

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7添-2-033-3 改1
提出年月日	2020年7月16日

V-2-3-2-3 炉心支持構造物の応力計算書

K7 ① V-2-3-2-3 R0

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

V-2-3-2-3 炉心支持構造物の応力計算書

目 次
(概要)

1. 概要 1-1

目 次
(炉心シュラウド)

2. 炉心シュラウドの応力計算	2-1
2.1 一般事項	2-1
2.1.1 記号の説明	2-1
2.1.2 形状・寸法・材料	2-1
2.1.3 解析範囲	2-1
2.1.4 計算結果の概要	2-1
2.2 計算条件	2-4
2.2.1 設計条件	2-4
2.2.2 運転条件	2-4
2.2.3 材料	2-4
2.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	2-4
2.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	2-4
2.2.6 許容応力	2-4
2.2.7 応力の記号と方向	2-4
2.3 応力計算	2-5
2.3.1 応力評価点	2-5
2.3.2 差圧による応力	2-5
2.3.3 外荷重による応力	2-6
2.3.4 応力の評価	2-6
2.4 応力強さの評価	2-7
2.4.1 一次一般膜応力強さの評価	2-7
2.4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	2-7
2.5 特別な応力の評価	2-8
2.5.1 支圧応力の評価	2-8

図 表 目 次
(炉心シュラウド)

図 2-1	形状・寸法・材料・応力評価点	2-2
図 2-2	支圧荷重の支持面	2-9
表 2-1	計算結果の概要	2-3
表 2-2	断面性状	2-10
表 2-3	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	2-11
表 2-4	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	2-12
表 2-5	支圧応力の評価	2-13

目 次
(シュラウドサポート)

3. シュラウドサポートの応力計算	3-1
3.1 一般事項	3-1
3.1.1 記号の説明	3-1
3.1.2 形状・寸法・材料	3-1
3.1.3 解析範囲	3-2
3.1.4 計算結果の概要	3-2
3.2 計算条件	3-5
3.2.1 設計条件	3-5
3.2.2 運転条件	3-5
3.2.3 材料	3-5
3.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	3-5
3.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	3-5
3.2.6 許容応力	3-5
3.2.7 応力の記号と方向	3-5
3.3 応力計算	3-6
3.3.1 応力評価点	3-6
3.3.2 差圧による応力	3-6
3.3.3 外荷重による応力	3-6
3.3.4 応力の評価	3-6
3.4 応力強さの評価	3-7
3.4.1 一次一般膜応力強さの評価	3-7
3.4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	3-7
3.5 特別な応力の評価	3-8
3.5.1 座屈に対する評価	3-8

図 表 目 次
(シュラウドサポート)

図 3-1	形状・寸法・材料・応力評価点	3-3
表 3-1	計算結果の概要	3-4
表 3-2	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	3-11
表 3-3	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	3-12
表 3-4	座屈に対する評価	3-13

目 次
(上部格子板)

4. 上部格子板の応力計算	4-1
4.1 一般事項	4-1
4.1.1 記号の説明	4-1
4.1.2 形状・寸法・材料	4-1
4.1.3 解析範囲	4-1
4.1.4 計算結果の概要	4-1
4.2 計算条件	4-5
4.2.1 設計条件	4-5
4.2.2 運転条件	4-5
4.2.3 材料	4-5
4.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	4-5
4.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	4-5
4.2.6 許容応力	4-5
4.2.7 応力の記号と方向	4-6
4.3 応力計算	4-7
4.3.1 応力評価点	4-7
4.3.2 差圧による応力	4-7
4.3.3 外荷重による応力	4-9
4.3.4 応力の評価	4-11
4.4 応力強さの評価	4-12
4.4.1 一次一般膜応力強さの評価	4-12
4.4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	4-12

図 表 目 次
(上部格子板)

図 4-1	形状・寸法・材料・応力評価点	4-2
図 4-2	応力計算モデル	4-13
表 4-1	計算結果の概要	4-4
表 4-2	断面性状	4-15
表 4-3	一次一般膜応力強さの評価のまとめ (リム胴板)	4-16
表 4-4	一次一般膜応力強さの評価のまとめ (グリッドプレート)	4-16
表 4-5	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ (リム胴板)	4-17
表 4-6	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ (グリッドプレート)	4-17

目 次
(炉心支持板)

5. 炉心支持板の応力計算	5-1
5.1 一般事項	5-1
5.1.1 記号の説明	5-1
5.1.2 形状・寸法・材料	5-2
5.1.3 解析範囲	5-2
5.1.4 計算結果の概要	5-2
5.2 計算条件	5-7
5.2.1 設計条件	5-7
5.2.2 運転条件	5-7
5.2.3 材料	5-7
5.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	5-7
5.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	5-7
5.2.6 許容応力	5-7
5.2.7 応力の記号と方向	5-8
5.3 応力計算	5-9
5.3.1 応力評価点	5-9
5.3.2 差圧による応力	5-9
5.3.3 外荷重による応力	5-12
5.3.4 応力の評価	5-15
5.4 応力強さの評価	5-16
5.4.1 一次一般膜応力強さの評価	5-16
5.4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	5-16

図 表 目 次
(炉心支持板)

図 5-1	形状・寸法・材料・応力評価点	5-3
図 5-2	補強ビームの荷重計算モデル	5-17
図 5-3	補強ビームの応力計算モデル	5-17
図 5-4	支持板の荷重計算及び応力計算モデル	5-19
図 5-5	支持板の応力計算モデル	5-20
表 5-1	計算結果の概要	5-6
表 5-2	断面性状	5-21
表 5-3	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	5-22
表 5-4	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	5-23

目 次
(燃料支持金具)

6. 燃料支持金具の応力計算	6-1
6.1 一般事項	6-1
6.1.1 記号の説明	6-1
6.1.2 形状・寸法・材料	6-1
6.1.3 解析範囲	6-1
6.1.4 計算結果の概要	6-1
6.2 計算条件	6-5
6.2.1 設計条件	6-5
6.2.2 運転条件	6-5
6.2.3 材料	6-5
6.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	6-5
6.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	6-5
6.2.6 許容応力	6-5
6.2.7 応力の記号と方向	6-5
6.3 応力計算	6-6
6.3.1 応力評価点	6-6
6.3.2 差圧による応力	6-6
6.3.3 外荷重による応力	6-7
6.3.4 応力の評価	6-7
6.4 応力強さの評価	6-8
6.4.1 一次一般膜応力強さの評価	6-8
6.4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	6-8

図 表 目 次
(燃料支持金具)

図 6-1	形状・寸法・材料・応力評価点	6-2
図 6-2	中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル	6-9
図 6-3	中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル	6-9
表 6-1	計算結果の概要	6-4
表 6-2	断面性状	6-10
表 6-3	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	6-11
表 6-4	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	6-12

目 次
(制御棒案内管)

7. 制御棒案内管の応力計算	7-1
7.1 一般事項	7-1
7.1.1 記号の説明	7-1
7.1.2 形状・寸法・材料	7-1
7.1.3 解析範囲	7-1
7.1.4 計算結果の概要	7-1
7.2 計算条件	7-4
7.2.1 設計条件	7-4
7.2.2 運転条件	7-4
7.2.3 材料	7-4
7.2.4 荷重の組合せ及び許容応力状態	7-4
7.2.5 荷重の組合せ及び応力評価	7-4
7.2.6 許容応力	7-4
7.2.7 応力の記号と方向	7-4
7.3 応力計算	7-5
7.3.1 応力評価点	7-5
7.3.2 差圧による応力	7-5
7.3.3 外荷重による応力	7-6
7.3.4 応力の評価	7-6
7.4 応力強さの評価	7-7
7.4.1 一次一般膜応力強さの評価	7-7
7.4.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価	7-7

図 表 目 次
(制御棒案内管)

図 7-1	形状・寸法・材料・応力評価点	7-2
表 7-1	計算結果の概要	7-3
表 7-2	断面性状	7-8
表 7-3	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	7-9
表 7-4	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	7-10

1. 概要

本計算書は、炉心支持構造物の応力計算書である。

本計算書の各機器は、炉心支持構造物であるため、V-2-3-2-2「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。）に基づき評価する。

本計算書は、炉心支持構造物であって、設計基準対象施設及び重大事故等対処設備に分類される下記の機器について、構造強度評価の結果を示すものである。

・炉心シュラウド

・シュラウドサポート

・上部格子板

・炉心支持板

・制御棒案内管

・燃料支持金具

注：本計算書においては、平成5年6月17日付け4資庁第14562号にて認可された工事計画の添付書類（「応力解析の方針」の参照図書(1)）を「既工認」という。

2.3 応力計算

2.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 2-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、表 2-2 に示すとおりである。

2.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)b.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

a. 一次一般膜応力

差圧 P による一次一般膜応力は、内圧を受ける円筒にモデル化し、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、 $Y = \frac{D_o}{D_i}$

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。

2.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(1)に示す。

(2) 計算方法

a. 一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は、外荷重と各応力評価断面の断面性能により次式で求める。

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

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

b. 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。

2.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、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 5.1.2 項に定めるとおりである。

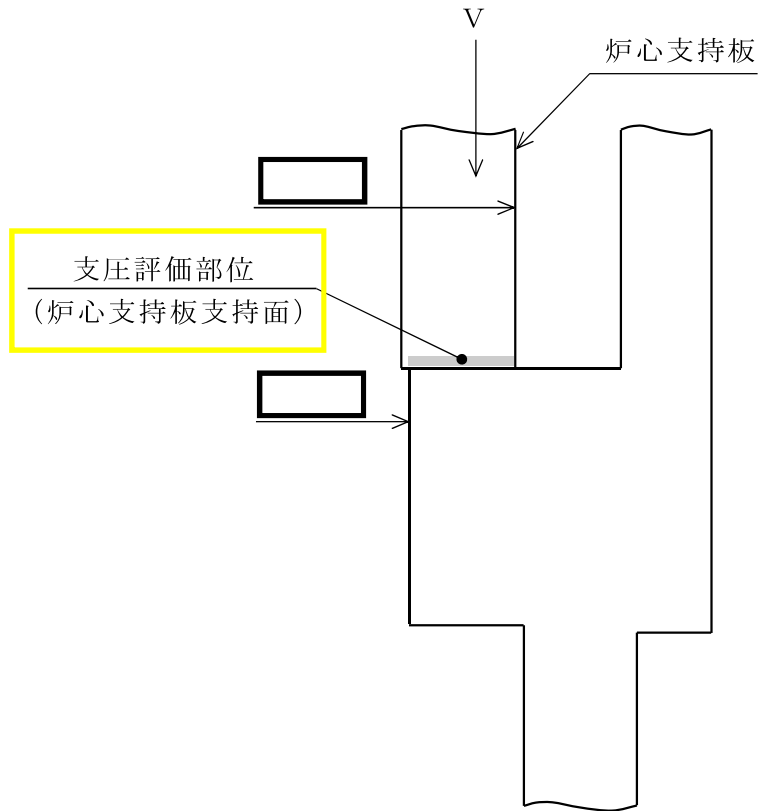


図 2-2 支圧荷重の支持面 (単位 : mm)

○ : 応力評価点

[] : 材 料

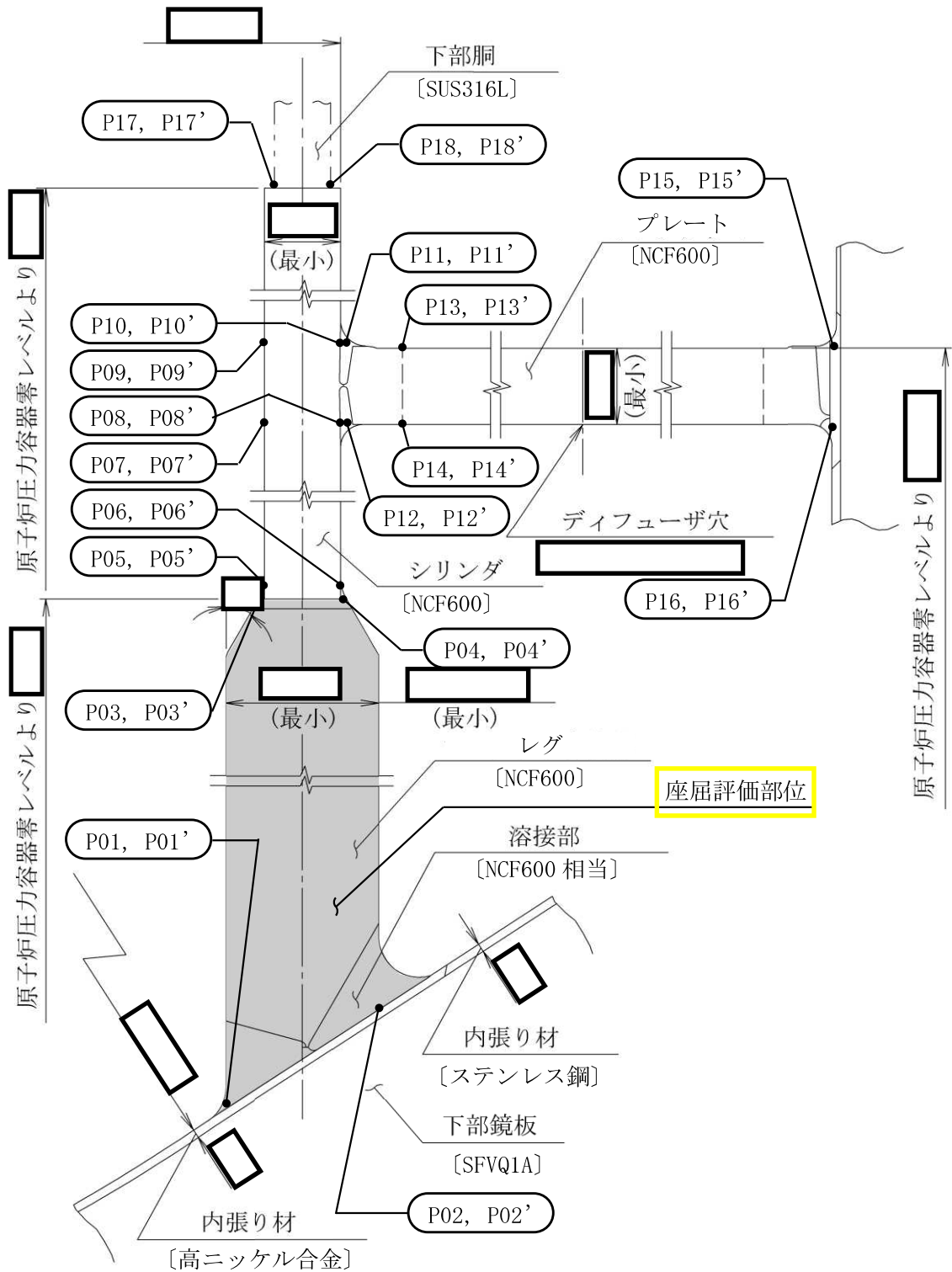


図3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

3.3 応力計算

3.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図3-1に示す。

なお、応力集中を生じる箇所の応力集中係数は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

3.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

差圧による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

なお、各許容応力状態での差圧による応力は、既工認と同様に、設計差圧での応力を用いて、圧力の比により（比倍して）計算する。

3.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L12, L13, L18, L19, L14及びL16)

外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(2)に示す。

(2) 計算方法

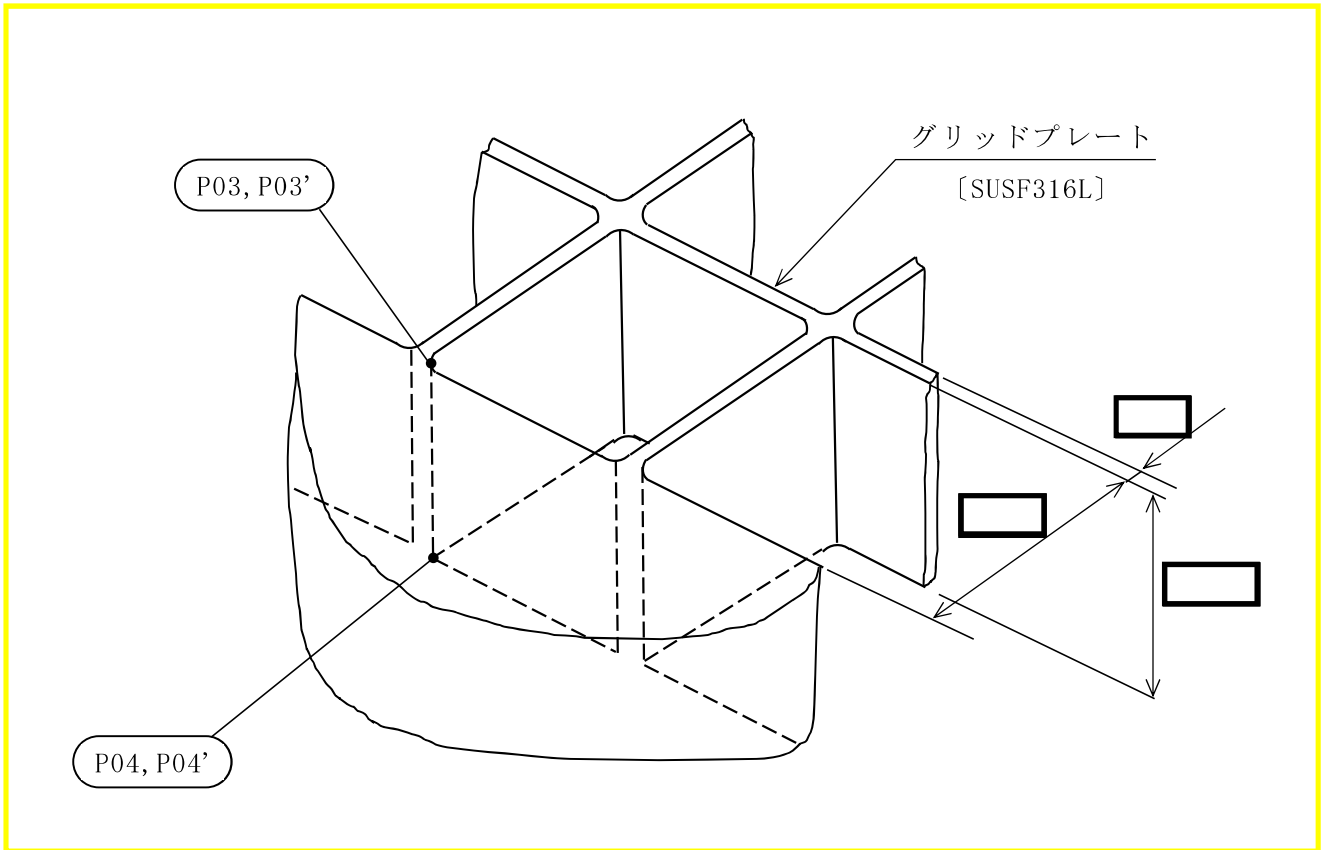
外荷重による応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)c.に定めるとおりである。

なお、各荷重での応力は、既工認と同様に、単位荷重（鉛直力、水平力等）での応力を用いて、荷重（鉛直力、水平力等）の比により（比倍して）計算する。

3.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、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5.1.2項に定めるとおりである。



A部詳細図

○ : 応力評価点
[] : 材 料

図 4-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)

4.3 応力計算

4.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 4-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、表 4-2 に示すとおりである。

4.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)d.に定めるとおりである。

(2) リム胴板部の計算方法

a. 一次一般膜応力

リム胴板部における差圧 P_{42} による一次一般膜応力は、内圧を受ける円筒にモデル化し、次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1}{Y-1} \cdot P_{42}$$

$$\sigma_\ell = \frac{1}{Y^2-1} \cdot P_{42}$$

$$\sigma_r = -\frac{1}{Y+1} \cdot P_{42}$$

ここで、 $Y = \frac{D_o}{D_i}$

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。

(3) グリッドプレートの計算方法

グリッドプレートの差圧 P_{34} による一次応力は、最大応力の発生する最長グリッドプレートを、図 4-2(1)に示す等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し、以下により求める。

- a. 差圧 P_{34} による荷重

$$W_P = -P_{34} \cdot a \cdot L$$

- b. 端部におけるモーメント

$$M = \frac{W_P \cdot L}{12}$$

- c. 曲げ応力

$$\sigma_x = \frac{M}{I_1} \cdot \frac{h}{2}$$

- d. せん断応力

$$\tau_{zx} = \frac{W_P}{2 \cdot A}$$

4.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(3)に示す。

(2) リム胴板部の計算方法

a. 一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は、外荷重と応力評価断面の断面性能により次式で求める。

$$\sigma_{\ell} = \frac{V}{A} + \frac{M}{I_1} \cdot \frac{D_o}{2}$$

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

b. 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。

(3) グリッドプレートの計算方法

外荷重による一次応力は、以下により求める。

a. 鉛直方向荷重による応力

最大応力の発生する最長グリッドプレートを、図 4-2(1)に示す等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し、以下により求める

(a) グリッドプレートの端部における鉛直方向荷重

$$W_v = 17 \cdot V$$

(b) グリッドプレートの端部におけるモーメント

$$M_v = \frac{W_v \cdot L}{12}$$

(c) 曲げ応力

$$\sigma_x = \frac{M_v}{I_1} \cdot \frac{h}{2}$$

(d) せん断応力

$$\tau_{zx} = \frac{W_v}{2 \cdot A}$$

b. 水平方向荷重による応力

格子 1 個当たりのグリッドプレートを，図 4-2(2)等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し，以下により求める。

(a) 格子 1 個当たりの水平方向荷重

$$W_H = \frac{4 \cdot H}{\square}$$

(b) 格子の端部におけるモーメント

$$M_H = \frac{W_H \cdot \ell}{12}$$

(c) 曲げ応力

$$\sigma_x = \frac{M_H}{I_2} \cdot \frac{a}{2}$$

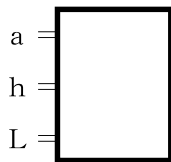
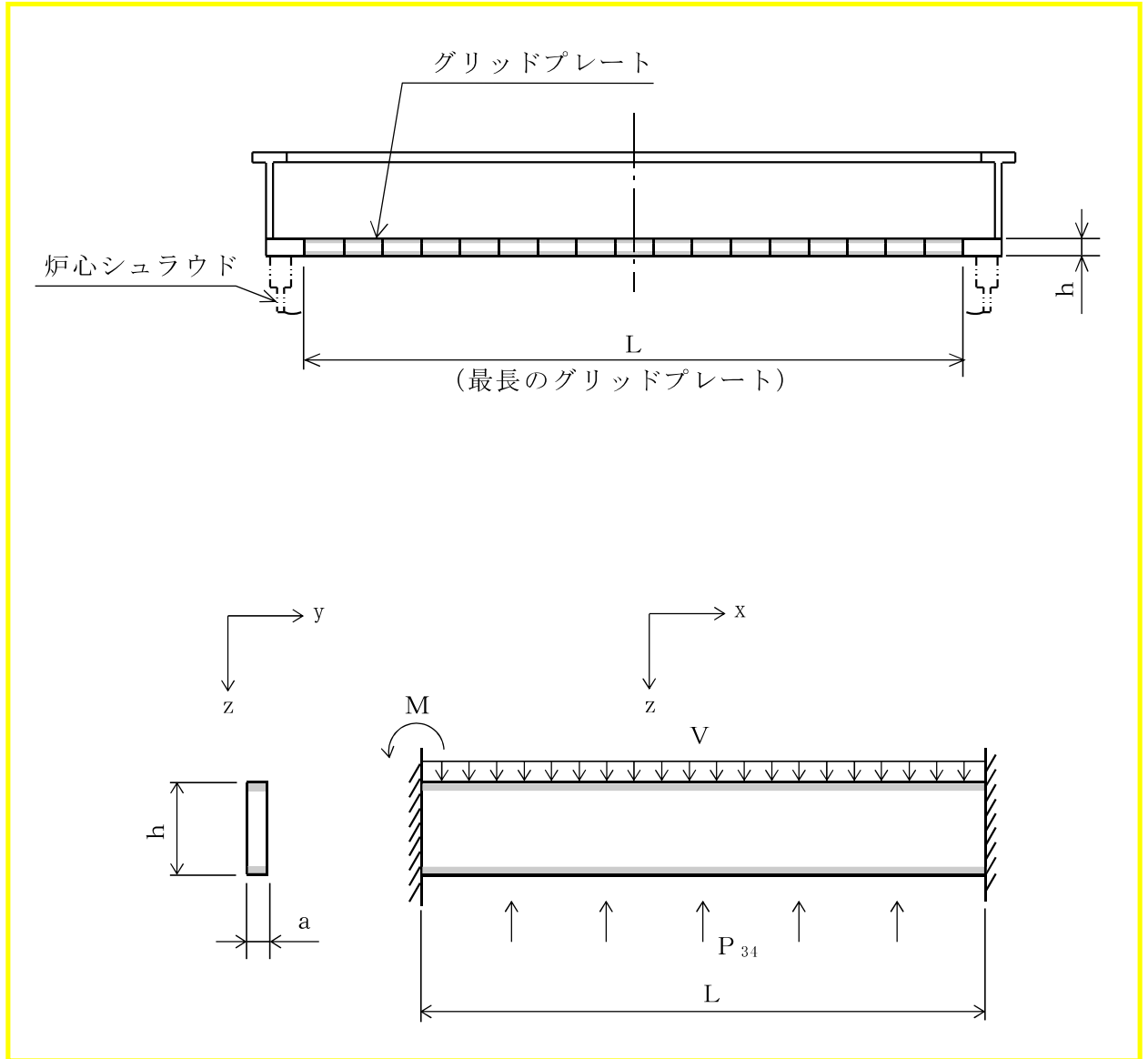
(d) せん断応力

$$\tau_{xy} = \frac{W_H}{2 \cdot A}$$

4.3.4 応力の評価

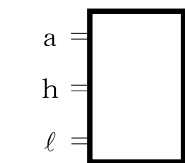
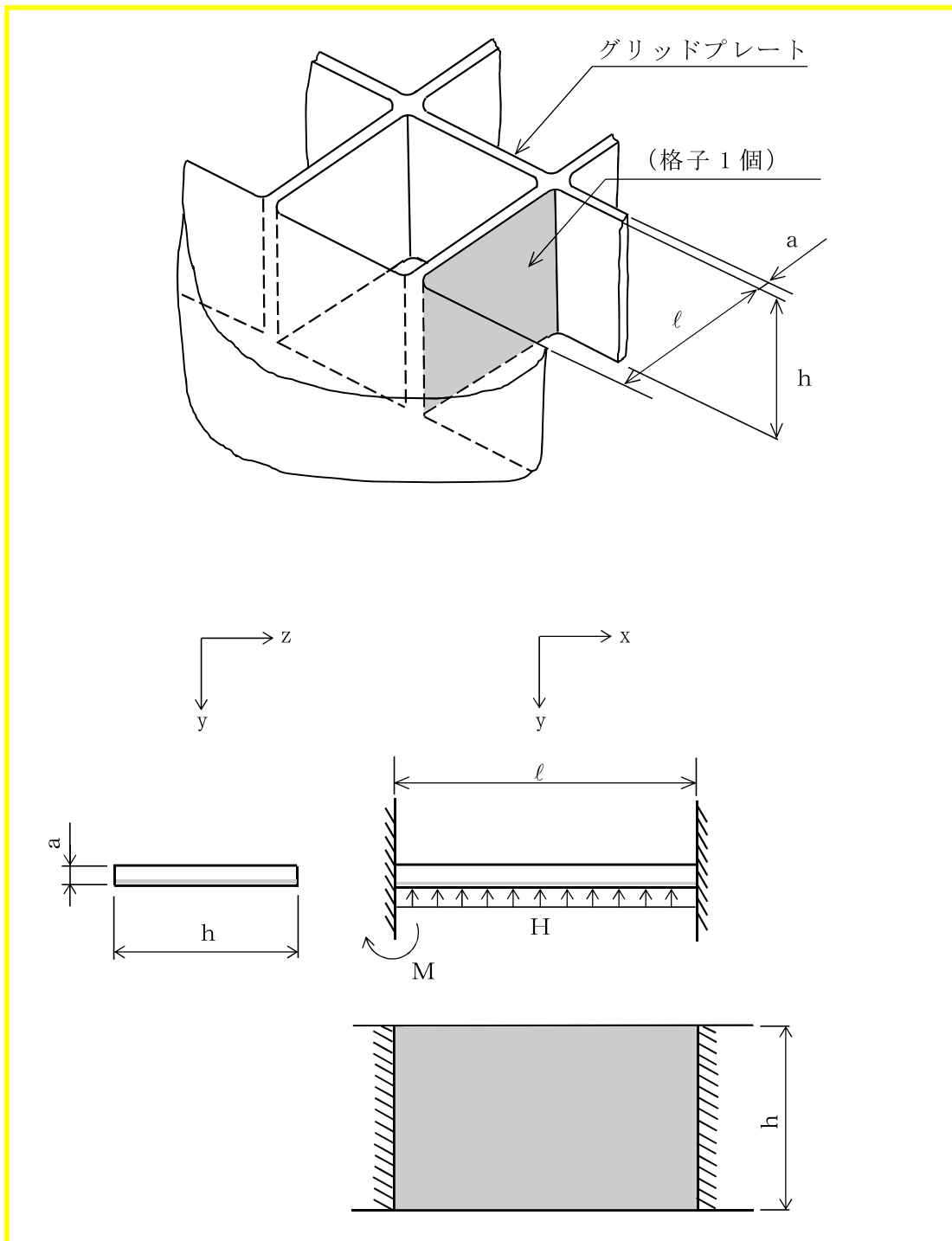
各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め，応力強さを算出する。

応力強さの算出方法は，「応力解析の方針」の 5.1.2 項に定めるとおりである。



モデル図 (最長のグリッドプレート)

図 4-2(1) 応力計算モデル (鉛直方向荷重) (単位 : mm)



モデル図 (格子 1 個)

図 4-2(2) 応力計算モデル (水平方向荷重) (単位 : mm)

5.3 応力計算

応力計算において、荷重は各補強ビームに加わると考えて計算する。

5.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 5-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、表 5-2 に示すとおりである。

5.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)e. に定めるとおりである。

(2) 計算方法

a. 補強ビーム

補強ビームの差圧による各応力は、図 5-2 及び図 5-3 に示す等分布荷重を受ける両端支持ばりにモデル化し、以下により求める。

(a) 差圧による荷重

補強ビームの荷重計算モデルを図 5-2 に示す。

差圧による単位長さ当たりの分布荷重 W_1 は、次式で求める。

$$W_1 = -P_{13} \cdot \frac{1}{\ell_p} \cdot \left(2 \cdot \ell_p^2 - 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)$$

(b) 曲げ応力（一次応力）

図 5-2 に示す補強ビームの荷重計算モデルにより荷重を求め、図 5-3 に示す補強ビームの応力計算モデルにより曲げ応力を求める。ここで、断面二次モーメント I_1 は、支持板を穴の部分の面積を除いたものと等しい面積を持つ穴のない帯状の板に置き換えて計算する。穴としては、制御棒案内管の入る穴及び中性子束計測案内管の入る穴を考慮する。

イ. モーメント

$$M = \frac{W_1}{2} \cdot a_i^2$$

ロ. 曲げ応力

$$\sigma_x = \frac{M}{I_1} \cdot e_1 \quad (\text{補強ビームの下端})$$

$$\sigma_x = -\frac{M}{I_1} \cdot e_1' \quad (\text{補強ビームの上端})$$

ここで、 I_1 : I_1 部の断面二次モーメント

(c) せん断応力（一次一般膜応力）

補強ビームの中央でせん断応力は発生しない。

b. 支持板

支持板の差圧による各応力は、図 5-4 に示す等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し、以下により求める。

(a) 差圧による荷重

支持板の荷重計算モデルを図 5-4 に示す。

差圧による単位長さ当たりの分布荷重 W_2 は、次式で求める。

$$W_2 = -P_{13} \cdot \frac{1}{2 \cdot \ell_4} \cdot \left(2 \cdot \ell_4 \cdot \ell_p - 2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \right)$$

(c) せん断応力（一次一般膜応力）

固定端におけるせん断応力は、次式で求める。

$$\tau_{yz} = \frac{W_2 \cdot \ell_4}{h_c \cdot \ell_5}$$

$y = \square$ mm におけるせん断応力は、次式で求める。

$$\tau_{yz} = \frac{W_2}{h_c \cdot \ell_6} \cdot (\ell_4 - \square)$$

5.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件（L04, L14 及び L16）

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(4)に示す。

(2) 計算方法

a. 補強ビーム

補強ビームの外荷重による各応力は、図 5-2 及び図 5-3 に示す等分布荷重を受ける両端支持ばりにモデル化し、以下により求める。

(a) 死荷重による単位長さ当たりの分布荷重

補強ビームの荷重計算モデルを図 5-2 に示す。

死荷重による単位長さ当たりの分布荷重 W_3 は、次式で求める。

$$W_3 = \frac{V_1}{\ell_p}$$

(b) 鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重

補強ビームの荷重計算モデルを図 5-2 に示す。

鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重 W_4 は、次式で求める。

$$W_4 = \frac{V_1}{\ell_p}$$

(c) 曲げ応力及びせん断応力

5.3.2(2)a. 項と同様にして求める。

b. 支持板

支持板の外荷重による各応力は、図 5-4 及び図 5-5 に示す等分布荷重を受ける両端固定ばりにモデル化し、以下により求める。

(a) 死荷重による単位長さ当たりの分布荷重

支持板の荷重計算モデルを図 5-4 に示す。

死荷重による単位長さ当たりの分布荷重 W_5 は、次式で求める。

$$W_5 = \frac{V_2}{2 \cdot \ell_4}$$

(b) 鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重

支持板の荷重計算モデルを図 5-4 に示す。

鉛直方向地震荷重による単位長さ当たりの分布荷重 W_6 は、次式で求める。

$$W_6 = \frac{V_2}{2 \cdot \ell_4}$$

(c) 水平方向地震荷重による荷重

図 5-5 に示す 1 本の制御棒案内管が支持板に与える水平方向地震荷重 H_p は、次の値を用いる。

$$H_p = \frac{4 \cdot H}{\square}$$

ここで、 H は水平方向地震荷重で、「応力解析の方針」の表 4-1(4) に示すとおりである。

6.3 応力計算

6.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 6-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、表 6-2 に示すとおりである。

6.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、「応力解析の方針」の参照図書(1)a.に定める差圧 P_{13} である。

(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 mm とし、かつ厚さが最小となる円筒を考え、内圧を受ける円筒にモデル化し、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 6-2 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。

a. 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。

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

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

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

$$\text{ここで、 } Y = \frac{D_o}{D_i}$$

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。

6.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(5)に示す。

(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 6-3 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。

a. 一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は、外荷重と各応力評価断面の断面性能により次式で求める。

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

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

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

$$M = H \cdot \ell$$

b. 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。

6.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、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 5.1.2 項に定めるとおりである。

7.3 応力計算

7.3.1 応力評価点

応力評価点の位置を図 7-1 に示す。

なお、各応力評価点の断面性状は、表 7-2 に示すとおりである。

7.3.2 差圧による応力

(1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1)f.に定めるとおりである。

(2) 計算方法

a. 一次一般膜応力

差圧 P_{13} による一次一般膜応力は、外圧を受ける円筒にモデル化し、次式で求める。

なお、制御棒案内管は片端開放であるから、軸方向応力は発生しない。

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

$$\sigma_\ell = 0$$

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

$$\text{ここで、 } Y = \frac{D_o}{D_i}$$

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。

7.3.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L04, L14 及び L16)

外荷重を「応力解析の方針」の表 4-1(6)に示す。

(2) 計算方法

a. 一次一般膜応力

外荷重による一次一般膜応力は、外荷重と各応力評価断面の断面性能により次式で求める。

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

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

b. 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。

7.3.4 応力の評価

各応力評価点で計算された応力を分類ごとに重ね合わせて組合せ応力を求め、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 5.1.2 項に定めるとおりである。