

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-711 改3
提出年月日	平成30年9月6日

## V-2-9-2-10 電気配線貫通部の耐震性についての計算書

## 目次

1.	概要	1
2.	一般事項	1
2.1	構造計画	1
2.2	評価方針	3
2.3	適用基準	3
2.4	記号の説明	4
3.	計算条件	5
3.1	形状及び主要寸法	5
3.2	解析範囲	6
3.3	材料	6
3.4	荷重の組合せ及び許容限界	6
4.	荷重条件	11
4.1	設計条件	11
5.	応力計算	17
5.1	応力評価点	17
5.2	応力解析の手順	17
5.2.1	応力解析の概要	17
5.2.2	荷重条件	17
5.2.3	応力計算方法	17
6.	評価結果	20
6.1	設計基準対象施設としての評価結果	20
6.2	重大事故等対処設備としての評価結果	25

## 1. 概要

本計算書は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針」にて設定している構造強度及び機能維持の設計方針に基づき、電気配線貫通部が設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを説明するものである。

電気配線貫通部は設計基準対象施設においてはSクラス施設に、重大事故等対処設備においては常設耐震重要重大事故防止設備及び常設重大事故緩和設備に分類される。以下、**設計基準対象施設及び重大事故等対処設備としての構造強度評価を示す。**

## 2. 一般事項

### 2.1 構造計画

電気配線貫通部の構造計画を表 2-1 に示す。

表 2-1 構造計画

計画の概要		概略構造図
基礎・支持構造	主体構造	
電気配線貫通部は，原子炉格納容器に支持される。	原子炉格納容器に円筒形スリーブ，アダプタ及びヘッドが取り付けられた鋼製構造物である。	<p>概略構造図</p> <p>電気配線貫通部取付部</p> <p>電気配線貫通部</p> <p>接続箱</p> <p>アダプタ</p> <p>スリーブ</p> <p>ヘッド</p> <p>接続箱</p> <p>電気配線貫通部 拡大図</p>

## 2.2 評価方針

電気配線貫通部の構造強度評価は、添付書類「V-2-1-9 機能維持の基本方針 3.1 構造強度上の制限」にて設定した荷重及び荷重の組み合わせ並びに許容限界に基づき、「2.1 構造計画」にて示す電気配線貫通部の部位を踏まえた「3.2 解析範囲」にて設定する箇所において、設計用地震力による応力等が許容限界に収まることを、「5. 応力計算」にて示す方法にて確認することで実施する。

## 2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 - 1987 (日本電機協会)
- (2) 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 (日本電機協会)
- (3) 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 (日本電機協会)
- (4) 発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (2005年版 (2007年追補版含む。)) J S M E S N C 1 - 2005/2007 (日本機械学会) (以下「設計・建設規格」という。)

## 2.4 記号の説明

記号	記号の説明	単位
d	直径	mm
E	運転温度の縦弾性係数	MPa
E <sub>0</sub>	縦弾性係数	MPa
K <sub>e</sub>	弾塑性解析に用いる繰返しピーク応力強さの補正係数	—
L	長さ	mm
m <sub>0</sub>	質量	kg
N <sub>a</sub>	地震の許容繰返し回数	—
N <sub>c</sub>	地震の繰返し回数	—
P <sub>D</sub>	最高使用圧力（内圧）	kPa
P <sub>DO</sub>	最高使用圧力（外圧）	kPa
P <sub>DBA</sub>	冷却材喪失事故後の最大内圧	kPa
P <sub>SAL</sub>	圧力（S A後長期内圧）	kPa
P <sub>SALL</sub>	圧力（S A後長々期内圧）	kPa
P <sub>b</sub>	一次曲げ応力	MPa
P <sub>L</sub>	一次局部膜応力	MPa
P <sub>m</sub>	一次一般膜応力	MPa
P <sub>n</sub>	半径方向分力	N
Q	二次応力	MPa
S	材料の許容引張応力	MPa
S <sub>d</sub> *	弾性設計用地震動S <sub>d</sub> により定まる地震力又は静的地震力	—
S <sub>s</sub>	基準地震動S <sub>s</sub> により定まる地震力	—
S <sub>P</sub>	地震荷重のみにおける一次+二次+ピーク応力の応力差範囲	MPa
S <sub>ℓ</sub>	繰返しピーク応力強さ	MPa
S <sub>ℓ</sub> '	補正繰返しピーク応力強さ	MPa
S <sub>u</sub>	材料の設計引張強さ	MPa
S <sub>y</sub>	材料の設計降伏点	MPa
T	温度, 板厚	°C, mm
T <sub>D</sub>	最高使用温度	°C
T <sub>SAL</sub>	温度（S A後長期温度）	°C
T <sub>SALL</sub>	温度（S A後長々期温度）	°C
t	板厚	mm
ν	ポアソン比	—

3. 計算条件

3.1 形状及び主要寸法

電気配線貫通部の形状及び主要寸法を図 3-1 及び表 3-1 に示す。

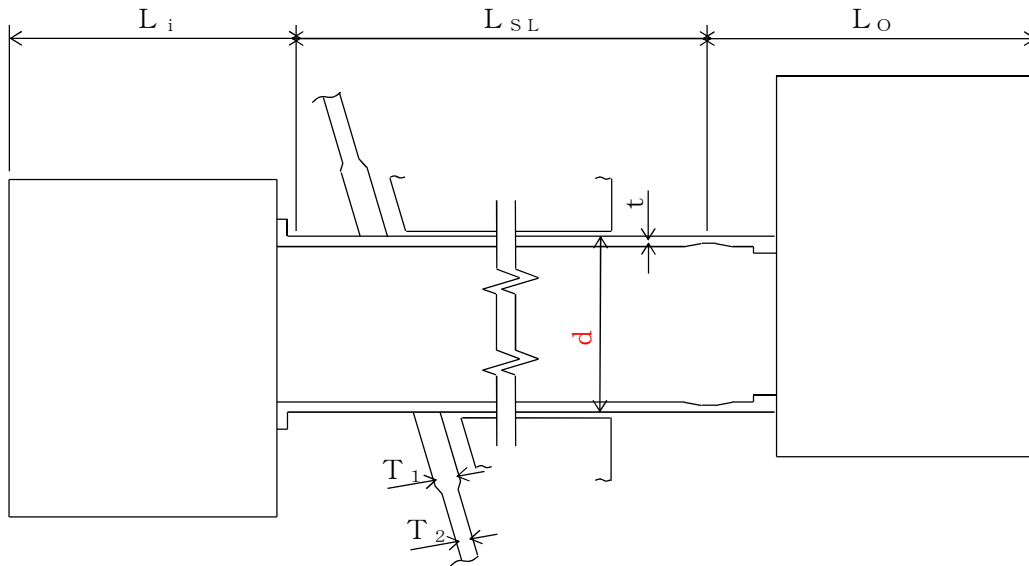


図 3-1 電気配線貫通部の形状

表 3-1 電気配線貫通部の寸法

(単位：mm)

貫通部番号	結合位置 (EL.)	$d$	$t$	$T_1$	$T_2$	$L_{SL}$	$L_i$	$L_o$
X-101D*								

注記 \*：電気配線貫通部のうち、スリーブが最も長く、原子炉格納容器への取り付け標高が最も高いことから X-101D を代表とする。

### 3.2 解析範囲

本計算書における評価部位は、「5.2.3 応力計算方法」に示す条件に基づき、耐震評価上厳しくなる電気配線貫通部の原子炉格納容器との結合部について実施する。

### 3.3 材料

使用材料及び使用部位を表 3-2 に示す。

表 3-2 使用材料表

使用部位	使用材料	備考
原子炉格納容器胴	SGV49 相当 <span style="border: 2px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>	SGV480*
補強板	SGV49 相当 <span style="border: 2px solid black; display: inline-block; width: 100px; height: 15px;"></span>	SGV480*

注記 \* : 新 JIS を示す。

### 3.4 荷重の組合せ及び許容限界

地震荷重との組合せの評価として、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 3-3 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-4 に、許容応力状態に対する許容限界について表 3-5 に示す。また、各材料の許容応力状態に対する許容応力のうち、設計基準対象施設の評価に用いるものを表 3-6 に、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 3-7 に示す。

荷重の組合せは、添付書類「V-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」に従い、対象機器の設置位置等を考慮し決定する。

表3-3 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	耐震設計上の重要度分類	機器等の区分	荷重の組合せ	許容応力状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	電気配線貫通部	S	クラス MC 容器	$D + P + M + S_d^*$	Ⅲ <sub>A</sub> S
					$D + P + M + S_s$	Ⅳ <sub>A</sub> S
					$D + P_L + M_L + S_d^{**}$	Ⅳ <sub>A</sub> S

D : 死荷重

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

P<sub>L</sub> : 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 : 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

M<sub>L</sub> : 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

$S_d$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  により定まる地震力

$S_d^*$  : 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

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  により定まる地震力

注記 \* : 原子炉格納容器は冷却材喪失事故後の最終障壁となることから、構造全体としての安全裕度を確認する意味で、冷却材喪失事故後の最大内圧との組合せを考慮する。

表3-4 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
原子炉格納施設	原子炉格納容器	電気配線貫通部	常設耐震／防止 常設／緩和	重大事故等クラス 2 容器	$D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限界を用いる。)
					$D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$	$V_{AS}$ ( $V_{AS}$ として $IV_{AS}$ の許容限界を用いる。)

$D$  : 死荷重

$P_{SAL}$  : 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

$P_{SALL}$  : 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

$S_d$  : 弾性設計用地震動  $S_d$  により定まる地震力

$S_s$  : 基準地震動  $S_s$  により定まる地震力

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を示す。

\*2 : 原子炉格納容器は、放射性物質放出の最終障壁となることから、重大事故等後の最高内圧と最高温度との組合せを考慮する。

表3-5 許容限界（クラスMC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	一次膜応力+ 一次曲げ応力	一次+二次応力	一次+二次+ ピーク応力	特別な応力限界	
					純せん断応力	支圧応力
III <sub>A</sub> S	S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方。 ただし、オーステナイト系ステンレス鋼及高ニッケル合金については1.2・Sとする。	左欄の1.5倍の値*2	3・S*3 S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる応力振幅について評価する。	*4, *5 S <sub>d</sub> 又はS <sub>s</sub> 地震動のみによる疲労解析を行い、運転状態I, IIにおける疲労累積係数との和が1.0以下であること。	0.6・S	S <sub>y</sub> *6 (1.5・S <sub>y</sub> )
IV <sub>A</sub> S	構造上の連続な部分は0.6・S <sub>u</sub> 、不連続な部分は、S <sub>y</sub> と0.6・S <sub>u</sub> の小さい方。	左欄の1.5倍の値*2			0.4・S <sub>u</sub>	S <sub>u</sub> *6 (1.5・S <sub>u</sub> )
V <sub>A</sub> S (V <sub>A</sub> SとしてIV <sub>A</sub> Sの許容限界を用いる。)	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、構造上の連続な部分は2・Sと0.6・S <sub>u</sub> の小さい方、不連続な部分は1.2・Sとする。					

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：設計・建設規格 PVB-3111に準じる場合は、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（α）を用いる。

- \*3 :  $3 \cdot S$  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。  $S_m$  は  $S$  と読み替える。) の簡易弾塑性解析を用いる。
- \*4 : 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。
- \*5 : 運転状態 I, II において疲労解析を要しない場合は、地震動のみによる疲労累積係数を 1.0 以下とする。
- \*6 : ( ) 内は、支圧荷重の作用端から自由端までの距離が支圧荷重の作用幅より大きい場合の値。

表3-6 許容応力（設計基準対象施設）

(単位：MPa)

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次+二次応力
			$P_m^{*1}$	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SGV480	171	III <sub>A</sub> S	229	344	393
		IV <sub>A</sub> S	229 <sup>*2</sup>	344 <sup>*2</sup>	393
			253 <sup>*3</sup>	380 <sup>*3</sup>	393

注記 \*1：評価対象は、膜応力を考慮した最小板厚の評価を実施し、許容応力以下であることが明らかのため、評価結果の記載については省略する。

\*2：構造不連続部に対する許容応力を示す。

\*3：構造連続部に対する許容応力を示す。

表3-7 許容応力（重大事故等対処設備）

(単位：MPa)

材料	温度 (°C)	許容応力 状態	許容応力		
			一次応力		一次+二次応力
			$P_m^{*1}$	$P_L + P_b$	$P_L + P_b + Q$
SGV480	171	V <sub>A</sub> S	229 <sup>*2</sup>	344 <sup>*2</sup>	393
			253 <sup>*3</sup>	380 <sup>*3</sup>	393
	150	V <sub>A</sub> S	232 <sup>*2</sup>	348 <sup>*2</sup>	393
			254 <sup>*3</sup>	381 <sup>*3</sup>	393

注記 \*1：評価対象は、膜応力を考慮した最小板厚の評価を実施し、許容応力以下であることが明らかのため、評価結果の記載については省略する。

\*2：構造不連続部に対する許容応力を示す。

\*3：構造連続部に対する許容応力を示す。

#### 4. 荷重条件

##### 4.1 設計条件

(1) 設計基準対象施設としての最高使用圧力及び最高使用温度

内圧  $P_D$  310 kPa

外圧  $P_{DO}$  14 kPa

温度  $T_D$  171 °C

(2) 冷却材喪失事故後の最大内圧  $P_{DBA}$  255 kPa

(3) 重大事故等対処施設としての評価圧力及び評価温度

内圧  $P_{SAL}$  465 kPa (SA後長期)

内圧  $P_{SALL}$  200 kPa (SA後長々期)

温度  $T_{SAL}$  171 °C (SA後長期)

温度  $T_{SALL}$  150 °C (SA後長々期)

(4) 死荷重

a. 電気配線貫通部の自重

(5) 地震力による荷重

a. 電気配線貫通部の地震荷重

解析モデルによる固有値解析の結果を表 4-2 及び図 4-1 に、減衰定数を添付書類「V-2-1-6 地震応答解析の基本方針」にて設定した減衰定数に基づき、表 4-3 に示す。

また、電気配線貫通部の設計震度について、添付書類「V-2-1-7 設計用床応答曲線の作成方針」にて設定した応答スペクトルの作成方針に基づき、作成した設計用床応答曲線を用いる。設計基準対象施設の評価に用いる設計震度を表 4-4 に、重大事故等対処設備の評価に用いる設計震度を表 4-5 に示す。



接続箱中心位置に接続箱質量を設定し、スリーブは等分布質量を設定する。格納容器との結合はシェルバネを考慮する。計算モデルの諸元を表4-1に示す。

図4-1 計算モデル

表4-1 解析モデル諸元表

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	GSTPL
質量	$m_0$	kg	2270*
温度条件 (雰囲気温度)	T	°C	66
縦弾性係数	E	MPa	200000
ポアソン比	$\nu$	—	0.3
要素数	—	個	図4-1に記載の とおり
節点数	—	個	

注記 \* : 1.2倍の割り増しを考慮した値。

表 4-2 固有周期

モード	固有周期 (s)	卓越方向	刺激係数		
			X	Y	Z
1次		水平方向(周方向)			
2次		鉛直方向			
3次		水平方向(径方向)			
4次		水平方向(周方向)			

4次は水平方向に卓越し、固有周期が0.05秒以下であり剛であることを確認した。

また、鉛直方向は5次モード以降で卓越し、固有周期は0.05秒以下であることを確認した。



図 4-2 モード変形図

表 4-3 設計震度（設計用床応答曲線）

地震動	設置場所 及び床面高さ (m)	方向	減衰定数 (%)	備考
S <sub>d</sub>	原子炉格納容器 EL. 21.420～ EL. 24.422	鉛直	1.0*	水平方向はNS方向 及びEW方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	1.0*	
S <sub>s</sub>	原子炉格納容器 EL. 21.420～ EL. 24.422	鉛直	1.0*	水平方向はNS方向 及びEW方向の包絡 曲線を用いる。
		水平	1.0*	

注記 \* : 溶接構造物に適用される減衰定数の値。

表 4-4 設計震度（設計基準対象施設）

方向	S <sub>d</sub> *	S <sub>s</sub>
鉛直方向		
水平方向		

表 4-5 設計震度（重大事故等対処設備）

方向	S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>
鉛直方向		
水平方向		

b. 原子炉格納容器の地震荷重

原子炉格納容器に加わる地震荷重について、添付書類「V-2-3-2 炉心，原子炉圧力容器及び原子炉内部構造物並びに原子炉格納容器及び原子炉本体の基礎の地震応答計算書」において計算された計算結果を用いる。原子炉格納容器に加わる鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-6 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-7 に示す。弾性設計用地震動 S<sub>d</sub>又は静的地震力，及び基準地震動 S<sub>s</sub>による水平方向地震荷重のうち，設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4-8 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-9 に示す。



表 4-5 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（設計基準対象施設）

(単位：N)

通常運転時			燃料交換時		
鉛直荷重* <sup>1</sup>	地震荷重		鉛直荷重* <sup>2</sup>	地震荷重	
	S <sub>d</sub> *	S <sub>s</sub>		S <sub>d</sub> *	S <sub>s</sub>

注記 \*1：鉛直方向にかかる死荷重

\*2：鉛直方向にかかる死荷重と活荷重を合わせた荷重

表 4-6 鉛直荷重及び鉛直方向地震荷重（重大事故等対処設備）

(単位：N)

重大事故等時		
鉛直荷重*	地震荷重	
	S <sub>d</sub>	S <sub>s</sub>

注記 \*：鉛直方向にかかる死荷重

表 4-7 水平方向地震荷重（設計基準対象施設）

弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> *又は 静的地震力 による地震荷重		基準地震動 S <sub>s</sub> による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)

表 4-8 水平方向地震荷重（重大事故等対処設備）

弾性設計用地震動 S <sub>d</sub> による地震荷重		基準地震動 S <sub>s</sub> による地震荷重	
せん断力 (N)	モーメント (N・mm)	せん断力 (N)	モーメント (N・mm)

5. 応力計算

5.1 応力評価点

電気配線貫通部の応力評価点は、電気配線貫通部を構成する部材の形状及び荷重伝達経路を考慮し、発生応力が大きくなる部位を選定する。選定した応力評価点を表 5-1 及び図 5-1 に示す。

表 5-1 応力評価点

貫通部番号	応力評価点番号	応力評価点
	P 1	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部 (P 1 - A ~ P 1 - C)
	P 2	補強板結合部 (P 2 - A ~ P 2 - C)

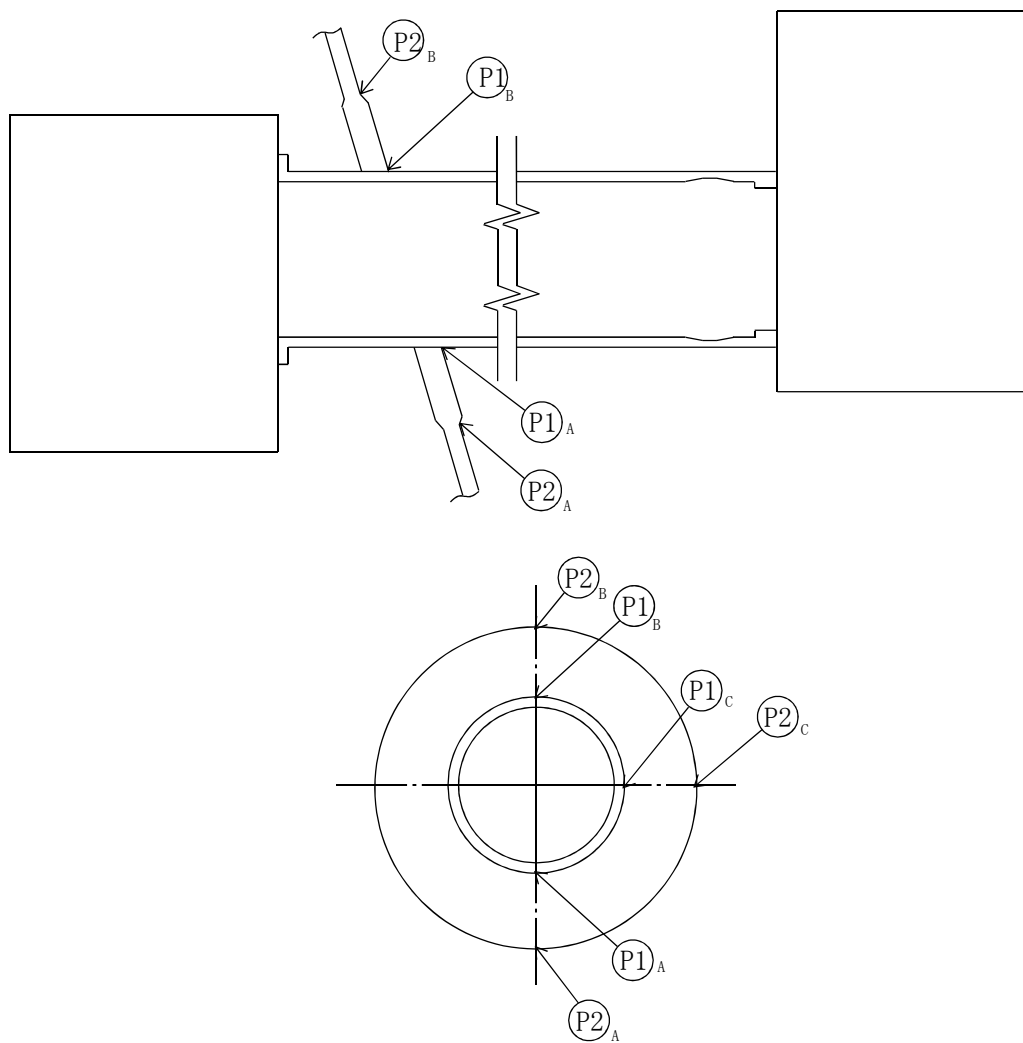


図 5-1 応力評価点

## 5.2 応力解析の手順

応力解析の手順について述べる。

### 5.2.1 解析手順の概要

荷重により電気配線貫通部に生じる応力の算出には、三次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。

### 5.2.2 荷重条件

応力解析においては「4. 荷重条件」で示した荷重で計算を行う。

### 5.2.3 応力計算方法

#### 5.2.3.1 原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部及び電気配線貫通部と補強板との結合部 (応力評価点 P 1 及び P 2)

##### (1) 電気配線貫通部に作用する荷重による応力

電気配線貫通部に作用する死荷重、地震荷重による応力は、図 5-2 に示す電気配線貫通部の解析モデルを用いて算出する。解析モデルの諸元を表 5-2 に示す。地震荷重による応力は「4.1(5)a. 電気配線貫通部の地震荷重」に基づく地震荷重を入力して算出する。

##### (2) 原子炉格納容器本体に作用する荷重による応力

原子炉格納容器に作用する圧力、死荷重及び地震荷重による応力は、添付書類「V-2-9-2-1 原子炉格納容器の耐震性についての計算書」で解析した応力を用いる。地震荷重による応力は、「4.1(5)b. 原子炉格納容器の地震荷重」に基づく地震荷重を入力して算出する。

##### (3) 応力の足し合わせ

表 5-1 及び図 5-1 で示した応力評価点での応力は、(1)で求めた電気配線貫通部に作用する荷重による応力と、(2)で求めた原子炉格納容器本体に作用する荷重による応力を適切に足し合わせることで算出する。

##### (4) 解析コード

解析コードはMSC NASTRANを用いる。なお、評価に用いる解析コードMSC NASTRANの検証及び妥当性確認等の概要については、添付書類「V-5-1 計算機プログラム(解析コード)の概要・MSC NASTRAN」に示す。

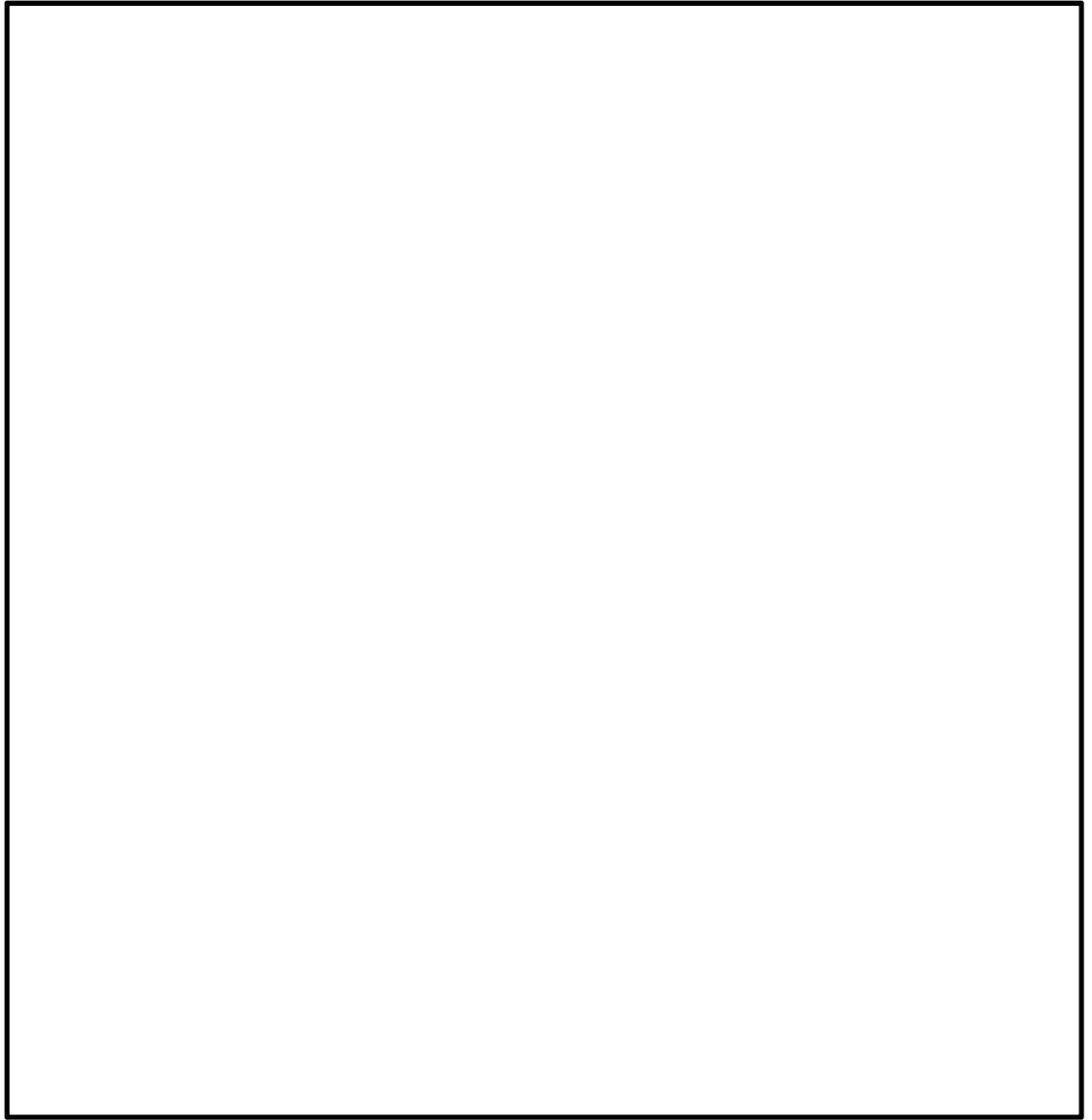


図 5-2 解析モデル



表 5-2 解析モデル諸元表

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SGV480
質量	m <sub>0</sub>	kg	— *1
温度条件 (雰囲気温度)	T	℃	66
縦弾性係数	E	MPa	200000 *2
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	個	図5-2に記載の とおり
節点数	—	個	

注記 \*1：単位荷重による解析のため、質量は定義不要。

\*2：動的応答を考慮しない為、剛性（縦弾性係数）は解析結果に影響しない。

## 6. 評価結果

### 6.1 設計基準対象施設としての評価結果

電気配線貫通部の設計基準対象施設としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

#### (1) 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに対する評価

許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>Sに対する応力評価結果を表6-1に示す。

表3-3に示す荷重の組合せのうち、 $D + P + M + S_d^*$ の評価を記載している。

#### (2) 許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対する評価

許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対する応力評価結果を表6-2に示す。

表3-3に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_L + M_L + S_d^*$ 及び $D + P + M + S_s$ の評価を記載している。

また、許容応力状態Ⅳ<sub>A</sub>Sに対する疲労評価結果を表6-3に示す。

表 6-1 許容応力状態Ⅲ<sub>A</sub>S に対する評価結果 (D + P + M + S<sub>d</sub>\*)

評価対象設備	評価部位		応力分類	Ⅲ <sub>A</sub> S		判定	備考
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
電気配線貫通部	P 1 - A	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	60	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	274	393	○	
	P 1 - B	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	66	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	276	393	○	
	P 1 - C	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	57	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	180	393	○	
	P 2 - A	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	60	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	234	393	○	
	P 2 - B	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	59	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	236	393	○	
	P 2 - C	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	55	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	170	393	○	

表 6-2 許容応力状態IV<sub>A</sub>S に対する評価結果 (D + P<sub>L</sub> + M<sub>L</sub> + S<sub>d</sub>\*) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV <sub>A</sub> S		判定	備考
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
電気配線貫通部	P 1 - A	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	106	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	274	393	○	
	P 1 - B	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	115	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	276	393	○	
	P 1 - C	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	95	344	○	
			一次 + 二次応力強さ	180	393	○	
	P 2 - A	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	104	380	○	
			一次 + 二次応力強さ	234	393	○	
	P 2 - B	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	112	380	○	
			一次 + 二次応力強さ	236	393	○	
	P 2 - C	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	98	380	○	
			一次 + 二次応力強さ	170	393	○	



表 6-2 許容応力状態IV<sub>A</sub>S に対する評価結果 (D+P+M+S<sub>s</sub>) (その2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	IV <sub>A</sub> S		判定	備考
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
電気配線貫通部	P 1 - A	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	112	344	○	
			一次+二次応力強さ	516	393	×*	
			疲労評価	0.346	1	○	単位なし
	P 1 - B	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	117	344	○	
			一次+二次応力強さ	524	393	×*	
			疲労評価	0.378	1	○	単位なし
	P 1 - C	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	96	344	○	
			一次+二次応力強さ	336	393	○	
	P 2 - A	補強板結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	101	380	○	
			一次+二次応力強さ	440	393	×*	
			疲労評価	0.065	1	○	単位なし
	P 2 - B	補強板結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	105	380	○	
			一次+二次応力強さ	446	393	×*	
			疲労評価	0.069	1	○	単位なし
	P 2 - C	補強板結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	94	380	○	
			一次+二次応力強さ	320	393	○	

注記 \* : P 1 - A, P 1 - B及びP 2 - A, P 2 - Bの一次+二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが, 設計・建設規格 (J S M E S N C 1 - 2005) P V B - 3300 に基づいて疲労評価を行い, この結果より十分な構造強度を有することを確認した。

表 6-3 許容応力状態IV<sub>A</sub>S に対する疲労評価結果

評価部位	S <sub>n</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>p</sub> (MPa)	S <sub>ℓ</sub> (MPa)	S <sub>ℓ</sub> '* (MPa)	N <sub>a</sub> (回)	N <sub>c</sub> (回)	疲労累積係数 N <sub>c</sub> /N <sub>a</sub>	備考
P 1 - A	516							0.346	
P 1 - B	524							0.378	
P 2 - A	440							0.065	
P 2 - B	446							0.069	

注記 \* : S<sub>ℓ</sub>に (E<sub>o</sub>/E) を乗じた値である。

E<sub>o</sub>=2.07×10<sup>5</sup> MPa E=1.93×10<sup>5</sup> MPa

E<sub>o</sub> : 縦弾性係数

E : 運転温度の縦弾性係数

## 6.2 重大事故等対処設備としての評価結果

電気配線貫通部の重大事故等対処設備としての耐震評価結果を以下に示す。発生値は許容値を満足しており、設計用地震力に対して十分な構造強度を有していることを確認した。

### (1) 許容応力状態 $V_A S$ に対する評価

許容応力状態 $V_A S$ に対する応力評価結果を表 6-4 に示す。

表 4-9 に示す荷重の組合せのうち、 $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$  又は  $D + P_{SALL} + M_{SALL} + S_s$  の評価を記載している。

また、許容応力状態 $V_A S$ に対する疲労評価結果を表 6-5 に示す。

表 6-4 許容応力状態  $V_{AS}$  に対する評価結果 ( $D + P_{SAL} + M_{SAL} + S_d$ ) (その 1)

評価対象設備	評価部位		応力分類	$V_{AS}$		判定	備考
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
電気配線貫通部	P 1 - A	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	176	344	○	
			一次+二次応力強さ	274	393	○	
	P 1 - B	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	185	344	○	
			一次+二次応力強さ	276	393	○	
	P 1 - C	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	162	344	○	
			一次+二次応力強さ	180	393	○	
	P 2 - A	補強板結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	174	380	○	
			一次+二次応力強さ	234	393	○	
	P 2 - B	補強板結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	182	380	○	
			一次+二次応力強さ	236	393	○	
	P 2 - C	補強板結合部	一次膜応力強さ+一次曲げ応力強さ	166	380	○	
			一次+二次応力強さ	170	393	○	

表 6-4 許容応力状態 V<sub>A</sub>S に対する評価結果 (D + P<sub>SALL</sub> + M<sub>SALL</sub> + S<sub>S</sub>) (その 2)

評価対象設備	評価部位		応力分類	V <sub>A</sub> S		判定	備考
				発生値	許容値		
				MPa	MPa		
電気配線貫通部	P 1 - A	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	142	348	○	
			一次 + 二次応力強さ	512	393	×*	
			疲労評価	0.327	1	○	単位なし
	P 1 - B	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	147	348	○	
			一次 + 二次応力強さ	520	393	×*	
			疲労評価	0.350	1	○	単位なし
	P 1 - C	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	125	348	○	
			一次 + 二次応力強さ	332	393	○	
	P 2 - A	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	131	381	○	
			一次 + 二次応力強さ	436	393	×*	
			疲労評価	0.059	1	○	単位なし
	P 2 - B	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	135	381	○	
			一次 + 二次応力強さ	442	393	×*	
			疲労評価	0.063	1	○	単位なし
	P 2 - C	補強板結合部	一次膜応力強さ + 一次曲げ応力強さ	121	381	○	
			一次 + 二次応力強さ	318	393	○	

注記 \* : P 1 - A, P 1 - B 及び P 2 - A, P 2 - B の一次 + 二次応力評価結果は評価基準値を満足しないが, 設計・建設規格 (J S M E S N C 1 - 2005) P V B - 3300 に基づいて疲労評価を行い, この結果より十分な構造強度を有することを確認した。

表 6-5 許容応力状態 V<sub>A</sub>S に対する疲労評価結果

評価部位	S <sub>n</sub> (MPa)	K <sub>e</sub>	S <sub>p</sub> (MPa)	S <sub>ℓ</sub> (MPa)	S <sub>ℓ</sub> '* (MPa)	N <sub>a</sub> (回)	N <sub>c</sub> (回)	疲労累積係数 N <sub>c</sub> /N <sub>a</sub>	備考
P 1 - A	512							0.327	
P 1 - B	520							0.350	
P 2 - A	436							0.059	
P 2 - B	442							0.063	

注記 \* : S<sub>ℓ</sub>に (E<sub>o</sub>/E) を乗じた値である。

E<sub>o</sub>=2.07×10<sup>5</sup> MPa E=1.95×10<sup>5</sup> MPa

E<sub>o</sub> : 縦弾性係数

E : 運転温度の縦弾性係数