

日立超大形エスカレータ

Hitachi High Rise Escalator for Hitachi Group Pavilion

平 元 武 治*
Takeharu Hiramoto三 ツ 井 強*
Tsuyoshi Mitsui佐々木 武 彦**
Takehiko Sasaki

Abstract

The Hitachi Group Pavilion at EXPO '70 is equipped with an outdoor type escalator (rise: 19.5 meters)—one of the largest ever built in Japan. Outstanding features in construction and performances are listed below.

- (1) Uses a rational double-truss frame. Despite the long span—21 meters—it is designed for sufficient strength and rigidity to withstand the strongest winds.
- (2) A newly developed outdoor type handrail and waterproof switches ensure reliable service in outdoor environments.
- (3) Special safety features include an emergency stop switch and a stopper to prevent fall of objects to the ground.
- (4) Quiet operation and comfortable riding are guaranteed by a quiet large-capacity driving gear, noiseless engagement of chain and sprocket, and soft step rollers.

1. 緒 言

アジアで最初の万国博覧会が3月15日より開幕され、各館とも独創的な建築構造で注目を集めている。日立グループ館も円盤状の建物でユニークな存在として人気を博している。この日立グループ館に、出展テーマである「追求—未来への招待」を具現する設備の一つとして、われわれはわが国では最大級の19.5mの階高で、かつ屋外形の超大形エスカレータを設置した。すなわち、未来の飛行体を現わした円盤への搭(とう)乗の期待感および地上20mでの景観への期待感などを助長しながら乗客を運び入れるためである。

日立製作所では大形エスカレータの技術を応用し、この屋外形超大形エスカレータに、合理的なユニフレームトラス、静粛な大容量駆動機械、乗りごこちのすぐれた踏段ローラおよび新しく開発した外形ハンドレールなどを採用し、スムーズな運転で乗客を日立グループ館に運び入れている。以下、その仕様と意匠、フレームの構造と強度、屋外形に対する配慮、安全性および騒音と乗りごこちについて述べる。

2. 仕様と意匠

図1に本エスカレータの外観、表1にその仕様、図2に据付寸法図を示す。仕様上の特徴は、

- (1) 階高が19.5mで国内では最大級に属する。
- (2) 中間支点間距離が21mとわが国では例を見ない長スパンである。
- (3) 屋外装置である。

などである。

意匠的には建家と調和し、かつ万国博らしいふん囲気を作り出すため、外装は白地にだいたい色の線を配したツートンカラーとし、内装は明るいだいたい色のヒッター板で仕上げ、また欄干上面のデッキボードは外装と同じ白色の塗り鋼板を用いている。さらに特製のテントで屋根を設け、このテントおよび外装にはけい光灯による照明を行なっている。

3. フレームの構造と強度

エスカレータのフレームは、その中に駆動装置、欄干および外装などエスカレータを構成するすべてのものが組み込まれており、両端あるいは両端と中間部を支持し、橋状に架設するため、荷重、振

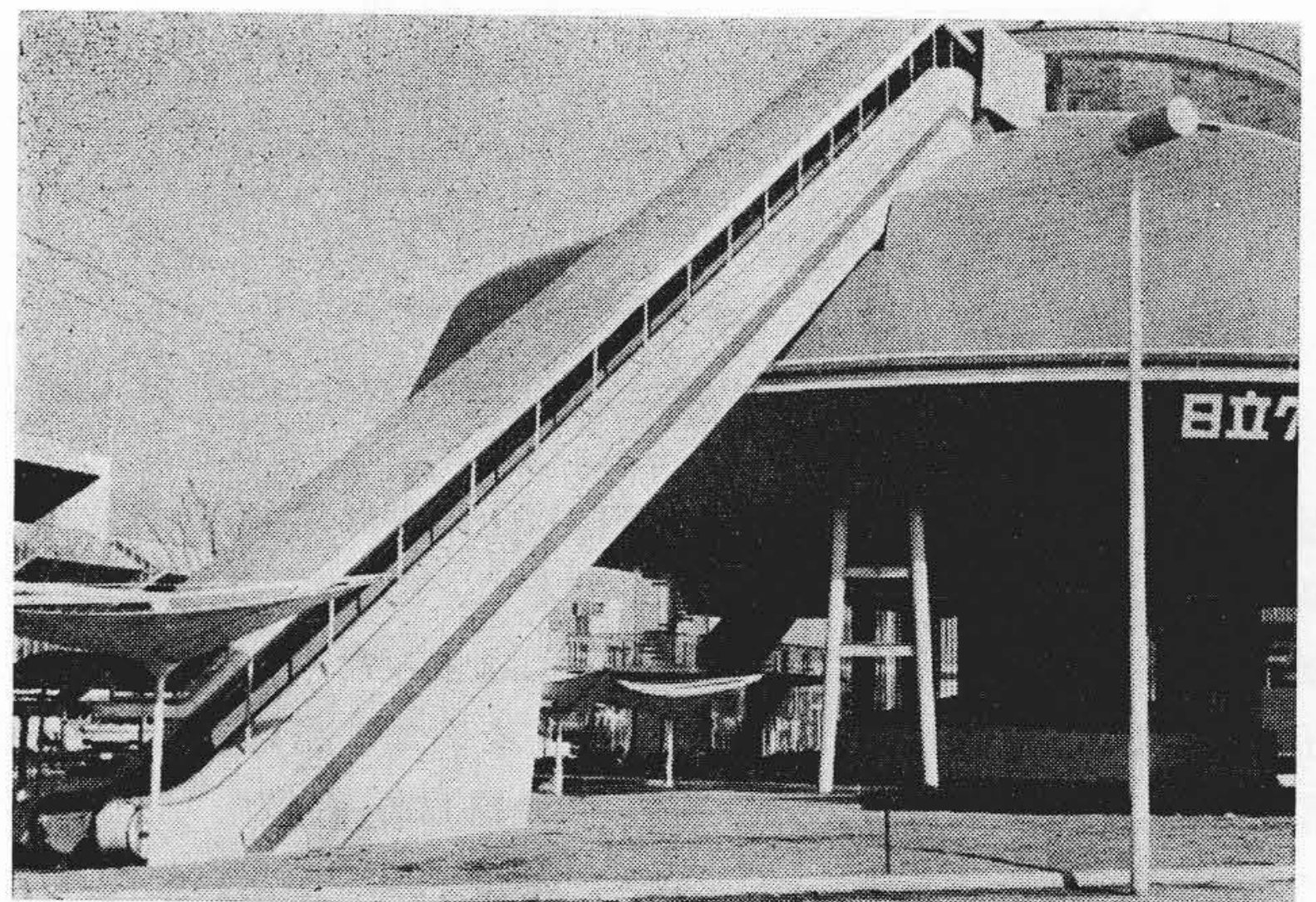


図1 万国博日立グループ館に設置の超大形エスカレータ
Fig. 1. Hitachi High Rise Outdoor Type Escalator for Hitachi Group Pavilion

表1 仕様一覧
Table 1. Specifications

形 式		800C-P
階 高	(mm)	19,500 (IFL～スカイロビー)
有 効 幅	(mm)	800
踏 段 幅	(mm)	609
輸 送 人 員	(men/h)	6,000
速 度	(m/min)	30
傾 斜 角	(度)	30
電 動 機	(kW)	30
支 点 数		4
最 大 ス パ ン	(mm)	21,000

* 日立製作所水戸工場

** 日立製作所交通事業部

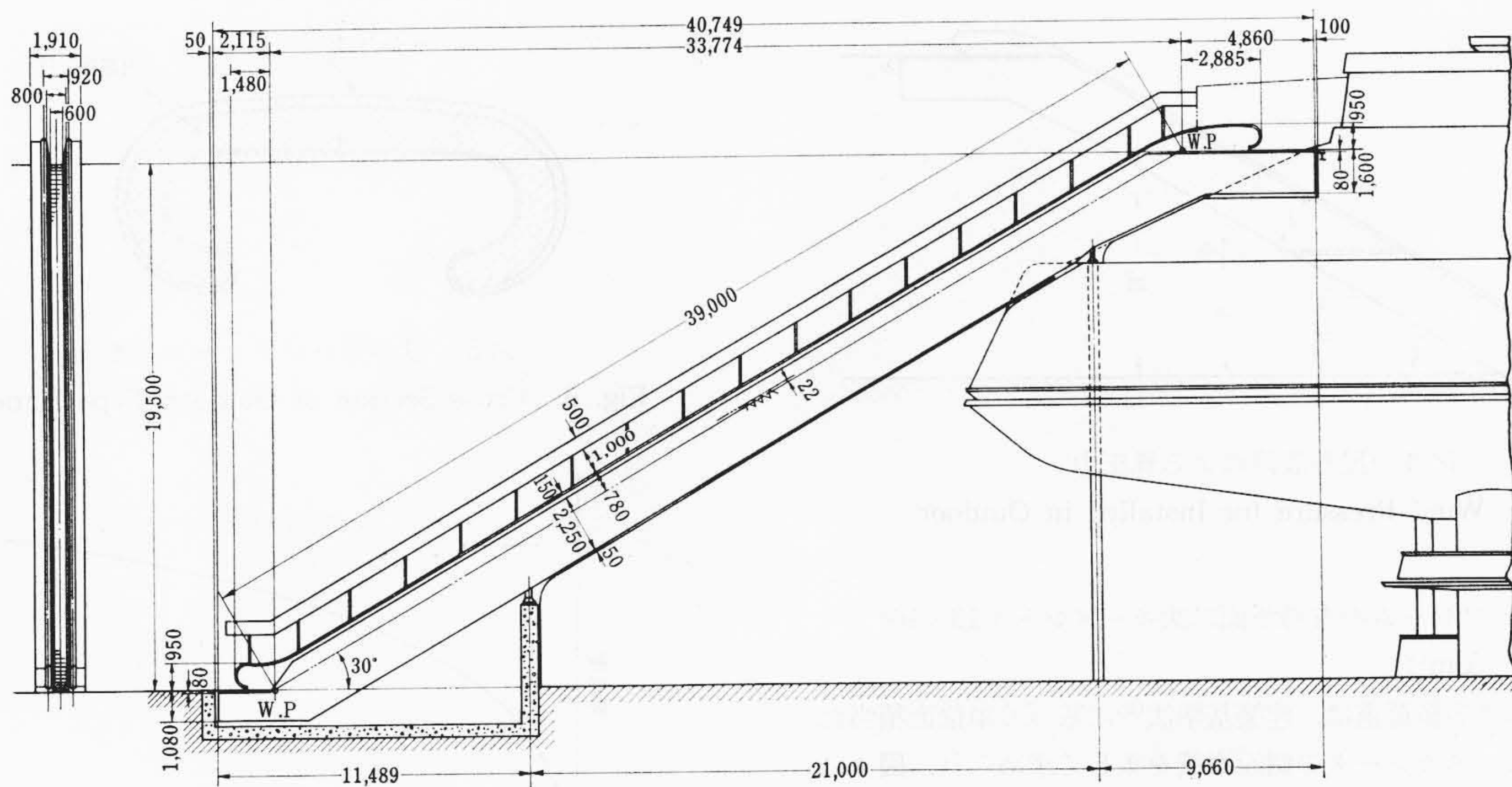


図2 エスカレータ据付寸法図

Fig. 2. Dimensions of the Escalator

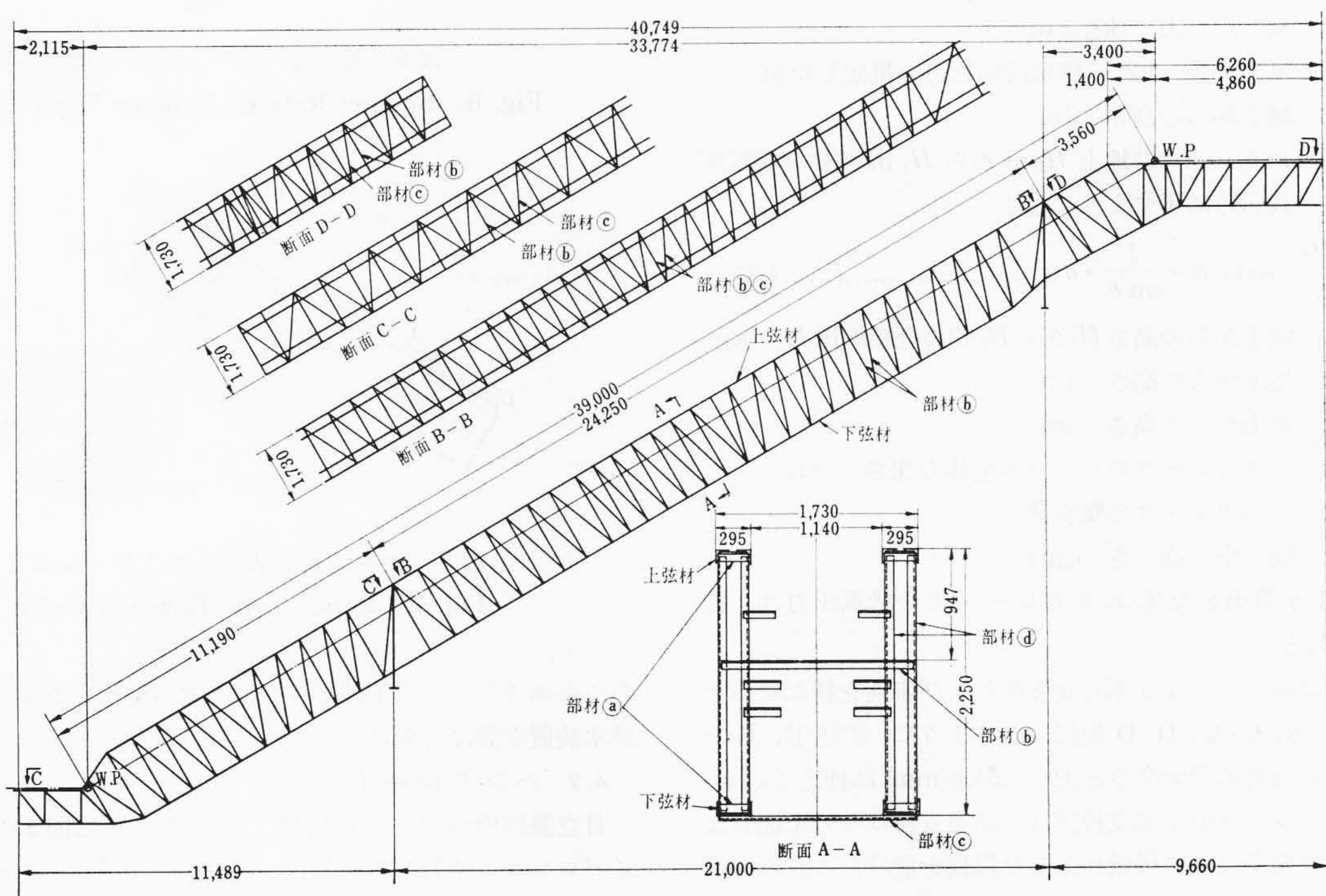


図3 フレーム構造図

Fig. 3. Structure of the Frame

動に対しじゅうぶんな強度、剛性が必要である。特に本エスカレータにおいては、

- (1) 中間部の支点間距離がグループ館全体の意匠上から図2に示すように、標準エスカレータの許容スパン長さの約2倍である。
- (2) 屋外設置のため、風圧による横荷重が加わる。
- (3) 地震時、特に階高が高いため建家とエスカレータの振動の差による外力がフレームに加わる。

などの特殊条件があり、これらに対し、

- (1) フレームは図3に示すように、上弦材、下弦材と部材④で、一般エスカレータと同様のトラス構造のものを2組用い、断面A-Aに示すように部材①、②および③で一体箱形とした二重トラス構造⁽¹⁾である。フレームの深さは、欄干支柱を兼ねたユニフレーム方式で、一般エスカレータの約3倍の深さをもっている。

そのため、部材に発生する最大応力は、ストレインゲージで測定した実機負荷試験での実測値 5.3 kg/mm^2 であり、安全率は7.7である。またエスカレータの踏段走行に影響するたわみの最大値は、最長スパン間のほぼ中央部で実測値 19 mm である。この値は単純支持ばりとして式(1)により計算した値と大差がなく、これまでの実績で問題のないたわみ量 $10 \text{ mm}/10 \text{ m}$ の範囲内にあり、踏段走行に影響のないことを現地試運転において確認できた。

$$\delta = \frac{5wL^4}{384EI} \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 δ : エスカレータの傾斜面に直角方向のたわみ (cm)

w : 全負荷の傾斜面に直角方向の分布荷重 $= 10 \text{ (kg/cm)}$

L : 最大スパンの傾斜方向の長さ $= 2,430 \text{ (cm)}$

E : ヤング率 $= 2.1 \times 10^6 \text{ (kg/cm}^2\text{)}$

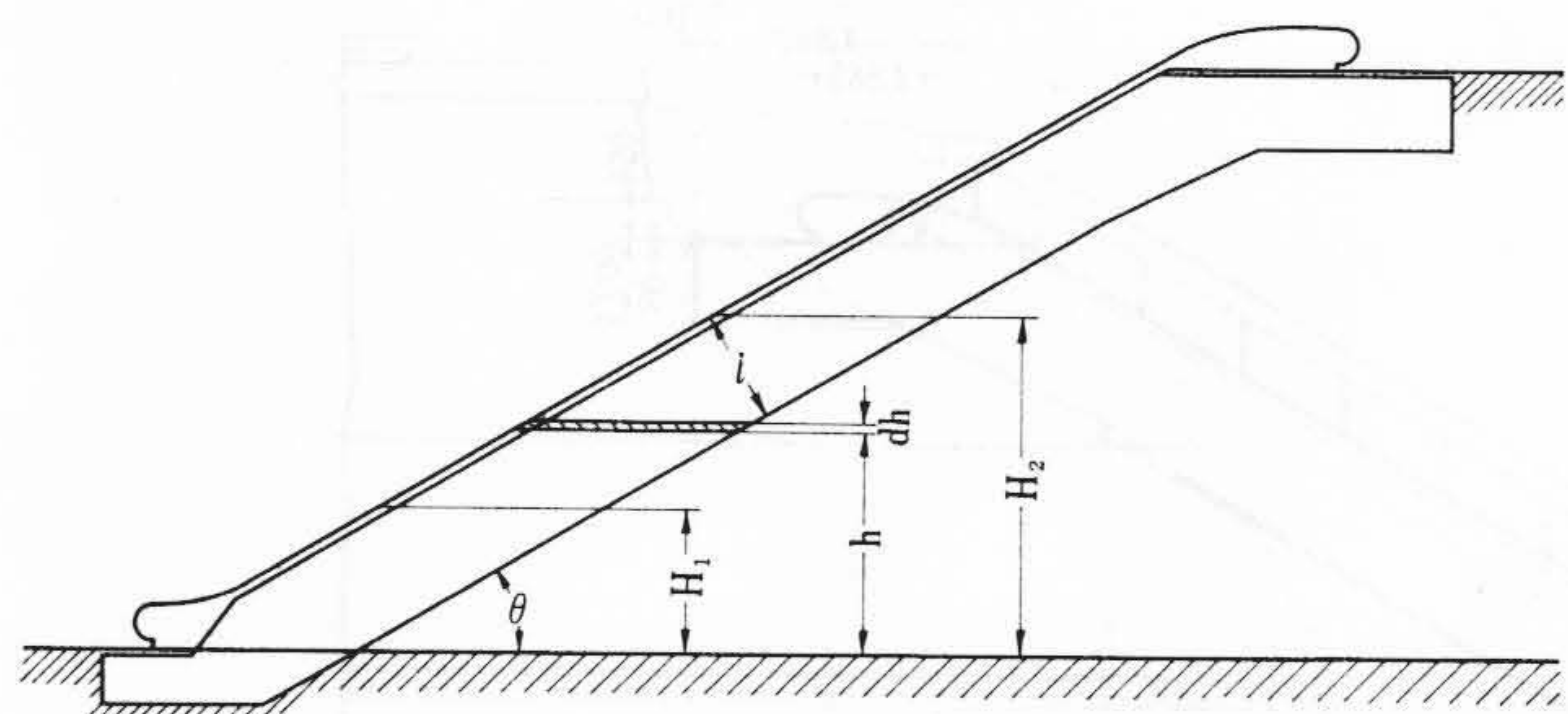


図4 屋外設置による風圧力

Fig. 4. Wind Pressure for Installed in Outdoor

I : フレームの有効断面二次モーメント $= 13 \times 10^5$ (cm^4)

(2) 風圧による横荷重は、建築基準法⁽²⁾に基づく単位面積当たりの風圧力にエスカレータの側面面積を乗じて求められ、図4に示す地上から h m の高さにおける単位面積当たりの風圧力は、式(2)より算出される。

$$p = \alpha \cdot 60 \sqrt{h} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここに、 p : 風圧力 (kg/cm^2)

α : 風力係数 $= 1.2$ (類似構造物より推定した値)

h : 地上からの高さ (m)

したがって、エスカレータの地上 H_1 m から H_2 m 間の全横風圧力の一般式は、式(3)に示すようになる。

$$P = \int_{H_1}^{H_2} \alpha \cdot 60 \sqrt{h} \cdot \frac{l}{\sin \theta} \cdot dh \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 P : 地上からの高さ H_1 から H_2 間の全横風圧力 (kg)

H_1 : 地上からの高さ (m)

H_2 : 地上からの高さ (m)

l : エスカレータのフレーム全体の深さ (m)

θ : エスカレータの傾斜角

dh : 微小高さ (m)

この(3)式より算出した本エスカレータの全横風圧力は、約 19,600 kg である。

この風圧力に対し、じゅうぶんな強度および剛性を持たせるため、図3の B-B, C-C, D-D 視図に示すように、部材⑥, ⑦でトラスを形成し部材の最大発生応力を $7.6 \text{ kg}/\text{mm}^2$ に押えている。

(3) 本エスカレータの上部支持部は、建家支持はりの上面およびエスカレータ側受はりに機械加工した鋼板を設け、これら鋼板の間に潤滑油をそう入し、前後、左右に一定の範囲内でスライドできる自由支持構造である。したがって地震時、建屋とエスカレータの振動の差により誘発される曲げ、引張り、圧縮などの外力をかわすとともに、真夏の高温時におけるフレームの伸びも吸収できる。

4. 屋外設置に対する配慮

屋外設置のエスカレータは、風雨、じんあい、直射日光および夏の温度差などにじゅうぶん耐える必要がある。すなわち、フレームの風圧力に対する強度、ハンドレールの耐候性、耐水性、回転部分の防水、防じん、電気部品の防水および各部の防錆(しょう)は特に重要である。本エスカレータはこれらに対しじゅうぶんな構造をそなえている。

4.1 フレーム

さきに述べたように、風圧力に対しじゅうぶんな強度、剛性をもつとともに、温度差によるフレームの伸縮を吸収できる構造である。また雨による発錆を防止するため、フレーム全体を特殊塗装し、さ

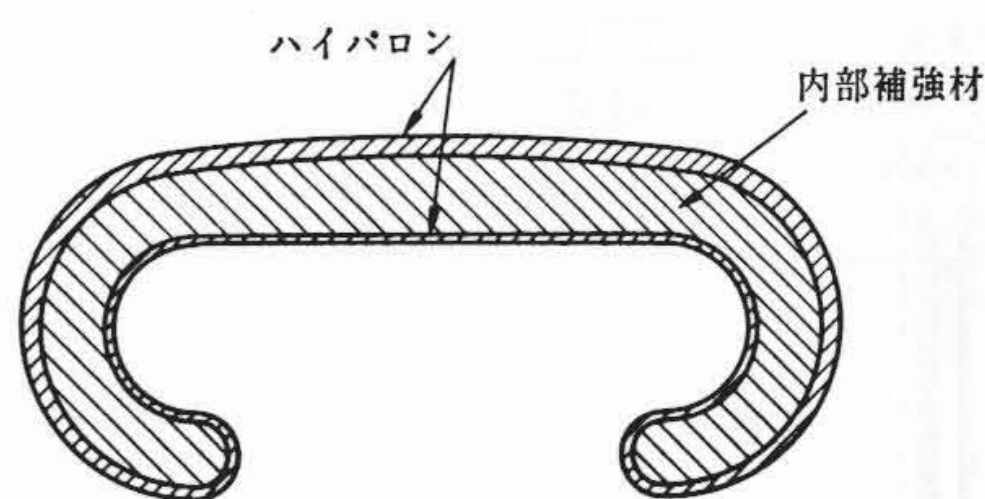


図5 屋外形ハンドレールの断面

Fig. 5. Cross Section of Outdoor Type Handrail

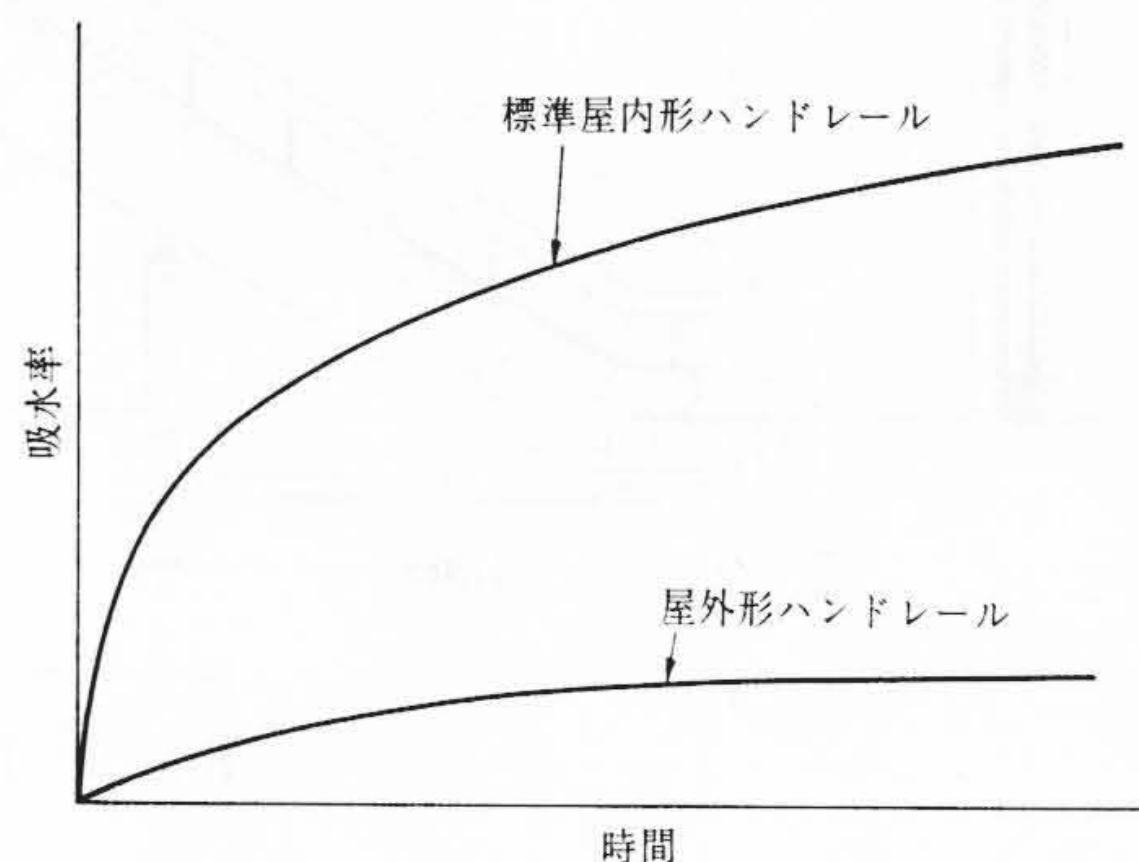


図6 屋外形ハンドレールの吸水率

Fig. 6. Suction Rate of Outdoor Type Handrail

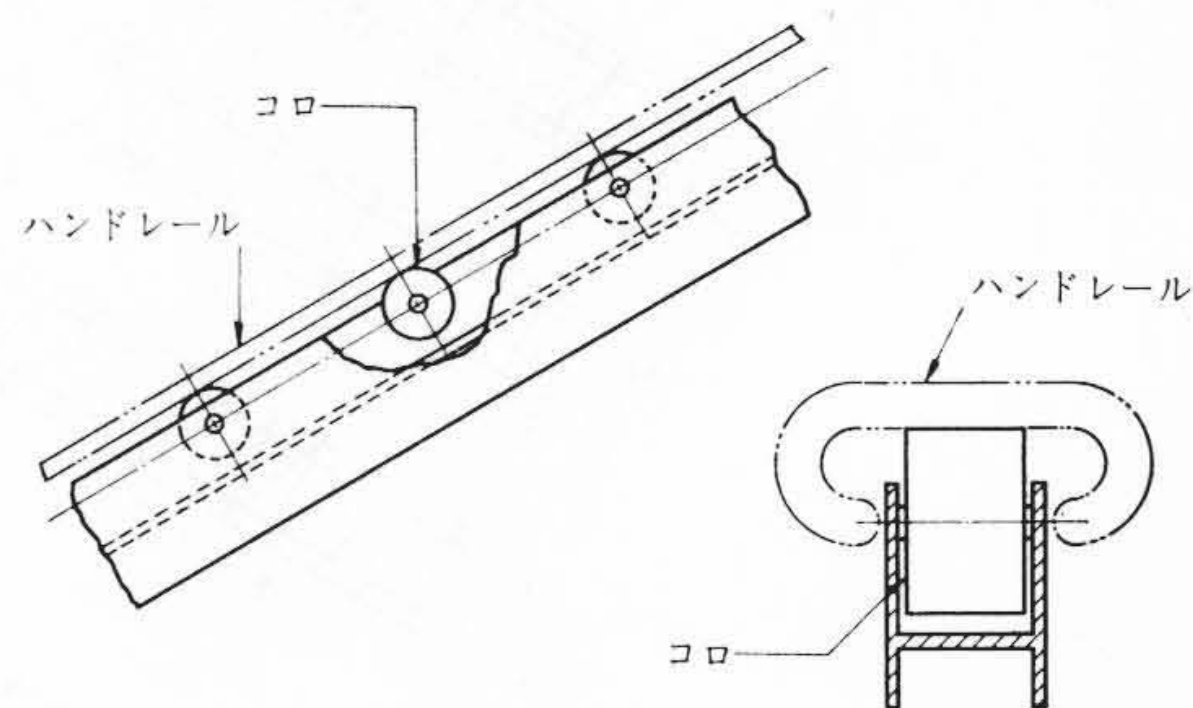


図7 コロ支持方式のハンドレールガイド

Fig. 7. Roller Type Handrail Guide

らにエスカレータの下部ピットにたまった水をポンプで吸い上げる排水装置を設けてある。

4.2 ハンドレール

日立製作所が早くから研究、開発してきた図5に示す全面をハイパロンゴムでおおった新しい屋外形ハンドレールを用いている。図6はこの屋外形ハンドレールと標準形ハンドレールとの吸水率の比較を示したものである。この図からわかるように屋外形ハンドレールの吸水率は小さく、内部補強構造の吸水による性能の低下がない。特にハイパロン化粧ゴムの使用⁽³⁾により、

(1) 色が鮮明で、意匠的にすぐれ、使用による汚損が少なく、よごれは簡単にふきとれる。

(2) 屋外で使用しても紫外線、オゾンなどの照射により色があせない。またゴムの老化による強度の低下もほとんどない。などの特長をもっている。また、本エスカレータには中間部および上曲線部に図7に示す抵抗力のきわめて少ないコロ支持方式のハンドレールガイドを使用している。このため、ハンドレール内面のコーティングゴムの摩耗はほとんどなく、かつ階高が高い(一般エスカレータの約5倍)にもかかわらずハンドレールの走行抵抗は標準エスカレータとほとんど変わらない。

4.3 回転部分

シールド形のベアリングを使用すると同時に、特殊なシールド構造でじんあいおよび雨水の侵入を防止している。特に踏段の前輪軸

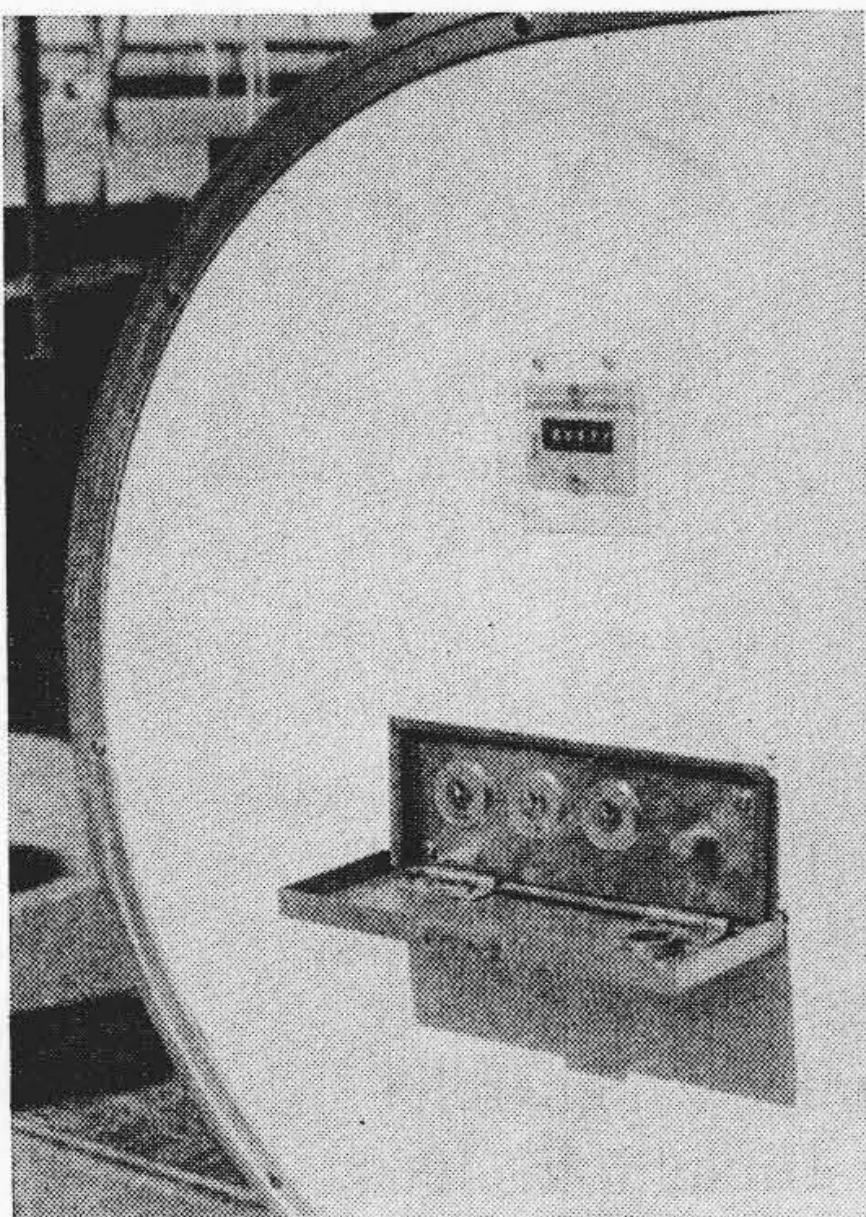


図8 運転操作スイッチと
乗客数カウンタ設備

Fig. 8. Operating Switch and
Counter for Passengers

とそれに滑合する軸受は、走行上常にスムーズな回転が必要であるため、軸受の滑合面に特殊なグリースだめを設けて常に油を保持し、雨水による発錆を防止している。

4.4 電 気 品

直接外部から操作する操作スイッチおよび非常停止スイッチには防滴形を用い、誤動作、漏電などを防止している。図8はこの運転操作スイッチを示したものである。

5. 安 全 性

本エスカレータは一般のエスカレータと同様に法規で定められた各種安全装置のほか、特に階高が高いことを考慮し、次の安全設備と構造を備えている。

- (1) エスカレータの中間部でなんらかのトラブルが生じた場合、全長が長いので操作スイッチのある上部、下部から確認できない。この際、近くの乗客が直ちにエスカレータの運転を停止できる非常停止スイッチを、図9に示すように欄干傾斜部のデッキボード面に設けてある。
- (2) 乗客がエスカレータの上部でデッキボード面に荷物などを誤って落した場合、下部では非常に速い落下速度となり危険である。本エスカレータには、さきに述べた中間部非常停止スイッチ取付台を荷物落下防止用ストッパに併用している。
- (3) 乗客が高所での視界から感ずる不安感を防止するため、欄干デッキボードの幅は一般エスカレータの約2.7倍に広くし、エスカレータの真下の視界をさえぎってある。また中間傾斜部と上部水平部の踏段走行レールをゆるやかなカーブで結び、特に下降運転時、上部乗り口から直接傾斜部および下部降り口が見えないようにしてある。

6. 騒音と乗りごこち

6.1 運転騒音と振動

本エスカレータの上部機械室は、レーザテレビ、模型撮影テレビカメラなどのあるシミュレートホールの上に位置しているので、エスカレータより発生する振動、騒音は極力小さいことが必要である。一般に大形エスカレータでは、大容量の駆動機械および踏段チェーンなどを使用するため、振動、騒音は大きくなる傾向にあるが、じゅうぶんな容量と特殊加工を施したウォームギヤの駆動機械を用

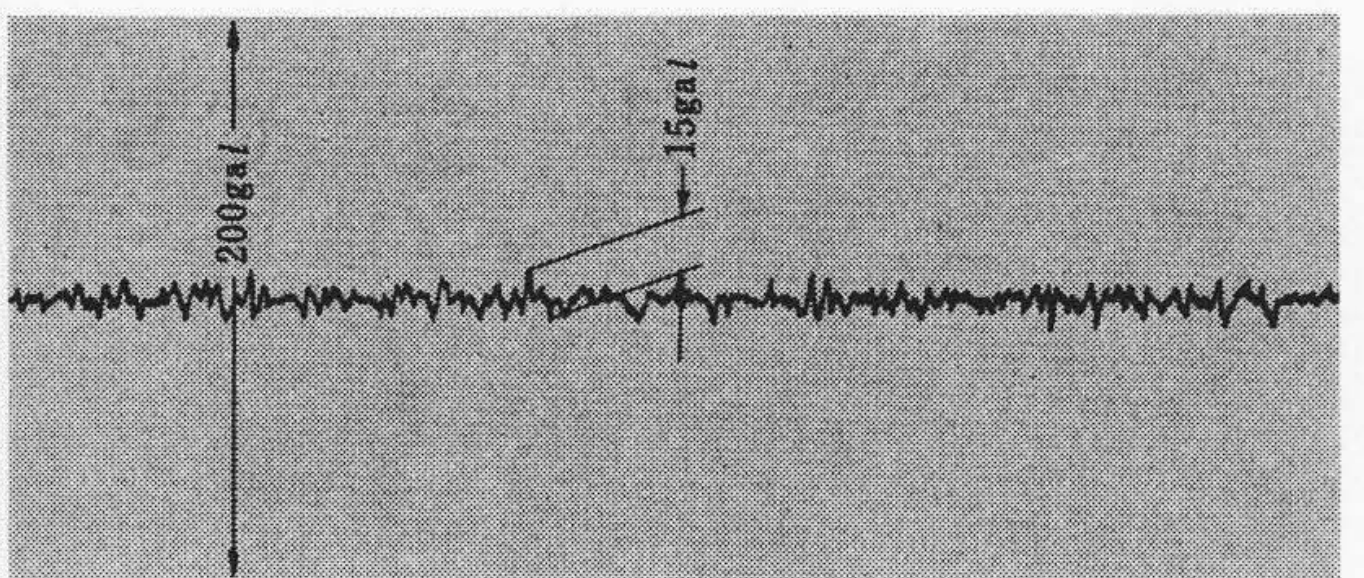
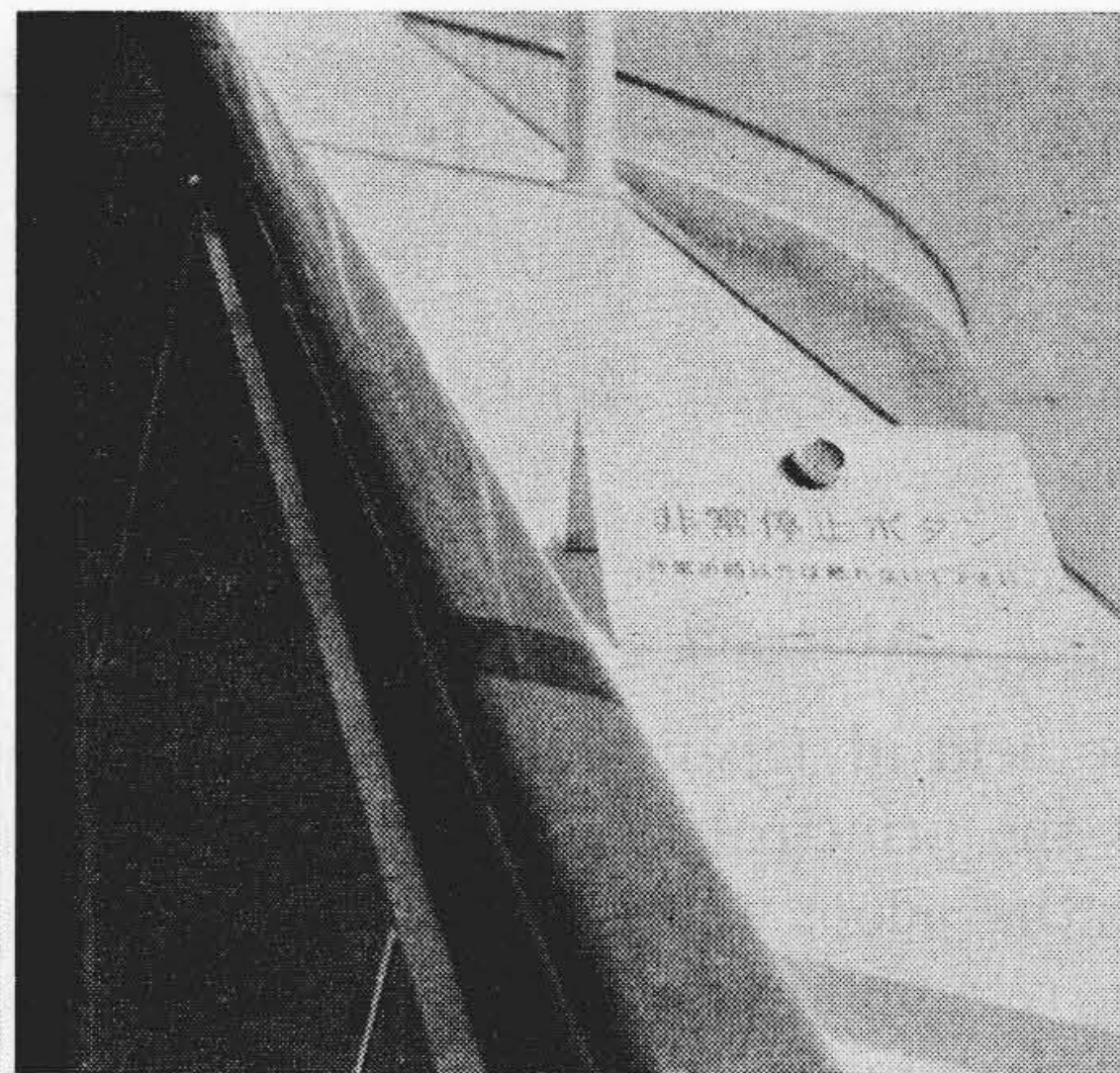


図10 踏段の上下振動オシログラム

Fig. 10. Vertical Vibration Oscillogram
of the Step

図9 中間部非常停止スイッチおよび
荷物落下防止用ストッパ

Fig. 9. Emergency Stop Switch and a Stopper
to Prevent Fall of Objects

いるとともに踏段チェーンと踏段スプロケットとの噛み合音を完全に防止できるBT-SC₂形無騒音装置⁽⁴⁾を利用しているので、本エスカレータの振動、騒音はほとんどない。

6.2 乗りごこち

エスカレータの乗りごこちはチェーン駆動に起因する脈動と、レールの精度およびローラの転動状態などにより影響されるが、これらの大部分は踏段ローラのゴムタイヤの厚さ、硬度を変える（すなわちゴムタイヤのバネ定数を変える）ことにより改善されている。

本エスカレータには新設計の大容量踏段チェーンおよびスプロケットを用いているが、チェーンピッチとスプロケットの径の比は標準エスカレータと同様小さく、脈動の防止を図ってある。さらにバネ定数のやわらかい踏段ローラを使用しているので、図10に示すように踏段上での上下振動は10~15 galと小さく、すぐれた乗りごこちである。

7. 結 言

以上、万国博覧会日立グループ館に設置した屋外形超大形エスカレータの仕様、フレームの構造と強度、屋外形に対する配慮、安全性および騒音と乗りごこちについて述べた。要約すると、

- (1) 合理的な二重トラス構造を使用しているので、トラス部材の最大発生応力は7.6 kg/mm²、たわみは19 mmとなり、21mの長スパンおよび風圧力にじゅうぶん耐える強度、剛性をもっている。
- (2) 温度差によるフレームの伸縮を吸収するフレーム支持構造、新しく開発した屋外形ハンドレールおよび防水形スイッチの採用など屋外設置のエスカレータとしてその寿命、安全性を長期に保持できる構造である。
- (3) 中間部非常停止スイッチ、荷物落下防止用ストッパおよび欄干デッキボードの幅の増加など、大形エスカレータの安全を考慮した構造である。
- (4) 特殊加工による静粛で、余裕のある大容量駆動機械およびやわらかい踏段ローラを用いているので、静かで乗りごこちの良いエスカレータである。

終わりに、本エスカレータの計画および据付工事にご協力いただいた関係各位に深く感謝する。

参 考 文 献

- (1) 実用新案申請中
- (2) 建築基準法施行令
- (3) 原、北条：日立評論 49, 537 (昭42-5)
- (4) 特許申請中