

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-1032 改1
提出年月日	平成30年9月14日

V-3-別添 6-1 炉心シュラウドの応力計算書

目次

1. 一般事項	1
1.1 記号の説明	1
1.2 適用基準	1
1.3 形状・寸法・材料	1
1.4 解析範囲	1
1.5 計算結果の概要	1
2. 計算条件	5
2.1 設計条件	5
2.2 重大事故等時の条件	5
2.3 荷重の組合せ及び供用状態	5
2.4 材料	5
2.5 物性値	5
2.6 荷重の組合せと応力評価	5
2.7 許容限界	5
2.8 応力の記号と方向	5
3. 外荷重の条件	6
3.1 死荷重	6
4. 応力計算	6
4.1 応力評価点	6
4.2 差圧による応力	6
4.2.1 荷重条件 (L02)	6
4.2.2 計算方法	6
4.3 外荷重による応力	7
4.3.1 荷重条件 (L04)	7
4.3.2 計算方法	7
4.4 応力の評価	7
5. 応力強さの評価	8
5.1 一次一般膜応力強さの評価	8
5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	8
6. 特別な評価	9
6.1 支圧応力の評価	9
6.1.1 支圧面積	9
6.1.2 支圧荷重	9
6.1.3 平均支圧応力	9
6.1.4 支圧応力の評価	9
6.2 座屈に対する評価	10

6.2.1	計算データ	10
6.2.2	圧縮応力	10
6.2.3	許容圧縮応力	10
6.2.4	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	2
図 6-1	支圧荷重の支持面	11
表 1-1	計算結果の概要	3
表 4-1	断面性状	12
表 5-1	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	13
表 5-2	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	14
表 6-1	支圧応力の評価	15
表 6-2	座屈に対する評価	15

1. 一般事項

本計算書は、炉心シュラウドの応力計算書である。

炉心シュラウドは、炉心支持構造物であるため、添付書類「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。）に基づくものとする。

1.1 記号の説明

記号の説明は、「応力解析の方針」の2章に示す。

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
R _o	外半径	mm
I	断面二次モーメント	mm ⁴
t	厚さ	mm
σ _b	平均支圧応力	MPa
σ _{ba}	許容支圧応力	MPa
σ _c	圧縮応力	MPa
σ _{ca}	許容圧縮応力	MPa

1.2 適用基準

適用基準は、「応力解析の方針」の1.3節に示す。

1.3 形状・寸法・材料

本計算書で解析する箇所形状・寸法・材料を図1-1に示す。

1.4 解析範囲

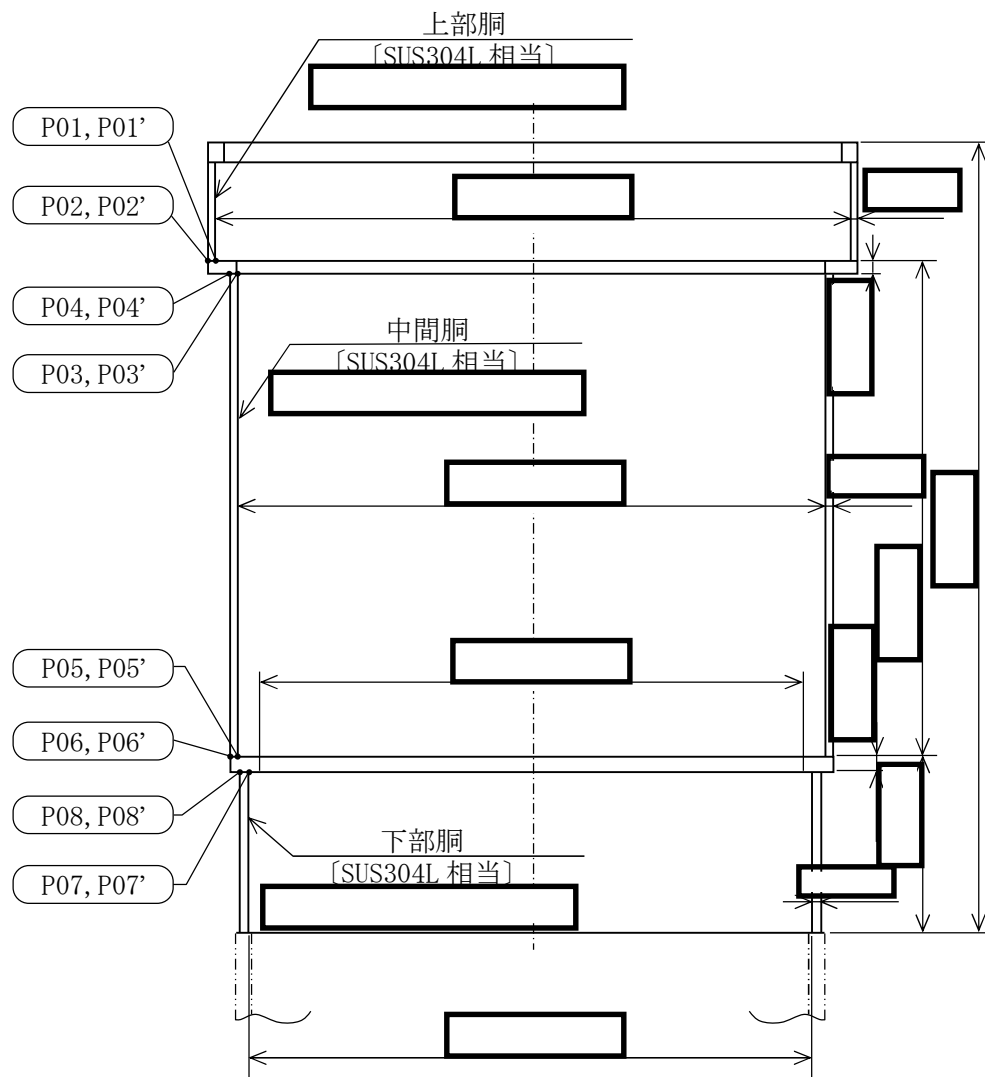
解析範囲を図1-1に示す。

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「V-3-別添 6-2 シュラウドサポートの応力計算書」に示す。

1.5 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。



- : 応力評価点
- [] : J I S 相当材
- () : 材料

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
上部胴 SUS304L	E	11	150	P01-P02	11	226	P01-P02
中間胴 SUS304L	E	11	150	P03-P04	11	226	P03-P04
下部胴 SUS304L	E	20	150	P07-P08	20	226	P07-P08

表 1-1(2) 計算結果の概要

部分及び材料	供用状態	支圧応力 (MPa)	
		平均支圧応力	許容値
上部格子板支持面 SUS304L	E	1	217
炉心支持板支持面 SUS304L	E	1	217

表 1-1(3) 計算結果の概要

部分及び材料	供用状態	座屈に対する評価 (MPa)	
		圧縮応力	許容値
下部胴 SUS304L	E	2	50

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 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。

2.3 荷重の組合せ及び供用状態

荷重の組合せ及び供用状態は、「応力解析の方針」の 3.4 節に示す。

2.4 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.5 物性値

物性値は、「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.6 荷重の組合せと応力評価

荷重の組合せと応力評価は、「応力解析の方針」の 4.5 節に示す。

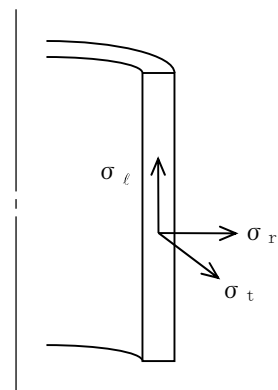
2.7 許容限界

許容限界は、「応力解析の方針」の 3.5 節に示す。

2.8 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
- $\tau_{t\ell}$: せん断応力



3. 外荷重の条件

3.1 死荷重

炉心シュラウドの評価に用いる死荷重を「応力解析の方針」の 4.4.1 項に示す。

4. 応力計算

4.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 1-1 に示す。また、各応力評価点の断面性状を表 4-1 に示す。

4.2 差圧による応力

4.2.1 荷重条件 (L02)

重大事故等時の条件による差圧を「応力解析の方針」の 4 章の図 4-1 に示す。

4.2.2 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。

$$\sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P$$

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

ここで、 $Y = \frac{D_o}{D_i}$

(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。

4.3 外荷重による応力

4.3.1 荷重条件 (L04)

炉心シュラウドに働く外荷重を「応力解析の方針」の4.4節に示す。

4.3.2 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。

$$\sigma_{t\ell} = \frac{V}{A} + \frac{M \cdot D_o}{I \cdot 2}$$

$$\tau_{t\ell} = \frac{H}{A}$$

(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。

4.4 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。

5. 応力強さの評価

5.1 一次一般膜応力強さの評価

供用状態Eにおける評価を、表 5-1 に示す。

表 5-1 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 3.5 節に示す許容値を満足する。

5.2 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、表 5-2 に示す。

表 5-2 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 3.5 節に示す許容値を満足する。

6. 特別な評価

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、鉛直荷重により支圧応力が生じるため、支圧応力の評価を行う。

軸圧縮荷重に対しては、炉心シュラウド下部胴について、座屈に対する評価を実施する。

6.1 支圧応力の評価

6.1.1 支圧面積

(1) 上部格子板支持面 (図 6-1(1) 参照)

上部格子板支持面の支圧荷重を受ける面積は次のようになる。



(2) 炉心支持板支持面 (図 6-1(2) 参照)

炉心支持板支持面の支圧荷重を受ける面積は次のようになる。



6.1.2 支圧荷重

重大事故等時の条件における上部格子板支持面及び炉心支持板支持面に作用する鉛直力を「応力解析の方針」の 4.4.1 項の表 4-1(1) (荷重作用点 F 及び G) に示す。

6.1.3 平均支圧応力

平均支圧応力 σ_b は、次式により求める。

$$\sigma_b = \frac{V}{A}$$

6.1.4 支圧応力の評価

供用状態 E における支圧応力の評価を表 6-1 に示す。

表 6-1 より、供用状態 E における平均支圧応力は、「応力解析の方針」の 3.5 節の表 3-4(4) に示す許容値を満足する。

6.2 座屈に対する評価

炉心シュラウドに圧縮応力を発生させる荷重を、「応力解析の方針」の 4.4.1 項の表 4-1(1) に示す。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。

6.2.1 計算データ

内径 : $D_i =$

外径 : $D_o = D_i + 2 \cdot t$

断面積 : $A = \frac{\pi}{4} \cdot (D_o^2 - D_i^2)$

6.2.2 圧縮応力

重大事故等時の条件での圧縮応力は、次のように求める。

供用状態E

$$\sigma_c = \frac{V}{A} =$$
$$= 2 \text{ MPa}$$

6.2.3 許容圧縮応力

重大事故等時の条件での許容圧縮応力は、次のように求める。

供用状態Eにおける許容圧縮応力は、次の2つの値のうち小さい方の値を用いる。

$$2.0 \cdot S_m = 193 \text{ MPa}$$

$$2.0 \cdot B = 77 \text{ MPa}$$

(供用状態Eの温度 °Cにおける値)

ここで、B値は次のようにして求める。

設計・建設規格 付録材料図表 Part7 図 12 より、

$$\frac{0.125}{R_o / t} = \frac{0.125}{\text{}}$$

を用いて、

$$2.0 \cdot B = 77 \text{ MPa}$$

ゆえに、許容圧縮応力は継手効率を考慮し、

$$\sigma_{ca} = 50 \text{ MPa}$$

6.2.4 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 6-2 に示す。

表 6-2 より、供用状態Eにおける圧縮応力は、6.2.3 項に示す許容圧縮応力を満足する。

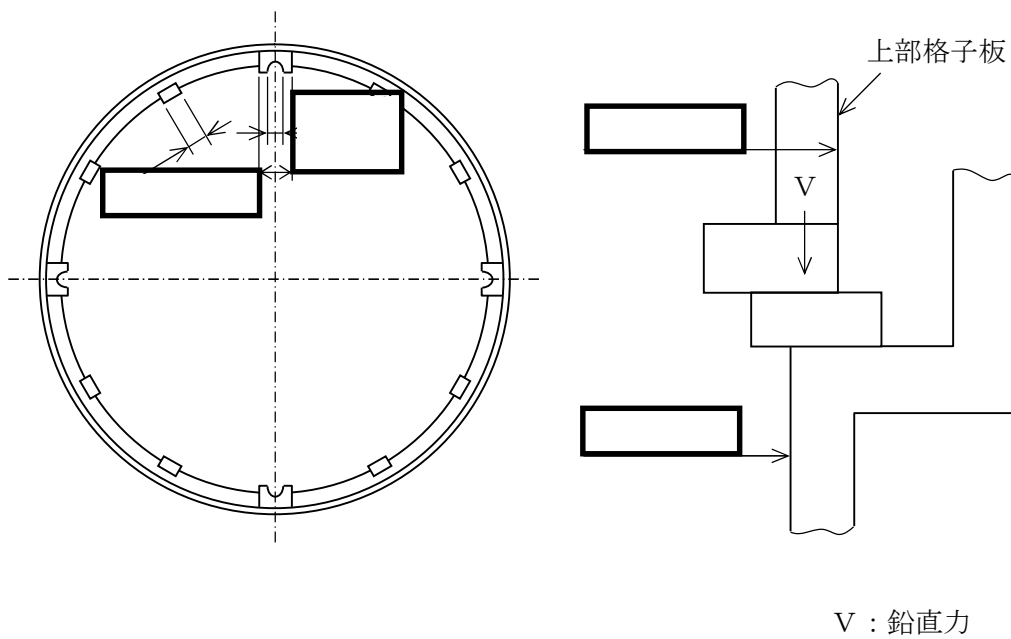


図 6-1(1) 支圧荷重の支持面 (上部格子板) (単位 : mm)

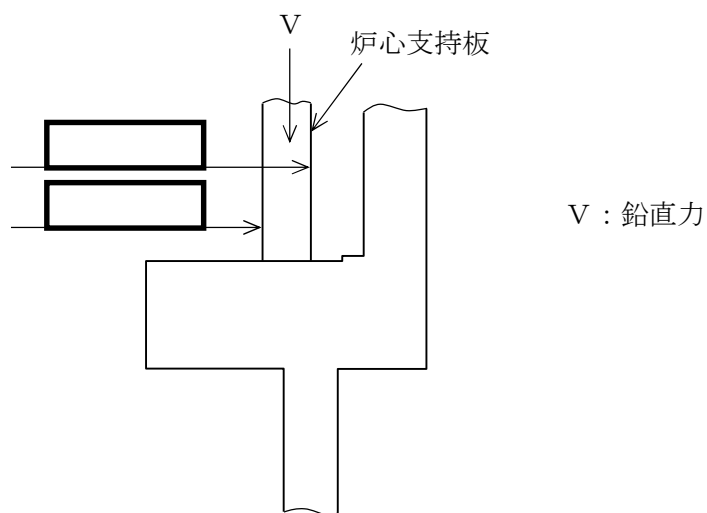


図 6-1(2) 支圧荷重の支持面 (炉心支持板) (単位 : mm)

表 4-1 断面性状

応力評価点	t (mm)	D _i (mm)	A (mm ²)	I (mm ⁴)
P01, P02				
P03, P04				
P05, P06				
P07, P08				

表 5-1 一次一般膜応力強さの評価のまとめ
(単位：MPa)

応力 評価面	供用状態 E	
	応力 強さ	許容値
P01 P02	11	150*
P01' P02'	11	150*
P03 P04	11	150*
P03' P04'	11	150*
P05 P06	11	150*
P05' P06'	11	150*
P07 P08	20	150*
P07' P08'	20	150*

注記 *：継手効率 を乗じた値を示す。

表 5-2 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	供用状態 E	
	応力 強さ	許容値
P01 P02	11	226*
P01' P02'	11	226*
P03 P04	11	226*
P03' P04'	11	226*
P05 P06	11	226*
P05' P06'	11	226*
P07 P08	20	226*
P07' P08'	20	226*

注記 *：継手効率 を乗じた値を示す。

表 6-1(1) 支圧応力の評価

応力評価面 : 上部格子板支持面 (単位 : MPa)

条件	平均支圧応力 σ_b	許容支圧応力 σ_{ba}
供用状態E	1	217

表 6-1(2) 支圧応力の評価

応力評価面 : 炉心支持板支持面 (単位 : MPa)

条件	平均支圧応力 σ_b	許容支圧応力 σ_{ba}
供用状態E	1	217

表 6-2 座屈に対する評価

応力評価部位 : 下部胴 (単位 : MPa)

条件	圧縮応力 σ_c	許容圧縮応力 σ_{ca}
供用状態E	2	50