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 4
提出年月日	平成 30 年 9 月 13 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

NT2 補③ V-2-9-2-10 R1

目次

1.　概要 ・・・

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。

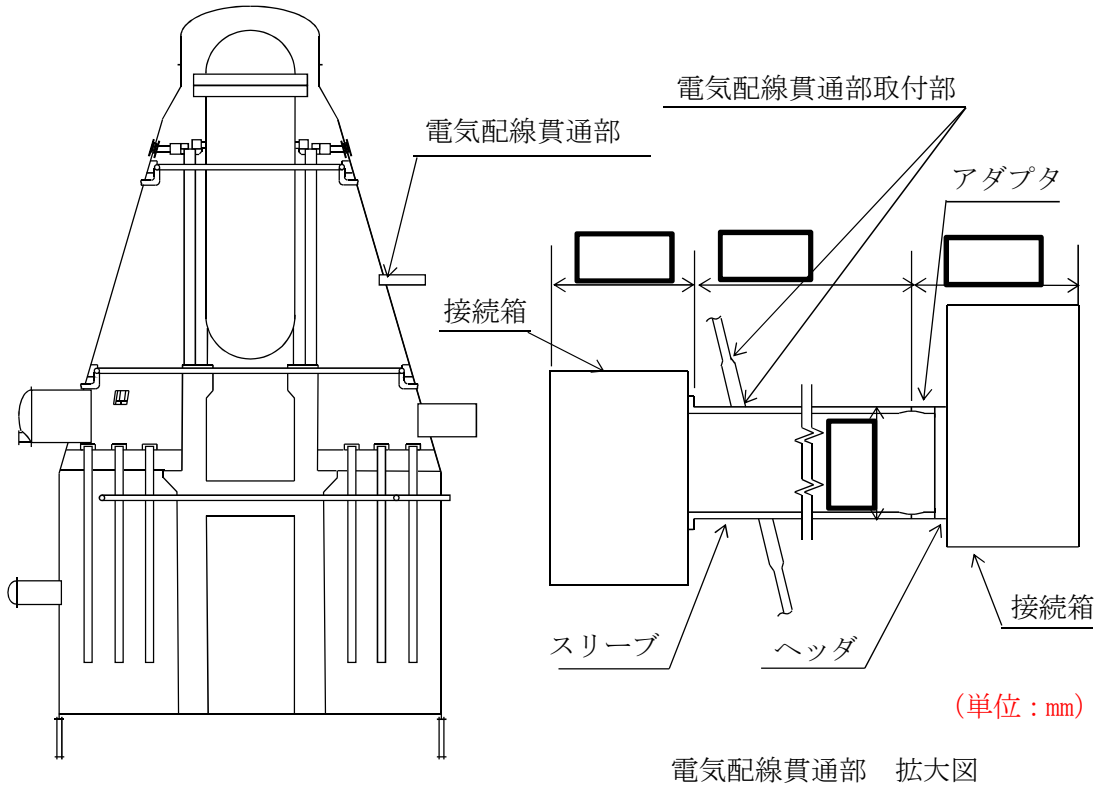
2.　一般事項

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。

NT2 補③ Ｖ-2-9-2-10 R1

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，アダプタ及びヘッダが取り付けられた鋼製構造物である。	 電気配線貫通部　拡大図

2.2　評価方針

電気配線貫通部の応力評価は，「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合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「3.　評価部位」にて設定する箇所において，「4.3　解析モデル及び諸元」及び「4.4　固有周期」で算出した固有周期及び荷重に基づく設計用地震力による応力等が許容限界内に収まることを，「4.　地震応答解析及び構造強度評価」にて示す方法にて確認することで実施する。確認結果を「5.　評価結果」に示す。

電気配線貫通部の耐震評価フローを図 2－1 に示す。

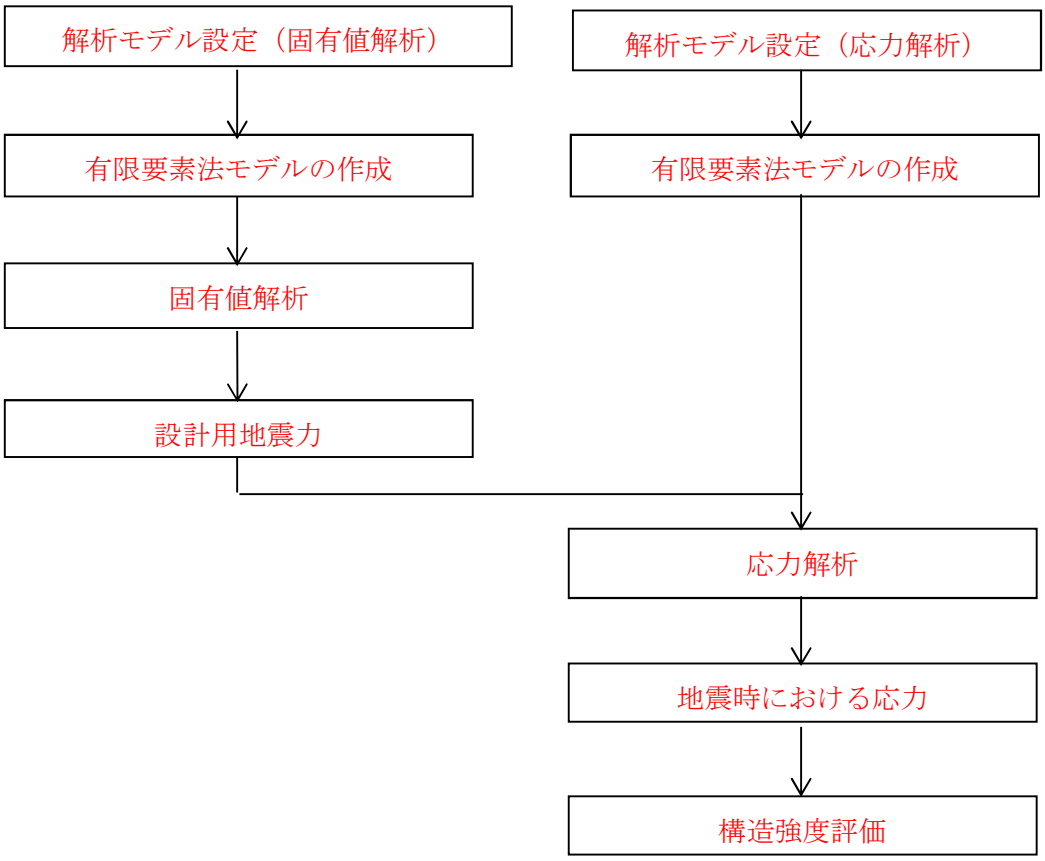


図 2－1　電気配線貫通部の耐震評価フロー

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　ＪＥＡＧ４６０１－1987（日本電気協会）

(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　ＪＥＡＧ４６０１・補－1984（日本電気協会）

(3)　原子力発電所耐震設計技術指針　ＪＥＡＧ４６０１－1991 追補版（日本電気協会）

(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。）ＪＳＭＥ　ＳＮＣ1－2005/2007（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
A	断面積	mm^2
d	直径	mm
E	運転温度の縦弾性係数	MPa
E_O	縦弾性係数	MPa
I	断面二次モーメント	mm^4
K_e	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_i	各部位の長さ（ｉ＝1，2，3…）	mm
m_0	質量	kg
N_a	地震の許容繰り返し回数	－
N_c	地震の繰り返し回数	－
P_D	最高使用圧力（内圧）	kPa
P_{DO}	最高使用圧力（外圧）	kPa
P_{SAL}	圧力（ＳＡ後長期内圧）	kPa
P_{SALL}	圧力（ＳＡ後長々期内圧）	kPa
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
P_n	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_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静的地震力	－
S_s	基準地震動S_sにより定まる地震力	－
S_P	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_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_n	一次応力と二次応力を加えて求めた応力解析による応力強さのサイクルにおいて、その最大値と最小値との差	MPa
S_u	材料の設計引張強さ	MPa
S_y	材料の設計降伏点	MPa
T	温度	℃
T_D	最高使用温度	℃
T_{SAL}	温度（ＳＡ後長期温度）	℃
T_{SALL}	温度（ＳＡ後長々期温度）	℃
t_i	各部位の板厚（ｉ＝1，2，3…）	mm

ν	ポアソン比	－

注：ここで定義されない記号については，各計算の項目において説明する。

2.5　計算精度と数値の丸め方

精度は 6 桁以上を確保する。

表示する数値の丸め方は表 2－2 に示すとおりとする。

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
固有周期	s	小数点以下第 4 位	四捨五入	小数点以下第 3 位
力	N	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*1
モーメント	N･mm	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁*1
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力*2	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記　＊1：絶対値が 1000 以上のときは，べき数表示とする。

＊2：設計・建設規格 付録材料図表に記載された温度の中間における引張強さ及び降伏点は比例法により補間した値の小数点以下第 1 位を切り捨て，整数位までの値とする。

3.　評価部位

電気配線貫通部の形状を図 3－1 に，主要寸法を表 3－1 に示す。また，使用材料及び使用部位を表 3－2 に示す。

なお，電気配線貫通部のうち，スリーブ長さが最も長く，原子炉格納容器への取り付け標高が最も高く，耐震評価上厳しくなる[redacted]を解析モデルとして評価する。

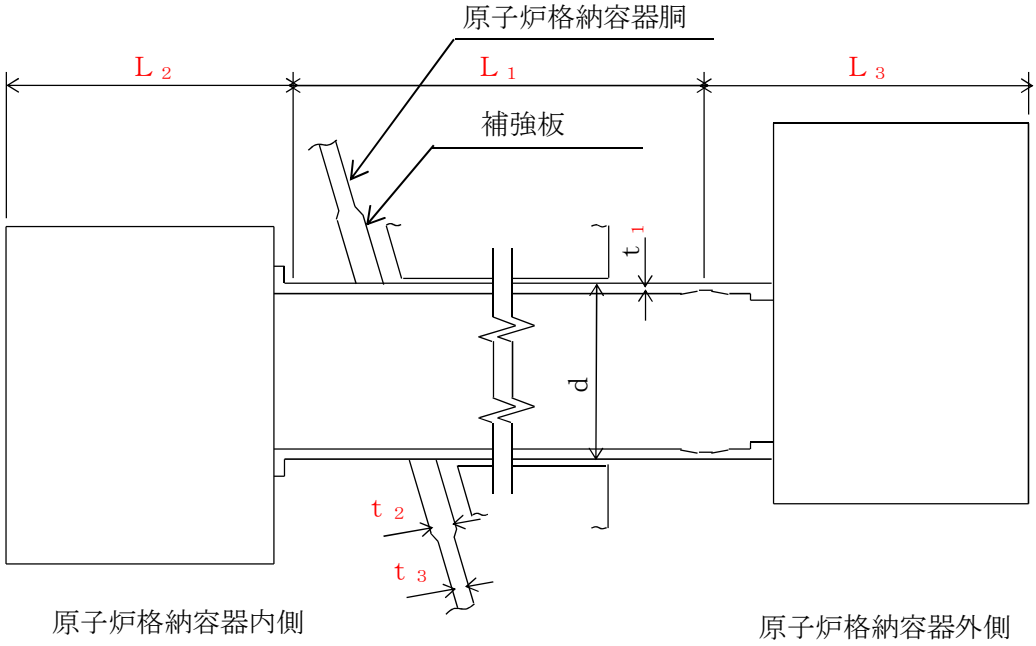


図 3－1　電気配線貫通部の形状

表 3－1　電気配線貫通部の主要寸法

（単位：mm）

貫通部番号	結合位置 (EL.)	d	t_1	t_2	t_3	L_1	L_2	L_3
[redacted]	[redacted]							

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 [redacted]	SGV480*
補強板	SGV49 相当 [redacted]	SGV480*

注記　＊：新 JIS を示す。

NT2 補③ V-2-9-2-10 R1

4.　地震応答解析及び構造強度評価

4.1　地震応答解析及び構造強度評価方法

(1)　電気配線貫通部は，原子炉格納容器を貫通する電気配線等を支持する構造物である。電気配線貫通部に作用する地震力は，電気配線貫通部の原子炉格納容器への取り付け方向を考慮し，電気配線貫通部に対して軸方向及び軸直角方向（水平，鉛直）に作用するものとし，固有周期に応じた応答加速度に基づき算出する。電気配線貫通部の耐震評価として，上記の応答解析に基づき算出した地震力を用いて，構造強度評価を行う。

(2)　構造評価に用いる寸法は，公称値を使用する。

(3)　概略構造図を表 2－1 に示す。

4.2　荷重の組合せ及び許容限界

4.2.1　荷重の組合せ及び許容限界

電気配線貫通部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 4-1，重大事故対処設備の評価に用いるものを表 4－2 に示す。詳細な荷重の組合せは，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。

なお，考慮する荷重の組合せは，組合せる荷重の大きさを踏まえ，評価上厳しくなる組合せを選定する。

4.2.2　許容限界

電気配線貫通部の許容限界を表 4－3 に示す。

4.2.3　使用材料の許容応力評価条件及び許容応力

電気配線貫通部の設計基準対象施設の評価に用いるものを表 4－4 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－5 に示す。

また，使用材料の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 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。

表4－1　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	$D+P+M+S_d$*	$Ⅲ_AS$
					$D+P+M+S_s$	$Ⅳ_AS$
					$D+P_L+M_L+S_d$**	$Ⅳ_AS$

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 4－2　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。）
					$D+P_{SAL}+M_{SAL}+S_d$ *2	V_AS（V_ASとして$Ⅳ_AS$の許容限界を用いる。）

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4－3　許容限界（クラスMC容器及び重大事故等クラス２容器）

<table>
<tr><th rowspan="3">許容応力状態</th><th colspan="6">許容限界*1</th></tr>
<tr><th rowspan="2">一次一般膜応力</th><th rowspan="2">一次膜応力＋
一次曲げ応力</th><th rowspan="2">一次＋二次応力</th><th rowspan="2">一次＋二次＋
ピーク応力</th><th colspan="2">特別な応力限界</th></tr>
<tr><th>純せん
断応力</th><th>支圧応力</th></tr>
<tr><td>III_AS</td><td>S_yと0.6・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高ニッケル合金については1.2・Sとする。</td><td>左欄の
1.5倍の値*2</td><td rowspan="4">3・S*3
S_d又はS_s地震動のみによる応力振幅について評価する。</td><td rowspan="4">*4，*5
S_d又はS_s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。</td><td>0.6・S</td><td>S_y*6
(1.5・S_y)</td></tr>
<tr><td>IV_AS</td><td rowspan="2">構造上の連続な部分は0.6・S_u，不連続な部分は，S_yと0.6・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，構造上の連続な部分は2・Sと0.6S_uの小さい方，不連続な部分は1.2・Sとする。</td><td rowspan="2">左欄の
1.5倍の値*2</td><td rowspan="2">0.4・S_u</td><td rowspan="2">S_u*6
(1.5・S_u)</td></tr>
<tr><td>V_AS
（V_ASとしてIV_ASの許容限界を用いる。）</td></tr>
</table>

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・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 4－4　使用材料の許容応力評価条件（設計基準対象施設）

材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
SGV480	周囲環境温度	171	131	229	423	－

表4－5　使用材料の許容応力評価条件（重大事故等対処設備）

材料	温度条件（℃）		S（MPa）	S_y（MPa）	S_u（MPa）	S_y（RT）（MPa）
SGV480	周囲環境温度	150	131	232	424	－
	周囲環境温度	171	131	229	423	－

表 4－6　許容応力（設計基準対象施設）

（単位：MPa）

材料	温度（℃）	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	$Ⅲ_AS$	229	344	393
		$Ⅳ_AS$	229*2	344*2	393
			253*3	380*3	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なため，一次一般膜応力の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4－7　許容応力（重大事故等対処設備）

（単位：MPa）

材料	温度（℃）	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_AS	229*2	344*2	393
			253*3	380*3	393
	150	V_AS	232*2	348*2	393
			254*3	381*3	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なため，一次一般膜応力の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。

4.2.4　設計荷重

(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 ℃

(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 ℃　（ＳＡ後長期）

温度 T_{SALL}　　150 ℃　（ＳＡ後長々期）

(4)　死荷重

a.　電気配線貫通部の自重

[redacted]　[redacted]

(5)　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 4－8 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。「弾性設計用地震動 S_d 又は静的地震力」及び「基準地震動 S_S」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 4－10 に，重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4－11 に示す。

表 4－8　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*1	地震荷重		鉛直荷重*2	地震荷重	
	S_d^*	S_s		S_d^*	S_s

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 4－9　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_d	S_s

注記　＊：鉛直方向にかかる死荷重

表 4－10　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_d^* 又は静的地震力による地震荷重		基準地震動 S_s 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 4－11　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_d による地震荷重		基準地震動 S_s 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)

4.3　解析モデル及び諸元

電気配線貫通部の解析モデルを図 4-1 に，解析モデルの概要を以下に示す。また，機器の諸元を表 4-12 に示す。

(1)　電気配線貫通部の応力評価は，多質点系はりモデル及び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。なお，電気配線貫通部の応力計算に用いた三次元シェルモデル（以下「応力解析用モデル」という。）については，4.6.2 項　応力計算方法で説明することとし，ここでは貫通部から原子炉格納容器までをモデル化したはりモデル（以下「応答解析用モデル」という。）について説明する。

(2)　応力解析用モデルは，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。応答解析用モデルについて図 4－1，図 4－2 に，機器の諸元について表 4－12 に示す。

(3)　解析コードは「ＭＳＣ　ＮＡＳＴＲＡＮ」を使用し，固有値及び荷重を求める。
なお，評価に用いる解析コード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 4－1　応答解析用モデル

図 4－2　応答解析用モデル

表 4－12　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	GSTPL
質量	m_0	kg	
断面積	A	mm^2	
断面二次モーメント	I	mm^4	
温度条件 （雰囲気温度）	T	℃	66
縦弾性係数	E	MPa	200000
ポアソン比	ν	－	0.3
要素数	－	個	18
節点数	－	個	19

4.4　固有周期

応答解析用モデルによる固有値解析の結果を表 4－13，図 4－3 に示す。

表 4－13　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)	－	－	－

図 4－3　振動モード

NT2 補③ V-2-9-2-10 R1

4.5　設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 4－14 に示す。

「弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度」及び「基準地震動Ｓ$_s$」による地震力は，添付書類「Ｖ-2-1-7　設計用床応答曲線の作成方針」に基づく。また，減衰定数は添付書類「Ｖ-2-1-6　地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数を用いる。

表 4-14　設計用地震力（設計基準対象施設）

据付場所及び設置高さ*1, *2	固有周期（ｓ）		弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$		減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向	鉛直方向
格納容器			C_H＝0.74 又は＊3	C_V＝0.64 又は＊3	C_H＝1.54 又は＊4	C_V＝1.21 又は＊4	1.0*5	1.0*5

注記　＊1：水平方向設計震度に用いる設置高さを示す。

＊2：鉛直方向設計震度に用いる設置高さを示す

＊3：弾性設計用地震動Ｓ$_d$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

＊4：基準地震動Ｓ$_s$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

＊5：溶接構造物に適用される減衰定数の値

表 4-15　設計用地震力（重大事故等対処設備）

据付場所及び設置高さ*1, *2	固有周期（ｓ）		弾性設計用地震動Ｓ$_d$又は静的震度		基準地震動Ｓ$_s$		減衰定数(%)	
	水平方向	鉛直方向	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向設計震度	鉛直方向設計震度	水平方向	鉛直方向
格納容器			C_H＝0.74 又は＊3	C_V＝0.64 又は＊3	C_H＝1.54 又は＊4	C_V＝1.21 又は＊4	1.0*5	1.0*5

注記　＊1：水平方向設計震度に用いる設置高さを示す。

＊2：鉛直方向設計震度に用いる設置高さを示す。

＊3：弾性設計用地震動Ｓ$_d$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

＊4：基準地震動Ｓ$_s$に基づく設備評価用床応答曲線より得られる値

＊5：溶接構造物に適用される減衰定数の値

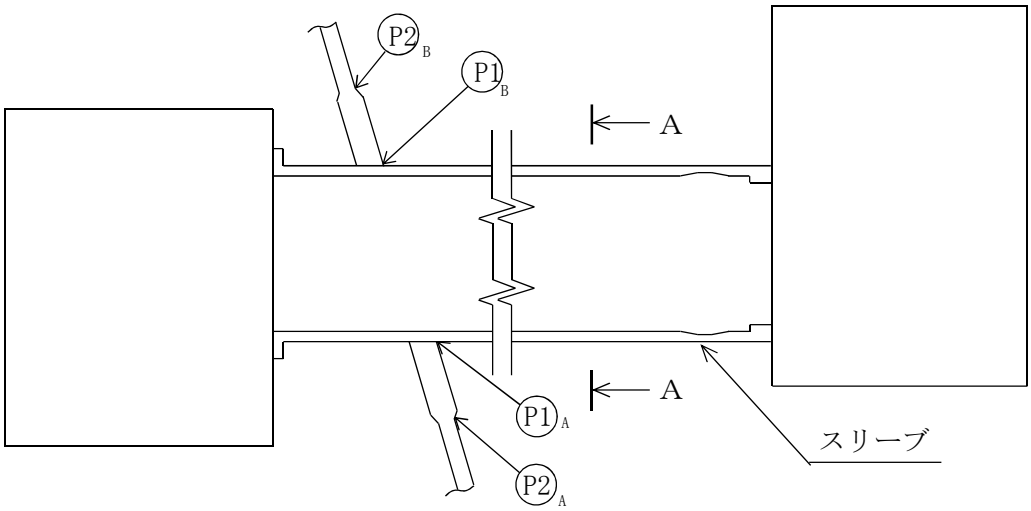
4.6　計算方法

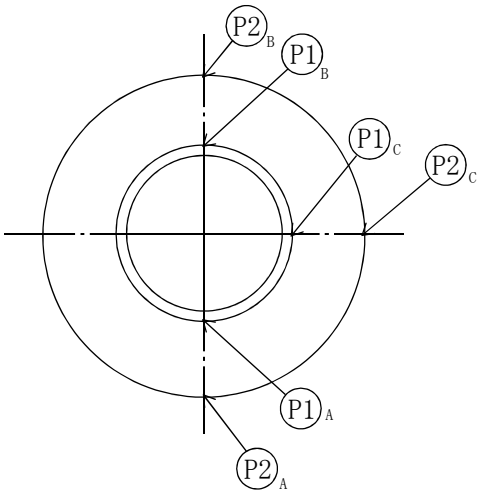
4.6.1　応力評価点

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 4－16 及び図 4－4 に示す。

表 4－16　応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
Ｐ１	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部（Ｐ１－Ａ～Ｐ１－Ｃ）
Ｐ２	補強板結合部（Ｐ２－Ａ～Ｐ２－Ｃ）





A～A矢視図

注：各応力評価点（Ｐ１～Ｐ２）は，許容応力に対する発生応力が，
全ての許容応力状態を通じて最も厳しくなる点を代表で記載している。
なお，図中の矢印は応力評価部位を示す。

図 4－4　応力評価点

NT2 補③ V-2-9-2-10 R1

4.6.2　応力計算方法

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Ｐ１～Ｐ２）の応力計算方法について以下に示す。

(1)　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，表 4－8、表 4－9，表 4－10 及び表 4－11 の地震荷重を入力して算出する。

(2)　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 4－5 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 4－17 に示す。

(3)　応力の足し合わせ

表 4－16 及び図 4－4 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。

NT2 補③ Ｖ-2-9-2-10 R1

図 4－5　電気配線貫通部の解析モデル

表 4－17　機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	－	－	SGV480
質量	m_0	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	[redacted]
節点数	－	個	[redacted]

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。

4.7　計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重は，本計算書の 4.2 項　荷重の組合せ及び許容応力及び 4.5 項　設計用地震力に示す。

4.8　応力の評価

4.6 項　計算方法で求めた応力は表 4－8 及び表 4－7 に記載される値以下であること。

5.　評価結果

5.1　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$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$に対する評価

許容応力状態$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$に対する応力評価結果を表 5－1 に示す。

表 4－1 に示す荷重の組合せのうち，$\mathrm{D+P+M+S_d}$*の評価を記載している。

(2)　許容応力状態$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$に対する評価

許容応力状態$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$に対する応力評価結果を表 5－2 に示す。

表 4－1 に示す荷重の組合せのうち，$\mathrm{D+P_L+M_L+S_d}$*及び$\mathrm{D+P+M+S_S}$の評価を記載している。

また，許容応力状態$\mathrm{IV}_{\mathrm{A}}\mathrm{S}$に対する疲労評価結果を表 5－3 に示す。

表 5－1　許容応力状態$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}$Ｓに対する評価結果（Ｄ＋Ｐ＋Ｍ＋$\mathrm{S}_{\mathrm{d}}$*）

評価対象設備	評価部位		応力分類	$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}$Ｓ 発生値 MPa	$\mathrm{III}_{\mathrm{A}}$Ｓ 許容値 MPa	判定	備考
電気配線貫通部	Ｐ１－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	○	
	Ｐ１－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	○	
	Ｐ１－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	○	
	Ｐ２－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	○	
	Ｐ２－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	○	
	Ｐ２－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 5－2（1）　許容応力状態$\mathrm{IV_A S}$に対する評価結果（$D+P_L+M_L+S_d$*）

評価対象設備	評価部位		応力分類	$\mathrm{IV_A S}$ 発生値 MPa	$\mathrm{IV_A S}$ 許容値 MPa	判定	備考
電気配線貫通部 [redacted]	Ｐ１－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	○	
	Ｐ１－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	○	
	Ｐ１－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	○	
	Ｐ２－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	○	
	Ｐ２－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	○	
	Ｐ２－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 5－2（2）　許容応力状態$\mathrm{IV_A S}$に対する評価結果（D＋P＋M＋S_S）

評価対象設備	評価部位		応力分類	$\mathrm{IV_A S}$ 発生値 MPa	$\mathrm{IV_A S}$ 許容値 MPa	判定	備考
電気配線貫通部 [redacted]	Ｐ１－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
	Ｐ１－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
	Ｐ１－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	○	
	Ｐ２－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
	Ｐ２－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
	Ｐ２－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　＊：Ｐ１－Ａ，Ｐ１－Ｂ及びＰ２－Ａ，Ｐ２－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（ＪＳＭＥ　ＳＮＣ１－2005）PVB-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 5－3　許容応力状態$\mathrm{IV_A}$Ｓに対する疲労評価結果

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	S_ℓ'* (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 N_c／N_a	備考
Ｐ１－Ａ	516							0.346	
Ｐ１－Ｂ	524							0.378	
Ｐ２－Ａ	440							0.065	
Ｐ２－Ｂ	446							0.069	

注記　＊：S_ℓに（E_O／Ｅ）を乗じた値である。

E_O＝2.07×10^5 MPa　Ｅ＝1.93×10^5 MPa

E_O　：縦弾性係数

Ｅ　　：運転温度の縦弾性係数

5.2　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_ASに対する評価

許容応力状態V_ASに対する応力評価結果を表5－4に示す。

表4－2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_ASに対する疲労評価結果を表5－5に示す。

NT2 補② V-2-9-2-10 R0

表 5－4（1）　許容応力状態V_ASに対する評価結果（$D+P_{SAL}+M_{SAL}+S_d$）

評価対象設備	評価部位		応力分類	V_AS 発生値 MPa	V_AS 許容値 MPa	判定	備考
電気配線貫通部 [redacted]	Ｐ１－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	○	
	Ｐ１－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	○	
	Ｐ１－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	○	
	Ｐ２－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	○	
	Ｐ２－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	○	
	Ｐ２－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 5－4 (2)　許容応力状態V_ASに対する評価結果（$D+P_{SALL}+M_{SALL}+S_S$）

評価対象設備	評価部位		応力分類	V_AS 発生値 MPa	V_AS 許容値 MPa	判定	備考
電気配線貫通部 [redacted]	Ｐ１－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
	Ｐ１－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
	Ｐ１－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	○	
	Ｐ２－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
	Ｐ２－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
	Ｐ２－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　＊：Ｐ１－Ａ，Ｐ１－Ｂ及びＰ２－Ａ，Ｐ２－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（ＪＳＭＥ　ＳＮＣ１－2005）PVB-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5－5　許容応力状態V_ASに対する疲労評価結果

評価部位	S_n (MPa)	K_e	S_p (MPa)	S_ℓ (MPa)	S_ℓ'* (MPa)	N_a (回)	N_c (回)	疲労累積係数 N_c/N_a	備考
Ｐ１－Ａ	512							0.327	
Ｐ１－Ｂ	520							0.350	
Ｐ２－Ａ	436							0.059	
Ｐ２－Ｂ	442							0.063	

注記　＊：S_ℓに（E_O／Ｅ）を乗じた値である。

$E_O=2.07\times10^5$ MPa　$E=1.95\times10^5$ MPa

E_O　：縦弾性係数

Ｅ　：運転温度の縦弾性係数