資料1-1 →IfhTh

# 東海第二発電所

# 工事計画認可申請に係る論点整理について (コメント回答)

# 平成30年8月23日 日本原子力発電株式会社

本資料のうち, \_\_\_\_ は営業秘密又は防護上の観点から公開できません。

## 工事計画認可申請に係る論点整理について(コメント回答)(1/5)



過去の審査会合※で抽出した工事計画認可申請に係る論点に対するコメントは下表のとおり。今回は未完了の4件 (論点8, 論点19において各2件)のコメントに対して回答する。

※ 第562回審査会合(H30.4.5), 第572回審査会合(H30.5.17), 第578回審査会合(H30.5.31), 第588回審査会合(H30.6.14), 第591回審査会合(H30.6.26), 第595回審査会合(H30.7.3) 第599回審査会合(H30.7.10), 第603回審査会合(H30.7.19), 第606回審査会合(H30.7.26) 第607回審査会合(H30.8.2)

白丸数字 過去の審査会合において、今後の予定として示したもの コメント内容 黒丸数字 過去の審査会合において、ご指摘を頂いたもの

△ 粘	論点		コット日本	審査会合	
刀		調え		コメント内谷	8/23回答分
			1	止水機構の追従性に係る2次元及び3次元の解析結果	完了(5/31)
			2	止水機構の追従性に係る実証試験(加振試験)結果	完了(5/31)
			A	実証試験結果のうち,鉛直方向に長周期のうねりが出る原因について,3方向同時加振時に出て,鉛 直加振で出ないことを踏まえて,合理的に説明できる根拠を示した上で特定すること	完了(7/3)
	4	  鋼製防護壁の止水機構の地	9	振動台のY軸に対しての回転変位(ローリング)について,試験結果に与える影響を示すこと	完了(7/19)
耐津波	'	震時における追従性	4	実機解析を工認に適用することを踏まえ、解析の信頼性を示すこと	完了(7/3)
			6	実証試験結果を踏まえて解析にフィードバックする項目はないか,応力評価において実証試験と解析 の違いを考慮する必要がないか検討すること	完了(7/3)
		-		試験結果と実証試験モデル結果の差が浸水防止機能に影響を及ぼすか否かを分析し、 今後設計への反映の有無を示すこと	完了(7/3)
		e		止水板の隙間に対する公差について、実機を考慮したうえで設定し、解析モデルの結果の扱いを示す こと	完了(7/19)
	2	防潮堤ルート変更後の敷地 遡上津波の浸水深・流速	_	_	完了(5/17)
	2	可搬刑設備の耐雪性	1	加振波のFRSが保管場所のFRSを包絡していること	完了(4/5)
	3	可加至設備の耐度に	2	加振試験結果	完了(4/5)
	Λ	機哭の動的機能維持評価	1	構造等がJEAG適用外の機器に対して, 抽出した評価対象部位に係る動的機能維持の評価結果につ いて説明	完了(5/31)
計画	4	(成都の到时)成能推行計画		評価部位「⑥逃がし弁」について,評価項目「加速度」に対する許容値の出典及び適用性を示すこと	完了(6/14)
町辰			1	解析モデル長さの影響確認結果(解析モデル長さ2.0m及び2.5m)	完了(6/14)
	F	フタンドパイプの耐雪証価	0	スタンドパイプ225本モデルにおける補強板が解析に与える影響	完了(6/14)
	5	ヘランドハイノの 心 辰計 恤	€	引張試験における荷重(モーメント)の比較	完了(6/14)
			4	ドライヤスカート部との干渉に係る解析上の扱い	完了(6/14)

## 工事計画認可申請に係る論点整理について(コメント回答)(2/5)



△ 粘		ie - 5		コメント内容				
力規		まれて		コンノト内谷	8/23回答分			
				設置変更許可段階で示した「敷地全体の原地盤の液状化強度特性」の代表性及び網羅性	完了(7/3)			
	6	設置変更許可段階で示した 解析用液状化強度特性の代	Û	D2g-3層の液状化強度試験箇所の代表性について、各孔のボーリング柱状図及びN値を整理し、総合的に説明すること	完了(7/26)			
		衣性及び網維性		使用済燃料乾式貯蔵建屋を個別の評価対象とした根拠(3つの建屋を除外した理由も含む)及び地盤 改良の有無				
			1	三次元解析(COM3)の評価結果	完了(7/3)			
	7	鋼製防護壁の上部・下部構 造の接合部の評価	0	鋼製防護壁の接合部に設計荷重を与えた場合,及び設計荷重を超える荷重を仮想した場合の評価について,3次元解析(COM3)の結果を踏まえ,各部材が負担する荷重の伝達メカニズムや3次元挙動 について整理して説明すること	完了(7/26)			
	8	立坑構造物の解析モデル変 更	1	立坑構造物の評価結果 (8/2追加) 6つの立坑構造物の照査結果について説明すること	0			
			0	水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計の妥当性について考察して説明すること	0			
			1	局所応力の取扱い、許容限界の説明方針および評価結果	完了(7/3)			
耐震				せん断終局強度を適用することの妥当性(今回工認,東二建設時,他サイトのSクラス基礎の設計クラ イテリアの違いを考慮した説明)	完了(7/3)			
	0	原子炉建屋基礎盤の耐震評		せん断終局強度を適用することを踏まえ、Sクラスの機器・配管系に対する支持機能への影響を検討した上で、せん断終局強度を適用する際の配慮について設計方針を示すこと	完了(7/26)			
	9	価	0	応力平均化について、平均化する方向を整理して示すこと	完了(7/26)			
				基礎スラブの面外せん断耐力実験の結果について,東海第二の原子炉建屋基礎盤への適用性をより 詳細に検討すること	完了(7/26)			
				地震荷重見直し前後の比較について,計算条件の変更点を整理し,評価結果に支配的な変更点を分 析して示すこと	完了(7/26)			
			1	観測記録がシミュレーション解析結果を上回ることに対する設備影響評価結果	完了(7/3)			
	10	地震観測記録を踏まえた耐 震評価への影響	6	使用済燃料プール周辺の3次元応答性状が使用済燃料プールの評価に及ぼす影響	完了(7/3)			
				評価対象要素及び対象とする入力地震動の選定根拠を示すこと	完了(7/26)			
	11	機器の動的機能維持評価	1	高振動数領域まで考慮した評価結果	完了(7/3)			
		(弁の高振動数領域の考慮)	0	100Hzまで考慮した応答加速度において、比較的大きな応答増加率を示す弁について振動特性等を 考慮して応答増加要因を推定し説明すること	完了(7/19)			

## 工事計画認可申請に係る論点整理について(コメント回答)(3/5)



分類		論 占			コメント内容	審査会合					
71 XR						8/23回答分					
以动中令	10	降下火砕物に対する建屋の	1	原子炸	P建屋の主トラスについて,発生する応力が許容限界を超えないことの確認結果	完了(4/5)					
21-即争豕	12	健全性	0	3次元 合部0	FEMにおける鉄骨材とスラブの拘束条件,実際のスラブの応力,歪の分布,鉄骨材とスラブの接 D状態を示す	完了(5/31)					
	13	SA時の強度評価における設 計方針	0	強度 す な値(	平価方針として, 適用基準は保守側を採用するとしていることに対し, 応力係数について現実的 0.5)を採用することの考え方	完了(5/31)					
	14	SA時の強度評価における設計条件(SAクラス2機器で	1	SA時 果を示	時機械荷重(ジェット荷重や主蒸気逃がし安全弁の吹き出し反力)を定量的に算出し, 順次計算結 を示す						
	14	あって, クラス1機器の設計条件)	0	建設明	設時の設計条件を使用することを含め、強度評価条件の妥当性を示す 5						
				設計基	基準事故時の動荷重に包絡されること等の確認結果	完了(7/3)					
			1	SRV作 添えて	F動時の動荷重が,DBA条件を包絡することについて,圧力干渉効果や圧力上昇率等の考察を 「説明すること(単弁作動時よりも多弁作動時の方が発生荷重が小さくなることの説明も含む)	完了(8/2)					
		冷中証価にたけてのい動な		FCI時 うな条	FCI時及びベント時の動荷重が, DBAのLOCA時を包絡することについて, LOCA時の荷重をどのよ うな条件で設定しているかを示したうえで説明すること						
	15	重の考慮	0	DBA・SA時のPCV動荷重を決定する要素を定量的に説明 (6/14追加)シーケンスによっては動作する弁数や作用する圧力も異なることから、各々の動荷重について丁寧に説明すること (6/14追加)動荷重については設計で元々どういう荷重で評価しているのか(既設の設計裕度)、元々の設計の考え方から追って、許容値の包絡性を説明すること							
機械設計			❸	SA時	の応力について, SA水位の影響について説明すること	完了(8/2)					
	10	SA環境を考慮したPCV閉じ込	1	圧縮え	k久ひずみ率のデータ拡充による閉じ込め機能の評価値の妥当性	完了(4/5)					
	10	め機能	2	ガスク	マット増厚による閉じ込め機能の評価における開口量評価の裕度	完了(4/5)					
			1		ブローアウトパネル開放の実証試験結果 (6/14追加)開放試験については, パネルが躯体から外れて落下していることを確認すること	完了(7/3)					
					プローアウトパネル閉止装置の実証試験(加振試験)及び開閉動作試験,気密性能試験の結 果	完了(6/26)					
	17	ブローアウトパネル及び関連		実 ゴローアウトパネル閉止装置の実証試験(加振試験)での不具合を踏まえた対策検証について							
	17	設備の必要機能と確認方法	€	ま ま 、 ま 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、							
			4								
			6		実機大のモックアップ(ブローアウトパネル本体, ブローアウトパネル閉止装置)試験前に試験条 件を説明すること						

## 工事計画認可申請に係る論点整理について(コメント回答)(4/5) ペラザルブル



分類		論点			コメント内容	審査会合
						8/23回答分
			6		加振限界試験の目的、実施方法について、要領書に記載のこと	完了(6/14)
			0	実証	気密性能試験における流量、断面積の算出方法について説明を要領書に追加すること	完了(6/14)
			8	試 験	実施する単体の気密確認試験結果も踏まえて原子炉建屋原子炉棟全体としての気密性能が 確保できる見込みであることを説明すること	完了(6/14)
			9		模擬地震波の床応答スペクトルについて、方向に依存しない応答スペクトルのNS/EW方向 への分け方を説明すること	完了(6/14)
			0	施工	ブローアウトパネル本体の品質・施工管理,保守管理等	完了(5/31)
			0	要	設計差圧(6.9kPa)以下で開放する設計(設定値)について、クリップ開放試験結果等を踏まえた 考え方	完了(5/17)
	17	ブローアウトパネル及び関連	Ø	求機	強制開放装置の位置付け	完了(5/17)
	17	設備の必要機能と確認方法	ß	能	ブローアウトパネルの要求事項(考慮すべき自然現象発生後にDBAが発生する場合,逆にDBA 後に自然現象が発生する場合を整理し,公衆被ばくの影響の観点から整理)	完了(5/17)
			0	型重	ブローアウトパネルの耐震評価に当たって, ブローアウトパネルの設置・取付状況を踏まえた固 有値の考え方を整理し提示すること	完了(6/14)
機械設計			ø	前度	設計基準事故と地震の組合せについて説明すること	完了(6/14)
					部品の裕度評価及び閂の設計に関する説明	完了(7/19)
			A	追 加	閂設置に伴う扉開閉の維持管理に関する説明	完了(7/19)
			W	試 験	追加試験における電動作動確認の判定基準の検討	完了(7/19)
					ブローアウトパネル閉止装置の追加実証試験結果	完了(8/2)
			1	SA時	の原子炉格納容器内におけるSRV作動環境	完了(4/5)
			2	SRV(	自動減圧機能)の耐環境性	完了(4/5)
	18	SRVのSA耐環境性	3	非常月	月逃がし安全弁駆動系の耐環境性	完了(4/5)
			4	過去0	DSRV環境試験条件について対象の機器を明確にして資料に反映	完了(6/14)
			6	健全性	生の説明書の中でその他のSA耐環境性について整理・説明	完了(6/14)

## 工事計画認可申請に係る論点整理について(コメント回答)(5/5)



分類		論点		コメント内容			
					  モックアップ試験結果	8/23回谷分 完了(6/14)	
			1				
				試験	導入管カバーを考慮した試験も含め, モックアッフ試験の結果について示すこと 	完了(7/3)	
			0		モックアップ試験における異物混入を想定した試験条件	完了(6/14)	
			€	施工	コリウムシールドの施工性	完了(5/31)	
			4		工認対象範囲	完了(5/31)	
	19	MCCI/FCI対策に係る設計	6		コリウムシールドのドレン水貯蔵機能	完了(5/31)	
			6	エ認	コリウムシールドライナーのエ認上の記載	完了(5/31)	
				上 の	排水ラインのラプチャーディスクの扱いについて整理して示すこと。また,ドライウェル内水位調 整の機能に悪影響を与えないことを示すこと	完了(6/14)	
			0	扱  い	安全弁の吹き出し圧力,吹き出し量,反力について,説明すること	完了(8/2)	
機械設計			U		安全弁の吹き出しについて想定される事象を整理し,保守性の考え方,値や意味付けも含め明 示すること	0	
					排水配管の使用圧力の考え方について説明すること	0	
			1		試験結果および評価結果	完了(7/3)	
	20	ECCSポンプのSA時でのNP	0	試験	試験の再現性(投入異物の撹拌・静定させ、一定の圧力損失データが得られることの見解)に ついて示すこと	完了(5/31)	
	20	SH評価	€	手順	試験手順について示すこと	完了(5/31)	
			4		試験の進捗状況,見通しについて具体的に示すこと	完了(5/31)	
	21	SM材の使用制限(2.9MPa) を超えた範囲での使用			_		
		燃料集合体落下時の使用这	1	使用》 おり,	斉燃料プールでの燃料集合体落下時のライニングの健全性評価において,水の抵抗を考慮して この際に用いている抗力係数について確認すること	完了(5/31)	
	22	燃料ポロや溶下時の使用済 燃料プールライニングの健全 性	2	試験約		完了(7/3)	
			6	CFD角	<b>発析モデルについて説明すること</b>	完了(6/14)	



#### 1. 概要

第607回審査会合(平成30年8月2日)において,立坑構造物の評価手法(設計基本方針,先行プラントにおける立 坑構造物の設計比較,水平2方向及び鉛直方向地震力に対する検討方針,評価工程)について説明した。

#### 2. コメント

(1) 6つの立坑構造物の照査結果について説明すること。

(2) 水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計の妥当性について考察して説明すること。

#### 3. 回答概要

・回答概要(1)

6つの立坑構造物の各部位の照査値が許容値以下であることを確認した。

・回答概要(2)

立坑構造物については、以下により、水平2方向及び鉛直方向地震力に対応 した設計となっていることを確認した。

#### 立坑の水平鉄筋の設計

立坑の水平鉄筋については、直交する2つの2次元有効応力解析による側壁 の面内方向のせん断力に対する①必要せん断補強筋量と面外方向の最大動土圧 に対する②必要主鉄筋量及び③必要せん断補強筋量をそれぞれ算定し、①と② を足し合わせた合計必要鉄筋量以上、及び、③の必要鉄筋量以上が実配筋量と して配置されていることを確認した。

#### 立坑の鉛直鉄筋の設計

矩形立坑の鉛直鉄筋については、直交する2つの2次元有効応力解析による <u>各方向の曲げ軸力をそれぞれ負担できる鉛直鉄筋が配置されていることを確認</u> した。

円筒形立坑の鉛直鉄筋については、直交する2つの2次元有効応力解析モデ ルによる解析結果のうち、曲げ軸力が時刻歴最大となる時刻の曲げモーメント を直交する方向にも同時に作用させるものと仮定<u>(曲げモーメントを√2倍)</u> した場合の曲げ軸力を負担できる鉛直鉄筋が配置されていることを確認した。



#### 屋外重要土木構造物の平面配置図

## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(2/14) (回答(1):側壁の水平鉄筋の評価結果)





## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(3/14) (回答(1):側壁の水平鉄筋の評価結果)



#### 4. 側壁の水平鉄筋の評価結果

矩形立坑及び円筒形立坑の側壁の水平鉄筋((イ)面内方向のせん断補強筋,(ロ)面内方向の主鉄筋,(ニ)面外方向のせん断補強筋)について,各必要鉄筋量以上をそれぞれ配置した各部材のせん断力照査及び曲げ軸力照査の全ての照査値が許容値 以下であることを確認した。

表1 側壁の水平鉄筋の最大照査値

実配筋量に対して,各部位の最大 照査値を抽出したものである。

	<													
			<b>6</b> 件 45 <sup>-</sup>	2	次元鉛直断面モデル					水平輔	扁切り断面モデル			
			並大月力	(イ)面内方向のせん断補強筋 せん断力照査		(ロ)面内方向の主鉄筋 曲げ軸力照査		(ハ)コンクリート 曲げ圧縮力照査		(二);	面外方向のせん断補強筋 せん断力照査	備考		
			X方向の水平鉄筋	0.51	上部, ④, Ss-D1()	0.02	上部, ④, Ss-D1()	0.13	下部, ④, Ss-D1()	-	-			
		SA用海水ピット	Y方向の水平鉄筋	0.33	上部, ④, Ss-D1()	0.02	上部, ④, Ss-D1()	0.16	下部, ④, Ss-D1()	-	_			
		取水塔	X方向(直交)せん断補強筋	-	-	-	_	-	-	0.73	下部, ④, Ss-D1()			
			Y方向(直交)せん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.90	下部, ④, Ss-D1()			
			X方向の水平鉄筋	0.81	下部, ④, Ss-D1(+-)	0.05	下部, ④, Ss-D1(+-)	0.53	下部, ④, Ss-D1(+-)	-	-			
		5~田海水ピット	Y方向の水平鉄筋	0.68	上部, ④, Ss-D1(++)	0.15	上部, ④, Ss-D1(++)	0.49	下部, ④, Ss-D1(++)	-	-			
	円筒		X方向(直交)せん断補強筋	-	-	_	-	-	-	0.75	下部, ④, Ss-D1(+-)			
	形		Y方向(直交)せん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.68	下部, ④, Ss-D1(++)			
			X方向の水平鉄筋	0.38	EL.−14.2~−18.5m, ④, Ss-D1(++)	0.64	EL.3.0∼−6.4m, ④, Ss−D1 (++)	0.46	EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1 (++)	-	-	EL14.2~-18.5mの曲げ軸力に対する照査値は0.38 EL.3.0~-6.4mのせん断力に対する照査値は0.26		
		弋替淡水貯槽	Y方向の水平鉄筋	0.40	EL14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++)	0.65	EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++)	0.48	EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1 (++)	-	_	EL-14.2~-18.5mの曲げ軸力に対する照査値は0.42 EL.3.0~-6.4mのせん断力に対する照査値は0.27		
解			X方向(直交)せん断補強筋	-	-	-	_	-	-	0.58	EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++)			
析評			Y方向(直交)せん断補強筋	-	_	-	_	-	-	0.62	EL14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++)			
価			X方向の水平鉄筋	0.49	B1,2F, ④, Ss-D1(++)	0.31	B1,2F, ④, Ss-D1(++)	0.28	B4F, ④, Ss-D1(++)	-	-			
		常設低圧代替注	Y方向の水平鉄筋	0.32	B3F, ④, Ss-D1(++)	0.61	B4F, ①, Ss-D1()	0.50	B4F, ①, Ss-D1()	-	-			
		水系ポンプ室	X方向(直交)せん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.39	B4F, ④, Ss-D1(++)			
			Y方向(直交)せん断補強筋	_	-	-	-	-	-	0.58	B4F, ①, Ss-D1()			
		党设代恭喜庄雷	X方向の水平鉄筋	0.35	B4FTN部, ①, Ss-31(-+)	0.38	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.27	B4F,④,Ss-D1(++)	-	-			
	矩	■ 席設代省高圧電 種 源装置用カル <sup>●</sup> バート(立坑部)	Y方向の水平鉄筋	0.36	B3F, ④, Ss-D1(++)	0.43	B3F, ①, Ss-31(++)	0.24	B4F,④,Ss-D1(++)	-	-			
	形		X方向(直交)せん断補強筋	_	-	-	-	-	-	0.71	B4F, ④, Ss-D1(++)			
			Y方向(直交)せん断補強筋	_	-	_	-	_	-	0.75	B2F, ①, Ss-31(-+)			
			X方向の水平鉄筋	0.52	B2F, ④, Ss-D1()	0.43	B1F, ①, Ss-31(++)	0.19	B4F, ④, Ss-D1(++)	_	-			
		緊急用海水ポン プピット	Y方向の水平鉄筋	0.49	B2F, ④, Ss-D1(++)	0.53	B1F, ①, Ss-D1(+-)	0.33	B1F, ①, Ss-D1(+-)	-	_	B2Fの曲げ軸力に対する照査値は0.39 B1Fのせん断力に対する照査値は0.37		
		ノニット	X方向(直交)せん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.57	B1F, ①, Ss-31(++)			
			Y方向(直交)せん断補強筋	-	-	-	_	-	-	0.68	B1F, ①, Ss-D1(+-)			

・コンクリートの曲げ圧縮応力及び鉄筋の曲げ引張応力の照査値=発生応力度/短期許容応力度

・せん断補強筋を考慮した鉄筋コンクリートのせん断力の照査値=発生せん断力/短期許容せん断力

①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース

③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

⑥:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース

## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(4/14) (回答(1):側壁の鉛直鉄筋の評価結果)



5. 側壁の鉛直鉄筋の評価結果

立坑の側壁の鉛直鉄筋については、各2次元鉛直断面モデルにより求められる曲げ軸力に対して、鉛直鉄筋に発生する引張 応力度(σ<sub>V1</sub>)を求め、更に版解析で固定境界に発生する曲げモーメントと、側壁の固定境界に発生する曲げモーメントを足 し合せたものに対する鉛直鉄筋に発生する引張応力度( $\sigma_{v_2}$ )を求め、( $\sigma_{v_1}+\sigma_{v_2}$ )に対する全ての照査値が許容値以下であ ることを確認した。

				照査値								
			鉄筋	2次元	記鉛直断面モデル	版のシュ	□ル解析モデル又は 梁モデル		引張応力度	コング	フリートの曲げ圧縮	
				引張応力度 σ ∨1 に対する照査値		弓 に	張応力度 σ <sub>∨2</sub> ⊂対する照査値	15	対する照査値	に対する照査値 σ c		
		ᅌᄮᄪᇷᅶᄰᇖᄔᄢᅶᄷ	X方向の鉛直鉄筋	0.26	下部, ④, Ss-D1()	0.16	④, Ss-D1()	0.42	下部, ④, Ss-D1()	0.41	下部, ④, Ss-D1()	
		SA用海水LOF取水塔	Y方向の鉛直鉄筋	0.18	下部, ④, Ss-D1()	0.19	④, Ss-D1()	0.37	下部, ④, Ss-D1()	0.27	下部, ④, Ss-D1()	
	円	오 田街 가 님 씨ト	X方向の鉛直鉄筋	0.27	下部, ④, Ss-D1(+-)	0.60	④, Ss-D1(+-)	0.87	下部, ④, Ss-D1(+-)	0.32	下部, ④, Ss-D1(+-)	
	同形	SA用海水ビット	Y方向の鉛直鉄筋	0.24	下部, ④, Ss-D1(++)	0.55	④, Ss-D1(++)	0.79	下部, ④, Ss-D1(++)	0.29	下部, ④, Ss-D1(++)	
		化林义之后律	X方向の鉛直鉄筋	0.11	EL−14.2 <b>~</b> −18.5, ④, Ss−D1(++)	0.65	EL−14.2 <b>~</b> −18.5, ④, Ss−D1(++)	0.76	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1 (++)	0.53	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1 (++)	
解析		代省淡水貯槽	Y方向の鉛直鉄筋	0.11	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1(++)	0.65	EL−14.2 <b>~</b> −18.5, ④, Ss−D1(++)	0.76	EL−14.2 <b>~</b> −18.5, ④, Ss−D1 (++)	0.53	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1 (++)	
評価		常設低圧代替注水系ポ	X方向の鉛直鉄筋	0.38	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.29	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.67	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.45	B4F, ④, Ss-D1(++)	
		ンプ室	Y方向の鉛直鉄筋	0.36	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.29	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.65	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.38	B4F, ④, Ss-D1(++)	
	矩	常設代替高圧電源装置	X方向の鉛直鉄筋	_ *1	南側ピット, ④, Ss-D1(+-)	0.33	南側ピット, ④, Ss-D1(+-)	0.33	南側ピット, ④, Ss-D1(+-)	0.29	南側ピット, ④, Ss-D1(+-)	
	形	用カルバート(立坑部)	Y方向の鉛直鉄筋	0.39	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.21	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.60	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.39	B4F, ④, Ss-D1(++)	
		取今田海水ポンプピ…!	X方向の鉛直鉄筋	0.73	B4F, ④, Ss-D1()	0.21	B4F, ④, Ss-D1()	0.93	B4F, ④, Ss-D1()	0.36	B4F, ④, Ss-D1()	
		素芯用/神小小ノノビット	Y方向の鉛直鉄筋	0.69	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.18	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.86	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.35	B4F, ④, Ss-D1(++)	

表2 側壁の鉛直鉄筋の最大照査値

実配筋量に対して、各部位の最大 照査値を抽出したものである。

※1 全断面圧縮状態であり、引張力は生じていない。

①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース

③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

・せん断補強筋を考慮した鉄筋コンクリートのせん断力の照査値=発生せん断力/短期許容せん断力 ⑥:地盤物性のばらつきを考慮(+1の)して非液状化の条件を仮定した解析ケース

・コンクリートの曲げ圧縮応力及び鉄筋の曲げ引張応力の照査値=発生応力度/短期許容応力度

## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(5/14) (回答(1):版部材の評価結果)



#### 6.版部材の評価

版部材の評価において、全ての照査値が許容値以下であることを確認した。

表3 版部材の照査結果表

#### 実配筋量に対して,各部位の最大 照査値を抽出したものである。

יעב	クリー	トの曲げ圧縮に対する照査	照査値	備考
	н	SA用海水ピット取水塔	0.20	底版, ⑥, Ss-D1()
<b>岳</b> 辺	筒	SA用海水ピット	0.48	底版, ③, Ss-D1(+-)
析	形	代替淡水貯槽	0.45	底版, ④, Ss-D1(++)
評	45	常設低圧代替注水系ポンプ室	0.81	B3F, ④, Ss-D1(++)
1四	矩   形	常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)	0.48	B4F, ④, Ss-D1(+-)
	//2	緊急用海水ポンプピット	0.25	中間スラブ3, ④, Ss-D1()

水平	鉄筋	の曲げ引張力に対する照査	照査値	備考
解析評価	Н	SA用海水ピット取水塔	0.30	底版, ⑥, Ss-D1()
	筒	SA用海水ピット	0.60	底版, ③, Ss-D1(+-)
	形	代替淡水貯槽	0.77	底版, ④, Ss-D1(++)
	45	常設低圧代替注水系ポンプ室	0.69	B3F, ④, Ss-D1(++)
	矩形	常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)	0.64	B2F, ④, Ss-D1(+-)
	115	緊急用海水ポンプピット	0.44	中間スラブ3, ④, Ss-D1()

鉛直	鉄筋	(せん断補強筋)のせん断力に対する照査	照査値	備考
	円筒	SA用海水ピット取水塔	0.53	底版, ⑥, Ss-D1()
<b>点</b> 刀		SA用海水ピット	0.62	頂版, ①, Ss-D1(-+)
所析	形	代替淡水貯槽	0.54	頂版, ①, Ss−22
評	-	常設低圧代替注水系ポンプ室	0.72	底版, ①, Ss−21
ΊШ	矩形	常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)	0.46	底版, ①, Ss-D1()
	112	緊急用海水ポンプピット	0.41	底版, ①, Ss-D1()

・コンクリートの曲げ圧縮応カ及び鉄筋の曲げ引張応力の照査値=発生応力度/短期許容応力度

①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)
 ②:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)した解析ケース

・せん断補強筋を考慮した鉄筋コンクリートのせん断力の照査値=発生せん断力/短期許容せん断力

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

⑥:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース

## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(6/14) (回答(2):水平2方向及び鉛直方向地震力に対する検討フロー)



7.水平2方向及び鉛直方向地震力に対する検討フロー 水平2方向及び鉛直方向地震力に対する検討フローを以下に示す。



## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(7/14) (回答(2):水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計)



8. 側壁の水平鉄筋の設計(矩形立坑)

①-1 各 2 次元鉛直断面モデルの X 方向及び Y 方向のせん断力照査で設計する必要水平鉄筋量(必要せん断補強筋量)をそれぞれ算定する(As<sub>1</sub>) ①-2 水平断面モデルの X 方向及び Y 方向の曲げ軸力照査で設計する必要水平鉄筋量(必要主鉄筋量)をそれぞれ算定する(As<sub>2</sub>)。

② ①-1と①-2で算定された必要水平鉄筋量を足し合わせた合計必要水平鉄筋量(As<sub>1</sub>+As<sub>2</sub>)以上をX方向及びY方向にそれぞれの方向に配置する。

③ これと共に、各方向の最大動土圧を与えた場合のせん断力に対して、せん断力照査で設計するせん断補強筋をそれぞれの方向に配置する(As<sub>3</sub>)
 ④ 必要鉄筋量 ≦ 実配筋量であることを確認する。



## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(8/14) (回答(2):水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計)



9. 側壁の水平鉄筋の設計(円筒形立坑)

①-1 各2次元鉛直断面モデルのX方向及びY方向のせん断力照査で設計する必要水平鉄筋量(必要せん断補強筋量)をそれぞれ算定する(As<sub>1</sub>)
 ①-2 水平断面モデルのX方向及びY方向の曲げ軸力照査で設計する必要水平鉄筋量(必要主鉄筋量)をそれぞれ算定する(As<sub>2</sub>)。

② ①-1と①-2で算定された必要水平鉄筋量を足し合わせた合計必要水平鉄筋量(As<sub>1</sub>+As<sub>2</sub>)以上をX方向及びY方向にそれぞれの方向に配置する。

③ これと共に、各方向の最大動土圧を与えた場合のせん断力に対して、せん断力照査で設計するせん断補強筋をそれぞれの方向に配置する  $(As_3)$  ④ 必要鉄筋量  $\leq$  実配筋量であることを確認する。



## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(9/14) (回答(2):水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計)



- 10. 側壁の鉛直鉄筋の設計(矩形立坑)
  - 各2次元鉛直断面モデルにより求められる曲げ軸力に対して、鉛直鉄筋に発生する引張応力度 σ<sub>V1</sub>を求める。
    - 曲げの方向に対し矩形フランジ部に配置される鉛直鉄筋のみを有効としている。X方向、Y方向から作用する曲げ軸力 を負担する部位が異なるため、各断面での鉛直鉄筋に発生する引張応力度(σ<sub>ν1</sub>)を求める。
  - ② 更なる検討として、版解析で固定境界に発生する曲げモーメント(M<sub>0</sub>)と、側壁の固定境界に発生する曲げモーメント  $(M_1 \text{ or } M_2)$ を足し合せた $(M_0 + Max((M_1, M_2)))$ に対し, 鉛直鉄筋に発生する引張応力度 $(\sigma_{V_2})$ を求める。
  - (3) 許容限界以下の確認
    - σ<sub>V1</sub> + σ<sub>V2</sub>に対する照査値を確認する。



水平2方向への対応 → 矩形立坑の側壁の鉛直鉄筋については、直交する各2次元鉛直断面モデルによる矩形立坑の時刻歴最大曲げ軸力に加え、側壁と版の結合部に おける局所的な曲げモーメント増分を加えたそれぞれの断面方向の曲げ軸力に対する全ての照査値が許容値以下であることを確認する。

## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(10/14) (回答(2):水平2方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計)



- 11. 側壁の鉛直鉄筋の設計(円筒形立坑)
  - 2つの2次元鉛直断面モデルによる解析のうち、曲げ軸力が最大となる方向の曲げモーメントが同時刻に直交方向にも作用 すると仮定(曲げモーメントを√2倍)して、鉛直鉄筋に発生する引張応力度(σ<sub>v1</sub>')を求める。
  - ② 更なる検討として、版解析で固定境界に発生する曲げモーメント( $M_0$ )と、側壁の固定境界に発生する曲げモーメント ( $M_1$  or  $M_2$ )を足し合せた( $M_0$ +Max(( $M_1, M_2$ ))に対し、鉛直鉄筋に発生する引張応力度( $\sigma_{V2}$ )を求める。
  - ③ 許容限界以下の確認
    - σ<sub>V1</sub>' + σ<sub>V2</sub>を対する照査値を確認する。



水平2方向への対応 → 円筒形立坑の側壁の鉛直鉄筋については、直交する2つの2次元有効応力解析(鉛直断面)モデルのうち、円筒形立坑の曲げ軸力が時刻歴最大とな る時刻の曲げモーメントを直交する方向にも同時に作用させるものと仮定(曲げモーメントを√2倍)した場合の曲げ軸力に加え、側壁と版の結合部 における局所的な曲げモーメント増分を加えた曲げ軸力に対する全ての照査値が許容値以下であることを確認する。

## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(11/14) (回答(2):側壁の水平鉄筋の評価結果)



12. 水平2方向を考慮した側壁の水平鉄筋量

立坑の水平鉄筋については、直交する2つの2次元有効応力解析による側壁の面内方向のせん断力に対する必要せん 断補強筋量と面外方向の最大動土圧に対する必要主鉄筋量及びせん断補強筋量をそれぞれ算定し、足し合わせた合計必 要鉄筋量以上が実配筋量として配置されていることを確認した(表4)。

/			建窑	2次:	2次元鉛直断面モデル		輪切り断面モデル	<u> 今計心亜鉛な豊</u> ①	宇和な景の	と家	
			业大月八	-) (-	せん断力照査) 必要鉄筋量As₁	(E 业	曲げ軸力照査) 公要鉄筋量As₂	As <sub>1</sub> +As <sub>2</sub>	As <sub>1</sub> (実)+As <sub>2</sub> (実)	1/2	判定
		SA用海水ピット取水	X方向の水平鉄筋	5,401 mm <sup>2</sup>	下部, ④, Ss-D1()	1,838mm <sup>2</sup>	下部, ④, Ss-D1()	7,239 mm <sup>2</sup>	10,590 mm <sup>2</sup>	0.69	ОК
		塔	Y方向の水平鉄筋	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	ок
	臣	この田海水ビット	X方向の水平鉄筋	6,938 mm <sup>2</sup>	下部, ④, Ss-D1(+-)	429 mm <sup>2</sup>	下部, ④, Ss-D1(+-)	7,367 mm <sup>2</sup>	8,566 mm <sup>2</sup>	0.86	ОК
	同形	SA用海水ビット	Y方向の水平鉄筋	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	ОК
		华苏汉水时博	X方向の水平鉄筋	5,780 mm <sup>2</sup>	EL6.4~-14.2m, ④, Ss-D1(++)	12,917 mm <sup>2</sup>	EL6.4~-14.2m, ④, Ss-D1(++)	18,697 mm <sup>2</sup>	30,405 mm <sup>2</sup>	0.62	ОК
解析		16省次小灯僧	Y方向の水平鉄筋	1,800 mm <sup>2</sup>	EL6.4~-14.2m, ①, Ss-31(++)	15,460 mm <sup>2</sup>	EL6.4~-14.2m, ①, Ss-31(++)	17,260 mm <sup>2</sup>	30,405 mm <sup>2</sup>	0.57	ОК
評価		常設低圧代替注水系	X方向の水平鉄筋	6,441 mm <sup>2</sup>	B4F, ④, Ss-D1(++)	8,023 mm <sup>2</sup>	B4F, ④, Ss-D1(++)	14,464 mm <sup>2</sup>	30,405 mm <sup>2</sup>	0.48	ОК
144		ポンプ室	Y方向の水平鉄筋	1,687 mm <sup>2</sup>	B4F, ①, Ss-D1()	17,979 mm <sup>2</sup>	B4F, ①, Ss-D1()	19,666 mm <sup>2</sup>	30,405 mm <sup>2</sup>	0.65	ок
	  矩	常設代替高圧電源装	X方向の水平鉄筋	3,175 mm <sup>2</sup>	B4F, ④, Ss-D1(++)	6,392 mm <sup>2</sup>	B4F, ④, Ss-D1(++)	9,567 mm <sup>2</sup>	20,270 mm <sup>2</sup>	0.48	ОК
	形	直用カルハート(立功) 部)	Y方向の水平鉄筋	4,485 mm <sup>2</sup>	B4F, ④, Ss-D1(++)	4,309 mm <sup>2</sup>	B4F, ①, Ss-31(++)	8,794 mm <sup>2</sup>	20,270 mm <sup>2</sup>	0.44	ОК
		緊急用海水ポンプピッ	X方向の水平鉄筋	4,173 mm <sup>2</sup>	B4F, ④, Ss-D1()	4,069 mm <sup>2</sup>	B4F, ④, Ss-D1(++)	8,242 mm <sup>2</sup>	20,270 mm <sup>2</sup>	0.41	OK
		F	Y方向の水平鉄筋	5,929 mm <sup>2</sup>	B3F, ④, Ss-D1(++)	6,458 mm <sup>2</sup>	B3F, ④, Ss-D1()	12,387 mm <sup>2</sup>	20,270 mm <sup>2</sup>	0.62	ОК

表4 俱	壁の水平鉄館	筋の実配筋量
------	--------	--------

#### 必要鉄筋量や実配筋量については、片側の鉄筋量で記載



①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース

③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

⑥:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース

## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(12/14) (回答(2):側壁の水平鉄筋の評価結果)



例:緊急用海水ポンプピットの配筋図



## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(13/14) (回答(2):側壁の水平鉄筋の評価結果)



13. 側壁の鉛直鉄筋(水平2方向への対応)

矩形立坑の鉛直鉄筋については、直交する2つの2次元有効応力解析による各方向の曲げ軸力をそれぞれ負担できる鉛直鉄 筋が配置されていることを各方向の鉛直鉄筋の照査値により確認した(表2)。

円筒形立坑の鉛直鉄筋については、直交する2つの2次元有効応力解析モデルによる解析結果のうち、曲げ軸力が時刻歴最 大となる時刻の曲げモーメントを直交する方向にも同時に作用させるものと仮定(曲げモーメントを√2倍)した場合の曲げ 軸力を負担できる鉛直鉄筋が配置されていることを鉛直鉄筋の照査値により確認した(表5)。

#### 実配筋量に対して,各部位の最大 照査値を抽出したものである。

				照査値								
			建故	2次	元鉛直断面モデル	版のシェ	ル解析モデル又は梁モデル		引張応力度	_`	なことのまたり	
			业入 H J J		引張応力度 σ∨1 に対する照査値		引張応力度 σ ∨2 に対する照査値		σ <sub>V1</sub> +σ <sub>V2</sub> に対する照査値		対する照査値σc	
		こへ田海ナピット取ナ技	X方向の鉛直鉄筋	0.39	下部, ④, Ss-D1()	0.16	下部, ④, Ss-D1()	0.54	下部, ④, Ss-D1()	0.35	下部, ④, Ss-D1()	
解析評価	円筒形	SA用海小ビット取小店	Y方向の鉛直鉄筋	0.27	下部, ④, Ss-D1()	0.19	下部, ④, Ss-D1()	0.46	下部, ④, Ss-D1()	0.26	下部, ④, Ss-D1()	
		この日本ナビット	X方向の鉛直鉄筋	0.37	下部, ④, Ss-D1(+-)	0.60	下部, ④, Ss-D1(+-)	0.97	下部, ④, Ss-D1(+-)	0.33	下部, ④, Ss-D1(+-)	
		評 同 形 西	別 BAH海小ビット 多	Y方向の鉛直鉄筋	0.34	下部, ④, Ss-D1(++)	0.55	下部, ④, Ss-D1(++)	0.88	下部, ④, Ss-D1(++)	0.31	下部, ④, Ss-D1(++)
		代替淡水貯槽	X方向の鉛直鉄筋	0.18	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1(++)	0.65	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1(++)	0.83	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1(++)	0.57	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1 (++)	
			Y方向の鉛直鉄筋	0.18	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1(++)	0.65	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1 (++)	0.83	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1(++)	0.58	EL-14.2~-18.5, ④, Ss-D1(++)	

①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース

③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

⑥:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース

## 【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(14/14)

(回答(2):側壁の水平鉄筋の評価結果)

【補足】側壁の水平鉄筋(水平2方向への対応)

側壁の水平鉄筋の照査値について、階層、地震波、地盤条件について、全ての解析条件での解析結果より、最大照査値を抽 出した結果においても、全ての照査値が許容値以下であることを確認した(As<sub>1</sub>のみ、As<sub>2</sub>のみ、As<sub>3</sub>のみの各鉄筋量で、 それぞれが負担すべき対象荷重を負担させた場合の最大照査値)。

表6 側壁の水平鉄筋の最大照査値(水平2方向への対応)

実配筋量に対して,各部位の最大 照査値を抽出したものである。

-ifhTh

				照査値								
			AH 44		2次元鉛直断面モデル 水平輪切り断面モデル							
			鉄肋	-	せん断補強筋As <sub>1</sub> (せん断力照査)		水平主鉄筋As <sub>2</sub> (曲げ軸力照査) (		コンクリート (曲げ圧縮力照査)		せん断補強筋As <sub>3</sub> (せん断力照査)	
			X方向の水平鉄筋	0.53	上部, ④, Ss-D1()	0.30	上部, ④, Ss-D1()	0.16	下部, ④, Ss-D1()	-	_	
		SA用海水ピット	Y方向の水平鉄筋	0.35	上部, ④, Ss-D1()	0.32	上部, ④, Ss-D1()	0.19	下部, ④, Ss-D1()	-	-	
		取水塔	X方向に直交するせん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.73	下部, ④, Ss-D1()	
			Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.90	下部, ④, Ss-D1()	
			X方向の水平鉄筋	0.85	下部, ④, Ss-D1(+-)	0.82	上部, ④, Ss-D1(+-)	0.53	下部, ④, Ss-D1(+-)	-	-	
	н	○ ▲ 田 送 = 바 나라… ↓	Y方向の水平鉄筋	0.86	上部, ④, Ss-D1(++)	0.73	上部, ④, Ss-D1(++)	0.49	下部, ④, Ss-D1(++)	-	-	
	筒	SA用海水ビット	X方向に直交するせん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.75	下部, ④, Ss-D1(+-)	
	形		Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.68	下部, ④, Ss-D1(++)	
解		代替淡水貯槽	X方向の水平鉄筋	0.82	EL.3.0~-6.4m, ④Ss-D1(++)	0.82	EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++)	0.60	EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1 (++)	-	-	
			Y方向の水平鉄筋	0.84	EL.3.0~-6.4m, ④Ss-D1(++)	0.86	EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++)	0.62	EL14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++)	Ι	-	
			X方向に直交するせん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.59	EL14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++)	
骩			Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.62	EL14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++)	
備		常設低圧代替注 水系ポンプ室	X方向の水平鉄筋	0.84	B1.2F, ④, Ss-D1(++)	0.51	B1,2F, ④, Ss-D1(++)	0.52	B4F, ④, Ss-D1(++)	-	—	
			Y方向の水平鉄筋	0.56	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.83	B4F, ①, Ss-D1()	0.57	B4F, ①, Ss-D1()	I	_	
			X方向に直交するせん断補強筋		-	-	-	-	-	0.62	B4F, ④, Ss-D1(++)	
			Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.67	B4F, ④, Ss-D1(++)	
		尚凯华林南厅雷	X方向の水平鉄筋	0.71	ピット部, ①, Ss-31(-+)	0.64	B4F, ④, Ss-D1(++)	0.33	B4F,④,Ss-D1(++)	-	_	
	矩	吊政化省高圧电	Y方向の水平鉄筋	0.71	B3F, ④, Ss-D1(++)	0.66	B3F, ①, Ss-31(++)	0.27	B4F,④,Ss-D1(++)	-	_	
	形	///////////////////////////////////	X方向に直交するせん断補強筋	-	-	-	-	-	-	0.94	B2F, ①, Ss-31(-+)	
			Y方向に直交するせん断補強筋	_	-	-	-	-	_	0.88	B2F, ①, Ss-31(-+)	
			X方向の水平鉄筋	0.77	B2F, ④, Ss-D1()	0.73	B2F, ①, Ss-D1()	0.26	B4F, ④, Ss-D1(++)	-	_	
		緊急用海水ポン	Y方向の水平鉄筋	0.85	B1F, ④, Ss-D1(++)	0.78	B2F, ①, Ss-31(++)	0.34	B3F, ④, Ss-D1()	-	_	
		プピット	X方向に直交するせん断補強筋	_	_	-	_	-	_	0.71	B1F, ①, Ss-31(++)	
		5	Y方向に直交するせん断補強筋	_	_	-	_	_	-	0.80	B1F, ①, Ss-D1(+-)	

・コンクリートの曲げ圧縮応力及び鉄筋の曲げ引張応力の照査値=発生応力度/短期許容応力度

・せん断補強筋を考慮した鉄筋コンクリートのせん断力の照査値=発生せん断力/短期許容せん断力

①:原地盤に基づく液状化強度特性を用いた解析ケース(基本ケース)

②:地盤物性のばらつきを考慮(+1σ)した解析ケース

③:地盤物性のばらつきを考慮(-1 σ)した解析ケース

④:敷地に存在しない豊浦標準砂の液状化強度特性により地盤を強制的に液状化させることを仮定した解析ケース

⑤:原地盤において非液状化の条件を仮定した解析ケース

⑥:地盤物性のばらつきを考慮(+1 σ)して非液状化の条件を仮定した解析ケース

## 【論点19】 MCCI/FCI対策に係る設計(1/7)



**<本論点の経緯>**万が一に排水配管側が加圧された場合に、配管及び格納容器隔離弁の損傷を防ぐため、念のため自主 設備として安全弁を設ける設計としている。

くコメント⑦>1. 排水配管の使用圧力の考え方について説明すること。
 2. 安全弁の吹出しについて想定される事象を整理し,保守性の考え方,値や意味づけも含め明示すること。

## 1. 安全弁の設置概要

- RPVの破損により、落下デブリがスリット内部に流入した場合、 ごく短時間でデブリは固化し、固化に伴うデブリの収縮に よりスリット内部には蒸気の流路が形成される。これにより、 デブリからの加熱に伴い発生した蒸気は格納容器床ドレン サンプ側に抜けるため、ペデスタル排水系内が蒸気により 急激に圧力上昇することはない。
- 万が一、デブリによる配管内部の流体が膨張し圧力上昇する
   ことを想定し、排水配管側が加圧された際の配管及び弁の
   損傷を防止するため、念のため安全弁を設ける。





## 2. 排水配管の使用圧力の考え方

• PCVバウンダリの限界圧力 0.62 MPa (2Pd) 時でも、ペデスタル内の最大水位維持に影響の無いよう、安全弁の吹出し圧力を、 0.67 MPa と設定



⇒ 以上より 0.76 MPa とする。

## 【論点19】 MCCI/FCI対策に係る設計(3/7)



## 3. 安全弁の吹出しについて

 (1) 安全弁の吹出し量 約 m<sup>3</sup>/h(水の吹出し量)
 (蒸気の吹出し量は約 m<sup>3</sup>/hであるが,蒸気の発生により水が押されて吹出すとの 想定で,評価は水の吹出し量で行う。)

#### (2) 安全弁の吹出し量の妥当性

#### <u>評価方法</u>

・スリットが閉塞し配管内部が加熱された場合の内部流体の体積増加速度と吹出し量を比較

#### 想定する事象

- 原子炉圧力容器の破損直後に、デブリがスリット内に侵入する場合、その駆動源はデブリの自重である。
- スリットに侵入したデブリの前面(水と接する箇所)には、水蒸気の膜が形成され、この膜により、デブリから 水への熱伝達は抑制される。
- 仮にデブリから水への熱伝達が十分に行われ、排水配管内で圧力が上がることを想定した場合でも、デブリ が流動性を有する段階では、デブリをスリットからペデスタル床面側に押し出す力が働くため、排水配管内の 圧力は、デブリ及びデブリ上の水のヘッド圧までの上昇に留まる。
- ここでデブリ及びデブリ上の水のヘッド圧は、デブリの全量を考慮した場合であっても約0.15 MPaであり、有効性評価におけるRPV破損時のD/W圧力(約0.3 MPa)を考慮しても、安全弁の吹出し圧力0.67 MPaを下回るため、安全弁が作動することはない。
- 以上より、デブリの凝固停止までの間、安全弁は動作しない。
- ・よって, 吹出し量の評価は, デブリの凝固停止以降の状態のみを想定して実施。



- 2. 安全弁の吹出しについて
- (2) 安全弁の吹出し量の妥当性【つづき】
  - デブリからの入熱による蒸気発生を想定した場合の吹出し量評価
  - ・デブリの凝固停止(固相線温度)
     ℃)以降の状態において安全弁が動作する状態を想定。
  - ・デブリが凝固停止すると、デブリと水との接触部分に生成された水蒸気の膜を介して、デブリの熱が下流の水に 伝わることで蒸気が発生。あわせて、発生した蒸気がデブリにより加熱されることで体積膨張。これらによって、 ペデスタル排水系の圧力が上昇し、安全弁が動作し、水が安全弁から排出される。
  - 保守的に、デブリから蒸気に伝わる熱が全て下流の水(保守的に飽和状態と想定)へ移行し、水から蒸気への 状態変化に使われる場合を仮定する。
  - 発生蒸気速度は約 \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>/h であり, 安全弁の水の吹出し容量 \_\_\_\_\_m<sup>3</sup>/h よりも小さいため, ペデスタル排水 系内で増加した体積を安全弁で吹出すことで, ペデスタル排水系内の過圧を防止することが可能である。
  - ・ 圧力上昇が厳しくなるよう、デブリの全ての熱が蒸気発生のみに用いられる想定であるが、実際はデブリの熱は 発生蒸気の加熱による体積膨張にも用いられること、スリット内で高温となった蒸気から周囲のコンクリートへの 放熱も考えられること及び水の顕熱を考慮せずに飽和温度にて評価していること等から、体積増加速度は更に 遅くなり、必要吹出し量は更に少なくなる。
  - 最終的に蒸気が安全弁から吹出すことになった場合、蒸気の加熱による体積膨張によりペデスタル排水系内は 加圧されることとなるが、より厳しい上記条件の評価結果に包含される。



#### 表1 デブリから蒸気への熱伝達係数の計算

項目	単位	値	備考
重力加速度(g)	m/s²	9.80	
水の温度(T <sub>∞</sub> )	°C	169	保守的に0.67MPa時の飽和温度として設定*1
デブリの温度(T <sub>w</sub> )	°C		デブリの固相線温度(V-1-8-1 別添2 5.3参照)*2
比体積	m <sup>3</sup> /kg	0.639	蒸気表より計算*3
<b>動粘性係数(</b> ν)	m²/s	0.0000299	蒸気表より計算*3
<b>熱伝導率(λ)</b>	W∕mK	0.108	蒸気表より計算*3
線膨張係数(β)	1/K	0.000969	蒸気表より計算* <sup>3</sup> (=1×体積変化量/(比体積×温度変化量))
プラントル数(Pr)	—	0.879	蒸気表より計算*3
代表長さ(x)	m	1	
グラスホフ数(Gr)	—		$= g \beta (T_w - T_\infty) x^3 / \nu^2$
ヌセルト数(Nu)	—		$=0.046(PrGr)^{1/3}*4$
デブリから蒸気への 熱伝達係数	W∕m²∙K		=Nu $\lambda /x$

- \*1:保守的にデブリからの入熱が全て蒸気への状態変化に使われるよう,水温度を安全弁吹出し時の飽和温度と 想定。
- \*2:デブリが凝固停止する前は、蒸気が発生しても流動性のあるデブリ内を逆流し格納容器床ドレンサンプ側に 抜けると考えられる。
- \*3:蒸気の平均温度として、デブリと水の平均温度:800℃を設定。実際は周囲のスリットへの熱移行により、さらに 低いと考えられる。
- \*4: 伝熱工学(相原利雄著機械工学選書,裳華房)密閉層内の自由対流伝熱における乱流域の平均ヌセルト数の式。 極小密閉層では対流が起こりにくいが,保守的に乱流の対流が起こるとして算出。



#### 表2 デブリから蒸気への入熱量の計算



\*1:デブリが凝固停止する前は、蒸気が発生しても流動性のあるデブリ内を逆流し格納容器床ドレンサンプ側に 抜けると考えられる。

\*2:デブリの表面にはある程度凹凸が生じると考えられることから、保守的にスリット断面積の10倍と想定した。

#### 表3 発生蒸気速度の計算

項目	単位	値	備考
比エンタルピー	J/kg	2,050,000	安全弁の吹出し圧力(0.67MPa)時の飽和温度 169℃ における値 (蒸気表より)
比体積	m <sup>3</sup> /kg	0.248	安全弁の吹出し圧力(0.67MPa)時の飽和温度 169℃ における値 (蒸気表より)
蒸気発生速度	m³/h		= デブリからの入熱量(表2)×比体積×3600/ 比エンタルピー*

\*:デブリから蒸気への入熱量のすべてがすぐに水に伝わり、その熱がすべて蒸気の発生に使用されると仮定した値。

## 【論点19】 MCCI/FCI対策に係る設計 (7/7)



#### 【参考】スリットヘデブリが侵入する過程のイメージ

- -蒸気が発生しても蒸気の流路が形成されることから ペデスタル排水系内が蒸気により急激に圧力上昇 することはないが、安全弁の吹出し量評価のため 閉塞する過程をイメージする。
- ① 導入管内部にデブリが侵入した状態 デブリが導入管を溶融し,導入管内部に侵入。

# $\mathcal{P}$

#### ② スリット内部にデブリが侵入した状態

スリット内部へ水蒸気の膜をまとった状態で デブリが侵入。

デブリ及びデブリ上の水のヘッド圧に対して はスリットからペデスタル床面側に押し戻すた め、安全弁は動作しない。

# $\mathbf{r}$

③ スリットが閉塞しスリット内で蒸気が発生した状態 スリット内でデブリが凝固停止し,デブリからの 熱で蒸気が発生し,配管内が安全弁の吹出し圧 カ以上になると,安全弁から水が吹出す。



#### 図4 ①導入管内部にデブリが侵入した状態



## (参考)【論点15】 強度評価におけるPCV動荷重の考慮(1/1)

<SA時に新たに考慮する荷重>

原子炉停止機能喪失(ATWS)時の原子炉圧力容器圧力による動荷重への影響については,設計基準事故時の逃がし安全弁(SRV)作動時の動荷重よりも大きくなる可能性があることから,設計基準事故を超える原子炉圧力の状態においては,SRV動荷重を線形補間(1.1倍)した動荷重を考慮する。

なお,原子炉格納容器(PCV)最大圧力とSRV作動時の動荷重の組合せについては,プラント状態を 踏まえ,最も厳しくなる組合せを考慮する。

<荷重の組合せを考慮した強度評価> PCV及びPCV内構造物について、PCV圧力と動荷重の 組合せを考慮して評価した結果、線形補間したSRV 動荷重の影響が厳しくなった部位を表1に示す。

これらの評価結果については、いずれの発生値も 許容値を満足している。



🜗 if hT h

	<u>表1</u>	<u>SRV動荷重を線形補間</u>	( <u>1.1倍)</u>	<u>した強度評価結果</u>
--	-----------	--------------------	----------------	-----------------

評価対象 部位	評価応力・ひずみ	SA時発生値	許容値
ベント管	ー次膜応力+ ー次曲げ応力	139 MPa (評価点②)	379 MPa
ペデックリ	圧縮ひずみ	0.000173 (評価点B)	0.003
~~~~	面外せん断	526 N/mm (評価点A)	2992 N/mm



# 参考資料

## 【論点8】(参考1)立坑構造物の解析モデル変更について



#### 矩形立坑

#### 矩形立坑の側壁の水平鉄筋

・ 側壁の水平鉄筋(①面内方向のせん断補強筋,②面内方向の主鉄筋,③面外方向のせん断補強筋)については、鉛直方向地震力の影響が含まれた水平2方向のそれぞれの地震力を負担する役割を持たせた①、②、③の各必要鉄筋量以上をそれぞれ配置した各部材のせん断力照査及び曲げ軸力照査の全ての照査値が許容値以下であることを確認することで、水平2方向及び鉛直方向地震力が同時に与えられた場合における地震力を負担できる設計として妥当であることを確認した。

#### 側壁の鉛直鉄筋

 ・ 側壁の鉛直鉄筋については、水平1方向及び鉛直方向地震 力の影響を考慮した直交する各2次元鉛直断面モデルによる矩形立坑の時刻歴最大曲げ軸力に加え、側壁と版の結合 部における局所的な曲げモーメント増分を加えたそれぞれの断面方向の曲げ軸力に対する全ての照査値が許容値以下 であることを確認することで、水平2方向及び鉛直方向地 震力が同時に与えられた場合における地震力を負担できる 設計として妥当であることを確認した。

壁 せん断補強筋 スラブ 水平鉄筋 スラブ せん断補強筋 スラブ 水平鉄筋 スラブ 水平鉄筋 スラブ せん断補強筋 壁 水平鉄筋 スラブ 水平鉄筋 壁 鉛直鉄筋 スラブ 水平鉄筋 スラブ せん断補強筋 スラブ 水平鉄筋 スラブ 水平鉄筋 Ζ スラブ せん断補強筋 スラブ 水平鉄筋 **→** x



部材	照査対象鉄筋	記号	部材評価
	鉛直主鉄筋	_	立坑線形はり要素の鉛直断面設計(曲げ軸力)
但山已主	せん断補強筋		立坑線形はり要素の鉛直断面設計(せん断力)
側壁	水平主鉄筋	_	水平輪切り断面の設計(曲げ軸力)
	せん断補強筋	—	水平輪切り断面の設計(せん断力)
다	水平主鉄筋	_	底版の設計(曲げモーメント)
<b></b>	せん断補強筋	_	底版の設計(せん断力)
頂版及び	水平主鉄筋	_	底版の設計(曲げモーメント)
中床版	せん断補強筋	_	底版の設計(せん断力)

立坑鉛直断面

## 【論点8】(参考2)立坑構造物の解析モデル変更について



#### 円筒形立坑

#### 円筒形立坑の側壁の水平鉄筋

- ・ 側壁の面内せん断力に対する水平方向のせん断補強筋の 設計は、コンクリート標準示方書 [構造性能照査編] ( (社) 土木学会、2002年制定)に準拠して、円筒形断面 を同じ面積の矩形断面として考慮し実施する。
- ・ 側壁の水平鉄筋(①面内方向のせん断補強筋,②面内方向の主鉄筋,③面外方向のせん断補強筋)については、 鉛直方向地震力の影響が含まれた水平2方向のそれぞれの地震力を負担する役割を持たせた①,②,③の各必要鉄筋量以上をそれぞれ配置した各部材のせん断力照査及び曲げ軸力照査の全ての照査値が許容値以下であることを確認することで、水平2方向及び鉛直方向地震力が同時に与えられた場合における地震力を負担できる設計として妥当であることを確認した。

#### 円筒形立坑の側壁の鉛直鉄筋

 ・ 側壁の鉛直鉄筋については、水平1方向及び鉛直方向地 震力の影響を考慮した直交する各2次元鉛直断面モデル による解析結果のうち、円筒形立坑の曲げ軸力が時刻歴 最大となる時刻の曲げモーメントを直交する方向にも同 時に作用させるものと保守的に仮定(曲げモーメントを √2倍)した場合の曲げ軸力に加え、側壁と版の結合部 における局所的な曲げモーメント増分を加えた曲げ軸力 に対する全ての照査値が許容値以下であることを確認す ることで、水平2方向及び鉛直方向地震力が同時に与え られた場合における地震力を負担できる設計として妥当 であることを確認した。



	部材	照査対象鉄筋	記号	部材評価
		鉛直主鉄筋	_	立坑線形はり要素の鉛直断面設計(曲げ軸力)
	但山巴立	せん断補強筋		立坑線形はり要素の鉛直断面設計(せん断力)
	1) 世         -         -           水平主鉄筋         水平輪切り断面の設計(曲げ軸力)		水平輪切り断面の設計(曲げ軸力)	
		せん断補強筋	_	水平輪切り断面の設計(せん断力)
	中后	水平主鉄筋	_	底版の設計(曲げモーメント)
	吃版	せん断補強筋	_	底版の設計(せん断力)
	頂版及び	水平主鉄筋	_	底版の設計(曲げモーメント)
	中床版	せん断補強筋		底版の設計(せん断力)