

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-1033 改1
提出年月日	平成30年8月29日

## V-3-別添6-2 シュラウドサポートの応力計算書

## 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 重大事故等時の条件	5
2.3 材料	5
2.4 物性値及び許容限界	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)	6
3.3 応力の評価	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. 特別な評価	7
5.1 座屈に対する評価	7
5.1.1 計算データ	7
5.1.2 外荷重	7
5.1.3 圧縮応力	7
5.1.4 許容圧縮応力	8
5.1.5 座屈に対する評価	8

## 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	9
表4-2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	10
表5-1	座屈に対する評価	11

## 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

添付書類「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、供用状態Eにおける評価結果は、添付書類「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」にて選定した、各部分を代表する応力評価面について記載している。

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。

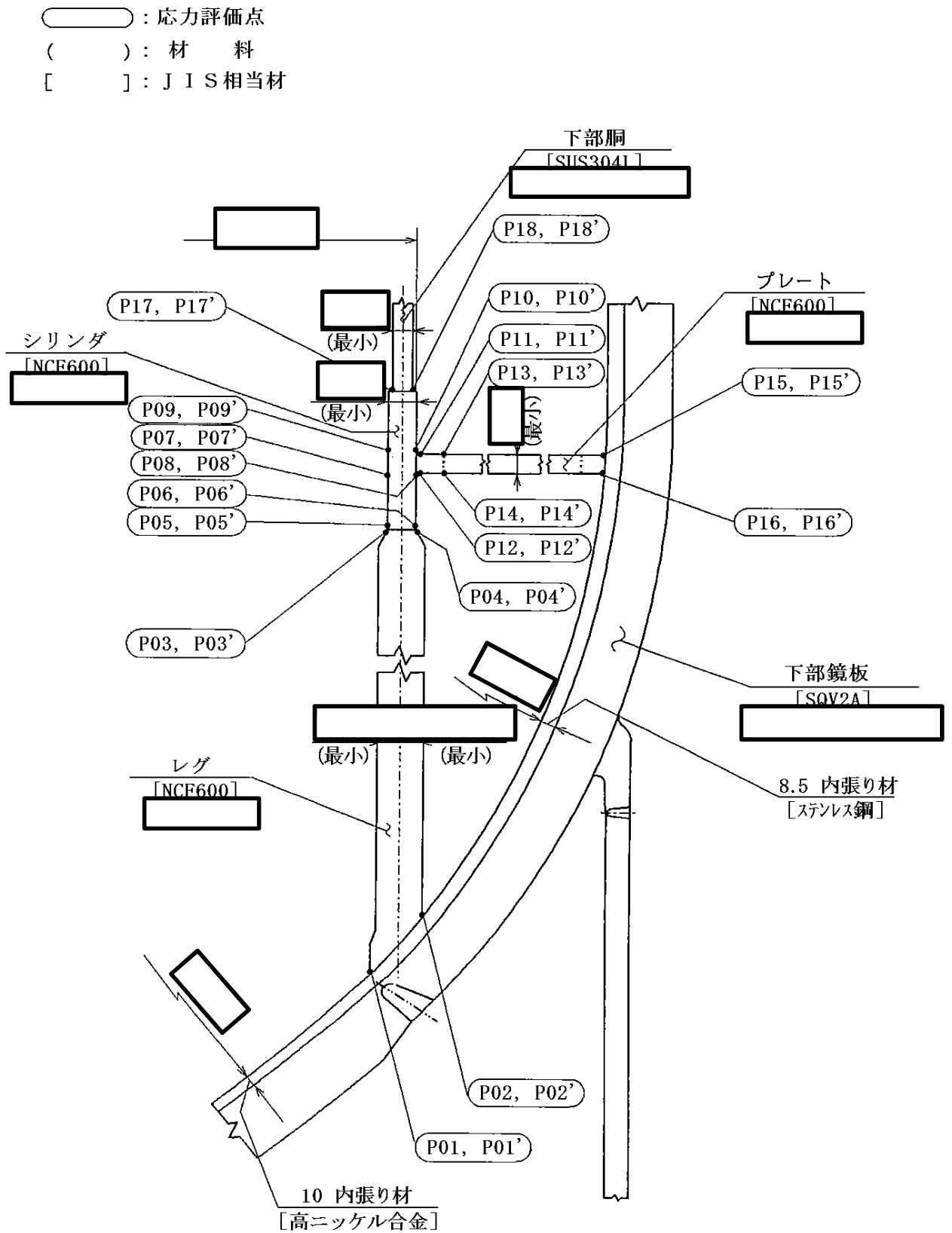


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1(1) 計算結果の概要

部分及び材料	供用状態	一次一般膜応力強さ (MPa)			一次一般膜+一次曲げ応力強さ (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	E	48	300	P01 - P02	48	450	P01 - P02
シリンダ NCF600	E	109	334	P07 - P08	109	501	P07 - P08
プレート NCF600	E	107	334	P13 - P14	107	501	P13 - P14
下部胴 SUS304L	E	58	209	P17 - P18	58	313	P17 - P18

表1-1(2) 計算結果の概要

供用状態	座屈に対する評価 (MPa)	
	圧縮応力	許容値
E	6	245

## 2. 計算条件

### 2.1 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。

### 2.2 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4.2節に示す。

### 2.3 材料

各部の材料を図1-1に示す。

### 2.4 物性値及び許容限界

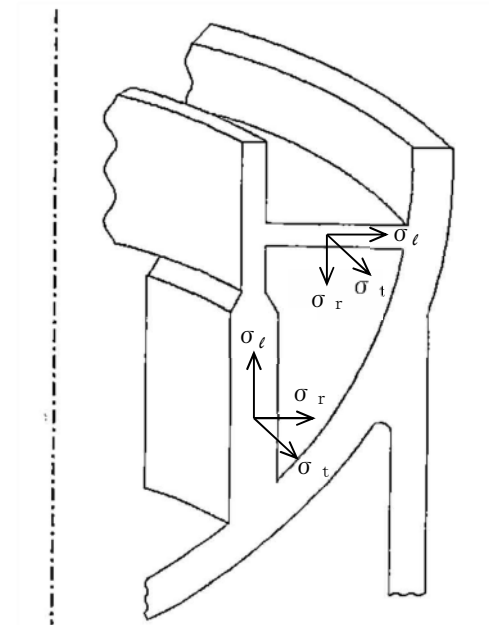
物性値及び許容限界は、「応力解析の方針」の3.4節及び3.6節による。

溶接部の継手効率を「応力解析の方針」の3.7節に示す。

### 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
- $\sigma_l$  : 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)

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4.4節に示す。

#### 3.3 応力の評価

各応力評価点で計算された応力は、応力を分類ごとに重ね合わせ、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5.4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

供用状態Eにおける評価をまとめて、表4-1に示す。

表4-1より、供用状態Eの一次一般膜応力強さは、「応力解析の方針」の3.6節及び3.7節に示す許容値を満足する。

#### 4.2 一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価

供用状態Eにおける評価をまとめて、表4-2に示す。

表4-2より、供用状態E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節及び3.7節に示す許容値を満足する。

## 5. 特別な評価

## 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外荷重により、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  $i$ 

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

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 外荷重

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4.4節に示す。

## 5.1.3 圧縮応力

供用状態E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 ( $\sigma_t$ ) に注目して、表5-1に示す。

## 5.1.4 許容圧縮応力

供用状態E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。

供用状態E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。

$$1.35 \cdot S_y = 261 \text{ MPa} \quad \boxed{\phantom{000}} \text{ } ^\circ\text{C} \text{における値}$$

$$0.7 \cdot S_u = 350 \text{ MPa} \quad \boxed{\phantom{000}} \text{ } ^\circ\text{C} \text{における値}$$

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

したがって、許容応力度F = 261 MPaとする。

供用状態E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。

$$\begin{aligned} \text{限界細長比: } \Lambda &= \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0.6 \cdot F}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \times \boxed{\phantom{000}}}{0.6 \times 261}} \\ &= \boxed{\phantom{000}} \end{aligned}$$

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、

$$\begin{aligned} f_c &= 1.5 \times \left\{ 1 - 0.4 \cdot \left( \frac{\lambda}{\Lambda} \right)^2 \right\} \cdot \frac{F}{\nu} \\ &= 1.5 \times \left\{ 1 - 0.4 \times \boxed{\phantom{000}} \right\} \times \frac{261}{1.54875} = 245 \text{ MPa} \end{aligned}$$

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

$$= 1.5 + \frac{2}{3} \times \boxed{\phantom{000}} = 1.54875$$

## 5.1.5 座屈に対する評価

供用状態Eにおける座屈に対する評価を表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ため、座屈は発生しない。

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	供用状態E	
	応力強さ	許容値
P01 P02	48	300*
P01' P02'	48	300*
P03 P04	43	334
P03' P04'	43	334
P05 P06	82	334
P05' P06'	82	334
P07 P08	109	334
P07' P08'	109	334
P09 P10	104	334
P09' P10'	104	334
P11 P12	94	300*
P11' P12'	94	300*
P13 P14	107	334
P13' P14'	107	334
P15 P16	69	300*
P15' P16'	69	300*
P17 P18	58	209*
P17' P18'	58	209*

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)

評価面	供用状態E	
	応力強さ	許容値
P01 P02	48	450*
P01' P02'	48	450*
P03 P04	43	501
P03' P04'	43	501
P05 P06	82	501
P05' P06'	82	501
P07 P08	109	501
P07' P08'	109	501
P09 P10	104	501
P09' P10'	104	501
P11 P12	94	450*
P11' P12'	94	450*
P13 P14	107	501
P13' P14'	107	501
P15 P16	69	450*
P15' P16'	69	450*
P17 P18	58	313*
P17' P18'	58	313*

注記 \*：継手効率を乗じた値を示す。

表5-1 座屈に対する評価

(単位：MPa)

状態	圧縮応力	許容圧縮応力
供用状態E	6	245