

# 東京都葛飾区内エレベーター事故調査報告書

平成28年4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

# 東京都葛飾区内エレベーター事故調査報告書

発生日時：平成25年12月26日（木） 10時44分ごろ

発生場所：東京都葛飾区 東京都保健医療公社 東部地域病院

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	朗	
委員	松久	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	事故直後のエレベーターの状況		
2.3.2	事故機の巻上機の構造に関する情報		
2.3.3	主軸とフランジの接合部の状況		
2.3.4	破断面の状況		
2.3.5	主軸・フランジ溶接品の製作について		
2.4	同型巻上機に関する情報		
2.4.1	目視・触診等による調査		
2.4.2	大径側の溶接部の疲労安全率計算		
2.5	他社の主軸・フランジ溶接品の実績について		
3	分析	……	11
3.1	事故時の状況について		
3.2	製作における溶接工程について		
3.3	主軸が破断に至る過程について		
4	原因	……	13
5	再発防止策	……	13
6	意見	……	13

## 《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25年12月26日（木） 10時44分ごろ

発 生 場 所：東京都葛飾区 東京都保健医療公社 東部地域病院

被 害 者：なし

概 要：病院の6号機の乗用エレベーターにおいて、利用者（1名）が1階から3階に上がるために乗り込んだところ、3階で停止せず上昇し、4階（最上停止階（※））床レベルより約750mm上にて停止し、閉じ込められた。

（※）建物は5階までであるが当該エレベーターの乗場はなし。

## 1. 2 調査の概要

平成25年12月27日：昇降機等事故調査部会委員、国土交通省職員及び東京都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：東京都葛飾区

所 有 者：東京都知事

管 理 者：公益財団法人 東京都保健医療公社 東部地域病院

構 造：RC造

階 数：地上5階・地下1階

建 物 用 途：病院

確認済証交付年月日：昭和63年4月19日

検査済証交付年月日：平成 2年6月27日

## 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 者：三精輸送機株式会社（現・三精テクノロジーズ株式会社、以下「三精テクノロジーズ」という。）

製 品 型 式：P11-CO-90

用 途： 乗用  
定格積載量・定員： 750kg・11名  
定格速度： 90m/分  
駆動方式： ロープ式（トラクション式）  
制御方式： インバーター制御  
操作方式： 方向性乗合全自動方式  
昇降行程： 17.295m  
停止階数： 5箇所停止（B1、1～4階）  
機械室位置： 昇降路直上  
出入口の大きさ： 間口900mm×高さ2,100mm  
出入口の戸： 2枚戸両開き  
かごの大きさ： 間口1,400mm×奥行1,350mm  
電動機定格容量： 9.5kW  
巻上機： ウォームギヤ・TL40V型  
戸開走行保護装置： 未設置

(2) 確認済証交付年月日： 平成2年2月23日

(3) 検査済証交付年月日： 平成2年6月25日

## 2.2.2 事故機の保守に関する情報

保守会社： 三精テクノロジーズ（連結子会社のサンセイメンテナンス株式会社に業務再委託）

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25年 9月7日（指摘事項なし）

※既存不適格（戸開走行保護装置等）

直近の保守点検日： 平成25年11月2日（指摘事項なし）

## 2.3 事故発生時の状況等に関する情報

### 2.3.1 事故直後のエレベーターの状況

- (1) かごは4階（最上停止階）床レベルの上方750mmで停止していた。
- (2) 釣合おもりは緩衝器に突き下げていた。
- (3) 1階から3階に上がるために乗り込んだ利用者1名がかご内に閉じ込められ、約5分後に施設防災センター職員により救出された。負傷はなかった。
- (4) 機械室内の巻上機（写真1、図1）の主軸が破断していた（図2）。（以下、破断した主軸のうち、綱車側を「大径側」、その反対側を「小径側」とする。）
- (5) 調速機の過速スイッチ及び機械キャッチが作動していた。
- (6) かごの非常止め装置が作動していた。

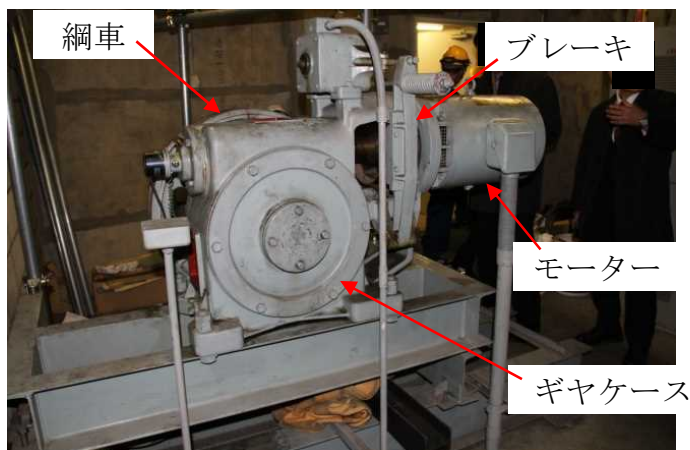


写真1 巻上機外観

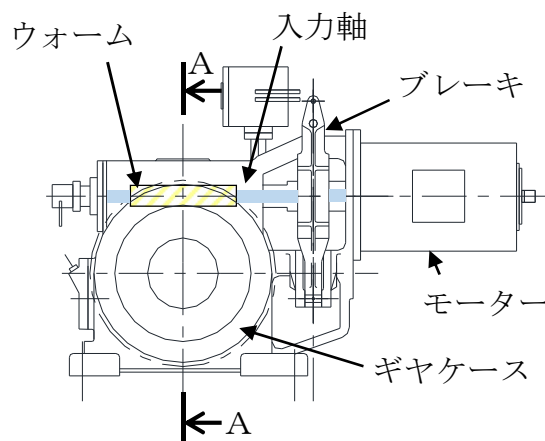
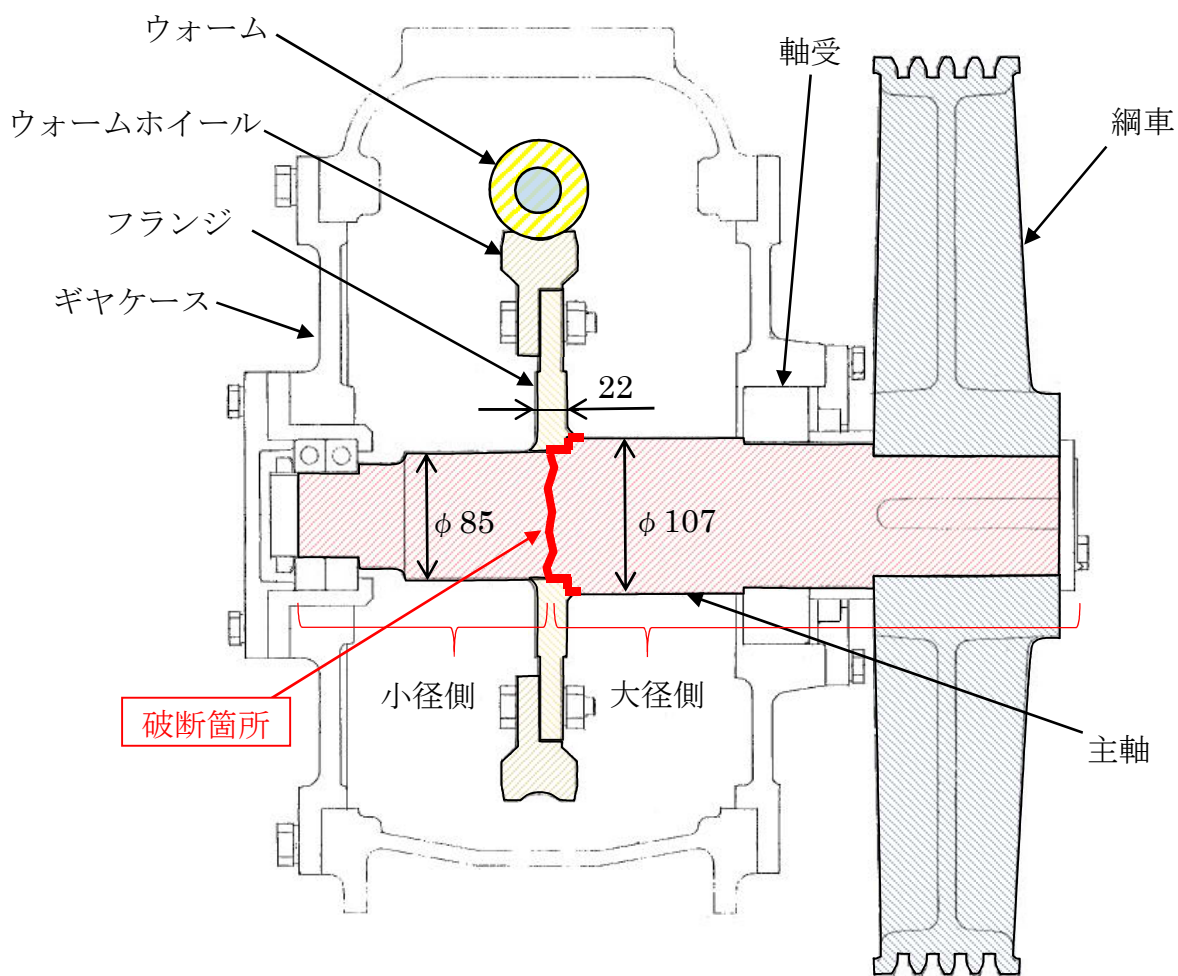


図1 巻上機全体



(単位：mm)

図2 巻上機の内部構造 (図1の矢視A-A)

### 2.3.2 事故機の巻上機の構造に関する情報

事故機の巻上機は図1及び図2に示す構造であり、通常の運転においては、モーターの駆動トルクがウォームギヤ（ウォームとウォームホイールによる伝達）によりフランジを介して主軸に伝わり、網車を駆動させる。

また、非常時等に急制動させる際も同様に、ブレーキの制動トルクがウォームギヤ及び主軸を通じて伝わることにより、網車を制動させる。



### 2.3.3 主軸とフランジの接合部の状況

事故機の主軸とフランジは全周溶接により接合される構造である（図3）。図4に、主軸及びフランジの溶接部分の形状（寸法含む）を示す。本製品の製作図面には、大径側の溶接のために主軸に5mmの開先加工（図4のA部）、小径側の溶接のためにフランジに10mmの開先加工（図4のB部）を施すよう示されていた。

また、主軸の段付き部には応力集中を緩和するために半径1mmの丸み面取り加工（図4のC部）を施すよう示されており、フランジを挿入した際にその丸み面取り部との干渉を避けるために、フランジに2mmの45°面取り加工（図4のD部）を施すよう示されていた。

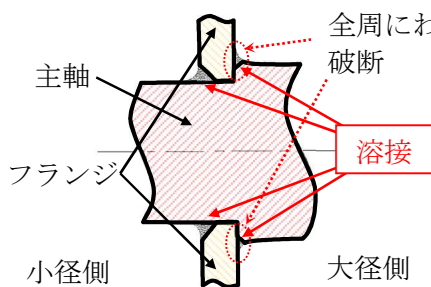


図3 主軸とフランジの溶接

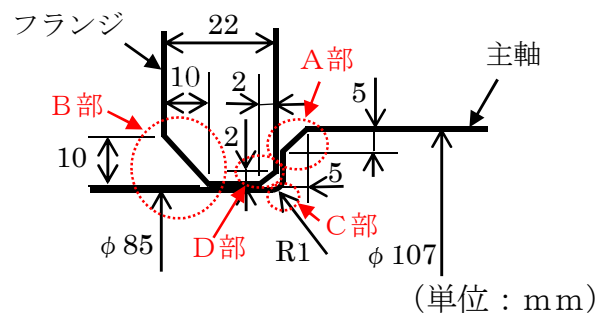


図4 溶接部の開先寸法（図面指定値）

写真2に、巻上機から取り外した主軸の状態を示す。大径側の溶接部が全周にわたって破断していた。一方、小径側の溶接部は破断しておらず、フランジは小径側の主軸と接合されたままの状態であった。

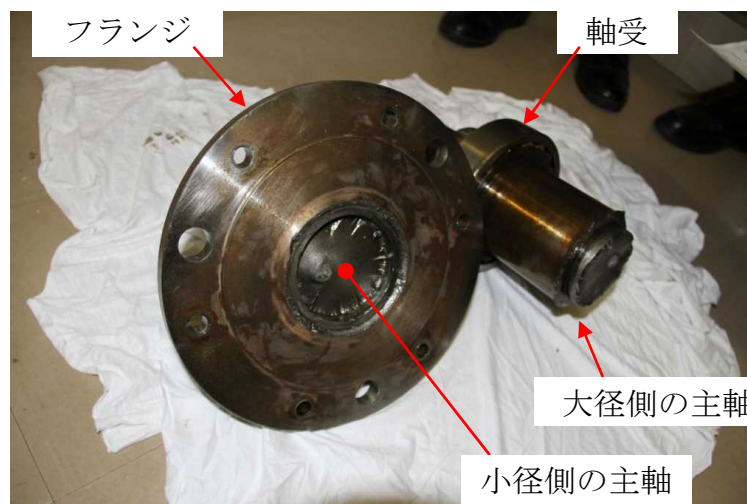


写真2 主軸の破断状況

### 2.3.4 破断面の状況

#### (1) 溶接の破断面

大径側の主軸破断部のうち、溶接部の破断面の状況を写真3に示す。



写真3 大径側の主軸破断部（溶接破断面拡大）

主軸の開先部において、切削加工される際に形成される切削痕が見られ、この領域には溶接の溶け込みがなかった。こうした領域は、主軸の開先部のほぼ全周にわたり存在していた。

また、主軸とフランジの溶接部の垂直断面を観察するため、当該事故機品、及び比較のため事故後に製作したサンプル品のそれぞれを切断したところ、以下の点が認められた。（写真4）

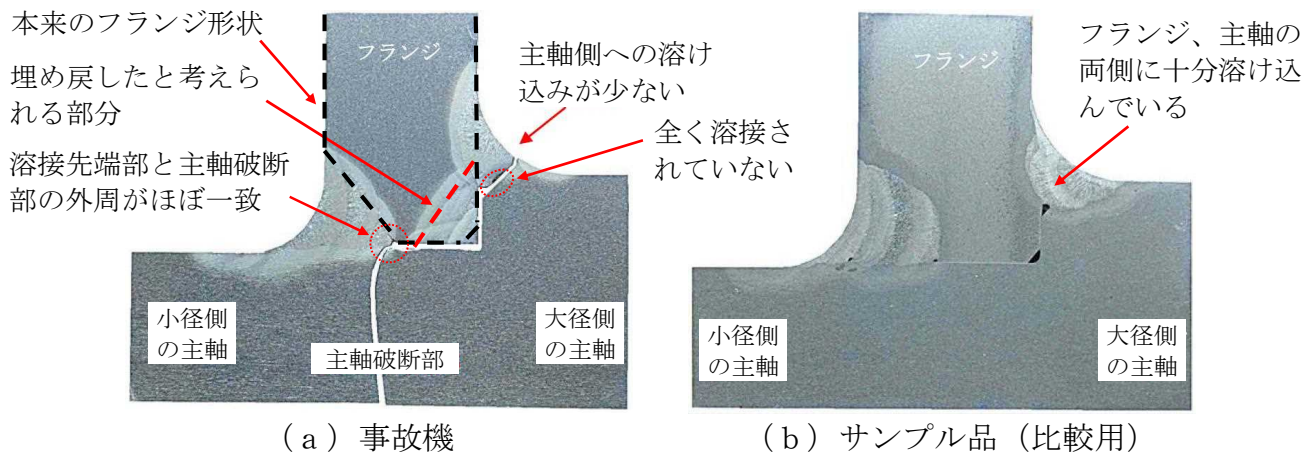


写真4 主軸とフランジの溶接部の垂直断面

- ・事故機の大径側の溶接部は、サンプル品と比較して偏りが見られ、フランジ側に溶接金属が多く、主軸側は少ない。
- ・フランジの右下隅部は、図面上2mmの45°面取り加工（図4のD部）であるが、事故機にはそれよりも大きな寸法の面取り加工を行い、それを溶接により埋め戻したと考えられる部分がある。
- ・小径側の溶接先端部と、主軸破断部の外周がほぼ一致している。

(2) 主軸破断面の観察結果

大径側の主軸破断面全体、及び走査型電子顕微鏡による破断面の観察結果を写真5に示す。

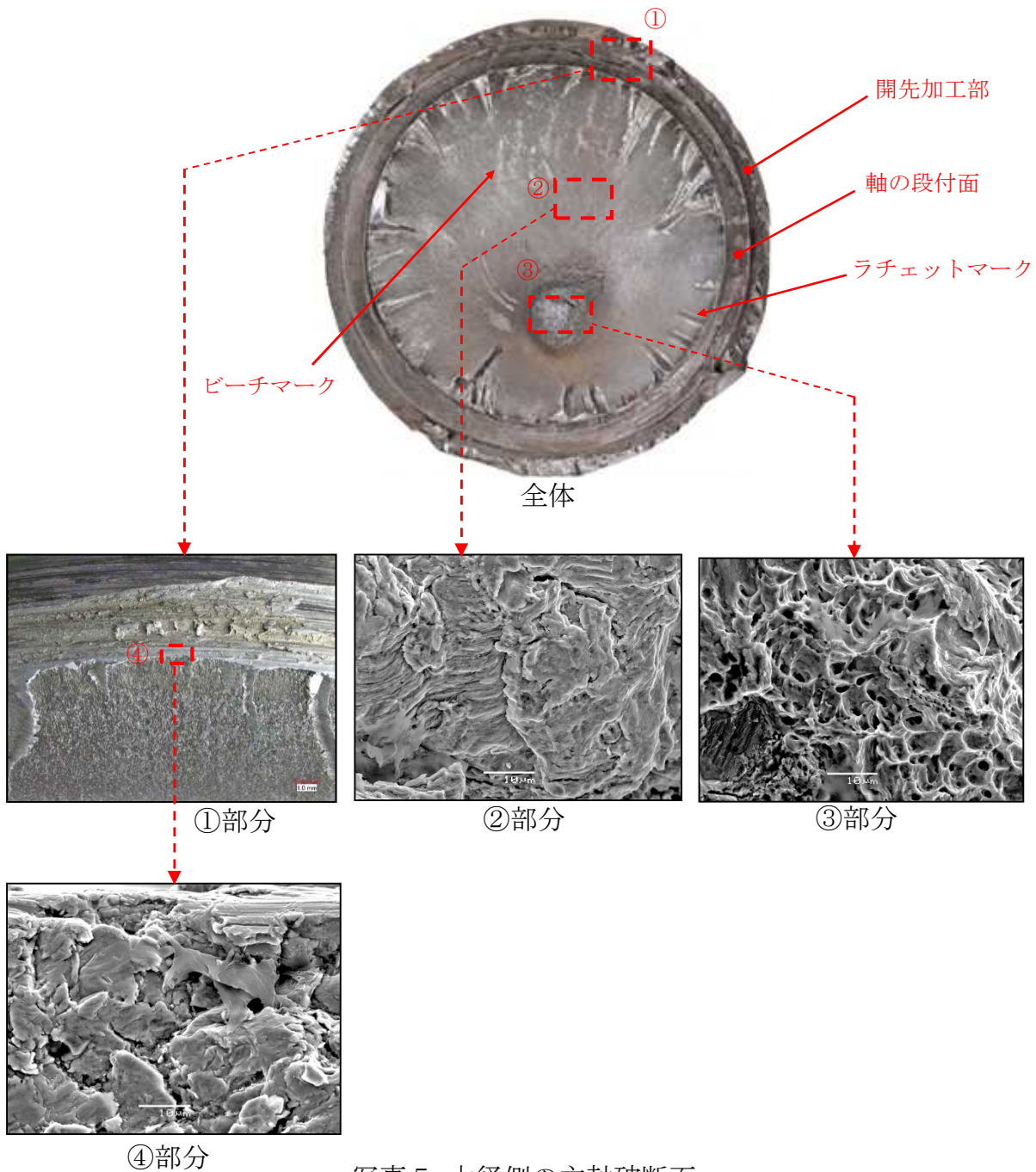


写真5 大径側の主軸破断面

写真5から、以下のことが認められる。

- ・全周にわたりラチェットマークが見られるが、破壊の起点は、その中でも、最終破壊部（後述の③部分）との位置関係、ビーチマーク（波状模様）から判断すると、①部分を主起点として破壊が進展した。（全体、①部分、④部分）
- ・②部分はストライエーションらしき縞状模様が見られ、疲労破壊による亀裂が進展した。
- ・③部分はディンプル模様が見られ、延性破壊が発生して最後に破断した。

### 2.3.5 主軸・フランジ溶接品の製作について

三精テクノロジーズによれば、事故機及び同型巻上機の主軸・フランジ溶接品は2社に外注し製作していたとのことである。このうち事故機の溶接品を製作した株式会社小林製作所（事務所：大阪市西区、工場：奈良県生駒市、従業員数：約10名。以下「小林製作所」という。）とは、昭和48年以前から平成10年まで取引していたとのことであるが、同社は平成10年に倒産しており、現存していない。

三精テクノロジーズでは、事故機の製作当時、主軸・フランジ溶接品について外注先からの受入検査（外観、寸法等）を実施していたが、外注先に対し、出荷検査記録や溶接資格者証の提出は求めておらず、また、製作や検査にあたって要領書等による指示はしていなかったとのことである。

なお、関係団体を通じて確認したところ、三精テクノロジーズ以外のエレベーターメーカーにおいては、巻上機の関連部品について小林製作所との取引はなかったとのことである。

## 2.4 同型巻上機に関する情報

### 2.4.1 目視・触診等による調査

三精テクノロジーズによれば、主軸とフランジを溶接接合した構造の巻上機は、事故機のTL40V型に加え、TL40型、TL30V型、TL30型の計4種類あり、昭和30年から平成7年までに計1,139台出荷されたとのことである。

このうち、廃止又は他機種に更新された173台及び事故機（1台）を除いた965台について、当該溶接部の目視・触診、超音波探傷又は断面観察により異常の有無を確認したところ、平成26年9月までに全て異常がないことが確認されている。（表1）

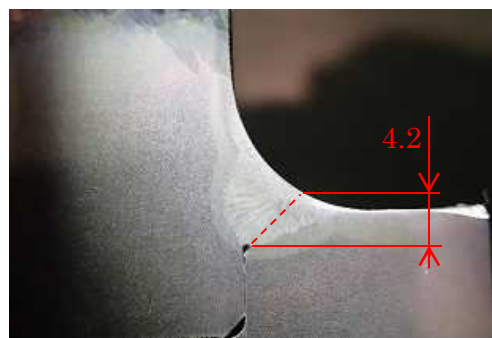
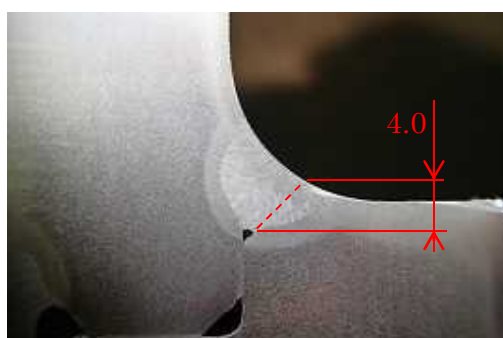
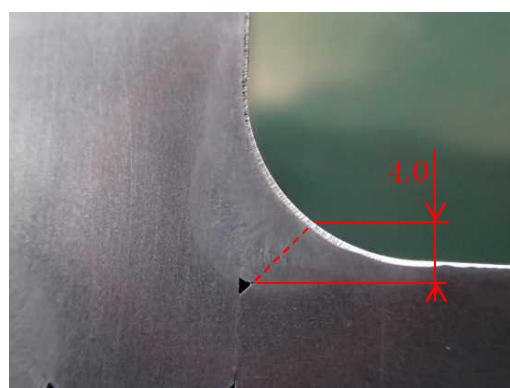
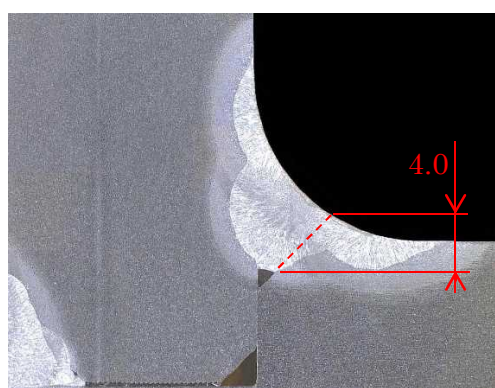
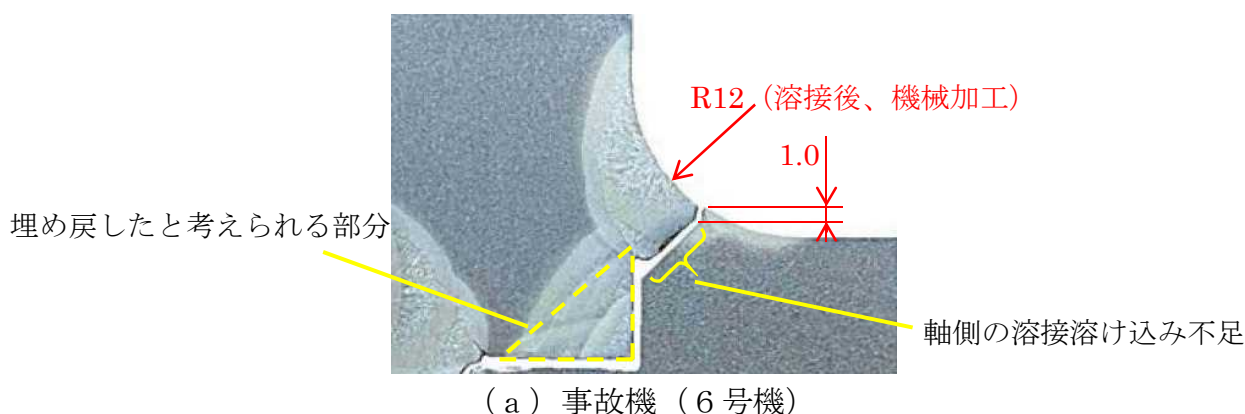
表1 溶接部の調査

調査方法（対象）	台数
① 目視・触診（②③以外の物件）	811台
② 超音波探傷（①の触診により「違和感」を感じた物件等）	115台
③ 断面観察（主軸の疲労安全率が一定値（※）以下の物件）	39台
合計	965台

※事故機と同一製品型式の設計値（1.47）

写真6に、事故機及び同じ建物内の4台（巻上機はいずれも事故機と同じTL40V型）から取り外した主軸・フランジ溶接品の溶接部断面を示す。事故

機以外の4台については、主軸側への溶け込み不足、フランジ部の加工不良（溶接による埋め戻し）などの問題は見られなかった。



(単位：mm)

写真6 大径側の主軸溶接部断面 (寸法：溶接接合寸法)

#### 2.4.2 大径側の溶接部の疲労安全率計算

三精テクノロジーズが、2.4.1項で観察した溶接部の溶接接合寸法に基づき、当該溶接部の疲労破断に対する疲労安全率を計算したところ、事故機の大径側の溶接部の疲労安全率は0.47であり、「巻上機綱車軸の強度設計基準 (一般社団法人日本エレベーター協会)」により示されている基準 (1.2以上) を下回っていた。

また、事故機と同じ建物内の4台の疲労安全率は、表2のとおりであった。事故機においては、正常に溶接接合されていた同一製品型式（P11-CO-90）の2号機等と比較し、疲労安全率が大幅に低下していた。

表2 大径側の溶接部の疲労安全率

号機	エレベーターの製品型式	溶接接合寸法 (写真6) (mm)	疲労 安全率 Sf
6号機（事故機）	P11-CO-90	1.0	0.47
2号機（同一製品型式）	P11-CO-90	4.0	1.74
1号機	B1000-2S-60	4.0	1.46
3号機	B1000-2S-60	4.0	1.46
7号機	B1000-2S-60	4.2	1.53

<計算モデル>

大径側の溶接部に円周状に溶接された溶接金属を、溶接金属で作られた中空軸（図5）と想定し、その中空軸に曲げモーメント $M$ 及びねじりモーメント $T$ が同時に作用したものとして計算。

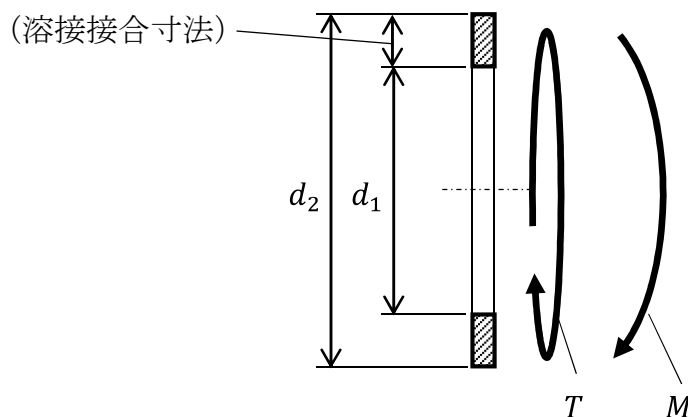


図5 大径側溶接部の疲労安全率計算モデル

溶接部の疲労強度 $\tau_w$ 、溶接部の最大せん断応力 $\tau_{max}$ 、及びこれらにより求められる疲労安全率Sfの計算式は、以下のとおり。

$$\tau_w = \frac{\zeta_1 \cdot \zeta_2}{\beta} \cdot \tau_{w0} = \frac{\zeta_1 \cdot \zeta_2}{\beta} \cdot (0.22 \cdot \sigma_B) \quad ①$$

$$\tau_{max} = \frac{\sqrt{M^2 + T^2}}{Z} = \frac{\sqrt{M^2 + T^2} \cdot 16 \cdot d_2}{\pi \cdot (d_2^4 - d_1^4)} \quad ②$$

$$Sf = \frac{\tau_w}{\tau_{max}} \quad ③$$

表3 疲労安全率計算式の係数等（事故機の場合）

係数等	名称	事故機の数値	備考
$\zeta_1$	寸効効果係数	$0.9269 \left( = 1 - \sqrt{3} \cdot \frac{\tau_{w0}}{\sigma_B} \cdot \left( 0.522 \cdot e^{-\frac{5.33}{d_2}} - 0.306 \right) \right)$	金属材料疲労強度の設計資料 I（日本機械学会編）より
$\zeta_2$	仕上げ係数	0.8	疲労設計便覧（日本材料学会編）より
$\beta$	切欠係数	1	切欠き、キー溝、圧入なし
$\tau_{w0}$	平滑材の両振ねじり疲労限度	$(= 0.22 \cdot \sigma_B)$	金属材料疲労強度の設計資料 I（日本機械学会編）より
$\sigma_B$	引張強度	$340 \text{ N/mm}^2$	溶接金属であり、母材（主軸：S20C、フランジ：SS400P）の引張強度 $400 \text{ N/mm}^2$ の85%とした。
$M$	曲げモーメント	$1.866 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$	事故機の100%積載における値（三精テクノロジーズより）
$T$	ねじりモーメント	$1.256 \times 10^6 \text{ N} \cdot \text{mm}$	
$Z$	溶接部の断面係数	$\left( = \frac{\pi \cdot (d_2^4 - d_1^4)}{16 \cdot d_2} \right)$	中空軸の場合
$d_1$	溶接部の内径	110mm	写真6（a）より
$d_2$	溶接部の外径	112mm	

## 2. 5 他社の主軸・フランジ溶接品の実績について

関係団体を通じて、事故機と同様に主軸とフランジとを溶接にて結合した構造のウォーム巻上機の実績有無（実績あればその製造時期等）について、三精テクノロジーズ以外のエレベーターメーカー及び巻上機メーカーに照会したところ、実績有りと回答した社は表4のとおりであった。

表4 他社の主軸・フランジ溶接品の実績

社名	製造時期	台数	過去の主軸破断不具合
A社	昭和46年～昭和56年	約6,000	3件（昭和56年、昭和56年、平成8年発生） ※溶接欠陥による
B社	昭和46年～昭和48年	約250	なし
C社	昭和37年～昭和60年	約3,800	なし
D社	昭和40年代前半～平成16年	約5,900	なし
E社	昭和44年～昭和55年	約100	なし
F社	昭和40年代後半～製造中	約8,000	なし

### 3 分析

#### 3.1 事故時の状況について

かごが停止すべき階で停止せず突き上げたのは、巻上機の主軸が破断したことにより、主索が巻き掛けられている綱車がウォームホイール側と分離し、モーターによる駆動トルク、ブレーキによる制動トルクの両方が伝わらなくなり、1名が乗車していたかごよりも釣合おもりの方が重いためかごが上昇したと認められる。

また、調速機及びかごの非常止めが作動していたのは、かごが上昇中に増速して調速機の作動速度に達し、その後かごが突き上げて下降に転じた際に調速機が調速機ロープを把持したことにより非常止めが作動したものと考えられる。

#### 3.2 製作における溶接工程について

2.4.1項のとおり、事故機の主軸・フランジ溶接品の径側の溶接部は、他のエレベーターから取り外したのものよりも、溶接接合寸法が小さかった。

これについては、当該部品の製作者である外注先が倒産しており詳しい経緯は不明であるが、フランジ部の誤った面取り加工及びその埋め戻しがあるなど、通常とは異なる工程で製作され、その中で、フランジ部に溶け込みが多く、逆に主軸部は溶け込みが少なくなるような角度で溶接施工されたものと考えられる。

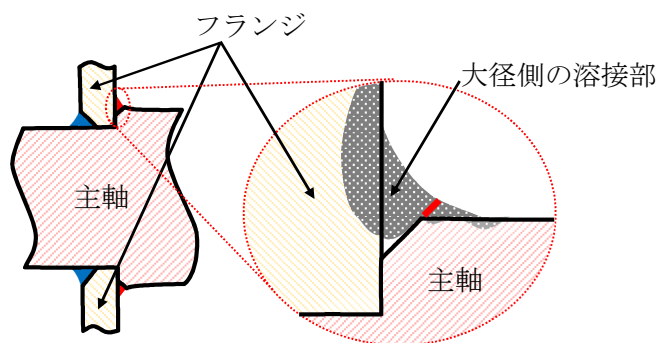
また、三精テクノロジーズによる外注管理を含めた溶接の品質管理体制が十分でなかったことから、溶接不良品を排除できなかったものと考えられる。



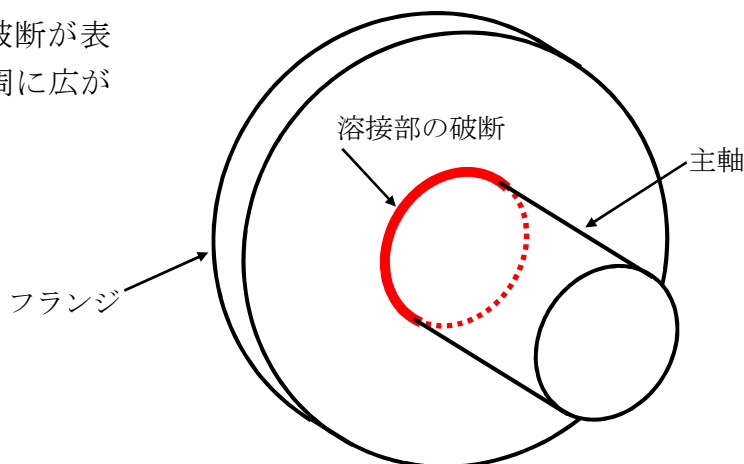
### 3. 3 主軸が破断に至る過程について

大径側の溶接部は、溶接接合寸法が小さかったことから、2.4.2項で示したとおり、設計よりも疲労強度が低く、疲労破断に至り、大径側の溶接部の破断により、主軸のフランジ部分に本来想定していない曲げモーメントとねじりモーメントが作用し、小径側の溶接部先端（2.3.4（1）項参照）に応力集中が起き、その主軸外周から内部に疲労による亀裂が進展（2.3.4（2）項参照）して、その後、主軸自身も疲労破断に至ったものと推定される。（図6）

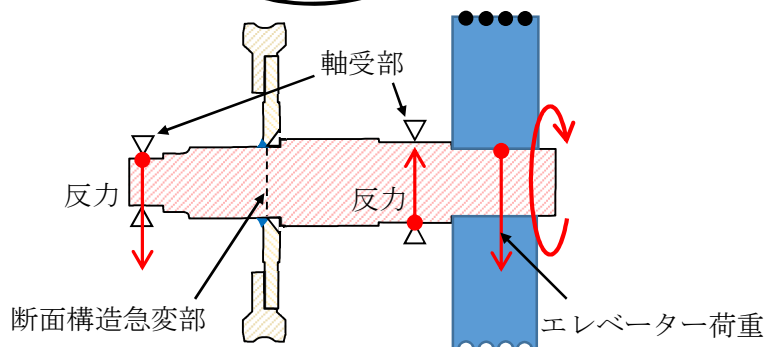
- ① 溶接の溶け込み不足により、大径側の溶接部の破断が進行する。



- ② 一部の溶接部の破断が表面に達した後、全周に広がる。



- ③ 主軸に掛かる曲げモーメントとねじりモーメントが増大し、小径側溶接部は断面構造急変部であることから、応力集中が発生し疲労破壊が始まる。



- ④ 軸が破断する。

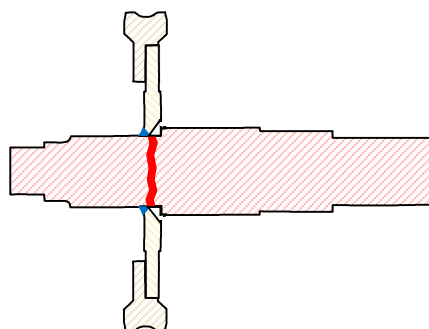


図6 主軸の破断過程（推定）

## 4 原因

本事故は、上昇運転中のエレベーターが目的階（3階）で停止せずそのまま上昇を続け、最上停止階（4階）を行き過ぎて釣合おもりが緩衝器に突き下げることに  
より停止したものである。

目的階で停止しなかったのは、走行中に巻上機の主軸がフランジとの溶接接合部分で破断したため、主索が巻き掛けられている綱車がウォームホイール側と分離し、モーターによる駆動トルク、ブレーキによる制動トルクの両方が伝わらなくなったことによるものと認められる。

主軸がフランジとの溶接接合部分で破断したのは、溶接接合部分が疲労破断し、主軸自体に応力集中が発生し疲労破断したことによるものと推定される。

溶接接合部分が疲労破断したのは、製造時のフランジ部の面取り加工の誤り、及びそれに伴う溶接不良により、通常よりも溶接接合寸法が小さくなったことによるものと推定される。

溶接不良品が使用されたのは、当時の外注管理を含めた溶接の品質管理体制が十分でなかったことによるものと考えられる。

## 5 再発防止策

三精テクノロジーズは、主軸とフランジを溶接接合した構造の巻上機は平成7年に製造を終了しており、現在稼働中のエレベーター（事故機以外の965台）については、緊急点検において異常は確認されなかった。

ただし、三精テクノロジーズでは、今後、定期的（年1回）に当該溶接部の目視及び触診による点検を実施し、異常の可能性が認められた場合には超音波探傷検査を行うこととしている。また、点検対象のエレベーターには、その旨を制御盤に表示するとともに、自社で保守を実施していない物件についても、所有者を通じて点検マニュアルを保守業者に配布している。

なお、三精テクノロジーズでは、現在は、主軸とフランジの接合に溶接を用いていないが、その他の溶接箇所を外注する場合には、外注先に対し、製作や検査に関する要領書等を配布するとともに、図面指示に応じて製品ごとに「溶接施工管理シート」の提出を求め、検査結果や溶接作業者の資格確認等を実施している。

## 6 意見

国土交通省は、関係団体を通じて、昇降機の製造にあたって主要な支持部分等に溶接接合を用いる場合においては、外注管理を含め、溶接接合部分の品質管理の徹底を図るよう指導すること。