

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-974 改3 |
| 提出年月日 | 平成30年9月14日 |

V-2-3-3-2-6 燃料支持金具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 | 重大事故等時の条件 | 5 |
| 2.4 | 荷重の組合せ及び許容応力状態 | 5 |
| 2.5 | 材料 | 5 |
| 2.6 | 物性値 | 5 |
| 2.7 | 荷重の組合せと応力評価 | 5 |
| 2.8 | 許容限界 | 5 |
| 2.9 | 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 | 7 |
| 4.3.1 | 荷重条件 (L04, L14 及び L16) | 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 |

図表目次

| | | |
|-------|------------------------|----|
| 図 1-1 | 形状・寸法・材料・応力評価点 | 2 |
| 図 4-1 | 中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル | 10 |
| 図 4-2 | 中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル | 10 |
| 表 1-1 | 計算結果の概要 | 4 |
| 表 4-1 | 断面性状 | 9 |
| 表 5-1 | 一次一般膜応力強さの評価のまとめ | 11 |
| 表 5-2 | 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ | 12 |

1. 一般事項

本計算書は、燃料支持金具の耐震性についての計算書である。

燃料支持金具は、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 |
| I | 断面二次モーメント | mm ⁴ |
| l | 高さ | mm |
| t | 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の形状・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。

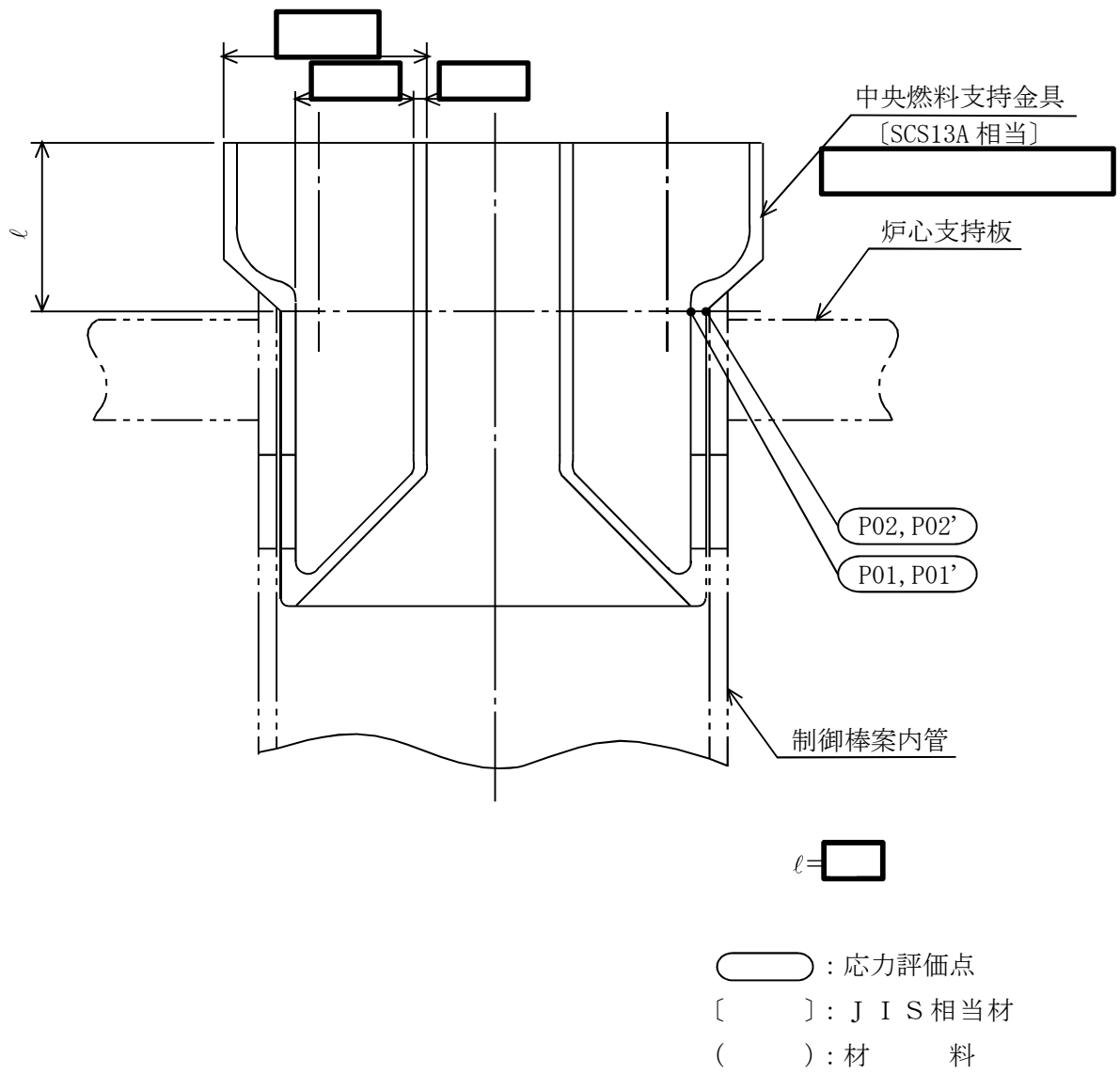


図1-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

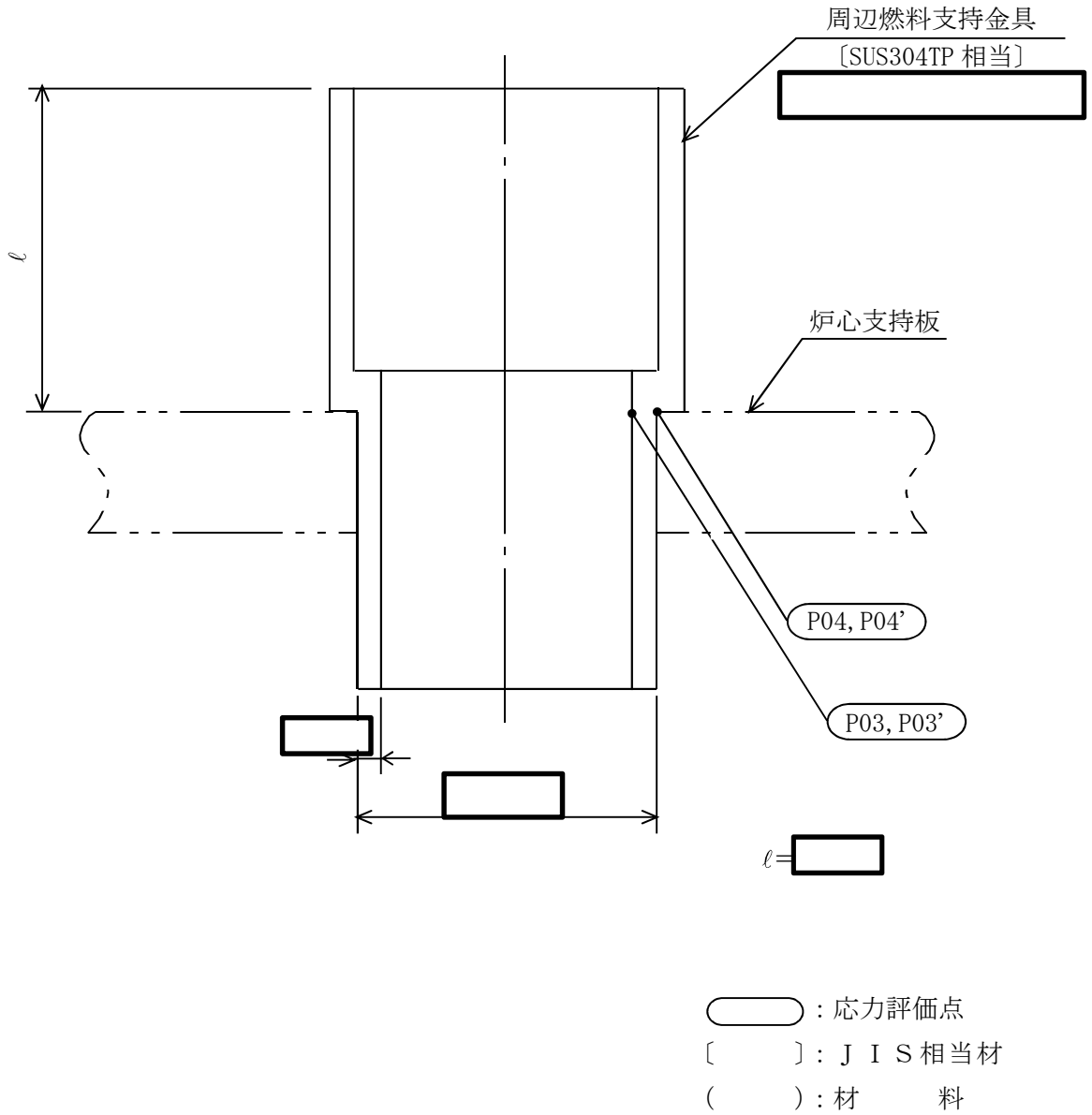


図1-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

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 |
| 中央 燃料支持金具 SCS13A | Ⅲ _A S | 14 | 172 | P01'-P02' | 14 | 258 | P01'-P02' |
| | Ⅳ _A S | 21 | 248 | P01'-P02' | 21 | 372 | P01'-P02' |
| 周辺 燃料支持金具 SUS304TP | Ⅲ _A S | 8 | 68 | P03'-P04' | 8 | 103 | P03'-P04' |
| | Ⅳ _A S | 12 | 104 | P03'-P04' | 12 | 156 | 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 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。

2.4 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。

2.5 材料

各部の材料を図 1-1 に示す。

2.6 物性値

物性値は、「応力解析の方針」の 3.3 節に示す。

2.7 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。

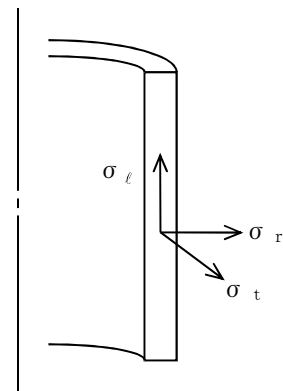
2.8 許容限界

許容限界は、「応力解析の方針」の 3.5 節に示す。

2.9 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

燃料支持金具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

燃料支持金具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)

各運転条件による差圧を「応力解析の方針」の 4 章の図 4-1 に示す。

計算は、設計条件に対して行い、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

中央燃料支持金具の差圧による応力は、応力評価点の位置における断面で、外径を ϕ mm とし、かつ厚さが最小となる円筒を考え計算する。

中央燃料支持金具の差圧による応力計算のモデルを、図 4-1 に示す。

周辺燃料支持金具の差圧による応力は、応力評価点の位置における断面の円筒を考え計算する。

(1) 一次一般膜応力

差圧 P_{13} による一次一般膜応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P_{13}$$

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, L14 及び L16)

燃料支持金具に働く外荷重を「応力解析の方針」の 4.4 節に示す。

4.3.2 計算方法

中央燃料支持金具の外荷重による応力は、応力評価点の位置における断面で、その断面の最小幅を内径とし、かつ厚さが最小となる円筒を考え計算する。

中央燃料支持金具の外荷重による応力計算のモデルを、図 4-2 に示す。

周辺燃料支持金具の外荷重による応力は、応力評価点の位置における断面の円筒を考え計算する。

(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。

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

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

ここで、M：応力評価点での水平力Hにより発生するモーメント

$$M = H \cdot \ell$$

(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

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。

表 4-1 断面性状

| 応力評価点 | t (mm) | D _o (mm) | D _i (mm) | A (mm ²) | I (mm ⁴) |
|-----------|-----------|------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| P01, P02* | | | | | |
| P03, P04 | | | | | |

注記 * : 上段は差圧による応力計算のモデルの断面性状を示し, 下段は外荷重による応力計算のモデルの断面性状を示す。

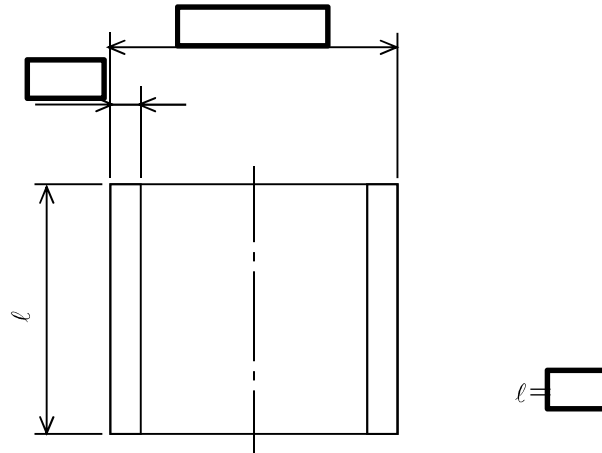


図 4-1 中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル (単位 : mm)

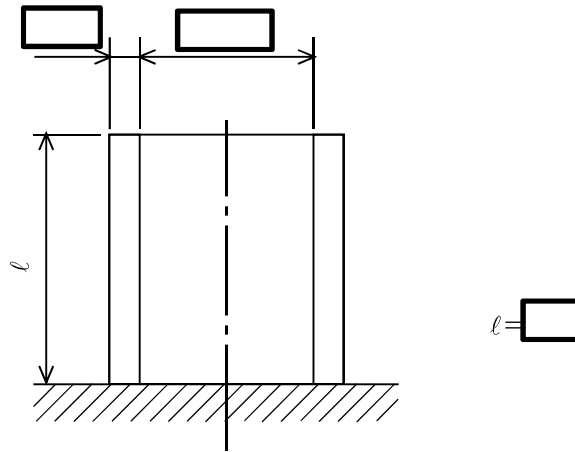


図 4-2 中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル (単位 : mm)

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 | 9 | 172 | 16 | 248 |
| P01' P02' | 14 | 172 | 21 | 248 |
| P03 P04 | 5 | 68* | 9 | 104* |
| P03' P04' | 8 | 68* | 12 | 104* |

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 | 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 | 9 | 258 | 16 | 372 |
| P01' P02' | 14 | 258 | 21 | 372 |
| P03 P04 | 5 | 103* | 9 | 156* |
| P03' P04' | 8 | 103* | 12 | 156* |

注記 *：継手効率 を乗じた値を示す。