

東海第二発電所 審査資料	
資料番号	PD-2-10 改 40
提出年月日	平成 30 年 2 月 19 日

# 東海第二発電所

## 津波による損傷の防止

平成 30 年 2 月  
日本原子力発電株式会社

本資料のうち、 は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

## 目 次

### 第 1 部

1. 基本方針
  - 1.1 要求事項の整理
  - 1.2 追加要求事項に対する適合性
    - (1) 位置，構造及び設備
    - (2) 安全設計方針
    - (3) 適合性説明
  - 1.3 気象等
  - 1.4 設備等
  - 1.5 手順等

### 第 2 部

- ．はじめに
- ．耐津波設計方針
- 1. 基本事項
  - 1.1 設計基準対象施設の津波防護対象の選定
  - 1.2 敷地及び敷地周辺における地形及び施設の配置等
  - 1.3 基準津波による敷地周辺の遡上・浸水域
  - 1.4 入力津波の設定
  - 1.5 水位変動・地殻変動の評価
  - 1.6 設計または評価に用いる入力津波
- 2. 設計基準対象施設の津波防護方針
  - 2.1 敷地の特性に応じた津波防護の基本方針
  - 2.2 敷地への浸水防止（外郭防護 1）
    - 2.2.1 遡上波の地上部からの到達，流入の防止
    - 2.2.2 取水路，放水路等の経路からの津波の流入防止
  - 2.3 漏水による重要な安全機能への影響防止（外郭防護 2）
  - 2.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）
    - 2.4.1 浸水防護重点化範囲の設定
    - 2.4.2 浸水防護重点化範囲における浸水対策
  - 2.5 水位変動に伴う取水性低下による重要な安全機能への影響防止
    - 2.5.1 非常用海水冷却系の取水性
    - 2.5.2 津波の二次的な影響による非常用海水冷却系の機能保持確認
  - 2.6 津波監視設備

- 3. 施設・設備の設計方針
- 3.1 津波防護施設の設計
- 3.2 浸水防止設備の設計
- 3.3 津波監視設備
- 3.4 施設・設備の設計・評価に係る検討事項

## 添付資料

- 1 設計基準対象施設の津波防護対象設備とその配置について
- 2 耐津波設計における現場確認プロセスについて
- 3 津波シミュレーションに用いる数値計算モデルについて
- 4 敷地内の遡上経路の沈下量算定評価について
- 5 管路解析のモデルについて
- 6 管路解析のパラメータスタディについて
- 7 港湾内の局所的な海面の励起について
- 8 入力津波に用いる潮位条件について
- 9 津波防護対策の設備の位置付けについて
- 10 常用海水ポンプ停止の運用手順について
- 11 残留熱除去系海水ポンプの水理実験結果について
- 12 貯留堰設置位置及び天端高さの決定の考え方について
- 13 基準津波に伴う砂移動評価
- 14 非常用海水ポンプ軸受の浮遊砂耐性について
- 15 漂流物の移動量算出の考え方
- 16 津波漂流物の調査要領について
- 17 津波の流況を踏まえた漂流物の津波防護施設等及び取水口への到達可能性評価について
- 18 地震後の防波堤の津波による影響評価について
- 19 燃料等輸送船の係留索の耐力について
- 20 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
- 21 鋼製防護壁の設計方針について
- 22 鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針について
- 23 鉄筋コンクリート防潮壁（放水路エリア）の設計方針について
- 24 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の設計方針について
- 25 防潮扉の設計と運用について
- 26 耐津波設計において考慮する荷重の組合せについて
- 27 防潮堤及び貯留堰における津波荷重の設定方針について
- 28 耐津波設計における余震荷重と津波荷重の組合せについて
- 29 各種基準類における衝突荷重の算定式及び衝突荷重について
- 30 放水路ゲートの設計と運用について
- 31 貯留堰継ぎ手部の漏水量評価について
- 32 貯留堰の構造及び仕様について
- 33 貫通部止水対策箇所について

- 3 4 隣接する日立港区及び常陸那珂港区の防波堤の延長計画の有無について
- 3 5 防波堤の有無による敷地南側の津波高さについて
- 3 6 防潮堤設置に伴う隣接する周辺の原子炉施設への影響について
- 3 7 設計基準対象施設の安全重要度分類クラス3の設備の津波防護について
- 3 8 敷地側面北側防潮堤設置ルート変更に伴う入力津波の設定について
- 3 9 津波対策設備毎の条文要求，施設・設備区分及び防護区分について
- 4 0 東北地方太平洋沖地震時の被害状況を踏まえた東海第二発電所の地震・津波による被害想定について
- 4 1 審査ガイドとの整合性（耐津波設計方針）



## 防潮扉の設計と運用等について

### 1. はじめに

防潮扉は津波防護施設として設置し、防潮堤と同様に基準津波による遡上波の敷地への流入を防止する。防潮扉の設置箇所は敷地の南側にある国立研究開発法人日本原子力研究開発機構境界及び海水ポンプエリアであり、それぞれ各 1 箇所ずつ合計 2 箇所設置し、アクセスのために設置する。第1図に防潮扉の設置位置、第2図に防潮堤の構造を示す。

防潮扉の運用は常時閉運用とするが災害発生時等の必要な時に開閉操作を実施する場合を考慮して、防潮扉の設計と運用に関する方針について説明する。

### 2. 防潮扉の設計について

#### (1) 基本設計方針

防潮扉は津波防護施設として、敷地の南側にある国立研究開発法人日本原子力研究開発機構境界及び海水ポンプエリアに設置する。

防潮扉は原則閉運用であり、開閉操作は中央制御室からの遠隔操作と現場での操作ができるよう設計する。また、開閉の際には現場管理員を配置し現場の安全を十分に確保した上で、中央制御室から閉操作するが、中央制御室からの閉止操作が出来ない場合等を考慮して、現場管理員が現場にて閉操作が可能な設計にする。

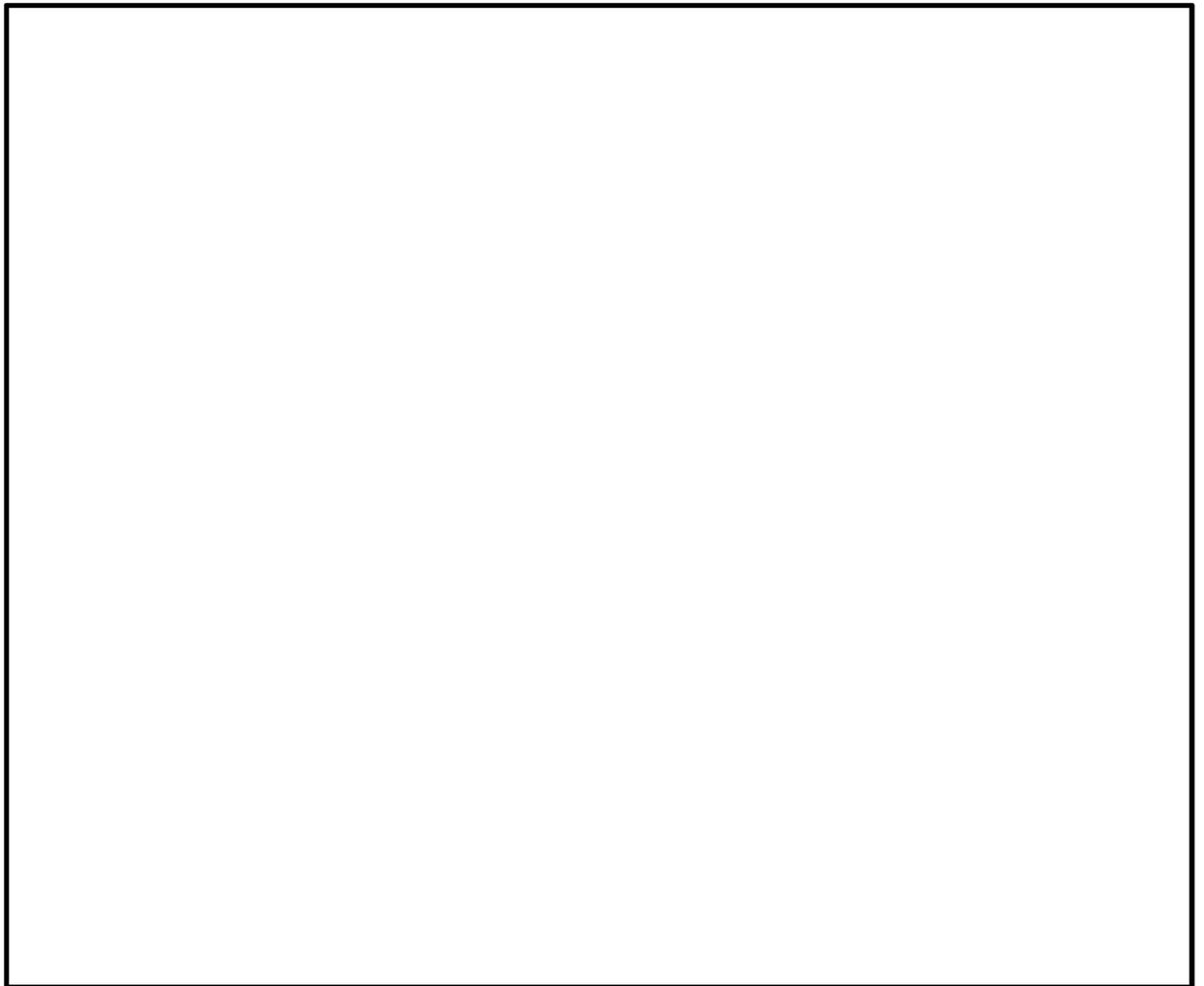
駆動方式は多重性を持たせ「電動駆動式」と「機械式」とし、電動駆動式に用いる電源は常用電源より供給し、電源がない場合には、電源を必要とせずに現場より閉操作できるよう機械式を採用している。防潮扉に係る

適用規格を以下に示す。

< 適用規格 >

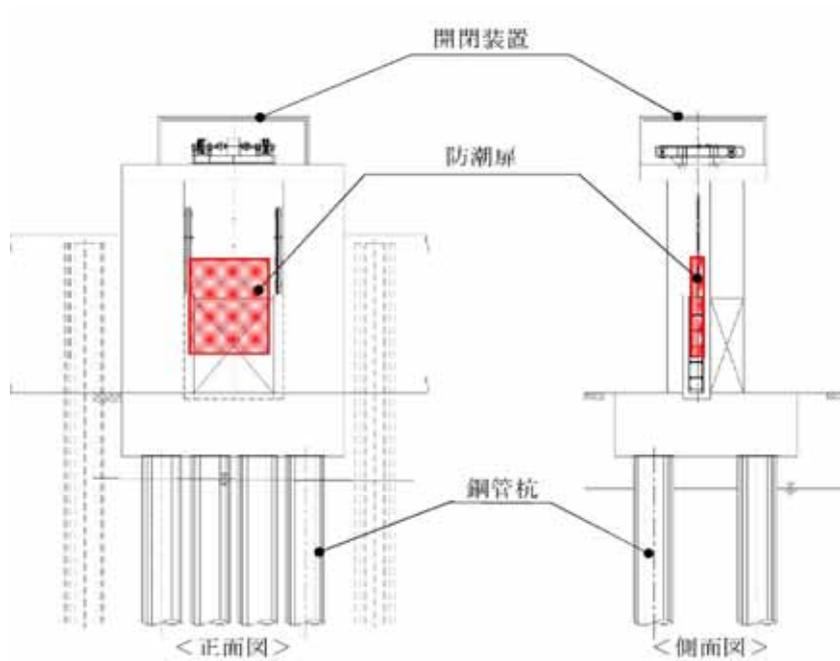
水門鉄管技術基準

ダム・堰施設技術基準（案）

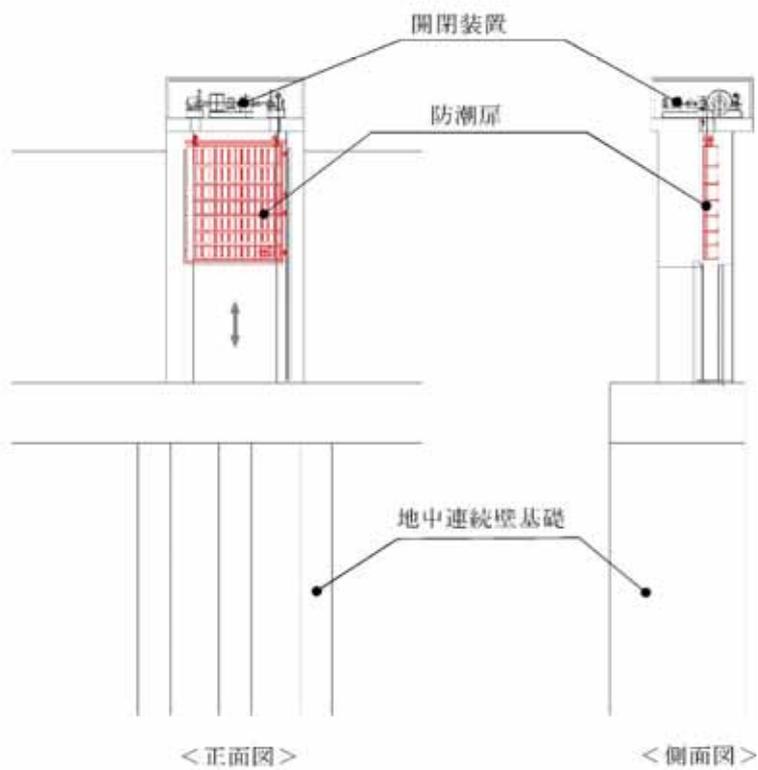


 : 防潮扉設置位置

第 1 図 防潮扉の設置位置（2箇所）



敷地南側境界部防潮扉



海水ポンプエリア防潮扉

第2図 防潮扉の構造

## (2)耐震設計方針

防潮扉本体（扉体），開閉装置については津波防護施設としての耐震Sクラスの要求から，基準地震動 $S_s$ による地震動を考慮して設計する。

構造物と地盤との動的相互作用を考慮した2次元動的有効応力解析コード（FLIP）を用いて水平地震動と鉛直地震動による地震応答解析を行う。

防潮扉の閉止操作に支障を来すことがないように，各部材が弾性範囲内に留まるよう設計する。

なお，地震における動的機能維持を確認するため，振動試験を実施し健全性を担保する。

## (3)耐津波設計方針

防潮扉の遮水機能として扉体の4辺に水密ゴムを設置することにより，敷地への浸水を防止する構造設計とする。また，基準津波の遡上波による波圧に耐える構造設計を行う。採用実績は，第1表に示すとおり採用実績は多く信頼性は高い。

防潮扉の水密性は，ダム・堰施設技術基準（案）（国土交通省）の漏水試験の算出式に準じて求める。漏えい試験装置を用いた漏えい試験を実施し水密ゴムの機能を確認するとともに，ダム・堰施設技術基準（案）の検査内容に準じた検査を実施し水密性を確保していく。第2表に水密面に係る検査内容（抜粋）を示す。また，水密ゴムの漏水試験の結果は，添付資料21 8)止水ジョイント部（底部止水機構）に記載している。

第1表 スライドゲートの採用実績

(A社製 2017年8月)

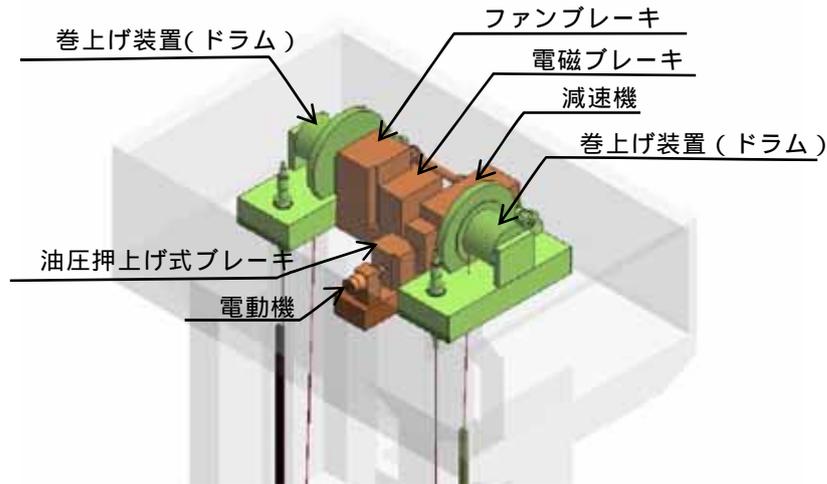
	スライドゲート(台)
一般産業	20
電力	13
合計	33

第2表 水密面に係る検査内容(抜粋)

	検査内容	測定または確認方法
寸法	水密面の鉛直度, 水平度	基準線からの変位を鋼製直尺で測定する。
	水密面の平面度	直定規, すきまゲージで測定する。
外観	水密ゴムと水密面の当たり状態	すきまゲージを用いて確認する。
	部材相互の取合いと密着具合	目視により部材の取付け位置を確認する。

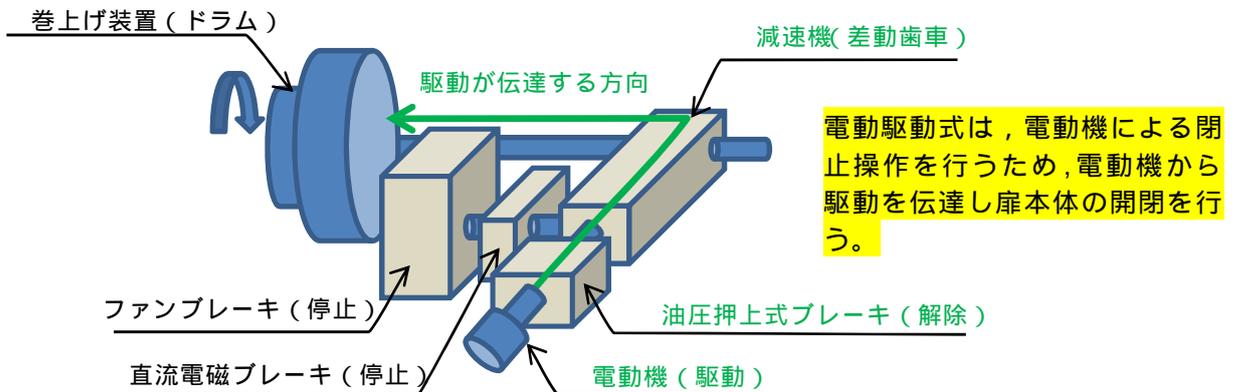
#### (4)開閉装置の構造設計について

開閉装置の駆動方法は電動機による「電動駆動式」とファンブレーキによる「機械式」の2つの構造がある。第3図に開閉装置の構成，第4図に電動駆動式の構造及び動作原理，第5図に機械式の構造及び動作原理を示す。



第3図 開閉装置の構成

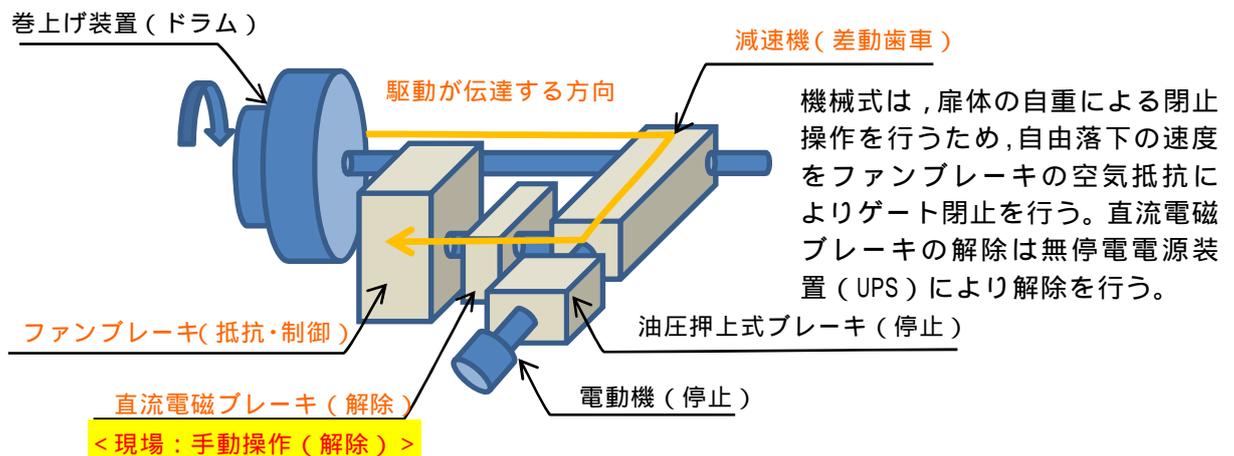
電動駆動式は，電動機を介して起動し，油圧押し上げ式ブレーキを解除することで，減速機，巻き上げ装置を介して防潮扉を開閉させる構造である（第4図参照）。



第4図 電動駆動式の構造及び動作原理（開閉操作可能）

機械式は、直流電磁ブレーキの解除、巻き上げ装置に引き上げられている防潮扉の自重による落下、ファンブレーキによる落下速度の制御により防潮扉を閉止させる機械的な構造である。機械式は電動駆動用の電源を必要とせず、直流電磁ブレーキを解除できるよう無停電電源装置（UPS）を設置している。機械式は閉操作のみ可能である。

また、無停電電源装置（UPS）が何らかの原因で使用できない場合には、機械式のブレーキの操作ができなくなることから、現場監理員が現場操作にて直流電磁ブレーキを解除できる設計とする。

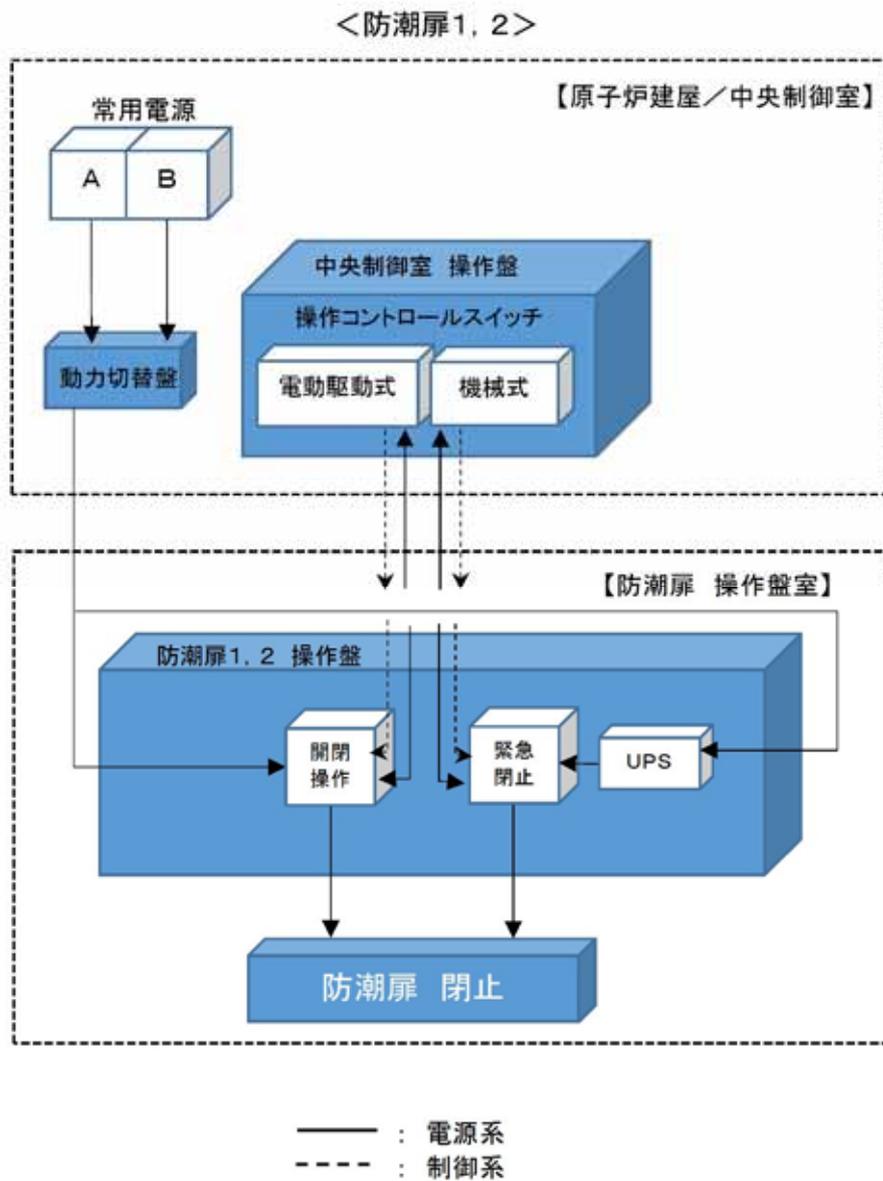


第5図 機械式の構造及び動作原理（閉操作のみ）

## (5) 防潮扉の電源構成

駆動方式は前項の通り多重性を持たせ「電動駆動式」と「機械式」とし、電動駆動式に用いる電源は常用電源より供給する。電動駆動式が使用できない場合には機械式にて閉操作できる設計としている。

第6図に防潮扉電源概念図を示す。



第 6 図 防潮扉電源概念図

## (6)開閉装置の振動試験について

### a．試験目的

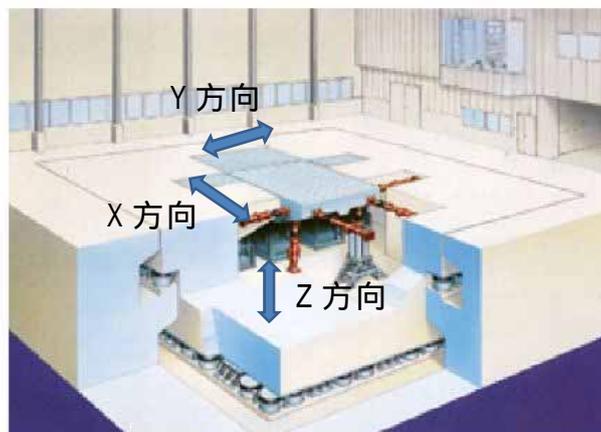
開閉装置の成立性確認のため，基準地震動  $S_s$  の選定波を加振波として用い，実機大の防潮扉の開閉装置を用いた振動試験を行い地震後の動的機能維持を確認する。なお，詳細設計段階において開閉装置設置位置における応答スペクトルが算出された段階で，当該試験に用いた加振条件に包絡していることの確認を「J E A C 4601 (2015)「4.6.3.2試験による評価の方法」に準じて行う。

### b．試験方法

振動台上に架台を設置しその上に防潮扉に設置する開閉装置を基礎ボルトで固定し，水平方向と鉛直方向とを同時加振する。第7図に大型3軸振動台の概要を示す。

#### 振動台の仕様

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 x 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)	1 G (水平)	3 G (水平)	1 G (鉛直)



第7図 大型3軸振動台の概要

## c . 試験条件

加振試験に使用する入力条件は以下のとおり。

< 入力地震動の作成 >

### ( 1 ) 評価用地震動の選定

a . 動的機能維持評価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基準地震動  $S_s - D1$  を選定した。

b . 基準地震動  $S_s - D1$  については，防潮扉の開閉装置位置 (T.P. + 22.5m) における評価が必要になることから，以下の手順にて一次元地盤応答解析 (SHAKE) にて得られた地表面応答加速度の結果を用い開閉装置位置 (T.P. + 22.5m) での評価用応答スペクトルとして作成した。

一次元地盤応答解析 (SHAKE) の地表面応答加速度における結果に対して，開閉装置位置での応答加速度を算出するため，地表面応答加速度 (SHAKE) に対する開閉装置位置での FLIP 応答加速度の倍率 (FLIP/SHAKE の倍率) が 1.73 倍であったため，SHAKE の応答スペクトルを 1.73 倍引き上げた。

a 項にて 1.73 倍引き上げた SHAKE の応答スペクトルに対し，評価用に基準地震動  $S_s$  8 波の全周期帯を包絡させるスペクトルが必要なことから，全周期帯を包絡するように応答スペクトルを 2.59 倍した応答スペクトルを作成した。

その結果，一次元地盤応答解析 (SHAKE) の応答スペクトルに対し 4.49 倍したものを評価用の応答スペクトルとした。

## ( 2 ) 確認用地震動の選定

- a . 確認用として , 一次元地盤応答解析 ( SHAKE ) による地表面  
応答加速度の結果から位相特性による設備への影響を確認す  
るため , 最大応答加速度が最も大きくなる  $S_s - 2 2$  ( 鉛直方  
向最大 ) 及び  $S_s - 3 1$  ( 水平方向最大 ) について選定した。
- b .  $S_s - 2 2$  ( 鉛直方向最大 ) 及び  $S_s - 3 1$  ( 水平方向最  
大 ) については , 基準地震動  $S_s - D 1$  と同様に防潮扉の開閉  
装置位置 ( T.P. + 22.5m ) における評価を行うため , 以下の手  
順にて一次元地盤応答解析 ( SHAKE ) にて得られた , 地表面加  
速度の結果を用い開閉装置位置 ( T.P. + 22.5m ) での確認用応  
答スペクトルとして作成した。

一次元地盤応答解析 ( SHAKE ) の地表面応答加速度における結  
果に対して , 開閉装置位置の応答加速度を算出するため , 地  
表面応答加速度 ( SHAKE ) に対する開閉装置位置でのFLIP応答  
加速度の倍率 ( FLIP/SHAKEの倍率 ) が0.93倍 (  $S_s - 2 2$  ) ,  
1.73倍 (  $S_s - 3 1$  ) であったため , SHAKEの応答スペクトルを  
各々引き上げた。

更に , a.項にて引き上げた応答スペクトルに対し位相特性  
による影響を確認する必要があることから , 応答スペクト  
ルに対し2倍したものを確認用応答スペクトルとした。な  
お ,  $S_s - 2 2$  については , 振動試験装置の性能上1.61倍と  
した。

地震波における加振条件について，評価用を第3表に，確認用を第4表に示す。また，第8図に模擬地震波の加速度応答スペクトルを示す。なお，振動台の性能から高倍率の加振条件においては，各構成部品の固有周期が有しない範囲についてはフィルター処理を実施した。

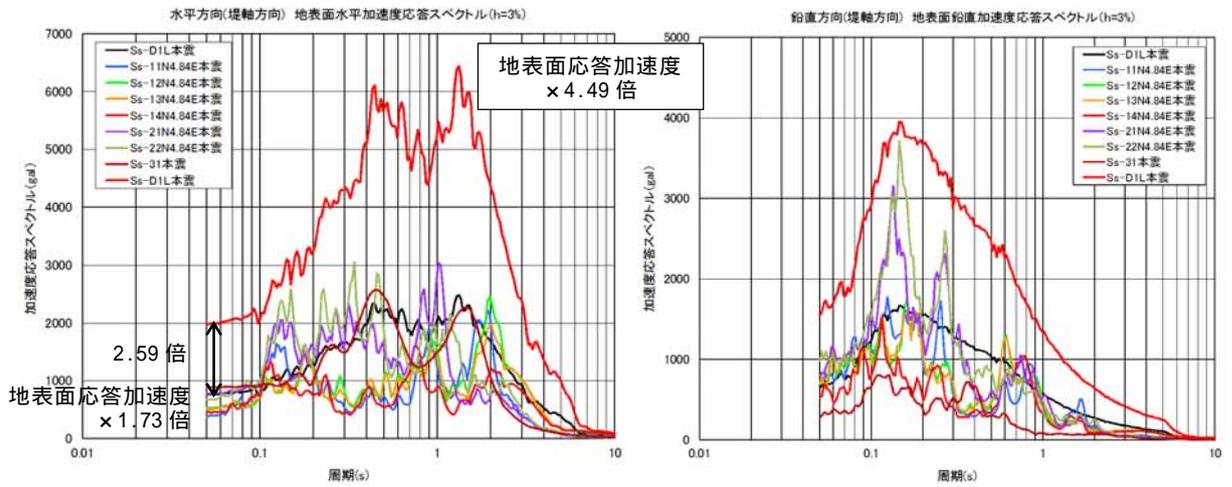
第3表 地震波における加振条件（評価用）

地震波	地表面位置に対する 開閉装置位置での 応答加速度の倍率 (FLIP/SHAKE)	地表面応答加速度 (SHAKE)の全周期帯 を包絡するための倍率	振動台への 入力地震動の倍率 ( × )
S <sub>s</sub> - D 1	地表面応答加速度 × 1.73	で作成した応答 スペクトル × 2.59	地表面応答加速度 × 4.49

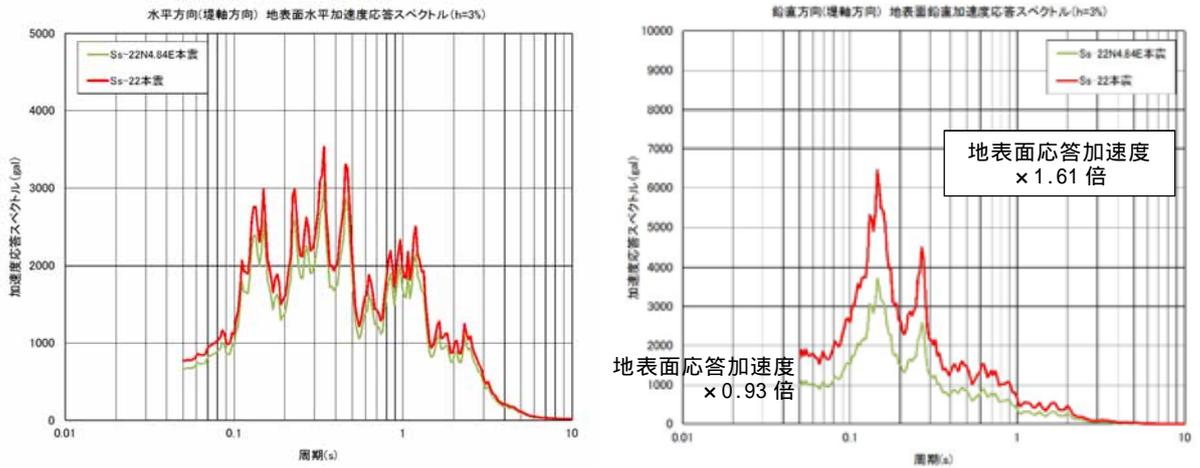
第4表 地震波における加振条件（確認用）

地震波	地表面位置に対する 開閉装置位置での 応答加速度の倍率 (FLIP/SHAKE)	振動台への 入力地震動の倍率 < 2倍 > ( < )
S <sub>s</sub> - 2 2	地表面応答加速度 × 0.93	地表面応答加速度 × 1.61
S <sub>s</sub> - 3 1	地表面応答加速度 × 1.73	地表面応答加速度 × 2

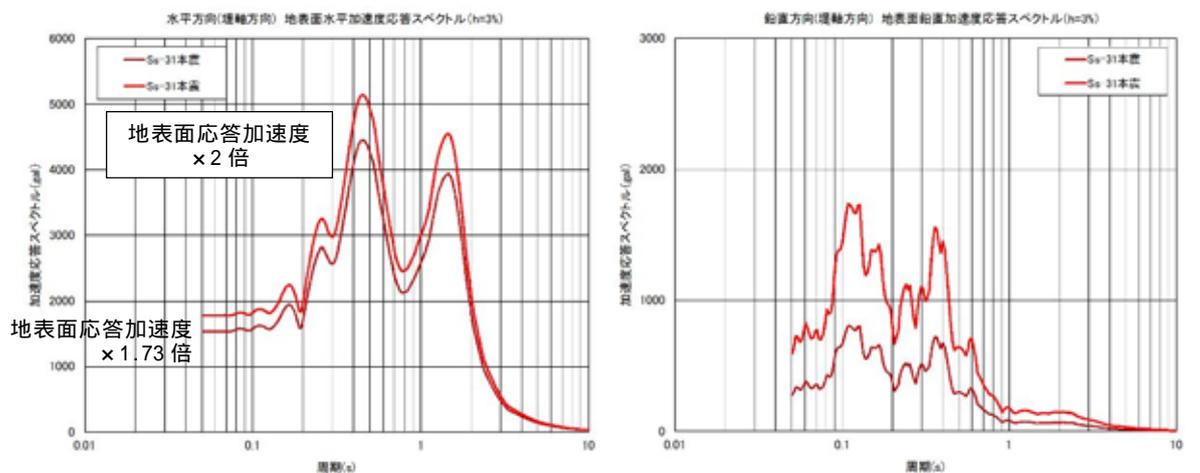
振動試験装置の性能上 1.61 倍とした。



S s - D 1 ( 評価用 : 入力地震動 )



S s - 2 2 ( 確認用 : 鉛直方向最大 )



S s - 3 1 ( 確認用 : 水平方向最大 )

第8図 模擬地震波の加速度応答スペクトル

#### d . 試験装置

防潮扉の開閉装置の中でも最大な設備を選定し，開閉装置のワイヤーの巻き上げ装置については，駆動軸の長いワイヤーの巻き上げ装置側を製作した。

また，ワイヤー巻き上げ装置には扉の荷重を模擬するため巻き上げ装置の下部にトルク装置を設置し扉の荷重を模擬し試験を実施した。

試験に用いた開閉装置の概要は以下の通り。第9図に開閉装置の試験装置（全景）を示す。

##### < 試験装置の構成 >

開閉装置（減速機，直流電磁ブレーキ，ファンブレーキ，他） 1式  
制御盤 1式



第9図 開閉装置の試験装置（全景）

#### e . 試験結果

試験前及び加振試験後に外観点検を実施し異常のないことを確認した。

また，試験後の動作確認においても試験装置上に設置している操作盤より操作を実施し異常なく開閉装置が動作する事を確認した。

### 3. 防潮扉の運用について

#### (1) 防潮扉を開閉する場合の体制

防潮扉を開閉する場合には、作業管理体制に基づいた現場管理員を現場に配置し実施する。また、防潮扉の開閉の運用については、保安規定に定め管理する。

#### (2) 防潮扉を開閉する場合の操作手順

駆動方式による開閉手順は以下の通り。

##### a. 電動駆動式による開閉操作の手順

開閉操作する場合は、該当する作業件名の作業管理体制に基づき現場の安全を十分に確保（現場管理員が確認）したのち、発電長の許可を得て中央制御室より行う。閉止時間は操作開始後約10分後である。

##### b. 機械式による開閉操作の手順

開閉操作中に閉止操作ができない場合又は、大津波警報等が発表された場合には、現場管理員により「機械式」による閉止操作が可能である。

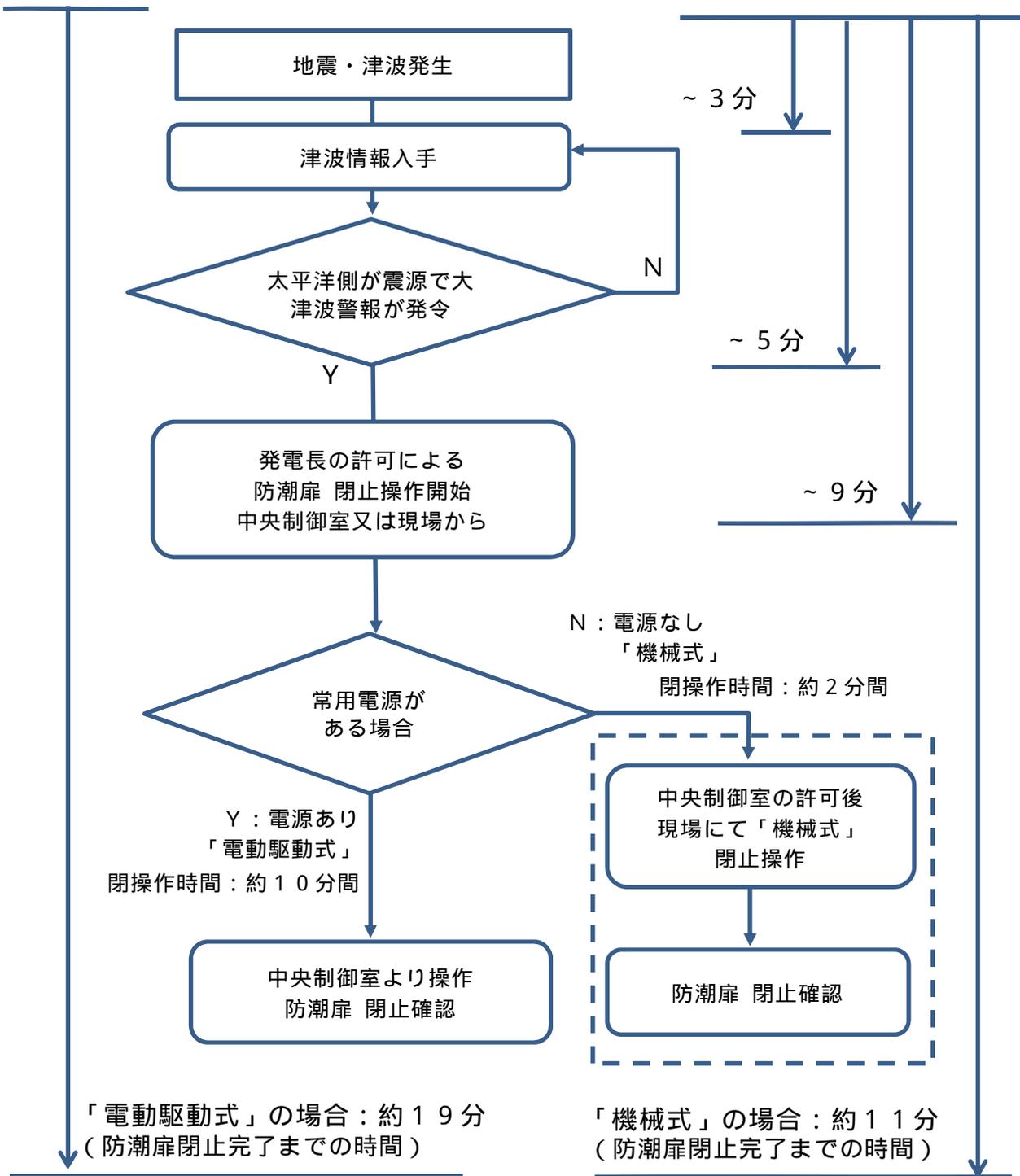
操作は、該当する作業管理体制に基づき現場の安全を十分に確保したのち、発電長の許可を得てから、現場にて「機械式」の操作を実施する。「機械式」による閉止時間は操作開始後約2分である。第10図に防潮扉閉止操作フローを示す。

防潮扉の閉止操作時間は、地震・津波発生から電動駆動式の場合で約19分、機械式の場合で約11分である。基準津波による津波の到達時間は約37分であるため、到達までに防潮扉を閉止することができる。

### (3) 防潮扉の開閉の頻度について

防潮扉は常時閉運用であることから、年に1回の定期検査にて開閉動作が適切に可能であることを確認する。その他、開閉する場合は以下のとおり。

- ・ 災害発生時 : 災害, 人身火災, 隣接事業所との災害協力
- ・ 重大事故等時 : 海上モニタリングの実施に伴い小型船舶を着水箇所まで運搬する場合 ( 小型船舶を東海港に運搬するルートが通行不可な場合の別ルートとして設定 )
- ・ そ の 他 : 緊急を要し発電長が認めたもの



第10図 防潮扉閉止操作フロー

【参考】

< 防潮扉の漏水量評価 >

防潮扉からの許容漏えい量に対する漏水量評価を実施し、敷地内へ浸水した場合の影響について評価する。漏水量の評価対象は、津波の水圧を大きく受ける海水ポンプエリアの防潮扉とする。

漏水量の算出式（ダム・堰施設技術基準（案））

$$W = 10.2 L \times P = 10.2 \times 855 \times 0.153 = 1.34 \text{ } \ell/\text{min}$$

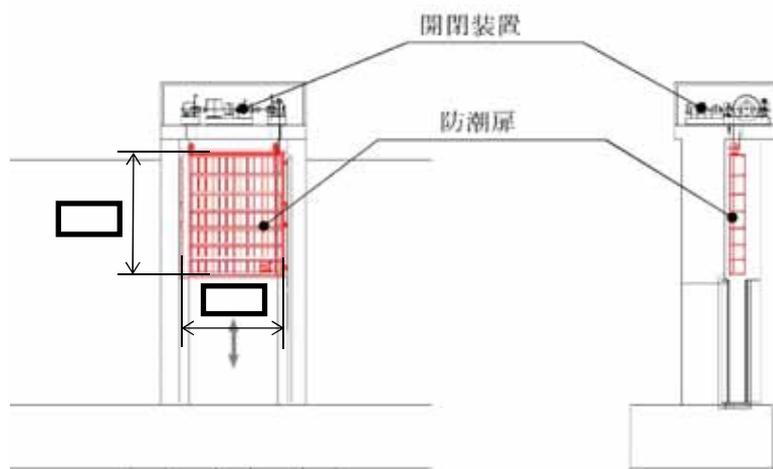
W：漏水量（ $\text{m}\ell/\text{min}$ ）

P：設計圧力（MPa） 津波高さT.P.+17.9m - 設置位置T.P.+2.8m  
= 15.1m 0.154MPa

L：長辺の長さ（cm） 長辺855cm（第11図）

漏水量の算出式に基づき基準津波の継続時間を約10分とした場合、約13.5  $\ell$ の漏えい量となり、海水ポンプエリア内に13.5  $\ell$ 浸水したとしても、ごく僅かであり安全機能に影響を与える漏水量ではない。

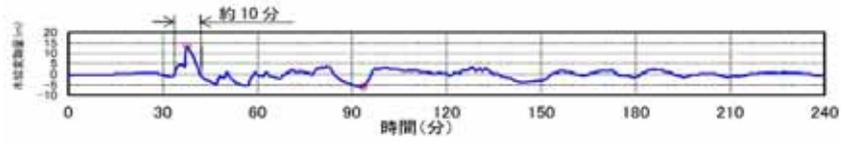
防潮扉（海水ポンプ室）の長辺の長さ



第 11 図 防潮扉の寸法図

5 条 添付 2 5 - 18

継続時間 : 約 10 分 (取水口前面)



許容高さ : T.P.約 +6.6m (海水ポンプ室壁高さ)

浸水エリア : 海水ポンプ室浸水エリアを第 12 図に示す。



第 12 図 海水ポンプ浸水エリア