

# シャシ・ダイナモメータ

## Chassis Dynamometer

氏 原 良 男\* 秋 田 六 郎\*

Yoshio Ujihara

Rokuro Akita

吉 岡 孝 幸\*\* 白 木 勇\*\*

Takayuki Yoshioka

Isamu Shiraki

### 内 容 梗 概

自動車の室内試験機としては総合的容量がわが国最大のものを防衛庁に納入した。6輪駆動の総重量30 t車まで測定が可能であり、その成果が期待されている。

本装置は自動車の総合性能試験設備計画の一環をなすもので、続いて製作中の傾斜試験機などと併置されるもので、主としてその走行性能を測定するためのものである。

自動車に与えるべき負荷の補償を電氣的に行う方式を採用し、測定室より遠方制御できるとともに必要なデータはすべて測定室に遠隔表示されることが特長である。ここに本設備の概要を紹介する。

### 1. 緒 言

自動車の走行性能を知るためには、実際に路上を走行させて試験をする方法もある。しかし、路上で試験をする場合には、変化の多い外部条件が伴ってくるし、思うような測定ができないので、測定結果より自動車の真の性能を解析することが困難である。そこで外部条件をできる限り整理した試験機によって、できる限り精度の高い測定を行い、また現象に近づいて個々の性能を解析していく方法が考えられる。これが室内試験の主な目的<sup>(1)</sup>である。

シャシ・ダイナモメータは自動車の室内試験機の主たるものであるが、主として動的な走行性能の試験を目的としている。

今回完成をみた試験機は、直径の大きい回転ドラムの上に自動車の全輪をのせて走行させるもので、この仮想走路における自動車出力の測定は、けん引力をはかることにより知ることができる。

仮想走路に負荷をかける方法としては、電氣的動力が採用された。路上走行時にうける走行抵抗と同様な負荷を被試験車に与えるために、負荷を自重による加速抵抗、空気抵抗、およびころがりと登坂抵抗の三つの部分に大別し、これら三要素は試験の目的や条件により、別に設けた三つのダイヤルの操作により、自由に調節して電氣的に与えうるようにした。

### 2. 負 荷 の 補 償

路上を走行することによってうける走行抵抗を、仮想走路において、電氣動力により与えることを、以下、負荷の補償とよぶ。

補償すべき内容は、理論的に(1)式により与えられる。

\* 日立製作所亀有工場

\*\* 日立製作所日立工場

$$P_M = \frac{W_0 - W_1}{3.6g} v' + \frac{\lambda S}{3.6 \times 3.6} v^2 + (C_0 - C_1) + W_0 \sin \theta \dots \dots \dots (1)$$

$$= Av' + Bv^2 + C$$

ただし

$P_M$ : 電動機が補償すべき、ドラム面上におけるプル (kg)

$W_0$ : 被試験車の総重量(ドラム面上換算値) (kg)

$W_1$ : 試験機の総重量(ドラム面上換算値) (kg)

$g$ : 重力の加速度 (9.8m/s<sup>2</sup>)

$v'$ : 被試験車の加速度 (km/h/s)

$\lambda$ : 空気抵抗係数

$S$ : 被試験車の前面面積 (m<sup>2</sup>)

$v$ : 走行速度 (km/h)

$C_0$ : ころがり抵抗(路上走行によるもの) (kg)

$C_1$ : 試験機のころがり抵抗(ドラム、減速機などによるもの) (kg)

$\theta$ : 登降坂角度 (deg)

#### 2.1 加速抵抗の補償

(1)式第1項は、被試験車の重量と試験機の重量の差を補正するものである。被試験車が重い場合、または軽い場合に応じて、別に設けたダイヤル(Aダイヤルとよぶ)を回すことにより試験機の重量を電氣的に補正して、常に被試験車の重量に一致させることができる。このことは、自動車の加速または制動性能を測定するためには重要な事項であり、式中、Aなる係数はAダイヤルの目盛により与えられる。

#### 2.2 空気抵抗の補償

第2項は電動機の補償すべき空気抵抗を示す。

被試験車の前面面積とその形状により、別途(風洞試験による)決定された係数は、ダイヤル(Bダイヤルとよぶ)を回すことにより設定される。

2.3 ころがりおよび登坂抵抗の補償

第3項は実際の路上を走行する場合のころがり抵抗と、試験機の構造上有する摩擦抵抗(軸受などによる)の差、および路面傾斜を登降坂することにより生ずる抵抗を補償する項である。

C項も別に設けたダイヤル(Cダイヤルとよぶ)を回すことにより、前記と同様に任意に設定することができる。

上述のごとく、仮想走路における負荷はA, B, Cダイヤルを設定することにより決定され、走行速度の上昇や変化に応じ(1)式を満足するように与えられる。これらの制御方式については後述する。

3. 構造, 仕様および試験要領

3.1 配置

仮想走路となるドラムは減速機を経て電動機(発電機)と直結されている。これらは一つの台枠上に取り付けられている。装置は台枠3組よりなり、6輪駆動の車がのせられるようになっている。被試験車の軸距に応じ、各台枠はレール上を相互に移動できるようになっており、試験に際しては、レール上に緊定しうるような特殊な構造を有している。

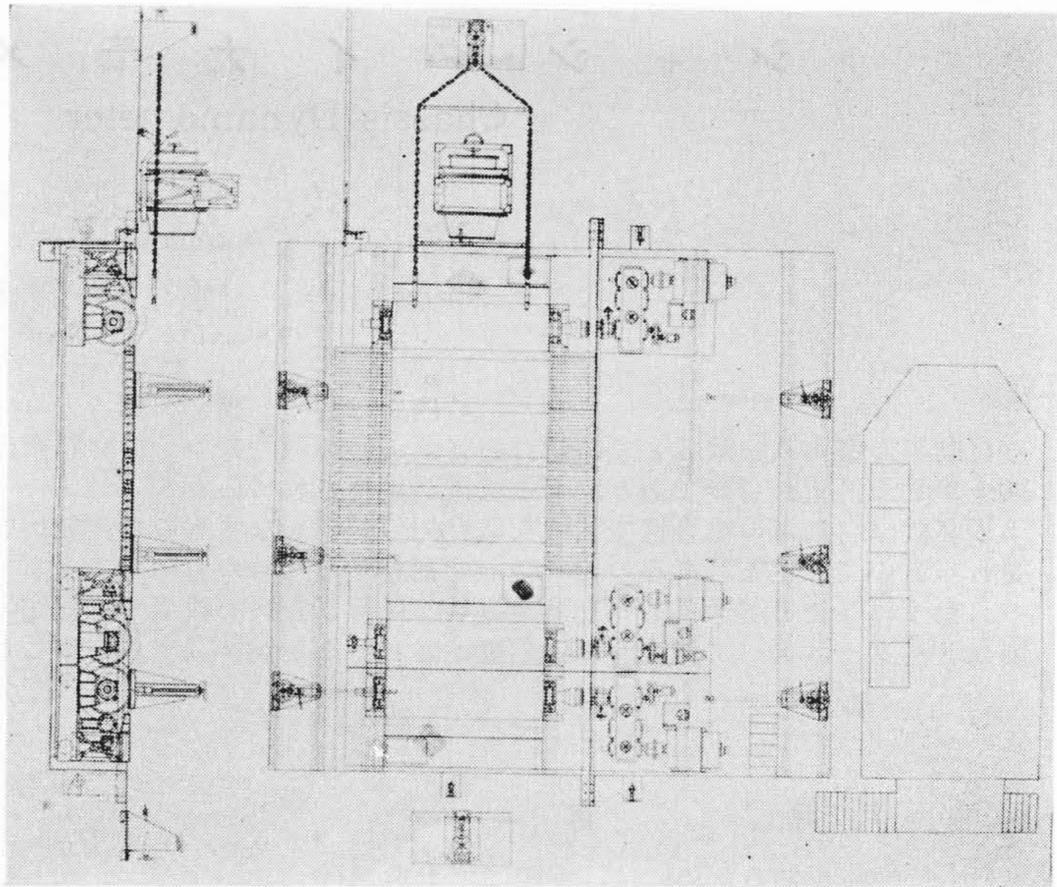
台枠は被試験車の搬入搬出に便なるように、ピット内に収められ、その両側に計器類を集中した測定室および電源設備が設けてある。

第1図はピット部分および測定室の配置を示す。

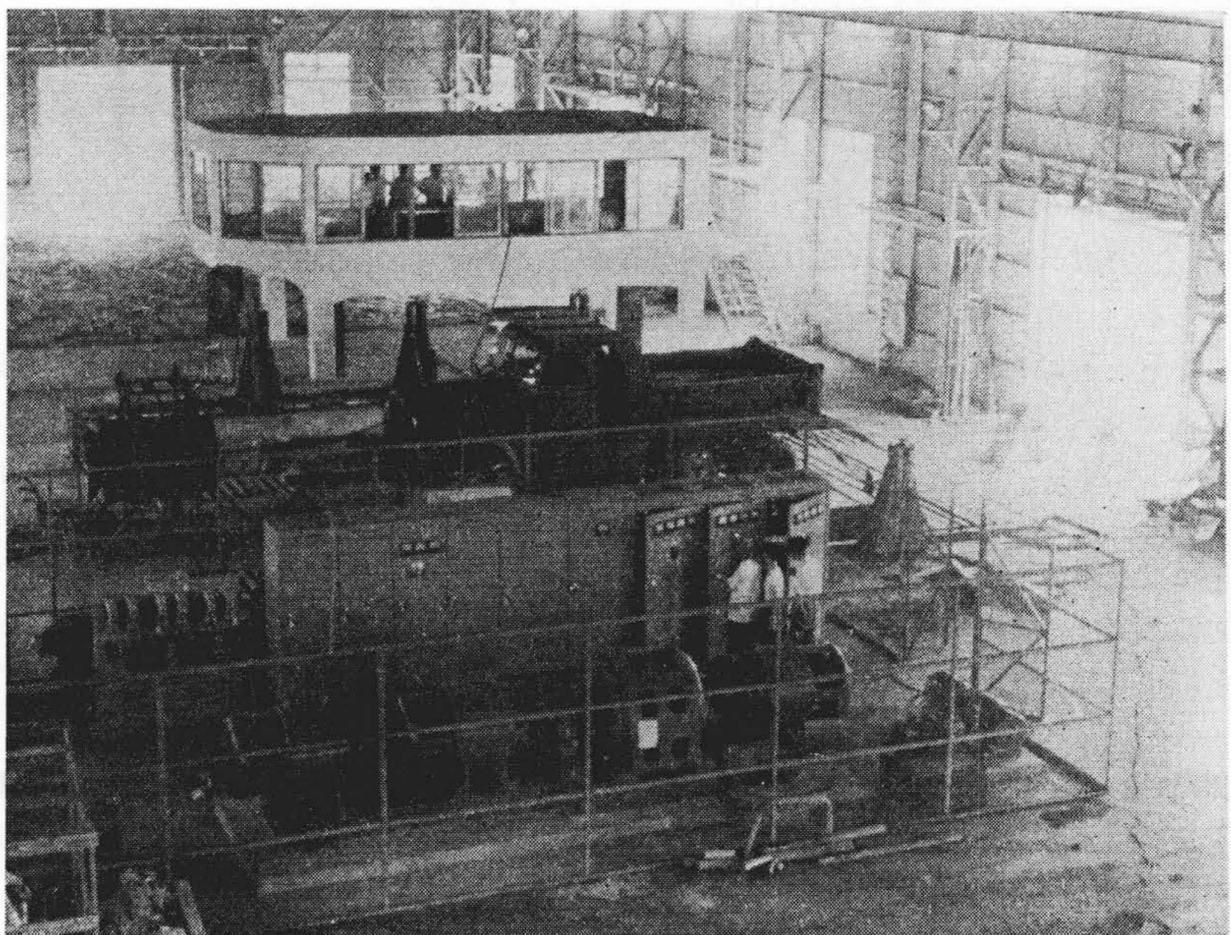
第2図は電源側より測定室をみたものである。

3.2 主な仕様

試験機の仕様は下記のとおりである。



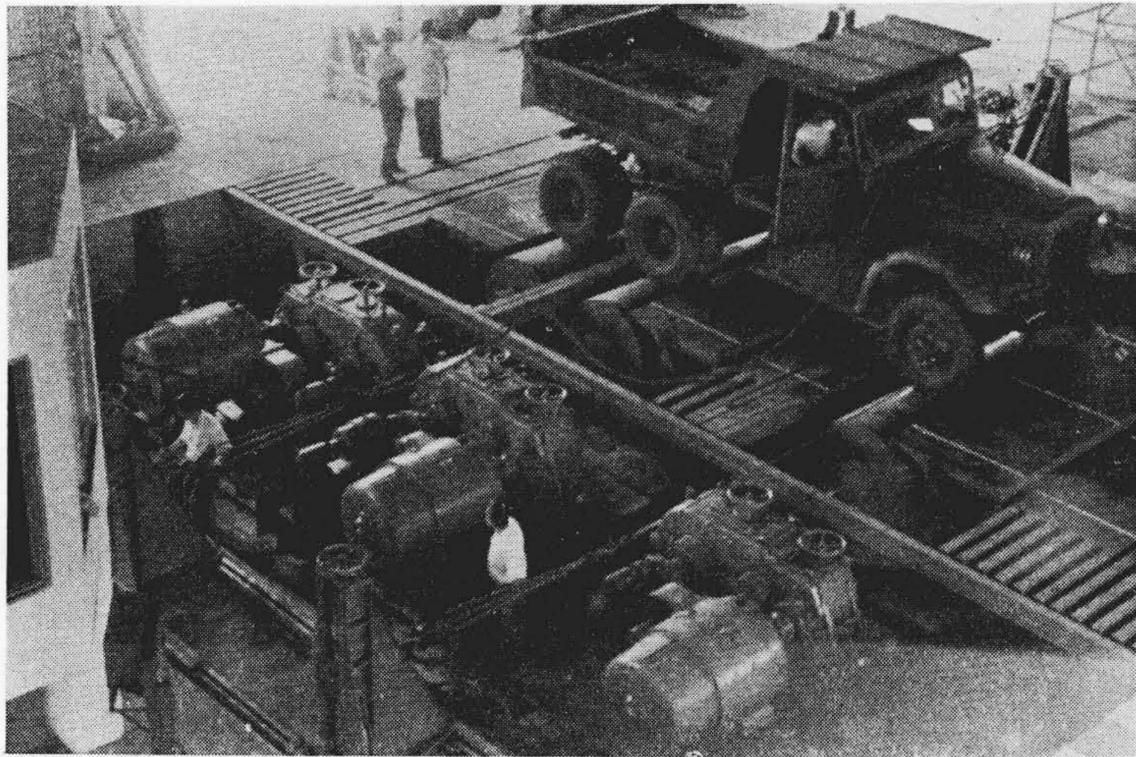
第1図 シャシダイナモメータ構造図



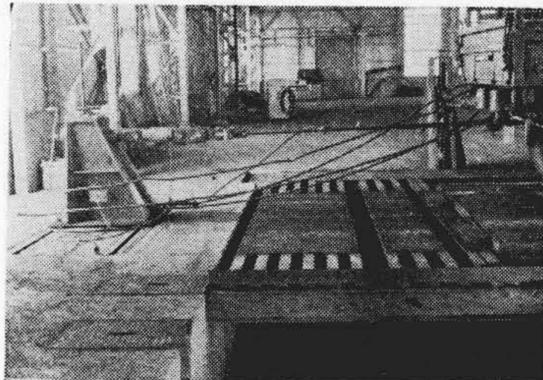
第2図 装置の全景

ドラム径	1,054 mmφ
ドラム幅	3,500mm
ドラム回転数	最大 600 rpm
減速機	1.65, 2.65, 4.24, 6.77 歯車比に切替可能
直流電動機	220V, ±600/1,000 rpm (HP一定)
出力	120 HP (連続)
吸収	120 HP (連続)
駆動	95 HP (連続)

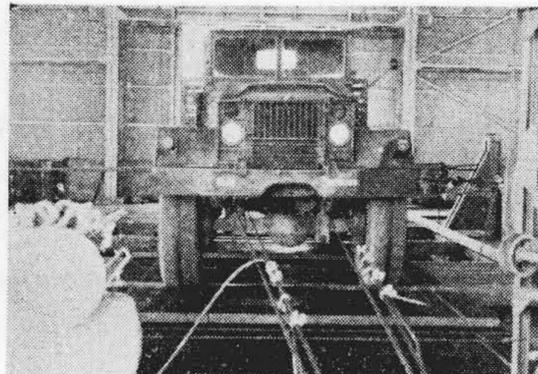
被試験車の仕様範囲は次記とす。



(イ)



(ロ)



(ハ)

第3図 試 験 要 領

- 車種 4~6 輪の装輪車
- 車重 1 t 以上 30 t 以下
- 出力 300 HP
- 速度 120 km/h
- 全長 10,000 mm
- 全幅 4,000 mm
- 全高 3,500 mm
- 軸距 1,070 mm より 8,320 mm まで

### 3.3 試験項目と試験要領

定地試験とほぼ同様な試験が可能であり、次に項目を列挙する。

- 馬力—速度測定試験
- 走行 試験
- 燃料消費量測定試験
- 制動 試験
- 加速 試験
- 惰行 試験
- 登坂 試験
- 降坂 試験
- 振動および乗心地試験
- 耐久 試験

測定試験時の要領を第3図イ、ロ、ハに示す。

被試験車はドラム上に搬入されたのち、ワイヤーロープ

により前後左右より緊定される。前後用緊定装置はそれぞれテンションピースを介しており、けん引力を検出するに用いる（ロ、ハ参照）。

測定室には本装置の電源関係操作の操作デスク、およびトルク計、速度計、けん引力計、馬力計、加速度計、走行距離計など、データよみとりのための計測盤ならびにペンオシロなどが設置されている。測定室と自動車運転手との連絡は咽喉マイクなどにより行われる。

平坦なる道路を一定速度にて走行する場合の試験では、まず、A、B、C ダイアルの目盛をいずれも0として自動車側より始動し、想定するところがり抵抗をCダイアル、自動車の前面面積と形状によりBダイアルを、試験機との重量差をAダイアルにてそれぞれ設定し、速度が安定した後、馬力計、速度計などの指示をよみとるもの

とする。

A、B、C ダイアルの目盛を設定するに当つては前述したように車の重量、前面面積、登坂角度などを考慮して決定されるが、各ダイアルの1目盛当りの諸量はそれぞれの校正表により与えられる。

その一例として C ダイアルの校正表を第4図に示した。図中、 $k = \frac{1}{1.65}$  などとあるは減速機の歯車比を示し、C目盛の正、逆とは電動機を電動機として使用する場合と、発電機として使用する場合に相当し、一般の走行試験においては発電機として使用する場合が多い。

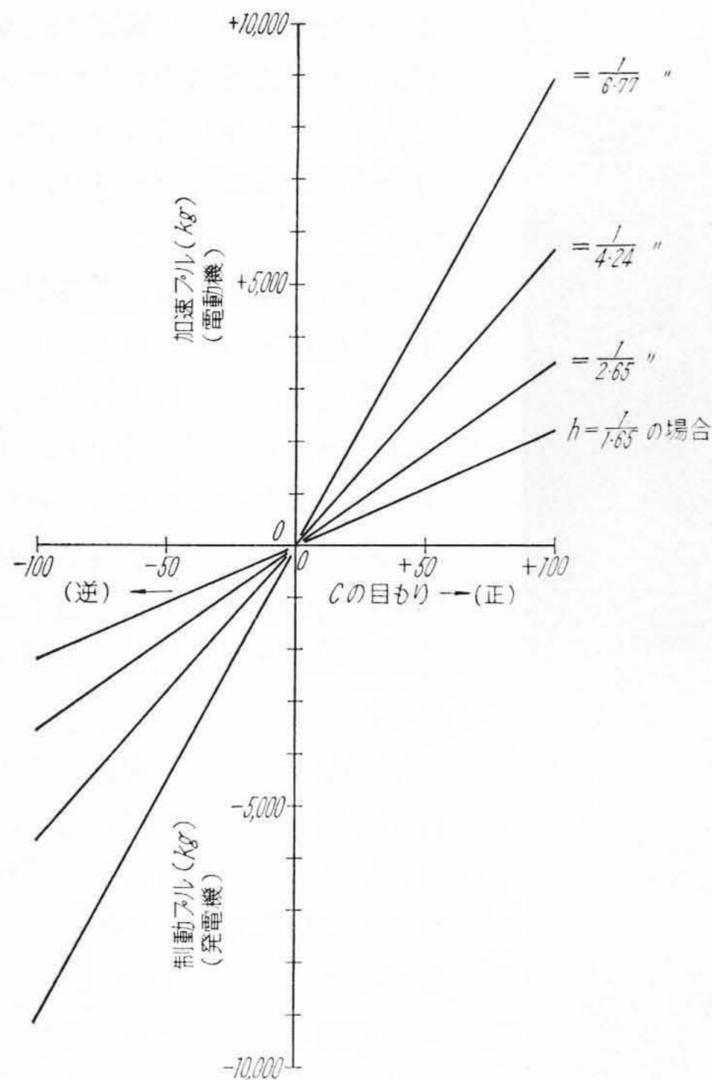
### 3.4 速度一定制御

被試験車の出力いかんにかかわらず、常に一定速度にて仮想走路上を走行させたい場合がある。Cダイアルはその目的を切り替えるつまみを回すことにより、走行速度を指令するダイアルとしても使用される。その性能の実測結果の一例を第5図に示した。

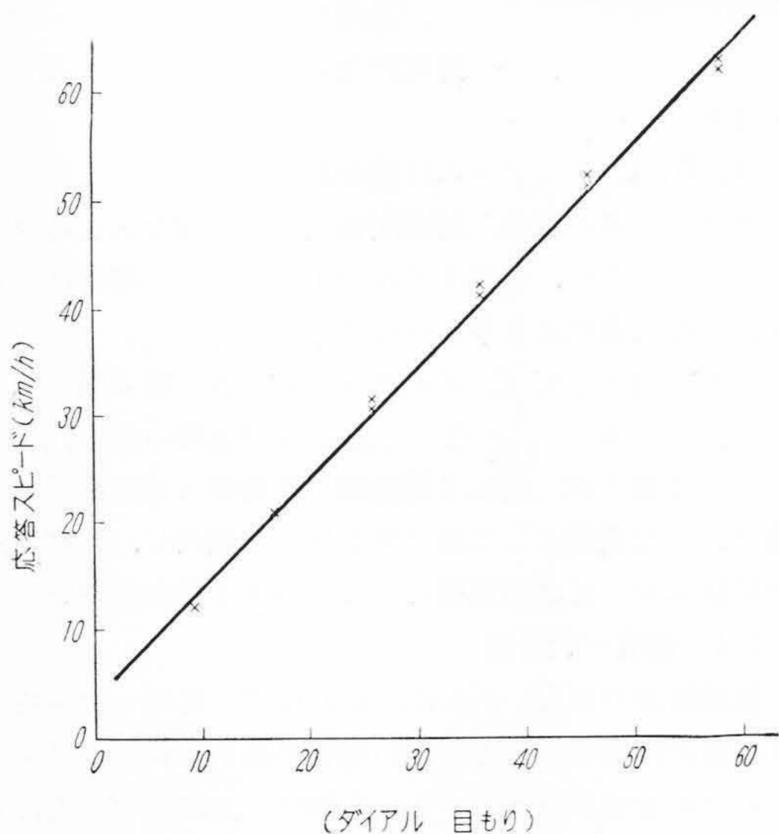
## 4. 回転機の仕様と特長

本試験機に使用された回転機は、広範囲な、そして十分な試験を可能とするため、特に過負荷耐量に考慮をほらい、次に示す仕様となっている。

- ドラム駆動用直流電動機—3台
- 吸収 120 HP 連続

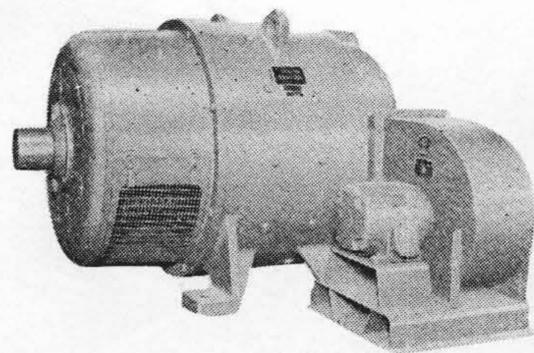


第4図 Cダイヤル校正表



第5図 Cダイヤルによるスピード指令—応答性能

駆動	150 HP	1時間
	300 HP	1分間
	95 HP	連続
	120 HP	1時間
	240 HP	1分間
電圧	220 V	
回転数	±600/1,000 rpm	



第6図 ドラム駆動用 120HP 直流電動機

(界磁制御, HP 一定)

この電動機は上に示すように、連続定格の250%の過負荷に対し、電氣的機械的にも十分耐える設計になっており、また、万一の場合にそなえて、絶縁耐力、過速度耐力も、通常規定値の30~40%増しとしてある。冷却方式は他冷却強制通風とし、低速度での連続試験を可能ならしめ、送風機は電動機側面に設置しユニットクール方式となっている。

第6図に示すのは本電動機と冷却送風機である。

この電動機のレオナード電源として、次の電動発電機セットがある。

直流発電機	3台
出力	90kW 連続
	125% 負荷 1時間
	250% 負荷 1分間
電圧	220V
回転数	1,000 rpm
駆動用三相誘導電動機	1台
出力	450HP 連続
	125% 1時間
最大回転力	250%
電圧	3,000 V
周波数	50 c/s
極数	6
回転数	1,000 rpm

90kW 直流発電機はその界磁を直接電子管で励磁され、特に界磁の制御時定数の短縮を考えて設計されている。

各ドラムの速度検出用速度発電機はそれぞれギヤを介して各ドラムに直結され、さらにNo.2ドラムにはこのほかに速度の自乗を検出する速度発電機が直結される。この発電機は第7図に示すように、前段の速度発電機で励磁されて、全体として速度の自乗に比例した出力を得るわけであるから、残留電圧や、ヒステレシスの少なくなるよう設計されている。

### 5. 制 御

先にも述べたように、仮想走路を構成する3軸のドラ

ムには遠隔操作を行うためにそれぞれ120 HP の直流電動機が歯車を介して結合されており、ワードレオナード制御によって動力の吸収、発生を行い地上走路と等価な動特性試験が行われるように設計されている。

すなわち、まず本機の制御系としては次の3項目を満足しなければならない。

1. 3個のドラム周速は互にほぼ相等しいこと
2. 負荷トルクを自由に変化しうること
3. 被試験車が地上を走行する場合と等価の状態が再現しうること

次に、被試験車が地上を走行の場合と試験台上にて試験する場合の運動方程式を比較すると、地上を走行する場合の運動方程式は

$$\frac{W_0}{g} \frac{dv}{dt} + k'Fv^2 + C_0 + W_0 \sin \theta = P_E \dots (2)$$

一方ドラム上での運動方程式は

$$\frac{W_1}{g} \frac{dv}{dt} + C_1 + P_M = P_E \dots (3)$$

ドラム上で地上走行と等価な状態を具現するためには、(1)式≡(2)式でなければならない。

したがって電動機が吸収(または発生)すべき理論トルク  $\tau$  は、

$$\begin{aligned} \tau &= \frac{1}{2} k D P_M \\ &= \frac{1}{2} k D \left\{ \frac{1}{g} (W_0 - W_1) \frac{dv}{dt} + k'Fv^2 + (C_0 - C_1) + W_0 \sin \theta \right\} \dots (4) \end{aligned}$$

$$\left. \begin{aligned} \text{一方 } \tau &= K \Phi I \\ v &= \frac{\pi D}{k} \frac{N}{60} \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

であるから、上記の等価試験を再現させるには(4)(5)式より

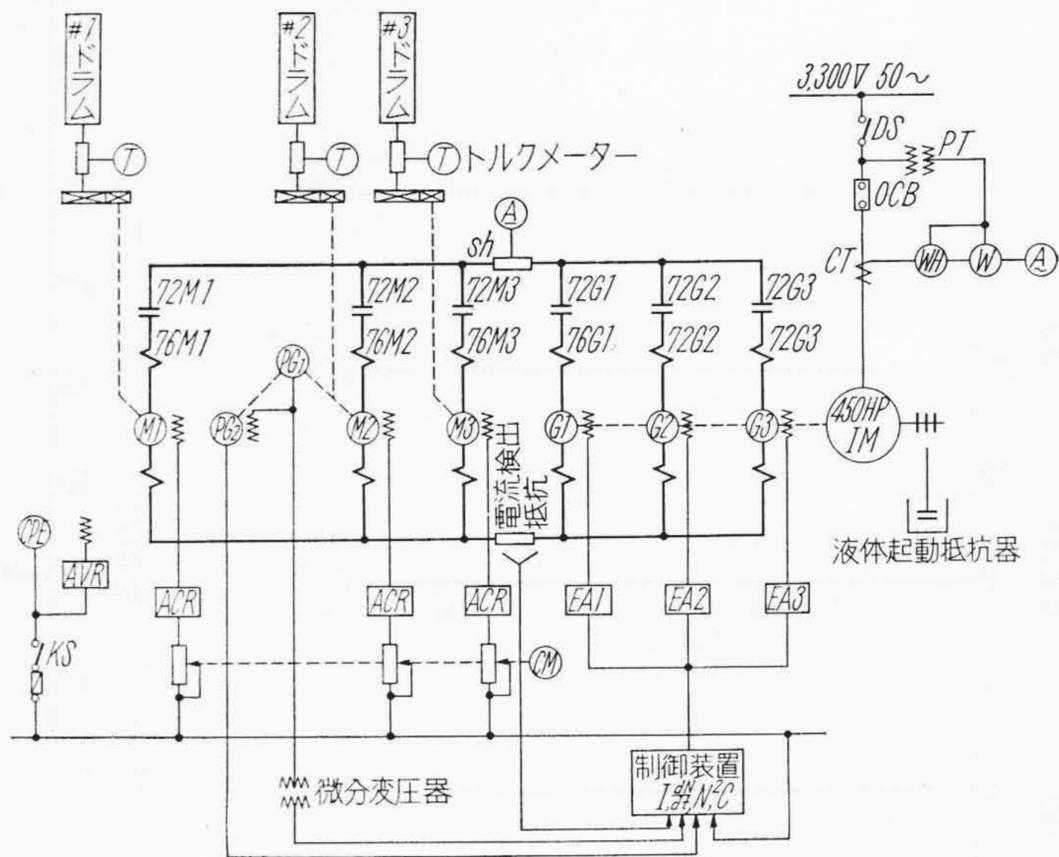
$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{2} \frac{k D}{K \Phi} \left\{ \frac{1}{g} (W_0 - W_1) \frac{\pi D}{60 k} \frac{dN}{dt} + k'F \left( \frac{\pi D}{60 k} \right)^2 N^2 + (C_0 - C_1) + W_0 \sin \theta \right\} \dots (6) \end{aligned}$$

でなければならない。

ただし

$k'F$ : 空気抵抗係数

$P_E$ : 被試験車のエンジンが発生するドラム面上にお



第7図 シヤシ・ダイナモメータ制御系統図

けるプル

$D$ : ドラム直径

$k$ : 歯数比

$K$ : 常数

$\Phi$ : 電動機界磁磁束

$I$ : 電機子電流

$N$ : 電動機回転速度

したがって、(6)式を満足するように電気制御を行えば良いことが知れる。

(6)式において  $k, K, D, g, W_1$  は機器の構造そのほかにより定まる定数であり、 $W_0, k'F, C_0, \theta$  は被試験車および測定状態により定まる一定数である。

$C_1$  は試験機軸受およびタイヤとの抵抗などであって、あらかじめ測定しておくことによって校正することができる。 $\Phi$  は電動機界磁電流により定まる値であるから、界磁電流は極力一定値に保つように自動制御を行っている。したがって(6)式より

$$I = A \frac{dN}{dt} + B N^2 + C \dots (7)$$

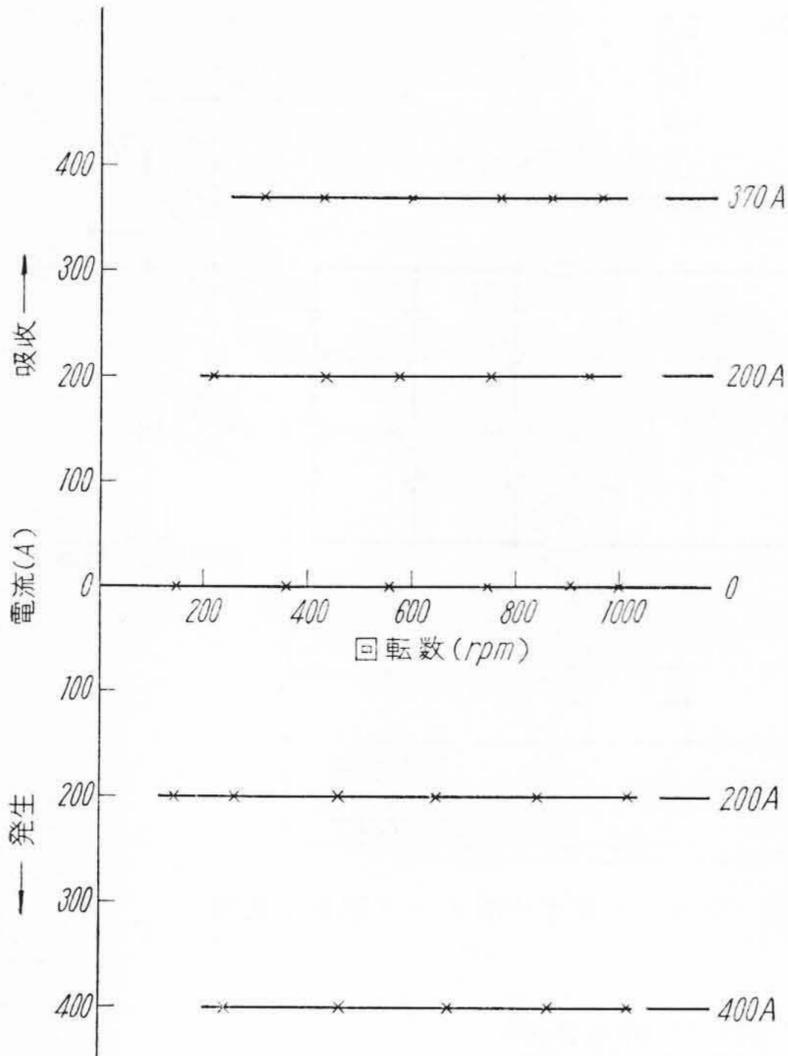
と置くことができる。(A, B, C はそれぞれ常数)

(7)式より明らかなように  $E_C = A \frac{dN}{dt} + B N^2 + C$  なる電流指令を与えて電動機電流を制御すれば(7)式が満足されることは容易に知ることができる。

ここで、ワードレオナード制御であるから、電動機電流  $I$  は

$$I = \frac{E_G - K \Phi N}{R_a} \dots (8)$$

なる関係を有している。



第 8 図 トルク一定制御特性

ところが(7)式より明らかなるようにその制御された電流は、電流指令に対して時間  $t$  ならびに速度  $N$  に無関係か、または実用上それを無視しうる函数でなければならぬ。

したがって電流の自動制御を行うとともに、速度  $N$  の項を自動制御系に導入することによって消去できる。すなわち

$$\text{発電機電圧 } E_G = \alpha(E_C - \beta I + \gamma N)$$

$$\text{電動機電流 } I = \frac{E_G - K\phi N}{R_a}$$

$$\text{したがって } I = \frac{\alpha E_C + (\gamma - K\phi) N}{R_a + \alpha\beta} \dots\dots\dots (9)$$

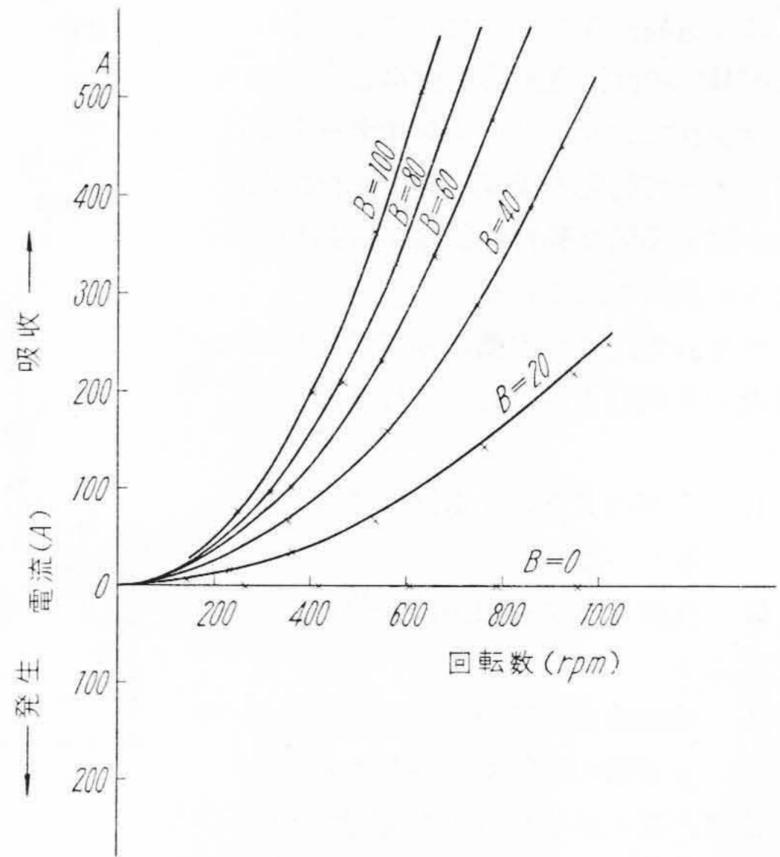
ここで  $\alpha$  ..... 増幅系ゲイン  
 $\alpha\beta$  ..... 制御ループゲイン  
 $\gamma$  ..... 速度補償回路常数

$\gamma = K\phi$  と選ぶことによって  $N$  の項を消去でき、したがって

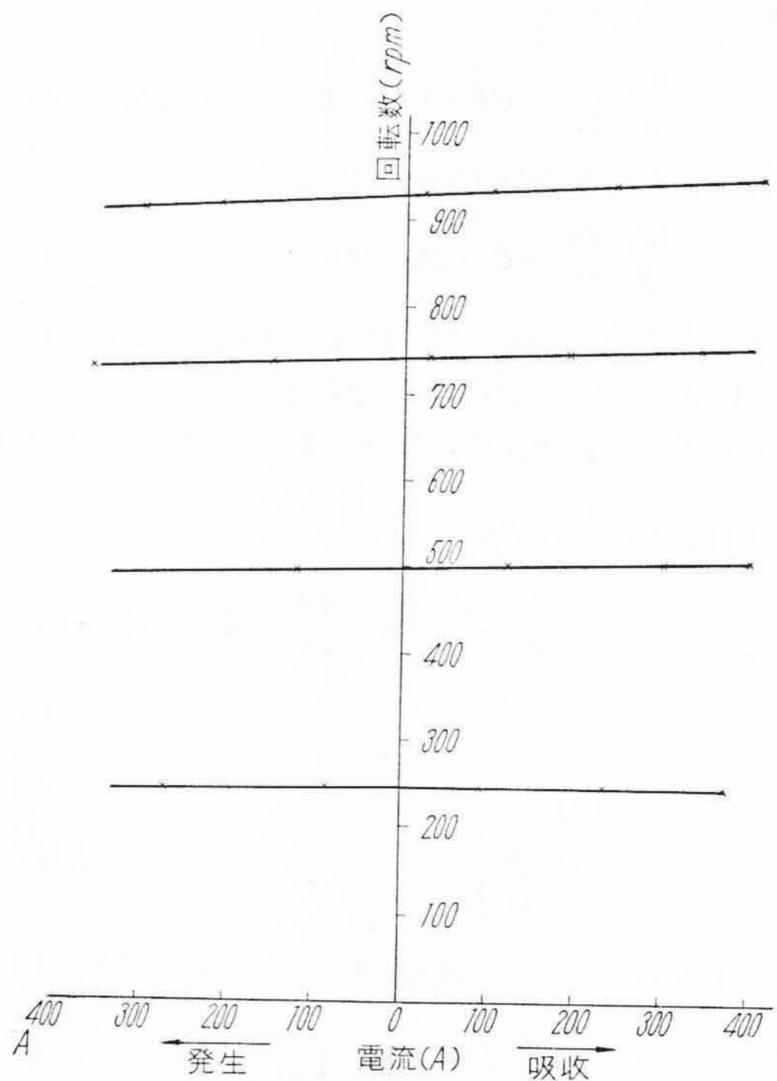
$$I = \frac{\alpha}{R_a + \alpha\beta} E_C \dots\dots\dots (10)$$

また同様に時間の函数も無視できるようにするためにはループゲイン  $\alpha, \beta$  を十分大に取ることによって、またその増幅系の時常数を極力短縮することによって得られる。

そのためにその制御にはすべて電子管を使用した。



第 9 図 風損補償制御特性



第 10 図 速度一定制御特性

第 7 図は本制御系の制御系統図である。第 2 軸ドラムは常に運転が行われるので制御指令を与える PG などはすべて第 2 軸に集約した。図に示すように(7)式の A 項は  $PG_1$  の電圧を微分変圧器により電圧微分することにより得られる。また、B 項は、 $PG_2$  の界磁を  $PG_1$  の電圧で励磁することにより  $PG_2$  は速度の自乗に比例した

電圧を取り出すことができる。さらに C 項は定電圧励磁機 CPE により得られる。これらを重畳して基準値とし、これに追随するように電流制御を行うことにより (7) 式の関係が満足され、初期の目的を達することができる。なお、A, B, C の各項はそれぞれの回路に付した調整抵抗器によって調整できる。

第 8 図は A=0, B=0 として電流一定制御を行った場合の実測値であって、各回転数に対してきわめて正確に一定に制御されていることがわかる。第 9 図は A=0, C=0 として B 項(風損補障項)のみを変化させた場合の制御特性である。これらは被試験車の形状、重量、走行条件により、A, B, C 項をそれぞれ整定することにより任意の等価走行抵抗が得られることを示すものである。

また、エンジンの速度一回転力特性などを測定する場

合には、エンジンの回転数を安定させるために、速度一定制御を行うことが望ましい。本装置では速度一定制御も同じ制御系を切換え使用できるよう設計してある。

第 10 図にその制御を示す。

6. 結 言

本試験装置は車輛走行性能測定のための室内試験機としては、その大きさからいって記録的なものといえよう。製作に当って御指導を受けた防衛庁の設計計画担当官ならびに自動車技術会シャシーダイナモメータ専門委員会委員諸氏に深く謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- (1) 自動車技術協会：自動車工学ハンドブック, 6-71 (昭-32)



特許と新案

最近登録された日立製作所の特許および実用新案

(その2)

(第 40 頁より続く)

区 別	登録番号	名 称	工 場 別	氏 名	登録年月日
実用新案	479861	油 入 電 器 の 注 油 装 置	国分工場	井 出 八 郎	33. 7. 18
"	479864	エ ス カ レ ー タ 踏 段 用 転 輪	国分工場	井 出 八 郎	"
"	479869	変 圧 器 と タ ッ プ 切 換 器 と の 接 続 装 置	国分工場	神 峯 次 郎	"
"	479875	机 型 配 電 盤	国分工場	横 山 亮 次	"
"	479891	操 作 開 閉 器	国分工場	沢 幡 寅 治	"
"	479892	ス ナ ッ プ ス イ ッ チ	国分工場	西 幡 喜 好	"
"	479851	車 輻 連 結 用 弾 性 幌	笠戸工場	池 田 正 一 郎	"
"	479893	て こ 式 手 ブ レ ー キ 速 動 装 置	笠戸工場	渡 辺 富 雄	"
"	479841	バ ッ フ ル プ レ ー ト を 有 す る サ ン プ ラ ー カ ッ タ ー の 駆 動 装 置	亀有工場	金 井 好 延	"
"	479843	触 針 式 粗 さ メ ー タ の 忠 実 度 調 整 装 置	亀有工場	金 井 好 延	"
"	479848	斜 行 対 し 復 元 性 有 る 天 井 走 行 起 重 機	亀有工場	大 谷 厳 太 郎	"
"	479850	カ ー ブ ド コ ン ベ ー ヤ フ レ ー ム	亀有工場	浜 原 一 和	"
"	479854	ギ ヤ ボ ッ ク ス	亀有工場	高 田 嘉 孝	"
"	479865	緩 閉 バ イ パ ス 弁 付 逆 止 弁 式 ウ ォ ー タ ー ハ ン マ 防 止 装 置 の バ イ パ ス 弁 操 作 装 置	亀有工場	井 端 山 孝	"
"	479872	水 力 輸 送 系 路 に お け る 狭 さ く 部	亀有工場	南 郷 忠 勇	"
"	479873	水 力 輸 送 装 置 の 狭 さ く 部	亀有工場	渡 辺 由 光	"
"	479876	グ ラ ブ バ ケ ッ ト	亀有工場	小 林 喜 八 郎	"
"	479877	ク レ ー ン の 横 行 安 全 装 置	亀有工場	井 上 啓 郎	"
"	479879	鋼 塊 起 重 機 の つ か み 装 置	亀有工場	小 川 儀 郎	"
"	479881	浮 動 チ ェ ン の 中 間 駆 動 装 置 に お け る 浮 動 チ ェ ン の 離 脱 装 置	亀有工場	木 暮 健 三 郎	"

(第 51 頁へ続く)