

取放水路流路縮小工に係る各審査段階の説明内容について

- 取放水路流路縮小工(第1号機取水路, 第1号機放水路)は, 第1号機海水ポンプ室及び第1号機放水立坑から津波が浸水し第2号機が損傷することを防止するために必要な設備であり, 第1号機取放水路内に設けた貫通部を有するコンクリート構造により, 第1号機取水・放水機能への影響に配慮しつつ津波の湧き上がり自体を抑制する設計としている(表-1, 表-2参照)。
- 同施設については第1号機廃止措置計画認可とも関連することから, 第2号機設置変更許可, 第1号機廃止措置計画認可, 第2号機工事計画認可, 及び第2号機保安規定の各審査段階における説明内容を整理して示す。
- 第2号機設置変更許可段階においては, 支配的になると考えられる津波時における損傷モードを踏まえた構造成立性等の評価, 並びに第1号機取水・放水機能への影響評価を行い問題ないこと, また, 保守管理方法, 並びに閉塞した場合の検知性を有することを説明している。
- その後実施した第1号機廃止措置計画認可段階においては, 第2号機設置変更許可段階の内容を踏まえ, 第1号機取水・放水機能への影響がないこと, 並びに保守管理方法を, 第12回実用発電用原子炉施設の廃止措置計画に係る審査会合(2019年11月14日)にて説明している。
- 第2号機工事計画認可段階では, 第2号機設置変更許可段階で示した方針を踏まえ, 要目表・構造図(貫通部の設計値, 図面ほか), 地形改変による入力津波高さへの影響確認, 貫通部の設計値・設計津波水位を用いた評価結果に加え, 耐震評価結果, すりへりを考慮したコンクリート強度の設定等について説明する。

取放水路流路縮小工に係る各審査段階の説明内容について

表-1 取放水路流路縮小工に係る各審査段階の説明(その1)

項目	第2号機 設置変更許可	第2号機工事計画認可		(参考) 第1号機 廃止措置計画認可
		方針・説明内容等	工認図書	
基本設計方針	<ul style="list-style-type: none"> 海と接続する取水路、放水路からの敷地面への流入を防止するため、～(中略)～ O.P. +13.8m の敷地の地下部の1号炉取水路及び1号炉放水路には取放水路流路縮小工を設置する。取放水路流路縮小工は、1号炉取水路及び1号炉放水路内にコンクリートを設置して流路を縮小するものである。(添付書類八) 	<ul style="list-style-type: none"> 津波防護施設のうち取放水路流路縮小工については、第1号機の取水路及び放水路からの津波の流入を抑制し、入力津波に対して浸水を防止する設計とする。また、廃止措置段階にある第1号機の維持に必要となる取水・放水機能への影響がない設計とする。 	<ul style="list-style-type: none"> 8.5.3 浸水防護施設の基本設計方針 VI-1-1-2-2-1 耐津波設計の基本方針 VI-1-1-2-2-4 入力津波による津波防護対象設備への影響評価 	—
第2号機の 浸水防止機能の確認	<ul style="list-style-type: none"> 設定した貫通部径・延長に基づき、入力津波高さは第1号機海水ポンプ室及び第1号機放水立坑の天端高さ以下になることを説明。 貫通部のすりへりを考慮し径が広がった場合の影響評価等を実施し、機能に影響を及ぼさない径の上限値を説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可段階以降の復旧・改修工事に伴う地形改変による入力津波高さへの影響を評価し、地形改変前のほうが入力津波高さが高くなることから、第1号機海水ポンプ室及び第1号機放水立坑位置での入力津波高さを変更しないことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 1.5, 6.2.6 	—
		<ul style="list-style-type: none"> 貫通部径について、外郭浸水防護設備として津波の流入を防止する設計確認値(上限値)及び第1号機の取水・放水機能を確保するための設計確認値(下限値)を踏まえた設定根拠を説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 8.5.1 要目表 VI-6-第9-4-1-1-22図及び23図 構造図 VI-6-第9-4-1-1-22図及び23図 構造図 別紙 公称値の許容範囲 VI-1-4-8-3-1-1.2 設定根拠に関する説明書 	
第1号機 取水・放水機能への 影響確認	<ul style="list-style-type: none"> 設定した貫通部径・延長に基づき、第1号機補機冷却ポンプ(常用系・非常用系)の取水機能に影響がないこと、また、同ポンプ運転時においても放水でき敷地への浸水が無いことを説明。 貫通部において貝等の付着を考慮し径が縮小した場合の影響評価等を実施し、機能に影響を及ぼさない径の下限値を説明。 また、漂流物の大きさから取水路の流路縮小工が閉塞する可能性はないことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第1号機の廃止措置認可における審査会合の概要を記載し、廃止措置段階にある第1号機の維持に必要となる取水・放水機能への影響がないことを説明。 なお、漂流物の影響に関しては、第2号機設置変更許可時から漂流物に変更が生じていないことを踏まえ、安全性が確保されている。 	<ul style="list-style-type: none"> 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2.6 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可を踏まえ、第1号機取水・放水機能への影響がないことを廃止措置に係る審査会合で説明。

取放水路流路縮小工に係る各審査段階の説明内容について

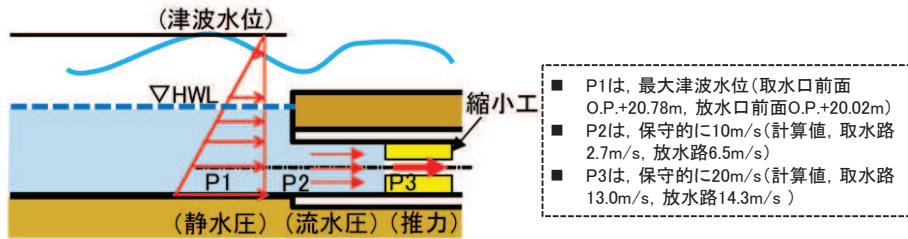
表-2 取放水路流路縮小工に係る各審査段階の説明(その2)

項目	第2号機 設置変更許可	第2号機工事計画認可		(参考) 第1号機 廃止措置計画認可
		方針・説明内容等	工認図書	
保守管理	<ul style="list-style-type: none"> 保安規定及び社内規定で定める保全計画に基づき、定期的な抜水、また、ダイバー、水中カメラ等による点検・清掃等を実施し、変状等が確認された場合は、詳細な調査等を行うことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可の内容に基づき、保安規定及び社内規定で定める保全計画に基づき保守管理していくことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2 参考資料2 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可を踏まえ、第2号機保安規定及び社内規定で定める保全計画に基づき、適切に管理していくことを審査会で説明。
閉塞した場合の 検知性	<ul style="list-style-type: none"> 仮に閉塞した場合における検知性について評価し、中央制御室で異常を検知した後、保安規定に紐づくQMS文書「警報処理運転手順書」に基づき対応が可能であることを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可の内容に基づき、保安規定に紐づくQMS文書「警報処理運転手順書」に基づき対応することを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2 参考資料3 	—
取放水路流路縮小工の 損傷モードを 踏まえた設計	<ul style="list-style-type: none"> 津波時における損傷モードを示し、流速を保守的に設定する等して縦断方向の構造成立性を説明。 また、貫通部付近において流速が高まることに対して、抑制側となる平均圧力等を保守的に設定しキャビテーションの影響がないことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 第2号機設置変更許可で示した方針、要目表に示す設計値を踏まえ、保守的な流速条件のもと津波時(設計津波水位=入力津波高さ24.4m+0.5m考慮)及び重畳時における縦断方向の評価結果に加え、横断方向の耐震評価結果を説明。 なお、キャビテーションの影響に関しては、第2号機設置変更許可時から入力津波高さに変更が生じていないことを踏まえ、安全性が確保されている。 	<ul style="list-style-type: none"> VI-2-10-2-4 取放水路流路縮小工の耐震性についての計算書 VI-3-別添3-2-3 取放水路流路縮小工の強度計算書 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2.1～6.2.4 	—
	<ul style="list-style-type: none"> 砂礫や貝による貫通部のすりへり現象に対し、コンクリート配合設計において配慮を行うことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 設定したコンクリート配合において、保守的な条件を想定した場合においても、すりへりにより放水路の貫通部径が上限値内に収まることから機能喪失が発生しないことを説明。 	<ul style="list-style-type: none"> 補足-140-1 津波への配慮に関する説明書の補足説明資料 6.2 参考資料1 	—

(参考) 取放水路流路縮小工に係る第2号機設置変更許可段階における設計方針

■ 第2号機設置変更許可段階で示した設計方針を以下に示す。第2号機工事計画認可段階においては、この方針を踏まえ、精査した設計条件に基づき実施した詳細設計の内容を説明する。

- 第2号機設置変更許可段階においては、流路縮小工の各位部位が損傷し要求機能を喪失しうる事象を、既往知見をもとに抽出し整理を行っている(表1, 表2参照)。
- これを踏まえ、取放水口前面における最大津波水位、並びに津波時流速を保守的に設定した値を用いる等し、構造成立性を示している(図1参照)。
- キャビテーションによる影響は経年的に劣化するものとされているが、津波時を対象に、大気圧を含む平均圧力算定において相対的に水深を小さくした場合を想定し評価を行い、キャビテーションにより健全性に影響を及ぼさないことを示している(図2参照)。
- すりへりについても経年的に劣化していく現象であるが、津波時における土砂流入による影響を想定しコンクリート配合設計を行うことを示している。



- P1は、最大津波水位(取水口前面 O.P.+20.78m, 放水口前面O.P.+20.02m)
- P2は、保守的に10m/s(計算値, 取水路2.7m/s, 放水路6.5m/s)
- P3は、保守的に20m/s(計算値, 取水路13.0m/s, 放水路14.3m/s)

図1 津波時の荷重作用イメージ

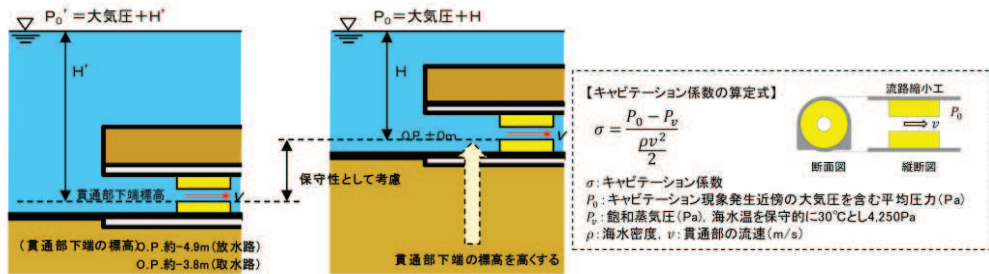


図2 平均圧力P0算定時における保守性の考え方

表1 津波時の流速により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項 (流路縮小工全体)

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工全体	津波荷重により、縮小工がせん断破壊又は滑動することで、躯体全体の安定性を失い、要求機能を喪失する。	津波荷重に対する躯体の安定性を評価する。なお、より保守的な評価となるように、貫通部が存在しないものとして荷重を算定する。	○
	貫通部における流水の摩擦により推力が生じ、躯体の安定性を失う。	津波時の流水の摩擦による推力を評価し、安定性が確保されているか確認する。	○
	急縮部・急拡部で発生する渦や流水によるすりへり(エロージョン摩耗 ^{※1})によって、形状に変化が生じ、津波防護機能を喪失する。	エロージョン摩耗はすりへのりの一つであり、経年的にコンクリートが劣化していく現象であることに対し、津波は短期的な事象であるが、安全側以下の配慮を行う。 すりへり現象に対しては、水セメント比の低下や細骨材を少なくすることが有効とされている ^{※2} ことから、それらを参考に、コンクリート配合設計において配慮を行う。	—

※1 エロージョン摩耗とは、液体粒子・固体粒子あるいは液体の流れが角度をなしてコンクリートに衝突することで生じる摩耗である。
 ※2 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説(平成20年3月) 農林水産省農村振興局整備部設計課監修。本書では、「水セメント比を小さくしたσ_{sk}=90N/mm²程度の面配合コンクリートで耐摩耗性、新築率とも優れている。粗骨材は少なくすることによって更に効果がある」とされている。

表2 津波時の流速により要求機能を喪失しうる事象と設計・施工上の配慮事項 (流路縮小工貫通部)

部位の名称	要求機能を喪失しうる事象	設計・施工上の配慮	照査
流路縮小工貫通部	砂礫や貝を含んだ津波の流入により、コンクリート表面にすりへり(アブレーション摩耗 [※])が発生することによって、貫通部が広がり津波防護機能を喪失する。	アブレーション摩耗はすりへのりの一つであり、経年的にコンクリートが劣化していく現象であることに対し、津波は短期的な事象であるが、安全側以下の配慮を行う。 すりへり現象に対しては、水セメント比の低下や細骨材を少なくすることが有効とされていることから、それらを参考に、コンクリート配合設計において配慮を行う。	—
	急縮部に高速な津波が流れ込むことによる局所的な圧力降下によって、その下流は負圧となって空洞を生じ(キャビテーション)、圧力が高まる急拡部付近に移動すると、水蒸気の気泡は急激に圧潰され、壁面に損傷を与えることにより、形状に変化が生じ、流路縮小性能を喪失する(ピッチング損傷)。	キャビテーションの発生の可能性について評価を行い、発生する場合はキャビテーションに配慮した設計とする。	発生の可能性を評価

※ アブレーション摩耗とは砂礫がコンクリート表面を転がったり滑ったりすることで、コンクリートを損失させる摩耗である。
 すりへのり原因として砂礫等によるアブレーション摩耗が想定され三段階で進行する。
 ①コンクリート表面に近いモルタル層がすりへる。②モルタル層がすりへった後、粗骨材が露出し粗骨材自体がすりへる。③粗骨材が剥離する。

