

羽田線モノレールカー電気品

Electrical Devices for HITACHI-ALWEG Monorail Train
of Haneda Monorail Line

神谷清* 上原守**
Kiyoshi Kamiya Mamoru Uehara

内 容 梗 概

東京国際空港と都心間の交通量の激増に対処するため計画された東京モノレール羽田線が完成し、モノレールカー 11 編成が新造された。

このモノレールカーは、羽田空港—浜松町間約 13.1 km を最高速度 80 km/h, 走行時分 15 分で結ぶ一般郊外電車なみの性能を有する世界最初の本格的輸送機関としてのモノレールカーである。これに使用される電気品のおもな特長は次のとおりである。

- (1) 130 kW×4 台の主電動機および高性能制御装置を使用した本格的輸送機関としての大容量電気品である。
- (2) 高架, トンネルを走行するので, 信頼度の高い日立 1 回転式 MMC 制御器を主体とした総括制御自動加減速度多段式制御装置を使用している。
- (3) 走行区間の約 70% が海上または海岸のため, 塩害対策を十分考慮して設計製作されている。
- (4) 車体が特殊形状であり, そのスカート部に収納される電気品は空間的制約をうけ, 大容量にもかかわらず薄形軽量としてある。
- (5) 高架, トンネルを走るため, 特に不燃構造を考慮して設計製作されている。

このモノレールカー用電気品は, 工場および羽田線における幾多の試験を経て昭和 39 年 9 月営業運転にはいり, 目下好評のうちに運転中である。

1. 結 言

モノレールカーは観光用, 遊園地用のみならず, 飽和状態に達している都市交通を開拓する, 新しい交通機関として特に注目されている。

さきに名古屋鉄道株式会社犬山ラインパーク⁽¹⁾および株式会社関東レース倶楽部, 読売ランドに, 日立-アルウェグモノレールカーを納入したが, 今回羽田空港と国鉄浜松町駅を結ぶ東京モノレール株式会社羽田線に, 本格的輸送機関としてのモノレールカー 11 編成を納入した。この羽田線の完成により都心と羽田空港間がわずか 15 分で結ぶことができるようになった。

このモノレールカーに使用される回転機, および制御装置としては, 地上十数メートルの高所およびずい道を走るため, 信頼度の高いこと, 不燃構造であること, 特殊な車体形状にぎ装されるため, 大容量電気品であるにもかかわらず薄形軽量であることなどが必要である。さらに今回の羽田線においては, 走行区間の約 70% が海岸または海上であるため, 塩害には十分な考慮を払う必要がある。以下その概要について述べる。

2. 一 般 仕 様

3 両固定編成および 6 両固定編成の 2 種があり, 最大 9 両まで連結運転が可能である。

モノレールカーの一般仕様は第 1 表に示すとおりである。

3. 主 電 動 機

3.1 仕 様

仕様の選定にあたっては次のような条件を考慮した。

- (1) 羽田空港—浜松町間を中間の勝島駅停車時間 30 秒を含めて, 2 両編成または 6 両編成で約 15 分で走行すること。
- (2) 最高運転速度を 100 km/h とすること。

* 日立製作所日立工場

** 日立製作所水戸工場

第 1 表 一 般 仕 様

項 目	3 両 編 成	6 両 編 成
形 式	日立-アルウェグ式モノレールカー	日立-アルウェグ式モノレールカー
編 成	100 形(奇数車)+200 形 +100 形(偶数車)	300 形(奇数車)+200 形+350 形(偶数車)+350 形(奇数車) +200 形+300 形(偶数車)
最 大 編 成 乗 客 / 編 成	9 両	9 両
定 員	240 人	498 人
満 員	317 人	660 人
自 重 / 編 成	40.68 t	80.6 t
最 大 寸 法		
長 さ	29.4 m	59.4 m
幅	3.02 m	3.02 m
高 さ	4.308 m	4.308 m
電 気 方 式	直流 750 V 軌条給電式	直流 750 V 軌条給電式
主 電 動 機 台 数 / 編 成	130 kW×4 台	130 kW×8 台
制 御 装 置	MMC HTBM-20A 形総括制御自動加減速電動カム軸式電空連動ブレーキ式	MMC HTBM-20A 形総括制御自動加減速電動カム軸式電空連動ブレーキ式
電 動 発 電 機	交流 100V 6.5 kVA 60 c/s	交流 100V 6.5 kVA 60 c/s
空 気 プ レ ー キ	三相三線式 HSC-D 形	三相三線式 HSC-D 形

(3) 加速度は空車時~満車時にわたって 2.7 km/h/s であること。

(4) 平常時最大上りこう配 60‰ で起動可能なこと。また事故時においても 12 両編成に対し 4 個の主電動機を電氣的に切り離しても, 残り 12 個の主電動機で 50‰ 上りこう配で起動可能なこと。

以上を満足するものとして, 主電動機は補償巻線付きとして最弱界磁 22% F まで使用するいわゆる広領域主電動機⁽²⁾⁽³⁾とし, 第 2 表のような仕様とした。

駆動方式は減速機構を含めて小形軽量化をはかるため 2 段減速を採用した。

主電動機特性曲線, 速度—列車抵抗, けん引力曲線をそれぞれ第 1, 2 図に示す。

第 2 図 から明らかなように本主電動機は最高運転速度 100 km/h

にいたるまで十分な加速性能を有する。

第3図は現行の運転曲線を示したものである(途中停車なし)。

第2表 主電動機仕様

項目	仕様
形番	HS-514-Brb
形式	EFO-H ₆₀ KK (補償巻線付)
定格	1時間定格
容量	130 kW
電圧	375 V
電流	390 A
回転数	2,000 rpm (80% F)
最弱界磁率	22% F
最高許容回転数	4,700 rpm
絶縁(界磁電機子とも)	F種
車輪径(計算上)	1,130 mm
歯車比	8.355
定格速度	51 km/h
定格牽引力	910 kg
最高運転速度	100 km/h

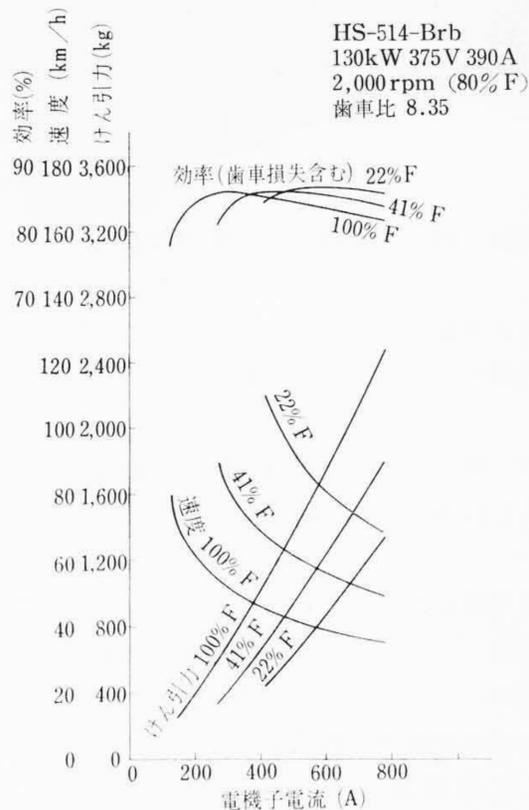
3.2 構造

絶縁はF種を採用し、界磁絶縁にはすでに大量の実績を有する無溶剤エポキシ樹脂ワニスを使用したが、日立製作所では電機子の無溶剤エポキシ樹脂絶縁についてもすでに生産態勢をととのえており、本機の一部にもエポキシ樹脂絶縁電機子を採用し、きわめて好成績をえている。本機の長期使用実績は今後現場における保守費の低減についての貴重な資料になるものと考えられる。

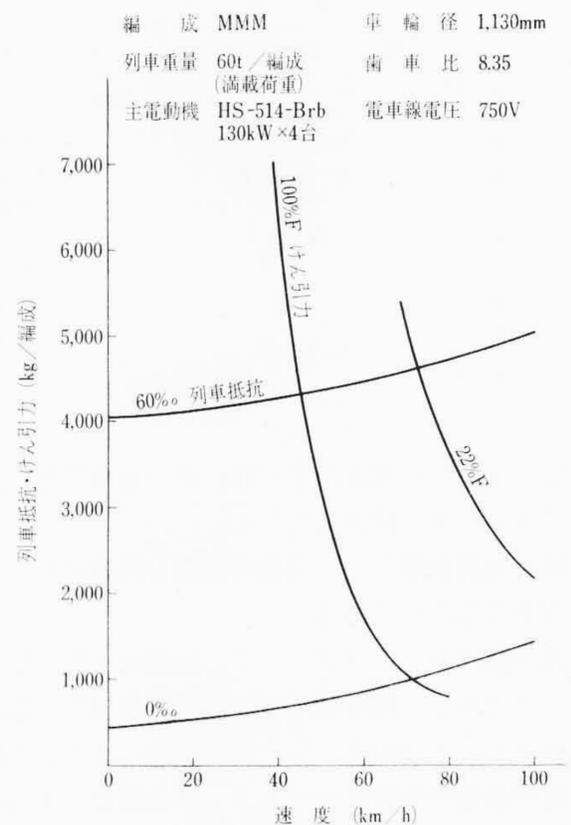
電機子みぞには適度にスキューを行なって、運転中の磁気音の減少と整流の改善をはかり、さらに刷子をしゅう動特性の良好な丸頭2分割刷子とし、整流子片には銀カドミウム入りの高抗張力特殊整流子片を採用した結果、運転中つねに良好な整流性能を有している。

磁気わくには圧延鋼板を使用し、整流子側鏡ぶたを磁気わくといったいにしたため刷子保持器の取付位置が正確に保たれ、また分解組立作業が容易なものとなった。

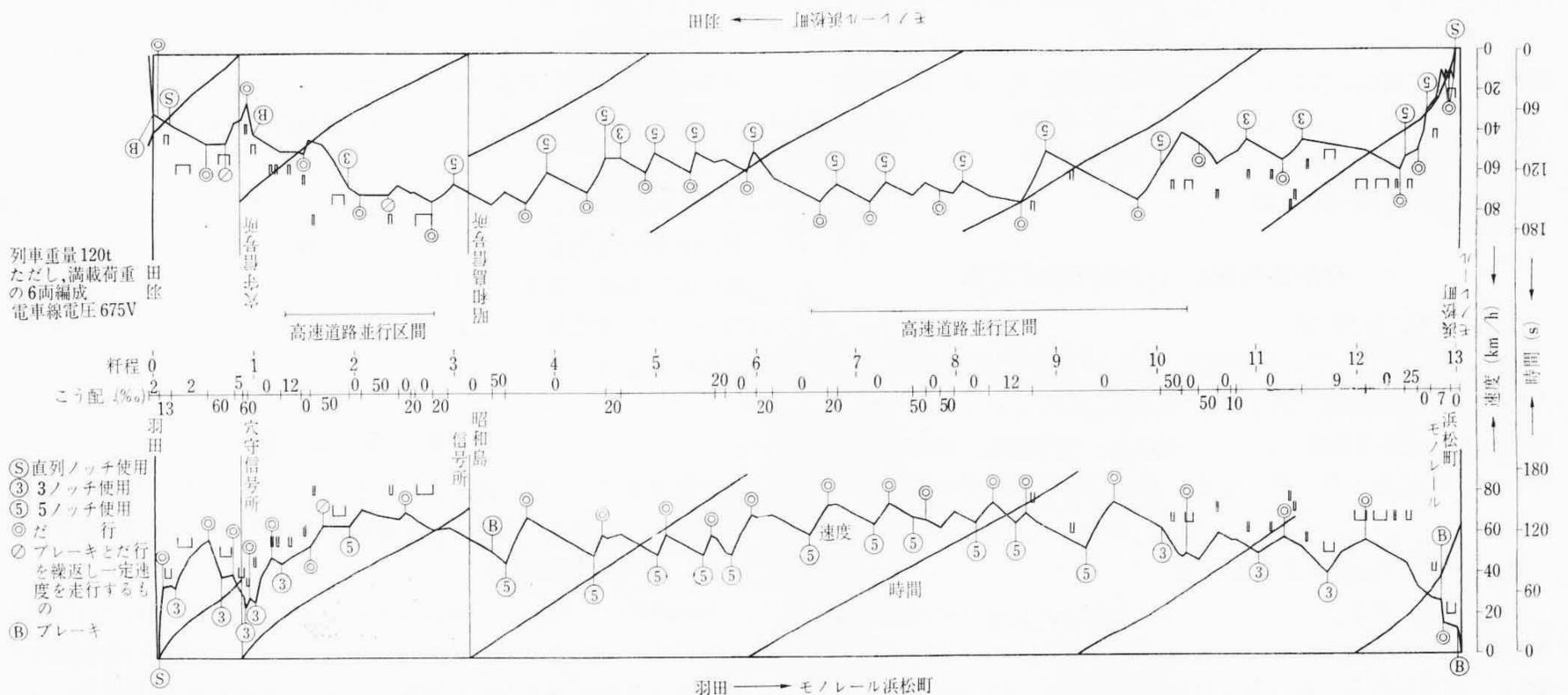
冷却風は整流子側点検ぶたに設けたフィルタを通して吸入され、ファン側の鏡ぶたに設けられた排気口から排出される。



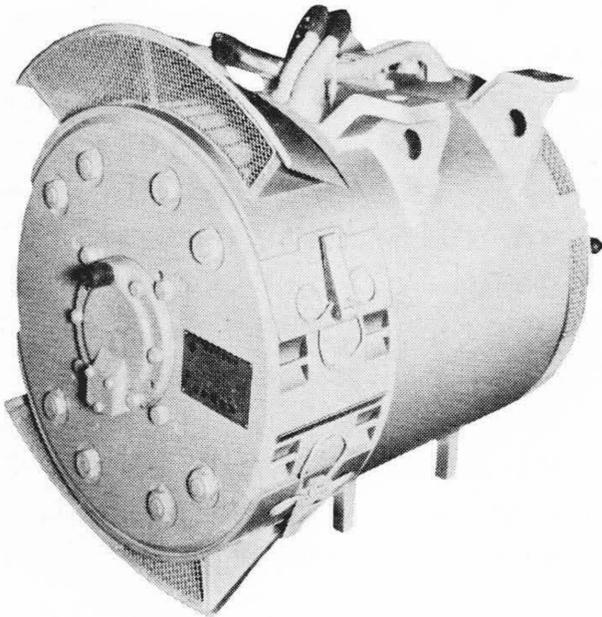
第1図 主電動機特性曲線



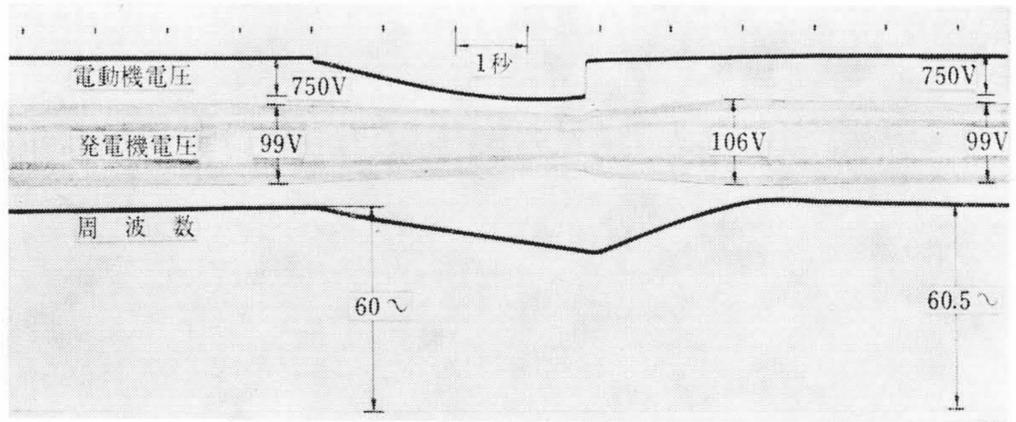
第2図 速度—列車抵抗・けん引力曲線



第3図 運転曲線



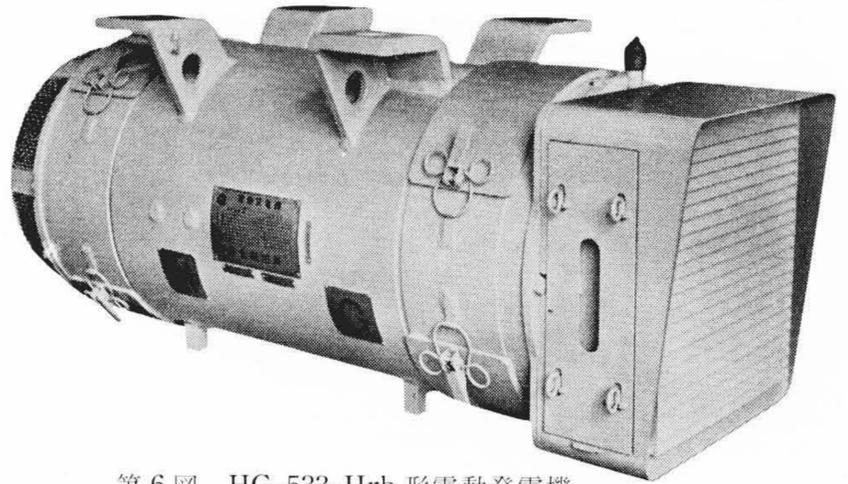
第4図 HS-514-Brb形主電動機



(電源電圧 750V, 遮断後4秒で再投入 発電機 全負荷)
第5図 電動発電機電源再投入オシログラム

第3表 電動発電機仕様

項目	仕様	
	電動機	発電機
形番号	HG-533-Hrb	
形式	EFO-SP	EFO-SP
容量	入力 10.8kW	出力 6.5kVA
電圧	750V	100V
電流	14.4A	37.5A
相数		3
周波数		60 c/s
力率		90%
回転数	3,600 rpm	



第6図 HG-533-Hrb形電動発電機

フィルタ部には除じん効果がすぐれ、かつ通風性能の良好なビニールスポンジフィルタを使用している。

ファンは軽合金鋳物製とし、羽根の構造を高速回転においても騒音が少なくなるようにしてある。

軸受は整流子側はボールベアリング、反整流子側(駆動側)はローラベアリングである。軸受部は主電動機を傾斜して取り付けることによりスラストに十分耐え、かつ潤滑性能のすぐれた構造を備えている。整流子側軸受部分はカートリッジ式構造を有し、軸受部を分解することなく電機子の抜き取りが行なえるようにしてある。

モノレールは全線の約70%が海岸または海上を走るの、刷子保持器表面には銀メッキをほどこし、界磁線輪端子部にはシリコンゴムテープを使用して防湿性絶縁をほどこし、湿度、塩分に対する防護を十分に考慮してある。また刷子の点検、取り換えは車体マウントカバーを開くことにより片側のみから行なえるように保守の簡易化にも考慮をはらった。

主電動機の外観を第4図に示す。

4. 電動発電機および低圧直流電源

4.1 電動発電機

蛍光灯、前照灯などの照明装置、ファンデリア、制御装置、信号、ATS装置、誘導無線、車内放送、蓄電池充電などいっさいの低圧電源としての電動発電機およびその調整器、主電動機、制御装置と同様に、小形軽量、取り扱い容易、高性能を目標に設計製作されている。

電動発電機の仕様を第3表に示す。

L-C共振回路およびトランジスタを組み合わせた自動周波数調整器と、可飽和変流器による自動電圧調整器により、入力電圧450~825V、発電機負荷、無負荷~全負荷の範囲で、出力電圧、周波数の変動が定格の±5%以内ときわめて良好である。また、速応性のよ

いトランジスタ増幅器の採用と、プッシュプル制御のため、電源電圧の急変や再起動などの過渡時においても安定した特性を保持している。

過渡特性の一例として、発電機全負荷状態で入力電圧を遮断し、4秒後再投入した場合の発電機電圧のオシログラムを第5図に示す。

接続部、刷子保持器、フィルタなどについては主電動機制御装置と同様に、塩害、塵埃(じんあい)に対する考慮がはらわれている。この結果、現車においてもきわめて良好な実績がえられている。

第6図に電動発電機の外観を示す。

4.2 低圧直流電源

低圧直流電源としては、電灯・制御装置・制動装置・戸閉装置・信号・ATS装置用の+100V(2.3kW)信号・ATS装置用の+40V(0.4kW)信号・ATS装置・誘導無線・車内放送装置用の-24V(0.48kW)の3種の電源を有している。これら3種の電源は電動発電機のAC100V、3相、60c/sの出力を変圧器とシリコン整流器によって降圧整流し、燃結式アルカリ蓄電池を浮動充電することによってえている。

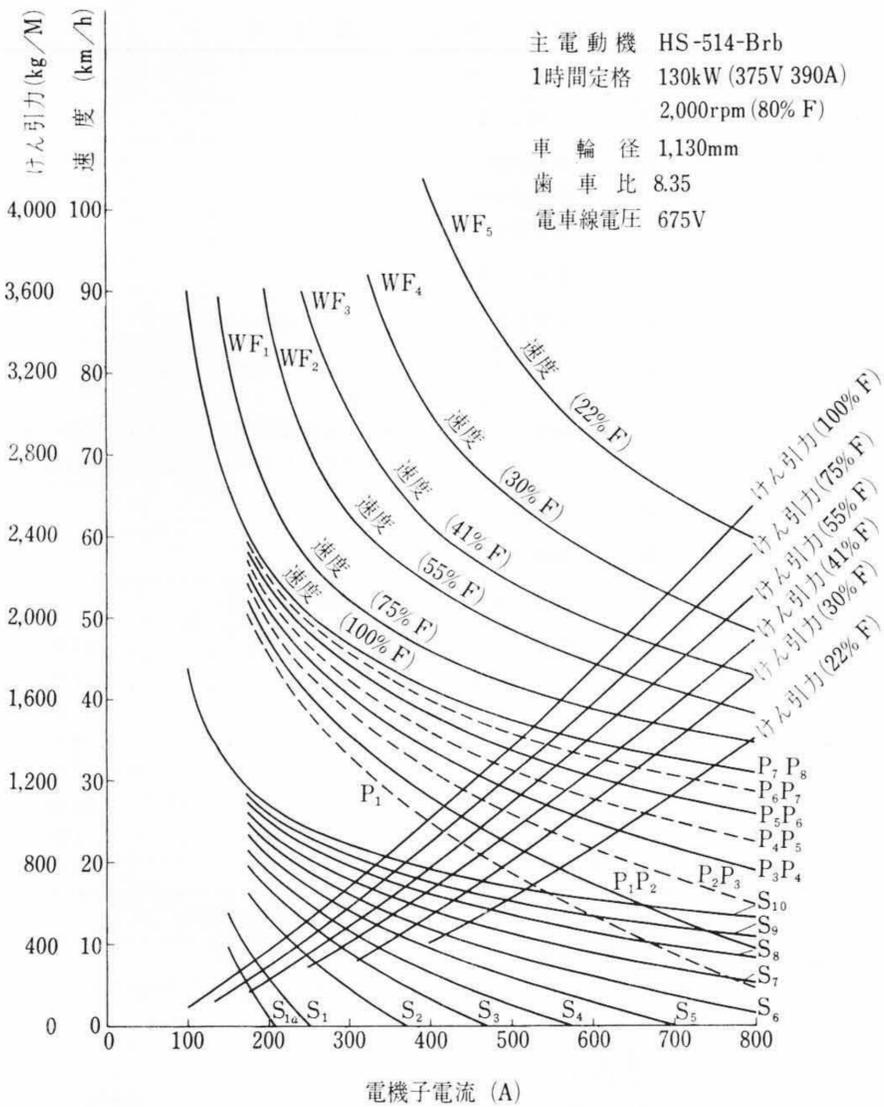
この浮動充電すべき蓄電池の容量は、このモノレールカーが片道15分の走行を行なうのみであるから、停電または電動発電機故障後30分間、負荷に供給するAHで十分である。したがって小形軽量とするため、大電流による充放電の可能な13.5AHの焼結式アルカリ蓄電池を採用した。

5. 制御装置

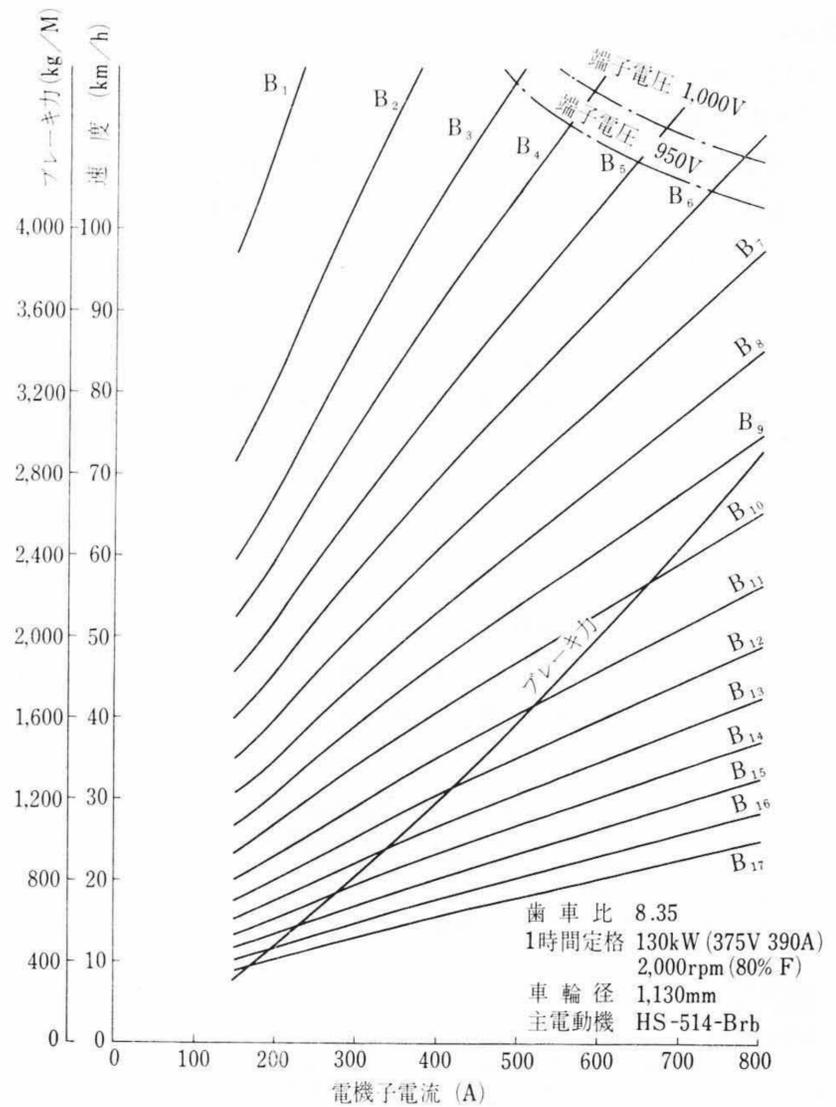
本制御装置の仕様を第4表に、主回路ツナギを第7図に示す。また電動ノッチ曲線、制動ノッチ曲線をそれぞれ第8,9図に示す。

5.1 制御装置の特長

制御装置としては、一般郊外電車に多くの実績を有しているカム軸1回転で、抵抗制御、直並列切り替え、弱界磁制御の全制御を行なう日立1回転式MMC形電動カム軸制御装置^{(4)~(6)}を採用している。特にモノレールカー用として、次のような点を考慮して設計製



第8図 電動ノッチ曲線



第9図 制動ノッチ曲線

停止装置と連動して自動的に規定距離内に列車を停止させる。
 (2) 主電動機 130 kW×4 台の制御が可能な大容量制御器を車体スカート部に納めるため、ボディマウント構造を採用して、極力薄形軽量で、前面のみから点検ができる構造とした。
 (3) 本制御装置は高所またはトンネル内のみを走行するモノレールカー用であるから不燃構造に留意した。一般郊外電車では、断流器の補助アーク流し部、電線クリート、断流器箱、高圧ヒューズ箱などに木材を用いているが、これらの部分はすべて、ガラスポリエステル樹脂、硬質塩化ビニール樹脂、ポリセット積層板、鉄箱などとしている。
 (4) 走行区間の大半が、海岸または海上であるため、塩害対策については特に考慮した。空気中の塩分は、湿度の低いときほど多いことが確認されている⁽⁷⁾が、主要機器は完全密閉されたボディマウント内に納めてあり外気と隔離している。

塗装用にはフタル酸系塗料を使用し、メッキ部には、メッキ後クリヤ塗装を行なっている。フェノール樹脂製品には、シリコンワニス塗布して絶縁抵抗の低下を防止している。

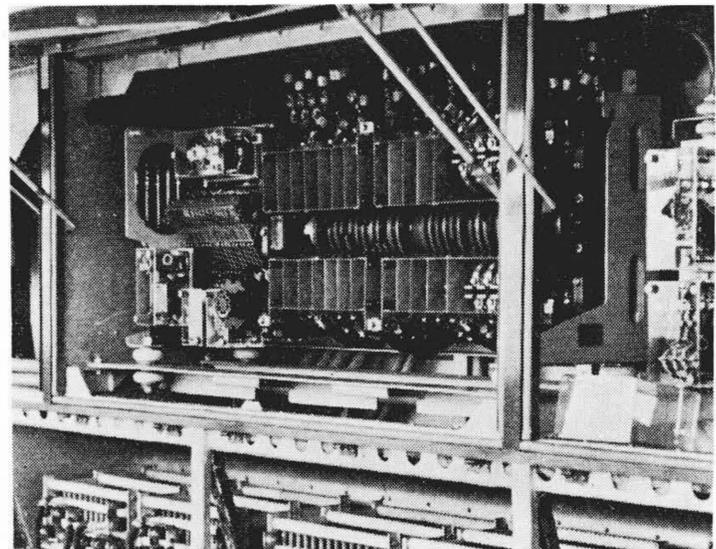
また抵抗器は密閉することができないので、抵抗材料には塩害につよい銅-ニッケル系材料を使用し、ホーロー引き抵抗器の表面にはかび止め処理を施している。

5.2 制御機器

5.2.1 MMC HTBM-20A 形主制御器, BO H-45A 形制動転換器

MMC HTBM-20A 形主制御器は、日立標準形1回転式カム軸制御器で、抵抗短絡、直並列切替、弱め界磁制御のカム接触器、継電器類、カム電動機などを納めている。また BO H-45A 形制動転換器には電動制動切替用カム接触器・逆転器などが納められている。

このカム接触器は常時閉路形であるため、動作が確実で溶着の心配がない。逆転器は双極双投式で、1組のカム接触器で主電動機1群の逆転操作を行なうので小形であり、接触子を銀ばりとし



第10図 車体にぎ装した MMC HTBM-20A 主制御器

て電流容量を格段に大きくしたため、大容量の主電動機を制御することができた。

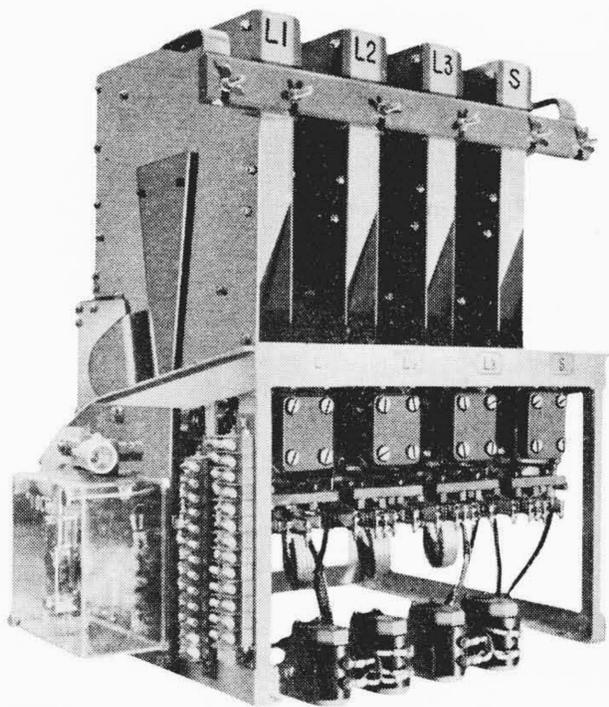
制御回路接点はステンレス板バネを使用した常時閉路形のカム接触器で、接点を双子形の銀接点としており、信頼度の高い接点である。これら補助接点部分および継電器には防じんカバーをつけている。

第10図はボディマウント内にぎ装された主制御器である。

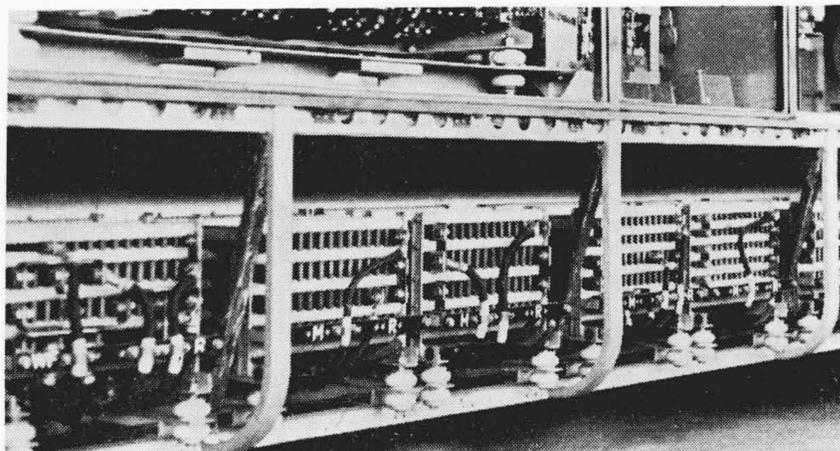
5.2.2 URF PHY-80-4 形遮断器

奥行が短く高さが高いぎ装場所に適し、遮断時のアークが車外に溢出(いっしゅつ)することなく十分な事故電流を安全に遮断できる遮断器としては、アークを上向きに吹き出す、いわゆる横形電磁空気式単位スイッチを採用している。

特に、高ひん度の回路の投入、遮断に耐えるように、主接触子・アークホーン・アーク流しの大きさ・形状・配置を合理的にし、ワイプバネ、戻しバネのバネ特性を十分に検討して、投入時



第11図 URF PHY-80-4形しゃ断器



第12図 車体にぎ装した主抵抗器

しゃ断器の外観を第11図に示す。

5.2.3 RRW H 130 K-4A形主抵抗器

電動および制動に使用する主抵抗器を、強制通風方式にすべきか自然通風方式にすべきか慎重に検討した。

主抵抗器をボディマウント内にぎ装して自然通風で使用する場合、

主抵抗器上部の防熱板の位置と傾斜、およびよろい戸になったマウントカバーの開口面積と形状が、主抵抗器自身の温度およびその部屋内温度、廃風温度に微妙に影響する。したがって、これらは、数回にわたる工場試験によって最適点を見いだした。

最高速度より制動を行なう機会は非常に少なく、また最高速度より発電制動を可能にすることは大容量の抵抗器を必要とし不経済である。このため、最も使用ひん度の高い常用制動最高速度(75km/h)以下でのみ

発電制動を可能とし、それ以上の高速では空気ブレーキを作用させる方式を採用したので主抵抗器は自然通風で十分ぎ装できる経済設計となっている。

主抵抗器の抵抗材料には、塩害対策として銅-ニッケル系の材料を使用し、長いリボン状の抵抗体を波形に折り曲げ、特殊耐熱がい子で支持した構造を採用した。このため、従来、とかく保守の難点となったマイカ製品を全然使用せず、部品の数、種類がきわめて少なく、非常に保守の容易な抵抗器となった。

第12図は車体にぎ装された主抵抗器を示したものである。

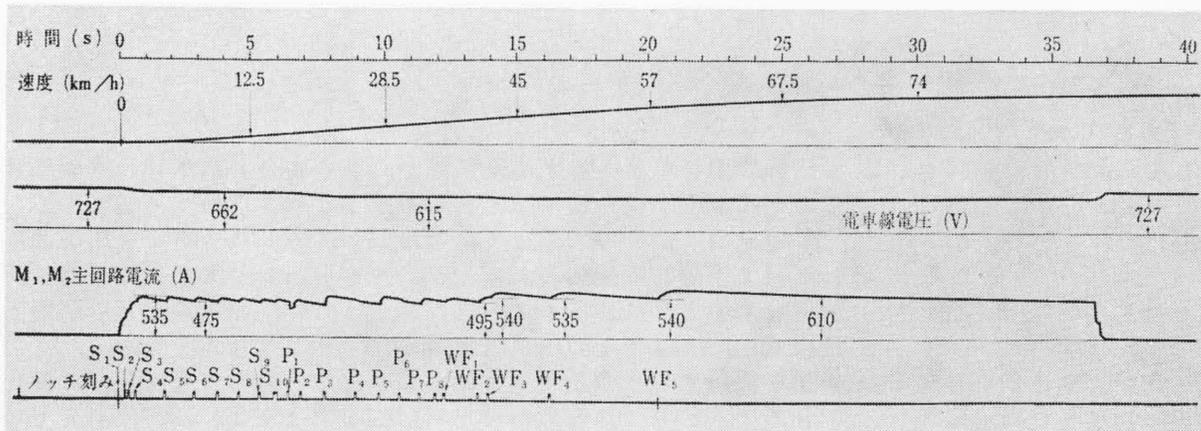
6. 現車試験結果

昭和37年7月羽田線において現車試験を行ない、電動、発電ブレーキの性能がたしかめられた。起動試験および電空連動ブレーキ試験の代表的オシログラムを第13, 14図に示す。このオシログラムからもわかるように、ノッチ追従速度が速く、制動の立ち上がりの制御が円滑でショックがなく、ノッチ刻みも確実であり、予期したとおり正確な制御を行なっている。

主抵抗器の温度上昇も予想どおりで、自然通風で、十分使用できることが確かめられた。

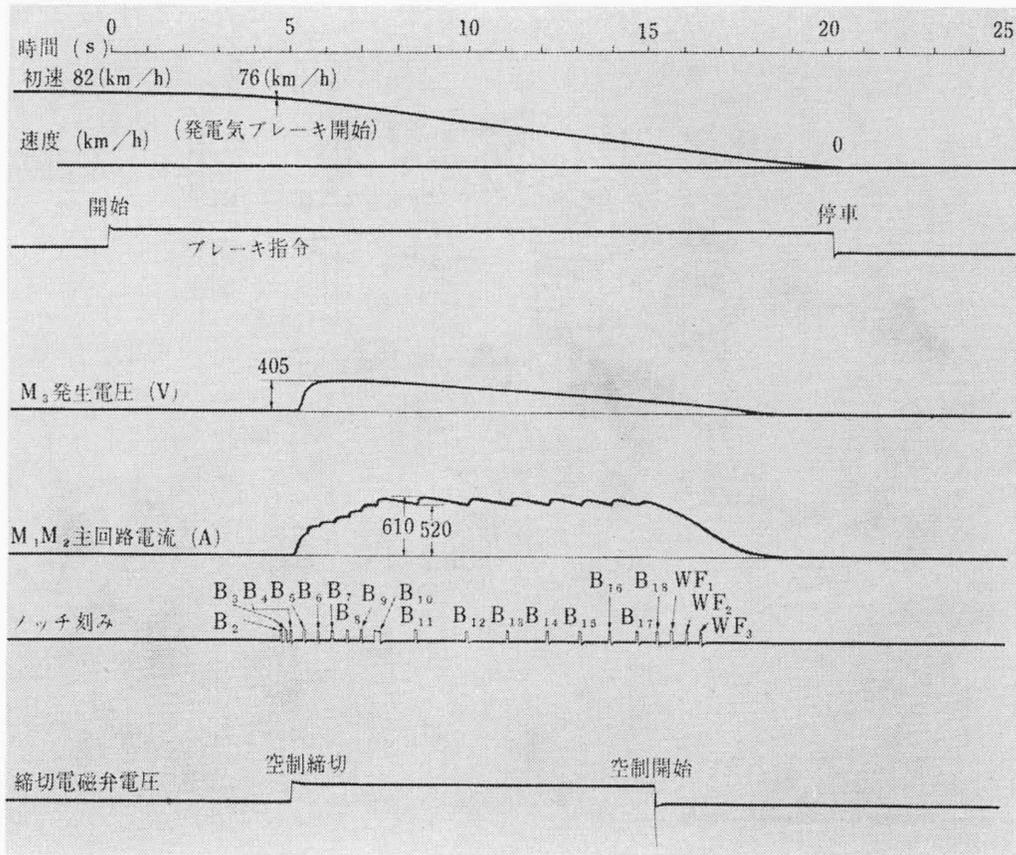
7. 結 言

以上、飽和状態に達した都市交通の現状を打開するために建設さ



O.S.C No. 1 試験 No. 3 起動試験
試験条件 荷重：定員乗車 編成：103号車+202号車+304号車 勾配：0%

第13図 起動試験オシログラム



O.S.C No. 6 試験 No. 10
常用全制動試験(電空連動ブレーキ試験) 制動初速 82 km/h
試験条件 荷重：定員乗車 編成：103号車+202号車+304号車 勾配：0%

第14図 発電ブレーキ試験オシログラム

のチャタリングを少なくし、かつ十分な開極速度をえるようにしてある。

れるモノレールカーのありかたについて、いろいろ検討の末製作された東京モノレール株式会社羽田線用モノレールカーの電動機、制御装置、電動発電機などの概要について述べた。

塩害対策を十分ほどこしボディマウント式ぎ装方法とモノレールカー特有の保護装置を設備した広領域電動機と1回転式MMC形制御装置は、海岸線を100 km/hの高速で走るモノレールカーとして具備すべき条件をすべて備えたものであり、昭和39年9月17日開通以来好評裡に営業運転をつづけている。

このモノレールカー電気品の完成については東京モノレール株式

会社の関係各位のご指導に負うところが大きい。ここに厚くお礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- (1) 上原, 神谷: 日立評論 44, 1257 (昭 37-8)
- (2) 立川, 有井, 白土: 日立評論 別40, 77 (昭 36-4)
- (3) 白木, 津沢, 今泉: 日立評論 44, 1731 (昭 37-11)
- (4) 川野, 立川, 今泉: 日立評論 42, 991 (昭 35-9)
- (5) 古山, 今泉, 山田: 日立評論 別 40, 83 (昭 36-4)
- (6) 今泉, 山田: 日立評論 44, 1210 (昭 37-8)
- (7) 松居: 気象 II, 19 73 (昭 16)



特 許 の 紹 介



特許第406665号(特公昭37-16639号)

孤 田 孜

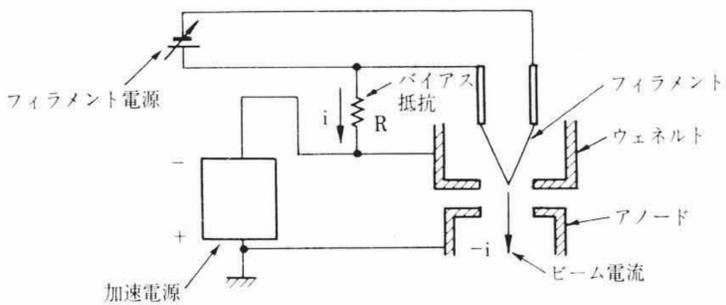
電 子 銃

電子顕微鏡などの電子銃には固定バイアス方式およびセルフバイアス方式のものがあるが、ビーム電流の安定性の点で現在は主として第1図に示すようなセルフバイアス方式が用いられている。この方式はビーム電流 i をバイアス抵抗 R に流すことにより $i \times R$ なる電圧降下を生じさせ、ウェネルトに負の対フィラメント電圧(バイアス電圧)を与えるようにしたもので、ビーム電流 i が増加すれば、バイアス電圧は深くなり、したがってビーム電流を減少させる方向に作用して、いわゆる負き還作用を営み、ビーム電流を安定化させる。

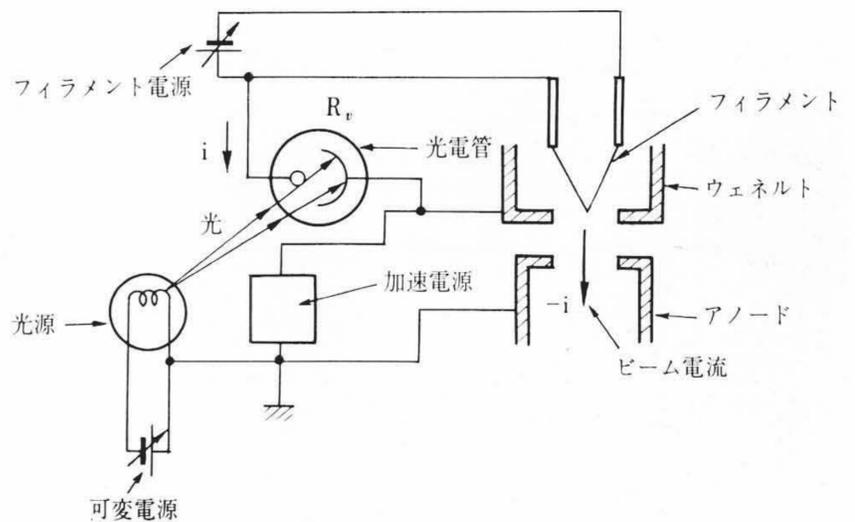
しかしながら、この方式におけるビーム電流および像の明るさの変化はバイアス電圧の変化に左右されるので、ビーム電流を広範囲にわたって連続的に変化させるには、バイアス電圧したがってバイアス抵抗を広範囲にわたって変化させる必要がある。しかるに、バイアス抵抗素子として切換式あるいは摺(しゅう)動式の可変抵抗器を用いるものはそれ自体大形となり、またその高電圧段を介しての調節操作が複雑となり、実用的でない。また、バイアス抵抗素子とし

て飽和二極管を用いる方法もあるが、この場合も二極管の陰極加熱電力を高電圧段を介して調節してやらなければならない不便である。

この発明は、このような欠点を除去し、バイアス電圧を広範囲にわたって連続的に変化しうるようにするもので、第2図にその一実施例を示すように、バイアス抵抗素子として、光電管などの照射光量の変化によってその内部抵抗が変化するような素子を用い、この素子を照射する光源を大地電位におき、その照射光量を任意に変化できるようにしてあるものである。この方法によれば、照射光量の変化に応じて、バイアス電圧を広範囲にわたって連続的に変化しうるのと同時に、その調節操作は低電圧部位において簡単に行なうことができるなどの長所を有する。(松島)



第1図



第2図