

東海第二発電所 工事計画認可申請に係る論点整理について(コメント回答)

【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
ブローアウトパネル閉止装置の不具合の対応について

平成30年7月17日
日本原子力発電株式会社

No	前回審査会合でのコメント
①	荷重伝達経路に含まれている部品の裕度評価について整理すること。
②	門 [※] 部に異物が入らないような対策, 熱膨張及び製作誤差について説明すること。
③	門の間隙寸法の妥当性について説明すること。
④	試験要領書の門の作動に関して, 作動すること以外の判定基準を記載すること。
⑤	門が確実に持ち上げられたこと及び挿入されたことの検知方法についてシステムを検討すること。
⑥	門の効果(機能)が維持されていることの確認方法について説明すること。

※ 門:かんぬき

【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



<コメント①>

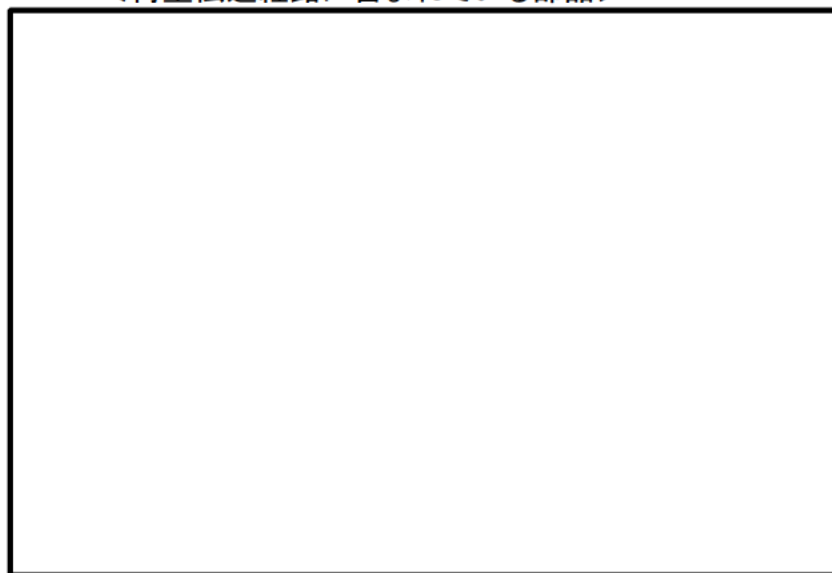
- ◆ 荷重伝達経路に含まれている部品の裕度評価について整理すること。

<回答>

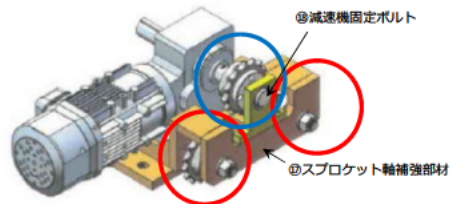
- ◆ 7/10審査会合で示したのものから、荷重伝達経路に含まれるモータ出力軸など3項目を追加し裕度を評価した。
- ◆ 対策前は、チェーン、スプロケット軸、モータ出力軸が簡易評価における裕度1を下回ったが、対策後の評価ではいずれも裕度1を上回ることを確認。なお、設計データの入手が困難で評価が困難な減速機については、分解点検し健全性を確認するとともに、対策後は対策前に比べて裕度が増加(チェーンに付加される荷重が低下)するため、対策後での健全性は確保されると評価した。

各部品の破損に対する裕度の簡易評価結果 ※1

<荷重伝達経路に含まれている部品>



No.	部品名	裕度※2		備考
		対策前 (門なし)	対策後 (門有り)	
1	ボルト1			
2	ハンガー			
3	ローラ			
4				
5	ボルト2			
6	ホルダ			
7	ボルト3			
8	チェーンガイド			
9	エンドボルト			
10	チェーン※3			材質変更
11	スプロケット軸			支持方法変更
12	モータベース			
13	ボルト4			
14	ハンガーレール			
15	門※4			新規設置
16	モータ出力軸			支持方法変更
17	スプロケット軸補強部材			新規設置
18	減速機固定ボルト			



スプロケット軸・モータ出力軸の支持方法改良予定図

従来、スプロケット及びモータの軸は、1か所で支える設計であったが、ベースを改良することにより2か所で荷重を支持

荷重を受ける部材として追加で記載



減速機は、電動機一体品であり詳細データの入手ができないため、分解して、軸や歯車に割れや欠損等の異常がないことを確認。今回実施する対策によるチェーンに付加される荷重は低減され、裕度は現行より増加するため、対策後の健全性も確保できると評価

※1 対策前の裕度は、要因分析のために簡易的に電動機ブレーキ力の約2倍の荷重(66kN)がかかったと推定して評価。対策後は門によりチェーンが□mm伸びた場合の荷重(約43.8kN)が付加されたとして評価した。

※2 裕度 = Su / 発生荷重

※3 チェーンについては、発生荷重と最小引張強さ(カタログ値)の比較で評価

※4 門については、加振試験時の扉の最大加速度(9.6G)の2倍の荷重で評価した値

<コメント②>

- ◆ 門部に異物が入らないような対策, 熱膨張及び製作誤差について説明すること。

<回答>

1. 異物が入らないような対策について

- ◆ 門の側面には, 扉側とフレーム側の門受の隙間が上下2箇所及び扉がない状態ではフレーム側の門受間の隙間が存在するが, ブローアウトパネル閉止装置の設置箇所が高所であることから, 砂等の異物が混入する可能性は低いと考える。
- ◆ 開状態及び閉止状態では, 門ピン頭部により, 門受の上部は塞がれていることから, 上部から異物混入はしない。なお, 固着, 目詰まり等がなく門部の機能が維持されていることについては定期的な動作試験(門の上げ下げ)にて確認する。



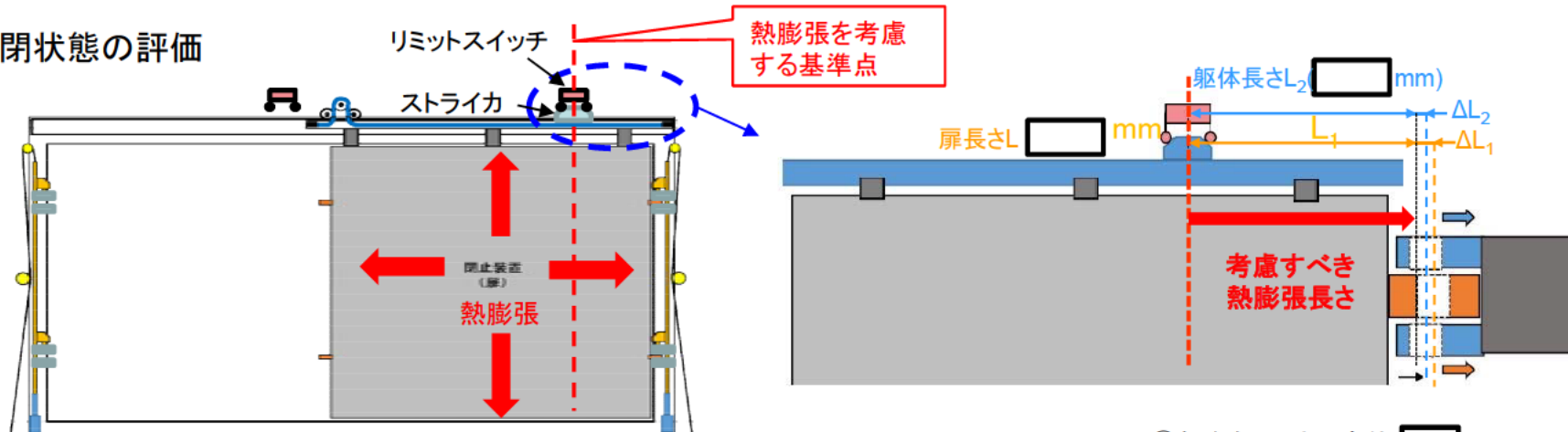
門部の断面図

<回答(続き)>

2. 熱膨張について

- ◆ 閉止装置に熱膨張が生じ、閉止する際の門受の位置の変位を確認
- ◆ 扉の閉止作動時は、チェーンガイドに取り付けられたストライカーがリミットスイッチを作動させ、扉が停止
- ◆ 熱膨張による門受の位置の変位量は、リミットスイッチの位置を基準点とし、扉側門受の変位量は、チェーンガイドに設置されているストライカーと扉側門受の距離(下図L¹)、架台側門受の変位量はリミットスイッチと架台側門受の距離(下図L²)に比例。
- ◆ 扉側及び架台側門受について、それぞれの熱膨張率を使用して、各門受の位置の変位量を試算
- ◆ 評価の結果、扉の閉止側で相対変位量0.33mm、開側で相対変位量1.18mmの変位が生じるものの、門ピンと門受の隙間(□mm)の範囲内であることを確認

(1) 閉状態の評価



・SUS304の熱膨張係数 α_1 : 1.6E-05/K, 鉄筋コンクリートの熱膨張係数 α_2 : 1.0E-05/K

・温度変化 $\Delta T = 50^\circ\text{C}$

出典: 発電用原子力設備規格材料規格(2012年版)及び
コンクリート製原子炉格納容器規格(2003年版)

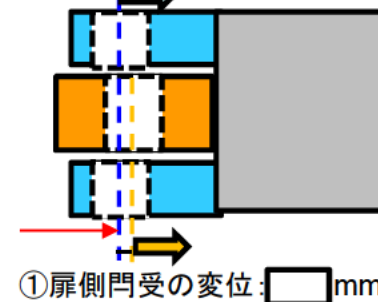
① 扉側門受(ステンレス製扉 L_1)の変位量 $\Delta L_1 = L_1 \times \alpha_1 \times \Delta T = \square$ mm

② 架台側門受(躯体鉄筋コンクリート製 L_2)の変位量 $\Delta L_2 = L_2 \times \alpha_2 \times \Delta T = \square$ mm

③ 相対変位: 0.33mm

③ 相対変位量 $\square - \square = 0.33\text{mm} < \square$ mm

② 架台側門受の変位 \square mm

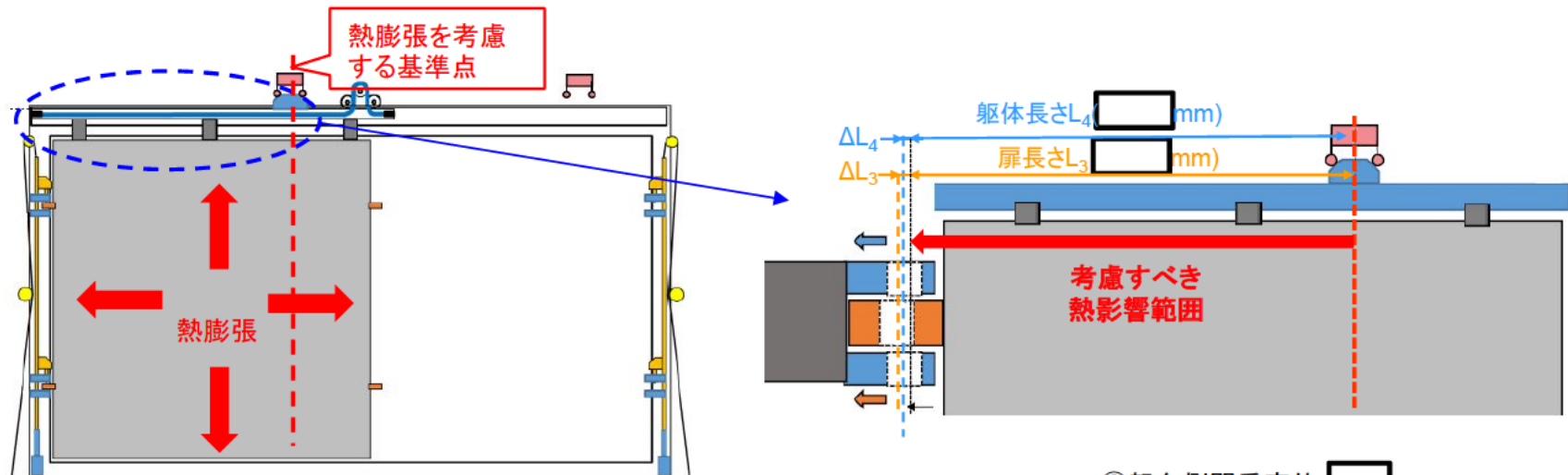


① 扉側門受の変位: \square mm

<回答(続き)>

(2)開状態の評価

- ◆ 熱膨張による門受の位置の変位量は、リミットスイッチの位置を基準点とし、扉側門受の変位量は、チェーンガイドに設置されているストライカと扉側門受の距離(下図 L_3)、架台側門受の変位量はリミットスイッチと架台側門受の距離(下図 L_4)に比例。



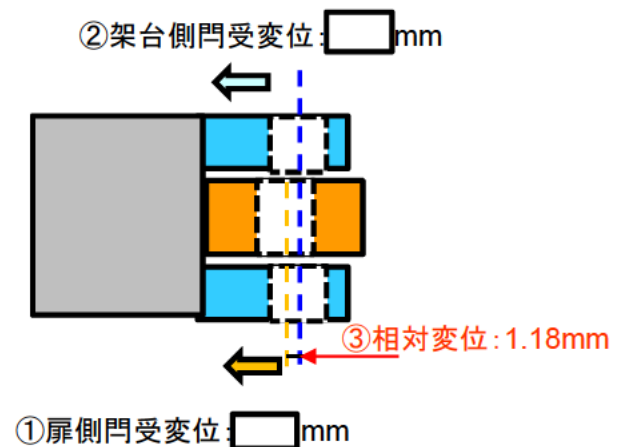
・SUS304の熱膨張係数 α_1 : 1.6E-05/K, 鉄筋コンクリートの熱膨張係数 α_2 : 1.0E-05/K

・温度変化 $\Delta T=50^\circ\text{C}$

①扉側門受(ステンレス製扉 L_3)の変位量 $\Delta L_3=L_3 \times \alpha_1 \times \Delta T=$ mm

②架台側門受(躯体鉄筋コンクリート製 L_4)の変位量 $\Delta L_4=L_4 \times \alpha_2 \times \Delta T=$ mm

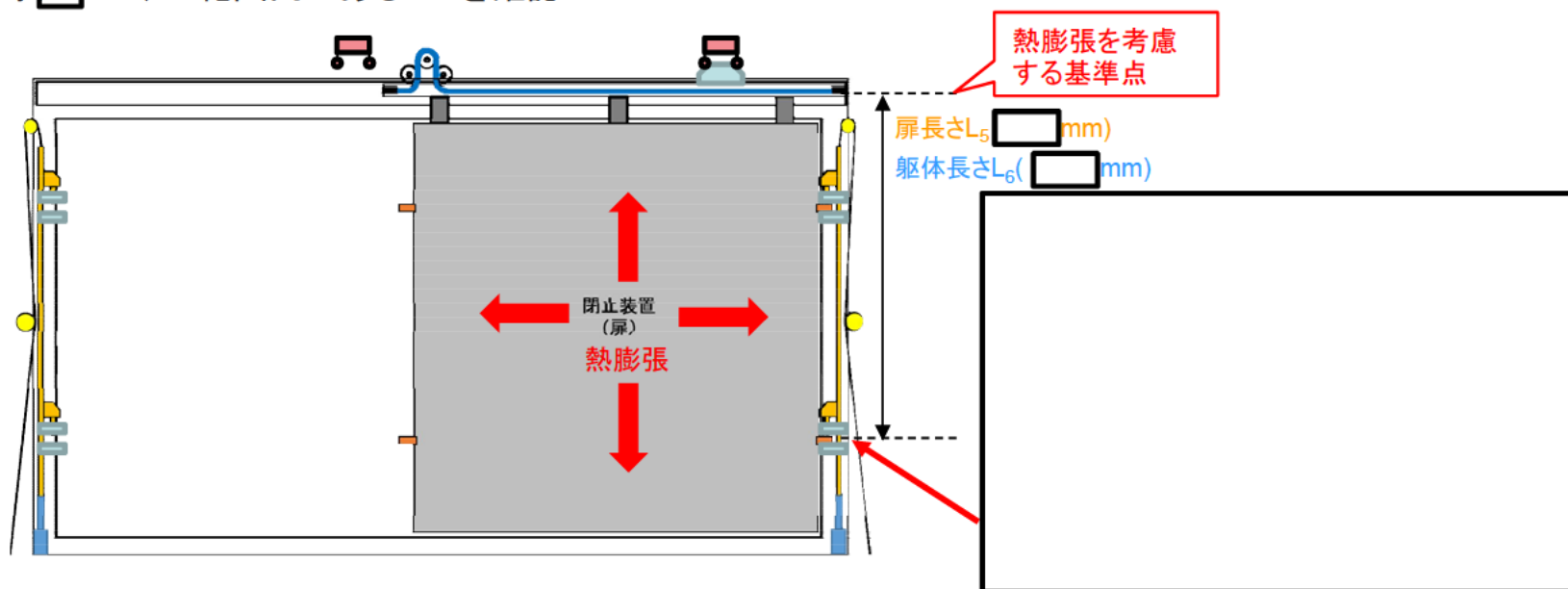
③相対変位量 - = 1.18mm < mm



<回答(続き)>

(3) 垂直方向の評価

- ◆ 垂直方向については、チェーンガイド部から下部門受までの距離が熱影響範囲
- ◆ 評価の結果、扉側門受と架台側門受の相対変位量1.2mmが生じるが、架台側門受と扉側門受間の隙間 mm) の範囲内であることを確認



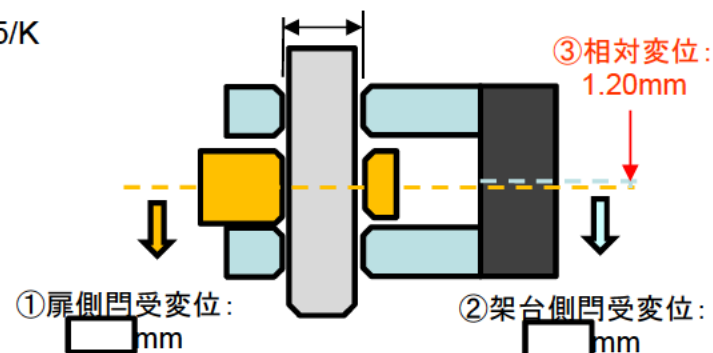
・SUS304の熱膨張係数 α_1 : 1.6E-05/K, 鉄筋コンクリートの熱膨張係数 α_2 : 1.0E-05/K

・温度変化 $\Delta T = 50^\circ\text{C}$

①扉側門受(ステンレス製扉 L_5)の変位量 $\Delta L_5 = L_5 \times \alpha_1 \times \Delta T =$ mm

②架台側門受(躯体鉄筋コンクリート製 L_6)の変位量 $\Delta L_6 = L_6 \times \alpha_2 \times \Delta T =$ mm

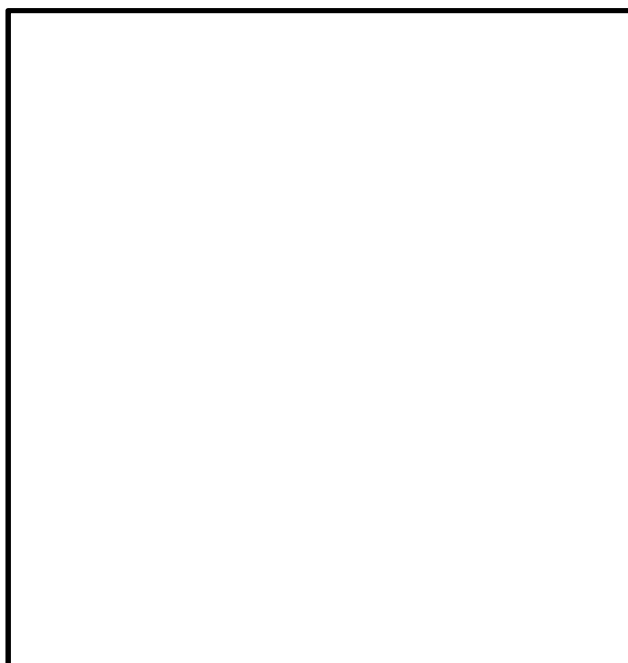
③相対変位量 - = 1.20mm < mm



<回答(続き)>

3. 製作精度について

- ◆ 門については、製作公差を小さく製造したカラー(黄&緑)や仮ピンを用いて位置決めを行い、架台受プレート及び扉受プレートを設置することで製作精度を確保する。
- ◆ この施工法により、門ピンと門受部に生じる変位量としては、ピン及び門受等の製作公差の合計±mm及びリミットスイッチによる停止位置の誤差約mmであり、門ピンと門受の隙間(mm)の範囲内で製作可能



- ①架台受プレート
- ②扉受プレート
- ③-1:カラー
- ③-2:カラー
- ③-3:仮ピン

<コメント③>

- ◆ 門の間隙寸法の妥当性について説明すること。

<回答>

1. 隙間寸法の設定

- ◆ 閉止状態の加振後においても、気密性が確保できることを目的に、門の拘束量の範囲で、扉が移動したとしても、テーパブロックとプッシュローラによる押込みが確保できるように門(ピン)と門受の隙間を設定
- ◆ 門と門受の隙間を□mmとすることで、扉の移動量は中心位置から□mm以内となり、扉が開方向に最大移動した場合においても、テーパブロックとプッシュローラの挿入幅を□mm以上確保

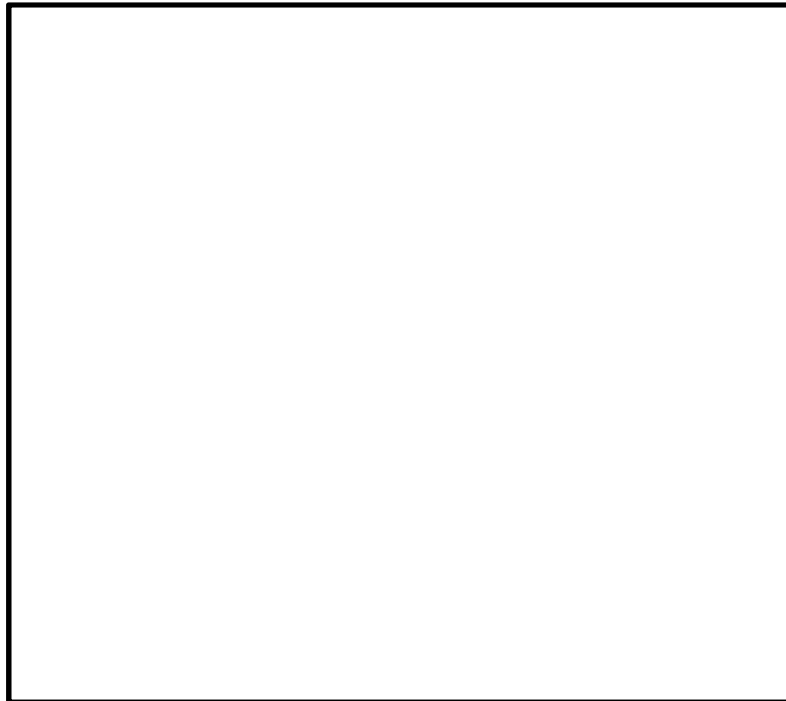


図1 閉止状態の押込み構造(閉止側上部より)

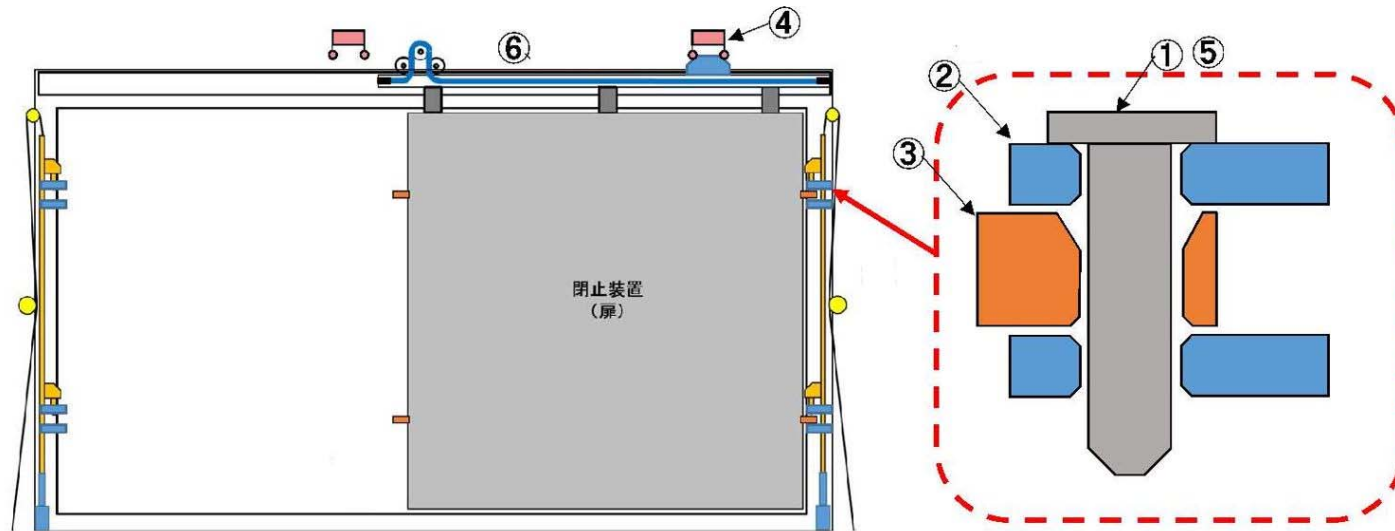


図2 門による移動量(門部断面)

<回答つづき>

1. 門(ピン)と門受けの隙間の妥当性

- ◆ 扉各部の製作公差、扉のリミットスイッチ位置決め精度、熱膨張による変形の合計が最大 mm程度であるから門(ピン)と門受けの隙間を mmとすることで対応可能



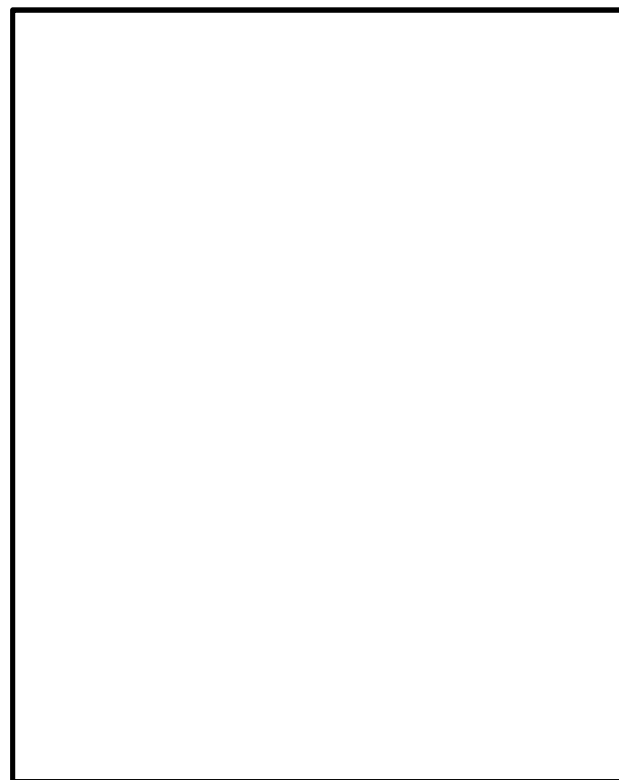
No.	考慮している公差、精度箇所	設計公差(mm)
①	ピンの製作公差	
②	架台側プレートの穴径製作公差	
③	扉側プレートの穴径製作公差	
④	リミットスイッチ位置決め精度	
⑤	熱膨張(ピン)	
⑥	熱膨張(チェーンガイド、扉、プレート)	
	合計	

<回答(続き)>

2. 閘の挿入, 引抜

- ◆ 扉, ハンガーレール, 閘ピン等の部材については, 弾性設計とすることから変形しない
- ◆ 閘で傾きが発生した場合, 傾きは最大 0.13° となるため, この状態でピンに付加される摩擦力を評価した結果, 摩擦力(0.34N)に対して, 閘の自重(490N)が十分に大きいため, 閘は自重で挿入可能であることを確認
- ◆ 同様に, 閘押上げに関しては, 閘が挿入された状態で, 傾きが生じた場合においても, 評価した摩擦力(0.34N)及び閘自重(490N)の合計(490.34N)に対して, 電動シリンダの定格出力3000Nは十分な能力を確保しているため, 閘は十分に押上げ可能であることを確認

ピン, 穴によるチャンネル材の拘束



閘押上げ時のイメージ図
(挿入側も同様)

- ・静止摩擦係数: 0.3
- ・閘の自重: $W = 50 \times 9.80665 = 490.34(\text{N})$
- ・点1における垂直抗力: $F_1 = W \times \sin(0.13^\circ) = 1.12(\text{N})$
- ・点1における摩擦力: $F_k = F_1 \times 0.3 = 0.34(\text{N})$
- ・点1における重力の下降成分:
 $F_2 = W \times \cos(0.13^\circ) = 490.33(\text{N})$
- ・挿入時の自重落下評価
摩擦力 $F_k(0.34\text{N}) \ll$ 自重下降成分 $F_2(490.33\text{N})$
- ・押上げ時評価
摩擦力 $F_k(0.34\text{N}) +$ 自重 $W(490.34\text{N})$
 \ll 電動シリンダ定格出力(3000N)

<コメント④>

- ◆ 試験要領書の問の作動に関して、作動すること以外の判定基準を記載すること。

<回答>

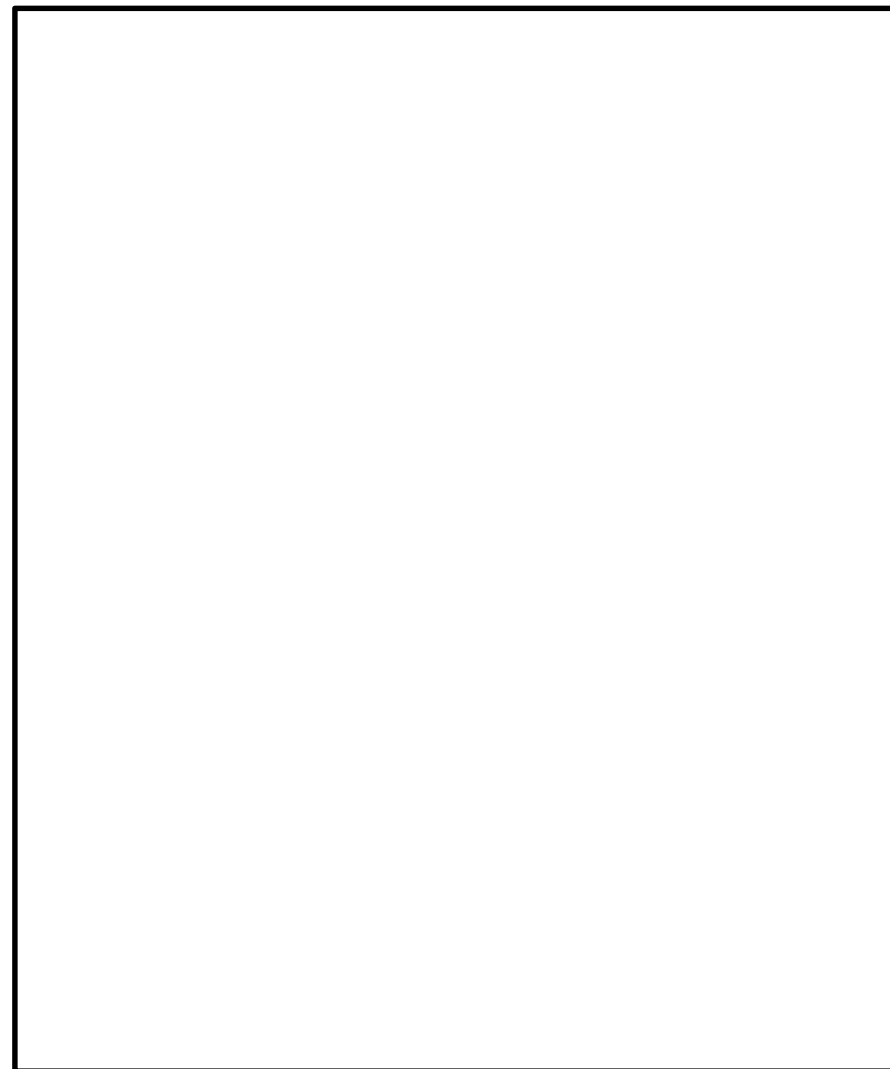
- ◆ 補足説明資料の判定基準に以下を追加

【電動作動確認】

- ・電動駆動シリンダによる問の押上げ及び挿入ができること
- ・電動機の電流値が定格電流値以内
- ・作動時間 15秒※(目標)
 - ※ 押上げ時:電動機の起動スイッチ投入後, 引き抜き検知のリミットスイッチが作動するまでの時間を計測(シリンダが約230mm上昇する時間)
 - 挿入時:電動機の起動スイッチを投入後, 挿入検知のリミットスイッチが作動するまでの時間を計測(シリンダが約230mm下降する時間)

【手動作動確認】

- ・手動操作により問を引上げられること
- ・自重により問挿入ができること
- ・引上げ量:物理的な上限位置まで引上げられること



電動操作時の問作動

【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

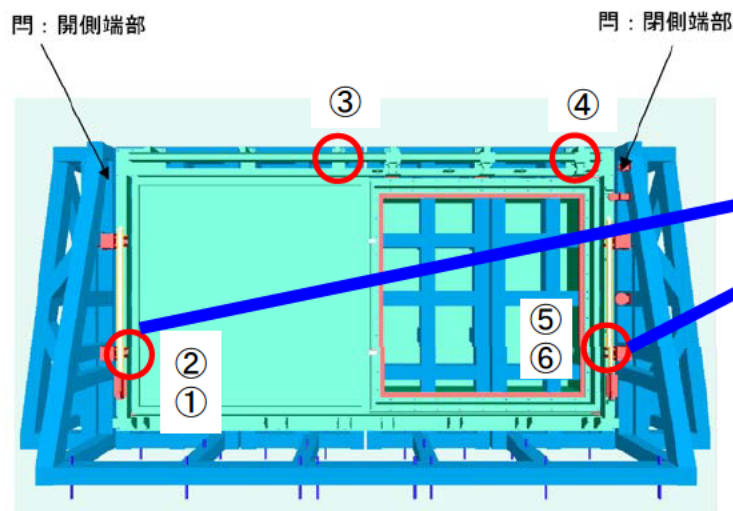


<コメント>

- ◆ 門が確実に押し上げられたこと及び挿入されたことの検知方法について、扉の開閉を含めたシステムを検討すること。

<回答>

- ◆ リミットスイッチにて、門の押し上げ及び挿入を検知
- ◆ 門押し上げ完了の信号を受け、扉作動開始の信号が投入、扉停止信号を受け、門下降の電動シリンダの信号が投入



○ 各リミットスイッチの目的

①	門の挿入検知
②	門の押し上げ検知
③	扉の停止(開確認)
④	扉の停止(閉確認)
⑤	門の押し上げ検知
⑥	門の挿入検知

リミットスイッチの作動状況(扉を閉止する場合)

○:ON

各ステップ	扉状態	門状態	リミットスイッチ					
			扉開側			扉閉止側		
			① 門挿入	② 門引上げ	③ 扉開	④ 扉閉	⑤ 門引上げ	⑥ 門挿入
待機状態	停止(開)	挿入	○		○			○
1. 閉操作投入	停止(開)	挿入	○		○			○
2. 門電動シリンダ上昇	停止(開)	上昇			○			
3. 門押し上げ完了	停止(開)	押し上げ		○	○			○
4. 扉の閉止作動開始	移動(閉へ)	押し上げ		○				○
5. 扉閉止, 停止	停止(閉)	押し上げ		○		○	○	
6. 門電動シリンダ下降	停止(閉)	下降				○		
7. 門挿入完了	停止(閉)	挿入	○			○		○

【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



<コメント⑥>

門の効果(機能)が維持されていることの確認方法について説明すること。

<回答>

- ◆ 門の機能が維持されていることの確認は、定期的な動作確認(門ピンの電動による引上げ, 挿入)及び定期的な点検にて実施する。なお, 具体的な内容及び頻度については, 今後, 保安規定に定めることとする。

保全項目	内 容(案)	頻度(案)	備 考
動作確認	電動による門ピンの引上げ, 挿入動作の確認 ・動作時間測定(リミットスイッチ動作確認含む)	1回/月	
定期点検	門部の外観目視点検による異常の有無の確認 ・目視による腐食, 接触, 摩耗の確認 ・電動駆動による動作状況確認 ・電流値測定	1回/定検	

【参考】門が抜けないリスクとその対応について



◆ 門については、以下のような設計等の配慮を実施しており、門が抜けないリスクは十分低いと考えている

門が抜けなくなる要因	検討項目	対 策	備考
固着, かじり	腐食防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ピン側: S45C(焼き入れ)+メッキ ・門穴側: ステンレス 	
	かじり防止	<ul style="list-style-type: none"> ・門ピンと門穴の間隙を確保するため、門の芯が適切に設定できる工法を採用(治具を用いて門の芯をあわせた後、門穴(プレート)を固定) ・かじりが発生しないように門ピンと門穴で異なる材料を使用(ピン側: S45C(焼き入れ)+メッキ, 門穴側: ステンレス) 	
	寸法 (熱膨張及び公差)	<ul style="list-style-type: none"> ・熱膨張及び製作公差を考慮しても、門ピンと門穴の間隙を確保できる設計(公差+熱膨張合計最大□mmに対して□mmを確保する設計) 	
	異物対策	<ul style="list-style-type: none"> ・門ピン頂部の形状により上部からの異物は入らない構造 ・念のため定期的な動作確認を実施し健全性確認 	
門の変形・強度不足	門ピンの強度	<ul style="list-style-type: none"> ・前回加振時の最大加速度の2倍の加速度(19.2G)が扉に付加されても塑性変形を起こさない強度を確保(門が歪まない設計) 	
門押上げ力不足	門ピンの自重による挿入	<ul style="list-style-type: none"> ・設計寸法の確保及びピンの構造強度確保により、門ピンの傾きを想定しても門は自重で挿入(落下)する設計 	
	門ピンの過度な引き抜き防止	<ul style="list-style-type: none"> ・門ピンは物理的にプレート側門穴から外れない設計 	
	門押上げ用電動機への過度な荷重付加の抑制	<ul style="list-style-type: none"> ・通常状態では、門は引き抜き用電動機と連結されておらず、地震等の過度な荷重が電動機に付加されない設計 	
	充分大きな門押上げ力を有する電動機	<ul style="list-style-type: none"> ・電動機の押上げ力は、門重量約50kgの6倍の約300kgと十分な容量を確保 	
機能維持	機能が維持されていることの確認	<ul style="list-style-type: none"> ・定期的な動作確認による健全性確認 	

【参考】ブローアウトパネル閉止装置 試験工程案



- ◆ チェーンの強度アップのみの効果を確認するため、門なしでの加振試験を実施する。扉状態については検討中
- ◆ チェーンのみ強化する場合、最弱部はモータ出力軸となるが、電動機/減速機ユニットは2セットのため、万一の損傷を想定し、加振試験は予備試験後の27日に計画

試験項目	目的	門有無	24火	25水	26木	27金	28土	29日	30月	31火	備考		
センサ確認	加速度センサの動作確認	—	○				各部点検及び調整	予備日	各部点検及び調整				
振動特性試験(開側&閉側)	ランダム波による門状態での振動特性(固有値)確認	有	○										
加振試験1.0Ss(扉開) ・門作動確認	加振後の門動作確認	有	○										
加振試験1.0Ss ・門なし(チェーンのみ)	強度を増加させたチェーンでの加振試験	無				○						モータ減速機ユニットは2セットのため破損を考慮し社内検査後に試験	
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		○									
加振試験1.0Ss(扉開) ・作動確認 ・気密性能試験	予備試験(扉開) ・加振→扉閉操作(門含む)→気密性能確認→扉開操作(門含む) ・門手動抜き取り及び手動挿入	有			○								
加振試験1.0Ss(扉閉) ・作動確認 ・気密性能試験	予備試験(扉閉) ・加振→気密性能確認→扉開操作(門含む)→扉閉操作(門含む) ・門手動抜き取り及び手動挿入	有			○								
加振試験1.0Ss(扉開) ・作動確認 ・気密性能試験	確認試験(扉開) ・加振→扉閉動作(門含む)→気密性能確認→扉開操作(門含む) ・門手動抜き取り及び手動挿入	有										○	
加振試験1.0Ss(扉閉) ・作動確認 ・気密性能試験	確認試験(扉閉) ・加振→気密性能確認→扉開操作(門含む)→扉閉操作(門含む) ・門手動抜き取り及び手動挿入	有										○	