

東海第二発電所

耐津波設計方針について

〔 第520回審査会合(平成29年10月17日)時
の指摘事項に対する回答 〕

平成29年10月20日

日本原子力発電株式会社

指摘事項



| No. | 指摘事項 | 説明頁 | 該当資料 |
|-----|---|-----|------|
| 12 | 止水板の追従性として、解析での確認に加え、試験についても検討し、方針及び実施時期を示した上で、設置許可断面と工認断面の範囲を整理して示すこと。 | 1 | |
| 13 | 止水機構の多重性又は多様性について、損傷モードを含めて検討し、設計方針について設置変更許可申請書及びまとめ資料に反映すること。 | 1 | |
| 14 | 止水板に衝突する漂流物として、小型植生以外に石の衝突を考慮した止水板の健全性について評価すること。 | 5 | |

空 白

【指摘事項】

止水板の追従性として、解析での確認に加え、試験についても検討し、方針及び実施時期を示した上で、設置許可断面と工認断面の範囲を整理して示すこと。

止水機構の多重性又は多様性について、損傷モードを含めて検討し、設計方針について設置変更許可申請書及びまとめ資料に反映すること。

【回答概要】

1. 止水板の水密ゴムの止水性については、実規模大の漏水試験等により漏水性能を確認するとともに、水密ゴムの損傷及び止水板の損傷を想定した漏水によっても、重要な安全機能を有する海水ポンプへの影響がないことを確認した。また、二次元動的解析及び三次元動的解析による地震時の止水板の追従性を確認することとしている。(第520回審査会合にて説明)
上記試験及び解析に加えて、止水板の地震時の追従性について実証試験により確認する。具体的には、止水機構の構成部材を模擬した実規模大の試験装置を製作し、基準地震動 S_S による地震動に対して、止水板が正常に追従できること、水密ゴムの噛み込みや亀裂・破損が生じないことを確認する。
実施時期としては、実証試験計画の策定、試験装置の設計・製作完了後、速やかに開始することとし、その結果について工認審査段階で説明する。
2. 止水機構については、現状の止水機構(以下「1次止水機構」という。)の損傷又は保守時の機能喪失を考慮して、2次止水機構を設置する。
2次止水機構については、1次止水機構との共通要因による機能喪失を回避するため、多様化を図ることとし、止水膜又はシートジョイントによる止水構造を採用する。また、1次止水機構の保守時の取り外しに伴い、漂流物が2次止水機構まで到達する可能性を考慮し、2次止水機構の損傷を防止するために2次止水機構前面に防衝板を設置する。
これら1次止水機構及び2次止水機構により、基準津波による遡上波の重要な安全機能を有する海水ポンプが設置されたエリアへの到達、流入防止(外郭防護1)を確実なものとする。

次葉以降に止水機構の実規模大実証試験の概要及び止水機能の追加設置案を示す。

1. 止水機構の実規模大実証試験の概要

1. 止水機構の実証試験の目的

止水機構が基準地震動 S_s による地震動を受けた時の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ことを目的に実規模大の試験装置を用いた試験を実施する。

2. 実証試験装置の概要

(1) 加振装置

○加振装置：大型3軸加振台(図1参照) ○装置仕様：表1のとおり。

表1 大型3軸加振台基本仕様

| 項目 | | 基本仕様 | | |
|--------|-------|---------|--------|--------|
| 加速度自由度 | | 3軸6自由度 | | |
| 最大積載質量 | | 80tf | | |
| テーブル寸法 | | 6m × 4m | | |
| 定格値 | 方向 | X方向 | Y方向 | Z方向 |
| | 最大変位 | ±300mm | ±150mm | ±100mm |
| | 最大加速度 | 1G | 3G | 1G |

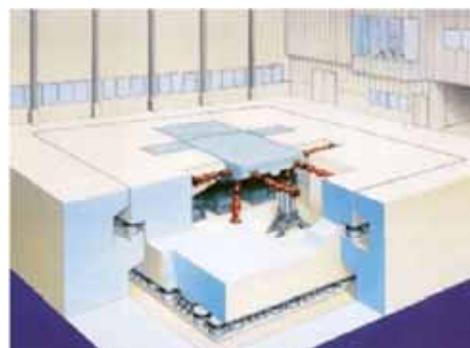


図1 大型3軸加振台鳥瞰図

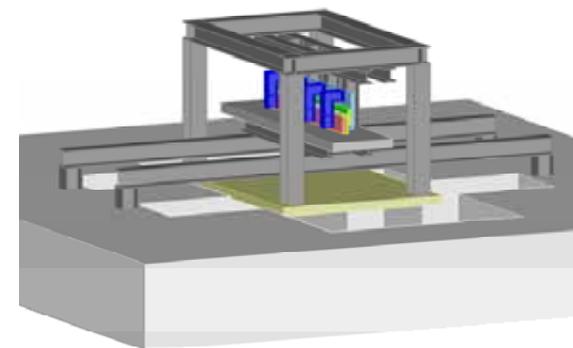


図2 試験装置(参考)

※試験計画の検討により変更の可能性あり

(2) 試験装置(図2参照)

○供試体：実機と同仕様の実規模サイズの供試体を製作 ○模擬範囲：止水体2枚(各2m)を連結

(3) 試験条件

○地震動：基準地震動 S_s の水平・鉛直加速度を同時入力

(4) 実証試験項目

○止水板の地震時の追従性：止水板の動作に異常がないことを確認する。

○水密ゴムの健全性：止水板による水密ゴムの噛み込み、摺動による亀裂・破損がないことを確認する。

○止水機構構成部材の健全性：試験を通じて構成部材に異常がないことを確認する。

(5) 実施時期

○試験計画の策定、試験装置の設計・製作完了後、速やかに実施(平成30年5月頃からの開始を想定)

2. 止水機能の追加設置案(1/2)

1. 止水機構の追加設置

止水機構の損傷又は保守に伴う一時的な機能喪失時においても、津波に対する防護機能が維持できるように、現状の止水機構(以下「1次止水機構」という。)のバックアップとして、2次止水機構を設置する。

2. 2次止水機構の設計方針

- (1) 2次止水機構の追加設置に当たっては、共通要因故障(止水板の追従性不良等)による同時機能喪失が生じないよう多様性を図ることとし、1次止水機構の構造と異なる止水膜又はシートジョイントによる構造を採用する。
- (2) 止水膜及びシートジョイントについては、想定する津波荷重に対して十分な耐性を有するものを採用するが、1次止水機構の取り外し時に津波の襲来を想定すると、漂流物が2次止水機構に到達する可能性があることから、2次止水機構前面に防衝板を設置し、漂流物による損傷を防止する設計とする。
- (3) さらに2次止水機構の後段には、2次止水機構からの漏水の可能性を考慮し、漏水を収集・排水可能な排水溝を設置する設計とする。
- (4) これら対策により、基準津波の遡上波の重要な安全機能を有する海水ポンプが設置されたエリアへの到達、流入防止(外郭防護1※)を確実なものとする。

※: 止水機構は、鋼製防護壁の一部を成し、鋼製防護壁の津波防護機能と相まって、基準津波の遡上波の地上部からの流入、到達防止を達成するものであることから、外郭防護1に区分する。

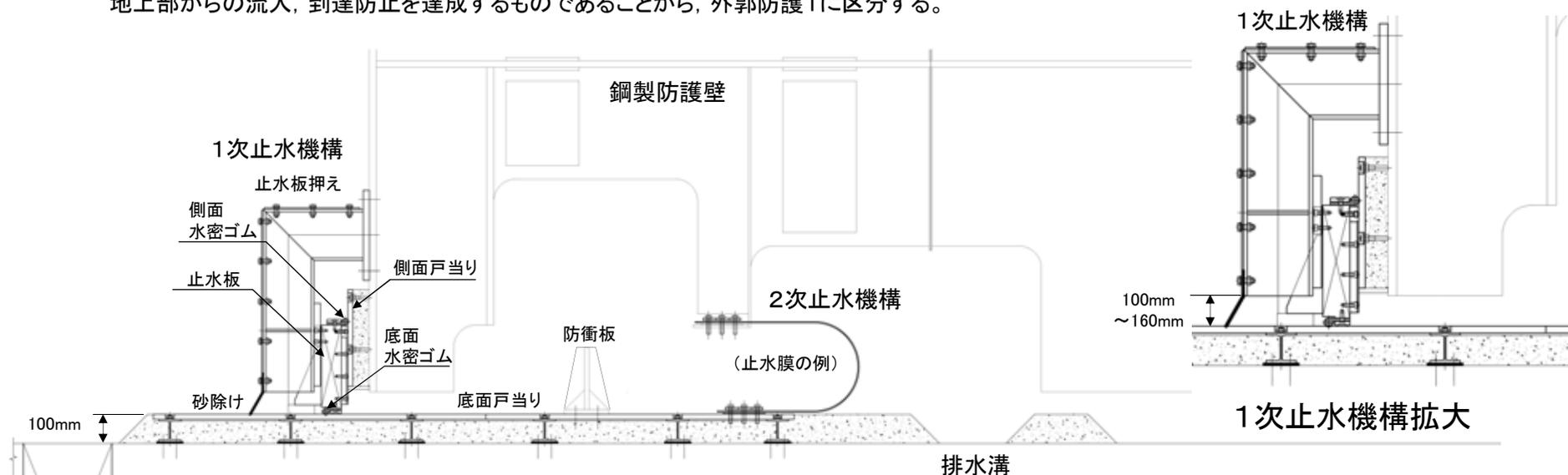


図3 止水機構の構造

2. 止水機能の追加設置案(2/2)

- ◆ 止水機構の信頼性を確実なものにするには、津波荷重や漂流物荷重等に対する耐性を確保するとともに、1次止水機構の損傷等による漏水の可能性について考慮し、2次止水機構を設置する必要がある。
- ◆ このため、2次止水機構の追加設置に当たり、多重性及び多様性のメリット、デメリットについて評価した。評価結果を表1に示す。

表1 2次止水機構の多重性・多様性の検討結果

| 構成部材の設計 | | 設計事項 | 設計概要 | 評価 |
|---------|-------|--|--|---|
| 多重性 | メリット | ○ 止水板を二重に設置するため、1次止水機構の機能が喪失しても2次止水で機能は維持できる。 | <p>図 多重性の止水機構の例</p> | <p>△</p> <p>止水板の追従性が未確認</p> |
| | デメリット | ○ 同一の構造のため損傷モードが同じとなり、共通要因故障により同時に止水機構の機能が喪失する。 | | |
| 多様性 | メリット | ○ 構造が異なるため、共通要因故障による機能喪失がなく、一つの止水機構が喪失しても残りの止水機構の機能は維持できる。 | <p>図 多様性の止水機構の例</p> <p>止水膜又はシートジョイント</p> | <p>○</p> <p>漂流物に対する防護が必要になるが、防衝板により対応可能</p> |
| | デメリット | ○ 構造が異なるため、それぞれの機能に差があり、同一の防護レベルにならない。 | | |

【指摘事項】

止水板に衝突する漂流物として、小型植生以外に石の衝突を考慮した止水板の健全性について評価すること。

【回答概要】

止水板への小型の植生の衝突を想定した評価に加え、石の衝突を考慮した評価を実施した。

評価に当たっては、止水機構前面で想定される石は、周辺状況から砂利程度と考えられるが、地震によるコンクリート路盤等の損傷・剥離による塊状コンクリートや、津波により敷地周辺から同伴される石を想定するとともに、止水機構の最大隙間16cmを考慮し、保守的に□16cmの石(約13kg)を考慮した。

評価の結果、石の衝突を考慮しても止水板の健全性は維持できることを確認した。

1. 石の衝突による止水板の健全性評価

◆止水板における小型漂流物の評価について

【目的】

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るため、①止水板押えと⑤底面戸当りの間に100～160mmの隙間を考慮している。

小型の漂流物を想定すると上記の隙間に入り込む可能性があることから、小型の漂流物による④止水板への影響について評価する。図1に小型漂流物の流入経路について示す。

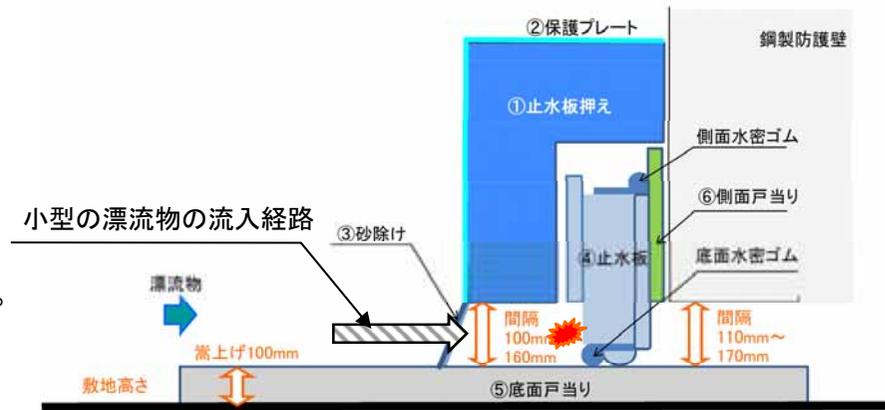


図1 小型漂流物の流入経路

【小型漂流物の衝突荷重の評価】

止水板まで通過する可能性が高い砂、礫、小型植生(枝葉、樹皮)、その他小物の異物のうち、小型の植生及び石を選定した。

(1) 植生の漂流物荷重の算定

敷地北側の植生調査(H28年度)より、想定する漂流物は

①止水板押えと⑤底面戸当りの隙間に流入する可能性がある0.12mの植生とした。

・平均直径:0.12m ・平均樹高:12m

・重量の算定式(建築物空間の緑化手法1988より)

$$W = k \cdot \pi \cdot (d/2)^2 \cdot H \cdot w(1+p) = 89.5\text{kg} \approx 90\text{kg}$$

d=目通直径 0.12m(平均直径)

H=樹高 12m (8m+成長分4m)

k=樹幹形状係数(概算の場合0.5)

w=樹幹の単位体積重量(1100kg/m³)

p=枝葉の多少による割合(1.2)

◆小型植生の漂流物荷重の算定(道路橋示方書)

$$P = 0.1 \cdot W \cdot V$$

$$= 0.1 \times 90 \times 9.8 \times 10 = 0.89\text{kN}$$

P : 漂流物衝突荷重(kN)

W : 漂流物の重量(kg) V : 流速(m/s) 10m/s
(取水口前面)

(2) 石の漂流物の算定

①止水板押えと⑤底面戸当りの隙間が0.16mであるため、石の大きさを0.16m×0.16m×0.16m(仮定)とした。

◆石の衝突荷重の算定(飛来物衝突評価)

衝突荷重の算定に当たっては、飛来物の衝突評価の式を用いた。

$$F = mv/L = 7.7\text{kN}$$

m : 単位体積当たり密度(kg/m³) 3×10³kg/m³

(建築物荷重指針 花崗岩(みかげ石)2.9×10³kg/m³より)

v : 流速(m/s) 10m/s (取水口前面)

L : 各辺の長さ(m) 0.16

(参考)道路橋示方書の場合 : 0.12kN

【評価結果】

止水板の許容限界は240kN

・許容限界 : 短期許容応力度×1.5倍

・許容応力 : 240kN

漂流物荷重は、植生(0.89kN)及び石(7.7kN)に対し許容限界は240kNであり十分な裕度を確認した。