

本資料のうち、枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

※なお、本資料は抜粋版のため公開できない箇所はありません。

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	02-補-E-19-0600-11_改2
提出年月日	2021年3月5日

補足-600-11 サプレッションチェンバの耐震評価における内部水質量の考え方の変更等についての  
補足説明資料

## 目次

1. はじめに .....	1
2. サプレッションチェンバ及びボックスサポートについて .....	4
2.1 サプレッションチェンバ及びボックスサポートの構造 .....	4
2.2 サプレッションチェンバ及びボックスサポートの耐震補強対策.....	8
2.2.1 耐震補強対策の目的.....	8
2.2.2 耐震補強対策の内容.....	8
3. サプレッションチェンバ及びボックスサポートの耐震評価 .....	14
3.1 評価手順 .....	14
3.2 地震応答解析 .....	17
3.2.1 基本方針 .....	17
3.2.2 地震応答解析モデル.....	17
3.3 応力解析 .....	20
3.3.1 基本方針 .....	20
3.3.2 応力評価点.....	20
3.3.3 応力解析方法.....	24
3.4 既工認と今回工認における耐震評価手法の相違 .....	25
4. 地震応答解析の詳細.....	28
4.1 地震応答解析モデル.....	28
4.1.1 サプレッションチェンバ内部水の有効質量算定 .....	28
4.1.2 地震応答解析モデルにおける有効質量の設定 .....	31
4.1.3 サプレッションチェンバ本体のモデル化 .....	35
4.1.4 ボックスサポート取付部のばね剛性の算定 .....	36
4.1.5 ボックスサポートのモデル化.....	39
4.2 地震応答解析モデル（3次元はりモデル）の妥当性確認 .....	45
4.2.1 妥当性の確認方針（妥当性確認の着眼点） .....	45
4.2.2 妥当性確認用解析モデル（3次元シェルモデル） .....	47
4.2.3 妥当性確認結果.....	48
4.3 地震応答解析に係る検討.....	60
4.4 スロッシング荷重.....	64
5. 応力解析の詳細 .....	66
5.1 応力評価フロー .....	66
5.2 応力評価点 .....	67
5.2.1 サプレッションチェンバの応力評価点 .....	67
5.2.2 ボックスサポートの応力評価点.....	69

5.3	応力解析モデル.....	71
5.3.1	ボックスサポート取付部及び胴エビ継手部 .....	71
5.3.2	フランジプレート（外側）の応力評価モデル .....	72
5.4	応力評価 .....	73
5.4.1	サプレッションチェンバの応力評価.....	73
5.4.2	ボックスサポートの応力評価.....	74
6.	サプレッションチェンバ等の耐震評価における不確かさの考慮及び保守性.....	75
7.	サプレッションチェンバ及びボックスサポートの耐震評価結果.....	77
8.	まとめ .....	81

別紙1 有効質量の適用およびその妥当性検証

別紙2 サプレッションチェンバ内部水の地震応答解析モデルへの設定方法

別紙3 地震応答解析モデルに対するバルジングの影響検討

別紙4 ばね要素の設定

別紙5 妥当性確認用解析モデル（3次元シェルモデル）の設定

別紙6 スロッシング荷重の算定方法

別紙7 計算機コードの概要

別紙8 有効質量の概要

別紙9 規格類における有効質量の適用例

別紙10 サプレッションチェンバの水位条件

別紙11 地震時におけるトーラス型容器内部水の有効質量に係る研究の概要

別紙12 有効質量比に対するスロッシング影響

別紙13 振動試験の振動試験の有効質量比

別紙14 有効質量比に対する入力地震動の影響

別紙15 サプレッションチェンバ内部水によるスロッシング荷重及び有効質量の影響評価

別紙16 規格基準における有効質量比との比較

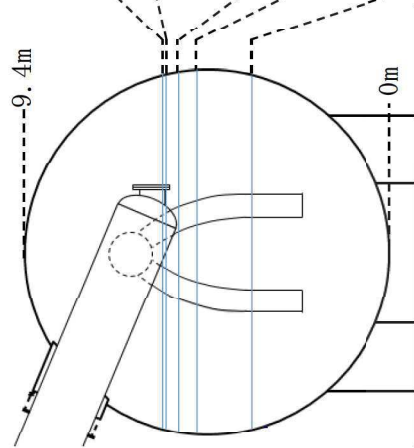
別紙17 原子炉建屋基礎版上における地震応答を用いる妥当性

 : 今回提出資料

### サプレッションチェンバの水位条件

サプレッションチェンバの水位及び振動試験水位との対応関係について図 1 に示す。なお、重大事故等時におけるサプレッションチェンバの耐震評価に用いる水位条件\*の考え方については、表 1 に示す。

注記 \* : 添付書類「VI-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」を参照



水位	位置	水位の 範囲	警報等	事故シナリオ等	試験条件 *1, *2
約 7.8m	—		—	—	高高水位 (325mm)
約 6.4m	真空破壊装置 上端位置		—	—	高水位 (259mm)
約 5.9m	真空破壊装置 下端位置		—	重大事故等時の耐震評価 (S s, Sd) に用いる水位 (耐震 解析用重大事故等時水位)	—
約 5.8m	—	← 試験水位の範囲 →	—	格納容器過圧・過温破損 代替循環冷却系を使用できな い場合 (2Pd に到達するまでに操作 を実施しなかった場合 (大破 断 LOCA 発生時))	—
約 5.5m	真空破壊装置 下端位置 -0.4m		非常時操作手順書 (徴 候ベース) に基づく PCV ベント実施水位	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用でき ない場合)	—
約 5.0m	—		—	—	中水位 (203mm)
5m 以下	—	← 試験水位の範囲 →	—	格納容器過圧・過温破損 (代替循環冷却系を使用する 場合)	—
3.6m	通常運転水 位 (H. W. L.)	← 試験水位の範囲 →	圧力抑制室水位 “高”	通常運転時の耐震評価 (S s, S d) に用いる水位	低水位 (146mm)
3.5m	通常運転水 位 (L. W. L.)	← 試験水位の範囲 →	圧力抑制室水位 “低”	—	—

注記 \*1 : 有効質量の妥当性検証のために実施した試験の水位条件について、DB 水位条件と対応する水位 (低水位 (146mm)、SA 水位条件を包絡する水位 (高水位)、物理現象の理解のために設定した DE 水位条件と SA 水位条件の中間水位 (中水位 (203mm)) 及び高水位を上回る水位 (高高水位 (325 mm)) を設定したものの。

\*2 : 試験条件水位の計算例 (高水位) 6.4m/9.4m×380mm(試験体直径)≒259mm

図 1 サプレッションチャンベアの水位及び振動試験水位との対応関係

表 1 サプレッションポンプの耐震評価に用いる水位条件の考え方

運転状態	荷重の組合せ	許容 応力 状態	水位条件	水位条件の考え方	耐震評価に用 いる水位条件	耐震評価に用いる 水位条件の考え方
DB	運転 状態 I	III <sub>AS</sub> IV <sub>AS</sub>	3.5m (L. W. L.) ～ 3.6m (H. W. L.)	保安規定* <sup>1</sup> に基づきサブプレ ッションプールの水位を管理 しており、運転上の制限を満 足しない場合は、措置(運転上 の制限内への復旧、高温・冷温 停止又はスクラム)を講じる こととしている。	3.6 (H. W. L.)	耐震評価上、水位が 高い方が地震時の 応答が大きくなる 傾向があることか ら、運転上の制限も 踏まえ通常運転範 囲の上限値 (3.6m(H.W.L.))を 用いる。* <sup>2</sup>
	運転 状態 II					
	運転 状態 III					
	運転 状態 IV	D + P <sub>L</sub> + M <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> * D + P <sub>L</sub> * + M <sub>L</sub> + S <sub>d</sub> *	III <sub>AS</sub> IV <sub>AS</sub>			
SA	運転 状態 V	IV <sub>AS</sub> IV <sub>AS</sub>	約 5.8m	格納容器過圧・過温破損(全事 故シケケンスのうち、格納容 器水位が最も厳しくなる事故 シケケンスを選定)のうち以 下を踏まえた水位条件 ・格納容器過圧・過温破損「代 替循環冷却系を使用できない 場合(2Pd)に到達するまでに操 作を実施しなかった場合(大 破断 LOCA 発生時)」* <sup>3</sup>	約 5.9m	耐震評価上、水位が 高い方が地震時の 応答が大きくなる 傾向があることか ら、格納容器過圧・ 過温破損の水位条 件を上回る条件を 用いる。

注記\* 1 : 女川原子力発電所原子炉施設保安規定【第 1 編 運転段階の発電用原子炉施設編 (2号炉および3号炉に係る保安措置)】第 4 6 条

サブプレッションプールの水位

\* 2 : 運転上の制限を満足しない場合は、保安規定に定める復旧時間等を踏まえ、耐震評価に用いる水位条件に考慮しない。

\* 3 : 有効性評価結果を踏まえた非常時操作手順書(シビアアクシデント)「SOP」において、サブプレッションプール水位が通常運転水位 + 約 2m (約 5.5m) 到達をもって D/W 代替スプレイを停止し、PCV ベントを行う手順としている。また、2Pd に達するまで操作を実施しなかつた場合においても、サブプレッションプール水位は、約 5.8m であり、耐震評価に用いる水位条件 約 5.9m を上回ることは無い。

(記号の説明)

- D : 死荷重
- P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態(地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ, Vは除く。)における圧力荷重
- M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態(地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ, Vは除く。)で設備に作用している機械的荷重
- [ 各運転状態におけるP及びMについては, 安全側に設定された値(最高使用圧力, 設計機械荷重等)を用いてもよい。 ]
- P<sub>L</sub> : 地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き, その後に生じている圧力荷重
- P<sub>L</sub>\* : 冷却材喪失事故後最大内圧
- M<sub>L</sub> : 地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き, その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重
- P<sub>SAL</sub> : 重大事故等時の状態(運転状態Ⅴ)で長期的(長期(L))に作用する圧力荷重
- M<sub>SAL</sub> : 重大事故等時の状態(運転状態Ⅴ)で長期的(長期(L))に作用する機械的荷重
- P<sub>SALL</sub> : 重大事故等時の状態(運転状態Ⅴ)で長期的(長期(L))より更に長期的(長期(LL))に作用する圧力荷重
- M<sub>SALL</sub> : 重大事故等時の状態(運転状態Ⅴ)で長期的(長期(L))より更に長期的(長期(LL))に作用する機械的荷重
- S<sub>d</sub> : 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>により定まる地震力
- S<sub>d</sub>\* : 弾性設計用地震動S<sub>d</sub>により定まる地震力又はSクラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力
- S<sub>s</sub> : 基準地震動S<sub>s</sub>により定まる地震力
- Ⅲ<sub>AS</sub> : 発電用原子力設備規格(設計・建設規格(2005年版(2007年追補版含む。))JSMESNC1-2005/2007)(日本機械学会2007年9月)(以下「設計・建設規格」という。)の供用状態C相当の許容応力を基準として, それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態
- Ⅳ<sub>AS</sub> : 設計・建設規格の供用状態D相当の許容応力を基準として, それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態