

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-995 改4
提出年月日	平成30年9月12日

V-2-3-4-3-4 シュラウドヘッドの耐震性についての計算書

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 運転条件	5
2.3 荷重の組合せ及び許容応力状態	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
3.2 地震荷重	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	8
4.3.1 荷重条件 (L04, L14 及び L16)	8
4.3.2 計算方法	8
4.4 応力の評価	9
5. 応力強さの評価	10
5.1 一次一般膜応力強さの評価	10
5.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	10

図表目次

図 1-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2
図 4-1	解析モデル	11
表 1-1	計算結果の概要	4
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

1. 一般事項

本計算書は、シュラウドヘッドの耐震性についての計算書である。

シュラウドヘッドは、原子炉圧力容器内部構造物であるため、添付書類「V-2-3-4-3-1 原子炉圧力容器内部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_1	鏡板の断面積	mm^2
A_2	外側スリーブの断面積	mm^2
D_i	フランジ内径	mm
D_o	フランジ外径	mm
$D_{s i}$	外側スリーブ内径	mm
$D_{s o}$	外側スリーブ外径	mm
R_m	球殻の平均半径	mm
t_s	鏡板厚さ	mm
R_s	球殻の内半径	mm
t	フランジ厚さ	mm

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。

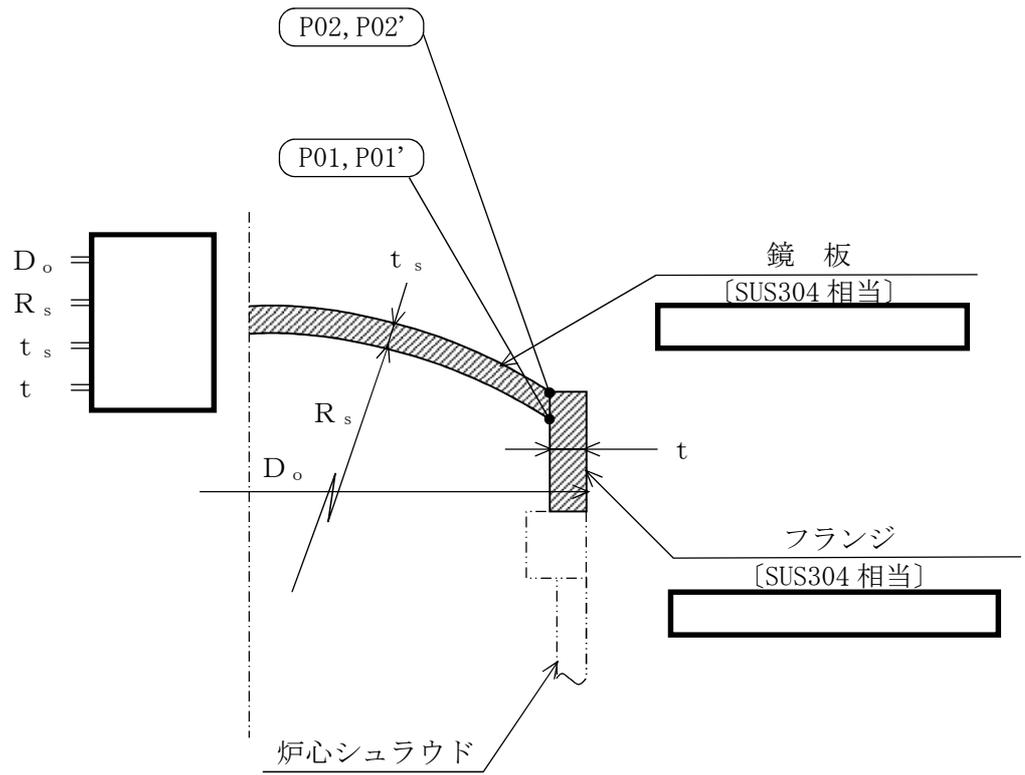
1.4 解析範囲

解析範囲を図1-1に示す。

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(1) 形状・寸法・材料・応力評価点 (シュラウドヘッド) (単位 : mm)

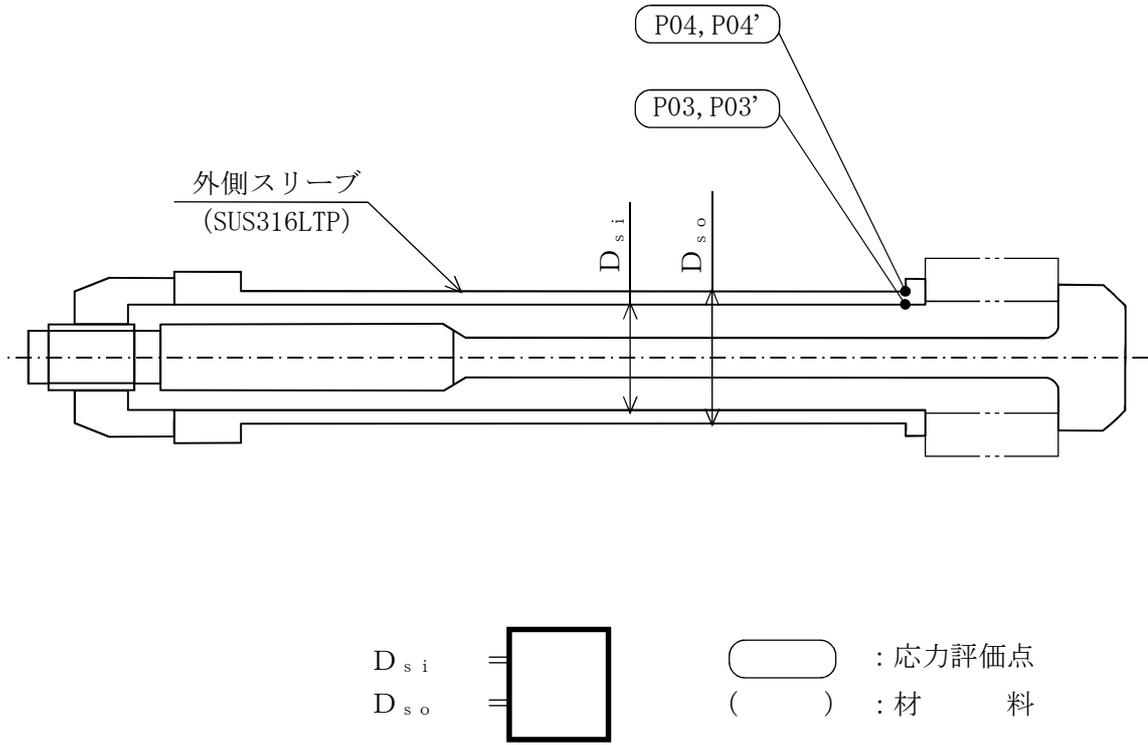


図 1-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (シュラウドヘッドボルト) (単位 : mm)

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	応力評価点
シュラウドヘッド SUS304	Ⅲ _A S	52	111	P01'-P02'	125	167	P01
	Ⅳ _A S	79	169	P01'-P02'	187	254	P01
シュラウドヘッドボルト SUS316LTP	Ⅲ _A S	81	92	P03'-P04'	81	138	P03'-P04'
	Ⅳ _A S	131	147	P03'-P04'	131	221	P03'-P04'

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 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。

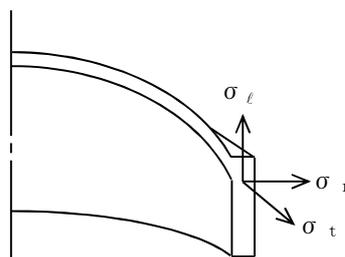
2.7 許容限界

許容限界は、「応力解析の方針」の 3.5 節に示す。

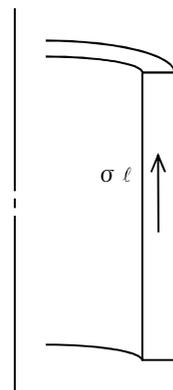
2.8 応力の記号と方向

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
- $\tau_{\ell r}$: せん断応力
- τ_{rt} : せん断応力



シュラウドヘッド



シュラウドヘッドボルト

3. 外荷重の条件

3.1 死荷重

シュラウドヘッド及びシュラウドヘッドボルト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。

3.2 地震荷重

シュラウドヘッド及びシュラウドヘッドボルトの評価に用いる地震荷重を「応力解析の方針」の4.4.3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)

各運転条件における差圧を「応力解析の方針」の4章の図4-1に示す。

計算は、設計差圧に対して行い、各許容応力状態での応力は、比例計算により求める。

4.2.2 計算方法

(1) 差圧による一次応力の計算

a. シュラウドヘッド

(a) 一次一般膜応力

差圧 P_{45} による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = \sigma_\ell = \frac{P_{45} \cdot R_m}{2 \cdot t_s}$$

$$\sigma_r = -\frac{P_{45}}{2}$$

(b) 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。

b. シュラウドヘッドボルト

(a) 差圧によるシュラウドヘッドの浮上がり力

差圧 P_{45} によるシュラウドヘッドの浮き上がり力 F_P は、次式で求める。

$$F_P = \frac{\pi \cdot P_{45} \cdot D_i}{4 \times \square}$$

(b) シュラウドヘッドの死荷重による押付け力

シュラウドヘッドの死荷重 V_1 による押付け力 F_{SH} は、次式で求める。

$$F_{SH} = \frac{V_1}{\square}$$

(c) 一次一般膜応力

差圧 P_{45} による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = - \frac{F_P - F_{SH}}{A_2}$$

(d) 一次一般膜応力+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, L14 及び L16)

シュラウドヘッドに働く外荷重を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

4.3.2 計算方法

(1) 外荷重による一次応力の計算

a. シュラウドヘッド

(a) 一次一般膜応力

イ. 死荷重 (L04)

死荷重による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\tau_{lr} = \frac{V_1}{A_1}$$

ロ. 地震荷重 (L14 及び L16)

地震荷重による一次一般膜応力の計算は、でモデル化したシュラウドヘッドの FEM モデルに 3.2 節に示す地震荷重を入力して求める。

応力解析のモデル及び仮定した境界条件を、図 4-1 に示す。シュラウドヘッドのモデル化範囲は鏡板とフランジとし、とする。

ここで、鏡板はを行う。

境界条件は、

支持条件は

とする。

以上の計算は、解析コード「ABAQUS」を用いて行う。

(b) 一次一般膜＋一次曲げ応力

イ. 死荷重 (L04)

死荷重による一次一般膜＋一次曲げ応力は、次式で求める。

$$\tau_{lr} = \frac{V_1}{A_1}$$

ロ. 地震荷重 (L14 及び L16)

地震荷重による一次一般膜＋一次曲げ応力の計算は、4.3.2 項(1)a.(a)ロ「地震荷重」に示す解析コード「ABAQUS」を用いて行う。

b. シュラウドヘッドボルト

(a) 一次一般膜応力

イ. 死荷重及び地震荷重 (L04, L14 及び L16)

外荷重による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_{\ell} = -\frac{V_2}{A_2}$$

(b) 一次一般膜＋一次曲げ応力

イ. 死荷重及び地震荷重 (L04, L14 及び L16)

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、応力の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

各許容応力状態における評価をまとめて、表 5-1 に示す。

表 5-1 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 3.5 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

各許容応力状態における評価をまとめて、表 5-2 に示す。

表 5-2 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 3.5 節に示す許容値を満足する。

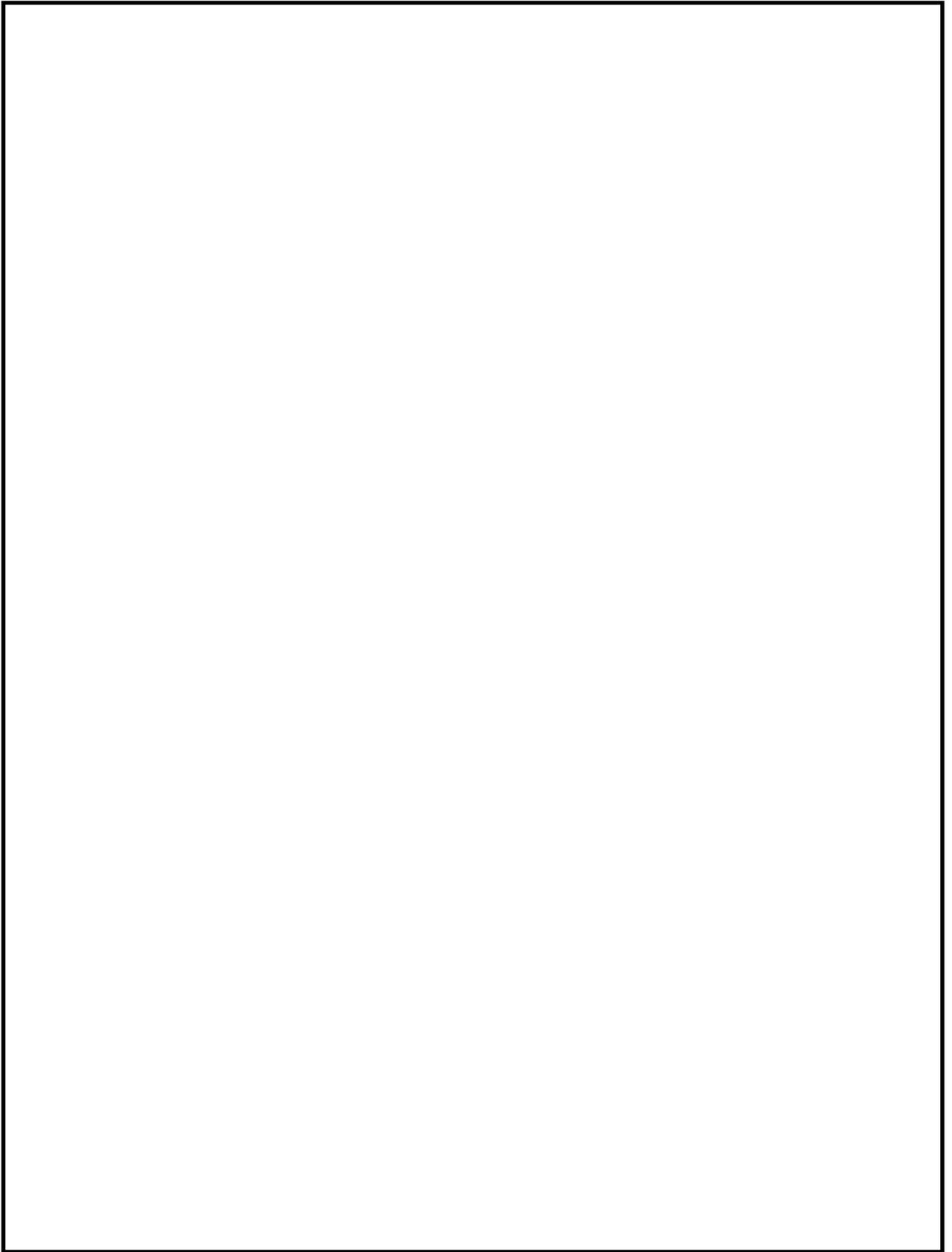


図 4-1 解析モデル

表 4-1 断面性状

応力評価点	D_i (mm)	$D_{s i}$ (mm)	$D_{s o}$ (mm)	R_m (mm)	t_s (mm)	A_1 (mm ²)	A_2 (mm ²)
P01, P02							
P03, P04							

注記 * : $A_1 = \pi \cdot D_i \cdot t_s$

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	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	50	111*	77	169*
P01' P02'	52	111*	79	169*
P03 P04	19	92*	19	147*
P03' P04'	81	92*	131	147*

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 評価点	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	125	167*	187	254*
P01'	120	167*	182	254*
P02	92	167*	137	254*
P02'	81	167*	126	254*
P03 P04	19	138*	19	221*
P03' P04'	81	138*	131	221*

注記 *：継手効率 を乗じた値を示す。