>	鋼製
② 保護プレート	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 大型植生などから止水板を防護する。</li> <li>・ 止水板への異物混入を防止する。</li> </ul>	鋼製
③ 砂除け	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 底面戸当り面への砂等の異物混入を防止する。</li> </ul>	ナイロン
④ 止水板	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 止水機構の扉体の機能。</li> <li>・ 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。</li> <li>・ 1枚当たりの主要仕様 寸法：横2000mm×幅150mm×高さ400mm 重量：約930kg</li> </ul>	ステンレス (表面仕上げNo.1)* + 水密ゴム (P形ゴム)
⑤ 底面戸当り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 止水板の底面水密ゴムとのシール性を確保する。 (真直度, 平面度の管理)</li> <li>・ 床部より約100mm嵩上げし異物混入を防止する。</li> </ul>	ステンレス (表面仕上げNo.1)*2
⑥ 側面戸当り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 止水板の側面水密ゴムとのシール性を確保する。 (真直度, 平面度の管理)</li> </ul>	ステンレス (表面仕上げNo.1)*2
⑦ シートジョイント*1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 水密ゴムからの微少な浸水を保持する。</li> <li>・ 陸側からの異物混入を防止する。</li> </ul>	シートジョイント
⑧ 防衝板*1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 1次止水機構の損傷又は保守に伴う取り外し時に漂流物が2次止水機構に到達することを防止する。</li> </ul>	鋼製



※1：2次止水機構

※2：JIS G 4304 熱間圧延ステンレス鋼板及び鋼帯 表面仕上げ より

3. 鋼製防護壁と1次止水機構の検討フロー及び1次止水機構の実証試験評価フロー

鋼製防護壁と1次止水機構の検討フロー（図2）及び1次止水機構の実証試験評価フロー（図3）については以下の通り。

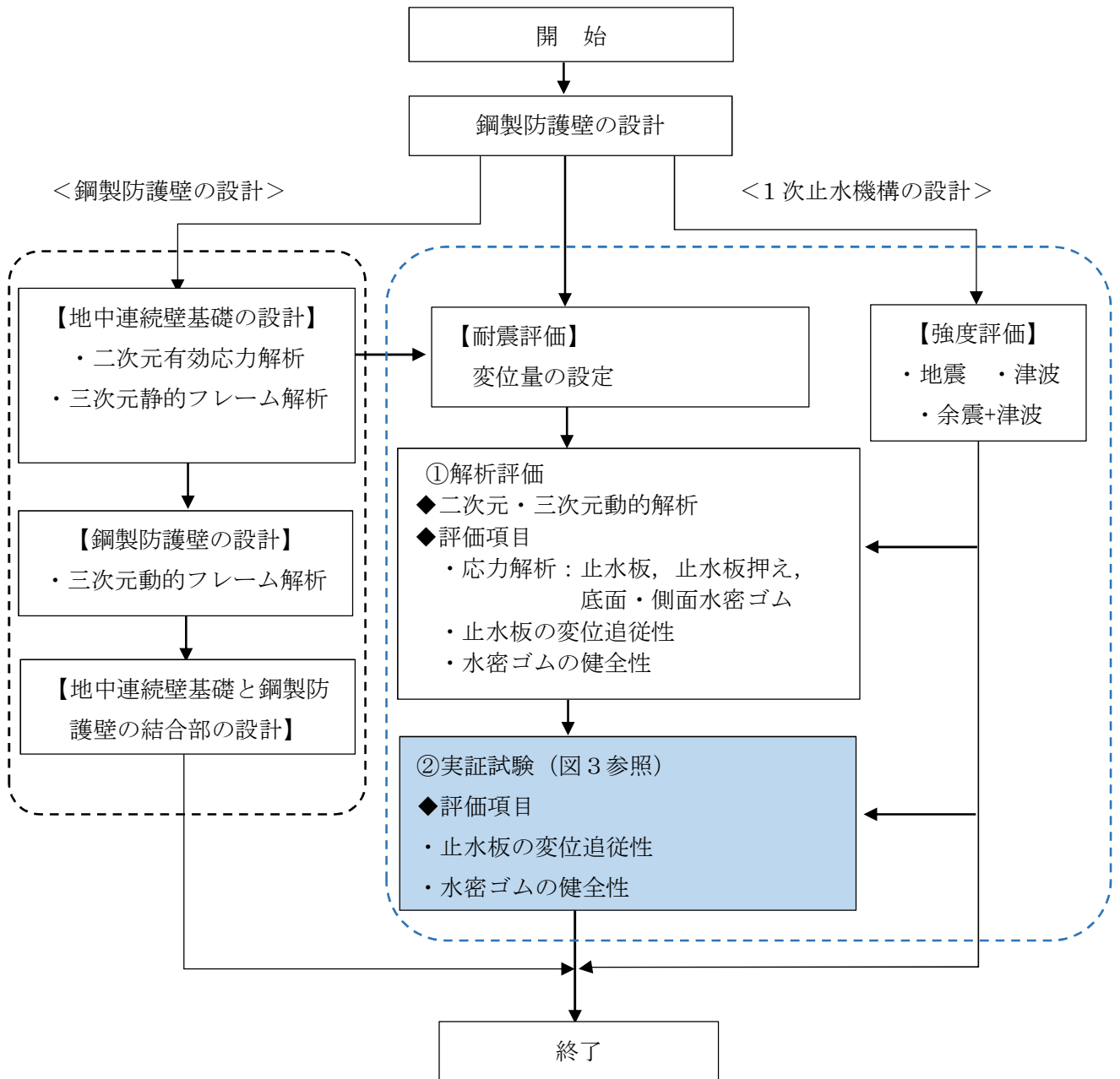


図2 鋼製防護壁と1次止水機構の検討フロー

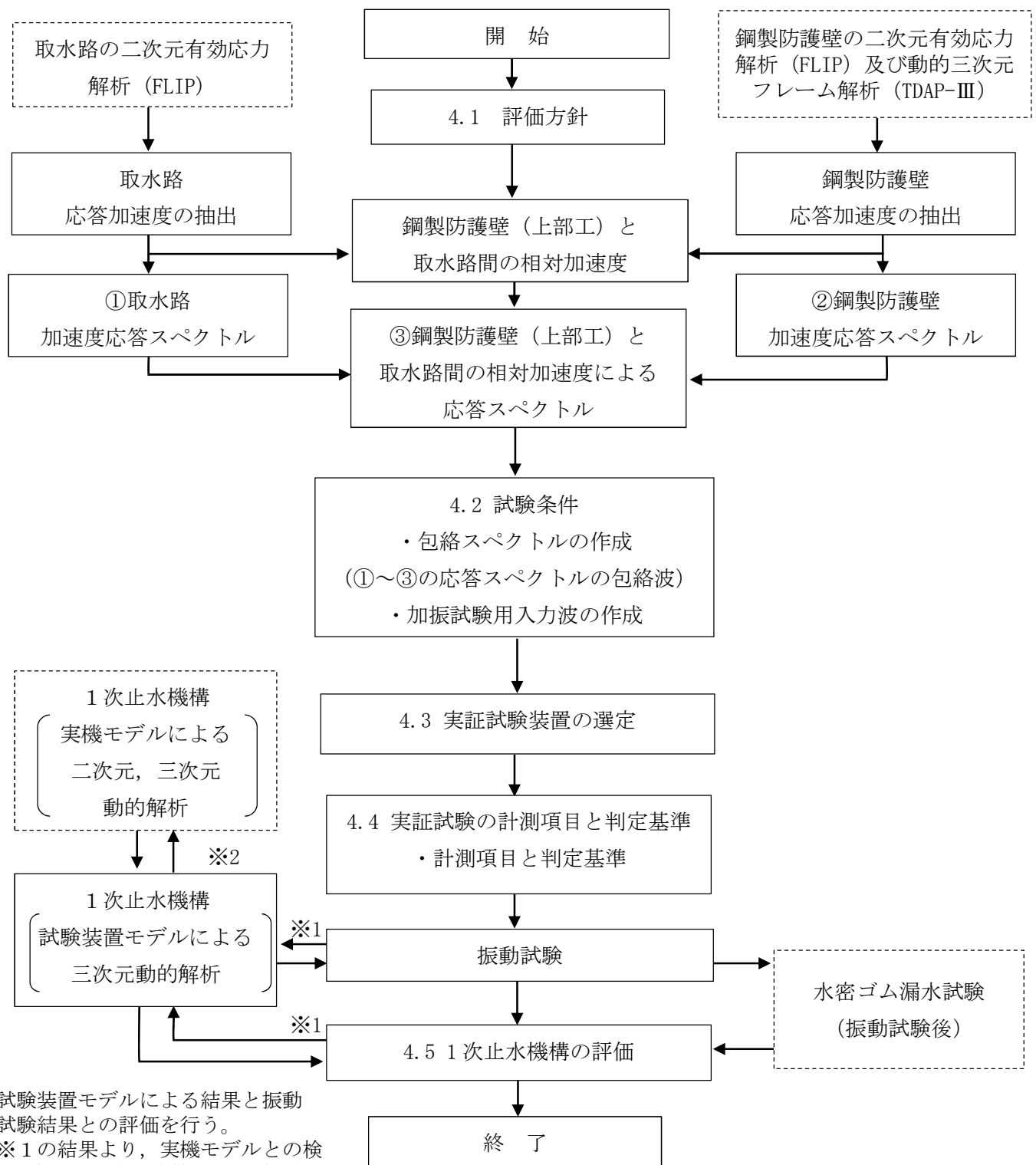


図3 1次止水機構の実証試験評価フロー

#### 4. 実証試験の計画について

##### 4.1 評価方針

鋼製防護壁に設置する1次止水機構は、鋼製防護壁の底面と既設取水路の応答変位の違いにより相対変位が生じ敷地に浸水する可能性があることから、可動式の止水板を設置する。

1次止水機構の実証試験において、止水板の地震時及び余震+津波における挙動を確認する。

止水板の評価は、鋼製防護壁と取水路の本震（耐専スペクトル） $S_S-D1$ の応答加速度から加振試験用応答スペクトルを作成し実証試験を実施する。

実証試験で得られた止水板の挙動について、評価するとともに「止水板の地震時の追従性」、  
「水密ゴムの健全性」及び「1次止水機構の構成部品の健全性」について確認し、止水板、水密ゴム及び止水機構全体に影響がないか確認する。

また、実証試験の結果と三次元動的解析の結果から、止水板の挙動について評価を行う。



## 4.2 試験条件

### (1) 実証試験用の入力地震動の作成

実証試験に用いる評価用の地震動は、解放基盤表面からの地盤の特性に応じた地震動の応答スペクトルとして本震（耐専スペクトル） $S_s-D1$ を選定し、実証試験用に応答スペクトルを作成し実施する。

また、津波防護施設である鋼製防護壁は、余震時にも耐える必要があることから、 $S_d-D1$ を選定し、実証試験を実施する。表2に加振試験用応答スペクトルに用いる入力地震動を示す。

表2 加振試験用応答スペクトルに用いる入力地震動

種類	入力地震動
本震（耐専スペクトル）	$S_s-D1$
余震	$S_d-D1$

### (2) 余震時の津波高さ

余震時の津波高さは、敷地を遡上する津波高さについても考慮した T.P. +24mの静水圧とする。

止水板は1次止水機構の構造上、保護プレートにより直接波力がかからない場所に設置していることから、静水圧として試験を行う。

### (3) 試験ケースと試験回数

実証試験に用いる入力地震動（ $S_s-D1$ 、 $S_d-D1$ ）による確認は、以下の2ケースを実施する。

<試験ケース>

- ・本震
- ・余震+津波

<試験回数>再現性確認のため、各2回実施。

	本震（ $S_s-D1$ ）	余震+津波（ $S_d-D1$ ）
試験回数	2回	2回

### (4) 水密ゴムの摩擦係数

水密ゴムの摩擦係数は、ダム・堰施設技術基準（案）に記載のライニングがある場合、未使用状態（水密ゴムが健全の状態）の0.2（乾式）を適用し実施する。また、ライニングがない場合は、1.2（乾式）を適用し実施する。水密ゴムの摩擦係数については補足説明1に示す。

なお、水密ゴムのライニングがない状態についても実施し挙動を確認する計画であるが、二次元動的解析の摩擦係数のしきい値の結果を踏まえ、安全上配慮した試験を実施する。試験の回数については、解析状況ライニングありの実証試験状況を踏まえ決定する。

#### 4.3 実証試験装置の概要

##### (1) 試験装置

振動台の上に1次止水機構を設置し、水平方向と鉛直方向とを同時加振する。図3に大型3軸振動台の概要を示す。

振動台の規格

加振自由度	3軸6自由度		
最大積載重量	80 t f		
テーブル寸法	X : 6m × Y : 4m		
定格	X方向	Y方向	Z方向
最大変位	±300mm	±150mm	±100mm
最大加速度 (35 t 積載時)	1G (水平)	3G (水平)	1G (鉛直)

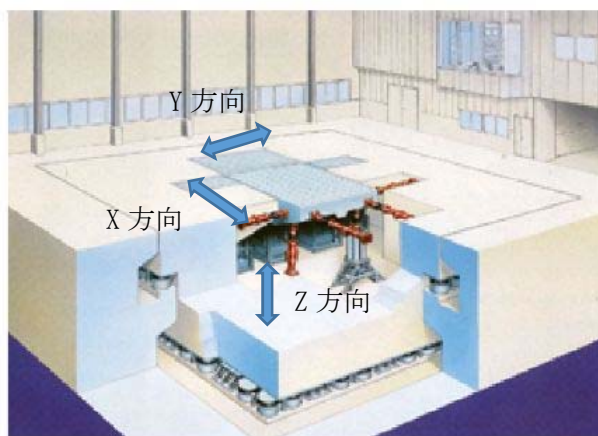
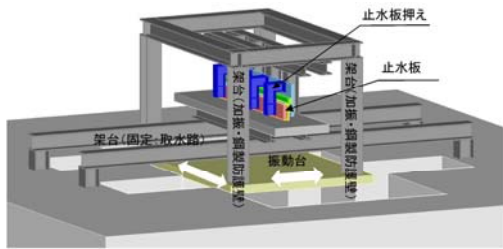
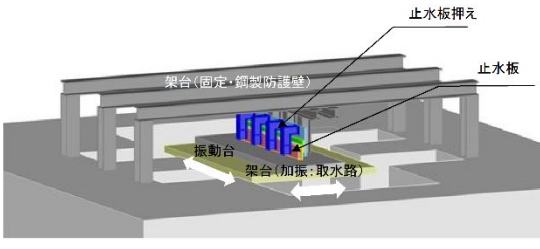


図3 大型3軸振動台の概要

(2) 試験装置の選定

実証試験を実施するに当たり、鋼製防護壁と取水路の振動特性に違いがあることから実証試験においては鋼製防護壁を固定するケースと加振させるケースの2通りについて検討した。試験装置のケースを表3に示す。

表3 試験装置ケース

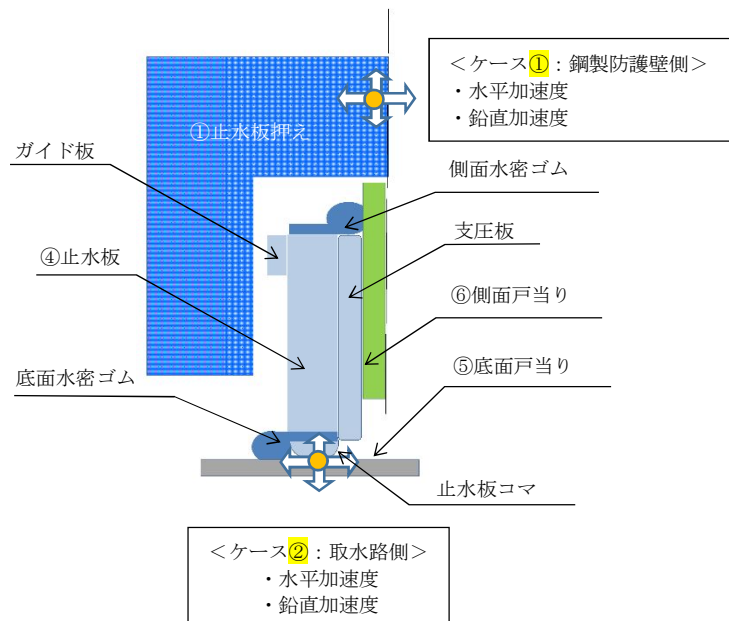
	ケース①	ケース②
固定	取水路	鋼製防護壁
加振	鋼製防護壁	取水路
装置概要		
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>鋼製防護壁側を直接加振するため、止水板に対する加速度（水平）が伝わりやすい。</li> <li>鋼製防護壁側を直接加振するため、水平の慣性力が入りやすく、底面及び側面水密ゴムの挙動が確認しやすい。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>固定基礎に架構を設置することで鋼製防護壁を想定した架構の剛性が得られやすい。</li> <li>取水路側を直接加振するため、止水板に対する加速度（鉛直）が伝わりやすい。</li> <li>取水路側を直接加振するため、底面水密ゴム及び止水板底面が摩耗し保守的な結果が得られやすい。</li> <li>想定した加速度時刻歴波形を直接振動台に入力することができる。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機では、鋼製防護壁と取水路が同時に振動するが、鋼製防護壁の加振のみとなる。</li> <li>固定基礎に取水路を想定した架構、振動台に鋼製防護壁を想定した架構を設置する必要があるため架構が大型化する。</li> <li>振動台に直接加速度時刻歴波形を入力するケース①に比べ、鋼製防護壁を介して加振するため、入力加速度の伝達に影響が生じる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>実機では、鋼製防護壁と取水路が同時に振動するが、取水路の加振のみとなる。</li> </ul>

上記デメリットの部分については、試験装置の解析モデルにて評価を行い、実証試験装置に影響のないことを確認する。

試験装置のケース毎の止水板に作用する慣性力の考え方については、表4に示すとおり。ケース②の取水路側を加振する場合、鉛直加速度の慣性力が止水板に伝わりやすく、浮き上がりの挙動を確認しやすい。また、鋼製防護壁の剛性が得られやすいことから、ケース②を選択する。

表4 止水板に作用する慣性力

振動の種別		実機適用	実証試験装置
<b>ケース①</b> <b>&lt;鋼製防護壁側&gt;</b>	水平 加速度	止水板押えあるいは側面戸当りを介して直接慣性力が作用する。	鋼製防護壁側を加振した場合、鉛直加速度の慣性力が止水板に伝わりにくく、浮き上がり等の挙動が確認しにくい。
	鉛直 加速度	支圧板又はガイド板の摩擦抵抗力が作用した場合に慣性力が作用する。	
<b>ケース②</b> <b>&lt;取水路側&gt;</b>	水平 加速度	底面水密ゴム及び止水板コマの摩擦抵抗力が作用した場合に慣性力が作用する	取水路側を加振した場合、鉛直加速度の慣性力が止水板に伝わりやすく、浮き上がりの挙動を確認しやすい。
	鉛直 加速度	取水路より直接慣性力が作用する。	



止水板に与える地震動の入力イメージ

試験装置ケースの選定は、前述の試験装置ケースの検討及び止水板に作用する慣性力の検討を踏まえ、更に、二次元動的解析の試験解析結果から、鉛直方向の慣性力を伝達しやすいケース②を選択する。二次元動的解析の試験解析結果を補足説明2に示す。

### (3) 実証試験の試験条件

止水板の実規模の挙動を確認するため、止水板と止水板を支持する部材については実機と同じ構造部材にて実証試験を実施し実物と同じ挙動が再現できるようにする。以下の条件にて実証試験を実施する。

① 止水板は実機と同じ大きさ、構造のものを使用し、止水板 2 枚を止水板接続ゴムで接続する。また、止水板に取り付ける底面・側面水密ゴムも実機と同じ寸法、構造のものを使用する。図 4 に実機と同じ仕様部材を示す。

<実機と同じ仕様部材> (材質, 構造, 寸法, 重量全て同じ部材)

- ・ 止水板 (止水板本体, 止水板コマ, 支圧板, 止水板側ガイド含む)
- ・ 水密ゴム (底面・側面水密ゴム (ライニング含む), 止水板接続ゴム)
- ・ 止水板押え (止水板押え側ガイド含む)
- ・ 底面・側面戸当り (水密ゴムとの接触するステンレス部材)

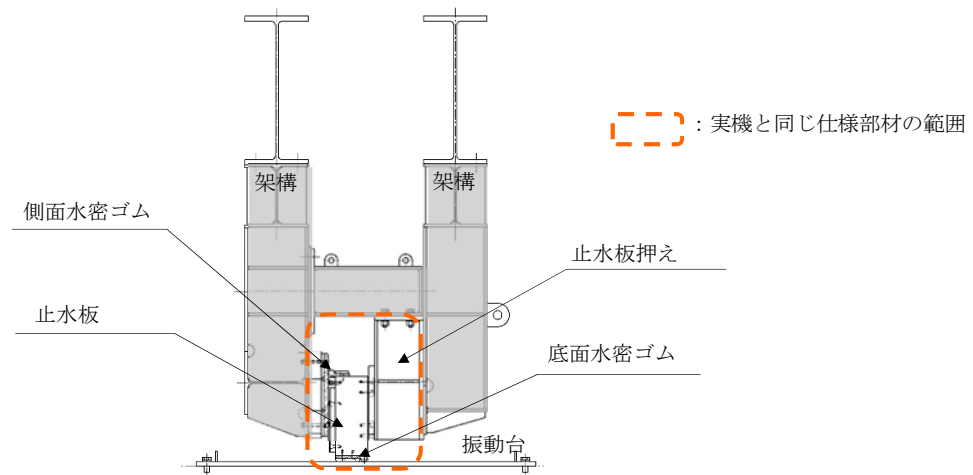


図 4 実機と同じ仕様部材の部位

② 止水板は取水路側に垂直に置かれ鋼製防護壁の側面戸当りと止水板押えにより、実機と同じ隙間で支持された状態で設置する。実証試験のイメージを図 5 に示す。

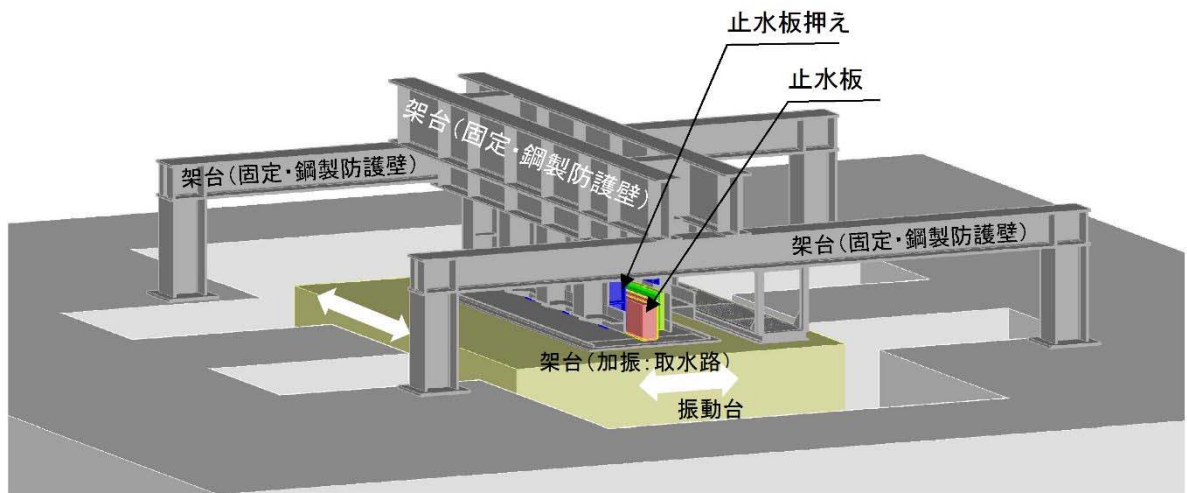


図 5 実証試験のイメージ図

③鋼製防護壁の応答加速度及び変位は取水路側に与え加振する。

入力波形については、鋼製防護壁と取水路の応答スペクトル及び鋼製防護壁と取水路の重ね合わせた相対的な応答スペクトルの全体を包絡させた応答スペクトルにより加振試験を実施する。

入力波形の作成方法は以下のとおり。

a. 二次元有効応力解析による鋼製防護壁基礎天端の応答時刻歴を算出する。

(図 6 参照)

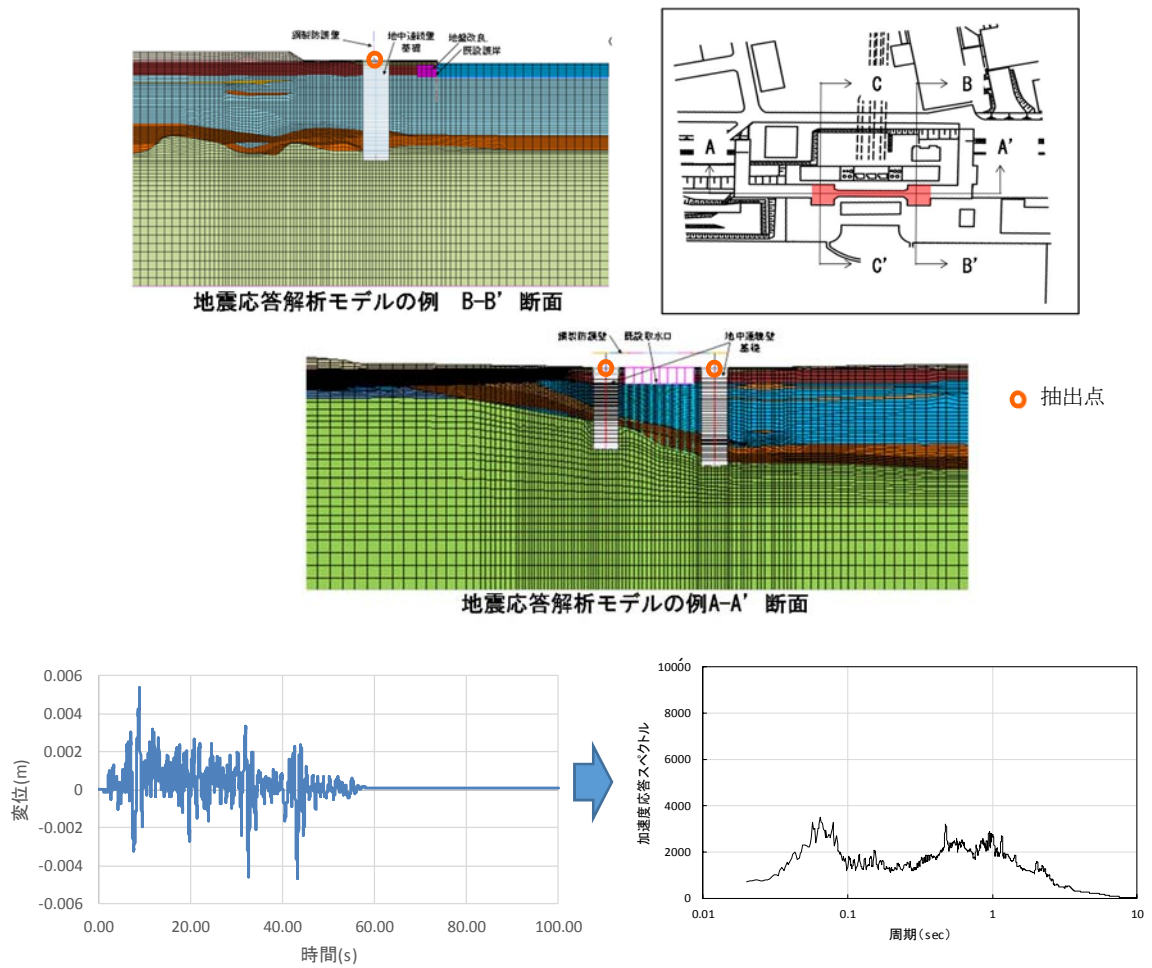


図 6 鋼製防護壁基礎の二次元有効応力解析による応答時刻歴と応答スペクトルのイメージ



b. 上記を入力した鋼製防護壁の動的三次元フレーム解析にて止水機構位置の応答時刻歴及び応答スペクトルを抽出する。(図7参照)

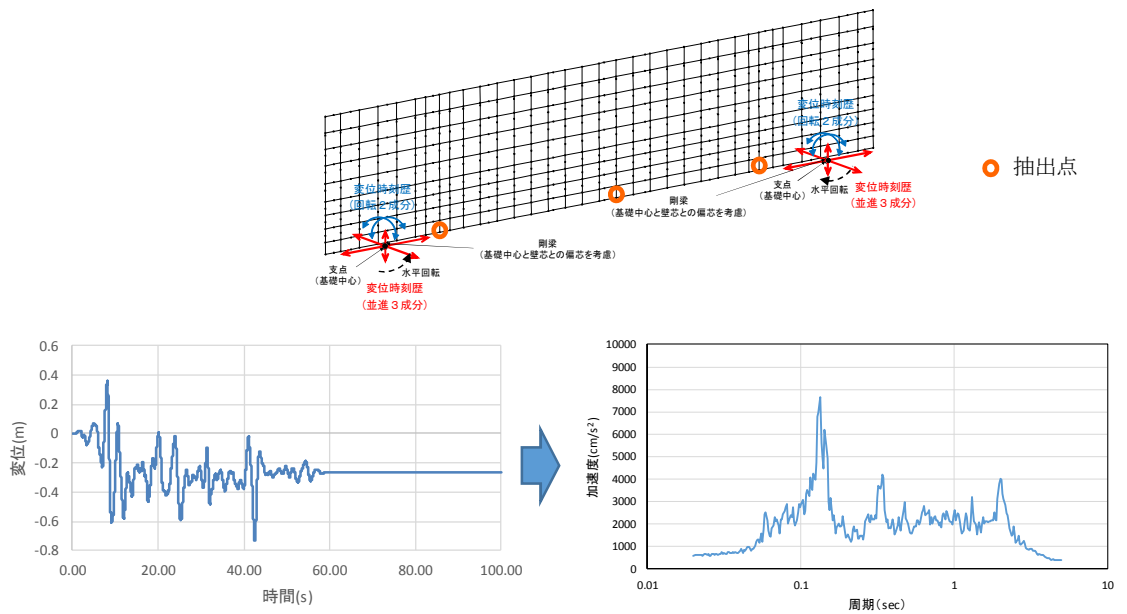


図7 鋼製防護壁の三次元フレーム解析による応答時刻歴と応答スペクトルのイメージ

c. 二次元有効応力解析による取水路天端の応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。(図8参照)

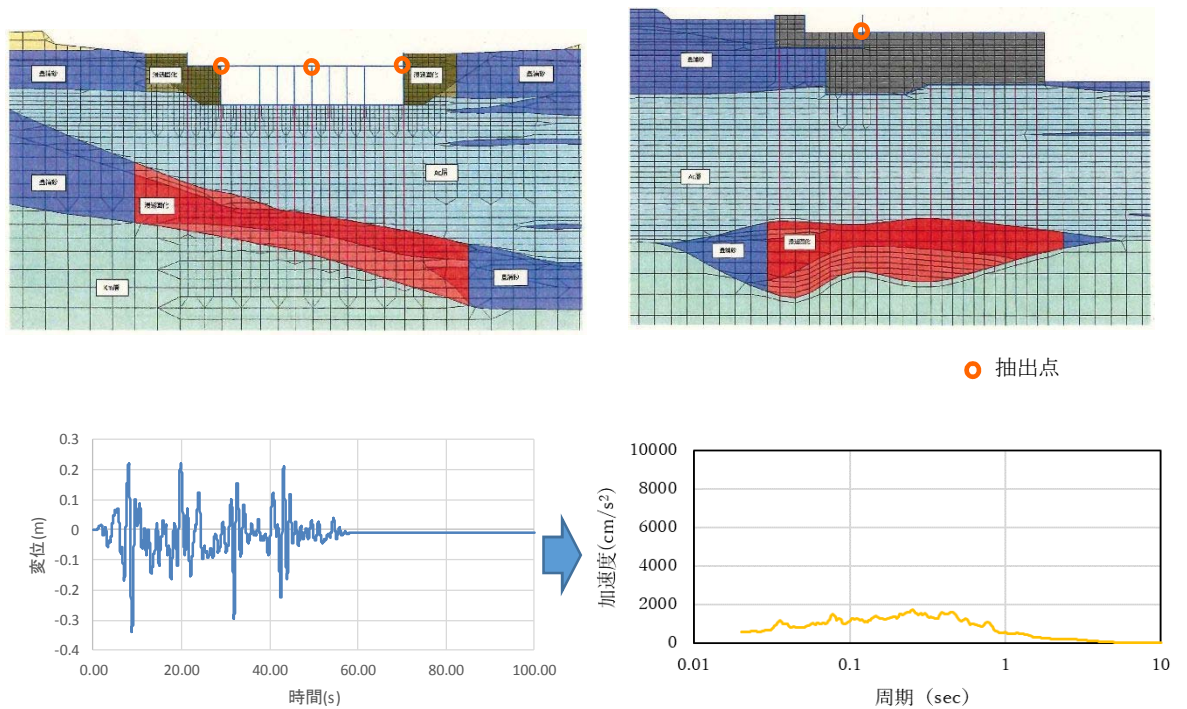
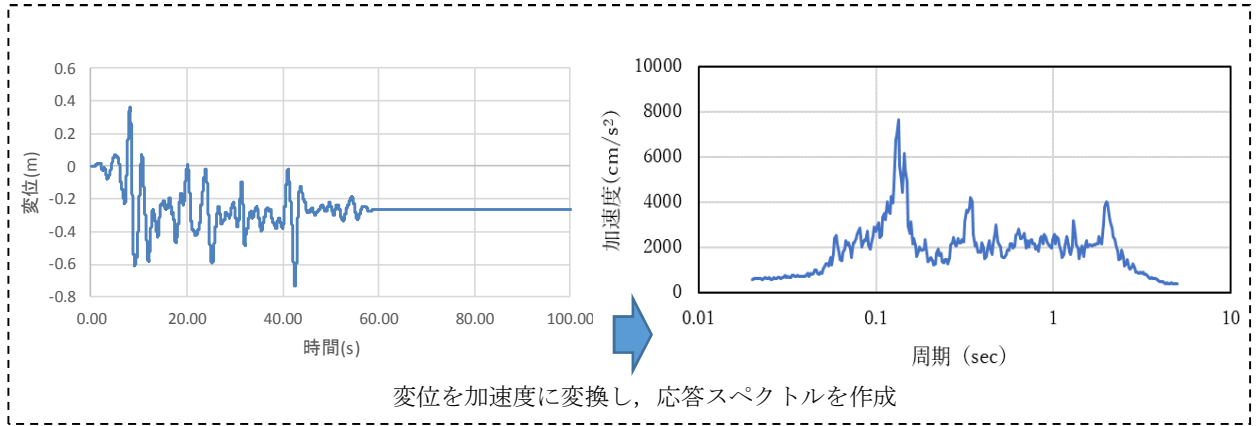


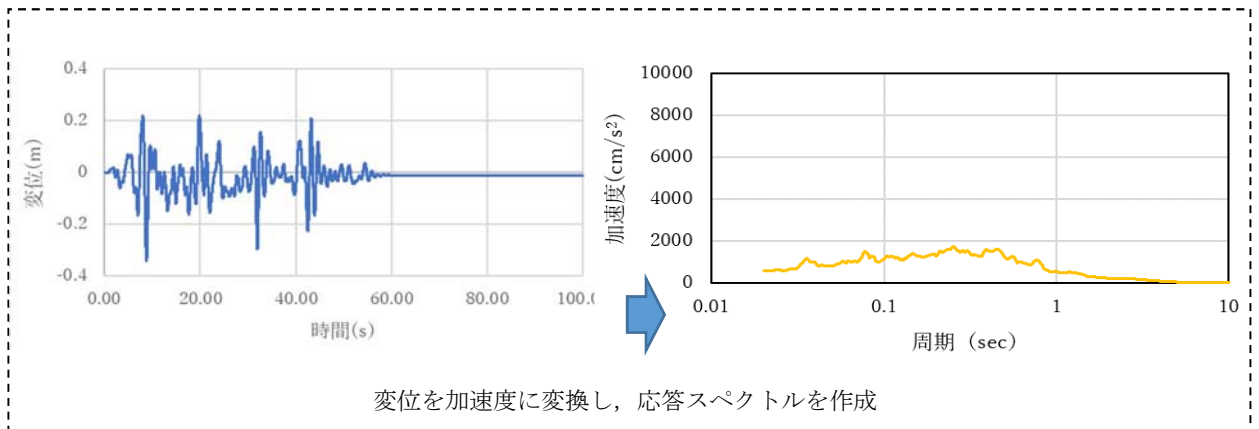
図8 既設取水路の二次元有効応力解析による応答時刻歴と応答スペクトルのイメージ

d. b項, c項で求めた応答時刻歴を重ね合わせ, 鋼製防護壁と取水路の相対的な応答時刻歴及び応答スペクトルを算出する。(図9参照)

b項で算出した鋼製防護壁三次元フレーム解析による応答時刻歴及び応答スペクトル



c項で算出した取水路による応答時刻歴及び応答スペクトル



d項で算出した鋼製防護壁と取水路の応答時刻歴及び応答スペクトルの重ね合わせ

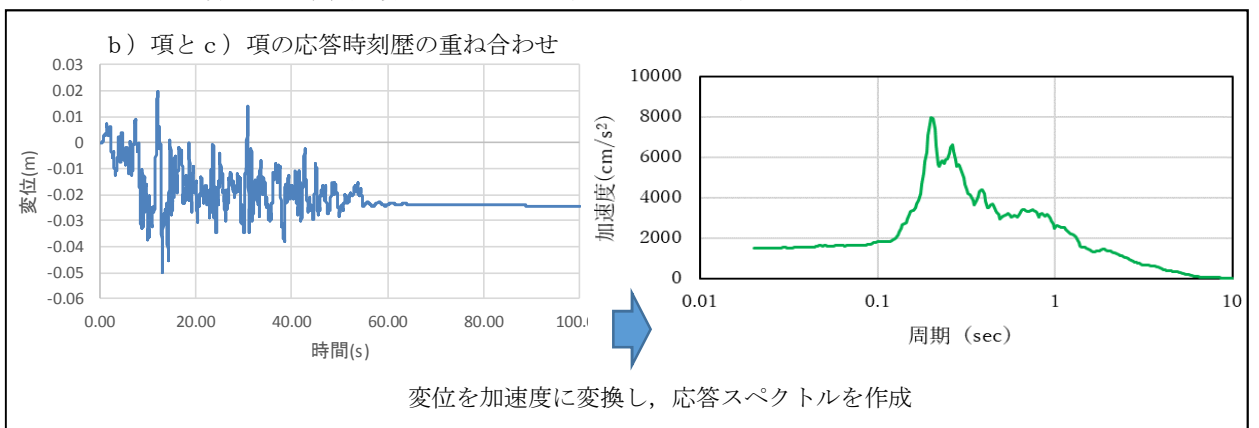


図9 鋼製防護壁と取水路を重ね合わせた応答スペクトルの作成イメージ



e. b項, c項とd項にて算出した応答スペクトルを比較し, 応答スペクトルの包絡波を作成する。(図10)

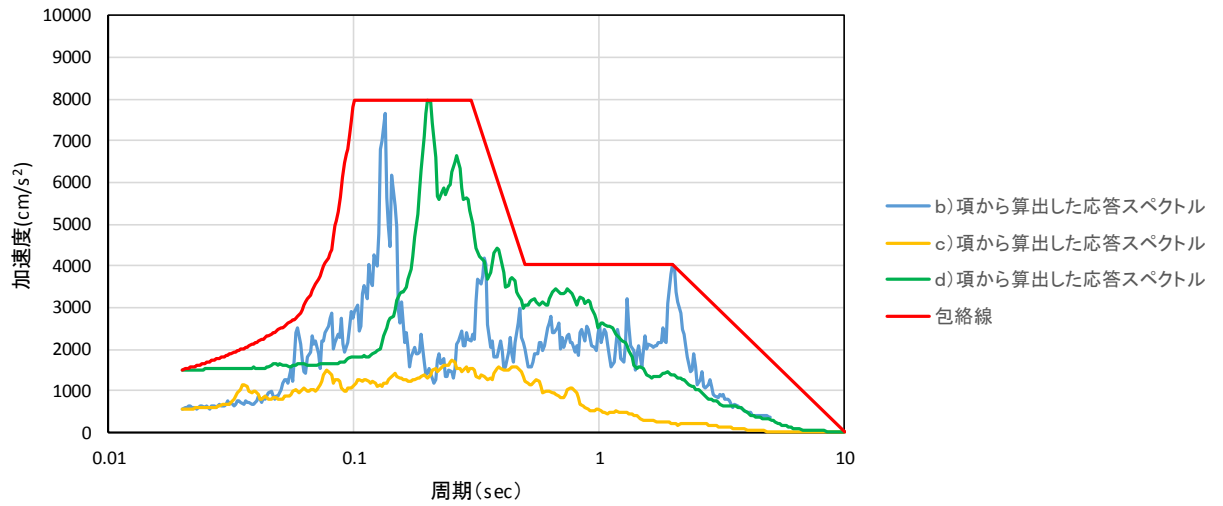


図10 応答スペクトルの包絡波の作成イメージ

(4) 実証試験装置の構造

① 鋼製防護壁の架構構造（固定部）

実証試験装置の試験装置構造図を図 11 に示す。

鋼製防護壁(固定部)の架構部分は、固定基礎より設置し振動台を跨ぐ構造で止水板を支持する。

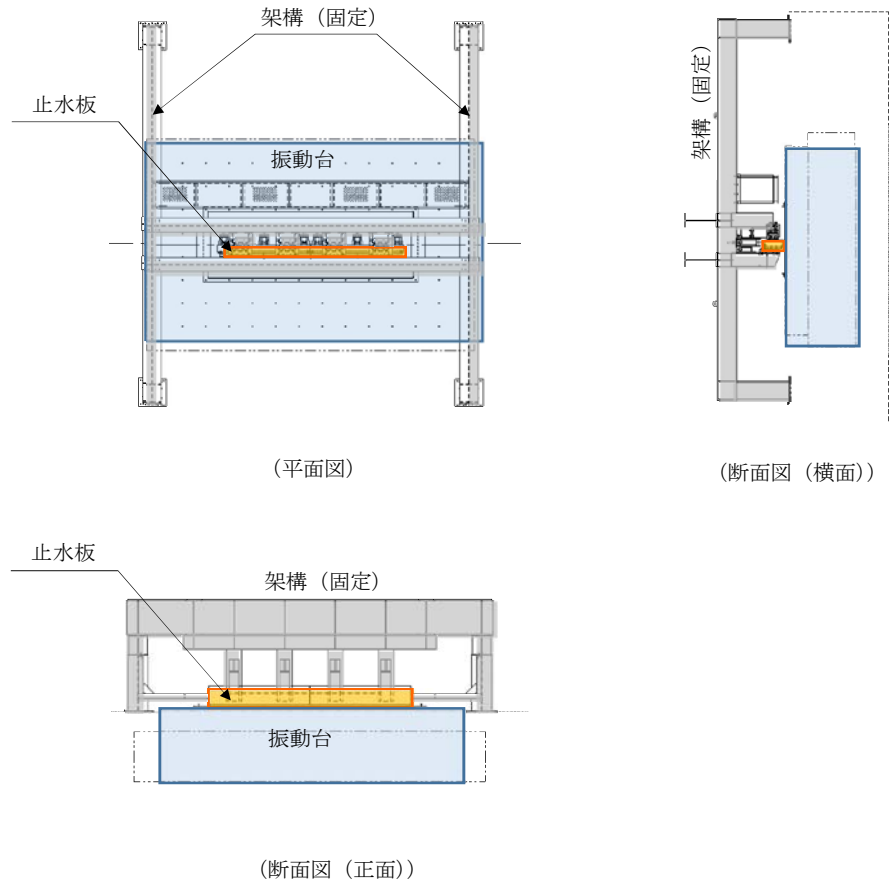


図 11 実証試験の試験装置構造図

## ②取水路の架構構造（加振部）

取水路側に設置する止水板部の試験装置の構造は、架構で止水板を支持する構造である。余震+津波時においては、津波高さを模擬する必要があることから、ロードセルを用いて水圧をかけた状態を模擬し余震を与える。余震時の津波高さは、敷地を遡上する津波高さについても考慮した T.P. +24m の静水圧にて実施する。余震+津波時の水圧を模擬した試験装置の構造を図 12 に示す。

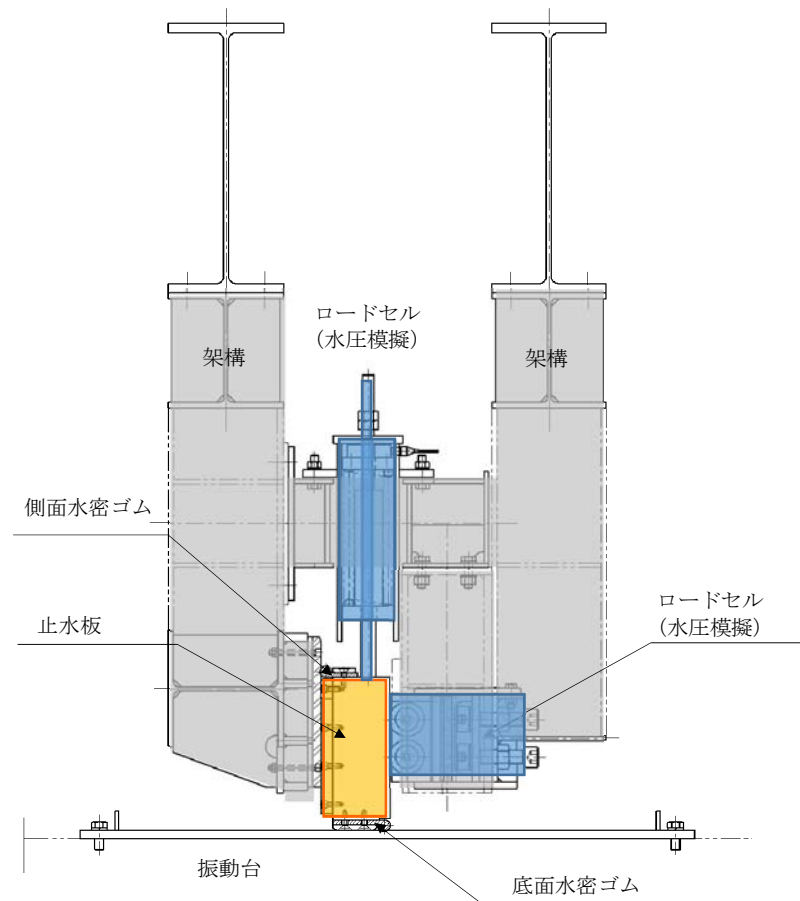


図 12 余震+津波時の試験装置の構造図

(5) 供試体（止水板）の構造（実規模）

止水板は、止水板（実物大）2枚を実機と同じ連結方法（止水板接続ゴム）にて連結させた構造にする。重量も同じ（約930kg/枚）として製作する。

水密ゴムは、止水板の底面及び側面に設置する。水密ゴムも実物と同じ構造にて設置する。

止水板の構造及び水密ゴムの構造を図13に示す。また、止水板の長手方向の挙動については補足説明3にて示す。

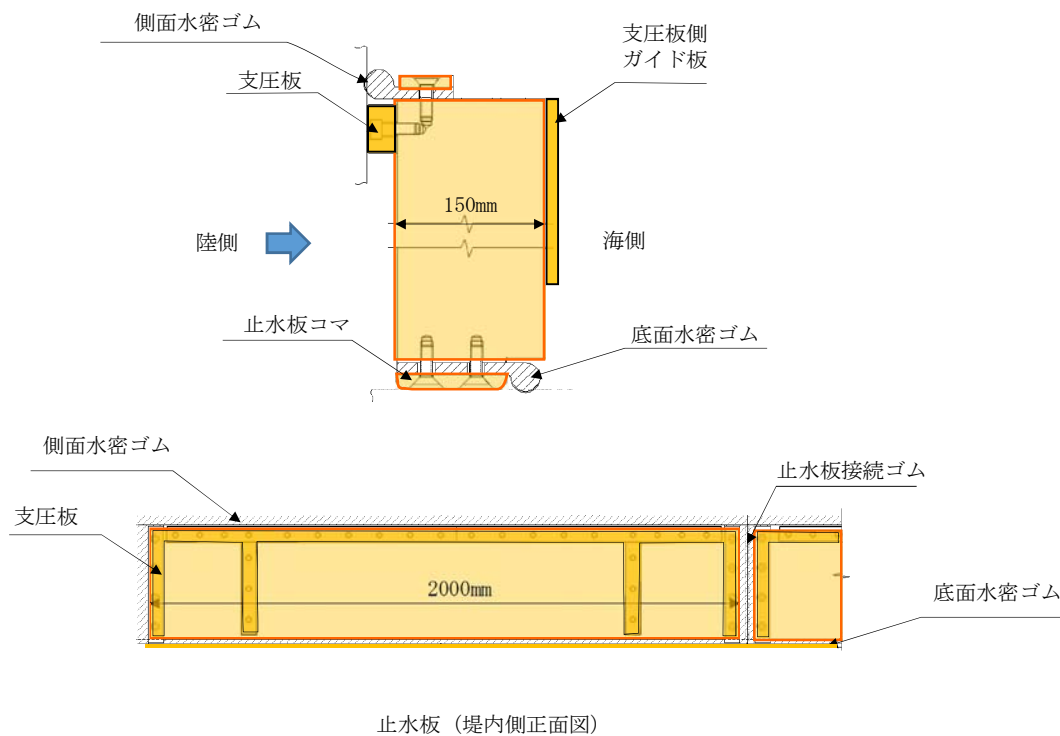


図13 止水板の構造及び水密ゴムの構造

#### 4.4 実証試験の計測項目と判定基準

実証試験では以下の項目について計測を行い「止水板の地震時の追従性」、「水密ゴムの健全性」及び「1次止水機構の構成部品の健全性」について確認し、止水機構全体に影響がないか確認する。表5に実証試験の計測項目と判定基準、表6に各部位の検査項目と図14に実証試験時の計測装置の配置を示す。

表5 実証試験の計測項目と判定基準

機能目標	計測項目※	判定基準
止水板の地震時の追従性確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆追従性評価（ビデオ撮影）</li> <li>◆変位計測（レーザー変位計）</li> <li>◆加速度計測（加速度計）</li> <li>◆外観目視検査</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆止水板の動作に異常がなく、止水板としての機能が保持されていること。（浮き上がり、止水板の破損・損傷）</li> </ul>
水密ゴムの健全性確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆追従性評価（ビデオ撮影）</li> <li>◆変位計測（レーザー変位計）</li> <li>◆寸法計測</li> <li>◆外観目視点検</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆水密ゴムの動作に異常がなく機能が保持されていること。（噛み込み、摺動による亀裂、破損、摩耗）</li> <li>◆水密ゴムのライニングに異常がなく機能が保持されていること。（ライニングの破損、めくれ）</li> </ul>
1次止水機構の構成部品の健全性確認	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆止水板、側面戸当り、底面戸当り、止水板押え、架構等の外観目視点検</li> <li>◆三次元計測による試験装置全体の計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆装置全体に異常がなく健全であること。（試験装置、部材の変形、損傷、他）</li> </ul>

※各部位毎の計測項目については、表6の1次止水機構の各部位毎の評価項目に示す。

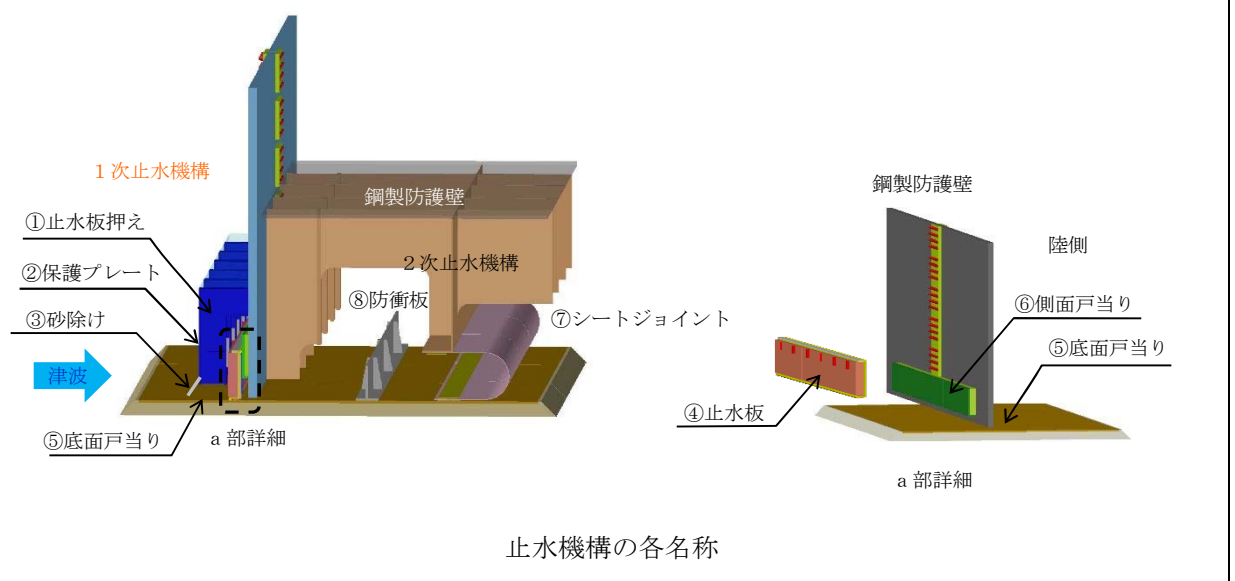


表 6 各部位の検査項目

各部位	目的	確認項目	
①止水板押え	止水板の追従性に影響を与える部材の健全性を確認する。	挙動確認	◆止水板押えの加速度計測 (③)
		健全性確認	◆寸法計測 ・止水板押えと止水板の隙間計測 ・止水板押え側ガイド板の平面度測定 ・止水板押え側ガイド板と止水板側ガイドとの寸法測定 ◆外観目視検査 ・変形, 摩耗等の確認
④止水板 (底面止水板コマ部含む)	止水板の追従性及び健全性を確認する。	挙動確認	◆止水板と底面, 側面戸当りの変位計測 (①~⑩) (レーザー変位計による止水板の挙動確認) ◆止水板の加速度計測 (⑤~⑨) ◆ビデオ撮影 (④~⑦, ⑨~⑫)
		健全性確認	◆寸法計測 ・止水板, 支圧板の寸法測定 ・止水板コマ寸法測定 (寸法, 板厚, 摩耗量測定 (試験後)) ◆外観目視, 据付け状況検査 ・止水板コマ, 支圧板の変形, 摩耗, 据付け等の確認
⑤底面戸当り ⑥側面戸当り	止水性に影響を与える部材の健全性を確認する。	挙動確認	◆加速度計測 (底面・側面戸当り) (①~④) ◆ビデオ撮影 (④~⑦, ⑨~⑫)
		健全性確認	◆寸法測定 ・平面度測定 ◆外観目視, 据付け状況検査 ・変形, 摩耗, ゆがみ, 据付け等の確認
底面・側面水密ゴム	止水板に追従し, 水密性に影響がないことを確認する。	挙動確認	◆止水板と底面, 側面戸当りの変位計測 (①~⑩) (レーザー変位計による浮き上がり確認) ◆ビデオ撮影
		健全性確認	◆寸法測定 ・水密ゴムの寸法計測 (厚さ) ◆外観目視, 据付け状況検査 ・変形, 摩耗, 亀裂, ライニング面, 据付け等の確認 ◆漏水検査
止水板接続ゴム	止水板との接続部に影響がないことを確認する。	挙動確認	◆止水板の変位計測 (①~⑩) (レーザー変位計による止水板の挙動を把握し, 接続ゴムの変位を計測) ◆止水板の加速度計測 (⑤~⑨) ◆ビデオ撮影 (⑧)
		健全性確認	◆寸法測定 ・水密ゴムの寸法計測 (寸法) ◆外観目視検査 ・変形, 摩耗, 亀裂の確認 ・底面・側面水密ゴムの接続箇所の確認 ◆水密ゴムの据付け状況確認

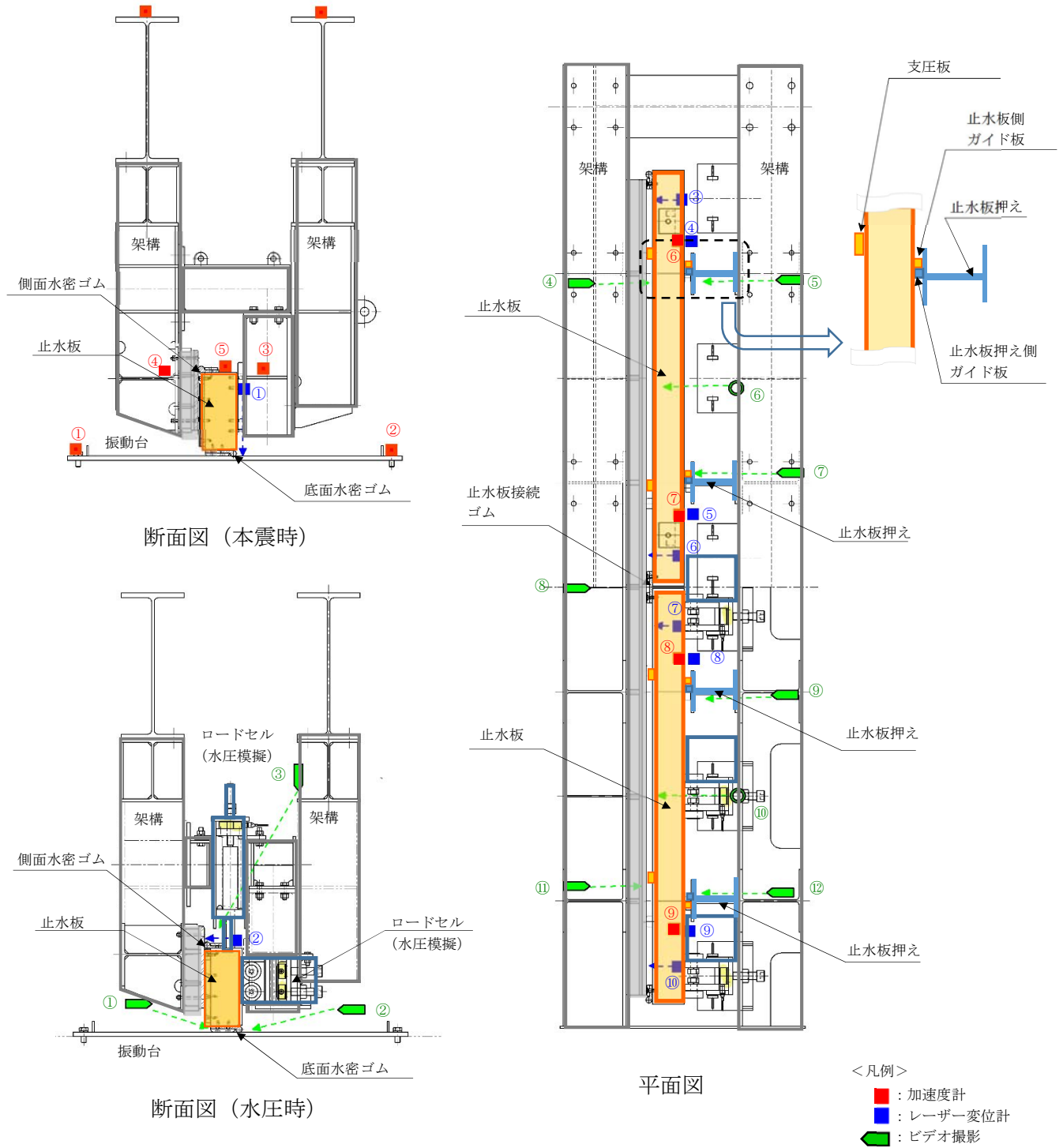


図 14 実証試験時の計測部位

#### 4.5 1次止水機構の評価

実証試験の結果及び1次止水機構の評価については以下の通り分析し、二次元・三次元動的解析の結果との考察を加え、止水機構全体の評価を行う。

##### ①実証試験データの分析

- ・表5の結果から異常の有無を確認する。
- ・加振時の止水板の挙動を評価する。

##### ②二次元及び三次元動的解析結果の分析

- ・二次元及び三次元動的解析の結果から止水板の挙動を確認する。解析結果については補足説明4に示す。
- ・実証試験の結果と試験装置の三次元動的解析の結果から、止水板の挙動について評価を行う。

##### ③1次止水機構の評価

1次止水機構の各部材毎における、強度評価、耐震評価の項目について、表7の1次止水機構の各部位毎の評価項目に示す。

耐震評価については、実証試験にて得られた結果と実証試験装置の解析モデルとの挙動評価の結果から、実機モデルでの三次元動的解析結果と検証を行い1次止水機構の挙動を評価する。

また、止水板の瞬間的な跳ね上がりについては、地震時の跳ね上がり時間から浸水量を評価し、余震+津波時における浸水量として算出し、2次止水機構への影響を評価する。

##### ④漏水試験の実施（別途実施）

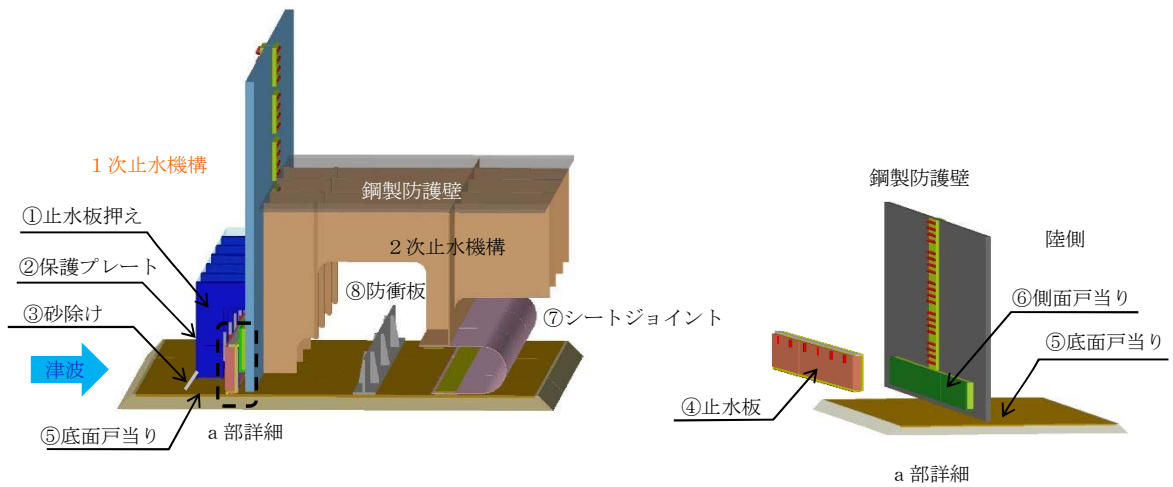
実証試験にて実施した水密ゴム（底面水密ゴム、側面水密ゴム、止水板接続ゴム）について漏水試験を実施する。

主に漏水試験は、本震、余震+津波を経験させた水密ゴムについて、漏水試験を実施し評価する。漏水試験の試験要領は補足説明5に示す。



表7 1次止水機構の各部位毎の評価項目（1/2）

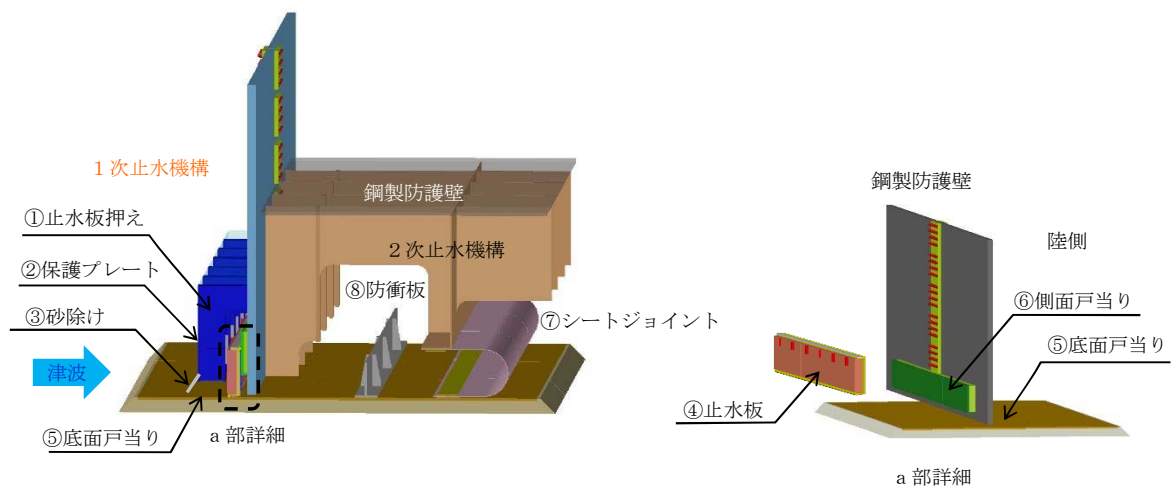
各部位	役割・機能	評価	評価項目
①止水板押え	<ul style="list-style-type: none"> <li>止水板を支持する。</li> <li>漂流物等から止水板を防護する。</li> </ul>	強度評価	◆構造計算
		耐震評価	◆二次元・三次元動的解析 ・応力評価 ・追従性評価 ・余震+津波
		実証試験	◆挙動評価 ・追従性評価(ビデオ撮影) ・加速度計測（水平，鉛直） ・外観目視検査（試験装置の架構部）
②保護プレート	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型植生などから止水板を防護する。</li> <li>止水板への異物混入を防止する。</li> </ul>	強度評価	◆構造計算
		耐震評価	◆構造計算
③砂除け	<ul style="list-style-type: none"> <li>底面戸当り面への砂等の異物混入を防止する。</li> </ul>	強度評価	ナイロン製のため評価せず。



止水機構の各名称

表7 1次止水機構の各部位毎の評価項目（2/2）

各部位	役割・機能	評価	評価項目
④止水板 (底面止水コマ部含む)	<ul style="list-style-type: none"> <li>止水機構の扉体の機能</li> <li>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。</li> </ul>	強度評価	◆構造計算
		耐震評価	◆二次元・三次元動的解析 ・応力評価 ・追従性評価 ・余震+津波
		実証試験	◆挙動評価 ・追従性評価（ビデオ撮影） ・変位計測（浮上り測定：底面戸当りと鉛直の相対変位計測） ・加速度計測（水平，鉛直） ・余震+津波（水圧模擬） ・外観目視検査
⑤底面戸当り ⑥側面戸当り	<ul style="list-style-type: none"> <li>止水板の底面と側面の水密ゴムとのシール性を確保する。</li> </ul>	強度評価	◆構造計算（支圧応力）
		耐震評価	ステンレス鋼板ライニングのため評価せず。
		実証試験	◆挙動評価 ・追従性評価（ビデオ撮影） ・外観目視検査
底面・側面水密ゴム	<ul style="list-style-type: none"> <li>底面・側面戸当りとのシール性を確保する。</li> </ul>	強度評価	◆構造計算
		耐震評価	◆二次元・三次元動的解析 ・応力評価 ・追従性評価 ・余震+津波
		実証試験	◆挙動評価 ・追従性評価（ビデオ撮影） ・変位計測（浮上り測定：底面戸当りと鉛直の相対変位計測） ・外観目視検査 ◆漏水試験



止水機構の各名称

5. 実証試験のスケジュール

実証試験については、平成 30 年 4 月中旬頃から実施する計画である。

(場所：茨城県つくば市)

表 8 に実証試験に関するスケジュール (案) を示す。

表 8 実証試験に関するスケジュール (案)

年 月	2018年				
	2月	3月	4月	5月	6月
【入力地震動の作成】					
鋼製防護壁の解析		二次元的解析(Ss-D1)	三次元フレーム解析		
取水路の解析		二次元的解析(Ss-D1)			
入力地震動の作成			▽入力地震波の作成(包絡波)		
入力地震動の妥当性評価				▽妥当性評価(包絡の確認)	
【止水機構の解析】					
二次元的動的解析		▽試算 (試験装置の選定)	▽実機モデル		
三次元的動的解析			▽実機モデル ▽試験モデル		
【実証試験】					
製作・据付け		試験装置製作		▽据付け	
実証試験				▽試験(4月中旬以降)	
【漏水試験】				▽試験	
【評価】				試験データ分析	
【ご報告】					▽報告

【補足説明1】水密ゴムの摩擦係数について

実証試験における水密ゴムの摩擦係数は、ダム・堰施設技術基準（案）に記載の0.2及び、物性値確認を行った結果、最大で乾式の0.2、湿式の0.22であることから、ダム・堰施設技術基準（案）に記載の0.2と定義し実証試験を実施する。

なお、水密ゴムのライニングなしの実証試験については、同様に1.2と定義し実証試験を実施する。

①ダム・堰施設技術基準（案）

水密ゴム（ライニングあり）とステンレスの摩擦係数は、0.2（乾式）、0.1（湿式）と記載がある。なお、水密ゴム（ライニングなし）の場合は、1.2（乾式）、0.7（湿式）である。

②水密ゴムの物性値

- ・静摩擦係数は最大0.2（乾式）、動摩擦係数は最大0.22（乾式）表9に超高分子量ポリエチレンの物性値を示す。

表9 超高分子量ポリエチレンの物性値

項目	物性値
引張り強さ (MPa)	44
伸び (%)	450
高度 (Rスケール)	40
摩擦係数 (相手：ステンレス)	・静摩擦係数：0.10～0.20 <sup>※</sup> （乾式） ・動摩擦係数：0.07～0.22 <sup>※</sup> （乾式） 0.05～0.10（湿式）

※：動摩擦係数＞静摩擦係数の状況について

一般的に摩擦係数は、動摩擦係数＜静摩擦係数の関係であるが、高分子材料のように、静摩擦係数と動摩擦係数の値に大きな差が生じやすい場合に「スティック・スリップ（付着すべり）」と言われる現象が生じやすいことから、動摩擦係数が静摩擦係数より僅かに上回ったものと推定される。

**【補足説明 2】 二次元動的解析の試解析結果**

1. 目的

本解析は、止水機構の実証試験を実施するにあたり、試験ケースを確定させる必要があることから試計算を実施し試験ケースを確定する。

2. 解析条件

- (1) 解析コード MSC\_MARC2014.2.0 (エムエスシーソフトウェア株式会社)
- (2) 解析内容 大変形超弾性解析 (水密ゴムを超弾性体として解析)
- (3) 入力地震動

解析に用いた入力地震動は、基準地震動  $S_s$  (設置許可段階) を鋼製防護壁の地中連続壁基礎天盤の応答を算出し、鋼製防護壁の三次元フレーム解析にて算出した応答時刻歴及び応答スペクトルを解析モデルの摺動側になる鋼製防護壁 (ケース①) と取水路 (ケース②) に入力し解析を実施した。

(4) モデル化

解析モデルは3次元要素 (6面体要素) で面外方向厚みを10mmとし、面外方向変位を拘束することで平面ひずみ要素の状態とした。図15に二次元動的解析のモデル図を示す。

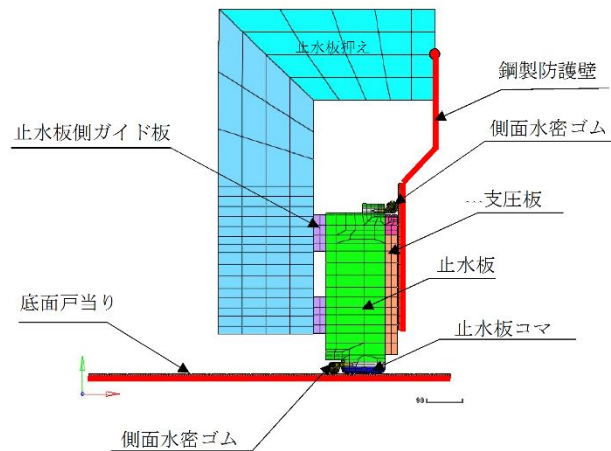


図15 二次元動的解析モデル図

(5) 解析ケース

試験装置ケースと解析ケースを表10に示す。

表10 試験装置ケースと解析ケース

試験装置ケース	摺動	解析ケース	地震波
ケース①	鋼製防護壁側	Case1-1	本震1
		Case1-2	余震
ケース②	取水路側 (基礎)	Case2-1	本震1
		Case2-2	余震

(6) 物性値および摩擦係数

各部の物性値と摩擦係数は表 11 に示す通り。モデル化に当たっては、⑤底面戸当り、鋼製防護壁（⑥側面戸当り）は、剛体としてモデル化した。

表11 物性値および摩擦係数

部位 (材質)	物性値	許容値	摩擦係数
①止水板押え (SM490)	縦弾性係数 205000MPa ポアソン比 0.3	耐力 315MPa	-
④止水板 (SUS304)	縦弾性係数 197000MPa ポアソン比 0.3	耐力 205MPa (引張強さ 520 MPa)	-
底面・側面水密ゴム (合成ゴム+ ライニング貼付け)	単軸引張試験結果	引張強さ 14.7 MPa 水密限界は接触面圧0.5MPa 以上 (水圧の1.5倍)	0.2
止水板押え (CAC703)	縦弾性係数 110000MPa ポアソン比 0.3	耐力 245MPa (引張強さ 590 MPa)	0.4 (金属間の摩擦係数)
支圧板 (超高分子ポリエチレン)	縦弾性係数 785MPa ポアソン比 0.3	引張強さ 44MPa	0.2
止水板側ガイド板 (CAC703)	縦弾性係数 110000MPa ポアソン比 0.3	耐力 245MPa (引張強さ 590 MPa)	0.4

(7) 試験条件

ここでは、鋼製防護壁側の基準地震動  $S_s$  (設置許可段階) による相対変位及び応答加速度について評価し、鋼製防護壁側及び取水路側 (基礎) に撓動を与え止水機構の挙動を評価した。

①鋼製防護壁撓動 (ケース①)

鋼製防護壁撓動のケースでは鋼製防護壁 (止水版押えの根元も含む) は剛として水平相対変位、鉛直変位および回転変位を止水板押えの据付け部 (鋼製防護壁との設置部) に強制変位として与えた。取水路側 (基礎) は剛として固定した。

②取水路側 (基礎) 撓動 (ケース②)

取水路側 (基礎) 撓動のケースでは、取水路側 (基礎) を剛として水平相対変位、鉛直変位を強制変位として与えた。鋼製防護壁 (止水版押え据付け部も含む) は剛として固定した。

③解析地震波

本震および余震ともに、最大の鉛直加速度が認められる 40~46sec (6 秒間) について解析を実施した。

(8) 水圧荷重

水圧荷重は、水位TP+20mの静水圧および動水圧とした。

(9) 解析結果

止水板コマの取水路側（基礎）からの浮き上がり量を表 12 に示す。

本震時において、静的には自重に対して摩擦力等による上向力は小さく止水板が取水路側（基礎）から浮き上がることはないが、取水路側（基礎）や鋼製防護壁への接触時に生ずる衝撃力などの動的作用により浮き上がるものと考えられる。浮き上がり量は、鋼製防護壁摺動より取水路側（基礎）摺動の方が大きい傾向が見られた（CASE1-1 と CASE2-1）。

これは、取水路側（基礎）摺動の方が鉛直方向の慣性力がより顕著に表れたためと考えられる。

余震時（津波重畳）において、鋼製防護壁摺動の場合には浮き上がりは無いが、取水路側（基礎）摺動の場合に 0.03 mm の浮き上がりが見られた。本震時と同様に衝撃力などの動的作用の影響もあるものと考えられる。また本震時と同様に浮き上がり量は、鋼製防護壁摺動より取水路側（基礎）摺動の方が大きい傾向が見られた。

表 12 止水板コマの取水路側（基礎）からの浮き上がり量

ケース	摺動側	地震波	浮き上がり量(mm)	説明図
Case1-1	鋼製防護壁側	本震 1	1.8	図16
Case1-2		余震	0	図17
Case2-1	取水路側（基礎）	本震 1	3.7	図18
Case2-2		余震	0.03	図19

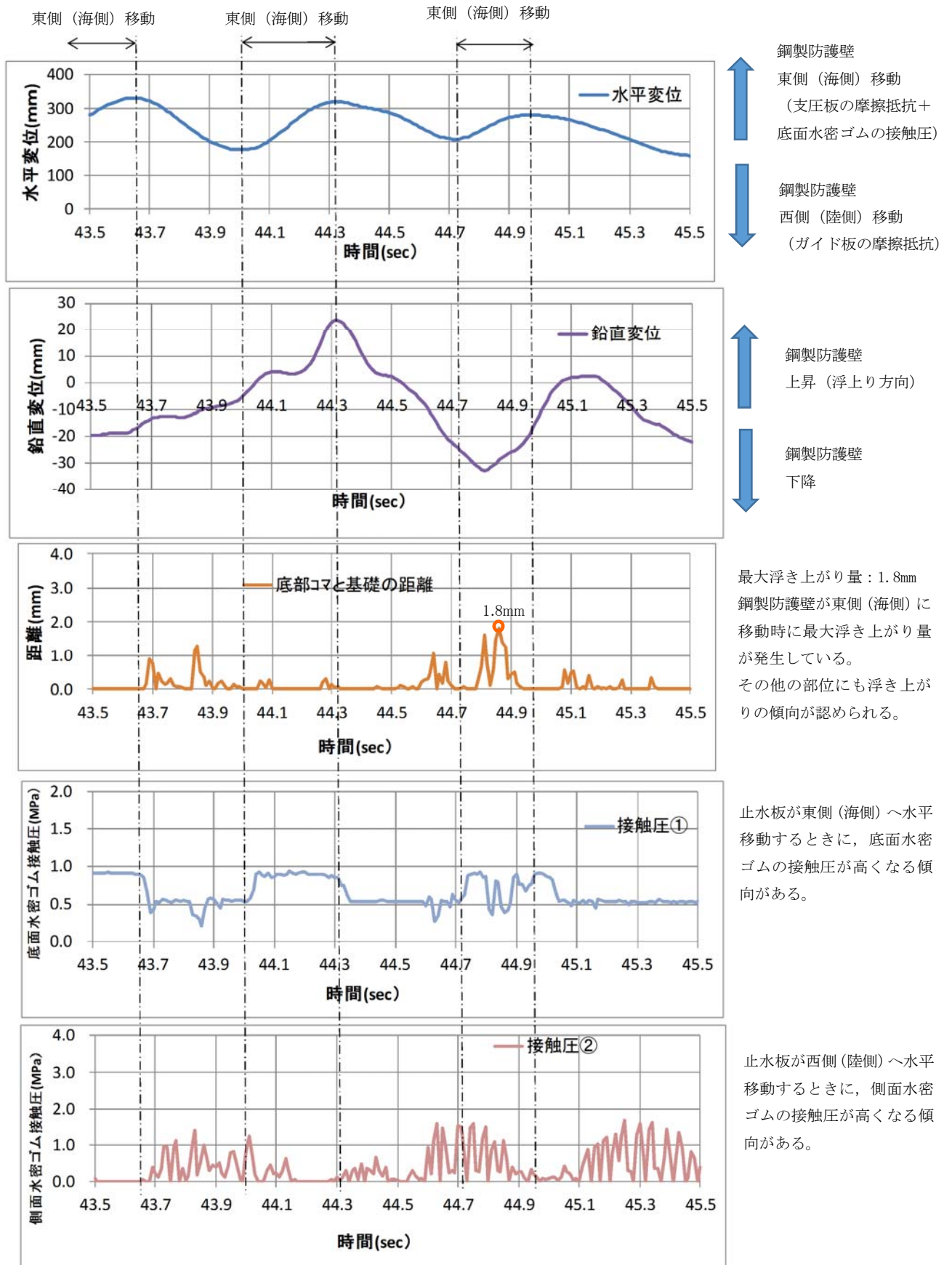


図 16 本震時 鋼製防護壁側揺動（CASE1-1）



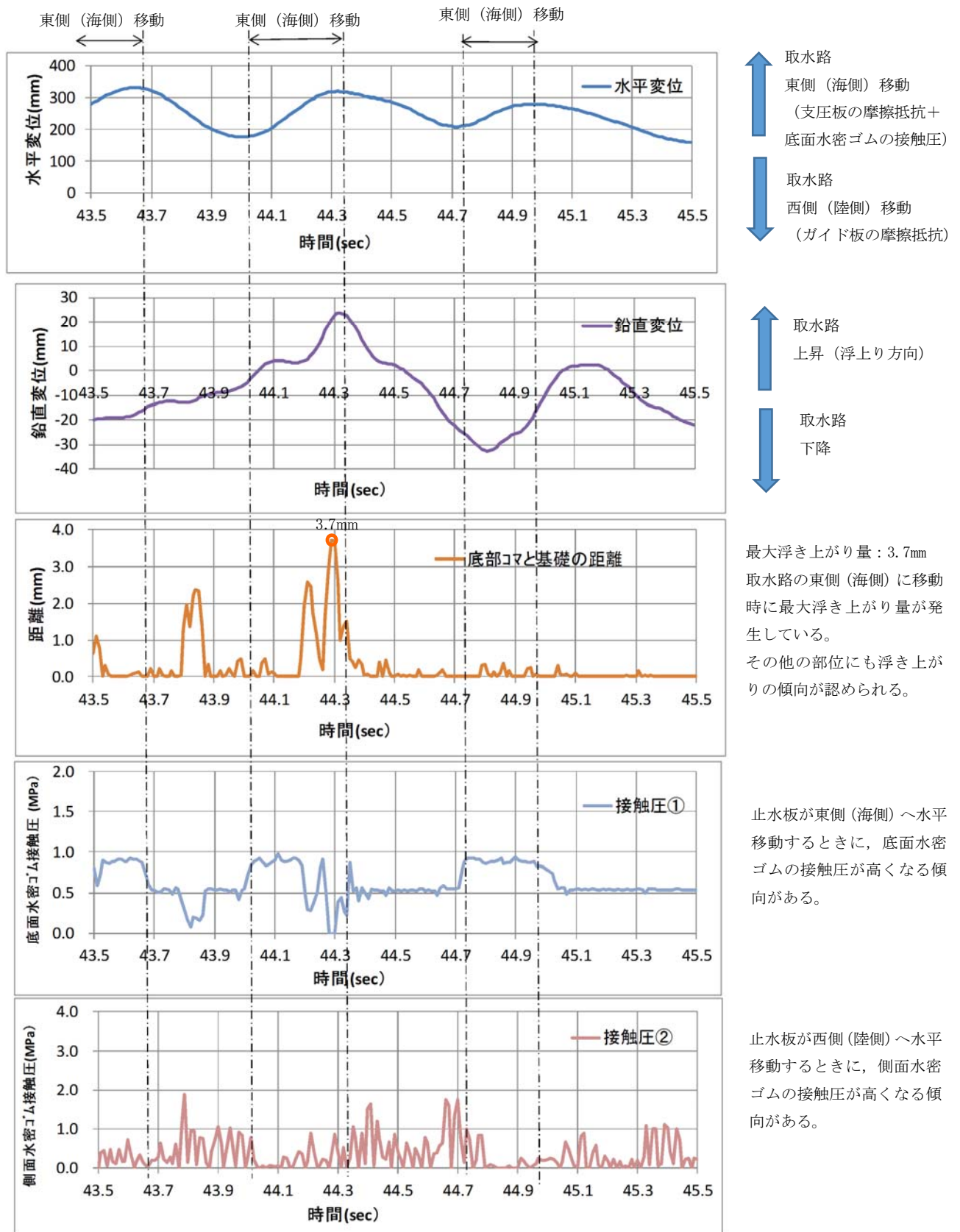


図 17 本震時 取水路側 (基礎) 摺動 (CASE2-1)

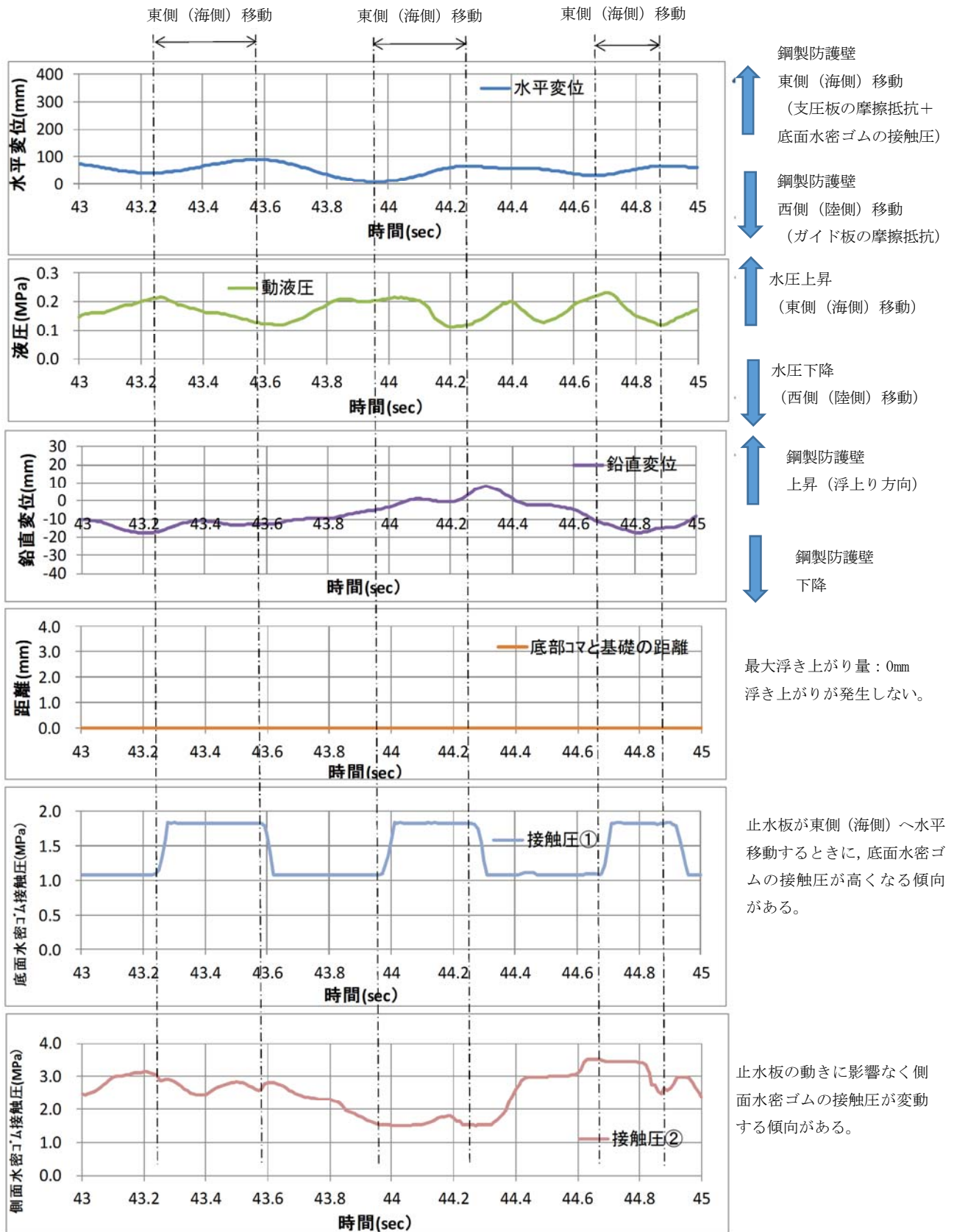


図 18 余震時 鋼製防護壁摺動 (CASE1-2)

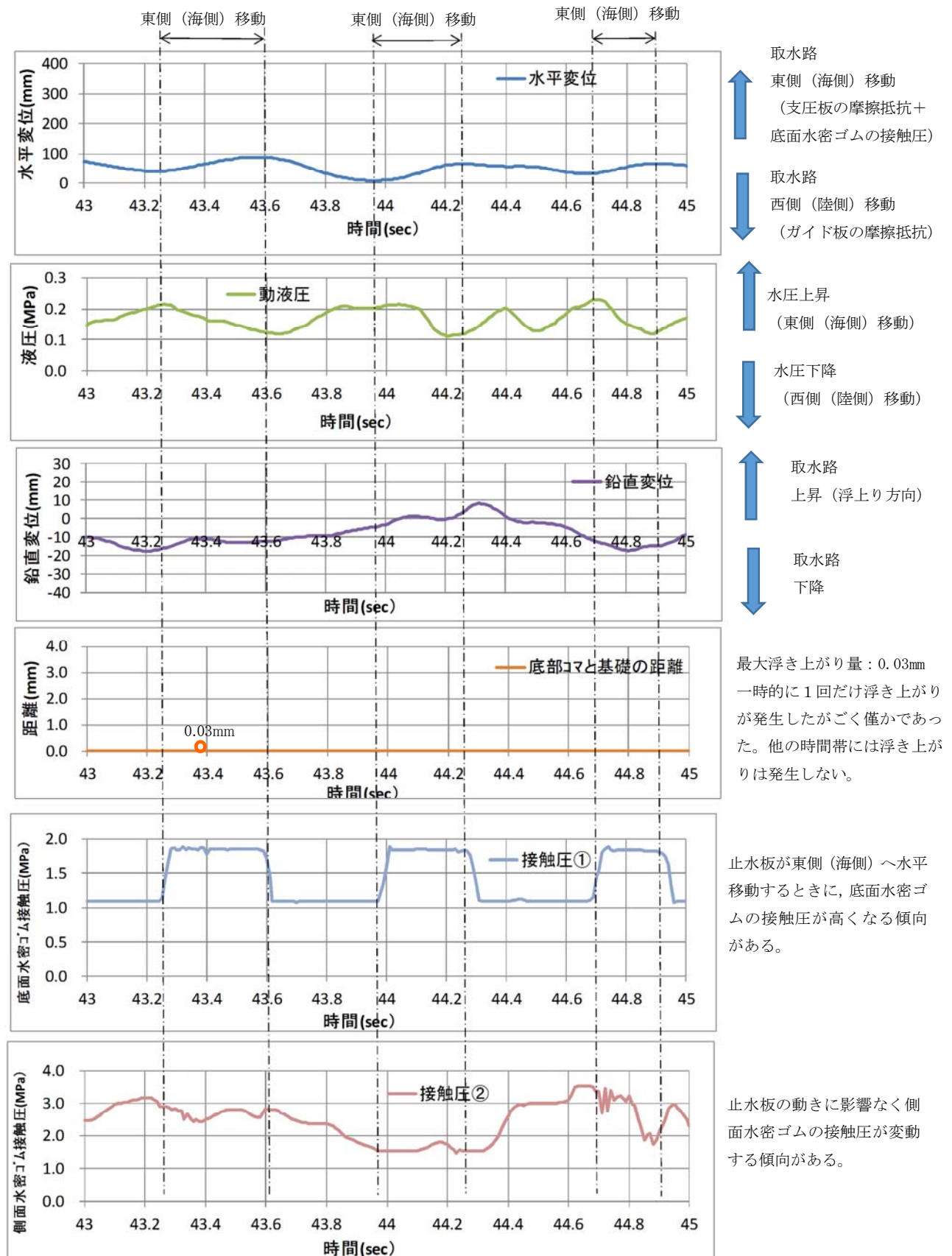


図 19 余震時 取水路側（基礎）摺動（CASE2-2）

**【補足説明 3】 止水板の長手方向の挙動について**

止水板の長手方向の挙動は、①止水板押えの止水板押え側ガイド板と④止水板の止水板側ガイド板にて長手方向の移動を制限している。止水板側ガイド板と止水板押え側ガイド板の隙間は5mmで管理している。図20に止水板と止水板押えのガイド構造について示す。

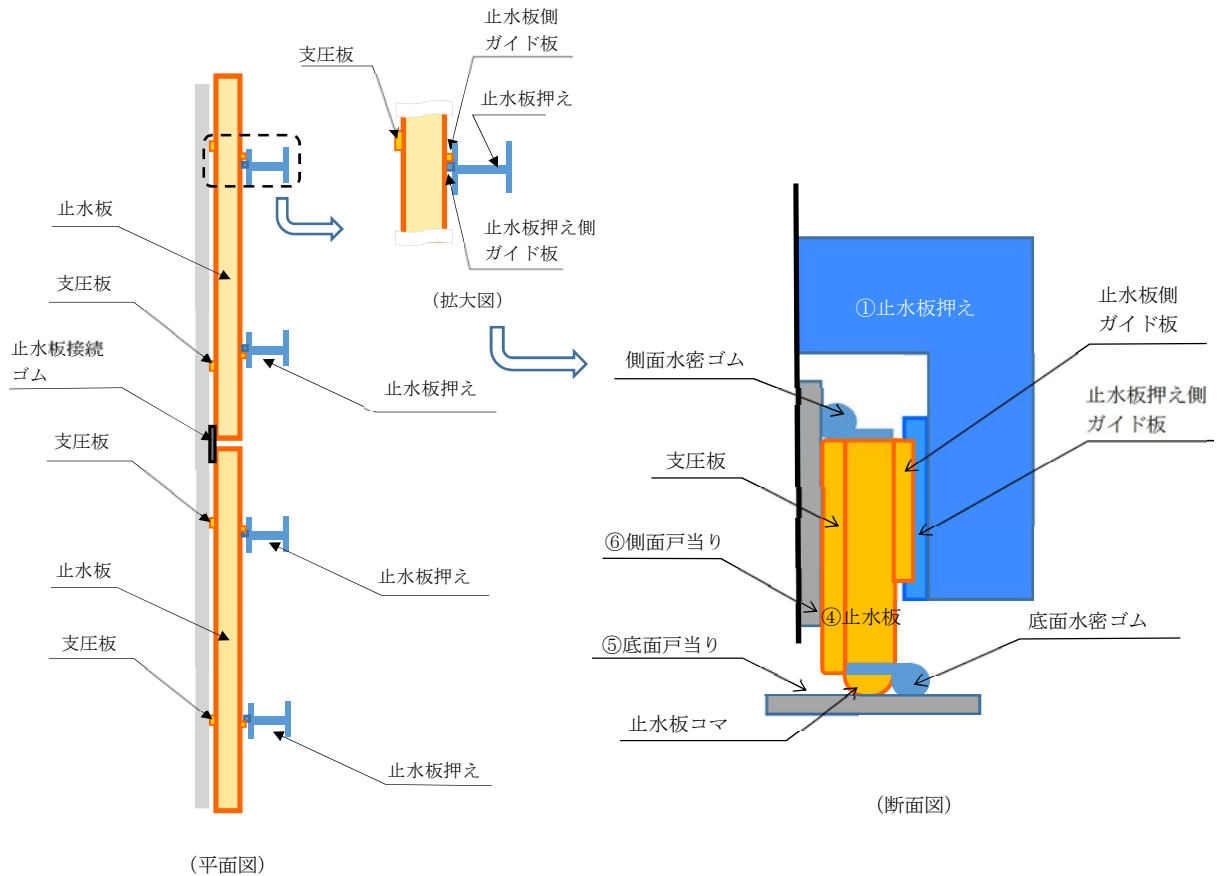


図 20 止水板と止水板押えのガイド構造について

【補足説明 4】 二次元・三次元動的解析の解析評価について

(1) 二次元動的解析

<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，津波時+余震  
解析モデルは図21に示す。
- ・水密ゴム摩擦係数：  
常時：0.2（ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）  
劣化時の挙動把握（しきい値確認）：0.2～1.2
- ・金属間摩擦係数  
止水板（接触面アルミニウム）と戸当り（ステンレス）：0.4
- ・評価対象部位：  
底面水密ゴム，側面水密ゴム，止水板接続ゴム，止水板（止水板コマ含む），  
止水板押え，底面・側面戸当り，止水板側ガイド板，支圧板
- ・許容応力：引張り強度，変形量（伸び）（水密ゴム）  
弾性設計範囲内（止水板，その他の部材）
- ・評価項目：  
応力評価，追従性評価（止水板浮上り），水圧模擬，摩擦係数しきい値確認

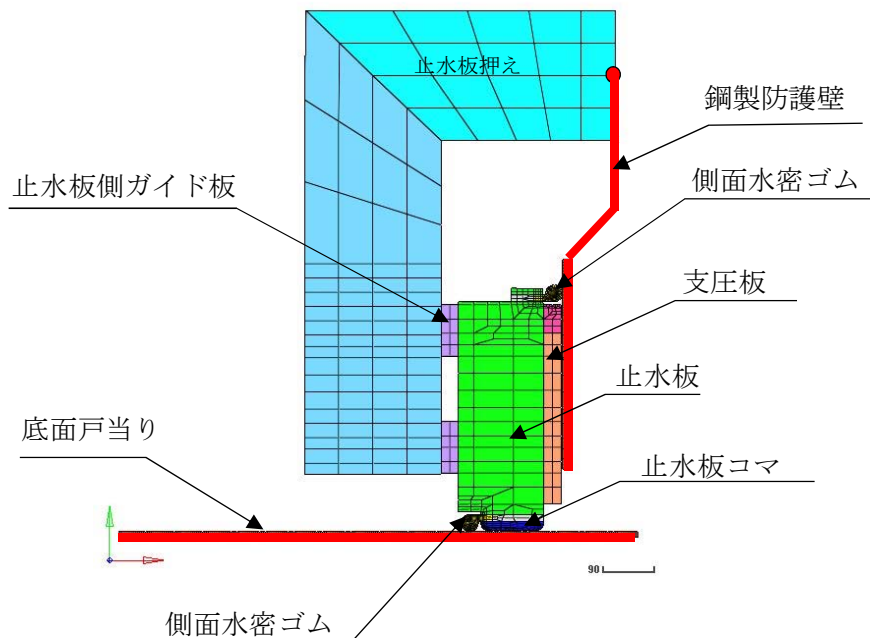


図 21 二次元動的解析モデル

(2) 三次元的解析

<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，津波時+余震  
解析モデルは図22に示す。
- ・水密ゴム摩擦係数：  
常時：0.2（ダム・堰施設技術基準（案））（国土交通省）
- ・金属間摩擦係数  
止水板（接触面アルミニウム）と戸当り（ステンレス）：0.4
- ・評価対象部位：  
底面水密ゴム，側面水密ゴム，止水板接続ゴム，止水板（止水板コマ含む），  
止水板押え，底面・側面戸当り，止水板側ガイド板，支圧板
- ・許容応力：引張り強度，変形量（伸び）（水密ゴム）  
弾性設計範囲内（止水板，その他の部材）
- ・評価項目：  
応力評価，追従性評価（止水板2枚の挙動，浮上り），水压模擬

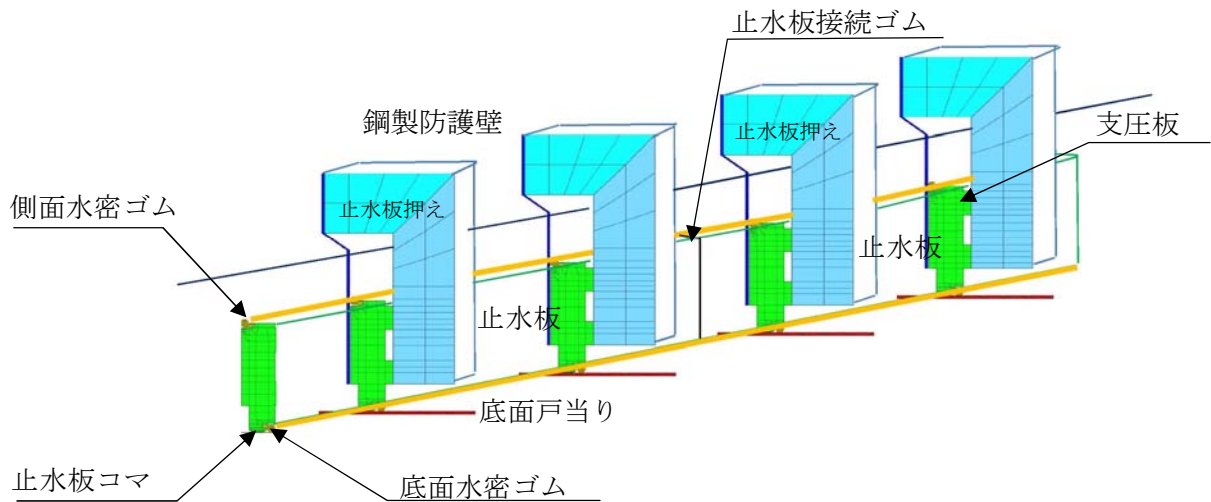


図 22 三次元的解析モデル



**【補足説明5】 漏水試験について**

実証試験にて実施した水密ゴムについて、漏水試験を実施し水密性を確認する。

設計圧力における漏水試験のため、止水機構の水密ゴム（P形）について、試験装置を製作し、漏水試験により設計圧力に耐えることを確認する。

試験装置は、止水板2枚分（4m）の水密ゴムを設置可能な漏水試験装置を製作し、底面水密ゴム、側面水密ゴム、止水板接続ゴムからの漏水を確認する。漏水位置は中央部の3m分からの漏水量を算出する。

表13に漏水試験条件の一覧、表14に漏水試験装置の主要仕様、図23に漏水試験の装置概要図を示す。

表13 漏水試験条件一覧表

項目	条件	備考
水密ゴム	試験体 1	本震，余震+津波を経験させた水密ゴム
	試験体 2	本震，余震+津波を経験させた水密ゴム
	試験体 3	ライニングのない状態にて試験を実施した水密ゴム（試験結果で亀裂，損傷等ない場合に実施）
試験圧力	0.17MPa以上	保守的に，防潮堤天端高さ（T.P. +20m）から設置地盤標高（T.P. +3m）を差し引いた値
	0.21MPa以上	敷地を遡上する津波高さ（T.P. +24m）から設置地盤標高（T.P. +3m）を差し引いた値
試験時間	10分保持	「ダム・堰施設技術基準（案）」より
許容漏水量*	5.2 ℓ/10分	試験圧力0.17MPaに対する許容漏水量
	6.4 ℓ/10分	試験圧力0.21MPaに対する許容漏水量

\* 「ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）」で規定する保持時間及び許容漏水量算定式に基づく3m当たりの許容漏水量

・ 許容漏水量： $W = 10.2 L \times P$

W：漏水量（ml/min）

P：設計圧力

L：長辺の長さ（cm）

（試験装置の漏水検出範囲長さ300cm）

表 14 漏水試験装置の主要仕様

項目		仕様
試験装置	寸法	長さ約 4.3m×高さ約 0.7m×幅約 0.7m
	材質	鋼製
	設計圧力	0.7MPa
止水板	寸法	1枚当たり 長さ約 2m×幅約 0.1m×高さ約 0.4m 2枚の止水板を接続ゴムにて接続し実施
	材質	ステンレス鋼
	重量	約 930kg/枚

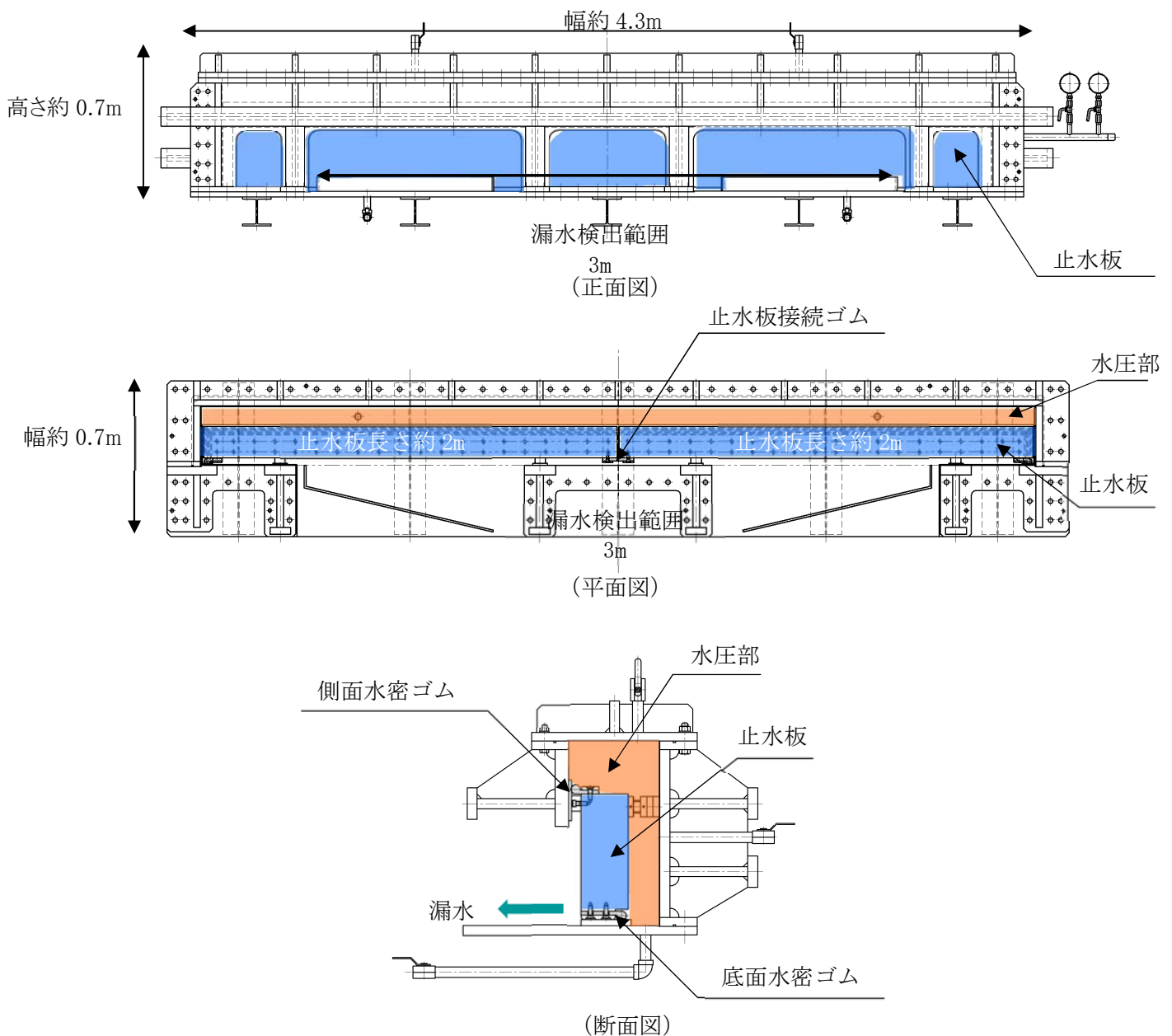


図 23 漏水試験の装置概要図



<水密ゴムの単体漏水試験結果>

水密ゴムの単体試験として、未使用品の水密ゴム及び劣化状況を模擬した漏水試験を実施しており良好な結果を得ている。表 15 に試験装置の主要仕様、表 16 に漏水試験結果、図 24 に試験装置の概要図、図 25 に試験圧力と漏水量を示す。

表 15 試験装置主要仕様

項目		仕様
試験装置	寸法	長さ約 2.3m×高さ約 0.7m×幅約 0.5m
	材質	鋼製
	設計圧力	0.7MPa
止水板	寸法	長さ約 2m×幅約 0.1m×高さ約 0.4m
	材質	ステンレス鋼
	重量	約 620kg

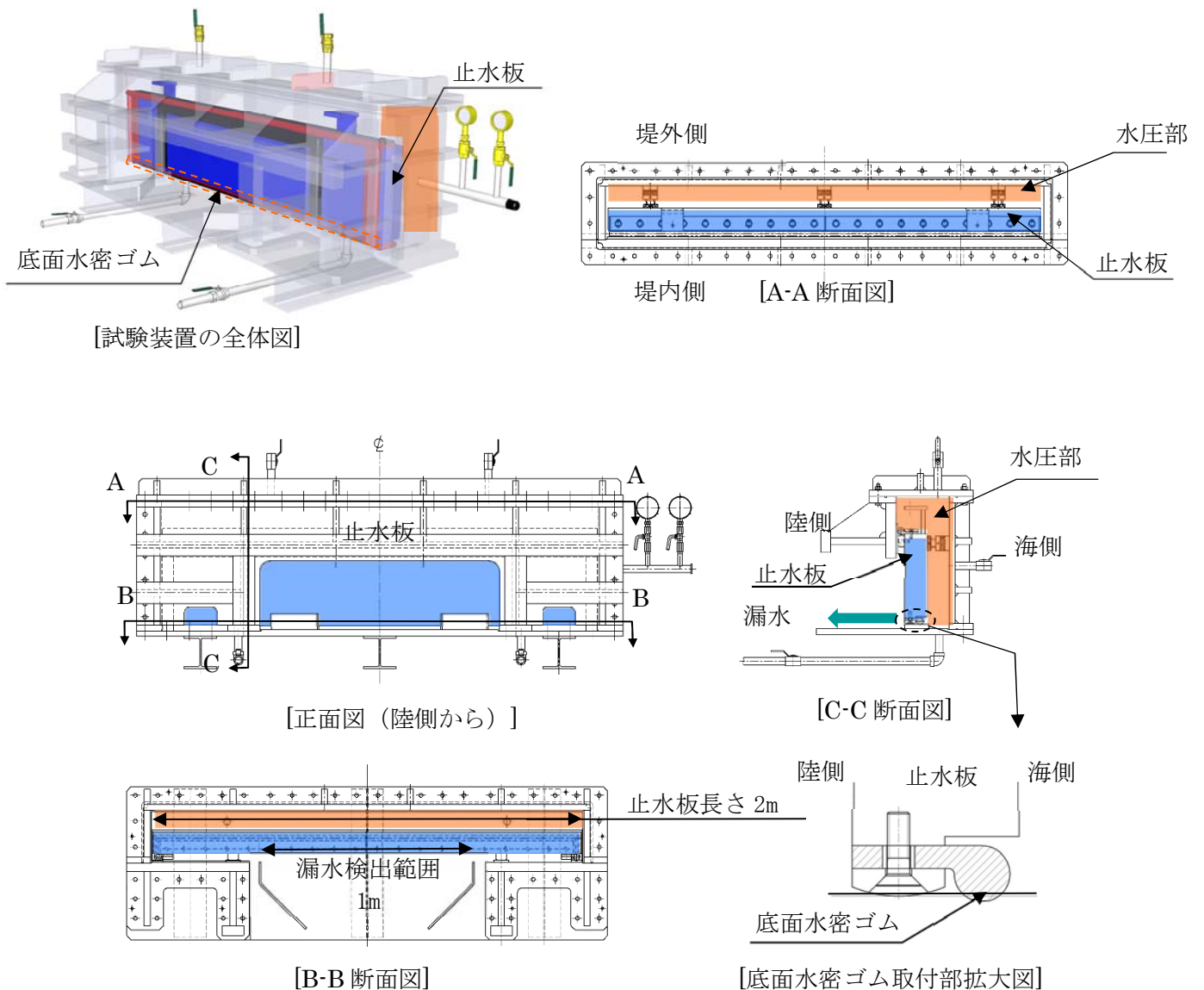


図 24 試験装置概要図

表16 漏水試験結果

	区分	試験圧力 (MPa)	時間 (分)	漏水量 <sup>※1</sup> (ℓ/10分)	許容漏水量 (ℓ/10分)	判定
試験体1	未使用品	0.20	10	0.020	2.0	○
試験体2		0.20	10	0.029	2.0	○
試験体3	劣化状態を仮定	0.17	10	0.039	1.7 <sup>※2</sup>	○
		0.66	10	0.625	6.7 <sup>※2</sup>	○
		0.17	10	0.440	1.7 <sup>※2</sup>	○
		0.66	10	0.525	6.7 <sup>※2</sup>	○

※1：漏水量は1 mあたり10分間漏水量。

※2：未使用品（新品）の場合の許容漏水量

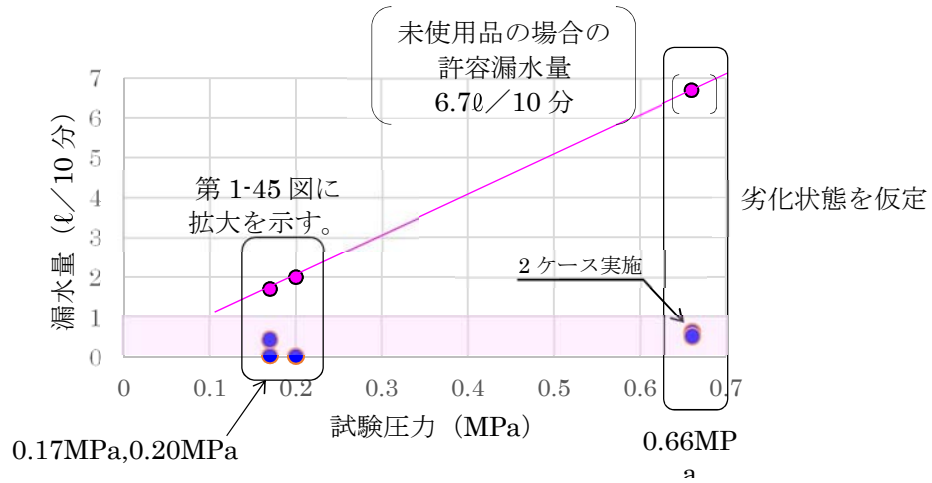


図 25 試験圧力と漏水量（高圧）

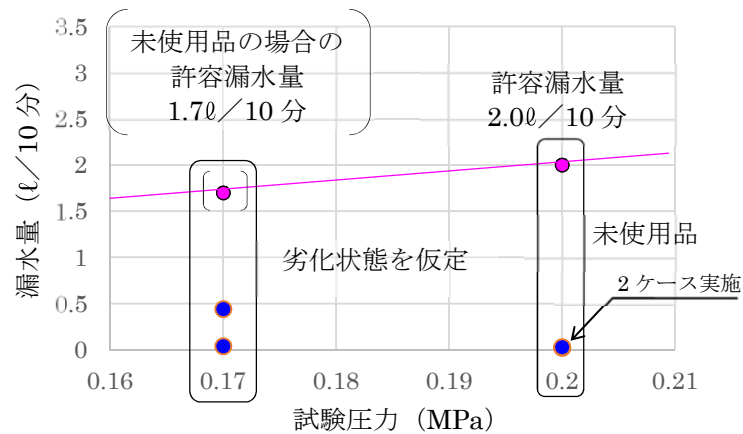


図 25 試験圧力と漏水量（低圧）

【参考】実証試験において想定される不具合と対策（案）

実証試験において想定される不具合として、止水板の浮上りや水密ゴムの噛み込み等が考えられるため、以下の対策（案）を検討している。

対策（案）の実施に当たっては、二次元・三次元動的解析の結果も踏まえ、原因の分析を十分に行い、必要に応じて対策を実施する。

図 26 に要因と対策（案）を示す。

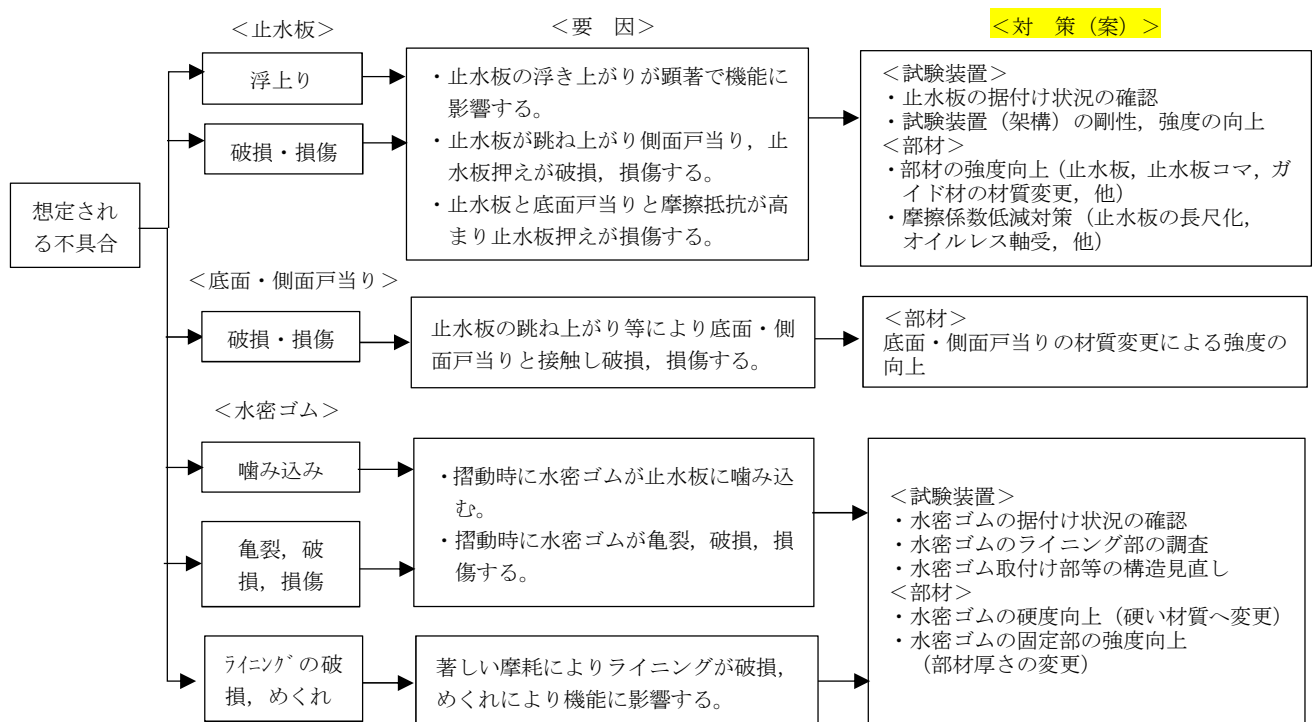


図 26 実証試験時における不具合時に対する対策（案）