U.D.C. 621.879.34:624.132.48

パワーショベルの操作性能

Operational Performance of Power Shovel

阿部哲義* 久保沢 稔*

内容梗概

ショベルの各種性能のうち特に操作性能の良否は直接作業能率に影響する重要なものであるから，ここに一般ショベルの操作性能の考察および日立 U 12 ショベルの空気操作方式について行つた実験結果について述べる。

ショベルの操作方式を分類すると，手動式，空気式，油圧式，電気式およびこれらの併用式に分けられるが，小型ショベルには手動式または手動，空気の併用式が適当である。

特に併用式においては補助的操作および保安装置を空気式にすることにより小型ショベルの狭いスペースを有効に利用することができる。中型ショベルでは feel of load の完全なこと，操作性能が安定していること，運転が楽なことゝ，保守が容易なことなどから圧縮空気式が最も適当と考える。

日立 U12 ショベルの操作方式は圧縮空気式で，実際の掘削作業をオシログラフで測定した結果，操作性能については第5表のごとく実用的に満足な結果がえられた。また耐久度についても 2,000 時間オーバーホールなどの結果から，当初の目的を達しているように思われる。

〔I〕 緒　　言

戦後建設工事の機械化が急速に行われたため，電源開発，河川改修などの諸工事が驚異的スピードで完成されているが，これらの建設にぜひ必要なものは，掘削機械であり，その主力をなすものがパワーショベルである。

ショベルは工事規模の大小，掘削する石の大きさその他工事の諸条件にしたがつて，最も適した容量のものが選択使用される。

日立製作所では戦前すでに 3 m³ 級ショベルを製作し，戦後には U 06 ショベル (ジッパー容量 0.6 m³) を約 300 台，U 12 ショベル (1.2 m³)，U 16 ショベル (1.6 m³) を多数納入し好評を博しているが，昨春さらに新鋭の U03 ショベル (0.3 m³) を加え，ここに中型，小型ショベルの系列を完成した。

ショベルの各種性能のうち特に操作性能は重要でその良否は直ちに作業能率に影響し，中型ショベルにおいてはフインガーコントロール方式は手動式に較べて，ショベルの総合性能を 20% 増大するといわれている。このように重要な操作性能を左右するショベルの操作装置に対する考察，および日立 U 12 ショベルの操作性能に関する実験結果について述べる。

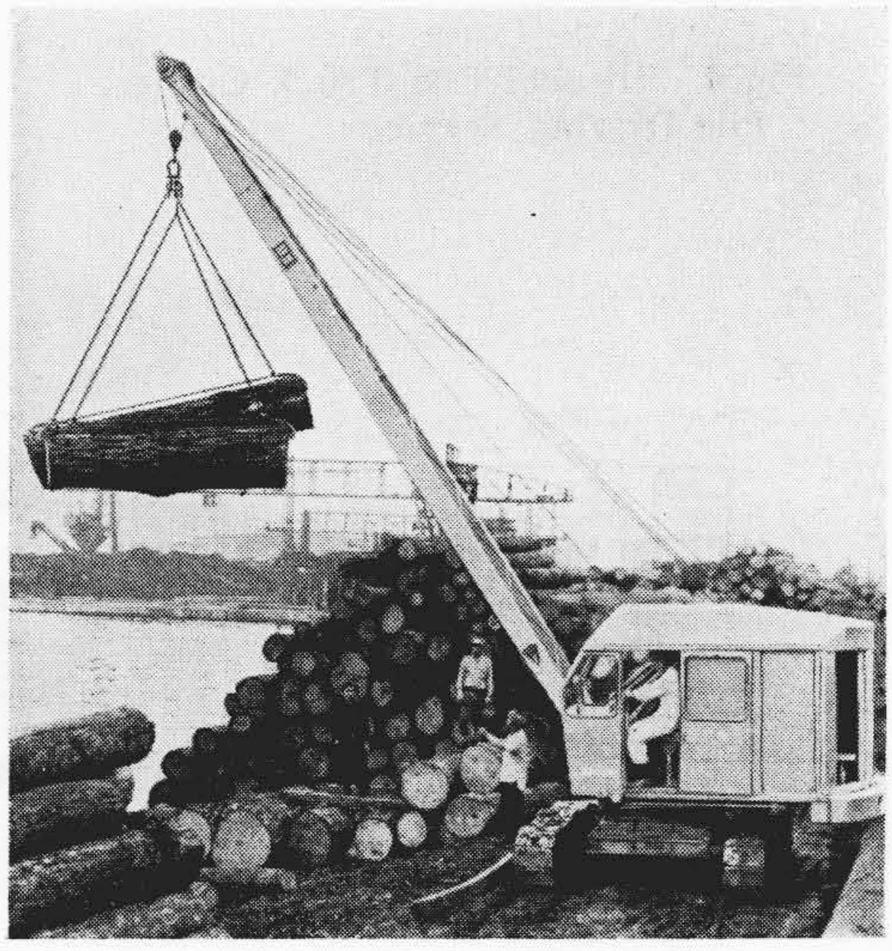
なおショベルには原動機を1箇とし，各動作をクラッチの切換により行ういわゆる1原動機式と，各動作ごとに別の原動機を取付けた分割原動機式とがあるが，ここには1原動機式についてのみ述べることにする。

〔II〕 ショベルの構造および操作要領

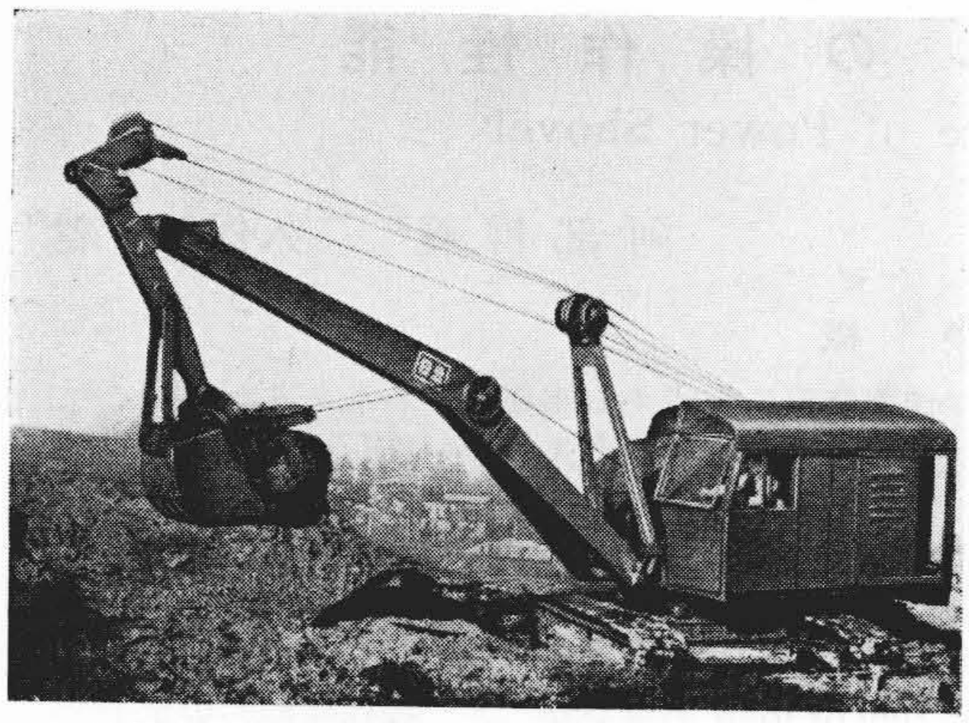
ショベルは一般にアタッチメントを取替えることにより，各種のフロントに使用できるはなはだ便利な機械である。たとえば掘削機としては，ショベル，ドラグショ

* 日立製作所亀有工場

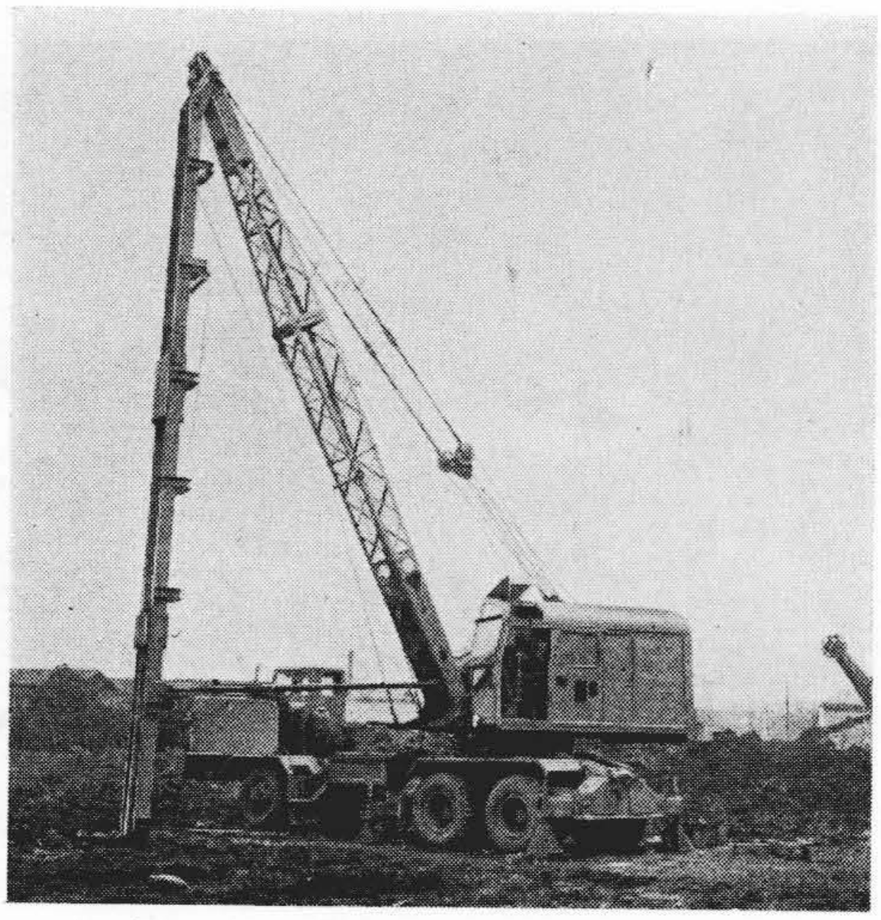
第1図 秋葉ダムで作業中の日立 U12 ショベル
Fig. 1. Hitachi U 12 Shovel in Digging Service at Akiba Dam



第2図 材木陸揚中の日立 U 03 クレーン
Fig. 2. Hitachi U 03 Crawler Crane in the Log Handling Service



第3図　掘削中の日立 U06 ドラグショベル
Fig. 3. Hitachi U06 Drag Shovel in Digging Service



第4図　抗打作業中の日立 F06 トラッククレーン
Fig. 4. Hitachi F06 Truck Crane Pile Driving Service

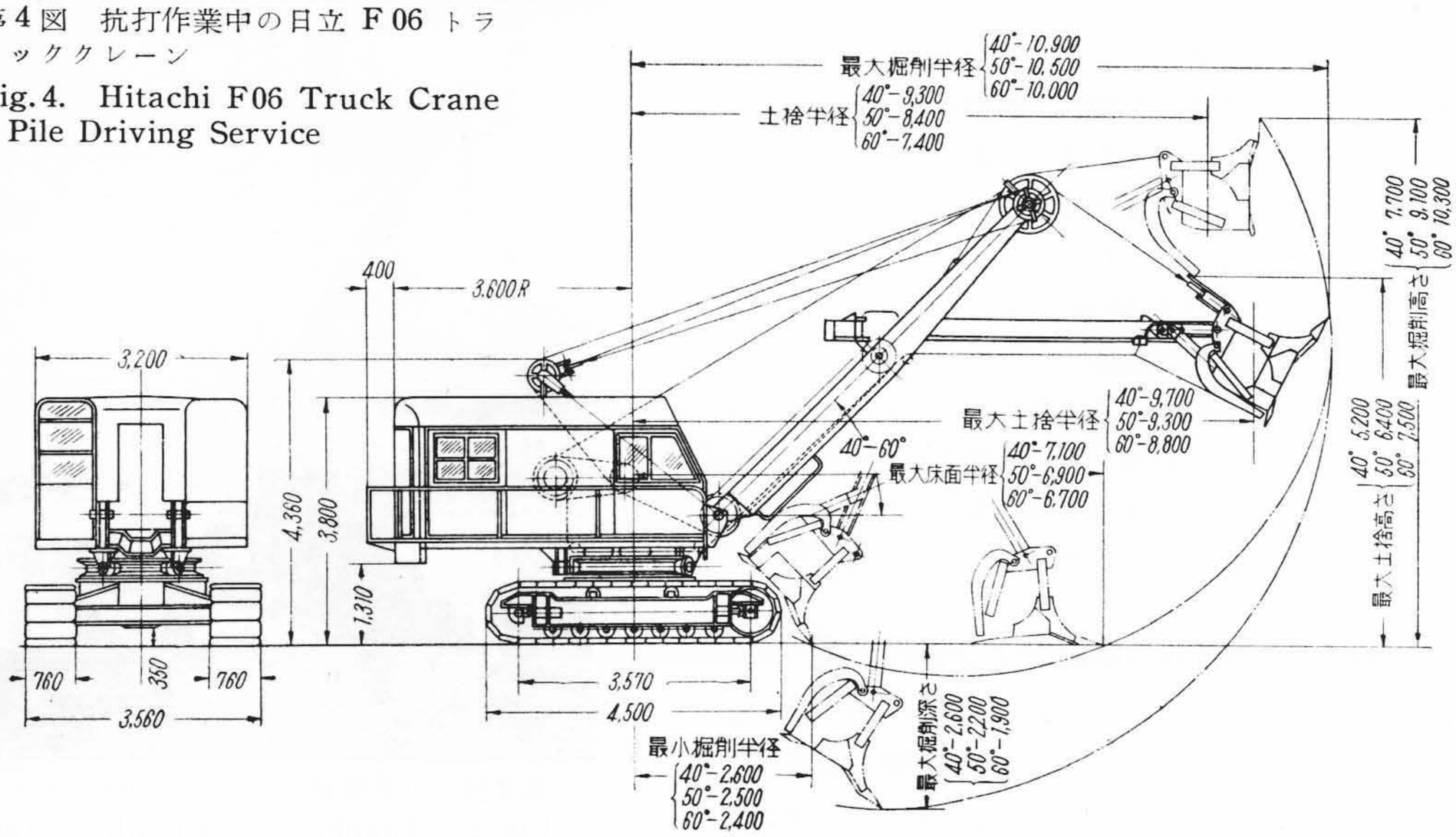
ベル，ドラグライン，クラムシエル，スキンマなどになり，荷役機械としてはフック，バケツ，リフチングマグネットなどの付くクレーンとし，あるいは杭打機として活用される。

第1図～第4図はこれらの使用状況を示す。

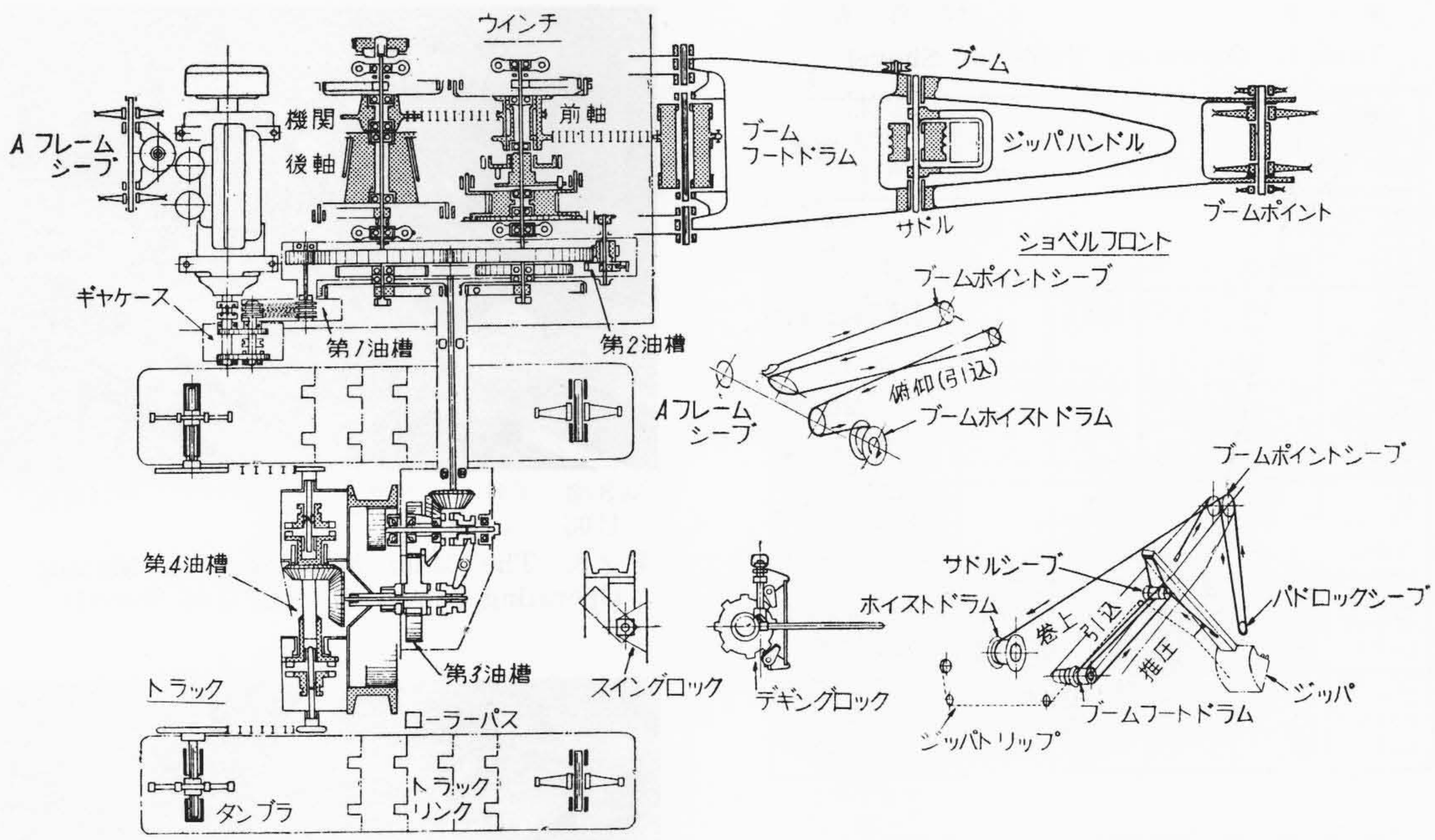
ショベルの構造は細部においては，各社各様それぞれの特長を有しているが，その一般的構造は走行フレーム上に設けた自由に旋回できる旋回フレームに，1箇の適当な原動機を搭載し，減速装置とクラッチおよびブレーキにより巻上，掘削，ブーム俯仰などのドラムを駆動し，また旋回走行を行う。このほか走行向変え（ステアリング），走行歯止め（デギングロック），旋回歯止め（スイングロック）装置を備えて，移動，旋回を自由に行う。またショベルにおいてはジッパーから荷を落す放荷装置(ジッパートリップ)を有し，任意に放荷できるようになつている。巻上，掘削，旋回，走行の各クラッチおよびブレーキはショベル機構部の最重要部をなし，この機能が十分でなければ到底ショベルとして満足に使用できない。またショベルとして綜合性能を十分発揮するためには，これらクラッチ，ブレーキの機構と，これを操作する操作装置の特性とが良くマッチしていなければならない。

ショベルの一例として**第5図**に日立 U12 ショベルの全体寸法図，また**第6図**および**第7図**に日立 U06 ショベルの機構展開図と，レバー機構図を示す。

ショベルは種々のフロントに組替えるために，多くの操作レバーが必要で，その操作要領もかなり複雑なものとなつている。**第1表(第7図**参照)はショベルの掘削作

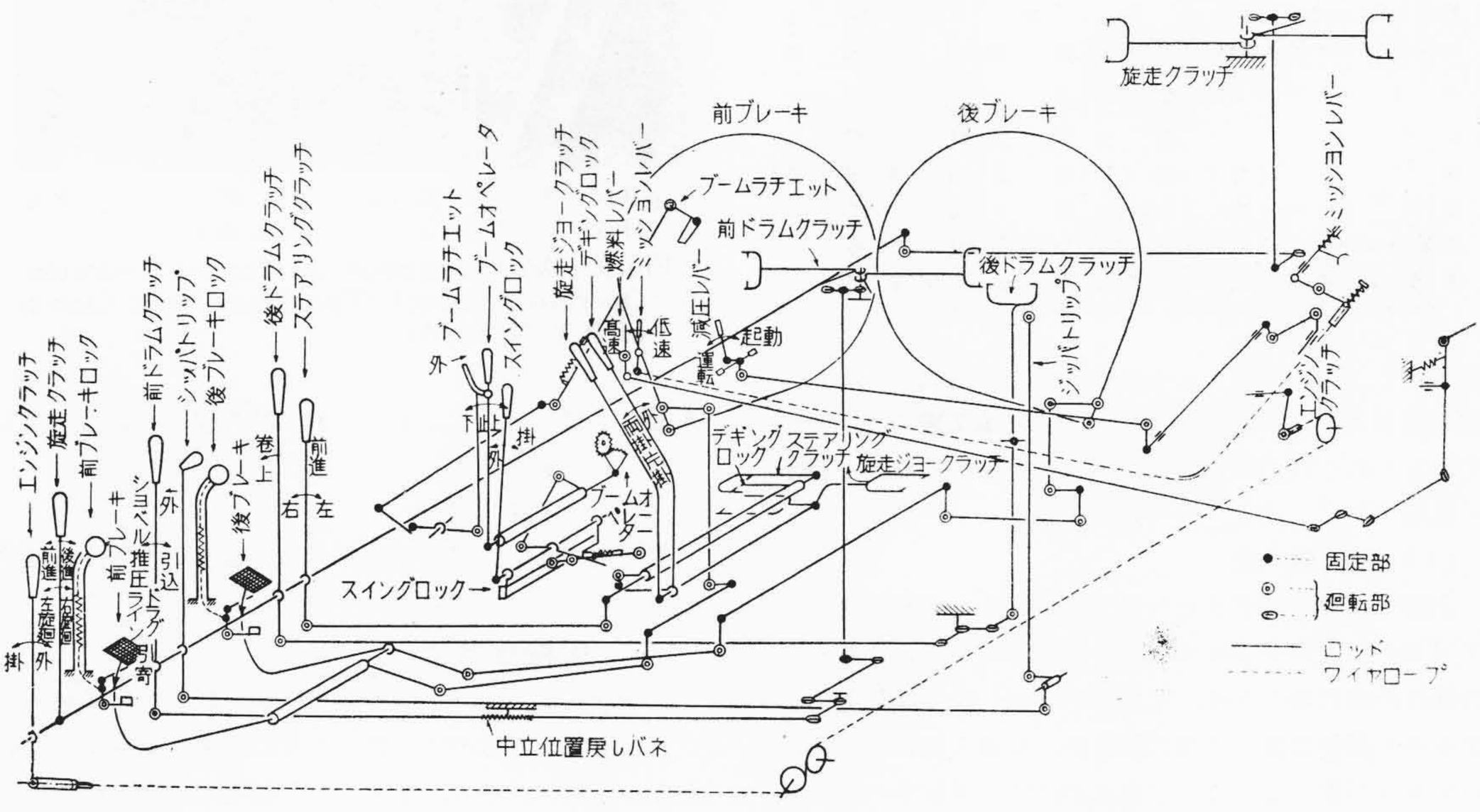


第5図　日立 U12 ショベルの全体寸法図　Fig. 5. Dimensions of Hitachi U12 Convertible Shovel



第6図　日 立 U 06 ショベルの機構展開図

Fig. 6.　Developed Mechanism of Hitachi U 06 Shovel



第7図　日 立 U 06 ショベルのレバー機構図

Fig. 7.　Lever Mechanism Diagram of Hitachi U 06 Shovel

業1サイクルにおけるレバーの操作要領を示すダイヤグラムで，これによつても操作レバーの軽快性，単純化，確実性など，操作性能の良否が作業サイクルに直接影響することがわかる。

〔III〕 ショベルの操作性能

操作性能とはクラッチ，ブレーキなどを働かせて各種の動作を行う性能をいい，その良否は直ちに掘削能率に

第1表 ショベルの操作表
Table 1. Operating Table of Shovel

動作／レバー	掘削	旋回(往)	放荷	旋回(復)	掘削準備	摘要
後ドラムクラッチレバー	押す 引く 掛→外				外	右手使用 ジッパ巻上下し
後ブレーキペダル	押す 掛 ジッパ巻上後				戻す 外 自重でしけ 半巻下掛 掛	右足使用 同上 ブレーキ
前ドラムクラッチレバー	押す 掛 中立 自動復帰 ハンドル推圧後				外 中立	左(右)手使用 ジッパハンドル推圧引戻し
前ブレーキペダル	押す 掛				戻す 外 自重で地上に下る	左足使用 同上 ブレーキ
旋回クラッチレバー	(中) 中立	押(前) 引(後) 左 制動	押(中) 中立	引(後) 押(前) 右 制動	引(中) 中立	左手使用 旋回
ジッパトリップレバー	中立		押す→自動復帰 掛 中立 ジッパフタ開く			右手使用 ジッパフタの開閉

第2表 操作方式の比較
Table 2. Comparison of Control System

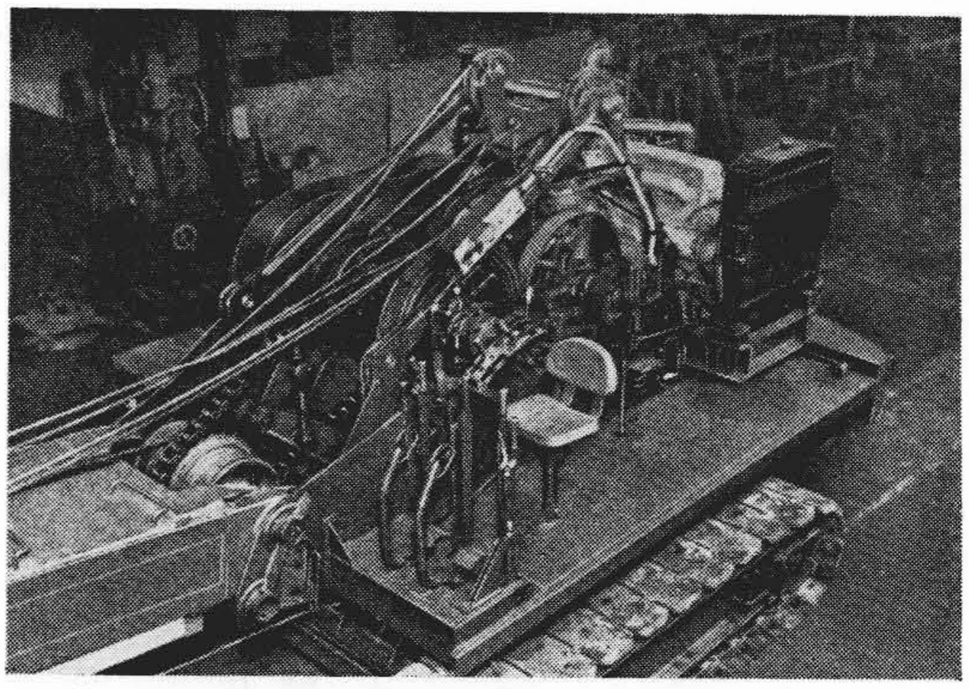
項目＼方式	手動式	空気式	油圧式	電気式
Feel of Load	良	良	やや劣る	劣る
ハーフクラツチ(圧力調整)	可能	可能	困難	困難
タイムラグ	ない	少い	戻しの時多い	多い
レバー	重い	軽い	軽い	軽い
保守	容易	容易	困難	困難
維持費	最も安い	安い	高い	安い
装置のコンパクトさ	最も劣る	やや劣る	優る	劣る
回転部の給油	不必要	必要	不必要	不必要

影響する。操作方式としては手動式，空気式，油圧式，電気式およびこれらの併用式があり，**第2表**のごとくいずれもそれぞれの特長を持つているが，これを少し細かく説明する。

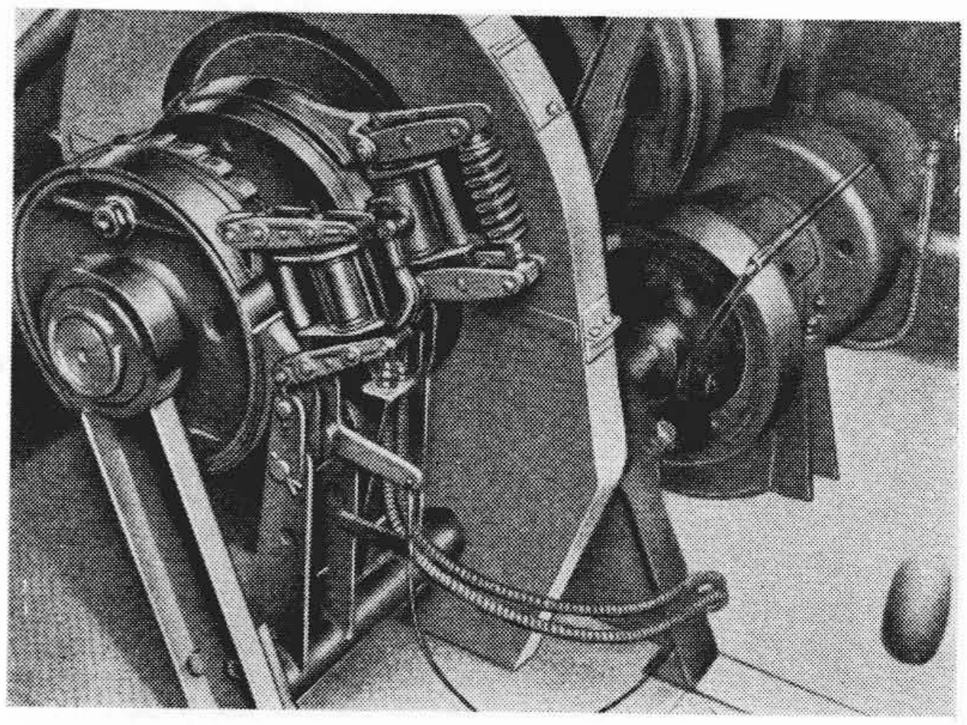
(1) 手動式

手動式とは直接手または足で操作するもので，主として 1 m³ 以下のショベルに使われ，ブレーキ，クラッチの強さの感じのでる点，すなわち feel of load およびトルクの調整は他の方法に勝るが，反面人力によるためハンドルが重くなることはまぬがれず，運転手の疲労も多い。

この手動式には手または足で操作するハンドル，あるいはペタルからクラッチ，ブレーキに至る間，全部を各種のリンク，レバーを経て行ういわゆるリンク式と，その途中の一部を油を詰めたパイプで連絡した手動油圧式とがあり，後者の方が機械的損失少く，またコンパクトにできるため最近はこの式のものが多くなつてきた。**第8図**に手動リンク式ショベルを，**第9図**に手動油圧式ショベルの一例を示す。



第8図 手動リンク式ショベルのウインチ（日立 U 06 ショベル）
Fig. 8. The Main Machinery of Manual Operating Shovel (Hitachi U 06 Shovel)



第9図 手動油圧式ショベルの一例（アメリカ P & H 社 $^3/_4$ yd³ ショベルのブーム巻上クラッチ）
Fig. 9. An Illustration of Manual Hydraulic Operating Shovel (The Boom Hoist Clutch of P & H, USA)

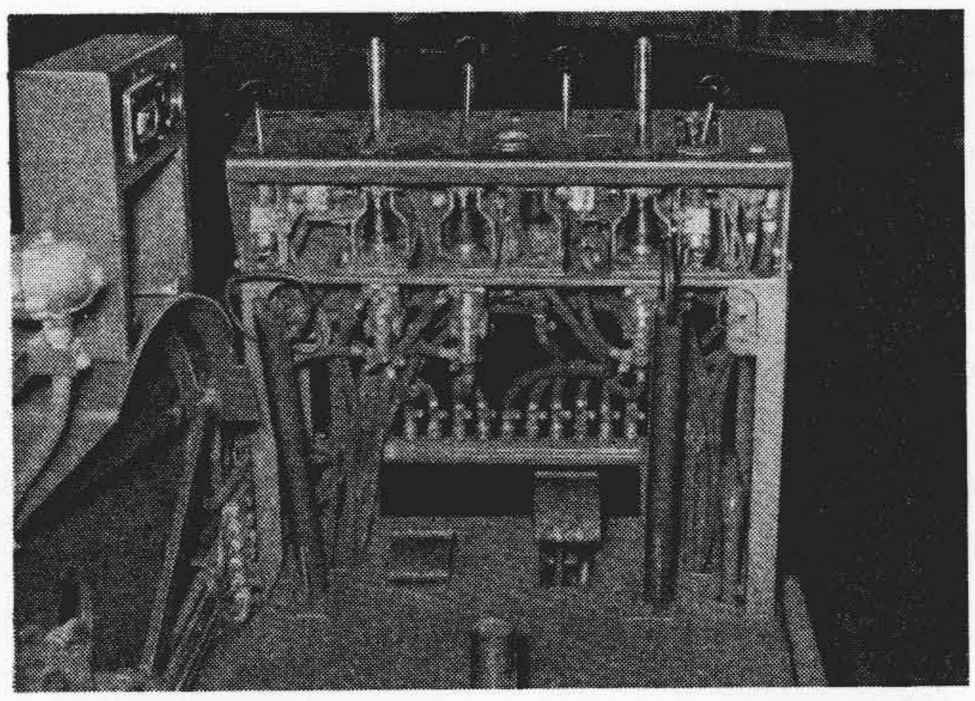
(2) 空気式

空気式には圧縮空気で操作する圧縮空気式と，負圧で操作する真空式とがある。

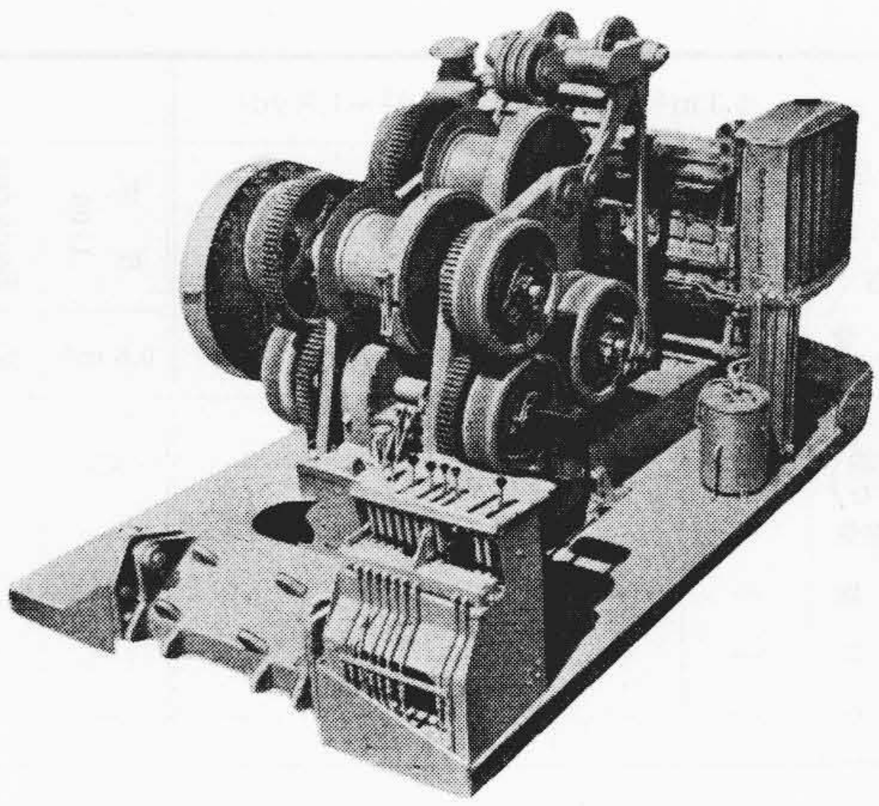
(3) 圧縮空気式

圧縮空気式とは，原動機より駆動されるコンプレッサの空気圧によるもので，アメリカの中型ショベルには最も多く使われ，圧力はほとんど7気圧である。その長所は簡単な調圧弁により，シリンダ内の圧力を任意に変えられるのでトルクの調整すなわちハーフクラッチも容易で，feel of load もよくタイムラグも少く，また万一空気漏れがでても圧力さえ足りる程度なら，操作にはなんら不都合なく保守も容易である。

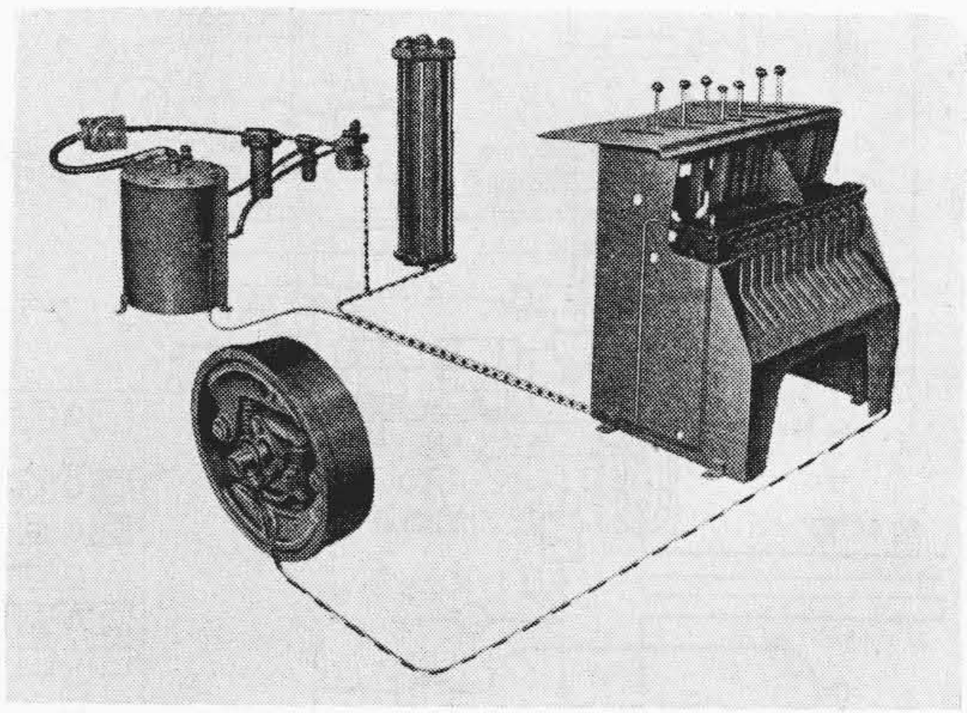
その他空気式は油圧式など他の流体操作式に比し，操作用流体の性質の変化が直接操作性能に影響することが



第10図　空気式ショベルの一例（日立 U12E 電気ショベルの運転台）
Fig. 10. An Illustration of Air Control Shovel (The Control Desk of Hitachi U 12 Electric Shovel)



第11図　油圧式ショベルのウインチ（アメリカリンクベルト社 LS 98 型 1 yd³ ショベル）
Fig. 11. The Main Machinery of Hydraulic Control Shovel (Link Belt Speeder LS 98, USA)



第12図　油圧式ショベルの操作系統図（アメリカリンクベルト社 LS 98 型 1 yd³ ショベル）
Fig. 12. The Hydraulic Control System of Shovel (Link Belt Speeder LS 98, USA)

少いので，常に安定した操作特性がえられる。また排気は操作シリンダ附近で排出するので排気のタイムラグも少い。空気式は操作性能が安定しており，また空気の圧縮性を利用できるため，変化のある操作が簡単にでき，インターロック操作，保安装置などに好適である。短所としては，圧力が低いため操作シリンダの容積が大きくなること，シリンダ，回転接手などの摺動部に適当な方法で給油する必要があることなどである。**第10図**に圧縮空気式ショベルの一例として，日立 U 12 ショベルのレバースタンドを示す。

（4）真空式

原動機から駆動される真空ポンプの負圧によるもので，その得失は圧縮空気式に準ずるものであるが，大気との有効圧力差が低いため，圧縮空気式よりもさらに操作空気シリンダは大きくなる。反面操作バルブ回転接手，洩気防止機構などは，簡単な構造ですみ保守も容易である。この方式は小型ショベルに適し，アメリカで $^3/_4$ yd³ 級のものに若干使われている。

（5）油圧式

原動機から駆動される油ポンプの油圧により操作されるもので，主として中型ショベルに使われ圧力は 70 気圧位が普通である。

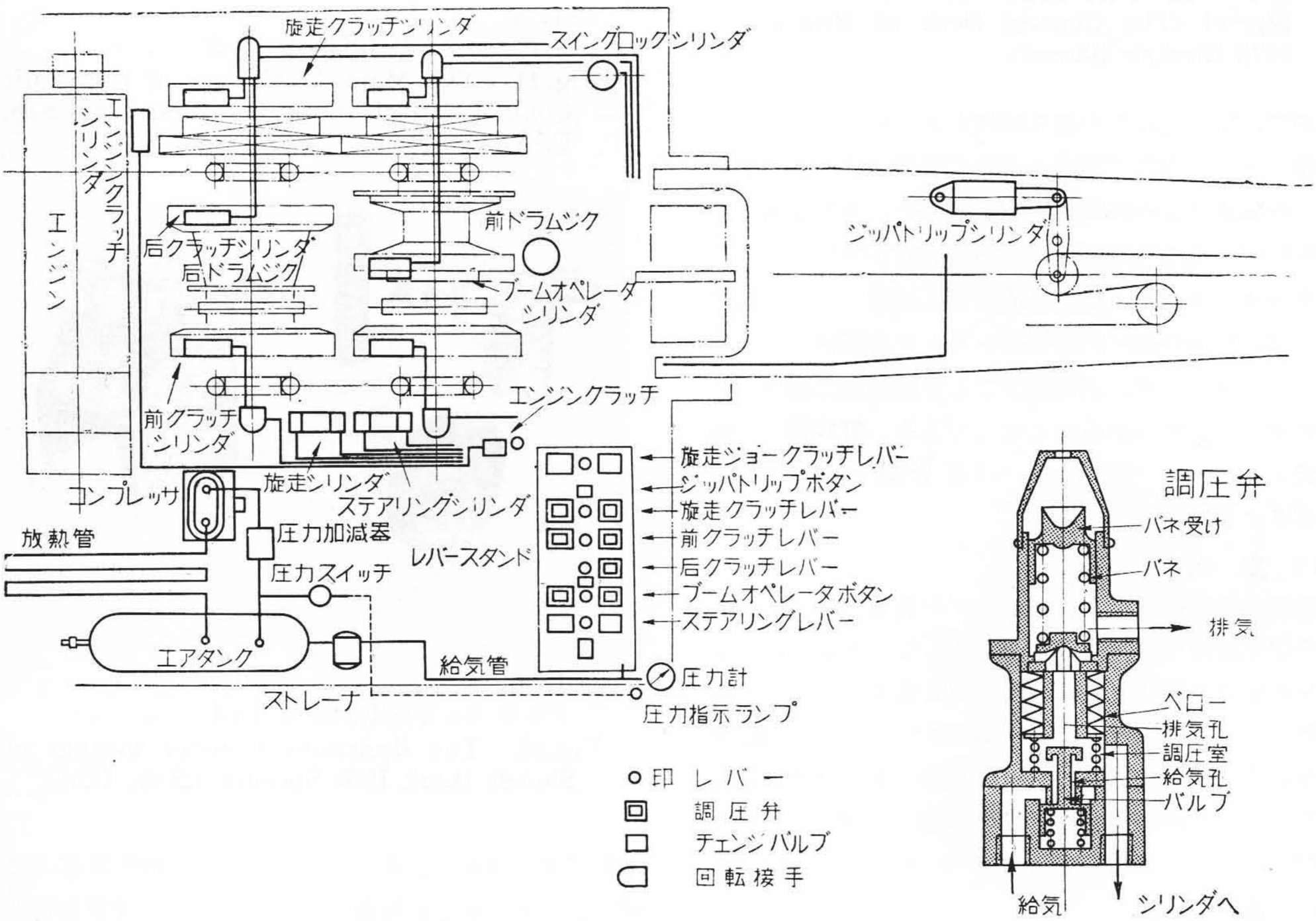
その特長は空気式に比較して圧力が高いため，操作シリンダが小さくなり，クラッチ，ブレーキ部分がコンパクトとなり，回転接手，シリンダなどの給油も必要ない。反面油は非圧縮性であるために，空気式のごとく圧力制御は困難で，feel of load も空気式に劣るが，操作弁を適当に設計することにより，操作レバーの動きと操作シリンダの動きを正比例的に結合する，いわゆる位置制御が可能である。しかしこの位置制御機構は工作機械の「ならい加工」自動車のパワーステアリングなどには最も利用すべきものであるが，ショベルの操作装置には必要ない。またもどり行程（圧力を抜く）では空気式のごとく，操作シリンダあるいは操作弁から急速に外部に油を放出できないから，もどし時のタイムラグが相当大きくなる。

使用する油の諸性質が直接操作性能に影響するので，油の選択，比較的頻繁な取替え（半年に一回程度），油取替時の注意（気泡を入れてはならない）など保守にも手数を要することが多い。

油の圧力が高いため，長期間にわたり洩油の全然でないものを作ることは，設計，製作ともに相当困難であり，万一油漏れがあればこのため機体は汚損し，あるいはクラッチ，ブレーキ面に附着してそのききが悪くなり，油の補給も必要となるなどである。

第3表　外国ショベルの操作方式

ジッパ容量	0.3 m³～0.4 m³, 3/8 yd³～1/2 yd³					0.6 m³ 3/4 yd³～1 yd³										
型式	日立 U 03	Bucyrus 10 B	Koehring 205	Unit 357	Link-Belt 51	日立 U 06	Bucyrus 22 B	P&H 255 A	Link-Belt LS 88	Marion 33 M	Marion 44 M	Osgood 310	Lima 34	Browning T 250	Rorain 50	Menck
操作方式＼容量	0.3 m³	3/8 yd³	1/2 yd³	1/2 yd³	1/2 yd³	0.6 m³	3/4 yd³	3/4 yd³	3/4 yd³	1 yd³	3/4 yd³	3/4 yd³	3/4 yd³	3/4 yd³	1 yd³	1.1 yd³
手動（手動油圧含む）	○	○	○	○	—	○	○	○ 手動油圧	—	○	—	—	○	○	○	○
圧縮空気	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	○	—	—	—	—
真空	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
油圧	—	—	—	—	○	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—
電気	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—



第13図　U 12 ショベルの空気操作系統図
Fig. 13.　Air Control System of U 12 Shovel

第11図には油圧式ショベルの実例を，**第12図**にその操作系統図を示す。

（6）電気式（電磁式）

電気式とは原動機に組合わされた発電機から発生する電力により，電気的に操作するものでマグネット，ソレノイドなどにより操作するものが多い。

その長所は空気式，油圧式に比較して漏れの心配なく，酷寒地でも凍結などの心配がない。半面トルクの調整が困難でタイムラグも多く，マグネット，ソレノイドなどの部分も大きくなり，スリップリングを付けるためウインチもコンパクトにならぬなどの欠点がある。現在では全操作を電気式にしたものは全く見られず，他の方式と中小型ショベルで併用して若干利用されている程度である。

（7）併用式

併用式とは今まで述べた手動，空気，油圧，電気の四方式をその機種の特性，大きさ，経済性，操作性，その他の理由から併用する場合で，実際例としてはこの場合

Table 3. Control System of Shovels (Hitachi and Foreign Made)

1 m³ ～ 1.5 m³　1 1/2 yd³ ～ 2 yd³										2 m³ ～ 3 m³　2 1/2 yd³ ～ 4 yd³							
日立 U12, U16	Bucyrus 38B, 51B	Koehring 605	P&H 655B	Demag 315	Link-Belt K 260	Manito-wac 2000, 3000	Marion 362, 372	Osgood 820, 826	Lima 604, 802	Bucyrus 71B, 88B	Marion 93M, 111M	Lima 1002	Osgood 1000	Demag 323	Manito-wac 3500, 3900	Lima 2400	Link-Belt K 580
1.2 m³ 1.6 m³	1½, 2yd³	1½yd³	1½yd³	1.5 m³	1½yd³	1½, 1¾yd³	1½, 1¾yd³	1½, 1¾yd³	1½, 2 yd³	3½, 4 yd³	2½, 4 yd³	2½ yd³	2½ yd³	2.3 m³	2½, 3yd³	4～6yd³	2½yd³
—	○	○	○	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○	—	—	—
○	—	—	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	—	○	○	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	○	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	○
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

が最も多い。

以上各方式について述べたが，小型ショベルにおいては手動式または手動式と空気式との併用が適当である。

特に手動，空気の併用式においては，補助的操作および保安装置を空気式にすることにより，小型ショベルの狭いスペースを有効に利用することができる。日立U03クローラクレーン（**第2図**）はこの一例である。中型ショベルにおいては操作レバーが重いため手動式のものは少く，feel of load がよいこと，操作性能が安定していること，タイムラグが少いこと，保守が容易であることなどから圧縮空気式が油圧式にまさり最も適当と考える。また実例も圧縮空気式が最も多い。（**第3表**参照）

〔IV〕 日立 U 12 ショベルの操作装置

前段において述べたごとく，中型ショベルにおいては空気式が最も適しているので，日立 U 12, U 16 ショベルにおいても空気操作方式をとつている。以下その詳細について説明する。

（1） U12 ショベルの空気操作方式

U12 ショベルの機構は，操作方式を除いては U06 ショベルと同様（**第6図**参照）であるから，主として空気操作方式について説明する。

本機は主クラッチシリンダ内の空気圧力を，調圧弁を介して任意に調節し，これによりハーフクラッチあるいはクラッチの嵌脱を意のままに行ういわゆる圧力制御方式である。また旋回走行切替ジョークラッチ，エンヂンクラッチ，スイングロック，ジッパートリップなどは調圧作用を行わない簡単な切替弁を介して行う方式を取つている。

（2） 操作系統および保安装置

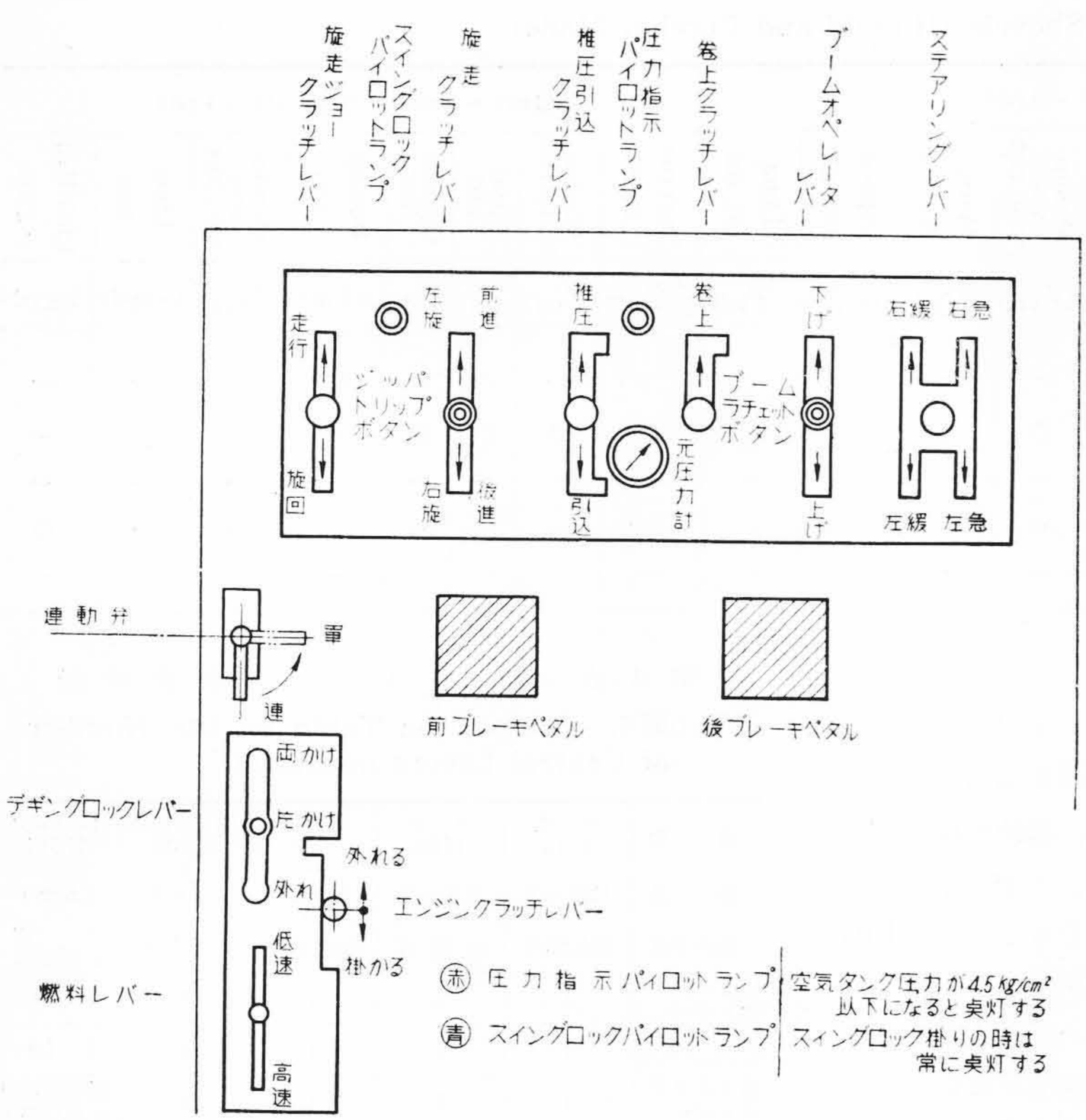
第13図は本機の操作系統図で，コンプレッサからの圧縮空気は放熱管を通る間に，大気温度近くまで冷却されて空気タンクに入り，油入りストレーナーで塵埃を取去つてから各操作弁に供給される。

保安装置としては空気タンクの安全弁，圧力加減弁，圧力計のほかに，規定圧力標示ランプ（タンク圧力が使用圧力以下のときは赤ランプが点灯する），スイングロック標示ランプ（スイングロックが掛つているときは青ランプが点灯する）を有し，またスイングロックと旋回走行ジョークラッチレバーの誤操作を避けるために，旋回走行ジョークラッチレバーを走行位置にすると，自動的にスイングロックが掛るようにした。

第 4 表　ショベルのレバ数比較表

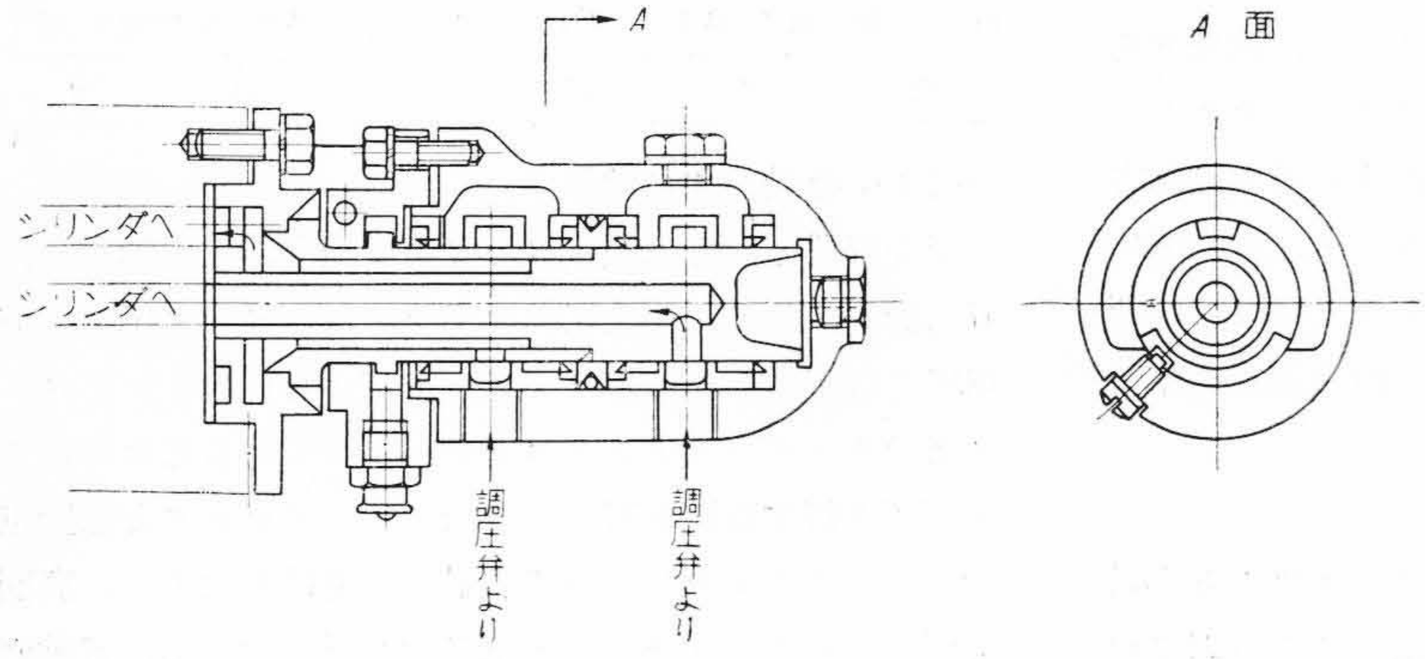
Table 4. Comparison Table on the Number of Control Levers in Shovel

機　種	日立 U 12	日立 U 06	Lima 802	Link-Belt K 360	Demag B 315
容　量	1.23 m³	0.6 m³	1.5 m³	1.2 m³	1.5 m³
操作方式	空気操作	手動式	空気操作	油圧式	手動 1部空気
旋走クラツチレバー	1	1	1	1	1 (手)
前クラツチレバー	1	1	1	1	1 (手)
巻上クラツチレバー	1	1	1	1	旋走クラッチレバー共用
トリツプレバー	旋走クラツチレバーに組込む	1	1	前クラツチレバーに組込む	前クラツチレバーに組込む
ブームオペレータレバー	1	1	1 (手)	1	1 (手)
ブームラチエトレバー	ブームオペレータレバーに組込む	オペレータレバーに組込む	セルフロツク	1	セルフロツク
旋走ジョークラツチレバー	1	1 (手)	1 (手)	1	1 (手)
ステアリングレバー	1	1	1 (手)	2	1 (空)
ブーム巻上切替レバー	な　し	な　し	1 (手)	な　し	な　し
スイングロツク	旋走ジョークラッチレバーに組込む	1	(足)	1	1 (手)
デギングロツク	1 (手)	1	1 (手)		1 (空)
エンヂンクラツチ	1	1	1 (手)	1 (手)	1 (手)
燃料レバー	1 (手)	1	1 (手)	1 (手)	1 (手)
内　訳	空 7　手 2	手 11	空 4　手 7	油 9　手 2	空 2　手 7
計	9	11	11	11	9



レバー名	区分	レバーの操作とショベル動作
旋走クラチレバー	空気	↑前進左旋。↓後進右旋。
ジツパトリツプボタン	空気	押すとジツパフタが開く。ボタンは旋走クラチレバー頭部にあり。
推圧引込クラツチレバー	空気	↑ジツパハンドルの推圧。↓引込。
巻上レバー	空気	↑ジツパの巻上。
ブームオペレータレバー	空気	↑ブームの下げ。↓ブームの上げ。
ブームラチエトボタン	空気	押すとブームラチエツト爪が外れる。ボタンはブームオペレタレバー頭部にあり。
ステアリングレバー	空気	↑右急。↑右緩。左急↓。↓左緩向変へ。
旋走ジヨークラツチレバー	空気	↓旋回，同時にスイングロツク外れる。↑走行，同時にスイングロツク掛る。
連動弁	空気	連にすると旋走ジヨークラツチレバとスイングロツクが連動して作動する。単にするとスイングロツクを単独に行うことができる。
エンジンクラツチレバー	空気	↓掛る。↑外れる。
デギングロツクレバー	手動	
燃料レバー	手動	

第14図　U12ショベルのレバー配置
Fig. 14. Lever Arrangement of U12 Shovel



第15図　回転接手（ダブル）　Fig. 15. Rotating Joint (Double)

調圧弁で制御された圧縮空気は，前後ドラム軸の両端に取付けられた回転接手を経て，前後軸にそれぞれ3組装置されたクラッチシリンダに送気される。**第15図**は回転接手の詳細を，**第26図**はクラッチシリンダおよび回転接手の配置を示す。

（3） レバースタンド

第14図はバルブおよびレバーの配置を示す。レバーは小型集約化して極力空気式にした結果，手動レバーはデギングロック，燃料レバーの2本のみとなつた。しかし小型化には限度があつて，その大きさは手の大きさと操作性から決められる。

レバーの数は少い程良いのであつて，**第4表**は他機種との比較を示す。Demag B315 型では主要レバーである巻上クラッチレバーと旋回クラッチレバーを前後左右ユニバーサル式1本に（前後動で巻上，巻下動作を，左右動で左，右旋回を行う）まとめたのは注目して良いことである。

（4） 調圧弁の構造および特性

空気操作装置の主要部をなす調圧弁（実新第412535号）の構造を**第16図**に示す。

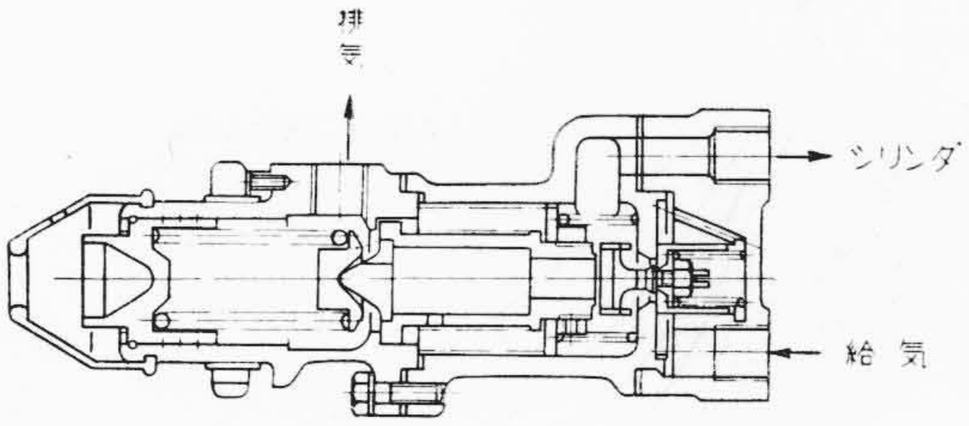
クラッチレバーを動かすと調圧弁の調圧機構が働らいて，レバーの動きに比例してクラッチシリンダ内の圧力を変化させ，手動式と同様な feel of load を与えるようになつている。調圧弁として必要なことは，

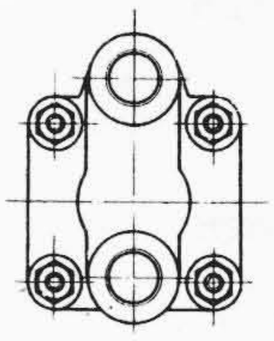
（1） 調圧弁の特性が安定であること。

（2） レバーの動きと調圧圧力の関係が適当であること。

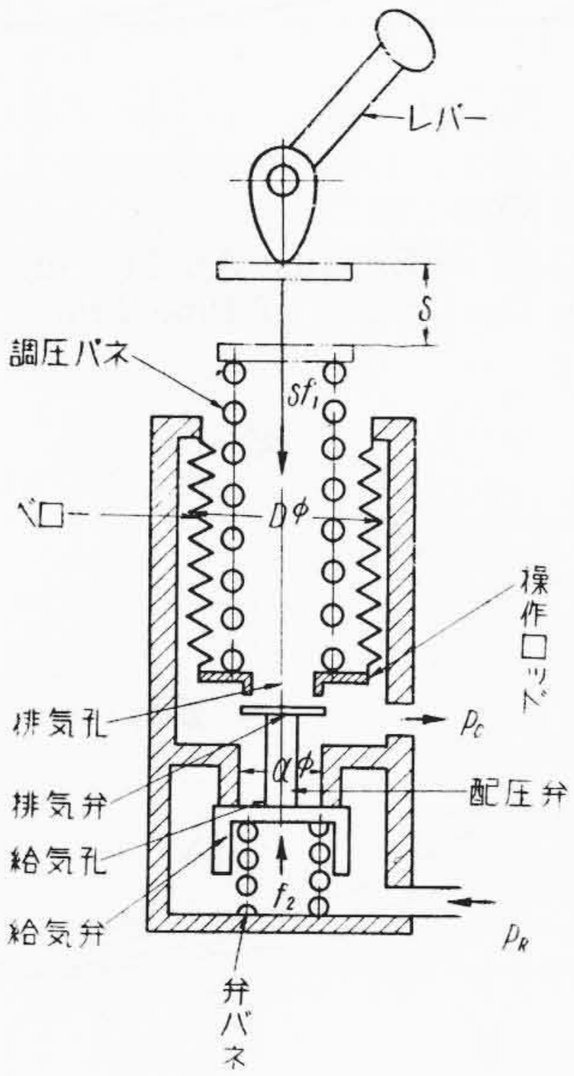
（3） 送，排気のタイムラグが少ないこと。

（4） レバーが軽いこと。



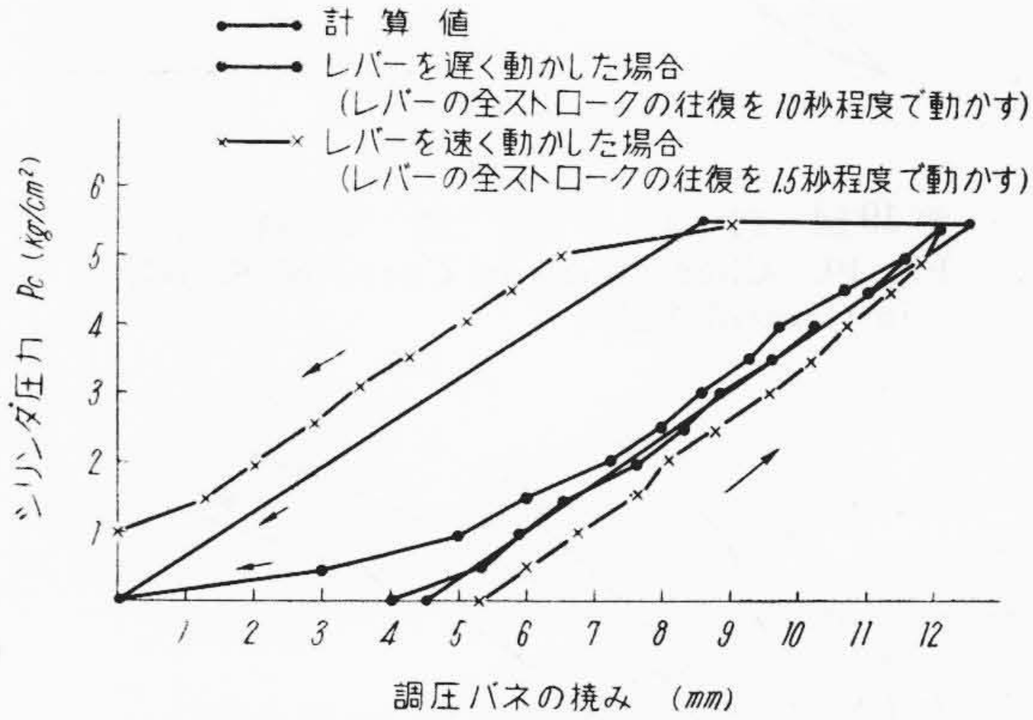


第16図
調　圧　弁
Fig. 16.
Control Valve



S: 調圧バネの撓み量 (mm)
f_1: 調圧バネの撓み 1mm 当りの荷重 (kg/mm)
f_2: 弁バネの取付荷重 (kg)
D: ベローの有効直径 (cm)
d: 給気孔の直径 (cm)
P_R: 給気圧力 (kg/cm²)
P_C: シリンダ圧力 (kg/cm²)

第17図
調圧弁の機構図
Fig. 17.
Mechanism of Control Valve



第18図　調圧弁の調圧特性
Fig. 18. Characteristics Curve of Control Valve

（5）　空気漏れが少いこと。
（6）　耐久性が大きいこと。
（7）　故障が少いこと。
（8）　製作が容易であること。

などである。

第17図で給気および排気を司る一つの配圧弁があり，弁バネの力により平常はこの弁が給気孔を閉じている。今レバーを動かしてバネ受にSなる変位を与えると，その動きは調圧バネを介して操作ロッドに伝えられ，ロッドの先端が弁バネの力に抗して配圧弁を押すため，給気孔が開いてクラッチシリンダ内に圧縮空気が供給される。シリンダ内の圧力がある値に達すると，一端が操作ロッドに固定され，他端が外側のケースに固定されているベローを縮めるような力が働き，そのため操作ロッドはもはや配圧弁を押さなくなつて，給気孔が閉じられるのでシリンダ圧力はそれ以上高くならない。

レバーをもどすと調圧バネの力が減少するとともに，シリンダ内の空気圧力がベローを上方に押上げ，排気孔が開いて空気は外へ排出される。すなわち操作ロッドは調圧バネの力と，クラッチシリンダ内の空気圧とに応じて配圧弁を開閉する。したがつてこの調圧弁は操作レバーのストロークに応じて，クラッチシリンダ内の空気圧力を任意の大きさに変えることができる。

（1）調　圧　特　性

第17図で調圧バネの撓み量をS，調圧バネの荷重をf_1，ベローの有効直径をD，給気孔の直径をd，給気圧力をP_R，シリンダ圧力をP_Cとすれば，操作レバーを動かして排気孔が排気弁に接してから，給気孔が開くまでのストロークSは次式で与えられる。

$$S=\frac{f_2+\left(\frac{\pi}{4}d^2P_R\right)}{f_1}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(1)$$

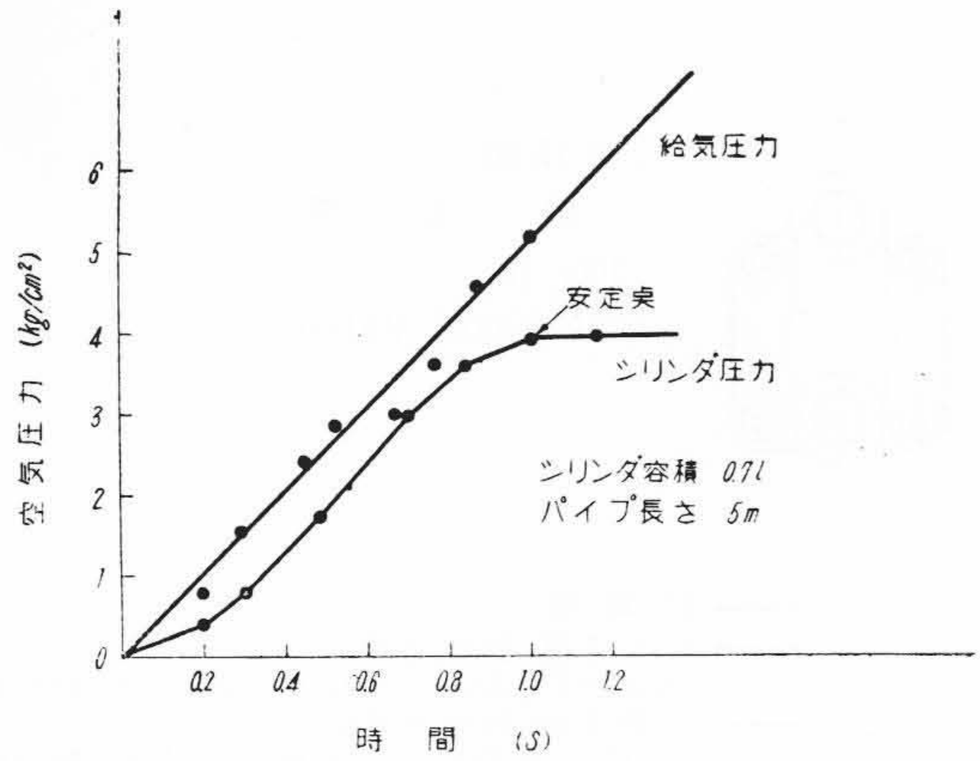
また調圧弁が作動中のストロークSは，P_Cが$0\rightarrow P_C$に至るまでの給気の場合は次式で与えられる。

$$S=\frac{f_2+\frac{\pi}{4}d^2(P_R-P_C)+\frac{\pi}{4}D^2P_C}{f_1}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots(2)$$

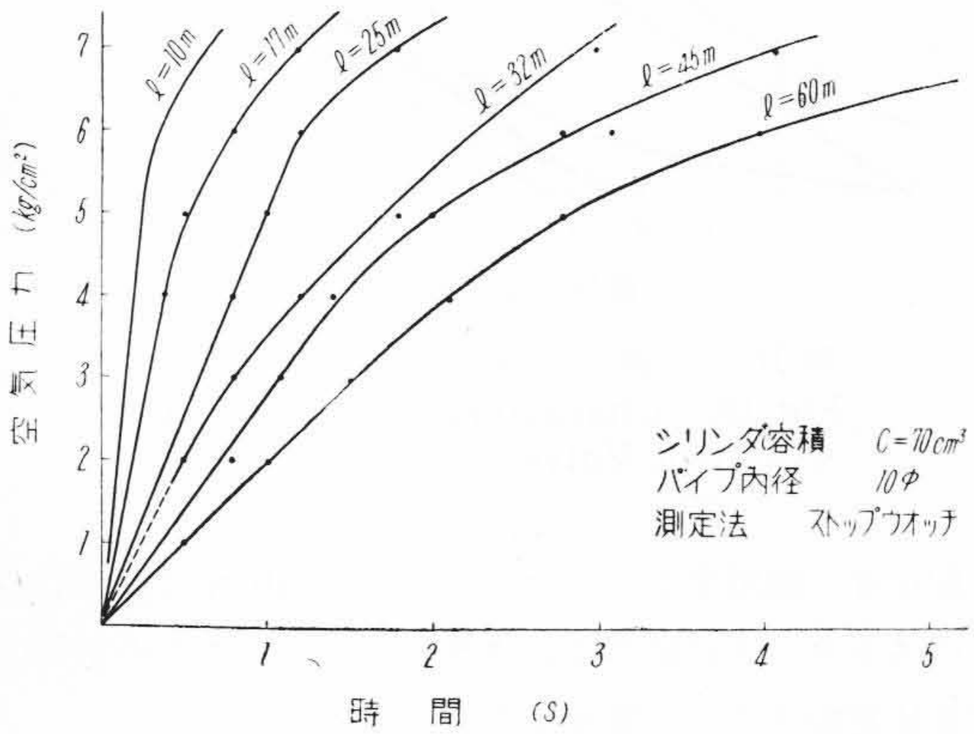
$P_C\rightarrow 0$ までの排気の場合は

$$S=\frac{\frac{\pi}{4}D^2P_C}{f}\quad\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(3)$$

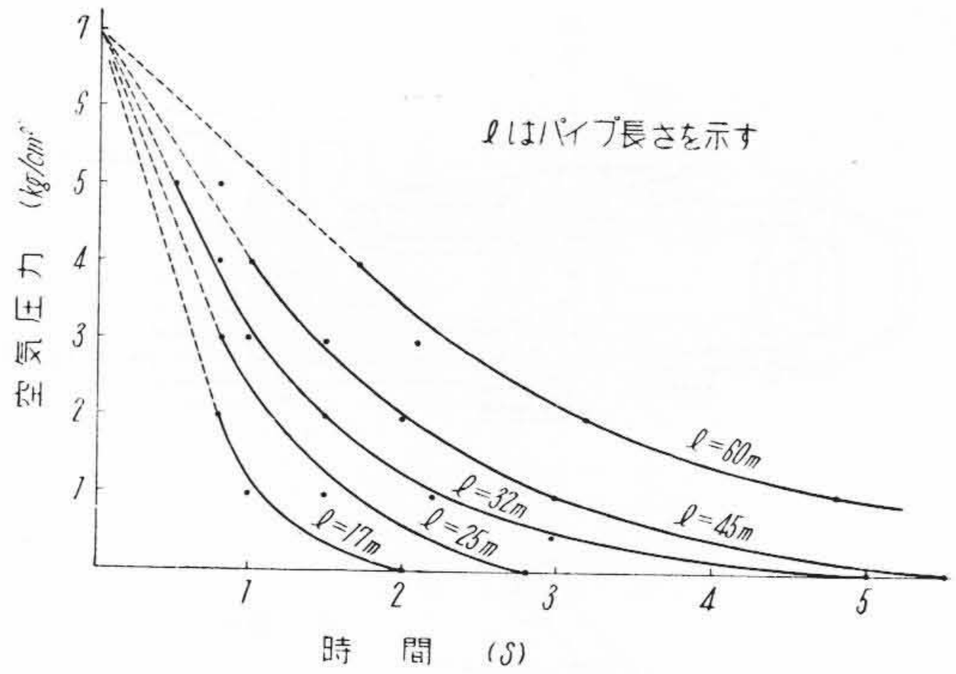
なる式で与えられる。これらの式によつて理論的にこの調圧弁の調圧特性を計算することができる。たゞし上式はいずれもレバーを動かす速さ，およびバルブその他の空気漏れなどを考えずに構成したものである。**第18図**は



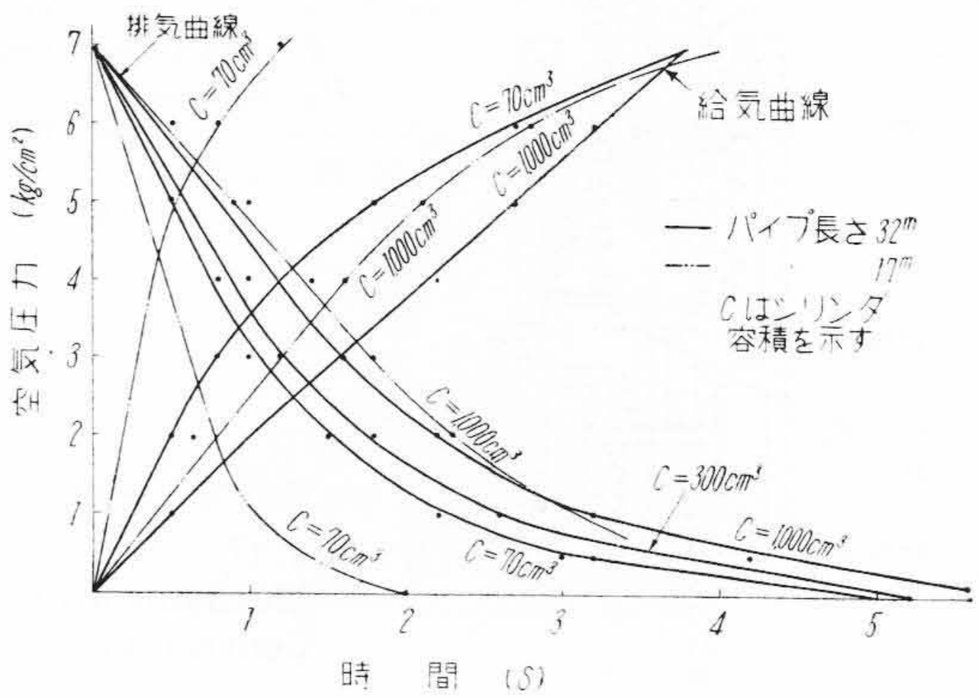
第19図　調圧弁の安定特性
Fig. 19. Characteristics Curve of Stability in Control Valve



第20図　パイプの長さによる給気圧力のタイムラグ
Fig. 20. Time Lag of Inlet Air Pressure Depending on the Length of Pipe Line



第21図　パイプの長さによる排気圧力のタイムラグ（条件は第20図に同じ）
Fig. 21. Time Lag of Exhaust Air Pressure Depending on the Length of Pipe Line



第22図　シリンダ容積による空気圧力のタイムラグ
Fig. 22. Time Lag of Air Pressure Depending on the Cylinder Volume

この計算値およびオシログラフによる実測値を示す。これによるとシリンダ圧力が $0 \to P_C$ に増加するときは，実験値と計算値はよく一致しているが，圧力が$P_C \to 0$ に減少するときはレバーを動かす速さによつて相当大きく変化している。すなわちレバーを速く動かすにつれてヒステリシスは段々と増加する。これは根本的には弁の調圧能力および精度，配管系統全体の抵抗などとレバーを動かす速さによつて決定されるものであり，簡単に計算することは困難である。

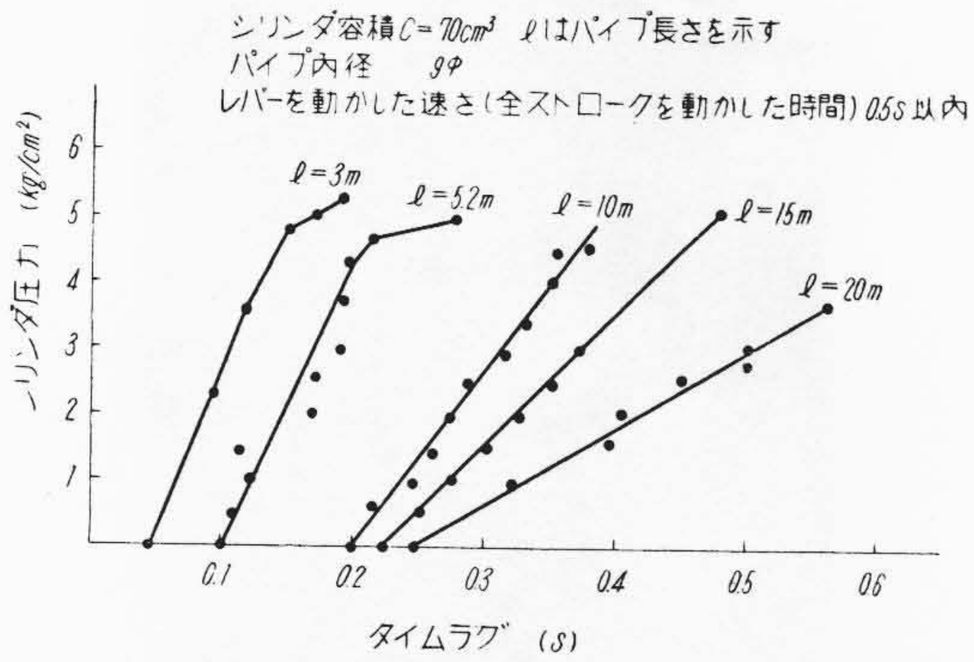
（2）調圧弁の安定特性

操作レバーをシリンダ圧力 $P_C=4\,\mathrm{kg/cm^2}$ の位置に固定して，給気圧力 P_R を変化させたときの実験値を**第19図**に示す。これによつて調圧値は非常に安定していることがわかる。給気圧力は圧力加減器により 5.5～4.5kg/cm² に保たれるから，この範囲内の圧力変動に対しては調圧弁は非常に安定で常に一定の調圧特性を示し，したがつて操作も給気圧力の変動に無関係に行いうることがあきらかになつた。

（3）時間遅れ（タイムラグ）

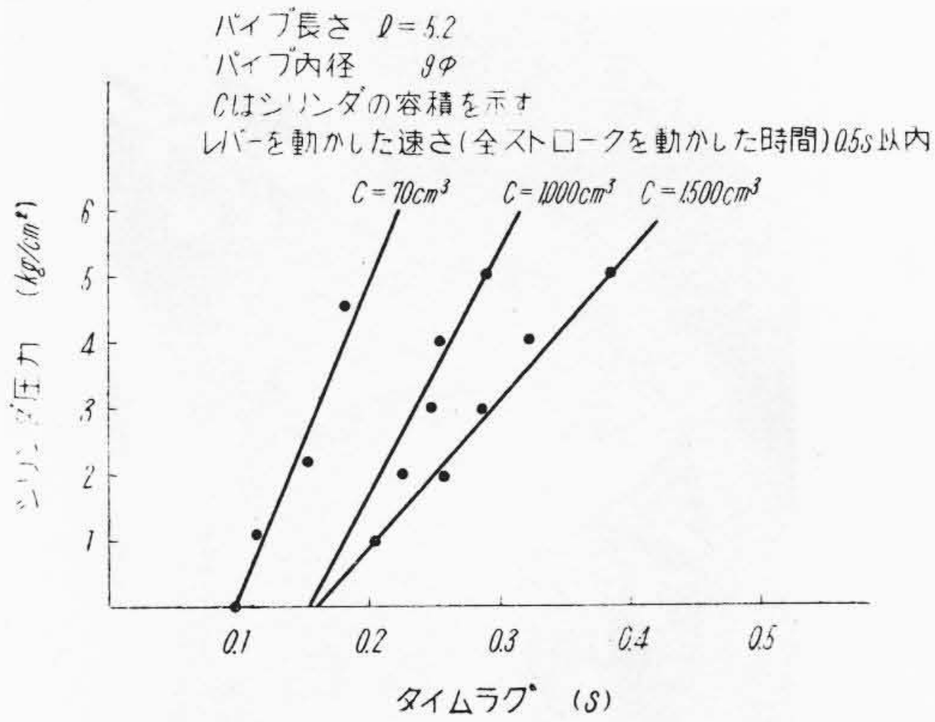
予備実験の結果は**第20図～第22図**に示す通りである。**第20図**および**第21図**は配管の長さによる給排気のタイムラグを，**第22図**はシリンダ容積による空気圧力のタイムラグを示している。**第23図**および**第24図**はオシログラフによつて測定した結果で，**第23図**は配管の長さ，**第24図**はシリンダ容積の影響を示している。これらの結果から配管の長さ L，シリンダ容積 C が小さい程タイムラグが少いことがわかる。

予備実験の結果から U 12 ショベルの配管長さは最大 5 m 程度であるから，給気のタイムラグは当初の計画目標を 0.3 秒としたが，実物についての結果は**第25図**のオシログラムに示すように，大体 0.3 秒以内に入つていることが確認された。ここでいうタイムラグとは，レバーが規定圧力に相当する位置になつてから，シリンダ内の圧力が規定圧力になるまでの時間である。



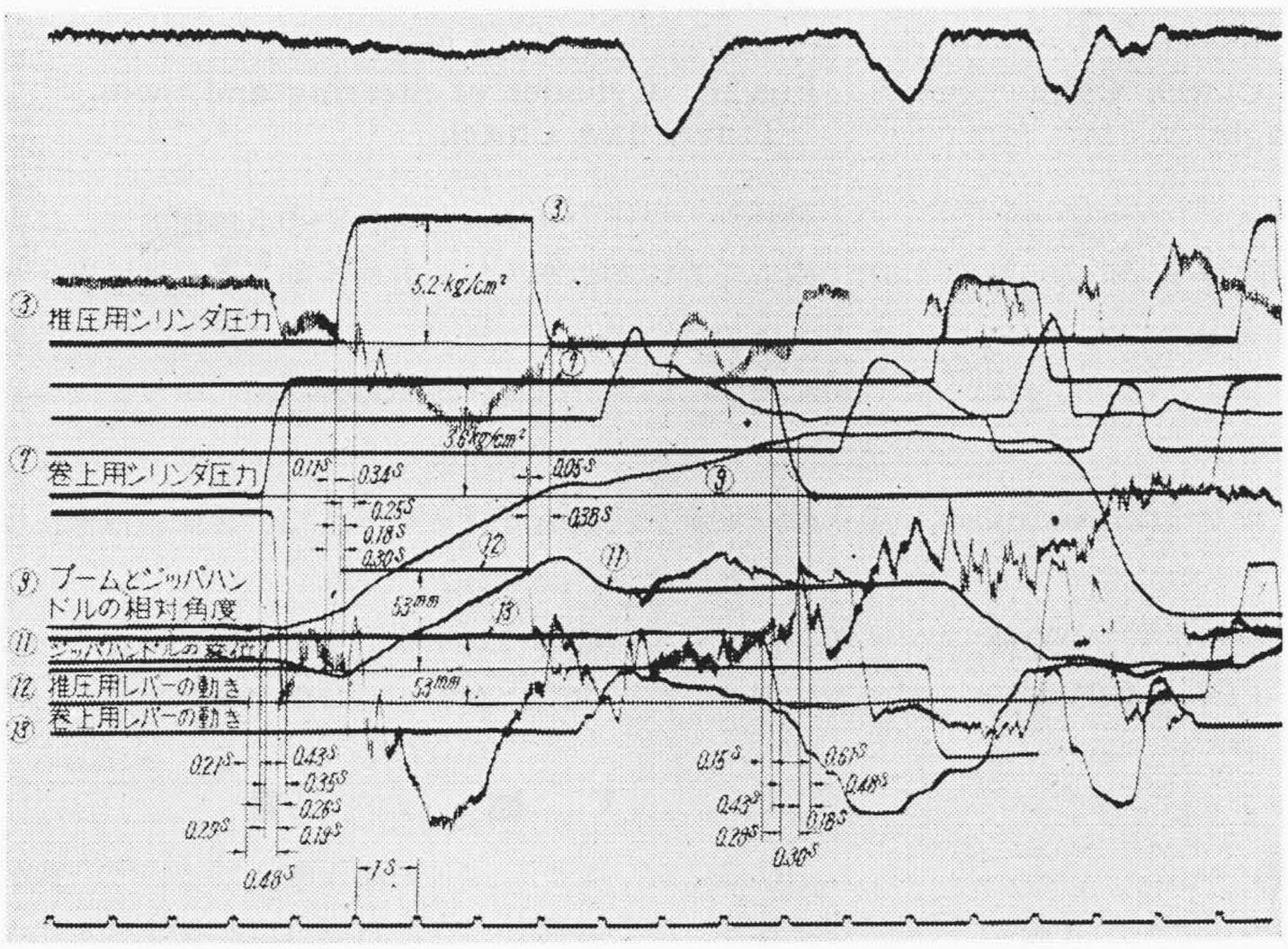
第23図 パイプの長さによる給気のタイムラグ (オシログラフによる測定)

Fig. 23. Time Lag of Inlet Air Pressure Depending on the Length of Pipe Line (Measured by Oscillograph)



第24図 シリンダの大きさによる給気圧力のタイムラグ (オシログラフによる測定)

Fig. 24. Time Lag of Inlet Air Pressure Depending on the Cylinder Volume (Measured by Oscillograph)



第25図 日立 U 12 ショベル掘削時のオシログラム

Fig. 25. Oscillogram of Digging Tests

各クラッチについてのタイムラグを**第25図**のオシログラムから求めると**第5表**のようになる。実際の作業におけるタイムラグは，ハーフクラッチ操作を行うためにレバーを動かす速さも一定でなく，またレバーの遊びによっても大きく変化するから，常に一定値を示すとは限らない。たとえばレバーを相当速く，全ストロークを 0.3～0.4 秒で動かした場合のタイムラグは0.25～0.4秒程度であるが，ハーフクラッチ操作のようにレバーを0.6～0.8秒くらいで動かすとタイムラグは0.4～0.7秒くらいになる。

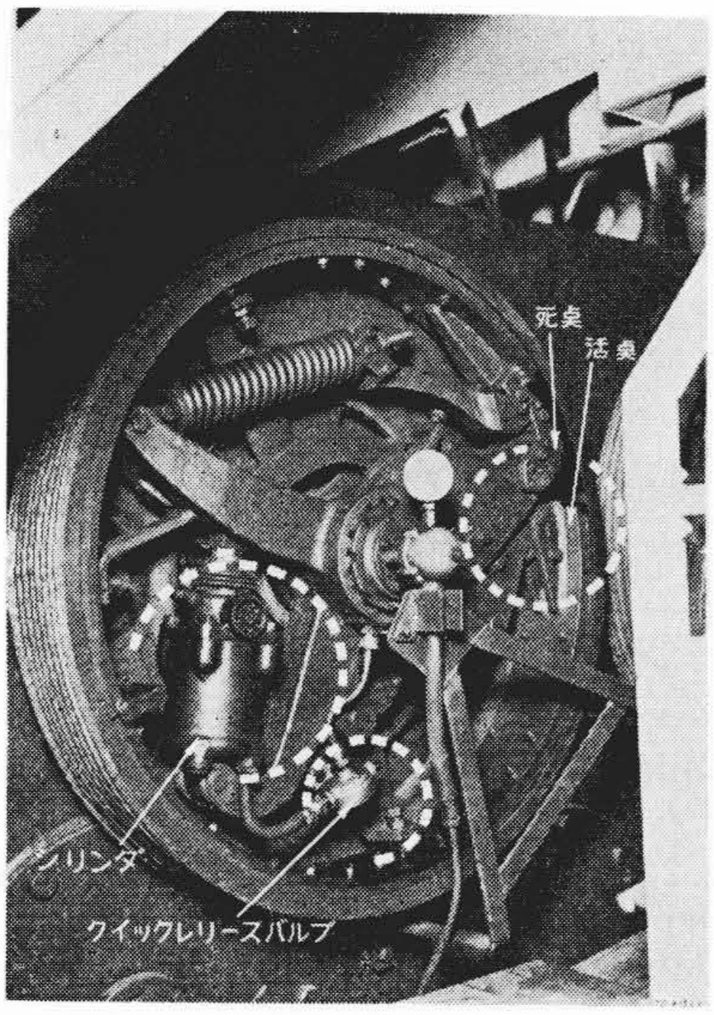
(4) 回転接手，シリンダ類

回転接手は調圧弁で制御された

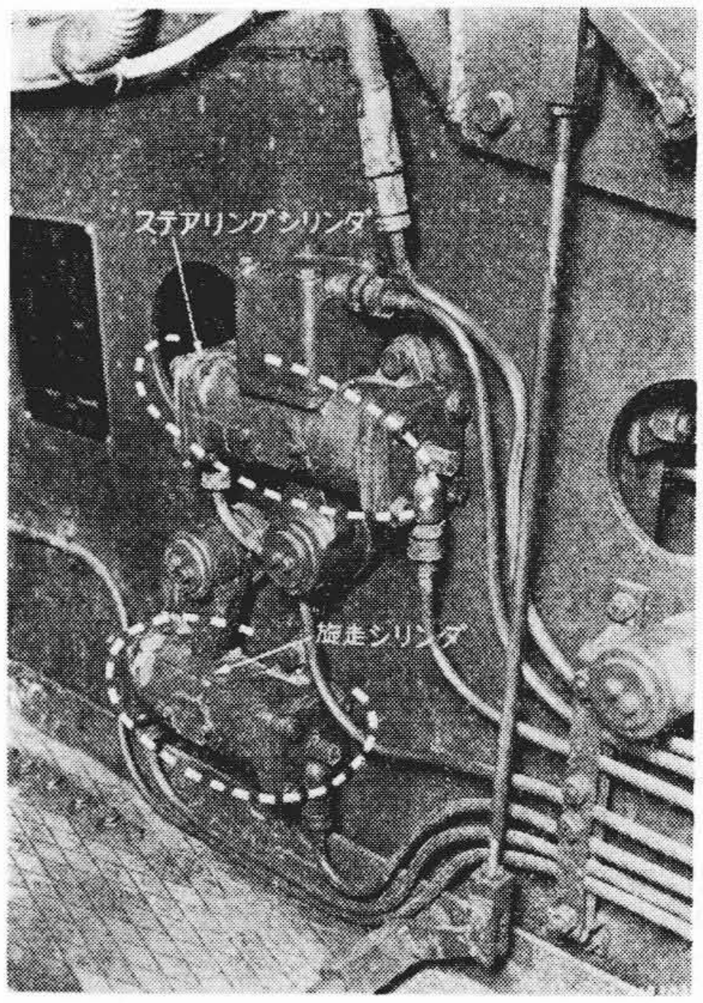
第 5 表 ショベルの掘削動作中のタイムラグ

Table 5. Time Lag of Air Control System in the Actual Shovel Excavating Motion

作業	クラッチの嵌脱	レバーの動し始めから終りまでの時間 (sec)	レバーを動かしてから給気または排気始めまでの時間 (sec)	給排気始めから終りまでの時間 (sec)	給排気の始めからクラッチの動作始めまでの時間 (sec)	レバーの動き始めからクラッチの動き始めまでの時間 (sec)
旋回	On	0.3 ～0.4	0.15～0.25	0.4 ～0.6	0.14～0.2	0.29～0.45
	ハーフクラッチ	0.6 ～0.8	0.25～0.5	0.65～0.8	0.2 ～0.3	0.4 ～0.7
	Off	0.16～0.5	0.05～0.07	0.3 ～0.51	0.1 ～0.19	
巻上	On	0.3 ～0.5	0.2 ～0.4	0.4 ～0.45	0.26～0.5	0.64～0.9
	Off	0.28～0.3	0.15～0.2	0.45～0.61	0.48～0.7	0.63～0.9
推圧	On	0.2	0.12	0.34	0.18	0.3
	Off	0.5	0.05	0.33	—	0.58
引込	On	0.18～0.2	0.12～0.14	0.29	0.25	0.34～0.43
	Off	0.16	0.05	0.27	0.12	0.28



第26図　旋走クラッチおよびクラッチシリンダと回転接手（シングル）
Fig. 26. Swing-Travel Clutch, Clutch Cylinder and Rotating Joint (Single)



第27図　操向（ステアリング）および旋回走行切換ジョークラッチ用シリンダ
Fig. 27. Cylinder of Steering and Swing-Travel Jaw Clutch

圧縮空気を回転する前，後ドラム軸の各クラッチシリンダに送気するための接手である。**第15図**はダブル式の断面図で，主要部はボデー内部に，ピース1箇と軸パッキン2箇を1組として組合せたシーリングエレメント2組と，中空のスピンドルから構成されている。

接手の前方通気孔から送気された圧縮空気は，軸の中心部を通つて，巻上クラッチシリンダ，またはブームオペレータシリンダに通じ，後方通気孔から送気された空気は旋走クラッチシリンダに通ずる。(実新第412511号)

第26図は旋走クラッチおよびクラッチシリンダで，排気時のタイムラグを少くするためにクイックリリーズバルブが付いている。(実新第382242号)

第27図は操向用(ステアリング用)シリンダで，3箇のシリンダを組合せ操作することにより，左右急向変え，緩向変え，中立の5段階の操作を行う。シリンダの操作は3箇の切替弁と，1本の操作レバーを組合せたステアリングレバーにより，きわめて簡単に操作できる。**第27図**の下方は，旋回，走行ジョークラッチの切替えシリンダである。(特許第214397号，実新第382232号)

ジッパ底蓋の開閉装置は旋回走行レバーの先端のボタンを押すことにより，空気圧できわめて容易に行われる。また従来の引込時にトリップワイヤの緩む欠点を除いた構造としておるため，タイムラグがなく，円滑な操作ができるようになつている。

(特許第302696号，実新第409635号)

以上日立 U12 ショベルの操作装置については，実験結果の示すごとく，実用上その性能は十分満足されるものと思われ，操作のタイムラグ0.3～0.5秒程度は，実際の操作上なんら不都合のない値である。また調圧弁の特性も大体要求を満している。

耐久性については3,000時間程度稼動したショベル数台について調査した結果，調圧弁のバルブシート回転接手の軸パッキン若干を取替える程度で，当初の目標に達していると認められた。

冬期に配管系統凍結に対する不安に対してはその防止装置を準備したが実際に必要とした例は未だない。

〔V〕 結　　言

以上前段においてショベルの操作性能について一般的考察を述べ，また後段において日立 U12 ショベルの操作装置の大要と，実験結果について説明したが，これが読者に多少とも参考となれば筆者の幸とするところである。

「日立評論」既刊号在庫案内

本誌「日立評論」の既刊号が少部数ながら在庫しております。
御入用の方は下記へ直接御申込下さい。

日　立　評　論　社
東京都千代田区丸の内1ノ4
(新丸の内ビルディング7階)