

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20日

日本原子力発電株式会社

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)

コメント内容	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
	黒丸数字	過去の審査会合において、ご指摘を頂いたもの

分類	論点		コメント内容	審査会合
				8/23回答分
耐津波	1	鋼製防護壁の止水機構の地震時における追従性	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)
			③ 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)
				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
			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)
			⑤ 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)
			⑥ 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)
	⑦ 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)
耐震	3	可搬型設備の耐震性	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)
			② 加振試験結果	完了(4/5)
	4	機器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)
			② 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)
	5	スタンドパイプの耐震評価	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)
			② 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)
			③ 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)



分類	論点		コメント内容	審査会合
				8/23回答分
耐震	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表性及び網羅性	① 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)
			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)
			② 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	完了(7/3)
	7	鋼製防護壁の上部・下部構造の接合部の評価	① 三次元解析(COM3)の評価結果	完了(7/3)
			② 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	○
			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。	○
	9	原子炉建屋基礎盤の耐震評価	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)
			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)
			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)
			② 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)		
	10	地震観測記録を踏まえた耐震評価への影響	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對する設備影響評価結果	完了(7/3)
② 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(弁の高振動数領域の考慮)	① 高振動数領域まで考慮した評価結果	完了(7/3)	
		② 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	論点		コメント内容	審査会合
				8/23回答分
外部事象	12	降下火砕物に対する建屋の健全性	① 原子炉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)
			② 3次元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合部の状態を示す	完了(5/31)
機械設計	13	SA時の強度評価における設計方針	① 強度評価方針として、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な値(0.5)を採用することの考え方	完了(5/31)
			② SA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、順次計算結果を示す	完了(8/2)
	14	SA時の強度評価における設計条件(SAクラス2機器であって、クラス1機器の設計条件)	① 建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	完了(6/14)
			② 設計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)
	15	強度評価におけるPCV動荷重の考慮	① SRV作動時の動荷重が、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添えて説明すること(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)
			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	完了(8/2)
			② 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のような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	完了(7/3)
	16	SA環境を考慮したPCV閉じ込め機能	③ 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)
			① 圧縮永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)
	17	ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法	② ガasket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)
実証試験			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)
			② ブ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)
			ブ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	完了(7/10)
			③ 実機大モックアップ試験時の予備品の考え方、リスク管理について説明すること	完了(5/31)
	④ リスク管理の試験スケジュール(クリップ幅変更等)をスケジュール追加すること	完了(5/31)		
⑤ 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	完了(5/31)			

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)



分類	論点	コメント内容		審査会合	
				8/23回答分	
機械設計	17 ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法	実証試験	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)	
			⑦ 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 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)	
		⑩ 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)	
		要求機能	⑪ 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)	
			⑫ 強制開放装置の位置付け	完了(5/17)	
			⑬ 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)	
		耐震	⑭ 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)	
			⑮ 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)	
		追加試験	⑯ 部品の裕度評価及び門の設計に関する説明	完了(7/19)	
			門設置に伴う扉開閉の維持管理に関する説明	完了(7/19)	
			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)	
		18 SRVのSA耐環境性		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)
③ 非常用逃がし安全弁駆動系の耐環境性	完了(4/5)				
④ 過去のSRV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)				
⑤ 健全性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		審査会合		
				8/23回答分		
機械設計	19	MCCI/FCI対策に係る設計	①	試験	モックアップ試験結果	完了(6/14)
					導入管カバーを考慮した試験も含め、モックアップ試験の結果について示すこと	完了(7/3)
			②		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)
			③	施工	コリウムシールドの施工性	完了(5/31)
			④	工 認 上 の 扱 い	工認対象範囲	完了(5/31)
			⑤		コリウムシールドのドレン水貯蔵機能	完了(5/31)
			⑥		コリウムシールドライナーの工認上の記載	完了(5/31)
			⑦		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、ドライウエ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)
					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)
	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	○				
			排水配管の使用圧力の考え方について説明すること		○	
	20	ECCSポンプのSA時でのNP SH評価	① ② ③ ④	試験・手順	試験結果および評価結果	完了(7/3)
					試験の再現性(投入異物の攪拌・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)
					試験手順について示すこと	完了(5/31)
					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	—	—	完了(5/17)	
	22	燃料集合体落下時の使用済燃料プールライニングの健全性	① ② ③	使用済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おり、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)	
				試験結果および評価結果	完了(7/3)	
				CFD解析モデルについて説明すること	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，水平二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

- ・ 水平二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。
- ・ 6つの立坑構造物の照査結果について説明すること。

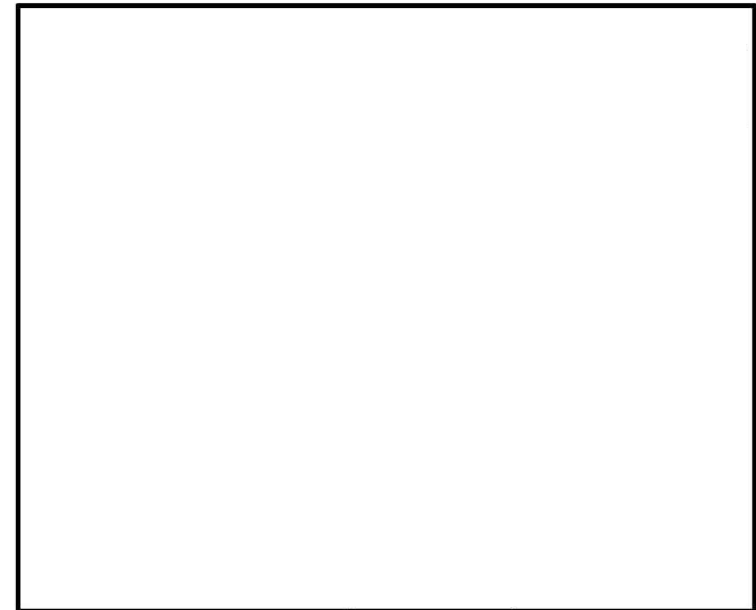
3. 回答概要

- ・ **矩形立坑，円筒形立坑のせん断力に対する設計，及び矩形立坑の曲げ軸力に対する設計**

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独立に負担する役割を持たせた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。

- ・ **円筒形立坑の曲げ軸力に対する設計**

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，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 $\sqrt{2}$ 倍）して評価を行い，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。

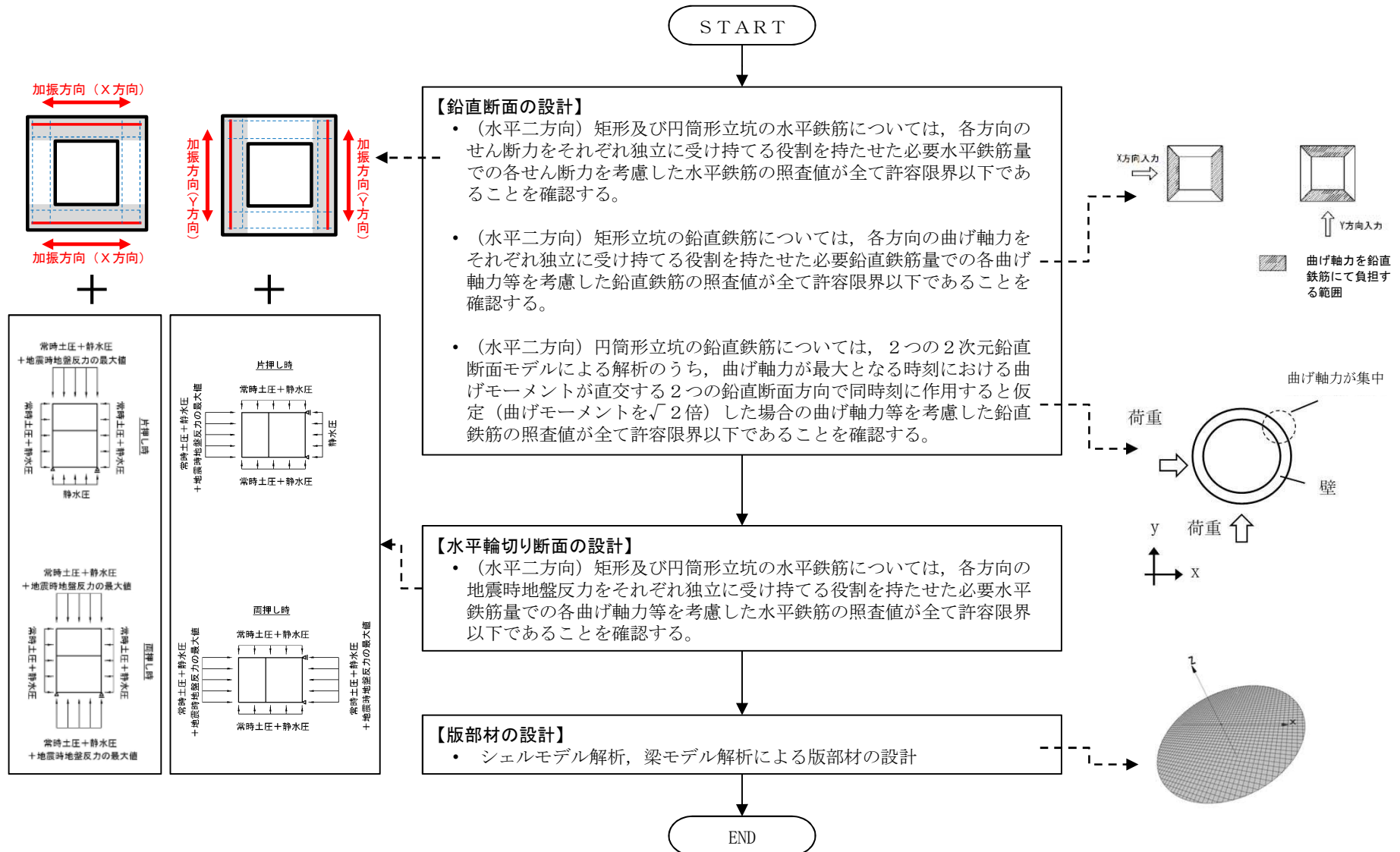


屋外重要土木構造物の平面配置図

【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(2/9) (水平二方向及び鉛直方向地震力に対する検討フロー)



4. 水平二方向及び鉛直方向地震力に対する検討フロー 水平二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。

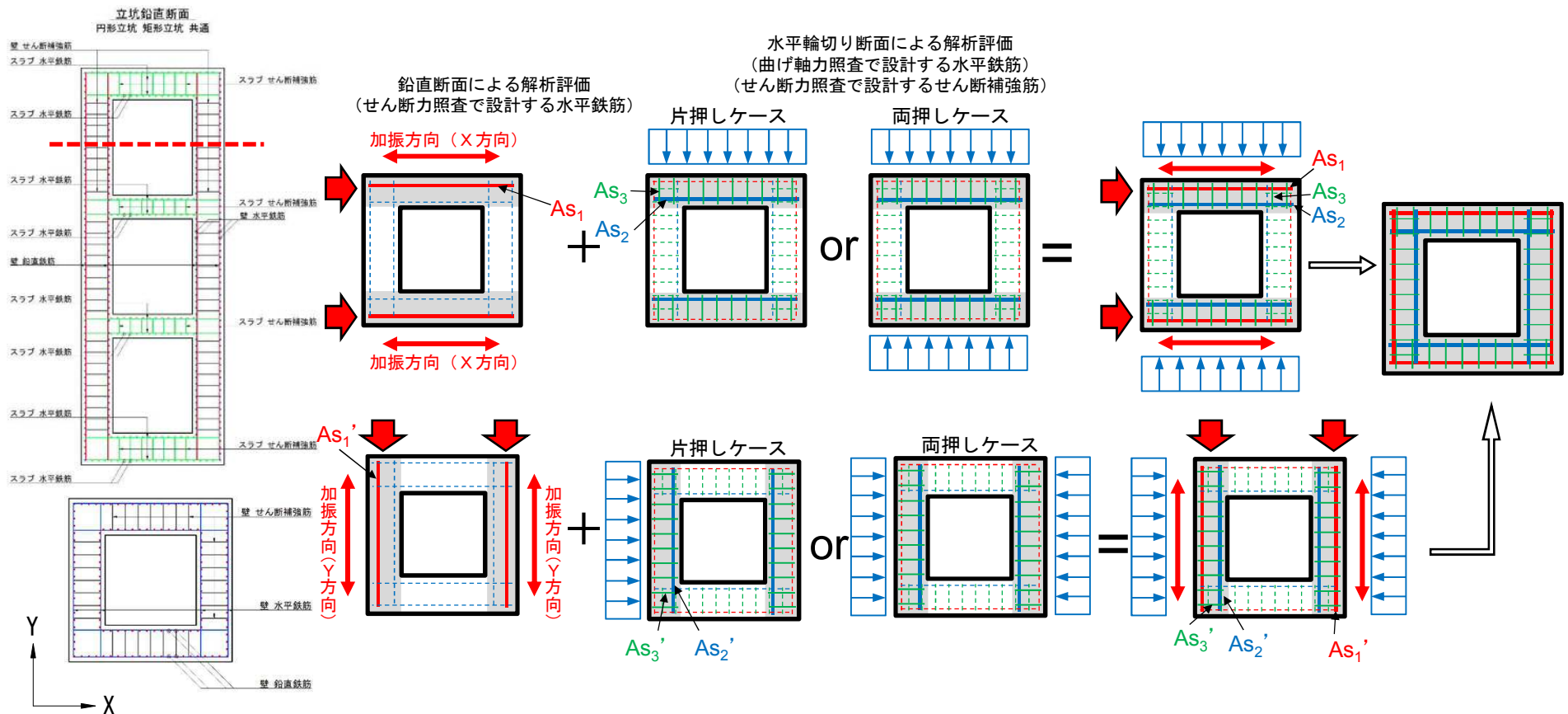


【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(3/9) (水平二方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計)



5. 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を算定する (As_1)。
- 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を算定する (As_2)。
- 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 ($As_1 + As_2$) 以上をX方向及びY方向に配置する。
- ③ これと共に、入力方向と直交する壁に発生するせん断力に対しては、水平断面モデルによるせん断力照査で設計するせん断補強筋を配置する (As_3)。
- ④ 許容限界以下の確認
 - $As_1 + As_2$ に対する照査値を確認する (一方向入力に対し、合計水平鉄筋量 ($As_1 + As_2$) のせん断力及び曲げ軸力に対する照査値)
 - As_1 及び As_2 それぞれに対する照査値を確認する (二方向入力に対し、せん断力、曲げ軸力を独立に受け持たせた場合の照査値)
 - As_3 に対する照査値を確認する (面外方向のせん断力に対するせん断補強筋 (As_3) を考慮した照査値)

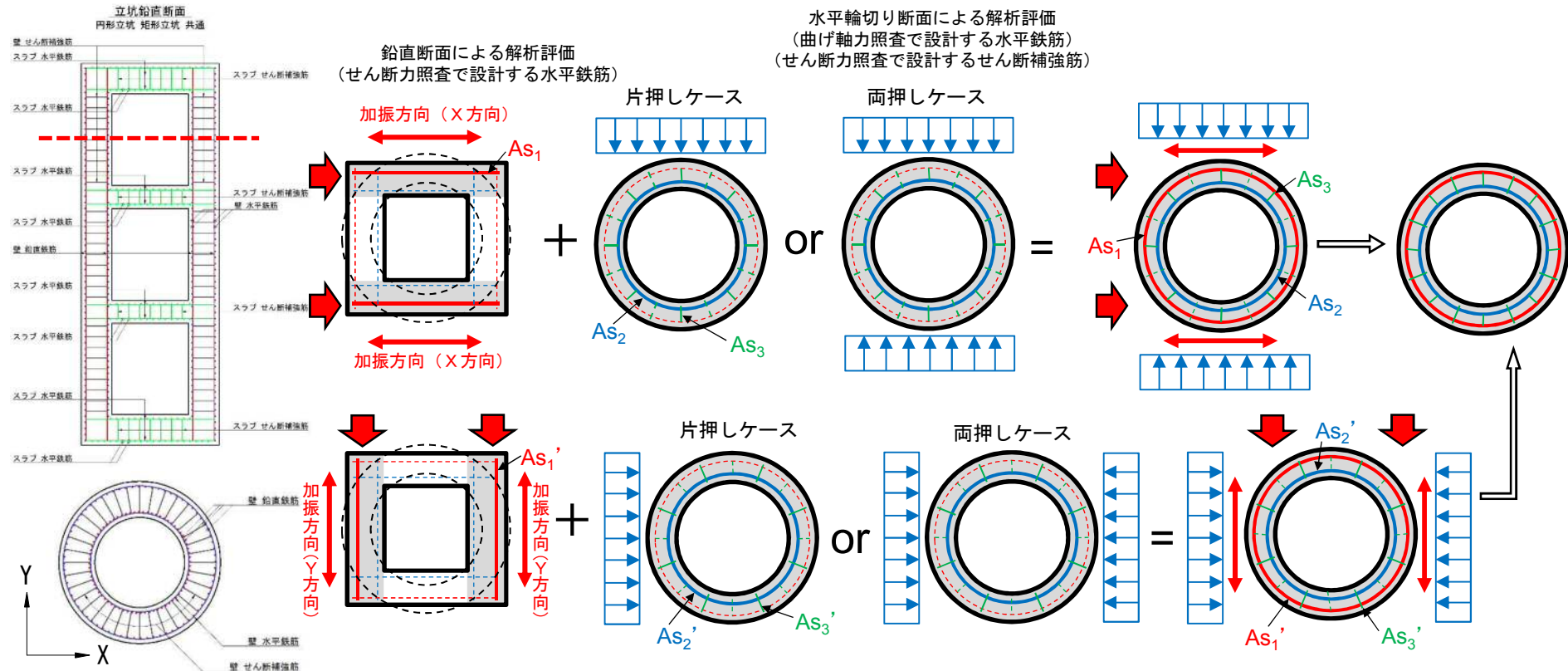


【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(4/9) (水平二方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計)



6. 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を算定する (As_1)。
- 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を算定する (As_2)。
- 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_1+As_2) 以上をX方向及びY方向に配置する。
- ③ これと共に、入力方向と直交する壁に発生するせん断力に対しては、水平断面モデルによるせん断力照査で設計するせん断補強筋を配置する (As_3)。
- ④ 許容限界以下の確認
 - As_1+As_2 に対する照査値を確認する (一方向入力に対し、合計水平鉄筋量 (As_1+As_2) のせん断力及び曲げ軸力に対する照査値)
 - As_1 及び As_2 それぞれに対する照査値を確認する (二方向入力に対し、せん断力、曲げ軸力を独立に受け持たせた場合の照査値)
 - As_3 に対する照査値を確認する (面外方向のせん断力に対するせん断補強筋 (As_3) を考慮した照査値)

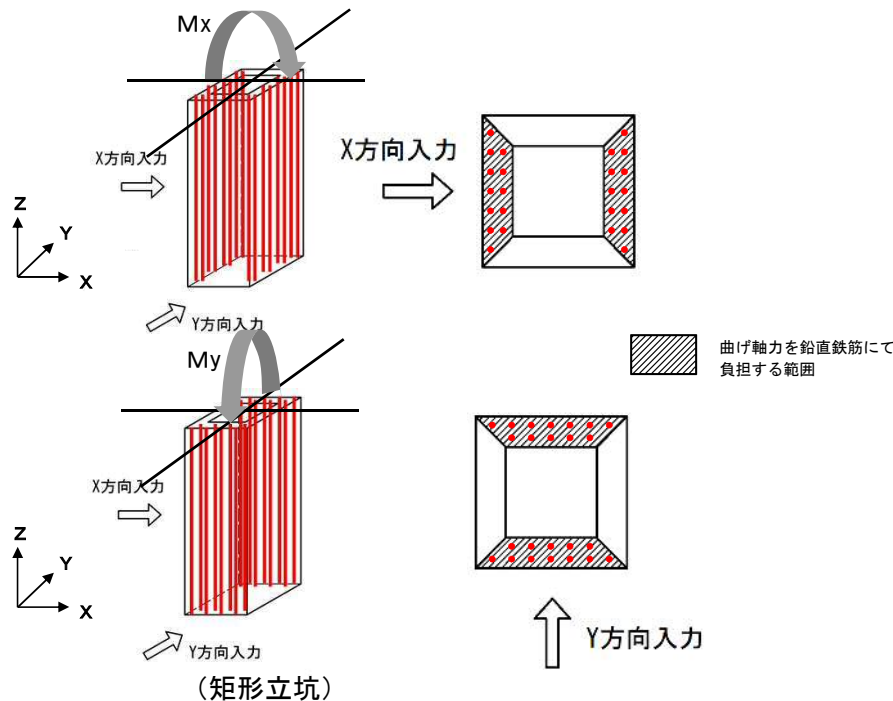


【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(5/9) (水平二方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計)

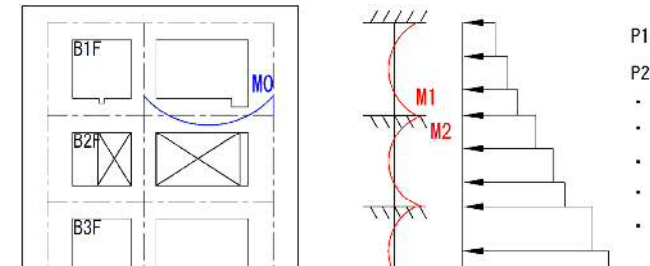


7. 側壁の鉛直鉄筋の設計 (矩形立坑)

- ① 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_{V1} 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_{V1})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($M_0 + \text{Max}(M_1, M_2)$)に対し、鉛直鉄筋に発生する引張応力度(σ_{V2})を求める。
- ③ 許容限界以下の確認
 - $\sigma_{V1} + \sigma_{V2}$ に対する照査値を確認する。



側壁と版の固定境界における局所的な曲げモーメント増分の検討
水平二方向及び鉛直方向地震力を考慮した検討



① 鉛直断面モデルによる鉛直鉄筋に発生する引張応力度 σ_{V1} の算定

② 版と側壁の固定境界に発生する曲げモーメント増分に対する引張応力度 σ_{V2} の算定

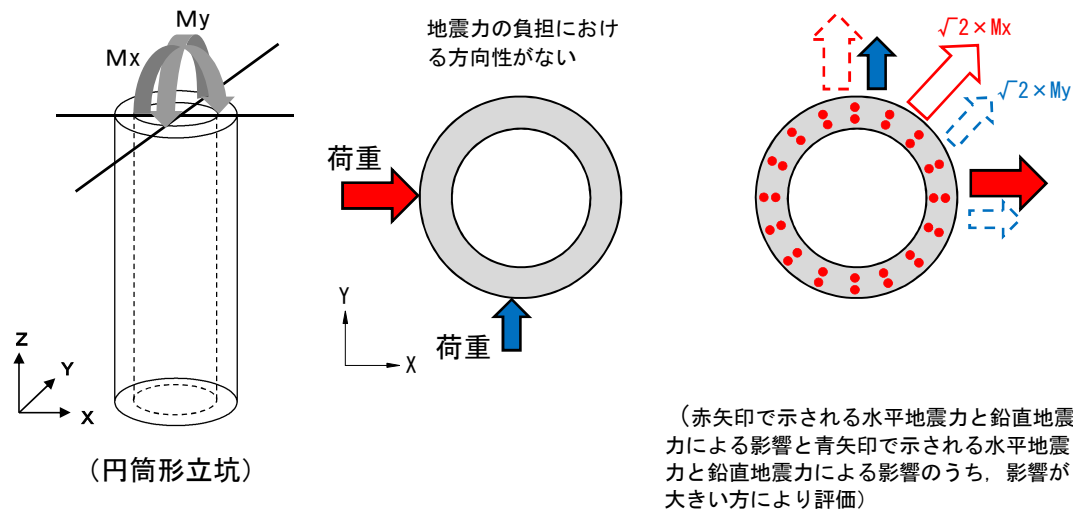
矩形立坑の側壁の鉛直鉄筋については、水平1方向及び鉛直方向地震力の影響を考慮した直交する各2次元鉛直断面モデルによる矩形立坑の時刻歴最大曲げ軸力に加え、側壁と版の結合部における局所的な曲げモーメント増分を加えたそれぞれの断面方向の曲げ軸力に対する全ての照査値が許容値以下であることを確認することで、水平2方向及び鉛直方向地震力が同時に与えられた場合における地震力を負担できる設計として妥当であることを確認した。

【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(6/9) (水平二方向及び鉛直方向地震力を考慮した設計)

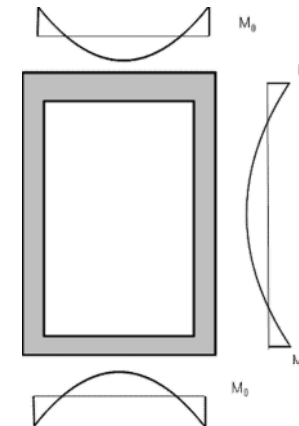


8. 側壁の鉛直鉄筋の設計 (円筒形立坑)

- ① 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 $\sqrt{2}$ 倍) して、鉛直鉄筋に発生する引張応力度 (σ_{V1}') 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 ($M_0 + \text{Max} (M_1, M_2)$) に対し、鉛直鉄筋に発生する引張応力度 (σ_{V2}) を求める。
- ③ 許容限界以下の確認
 - ・ $\sigma_{V1}' + \sigma_{V2}$ に対する照査値を確認する。



側壁と版の固定境界における局所的な曲げモーメント増分の検討
水平二方向及び鉛直方向地震力を考慮した検討



① 鉛直断面モデルによる鉛直鉄筋に発生する引張応力度 σ_{V1}' の算定

② 版と側壁の固定境界に発生する曲げモーメント増分に対する引張応力度 σ_{V2} の算定

円筒形立坑の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仮定 (曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 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。

【論点8】立坑構造物の解析モデル変更について(7/9) (側壁の水平鉄筋の評価結果)



9. 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（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独立に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。

As₁及びAs₂の照査位置は，実配筋鉄筋量（As₁+As₂）の照査位置と同位置のものである。

表1 側壁の水平鉄筋に係る照査結果表

	鉄筋	照査値 (二方向入力に対し，役割に応じて各水平鉄筋が独立に負担できることを確認した照査値)			照査値 (一方向入力に対し，合計水平鉄筋量での照査値)			
		二次元鉛直断面モデル (せん断力照査) As ₁	水平輪切り断面モデル		二次元鉛直断面モデル (せん断力照査) As ₁ +As ₂	水平輪切り断面モデル (曲げ軸力照査) As ₁ +As ₂		
			(曲げ軸力照査) As ₂	(せん断力照査) As ₃				
解析評価	円筒形	SA用海水ピット取水塔	X方向の水平鉄筋	0.53(上部, ④, Ss-D1(-))	0.30(上部, ④, Ss-D1(-))	-	0.51(上部, ④, Ss-D1(-))	0.02(上部, ④, Ss-D1(-))
			Y方向の水平鉄筋	0.35(上部, ④, Ss-D1(-))	0.32(上部, ④, Ss-D1(-))	-	0.33(上部, ④, Ss-D1(-))	0.02(上部, ④, Ss-D1(-))
		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(-))	-	-	
	SA用海水ピット	X方向の水平鉄筋	0.85(下部, ④, Ss-D1(+))	0.14(下部, ④, Ss-D1(+))	-	0.81(下部, ④, Ss-D1(+))	0.05(下部, ④, Ss-D1(+))	
		Y方向の水平鉄筋	0.86(上部, ④, Ss-D1(++))	0.73(上部, ④, Ss-D1(++))	-	0.68(上部, ④, Ss-D1(++))	0.15(上部, ④, Ss-D1(++))	
		X方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.75(下部, ④, Ss-D1(+))	-	-	
		Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.68(下部, ④, Ss-D1(++))	-	-	
	代替淡水貯槽	X方向の水平鉄筋	0.70 (EL-14.2~-18.5m, ④Ss-D1(++))	0.82 (EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++))	-	0.38 (EL-14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++))	0.64 (EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++))	
		Y方向の水平鉄筋	0.74 (EL-14.2~-18.5m, ④Ss-D1(++))	0.86 (EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++))	-	0.40 (EL-14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++))	0.65 (EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++))	
		X方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.58 (EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++))	-	-	
		Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.60 (EL.3.0~-6.4m, ④Ss-D1(++))	-	-	
矩形	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側壁, ④, Ss-D1(++))	0.51(B1.2F側壁, ④, Ss-D1(++))	-	0.49(B1.2F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.31(B1.2F側壁, ④, Ss-D1(++))	
		Y方向の水平鉄筋	0.54(B3F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.83(B4F側壁, ①, Ss-D1(-))	-	0.32(B3F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.61(B4F側壁, ①, Ss-D1(-))	
		X方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.48(B1.2F側壁, ④, Ss-D1(++))	-	-	
		Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.58(B4F側壁, ①, Ss-D1(-))	-	-	
	常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)	X方向の水平鉄筋	0.69(B4FTN部, ①, Ss-31(++))	0.64(B4F, ④, Ss-D1(++))	-	0.35(B4FTN部, ①, Ss-31(++))	0.38(B4F, ④, Ss-D1(++))	
		Y方向の水平鉄筋	0.71(B3F, ④, Ss-D1(++))	0.66(B3F, ①, Ss-31(++))	-	0.36(B3F, ④, Ss-D1(++))	0.43(B3F, ①, Ss-31(++))	
		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(++))	-	-	
	緊急用海水ポンプピット	X方向の水平鉄筋	0.77(B2F, ④, Ss-D1(-))	0.54(B1F, ①, Ss-31(++))	-	0.52(B2F, ④, Ss-D1(-))	0.43(B1F, ①, Ss-31(++))	
		Y方向の水平鉄筋	0.82(B2F, ④, Ss-D1(++))	0.69(B1F, ①, Ss-D1(++))	-	0.49(B2F, ④, Ss-D1(++))	0.69(B1F, ①, Ss-D1(++))	
		X方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.71(B1F, ①, Ss-31(++))	-	-	
		Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.80(B1F, ①, Ss-D1(++))	-	-	

【論点8】 立坑構造物の解析モデル変更について(8/9) (側壁の鉛直鉄筋の評価結果)



10. 側壁の鉛直鉄筋の評価結果

(1) 矩形立坑の側壁の鉛直鉄筋

矩形立坑の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。

(2) 円筒形立坑の側壁の鉛直鉄筋

円筒形立坑の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仮定(曲げモーメントを $\sqrt{2}$ 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。

表2 側壁の鉛直鉄筋に係る照査結果表

		鉄筋	照査値							
			二次元鉛直断面モデル	版のシェル解析モデルあるいは梁モデル	引張応力度 $\sigma_{v1} + \sigma_{v2}$ に対する照査値	二次元鉛直断面モデル	版のシェル解析モデルあるいは梁モデル	引張応力度 $\sigma_{v1}' + \sigma_{v2}'$ に対する照査値	コンクリートの曲げ圧縮に対する照査値 σ_c	
			引張応力度 σ_{v1} に対する照査値	引張応力度 σ_{v2} に対する照査値		引張応力度 σ_{v1}' に対する照査値	引張応力度 σ_{v2}' に対する照査値			
解析評価	円筒形	SA用海水ピット取水塔	X方向の鉛直鉄筋	—	—	—	0.39 (下部, ④, Ss-D1(-))	0.16 (底板, ④, Ss-D1(-))	0.54 (下部, ④, Ss-D1(-))	0.35 (下部, ④, Ss-D1(-))
			Y方向の鉛直鉄筋	—	—	—	0.27 (下部, ④, Ss-D1(-))	0.19 (底板, ④, Ss-D1(-))	0.46 (下部, ④, Ss-D1(-))	0.26 (下部, ④, Ss-D1(-))
		SA用海水ピット	X方向の鉛直鉄筋	—	—	—	0.37 (下部, ④, Ss-D1(+))	0.60 (底板, ④, Ss-D1(+))	0.97 (下部, ④, Ss-D1(+))	0.33 (下部, ④, Ss-D1(+))
			Y方向の鉛直鉄筋	—	—	—	0.34 (下部, ④, Ss-D1(++))	0.55 (底板, 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(++))
	矩形	常設低圧代替注水系ポンプ室	X方向の鉛直鉄筋	0.37 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.29 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.66 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	—	—	—	0.44 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))
			Y方向の鉛直鉄筋	0.36 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.29 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.65 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	—	—	—	0.38 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))
		常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)	X方向の鉛直鉄筋	— ^{※1} (南側壁ピット, ④, Ss-D1(++))	0.33 (南側壁ピット, ④, Ss-D1(++))	0.33 (南側壁ピット, ④, Ss-D1(++))	—	—	—	0.29 (南側壁ピット, ④, Ss-D1(++))
			Y方向の鉛直鉄筋	0.39 (B4F東側壁, ④, Ss-D1(++))	0.21 (B4F東側壁, ④, Ss-D1(++))	0.60 (B4F東側壁, ④, Ss-D1(++))	—	—	—	0.39 (B4F東側壁, ④, Ss-D1(++))
緊急用海水ポンプピット		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(-))	
		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(++))	

※1 全断面圧縮状態であり、引張力は生じていない。

【論点8】立坑構造物の解析モデル変更について(9/9) (版部材の評価結果)



1.1. 版部材の評価

版部材の評価において全ての照査値が1.0を下回っていることを確認した。

コンクリートの曲げ圧縮に対する照査		照査値	備考	
解析評価	円筒形	SA用海水ピット取水塔	0.20	底版, ⑥, Ss-D1(--)
		SA用海水ピット	0.48	底版, ③, Ss-D1(+)
		代替淡水貯槽	0.45	底版, ④, Ss-D1(++)
	矩形	常設低圧代替注水系ポンプ室	0.81	B3F, ④, Ss-D1(++)
		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(+)
		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	円筒形	SA用海水ピット取水塔	0.30	底版, ⑥, Ss-D1(--)
		SA用海水ピット	0.60	底版, ③, Ss-D1(+)
		代替淡水貯槽	0.77	底版, ④, Ss-D1(++)
	矩形	常設低圧代替注水系ポンプ室	0.69	B3F, ④, Ss-D1(++)
		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(+)
		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	
解析評価	円筒形	SA用海水ピット取水塔	0.53	底版, ⑥, Ss-D1(--)
		SA用海水ピット	0.62	頂版, ①, Ss-D1(+)
		代替淡水貯槽	0.51	底版, ①, Ss-22
	矩形	常設低圧代替注水系ポンプ室	0.72	底版, ①, Ss-21
		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(--)
		緊急用海水ポンプピット	0.41	底版, ①, Ss-D1(--)

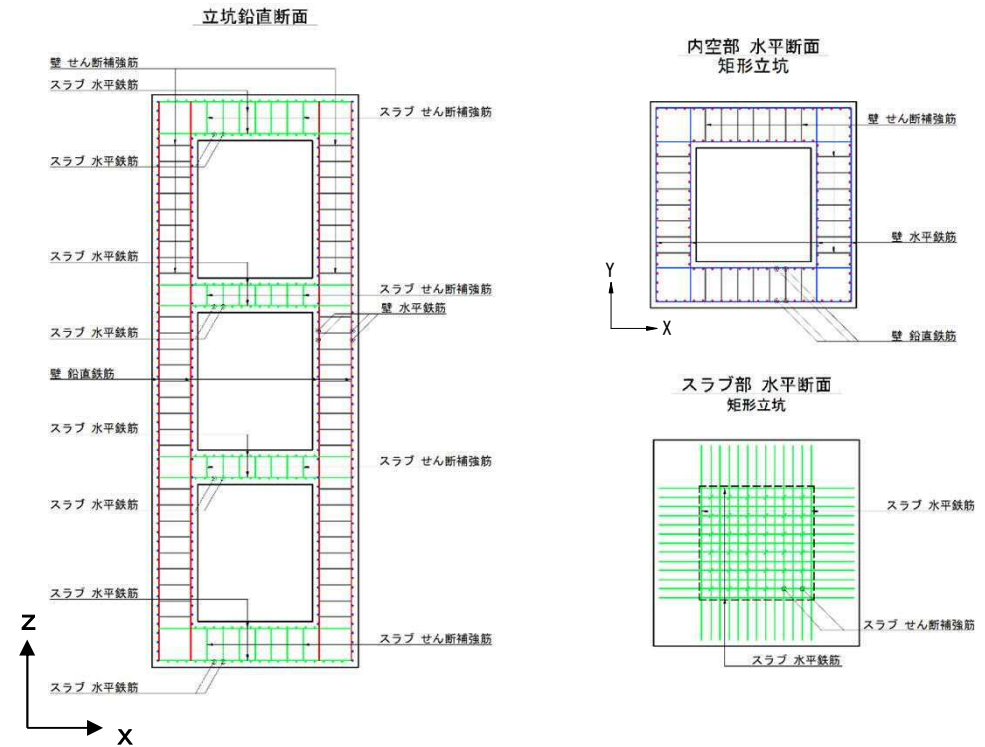
矩形立坑

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独立に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。



部材	照査対象鉄筋	記号	部材評価
側壁	鉛直鉄筋	—	立坑線形はり要素の鉛直断面設計(曲げ軸力)
	水平鉄筋	—	立坑線形はり要素の鉛直断面設計(せん断力)
			水平断面の設計(曲げ軸力)
	せん断補強筋	—	水平断面の設計(せん断力)
底版	水平鉄筋	—	底版の設計(曲げモーメント)
	せん断補強筋	—	底版の設計(せん断力)
頂版	水平鉄筋	—	頂版の設計(曲げモーメント)
	せん断補強筋	—	頂版の設計(せん断力)

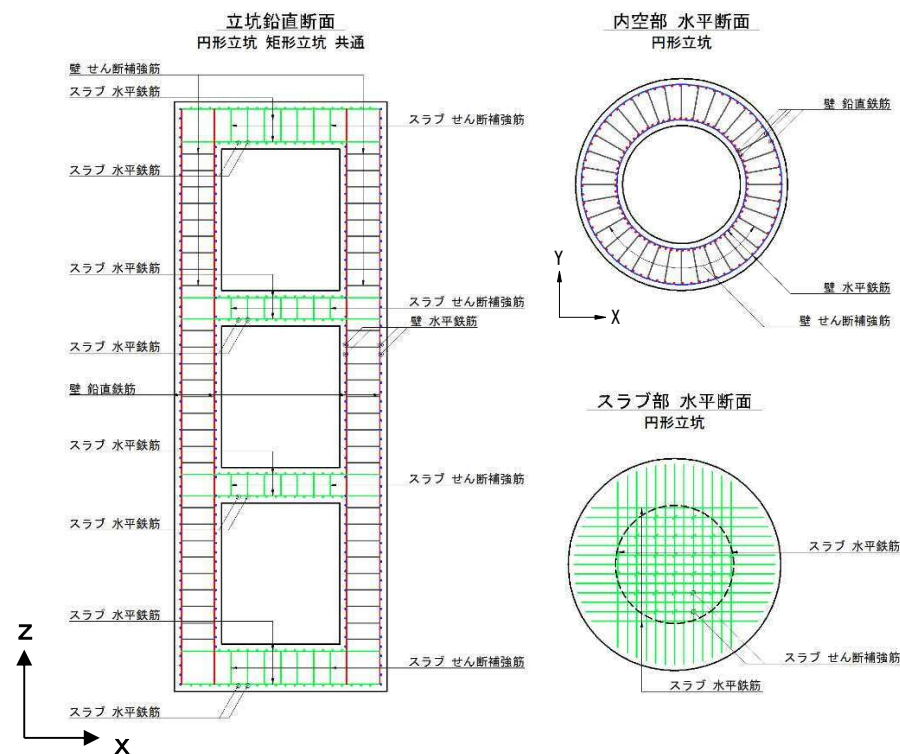
円筒形立坑

円筒形立坑の側壁の水平鉄筋

- 側壁の水平方向の鉄筋の設計は、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独立に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 $\sqrt{2}$ 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
側壁	鉛直鉄筋	—	立坑線形はり要素の鉛直断面設計（曲げ軸力）
	水平鉄筋	—	立坑線形はり要素の鉛直断面設計（せん断力） 水平断面の設計（曲げ軸力）
	せん断補強筋	—	水平断面の設計（せん断力）
底版	水平鉄筋	—	底版の設計（曲げモーメント）
	せん断補強筋	—	底版の設計（せん断力）
頂版	水平鉄筋	—	頂版の設計（曲げモーメント）
	せん断補強筋	—	頂版の設計（せん断力）

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



側壁の水平鉄筋の評価結果

側壁の水平鉄筋の照査値について、階層、地震波、地盤条件が異なる条件での最大照査値を示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。

As₁及びAs₂の照査位置は、実配筋鉄筋量 (As₁+As₂) と関係なく、異なる階、地震波、地盤ケースのものも含め、最大照査値を抽出したものである。

(参考) 側壁の水平鉄筋に係る照査結果表

		鉄筋	照査値 (二方向入力に対し、役割に応じて各水平鉄筋が独立に負担できることを確認した照査値)			照査値 (一方向入力に対し、合計水平鉄筋量での照査値)		
			二次元鉛直断面モデル	水平輪切り断面モデル		二次元鉛直断面モデル	水平輪切り断面モデル	
				(せん断力照査) As ₁	(曲げ軸力照査) As ₂			(せん断力照査) As ₃
				(せん断力照査) As ₁ +As ₂				(曲げ軸力照査) As ₁ +As ₂
評価結果	円筒形	SA用海水ピット取水塔	X方向の水平鉄筋	0.53(上部, ④, Ss-D1(-))	0.30(上部, ④, Ss-D1(-))	-	0.51(上部, ④, Ss-D1(-))	0.02(上部, ④, Ss-D1(-))
			Y方向の水平鉄筋	0.35(上部, ④, Ss-D1(-))	0.32(上部, ④, Ss-D1(-))	-	0.33(上部, ④, Ss-D1(-))	0.02(上部, ④, Ss-D1(-))
		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(-))	-	-	
		SA用海水ピット	X方向の水平鉄筋	0.85(下部, ④, Ss-D1(+))	0.82(上部, ④, Ss-D1(+))	-	0.81(下部, ④, Ss-D1(+))	0.05(下部, ④, Ss-D1(+))
			Y方向の水平鉄筋	0.86(上部, ④, Ss-D1(++))	0.73(上部, ④, Ss-D1(++))	-	0.68(上部, ④, Ss-D1(++))	0.15(上部, ④, Ss-D1(++))
	X方向に直交するせん断補強筋		-	-	0.75(下部, ④, Ss-D1(+))	-	-	
	Y方向に直交するせん断補強筋		-	-	0.68(下部, ④, Ss-D1(++))	-	-	
	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(++))	-	0.38 (EL.-14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++))	0.64 (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(++))	-	0.40 (EL.-14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++))	0.65 (EL.3.0~-6.4m, ④, Ss-D1(++))	
		X方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.59 (EL.-14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++))	-	-	
		Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.62 (EL.-14.2~-18.5m, ④, Ss-D1(++))	-	-	
矩形	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側壁, ④, Ss-D1(++))	0.51(B1.2F側壁, ④, Ss-D1(++))	-	0.49(B1.2F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.31(B1.2F側壁, ④, Ss-D1(++))	
		Y方向の水平鉄筋	0.56(B3F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.83(B4F側壁, ①, Ss-D1(-))	-	0.32(B3F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.61(B4F側壁, ①, Ss-D1(-))	
		X方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.62(B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	-	-	
		Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.67(B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	-	-	
	常設代替高圧電源装置用カルパート(立坑槽)	X方向の水平鉄筋	0.71(ピット部, ①, Ss-31(+))	0.64(B4F, ④, Ss-D1(++))	-	0.35(B4FTN部, ①, Ss-31(+))	0.38(B4F, ④, Ss-D1(++))	
		Y方向の水平鉄筋	0.71(B3F, ④, Ss-D1(++))	0.66(B3F, ①, Ss-31(++))	-	0.36(B3F, ④, Ss-D1(++))	0.43(B3F, ①, Ss-31(++))	
		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(+))	-	-	
	緊急用海水ポンピット	X方向の水平鉄筋	0.77(B2F, ④, Ss-D1(-))	0.73(B2F, ①, Ss-D1(-))	-	0.52(B2F, ④, Ss-D1(-))	0.43(B1F, ①, Ss-31(++))	
		Y方向の水平鉄筋	0.85(B1F, ④, Ss-D1(++))	0.78(B2F, ①, Ss-31(++))	-	0.49(B2F, ④, Ss-D1(++))	0.69(B1F, ①, Ss-D1(++))	
		X方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.71(B1F, ①, Ss-31(++))	-	-	
		Y方向に直交するせん断補強筋	-	-	0.80(B1F, ①, Ss-D1(+))	-	-	

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



側壁の鉛直鉄筋の評価結果

側壁の鉛直鉄筋の照査値について、階層、地震波、地盤条件が異なる条件での最大照査値を示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。

σ_{v1} 及び σ_{v2} の照査位置は、 $(\sigma_{v1}+\sigma_{v2})$ に対する照査位置と関係なく、異なる階、地震波、地盤ケースのものも含め、最大照査値を抽出したものである。

（参考）側壁の鉛直鉄筋に係る照査結果表

		鉄筋	照査値						コンクリートの曲げ圧縮に対する照査値 σ_c	
			二次元鉛直断面モデル	版のシェル解析モデルあるいは梁モデル	引張応力度 $\sigma_{v1}+\sigma_{v2}$ に対する照査値	二次元鉛直断面モデル	版のシェル解析モデルあるいは梁モデル	引張応力度 $\sigma_{v1}'+\sigma_{v2}'$ に対する照査値		
			引張応力度 σ_{v1} に対する照査値	引張応力度 σ_{v2} に対する照査値		引張応力度 σ_{v1}' に対する照査値	引張応力度 σ_{v2}' に対する照査値			
評価結果	円筒形	SA用海水ピット取水塔	X方向の鉛直鉄筋	—	—	—	0.78 (上部, ④, Ss-D1(-))	0.16 (底版, ④, Ss-D1(-))	0.54 (下部, ④, Ss-D1(-))	0.50 (上部, ④, Ss-D1(-))
			Y方向の鉛直鉄筋	—	—	—	0.49 (上部, ④, Ss-D1(-))	0.19 (底版, ④, Ss-D1(-))	0.46 (下部, ④, Ss-D1(-))	0.33 (上部, ④, Ss-D1(-))
		SA用海水ピット	X方向の鉛直鉄筋	—	—	—	0.55 (下部, ④, Ss-D1(+))	0.70 (頂版, ④, Ss-D1(+))	0.97 (下部, ④, Ss-D1(+))	0.45 (下部, ④, Ss-D1(+))
			Y方向の鉛直鉄筋	—	—	—	0.49 (下部, ④, Ss-D1(++))	0.72 (頂版, ④, Ss-D1(++))	0.88 (下部, ④, Ss-D1(++))	0.40 (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(++))
	矩形	常設低圧代替注水系ポンプ室	X方向の鉛直鉄筋	0.37 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.29 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.66 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	—	—	—	0.44 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))
			Y方向の鉛直鉄筋	0.36 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.29 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	0.65 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))	—	—	—	0.38 (B4F側壁, ④, Ss-D1(++))
		常設代替高圧電源装置用カルバート(立坑部)	X方向の鉛直鉄筋	0.09 (B3F南側壁, ④, Ss-D1(+))	0.33 (南側壁ヒツト部, ④, Ss-D1(+))	0.33 (南側壁ヒツト部, ④, Ss-D1(+))	—	—	—	0.29 (南側壁ヒツト部, ④, Ss-D1(+))
			Y方向の鉛直鉄筋	0.39 (B4F東側壁, ④, Ss-D1(++))	0.24 (B4F西側壁, ④, Ss-D1(++))	0.60 (B4F東側壁, ④, Ss-D1(++))	—	—	—	0.43 (B4F西側壁, ④, Ss-D1(++))
		緊急用海水ポンプピット	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(-))
			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(++))

＜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。

＜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. 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DESTAL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

⇒ 弁の作動圧力範囲は % であり、0.67 MPa のときは MPa の範囲

⇒ 最大水位時の安全弁との水頭差は約 0.03 MPa

$0.62 + \text{} + 0.03 = \text{約 } 0.67$

- ・ 安全弁に係る排水配管(隔離弁含む)の最高使用圧力

⇒ 安全弁が吹出す際の圧力に、安全弁からの水頭差(格納容器外側隔離弁) 6,132 mm (0.0601 MPa) 及び作動圧力範囲を考慮

$0.67 + 0.0601 + \text{} = \text{} \text{ MPa}$

⇒ 以上より 0.76 MPa とする。

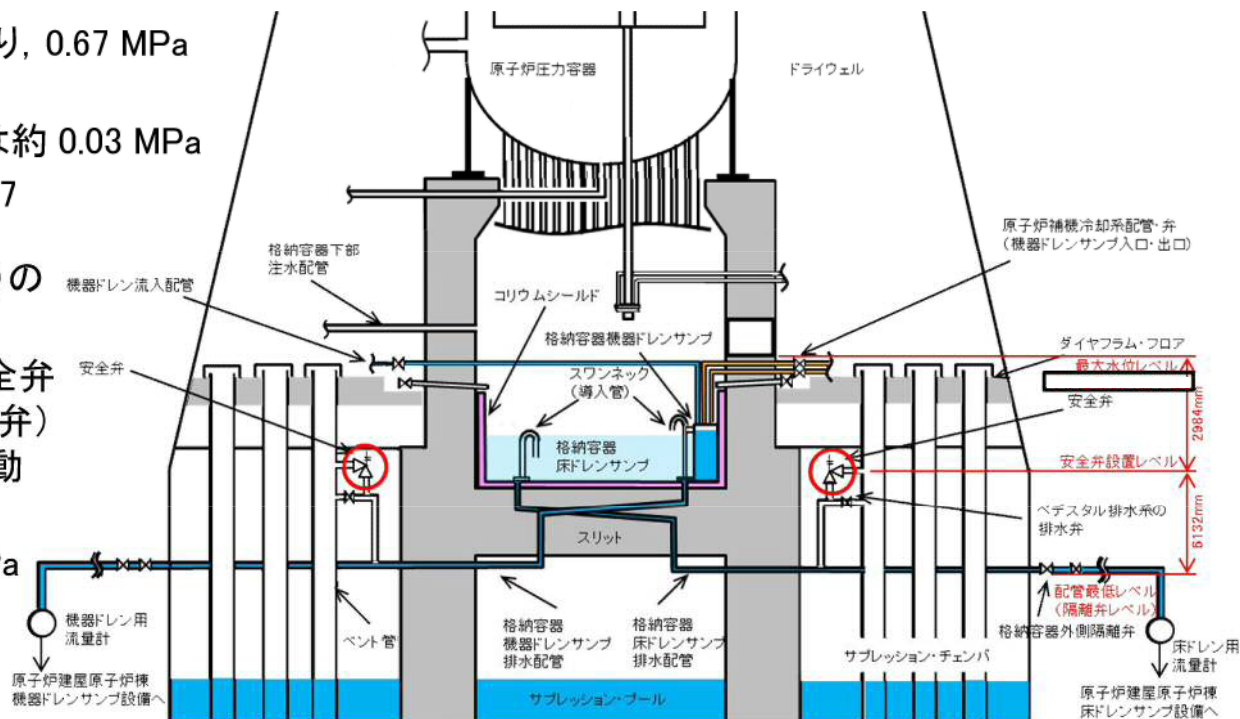


図1 安全弁設置位置概要図

2. 安全弁の吹出しについて

(1) 安全弁の吹出し量 約 m³/h

● 安全弁から液体が吹出す場合

安全弁の吹出し量（液体）は、JSME S NC1－2005/2007 に基づき 約 m³/h と算出される。

● 安全弁から気体が吹出す場合

安全弁の吹出し量（気体）は、JSME S NC1－2005/2007（JIS B 8210）に基づき 約 m³/h と算出される。



吹出し量の妥当性評価には、吹出し量の少ない液体の吹出し量を使用

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

下記評価により，設定した吹出し量が問題ないことを確認した。

評価条件

- ・ スリットが閉塞し配管内部が加熱される状態を想定
- ・ ペDESTAL排水系の状態変化に応じた内部流体の体積増加速度と吹出し量を比較

想定事象

- ・ RPVの破損直後，デブリは落下しスリット内に侵入し，1m程度スリットに侵入したところで凝固停止する。
- ・ スリット侵入開始から凝固停止までの時間は，1秒未満である。
- ・ 凝固停止までの間，デブリと水との接触により発生した蒸気は，流動性のあるデブリ内を逆流する。また，デブリと水の接触部分には水蒸気の膜が形成され，デブリは水蒸気の膜及びその下流の水を押し込みながらスリット内を進む。
- ・ その際，短時間に水蒸気の膜を介して伝わるデブリの熱量は少なく，ペDESTAL排水系内はデブリによる水頭圧差による圧力上昇が支配的。
- ・ この場合，全量のデブリ落下を想定しても安全弁設置レベルに対する水頭圧は 0.13 MPa であり，安全弁が動作するほどの圧力にはならない。

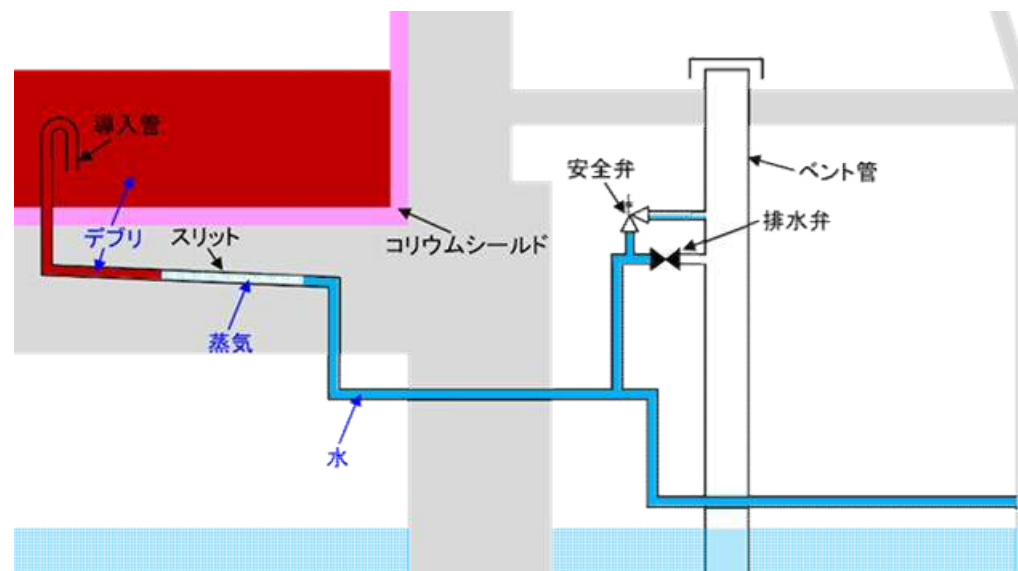


図2 スリット内で蒸気が発生した状態

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 °C）以降の状態において安全弁が動作する状態を想定。
- ・ デブリによりスリットが閉塞した場合，スリット内の水はデブリにより加熱されることで蒸気になるとともに，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する。これらにより，ペDESTAL排水系の圧力が上昇することで安全弁が動作する。
- ・ 保守的に，デブリからすでに発生している蒸気を介してスリット内の水に移行する熱が全て蒸気への状態変化に使われる場合を仮定する。この場合，デブリとの接触部で蒸気が発生し，スリット内部に蒸気が溜まり配管内の水を押し出す。（図2参照）
- ・ 発生蒸気速度は約 m³/h であり，安全弁の水の吹出し容量 m³/h よりも小さいため，ペDESTAL排水系内で増加した体積を安全弁で吹出すことで，ペDESTAL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より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ため，体積増加速度は更に遅くなり，必要吹出し量は更に少ないと考えられる。
- ・ 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DESTAL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/s ²	9.80665	
水の温度(T _∞)	°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 _w)	°C	<input type="text"/>	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 ³ /kg	0.639	蒸気表より計算(800°Cの値)*3
導粘性係数(ν)	m ² /s	0.00003	蒸気表より計算
熱伝導率(λ)	W/mK	0.1081	蒸気表より計算
線膨張係数(β)	1/K	0.000969	蒸気表より計算 (=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
代表長さ(x)	m	1	
グラスホフ数(Gr)	—	<input type="text"/>	=gβ(T _w -T _∞)x ³ /ν ²
ヌセルト数(Nu)	—	<input type="text"/>	=0.046(PrGr) ^{1/3} *4
デブリから蒸気への熱伝達係数	W/m ² ·K	<input type="text"/>	=Nuλ/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((1724-169)/2≒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(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、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

項目	単位	値	備考
デブリから蒸気への熱伝達係数(h)	W/m ² ・K	<input type="text"/>	表1の値から有効数字1桁で切上げ
デブリの温度(T _w)	°C	<input type="text"/>	デブリの固相線温度(V-1-8-1 別添2 5.3参照)* ¹
デブリ接触面積(A ₃)	m ²	<input type="text"/>	接触面積の不確かさを考慮し、スリット断面積：高さ <input type="text"/> m×幅 <input type="text"/> mの10倍を想定* ²
デブリから蒸気への入熱量	W (J/s)	<input type="text"/>	=hA ₃ (T _w -T _∞) T _∞ :表1より

* 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°Cにおける値(蒸気表より)
比体積	m ³ /kg	0.248	安全弁の吹出し圧力(0.67MPa)時の飽和温度 169°Cにおける値(蒸気表より)
蒸気発生速度	m ³ /h	<input type="text"/>	= 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。

＜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。

表1 SRV動荷重を線形補間(1.1倍)した強度評価結果

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	一次膜応力＋一次曲げ応力	139 MPa (評価点②)	379 MPa
ペDESTAL	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

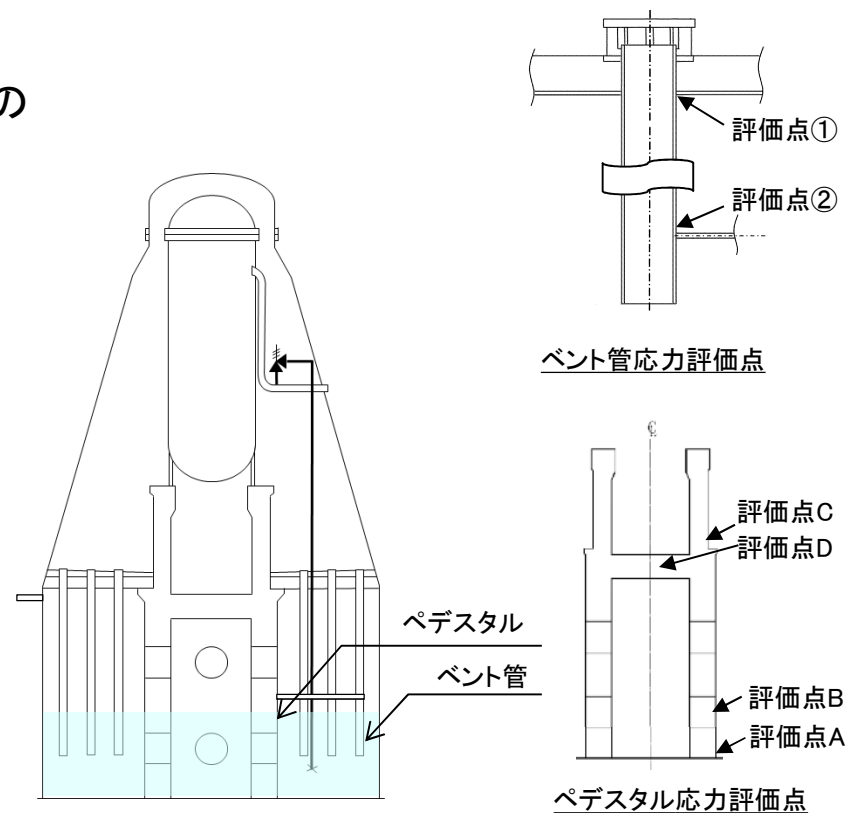


図1 線形補間した評価対象部位