

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。

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11
提出年月日	2021年11月11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.....	21
3.3.1	基本方針.....	21
3.3.2	応力評価点.....	21
3.3.3	応力解析方法.....	25
3.4	既工認と今回工認における耐震評価手法の相違.....	26
4.	地震応答解析の詳細.....	30
4.1	地震応答解析モデル（3次元はりモデル）.....	30
4.1.1	サプレッションチェンバ内部水の有効質量算定.....	30
4.1.2	地震応答解析モデルにおける内部水の有効質量の設定.....	33
4.1.3	サプレッションチェンバ本体のモデル化.....	37
4.1.4	ボックスサポート取付部のばね剛性の算定.....	38
4.1.5	ボックスサポートのモデル化.....	41
4.2	地震応答解析モデル（3次元はりモデル）の適用性確認.....	49
4.2.1	適用性の確認方針（適用性確認の着眼点）.....	49
4.2.2	適用性確認用解析モデル（3次元シェルモデル）.....	51
4.2.3	3次元はりモデルと適用性確認用解析モデルとのモデル化比較.....	52
4.3	地震応答解析に対する内部水の有効質量算出法及び高振動数領域の影響検討.....	72
4.4	スロッシング荷重.....	76
5.	応力解析の詳細.....	78
5.1	応力評価フロー.....	78
5.2	応力評価点.....	79
5.2.1	サプレッションチェンバの応力評価点.....	79
5.2.2	ボックスサポートの応力評価点.....	81

5.3	応力解析モデル	83
5.3.1	サプレッションチェンバの応力解析モデル	83
5.3.2	フランジプレート（外側）の応力解析モデル	84
5.4	応力評価	85
5.4.1	サプレッションチェンバの応力評価	85
5.4.2	ボックスサポートの応力評価	87
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	88
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	90
8.	まとめ	94

別紙 1	内部水の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縮約方法及びその妥当性
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	サプレッションチェンバのボックスサポート取付部のばね剛性の設定
別紙 5	適用性確認用解析モデル（3次元シェルモデル）の設定
別紙 6	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の算定方法
別紙 7	計算機コード（NASTRAN, OpenFOAM）の概要
別紙 8	内部水の有効質量の概要
別紙 9	規格類における内部水の有効質量の適用例
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	内部水の有効質量比に対するスロッシング影響
別紙 13	振動試験の内部水の有効質量比
別紙 14	内部水の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	規格基準における内部水の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
別紙 18	ボックスサポートの耐震評価における応力算出方法の考え方
別紙 19	サプレッションチェンバ内の耐震補強対策等による有効性評価等への影響
別紙 20	サプレッションチェンバのモデル化に係る固有周期への影響検討

今回提出範囲



表 4.2-3 適用性確認用解析モデル（3次元シェルモデル）を用いた固有値解析結果

振動モード	固有周期 (s)	刺激係数* <sup>1</sup> (-)			刺激係数の値に着目したグループ* <sup>2</sup>
		X	Y	Z	
1* <sup>3</sup>	0.110	0.03	0.03	0.00	C
2* <sup>3</sup>	0.110	0.01	0.00	0.00	C
3	0.107	43.21	19.85	0.01	A
4	0.107	19.85	43.21	0.00	A
5	0.094	0.02	0.01	36.58	A
6	0.082	0.00	0.00	0.00	C
7	0.082	0.01	0.00	0.00	C
8	0.080	0.04	0.01	0.00	C
9	0.080	0.01	0.00	0.00	C
10	0.076	20.27	3.92	0.02	A
11	0.076	3.91	20.27	0.00	A
12	0.069	0.01	0.00	34.92	A
13	0.066	0.00	0.00	0.02	C
14	0.066	0.00	0.00	0.01	C
15	0.058	0.00	0.00	0.00	C
16	0.058	0.00	0.00	0.00	C
17	0.056	0.00	0.01	0.00	C
18	0.056	0.00	0.00	0.00	C
19	0.056	0.00	0.00	0.00	C
20	0.051	0.01	0.00	0.00	C
21	0.051	0.02	0.03	0.00	C
22	0.051	0.53	1.42	0.00	B
23	0.051	1.35	0.53	0.00	B
24	0.051	6.30	4.49	0.00	B
25	0.051	4.49	6.29	0.00	B
26	0.050	0.20	0.02	0.00	C
27	0.050	0.08	0.14	0.00	C
28	0.050	0.01	0.06	0.39	C
29	0.050	0.10	0.20	0.00	C
30	0.050	0.18	0.07	0.01	C
31	0.050	0.13	0.08	0.00	C
32	0.050	0.11	0.04	0.00	C
33	0.050	0.04	0.18	0.01	C
34	0.050	0.14	0.07	0.00	C
35	0.050	0.08	0.15	0.00	C
36	0.050	0.47	0.08	0.00	C
37	0.050	0.09	0.45	0.00	C
38	0.050	4.01	7.86	0.00	B
39	0.050	7.86	4.00	0.00	B

注記\*1：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

\*2：刺激係数が2桁オーダーの振動モード（グループA）、1桁オーダーの振動モード（グループB）、それ以外の振動モード（グループC）と整理

\*3：解析対象物が対称な構造物の場合に、解析上現れるモードであって地震時（方向性（水平、鉛直）のある加速度）には励起されないモードである。

表 4.2-5 3次元はりモデルを用いた固有値解析結果

振動 モード	固有周期 (s)	刺激係数*1 (-)		
		X	Y	Z
1*2	0.104	0.00	0.00	0.00
2*2	0.104	0.00	0.00	0.00
3	0.097	0.14	44.74	0.00
4	0.097	-44.74	0.14	0.00
5	0.085	0.00	0.00	82.02
6	0.076	-27.56	2.52	0.00
7	0.076	2.52	27.56	0.00
8	0.069	0.00	0.00	0.00
9	0.069	0.00	0.00	0.00
10	0.068	0.00	0.00	8.25
11	0.066	0.00	0.00	0.00
12	0.066	0.00	0.00	0.00
13	0.051	0.00	0.00	0.00
14	0.051	0.00	0.00	0.00
15	0.047	0.00	0.00	0.00
16	0.047	0.00	0.00	0.00

注記\*1：刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。

\*2：解析対象物が対称な構造物の場合に、解析上現れるモードであって地震時（方向性（水平、鉛直）のある加速度）には励起されないモードである。

表 4.3-1 応力評価結果

応力評価点	応力分類	算出応力 (MPa)		許容応力 (MPa)
		～20Hz	～50Hz	
胴中央部外側 (P1)	一次一般膜応力	204	204	257
胴エビ継手部外側 (P5)	一次+二次応力	162	162	393
外側ボックスサポート取付部 (P10)	一次+二次応力	330	330	393
ボックスプレート (上側) 取付部 (P2' )	一次+二次応力 (せん断)	88	88	

表 4.3-2 固有周期一覧表

振動モード	固有周期 (s)	刺激係数* (-)		
		X	Y	Z
1	0.104	0.00	0.00	0.00
2	0.104	0.00	0.00	0.00
3	0.097	0.14	44.74	0.00
4	0.097	-44.74	0.14	0.00
5	0.085	0.00	0.00	82.02
6	0.076	-27.56	2.52	0.00
7	0.076	2.52	27.56	0.00
8	0.069	0.00	0.00	0.00
9	0.069	0.00	0.00	0.00
10	0.068	0.00	0.00	8.25
11	0.066	0.00	0.00	0.00
12	0.066	0.00	0.00	0.00
13	0.051	0.00	0.00	0.00
14	0.051	0.00	0.00	0.00
15	0.047	0.00	0.00	0.00
16	0.047	0.00	0.00	0.00
17	0.039	0.00	0.00	0.00
18	0.039	0.00	0.00	0.00
19	0.035	0.00	0.00	0.00
20	0.035	0.00	0.00	0.00
21	0.034	0.00	0.00	0.00
22	0.030	0.00	0.00	0.00
23	0.030	0.00	0.00	0.00
24	0.028	0.00	0.00	0.00
25	0.028	0.00	0.00	0.00
26	0.026	-18.12	1.26	0.00
27	0.026	1.26	18.12	0.00
28	0.024	0.00	0.00	0.00
29	0.024	0.00	0.00	0.00
30	0.023	0.00	0.00	0.00
31	0.023	0.00	0.00	0.00
32	0.020	0.00	0.00	0.00
33	0.020	0.00	0.00	0.00

注記\* : 刺激係数は、モード質量を正規化し、固有ベクトルと質量マトリックスの積から算出した値を示す。