

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2
提出年月日	平成30年8月29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 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, L14及びL16)	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	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	座屈に対する評価	12

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。

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 本当通りの断面積	mm ²
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 _c	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 ⁴
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 _k	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

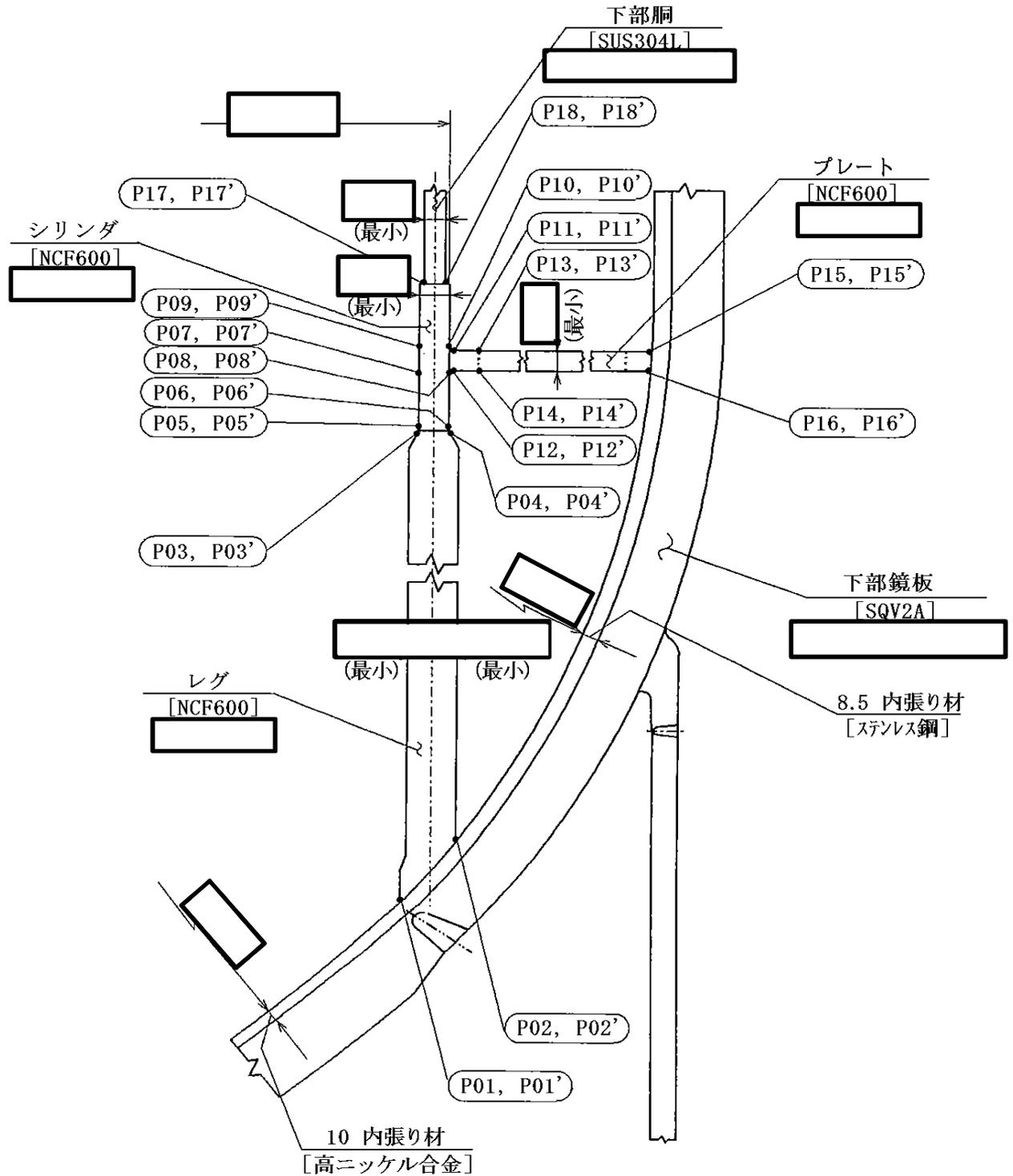


図1-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

表1-1(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	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'

表1-1(2) 計算結果の概要

許容応力状態	座屈に対する評価 (MPa)	
	圧縮応力	許容値
Ⅲ _A S	124	231
Ⅳ _A S	193	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 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 物性値及び許容**限界**

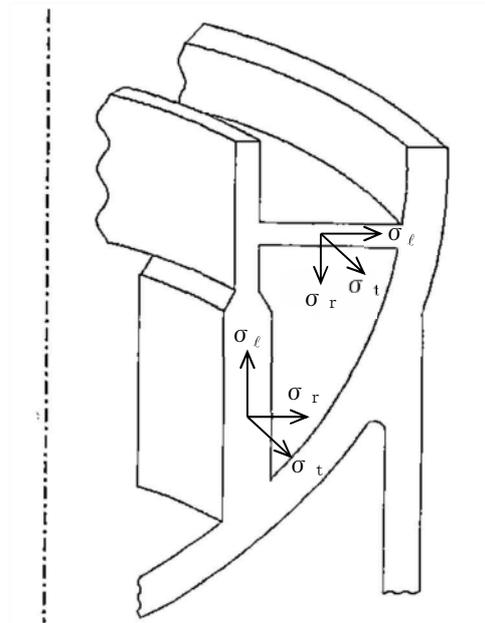
物性値及び許容**限界**は、「応力解析の方針」の3.4節及び3.6節による。

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。

- σ_t : 周方向応力
- σ_ℓ : 軸方向応力
- σ_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4.4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

各許容応力状態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

各許容応力状態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

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

ここで、 $C = 0.7$

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

(2) 座屈軸についての断面二次半径 i

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

ここで、 I : 座屈軸についての断面二次モーメント

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

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

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

A : レグ1 本当りの断面積

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

(3) 有効細長比 λ

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

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

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 (σ_ℓ) 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_AS

許容応力状態Ⅲ_AS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。

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

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

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

したがって、許容応力度F = 245 MPaとする。

許容応力状態Ⅲ_AS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。

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

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

ゆえに、 $\lambda < \Lambda$ なので f_c は、

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

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

(2) 許容応力状態Ⅳ_AS

許容応力状態Ⅳ_AS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。

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

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

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

したがって、許容応力度F = 261 MPaとする。

許容応力状態Ⅳ_AS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。

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

$$= \boxed{}$$

ここで、E：縦弾性係数＝ $\boxed{}$ MPa $\boxed{}$ °Cにおける値)

ゆえに、 $\lambda < \Lambda$ なので f_c は、

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

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

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

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

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	許容応力状態 Ⅲ _A S		許容応力状態 Ⅳ _A 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*

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	許容応力状態 Ⅲ _A S		許容応力状態 Ⅳ _A 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*

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)

許容応力状態	圧縮応力	許容圧縮応力
Ⅲ _A S	124	231
Ⅳ _A S	193	245