

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 - 1008 改2
提出年月日	平成30年9月25日

-3-9-1-4-3 電気配線貫通部の強度計算書

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
2.5 計算精度と数値の丸め方	5
3. 評価部位	6
4. 強度評価	7
4.1 強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容限界	7
4.3 計算方法	9
4.4 計算条件	13
4.5 応力の評価	13
5. 評価結果	13
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	13

1. 概要

本計算書は、電気配線貫通部の強度計算書である。

電気配線貫通部は、設計基準対象施設の電気配線貫通部を重大事故等クラス2容器として兼用する機器である。

以下、重大事故等クラス2容器として、添付書類「 -3-1-6 重大事故等クラス2機器及び重大事故等クラス2支持構造物の強度計算の基本方針」にて設定している構造強度の設計方針に基づき、電気配線貫通部の強度評価について示す。

なお、電気配線貫通部のうち X-101A～D の設計基準対処施設としての評価結果は、昭和63年8月8日付け63資庁第6806号にて認可された工事計画の添付書類「 -1-1-1 原子炉格納容器貫通部 X-101D の強度計算書」にて、一部アダプタ部の材料が変更されているものの設計基準対処施設として強度が十分であることを確認している。また、重大事故等対処設備として設計基準事故時を包絡する温度・圧力条件で評価をする。

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	
<p>電気配線貫通部は、原子炉格納容器に支持される。</p>	<p>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>	<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>アダプタ</p> <p>接続箱</p> <p>スリーブ</p> <p>ヘッド</p> <p>接続箱</p> <p>(単位: mm)</p> <p>電気配線貫通部 拡大図</p>

2.2 評価方針

電気配線貫通部の応力評価は、添付書類「 -3-1-6 重大事故等クラス2 機器及び重大事故等クラス2 支持構造物の強度計算の基本方針に基づき「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. 評価部位」にて設定する箇所において、供用状態Eにおける温度、圧力の条件により評価部位に作用する荷重で発生する応力等が許容限界に収まることを、「4. 強度評価」に示す方法にて確認することで実施する。評価結果を「5. 評価結果」に示す。

電気配線貫通部の強度評価フローを図 2-1 に示す。

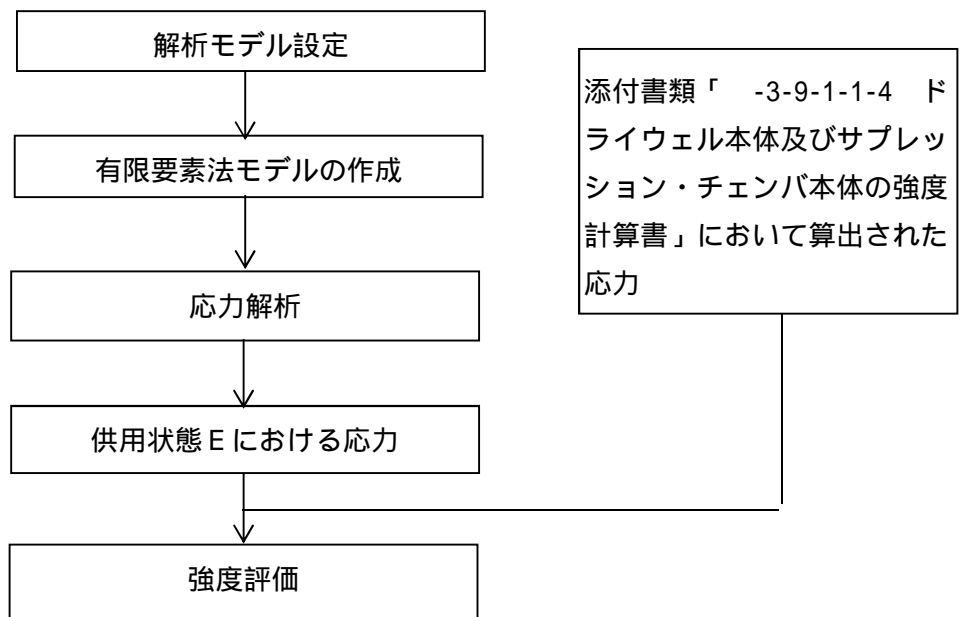


図 2-1 電気配線貫通部の強度評価フロー

2.3 適用基準

適用基準を以下に示す。

- (1) 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	縦弾性係数	MPa
L_i	各部位の長さ ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm
m_0	質量	kg
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
S_u	材料の設計引張強さ	MPa
t_i	各部位の板厚 ($i = 1, 2, 3 \dots$)	mm
	ポアソン比	-

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
力	N	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

電気配線貫通部の取付け状況，形状及び主要寸法を図 3-1 及び表 3-1 に，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，**高圧用でスリーブ口径の大きい** を解析モデルとして評価する。

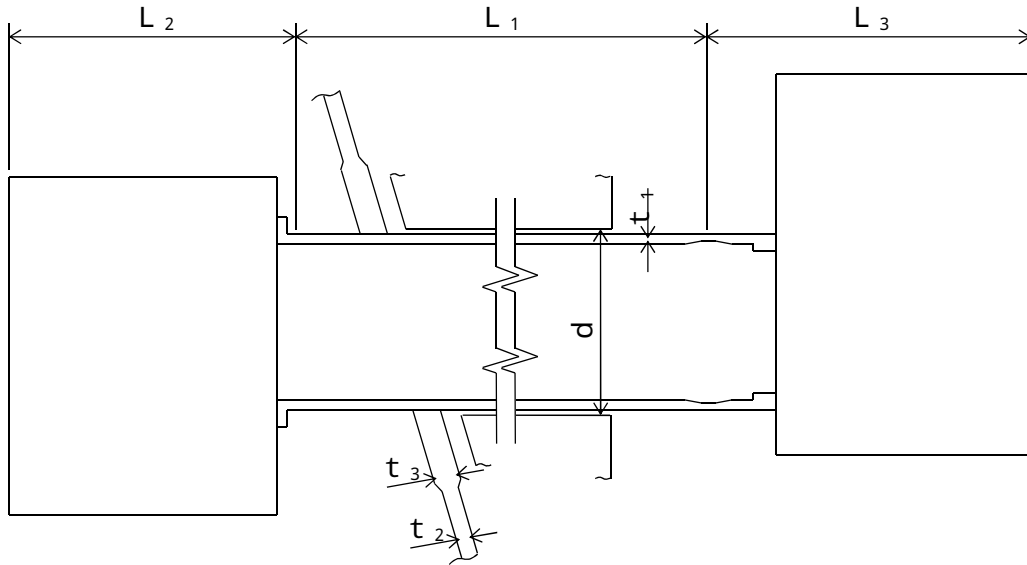


図 3-1 電気配線貫通部の形状

表 3-1 電気配線貫通部の寸法

(単位：mm)

貫通部番号	取付位置 (EL.)	d	t ₁	t ₂	t ₃	L ₁	L ₂	L ₃

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 	SGV480*
補強板	SGV49 相当 	SGV480*

注記 *：新 JIS を示す。

4. 強度評価

4.1 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自重、機械的荷重及び圧力荷重を用いて、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 荷重の組合せ及び供用状態

電気配線貫通部の荷重の組合せ及び供用状態の評価に用いるものを表 4-1 に示し、詳細な荷重の組合せは、添付書類「 -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、組み合わ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 4-2 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

電気配線貫通部の許容応力評価条件として重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-3 に示す。また、使用材料の許容応力のうち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-4 に示す。

表 4-1 荷重の組合せ及び供用状態（重大事故等対処設備）

施設区分		機器名称	機器等の区分	荷重の組合せ ^{*1}		供用状態
原子炉格納施設	原子炉格納容器	電気配線貫通部	重大事故等クラス2容器	$D + P_{SA}$	(SA1)	E ^{*2}

D : 死荷重

P_{SA} : 運転状態における圧力荷重

注記 *1:()内は添付書類「-1-8-1 原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」における表 3-11 重大事故等時の荷重の組合せの No. を示す。

*2 : 供用状態 E として供用状態 D の許容限界を用いる。

表 4-2 許容限界

供用状態	一次一般膜応力	一次応力 (曲げ応力を含む)
E [*]	$2/3 S_u$	$1.5 \times 2/3 S_u$

注記 * : 供用状態 E として供用状態 D の許容限界を用いる。

表 4-3 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	200	-	-	422	-

表4-4 許容応力

(単位：MPa)

材料	供用状態	許容応力	
		一次応力	
		P_m	$P_L + P_b$
SGV480	E	281*	422

注記 *：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たため、一次一般膜応力の評価結果の記載については省略する。

4.2.4 設計条件

- (1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

内圧 P_{SA} 620 kPa

温度 T_{SA} 200

- (2) 死荷重

- a. 電気配線貫通部の自重




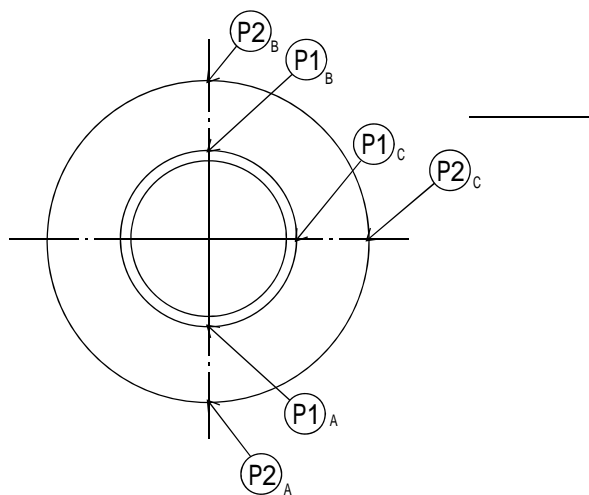
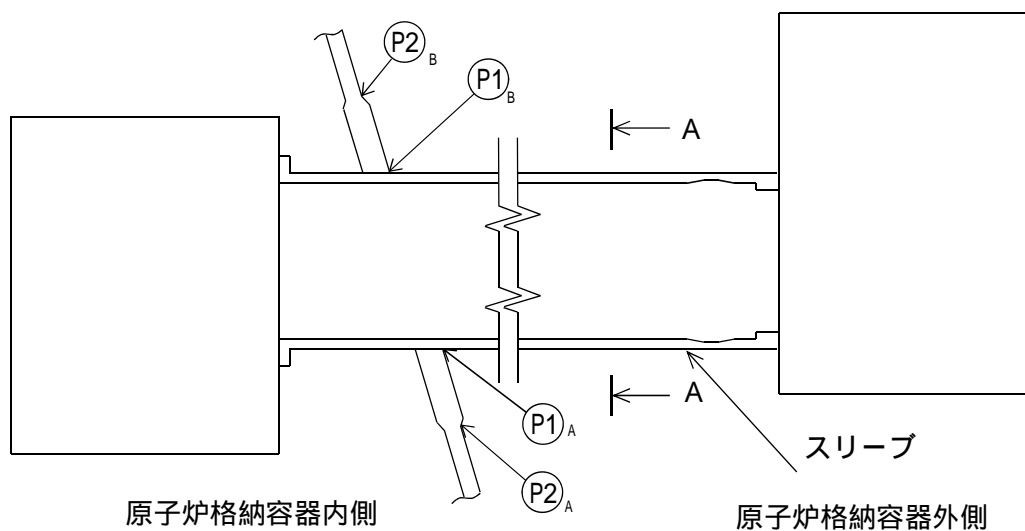
4.3 計算方法

4.3.1 応力評価点

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 4-5 及び図 4-1 に示す。

表 4-5 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取付部 (胴側) (P 1 - A ~ P 1 - C)
	P 2	補強板取付部 (胴側) (P 2 - A ~ P 2 - C)



A ~ A 矢視図

図 4-1 応力評価点

4.3.2 原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部及び補強板結合部に生じる応力の算出

(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による応力は、図 4-2 に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 4-6 に示す。

(2) 原子炉格納容器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及び死荷重による応力は、添付書類「 -3-9-1-1-4 ドライウェル本体及びサブプレッション・チェンバ本体の強度計算書」で解析した応力を用いる。

(3) 応力の足し合わせ

表 4-5 及び図 4-1 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「 -5-1 計算機プログラム(解析コード)の概要・MSC NASTRAN」に示す。

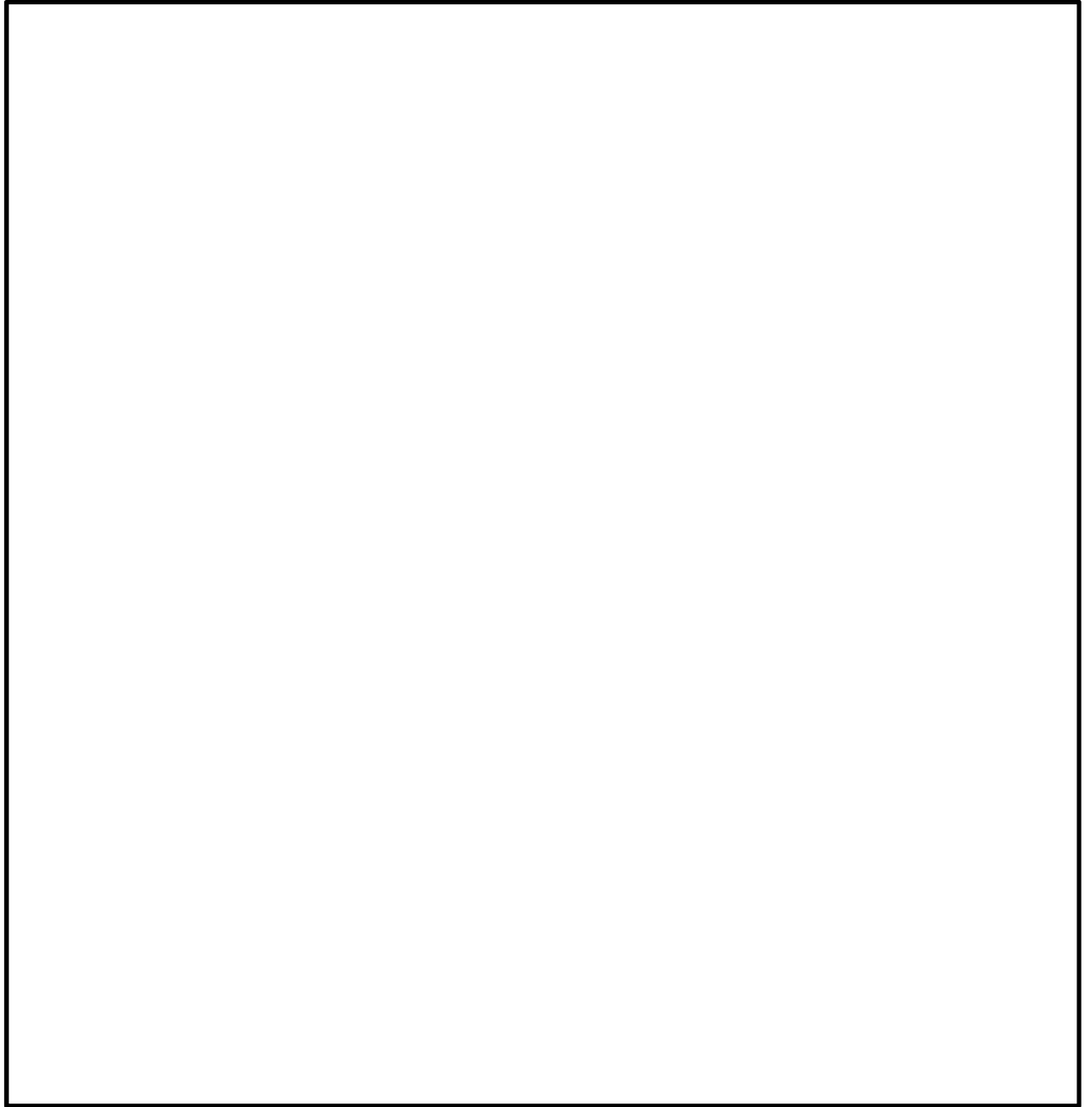


図 4-2 解析モデル

表 4-6 解析モデル諸元表

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)			-
縦弾性係数	E	MPa	- *2
ポアソン比		-	0.3
要素数	-	個	
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。

4.4 計算条件

応力解析に用いる自重及び荷重は、「4.2 荷重の組合せ及び許容限界」に示す。

4.5 応力の評価

「4.3 計算方法」で求めた応力は表 4-4 に記載される値以下であること。

5. 評価結果

5.1 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強度評価結果を以下に示す。発生値は評価基準値を満足している。

(1) 供用状態 E に対する評価

供用状態 E に対する応力評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 供用状態 E に対する評価結果 (D + P_{SA})

評価対象設備	評価部位		応力分類	E		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 + 一次曲げ応力強さ	207	422		
	P 1 - B	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜 + 一次曲げ応力強さ	215	422		
	P 1 - C	原子炉格納容器胴とスリーブとの結合部	一次膜 + 一次曲げ応力強さ	211	422		
	P 2 - A	補強板結合部	一次膜 + 一次曲げ応力強さ	207	422		
	P 2 - B	補強板結合部	一次膜 + 一次曲げ応力強さ	215	422		
	P 2 - C	補強板結合部	一次膜 + 一次曲げ応力強さ	211	422		