

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-003-05
提出年月日	2022年3月8日

VI-2-3-2-2-3 シュラウドサポートの耐震性についての計算書

S2 補 VI-2-3-2-2-3 R0

2022年3月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 目 次

1. 一般事項	1
1.1 記号の説明	1
1.2 形状・寸法・材料	2
1.3 解析範囲	2
1.4 計算結果の概要	2
2. 計算条件	5
2.1 設計条件	5
2.2 運転条件	5
2.3 材料	5
2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	5
2.5 荷重の組合せ及び応力評価	5
2.6 許容応力	5
2.7 応力の記号と方向	5
3. 応力計算	6
3.1 応力評価点	6
3.2 差圧による応力	6
3.2.1 荷重条件 (L02)	6
3.2.2 計算方法	6
3.3 外荷重による応力	6
3.3.1 荷重条件 (L04, L14及びL16)	6
3.3.2 計算方法	6
3.4 応力の評価	6
4. 応力強さの評価	7
4.1 一次一般膜応力強さの評価	7
4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7
5. 特別な応力の評価	8
5.1 座屈に対する評価	8
5.1.1 計算データ	8
5.1.2 荷重	8
5.1.3 圧縮応力	8
5.1.4 許容応力	9
5.1.5 座屈に対する評価	10

## 図 表 目 次

図1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	3
表1-1	計算結果の概要	4
表2-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	11
表2-2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	12
表2-3	座屈に対する評価	13

## 1. 一般事項

本計算書は、シュラウドサポートの耐震性についての計算書である。

シュラウドサポートは、設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備、常設重大事故緩和設備及び常設重大事故防止設備（設計基準拡張）に分類される。

以下、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。

なお、シュラウドサポートは、炉心支持構造物であるため、添付書類「VI-2-3-2-2-1 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。また、本書においては、設計用地震力を除く荷重によるシュラウドサポートの応力評価は、添付書類「VI-3-別添 6-1 炉心支持構造物の強度計算書」の5章「シュラウドサポートの強度計算」（以下「強度計算」という。）による。

注：以下、シュラウドサポートレグ、シュラウドサポートシリンダ、シュラウドサポートプレート及び炉心シュラウド下部胴を、それぞれ「レグ」、「シリンダ」、「プレート」及び「下部胴」という。

### 1.1 記号の説明

記号の説明を「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	レグ1本当たりの断面積	mm <sup>2</sup>
B	レグの幅	mm
C	部材両端の拘束条件に対する座屈長さの係数	—
E	縦弾性係数	MPa
F	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa
F*	設計・建設規格 SSB-3121.3に定める値	MPa
$f_c$	許容応力 設計・建設規格 SSB-3121.1(3)に定める値	MPa
I	座屈軸についての断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
i	座屈軸についての断面二次半径	mm
$l$	レグの長さ	mm
$l_k$	座屈長さ	mm
T	レグの板厚	mm
$\Lambda$	限界細長比	—
$\lambda$	有効細長比	—
$\nu$	設計・建設規格 SSB-3121.1(3)a.における $\nu$	—

## 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。

## 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。

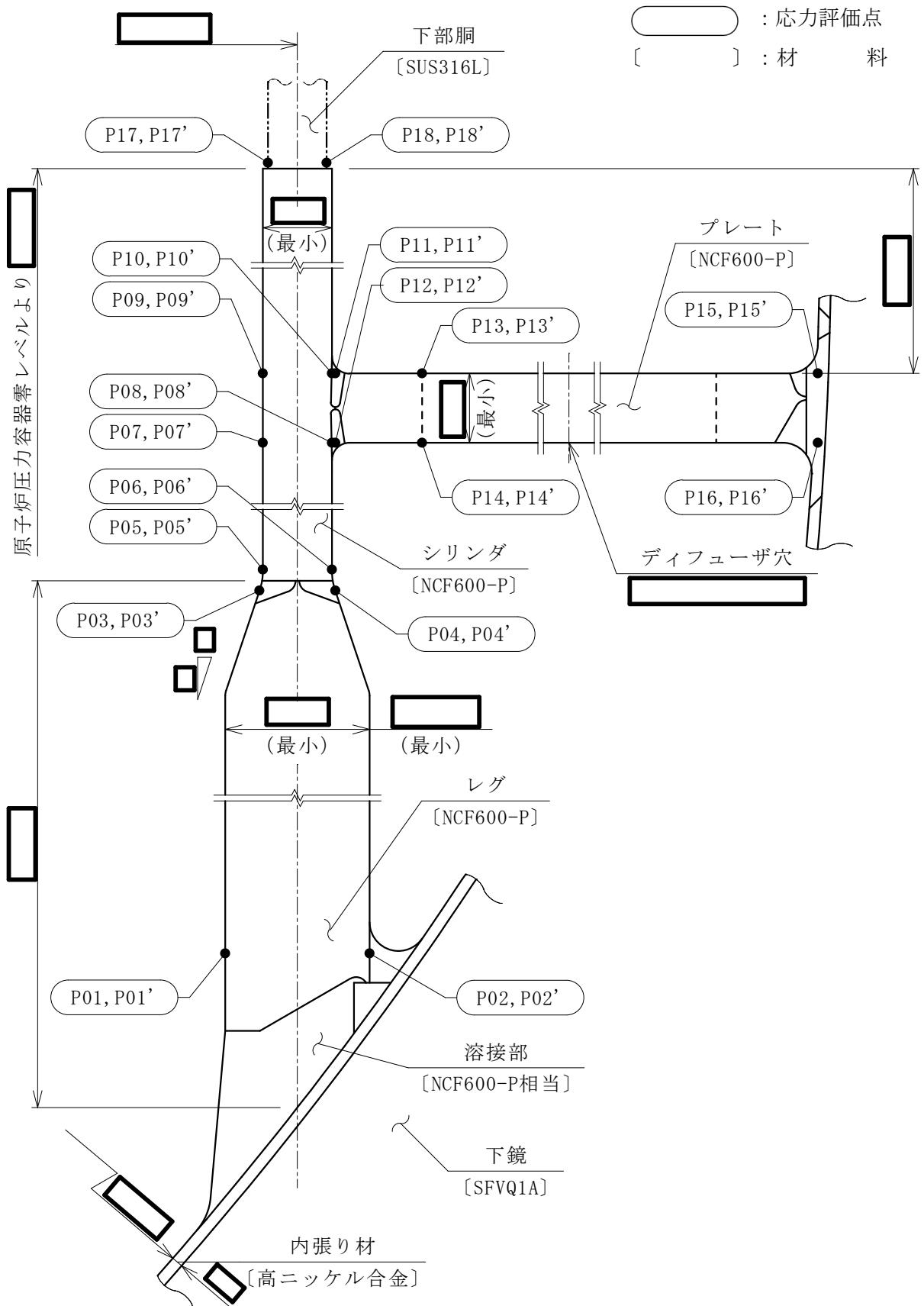


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1(1) 計算結果の概要

(単位：MPa)

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力強さ			一次一般膜＋一次曲げ応力強さ		
		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
レグ NCF600-P	ⅢA S	131	246	P03 -P04	131	369	P03 -P04
	ⅣA S	218	334	P03 -P04	218	501	P03 -P04
シリンドラ NCF600-P	ⅢA S	61	246	P07 -P08	61	369	P07 -P08
	ⅣA S	101	334	P07 -P08	101	501	P07 -P08
プレート NCF600-P	ⅢA S	21	221*	P11' -P12'	21	332*	P11' -P12'
	ⅣA S	35	300*	P11' -P12'	35	450*	P11' -P12'
下部胴 SUS316L	ⅢA S	86	128*	P17 -P18	86	192*	P17 -P18
	ⅣA S	143	205*	P17 -P18	143	308*	P17 -P18

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	許容応力状態	座屈に対する評価	
		圧縮応力	許容応力
レグ NCF600-P	ⅢA S	125	233
	ⅣA S	212	248

## 2. 計算条件

### 2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

### 2.2 運転条件

考慮した運転条件を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

### 2.3 材料

各部の材料を図1-1に示す。

### 2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

荷重の組合せ及び許容応力状態を「応力解析の方針」の3.3節に示す。

### 2.5 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4.3節に示す。

### 2.6 許容応力

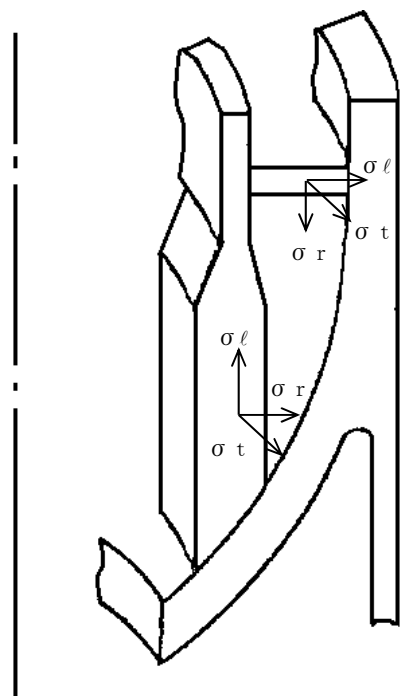
許容応力を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.6節に示す。

### 2.7 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。

- $\sigma_t$  : 周方向応力
- $\sigma_\ell$  : 軸方向応力
- $\sigma_r$  : 半径方向応力





### 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。

#### 3.2 差圧による応力

##### 3.2.1 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に定めるとおりである。

##### 3.2.2 計算方法

差圧による応力の計算は、「強度計算」の5.9.2項に定めるとおりである。

#### 3.3 外荷重による応力

##### 3.3.1 荷重条件 (L04, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(2)に示す。

##### 3.3.2 計算方法

外荷重による応力の計算は、「強度計算」の5.9.2項に定めるとおりである。

#### 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5.1.2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

各許容応力状態における評価を表2-1に示す。

表2-1より、各許容応力状態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

各許容応力状態における評価を表2-2に示す。

表2-2より、各許容応力状態の一次一般膜＋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 座屈に対する評価

レグには、シュラウドサポートに作用する鉛直力及びモーメントにより、圧縮応力が生じる。したがって、これらの荷重の組合せにより発生する圧縮応力の評価を行う。

## 5.1.1 計算データ

(1) 座屈長さ  $l_k$ 

$$l_k = C \cdot l = 0.7 \times \boxed{\phantom{0000}} = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}$$

ここで、 $C = 0.7$

$$l : \text{レグの長さ} = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}$$

(2) 座屈軸についての断面二次半径  $i$ 

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \boxed{\phantom{0000}} = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}$$

ここで、 $I$  : 座屈軸についての断面二次モーメント

$$= \frac{1}{12} \cdot T^3 \cdot B = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}^4$$

$$T : \text{レグの板厚} = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}$$

$$B : \text{レグの幅} = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}$$

$A$  : レグ 1 本当たりの断面積

$$= T \cdot B = \boxed{\phantom{0000}} \text{ mm}^2$$

(3) 有効細長比  $\lambda$ 

$$\lambda = \frac{l_k}{i} = \boxed{\phantom{0000}} = \boxed{\phantom{0000}}$$

## 5.1.2 荷重

シュラウドサポートに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4-1(2)に示す。

## 5.1.3 圧縮応力

各許容応力状態においてレグに発生する圧縮応力を表2-3に示す。

レグに発生する圧縮応力は、応力評価面P03'-P04'での一次一般膜応力 ( $\sigma_l$ ) を示す。

## 5.1.4 許容応力

各許容応力状態における許容応力の計算は、設計・建設規格 SSB-3121を準用して計算する。

## (1) 許容応力状態ⅢA S

許容応力状態ⅢA Sにおける許容応力 $f_c$ は、次のように得られる。

$$\begin{aligned} \text{限界細長比：} \Lambda &= \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times \boxed{\phantom{0000}}}{0.6 \times \boxed{\phantom{0000}}}} \\ &= \boxed{\phantom{0000}} \end{aligned}$$

ここで、 $F$ ：許容応力度 =  $\boxed{\phantom{0000}}$  MPa

$E$ ：縦弾性係数 =  $\boxed{\phantom{0000}}$  MPa ( $\boxed{\phantom{0000}}$ における値)

ゆえに、 $\lambda < \Lambda$ なので $f_c$ は、

$$\begin{aligned} f_c &= 1.5 \cdot \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \\ &= 1.5 \times \left\{ 1 - 0.4 \times \left( \boxed{\phantom{0000}} \right)^2 \right\} \times \boxed{\phantom{0000}} = 233 \text{ MPa} \end{aligned}$$

ここで、 $\nu = 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2$

$$= 1.5 + \frac{2}{3} \times \left( \boxed{\phantom{0000}} \right)^2 = \boxed{\phantom{0000}}$$

## (2) 許容応力状態ⅣA S

許容応力状態ⅣA Sにおける許容応力 $f_c$ は、次のように得られる。

$$\begin{aligned} \text{限界細長比：} \Lambda &= \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F^*}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times \boxed{\phantom{0000}}}{0.6 \times \boxed{\phantom{0000}}}} \\ &= \boxed{\phantom{0000}} \end{aligned}$$

ここで、 $F^*$ ：許容応力度 =  $\boxed{\phantom{0000}}$  MPa

$E$ ：縦弾性係数 =  $\boxed{\phantom{0000}}$  MPa ( $\boxed{\phantom{0000}}$ °Cにおける値)

ゆえに、 $\lambda < \Lambda$ なので $f_c$ は、

$$\begin{aligned} f_c &= 1.5 \cdot \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F^*}{\nu} \\ &= 1.5 \times \left\{ 1 - 0.4 \times \left( \boxed{\phantom{0000}} \right)^2 \right\} \times \boxed{\phantom{0000}} = 248 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ここで, } \nu &= 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left(\frac{\lambda}{\Lambda}\right)^2 \\ &= 1.5 + \frac{2}{3} \times \left(\boxed{\phantom{0.0}}\right)^2 = \boxed{\phantom{0.0}} \end{aligned}$$

#### 5.1.5 座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表2-3に示す。

表2-3より、各許容応力状態における圧縮応力は、許容応力を満足するため、座屈は発生しない。

表2-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	72	221*	120	300*
P01' P02'	62	221*	110	300*
P03 P04	131	246	218	334
P03' P04'	112	246	199	334
P05 P06	57	246	94	334
P05' P06'	48	246	85	334
P07 P08	61	246	101	334
P07' P08'	54	246	94	334
P09 P10	49	246	81	334
P09' P10'	42	246	74	334
P11 P12	19	221*	33	300*
P11' P12'	21	221*	35	300*
P13 P14	9	246	17	334
P13' P14'	12	246	19	334
P15 P16	10	221*	15	300*
P15' P16'	9	221*	14	300*
P17 P18	86	128*	143	205*
P17' P18'	77	128*	134	205*

注記\*：継手効率  を乗じた値を示す。

表2-2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態ⅢA S		許容応力状態ⅣA S	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	72	332*	120	450*
P01' P02'	62	332*	110	450*
P03 P04	131	369	218	501
P03' P04'	112	369	199	501
P05 P06	57	369	94	501
P05' P06'	48	369	85	501
P07 P08	61	369	101	501
P07' P08'	54	369	94	501
P09 P10	49	369	81	501
P09' P10'	42	369	74	501
P11 P12	19	332*	33	450*
P11' P12'	21	332*	35	450*
P13 P14	9	369	17	501
P13' P14'	12	369	19	501
P15 P16	10	332*	15	450*
P15' P16'	9	332*	14	450*
P17 P18	86	192*	143	308*
P17' P18'	77	192*	134	308*

注記\*：継手効率  を乗じた値を示す。

表2-3 座屈に対する評価

(単位：MPa)

応力評価面	許容応力状態	圧縮応力	許容応力
P03'-P04'	Ⅲ A S	125	233
	Ⅳ A S	212	248