

日立 E 形エスカレータ “エスカレン” とその特長

Hitachi Type E Escalator “Escalane” and Its Characteristics

原 威* 平 元 武 治* 松 本 光 由*
 Takeshi Hara Takeji Hiramoto Teruyoshi Matsumoto

内 容 梗 概

いわゆるスーパーマーケット、地方都市の小デパートおよび一般中小ビルなど、従来比較的普及していない需要層を対象とした実用的性能の E 形エスカレータを完成した。本エスカレータは仕様の標準化と新しい機構を採用した経済的な設計で、小形、軽量を特長とする規格形エスカレータである。本文ではその仕様、構造の概要と特長およびおもな性能について述べる。

なお本エスカレータは“エスカレン”の愛称で昭和40年初頭より販売を開始している。

1. 緒 言

現在わが国においてエスカレータはビル内交通機関として、エレベータとともに各方面に多数設備されている。しかし従来需要の大部分はデパート、ホテル、銀行および高級事務所ビルなど大形かつ高級ビル用であり、透明式、あるいは照明式のデラックスタイプが大半を占めていた。しかし最近にいたり、第1図に示すように、急激に増加した、いわゆるスーパーマーケットや地方都市の小デパートなど従来設備されなかった中小ビル用に経済的なエスカレータが強く要望されるようになった。

日立製作所は、今回このような新しい需要に応じた新エスカレータとして、とくに小形、軽量の実用的な E 形エスカレータ “エスカレン” を完成した。すなわち合理的な標準を設定し規格化したもので、種々の新機構をもそなえた経済的なエスカレータである。

以下この新エスカレータの仕様、構造を述べるとともに、性能試験の結果をもとに考察を加えることにする。

2. E 形エスカレータの標準仕様

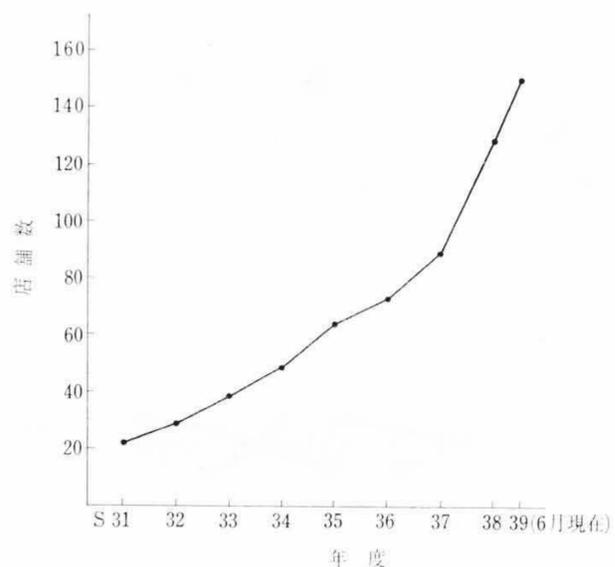
第2図に E 形エスカレータの外観、第1表に E 形エスカレータの標準仕様を示す。

仕様上での特長は、本エスカレータの対象ビルが比較的小規模であるため、階高の上限値を 4,500 mm とし、形式としては欄干幅 800 mm の 800 形でパネル式のみを採用したことである。第3図は過去の実績に基づいた、大デパートの1階から2階の間に設備したエスカレータと、小デパート、中小ビル、銀行などに設備したエスカレータとを仕様別に比較したものである。大デパートの1~2階では 800 形で階高 4,500 mm 以下がわずか 6.5% であるが、小デパート、中小ビルなどのエスカレータでは 800 形で階高 4,500 mm 以下が全体の 64% を占めている。したがって、小デパート、中小ビルおよびスーパーマーケットなどのエスカレータ設備は、上記のように仕様を標準化した E 形エスカレータで十分な機能を発揮できるものと考えられる。

E 形エスカレータはこのように仕様の標準化が行なわれたので定格負荷を比較的低い値に設定できたうえに、後述するような新しい機構を織りこんで経済的に設計されているので、著しく据付面積の縮小と重量の軽減がなされている。すなわち既設の一般エスカレータに比べ建物にかかる荷重が 30% 以上軽減され、全長も約 600 mm 短縮された。第4図はその据付寸法を示したものである。

一般にエスカレータの小形軽量化はたいせつな事項であるが、とくにスーパーマーケット、地方都市の小デパートなどの建家は比較的その上下階床の架設ばりの間隔、およびはり強度が小さい小規模な

* 日立製作所水戸工場



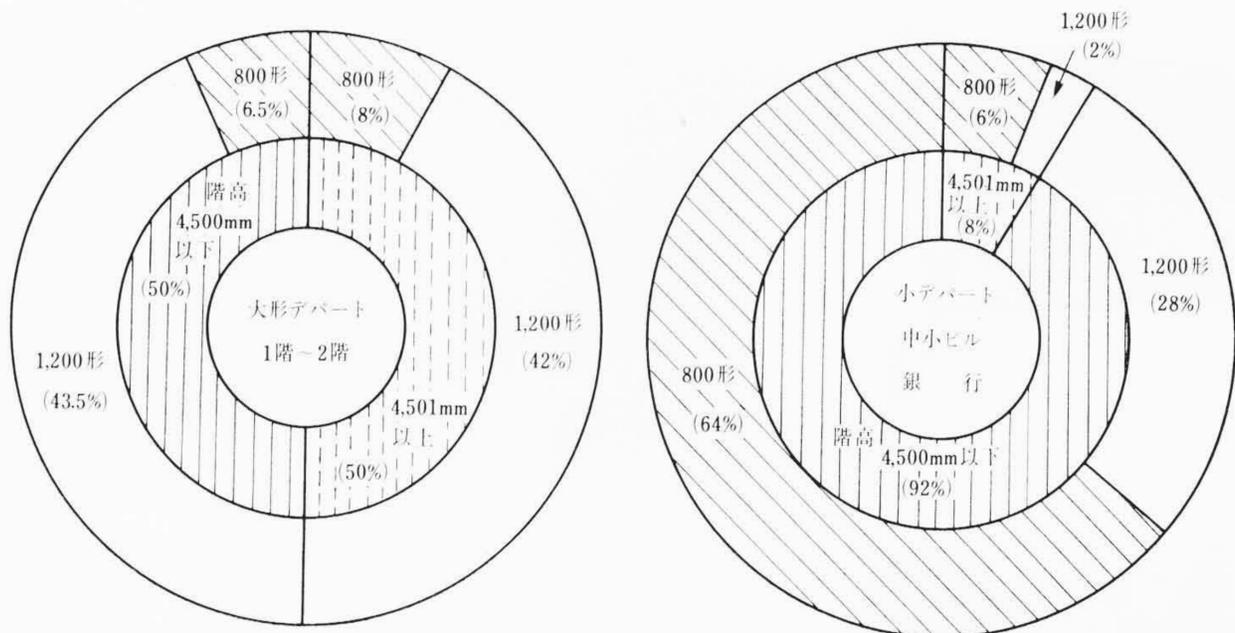
第1図 年度別全国主要スーパーマーケット店舗数



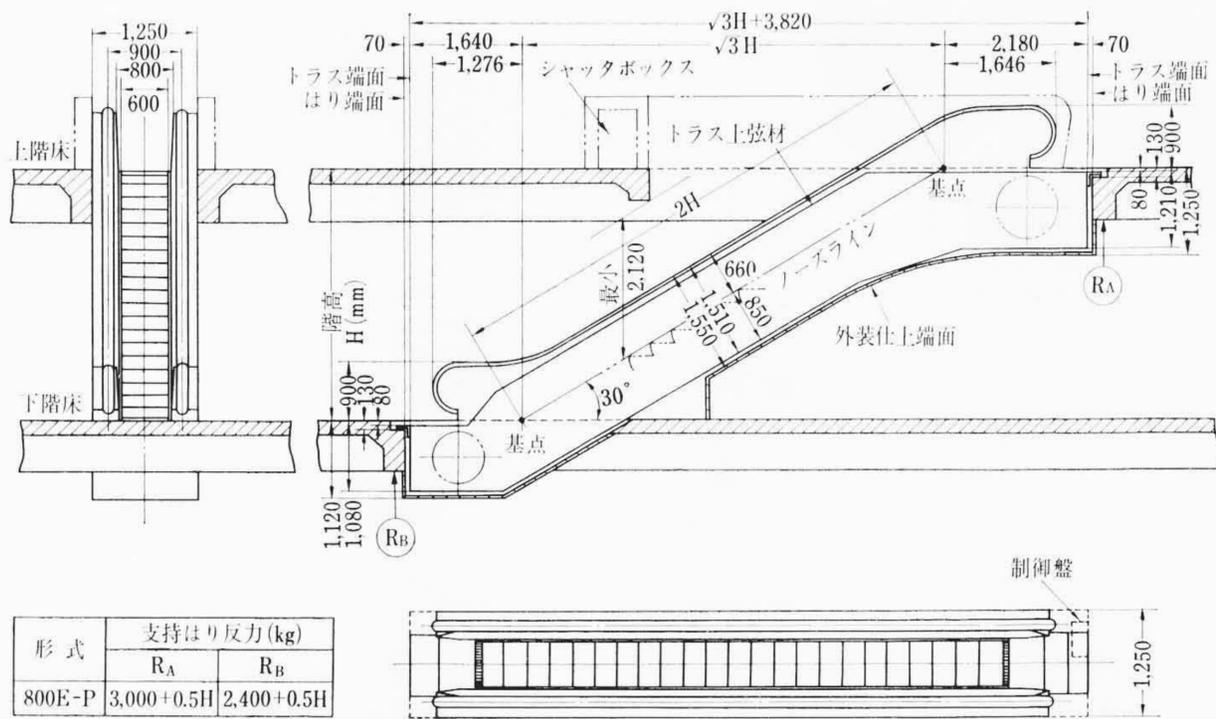
第2図 新宿チャームングコーナー納エスカレン (日立E形エスカレータ)

第1表 E 形エスカレータ標準仕様

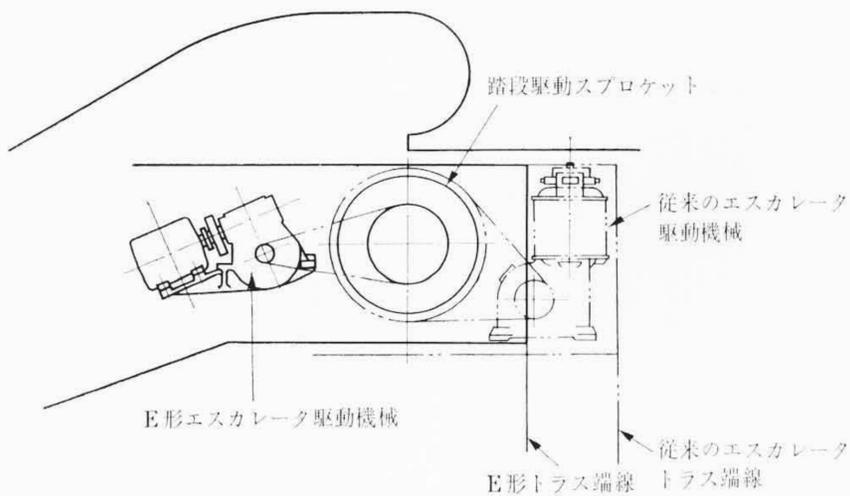
形 式	800 E-P
階 高	4,500 mm 以下 50 mm 単位ごとに規格化
有 効 踏 段 幅 (mm)	800
輸 送 人 員 (men/h)	5,000
速 度 (m/min)	27
傾 斜 角 度 (度)	30
電 圧 (V)	200/220
周 波 数 (c/s)	50/60
電 動 機	三相誘導電動機 二重かご形 6極 5.5 kW 連続定格
ハンドレール	標準色: エンジ, 濃紺, 黒
欄 干	日立ハイカル化粧板
意 匠	アルマイト仕上げのアルミ化粧板



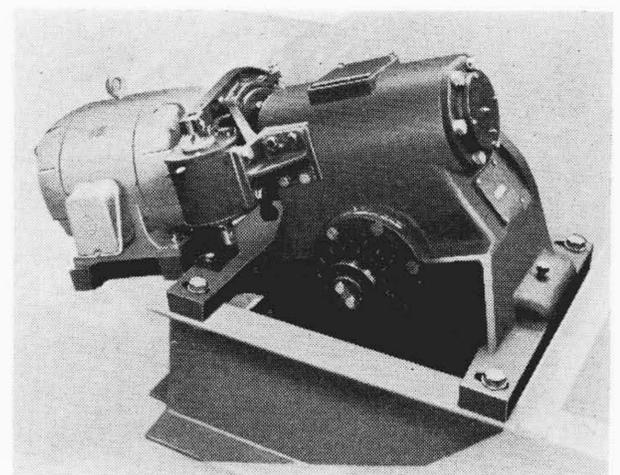
第3図 需要家別の階高，形式による既設エスカレータの分類



第4図 E形エスカレータ据付寸法図



第5図 E形エスカレータの駆動機械配置図



第6図 E形エスカレータ駆動機械

ビルであるため、小形、軽量でなければ設備することが困難になる。
この点E形エスカレータは、小規模なビルにも容易に設備でき、
また売場面積を圧迫しない点においてもきわめて有効である。

3. おもな構造と特長

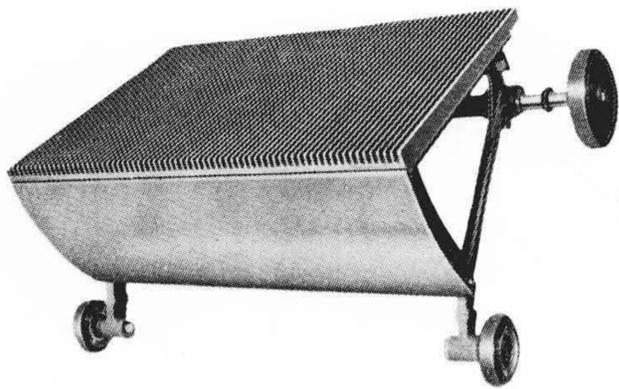
3.1 駆動機械

E形エスカレータは、とくに据付面積を大幅に縮小せしめるため
第5図に示すように駆動機械を上部ターミナル階段駆動スプロケッ

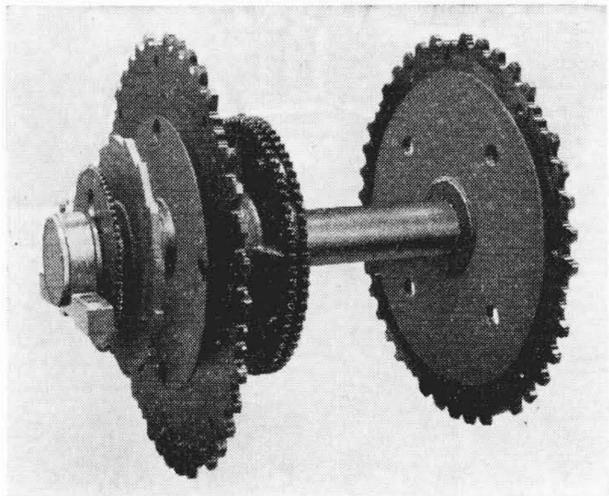
トの後方で踏段の往復路の中間に設置する新しい機構*を採用して
いる。したがって第5図の鎖線で示したような、一般のエスカレー
タにおいて設けられている機械室をほとんど必要としない大きな特
長がある。

駆動機械は安定性のよい横形ウォーム式減速機構で、ウォームと
ウォームホイールはそれぞれ研磨およびシェービング仕上げをほこ
して精密加工し、ころがり軸受で支持している。このため高能率で

* 特許申請中



第7図 E形エスカレータの踏段



第8図 駆動スプロケット

静粛円滑な運転が得られる。またギヤケースからの露出軸にはすべてオイルシールによる封油構造がとられている。ブレーキは電動機と減速機との連結部に設けてあるので確実な動作ができる。第6図にこの駆動機械を示す。エスカレータの保守点検に必要な手動運転には、エスカレータ上端部のマンホールカバーを開いてブレーキの積放および手動運転操作ができる構造*としてあるから、新しい駆動機械の採用によって予想される保守上のトラブルはまったくない。

本エスカレータは定格容量 5.5 kW のモータおよび減速機で十分な駆動能力を有しているので消費電力が少なく、また 100V 電源を必要としないので建物の電源設備も簡単である。

3.2 踏段とその駆動装置

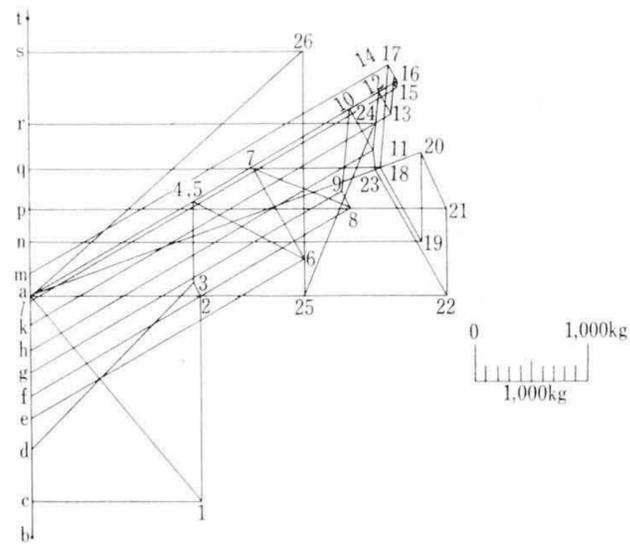
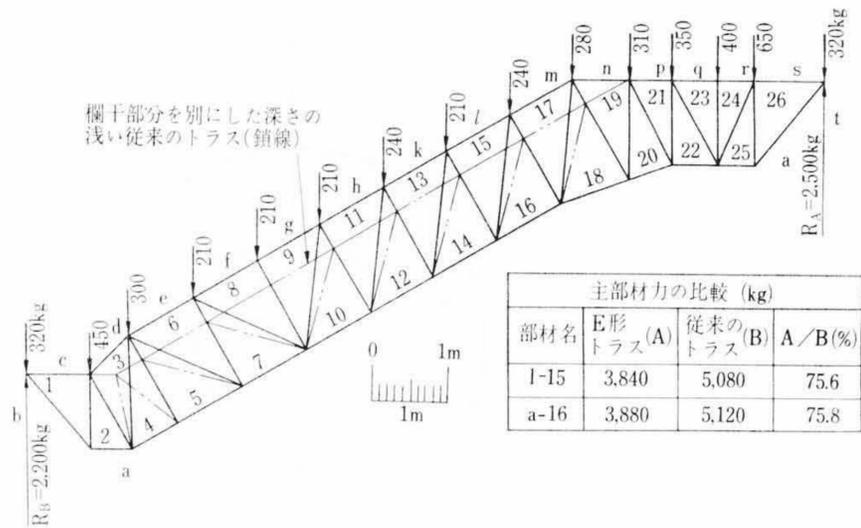
第7図は本エスカレータの踏段である。踏段は乗客を運ぶ主体となるから、強度、乗りごこちなど性能上からも体裁上からも最も多くの考慮が払われている。E形エスカレータはその定格負荷が比較的小さいため、踏段は新しい構造の経済的な設計で十分な性能と外観を持たせてある。

踏段チェーンは実用的な軽量形であり、そのピン、ブッシュ、ローラなどに焼入れ研磨が施してある。踏段駆動スプロケットの歯はホッピングマシンにより歯切り作業された高精度のものである。第8図はこの踏段駆動スプロケットを示している。また踏段チェーンの全長および踏段ピッチの左右の長さの差を打ち消すような組合せ、あるいは駆動スプロケットの左右の歯が完全に一致するような特殊な組立方法を用いている。これらの構造は、冷間成形による精度の高い案内レールの採用と相まって、踏段に正しい運行を行なわせ、騒音、蛇行(だこう)などの異常現象を生じさせないものである。

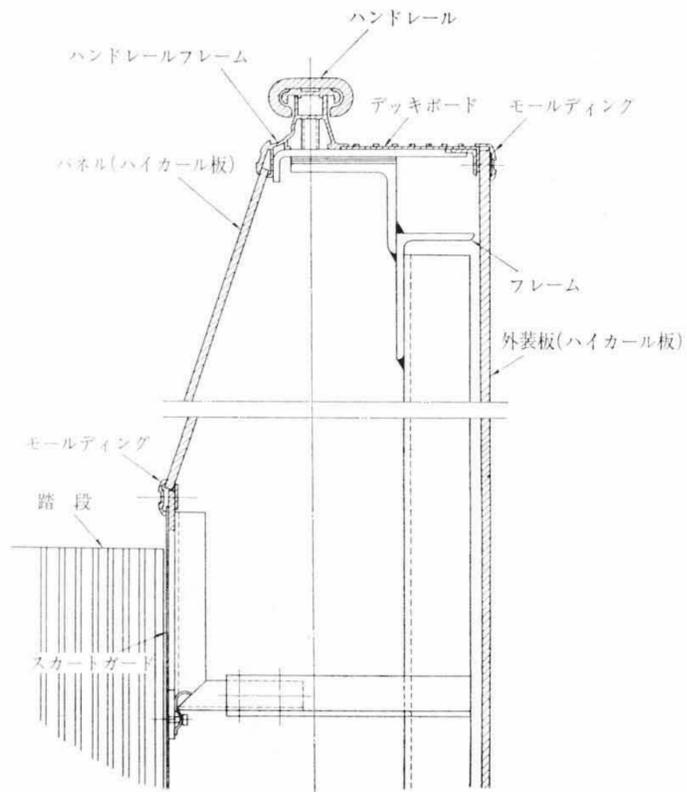
3.3 トラスフレーム

エスカレータのフレームは、その中に駆動装置、欄干および外装部分などエスカレータを構成するいっさいのものが組み込まれ、両端を建物の支持ばりに取り付けて橋状に架設されるため、荷重、振動に対して十分な強度が必要である。E形エスカレータのフレームは、エスカレータの下半部すなわち踏段の運行する部分と、上半部

* 実用新案申請中



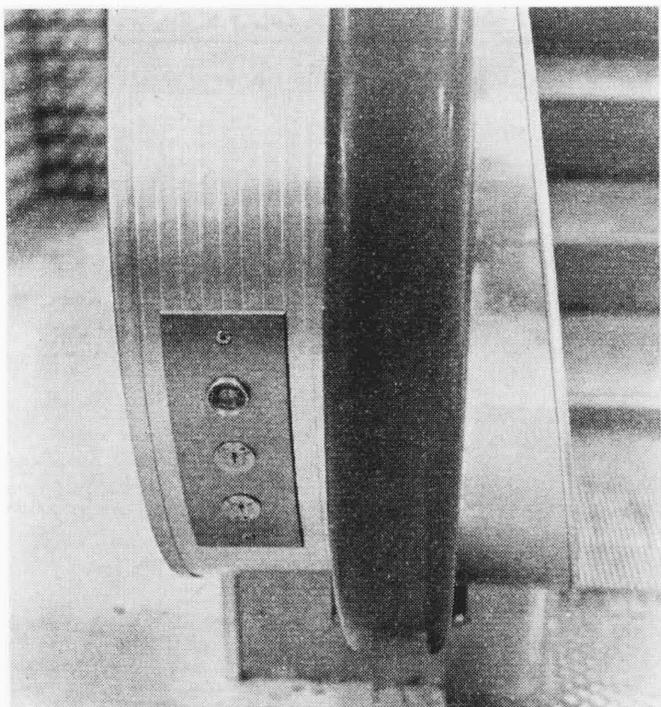
第9図 E形エスカレータトラス応力線図



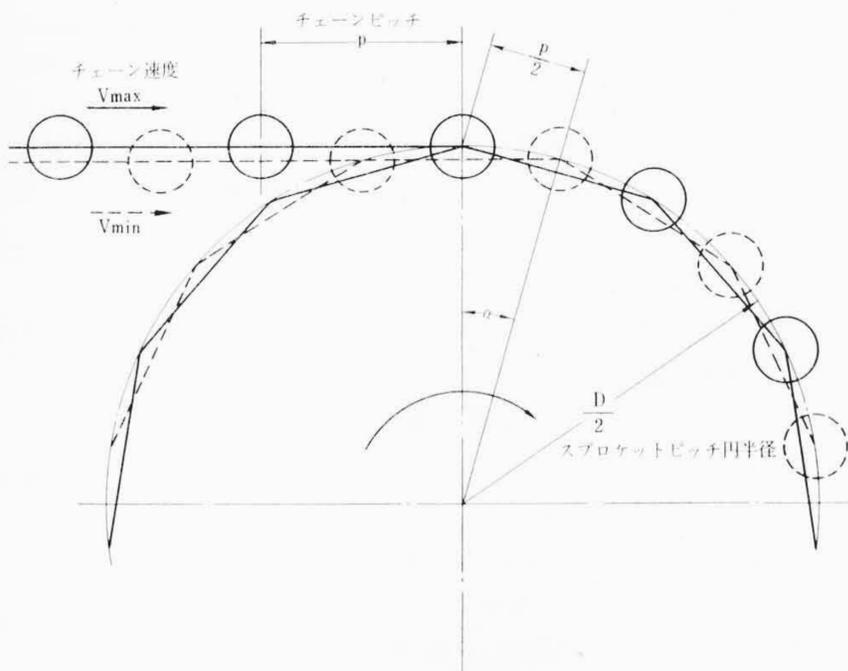
第10図 E形エスカレータ欄干断面図

すなわち欄干部分にまたがる深底ユニフレーム方式のトラスをはじめ採用し、欄干支柱をも兼ねる構造としたので、軽量メンバで高い剛性をもっている。第9図は階高 4,000 mm のE形エスカレータについて作図したクレモナのトラス応力線図で、主メンバの部材力を、欄干支柱を別に構成した深さの浅い従来の一般エスカレータのものと比較して表示したものである。これより明らかなように、E形エスカレータのトラスは、主部材力を従来の構造のもの約 75% に低減できる合理的な設計である。

なお、フレームが欄干支柱を兼ねているほか、ハンドレール駆動装置のわく組をも一体に構成しているから、欄干、ハンドレール駆動車などの組立が容易である。



第 11 図 エスカレーンの運転操作スイッチ



第 12 図 踏段チェーンと駆動スプロケットとの噛み合い

3.4 欄干と意匠の問題

意匠的には建築物と調和し、かつ実用性に富む構造を備えている。

3.4.1 欄干まわり

第 10 図の欄干断面図に示すように、欄干上面のデッキボードは長手方向に優美なみぞを設けて下の乗り場から上の降り場までエスカレータの持つ流線形を一段と強調させる軽合金製の装飾板が用いられ、その表面はアルマイト処理を施したおちついた銀白色調で飾られている。

欄干内外装のパネルはハイカル化粧板（メラミン化粧板）で構成され、建物のふん囲気にマッチするような優美な意匠、色調のものが多量用意されている。この化粧板は堅ろうであり、乗客の衣服などにふれる機会があっても汚損が少なく、たとえ汚損しても容易に清掃できる実用的な特長がある。

ホームプレートは、基石を並べたような円形の浮き出し模様としてあり、さらに全体の形状を大きくして、乗降口に豪華さを与える設計である。

3.4.2 ハンドレール

日立製作所はエスカレータ用のハンドレールとして独特の技術を生かし、ハイパロン化粧ゴム製のハンドレールを開発し、構造的にも材質的にも、業界をリードしている。

E 形エスカレータは上記のハンドレールと、抵抗力のきわめて小さい駆動方式を併用しているので、寿命的な効果が倍加されている。特にハイパロン化粧ゴムを使用しているから、

- (1) 色が鮮明で意匠的にすぐれ、欄干のデッキボードの銀白色に調和する。
- (2) 使用による汚損が少なく、よごれは簡単にぬぐい取れる。
- (3) 長年月の使用後も、紫外線、オゾンなどの照射により色あせることがなく、ゴムの老化による強度の低下もほとんどない。

などの特長がある。

E 形エスカレータでは、色調の豊かなエンジ、濃紺、および黒色をハンドレールの標準色として定めてある。

3.5 安全装置

E 形エスカレータは一般エスカレータ同様に、安全性について注意がはらわれており、法規に定められた各種安全装置のほか、特に子供のいたずらなどによる停止スイッチの誤操作を防止するため、第 11 図に示すように停止用操作器具を二つに分け、非常用停止押ボタンと普通停止用キースイッチとの併用方式が採用されている。前

者は押ボタンスイッチであるから緊急操作に応じやすいが、みだりに操作できないよう透明のカバーでおおわれている。

また踏段には、継目のない大幅クリートを用い、わが国で最も細かいみぞピッチのものであるから、乗客のはき物のいかにかわららず安全な乗降ができる。

4. 乗りごちと騒音

4.1 乗りごち

一般にエスカレータの乗りごちに影響する要素としては (a) チェーン駆動による踏段の周期的速度変化（以下これを脈動と称す）と (b) レール表面の状態により発生する踏段の上下振動がある。

4.1.1 チェーン駆動による踏段の脈動

踏段チェーンが駆動スプロケットによって駆動される場合、第 12 図に示すように、踏段チェーンの進行速度はつぎの (1) 式で示される変動率で最大および最小速度の間を周期的に変動するとともに、チェーンとスプロケット歯底との衝突に起因する上下振動がある。

$$\text{変動率} \quad \frac{\Delta V}{V} = \frac{V_{\max} - V_{\min}}{V_{\max}} = 1 - \sqrt{1 - \left(\frac{P}{D}\right)^2} \dots (1)$$

ここに、 V : チェーン速度
 P : チェーンのピッチ
 D : スプロケットの径

変動率が大きい場合には乗客に不快感を与え、また振動も大となり、機械各部のゆるみの誘発および騒音の発生原因となる。このため変動率はできるだけ小さくする必要がある。

日立製作所では、踏段チェーンのピッチを構造上許しうる限り小さくし、駆動スプロケットの径を大きくしているため、実際の運転において人体に感ずるほどの脈動はない。

4.1.2 踏段の上下振動

エスカレータの乗りごちとして最も感じやすい踏段の上下振動は踏段構造のバネ定数と、案内レールのたわみ剛性およびレール表面のあらさなどによって決まる。

踏段のバネ定数は主として踏段ローラのゴムタイヤの性能に左右されるが、E 形エスカレータの踏段ローラは振動数が少なく、振動加速度の小さいようなゴム硬度和形状を選定してあるから、乗りごちがなめらかで不快な振動を感ずることがない。

第 2 表は試験機における E 形エスカレータ用各種ローラの乗りごち試験および E 形エスカレータ上における踏段の試験結果

で、比較のために軟鋼製ローラについての結果をも示してある。

なお、このようなローラ付階段が実際のエスカレータ上を運行する場合に考えられる階段の振動については理論的に次のように考えられる。すなわち、いま階段自重と乗客負荷による案内レールの変形が、レール支点間距離 $2l$ に対し階段ピッチがかなり小さいことから常にほぼ一定で、第13図に示すように最大たわみの形状をなすものと考え、階段の各位置について(2)式で表わされる変位が階段に強制振動を起こすものとする。簡単のために第13図のようにバネ定数 k 、負荷 W_0 なる振動系におきかえれば階段の運動方程式および案内レールに対する振幅は(3)、(4)式のようになる。

$$y = h \sin \frac{\pi V}{l} t \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{W_0}{g} \cdot \frac{d^2 y'}{dt^2} + k y' = \frac{W_0}{g} h \left(\frac{\pi V}{l} \right)^2 \sin \left(\frac{\pi V}{l} \right) t \dots (3)$$

$$y_0' = h \frac{(\omega/\omega_n)^2}{1 - (\omega/\omega_n)^2} \dots\dots\dots (4)$$

ここで次のようなE形エスカレータの諸元を代入すれば、

y : 簡単な振動系に置換した階段の各位置におけるたわみ (cm)

$h = 0.03$: 案内レールの最大たわみの1/2 (cm)

$V = 45$: 階段の運行速度 (cm/s)

$l = 50$: レール支点間距離の1/2 (cm)

t : 時間 (s)

$W_0 = 60$: 階段自重と乗客負荷によるレールへの垂直負荷の1/2 (kg)

$g = 980$: 重力の加速度 (cm/s²)

y' : レールに対する階段の相対変位 (cm)

$k = 2,830$: 階段のバネ定数 (主としてゴムローラのバネ定数) (kg/cm)

y_0' : 強制振動による階段のレールに対する最大振幅 (cm)

$\omega = \frac{\pi V}{l}$: 強制振動の角振動数 (1/s)

$\omega_n = \sqrt{\frac{kg}{W_0}}$: 階段の固有角振動数 (1/s)

強制振動の振動数、階段の固有振動数はそれぞれ0.45、37.3 c/s となり、(4)式から案内レールに対する階段の振幅はきわめて小

第2表 各種ローラの乗りごごち試験結果

項目	振動加速度 (g)	振動数 (c/s)	クッション性	騒音	振動加速度波形	乗りごごち判定
供試ローラ						
軟鋼製ローラ	0.025	48	可	大		不快
E形前ローラ	0.018	23	優	小		快
E形後ローラ	0.020	20	優	小		快
E形エスカレータ上の階段	0.018	38	優	小		快

さくなる。したがって変形たわみをもつ案内レール上を運行する階段は、案内レールの形状どおりに走行し特別な振動を生じない。この考察の結果は、E形エスカレータ上の階段が、そのローラ単体のみの場合と同様な快適な乗りごごちを示した試験結果とよく一致している。

また、表面あらさが均一でなめらかな新しい構造の案内レールを採用しているほか、階段後ローラをライザ端より外方に設けてあるから、階段クリート上から案内レール面上へのじんあいの落下がなく常にレール表面を平滑に保持できる。

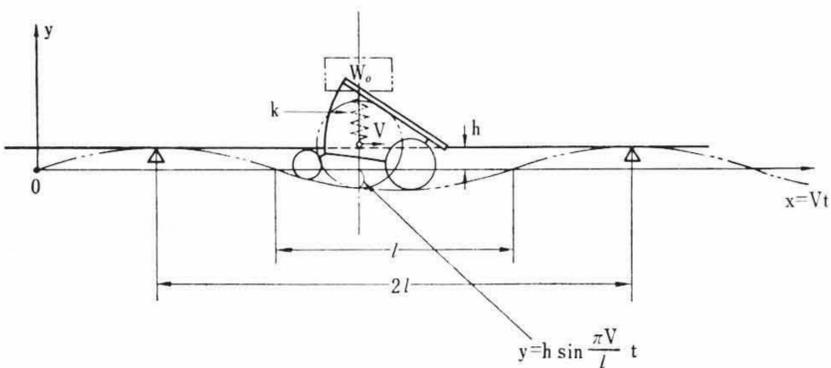
4.2 運転騒音

エスカレータの運転中の騒音が周囲騒音に比べ大きい場合は、乗客およびエスカレータ近傍の人に不快感を与えるのでその騒音は周囲騒音より低いことが必要である。第14図はデパート、スーパーマーケットなどのビル内騒音の実測値である。E形エスカレータは静粛な駆動機械、精度の高い駆動機構、あるいは駆動装置と取付台との間の緩衝装置など振動、騒音を防止する設計によって、その運転騒音はこれらのビル内一般騒音よりも低いことが確かめられている。

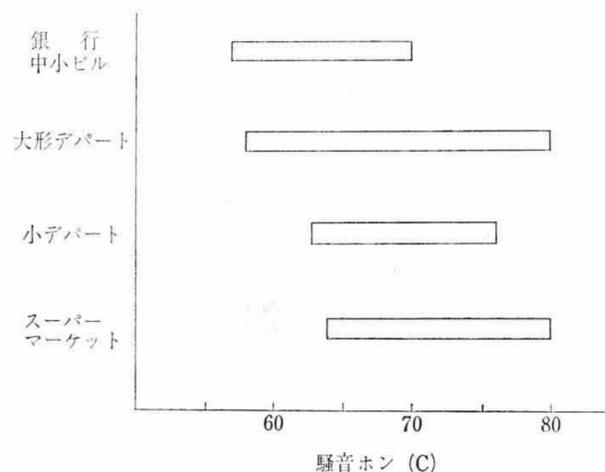
5. 寿命的な性能

E形エスカレータは保守の容易な設計で、長い寿命が期待できる。たとえば、駆動機械など各回転部分のベアリング類に対して集中給油方式をとっているため、ベアリングの寿命上もっともたいせつな潤滑の面において、簡単な操作で給油もれのない構造である。

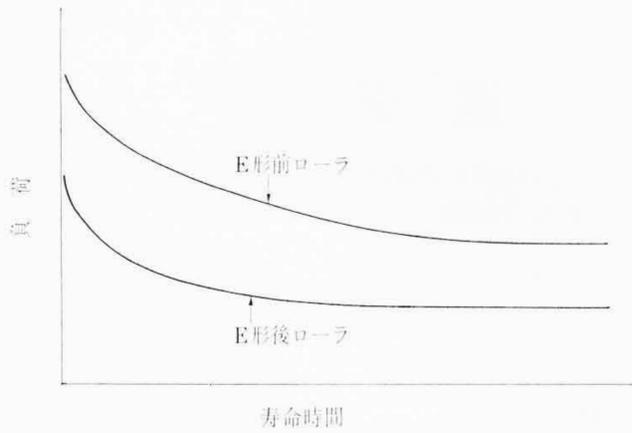
また、繰返し荷重のはげしい階段ローラには合成ゴムを使用しており、安全性の面からも日立製作所がとくに研究を重ねてきた部分で、E形エスカレータについても材質、形状、硬度などの要素が踏



第13図 案内レールの変形にともなう階段の振動



第14図 需要家別ビル内騒音実測値



第 15 図 E 形踏段ローラの負荷寿命特性

段ローラの寿命に及ぼす影響を実験的に確かめている。第 15 図は各ローラの負荷転動試験において得た負荷と寿命時間数との関係で、いずれもある一定の疲れ限度を有することを示している。一般にエスカレータの踏段前ローラにかかる最大垂直負荷は第 16 図に示すように、上部凸曲線案内レール部分における踏段チェーン張力の法線力と踏段の自重および乗客負荷によるもので、(5)式によって表わされる。

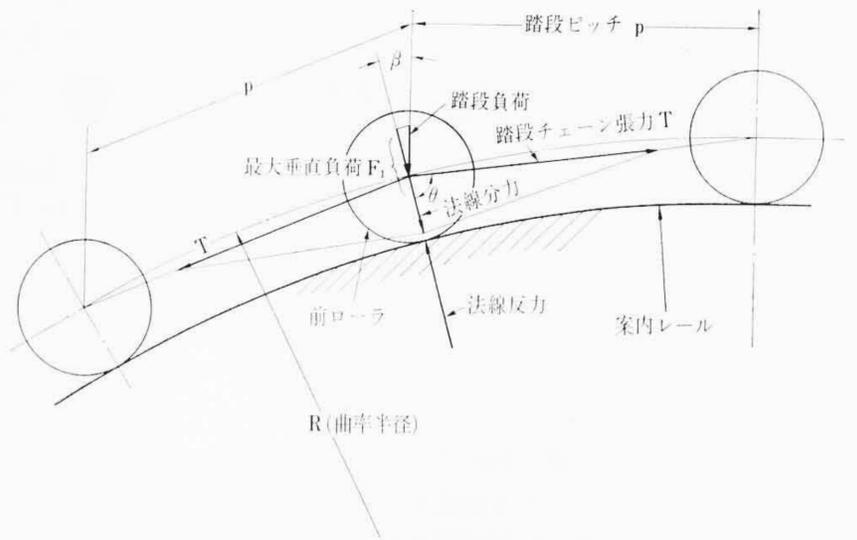
また、後ローラへの最大負荷は踏段の自重とその上の乗客負荷のみで定まり(6)式で表わされる。E形エスカレータの各踏段ローラの疲れ限度をあらわす飽和点は、このような最大負荷に比較してさえ 2~4 倍であってローラの寿命は半永久的であるといえる。

$$F_1 = 2T \cos \theta + \frac{G_1 + W}{4} \cos \beta \dots \dots \dots (5)$$

$$F_2 = \frac{G_1 + W}{4} \dots \dots \dots (6)$$

- ここで、 F_1 : 前ローラにかかる最大垂直負荷 (kg)
 F_2 : 後ローラにかかる最大垂直負荷 (kg)
 T : 踏段チェーンの最大張力 (kg)
 θ : 曲線部において踏段チェーン張力とレール面への法線力とのなす角 $\left(\cos \theta = \frac{\text{踏段ピッチ}}{2} \times \frac{1}{\text{レール曲率半径}} \right)$ (°)
 G_1 : 踏段 1 個当たりの乗客負荷 (kg)
 W : 踏段 1 個の自重 (kg)
 β : 曲線部の F_1 を最大ならしめるローラ位置における乗客負荷とレール面の法線力とのなす角 (°)

なお、踏段ローラの寿命試験においてゴムタイヤの経年的な変形、



第 16 図 曲線案内レール上で前ローラにかかる最大垂直負荷

変質をも研究しているが、運転初期の製品とほとんど差を認めないことから、エスカレータの長期間にわたる使用において、乗りごころの悪化および踏段走行に際しての転動抵抗の増加にともなう運転効率の低下はなく、初期の高性能を維持できるものと推定される。

6. 結 言

以上、規格形として新しく開発した E 形エスカレータの仕様、構造および性能について概説した。

E 形エスカレータは、

- (1) 小形、軽量であるから小規模ビルにも容易に設備できる。
- (2) 仕様の規格化をはかった極限設計と、新しい機構を採用した経済的なエスカレータで、短納期にも応じやすい。
- (3) 内外装のハイカール化粧板、ハイロン製ハンドレールなど実用的で建物にマッチした意匠である。
- (4) 緊急動作に応じやすい非常停止ボタンなど安全で使いやすいエスカレータである。

日立製作所は E 形エスカレータを “エスカレーン” の愛称のもとにその第 1 号機を新宿チャームングコーナに、第 2 号機を多治見ストアに納入している。今後本エスカレータの開発により、従来あまりその設備をみなかったスーパーマーケット、中小ビルへエスカレータの設備が容易となり、大きな輸送能力と乗客へのサービスなどエスカレータの持つ特長が新しい建物の機能を一段と向上させるものと確信する。