

最近の建設機械について

KK神戸製鋼所 第一設計部*

沢 崎 巖**

建設機械課

猪 原 暁

1. まえがき

最近の土工工事の特性は、その第一が新しい施工機械の出現にともなつて新しい施工法が採用され、作業が効率化されたことであり、第二が土質工学の急速な発達にともなつて土工に各種の機械が使用され、合理的に施工できるようになつたことである。すなわちブルドーザ、パワーシヨベル、ドラグライン、ダンプトラック、スクレーパを主力の土工機械とした施工方式が河川、道路、ダムの土工工事に広く行われるようになった。

これらの新しい機種による施工方式は掘削を機械化したこと、軌条を利用しないでクローラおよびタイヤにより土運搬を行うことが特長である。またこれらの機種がほとんどポータブルで機動性に富んでいることである。これら機動性のある機械の組合せを数系列使うことにより、軌条による運搬方式と異つて多数の機械を1ヶ所で集中的に使用することができ、1ヶ月数万、1年間数十万立方メートルの作業能率を得ることが容易になつている。

かかる傾向は最近特に顕著となり、これら建設機械も次第に大型のものが要求されるようになってきた。しかるに従来わが国の建設機械はほとんどが海外の技術を取り入れたもので、これに種々改良を加えた結果中型機までは外国の機械に劣らないものが国产化されるに至り、今後はこれらの資料に基づきわが国独自の技術による機械に期待できる段階になつた。

ここに各種建設機械の内筆者の関係しているパワーシヨベルについて、その歴史並びに型式構造を比較して最近の傾向を述べてみたい。

2. パワーシヨベルの歴史

日本で初めて使用したパワーシヨベルは大正3年で、当時台湾において灌漑用ダム工事に米国の Bucyrus 社の50B型蒸気シヨベル5台を輸入したのが最初で、その後昭和3年に其の海軍建設部がドック築造工事にやはり Bucyrus 社の225B型(容量6, yd³, 自重約350 t.)および110B型(容量4yd³, 自重約130 t.)各1台の蒸気シヨベルを輸入し非常な成果を収めている。

米国では1834年に初めて蒸気シヨベルが使用され、

* 神戸市葺合区脇浜町1

** 設計部次長

1887年には電気シヨベルの製作が始められ、逐次蒸気より電気に代つてきたのであるが、内燃機関の発達と共にディッパ容量2.3m³以下のものに原動機として内燃機関が使用されてきた。すなわち1916年にガソリンエンジンを搭載したものが製作され、続いて1924年にディーゼルエンジンを搭載したディーゼルシヨベルが製作されて今日に至つている。

国産機の製作は前記台湾および其の輸入シヨベルの成果に刺激されて神戸製鋼所が Bucyrus 社50B型電気シヨベルを参考として神鋼50K型電気シヨベル(容量1.5m³, 自重75t.)を昭和5年(1930年)に完成したのが最初で、当時満洲の撫順炭鉱の露天掘に予想以上の成績を挙げている。その後引続き120K型(容量3m³, 重量170t.)、200K型(容量4m³, 重量350t.)の大型機を70数台製作し、小型機は油谷、日燃が製作していたが終戦にともない国土の復旧並びに産業の開発に建設機械の関心が高まり、小型の0.4m³より1.2m³の中型シヨベルの需要が急速に増加し、ここ10年間に急速の進歩を遂げ、これらの機種では一応世界の水準に到達したと云えるに至つた。

現在国内のメーカーとしては神鋼、日立、石川島コーリング、油谷、住友、日燃、久保田の7社があり、この内神鋼は米国のP & H社と、石川島は同じく米国のKoehring社とそれぞれ技術提携を行つている。

3. パワーシヨベルの最近の傾向

シヨベルはその作業や取扱が他の工場機械と趣を異にし、その処理する対象物が均一でなく、いわば地球を相手とするものであるから、運転の巧拙により機械に過大な荷重を与えることがしばしばある。いいかえると搭載している原動機一杯の力を出すということである。従つてディッパ容量と原動機出力と機械重量とは互に相関連し機械の構造が違つてもその重量は、例えば0.6m³では約75PS、自重約20t、また1.2m³では約135PS、約45tと大体の相場が定まつており、(第1表参照)その枠内で頑丈でしかも能率的、経済的に優れた性能を発揮するよう苦心が払われている。すなわち掘削時の衝撃荷重から機械部分あるいは原動機を如何に要領よく保護して故障を防ぐか、また摩耗部分の寿命を如何にして伸ばすかに工夫、改善が施されてきている。

第 1 表 内外クローラショベル要目表

ディップ Cu.yd. (m ³)		3/8 (0.3)	1/2 (0.4)	3/4 (0.6)	1 (0.75)	1 1/2 (1.2)	1 3/4 (1.34)	2 (1.5)	2 1/2 (1.9)	3 (2.3)	3 1/2 (2.7)	4 (3.0)
Bucyrus (米)	型 出力 (PS) 重量 (t)	10B 38 8.84	15B 54 12.1	22B 72 19.2	30B 100 27.4	38B 130 44.2		51B 171 55.2	54B 182 72.5	71B 274 84.4		88B 220 115.5
Marion (米)	型 出力 (PS) 重量 (t)			33M 21.3	43M 26.5	362 150 45.6		83M 55.9	93M 73.0	101M 80.6		111M 282 111
Lima (米)	型 出力 (PS) 重量 (t)			34 /Cat. D318 70 Buda. 6DT (468)	44 70 (余左)	604 130	704	802 180 (Cat. D 17000)	1,002	1250	1201	225 97.8
神鋼 P & H (日) (米)	型 出力 (PS) 重量 (t)		155A 60 13.0	255A 70 20.0		655B 140 45.0	755B 160 50.0	855B 160 55.0	955A 210 75	1,025	1,055	
石川島 Koehring (日) (米)	型 出力 (PS) 重量 (t)		205 56 13.0	305 75 20.0	405	605 125 42.5		805	1,005 183 74.9	1,205 230 82.0		
日立 (日)	型 出力 (PS) 重量 (t)	U03 36 9.5		u06 85 19.8		U12 150 45.0		U16 165 52.0		U23 265 85.0		
油谷 (日)	型 出力 (PS) 重量 (t)	16 40 9.4		24 90 20.0								
Demag (独)	型 出力 (PS) 重量 (t)		B504 42 11.5	B406	B408 90 26.2	B412		B315 154 53	B418	B323 203 88.3		B335
全 平 均	型 出力 (PS) 重量 (t)	38 9.25	53 12.2	77 19.85	95 26.7	137 43.2	160 41.4	166 55.5	191.5 76.4	243 84.1	225 97.8	251 113

備考 出力は定格 (10hr) 出力とする。

3.1 需要面

従来汎用ショベルとしては 0.3m³~2.0m³ までが標準のものとなっていたが、佐久間ダムの米国式工法に刺戟されて最近のダム工事では 2m³ 以上の大型機種が計画が多く、現に御母衣ダムにおいても 6yd³ の Bucyrus 150 B 電気ショベル 4 台を始め 54B 3 台、Marion 111 M 1 台、93M 3 台、Demag B323 2 台と 2.0m³ 以上のものが 13 台も活躍している状況で、これに応えるべく大型機の研究は着々と進められている。

3.2 用途面

従来は河川改修に始まり電港開発、鉱山の原石採集、最近の道路工事と土木建設工事および産業開発に多く使用されていたが、ここ 1~2 年来建築工事、港湾あるいは工場内の荷役等にクレーン、クラムシエルおよびリフティングマグネットによる使用が目立ち、これにともない機動性をもつトラックマウントのクレーンが各所で見られる程に多くなった。このため頭切法規上にあまり問題にされていなかった建設機械も揚重機に準じて適用を受けようになり、過巻上防止あるいは吊上荷重の制限等の安全装置面に数多くの改善がなされている。

3.3 原動機

原動機としては 3m³ 以上の大型機は直流電動機のワードレオナード制御が普通であるが、それ以下の中、小型機は電気あるいはディーゼル何れでも搭載出来る構造になっているが、キャブタイヤケーブルのいらない機動性を富むディーゼルエンジンのものが多く使用されている。

出力に関しては目立つた出力増加はみられないが、国産ショベルの方に僅かながら出力増加の傾向がみられる。

米国におけるエンジンの傾向としては 4 サイクルの高速エンジンの採用が目立ち Caterpillar 社でも 1000 r.p.m. の低速エンジンより 1500~1900 r.p.m. の高速のものに切換えられつつある。これはエンジンが小型になり Cost も安くなることによると思われるが、これはトルクコンバータ採用にも有利である。

大形ショベルの各動作速度は大型機で少し遅くなるが巻上速度が約 25m/min、旋回速度 3~3.5r.p.m.、走行速度 1~1.5km/hr とほぼ一定の範囲内にあり、その構造上原動機よりの減速比も大同小異で結局原動機軸端の回転数は 1000r.p.m. 前後となっている。従つてエンジンが高速になれば別に減速機を設けて 1000r.p.m. 位に下げ

ているがこの減速機を設けても低速のエンジンよりは Cost が安いのである。

3.4 トルクコンバータの採用

最近ブルドーザの分野ではトルクコンバータを制式化の傾向にあるが、これはトルクコンバータが流体を介して動力を伝達する無段階の自動変速機であるから、ブルドーザの如き変速機をもつていたものでは運転も楽になると共に機械の寿命も永くなり非常に有効である。これがショベル系掘削機の場合は変速機を使用していないため適当なトルク比のコンバータを使用しないと機械に過大なトルクがかかり、この点検討を要する。併しショベルの如き掘削作業時の荷重変動の激しい機種ではコンバータにより自動的に変速されてエンジンの力が合理的に使用されると共にエンジンの振動も小さくなるため、エンジンおよび機械部分の寿命が永くなる利点があり、最近では神鋼 P & H 955A (2m³)、日立 U23 (2.3m³) がトルクコンバータ付を標準として採用している。

なお米国では標準型としてはトルクコンバータは付け

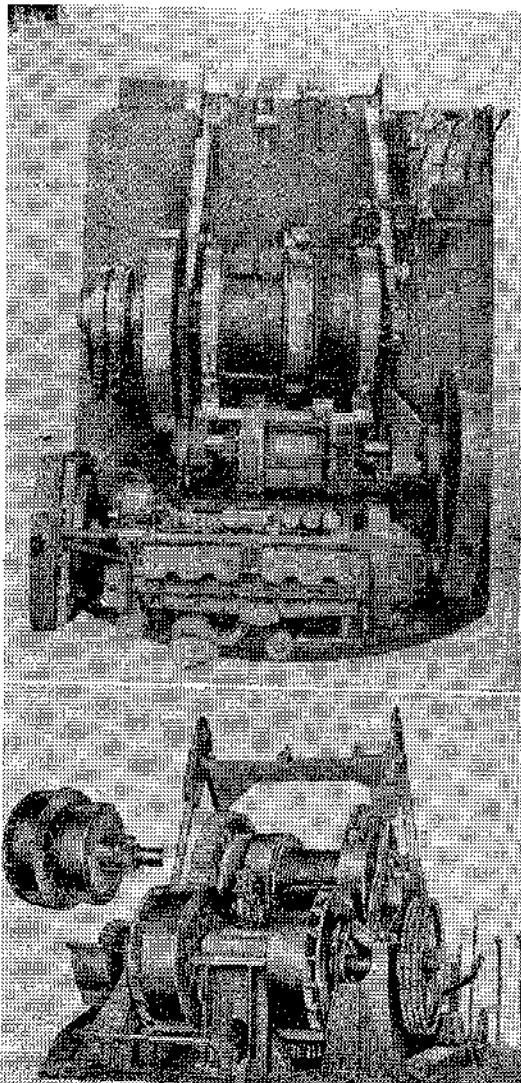


写真 1. 1655B の機械部分 (1 軸式)
写真 2. マグネトル クラッチ

ずに、顧客の希望に応じて付けるといった消極的な態度が多い。

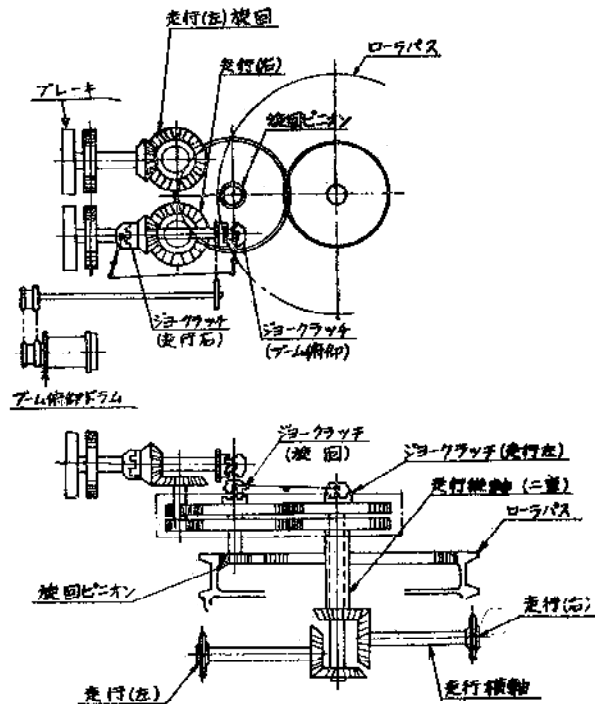
トルクコンバータを付ける場合は二次が バナー で二次側の最高回転数を抑え、普通作業時の速度変化は少くし、異常な過大荷重時にトルクコンバータの特性を発揮さすといった使い方で、機械部の強度上からも失速時には3倍近くのトルクを出す静荷重に近くなる関係上問題になつていないようである。

3.5 動力伝達機構

従来より巻上、推圧機構は2軸式と1軸式の2種には変わりなく、その他の旋回、走行の伝達機構はブレーキ装置の有無の相違はあつたが、機構としては大差のないものであつた。(写真-1)

最近日立の U23 では第1図に示す如き走行機構の左右駆動を2系列にし、それぞれ独立して同時に駆動し得るものとしている。これは従来左右駆動の欺脱をクロラフレームの走行横軸で行つていた機構を全面的に変えた漸新な機構で、1年前試作されたもので、その成果が注目されている。

その他 P & H ではディップハンドル押出、引戻およびブーム巻上には遊星歯車機構を採用しているのが特許になつている。



第1図 U23の走行機構

3.6 作業クラッチ

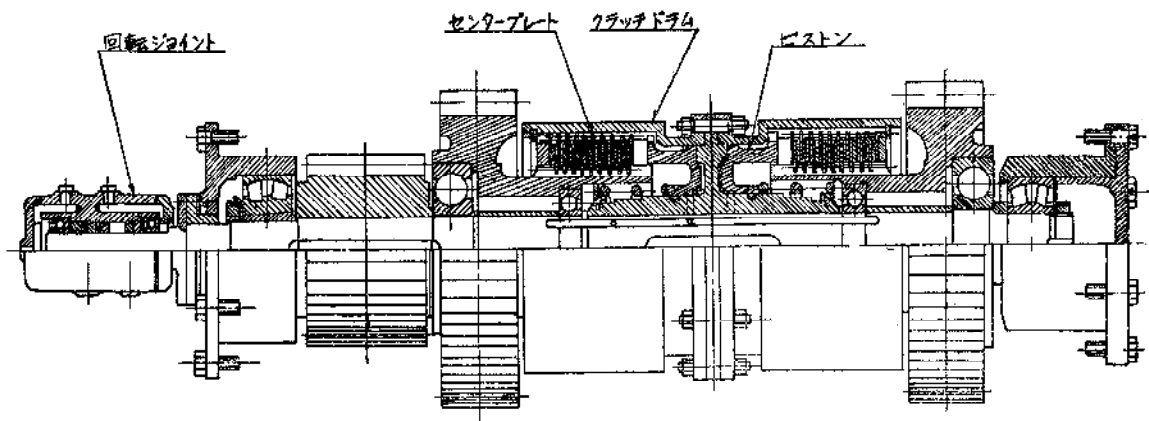
巻上、推圧、引戻、旋回(走行)等の各動作を行う作業クラッチはバンドタイプあるいはシュウタイプの別はあつてもほとんど総て乾式のエキスパンション型摩擦ク

ラッチが使用されているが最近注目されるのは P & H 955Aの旋回（走行）用のマグネトルクラッチと日立 U23に使用されているオイルクラッチの採用である。

マグネトルクラッチ（写真-2）は定速回転の外輪内のフィールドコイルの励磁電流を運転席のコントローラで制御すると、その電流、電圧により外輪と内輪との間にできるエディカーレントにより内輪が外輪について回転するもので、この発生するトルクの大きさは励磁電流の大きさと回転体の相対速度の大きさによつて増減するので、励磁電流を調整すれば任意のトルクまたは速度を得ることができるのである。

このクラッチでは旋回、走行時の衝撃を吸収するため原動機を始め機械各部には何ら衝撃を受けず、また摩擦部分が全くないので、ライニングの摩耗、取替および調整の必要なく理想的なクラッチである。

オイルクラッチは D8 のブルドーザの主クラッチに使われていたものをショベルに採用したもので焼結合金ディスクを多板クラッチとし油中で強制潤滑を行う形式で、従来のエキスパンションクラッチに較べると摩耗が極めて少なくて済み、摩擦係数が安定して衝撃の吸収性が



第2図 U23のオイルクラッチ

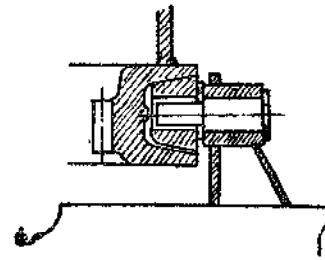
良くなり、ブルドーザの実績によると、その寿命が10倍になると云われている。（第2図）

乾式のライニングの材質としては従来アスベストあるいは特殊ゴムモールドのものが一般に使われていたが最近レジンモールドのライニングが採用されつつある。これは摩耗少く、熱による摩擦係数の変化が少いという点優れている。

3.1 操作方式

操作方式には手動及び足踏のもの、空気操作のものおよび高油圧によるものと3種あり、手動のものには P & H の採用している マスタシリンダとホイールシリンダによる低油圧式のものもあるが、何れもハーフクラッチの微妙な操作が握り手に感じられるようにされている。

大体 1.2 m³ 以上の機種には空気操作が多く採用され



第3図 フックローラ型

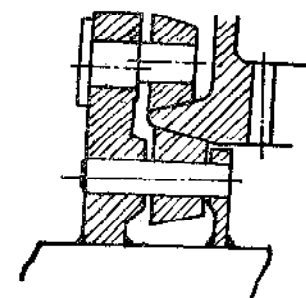
る傾向にあり、54Bでメカニカルブースタ式を採用している Bucyrus 社も新しい 71B (3yd³), 30B (1yd³)には空気式を採用している。前述の P & H の低油圧ブースタ式および Link Belt Speeder 社の高油圧（約 55kg/cm²）方式が特異なものとなっている。またレバの数を減すために Lorain 26 (3/4yd³)では巻上、推圧、旋回、ブーム巻上等のハンドルをユニバーサルで2本にまとめている。

3.2 旋回ローラパス

ショベルの上部旋回フレームを受ける下部車体のローラパスの構造は、フックローラ型（第3図）、トップアンドフックローラ型（第4図）およびマルチプルローラ型（写真-3）の3種が採用されているが、最近 Lorain 社が Shear Ball Mounting 式の超深溝型のボ

ールベアリングの構想でスラスト方向およびラジアル方向の負荷を受けるものを始めている。

国産の機械はすべて Bucyrus 系のコーンローラ式フックローラ型であつたが、旋回コロあるいはローラパス面



第4図 トップアンドフックローラ型

に摩耗をきたすと掘削時の旋回フレームのガタつきが好ましくない結果を招くのでローラパス面に焼入を施し、さらに日立では上向荷重を受ける調整可能なコロを追加して摩耗によるガタを防ぐよう改善されている。

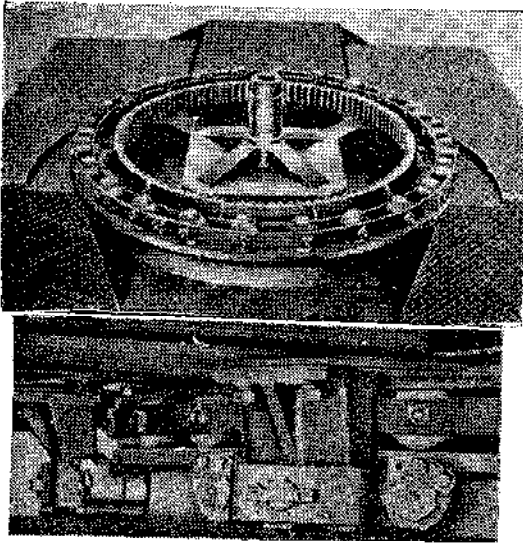
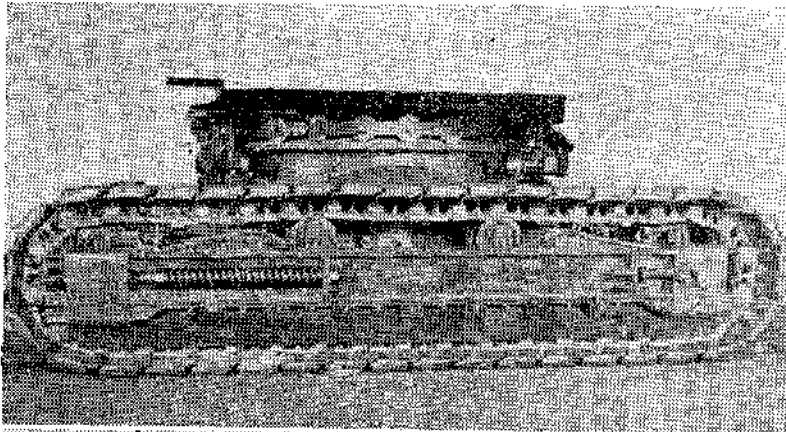


写真 3. マルティプルローラ
写真 4. フックローラ

マルチプルローラ型は P & H 社の採用しているもので全円周にコロを設けた丁度大きなローラベヤリングの如きもので摩耗量少く、上向荷重は別にフックローラを設けた合理的な構造である。(写真-4)

3.9 走行フレーム

走行フレームで最も意を注がれるのは動輪とシュウの形状で国産機はすべて Bucyrus 型と Koehring 型の何れかを採用している。Koehring 社のボックス型シュウと千鳥型動輪は Self-cleaning type として優れている。この機構で最も高級なのは P & H 社のもので、1.2 m³ までのものはトラクタ型トラックリンクにシュウをボルト締めし、(写真-5)、2m³ 以上では丁度トラックリンクとシュウを一体にし、シュウの接続ピンに動輪が咬合つて駆動している。(写真-6)この P & H の型式は丁度ローラチェンの伝動の如く咬合が円滑で寿命が長く、他に較べ走行に要するパワーも少なくてすむ点最も優れている。



その他変つているのは Bucyrus 150 B. Link Belt K370 等で、写真-7 に示す 150 B では前進と後進で咬合り爪が違つている。

一方機構上では Link Belt 社が左右クローラの単独駆動に先鞭をつけ、Speeder 30 B もこれを可能としている。国産機では前述の通り日立の U23 が独特の機構で実施しているのが注目される。

3.10 その他

ショベルアタッチメント関係ではダイ

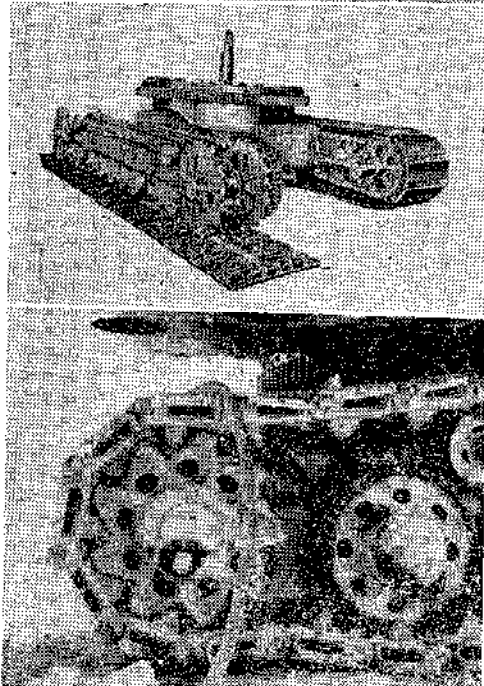


写真 5. トラクタ
型クローラフ
レーム(655 B)

写真 6. 6935 A ク
ローラフ
レーム

写真 7. 150 B の
動輪

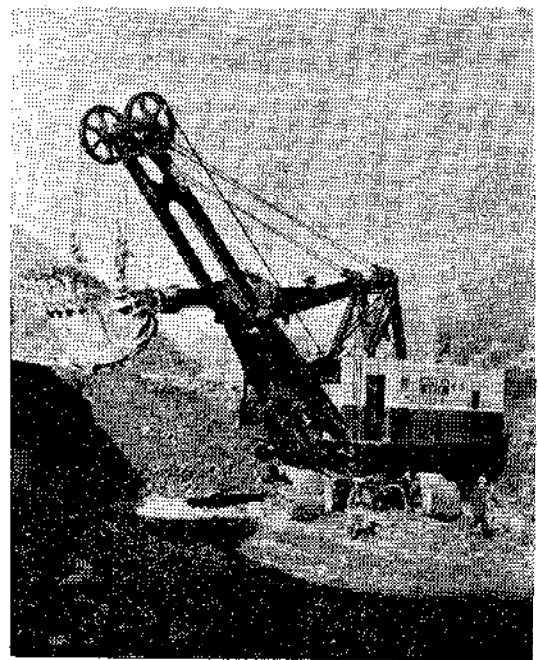


写真 8. 150 B 電気ショベル

ツバハンドル1本のもの2本のものがあり、推圧機構としてはワイヤロープ式とラックピニオン式が、それぞれの特長を生かして従来通り使用されているが、Bucyrus 150Bではディップハンドルを丸型とし、ブームをシッパシャフト部でAフレームと固定し、その上にジブを立てた漸新なものとしている。(写真-8)

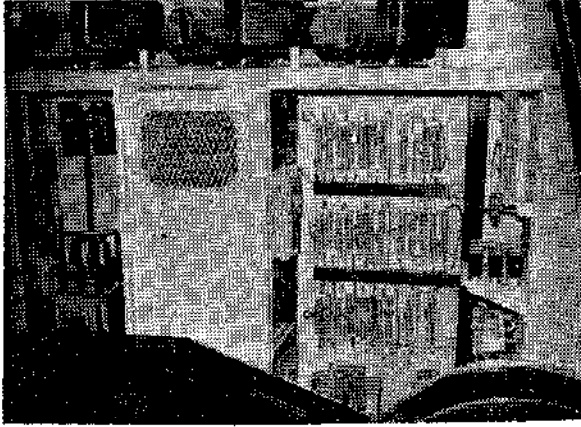


写真 9. 150Bのアンプリダイン制御機器

材料面では高抗張力鋼の普及によりフレームやクレーンブームに盛んに使用されて能力の増加が計られている。

電気関係では150Bでワードレオナード制御であることは変りないが、これにAmplidyne Controlを採用している。このため微妙な制御を可能ならしめ、耐振性も優れたものとすると同時に、制御盤および抵抗器類を小型にすることに成功している。(写真-9)

4. む す び

最近のパワーショベルの傾向について、その近況を概説したが、先進国の米国でさえ年々に改良を加え新型を発表したりしている状況で、漸く技術的に安定した国産機を生産し得る状態に達したとはいえ、国内需要の頭打ちのわが国情よりみて海外輸出を考える時、機構面にも材料面にも更に一層の研究、改良にまつ所も多く、需要者並びに関係各位の御支援と御懇請を御願ひして本稿を終える次第である。

(31頁より続く)

C 小さいサイズの碎石を作るには特に好果的である。

D 運転の円滑、油の消費減少、漏洩多く、動力の節減、消耗費の減少が認められている。

以上の如き特徴を示す本機は、材質としては、強度鋳

鋼マンガング鋼、特殊鋼を使用、スフェカルローラーベアリングを主軸承、バンパー軸承に使用されている。最新型として本機に台車を取付、移動式碎石装置も発表されている。