

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-3-018 改1
提出年月日	2020年7月31日

V-3-別添 6-1 炉心支持構造物の強度計算書

2020年7月

東京電力ホールディングス株式会社

V-3-別添 6-1 炉心支持構造物の強度計算書

## 目 次

1. 概要	1
2. 炉心支持構造物の強度評価の基本方針	2
3. 炉心支持構造物の強度評価方法	3
3.1 確認内容	3
4. 強度評価結果	6
5. 燃料支持金具の強度計算	7
5.1 一般事項	7
5.2 適用基準	7
5.3 記号の説明	8
5.4 計算精度と数値の丸め方	9
5.5 形状・寸法・材料	9
5.6 解析範囲	9
5.7 計算結果の概要	9
5.8 計算条件	13
5.8.1 評価対象機器	13
5.8.2 設計条件	13
5.8.3 運転条件	13
5.8.4 材料	13
5.8.5 荷重の組合せ及び運転状態	13
5.8.6 荷重の組合せ及び応力評価	14
5.8.7 許容応力	14
5.8.8 許容応力評価条件	14
5.8.9 溶接部の継手効率	14
5.8.10 応力の記号と方向	15
5.9 応力評価の手順	15
5.9.1 温度分布計算	15
5.9.2 応力の評価	15
5.9.3 繰返し荷重の評価	16
5.10 応力計算	17
5.10.1 応力評価点	17
5.10.2 差圧による応力	17
5.10.3 外荷重による応力	18
5.10.4 熱応力	19

5.11	応力強さの評価	20
5.11.1	一次一般膜応力強さの評価	20
5.11.2	一次一般膜+一次曲げ応力強さの評価	20
5.11.3	一次+二次応力強さの評価	20
5.12	繰返し荷重の評価	21
5.12.1	告示第96条第1項第3号についての検討	21
5.12.2	疲労解析	21
5.13	引用文献	22
5.14	参照図書	22

## 図 表 目 次

図 5-1	形状・寸法・材料・応力評価点	10
図 5-2	応力評価の手順	23
図 5-3	中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル	24
図 5-4	中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル	24
表 3-1	重大事故等の事故時荷重の整理表	4
表 3-2	設計基準の事故時荷重の整理表	5
表 5-1	表示する数値の丸め方	9
表 5-2	計算結果の概要	12
表 5-3	各運転状態における差圧	25
表 5-4	外荷重	26
表 5-5	荷重の組合せ及び運転状態	27
表 5-6	荷重の組合せ	28
表 5-7	許容応力	29
表 5-8	許容応力評価条件	30
表 5-9	溶接部の継手効率	31
表 5-10	断面性状	32
表 5-11	一次一般膜応力強さの評価のまとめ	33
表 5-12	一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ	34
表 5-13	一次＋二次応力強さの評価のまとめ	35

## 1. 概要

本計算書は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（平成25年6月28日 原子力規制委員会規則第六号）（以下「技術基準規則」という。）第50条、第51条、第52条、第54条、第59条、第60条、第62条及び第63条において、重大事故等時に流路としての機能が要求される原子炉压力容器内の炉心支持構造物が、十分な強度を有することを説明するものである。

## 2. 炉心支持構造物の強度評価の基本方針

重大事故等時における炉心支持構造物の評価は、重大事故等の使用条件が設計基準の使用条件に包絡されており、燃料支持金具を除き、既に認可された工事計画の添付資料（以下「既工認」という。）における評価結果があるため、材料、構造及び強度の要求は同じであることから、その評価の適用性を確認し、既工認の確認による評価を実施する。

なお、燃料支持金具については、既工認における評価結果がないため、施設時に適用された規格である通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」による評価を5章で実施する。

### 3. 炉心支持構造物の強度評価方法

炉心支持構造物の強度評価について、燃料支持金具を除き、既工認における評価結果があるため、以下の3.1節に示す確認内容のとおり、その評価結果の確認による評価を実施する。

#### 3.1 確認内容

重大事故等事象は、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対して原子炉の安全性を損なうことがないように設計することが求められる構造物、系統及び機器の安全機能が喪失した場合に発生する又は発生する可能性があるものである。

重大事故等の事故時荷重の整理表を表3-1に、設計基準の事故時荷重の整理表を表3-2に示す。両表に示すとおり、起因となる設計基準（運転状態Ⅲ及びⅣ）の事故時荷重は、重大事故等の事故時荷重を包絡している。



表3-1 重大事故等の事故時荷重の整理表

重大事故等時		運転状態Ⅲ及びⅣの評価（表3-2）との関係
事故シナリオグループ	重要事故シナリオ	事故時荷重*1 事故時荷重の包絡性 ピーク差圧の包絡性
高圧・低圧注水機能喪失（給水喪失）	給水喪失＋低圧代替注水（常設）＋ベント	
高圧注水・減圧機能喪失（給水喪失）	給水喪失＋LPFL注水＋S/C冷却	
全交流動力電源喪失（長期TB）	外部電源喪失＋RCIC停止＋低圧代替注水（常設）＋ベント	
全交流動力電源喪失（TBD, TBU）	外部電源喪失＋RCIC停止＋低圧代替注水（常設）＋ベント	
全交流動力電源喪失（TBP）	外部電源喪失＋RCIC停止＋低圧代替注水（可搬型）＋ベント	
崩壊熱除去機能喪失（取水機能喪失）	外部電源喪失＋RCIC停止＋低圧代替注水（常設）＋S/C冷却	
崩壊熱除去機能喪失（RHR機能喪失）	外部電源喪失＋RCIC停止＋HPCF注水＋ベント	
原子炉停止機能喪失	主蒸気隔離弁閉止＋スクラム失敗	
LOCA時注水機能喪失（中小破断）	中小LOCA＋低圧代替注水（常設）＋ベント	
格納容器バイパス	インターフェースシステムLOCA（RHRB系漏えい）	
大破断LOCA	大LOCA＋代替注水＋PCVスプレー＋代替循環冷却	

注記\*1：事故時に発生する機械的荷重

\*2：



表3-2 設計基準の事故時荷重の整理表

事象		事故時荷重*	強度評価上の取扱い	備考
運転状態Ⅲ	過大圧力			
運転状態Ⅳ	冷却材喪失事故			

注記\*：事故時に発生する機械的荷重

#### 4. 強度評価結果

本計算書は、炉心支持構造物の重大事故等対処設備としての応力評価結果を示すものであるが、燃料支持金具を除く機器は、設計基準対象施設としての使用条件を超えないことから、評価結果については、平成 5 年 6 月 17 日付け 4 資庁第 14562 号にて認可された既工認の IV-3-1-1「炉心支持構造物の強度計算書」による。

燃料支持金具については、既工認に記載がないため、評価結果を 5 章に示す。

## 5. 燃料支持金具の強度計算

### 5.1 一般事項

本章は、燃料支持金具（中央燃料支持金具及び周辺燃料支持金具）の応力計算について示すものである。

注：図表は、原則として巻末に示す。

### 5.2 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 通商産業省告示第501号「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準」（以下「告示」という。）

注：本章において、告示の条項は「告示第○条第△項第◇号」として示す。

### 5.3 記号の説明

本章において、以下の記号を使用する。ただし、本章に別途記載ある場合は、この限りでない。

記号	記号の説明	単位
A	断面積	mm <sup>2</sup>
D <sub>i</sub>	内径	mm
D <sub>o</sub>	外径	mm
I	断面二次モーメント	mm <sup>4</sup>
P <sub>b</sub>	一次曲げ応力	MPa
P <sub>m</sub>	一次一般膜応力	MPa
Q	二次応力	MPa
S <sub>12</sub>	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S <sub>23</sub>	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S <sub>31</sub>	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S <sub>m</sub>	設計応力強さ 告示 別表第 2 に定める値	MPa
S <sub>u</sub>	設計引張強さ 告示 別表第 10 に定める値	MPa
S <sub>y</sub>	設計降伏点 告示 別表第 9 に定める値	MPa
S <sub>y</sub> (R T)	室温における設計降伏点 告示 別表第 9 に定める値	MPa
t	厚さ	mm
V	鉛直力	N
$\eta$	溶接部の継手効率	—
$\sigma_1$	主応力	MPa
$\sigma_2$	主応力	MPa
$\sigma_3$	主応力	MPa
$\sigma_\ell$	軸方向応力	MPa
$\sigma_r$	半径方向応力	MPa
$\sigma_t$	周方向応力	MPa
$\tau_{\ell r}$	せん断応力	MPa
$\tau_{r t}$	せん断応力	MPa
$\tau_{t \ell}$	せん断応力	MPa

#### 5.4 計算精度と数値の丸め方

精度は、有効数字 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 5-1 に示すとおりとする。

表 5-1 表示する数値の丸め方

数値の種類	単位	処理桁	処理方法	表示桁
応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
応力強さ	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記\*：告示別表に記載された温度の中間における許容引張応力及び設計引張強さは、比例法により補間した値の小数点以下第 2 位を切捨て、小数点以下第 1 位までの値として算出する。得られた値を SI 単位に換算した値の小数点以下第 1 位を切捨てて整数化する。

#### 5.5 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図 5-1 に示す。

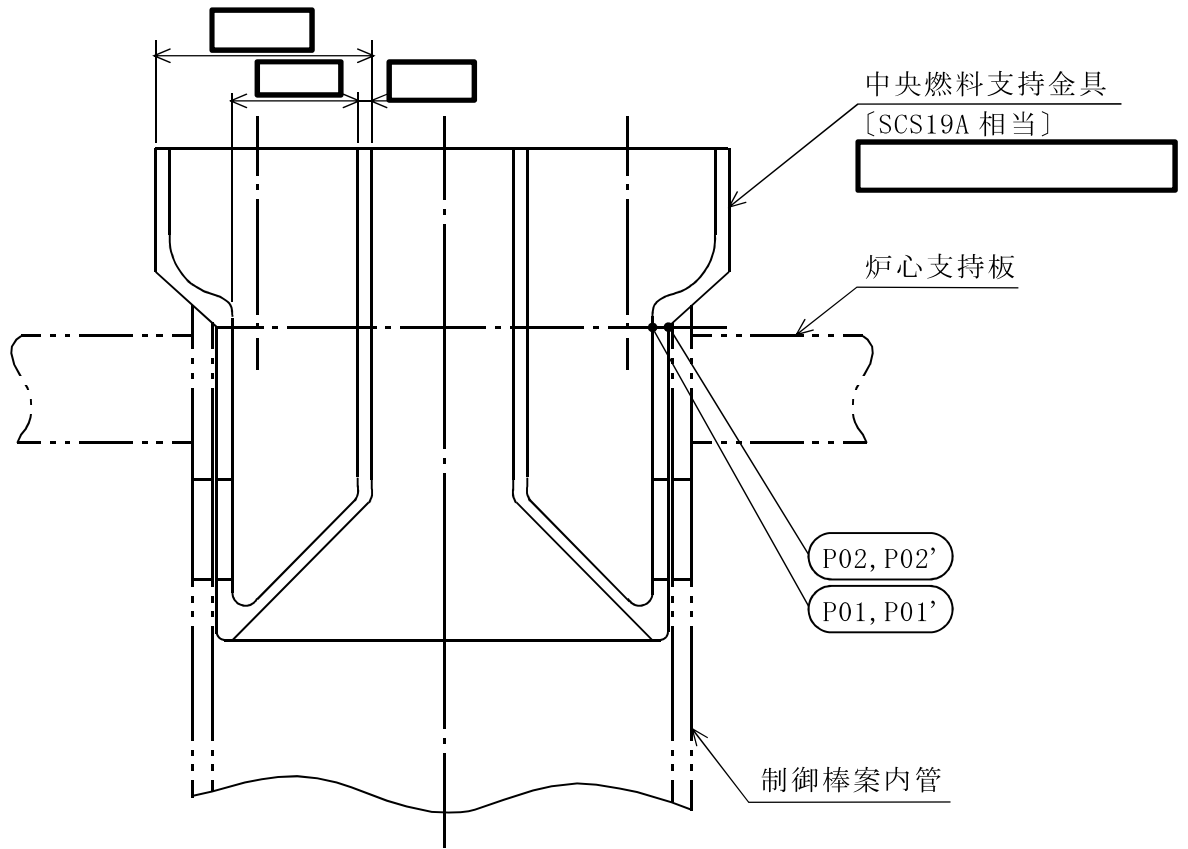
#### 5.6 解析範囲

解析範囲を図 5-1 に示す。

#### 5.7 計算結果の概要

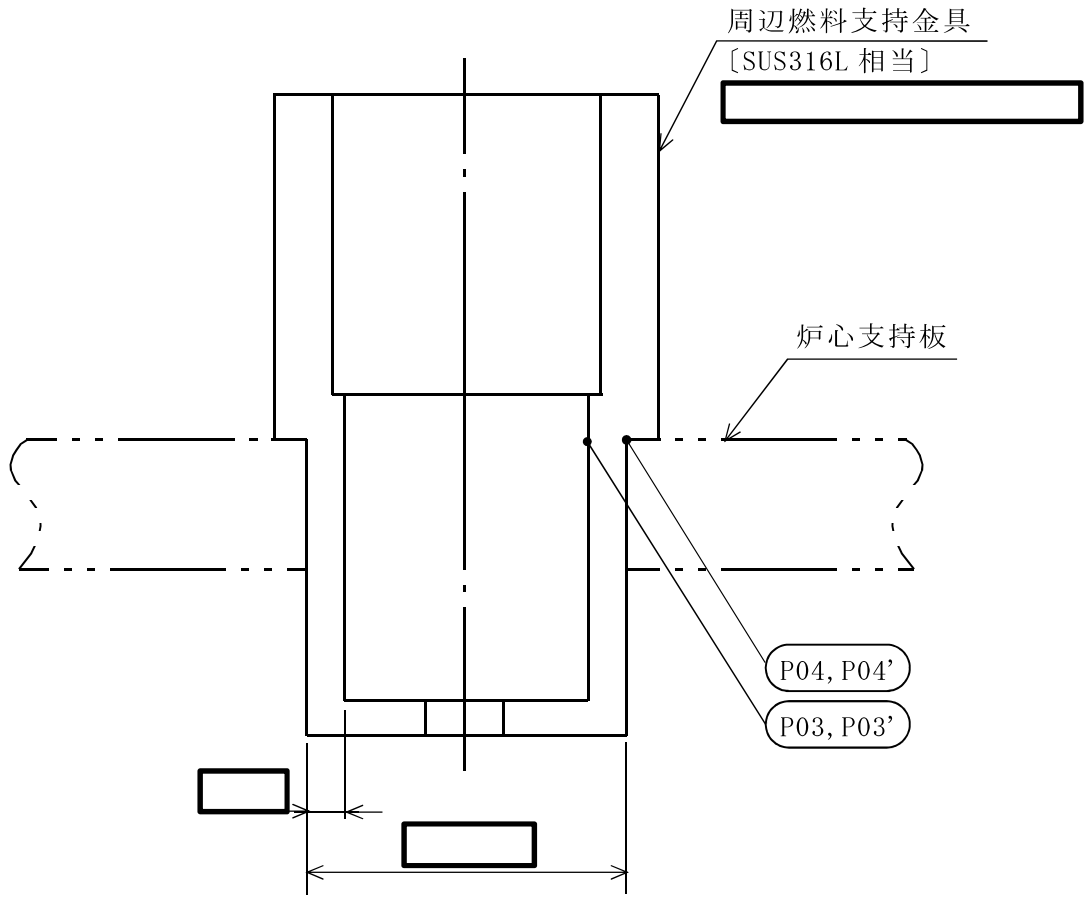
計算結果の概要を表 5-2 に示す。

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記載する。



: 応力評価点  
 : 材 料

図5-1(1) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)



○ : 応力評価点  
〔 〕 : 材 料

図5-1(2) 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)



表 5-2 計算結果の概要

部分及び材料	運転状態	一次一般膜 (MPa)			一次一般膜 + 一次曲げ 応力強さ (MPa)			一次 + 二次 応力強さ (MPa)			疲労解析		
		応力強さ	許容 応力	応力 評価面	応力強さ	許容 応力	応力 評価面	応力強さ	許容 応力	応力 評価点	疲労 累積 係数	許容値	応力 評価点
中央燃料 支持金具 SCS19A 相当	設計条件	4	107	P01-P02	4	160	P01-P02	-	-	-	-	-	
	III	4	160	P01-P02	4	240	P01-P02	-	-	-	-	-	
	IV	4	246	P01-P02	4	370	P01-P02	-	-	-	-	-	
	重大事故等時	4	246	P01-P02	4	369	P01-P02	-	-	-	-	-	
	I, II	-	-	-	-	-	-	4	327	P01	-*2	-*2	
周辺燃料 支持金具 SUS316L 相当	設計条件	2	37*1	P03-P04	2	56*1	P03-P04	-	-	-	-	-	
	III	2	56*1	P03-P04	2	84*1	P03-P04	-	-	-	-	-	
	IV	2	92*1	P03-P04	2	138*1	P03-P04	-	-	-	-	-	
	重大事故等時	2	90*1	P03-P04	2	135*1	P03-P04	-	-	-	-	-	
	I, II	-	-	-	-	-	-	2	115*1	P03	-*2	-*2	

注記\*1: 継手効率  を乗じた値を示す。

\*2: 疲労解析は、告示第96条第1項第3号により不要である。

## 5.8 計算条件

### 5.8.1 評価対象機器

応力評価を行う機器は、次のとおりである。（図 5-1 参照）

機器名称	評価対象				
	運転状態に対する評価				
	設計条件	I, II	III	IV	重大事故等時
燃料支持金具	○	○	○	○	○

注：「○」は評価対象を示す。

### 5.8.2 設計条件

設計差圧 : 表 5-3 に示す。

最高使用温度 : 302℃

設計機械的荷重 : 表 5-4 に示す。

### 5.8.3 運転条件

運転条件及び記号は、参照図書(1)a. に定めるとおりである。

なお、重大事故等時の条件は以下のとおりである。

温度条件 : 運転状態Ⅲと同じ。

差圧条件 : 運転状態Ⅳと同じ。

燃料支持金具の応力評価において考慮する差圧は、表 5-3 に示す参照図書(1)a. に定める差圧  $P_{13}$  であり、考慮する外荷重の値は表 5-4 に示すとおりである。

### 5.8.4 材料

各部の材料を図 5-1 に示す。

### 5.8.5 荷重の組合せ及び運転状態

荷重の組合せ及び運転状態を表 5-5 に示す。

なお、本章において、告示第 96 条第 1 項第 1 号イの規定による最高使用圧力を「設計差圧」と呼び、設計差圧と設計機械的荷重を組合せた条件を「設計条件」という。

#### 5.8.6 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価項目の対応を表 5-6 に示す。本章において、荷重の種類と記号は以下のとおりである。

荷重	記号
(1) 差圧	[L02]
(2) 設計機械的荷重	[L03]
(3) 死荷重	[L04]

#### 5.8.7 許容応力

燃料支持金具の許容応力は、告示第 96 条第 1 項第 1 号に基づき表 5-7 に示す。

#### 5.8.8 許容応力評価条件

- (1) 許容応力評価において、設計応力強さ  $S_m$  及び設計引張強さ  $S_u$  は、それぞれ告示別表第 2 及び第 10 に定められたものを使用する。
- (2) 設計条件の評価には、最高使用温度 (302℃) に対する許容応力を用いる。運転状態Ⅲ及び運転状態Ⅳの一次応力の評価には、各運転状態における流体の最高温度 (運転状態Ⅲ : ℃, Ⅳ : ℃) に対する許容応力を用いる。運転状態Ⅰ及びⅡの一次+二次応力及び繰返し荷重の評価には、運転温度 (℃ : 定格出力運転時の流体温度) に対する許容応力を用いる。
- (3) 重大事故等時の一次応力の評価には、重大事故等時における流体の最高温度 (℃) を上回る運転状態Ⅲにおける流体の最高温度 (℃) に対する許容応力を用いる。
- (4) 燃料支持金具の許容応力評価条件を表 5-8 に示す。

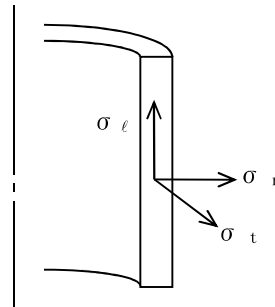
#### 5.8.9 溶接部の継手効率

- (1) 中央燃料支持金具の応力評価点は、溶接部でないため  を用いる。
- (2) 周辺燃料支持金具の溶接部の継手効率は、継手の種類と分類及び継手に適用する検査の種類により、告示第 99 条第 4 項にしたがって定める。溶接部の継手効率を表 5-9 に示す。
- (3) 溶接部の継手効率は、材料の許容応力に継手効率を乗じたものとする。

5.8.10 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。

- $\sigma_t$  : 周方向応力
- $\sigma_\ell$  : 軸方向応力
- $\sigma_r$  : 半径方向応力



5.9 応力評価の手順

応力評価の手順について述べる。

応力評価の概要を図 5-2 に示す。

5.9.1 温度分布計算

燃料支持金具は，参照図書(1)a. に示すとおり，同一温度領域内（領域 B）にあること，また，薄肉構造で材料の異なる部分はなく温度勾配は無視し得ることから温度分布計算を行わない。

5.9.2 応力の評価

(1) 主応力

計算した応力は，応力の分類ごとに重ね合わせ，組合せ応力を求める。

組合せ応力は，一般に  $\sigma_t, \sigma_\ell, \sigma_r, \tau_{t\ell}, \tau_{\ell r}, \tau_{r t}$  の 6 成分を持つが，主応力  $\sigma$  は，引用文献(1)の 1・3・6 項により，次式を満足する 3 根  $\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$  として計算する。

$$\begin{aligned} &\sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_\ell + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_\ell + \sigma_\ell \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{t\ell}^2 \\ &- \tau_{\ell r}^2 - \tau_{r t}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_\ell \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{\ell r}^2 + \sigma_\ell \cdot \tau_{r t}^2 \\ &+ \sigma_r \cdot \tau_{t\ell}^2 - 2 \cdot \tau_{t\ell} \cdot \tau_{\ell r} \cdot \tau_{r t} = 0 \end{aligned}$$

上式により主応力を求める。

(2) 応力強さ

以下の 3 つの主応力差の絶対値で最大のものを応力強さとする。

$$S_{12} = \sigma_1 - \sigma_2$$

$$S_{23} = \sigma_2 - \sigma_3$$

$$S_{31} = \sigma_3 - \sigma_1$$

(3) 一次応力強さ

設計条件，運転状態Ⅲ，運転状態Ⅳ及び重大事故等時において生じる一次一般膜応力及び一次一般膜＋一次曲げ応力の応力強さが，5.8.7 項に示す許容応力を満足することを示す。

(4) 一次＋二次応力強さ

運転状態Ⅰ及びⅡにおいて生じる一次＋二次応力の応力差最大範囲( $S_n$ )が，5.8.7 項に示す許容応力を満足することを示す。

5.9.3 繰返し荷重の評価

繰返し荷重の評価は，運転状態Ⅰ及びⅡによる荷重を用いて，告示第 96 条第 1 項第 3 号に従い疲労解析（詳細な繰返し荷重の評価）の必要性の検討を行い，疲労解析が不要であることを示す。

## 5.10 応力計算

### 5.10.1 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 5-10 に示すとおりである。

### 5.10.2 差圧による応力

#### (1) 荷重条件 (L02)

各運転状態による差圧を表 5-3 に示す。

#### (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計算する。

中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデルを図 5-3 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。

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

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

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

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。

c. 一次＋二次応力

差圧  $P_{13}$  による一次＋二次応力は、次式で求める。

$$\sigma_t = \frac{1+K^2}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

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

$$\sigma_r = \frac{1-K^2}{Y^2-1} \cdot P_{13}$$

ここで、 $K = Y$  (内表面)

$K = 1$  (外表面)

### 5.10.3 外荷重による応力

(1) 荷重条件 (L03 及び L04)

外荷重を表 5-4 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モデルを、図 5-4 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，次式で求める。

$$\sigma_{\ell} = \frac{V}{A}$$

- 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。

- c. 一次＋二次応力

外荷重による二次応力は存在しない。したがって，一次＋二次応力は，一次一般膜＋一次曲げ応力と同じである。

#### 5.10.4 熱応力

5.9.1項に示すとおり熱応力は無視できる。



## 5.11 応力強さの評価

### 5.11.1 一次一般膜応力強さの評価

各運転状態における評価を表 5-11 に示す。

表 5-11 より、各運転状態の一次一般膜応力強さは、5.8.7 項及び 5.8.9 項に示す許容応力を満足する。

### 5.11.2 一次一般膜＋一次曲げ応力強さの評価

各運転状態における評価を表 5-12 に示す。

表 5-12 より、各運転状態の一次一般膜＋一次曲げ応力強さは、5.8.7 項及び 5.8.9 項に示す許容応力を満足する。

### 5.11.3 一次＋二次応力強さの評価

運転状態 I 及び II における評価を表 5-13 に示す。

表 5-13 より、運転状態 I 及び II の一次＋二次応力強さは、5.8.7 項及び 5.8.9 項に示す許容応力を満足する。

## 5.12 繰返し荷重の評価

### 5.12.1 告示第 96 条第 1 項第 3 号についての検討

燃料支持金具について、告示第 96 条第 1 項第 3 号により疲労解析が不要となることを以下の(1)から(4)に示す。

(1) 告示第 96 条第 1 項第 3 号イ及び同号ロ

5.9.1 項で述べたように、燃料支持金具の温度差は無視し得るので、告示第 96 条第 1 項第 3 号イ及び同号ロの検討は不要である。

(2) 告示第 96 条第 1 項第 3 号ハ（異なる材料よりなる部分の温度変動）

燃料支持金具には、縦弾性係数又は熱膨張係数の異なる材料よりなる部分は存在しない。

(3) 告示第 96 条第 1 項第 3 号ニ（機械的荷重変動）

機械的荷重により生じる応力の全振幅が、荷重変動回数  $10^6$  回に対応する繰返しピーク応力強さを超えないことを確認する。

告示別図第 2 より求めた  $10^6$  回に対応する繰返しピーク応力強さ :  $S = 178 \text{ MPa}$

機械的荷重変動による応力の全振幅 :  $\Delta \sigma$

全応力評価点の機械的荷重変動（死荷重）による一次＋二次応力のうち、応力の全振幅が最大となる応力評価点 P01 での一次＋二次応力は以下である。

$$\Delta \sigma = \square \text{ MPa}$$

したがって、 $S > \Delta \sigma$  であり、条件を満足する。

(4) 検討結果

以上(1)から(3)より燃料支持金具は、告示第 96 条第 1 項第 3 号の要求をすべて満足している。

### 5.12.2 疲労解析

5.12.1 項に示すように、燃料支持金具は、疲労解析は不要である。

5.13 引用文献

- (1) 機械工学便覧 基礎編  $\alpha$ 3 (日本機械学会)

5.14 参照図書

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類
  - a. IV-3-1-1-1 炉心支持構造物の応力解析の方針

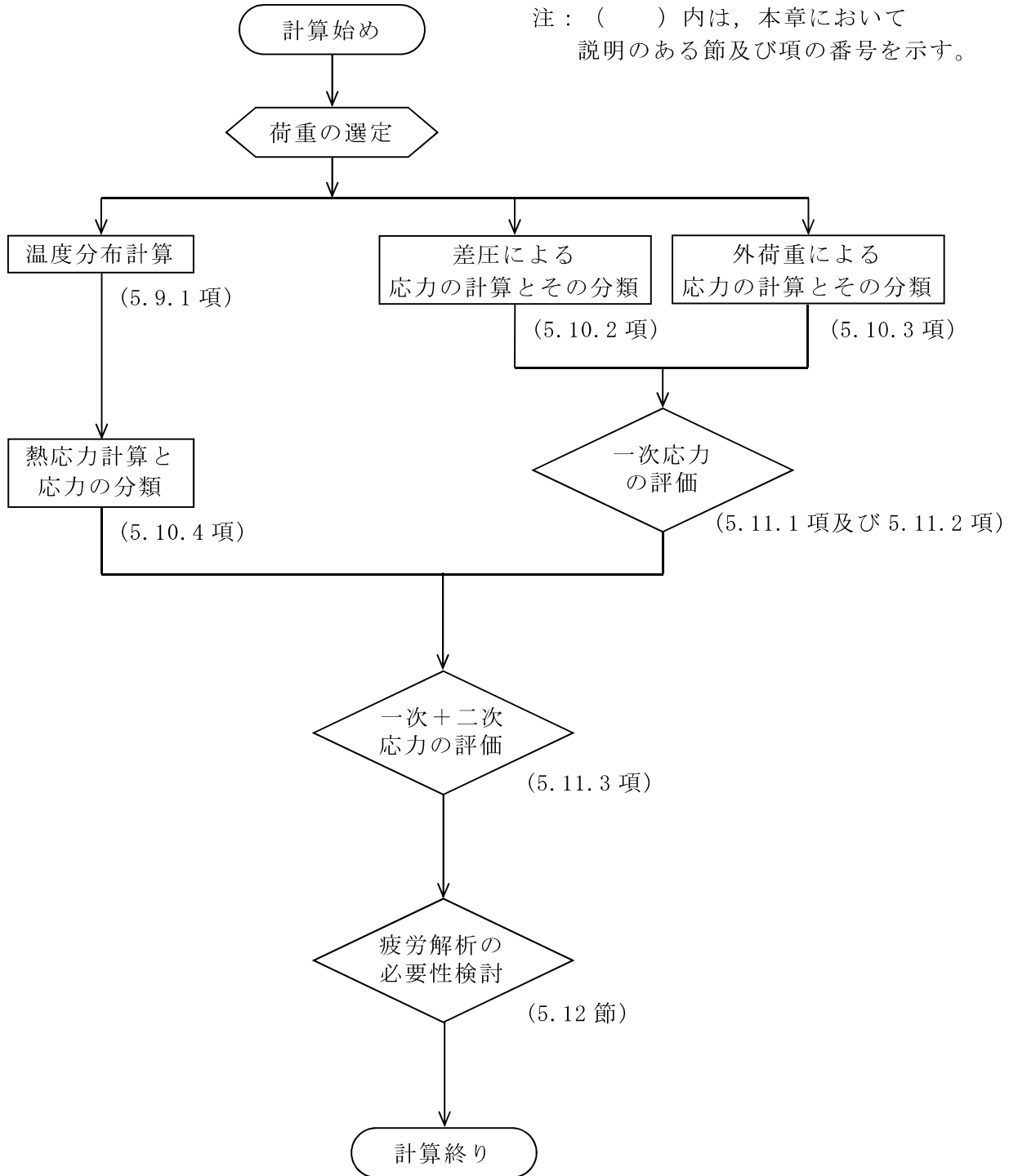


図 5-2 応力評価の手順

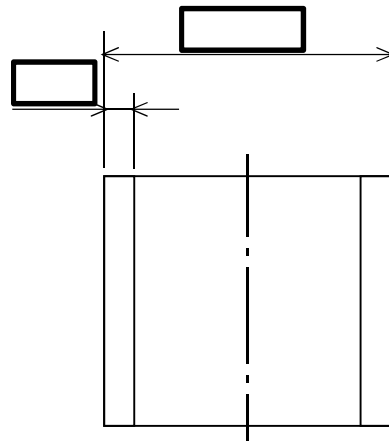


図 5-3 中央燃料支持金具の差圧による応力計算モデル (単位 : mm)

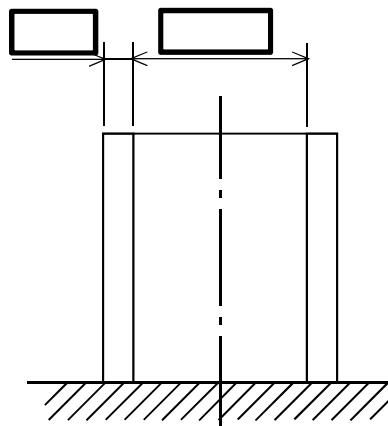


図 5-4 中央燃料支持金具の外荷重による応力計算モデル (単位 : mm)

表 5-3 各運転状態における差圧

(単位：MPa)

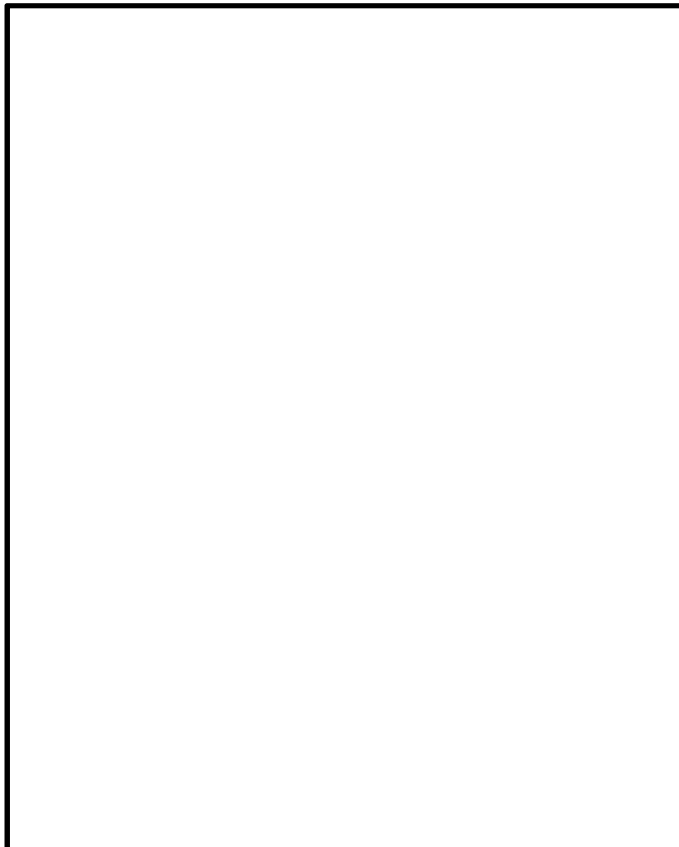
運転状態	差圧 P <sub>13</sub>
設計条件	
I, II	
III	
IV	
重大事故等時	

表 5-4 外荷重

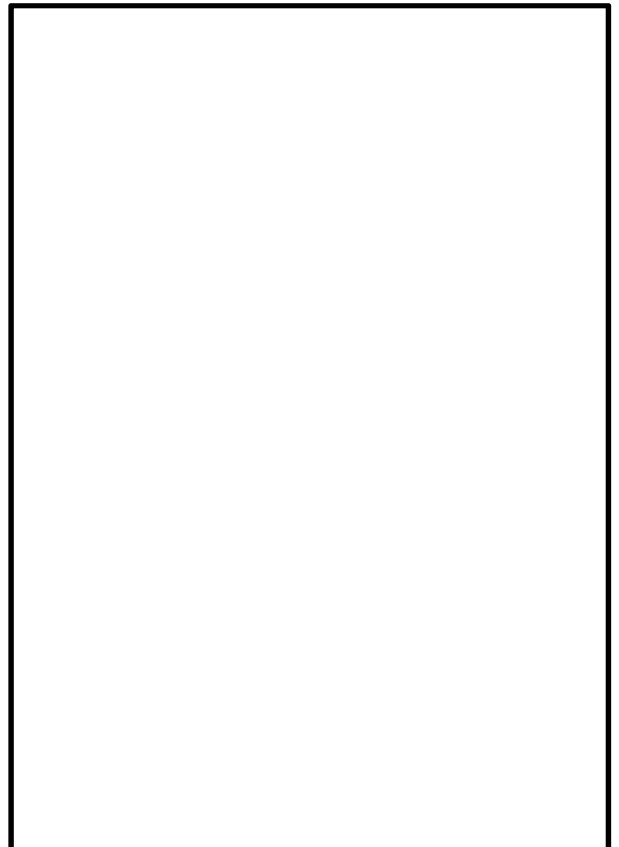
記号	荷重名称	荷重 作用点*	鉛直力
			V (kN)
L03	設計機械的荷重		
L04	死荷重		

注：

注記\*：荷重作用点 A は中央燃料支持金具を示し，  
荷重作用点 B は周辺燃料支持金具を示す。



中央燃料支持金具



周辺燃料支持金具

表 5-5 荷重の組合せ及び運転状態

運転状態	荷重の組合せ
	各運転状態による荷重
設計条件	設計条件による荷重
I	運転状態 I による荷重
II	運転状態 II による荷重
III	運転状態 III による荷重
IV	運転状態 IV による荷重
重大事故等時	重大事故等時による荷重



表 5-6 荷重の組合せ

運転状態	荷重の組合せ	応力評価
設計条件	L02+L03	$P_m$ $P_m + P_b$
I, II	L02+L04	$P_m + P_b + Q$ 疲労解析
III	L02+L04	$P_m$ $P_m + P_b$
IV	L02+L04	$P_m$ $P_m + P_b$
重大事故等時	L02+L04	$P_m$ $P_m + P_b$

表 5-7 許容応力

運転状態	許容限界		
	一次一般膜応力	一次一般膜＋一次曲げ応力	一次＋二次応力
設計条件	$S_m$	$1.5 \cdot S_m$	—
I, II	—	—	$3 \cdot S_m$
III	$1.5 \cdot S_m$	$2.25 \cdot S_m$	—
IV	$\text{Min}(2.4 \cdot S_m, 2/3 \cdot S_u)$	$\text{Min}(3.6 \cdot S_m, S_u)$	—
重大事故等時*	$\text{Min}(2.4 \cdot S_m, 2/3 \cdot S_u)$	$\text{Min}(3.6 \cdot S_m, S_u)$	—

注記\*：重大事故等時の許容限界として運転状態IVの許容限界を用いる。

表 5-8 許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (°C)	S <sub>m</sub> (MPa)	S <sub>u</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (MPa)	S <sub>y</sub> (R.T) (MPa)
中央燃料 支持金具	SCS19A 相当 [ ]	流体の最高温度	[ ]	[ ]	[ ]	[ ]
		流体の最高温度				
周辺燃料 支持金具	オーステナイト系 ステンレス鋼 SUS316L 相当 [ ]	流体の最高温度				
		流体の最高温度				
		流体の最高温度				
		流体の最高温度				

表 5-9 溶接部の継手効率

継手の箇所	継手の分類	継手の種類	検査の種類*	継手効率 $\eta$
燃料支持金具	周辺燃料支持金具と 炉心支持板の継手			

注記\*：検査の種類を示す記号は次のとおりである。

P T：告示第 99 条第 4 項に定めるホの検査

表 5-10 断面性状

応力評価点	t (mm)	D <sub>o</sub> (mm)	D <sub>i</sub> (mm)	A (mm <sup>2</sup> )	I (mm <sup>4</sup> )
P01, P02*					
P03, P04					

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

表 5-11 一次一般膜応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価面	設計条件		運転状態Ⅲ		運転状態Ⅳ		重大事故等時	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	4	107	4	160	4	246	4	246
P01' P02'	4	107	4	160	4	246	4	246
P03 P04	2	37*	2	56*	2	92*	2	90*
P03' P04'	2	37*	2	56*	2	92*	2	90*

注記\*：継手効率  を乗じた値を示す。

表 5-12 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	設計条件		運転状態Ⅲ		運転状態Ⅳ		重大事故等時	
	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	4	160	4	240	4	370	4	369
P01' P02'	4	160	4	240	4	370	4	369
P03 P04	2	56*	2	84*	2	138*	2	135*
P03' P04'	2	56*	2	84*	2	138*	2	135*

注記\* : 継手効率  を乗じた値を示す。

表 5-13 一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

分類	一次+二次応力差最大範囲 ( $P_m + P_b + Q$ )	
	応力評価点	許容値 $\eta \cdot 3 \cdot S_m$
P01	$S_n^{*1}$	327
P01'	4	327
P02	4	327
P02'	4	327
P03	2	115 <sup>*2</sup>
P03'	2	115 <sup>*2</sup>
P04	2	115 <sup>*2</sup>
P04'	2	115 <sup>*2</sup>

注記\*1： $S_n$ は運転状態Ⅰ及びⅡによる一次  
+二次応力差の最大範囲を示す。

\*2：継手効率  を乗じた値を示す。