

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-19-0600-40-49_改1
提出年月日	2021年10月14日

補足-600-40-49 原子炉圧力容器のノズル外荷重に関する補足説明資料

1. 適用

本資料は、添付書類「VI-2-3-4-1-1 原子炉压力容器の応力解析の方針」において設定している女川原子力発電所第2号機 原子炉压力容器（以下「RPV」という。）のノズル外荷重について説明するものである。

2. ノズルの限界荷重の設定方法

2.1 限界荷重の適用について

限界荷重とは、RPV ノズルの耐震評価において裕度が確認できる最大の地震荷重であり、耐震裕度の大きいノズルについて、配管解析の途中経過の反力値にマージンを加えて配管解析結果の反力値を上回るように設定した荷重を示す。

ノズル荷重として、配管解析結果を直接使用せずにノズルの耐震評価を進めることが可能となるため、配管解析結果が算出される前に限界荷重を設定する。なお、耐震裕度の小さいノズルについては、配管解析結果の反力値以上の値として、ノズル荷重を設定する。

2.2 記号の説明

計算書の 記号	記号の説明	単位
H	ノズル先端に作用する水平方向荷重	kN
Fz	ノズル先端に作用する軸方向荷重	kN
M	ノズル先端に作用するモーメント荷重	kN・m
Mz	ノズル先端に作用するねじり荷重	kN・m
S _d	弾性設計用地震動S _d による地震力	—
S _d *	弾性設計用地震動S _d 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 _s	基準地震動S _s による地震荷重力	—
U _f	疲労累積係数 (U _n +U _{Sd} 又は U _n +U _{Ss})	—
U _n	運転状態 I 及び II における疲労累積係数	—
U _{Sd}	地震荷重S _d *による疲労累積係数	—
U _{Ss}	地震荷重S _s による疲労累積係数	—
β	目標裕度を満たす荷重の比例係数の最大値	—

2.3 限界荷重設定方法

2.3.1 前提条件

限界荷重を設定するための前提条件を以下に示す。

- 限界荷重設定にあたり、ノズル毎の荷重成分 (H, Fz, M, Mz) の比を設定するため、配管解析の途中経過の反力値を限界荷重設定の単位荷重とする (この荷重を本書ではベース荷重と呼ぶ)。表 2-1 にサーマルスリーブが接続しないノズルの再循環水出口ノズル (N1) とサーマルスリーブ付きノズルの給水ノズル (N4) を例にベース荷重を示す。
- サーマルスリーブ荷重は、原子炉压力容器内部構造物から伝達される荷重である。中性子束計測案内管を除く原子炉压力容器内部構造物はすべて剛構造であるため、建設時と今回工認の原子炉压力容器または原子炉压力容器内部構造物の加速度の比の最大値を用いて建設時のサーマルスリーブ荷重を比例倍した値で設定する。表 2-2 に給水ノズル (N4) を例にサーマルスリーブの荷重を示す。すなわち、ベース荷重を比例倍し限界荷重を設定するのはノズル先端に負荷する荷重のみとする。
- 地震の等価繰り返し回数は、弾性設計用地震動 S d を 590 回、基準地震動 S s を 340 回とする。
- 建設時の地震荷重 S₁, S₂ が地震荷重 S d, S s を上回った時は建設時の S₁, S₂ 荷重の値を用いる。

2.3.2 限界荷重設定手順

以下のフローに従って、限界荷重を設定する。



なお、下記項目のように上記フローによらない場合は、個別に検討を行うものとする。

- ・ 裕度が厳しく、十分大きい β を設定できない場合。
- ・ 一次+二次応力+ピーク応力 (P_L+P_b+Q+F) が補足-600-9「耐震評価における等価繰返し回数の妥当性確認について」において一律に設定する等価繰返し回数の判定基準1471MPaを超過する場合。

以上の条件を元にしたフロー図を、図 2-1 に示す。再循環水出口ノズル (N1) を例にとり、計算のプロセスを図 2-2 に示す。

2.4 検討結果

2.4.1 限界荷重の係数 β の検討結果

フローに従い RPV ノズルについて、限界荷重を決める β の算出結果を表 2-3 に示す。

一次一般膜応力 (P_m)、一次膜+一次曲げ応力 (P_L+P_b)、一次+二次応力 (P_L+P_b+Q)、疲労累積係数 (U_f) のうち、いずれかが目標裕度に達したとき β が決まるが、 β を決定する制限となった応力評価の種別を表 2-3 に併せて示す。

なお、は、耐震裕度が小さいため、表 2-4 に示すように、配管解析結果の反力値以上の値としてノズル外荷重を設定している。

2.4.2 ノズル外荷重の設定

2.4.1 節で設定した限界荷重の係数 β をベース荷重に乗ずることで限界荷重を設定した。設定したノズル外荷重を添付書類「VI-2-3-4-1-1 原子炉压力容器の応力解析の方針」(1) 耐震評価編の表 4-1 (4) の外荷重としている。

また、最終的に配管解析結果の反力値が限界荷重に収まっていることを確認する。

表 2-1 限界荷重設定のベース荷重の例

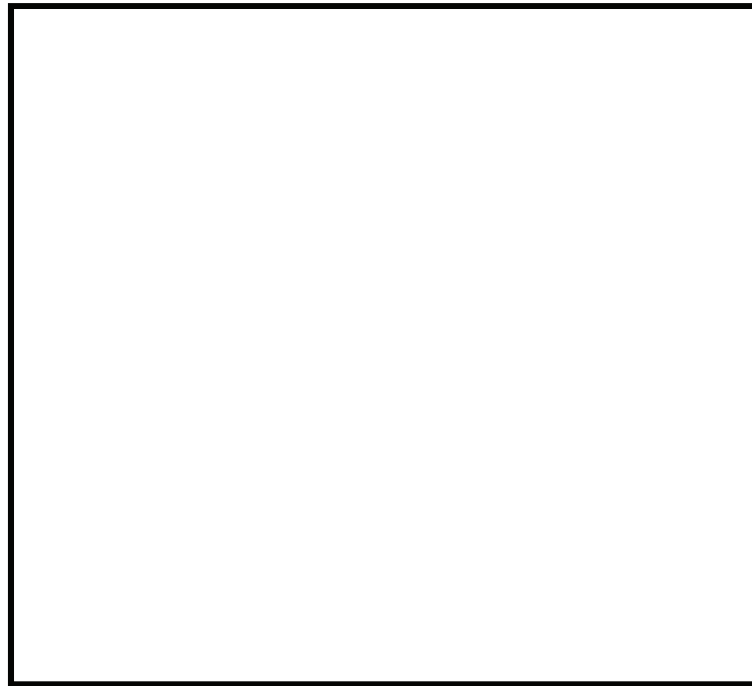
機器	地震荷重	条件	力 (kN)		モーメント (kN・m)	
			H	Fz	M	Mz
再循環水出口ノズル (N1)	S d	一次				
		二次				
	S s	一次				
		二次				
給水ノズル (N4) *	S d	一次				
		二次				
	S s	一次				
		二次				

注記* : サーマルスリーブ付きノズルである。



表 2-2 サーマルスリーブ荷重の例

機器	地震荷重	条件	力 (kN)		モーメント (kN・m)	
			H	Fz	M	Mz
給水ノズル (N4)	S d	一次				
		二次				
	S d	一次				
		二次				



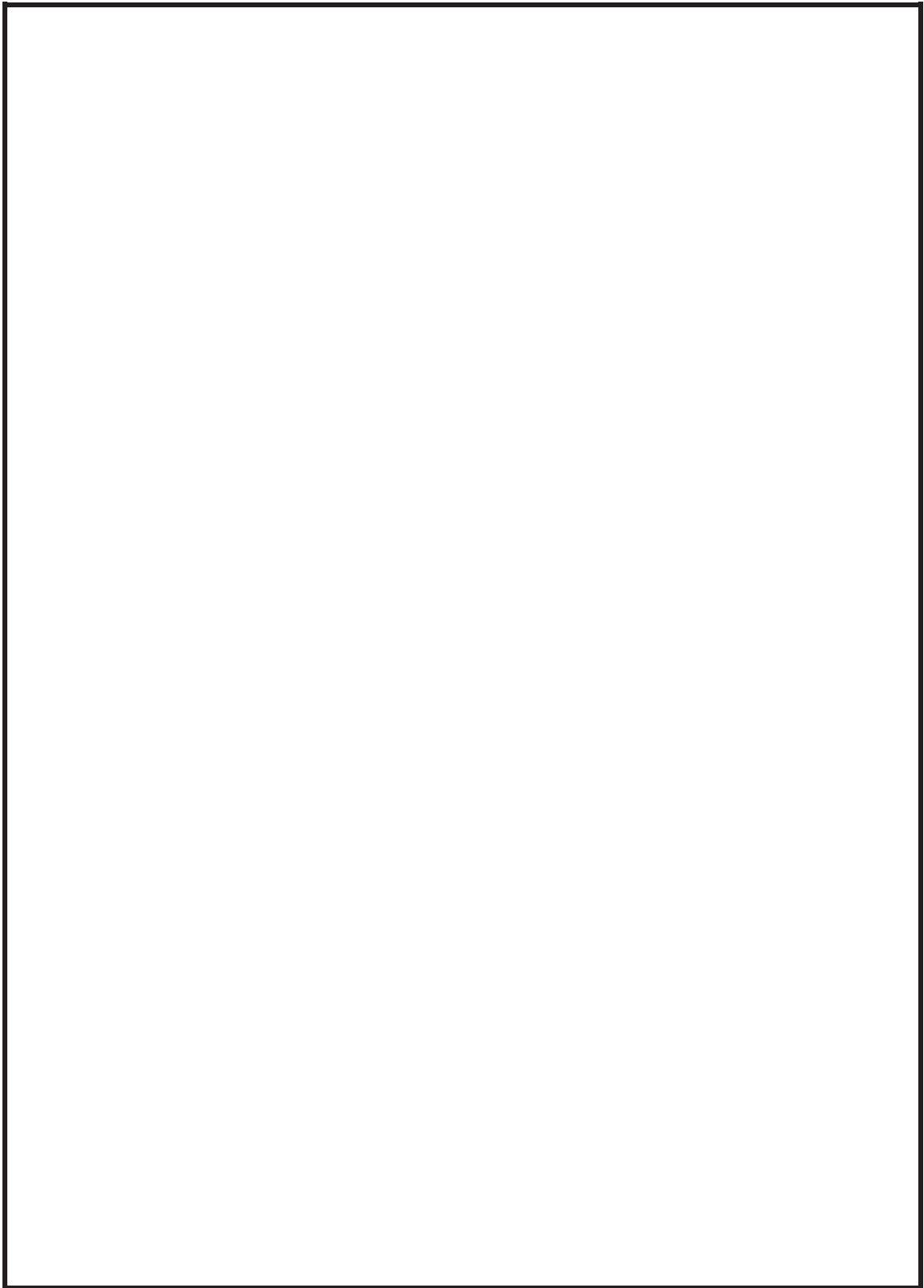


図 2-1 ノズル限界荷重設定フロー

【ベース荷重 (S d :)】

荷重 名称	力 (kN)		モーメント (kN・m)	
	H	Fz	M	Mz
一次	<input type="text"/>			
二次				

(荷重値) ×

↓
【仮の限界荷重値 (S d :)】

荷重 名称	力 (kN)		モーメント (kN・m)	
	H	Fz	M	Mz
一次	<input type="text"/>			
二次				

↓ 応力計算

応力分類	評価点	応力値 (MPa)	許容応力 (MPa)	応力値/許容応力 (-)
P _m 一次一般膜	P01-P02	<input type="text"/>		
	P05-P06			
P _L +P _b 一次膜+一次曲げ	P01' -P02'			
	P03' -P04'			
	P05-P06			
P _L +P _b +Q 一次+二次	P02			
	P06			

<input type="text"/>

↓
【設定した限界荷重】

荷重 名称	力 (kN)		モーメント (kN・m)	
	H	Fz	M	Mz
一次	<input type="text"/>			
二次				

注：目標裕度を満足するように限界荷重は切り捨てし整数位で設定する。

図 2-2 限界荷重計算の例 (再循環水出口ノズル(N1)の S d *荷重の場合)

表 2-3 限界荷重の係数検討結果

ノズル	地震動	係数 β	限界荷重の係数設定の根拠または個別の検討結果
再循環水出口 ノズル (N1)	S d *		
	S s		
再循環水入口 ノズル (N2) *	S d *		
	S s		
主蒸気出口ノズル (N3)	S d *		
	S s		
給水ノズル (N4) *	S d *		
	S s		
低圧炉心スプレイ ノズル (N5) */ 高圧炉心スプレイ ノズル (N16) *	S d *		
	S s		
低圧注水ノズル (N6) *	S d *		
	S s		
上蓋スプレイ ノズル (N7)	S d *		
	S s		
ベントノズル (N8)	S d *		
	S s		
ジェットポンプ計 測管貫通部ノズル (N9)	S d *		
	S s		
差圧検出・ほう酸 水注入ノズル (N11)	S d *		
	S s		
計装ノズル (N12, N13, N14)	S d *		
	S s		
ドレンノズル (N15)	S d *		
	S s		

注記*：サーマルスリーブ付きノズルである。

表 2-4 耐震裕度の小さいノズルのノズル外荷重の比較

機器	地震荷重		分類	力 (kN)		モーメント (kN・m)	
				H	Fz	M	Mz
[]	S d *	一次	設定荷重*	[]	[]	[]	[]
			配管解析結果				
		二次	設定荷重*				
			配管解析結果				
	S s	一次	設定荷重*				
			配管解析結果				
		二次	設定荷重*				
			配管解析結果				
[]	S d *	一次	設定荷重*				
			配管解析結果				
		二次	設定荷重*				
			配管解析結果				
	S s	一次	設定荷重*				
			配管解析結果				
		二次	設定荷重*				
			配管解析結果				

注記*：添付書類「VI-2-3-4-1-1 原子炉压力容器の応力解析の方針」(1)耐震評価編の表 4-1(4)に記載の数値である。