

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添3-009-20改01
提出年月日	2023年5月31日

VI-3-3-7-1-20 電気配線貫通部の強度計算書

S2 補 VI-3-3-7-1-20 R0

2023年5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	1
2.1 構造計画	1
2.2 評価方針	3
2.3 適用規格・基準等	3
2.4 記号の説明	4
2.5 計算精度と数値の丸め方	4
3. 評価部位	5
4. 構造強度評価	7
4.1 構造強度評価方法	7
4.2 荷重の組合せ及び許容応力	7
4.3 解析モデル及び諸元	10
4.4 計算方法	13
4.5 計算条件	14
4.6 応力の評価	14
5. 評価結果	15
5.1 重大事故等対処設備としての評価結果	15

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。

本計算書では、口径が大きく、荷重の大きくなる X-100A～D を代表貫通部として構造強度評価を実施する。

以下、重大事故等クラス2容器として、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「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、電気配線貫通部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	
<p>電気配線貫通部は、原子炉格納容器に支持される。</p>	<p>電気配線貫通部は、円筒形スリーブ、アダプタ及びフランジで構成され、両端部に内側接続箱と外側接続箱を有する鋼製構造物である。</p>	<p>電気配線貫通部</p> <p>ドライウエル</p> <p>スリーブ</p> <p>内側接続箱</p> <p>外側接続箱</p> <p>フランジ</p> <p>アダプタ</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、VI-1-8-1「原子炉格納施設の設計条件に関する説明書」及びVI-3-1-5「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」にて設定した荷重及び荷重の組合せ並びに許容限界に基づき、「3. 評価部位」にて設定する箇所において重大事故等時における温度、圧力による応力等が許容限界内に収まることを、「4. 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。

電気配線貫通部の構造強度評価フローを図2-1に示す。

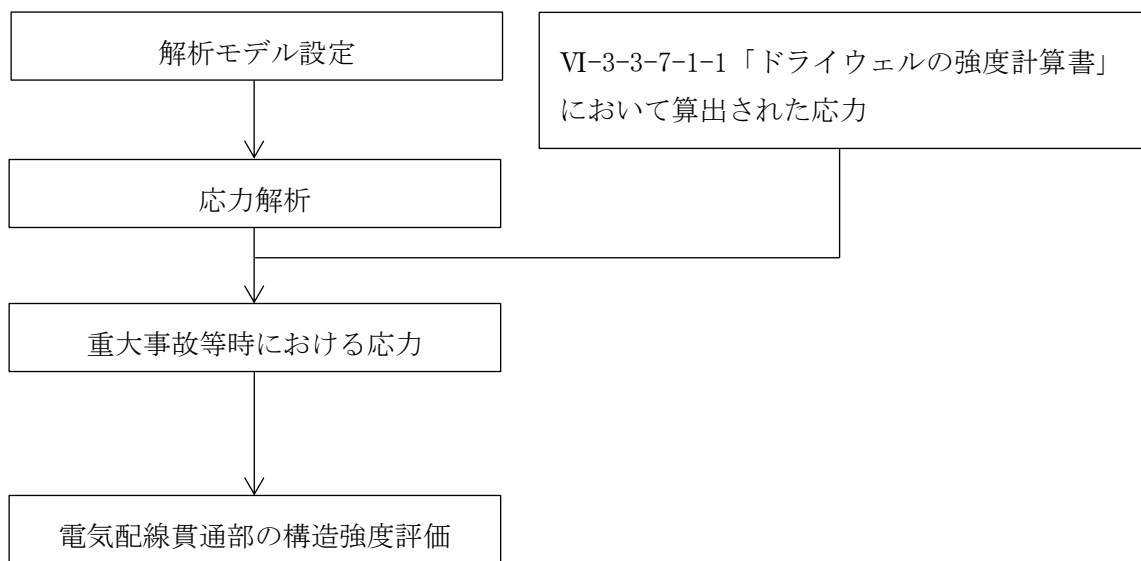


図2-1 電気配線貫通部の構造強度評価フロー

2.3 適用規格・基準等

適用規格・基準等を以下に示す。

- ・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）（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	死荷重	—
d_i	内径	mm
d_o	外径	mm
E	縦弾性係数	MPa
L_i	各部位の長さ ($i = 1, 2$)	mm
m_o	質量	kg
M_{SA}	機械的荷重 (SA後機械的荷重)	—
P_{SA}	圧力 (SA後圧力)	—, kPa
S	設計・建設規格 付録材料図表 Part5 表 3 に定める値	MPa
S_u	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・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°Cにおける値	MPa
T	温度	°C
T_{SA}	温度 (SA後温度)	°C
ν	ポアソン比	—

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
圧力	kPa	—	—	整数位
温度	°C	—	—	整数位
長さ	mm	—	—	整数位 ^{*1}
モーメント	N・mm	有効数字 5 桁目	四捨五入	有効数字 4 桁 ^{*2}
縦弾性係数	MPa	有効数字 4 桁目	四捨五入	有効数字 3 桁
算出応力	MPa	小数点以下第 1 位	切上げ	整数位
許容応力 ^{*3}	MPa	小数点以下第 1 位	切捨て	整数位

注記*1：設計上定める値が小数点以下第 1 位の場合は、小数点以下第 1 位表示とする。

*2：絶対値が 1000 以上のときは、べき数表示とする。

*3：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許容引張応力，設計降伏点及び設計引張強さは，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及び主要寸法を図 3-1 及び表 3-1 に、使用材料及び評価部位を表 3-2 に示す。

なお、電気配線貫通部のうち口径が最大である X-100A~D の形状及び寸法にて構造強度評価を行う。

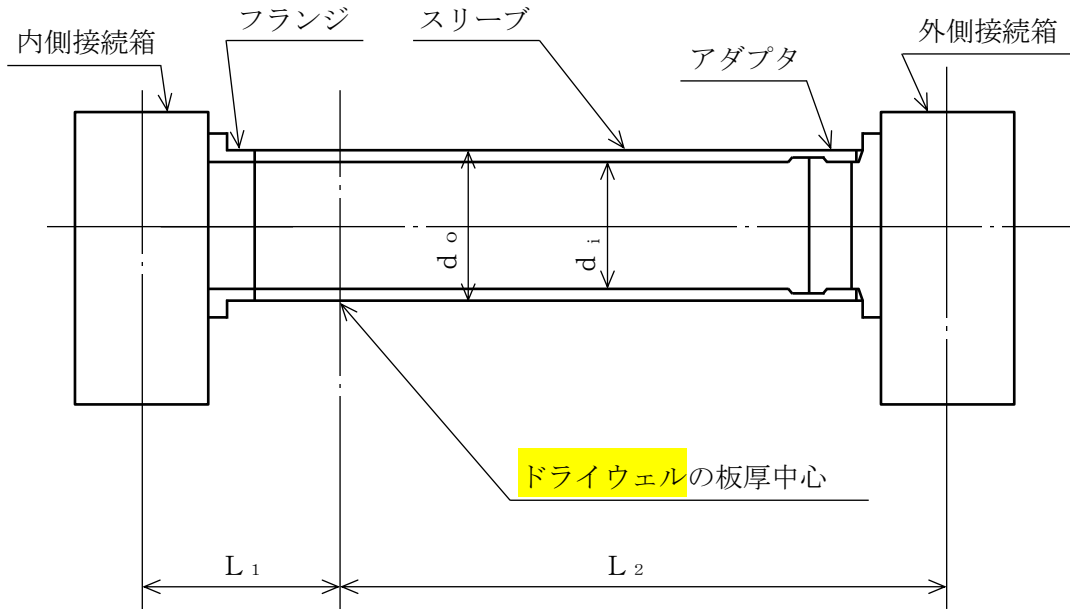


図 3-1 電気配線貫通部の形状及び主要寸法

表 3-1 電気配線貫通部の主要寸法 (単位: mm)

貫通部 番号	d_o	d_i	L_1	L_2
X-100A~D	□	□	□	□

表 3-2 使用材料表

評価部位	使用材料	備考
ドライウエル	SPV50	SPV490 相当
アダプタ	STS42	STS410 相当
フランジ	SGV49	SGV480 相当
スリーブ	STS42	STS410 相当

4. 構造強度評価

4.1 構造強度評価方法

- (1) 電気配線貫通部の構造強度評価として、電気配線貫通部に作用する自重及び圧力荷重を用いて、構造強度評価を行う。
- (2) 構造強度評価に用いる寸法は、公称値を用いる。
- (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応力

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うち、重大事故等対処設備の評価に用いるものを表 4-1 に示す。

詳細な荷重の組合せは、VI-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 許容応力

電気配線貫通部の許容応力はVI-3-1-5「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、表 4-2 に示すとおりとする。

4.2.3 使用材料の許容応力評価条件

電気配線貫通部の使用材料の許容応力評価条件のうち、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。

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	$D + P_{SA} + M_{SA}$	(V (S) -1) (V (S) -2)	重大事故等時*2

注記*1：() 内はVI-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5-3の荷重の組合せのNo.を示す。

*2：重大事故等時として供用状態Dの許容限界を用いる。

表4-2 重大事故等クラス2容器の許容応力

応力分類 供用 状態	一次一般膜応力	一次膜応力+一次曲げ応力
重大事故 等時*	$2/3 \cdot S_u$	$1.5 \times 2/3 \cdot S_u$

注記*：重大事故等時として供用状態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）

評価部材	材料	温度条件 (°C)		S (MPa)	S _y (MPa)	S _u (MPa)	S _y (RT) (MPa)
		周囲環境 温度	200				
ドライウエル	SPV50*	周囲環境 温度	200	—	—	545	—

注記*：SPV490 相当を示す。

4.2.4 設計荷重

(1) 重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度

重大事故等対処設備としての評価圧力及び評価温度は、以下のとおりとする。

内圧 P_{SA} 853 kPa (SA後)

温度 T_{SA} 200 °C (SA後)

(2) ドライウェルの自重による鉛直荷重

ドライウェルの自重による鉛直荷重は、VI-3-3-7-1-1「ドライウェルの強度計算書」に示すとおりである。

(3) 電気配線貫通部の自重による鉛直荷重

「4.4.1 応力評価点」の応力評価点に作用する電気配線貫通部の自重による鉛直荷重は、以下のとおりとする。

鉛直荷重 N・mm

4.3 解析モデル及び諸元

(1) 重大事故等対処設備としての解析モデル

解析モデルの概要を以下に示す。

a. 電気配線貫通部の解析モデルは、3次元シェルモデルによる有限要素解析手法を適用する。解析モデルを図4-1に、機器の諸元について表4-4に示す。

b. 電気配線貫通部の自重による鉛直荷重として、電気配線貫通部先端に単位荷重を負荷する。

c.

d. 解析コードは「MSC NASTRAN」を使用し、応力を求める。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、VI-5「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

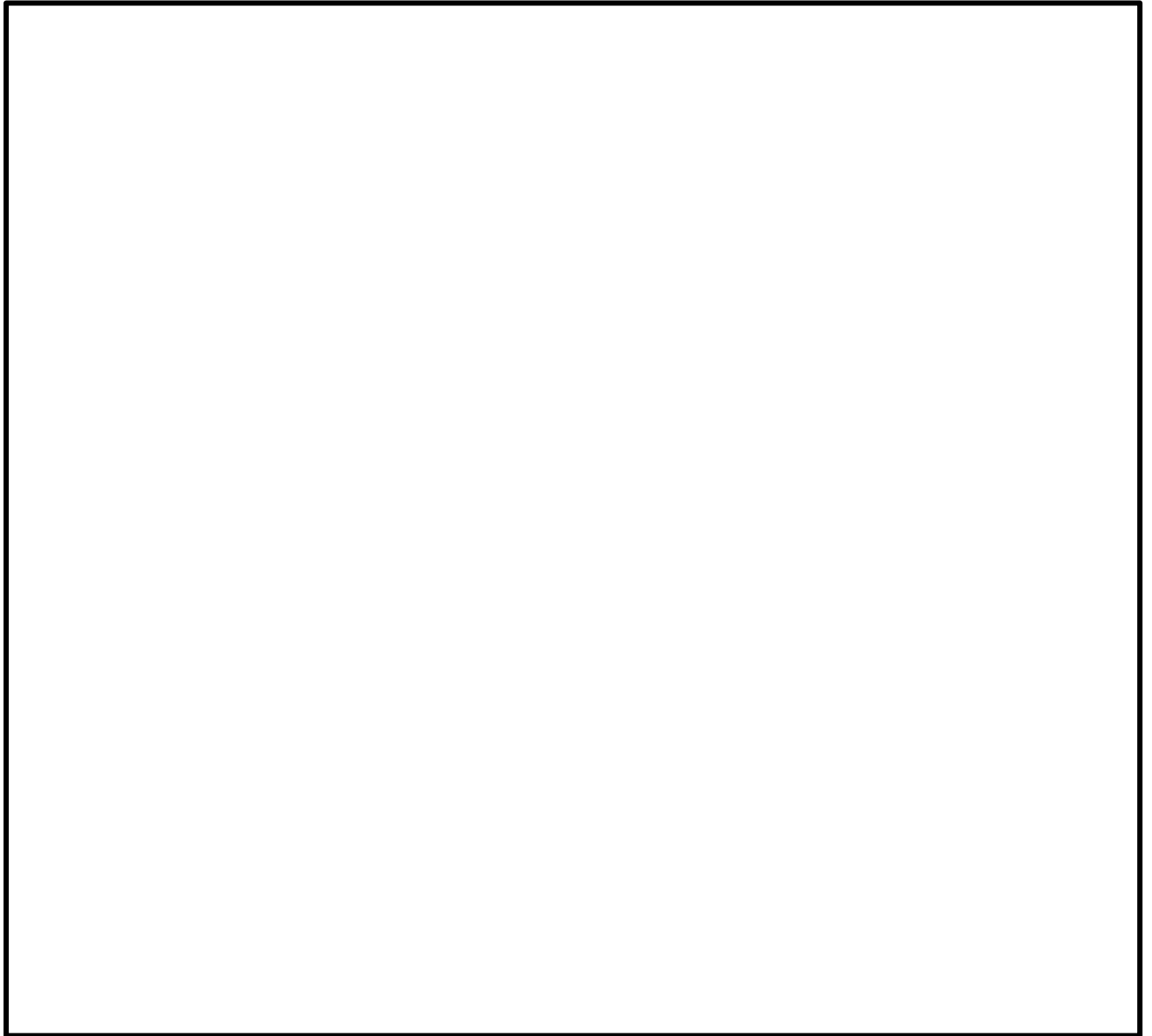


図 4-1 電気配線貫通部の解析モデル (X-100A～D)

表 4-4 機器諸元

項目	記号	単位	入力値
材質	—	—	SPV50 (SPV490相当) STS42 (STS410相当)
質量	m _o	kg	—*
温度条件	T	°C	57
縦弾性係数	E	MPa	201000
ポアソン比	ν	—	0.3
要素数	—	—	<input type="text"/>
節点数	—	—	<input type="text"/>

注記*：単位荷重による解析のため，質量は定義不要

4.4 計算方法

4.4.1 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 4-5 及び図 4-2 に示す。

表 4-5 応力評価点

応力評価点番号	応力評価点
P 1	ドライウェルとスリーブとの結合部 (P 1-A~P 1-C)

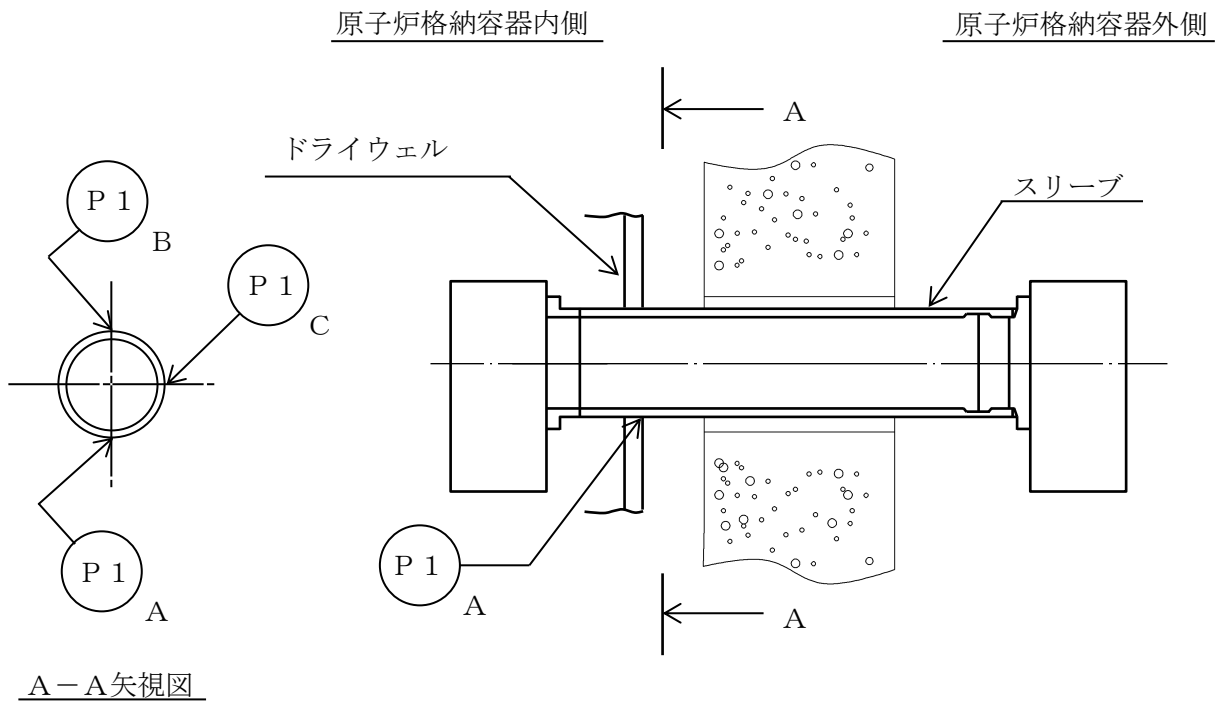


図 4-2 電気配線貫通部の応力評価位置

4.4.2 応力計算方法

電気配線貫通部の応力計算方法について以下に示す。

(1) 重大事故等対処設備としての応力計算

a. 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自重による応力を 4.3 項の解析モデルにて算出する。

b. 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自重による応力は、VI-3-3-7-1-1「ドライウエルの強度計算書」において算出された応力を用いる。

c. 応力の組合せ

応力評価点 P1 の応力は、a. 項で求めた電気配線貫通部に作用する荷重による応力と、b. 項で求めた原子炉格納容器に作用する荷重による応力を組み合わせることで算出する。

4.5 計算条件

応力計算に用いる荷重を、「4.2 荷重の組合せ及び許容応力」に示す。

4.6 応力の評価

「4.4 計算方法」で求めた応力が許容応力以下であること。

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時の状態を考慮した場合の構造強度評価結果を以下に示す。
発生値は許容限界を満足している。

(1) 構造強度評価結果

構造強度評価結果を表 5-1 に示す。

表 5-1 重大事故等時に対する評価結果 (D + P_{SA} + M_{SA})

評価対象 設備	評価部位	材料	温度 条件 (°C)	応力分類	重大事故等時		判定	荷重の 組合せ*	備考
					算出応力 MPa	許容応力 MPa			
電気配線 貫通部 (X-100A~D)	P1-A ドライウエルと スリーブとの結合部	SPV50	200	一次膜応力 + 一次曲げ応力	214	545	○	(V (S) -1)	SPV490 相当
	P1-B ドライウエルと スリーブとの結合部	SPV50	200	一次膜応力 + 一次曲げ応力	230	545	○	(V (S) -1)	SPV490 相当
	P1-C ドライウエルと スリーブとの結合部	SPV50	200	一次膜応力 + 一次曲げ応力	223	545	○	(V (S) -1)	SPV490 相当

注記* : () 内はVI-1-8-1「原子炉格納施設的设计条件に関する説明書」における表 5-3 の荷重の組合せの No. を示す。