

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6号機 設計及び工事計画審査資料	
資料番号	KK6添-2-034-2-1 改0
提出年月日	2023年11月27日

## VI-2-3-3-1-2(1) 原子炉压力容器の耐震計算結果

VI-2-3-3-1-2(1) 原子炉压力容器耐震計算結果

## 目 次 (全体目次)

1. 概要 .....	1-1
2. ブラケット類の応力計算 .....	2-1
3. 原子炉压力容器スカート of 応力計算 .....	3-1
4. 原子炉压力容器基礎ボルト of 応力計算 .....	4-1

目 次  
(ブラケット類)

2. ブラケット類の応力計算	2-1
2.1 一般事項	2-1
2.1.1 形状・寸法・材料	2-1
2.1.2 解析範囲	2-1
2.1.3 計算結果の概要	2-1
2.2 計算条件	2-6
2.2.1 設計条件	2-6
2.2.2 材料	2-6
2.2.3 荷重の組合せ及び許容応力状態	2-6
2.2.4 荷重の組合せ及び応力評価	2-6
2.2.5 許容応力	2-6
2.2.6 応力の記号と方向	2-6
2.3 応力計算	2-7
2.3.1 応力評価点	2-7
2.3.2 外荷重による応力	2-7
2.3.3 応力の評価	2-7
2.4 応力強さの評価	2-8
2.4.1 ブラケット付根の応力強さの評価	2-8
2.4.2 ロッド穴周辺の応力強さの評価	2-8

図 表 目 次  
(ブラケット類)

図2-1	形状・寸法・材料	2-2
表2-1	計算結果の概要	2-5
表2-2	ブラケット付根の一次一般膜応力強さの評価	2-9
表2-3	ブラケット付根の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	2-10
表2-4	ロッド穴周辺の純せん断応力の評価	2-11
表2-5	ロッド穴周辺の一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	2-11

目 次  
(原子炉圧力容器スカート)

3. 原子炉圧力容器スカートの応力計算	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	3-1
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
3.3 応力計算	3-5
3.3.1 応力評価点	3-5
3.3.2 内圧による応力	3-5
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	3-6
3.4.1 一次一般膜応力強さの評価	3-6
3.4.2 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価	3-6
3.4.3 一次＋二次応力強さの評価	3-6
3.5 繰返し荷重の評価	3-7
3.5.1 疲労解析	3-7
3.6 特別な応力の評価	3-7
3.6.1 座屈に対する評価	3-7

図 表 目 次  
(原子炉压力容器スカート)

図3-1	形状・寸法・材料・応力評価点	3-3
図3-2	応力計算のモデル	3-9
表3-1	計算結果の概要	3-4
表3-2	機器諸元	3-10
表3-3	一次膜+一次曲げ応力強さの評価のまとめ	3-11
表3-4	一次+二次応力強さの評価のまとめ	3-12
表3-5	疲労累積係数の評価のまとめ	3-13
表3-6	座屈に対する評価に用いる荷重	3-14
表3-7	座屈に対する評価	3-14

目 次  
(原子炉压力容器基礎ボルト)

4. 原子炉压力容器基礎ボルトの応力計算	4-1
4.1 一般事項	4-1
4.1.1 形状・寸法・材料	4-1
4.1.2 解析範囲	4-1
4.1.3 計算結果の概要	4-1
4.2 計算条件	4-4
4.2.1 設計条件	4-4
4.2.2 材料	4-4
4.2.3 荷重の組合せ及び許容応力状態	4-4
4.2.4 荷重の組合せ及び応力評価	4-4
4.2.5 許容応力	4-4
4.2.6 許容応力評価条件	4-4
4.3 応力計算	4-4
4.3.1 外荷重による応力	4-4
4.4 応力の評価	4-5



図 表 目 次  
(原子炉压力容器基礎ボルト)

図4-1	形状・寸法・材料	4-2
表4-1	計算結果の概要	4-3
表4-2	許容応力評価条件	4-6
表4-3	計算結果	4-6

## 1. 概要

本計算書は、原子炉圧力容器（原子炉圧力容器スカート及び原子炉圧力容器基礎ボルトを含む。）の耐震計算結果に関するものである。

本計算書の各機器は、VI-2-3-3-1-1「原子炉圧力容器の応力解析の方針」（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、原子炉圧力容器であって、設計基準対象施設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。

- ・ブラケット類
- ・原子炉圧力容器スカート
- ・原子炉圧力容器基礎ボルト

なお、原子炉圧力容器本体であって、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は、VI-2-3-3-1-3「原子炉圧力容器本体の応力計算書」に構造強度評価の結果を示す。

- ・胴板
- ・下部鏡板
- ・制御棒駆動機構ハウジング貫通孔
- ・原子炉冷却材再循環ポンプ貫通孔（N1）
- ・主蒸気ノズル（N3）
- ・給水ノズル（N4）
- ・低圧注水ノズル（N6）
- ・上蓋スプレイ・ベントノズル（N7）
- ・原子炉停止時冷却材出口ノズル（N8）
- ・原子炉停止時冷却材出口ノズル（N10）
- ・原子炉冷却材再循環ポンプ差圧検出ノズル（N9）
- ・炉心支持板差圧検出ノズル（N11）
- ・計装ノズル（N12）
- ・計装ノズル（N13）
- ・計装ノズル（N14）
- ・ドレンノズル（N15）
- ・高圧炉心注水ノズル（N16）

注：本計算書においては、平成5年6月17日付け4資庁第14561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)）及び平成3年8月23日付け3資庁第6674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(2)）を「既工認」という。

## 2. ブラケット類の応力計算

### 2.1 一般事項

本章は、ブラケット類の応力計算について示すものである。

ブラケット類は、設計基準対象施設においてSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

#### 2.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図2-1に示す。

#### 2.1.2 解析範囲

解析範囲を図2-1に示す。

#### 2.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表2-1に示す。

なお、応力評価点の選定に当たっては、モーメントが大きくなるブラケット付根部及び穴により断面の小さくなるロッド穴周辺部に着目し、応力評価上厳しくなる評価点を記載する。

[ ]:材 料

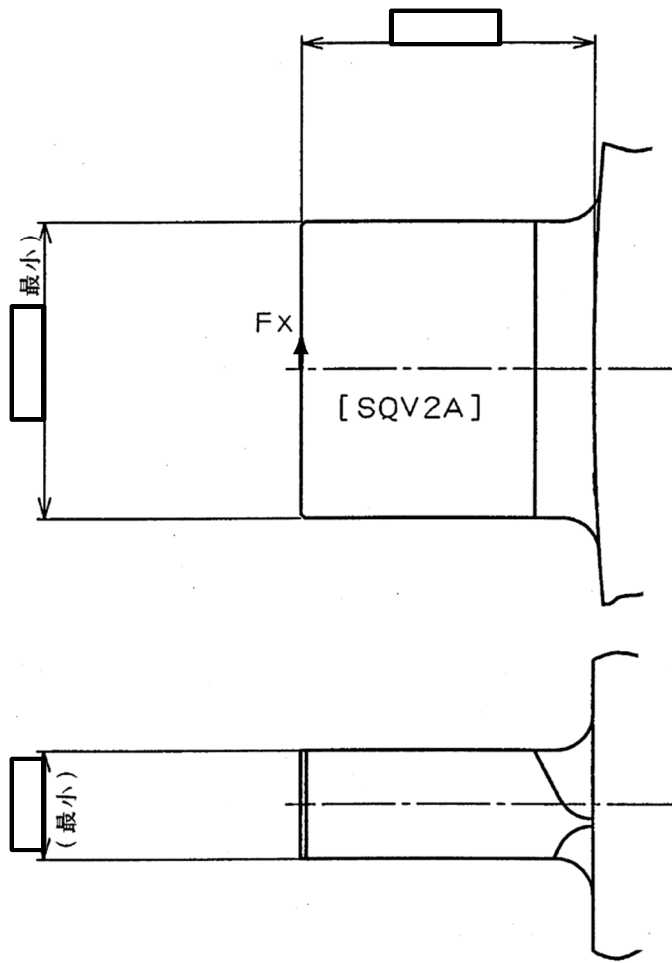


図 2-1(1) 形状・寸法・材料 (単位: mm)  
(原子炉圧力容器スタビライザブラケット)

( ) : 材 料

K6 ① VI-2-3-3-1-2(1) R0

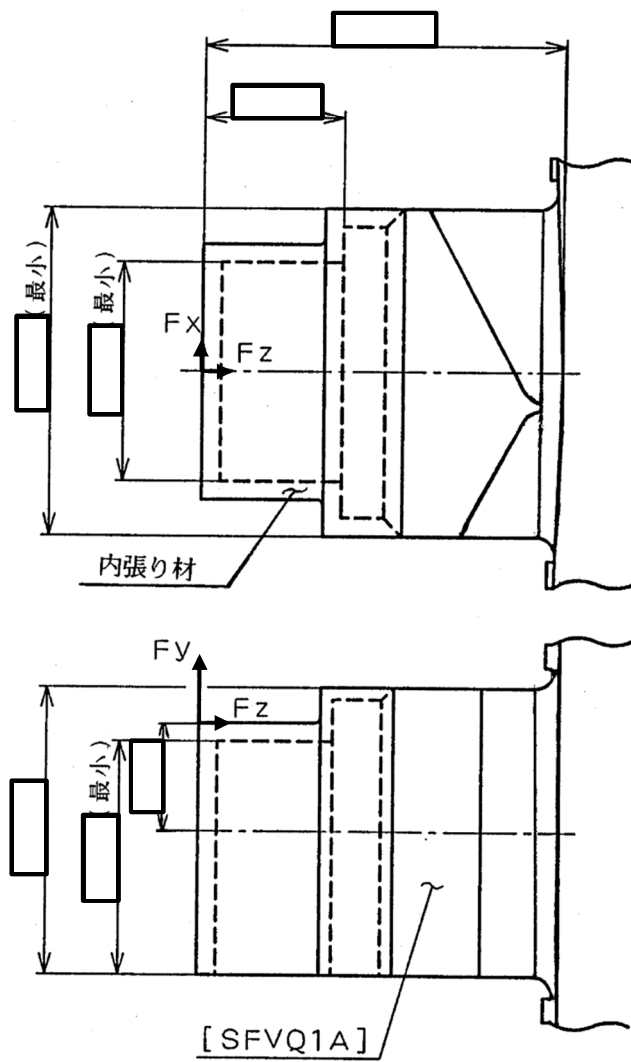


図 2-1(2) 形状・寸法・材料 (単位: mm)  
(蒸気乾燥器支持ブラケット)

[ ] : 材 料

K6 ① VI-2-3-3-1-2(1) R0

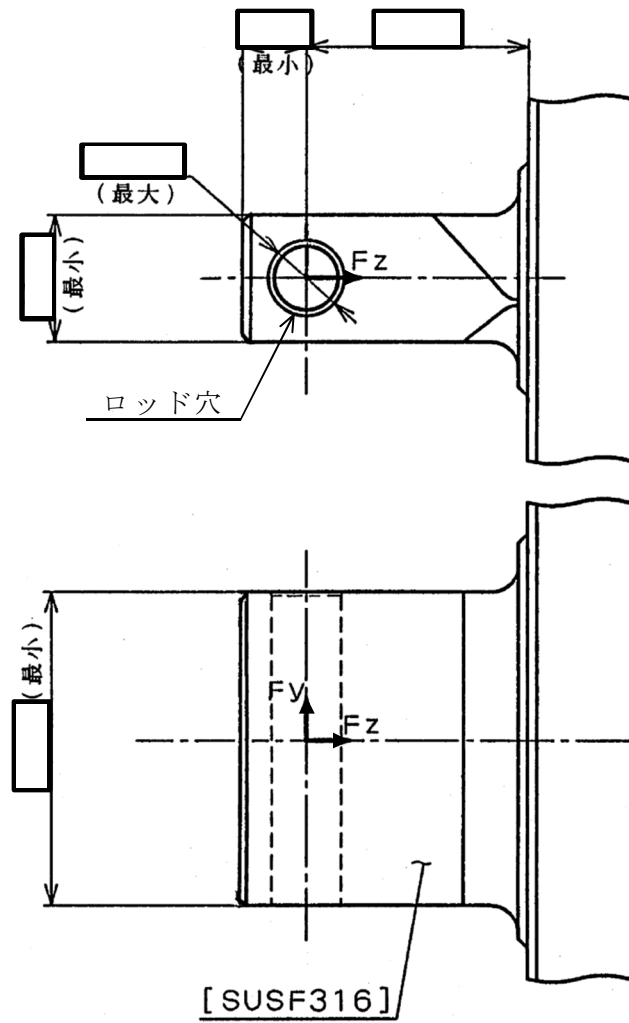


図 2-1(3) 形状・寸法・材料 (単位: mm)  
(給水スパージャブラケット, 低圧注水スパージャブラケット)

表 2-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力 状態	一次一般膜 応力強さ		一次膜+一次曲げ 応力強さ		純せん断応力	
		応力 強さ	許容 応力	応力 強さ	許容* 応力	応力	許容 応力
原子炉压力容器 スタビライザ ブラケット	ⅢA S	19	303	59	454	—	—
	ⅣA S	20	326	62	490	—	—
蒸気乾燥器支持 ブラケット	ⅢA S	16	303	71	454	—	—
	ⅣA S	25	320	112	481	—	—
給水スパージャ ブラケット	ⅢA S	4	142	74	214	5	71
	ⅣA S	7	280	146	420	9	168
低圧注水スパージャ ブラケット	ⅢA S	4	142	74	214	5	71
	ⅣA S	7	280	146	420	9	168

注記\* : 中実矩形断面の形状係数 $\alpha = 1.5$ を用いた。

## 2.2 計算条件

### 2.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

### 2.2.2 材料

各部の材料を図2-1に示す。

### 2.2.3 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を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

### 2.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

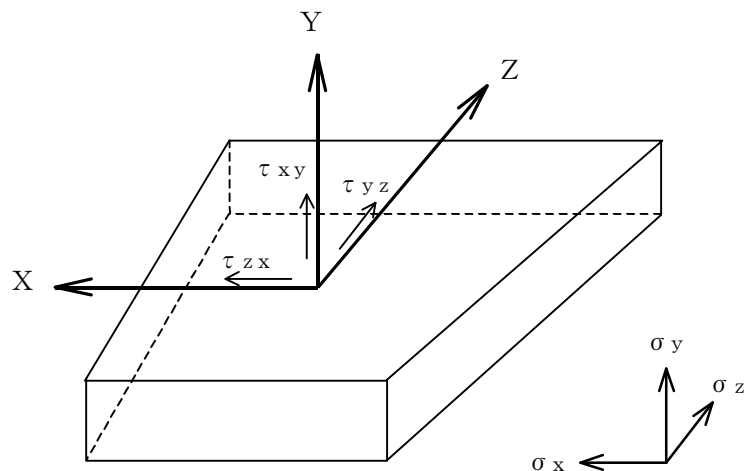
### 2.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

### 2.2.6 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。

- $\sigma_x$  : 周方向応力
- $\sigma_y$  : 軸方向応力
- $\sigma_z$  : 半径方向応力
- $\tau_{xy}$  : せん断応力
- $\tau_{yz}$  : せん断応力
- $\tau_{zx}$  : せん断応力





## 2.3 応力計算

### 2.3.1 応力評価点

応力評価点は、図2-1(1)～図2-1(3)に示すそれぞれのブラケット付根及び図2-1(3)に示すブラケットのロッド穴周辺とする。

### 2.3.2 外荷重による応力

#### (1) 荷重条件

ブラケットに作用する外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(7)に示す。

ブラケットの荷重作用点を図2-1に示す。

#### (2) 計算方法

##### a. ブラケット付根の応力

ブラケット付根の応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1) t. に定めるとおりである。

なお、ブラケット付根は集中荷重を受ける片持ちばりにモデル化し計算する。

##### b. ロッド穴周辺の応力

給水スパーギャブラケット及び低圧注水スパーギャブラケットのロッド穴周辺の応力の計算は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(1) t. に定めるとおりである。

なお、ロッド穴周辺は矩形断面の円環にモデル化し計算する。

### 2.3.3 応力の評価

計算された応力から、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5.2.2項に定めるとおりである。

## 2.4 応力強さの評価

### 2.4.1 ブラケット付根の応力強さの評価

#### (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表2-2に示す。

表2-2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節に示す許容応力を満足する。

#### (2) 一次膜+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表2-3に示す。

表2-3より、各許容応力状態の一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

### 2.4.2 ロッド穴周辺の応力強さの評価

#### (1) 純せん断応力の評価

各許容応力状態における評価を表2-4に示す。

表2-4より、各許容応力状態の純せん断応力は、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

#### (2) 一次膜+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表2-5に示す。

表2-5より、各許容応力状態の一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

表2-2 ブラケット付根の一次一般膜応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力 状態	応力		主応力			応力強さ	許容応力
		$\sigma_z$	$\tau$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$		
原子炉圧力容器 スタビライザ ブラケット	ⅢA S	0	9	0	9	-9	19	303
	ⅣA S	0	10	0	10	-10	20	326
蒸気乾燥器支持 ブラケット	ⅢA S	-4	7	0	6	-10	16	303
	ⅣA S	-8	12	0	8	-16	25	320
給水スパージャ ブラケット	ⅢA S	-3	0	0	0	-3	4	142
	ⅣA S	-7	1	0	0	-7	7	280
低圧注水スパージャ ブラケット	ⅢA S	-3	0	0	0	-3	4	142
	ⅣA S	-7	1	0	0	-7	7	280

表2-3 ブラケット付根の一次膜+一次曲げ応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力 状態	応力		主応力			応力強さ	許容応力*
		$\sigma_z$	$\tau$	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$		
原子炉压力容器 スタビライザ ブラケット	ⅢA S	-56	9	0	2	-57	59	454
	ⅣA S	-59	10	0	2	-60	62	490
蒸気乾燥器支持 ブラケット	ⅢA S	-70	7	0	1	-70	71	454
	ⅣA S	-109	12	0	1	-110	112	481
給水スパージャ ブラケット	ⅢA S	-5	0	0	0	-5	5	214
	ⅣA S	-9	1	0	0	-9	10	420
低圧注水スパージャ ブラケット	ⅢA S	-5	0	0	0	-5	5	214
	ⅣA S	-9	1	0	0	-9	10	420

注記\* : 中実矩形断面の形状係数 $\alpha = 1.5$ を用いた。

表2-4 ロッド穴周辺の純せん断応力の評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力状態	純せん断応力	許容応力
給水スパーージャ ブラケット	ⅢA S	5	71
	ⅣA S	9	168
低圧注水スパーージャ ブラケット	ⅢA S	5	71
	ⅣA S	9	168

表2-5 ロッド穴周辺の一次膜+一次曲げ応力強さの評価

(単位：MPa)

ブラケット	許容応力状態	応力強さ	許容応力*
給水スパーージャ ブラケット	ⅢA S	74	214
	ⅣA S	146	420
低圧注水スパーージャ ブラケット	ⅢA S	74	214
	ⅣA S	146	420

注記\*：中実矩形断面の形状係数 $\alpha = 1.5$ を用いた。

### 3. 原子炉压力容器スカートの応力計算

#### 3.1 一般事項

本章は、原子炉压力容器スカート（以下「スカート」という。）の応力計算について示すものである。

スカートは、設計基準対象施設においてSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

なお、スカートは、設計・建設規格 SSB-3010(1)の規定により、設計・建設規格 PVB-3110からPVB-3117, PVB-3130, PVB-3140及びPVB-3310の規定を適用し、「応力解析の方針」に従い解析する。

##### 3.1.1 記号の説明

記号の説明を「応力解析の方針」の2.4節に示す。

さらに、本章において、以下の記号を用いる。

記号	記号の説明	単位
$R_m$	スカートの平均半径	mm
$t$	スカートの板厚	mm
$A$	スカートの断面積	mm <sup>2</sup>
$Z$	スカートの断面係数	mm <sup>3</sup>
$l$	座屈長さ	mm
$f_c$	鉛直方向荷重に対する許容圧縮応力	MPa
$f_b$	曲げモーメントに対する許容曲げ応力	MPa
$\alpha$	安全率	—
$F$	設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値	MPa

##### 3.1.2 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所形状・寸法・材料を図3-1に示す。

##### 3.1.3 解析範囲

解析範囲を図3-1に示す。

なお、スカートの一次一般膜応力強さの評価は、VI-2-3-3-1-3 「原子炉压力容器本体の応力計算書」の2章「胴板の応力計算」（スカート付根部）に示す。

#### 3.1.4 計算結果の概要

計算結果の概要を表3-1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、各部分ごとに数点の評価点を設けて評価を行い、疲労累積係数が厳しくなる評価点を記載する。

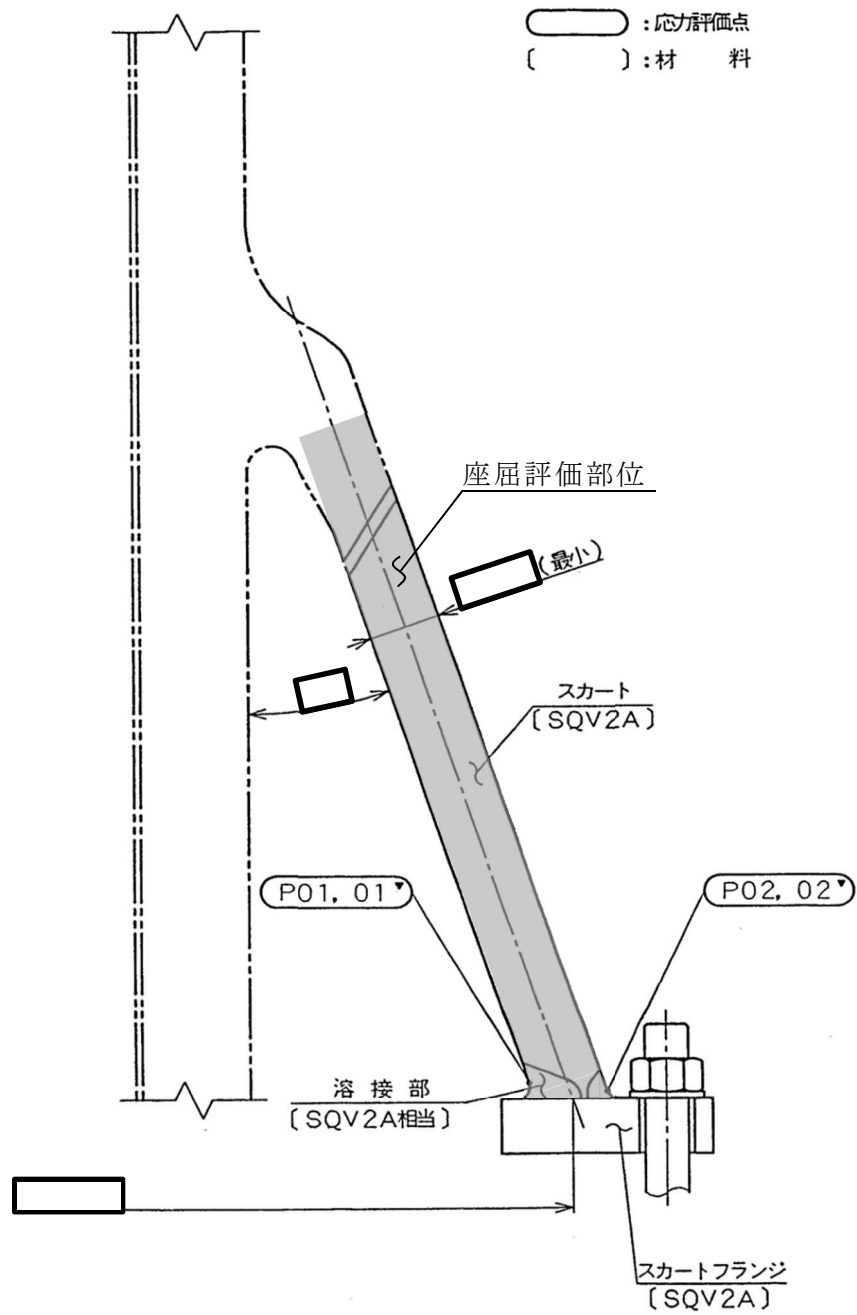


図 3-1 形状・寸法・材料・応力評価点 (単位: mm)



表 3-1 (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	応力評価面	応力強さ	許容応力	応力評価面	疲労* 累積係数	許容値	応力 評価点
スカート SQV2A	ⅢAS	—	—	—	30	387	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ⅣAS	—	—	—	45	418	P01' - P02'	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	ⅢAS	—	—	—	—	—	—	166	552	P02	—	—	—	—	—	—
	ⅣAS	—	—	—	—	—	—	282	552	P02	—	—	0.049	1.0	P02	

注記\* : 疲労累積係数は、運転状態Ⅰ及びⅡに地震荷重S<sub>d</sub>\*又は地震荷重S<sub>s</sub>のいずれか大きい方を加えた値である。

表3-1 (2) 計算結果の概要

部分及び材料	許容応力状態	座屈に対する評価	
		計算結果	許容値
スカート SQV2A	ⅢAS	0.2	1
	ⅣAS	0.2	1

## 3.2 計算条件

### 3.2.1 設計条件

設計条件を「応力解析の方針」の4.1節に示す。

### 3.2.2 運転条件

考慮した運転条件は、VI-3-別添8「原子炉压力容器スカーットの強度計算書」に定めるとおりである。

### 3.2.3 材料

各部の材料を図3-1に示す。

### 3.2.4 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を「応力解析の方針」の3.4節に示す。

### 3.2.5 荷重の組合せ及び応力評価

荷重の組合せ及び応力評価を「応力解析の方針」の4.3節に示す。

### 3.2.6 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

## 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に応力集中係数は、VI-3-別添8「原子炉压力容器スカーットの強度計算書」に定めるとおりである。

### 3.3.2 内圧による応力

#### (1) 荷重条件 (L01)

各運転状態による内圧は、VI-3-別添8「原子炉压力容器スカーットの強度計算書」に定めるとおりである。

#### (2) 計算方法

内圧による応力の計算は、VI-3-別添8「原子炉压力容器スカーットの強度計算書」に定めるとおりである。

### 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、VI-3-別添8「原子炉圧力容器スカート強度計算書」に定めるとおりである。

外荷重による応力の計算は、二次元軸対称の有限要素でモデル化し、「応力解析の方針」の5.1節に示す解析コード「STAX」及び「ASHSD」により行う。

解析においては、胴板との取り合い部で溶接されるため、胴板の一部を含めてモデル化している。拘束条件は、スカート下面を拘束している。

応力計算のモデル及び仮定した境界条件を図3-2に示す。また、地震による評価に用いる機器の諸元について表3-2に示す。

### 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5.2.2項に定めるとおりである。

## 3.4 応力強さの評価

### 3.4.1 一次一般膜応力強さの評価

応力評価面P01-P02及びP01'-P02'は構造不連続部であるため、一次一般膜応力に分類される応力は存在しない。

### 3.4.2 一次膜+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表3-3に示す。

表3-3より、各許容応力状態の一次膜+一次曲げ応力強さは、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

### 3.4.3 一次+二次応力強さの評価

地震荷重のみにおける評価を表3-4に示す。

表3-4より、すべての評価点において $S_n^{\#1}$ 及び $S_n^{\#2}$ は、 $3 \cdot S_m$ 以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。

### 3.5 繰返し荷重の評価

#### 3.5.1 疲労解析

スカートの応力評価点について、詳細な繰返し荷重の評価を行う。

##### (1) 疲労累積係数

各応力評価点における疲労累積係数を表3-5に示す。

表3-5より、各応力評価点において疲労累積係数は1.0以下であり、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容値を満足する。

### 3.6 特別な応力の評価

#### 3.6.1 座屈に対する評価

スカートには、鉛直力及びモーメントにより、圧縮応力が生じる。したがって、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。

##### (1) 計算データ

スカートの平均半径  $R_m =$   mm

スカートの板厚  $t =$   mm (くされ代を除いた値)

スカートの断面積

$$\begin{aligned}
 A &= \pi \cdot \{(R_m + t / 2)^2 - (R_m - t / 2)^2\} \\
 &= \pi \times \text{} \\
 &= \text{} \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

スカートの断面係数

$$\begin{aligned}
 Z &= \frac{\pi}{4} \cdot \frac{(R_m + t / 2)^4 - (R_m - t / 2)^4}{R_m + t / 2} \\
 &= \frac{\pi}{4} \times \text{} \\
 &= \text{} \text{ mm}^3
 \end{aligned}$$

##### (2) 荷重

スカートに作用する鉛直力及びモーメントを「応力解析の方針」の表4-1(2)に示す。

(3) 評価方法

各許容応力状態においてスカートに圧縮応力を生じさせる荷重は表3-6に示す鉛直力及びモーメントである。

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以下により行う。

( $l/R_m=0.43$ )

$$\frac{\alpha \cdot (V_1 + V_2) / A}{f_c} + \frac{\alpha \cdot (M / Z)}{f_b} \leq 1$$

ここに、

座屈長さ  $l = \boxed{\phantom{00000}}$  mm

鉛直方向荷重に対する許容圧縮応力  $f_c = F = 303$  MPa

曲げモーメントに対する許容曲げ応力  $f_b = F = 303$  MPa

安全率  $\alpha = 1.0$

設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値  $F = 303$  MPa

(4) 座屈に対する評価

各許容応力状態における座屈に対する評価を表3-7に示す。

表3-7より、各許容応力状態における座屈に対する評価は、許容値を満足するため、座屈は発生しない。

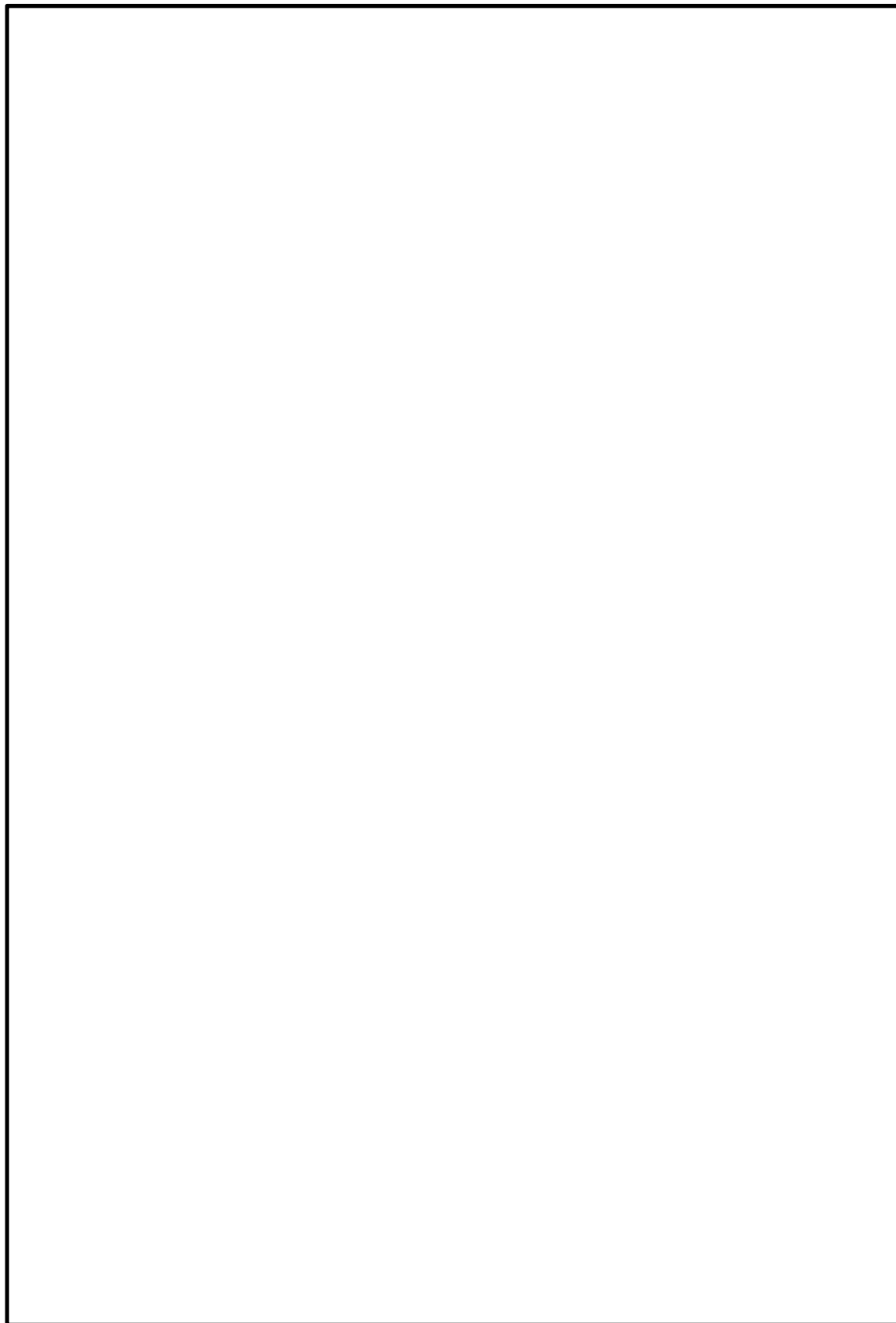


図 3-2 応力計算のモデル

表 3-2 機器諸元

項目	記号	単位	入力値	
材質	—	—	SQV2A	
温度条件	T	°C		
縦弾性係数	SQV2A	E		MPa
ポアソン比	$\nu$	—		
要素数	—	—		
節点数	—	—		

表 3-3 一次膜+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	許容応力	応力強さ	許容応力
P01 P02	13	387	28	418
P01' P02'	30	387	45	418



表 3-4 一次+二次応力強さの評価のまとめ

(単位：MPa)

応力評価点	一次+二次応力差最大範囲 ( $P_L + P_b + Q$ )		
	$S_n \# 1$	$S_n \# 2$	許容応力 $3 \cdot S_m$
P01	92	156	552
P01'	92	156	552
P02	166	282	552
P02'	166	282	552

表 3-5 疲労累積係数の評価のまとめ

応力評価点	疲労累積係数				許容値
	$U_n$	$U_{S_d}$	$U_{S_s}$	$U_f^*$	
P01	0.024	0.000	0.002	0.026	1.0
P01'	0.024	0.000	0.002	0.026	1.0
P02	0.027	0.004	0.022	0.049	1.0
P02'	0.027	0.004	0.022	0.049	1.0

注記\* : 疲労累積係数 $U_f$ は、運転状態 I 及び II に地震荷重 $S_d^*$ 又は地震荷重 $S_s$ のいずれか大きい方を加えた値である。

表3-6 座屈に対する評価に用いる荷重

許容応力状態	鉛直力*1		モーメント*2 M (kN・m)
	V <sub>1</sub> (kN)	V <sub>2</sub> (kN)	
ⅢAS			
ⅣAS			

注記\*1 : 「応力解析の方針」の4.2節に示すV<sub>1</sub>及びV<sub>2</sub>の値

\*2 : 「応力解析の方針」の4.2節に示すMの値

表3-7 座屈に対する評価

許容応力状態	計算結果	許容値
ⅢAS	0.2	1
ⅣAS	0.2	1

## 4. 原子炉圧力容器基礎ボルトの応力計算

### 4.1 一般事項

本章は、原子炉圧力容器基礎ボルト（以下「基礎ボルト」という。）の応力計算について示すものである。

基礎ボルトは、設計基準対象施設においてSクラス施設に分類される。

以下、設計基準対象施設としての構造強度評価を示す。

#### 4.1.1 形状・寸法・材料

本章で解析する箇所の形状・寸法・材料を図4-1に示す。

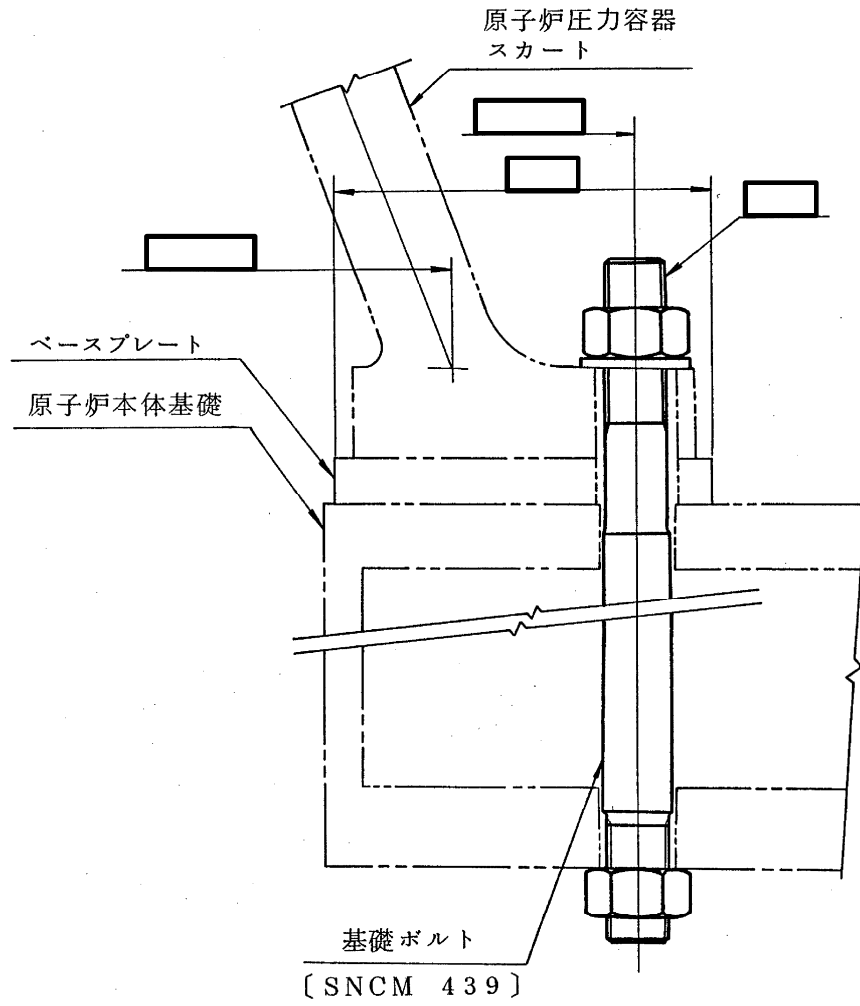
#### 4.1.2 解析範囲

解析範囲を図4-1に示す。

#### 4.1.3 計算結果の概要

計算結果の概要を表4-1に示す。

[ ] : 材 料



K6 ① VI-2-3-3-1-2(1) R0

図4-1 形状・寸法・材料 (単位: mm)

表 4-1 計算結果の概要

(単位：MPa)

許容応力状態	地震荷重	応力の種類	計算結果	許容応力
Ⅲ A S	S d *	引張り	156	499*
		せん断	34	384
Ⅳ A S	S s	引張り	238	499*
		せん断	53	384
Ⅳ A S	S d *	引張り	156	458*
		せん断	34	353

注記\* :  $f_{ts} = \text{MIN}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$

## 4.2 計算条件

### 4.2.1 設計条件

設計条件は、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

### 4.2.2 材料

各部の材料を図4-1に示す。

### 4.2.3 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、既工認から変更はなく「応力解析の方針」の参照図書(2)に定めるとおりである。

### 4.2.4 荷重の組合せ及び応力評価

応力評価は、4.2.3項に示す荷重の組合せにより発生する引張応力及びせん断応力について行う。

### 4.2.5 許容応力

許容応力を「応力解析の方針」の3.5節に示す。

### 4.2.6 許容応力評価条件

- (1) 許容応力状態ⅢA S及び許容応力状態ⅣA Sの応力の評価には、運転状態Ⅰ及びⅡの荷重と組み合わせる場合には□C、冷却材喪失事故後の荷重と組み合わせる場合には□Cに対する許容応力を用いる。
- (2) 基礎ボルトの許容応力評価条件を表4-2に示す。

## 4.3 応力計算

### 4.3.1 外荷重による応力

#### (1) 荷重条件

基礎ボルトに作用する外荷重を「応力解析の方針」の表4-1(9)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(2)に定めるとおりである。

なお、引張応力は基礎ボルトを断面積の等しい等価な円筒としてモデル化し、せん断応力は基礎ボルトの本数と断面性能より計算する。

#### 4.4 応力の評価

各許容応力状態における評価を表4-3に示す。

表4-3より、各許容応力状態においてボルトに発生する応力は、「応力解析の方針」の3.5節に示す許容応力を満足する。



表 4-2 許容応力評価条件

評価部位	材料	温度条件 (°C)	$S_m$ (MPa)	$S_y$ (MPa)	$S_u$ (MPa)	$S_y$ (RT) (MPa)
基礎 ボルト	SNCM439	運転状態 I 及び II の温度	-	865	951	-
		運転状態 IV の温度*		774	873	-

注記\* : 冷却材喪失事故後の温度を表す。

表 4-3 計算結果

許容応力状態	地震荷重	温度 (°C)	応力の種類	計算結果 (MPa)	許容応力 (MPa)
III <sub>A</sub> S	S <sub>d</sub> *		引張り	156	499*
			せん断	34	384
IV <sub>A</sub> S	S <sub>s</sub>		引張り	238	499*
			せん断	53	384
IV <sub>A</sub> S	S <sub>d</sub> *		引張り	156	458*
			せん断	34	353

注記\* :  $f_{ts} = \text{MIN}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$