

東京都内エスカレーター事故調査報告書

平成27年1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 向 殿 政 男

東京都内エスカレーター事故調査報告書

発生日時：平成20年8月3日 10時ごろ

発生場所：東京都江東区 東京国際展示場

昇降機等事故調査部会				
部会長	向殿政	男子		
委員	飯島淳	子		
委員	久保哲	夫		
委員	青木義	男		
委員	鎌田崇	義		
委員	辻本誠	誠		
委員	藤田聡	聡		
委員	稲葉博	美		
委員	岩倉成	志		
委員	大谷康	博		
委員	釜池宏	宏		
委員	山海敏	弘		
委員	高木堯	男		
委員	高橋儀	平		
委員	田中淳	淳		
委員	谷合周	三		
委員	直井英	雄		
委員	中川聡	子		
委員	中里眞	朗		
委員	松久寛	寛		
委員	宮迫計	典		

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	エスカレ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	エスカレーターの保守管理に関する情報		
2.3	事故発生時の状況		
2.4	事故機の構造に関する情報		
2.4.1	駆動装置の構造等に関する情報		
2.4.2	安全装置の構造に関する情報		
2.5	現地調査等により得られた情報		
2.5.1	エスカレーターの配置に関する情報		
2.5.2	固定ベッドの状況に関する情報		
2.5.3	可動ベッドの状況に関する情報		
2.5.4	駆動機の状況に関する情報		
2.5.5	駆動くさりの状況に関する情報		
2.5.6	安全装置の状況に関する情報		
2.5.7	制御盤の状況に関する情報		
2.6	駆動装置の能力		
2.6.1	事故機のブレーキの能力		
2.6.2	事故機のモーターの能力		
2.6.3	駆動装置にかかる力		
2.7	ボルト及び可動ベッドの耐力		
2.7.1	押しボルトの耐力		
2.7.2	マシンベッドの耐力		
2.8	事故時の乗り込み人数について		
2.9	過去に発生した類似の事故・不具合の状況		
2.10	建築基準法との関係		
2.10.1	エスカレーターの構造		
2.10.2	踏段の定格速度		
2.10.3	エスカレーターの制動装置の構造方法		
2.10.4	駆動くさりの強度について		
2.10.5	マシンベッドの強度について		

2. 1 1	欧州のENによるエスカレーターの制動力の規定について	
3	分析 20
3. 1	エスカレーターの逆走に関する分析	
3. 2	可動ベッドのずれに関する分析	
3.2.1	固定ボルトの支持力について	
3.2.2	押しボルトの耐力について	
3.2.3	ガイドプレートの状況について	
3.2.3	可動ベッドがずれることによる影響について	
3. 3	駆動くさりの状況について	
3. 4	モーター停止の原因について	
3. 5	ブレーキの動作不良について	
3. 6	名古屋地下鉄事故との相違点に関する分析	
3. 7	エスカレーターの設計強度について	
4	原因 26
5	これまでに実施された再発防止対策 27
5. 1	エスカレーターの積載荷重に関する注意喚起	
5. 2	事故機のマシンベッド及びブレーキトルクの強化	
6	意見 27
6. 1	駆動装置の固定	
6. 2	制動力について	
別紙1～3	 28

《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20年8月3日 10時ごろ

発生場所：東京都江東区 東京国際展示場

事故概要：地上1階から4階直通の上りエスカレーターが、乗客が乗った状態で逆走し、乗客約50名が転倒、10名が負傷した。

1.2 調査の概要

平成20年8月5日 社会資本整備審議会建築分科会建築物等事故・災害対策部会委員により事故機の調査を実施

平成23年5月12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、製造者である日本オーチス・エレベータ株式会社（以下「オーチス社」という。）に対してヒアリングを実施

平成23年6月3日 昇降機等事故調査部会委員により、オーチス社芝山工場に保管されている、事故機の駆動装置の実機調査を実施

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

所有者：東京都

管理者：株式会社東京ビッグサイト（以下「東京ビッグサイト」という。）

所在地：東京都江東区

建物用途：展示場

2.2 エスカレ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) 事故機の主な仕様に関する情報

製造者：オーチス社（トラス等はドイツ・オーチス製）

型式：516型

呼称：S1000形（踏段幅 1,012mm）

- 定格速度：30m/分
勾配：30度
揚程：15.8m（1階－4階 直通）
駆動方式：上部駆動方式
電動機容量：22kW
運転方式：可逆式（ただし、常時上昇運転で使用）
踏段数：84段（傾斜部78段、上下水平部各3段）
積載荷重：74,529N（65kg/人とする117人）
(2) 確認済証交付年月日：平成6年10月21日
(3) 検査済証交付年月日：平成7年9月18日

2.2.2 エスカレーターの保守管理に関する情報

- 保守会社：オーチス社
保守契約内容：フルメンテナンス契約
直近の定期点検実施日：平成19年12月26日（指摘事項なし）
検査実施者：オーチス社の社員
直近の保守点検日：平成20年7月29日（問題なし）

2.3 事故発生時の状況

当日はイベント開催中であり、多くの来場者（約4万人、主催者調べ）があった。

来場者が、1階から4階の展示会場に移動するため、誘導係員を先頭にエスカレーターに乗り込みを開始した。

その後来場者の乗り込みが続き、列の先頭が頂部に達した時、突然、逆走を開始。下層部の来場者を次々とエスカレーターから押し戻しながら逆走を続け、ある程度逆走したところでエスカレーターは停止した。

2.4 事故機の構造に関する情報

2.4.1 駆動装置の構造等に関する情報

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われ、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となっている。（別紙1）

駆動機（モーター、減速機、ブレーキ）は、鋼製の架台に固定されておりその構造は以下のとおりになっている。（図1）

① 固定マシンベッド

トラスに固定されている。（鋼板にボルト軸を取付けたスタッドプレー

トをトラスに溶接で固定し、そのボルトに固定マシンベッドを固定している。))

また、ベッド端には、可動マシンベッドの回転を防ぐためのガイドプレートが、壁状に設けられている。(以下「固定ベッド」という。)

② 可動マシンベッド

固定ベッド上に設置され、駆動くさりの伸び具合に応じて「押しボルト」で位置を調整した後、固定ベッドとは呼び径 (以下「M」 という。) 16 mmの固定ボルト4本で固定されており、その構成は、M16アスキューボルト(*1) 2本 (図2の[C]、[D])、M16六角ボルト2本 (図2の[L]、[M]) となっている。(以下「可動ベッド」という。)

③ 駆動機

駆動機は可動ベッドにボルトで固定されている。

(*1) 各ベッドの溝形鋼の傾斜面に用いるため、ボルトのねじ部に対して頭部の部材への接地面が傾斜したボルト

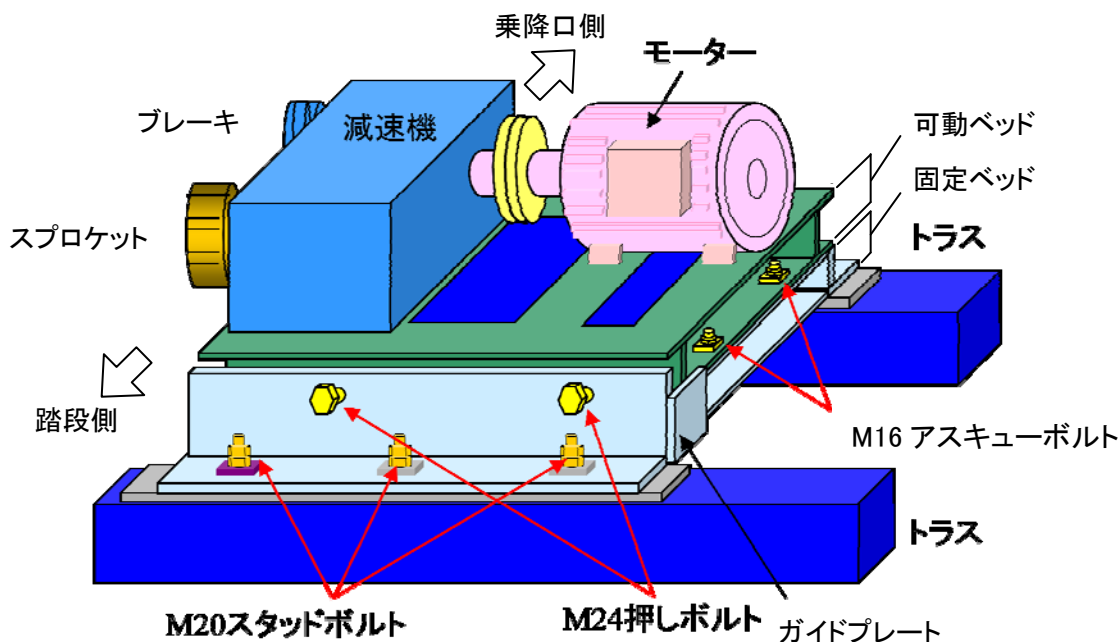


図1. 駆動装置

2.4.2 安全装置の構造に関する情報

① 駆動くさり安全装置

駆動くさりの上に駆動くさり切断検出用ウェイトが設置され、くさり破断しウェイトが脱落すると、動力を切りブレーキが作動する構造となっている。

② 踏段くさり安全装置

踏段くさがりが異常に伸びた場合又は切断した場合に、前後に移動可能な下部踏段くさりスプロケットが約15mm移動すると、動力を切りブレーキが作動する構造となっている。

③ ハンドレール速度異常検出装置

ハンドレールの速度を検出し、定格速度の50%以下の速度が1.4秒継続、又は14%低下した速度が5秒継続すると、動力を切りブレーキが作動する構造となっていた。

2.5 現場調査等により得られた情報

平成20年8月に現場で確認された事故機及び、平成23年6月23日にオース社芝山工場において確認された内容は、以下のとおりであった。

芝山工場にあった事故機は、関係機関の調査のため、駆動装置は固定ベッド、可動ベッド及びこれらを締結するボルト、減速機+モーター、ブレーキ並びにスプロケット等に分解され、元の状態は不明であった。

2.5.1 エスカレーターの配置に関する情報

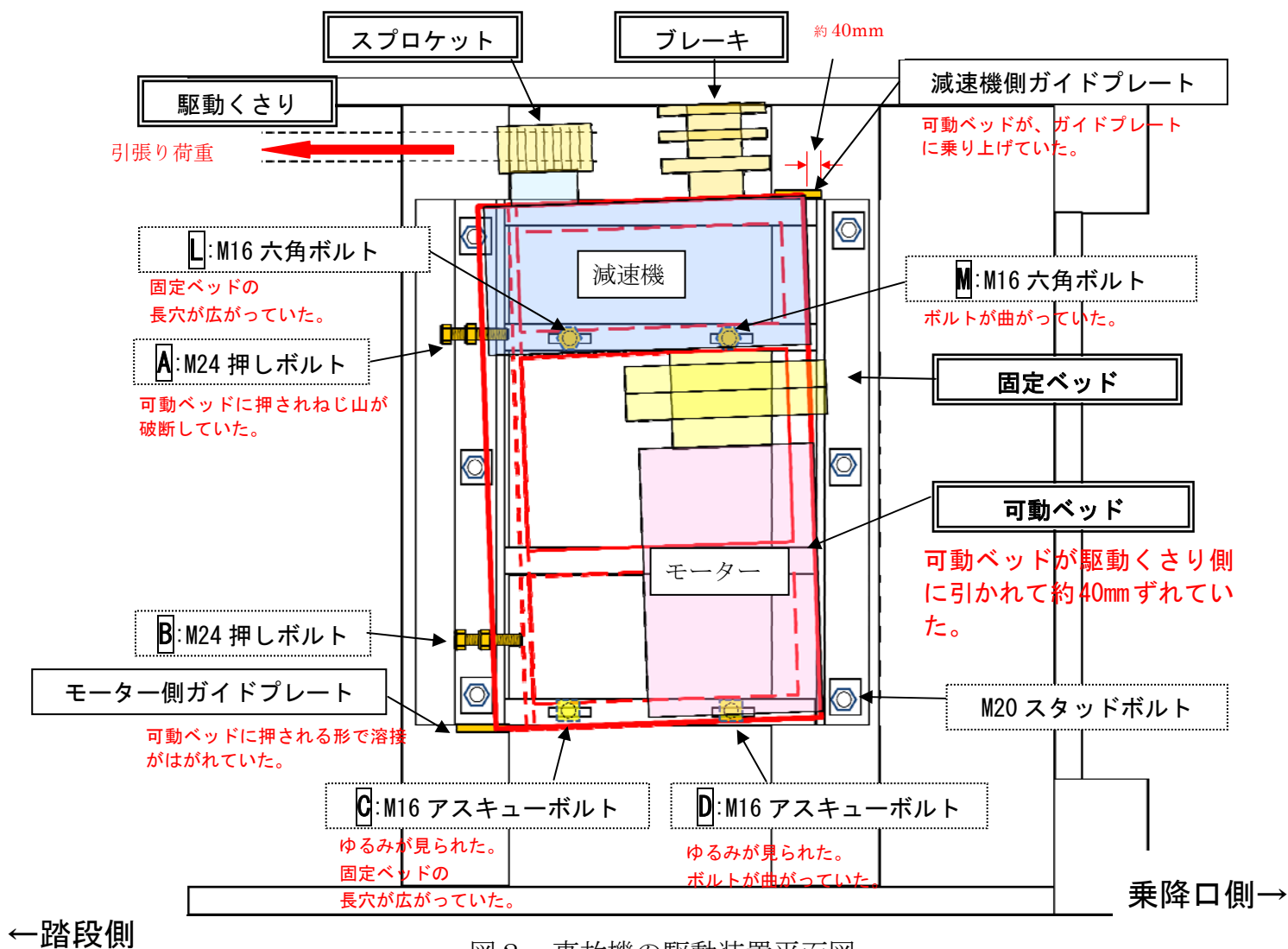
エスカレーターは、展示場の吹き抜け部分に2台並列で設置されており、入口から4階の展示会場へアクセスする際の主要な動線として、イベント開催時には乗客が集中することが予想された。



写真1



写真2



2.5.2 固定ベッドの状況に関する情報

① 押しボルト

駆動くさりに近い側の[A]のねじ部が破損して押し出されており、ねじ穴周辺に著しいゆがみが見られた。

このねじ穴部は、固定ベッドの不等辺山形鋼に穴あけ加工することにより設けられていたが、その板厚は9mmであり、M24ボルトを取り付ける際に用いられる一般的なナットの厚さ(ねじ径の80%)の1/2程度、不等辺山形鋼とかみ合うねじ山数もわずか3山程度(ねじピッチ3mm)であった。



写真3. 押しボルトA

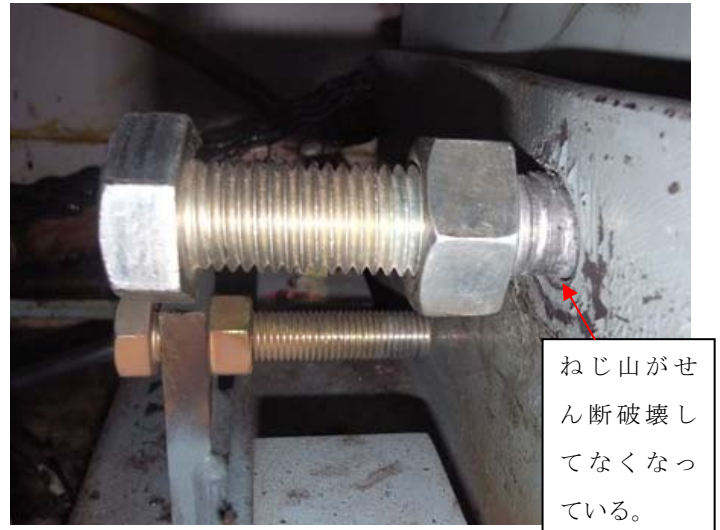


写真4. 手前：押しボルトA

奥：平成19年の恒久対策で追加した固定ベッド
押さえ用ボルト

② 固定ベッドの表面仕上げ

可動ベッド取付け面は、フッ素樹脂仕上げである。（写真9の黒い部分）

③ 可動ベッド固定ボルト

モーター側の2本のM16アスキューボルトC Dは、ねじ山で2山程度ゆるみが見られた。

オーチス社によると固定ボルトの締め付け力については、トルクレンチによる締め付けは行っておらず、ゆるみ確認の合いマークもつけていないとのことであった。

ボルトD Mは、可動ベッドの反時計方向の回転ずれにより、ボルトの首下に曲がりが生じていた。曲がりが生じた部分以外の異常を確認するため、ボルトにナットをはめて回したところ、問題なくねじ込める状況であり、引張りによるねじの伸び等の損傷は見られないことが確認された。

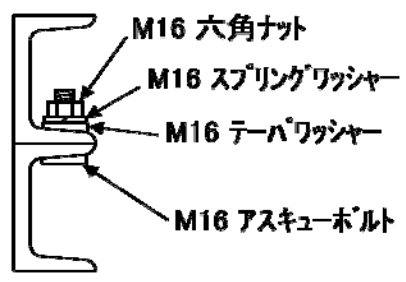
また、アスキューボルトC 及び固定ボルト六角ボルトL を通す、固定ベッドの長穴が変形していた。



写真5. アスキーボルト **C** **D**



アスキーボルトと固定ベッドの溝形鋼に隙間がありゆるみが見られる。



アスキーボルト断面

写真6. アスキーボルト **C**



写真7. アスキーボルト **D**



写真8. 六角ボルト **M**

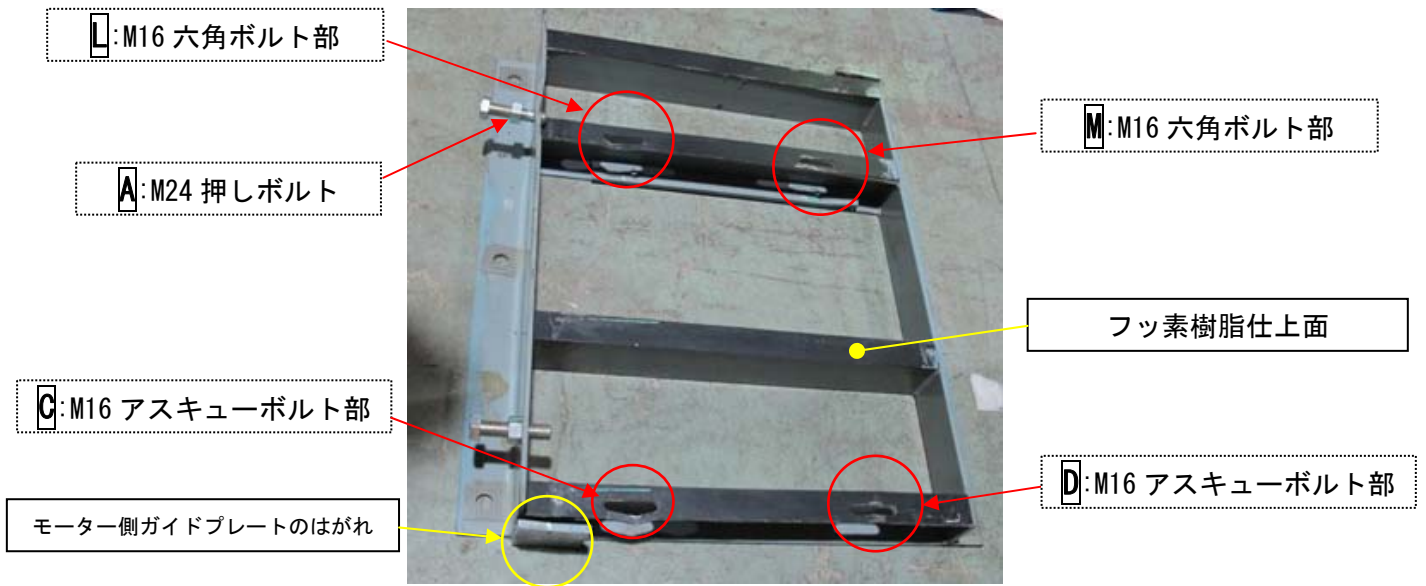


写真9. 固定ベッドの状態



写真10. アスキューボルトC部



写真11. 六角ボルトL部

- ④ 可動ベッド押さえ金具
押さえボルトにゆるみが見られた。



写真12. 可動ベッド押さえ金具

- ⑤ 減速機側ガイドプレート
突合せ部は点付けで溶接されており、はがれが見られた。破断には至っ

ていなかったため溶接の状態は確認できなかったが、単に盛ってあるだけのよう

⑥ モーター側ガイドプレート

固定ベッドに溶接されたモーター側ガイドプレートの溶接部が可動ベッドに押される形で約8.5mmの空隙を生じさせていた。溶接部には溶け込みがなく、突合せ部に単に盛ってあるだけであった。



写真13. モーター側ガイドプレート
溶接部破損部



写真14. モーター側ガイドプレート部

2.5.3 可動ベッドの状況に関する情報

可動ベッドは、減速機側が踏段方向に約40mmずれており、固定ベッドに対し斜めになりガイドプレートに乗り上げていた。



写真15. 可動ベッド移動

2.5.4 駆動機に関する情報

① モーター及び減速機

モーター及び減速機に損傷は見られなかった。



写真16. 事故発生時の駆動装置の状況

② ブレーキ

ブレーキはカバーを取り付ける構造になっているが、事故機のカバーは取り付けられていなかった。なお、隣接号機には取り付けられていた。

ブレーキは、ディスクブレーキであったが、ブレーキのギャップ調整用ナットにはゆるみが見られた。

また、ブレーキを分解したところ、外周部、ブレーキ取付板及びブレーキディスクの内径部分に油分の付着と、ブレーキディスクに回転摩擦により生じたと思われる痕跡が確認された。（→ 別紙2）

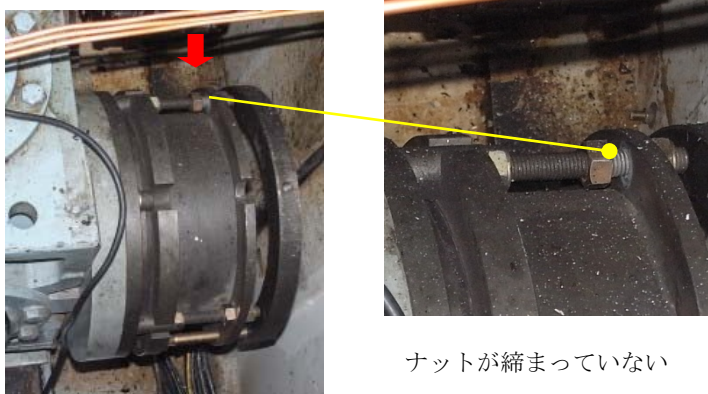


写真17. ブレーキ

2.5.5 駆動くさりの状況に関する情報

① 駆動くさり切断検出用ウェイト

ウェイトの表裏が反転していて、ガイドピンから抜けかかっていた。跳ね上がった形跡として、自動給油装置用の銅配管に傷が見られた。

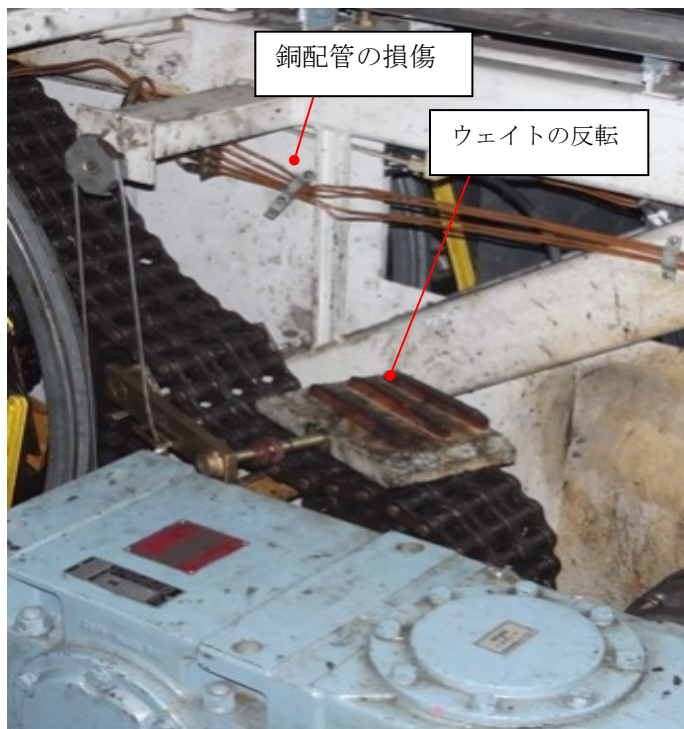


写真18. 事故機

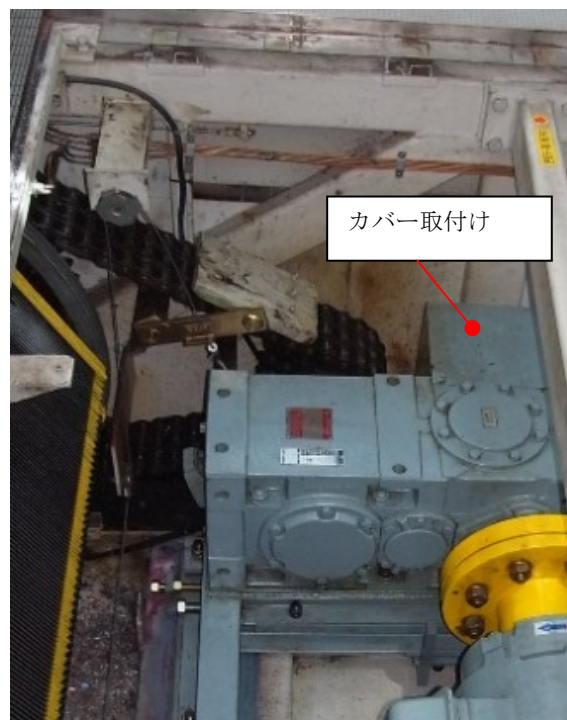


写真19. 隣接号機

② 駆動くさりスプロケット

スプロケットは、1列の歯数20のものが3列あり、内側(減速機側)及び外側(減速機から遠い側)の歯に、それぞれ3箇所欠損が見られ、中側に欠損はなかった。(→ 別紙3)

また、現地では、欠けた部分と思われる小片がくさりの下方に置いてあった油受けの缶の中に落ちていた。

なお、スプロケットの歯先の欠損部は、事故時に欠けたと思われる新しい破断面のものと、過去に欠けたと思われる古いものがあった。



新しい破断面

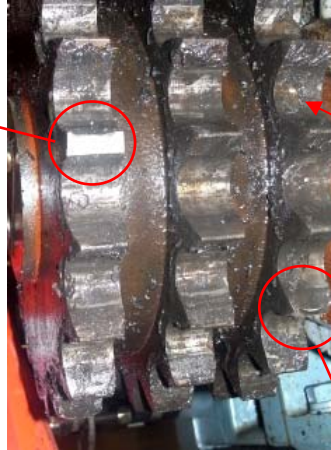


写真20 スプロケット



この列の約180度反対側



欠けた小片



古い破断面

③ 駆動くさり

駆動くさに破断は見られなかったが、リンクプレートには、スプロケットの歯に乗り上げたと思われる傷がくさりの全周に付いていた。また、ローラ表面にも、スプロケットの歯先が当たったと思われる傷が何箇所も見られた（→ 別紙3）。これらは正常にかみ合った状態では見られないものである。



リンクプレートの傷

ローラの傷

写真21 駆動くさり

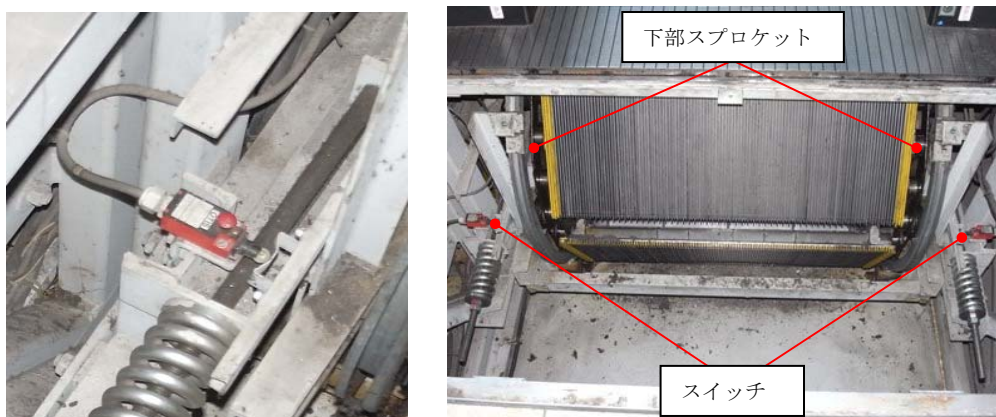
2.5.6 安全装置の状況に関する情報

① 駆動くさり安全装置

駆動くさりの駆動機側(上側)は張っていて、戻り側(下側)は大きくゆるんでいたが、くさは外れておらず、駆動くさり安全装置は作動していなかった。

② 踏段くさり安全装置

オーチス社によると、事故時は右側スイッチが作動していたとのことであつた。



下部スプロケットは、スイッチが作動していない正常な位置にある。

写真22. 踏段くさり安全装置

③ ハンドレール速度異常検出装置

事故時に作動したか否かについては、現地では確認できなかったが、オーチス社によると、事故機の装置を使用した実証試験において正常に作動したとのことであつた。

2.5.7 制御盤の状況に関する情報

制御盤の構成機器に異常は見られなかった。なお、オーチス社によると、事故発生時には過負荷保護装置については作動していなかったとのことであつた。

2.6 駆動装置の能力

オーチス社の資料及びオーチス社へのヒアリング結果等から得た情報は以下のとおりである。

2.6.1 事故機のブレーキの能力

(1) 静摩擦による保持力

事故機のブレーキの静摩擦トルクは、トルク調整ねじの締付量により、 $196 \sim 392 \text{ N} \cdot \text{m}$ の範囲で調整可能であり、実際には設定値を $220.5 \text{ N} \cdot \text{m}$ としていた。

なお、事故機の踏段に積載荷重に相当する117人を保持するために必要な制動トルクは、計算上 $168 \text{ N} \cdot \text{m}$ となる。

また、平成20年8月に関係機関立会いのもとオーチス社がブレーキの調査をしたところ、静摩擦トルクは $220 \text{ N} \cdot \text{m}$ （平均値）であったことが確認されたとのことであった。さらにブレーキ製造会社への調査も実施してあった。

(2) 動摩擦によるブレーキ力

ブレーキ力は、動いている状態では回転が速くなるほど低減し、定格速度で動いている状態では、静摩擦トルクの約70%程度、すなわち事故機の場合、 $154 \text{ N} \cdot \text{m}$ 程度となる。

2.6.2 事故機のモーターの能力

(1) 設計上のモーターの定格トルクは、人員換算（ $65\text{kg}/\text{人}$ ）で踏段1段あたり1.5人の積載荷重に対応する力として設定されていた。

(2) 事故機のモーターの能力は、関係機関の調査に協力する形でオーチス社の依頼によりモーター製造会社が試験をおこなっており、その結果は以下のとおりであった。

- ① 停動トルク比（停止に至るトルクと定格トルクの比）は180%を超えており良好な状態である。
- ② 荷重の増加により踏段の速度が定格速度の86%以下に低下した場合、ハンドレール速度異常検出装置により検出され、モーターの電源が切られる。踏段の速度が低下した場合、モーターのトルクは逆に大きくなり、定格速度の86%となったときのモーターのトルクは、電圧等の条件によるが定格荷重の180～230%前後となる。

2.6.3 駆動装置にかかる力

オーチス社では、設計時の計算書は存在しないとの回答であるが、それに対応する数値として事故後にオーチス社が計算した結果では、図3のように、駆動装置は、駆動くさりから水平方向の力と垂直方向の力を受ける。2.6.1

(1)と同様に、117人が乗り込んでいるとき、自重及び荷重により、駆動くさりによる引張り荷重は $F_c = 32,949\text{N}$ となり、それぞれの方向に分解すると水平方向で $F_h = 28,535\text{N}$ 、垂直方向で $F_v = 16,475\text{N}$ となる。

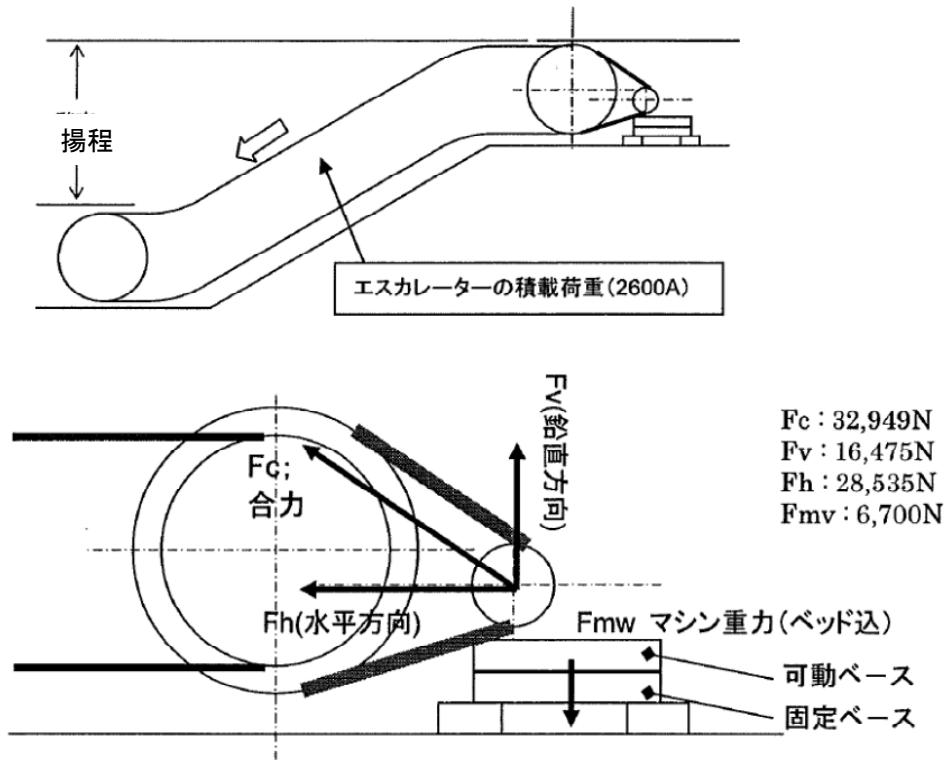


図3. マシンベッドにかかる荷重

2. 7 ボルト及び可動ベッドの耐力

オーチス社の資料及びオーチス社へのヒアリング結果等から得た情報は以下のとおりである。

2.7.1 押しボルトの耐力

押しボルトの耐力は、以下の計算で算出される。(なお、オーチス社の計算は式中のM:ねじ部長さを10mmとして計算されていたが、保管品の実測値である9mmに修正してある。)

おねじの耐荷重

$$W = \pi \times D_c \times AB \times (M/P) \times \tau = 39,410\text{N}$$

D_c : めねじの内径 20.752mm

AB:おねじ1山あたりのせん断面長さ $AB=P/2+(dp-Dc)\times\tan\alpha=2.24\text{mm}$

M:ねじ部長さ 9mm

P:ねじピッチ 3mm

τ :材料のせん断強さ90N/mm²

dp:おねじの有効径 22.051mm

α :ねじ山の半角 30度

2.7.2 マシンベッドの耐力

事故機と同型のマシンベッドに、ダミーの減速機とスプロケットを取り付け、スプロケット部分に事故時と同方向の荷重がかかるように引張る形で強度試験を行った。

その結果、引張り荷重約63,000N、水平方向荷重54,560N(117人乗り込んだ場合の約1.9倍)で出力軸側のガイドプレートに亀裂が生じ、可動ベッドのズレが生じた。この段階で押しボルトの破断は見られなかった。

2.8 事故時の乗り込み人数について

事故発生時の映像は、ニュースで報道されたが、具体的に、エスカレーターに何人乗り込んでいたかについては、情報が得られなかったため、以下により専門機関に依頼し、ニュース映像の分析を行った。

(1) 報道等映像分析の概要

鑑定機関:法科学鑑定研究所株式会社

対象動画:平成20年8月4日 ニュース及びインターネット配信動画

分析方法:可視部について、対象動画に画像鮮明化処理を行い、人体の頭部を計測。

(2) 映像分析の結果

①ニュース画像

事故機について分析を行ったところ、ほぼ全区間にわたり観察できたが、エスカレーターの最下部3段分のみ群衆に阻まれて観察できなかった。その上で観察可能な可視部については116人、最下部3段の非可視部については、1段あたり2~3人として6~9人と計測され、その結果乗り込み人数は、122~125人と推定されるとの結果を得た。

② インターネット配信動画

①と同様の方法により、可視部については107人、最上部及び最下部の各3段の非可視部については12～18人と推定され、乗り込み人数は、119～125人という結果を得た。

(3) 積載荷重との関係

(2) ①及び②により、事故時の乗り込み人数は119～125人となる。これは積載荷重に対応する人数と比較して、1.02～1.07倍である。

2. 9 過去に発生した類似の事故・不具合の状況

(1) 平成19年6月東京都内エスカレーター不具合

東京臨海新交通臨海線「ゆりかもめ芝浦ふ頭駅」において、固定ベッドをトラスに固定するボルト2本が折損していることを定期点検作業中に発見。

(2) 平成20年5月名古屋市内エスカレーター事故

名古屋市営地下鉄久屋大通駅の揚程9.3mの4号機上りエスカレーターで、一時停止後逆走し、乗客14名が負傷した。当該事故について、オーチス社より報告のあった内容は、以下のとおりであった。

- ・平成19年にゆりかもめ芝浦ふ頭駅にて不具合が発生した後、オーチス社が当該事故機についても調査を実施し、そのとき、6本のボルト中2本が折れているのが見つかった。しかしながら、それを交換することなく、残ったボルト4本もそのまま使用することとし、補強金具を現場溶接で追加する工事を行った上で、使用を継続していた
- ・事故時には固定用ボルトの残りの4本中3本のボルトが疲労破断していたほか、補強金具もすべて破損し、マシンベッドの駆動くさり側が踏段方向に固定ベッドごと約75mmずれた。
- ・これにより、駆動くさがゆるんで駆動くさり用スプロケットに乗り上げてモーターの回転がくさに伝わらず、逆走した。
- ・モーター容量は15kWであり、本件事故機の22kWよりも小さいが、取付け構造は本件事故機と同じと思われる。
- ・トラスと固定ベッドとの締結にはM16のボルトが使用されていた。

2. 10 建築基準法との関係

建築基準法の関係法令におけるエスカレーターの制動装置に関する規定は以下のとおりである。

2.10.1 エスカレーターの構造

建築基準施行令第129条の12 エスカレーターの構造(抜粋)

エスカレーターは、次に定める構造としなければならない。

- 一 (略)
 - 二 勾配は、30度以下とすること。
 - 三 踏段(人を乗せて昇降する部分をいう。以下同じ。)の両側に手すりを設け、手すりの上端部が踏段と同一方向に同一速度で連動するようにすること。
 - 四 踏段の幅は、1.1m以下とし、踏段の端から当該踏段の端の側にある手すりの上端部の中心までの水平距離は、25cm以下とすること。
 - 五 踏段の定格速度は、50m以下の範囲内において、エスカレーターの勾配に応じ国土交通大臣が定める毎分の速度以下とすること。
- 2 (略)
- 3 エスカレーターの踏段の積載荷重は、次の式によって計算した数値以上としなければならない。
- $$P = 2,600A$$
- この式において、P及びAは、それぞれ次の数値を表すものとする。
- P エスカレーターの積載荷重(単位 N)
- A エスカレーターの踏段面の水平投影面積(単位 m^2)
- 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1.25m/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。

2.10.2 踏段の定格速度

平成12年建設省告示第1417号

通常の使用状態において人又は物が挟まれ、又は障害物に衝突することがないようにしたエスカレーターの構造及びエスカレーターの勾配に応じた踏段の定格速度を定める件(抜粋)

- 第2 令第129条の12第1項第五号に規定するエスカレーターの勾配に応じた踏段の定格速度は、次の各号に掲げる勾配の区分に応じ、それぞれ当該各号に定める速度とする。
- 一 勾配が8度以下のもの 50メートル
 - 二 勾配が8度を超過30度(踏段が水平でないものにあつては15度)以下のもの 45メートル

2.10.3 エスカレーターの制動装置の構造方法

エスカレーターの動力が遮断された場合の制動力について以下のように規定されている。

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（抜粋）

三（略）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4mmを超えるエスカレーターにあつては、0.6m以下とすること。

$$S = V^2 / 9,000$$

S：踏段の停止距離（単位 m）

V：定格速度（単位 m/min）

当該エスカレーター（勾配30度、定格速度30m/分）に当てはめると、制動距離は、無負荷、上昇時に、0.1m以上0.6m以下となる。

事故機の事故前の定期点検での制動距離は、この範囲内である0.2mだった。乗客が乗り込んでいる状態における制動力については規定されていない。

2.10.4 駆動くさりの強度について

駆動くさりの安全率について以下のように規定されている。

平成12年建設省告示第1418号
エスカレーターの強度検証法の対象となるエスカレーター
及びエスカレーターの強度検証法を定める件（抜粋）

第2

三 エスカレーターのくさりその他これに類するもの及びその端部又はベルトに係る安全率は、次の表に定める数値とする。

	常時の安全率		安全装置作動時の安全率	
	設置時	使用時	設置時	使用時
踏段を吊るくさりその他これに類するもの及びその端部	7.0	4.0	2.5	2.5

2.10.5 マシンベッドの強度について

建築基準法では、エスカレーターのトラス、くさりに関する安全率は規定されているが、マシンベッドの固定については、規定されていない。

2. 1 1 欧州のEN規格によるエスカレーターの制動力の規定について

建築基準法では、乗客が乗り込んだ状態での制動力について規定されていないが、欧州EN規格には載荷状態の停止距離を規定しているため、これらについて事故機との比較を行った。

(1) エスカレーターの停止距離に関する規定

EN 115において、無荷重及び載荷状態※の停止距離を次の数値とすることが定められている。

※踏段あたり、踏段幅ごとに積載する荷重を決定

踏段幅 0.6mまで：60kg

踏段幅0.6m以上0.8mまで：90kg

踏段幅0.8m以上1.1mまで：120kg

定格速度 m/秒	停止距離 m	
	最小限	最大限
0.50	0.20	1.00
0.65	0.30	1.30
0.75	0.40	1.50

(2) EN 115と比較した事故機の制動力

事故機（踏段幅1.0m、定格速度0.5m/秒）のEN 115による制動荷重は、踏段あたり120kg、78段あるため、制動荷重は、

$$120\text{kg} \times 78\text{段} = 9,360\text{kg}$$

となり、下降時に、1mで停止しなければならない。

事故機では、設計上は117人（約7,600kg）乗り込んで定格速度で下降するエスカレーターを1mで停止させる制動力はないとのことであったため、EN 115の規定による制動力は有していなかった。

3 分析

3. 1 エスカレーターの逆走に関する分析

エスカレーターの踏段は、踏段くさりで吊られ、駆動くさりを通じて駆動機につながれている。走行時は駆動機のモーターのトルクにより保持されているため、エスカレーターが逆走に至る事象について、一般的に以下のように分析される。

- ① 駆動くさがりが破断又は外れ、かつ、駆動くさり安全装置が作動しない状況
駆動くさに破断又は外れは発生していない。また、2.5.5③に示したと

おり、スプロケットの歯先によってできた傷が、くさり全周に付いていることから、両者が断続的にかみ合わない状態が発生していた可能性はあるが、最後はブレーキにより停止したと考えられることから、完全にくさり空回りした状態ではなかったものと考えられる。

② モーターの故障、誤作動

モーターについては、関係機関による調査の一環として、モーター製造会社による試験が行われており、正常な状態であったことが確認されていることから、故障又は誤作動が発生していた可能性は低いものと考えられる。

③ ブレーキの故障、誤作動

ブレーキについては、エスカレーターの乗客が少なくなったのちに、最終的に停止していることから、作動していたものと考えられる。また、その制動力についても、関係機関立会いのもとオーチス社で調査を行い、静摩擦トルクを実測した結果、ほぼ設定値通りであったことが確認されている。なお、現場でブレーキのカバーが装着されていないこと、ブレーキのギャップ調整ナット部に緩みがあること及びブレーキ製造会社の分析にて油が付着していること等が確認されていることから、保守点検が不十分であったことも考えられるが、前述の実測結果等を踏まえると、これらを変因としてブレーキの不具合が生じていたとの可能性は否定される。

④ 電気系統の異常、誤作動

オーチス社による制御盤の調査により、逆走する要因になると考えられるリレー又は制御回路の異常が見られなかったことから、電気系統の異常又は誤作動が発生していた可能性は低いものと考えられる。

⑤ 安全装置により作動するブレーキ力で踏段を保持できない状況

実際に安全装置が作動していること、また、逆走後に停止し、その後、保持状態を保っていることなどから、安全装置によりブレーキが作動したのと考えられる。このとき、モーターは停止していることから、エスカレーターはブレーキの制動のみが効いている状態であったと考えられ、それでもなお踏段が下降し続けたということは、ブレーキ力が踏段を保持できない状況にあったことになる。また、2.5.4②に示したとおり、ブレーキディスクには回転摩擦により生じたと思われる痕跡が確認された。このため、このケースが発生していた可能性が高いものと考えられる。

3. 2 可動ベッドのずれに関する分析

可動マシンベッドは、固定ボルト及びガイドプレートで支えられるとのことであったが、それぞれの状況は以下のとおりであった。

3.2.1 固定ボルトの支持力について

2.7.2より、強度試験で水平方向で54,560Nまで可動マシンベッドは保持されている。

これは、117人乗り込んだ場合の積載荷重水平力28,535Nに対し1.9倍に相当することから、固定ボルトが締まった状態で、下式のとおり125人程度の乗客では、固定ボルトがゆがみ可動ベッドがずれる等の状況は想定されない。

$$28,535\text{N} \times 125\text{人} / 117\text{人} = 31,389\text{N} < 54,560\text{N}$$

また、大柄な成人が多いという事故当時の乗り込み実態を考慮し、平均体重が80kgであったと想定した場合でも、計算上、積載荷重水平力は54,560Nを上回ることはない。

$$31,389\text{N} \times 80\text{kg} / 65\text{kg} = 38,633\text{N} < 54,560\text{N}$$

しかしながら、2.5.2③に示したとおり、事故後の調査では、固定ボルトのうち、モーター側のアスキューボルトC、Dがゆるんでいたこと、固定ボルトL、Mについても締め付け時にトルク管理は行われていないこと及び2.5.2④に示したとおりこのほかの部分にも、締め付けられていないボルトが数箇所にあることから、固定ボルトによる水平方向の保持力は、大きく減少していたものと想定され、この場合、可動ベッドがずれる可能性もある。

なお、固定ボルトのゆるみについては、関係者から引張り力が作用し伸びた可能性を指摘されているが、2.5.2③に示したとおり、ボルトにナットをはめて確認したところ、曲り以外の異常は認められなかったため、その可能性は当てはまらず、締め付けが不足していたことが要因であると考えられる。

3.2.2 押しボルトの耐力について

2.7.1より、押しボルトの耐力は、計算では39,410Nであったことから、125人乗り込んだ場合、計算上は固定ボルトの支持がなくとも、保持できたものと考えられる。

$$(\text{平均体重}65\text{kg}) \quad 28,535\text{N} \times 125\text{人} / 117\text{人} = 31,389\text{N} < 39,410\text{N}$$

$$(\text{平均体重}80\text{kg}) \quad 31,389\text{N} \times 80\text{kg} / 65\text{kg} = 38,633\text{N} < 39,410\text{N}$$

しかしながら、押しボルト（M24）が取り付けられていた板厚が、通常このサイズのボルトに使用されるナットの厚さの1/2程度と薄く、3つのねじ山のうち、ねじ山の切りはじめの部分は応力を負担できないと考えられることや、2.5.2①のとおり、押しボルトの取り付けられている固定ベッドが変形したことにより、ねじ山が広がった可能性も考えられるため、計算値のような耐力はなかったものと考えられる。

このため、125人の荷重に耐えられず、ねじ山の破断を生じた可能性もある。なお、ガイドプレートの破断が先に生じ、その衝撃が押しボルトに加わった可能性も考えられる。

3.2.3 ガイドプレートの状況について

2.5.2⑥に示したとおり、モーター側ガイドプレートは、適切に溶接された状態ではなく、可動ベッドが回転したとき、それを押さえる力を期待できる状態になかったと考えられる。

3.2.4 可動ベッドがずれることによる影響について

2.5.3に示したとおり、可動ベッドの減速機側が踏段方向に約40mmずれたことにより、駆動くさりスプロケット中心と踏段側駆動くさりスプロケットの中心間距離が929.5mmから889.5mmと短くなる。これはオーチス社のマニュアルによる駆動くさりの交換基準である伸び率1.5%を大幅に超過する状況に相当することから、くさがりが大きく弛むことにより、かかり合いが弱くなっていたものと推定される。

3.3 駆動くさりの状況について

3.2.4に示したとおり、事故発生時にはくさがりが大きく弛んでいたと推定され、その弛み（往復で80mm）は、使用していた駆動くさり2ピッチ（38.1mm×2）以上に相当するため、モーターの回転力に対し、くさがりが駆動くさりスプロケットのピッチを乗り越えて滑る状況が断続的に発生していたと推定される。

ブレーキが作動した後も同様に、ブレーキにより停止した駆動くさりスプロケット上を踏段側の積載荷重によりくさがりが逆走方向にスプロケットにり上げ滑っていた可能性が考えられる。実際にリンクプレートには全周にわたり傷が付いていたことが確認されており、こうしたリンクプレートの傷はくさりの滑りにより生じたものと考えられる。

なお、平成20年5月、名古屋市営地下鉄で固定ベッドが約75mmずれたことによりくさがりが駆動くさりスプロケットに乗り上げ、駆動力が喪失し踏段が逆走した事故においても、同じようなリンクプレートの傷があったと報告されている。

3. 4 モーター停止の原因について

モーターが停止するのは、以下のような事象になることが考えられる。

停止する可能性のある事象	事故機の状態から見た可能性
過大なトルクが働いた	2. 4より、モーターが停動に至るトルクは、定格トルク（踏段1段あたり1. 5人に対応する力）の1. 8倍以上であることから、定員の1. 1倍程度では、通常の1人当たりの平均体重より重くとも停止に至るとは考えられない。
踏段くさり安全装置が作動した。	2. 5. 6②のとおりオーチス社が作動を確認しており、作動した可能性が考えられる。
ハンドレール速度異常検出装置が作動した。	事故時の作動状況は確認できないが、踏段くさりの動きと合わせてハンドレールの速度も低下し、作動した可能性が考えられる。

3. 5 ブレーキの制動不良について

モーターが停止すると、3. 4に示したいずれの場合であるかにかかわらず、ブレーキが作動し制動することとなる。2. 6. 1（1）により事故機のブレーキ保持力には異常が見つからなかったこと及び逆走後、一部の乗客を押し戻して積載荷重が減ると停止したことから、事故発生時は積載荷重に耐えられずに逆走を開始したものと考えられる。

125人の積載荷重を保持するために必要なブレーキ力は、2. 6. 1（1）より踏段1段あたり1. 5人乗り込み時の乗員117人を保持するために必要なブレーキ力が168N・mとなっていることから、以下のとおり求められる。

$$\text{(平均体重65kg)} \quad 168\text{N}\cdot\text{m} \times 125\text{人} / 117\text{人} = 180\text{N}\cdot\text{m}$$

$$\text{(平均体重80kg)} \quad 180\text{N}\cdot\text{m} \times 80\text{kg} / 65\text{kg} = 222\text{N}\cdot\text{m}$$

事故機のブレーキ力は、2. 6. 1（1）に示したように、ブレーキはオーチス社により静摩擦トルクで220N・m(平均値)あったことが確認されており、静止状態であれば保持可能であったと考えられる。

しかしながら、くさりの弛みやスプロケットの歯の折損等で、スプロケットの山とくさがりが断続的に衝突し、くさりの不規則な動きを発生させていたこと等により、既に踏み段が逆走方向に動き出していた可能性が考えられる。この場合、2.6.1(2)よりブレーキ力は、静摩擦トルクの70%程度の154N・mに低下し、事故時の積載荷重に対しブレーキが制動できず下降することも考えられる。

3.6 名古屋市営地下鉄事故との相違点に関する分析

- ① モーター容量は、名古屋市営地下鉄の事故機の15kWに対して、本件は揚程が高く22kWとしている。容量が異なるが駆動機の取付け構造は両者同じと思われる。
- ② 名古屋市営地下鉄と同様に、マシンベッドの駆動くさり側が踏段方向にずれていたが、名古屋市営地下鉄は固定ベッドごと約75mmずれたのに対し、本件の固定ベッドは移動せず、可動ベッドが約40mmずれていた。
- ③ 名古屋市営地下鉄で破断したトラスと固定ベッドを締結するボルト（固定ベッド取り付けボルト）は、事故機では対策が行われM16→M20のボルトに交換されており、今回破損していなかった。

3.7 エスカレーター的设计強度について

事故機は、4階の展示会場への主要な動線としての利用が見込まれる位置にあり、短時間に利用者が集中することが十分に想定しうるものであった。しかしながら、駆動機の固定ボルトを含むマシンベッドの耐力は、強度試験の結果、設計上の水平方向荷重である28,535Nの1.9倍である54,560Nに過ぎないものであった。一方、日本エレベーター協会によるエスカレーター製造会社4社の調査した結果、各社の固定ボルトの安全率は下表のとおり7～8倍であり、これらに比較して事故機のそれは、その半分にも満たない低い数値であったと言える。

また、ブレーキ力についても、設計上の積載荷重を保持するための制動トルクが168N・mに対して、事故機の静摩擦トルクはその1.3倍の220N・mに過ぎず、さらに、動摩擦トルクはその0.9倍の154N・mにとどまり、計算上は必要な制動トルクすら確保できない状況となっていた。

固定ボルトの強度やブレーキ力について建築基準法上の規定はないが、特に一時的な利用者の集中に備え、十分な安全率の確保に配慮すべきであったと考えられる。

表1 各社の固定ボルト設計安全率

製造者	A社	B社	C社	D社
安全率	8	7	8	8

4 原因

エスカレーターの逆走が生じたのは、モーターの停止と同時にブレーキが作動したものの、ブレーキでは制動できなかったものと推定される。

モーターが停止したのは、上昇中の踏段の減速とともにハンドレールも減速し、ハンドレール速度異常検出装置が作動したためであると考えられる。この減速が生じたのは、乗り込み人員による下向きの荷重により、駆動くさりがスプロケットに乗り上げ滑る状況が生じ、さらにスプロケットの歯が欠損する等の状況を経て、踏段くさにモーターの回転力が十分に伝わらなかったことによるものと考えられる。なお、ハンドレール速度異常検出装置が作動した可能性のほかに、何らかの力が加わり踏段くさり安全装置が作動し、モーターが停止した可能性も否定できない。

そして、本来であれば、モーターが停止したときに、下向きの荷重に対してブレーキにより静止状態を保持すべきところ、駆動くさりの滑り等によりスプロケットに不規則な動きが生じていたこと、さらに、ブレーキの制動力が積載荷重に対し十分な安全率が確保されていなかったこと等からブレーキの動摩擦トルクではそれを支えきれず、制動できなかったものと考えられる。

駆動くさりとスプロケットとの間の滑り及びスプロケットの歯の欠損等が生じたのは、駆動くさが大きく弛んだことにより、駆動くさりとスプロケットとのかみ合い不良となっていたことによるものと考えられる。

駆動くさが大きく弛んだのは、固定ベッドと可動ベッドとを固定するためのボルトの緩み、可動ベッドの回転を抑えるガイドプレートの溶接不良及び設計時の安全率に関する配慮不足により、乗り込み人員の荷重で押しボルト等が破損して可動ベッドがずれ、それに固定されていた駆動機も同様にずれたことによるものと考えられる。

5 これまでに実施された再発防止対策

5.1 エスカレーターの積載荷重に関する注意喚起

国土交通省では平成20年8月4日付 国住指第1777号、「大規模集客施設のエスカレーターの事故防止について」により、特定行政庁を通じて施設の所有者管理者に対して以下のように通知を行っている。

1. 劇場、観覧場、集会場、百貨店、展示場、物品販売業を営む店舗等の集客施設に設置されたエスカレーターについて、当該施設運営の実態を十分把握し、それを踏まえ、設計上想定している積載荷重以上の荷重とならないよう適正な運行管理を行うこと等について、施設の所有者、管理者等関係者に周知すること。
2. 特に、展示場等で第三者のイベント運営者等に施設を使用させる場合等であっても、施設の所有者、管理者等として適正な運行管理を確保するために必要な措置を講ずることについて、施設の所有者、管理者等関係者に周知すること。

5.2 事故機のマシンベッド及びブレーキトルクの強化

(1) マシンベッドの強化

事故後にオーチス社により改修されたマシンベッド部は、管理者の要望を受け、今までのマシンベッドと比較し、固定ベッド・可動ベッドの強度を増し、可動ベッドの固定ボルトをM16からM20とし本数も4本から6本に追加した。

押しボルトの取り付けられる鋼材厚さも9mmから15mmと厚くした。

(2) ブレーキトルクの強化

ブレーキトルクについては、1.5人/踏段で設定した220N・mであったものが、2.0人/踏段の状態に対応できるように、既存のブレーキを使用して265N・mに設定値を強化した。

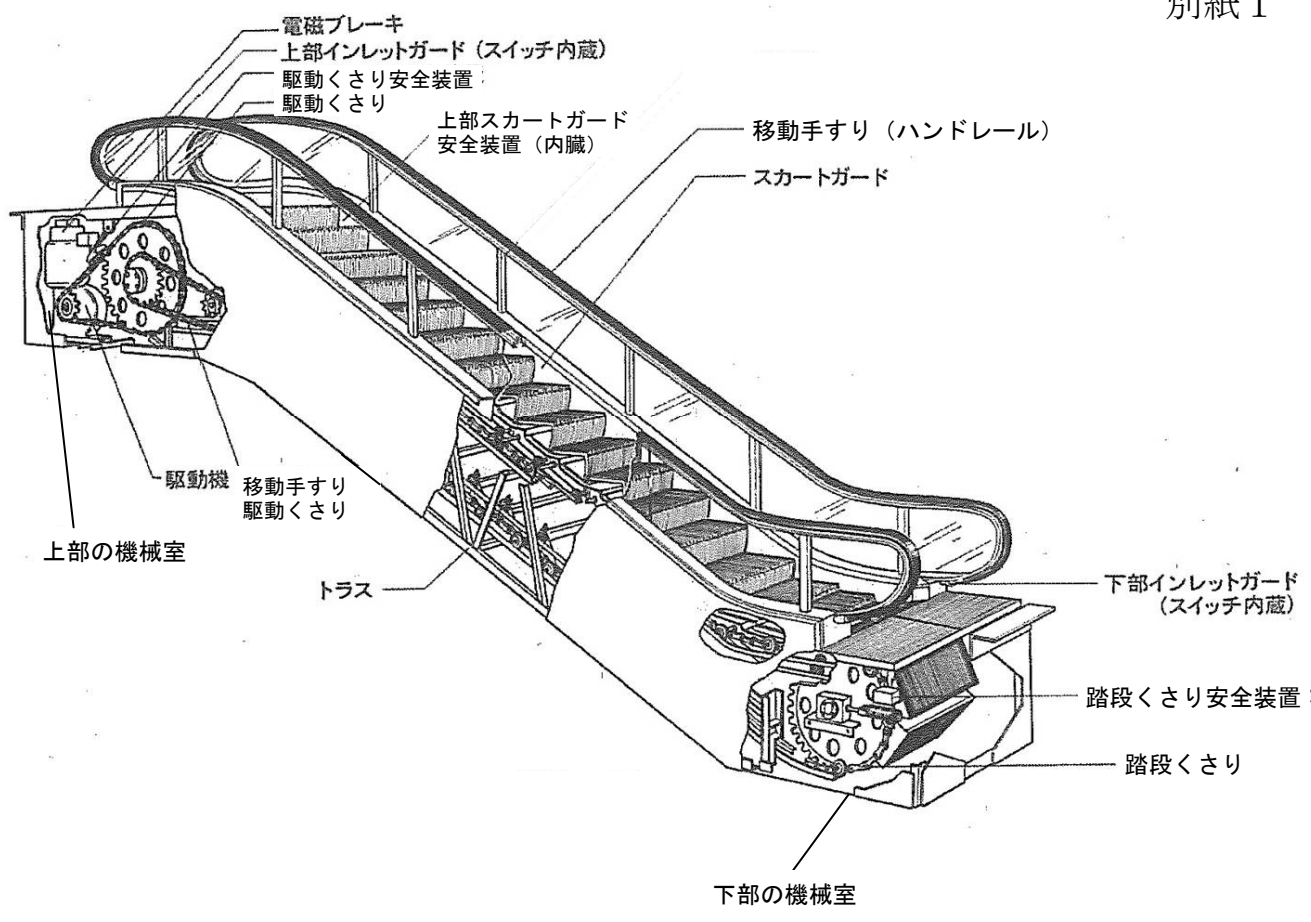
6 意見

6.1 駆動装置の固定

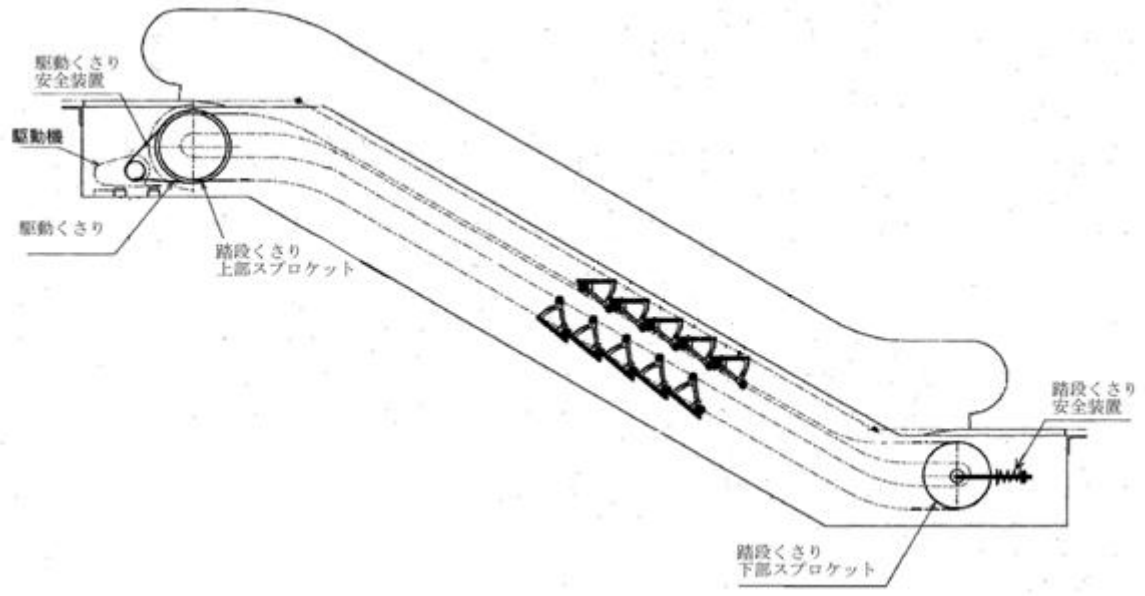
国土交通省は、駆動装置の固定に必要とされる強度について、設置時及び点検時に適切な確認がされる方策について検討を行うこと。

6.2 制動力について

国土交通省は、既設エスカレーターの制動力について、技術的な検討を行い、安全確保のために必要な方法を検討すること。



エスカレーター全体構造図



エスカレーターくさり掛け図

ディスクブレーキの状態

別紙2



組立品

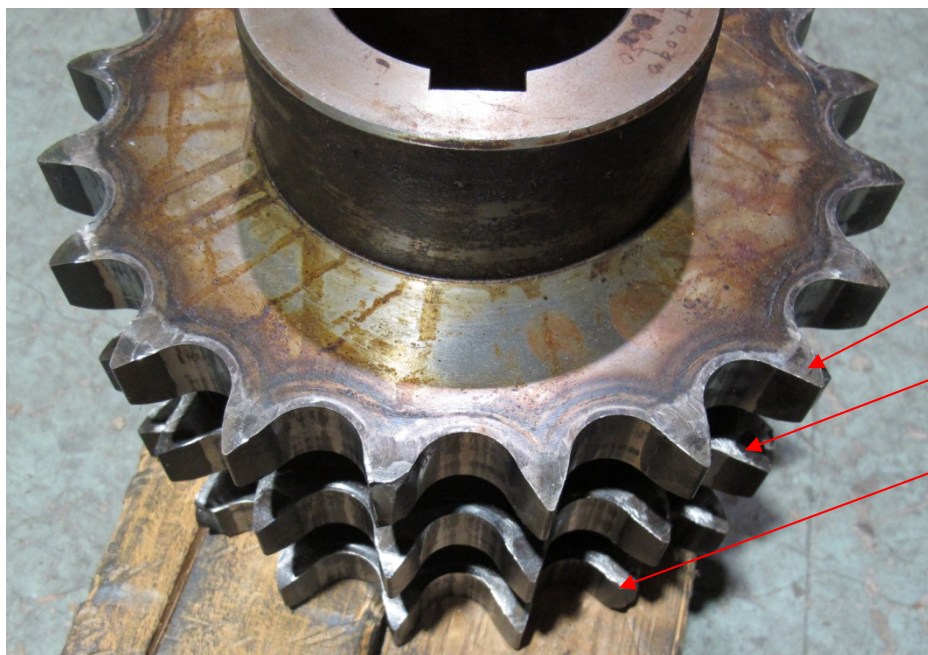


ブレーキディスク内径部分表面に薄い油分の付着が見られる

ディスクブレーキの状態（オーチス社調査）



駆動くさりと駆動機スプロケットの状態

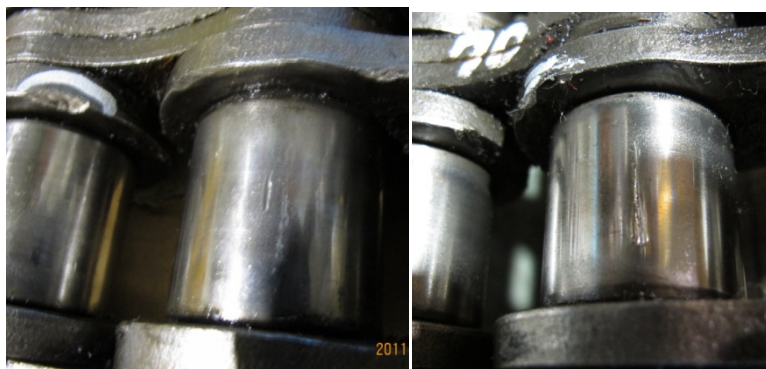


内側列 (減速機側)
歯先 3箇所欠損
中間列
歯先の欠損なし
外側列
歯先 3箇所欠損

RS24 (ピッチ 38.1mm) - 3列 歯数 20



駆動くさりのリンクプレートに付いた傷



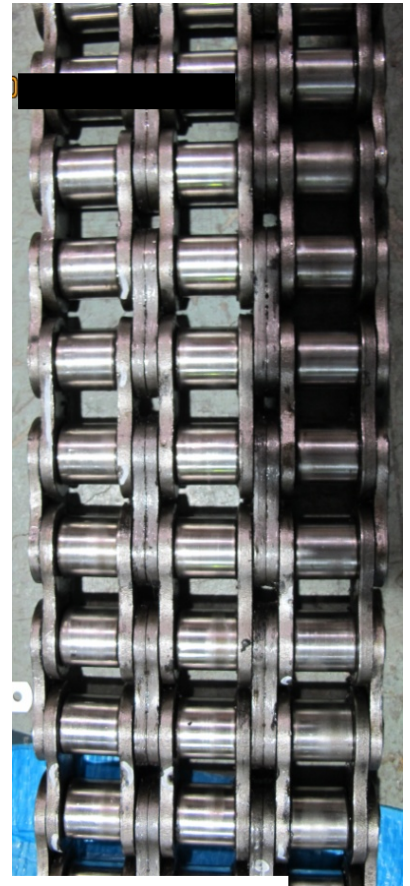
駆動くさりのローラーに付いた傷



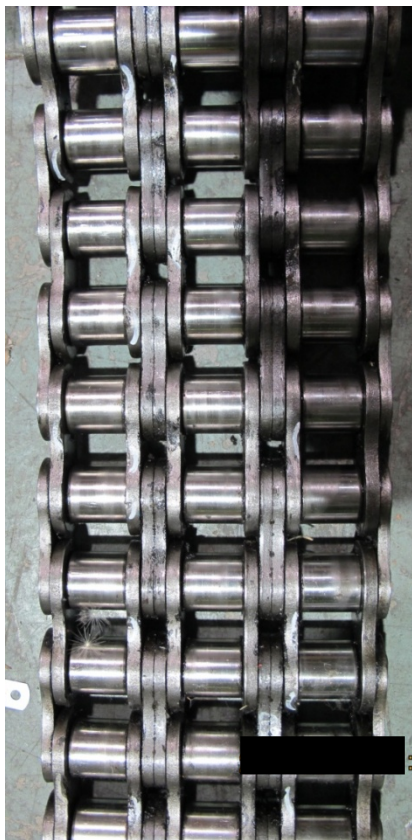
ローラーNo0~9



ローラーNo22~33



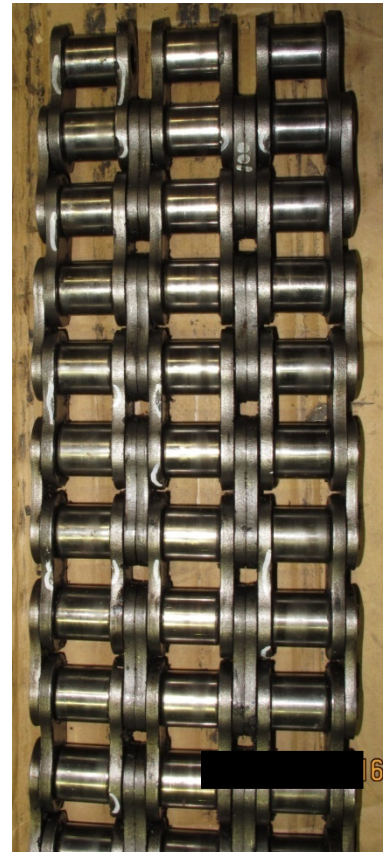
ローラーNo40~48



ローラーNo59~66



ローラーNo72~80
32



ローラーNo92~101