

# 泊発電所 3号炉 耐津波設計方針について (防波堤の取水口到達可能性について及び指摘事項回答)

令和5年6月19日  
北海道電力株式会社

1. 本日の説明事項	2～3
2. 審査会合における指摘事項に対する回答一覧	4
3. 審査会合における指摘事項に対する回答	5～9
4. 防波堤の取水口到達可能性評価について	10～18
4.1 防波堤の構造概要	10～11
4.2 水理模型実験による検討結果	12～18

# 1. 本日の説明事項

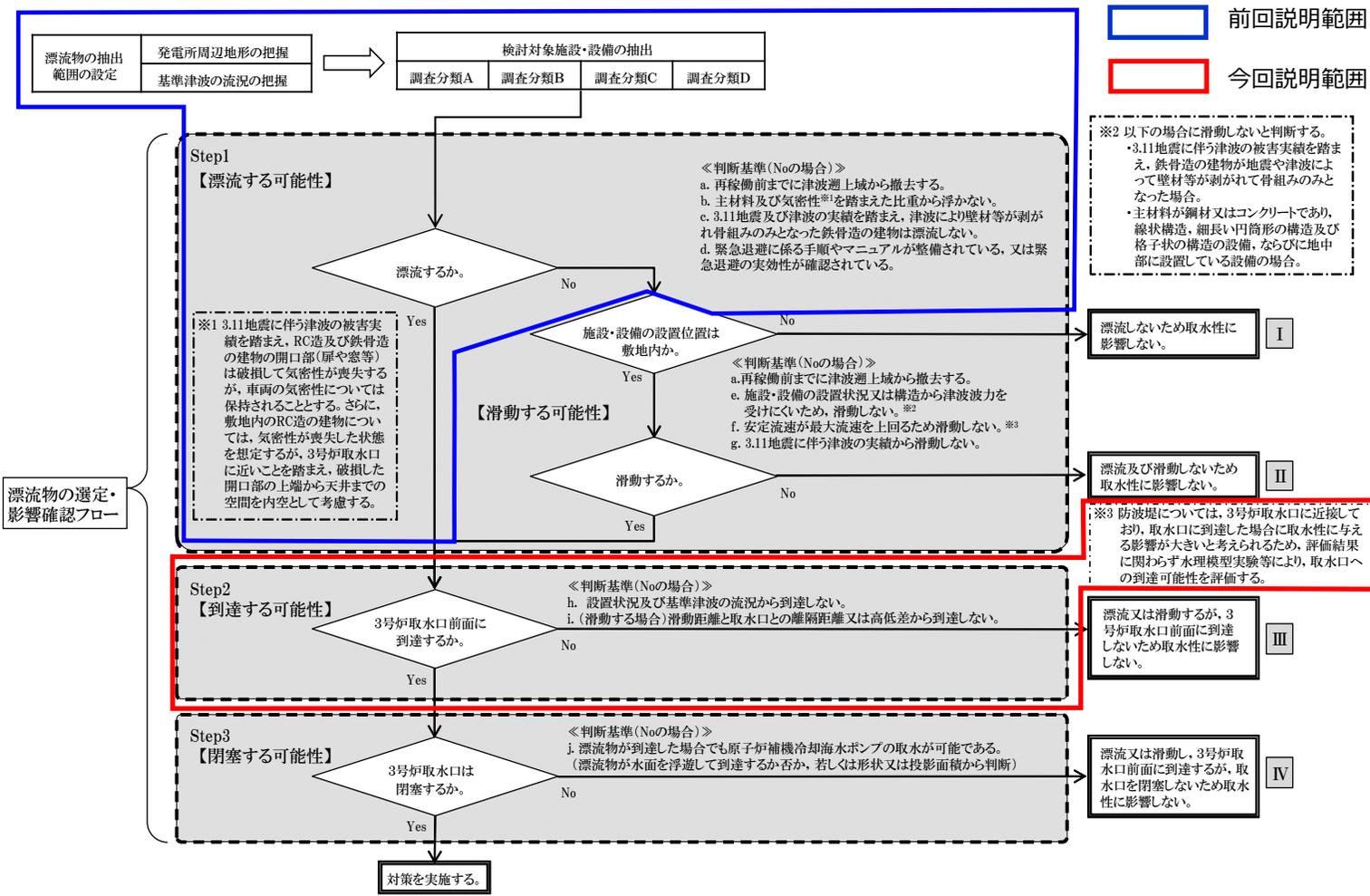
## ① 防波堤の取水口到達可能性について

- 第1098回審査会合（令和4年12月6日開催）において、耐津波設計方針のうち「漂流物調査方法・抽出結果」について、津波の流向・流速評価結果等の確定前ではあるが、先行して説明する事項として、漂流物調査方法・抽出結果と漂流物の選定・影響確認フロー（P. 3 参照）のうち、Step1【漂流する可能性】までの内容及び衝突荷重として考慮する漂流物の選定方針についてご説明した。
- 検討対象施設・設備として抽出された漂流物のうち、防波堤については3号炉取水口に近接しているため、漂流物の選定・影響確認フローのうち、Step1【漂流する可能性】及び【滑動する可能性】の評価結果に関わらず、水理模型実験等によりStep2【到達する可能性】の評価を行う方針であることから、基準津波確定前ではあるが、防波堤の水理模型実験の実験結果についてご説明する。
- 基準津波の流況を踏まえた防波堤の取水口到達可能性については、基準津波確定後に改めてご説明する。

## ② 審査会合指摘事項回答

- 第1098回審査会合（令和4年12月6日開催）において、「泊発電所3号炉 耐津波設計方針（漂流物の影響評価）」についてご説明した。
- ご説明した内容について4件の指摘事項を頂いており、本資料では、防波堤に係る1件の指摘事項（P. 4 参照）について回答する。

# 1. 本日の説明事項



【漂流物の選定・影響確認フロー】

## 2. 審査会合における指摘事項に対する回答一覧

### 【防波堤の水理模型実験】

No	指摘事項の内容	審査会合日	回答概要	回答頁
221206 -06	防波堤の取水口到達の可能性評価に係る水理模型実験について、地震に伴う不等沈下、津波の越流による洗掘等によって防波堤が滑動又は転倒しやすくなるような地震及び津波による損傷状態を整理した上で、実験条件を説明すること。	R4.12.6	<ul style="list-style-type: none"> <li>防波堤が3号炉取水口に到達し閉塞しないことを確認するため、水理模型実験では、防波堤の移動量がより大きくなるよう実験条件を設定する。</li> <li>地震に伴う不等沈下又は津波の越流による洗掘が生じると、防波堤は滑動又は転倒しやすくなるものの、防波堤の堤内側にある岩盤の高まりに対して防波堤の位置が低くなることで、防波堤の移動量は抑制されることから、実験条件には反映しない。</li> <li>対象とする防波堤は3号炉取水口に最も近い南防波堤基部とする。</li> </ul>	P.5～9

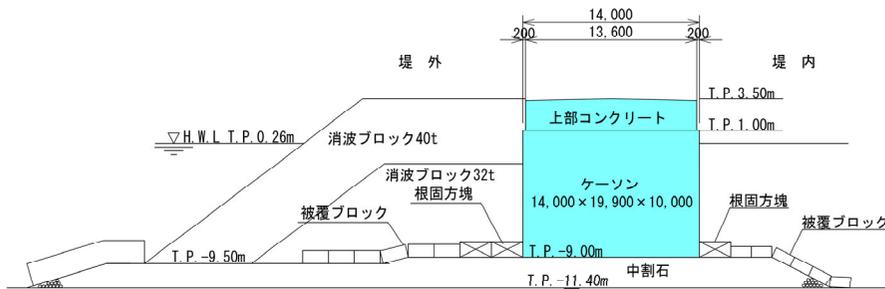
### 3. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 221206-06）（1 / 5）

#### 【指摘事項 221206-06】

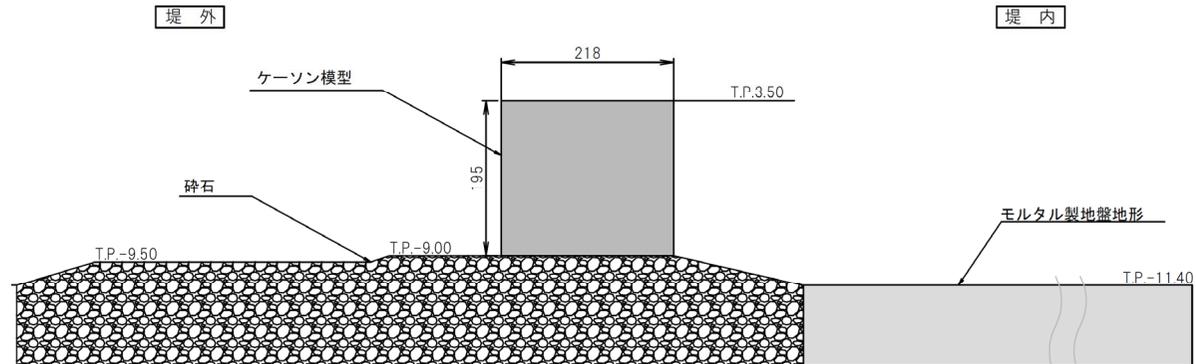
防波堤の取水口到達の可能性評価に係る水理模型実験について、地震に伴う不等沈下、津波の越流による洗掘等によって防波堤が滑動又は転倒しやすくなるような地震及び津波による損傷状態を整理した上で、実験条件を説明すること。

#### 【回答】

- 防波堤が3号炉取水口に到達し閉塞しないことを確認するため、水理模型実験では、防波堤の移動量がより大きくなるよう実験条件を設定する。
- 地震に伴う不等沈下又は津波の越流による洗掘が生じると、防波堤は滑動又は転倒しやすくなるものの、防波堤の堤内側にある岩盤の高まりに対して防波堤の位置が低くなることで、防波堤の移動量は抑制されることから、実験条件には反映しない。
- 対象とする防波堤は3号炉取水口に最も近い南防波堤基部とする。



南防波堤基部 断面図

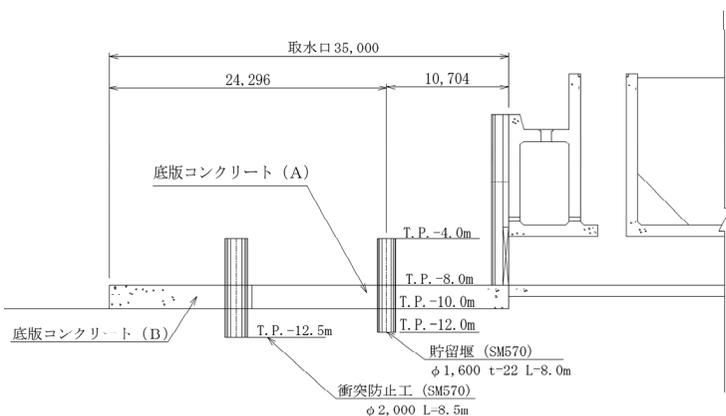


実験断面

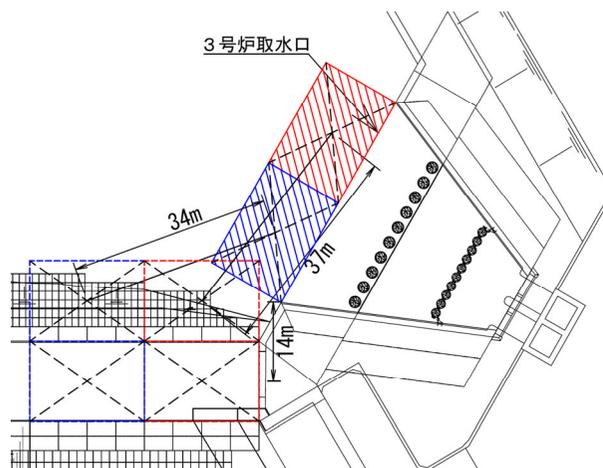
### 3. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 221206-06）（2 / 5）

#### 【実験条件の設定方針】

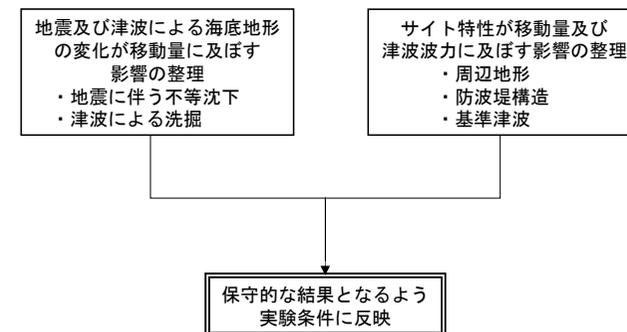
- 防波堤が設置されている基礎マウンドの高さはT.P.-9.0mであり、3号炉取水口の底版コンクリートの天端高さT.P.-8.0mより低いことから、防波堤は底版コンクリートを乗り越えて取水口まで到達する可能性は低いと考えられる。
- 仮に防波堤が3号炉取水口に到達し閉塞する挙動を推定すると、以下のような複雑な経路を経る必要がある。
  - ① 基部から1函目と2函目の防波堤が14m程度移動し、隣接する防波堤の列から抜け出す。
  - ② 隣接する防波堤の列から抜け出した後、移動方向を変え、取水口方向へ更に34～37m程度移動する。
- 防波堤が滑動又は転倒することで、上記のような挙動を示すとは考え難いものの、3号炉取水口に到達し閉塞する場合、防波堤は40m程度移動することから、防波堤の移動量が大きくなるよう実験条件を設定する。
- 防波堤が3号炉取水口に到達し閉塞しないことを確認するため、地震及び津波による海底地形の変化並びにサイト特性の観点から、防波堤の移動量に影響を及ぼす要因を整理し、保守的な結果が得られる条件を水理模型実験へ反映する。



3号炉取水口 断面図



防波堤が3号炉取水口に到達し閉塞する場合の挙動



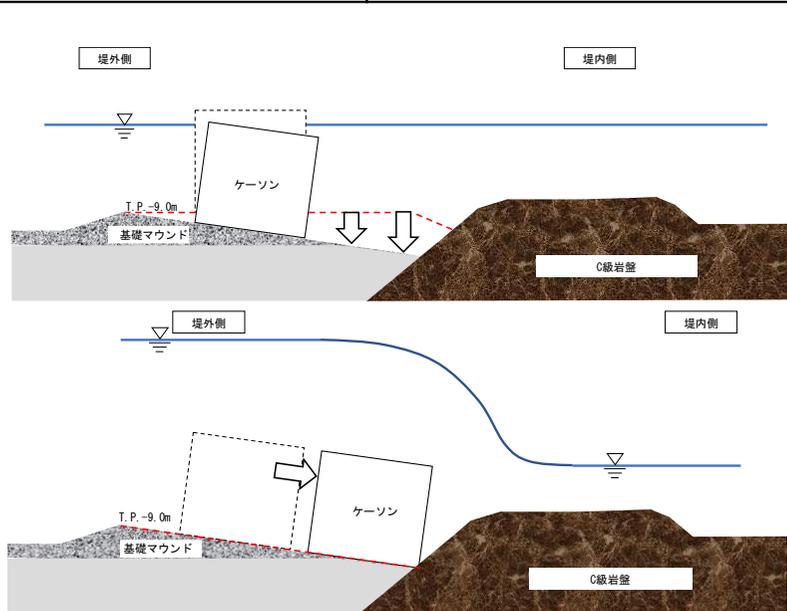
実験条件設定フロー

### 3. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 221206-06）（3 / 5）

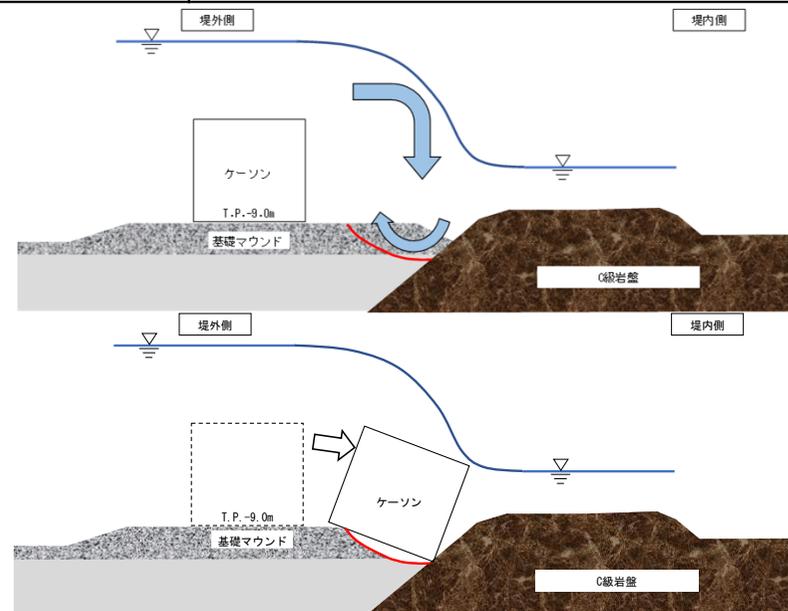
【実験条件（1/3）】

- 地震及び津波による海底地形の変化が移動量に及ぼす影響並びに実験条件への反映結果を下表のとおり整理した。

地形条件	移動量に及ぼす影響	実験条件への反映結果
地震に伴う基礎マウンド及び基礎地盤の不等沈下	<ul style="list-style-type: none"> <li>3号炉取水口前面にはC級岩盤の高まりが分布していることから、不等沈下が生じることで、防波堤は滑動又は転倒しやすくなるものの、C級岩盤に対する防波堤の位置が低くなるため、移動量は抑制される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>移動量がより大きくなるよう、地震に伴う基礎マウンド及び基礎地盤の不等沈下は反映しない。</li> </ul>
津波の越流による基礎マウンド及び基礎地盤の洗掘	<ul style="list-style-type: none"> <li>3号炉取水口前面にはC級岩盤の高まりが分布していることから、洗掘が生じることで、防波堤は洗掘範囲に転倒しやすくなるものの、C級岩盤に対する防波堤の位置が低くなるため、移動量は抑制される。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>移動量がより大きくなるよう、津波の越流による基礎マウンド及び基礎地盤の洗掘は反映しない。</li> </ul>



地震に伴う基礎マウンド及び基礎地盤の不等沈下



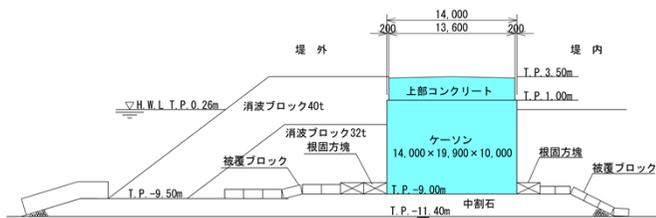
津波の越流により基礎マウンド及び基礎地盤の洗掘

### 3. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 221206-06）（4 / 5）

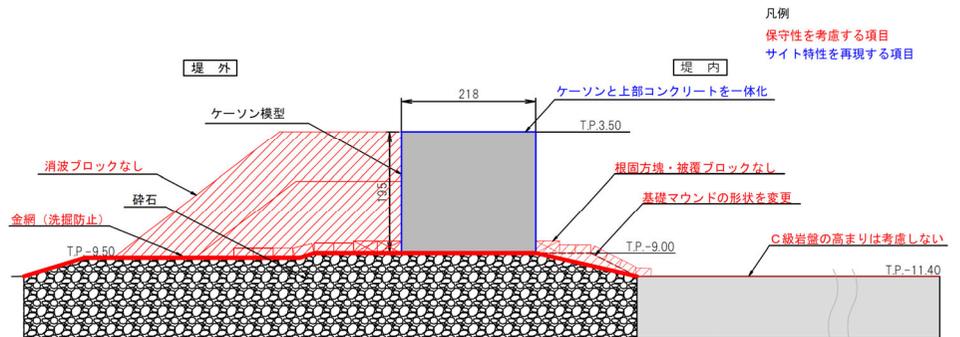
【実験条件（2/3）】

- 地形及び防波堤のサイト特性が移動量及び津波波力に及ぼす影響と実験条件への反映結果を下表に整理した。

分類	項目	サイト特性	移動量及び津波波力への影響	実験条件への反映結果
地形	周辺地形	防波堤堤内側にC級岩盤の高まりが分布	・ 防波堤堤内側に分布するC級岩盤の高まりが移動量を抑制する	保守性を考慮（C級岩盤の高まりを考慮せずにモデル化） ・ 防波堤堤内側の海底地盤は平坦としてモデル化
構造物 (防波堤)	天端高さ	T.P.3.5m	・ 天端高さが高い方が防波堤に作用する前面波力が大きくなる	サイト特性を再現（与条件） ・ 防波堤堤外水位が高くなるようケーソンと上部コンクリートは一体化してモデル化
	設置位置	取水口から150m以内に設置	・ 影響なし	サイト特性を再現（与条件） ・ 取水口との離隔距離が小さい南防波堤基部でモデル化
	消波ブロック	消波ブロックあり（南防波堤基部のみ）	・ 消波ブロックは、防波堤に作用する津波波力の低減効果がある	保守性を考慮（消波ブロックなしでモデル化） ・ 消波ブロックなしの場合に津波は直接防波堤に作用するため、消波ブロックなしが保守的と考えられる
	根固方塊及び被覆ブロック	根固方塊及び被覆ブロックあり	・ 防波堤堤内側の根固方塊及び被覆ブロックは滑動抵抗に寄与している	保守性を考慮（根固方塊・被覆ブロックなしでモデル化） ・ 根固方塊及び被覆ブロックは防波堤の滑動抵抗に寄与していることから、根固方塊及び被覆ブロックなしが保守的な設定と考えられる
	基礎マウンド	堤内側マウンド法肩までが平坦形状	・ 堤内側マウンド法肩までの平坦部は滑動抵抗に寄与している	保守性を考慮（形状を変更してモデル化） ・ 滑動が生じた際の移動が大きくなるよう堤内側マウンドの平坦形状を傾斜形状に変更してモデル化



南防波堤基部（1 函目） 断面図



実験模型断面

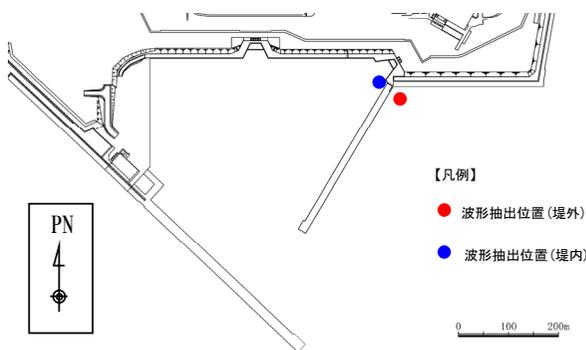
凡例  
保守性を考慮する項目  
サイト特性を再現する項目

### 3. 審査会合指摘事項に対する回答（指摘事項 221206-06）（5 / 5）

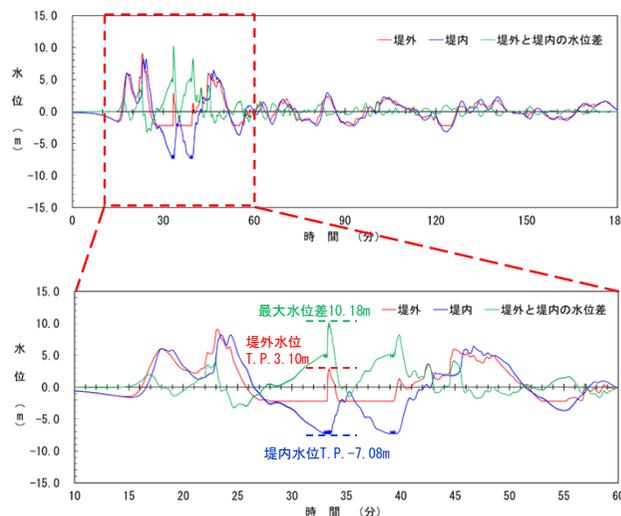
【実験条件（3/3）】

- 基準津波確定前であることから，日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のうち，南防波堤基部の堤内外水位差が最大となる波形を対象とする。
- 対象とする波形は今後変更となる可能性があるため，実験条件の妥当性については，基準津波確定後に改めてご説明する。

分類	項目	サイト特性	移動量及び津波波力への影響	実験条件への反映結果
津波	津波高さ	追而	<ul style="list-style-type: none"> <li>津波高さが高い方が，防波堤に作用する前面波力が大きくなる</li> </ul>	<p><u>保守性を考慮（堤内外水位差11.0m～18.0m）</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のうち，南防波堤基部の堤内外水位差が最大となる波形を対象とし，堤内外水位差が最大となる時刻の水位を基本ケースとして設定（保守的に，堤外水位は防波堤天端高さのT.P.3.5m，堤内水位は基礎マウンド付近のT.P.-8.0mと設定）</li> <li>防波堤が取水口に到達するときの堤内外水位差を確認するため，堤内水位を固定し，堤外水位を大きくした割増ケースを設定</li> </ul>
	堤内外水位差		<ul style="list-style-type: none"> <li>堤内外水位差が大きい方が防波堤に作用する水平波力（前面波力と背面波力の差）が大きくなる</li> </ul>	



南防波堤基部の堤内外位置における  
波形抽出位置



日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のうち南防波堤  
基部の堤内外水位差が最大となる波形の時刻歴波形

実験ケース

ケース	堤外水位 (T.P.m)	堤内水位 (T.P.m)	堤内外水位差 (m)
ケース1 (基本ケース)	3.5	-8.0	11.5
ケース2 (割増ケース)	9.0		17.0
ケース3 (割増ケース)	9.5		17.5
ケース4 (割増ケース)	10.0		18.0

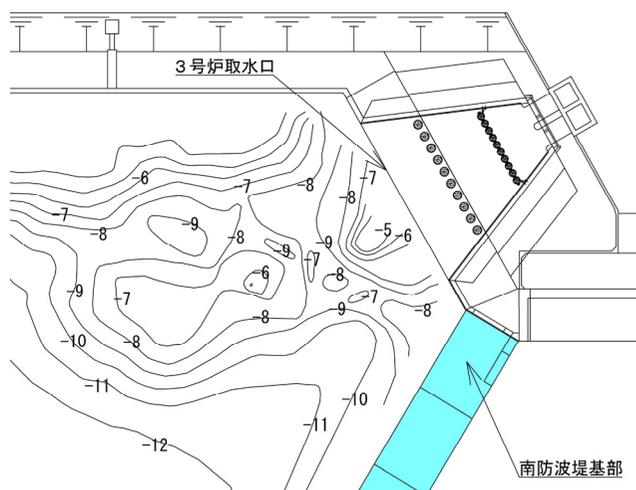
# 4. 防波堤の取水口到達可能性評価について

## 4.1 防波堤の構造概要 (1/2)

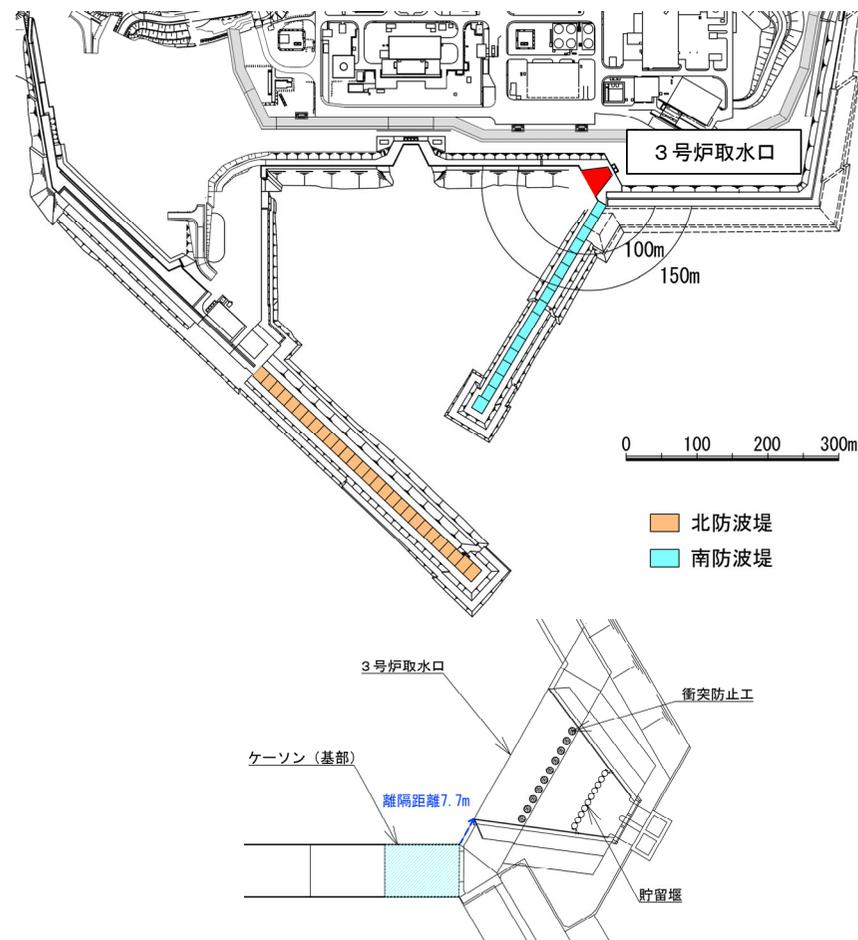
- 泊発電所では、港湾内の静穏度を確保する目的で、発電所敷地前面海域に北防波堤及び南防波堤を構築している。

### 【参考】

- ① 北防波堤及び南防波堤ともに、構造形式はケーソン式混成堤であり、北防波堤は、港内側に割石を腹付した補強マウンドを有する構造である。
- ② 北防波堤及び南防波堤が設置されている地盤は砂層、砂礫層及び粘性土層である。
- ③ 北防波堤の腹付工及び各防波堤の基礎マウンド表面には、洗掘対策として根固工及び被覆工を施工している。
- ④ ケーソン内は、コンクリートで区画をし、砂で充填をしている。
- ⑤ 南防波堤基部は3号炉取水口との離隔距離が約8mであり、近接している。
- ⑥ 3号炉取水口前面にはC級岩盤の高まりが分布している。

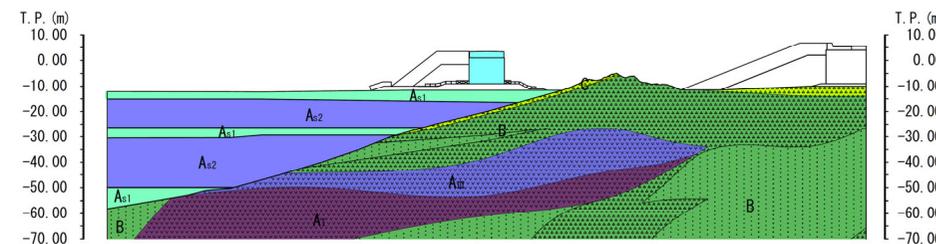
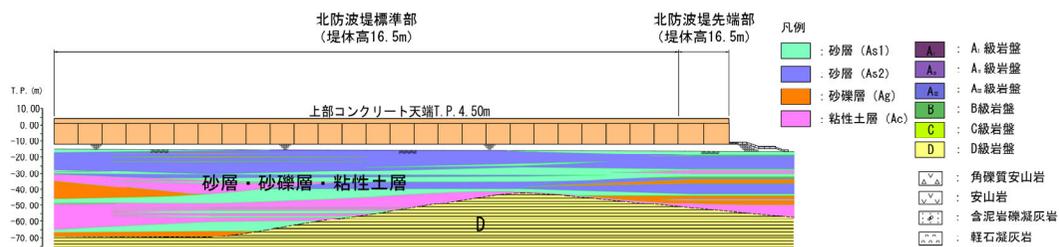
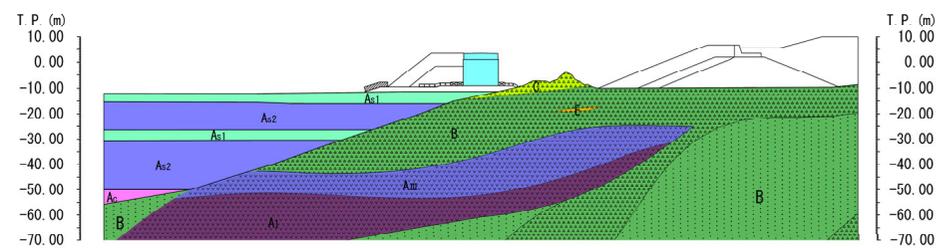
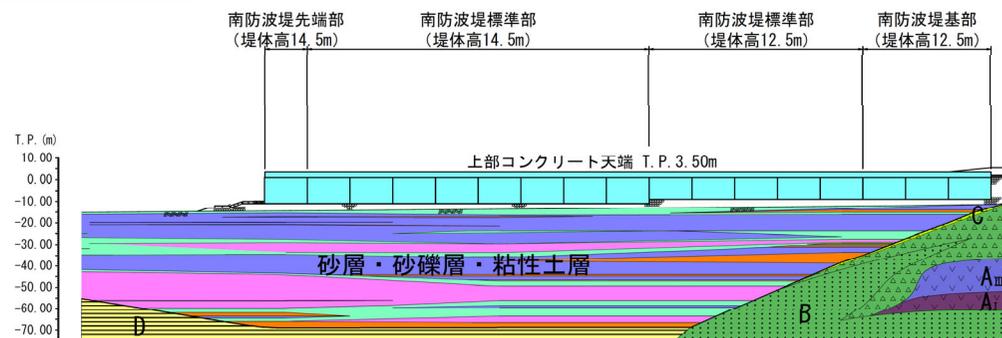
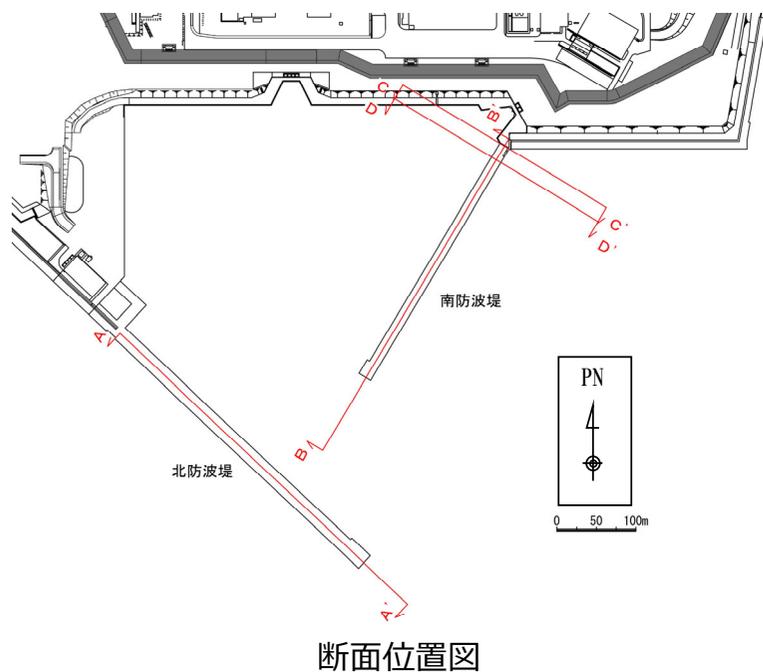


3号炉取水口前面の海底地盤のコンター図※  
※値はT.P. mを示す



南防波堤基部と3号炉取水口の離隔距離

# 4.1 防波堤の構造概要 (2/2)



- 凡例
- 砂層 (As1)
  - 砂層 (As2)
  - 砂礫層 (Ag)
  - 粘性土層 (Ac)
  - A : A級岩盤
  - A<sub>1</sub> : A<sub>1</sub>級岩盤
  - A<sub>2</sub> : A<sub>2</sub>級岩盤
  - B : B級岩盤
  - C : C級岩盤
  - D : D級岩盤
  - 角礫質安山岩
  - 安山岩
  - 含泥岩礫凝灰岩
  - 軽石凝灰岩
  - 凝灰岩
  - 凝灰角礫岩
  - 凝灰質泥岩

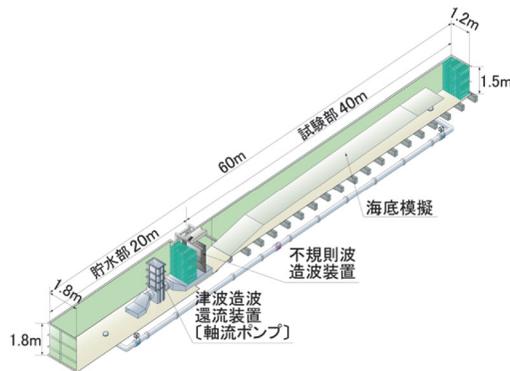
## 4.2 水理模型実験による検討結果

### 【実験目的】

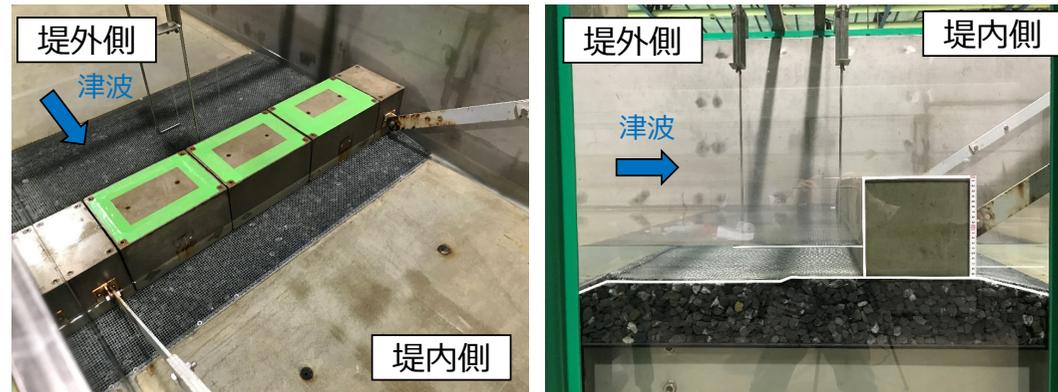
- 水理模型実験により、防波堤が滑動又は転倒し、3号炉取水口に到達し閉塞する可能性のある堤内外水位差を確認することで、防波堤の取水口到達可能性を評価する。

### 【実験概要】

- 実験条件はP.6～P.9に示す。
- 実験装置は長さ60m×幅1.2m×高さ1.5mの断面二次元水路を用いる。
- 実験では、実験波形が堤内外位置での水位差が目標とする水位差以上となること及び造波の再現性があることを確認するため、波圧及び水位を計測し、次に造波した波形を使用し、ケーソンの移動量を計測する。
- 移動量の計測位置は、移動前後の実験模型の中心間の距離とし、現地換算で40m以上移動した場合に取水口到達可能性を否定できないと評価する。



断面二次元水路 概要図

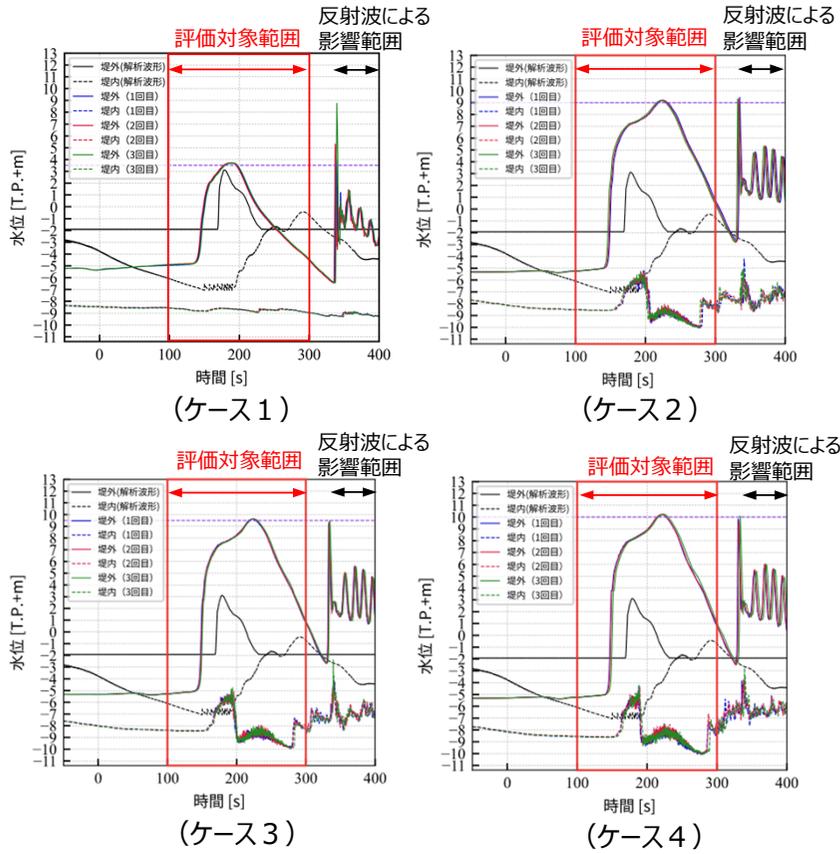


実験模型 配置

## 4.2 水理模型実験による検討結果

### 【波圧及び水位の計測結果】

- 実験波形の波圧及び水位を計測した結果、3回の計測値に有意な差が確認されなかったことから、造波の再現性を確認した。
- 300秒以降に、沖側の水路壁の反射波の影響による水位波形に乱れが確認されたため、100～300秒の範囲を波圧及び水位の評価対象とした。
- 各ケースにおいて堤内外位置での水位差が目標とする水位差以上となっていることが確認された。

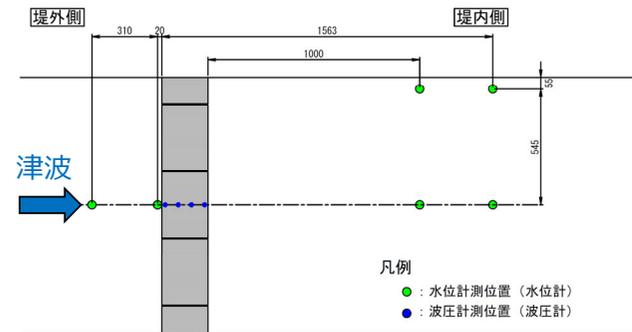


時刻歴水位

波圧及び水位計測結果※

ケース	堤内外水位差 (m)	水平波力 (kN)	鉛直波力 (kN)	滑動安全率
ケース1 (基本ケース)	12.35	837	940	1.93
ケース2 (堤内外水位差17.0m)	18.02	1,481	1,164	1.00
ケース3 (堤内外水位差17.5m)	18.40	1,494	1,244	0.96
ケース4 (堤内外水位差18.0m)	18.48	1,587	1,201	0.92

※3回の平均値を示す



波圧及び水位計測位置

## 4.2 水理模型実験による検討結果

### 【移動量の計測結果】

- 各ケースの移動量を以下に示す。
- ① ケース1（基本ケース）及びケース2（堤内外水位差17.0m）  
・それぞれ3回ずつ実施したが、3回ともケーソンは移動しなかった。

移動後の状況（ケース1及びケース2）

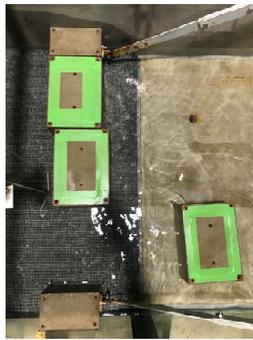
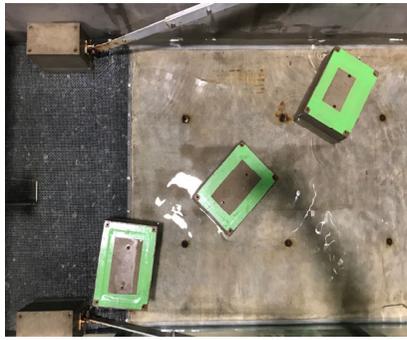
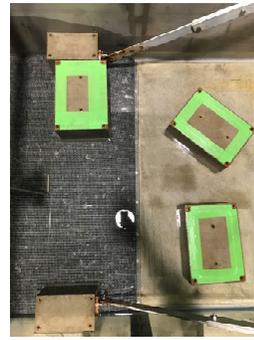
ケース名		1回目	2回目	3回目
ケース1 (基本ケース)	状況写真			
	移動量	0.0m	0.0m	0.0m
ケース2 (堤内外水位差 17.0m)	状況写真			
	移動量	0.0m	0.0m	0.0m

## 4.2 水理模型実験による検討結果

### 【移動量の計測結果】

- 各ケースの移動量を以下に示す。
- ② ケース3（堤内外水位差17.5m）
  - ・ 3回実施したところ、移動量が0.1m～79.2mとばらつきが生じたため、更に2回実施した。
  - ・ 5回のうち1回は移動せず、移動した4回のうち1回は移動量はほぼ0となった。
  - ・ 移動量が大きくなった3回の移動量は35.5m～79.2mとなり、そのうち1回が移動量が40m以上となった。
  - ・ ケーソンが転倒する挙動は確認されなかった。

移動後の状況（ケース3）

ケース名		1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
ケース3 (堤内外水位差 17.5m)	状況写真					
	移動量※1・2	35.5m	0.1m	79.2m	0.0m	38.8m

※1 現地換算の移動量を示す。

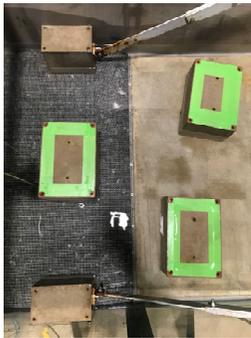
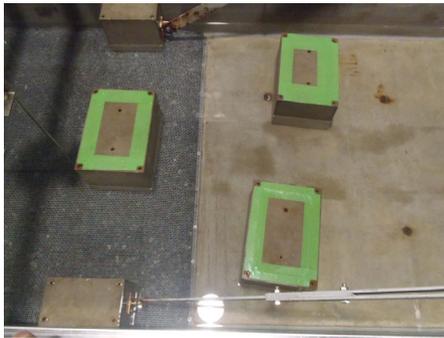
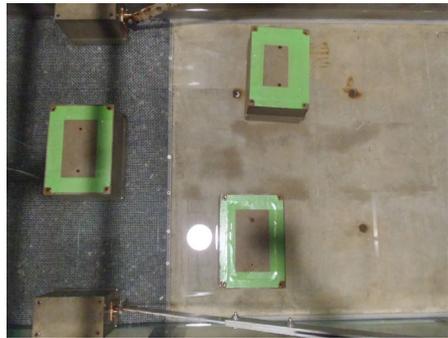
※2 朱書きは移動量が40m以上となったことを示す。

## 4.2 水理模型実験による検討結果

### 【移動量の計測結果】

- 各ケースの移動量を以下に示す。
- ③ ケース4（堤内外水位差18.0m）
  - ・ケース3で移動量がばらついたことを踏まえ、ケース4は4回実施した。
  - ・4回ともケーソンが移動し、移動量は38.8m～44.6mとなった。
  - ・移動量が40m以上となったのは3回であった。
  - ・ケーソンが転倒する挙動は確認されなかった。

移動後の状況（ケース4）

ケース名		1回目	2回目	3回目	4回目
ケース4 (堤内外水位差 18.0m)	状況写真				
	移動量※1・2	38.7m	41.8m	43.6m	44.6m

※1 現地換算の移動量を示す。

※2 朱書きは移動量が40m以上となったことを示す。

## 4.2 水理模型実験による検討結果

### 【移動量の計測結果】

- 防波堤の堤内外水位差が17.0m以下では、防波堤は移動しなかったため、取水口へ到達する可能性はないと考えられる。
- 一方、堤内外水位差が17.0mを超えると、防波堤の移動量は40mを超えるため、取水口へ到達する可能性を否定できないものと判断した。

移動量 計測結果一覧

ケース	回目	堤内外水位差※1 (m)	水平波力※1 (kN)	滑動 安全率※1	移動量※2・3 (m)
ケース1 (基本ケース)	1	12.35	837	1.93	0.0
	2				0.0
	3				0.0
ケース2 (堤内外水位差 17.0m)	1	18.02	1,481	1.00	0.0
	2				0.0
	3				0.0
ケース3 (堤内外水位差 17.5m)	1	18.40	1,494	0.96	35.5
	2				0.1
	3				79.2
	4				0.0
	5				38.8
ケース4 (堤内外水位差 18.0m)	1	18.48	1,587	0.92	38.7
	2				41.8
	3				43.6
	4				44.6

※1 波圧及び水位計測時の平均値を示す。

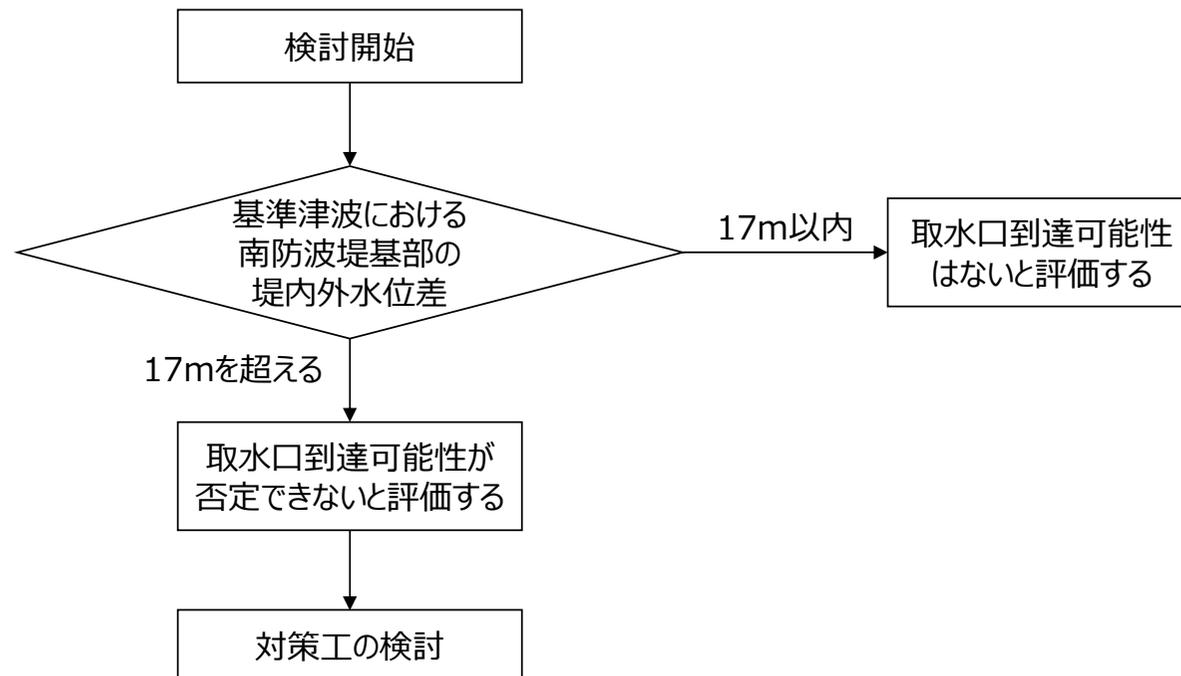
※2 現地換算の移動量を示す。

※3 朱書きは移動量が40m以上となったことを示す。

## 4.2 水理模型実験による検討結果

【基準津波確定後の検討方針について】

- 基準津波確定後の防波堤の取水口到達可能性に関する検討方針を以下に示す。
  - ・基準津波における堤内外最大水位差が17m以内の場合、防波堤が取水口に到達する可能性はないと評価する。
  - ・基準津波における堤内外最大水位差が17mを超える場合、防波堤が取水口に到達する可能性が否定できないと評価した上で、対策工を検討する。



基準津波確定後の防波堤の取水口到達可能性に関する検討フロー