

日立エスカレータ用ハンドレールの諸特性とその駆動方式

Characteristics of Handrail and its Driving Devices for Hitachi Escalators

原 威* 北 条 勤**
Takeshi Hara Tsutomu Hôjô

要 旨

エスカレータ用ハンドレールはその使用条件からいろいろな特性が要求される。これらの要件を満足させるためには、ハンドレール自身の性能がすぐれていることとともに、駆動装置がハンドレールに対して無理を与えない方式であることがたいせつである。日立エスカレータには、業界にさきがけて開発した化粧ゴムにハイパロン合成ゴムを用い、補強層に疲労強度の高いスチールテープあるいは特殊構造の強力なレーヨン进行をそう入したハンドレールと、これにマッチするよう研究された各種の合理的な駆動方式を採用してある。これらのハンドレールは、鮮明な着色ができるうえに耐候性にすぐれ、標準形駆動方式とあわせて、伸びが少なく寿命が長いなどの特長をもっている。本稿は、開発にあたっての試験データを基にそれらの諸特性を取りまとめたものである。

1. 緒 言

エスカレータの性能は、乗心地と安全性および意匠の三者から決まるといわれているが、それに使用するハンドレールは直接乗客の眼にふれ、かつ手に接触して使用されるので意匠的にもっとも重要な部分であり、鮮明な色彩と長い寿命が要求される。一般にハンドレールは表面の化粧ゴムと数層のキャンバスおよび各層間の接着剤とで構成した馬てい形断面のベルトで、つねに伸縮、屈曲などの動的ひずみを受けながら使用される。その設置場所は屋内が多いが、たえず蛍光灯などによる紫外線照射を受け、ゴムにとって相当悪い条件下で実用される。とくに最近では、意匠的な問題から耐候性のよい黒色ゴムを使用しない場合が多く、また透明式エスカレータに使われるので屈曲負荷のはげしい場合が多い。このようなハンドレールの設計製造には高度の技術が必要である。日立製作所は早くからこれらのことに着目し、日立電線株式会社との協同研究によりハイパロンを表面の化粧ゴムとした新形ハンドレールを業界にさきがけて開発した。研究は主として、ハンドレールの化粧ゴムやキャンバス接着材など材質の基礎研究と、キャンバスの処理や成形法などの製造方法の研究、および各形式エスカレータの欄干構成から考えられるいろいろな駆動方式に関するもので、実物に近いモデル試験機においてハンドレールへの動的荷重の分析、寿命強度の試験が計画的に実施されてきた。

このハイパロンハンドレールは、すでに多くの日立エスカレータに実用されて順調に稼動しており、またエスカレータとともに、あるいは単独に欧米諸国に輸出されて好評である。以下ハンドレールへの要求性能と日立ハイパロンハンドレールの諸特性についてその概要を報告する。

2. ハンドレール用化粧ゴム

2.1 要 求 性 能

- エスカレータ用ハンドレールは上述のように形状および使用条件が特殊であるから、化粧ゴムにもつぎのような特性が要求される。
- (1) 耐候性にすぐれ、クレージングやオゾンき裂が発生しないこと。
 - (2) 心体帆布との接着が強固にできるゴムであること。
 - (3) 屈曲疲労強度が高いこと。
 - (4) 適度のたわみ性を有し強じんであること。

* 日立製作所水戸工場
** 日立電線株式会社

表 1 ウェザメータの運転条件

項 目	試 験 条 件
光源	2 個掛カーボンアーク密閉式
カーボン電極	有心および無心組み合わせ使用
放電電圧	125~145 V
放電電流	15~ 18 A
水スプレー {サイクル水}	6 min/30 min 0.8~1.0 kg/cm ²
ホルダードラム回転速度	1 rpm
連続運転時間	20 h
試料の大きさ	110×50×2 (長さ×幅×厚さ)
温度	調節指示 40℃

表 2 各種化粧ゴムの耐候性試験による外観変化の比較 (試料のひずみ無し)

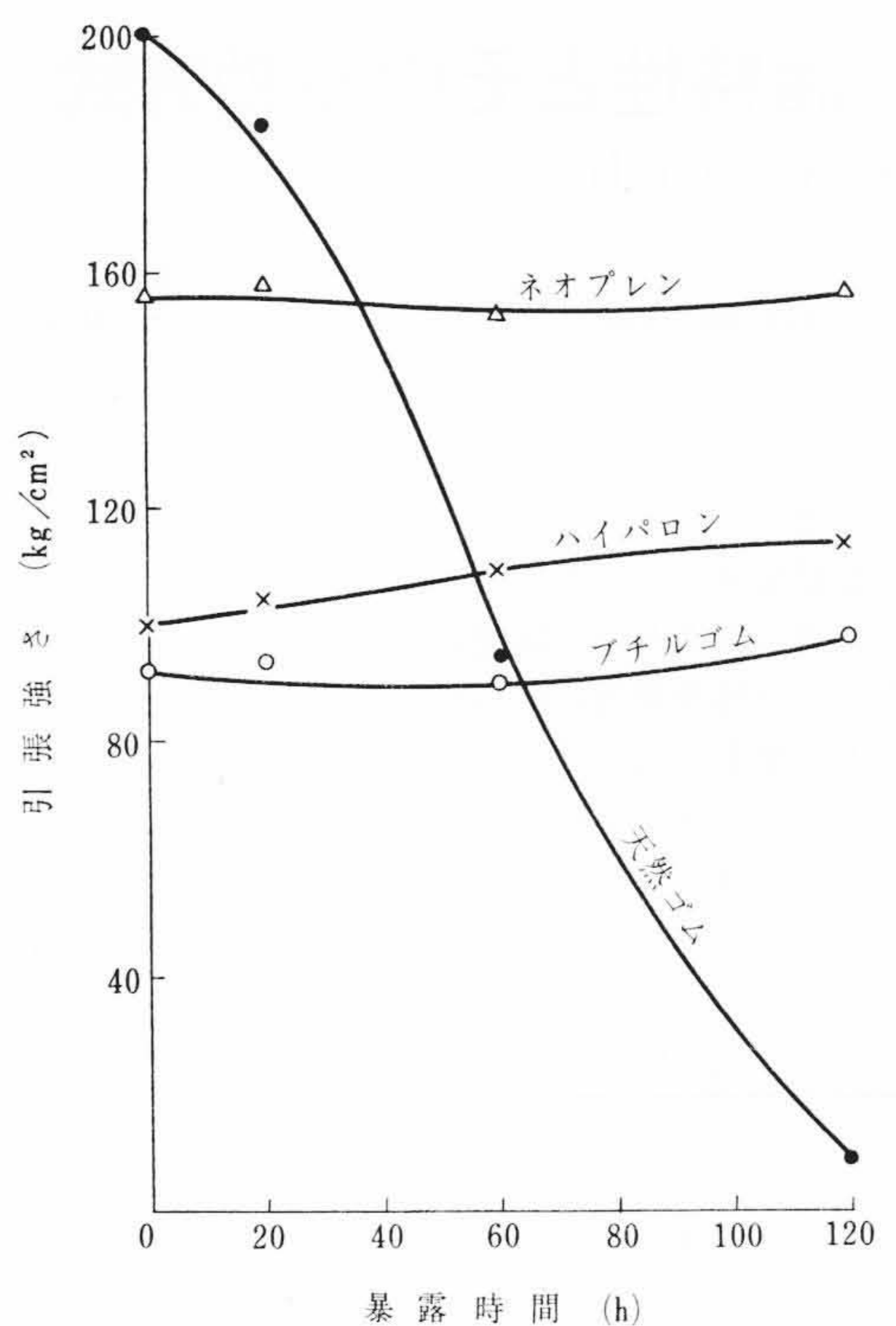
材 料	天然ゴム	ネオプレン		ニトリルゴム		ブチルゴム		ハイパロン	
		黒色	黄色	黒色	黄色	黒色	黄色	黒色	黄色
屋 外 暴 露 (日数)	0	10	8	10	10	8	10	10	10
	7	10	8	10	10	8	10	10	10
	60	9	7	10	7	8	10	9	9
	120	9	6	10	6	9	10	8	8
	180	9	5	10	5	9	10	7	8
	365	8	4	10	3	10	10	7	8
ウ ェ ザ メ ー タ 暴 露 (時間)	20	9	9	10	9	8	10	9	10
	40	9	9	10	9	8	10	9	10
	60	9	9	10	8	8	10	9	10
	80	9	9	10	7	8	10	9	10
	100	9	9	10	6	8	9	9	10
	250	9	9	9	2	9	9	8	9
	400	9	9	9	0	9	9	8	9
	700	9	8	9	0	8	9	7	8
	1,000	9	8	9	0	8	8	7	8

(注) 劣化度表示 10: 変化なし → 0: 変化いちじるしく使用不可

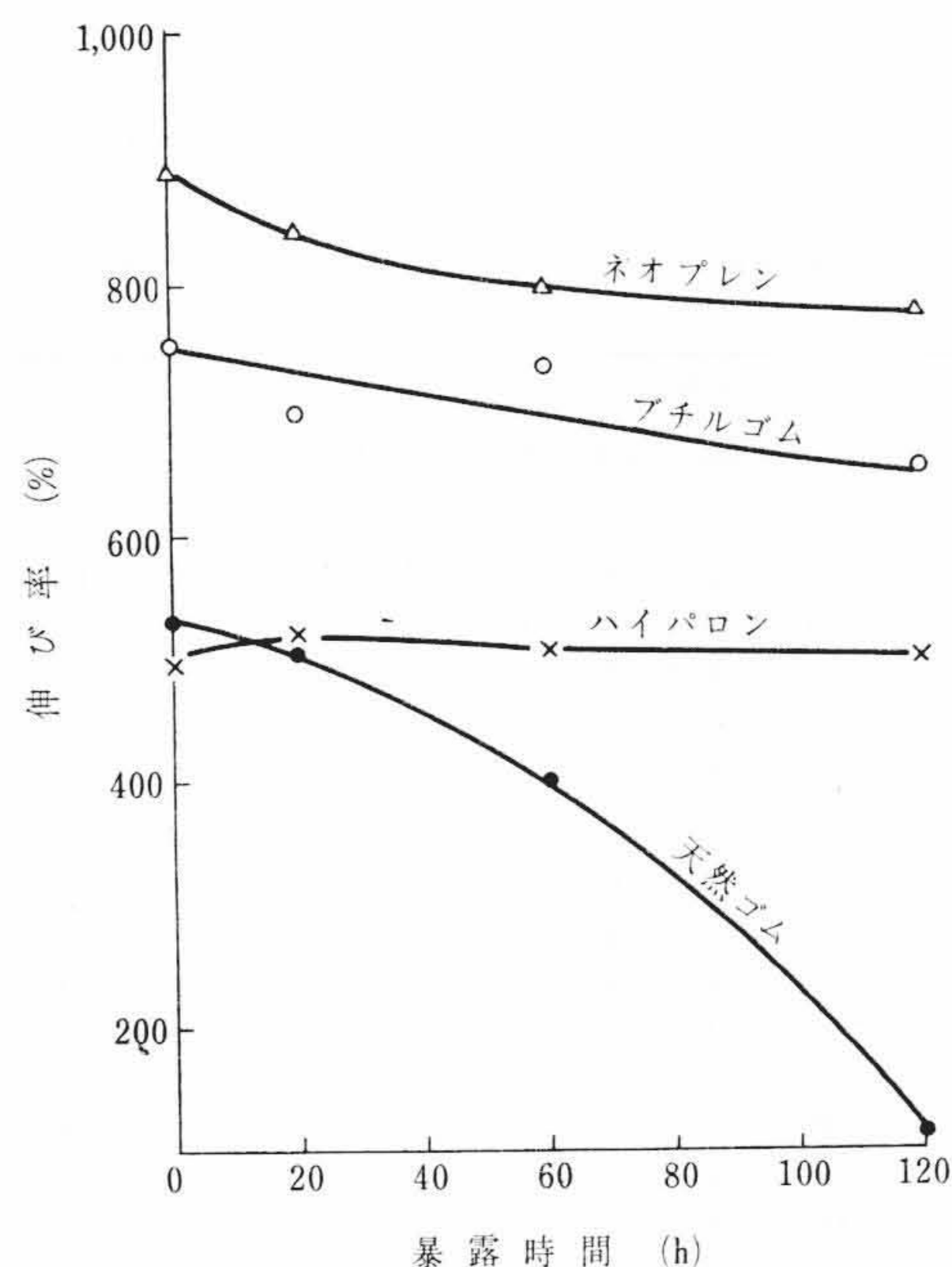
表 3 各種化粧ゴムの耐候性試験による外観変化の比較 (15% の伸長ひずみ状態)

材 料	天然ゴム	ネオプレン		ニトリルゴム		ブチルゴム		ハイパロン	
		黒色	黄色	黒色	黄色	黒色	黄色	黒色	黄色
ウ ェ ザ メ ー タ (時間)	0	10	10	10	10	10	10	10	10
	20	3	5	10	7	10	10	10	10
	40	0	3	10	3	10	10	10	10
	60	0	1	10	2	10	10	10	10
	80	0	1	10	2	10	10	9	10
備 考	オゾン発生	オゾン発生	オゾン発生	クレージング発生	クレージング発生				

(注) 劣化度表示 10: 変化なし → 0: 変化いちじるしく使用不能



(a) 各種ゴムの引張強さの変化



(b) 各種ゴムの伸び率の変化

図1 ウェザメータによる非黒色(黄色)化粧ゴムの老化試験結果(15%伸長ひずみ状態)

- (5) 鮮明な着色ができ、変色や汚染のないこと。
- (6) 手でつかみやすい形状で、手の感触がよいこと。

日立ハイパロンハンドレールは、各種のゴムにいろいろな試験を重ねながら選出、改良されたもので、その検討経過を取りまとめて見ると次のとおりである。

2.2 耐候、耐老化性

天然ゴム製のハンドレールを実用した場合、比較的短期間にクレージングやき裂を発生して使用できなくなることを筆者らは経験している。とくに非黒色のハンドレールにこの傾向が著しい。これはハンドレールにひずみが生じた状態で動的屈曲や伸縮を受けており、化粧ゴムがオゾンや紫外線の影響を受けやすい状態にあるため

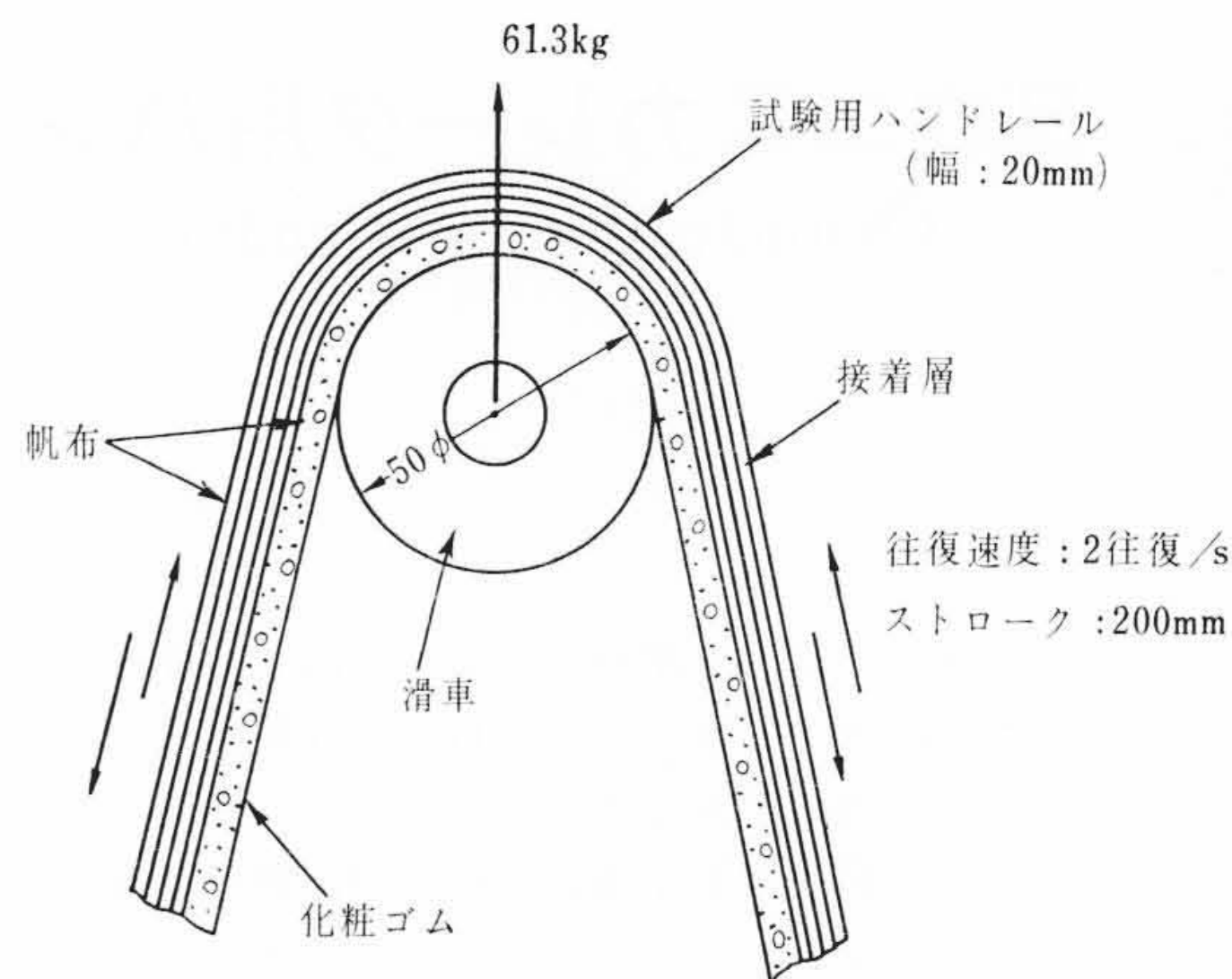


図2 動的屈曲はく離試験方法

表4 日立ハイパロンハンドレールの接着力

種 類	規 格 名	静的はく離力 (kg/25 mm)		動的はく離力 (回 数)	
		布と布間	布とカバーゴム間	布と布間	布とカバーゴム間
コンベヤベルト規格	JIS-K-6322 第1種ベルト	7 以上	7 以上		
	BS-490 (1951) A種	11.8 以上	10.9 以上		
	B種	9.1 以上	8.2 以上		
天然ゴムコンベヤベルト		8~12	8~10	5×10 ³	3×10 ³
日立ハイパロンハンドレール		15~22	20~25	8×10 ⁴	1×10 ⁴

表5 ハンドレール用化粧ゴムとしての特性比較(非黒色)

材 料	特 性	接着性	耐 候 性			強じん性	着色性	可とう性
			耐オゾン性	表面劣化 (クレージングその他)	汚染性			
天 然 ゴ ム		4	1	1	2	4	2	4
ネ オ プ レ ン		3	3	1	1	4	3	4
ニ ト リ ル ゴ ム		3	2	1	2	4	3	4
ブ チ ル ゴ ム		2	3	2	3	3	2	4
ハ イ パ ロ ン		3	4	4	4	4	4	4

(注) 4:優 3:良 2:可 1:不可

で、屋内でも特に耐候、耐老化性のすぐれたゴムを使用しなければならないゆえである。しかも最近のように、鮮明に着色することが望まれる場合はこの配慮がとくにたいせつである。このため、代表的配合の各種ゴム加硫物を黒色、非黒色のおのおのにつき屋外暴露およびウェザメータ暴露試験によって耐候性を比較検討した。表1はウェザメータの運転条件を示したもので、屋外暴露の試験条件はASTMに準じた。

表2, 3はその外観変化を示し、図1は暴露中における強度変化の結果である。とくに表3, および図1では、エスカレータ用ハンドレールの実用状態に近づけるため15%の伸びを与えながら暴露試験したものである。

これらの結果、カーボンブラック配合の黒色天然ゴムは紫外線遮断効果により非黒色ゴムより比較的耐候性にすぐれクレージングの発生はないが、有ひずみ試料では黒色、非黒色ともオゾンき裂が顕著に認められた。オゾンに強いネオプレンも、非黒色配合で有ひずみ試料では紫外線によるクレージングがはげしく発生している。非黒色配合でひずみを与えた条件下で、外観、強度特性の変化がほとんど認められず耐候性にすぐれたものは、ハイパロンなどの飽和性合成ゴムであり、不飽和性の少ないブチルゴムがこれに準じている。したがって鮮明な着色性、耐汚染性などの点を考慮すれば化粧ゴムとしてはハイパロンの利用が最適であると言える。

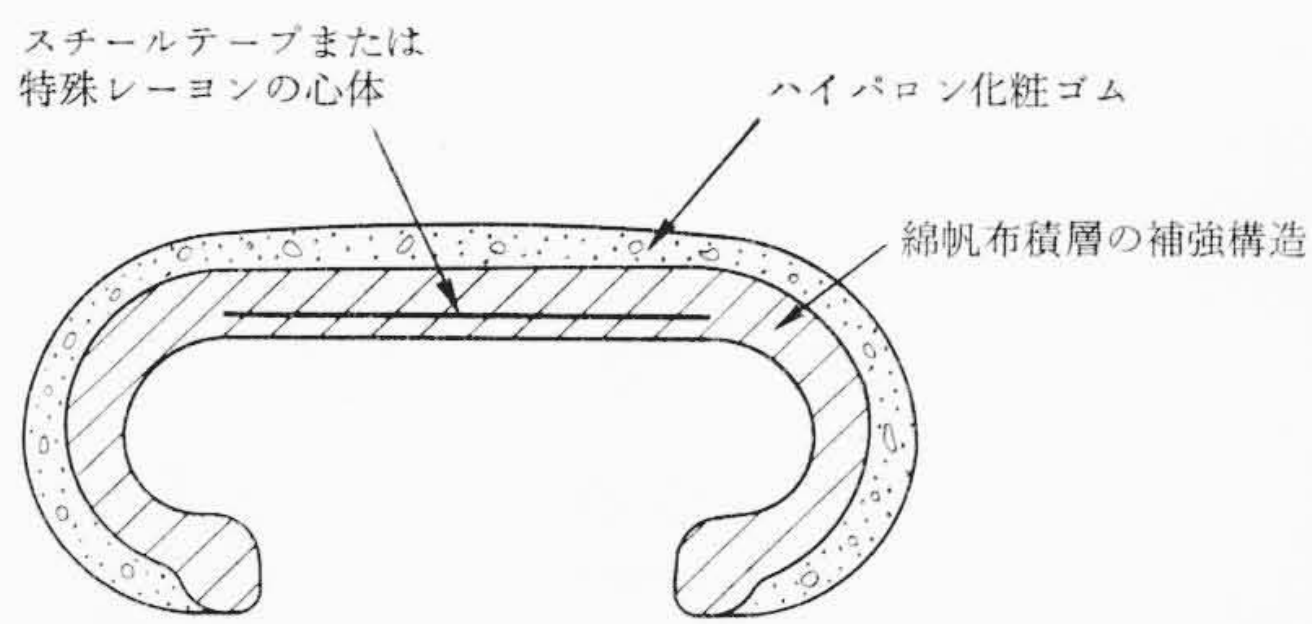


図3 日立ハイパロンハンドレールの断面構造

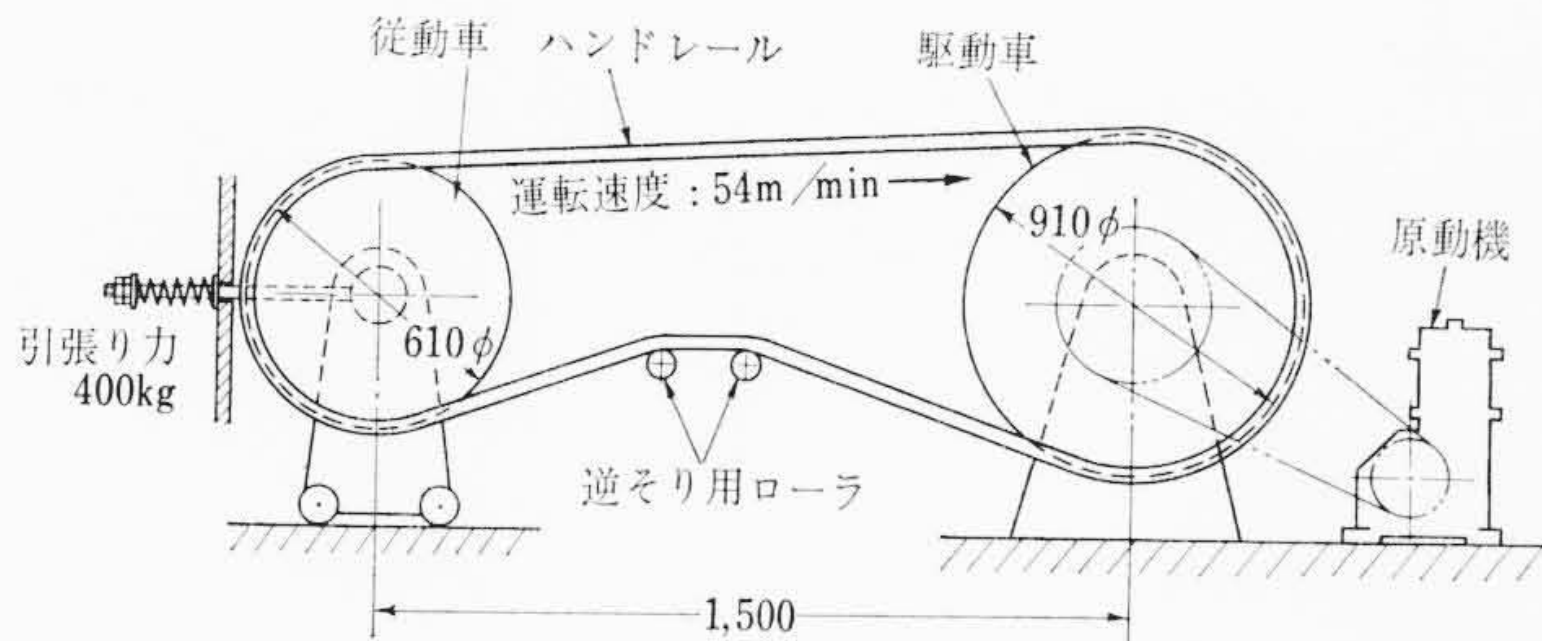


図4 ハンドレールの加速寿命試験機

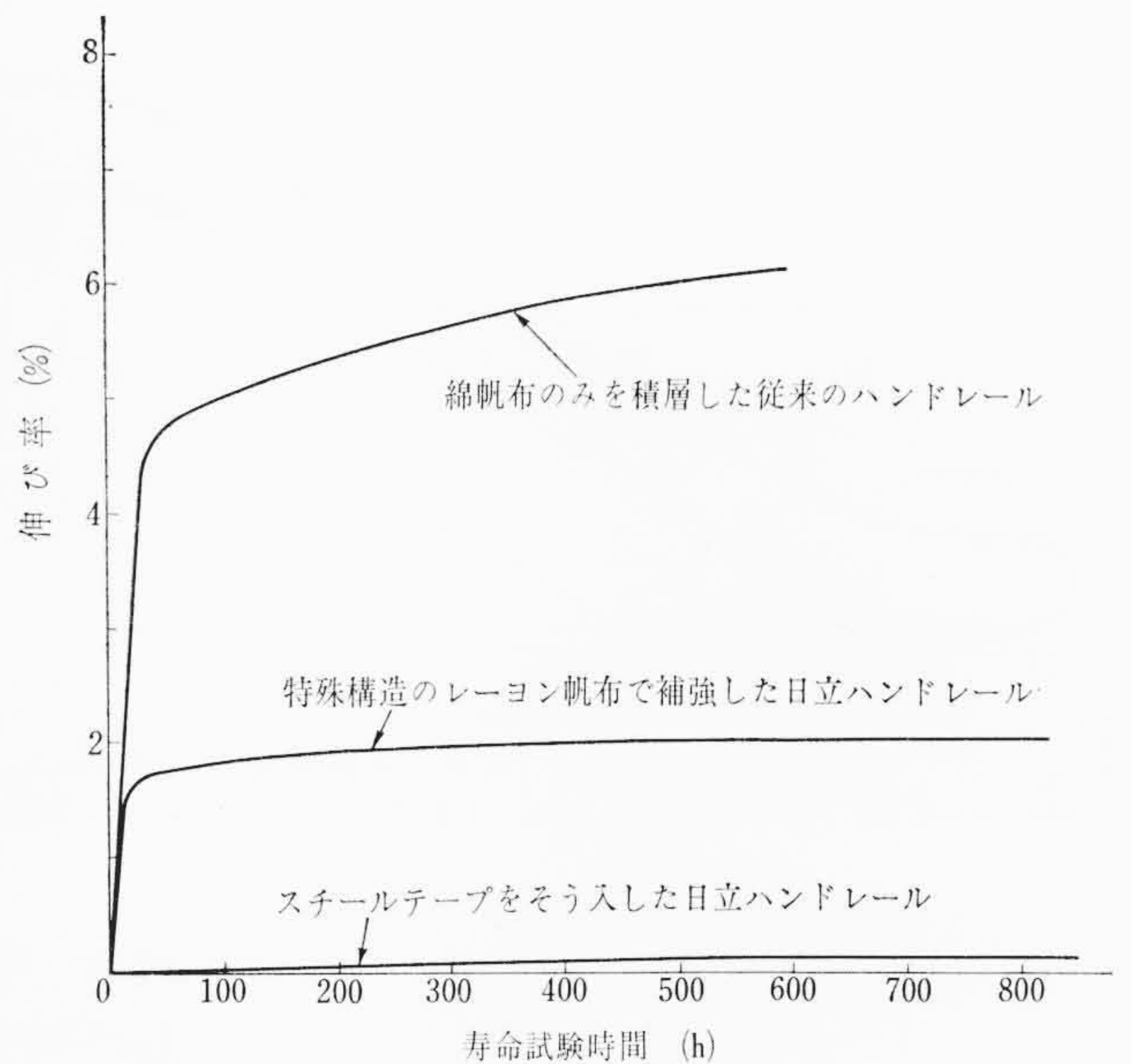


図5 加速寿命試験におけるハンドレールの伸び率

2.3 接着強度

ハンドレールの強度は化粧ゴムと心体の帆布が完全に一体となっており、かつ屈曲して使用されるから、化粧ゴムと帆布間あるいは帆布と帆布間の接着は完全でなければならない。エスカレータの運転中にこれらの間がはく離すると、形状保持ができなくなり、特定の帆布に張力がかかるので異常伸びの発生、化粧ゴムのき裂など致命的な現象を発生し使用できなくなる。さらに耐候性の観点から化粧ゴムとして飽和性ゴムをあげたが、これらのゴムは化学的安定度が良いため接着が比較的困難である。このため筆者らは、種々の配合物による検討を重ねて接着力を改良し、一般のコンベヤベルトにまさる高粘着性のハイパロン糊を開発した。すなわち新しい接着材を用いたハンドレールのはく離試験の結果は表4のとおりである。ここで静的接着力試験はBSおよびJISに準じて測定した。動的接着力試験は図2に示すような動力伝達ベルトのJISに準じた。

以上述べた結果および強じん性などの試験結果を総合して要約すると、ハンドレール用として各種ゴムの特性は表5のようになる。

耐候性にすぐれているとともに屈曲き裂の発生のないことがハンドレールの使用条件からとくにたいせつであり、この意味から新しい強固な接着糊を併用したハイパロン化粧ゴムのハンドレールは、エスカレータ用として理想的なものであることがわかる。

3. ハンドレールの補強構造

3.1 要求性能

ハンドレールは各部の走行抵抗に打ちかって運転するのでかなりの張力がかかるが、張力のほとんどすべてを負担するためいろいろな補強材を備えている。この補強構造はハンドレールに屈曲、伸縮の繰り返しを受けても形くずれの無い強じん性を与えるものでなければならない。ハンドレール自身の伸びの少ないものほど化粧ゴムにかかるひずみが少なく長寿命であることと、駆動装置に設ける伸び補償機構を簡素にするために、伸びの少ないものであることが第一に要求される。従来、一般に使われていたハンドレールは、コンベヤベルトと同様に内側に綿帆布を積層した構造が普通であるが、筆者らの実験では綿帆布だけの補強では上記のようなハンドレールとしての要求を十分満足できなかった。

3.2 ハンドレールの種類と構造

日立ハンドレールは、綿帆布を特殊樹脂で処理して強化し、さらに強じんな心体を帆布間にそう入することによって特性を大幅に改良したものである。しかも後述するように、エスカレータの形式によってハンドレール駆動装置が異なり、ハンドレールが受ける屈曲率、引張力が異なるので、それぞれの駆動方式に合う心体、補強構造を開発している。それらは次の2種類で断面形状は図3に示すとおりである。

- (1) 疲労強度の高い特殊ばね鋼のテープをそう入したハンドレールはきわめて伸びの少ない特長を有し、テープの曲げ疲労を避けるため屈曲の少ない駆動方式に用いられる。
- (2) 心体として特殊構造のレーヨン帆布を綿帆布間にそう入したハンドレールは、たわみ性に富み、かつ伸びの少ない日立独特のものである。このハンドレールは繰り返し曲げの比較的多い駆動方式に用いられる。

3.3 日立ハンドレールの特性

上記の日立標準ハンドレールを中心に、その特性を比較検討するため図4のような加速試験機を工夫して寿命試験を行なった。この試験機は実際のエスカレータにくらべて、回転速度、張力、逆すり度合などがかなり過酷な条件になっているが、比較試験としての価値は十分である。

寿命試験の結果を示す図5によれば、スチールテープ入りハンドレールの寿命的伸び率は無視できる程度に小さい。特殊なレーヨン強化帆布をそう入したハンドレールも2%程度の低い数値で伸びが飽和状態に移行している実績は、綿帆布のみの旧形を大幅に改良したことになる。なおこれらの寿命試験において、1,600時間運転後も化粧ゴムのき裂などの異常は認められなかった。

4. ハンドレール駆動装置

ハンドレールの駆動は駆動車の外周とハンドレール内側の帆布との摩擦によるものであるから、ハンドレールがスリップなく円滑に運行するためには摩擦駆動力が他の案内部分の走行抵抗に打ち勝つことが必要である。しかし抵抗に打ち勝つだけの駆動力があっても、それが非常に大きい場合は、それだけハンドレールにかかる最大張力が大きくなり、伸縮ひずみや付随的な曲げ応力を増大して、ハンドレール各層間のはく離、化粧ゴムの疲労き裂を誘発するのみ

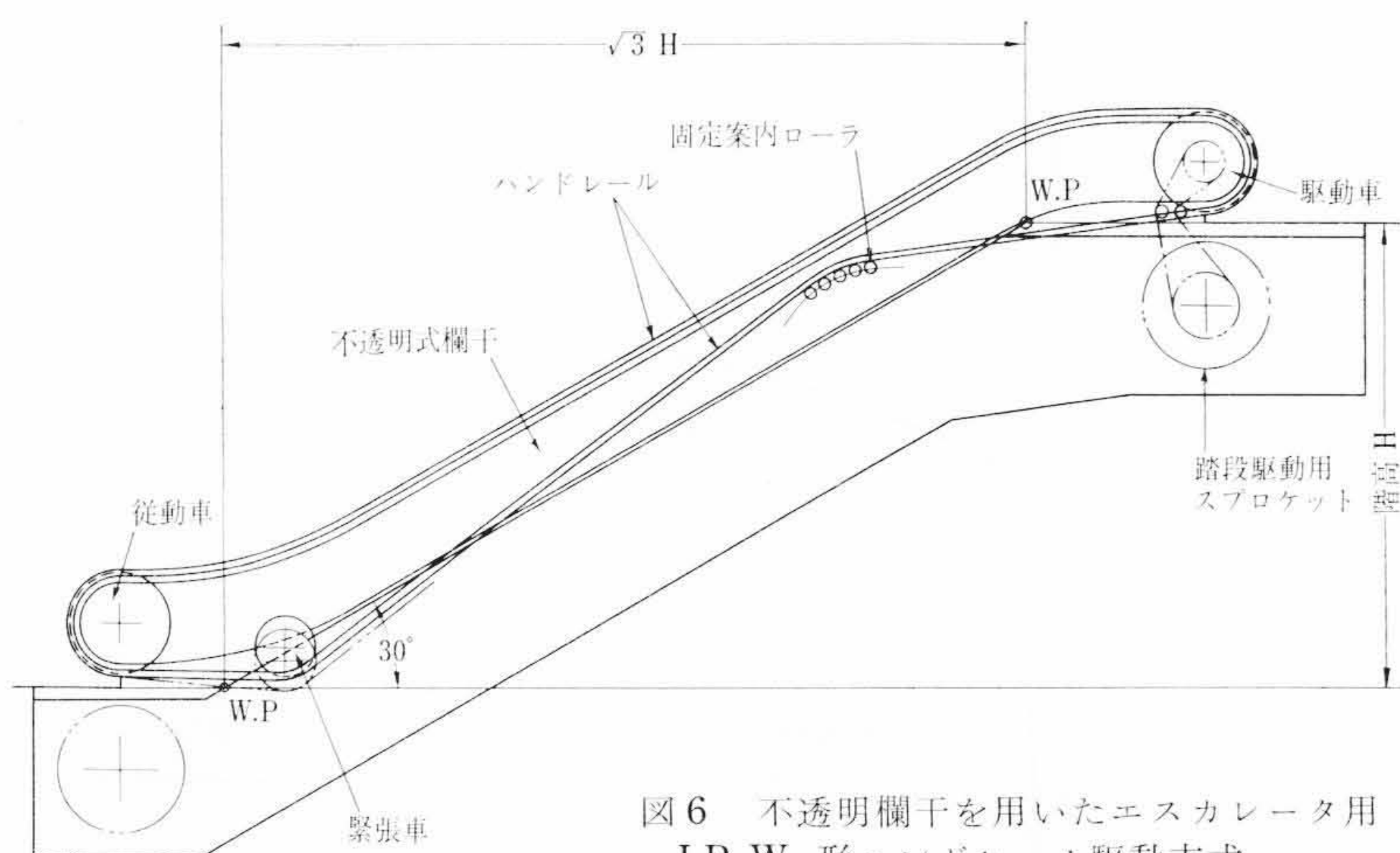


図6 不透明欄干を用いたエスカレータ用
LP-W₂形ハンドレール駆動方式

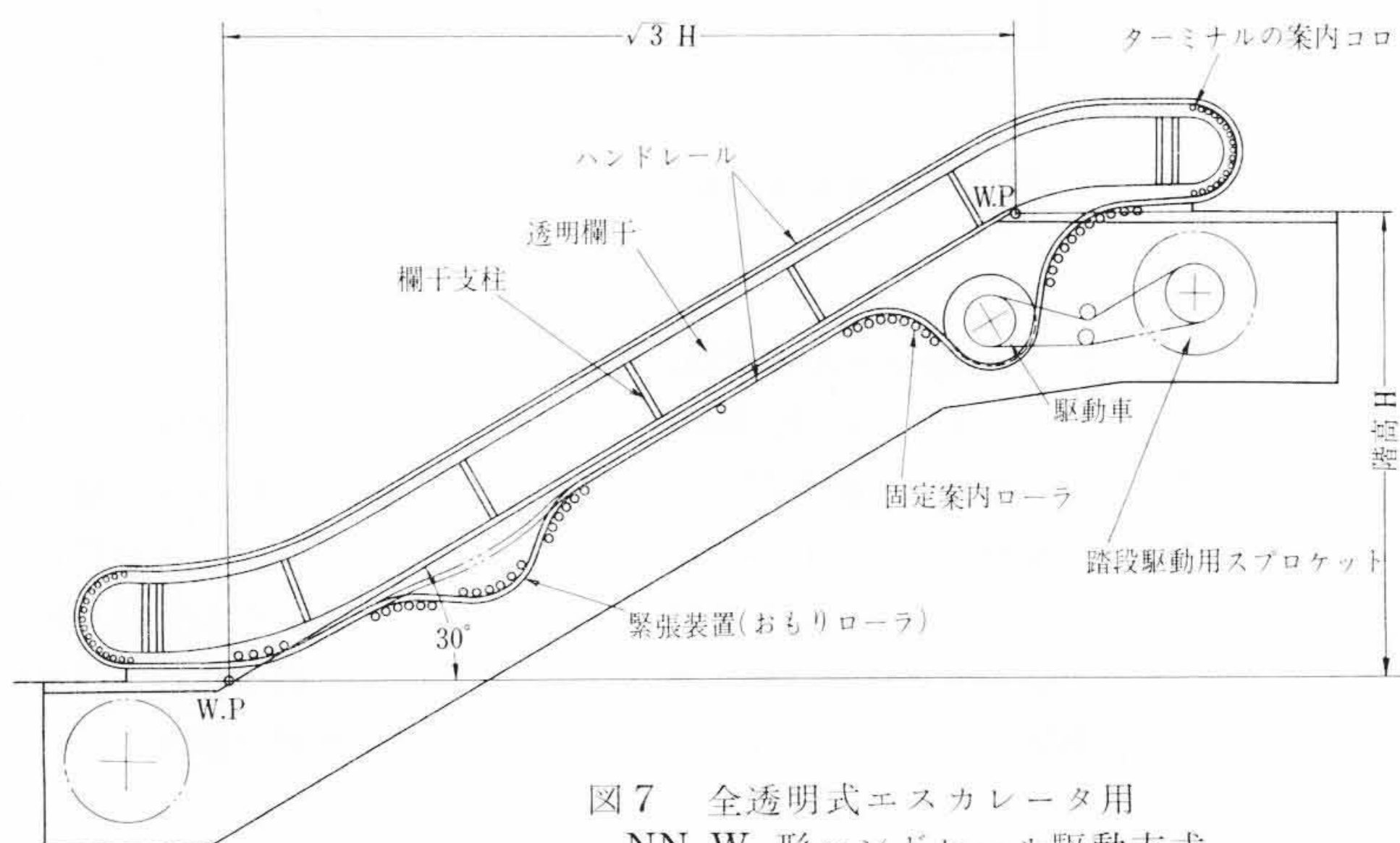


図7 全透明式エスカレータ用
NN-W₁形ハンドレール駆動方式



図9 中日ビルディング納 日立全透明式エスカレータ

ならず、駆動装置に設ける伸び取り機構の上からもかんばしくない。日立エスカレータにおいてはこれらの諸点を考慮し、抵抗力の少ないことを特長とした標準駆動方式を採用しているが、これらは一般にハンドレール駆動装置がエスカレータ欄干の内部に設けられることから、透明式エスカレータの場合と不透明式欄干の場合とで異なる

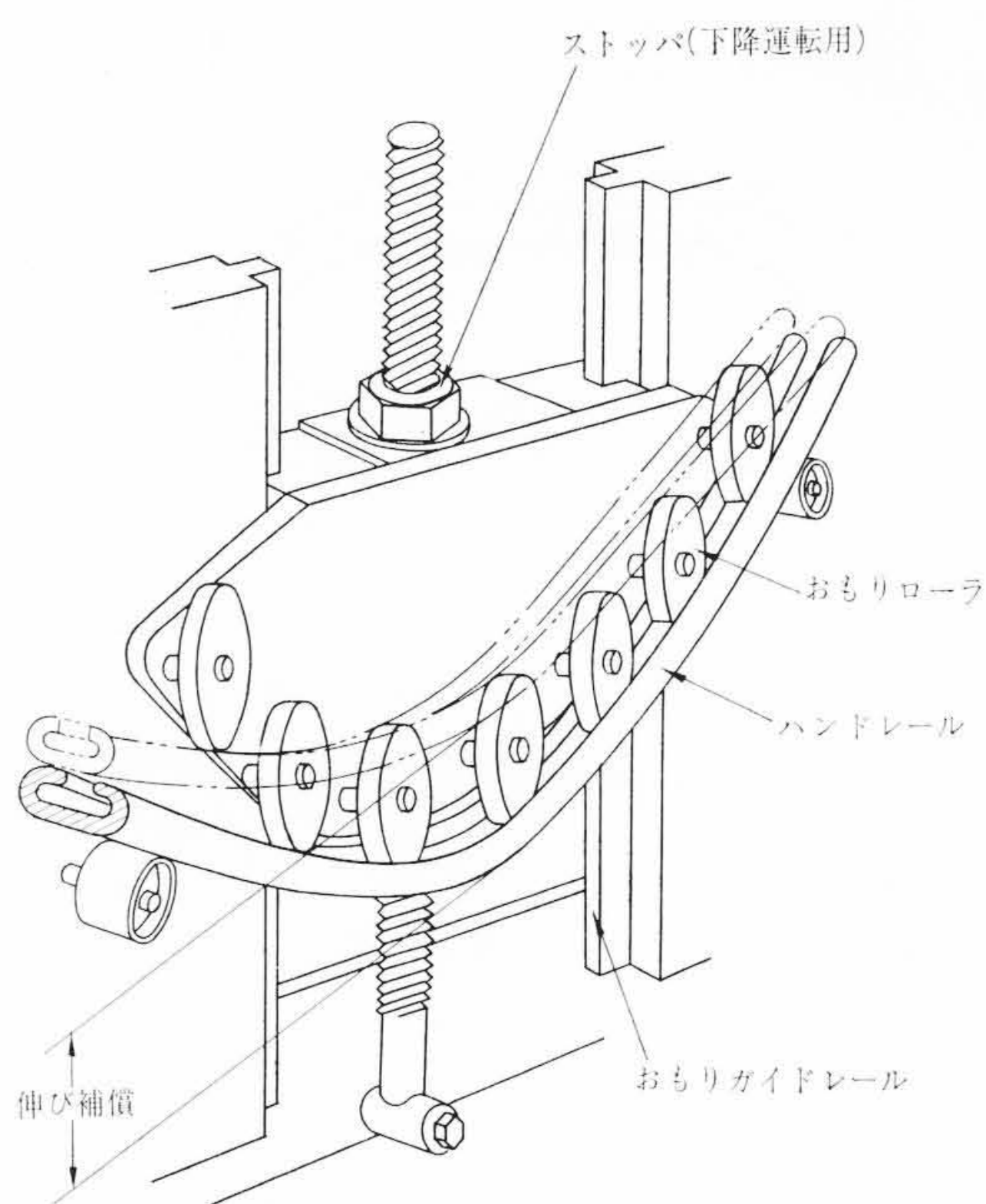


図8 張力自動調整式ハンドレール緊張装置

り、それぞれ2種の標準ハンドレールにマッチした合理的な方式がある。代表的な方式とその特長を次に述べる。

(1) 不透明式エスカレータ用LP-W₂形駆動方式

図6は欄干まわりにステンレス板などを用いたパネル式エスカレータ、あるいは乳白色半透明の亚克力板を使用した欄干の内部に、光源を設けてパネル全面を照明する照明式エスカレータに用いている駆動方式である。この方式は欄干パネルが不透明であるから、

図のように駆動装置のすべてを欄干内部の空間に置いた駆動方法をとることができるので、無理な屈曲がかからず、スチールテープをそう入したハンドレールが実用される。

さらにハンドレールの伸びが少ないので伸び補償装置が簡単で、きわめて軽いおもりにより張力を与えれば十分である。

(2) 全透明式エスカレータ用NN-W₁形駆動方式

前述したように全透明式エスカレータは欄干まわりが完全に透明強化ガラスで張りつけてあるため、ハンドレール駆動装置、帰り軌道はすべて欄干底部のトラス内におかれ、機構は必然的に複雑となり、ハンドレールの走行抵抗もそれに伴って増加しやすい。

日立製作所は全透明式エスカレータのハンドレールおよびハンドレール駆動方式に対し早くから研究を進め、図7に示すような新しい駆動方式⁽¹⁾を開発し、特殊構造の強化レーヨン帆布を心体としたハンドレールをこれに併用している。本方式の特長は、ハンドレールの軌道をできるだけゆるやかなカーブで案内し、複雑な屈曲をやめ、さきに述べた走行抵抗を最小限にとどめていることである。とくに欄干の上下部両ターミナルにおいては、従動車の代わりに多数のコロ⁽²⁾を連続的に手すりわくに半円形に取り付け、あたかも同一径の大きな車が回転するのと同じ効果を得ようになっている。また図8に示すような軽おもり式緊張装置を用いて、エスカレータの上昇運転時にはハンドレールに必要なゆるみ側の小張力を軽おもりのみで適切に与え、逆に下降運転時の張り側としての大きな張力は、おもりの浮き上がりをストップで押えることによって与える方式⁽³⁾であるから、従来の駆動装置のように下降時もおもりによって与えていたために、上昇の場合過分の初期張力となる不合理が無くなった。このように、小さな駆動

力で無理のない運転ができるからハンドレールにかかる最大張力が低くなり、屈曲および引張り応力の低下によってハンドレールの寿命を著しく延長することができた。

これらの各方式は、いずれもあらかじめ製造工場でエンドレスに接続したハンドレールをエスカレータに組み込む構造であるから、可搬式加硫機により現地接続する方法に比べ、接続部の強度が高く、均質で意匠的にもすぐれている。

5. 結 言

以上の基礎実験と寿命試験より得た結果を要約すれば次のようになる。

(1) エスカレータとして特別な使用条件を分析し、ひずみの有る状態を特に考慮すれば、ハンドレールの化粧ゴムは、耐候性およびそれに付随する耐き裂強度および着色性などの点からハイパロンが最適である。なお新しいハイパロン糊を開発することにより、耐屈曲はく離性にすぐれたハイパロンハンドレールを完成で

きた。

(2) 従来、綿帆布のみの場合が多かったハンドレールの補強構造に、高い曲げ疲労強度のスチールテープあるいは特殊構造のレーヨン帆布をそう入するとともに、綿帆布にも特殊強化処理を施すことにより、ハンドレールの伸びおよび寿命を大幅に改良した。

(3) 各ハンドレールにマッチした走行抵抗の少ない合理的な駆動方式を各欄干ごとに確立しているが、これらは日立ハイパロンハンドレールの特性を十分に発揮しうるものである。

終わりに、本研究を進めるにあたり、種々ご指導、ご協力をいただいた日立製作所水戸工場、日立電線株式会社および日立ビルディングサービス株式会社の関係各位に感謝の意を表する。

参 考 文 献

- (1) 実用新案出願中
- (2) 特許公告 昭 33-321
- (3) 実用新案公告 昭 40-15374
- (4) 渡辺、吉川：日立評論 別冊 13, 37 (昭 31-3)



登録実用新案 第793888号

新 案 の 紹 介



山 田 哲 夫

真 空 管 グ リ ッ ド 枠 (わ く)

この考案はグリッド線の巻きピッチが小さく、グリッド支柱に加わる力が大きくなるグリッド電極において、形状変形のほとんどないグリッド枠を容易に得るためのもので、図1ないし図4(図2は図1のA-A断面図)に示すように、2個の支持帯片を端部に近い2個所においてスリットによって交ささせて支持帯を組立て、交さ

部の外側で支柱をささえて真空管グリッド枠を構成したものである。

この考案によれば交さ個所の溶接の際グリッド枠の変形がなく、簡単な構造によって高精度のグリッド電極を組立てることができる。

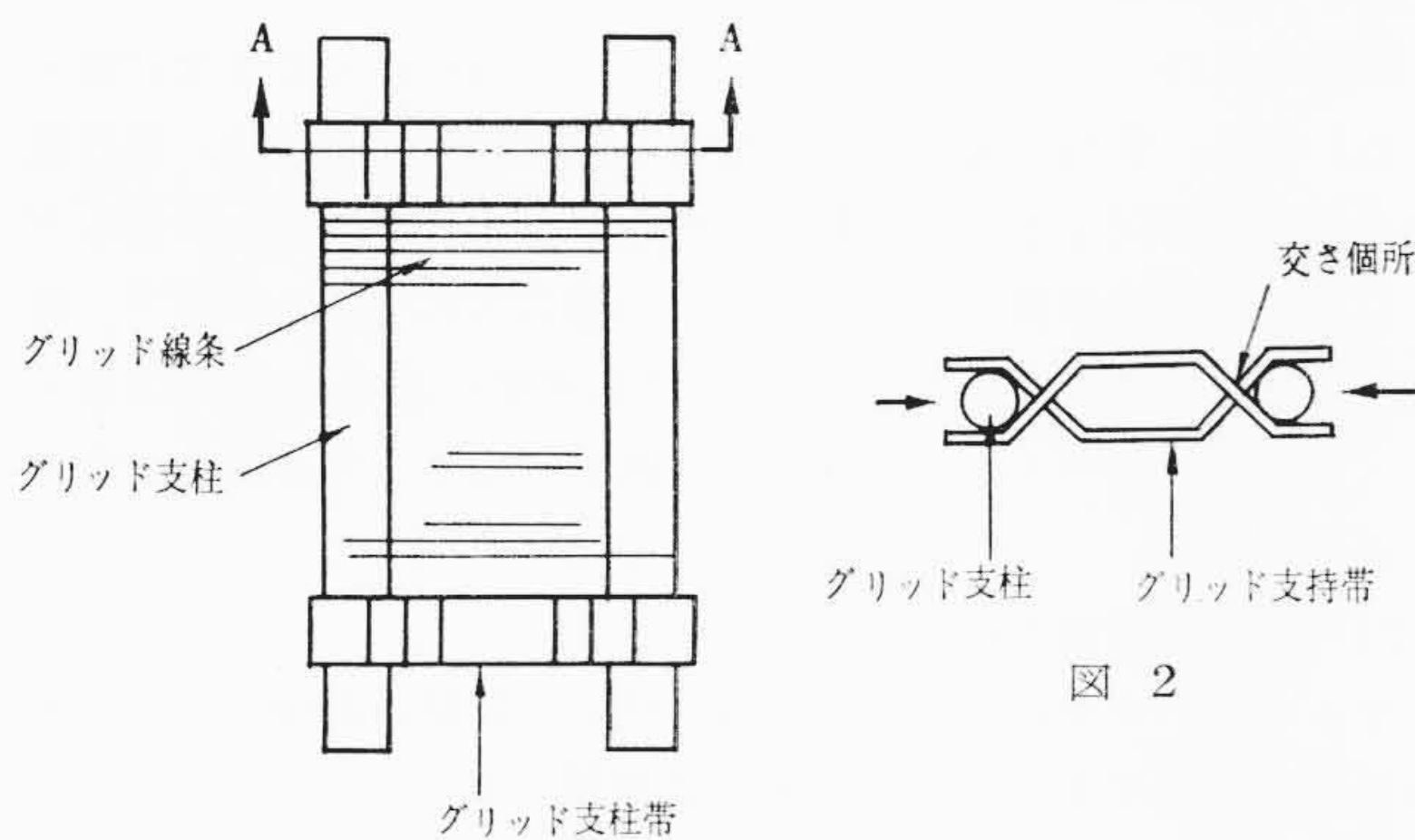


図 1

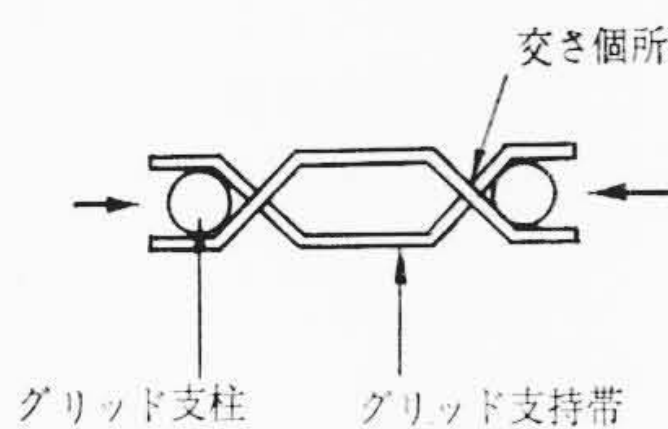


図 2

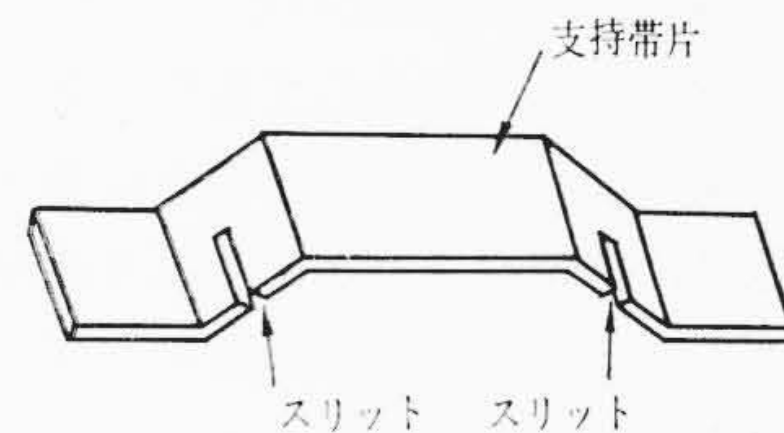


図 3

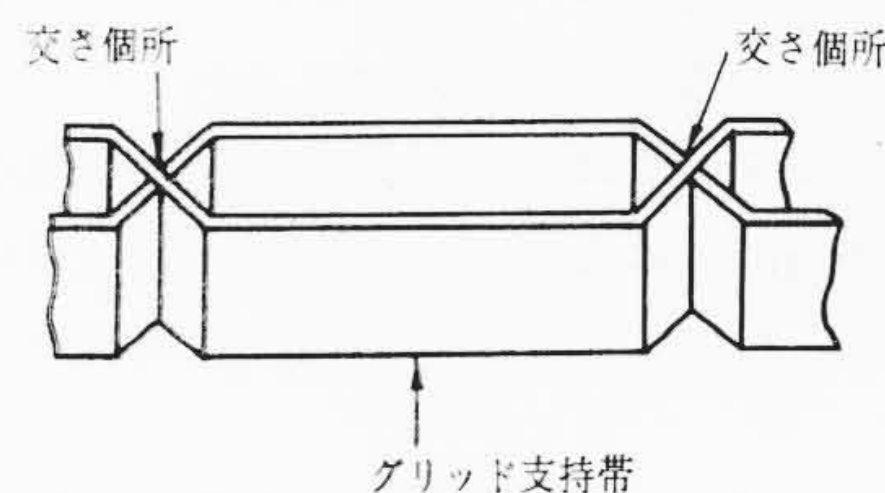


図 4