

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 2-003-10改02
提出年月日	2022年6月21日

VI-2-3-3-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針

2022年6月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

目 次

1.	概要	1
2.	一般事項	2
2.1	構造計画	2
2.2	評価方針	4
2.3	適用規格・基準等	4
2.4	記号の説明	5
2.5	計算精度と数値の丸め方	7
3.	計算条件	8
3.1	評価対象機器	8
3.2	形状及び寸法	9
3.3	物性値	9
3.4	荷重の組合せ及び許容応力状態	9
3.5	許容応力	9
3.6	許容応力評価条件	9
4.	荷重条件	10
4.1	設計条件	10
4.2	運転条件	10
4.3	外荷重条件	10
4.4	荷重の組合せ	11
5.	応力評価の手順	12
5.1	計算に使用する解析コード	12
5.2	荷重条件の選定	12
5.3	応力の評価	12
5.3.1	主応力	12
5.3.2	応力強さ	12
5.3.3	一次応力強さ	12
5.3.4	一次+二次応力強さ	13
5.4	繰返し荷重の評価	13
5.4.1	疲労解析不要の検討	13
5.4.2	疲労解析	13
5.5	特別な応力の評価	14
5.5.1	純せん断応力の評価	14
5.5.2	座屈の評価	14
5.6	原子炉圧力容器基礎ボルトの評価	15

6. 評価結果の添付	16
6.1 応力評価結果	16
6.2 繰返し荷重の評価結果	17
7. 引用文献	17
8. 参照図書	17

図 表 目 次

図2-1	原子炉圧力容器の耐震評価フロー	4
図3-1	全体断面図	18
表2-1	原子炉圧力容器の構造計画	3
表2-2	表示する数値の丸め方	7
表3-1	繰返し荷重の評価に使用する材料の物性値	19
表3-2	荷重の組合せ及び許容応力状態	20
表3-3	許容応力（クラス1 容器及び重大事故等クラス2 容器）	22
表3-4	許容応力（クラス1 支持構造物及び重大事故等クラス2 支持構造物）	23
表3-5	許容応力評価条件	24
表4-1	外荷重	25
表4-2	荷重の組合せ	35
表5-1	繰返しピーク応力強さの割増し方法	36

1. 概要

本書は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、原子炉压力容器（制御棒駆動機構ハウジング、原子炉中性子計装ハウジング、原子炉压力容器支持スカート及び原子炉压力容器基礎ボルトを含む。）に関する応力解析の方針を説明するものである。

本書においては、設計用地震力に対する評価について記載するものとし、設計用地震力を除く荷重による原子炉压力容器本体の応力評価は、8章に示す以下の工事計画認可申請書 添付書類（以下「既工認」という。）による。

- ・第5回工事計画認可申請書 添付書類（60資庁第11431号 昭和60年12月25日認可）
- ・第2回工事計画認可申請書 添付書類（59資庁第8283号 昭和59年9月17日認可）

なお、原子炉压力容器については、重大事故等対処設備の評価は、設計基準対象施設の評価に包絡される。

注1：本書に記載していない特別な内容がある場合は、VI-2-3-3-1-2「原子炉压力容器の耐震性についての計算書」及びVI-3-3-1-1-1「原子炉压力容器の応力計算書」（以下「計算書」という。）に示す。

注2：図表は、原則として巻末に示す。

2. 一般事項

2.1 構造計画

原子炉圧力容器の構造計画を表2-1に示す。

原子炉圧力容器は、下記の機器により構成される。

- (1) 円筒胴
- (2) 上鏡, 上ぶたフランジ, 胴体フランジ及びスタッドボルト
- (3) 下鏡
- (4) 制御棒貫通孔
- (5) 原子炉中性子計装孔
- (6) 再循環水出口ノズル (N1)
- (7) 再循環水入口ノズル (N2)
- (8) 主蒸気ノズル (N3)
- (9) 給水ノズル (N4)
- (10) 低圧炉心スプレイノズル (N5)
- (11) 低圧注水ノズル (N6)
- (12) 上ぶたスプレイノズル (N7)
- (13) 計測及びベントノズル (N8)
- (14) ジェットポンプ計測ノズル (N9)
- (15) ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11)
- (16) 計測ノズル (N12, N13, N14)
- (17) ドレンノズル (N15)
- (18) 高圧炉心スプレイノズル (N16)
- (19) 予備ノズル (N18)
- (20) 原子炉圧力容器支持スカート
- (21) ブラケット類
- (22) 原子炉圧力容器基礎ボルト

表2-1 原子炉压力容器の構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
<p>原子炉压力容器支持スカートが原子炉压力容器を支持する。原子炉压力容器基礎ボルトが原子炉压力容器支持スカートを原子炉压力容器ペDESTALに固定する。</p>	<p>原子炉压力容器は、円筒胴、上鏡、上ぶたフランジ、胴体フランジ及びスタッドボルト、下鏡、制御棒貫通孔、原子炉中性子計装孔、再循環水出口ノズル (N1)、再循環水入口ノズル (N2)、主蒸気ノズル (N3)、給水ノズル (N4)、低圧炉心スプレイノズル (N5)、低圧注水ノズル (N6)、上ぶたスプレイノズル (N7)、計測及びベントノズル (N8)、ジェットポンプ計測ノズル (N9)、ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11)、計測ノズル (N12, N13, N14)、ドレンノズル (N15)、高圧炉心スプレイノズル (N16)、予備ノズル (N18)、ブラケット類より構成される。</p>	

2.2 評価方針

原子炉圧力容器の構造強度評価は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」及び「3. 計算条件」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容応力に基づき、「2.1 構造計画」にて示す原子炉圧力容器の各機器を踏まえ各計算書にて設定する箇所において、「4. 荷重条件」にて設定した荷重に基づく応力等が許容限界内に収まることを、「5. 応力評価の手順」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を各計算書に示す。

原子炉圧力容器の耐震評価フローを図2-1に示す。

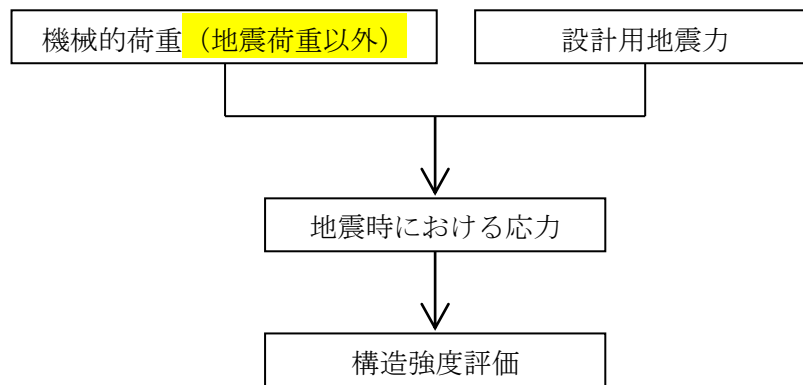


図 2-1 原子炉圧力容器の耐震評価フロー

2.3 適用規格・基準等

本評価において適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編 J E A G 4 6 0 1・補-1984((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1987((社)日本電気協会)
- ・原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1-1991追補版((社)日本電気協会)
- ・発電用原子力設備規格 設計・建設規格((社)日本機械学会, 2005/2007) (以下「設計・建設規格」という。)

注：本書及び各計算書において、設計・建設規格の条項は「設計・建設規格 ○○○-△△△ △(◇)a. (a)」として示す。

2.4 記号の説明

本書及び各計算書において、以下の記号を使用する。ただし、本書及び各計算書中に別途記載ある場合は、この限りでない。

なお、各計算書における記号の字体及び大きさについては、本書と異なる場合がある。

記号	記号の説明	単位
A_0	簡易弾塑性解析に使用する係数	—
a	簡易弾塑性解析に使用する係数	—
B_0	簡易弾塑性解析に使用する係数	—
E	縦弾性係数	MPa
E_0	設計疲労線図に使用されている縦弾性係数	MPa
f_{t0}	引張力のみを受ける基礎ボルトの許容引張応力	MPa
f_{ts}	せん断応力と引張応力を同時に受けるボルトの許容引張応力 (許容組合せ応力)	MPa
f_{sb}	せん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力	MPa
F_x	水平力	N
F_y	鉛直力	N
F_z	軸力	N
H	水平力	N
i	応力振幅のタイプ	—
K	簡易弾塑性解析に使用する係数	—
K_e	簡易弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数	—
k	応力振幅のタイプの総数	—
M	モーメント	N・m
M_z	ねじりモーメント	N・m
N	軸力	N
N_a	S_i' に対応する許容繰返し回数	回
N_c	実際の繰返し回数	回
P_b	一次曲げ応力	MPa
P_L	一次局部膜応力	MPa
P_m	一次一般膜応力	MPa
Q	二次応力，せん断力	MPa, N
q	簡易弾塑性解析に使用する係数	—

記号	記号の説明	単位
S	10 ⁶ 回又は10 ¹¹ 回に対する許容繰返しピーク応力強さ	MPa
S ₁₂	主応力差 $\sigma_1 - \sigma_2$	MPa
S ₂₃	主応力差 $\sigma_2 - \sigma_3$	MPa
S ₃₁	主応力差 $\sigma_3 - \sigma_1$	MPa
S _d *	弾性設計用地震動 S _d により定まる地震力又は S クラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力	—
S _ℓ	繰返しピーク応力強さ	MPa
S _ℓ '	補正繰返しピーク応力強さ	MPa
S _m	設計応力強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表1に定める値	MPa
S _n	運転状態 I 及び II における一次+二次応力の応力差最大範囲	MPa
S _n ^{#1}	地震荷重 S _d * による一次+二次応力の応力差最大範囲	MPa
S _n ^{#2}	地震荷重 S _s による一次+二次応力の応力差最大範囲	MPa
S _p	一次+二次+ピーク応力の応力差範囲	MPa
S _p ^{#1}	地震荷重 S _d * による一次+二次+ピーク応力の応力差範囲	MPa
S _p ^{#2}	地震荷重 S _s による一次+二次+ピーク応力の応力差範囲	MPa
S _s	基準地震動 S _s により定まる地震力	—
S _u	設計引張強さ 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表9に定める値	MPa
S _y	設計降伏点 設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値	MPa
S _y (RT)	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める材料の40℃における設計降伏点	MPa
U _f	疲労累積係数 (U _n + U _{S_d} 又は U _n + U _{S_s})	—
U _n	運転状態 I 及び II における疲労累積係数	—
U _{S_d}	地震荷重 S _d * による疲労累積係数	—
U _{S_s}	地震荷重 S _s による疲労累積係数	—
V	鉛直力	N
α	形状係数 (純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比, 又は1.5のいずれか小さい方の値)	—
σ ₁	主応力	MPa
σ ₂	主応力	MPa
σ ₃	主応力	MPa
σ _b	引張応力	MPa
σ _ℓ	軸方向応力	MPa
σ _r	半径方向応力	MPa
σ _t	周方向応力	MPa

記号	記号の説明	単位
τ_b	せん断応力	MPa
τ_{lr}	せん断応力	MPa
τ_{rt}	せん断応力	MPa
τ_{tl}	せん断応力	MPa
ⅢA S	設計・建設規格の供用状態C相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—
ⅣA S	設計・建設規格の供用状態D相当の許容応力を基準として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—
V A S	運転状態V（重大事故等時の状態）相当の応力評価を行う許容応力状態を基本として、それに地震により生じる応力に対する特別な応力の制限を加えた許容応力状態	—

2.5 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2-2に示すとおりである。

表 2-2 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
地震荷重	— ^{*1}	有効数字4桁目	切上げ	有効数字3桁 ^{*2}
算出応力	MPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
主応力	MPa	小数点以下第1位	四捨五入	整数位
応力強さ	MPa	小数点以下第1位	切上げ	整数位
特別な応力	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
座屈に対する評価	—	小数点以下第2位	切上げ	小数点以下第1位
疲労累積係数	—	小数点以下第4位	切上げ	小数点以下第3位

注記*1：機器ごとに考慮する荷重に応じた単位を適用する。

*2：原子炉中性子計装孔の表示桁は小数点以下第3位とし、制御棒貫通孔、ノズル、ブラケット類及びジェットポンプ計測配管貫通部シールの表示桁は小数点以下第1位とする。円筒胴、下鏡、原子炉压力容器支持スカート、原子炉压力容器基礎ボルトの表示桁は地震荷重以外の荷重の表示桁に合わせ、処理方法は切上げとする。

3. 計算条件

3.1 評価対象機器

応力評価を行う機器は、次のとおりである。(表2-1及び図3-1参照)

機器名称		評価対象	
		耐震性についての計算書 (許容応力状態に対する評価)	
		III A S, IV A S	V A S
(1)	円筒胴	○	○
(2)	上鏡, 上ぶたフランジ, 胴体フランジ及びスタッドボルト	×*1	×*1
(3)	下鏡	○	○
(4)	制御棒貫通孔	○	○
(5)	原子炉中性子計装孔	○	○
(6)	再循環水出口ノズル (N1)	○	○
(7)	再循環水入口ノズル (N2)	○	○
(8)	主蒸気ノズル (N3)	○	○
(9)	給水ノズル (N4)	○	○
(10)	低圧炉心スプレイノズル (N5)	○	○
(11)	低圧注水ノズル (N6)	○	○
(12)	上ぶたスプレイノズル (N7)	○	○
(13)	計測及びベントノズル (N8)	○	○
(14)	ジェットポンプ計測ノズル (N9)	○	○
(15)	ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11)	○	○
(16)	計測ノズル (N12, N13, N14)	○	○
(17)	ドレンノズル (N15)	○	○
(18)	高圧炉心スプレイノズル (N16)	○	○
(19)	予備ノズル (N18)	×*1	×*1
(20)	原子炉圧力容器支持スカート	○	×*2
(21)	スタビライザブラケット	○	×*2
(22)	蒸気乾燥器ホールダウンブラケット	×*3	×*3
(23)	ガイドロッドブラケット	×*3	×*3
(24)	蒸気乾燥器支持ブラケット	○	×*2
(25)	給水スパージャブラケット	○	×*2
(26)	炉心スプレイブラケット	○	×*2
(27)	吊金具	×*3	×*3
(28)	原子炉圧力容器基礎ボルト	○	×*2
(29)	差圧検出・ほう酸水注入系配管 (ティーよりN11ノズルまでの外管) *4	○	○
(30)	ジェットポンプ計測配管貫通部シール*4	○	×*2

注: 「○」は評価対象, 「×」は評価対象外を示す。

注記*1: 作用する主たる荷重は内圧であり, 地震力を負担するような部位ではなく, 既工認からの変更はないため, 評価対象機器としない。

*2: 設計基準対象施設としてのみ申請する施設

*3: 使用条件が一時的 (機器搬出入時又は事故時の蒸気乾燥器浮上がり等) なものであり, 通常運転時に外荷重が作用せず, 既工認からの変更はないため, 評価対象機器としない。

*4: クラス1管であるが, 設計・建設規格 PPB-3112の規定により, クラス1容器として本応力解析の方針を適用する。

3.2 形状及び寸法

各部の形状及び寸法は、各計算書に示す。

3.3 物性値

地震荷重による繰返し荷重の評価に使用する材料の物性値を表3-1に示す。

3.4 荷重の組合せ及び許容応力状態

原子炉圧力容器の荷重の組合せ及び許容応力状態のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表3-2(1)に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表3-2(2)に示す。また、各許容応力状態で考慮する荷重は、4章に示すとおりである。

なお、原子炉圧力容器については、重大事故等対処設備の評価は、設計基準対象施設の評価に包絡される。

3.5 許容応力

- (1) 原子炉圧力容器の許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3-3に示す。この表に記載のない圧縮荷重を受ける場合に対する許容応力は、各計算書に記載するものとする。
- (2) 原子炉圧力容器基礎ボルトの許容応力は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき表3-4に示す。

3.6 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の一次応力の評価には、保守的な評価となるよう、運転状態Ⅰ及びⅡにおける流体の最高温度（℃）に対する許容応力を用いる。許容応力状態ⅢA S及び許容応力状態ⅣA Sの一次+二次応力及び繰返し荷重の評価は、運転状態Ⅰ及びⅡを代表する温度として定格出力運転時の蒸気温度（℃）に対する許容応力を用いる。
- (2) 原子炉圧力容器の許容応力評価条件を表3-5に示す。

なお、原子炉圧力容器基礎ボルトの許容応力評価条件及び各機器で使用される材料は、各計算書に示す。

4. 荷重条件

原子炉压力容器は，以下の荷重条件に耐えることを確認する。

各機器の応力評価には，本章に示す荷重を考慮する。

4.1 設計条件

設計条件は既工認からの変更はなく，参照図書(1)a.に定めるとおりである。

4.2 運転条件

運転条件及び記号は，既工認からの変更はなく，参照図書(1)a.に定めるとおりである。

4.3 外荷重条件

各機器の応力評価において考慮する外荷重の値を表4-1に示す。

表4-1において考慮する設計用地震力は，VI-2-1-7「設計用床応答スペクトルの作成方針」及びVI-2-2-1「炉心，原子炉压力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉本体の基礎の地震応答計算書」により求めた荷重，若しくはそれらの条件を包絡するように定めた保守的な荷重とする。

また，地震荷重の繰返し回数は，地震動に対する応答特性等を考慮して，地震荷重 S_d^* については300回，地震荷重 S_s については150回とする。

4.4 荷重の組合せ

荷重の組合せを表4-2に示す。表4-2及び各計算書において、荷重の種類と記号は以下のとおりである。

なお、荷重の組合せについては、機器ごとに適切に組み合わせる。

荷重	記号
(1) 内圧*	[L01]
(2) 差圧*	[L02]
(3) 死荷重	[L04]
(4) 熱変形力（熱膨張差により生じる荷重）	[L07]
(5) 活荷重（流体反力，スクラム反力）	[L08]
(6) 熱負荷（温度分布計算で求めた温度分布に基づき算定する荷重）	[L10]
(7) ボルト荷重	[L11]
(8) 配管又は機器の地震時の慣性力による地震荷重 S_d^* （一次荷重）	[L14]
(9) 配管又は機器の拘束点の地震時の相対変位による地震荷重 S_d^* （二次荷重）	[L15]
(10) 配管又は機器の地震時の慣性力による地震荷重 S_s （一次荷重）	[L16]
(11) 配管又は機器の拘束点の地震時の相対変位による地震荷重 S_s （二次荷重）	[L17]

注記*：許容応力状態Ⅲ_AS及び許容応力状態Ⅳ_ASの応力評価には、運転状態Ⅰ及びⅡにおける内圧及び差圧を用いる。

なお、許容応力状態Ⅴ_ASで考慮する内圧及び差圧は、設計基準対象施設としての応力評価における内圧及び差圧に包絡される。

5. 応力評価の手順

応力評価の手順について述べる。

5.1 計算に使用する解析コード

解析コードは「ABAQUS」を用いる。なお、評価に用いる解析コードの検証および妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

5.2 荷重条件の選定

応力解析においては、4章に示した荷重条件のうちから、その部分に作用する荷重を選定して計算を行う。

5.3 応力の評価

外荷重による応力は表4-1に示す外荷重より計算する。荷重の組合せ及び応力評価項目の対応を表4-2に示す。

5.3.1 主応力

荷重ごとに計算した応力を重ね合わせた結果から、主応力を求める。

応力成分は一般に σ_t 、 σ_l 、 σ_r 、 τ_{tl} 、 τ_{lr} 、 τ_{rt} の6成分であるが、主応力 σ は、引用文献(1)の1・3・6項により、次式を満足する3根 σ_1 、 σ_2 、 σ_3 として計算する。

$$\begin{aligned} & \sigma^3 - (\sigma_t + \sigma_l + \sigma_r) \cdot \sigma^2 + (\sigma_t \cdot \sigma_l + \sigma_l \cdot \sigma_r + \sigma_r \cdot \sigma_t - \tau_{tl}^2 \\ & - \tau_{lr}^2 - \tau_{rt}^2) \cdot \sigma - \sigma_t \cdot \sigma_l \cdot \sigma_r + \sigma_t \cdot \tau_{lr}^2 + \sigma_l \cdot \tau_{rt}^2 \\ & + \sigma_r \cdot \tau_{tl}^2 - 2 \cdot \tau_{tl} \cdot \tau_{lr} \cdot \tau_{rt} = 0 \end{aligned}$$

5.3.2 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。

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

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

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

5.3.3 一次応力強さ

許容応力状態ⅢAS及び許容応力状態ⅣASにおいて生じる一次一般膜応力、一次局部膜応力及び一次膜＋一次曲げ応力の応力強さが、3.5節に示す許容応力を満足することを示す。

ただし、一次局部膜応力より一次膜＋一次曲げ応力の方が発生値及び許容応力の観点で厳しくなることから、一次局部膜応力強さの評価については省略する。

5.3.4 一次＋二次応力強さ

許容応力状態ⅢA S及び許容応力状態ⅣA Sにおいて生じる一次＋二次応力の応力差最大範囲 ($S_n^{\#1}$, $S_n^{\#2}$) が、3.5節に示す許容応力を満足することを示す。

本規定を満足しない応力評価点については、5.4節で述べる設計・建設規格 PVB-3300に基づいた簡易弾塑性解析を行う。

5.4 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による荷重並びに許容応力状態ⅢA S及び許容応力状態ⅣA Sによる荷重を用いて、次の方法によって行う。

5.4.1 疲労解析不要の検討

本項の検討は、VI-2-1-9「機能維持の基本方針」に基づき、設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすことを示す。ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「 S_d^* 又は S_s 地震動による応力の全振幅」と読み替える。

5.4.2 疲労解析

以下の手順で疲労解析を行う。

- (1) 運転状態Ⅰ及びⅡにおいて生じる一次＋二次＋ピーク応力の応力差の変動並びに許容応力状態ⅢA S及び許容応力状態ⅣA Sにおいて生じる一次＋二次＋ピーク応力の応力差の変動を求める。また、この変動の繰返し回数として、参照図書(1)a.に示す各運転条件の繰返し回数及び4.3節に示す地震荷重の繰返し回数を考慮する。
- (2) 応力差の変動とその繰返し回数より、一次＋二次＋ピーク応力の応力差範囲 (S_p , $S_p^{\#1}$ 及び $S_p^{\#2}$)及びこの応力振幅の繰返し回数を求める。
- (3) 繰返しピーク応力強さは、次式により求める。

$$S_\ell = \frac{S_p}{2}$$

ただし、一次＋二次応力の応力差最大範囲 (S_n , $S_n^{\#1}$ 又は $S_n^{\#2}$) が $3 \cdot S_m$ を超える応力評価点については、設計・建設規格 PVB-3300の簡易弾塑性解析の適用性の検討を行い、適合する場合は、表5-1に示す方法により繰返しピーク応力強さの割増しを行う。

- (4) 設計疲労線図に使用している縦弾性係数 (E_0) と解析に用いる縦弾性係数 (E) との比を考慮し、繰返しピーク応力強さを次式で補正する。

$$S_\ell' = S_\ell \cdot \frac{E_0}{E}$$

なお、 E と E_0 は表3-1に示す。

(5) 疲労累積係数 (U_f)

疲労累積係数 (U_f) は、 S'_l に対応する許容繰返し回数が 10^6 回以下（低合金鋼及び炭素鋼）又は 10^{11} 回以下（オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金）となる応力振幅について、次式により求める。設計・建設規格 PVB-3114又はPVB-3315に従って、運転状態Ⅰ及びⅡにおける疲労累積係数 U_n と許容応力状態Ⅲ A_S における疲労累積係数 U_{S_d} 又は許容応力状態Ⅳ A_S における疲労累積係数 U_{S_s} の和 U_f ($U_n + U_{S_d}$ 又は $U_n + U_{S_s}$) が、1.0以下であることを示す。

オーステナイト系ステンレス鋼及び高ニッケル合金の場合、繰返しピーク応力強さ194 MPa以下の設計疲労線図は、設計・建設規格 表 添付4-2-2の曲線Cを用いる。

$$\text{疲労累積係数 } (U_f) = \sum_{i=1}^k \frac{N_c(i)}{N_a(i)}$$

5.5 特別な応力の評価

5.5.1 純せん断応力の評価

純せん断荷重を受ける部分は、設計・建設規格 PVB-3115により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法は参照図書(1)v.に示し、許容応力は表3-3に示す。

(1) ブラケット類

5.5.2 座屈の評価

軸圧縮荷重を受ける部分は、設計・建設規格 PVB-3117により評価する。解析箇所を以下に示す。評価方法及び許容応力は、各計算書に示す。

- (1) 制御棒貫通孔スタブチューブ
- (2) 原子炉圧力容器支持スカート

5.6 原子炉圧力容器基礎ボルトの評価

原子炉圧力容器基礎ボルトの評価方法は参照図書(2)に示す。基礎ボルトは引張応力とせん断応力を同時に受けるため、引張応力 σ_b は次式より求めた許容引張応力 f_{ts} 以下であること。ただし、 f_{to} は下表による。

$$f_{ts} = \text{Min}[1.4 \cdot f_{to} - 1.6 \cdot \tau_b, f_{to}]$$

せん断応力 τ_b はせん断力のみを受ける基礎ボルトの許容せん断応力 f_{sb} 以下であること。ただし、 f_{sb} は下表による。

	弾性設計用地震動 S_d 又は静的震度による荷重との組合せの場合	基準地震動 S_s による荷重との組合せの場合
許容引張応力 f_{to}	$\frac{F}{2} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{2} \cdot 1.5$
許容せん断応力 f_{sb}	$\frac{F}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$	$\frac{F^*}{1.5\sqrt{3}} \cdot 1.5$

[記号の説明]

F : 設計・建設規格 SSB-3121.1(1)に定める値

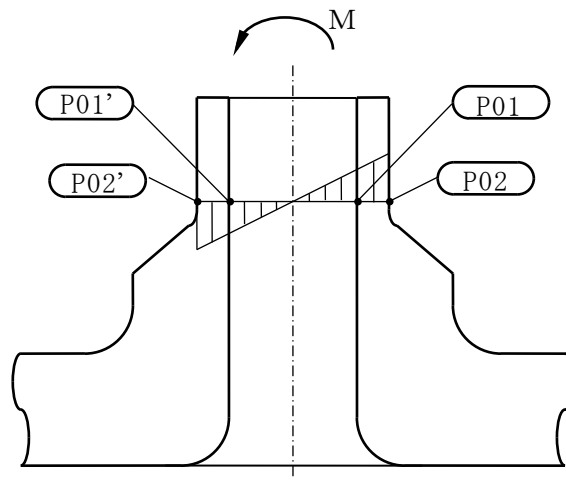
F* : 設計・建設規格 SSB-3133に定める値

6. 評価結果の添付

応力評価点番号は、機器ごとに記号P01からの連番とする。奇数番号を内面の点、偶数番号を外面の点として、各計算書の形状・寸法・材料・応力評価点を示す図において定義する。

なお、軸対称モデル解析において、非軸対称な外荷重による応力評価を行った場合、荷重の入力方位と応力評価点の方位の関係により応力に極大値と極小値が生じる。外荷重による応力が極大となる方位の応力評価点は〔例 P01〕と表し、極小となる方位の応力評価点にはプライム（'）を付けて〔例 P01'〕と表す。

一次応力の評価は、内外面の応力評価点を含む断面（応力評価面）について行う。



6.1 応力評価結果

- (1) 次の応力評価結果は、全応力評価点（面）について添付する。
 - a. 一次一般膜応力強さの評価のまとめ
 - b. 一次膜＋一次曲げ応力強さの評価のまとめ
 - c. 一次＋二次応力強さの評価のまとめ
 - d. 疲労累積係数の評価のまとめ
- (2) $S_n^{\#1}$ 又は $S_n^{\#2}$ が $3 \cdot S_m$ を超える機器について、以下の評価過程を記載する。
 - a. 最も厳しい応力評価点における疲労累積係数
- (3) 次の特別な評価は、対象となるすべての部位について評価し、結果を記載する。
 - a. 純せん断応力
 - b. 座屈
- (4) 原子炉压力容器基礎ボルトの評価は、次の応力評価結果を記載する。
 - a. 引張応力
 - b. せん断応力

6.2 繰返し荷重の評価結果

運転状態Ⅰ及びⅡにおける疲労累積係数に許容応力状態ⅢA S又は許容応力状態ⅣA Sのいずれか大きい方の疲労累積係数を加えた計算については、部分ごとの最も厳しい結果について添付する。

7. 引用文献

文献番号は、本書及び各計算書において共通である。

- (1) 機械工学便覧 基礎編 α3 (日本機械学会)

8. 参照図書

- (1) 島根原子力発電所第2号機 第5回工事計画認可申請書 添付書類

- a. IV-3-1-1-1 原子炉圧力容器の応力解析の方針
- b. IV-3-1-1-2 原子炉圧力容器の穴と補強についての計算書
- c. IV-3-1-1-3 円筒胴の応力計算書
- d. IV-3-1-1-4 上鏡及び主フランジの応力計算書
- e. IV-3-1-1-5 下鏡及び原子炉圧力容器支持スカートの応力計算書
- f. IV-3-1-1-6 制御棒貫通孔の応力計算書
- g. IV-3-1-1-7 原子炉中性子計装孔の応力計算書
- h. IV-3-1-1-8 再循環水出口ノズル (N1) の応力計算書
- i. IV-3-1-1-9 再循環水入口ノズル (N2) の応力計算書
- j. IV-3-1-1-10 主蒸気ノズル (N3) の応力計算書
- k. IV-3-1-1-11 給水ノズル (N4) の応力計算書
- l. IV-3-1-1-12 低圧炉心スプレイノズル (N5) の応力計算書
- m. IV-3-1-1-13 低圧注水ノズル (N6) の応力計算書
- n. IV-3-1-1-14 上ぶたスプレイノズル (N7) の応力計算書
- o. IV-3-1-1-15 計測及びベントノズル (N8) の応力計算書
- p. IV-3-1-1-16 ジェットポンプ計測ノズル (N9) の応力計算書
- q. IV-3-1-1-17 ほう酸水注入及び炉心差圧計測ノズル (N11) の応力計算書
- r. IV-3-1-1-18 計測ノズル (N12, N13, N14) の応力計算書
- s. IV-3-1-1-19 ドレンノズル (N15) の応力計算書
- t. IV-3-1-1-20 高圧炉心スプレイノズル (N16) の応力計算書
- u. IV-3-1-1-21 予備ノズル (N18) の応力計算書
- v. IV-3-1-1-22 ブラケット類の応力計算書

- (2) 島根原子力発電所第2号機 第2回工事計画認可申請書 添付書類

- IV-2-3-1 原子炉圧力容器基礎ボルトの耐震性についての計算書

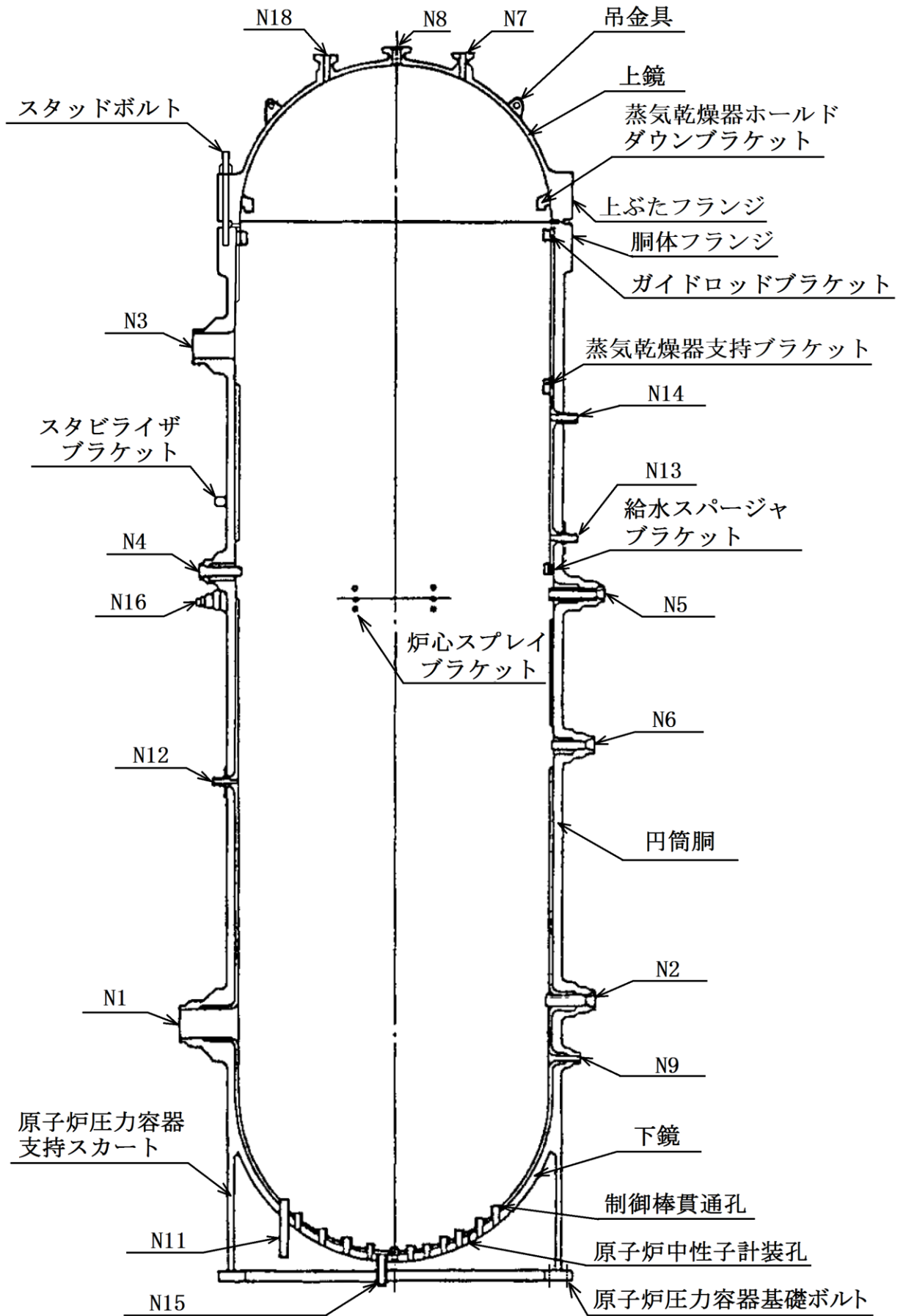


図3-1 全体断面図

表3-1 繰返し荷重の評価に使用する材料の物性値

材料	E ×10 ⁵ (MPa)	S _m (MPa)	S (MPa)	E ₀ ×10 ⁵ (MPa)	q	A ₀	B ₀
SQV2A					3.1	1.0	1.25
SFVQ1A					3.1	1.0	1.25
SFVC2B					3.1	0.66	2.59
SUSF316					3.1	0.7	2.15
SUS316TP					3.1	0.7	2.15
SUS316LTP					3.1	0.7	2.15
NCF600-B					3.1	0.7	2.15

[記号の説明]

- E : 運転温度 (°C) に対する縦弾性係数
- S_m : 運転温度 (°C) に対する設計応力強さ
- S : 設計・建設規格 表 添付 4-2-1の S_u ≤ 550MPaの10⁶回に対する繰返しピーク応力強さ及び設計・建設規格 表 添付4-2-2の曲線Cの10¹¹回に対する繰返しピーク応力強さ
- E₀ : 設計・建設規格 添付4-2に記載された縦弾性係数
- q, A₀, B₀ : 設計・建設規格 表 PVB-3315-1に示された簡易弾塑性解析に使用する係数の値

表3-2(1) 荷重の組合せ及び許容応力状態（設計基準対象施設）

施設区分		機器名称	耐震重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉本体	原子炉 圧力容器	原子炉圧力容器	S	クラス1容器*	$D + P + M + S_{d^*}$	ⅢA S
					$D + P_L + M_L + S_{d^*}$	ⅣA S
					$D + P + M + S_s$	

[記号の説明]

D : 死荷重

P : 地震と組み合わせすべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く。）における圧力荷重

M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態Ⅳ，Ⅴは除く。）で設備に作用している機械的荷重

 S_{d^*} : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又はSクラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力 P_L : 地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている圧力荷重 M_L : 地震との組合せが独立な運転状態Ⅳの事故の直後を除き，その後に生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重 S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力

注記* : クラス1支持構造物を含む。

表3-2(2) 荷重の組合せ及び許容応力状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	設備分類 *1	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉 本体	原子炉 圧力容器	原子炉 圧力容器	常設耐震／防止 常設／緩和 常設／防止 (DB 拡張)	重大事故等 *2 クラス2 容器	$D + P_L + M_L + S_d^*$	IVAS
					$D + P + M + S_s$	
					$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$	VAS (VASとしてIVASの 許容限界を用いる。)
					$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	

[記号の説明]

D : 死荷重

 P_L : 地震との組合せが独立な運転状態IVの事故の直後を除き、その後生じている圧力荷重 M_L : 地震との組合せが独立な運転状態IVの事故の直後を除き、その後生じている死荷重及び地震荷重以外の機械的荷重 S_d^* : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力又はSクラス設備に適用される静的地震力のいずれか大きい方の地震力

P : 地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態IV，Vは除く。）における圧力荷重

M : 地震及び死荷重以外で地震と組み合わせべきプラントの運転状態（地震との組合せが独立な運転状態IV，Vは除く。）で設備に作用している機械的荷重

 S_s : 基準地震動 S_s により定まる地震力 P_{SAL} : 重大事故等時の状態（運転状態V）で長期的（長期（L））に作用する圧力荷重 M_{SAL} : 重大事故等時の状態（運転状態V）で長期的（長期（L））に作用する機械的荷重 S_d : 弾性設計用地震動 S_d により定まる地震力 P_{SALL} : 重大事故等時の状態（運転状態V）で長期的（長期（L））より更に長期的（長期（LL））に作用する圧力荷重 M_{SALL} : 重大事故等時の状態（運転状態V）で長期的（長期（L））より更に長期的（長期（LL））に作用する機械的荷重

注記*1 : 「常設耐震／防止」は常設耐震重要重大事故防止設備，「常設／緩和」は常設重大事故緩和設備，「常設／防止（DB 拡張）」は常設重大事故防止設備（設計基準拡張）を示す。

*2 : 重大事故等クラス2支持構造物を含む。

表 3-3 許容応力（クラス 1 容器及び重大事故等クラス 2 容器）

許容応力状態	許容限界*1				
	一次一般膜応力	一次膜＋ 一次曲げ応力	一次＋二次応力	一次＋二次＋ ピーク応力	純せん断 応力
ⅢAS	S _y と2/3・S _u の小さい方。 ただし、オーステナイト系 ステンレス鋼及び高ニッケル 合金については1.2・S _m とする。	左欄のα倍の値*2	3・S _m *3 S _d 又はS _s 地震動*4 のみによる応力振幅に ついて評価する。	S _d 又はS _s 地震動*4 のみによる疲労解析を 行い、運転状態Ⅰ及びⅡ における疲労累積係数 との和が1.0以下である こと。*5	0.6・S _m
ⅣAS	2/3・S _u ただし、オーステナイト系 ステンレス鋼及び高ニッケル 合金については2/3・S _u と2.4・S _m の小さい方。	左欄のα倍の値*2			0.4・S _u
VAS (VASとしてⅣASの 許容限界を用いる。)					

注記*1：当該の応力が生じない場合、規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

*2：αは純曲げによる全断面降伏荷重と初期降伏荷重の比、又は1.5のいずれか小さい方の値とする。

*3：3・S_mを超える場合は弾塑性解析を行う。この場合、設計・建設規格 PVB-3300 (PVB-3313を除く。)の簡易弾塑性解析を用いる。

*4：クラス1容器及び重大事故等クラス2容器においては、S_d*又はS_s地震力を考慮する。

*5：設計・建設規格 PVB-3140(6)を満たすときは疲労解析不要。ただし、PVB-3140(6)の「応力の全振幅」は「S_d*又はS_s地震動による応力の全振幅」と読み替える。

表 3-4 許容応力（クラス 1 支持構造物及び重大事故等クラス 2 支持構造物）

許容応力状態	許容限界*1, *2 (ボルト等)	
	一次応力	
	引張	せん断
ⅢAS	$1.5 \cdot f_t$	$1.5 \cdot f_s$
ⅣAS	$1.5 \cdot f_t^*$	$1.5 \cdot f_s^*$
ⅤAS (ⅤASとしてⅣASの 許容限界を用いる。)		

[記号の説明]

f_t : 許容引張応力 ボルト等に対して設計・建設規格 SSB-3131(1)に定める値

f_s : 許容せん断応力 ボルト等に対して設計・建設規格 SSB-3131(2)に定める値

f_t^* : 上記の f_t の値を算出する際に設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値とあるのを設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値と読み替えて計算した値

f_s^* : 上記の f_s の値を算出する際に設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値とあるのを設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表8に定める値の1.2倍の値と読み替えて計算した値

注記*1 : 応力の組合せが考えられる場合には, 組合せ応力に対しても評価を行う。

*2 : 当該の応力が生じない場合, 規格基準で省略可能とされている場合及び他の応力で代表可能である場合は評価を省略する。

表4-1(1) 外荷重

円筒胴, 下鏡及び原子炉圧力容器支持スカート外荷重

記号	荷重名称	鉛直力			水平力		モーメント	
		V ₁ (kN)	V ₂ (kN)	V ₃ (kN)	H _s (kN)	H (kN)	M _s (kN・m)	M (kN・m)
L04	死荷重 (通常時)							
L08	制御棒貫通孔 スクラム反力							
L14	地震荷重 S d *							
L16	地震荷重 S s							

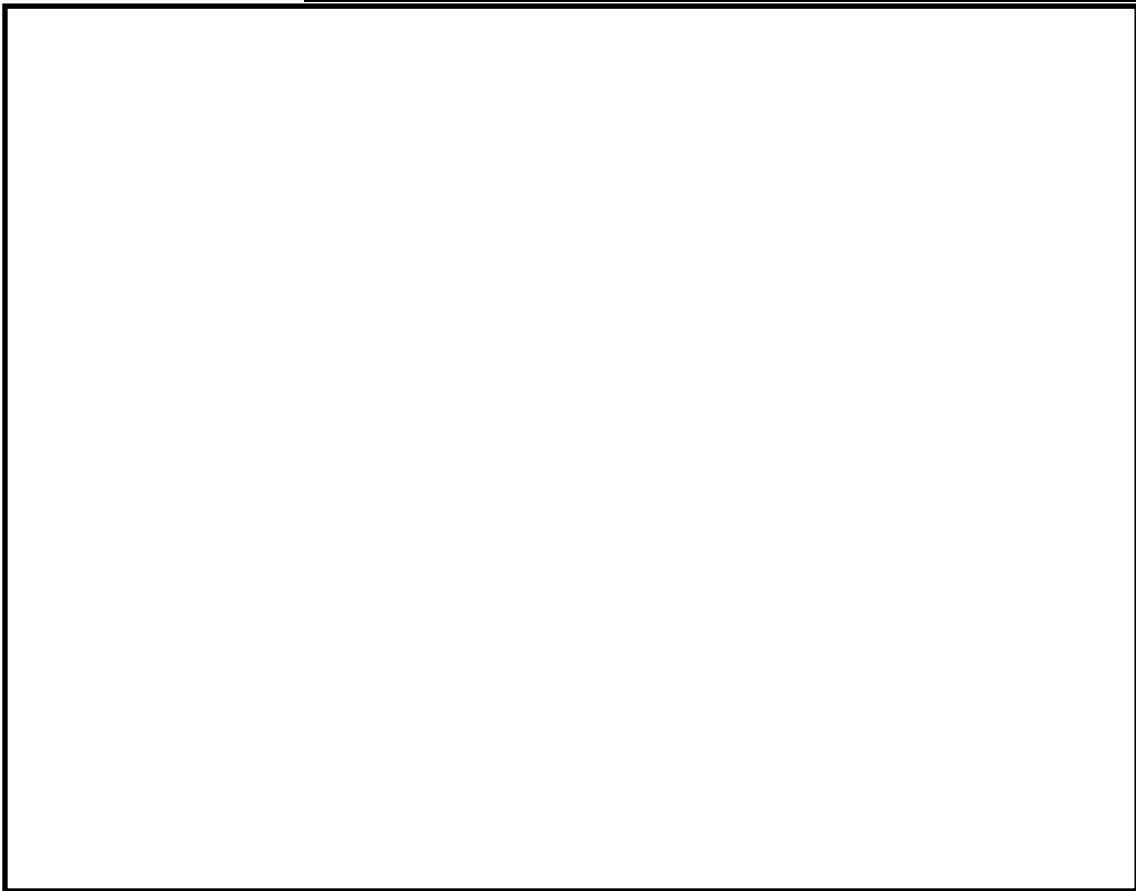


表4-1(2) 外荷重
制御棒貫通孔外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力		モーメント	
		V ₁ (kN)	V ₂ (kN)	H ₁ (kN)	H ₂ (kN)	M ₁ (kN・m)	M ₂ (kN・m)
L04	死荷重						
L08-01	活荷重A ^{*1}						
L08-02	活荷重B ^{*2}						
L08-03	活荷重C ^{*3}						
L08-04	活荷重D ^{*4}						
L14	地震荷重S _d [*]						
L16	地震荷重S _s						

--

表4-1(3) 外荷重

原子炉中性子計装孔外荷重

記号	荷重名称	鉛直力		水平力		モーメント	
		V ₁ (kN)	V ₂ (kN)	H ₁ (kN)	H ₂ (kN)	M ₁ (kN・m)	M ₂ (kN・m)
L04	死荷重						
L14	地震荷重 S d *						
L16	地震荷重 S s						

--	--	--	--	--	--	--	--

表4-1(4) 外荷重

ノズル外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点 位置 (mm)
			H (kN)	F _z (kN)	M (kN・m)	M _z (kN・m)	
再循環水 出口ノズル (N1)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
再循環水 入口ノズル (N2)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
主蒸気ノズル (N3)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
給水ノズル (N4)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
低圧炉心 スプレイ ノズル (N5)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
低圧注水 ノズル (N6)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					

表4-1(4) 外荷重 (続)

ノズル外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点 位置 (mm)
			H (kN)	F _z (kN)	M (kN・m)	M _z (kN・m)	
上ぶたス プレイノ ズル (N7)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
計測及び ベントノ ズル (N8)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
ジェット ポンプ計 測ノズル (N9)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
ほう酸水 注入及び 炉心差圧 計測ノズ ル (N11)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
計測ノズ ル (N12, N13, N14)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
ドレンノ ズル (N15)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					

表4-1(4) 外荷重 (続)

ノズル外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点 位置 (mm)
			H (kN)	F _z (kN)	M (kN・m)	M _z (kN・m)	
高圧炉心 スプレイ ノズル (N16)	L04	死荷重					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					

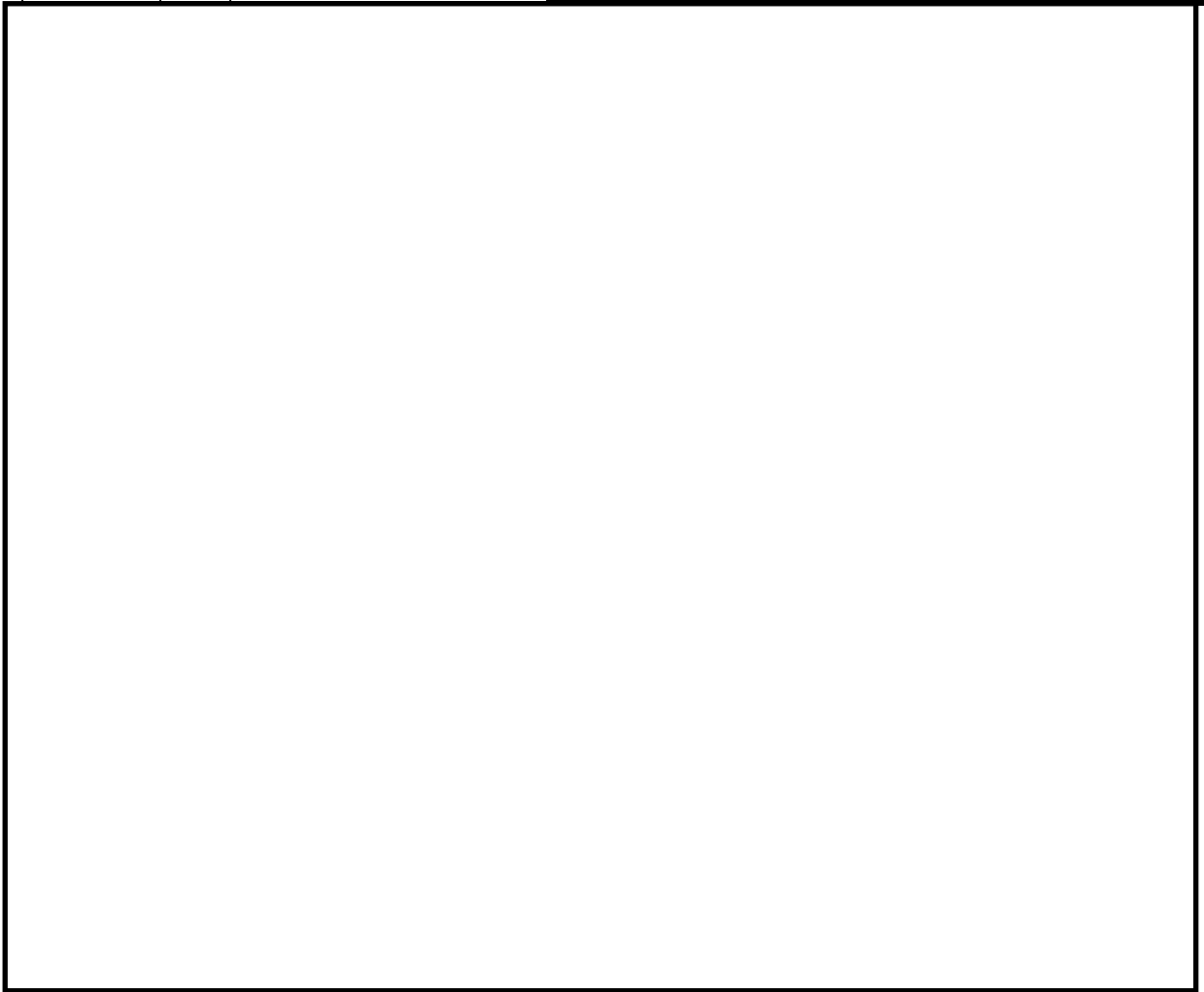


表4-1(5) 外荷重

ノズルサーマルスリーブ外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点 位置 (mm)
			H (kN)	F _z (kN)	M (kN・m)	M _z (kN・m)	
再循環水 入口ノズル (N2)	L04	死荷重 (流体反力含む)					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
給水ノズル (N4)	L04	死荷重 (流体反力含む)					
	L07	熱変形力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
低圧炉心 スプレイ ノズル (N5)	L04	死荷重					
	L07-01	熱変形力 (通常時)					
	L07-02	熱変形力 (冷水注水時)					
	L08	流体反力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					
低圧注水 ノズル (N6)	L04	死荷重					
	L07-01	熱変形力 (通常時)					
	L07-02	熱変形力 (冷水注水時)					
	L08	流体反力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					

表4-1(5) 外荷重 (続)
ノズルサーマルスリーブ外荷重

ノズル	記号	荷重名称	力		モーメント		荷重作用点 位置 (mm)
			H (kN)	F _z (kN)	M (kN・m)	M _z (kN・m)	
高圧炉心 スプレイ ノズル (N16)	L04	死荷重					
	L07-01	熱変形力 (通常時)					
	L07-02	熱変形力 (冷水注水時)					
	L08	流体反力					
	L14	地震荷重 S d* (一次)					
	L15	地震荷重 S d* (二次)					
	L16	地震荷重 S s (一次)					
	L17	地震荷重 S s (二次)					

--	--	--	--	--	--	--	--

表4-1(6) 外荷重
ブラケット外荷重

ブラケット名	荷重名称	力					
		F _x (kN)	F _y (kN)	F _z (kN)			
スタビライザブラケット	地震荷重 S d*						
	地震荷重 S s						
蒸気乾燥器支持ブラケット	地震荷重 S d*						
	地震荷重 S s						
給水スパージャブラケット	地震荷重 S d*						
	地震荷重 S s						
炉心スプレイブラケット	地震荷重 S d*						
	地震荷重 S s						

表4-1(7) 外荷重
原子炉压力容器基礎ボルト外荷重

記号	荷重名称	軸力		せん断力	曲げモーメント
		N(最大) (kN)	N(最小) (kN)	Q (kN)	M (kN・m)
—	運転状態 I 及び II				
—	運転状態 IV*				
L14	地震荷重 S d *				
L16	地震荷重 S s				

表4-2 荷重の組合せ

状態	荷重の組合せ	応力評価
運転状態Ⅰ及びⅡ	L01+L02+L04+L07+L08+L10+L11	$P_L + P_b + Q$ 疲労解析
許容応力状態ⅢA S	L01+L02+L04+L08+L11+L14	P_m $P_L + P_b$
	L14+L15	$P_L + P_b + Q$ 疲労解析
許容応力状態ⅣA S	L01+L02+L04+L08+L11+L16	P_m $P_L + P_b$
	L16+L17	$P_L + P_b + Q$ 疲労解析

表5-1 繰返しピーク応力強さの割増し方法

S_n	S_ℓ
3・ S_m 未満	$S_\ell = \frac{S_p}{2}$
3・ S_m 以上	$S_\ell = \frac{K_e \cdot S_p}{2}$ <p>K_eは、次の手順により計算する。</p> <p>(1) $K < B_0$</p> <p>① $\frac{S_n}{3 \cdot S_m} < \frac{\left(q + \frac{A_0}{K} - 1\right) - \sqrt{\left(q + \frac{A_0}{K} - 1\right)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q-1)}}{2 \cdot A_0}$</p> $K_e = 1 + A_0 \cdot \left(\frac{S_n}{3 \cdot S_m} - \frac{1}{K}\right)$ <p>② $\frac{S_n}{3 \cdot S_m} \geq \frac{\left(q + \frac{A_0}{K} - 1\right) - \sqrt{\left(q + \frac{A_0}{K} - 1\right)^2 - 4 \cdot A_0 \cdot (q-1)}}{2 \cdot A_0}$</p> $K_e = 1 + (q-1) \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot S_m}{S_n}\right)$ <p>(2) $K \geq B_0$</p> <p>① $\frac{S_n}{3 \cdot S_m} < \frac{(q-1) - \sqrt{A_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right) \cdot (q-1)}}{a}$</p> $K_e = a \cdot \frac{S_n}{3 \cdot S_m} + A_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right) + 1 - a$ <p>② $\frac{S_n}{3 \cdot S_m} \geq \frac{(q-1) - \sqrt{A_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right) \cdot (q-1)}}{a}$</p> $K_e = 1 + (q-1) \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot S_m}{S_n}\right)$ <p>ここで、</p> $K = \frac{S_p}{S_n}$ $a = A_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right) + (q-1) - 2 \cdot \sqrt{A_0 \cdot \left(1 - \frac{1}{K}\right) \cdot (q-1)}$

注1： q 、 A_0 、 B_0 は、表3-1に示す。

注2：地震荷重 S_d^* 及び地震荷重 S_s にあつては、 S_n をそれぞれ $S_n^{\#1}$ 、 $S_n^{\#2}$ と読み替え、 S_p をそれぞれ $S_p^{\#1}$ 、 $S_p^{\#2}$ と読み替えるものとする。