

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-026-17 改1
提出年月日	2024年2月6日

主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての  
計算書に係る補足説明資料

2024年2月

東京電力ホールディングス株式会社

別紙 1 主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの  
基準地震動  $S_s$  に対する閉機能維持について

## 目 次

1. 概要	別紙 1-1
2. 評価方針	別紙 1-2
3. S s 閉機能維持評価	別紙 1-3
3.1 固有周期の確認	別紙 1-3
3.2 設計用地震力	別紙 1-4
3.3 評価方法	別紙 1-5
3.3.1 地震荷重	別紙 1-5
3.3.2 開放荷重	別紙 1-5
3.4 評価結果	別紙 1-6

## 1. 概要

本資料は、VI-2-9-3-1-2「主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」における閉機能維持評価について、基準地震動  $S_s$  に対する閉機能維持評価を補足的に説明するものである。

## 2. 評価方針

基準地震動  $S_s$  による地震荷重に対し、主蒸気系トンネル室ブローアウトパネル（以下「MS トンネル室 BOP」という。）が開放しないこと（以下「 $S_s$  閉機能維持」という。）を確認する。具体的には、モックアップ試験体の振動試験により固有振動数を計測し、基準地震動  $S_s$  による地震荷重が、MS トンネル室 BOP の開放荷重を下回ることを確認する。

評価フローを図 2-1 に示す。

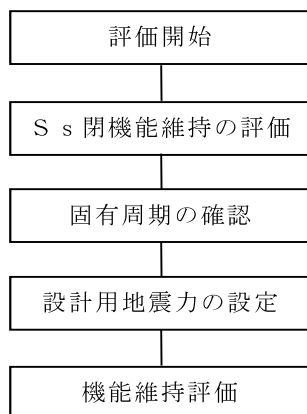


図 2-1 MS トンネル室 BOP の評価フロー

### 3. S s 閉機能維持評価

MS トンネル室 BOP に作用する基準地震動 S s による地震荷重が, 開放荷重を下回ることを確認する。

#### 3.1 固有周期の確認

MS トンネル室 BOP の閉機能維持評価に係る面外方向 (EW 方向) の固有周期は, VI-2-9-3-1-2 「主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」においてモックアップ試験体の振動試験にて, 固有周期が最も長くなる No.7 パネルで,  秒 (固有振動数は  Hz) であり, 固有振動数が 20Hz 以上であることを確認している。そのため, 「3.2 設計用地震力」では, 剛構造として評価する。

### 3.2 設計用地震力

評価に用いる設計用地震力を表 3-1 に示す。

「基準地震動  $S_s$ 」による地震力は、VI-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。評価に用いる震度は、保守的な評価とするため、MS トンネル室 BOP 設置階の上階 (T.M.S.L. 23.5m) の値とする。

なお、MS トンネル室 BOP を閉止する止板は、枠部に作用する鉛直震度により応力が発生しない機構であるため、鉛直震度に対する  $S_s$  閉機能維持評価は行わない。

表 3-1 設計用地震力

据付場所 及び 床面高さ (m)	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 $S_s$	
	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
原子炉建屋 T.M.S.L. 23.5	□*	0.05 以下	—	—	$C_H = 1.01$	$C_V = 0.94$

注記\*：面外方向 (EW 方向) の値を示す。

### 3.3 評価方法

#### 3.3.1 地震荷重

基準地震動  $S_s$  による地震荷重は、「3.2 設計用地震力」で示した水平震度を用いて、次式により算定する。

$$F_H = W \cdot C_H \cdot g \dots\dots\dots (3.1)$$

$F_H$  : 地震荷重 (N)

$W$  : MS トンネル室 BOP の質量 (=375kg\*)

$C_H$  : 水平震度 (=1.01)

$g$  : 重力加速度 (=9.80665m/s<sup>2</sup>)

注記\* : No.7 パネルの質量を示す。

#### 3.3.2 開放荷重

MS トンネル室 BOP の開放荷重は、VI-1-1-7 「安全設備及び重大事故等対処設備が使用される条件の下における健全性に関する説明書」のうちVI-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に示す実機大モックアップ試験にて得られた開放荷重とする。なお、MS トンネル室 BOP の実機大モックアップ試験は No.7 パネルで実施したことから、その他のパネルについては、実機大モックアップ試験結果より得られた静止摩擦係数  を基に保守的に設定した静止摩擦係数  を用いて算出したパネル下部の摩擦力及びVI-1-1-7-別添4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」にて設定した止板仕様における止板耐力より開放荷重を算定する。



### 3.4 評価結果

MS トンネル室 BOP の基準地震動  $S_s$  による地震荷重と実機大モックアップ試験にて得られた開放荷重を比較した評価結果を表 3-2 に示す。また、基準地震動  $S_s$  による地震荷重とパネル下部の摩擦力及び止板耐力より算定した開放荷重を比較した評価結果を表 3-3 に示す。

MS トンネル室 BOP は、いずれのパネルにおいても基準地震動  $S_s$  による地震荷重に対し、開放しないことを確認した。

表 3-2 評価結果 (No.7 パネル)

試験	①開放荷重 (kN)	②基準地震動 $S_s$ による地震荷重 (kN)	判定 (①>②)
試験 1	<input type="text"/>	3.7	○
試験 2	<input type="text"/>		○
試験 3	<input type="text"/>		○

表 3-3 評価結果 (全パネル)

パネル No.	質量 (kg)	摩擦係数	①摩擦力 (kN)	②止板耐力 (kN)	③開放荷重 (①+②) (kN)	水平震度	④基準地震動 $S_s$ による地震荷重 (kN)	判定 (③>④)
1	207	<input type="text"/>	<input type="text"/>	2.95	<input type="text"/>	1.01	2.1	○
2	379		<input type="text"/>	6.47	<input type="text"/>		3.8	○
3	240		<input type="text"/>	3.56	<input type="text"/>		2.4	○
4	270		<input type="text"/>	4.31	<input type="text"/>		2.7	○
5	325		<input type="text"/>	5.35	<input type="text"/>		3.2	○
6	315		<input type="text"/>	5.35	<input type="text"/>		3.1	○
7	375		<input type="text"/>	6.47	<input type="text"/>		3.7	○
8	315		<input type="text"/>	5.35	<input type="text"/>		3.1	○

別紙 2 主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの  
枠部を考慮した固有周期の評価について

## 目 次

1. 概要	別紙 2-1
2. 固有値解析の解析条件	別紙 2-1
3. 解析結果	別紙 2-4
4. まとめ	別紙 2-5

## 1. 概要

本資料は、VI-2-9-3-1-2「主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」において、主蒸気系トンネル室ブローアウトパネル（以下「MS トンネル室 BOP」という。）の閉機能維持評価に係る面外方向（EW 方向）の固有周期として、モックアップ試験体の振動試験より算出した固有周期を用いることの妥当性を補足的に説明する資料である。

## 2. 固有値解析の解析条件

枠部を考慮した MS トンネル室 BOP の固有値解析方法を以下に示す。固有周期は、枠部をモデル化した有限要素法（以下、「FEM」という。）による固有値解析にて求める。

固有値解析に用いる FEM 解析モデルの概要を図 2-1 に、材料及び部材の諸元を表 2-1 に、部材の配置を図 2-2 に示す。

枠部を考慮した MS トンネル室 BOP は、ブローアウトパネルを支持する鉄骨部材とブローアウトパネル以外の鋼板をモデル化する。各鉄骨部材は軸、曲げ変形を考慮した梁要素としてモデル化し、鋼板はシェル要素でモデル化する。なお、パネル本体については、重量のみを上下の梁要素位置に考慮する。

MS トンネル室壁面に支持されている外周部節点は、並進成分（水平並びに鉛直）を固定とする。また、各部材の接合部はフランジを接合していないことから、部材端部はピン接合とする。柱・梁部材は、タービン建屋側のフランジ外面が同一平面上にあり、鋼板はタービン建屋側のフランジ面に設置されているため、モデル化にあたっては、柱・梁部材及び鋼板の偏心をオフセットとして考慮する。

なお、固有値解析の解析コードには「MSC NASTRAN」を用いる。

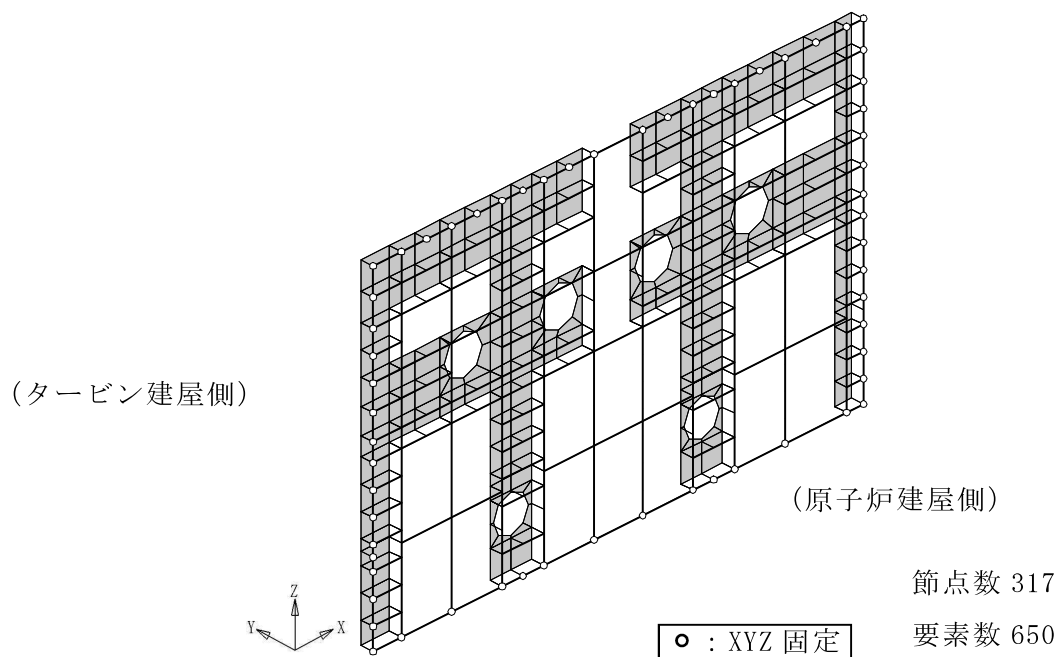


図 2-1 FEM 解析モデル

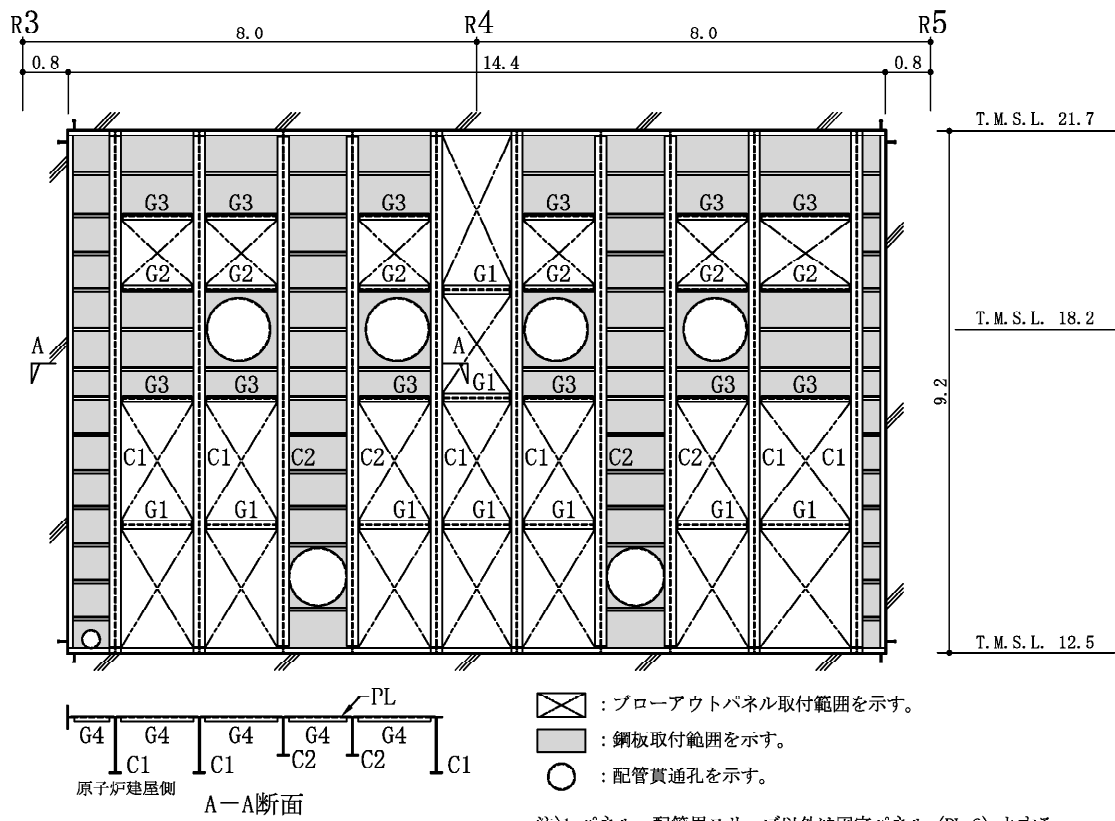
表 2-1 材料及び部材の諸元

(a) 材料定数 (SS400)

項目	値
ヤング係数	205000 N/mm <sup>2</sup>
せん断弾性係数	79000 N/mm <sup>2</sup>

(b) 使用部材

部材	使用部材
C1	BH-700~1000×200×16×25
C2	BH-450~700×200×16×22
G1	
G2	
G3	
G4	L-65×65×6
PL	PL-6



注)1. パネル、配管用スリーブ以外は固定パネル (PL-6) とする。  
 2. 特記なき部材はG4とする。

図 2-2 部材の配置 (単位:m)

### 3. 解析結果

固有値解析結果を表 3-1 に、固有モードを図 3-1 に示す。枠部を考慮した MS トンネル室 BOP の面外方向 (EW 方向) 1 次固有周期は  秒  (Hz) であり、固有振動数が 20Hz 以上であることを確認した。

表 3-1 固有値解析結果

モード	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
1 次	<input type="text"/>	<input type="text"/>

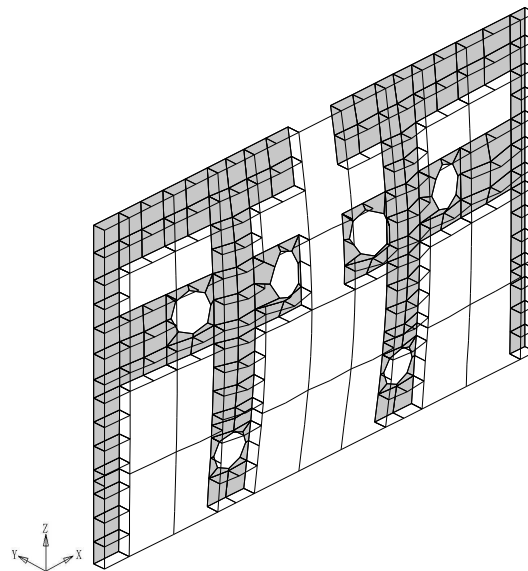


図 3-1 枠部を考慮した MS トンネル室 BOP の固有モード ( Hz)

#### 4. まとめ

MS トンネル室 BOP の固有周期確認結果を表 4-1 に示す。モックアップ試験体の振動試験結果と固有値解析結果を比較し、振動試験結果の固有周期 [ ] 秒 [ ] Hz) が固有値解析の固有周期 [ ] 秒 [ ] Hz) を上回ることが確認できた。以上より、VI-2-9-3-1-2「主蒸気系トンネル室ブローアウトパネルの耐震性についての計算書」の Sd 閉機能維持評価において、振動試験結果の固有周期を用いることの妥当性を確認した。

表 4-1 固有周期確認結果

確認方法	固有周期 (s)	固有振動数 (Hz)
モックアップ試験体の振動試験	[ ]	[ ]
枠部を考慮した MS トンネル室 BOP の固有値解析	[ ]	[ ]