

神奈川県川崎市・千葉県船橋市内エスカレーター事故
調査報告書

平成27年11月

社会資本整備審議会

本報告書の調査の目的は、本件エスカレ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

神奈川県川崎市・千葉県船橋市内エスカレーター事故

調査報告書

事故Ⅰ

発生日時：平成26年 1月8日 8時19分ごろ

発生場所：神奈川県川崎市 武蔵小杉駅JR東急連絡通路

事故Ⅱ

発生日時：平成24年12月3日 7時12分ごろ

発生場所：千葉県船橋市 JR東日本総武線西船橋駅

昇降機等事故調査部会

部会長	藤田	聡
委員	深尾	精一
委員	飯島	淳子
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	聡子
委員	稲葉	博美
委員	大谷	康博
委員	釜池	宏
委員	山海	敏弘
委員	高木	堯男
委員	高橋	儀平
委員	田中	淳
委員	谷合	周三
委員	直井	英雄
委員	中里	眞朗
委員	松久	寛典
委員	宮迫	計典

目次

I. 神奈川県川崎市内エスカレーター事故	……	1
I-1 事故の概要	……	1
I-1.1 事故の概要		
I-1.2 調査の概要		
I-2 事実情報	……	1
I-2.1 設置場所に関する情報		
I-2.2 エスカレーターに関する情報		
I-2.2.1 事故機の仕様等に関する情報		
I-2.2.2 事故機の保守に関する情報		
I-2.3 事故発生時の状況等に関する情報		
I-2.4 調査により得られた情報		
I-2.4.1 事故機の構造に関する情報		
I-2.4.2 安全装置に関する情報		
I-2.4.3 事故機の駆動くさりに関する情報		
I-2.4.4 メインプロケットに関する情報		
I-2.4.5 事故直後の事故機の状況に関する情報		
I-2.5 保守点検に関する情報		
I-2.5.1 駆動くさりの保守点検に関する情報		
I-2.5.2 駆動くさり切断時停止装置の保守点検に関する情報		
I-2.5.3 事故5日前の保守点検に関する情報		
I-2.6 エスカレーターの駆動くさり等に関する建築基準法令の規定		
I-2.7 エスカレーターの駆動くさり安全装置に関する海外規格		
I-3 分析	……	17
I-3.1 駆動くさりの破断に関する分析		
I-3.2 駆動くさり切断時停止装置の不作動に関する分析		
I-4 原因	……	17
I-4.1 駆動くさりが破断した原因		
I-4.2 駆動くさり切断時停止装置が作動しなかった原因		
I-5 再発防止策	……	18
I-5.1 緊急点検		
I-5.2 保守点検内容の見直し		
I-5.2.1 清掃・給油の徹底		
I-5.2.2 駆動くさり切断時停止装置の動作の検査方法の見直し		
I-5.2.3 駆動くさりの張力確認		

(参考) 駆動くさり切断時停止装置の構造仕様の変更	.....	20
II. 千葉県船橋市内エスカレーター事故	.....	21
II-1 事故の概要	.....	21
II-1.1 事故の概要		
II-1.2 調査の概要		
II-2 事実情報	.....	21
II-2.1 設置場所に関する情報		
II-2.2 エスカレーターに関する情報		
II-2.2.1 事故機の仕様等に関する情報		
II-2.2.2 事故機の保守に関する情報		
II-2.3 事故発生時の状況等に関する情報		
II-2.4 調査により得られた情報		
II-2.4.1 事故機の構造に関する情報		
II-2.4.2 安全装置に関する情報		
II-2.4.3 事故直後の事故機の状況に関する情報		
II-2.4.4 事故機の駆動くさりに関する情報		
II-2.4.5 駆動スプロケット及びメインスプロケットの状態に関する情報		
II-2.4.6 駆動スプロケット及びメインスプロケットの芯ずれに関する情報		
II-2.4.7 駆動くさり切断時停止装置とその周辺部品との位置関係に関する情報		
II-3 分析	.....	38
II-3.1 駆動くさりの破断に関する分析		
II-3.2 駆動くさり切断時停止装置の不作動に関する分析		
II-4 原因	.....	39
II-4.1 駆動くさがりが破断した原因		
II-4.2 駆動くさり切断時停止装置が作動しなかった原因		
II-5 再発防止策	.....	39
II-5.1 ステップカバーの交換等		
II-5.2 駆動くさり切断時停止装置の作動確認手順の見直し		
II-5.3 駆動くさり張力調整及びスプロケット芯出し手順の見直し		
II-5.4 駆動くさり・芯ずれ・駆動くさり切断時停止装置の緊急点検		
III. 意見	.....	42

《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」

I. 神奈川県川崎市内エスカレーター事故

I-1 事故の概要

I-1.1 事故の概要

発生日時：平成26年1月8日 8時19分ごろ

発生場所：神奈川県川崎市 武蔵小杉駅 JR東急連絡通路

事故概要：1階から2階への上りエスカレーターの駆動くさがり破断して逆走し、利用者が折り重なるように転倒した。(重傷1名、軽傷10名)

I-1.2 調査の概要

平成26年1月8日 昇降機等事故調査部会委員、国土交通省職員及び川崎市職員による現地調査を実施

平成26年1月10日 昇降機等事故調査部会委員、国土交通省職員及び川崎市職員による現地調査を実施

平成26年2月6日 昇降機等事故調査部会委員、国土交通省職員及び川崎市職員による現地調査を実施

平成26年2月7日 昇降機等事故調査部会委員、国土交通省職員及び川崎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、ワーキング委員及び国土交通省職員による資料調査を実施。

I-2 事実情報

I-2.1 設置場所に関する情報

所在地：神奈川県川崎市

所有者：川崎市

管理者：川崎市

構造：鉄骨造、一部鉄筋コンクリート造

階数：地上2階

用途：連絡通路（道路工作物扱い）

I-2.2 エスカレーターに関する情報

I-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

製造会社：三菱電機株式会社（以下「三菱電機」という。）

製造型式：1200JP

踏段幅：1,004mm

定格速度：30m/分

揚程：6.4m（地上1階から2階）

勾配：30度

駆動方式：上部駆動方式

電動機定格容量：11kW

(2) 確認済証交付年月日：平成8年2月5日

(3) 検査済証交付年月日：平成8年3月12日

※ 建築主の東急電鉄株式会社が申請し、竣工後、平成8年7月16日に川崎市に寄付

I-2.2.2 事故機の保守に関する情報

保守会社：三菱電機ビルテクノサービス株式会社（以下「三菱電機ビルテクノサービス」という。）

保守契約内容：フルメンテナンス契約（点検2回/月）

直近の定期検査実施日：平成25年3月8日（建築基準法令に準じて年1回実施）

直近の保守点検日：平成25年12月20日

I-2.3 事故発生時の状況等に関する情報

事故発生時は通勤ラッシュ時間帯であり、監視カメラの映像から、エスカレーターの踏段上には、下階側から見て、右側に13名、左側に16名の計29名の利用者がいた。また、右側の利用者は歩いて昇っている状況であった。

上昇運転中の事故機が逆走し、上部にいた利用者が、下階側水平部付近まで次々に下降して、折り重なるように転倒した。

I-2.4 調査により得られた情報

I-2.4.1 事故機の構造に関する情報

事故機は、踏段を踏段くさりで吊る構造である。踏段くさは、駆動くさりを通じて駆動装置（電動機（モーター）、減速機、ブレーキ、駆動スプロケット等）につながれ、走行時は駆動装置の電動機で、停止時は駆動装置のブレーキで保持する構造となっている。

また、駆動装置は、ボルトにてトラスに固定されている。

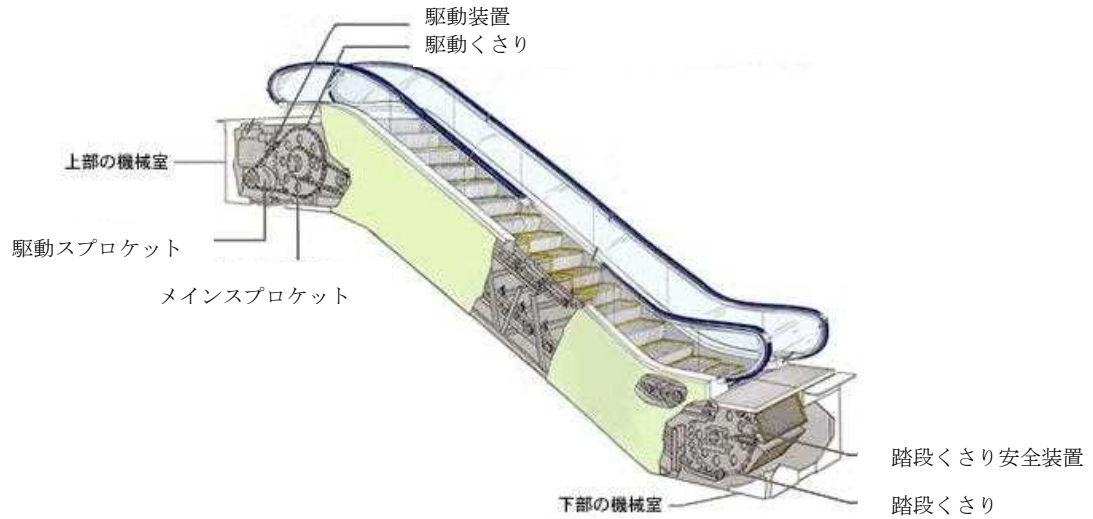


図 I - 1 エスカレーターの全体構成

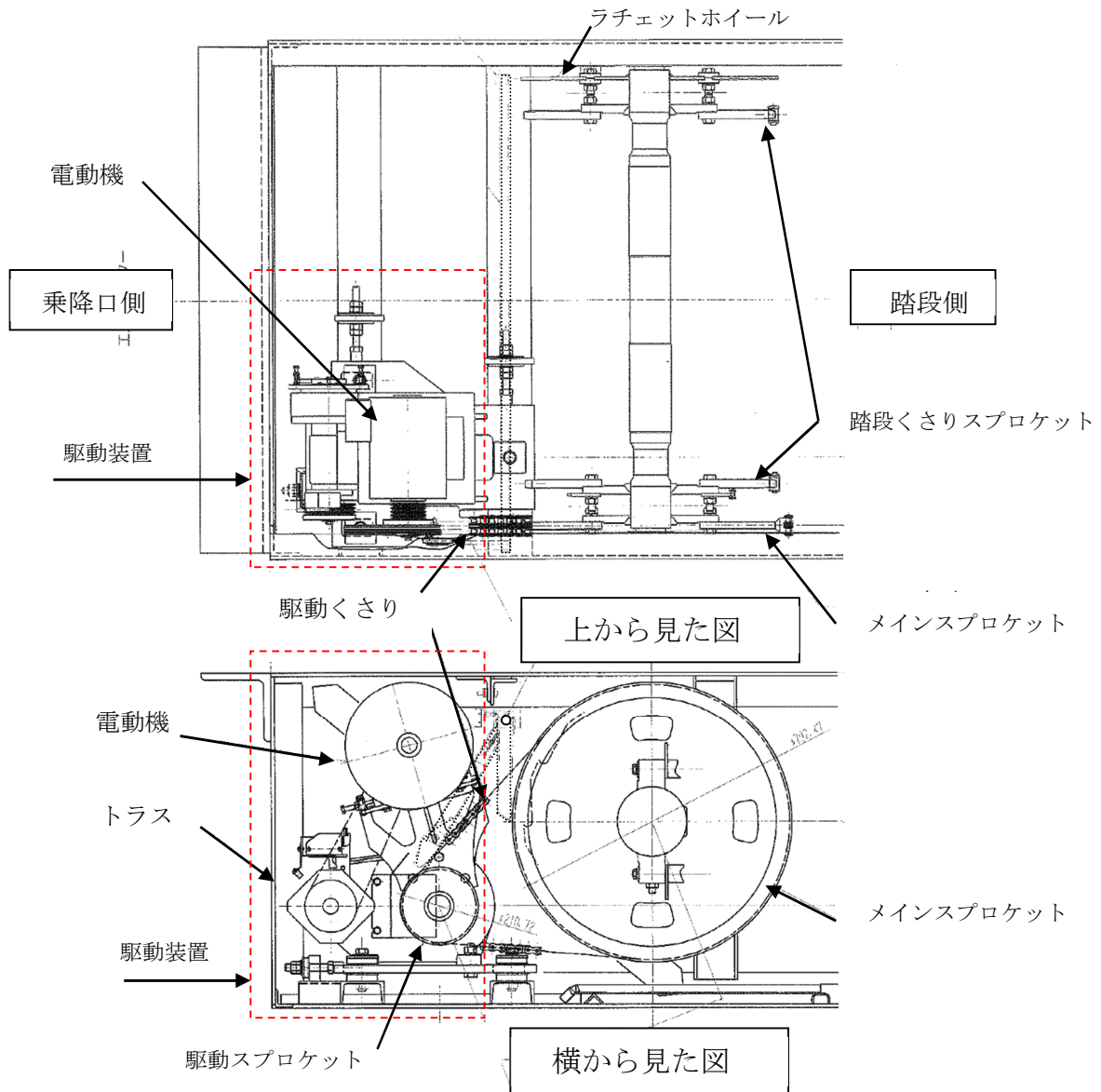
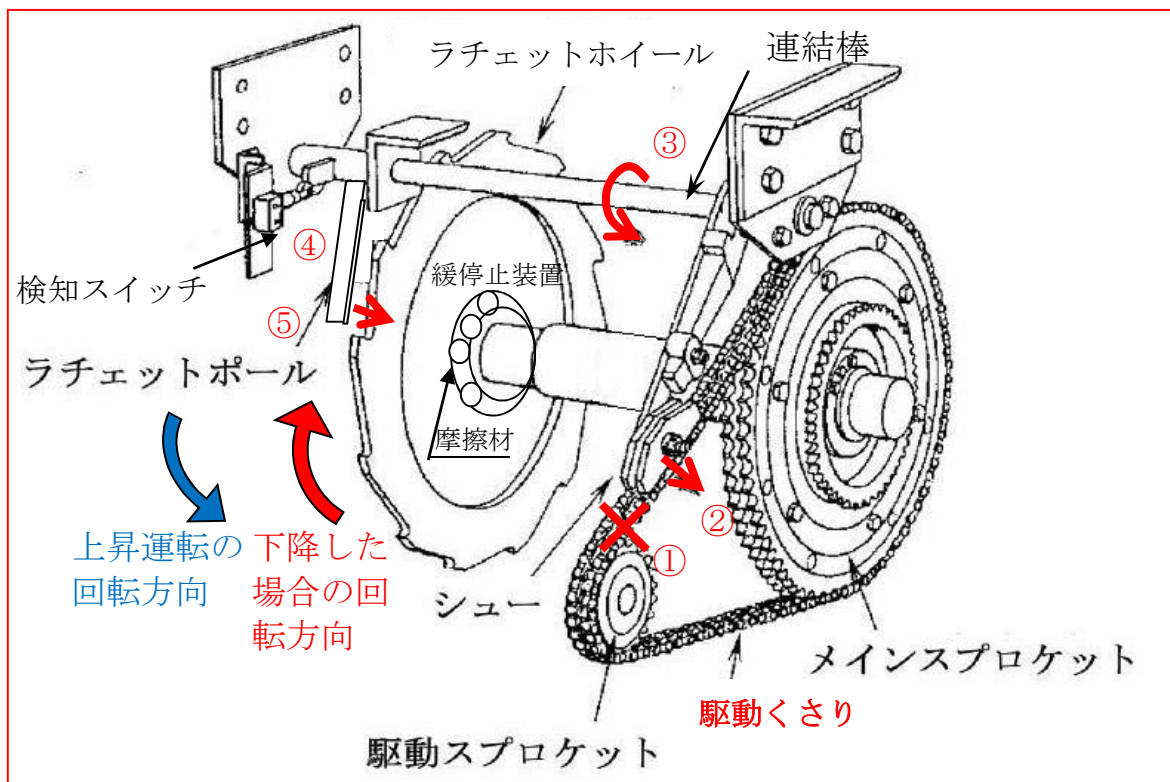


図 I - 2 駆動装置周辺の構造

I-2.4.2 安全装置に関する情報

事故機には、駆動くさがりが切断した場合に、駆動装置のブレーキを作動させ、併せてメインsprocketの下降方向回転を防止する駆動くさり切断時停止装置が設置されている。この装置の構成は図I-3のとおりである。



図I-3 駆動くさり切断時停止装置

この駆動くさり切断時停止装置の動作機構は、以下のとおりである。

- ・ 通常運転時は、リンク機構の一端に取り付けられたシューが駆動くさりの上に載った状態で、駆動くさがりが循環する。
- ・ 駆動くさがりがsprocketから外れたり破断するなどして脱落すると (①)、シュー (おもり) が下に落ち (②)、連結棒が反時計方向に回る (③)。連結棒に取り付けられたスイッチカムが検知スイッチを作動させ (④)、電動機への電源を遮断し、駆動装置のブレーキを作動させる。
- ・ また、連結棒に固定されたラチェットポールが矢印方向に動き (⑤)、ラチェットホイールの爪と噛み合い、メインsprocketの回転を制止する。(逆走防止)

さらに、事故機には、駆動装置内にある減速機 (ギヤ) の入力軸回転数を検出し、定格速度の20%以下に失速した場合、又は定格速度の120%以上に過速した場合に、電動機への電源を遮断し、駆動装置のブレーキを作動させる调速機が設けられている。

I-2.4.3 事故機の駆動くさりにに関する情報

事故機に使用されていた駆動くさりの仕様及び構造は、以下のとおりである。

呼び番号：80番 2列

最小引張強さ：143.2 kN

ピッチ：25.4 mm

リンク数：118個

継手リンク：割ピン形継手リンク

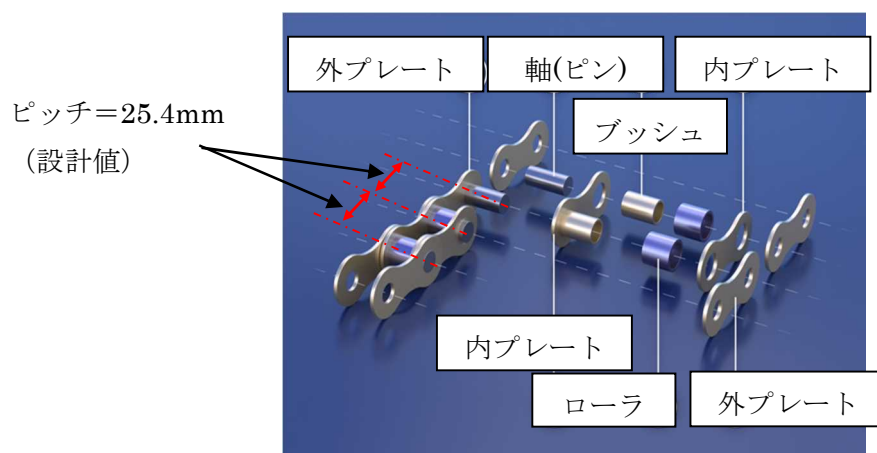


図 I-4 駆動くさりの構造 (単列のもの)

事故時、駆動くさりは破断しており、メインsproケット及び駆動sproケットに掛かっていない状態であった。(写真 I-1～3)



写真 I-1 駆動くさり破断部



写真 I - 2 駆動くさり下部側の破断状況



写真 I - 3 駆動くさり上部側の破断部

事故後、破断した駆動くさりの検証を行ったところ、以下の内容が確認された。

(1) くさりの伸び・たるみ

破断した駆動くさりの長さを測定したところ、以下が確認された。

- ・ くさり全体の伸び率は、0.54%であった。
- ・ 破断部分を起点として番号付けしたローラ No. 60～67 の間は、伸び率1%を越える偏伸び（部分伸び）が発生していた。
- ・ 破断部の近傍（No. 5～12、No. 110～116）は、くさりの外側と内側の寸法差が大きかった。

測定要領は以下のとおり

1. 治具で隣接ローラ間を拡張させて測定する。（拡張荷重：50N）
2. 図のように測定するリンク数のローラ間の内側(L1)と外側(L2)を測定し判定寸法(L)を求める。

$$\text{判定寸法 } L = (L_1 + L_2) / 2$$

3. 次にくさり伸びを求める。

$$\text{くさり伸び} = (\text{判定寸法} - \text{基準寸法}) / \text{基準寸法} \times 100 (\%)$$

4. 7リンク（ピッチ）毎に測定を行う。

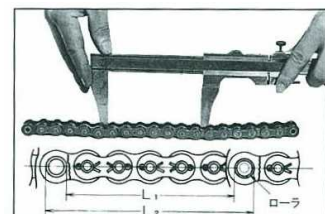


表 I - 1 駆動くさりの伸び率測定結果

測定部位 (ローラ間)		判定寸法L [mm]	伸び率 [%]	伸び率内外差 [%]
ローラ No.	列			
5 ~ 12 破断部近傍	外側	179.16	0.76	0.35
	内側	178.53	0.41	
29 ~ 36	外側	178.55	0.42	0.14
	内側	178.80	0.56	
60 ~ 67	外側	180.20	1.35	0.25
	内側	179.76	1.10	
69 ~ 76	外側	179.18	0.78	0.06
	内側	179.08	0.72	
110 ~ 116 破断部近傍	外側	178.84	0.58	0.27
	内側	178.35	0.31	

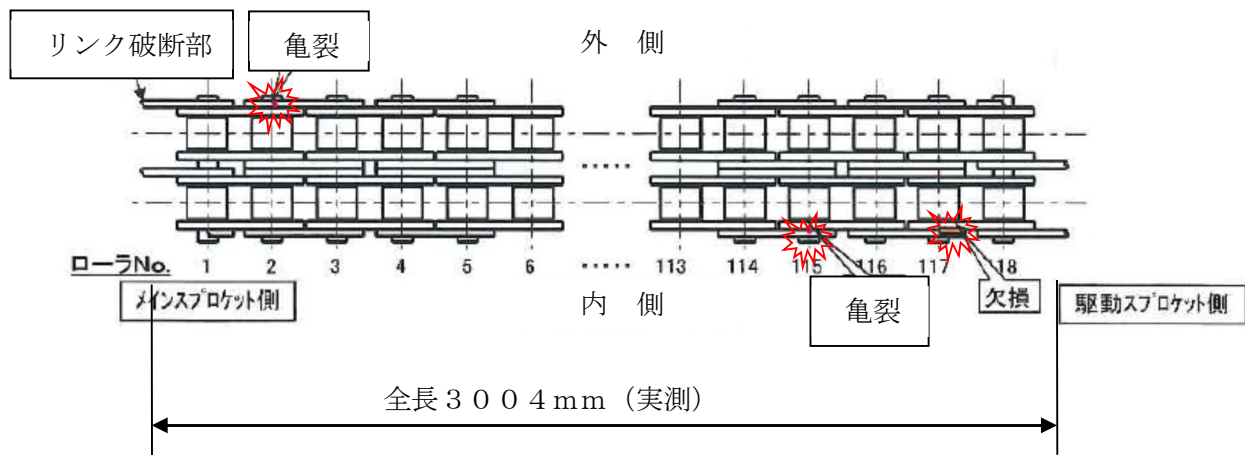


図 I - 5 破断した駆動くさりの状況

また、事故後に確認したところ、踏段の前輪（駆動ローラ）ガイドレールを固定する構造部材に、駆動くさがり擦れたことにより削られた摺動跡があった。（写真 I - 4）

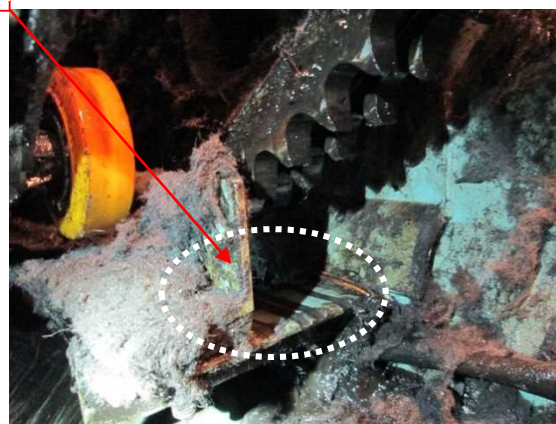
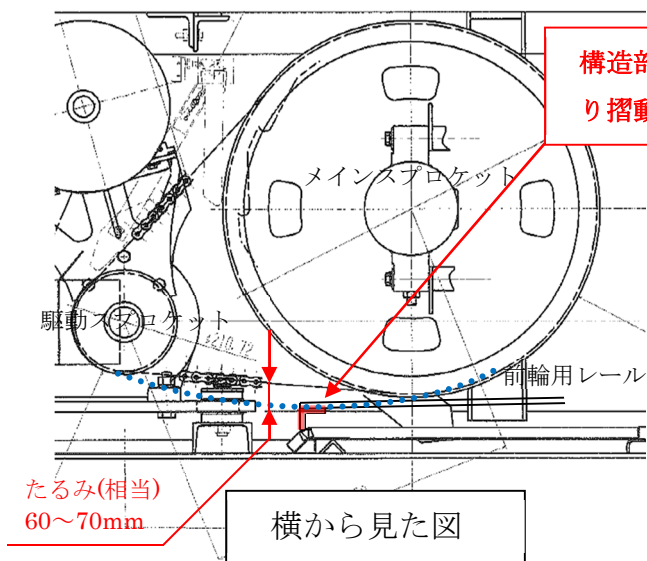


図 I - 6 駆動装置周り詳細図

写真 I - 4 駆動くさり摺動跡

現地調査時に当該事故機により実施した実験結果によれば、構造部材に摺動跡が付く場合の駆動くさりのたるみは、片振りで60～70mm以上に相当する。

(2) 破断面観察

以下に、走査型電子顕微鏡による駆動くさりのリンクプレート破断面の観察結果を示す。

写真 I - 5 の破断部 (イ) については、左破断面において、e 及び d に疲労破面、中央 c に粒界破面、a 及び b に延性破面が確認でき、右破断面において、g に疲労破面、f に延性破面が確認できることから、破断部(イ)の亀裂の起点はピンをかしている穴の角部であり、プレートの内側から外に向かって亀裂が進行している。

また、破断部(ロ)から(ニ)までの破断面についても、同様に、亀裂の起点はピンをかしている穴の角部であり、内側から外に向かって亀裂が進行している。

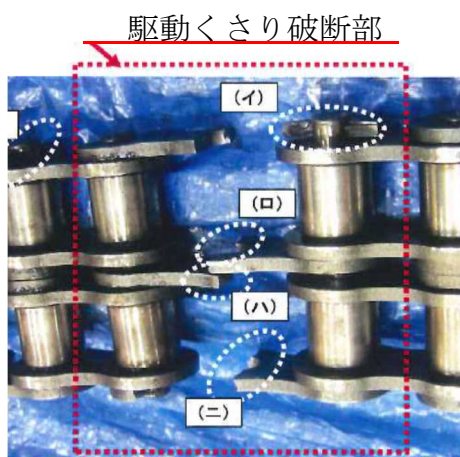


写真 I - 5 駆動くさり破断部分

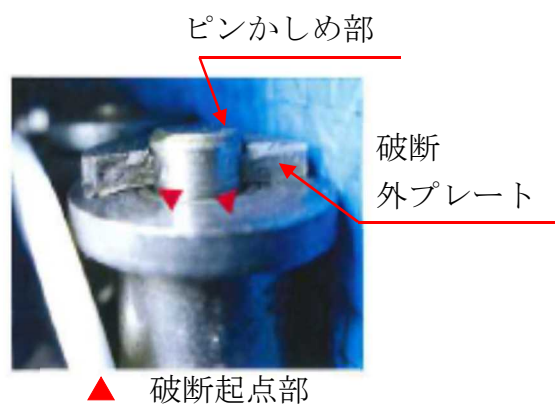


写真 I - 6 破断部(イ)

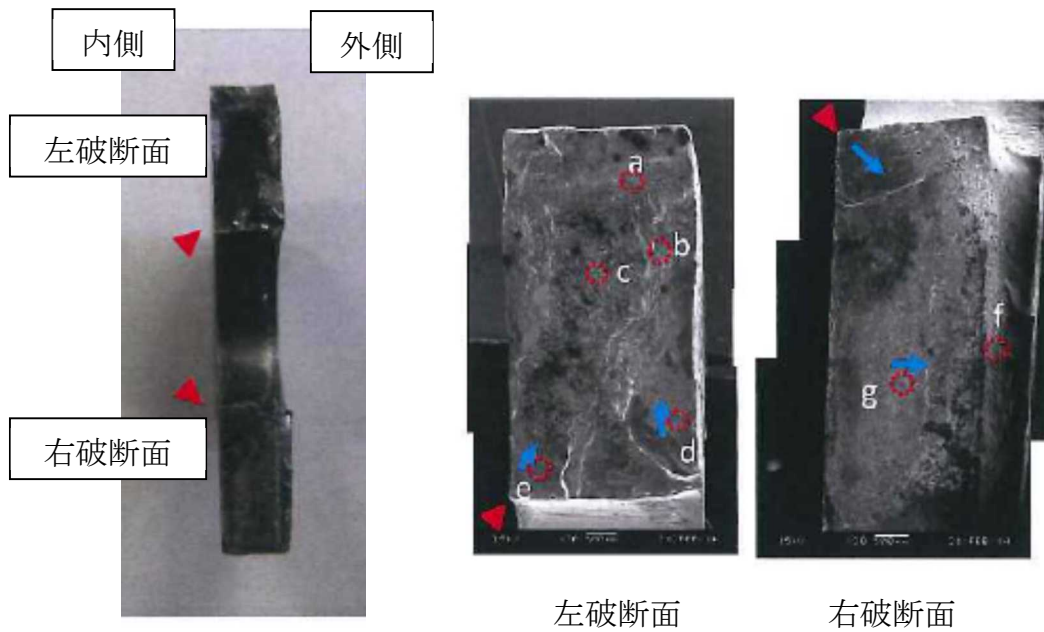


写真 I - 7 破断面 (イ) 解析写真

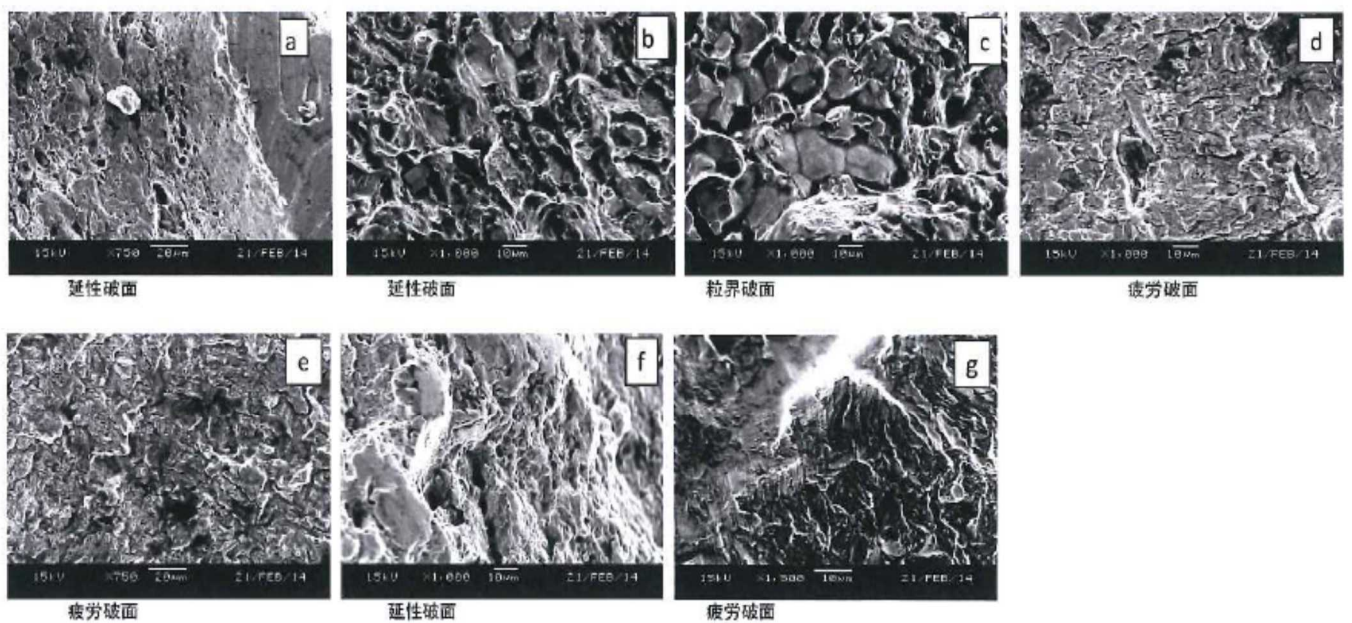


写真 I - 8 走査型電子顕微鏡による解析

I-2.4.4 メインプロケットに関する情報

事故機に使用されていたメインプロケットは、外列の全ての歯先が欠損し、内列は1歯おきに歯先が欠損していた。

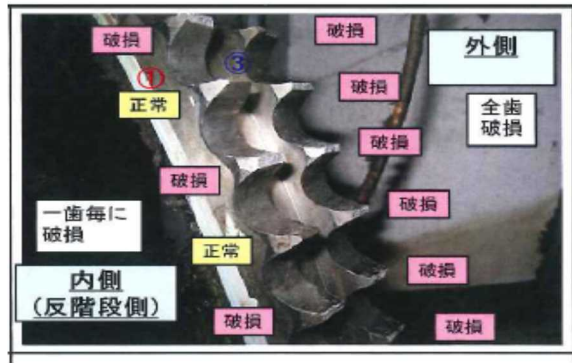
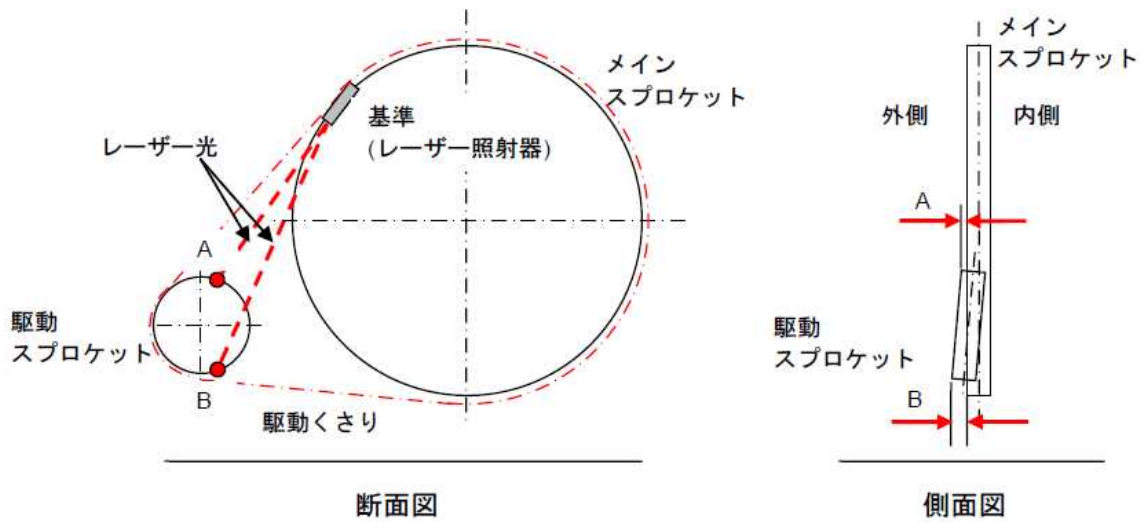


写真 I - 9 メイン sprocket 歯側面

また、現地で型取りしたメイン sprocket 歯形から駆動くさり位置を特定した結果、噛み合い位置はメイン sprocket の歯先側に上昇した位置となっていた。

なお、駆動 sprocket とメイン sprocket の芯ずれを測定した結果、メイン sprocket に対して、駆動 sprocket 上側が 0 mm、下側が外へ 2.0 mm ずれていたが、芯ずれが駆動くさに与える応力試験を行ったところ、2.0 mm 程度の芯ずれにおいては、くさがりを受ける応力に有意な差は認められなかった。



	A (mm)	B (mm)
測定点	0	2.0

図 I - 7 駆動 sprocket 芯ずれ

I-2.4.5 事故直後の事故機の状況に関する情報

事故発生時において、事故機の安全装置については、以下の状況であったことが確認されている。

- ・ 駆動くさり切断時停止装置については、検知スイッチによる電源遮断及びブレーキ作動並びにラチェットポールによる逆走防止装置は、いずれも作動しなかった。
- ・ 連結棒及び軸受部を目視確認したところ、錆の発生と若干の隙間があった。
- ・ 連結棒及び軸受部を分解して確認したところ、連結棒に軸受部と摺動したことによる最大1 mm程度の削れた跡があった。
- ・ 制御盤には、定格速度の20%以下に失速したことを调速機が検出した記録が残っていた。
- ・ 駆動スプロケットの脇には、駆動くさりによるものと考えられる擦り傷が残っていた。



写真 I-10

連結棒：ラチェットポール側



写真 I-11

連結棒：シュー側



写真 I-12

連結棒軸受部
(ラチェットポール側)



写真 I-13

連結棒の削れた跡

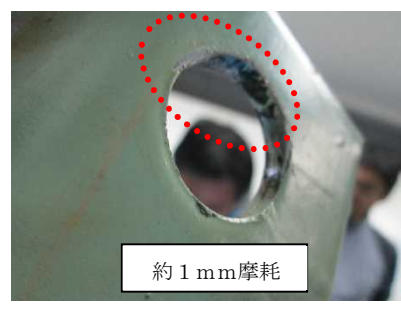


写真 I-14

連結棒軸受部

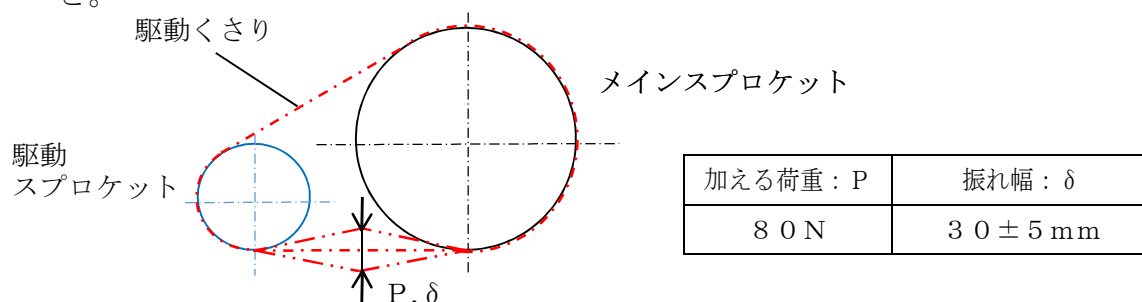
I-2.5 保守点検に関する情報

I-2.5.1 駆動くさりの保守点検に関する情報

事故機の駆動くさりは設置当初より約18年間未交換であったが、三菱電機の保守点検に関する資料によれば、駆動くさりについては、以下の基準により保守点検を行うこととされていた。

- ・ スプロケットとくさりのかみ合いに不備がないこと。

- ・潤滑が良好で、錆・磨耗・亀裂等がないこと。
- ・くさりの伸びが1.2%を超えていないこと。
- ・上昇運転後のくさりのたるみによる振れ幅が図I-8の基準範囲内であること。



図I-8 駆動くさりのたるみ基準

なお、三菱電機ビルテクノサービスでは、事故当時は、くさりの伸びが1.5%を超えた場合を使用限界とし、伸びが1.2%を超えた場合には、くさりの交換を計画することとしていた。

また、三菱電機ビルテクノサービスによれば、駆動くさりのたるみは、駆動装置を移動することで適正な張力に調整することとしていた。

駆動くさりの張力調整については、平成25年1月29日の保守点検報告書には、駆動くさりの振れ幅が25mm（30±5mmの基準値内）であった記録が残されているが、平成25年3月8日の定期検査報告書には、ラチェットポールの振れ幅が8mmであった記録が残されていた。その後、事故発生時まで駆動くさりの張力調整を行った記録は残されていない。

三菱電機ビルテクノサービスによれば、駆動くさりの振れ幅を用いた通常の点検方法のほか、ラチェットポールの振れ幅を用いて計測する方法も認められていたとのことであるが、上記8mmは、この計測方法の基準値2.5～5.0mmを外れていた。

事故機においては、駆動くさりへの給油は、自動給油装置により行われていた。三菱電機ビルテクノサービスによれば、自動給油装置の設定値は、給油間隔：48時間、給油時間：110秒、1分当たりの給油量：踏段くさり4.8cc、駆動くさり0.4ccであり、事故機の給油状況に関して特段の異常は認められなかった。

I-2.5.2 駆動くさり切断時停止装置の保守点検に関する情報

三菱電機ビルテクノサービスの保守点検資料によれば、駆動くさり切断時停止装置については、以下の基準により保守点検を行うこととされていた。

- ・連結棒及びラチェットポールの回動、スイッチの作動が良好であること。
- ・スイッチ、その他の取り付け状態に変化や異常がないこと。
- ・運転中、軸受部での連結棒のがたつきがないこと。

- ・手巻きにて下降運転後、ラチェットポールとラチェットホイールの隙間Aが $35 \pm 5 \text{ mm}$ であること。(図 I - 9)
- ・検知スイッチは、駆動くさりの張力が良好な状態で、ラチェットポールとラチェットホイールの隙間Bが $10 \sim 20 \text{ mm}$ の時に作動すること。(図 I - 9)
- ・連結棒及びラチェットポールが自由な状態で、ラチェットポールがラチェットホイールとかみ合うこと。(シユを外して確認する。)

I-2.5.3 事故5日前の保守点検に関する情報

三菱電機ビルテクノサービスによれば、事故5日前の平成26年1月3日午前6時ごろに事故機が非常停止したため、同社社員が出動し、以下の作業を行った。

- ・キースイッチにて正常運転することを確認した。
- ・制御盤にて駆動くさり切断時停止装置の検知スイッチが作動していたことを確認した。
- ・駆動くさりについては、通常よりも張りが緩いと感じたが、駆動装置の固定ボルトを緩めるための調整工具が機械室内になかったため、調整を行わなかった。
- ・検知スイッチの作動位置について、本来、ラチェットポールとラチェットホイールの隙間は $+10 \sim 20 \text{ mm}$ の範囲内にあるべきところ、スイッチが入りにくい方向である -12 mm になるように調整した。(図 I - 9) なお、平成25年3月8日定期検査報告書における当該数値は、 $+15 \text{ mm}$ であった。

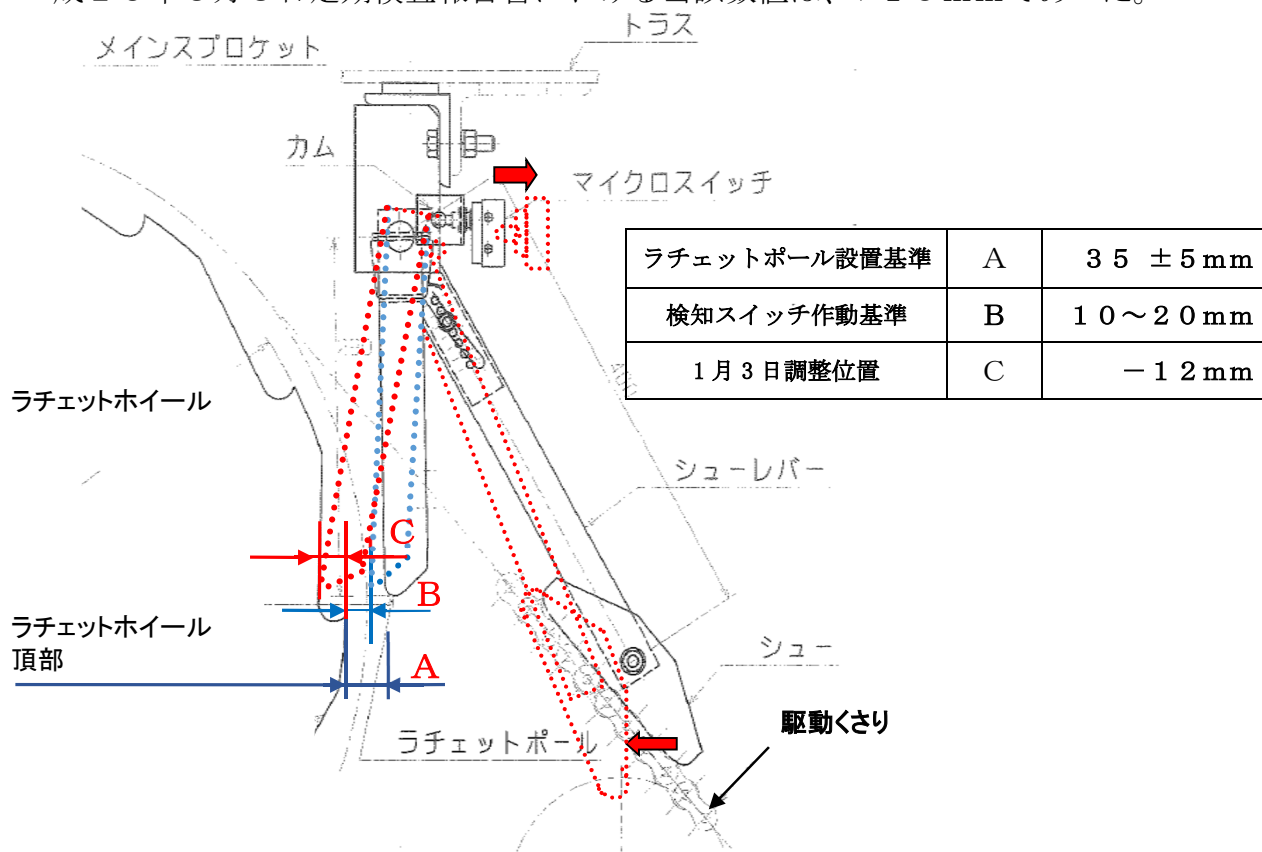


図 I - 9 駆動くさり切断時停止装置の各部位置関係

I-2.6 エスカレーターの駆動くさり等に関する建築基準法令の規定

平成20年国土交通省告示第283号により、昇降機に関する建築基準法第12条第3項に規定する検査及び同条第4項に規定する点検（以下「定期検査等」という。）の項目、事項、方法及び結果の判定基準並びに検査結果表が定められており、そのうちエスカレーターの駆動くさり等に関する部分は、以下のとおりである。

駆動くさりについては、スプロケットと駆動くさりとのかみ合いの状況を目視及び聴診により確認することになっている。

また、駆動くさり切断時停止装置については、可動部の状況を目視及び触診により確認し、駆動くさり切断を検出したときに停止機構が作動する設定がなされていることを確認することとなっている。

平成20年国土交通省告示第283号

昇降機の定期検査報告における検査及び定期点検における点検の項目、事項、方法並びに結果の判定基準並びに検査結果表を定める件
(抜粋)

<p>第一 定期検査及び定期点検は、施行規則第6条第2項及び第6条の2第1項の規定に基づき、次の各号に掲げる別表第1から第6までの（い）欄に掲げる項目に応じ、同表（ろ）欄に掲げる事項（ただし、定期点検においては、損傷、腐食、その他の劣化状況に係るものに限る。）について同表（は）欄に掲げる方法により実施し、その結果が同表（に）欄に掲げる基準に該当しているかどうかを判定することとし、併せて、前回の定期検査又は定期点検以降に不具合が生じている場合にあつては、当該不具合に係る同表（い）欄に掲げる項目に応じ、不具合の改善の状況等について、適切な方法により実施し、改善措置が講じられていないかどうかを判定することとする。（以下略）</p> <p>一～四 略</p> <p>五 エスカレーター 別表第5</p> <p>六 略</p> <p>2 略</p> <p>第二 昇降機の検査結果表は、施行規則第6条第3項の規定に基づき、次の各号に掲げる昇降機の種類に応じ、当該各号に定めるとおりとする。</p> <p>一～四 略</p> <p>五 第一第1項第五号に規定する昇降機 別記第5号</p> <p>六 略</p> <p>別表第5</p> <p>一 機械室</p>				
	(い) 検査項目	(ろ) 検査事項	(は) 検査方法	(に) 判定基準
(10)	駆動鎖（駆動鎖を設けたものに限る。）	スプロケットと駆動鎖とのかみ合いの状況	目視及び聴診により確認する。	スプロケットと駆動鎖とのかみ合いに異常があること。

四 安全装置				
	(い) 検査項目	(ろ) 検査事項	(は) 検査方法	(に) 判定基準
(6)	駆動鎖切断時停止装置	作動の状況	スイッチを作動させ、昇降機が停止すること又はスイッチを作動させた状態で昇降機が起動しないことを確認する。	昇降機が停止することを確認する場合にあっては昇降機が停止しないこと、昇降機が起動しないことを確認する場合にあっては昇降機が起動すること。
		可動部の状況	目視及び触診により確認する。	イ 可動部の動きが円滑でないこと。
				ロ 給油すべき箇所の給油が不十分であること。
設定の状況	駆動鎖切断を検出したときに停止機構が作動する設定がなされていることを確認する。	設定されていないこと。		

別記第5号

番号	検査項目	検査結果			担当 検査者 番号
		指摘 なし	要重点 点検	要是正	
				既存不適格	
1	機械室				
(10)	駆動鎖				

建築基準法施行令第129条の12及び関係告示において、エスカレーターの制動装置に関する技術基準が定められている。

建築基準法においては、エスカレーターの制動装置の構造として、踏段くさりが異常に伸びた場合、動力が切断された場合、昇降口に近い位置においてスカートガードに挟まれた場合等に停止させる安全装置が規定されているが、駆動くさが切断・脱落等した場合における安全装置の規定は設けられていない。

建築基準法施行令第129条の12 エスカレーターの構造（抜粋）

1～3	(略)
4	エスカレーターには、制動装置及び昇降口において踏段の昇降を停止させることができる装置を設けなければならない。
5	前項の制動装置の構造は、動力が切れた場合、駆動装置に故障が生じた場合、人又は物が挟まれた場合その他の人が危害を受け又は物が損傷するおそれがある場合に自動的に作動し、踏段に生ずる進行方向の加速度が1.25メートル毎秒毎秒を超えることなく安全に踏段を制止させることができるものとして、国土交通大臣が定めた構造方法を用いるもの又は国土交通大臣の認定を受けたものとしなければならない。

平成 12 年建設省告示第 1424 号
エスカレーターの制動装置の構造方法を定める件

建築基準法施行令（昭和 25 年政令第 338 号）第 129 条の 12 第 5 項の規定に基づき、エスカレーターの制動装置の構造方法を次のように定める。

エスカレーターの制動装置の構造方法は、次に定めるものとする。

- 一 建築基準法施行令第 129 条の 12 第三号から第五号までの基準に適合するエスカレーターの制動装置であること。
- 二 次のイからホまで（勾配が 15 度以下で、かつ、踏段と踏段の段差（踏段の勾配を 15 度以下としたすりつけ部分を除く。以下同じ。）が 4 ミリメートル以下のエスカレーターにあっては、ニを除く。）に掲げる状態を検知する装置を設けること。
 - イ 踏段くさがりが異常に伸びた状態
 - ロ 動力が切断された状態
 - ハ 昇降口において床の開口部を覆う戸を設けた場合においては、その戸が閉じようとしている状態
 - ニ 昇降口に近い位置において人又は物が踏段側面とスカートガードとの間に強く挟まれた状態
 - ホ 人又は物がハンドレールの入込口に入り込んだ状態
- 三 前号イからホまでに掲げる状態が検知された場合において、上昇している踏段の何も乗せない状態での停止距離を次の式によって計算した数値以上で、かつ、勾配が 15 度を超えるエスカレーター又は踏段と踏段の段差が 4 ミリメートルを超えるエスカレーターにあっては、0.6 メートル以下とすること。

$$S = \frac{V^2}{9,000}$$

この式において、S 及び V は、それぞれ次の数値を表すものとする。

- S 踏段の停止距離（単位 メートル）
V 定格速度（単位 毎分メートル）

I-2.7 エスカレーターの駆動くさり安全装置に関する海外規格

欧州の EN 規格及び米国の ASME 規格においては、表 I-2 のとおり、駆動くさがりが破断等をした場合における安全装置に関する技術基準が規定されている。

表 I-2 駆動くさり安全装置に関する海外規格

	EN 81-115	ASME A17.1
駆動くさり破断・脱落を検出して制動	(規定なし)	・破断・脱落を検出してメインスプロケット軸を制動し、かつ、電動機・ブレーキの電源を切らなければならない。
逆走を検出して制動	・逆走時に作動する補助ブレーキ（摩擦制動のもの）を作動させ、かつ、制御回路の電源を切らなければならない。 ・逆走時に自動的に停止する手段を設けること。(※)	・上昇運転中に逆走した場合、電動機・ブレーキの電源を切らなければならない。

※ 駆動くさりの破断・脱落による逆走防止は、通常ブレーキの制動のみでは対応できない。

I - 3 分析

I - 3. 1 駆動くさりの破断に関する分析

事故機の駆動くさは、設置当初より約18年間未交換であり、事故後の調査では、I-2.4.3に示したとおり、部分的に伸び率1%を超える箇所や内外の列で伸びに差が生じている箇所が認められ、また、踏段の前輪ガイドレールを固定する構造部材には駆動くさりの摺動跡があり、片振りで60～70mm以上（基準値は両振りで30±5mm）のたるみが発生していたものと推定される。

また、I-2.4.4に示したとおり、メインsprocketは、外列の全ての歯先が欠損し、内列は1歯おきに歯先が欠損しており、駆動くさり位置の噛み合い位置が歯先側に上昇していたことが確認されている。

さらに、駆動くさりの張力調整について、平成25年3月8日の定期検査報告書に、ラチェットポールの振れ幅が8mm（基準値は2.5～5.0mm）であった記録があり、その後、事故発生時までには駆動くさりの張力調整を行った記録は残されていない。

これらのことから、事故機の駆動くさりには、経年劣化及び調整不備による相当程度の伸び・たるみが生じていたものと推定され、メインsprocketや駆動sprocketとの噛み合い等により、くさりのリンクプレートのピンかしめ部に繰り返し応力が発生し、疲労破壊・破断に至った可能性が考えられる。

I - 3. 2 駆動くさり切断時停止装置の不作動に関する分析

駆動くさが相当程度伸びていたため、振動等によるシューの上下方向の動きが大きくなり、駆動くさり安全装置の連結棒の回転角が通常よりも増大していたことが考えられる。

その結果、連結棒及び軸受部の摩耗が進行するとともに、削れた金属粉とグリスが混ざり合って固着したため、連結棒の回転抵抗が大きくなり、検知スイッチ及びラチェットポール（逆走防止装置）が作動できる位置まで、連結棒を回転させることができなかったものと考えられる。

さらに、検知スイッチについては、事故5日前の平成26年1月3日に保守会社の社員が不適正な作動位置に調整したため、なおさら作動できなかったものと考えられる。

なお、事故時に、電動機への電源が遮断され、駆動装置のブレーキが作動していたのは、破断した駆動くさが駆動sprocketに巻きついたため、定格速度の20%以下に失速したことを调速機が検出したことが考えられる。

I - 4 原因

本事故は、上りエスカレーターが稼働中に駆動くさが破断し、また、駆動くさり切断時停止装置が作動しなかったために30名近い利用者が乗った状態で逆走した事象である。

I-4. 1 駆動くさがりが破断した原因

駆動くさがりが破断したのは、駆動くさがりに相当程度の伸び・たるみが生じていたため、メインプロケットや駆動プロケットとの噛み合い等により、くさりのピンかしめ部に繰り返し応力が発生し、疲労破壊に至ったことによる可能性が考えられる。

駆動くさがりに相当程度の伸び・たるみが生じていたのは、経年劣化のほか、定期検査時の指摘漏れ及び保守点検時の調整不備によるものと推定される。

I-4. 2 駆動くさり切断時停止装置が作動しなかった原因

駆動くさり切断時停止装置が作動しなかったのは、連結棒及び軸受部の摩耗が進行するとともに、削れた金属粉とグリスが混ざり合って固着したため、連結棒の回転抵抗が大きくなり、検知スイッチ及びラチェットポール（逆走防止装置）が作動できる位置まで、連結棒を回転させることができなかったこと、さらに、検知スイッチについては、保守会社の社員が不適正な作動位置に調整したことによると考えられる。

連結棒及び軸受部の摩耗が進行したのは、駆動くさがりが相当程度伸びていたため、振動等によるシューの上下方向の動きが大きくなり、駆動くさり切断時停止装置の連結棒の回転角が通常よりも増大していたことによると考えられる。

また、定期検査時等において、駆動くさり切断時停止装置の作動確認が適切に行われていなかった可能性が考えられる。

I-5 再発防止策

I-5. 1 緊急点検

三菱電機及び三菱電機ビルテクノサービスは、事故後、三菱電機製のエスカレーター（運休中又は撤去済のものを除く約2万8千台）について、駆動くさりの健全性及び駆動くさり切断時停止装置の動作の確実性に関する緊急点検を実施した。

このうち、自ら保守業務を行っていない物件を含め、39台に駆動くさりの張力の設定不良や劣化等（交換の推奨）、6台に駆動くさり切断時停止装置の不具合（スイッチの作動不良や作動位置の設定不良）が指摘され、いずれも部品の交換等を完了している。

I-5. 2 保守点検内容の見直し

三菱電機においては、事故後、エスカレーターの保守点検内容について、以下のような見直しを行うとともに、その内容を同社ホームページ上に掲載し、エスカレーターの所有者・管理者を通じて、同社製エスカレーターの適切な保守点検方法について周知している。

I-5.2.1 清掃・給油の徹底

エスカレーター運転中の駆動くさりの振動により、シューレバーを介して連結棒も微動し摺動が発生することで軸受部が摩耗するため、定期的な軸受部の清掃・給油により、確実な動作状態を保つ。

I-5.2.2 駆動くさり切断時停止装置の動作の見直し

調整ボルトを取り外し、取付ボルトを利用してシューレバーを支えた状態にして、ラチェットポールをラチェットホイールの谷部へ移動させ、手巻き運転でエスカレーターを上昇させ、ラチェットポールがラチェットホイールの山部を乗り越えた後、再度谷部へ速やかに落下することを確認する。

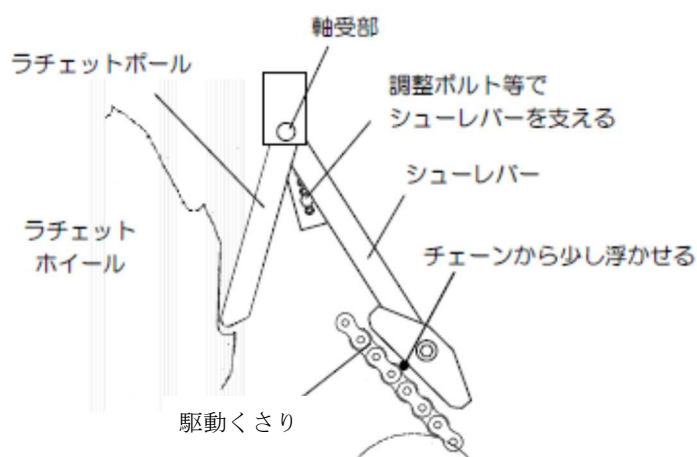
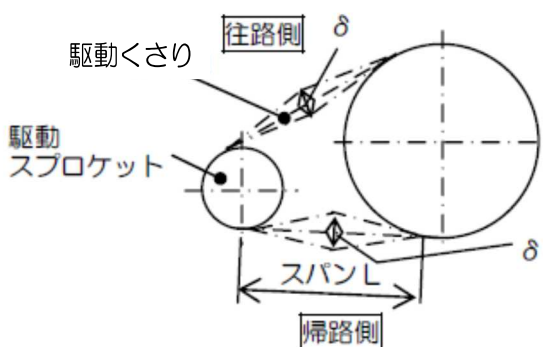


図 I-10 駆動くさり切断時停止装置動作確認

I-5.2.3 駆動くさりの張力確認

- ① 駆動くさりの張力確認の基準を下記のとおり見直し、駆動くさり全周の3ヶ所以上で測定を実施し、適正值内であることを確認する。
- ② 駆動くさりの伸びの許容値は初期値の1.0%以下とし、0.7%を超えた場合は交換を計画する。



駆動くさり張力適正值

スパン L [mm]	振れ幅 δ
$600 \leq L < 1500$	$30 \pm 5 \text{mm}$
$1500 \leq L$	$0.02L \pm 5 \text{mm}$

図 I-11 駆動くさり張力確認

(参考) 駆動くさり切断時停止装置の構造仕様の変更

新たに製造する駆動くさり切断時停止装置については、連結棒の軸受部にブッシュ（黄銅製）を追加することにより、摩耗の進行をより緩やかにするとともに、軸受部の回転抵抗の安定化を図ることとした。

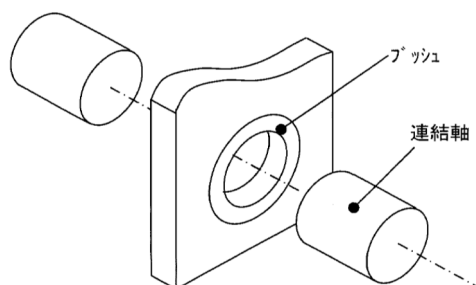


図 I - 1 2 軸受部の構造変更

Ⅱ．千葉県船橋市内エスカレーター事故

Ⅱ－１ 事故の概要

Ⅱ－１．１ 事故の概要

発 生 日 時：平成２４年１２月３日 ７時１２分ごろ

発 生 場 所：千葉県船橋市 東日本旅客鉄道株式会社（以下「ＪＲ東日本」という。） 総武線 西船橋駅

被 害 者：２名 軽傷（左足打撲、手首の痛み）

概 要：３・４番線ホームから改札階へ向かう上りエスカレーターの駆動くさりが破断し、２６名の利用者が乗った状態で逆走した。

Ⅱ－１．２ 調査の概要

平成２４年１２月５日：昇降機等事故調査部会委員及び国土交通省職員により、製造者である株式会社日立製作所（以下「日立製作所」という。）及び保守会社である株式会社日立ビルシステム（以下「日立ビルシステム」という。）に対してヒアリングを実施

平成２４年１２月２７日：昇降機等事故調査部会委員及び国土交通省職員により、日立製作所水戸事業所に保管されていた、事故機の駆動くさりの調査を実施

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。

Ⅱ－２ 事実情報

Ⅱ－２．１ 設置場所に関する情報

所 在 地：千葉県船橋市西船４丁目

所 有 者：ＪＲ東日本

構 造：鉄骨造

階 数：地上３階

用 途：駅構内

II-2. 2 エスカレーターに関する情報

II-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

製造者：日立製作所

製造型式：1200EX-P-M

定格速度：40m/分（4：30～9：30の時間帯）
30m/分（上記以外の時間帯）

勾配：30度

揚程：4.97m（ホーム階－改札階）

駆動方式：上部駆動方式

電動機容量：11kW

踏段幅：1,004mm

(2) 設置年月：平成15年10月

※建築基準法適用外

II-2.2.2 事故機の保守に関する情報

保守会社：日立ビルシステム

保守契約内容：POG契約

直近の定期検査日：平成24年7月13日（指摘事項なし。JR東日本に報告）

※建築基準法適用外

検査実施者：日立ビルシステムの社員

直近の保守点検日：平成24年11月9日

II-2. 3 事故発生時の状況等に関する情報

事故発生時は平日朝の通勤・通学時間帯であった。

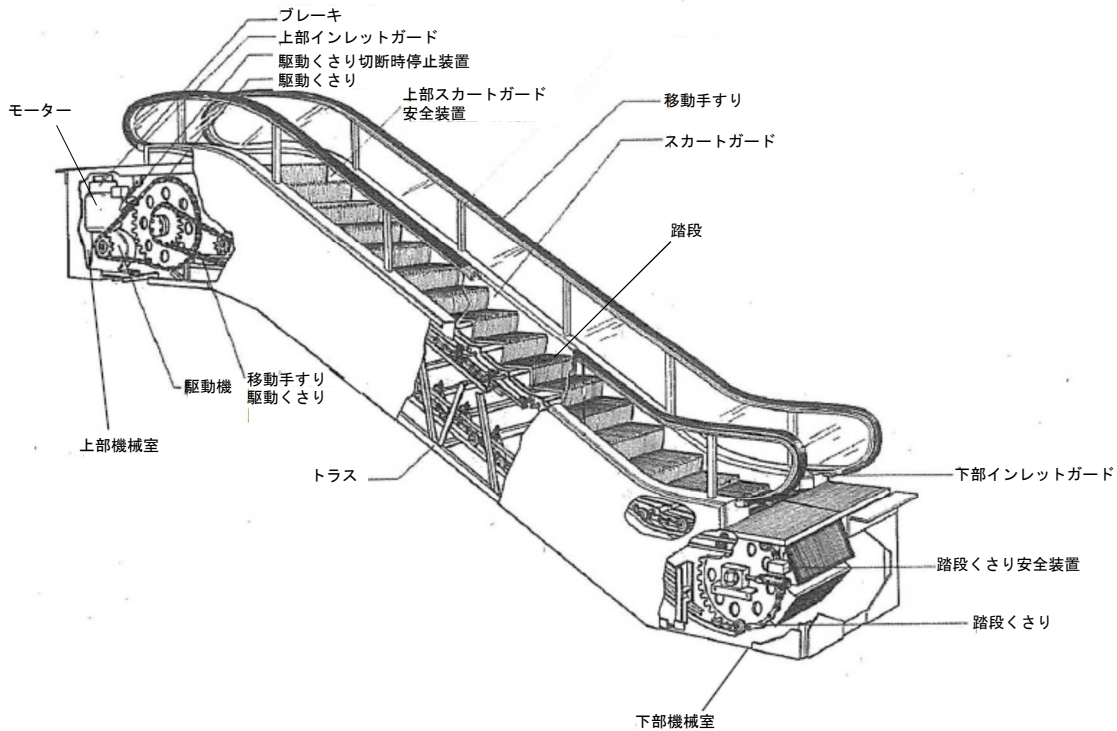
ホーム階から改札階に向けて上昇運転中のエスカレーターが、26名の利用者を乗せたまま逆走した。

II-2. 4 調査により得られた情報

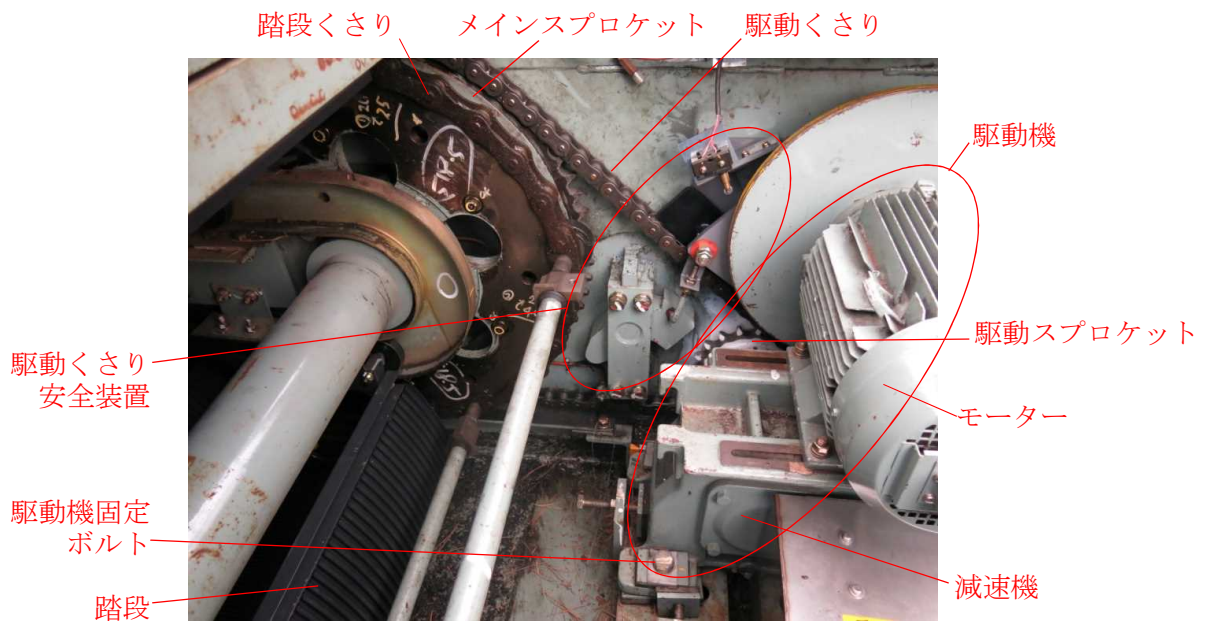
II-2.4.1 事故機の構造に関する情報

事故機は、踏段を踏段くさりで吊る構造である。踏段くさは、駆動くさりを通じて駆動機につながれ、走行時は駆動機のモーターで、停止時は駆動機のブレーキで保持する構造である。また、駆動機（モーター、減速機、ブレーキ、駆動スプロケット等）は駆動機固定ボルトにてトラスに固定されている。

（図II-1、写真II-1）



図Ⅱ－１ エスカレーターの全体構成

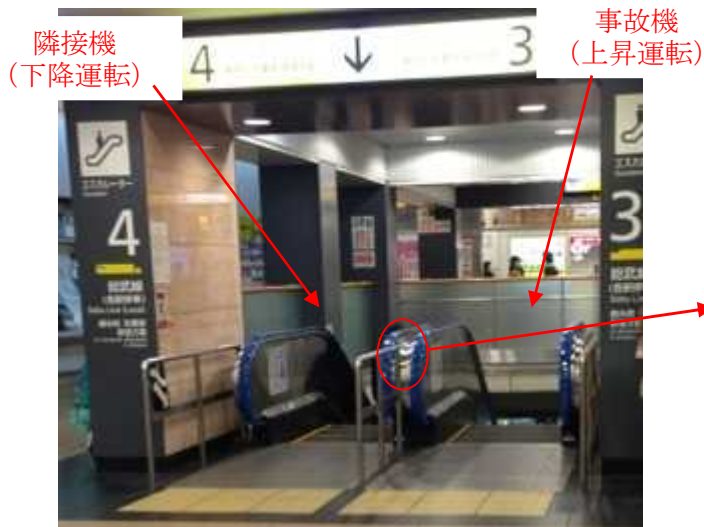


写真Ⅱ－１ 上部機械室内（一部の踏段が外された状態）

事故機は写真Ⅱ－２のとおり隣接機と２台並列で設置されており、このうち事故機は稼働開始以降、保守点検時を除いてもっぱら上昇運転でのみ使用されていた。（隣接機が下降運転。）

また、事故機は通常は定格速度 30 m/分にて運転しているが、4：30（始発時）～9：30 の時間帯（平日、土休日とも）は 40 m/分で運転するよう運用されており、実際、事故時は 40 m/分で運転していた。速度の切替は駅係員

により改札（上側）階の切替キーにて行われる（写真Ⅱ－3）。なお、隣接機においては、速度切替の運用は行われていない。



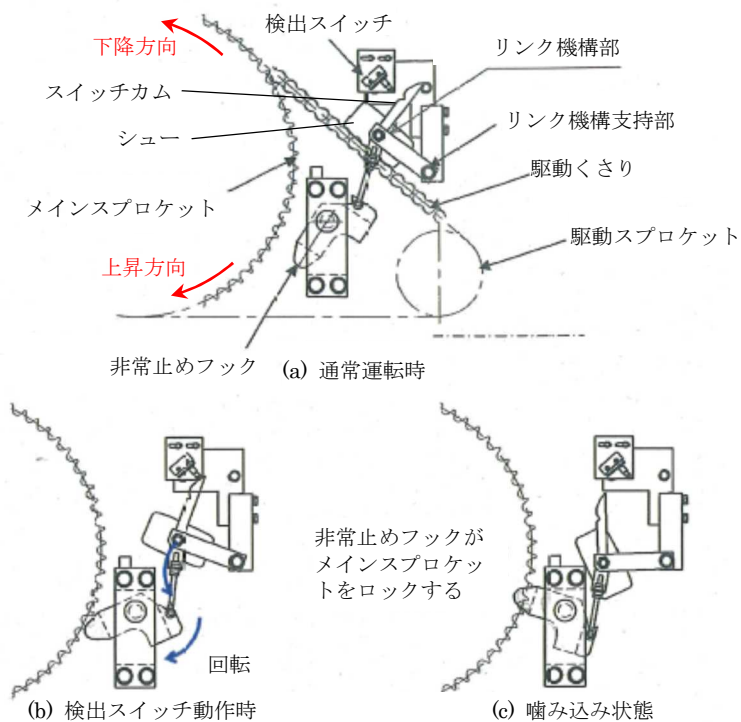
写真Ⅱ－2 改札（上側）階



写真Ⅱ－3 速度切替操作部

Ⅱ-2.4.2 安全装置に関する情報

事故機には、駆動くさり脱落した際に、駆動機のブレーキを作動させ、合わせてメインsprocketの下降方向回転を防止する駆動くさり切断時停止装置が設置されている。この装置の構成は図Ⅱ－2のとおりである。



この駆動くさり切断時停止装置の動作機構は、以下のとおりである。

- ・通常運転時は、リンク機構部の一端に取り付けられたシューが駆動くさりの上に載った状態で、駆動くさがりが循環する。(図Ⅱ-2(a))
- ・駆動くさがりが sprocket から外れたり破断するなどして脱落すると、シューが下に落ち、連結されたリンク機構部が反時計方向に回る。リンク機構部に取り付けられたスイッチカムが検出スイッチを作動させ、モーターへの電源を遮断し、同時に駆動機のブレーキを作動させる。(図Ⅱ-2(b))
- ・さらに、非常止めフックが時計方向に回転しメインsprocketに噛み込む。これにより、踏段の下降を制止させる。(図Ⅱ-2(c))

Ⅱ-2.4.3 事故直後の事故機の状況に関する情報

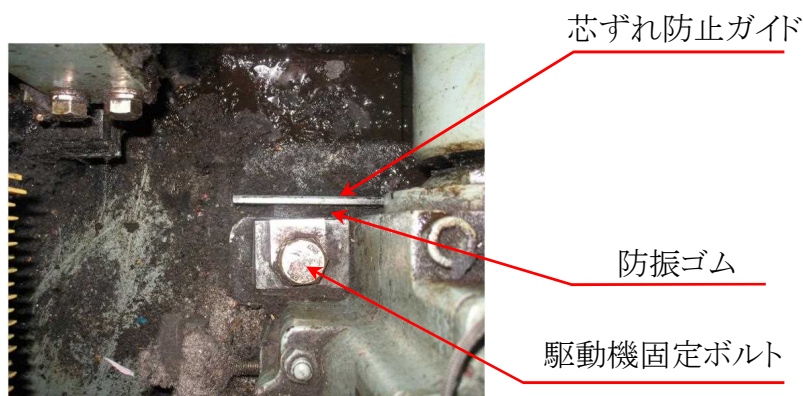
事故の連絡を受けて現地に出動した日立ビルシステムの社員が、事故機について以下の状態であることを確認した。

(1) 駆動くさり

駆動くさはりは1箇所破断しており、駆動sprocket及びメインsprocketから脱落していた。

(2) 駆動機

駆動機は異常なくトラスに固定されており、駆動機固定ボルトに緩みや折損はなかった。(写真Ⅱ-4)



写真Ⅱ-4 事故時の駆動機固定ボルト

(3) 駆動くさり切断時停止装置

駆動くさがりが破断してシューは下に落ち、リンク機構部は回転したが、図Ⅱ-3に示すように、リンク機構部の一部がステップカバーに干渉したことにより非常止めフックがメインsprocketに噛み込まず、安全装置が正常に機能していなかった。(写真Ⅱ-5)

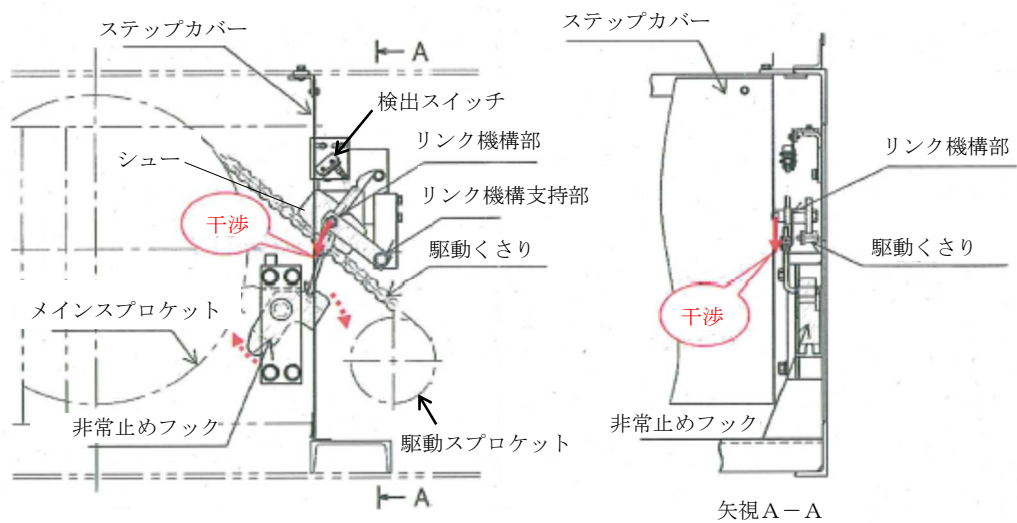


図 II - 3 事故時の駆動くさり切断時停止装置

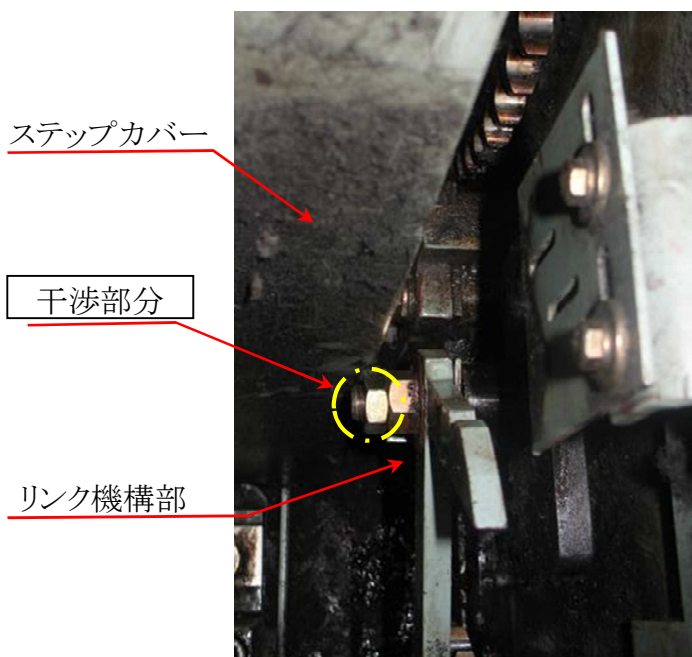


写真 II - 5 駆動くさり切断時停止装置のステップカバーへの干渉

なお、検出スイッチは作動しており、駆動機のブレーキは動作し、駆動機への電源は遮断されていた。

II-2.4.4 事故機の駆動くさりに関する情報

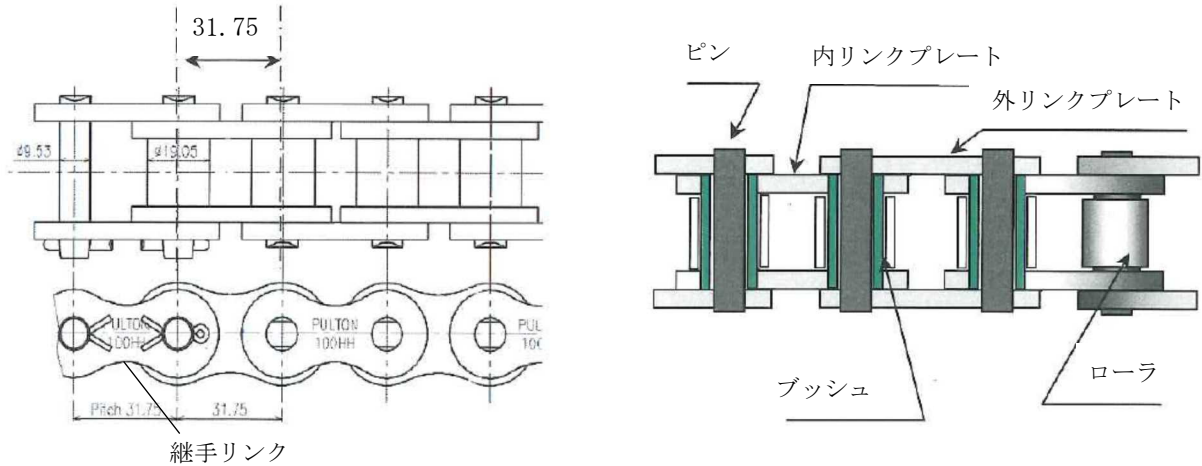
事故機に使用されていた駆動くさりの仕様及び構造は、以下のとおりである。

呼び番号：100HH（1列）

最小引張強さ：132.4 kN

ピッチ：31.75 mm

リンク数：94個
 継手リンク：割ピン形継手リンク



図Ⅱ－４ 駆動くさりの構造

事故後、破断した駆動くさりの検証を行ったところ、以下が確認された。

(1) 外観

- ・破断した箇所は、継手リンクから5ピッチ目であった。(写真Ⅱ－6)
- ・破断は内側及び外側の内リンクプレートのピン挿入部で発生していたが、内側と外側で対角の位置であった。(写真Ⅱ－7)
- ・内側と外側の破断部形状はよく似ていた。(写真Ⅱ－8、9)
- ・内側の内リンクプレートには、駆動スプロケット又はメインスプロケットと干渉したと思われる鏡面状の接触痕があった。(写真Ⅱ－10、11)



写真Ⅱ－6 くさり全体



写真Ⅱ－7 破断部



写真Ⅱ－8 内側破断部



写真Ⅱ－9 外側破断部



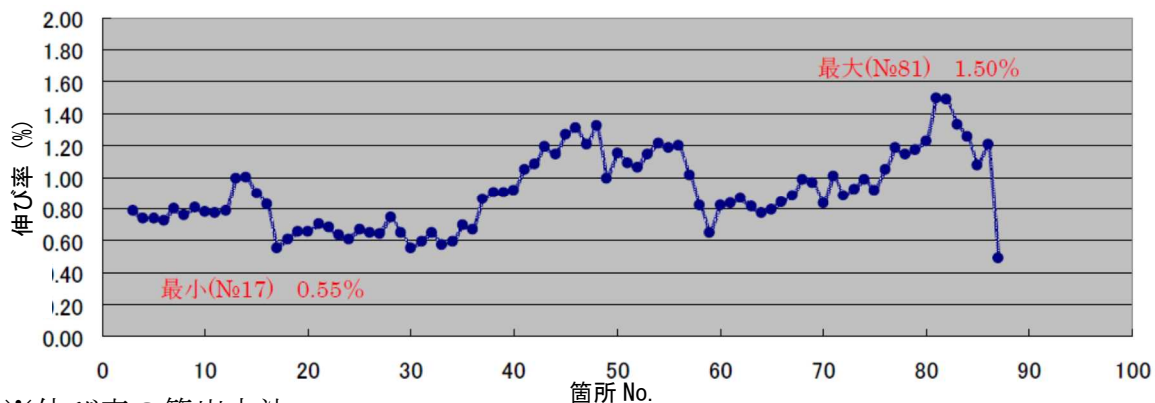
写真Ⅱ－10 内リンクプレート



写真Ⅱ－11 接触痕拡大

(2) 寸法

図Ⅱ－5に駆動くさり伸び率の測定結果を示す。



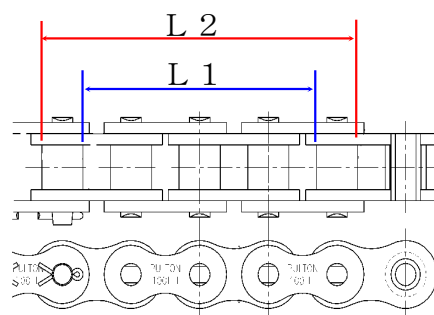
※伸び率の算出方法

- ① 4リンク分のローラ内側及び外側の長さL1、L2を測定し、平均して4リンク分の長さLを求める。

$$L = (L1 + L2) / 2$$

- ② 1リンク分の図面寸法Li (= 31.75 mm) から、伸び率を求める。

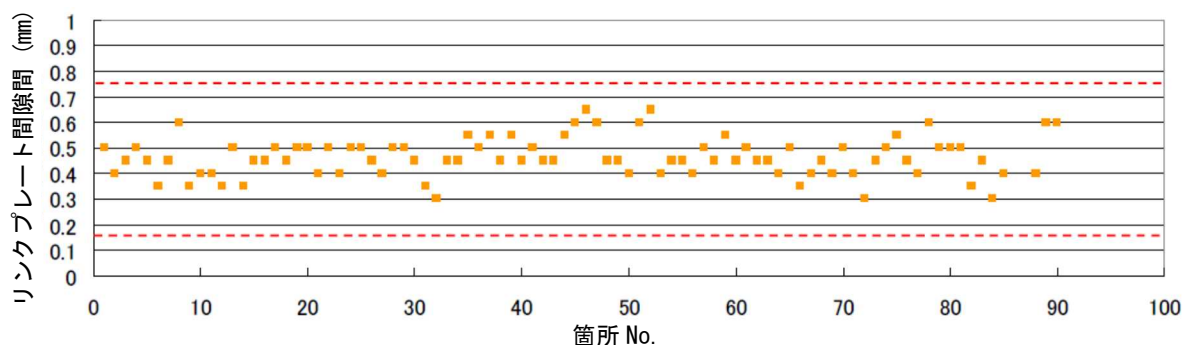
$$\text{伸び率} = (L - 4 \cdot Li) / 4 \cdot Li \text{ (\%)}$$



図Ⅱ－5 駆動くさりの伸び率

伸び率は不均一であり、最大1.50%、最小0.55%で、平均では0.9%であった。日立製作所では、伸び率が1.40%に達した場合に駆動くさりの交換を計画することとしていたが、この駆動くさりでは2箇所でその基準を超えていた。

また、図Ⅱ－6に内リンクプレートと外リンクプレートとの隙間の測定結果を示す。測定は、内リンクプレートを一方に寄せ、他方にできる内リンクプレートと外リンクプレートとの隙間を隙間ゲージで測定した。



図Ⅱ－6 内外リンクプレート間の隙間

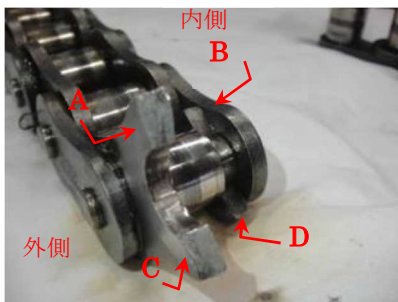
日立製作所によれば、製作上の許容範囲は0.15～0.75mmであるが、測定結果は0.30～0.65mmであり、全ての箇所において許容範囲内であった。

(3) 破断面観察

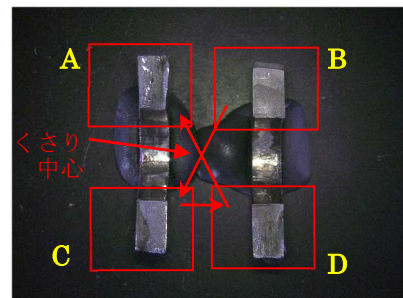
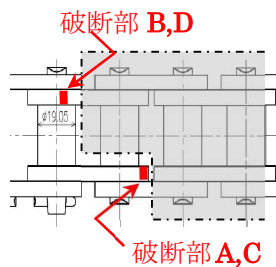
以下に、走査型電子顕微鏡による駆動くさり破断面の観察結果を示す。観察は、写真Ⅱ-7の左側に対して実施した。(写真Ⅱ-12、13)

- ①A部は全領域で延性破面特有のディンプルパターンが見られた。(写真Ⅱ-14～16)
- ②B部は起点部であるくさり中心側から徐々に亀裂が進展したことによる疲労破面特有のストライエーションパターンが見られた。なお大部分が疲労破面であり最終破断部のみ延性破面が見られた。(写真Ⅱ-17～19)
- ③C部もくさり中心側から亀裂が進展しており、全体の50%程度が疲労破面であった。(写真Ⅱ-20～22)
- ④D部は疲労破面の割合が約30%であり、残りは延性破面であった。(写真Ⅱ-23～25)

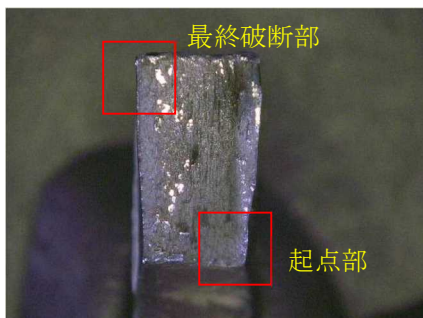
この結果によれば、疲労による亀裂はくさり中心部を起点として進展し、また疲労破面の割合が大きいB、C、D、Aの順序で破壊が進展していた。



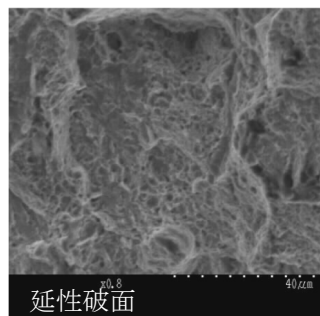
写真Ⅱ-12 破断面の外観



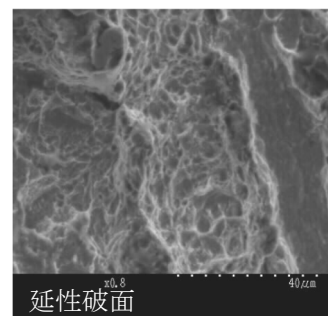
写真Ⅱ-13 破断面観察時の配置



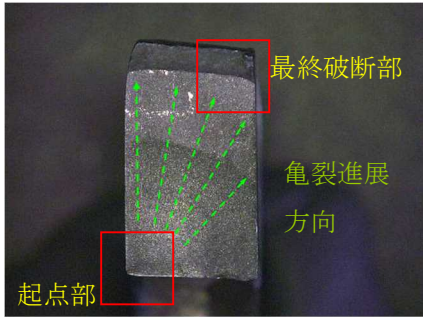
写真Ⅱ-14 A部



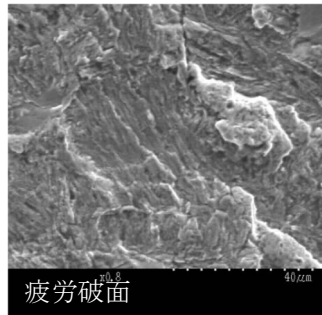
写真Ⅱ-15 A部起点部



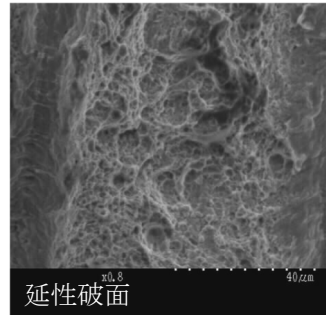
写真Ⅱ-16 A部最終破断部



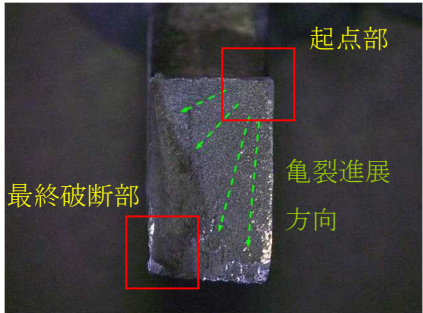
写真Ⅱ-17 B部



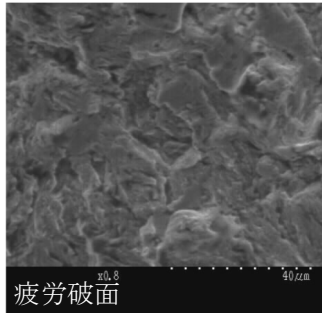
写真Ⅱ-18 B部起点部



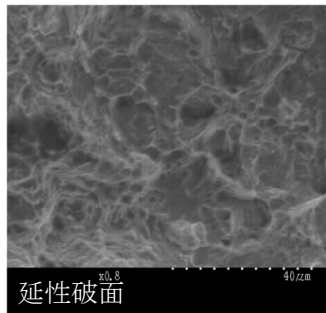
写真Ⅱ-19 B部最終破断部



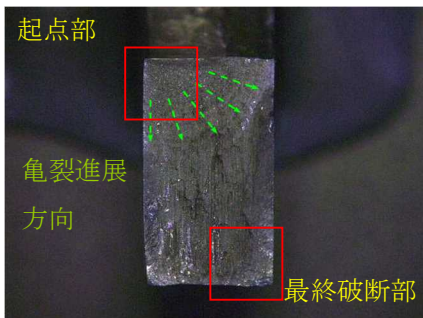
写真Ⅱ-20 C部



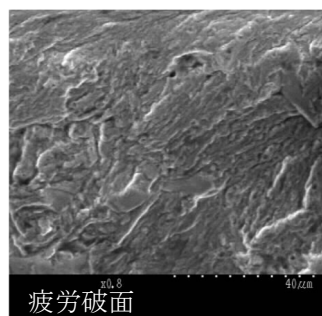
写真Ⅱ-21 C部起点部



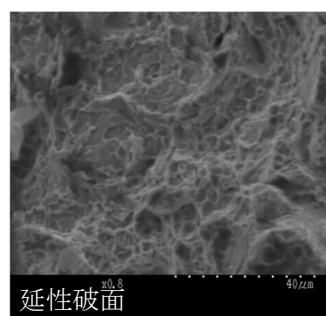
写真Ⅱ-22 C部最終破断部



写真Ⅱ-23 D部



写真Ⅱ-24 D部起点部



写真Ⅱ-25 D部最終破断部

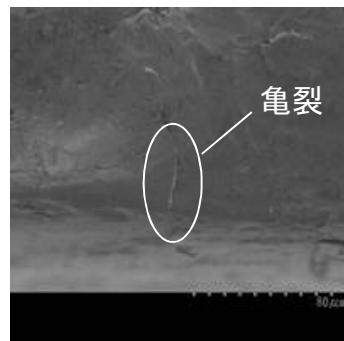
(4) 破断部以外の駆動くさり観察

駆動くさりの破断部以外の内リンクプレートについて、走査型電子顕微鏡による観察を行った。

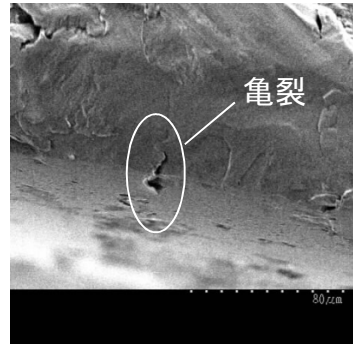
観察は10個の内リンクに対して行ったが、このうち2個について、疲労破壊の兆候である亀裂が発見された。(写真Ⅱ-26~29)



写真Ⅱ-26 内リンクプレート (ア)



写真Ⅱ-27 拡大部

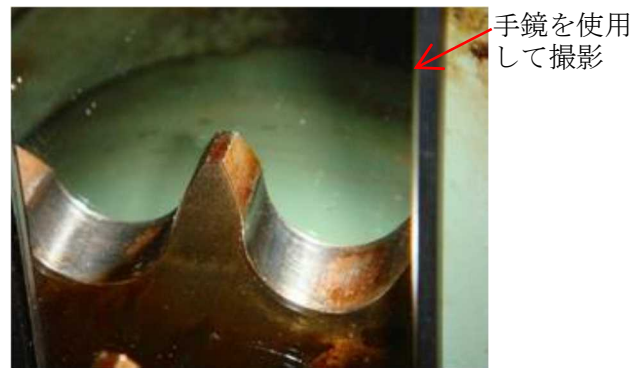


写真Ⅱ-28 内リンクプレート (イ) 写真Ⅱ-29 拡大部

Ⅱ-2.4.5 駆動スプロケット及びメインスプロケットの状態に関する情報

(1) 駆動スプロケットの状態

- ① 駆動スプロケットの内側側面に、駆動くさりとの接触痕（高さ10.5 mm）があることが確認された。（写真Ⅱ-30）
- ② 駆動スプロケットの外側側面には接触痕などは見られなかった。（写真Ⅱ-31）



写真Ⅱ-30 駆動スプロケット内側側面 写真Ⅱ-31 駆動スプロケット外側側面

(2) メインスプロケットの状態

- ① メインスプロケットの内側及び外側の側面には接触痕などは見られなかった。（写真Ⅱ-32、33）



写真Ⅱ-32 メインスプロケット内側側面 写真Ⅱ-33 メインスプロケット外側側面

II-2.4.6 駆動スプロケット及びメインスプロケットの芯ずれに関する情報

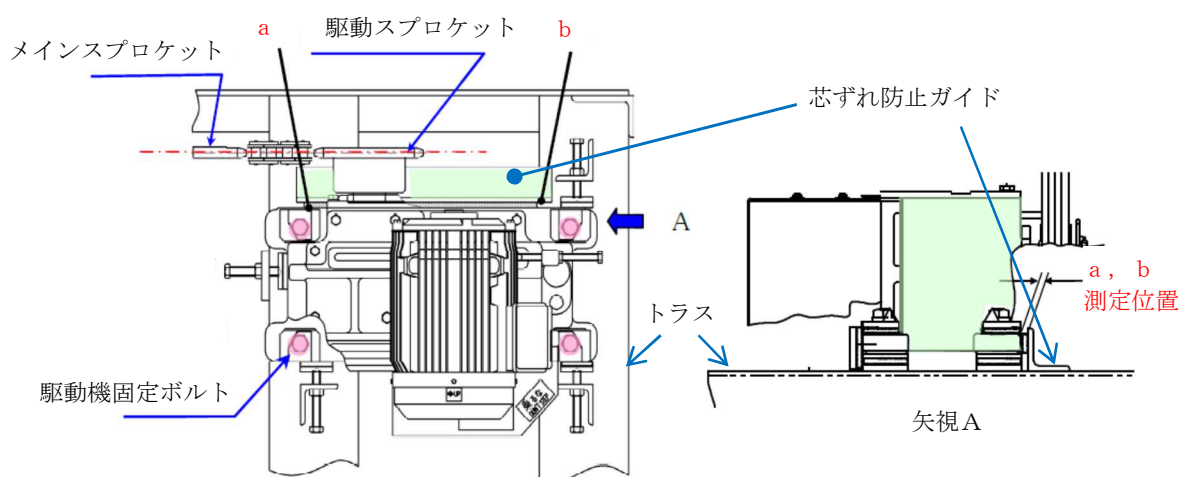
(1) メインスプロケット及び駆動機の配置

メインスプロケット及び駆動機は、工場にて同一のトラスに組み付けられた状態で出荷されるが、その工程は次のとおりである。

すなわち、メインスプロケットをトラスに組み付けた後、メインスプロケットと駆動スプロケットが一直線上になるように駆動機をトラス上に配置する。

そして、芯ずれ防止ガイドを図II-7のa及びbの隙間がともに10mmになるような位置（出荷時公差は $|a - b| \leq 0.5 \text{ mm}$ ）でトラスに溶接固定し、その上で駆動機全体を駆動機固定ボルトによりトラスに固定して出荷している。

また、事故直後における事故機のa、b寸法は、 $a = 10.0 \text{ mm}$ 、 $b = 8.5 \text{ mm}$ （すなわち、 $|a - b| = 1.5 \text{ mm}$ ）であった。



図II-7 駆動機の固定

(2) 芯ずれ量と接触痕の関係

事故機と同じ駆動機、メインスプロケット、駆動くさりをを用い、図II-7のa、b寸法を変化させて駆動スプロケットとメインスプロケットとの芯ずれを作って駆動機を回転させ、それによって発生する駆動スプロケット接触痕の寸法から、事故機における芯ずれ量（ $|a - b|$ 寸法）の確認を行った。

図II-8に芯ずれ量（ $|a - b|$ 寸法）と駆動スプロケットにできる接触痕との関係を示す。この結果によれば、事故機の接触痕の高さ10.5mmは、7.7mmの芯ずれ量に相当する。（芯ずれの発生状況については図II-9参照。）

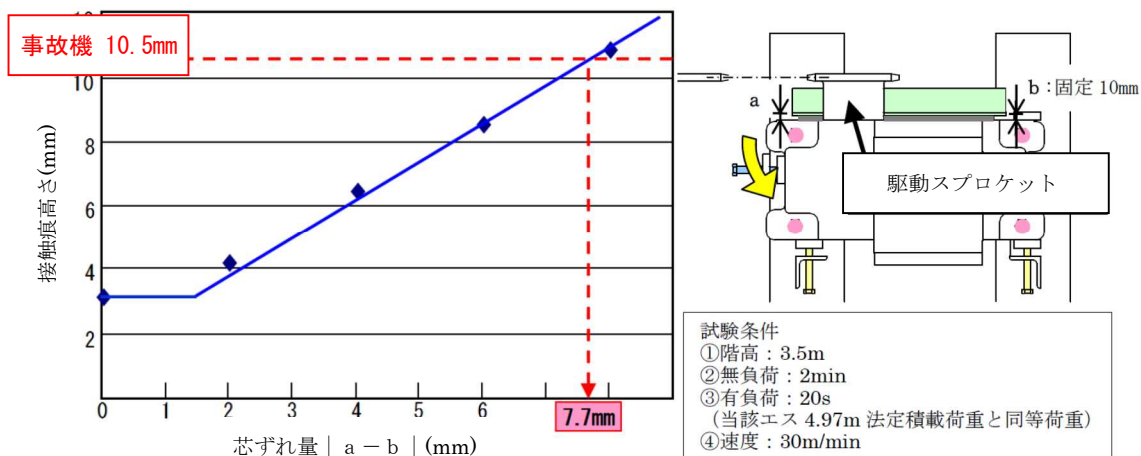


図 II - 8 駆動スプロケットの芯ずれ量と接触痕の関係

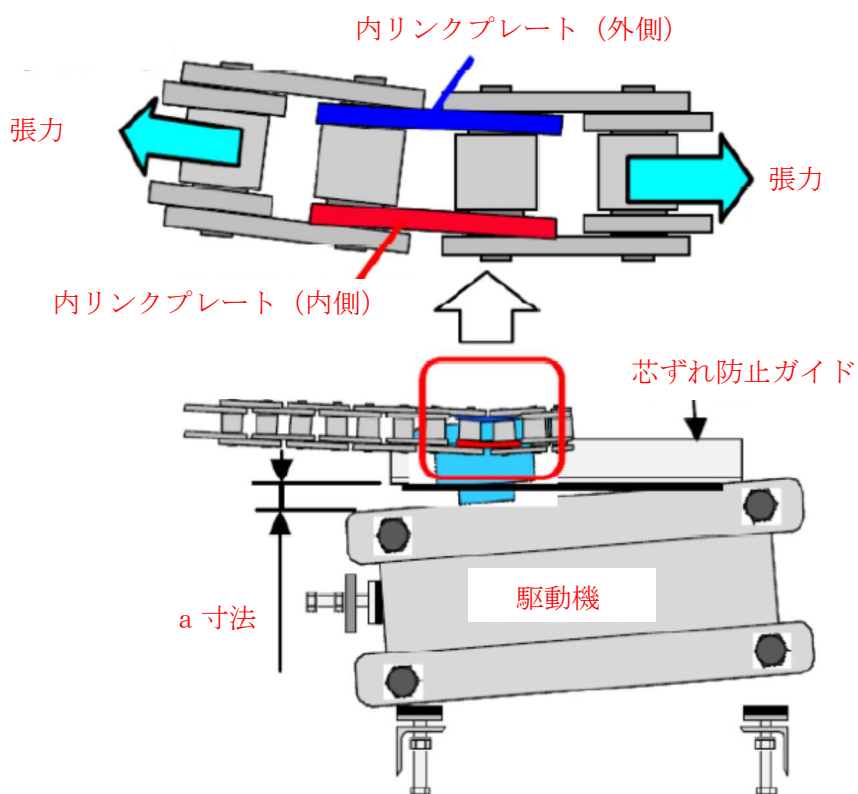


図 II - 9 芯ずれの発生状況

(3) 駆動くさりの張力調整について

駆動機は、駆動くさりの張力調整のため、設置以降も移動させることがある。事故機が設置されてから事故に至るまでに実施された駆動くさりの張力調整の時期を表 II - 1 に示す。

なお、3回目の張力調整以降の駆動くさり張力の測定値（6か月に1回測定）は、いずれも20mm（基準値10～20mm）で変化はなかった。

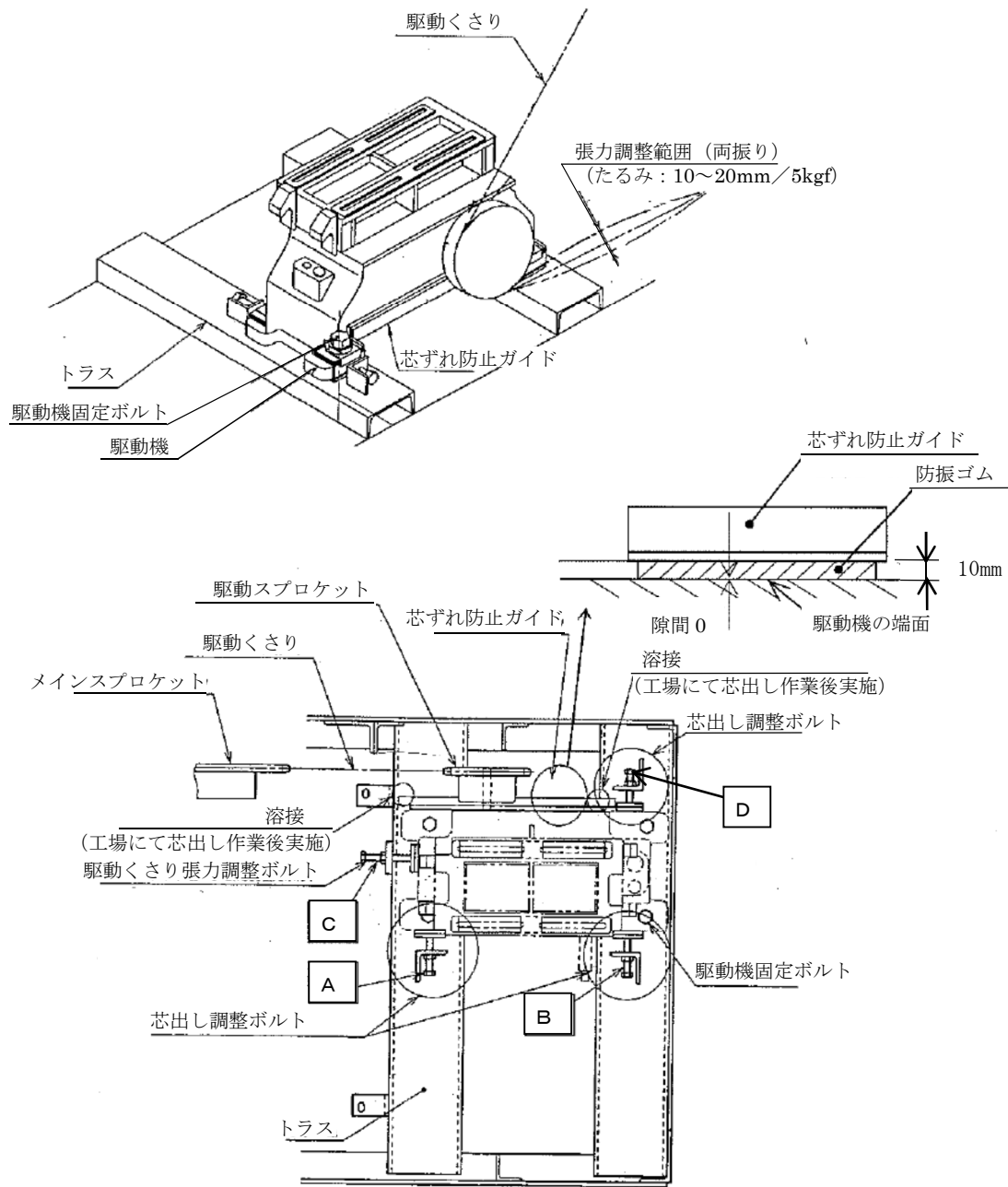
表Ⅱ－1 駆動くさり張力調整の実施時期

調整回	実施時期
(設置)	(平成15年10月)
張力調整 1回目	平成16年 3月
張力調整 2回目	平成18年 1月
張力調整 3回目	平成20年 7月
(事故発生)	(平成24年12月)

これまでの張力調整の手順は、以下のとおりであった。

< 駆動くさりの張力調整の手順 (図Ⅱ－10参照) >

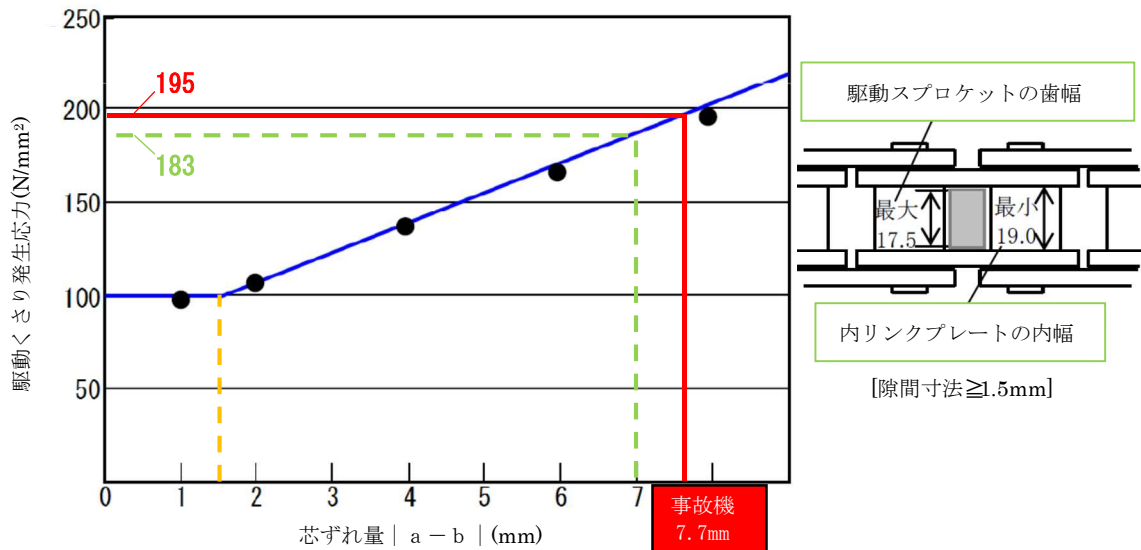
- ① 駆動機固定ボルト4箇所を緩める。
- ② 芯出し調整ボルト[A]、[B]のロックナットを緩め、ボルトを少し緩める。
- ③ 駆動くさり張力調整ボルト[C]のロックナットを緩める。
- ④ 駆動くさりの緩み側たるみ(両振り)が10～20mm/5kgfになるよう駆動くさり張力調整ボルト[C]を締め込み、ロックナットで固定する。
- ⑤ 駆動機と防振ゴム(厚さ10mm)の隙間が「0」になるよう調整する。
調整後、芯出し調整ボルト[A]、[B]を締め、ロックナットで固定する。(注: 隙間「0」の調整は目視で実施)
- ⑥ 駆動機固定ボルト4箇所を締めて駆動機を固定する。



図Ⅱ－１０ 駆動くさりの張力調整

(4) 芯ずれにより駆動くさに発生する応力

図Ⅱ－１１に、芯ずれ量と、駆動くさりの内リンクプレートに発生する応力の関係についての測定結果を示す。応力は、内リンクプレートにひずみゲージを貼り測定した。



図Ⅱ－１１ 芯ずれ量と発生応力との関係

図Ⅱ－１１によれば、芯ずれ量が7.7mmの状態においては、約195 N/mm²の繰り返し応力が発生していたことになる。なお、芯ずれが約1.5mm以下の場合に発生応力が一定となるのは、駆動くさりの内リンクプレート間の内幅最小値と、駆動スプロケットの歯幅最大値との差が1.5mmであり、これ以下の芯ずれの場合には駆動スプロケットの影響がなくなるためである。

(5) 駆動くさりの疲労強度

駆動くさりの製造メーカーによれば、事故機に使用されていた駆動くさりの疲労限度荷重は28.4 kNであり、また、内リンクプレートの破断部断面積は155.5 mm²であることから、疲労強度（応力）は、

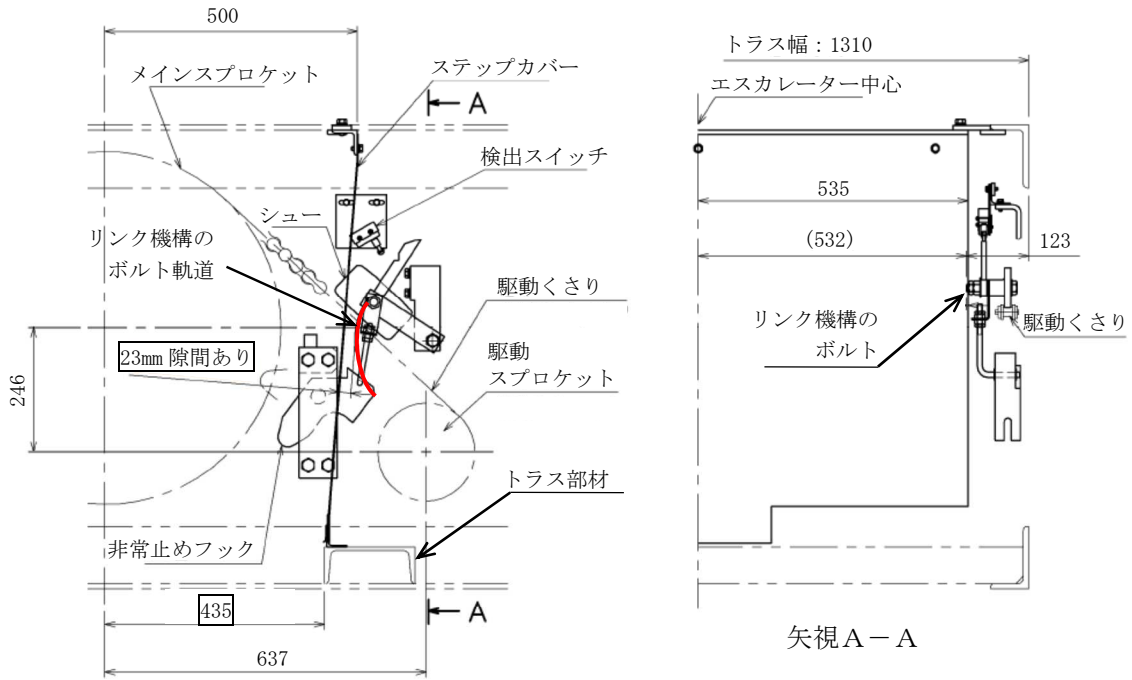
$$28400 / 155.5 = 183 \text{ N/mm}^2$$

と導出される。

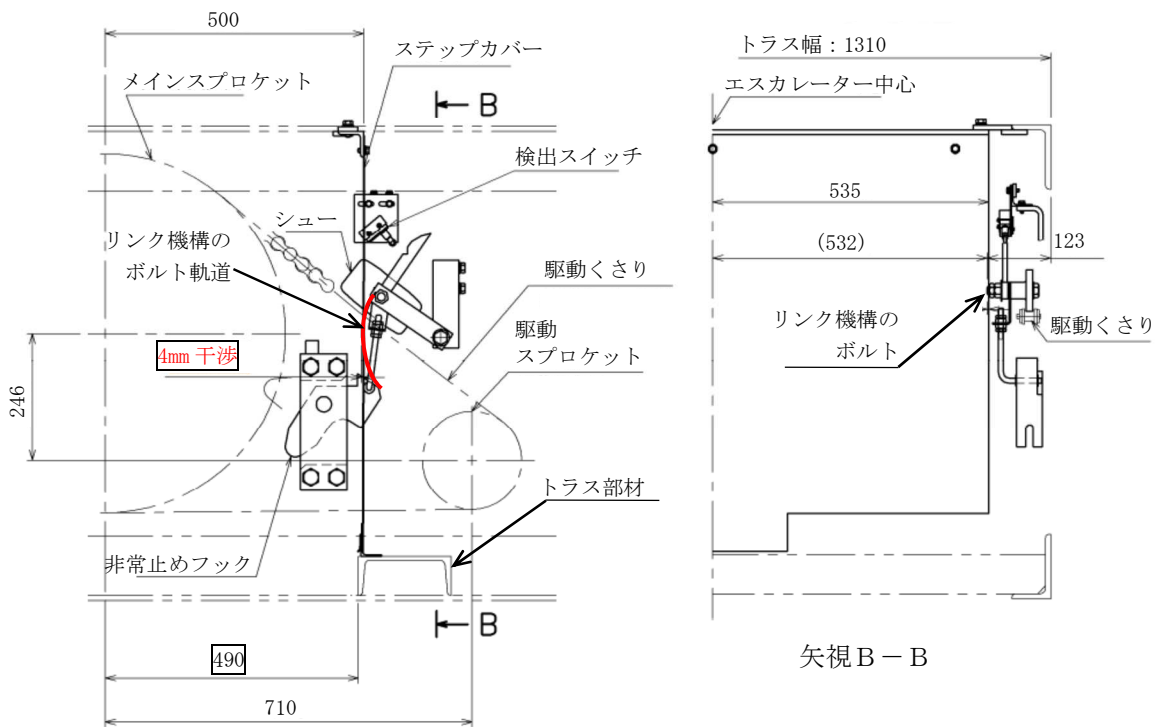
Ⅱ-2.4.7 駆動くさり切断時停止装置とその周辺部品との位置関係に関する情報

事故機に設置されている駆動くさり切断時停止装置について、周辺他機器との位置関係を図Ⅱ－１２に示す。このうち、ステップカバーは主に屋外設置の物件に設置されるものであり、事故機にも設置されていた。

このステップカバーは2種類の駆動機モーター（7.5 kW、11 kW）に対して同一品が適用されているが、これを固定するトラス部材の位置が異なり、図Ⅱ－１２のとおり7.5 kWに対して11 kWの方が駆動くさり切断時停止装置に近くなっており、リンク機構のボルトがステップカバーに干渉する設計となっていた。



(a) 駆動機モーター 7.5 kW の場合



(b) 駆動機モーター 11 kW の場合 (事故機)

図 II - 12 駆動くさり切断時停止装置とその周辺部品との位置関係

日立製作所は、このような設計が行われた原因として、以下を挙げている。

- ①駆動くさりを含む駆動機やステップカバー周辺と、駆動くさり切断時停止装置とで別々の社員が設計を担当していたが、図Ⅱ-12のように双方を組み合わせる作図検討を行っていなかった。
- ②駆動くさり切断時停止装置の機器検証の段階では7.5kWの実機による確認は行ったが11kWでは実施しなかった
- ③さらに製造段階及び据付段階においては、ステップカバーを外した状態で駆動くさり切断時停止装置の動作確認を行っていたことにより、いずれの段階でもこのような干渉による不動作の可能性を認識できなかった

Ⅱ-3 分析

以上の調査で得られた情報をもとに、駆動くさりの破断及び駆動くさり切断時停止装置の動作不良について、以下のとおり分析を行った。

Ⅱ-3.1 駆動くさりの破断に関する分析

Ⅱ-2.4.5及びⅡ-2.4.6に示したとおり、駆動スプロケット及び駆動くさり内リンクプレートの片側のみに干渉が発生していたことから、駆動スプロケットとメインスプロケットが一直線上になく斜めに配置され、7.7mmに相当する芯ずれが生じていたものと推定される。

事故直後における図Ⅱ-7のa、b寸法は $a = 10.0\text{mm}$ 、 $b = 8.5\text{mm}$ （すなわち、 $|a - b| = 1.5\text{mm}$ ）であったことから、3回目（平成20年7月）の張力調整ではそのように設定されたと考えられる。

したがって、7.7mmに相当する芯ずれは、それ以前の2回のうちいずれかの調整の際に設定され、その次の調整までの期間、その状態で運転されていたものと推定される。

駆動くさりの疲労強度 183N/mm^2 は、図Ⅱ-11から約7.0mmの芯ずれ量に相当するが、事故機では一定の期間、これよりも大きい7.7mmの芯ずれが発生していたと推定されることから、事故機の駆動くさりに、将来疲労破断の原因となる損傷等が発生したものと推定される。

Ⅱ-3.2 駆動くさり切断時停止装置の不動作に関する分析

駆動くさりが破断したとしても、駆動くさり切断時停止装置が正常に動作すれば今回の事故のような踏段の逆走は発生しなかったはずであるが、Ⅱ-2.4.7で示したとおり、これが正常に動作せず、踏段を制止させることができなかった。

これは、図Ⅱ-12に示したとおり、駆動くさりが破断した場合にシューが落ちてリンク機構部が反時計方向に回るが、その途中でステップカバーと干渉し、

その結果、非常止めフックがメイン sprocket に係合する位置まで達することができなくなり、踏段を制止できなかったものと考えられる。(7.5 kW の場合は干渉がなく動作する。)

II-4 原因

本事故は、上昇運転中のエスカレーターが稼働中に駆動くさがりが破断し、また、駆動くさり切断時停止装置が作動しなかったために26名の利用者が乗った状態で逆走した事象である。

II-4.1 駆動くさがりが破断した原因

駆動くさがりが破断したのは、駆動くさに繰り返し応力が作用したため、疲労破断したことが考えられる。

駆動くさに繰り返し応力が作用したのは、一定の期間、駆動 sprocket とメイン sprocket との間で芯ずれが発生した状態で運転を行っていたためと考えられる。

駆動 sprocket とメイン sprocket との間で芯ずれが発生したのは、保守において駆動くさりの張力を調整するために駆動機を移動させる際に、芯ずれの位置で駆動機を固定させた可能性が考えられる。

II-4.2 駆動くさり切断時停止装置が作動しなかった原因

駆動くさり切断時停止装置が作動しなかったのは、当該装置のリンク機構部が他の部材(ステップカバー)と干渉し、非常止めフックがメイン sprocket を制動できる正常な位置まで作動しなかったためと考えられる。

リンク機構部がステップカバーと干渉したのは、そもそも設計時において、このような干渉が生じる位置関係で設計されていたためであり、また、製造や据付時においてはステップカバーを外した状態で動作確認を行っていたため、実運用時にはこのような干渉の存在を確認できなかったものと推定される。

II-5 再発防止策

日立製作所においては、以下のような再発防止対策を講じた。

II-5.1 ステップカバーの交換等

日立製作所において製造されたエスカレーターのうち、事故機と同じく駆動くさり切断時停止装置のリンク機構部がステップカバーに干渉する構成のものは181台あったが、それら全てについて、干渉しないようなステップカバーへの交換、又は現品の改造が行われた。

II-5.2 駆動くさり切断時停止装置の作動確認手順の見直し

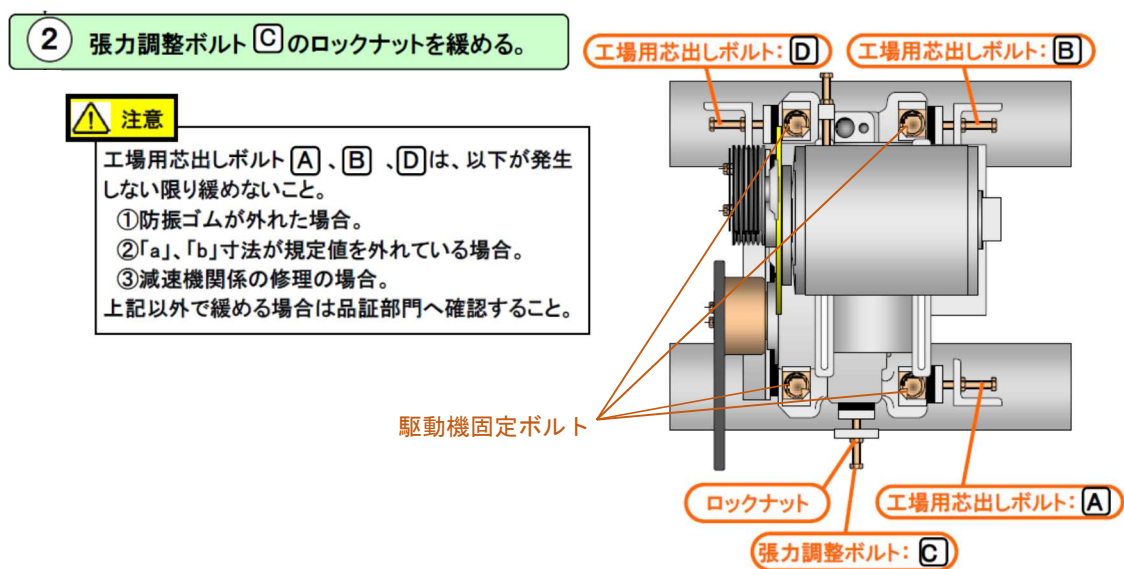
駆動くさり切断時停止装置を工場にて組み立てた後、従来はステップカバーを外した状態で動作確認を行っていた（II-3.2参照）が、出荷検査の際にステップカバーを取り付けた状態で動作確認を行うよう見直した。

II-5.3 駆動くさり張力調整及びsprocket芯出し手順の見直し

駆動くさりの張力を調整するために駆動機を移動させる際の手順を見直した。

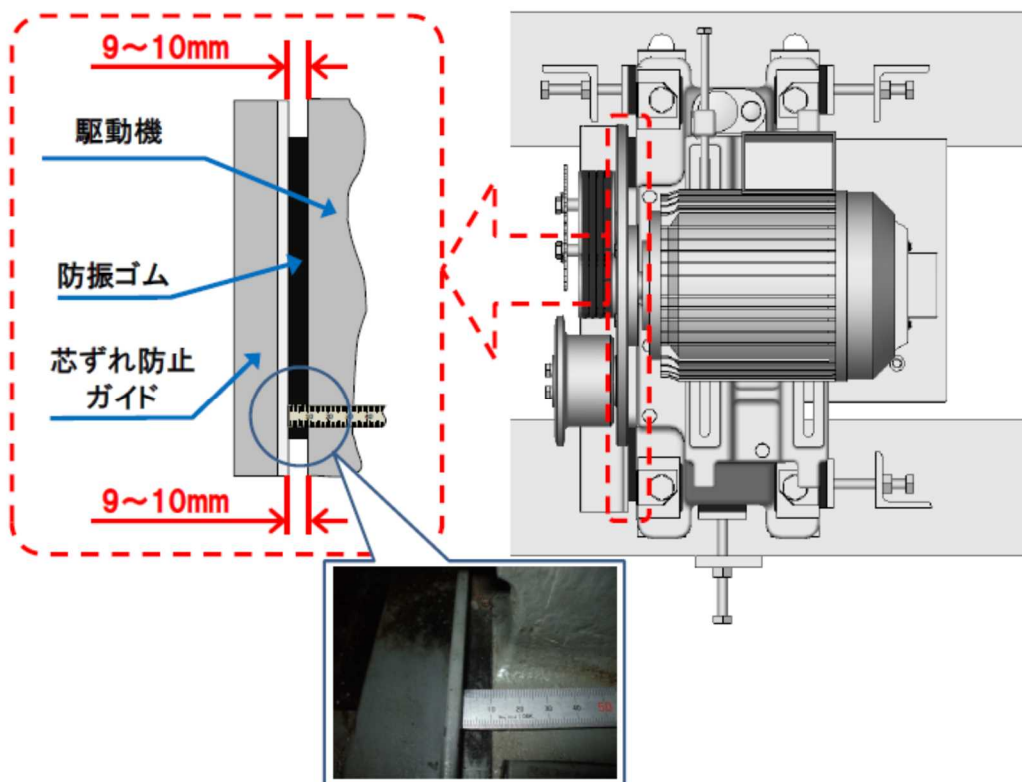
(1) 芯出し調整ボルトを動かさない

駆動機を移動させる際には駆動機固定ボルトのみを緩め、芯出し調整ボルトA、B、Dは緩めないこととした。



(2) 隙間寸法測定による芯出し確認

駆動機の移動後の芯出し確認は、従来は駆動機と防振ゴムの隙間が「0」であることを目視で行っていた（II-2.4.6（3）参照）が、今後は、駆動機と芯ずれ防止ガイドの隙間が9～10mmの範囲にあることを測定して行うこととした。



II-5. 4 駆動くさり・芯ずれ・駆動くさり切断時停止装置の緊急点検

日立ビルシステムは、保守業務を行っているエスカレーター約2万台について、駆動くさり伸び、駆動スプロケット芯ずれ、及び駆動くさり切断時停止装置の緊急点検を実施した。その結果は表II-2のとおりである。

表II-2 緊急点検の結果

点検項目	該当台数	措置
駆動くさに1.4%以上の伸びがあったもの	39台	駆動くさり交換 (1台は撤去済)
駆動スプロケットに3mm以上の芯ずれがあったもの	30台	駆動機位置調整、 駆動くさり交換
駆動くさり切断時停止装置の連結部に錆等があったもの	22台	注油、動作確認

Ⅲ. 意見

国土交通省は、エスカレーターの駆動くさり等に関連して、以下の事項について検討を行うこと。

- (1) 関係団体を通じて、エスカレーターの製造者及び保守業者に対し、駆動くさりに係る保守点検基準の明確化及びそれに基づく適切な保守業務の徹底について指導すること。また、定期検査において、駆動くさりの伸び・たるみを定量的に計測し、製造者等が設定した基準値に照らして判定するよう、定期検査基準の見直しを検討すること。
- (2) 駆動くさがりが破断等した場合に、駆動くさり切断時停止装置が所要の機能を果たすことができるよう、定期検査のサンプル調査を実施するなど、適切な保守業務を促すために必要な措置を講じること。