

インド国鉄納ボンベイ地区郊外電車
E. M. U. Rolling Stock For Bombay Suburban Service

大橋 剛* 立川 昭三** 上原 守***
Tsuyoshi Ohashi Shozo Tatekawa Mamoru Uehara

内 容 梗 概

東南アジア方面へわが国より初めて納入されたボンベイ地区郊外電車は、気候、風土の関係で構造的に諸特長を有し、また、強度などについて厳格な試験が要求されたが、これらは今後の輸出車輛設計製作に際して貴重な資料を与えるものと思われる。
本文は、車体、台車、電気品および艤装に関して、その特長を中心にして構造の要点を説明し、また荷重試験結果についても検討を加えたものである。

1. 緒 言

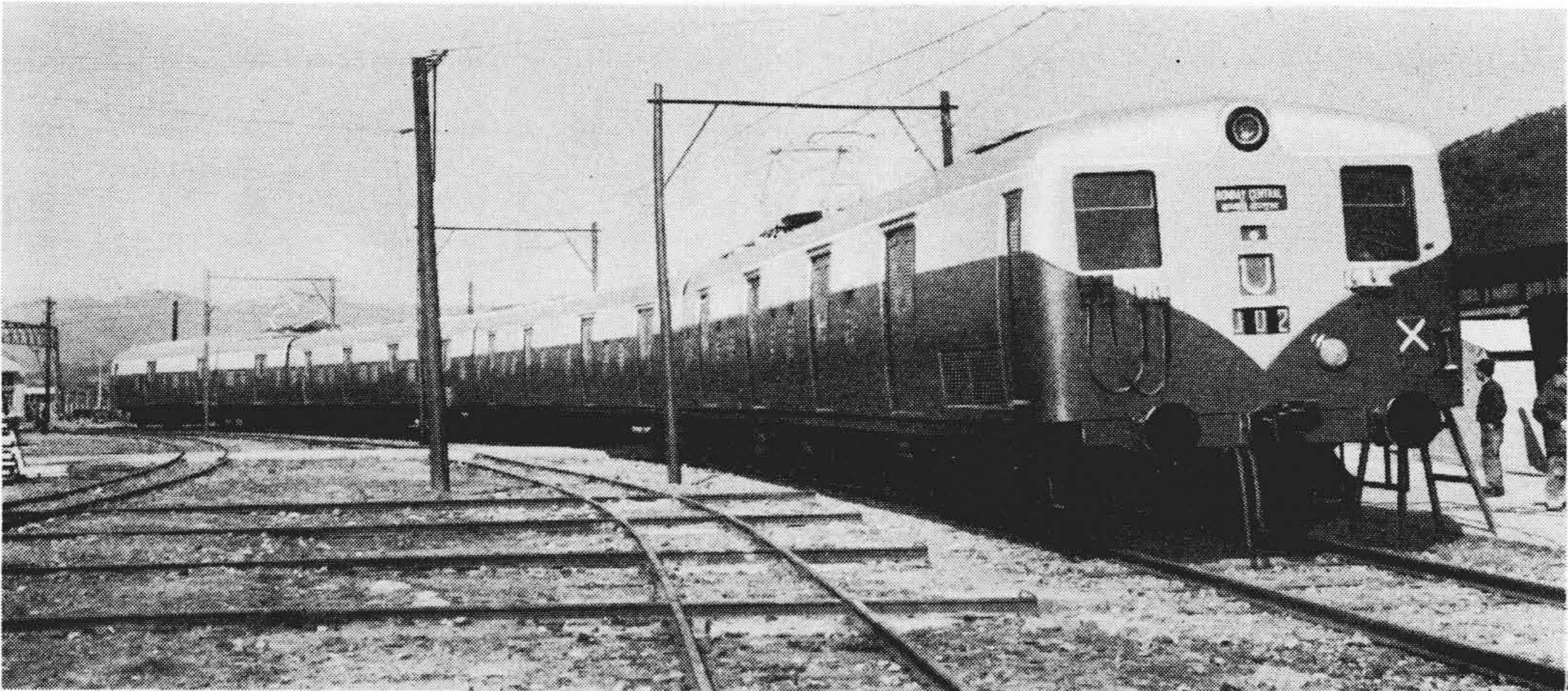
インド国鉄 1955 ～ 56 年度電化計画に伴つて、日立製作所はカルカッタ地区向け 3,000V 電気機関車 3 輛とともに、ボンベイ地区向け 1,500V 電車 24 輛を受注、電気品および車体総合メーカーとしての実を發揮して鋭意製作中であつたが、昨年 8 月納入を完了、ウェスタン鉄道において好評裡に営業運転されている。
ボンベイ地区向け電車は、軌間 5' ～ 6"、車長 68' という大型車であるうえに、気候風土の関係でわが国車輛と相違する面が多いので、この方面に将来ますます発展しようとするわが国車輛界にとって参考となるべき点が多いと思われる。以下はこの電車について、仕様構造の要点を説明し、その諸特長を明らかにせんとしたものである。

2. 構造一般および特長

この電車は 4 輛永久連結で 1 編成を構成し、両端車を電動車として運転室をおき、客室は適当な大きさに区切

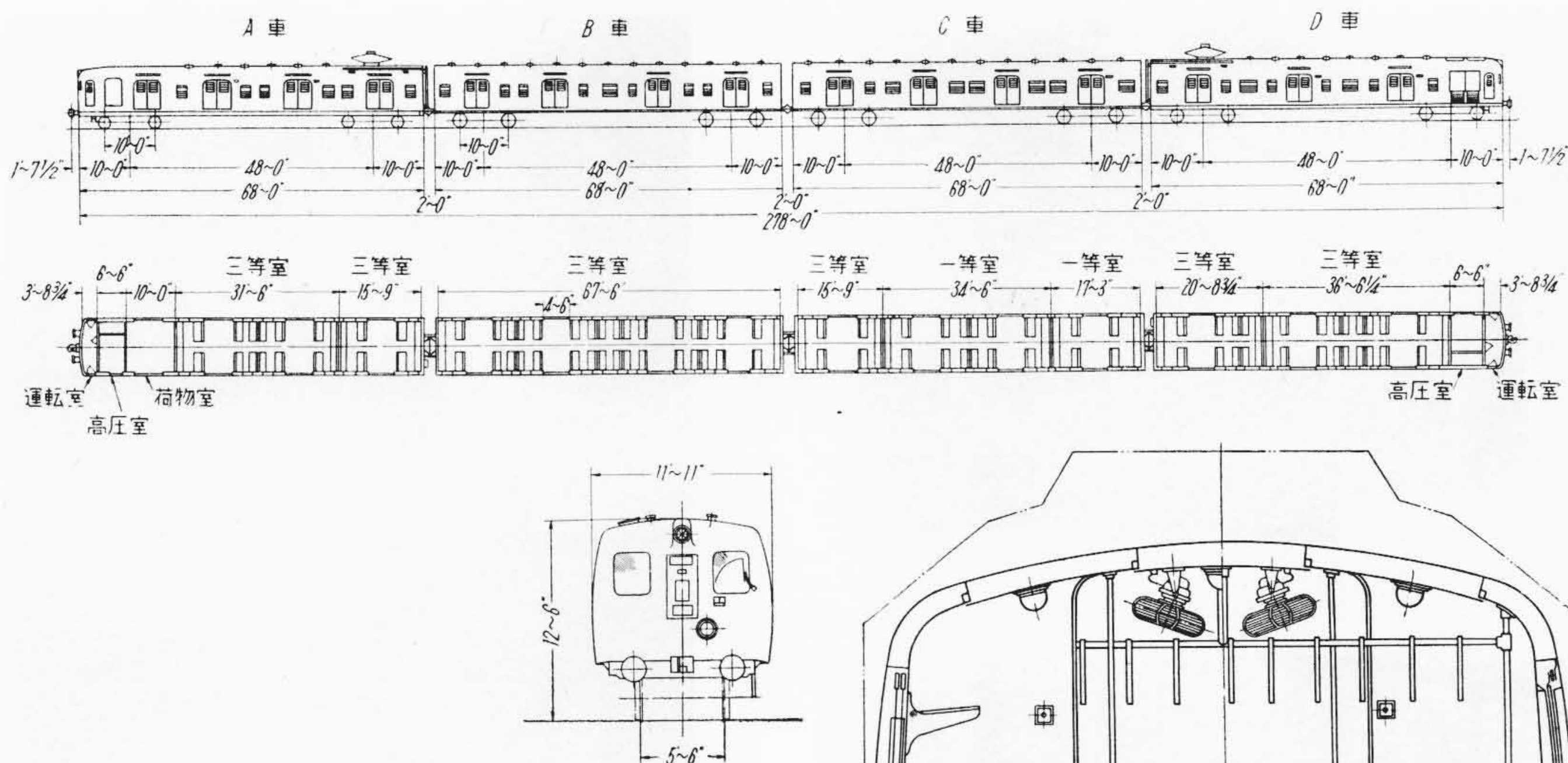
第 1 表 主 要 仕 様 表

編 成	M, T, T, M (A, B, C, D)
定 員 (座 席 数)	3 8 8 人
最大寸法(長×幅×高)	281' ～ 3" × 12' ～ 0" × 12' ～ 6" (屋根上面)
台 車 中 心 距 離	48' ～ 0"
固 定 軸 距 離	10' ～ 0"
タ イ ヤ 径	3' ～ 0"
電 圧	DC 1,500V
電 動 機 容 量	175HP × 8
電 動 発 電 機 容 量	7.5kW × 2
制 御 装 置 方 式	電磁空気単位スイッチ式自動制御方式
最 高 速 度	65 mile/h
制 動 装 置	ウェスチングハウス E. P ブレーキ
点 灯 装 置	ストーン製、白熱灯方式
連 結 緩 衝 器	マゼックスおよびアライアンス自動連結器 ゴム緩衝器付



第 1 図 電 車 外 観

* 日立製作所笠戸工場 ** 日立製作所日立工場 *** 日立製作所水戸工場



第2図 電車組立図

られた仕切構造である。第1図は完成車の外観写真、第2図は組立図を示し、主なる仕様を第1表に示す。

この電車がわが国の車輜と異なる主なる点は次のとおりである。

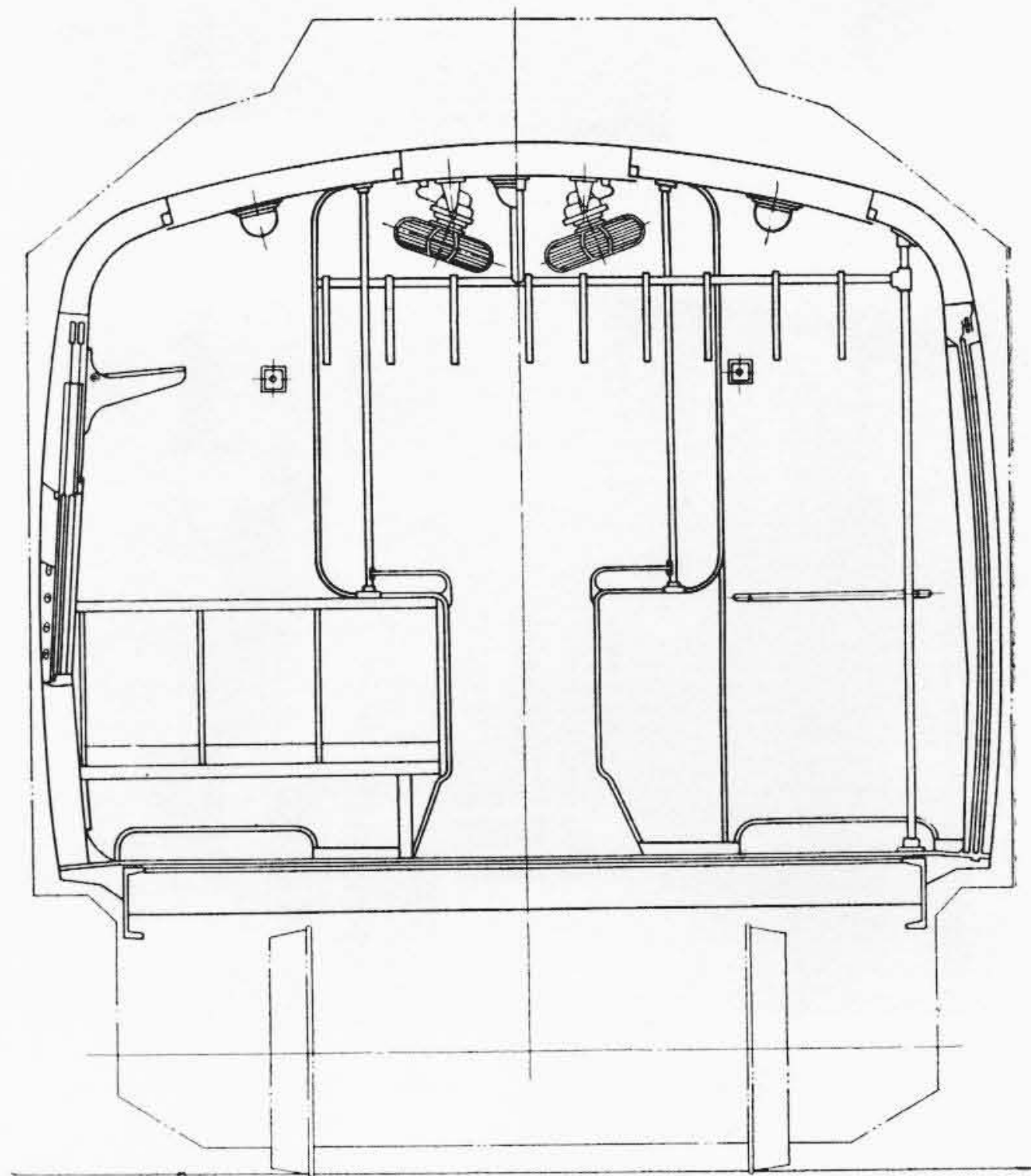
(1) 高温多湿地向けとして、窓は小型とし鋼体全内面にアスベスト吹付けによる熱絶縁を施し、側、屋根、妻の外板と内張との間の空間は外気が自由に流通できるようにした。

(2) 洪水時にレール面上 8" の水中を走行することが可能なように、床下機器はいずれも防水または耐水構造とし、なお、主制御器、主抵抗器などは床上高圧室内に設置した。

(3) 室内装飾は防火防虫軽量を原則とし、ヒッターライト内張、積層プラスチック三等椅子などが使用されており、押面類もアルマイト加工を行って、極力塗装を行わない構造とした。

(4) 鋼体は強度計算結果により軽量構造とし、完成後垂直および水平方向の苛酷な条件による荷重試験が行われ、応力、撓ともすべて規定値以下であることが確認された。

(5) 使用材料はすべて英国標準規格 (BSS) およびインド鉄道規格 (IRS) によっている。



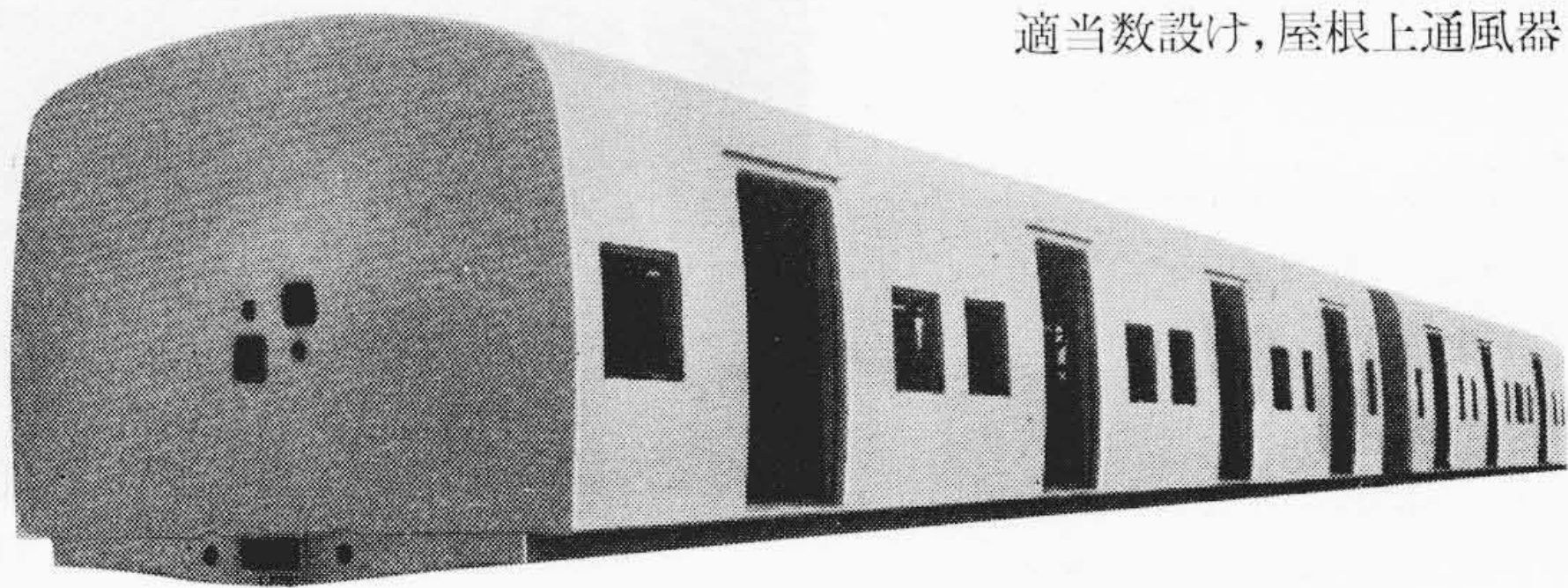
第4図 車体断面

3. 車 体

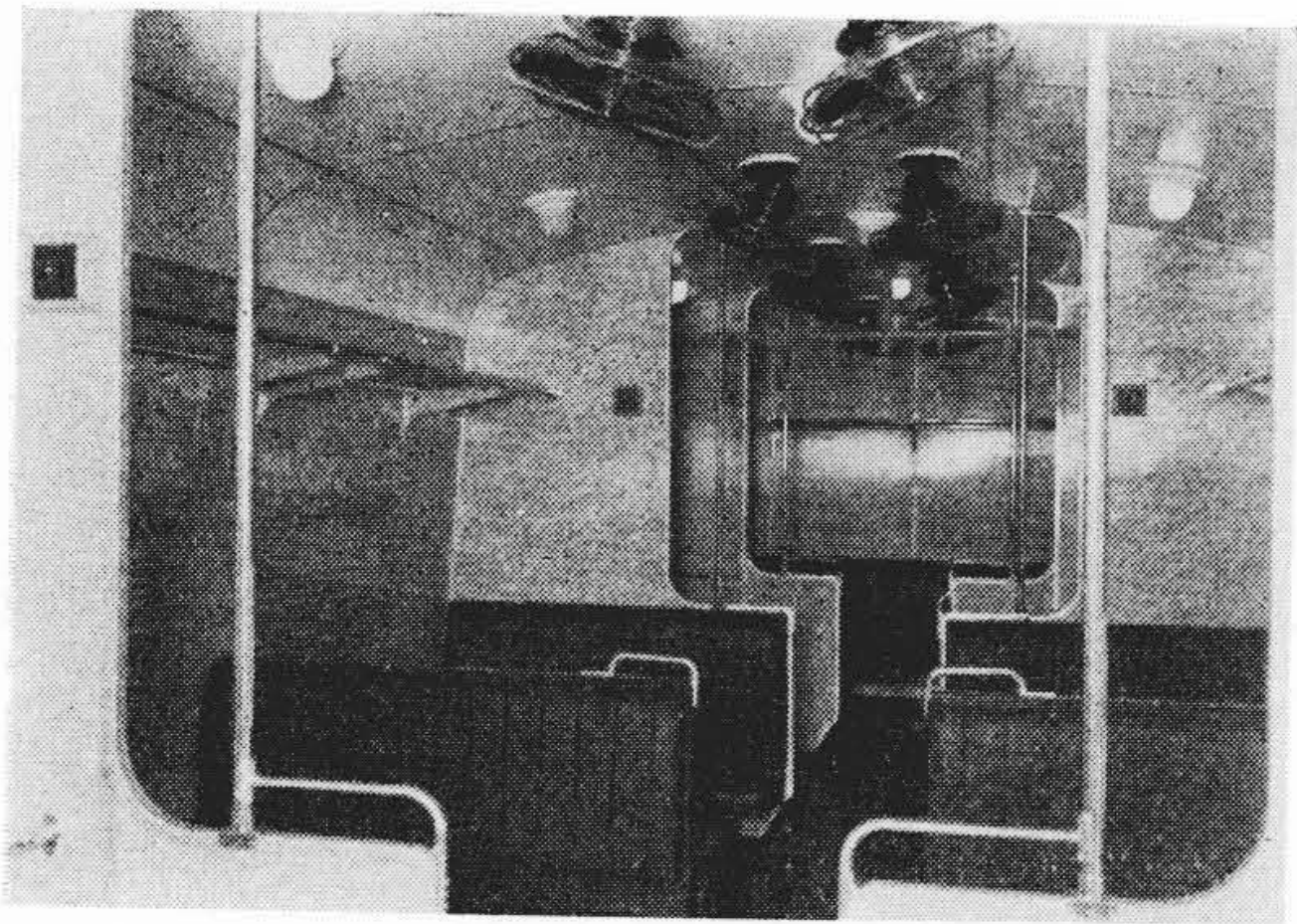
3.1 鋼 体

台枠の端梁、枕梁、この間の中梁および車体受に高抗張力鋼を使用したほかはすべて普通鋼 (IRS: M5 または M16) の型钢、プレス物または板を使用した溶接構造で、外板は 2.3mm, 屋根板は 1.6mm, 側柱類は 2.3mm の鋼板を使用した。

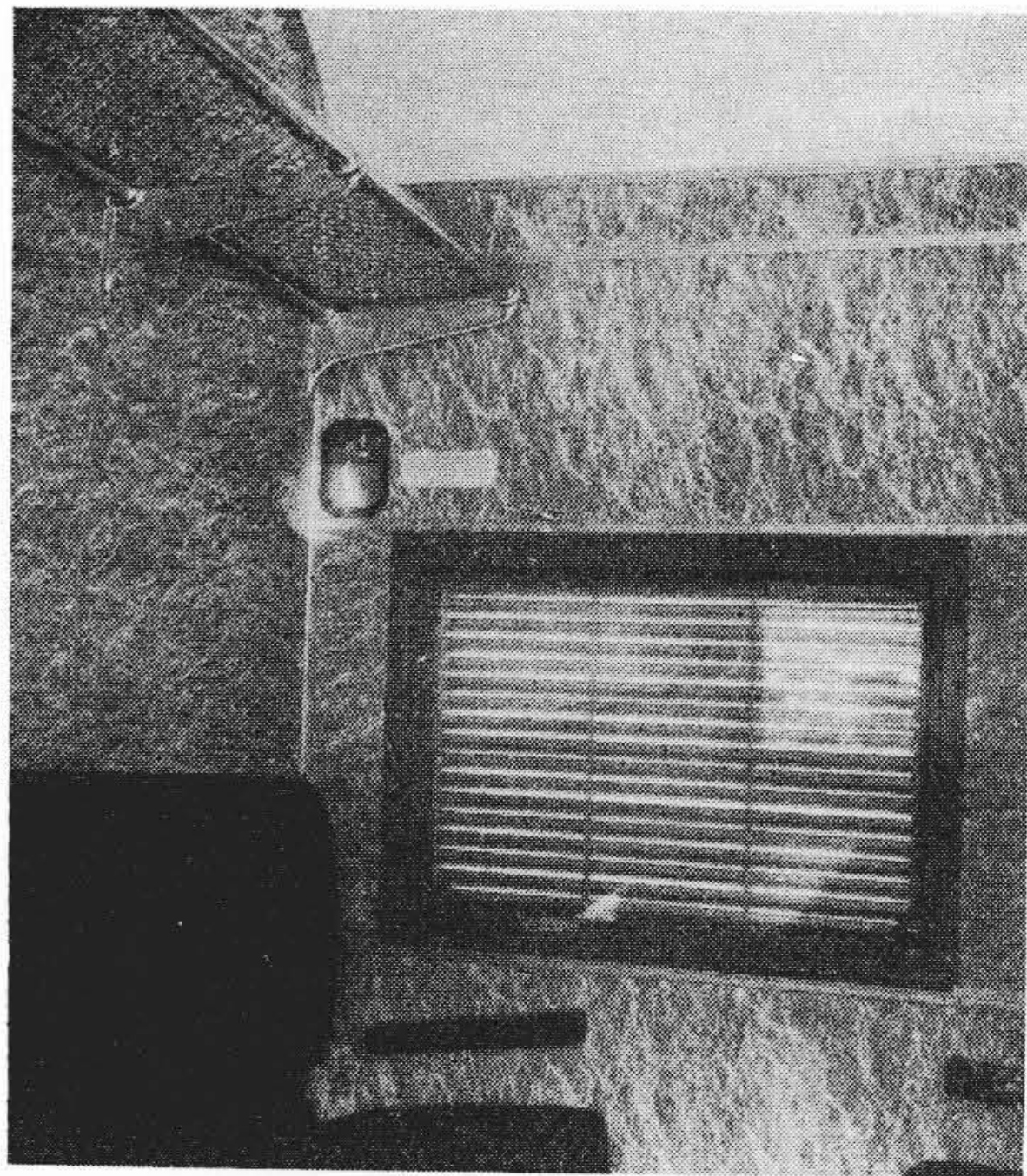
第4図に示すように、側構には大きなカーブをつけ、かつ、ホームとの関係で側構下部は車体受により約1呎内側に寄っている側梁と結ばれている。車体受、長桁、中桁、垂木などの部材にはすべて径 1"~2" の通気孔を適当数設け、屋根上通風器または天井通気孔と連絡して、



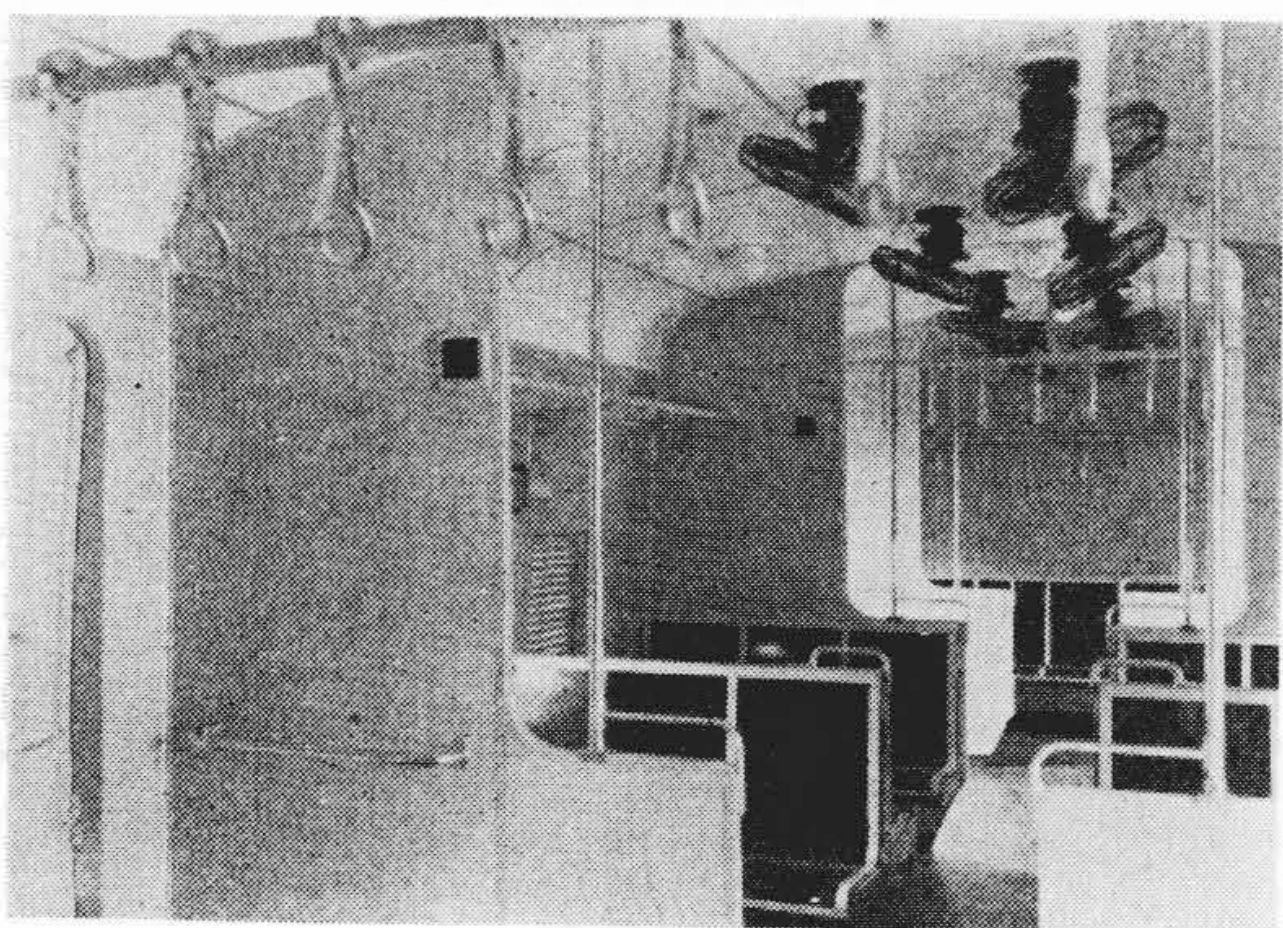
第3図 鋼 体



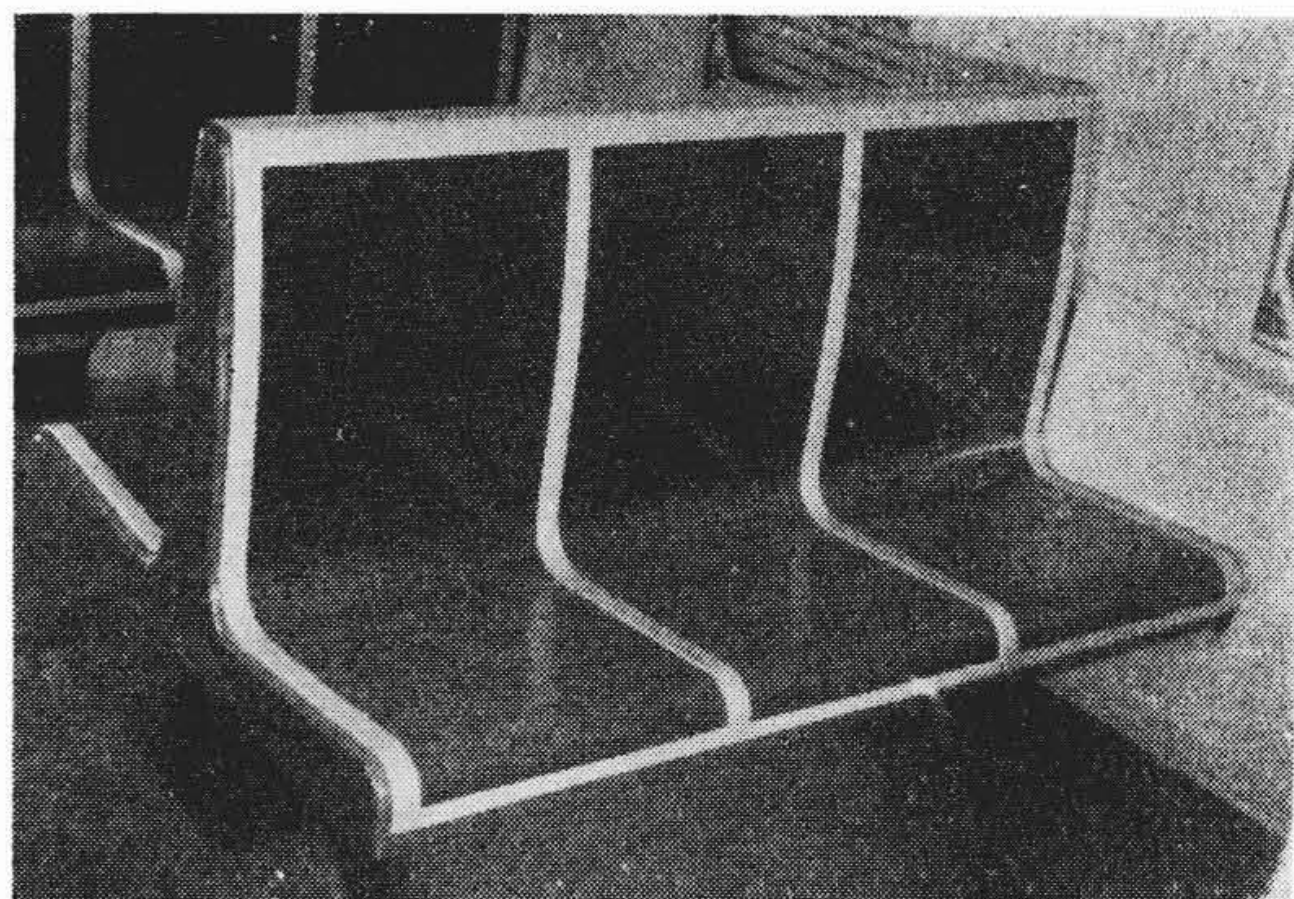
第5図 一等室



第7図 窓構造



第6図 三等室



第8図 三等室椅子

この間を自由に大気が環流して、昼夜間の激しい温度差に対して凝結水がたまらない構造とするとともに、外板、屋根板、妻板および高圧室仕切には $1/2 \sim 3/4$ 厚のアスベスト吹付け（トムレックス）を施し、客室を猛暑から防いでいる。

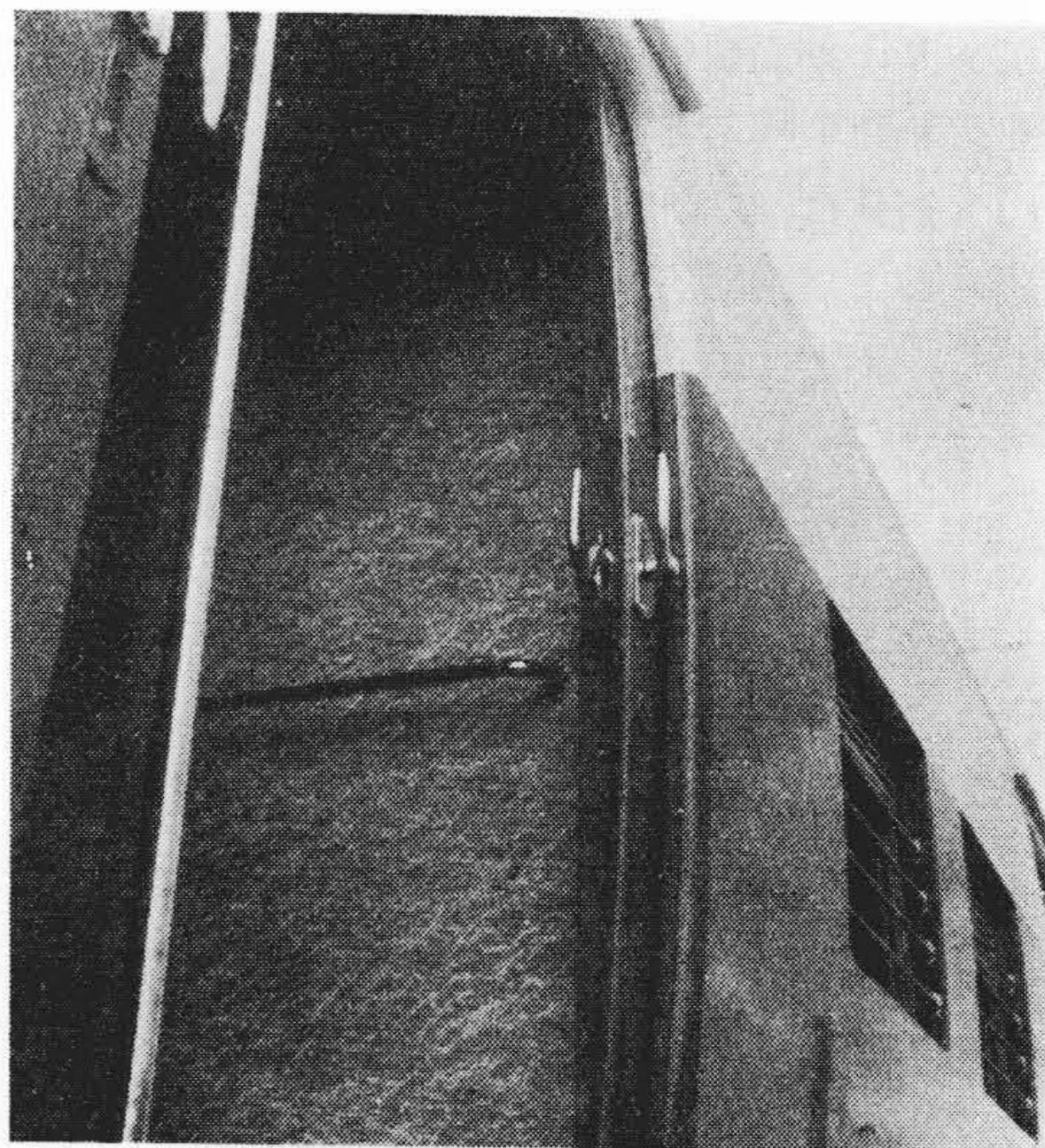
台枠鋼体の設計に際しては、詳細なる強度計算を行って部材寸法を決定し、完成鋼体については荷重試験を行つたが、これについては後述する。

3.2 室内構造および設備

構造上の大きな特長は、車輛全長を適当に仕切つて、一等室、三等室、荷物室などの区分をつけたことと、客室の各出入口内側に半仕切を設けて、扉開放状態で走行しても雨水が客室内に入らないようにしたこと、これらの骨組はいずれも鋼体の強度に寄与するよう設計されている。

床はキーストン横張の上にコルクを詰め、4mm 厚のフェロベストス板を上張した。内張および天井には、すでにビルマへ納入した客車において好評を得ている日立製作所多賀工場製ヒッターライトを使用し、押面類はアルマイト加工を施して、塗装は窓および出入口付近に一部施されただけの不燃性構造とし、保守に留意した。

窓はユニットサッシュ方式で、外側鉛戸、内側ガラス

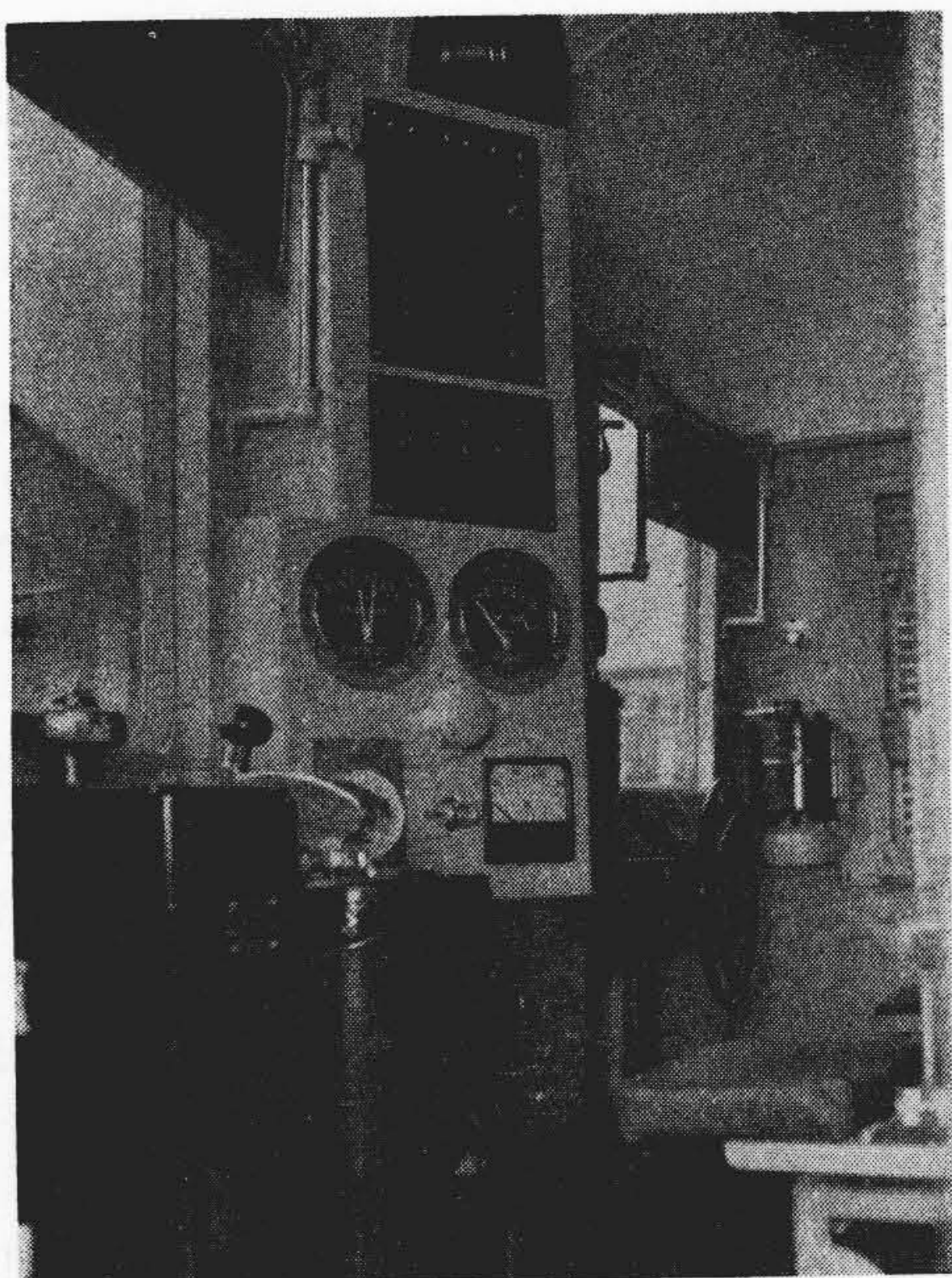


第9図 客室出入口

第2表 ヒッターライト仕様表

	試 験 項 目		単 位	性 能	備 考
物 理 的 性 質	密 度		gr/cm ³	1.38~1.42	
	吸 水 量		mg/100cm ²	100 ~ 200	
	吸 水 率		%	0.6 ~ 1.2	
	熱膨脹係数	層に平行 (タテ)	10 ⁻⁶ /°C	2 0 ~ 3 0	温 度 範 囲 0 ~ 70°C で 測 定
		層に平行 (ヨコ)	"	2 5 ~ 3 5	
		厚み方向	"	110 ~ 140	
	熱 伝 導 率		10 ⁻⁵ Cal/cm /s/°C	5 0 ~ 8 0	温 度 範 囲 0 ~ 70°C で 測 定
	比 熱		°C	0.32~0.42	温 度 範 囲 0 ~ 70°C で 測 定
耐 熱 性 試 験 温 度		°C	1 2 0	2時間保持して外観に 著しい変化なし	
	ロック ウェル 硬 度		Bスケール	2 5 ~ 4 7	1/8吋鋼球,100kg荷重
機 械 的 性 質	引張り強さ	タテ方向	kg/mm ²	7 ~ 10	
		ヨコ方向	kg/mm ²	5 ~ 8	
	曲げ強さ (層に垂直)	タテ方向	kg/mm ²	11 ~ 15	
		ヨコ方向	kg/mm ²	8 ~ 11	
	圧縮強さ(層に垂直)		kg/mm ²	20 ~ 30	

戸、いずれも上昇式で、ガラス戸には1/4"厚磨ガラスを使用し、バランス付としている。椅子は三人掛横型で、枠は鋼板プレス溶接組立とし、布団および背ずりは、一等室用はラテックス・スポンジにレザークロス張り、三等室用は厚さ2.0mmの成型した積層プラスチックを使用し、特に防虫、清掃などに考慮を払っている。扉は片側4箇所、二枚連動両開引戸とし、戸枠はアルミ鋳物製の耐蝕塗装を施したものとした。



第10図 運転室

3.3 運転室、高圧室および荷物室

運転室は編成の両端にのみ位置し、床、内張などの構造は客室と同様である。扉は開戸で、下降式の鎧戸およびガラス戸を有する。正面ガラスは1/4"厚強化ガラスを使用した固定式で、空気式窓拭器およびサンビザーを有す。

高圧室には主制御器、抵抗器などを収納し、車側にはボルト締の戸を有して、機器の取り入れに便するようにし、主抵抗器の温度上昇を防ぐため、車側の鎧戸より屋根通風孔に外気が自由に環流できるようにしている。

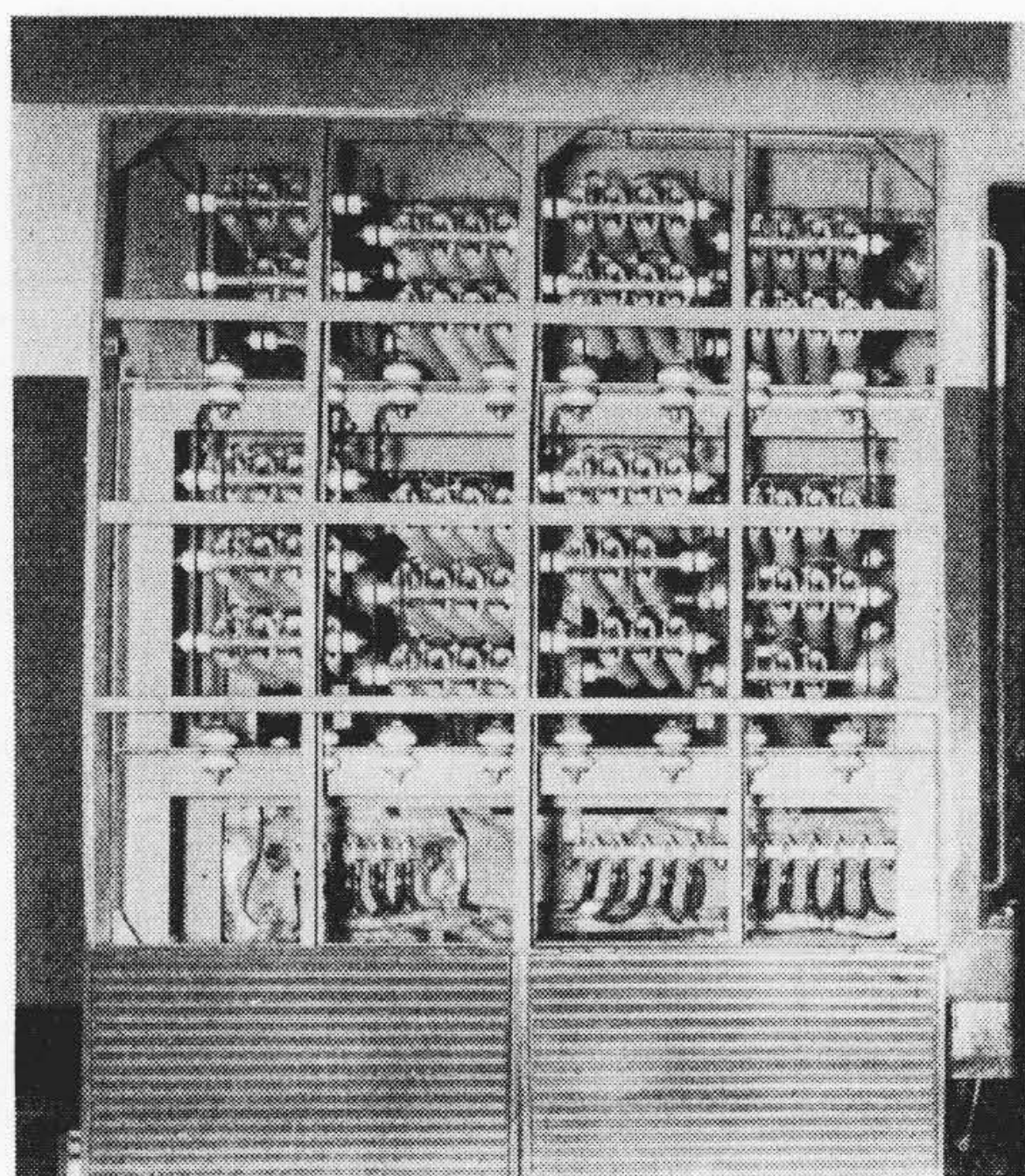
高圧室への出入りは後述のように運転室との仕切に設けられた開戸よりなされるが、保安上、高圧主回路がパンタグラフより切放されないかぎり開戸をあけることのできないような電氣的機械的インターロックが設けられている。

荷物室はA車にのみ設けられ、4tの荷重が積載できるようにし、床、内張などは客室に準じているが、さらにその上に硬木の荷ずり木が取り付けられている。

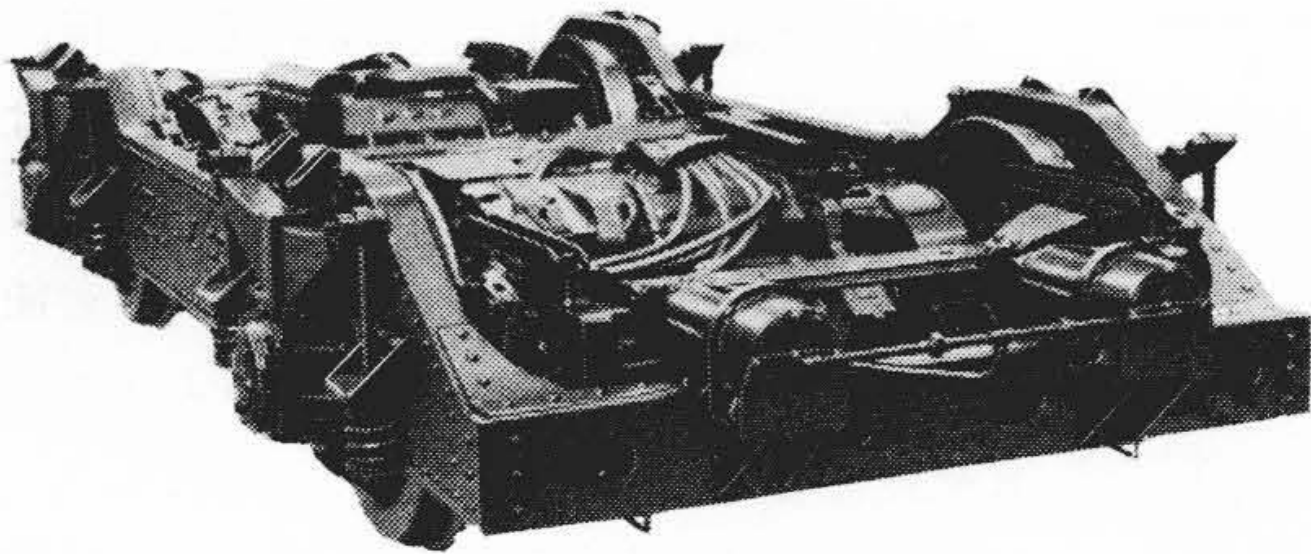
4. 台 車

心皿支持、揺枕型の普通台車であるが、台車枠は鋼板鋸組立構造で、大型車体、超満員時の重荷重に耐えうるよう設計上十分の強度をもたせ、完成後垂直荷重による強度試験を行ってその強度を確認した。

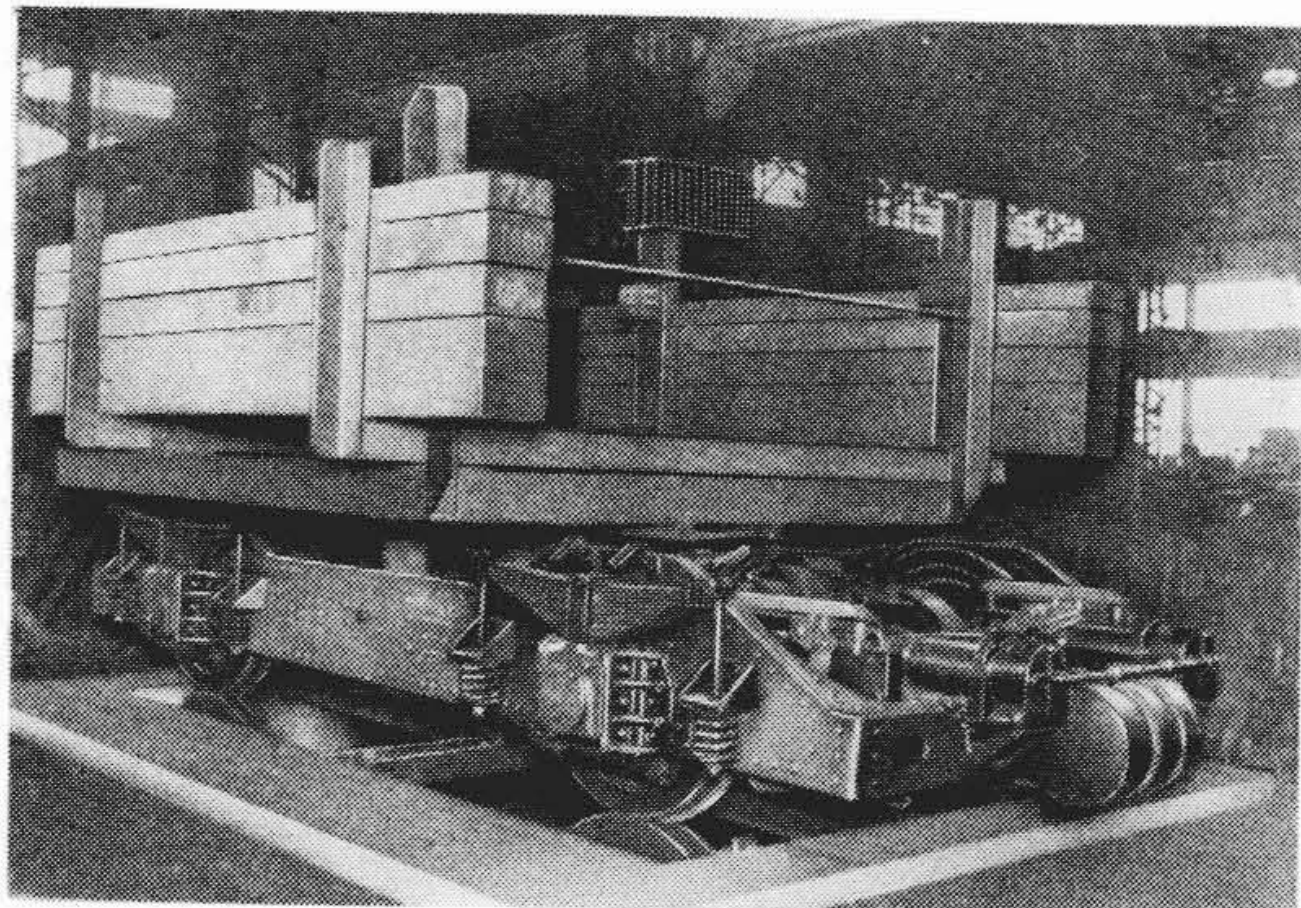
軸バネは板バネおよびコイルバネの組合せ、枕バネは



第11図 高圧室(主抵抗器側)



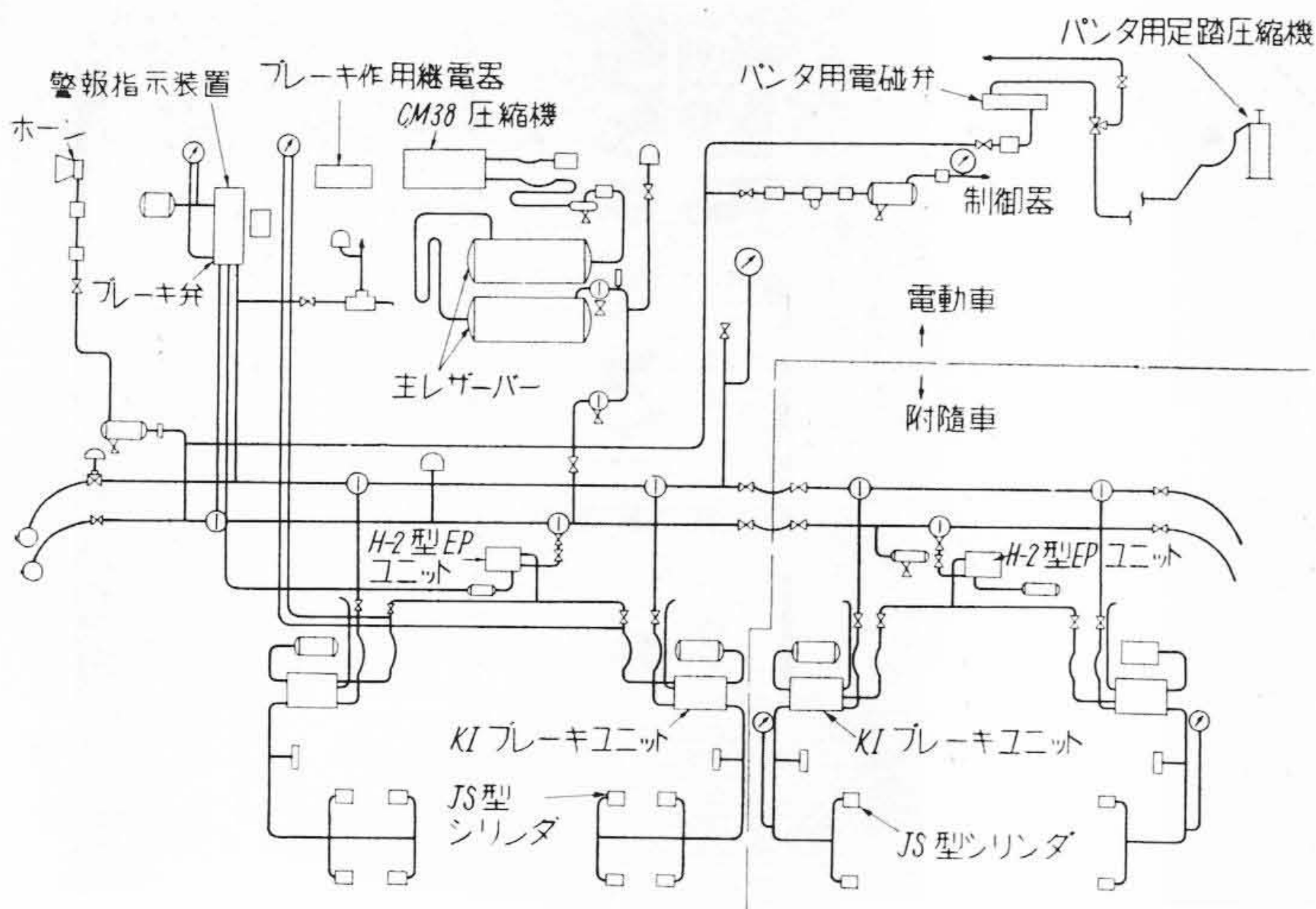
第 12 図—1 電 動 台 車



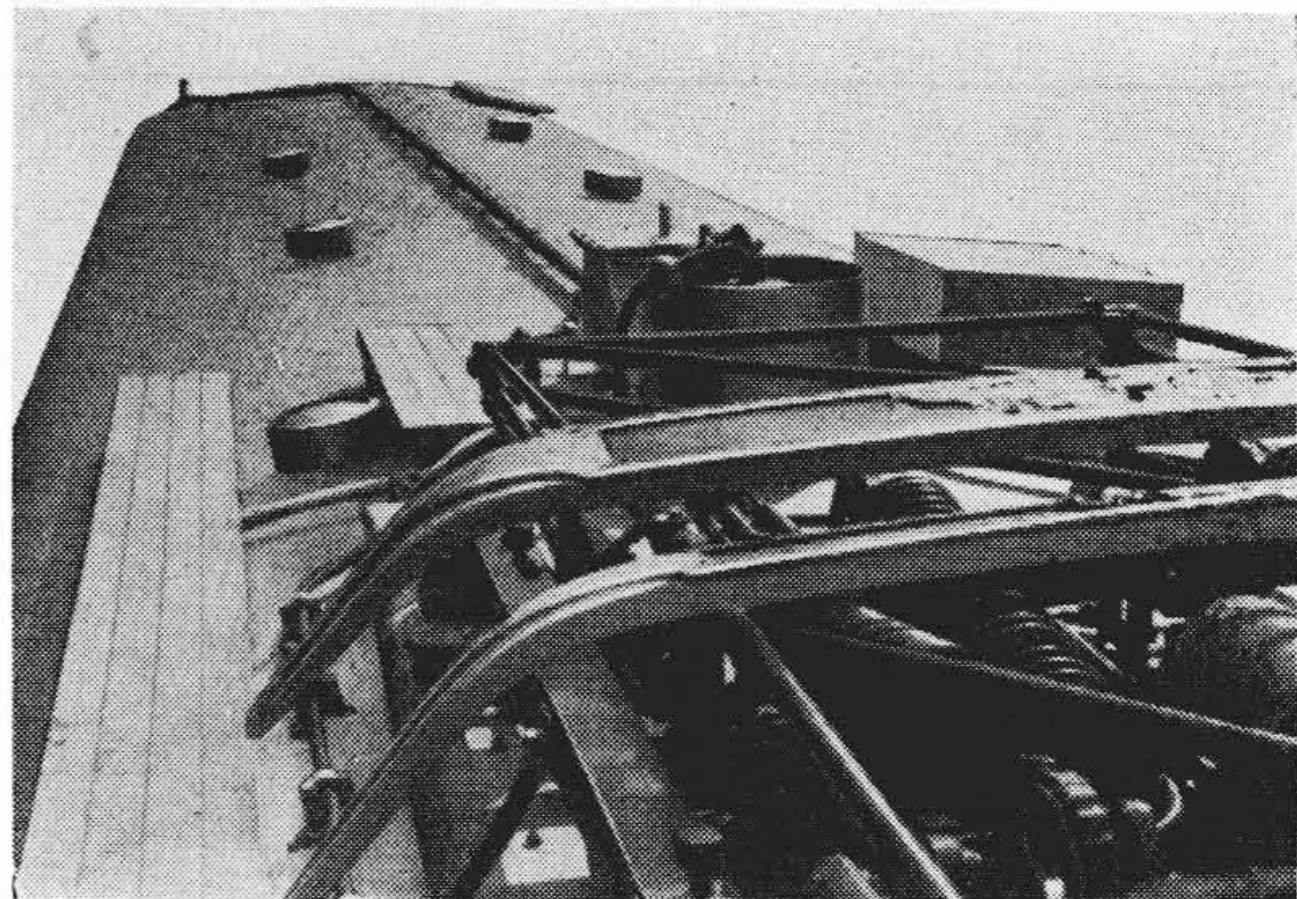
第 12 図—2 台車試験機による走行試験

コイルとし、乗心地向上のため車輛限界の許しうるだけの柔かいものとした。この台車は 5' ~ 6" ゲージの大型で、工場内で十分の走行試験を行うことができないので、当工場設置の台車動的試験機によりその振動性能の測定を行つたが、これについては別途報告の予定である。

軸受はティムケンのローラーベアリングとし、軸箱守すり板には硬質のフェロベストス板を使用、心皿部および側受部にも絶縁、耐摩の目的をもつて、マスコライト、フェロベストスなどの新しい材料が使用されている。



第 13 図 ブレーキツナギ



第 14 図 屋根上機器配置

タイヤは焼嵌式、輪心は鍛鋼製、電動機はノーズ支持方式で、支持部には防振ゴムを使用している。第 12 図は電動車用の台車を示すが、1 台車 4 個のブレーキシリンダ（スラックアジャスタ付）が見える。

5. 制 動 装 置

制動装置はウェスチング電磁空気方式とし、そのつなぎは第 13 図に示すとおりで、空気圧縮機は CM38 型、ブレーキ弁はセルフラッピング式である。空気管はすべて引抜管を使用、極力接手を使用しない設計としている。

ブレーキ率は空車重量に対し、電動車で 85%、付随車で 75% とし、減速度は 2 mile/h/s とした。

手ブレーキは編成の両端軸にのみ各運転台より作用する方式とし、ポスト型とした。ブレーキ率は空車にて約 25% である。

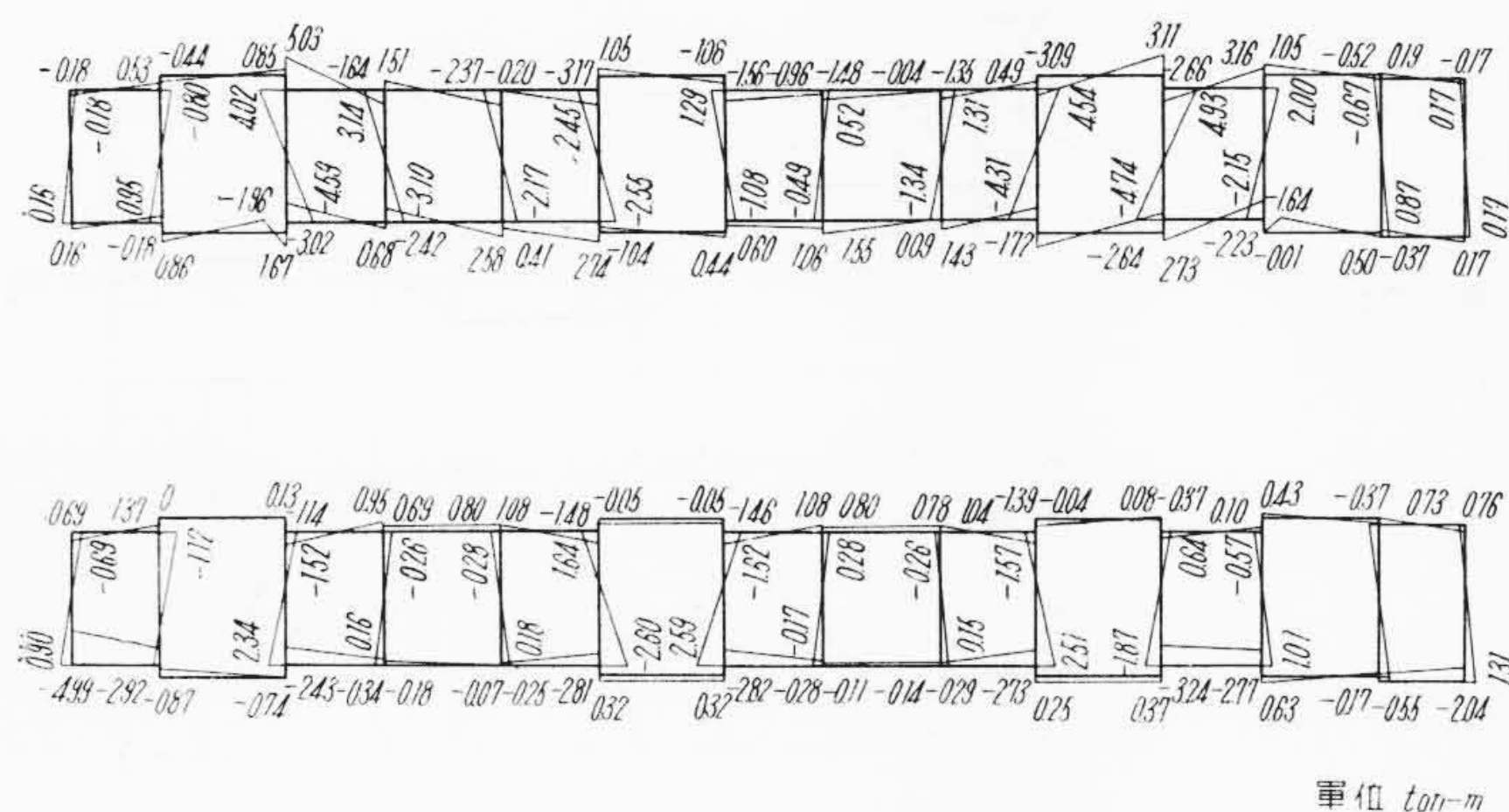
6. 電 気 機 装

電線および電線管は厳格に BS 規格に合致するものを採用し、絶縁、グリースなどに至るまで多湿、猛暑、洪水に耐えるよう十分吟味したものとした。

前述せるように、主制御器などは高圧室に格納したが、MG、バッテリーなどは床下に取り付け、ヒューズ箱など屋根上取り付けのものも多い。第 14 図は電動車屋根上機器配置を示す。

灯具はすべて白熱灯を使用し室内灯は 40W を使用して床面 33" 上の照度 4 フットキャンドル以上とし、前照灯は 100W、尾灯は 30W × 2 とした。客室には 16" 調整型天井扇を数多く配列し、運転室には 12" 固定型天井扇を設けた。

電動機冷却用の空気は、防塵の目的で、室内腰掛下に設置された鋼毛入り



第15図 曲げモーメント図

第3表 自重および荷重表

車種	鋼体自重	車輛自重	定員荷重	満員荷重	試験荷重
A (M)	13.0	約 54	8.75	13.5	18.25
B (T)	12.5	約 36	6.875	13.75	20.625
C (T)	12.5	約 36	6.375	12.75	19.125
D (M)	13.0	約 54	6.25	12.5	18.75

単位: 英トン

フィルタを通じてダクトに導かれ、革製の可撓接手により電動機に通ずるようにした。

7. 鋼体強度について

7.1 強度計算

鋼体は設計に際し、綿密な強度計算を行つた。計算は側構をフィーレンディール・ラーメンと考え、窓下部材、窓上部材および吹寄がおのおのその中立軸において剛に結合されているとした。窓下部材としては側梁、腰板および外帯の組合わせ、窓上部材としては、幕帯、長桁、第1中桁およびこの間の外板を組合わせたものとした。強度計算には現今行われている色々な方法があるが、現在のところ、上述の方法がこの種鋼体の強度解析に最も適当とされている。

荷重としては、垂直荷重として、鋼体自重、艤装および機器重量、乗客重量が等分布に床面上に作用するものとした。これらの荷重は第3表に示す。水平荷重としては緩衝器中心に作用する車端荷重 100 t をとつた。

第15図はこれらの計算結果による曲げモーメント(D車)を示し、これが組合わされた場合の応力値としては、最大約 10kg/mm^2 が、枕梁に近い外側出入口の下部材に生ずることになる。

7.2 荷重試験

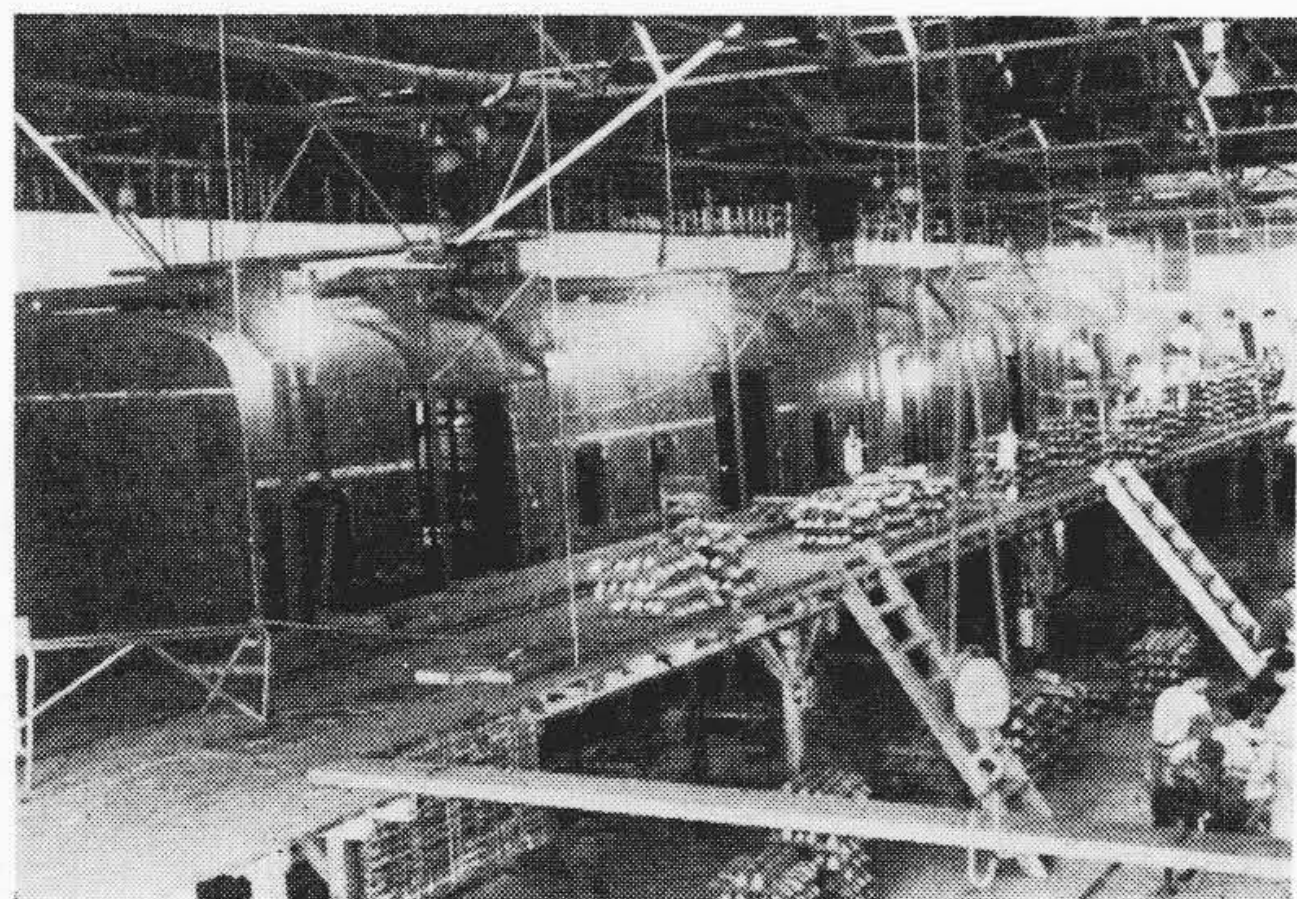
荷重試験は最初に完成した ABCD 各

鋼体について行われたが、試験の方法としては、現在わが国で行われている通常の垂直荷重による曲げ試験のほかに、車端に水平力を加える水平荷重試験が行われたことおよび、測定が単に側構撓、各部の応力のみならず車体広がり、屋根撓についても行われたことが特色あるところである。

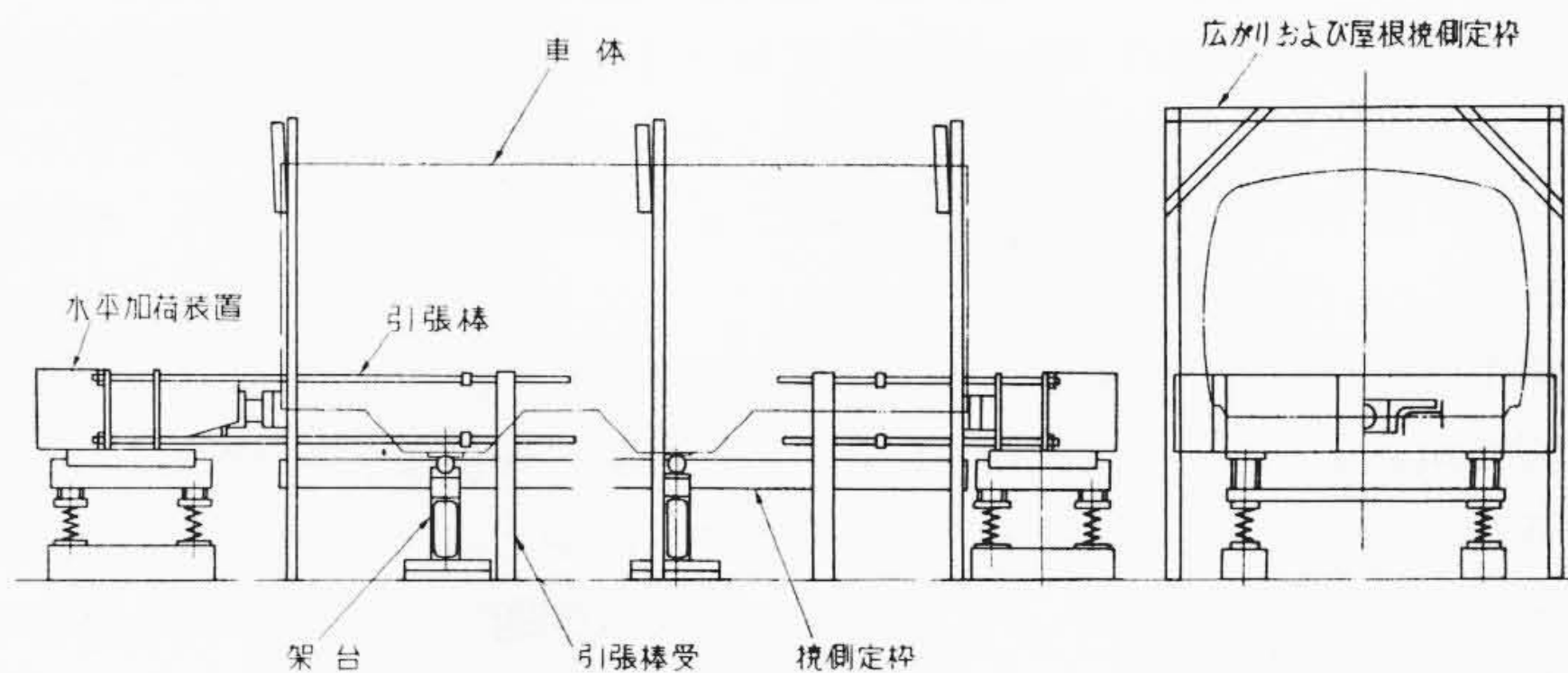
第16図および第17図は荷重試験の状況および試験装置を示し、車端荷重は大容量油圧ジャッキを取り付けた荷重枠をバネでささえ、お互に引張棒で連絡し、油圧ポンプの操作で鋼体に圧縮力を加える方式とし、垂直荷重はナマコを床面上に積んだ。

荷重は水平荷重として 20 t ピッチで 100 t まで加減荷し、垂直荷重としては顧客指定の定員、満員、超満員時に相当する荷重(第3表参照)を座席配置に応じて積み込み、加えて鋼体および艤装品重量に相当する荷重をも積んで、運転時生ずる最大応力値を求めるようにした。

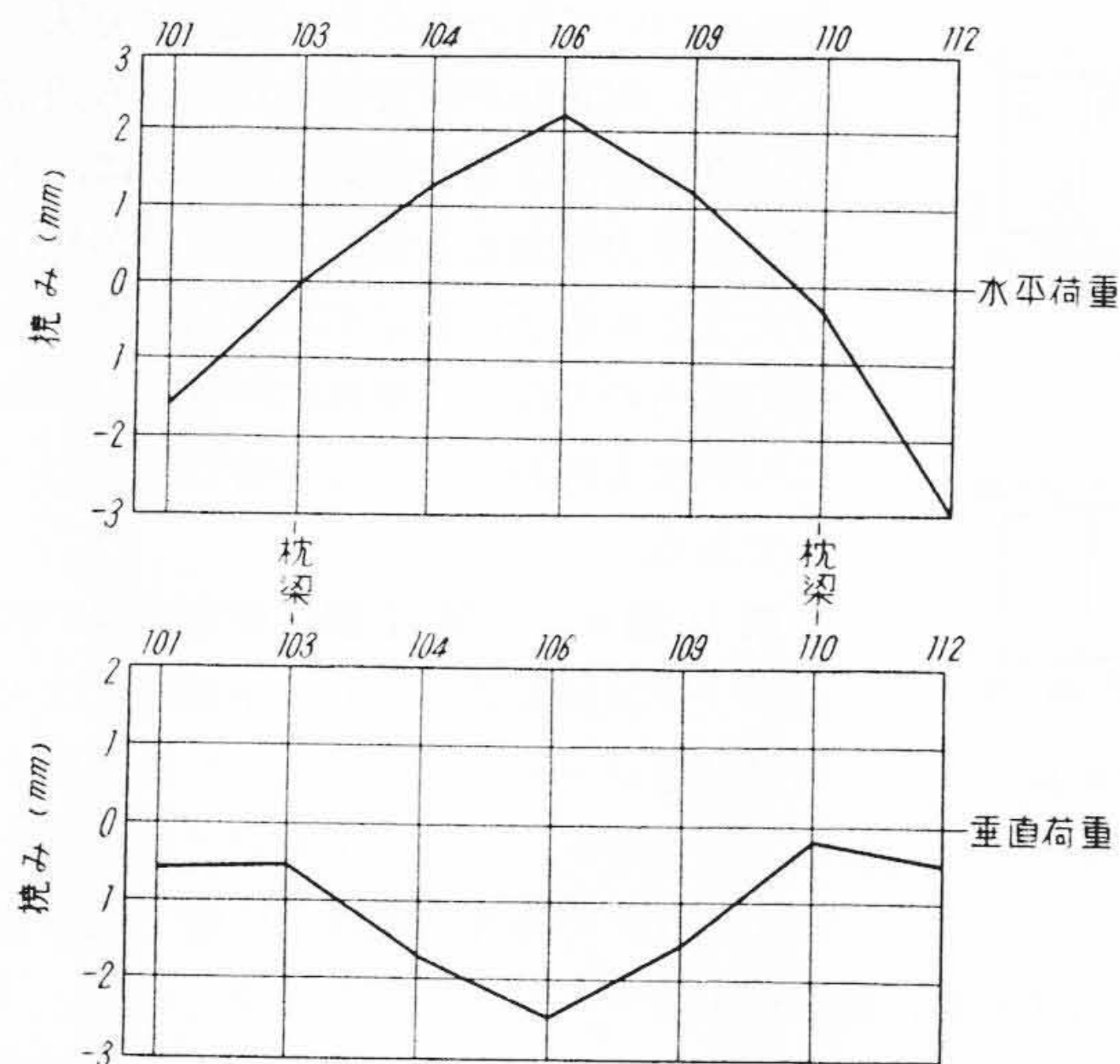
測定は応力、撓(台枠および屋根上面)および出入口柱部の断面広がりについて行い、応力は電気抵抗線ひずみ計、撓および広がりにはダイヤルゲージによつて、上記荷重段階ごとに測定された。



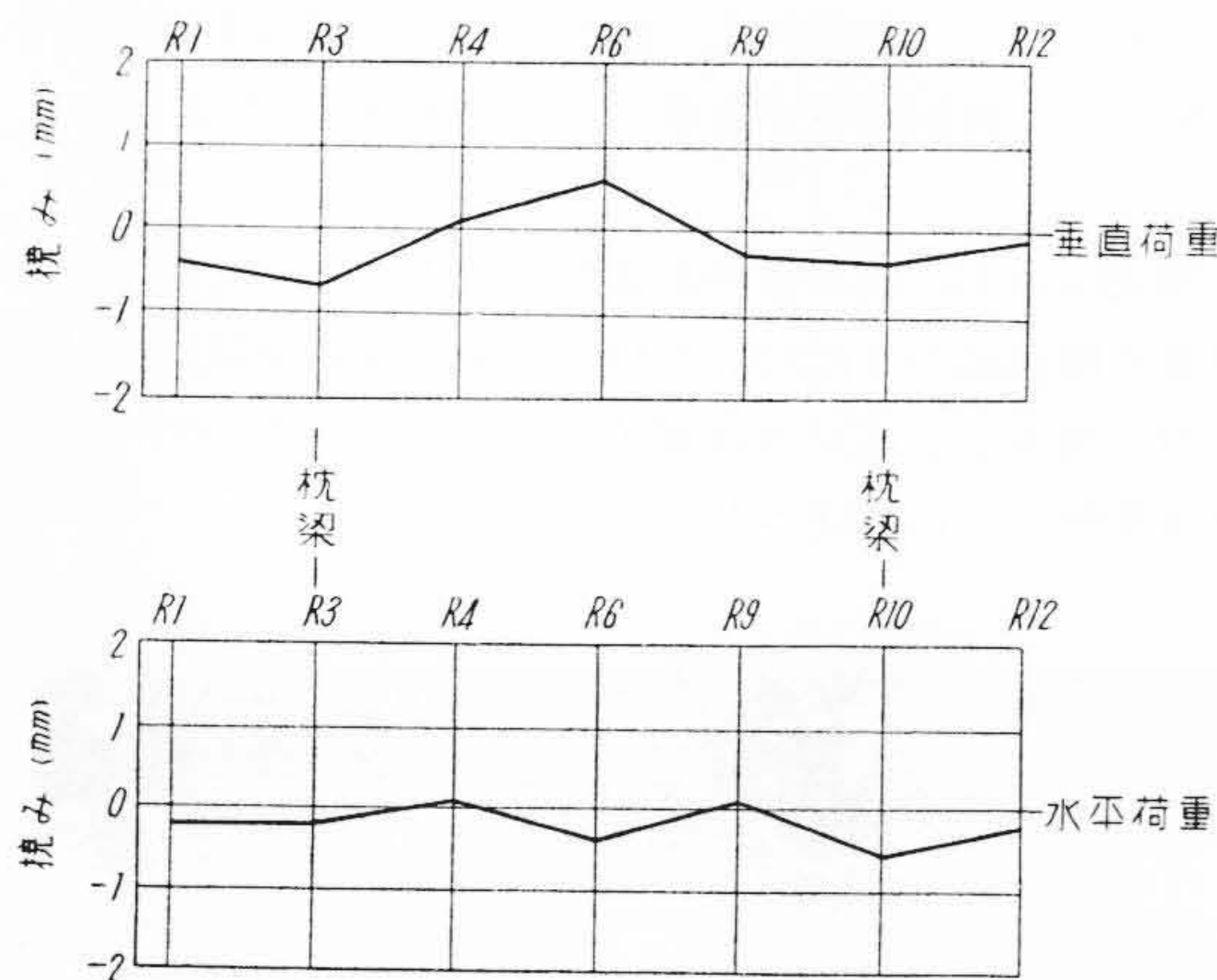
第16図 鋼体荷重試験



第17図 荷重試験装置



第18図 側梁撓線図



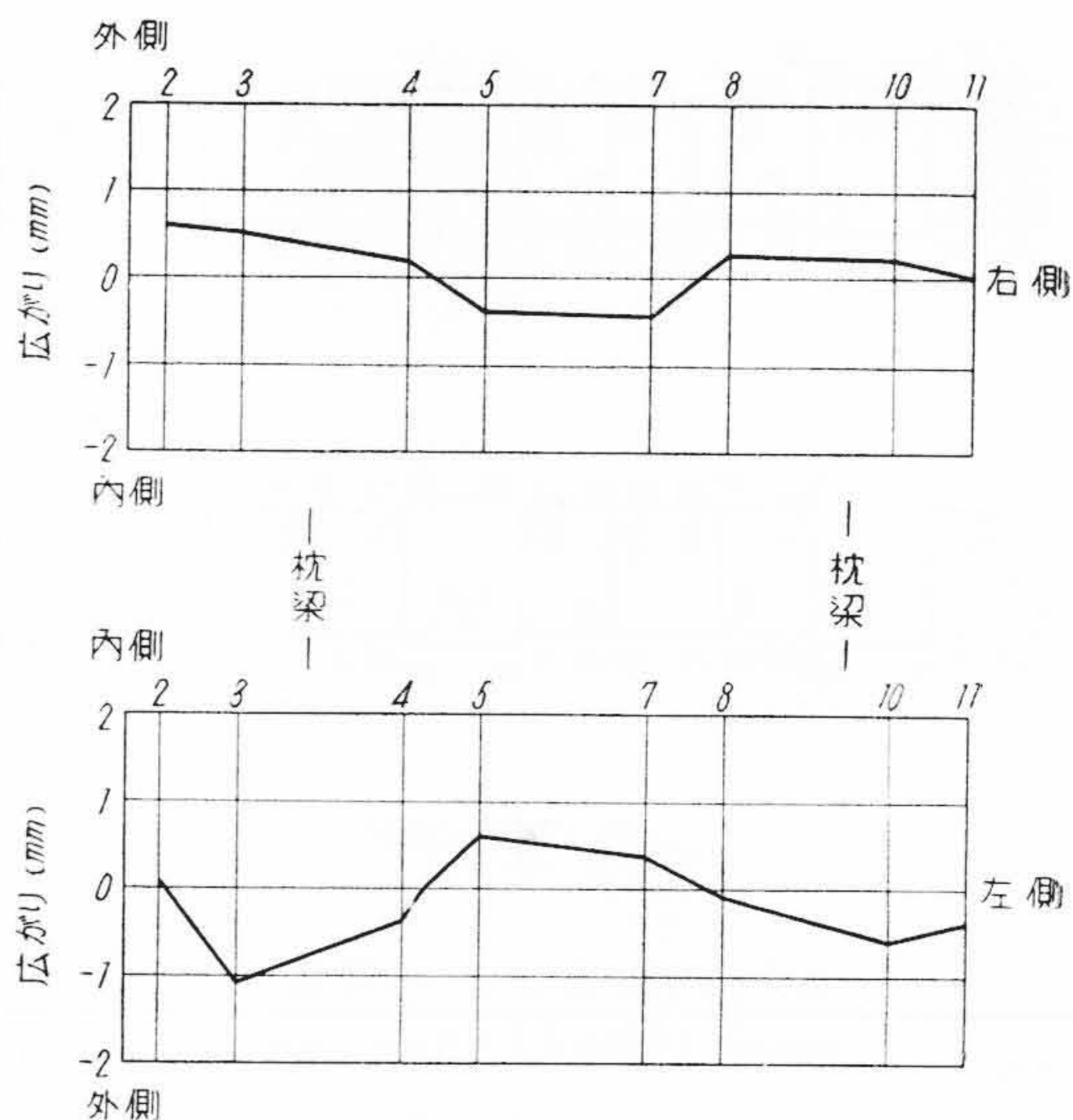
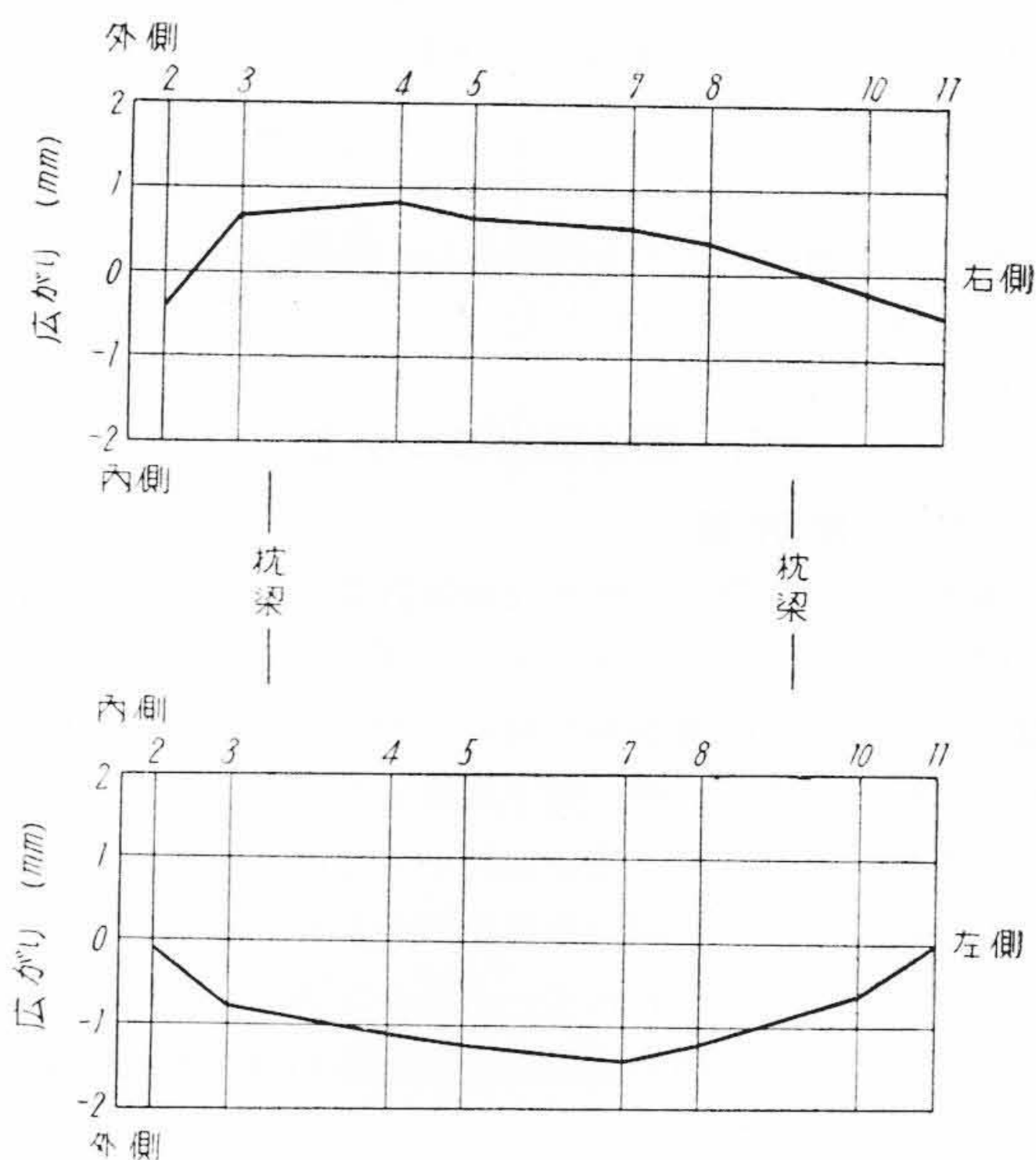
第19図 屋根撓線図

7.3 試験結果および検討

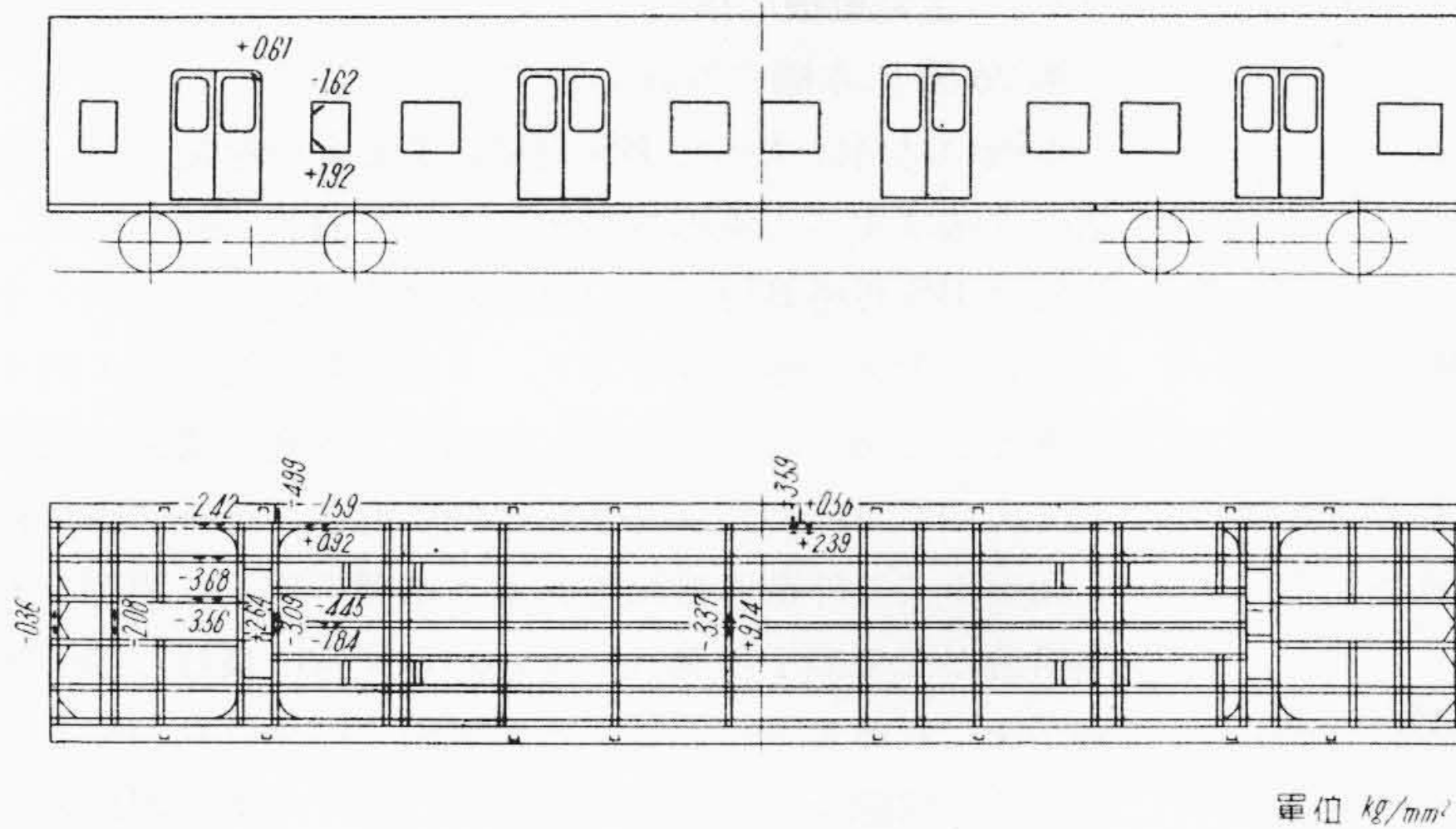
いずれの車種も大同小異であるので、ここではC車についての試験結果を述べる。

第18図はそれぞれ垂直荷重および水平荷重による空車状態からの側梁撓を示し、水平荷重によるものは中央部が浮上っているのがわかる。撓の絶対値は約2.5mmで、この値はわが国の18m級郊外電車で3~4mmの撓を許していることから考えると著しく小なる値で、したがって曲げ剛性がはなはだ大であることがわかる。この理由については後述する。

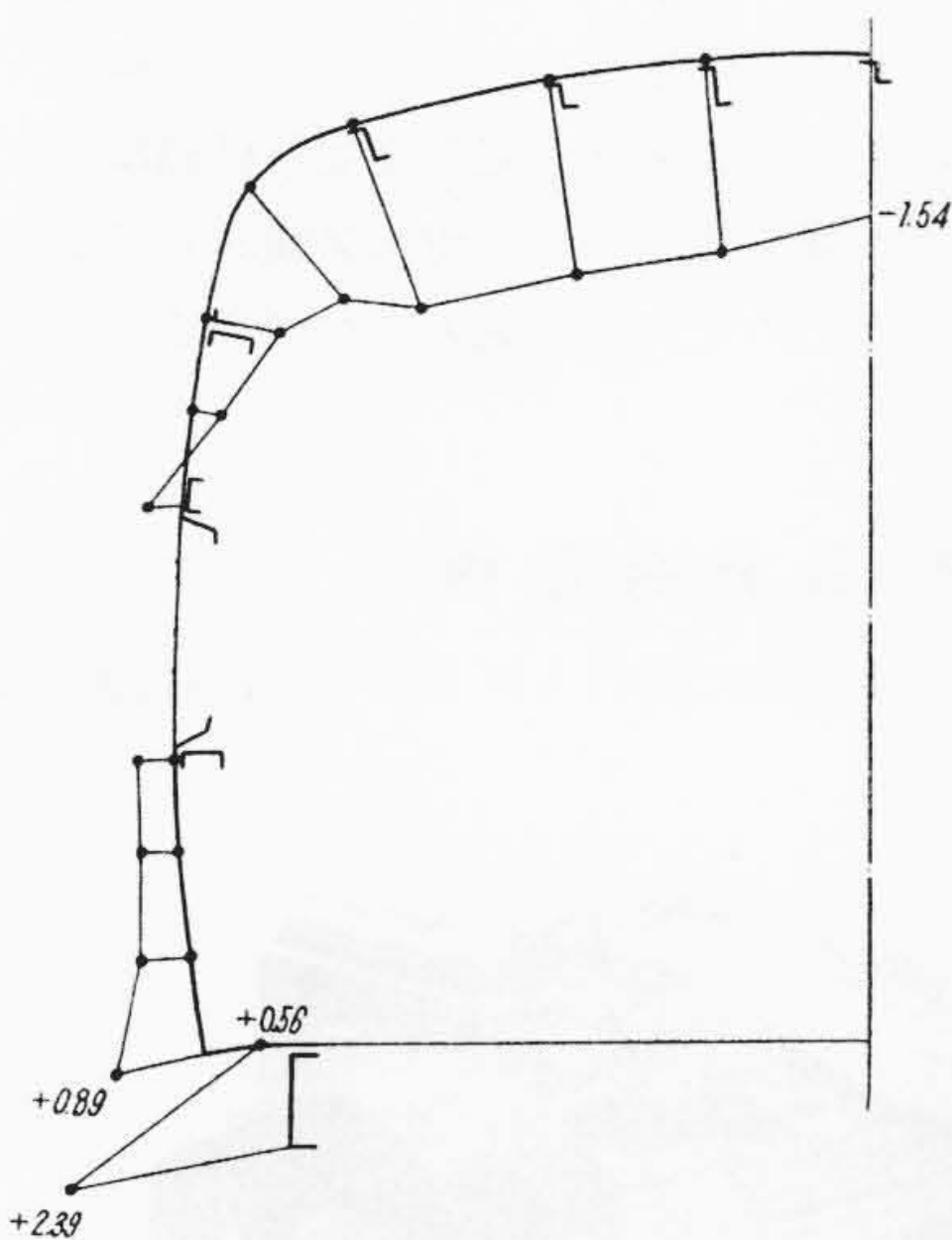
第19図は同様に空車時よりの屋根撓曲線を示す。この図で顕著なる点は、垂直荷重により心皿付近の屋根は下降し、中央部は上昇することであり、これは車体広がりやと合せ考えると興味深い、絶対値としては問題にならぬほど小である。

第20図 車体断面拡り線図
(垂直荷重)第21図 車体断面拡り線図
(水平荷重)

第20図および第21図はそれぞれ出入口の広がりやを垂直および水平荷重時について示したもので、第20図からは、車体中央部は鋼体断面は細り、心皿部では広がることがわかり、屋根撓の結果とよく対応している。絶対値は最大約0.5mmで問題ない。水平荷重によつては鋼体はほとんど広がったような結果を示している。特に中央部は最大約1.4mm(片側)の広がりを示していて、このため側梁は中央部が浮上るにかかわらず屋根上面の撓がほとんど現われないことになった。



第22図 主要応力測定値図

第23図 断面応力分布図
(垂直荷重)

第22図は主要応力測定値を示す。値そのものはすべて 10 kg/mm^2 以下で鋼体の強度は十分であることが確認できた。第23図は車体中央断面の垂直荷重による応力分布状態を示し、この図により、屋根部材が良く効いていることと、窓下部材の中で、側梁は図のように側構とオフセットし、この間車体ささえ板で結ばれているので、一体梁として作用していないことがわかる。特に屋根部材が良く効いていることの理由として、次があげられる。

- (1) 仕切、半仕切により鋼体の広がり拘束されている。
- (2) 側窓が小であり吹寄が剛である。

- (3) 屋根垂木が比較的剛性大でありしかもピッチが狭い。

以上のことは鋼体として非常に望ましい好結果の原因と思われるが、逆に側梁が側構と一体に作用しない構造であるということは、車輛限界の点で構造上やむを得ない。

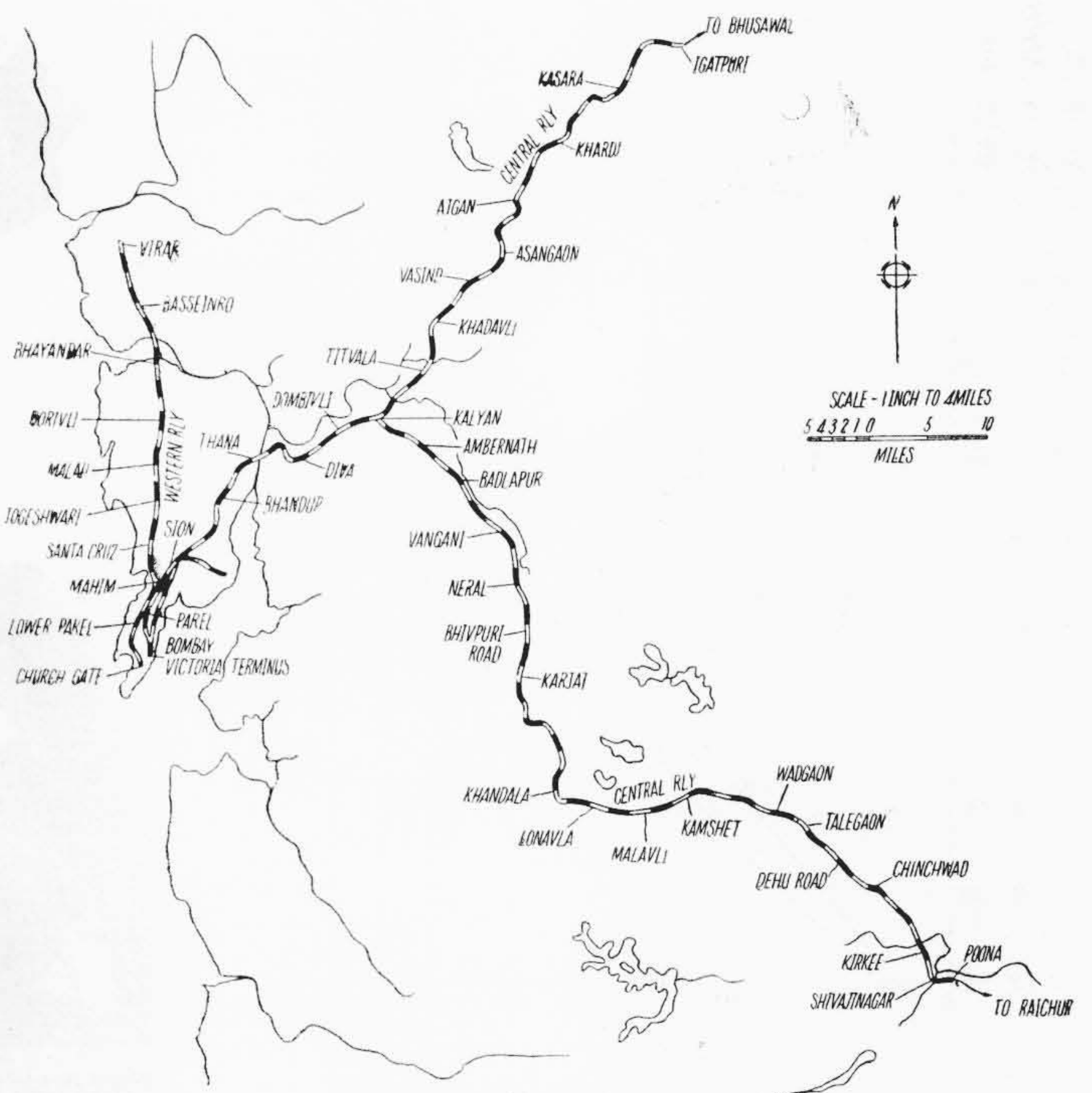
8. 主電動機

8.1 主電動機の仕様

本電車は現地の運転条件に基づいて下記のような運転性能が要求された。すなわち8輛編成電車 (MTTM $\times$ 2重連) が満員の状態で架線電圧 $1,400 \text{ V}$ で走行す

るとき

- (a) 平坦線における平衡速度は 60 mile/h 以上であること。また機器の機械的強度は 65 mile/h にて保証すること。
- (b) 平坦線で 35 mile/h までの平均加速度は 1.1 mile/h/s を保証すること。
- (c) Churchgate — Virar 間往復運転に対し中間の駅では30秒、Virarでは5分間停車して往復170分以下で走行できなければならない。さらに主電動機の温度上昇はこの運転中および運転直後において下記の数



第24図 インド国鉄西部中部電化地区図

値を越えてはならない（周囲温度は日陰にて 45°C になることがある）。

電機子巻線； 85°C （抵抗法）

固定子巻線； 95°C （抵抗法）

整流子； 75°C （温度計法）

さらにまたこの場合の電力消費は $2,147\text{ kWh}$ を超過しないこと。

(d) 各機器の容量は $1/34$ の上り勾配で起動し電動機が並列に接続されて抵抗が抜け切るまで加速されるに十分なものでなければならない。

(e) 4 輛編成満員の状態で主電動機の 50% を解放して、平坦線で 500 呎走行してから $1/34$ の上り勾配を機器の損傷なく登り得ること。

以上の諸条件について慎重な検討を行つた結果下記の仕様が選定された。

主電動機仕様（適用規格； BS No. 173—1943）

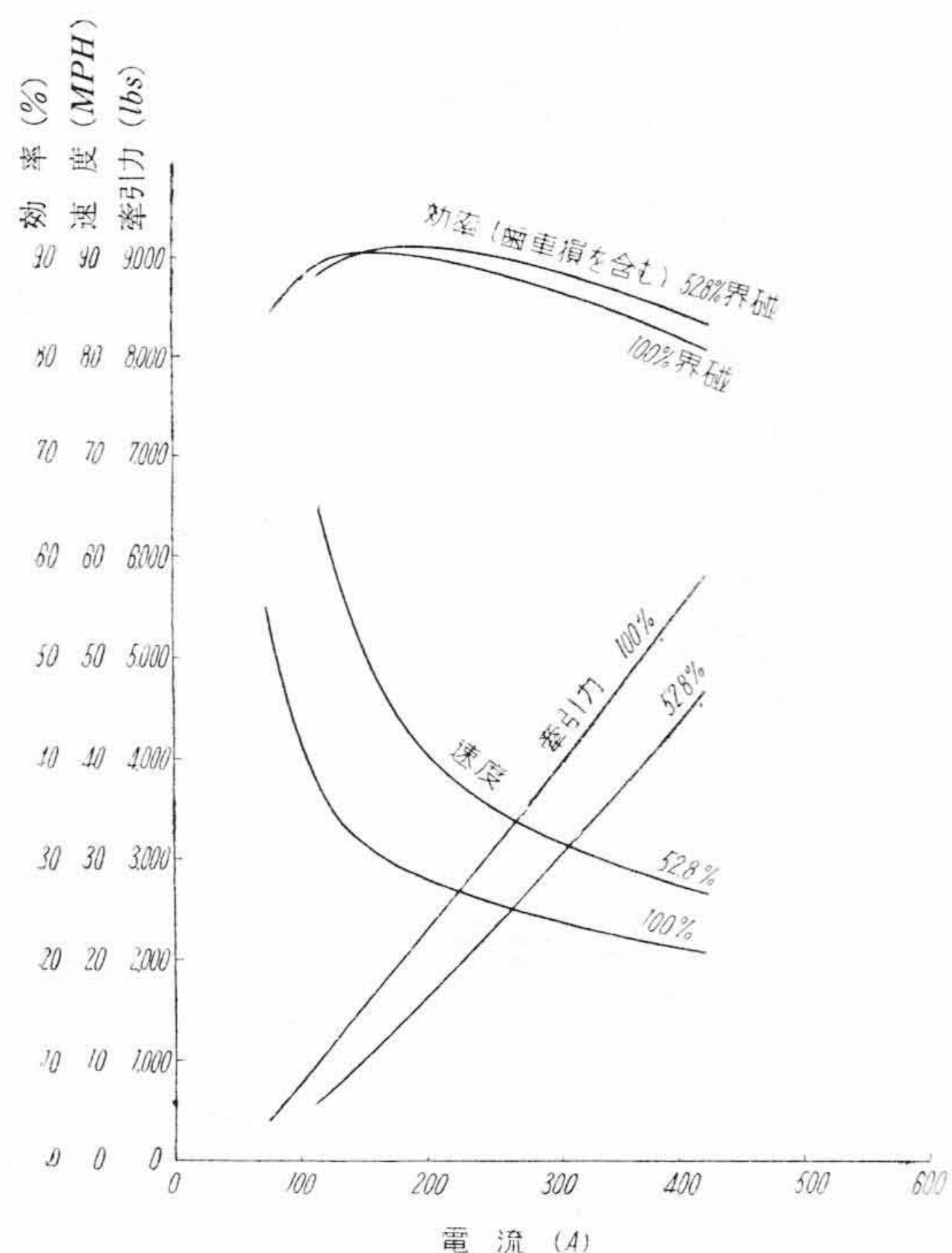
型番号； HS—357—Ar

型式； EFCO—H₆₀（閉鎖自己通風型，直巻界磁，補極付）

1 時間定格 $175\text{ HP } 700\text{ V } 210\text{ A } 820\text{ rpm}$ （ 100% 界磁）

連続定格 $140\text{ HP } 700\text{ V } 168\text{ A } 900\text{ rpm}$ （ 100% 界磁）

本機の特性曲線を第 25 図に示す。本電車はすでに現地において上記の各項について試験を終了したが、きわめて良好な成績をおさめることができた。



車輪径 36 吋 歯車比 58/18
第 25 図 電動機特性曲線図

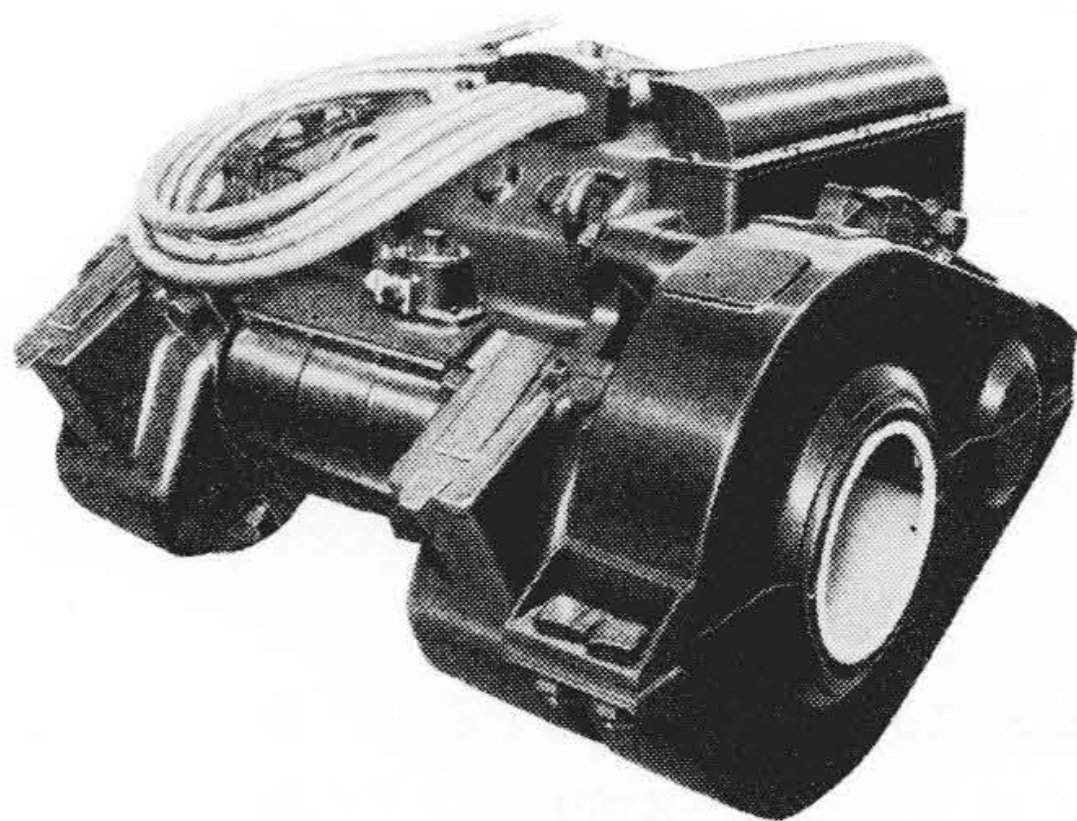
8.2 主電動機の構造

第 26 図に本機の外観を示す。

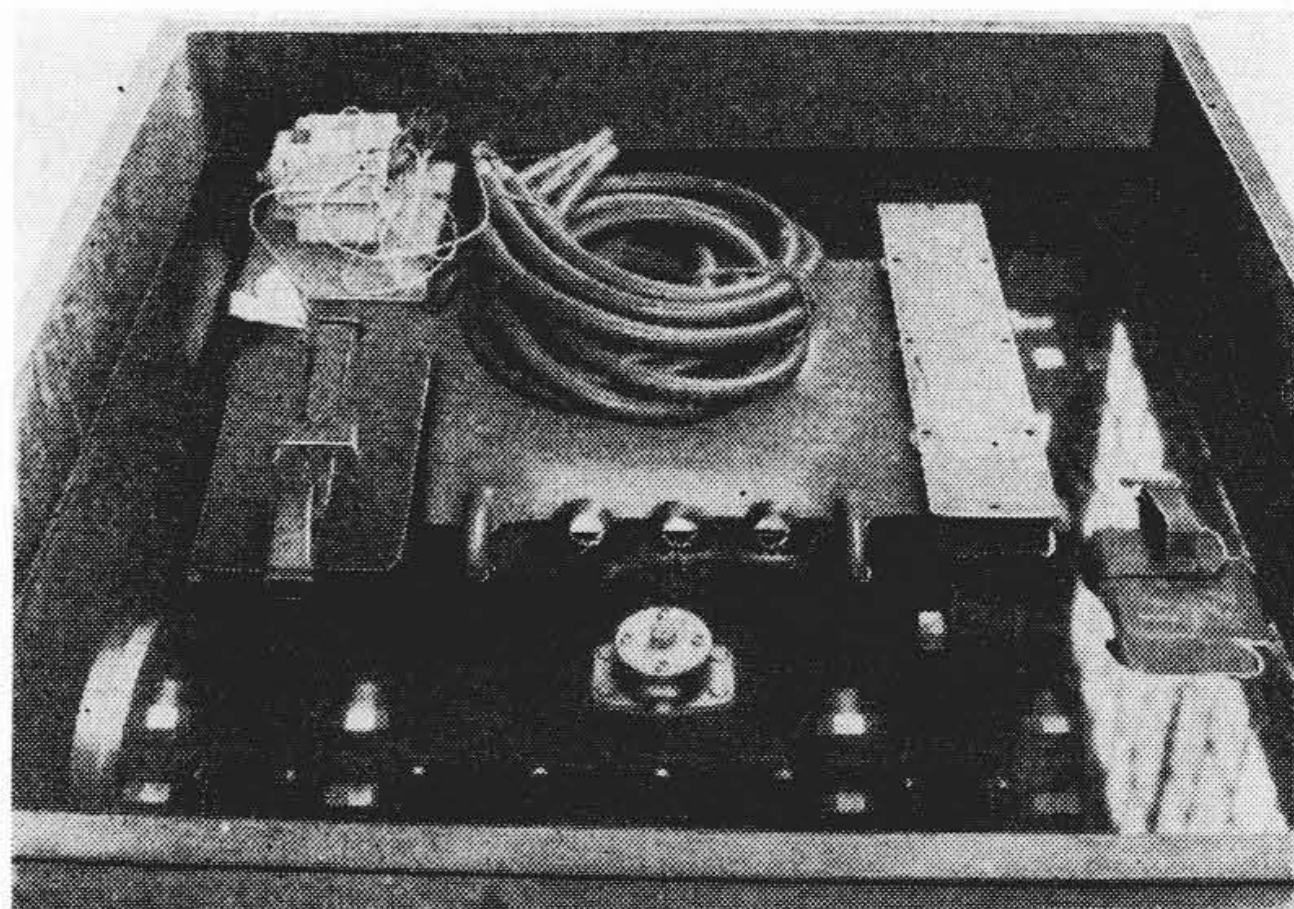
本機は材料はすべて BS 規格によるものを使用し、各部の寸法はすべて英国度量衡によつて設計、製作された。絶縁は BS 規格 B 種としガラス、マイカ、アスベストを使用して十分な耐熱性を与え、また電機子巻線は 1 列 4 層巻として熱放散を有効にしてある。本機の通風は通風渠によつて車内の空気を整流子側に導き、排気は磁気枠上面のみより外部に排出される。本機の刷子は頭部を丸型構造として刷子の摩耗にかかわらず常に良好な加圧状態が保たれるようにしてあるが試験の結果はきわめて良好な整流状態を得ることができた。また本機は現地の使用条件より軌条面上に 8 吋の水がある場合にも 5 mile/h で走行ができること、および 30 時に達する洪水のときにも浸水しないことを要求されたが、このため点検蓋、歯車箱の接合部、車軸貫通部分は完全な耐水構造にしてある。第 27 図に本機を水に浸して耐水試験をしている状況を示したが、きわめて良好な成果をおさめることができた。

9. 電動発電機

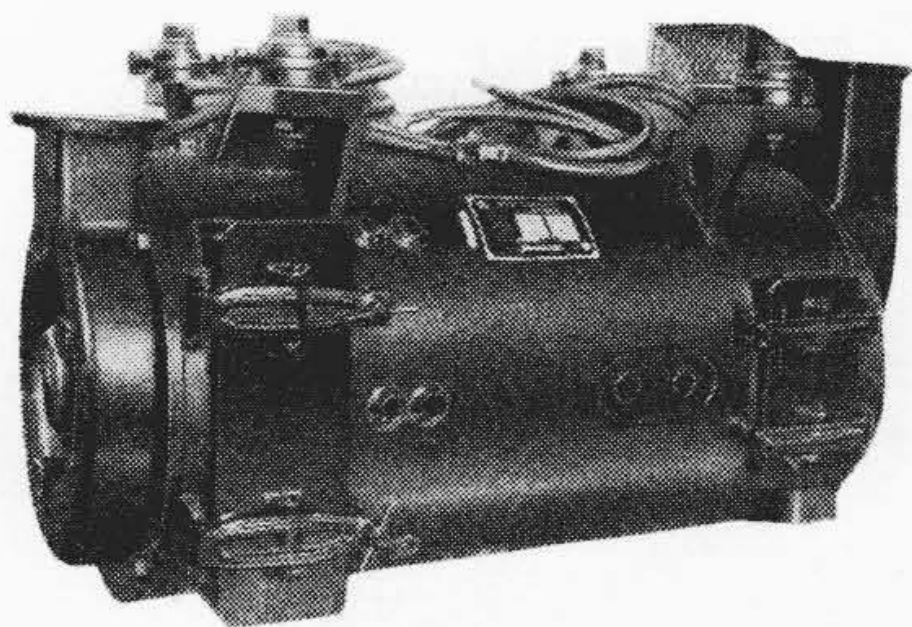
電動発電機は各電動車に設けられ車内の低圧電源とし



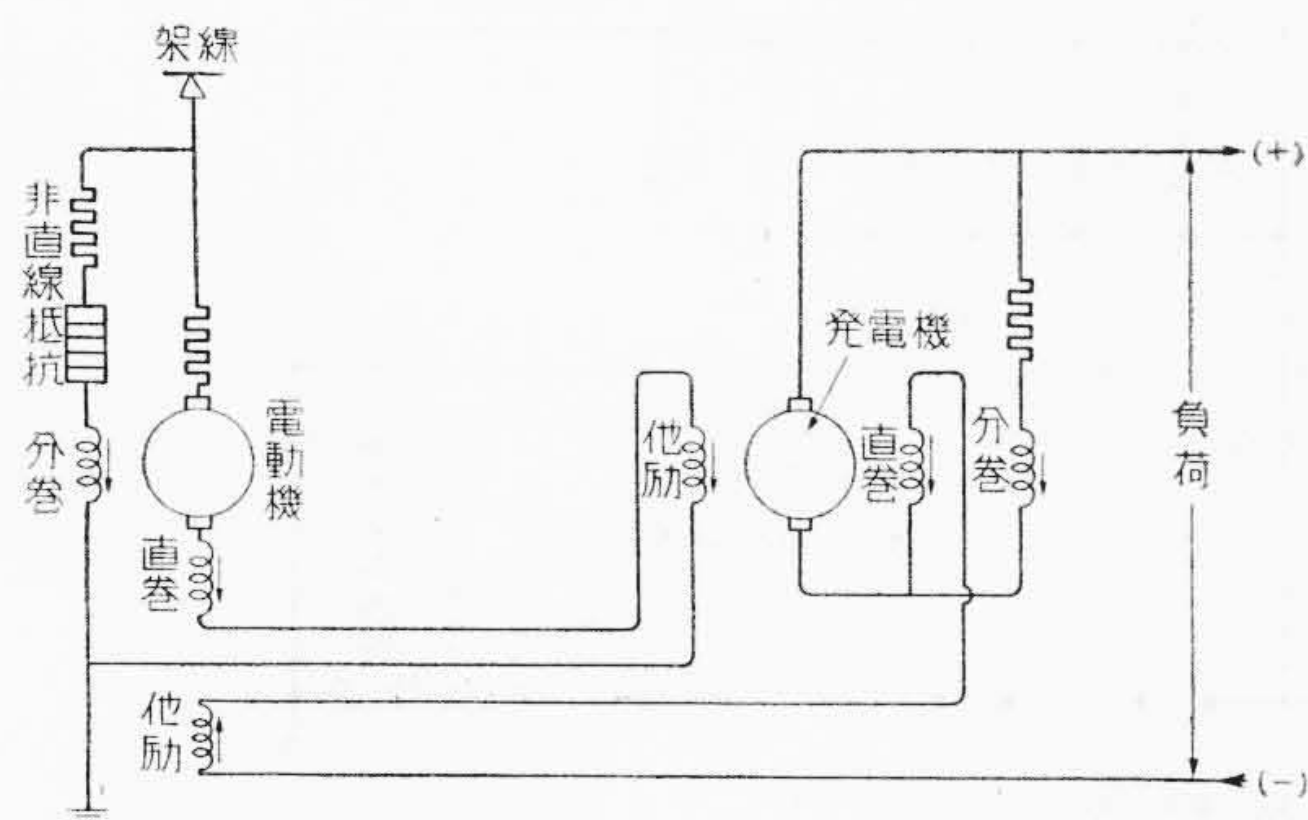
第 26 図 主電動機



第 27 図 主電動機の耐水試験



第28図 電動発電機



第29図 電動発電機回路接続図

て前照灯，尾灯，客室灯などの照明用，車内換気扇，制御装置，およびアルカリ電池の充電用に使用されるが，その容量は1編成列車の2台のMGのうち一方が故障を起した場合も他方から補助回路の電力を供給しうるように選定してある。

仕様

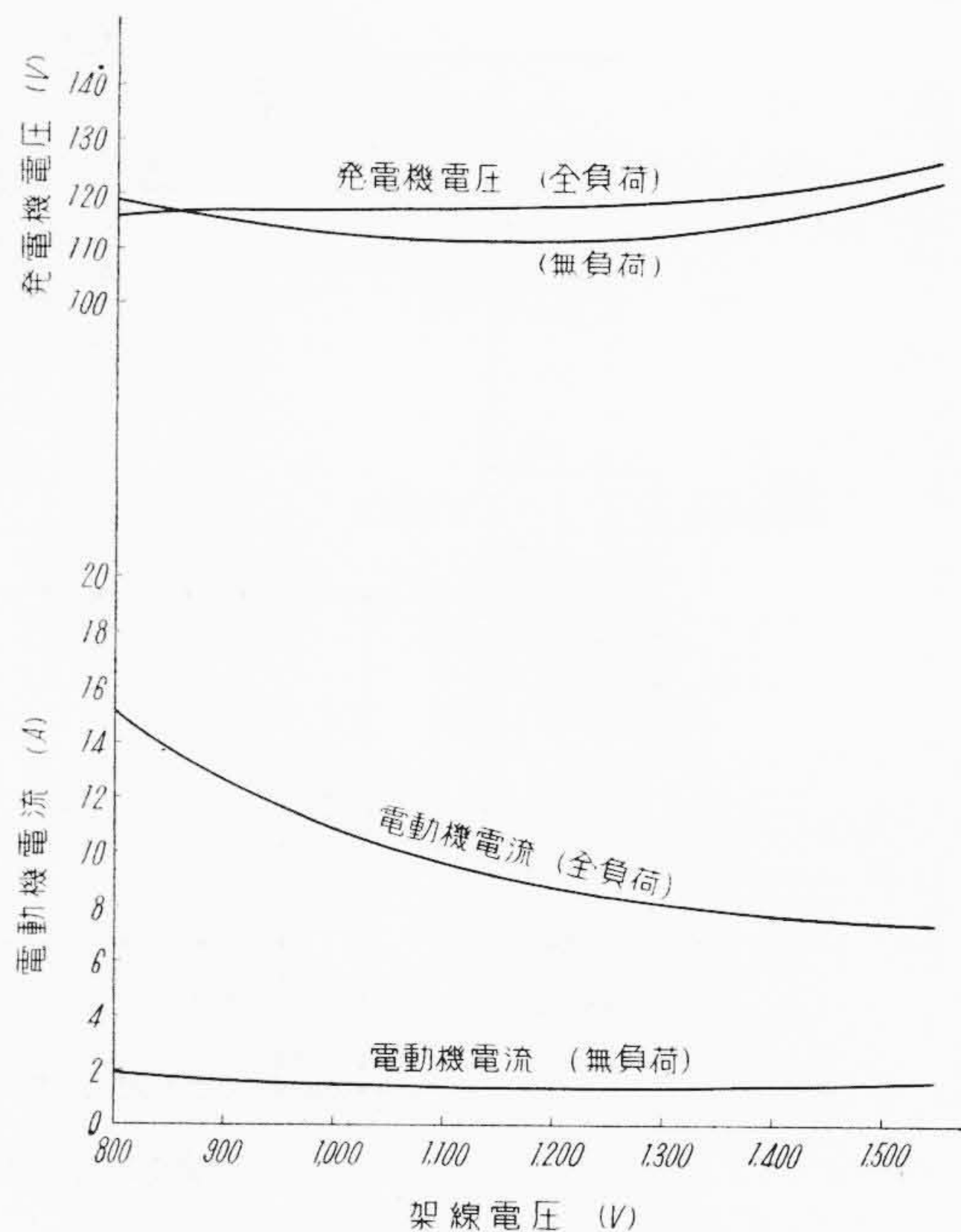
型番号 HG-434-Ar 型式 閉鎖自己通風型

直流電動機 13HP 1,400V 8.5A 1,800rpm

直流発電機 7.5kW 120V 62.5A 1,800rpm

本機の外観を第28図に示す。

電動機，発電機は共通枠内に組み立てられ，各電機子は共通軸上に取り付けられている。各部の材料は主電動機と同様にすべてBS規格によつて製作された。絶縁は電動機界磁巻線（A種）のほかはすべてB種絶縁が施してある。接続図を第29図に示す。電動機の界磁には分巻巻線，起動用直巻，および発電機の負荷の変動に対して回転数の変動を防止するための差動他励巻線が設けられている。現地の架線電圧は1,550Vから800Vまで変動するが，この場合分巻電動機では回転数が変動し，したがつて発電機電圧も変動するので，この変動を少なくするために電動機分巻界磁回路には非直線抵抗体を使用している。すなわち架線電圧のこのような大幅な変化に対し電動機の磁気飽和曲線および電動機回路の内部電圧降下を考慮して，電動機の界磁電流を直線抵抗の場合より大幅に変化せしめることにより回転数の変動を防止するようにしてある。発電機には分巻巻線と負荷電流によ



第30図 電動発電機特性曲線

る電圧補償用の直巻巻線および起動時の電圧確立のために電動機電流によつて励磁される他励巻線が設けてある。本機の特性格線を第30図に示す。本機の通風は車内より通風渠によつて発電機側に取り入れ電動機側軸端に設けた冷却扇によつて機外に排出される。また主電動機と同様に点検蓋などは完全な耐水構造にして現地の使用条件によく適合するようにしている。

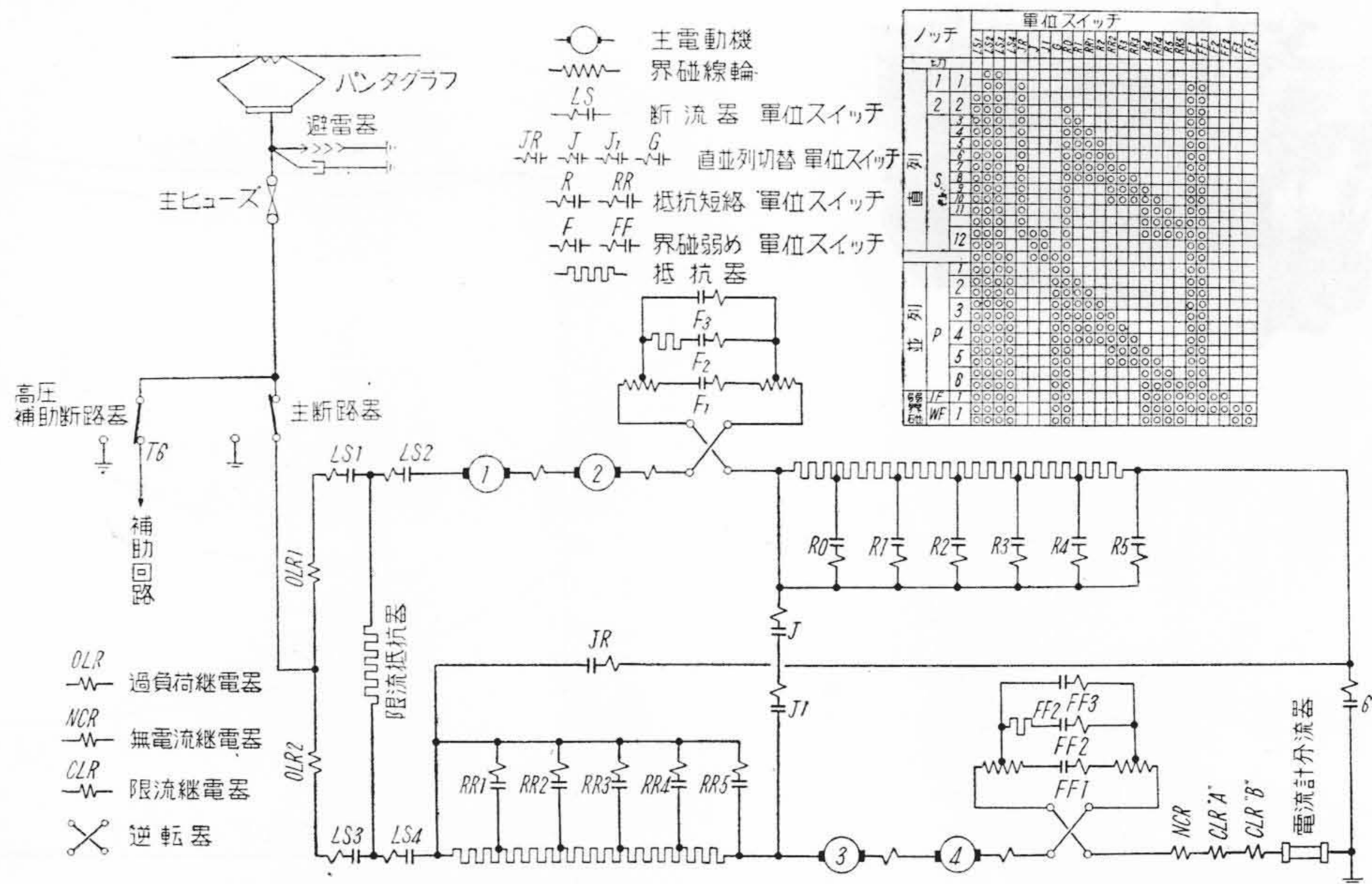
10. 制御装置

10.1 制御方式

本電車の制御方式は電磁空気式単位スイッチ群による自動間接制御方式を採用し，線電圧1,400V，175HP主電動機4台を制御しうる容量を有しており，電動車A，付随車B・C，電動車Dの4輦を1編成とし12輦3編成までの重連運転が可能である。

第31図に示す本電車の主回路ツナギにより明らかなように各電動車の4個の主電動機は2個永久直列の2群に分かれており，これを主幹制御器により直列並列制御を行うのであるが，直列から並列への渡りには橋絡式を採用して牽引力の変化を少なくし，自動加速は単位スイッチ連動接点と限流継電器によりノッチ進めが行われる。

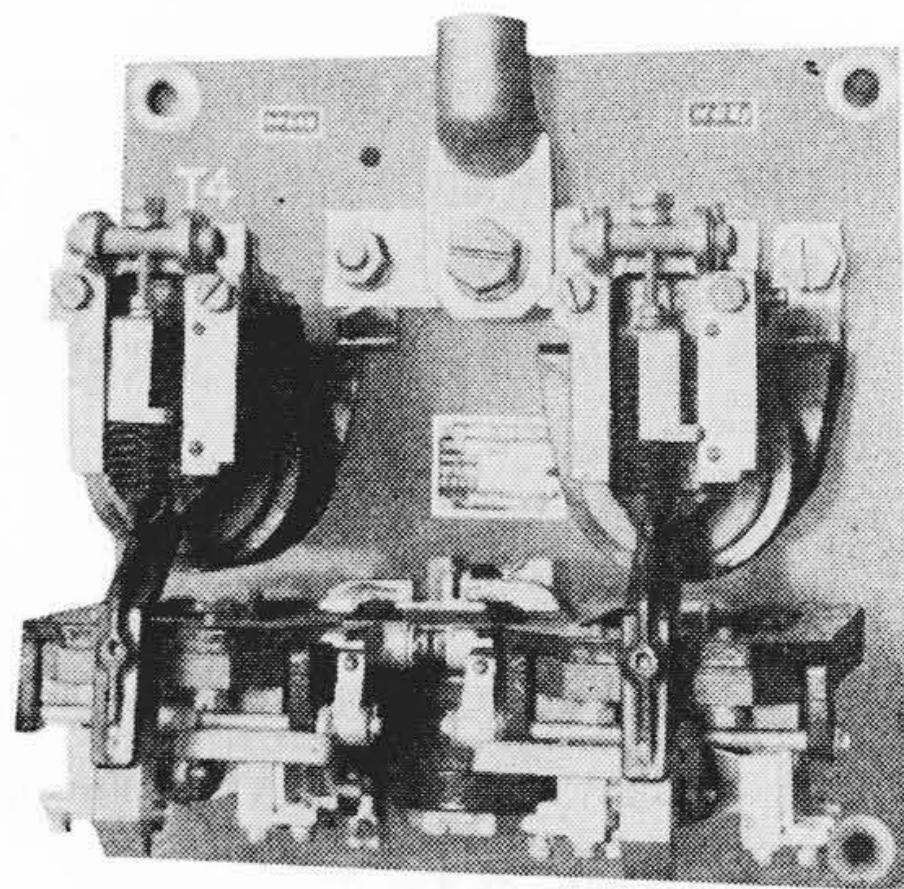
各電動機回路にはそれぞれ1個の過負荷継電器，2個の断流器および起動抵抗器があり，また各電動機回路を断流器の間で限流抵抗により接続している。これは起動時の衝撃を少なくするために使用されることはもちろん



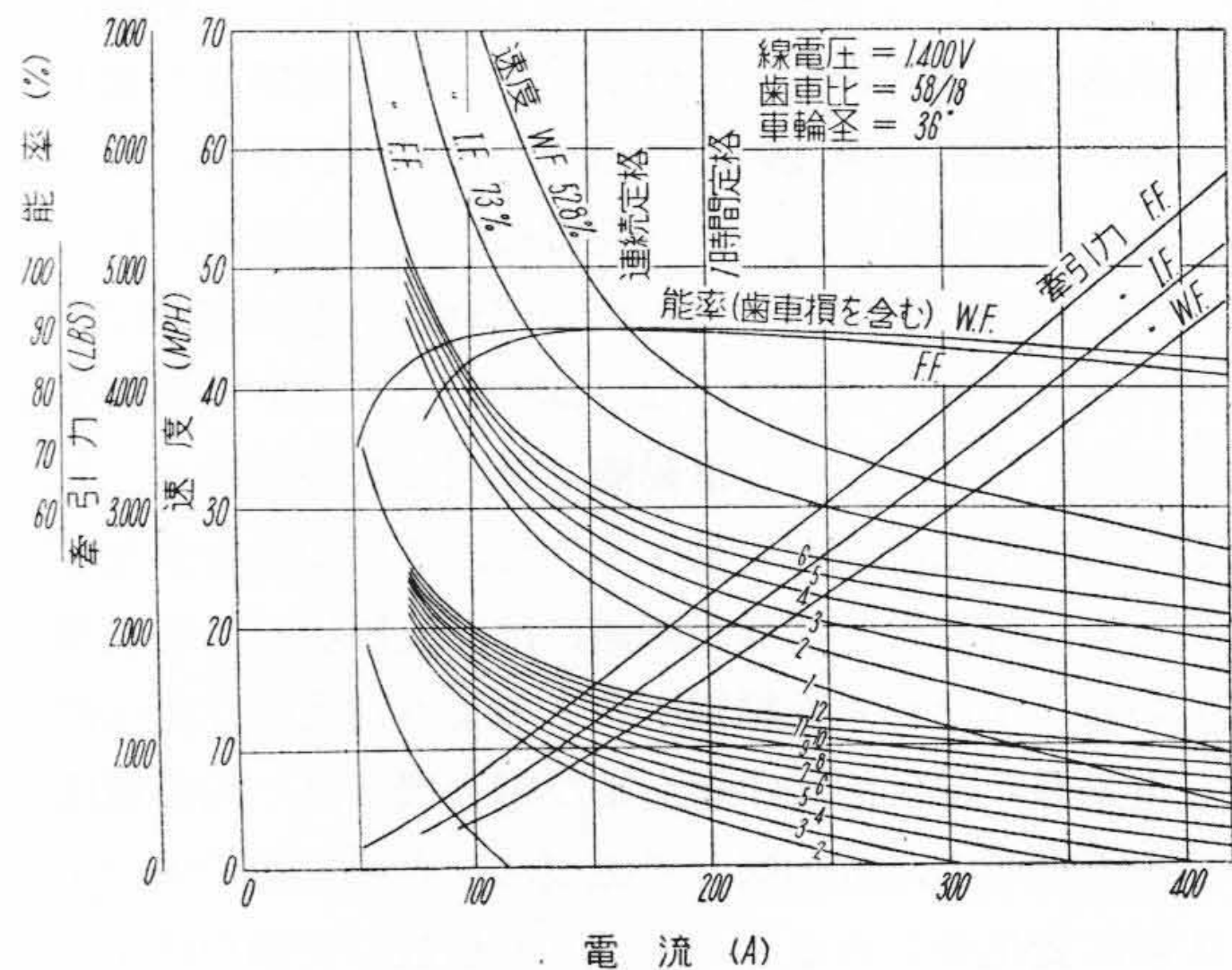
第31図 主回路接続図

であるが、事故による過大電流遮断の場合は、まず限流抵抗を回路に挿入することにより事故電流を減じて後主回路を遮断するいわゆる限流遮断にも使用してある。すなわち直列運転の場合は断流器 LS_1 LS_2 LS_3 が閉じており、このとき過電流が流れると過負荷継電器 OLR 1 が動作して LS_1 を開き限流抵抗を挿入して電流を減少せしめ後断流器 LS_2 LS_3 にて安全確実に全回路を遮断する。並列運転の場合は全断流器 4 個が閉じており、たとえば電動機 1, 2 の回路に過電流が流れると過負荷継電器 OLR 1 が動作して断流器 LS_1 LS_4 が開き、正常回路である主電動機 2, 4 の回路は断流器 LS_4 1 個で切り放し、主電動機 1, 2 回路には断流器 LS_1 が開くことにより限流抵抗が挿入され、後上記と同様断流器 LS_2 LS_3 にて遮断する。主電動機 2, 4 回路に過電流が流れた場合は過負荷継電器 OLR 2 が動作して同様の動作を行うものである。また加速中停電などにより線電圧が中断され、ふたたび送電された場合は突入電流により主電動機閃絡などの事故となるので、本方式ではこのような場合無電流継電器により回路を遮断し、ふたたび送電されると全起動抵抗を挿入した状態で再起動するようにし機器を保護している。第32図は過負荷継電器を示す。

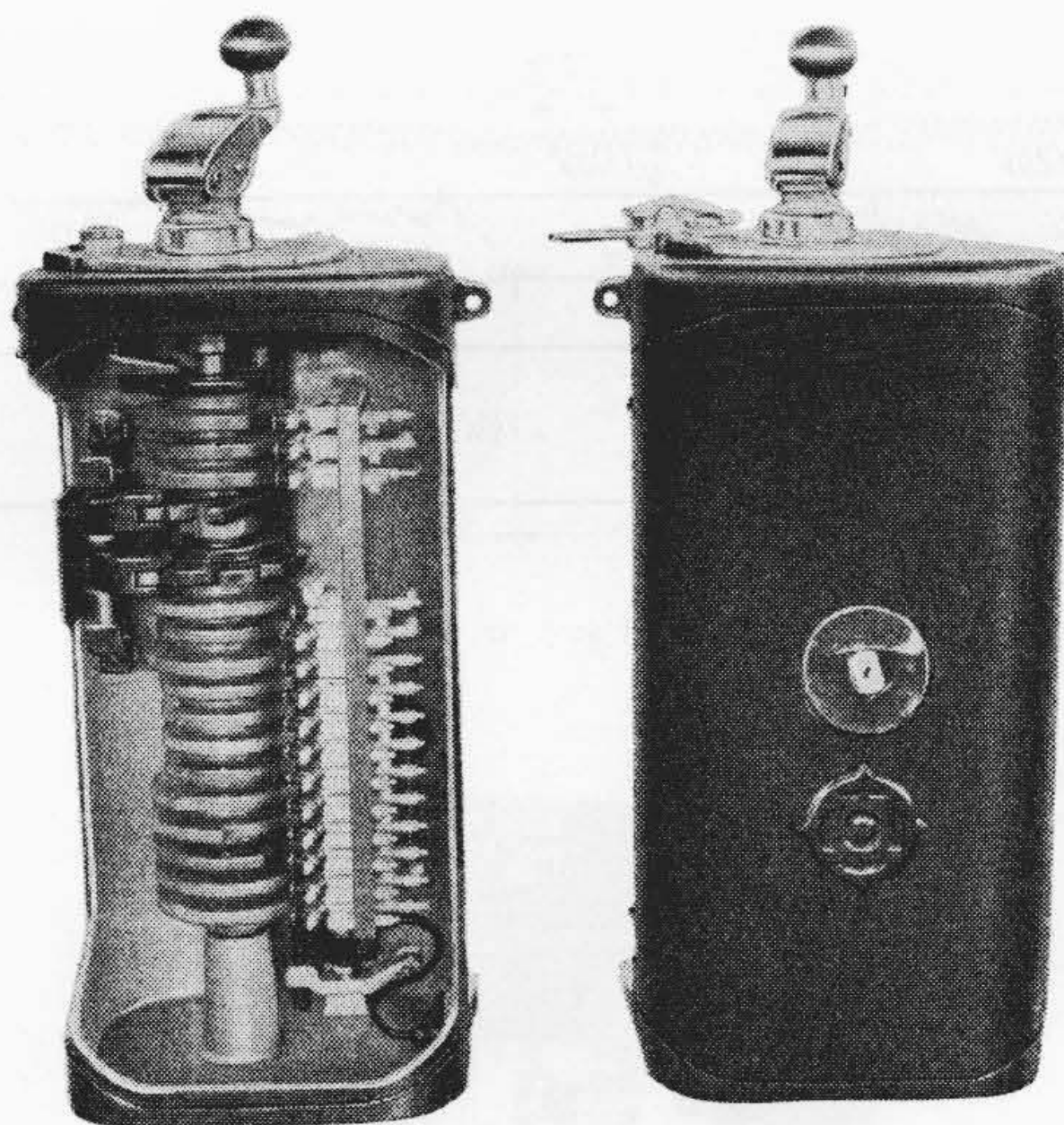
主電動機 2, 4 回路の負側には限流継電器 A, B の 2 個あるが目盛電流 A は 300A, B は 340A に調整されており、その補助接点は通常は低い調整値の限流継電器 A により制御されるが 1 編成中の片方の電動車が故障して平坦線を走行する場合および $1/34$ の勾配で起動する場合には、限流継電器 A の接点を押ボタンの操作で動作するア



第32図 過負荷継電器



第33図 ノッチ曲線



第34図 主幹制御器

ドバンス継電器により短絡して、限流継電器Bの制御を受け、大きな牽引力で起動するようになっている。

第33図のノッチ曲線図に示すようにノッチ数は直列12ノッチ、並列6ノッチ、弱め界磁2ノッチ、合計20ノッチの多段式で円滑なる起動を行わしめている。

パンタグラフの上げ電磁弁回路は第34図に示す主幹制御器が切位置にあるときのみ操作が可能である。また保守点検の際の安全を図り、高圧室の機器が加圧されていないときだけ入室することが可能なるよう後述のような機械的鎖錠が設けられているが、電気的にも鎖錠されている。

制御電源は電動発電機によるDC120Vであり、20Ahのアルカリ蓄電池を浮動充電している。これは電動発電機の故障の場合の制御回路および非常灯の電源としている。また電動発電機が故障した場合は編成中のほかの車より電源切換スイッチを操作することにより電力の供給が受けられるように引通し線が設けられてある。

充電回路に使用している逆流継電器は発電機により加圧されるコイルと蓄電池電圧をうけるコイルとが差動的に働くように、同一鉄心に巻かれており、この両電圧の差によつて動作する。すなわち発電機電圧が蓄電池電圧より高いときに接点を引き上げて逆流接触器を閉じ充電を行うが、ひとたび発電機電圧が下ると電流コイルに逆流電流が流れ、上記差動コイルと相まつてわずかの逆流電流ですみやかに接点を釈放して逆流接触器を開き、その特性はきわめてすぐれたものである。

10.2 制御機器

本制御機器の材料はBS規格またはIRS規格により製作されたものを使用し、高温高湿の気候条件のもとで十分その機能を発揮するとともに長期間の使用に耐えう

るよう十分の研究と細心の注意を払った。

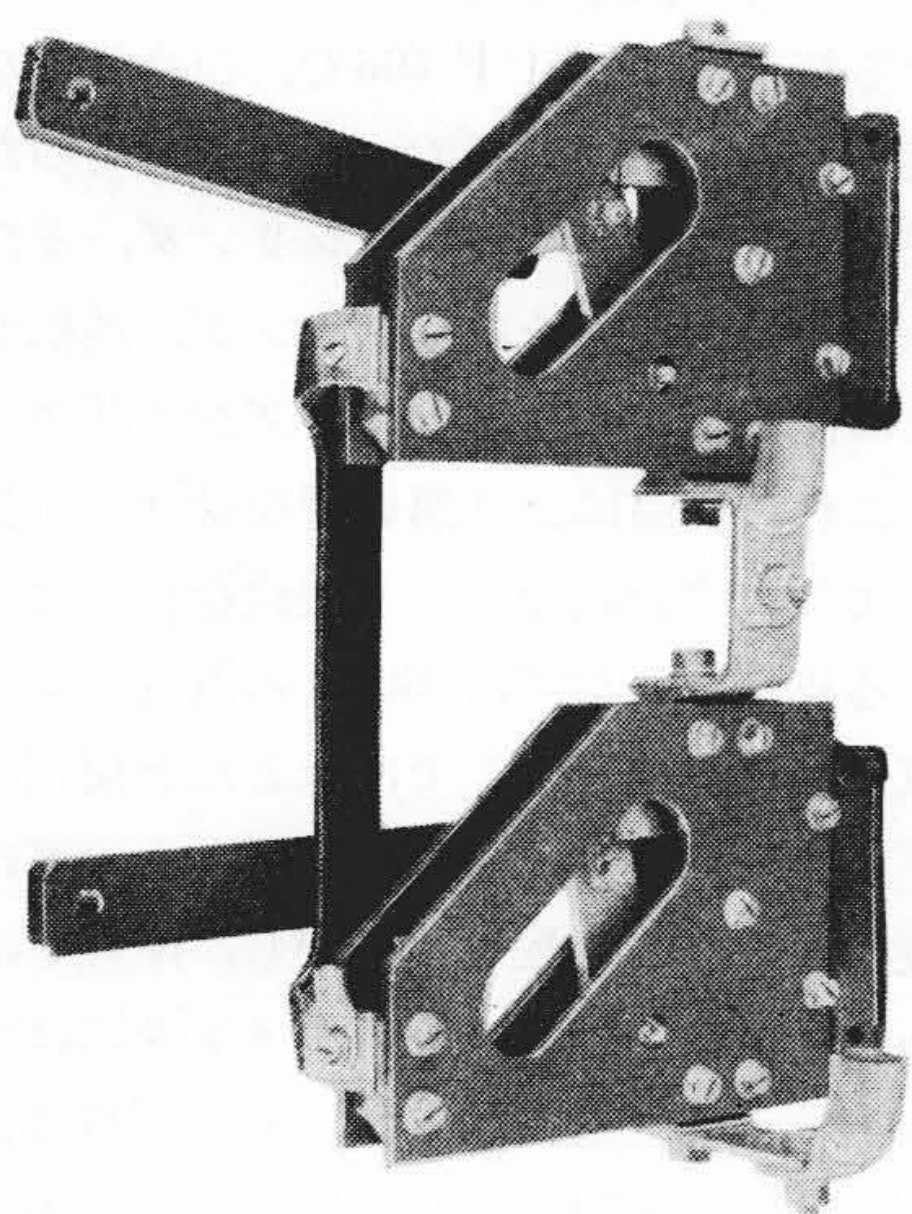
直射日光を受ける部分では151°F (66°C)の高温となり、また日陰温度でさえ115°F (45°C)となる。そのため直射を受けるパンタグラフ操作用空気シリンダ、また動作ひん度の高い各単位スイッチ空気シリンダ、逆転器空気シリンダなどに使用しているパッキングおよびグリースに関しては、これら高温により悪影響を受けて誤動作することのないよう、十分なる研究と実験を行つた。従来使用されている皮パッキングは60°Cの温度のもとではかなりの空気洩れがあり80°Cではほとんど使用不可能であることがわかつた。ネオプレーンパッキングは80°Cの周囲温度ではなんら心配なく動作し、摩耗もほとんど問題にならなかつたので、上記各シリンダにはすべてネオプレーンパッキングを使用した。また同時に潤滑用グリースに対しても高温のため変質したり、流出することのないよう各種実験の結果シェルアルバニヤグリースを用いた。

各機器に使用する絶縁物の種類、各部品の発錆に対する処置としての塗、メッキに関しても100%の湿度において長期間の使用に耐えうるよう特別な考慮が払われている。

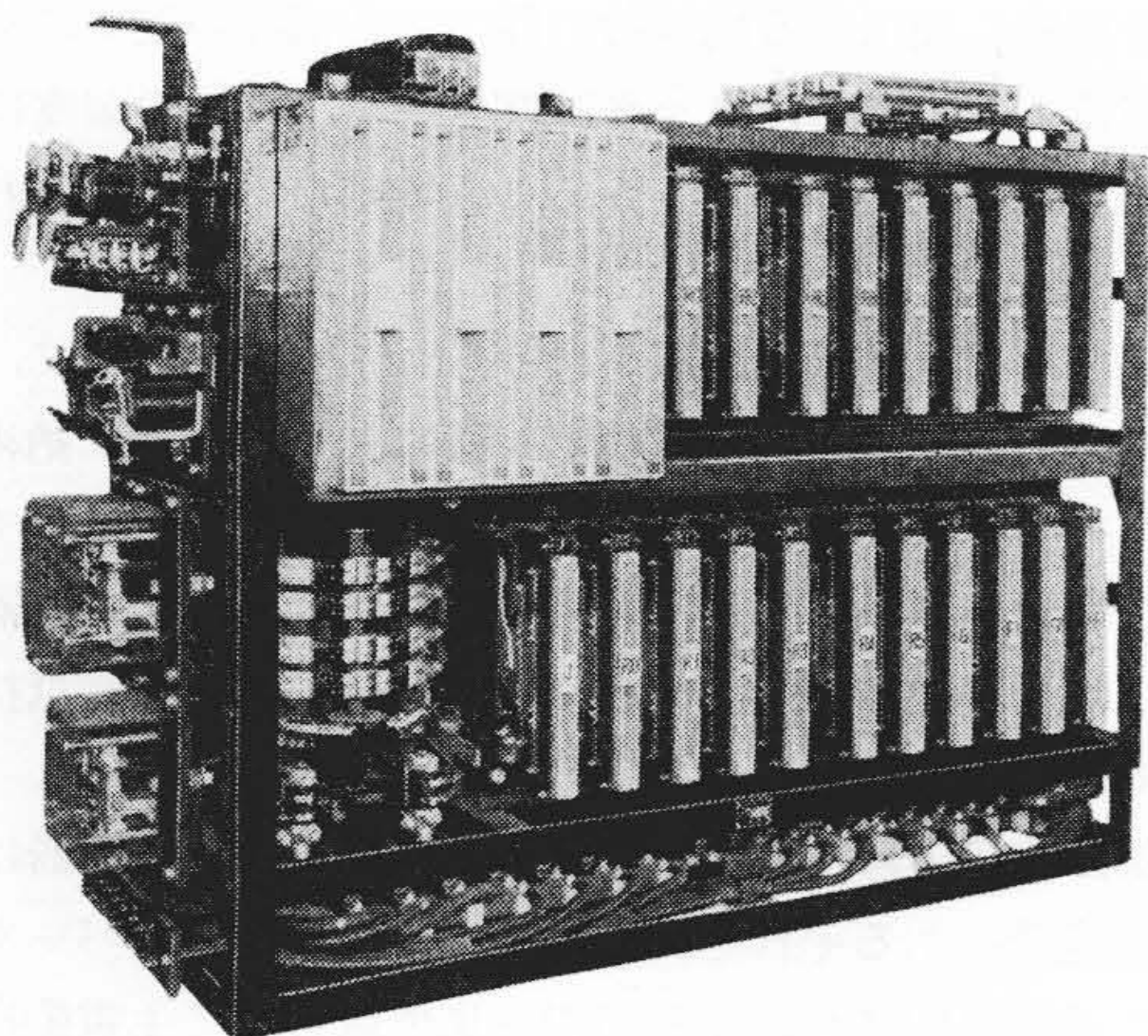
高圧機器は屋根上に取り付けられたパンタグラフ、主可溶器を除いてすべて運転室背後にある高圧室に納められている。すなわち、主電動機回路の各単位スイッチおよび継電器類が取り付けられた主制御器枠、主断路器および高圧補助回路機器を納めた第二高圧室、起動抵抗のある主抵抗器室などがある。

第二高圧室にある主断路器および高圧補助断路器は運転室後壁にあるそれぞれのハンドルにより、レバーを通して遠隔操作され、主断路器を切位置として主電動機回路を架線より切り離せば、高圧室の扉を開くことができる。さらに上記の状態の主幹制御器用逆転ハンドルにて高圧室内にあるパンタグラフの下げ用コックを開きパンタグラフを架線より離せば高圧補助断路器のハンドルの機械的鎖錠が解けて操作が可能となり、これを切位置に動かして電動発電機および電動圧縮機回路が架線より切り離されると、第二高圧室の扉を開くことができる。このようにその機器が加圧されていない状態のときだけ近づくことができるような機械的鎖錠があり、保守の安全を計っている。第35図下部が主断路器、上部が高圧補助断路器を示す。

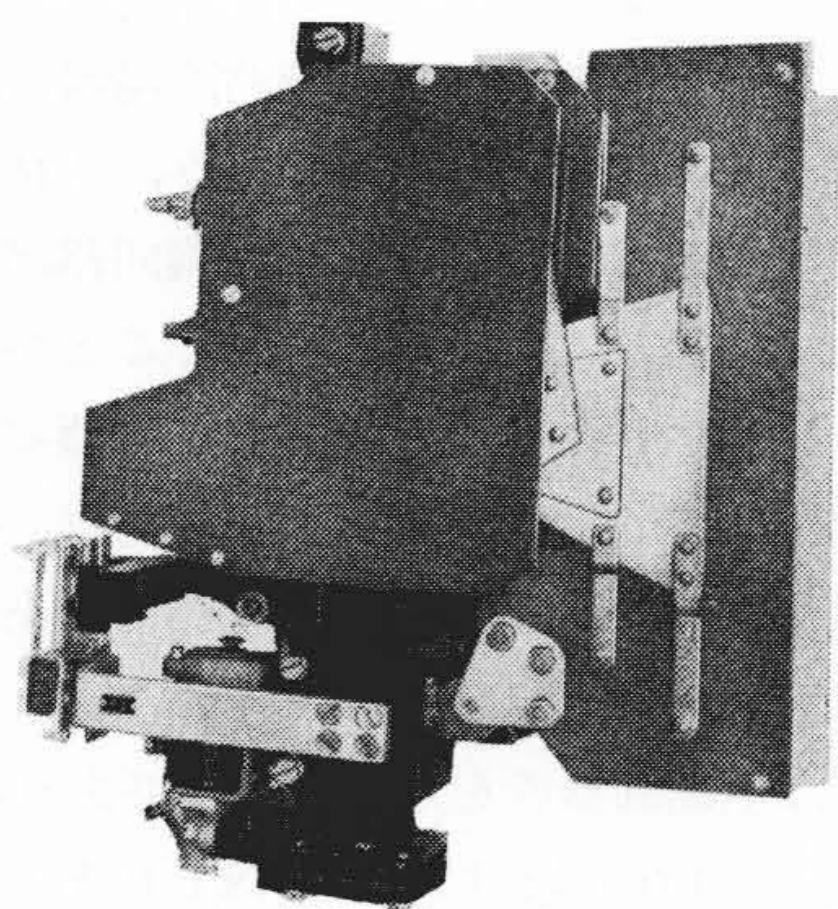
第36図は主制御器枠を示したものであり、断流器用単位スイッチ4個には補助アーク流しがあり、切替用4個、抵抗短絡用11個、界磁弱め用6個計21個の単位スイッチは、保守の簡便のため同一形式のものを用いてこれらを上下2段に分けて取り付けられている。さらに逆転器、過負荷継電器、限流継電器A型、B型、そのほかの継電器



第 35 図 主および高圧補助断路器

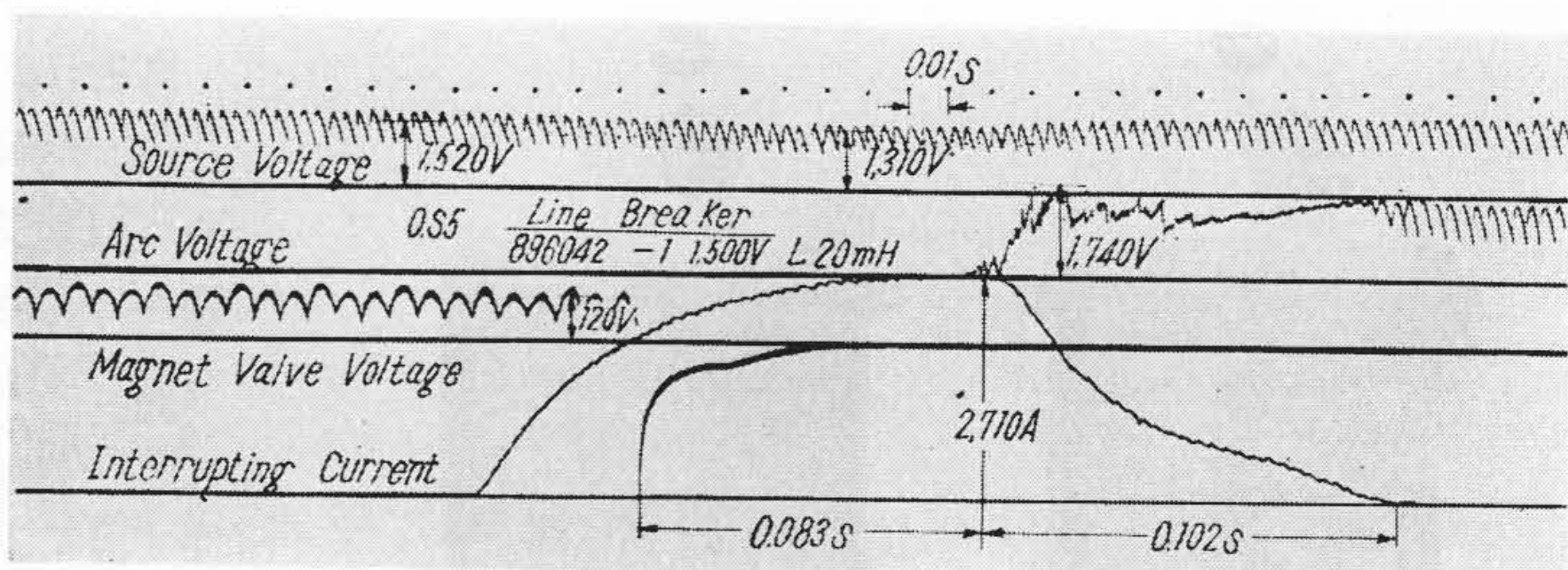


第 36 図 主制御器

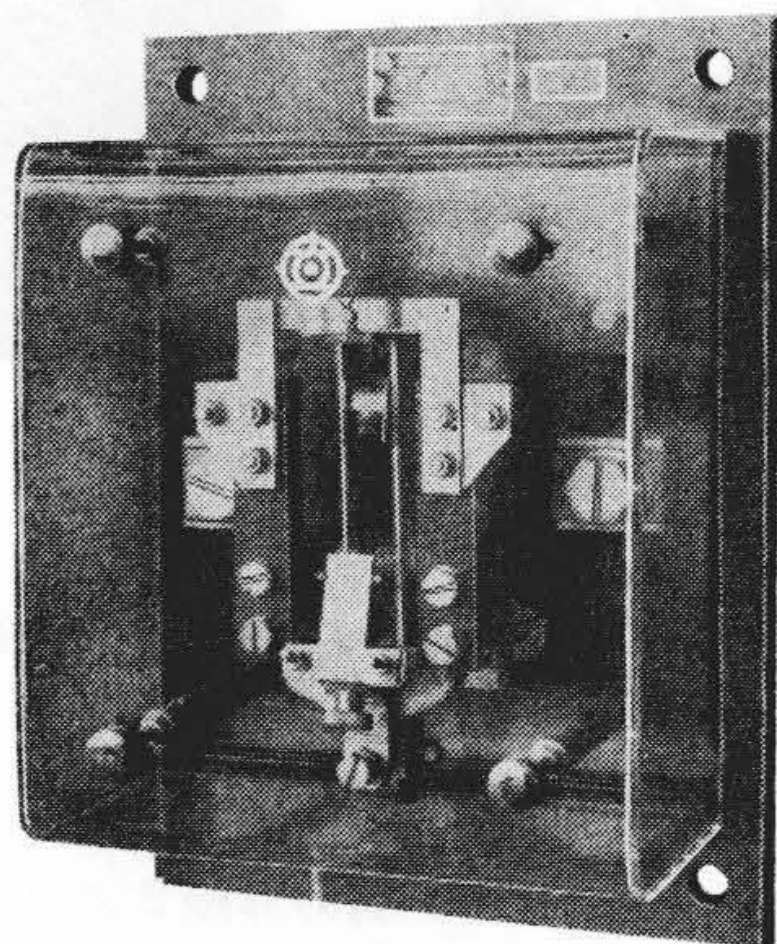


第 37 図 切替用単位スイッチ

が取り付けられている。単位スイッチのアーカ流しは内部アーカ流しと外部アーカ流しの2部分に分け、止め金を引



第 38 図 断流器遮断試験オシログラム



第 39 図 限流継電器

くことにより簡単に分離して取りはずせる構造としたので取り扱いが容易である。第 37 図は切替用単位スイッチの外観を示し、第 38 図は断流器用単位スイッチにより 1,500V 20mH の誘導回路で 2,710A を遮断した場合のオシログラムである。

限流継電器は A 型 B 型とも同一形式で調整目盛のみを変えており、目盛を安定させるために種々の考慮が払われた。第 39 図は本継電器を示すものであるが、アーマチュアにカウンターウェイトを設け、ほぼ重心の位置を支点として回転するようにしてあるので振動の影響をうけて誤動作をする恐れがない。また動作ひん度の高い本継電器の軸受部分には摩耗のため目盛狂いを生ずることがないように球軸受を使用してこの事故を防いでいる。

またノッチ飛越を防ぐために本継電器は空心型として引上電流を釈放電流の 105% 以下に押えてこの事故を防いでいる。

以上おもな制御機器について説明したが、このほか主幹制御器にはデットマン装置を設け、ハンドルより手を離すと自動的に空気ブレーキがかかると同時に電動回路を遮断して事故を未然に防止し、無電流継電器、逆流継電器は回転式の平衡可動子型を用いて動作を安定させており、そのほかの機器についても従来の経験をもとにして種々の改良を加えてあるので制御装置全体として非常に信頼度の高いものとなっている。

11. そのほかの装置

この電車は最大12輛（3編成）までの連結が可能な設計としている。

連結器は編成の両端と中間とで異なつた型を採用しているが、いずれも肘式の自動連結器で、スペンサー式ゴエム緩衝器入りの側緩衝器、中間にはコイルバネ式のフンダーを有する。

各客室には乗客警報装置が設けられ、非常の際には、乗客が把手を引くことにより運転手に通報するとともに、その車輛の車端に標識板が出るような構造となつてゐる。

編成の両端台車には、ハスラー機械式速度計が取り付けられ、直読式および記録式の計器により、走行速度を指示するようにしている。また運転台正面には照明付の大型方向幕を有している。

12. 結 言

以上ボンベイ郊外線用電車の構造の要点および車体強

度などについて記述したが、この電車は材料、工作面においてもインド国鉄およびその関連規格の厳格な適用を受け、綿密な検査に合格して納入されたわが国最初の東南アジア向け輸出郊外電車である。したがって日立製作所の有する各部門の技術が一丸となつて優秀な車輛の完成に努力したことはいうまでもない。

仕様、構造の諸特長は、今後この方面に輸出される車輛製作に当つての貴重な体験となり、また荷重試験結果の検討は、この種車輛設計に際し貴い資料を与えてくれたものと思つてゐる。これらについての詳細な解析はなお継続中であるが、とりあえず現状を取りまとめて報告する次第である。

終りに、鋼体荷重試験について御指導を賜つた日本国有鉄道技術研究所三木客貨車研究室長、吉峯技師に厚く感謝するとともに、本電車の設計、製作および試験検査に御協力御指導下された日本国有鉄道監督員各位に感謝の意を表する次第である。



特 許 の 紹 介



実用新案 第 458602 号

阿 部 哲 義 ・ 久 保 田 武 雄

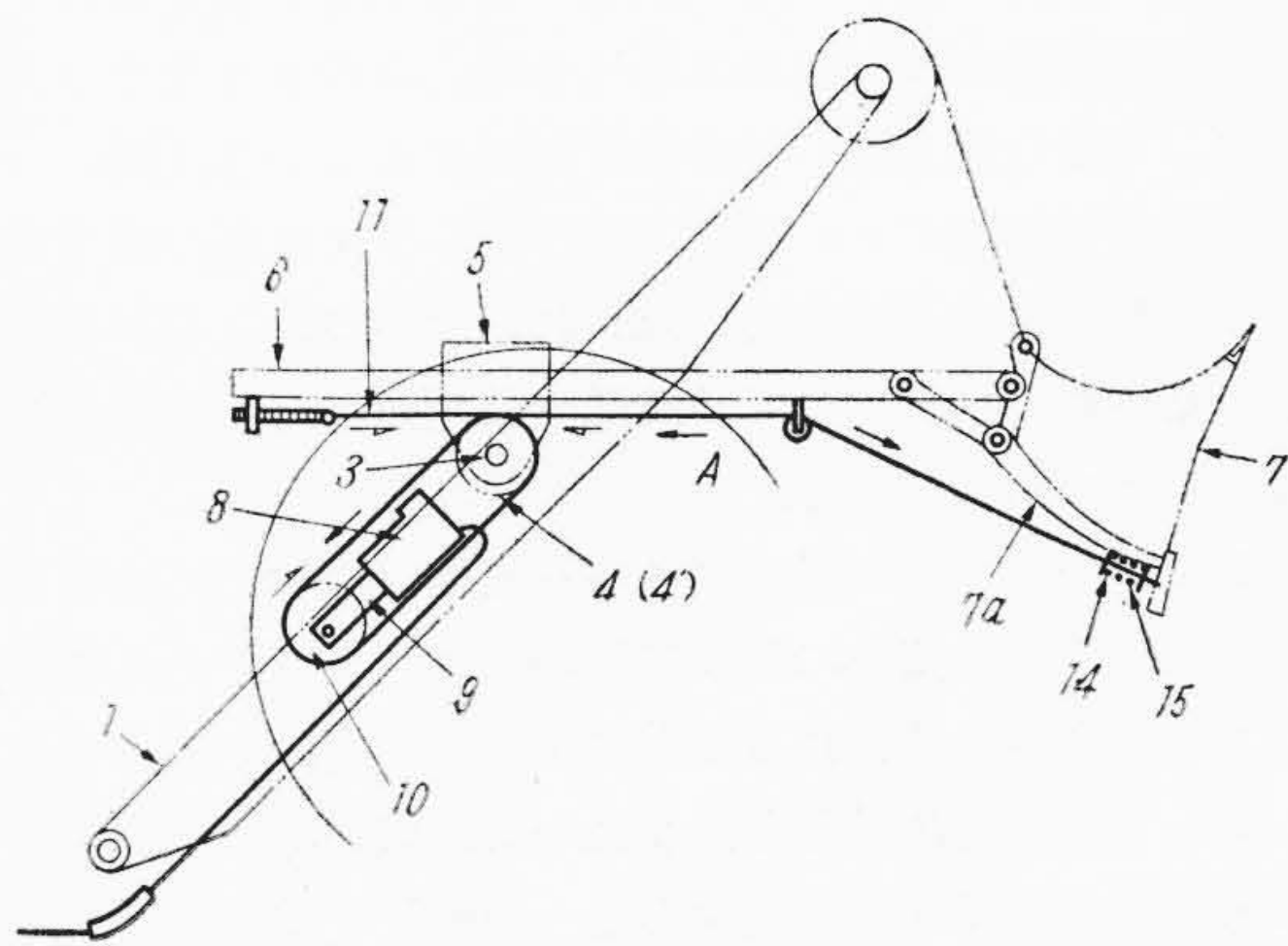
パ ワ ー シ ョ ベ ル の ジ ッ パ 底 蓋 開 閉 装 置

このジッパ底蓋開閉装置は、ブーム1のサドル5の下方部分に空気シリンダ8を設置し、その中におさめたピストンのロッド9にシープ10を取り付け、開閉ロープ11の一方側をジッパハンドル6の後端に固着し、他方側をサドル軸3に取り付けたガイドシープの一方4、シープ10、ガイドシープの他方4'を順次経てジッパ7の開閉バー14に連結した構造を特徴とするものである。

運転手が運転席から開閉用作動弁を操作して圧気を空気シリンダ8に送ると、シープ10をそなえたピストンのロッド9が押し出される。したがって、開閉ロープ11はロッド9の行程の $\frac{1}{2}$ だけ矢印A方向に動き、ジッパ7の開閉バー14を引張る、そこでジッパの底蓋7aが開かれる。

運転手が開閉用作動弁を前と反対に操作し空気シリンダ8の圧気を排出すれば、ピストンとともにシープ10がもとの位置にもどされると同時に、もどしバネ15の作用により開閉ロープ11がもとの状態にもどされる。そして底蓋7aが閉じられる。

この考案では、開閉バー14に近いブーム上に設けた空気シリンダをかいして開閉ロープを直接引張つて底蓋をあけるようにしたので、時々調整を要するフリクションクラッチ付の開閉ドラムも必要なく、したがって保守が



容易で、かつ開閉ロープの所要長さも短かくてよい。また、開閉ロープのかけ方が上述のようになつてゐるので、ジッパを重力により急速にひっこませた場合でも開閉ロープにゆるみが生ぜず、底蓋を早くあけることができるなどの効果がある。
(富田)