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	2 号機 工事計画審査資料
資料番号	02-工-B-20-0140_改 0
提出年月日	2021年7月1日

VI-3-別添 6-1 炉心シュラウドの強度計算書

2021年7月 東北電力株式会社

目次

1.	_	一般事	*垻.								 	 	 	 	 • •	1
1	1	記号	よの 診	も明・							 	 	 	 	 	1
1	2	形状	\ • \ \	ナ法・	材料						 	 	 	 	 	1
1	3	解析	f 範囲	<u> </u>							 	 	 	 	 	1
1	4	計算	植結果	きの根	死要・・						 	 	 	 	 	1
2.		計算条	·件·								 	 	 	 	 	5
2	1	重大	事故	女等時	寺の条	华…					 	 	 	 	 	5
2	2	材彩									 	 	 	 	 	5
2	3	荷重	直の組	1合せ	と及び	ぎょうしゅう アスティア アイス アイス アイス アイス アイス アイス アイス アイス アイス アイ	状態				 	 	 	 	 	5
2	4	荷重	直の組	1合せ	と及び	応力	評価				 	 	 	 	 	5
2	5	許容	ド 応 力	J · · · ·							 	 	 	 	 	5
2	6	応力	刀の記	3号と	方向]					 	 	 	 	 	5
3.	Л	芯力計	上算・								 	 	 	 	 	6
3.	1	応力)評価	f点·							 	 	 	 	 	6
3.	2	差圧	ミによ	こる応	が力・・						 	 	 	 	 	6
	3.	2.1	荷重	1条件	‡····						 	 	 	 	 	6
	3.	2.2	計算	1 方法	Ξ						 	 	 	 	 	6
3.	3	外荷	う重に かんしゅう かいかい かいかい かいかい かいかい かいかい かいかい かいかい かい	こよる	忘忘力	J · · · ·					 	 	 	 	 	7
	3.	3.1	荷重	1条件	‡····						 	 	 	 	 	7
	3.	3.2	計算	1 方法	Ξ						 	 	 	 	 	7
3.	4	応力	刀の割	平価・							 	 	 	 	 	7
4.	٦	芯力強	食さの)評価	<u> </u>						 	 	 	 	 	8
4	1	一次	と 一般	设膜応	5力強	さかの	評価				 	 	 	 	 	8
4	2	一次	マー 船	}膜+	一次	は曲げ	`応力	強さ	の評	呼価・	 	 	 	 	 	8
5.	#	寺別な	に応え	」の評	呼価・・						 	 	 	 	 	9
5	1	支圧														
	5.	1.1	支圧	三面積	責・・・・						 	 	 	 	 	9
	5.	1.2	支圧	E荷重	<u>į</u>						 	 	 	 	 	9
	5.	1.3	平均	7支圧	E応力	J · · · ·					 	 	 	 	 	9
	5.	1.4	支圧	E応力]の評	☑価・・					 	 	 	 	 	9

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 2
図 5-1	支圧荷重の支持面・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10
表 1-1	計算結果の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・3
表 3-1	断面性状 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·
表 4-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ・・・・・・・・・・・・・・・・13
表 4-2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ・・・・・・・・・・・・ 14
表 5-1	支圧応力の評価・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 15

1. 一般事項

本計算書は、炉心シュラウドの強度計算書である。

炉心シュラウドは、炉心支持構造物であるため、添付書類「VI-2-3-3-2-1 炉心支持構造物の応力解析の方針」(以下「応力解析の方針」という。)に基づき評価する。

1.1 記号の説明

記号の説明は、「応力解析の方針」の 2.4 節に示す。 さらに、本計算書において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm^2
D i	内径	mm
D o	外径	mm
σс	平均支圧応力	MPa

1.2 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所の形状・寸法・材料を図 1-1 に示す。

1.3 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。

なお、下部胴とシュラウドサポートとの接合部の応力解析及び評価は、添付書類 [VI-3-別添 6-2] シュラウドサポートの強度計算書」に示す。

1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表 1-1 に示す。

なお,応力評価点の選定に当たっては,形状不連続部,溶接部及び厳しい荷重作 用点に着目し,応力評価上厳しくなる代表的な評価点を記載する。

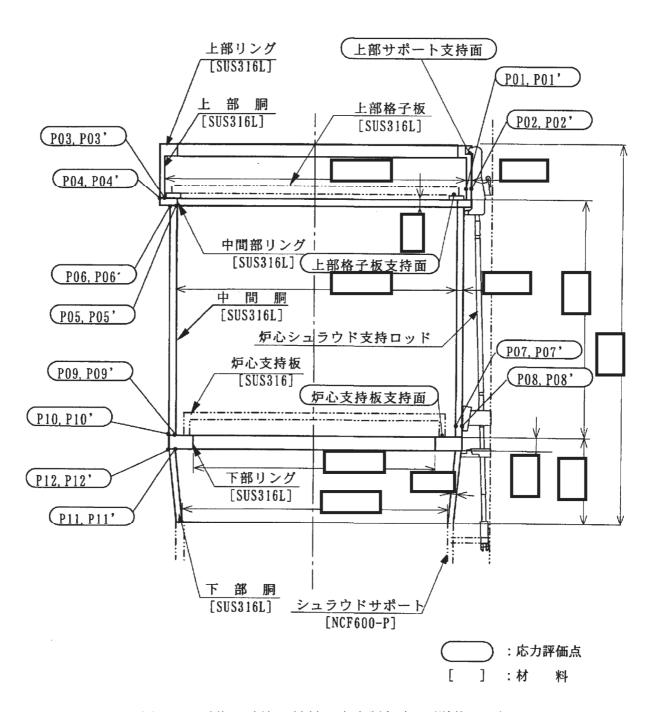


図 1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位:mm)

表 1-1(1) 計算結果の概要

(単位:MPa)

- 477 / \	ひ スピキチボロ	海 計 化 能	— 火	次一般膜応力	強さ	一次一般膜+一次曲げ応力強さ			
部分。	及び材料	運転状態	応力強さ	許容応力	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	
上部胴	V	15	223	P01-P02	15	335	P01-P02		
SU	SUS316L	V	15	145*	P03-P04	15	218*	P03-P04	
	中間胴 SUS316L	V	14	145*	P05-P06	14	218*	P05-P06	
·		V	14	223	P07-P08	14	335	P07-P08	
		V	14	145*	P09-P10	14	218*	P09-P10	
	下部胴 [S316L	V	27	145*	P11-P12	27	218*	P11-P12	

注記*:継手効率 を乗じた値を示す。

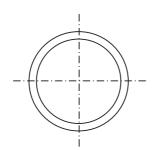
表 1-1(2) 計算結果の概要

(単位:MPa)

部分及び材料	運転状態	支圧応力				
部分及い材料	建粒状態	平均支圧応力	許容応力			
上部格子板支持面 SUS316L	V	2	207			
炉心支持板支持面 SUS316L	V	1	207			
上部サポート支持面 SUS316L	V	15	207			

2. 計算条件

- 2.1 重大事故等時の条件 重大事故等時の条件を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。
- 2.2 材料 各部の材料を図 1-1 に示す。
- 2.3 荷重の組合せ及び運転状態 荷重の組合せ及び運転状態を「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。
- 2.4 荷重の組合せ及び応力評価 荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。
- 2.5 許容応力 許容応力を「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。 溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の 3.6 節に示す。
- 2.6 応力の記号と方向 応力の記号とその方向は,以下のとおりとする。



 σ t
 : 周方向応力

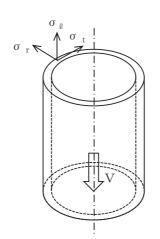
 σ l
 : 軸方向応力

 σ r
 : 半径方向応力

 τ t l
 : せん断応力

 τ l r
 : せん断応力

 V
 : 鉛直力



3. 応力計算

3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、表 3-1 に示すとおりである。

- 3.2 差圧による応力
 - 3.2.1 荷重条件 (L02)

運転状態Vの差圧を「応力解析の方針」の 4.3 節に示す。

- 3.2.2 計算方法
 - (1) 一次一般膜応力

差圧 P による一次一般膜応力は,次式で求める。

$$\sigma_{t} = \frac{1}{Y - 1} \cdot P$$

$$\sigma_{\ell} = \frac{V}{A}$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P$$

$$z = \frac{D_o}{D_i}$$

(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

差圧による一次曲げ応力は、存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲 げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

3.3 外荷重による応力

3.3.1 荷重条件 (L04)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(1)に示す。

3.3.2 計算方法

(1) 一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は,次式で求める。

$$\sigma_{\ell} = \frac{V}{A}$$

(2) 一次一般膜+一次曲げ応力

外荷重による一次曲げ応力は、存在しない。したがって、一次一般膜+一次曲 げ応力は、一次一般膜応力と同じである。

3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は、「応力解析の方針」の 5.3.2 項に定めるとおりである。

4. 応力強さの評価

4.1 一次一般膜応力強さの評価

運転状態Vにおける評価を表 4-1 に示す。

表 4-1 より, 運転状態 V の一次一般膜応力強さは, 「応力解析の方針」の 3.4 節及 び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

4.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価

運転状態 V における評価を表 4-2 に示す。

表 4-2 より, 運転状態 V の一次一般膜+一次曲げ応力強さは, 「応力解析の方針」 の 3.4 節及び 3.6 節に示す許容応力を満足する。

5. 特別な応力の評価

5.1 支圧応力の評価

炉心シュラウドの上部格子板支持面及び炉心支持板支持面には、それぞれの鉛直力により支圧応力が生じ、炉心シュラウドの上部サポート支持面には炉心シュラウド支持ロッドの軸力による支圧応力が発生するため、支圧応力の評価を行う。

5.1.1 支圧面積(図5-1参照)

(1) 上部格子板支持面

上部格子板支持面の支圧荷重を受ける面積は、以下のとおりである。

A = mm^2

(2) 炉心支持板支持面

炉心支持板支持面の支圧荷重を受ける面積は,以下のとおりである。



(3) 上部サポート支持面

上部サポート支持面の支圧荷重を受ける面積は、以下のとおりである。

$$A =$$
 mm^2

5.1.2 支圧荷重

重大事故等時における上部格子板支持面, 炉心支持板支持面及び上部サポート支持面に作用する鉛直力を「応力解析の方針」の表 4-1(1)(荷重作用点G, H及びJ)に示す。

5.1.3 平均支圧応力

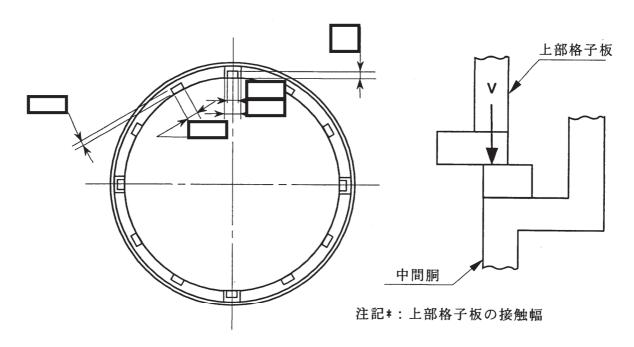
平均支圧応力 σ 。は, 次式で求める。

$$\sigma_{c} = \frac{V}{A}$$

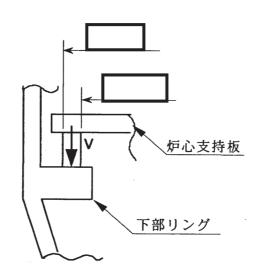
5.1.4 支圧応力の評価

運転状態Vにおける評価を表 5-1 に示す。

表 5-1 より, 運転状態 V の平均支圧応力は, 「応力解析の方針」の 3.4 節に示す許容応力を満足する。



a. 上部格子板



b. 炉心支持板

図 5-1(1) 支圧荷重の支持面 (単位:mm)

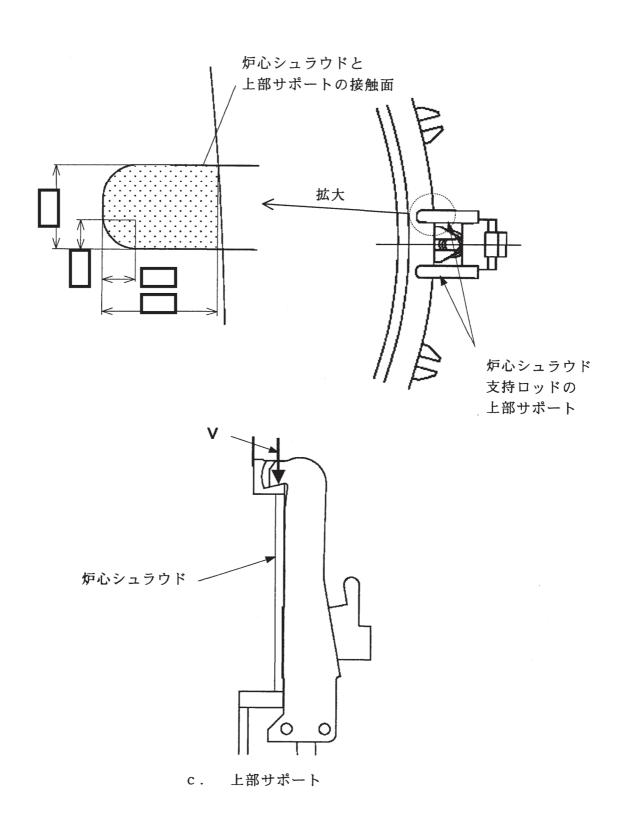


図 5-1(2) 支圧荷重の支持面 (単位:mm)

表 3-1 断面性状

応力評価点	D o (mm)	D _i (mm)	A (mm²)
P01, P02			
P03, P04			
P05, P06			
P07, P08			
P09, P10			
P11, P12			

表 4-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位:MPa)

	(単位: Mra) 運転状態V				
 応力評価面	連転制	て思 V			
	応力強さ	許容応力			
P01	15	223			
P02	10	220			
P01'	15	223			
P02'	10				
P03	15	145*			
P04	10	110			
P03'	15	145*			
P04'	10				
P05	14	145*			
P06					
P05'	14	145*			
P06'					
P07	14	223			
P08					
P07'	14	223			
P08'					
P09	14	145*			
P10					
P09'	14	145*			
P10'					
P11	27	145*			
P12					
P11'	27	145*			
P12'					

注記*:継手効率 を乗じた値を示す。

表 4-2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位:MPa)

	(単位:MPa) 運転状態V				
 応力評価面	連転り	大態 V 			
	応力強さ	許容応力			
P01	15	335			
P02	10	333			
P01'	15	335			
P02'	10	000			
P03	15	218*			
P04	10	210			
P03'	15	218*			
P04'	10				
P05	14	218*			
P06					
P05'	14	218*			
P06'					
P07	14	335			
P08					
P07'	14	335			
P08'					
P09	14	218*			
P10					
P09'	14	218*			
P10'					
P11	27	218*			
P12					
P11'	27	218*			
P12'					

注記*:継手効率 を乗じた値を示す。

表 5-1(1) 支圧応力の評価

(単位:MPa)

応力評価面	運転状態	平均支圧応力	許容応力
上部格子板 支持面	V	2	207

表 5-1(2) 支圧応力の評価

(単位:MPa)

応力評価面	運転状態	平均支圧応力	許容応力
炉心支持板 支持面	V	1	207

表 5-1(3) 支圧応力の評価

(単位:MPa)

応力評価面	運転状態	平均支圧応力	許容応力
上部サポート 支持面	V	15	207