

南海電鉄株式会社 納  
**高野山ケーブルカー巻上機用無衝撃形制動装置**  
 Shockless Brake Engine for Koyasan Cable Car Winder

渡部 富治\* 藤原 剛二\* 小島 基敬\*\*  
 Tomiji Watanabe Kôji Fujiwara Motoyuki Kojima

内 容 項 概

従来の巻上機用制動装置では、制動時にジャクリと呼ばれる現象を伴いやすく、急制動時にはロープに過大応力が生ずる危険があった。

これを防止するため制動減速度制御方式を採用した無衝撃型制動装置を開発し、先にその工場内実験結果について発表した<sup>①</sup>。

この結果を基礎に、今回最初の実用機を設計製作し、ケーブルカー巻上機用として納入、好成績をえた。

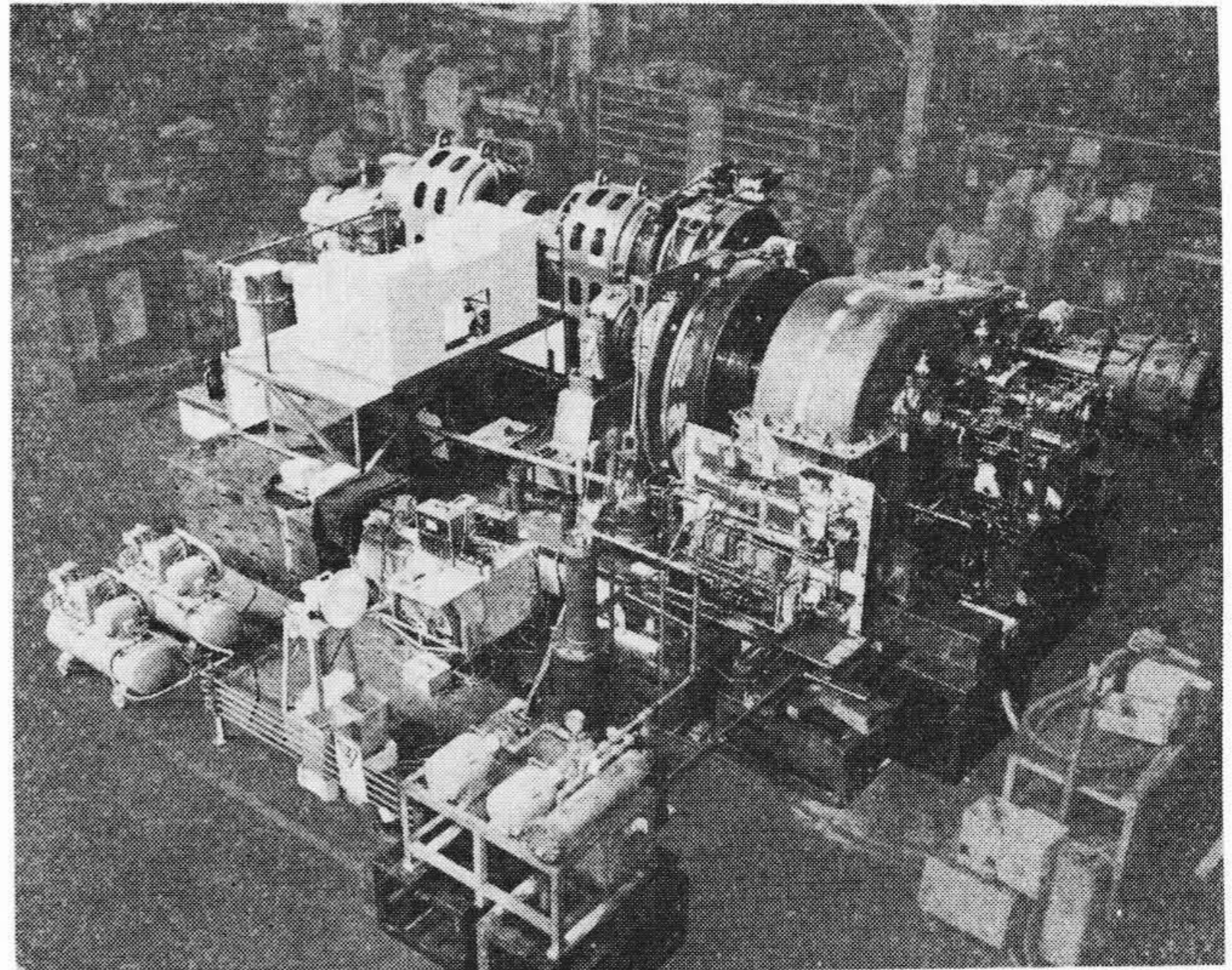
実用結果では、従来の制動機では過大な300%に近い減速度が生ずる恐れがあったが、同一条件の下で、今回の無衝撃型制動装置では120%程度の減速度に制御され、ブレーキシューの摩擦係数の変動による減速度変化についても大幅に緩和された。このためジャクリやショックの危険はまったく生じないことが判った。

1. 緒 言

従来の巻上機用制動装置では、制動時にジャクリと呼ばれる現象を伴いやすく、急制動時にはロープに過大応力が生ずる危険があった。ジャクリとは、巻上中に急制動を行なった場合、巻上ドラムだけが急速に減速し、これが炭車の減速度をこえると、巻上ロープにたるみが生じ次の瞬間には炭車が逆走してロープに激しい衝撃を与える現象である。

われわれはこのジャクリを防止するため、制動減速度が常に一定限界内に制御される無衝撃形制動装置（以下SL-BE…Shockless Brake Engineの略…と略記する）を開発し、工場実験について発表<sup>①</sup>したが、今回南海電鉄株式会社納高野山ケーブルカー巻上機用として、実用化第1号機を製作し、昭和39年12月より現地で順調な稼働を続けているので、ここでそのあらましについて報告する。

第1図は、工場組立時における高野山ケーブルカー巻上機用SL-BEである。



第1図 工場組立中のSL-BE

2. 高野山ケーブルカー巻上機の概要

高野山ケーブルカーは、昭和5年に完成して以来、高野山への主要交通機関として利用されてきたが、南海電鉄株式会社の輸送力増進計画により、車両の新造と巻上機、その他設備の一新が行なわれた。

このケーブルカーは、2両連結261人乗2組を、つるべ式に運行するもので、斜距離875m、高低差330mである。最急こう配は山上駅付近の568.18‰（傾斜角29°、37'）、最緩こう配271‰（傾斜角15°、10'）で山下駅付近である。

このケーブルカー巻上機は、電動機出力400kW、主索輪、従索輪とも直径5,000mmφ、押ボタン起動1サイクル自動運転方式および無衝撃制動装置の採用など、ケーブルカー巻上機としては容量の大きさおよび方式ともに記録品である。第1表はケーブルカー巻上機の仕様を示したものである。

この巻上機に必要な制動力は、山上の最急こう配上に満車、山下の最緩こう配上に空車があり、山上から満車が下りつつあるときに制動を行ない、制動減速度0.5m/s<sup>2</sup>を満足させる条件から定められている。この制動力はロープ上に換算して36.9tである。

制動装置には常用および非常用2系統の制動機構を備えており、

\* 日立製作所亀有工場

\*\* 京浜日立エンジニアリング株式会社

第1表 高野山ケーブルカー巻上機の仕様

形 式	EVD-NPAR (多溝形逆転エンドレス巻上機)	
索 輪 直 径	.....	5,000 mmφ
鋼 索 張 力	.....	18,400 kg
不 平 衡 張 力	.....	9,450 kg
使 用 ロ ー プ	.....	直径50 mmφ
		構造 6×F{2×(3+3)+12+12} 電気メッキ
運 転 速 度	.....	3 m/min
仕 様 電 動 機	.....	400 kW 三相誘導電動機
		3,300V 60 c/s 8P, 900 rpm
制 御 方 式	.....	交流制動方式

それぞれ制動力36.9tを満足する。したがっていかなる条件の下でも1系統のブレーキが作動すれば、安全に制動停止を行なうことができる。

36.9tの制動力が制御されず一定値で働いたとすれば、前記以外の運転条件の下では、その際に生ずる制動減速度は0.5m/s<sup>2</sup>以上の値になる。さらに、2系統の制動機構を同時に作用させることもできるから、この場合も一定制動力であるならば、減速度はいっそう大きな値を示すだろう。このためジャクリまたはそれに近い現象が生ずることも心配される。

従来の制動装置では、非常停止の場合の制動力は、特殊な運転切換装置を持たない限り一定であるから、非常停止時のショックに対して不利であり、今回の高野山ケーブルカー巻上機で、もし一定制

第2表 一定制動力による制動した場合の制動減速度(m/s<sup>2</sup>)

負荷条件	満車が山上付近 空車が山下付近		満車が中央付近 空車が中央付近	
	下り	上り	下り	上り
作用する制動機の数	1	0.500	0.826	0.632
	2	1.16	1.49	1.29
				0.695
				1.36

注：1. 運動部分の慣性重量，ロープ上に換算して546t(ただし，負荷，15.7t)  
2. 制動力は制動機1につき，36.9t  
3. 運動部分の摩擦力は，無視した。

動力で制動したとすれば，どのような結果になるかを第2表に示した。第2表では，運転条件のほか，作用制動機が1~2系統の場合について，計算で求めたものを示している。

第2表からわかるように，従来からの制動方式では，最も不利な条件の下で生ずる減速度が，規準減速度0.500m/s<sup>2</sup>の298%に達する。この場合，今回の例では，シャクリを起こすまでには至らないと考えられるが，この際乗客や設備全体に及ぼす影響は，少なくないものと思われる。ことに高野山への観光客には老人が多いことを考慮すれば，非常停止の場合も，できるだけスムーズに，しかも適切な制動距離内で停止させることが重要なのである。

### 3. 今回の無衝撃形制動装置の構造および作用

#### 3.1 特長

今回の設計にあたってつぎのことに注意した。

(1) 基本構造については，さきに開発した日立速動形ブレーキエンジン<sup>(2)</sup>をベースにし，さらにケーブルカー巻上機としての特殊性を加味して2~3の変更を行なった。すなわち，常用制動系を圧気操作とし，操作機構および機器には日立速動形ブレーキエンジン用のものを採用した。また非常制動系には油圧を使い，各種

の制御弁は前回の工場実験<sup>(1)</sup>により開発したものを基本にすべて今回新たに設計しそれに超非常操作を加えた。

(2) 巻上機運転方向検出は，直接巻上機の運動方向を検出することによって行なわれ，これによって方向選択弁切換その他が確実に行なわれる構造である。

(3) 性能に影響する個所については，十分検討を加え，運動部分の摩擦や圧力降下につき適切な考慮を払った。

(4) 保守や点検が容易なように，主要部はブロックごとにまとめられた。また特に重要な部分は，ガラス窓付キャビネットの中に納めてある。

このほか前回の発表<sup>(1)</sup>に述べてあるように，制御要素として電気品が使用されておらず，簡単でじょうぶな構造になっている。

またブレーキピストンからブレーキシューまでの力の伝達系における，フリクションはヒステリシスの原因になり，また同系統の質量を小さくしないと質量効果によるショックの原因になる。そしていずれもSL-BE制御系としてハンチングその他の不具合に関連するので，この部分の設計については十分な考慮が払われた。このためピストンのシールリングや各ジョイン部およびブレーキシューの構造など，特別に検討が加えられた。

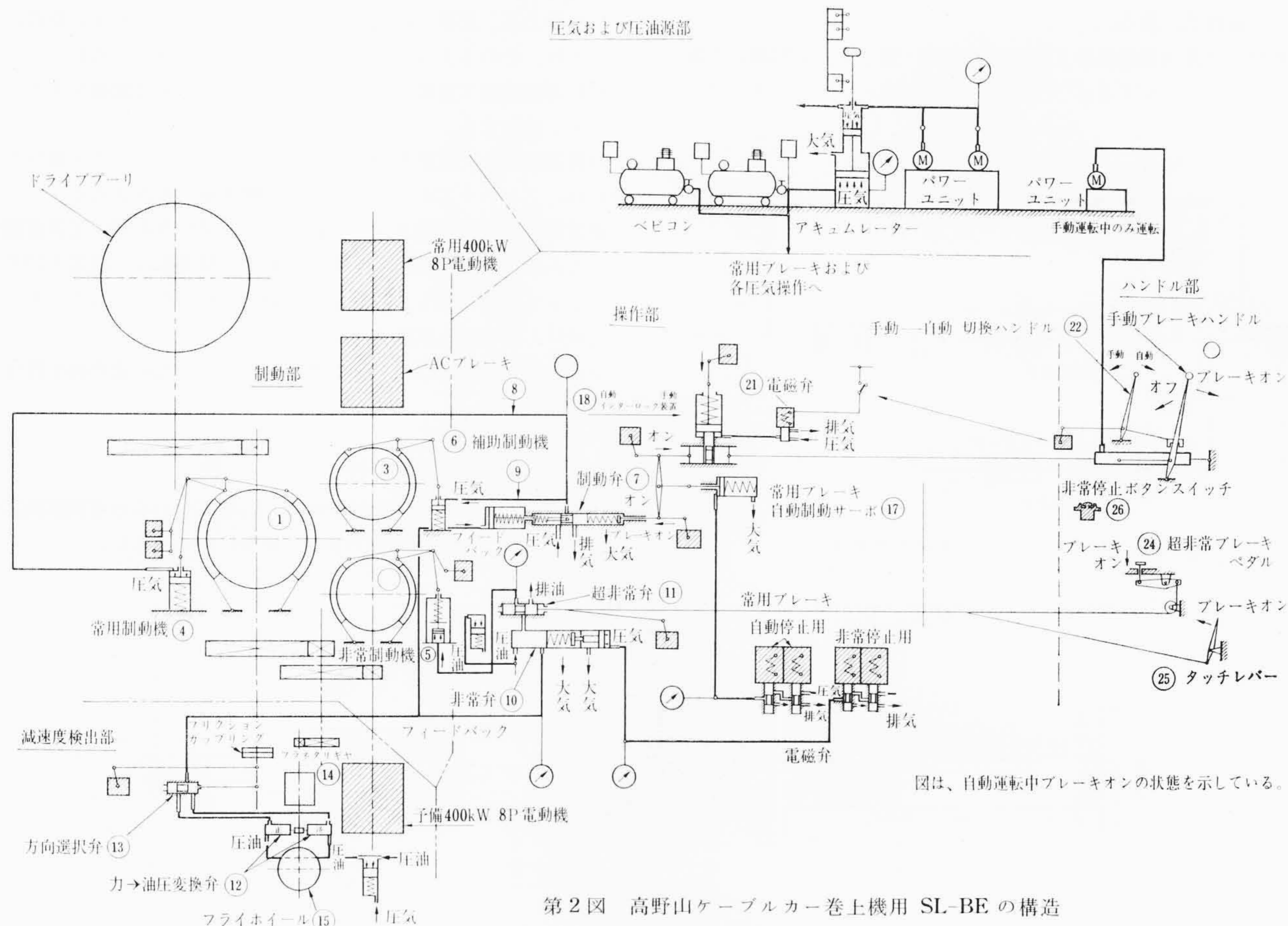
制御系として，油圧回路部の特性を線形化し安定にするための修正を行なうため，制御弁と力→油圧変換弁のコンビネーションによってこの修正を兼ねるようにしたので，特別の修正装置を必要としない。

#### 3.2 構造および作用<sup>(3)</sup>

今回のSL-BEの構造および作用を第2図について説明する。このSL-BEは2系統よりなる。

##### (1) 常用制動系

ポジティブ，圧気操作，空気圧5kg/cm<sup>2</sup>。ブレーキドラムは3



図は、自動運転中ブレーキオンの状態を示している。

第2図 高野山ケーブルカー巻上機用 SL-BE の構造

段目軸上の主ブレーキドラム①と、モータ軸上の補助ブレーキドラム③の2組より構成されている。

(2) 非常制動系

ネガティブ、油圧操作、油圧 25 kg/cm<sup>2</sup>。ブレーキドラムはモータ軸上の②を使用する。また、それぞれの制動系は機能上からつぎのように大別できる。

- (a) 圧気または油圧源部
- (b) ハンドル部
- (c) 操作部
- (d) 制動部
- (e) 検出部

これらの各部は、第3図に示すように相互に結合され、検出値をフィードバックする閉回路自動制御系として構成されている。

巻上機は電動機軸上に非常制動機⑤と補助制動機⑥を備え、3段目軸上には常用制動機④を備えている。このうち④と⑥は常に同時に働く。

2段目軸上からは、プラネタリギヤ⑭とフライホイール⑮が、増速ギヤを介して駆動されている。

巻上機が減速運動を行なうと、フライホイール⑮も減速し、この際フライホイールに働く慣性トルクは、プラネタリギヤのリングギヤを通じ、力→油圧変換弁⑫に加えられる。

力→油圧変換弁は、加えられた力が、あらかじめ設定した一定値を越えると、その超過量に比例した大きさの油圧を、非常弁⑩と制動弁⑦にフィードバックする。

このフィードバック回路の途中には巻上機の運転方向により自動的に回路の切換動作を行なう方向選択弁⑬があり、2組の力→油圧変換弁のうち、減速時動作中の弁をフィードバック回路に接続し、かつ正しく接続が完了したことをランプ表示する。これらの部分が検出部に属している。

つぎに操作部に移る。

制動弁⑦は常用制動機④と補助制動機⑥に働く圧力を制御して制動力をコントロールする。すなわち圧力制御ポジティブタイプで

ある。

制動弁⑦は、手動運転時は手動ブレーキハンドル⑳により、また自動運転時には電磁弁⑲と常用ブレーキ自動制動サーボ⑰の組み合わせにより、それぞれ操作される。

非常弁⑩は電磁弁⑳によって操作される。

電磁弁⑳が消磁されると、非常弁⑩が働き、非常制動機⑤の圧油が排出される。これにより制動バネの力が働きブレーキドラム②が制動される。すなわち圧力制御ネガティブタイプである。

非常弁の出力側には超非常弁㉑があり、超非常弁の操作により、フィードバック信号に関係なく最大の制動力が作用する。

これにひきかえ、一般の場合には制動弁⑦または非常弁⑩の動作によって制動が行なわれ、フィードバック信号により最大制動力より適度に弱められた制動力が働く。

圧気源には2台のベピコンが、油圧源には2台のギヤポンプが使われる。

アキュムレータは圧気圧力を利用した空気式である。

手動運転時の制動操作はつぎのとおりである。

まず手動—自動切換ハンドル㉒を手動側に切り換える。

切換えにより手動ブレーキハンドル㉓のロックがはずれ、リミットスイッチ(33 AVH)が切り換わり、電磁弁㉔が励磁されインターロック⑱のつめがはずれる。

一方、電磁弁⑲の電気回路はオフとなり、サーボ⑰はオン位置にロックされる。

この状態でハンドル㉓を動かすと制動弁⑦が操作される。

制動中急減速が生じ、これが限界値を越えると、力→油圧変換弁からのフィードバックが働き、制動力は適度に弱められ、巻上機が停止後は最大制動力に自動復帰する。

自動運転はつぎのように行なわれる。

手動ブレーキオンを確認後、手動—自動切換ハンドル㉒を自動側に切り換える。切換えにより、ハンドル㉓はブレーキオン位置にロックされ、そのうえさらにインターロック装置⑱のつめがかかる。

自動運転起動で電磁弁⑲が通電され、サーボ⑰は制動弁⑦をブレーキオフ操作する。

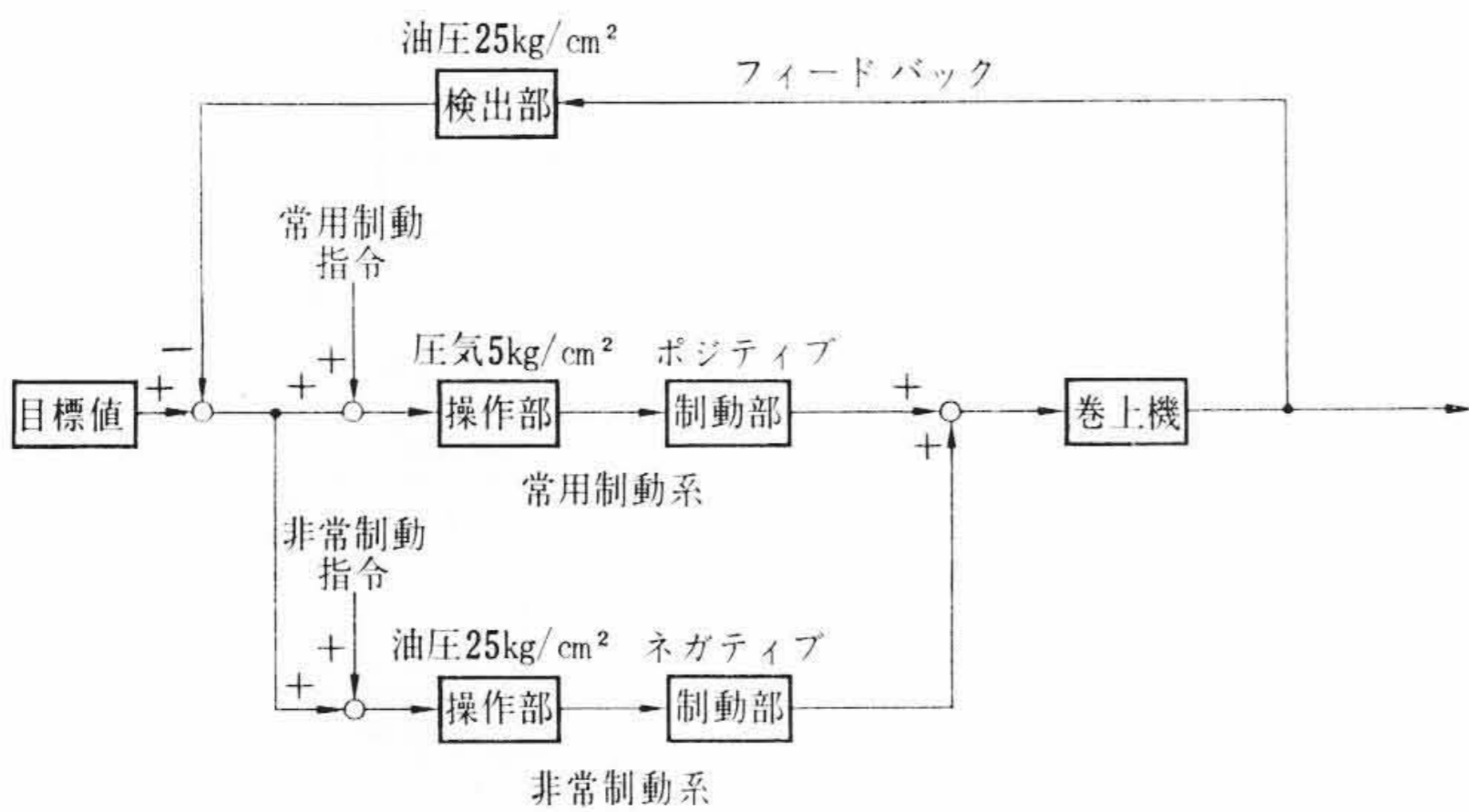
自動運転停止で電磁弁⑲は消磁され、逆にブレーキオン操作が行なわれ、ブレーキ力が十分働くと電動機電源が遮断される。

非常停止指令で電磁弁⑳が消磁され、非常弁⑩が働いて非常制動が行なわれる。この場合に生ずる制動中の減速度は、前述と同じ方法によって自動制御され、制動力は適切な値に弱められる。そして停止後はじめて最大制動力が働く。

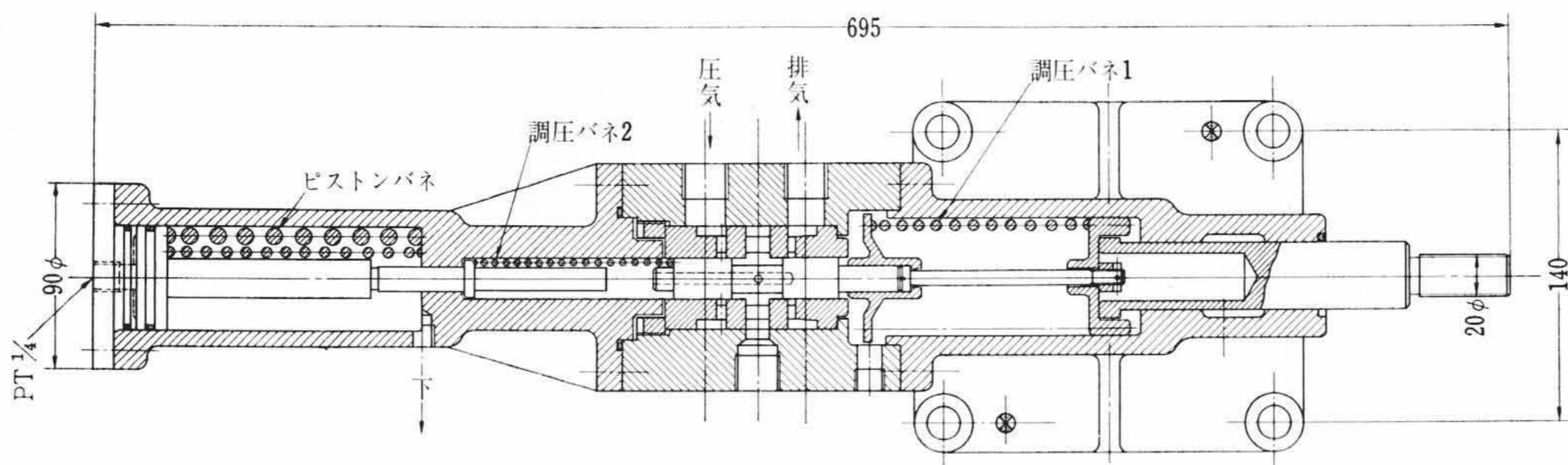
タッチレバー㉕とブレーキペダル㉖はともに超非常弁㉑を操作するものである。

4. 特 性

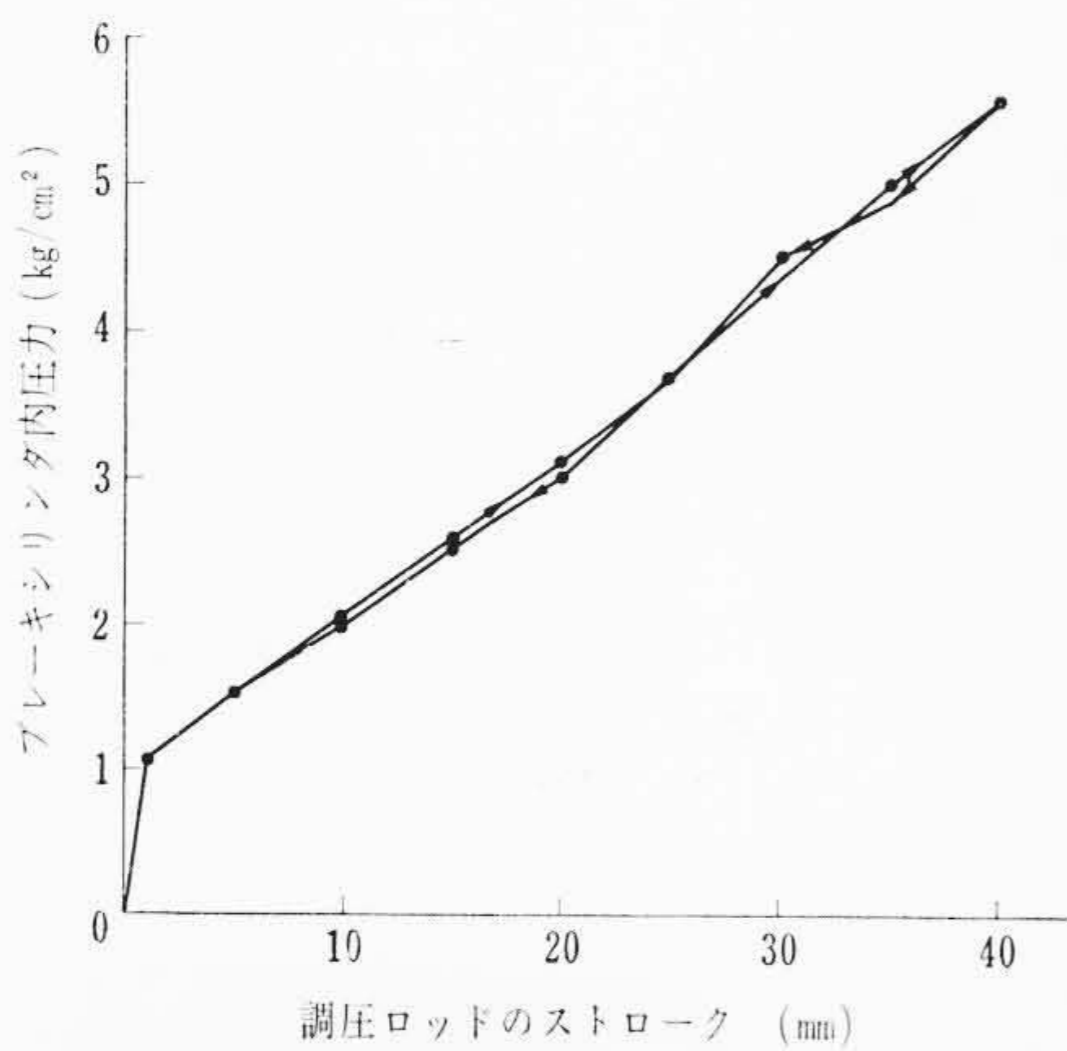
工場内において各要素の単独特性と回転部分のみの空転制動試験を行ない、大まかな調整をすませて現地に持ち込んだ。



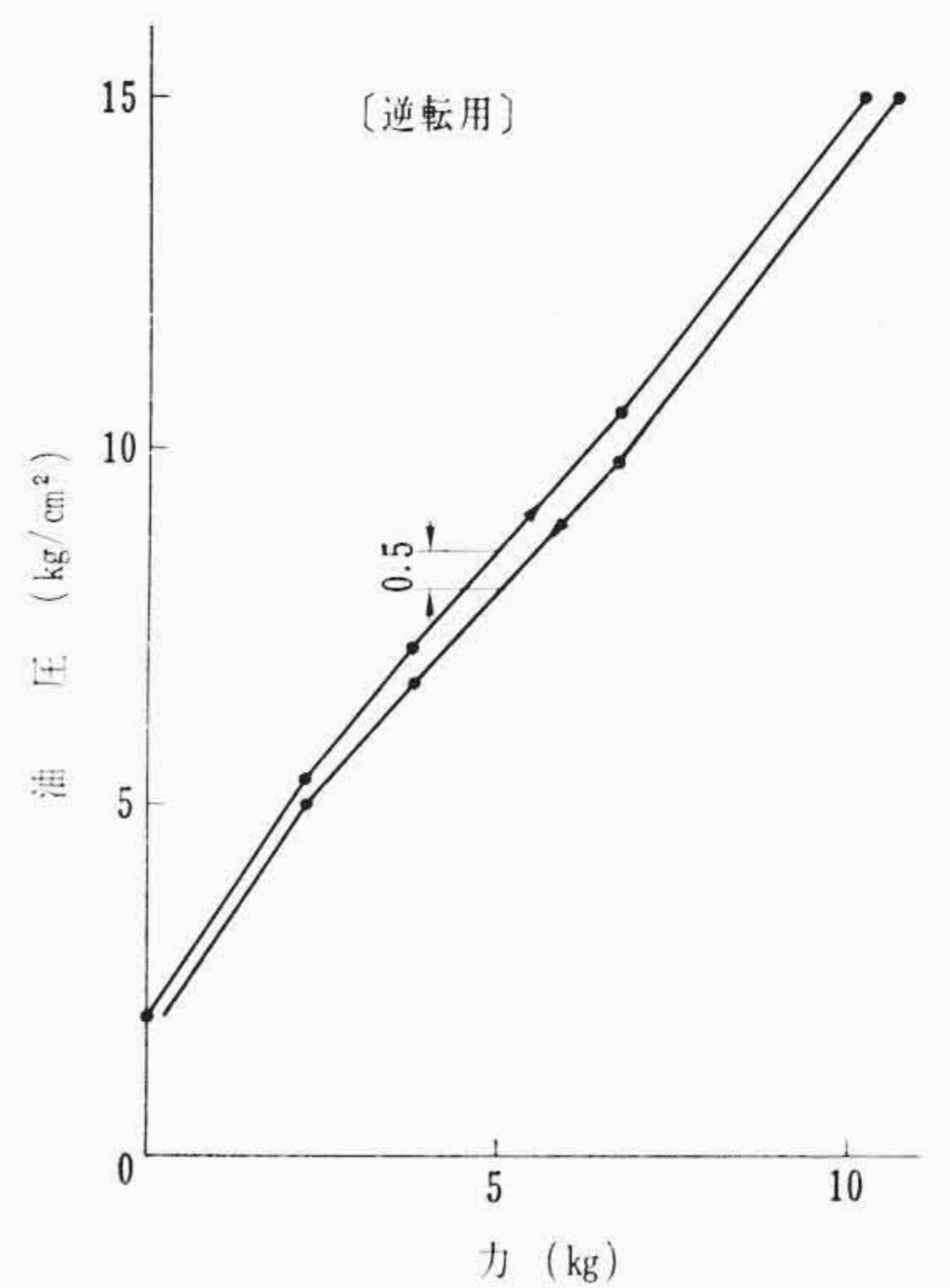
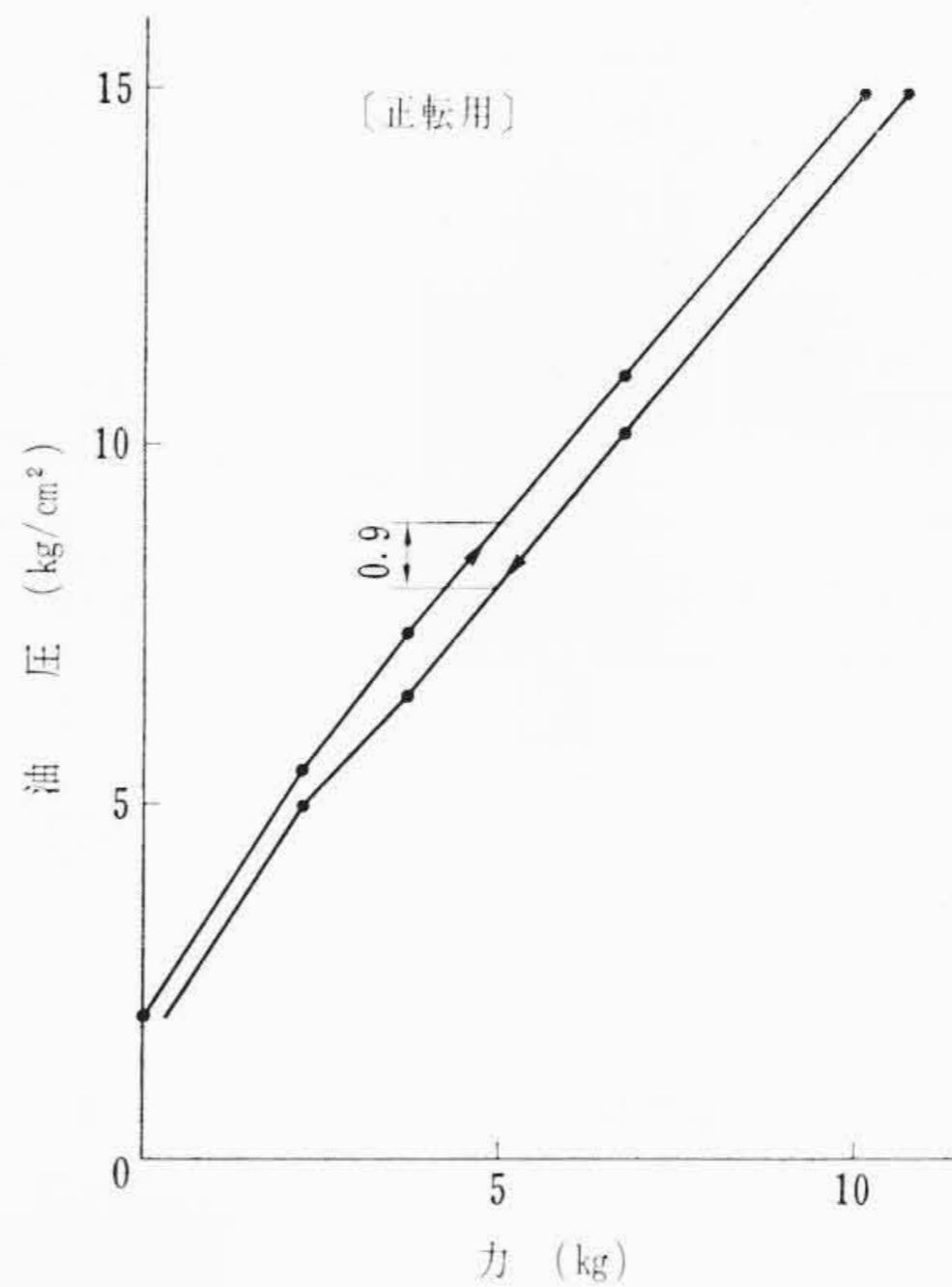
第3図 SL-BE のブロックダイアグラム



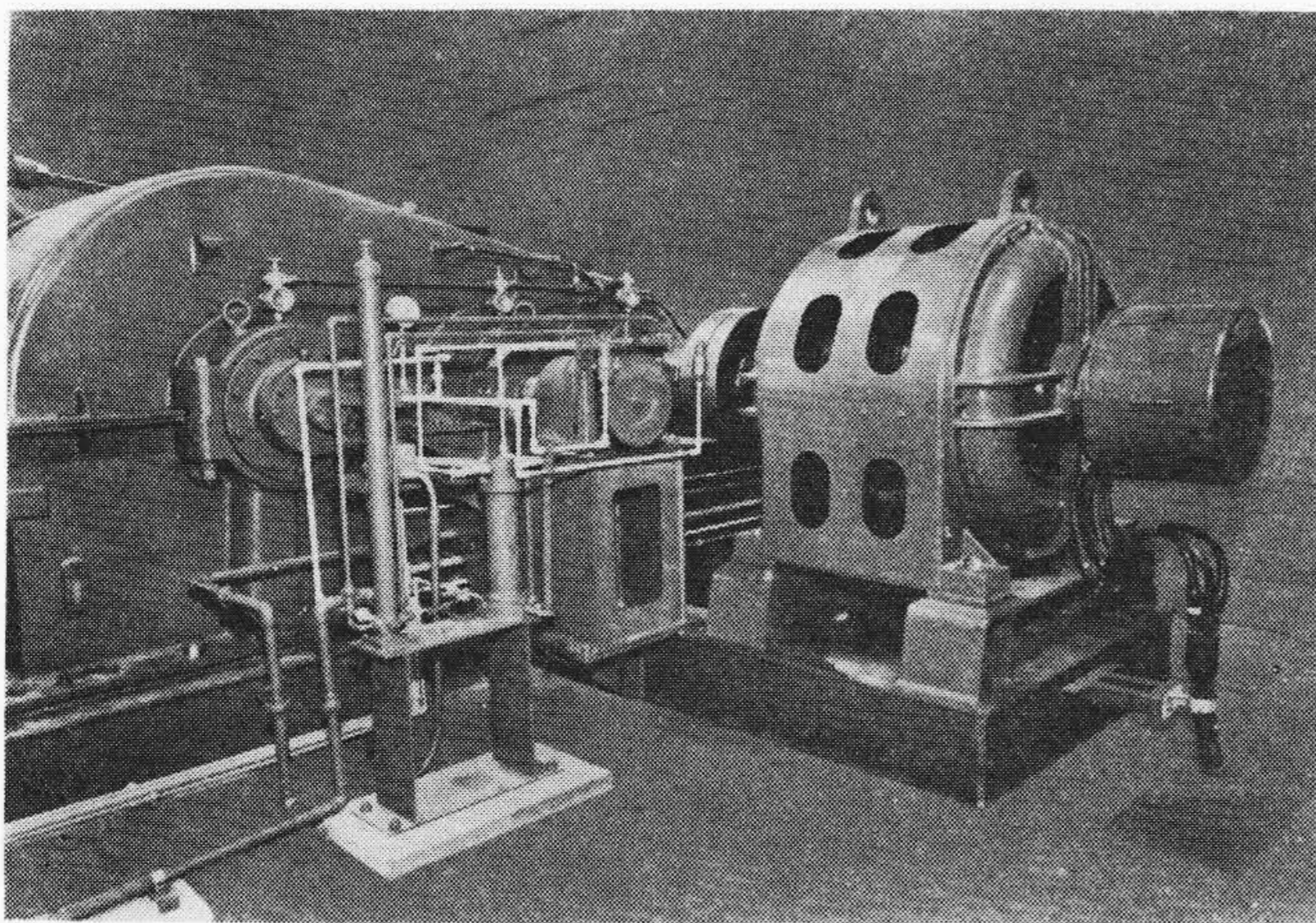
第4図 制 動 弁



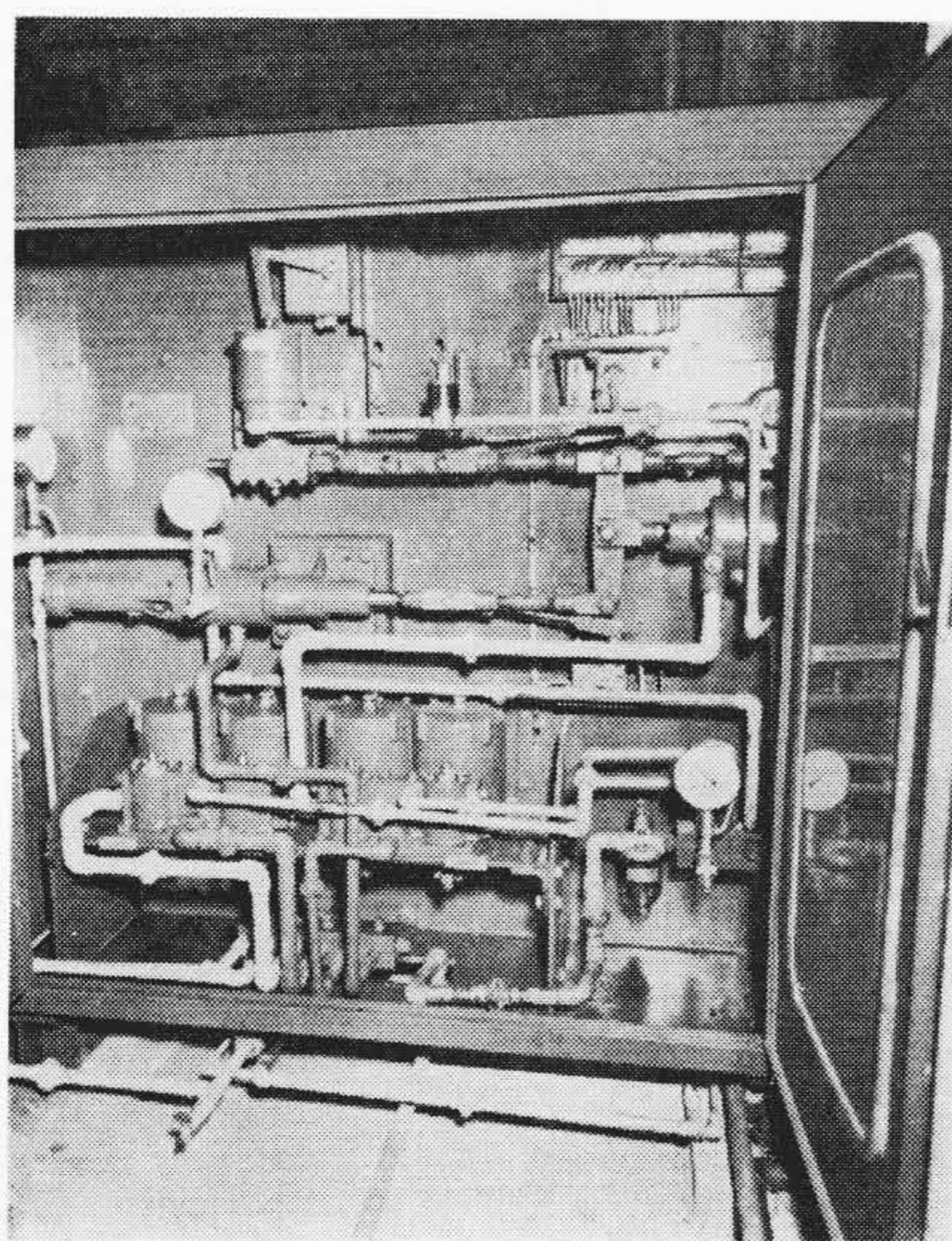
第5図 制動弁の静特性



第7図 力→油圧変換弁の特性



第6図(a) 検出部



第6図(b) 操作部

力がこれを打ち消すような右向に働く。

制動を行なうときは、調圧バネ1を圧縮し、左向の力を増加させ、力→油圧変換弁からのフィードバック油圧は、調圧バネ2を圧縮し右向の力を増す。調圧バネ1と調圧バネ2とのそれぞれの力の差に比例した制動力が巻上機に作用する。

第5図は制動弁右端のロッドを操作し、調圧バネ1の力を増減させた場合、ブレーキシリンダ内に送られる圧力を静的に測定したものである。

最初の微小ストロークで、ステップ状にほぼ  $1.0 \text{ kg/cm}^2$  の圧力が生じているのは、制動機構各部のフリクションに打ち勝って、制動初期のむだ時間を短縮するために与えた特性である。

ストロークを増減させた場合に描かれるヒステリシスは小さく、実用上はまったく問題にならない。

(2) 力→油圧変換弁

力→油圧変換弁は、力を入力とし、これに比例した油圧を出力とする圧力制御弁であってスプール形である。第6図(a)の検出部に取り付けられている。なお第6図(b)は操作部である。

第7図は力→油圧変換弁の静特性である。力=0 kg のとき、油圧  $\approx 2.0 \text{ kg/cm}^2$  であって、そのあと力の増加とともに油圧が上昇する。この最初の油圧  $\approx 2.0 \text{ kg/cm}^2$  は、制動弁と同じくむだ時間を軽減するためのものである。

正転および逆転用いずれの場合も、 $0.5 \text{ kg/cm}^2$  前後のヒステリシスが認められるが、この原因は主としてスプールに働くハイドロリックロックによるものと考えられる。しかしこの特性は静止中に測定されたのであって、実際運転中に作動する場合には、回転体の微小振動がデイズー効果を与えるほか、力→油圧変換弁に加えられる入力信号は動的なものであるから、ここで示した特性よりは改善されたものが実際に働く場合の特性と考えてよいだろう。

(3) 非常弁

非常弁は力→油圧変換弁からの信号圧力を入力とし、これにより直線的に変化する出力油圧をうる圧力制御弁であって、この出力油圧が非常ブレーキシリンダに供給されている。ただし正常運転時は、非常弁内のサーボピストンによって、非常ブレーキシリンダにはアキュムレータからの圧油路が接続されているので、前述の信号圧力には関係なく非常ブレーキシリンダ内の圧力は常に最大値を示している。

第8図は非常弁の断面図である。主要部は  $14\phi$  のスプールで縦

現地据付完了後に全体の制動試験を行ない特性を確認した。

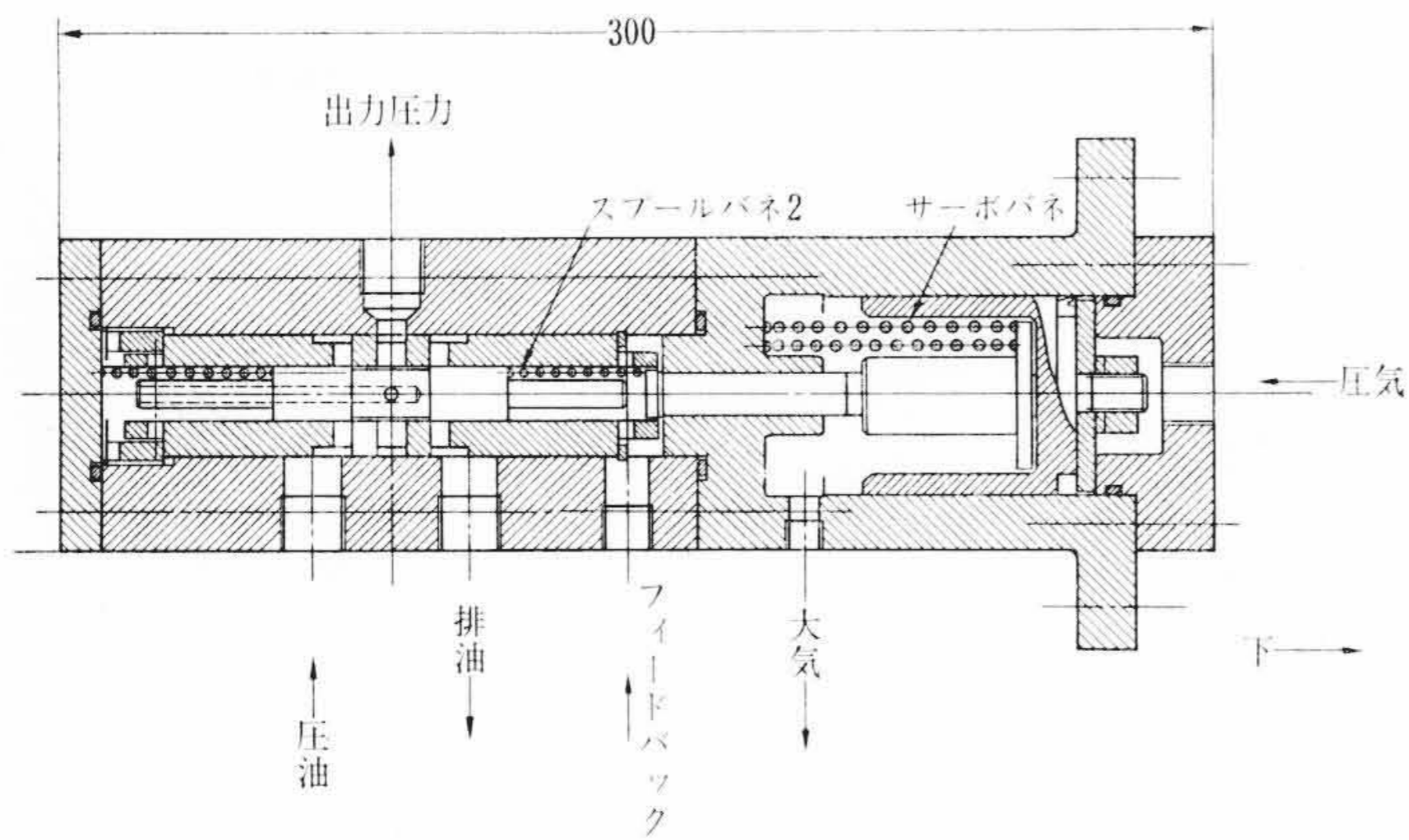
4.1 単独特性

調査したものの中から代表的なものについて述べる。

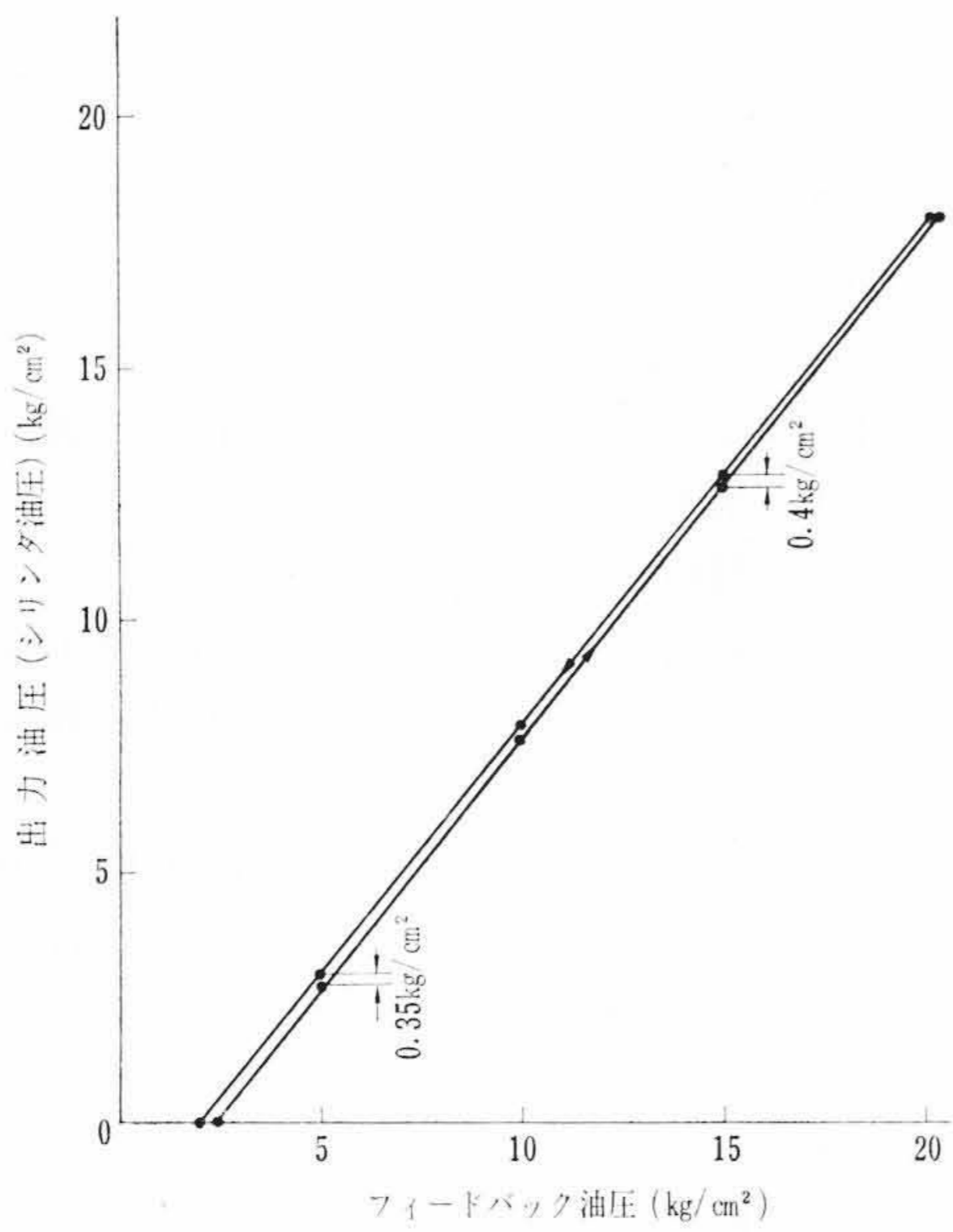
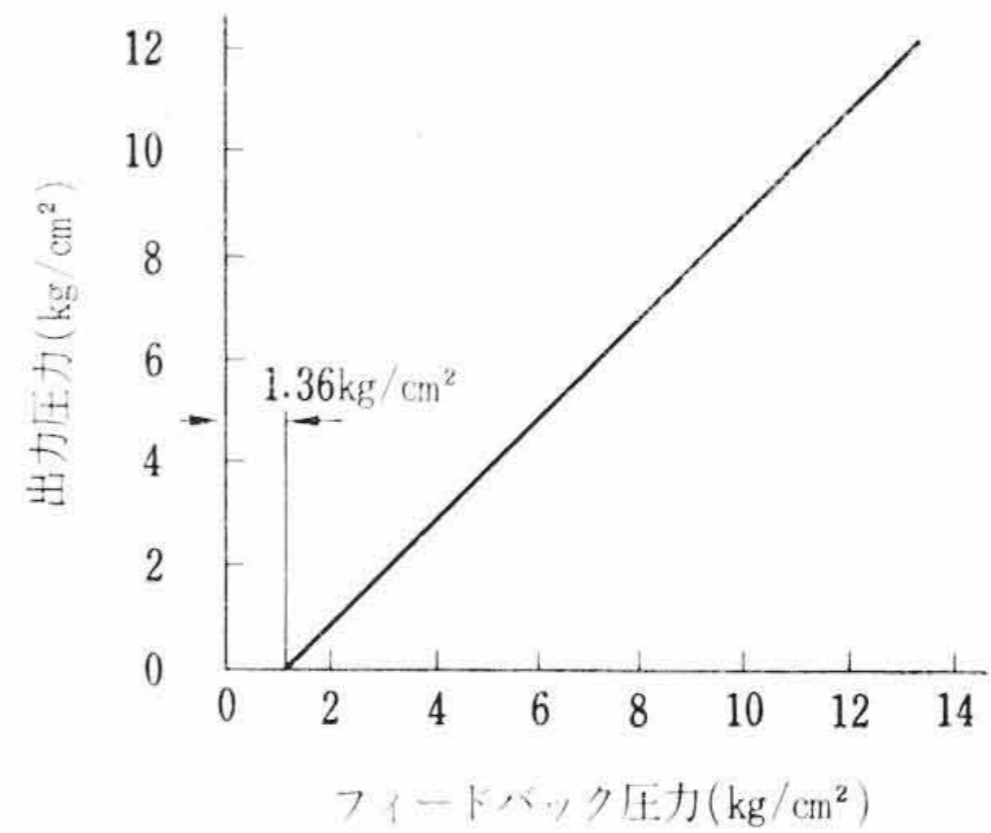
(1) 制動弁

制動弁は力平衡式スプール形で、第4図の構造をしている。

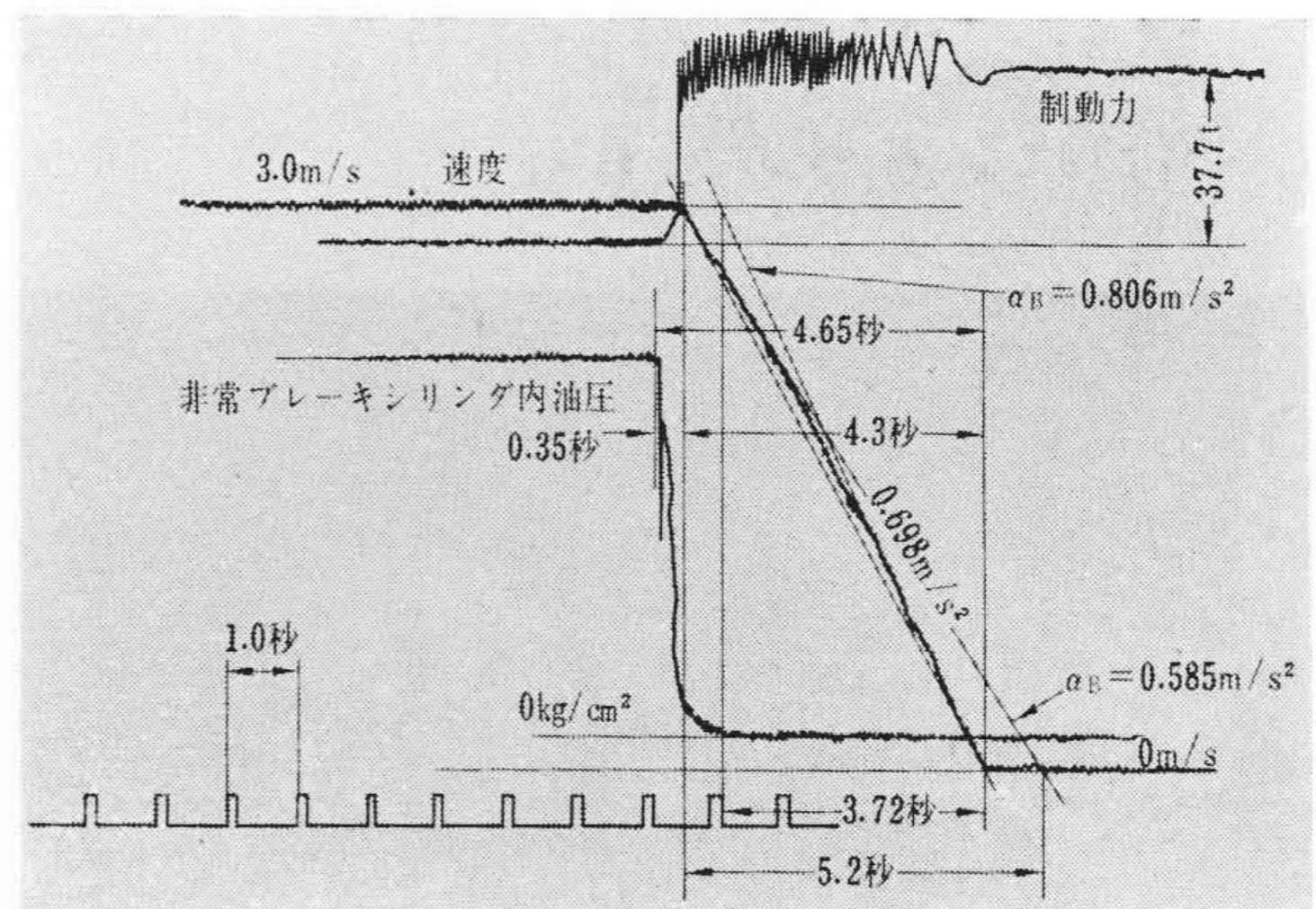
スプールには調圧バネ1の力が左向に働き、一方調圧バネ2の



第8図 非常弁

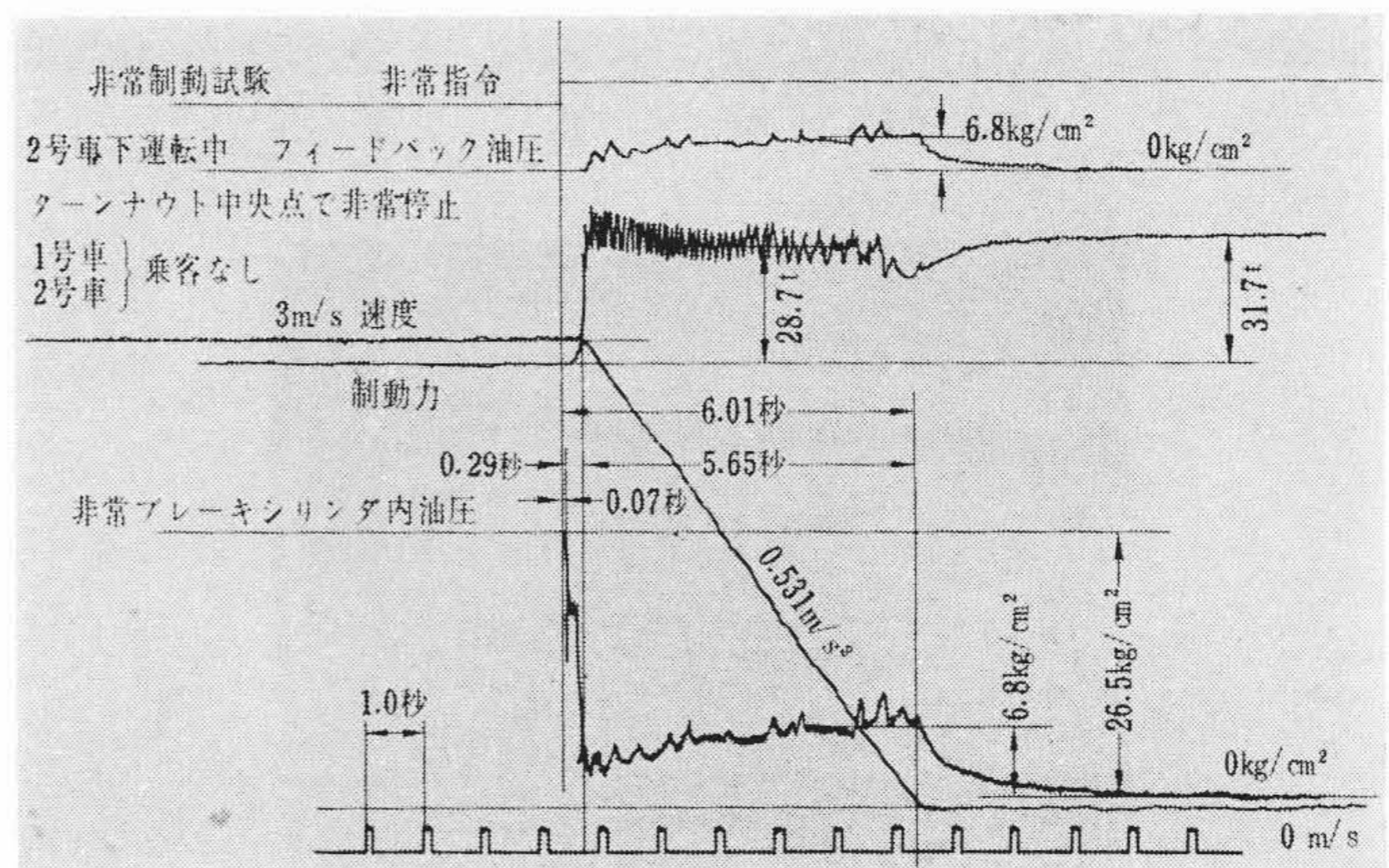


第9図 非常弁の特性



超非常制動試験(ただし常用制動機は作用しない。2号車下運転中ターンナウト中央点で非常停止。1号車, 2号車乗客なし。)

第10図 非常制動のオンシログラム (従来の方式)



第11図 非常制動のオンシログラム (SLBE)

に取り付けられている。

第9図はこの特性である。第9図において横軸は力→油圧変換弁からの信号圧力(フィードバック油圧)であり、縦軸はこれに対する出力油圧である。これら両者は互いに直線的であって、出力圧力のヒステリシスは0.4 kg/cm<sup>2</sup>以下となっている。

非常弁は応答性がよくしかも振動はまったく認められず安定性の面でも良好であった。

4.2 総合特性

SL-BEの総合特性を示す代表例として、現地の制動試験のオンシログラムの一部を第10, 11図に示した。

第10図は制御動作を行なわずにブレーキドラムに働くブレーキシューの押付力が最大値一定で制動を行なったもので、いわゆる従来の制動方式と同じであって、SL-BEの特性を比較調査するための参考にする目的で行なった。

最大巻上速度3.0 m/mから非常停止を行なったもので、停止指令がでてから0.35秒後に減速に移りさらに4.3秒後に停止している。この場合の減速度は、高速部分では0.585 m/s<sup>2</sup>で最も小さく、低速に向かうほど増加し低速部分では0.806 m/s<sup>2</sup>となっている。減速開始点と停止点を直線で結んで求めた減速度を平均値とすれば、この平均減速度は0.698 m/s<sup>2</sup>であって、全速度範囲では平均値に対して±16%程度の減速度の変動が生じている。この変動の原因はブレーキ面の摩擦係数の変動によるのであって、特に停止寸前に急激に増

大しショックの原因になりやすい。

第11図は第10図と同じ運転条件の下で、正規の方式で非常制動試験を行なったものである。

第11図では、3 m/s速度より非常停止指令が出され、非常弁が作動し0.07秒後から非常ブレーキシリンダ内の油が排出される。

シリンダ内油の排出によって巻上機には制動力が働き、巻上機は減速運動にはいる。この場合の減速度が規準値0.5 m/s<sup>2</sup>を越えるので、超過量に比例した油圧が検出されフィードバックされる。したがって、このフィードバック油圧によりブレーキシリンダ内油圧が制御され、制動力はある適当な値にコントロールされる。第11図ではそれぞれシリンダ内油圧6.8 kg/cm<sup>2</sup>、制動力28.7 tとなっている。これにより減速度は0.531 m/s<sup>2</sup>に保たれ、ブレーキ面の摩擦係数の

変動があるにもかかわらず、全速度範囲を通じてほぼ一定である。

巻上機が停止するとフィードバック油は排油され、したがってブレーキシリンダ内油も排出され制動力は最大値に復帰する。

第11図のオッシログラムに見られるような直線減速では、ケーブルカー内の乗客に与える影響はきわめてよく、座席から離れて立ったままでもほとんどふらつかない程度であってショックによる危険はまったくない。

常用制動機についても同様の試験を行なって、手動制動操作によって急激な制動力を加えようとしても、あらかじめ設定した一定の減速度限界内に制御されスムーズな停止が行なわれることを確認した。

さらに常用制動機と非常制動機の2系統を同時に作用させても、きわめて適切な制動力に自動制御され、ショックの危険はまったくないことが確認された。

### 5. 結 言

以上よりつぎのように結論することができる。

(1) 従来の制動方式では、今回の条件の下ではかなりの広範囲に制動減速度の変動が生ずるが、SL-BEの採用によってほぼ一定の適正な減速度限界内に制御されることがわかった。これによ

てロープその他の部分に加えられるショックの危険性は取り除かれた。

(2) 今回のSL-BEは、実用性に主眼を置いて設計され、じょうぶで確実な構造をもっているが、性能上からも実用的に十分であることが確認された。

このケーブルカー巻上機は、昭和39年12月の開通以来一日も休まず連日の旅客輸送に活躍を続けている。この新しいケーブルカー巻上機が据え付けられる以前においては、往々にしてケーブルカーの輸送力不足が問題にされていたが、現在はそれが解消し、このケーブルカー巻上機に大きな期待が寄せられている。

今回の設計製作試験を通じて、東京大学生産技術研究所の大島康次郎教授および、南海電鉄株式会社、小松健二車輛部長、大窪亟設計課長をはじめとする関係者のかたがたにご指導ご協力を仰いだ。ここに厚くお礼申し上げる次第である。

### 参 考 文 献

- (1) 渡部, 川崎, 藤原: 日立評論 46, 781 (昭 39-5)
- (2) 青木, 若森, 渡部: 日立評論 44, 1536 (昭 37-10)
- (3) 今回の構造についてつぎの特許が登録されている。  
特許 200015    特許 240125    特許 297234    特許 423597

## Vol. 47                      日 立 評 論                      No. 11

### 目 次

- ・同期機の定態安定度
- ・日立における制御棒駆動機構の開発
- ・放射化分析装置
- ・最近の電鉄用整流器
- ・国立屋内総合競技場納自動電光掲示装置
- ・コンデンサモータ速度制御回路の解析
- ・冷媒R-22の水平管内蒸発熱伝達
- ・中部電力株式会社納固体電子化400Mc帯多重装置
- ・高速スイッチング用トランジスタおよびダイオード

- ・移動用バイパスケーブルと付属品
- 誘導電動機特集
- ・最近の大形誘導電動機
- ・E種絶縁汎用小形モートル
- ・新しい起動回路方式のコンデンサ電動機
- ・ポンプ用誘導電動機
- ・誘導電動機のSCR制御
- ・誘導電動機の二次励磁制御

発行所    日立評論社    東京都千代田区丸の内1丁目4番地  
振替口座 東京71824番  
取次店    株式会社 オーム社書店    東京都千代田区神田錦町3丁目1番地  
振替口座 東京20018番

## 第 27 卷                      日 立                      第 10 号

### 目 次

- ・ある青春——トランジスタ娘の一日
- ・明日の食生活を開くワールド・チェーン
- ・話題のレジャー・ショッピングビル岡山の富士ビルを訪ねて
- ・ひげ    ・ひげ    ・ひげ
- ・新機構の現代派N形ホイスト

- ・キッチン は “団らんのステージ”
- ・荷造包装試験機
- ・電線百話 「電線の箱入娘」
- ・ハイライト 「ステレオ」
- ・明日への道標 「下久保ダム納ジブクレーン」
- ・読者の声 「石油ストーブの炎の色」

発行所    日立評論社    東京都千代田区丸の内1丁目4番地  
振替口座 東京71824番  
取次店    株式会社 オーム社書店    東京都千代田区神田錦町3丁目1番地  
振替口座 東京20018番