

平成24年度建築基準整備促進事業

調査番号:51

# 昇降機の安全対策に関する検討

報告書

学校法人東京電機大学

## 1. 事業の目的

平成24年度 建築基準整備促進事業の調査番号51の調査項目は、「昇降機の安全対策に関する検討」で、具体的な調査の課題は、次の(イ)、(ロ)である。

### 調査の課題

(イ)エレベーター主索の内部断線に関する安全対策の検討

(ロ)ワイヤーロープ等を用いたエスカレーターの落下防止対策に関する検討

## 2. 取り組み体制

事業主：学校法人東京電機大学

組織：委員会の下に、課題（イ）を検討するWG1、及び課題（ロ）を検討するWG2を設けた。

委員長：東京電機大学 教授 藤田 聡

委員会及びWG委員：

昇降機に見識のある学識経験者

（日本大学 教授、東京農工大 教授、埼玉工業大学 講師）

社団法人日本建設業連合会

一般社団法人日本エレベーター協会（本部及び製造会社の主要な6社）

協力委員：国土交通省、国土交通省 国土技術政策総合研究所、

独立行政法人建築研究所

なお、一般社団法人日本エレベーター協会には、調査等を円滑に推進するために、WG1及びWG2に対応した作業WGを設けた。

# WG1 報告書について

(イ)エレベーター主索の内部断線に関する  
安全対策の検討

## 検討課題

機械室なしエレベーターでの主索破断と非常停止という、最近の事故事例を踏まえ、次の検討を進めることとした。

- ・主索の劣化に及ぼす影響の把握
- ・主索の損傷・変形の状況を踏まえた安全対策の検討

### 1. 進め方

- (1) 主索の劣化に及ぼす要因の検討
- (2) 主索の寿命データの収集（主索直径と残存強度）
- (3) エレベーターの構造及び設置状況・環境の調査
- (4) 主索の劣化要因のまとめ
- (5) 主索劣化状況の正しい把握、及び保全と交換
  - ・主索の劣化判定と的確な交換基準の提案
  - ・主索劣化防止の観点から注意すべきエレベーター構造と建物の設置環境に関する提案

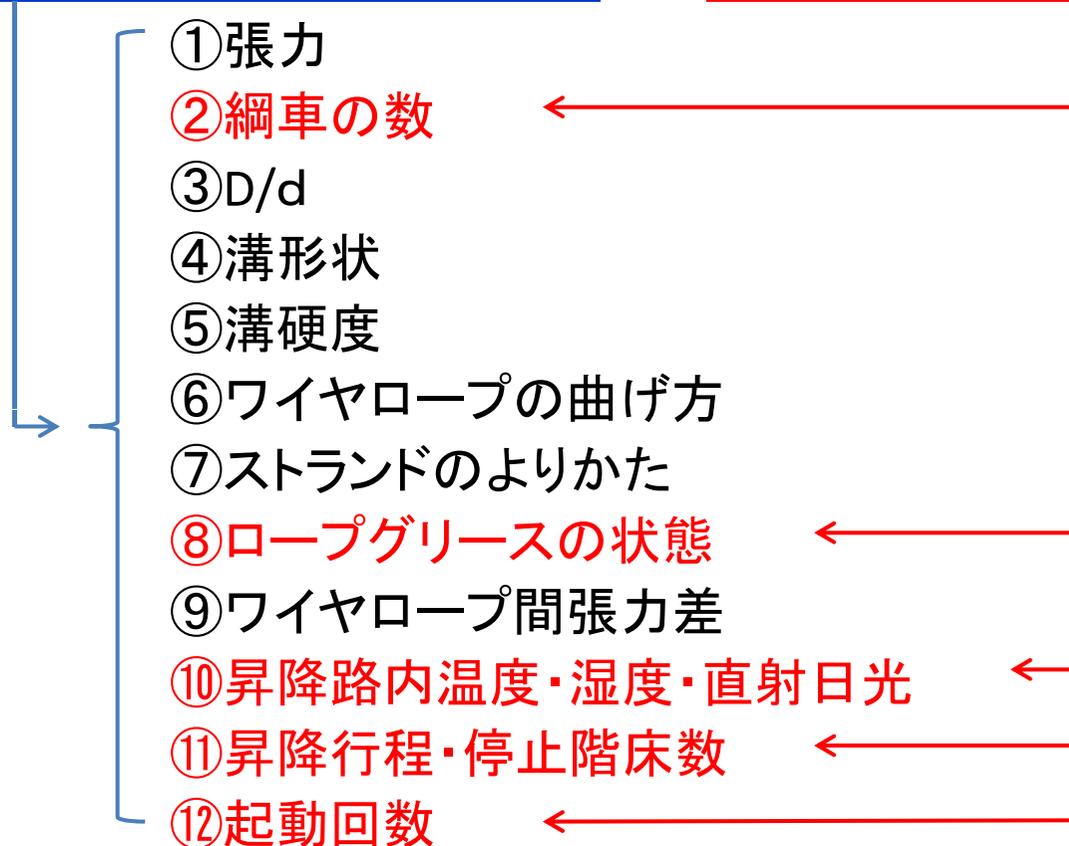
## 文献調査とFTA分析による主索劣化要因

ワイヤロープ劣化要因に言及している、各種文献(書籍、研究報告、学会発表論文、便覧)を参考として、FTA分析により把握した要因は次のとおりである。

FTAの頂上事象: 機械室なしエレベーター用主索破断

### 1. 技術面からみた評価項目

### 2. 各種対応を考慮した場合の評価項目

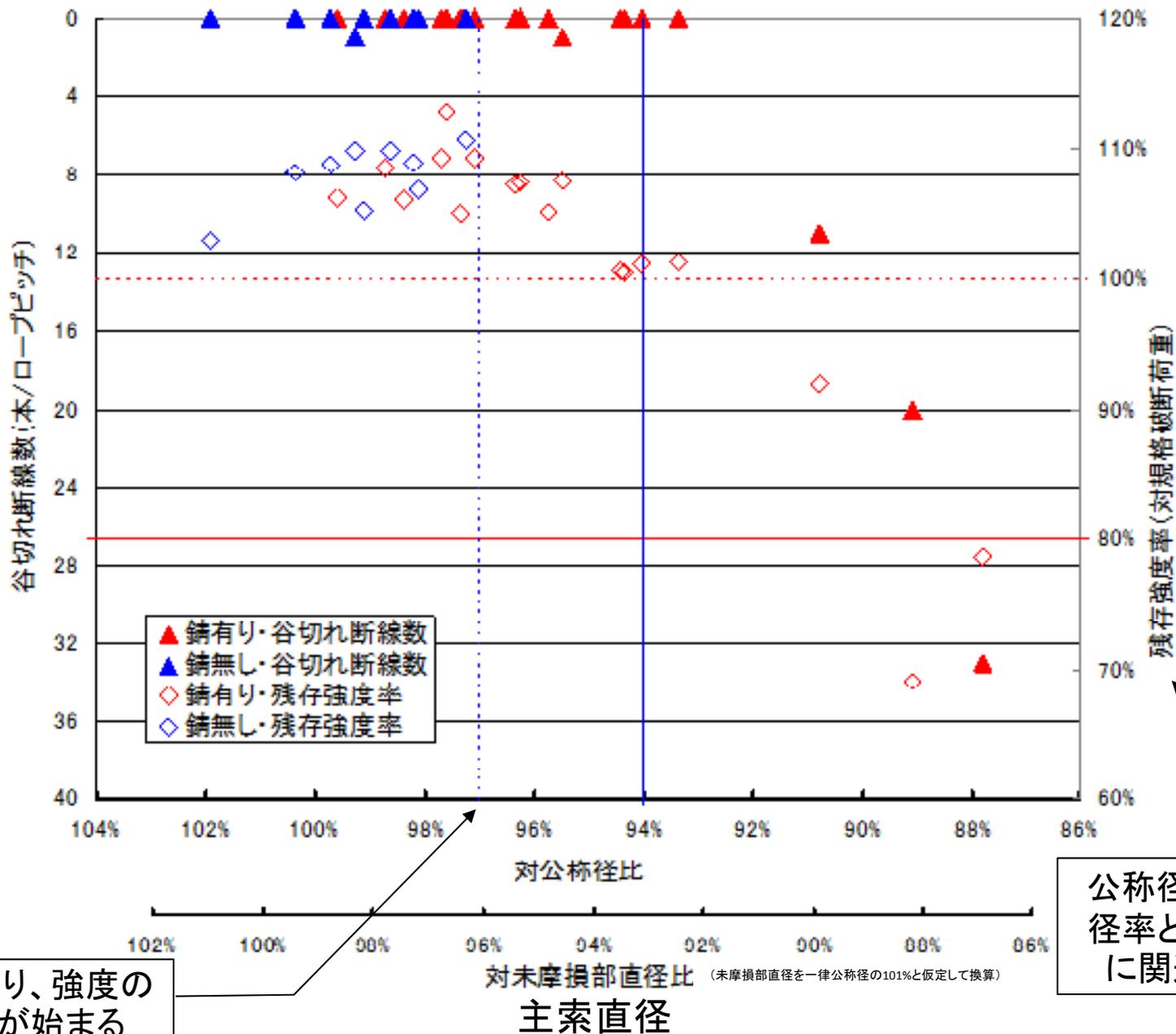


## 機械室なしエレベーターの主索劣化の進行状況

- ① 張力と繰り返し曲げによる主索各部の構造的隙間の縮小と主索直径の減少(減径)  
↓
- ② 減径に伴うストランド同士の接触と素線摩耗の発生  
(摩耗粉はロープグリースに包まれ発錆には至らない段階)  
↓
- ③ ストランドが相互に接触する谷部の摩耗及び減径の進行  
(摩耗粉の増加により潤滑不良となり谷部の摩耗粉が錆びる)  
↓
- ④ 摩耗の進行と素線断面積の減少と曲げ応力により谷切れ断線が発生  
↓
- ⑤ 錆びた摩耗粉が主索内部の各接触部に介入し研磨作用で摩耗が促進される。

谷部、底部、心綱の摩耗が進行し、素線断面積の減少により主索全体の強度が低下。

# 主索寿命データの収集 (主索直径と谷切れおよび残存強度の関係)



# 主索の内部摩耗による減径と強度低下

公称径対比の  
主索径比率

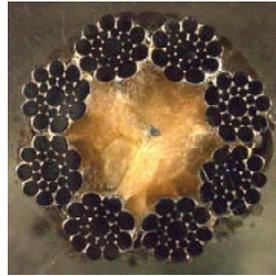
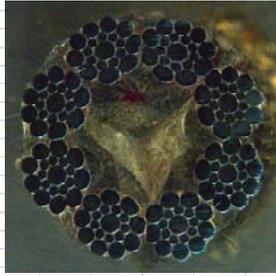
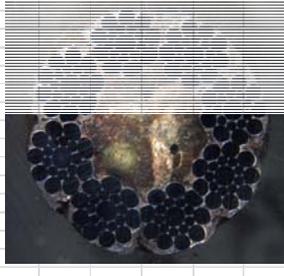
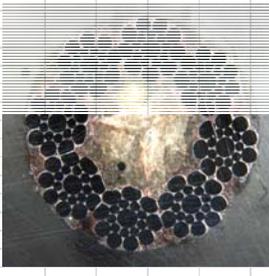
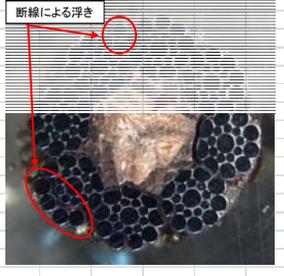
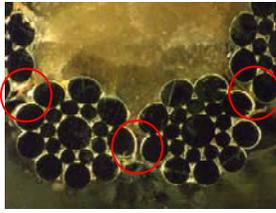
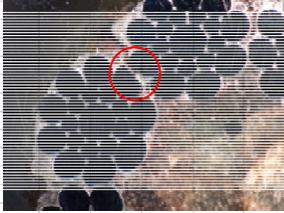
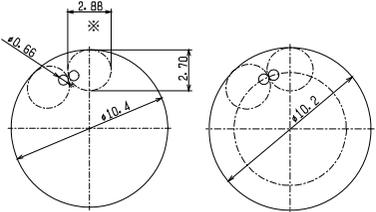
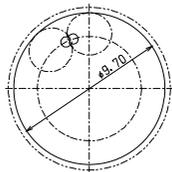
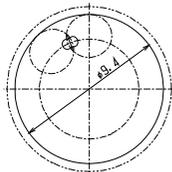
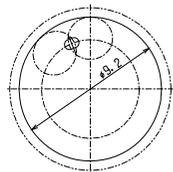
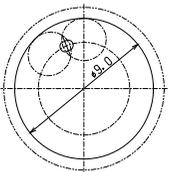
設置時~100%

100%~97%

97%~94%

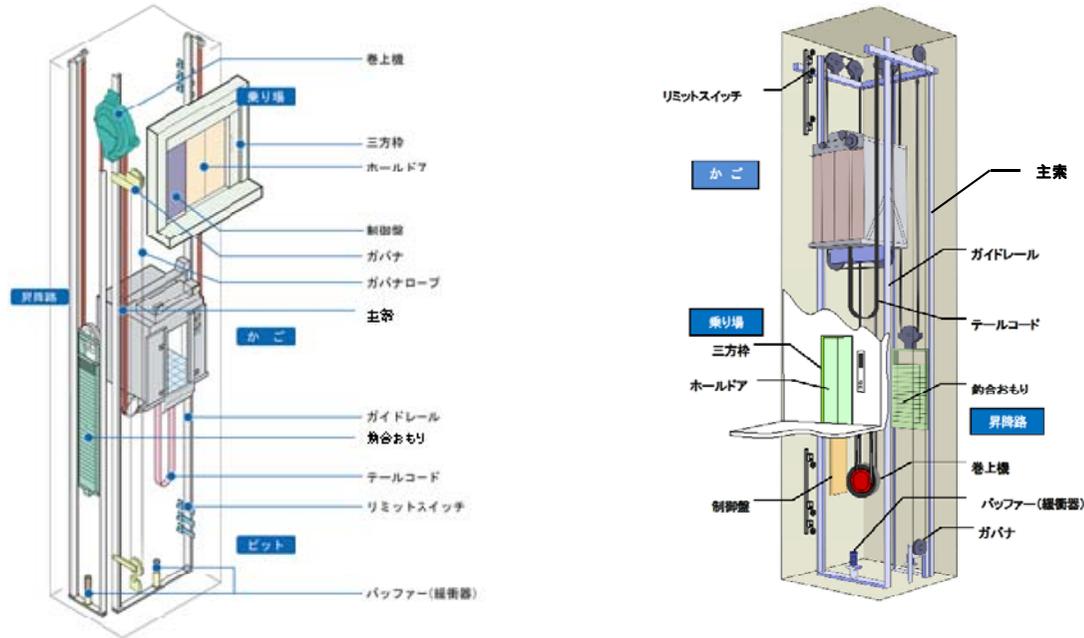
94%~90%

90%~85%

減径 レベル	公称径直径比	設置時~100%レベル	100~97%レベル	97~94%レベル	94~90%レベル	90~85%レベル
	未摩損部直径比 <sup>※1</sup>	設置時~99%レベル	99~96%レベル	96~94%レベル	94~93%レベル	93~89%レベル
	新品・回収品の直径	(10.2mm:新品)	(9.7mm)	(9.5mm)	(9.2mm)	(8.8mm)
新品・回収品 主索 断面観察						
						
		・ストランド間には隙間があり、素線は摩耗していない。	・一部の谷部素線に摩耗が確認されるが、ほとんど摩耗していない素線も存在している。 ・底部素線の摩耗は殆ど確認されない。	・一部の谷部素線に摩耗が確認されるが、ほとんど、摩耗していない素線も存在している。 ・底部素線の摩耗は殆ど確認されない。	・全ての谷部素線で摩耗が確認される。 ・底部素線の摩耗が一部で進行している。	・全ての谷部素線で摩耗が確認される。 ・全ての底部で摩耗が確認される。
素線の接触状態 検討CAD図 <sup>※2</sup>						

# 機械室なしエレベーター構造

## 1. 構造図

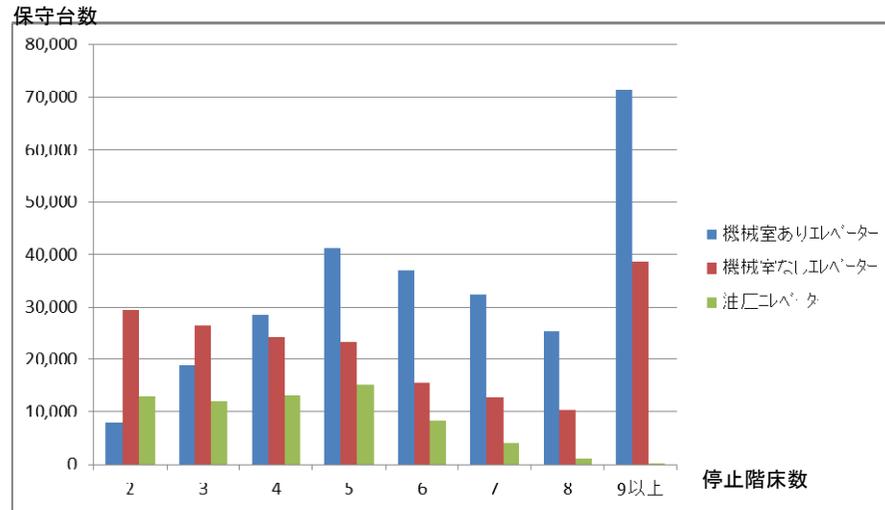


## 2. ローピング

構造	基本形 巻上機下部設置	基本形 巻上機上部設置 (巻上機下部綱車なし)	基本形 巻上機上部設置 (巻上機下部綱車付き)	特殊
模式図 <基本構造>				

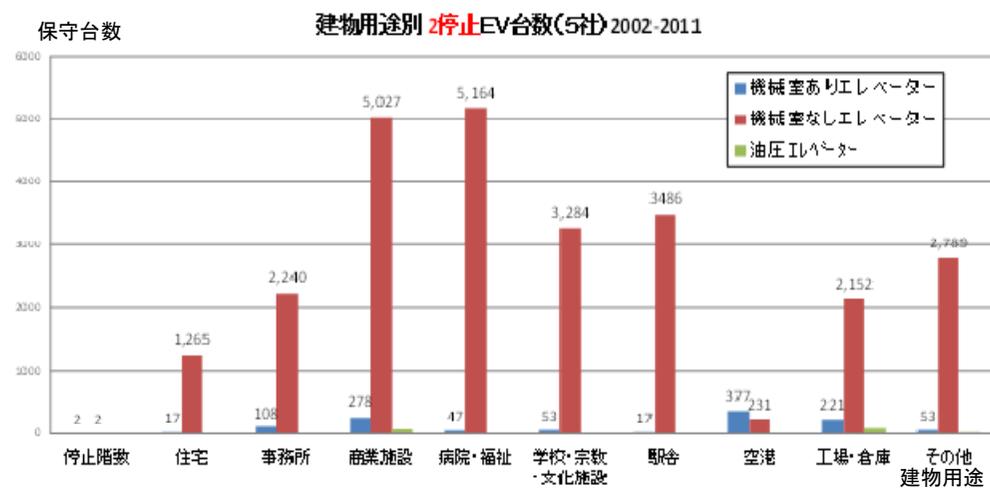
# 機械室なしエレベーターの設置状況

## (1) 停止階床分布



機械室なしエレベーターは  
2停止が最も多い。  
⇒ 主索の同一箇所を繰り返して  
曲げが発生する。

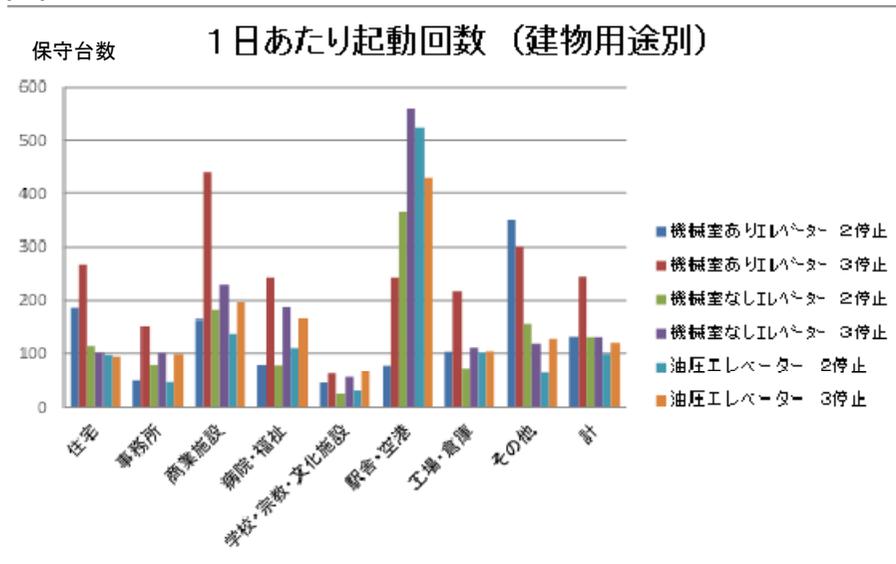
## (2) 2停止のエレベーターでの建物用途分布



2停止のエレベーターの建物用途は、  
多い順で、病院・福祉施設、商業施設、  
駅舎となっている。

# 機械室なしエレベーターの設置状況

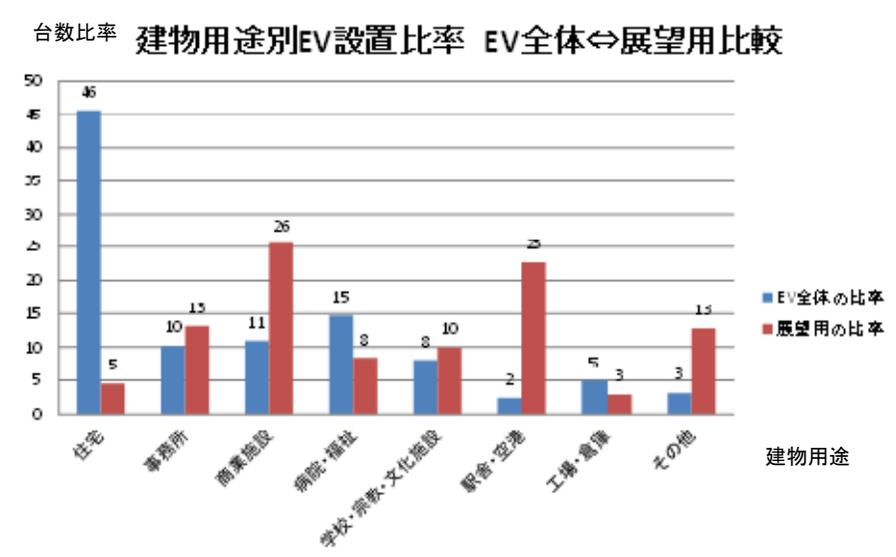
## (3) 起動回数



1日あたりの起動回数は、駅舎・空港に設置されたものが最も多い。

⇒ これらの建物用途に設置されたエレベーターでは主索劣化が進みやすい。

## (4) 建物用途別エレベーター設置台数比率



展望用エレベーターは駅舎・空港での設置比率が高い。

⇒ 展望用エレベーターは設置環境による影響を受ける可能性がある。

主索劣化の観点から、駅舎・空港に設置された、展望用の機械室なしエレベーターで停止階床数の少ないものに注意が必要である。

# 展望用エレベーター環境測定

## 1. 展望用エレベーターの環境測定

昇降路内の温度、湿度などの環境特性が、主索の寿命に影響を与えることを想定して、昇降路の環境測定を実施した。

## 2. 測定対象

No.1号機、No.2号機

11人乗り

積載750kg

定格速度45m/分

2停止

## 3. 測定期間

2012年8月～2013年1月

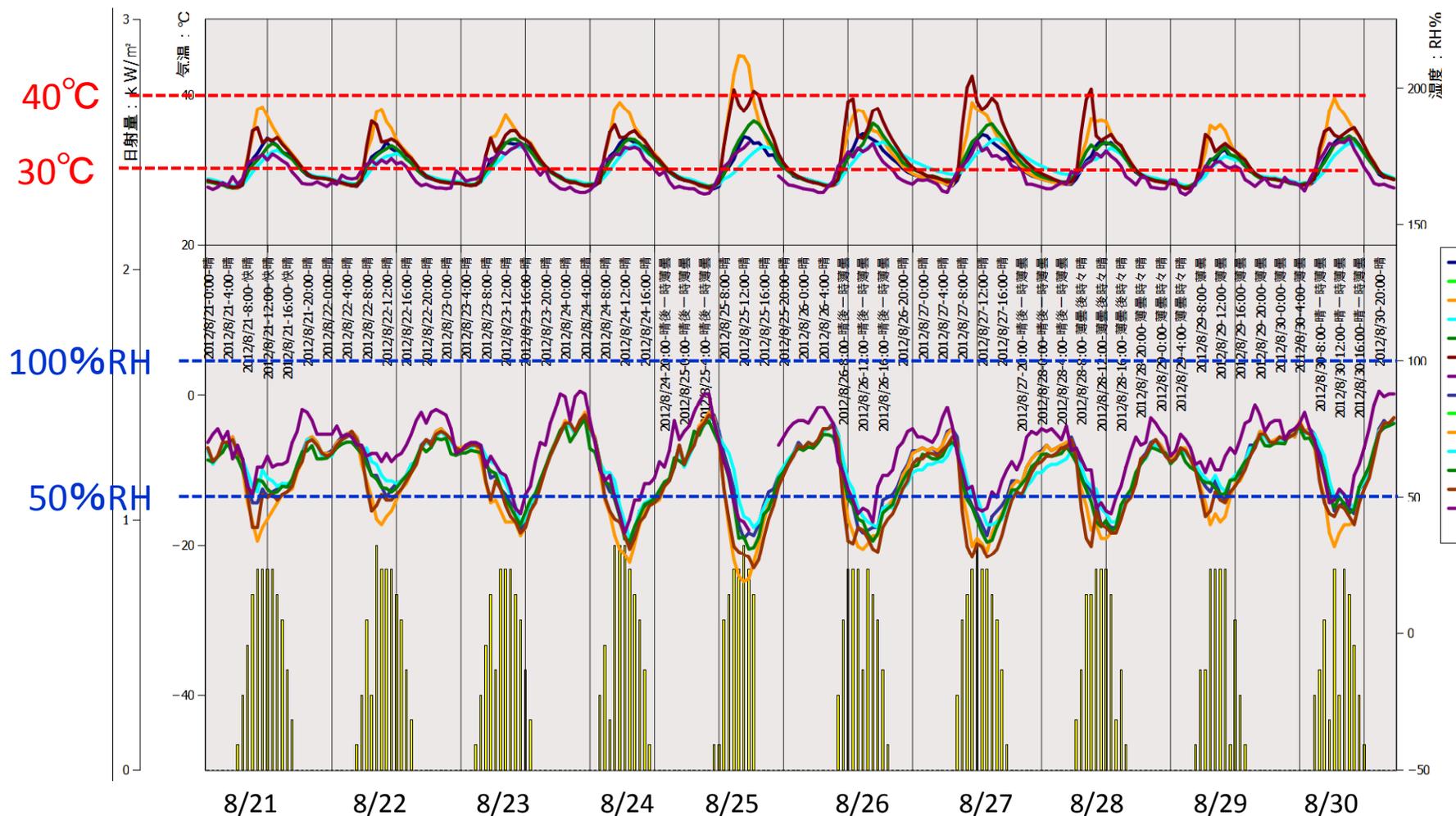
## 4. 測定項目



担当	システム	測定箇所	測定データ
三菱電機 ビルテクノサービス	エレベーター	昇降路頂部	温度・湿度、照度・紫外線量
		昇降路中間部	温度・湿度、
		昇降路ピット部	温度・湿度、
東京電機大学	ビル管理システム	1号館屋上	日射量、外気温、外気湿度、気象

# 展望用エレベーター環境測定

## 8月の測定データ例



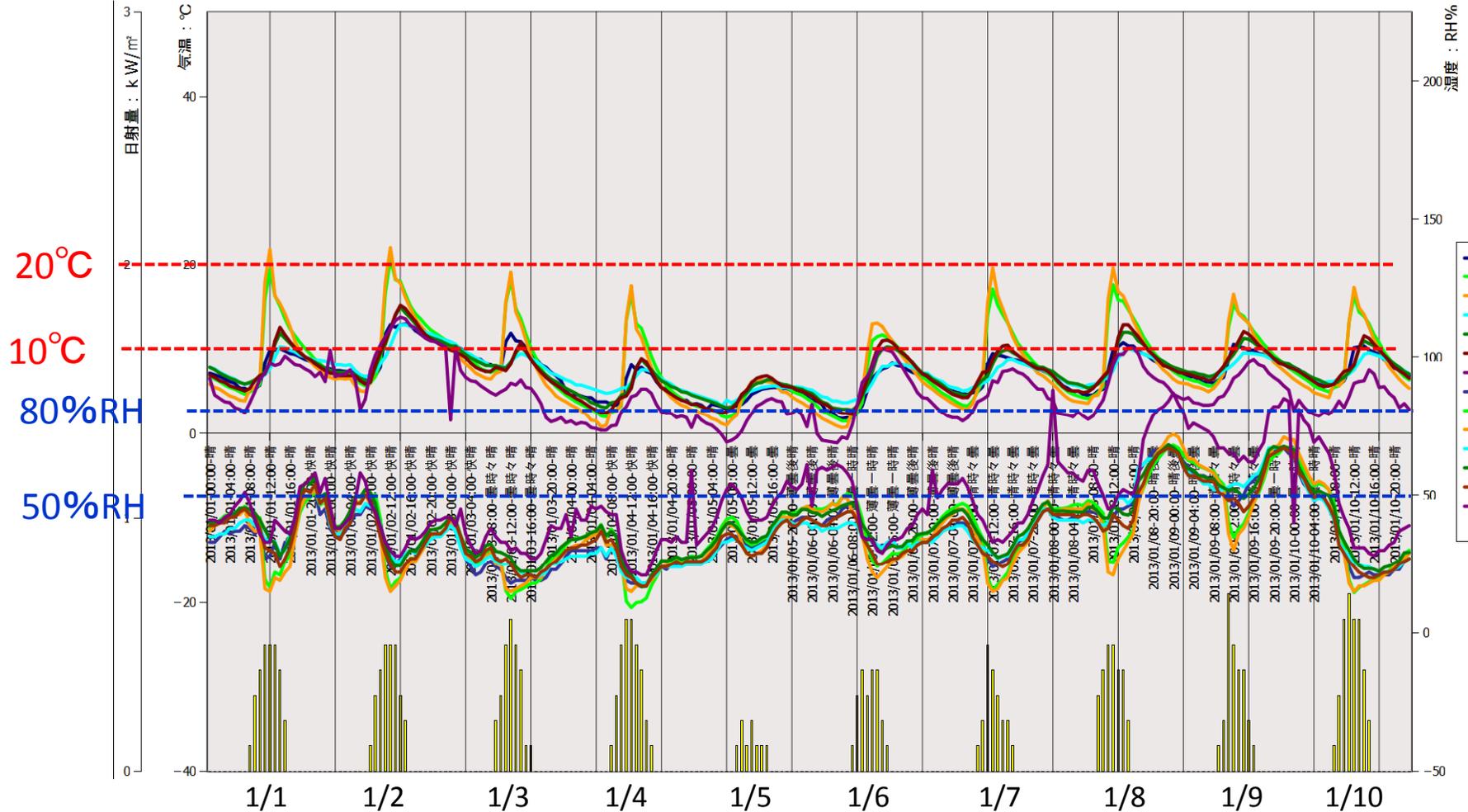
昇降路内最大気温：8月25日11時・45.2°C(1号館側頂部)・外気温：32.5°C

昇降路内温度と外気温との最大差：8月25日11時・12.7°C

昇降路内最大湿度：8月25日5時・81%(1号館側頂部・PIT)・外気湿度：88%

# 展望用エレベーター環境測定

## 1月の測定データ例



昇降路内最大気温：1月2日12時・22.1°C(1号館側頂部)・外気温：12.4°C

昇降路内温度と外気温との最大差：1月1日12時・13.5°C(1号館側頂部)

昇降路内最大湿度：1月9日0時・72%(1号館側頂部)・外気湿度：87%

## 展望用エレベーター環境測定 まとめ

### 1. 温度、湿度

昇降路内の最高温度 1号機 45. 2°C(8月25日)外気温32. 5°C  
2号機 42. 5°C(8月27日)

昇降路内の最高湿度 1、2号機とも 99%RH(11月6日)外気湿度100%

### 2. 考察

・温度は、想定した値より低かった。この理由として、昇降路上部に設置したエレベーター1台あたり2基の換気装置、及び昇降路が透明熱線吸収タイプのガラス使用による効果と考えられる。

・一方、換気量が多いことにより、外部湿度の高い状況では昇降路内の相対湿度も大きく上昇することから、結露防止のためには空気調和設備の設置も検討課題となる。

# 主索劣化検討に関するまとめ

## 1. 主索・綱車特性

- ①外部断線は目視確認できるが、内部断線は目視確認できない。
- ②内部断線の劣化進行は主索の減径に現れる。
- ③ロープグリース枯れは素線摩耗を促進させ、摩耗粉の錆びを発生させる。
- ④錆びた摩耗粉は、主索内部の各接触部に入り、素線摩耗を促進する

## 2. ローピング特性

- ①外部断線、内部断線は屈曲回数が多いほど多く発生する。
- ②エレベーター主索へのロープグリース補給は困難である。
- ③駆動用綱車部分では外部断線が先行して発生する。→目視確認できる。
- ④駆動用以外の綱車部分では内部断線が先行して発生する。→目視確認できない。

## 3. 環境特性

- ①展望用エレベーターは直射日光が主索に当たる場合がある。
- ②駅、歩道橋のエレベーターは昇降路が独立設置されることが多く環境の影響を受け易い。
- ③昇降路環境は、ロープグリースの枯れ、酸化を促進し、錆びの発生を促進する。

## 4. 使い方の特性

- ①機械室なしエレベーターが急速に普及している。
- ②駅舎、歩道橋では停止階数が2停止、昇降行程の低いものが大半をしめる。
- ③駅舎設置のエレベーターは起動回数が多い。

## 5. まとめ

従来より短期間で主索劣化が生じやすい環境に設置されるエレベーターが増加している。  
主索劣化の促進要因が複数ある場合には、残存強度の低下が累進的に進む場合がある。

## 主索劣化状況の正しい把握

### 1. 建築基準法に基づく定期検査

・建築基準法第12条3項(昇降機及びその他建築設備の定期検査)

・建築基準法施行規則第6条第2項

「法第12条3項の規定による検査は、…当該検査の項目、事項、方法及び結果の判定基準は国土交通大臣の定めるところによる…」としている。

・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」

#### ○要重点点検:

次回の調査・検査までに「要是正」に至るおそれが高い状態であり、所有者等に対して日常の保守点検において重点的に点検するとともに要是正の状態に至った場合は速やかに対応することを促すもの。

#### ○要是正:

修理や部品の交換等により是正することが必要な状態であり、所有者等に対して是正を促すもの。

・平成24年国土交通省告示第1449号

主索の項目における検査の事項及び結果の判定基準の強化がなされた。

⇒ 検査資格者が的確な判定ができる解説を追加する必要性が生じた。

# 主索劣化状況の正しい把握

## 1. 国土交通省告示第1449号で要重点点検とされる判定基準について、技術的知見からの解説

経過	主索劣化の一般的なモデル	状態例の写真
↓	ロープグリースが浸み出しストランドを潤滑している状態	(ア)
	ロープグリースの浸み出しがさらに進行し、ストランド同士の摩擦により発生した谷部の摩耗粉が錆び始める状態	(イ)
	ロープグリースの枯れ及び粘度上昇で潤滑不良となり、谷部の摩耗粉が赤錆色に見える状態	(ウ)
	摩耗粉の赤錆が主索全体に付着している状態	(エ)

外観



(ア)



(イ)



(ウ)



(エ)

直径

外観のみでは、「要重点点検」の判定が難しい場合、減径している箇所の主索の直径が、綱車に掛からない部分の直径と比較して、**96%未満**となっている場合は「要重点点検」と判定できるといえる。

# 主索の保全と交換について

## 1. 劣化判定と的確な交換時期の見極め

- 主索の劣化状況を外観及び主索の減径率で的確に判断することが重要である。

## 2. 要重点点検と判定されたときの対応

- 錆びの進行状況や主索の摩耗・劣化状況について十分な経過観察が重要である。
- 要是正に至った場合に速やかな取替えが行えるよう、前広に取替え計画を立てることが望ましい。

## 3. 保守会社と所有者・管理者との連携

- 主索が劣化しやすい設置環境や使用状況では主索の交換周期が早くなる可能性について、保守会社と所有者・管理者が相互に理解し、主索交換が遅れないように努めることが重要である。

## まとめ

1. 主索破断事故防止には次の各項への理解が重要である。

### (1) 主索寿命に与える主な要因の理解

主索寿命には多くの要因が関連している。

・綱車の数 ・ロープグリースの状態 ・昇降路内温度、湿度、直射日光 ・昇降行程、停止階床数、起動回数

### (2) 展望用のエレベーターの設置環境の理解

・展望用エレベーターは周囲環境の影響が大きい。空気調和設備などによる改善が重要。

### (3) 主索直径と残存強度の関係の理解

・内部損傷は外観から発見することは困難。 ・主索直径から残存強度を評価することが重要。

### (4) エレベーター設置時及び保全時の留意点の理解

・エレベーターの設置環境の改善と、設置環境及び使用状況を加味した適切な保全と前広な交換計画が必要。

2. 主索の公称径対比での減径率による劣化判定の提案

・主索の強度低下は素線断面積の減少と関連している。

素線断面積の減少を、公称径対比の主索の減径率で判定することを提案する。

## WG2 報告書について

(ロ)ワイヤーロープ等を用いたエスカレーターの  
落下防止対策に関する検討

## (ロ)ワイヤロープ等を用いたエスカレーターの落下防止対策に関する検討

エスカレーターの落下防止対策に検討あたっては、利用者及び周辺にいる人の安全確保を第一に考える必要がある。

今回は、「対象エスカレーターの直下にいる人の安全確保」、及び「利用者の安全確保」を実現できる対策方法について検討を行った。

今回の検討では、対策方法を次の1)、2)に分類し、10種類の対策案提案した。

### <対策方法の分類>

- 1)エスカレーターのトラス支持アングルが建築梁から外れないようにする。
- 2)エスカレーターのトラス支持アングルが建築梁から外れても、上下への移動量を微小に抑える。

今回、エスカレーターの落下防止対策の検討にあたって、次の項目に関しても検討を実施した。

○中低層鉄骨建物(大型ショッピングセンター)の大地震時の層間変形角、応答加速度等を検討するため地震時応答解析を実施した。(株)構造計画研究所)

○上述の応答解析より得られた応答値を参考にエスカレータートラス材及び建築側受梁の検討を実施した。(株)構造計画研究所)

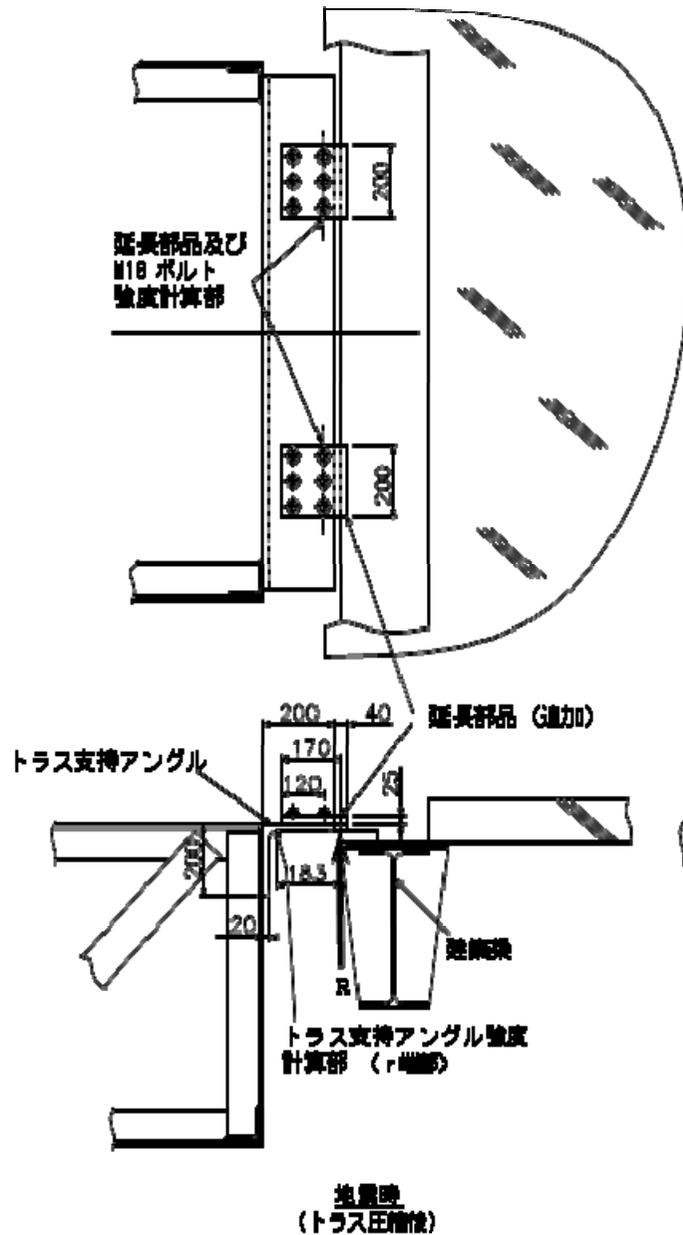
○エスカレーターを係留するワイヤロープの強度検討として、ワイヤロープに作用する衝撃荷重の計算、及び計算に基づく必要なワイヤロープの選定を行った。

○落下防止対策案に対して、実施するにあたっての確認事項、考えられる実施作業内容及び注意点等の抽出を行った。

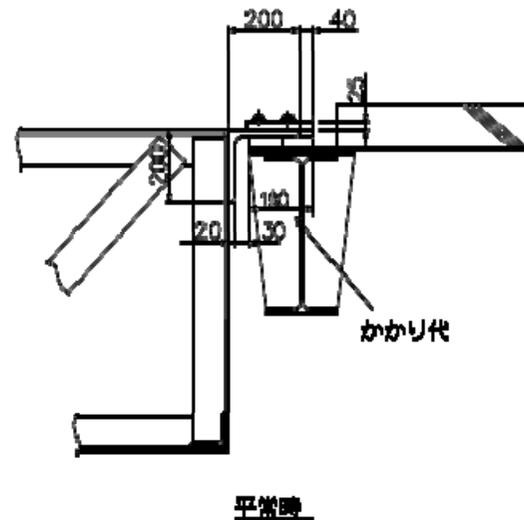
## エスカレーターの落下防止対策の事例

No.	落下防止対策案	条件等	図
1	トラス支持アングルのかかり代を延長する方法	エスカレーターの適用可能揚程に制限がある.	3. 3-1
2	建築梁に脱落防止部材を追加する方法： トラス内設置の場合	トラス延長したエスカレーターの 場合のみ. 幅が狭いS600形は 基本的に不可.	3. 3-2
3	建築梁に脱落防止部材を追加する方法： トラス下部設置の場合	頭上高さの確保.	3. 3-3
4	エスカレーターの下に建築支持部材を設ける方法： トラス側面の建築梁を使って支持梁を追加する場合	頭上高さの確保, エスカレーター 両側に建築梁がある場合のみ.	3. 3-4
5	エスカレーターの下に建築支持部材を設ける方法： 下階床から支持柱を設ける場合	トラス直下に柱を設置するスペース がある場合 (主に地上階).	3. 3-5
6	エスカレーターを上階からワイヤロープ等で吊り下 げる方法： エスカレーター底面に追加した通し梁を上階建築梁 からワイヤロープ等で吊る場合	エスカレーターの上に建築梁があ り, エスカレーターの横に設置空 間がある場合のみ.	3. 3-6
7	エスカレーターを上階からワイヤロープ等で吊り下 げる方法： エスカレーターのトラス支持アングルを上階建築梁 からワイヤロープ等で吊る場合	エスカレーターの上に建築梁があ る場合のみ.	3. 3-7
8	エスカレーターと建築梁をリンクプレートで連結す る方法	エスカレーターの横に設置空間が ある場合のみ.	3. 3-8
9	ワイヤロープで落下防止を図る方法	利用者の転落等による被災につい ての判断基準が必要.	3. 3-9
10	エスカレーターと建築梁を緩衝器付落下防止チェー ンで連結する方法	利用者の転落等による被災につい ての判断基準が必要.	3. 3-10

No.1 トラス支持アングルが建築梁から外れないようにする対策例

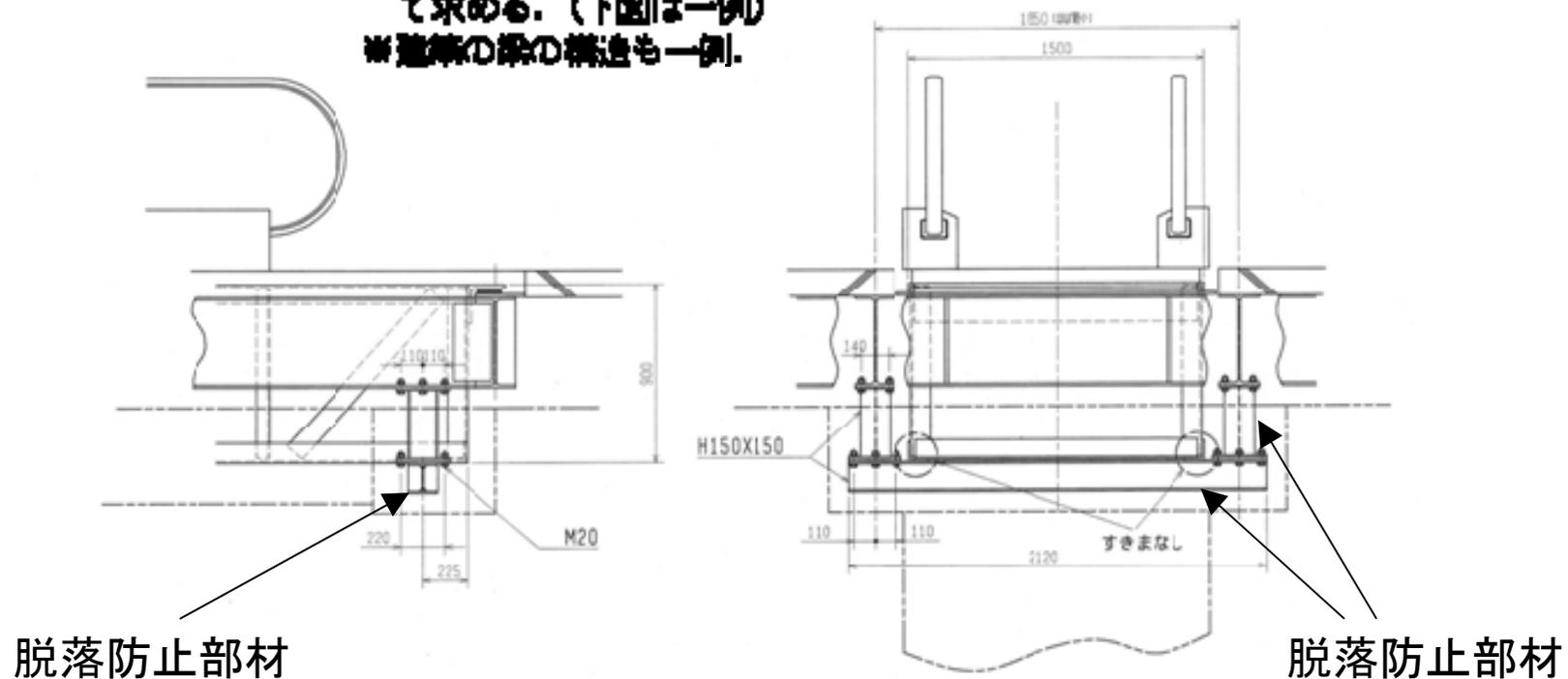


※ 脱落防止部材の各部寸法は、エスカレーターの揚程や反力により計算及び周囲機器の取り合い状況等を考慮して求める。(下図は一例)  
 ※ 建築の梁の構造も一例。



No.4 エスカレーターの下に建築支持部材を設ける方法：  
トラス側面の建築梁を使って支持梁を追加する場合

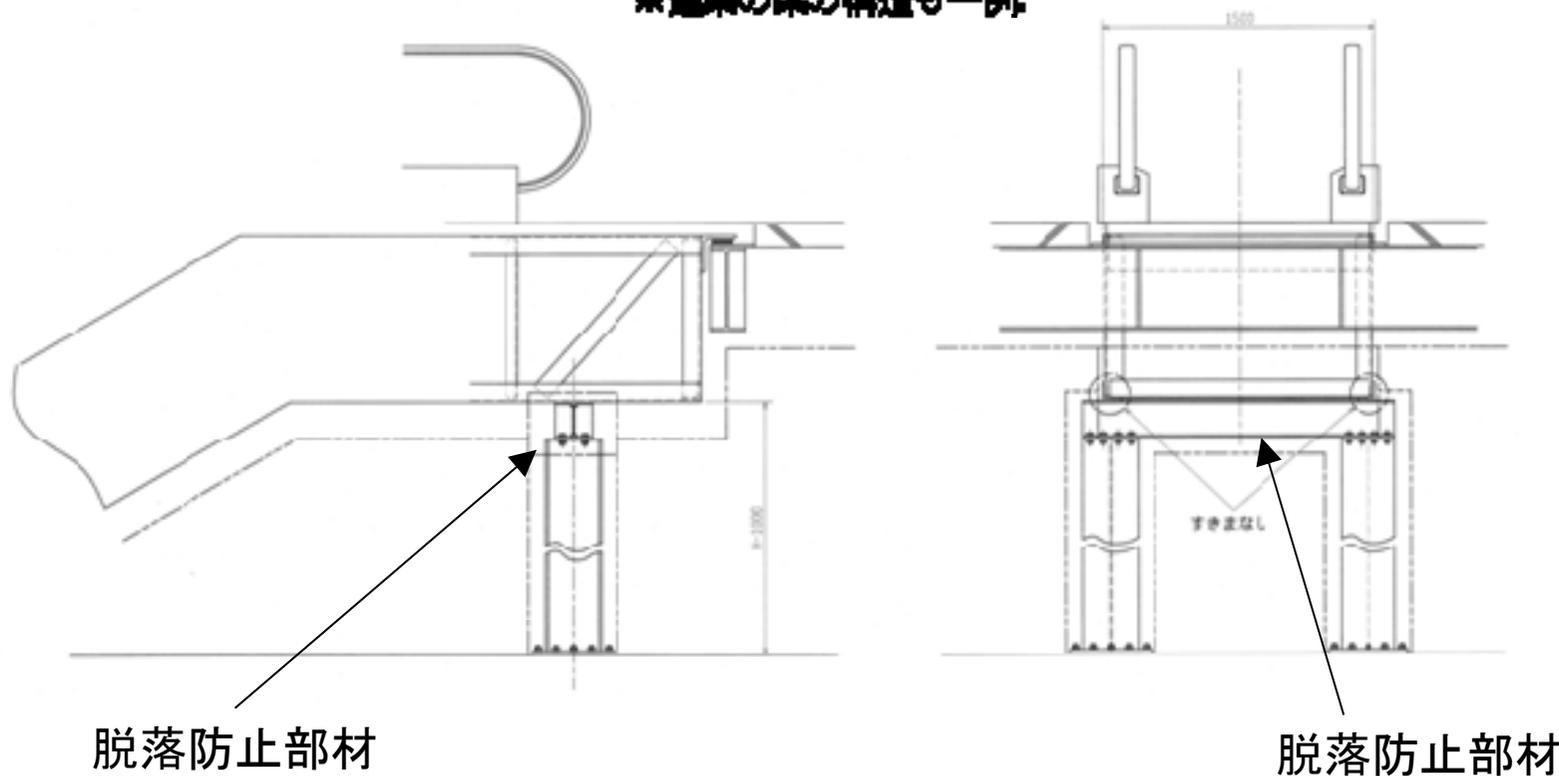
※脱落防止部材の各部寸法は、エスカレ  
ーターの繰り上げや反力により計算及び  
昇降機屋の取り合い状況等を考慮し  
て求める。(下図は一例)  
※建築の梁の構造も一例。



トラス側面の建築梁を使って支持梁を追加する一例

No.5 エスカレーターの下に建築支持部材を設ける方法：  
下階床から支持柱を設ける場合

※脱落防止部材の各部寸法は、エスカレーターの種類や反力により計算及び  
周囲機器の取り合い状況等を考慮し  
て求める。(下図は一例)  
※建築の梁の構造も一例



下階床から支持柱を設ける一例

注意点；

- a. 圧縮により固定金具が破損する可能性があるため、上下部ともに対策を実施する。
- b. 追加した梁は、トラス両端より十分な距離を確保する。追加梁がトラス端より十分な距離を取っている場合は、層間変形角が $1/24$ の場合でも対応が可能。追加梁の位置がトラス両端に近いときは、トラスと建築梁等との隙間の関係から層間変形角を考慮したトラスの圧縮量を計算し必要なかかり代を算出する。
- c. 耐火被覆の除去作業が必要な場合、アスベストに対する安全対策を実施する。
- d. 対策部材には常時荷重がかからないようにする。
- e. 建築強度の確認に必要な反力、反力点などの情報を提供する。
- f. エスカレーターの機器と脱落防止部材の配置関係については建築側と打合せを行う。
- g. 建築梁の強度が不足する場合は、建築梁に補強（方杖等）を設ける。

課題；

- a. 建築梁の強度
- b. 実際に取り付け可能か、取り合い寸法の確認要
- c. トラスの強度確認

# エスカレーター落下防止対策案に対する 一般社団法人日本建設業連合会の主な意見

## ○設計図書がない場合の対応

- ・建築床を削除した場合の強度確認
- ・既設建物の層間変形角

○脱落防止部材の取付部の強度確認方法を定める必要がある。

○エスカレーター脱落後建築梁の側面にエスカレーター鉄骨が干渉し、  
損傷するのではないか。

## 建物の地震応答解析

検討の対象とした建物は、ショッピングセンターである。

表5.1 建築物概要

建築物名称	SR3Fモデル
用途	ショッピングセンター
構造種別	地下階：鉄骨鉄筋コンクリート造 地上階：鉄骨造
	1階～3階：店舗，地下1階及び屋上階：駐車場
建築面積	約10000 (m <sup>2</sup> )
延床面積	約40000 (m <sup>2</sup> )
階数	地下1階 地上3階 PH1階
高さ	軒高17.9 (m) 最高高さ19.6 (m)
階高	6.77 (m)
基礎地業	杭基礎

## 入力地震動

入力地震動は稀に発生する地震動 9 波、極めて稀に発生する地震動に相当する 1 1 波とした。

標準的な観測地震動として 25kine、50kine に基準化した EL CENTRO 1940 NS、TAF 1952 EW、長周期成分を含む地震動として HACHINOHE 1968 NS、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本東北地方太平洋沖地震における郡山 (FKS018)、仙台 (MYG013) で観測された原波、告示第四号イに定められた工学基盤における加速度応答スペクトルに、表層地盤による増幅を考慮した水平動の目標加速度応答スペクトルより作成した告示波 (位相特性は JMA Kobe 1995 NS は、Hachinohe 1968 NS は、乱数位相を用いている。)、参考として工学基盤における地震動についても入力した。

なお、表層地盤による増幅は、告示第 1457 号に規定される表層地盤の種別に応じて国土交通大臣が定める方法により算出した数値  $G_s$  (第 2 種地盤) を用いる。

## 地震応答解析のまとめ

エスカレーターが設置される中低層鉄骨建物（大型ショッピングセンター）の大地震時の層間変形角や応答加速度などを検討するため地震応答解析を実施した。結果を以下に示す。

### <レベル1>

最大応答変形角は、観測動EL CENTRO波で最大値を示し $1/154\text{rad}$ （36.5mm）となった。最大応答加速度は、観測動EL CENTRO波で最大値を示し $380\text{cm}/\text{sec}^2$ 程度となった。

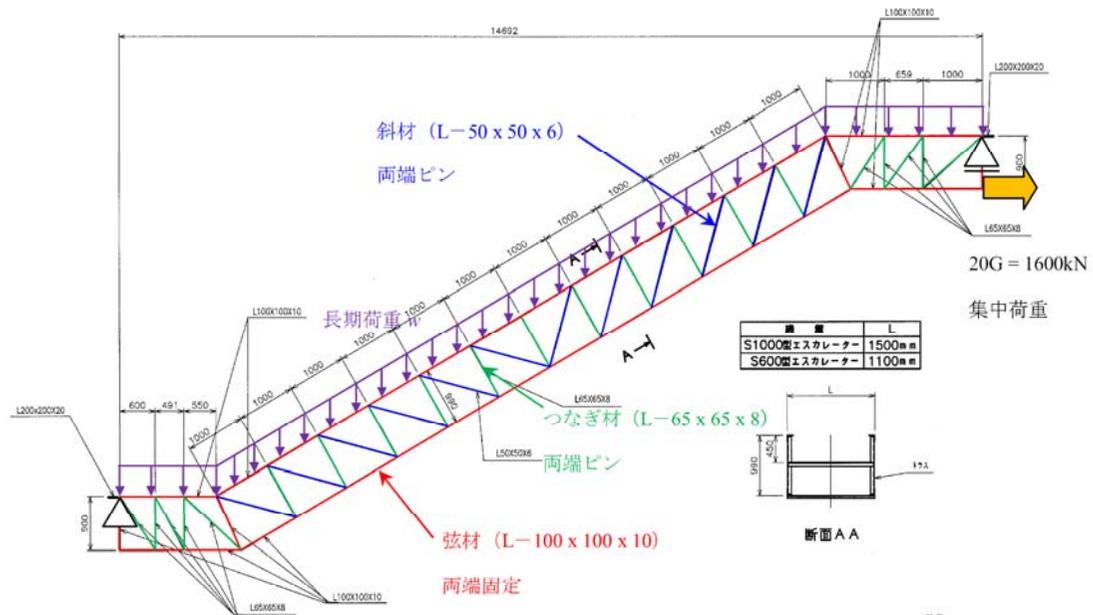
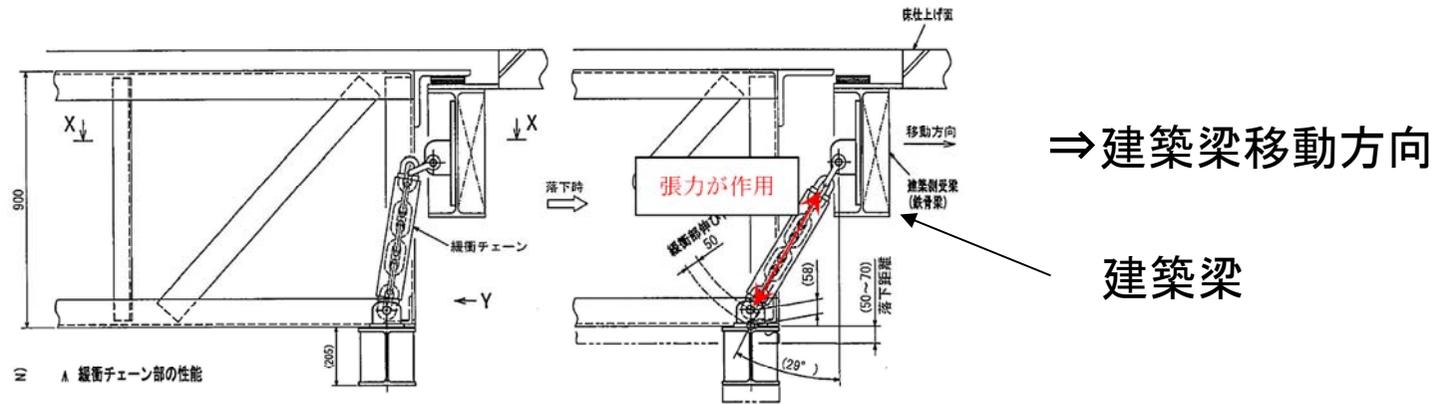
### <レベル2>

最大応答変形角は標準的な観測動で $1/127\sim 1/75\text{rad}$ （44～74mm）、東日本大震災で観測された地震動で $1/125\sim 1/41\text{rad}$ （44～135mm）、表層地盤の増幅を考慮した告示波で $1/53\sim 1/38\text{rad}$ （104～145mm）、解放工学的基盤における告示波で $1/102\sim 1/94\text{rad}$ （55～59mm）となり、エスカレーターかかり代の算出に用いられる大地震時の層間変形角 $1/100\text{rad}$ を上回る地震動も確認された。

建物の最大応答加速度は、 $367\sim 1000\text{cm}/\text{sec}^2$ 程度の応答値が確認され、エスカレーター固定部の強度計算に用いられる設計用水平標準震度 $K_{s h} = 0.6$ を上回る地震動も確認された。

また、構造種別（RC造，SRC造）や地下階の有無等の構造的な特性により、上記の振動性状は変化する可能性が大きい。これらのパターン分けによる検討も今後必要になると思われる。

# 建築梁及びエスカレータートラスの応力解析



応答解析より得られた応答値を参考にエスカレータートラス材及び建築側受梁の検討を行った。

エスカレータートラス材については、大地震時に「かかり代」を超えた際に、慣性力やワイヤロープ等の張力が水平に1.0G作用した場合であっても短期許容応力度以内となることが確認された。

しかし、「かかり代」、さらには余裕度のストロークをも超えたと仮定すると、エスカレーターには水平方向に70mmの強制変位が加わり、エスカレータートラス材には座屈及び大きな塑性変形する可能性がある結果となった。

また、建築側受梁の弱軸方向に、ワイヤロープ等にエスカレーター重量程度が水平力として作用したと仮定すると、短期許容応力度を大きく超える結果となった。ワイヤロープ等の張力が建築側受梁の強軸方向に作用するようにした場合には、応力度は1/4～1/7程度に緩和されるが、いずれの場合も短期許容応力度を大きく超える結果となった。

本検討においては大地震時に「かかり代」を超えた場合、エスカレーターに作用する慣性力は1.0Gとしたが、振動台等による実験検証を行い、実際の挙動を確認することも考えられる。

## 海外の落下防止対策についての調査

### ○海外の落下防止規定

①米国のASME17. 1-2010がある。

また、ASMEには地震時管制運転についての規定がある。

②欧州規格のEN115. 1-2010には、規定はない。

### ○海外の落下防止施工事例

ASME17. 1－2010の8.5.3.2.1に対策事例が記載されている。

## まとめ

エスカレーターの落下防止対策は、脱落がない、もしくは脱落量が微小であり、利用者の安全確保は問題ない対応方法が必要であると考えます。

また、ある程度の脱落が避けられない場合、利用者の安全を確保するための衝撃力、落下形態(許容落下距離、傾き等)に関する基準値の検討が必要と思われる。

既設のエスカレーターの場合は、エスカレーター本体で対応できる範囲が極めて限られており、ほとんどが建築側から追加の支持部材を設けるなどの工事が必要となり、今後、対策案に対して寄せられた建築側(一般社団法人日本建設業連合会)の意見も踏まえ、具体的な構造・強度を含めた実現可否、作業対応方法についての検討・調整が必要である。

以上