

# 高速電车用電空併用ブレーキ方式とその試験結果

平田 憲一\* 青木 喜六\*\*

## Combined Electric and Air Brake Systems for Rapid Transit Electric Trains and the Test Results

By Ken'ichi Hirata and Kiroku Aoki  
Hitachi Works and Kasado Works, Hitachi, Ltd.

### Abstract

Combined electric and air brake systems are widely adopted in modern rapid transit electric trains in order to get higher retardation-rates for wide speed range or to save brake shoes and other maintenance costs.

The Hitachi Combined Electric and Air Brake system adopted for the newly built rapid transit train of the Takamatsu-Kotohira Electric Railway Co. is a noticeable example of it. The self-weight of the train is 67 t, the motor capacity, 150 HP×4, and the line voltage being, 1,500 V.

By the specially combined time and current limit relay system, the time required for building up of the braking motor is very short, and, at the same time, the notching up of the braking is very smooth. The actual test results show that the brake distances for initial speeds 75-60-40 km/hr are 350-250-150 m by electric brake only, and 205-145-80 m by combined electric and air brake. The corresponding retardation-rates are 1.9 2-1.6 and 5.3-4.5-4 km/hr/s respectively. Several oscillograms of the actual tests are shown to back the writers' view.

### [ I ] 緒 言

最近我国に於ける市間高速電車の表定速度は次第に上昇し、既に 70 km/hr を突破するものもあり、最高速度は 120 km/hr に達せんとする勢にある。かゝる高速運転に於ては、保安上制動距離が最も問題となるのであつて 100 km/hr 以上の高速度より全速度範囲に亘つて最も有効に作用し、制動距離を最小とする強力なるブレーキ方式が必要となる。又一方駅間距離の比較的短い市内高速電車に於ては表定速度を上昇するためには 3~4 km/hr/s 程度の高加速度及び高減速度が必要であり<sup>(1)</sup>、この方面からも亦優秀なる自動式高減速度ブレーキ方式が要望せられている。かくの如き場合は何れも強大なるブレーキ

力が必要であつて、そのためには従来の空気ブレーキの外に電気ブレーキを併用することが望ましい。更に又ブレーキシューの消耗減少及びタイヤ過熱による亀裂、弛緩防止等の目的で平坦線停車用及び勾配線抑速用常用ブレーキとして電気ブレーキが使用されることが多いが、かゝる場合に於ても亦性能優秀にして操作容易な電空併用ブレーキ方式の出現が待望せられている。本文に於てはかゝる見地より現在世界各国に於て行われている高速電车用電空併用ブレーキ方式の二三に就て略述し、日立製作所が最近高松琴平電気鉄道株式会社へ納入した 2 輛編成高速電車に実施した電空併用ブレーキ方式とその試験結果の概要を電気関係及び機械関係の両面より紹介し読者の御参考に供したいと思う。

\* 日立製作所日立工場

\*\* 日立製作所笠戸工場

### [ II ] 電空併用ブレーキの必要性と各種の方式



現在世界各国に於て使用せられている高速電管用ブレーキ方式を分類すれば下記の如くなる。(手ブレーキは除外する)。

(1) 空気ブレーキ方式

- (A) タイヤ締付式
- (B) ドラム締付式

(2) 電気ブレーキ方式<sup>(2)</sup>

- (A) 発電ブレーキ
- (B) 回生ブレーキ
- (C) 電磁ドラムブレーキ
- (D) 渦流ブレーキ
- (E) 電磁軌条ブレーキ
- (F) 各種電気併用ブレーキ

(3) 電空併用ブレーキ方式

従つて電空併用ブレーキ方式としては種々の場合が考えられる。上記の中、軌条ブレーキ以外はすべてブレーキ力は車軸に作用し、最大ブレーキ力はタイヤ軌条間の粘着係数と軸重によつて限定されるものであるから、非常ブレーキ等に於てこれ以上の特に大なるブレーキ力を必要とする場合は電磁軌条ブレーキが採用される。然し現在に於ては高速電管用電気ブレーキとしては発電ブレーキが最も広く行われている。

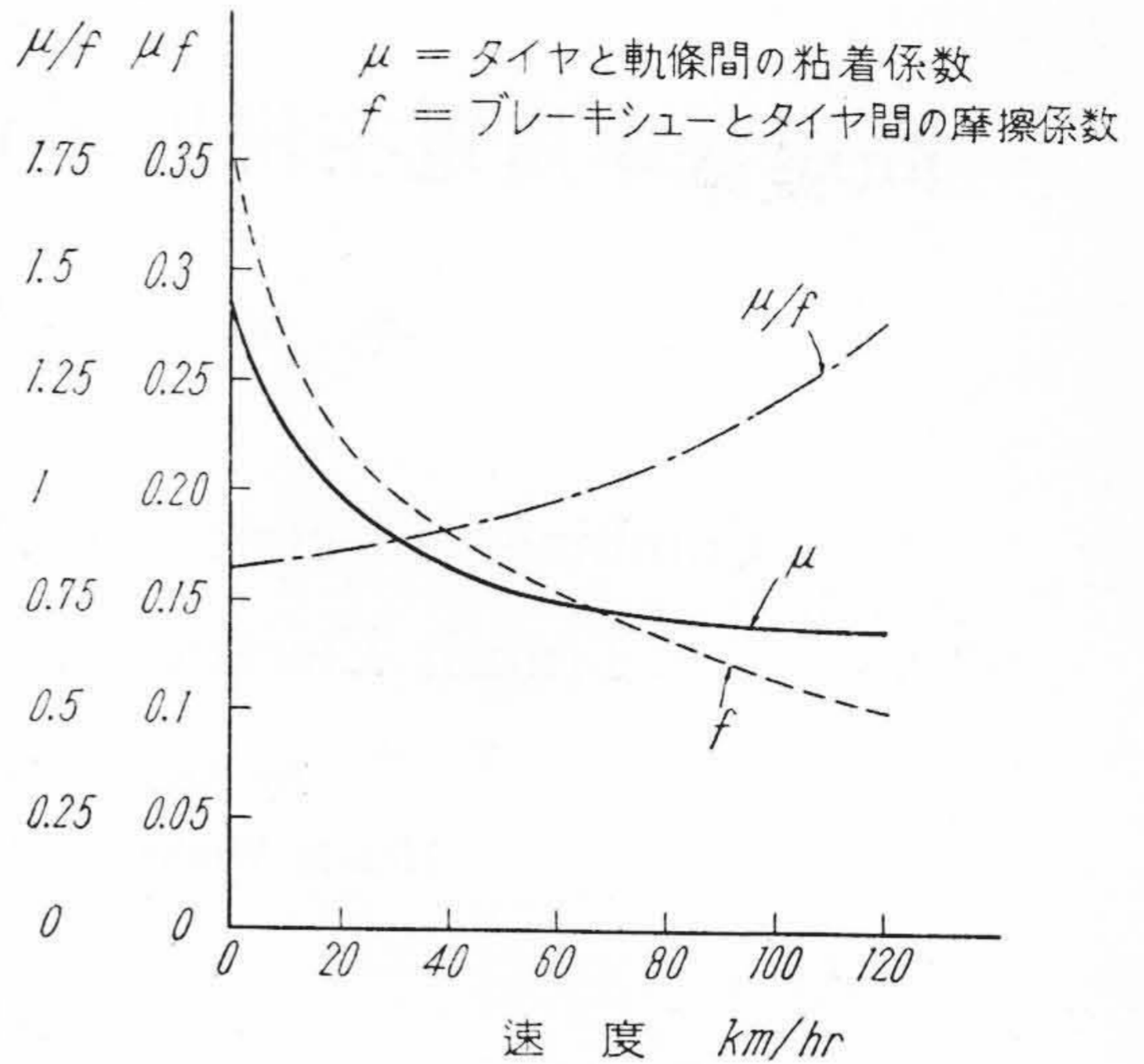
- 今  $Q$  = タイヤを締付けるブレーキシユ-総圧力
- $f$  = ブレーキシユ-とタイヤ間の摩擦係数
- $P$  = 軸 重
- $\mu$  = タイヤと軌条間の粘着係数

とすれば車輪の滑動しない条件として次式が成立する。

$$Qf \leq P\mu$$

$$\therefore Q \leq P \left( \frac{\mu}{f} \right)$$

$P$  は一定と考えれば  $Q$  は  $\left( \frac{\mu}{f} \right)$  に比例して変化させる必要がある<sup>(3)</sup>。 $\mu$  の値は第 1 図の如く速度によつて可成り大きく変化し、乾燥した軌条に於ては 0~120 km/hr に対し 0.275~0.14 の程度である。一方  $f$  の値は同じく 0~120km/hr に対し 0.35~0.1 の程度で、速度の低下する場合  $\mu$  よりも急激に増大する。従つてブレーキシユ-の圧力  $Q$  を第 1 図  $\left( \frac{\mu}{f} \right)$  曲線の如く 0~120 km/hr に対し軸重  $P$  の 80~150% 程度に制御すれば動輪の滑動なく最小制動距離を得ることとなる。然し実際問題として高速に於て特にブレーキシユ-の圧力を軸重の 150% に増大することは種々困難を伴うのでこゝに於て電空併用ブレーキの必要が生ずる。同時に空気ブレーキそのものも、速度或は減速度等の大小によつて、ブレーキシリンダの気圧が自動制御されることが望ましい。



第 1 図 粘着係数 ( $\mu$ ) と摩擦係数 ( $f$ )

Fig. 1. Adhesive Coefficient ( $\mu$ ) and Frictional Coefficient ( $f$ ).

現在世界各国に於て使用されている高速電管用電空併用ブレーキ方式の二三に就て略述する。

(A) 独逸国鉄 2 輛編成高速電車<sup>(4)</sup> 自重 113 t

255 kW 主電動機 4 台を有し、最高速度は 160km/hr に達する。急速ブレーキ用として軌条ブレーキと空気ブレーキとを併用し、ブレーキシリンダ気圧は遠心力開閉器によつて制御される空気弁により、160~60 km/hr では 6.4kg/cm<sup>2</sup>, 60 km/hr 以下では 2.7 kg/cm<sup>2</sup> になるよう制御される。制動減速度は 3~5 km/hr/s である。

(B) ロンドン地下鉄 2 輛編成電車<sup>(5)</sup> 自重 71.5 t

150 HP 主電動機 4 台を有し、メタダインによる回生ブレーキと水銀振子型自動制動制御器を使用した空気ブレーキとを併用し、ブレーキシリンダの気圧を減速度に応じ、連続的に変化させるようにしてある。制動減速度は 4.8 km/hr/s である。

(C) 仏蘭西国鉄高速電車<sup>(6)</sup> 自重 38.5 t,

206 HP 主電動機 4 台を有し、電空併用ブレーキ式である。発電ブレーキ使用速度範囲は 100~10 km/hr で、ブレーキ弁ハンドルを進めると、(1) 20% 空気ブレーキ、(2) 20% 空気ブレーキ及び 50% 発電ブレーキ、(3) 20% 空気ブレーキ及び 100% 発電ブレーキ、(4) 50% 空気ブレーキ及び 100% 発電ブレーキ、(5) 100% 空気ブレーキの如く制御せられ、制動減速度は 3.25km/hr/s である。

(D) ニューヨーク地下鉄 5 輛編成連節式電動列車<sup>(7)</sup>

主電動機は 60HP 12 台で、渦流ブレーキを常用し、30 km/hr 以下になると空気ブレーキが作用する。制動減速度は 5.6 km/hr/s である。



(E) ニューヨーク地下鉄新型電車<sup>(8)</sup> 自重 35t,  
100 HP 主電動機 4 台を有し、電空併用ブレーキ式である。起動加速度は 4 km/hr/s, 制動減速度は 4.8 km/hr/s で、共に荷重に関係なく一定値に保持される。惰行中に弱い発電ブレーキ回路を作つて速度に応じた制動ノッチを選択させておき、ブレーキ弁の操作により直ちに発電ブレーキが作用するようにしてある。速度が低下して 15km/hr になると自動的に空気ブレーキがかかる。

(F) 日本に於ける高速電車<sup>(9)(10)(11)</sup>  
我国に於て最近製作された電空併用ブレーキ式高速電車の代表的なものを表記すれば第 1 表の通りである。何れも平坦線停車用或は勾配線抑速用に発電ブレーキを常用し、ブレーキシユアの節約を計り、同時に高減速度を得て、運転の安全性を向上せんとするものである。

〔Ⅲ〕 日立電空併用ブレーキ方式

今回高松琴平電気鉄道株式会社へ納入した高速電車の電空併用ブレーキ方式は作用確実にして機能優秀なことに重点をおいて計画したものである。本電車の主要項目は第 1 表に示す通りである。

本方式は MMC 多段式制御装置に発電ブレーキ及び電磁直通空気ブレーキを附加したもので、下記のような

長所を有している。

(1) 主幹制御器のハンドル 1 本で電空ブレーキを簡単に操作出来る。特に電動から制動への切換はハンドルを反対方向へ廻すだけであるから極めて簡単である。従つてブレーキ弁は平常は必要なく、停電その他ブレーキの電氣的操作不能の場合予備として使用される。

(2) 空走時間少く、制動距離は短い。即ち発電ブレーキの使用速度範囲は 80~10 km/hr で、制動初速の高低に関係なく常に発電ブレーキ力を敏速確実に発生する。このために制動電動機界磁を電動発電機より予備励磁して電圧発生を敏速ならしめると共に、限時限流継電方式により制動初速に応じたノッチを自動的に選択させ十分な制動電流が発生してからノッチを自動的に進めることになるから、制動作用は自動的に極めて円滑に行われる。又発電ブレーキ終期の空気ブレーキ操作は減速を一層円滑にすると同時に停車位置を正確にするため、運転手の判断により非自動式に行うようにしてある。

空気ブレーキは電磁直通式であるから、その作用は極めて敏速確実である。

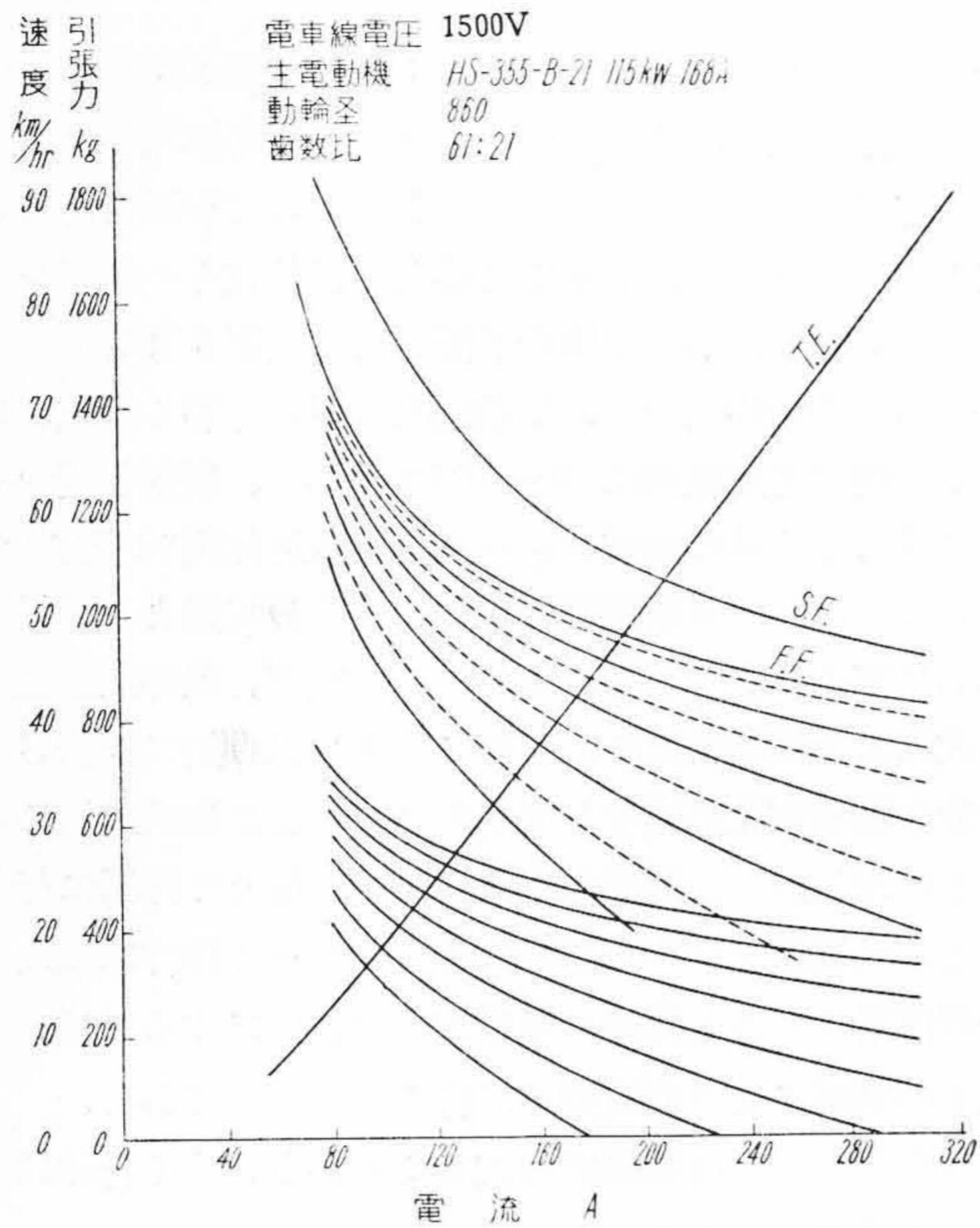
(3) 発電ブレーキは平坦線停車用自動制御を原則とするが、勾配線抑速用非自動制御にも使用することが出来る。即ち主幹制御器ハンドルを 1, 2 及び 3 ノッチへ

第 1 表 本邦に於ける電空ブレーキ併用式高速電車主要項目

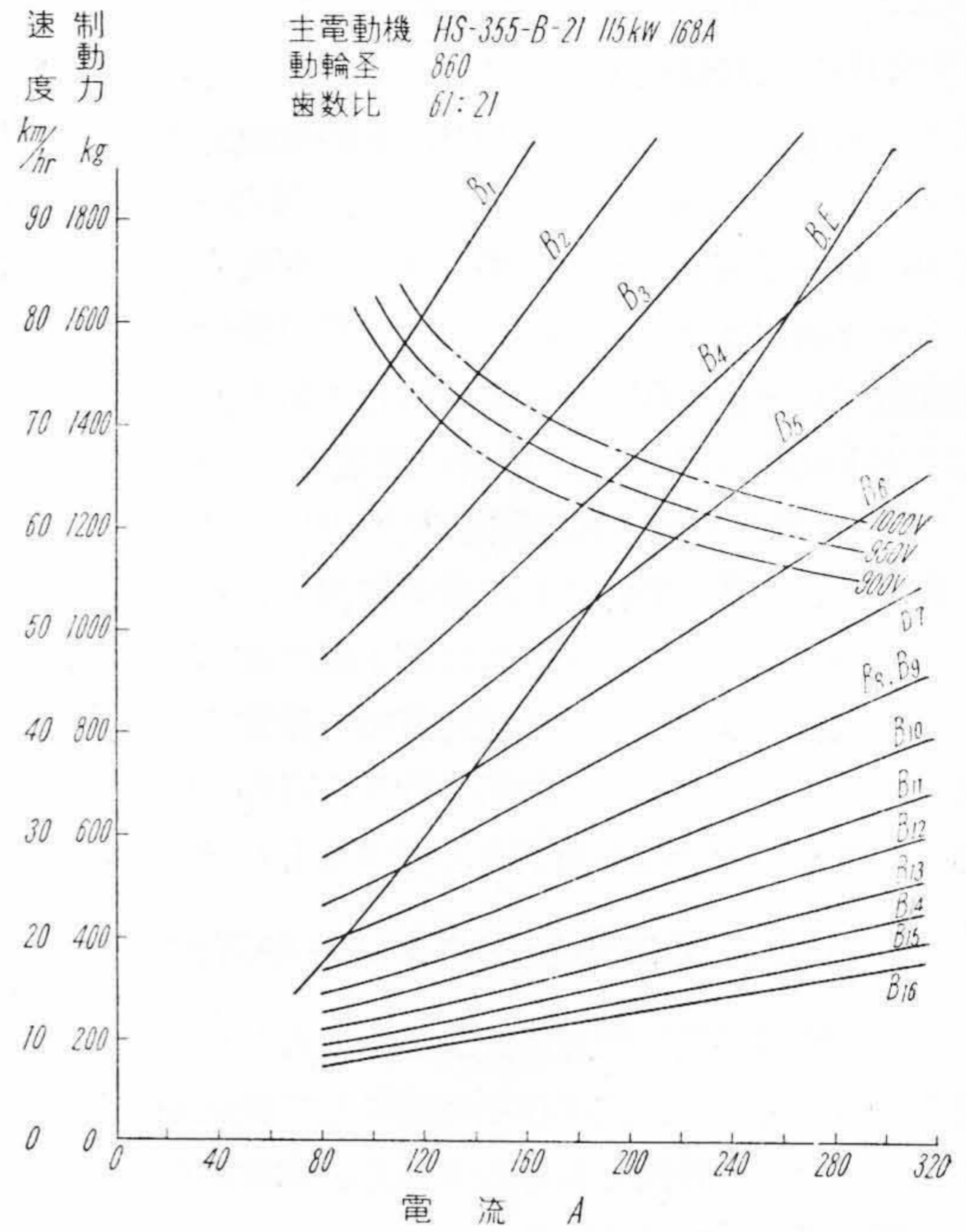
Table 1. Principal Data for Rapid Transit Electric Trains with Combined Electric and Air Brake Systems in Japan

鉄 道 名	山 陽 電 鉄	東 武 鉄 道	名 古 屋 鉄 道	高 松 琴 平 電 鉄
軌 間	4' 8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ''	3' 6''	3' 6''	4' 8 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> ''
電 圧 (V)	1,500	1,500	1,500	1,500
編 成	MT	MT	MT	MM
自 重 (t)	67	71	72	67
定 格 出 力 (HP)	600	600	600	600
主電動機出力 (HP)	150	150	150	150
同 上 個 数	4	4	4	4
動 輪 径	910	910	910	860
歯 数 比	57:20	62:18	61:19	61:21
定 格 速 度 (km/hr)	48.6	59/72.5	63/79	50.2/58
制 御 方 式	電磁空気油圧 操作カム軸式	電動機操作 カム軸式	電動機操作 単位スイッチ式	電動機操作カム 軸式
ノ ッ チ 数	S-13 P-12 F-1 B-25	S-7 P-4 F-1 B-13	S-12 P-10 F-2 B-12	S-8 P-8 F-1 B-16
加 速 度 (定員時) (km/hr/sec)				1.5~1.8
減 速 度 (同上) (km/hr/sec)				1.5~2/4~5
電 氣 制 動 方 式	発 電	発 電	発 電	発 電
空 気 制 動 方 式	自 動 式	自 動 式	電 磁 式	電 磁 直 通 式
電 空 制 動 併 用 方 式	主幹制御器及 びブレーキ弁	主幹制御器及び ブレーキ弁	ブレーキ弁 ハンドル	主幹制御器 ハンドル
制 御 電 源	3 kW. 100 V. MG	2.2kVA/1.5kW 110 V.AC/100V.DC.MG	3.5kW.100V. MG	3.5kW.100V. MG





第 2 図 電 動 ノ ッ チ 曲 線  
Fig. 2. Notching Curves for Motoring



第 3 図 制 動 ノ ッ チ 曲 線  
Fig. 3. Notching Curves for Braking

置けばカム軸は夫々  $B_1$ ,  $B_3$  及び  $B_8$  ノッチで停止する。

(4) 制動特性は起動特性と同様理想に近い規則正しいものとする事が出来る結果、制動力の変化は一定値以下に制限され、円滑な発電ブレーキをかけることが出来る。制動ノッチ数は 16 ノッチ、ブレーキ結線方式は橋絡式で、主抵抗器の直並列切換を行うようにしてある。第 2 図及び第 3 図は夫々電動及び制動ノッチ曲線を示す。

(5) 発電ブレーキ保安装置としては前述の如く、限時限流継電方式により制動電流の発生を敏速にすると同時にノッチの進み過ぎるのを防止した外、過速度に対しては過電圧及び過電流継電器を設け、これ等が動作したときにはブザ及び赤色信号灯にて運転手に警報を与えるようにしてある。かゝる場合はハンドルを 4S へ進め、空気ブレーキで速度を低下してから又入すれば発電ブレーキがかゝる。

(1) 発電ブレーキ関係

第 4 図及び第 5 図は夫々主回路及び制御回路結線図を示す。制御方式は電動機操作カム軸式で、一方向二回転式、ノッチ数は電動 17 (直列 8, 並列 8, 弱界磁 1) 制動 16 で、直並列切換方式は橋絡式、電動制動共切換時の衝撃なく円滑に行われる。第 6 図は電動時及び制動時の主回路変化図を示す。又減流遮断方式を採用し、電力

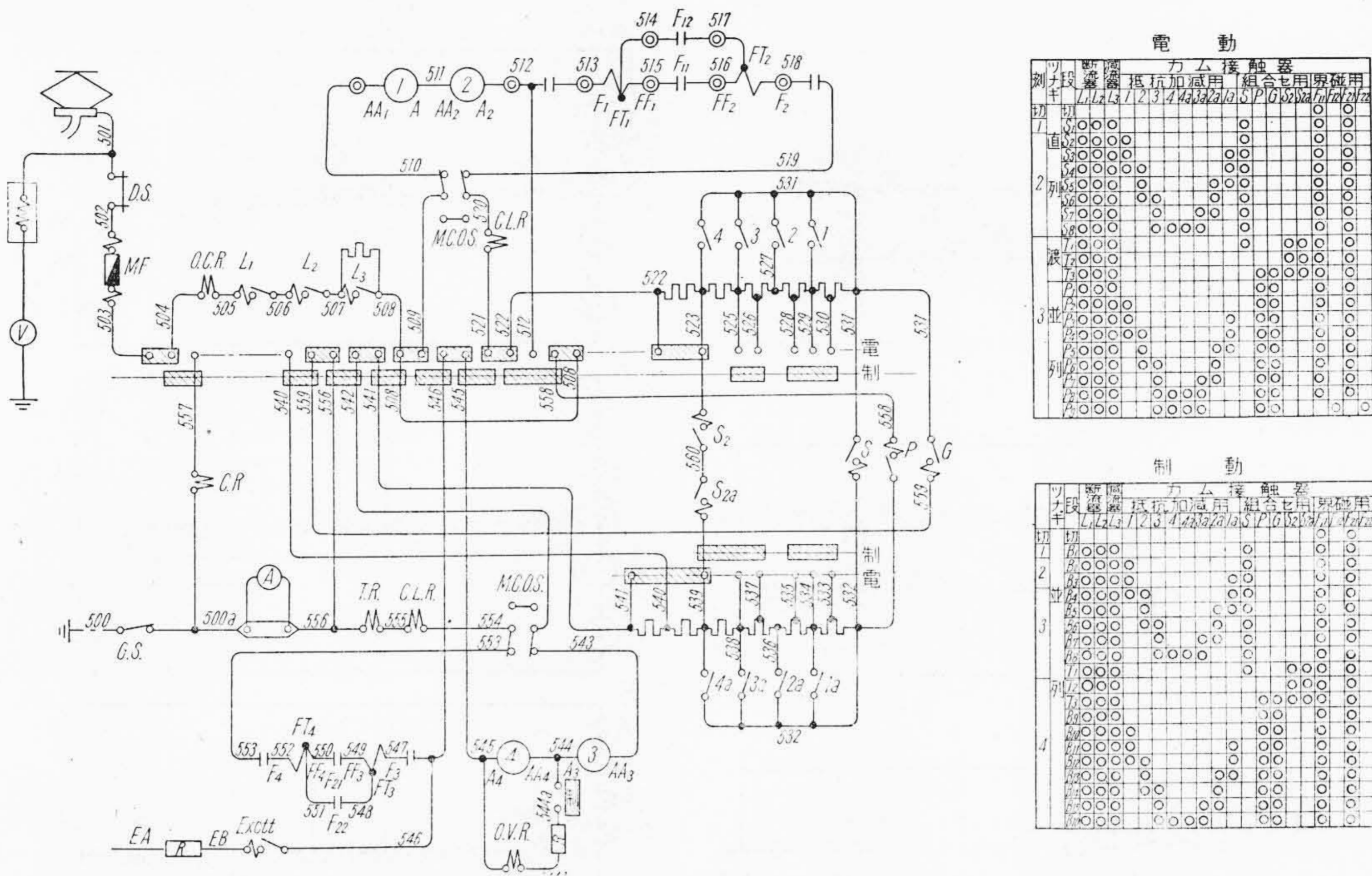
遮断時、先づ減流器  $L_3$  が切れて主回路に抵抗を挿入し電流を制限してから断流器  $L_1L_2$  を開くようにしてあるので、遮断時に発生する開閉サージ低く、同時に機械的衝動も減少する。第 7 図は MMC HB 10 型主制御器を示す。

主幹制御器は逆転ハンドルと主ハンドルを有し、次のノッチを有している。

逆転ハンドル	— 前進	低加速度	
		高加速度	
	後進	低加速度	
主ハンドル	— 電動 1	直列徐行	$S_1$
	2	直 列	$S_1 \sim S_8$
	3	並 列	$S_1 \sim P_8$ ( $P_9$ )
	制動 1	直 並 列	$B_1$
	2	〃	$B_1 \sim B_3$
	3	〃	$B_1 \sim B_8$
	4R	〃	$B_1 \sim B_{16}$ 弛め
	4L	〃	$B_1 \sim B_{16}$ 重り
	4S	〃	$B_1 \sim B_{16}$ 制動

主ハンドルは一方向へ廻わせば電動、逆方向へ廻わせば制動となる。電動は自動式のみであるが制動は自動式の外非自動式にも操作することが出来る。制動ノッチ 4R に於ては排気、制動両電磁弁共消磁されて空気ブレーキは弛み、4L に於ては排気電磁弁のみ励磁されて空





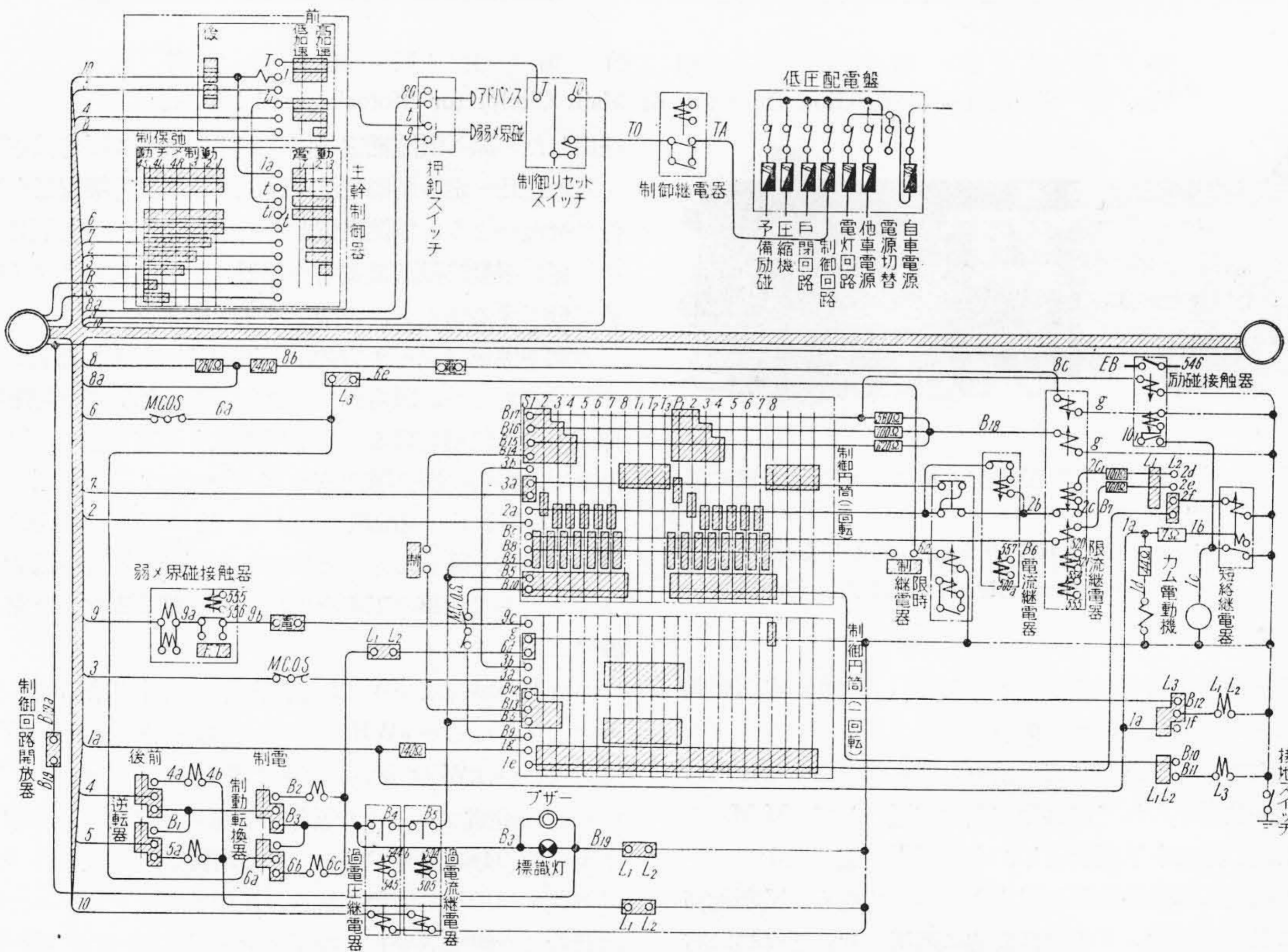
電動

列	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

制動

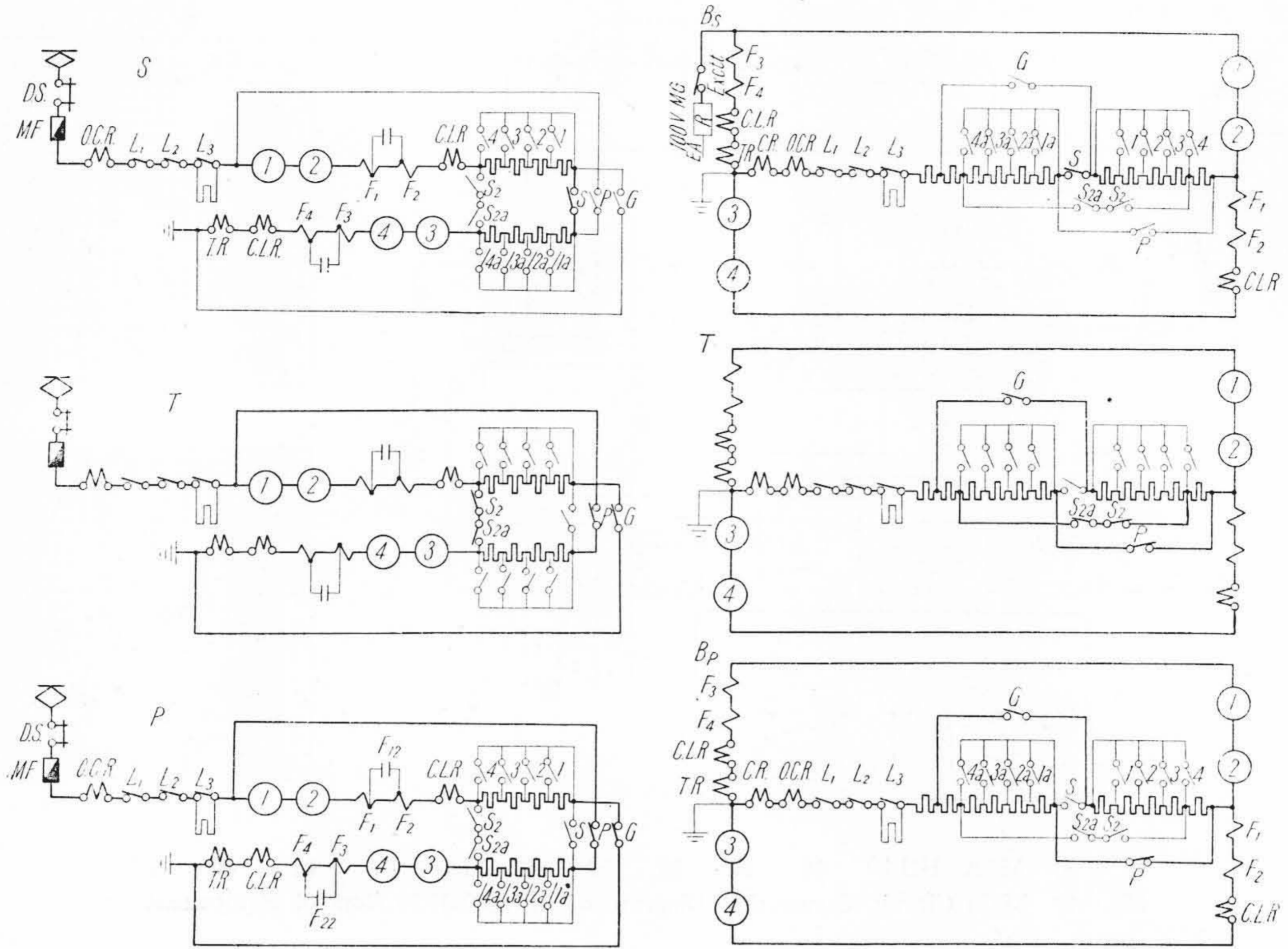
列	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
1	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
3	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

第4図 MMC-HB 10 制御装置主回路結線図  
Fig. 4. Main Circuit Connection Diagram of MMC-HB 10 Control Equipment



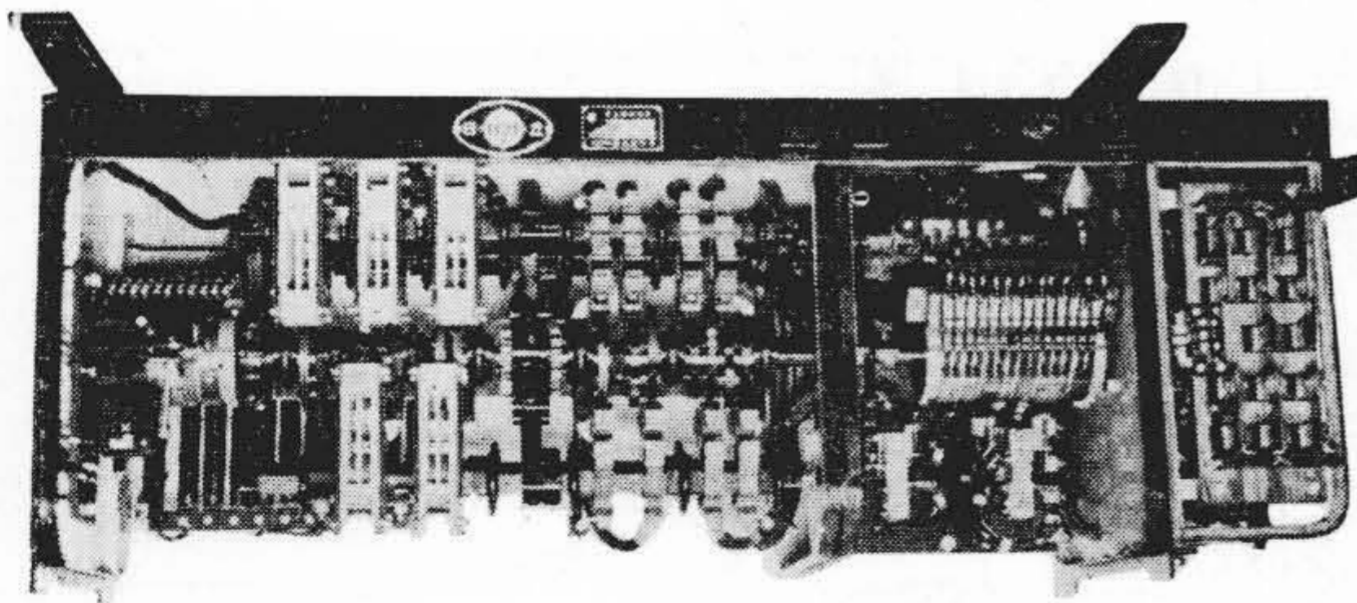
第5図 MMC-HB 10 制御装置制御回路結線図  
Fig. 5. Control Circuit Connection Diagram of MMC-HB 10 Control Equipment





第 6 図 電 動 時 及 び 制 動 時 主 回 路 略 図

Fig. 6. Simplified Connection Diagrams of Main Circuit for Motoring and Braking



第 7 図 MMC-HB 10 型電空併用ブレーキ付多段式制御器

Fig. 7. Type MMC HB 10 Multi-Notch Controller with Combined Electric and Air Brake Device

気ブレーキは重り、4S に於ては排気、制動両電磁弁共励磁されて空気ブレーキがかかる。

発電ブレーキ初期の電圧発生を敏速確実にするために界磁接触器を入れて電動発電機を電源として  $M_3M_4$  主電動機の界磁を予備励磁し、十分制動電流が発生してから自動的に界磁接触器を切るようにしてある。又制動初速に応じた制動ノッチを自動的に選択させると同時に高速に於ても過電圧を発生することなく、敏速で円滑な発電ブレーキ作用を行い得るために、限時限流継電方式を

採用した。即ち限流継電器接点回路に直列に限時継電器を入れ、且一定の制動電流が発生する迄限時継電器を動作させないように電流継電器を組合わせた。(特許出願中) 更に制動時限流継電器の調整値を第 1~4 ノッチに於て低下する如くし、万全を期してある。

本電空併用ブレーキ方式は平坦線停車用を主目的とするものであるが、短時間であれば 20~25% 下り勾配線抑速用にも使用し得る。今車輛重量を荷重を含み 85t, 停車用の場合の制動減速度を 2.5 km/hr/s, 抑速用の場合は 22.5% 下り勾配線 5 km を 60 km/hr の鈎合速度で 5 分間に下降するものと仮定して両者の場合の制動エネルギー、制動仕事の工率を比較すれば第 2 表および第 3 表の如くなる。

停車用の場合は kW は主電動機一時間定格に比して可成大きくなるが kWh は少い。又抑速用の場合は kWh は大きいが kW は少い。停車の場合 80 km/hr から 20 km/hr 迄発電ブレーキを常用するものとすれば、運動エネルギーの 94% が発電ブレーキに消費され、残りの 6% が空気ブレーキで消費される。従つてブレーキシユアの消費量は大幅に減少し、空気ブレーキの場合の 20~25% 程度になる見込である。又電気ブレーキ常用による主電動機容量の増加は一般的に、平坦線停車用としては、



第2表 平坦線停車用発電ブレーキ  
Table 2. Dynamic Brake for Car Stopping at Level Line

速度		制動時間	制動エネルギー		制動仕事の工率
km/hr	m/s	Sec	kg-m	kWH	kW
100	27.8	40	3,360,000	9.2	828
80	22.2	32	2,140,000	5.85	658
60	16.7	24	1,210,000	3.32	498
40	11.1	16	533,000	1.46	328
20	5.6	8	136,000	0.37	167

10~15% 程度、勾配線抑速用は状況によつて相異なるが 20~30% 程度である。

昭和 27 年 3 月 6 日より 11 日迄高松琴平電気鉄道株式会社琴平線太田、栗林間で新に納入した電車につき現車試験を行つた。試験区間は都合によつて 6% 下り勾配 1km の線区が選定されたので、制動減速度及び制動距離は何れも補正を必要とするが、こゝにはその儘記載しておく荷重は 12t を積み、車輛重量 83.16t として行つた。その他試験条件の詳細は第4表記載の通りである。試験結果の概要を総括して第5表乃至第12表に示す。

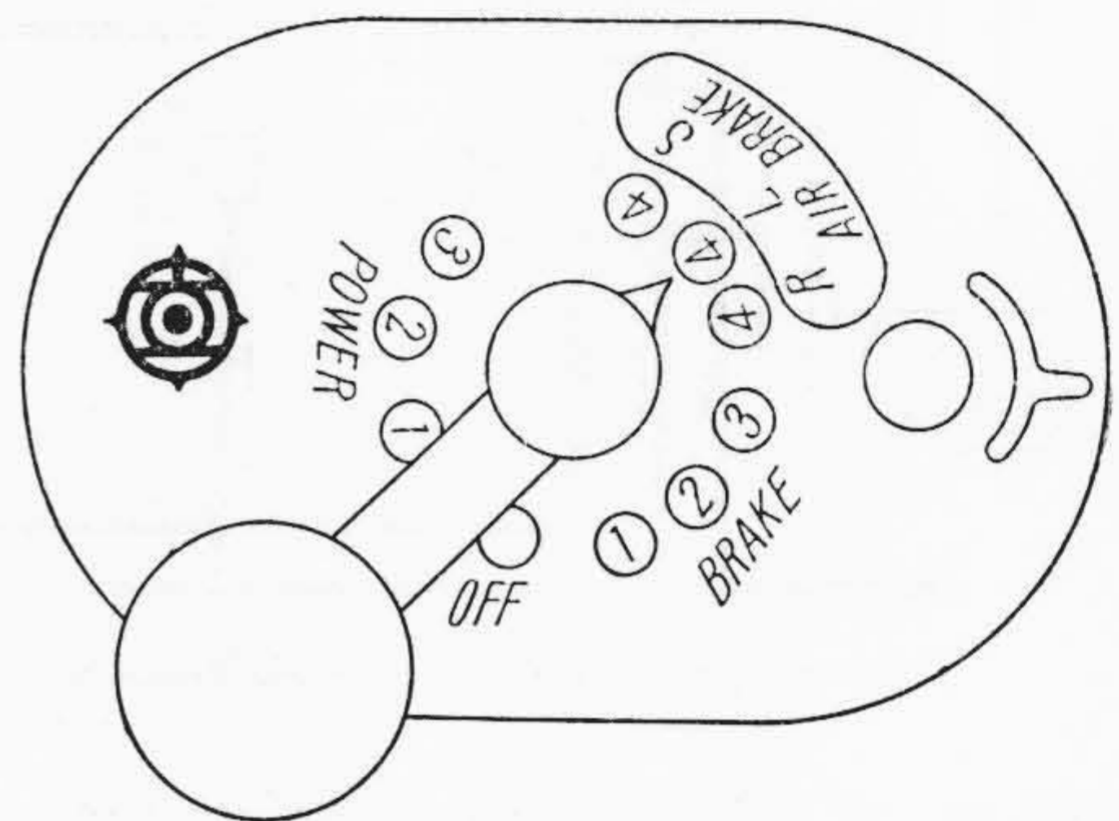
第3表 勾配線抑速用発電ブレーキ  
Table 3. Dynamic Brake for Car Speed Control at Grade Line

速度		制動時間	制動エネルギー		制動仕事の工率
km/hr	m/s	Sec	kg-m	kWH	kW
60	16.7	300	9,550,000	26.1	314

(2) 空気ブレーキ関係

(A) 空気ブレーキ方式

空気ブレーキ方式は、従来の自動空気ブレーキと、電磁直通空気ブレーキとを兼備して居る。



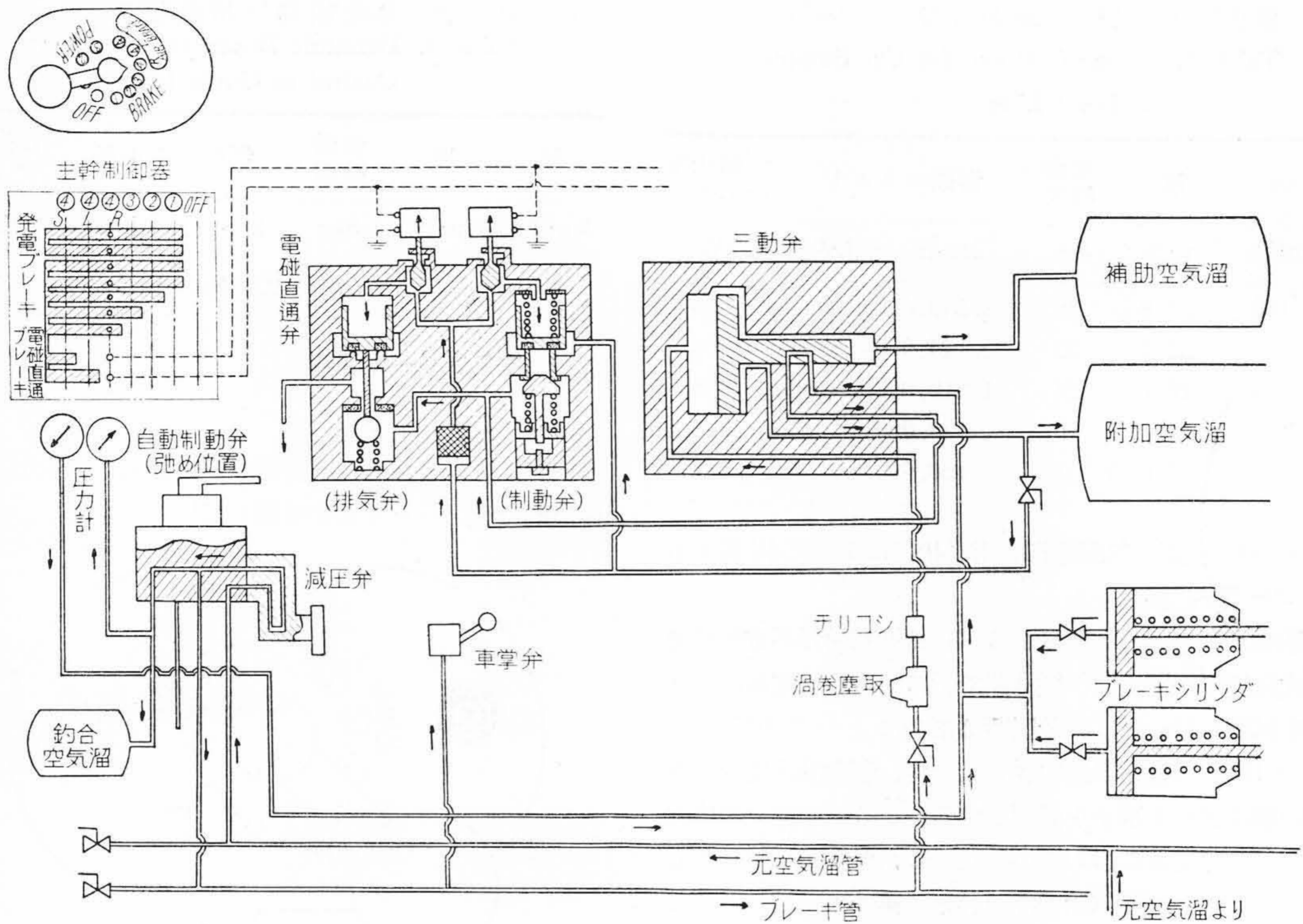
第8図 主幹制御器ノッチ配置図  
Fig. 8. Notch Position of Master Controller

第4表 制動試験条件

Table 4. Conditions of Braking Test

試験条件	ブレーキ種別			電空併用ブレーキ			自動空気常用ブレーキ			
	試験番号	5	6	7	16''	17'	18'''	25	26'	27
試験月日		3-6	3-6	3-5	3-8	3-8	3-8	3-8	3-8	3-8
試験開始時刻		4.15	4.20	4.30	12.35	12.40	12.55	2.00	2.08	2.15
天候	風速 m/s	1.68	1.68		0	0	0	1.8	1.8	1.8
	風方向	東南	東南					東南	東南	東南
	天気	小雨	小雨	小雨	晴	晴	晴	晴	晴	晴
	外気温度 °C	8	8	8	8	8	8	8	8	8
車輛編成	1001号車、1002号車2輛編成、1002号車先頭									
全車重量	約 83.16 ton (定員相当)									
試験区間	琴平電鉄 太田→栗林									
線路状況	平均下り勾配 6/1000 道線路、30 kg/m×長 10 m 軌条									
発電ブレーキ電流限流値 (A)		180	180	180	220	220	220			
空気ブレーキ調整空気圧力 (kg/cm <sup>2</sup> )		3.5	3.5	3.5	4.3	4.3	4.3			
目標ブレーキ初速度 (km/hr)		40	60	80	40	60	80	40	60	80
ブレーキ方法		主幹制御器 OFF より制動開始後停止迄 ④S			主幹制御器 OFF より ④S 車速約 15 km/h で運転手の習慣による階段弛めを行う			自動制動弁「弛め」より「常用制動」へ、車速約 15 km/h で運転手の習慣による階段弛めを行う		





第9図 電磁直通式空気ブレーキ装置図解 (弛め位置)  
 Fig. 9. Schematic Diagram of Electro-Pneumatic Straight Air Brake Apparatus (Release Position)

1001号車用ACM-R型及び1002号車用AMM-R型は、従来の標準様式であるが、これに日立独得の電磁直通空気ブレーキを装備したもので、第9図に作用の図解を示す。

第8図は主幹制御器のハンドル位置を示すもので、  
 第10図は運転室機器配置を示す。

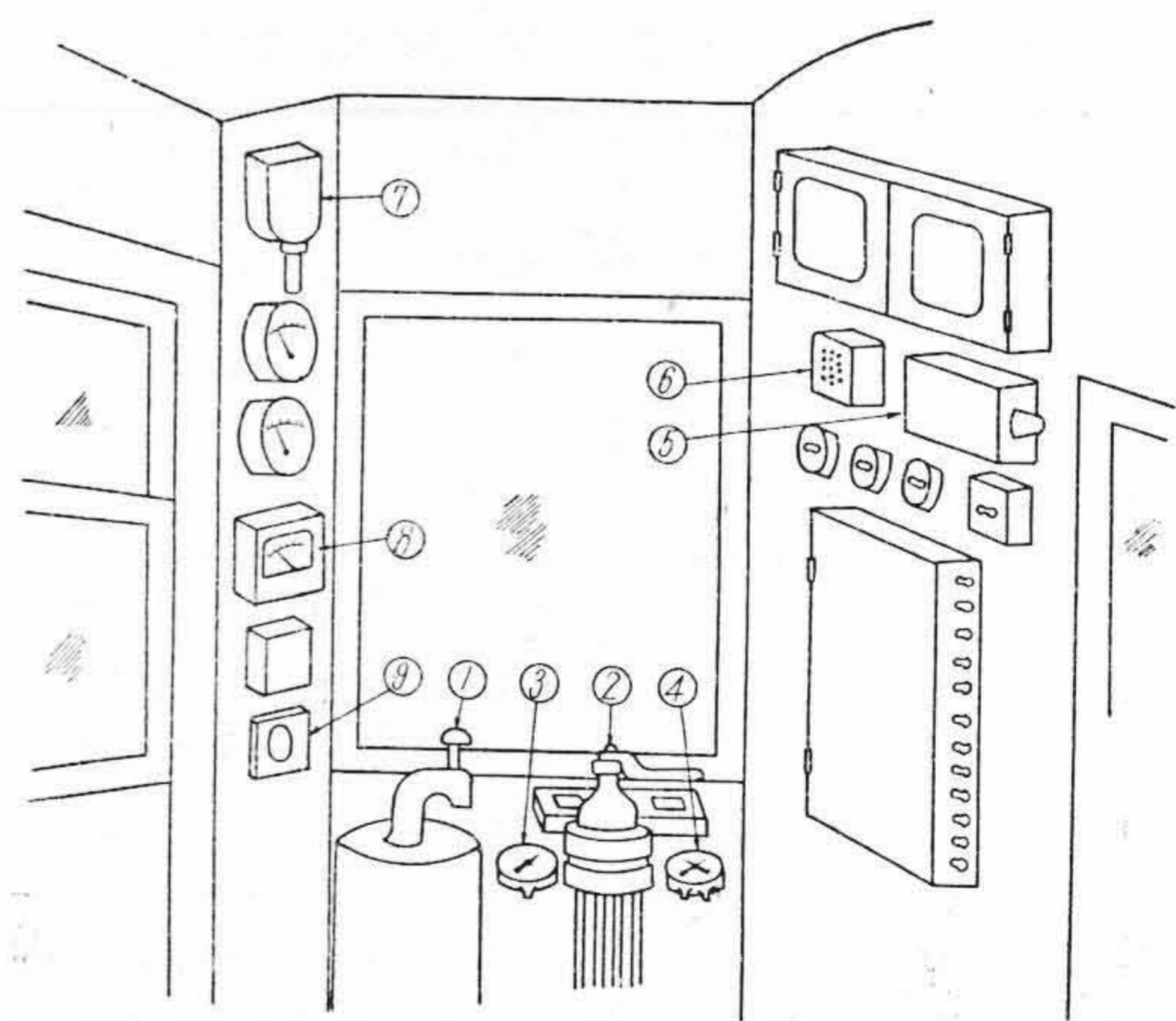
(B) 電空併用のブレーキ操作順序

(i) 初速 60~70 km/hr 附近より電空併用にて制動適用の場合

ハンドルを④Rに進め、先づ発電ブレーキのみ作動せしめ空気ブレーキは弛め位置をとる、車速が 15~10 km/hr 附近まで降下し、発電ブレーキの効力が減退した頃、ハンドル ④S をに進め空気ブレーキを適用する、適宜④L~④R を繰返して円滑に目標停車位置に停止せしめる。

(ii) 初速が 80 km/hr 以上の時電空併用にて制動適用の場合

ハンドルを④Sに進める、この際発電ブレーキの過電圧継電器が作動し、ブザー及び赤色知らせ燈で表示するが、そのまま④Sノッチを保ち、約3秒間後ブレーキシリンダ圧力が 2~3.5 kg/cm<sup>2</sup> に上昇すれば、④Lに入れ、車速が 70 km/hr 以下に下降した頃に、リセ



- ① 主幹制御器
- ② 自動制動弁
- ③ 単針圧力計(ブレーキシリンダ用)
- ④ 双針圧力計(元&釣合空気溜用)
- ⑤ 信号灯
- ⑥ ブザー
- ⑦ 制御リセットスイッチ
- ⑧ 速度計
- ⑨ 停電表示灯

第10図 運転室内見取図  
 Fig. 10. Sketch of Operating Room

ットスイッチを入れ発電ブレーキを併用する、発電ブレーキ作動を確認すれば、ハンドルを④Rに戻し一旦空気ブレーキを弛め、低速になった場合前項同様④S



～④R を適宜適用して、所定位置に停車せしめる。

(iii) 非常電空併用ブレーキ

非常の際はハンドルを一気に④S に進め、ブレーキシリンダ圧力 3.5 kg/cm<sup>2</sup> 以上に上昇したまゝで保ち、停車せしめる。

(C) 自動空気ブレーキの適用

停電又は電氣的故障の場合は、従来通り自動制動弁により純自動空気ブレーキを適用する、この際電磁直通弁とは何等の切換えも要せず、そのまま自動空気ブレーキが作動する。

[IV] 試験要領

(A) 車輛要目

試験車 1001 号車及び 1002 号車

2 輛編成 (密着連結)

但し、1001 号車は電動機 2 台、制御装置、集電装置付

1002 号車は電動機 2 台、電動発電機、電動空気圧縮機付

定員 (1001 号車又は 1002 号車) 120 人  
(座席 52 人、立席 68 人)

軌間 1,435 mm

車長 (連結器中心) 17,800 mm

幅 (最大) 2,951 mm

高 (屋根上面迄) 3,640 mm

自重 1001 号車 34,880 kg

1002 号車 33,780 kg

台車中心間距離 12,000 mm

固定軸距離 2,200 mm

車輪径 860 mm

台車型式 鈎合梁式 (カム式吊リンク付)

制動方式

発電ブレーキ常用

空気ブレーキ併用 (主幹制御器 1 ハンドル操作方式)

手ブレーキ付

ブレーキシリンダ 1 台車に 1 個付

(B) 試験条件 (第 4 表参照)

(a) 制動試験

(b) 起動試験

(c) 制動時振動試験

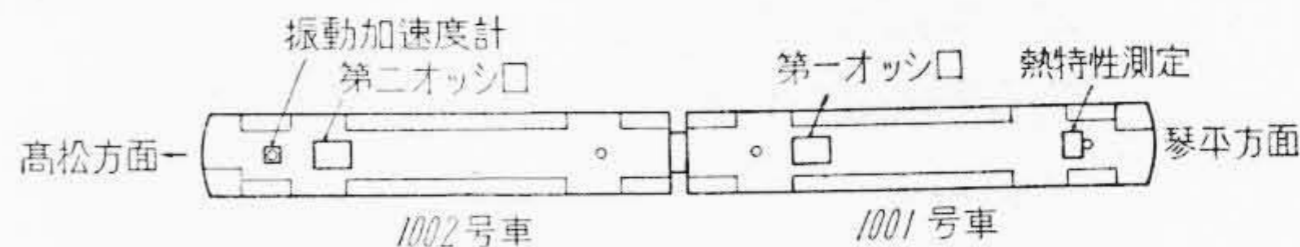
各制動試験と同時に実施

試験月日 3-6～3-10

車輛編成、重量、区間等制動試験に同じ

(d) 振動試験 (第 5 表参照)

(e) 惰行試験 (第 6 表参照)



第 11 図 試験車内測定機器配置

Fig. 11. Layout of Measuring Instruments in Test Cars

第 5 表 振動試験条件

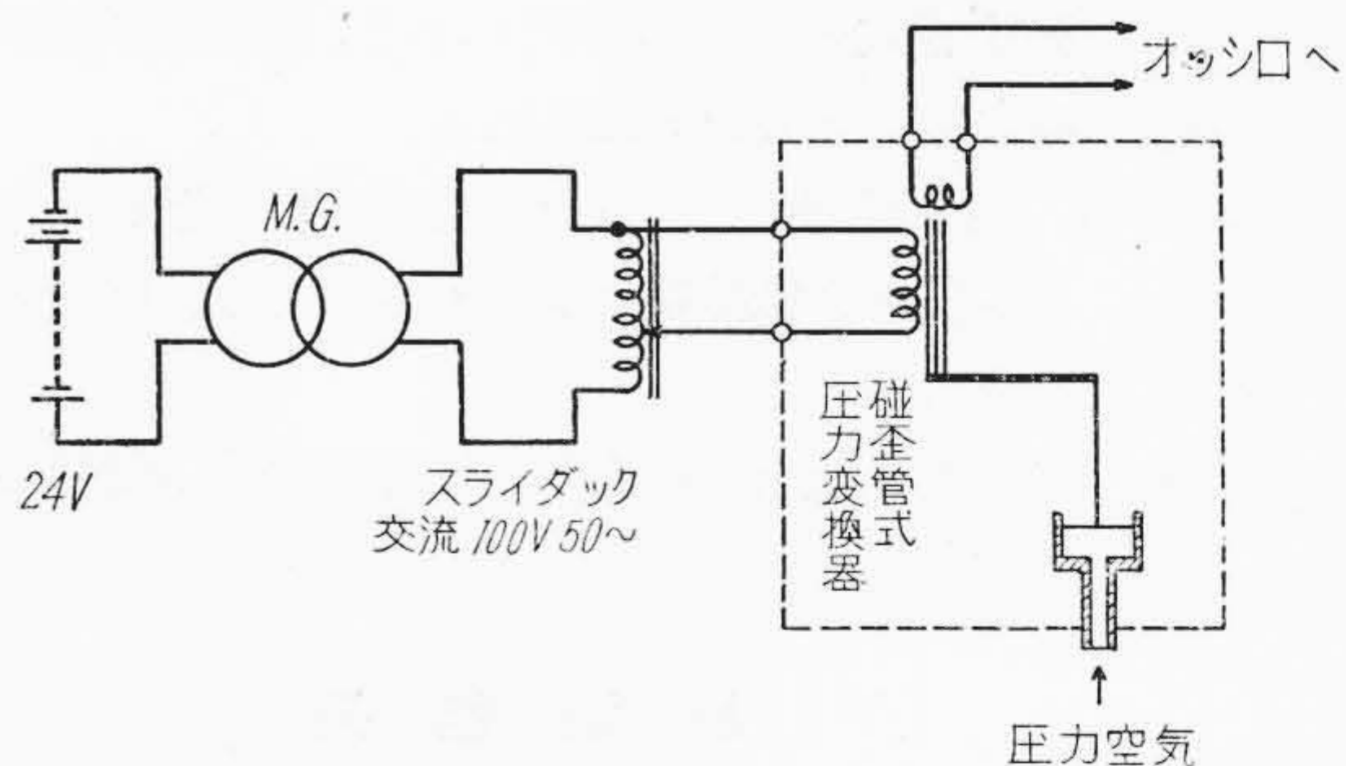
Table 5. Condition of Vibration Test

条件	積車	空車
試験月日	3 月 10 日	3 月 11 日
車輛編成	1001 号車、1002 号車、2 輛編成	同 左
全車重量	約 83.16ton (定員相当)	約 70ton (約 20 人乗車)
試験区間	仏生山—琴平間 25 km 往復	同 左
車輛速度	0～80 km/hr 各速度	0～96km/h 各速度
測定位置	1002 号車、運転室側心皿上床面	同 左

第 6 表 惰行試験条件

Table 6. Condition of Coasting Test

条件	記事
試験月日	3 月 9 日
車輛編成	} 第 1 表のものと同じ
全車重量	
試験区間	
線路状況	仏生山—宮
初速度	平坦直線路
	20 km/hr



第 12 図 ブレーキシリンダ圧力測定装置

Fig. 12. Instruments for Measuring Brake Cylinder Pressure

(C) 測定箇所

(a) 電気特性 第一オッシロ

(b) ブレーキシリンダ圧力 第二オッシロ

前車及び後車のブレーキシリンダ圧力を、压力変換器を通し同時に電磁オッシロに入れる。

(c) 压力計の読み取り



元空気溜圧力  
 鈎合空気溜圧力  
 ブレーキシリンダ圧力

- (d) 床上振動加速度 1002 号車前心皿床上
- (e) 車輪タイヤ温度 1001 号車第 1 位車輪
- (f) その他 外気温度、風速等

(D) 測定器具

- (a) 6 エレメント電磁オッシロ (第一及び第二オッシロ) 横河電機製
- (b) オッシロ用圧力変換器 (自製)
- (c) 振動加速度計 梅北式 VD3 #1025  
 感度 上下 振幅 2mm が 0.1g を示す  
 左右 //  
 前後 //  
 固有振動 10 $\sim$
- (d) 車輪回転式距離計 (自家製)
- (e) その他 アネモメーター、温度計等

(E) 測定方法

- (a) ブレーキ距離
  - (i) 20m 毎に標識を立て、第一オッシロ、第二オッシロ、及び振動加速度計にマークする。
  - (ii) 車輪回転式距離計により第二オッシロ及び振動加速度計にマークする。
- (b) 時 間  
 電接時計により第一オッシロ、第二オッシロ及び振動加速度計に同時にマークする。
- (c) ブレーキシリンダ圧力
  - (i) 第 12 図に示す如くブレーキシリンダ圧力は磁歪管式圧力変換器<sup>(13)</sup>により、前車及び後車同時に第二オッシロに入れる。
  - (ii) 主幹制御器ハンドル位置及び自動制動弁ハンドル位置を抵抗線スライダーにより、第二オッシロに入れる。
- (d) その他運転上の速度及び圧力等は現車備付のものを使用す。

[V] 試験結果

(A) 制動試験結果

制動試験結果は第 7 表第 8 表及び第 13 図～第 16 図第 27 図～第 32 図の如くであり、ブレーキシリンダオッシロの一例として第 17 図に電空併用 (限流値 220 A) の場合及び第 18 図に空気ブレーキのみの場合を示す。

(B) 制動時現車の圧力計及び速度計の読み

(C) 制動時ハンドル操作時間及びブレーキシリンダ圧力-時間曲線

(D) 起動試験結果

第 7 表 電 空 ブ レ ー キ 試 験 結 果

Table 7. Test Results of Combined Electric and Air Brake

試験番号	制動種別	限流値 (A)	制 動 初 速 (km/hr)	制動距離 (m)	制動時間 (s)	平均減速度 (km/hr/s)	発生電圧 (V)	発生全電流 (A)
1	発電 (No. 1)	180	25.4	105	24.6	1.03	309	414
2			41	190	33.5	1.22	546	426
3			60	340	43.7	1.37	818	421
4			69	585	52.6	1.31	781	431
8	発電 (No. 2)	180	24.6	100	22.2	1.11	297	403
9			42	160	27.3	1.54	529	400
10			59	320	38.9	1.52	812	422
11			75.5	550	48	1.57	955	423
5	電空併用	180	42.5	107	14.1	3	323	216
6			60	167	16.0	3.75	630	311
7			74	226	17.6	4.2	828	296
12	発電 (No. 1)	220	25.6	100	25	1.03	271	428
13			40	160	27.8	1.44	500	485
14			59.5	280	31.7	1.87	830	509
15			73.5	405	40.3	1.82	925	501
19	発電 (No. 2)	220	24.8	100	20.1	1.24	280	436
20			39	140	24.1	1.62	528	480
21			58	240	29.9	1.94	822	516
22			72	325	41.7	1.73	962	511
16	電空併用	220	37.5	79	11.7	3.2	219	158
17			57.5	135	15.0	3.82	585	342
18			74.5	205	17.0	4.34	861	488

(E) 制動時前後振動の振動加速度変化

全試験を通じ前後振動の加速度は非常に小さく、現用の加速度計の感度を以てしては発電ブレーキノツチ刻み時の、加速度変化は殆んど読みとれない程度であつた。第 22 図に振動波形の 1 例を示し、第 23 図は加速度変化の最大値の 1 例を示したもので、大体 0.05g 程度であつた。停止時のショックは運転手の熟練にも依るが、0.05g から 0.25g であつた。

(F) 全線振動試験結果

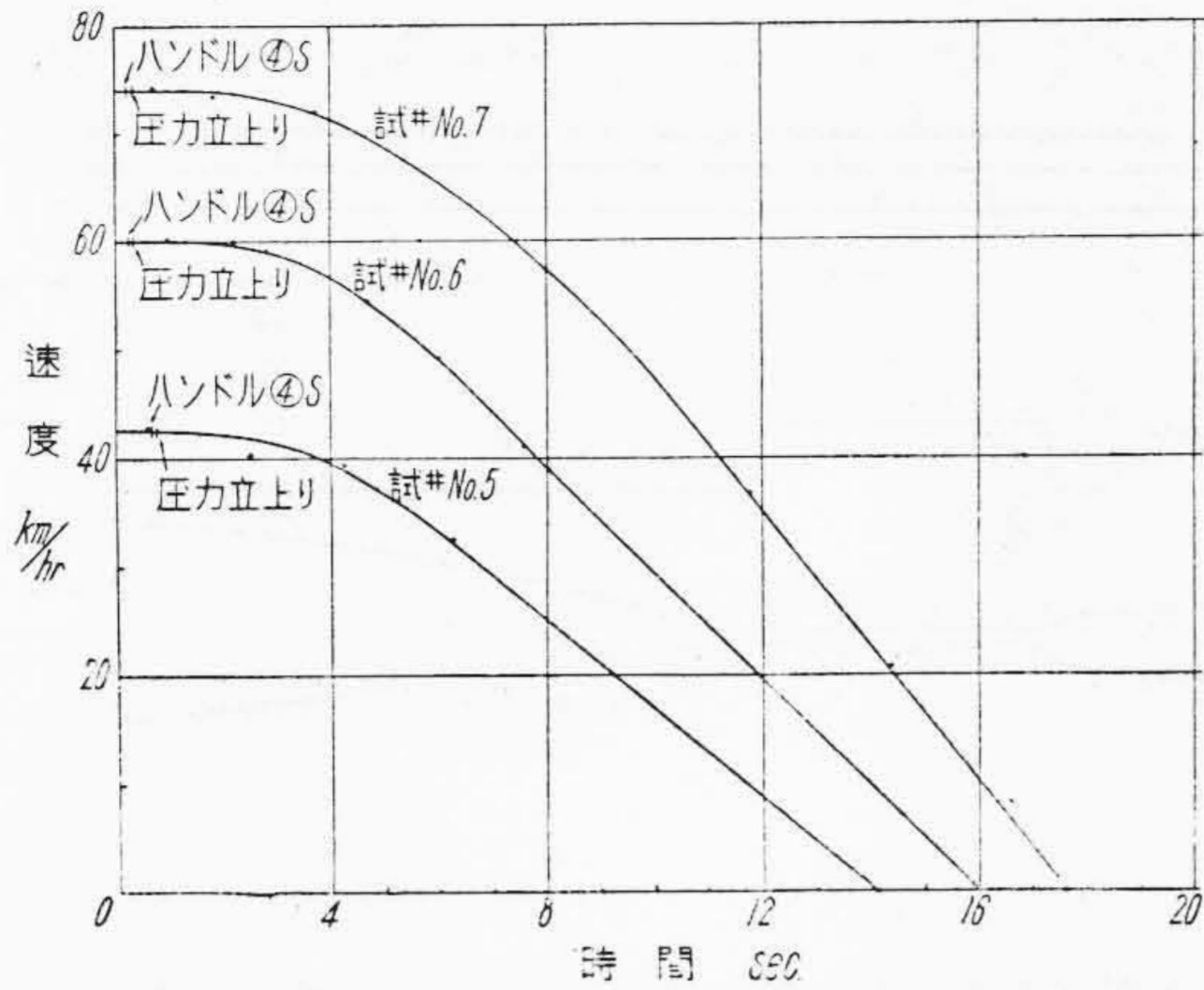
第 24 図に振動波形の一例を示し、第 25 図に全線試験の一部分に於ける加速度-速度曲線の傾向を示すその概略数値は

- 上下振動の加速度最大値、速度 80 km/hr の時 全振幅 0.32g
- 左右振動の加速度最大値 速度 80 km/hr の時 全振幅 0.13g
- 前後振動の加速度最大値 速度 80 km/hr の時 全振幅 0.05g

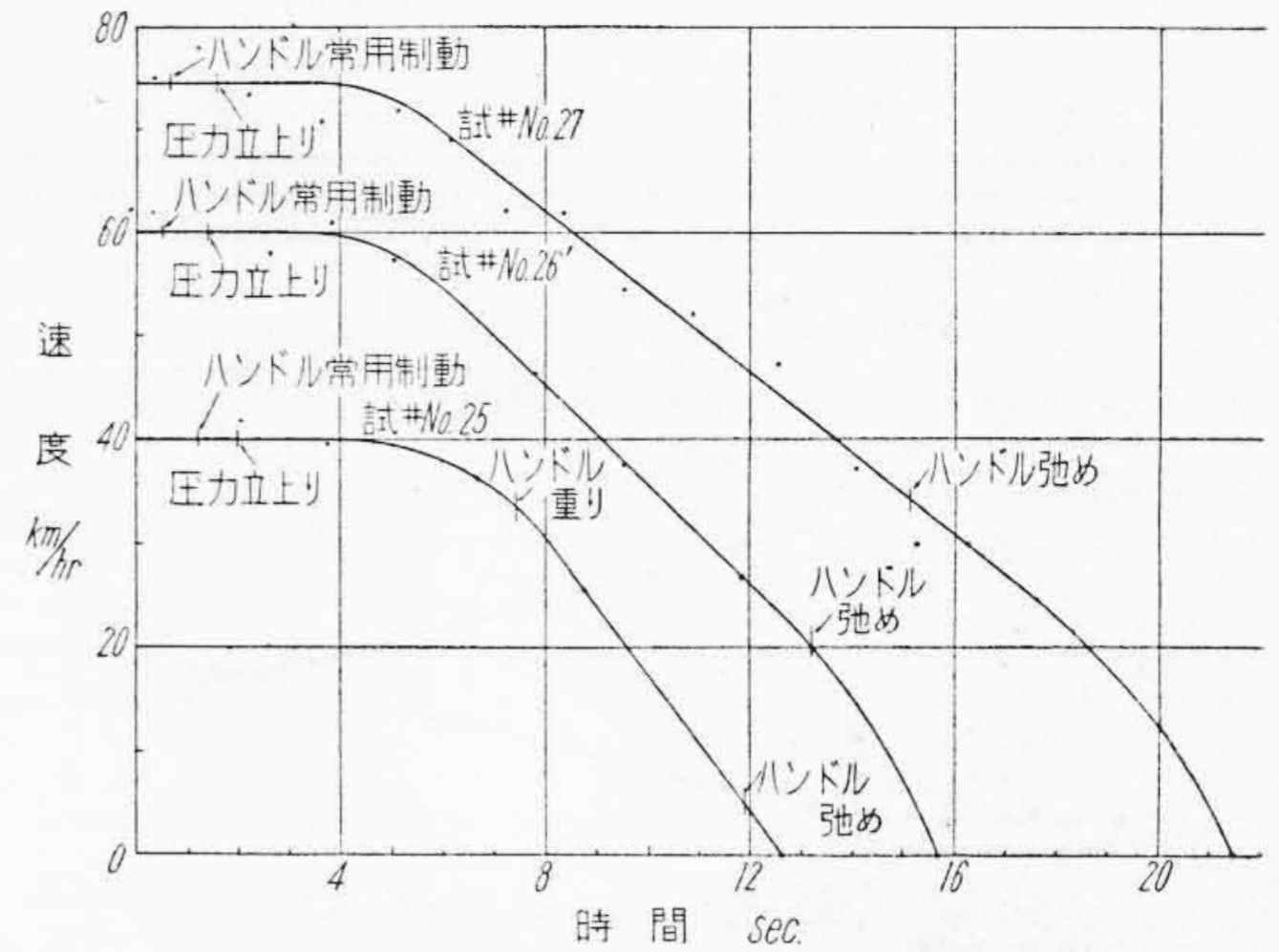
尙振動試験の詳細に就いては別途に発表する予定である。

(G) 惰行試験結果 (第 26 図、第 10 表参照)

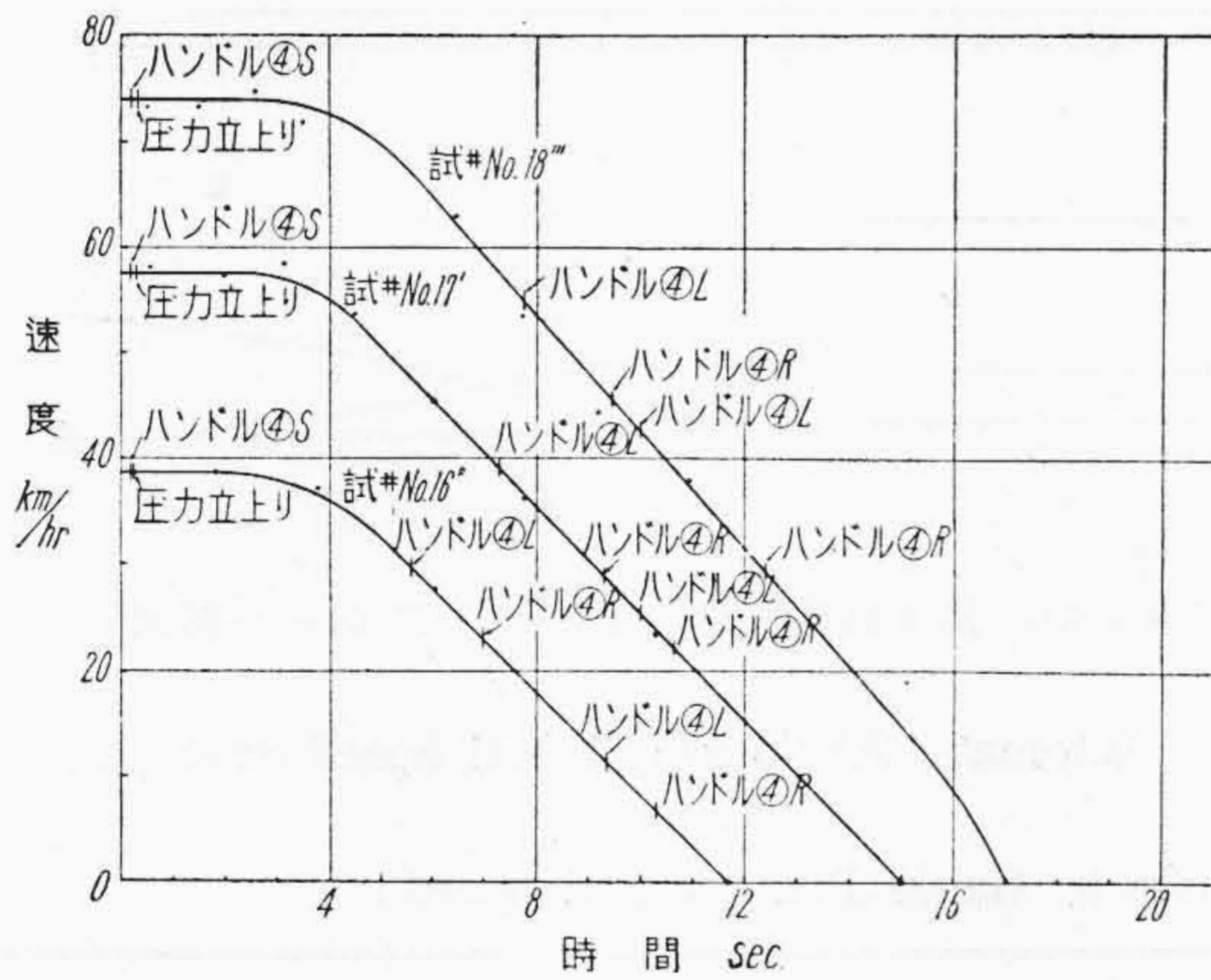




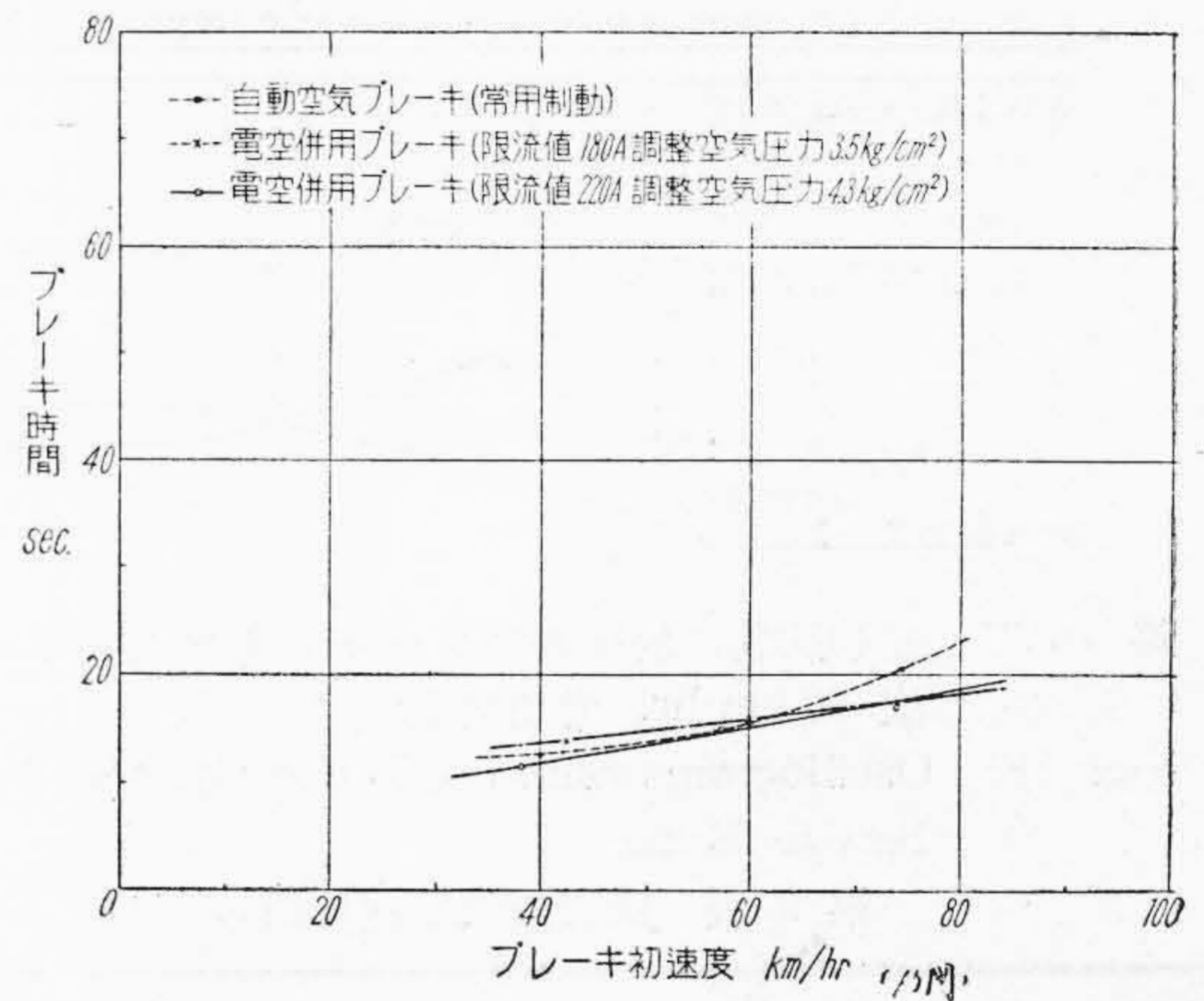
第 13 図 速度—時間曲線 (電空併用ブレーキ)  
限流値 180 A, 調整空気圧力 3.5 kg/cm<sup>2</sup>  
Fig. 13. Speed-Time Curves (Combined Electric and Air Brake) Setting of C. L. R. 180 A, Setting of Air Pressure 3.5 km/cm<sup>2</sup>



第 15 図 速度—時間曲線 (自動空気ブレーキ) 常用制動  
Fig. 15. Speed-Time Curves (Automatic air Brake) Service Brake.



第 14 図 速度—時間曲線 (電空併用ブレーキ)  
限流値 220A, 調整空気圧力 4.3 kg/cm<sup>2</sup>  
Fig. 14. Speed-Time Curves (Combined Electric and Air Brake) Setting of C. L. R. 220 A, Setting of Air Pressure. 4.3 kg/cm<sup>2</sup>

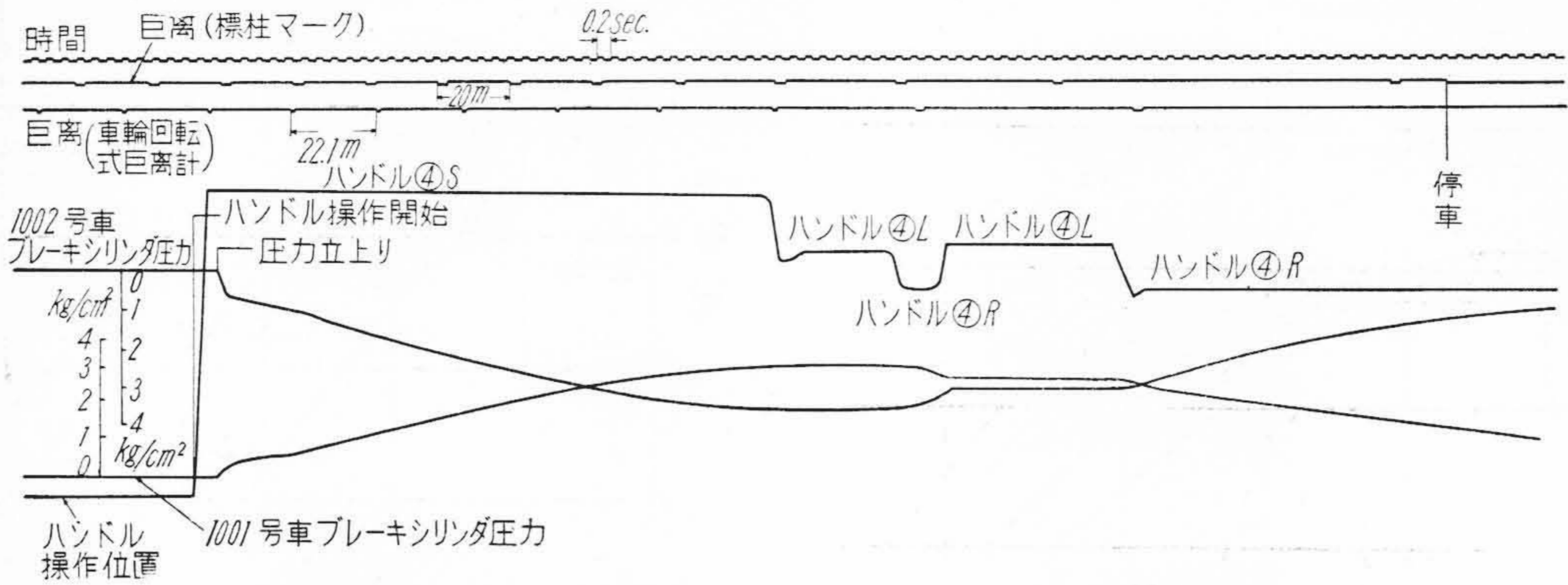


第 16 図 ブレーキ初速度—ブレーキ時間 曲線の比較  
Fig. 16. Relation between Initial and Braking Time Speed Curves.

第 8 表 制動試験結果 Table 8. Results of Braking Tests ( )内は速度計による読みを示す。

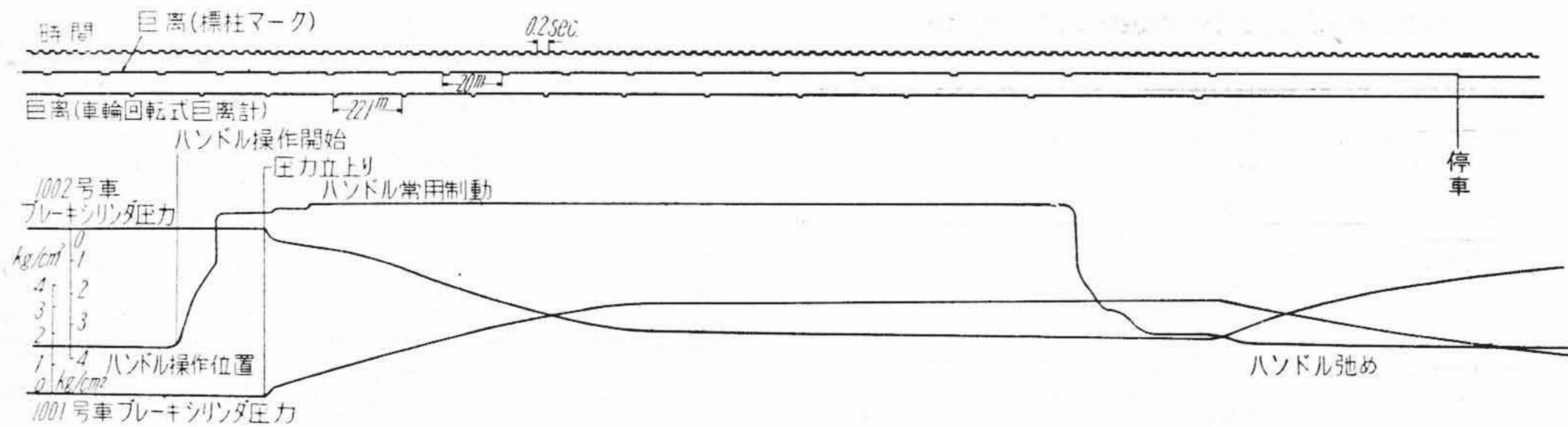
ブレーキ種別	項目	試験番号	ブレーキ初速度 km/hr	ブレーキ距離 m	ブレーキ時間 sec	減速度 km/hr/s	
						最大	平均
電空併用ブレーキ 限流値 180 A 調整空気圧力 3.5kg/cm <sup>2</sup>		5	42.5 (41)	107	14.1	5	3
		6	60 (60)	167	16.0	5	3.75
		7	74 (74)	226	17.6	6	4.2
電空併用ブレーキ 限流値 220 A 調整空気圧力 4.3kg/cm <sup>2</sup>		16''	37.5 (40)	79	11.7	5	3.2
		17'	57.5 (60)	135	15.0	5	3.82
		18'''	74.5 (78)	205	17.0	8	4.34
自動空気ブレーキ 常用ブレーキ		25	40 (40)	97	12.7	6.5	3.15
		26'	60 (60)	173	15.7	8	3.82
		27	74.5 (78)	287	21.5	7	3.46
発電ブレーキ	限流値 180 A	3	(60)	340	43.7		1.37
	// 220 A	14	(60)	280	31.7		1.87





第 17 図 制動試験に於けるブレーキシリンダ圧力オシログラムの一例 (電空併用ブレーキ) ブレーキ初速度 80 km/hr 限流値 220 A, 調整空気圧力 4.3 kg/cm<sup>2</sup>

Fig. 17. Oscillograms Showing Brake Cylinder Pressure (Combined Electric and Air Brake) Initial Speed 80 km/hr Setting of C. L. R. 220 A, Setting of Air Pressure 4.3 kg/cm<sup>2</sup>



第 18 図 制動試験に於けるブレーキシリンダ圧力オシログラムの一例 (自動空気ブレーキ) ブレーキ初速度 80 km/hr, 常用制動

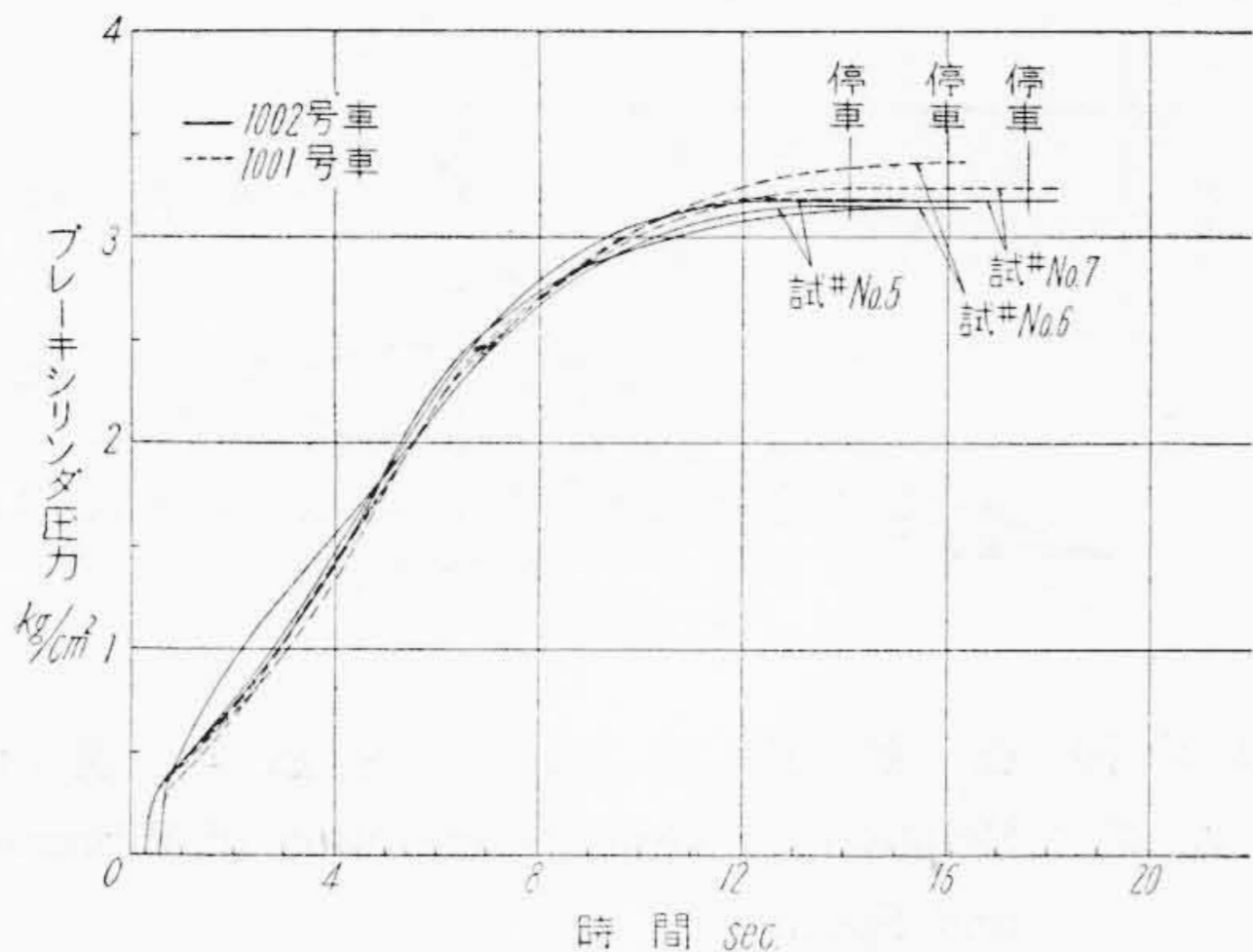
Fig. 18. Oscillograms Showing Brake Cylinder Pressure (Automatic Air Brake) Initial Speed 80 km/hr, Service Brake

第 9 表 圧力計及び速度計の読み

Table 9. Gauge Pressure and Speed

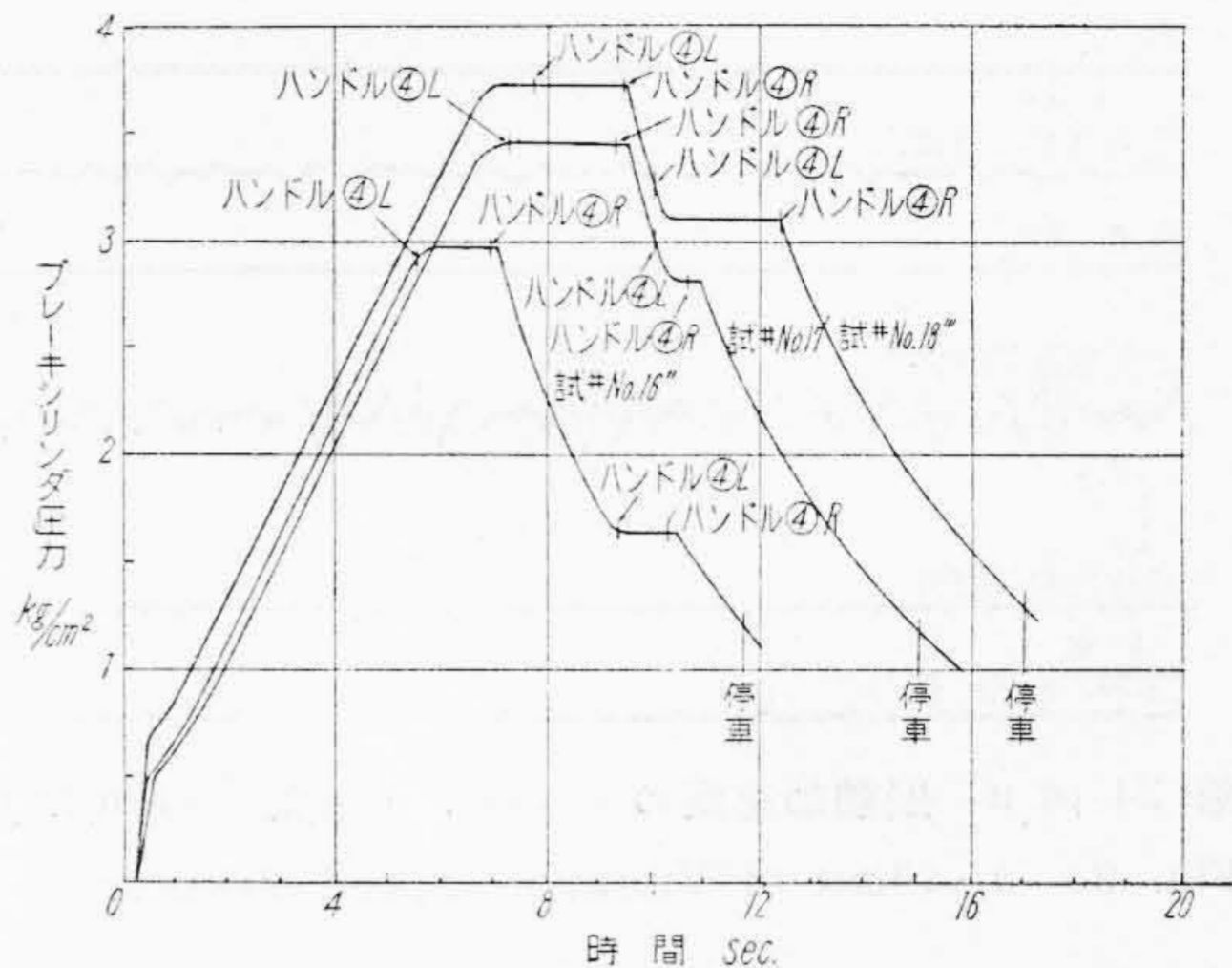
圧力計別	ブレーキ種別	試験番号	電空併用ブレーキ 限流値 180 A 調整空気圧力 3.5 kg/cm <sup>2</sup>			電空併用ブレーキ 限流値 220 A 調整空気圧力 4.3 kg/cm <sup>2</sup>			自動空気ブレーキ 常用ブレーキ		
			5	6	7	16''	17'	18'''	25	26'	27
			ブレーキ初速度 km/hr	41	60	74	40	60	78	40	60
元空気溜 kg/cm <sup>2</sup>	ブレーキ前		6.2	6.2	6.4	6.4	6.6	6.7	6.9	6.6	6.2
	ブレーキ後		6.0	6.4	6.0	6.0	7.0	6.2	6.2	6.3	7.0
釣合 空気溜 kg/cm <sup>2</sup>	ブレーキ前		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
	ブレーキ中最低		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	3.5	3.4	2.2
	停止時		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0			
ブレーキシリンダ kg/cm <sup>2</sup>	一 〇〇 二車	ブレーキ中最高	3.2	3.3	3.3	3.2	3.5	3.7	3.2	3.2	3.2
		停止時	3.2	3.3	3.3	1.6	1.2	1.2		2.0	
kg/cm <sup>2</sup>	一 〇〇 一車	ブレーキ中最高	3.2	3.2	3.2	2.6	3.1	3.3	3.3	3.2	3.2
		停止時	3.2	3.2	3.2						





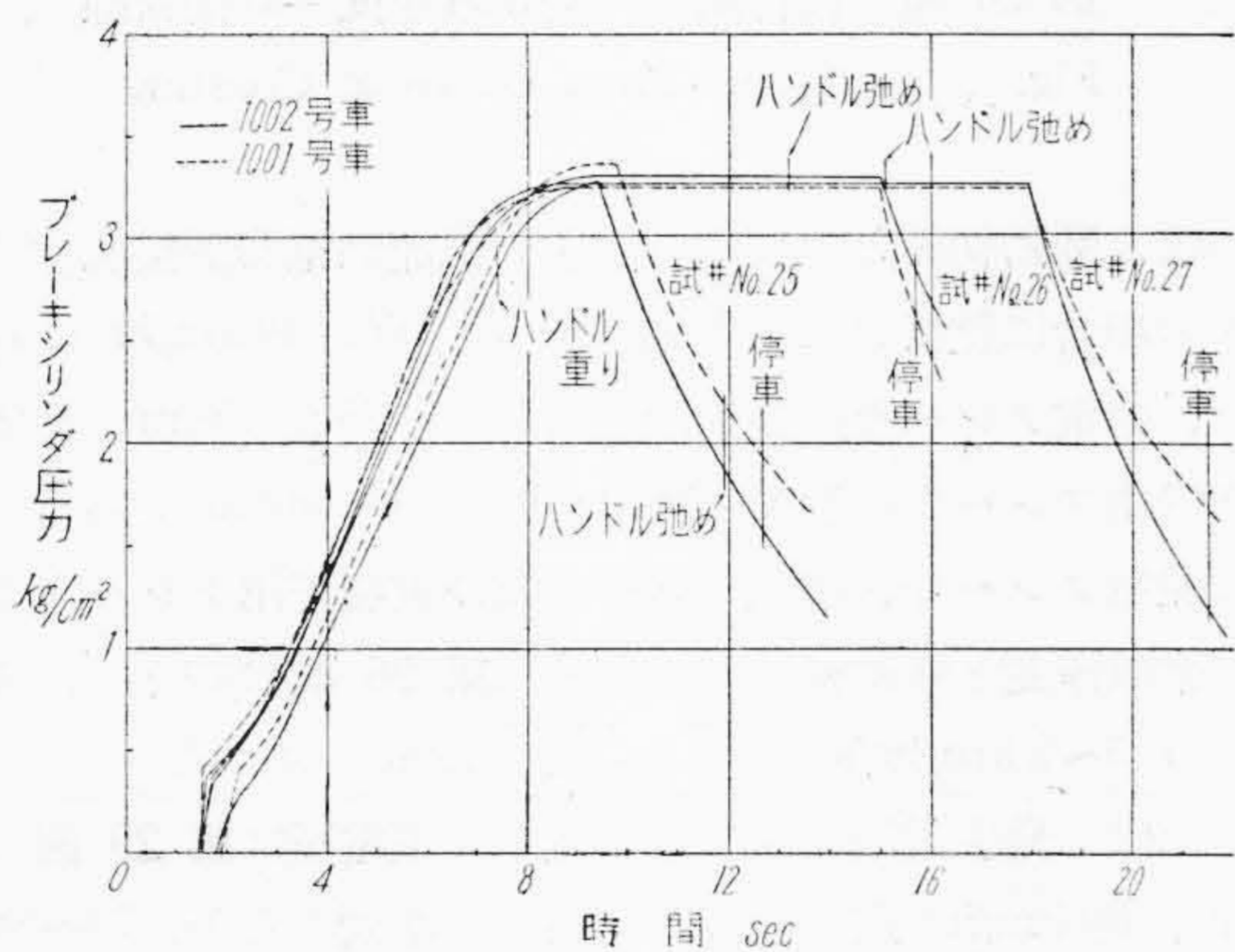
第 19 図 ブレーキシリンダ圧力時間曲線 (電空併用ブレーキ) 限流値 180A. 調整空気圧力 3.5 kg/cm<sup>2</sup>

Fig. 19. Pressure-Time Curves in Brake Cylinder (Combined Electric and Air Brake) Setting of C. L. R. 180A, Setting of Air Pressure 3.5 kg/cm<sup>2</sup>



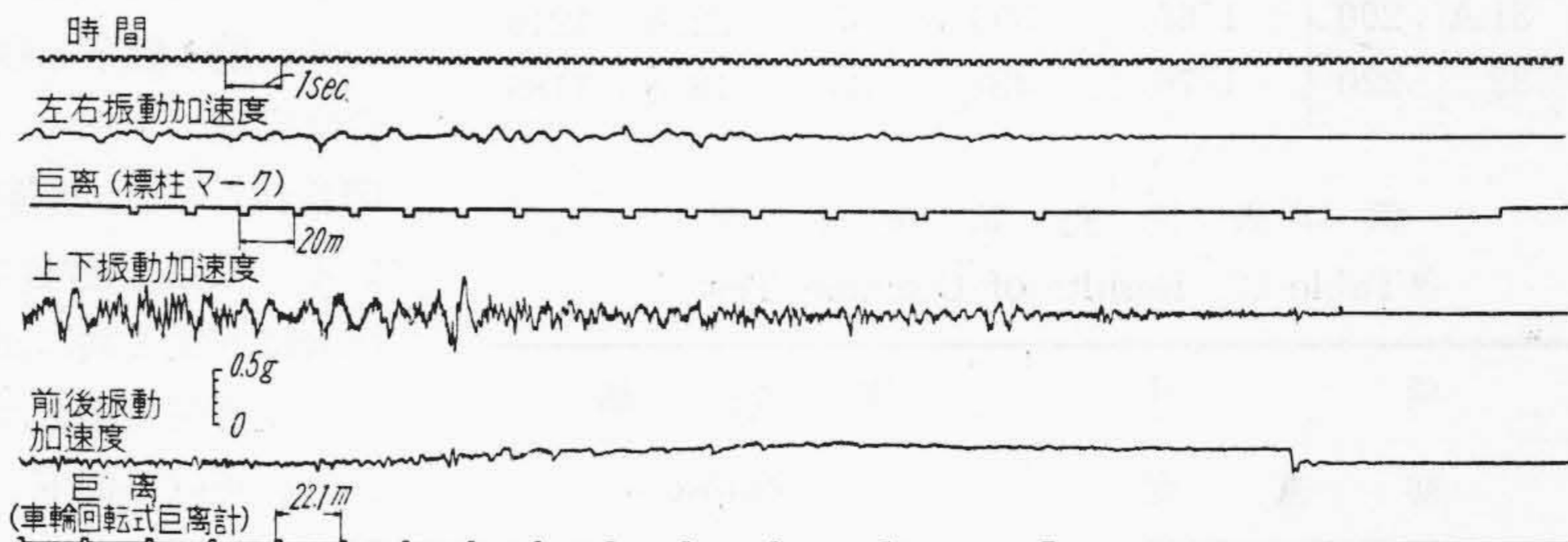
第 20 図 ブレーキシリンダ圧力—時間曲線 (電空併用ブレーキ) 限流値 220A, 調整空気圧力 4.3 kg/cm<sup>2</sup>

Fig. 20. Pressure-Time Curves in Brake Cylinder (Combined Electric and Air Brake) Setting of C. L. R. 220A, Setting of Air Pressure 4.3 kg/cm<sup>2</sup>.



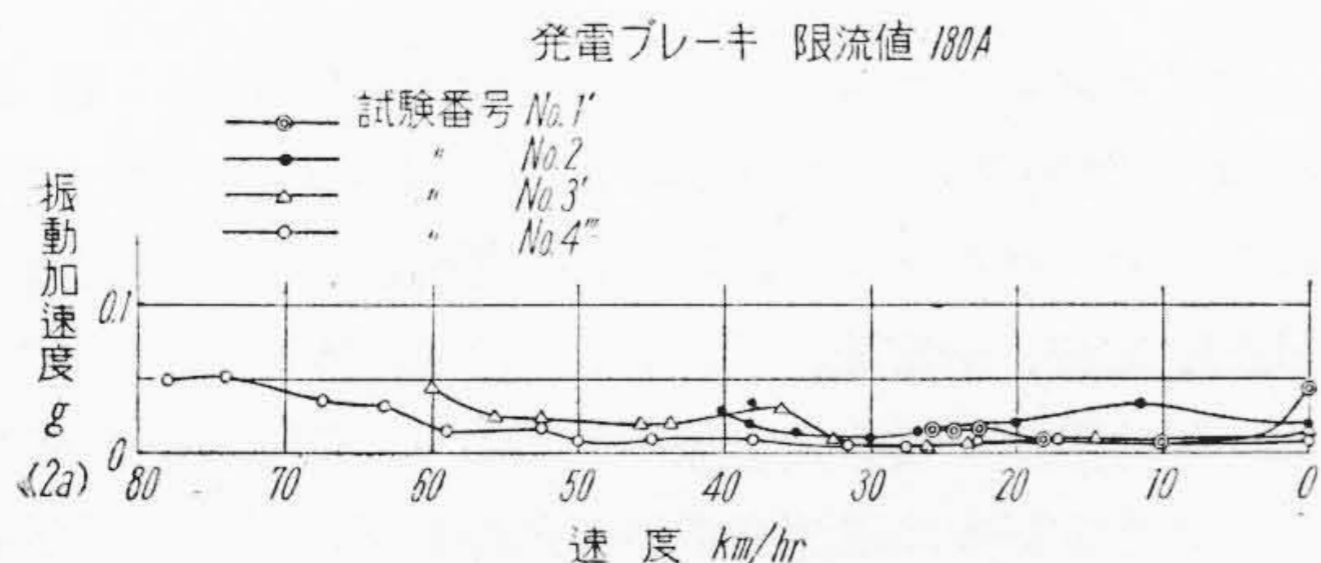
第 21 図 ブレーキシリンダ圧力—時間曲線 (自動空気ブレーキ) 常用制動

Fig. 21. Pressure-Time Curves in Brake Cylinder (Automatic Air Brake) Service Brake



第 22 図 発電制動時振動加速度のチャート (ブレーキ初速度 80 km/hr)

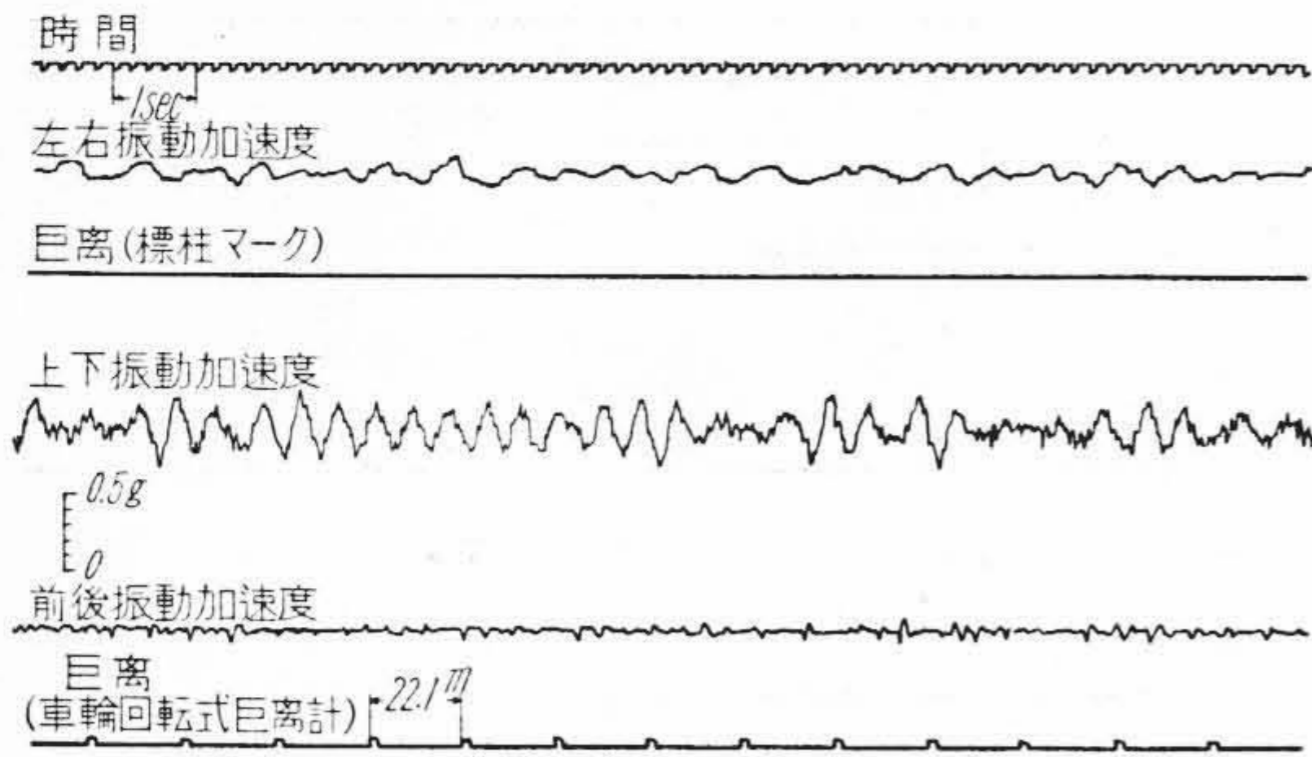
Fig. 22. Chart of Vibration at Dynamic Brake (Initial Speed 80 km/hr)



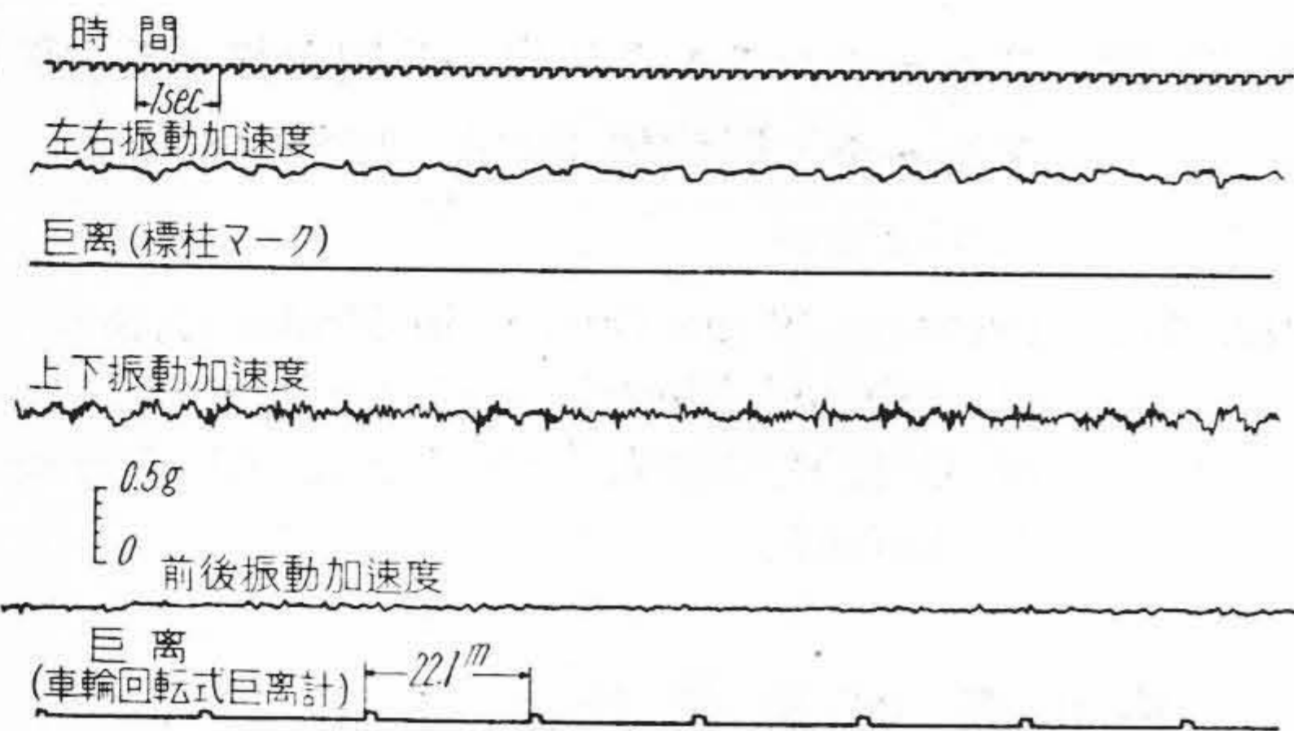
第 23 図 発電制動時に於ける振動加速度 (限流値 180 A)

Fig. 23. Acceleration of Vibration at Dynamic Brake (C. L. R. Setting 180A)





第24図 a 振動加速度のチャート (速度 80 km/hr)  
Fig. 24—a Chart of Vibration (Speed 80 km/hr)



第24図 b 振動加速度のチャート (速度 50 km/hr)  
Fig. 24—b Chart of Vibration (Speed 50 km/hr)

第11表 起動試験結果  
Table 11. Test Results of Starting

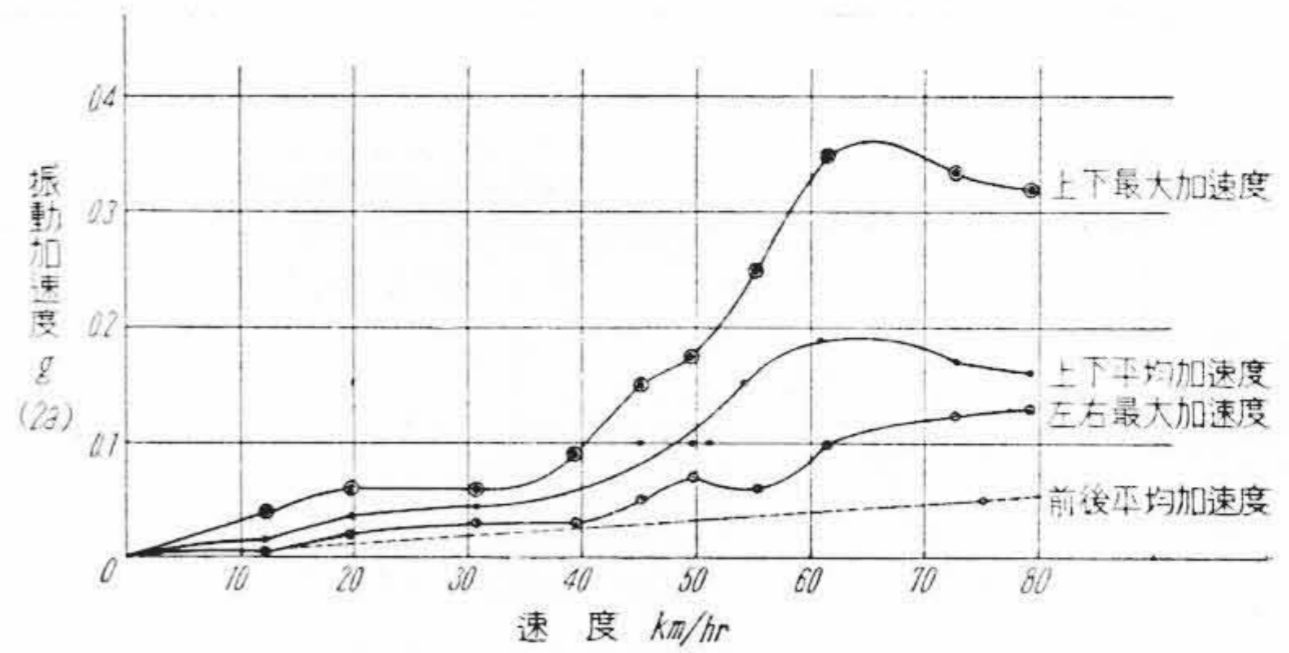
試験 番号	限流 値 (A)	平均 加 速 度 (km/hr/s)	最大 電 流 (A)	直線加速時末端		
				速 度 (km/hr)	時 間 (s)	電 圧 (V)
31	180	1.4	356	40	28.7	1240
31 A	200	1.65	396	37	22.6	1210
32	220	1.76	434	33	18.8	1185

第12表 惰行試験結果  
Table 12. Results of Coasting Test

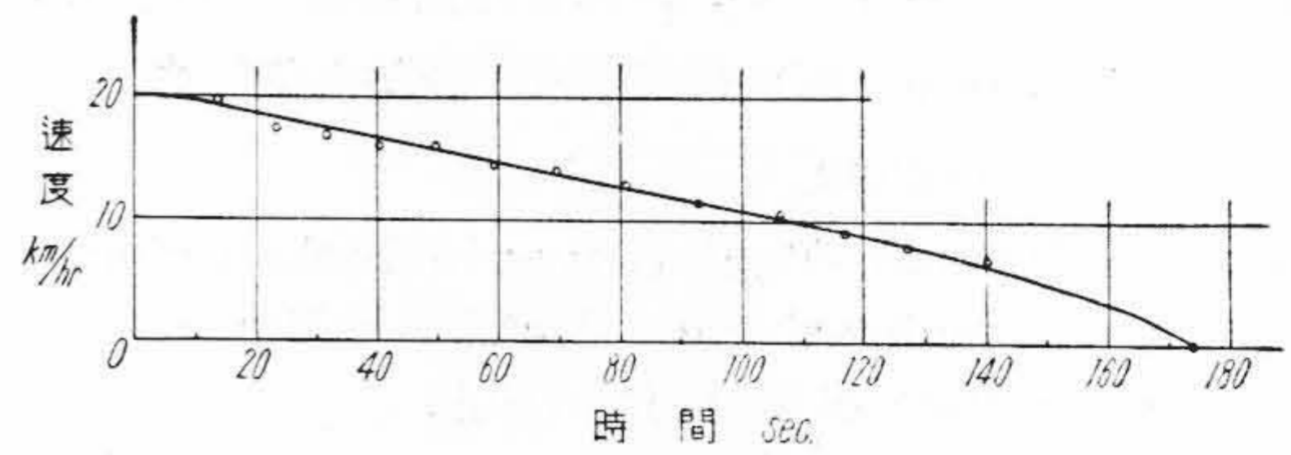
項 目	測 定 値
初 速 度	20 km/hr
停止迄の距離	520 m
// 時間	174 sec
減 速 度	0.115 km/hr/s
平均走行抵抗	3.52 kg/t

[VI] 試験結果の検討

(1) 制動距離及び制動減速度 第27図に発電ブレーキ、空気ブレーキ及び電空併用ブレーキに於ける制動



第25図 振動加速度と速度の関係  
Fig. 25. Relation between Accereration of Vibration and Speed



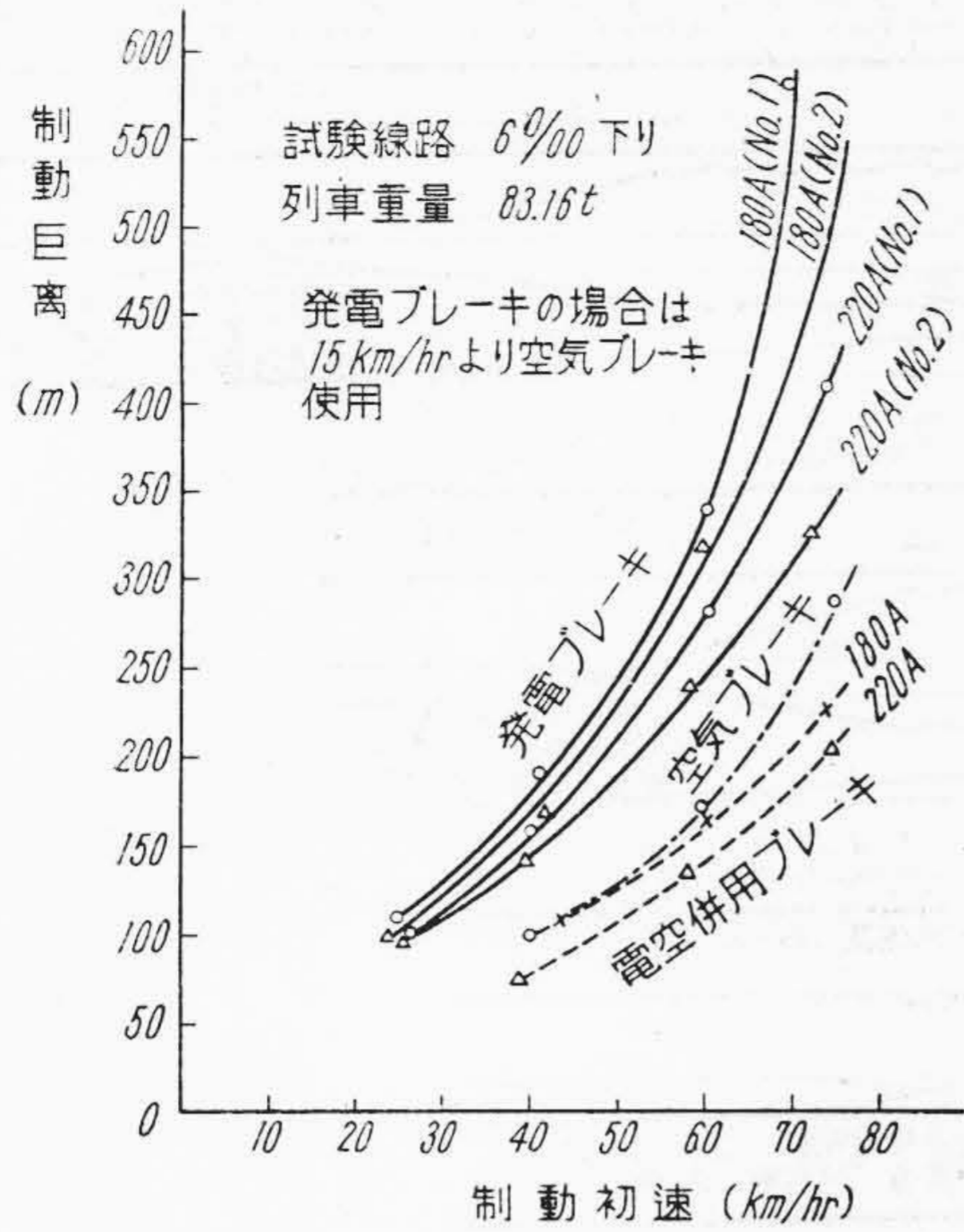
第26図 惰行試験に於ける速度—時間曲線  
Fig. 26. Speed-Time Curve at Coasting

距離と制動初速との関係を示す。限流継電器調整値 220 A の場合に就て見れば制動初速 75, 60, 40 km/hr に対し、発電ブレーキの制動距離は 350, 250, 150m, 又電空併用ブレーキの制動距離は 205, 145, 80 m である。又発電ブレーキ、空気ブレーキ及び電空併用ブレーキの制動減速度と制動初速との関係は第28図の如くで、夫々 1.5~2 km/hr/s 及び 4~5 km/hr/s であつた。

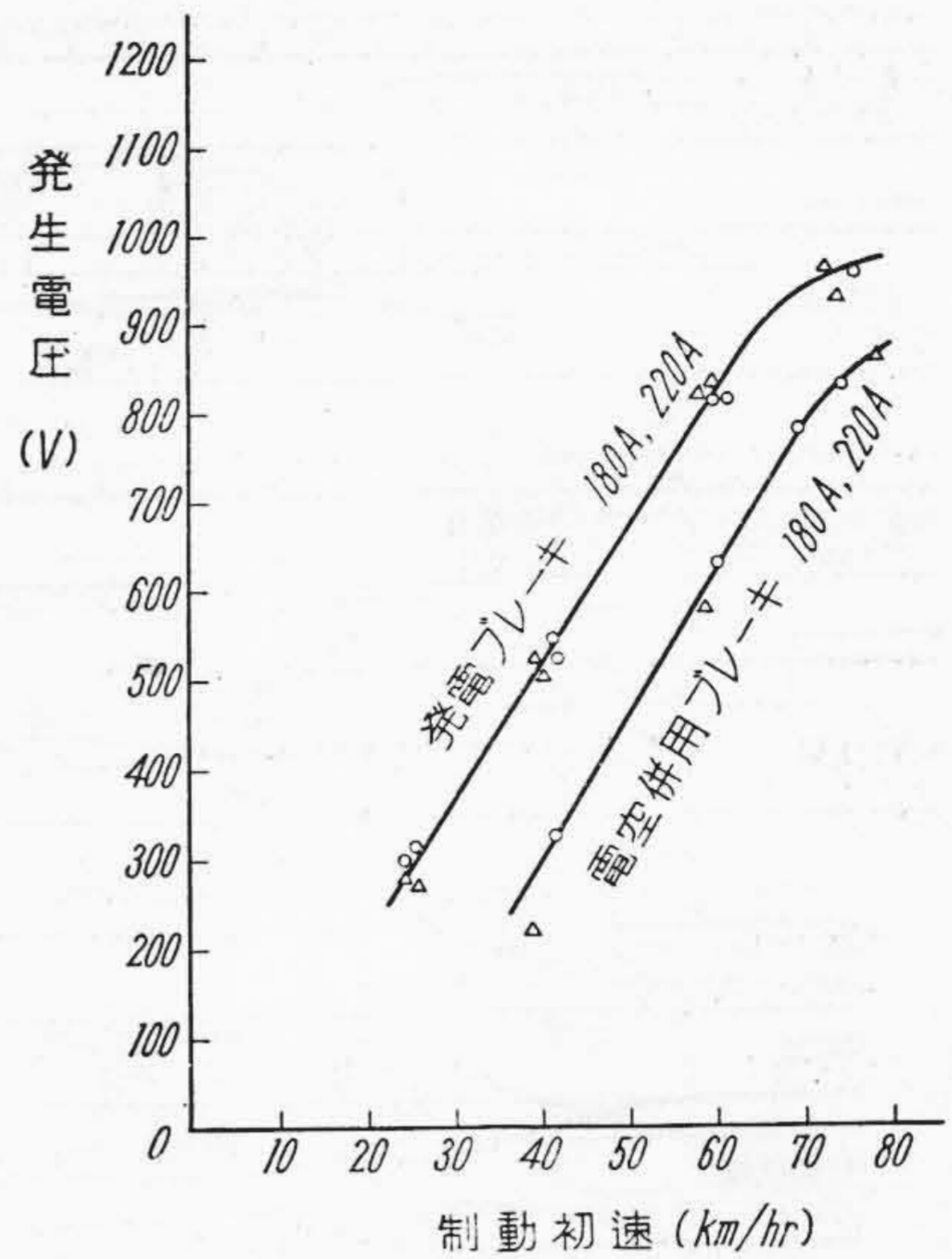
(2) 発生電圧及び発生電流 発生電圧は第29図の如く 60 km/hr 迄は速度に比例して増大するが、70~80 km/hr に於ては過電圧を発生しないよう自動制御されるので、稍々低下し最高は 962V であつた。電空併用の場合は発電ブレーキの初期に空気ブレーキの効果が可成り現われるので、最高電圧は全般的に 200 V 程度低下している。又発生電流は第30図の如く発電ブレーキ単独の場合は速度と共に僅かに増加する程度で略々一定に近いが電空併用の場合は低速の場合空気ブレーキの効果が現われ、可成り低下している。尙主電動機の整流状態は全試験を通じ #1 或は #2 で極めて満足すべき状態であつた。

次にオシログラムの二三に就て検討して見る。第31図 a は制動初速 73.5km/hr より発電ブレーキをかけた場合のオシログラムで、時間、距離標識、予備励磁電流  $M_3M_4$  電流、全電流、 $M_4$  電圧を示す。本方式は前述の如く限時限流継電方式を採用しており、制動初速に応じて限時継電器或は限流継電器が動作して、過電圧が発生

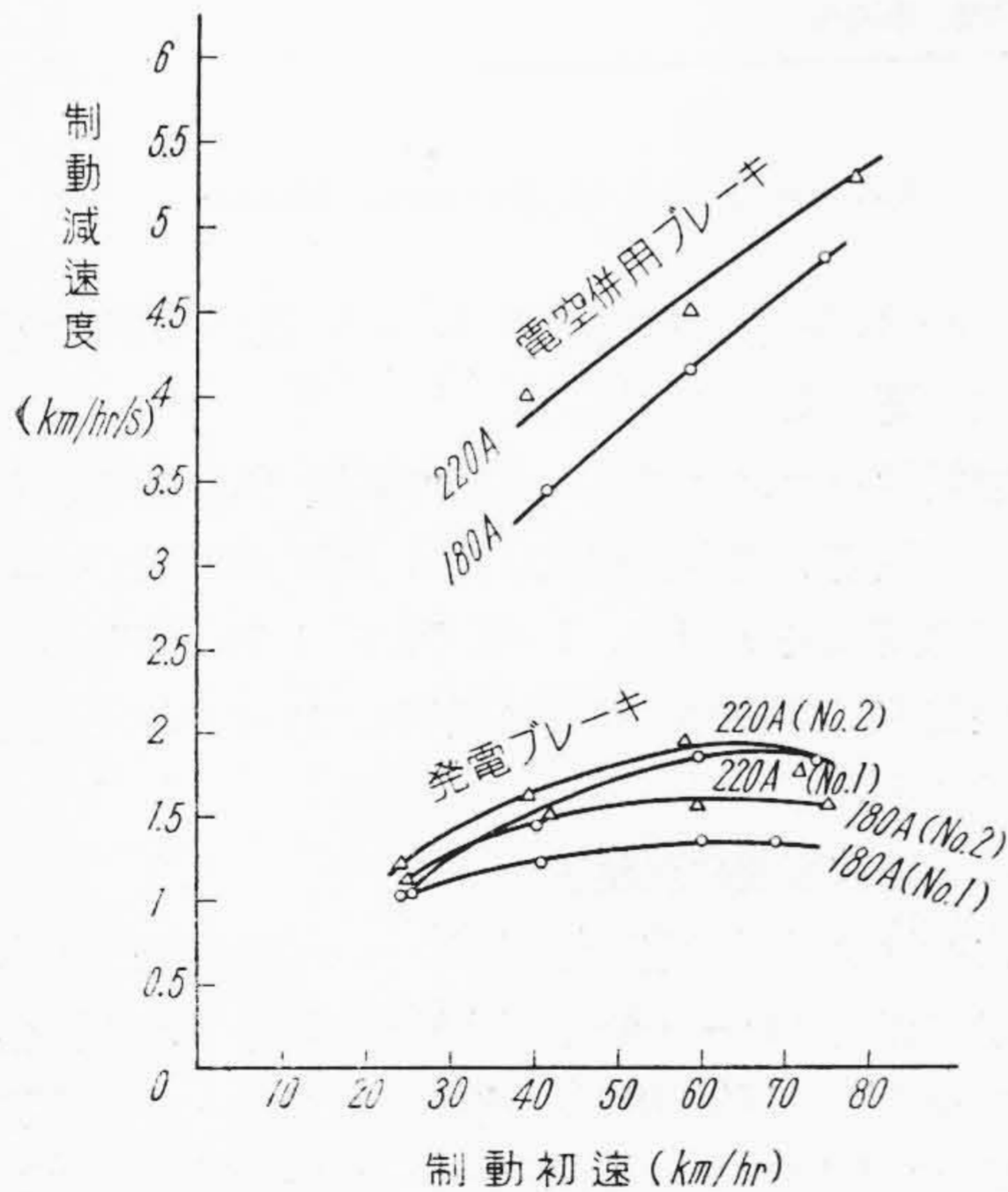




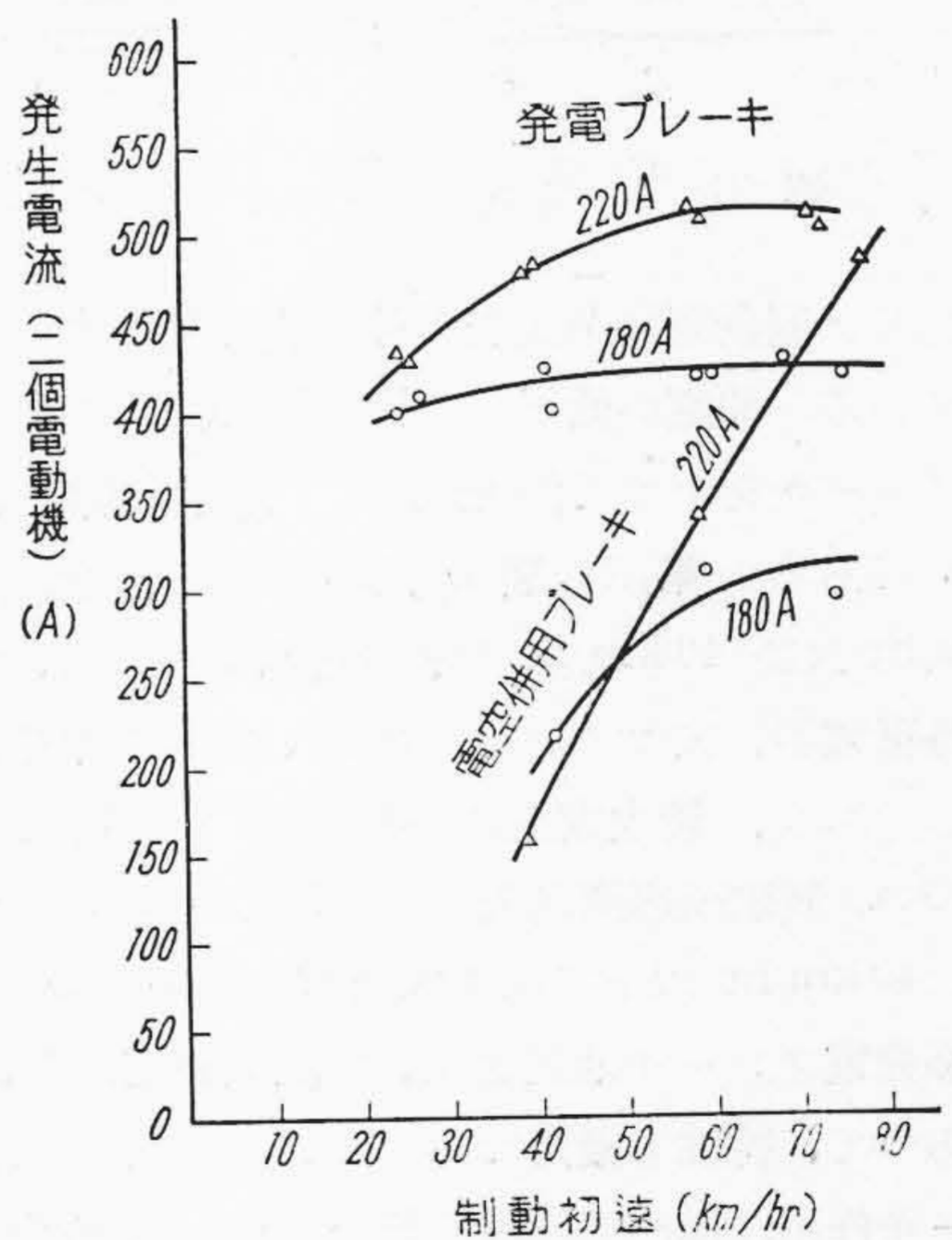
第 27 図 制動距離と制動初速との関係  
Fig. 27. Relation between Brake Distance and Brake Initial Speed



第 29 図 発生電圧と制動初速との関係  
Fig. 29. Relation between Generated Voltage and Brake Initial Speed.



第 28 図 制動減速度と制動初速との関係  
Fig. 28. Relation between Retardation-Rate and Brake Initial Speed

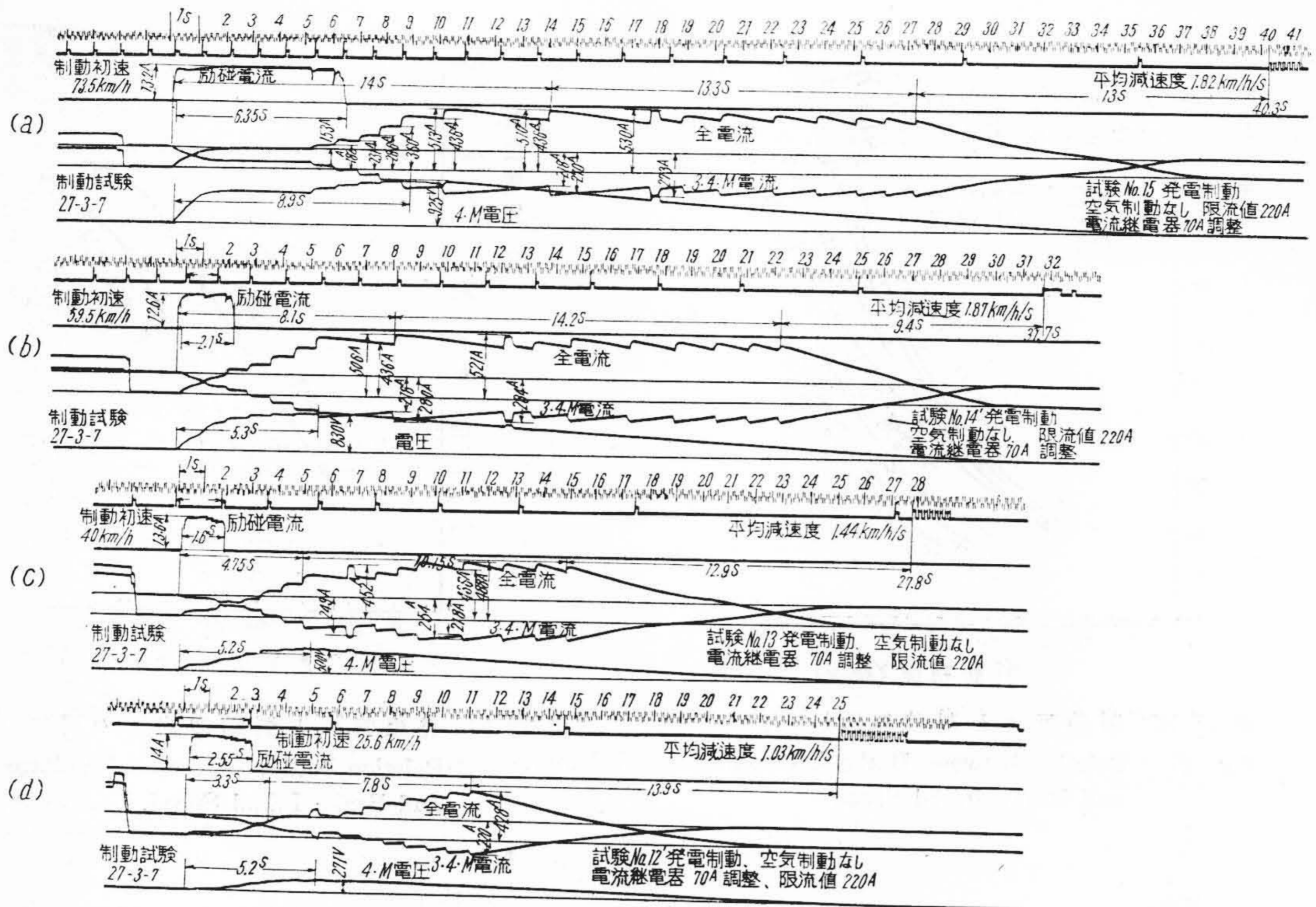


第 30 図 発生電流と制動初速との関係  
Fig. 30. Relation between Generated Current and Brake Initial Speed

しないよう制動ノッチを自動的に進めるものであるが、本オシログラムに就て見れば、第1ノッチ  $B_1$  で先づ限時継電器が動作して十分な制動電流が発生する迄ノッチ進みを抑止し、制動電流が発生してから限流継電器の支配の下に  $B_2$  ノッチへ進み、以後は限時継電器の支配の下に  $B_3 \sim B_5$  ノッチへ進んでいる。 $B_1 \sim B_6$  の電圧発生状況を見れば 700-750-810-850-900-925 V で、 $B_2 \sim B_5$

に於ては各ノッチに於ける電圧及び電流は共に殆ど一定で尖頭値を発生しない。このことは極めて注目すべきことであつて、制動初速高く発生電圧及び電流を制限する必要がある場合には限時式にノッチを進めるのが最も作用が確実ではないかと思われる。 $B_7$  ノッチ入以後は再び限流継電器の支配の下にノッチが進んでおり、最大電流は 501A である。尙予備励磁のために電圧発生は可成





第 31 図 発電ブレーキオシログラム

Fig. 31. Oscillograms of Dynamic Brake

速かであり、制動回路閉成後 1 秒で最大電圧値の 80 % に達している。速度が低下して約 10 km/hr になったとき空気ブレーキをかけて停止した。平均減速度は 1.82 km/hr/s である。第 31 図 b 及び c は夫々制動初速 59.5 km/hr 及び 40 km/hr の場合を示すもので、制動初期は限時継電器、夫々 S<sub>8</sub> 入、S<sub>12</sub> 入以後は限流継電器が動作しており、最大電圧は 830, 500 V, 最大電流は 509, 485 A, 制動減速度は夫々 1.87 及び 1.44 km/hr/s である。40 km/hr 以下では予備励磁の効果は少い。

これ等発電ブレーキ期間を通じて限流継電器の動作は正確であつて、特性も優秀であり、ノッチ間の突流も少くブレーキ作用は極めて円滑に行われた。唯電流継電器の調整値が低過ぎたので、制動初速の低い場合限時継電器の動作開始時期が早過ぎて、制動時間が多少延びている。又制動減速度が全面的に少々低いが、これは 2 軸駆動のためであつて、発電ブレーキのみで高減速度を得るためには全軸駆動とする必要がある。

第 32 図(a),(b) 及び (c) は夫々制動初速 78, 58.5 39km/hr 電空併用ブレーキの場合のオシログラムで、制動時主幹制御器ハンドルを一気に ④S ノッチへ進め、発電ブレーキと同時に空気ブレーキを作用させた。最大電圧は夫々 861, 585 及び 219 V, 最大電流は 488, 342

及び 158 A, 制動減速度は 5.3, 4.5 及び 4.02 km/hr/s で可成り高くなつている。

起動試験のオシログラムは第 33 図 (a)(b) 及び (c) に示す。限流継電器調整値は夫々 180, 200 及び 220A, 起動加速度は夫々 1.4, 1.65 及び 1.76 km/hr/s で、電車線電圧が 1200 V 程度に低下していたため、可成低く出ている。

(3) 電磁直通弁調整圧力

試験番号 5, 6, 7, 電空併用ブレーキ(限流値 180 A)の際、電磁直通ブレーキ空気圧力を 3.5kg/cm<sup>2</sup> に調整し、試験番号 16'', 17', 18''', 電空併用ブレーキ (限流値 220 A) の際は同じく 4.3kg/cm<sup>2</sup> に調整したが、試験の結果第 18 図、第 19 図に見られる如く、後者 4.3 kg/cm<sup>2</sup> に調整した方が、圧力立上り曲線が良好である。

(4) 制動ハンドル操作時間

主幹制御器 1 ハンドル操作は動作極めて軽快にして、且つ、電磁直通なるため圧力立上り時間が、極めて迅速に行われる。一例を示せば電磁直通の場合、POWER OFF の位置から、ハンドル操作時間約 0.2 秒、圧力立上りまでの時間約 0.15 秒、合計 0.35 秒に対し、制動弁操作による自動空気ブレーキでは、同じくハンドル操作時間約 0.65 秒、圧力立上りまでの時間約 0.9 秒、合計



約1.6秒間を要し、在来の自動空気ブレーキの方がハンドル操作に於て約3倍、圧力立上りに於て、約6倍の時間を要して居る。これだけ電磁直通1ハンドル方式の方が空走時間を短縮し得て有利となる。

(5) 電磁直通ブレーキに於ける階段弛め

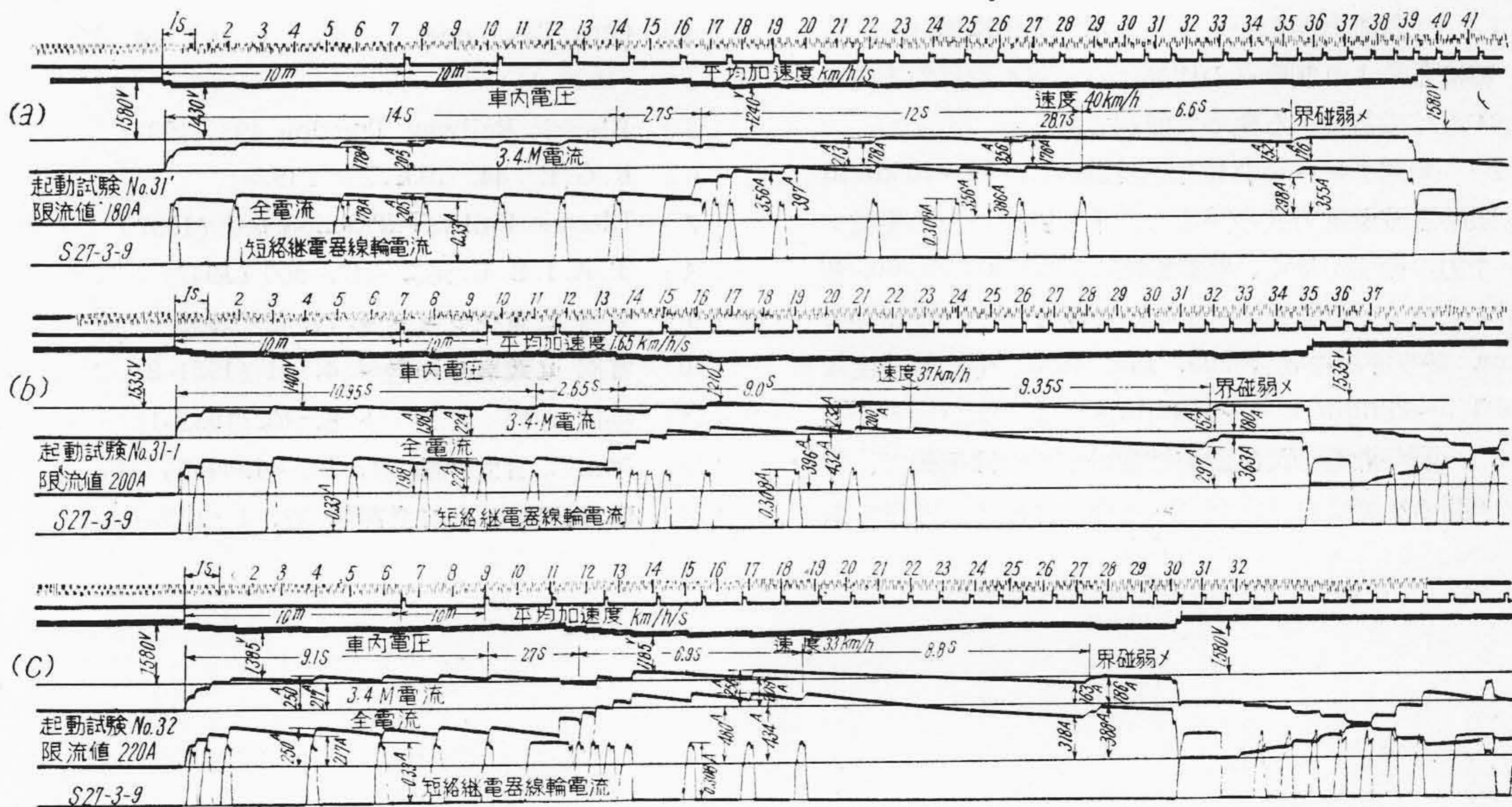
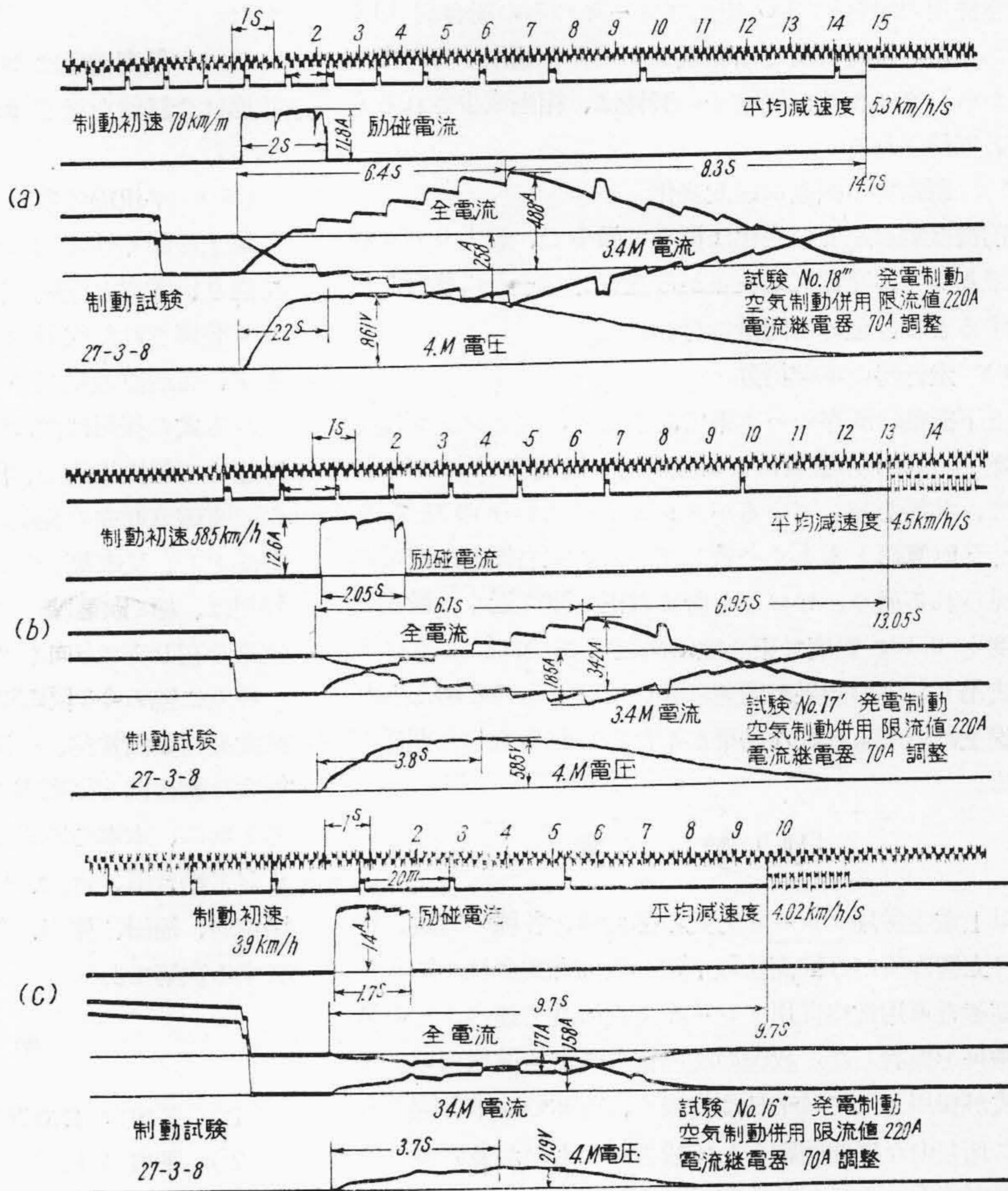
発電ブレーキから空気ブレーキに移行する際、電磁直通ブレーキ適用が自由自在にして、極めて円滑に行われ、小刻みの階段弛めに依り熟練を要しないで所定目標位置に停車させる事が確認された。

(6) 制動時車輪タイヤの温度上昇

発電ブレーキのみの場合0°C,

第 32 図 電空併用ブレーキオシログラム

Fig. 32. Oscillograms of Combined Electric and Air Brake



第 33 図 起動オシログラム

Fig. 33. Oscillograms of Starting



電空併用の場合約 9°C 空気ブレーキのみの場合約 14°C であつた。常時に於ては発電ブレーキを適用するのであるから、タイヤ及び制輪子の磨耗は、相当減少されるものと期待される。

#### (7) 制動時の振動加速度変化

前後振動加速度の変化は極めて僅少で、最大 0.05g 程度であつて、発電ブレーキから空気ブレーキに移行し停車するまで、極めて円滑に行われた。

#### (8) 走行時の車輛振動

上下振動は既存のバネ系であるため、クッションは少々剛い。10m の継目による強制力と速度約 65km/hr 附近で、共振を起しているがタンピングは十分の様である。又計算値ともよく一致している。左右振動は波形にも見られる通り、ビビリを含まぬ正弦波に近く、最大加速度も 0.13g 程度で乗心地は快適であつた。これはカム式吊リンクの効果が顕著にきいているものと考えられ保線上に於ても良好な結果がもたらされるものと期待される。

### [VII] 結 言

以上電空併用ブレーキ方式の必要性と各種の方式、特に日立製作所が今回高松琴平電気鉄道株式会社へ納入した高速電車で電空併用ブレーキ方式に就て述べ、その試験結果を検討した。我国の高速電車で電空併用ブレーキ方式が採用されて以来日は尙浅く、前述の欧米各国の方式に比し未だ研究問題として残されたものが多いが、今後表定速度の上昇と共に益々広く採用されるであろう。今回の試験結果を要約すれば下記の如くなる。

(1) 主幹制御器のハンドル 1 本で簡単に操作し得る。特に電動より制動への切換はハンドルを反対方向へ廻すだけであるから極めて便利である。

(2) 発電ブレーキの使用速度範囲は 80~10 km/hr で、限時限流継電方式の採用及び予備励磁のため発電ブレーキ力の発生が早く、制動距離は制動初速 75, 60, 40 km/hr のとき、発電ブレーキのみの場合 夫々 350, 250, 150 m, 電空併用の場合 205, 145, 80m, 平均減速度は夫々 1.5~2km/hr/s, 4~5 km/hr/s であつた。

(3) 限時継電器及び限流継電器の動作は正確で、各ノツテ間の突流は少く、ブレーキ作用は極めて円滑であ

つた。

(4) 最高電圧は 962 V であつたが、主電動機整流状態は全試験を通じ #1, #2 で極めて満足すべき状態であつた。

(5) 平坦線停車用及び勾配線抑速用共に使用し得る。

以上の如く性能的にも亦幾多の画期的試みが織込まれて居り、電気と機械が渾然一体となり、総合技術が遺憾なく発揮された代表的の作品と思う。特に発電ブレーキ常用、電磁直通空気ブレーキの併用及び主幹制御器ハンドル方式の採用は他に類のないものであり、試験の結果は極めて軽快敏速で、円滑に操作されることが立証された。電磁直通弁の発明は、主幹制御器 1 ハンドル方式を可能とし、又車輛振動の改善においてカム式吊リンクの採用は、極めて顕著なる効果を示し、何れも今後の高速電車の在り方に一方向を画するものと信ずる次第である。

終りに臨み今回の現車試験に際し、高松琴平電気鉄道株式会社景山常務、中野課長外関係各位より与えられた絶大な御援助と御配慮に対し、満腔の敬意と謝意を表すると共に、本車の設計より現車試験まで終始協力された日立工場合田、古山、岩間、高村、高橋諸氏及び笠戸工場東島、福田、佐川、左海、田上諸氏に深甚なる謝意を表する次第である。

### 参 考 文 献

- (1) 平田：日立評論 34, 361 (1952-2)
- (2) 平田：同 上 32, 913 (1950-11)
- (3) Aldo Gnani: Elektrische Bahnen 16, 156, (1940-8)
- (4) Otto Taschinger: // // 14, 257, (1938-11)
- (5) Electric Railway Traction 498 (1937)
- (6) R. G. E. 44, 195, 227 (1938)
- (7) Electric Railway Traction 682 (1937)
- (8) T. A. I. E. E. 66, 247, 900 (1947)
- (9) 鳥居：東芝レビュー 7, 42 (1952-2)
- (10) 富岡：電気車の科学 4, 11 (1951-2)
- (11) 松田：同 上 5, 13 (1952-1)
- (12) 平田：日立評論 31, 187 (1949-5)
- (13) 藤芳、橋本：日立評論 32, 1 (1950-1)