

青森県弘前市内エレベーター事故調査報告書

平成30年6月

社会資本整備審議会

本報告書の調査の目的は、本件エレベーターの事故に関し、昇降機等事故調査部会により、再発防止の観点からの事故発生原因の解明、再発防止対策等に係る検討を行うことであり、事故の責任を問うことではない。

昇降機等事故調査部会

部会長 藤田 聡

青森県弘前市内エレベーター事故調査報告書

発生日時：平成28年11月8日（火） 12時7分ごろ

発生場所：青森県弘前市 社会福祉施設

昇降機等事故調査部会長	藤田 聡
委員	深尾 精一
委員	野口 貴公美
委員	藤田 香織
委員	青木 義男
委員	鎌田 崇義
委員	辻本 誠子
委員	中川 聡博
委員	稲葉 池美宏
委員	釜山 美樹
委員	杉高 堯男
委員	高木 淳
委員	田中 周三
委員	谷合 祐宏
委員	寺田 綾子
委員	仲里 眞朗
委員	中二 美里
委員	松久 寛
委員	三根 俊介

目次

1	事故の概要	……	1
1.1	事故の概要		
1.2	調査の概要		
2	事実情報	……	1
2.1	建築物に関する情報		
2.2	エレベーターに関する情報		
2.2.1	事故機の仕様等に関する情報		
2.2.2	事故機の保守に関する情報		
2.3	事故発生時の状況等に関する情報		
2.3.1	利用者（施設職員）から得られた情報		
2.3.2	SECから得られた事故発生事象を確認した調査に関する情報		
2.4	調査により得られた情報		
2.4.1	事故機の巻上機及びブレーキに関する情報		
2.4.2	制御盤に関する情報		
2.4.3	ブレーキ回路に関する情報		
2.4.4	リレー出力モジュールに関する情報		
2.4.5	PLCに関する情報		
2.5	保守点検に関する情報		
2.5.1	ナショナルエレベーターによる交換基準の設定		
2.5.2	PLCの交換履歴		
3	分析	……	16
3.1	事故発生後の調査に関する分析		
3.2	B1リレーのON故障発生要因に関する分析		
3.3	事故機のB1リレー以外のリレー内部点検結果に関する分析		
3.4	PLCに関する分析		
3.5	ブレーキ回路に関する分析		
3.6	事故発生事象に関する分析		
4	原因	……	20

5	再発防止策	…… 20
5.1	ナショナルエレベーターが実施した再発防止策	
5.1.1	サージ抑制回路の追加	
5.1.2	部品交換に関する作業指示の見直し	
5.1.3	ブレーキ回路の見直し	
5.1.4	事故機と同型機における対応	
6	意見	…… 22

《参 考》

本報告書本文中に用いる用語の取扱いについて

本報告書の本文中における記述に用いる用語の使い方は、次のとおりとする。

- ① 断定できる場合
・・・「認められる」
- ② 断定できないが、ほぼ間違いない場合
・・・「推定される」
- ③ 可能性が高い場合
・・・「考えられる」
- ④ 可能性がある場合
・・・「可能性が考えられる」
・・・「可能性があると考えられる」

1 事故の概要

1. 1 事故の概要

発生日時：平成28年11月8日（火） 12時7分ごろ

発生場所：青森県弘前市 社会福祉施設

被害者：なし

概要：遠隔監視装置にて異常信号を受信したため、保守員が調査し試運転したところ、1階に着床後、かご内及び乗場いずれからも呼びがない状態で、かごが1.0m～1.5m上昇した。

1. 2 調査の概要

平成28年11月30日 昇降機等事故調査部会委員、国土交通省職員及び弘前市職員による現地調査を実施

その他、昇降機等事故調査部会委員によるワーキングの開催、ワーキング委員、国土交通省職員による資料調査を実施。

2 事実情報

2. 1 建築物に関する情報

所在地：青森県弘前市

構造：鉄筋コンクリート造

階数：地上3階

建物用途：特別養護老人ホーム

確認済証交付年月日：平成3年7月16日

検査済証交付年月日：平成4年3月17日



写真1 1階乗場（左側が事故機）

2. 2 エレベーターに関する情報

2.2.1 事故機の仕様等に関する情報

(1) 事故機的主要仕様に関する情報

製造業者：ナショナルエレベーター工業株式会社（以下「ナショナルエレベーター」という。）

製品型式：B750-2S-30

用途・構造：寝台用・機械室あり

定格積載量・定員：750kg・11名

定格速度：30m/分

駆動方式：ロープ式（トラクション式、1：1ローピング）

制御方式：可変電圧可変周波数制御方式

操作方式：方向性乗合全自動方式

（2台併設だが群乗合でなく各台個別に乗場ボタン設置
（写真1））

昇降行程：6.6m

停止階数：3箇所停止（1～3階）

出入口の大きさ：間口1，100mm×高さ2，100mm

出入口の戸：2枚戸片開き

かごの大きさ：間口1，300mm×奥行2，300mm

電動機定格容量：5.5kW

巻上機：ウォームギヤ・SKE750型

戸開走行保護装置：未設置

(2) 確認済証交付年月日：平成3年12月18日

(3) 検査済証交付年月日：平成4年 3月17日

2.2.2 事故機の保守に関する情報

保守点検業者：エス・イー・シーエレベーター株式会社（以下「SEC」という。）

（平成28年3月まではナショナルエレベーターが実施）

契約内容：POG契約

（ナショナルエレベーターもPOG契約であった）

直近の定期検査実施日：平成28年 3月2日（指摘事項なし、既存不適格あり）

（ナショナルエレベーターが実施）

直近の保守点検日：平成28年11月2日（指摘事項なし）

（SECが実施）

2.3 事故発生時の状況等に関する情報

2.3.1 利用者（施設職員）から得られた情報

(1) SECより異常信号（レベル外停止信号）を受信した旨の連絡があり、施設職員が当該エレベーターを確認したところ、1階の乗場にて呼び登録ボタン「上」を押しても戸が開かなかったため、異常と判断しSECへ連絡した。

(2) その後、2階の乗場にて呼び登録ボタン「下」を押したところ、かごが

- 2階に着床したが、2階床面+150mm程度の段差が発生していた。
- (3) 施設職員はかごに乗らず、手を伸ばしかご内の「1」ボタン押して、エレベーターを1階へ下降させたところ、かごは1階床面±0mmで停止していた。

2.3.2 SECから得られた事故発生事象を確認した調査に関する情報

- (1) 作業員は2階の乗場からかご上へ乗り、かご戸の戸開閉の状態を確認したが、異常は見られなかった。
- (2) かごに乗り、1階→2階→3階→1階と1往復運転したが、異常は見られなかった。
- (3) 1階に着床し戸が開いた後、そのままかご内にいたところ、かご内及び乗場いずれからも呼びがない状態で、かごが約1.0m～1.5m上昇し停止した。かごが停止した際は、かご戸及び乗場戸は全閉していた。
- (4) 作業員は閉じ込め状態となったが、かご内の「2」ボタンを押したところ、かごは2階へ上昇し、正常に着床したが、戸が開ききった後、再度、かごが約1.0m～1.5m上昇し停止する同様の事象が発生した。
- (5) 以後、1階及び2階にて同様の事象が複数回発生することを確認しており、かごが上昇した際には、かご内の非常停止スイッチにて停止させた。
- (6) しばらく時間を空けてから、ランダムに平常運転を実施したが、その後同様な事象は発生しなかった。
- (7) 原因調査のため、機械室内においてブレーキ周りの確認を実施したが、ブレーキライニングとブレーキドラムに油の付着等の異常は見られなかった。
- (8) かご内に積載量の150%のテストウエイト(1,125kg)を乗せた状態にてブレーキ保持力を確認したが、異常は見られなかった。
- (9) 翌日、試運転を繰り返し行うも事象の再現はできなかった。その後、ブレーキプランジャーのオーバーホールを実施し、試運転したところ、同様の事象が発生することを確認した。
- (10) その後、本事象が発生した際に機械室内において制御盤を確認していたところ、かごが床位置に着床しても、ブレーキの制御を行うブレーキ開放用電磁接触器BBがON状態を継続していること、及びブレーキ自体も開いていることを目視にて確認した。ON状態が継続していたのは数秒程度であり、その後すぐにブレーキが作動し、かごは停止した。
- (11) 上記(10)の状態の際に、電磁接触器BBをOFFする指令信号が出力されていたことをPLC^{*1}の出力表示LEDから確認した(LED表示は出力ONで点灯、出力OFFで消灯)。

(12) 以上から、PLCのリレー出力モジュールの不具合が疑われるとして、ナショナルエレベーターに調査を要請した。

※1「Programmable Logic Controller」。PLCとは、エレベーターの運行を制御するための装置の一つであり、制御基板、電源回路基板(電源ユニット)、リレー出力モジュール等の電気部品が箱状の容器に収められている。ドアスイッチ等の各種動作確認スイッチのON/OFF情報に基づき、あらかじめ設定された運行プログラムを実行し、エレベーターの制御を行う。

2. 4 調査により得られた情報

2.4.1 事故機の巻上機及びブレーキに関する情報

事故機の巻上機の外観を写真2に示す。左右のブレーキレバーの上方にソレノイドが縦方向に固定されており、ブレーキ開放時にはブレーキプランジャーが下方に移動し、ブレーキレバーを介してブレーキアームを広げ、ブレーキドラムからブレーキライニングを離す構造である。

事故発生後、ブレーキライニングの摩耗状況及びブレーキプランジャー、ブレーキアームの動作状況について調査したが、異常は見られなかった。

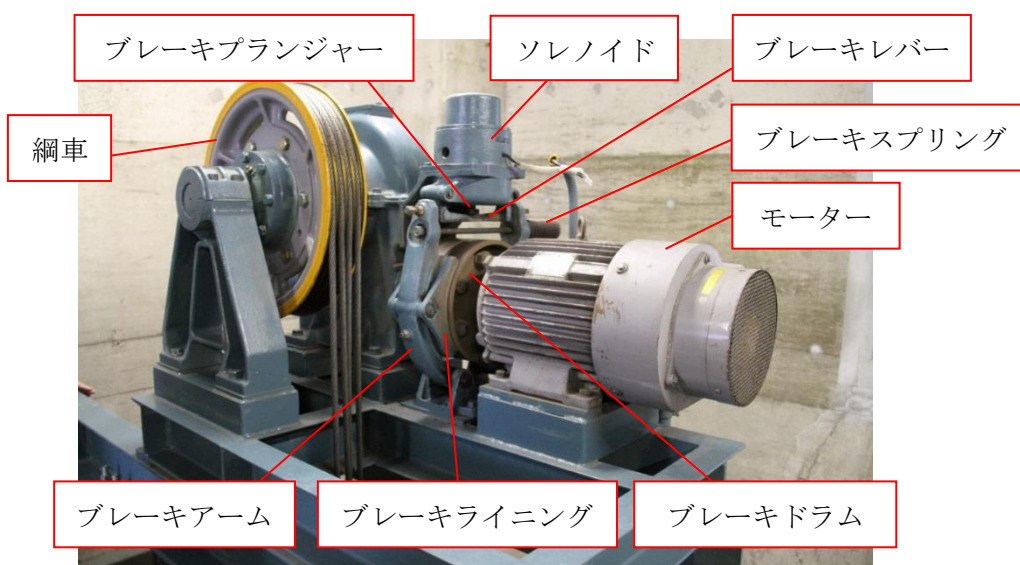


写真2 巻上機外観

2.4.2 制御盤に関する情報

事故機の制御盤を写真3に示す。ブレーキの制御に関する機器としては、インバータ、電磁接触器、PLCが挙げられる。

事故発生後、制御盤について確認したが、外観上の異常は見られなかった。また、インバータの異常履歴を確認したが、異常発生の履歴はなかった。

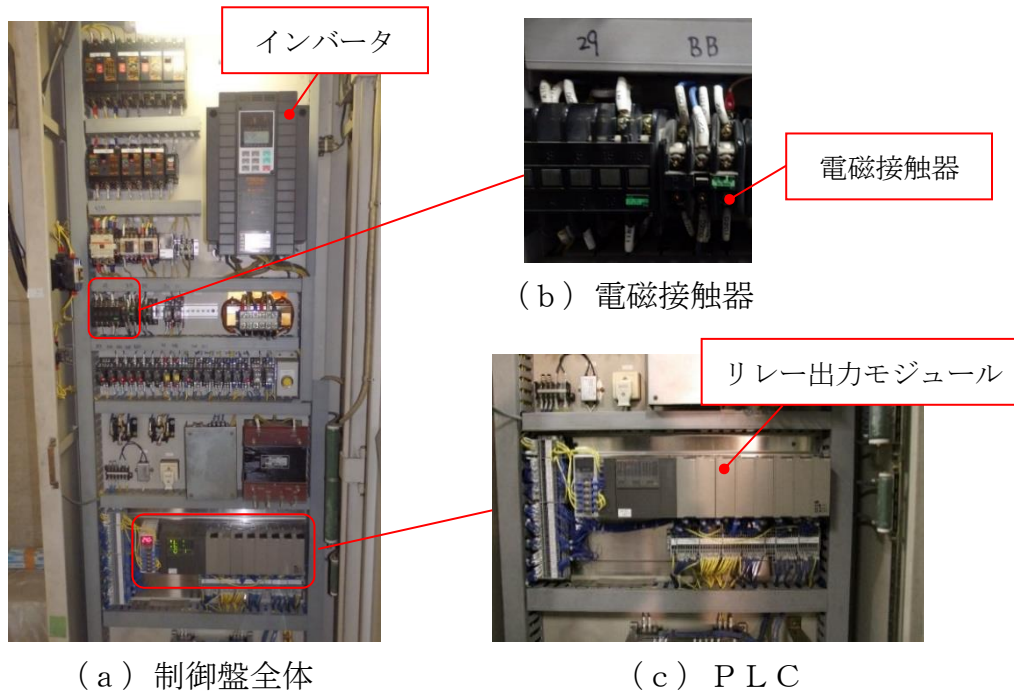


写真3 制御盤

2.4.3 ブレーキ回路に関する情報

事故機のブレーキ動作に係る回路図を図1に示す。図1における各部品の詳細を表1に示す。

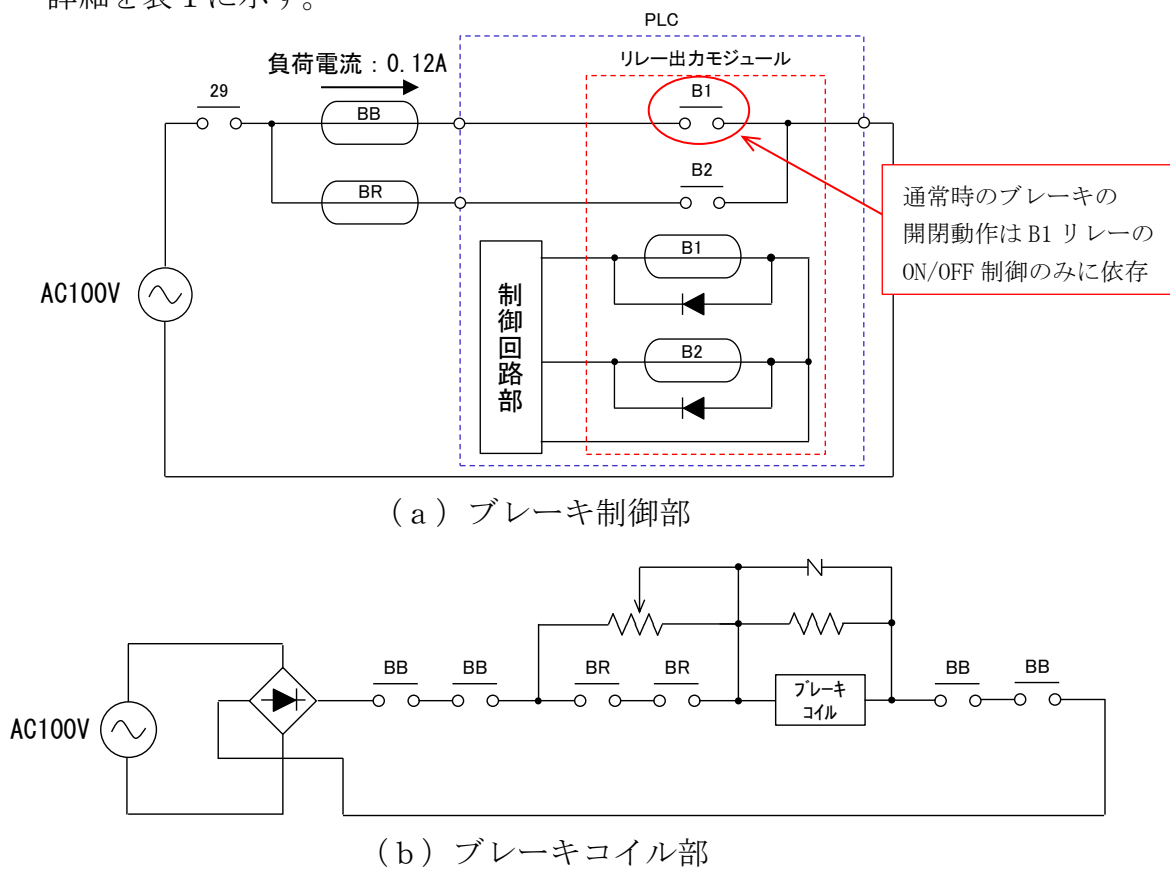


図1 事故機のブレーキ回路構成

表1 ブレーキ回路における各部品の詳細

記号	用途	機器名称	動作条件
B B	ブレーキ開閉用	電磁接触器	走行開始時ON、停止時OFF
B R	ブレーキ高速動作用	電磁接触器	走行開始時ON、走行開始2秒後にOFF
2 9	安全装置動作時電源遮断用	電磁接触器	正常時ON、安全装置動作時OFF
B 1	B B制御用	リレー	走行開始時ON、停止時OFF
B 2	B R制御用	リレー	走行開始時ON、走行開始2秒後にOFF

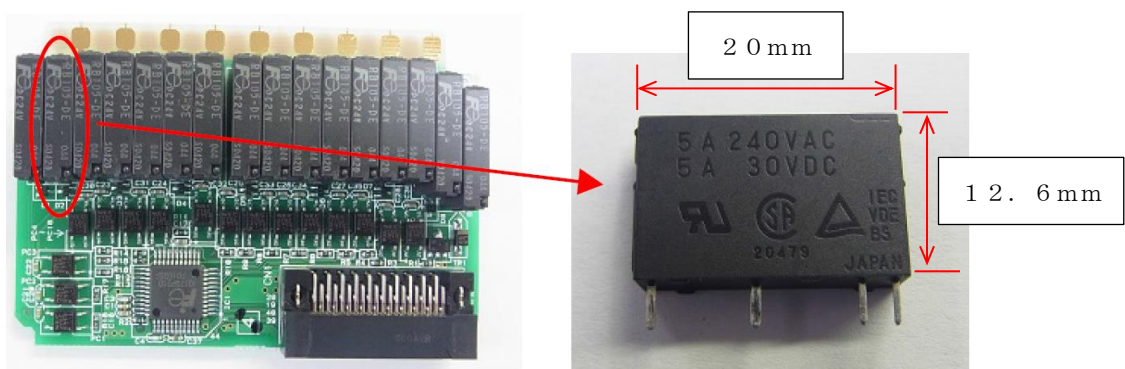
図1 (b) のとおり、ブレーキ回路は電磁接触器B B及び電磁接触器B Rの接点をブレーキコイルに直列に接続した構成であり、接点がON動作し、ブレーキコイルに電流が流れるとブレーキが開放される。B RはON/OFFにより、ブレーキの開放速度を早くするためのものであり、ブレーキの開閉動作はB BのON/OFFのみに依存する回路構成となっている。

B BのON/OFF制御は、図1 (a) のとおり、電磁接触器2 9及びP L Cのリレー出力モジュール内にあるB 1リレーにより行っている。2 9は安全装置やかご内の非常停止スイッチが作動した場合等の異常時にOFFするものであり、通常時のB BのON/OFF制御は、P L CのB 1リレーのみに依存する回路構成となっている。

2.4.4 リレー出力モジュールに関する情報

(1) リレー出力モジュールの外観及び仕様

リレー出力モジュールの外観を写真4、仕様を表2に示す。



(a) 内部（ケースを取外した状態）

(b) B 1リレー単体

写真4 リレー出力モジュール外観

表2 リレー出力モジュールの仕様

項目	製品仕様
出力点数	16点
接点定格電圧	AC240V/DC110V
最大負荷電流	2A/1点 (DC30V/AC264V) 0.2A/1点 (DC110V)
最小開閉電圧電流	DC5V 0.001A
最大開閉頻度	3600回/時
絶縁耐力	AC1500V 1分間 (出力端子一括と接地間)
絶縁抵抗	DC500Vにて10MΩ以上 (出力端子一括と接地間)
電氣的耐久性	約450万回 (負荷電流0.12A時)

(2) リレー接点の使用条件

事故機のブレーキ回路は図1(a)のとおりであり、事故機におけるB1リレーの接点の使用条件は以下のとおりである。

- ・接点にかかる負荷は、電磁接触器BBのコイル駆動電流のみであり、AC100V、0.12Aである。
- ・接点の開閉頻度はブレーキの動作頻度と同じであり、施設職員に確認したところ、1日当たり100回程程度の動作頻度とのことである。
- ・当該リレーは事故発生まで約4年9か月使用しており、動作頻度を100回/日として動作回数を算出すると、約17万回となる。

上記のとおり、実際の使用条件は製品仕様範囲内となっていた。

(3) 内部回路構成

リレー出力モジュールの内部回路構成の概略図を図2に示す。コイル側にはサージ抑制用の部品としてダイオードが設置されていたが、接点側にはサージ抑制用の部品は設置されていなかった。そのため、本リレー出力モジュールを使用する際には、リレー出力モジュールの外部にサージ抑制用の部品を接続して使用するよう、リレーメーカーのマニュアルに記載されていた。

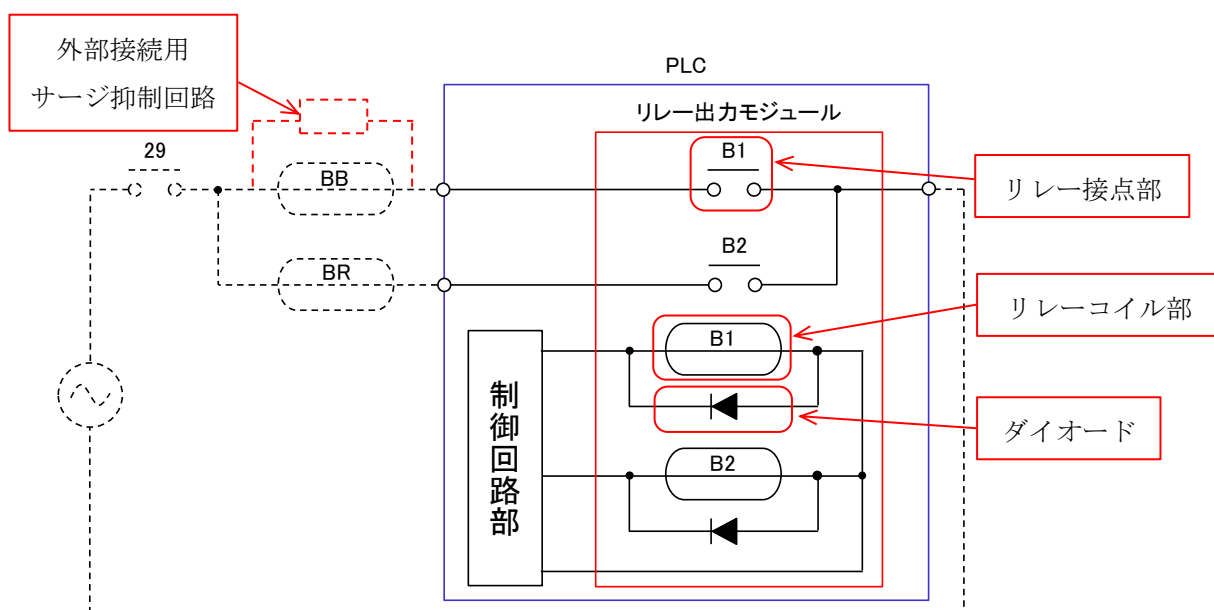


図2 リレー出力モジュールの内部回路構成の概略図

(4) 動作特性測定結果

リレーメーカーによる事故機のB1リレーにおける動作特性測定結果を表3に示す。動作特性の測定結果に特段異常は見られなかった。

表3 事故機のB1リレーにおける動作特性測定結果

No	測定項目	測定結果	規格値	判定
1	動作電圧	11.9V	16.8V以下	正常
2	復帰電圧	1.9V	1.2V以上	正常
3	接触抵抗	17.8~27.4mΩ	初期値で50mΩ以下	正常
4	動作時間	3.8~4.1ms	10ms以下	正常
5	復帰時間	1.4~1.5ms	5ms以下	正常

(5) 事故機のB1リレーにおける内部点検結果

B1リレーの内部構造図を図3、リレーの動作機構を図4に示す。図4のとおり、コイルに電流が流れると、コアにアーマチュアが引き寄せられ、アーマチュアに取り付けられた作動片が可動接点を押し、可動接点と固定接点が接触する構造となっている。事故機のB1リレーのカバーを外して内部を点検した結果、以下のことが確認された。

- ・可動接点及び固定接点ともに接点面に負荷開閉に伴う接点荒れ(凹凸)や周辺に緑青が認められたが、溶着痕等は見られなかった(写真5、写真6)。

- ・開閉機構部のコアとアーマチュアが接触する面（接極面）に変色（水分が蒸発した痕）や腐食生成物の発生が認められた（写真7）。
- ・その他の部品に変形、異物介在等の異常は見られなかった。

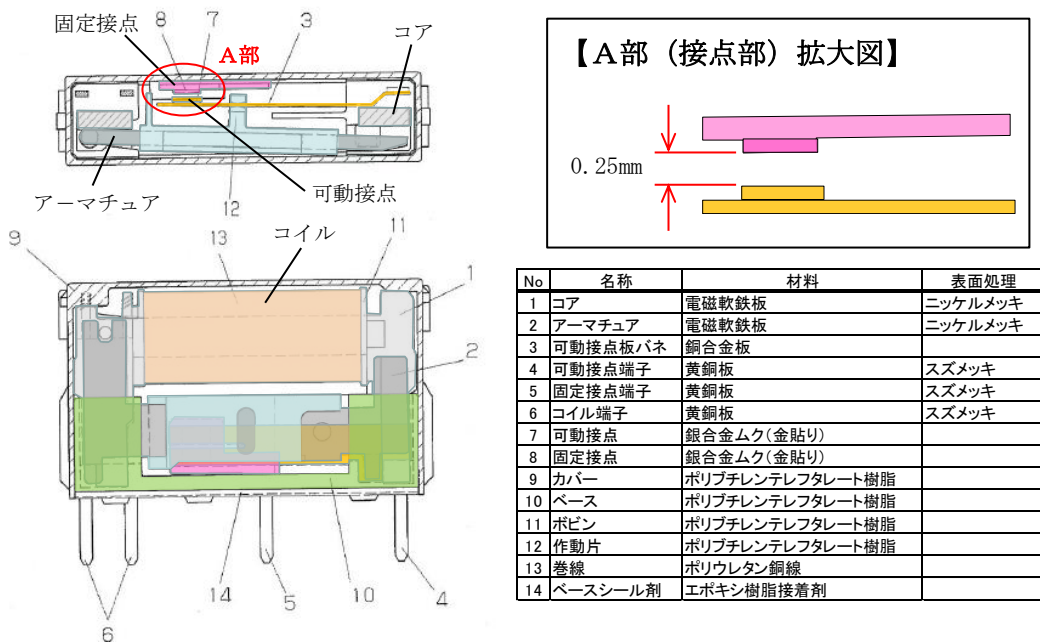


図3 B1リレー内部構造図

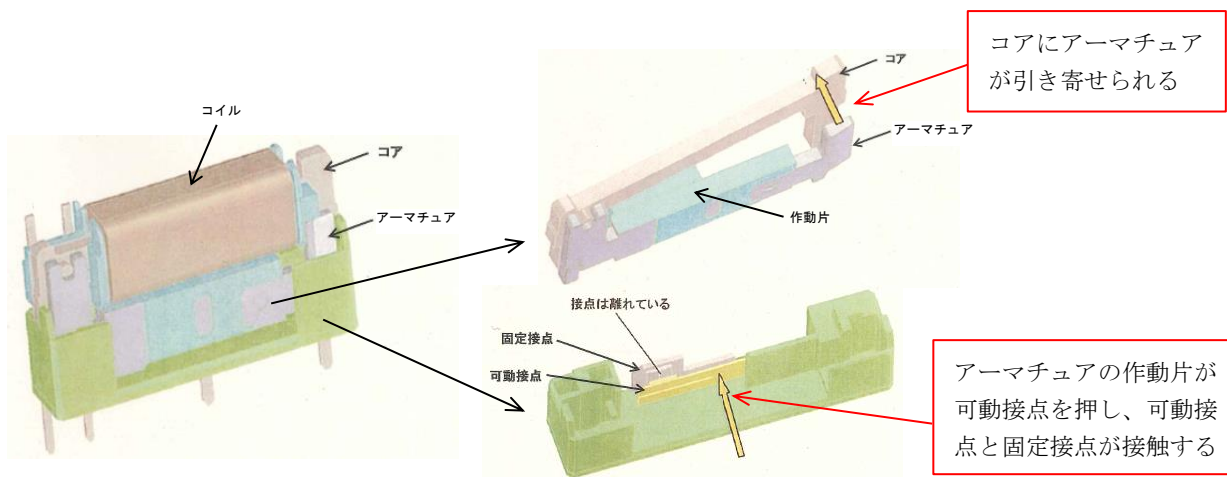
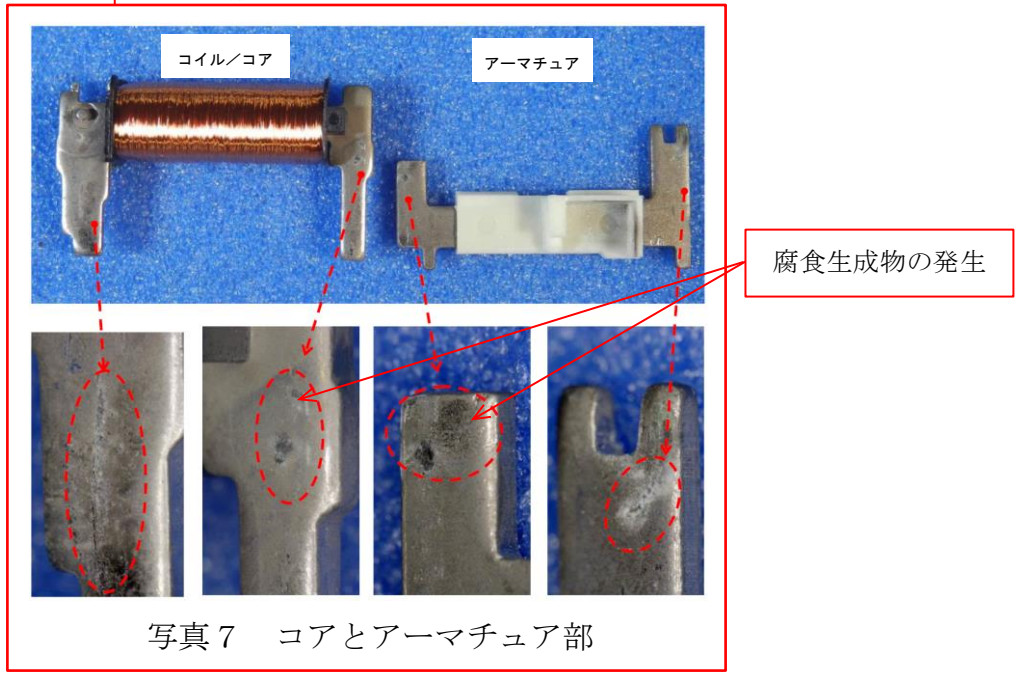
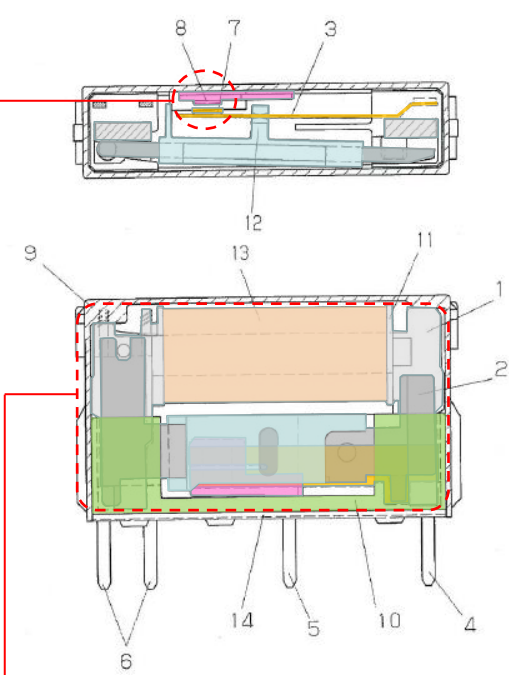
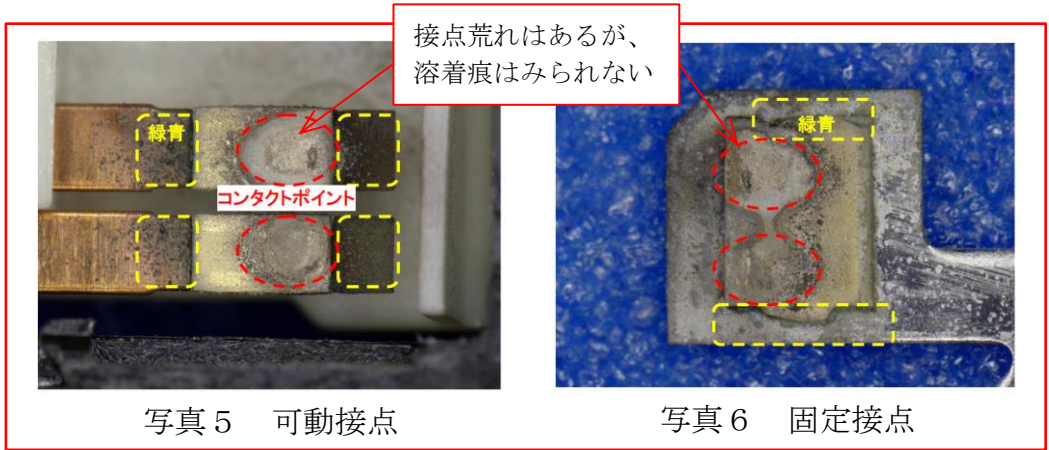


図4 B1リレーの動作機構



(6) 事故機のB1リレー以外のリレーに関する内部点検結果

事故機のリレー出力モジュールには、B0～BFの16点のリレー接点があり、そのリレー接点の詳細を表4に示す。B1リレーとの接点の状態を比較するため、接点にかかる負荷電流及び開閉頻度の関係から、B2、B3、BA、BFのリレーを選定し、内部を点検した結果を表5、表6に示す。

B2リレーについては、B1リレーと同様、接点部分に緑青及びコアとアーマチュアの接極面に腐食生成物の発生が見られた。それ以外のリレーについては、腐食生成物等の発生は見られなかった。

表4 事故機のリレー出力モジュールにおけるリレー接点一覧

リレー番号	リレー接点に接続されている負荷（コイル）			開閉条件	開閉頻度 B1との比較	備考
	名称	用途	負荷電流			
B0	52M	インバータ保護用	0.15A	非常停止時		
B1	BB	ブレーキ開閉用	0.12A	ブレーキ動作時		
B2	BR	ブレーキ高速動作用	0.12A	ブレーキ動作時	同回数	
B3	DO	ドア開用	0.012A	ドア開時	倍の回数	
B4	DC	ドア閉用	0.012A	ドア閉時	倍の回数	
B5	FWD	インバータ制御用	0.012A	かご上昇時	半分の回数	
B6	REV	インバータ制御用	0.012A	かご下降時	半分の回数	
B7	X1	インバータ制御用	0.012A	かご運転時	同回数	
B8	X23	インバータ制御用	0.012A	かご運転時	同回数	
B9	20	インバータ制御用	0.012A	かご運転時	同回数	
BA	BX	インバータ制御用	0.012A	かご運転時	同回数	
BB	L11	照明用	0.09A	照明OFF時		
BC	MGC	地震感知器復帰用	—	地震感知時		
BD	52F	モーターファン用	0.09A	非常停止時		
BE	52D	ドアインバータ保護用	0.09A	非常停止時		
BF	未使用	未使用	—	—		

表5 事故機における各リレーの接点状況

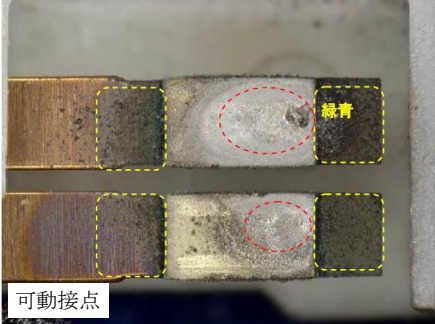
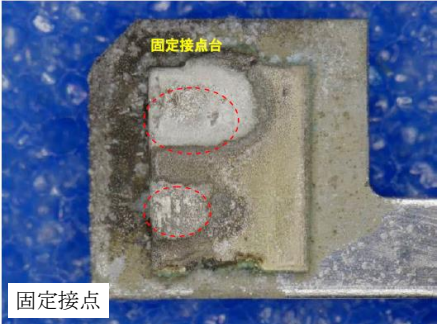
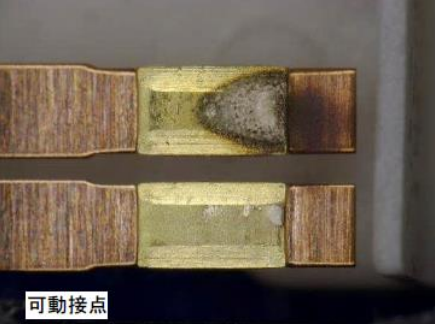
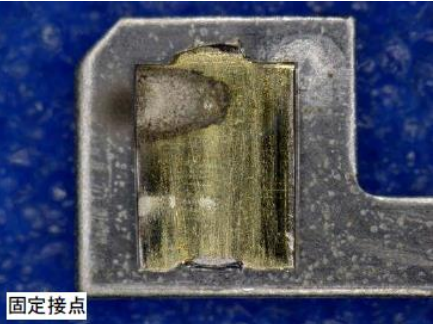
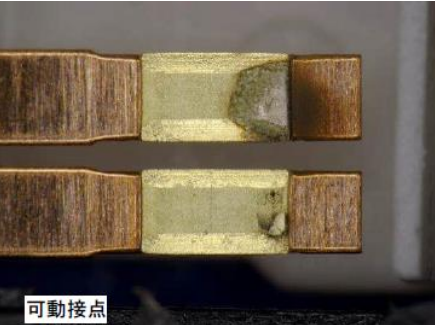
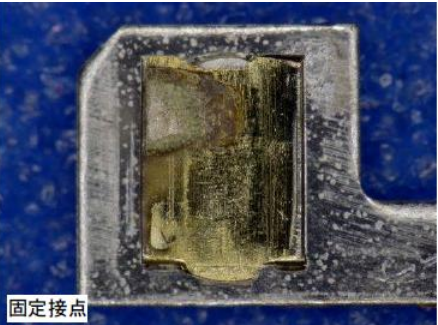
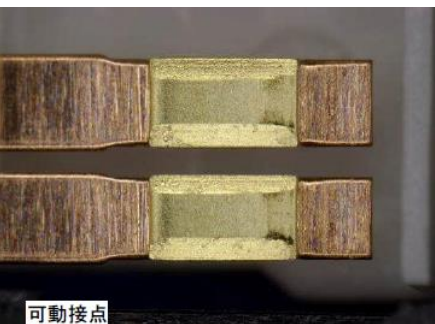
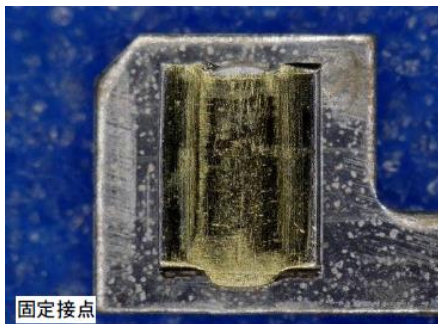
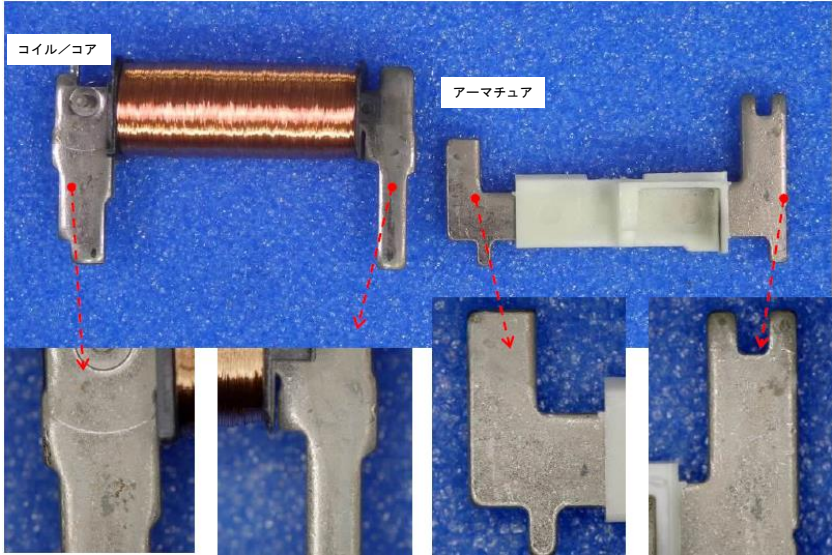
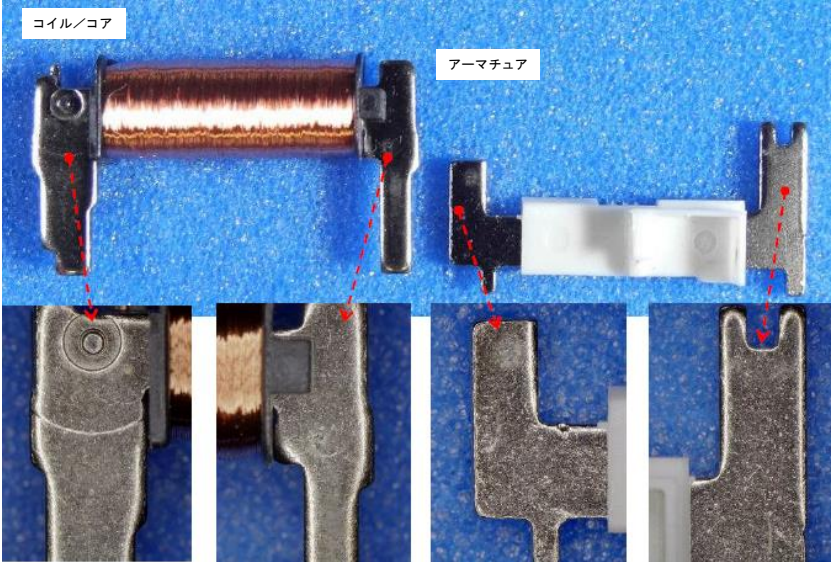
リレー	接点部分の状況
B 2	<p>接点荒れ及び緑青あり。溶着痕はなし。(B 1 リレーと同じ)</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>可動接点</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>固定接点</p> </div> </div>
B 3	<p>接点荒れはあるが、緑青はなし。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>可動接点</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>固定接点</p> </div> </div>
B A	<p>接点荒れはあるが、緑青はなし。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>可動接点</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>固定接点</p> </div> </div>
B F	<p>接点荒れ及び緑青ともになし。</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>可動接点</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>固定接点</p> </div> </div>

表6 事故機における各リレーのコアとアーマチュア部分の状況

リレー	コアとアーマチュア部分の状況
B 2	<p>コアとアーマチュアの接極面に、変色や腐食生成物の発生が見られる。(B 1 リレーと同じ)</p> 
B 3 B A B F	<p>接極面に変色や腐食生成物の発生は見られない。</p> 

(7) 事故機に隣接する号機のB 1リレー内部点検結果

事故機とほぼ同じ使用状態である事故機に隣接する号機のB 1リレーについて、内部を点検した結果を写真8に示す。

事故機のB 1リレーと同様、接点部分に緑青及びコアとアーマチュアの接極面に腐食生成物の発生が見られた。

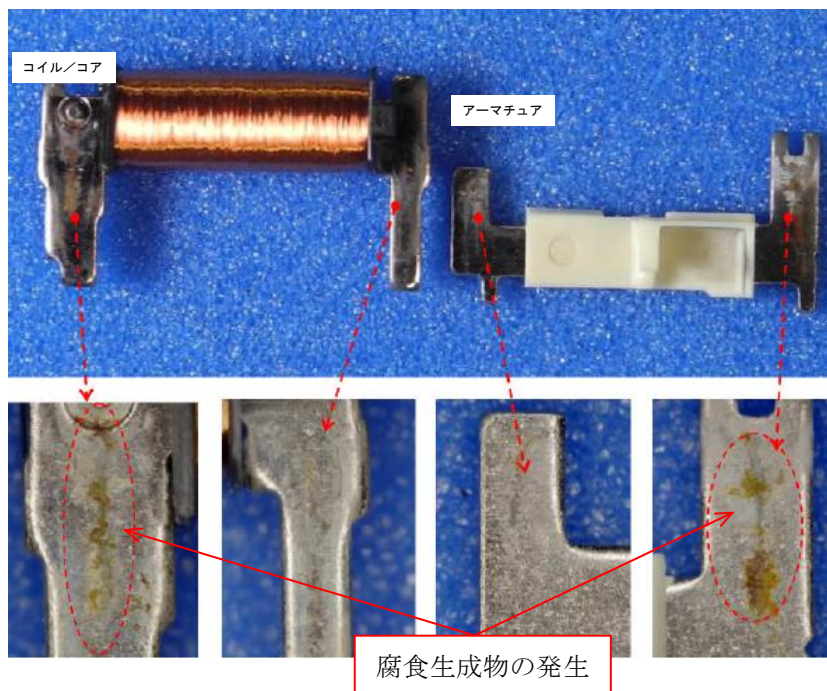
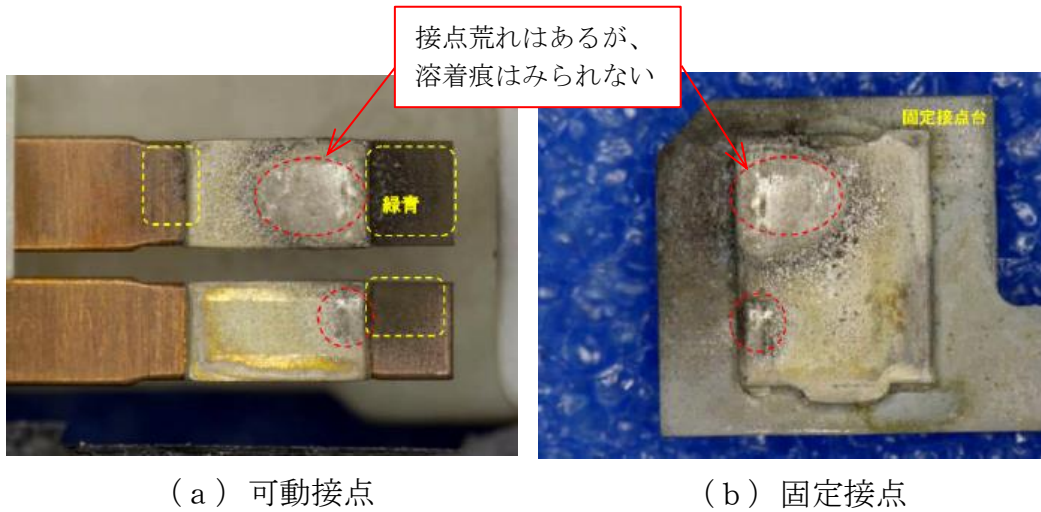


写真8 事故機に隣接する号機のB 1リレー内部点検結果

2.4.5 PLCに関する情報

PLCについて、ナショナルエレベーターにヒアリングした結果、以下の情報が得られた。

- ・新設エレベーターについては、平成10年3月より、事故機と同型式のPLC「F55」を使用していた。平成10年3月以前は、「F60」という型式のPLCを使用していた。
- ・既設エレベーターにおいて、PLCを交換する場合には、平成15年10月より、F55を使用していた。
- ・既設エレベーターにおいて、PLCをF55に交換する際には、リレー出力モジュールの保護機能であるサージ抑制回路が内蔵されていない(2.4.4の(3)参照)ため、外付けでサージ抑制回路を追加することがリレーメーカーのマニュアルに記載されている(F60にはサージ抑制回路が内蔵されていた)。
- ・新設エレベーターにおいては、F55の使用当初から外付けのサージ抑制回路をPLCに追加設置し採用していたが、既設エレベーターについては、外付けのサージ抑制回路の取付け指示が徹底されておらず、外付けのサージ抑制回路を追加していないエレベーターも発生していた。
- ・事故機も、平成24年2月にPLCをF60からF55に交換しているが、その際に、外付けのサージ抑制回路は追加していなかった。
- ・既設エレベーターにおいて、PLCをF60からF55に交換したものは、合計で23台あり、うち6台は事故機と同様、サージ抑制回路が追加されていなかった。
- ・F55を使用した新設エレベーターについては、全て外付けのサージ抑制回路が設置されていた。

2.5 保守点検に関する情報

2.5.1 ナショナルエレベーターによる交換基準の設定

当該リレー出力モジュールの耐久性は、リレーメーカーの資料から450万回が目安とされているため、ナショナルエレベーターは安全を考慮して200万回で交換するよう基準を設定し、1日の稼働率40%、1回の運転時間20秒の条件から3.17年となるため、3年で交換することとし、長期保全計画表にもそのように記載されていた。

なお、ナショナルエレベーターは、作成した長期保全計画表を所有者に渡していなかった。

2.5.2 PLCの交換履歴

ナショナルエレベーターは、事故機において、平成24年2月にリレー出力モジュールを含むPLC全体を交換したが、その後、ナショナルエレベーター及び平成28年4月より保守業務を引き継いだSECのいずれも、リレー出力モジュールの交換は実施しておらず、事故発生まで約4年9か月使用していた。

3 分析

3.1 事故発生後の調査に関する分析

2.3.2(10)のとおり、かごが着床後、PLCから電磁接触器BBをOFFする指令信号が出力されていたにもかかわらず、BBがON状態を継続していたことを目視にて確認している。このため、図1におけるBBの全ての接点またはB1リレーの接点のON故障(OFF指令を出力しても接点がON状態を継続する故障)の発生が推定される。

かごが上昇する事象が発生した際に、かご内の非常停止スイッチを作動させるとかごが停止する(ブレーキが作動する)ことを確認している。かご内の非常停止スイッチを作動させると、図1(a)の電磁接触器29をOFFする制御となっており、29をOFFすることでブレーキが正常に作動したことから、BBの全ての接点がON故障した可能性はなく、B1リレーの接点がON故障したものと推定される。

3.2 B1リレーのON故障発生要因に関する分析

2.4.3のブレーキ回路の構成及び2.4.4(2)のB1リレーの接点の使用条件を確認したところ、製品仕様範囲内での使用であったこと、また2.4.4(5)のB1リレーの内部点検結果より、リレー接点の状態を確認したところ、接点荒れは認められるものの溶着痕は見られなかったことから、B1リレーの接点溶着は発生していないことが推定される。

また、B1リレーを制御するPLC等の制御機器については、異常がないことを確認しており、制御信号の異常によるON故障は発生していないことが推定される。

2.4.4(5)のB1リレーの内部点検結果にある腐食生成物等は、硝酸腐食によるものと考えられる。硝酸(HNO_3)は、リレーの接点をOFF(開放)する際に接点間において発生するサージ電圧(アークエネルギー)により、空气中の窒素(N_2)と酸素(O_2)と水分(H_2O)が反応することで生成され

る。この硝酸がリレー内部のコアとアーマチュア部に発生したことで、リレー接点ON時にコアとアーマチュアの接極面が硝酸により張りついた状態となり、リレーのコイル電流をOFFしてもアーマチュアが戻らず、可動接点と固定接点が接触した状態が継続され、ON故障状態となった可能性が考えられる（図5）。

また、接点部分にはサージ電圧によるアーク熱が発生するため、硝酸が液体状態で存在できる温度範囲を超えることも考えられるが、硝酸腐食による緑青が発生していたことから、コアとアーマチュアの接極面と同様、可動接点と固定接点の接点面が硝酸により張りついた状態となり、ON故障状態となった可能性も考えられる。

コアとアーマチュアの接極面及び接点部分にも硝酸腐食による腐食生成物等の発生が見られたことから、ON故障の発生がどちらの要因によるものか特定はできなかったが、いずれかの要因によるものと考えられる。

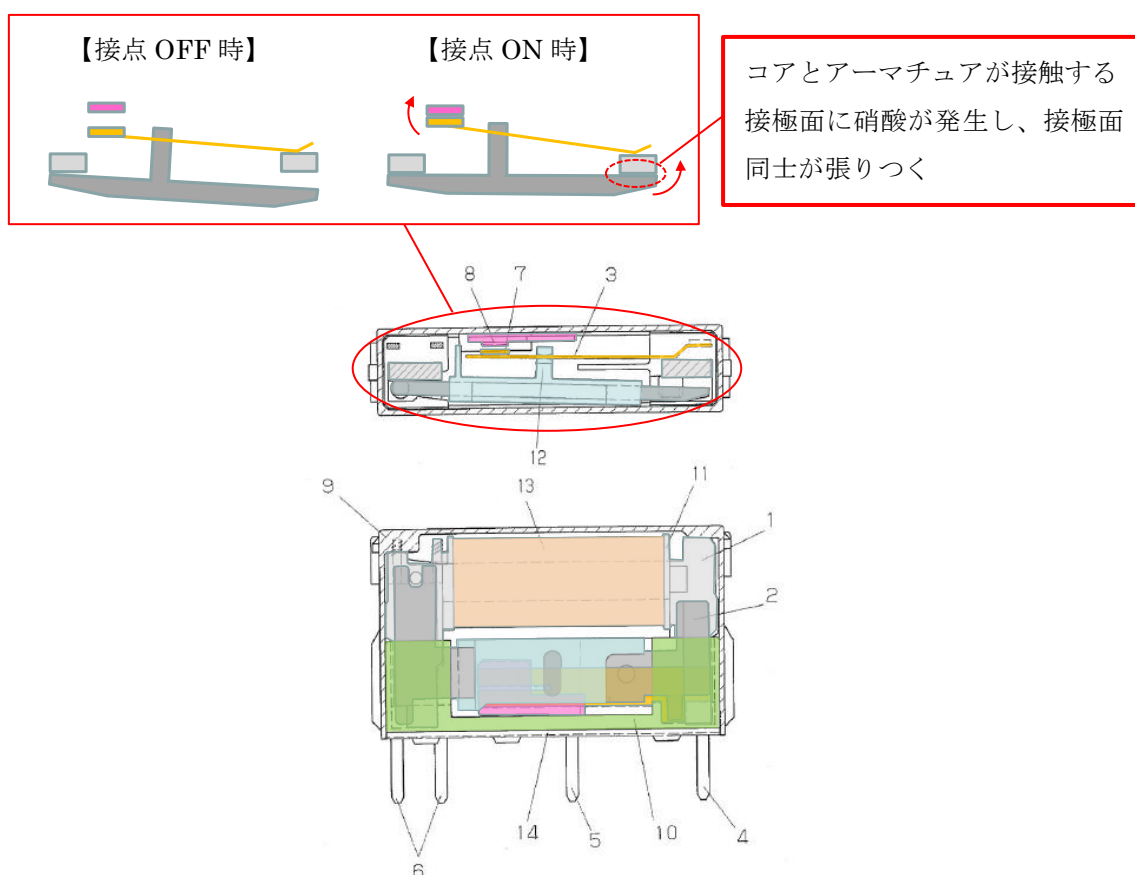


図5 B1リレー接点動作概略

3. 3 事故機のB 1リレー以外のリレー内部点検結果に関する分析

2.4.4(6)の事故機のB 1リレー以外の内部点検結果において、B 1リレーと同使用条件であるB 2リレーには腐食生成物が発生しており、他のリレーには腐食生成物が発生していないこと、また、2.4.4(7)において、事故機に隣接する号機のB 1リレーにも腐食生成物が発生していたことから、サージ電圧の発生量が硝酸の発生に関連していたことが推定される。

3. 4 PLCに関する分析

2.4.5のPLCに関する情報において、事故時に使用していたPLCは、外付けでサージ抑制回路を追加することがリレーメーカーのマニュアルに記載されていたが、ナショナルエレベーターにおいて、その追加取付け指示が徹底されておらず、サージ抑制回路が設置されていなかった。このため、事故機についてはブレーキ開閉時のサージ電圧が増大し、リレー内部における硝酸の発生が助長されたことが推定される。

3. 5 ブレーキ回路に関する分析

事故機のブレーキ回路は、図1(a)のとおり、電磁接触器29及びPLCのリレー出力モジュール内にあるB 1リレーをOFFすることで、電磁接触器BBのコイル電流を遮断し、ブレーキを作動させ、かごを制止する回路構成となっている。しかし、29は安全装置やかご内の非常停止スイッチが作動した場合等の異常時にOFFするものであり、通常時におけるブレーキの制御は、B 1リレーのみに依存する回路構成となっている。このため、かごが着床した状態において、B 1リレーがON故障した場合、他にブレーキを作動させる手段がなく、即時にかごを静止保持することができず、安全装置が作動する異常状態になるまでエレベーターを停止させることができない回路構成であったことが認められる。

3. 6 事故発生事象に関する分析

本事故の発生事象について、かごが目的階に着床する際、通常であれば、インバータによる減速→インバータによる0速度保持→ブレーキ動作→インバータ停止となるが、B 1リレーのON故障が発生していたことにより、インバータによる0速度保持が終了後にBBがOFFできずブレーキ開放状態が継続され、インバータの0速度保持制御が終了すると同時にかごを保持できなくなり、かごが上昇したものと推定される(図6)。

【B 1 リレーON故障発生時におけるブレーキ動作フロー】

- ①減速開始位置になると、インバータに減速処理指令が出され減速を開始。
- ②停止開始位置になると、0速度保持処理指令に切替わり、0速度を保持。
- ③0速度保持処理指令出力後、1秒後にB 1 リレー動作指令がOFF。
- ④B 1 リレーがON故障のため、B 1 リレーの接点がOFFしない。
- ⑤B 1 リレーの接点がOFFしないため、BBの接点もOFFしない。
- ⑥BBの接点がOFFしないため、ブレーキコイルの電流が遮断されず、ブレーキは開放状態を継続。
- ⑦③から1.5秒後にインバータ動作が終了しインバータ停止。
- ⑧ブレーキは開放しているので、釣合おもりに引っぱられ、かごが上昇。
- ⑨B 1 リレーのON故障状態が解消。
- ⑩ブレーキが作動し、かごが停止。

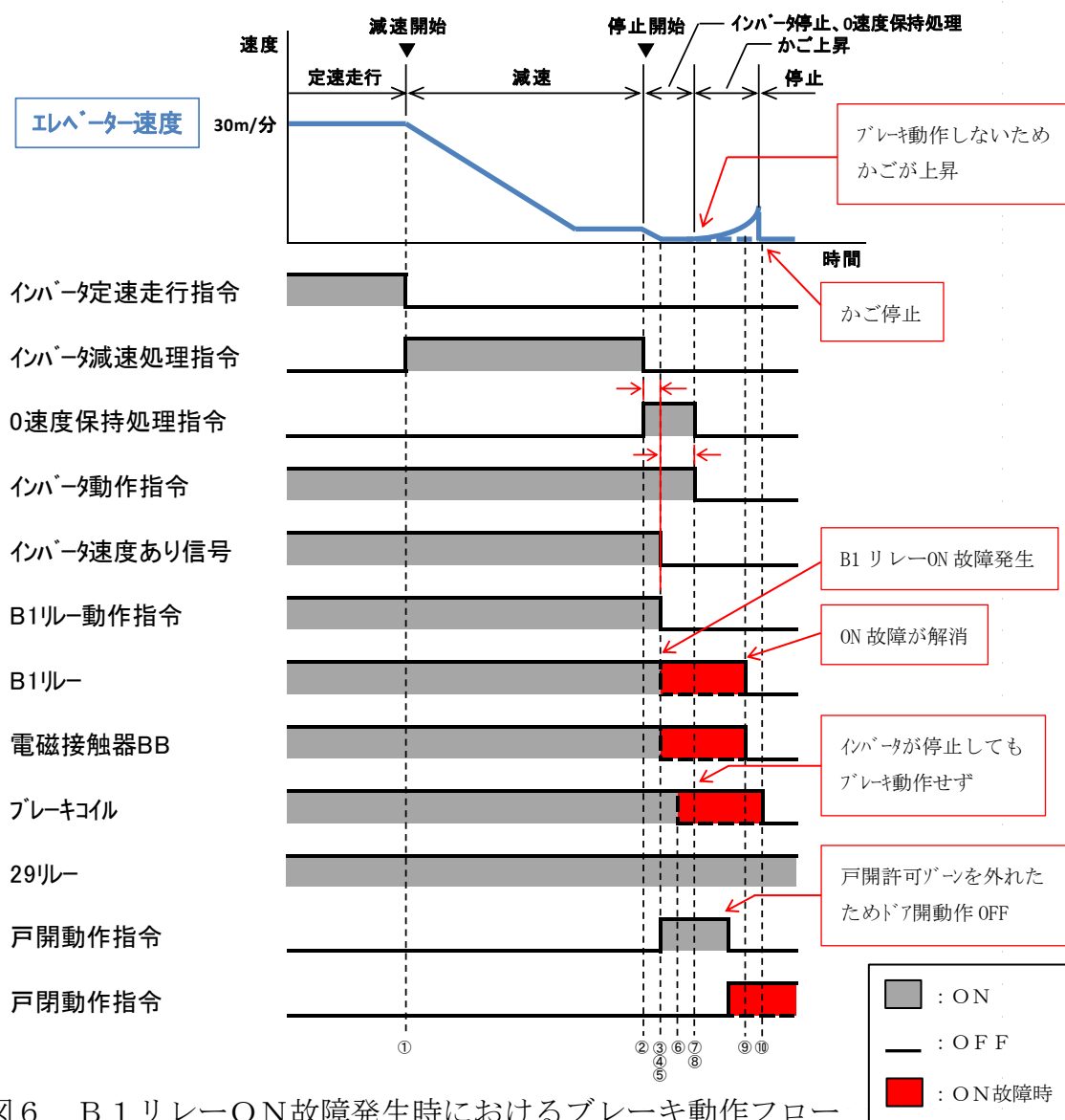


図6 B 1 リレーON故障発生時におけるブレーキ動作フロー

4 原因

かごが着床後、戸開したまま上昇したのは、P L Cのリレー出力モジュールのリレーON故障が発生したことにより、かごが着床後もブレーキ開閉用の電磁接触器B Bを遮断出来ず、本来ブレーキを保持すべきところ、ブレーキが開放された状態が継続したためと推定される。

リレーのON故障が発生したのは、リレー接点をOFFする際に発生するサージ電圧により、リレー内部の開閉機構部に硝酸が発生したため、リレー接点の動作不良を引き起こしたことが考えられる。

事故機において硝酸発生が顕著にあらわれたのは、P L Cを交換した際に、外付けのサージ抑制回路を追加すべきところ、追加設置の作業指示が徹底されておらず、サージ抑制回路が設置されなかったため、接点OFF時のサージ電圧が増大したことによるものと推定される。

事故機のブレーキ回路において、ブレーキ電源を遮断するための接点は、電磁接触器2 9及びP L CのB 1リレーの二つの部品により構成されているが、2 9は安全装置動作時等の異常時に作動するものであり、通常時にB 1リレーがON故障した場合は、安全装置等が作動するまでエレベーターを停止させることができない回路構成であったことが認められる。

5 再発防止策

5. 1 ナショナルエレベーターが実施した再発防止策

5.1.1 サージ抑制回路の追加

電磁接触器のコイルOFF時に発生するサージ電圧を抑制し、リレー内部に発生する硝酸を低減するため、ブレーキ開放用電磁接触器B Bのコイル間にC R素子を追加した(図7(a))。

5.1.2 部品交換に関する作業指示の見直し

既設エレベーターにおける部品交換作業について、交換作業時に使用する図面を作成し、部品交換の作業指示が徹底されるようにした。

5.1.3 ブレーキ回路の見直し

- (1) ブレーキ開放用電磁接触器B Bのコイル電源部に乗場戸スイッチ入力用リレー^{*3}(4 1)及びかご戸スイッチ入力用リレー^{*4}(4 1 G)の

接点を追加し、戸が開いた状態ではBBに電圧が印加されず、ブレーキが開放されない回路構成とした（図7(a)）。

※3 乗場戸が開いた際にOFFとなるリレー

※4 かご戸が開いた際にOFFとなるリレー

(2) 更なる安全増しの対策として、ブレーキコイルの電源部にあるBBの接点に対して、電磁接触器ERRの2接点を直列に追加し、BBがON故障した場合等においても、ERRにてブレーキコイルの電源を遮断することで、ブレーキを保持できる回路構成とした（図7(b)）。

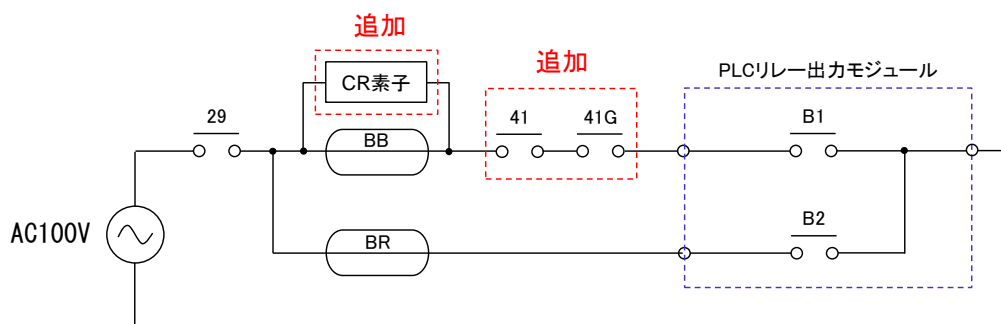
ERRの動作条件は以下のとおり。

ERR動作条件：①BBがON故障した場合

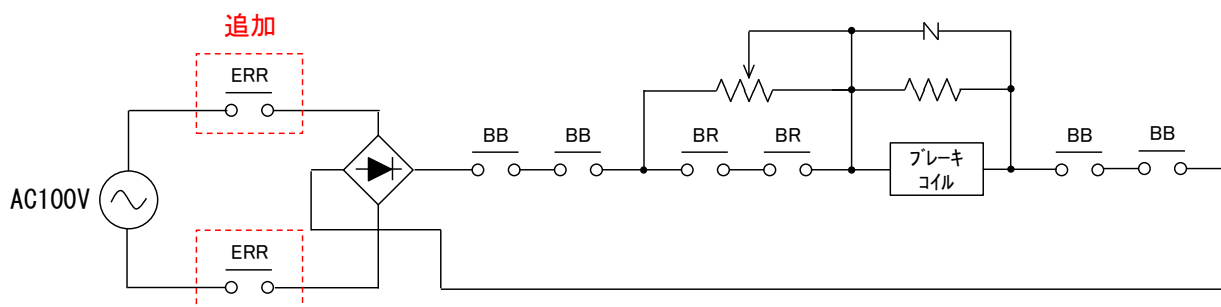
②戸開状態でかごに一定の段差が生じた場合

5.1.4 事故機と同型機における対応

事故機と同型のブレーキ回路（ブレーキ開放用電磁接触器のコイル電流を遮断する部品の一つが故障した場合、他の部品によりブレーキを作動することができない回路）を持つエレベーター（全138台）において、5.1.1及び5.1.3の対策を実施した。



(a) ブレーキ制御部



(b) ブレーキコイル部

図7 対策後のブレーキ回路構成

6 意見

国土交通省は、特に戸開走行保護装置を設置していない既設エレベーターに対し、以下の事項について必要な措置を講ずること。

- (1) 製造業者に対し、ブレーキ回路における電磁接触器及びリレー等の部品について、サージ電圧により発生する火花がリレーの開閉動作に影響を与える可能性があることについて、十分留意するよう周知すること。
- (2) 製造業者に対し、交換基準が定められた部品において、部品交換に関するマニュアル等が作成されていないものについては、マニュアル等を作成し、所有者及び管理者に維持管理に必要な情報として提供し、マニュアル等の指示どおり交換されていないものがあれば改修するよう指導すること。また、所有者及び管理者に対し、当該情報を保守点検業者に提供し、適切な維持管理が実施されるよう指導すること。
- (3) 製造業者に対し、ブレーキ開放用電磁接触器またはリレーのコイル電流を遮断する部品の一つが故障した場合においても、他の部品によりブレーキを作動させる回路設計とするよう指導すること。