

東海第二発電所

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6月29日

日本原子力発電株式会社

<コメント>

対策については、閉止装置に要求される機能を要求に照らし合わせて検討すること。

<コメント>

開状態、閉状態の要求機能を整理すること。

<回答>

○BOP閉止機能に対する設計の基本的考え方

- 二次格納容器バウンダリの一部を構成するBOPは、PCV外からの過圧を可能な限り防止するためのR/B内圧上昇による開放機能を有する。地震を考えた際には「閉止⇔開放」の双方の機能が課され、設計上の両立が困難。
- したがって、 S_d 相当を超える基準地震動 S_s が発生し、BOPが開放した場合に備え、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」の第74条の要求のとおり、二次格納容器バウンダリの機能を復旧する措置が可能となるよう閉止装置を設置するものである。
- 閉止装置による閉止後は所定の気密性能を一定期間維持する必要があるが、この一定期間の耐震要求を整理するにあたっては、地震荷重の組み合わせの考え方を基本とした。
- 上記の基本的考え方に基づき、各状態における要求機能を整理した。

○閉止装置の「開」状態

- S_d 相当を超える基準地震動 S_s が発生し、BOPが開放した場合において閉止装置による閉止が可能でなければならないため、「開」状態は耐震要求として S_s 機能維持が求められる

○閉止装置の「閉」状態

- 閉止装置による閉止後は、二次格納容器バウンダリとしての要求として所定の気密性能及び一定期間の閉止維持が必要であることから S_d 相当の耐震性を有することが求められる
- この一定期間(S_d 相当)の考え方は、地震荷重の組み合わせの考え方を参考とした
 - 事故発生後、運転状態V(S)($\sim 10^{-2}$ /年)では荷重を組み合わせは考慮しないが、運転状態V(L)(10^{-2} /年 $\sim 2 \times 10^{-1}$ /年)は S_d 相当の地震動を組み合わせるとの考え方としていること
 - 被ばく評価という観点では、二次格納容器バウンダリとして運転状態V(L)の期間の閉機能維持が可能であれば、第74条の要求に照らして十分に達成可能であること
- したがって、 S_d 相当において機能維持されることが必要となる

<回答>(続)

○BOP閉止機能が「閉」状態において地震が発生した場合の影響について

- BOP閉止機能の「閉」状態において地震が発生した場合の影響としては、どの程度の規模の地震がどの段階で発生するかを想定する必要があるが、前頁と同様、地震荷重の組み合わせの考え方を参考とした
- BOPの開放を伴う事故発生後、BOP閉止装置により閉を実施した後、運転状態V(L)(10^{-2} /年 $\sim 2 \times 10^{-1}$ /年)において地震の発生を仮定することとなる
- この場合に、地震動により閉止装置が一時的(1時間程度)に開放した場合においても、運転状態V(L)では、その後に再閉止を再び講じることで被ばく評価上の影響は小さい
- したがって、「閉」状態において地震が発生した場合の影響として一時的な開放を考慮しても、BOP閉止機能が「閉」状態においてSd相当の耐震性を有し、かつ、一時的な開放後の再閉止の機能(作動性)が失われることがなければ、第74条の観点でも問題ないとする

居住性評価条件	ベースケース (大破断LOCA, 格納容器ベント)	BOP閉止装置が地震により開放した場合 (過渡事象※, 開放時間1時間)
被ばく量(最大)	約60mSv	約34mSv

※ 事故時にブローアウトパネル本体が開放する事象として、主蒸気管破断を含む起因事象として設定

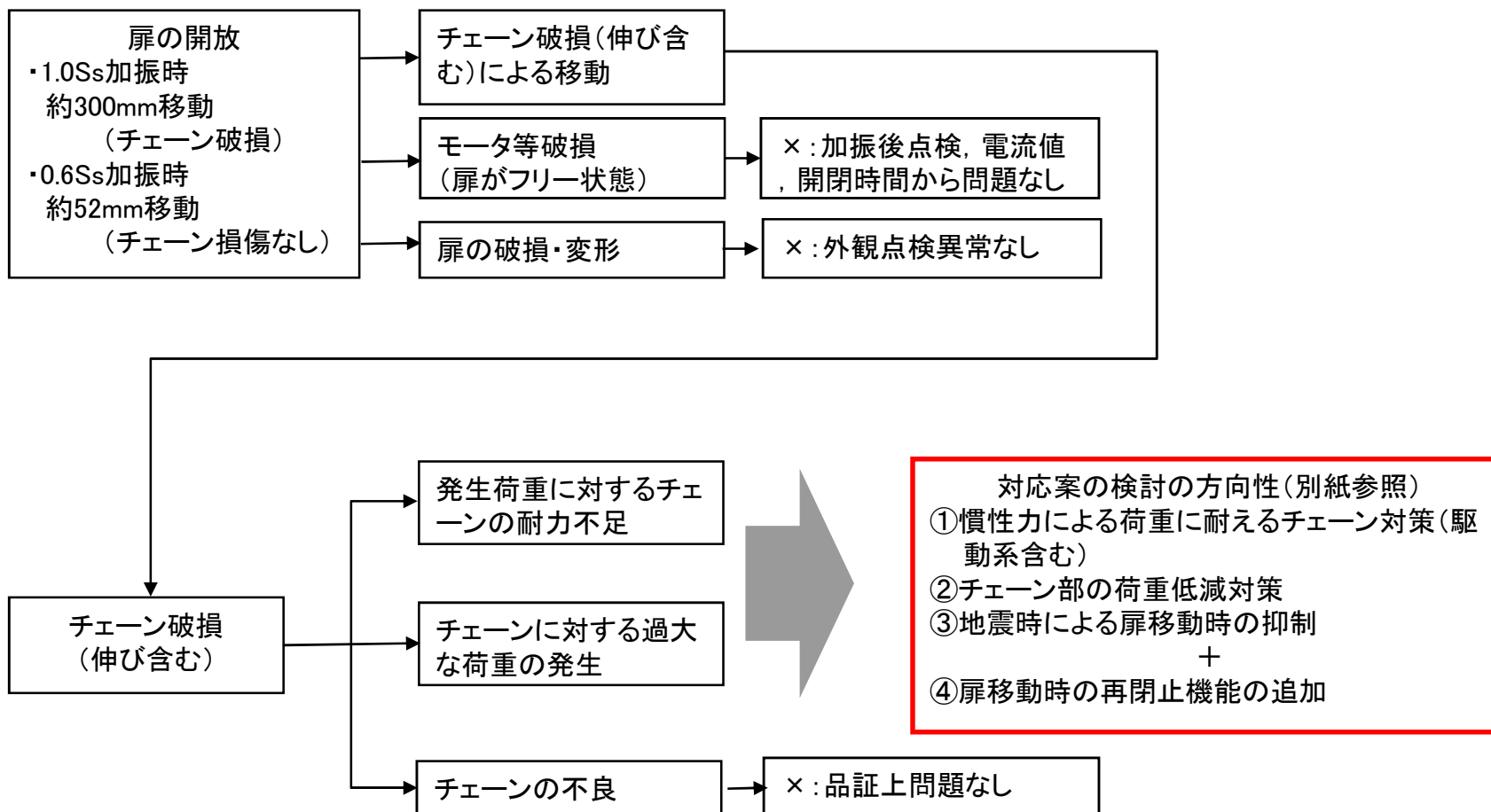
実機大加振試験結果のまとめ(チェーン及び扉閉での加振後の扉状態)



加振時扉状態	試験日	加振条件	試験体下端の計測結果の最大加速度	チェーン補強有無	チェーン破損有無	扉状態	閉機能(電動)	開機能(電動)	備考
開	6/20	レベル3 (1.0Ss)	面外X: 1.51G 面内Y: 1.56G 鉛直Z: 1.64G	無	・破損(開側)		・有(破損は扉を開ける側)	・無(破損は扉を開ける側)	
	6/22	レベル4 (1.1Ss)	面外X: 1.56G 面内Y: 1.57G 鉛直Z: 1.72G	有	・破損(開側)		・有(破損は扉を開ける側)	・無(破損は扉を開ける側)	
閉	6/20	レベル2 (0.6Ss)	—	無	・破損なし	・扉は完全閉状態から開方向に52mm移動	・有	・有	
	6/21	レベル3 (1.0Ss)	面外X: 1.41G 面内Y: 1.60G 鉛直Z: 1.60G	無	・破損(閉側)	・扉は完全閉状態から開方向に約300mm移動	・喪失(破損は扉を閉じる側)	・有(破損は扉を閉じる側)	
		レベル4 (1.1Ss)	面外X: 1.43G 面内Y: 1.58G 鉛直Z: 1.62G	有	・破損なし(チェーン全体で38mmの伸び確認)	・扉は完全閉状態から開方向に約85mm移動	・有	・有	



- ◆ チェーンが破損すると、1.0Ssで開閉機能を喪失する可能性があるためチェーンの破断対策が必要
- ◆ 扉閉状態で扉が開放すると、中央制御室運転員の被ばく評価に影響する可能性があるため、閉状態の維持若しくは、速やかな再閉止が必要。なお、Sd相当の0.6Ssでは扉は52mmスライドしたが、チェーンは破損しておらず、電動にて閉止できており、中央制御室の被ばくの観点から、一時的な開放が許容できれば、技術基準で要求される基準は満足できている。

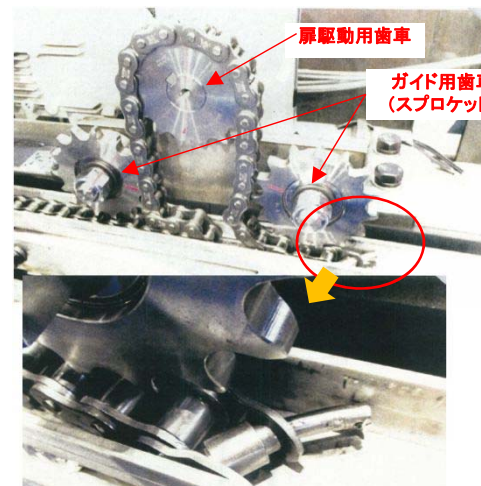
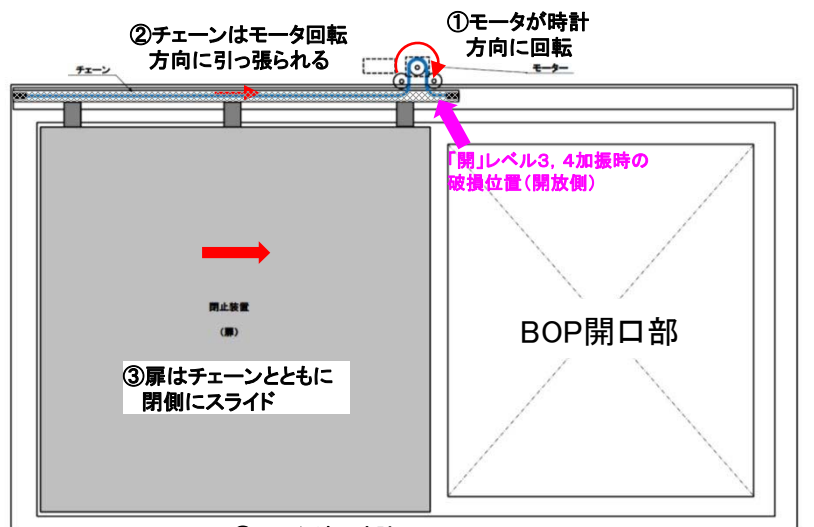


確認された不具合(チェーン破損)の状況(1/2)

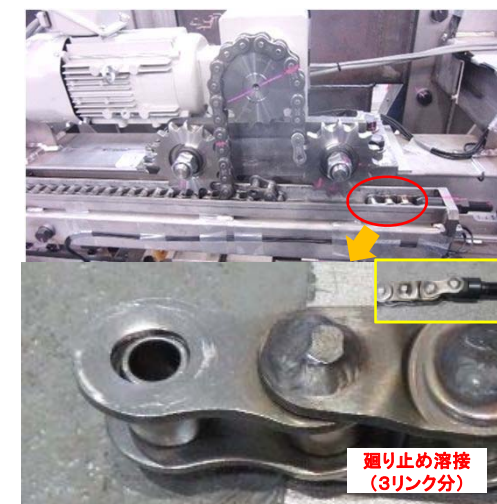


<不具合>

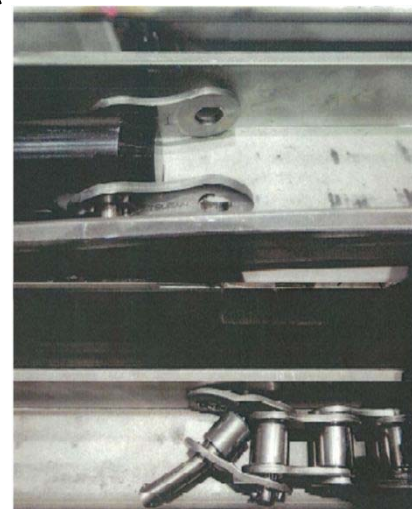
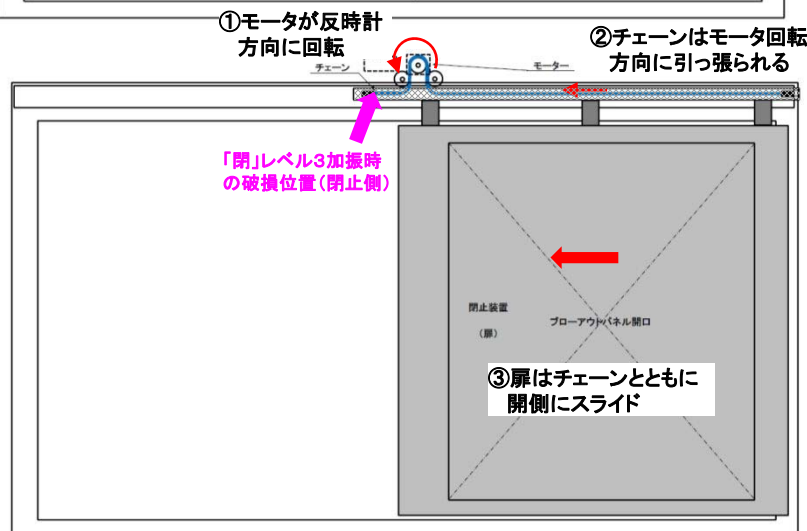
電動駆動用チェーンの一部が破損する不具合を確認。破損箇所は、扉全開又は全閉時にガイド用歯車(スプロケット)とのチェーン端部までの距離が短い側(扉開状態では開放側が破損、扉閉状態では閉止側が破損)であった。



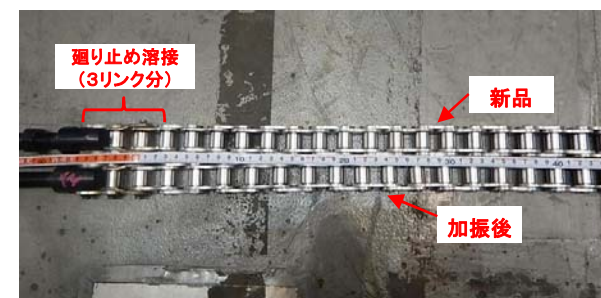
扉開状態レベル3加振後のチェーンの状態(6月20日)



扉開状態 レベル4加振後のチェーンの状態(6月22日)
(端部近傍の3つのピンについて廻り止め溶接を実施した結果、廻り止め溶接を実施していないチェーンに破損を確認)



扉閉状態レベル3加振後のチェーンの状態(6月21日)



扉閉状態 レベル4加振後のチェーンの状態(6月21日)
(端部近傍の3つのピンについて廻り止め溶接を実施した結果、チェーン破損はなかったが約38mm(新品全長5584mm)の伸びが確認された)

扉開閉のメカニズム

確認された不具合(チェーン破損)の状況(2/2)

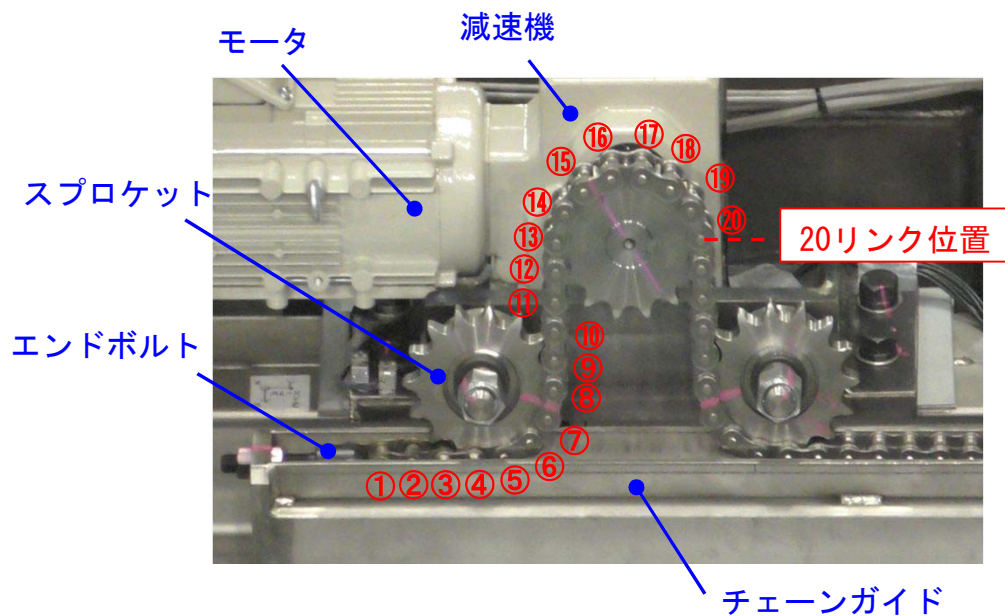


<コメント>

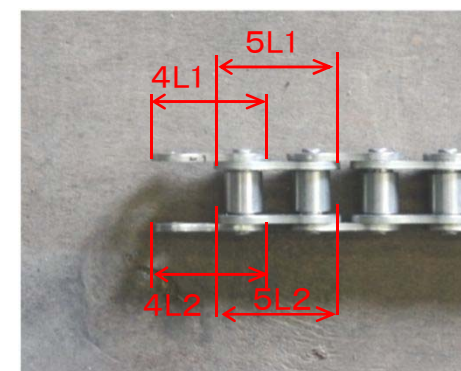
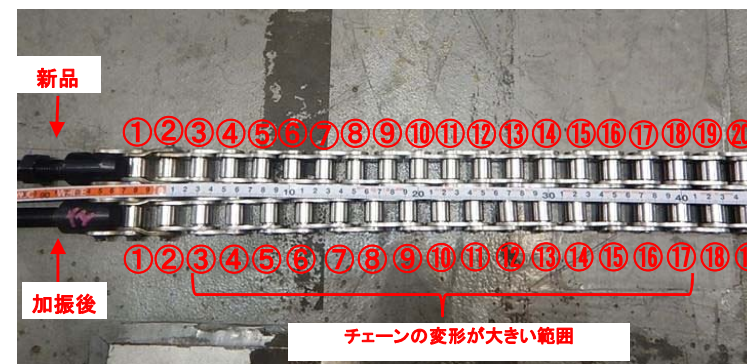
チェーンの伸び箇所とギア等との位置関係を明確にすること。

<回答>

寸法測定の結果から、エンドボルト側から17リンク目までが伸びが大きいことが分かった。



チェーン健全時の設置状況(扉閉側)



チェーンの伸び測定記録

	リンク番号																(mm)
	4(外)	5(内)	6(外)	7(内)	8(外)	9(内)	10(外)	11(内)	12(外)	13(内)	14(外)	15(内)	16(外)	17(内)	18(外)	19(内)	
L1	1.75	2.35	1.54	2.38	1.25	2.33	-0.02	1.54	0.52	1.17	0.81	1.45	0.5	1.4	-0.11	0.25	-0.05
L2	1.12	2.01	1.21	2.37	1.32	2.13	-0.04	1.14	0.67	1.42	1.02	2.08	0.81	1.15	-0.04	0.28	-0.03

外側のリンクの基準寸法: 46mm

内側のリンクの基準寸法: 49mm

1~3リンク部は、溶接で接続したため、寸法採取対象外とする。

確認された不具合(チェーン破損)の原因と対策について(1/2)



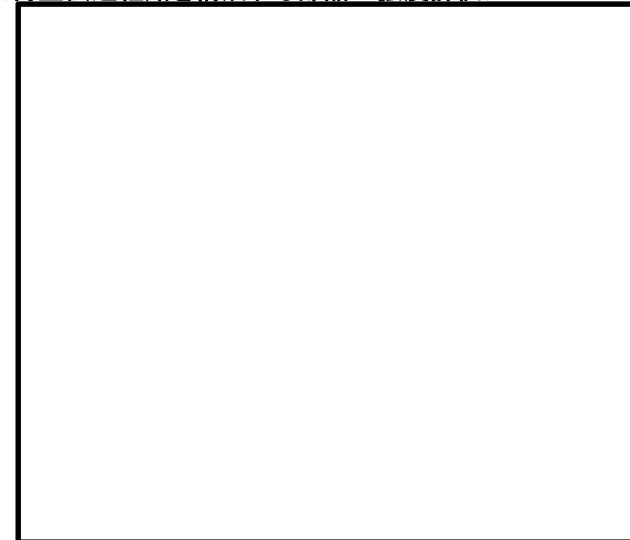
<チェーン破損の推定原因>

本事象は、加振試験により発生したスライド方向の慣性力が扉と一体になってるチェーンガイド等を伝達してチェーンに荷重が加わり、モータのスライド方向支持による反力によって、チェーンに過大な引張荷重が発生し、チェーンが塑性変形したものと推定する。また、扉が閉状態を維持できない事象については、チェーンの塑性変形に加え、各部のガタツキによるものと推定する。

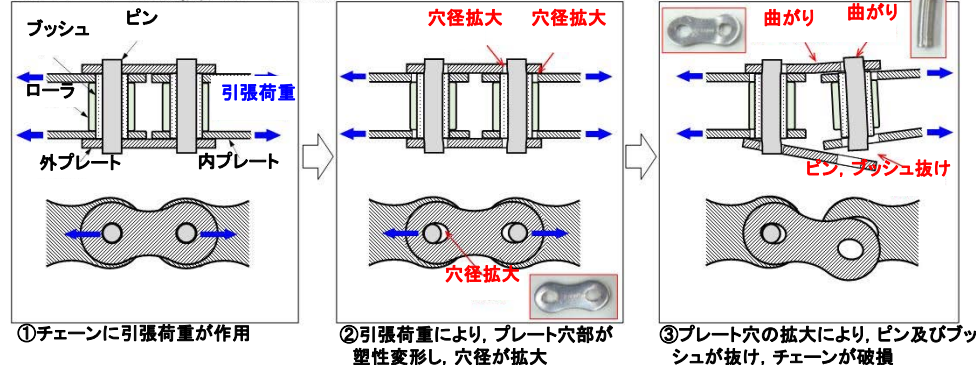
<荷重伝達経路(扉閉状態における加振試験時)>



<荷重伝達経路を構成する部品の強度評価>



<チェーンの破損メカニズム>



強度の簡易評価結果※1

Nb	部品名	材質	評価応力 σ (MPa)	引張応力 S_u (MPa)	降伏応力 S_y (MPa)	裕度 S_u/σ
①	ボルト1	SUS304		520	205	
②	ハンガー	ブラケット1		520	205	
③		リンク		520	205	
④	ローラ	ブラケット2		520	205	
⑤		ボルト2		520	205	
⑥	チェーンガイド	SUS304		520	205	
⑦	エンドボルト(M16)	SUS304		520	205	
⑧	チェーン※2	SUS304		53.4	-	
⑨	スプロケット 軸	S45C		570	345	

※1 モータのスライド方向支持による反力を基とした評価

※2 チェーンは荷重値(kN)で評価

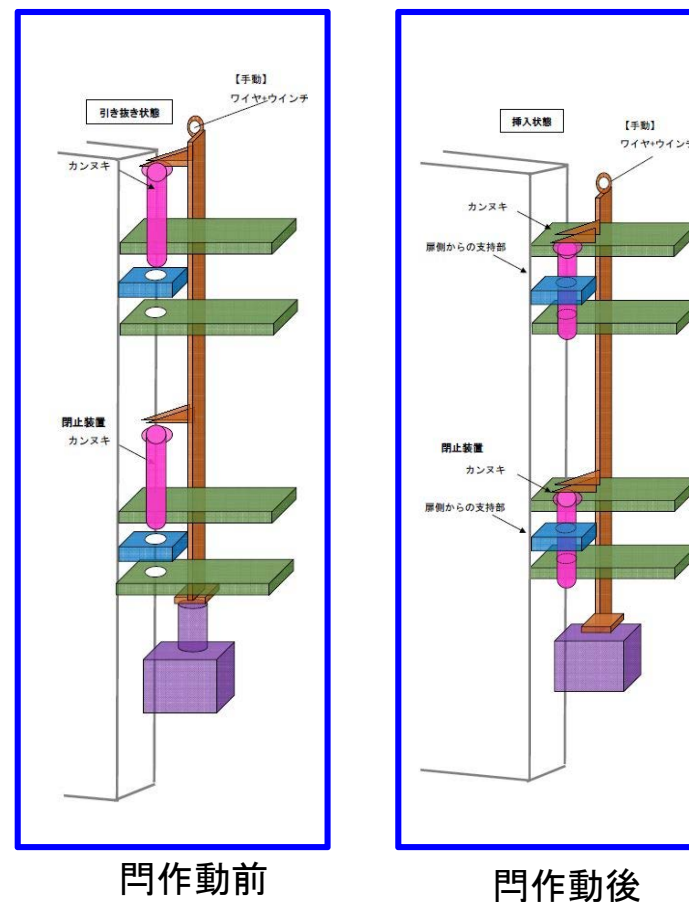
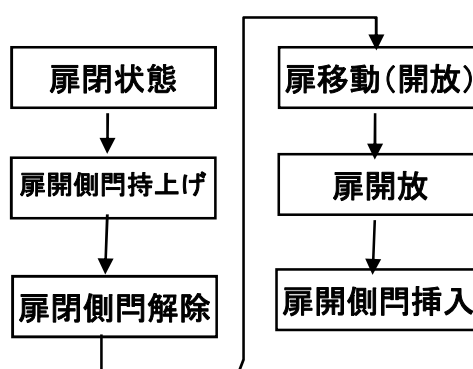
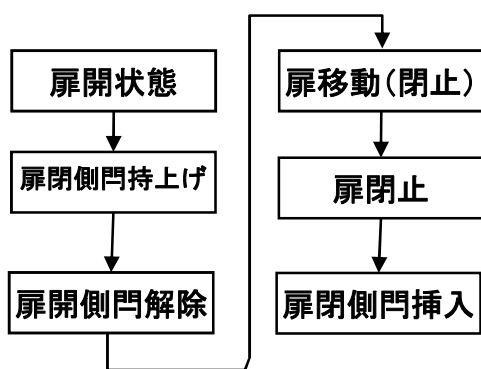
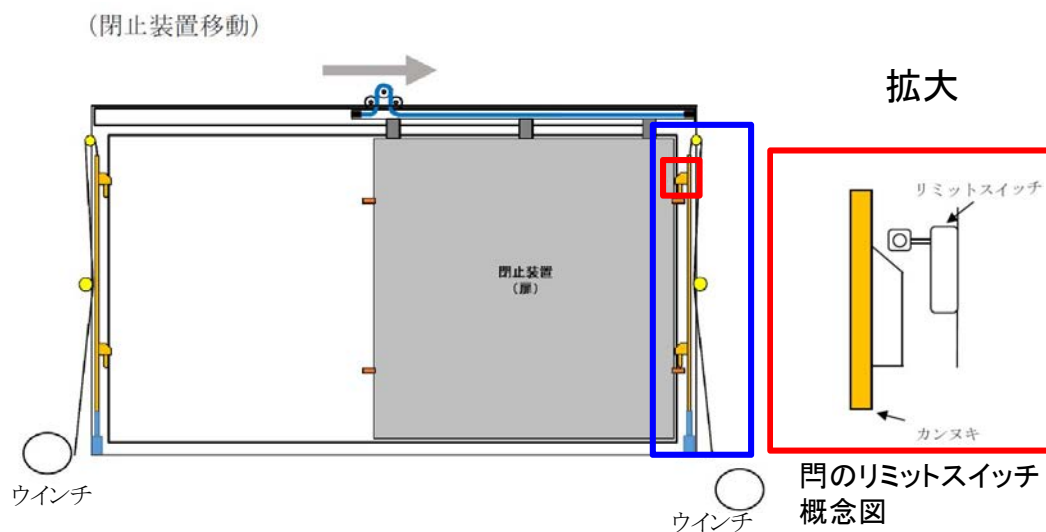
⇒強度評価の結果、荷重伝達経路の中でチェーンが一番発生荷重に対する強度上の裕度が低い

確認された不具合(チェーン破損)の原因と対策について(2/2)



●門の動作について

- ・遠隔操作時は、電動機により門(ピンク色)を持ち上げ、扉が所定位置まで移動し、その後、電動機により門を下げることにより、扉側の門受け(青色)に門を差し込む構造とする。
- ・手動操作時は、ウインチにて門を引き抜いた後、ウインチにて扉を所定位置まで移動し、その後、ワイヤーを緩めることにより、自重で門を落下させる構造とする。



扉閉止時の動作フロー(案)

扉開放時の動作フロー(案)

<コメント>

チェーンの変形量に対する許容値を明確にすること。

<回答>

チェーンが0.5リンク(12.5mm)伸びた場合、チェーンと歯車が噛み合わなくなるためチェーンが外れる可能性がある。そのため、チェーンの変形量の許容値は、12.5mmと考える。なお、実際には12.5mm変形することはなく、変形前に破損するものと思われる。

