

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-19-0600-40-23_改1
提出年月日	2021年9月2日

補足-600-40-23 中性子束計測ハウジング貫通孔の耐震評価省略理由

## 1. 概要

本資料は、添付書類「VI-2-3-4-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針」及び「VI-2-3-4-1-2 原子炉圧力容器の耐震性についての計算書」において、中性子束計測ハウジング貫通孔（以下「ICMハウジング貫通孔」という。）の耐震評価を省略することの妥当性を説明する。

## 2. 評価の考え方

ICMハウジング貫通孔と制御棒駆動機構ハウジング貫通孔（以下「CRDハウジング貫通孔」という。）の耐震評価においては、CRDハウジング貫通孔を代表として評価を実施しており、ICMハウジング貫通孔は耐震評価を省略している。

地震荷重は炉内外からハウジングに加わるため、地震荷重に対して厳しい評価部位は断面が小さいハウジングになる。よってICMハウジング貫通孔においてはハウジングに注目し、評価結果を確認する。

一次応力の観点では、CRDハウジング貫通孔の発生応力がICMハウジングより大きいこと、二次応力（一次＋二次応力及び疲労評価）の観点では、CRDハウジング貫通孔の運転状態Ⅰ及びⅡの疲労累積係数がICMハウジングより大きいことより、CRDハウジング貫通孔を代表として選定している。

以下に「一次応力の観点」及び「二次応力の観点」の考え方を示す。

### 2.1 一次応力の観点

CRDハウジング貫通孔とICMハウジング貫通孔は、どちらも下部鏡板に設置されている。形状を図1及び2に示す。CRDハウジング貫通孔を代表として、耐震評価で裕度（許容応力／応力強さ）が最も厳しい評価点の各荷重による応力強さを表1に示す。表1に示す通り、CRDハウジング貫通孔に生じる一次応力強さは、内圧による応力が支配的である。

内圧による一次応力の裕度を比較した結果、表2に示すとおり、CRDハウジング貫通孔の方がICMハウジング貫通孔に比べ裕度が厳しいため、一次応力はCRDハウジング貫通孔で代表できる。

### 2.2 二次応力の観点

二次応力の評価は、一次＋二次応力評価及び疲労評価により実施される。また、一次＋二次応力の発生応力値が許容応力を満足していない場合は、簡易弾塑性解析を用いた疲労評価を実施することで設備の健全性を確認している。

疲労評価に用いる疲労累積係数は、運転状態Ⅰ及びⅡにおける圧力及び温度の変動に伴う応力差による疲労累積係数と地震による疲労累積係数の和によって算出される。CRDハウジング貫通孔及びICMハウジング貫通孔の疲労評価は、運転状態Ⅰ及びⅡの疲労累積係数が支配的であり、地震による疲労累積係数は支配的ではない。一次応力の観点と同様に、CRDハウジング貫通孔を代表として、各応力評価点における疲労累積係数を表3に示す。

また、表4のとおり、運転状態Ⅰ及びⅡの疲労累積係数は、CRDハウジング貫通孔の方がICMハウジング貫通孔に比べて大きいため、CRDハウジング貫通孔で代表できる。

### 3. 結論

2章より、ICMハウジングの耐震評価はCRDハウジング貫通孔を代表として省略が可能である。

表1 CRDハウジング貫通孔の一次応力強さの比較

応力名称	評価点	荷重名称	応力強さ (MPa)
一次一般膜応力強さ	P03-04	内圧 (8.32MPa)	48
		外荷重B <sup>*1</sup>	7
		地震荷重S <sub>d</sub> <sup>*</sup>	0
		地震荷重S <sub>s</sub>	3
		組合せ <sup>*2</sup>	49
一次膜 +一次曲げ応力強さ	P07'-P08'	内圧 (8.32MPa)	174
		外荷重B <sup>*1</sup>	0
		地震荷重S <sub>d</sub> <sup>*</sup>	17
		地震荷重S <sub>s</sub>	40
		組合せ <sup>*2</sup>	207

注記 \*1：外荷重Bは運転状態I及びIIのスクラム時の荷重である。

\*2：内圧、外荷重B及び地震荷重S<sub>s</sub>を組合わせた場合の応力強さである。

表2 内圧 (8.62MPa) による応力の比較

対象機器	評価部位	一次一般膜応力 <sup>*1</sup>			一次膜+一次曲げ応力 <sup>*1</sup>		
		応力強さ (MPa)	許容応力 <sup>*2</sup> (MPa)	裕度 <sup>*3</sup> (-)	応力強さ (MPa)	許容応力 <sup>*2</sup> (MPa)	裕度 <sup>*3</sup> (-)
CRDハウジング貫通孔	全評価部位	49	118 <sup>*4</sup>	2.40	180	239 <sup>*5</sup>	1.32
ICMハウジング貫通孔	ハウジング	46	118 <sup>*4</sup>	2.56	114	165 <sup>*4</sup>	1.44

注記 \*1：評価部位において、裕度（許容応力/応力強さ）が最も厳しい評価点における値を示す。

\*2：設計条件の許容応力を示す。

\*3：裕度＝許容応力/応力強さを示す。

\*4：SUSF316の許容応力。

\*5：NCF600-Bの許容応力。

表3 CRDハウジング貫通孔の疲労累積係数の評価まとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	$U_n$	$U_{S_d}$	$U_{S_s}$	$U_f^*$	
P01	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P01'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P02	0.000	0.000	0.001	0.001	1.000
P02'	0.000	0.000	0.001	0.001	1.000
P03	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P03'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P04	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P04'	0.001	0.000	0.001	0.002	1.000
P05	0.003	0.001	0.003	0.006	1.000
P05'	0.003	0.001	0.003	0.006	1.000
P06	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P06'	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
P07	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P07'	0.001	0.000	0.000	0.001	1.000
P08	0.003	0.000	0.000	0.003	1.000
P08'	0.003	0.000	0.000	0.003	1.000
P09	0.003	0.000	0.000	0.003	1.000
P10	0.003	0.000	0.000	0.003	1.000

注記\* : 疲労累積係数 $U_f$ は、運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重 $S_d^*$ 又は地震荷重 $S_s$ のいずれか大きい方を加えた値である。

表4 疲労累積係数の比較

対象機器	部位	運転状態Ⅰ及びⅡの疲労累積係数
CRDハウジング貫通孔	全評価部位	0.003
ICMハウジング貫通孔	ハウジング	0.001

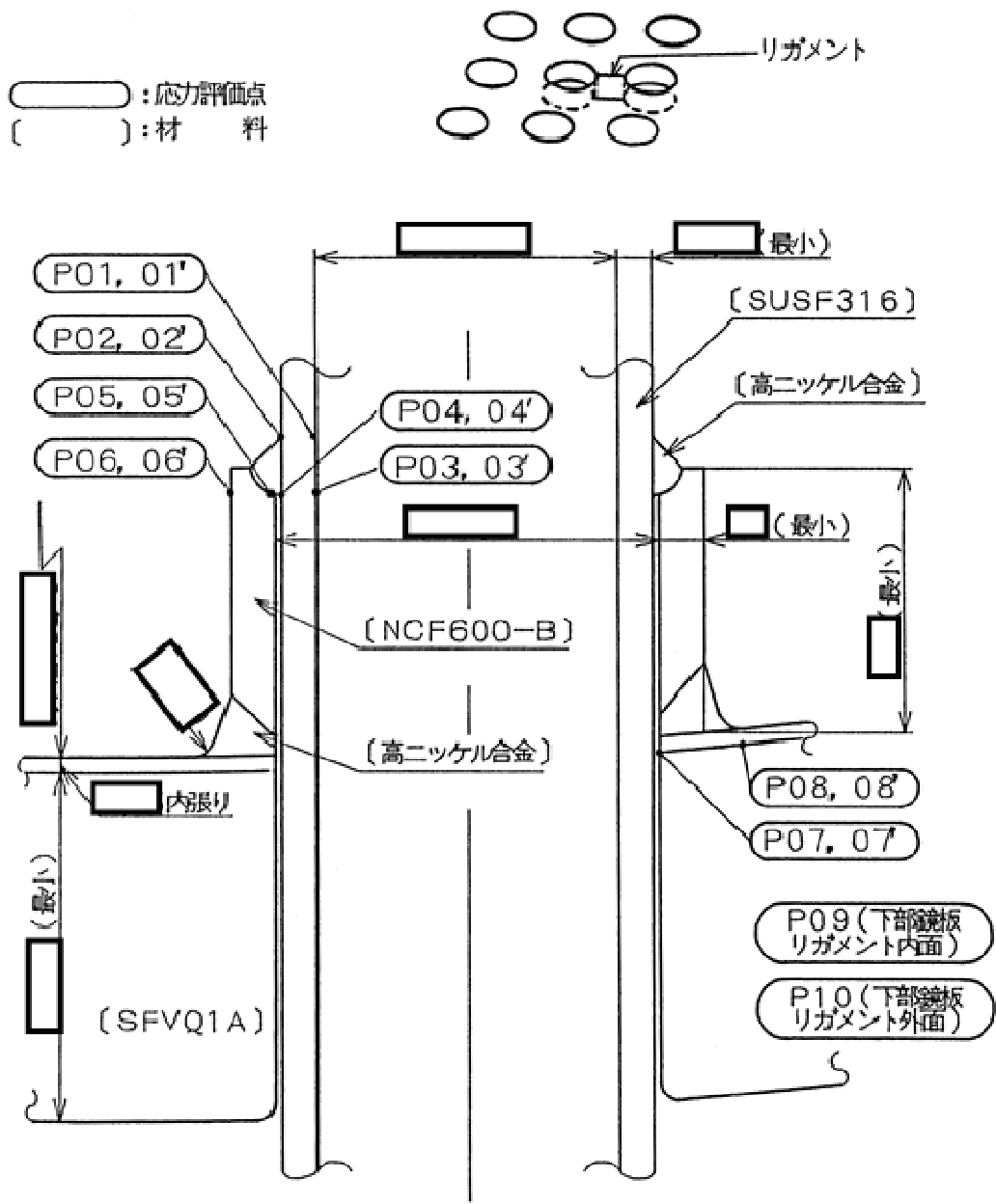


図1 CRDハウジング貫通孔の構造図

: 応力評価点  
 : 材 料

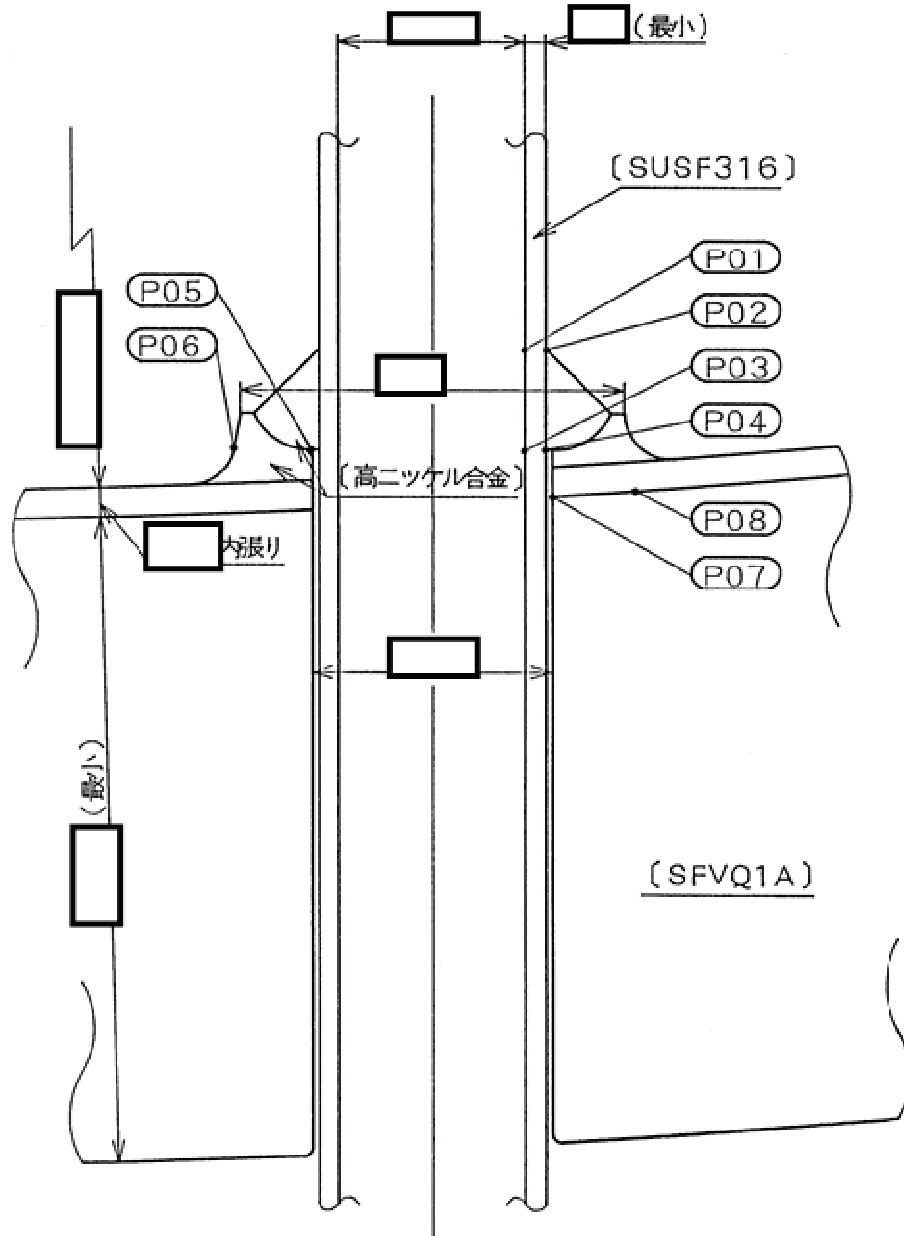


図 2 ICMハウジング貫通孔の構造図