

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機	設計及び工事計画審査資料
資料番号	KK6 補足-028-10-53 改0
提出年月日	2024年1月15日

下部ドライウェルアクセストンネルの耐震・強度計算に関する  
補足説明資料

2024年1月

東京電力ホールディングス株式会社

## 目 次

### 下部ドライウェルアクセストンネル解析モデルへの荷重及び変位入力方法と境界条件について

1. 概要 .....	1
2. FEM モデルへの変位・荷重入力方法についてのイメージ図 .....	1
3. 半割部における境界条件設定の理由 .....	7

### 下部ドライウェルアクセストンネルへ入力する相対変位の妥当性について

1. 概要 .....	8
2. 相対変位の算出方法 .....	8
3. 相対変位の算出結果 .....	8
4. まとめ .....	12

下部ドライウェルアクセストンネル解析モデルへの  
荷重及び変位入力方法と境界条件について

1. 概要

本申請の下部ドライウェルアクセストンネル FEM モデルは既工認同様 1/2 モデルを用いており、荷重及び変位の入力方法や境界条件がフルモデルに比べて複雑なため、本資料で荷重及び変位の入力方法をイメージ図で示し、1/2 モデル境界条件の設定についての詳細を示すものとする。

本資料が関連する設工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-9-4-8-1 「下部ドライウェルアクセストンネルの耐震性についての計算書」
- ・ VI-3-3-6-3-1 「下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書」

2. FEM モデルへの変位・荷重入力方法についてのイメージ図

下部ドライウェルアクセストンネルの FEM モデルを図 1 に示す。下部ドライウェルアクセストンネルの評価では、表 1 に示す荷重の種類ごとに図 1 に示す解析モデルを用いて応力を算出し、それらを荷重の組み合わせに従い足し合わせることで応力を算出する。

荷重の種類ごとの荷重入力イメージを図 2～図 8 に示す。



図 1 解析モデル

表 1 荷重の種類

荷重名称	荷重の種類	境界条件		備考
		対称面	両端部*	
固有値	固有値 (逆対称)	逆対称		図 2
	固有値 (対称)	対称		
圧力	内圧	対称		図 3
相対変位	相対変位 (X 方向)	逆対称		図 4
	相対変位 (Y 方向)	対称		
	相対変位 (Z 方向)	対称		
地震 (加速度)	加速度 (X 方向)	逆対称		図 5
	加速度 (Y 方向)	対称		
	加速度 (Z 方向)	対称		
地震 (応答スペクトル解析)	Sd 地震 (X 方向)	逆対称		図 6
	Sd 地震 (Y 方向)	対称		
	Sd 地震 (Z 方向)	対称		
	Ss 地震 (X 方向)	逆対称		
	Ss 地震 (Y 方向)	対称		
	Ss 地震 (Z 方向)	対称		
水力学的 動荷重	蒸気凝縮振動荷重	対称	図 7	
	チャギング荷重	対称		
	逃がし安全弁作動時 荷重	対称		
浮力	浮力	対称	図 8	

注記\*：原子炉格納容器側及び原子炉本体基礎側を示す。

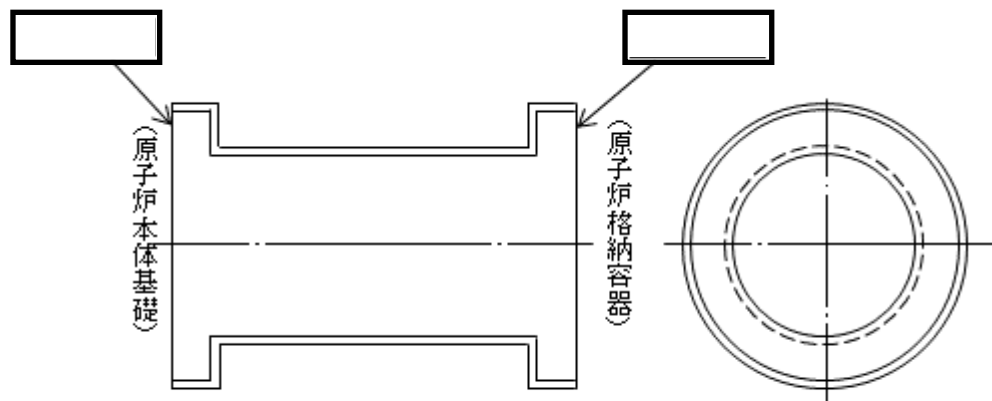


図2 解析モデルのイメージ (固有値)

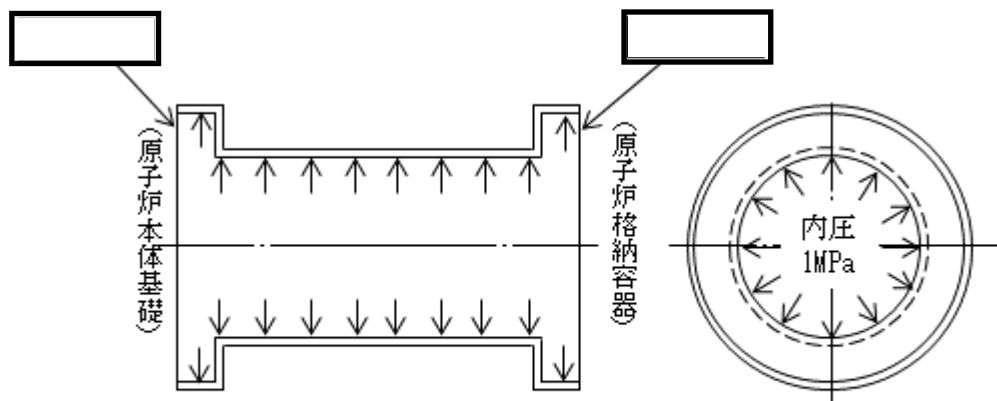
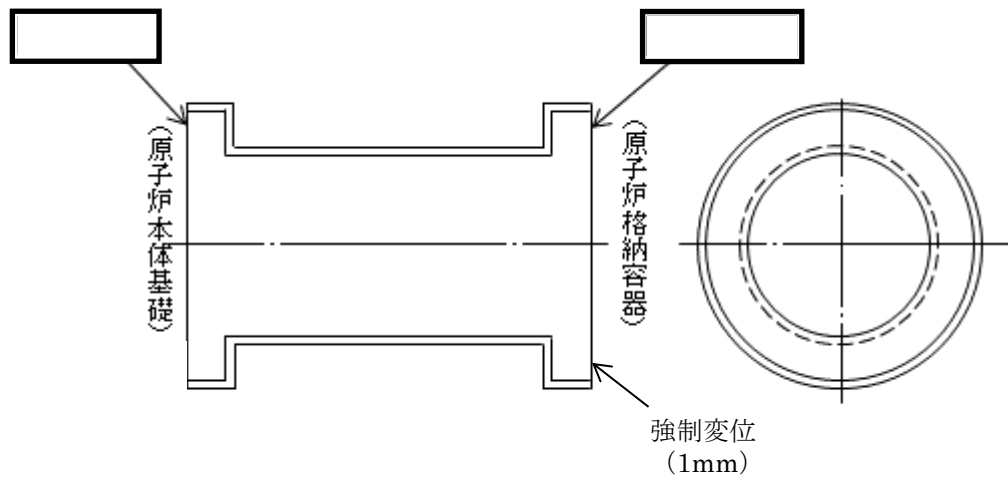
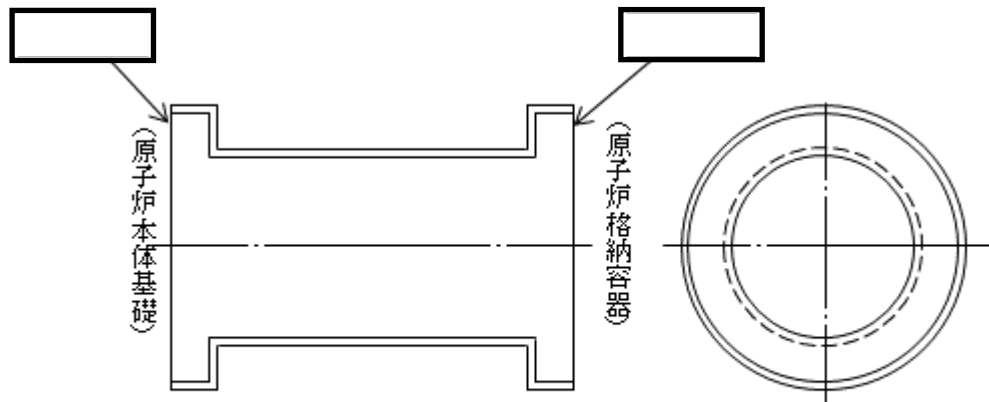


図3 解析モデルのイメージ (内圧 1MPa)



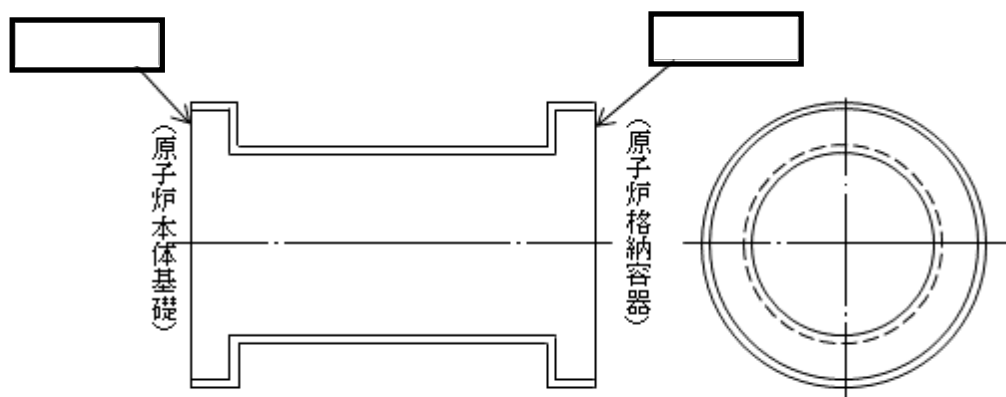
※原子炉格納容器側に強制変位を入力する。

図4 解析モデルのイメージ (相対変位 1mm)



注) 加速度方向に 1G (9.80665m/s<sup>2</sup>) を加える。

図5 解析モデルのイメージ (加速度 1G)



※床応答スペクトルは両端の拘束部から入力する。

図6 解析モデルのイメージ (応答スペクトル解析)

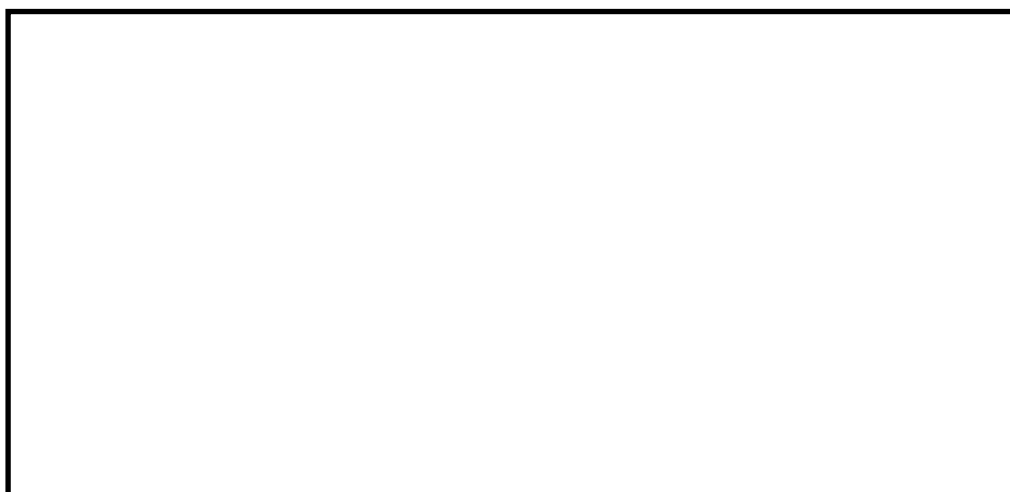


図7 解析モデルのイメージ (水力学的動荷重)

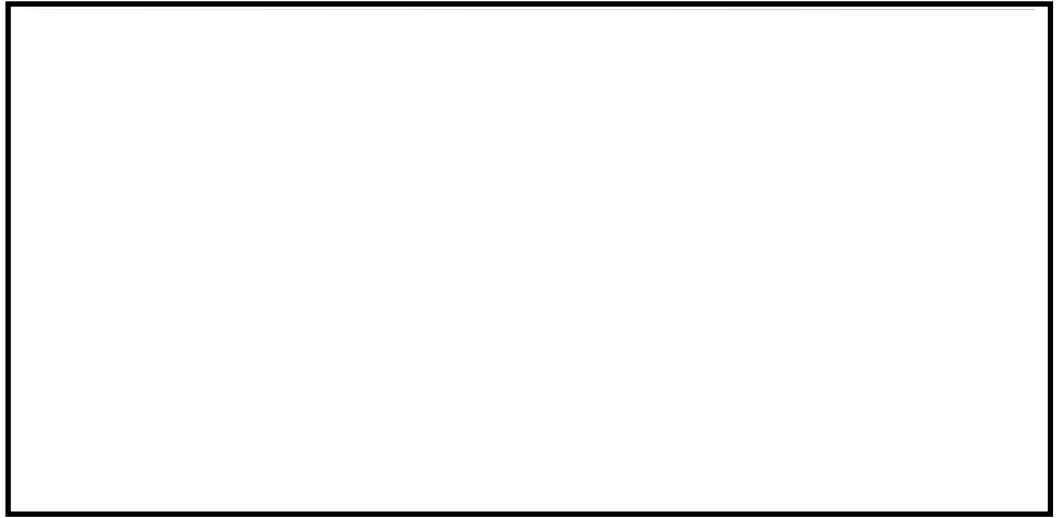


図8 解析モデルのイメージ (浮力)



### 3. 半割部における境界条件設定の理由

下部ドライウェルアクセストンネルの解析モデルは、構造の対称性から 1/2 モデルとしている（図 1）。1/2 モデルの境界部における境界条件は、入力する荷重の方向に応じて「対称境界」と「逆対称境界」を使い分けしている。境界条件の使い分けを整理した結果を表 2 に示す。

以上のことから、図 1 の解析モデルの境界部において、

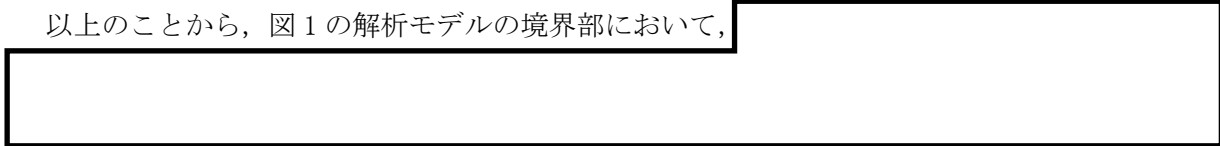
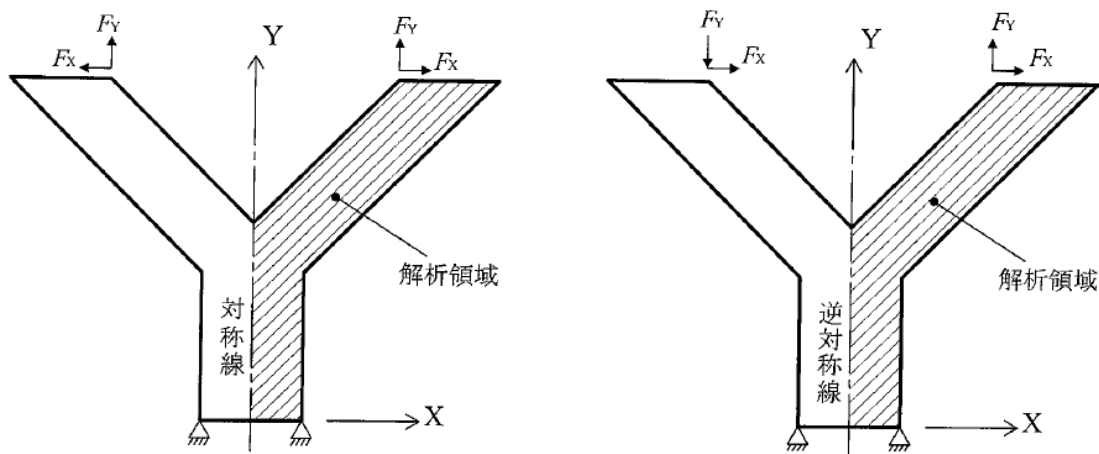


表 2 半割部における境界条件の使い分け

対称境界	構造に対称荷重が作用する場合に適用する。 解析対象からはずした領域の解析結果は、解析領域と対称となる。イメージ図を図 9 に示す。
逆対称境界	構造に逆対称荷重が作用する場合に適用する。 解析対象からはずした領域の解析結果は、解析領域と逆対称となる。イメージ図を図 9 に示す。



(a) 対称境界

(b) 逆対称境界

図 9 境界条件設定のイメージ図※

※ 出典：構造解析のための有限要素法実践ハンドブック（発行：森北出版株式会社）

## 下部ドライウェルアクセストンネルへ入力する相対変位の妥当性について

### 1. 概要

下部ドライウェルアクセストンネルは、原子炉格納容器と原子炉本体の基礎の間にある構築物のため、これらの構築物の相対変位を考慮した設計を行っている。

本書では下部ドライウェルアクセストンネルへ入力する相対変位の妥当性を確認するために、相対変位算出の詳細を示す。

本資料が関連する設工認図書は以下のとおり。

- ・ VI-2-9-4-8-1 「下部ドライウェルアクセストンネルの耐震性についての計算書」
- ・ VI-3-3-6-3-1 「下部ドライウェルアクセストンネルの強度計算書」

### 2. 相対変位の算出方法

下部ドライウェルアクセストンネルに入力する相対変位は、既工認同様に水平地震による相対変位を除いて、原子炉格納容器と原子炉本体の基礎をモデル化した RCCV 躯体解析結果から求め、水平地震による相対変位は躯体解析結果と大型機器連成モデルによる相対変位の和とする。なお、既工認にはなかった大型機器連成モデルによる鉛直方向の相対変位は、水平方向の相対変位に包絡されることから、水平地震による相対変位の鉛直方向（Z 軸成分）変位についても、水平方向の相対変位を用いることとする。

RCCV 躯体解析結果には 2 基のアクセストンネル（機器搬入用ハッチ側と所員用エアロック側）の包絡値を用い、10%の設計マージンを考慮する。以下に算出式を示す。

<水平地震以外の相対変位算出方法>

アクセストンネル評価用相対変位

$= 1.1 \times \text{RCCV 躯体相対変位 (Max(機器搬入用ハッチ側, 所員用エアロック側))}$

<水平地震の相対変位算出方法>

アクセストンネル評価用相対変位

$= 1.1 \times \{ \text{RCCV 躯体相対変位 (Max(機器搬入用ハッチ側, 所員用エアロック側))} \\ + \text{大型機器連成モデルの相対変位} \}$

### 3. 相対変位の算出結果

各評価条件における下部ドライウェルアクセストンネルの相対変位の算出結果を表 1～3 に示す。

表1 下部ドライウェルアクセストンネルの相対変位（設計基準対象施設）：耐震計算書用

(単位：mm)

項目	RCCV 躯体解析結果 (a)			大型機器連成モデル算出値 (b)			本申請記載値 ((a)と(b)の合算値*1,2)		
	水平方向		鉛直 方向	水平方向		鉛直 方向	水平方向		鉛直 方向
	軸直角 方向	軸 方向		軸直角 方向	軸 方向		軸直角 方向	軸 方向	
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
荷重									
最高使用圧力 (外圧)									
鉛直方向 S d *地震									
水平方向 S d *地震									
鉛直方向 S s 地震									
水平方向 S s 地震									
熱荷重 (通常運転時)									
熱荷重 (異常時 (2))									
逃がし安全弁作動時荷重									

注記\*1：解析結果に10%の裕度を考慮したもの。

\*2：水平方向地震荷重はRCCV躯体解析結果と大型機器連成モデル算出値（水平方向と鉛直方向）を足し合わせる。

\*3：大型機器連成モデルの水平地震用モデルによる水平地震相対変位とする。なお、本値は大型機器連成モデルの鉛直地震用モデルによる鉛直地震相対変位（S d \*地震：0.3mm，S s 地震：0.5mm）を包絡する。

表2 下部ドライウェルアクセストンネルの相対変位（重大事故等対処設備）：耐震計算書用

(単位：mm)

項目	RCCV 躯体解析結果 (a)			大型機器連成モデル算出値 (b)			本申請記載値 ((a)と(b)の合算値* <sup>1,2</sup> )		
	水平方向		鉛直 方向	水平方向		鉛直 方向	水平方向		鉛直 方向
	軸直角 方向	軸 方向		軸直角 方向	軸 方向		軸直角 方向	軸 方向	
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
荷重									
内圧 (S A後長期 : D/W 620kPa, S/C 620kPa)									
内圧 (S A後長々期 : D/W 150kPa, S/C 150kPa)									
差圧 (S A後長期 : D/W 620kPa, S/C 447kPa)									
差圧 (S A後長々期 : D/W 150kPa, S/C 50kPa)									
鉛直方向 S d 地震 (S A後長期)									
水平方向 S d 地震 (S A後長期)									
鉛直方向 S s 地震 (S A後長々期)									
水平方向 S s 地震 (S A後長々期)									
チャギング荷重 (S A後長期)									

注記\*1：解析結果に10%の裕度を考慮したもの。

\*2：水平方向地震荷重はRCCV躯体解析結果と大型機器連成モデル算出値（水平方向と鉛直方向）を足し合わせる。

\*3：大型機器連成モデルの水平地震用モデルによる水平地震相対変位とする。なお、本値は大型機器連成モデルの鉛直地震用モデルによる鉛直地震相対変位（S d\*地震：0.3mm, S s地震：0.5mm）を包絡する。

表3 下部ドライウェルアクセストンネルの相対変位（重大事故等対処設備）：強度計算書用

(単位：mm)

項目	RCCV 躯体解析結果 (a)			大型機器連成モデル算出値 (b)			本申請記載値 ((a)と(b)の合算値*)		
	水平方向		鉛直 方向	水平方向		鉛直 方向	水平方向		鉛直 方向
	軸直角 方向	軸 方向		軸直角 方向	軸 方向		軸直角 方向	軸 方向	
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
荷重									
内圧 (S A後 : D/W 620kPa, S/C 620kPa)									
内圧 (S A後 : D/W 310kPa, S/C 310kPa)									
差圧 (S A後 : D/W 620kPa, S/C 447kPa)									
差圧 (S A後 : D/W 520kPa, S/C 620kPa)									
蒸気凝縮振動荷重 (S A後)									
チャギング荷重 (S A後)									
逃がし安全弁作動時荷重 (S A後)									

二

注記\*：解析結果に10%の裕度を考慮したもの。

#### 4. まとめ

下部ドライウェルアクセストンネルに入力する相対変位は原子炉格納容器と原子炉本体の基礎をモデル化した RCCV 躯体解析結果から算出しており，水平地震に対しては大型機器連成モデルの結果も考慮していることから妥当である。また，設計マージンも考慮し，保守的な設定としている。