

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18日
日本原子力発電株式会社

前回審査会合(7月10日)でのコメント一覧

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	門が確実に押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(2/13)



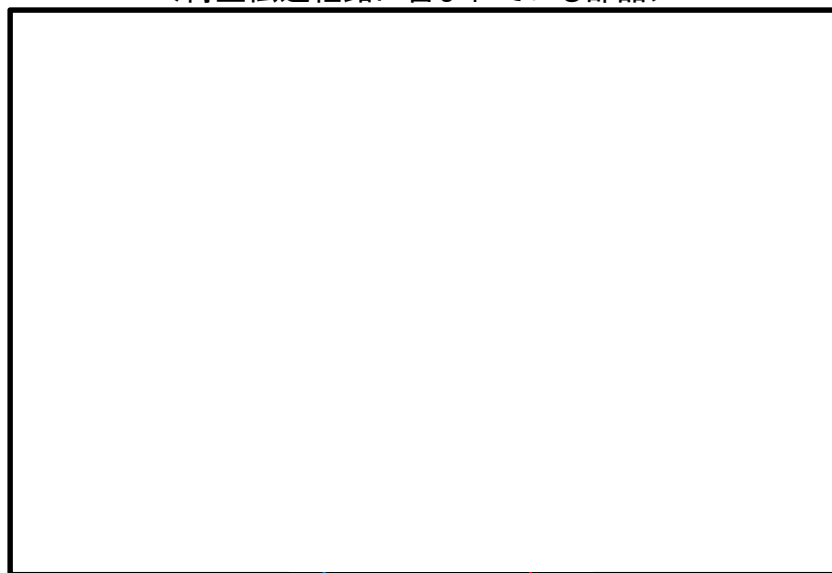
<コメント①>

- ◆ 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>

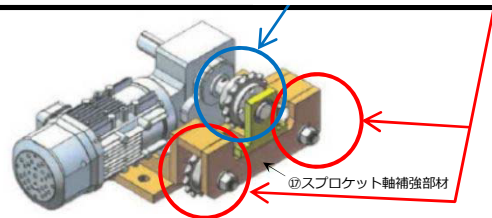
- ◆ 7/10審査会合で示したのものから、荷重伝達経路に含まれるモータ出力軸など3項目を追加し裕度を評価した。
- ◆ 対策前は、チェーン、スプロケット軸、モータ出力軸が簡易評価における裕度が1を下回ったが、対策後の裕度は1を上回ることを確認。なお、設計データの入手が困難な減速機については、分解点検により健全性を確認するとともに、対策後は対策前に比べて裕度が増加(チェーンに付加される荷重が低下)するため、対策後での健全性は確保されると評価した。

<荷重伝達経路に含まれている部品>



各部品の破損に対する裕度の簡易評価結果 ※1

No.	部品名	裕度※2		備考
		対策前 (閘なし)	対策後 (閘有り)	
1	ボルト1			
2	ハンガー			
3	ローラ			
4	チェーンガイド			
5	エンドボルト			
6	チェーン※3			材質変更
7	スプロケット軸			支持方法変更
8	モータベース			
9	ボルト4			
10	ハンガーレール			
11	閘※4			新規設置
12	モータ出力軸			支持方法変更
13	スプロケット軸補強部材			新規設置
14	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。対策後は閘によりチェーンが9mm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 閘については、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。



扉開側の状態

扉閉止側の状態(扉なし)

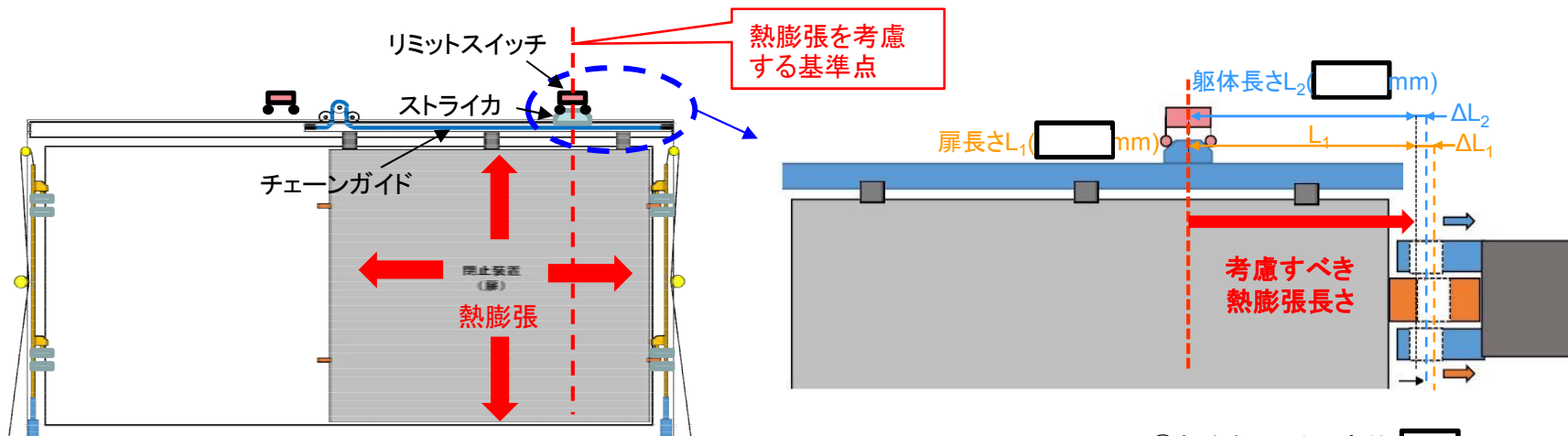
門部の断面図

<回答(続き)>

2. 熱膨張について

(1) 閉状態の評価

- ◆ 閉止状態においてSA時の二次格納施設内の温度として100°Cを想定し熱膨張を考慮
- ◆ 扉の閉止動作は、チェーンガイドに取り付けられたストライカがリミットスイッチを作動させ扉を停止するため、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、ストライカと扉側門受の距離(下図 L_1)、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_2)に比例するため、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算出
- ◆ 評価の結果、扉の閉止側で相対変位量0.67mm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



・SUS304の熱膨張係数 α_1 : $1.6 \times 10^{-5}/K$, 鉄筋コンクリートの熱膨張係数 α_2 : $1.0 \times 10^{-5}/K$

・温度変化 $\Delta T = 100K$ (0°Cからの温度差を評価)

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)

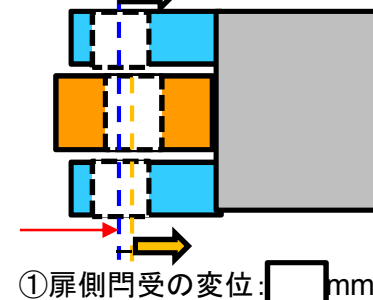
① 扉側門受(ステンレス製扉 L_1)の変位量 $\Delta L_1 = L_1 \times \alpha_1 \times \Delta T =$ () mm

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

③ 相対変位: 0.67mm

③ 相対変位量 () - () = 0.67mm < () mm

② 架台側門受の変位: () mm

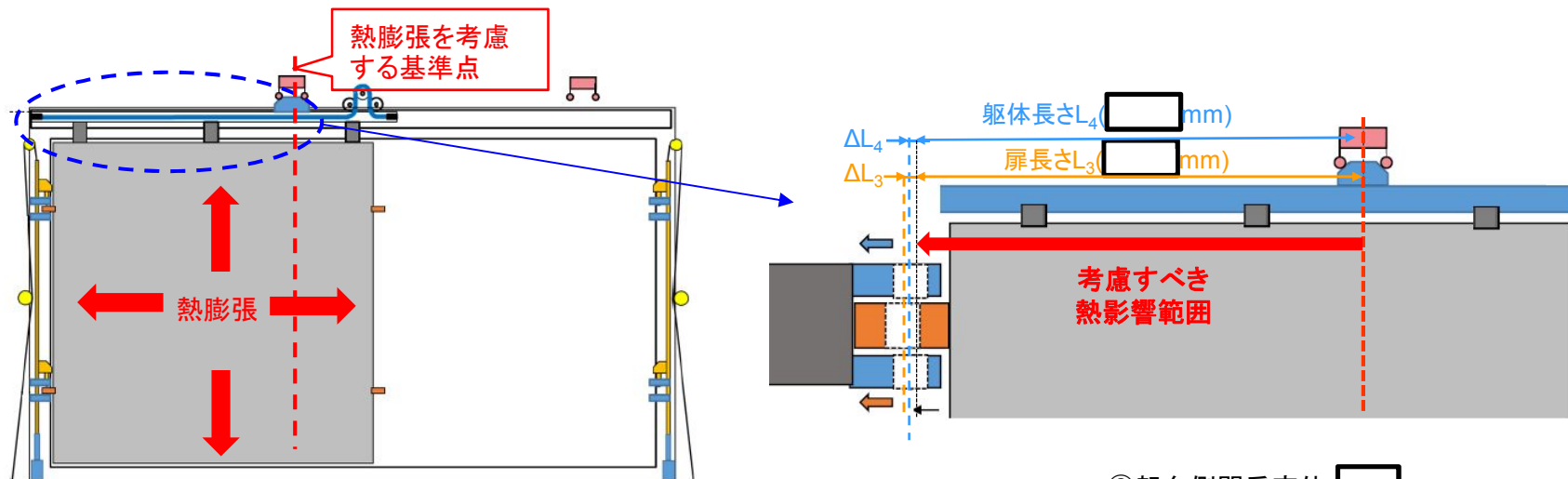


① 扉側門受の変位: () mm

<回答(続き)>

(2)開状態の評価

- ◆ 開状態においては屋外の環境条件40℃を想定し熱膨張を考慮
- ◆ 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)に比例するため、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算出
- ◆ 評価の結果、相対変位量0.95mm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



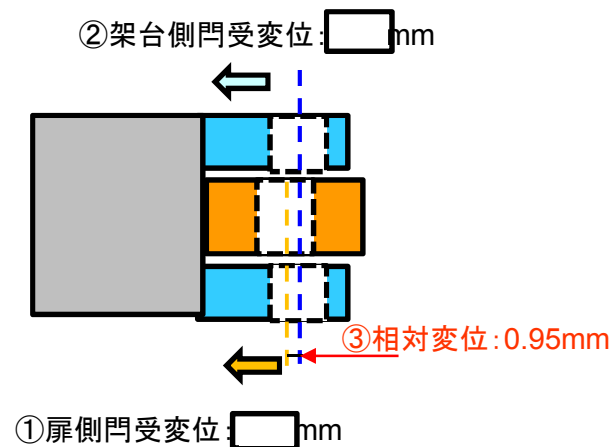
・SUS304の熱膨張係数 $\alpha_1: 1.6 \times 10^{-5}/K$, 鉄筋コンクリートの熱膨張係数 $\alpha_2: 1.0 \times 10^{-5}/K$

・温度変化 $\Delta T=40K$ (0℃からの温度差を評価)

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

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

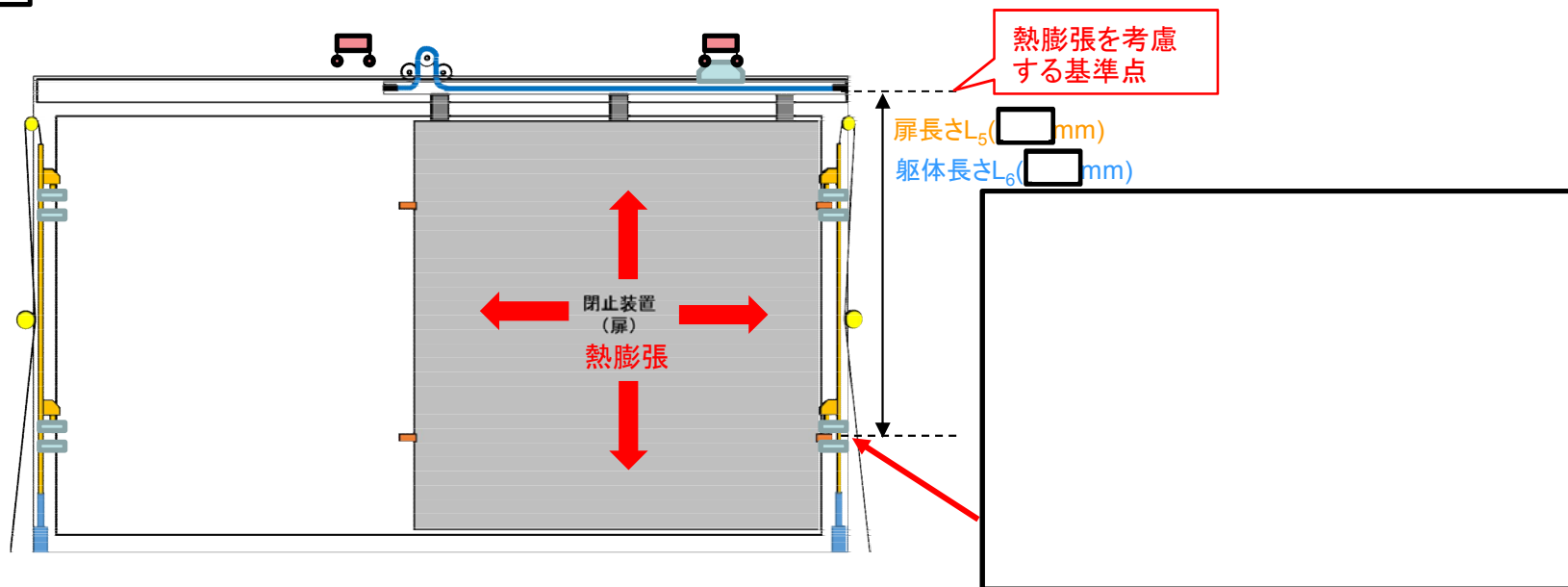
③相対変位量 $\square - \square = 0.95$ mm $\leftarrow \square$ mm



<回答(続き)>

(3) 垂直方向の評価

- ◆ 閉止状態においてSA時の二次格納施設内の温度として100°Cを想定し熱膨張を考慮
- ◆ 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2.41mm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



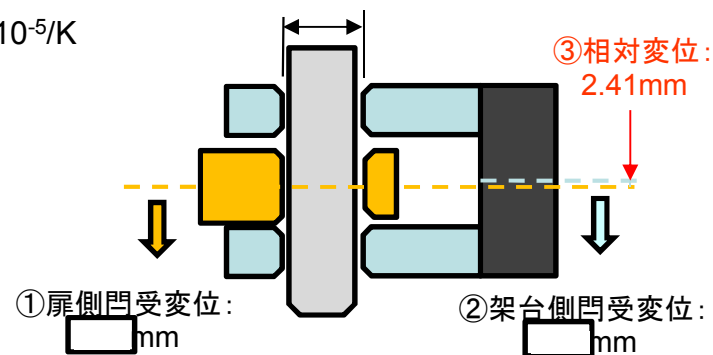
・SUS304の熱膨張係数 $\alpha_1: 1.6 \times 10^{-5}/K$, 鉄筋コンクリートの熱膨張係数 $\alpha_2: 1.0 \times 10^{-5}/K$

・温度変化 $\Delta T = 100K$ (0°Cからの温度差を評価)

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

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

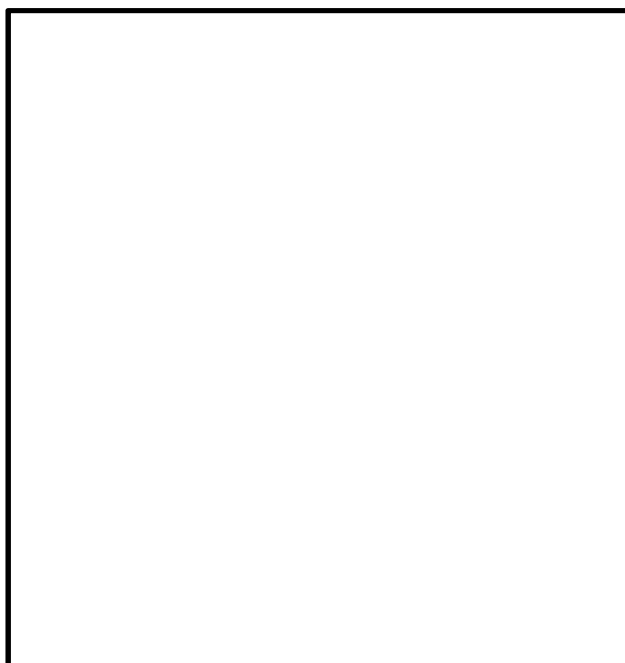
③相対変位量 $\square - \square = 2.41\text{mm} < \square$ mm



<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(灰色)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
- ◆ 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 \pm □mm及びリミットスイッチによる停止位置の誤差が \pm □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、気密性を確保することを目的に、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
- ◆ 具体的には門と門受の隙間を□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約□mm確保でき気密性能を確保可能



図1 閉止状態の押込み構造(閉止側上部より)

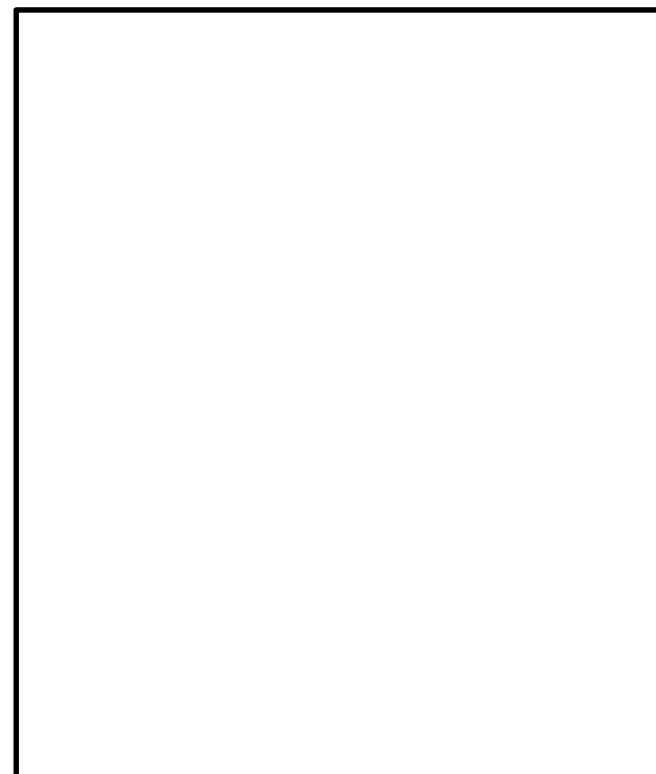
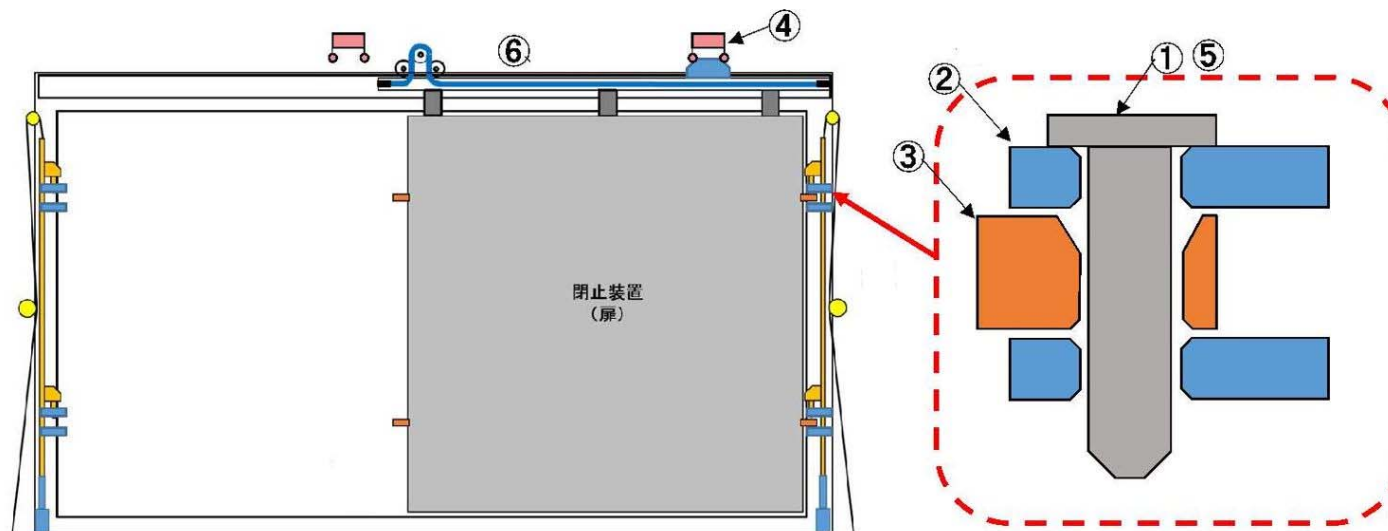


図2 門による移動量(門部断面)

<回答つづき>

2. 製作誤差等のまとめ

- ◆ 扉各部の製作公差, 扉のリミットスイッチによる位置決め精度, 熱膨張による変形の合計は最大 mm程度であるから門(ピン)と門受けの隙間を mmとする。



No.	考慮している製作誤差等	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		

※: 熱膨張の影響が大きい扉開状態の評価値。扉閉状態で mm

【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(10/13)

<回答(続き)>

2. 門の挿入, 引抜

- ◆ 扉, ハンガーレール, 門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が, 門で傾きが発生した場合, 傾きは最大 0.13° となる。
- ◆ この状態が維持されていると仮定し, 門ピンに付加される摩擦力を評価した結果, 摩擦力(約 0.68N)に対して, 門の自重の下降成分(約 490N)は十分に大きく, 門は自重で挿入可能であることを確認
- ◆ 同様に, 門の押上げに関しては, 評価した摩擦力(約 0.68N)及び門自重(約 490N)の合計(約 491N)に対して, 電動シリンダの定格出力 3000N は十分に大きく, 門は十分に押上げ可能であることを確認

門穴によるピンの最大傾き量



【評価内容】

- ・ 静止摩擦係数: 0.6
- ・ 門の自重: $W = 50 \times 9.80665 = 490.34(\text{N})$
- ・ 点1における垂直抗力: $F_1 = W/2 \times \sin(0.13^\circ) = 0.56(\text{N})$
- ・ 点1における摩擦力: $F_{k1} = F_1 \times 0.6 = 0.34(\text{N})$
- ・ 点1における重力の下降成分:
 $F_2 = W/2 \times \cos(0.13^\circ) = 245.17(\text{N})$

- ・ 点2における垂直効力: $F_3 = F_1 = 0.56(\text{N})$
- ・ 点2における摩擦力: $F_{k2} = F_{k1} = 0.34(\text{N})$
- ・ 点2における重力の下降成分: $F_4 = F_2 = 245.17(\text{N})$

【挿入時の自重落下評価】

摩擦力 $F_{k1} + F_{k2}$ (0.68N) < 自重下降成分 $F_4 + F_2$ (490.33N)
⇒ 摩擦力は自重の下降成分の 0.2% 程度

【押上げ時評価】

摩擦力 $F_{k1} + F_{k2}$ (0.68N) + 自重 W (490.34N)
< 電動シリンダ定格出力(3000N)
⇒ 摩擦力と門重量の合計は電動シリンダ定格出力の 17% 程度

【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(11/13)

<コメント④>

- ◆ 試験要領書の閘の作動に関して、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】

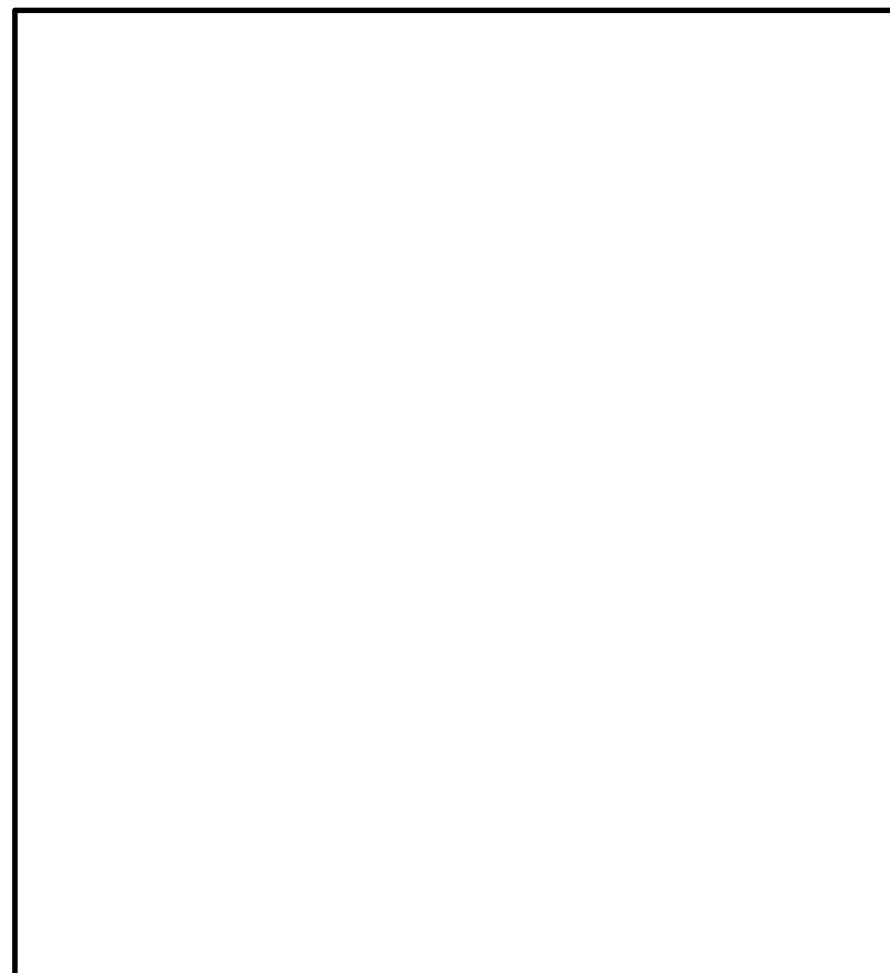
- ・電動駆動シリンダによる閘の押上げ及び挿入ができること
- ・電動機の電流値が定格電流値以内
- ・作動時間 15秒※(目標)

※ 押上げ時:電動機の起動スイッチ投入後、押上げ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】

- ・手動操作により閘を引上げられること
- ・自重により閘挿入ができること
- ・引上げ量は物理的な上限位置まで引上げられること



待機状態
(電動駆動シリンダ下限位置)

閘押上げ後
(シリンダ230mm上昇)

電動操作時の閘作動

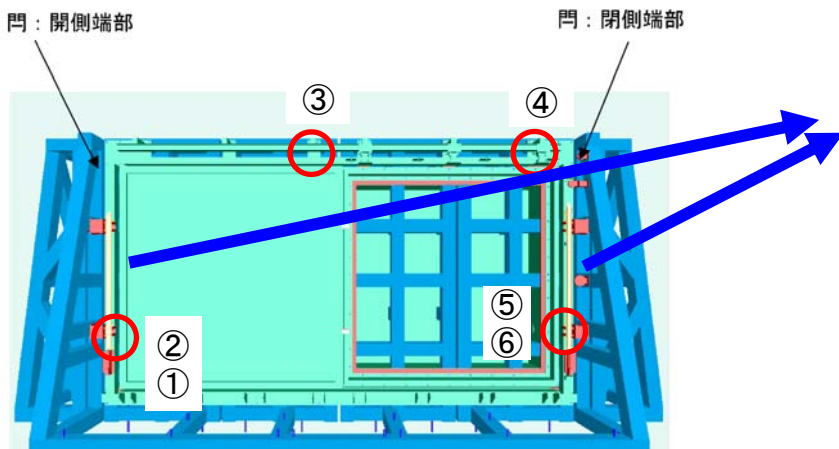
【論点17】ブローアウトパネル及び関連設備の必要機能と確認方法(12/13)

<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、扉作動の信号が投入、扉停止信号を受け、門下降の信号が投入
- ◆ 扉の動作開始は、門の押し上げをリミットスイッチが検知しないと開始しないインターロックを設ける設計



<門挿入>

<門押し上げ>

○ 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	○			○			○

・通常の発電所運転状態では、外部電源が受電している緊急用母線から受電
 ・扉開閉状態は中央制御室に表示

【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(13/13)

<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押上げ, 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)
動作確認	電動による門ピンの押上げ, 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

【論点17】(参考)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(1/2)

【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
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 ・門受側: ステンレス
	かじり防止	<ul style="list-style-type: none"> ・門ピンと門受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、門受(プレート)を固定) ・かじりが発生しないように門ピンと門受で異なる材料を使用(ピン側: S45C(焼き入れ)+メッキ, 門受側: 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、門ピンと門受の間隙を確保できる設計 ・(公差+熱膨張合計最大 <input type="text"/> mmに対して <input type="text"/> 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"> ・製作精度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受から外れない設計
	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、門は押上げ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
	手動引抜き手段	<ul style="list-style-type: none"> ・ウィンチの定格容量は2000kg, ワイヤーの許容荷重は4000kgと門重量50kgに対して十分な容量を確保
—	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

【論点17】(参考)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(2/2)

【参考】ブローアウトパネル閉止装置 試験工程案

- ◆ 1.0Ssを模擬した加振波による扉開状態及び扉閉状態での試験は、7月25日午後、26日午前及び31日で計画
- ◆ 強度を増加させたチェーンの効果を確認するため門なしでの加振試験を実施

区分	No	試験項目	目的	門有無	24火	25水	26木	31火
事前確認	1	センサ確認	加速度センサの動作確認	—	○			
	2	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	○			
要素試験(門単体)	3	加振試験1.0Ss(扉開) ・門動作確認	加振後の門動作確認	有	○			
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		○		
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	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		○		
	6	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(本試験)	7	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				○
	8	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				○
その他確認試験	参考	加振試験1.0Ss ・扉開閉試験	強度を増加させたチェーンでの加振試験	無			○	