

平成26年度建築基準整備促進事業 調査番号：P8

調査事項

エスカレーターの安全対策のあり方
に関する検討

学校法人 東京電機大学

基整促 P8(イ)報告

目的

平25国告第1046号への対応が課せられる建築物の増改築工事の他、既設のエスカレーター撤去後の新設工事において、大規模地震で建築物のはり等から圧縮を受けるエスカレーターに対してはトラス等に安全上支障となる変形が生じないことを実物大トラスを用いた圧縮実験により確認することが求められている。

平成26年度建築基準整備促進事業P8(イ)の調査では、エスカレーターが建築物のはり等により圧縮を受ける現象について、実物大のエスカレータートラス等を使用した圧縮実験によりトラス等が安全上支障となる変形を生じないことを確認した。

また、トラス等の圧縮実験と整合の取れる等価なシミュレーションを検討した。さらに、実物大実験及びシミュレーションから得られた知見から、エスカレーターが建築物のはり等から受ける圧縮に対して安全性を維持するための評価基準や条件を設定するとともに、今後の運用における利便性を考慮し、実物大トラス等による圧縮実験で確認を行わなくてもよい簡易な評価方法を提案した。

エスカレーターに求められる耐震性能

東北地方太平洋沖地震におけるエスカレーターの被害事例を受けて、エスカレーターの耐震強化を目的とした平25国告第1046号「地震その他の震動によってエスカレーターが脱落するおそれがない構造方法」は2014年4月1日に施行された。

エスカレーターの耐震設計で使用する建築物の層間変形角を「エスカレーターの設計用層間変形角」といい、平25国告第1046号の施行前の昇降機耐震設計・施工指針2009年版（以下「09耐震指針」という。）の規定値1/100以下に対し、平25国告第1046号では建築物の構造に応じて1/100以上、構造計算を行わない場合には1/24以上等の値を取ることになり、大幅に強化された。

	昇降機耐震設計・施工指針 (2009年版)	平成25年国土交通省告示第1046号
設計用層間変形角	1/100 以下	1/100 以上 構造計算を行わない場合は 1/24 以上
設計用標準震度	水平震度：0.6G（最大） 鉛直震度：0.3G（最大）	水平震度：1.0G（最大） 鉛直震度：0.5G（最大）
エスカレーターの圧縮	可 規定なし	圧縮実験によりトラスの安全性が確認された場合のみ可
非固定部	規定なし	支持部材はしゅう動する状態で設置
短辺方向の層間変位	規定なし	規定あり
脱落防止措置	規定なし	規定あり

建築物層間変形角の算出の考え方

通常の計算（建築基準法施行令第82条の2）で算出した建築物の層間変形角（原則として $1/200$ 以内）の5倍



原則として
 $1/40$ 以上

許容応力度計算（ルート1）を用いて構造計算できる、変形量の小さい鉄骨造、鉄筋コンクリート造



$1/100$ 以上

特別な調査や研究（時刻歴応答解析や限界耐力計算）で層間変形角を求めた大規模建築物など



計算値が
 $1/100$ 未満なら
 $1/100$ 以上

構造計算により求めない場合



$1/24$ 以上

エスカレーターに求められる耐震性能

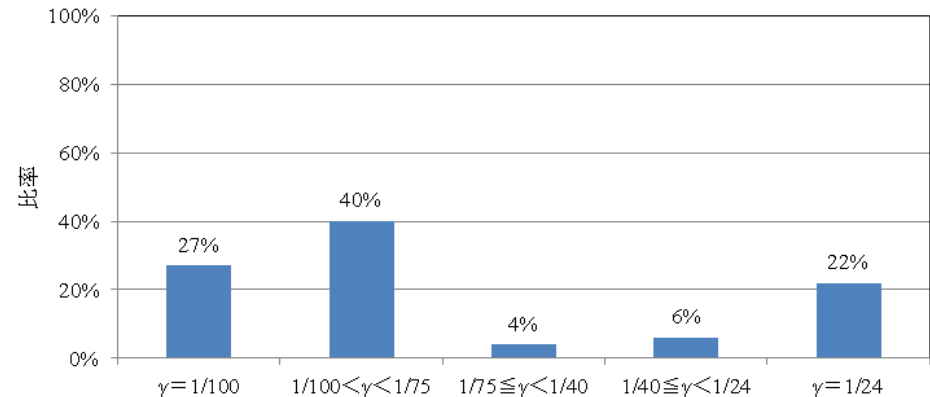
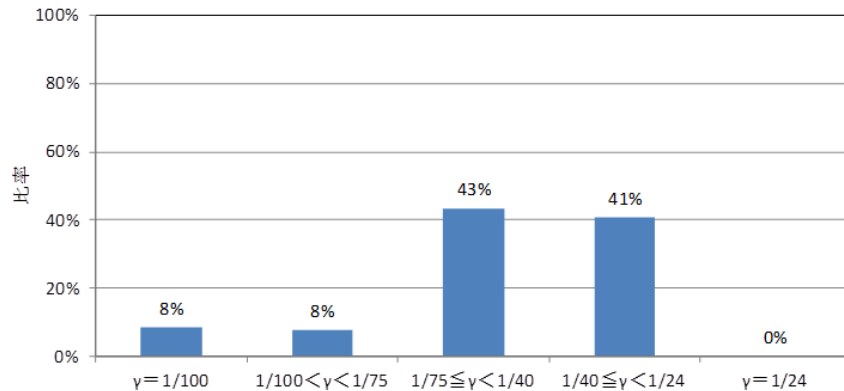
「エスカレーターが脱落するおそれがない構造方法」

(1) エスカレーターの上端と下端各々を支持している建築物の**はり等の間の距離が広がった時**、エスカレーターの建築物の**はり等**に対する**かかり代長さが確保**されている

(2) エスカレーターの**圧縮が許容される条件**は、**国住指第4444号**によって設置する建築物及びエスカレーターと同じ条件の構造のものについて設計用層間変形角による層間変位を強制変位として与えて評価した場合、又は建築基準法施行令第129条の12 第1項第六号により**大臣認定の取得**が必要となる。

現状、エスカレーターの圧縮を前提として工事（建築物の増改築に伴う既設エスカレーターの平25国告第1046号対応、並びに既設エスカレーターの撤去新設）を行うためには、**実物大実験**や**シミュレーションによる評価**が不可欠であることから、**着工までに長時間を要することになる**。またエスカレーターの**圧縮を避ける**ため、エスカレーターと建築物の**はり等の間の隙間を確保するには、全長の短いエスカレーターへの撤去新設**、又はエスカレーターを掛ける**建築物のはり等の変更**が必要となるため、建築物の大掛かりな工事を伴うことになり、大きな課題を抱えている。

エスカレーターの設計用層間変形角



- ・設計用層間変形角は1/75以上、1/40未満に該当する既設エスカレーターの数が最も多く、中央値が約1/40相当となっていた。
- ・既設エスカレーターの改修工事における設計用層間変形角は1/75未満の設計用層間変形角で設計されるエスカレーターが全体の7割近くに達し、既存建築物の層間変形角よりも小さな値となっている。
- ・設計用層間変形角が1/75未満は既設エスカレーターの多くで隙間が確保できる条件であるため、比率が高くなっている。
- ・設計用層間変形角が大きくなると隙間やかかり代長さの確保のため、エスカレーターの撤去新設に合わせて建築はり等の移設・追加工事が必要となり、所有者の経済的負担が大きくなる。

かかり代長さと隙間

エスカレーターが建築物から**圧縮を受けるかどうかの判定**は、建築物の層間変形角、エスカレーターと建築物のはり等の間の隙間、及び建築物のはり等によるエスカレーターの支持方法によって決定する。エスカレータートラスの一端の支持アングルを建築物のはり等に固定し、他端を建築物のはり等の上をしゅう動する状態で設置する支持方法（**一端固定状態**）とトラス両端の支持アングルが建築物のはり等の上をしゅう動する状態でエスカレーターを支持する方法（**両端非固定状態**）において、エスカレーターを圧縮する条件が変わってくる。

既設エスカレーターの場合、通常、支持アングルはL200×200×20の山形鋼とし、エスカレーターと建築物のはり等との**隙間は約30mm**で据え付けられている。

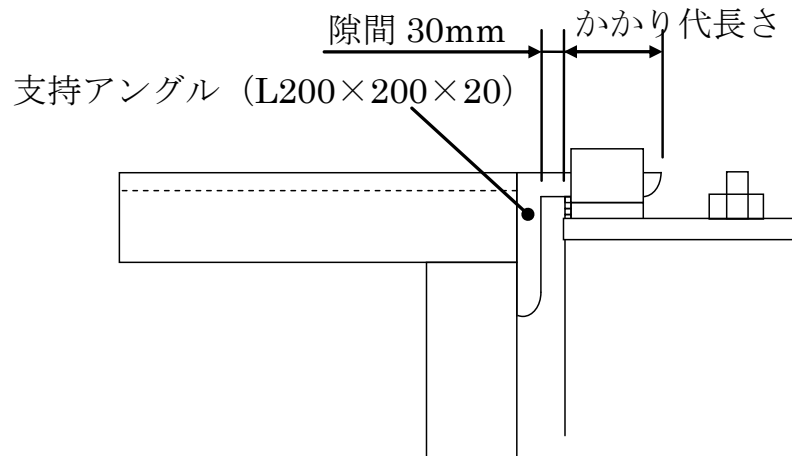


図 2.4 エスカレーター支持部（非固定端）

かかり代長さと隙間

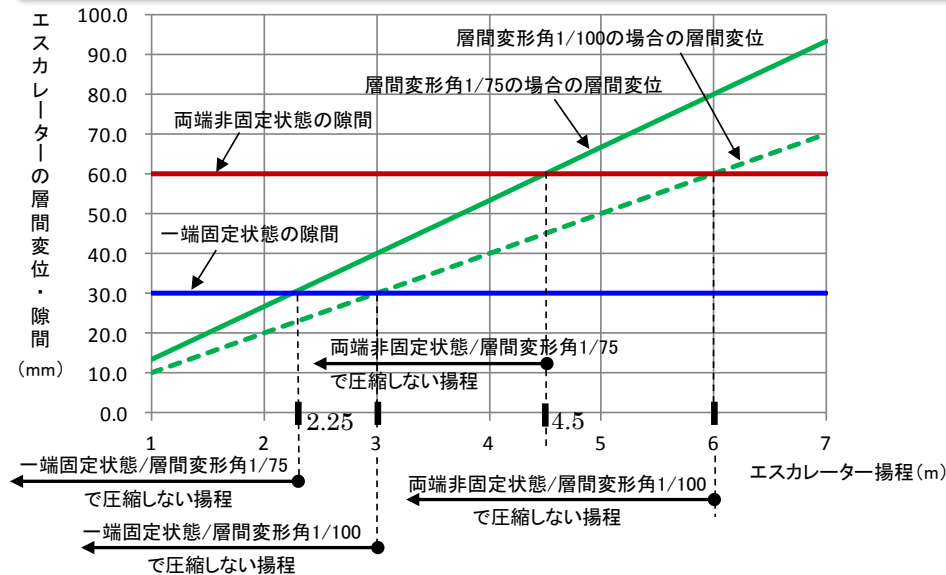


図 2.5 エスカレーターが圧縮しない揚程（層間変形角 1/100, 1/75 の場合）

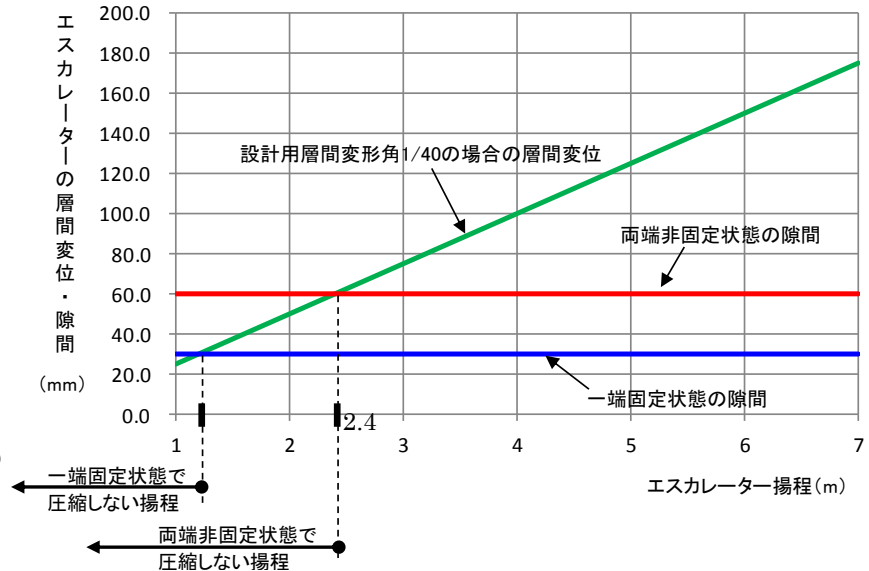


図 2.7 エスカレーターが圧縮しない揚程（層間変形角 1/40 の場合）

エスカレーターが圧縮しない揚程

		設計用層間変形角		
		1/100	1/75	1/40
支持方法	一端固定	<2.25m	<3m	<1.2m
	両端非固定	<6m	<4.5m	<2.4m

かかり代長さと隙間

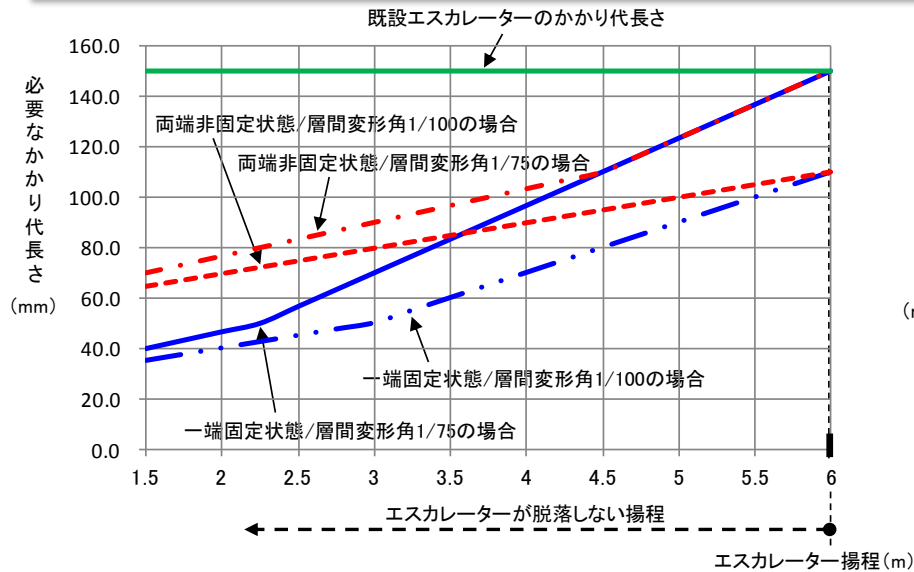


図 2.6 エスカレーターが脱落しないために必要なかり代
(層間変形角 1/100, 1/75 の場合)

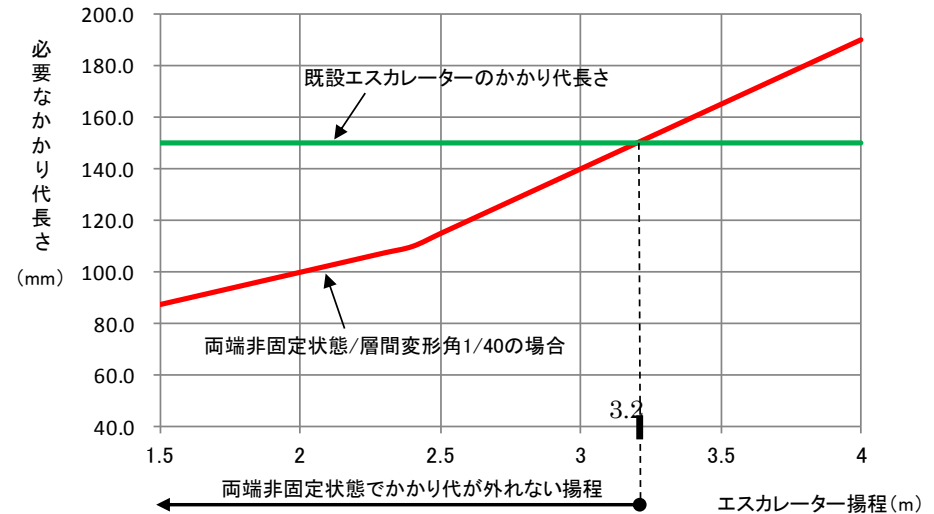


図 2.8 エスカレーターが脱落しないために必要なかり代
(層間変形角 1/40 の場合)

- ・設計用層間変形角1/100及び1/75において、エスカレーターが建築物のはり等から圧縮を受けない揚程範囲においては建築物のはり等が広がっても、かかり代が不足してエスカレーターが建築物のはり等から脱落することはない。
- ・設計用層間変形角1/40の建築物に設置されているエスカレーターの改修工事については、揚程3.2mを越えたエスカレーターであれば、かかり代の延長を施すことになる。

トラス等の実物大実験

【実験概要】

○実験期間: 2014年11月4日から12月19日まで

○実験場: 東京電機大学 千葉ニュータウンキャンパス内 建設技術共同教育・研究施設

【試験体】

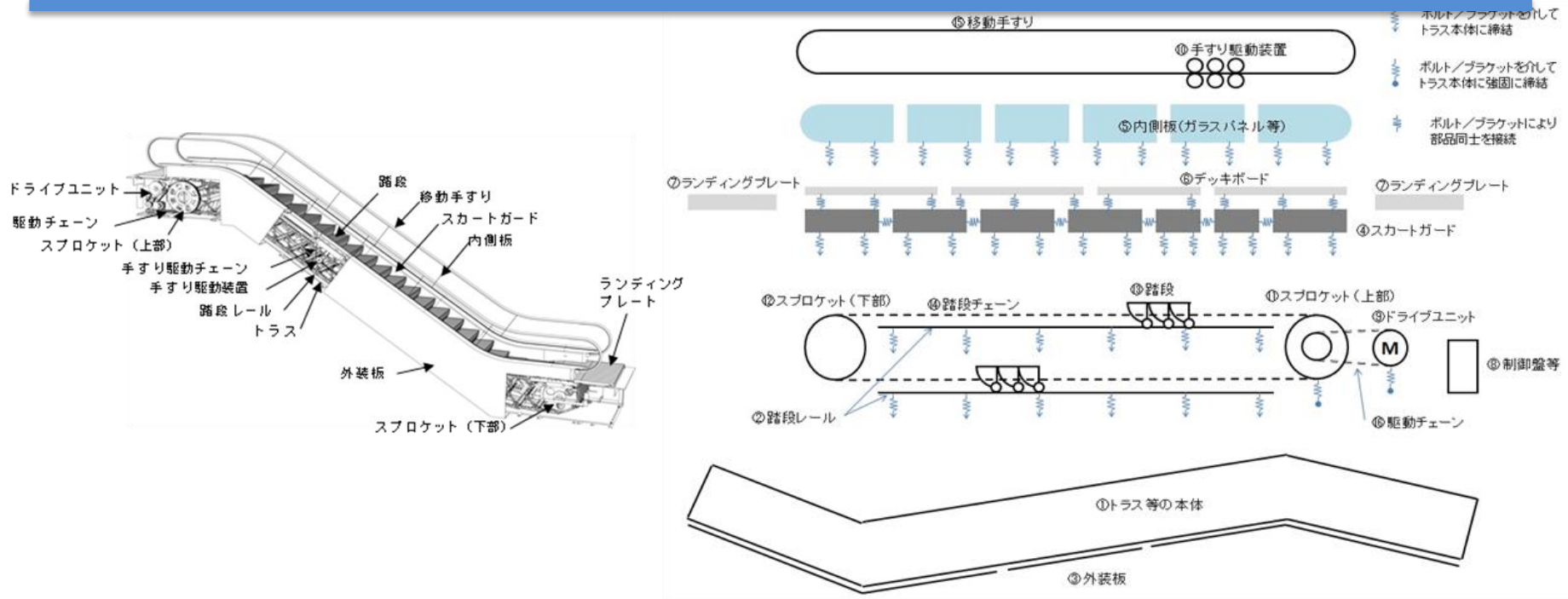
既設エスカレーターのトラスの大部分を網羅できるように、トラス構造で4パターン7体、及びはり構造1体の合計8体の試験体

仕様	内容
揚程	3000mm
ステップ幅	S1000 形
勾配	30 度
水平ステップ	標準 (約 1.5 枚程度)
全長 (水平投影長)	9476mm

・トラス等の本体を除くエスカレーター内部機器については試験体に含まず、実験時にそれらの荷重分をおもりにて負荷することとした。

・本実験の目的はエスカレーターが地震等の揺れによって生じる建築物の層間変形にて建築はり等による強制変位を受けた場合に、安全上支障となる変形が生じないことの確認であるため、実物大実験についてはエスカレーター完成品ではなく、トラス等の構造体のみを試験体とした。

エスカレーターの基本構造

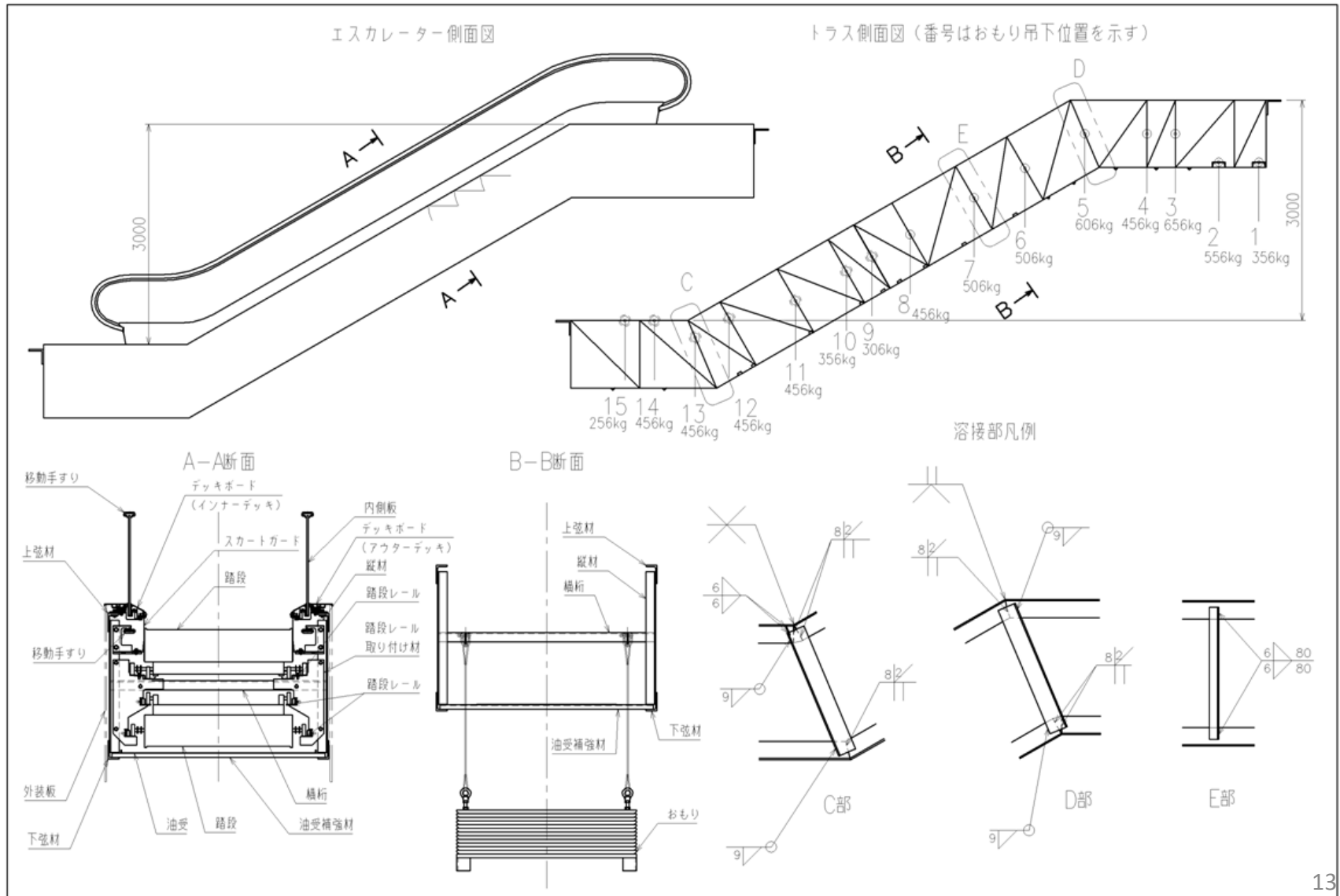


分類		該当する構成機器
(1) 主構造部品		①トラス等の本体
(2) 準構造部品		②踏段レール
(3) 非構造部品	a)	③外装板 ④スカートガード ⑤内側板(ガラスパネル等) ⑥デッキボード ⑦ランディングプレート ⑧制御盤等 ⑨ドライブユニット ⑩手すり駆動装置 ⑪スプロケット(上部) ⑫スプロケット(下部)
	b)	⑬踏段 ⑭踏段チェーン ⑮移動手すり ⑯駆動チェーン

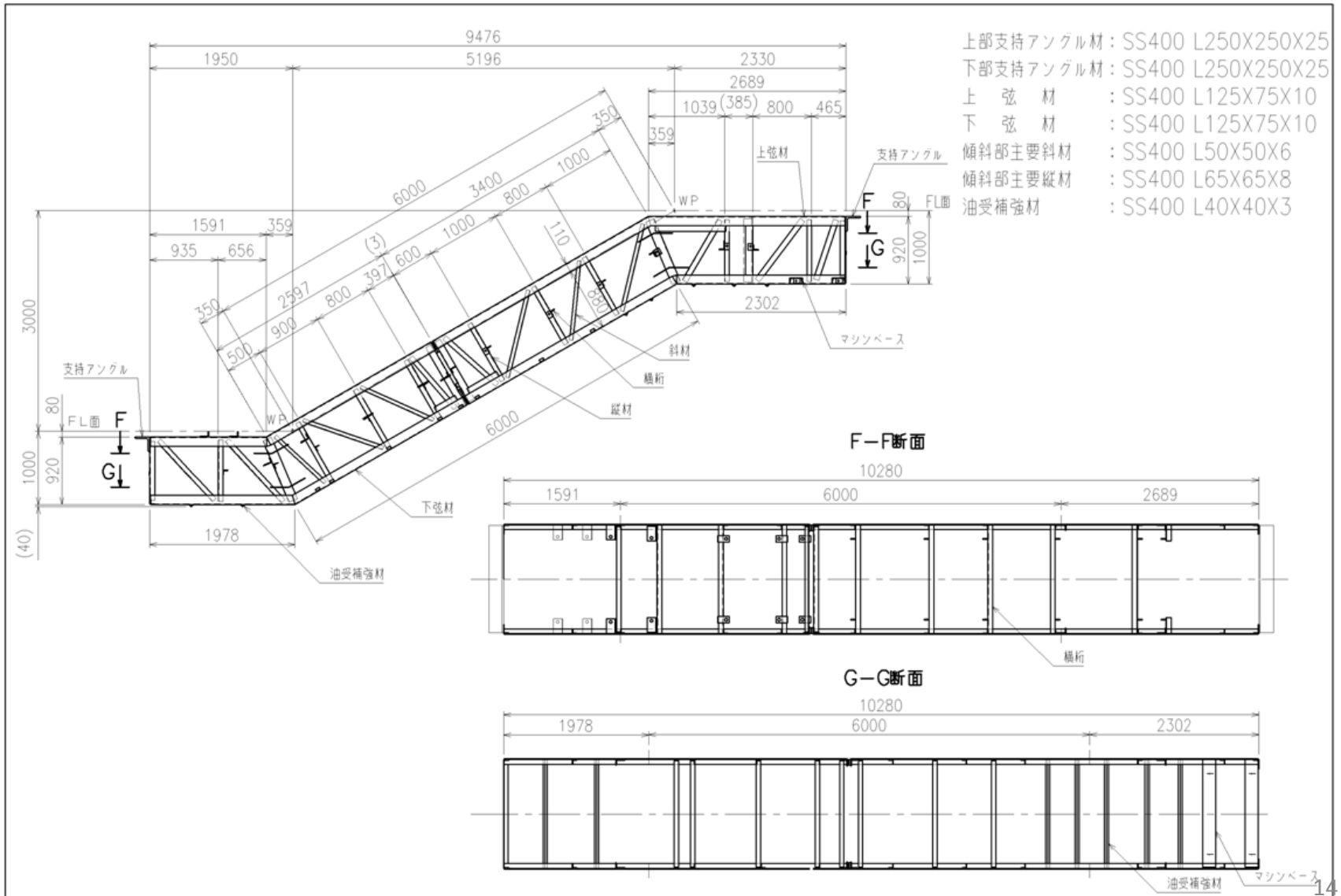
トラス等の一般的実構造と試験体比較

No.	項目		一般的な構造・仕様	実物大実験 試験体（階高 3000mm、全長 9476mm）の仕様※				
				トラス構造				はり構造 (数量：1)
				A パターン (数量：1)	B パターン (数量：2)	C パターン (数量：2)	D パターン (数量：2)	
1	構造		エスカレーターの長辺方向に沿って、左右に強度上主要な構造体を有する。	同左				
2			左右の強度上主要な構造体は、横桁と、油受補強材又は油受にて連結する。	同左				
3			上部水平部、下部水平部及び傾斜部を有する。	同左				
4			上部水平部と傾斜部が交わる点として上部折点、傾斜部と下部水平部が交わる点として下部折点を有する。	同左				
5	接合部		高力ボルトを用いた引張接合 リーマボルトを用いた支圧接合	引張接合 (高力ボルト)	引張接合 (高力ボルト)	引張接合 (高力ボルト)	引張接合 (高力ボルト) 上弦材上面を 溶接接合	上フランジ：引張接合 下フランジ：支圧接合
6	部材	形状	【主弦材】山形鋼、角パイプ (細長比は 100 程度以下)	∟ 125×75×10 (断面積 1900mm ²)	∟ 100×100×10 (断面積 1900mm ²)	∟ 125×75×10 (断面積 1900mm ²)	∟ 125×75×10 (断面積 1900mm ²)	—
7			【その他】山形鋼、平鋼、溝形鋼、 角パイプ、板金加工品 はり構造体は H 鋼（又は溶接 H 鋼）	山形鋼、平鋼 板厚 6mm 以上	山形鋼、平鋼 板厚 6mm 以上	山形鋼、みぞ形鋼 平鋼、鋼板 板厚 5mm 以上	山形鋼、みぞ形鋼 平鋼 板厚 6mm 以上	溶接 H 形鋼
8		材料	SS400（JIS G 3101）	SS400	SS400	SS400	SS400	SS400
9		接合部	すみ肉溶接、突合せ開先溶接 開先溶接	すみ肉溶接 開先溶接 JIS Z3312 YGW12	すみ肉溶接 開先溶接 JIS Z3312 YGW12	すみ肉溶接 突き合わせ溶接 JIS Z3312 YGW12	すみ肉溶接 突き合わせ溶接 JIS Z3312 YGW12	すみ肉溶接 開先溶接 JIS Z3312 YGW12
10	トラス等の 支持条件		一端固定状態又は両端非固定状態 トラス等の寸法短縮を想定したかかり 代長さの確保（平 25 国告第 1046 号）	一端固定（上端を固定、下端を非固定） 上端の固定は浮き上がり防止を兼ねる。上端、下端ともに隙間調整板を設ける。				

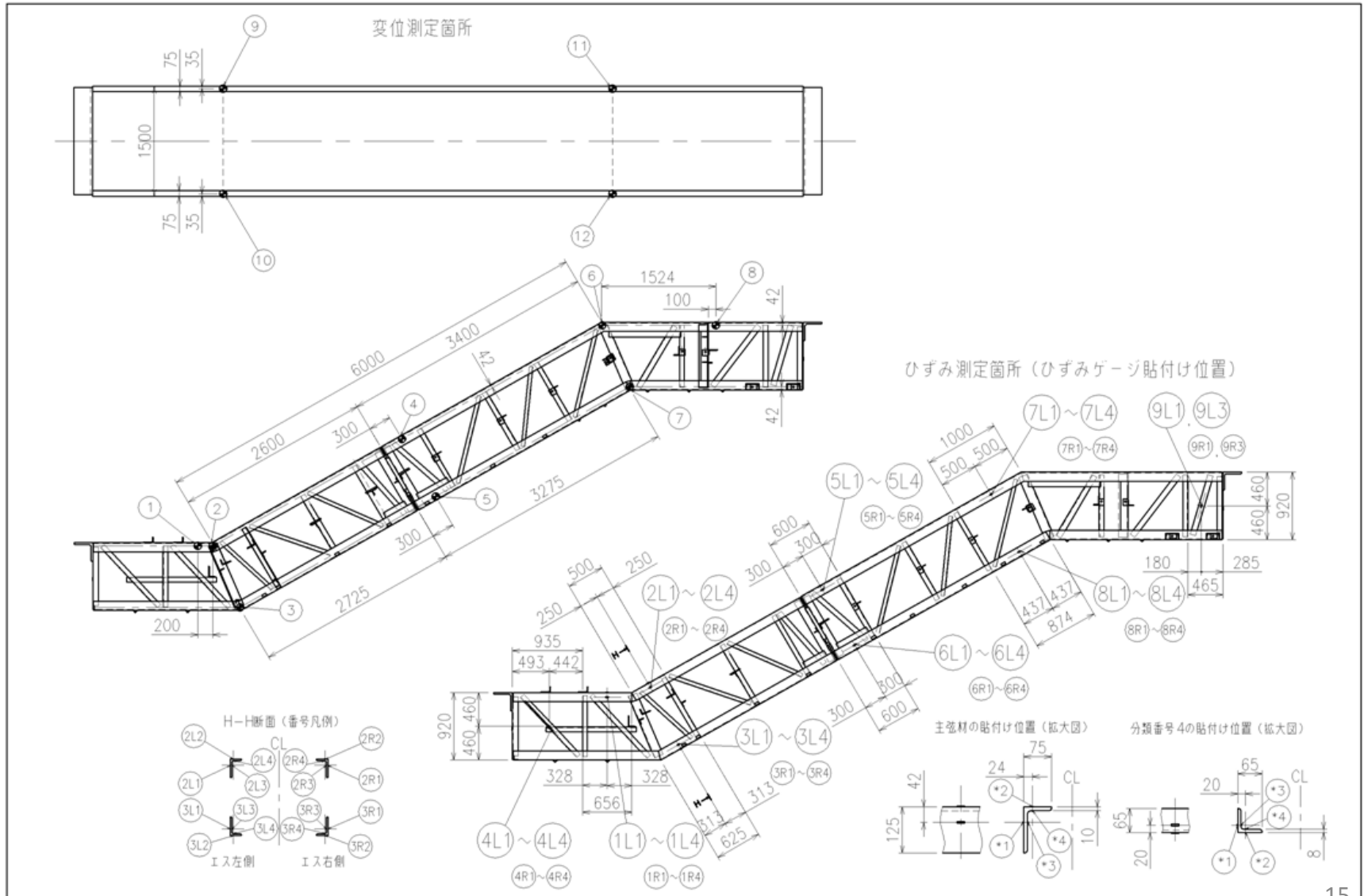
一般的仕様と試験体比較



試験体詳細



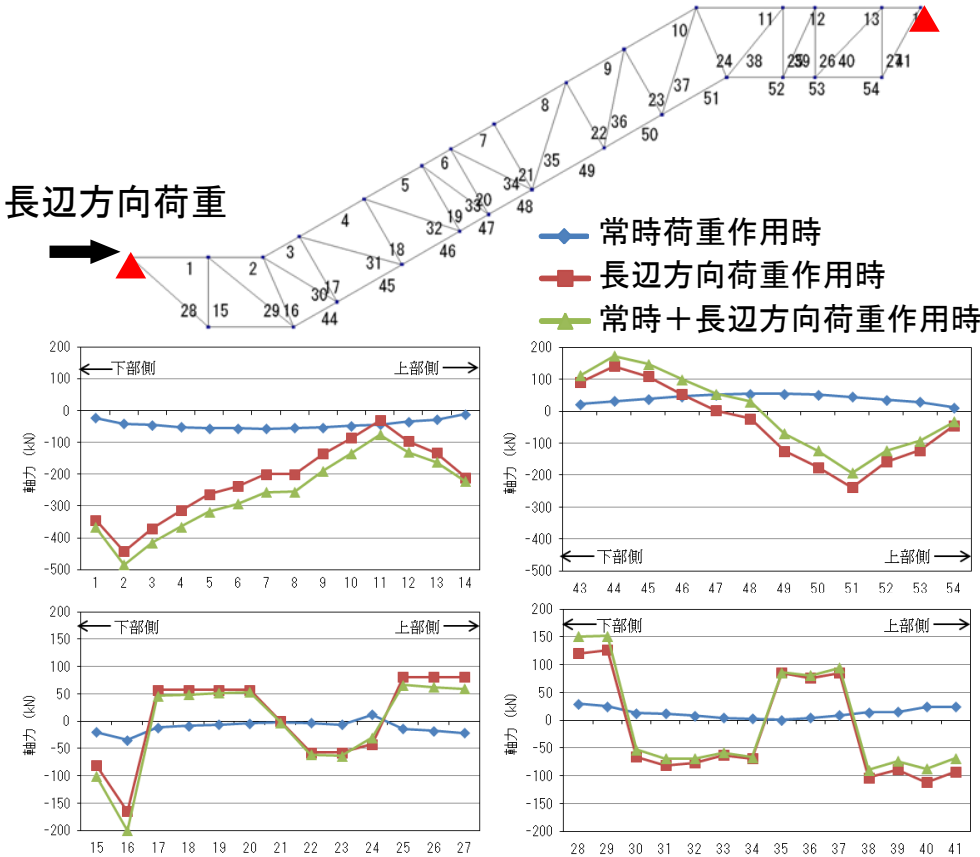
ひずみ、変位測定箇所



部材に加わる軸力計算

○エスカレーターのトラスを構成する部材をそれぞれ線材に置換した2次元モデルとし、トラスの片側のみで計算を行った。

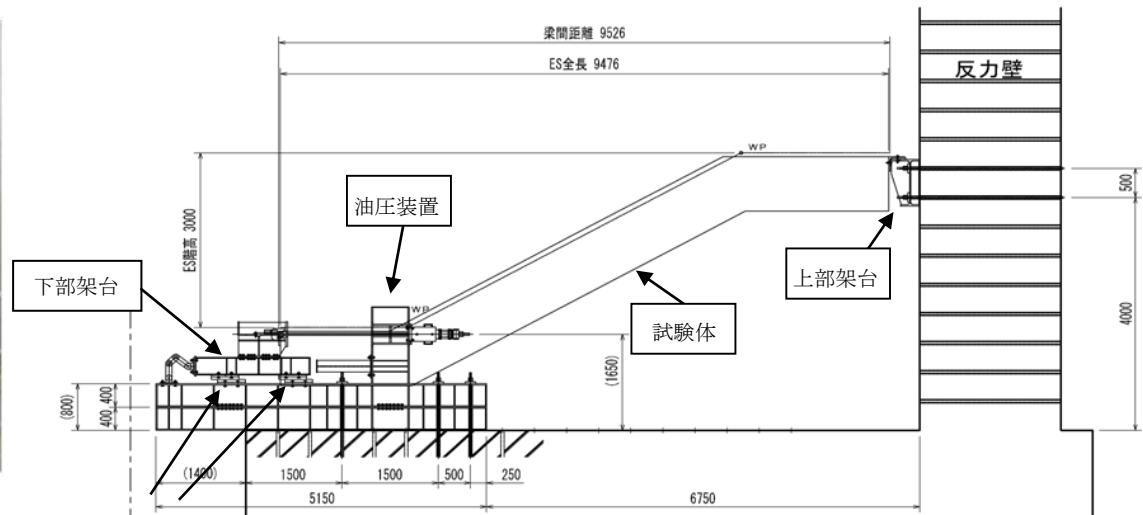
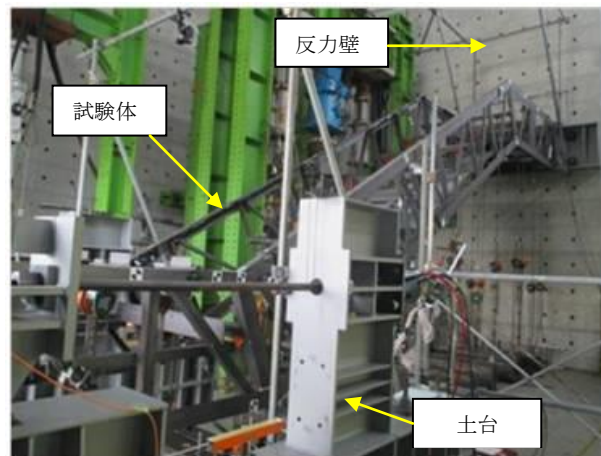
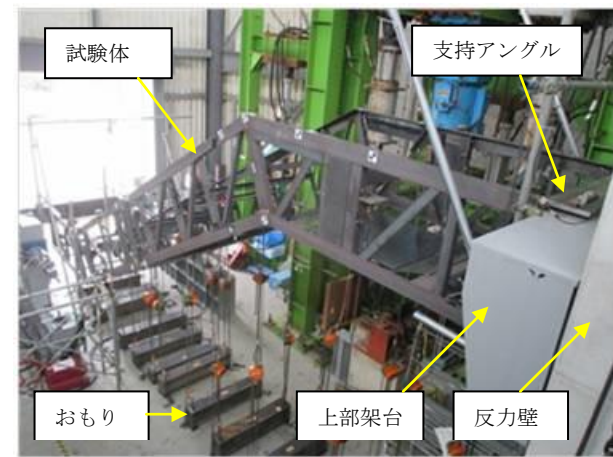
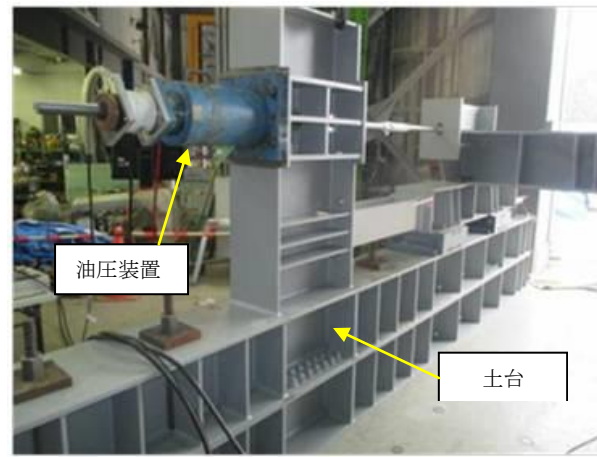
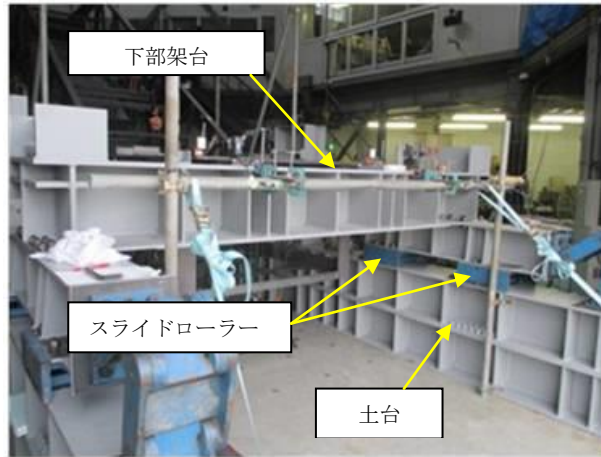
○荷重条件は、常時に鉛直方向に作用する荷重(以下「常時荷重」という。)のみ、エスカレーターの長辺方向に作用する圧縮荷重(以下「長辺方向荷重」という)のみ、常時荷重と長辺方向荷重が同時に作用した場合の3種類で計算した。



軸力計算(サンプル部材のみ)

部材番号	断面形状	部材長さ	許容応力 (Mpa)	①	②	③=①+②		
				常時荷重 (kN)	長辺方向荷重 (kN)	常時荷重+長辺方向荷重 (kN)	応力 (Mpa)	検定比
1	L125×75×10	935	-192.8	-22.31	-344.41	-366.72	-193.0	1.0
2	L125×75×10	656	-213.2	-41.47	-442.58	-484.05	-254.8	1.2
3	L125×75×10	500	-222.1	-44.59	-370.26	-414.85	-218.3	1.0
30	L50×50×6	1109	-105.0	12.81	-65.48	-52.67	-93.3	0.9
31	L50×50×6	1337	-72.7	12.19	-81.01	-68.81	-121.9	1.7
33	L50×50×6	1337	-5.3	4.36	-62.63	-58.27	-99.6	18.9
34	□65×9	1068	-8.2	2.71	-69.03	-66.32	-113.4	13.8
40	□75×19	1219	-28.3	24.64	-111.40	-86.76	-60.9	2.2

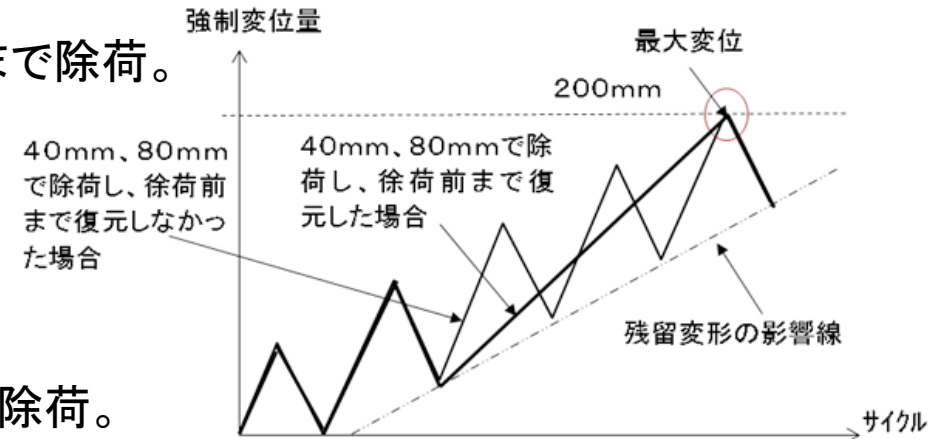
実験装置



実験方法

【加力方法】

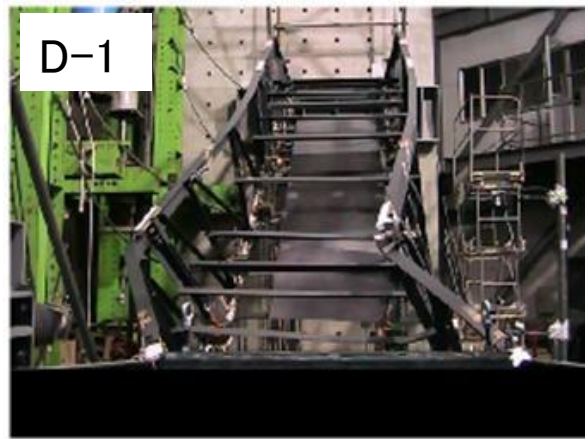
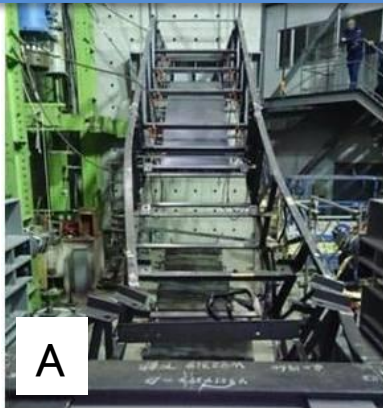
1. 長辺方向荷重値60kN作用後にほぼ0kNまで除荷。
2. 長辺方向荷重値200kN作用後に除荷。
3. 強制変位量40mmまで与えた後、除荷。
4. 強制変位量80mmまで与えた後、除荷。
5. 強制変位量120mmまで与えた後、除荷。
6. 強制変位量160mmまで与えた後、除荷。
7. 強制変位量200mm(最大)まで与えた後、除荷。



【計測項目】

No.	項目	計測方法
1	長辺方向の強制変位量 (短縮量)	強制変位量は、下部支持アングルの2箇所の変位の平均値から、上部支持アングルの2箇所の変位の平均値を差し引く値とする。
2	長辺方向荷重	左右それぞれの油圧装置に取り付けたロードセルにより測定し、左右のロードセルにより測定した荷重の合計値とする。
3	変位	変位を測定する部分にマーカを設置。 マーカ位置の変化を画像分析により測定
4	ひずみ	ひずみゲージを用いて測定

実験結果(変形)

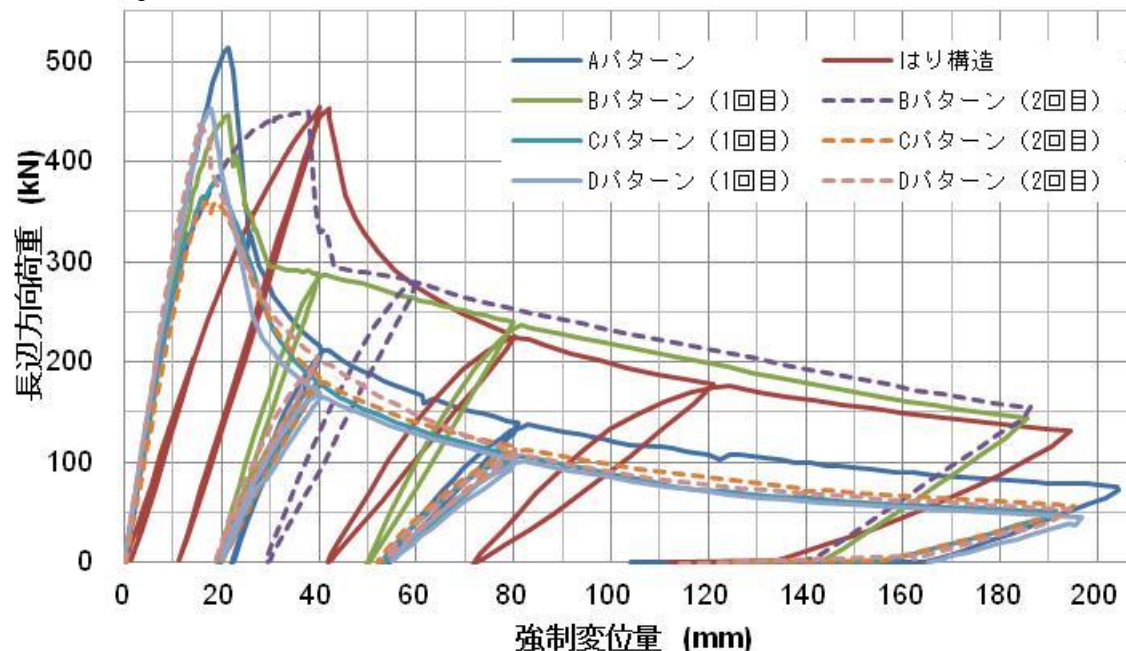


はり構造



実験結果

- ・トラス構造A、C、Dは上弦材変形、Bでは中間部斜材の変形を示したが、トラス部材の破断などによって落下することはなかった。
- ・実物大実験で変形した部位は軸力計算で部材検定比が大きくなっている。
- ・強制変位量15mmから20mmまでは、トラス構造は弾性的な挙動を示している。
- ・長辺方向の復元寸法は、強制変位量が40mm時で20mm程度、強制変位が最大の時は31mmから45mmまでの寸法が復元した。
- ・はり構造体については、下部折点に生じるモーメントが最大になっており、変形も下部折点で発生した。



試験体の変形状況の比較

項 目		構 造	トラス構造						はり構造	
			A パターン	B パターン		C パターン		D パターン		
				1 回 目	2 回 目	1 回 目	2 回 目	1 回 目		2 回 目
最大変形部材		上弦材	斜材		上弦材		上弦材		----	
最大変形箇所		下部折 点	傾斜部		下部折点		傾斜部		下部折 点	
最大 荷重 時	荷重値	509kN	446kN	450kN	384kN	361kN	453kN	437kN	455kN	
	変位量	20.4mm	21.3mm	37.7mm	19.7mm	18.6mm	17.8mm	15.4mm	40.3mm	
最大 変位 時	荷重値	76.3kN	144kN	155kN	51.1kN	57.1kN	46.0kN	52.8kN	131kN	
	変位量	204mm	186mm	186mm	191mm	195mm	197mm	194mm	195mm	
除荷 時 復元 寸法	40mm 時	18.3mm	20.8mm	30.8mm (注)	19.7mm	20.0mm	20.2mm	20.9mm	29.1mm	
	80mm 時	26.5mm	30.2mm	----- (注)	25.9mm	28.6mm	25.6mm	26.3mm	38.5mm	
	最大変 位時	40.3mm	42.2mm	45.3mm	37.9mm	39.5mm	31.5mm	32.0mm	60.6mm	

注. トラス構造Bパターン2回目は、強制変位40mm付近で部材の座屈が推測されたため、強制変位60mmポイントのみで除荷を行った。

復元寸法を考慮したかかり代長さ

揚程3mのトラス等を用いた実物大実験の結果では、長辺方向寸法の強制変位量のうちの一部寸法が弾性的に復元することが確認できたことから、その復元寸法を考慮し、脱落しないために必要なかかり代長さの算式について考察する。

(1) 一端固定状態のかかり代長さ算出式

$$\sum \gamma \bullet H - C \leq \delta = 20 \quad \text{のとき} \quad \Delta \varepsilon = 0$$

$$B = \sum \gamma \bullet H + \beta$$

$$\sum \gamma \bullet H - C > \delta = 20 \quad \text{のとき} \quad \Delta \varepsilon = \sum \gamma \bullet H - C - \delta$$

$$B = \sum \gamma \bullet H + \beta + \Delta \varepsilon = 2 \sum \gamma \bullet H - C$$

(2) 両端非固定状態のかかり代長さ算出式

$$\sum \gamma \bullet H - C - D \leq \delta = 20 \quad \text{のとき} \quad \Delta \varepsilon = 0$$

$$B = \sum \gamma \bullet H + D + \beta$$

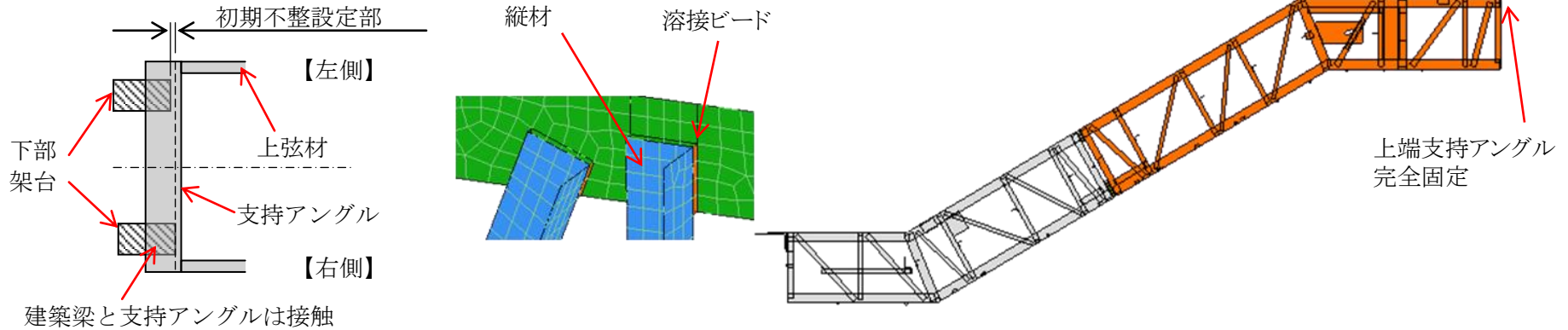
$$\sum \gamma \bullet H - C - D > \delta = 20 \quad \text{のとき} \quad \Delta \varepsilon = \sum \gamma \bullet H - C - D - \delta$$

$$B = \sum \gamma \bullet H + D + \beta + \Delta \varepsilon = 2 \sum \gamma \bullet H - C$$

B : かかり代長さ、 C : 隙間、 D : 他端の隙間、 $\Delta \varepsilon$: トラス等の塑性変形量、 δ : 復元寸法

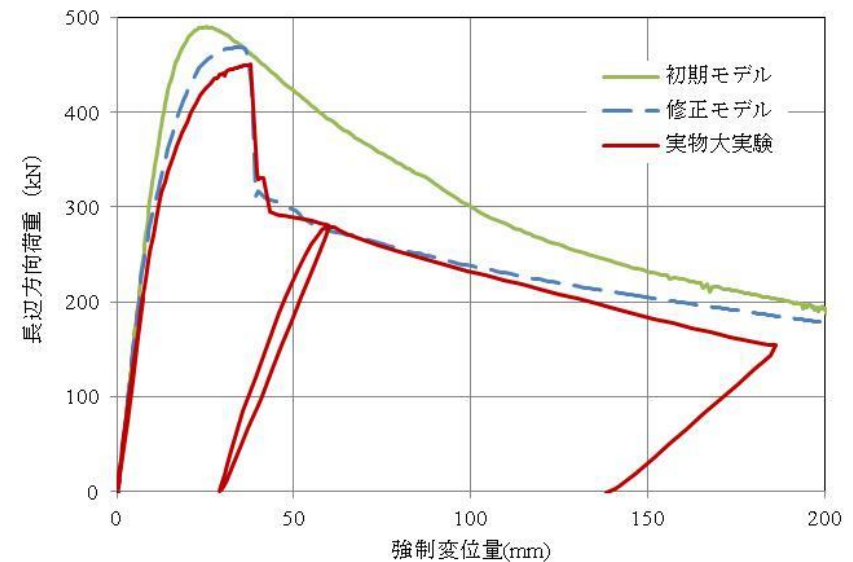
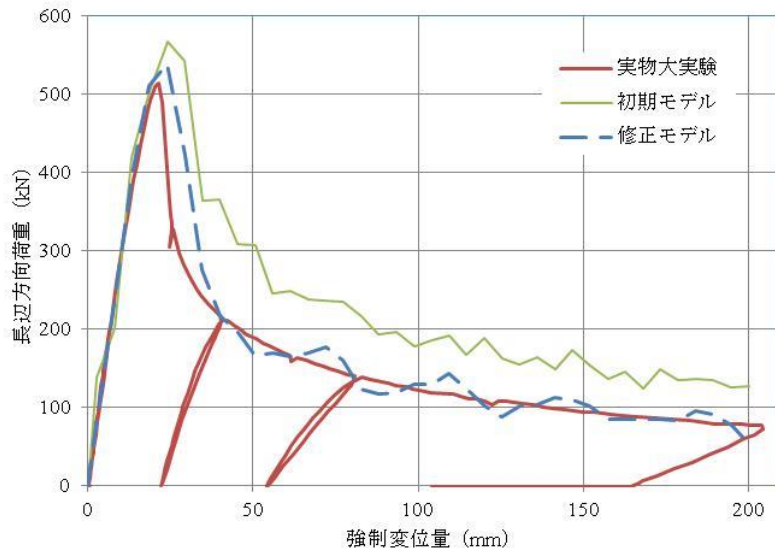
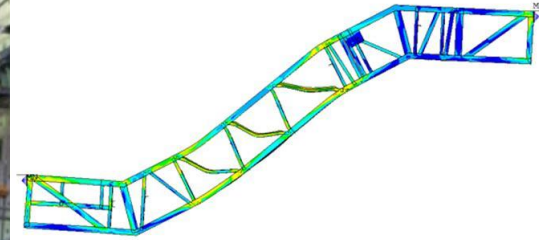
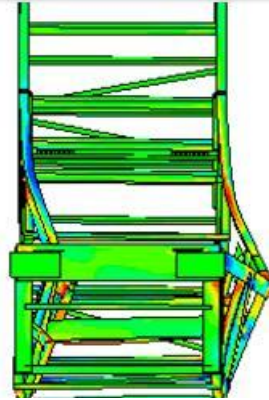
弾塑性変形解析

視点 A (修正モデル、初期状態)



No.	項目	初期モデル	修正モデル
1	形状要素	実物大実験と同一形状。シェル要素を用い、部材及び溶接部をモデリング(溶接部は6mm厚のシェル要素とした。)	
2	材料特性	全部材一律 (ミルシート代表値)	上弦材変形 : 初期モデルと同じ 中間部斜材変形: 部材毎にミルシート値反映
3	境界条件	上部: 支持アングルは完全固定とした 下部: 支持アングルが建築梁と接触条件とした。	
4	初期不整	なし	下部支持アングルと下部架台との隙間は、エスカレーターの左右で5mmの差を設けた。
5	荷重スケジュール	STEP1: 積載重量+機器重量 STEP2: 強制変位(200mm)	

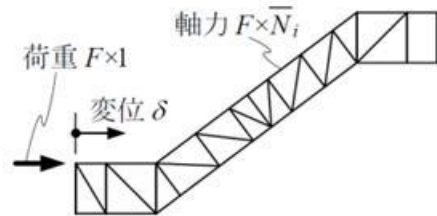
弾塑性解析結果例



上弦材変形、中間部斜材変形の両構造共に変形状態、荷重変位関係において
 実物大実験の結果と同等のシミュレーション結果を得た。
 (はり構造においても同様の結果を得た。報告書4.4に記載)

座屈後残存強度の評価方法

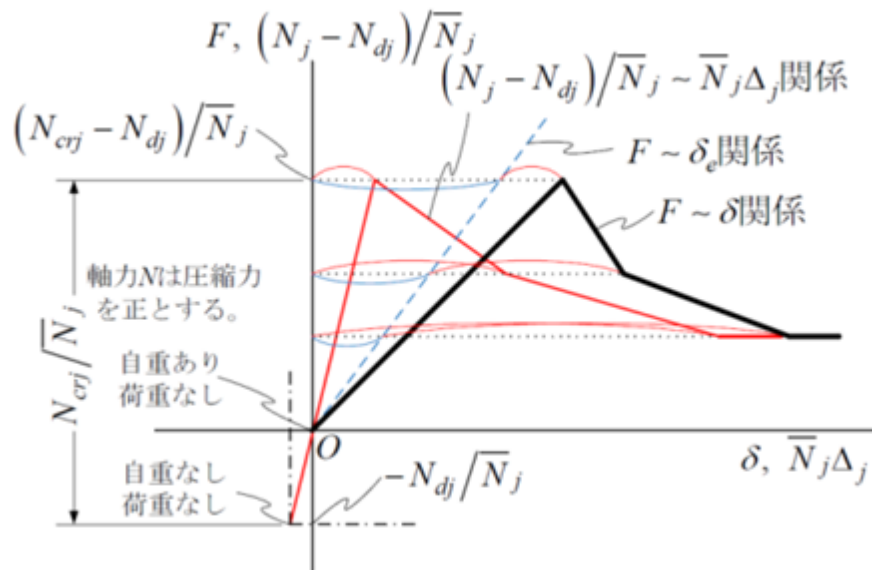
仮想仕事法により作図される荷重変位曲線から、座屈変形後のトラスが落下するか否かは、長辺方向荷重が零になるかどうかで判断できる。



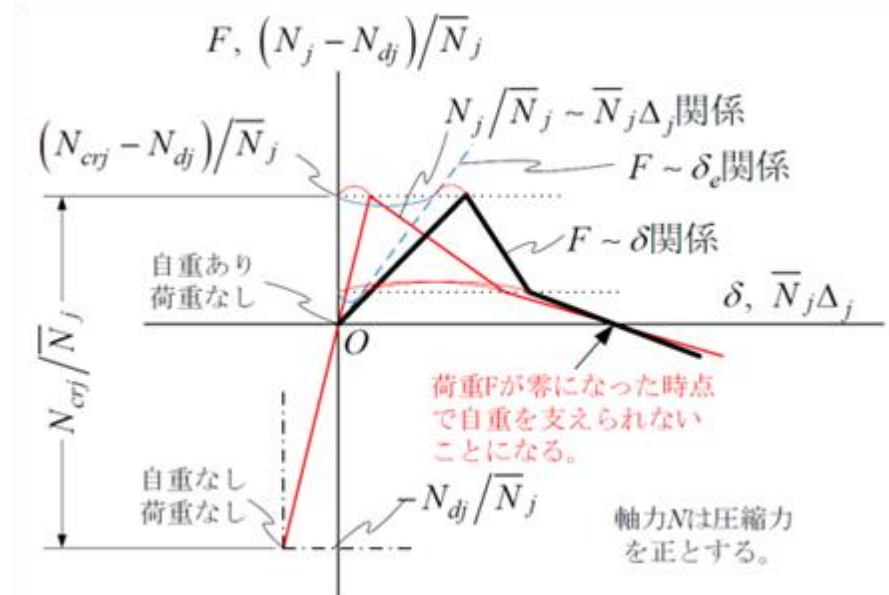
$\bar{N}_i$ は単位荷重を加えたときの部材*i*の軸力

$$\delta = \delta_b + \delta_e \quad \delta_b = \sum_{\text{座屈部材}} (\bar{N}_j \Delta_j) \quad \delta_e = \sum_{\text{弾性部材}} \left(\frac{F \bar{N}_i^2}{EA_i} l_i \right)$$

Δ : 座屈部材縮み量、 E : ヤング率、 A : 断面積、 l : 長さ



荷重変位曲線



荷重変位曲線(自重が大きい場合)²⁵

座屈後残存強度の評価方法

【Parisの式を用いた安定耐力の算出】

中心圧縮材の軸力を P 、縮み量を Δl とし、軸力 P を部材の降伏軸力 P_y で除した値を $n(=P/P_y)$ とする。次のParisの式により荷重変位関係の下限值 n を求め、座屈後の安定耐力として評価する。ここでは、 $e=10$ として計算する。

$$e = \frac{\Delta l}{\Delta l_y} = \frac{2}{\lambda_e^2} \frac{1}{n^2} \cos^2 \frac{\pi n}{2}$$

$$\lambda_e = \sqrt{\varepsilon_y} \cdot \lambda, \quad \lambda = k/i, \quad k: \text{座屈長さ}, \quad i: \text{断面2次半径}, \quad \varepsilon_y: \text{降伏ひずみ}$$

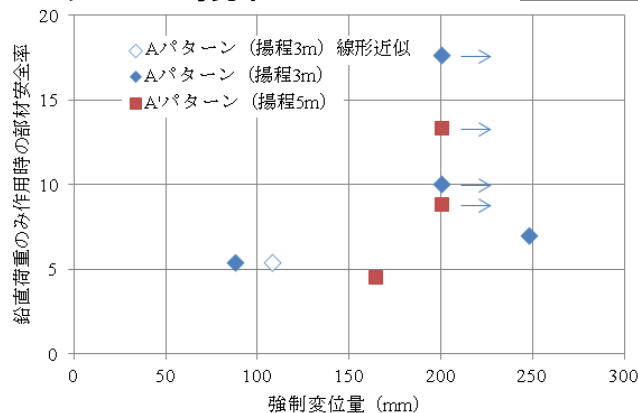
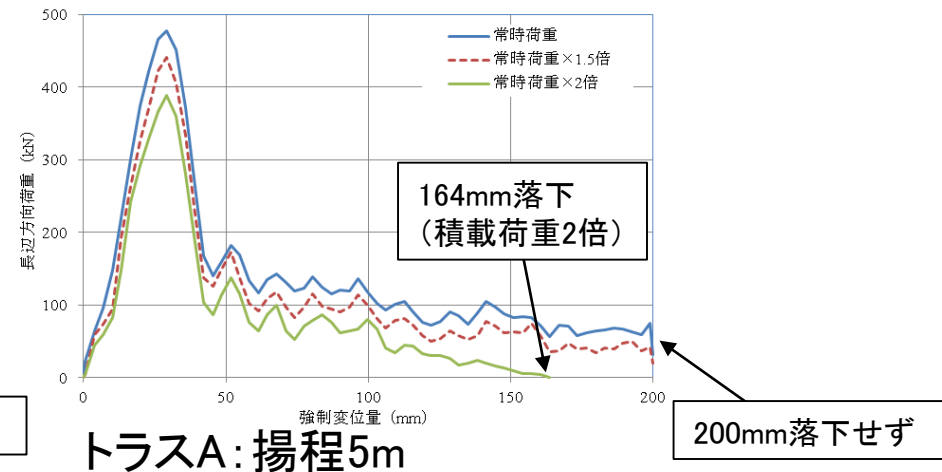
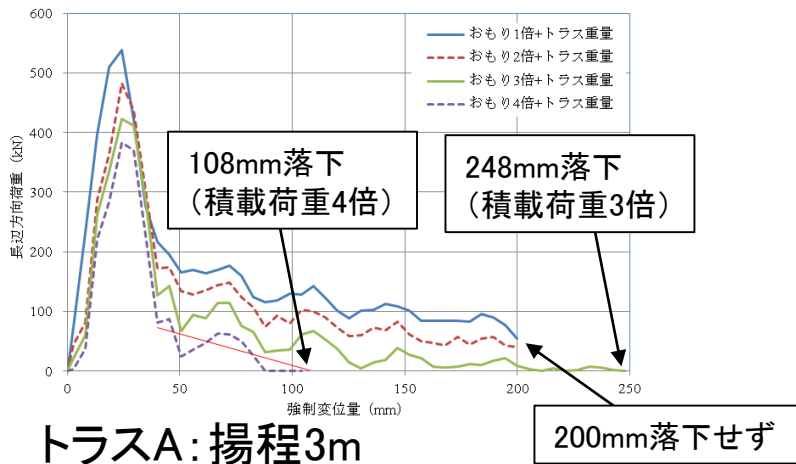
トラス	A	B	C	D
変形部位	上弦材	中間部斜材	上弦材	上弦材
降伏応力(MPa)	340	330	340	340
変形部材軸力(kN) (線形計算)	450	26.5	328	315
下限値 n	0.163	0.136	0.122	0.119
座屈後安定耐力(kN)	105	25.4	78.8	76.7

Bでは長辺方向最大荷重時の軸力よりも耐力が小さく算出されているが、実物大実験では落下しておらず、斜材以外の部材が強度を有していたと推定する。 26

座屈後残存強度の評価方法

【弾塑性シミュレーションと線形計算の組合せによる残存強度算出】

実物大実験と等価となるシミュレーション手法により、積載荷重を増加させ、長辺方向荷重が零となり落下する条件を再現し、その際に座屈変形部材に作用する軸力を線形計算により求め、落下した強制変位量との関係を求めた。



強制変位量と部材安全率

中間部斜材が変形部材となるトラスBのシミュレーションでは、3倍までの積載荷重の増加に対し長辺方向荷重が零になることはなく、十分な自立強度を有し、落下の危険性はないと判断する。

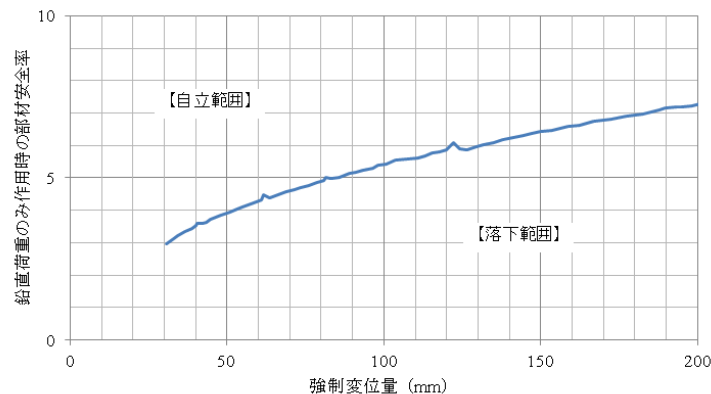
座屈後残存強度の評価方法

【荷重変位関係と線形計算の組合せによる残存強度算出】

変形部材である上弦材の残存強度に対し、鉛直荷重のみによって生じる軸力と長辺方向荷重のみによって生じる軸力とを線形計算により加算し、部材の破断応力に対する安全率を算出する。ここで長辺方向荷重は実物大実験により測定された強制変位量に対する値を用いる。

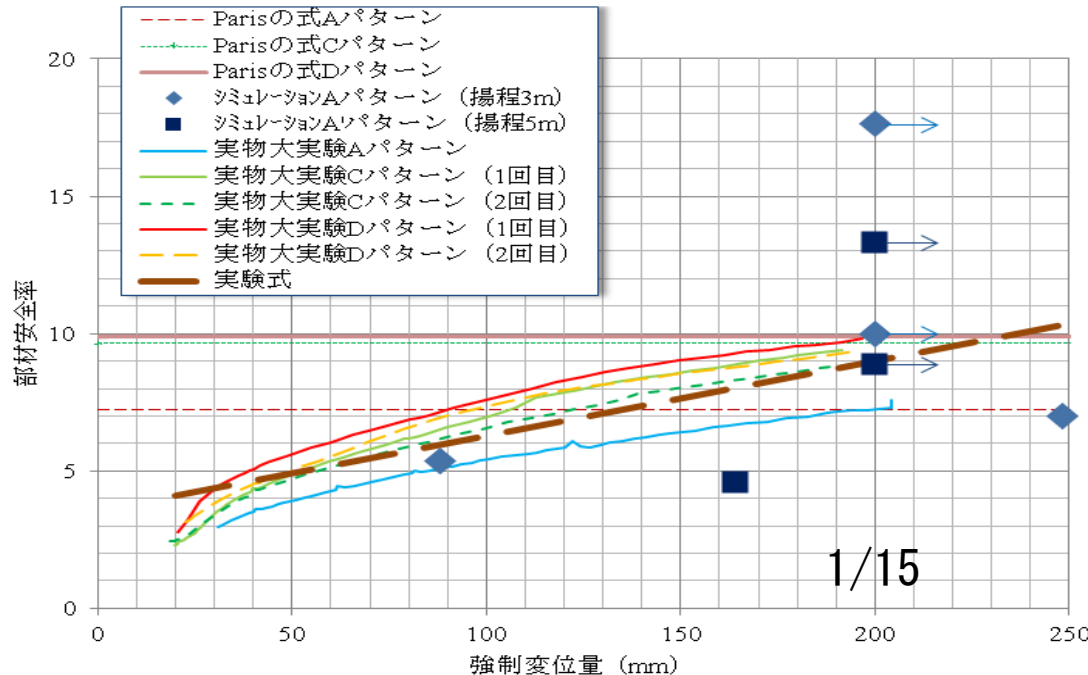
算出された軸力について部材破断応力に対する安全率としてグラフ化し、引かれた線より上側であればトラスは自立することとなる。

No.	強制変位量 () 内は長辺方向荷重の大きさ		40mm (210kN)	81mm (140kN)	204mm (74kN)
①	トラス部材に	常時荷重のみ	43.0	43.0	43.0
②	生じる圧縮軸力	長辺方向荷重のみ	167.7	111.8	59.1
③	(kN)	残存強度①+②	210.7	154.8	102.1
④	部材残存強度の安全率※		3.6	4.9	7.4



座屈後残存強度の評価方法まとめ

トラス上弦材が変形した場合についてParisの式を用いた方法、実物大実験及びシミュレーション結果から、自立可能となる部材の安全率をまとめる。ここでは、常時荷重が作用するとき部材に生じる軸力から軸応力を求め、この軸応力の破断応力に対する安全率を示している。自立可能となる部材安全率は、強制変位量に応じて設定することができ、強制変位量90mm時で安全率6、強制変位量200mm時で安全率9とし、エスカレーターの実使用範囲においては直線的に補間した数値にできると考えられる。



中間部斜材が変形部材となるトラスではエスカレーターの実使用範囲において落下の恐れはないと判断

(はり構造における同様の評価結果については報告書5.5に記載)

強制変位後の強度評価

2011年の東北地方太平洋沖地震では、地震時に建物が最大層間変位に達した後も、比較的長い時間地震が継続しているため、エスカレーターに強制変位が生じた後も、エスカレーター自体が継続する地震により振動することが考えられる。

そのため、このような場合の耐震安全性の確認としては、単に、積載及び機器重量を支持できているかどうかだけでなく、エスカレーター自体の振動によって、支えているトラス等が崩壊しないかどうかを確認する。その具体的な方法として、強制変位を受けた後の状態で、トラス等自体のベースシア係数 C_r が1.0以上であることを確認する。

$$C_r = \frac{\text{大地震時に想定される強制変位後のトラス等の保有水平耐力}}{\text{積載荷重と機器本体によって生じる力}}$$

エスカレーターに水平地震力と鉛直荷重が作用した際の軸力を線形計算により算出し、その値と座屈後の残存強度指標とした安全率6に相当する部材軸力とを比較した結果、十分な強度を有していることが示された。

(はり構造における同様の評価結果については報告書6.3に記載)

提言(トラス等の強度評価方法)

確認申請の際は、下表に示す方法によりトラス等の強度検証を行う。この強度検証法は、実物大実験及びシミュレーションによる検討により揚程が与える影響がないことを確認しており、エスカレーターの実使用範囲では評価可能と考える。

項目	トラス構造	はり構造
構造要件	主弦材は山形鋼を用いた構造 一般構造用圧延鋼材又はその相当材	H 鋼により構成する構造 一般構造用圧延鋼材又はその相当材
計算方法	① エスカレーターは、上端、下端、中間支持、脱落防止措置で支持するものとする。 ② 常時に作用する積載荷重と固定荷重によりトラス部材に生じる軸力を、線形計算又はクレモナ図式解法により計算する。	① エスカレーターは、上端、下端、中間支持、脱落防止措置で支持するものとする。 ② 常時に作用する積載荷重と固定荷重によりはり構造に生じる曲げモーメントを線形計算により算出する。
評価部位	すべての上弦材	下部折点
判定方法	常時に生じる軸応力を算出し、破断応力に対する安全率を満足していることを確認する。 安全率は、強制変位量*90mm 時に 6、強制変位量*200mm 時に 9 として直線的に補間した数値とする。(詳細は 5.4 項を参照)	常時に生じる曲げ応力を算出し、破断応力に対する安全率を満足していることを確認する。 安全率は、強制変位量*90mm 時に 4、強制変位量*200mm 時に 6 として直線的に補間した数値とする。(詳細は 5.5.4 項を参照)

※: 強制変位量は、一端固定状態のとき、両端非固定状態のときとなる。

γ : 設計用層間変形角、 H : エスカレーターの揚程、 C : 計算しようとする一端の隙間、 D : 他端の隙間

提言(トラス等の強度評価方法)

部材の安全率が表に示す判定値未満となる場合は、次のような方法がある。

- (1) 本事業ではトラス等のみとして評価方法を検討した。エスカレーターの内部機器などによる補強効果を含めて考えると、トラス等は落下に対して十分な強度を有していることが期待できる。内部機器による補強効果を評価し、本事業で得られた技法を用いて性能評価を行い、国土交通大臣の認定を受ける。
- (2) 本事業では、トラス構造において様々な部材の構成を念頭として検討したため、変形部位の特定を行わずにすべての上弦材を対象とした安全側の評価方法とした。トラスの構成を限定し、変形部位が特定できれば、合理的な評価は可能になる。変形部位の特定方法は、性能評価を通じ、国土交通大臣の認定を受ける。

提言(かかり代長さの算出式)

トラス等が建築はり等に衝突する条件において、脱落しないために必要なかかり代長さの算出は、長辺方向の弾性的な復元寸法を考慮し、下表とする。ただし下表は、工学的に確認した範囲として、揚程3m以上に限るものとし、3.6.2項から復元寸法 δ は20mmとする。なお、揚程3m未満については、平25国告1046号に記載のかかり代長さの算出式を用いる。

支持方法	条件	かかり代長さ算出式
一端固定状態 《 $C \leq \Sigma\gamma \cdot H$ のとき》	$\Sigma\gamma \cdot H - C \leq \delta$ のとき	$B = \Sigma\gamma \cdot H + \beta$
	$\Sigma\gamma \cdot H - C > \delta$ のとき	$B = 2\Sigma\gamma \cdot H - C + \beta - \delta$
両端非固定状態 《 $C + D \leq \Sigma\gamma \cdot H$ のとき》	$\Sigma\gamma \cdot H - C - D \leq \delta$ のとき	$B = \Sigma\gamma \cdot H + D + \beta$
	$\Sigma\gamma \cdot H - C - D > \delta$ のとき	$B = 2\Sigma\gamma \cdot H - C + \beta - \delta$

B : かかり代長さ、 γ : 設計用層間変形角、 H : エスカレーターの揚程、
C : 計算しようとする一端の間隙、 D : 他端の間隙、 β : かかり代余裕 (=20mm)

基整促 P8(口)報告

目的

エスカレーターの構造に関しては、建築基準法施行令第129条の12に規定されており、さらに平成12年建設省告示第1424号でエスカレーターの制動装置の構造方法を定める件が定められている。

平成26年度建築基準整備促進事業の調査番号P8(口)エスカレーターの安全装置の要求性能等に関する検討では、エスカレーターの安全な運行に関して、安全を担保すべき安全装置について、安全装置に求められる要求性能と要求仕様について整理し、エスカレーターの安全装置に係る安全性の確保のための評価基準案を提案することを目的とした。

くわえて本報告書では、これら安全性の評価内容を確認申請及び完了検査において審査する内容の提案を行っている。

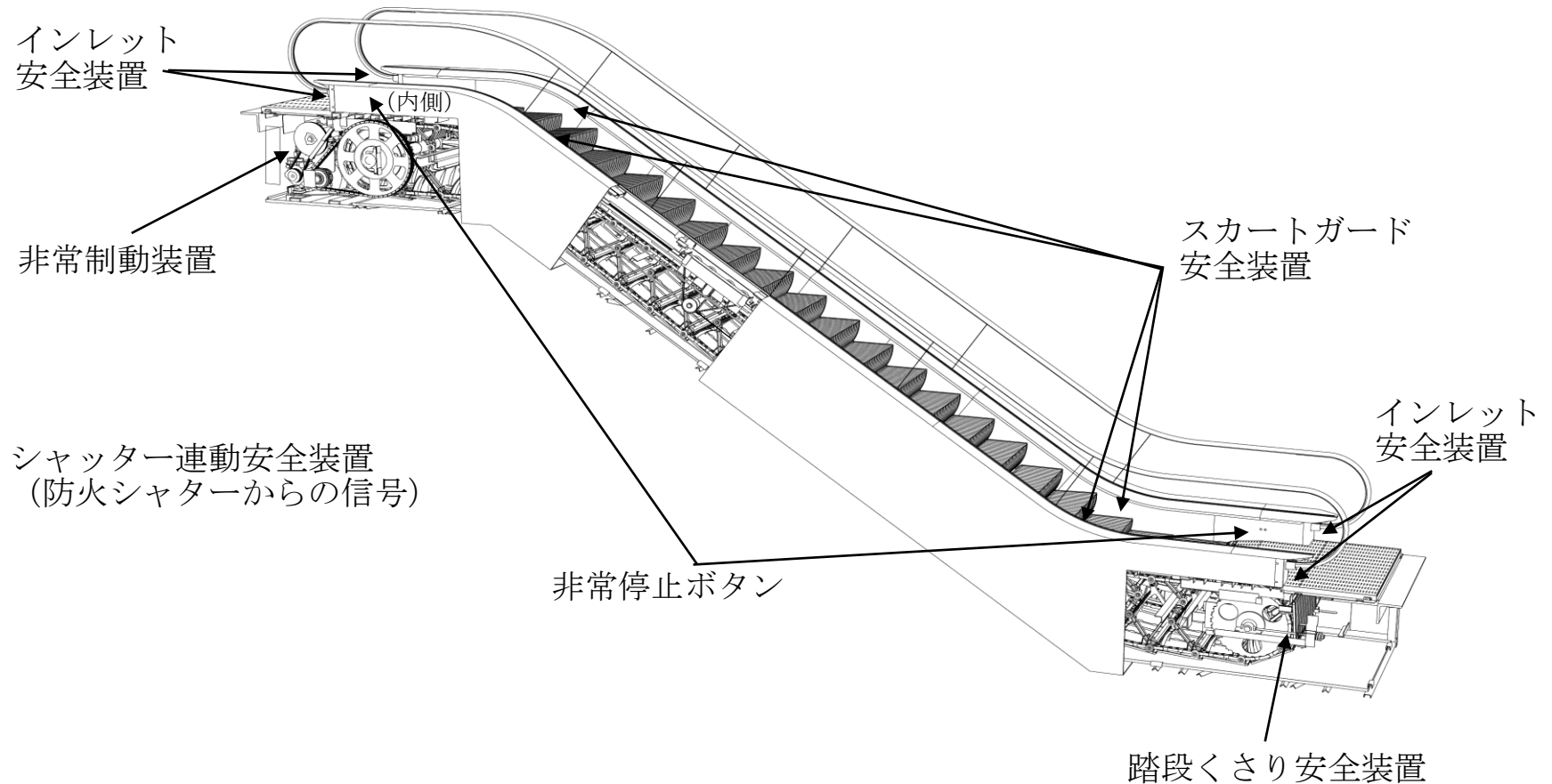
エスカレーター安全装置の評価対象

エスカレーター及び動く歩道の安全装置

装置名	法令	内容
不安全状態の検出		
非常停止ボタン	建基法施行令第129条の12 第4項	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
踏段くさり安全装置	H12年建設省告示第1424号第2号イ	踏段くさが異常に伸びた状態を検知する装置
シャッター連動安全装置	H12年建設省告示第1424号第2号ハ	昇降口を覆う戸が閉じようとしている状態を検知する装置
スカートガード安全装置	H12年建設省告示第1424号第2号ニ	人/物が踏段側面とスカートガードとの間に挟まれた状態を検知する装置
インレット安全装置	H12年建設省告示第1424号第2号ホ	人/物がハンドレールの入込口に入り込んだ状態を検知する装置
非常制動装置		
非常制動装置	H12年建設省告示第1424号第3号	不安全が検知された場合においてエスカレーターを停止させる装置
---	H12年建設省告示第1424号第2号ロ	電源が切断した場合に非常制動装置が直ちに作動すること
確実な非常停止のための電気回路		
電気安全チェーン	---	検出装置が不安全な状態を検知した時に確実に駆動装置及び非常制動装置を作動させる機能
駆動と非常制動装置の遮断	---	駆動力の遮断と非常制動装置の電流を遮断する回路構成

※ 建築基準法令に定められた安全装置に加えて確実な非常停止の為の電気回路が評価の対象になる

エスカレーター安全装置配置



事故事例の調査

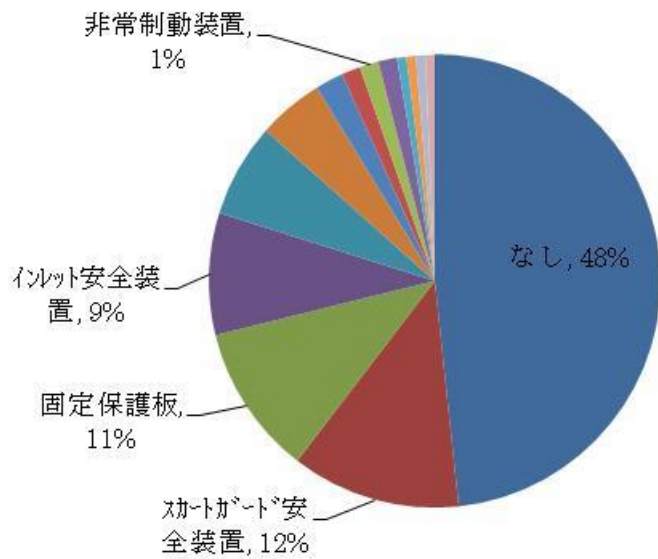


図 5-4 事故事例に関連する安全装置

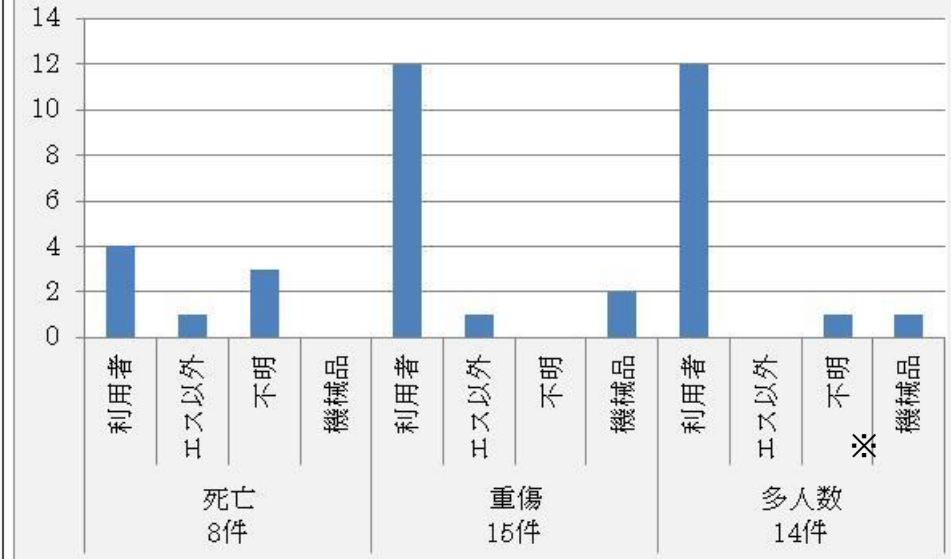


図 5-5 該当する安全装置が無い場合の推定原因

※多人数; 軽傷でも多人数が負傷した時は重大事故として検証

- ・事故事例の分析結果から関連する安全装置としては、建築基準法令に定められたスカートガード安全装置、インレット安全装置、非常制動装置が挙げられる。
- ・事故事例の分析結果から該当する安全装置が無い場合があるが、これらの場合の推定原因を分析すると、利用者に起因する場合が大半であり、エスカレーター設備として検討・追加すべき新たな安全装置もしくは現状の安全装置の性能・機能の強化を必要とする事例は無かった。

FMEAとFTA分析

FTA分析における建築基準法令関連の安全装置

【転倒のリスク】

・踏段くさり安全装置

踏段くさりの破断により利用者が体のバランスを崩し転倒することが想定され、このリスクに対して踏段くさりの破断又は破断に至る前の異常な伸びによりエスカレーターの運転を停止させる踏段くさり安全装置が有効であると分析される。

【挟まれるリスク】

・スカートガード安全装置

踏段とスカートガードの間にはエスカレーターの構造上隙間が存在し、利用者の靴等が挟まれるリスクがある。このすき間に人又は物が挟まった場合にエスカレーターの運転を停止させるスカートガード安全装置が有効であると分析される。

・インレット安全装置

ハンドレールの入り込み口(インレット)における挟まれリスクがあり、このすき間に人又は物が挟まれたことを検出してエスカレーターを停止させるインレット安全装置が有効と分析される。

安全装置評価方法

- 要求仕様の特定

- 安全装置に共通の要求仕様
- 個別安全装置に対する要求仕様
- 構成; 並列、直列、2重化、...

- 要求仕様毎の評価方法

- 図面により要求仕様に一致していることを説明
- 仕様通りの諸元であるかを試験により確かめられたことを報告書で説明
- 他の規格の認証(JIS、CSA、UL...)を仕様書等により説明

JIS ; Japanese Industrial Standards

JIS(日本工業規格)は、日本の工業標準化の促進を目的とする工業標準化法(昭和24年)に基づき制定される国家規格

CSA; Canadian Standards Association

規格開発、製品認証、受託検査/登録及び規格刊行する独立した非営利団体

UL ; Underwriters Laboratories Inc.

材料・装置・部品・道具類から製品の、製品安全規格を策定、評価方法設定、評価試験を実施する非営利機関

- (完成検査時等)目視又は測定等により確認(寸法、圧力...)

- 確認申請又は完了検査時の審査方法

- 確認申請時に設計図書により要求仕様を満足していることを確認。
- 完了検査時に各安全装置が作動することを確認。

安全装置の要求仕様と評価方法

- 安全装置毎の要求仕様と評価基準

報告書の章

- 非常停止ボタン 7.1.1
- 踏段くさり安全装置 7.1.2
- 電子安全による検出に対する共通仕様 7.1.3
- インレット安全装置 7.1.4
- スカートガード安全装置 7.1.5
- シャッター連動安全装置 7.1.6
- 非常制動装置 7.1.7

- 確実な非常停止のための回路構成

- 不安全状態の検出 7.2.1
- 電気安全チェーン 7.2.2
- 駆動装置の遮断 7.2.3

安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.1.1			
安全装置名:	非常停止ボタン			
要求性能(目的):	・乗降口で運転を停止させることができる非常停止ボタンを、両端部の乗降口に、設置場所がわかるようにして設ける。(令第129条の12 第4項) ・踏段(LCU)に隣接し、使用者と非使用者が踏段(LCU)の動きを意図的に停止できる手段を備えなければならない。(ISO25740-1: GESR 6.5.8) ・緊急時に非常制動を掛けて運転を停止させる。			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・接点による検出に対する共通仕様を満足すること。	7.2.1章に記載			
・両端部の乗降口の容易に手の届く場所に設けられている。	不要	①	不要	②
	①非常停止ボタンが両端部の乗降口に設けられていることを示す図面で説明する。 ②完了検査時に、実際の設置位置と作動することを実機で確認する。			
・不用意に押されることを防止する構造。 例: 乱用防止カバーを設置する、ボタンの縁に段差を設ける、取付け面より奥に設置する等	不要	③	不要	不要
	③非常停止ボタンが不用意に押されない構造となっていることを図面で説明する。			

安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.1.2			
安全装置名:	踏段くさり安全装置			
要求性能(目的):	・踏段くさがりが異常に伸びた場合に、運転を停止。(告示1424号第二号イ) ・踏段(LCU)構成部品間の挟まれの可能性を最小限にしなければならない。(ISO25740-1: GESR) ・踏段くさりの伸び/切断による踏段間の隙間への挟まれ、開口部への転落の防止。			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・接点による検出に対する共通仕様を満足すること。	7.2.1章に記載			
・踏段くさり緊張装置(通常は下部機械室内に設置)において、設定位置からの緊張装置の移動した状態を検出して非常停止させる。(図1、2参照) 参考; 寸法Xの計算式 $X=(2*H/\sin\theta+N*Ps)*0.015/2$ N; 両端の折り返し部の踏段数 H; 揚程 Ps; 踏段くさりピッチ	不要	①	不要	②
	①踏段くさり緊張装置の位置が規定値を超える前に作動する構造であることを示す図面により説明する。 ②完了検査時に、スイッチを作動させた状態でエスカレーターが起動しないことを確認する。			

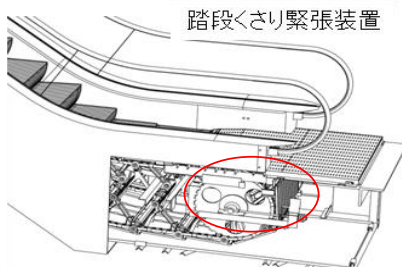


図1 : 踏段くさり緊張装置

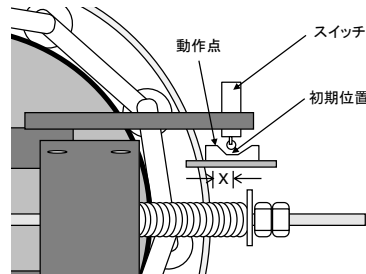


図2 : 踏段くさり安全装置の構造例

安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.1.3			
安全装置名:	インレット安全装置			
要求性能(目的):	・人又は物がハンドレールの入込口に入り込んだ場合に運転を停止。(告示第1424号第二号ホ)			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・接点による検出に対する共通仕様を満足すること。	7.2.1章に記載			
・人又は物がハンドレールの入込口に入り込んだ場合に非常停止させる。	不要	①	不要	②
	①ハンドレールの入込口に人又は物が入り込んだ時にインレット安全装置が働くことを図面で説明する。 ②完了検査時に、インレット安全装置の作動時にエスカレーターが非常停止することを確認する。			

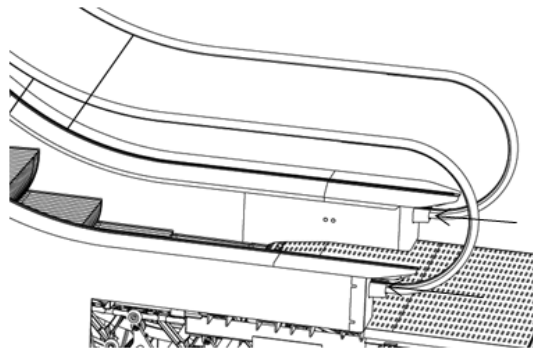


図 4-1 ; インレット安全装置の配置

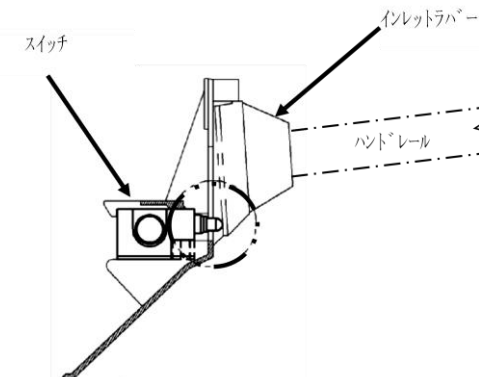


図 4-2 ; インレット安全装置の構造例

安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.1.4			
安全装置名:	スカートガード安全装置			
要求性能(目的):	・乗降口に近い位置において、踏段側面とスカートガードとの間に人や物が強く挟まった場合に運転を停止。(告示第1424号第二号二) ・踏段(LCU)とそれに隣接する表面間における挟まれを最小限にする為の手段を備えなければならない。(ISO25740-1: GESR 6.5.4)			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・接点による検出に対する共通仕様を満足すること。	7.2.1章に記載			
・スカートガード安全装置部において、踏段側面とスカートガードとの間に人や物が挟まった場合に非常停止させる。	不要	①	不要	②
	①踏段側面とスカートガードの間に人や物が挟まった時にスカートガード安全装置が働くことを図面で説明する。 ②完了検査時に、スカートガードを押してスカートガード安全装置を作動させエスカレーターが起動しないことを確認。			
・上下乗降部付近の、踏段間の段差が変化する場所の左右両側に設置すること。(図5、6参照)	不要	③	不要	④
	③スカートガード安全装置の配置を示す図面により設置位置を説明する。 ④完了検査時に、図面通りの数が設置されていることを確認。			

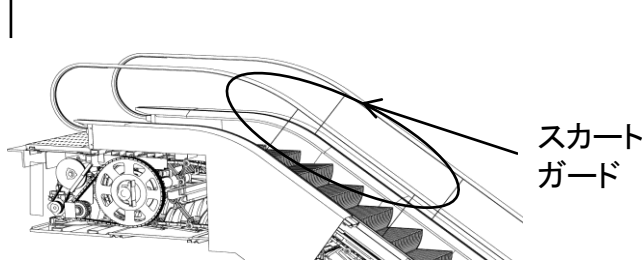


図5 ;上階乗降部付近のスカートガード

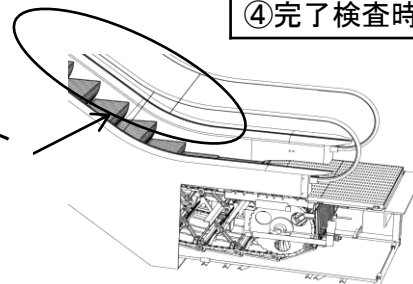


図6 ;下階乗降部付近のスカートガード

安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.1.5			
安全装置名:	シャッター連動安全装置			
要求性能(目的):	・昇降口において床の開口部を覆う戸が閉じようとしている状態に連動して運転を停止。 (告示第1424号第二号ハ) ・昇降口での利用者の滞留防止			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・ニューアル先端(固定した誘導柵等が設けられている場合、誘導柵等の先端)から2m(定格速度が30m/min超えは2.5m)以内に防火シャッター又は防火戸が設置している場合に必要。(図7参照)	不要	①	不要	②
	①エスカレーターと防火シャッター又は防火戸の位置関係を示した図面によりシャッター連動安全装置の要否を説明する。 ②完了検査時に、防火シャッター又は防火戸とエスカレーターニューアルの位置関係を確認し防火シャッター又は防火戸が作動した時にエスカレーターが非常停止することを確認する。			

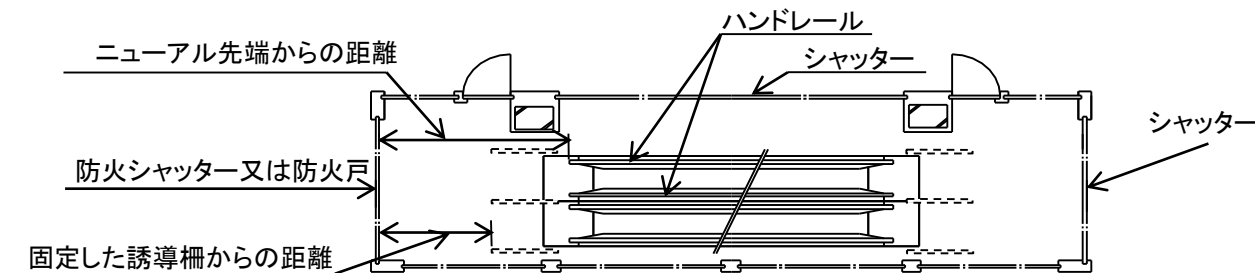


図7 エスカレーターと防火シャッター又は防火戸の位置関係

注) シャッターは、エスカレーター外の設備となるため、接点に対する基準は今回の検討より除外した。

安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.1.6			
分類:	非常制動装置に対する共通仕様			
目的:	・不安全状態が検出された場合に作動する非常制動装置に対する共通の要求仕様			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・非常制動装置は、電源供給が失われた場合において自動的に作動しなければならない。	不要	不要	不要	①
	①完了検査時に、電源が切れたときに非常停止することを確認する。			
・非常制動装置は、安全装置により不安全状態が検出された直後に減速を開始する。	不要	不要	不要	②
	②完了検査時に、非常停止ボタンを押した直後にエスカレーターが減速を開始することを確認する。			
・踏段に何も載せない上昇運転時の停止距離は、次の式によって計算した数値以上で、かつ、0.6m以下とする。また、停止に至るまでに踏段に生ずる進行方向の平均減速度は1.25 m/s ² 以下とする。 S=V ² /9,000 S: 停止距離(m) V: 定格速度(m/min)	不要	不要	不要	③
	③完了検査時に、無負荷、上昇運転時の非常停止時の停止距離がS～0.6mであることを確認する。			

安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.1.6 (つづき)			
分類:	電磁ブレーキに対する要求仕様			
目的:	非常制動装置を電磁ブレーキにより構成する場合の電磁ブレーキに対する要求仕様			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・非常制動装置に対する共通仕様を満足すること。	7.1.6章に記載			
・電磁ブレーキは、圧縮バネの作用により制動力を発生させる。(図8-1、8-2参照)	不要	①	不要	不要
	①電磁ブレーキの圧縮されたバネによりブレーキ力が作用していることを示す図面で説明する。			
・電磁ブレーキ作動時のブレーキ電流の遮断は、直列に接続された2個以上の独立した電流遮断手段によって行う。(図8-3参照)	不要	②	不要	不要
	②電磁ブレーキのブレーキ電流の遮断が2個以上の電流遮断手段によることを図面で説明する。			

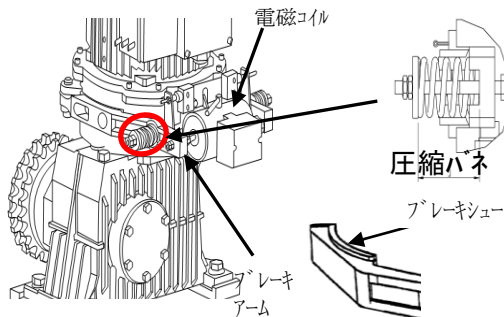


図8-1 ; 電磁ブレーキのバネの例1
(ドラムブレーキ)

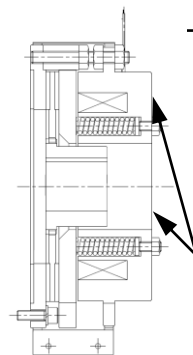


図8-2 ; 電磁ブレーキのバネの例2
(ディスクブレーキ)

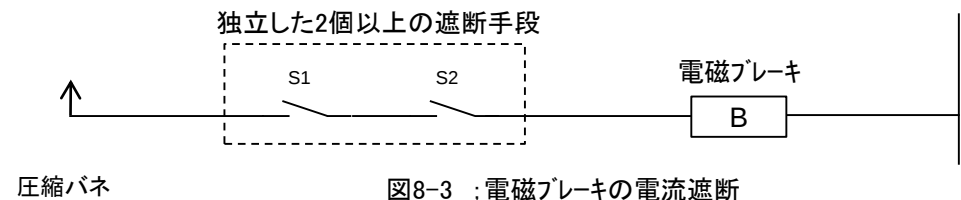


図8-3 ; 電磁ブレーキの電流遮断

安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.1.6 (つづき)			
分類:	電気式ブレーキに対する要求仕様			
目的:	非常制動装置を電気ブレーキ(インバータ等)により構成する場合の電気ブレーキに対する要求仕様			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書		試験報告	実機
・非常制動装置に対する共通仕様を満足すること。	7.1.6章に記載			
・電気式ブレーキを設置する場合は、電磁ブレーキをあわせて設置し、停止時には電磁ブレーキを常時作動させなければならない。	不要	①	不要	不要
	①停止時には電磁ブレーキが常時作動する構造となっていることを図面で説明する。			
・電気式ブレーキに、異常がある場合は直ちに電磁ブレーキを作動させなければならない。	不要	不要	②	不要
	②電気式ブレーキが異常作動時、電磁ブレーキが作動することを試験報告書により説明する。			

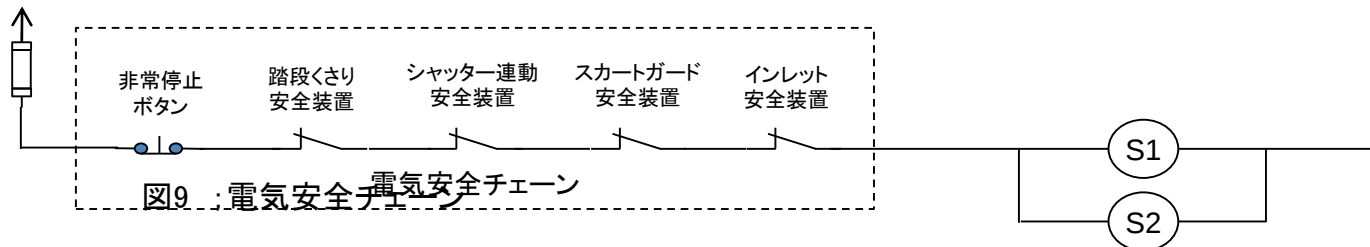
安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.2.1			
分類:	安全装置の接点による検出に対する共通仕様			
目的:	・不安全状態の検出を接点により構成する場合の要求仕様			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・安全装置の接点は、下記のいずれかとする。	①、②	①、②	不要	不要
①強制開離機構(直接開路動作機構)付きとする。この接点開離は接点溶着時でも行われること。注)	①安全装置の接点が強制開離機構であることを仕様書又は図面等で説明する。又は、 ②接点の溶着に対して考慮された回路構成であることを仕様書又は図面等で説明する。			
②接点が溶着に対して、定常電流と突入電流、又は定常電圧と逆起電圧を考慮した適切な負荷となる回路構成となっていること。				

注) 強制開離(直接開路動作)とは、すべての接点を引き離す部品が開路位置に移動するとき、その有効移動範囲において、接点と作動力が作用している作動機構との間に、弾性部品(例えば、ばね)がない構造のことである。このような構造であれば、作動機構に接点を引き離す方向に力が加わったときに接点が引き離される。

安全装置の要求仕様と評価方法

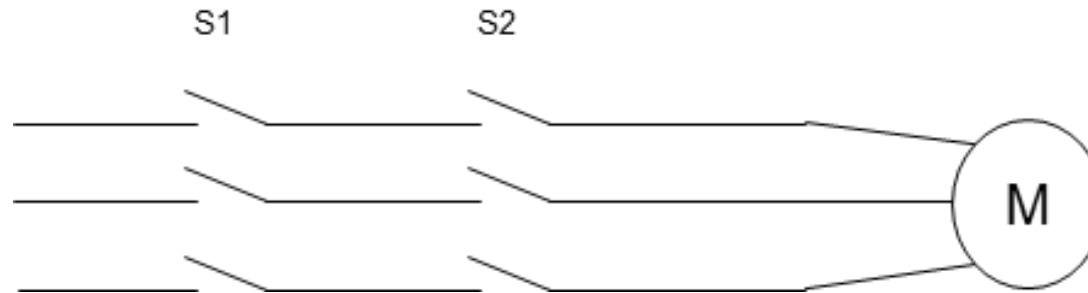
項目番号	7.2.2			
分類:	電気安全チェーン			
目的:	不安全状態が検出された場合、確実にエスカレーターを非常停止させるために必要な電気回路の要求仕様			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
・不安全状態を検出した場合、停止時であれば駆動機の起動を妨げ、走行中であれば直ちに非常停止を開始しなければならない。	不要	不要	不要	①、②
	いずれかの安全装置(インレット安全装置等)の完了検査時に、次の内容が確認済となっている。 ①走行中、安全装置が作動したとき、非常停止すること。 ②停止中、安全装置が作動中であれば起動できないこと。			
・電気安全装置のある回路が地絡したときは次のa)又はb)のいずれかによる。 a) 駆動機を直ちに停止させる。 b) エスカレータの再起動を阻止する。	不要	③	③	不要
	③電気安全チェーンが地絡した時の非常停止と再起動を阻止できることを図面又は試験報告書により説明する。			
・非常停止後の通常運転への復帰は自動で行ってはならない。	不要	④	④	不要
	④非常停止後の再起動が自動で行われないことを図面又は試験報告書により説明する。			



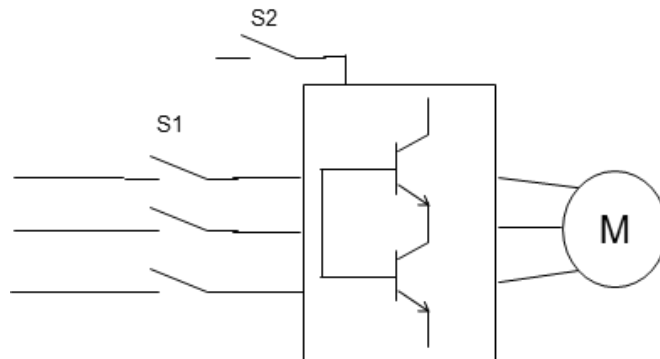
安全装置の要求仕様と評価方法

項目番号	7.2.3			
分類:	駆動装置の遮断			
目的:	不安全状態を検出した時、確実に動力を遮断するための要求仕様 ①電流開閉器による、②電流開閉器+静止素子、③静止素子のみの構成のいずれかの方法による			
要求仕様:	評価方法			
	確認申請			完了検査
	仕様書	図面	試験報告	実機
①2個の独立した電流開閉器による遮断; ・2極以上の電流を遮断する電流開閉器を2個直列に設ける。	不要	①	不要	不要
	①駆動装置の遮断を行う回路構成を図面で説明する。			
②電流開閉器と静止素子の組合せによる遮断; ・2極以上の電流を遮断する電流開閉器を1個設ける。 ・静止素子内の電流を遮断する制御装置を設ける。	不要	②	不要	不要
	②駆動装置の遮断を行う回路構成を図面で説明する。			
③静止素子だけによる遮断; ・2個の独立した継電器によって、静止素子のゲート信号又はゲート電源を遮断する。 ・上記継電器は常開接点が溶着した場合に常閉接点が必ず開放する構造とする。(継電器の接点を直接監視する場合は除く)	不要	③	不要	不要
	③駆動装置の遮断を行う回路構成を図面で説明する。			

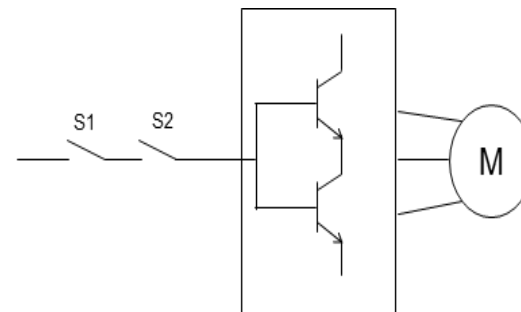
安全装置の要求仕様と評価方法



① 2個の独立した電流開閉器による遮断



② 電流開閉器と静止素子による遮断



③ 静止素子だけに遮断

図10 駆動装置の遮断の例

確認申請と完了検査時の審査

No.	安全装置	種別	必須審査項目
1	非常停止ボタン (令129条の12第4項)	確認申請	設計図書により、非常停止ボタンが両端部の乗降口に設けられていることを確認する。
		完了検査	非常停止ボタンの実際の設置位置と作動を確認する。
2	踏段くさり安全装置 (平成12年建設省告示第1424号 第1第二号イ)	確認申請	設計図書により、踏段くさがりが異常に伸びたときに作動する構造であることを確認する。
		完了検査	踏段くさり安全装置を作動させた状態でエスカレーターが起動しないことを確認する。
3	非常制動装置 (平成12年建設省告示第1424号 第1第二号ロ)	確認申請	設計図書により、非常制動装置の位置と構造を確認する。
		完了検査	電源が切れた時に非常停止することを確認する。
			非常停止ボタンを押した直後にエスカレーターが減速を開始することを確認する。
			無負荷、上昇運転非常停止時の停止距離が $S \sim 0.6m$ であることを確認する。 $S = V^2 / 9,000$ S:停止距離(m) V:定格速度(m/min)
4	シャッター連動安全装置 (平成12年建設省告示第1424号 第1第二号ハ)	確認申請	設計図書により、シャッター連動安全装置の有無の記載を確認する。
		完了検査	防火シャッター又は防火戸とハンドレールの折り返し部先端の距離が2m(定格速度が30m/min超のときは2.5m)以内に防火シャッター又は防火戸が設置している場合は、その作動時にエスカレーターが非常停止することを確認する。
5	スカートガード安全装置 (平成12年建設省告示第1424号 第1第二号ニ)	確認申請	設計図書により、スカートガード安全装置が上下乗降部付近の、踏段間の段差が変化する場所の左右両側に設けられていることを確認する。
		完了検査	スカートガード安全装置を作動させてエスカレーターが起動しないことを確認する。
6	インレット安全装置 (平成12年建設省告示第1424号 第1第二号ホ)	確認申請	設計図書により、インレット安全装置の配置を確認する。
		完了検査	インレット安全装置を作動させてエスカレーターが非常停止することを確認する。

その他の安全装置(海外基準との比較)

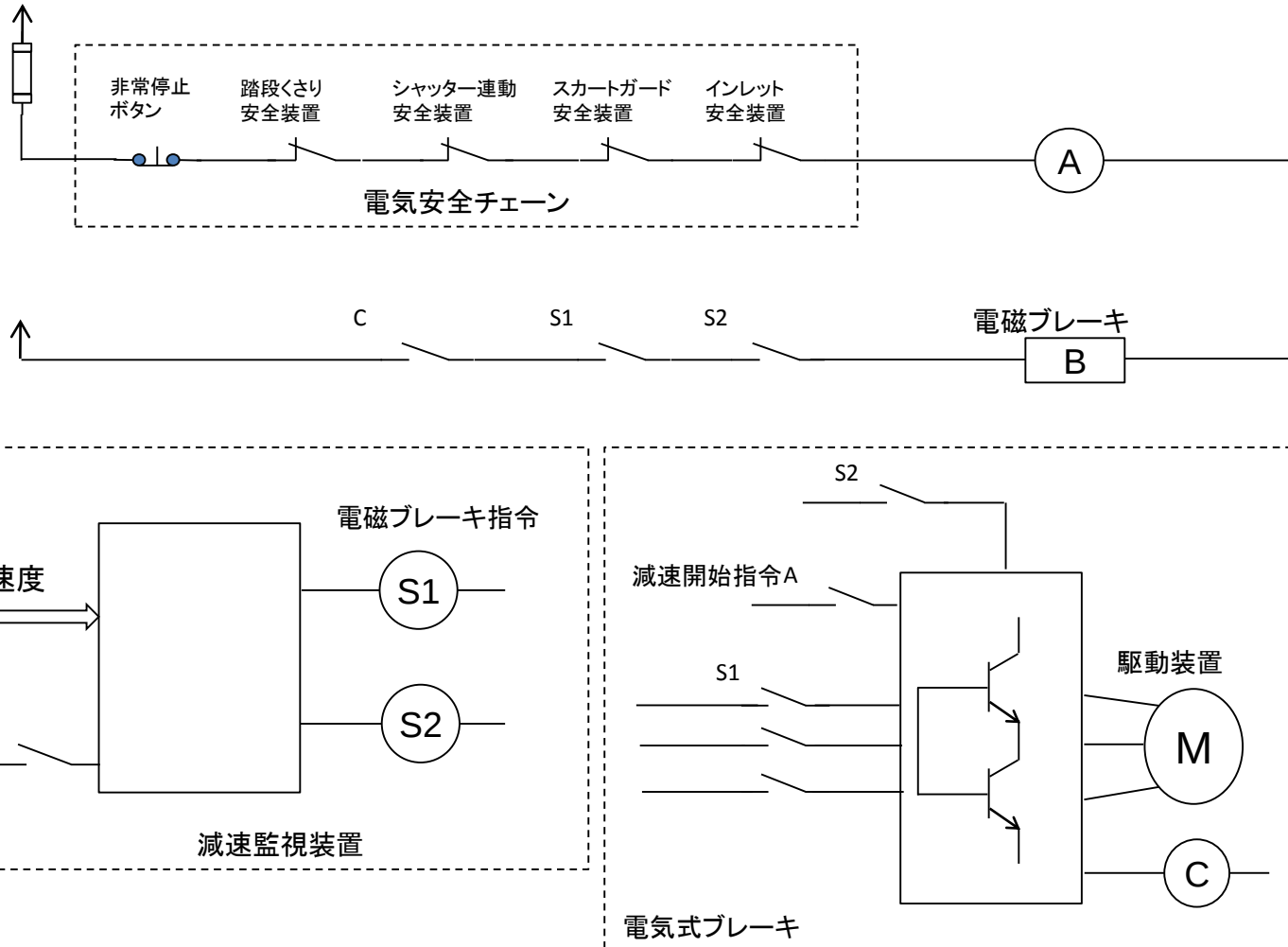
安全装置	内容	法令・告示	EN115-1	ASME A17.1
非常停止ボタン	利用者がエスカレーターを停止させる非常停止ボタンを乗降口近傍に設ける	令129条 12-4	✓	✓
踏段くさり安全装置	踏段くさがりが破断した時に非常停止	告示1424 2、イ	✓	✓
インレット安全装置	移動手すり入口に手が挟まれた時に非常停止	告示1424 2、ホ	✓	✓
スカートガード安全装置	踏段とスカートガードの間への挟まれを検出し非常停止	告示1424 2、ロ	—	✓
シャッター連動安全装置	防火シャッターの閉作動時にエスカレーターを停止し利用者の転倒を防止	告示1424 2、ハ	—	—
非常制動装置	無負荷エスカレーターをS～0.6mで停止させるブレーキ	告示1424 2、ロ 告示1424 3	✓	✓
電気安全チェーン	電気安全の地絡により非常停止し再起動不可		✓	✓
駆動装置の遮断	モーター電流の遮断は2つ以上の接触器による		✓	—
移動手すり速度監視装置	踏段に対し移動手すりが遅れたときに非常停止		✓	✓
電動機の保護	電動機の過負荷運転を検出し非常停止		✓	✓
駆動くさり安全装置	駆動くさがりが破断した場合に非常止め制動機構を起動		—	✓
踏段浮き上がり検出装置	踏段の浮き上がりを検出し非常停止		—	✓
ブレーキの監視装置	ブレーキが制動状態のまま運転が継続することを防止する監視装置		✓	—
速度超過検出	公称速度の1.4倍以上の速度で非常停止		✓	✓
逆転検出	上昇運転時に速度が低下し逆走する前に非常停止		✓	✓
踏段及びパレットの沈下くし安全装置	踏段の沈下を検出し非常停止 くしに異物が挟まったことを検出し非常停止		✓ ✓	✓ ✓
乗降板開放検知	乗降板解放時にエスカレーターの連続運転を禁止し転落リスクを低減		✓	—
踏段欠落検出装置	連続運転中に踏段の欠落を検出した場合は非常停止		✓	✓
非常止め制動機構	駆動くさがりが破断した場合の非常止め制動機構		✓	✓

まとめ

- “平成26年度建築基準整備促進事業の調査番号P8(口)エスカレーターの安全装置の要求性能等に関する検討”において、建築基準法令におけるエスカレーターの安全装置について、それぞれ要求仕様をまとめたうえで評価基準について検討した。評価基準については、建築基準法令に定められた安全装置に加えて確実な非常停止を行うための回路構成及び駆動力の遮断についても要求仕様をまとめた上で評価の対象とした。
- 評価基準の内容を基本として、確認申請及び完了検査時における審査方法の提案をまとめた。安全装置の仕様書、配置・構造等の図面に加えて試験報告書等を確認申請図書に添付し、評価結果を確認した上で、完了検査時にはそれぞれの安全装置の配置及び動作の確認を行うことで安全装置に対する審査を実施できると考えられる。建築基準法令に規定された安全装置に加えて確実な非常停止のための回路構成及び駆動力の遮断についても評価内容として検討を行ったが、これらについては法令に規定がなくメーカー責任により評価を行うこととして確認申請及び完了検査における審査内容は、必須審査項目のみとした。
- 電子安全に関連する安全装置におけるフェールセーフ特性の評価基準については専門的、かつ、高度な内容でありエレベーター装置での検討が進められている状況を考慮して本報告書から除外した。

補：電気式ブレーキの構成例

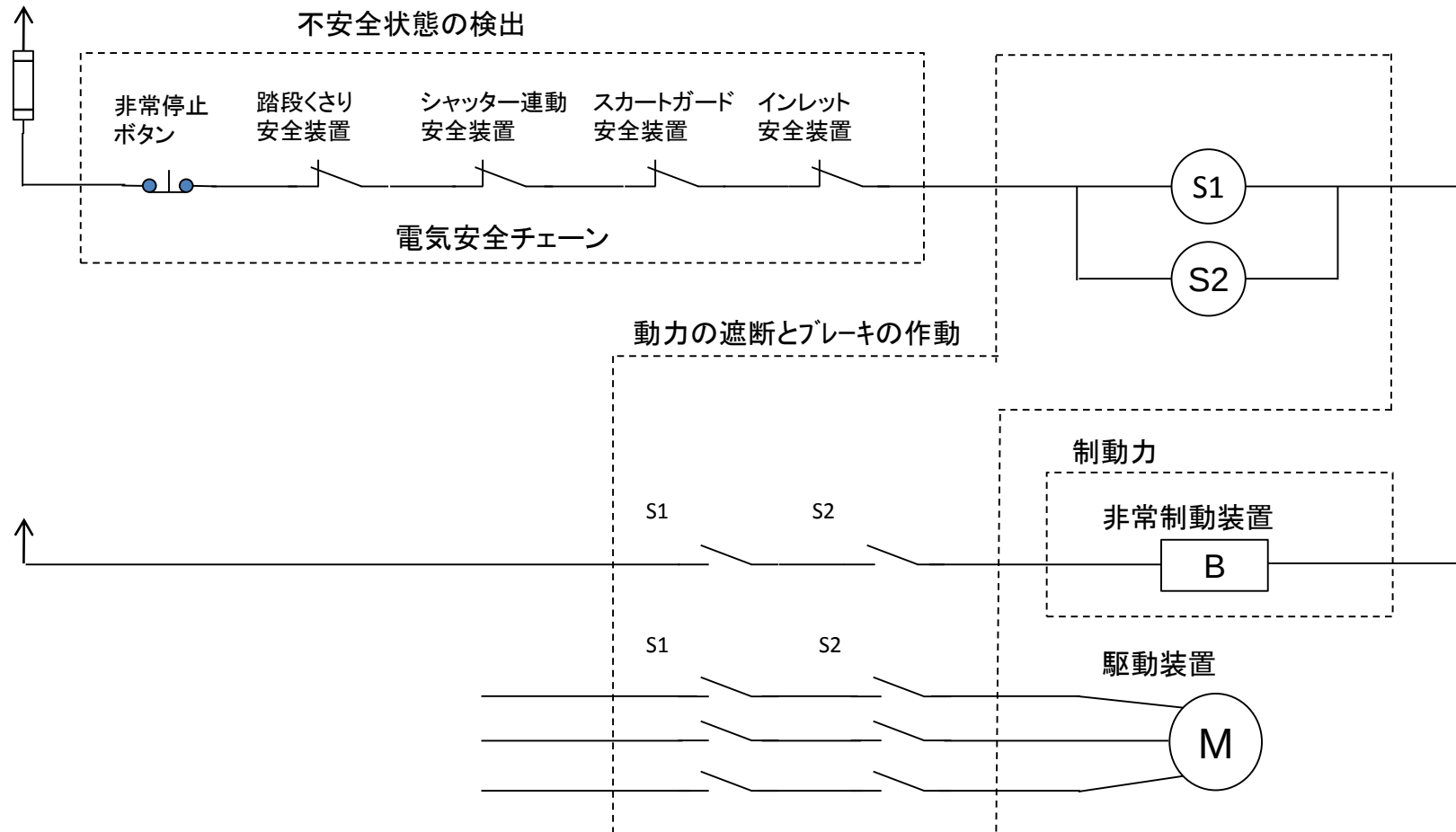
電気式ブレーキによる非常停止



- ・電磁ブレーキを設ける
- ・電気式ブレーキを設ける
- ・減速監視装置を設ける

- ①電気安全チェーンの接続された安全装置が不安全状態を“Aリレー”により検出
- ②-1“A信号”により電気式ブレーキは減速制御を開始
- ②-2“A信号”により減速監視装置はエスカレーターが正常な減速を行っているかを監視
- ③減速監視装置がエスカレーターの減速に異常を検出した場合電磁ブレーキ指令“S1,S2”を出力
- ④-1電磁ブレーキ指令により電磁ブレーキを2個以上の電流遮断手段により遮断し
- ④-2電気式ブレーキを構成するインバータを電磁開閉器と静止装置の組み合わせにより駆動力を遮断する。
- ⑤エスカレーターが電気式ブレーキにより正常に停止しを完了した場合、信号“C”により電磁ブレーキを作動させ停止中はエスカレーターを保持する。

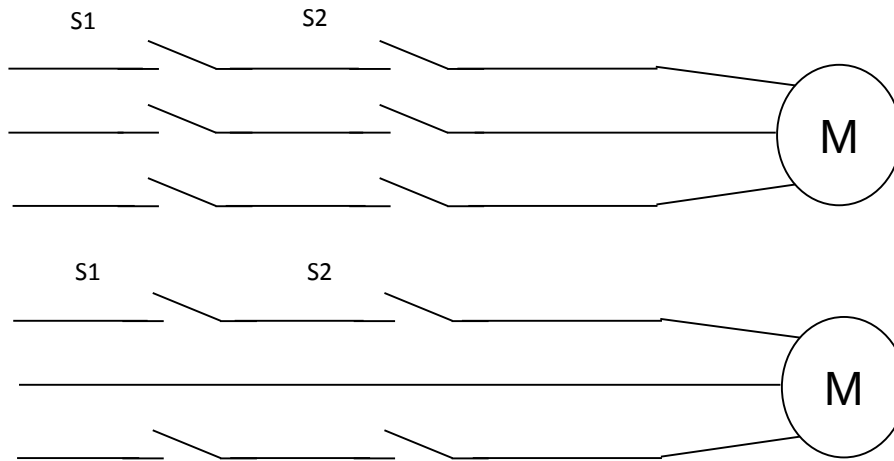
補：電気安全チェーンの例



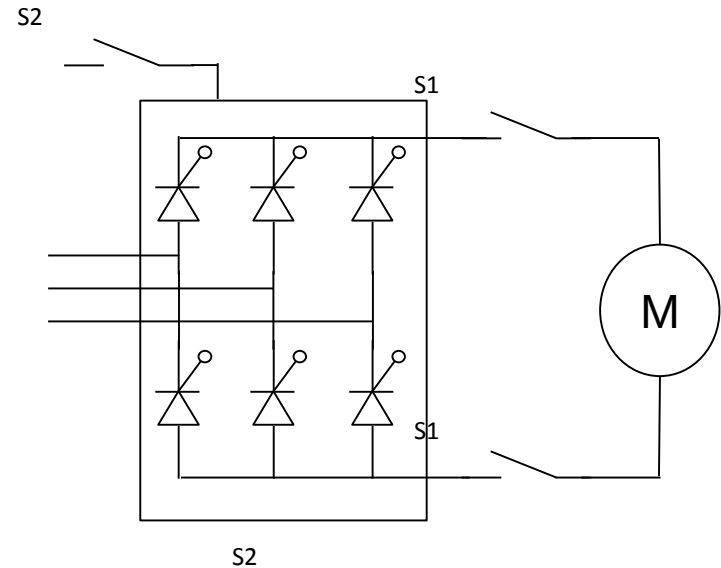
補：安全装置の要求仕様と評価方法(案)

駆動装置の遮断(例)

① 2個の独立したコンタクタによる遮断



② コンタクタと静止素子の組合せによる遮断



③ 静止素子だけによる遮断

