

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7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 補足-026-17 改1
提出年月日	2020年5月28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

2020年5月

東京電力ホールディングス株式会社

1. 工事計画添付資料に係る補足説明資料

V-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」の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

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

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 モックアップ試験による確認	別紙 1-3
3.2 地震応答解析による確認	別紙 1-4
3.2.1 固有周期の算定	別紙 1-4
3.2.2 設計用地震力	別紙 1-7
3.2.3 評価方法	別紙 1-8
3.2.4 評価結果	別紙 1-8

1. 概要

本資料は、V-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」における閉維持機能評価について、基準地震動 S_s に対する閉維持機能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 による地震力に対し、MS トンネル室 BOP 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、基準地震動 S_s による地震荷重が、MS トンネル室 BOP の設計開放荷重（ 5.89kN/m^2 ）を下回ることを確認する。

評価方法については、V-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」と同じ解析モデルを用いることとし、基準地震動 S_s おける地震荷重の算出を行う。

評価フローを図 2-1 に示す。

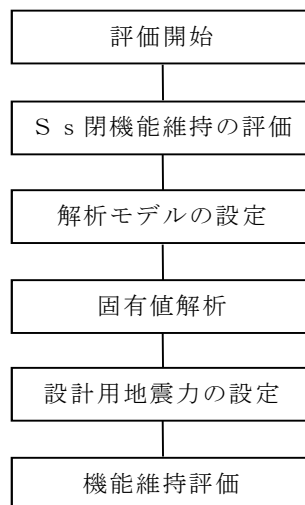


図 2-1 MS トンネル室 BOP の評価フロー

3. S s 閉機能維持評価

MS トンネル室 BOP のラプチャーパネルに作用する基準地震動 S s による地震力が，設計開放荷重 (5.89kN/m²) を下回ることを確認する。

3.1 モックアップ試験による確認

MS トンネル室 BOP が基準地震動 S s に対して開放しないことを確認するため，V-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，V-1-1-7-別添 4「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に示すように加振試験を実施している。加振試験結果を表 3-1 に示す。加振試験結果の最大値は kN/m² であり，設計開放荷重 (5.89kN/m²) を下回ることから，基準地震動 S s では開放しない。

表 3-1 加振試験結果

試験体	測定値 (kN/m ²)	設計開放荷重 (kN/m ²)	判定
試験体 1	<input type="text"/>	5.89	○
試験体 2	<input type="text"/>		○
試験体 3	<input type="text"/>		○

3.2 地震応答解析による確認

3.2.1 固有周期の算定

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 3-1 に、材料及び部材の諸元を表 3-2 に、部材の配置を図 3-2 に示す。

MS トンネル室 BOP 枠部は、ラプチャーパネルを支持する鉄骨部材とラプチャー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、ラプチャーパネルについては、重量及び剛性は軽微であるため、斜材については、枠部全体の振動性状に与える影響は軽微であるためモデル化していない。

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、原子炉建屋側のフランジ外面が同一平面上にあり、鋼板は原子炉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。

解析には、解析コード「MSC NASTRAN」を使用し、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、別紙「計算機プログラム（解析コード）の概要」に示す。

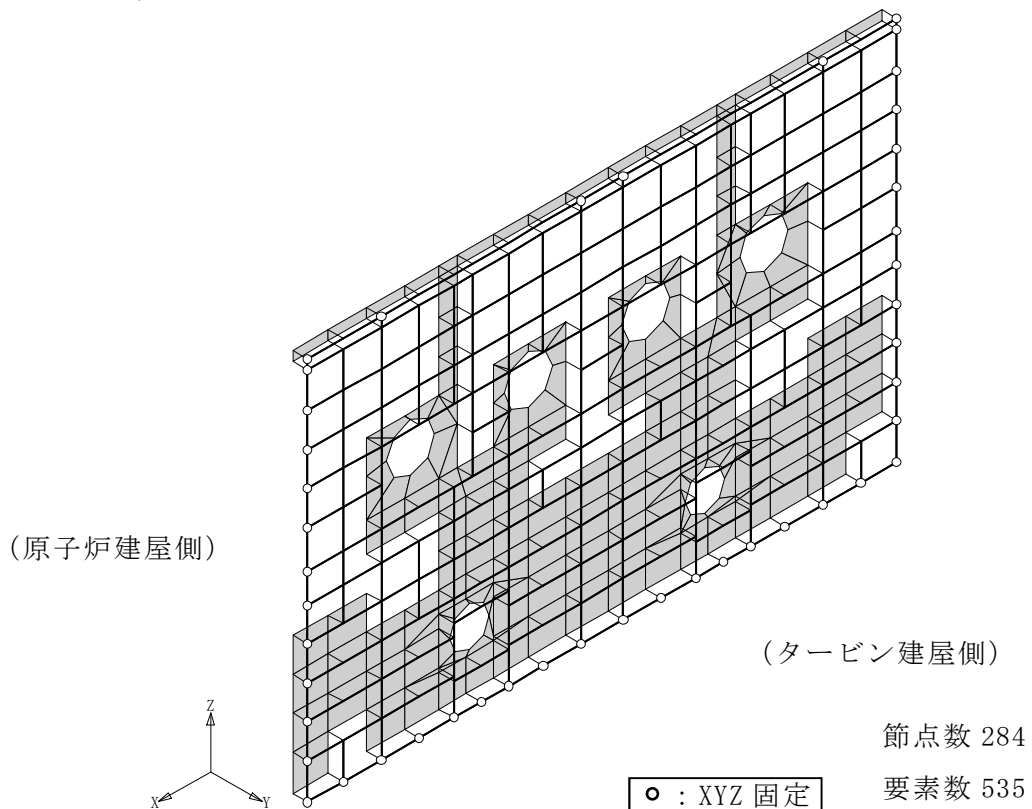


図 3-1 FEM 解析モデル

表 3-2 材料及び部材の諸元

(a) 材料定数

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

(b) 使用部材

部材	使用部材
C1/B1	[-380×100×10.5×16
C2	H-700×300×13×24
B2	H-300×300×10×15
C3	H-300×150×6.5×9
B3/P1	H-200×100×5.5×8
L	L-75×75×6
PL	PL-9

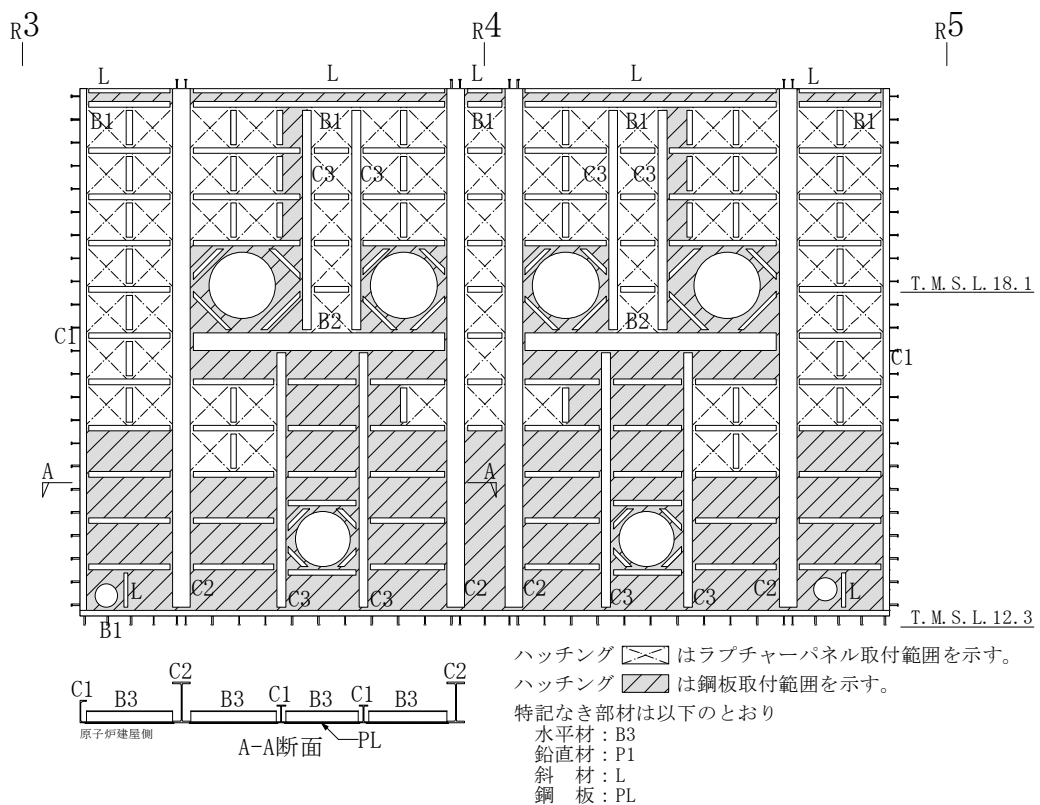


図 3-2 部材の配置 (単位:m)

固有値解析結果を表 3-3 に、固有モードを図 3-3 に示す。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 1 次固有周期は 秒 (Hz) であり、20Hz を下回ることを確認した。なお、面内方向 (NS 方向) 及び鉛直方向については、20Hz 以上であり、十分な剛性を有していることを確認した。

表 3-3 固有値解析結果

モード	卓越方向	固有周期 (s)	刺激係数*		
			X 方向 (NS 方向)	Y 方向 (EW 方向)	Z 方向 (鉛直)
1 次	水平	<input type="text"/>	—	1.626	—
2 次	水平	0.052	—	0.005	—

注記*：モードごとに固有ベクトルの最大値を 1 に規準化して得られる刺激係数を示す。

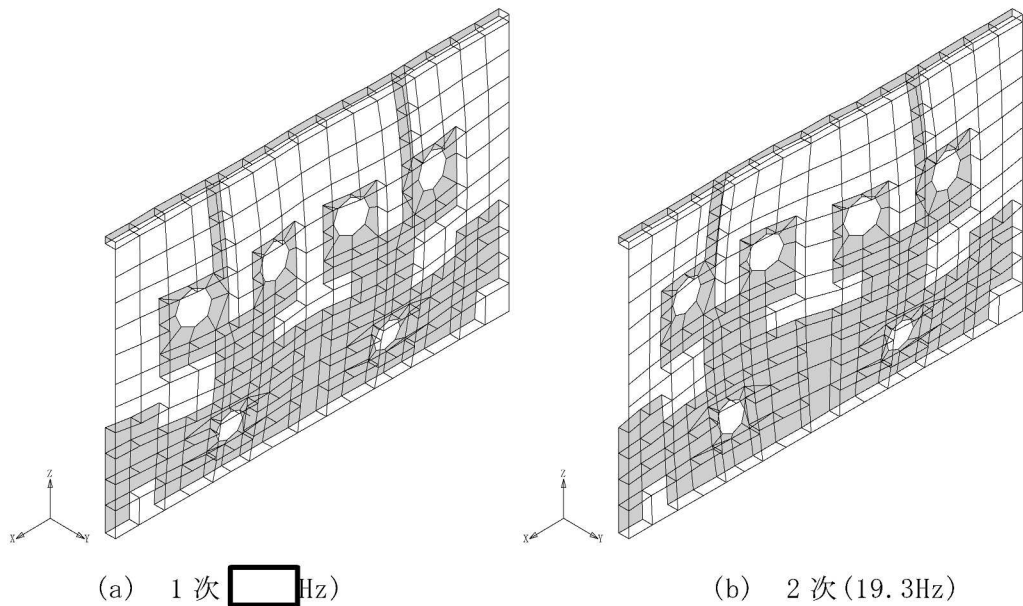


図 3-3 MS トンネル室 BOP の固有モード

3.2.2 設計用地震力

耐震評価に用いる設計用地震力を表 3-4 に示す。

「基準地震動 S_s」による地震力は、V-2-1-7「設計用床応答曲線の作成方針」に基づき設定する。また、減衰定数は、V-2-1-6「地震応答解析の基本方針」に記載の減衰定数 2%（鉄骨）を用いる。なお、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、ラプチャーパネルは、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_d 閉機能維持評価は行わない。

表 3-4 設計用地震力

据付場所及び床面高さ(m)		原子炉建屋 T. M. S. L. 23.5					
固有周期(s)		NS 方向：0.05 以下 EW 方向： <input type="text"/> * ¹ 鉛直：0.05 以下					
減衰定数(%)		NS 方向：— EW 方向：2.0 鉛直：—					
地震力		弾性設計用地震動 S _d または静的震度			基準地震動 S _s		
モード	固有周期(s)	応答水平震度		応答鉛直震度	応答水平震度* ²		応答鉛直震度* ²
		NS 方向	EW 方向		NS 方向	EW 方向	
1 次	<input type="text"/>	—	—	—	—	1.26	—
2 次	0.052	—	—	—	—	1.26	—
3 次	0.037	—	—	—	—	—	—
動的地震力* ³		—	—	—	—	1.01	0.93
静的地震力		—	—	—	—	—	—

注記*1：1 次固有周期について記載。

*2：各モードの固有周期に対し、設計用床応答曲線（S_s）より得られる震度を示す。

*3：基準地震動 S_s に基づく設計用最大応答加速度より定めた震度（1.0ZPA）を示す。

3.2.3 評価方法

(1) 地震荷重

地震荷重は、基準地震動 S_s に基づくスペクトルモーダル解析より求めた水平震度を用いて次式より算定する。

$$F_H = W \cdot C_H \cdot g$$

F_H : 地震荷重 (N/m²)

W : ラプチャーディスクの重量 (=0.54kg/m²)

C_H : 水平震度 (=2.05)

g : 重力加速度 (=9.80665m/s²)

3.2.4 評価結果

MS トンネル室 BOP の地震荷重と開放荷重を比較した評価結果を表 3-5 に示す。

MS トンネル室 BOP は、基準地震動 S_s による地震力に対して開放せず、閉機能を維持できることを確認した。

表 3-5 評価結果

地震荷重 (kN/m ²)	設計開放荷重 (kN/m ²)	判定
0.0109	5.89	○