

日立 HC-P 形都市交通機関用エスカレータ

Hitachi HC-P Type High-rise Escalators for the Urban Transportation

原 威* 平 元 武 治*
Takeshi Hara Takeji Hiramoto

要 旨

都市交通機関の立体化に伴い、これらの駅において階高の高い大形エスカレータの設備計画が多くなっている。これらの駅に設置するエスカレータはラッシュ時のような過酷な使用条件に耐えるとともに、保守・点検が容易な構造であることが必要である。今回、営団地下鉄新茶ノ水駅にその第1号機を納入したので、それを中心に都市交通機関用大形エスカレータの構造と特長および今後の設置計画に際して特に留意すべき設備台数、配置の決定など計画上の諸問題について述べる。

1. 緒 言

近年、都市における建築物の密集化は著しく、一般住宅地は年々郊外に広がりつつある。これに伴って通勤客が都市へ集中する度合いが増加し、都市交通機関はその輸送能力向上のためますます立体化し、都市における空間の利用が急速に進行している。すなわち、地下鉄は現在線の下をくぐって幾重にも重なり、鉄道は地上十数メートルの上を走る高架となりつつある。

このような都市交通機関の立体化に伴い、これらの駅におけるプラットホームと地面との高低差はますます大きくなり、駅構内での乗客の流れをスムーズにさばくため、従来の階高の3~5倍の大形エスカレータの設備が必要となってきた。

一般に駅などに設置するエスカレータは、デパートなどと根本的にその使用および設置条件を異にする。すなわち、

- (1) 朝夕のラッシュ時のように時間帯により乗客が集中する。
- (2) 運転時間は早朝から夜遅くまで長時間連続運転で、デパートなどに比べはるかに長い。
- (3) 駅構内では乗換えや出勤などのため時間的に制約を受けやすく、乗客は精神的に非常に性急となっている。
- (4) エスカレータの設置場所は湿気の多い地下や、風雨の影響を受けやすいプラットホームが多い。

このような環境に設置する大形エスカレータは、じゅうぶんな強度と輸送能力を有することはもちろん、堅ろうで、長寿命、安全性が高く、保守、点検の少ないことが必要である。かつまた設置後の変更がほとんど不可能であるから、その設置計画に際しては、設備台数、などについてあらかじめじゅうぶんな検討を必要とする。

本稿では、駅構内の交通機関としての大形エスカレータの計画上の諸問題、および日立大形エスカレータのおもな構造と特長、さらに都市交通機関用大形エスカレータの将来について展望し、今後の設置計画の参考に供したい。

2. 駅用大形エスカレータの計画

2.1 現在稼働中の駅用エスカレータ

諸外国では階高60mに達する超大形エスカレータをはじめ数多くの都市交通機関用の大形エスカレータが地下鉄駅などで運転されているが、わが国では図1に示すように、日立製作所が昨年12月

* 日立製作所水戸工場

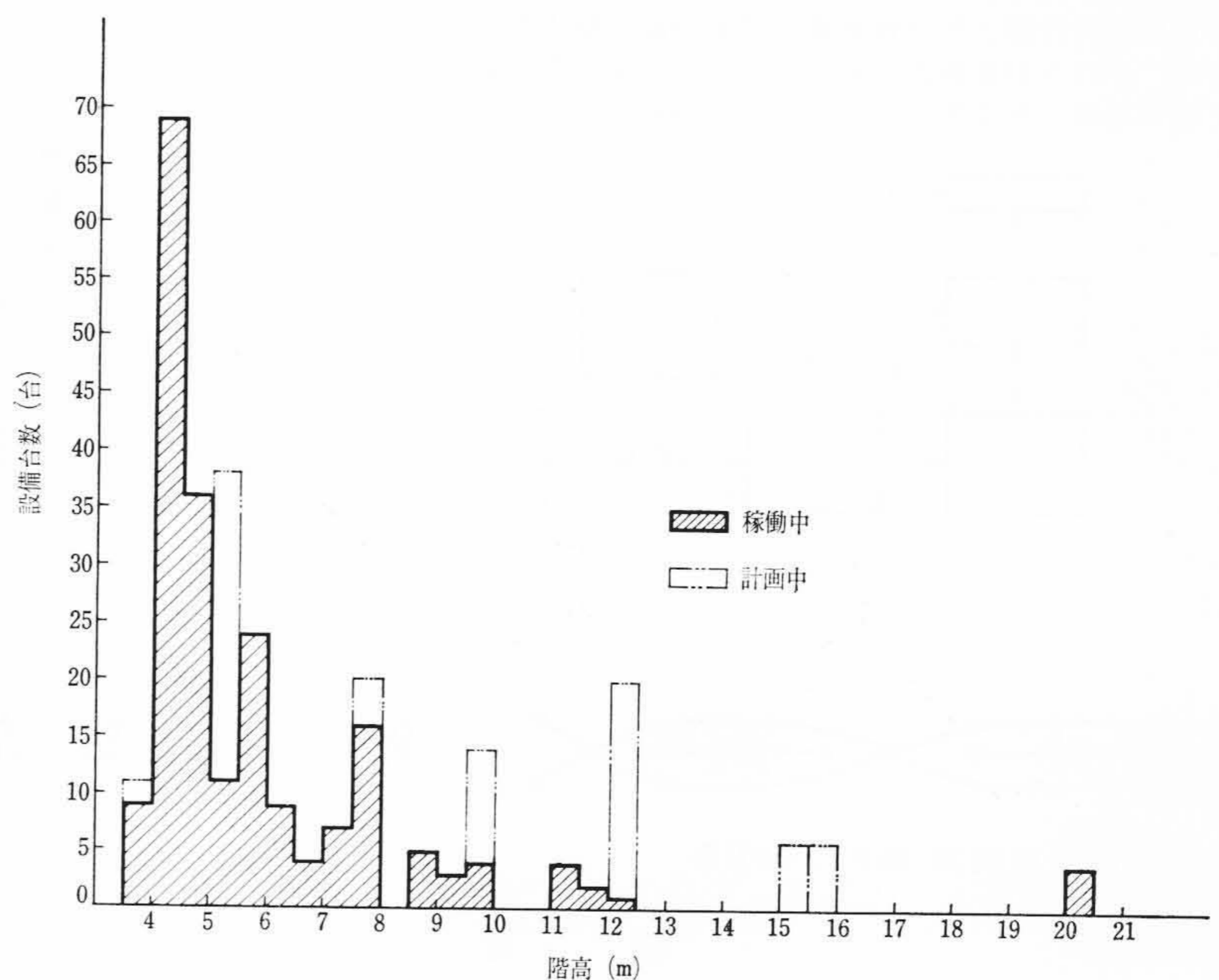


図1 駅用エスカレータの設備台数の階高による分類

に納入した営団地下鉄新御茶ノ水駅の階高20.415mを筆頭に約200台が駅構内の交通機関として稼働中である。その階高の大半は6m程度で比較的低揚程であるが、今後、駅の立体化が進むにつれて15~25mの大形エスカレータがかなり設置される気運にある。

2.2 エスカレータの効果

駅構内にエスカレータを設置した場合の効果は、

- (1) 階段の昇降に比べ、乗客の消費エネルギーが小さく、特に高低差が10m以上ではその効果は顕著である。
- (2) エスカレータは乗客を連続的に、かつ一定の速度で輸送できるから、階段の昇降に比べ、老人、子供、女性など個人差による速度歩行のばらつきがなく、高低差の大きい駅構内での輸送能力が大きい。
- (3) 乗客の流動方向がエスカレータの場合常に一定で、階段のように人の自由意志による昇り、降りの混流あるいは停止がなく、スムーズに乗客をさばくことができる。

2.2.1 消費エネルギー

一般の平たん道歩行に比べ、階段の昇降時には酸素消費量が、昇りの場合13~15倍、降りの場合でも5~6倍必要であり、昇りの場合60kgの人が1m移動するのにその所要熱量は540calであると文献⁽¹⁾⁽²⁾でいわれている。

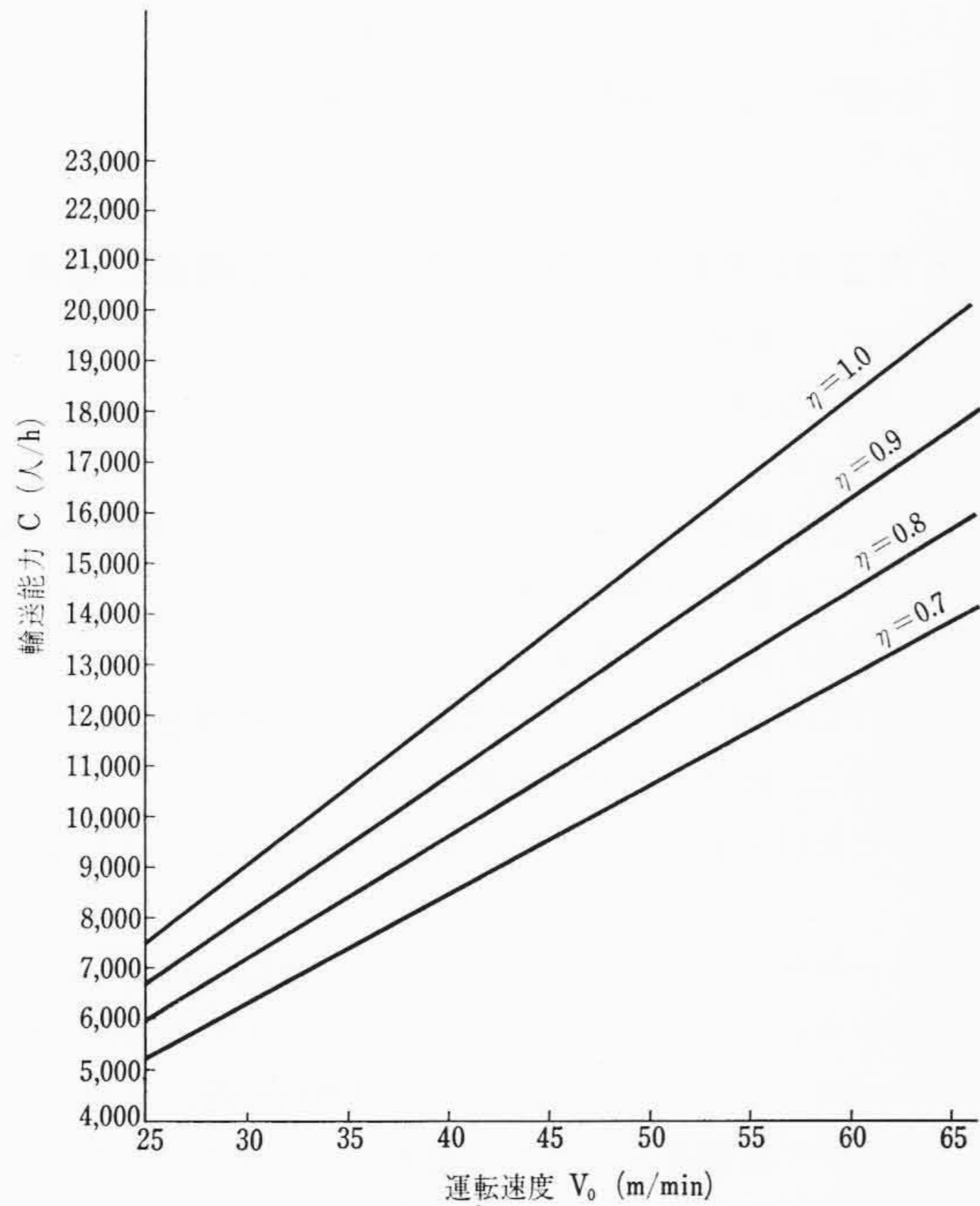


図2 1200形エスカレータの輸送能力と運転速度および乗り込み効率との関係

しかるに、エスカレータを利用する場合はほとんど労力を必要とせず、階段の昇り歩行に比べ、約1/6程度の消費エネルギーで足りる。

2.2.2 輸送能力

エスカレータは連続的に乗客を輸送し、現在のビル内交通機関のなかでもっとも輸送能力が大きく、一般に(1)式で表わされる。

$$C = \frac{V}{l} \cdot P \cdot 3600$$

$$= \frac{\eta V_0}{l} \cdot P \cdot 3600 \dots\dots\dots(1)$$

- ここに、 C: 単位時間当たりの輸送人員 (人/h)
- V: 乗り込み速度 (m/s)
- V₀: エスカレータの運転速度 (m/s) = 0.5(現在)
- l: 踏段クリートの奥行寸法 (m) = 0.4
- P: 踏段1個当たりの乗客定員 (人) = 2 (1200形の場合)
- η: 乗り込み効率

乗り込み効率は、エスカレータの設備台数が輸送量に比べ明らかに不足しているために生ずる乗口の混雑、あるいは乗降に不慣れた乗客が乗口で一時的に立ち止るために考えるべき係数で、エスカレータの運転速度 V₀ と同一速度では乗り込めないための低下率を表わしている。実態調査の結果、現在の都市交通機関用エスカレータでは、主として前者の理由により η≒80% であるから、輸送能力は1200形で約7,200(人/h)である。現状の設備では、エスカレータの運転速度を増加しても効率が逆に下がるので0.6 m/s以上の高速化の意味は少ないが、将来都市交通用エスカレータの出退勤時の場合、このような不慣れはしだいに解消するので、設備台数に余裕を設け、かつ乗客の歩速および乗りこみ速度に合わせた運転速度を選ぶことにより、乗り込み効率および輸送能力はかなり改善されるはずである。特に欧米で見かけるような、乗客が歩行速度のままエスカレータに乗り込みかつ踏段上を歩行する場合は、乗り込み効率は1以上となる。図2は単位時間当たりのエスカレータの輸送能力と、運転速度および乗り込み効率と

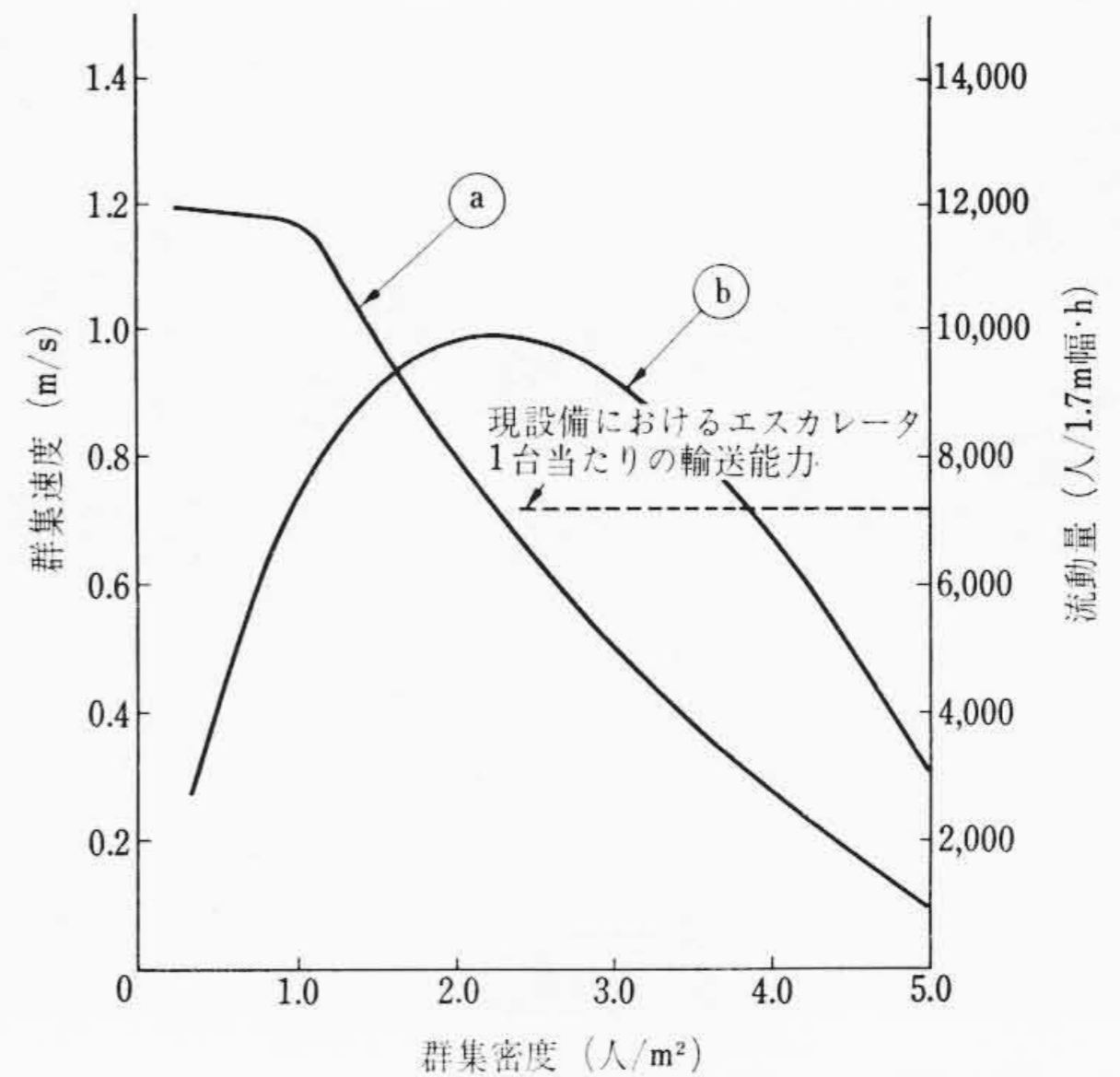


図3 階段上における群集密度と流動速度および流動量との関係

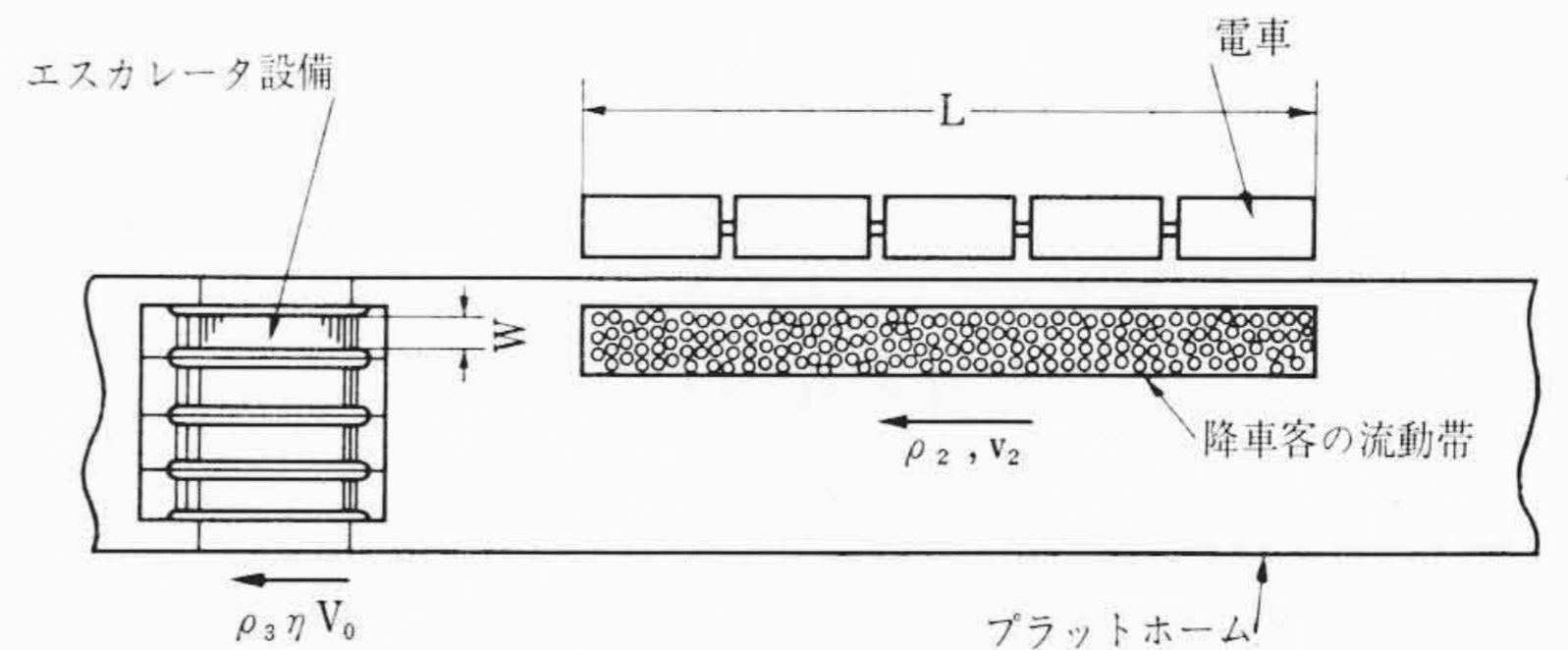


図4 駅用エスカレータ設置台数の説明図

の関係を図示したものである。

一方、階段による輸送は、人の流動量が(2)式で表示される。

$$Q_1 = v_1 \times \rho_1 \times 3,600 \dots\dots\dots(2)$$

ここに、Q₁: 単位時間、単位幅当たりの人の流動量 (人/h・m)

v₁: 群集速度 (m/s)

ρ₁: 群集密度 (人/m²)

群集の歩行速度は、図3の線図(a)に示すように群集密度にほぼ逆比例する。歩速は群集密度が1.2人/m²まではゆるやかに減少するが、それ以上の密度では直線的に低下し、約5人/m²では身動きできない状態となる。図3の線図(b)は、1200形エスカレータ1台が占める幅1.7mの階段について(2)式で計算した結果である。この線図から、現在のようなやや混雑気味のエスカレータ設備の実状でも、階段の群集密度が4人/m²以上になればエスカレータによる輸送能力のほうが大きいことがわかる。

2.3 設備台数の検討

エスカレータの設備台数は、その駅における乗降客数、立地条件による乗降客の集中度合いなどと、乗り込み効率を含めたエスカレータの輸送能力とを勘案すべきはもちろんのこと、設備の経済性を図り、将来の駅および都市全体の長期計画などをも考慮する必要がある。特に、国電、地下鉄などの通勤旅客駅では、朝夕ラッシュ時のプラットフォームの混雑を解消するために、電車到着間隔内に降車客を完全にホームから出口のほうへ輸送し終わる必要がある、その設備台数と配置は重要な問題である。

たとえば、図4に示すような1個所のエスカレータ設備を通過してホームから降車客をさばく場合において、各車両とも平均して降車客があり、電車に沿った人の流動帯を形成するものと仮定すれば、エスカレータの必要台数は、ホーム上とエスカレータ上との単位時間当たりの流動量を等しく置き(3)式で算出できる。

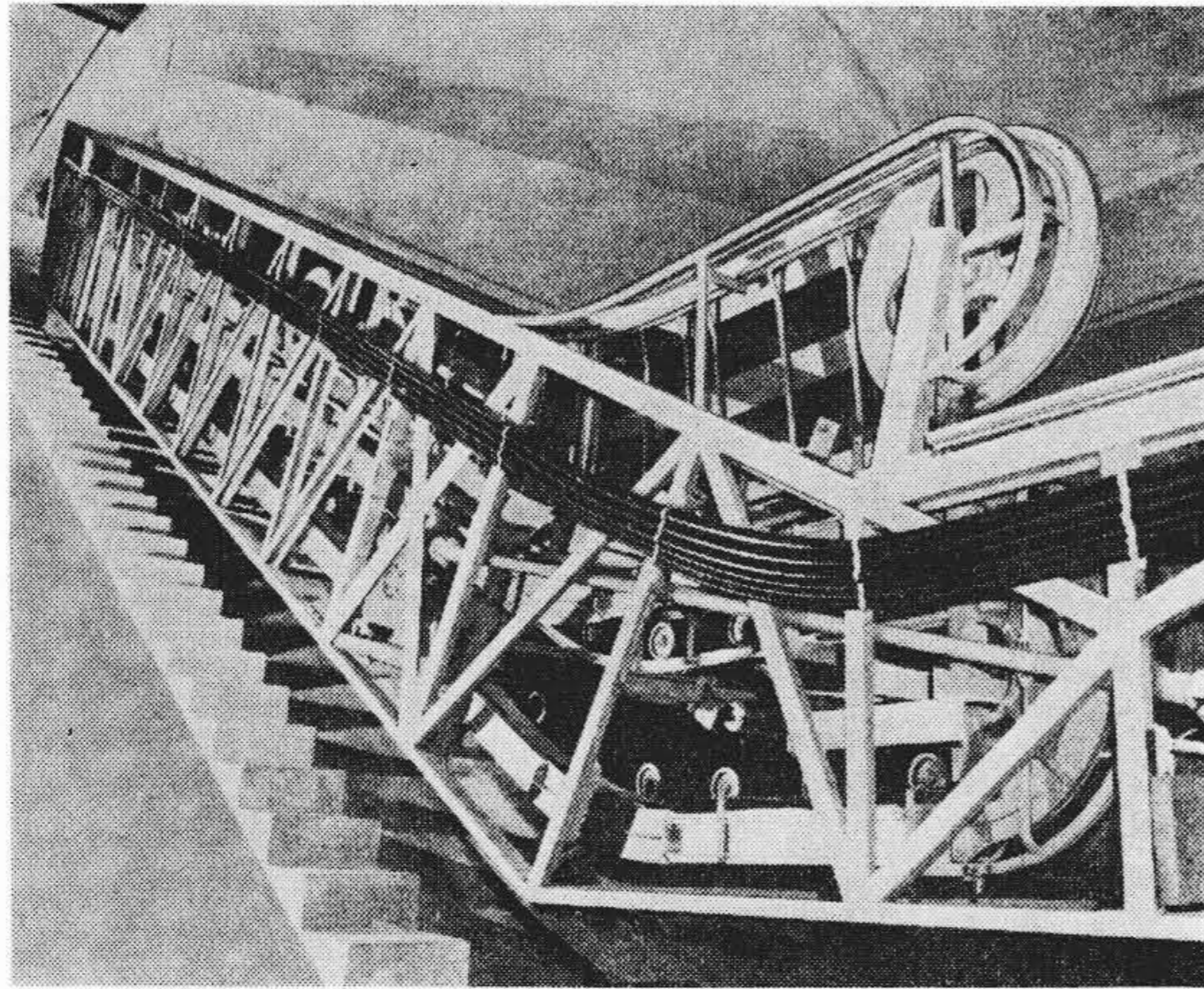


図5 地下鉄道の駅に設備するエスカレータに設けた保守員用の階段

$$Z = \frac{lv_2}{P\eta V_0} \cdot \frac{Q_2}{L} \cdot (1+\alpha) \frac{1}{W} \dots\dots\dots(3)$$

- ここに、 Z: 必要なエスカレータの台数
 v₂: 降車客のホーム上での流動速度 (m/s)
 Q₂: 降車客総人員 (人)
 L: 車両の全長 (m)
 α: 降車客の変動量を見込んだ余裕率≒0.15
 W: 1台のエスカレータの幅

(m)=1.0 (1200形の場合)

ここで、エスカレータの運転速度をホーム上の乗客の流動速度まで高速化し、かつスムーズな乗り込みを行なう将来の姿を想定すれば、(3)式は1200形エスカレータ設備の場合次のようになる。

$$Z = \frac{Q_2}{\rho_3 L} (1+\alpha) \dots\dots\dots(4)$$

このρ₃はエスカレータ上の乗客密度で、停滞のない乗り込みを行なわせるために、エスカレータ上での定格密度5人/m²よりも小さい値をとるべきである。

なお、全降車客を次の電車が到着するまでに輸送し終わる必要があるので、それに必要な時間を(5)式で計算し、電車の到着間隔以下であることを確認することがたいせつである。

$$T = \frac{lQ_2}{P\eta V_0 Z} (1+\alpha) \frac{1}{W} \dots\dots\dots(5)$$

2.4 エスカレータの配置と建築上の諸問題

エスカレータ設備の配置は、ほかの交通機関との連絡および高層ビル、官庁街などの立地条件を考慮し、駅構内で円滑な人の流れが得られるように考慮しなければならない。また、混雑を避けるためエスカレータ乗降部のロビー広さをじゅうぶんに確保するとともに、駅出入口あるいは改札口とエスカレータとの距離をじゅうぶんとすることなどの配慮が必要である。

また、建築計画に対しては、

- (1) 地下あるいはプラットホーム上に設置する場合、地下水および風雨の影響を極力避け、排水口などを計画すること。
- (2) 大形エスカレータの、上下の支持点の地盤が相対的に移動する恐れのある場合、支持部の構造をスライド方式としなければならない。
- (3) 両端のみでなく、エスカレータ中央部も支持する構造とし、また据付工事および保守を容易にするため、地下設備の場合図5に示すようにエスカレータの踏み段路の全長に沿って人道用の通路を設けるのが望ましい。

- (4) これらのエスカレータは寸法、重量とも大きく、特殊な据付場所となるから搬入口の広さ、搬入径路の計画が必要である。

3. 日立 HC-P 形エスカレータのおもな構造と特長

日立製作所は、駅構内の交通機関としての大形エスカレータを数多く納入している。特に昨年12月営団地下鉄千代田線新御茶ノ水駅に納入したエスカレータは、わが国では最大の階高を誇る20.415m、4台並列設置の本格的な大形エスカレータで、好評裏に稼働中である。図6は新御茶ノ水駅納めHC-P形エスカレータの外観、図7はその据付計画図を示しており、表1はおもな仕様である。

3.1 日立 HC-P 形エスカレータの据付寸法と標準仕様

日立製作所は、長年の技術と経験をもとに大形エスカレータの標準据付寸法と仕様を確立している。図8は据付寸法とおもな仕様である。

上、下部の機械室、中間部トラスの深さなどは、駆動装置の大形化とトラス自身の強度、剛性を確保するため必然的にほかの機種より広く、かつ深くなっている。さらに下降運転の際、高所の視界から乗客に与える不安感を除くため、図9に示すように上部水平部と傾斜部との踏み段走行レールおよび欄干をゆるやかな曲率で結び水平部を長くし、上部乗降部から下部乗降部が直接見えない構造としてある。また、踏み段チェーン、レールなどには自動給油を行ない無保守化を進めている。

3.2 トラスフレーム

フレーム深さを深くかつ主弦材を大きくして発生応力を低くとり、さらにフレーム全体のたわみも踏み段走行精度に影響しないよう考慮し、駅などでの過酷な使用にもじゅうぶん耐えうる設計である。なお、支持間寸法が標準の12m以上となる特殊な設置条件の場合には、トラスの外側をさらに別のトラスでおおったいわゆる二重トラス構造⁽³⁾の特殊設計も確立している。さらに、屋外設置などの場合は、エスカレータの自重や乗客荷重などの垂直方向の荷重と同時に、風圧力⁽⁴⁾を(6)式より算出し、水平方向の荷重も考慮したトラス設計としている。

$$S = \beta \cdot 60\sqrt{h} \dots\dots\dots(6)$$

- ここに、 S: 地面よりhの高さにおける単位面積当たりの風圧力 (kg/m²)
 β: 風力係数=1~1.2
 60: 常数 (kg/m^{2.5})
 h: 地面からの高さ (m)

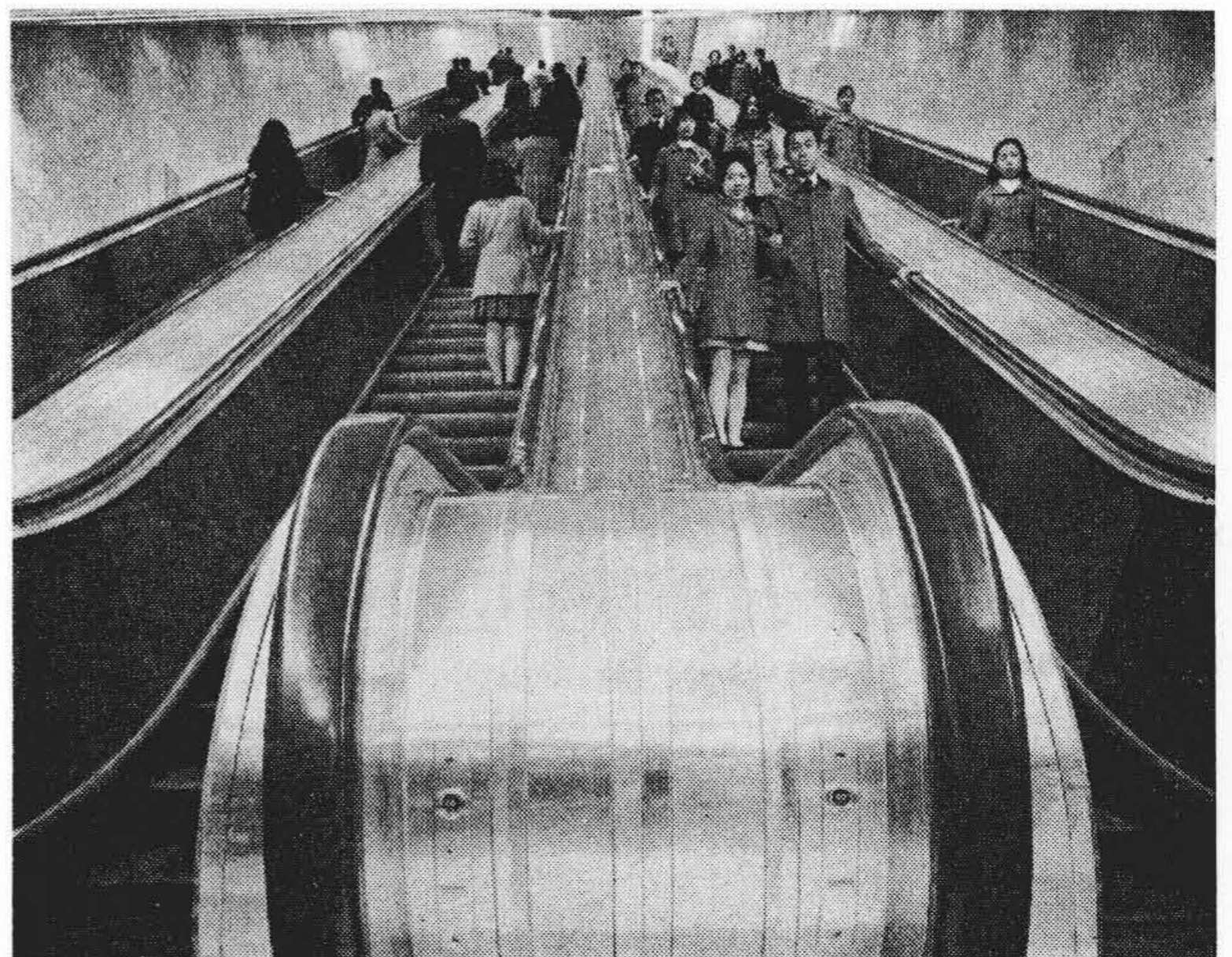


図6 新御茶ノ水駅納 エスカレータ

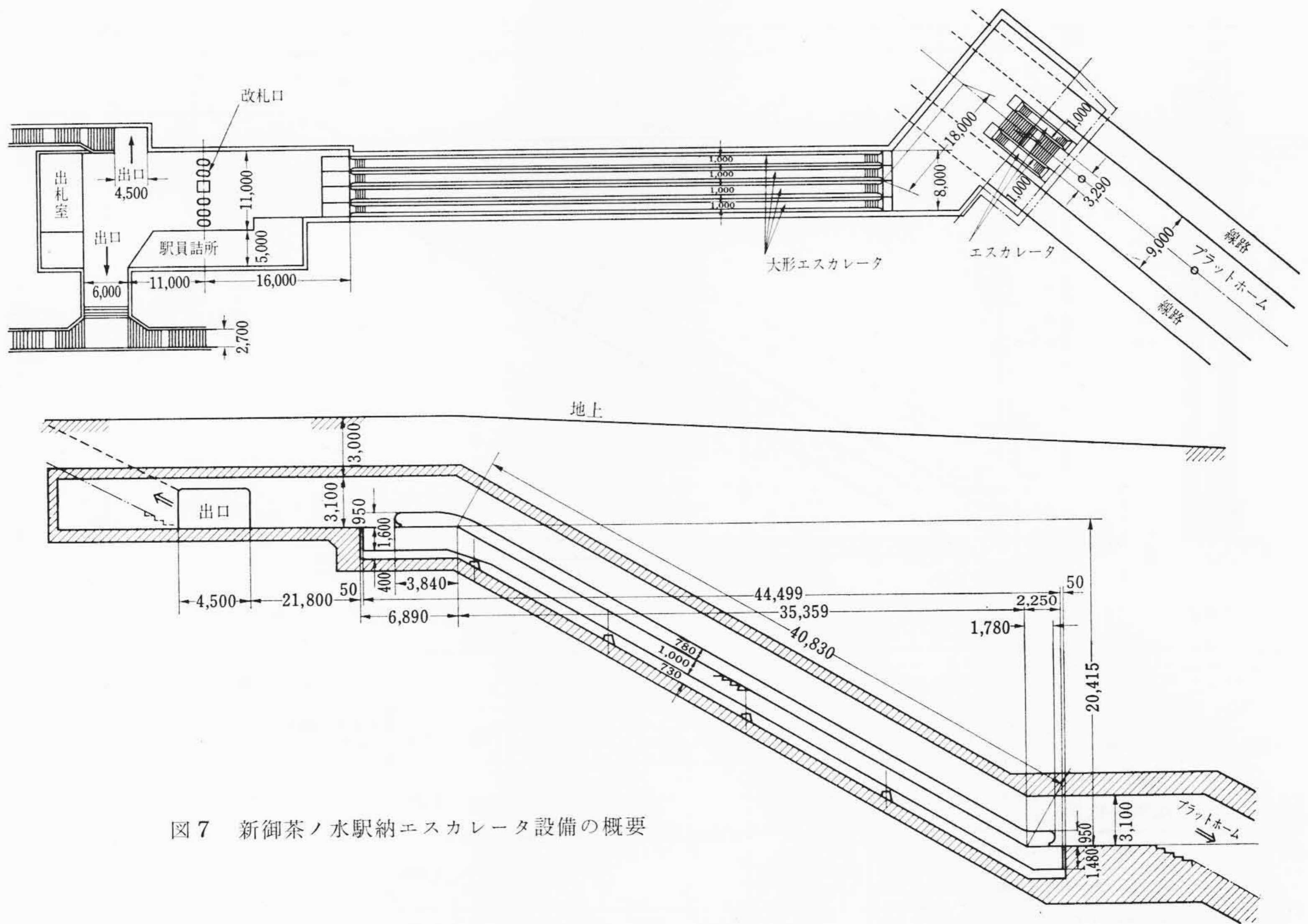


図7 新御茶ノ水駅納エスカレータ設備の概要

表1 新御茶ノ水駅納エスカレータのおもな仕様

形 式	1200C-P
輸 送 能 力 (人/h)	9,000 人
速 度 (m/min)	30
制 御 方 式	キースイッチ操作可逆式
有 効 幅 (mm)	1,200
踏 段 幅 (mm)	1,004
傾 斜 角 度 (度)	30
階 高 (mm)	20,415
電 動 機 (kW)	45
電 源	200 V 50 Hz

3.3 駆動装置

駆動装置は高揚程に起因する定格負荷の増加と同時に、都市交通機関用エスカレータとして特異な、ラッシュ時に見られる変動の多いきびしい負荷に対しじゅうぶんな容量としてある。駆動機械としては高精度の大容量ウォーム減速機、踏段チェーンは抗張力が高く、かつ伸びの少ない特殊鋼を用いている。したがって、大形エスカレータの長尺踏段チェーンでも伸びが少なく、長時間使用後も下部ターミナルスプロケットとレールとの相対位置を調整する必要がなく、常に高精度で円滑な踏段運行を確保している。また、駆動装置の各部には集中自動給油装置による適切な給油により保守、点検を少なくする一方、常時最良の状態に維持する工夫がしてある。

一般に都市交通機関用エスカレータでは周囲音が高いので、その騒音は普通それほど問題にならないが、日立製作所では踏段チェーンとスプロケットとの噛み合い騒音を完全に除去するため、BT-SC₂形無騒音装置⁽⁵⁾のバネ常数を改善したBT-SC₃形装置を採用している。

新御茶ノ水駅納めエスカレータ設備の運転騒音は65 dB、乗りごころは踏段の上下振動で15 gal程度というすぐれた性能である。

3.4 欄干およびハンドレール

欄干はヘアライン仕上のステンレス内装板を用いた堅ろうなもの

で、長期にわたるきびしい使用に耐える構造である。なお、乗客の安全性を考慮し、デッキボードの幅を広くして乗客に安定感を与えるとともに図11に示すようにデッキボード表面に一定間隔にストッパを設け、乗客が誤って荷物などを落とした場合の落下防止⁽⁶⁾や、中間部非常停止スイッチを設けることを標準仕様としている。

ハンドレールは、心材のバネ鋼帯と帆布およびトッピングゴムを完全に一体化した強じんかつ長寿命のもので、その走行部は図12に示すように、全長にわたりローラ支持としてあるから、従来のスライディング方式に比べ走行抵抗は約20%程度に小さく、長行程にもかかわらず無理のないハンドレール駆動機構である。

3.5 防水およびさび止め

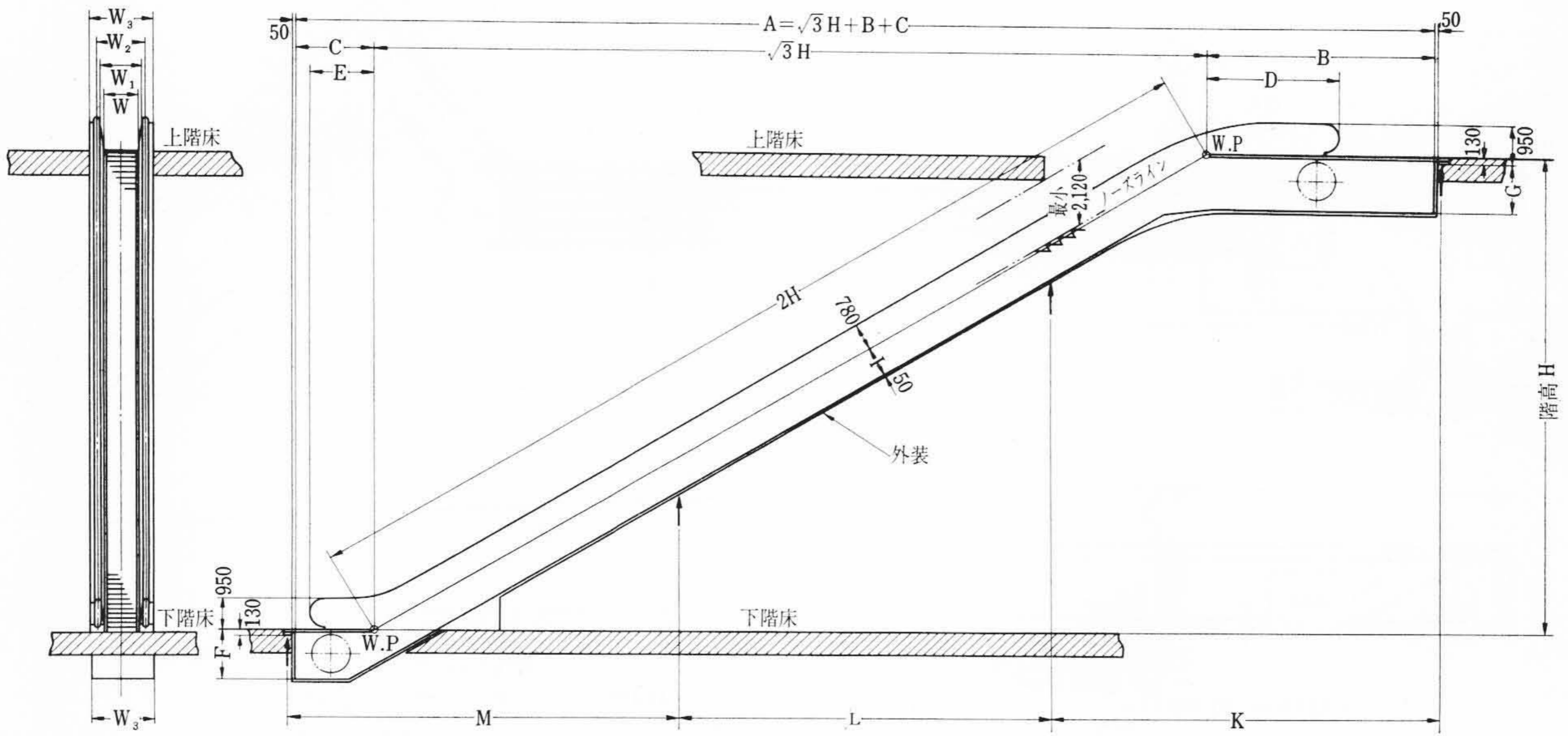
地下鉄および高架のプラットフォームに設置するエスカレータには、湿気、地下水および雨水に対する防水およびさび止めの対策が重要な問題である。特に電気部品に対してはすべて特殊なシールド構造とし、漏電による誤動作を完全に防止している。さらに、リン酸塩系塗料とフタル酸系塗料を併用した塗装を用い各部のさびの発生を防止している。

4. 都市交通機関大形エスカレータの展望

都市交通機関の発達とともに、エスカレータも多数計画されると考えられるので、今後、立体化した都市交通機関の駅の中核的機能を果たす大形エスカレータに関してその将来を展望してみる。

4.1 高揚程化と駆動方式

立体化の進展により、将来、駅に設置されるエスカレータの階高は現在よりもはるかに高い数十メートルに達すると考えられる。一方、現在の上部機構室1個所での駆動方式では、踏段チェーンおよび駆動装置などが非常に大形となるため、階高25m程度が限界であり、それ以上の階高では数台のエスカレータを乗り継がなければならない。したがって、1台のエスカレータで乗り継ぎなしに乗客を目的地まで輸送する高揚程用の駆動機構を開発する必要がある。



項目 階高 記号 形式	階高 (mm)	標準寸法 (mm)											標準仕様				
		B	C	D	E	F	G	I	W	W ₁	W ₂	W ₃	電動機 (kW)	輸送能力 (人/h)	傾斜角 (度)	速度 (m/min)	電源
1200HC-P	8,501~11,500	4,200	2,115	2,885	1,480	1,080						1,760	22	9,000	30	30	200/ 220V 50/60 Hz
	11,501~13,500												30				
	13,501~16,000												45				
	16,001~20,500												45				
800HC-P	8,501~12,500	2,910	1,690	2,200			1,340	800				1,280	15	6,000	30	30	200/ 220V 50/60 Hz
	12,501~17,500	4,200	2,115	2,885	1,480	1,080						1,320	22				
	17,501~21,500											1,360	30				
	21,501~24,000	4,875	2,250	3,365	1,780	1,480	1,600	1,000	609	800	920	1,520	45				
	24,001~27,000	6,225															
備考		記号 K, L, M など支持間距離は最大 12 m とする。															

図8 大形エスカレータ標準据付計画図

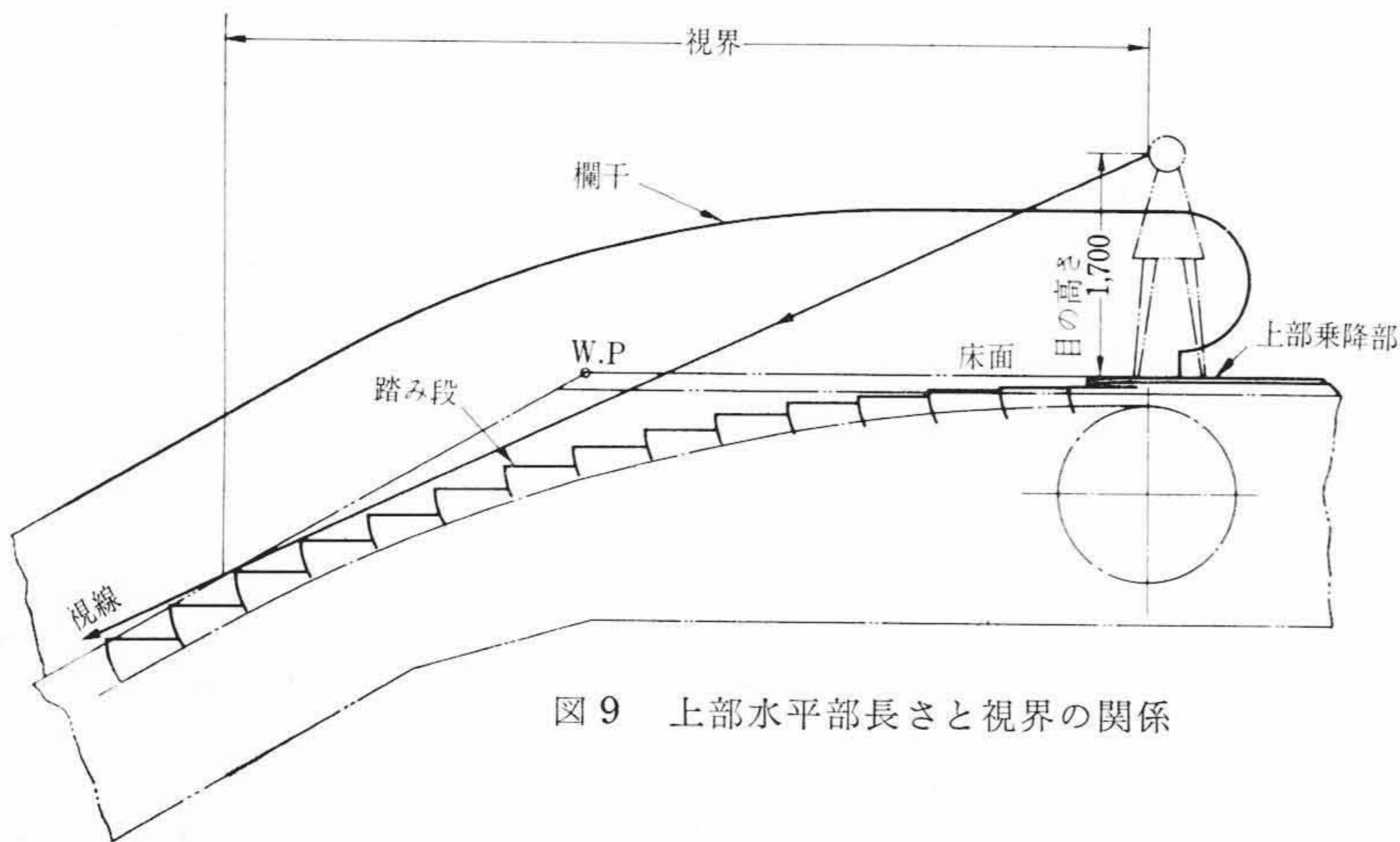


図9 上部水平部長さと視界の関係

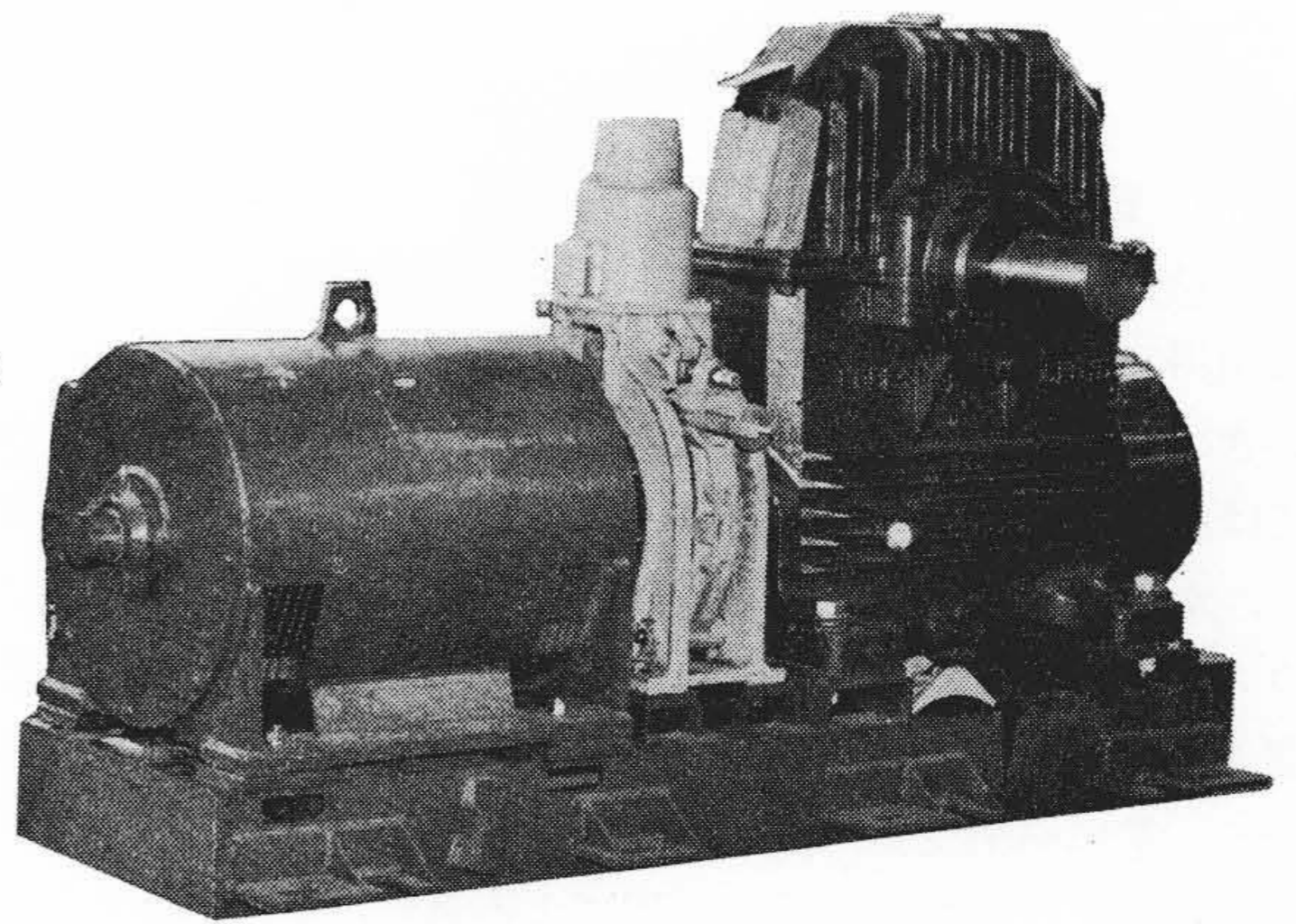


図10 新御茶ノ水駅納 エスカレータ用 45 kW 駆動機械

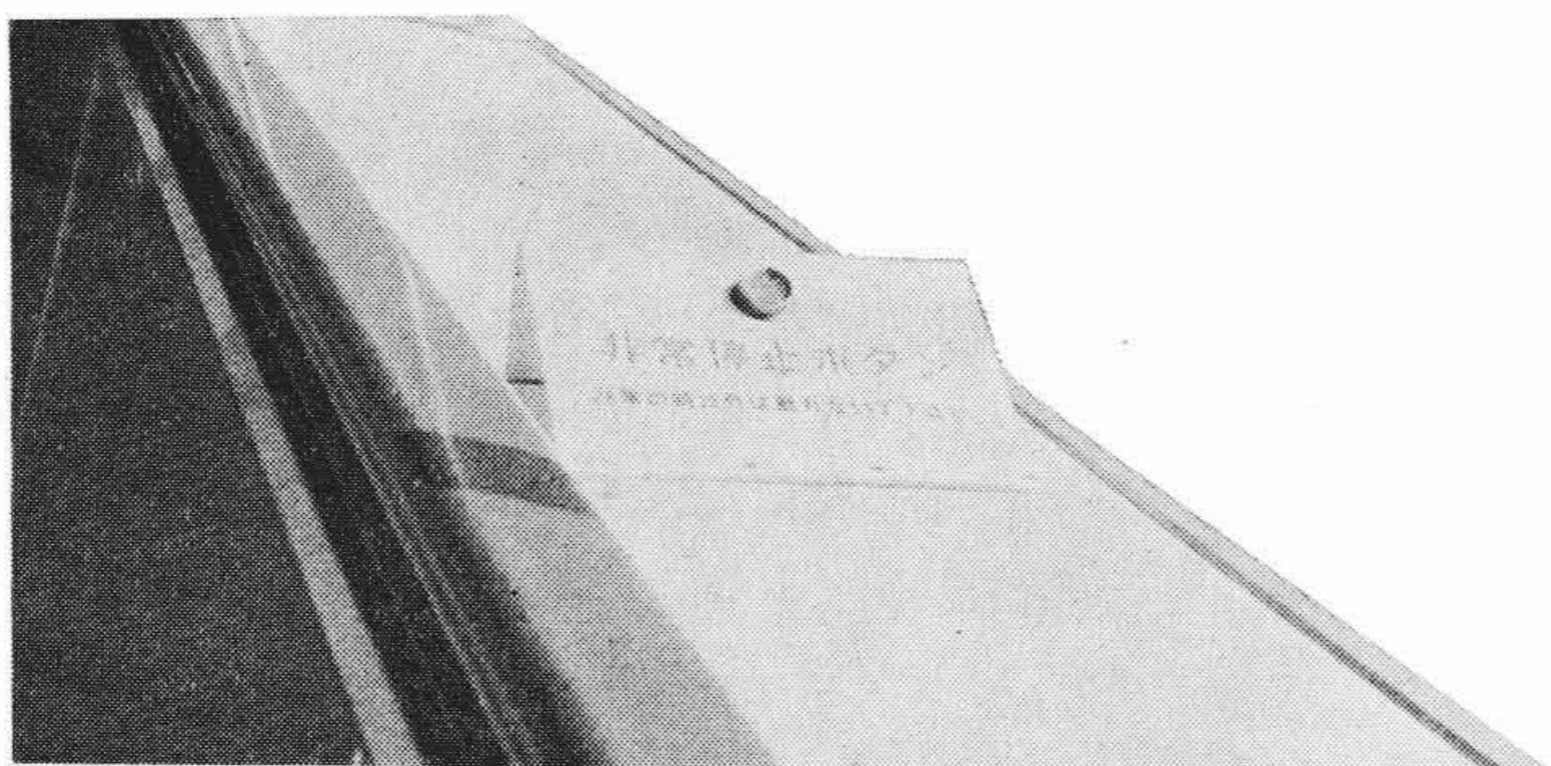


図11 中間部非常停止用スイッチと 荷物落下防止用ストップ

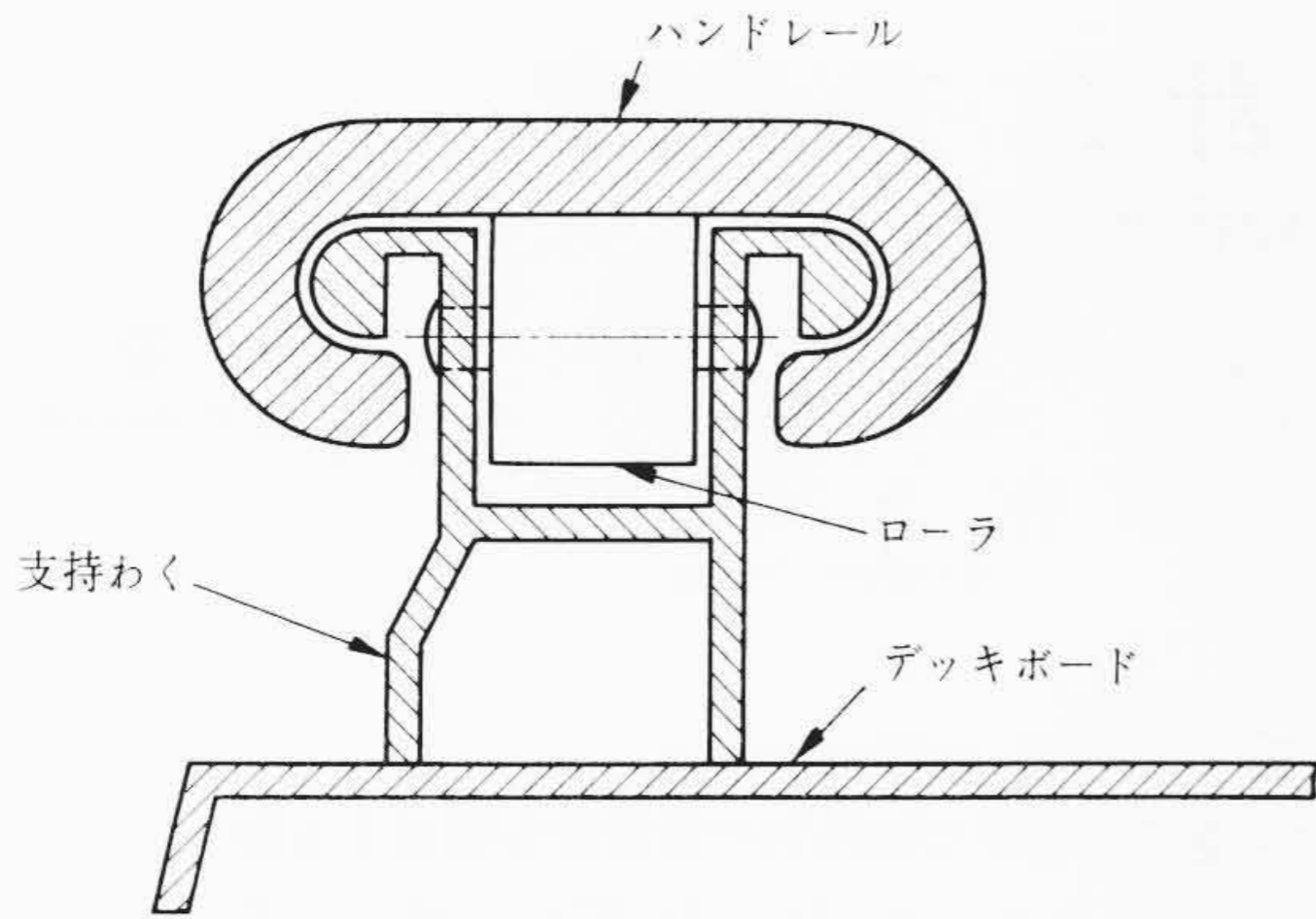


図 12 ハンドレールのローラによる支持構造

日立製作所は、すでにこれに関する新しい駆動機構について検討済みである。

4.2 高速化

乗客を速く、大量に輸送するためには設備台数の増加および合理的な配置とともにエスカレータの高速化が必要である。特に高低差の大きい超大形エスカレータでは、乗客が速く目的地に到着できるというサービスが望ましい。高速化による輸送能力の向上は、乗客の歩行速度および乗り込み速度とエスカレータの運転速度とが同期化するのが最も好ましいから、運転速度を乗客の歩行速度に近づけるとともに、乗客がその速度に慣れることがたいせつである。

われわれは効率的な運転速度として 45~60 m/min を推薦したいと考えるが、この値は諸外国でもすでに実用化されつつある。

4.3 安全性

エスカレータの大形化および高速化に伴い、乗客の安全には特に

留意しなくてはならない。日立製作所では、先に述べた各種安全装置のほか、大形エスカレータにおいて特に重要な下降運転時の非常停止時の制動ショックをやわらげる新しい制動機構などかずかずの安全装置をすでに開発しこの問題を解決している。

4.4 エスカレータの運転方式

都市交通用エスカレータのように時間帯により乗客の質と量とが変動する特殊な環境では、その変動に応じた自動的な運転速度の変換、また設備台数の多い場合には、その運転状況を管理する集中管理システムによる運転台数の変換など、効率的な運転方式を採用する必要がある。

5. 結 言

都市交通機関の立体化に伴って、将来これらの駅における中核的役割を果たす大形エスカレータ設備について、その必要性、設備計画上の諸問題およびおもな構造と特長を述べた。

このような設備をより効率的な運転と、より経済的なものとするため、安全性、駆動方式などエスカレータの構造、機能面の改善はさらに図られなければならないが、建屋側にあっても設置場所、設置台数、運転速度および周囲の建物の構造など、従来のエスカレータ設備と異なる観点に立って設備計画が進められねばならないと考える。本稿が大形エスカレータの設備計画の一助となればまことに幸いである。

参 考 文 献

- (1) 鈴木慎次郎：労働のエネルギー原則誠（誠文堂新光社）
- (2) 奥山美佐雄：階段に関する研究
- (3) 実用新案申請中：日立評論万国博別冊特集号
- (4) 建築基準法施行令
- (5) 原，中尾：日立評論 50, 854 (昭 43-9)
- (6) 実用新案申請中



新 案 の 紹 介



登録実用新案 第892957号

近 藤 正 道・小 野 寺 正 昭

揚 水 ポ ン プ

揚水ポンプの始動に当っては真空ポンプを用いてポンプケーシングの吐出側の室から空気を抜いて呼び水する。しかしこの方法では横軸ポンプの場合、ポンプケーシング内に水が入り込んだとき、吸込側室の上部が吐出側としゃ断されてそこに空気がたまり、ポンプ運転の際に支障をきたす。

この考案は上記の支障の生ずることを除いたものである。図1はこの考案を渦巻ポンプに実施した例を示すもので、1は羽根車、2は回転軸、3はポンプケーシング、4はその吸込側室、5は吐出側室、6は吐出側室上部の排気筒のバルブである。

この考案は吸込側室4の上部と吐出側室5とをバイパス管7により連通し、その管7には逆止弁8を設けたものである。これによって排気バルブ6からケーシング内を排気して呼び水したとき、従来呼び水によって吸込側室4の上部に閉じこめられた空気はバイパス管7から吐出側室に抜かれるため、空気だまりを生ずることなくポンプ内は完全に満水されるのでポンプは円滑に運転される。またバイパス管7に逆止弁8を備えているので、ポンプ運転時に吐出側室5内の圧力水が吸込側室4内へ逆流することが防がれる。

この考案によれば簡単な付属品を取り付けることによって呼び水の際の空気だまりを防止することができる。

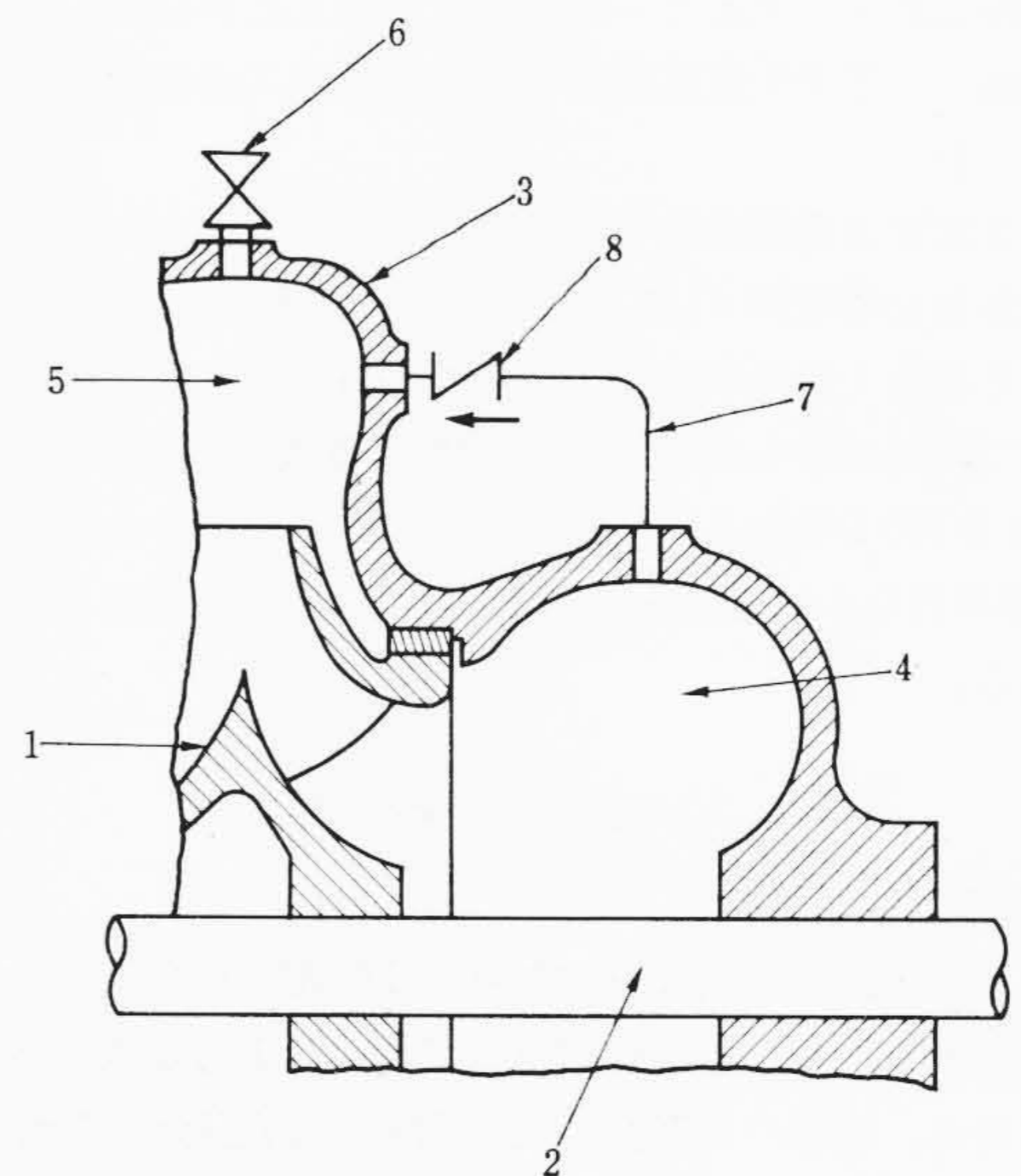


図 1