


泊発電所 3号炉

第4条 地震による損傷の防止 (地下水排水設備について)

(審査会合における指摘事項回答)

令和5年10月26日
北海道電力株式会社

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

無断複製・転載等禁止

審査会合指摘事項に対する回答 P. 1

《参考資料》

排水経路と排水能力 P. 2

排水経路の設備概要と排水機能維持方針 P. 4

大規模地震を受けた先行サイトにおける放水設備の被害状況 . P. 14

一般産業施設における大規模地震時の被災事例 P. 15

まとめ P. 16

【指摘事項（令和5年2月28日第1118回審査会合）】

地下水排水設備の排水経路について、以下を踏まえた排水機能の維持に係る考え方を示した上で、最終的な排水先へ確実に排水可能な経路であることを説明すること。

- ✓ 排水配管の間接支持構造物を含む排水経路においてSs機能維持とする範囲
- ✓ 排水経路においてSs機能維持としない範囲がある場合、排水経路の崩落等によって完全に閉塞する可能性

【回答】

■ 地下水排水設備の排水経路について、排水機能の維持に係る考え方は以下の通りであり、最終的な排水先である外海まで排水可能な経路である。

- 湧水ピットポンプから放水ピットまではSs機能維持とする（p.4～7 参照）。
- Ss機能維持としない範囲である放水路、放水池及び放水口は、構造的特徴（地下水排水量に対して十分な通水断面を有していること、放水路は追従性に優れたフレキシブルな構造であること等）や大規模地震を受けた先行サイトにおける放水設備の被害状況及び一般産業施設の地震被災事例を踏まえると、軽微な変形やひび割れが生じる可能性はあるものの、完全に閉塞することはなく、排水機能は維持可能である（p.8～15 参照）。

表1 排水経路の排水機能維持とする考え方

耐震性	Ss機能維持とする範囲			Ss機能維持としない範囲	
施設	・湧水ピットポンプ ・地下水排水配管	・一次系放水ピット ・地下水排水配管の間接支持構造物	原子炉補機 冷却海水 放水路	放水ピット	放水路、 放水池及び放水口
考え方	構造強度を確保することで、排水機能を維持できる				
	発生応力及び機能維持 評価用加速度を 許容値内に収める	最大せん断ひずみ 2,000 μ 以内とする	発生応力度等が許容限界を 超えないことを確認する		構造的特徴や地震被災事例を踏ま ると、軽微な変形やひび割れが生じる 可能性はあるものの、完全に閉塞す ることなく、排水機能を維持できる

● 排水経路の排水能力

- 既存の湧水ピットポンプの排水能力25m³/hを必要な排水能力として検討する。

● 排水経路

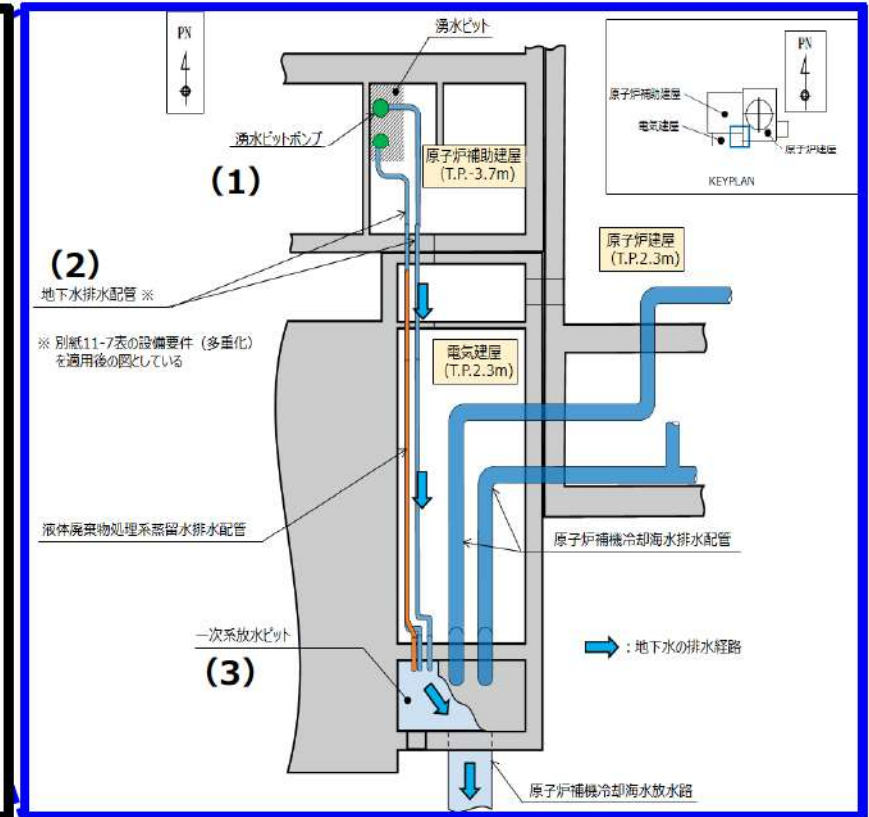
- 原子炉補助建屋内の湧水ピットに集水した地下水は、湧水ピットポンプで汲み上げ、地下水排水配管により建屋内を送水し、一次系放水ピットに排水される（添付7-1図、次頁の添付7-2図参照）。
- 一次系放水ピットから下流は、原子炉補機冷却海水放水路、放水ピット、放水路を経て放水池に導かれ、放水口から外海へ放出される（添付7-3図、次頁の添付7-4図参照）。

※ 平面図内の（ ）書き番号は、4頁以降で示す排水経路を構成する施設に対する付番を示す。

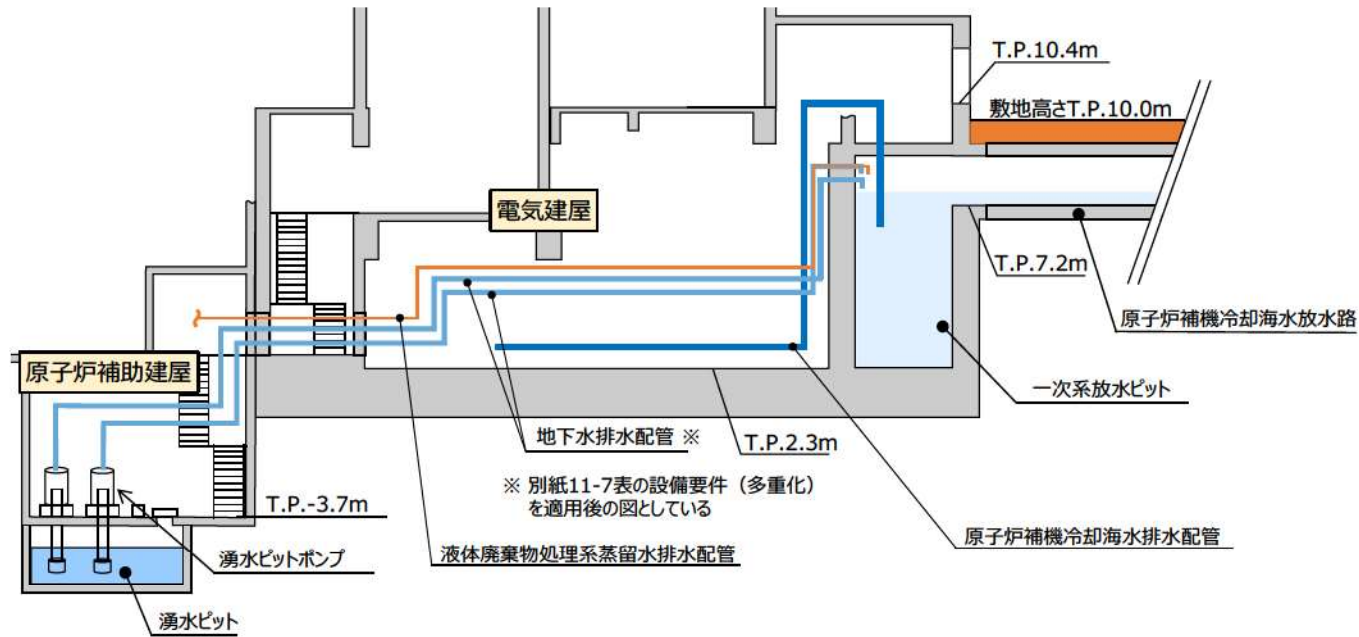


添付7-3図 地下水排水経路（建屋外平面図）

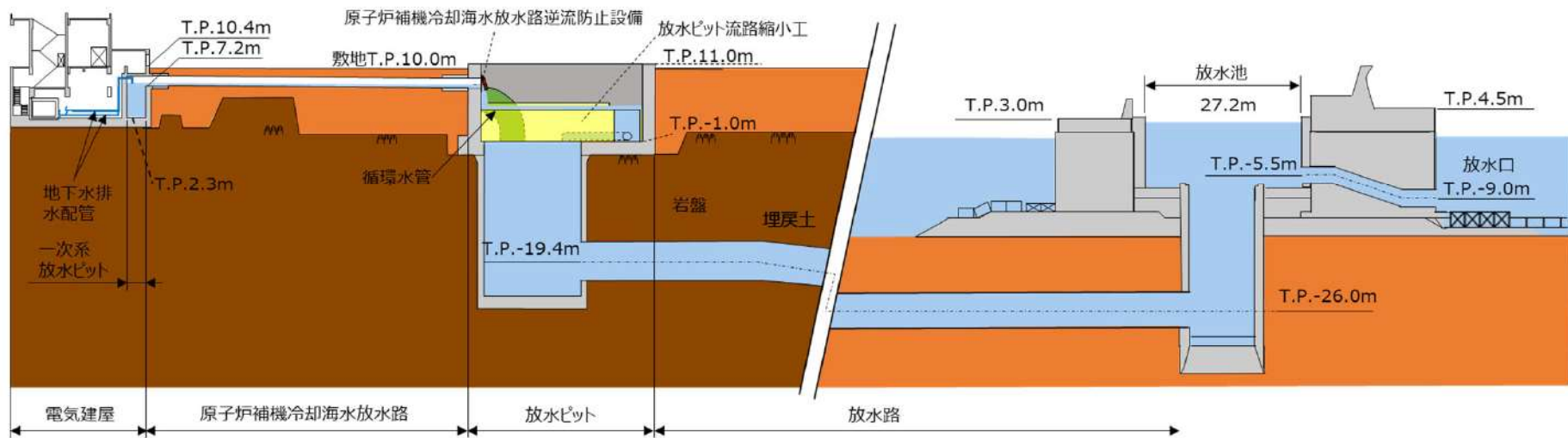
枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



添付7-1図 地下水排水経路（建屋内平面図）



添付7-2図 地下水排水経路 (建屋内断面図)



添付7-4図 地下水排水経路 (建屋外断面図)

(1) 湧水ピットポンプ⇒(2) 地下水排水配管

- ▶ 湧水ピットポンプは耐震Cクラスの縦置うず巻式ポンプであるが、基準地震動による地震力によって生じる応力等が許容値に収まることを確認することで構造強度を確保する設計とする。また、機能維持評価用加速度が機能確認済加速度以下であることを確認することで、基準地震動に対してポンプが動的機能維持できる設計とする。以上により、地下水を湧水ピットから地下水排水配管へ送水する機能を維持できる。
- ▶ 地下水排水配管は耐震Cクラスの炭素鋼配管であるが、基準地震動による地震力によって生じる応力等が許容値に収まることを確認することで構造強度を確保する設計とする。また、地下水排水配管の間接支持構造物のうち電気建屋地下部については、基準地震動を用いた地震応答解析に基づいて、最大せん断ひずみが耐震Sクラスの間接支持構造物に要求される許容限界である2,000 μ を超えないことを確認する。



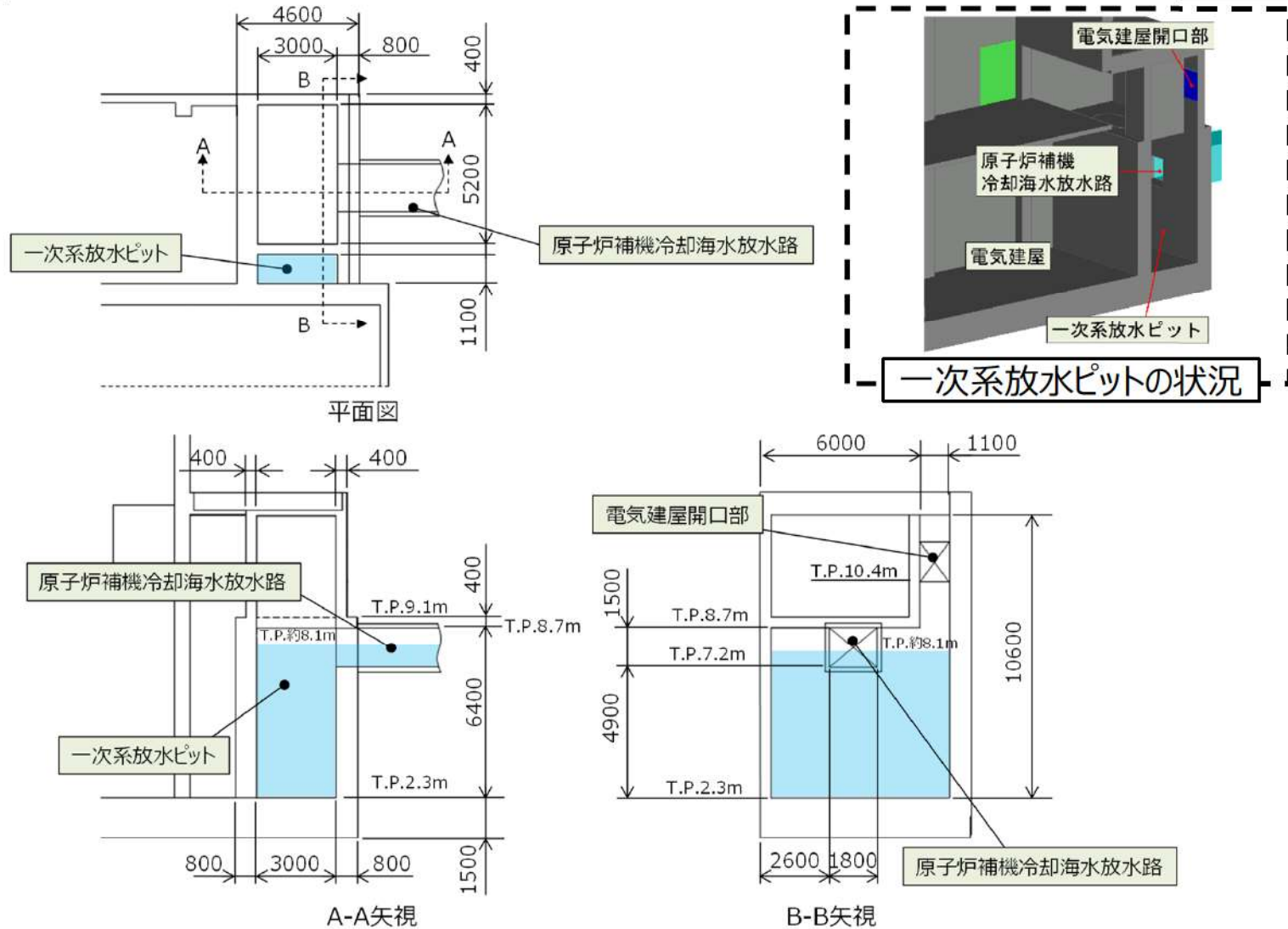
添付7-5図 湧水ピットポンプ写真



添付7-6図 地下水排水配管写真（電気建屋）

(3) 一次系放水ピット

- 一次系放水ピットは電気建屋地下部と一体構造のため、地下水排水配管において地下部の最大せん断ひずみが2,000 μ を超えないことを確認していることにより、一次系放水ピット隔壁の構造強度は確保され、原子炉補機冷却海水放水路への排水機能は維持される。

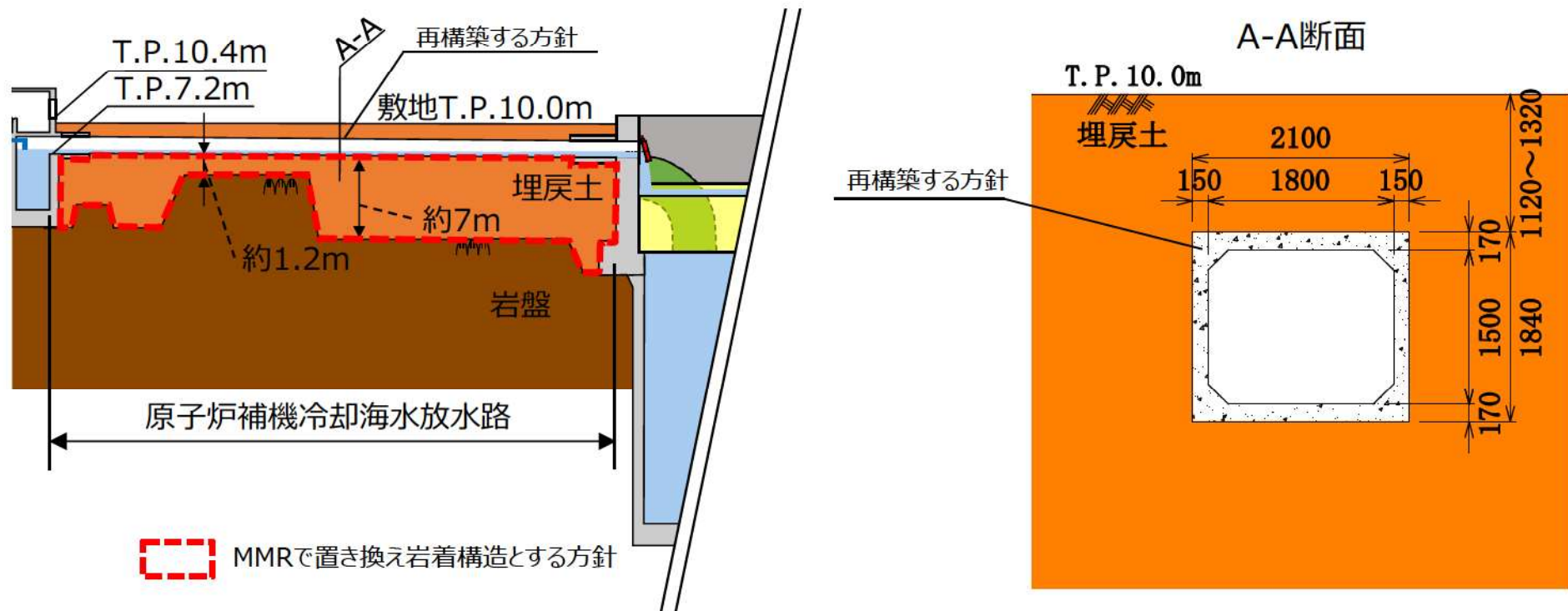


添付7-7図 一次系放水ピット三面図

（4）原子炉補機冷却海水放水路

- 原子炉補機冷却海水放水路は、現状は埋戻土によって支持されているボックスカルバートのRC構造物である。
- 原子炉補機冷却海水放水路は、建屋外の排水経路の中で比較すると断面が小規模であり土被りが浅いことから、地震時においても「断面閉塞」及び「地表面への溢水」が発生することが無いよう岩着構造で再構築し、基準地震動による地震力に対して構造強度を確保する設計（※）とする。
- これにより、排水機能を確実に維持し、屋外溢水影響評価（敷地への溢水防止）やアクセスルート（通行性）の信頼性を確保する。

※基準地震動を用いた地震応答解析に基づいて構造部材の照査を実施し、許容限界を超えないことを確認する。

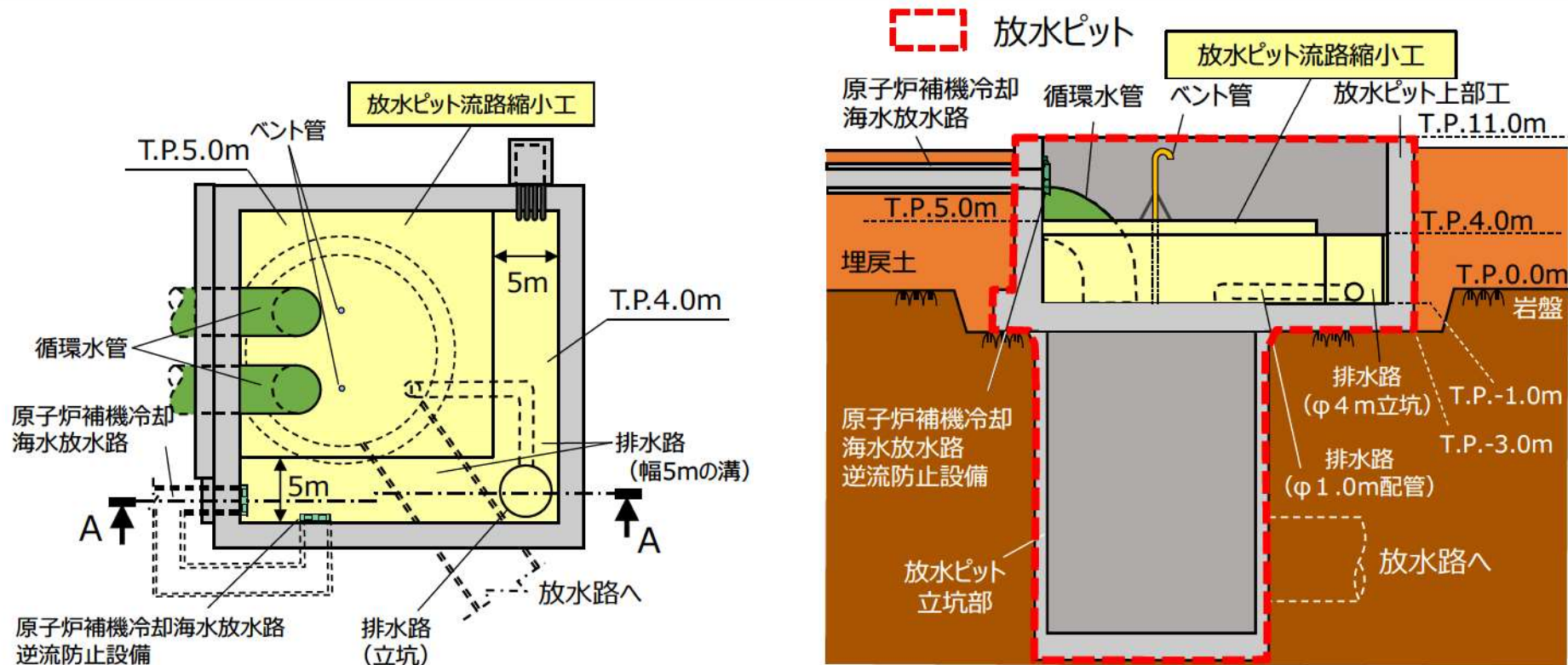


添付7-8図 原子炉補機冷却海水放水路（縦断面図及び横断面図）【現状】

(5) 放水ピット

- 放水ピットは耐震Sクラスの津波防護施設（放水ピット流路縮小工）及び浸水防止設備（原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備）の間接支持構造物となるため、基準地震動による地震力に対して構造強度を確保し、排水経路を維持する設計とする（※）。
- また、耐震Sクラスの津波防護施設（放水ピット流路縮小工）及び浸水防止設備（原子炉補機冷却海水放水路逆流防止設備）が有する通水断面は、耐震Sクラスにて設計することから基準地震動においても通水機能は維持される。

※基準地震動を用いた地震応答解析に基づいて構造部材の照査を実施し、許容限界を超えないことを確認することとしており、今後の設計進捗により、放水ピットの構造が変更になる可能性がある。



【平面図】

【A-A矢視】

添付7-9図 放水ピット（平面図及びA-A矢視）

（6）放水路、放水池及び放水口

- 放水ピットより下流の排水経路を構成する構造物（放水路、放水池及び放水口）については、構造的特徴（p.9～13参照） 大規模地震を受けた先行サイトにおける放水設備の被害状況（p.14参照） 一般産業施設の地震被災事例（p.15参照） を踏まえると、軽微な変形やひび割れが生じる可能性はあるものの、地震時に排水経路が完全に閉塞することなく、排水機能は維持可能である。

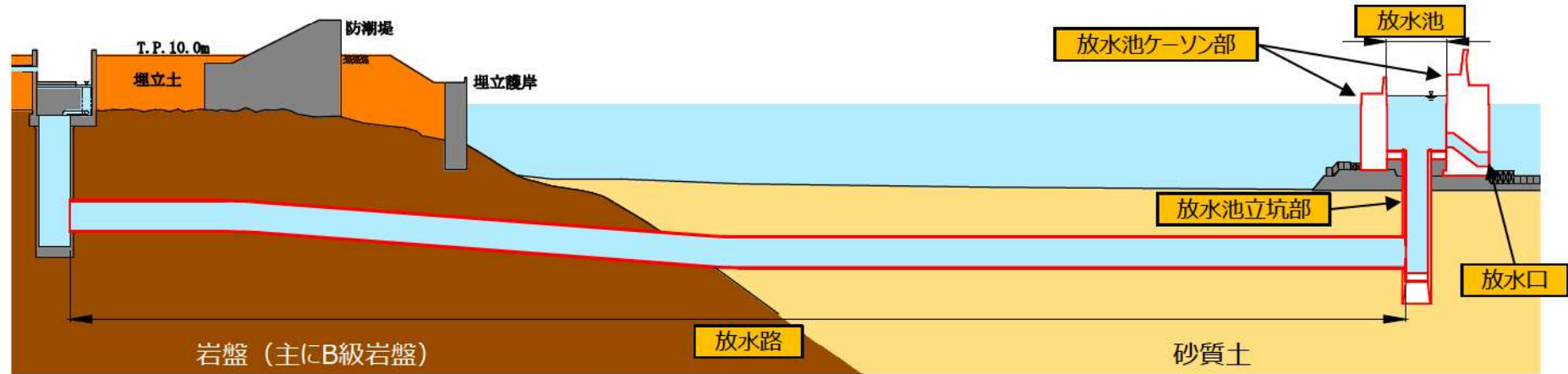


添付7-3図 地下水排水経路（建屋外平面図）

（6）放水路、放水池及び放水口

① 放水路、放水池及び放水口の諸元概要

➤ 地下水排水経路のうち放水路、放水池及び放水口の構造及び地質状況の概要を示す。



添付7-10図 地下水排水経路（縦断面図：放水路～放水口）

添付7-2表 泊発電所3号炉の放水設備の諸元概要

構造物		構造・寸法	内空断面積	【参考】 原子炉補機冷却海水放水路 内空断面積に対する倍率
放水路		シールドトンネル 鋼殻セグメント構造		
放水池	立坑部	円筒形RC造		
	ケーソン部	ケーソン式混成堤 函形RC造		
放水口		鋼製管		

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

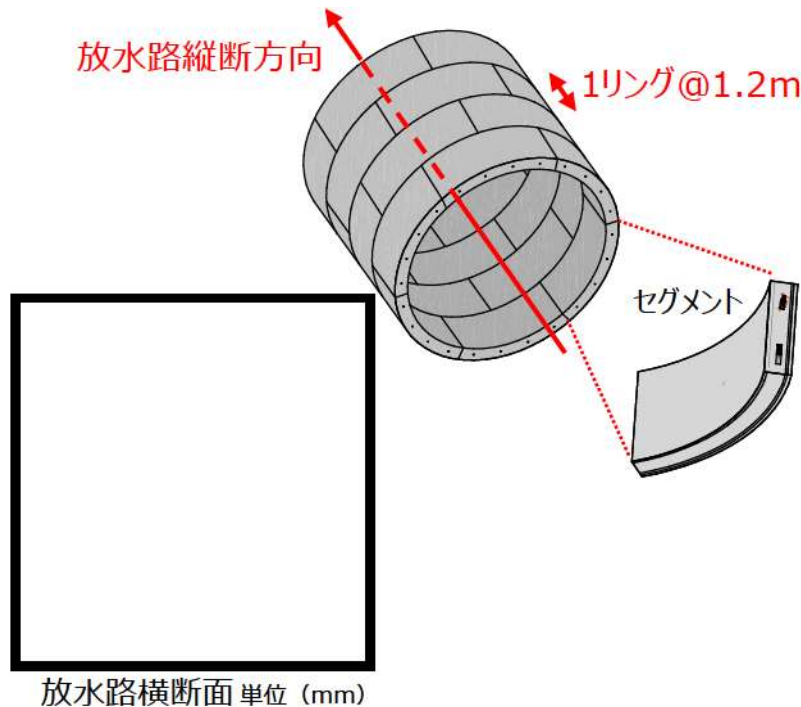
原子炉補機冷却海水放水路
内空断面積=2.6m²を基準とする

（6）放水路、放水池及び放水口

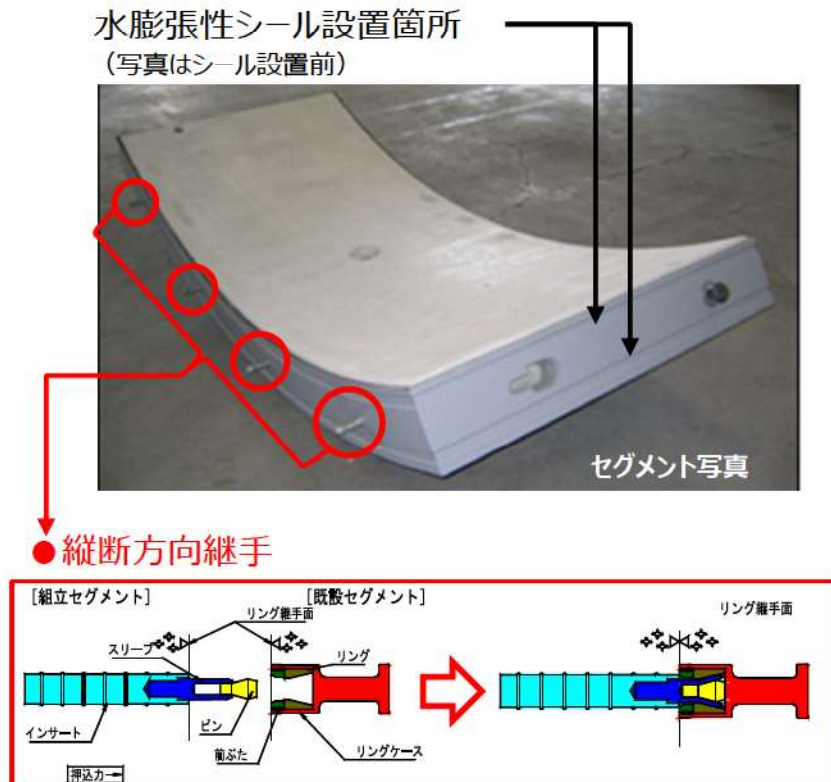
② 放水路の構造的特徴

- 放水路は、延長609mの全線に亘りシールド工法により海底地盤中に構築された トンネル構造物であり、十分な通水断面を有している。
- シールド工法で構築されるトンネルは、プレキャスト製品であるセグメントを多数の継手で接合して形成される構造物であり、周辺地盤の変位に対する追従性に優れたフレキシブルな構造が特徴である。
- 放水路は6つのセグメントで構成される1.2mのリングがトンネル縦断方向に連結されている。
- セグメントは鋼殻セグメントに中詰めコンクリートを充填した構造である。
- セグメント全周方向に2条の水膨張性シールを配置しているため、仮にセグメント間・リング間に隙間が生じた場合でも、トンネル外面からの土砂の流入防止が期待できる。

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



添付7-11図 セグメント構造概要図

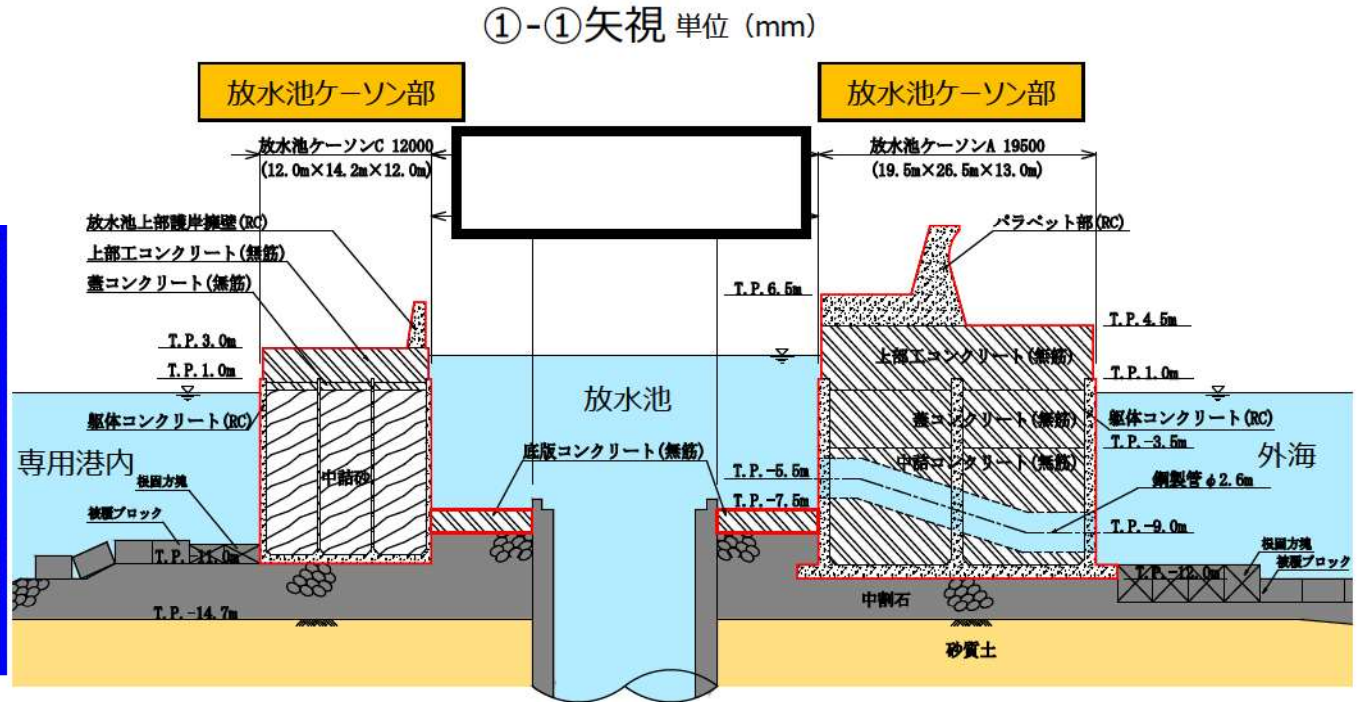


添付7-12図 セグメント継手構造概要図

（6）放水路、放水池及び放水口

④ 放水池の構造的特徴（放水池ケーソン部）

- 放水池ケーソン部は、ケーソン式混成堤で構成される構造物であり、十分な通水断面を有している。
- 放水池立坑部の上部を囲むようにRC造のケーソンを配置しており、中詰め材にはコンクリートもしくは砂を使用している。
- 放水池ケーソン部は、放水池側が外海側より約3m高く中割石と底版コンクリートが敷き詰められていることから、放水池側（通水断面を閉塞する方向）に倒れにくい構造である。



添付7-15図 放水池ケーソン部（縦断面図）

(6) 放水路, 放水池及び放水口

⑤ 放水口の構造的特徴

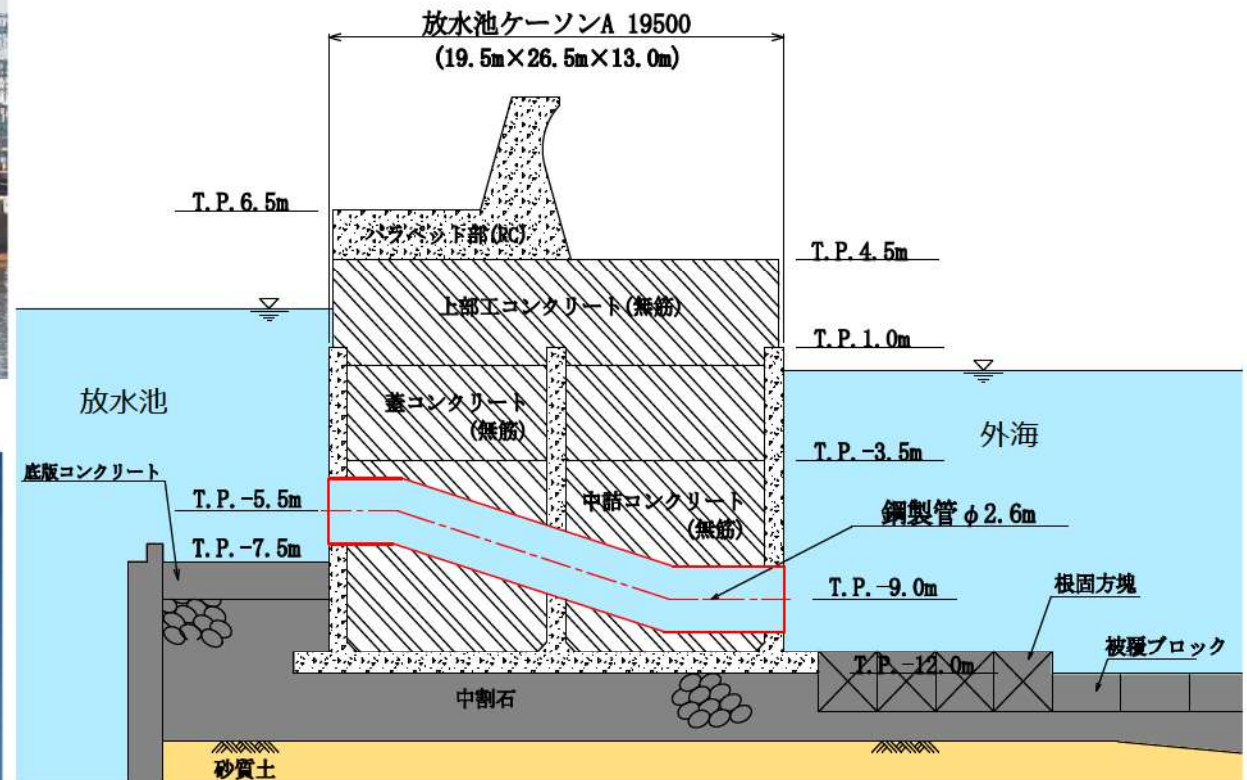
- 放水口は、放水池ケーソン部に内蔵される構造物であり、コンクリートで巻き立てられた鋼製管（内径2.6m、管厚12mm、3条）は、十分な通水断面を有している。



【建設時（曳航前）】鋼製管全景（コンクリート巻き立て前）



【建設時（曳航前）】放水池ケーソン部に内蔵された放水口



添付7-17図 放水口（縦断面図）

大規模地震を受けた先行サイトにおける放水設備の被害状況



● 大規模地震を受けた先行サイトにおける放水設備の構造と被害状況

- 大規模地震を経験した先行サイトの放水設備の構造と地質状況，地震時の被害状況を確認した。
- 各サイトの放水設備については，大規模地震により通水断面が完全に閉塞するような通水機能を喪失する被害は受けておらず，ひび割れが発生した程度である。

添付7-3表 先行サイト及び泊発電所3号炉の放水設備のうち放水路の構造と被害状況

サイト名	女川 1, 2, 3号炉	柏崎刈羽 6, 7号炉	東海第二	泊3号炉
放水路構造	鉄筋コンクリート造円形圧カトンネル	RCボックスカルバート	RCボックスカルバート	シールドトンネル 鋼殻セグメント構造
構造寸法				
地質状況	CM級岩盤	砂質土・粘性土	砂礫・砂質土	岩盤（主にB級岩盤） 砂質土
大規模地震	東北地方太平洋沖地震 1号機原子炉建屋地下2階 水平567.5Gal 鉛直316.5Gal	新潟県中越沖地震 7号機原子炉建屋基礎上 水平356gal 鉛直355gal	東北地方太平洋沖地震 原子炉建屋地下2階基礎版上端 水平262gal 鉛直189gal	—
被害状況	躯体が崩壊する等の損傷なし	躯体が崩壊する等の損傷なし	躯体が崩壊する等の損傷なし	—

一般産業施設における大規模地震時の被災事例

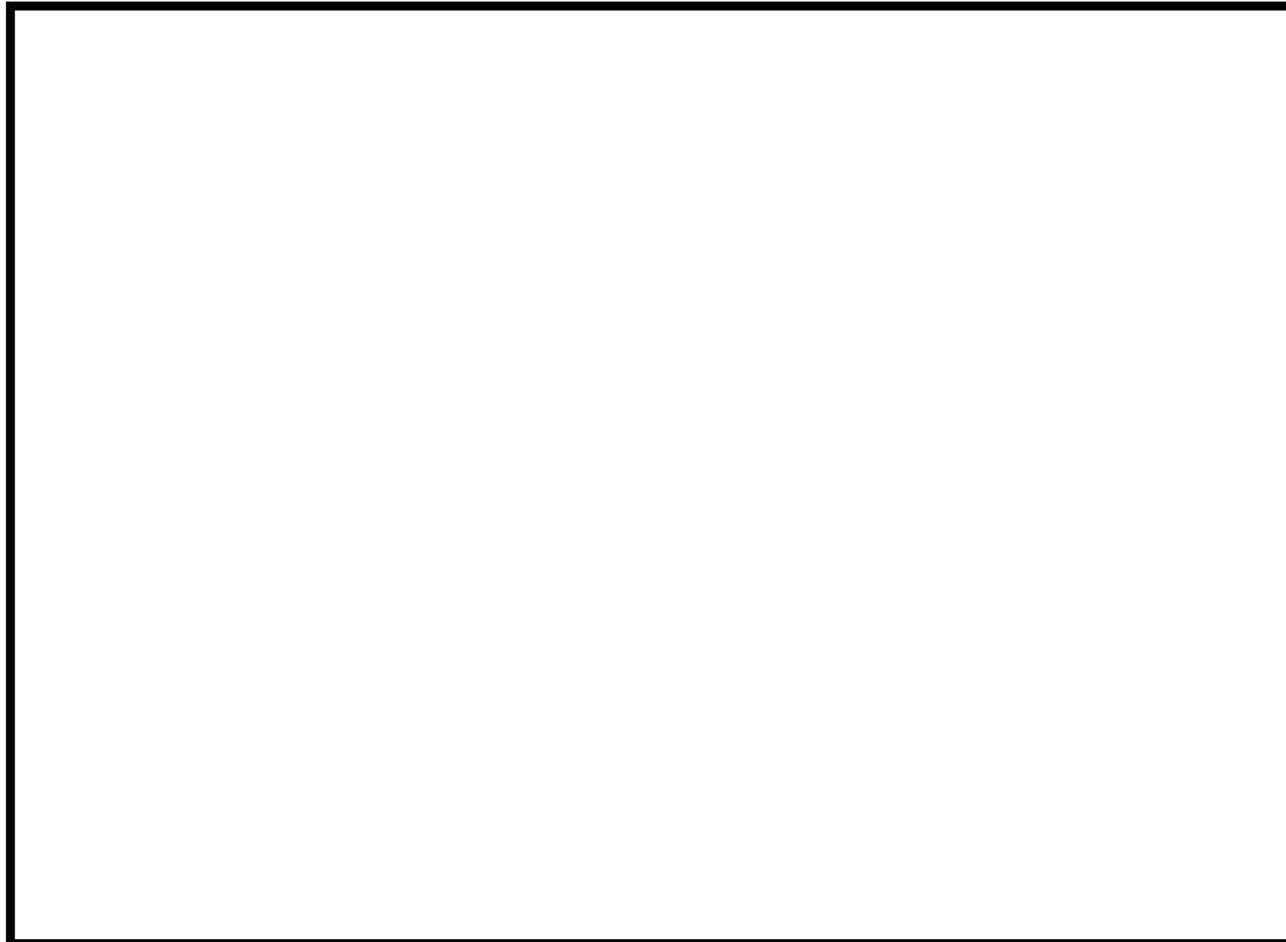
● 一般産業施設における大規模地震時の被災事例

- 地中構造物や港湾施設については、地震による損傷によって内空断面が完全に閉塞した事例や大規模な変状が発生した事例は確認されていない。なお、今回確認した調査文献の中では火力発電所施設における地震による大規模な損壊事例は確認されていない。

添付7-4表 一般産業施設の被災事例のうち代表例

種別	地震名	名称	諸元	被災内容	確認結果
シールドトンネル	兵庫県南部地震	六甲アイランド連絡汚水幹線 (下水道)	RCセグメント 外径2.75m セグメント厚 (RC) 0.175m 可撓セグメント許容変位50mm	RCセグメント：漏水，リング間継手で若干の目開き 可撓セグメント：変位8mm（発進側），47mm（到達側）	接続部や目地での相対変位，ひび割れなどの小規模な被災事例があるが，内空の完全閉塞に至る事例は確認されていない。
	新潟県中越沖地震	長崎排水路	RCセグメント 掘削径4.5m セグメント幅0.9m，厚さ0.2m 二次覆工厚（無筋）0.2m	クラック（二次覆工）：20～50mm(円周方向)1～5mm(軸方向) リング継手破断による内空変形：約50mm扁平に広がる トンネル頂部の沈下：20～80mm	
ボックスカルバート	兵庫県南部地震	大開駅 (神戸高速鉄道)	RC造 外寸17.0m×7.17m 内寸15.3m×5.25m 中柱（RC支柱） 高さ3.82m×幅0.4m×奥行1m@3.5m	中柱の圧壊：23本（80m） 上床板の陥没：max2.5m	接続部，継目での小規模な被災事例はあるが，内空の完全閉塞に至る事例は確認されていない。
	東北地方太平洋沖地震	電気洞道 (常陸那珂火力発電所)	外寸3.1m×3.6m 内寸2.5m×3.0m 躯体基礎構造が途中で変化 ・グラウンドアンカー工法（浮上り防止） ・深層混合処理工法	沈下：0.15m程度 コンクリートの剥離（アンカー部） 目地部の損傷，段差（躯体基礎構造変化点）	※兵庫県南部地震では中柱がある扁平なボックスカルバート構造物が被災している事例があるが，泊発電所においては同様な構造の構造物はない。
港湾施設	兵庫県南部地震	西宮防波堤	重力式ケーソン 延長4,429.7m 幅8.7m 高さ11.4m 中詰材：砂	沈下：0.64～1.73m ケーソンのズレ：0～0.3m	地震による大規模な変状，移動の事例は確認されていない。
	兵庫県南部地震	神戸港第7防波堤	重力式ケーソン 延長4,180.0m 幅8.7m 高さ11.2m 中詰材：砂	沈下：1.4～2.6m ケーソンのズレ：0～0.6m	

- 地下水の排水経路のうち、湧水ピットポンプから放水ピットまでは、Ss機能維持とすることで排水機能は維持可能である。
- 放水路、放水池及び放水口は、構造的特徴（地下水排水量に対して十分な通水断面を有していること、放水路は追従性に優れたフレキシブルな構造であること等）や大規模地震を受けた先行サイトにおける放水設備の被害状況及び一般産業施設の地震被災事例を踏まえると、軽微な変形やひび割れが生じる可能性はあるものの、完全に閉塞することはなく、排水機能は維持可能である。
- 以上より、地下水の排水設備の排水経路については、最終的な排水先である外海まで確実に排水可能な経路である。



添付7-19図 排水経路の排水機能維持とする考え方