

【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(1/10)

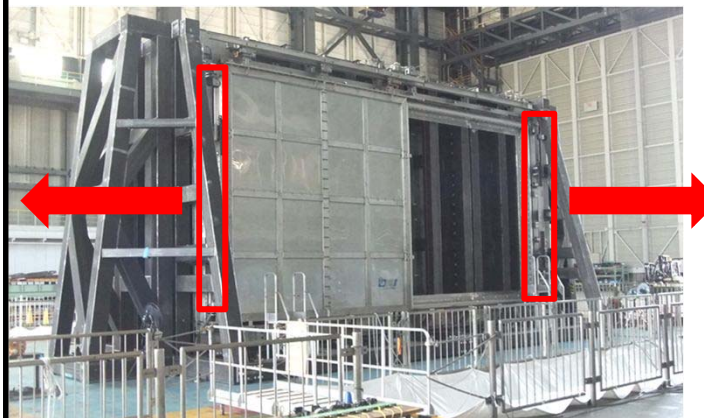


【今回のご説明内容】

- ◆ 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 S_s 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

扉開側(門挿入状態)

扉閉側(門挿入状態)

【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(2/10)



【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	—	完了	—	—	—
	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	完了	—	—	—
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)	有	—	—	—	良好
	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	—	—	—	良好
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	—

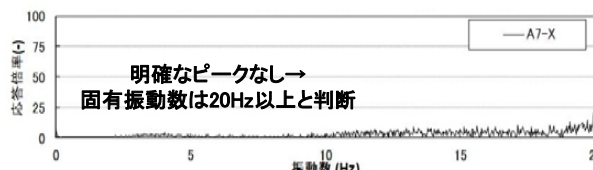
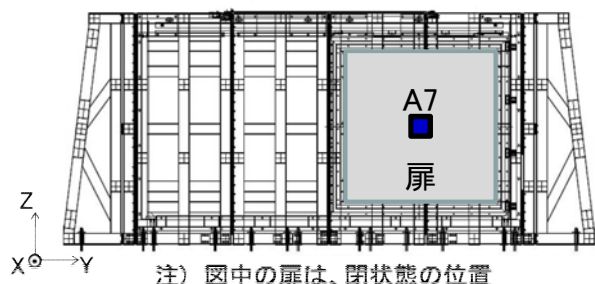
※ 電動による扉及び門の作動確認の結果、電流値、開閉時間に異常はないが、念のため手動開閉操作も実施

【閉止装置の固有振動数測定】

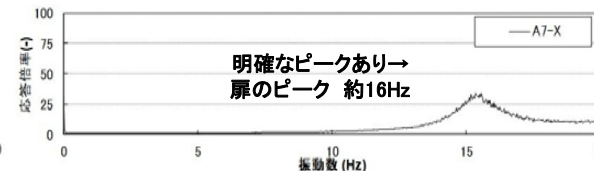
- ◆ ブローアウトパネル閉止装置の固有振動数を確認するため、扉が開状態と閉状態時に、各方向(X,Y,Z方向)単独で、0.1Hz～30Hz程度の振動数成分を有する広帯域ランダム波(加振レベル2.0m/s²程度)で加振し、閉止装置の固有振動数を確認する。

【測定結果】

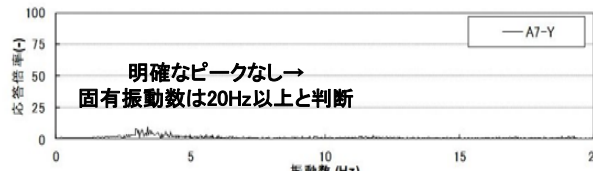
- ◆ 扉開状態では、X方向、Y方向、Z方向ともに明確な振動数ピークは確認されず、扉の固有振動数は20Hz以上と評価した。
- ◆ 扉閉状態では、X方向(面外方向)にのみピークが確認され、閉状態面外方向の固有振動数は、前回加振時と同様に約16Hz(約0.0625秒)と評価した。



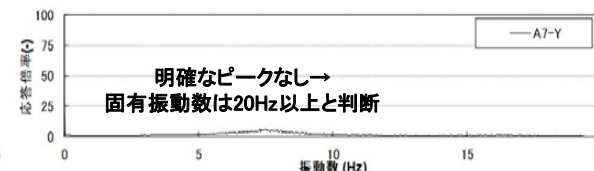
(1)X方向加振時のX方向応答



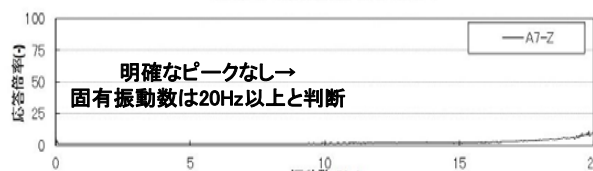
(1)X方向加振時のX方向応答



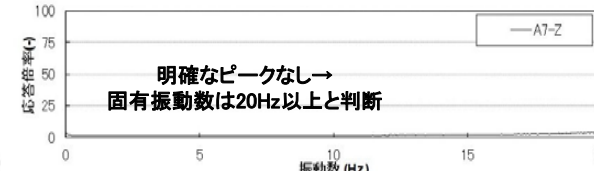
(2)Y方向加振時のY方向応答



(2)Y方向加振時のY方向応答



(3)Z方向加振時のZ方向応答



(3)Z方向加振時のZ方向応答

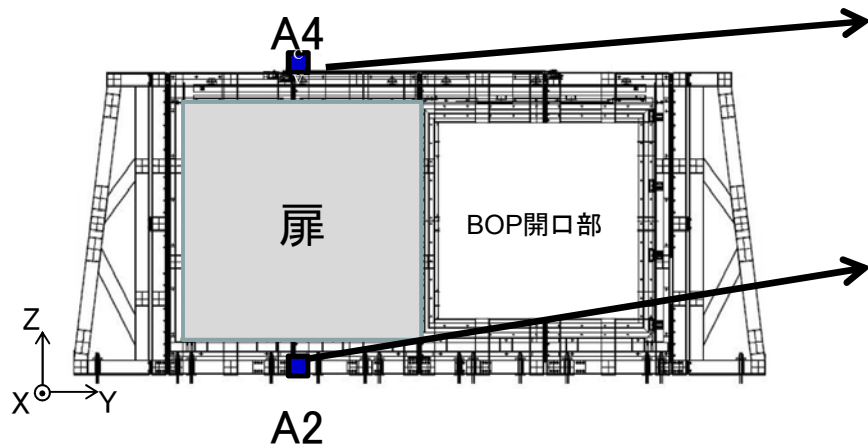
ランダム波に対する扉の応答(扉:開)

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"> ・面外方向:20Hz以上 ・面内方向:20Hz以上 ・鉛直方向:20Hz以上
閉		<ul style="list-style-type: none"> ・面外方向:約16Hz ・面内方向:20Hz以上 ・鉛直方向:20Hz以上

【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、 S_s 包絡条件を超えており、必要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	S _s 包絡条件 (×9.8m/s ²)	A4(扉上部)	判定結果
		計測結果(×9.8m/s ²)	
X	1.66 <	3.96	○
Y		3.25	○
Z	1.21 <	2.32	○

第2表 扉「開」下部の加速度評価

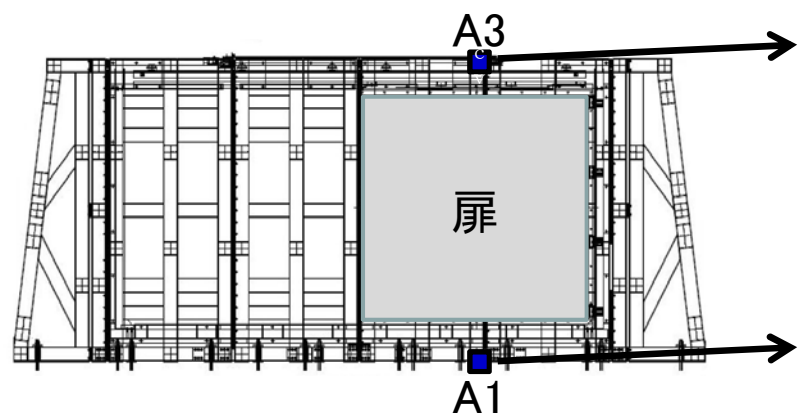
方向	S _s 包絡条件 (×9.8m/s ²)	A2(扉下部)	判定結果
		計測結果(×9.8m/s ²)	
X	1.34 <	1.49	○
Y		1.50	○
Z	1.09 <	1.65	○

第3表 扉「閉」上部の加速度評価

方向	S _s 包絡条件 (×9.8m/s ²)	A3(扉上部)	判定結果
		計測結果(×9.8m/s ²)	
X	1.66 <	3.27	○
Y		2.73	○
Z	1.21 <	2.24	○

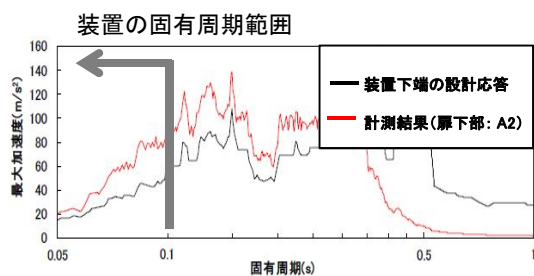
第4表 扉「閉」下部の加速度評価

方向	S _s 包絡条件 (×9.8m/s ²)	A1(扉下部)	判定結果
		計測結果(×9.8m/s ²)	
X	1.34 <	1.43	○
Y		1.54	○
Z	1.09 <	1.66	○

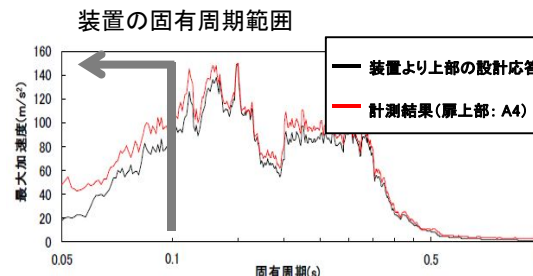


【扉開 加振時の応答スペクトル】

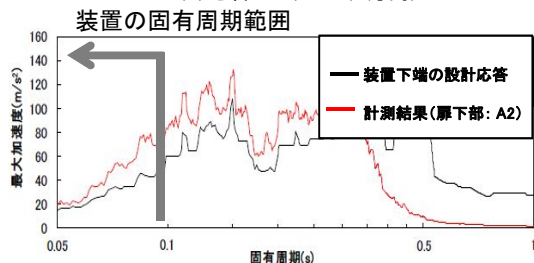
- ◆ 閉止装置の固有周期範囲において, 閉止装置下部の実測した応答スペクトル(第1図赤線)は, 扉下端(EL.+54.25m)の設計応答スペクトル(黒線)を超える加振がされていることを確認
- ◆ 同様に, 閉止装置上部の実測した応答スペクトル(第2図赤線)は, 扉より上部の質点(EL.+63.65m)の設計応答スペクトル(黒線)を超える加振がされていることを確認



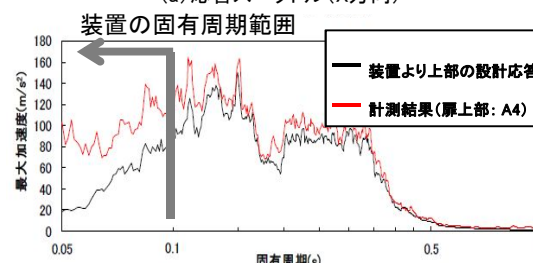
(a) 応答スペクトル(X方向)



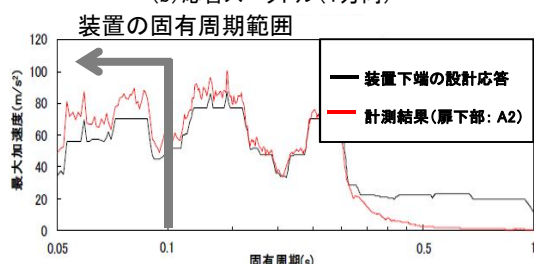
(a) 応答スペクトル(X方向)



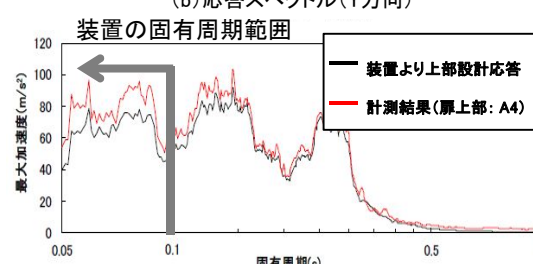
(b) 応答スペクトル(Y方向)



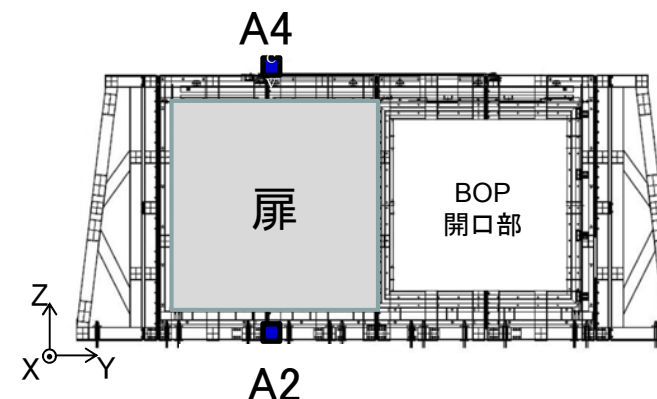
(b) 応答スペクトル(Y方向)



(c) 応答スペクトル(Z方向)



(c) 応答スペクトル(Z方向)



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 ^{注1}	装置上端での判定結果 ^{注2}
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

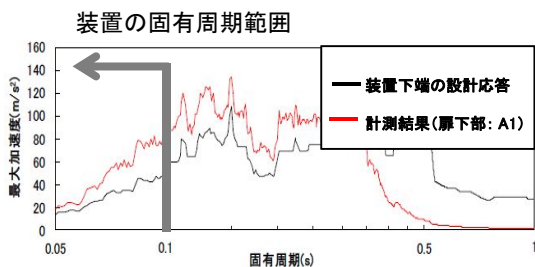
注2) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置より上部の設計応答スペクトルを上回ることを確認

第1図 扉の下部(計測位置:A2)

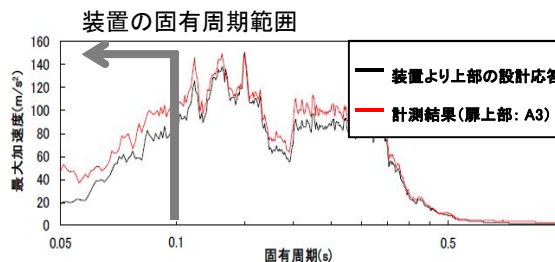
第2図 扉の上部(計測位置:A4)

【扉閉 加振時の応答スペクトル】

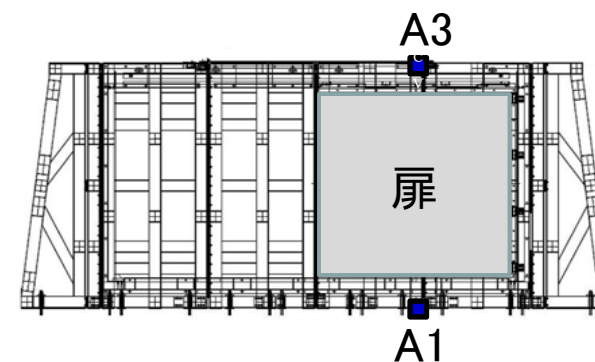
- ◆ 閉止装置の固有周期範囲において, 閉止装置下部の実測した応答スペクトル(第1図赤線)は, 扉下端(EL.+54.25m)の設計応答スペクトル(黒線)を超える加振がされていることを確認
- ◆ 同様に, 閉止装置上部の実測した応答スペクトル(第2図赤線)は, 扉より上部の質点(EL.+63.65m)の設計応答スペクトル(黒線)を超える加振がされていることを確認



(a) 応答スペクトル(X方向)



(a) 応答スペクトル(X方向)

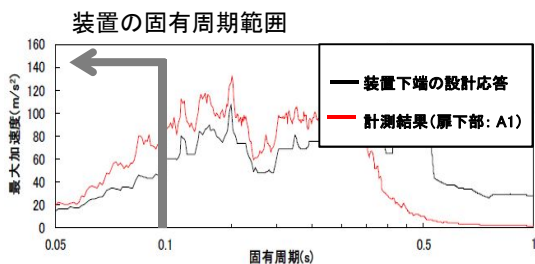


応答スペクトルによる判定結果

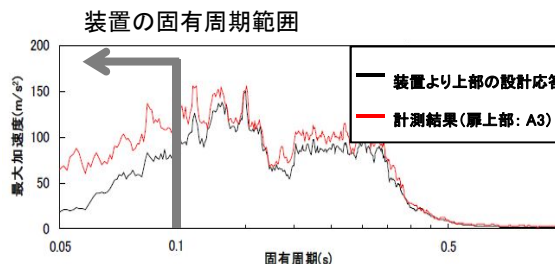
方向	装置下端での判定結果注1	装置上端での判定結果注2
X	○	○
Y	○	○
Z	○	○

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

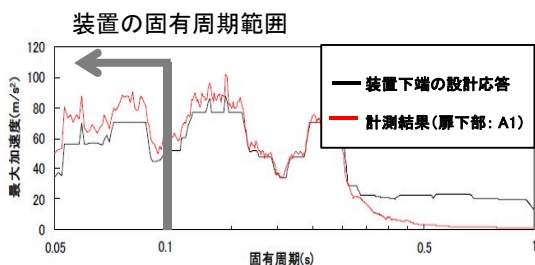
注2) 装置の固有周期範囲では, 計測結果が装置より上部の設計応答スペクトルを上回ることを確認



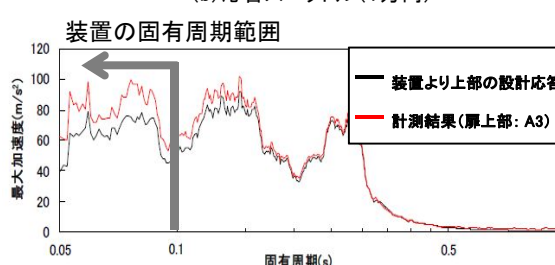
(b) 応答スペクトル(Y方向)



(b) 応答スペクトル(Y方向)



(c) 応答スペクトル(Z方向)



(c) 応答スペクトル(Z方向)

第1図 扉の下部(計測位置:A1)

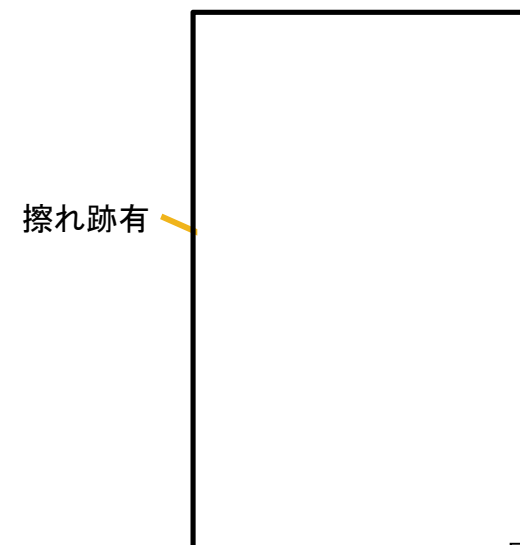
第2図 扉の上部(計測位置:A3)

【加振試験結果の詳細】

◆ 門を設置した結果、チェーン破損はなく、扉開放等の不具合は認められなかった。

試験 No.	試験日	試験条件	外観目視点検結果				備考
			チェーン	扉開閉止	門	その他部位	チェーン伸び
5	7月26日	1.0Ss / 扉開	破損なし	異常なし	異常なし(擦れ跡有)	異常なし	5919mm⇒5923mm (約4mm)
6	7月25日	1.0Ss / 扉閉	破損なし	異常なし	異常なし(擦れ跡有)	異常なし	
7	7月31日	1.0Ss / 扉開	破損なし	異常なし	異常なし(擦れ跡有)	異常なし	5919mm⇒5920mm (約1mm)
8	7月31日	1.0Ss / 扉閉	破損なし	異常なし	異常なし(擦れ跡有)	異常なし	

- ◆ チェーンメーカーホームページによると、チェーンは組立歪と初期なじみにより初期伸びが発生し、その量は通常0.1%だが、本製造メーカーでは部品精度の向上等により、初期伸び量を0.05%程度に抑えている旨が記載されている。
- ◆ チェーンは約6000mmであり、この0.05%は3mm程度に相当するため、今回確認されたチェーンの伸びは、この初期伸びに相当するものであり、有意なものではないと評価している。



【気密性能試験結果】

- ◆ 今回の追加試験前に新しいパッキンに取替えを行い、気密性能を確認した結果、前回と同程度の気密性能を確保していることを確認した。
- ◆ 加振試験後においても、気密性が確保でき、原子炉建屋気密性能も確保できることを確認した。

試験 No.	試験日	試験条件	通気量[m ³ /h・m ²] (63Pa時)	備考	【参考】前回試験 通気量[m ³ /h・m ²]
4	7月25日	初期状態	0.28 0.28 0.32	・門穴の間隙による扉移動(最大±5mm)を考慮して試験実施 ・数値は上から扉停止位置, 閉側に5mm移動させた位置, 開側に8mm(設計最大量+3mm)移動させた位置での試験結果	0.25 — —
5	7月26日	1.0Ss/扉開	0.28	加振後に扉を閉止し試験	0.25
6	7月25日	1.0Ss/扉閉	0.32	扉閉状態での加振後の状態で試験	—
7	7月31日	1.0Ss/扉開	0.28	加振後に扉を閉止し試験	0.26
8	7月31日	1.0Ss/扉閉	0.35	扉閉状態での加振後の状態で試験	0.26

<原子炉建屋としての負圧達成について>

- ・既設建屋の推定インリーク量: 約1,710m³/h@63Pa
- ・閉止装置10個の合計面積: 約213m²
- ・閉止装置10個設置時の推定インリーク量: 213m² × 0.35m³/h・m²=75m³/h@63Pa
- ・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: 1710m³/h+75m³/h=1785m³/h

⇒非常用ガス処理系定格容量は3570m³/hであり、推定漏えい量1785m³/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(9/10)



【扉及び門作動試験(電動/手動)】

- ◆ 扉及び門の作動時間/電流値が判定基準以内であることを確認した。
- ◆ 扉及び門のシリンダの電動機を含む駆動系に異常のないことを確認した。
- ◆ 門設置により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.	試験日	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	7月26日	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	7月25日	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	7月31日	1.0Ss/扉開 (本試験)	扉開側	約8秒	1.63A	約8秒	1.41A	異常なし	異常なし
			扉閉側	約8秒	1.60A	約8秒	1.43A	異常なし	異常なし
8	7月31日	1.0Ss/扉閉 (本試験)	扉開側	約8秒	1.66A	約8秒	1.48A	異常なし	異常なし
			扉閉側	約8秒	1.66A	約8秒	1.50A	異常なし	異常なし

【扉の作動試験結果】

試験 No.	試験日	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	7月26日	1.0Ss/扉開	約99秒	4.35A	約97秒	4.39A	開→閉 異常なし
6	7月25日	1.0Ss/扉閉	約99秒	4.45A	約96秒	4.46A	閉→開 異常なし
7	7月31日	1.0Ss/扉開	約99秒	4.21A	約97秒	4.15A	開→閉 異常なし
8	7月31日	1.0Ss/扉閉	約99秒	4.50A	約97秒	4.60A	—

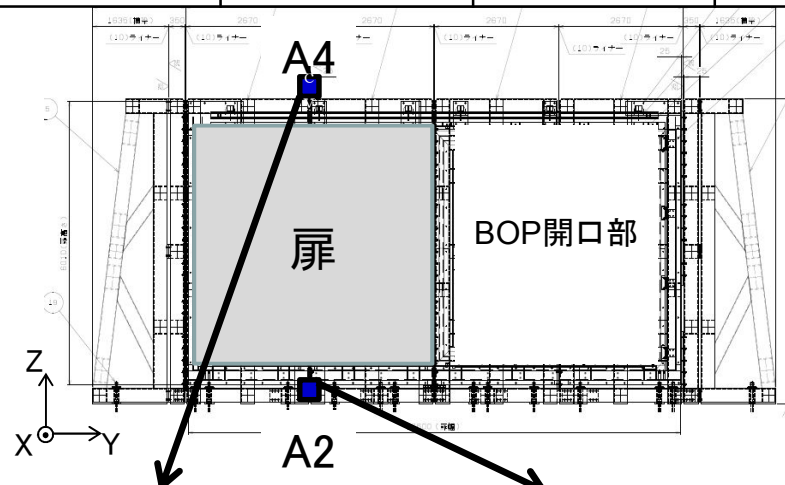
【論点17】ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法(10/10)



【参考】

- ◆ 炭素鋼コーティングチェーンを用いて、閉なしの状態(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.	試験日	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	7月26日	1.0Ss/扉開	約100秒	4.31A	約97秒	4.39A	—



- ◆ チェーンの伸び量は約3mm(5919mm⇒5922mm)であるが、初期伸び※範囲内であり有意な伸びは発生していない
- ※組立歪や初期なじみにより使用開始時に発生する伸び

方向	Ss包絡条件 (×9.8m/s ²)	A4(扉上部)	判定結果	方向	Ss包絡条件 (×9.8m/s ²)	A2(扉下部)	判定結果
		計測結果 (×9.8m/s ²)				計測結果 (×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	○

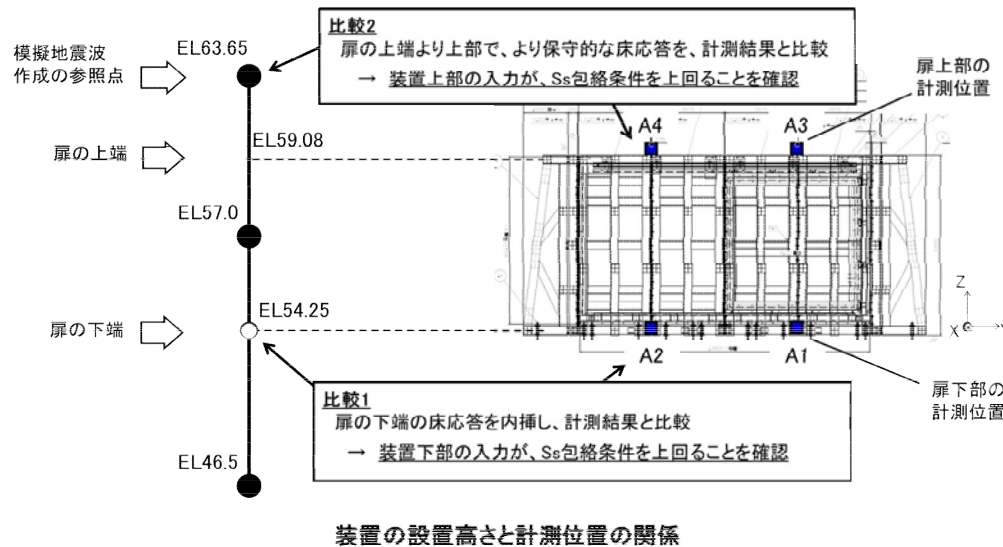
加振条件の妥当性確認

(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)

【論点17】(参考1)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 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)



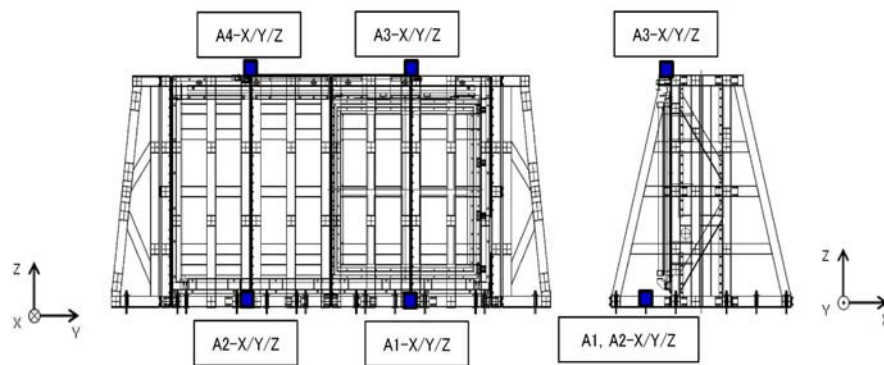
- ◆ 加振試験では、閉止装置設置位置より上部のEL.+63.65mにおける床応答包絡条件を目標応答スペクトルとして模擬地震波を作成し入力条件として用いたが、振動台の性能限界により、実際の加振波のスペクトルが一部周期帯で下回っていることを確認
- ◆ しかしながら、閉止装置取付位置の地震加速度はS_s条件を上回っており、閉止装置の機能を確認するための加振試験としては妥当であると評価



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_s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_s条件での床応答を上回ること。



振動台及び支持架台の加速度計設置位置

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_s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

比較1 閉止装置下端EL.+54.25mの床応答加速度 < 実際の加速度計測データ(扉下部のA1又はA2)

比較2 装置上端より上部のEL.+63.65mの床応答加速度 < 実際の加速度計測データ(扉下部のA3又はA4)