

本資料のうち、枠囲みの内容は、  
営業秘密又は防護上の観点から  
公開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	工認-971 改0
提出年月日	平成30年7月31日

### V-2-3-3-2-3 シュラウドサポートの耐震性についての計算書

## 目次

1. 一般事項	1
1.1 形状・寸法・材料	1
1.2 記号の説明	1
1.3 考慮する荷重	2
1.4 計算結果の概要	2
2. 計算条件	5
2.1 解析範囲	5
2.2 運転条件	5
2.3 材料	5
2.4 物性値及び許容応力	5
2.5 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 外荷重による応力	6
3.2.1 荷重条件 (L04, L14及びL16)	6
4. 応力強さの評価	6
4.1 一次一般膜応力強さの評価	6
4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	6
5. 特別な応力の検討	7
5.1 座屈に対する評価	7
5.1.1 計算データ	7
5.1.2 圧縮荷重	7
5.1.3 圧縮応力	7
5.1.4 許容圧縮応力	8
5.1.5 各許容応力状態における圧縮応力の評価	9

## 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4-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	10
表4-2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	11
表5-1	圧縮応力の評価	12

## 1. 一般事項

本計算書は、シュラウドサポートの応力計算書である。

## 1.1 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。

## 1.2 記号の説明

V-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。）の2章による。

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	シュラウドサポートレグ1 本当たりの断面積	mm <sup>2</sup>
B	シュラウドサポートレグの幅	mm
C	部材両端の拘束条件に対する座屈長さの係数	—
F	許容応力度	MPa
f <sub>c</sub>	許容圧縮応力	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	シュラウドサポートレグの長さ	mm
l <sub>k</sub>	座屈長さ	mm
T	シュラウドサポートレグの板厚	mm
Λ	限界細長比	—
λ	有効細長比	—
ν	設計・建設規格 SSB-3121.1(3)a.におけるν	—

### 1.3 考慮する荷重

考慮した各荷重の値を「応力解析の方針」の4章に示す。

### 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本計算書に記載している。

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。

○ : 応力評価点  
 ( ) : 材 料  
 [ ] : J I S 相当材

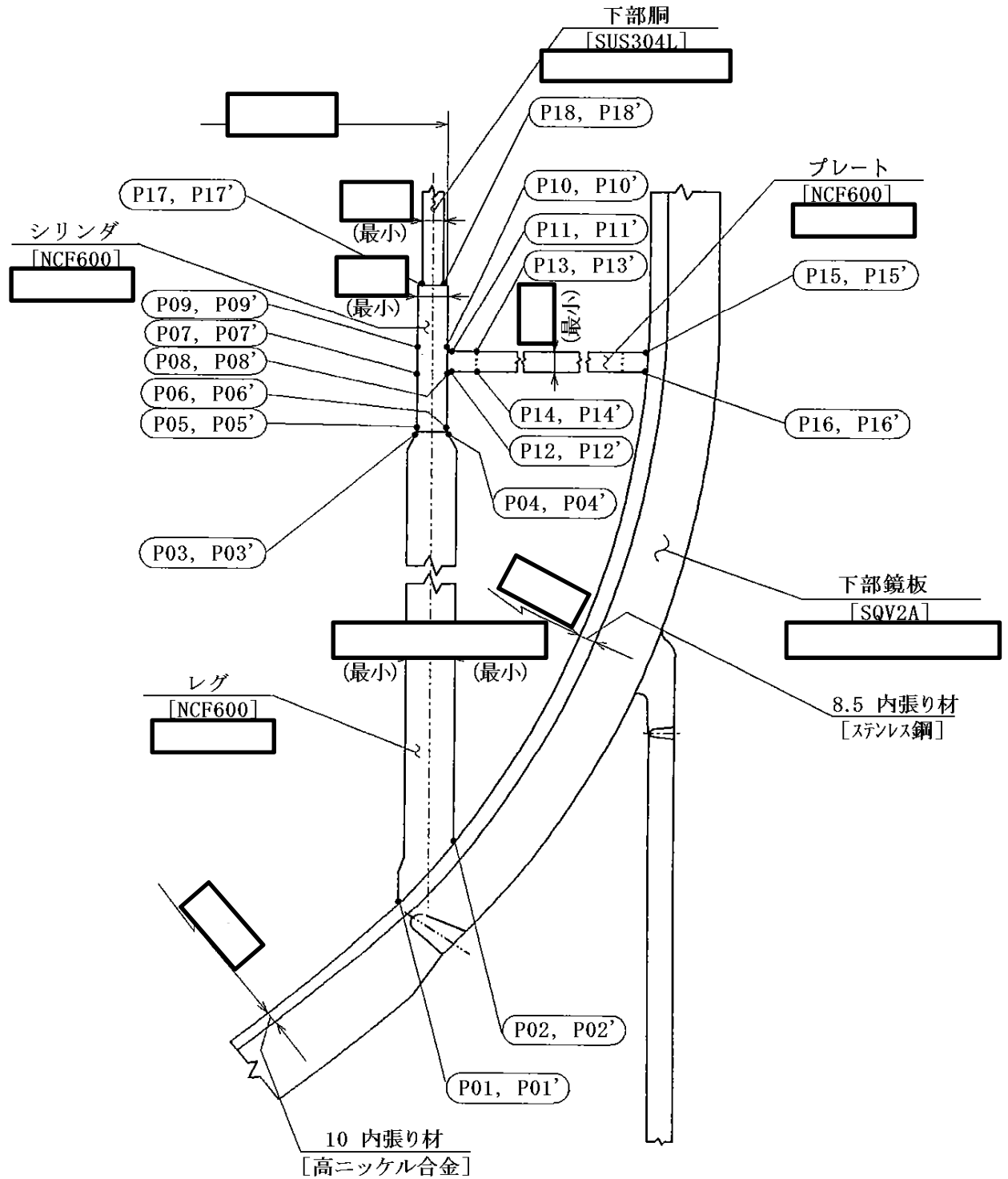


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	一次一般膜応力 (MPa)			一次一般膜+一次曲げ応力 (MPa)		
		応力 強さ	許容値	応力評価面	応力 強さ	許容値	応力評価面
レグ NCF600	Ⅲ A S	128	246	P03 - P04	128	369	P03 - P04
	Ⅳ A S	194	334	P03' - P04'	194	501	P03' - P04'
シリンダ NCF600	Ⅲ A S	131	246	P07' - P08'	131	369	P07' - P08'
	Ⅳ A S	149	334	P07' - P08'	149	501	P07' - P08'
プレート NCF600	Ⅲ A S	104	246	P13 - P14	104	369	P13 - P14
	Ⅳ A S	108	334	P13 - P14	108	501	P13 - P14
下部胴 SUS304L	Ⅲ A S	79	130	P17' - P18'	79	196	P17' - P18'
	Ⅳ A S	99	209	P17' - P18'	99	313	P17' - P18'

## 2. 計算条件

### 2.1 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。

### 2.2 運転条件

考慮した運転条件とその回数を「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。

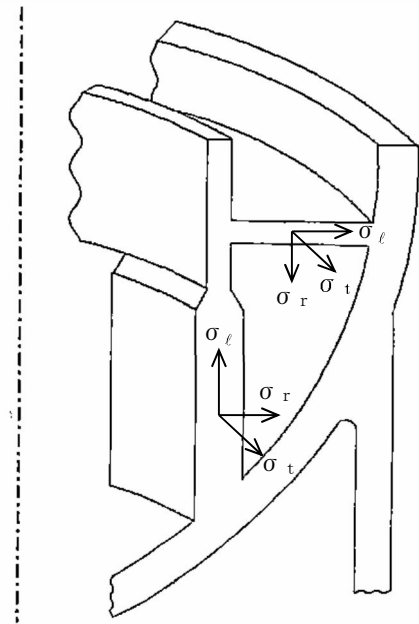
### 2.4 物性値及び許容応力

物性値及び許容応力は、「応力解析の方針」の3.4節及び3.6節による。

### 2.5 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 外荷重による応力

##### 3.2.1 荷重条件 (L04, L14及びL16)

シュラウドサポートに作用する外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

### 4. 応力強さの評価

#### 4.1 一次一般膜応力強さの評価

許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S及び許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける評価をまとめて、表4-1に示す。

表4-1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3.6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

許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S及び許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける評価をまとめて、表4-2に示す。

表4-2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3.6節に示す許容応力を満足する。

## 5. 特別な応力の検討

## 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外荷重により、軸圧縮荷重が生じる。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  $l_k$ 

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

ここで、 $C = 0.7$

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

(2) 座屈軸についての断面二次半径  $i$ 

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \boxed{\phantom{0000}} = 36.0844 \text{ mm}$$

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  $\lambda$ 

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

## 5.1.2 軸圧縮荷重

各許容応力状態においてシュラウドサポートに作用する外荷重を「応力解析の方針」の4.2節に示す。

## 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最大圧縮応力は、応力評価面P03'-P04'での一次一般膜応力 ( $\sigma_\ell$ ) に注目して、表5-1に示す。

## 5.1.4 許容圧縮応力

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

(1) 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S

許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける許容応力度Fは、以下の3つの値のうち小さい方を用いる。

$$1.35 \cdot S_y = 261 \text{ MPa} \quad (\text{供用状態A及びBの最高温度 } \boxed{\phantom{000}} \text{ } ^\circ\text{C} \text{ における値})$$

$$0.7 \cdot S_u = 350 \text{ MPa} \quad (\text{供用状態A及びBの最高温度 } \boxed{\phantom{000}} \text{ } ^\circ\text{C} \text{ における値})$$

$$S_y = 245 \text{ MPa} \quad (\text{室温における値})$$

したがって、許容応力度F = 245 MPaとする。

許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sにおける許容圧縮応力 $f_c$ は、F = 245 MPaに対して次のように得られる。

$$\begin{aligned} \text{限界細長比} : \Lambda &= \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times \boxed{\phantom{000}}}{0.6 \times 245}} \\ &= \boxed{\phantom{000}} \end{aligned}$$

ここで、E : 縦弾性係数 =  $\boxed{\phantom{000}}$  MPa ( $\boxed{\phantom{000}}$   $^\circ\text{C}$  における値)

ゆえに、 $\lambda < \Lambda$ なので $f_c$ は、

$$\begin{aligned} f_c &= 1.5 \times \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \\ &= 1.5 \times \left\{ 1 - 0.4 \times \boxed{\phantom{000}} \right\} \times \frac{245}{1.54576} = 231 \text{ MPa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ここで、} \nu &= 1.5 + \frac{2}{3} \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \\ &= 1.5 + \frac{2}{3} \times \boxed{\phantom{000}} = 1.54576 \end{aligned}$$

(2) 許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>S

許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける許容応力度Fは、以下の3つの値のうち小さい方を用いる。

$$1.35 \cdot S_y = 261 \text{ MPa} \quad (\text{供用状態A及びBの最高温度 } \boxed{\phantom{000}} \text{ } ^\circ\text{C} \text{ における値})$$

$$0.7 \cdot S_u = 350 \text{ MPa} \quad (\text{供用状態A及びBの最高温度 } \boxed{\phantom{000}} \text{ } ^\circ\text{C} \text{ における値})$$

$$1.2 \cdot S_y = 294 \text{ MPa} \quad (\text{室温における値})$$

したがって、許容応力度F = 261 MPaとする。

許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける許容圧縮応力 $f_c$ は、F = 261 MPaに対して次のように得られる。

$$\text{限界細長比：}\Lambda = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times \boxed{\phantom{0000}}}{0.6 \times 261}}$$

$$= \boxed{\phantom{0000}}$$

ここで、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、

$$f_c = 1.5 \times \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu}$$

$$= 1.5 \times \left\{ 1 - 0.4 \times \boxed{\phantom{0000}} \right\} \times \frac{261}{1.54875} = 245 \text{ MPa}$$

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

$$= 1.5 + \frac{2}{3} \boxed{\phantom{0000}} = 1.54875$$

#### 5.1.5 各許容応力状態における圧縮応力の評価

許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S及び許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sにおける圧縮応力の評価を表5-1に示す。

表5-1より、各許容応力状態における圧縮応力は、許容圧縮応力を超えない。

表4-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01				
P02	85	221	121	300
P01'				
P02'	75	221	109	300
P03				
P04	128	246	187	334
P03'				
P04'	126	246	194	334
P05				
P06	79	246	81	334
P05'				
P06'	107	246	130	334
P07				
P08	103	246	110	334
P07'				
P08'	131	246	149	334
P09				
P10	107	246	116	334
P09'				
P10'	110	246	122	334
P11				
P12	89	221	92	300
P11'				
P12'	90	221	93	300
P13				
P14	104	246	108	334
P13'				
P14'	96	246	94	334
P15				
P16	62	221	61	300
P15'				
P16'	70	221	73	300
P17				
P18	74	130	97	209
P17'				
P18'	79	130	99	209

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)

評価面	許容応力状態 ⅢA S		許容応力状態 ⅣA S	
	応力 強さ	許容値	応力 強さ	許容値
P01 P02	85	332	121	450
P01' P02'	75	332	109	450
P03 P04	128	369	187	501
P03' P04'	126	369	194	501
P05 P06	79	369	81	501
P05' P06'	107	369	130	501
P07 P08	103	369	110	501
P07' P08'	131	369	149	501
P09 P10	107	369	116	501
P09' P10'	110	369	122	501
P11 P12	89	332	92	450
P11' P12'	90	332	93	450
P13 P14	104	369	108	501
P13' P14'	96	369	94	501
P15 P16	62	332	61	450
P15' P16'	70	332	73	450
P17 P18	74	196	97	313
P17' P18'	79	196	99	313

表5-1 圧縮応力の評価

(単位：MPa)

許容応力状態	圧縮応力	許容圧縮応力
Ⅲ <sub>A</sub> S	124	
Ⅳ <sub>A</sub> S	193	