

## 【論点17】ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法(1/9)

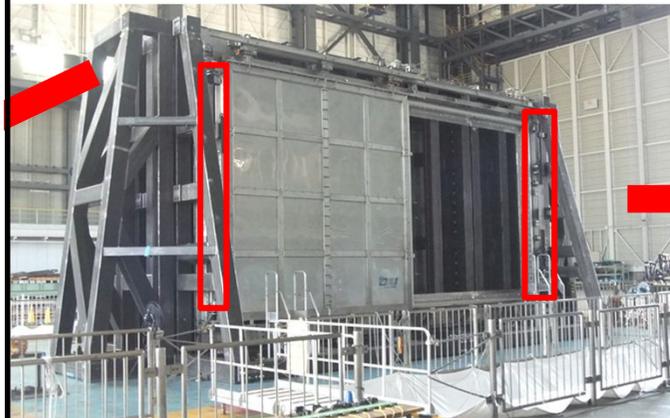


### 【今回のご説明内容】

- ◆ 前回加振試験時の不具合対応(チェーン破損対応)として、門(かんぬき)を設置することとした。
- ◆ このため、門を追設したブローアウトパネル閉止装置に対する加振試験結果について報告する。

### 【加振試験目的】

- ◆ 追設した門により、扉が固定された状態(扉開状態及び閉状態)において、基準地震動Ss相当の加速度が付加された場合でも、チェーンを含む扉の開閉機能が維持でき、また、扉閉状態において、扉の気密性能が維持できることを実機大モックアップを用いて加振し確認する。



門構造の概要

# 【論点17】ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法(2/9)



## 【試験結果(概要)】

◆ 門の動作及びチェーンに破損等の異常は確認されず、閉止装置の耐震健全性が確認できた。

区分	No	試験項目	目的/試験内容	門有無	7/24 (火)	7/25 (水)	7/26 (木)	7/31 (火)
事前確認	1	センサ確認	加速度センサの動作確認	—	良好	—	—	—
	2	振動特性試験	ランダム波による門状態での振動特性(固有値)確認	有	良好	—	—	—
要素試験 (門単体)	3	加振試験1.0Ss(扉開) ・門作動確認	加振後の門動作確認	有	良好	—	—	—
気密性能確認 (加振無)	4	気密性能試験	気密性能確認(門間隙を考慮し扉位置を変えて実施)	有	—	良好	—	—
加振試験 (予備試験)	5	加振試験1.0Ss(扉開) ・作動確認 ・気密性能試験	・加振→扉閉操作(門含む) →気密性能確認 ・電動での扉開閉確認(門含む) ・手動での扉開閉確認(門含む)	有	—	—	良好	—
	6	加振試験1.0Ss(扉閉) ・作動確認 ・気密性能試験	・加振→気密性能確認 ・電動での扉開閉確認(門含む) ・手動での開閉操作(門含む)	有	—	良好	—	—
加振試験 (本試験)	7	加振試験1.0Ss(扉開) ・作動確認 ・気密性能試験	・加振→扉閉操作(門含む) →気密性能確認 ・電動での扉開閉確認(門含む) ・手動での扉開閉確認(門含む)※	有	—	—	—	—
	8	加振試験1.0Ss(扉閉) ・作動確認 ・気密性能試験	・加振→気密性能確認 ・電動での扉開閉確認(門含む) ・手動での開閉操作(門含む)	有	—	—	—	—
その他 確認試験	参考	加振試験1.0Ss(扉開) ・扉開閉試験	強度を増加させたチェーンでの加振試験	無	—	—	良好	—

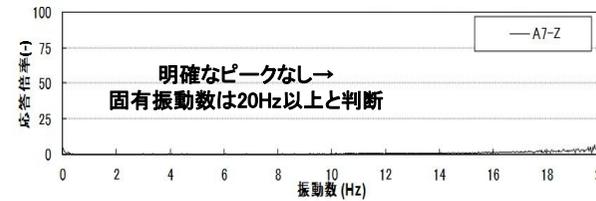
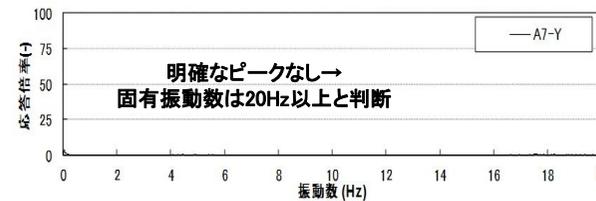
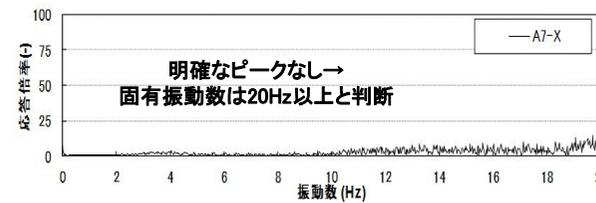
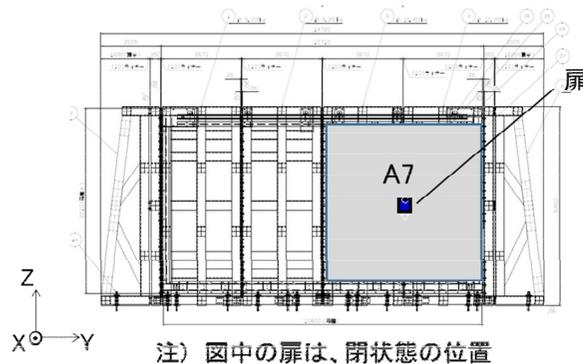
※ 電動による扉及び門の作動確認の結果、電流値、開閉時間に有意な差がない場合には省略

## 【閉止装置の固有振動数測定】

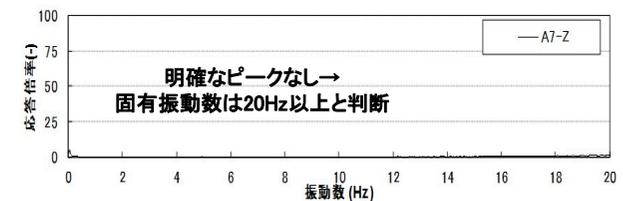
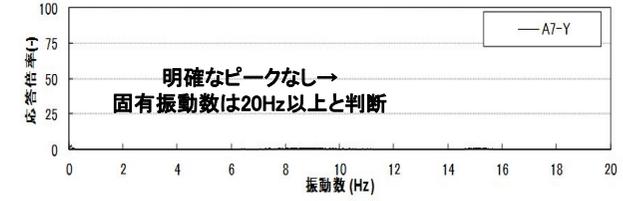
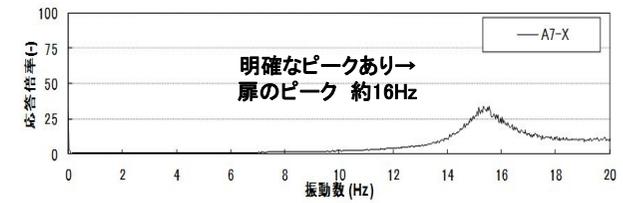
- ◆ ブローアウトパネル閉止装置の固有振動数を確認するため、扉が開状態と閉状態時に、各方向(X,Y,Z方向)単独で、0.1Hz～30Hz程度の振動数成分を有する広帯域ランダム波(加振レベル2.0m/s<sup>2</sup>程度)で加振し、閉止装置の固有振動数を確認する。

## 【測定結果】

- ◆ 扉開状態では、X方向、Y方向、Z方向ともに明確な振動数ピークは確認されず、扉の固有振動数は20Hz以上と評価した。
- ◆ 扉閉状態では、X方向(面外方向)にのみピークが確認され、閉状態面外方向の固有振動数は、**前回加振時と同様に約16Hz(約0.0625秒)**と評価した。



面外方向(X方向)のランダム波に対する扉の応答 (扉:開)

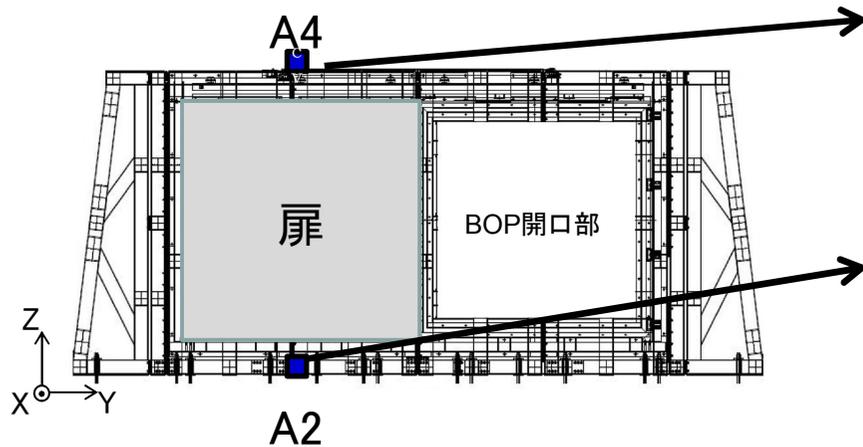


面外方向(X方向)のランダム波に対する扉の応答 (扉:閉)

扉状態 (加振時)	試験日	固有振動数
開	7/24	<ul style="list-style-type: none"> <li>・面外方向:20Hz以上</li> <li>・面内方向:20Hz以上</li> <li>・鉛直方向:20Hz以上</li> </ul>
閉		<ul style="list-style-type: none"> <li>・面外方向:約16Hz</li> <li>・面内方向:20Hz以上</li> <li>・鉛直方向:20Hz以上</li> </ul>

【加振試験時の加速度の妥当性】

- ◆ 閉止装置の上部及び下部の最大加速度は、それぞれの位置の設計加速度を超えており、十分な加振がされていることを確認した。(扉上部:第1表, 第3表 扉下部:第2表, 第4表)



第1表 扉「開」上部の加速度評価

方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	A4(扉上部)	判定結果
		計測結果( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
X	1.66 <	3.72	○
Y		3.12	○
Z	1.21 <	2.39	○

第2表 扉「開」下部の加速度評価

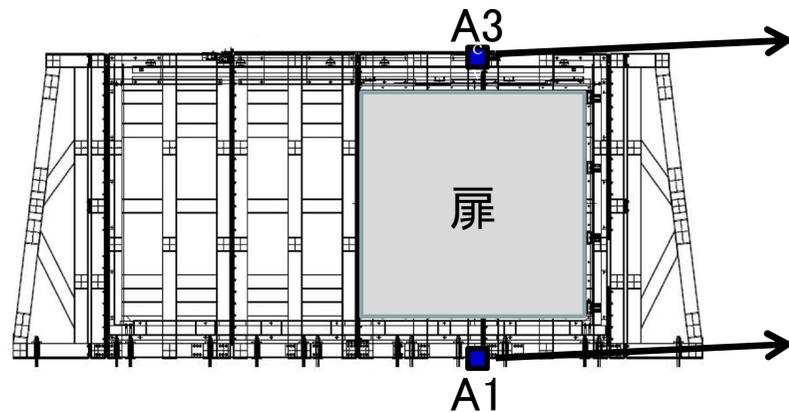
方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	A2(扉下部)	判定結果
		計測結果( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
X	1.34 <	1.46	○
Y		1.52	○
Z	1.09 <	1.70	○

第3表 扉「閉」上部の加速度評価

方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	A3(扉上部)	判定結果
		計測結果( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
X	1.66 <	3.32	○
Y		2.66	○
Z	1.21 <	2.27	○

第4表 扉「閉」下部の加速度評価

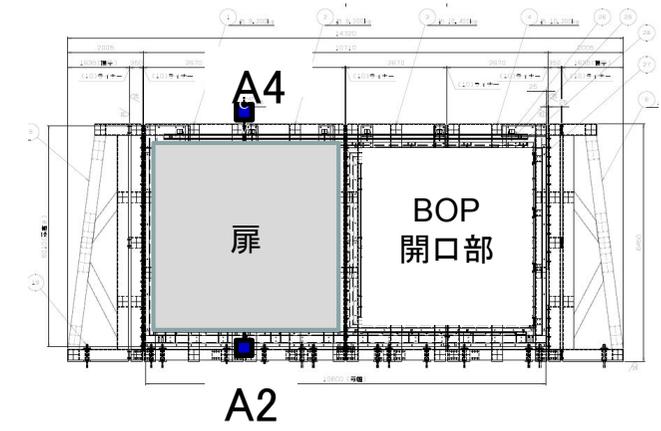
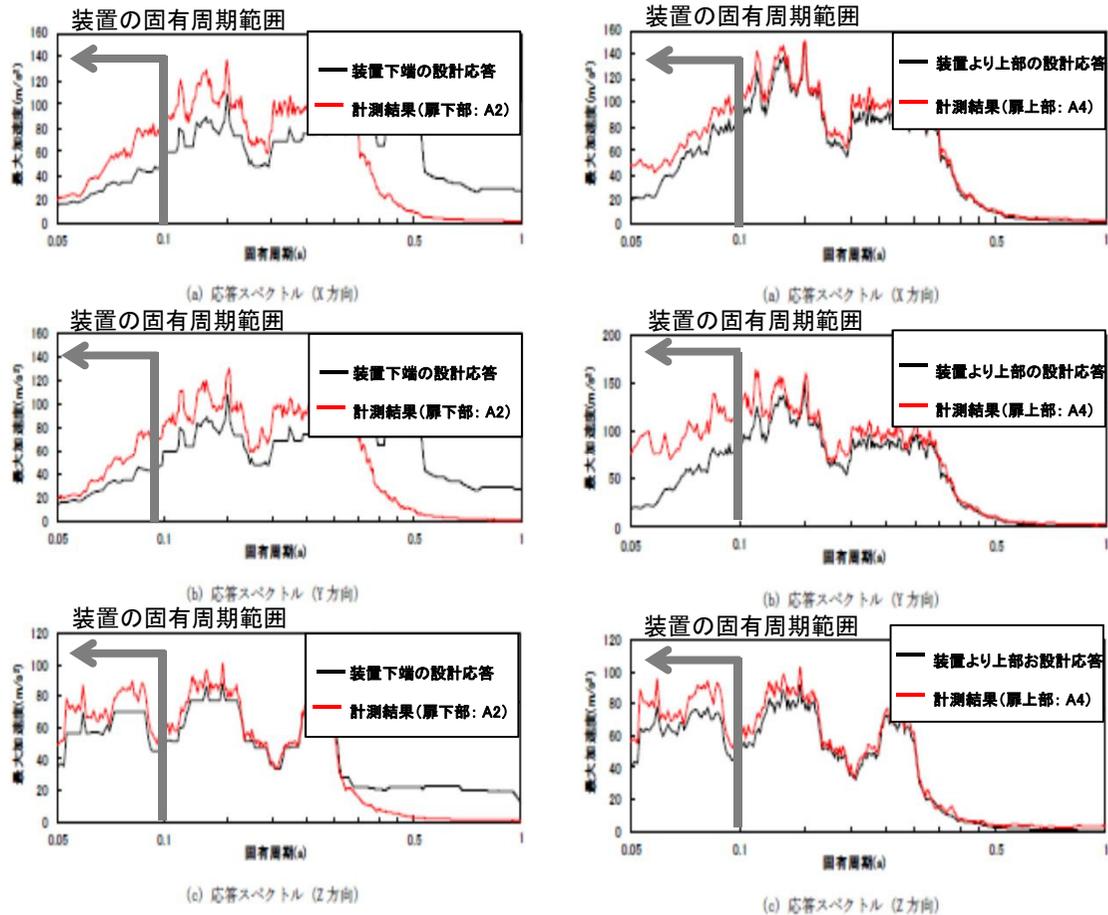
方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	A1(扉下部)	判定結果
		計測結果( $\times 9.8\text{m/s}^2$ )	
X	1.34 <	1.39	○
Y		1.59	○
Z	1.09 <	1.67	○



扉開閉時の最大加速度の比較(7月25日(閉状態)及び26日(開状態)1.0Ss加振時)

【扉開 加振時の応答スペクトル】

- ◆ 閉止装置の固有周期範囲において, 閉止装置下部の実測した応答スペクトル(第1図赤線)は, 扉下端(EL.+54.25m)の設計応答スペクトル(黒線)を超えており, 十分な加振がされていることを確認
- ◆ 同様に, 閉止装置上部の実測した応答スペクトル(第2図赤線)は, 扉より上部の質点(EL.+63.65m)の設計応答スペクトル(黒線)を超えており, 十分な加振がされていることを確認



応答スペクトルによる判定結果

方向	装置下端での判定結果 <sup>注1</sup>	装置上端での判定結果 <sup>注2</sup>
X	○	○
Y	○	○
Z	○	○

注1) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置下端での設計応答スペクトルを上回ることを確認

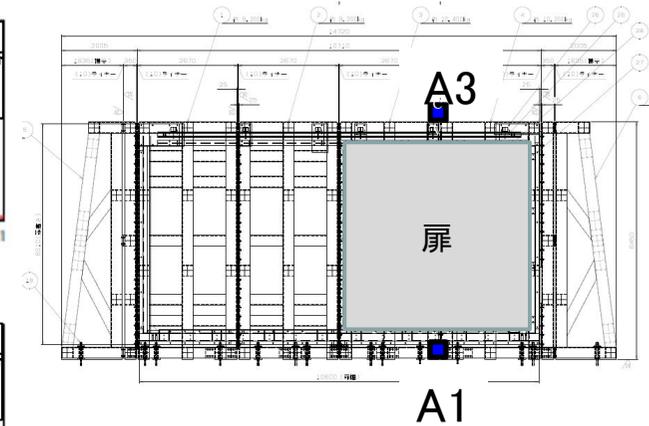
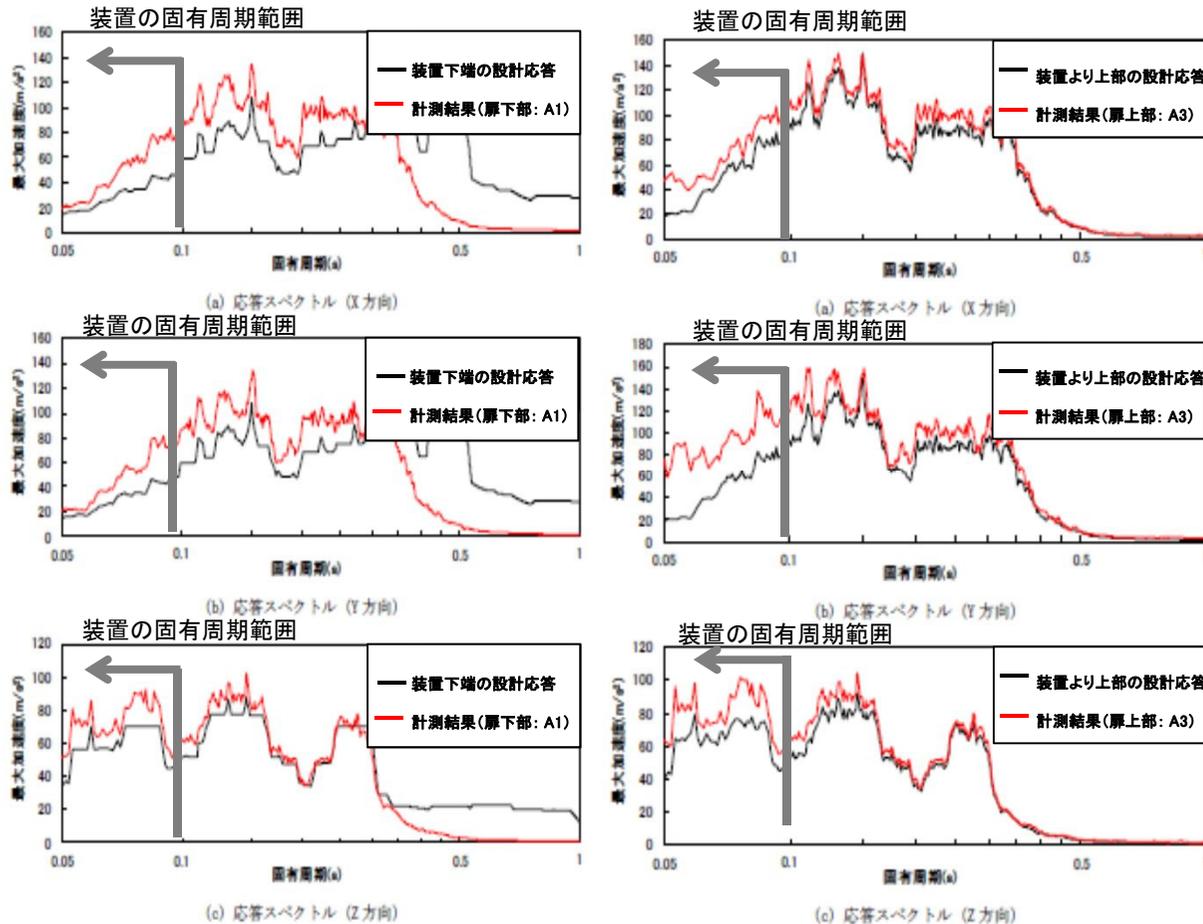
注2) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置より上部の設計応答スペクトルを上回ることを確認

第1図 扉の下部(計測位置:A2) 第2図 扉の上部(計測位置:A4)

扉開時の応答スペクトルの比較(1.0S<sub>s</sub>加振試験結果とS<sub>s</sub>包絡条件(減衰定数1.0%)を比較)

【扉閉 加振時の応答スペクトル】

- ◆ 閉止装置の固有周期範囲において, 閉止装置下部の実測した応答スペクトル(第1図赤線)は, 扉下端(EL.+54.25m)の設計応答スペクトル(黒線)を超えており, 十分な加振がされていることを確認
- ◆ 同様に, 閉止装置上部の実測した応答スペクトル(第2図赤線)は, 扉より上部の質点(EL.+63.65m)の設計応答スペクトル(黒線)を超えており, 十分な加振がされていることを確認



応答スペクトルによる判定結果

方向	装置下端での判定結果 <sup>注1</sup>	装置上端での判定結果 <sup>注2</sup>
X	○	○
Y	○	○
Z	○	○

注1) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置下端での設計応答スペクトルを上回ることを確認

注2) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置より上部の設計応答スペクトルを上回ることを確認

第1図 扉の下部(計測位置:A1)

第2図 扉の上部(計測位置:A3)

扉閉時の応答スペクトルの比較(1.0S<sub>s</sub>加振試験結果とS<sub>s</sub>包絡条件(減衰定数1.0%)を比較)

# 【論点17】ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法(7/9)

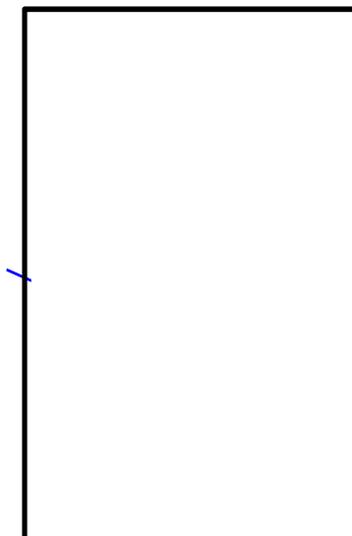


## 【加振試験結果の詳細】

◆ 門を設置した結果、チェーンは健全で扉開放等の不具合もなかった。

試験No.	試験条件	外観目視点検結果		
		チェーン	扉開閉止	その他部位
5	1.0Ss / 扉開	切断なし	異常なし	異常なし
6	1.0Ss / 扉閉	切断なし	異常なし	異常なし
7	1.0Ss / 扉開			
8	1.0Ss / 扉閉			

擦れ跡有



加振後の門ピン

## 【気密性能試験結果】

◆ パッキン取替えを行ったが、初期状態においても同等の気密性能を確保

◆ 加振試験後においても、十分な気密性が確保でき、原子炉建屋気密性能も十分に確保できることを確認

試験No.	試験条件	通気量[m <sup>3</sup> /h・m <sup>2</sup> ] (63Pa時)	備考	【参考】前回試験 通気量[m <sup>3</sup> /h・m <sup>2</sup> ]
4	初期状態	0.28 0.28 0.32	・門穴の間隙による扉移動を考慮した漏えい試験結果 ・上から、扉停止位置、扉が閉側移動、扉が開側移動の結果	0.25 — —
5	1.0Ss / 扉開	0.28	加振後に扉を閉止し試験	0.26
6	1.0Ss / 扉閉	0.32	扉閉状態での加振後に試験	0.26
7	1.0Ss / 扉開		加振後に扉を閉止し試験	—
8	1.0Ss / 扉閉		扉閉状態での加振後に試験	—

<原子炉建屋としての負圧達成について>

・既設建屋の推定量は約1,710m<sup>3</sup>/h@63Pa、閉止装置10個の合計面積は約213m<sup>2</sup>

・試験結果より閉止装置適用時の原子炉建屋推定漏えい量: 1710m<sup>3</sup>/h+213m<sup>2</sup>×0.32m<sup>3</sup>/h・m<sup>2</sup>=1779m<sup>3</sup>/h

⇒非常用ガス処理系定格容量は3570m<sup>3</sup>/hであり、推定漏えい量1779m<sup>3</sup>/hを十分に上回るため、非常用ガス処理系にて63Pa以上の負圧達成可能

## 【論点17】ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法(8/9)



### 【門作動試験(電動/手動)】

- ◆ 扉状態に応じて加振後の門及び扉の作動確認を実施した。
- ◆ 作動時間及び電流値ともに判定基準を満たしており、門及び扉の健全性を確認するとともに、電動機を含む駆動系に異常のないこと及び他の部位への悪影響がないことを確認した。

### 【門作動試験結果】

試験No.	加振条件	門位置	電動				手動	
			押上時		挿入時		押上時	挿入時
			作動時間 (目標15秒以内)	電流 (2.1A以内)	作動時間 (目標15秒以内)	電流 (2.1A以内)		
5	1.0Ss/扉開 (予備試験)	扉開側	約8秒	1.62A	約8秒	1.44A	異常なし	異常なし
		扉閉側	約8秒	1.64A	約8秒	1.47A	異常なし	異常なし
6	1.0Ss/扉閉 (予備試験)	扉開側	約8秒	1.60A	約8秒	1.49A	異常なし	異常なし
		扉閉側	約8秒	1.61A	約8秒	1.48A	異常なし	異常なし
7	1.0Ss/扉開 (本試験)	扉開側						
		扉閉側						
8	1.0Ss/扉閉 (本試験)	扉開側						
		扉閉側						

### 【扉の作動試験結果】

試験No.	加振条件	電動				手動
		開放→閉止		閉止→開放		
		作動時間 目標120秒以内	電流 目標7.48A 以内	作動時間 目標120秒以内	電流 目標7.48A 以内	
5	1.0Ss/扉開	約99秒	4.35A	約97秒	4.39A	開→閉 異常なし
6	1.0Ss/扉閉	約99秒	4.45A	約96秒	4.46A	閉→開 異常なし
7	1.0Ss/扉開					
8	1.0Ss/扉閉					

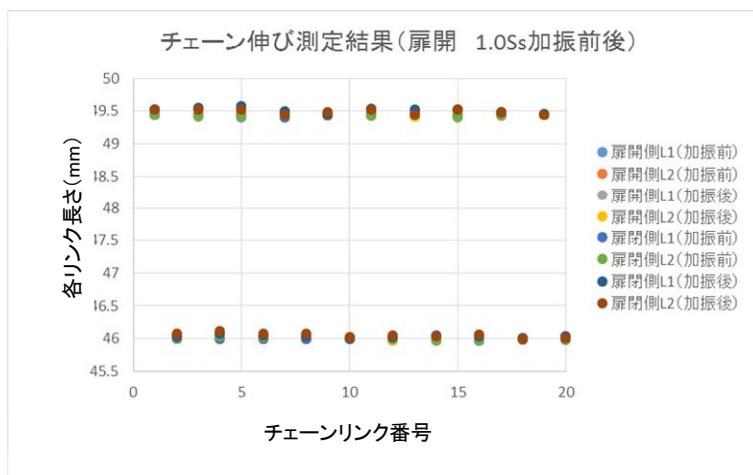
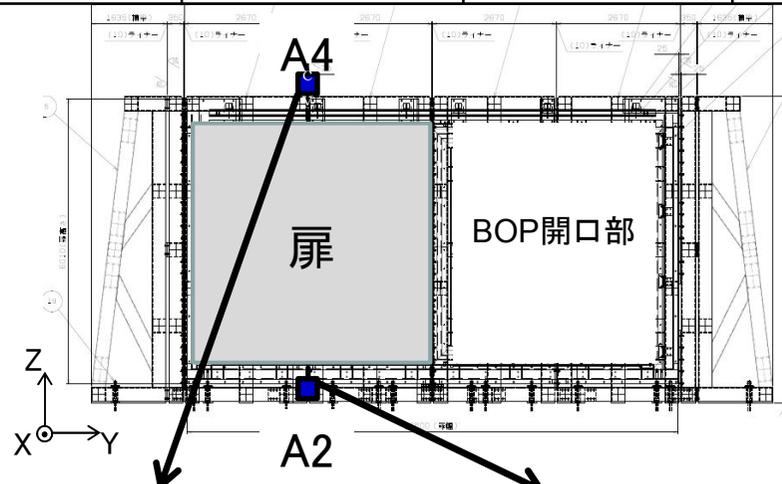
# 【論点17】ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法(9/9)



## 【参考】

- ◆ 炭素鋼コーティングチェーンを用いて、閃なしの状態(扉開状態)にて1.0Ss加振を実施した。
- ◆ 扉は約30mm閉方向に移動したが、チェーンに破損、有意な伸びはなく、扉の開閉に問題はなかった。

試験No.	加振条件	電動				手動
		開放→閉止		閉止→開放		
		作動時間 目標120秒以内	電流 目標7.48A 以内	作動時間 目標120秒以内	電流 目標7.48A 以内	
参考	1.0Ss/扉開	約100秒	4.31A	約97秒	4.39A	—



方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8m/s^2$ )	A4(扉上部)	判定結果	方向	Ss包絡条件 ( $\times 9.8m/s^2$ )	A2(扉下部)	判定結果
		計測結果 ( $\times 9.8m/s^2$ )				計測結果 ( $\times 9.8m/s^2$ )	
X	1.66 <	3.22	○	X	1.34 <	1.48	○
Y		2.09	○	Y		1.50	○
Z	1.21 <	2.11	○	Z	1.09 <	1.67	○

### 加振条件の妥当性確認

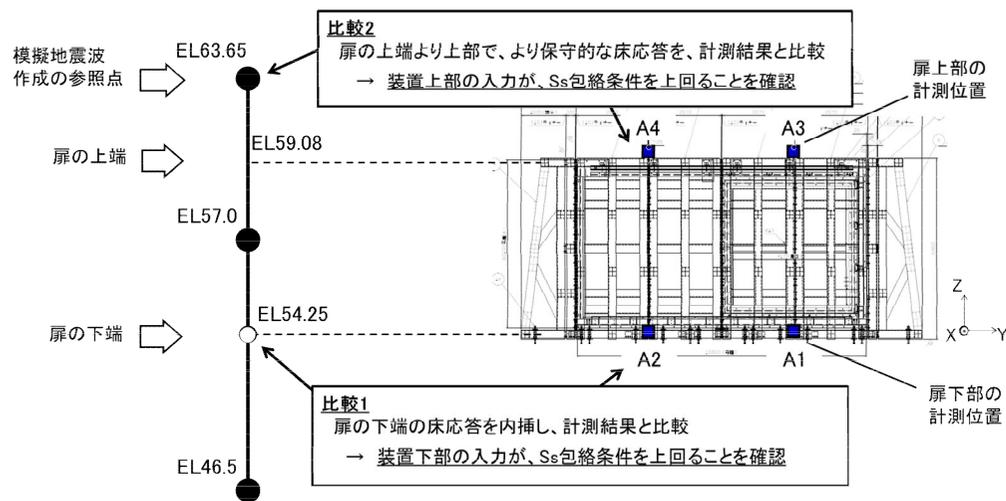
(扉上部及び下部の加振加速度は、当該高さの最大応答加速度を超えていることを確認)

※チェーン端部(開側及び閉側)から20リンク分の長さを測定した結果、加振前後で有意な伸びは確認されなかった

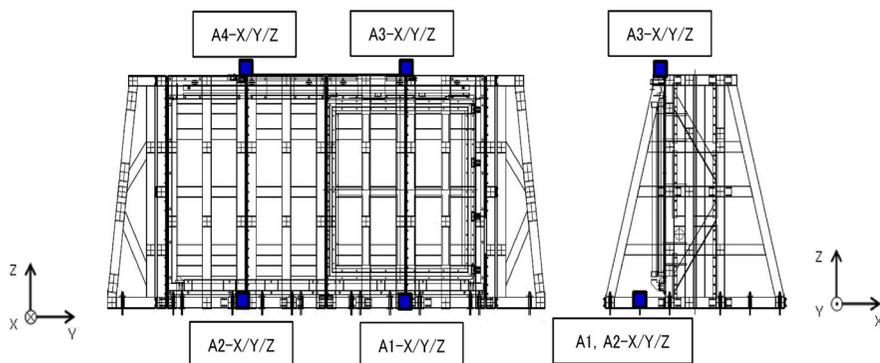
# 【参考】加振試験の妥当性について(6月26日審査会合資料より抜粋)



- ◆ 加振試験では、閉止装置設置位置より上部のEL.+63.65mにおける床応答包絡条件を目標応答スペクトルとして模擬地震波を作成し入力条件として用いたが、振動台の性能限界により、実際の加振波のスペクトルが一部周期帯で下回っていることを確認
- ◆ しかしながら、閉止装置取付位置の地震加速度はS<sub>s</sub>条件を上回っており、閉止装置の機能を確認するための加振試験としては妥当であると評価



装置の設置高さとの計測位置の関係



振動台及び支持架台の加速度計設置位置

実際の閉止装置と原子炉建屋原子炉棟串団子モデルの位置関係は左図のとおり。加振条件の妥当性の判断条件は以下のとおり。

比較1: 閉止装置下端位置の計測結果が、S<sub>s</sub>条件での扉下端部の床応答を上回ること。

比較2: 閉止装置上端位置の計測結果が、より保守的なEL.+63.65mのS<sub>s</sub>条件での床応答を上回ること。



震度(ZPA)及び床応答スペクトル(閉止装置固有周期範囲である0.1秒以下)が以下の関係となり、閉止装置設置位置におけるS<sub>s</sub>条件の床応答スペクトルを上回るレベルで加振されていることを確認

