

ショベル系掘削機について

佐友機械工業技術部 三島 庸生

要 旨

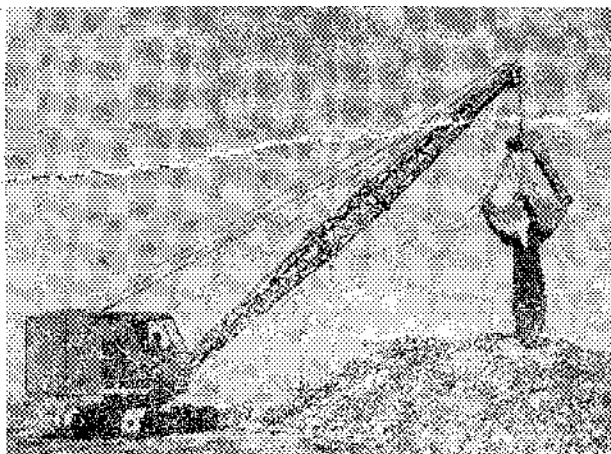
ショベル系掘削機の概要について紹介し、更に本機の機構、機素および機能の問題について考察を加え、同機の性能上および操作上の改良点について検討した結果について記述した。

1. 概 説

ショベル系掘削機は1834年米国において始めて蒸気動力のものが製作され、以来同国にて発達してきたものでドイツでは1903年以来製作が始められ、わが国では1930年に撫順炭硯の石炭採掘用に製作されたのが最初である。

米国では1930～1935年頃から急速の進歩を遂げ現在ではショベル系掘削機のメーカーだけで数10社を越える盛況である。その容量も0.3m³位の小型から25m³位の大型に至るまでの各種を製作している。わが国では一時進歩が停滞していたが、昭和23年頃から各社競つてこの機種をとりあげるに至つて急速に発達して、現在に至っている。しかし未だ米国技術を追及している範囲を脱しておらず今後の改良進歩が要望されている。

筆者は二、三の米国およびドイツの各メーカーの製品を調査したので、これに若干の考察を加えて本機の機構機素および機能について検討した結果について述べて見たい。第1図はライマ社製のショベルおよびドラグラインと同じ形式で当社において製作されたクラムシエルの写真を示す。



第 1 図 6m³クラムシエル

2. 機構について

(1) ショベル伝動系統の概略

原動機としては内燃機関、電気、蒸気式など種々ある

が、わが国最近の傾向としてはディーゼル機関が最も多い。小型ショベル (0.4m³～0.6m³) では一般に1台のディーゼル機関で巻上、推圧、俯仰、旋回、走行の各運動を伝えるもので、これらの各運転の切換操作はクラッチによつて行うものである。

伝動系統は各種各様であるが、その代表的なものとしてライマ式のもの、ビュサイラス式の伝動系統について重なる特長を比較すれば第1表の通りとなる。

第 1 表

ライマ型機構		ビュサイラス型の機構	
1	第1段減速度はチェン傳動である	1	同上
2	第1段減速軸上に俯仰用クラッチがついている	2	フロントドラム上に俯仰用クラッチがついている
3	俯仰機構は平歯車又はウォーム式で直接傳動式でない	3	俯仰機構は平歯車およびチェンを使用したサルフロープリング機構である
4	ドラム軸は1本で、一軸上に巻上および推圧のドラムがある	4	ドラム軸は2本でリヤードラム軸に巻上ドラム、フロントドラム軸に推圧ドラムがついている
5	操縦席は前方に向つて左側	5	操縦席は前方に向つて右側
6	逆転機構は傘歯車式	6	逆転機構は平歯車式
7	旋回機構は溝型ローラパスで内歯車式	7	同上
8	走行機構はローラチェン傳動式	8	同上

この外第1段の減速機、クラッチ機構、逆転機構、操縦装置、ローラパス、旋回ローラ、走行機構その他種々の特長を有するものがあるが非常に膨大となるのでここでは省略する。

(2) 第1段減速装置

第1段減速装置は一般に高速であるために殆んどすべての型が油槽中で運転され、歯車伝動式およびローラチェン伝動式の2種類がある。最近のドイツのメンク社製のものはVベルト伝動で過負荷がかかった時スリップして原動機に無理がかからず、運転が静粛である等の特長を持っている。ローラチェンについては後述するように建設機械化協会が中心となつて実地耐久試験を行つた結果棒木チェンA型は十分強度および疲労に対して保証されることが判明したので、機械の配置上から考えて歯車伝動より優れているように思う。減速比は一般に6～8

となるが現在ローラチェーンについて殆んど問題はない。Vベルト伝動については上述の通り種々の特長があるが耐久力、伸び破断力等の問題について十分テストした上でないと、直ちに使用することは危険であると思う。

(3) 逆転機構

ショベル系掘削機では旋回及び走行の逆転、ディッパ—推圧の逆転を行なう必要上逆転機構が必要である。一般には傘歯車式歯車装置を用い、2組のエキスパンションクラッチによつて逆転操作を行つているが、ビュサイラス型のものでは巻上及び推圧ドラム軸に噛合う従動平歯車を装置し、各ドラム軸上平歯車エキスパンションクラッチを設けてこのクラッチの連動操作によつて従動軸の逆転を行なつている。

これらの2型式を比較すると傘歯車式は小型にできるがその構造上歯車の歯切が困難で、クラッチの直径が大きくなり得ない欠点があり、平歯車式であると直径は大きくとり得るが装置が大きくなりクラッチの操作もやや複雑となる。推圧の逆転用としてはドラム軸は歯切で連結し、ドラムはそれぞれローラチェーンで連結して、相互にクラッチを切換えることによつて逆転せしめているのが普通である。

(4) 俯仰機構

ライマ型では平歯車伝動によつて俯仰ドラムを回転させ、逆転に対してはブームの自重によつて自然降下せしめる方法をとつているが、操作レバー及び俯仰ドラムには十分な安全装置をつけている。

ビュサイラス型ではブームホイストセルフローアリング機構を採用している。俯仰ドラム軸の外側に中間軸を設け、俯仰ドラム軸とパウルハウジングの間を歯車を伝動し、俯仰ドラムと中間軸の間をローラチェーンで伝動する。いま俯仰ドラムのクラッチを嵌入すればそのまま巻上げ、その間パウルは遊びながら回転している。次にブームを降下せしめる時、俯仰クラッチを弛めるとブームの自重によつて自然降下するが、自然降下の速度が早くなると、フリクションシューの作用によつてパウルがハウジングのラチェットに当つて回転する。従つてこれ以上の速度で降下せんとすれば原動機の回転が早められるわけで、制動器によつて適当な速さで降下する。この方法は機構的には非常に面白いが、フリクションシューの調整には注意を要する。

ウォーム伝動式は頑丈であるが、逆転機構のために複雑になる欠点がある。確信伝動式の俯仰装置は未だ今後改良の余地があるものと思う。

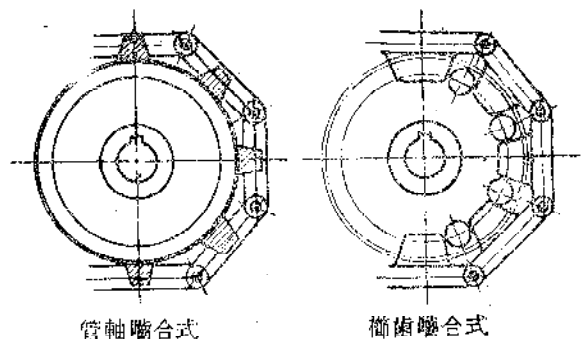
(5) 旋回機構

旋回機構は一般にドラム軸から平歯車および傘歯車によつて伝動されて旋回ピニオン軸を動かすものであるが

電気式、蒸気式では旋回モーターまたは蒸気機関を单独にもつのが普通である。これは伝動系統が複雑である上に操作上簡単に逆転可能である機構を必要とするからである。最近のドイツのデマグ社およびメンク社の製品をみるとローラパス上に小さいローラを沢山並べ、中間受金を介して旋回フレーム上の重量を受け、中間受金の面がその区間にあるローラに均等の圧力をかける仕組である。また旋回中心軸は球面座を有する中心軸々受が走行台車の座と噛合つて、旋回フレームの傾斜による中心軸に加わるモーメントを逃げると同時に重心がローラパスから外れた際に中心軸受が走行台車の座を介して走行台車に吸収させる面白い構造になつている。

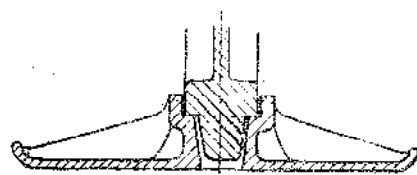
(6) 走行機構

走行伝動装置については全部歯車伝動方式をとつているものと、最終段をローラチェーン伝動によつて行われる方式とがある。当社においても両様を製作していたが、最近米國およびわが國の小型ショベルでは殆んどローラチェーン式のものになつている。ドイツの製品には未だ歯車伝動式のものがあるが堅牢であるのが特長である。これに対してローラチェーン式は最近までその信頼性とチェーン選択の不適切によつてよく事故を起したものであるがローラチェーンの改良と選択の適切とによつて問題は殆んど解消した。キャタピラー駆動方式としては第2図に示す如く管軸噛合と櫛歯噛合の二方法に分類できる。駆動

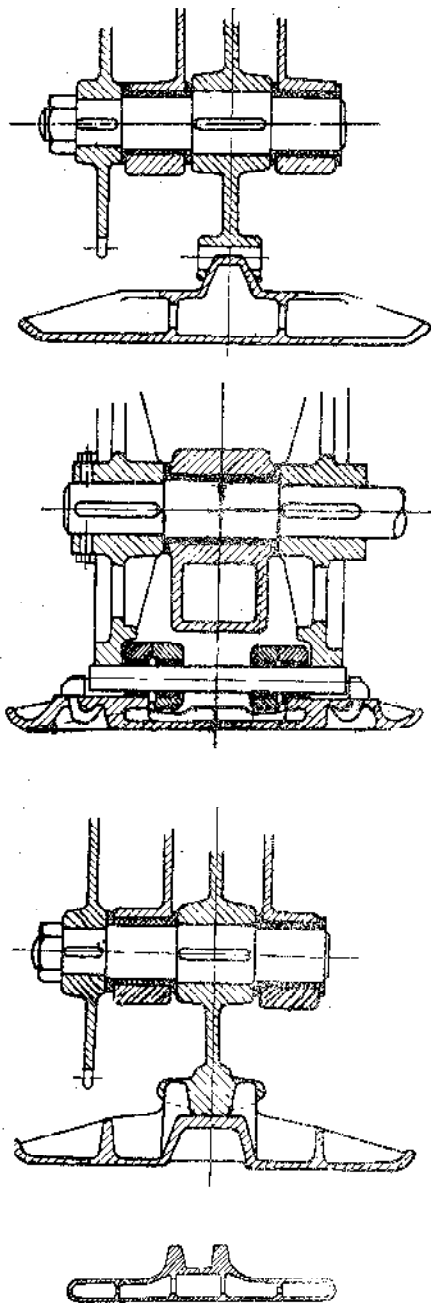


第2図 (1, 2)

スプロケットおよびキャタピラーの形式は種々あるがその他表的なものとして第3、4、5、6図に示すものが挙げられる。この中で受圧面積が小さくなるので第3図に示す型および第6図に示す型は面白くない。また第5図に示す型では連結ピンに繰返しモーメントがかかるために長期使用するとピンが曲つたり折れたりする恐れがある。これらを考へて第4図に示す型のキャタピラーがよいように思う。



第2図 (3)



第2図 同上より第4、5、6、7、図

最近第7図に示す如くギヤタビラーを鋳造後一部を熔接して全密閉式のものを製作している向もあるが、土砂

第 2 表

クラッチハウジング	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr
材 質	3.3%	1.5~1.7%	0.6~1.0%	0.25%以下	0.12%以下	1.0%	0.25%
注	鋳造後550°Cに熱処理						

(2) ローラチェン

ショベル系掘削機においては第1段減速機、走行最終段伝動用、ショベル推圧伝動用および俯仰逆転用などに用いられている。終戦後ショベルにおいてチェンの事故が頻発したが問題となつたのは第1段減速機および走行

の附着も少なく、洗滌にも簡単であり受圧面積も十分とらうるので非常に優秀なものであると思う。

走行操縦装置については方向転換および走行ロックの各操作を運転席から操行する必要がある。このために特殊のカム装置を使用して走行する時にカムが作用してクラッチシフターの嵌脱を行う方式もあるが、一般には旋回中心軸をホローシャフトとし、方向転換およびロック用レバーを2重管にしてシャフトの中を通してゐるのが普通である。詳細についてはここでは省略することとする。

3. 機索について

(1) クラッチ

本機の動力伝達機構は既に前項で述べた如く、巻上、推圧、旋回、ブーム俯仰、走行等の各運転を1原動機から伝えるもので、その動力の切換操作はすべてクラッチによつて行われる。運転の円滑を計るため特殊な場合を除く他殆んどすべてフリクションクラッチを使用するので、クラッチの性能が本機の性能を決定するといつても過言ではない。

現在用いられている形式としてはエキスパンション式が最も一般的に用いられている。

クラッチシフターの嵌入には人力によるレバー装置式油圧装置式および中型、大型ショベルによく使用される圧縮空気式、電気式、(ソレノイド)などが行われている。倍力装置としてはレバーによる倍力のほかに、ドッグル式注圧倍力式、2段バンド倍力式などがある。

エキスパンションクラッチで最も問題になるのは放熱装置で、放熱が十分でないとクラッチライニングの性能が下り、摩耗が甚しくなる。このためクラッチハウジングの外周は十分に冷却フィンを設けている。ハウジングは大抵鋳物であるが、クラッチライニングとの摩耗の状況から鋼鋼より⁽²⁾鋳鉄の方が勝っている。米国の製品ではニッケル鋳鉄やミーハナイトが用いられているが、その材質の1例を第2表に示す。当社の製品においてはニッケル鋳鉄にて製作している。

最終段減速用チェンであつた。前者は非常に高速で大馬力を伝達する個所であり、後者は泥砂に接触して給油状態が悪いにも拘わらず非常に大きな抗張力を受ける個所である。

昭和25年より建設機械協会を中心として研究が進めら

れ、A S E 規格に匹敵する製品を製作した。その後実地試験⁽³⁾がなされた結果、十分な保証をされることが判明した。

(3) クラッチライニング

クラッチおよびブレーキライニングの種類としてはウーブンライニング、ゴムモールド、スペシャルゴムモールド、レジンモールド、セミメタリック、メタリック等多種類あるが、レジンモールド、セミメタリック、メタリック等はわが国で製造される域に達してない。わが国ではウーブンおよびモールド型ライニングが使用されているが、最近スペシャルモールド型⁽⁴⁾が実地試験の結果良い成績を示したので、この型が多く使用されるようになった。各種ライニングの種類とその適用範囲を第3表に示す。

第3表 各種ライニングの種類と適用範囲

	ライニングの種類	適用範囲	備考
1	普通加工ウーブン	軽荷重、温度上昇少い	<100°
2	特殊加工ウーブン	普通荷重、温度上昇少い	<200°
3	ゴムモールド	普通荷重、やや高温	<200°
4	スペシャルゴムモールド	高荷重、相当高温	<250°
5	レジンモールド	高荷重、相当高温	<250°
6	セミメタリック	高荷重、高温	<300°
7	メタリック	非常な高荷重、高温	>300°

(4) ワイヤロープ

ショベル採掘機においては、他の一般機械と異なり同径のワイヤロープに対して大きな抗張力、曲げおよび衝撃がかかる。すなわち他の機種と比較にならない位安全率が低い。これは本機の特長からロープ径に対して十分なシープ径、ドラム径をとり得ないからである。従つてドラグラインおよびショベルにおいてはこの機種の中で最も激しい消耗部品となつている。即ちドラグラインの牽引ロープにおいてはその寿命が実動50時間～100時間となつており、その他の巻上用、推圧用ロープでも200時間位で切断している。

ロープの撚り方には種々あるが、一般には普通撚り、シール型、ファイラ型、ウォリントン型等が用いられているが、屋外に雨曝しであるため19本線6つ撚りが多く使用される。建設機械協会を中心としてこれらの各種のロープを用いてライマ型ショベル⁽⁵⁾(3/4Cu,yb)にて実地試験を行つた結果スペシャルシール型が最も良い成績を示し、ウォリントン型が最も早く切断した。そして摩擦を最も多く受けた部分はバケット側ソケットより3000mm～600mmの部分であつた。また切断の原因としては、ロープがまだ当り面となじまない以前にロープの一部に過大の荷重が急激にかかるもので、素線の断線が極く早

期に現われ、ロープ断線の位置もこの初期断線の生じた位置に起つてゐることが判つた。以上の事実から考えてシール型が割合に良い成績を示したのはシール型が他の形式と比較して接触部(外側)の素線が大きいため初期断線が起り難いためと考えられる。

4. 機能について

(1) 適用範囲

ショベル採掘機はユニバーサルエキスカベータとも称される通り、その土工作業の条件によつてそれぞれの作業に最も適した機械として使用することができる。すなわち本機のフロントアタッチメントを變えることによつて、ショベル、ドラグライン、クラムシェール、クレーン、パイルドライバー、バツクショベル(トレンチホー)、スキンマー、ドラグスクレーバ等種々の機械として使用できる。

(2) 走行性能

この種の機械は本来不齊地、軟弱土質を走行するものであるから、走行性能の良否はこの機械の重要な性能の一つである。走行性能の主なるものを挙げると、

- ① 長距離走行能力
- ② 登坂性能
- ③ 渡渉性能
- ④ 旋回性能(方向転換)

であり、長距離走行の目的は作業現地までの輸送、作業現場の移設に伴う移動のために必要なものであつて、輸送機械各部の異状のないことは勿論、燃料消費量の少いこと、潤滑部分の温度が上昇しないことが必要である。

登坂性能は作業時および移動時に坂道を登坂しなければならない。このため当社製品としては少くとも20°の傾斜面を登坂する能力を持たしめている。

登坂能力をあげるために必要な条件の主なるものは原動機の出力(トルク)の大であること、クラッチ伝動力の確実性キヤタピラーを含む各伝動部の抵抗の少いことで、機械設計上の優劣が鋭敏に影響するものである。渡渉性能も本機の行動性に重要なもので、ロードクリヤランス、走行部分の構造等について設計上注意を要する。

旋回性能は各土質の路面上で自由に方向転換できる必要のためのもので、旋回半径をできるだけ小さくとりうることを望ましい。最小半径で廻る場合は一方キヤタピラーをロックして、他のキヤタピラーを駆動すれば停止側のキヤタピラーの中心を旋回の中心として旋回する。この時面圧が低いとキヤタピラーが土にめりこんで土を掘取る結果となり著しく抵抗を増大する。キヤタピラーの面圧(kg/cm²)を下げるためにはキヤタピラーの踏面を増加することが必要であるが、巾を広げることは機

生産と技術

械の構造上の制限を受け、また長さを伸ばすことは旋回時の抵抗を増大する。キャタピラーの踏面に制限があることは勢い機械重量に制限が加わることで本機設計上最も大きな問題となってくる。小型ショベルにおいて1935年頃は $0.7 \sim 0.8 \text{ kg/cm}^2$ であったものが、現在では米国は勿論わが国においても $0.5 \sim 0.6 \text{ kg/cm}^2$ 位に下つてきたことは、主として機械部分重量の軽減によつてなされた

(3) 掘削性能

一般に掘削能力を表わす計算としては次式によつてゐる。

$$U = \frac{3600 \cdot Q \cdot f \cdot E \cdot K}{C_m}$$

ここで U = 時当り掘削量 m^3

Q = バケツ容量 m^3

f = 容積変化の係数 (第4表による)

E = 積込係数

K = バケツ効率 (第5表による)

C_m = 1サイクルの所要時間sec (第6表による)

積込係数 E の値は作業中機械の移動、ブーム俯仰、潤滑燃料の補給、運転手の小休止などを含むので運転手の熟

第4表 土の容積変化の係数 (f の値)

土の種類	土の現在の状態	変化した状態		
		もとの土量	ほぐした土量	しめ固めた土量
砂	もとの土量	1.00	1.11	0.95
	ほぐした土量	0.90	1.00	0.87
	しめ固めた土量	1.05	1.17	1.00
普通土	もとの土量	1.00	1.25	0.90
	ほぐした土量	0.80	1.00	0.72
	しめ固めた土量	1.11	1.39	1.00
粘土	もとの土量	1.00	1.43	0.90
	ほぐした土量	0.70	1.00	0.63
	しめ固めた土量	1.11	1.59	1.00

練によつて非常に変化する値であるが、経験的数値から熟練した運転手の場合 0.8 位までとりうる。

以上の計算から各容量のショベルについて推定掘削量の値が出てくる。この値を第7表に示す。

第5表 バケツまたはディパーの効率 (k の値)

機種	容易な掘削	中位の掘削	やや困難な掘削	困難な掘削
ショベル	0.95~1.00	0.85~0.90	0.70~0.80	0.50~0.70
ドラグライン	0.95~1.00	0.80~0.90	0.65~0.75	0.45~0.65

第6表 1サイクルの所要時間 (C_m の値)

容量 $\text{yd}^3(\text{m}^3)$	機種	1サイクルの所要時間 (sec)			機種	1サイクルの所要時間 (sec)		
		容易な掘削	中位の掘削	困難な掘削		容易な掘削	中位の掘削	困難な掘削
$\frac{1}{2}$ (0.38)	ショベル (90° 旋回)	15	18	24	ドラグライン (110° 旋回)	20	24	30
$\frac{4}{3}$ (0.57)		18	20	26		22	26	32
1 (0.76)		18	20	26		24	28	35
$1\frac{4}{1}$ (0.95)		18	20	26		24	28	35
(1.15)		18	20	26		24	28	35
2 (1.52)		18	20	26		28	33	40
$2\frac{1}{2}$ (1.90)		20	22	28		28	34	41
3 (2.30)		22	24	30		30	35	42
4 (3.06)		24	26	32		32	38	45

第 7 表 ショベルおよびドラグラインの推定掘削量

機 種	容 量 yd (m³)	理論掘削土量m³	推定掘削土量m³ (毎時50分作業)		
		(k=100%)	容易な掘削 (k=90%)	中位な掘削 (k=85%)	困難な掘削 (k=70%)
シ ヨ ベ ル (90° 旋回)	$\frac{1}{2}$ (0.38)	76	65~73	53	27~34
	$\frac{3}{4}$ (0.57)	103	78~92	73	42~50
	1 (0.76)	137	107~122	95	53~65
	$1\frac{1}{4}$ (0.95)	172	137~153	122	69~80
	$1\frac{1}{2}$ (1.15)	206	164~183	145	84~94
	2 (1.52)	275	221~245	191	111~126
	$2\frac{1}{2}$ (1.90)	313	245~275	222	130~145
	3 (2.30)	343	267~298	245	145~160
ド ラ グ ラ イ ン (110° 旋回)	4 (3.06)	416	313~344	294	168~183
	$\frac{1}{2}$ (0.38)	56	46~54	38	19~27
	$\frac{4}{3}$ (0.57)	78	65~76	53	27~34
	1 (0.76)	100	80~98	65	38~46
	$1\frac{4}{5}$ (0.95)	122	103~115	80	46~54
	$1\frac{1}{2}$ (1.15)	145	122~138	95	57~65
	2 (1.52)	168	141~160	111	65~76
	$2\frac{1}{2}$ (1.90)	204	172~195	134	80~92
	3 (2.30)	237	195~221	157	95~111
	4 (3.06)	290	230~267	191	115~130

備考：クラムシエル掘削能力は通常ドラグライン能力の $\frac{2}{3}$ とし破砕岩石の場合は $\frac{1}{3}$ とする。

しかし実地掘削量は理論的推定掘削量と相当の開きがあるのが普通であつて、現地における種々の事情が影響しているものと思われる。

(4) 耐用年度

ショベル系掘削機経験的な寿命すなわち耐用年限はその機械の良否、作業の劇綫、保守の良否によつて一概には云えないが、米国の文獻によれば第8表の如く示されている。

第8表 ショベル系 掘削機の壽命

パ ケ ッ 容 量		シ ョ ベ ル		ド ラ グ ラ イ ン	
yd³	m³	時間 (h)	年	時間 (h)	年
3/8~3/4	0.3 ~ 0.6	10,000	5	10,000	5
$1 \sim 1\frac{1}{2}$	0.75~1.2	12,000	6	18,000	9
2 ~	1.5	16,000	8	24,000	12

ショベルの耐用年限

上記耐用年限を延長させるためには適当な時期にオーバーホールして補修を行う必要があり、建設省では通常1.00

0~1.500時間でオーバーホールを行うように規定している

5. 結 論

以上概括的にショベル系掘削機の機構、機素および機能における重要な部分について述べた。

機構については既に述べた通り種々の配置、伝動方式各機素の適用法等があつていずれも一長一短がある。しかし結論的にはもつと簡單化して頑丈にすることが最も重要な問題であつて、操作上の不便や機能の低下を与へることなく経済的な製品を作り出すことが緊急の要務であらう。

機素については数年前から建設機械化協会を中心として各専門家の研究が進められ、この数年でわが国は非常な進歩をしたと云える。しかしライニング問題についても米国の優秀製品に遙かに及ばないし、ワイヤロープについては少くとも寿命を現在の倍位まで持つてゆきたいところである。これ等については機素自体の研究は勿論、これを如何に利用するかその適用の問題にかかつて

(以下32頁へ続く)

Ⅳ 香港上海銀行空氣調和設備について

この設備は

- (1) 米人の設計であつて、外誌に発表されていた Leve bouse Bldg の設備と同じ方針で設計されていること
- (2) 全自動方式であること
- (3) 施主及設計者の関係から主要機材が外国製品であること

等が特色である。この(1)から見て米国でも雑誌に発表する位であるから、最も新しいものと思われる。(2)の全自動方式とは、外気の寒暑乾湿及室内の空気状態によつて夫々の機器が作動し、室内を快適な状態に保つ装置である、在米の One man Control といわれた方式より更に、一步を進めた Full automatic Control system である。

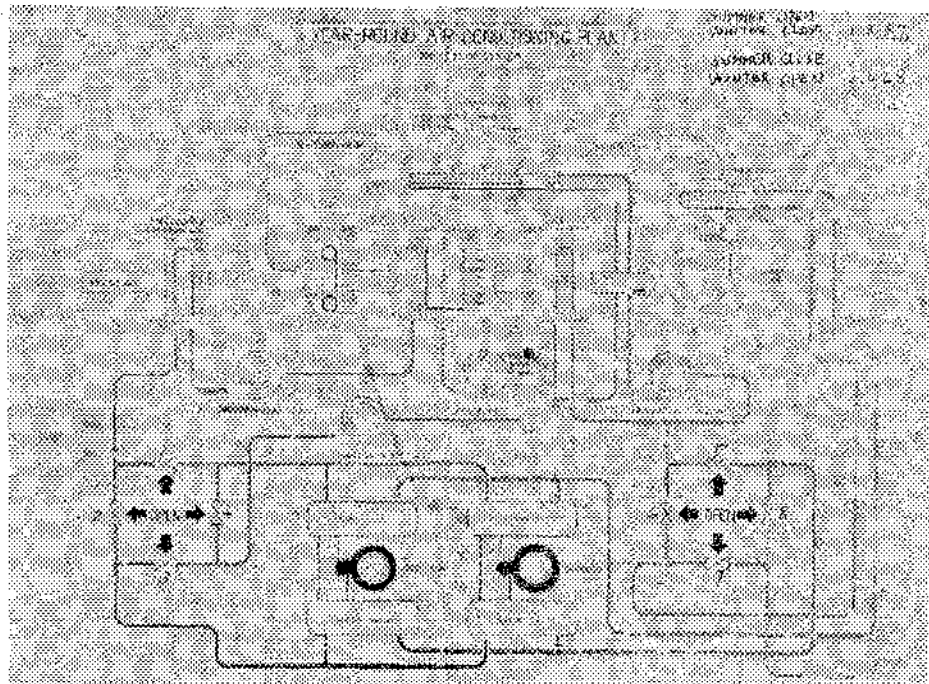
(3)の主要機材が外国製品であることは現今のような為替事情では、暖冷房機材の輸入は昔のように楽でないから外国製品の見本としてはよい参考資料であろう。

本工事の施工は、ターナー・マース事務所及ジャージ・マズソン事務所の指導の下に、株式会社桐田商會が

行つたものであるが、本設備の運転開始と共に一年間にわたり記録を取つて見度いと同商會の技術者は言つてゐる。

本工事に於ては主要器材は一外国品で見つ支給品のためにか後れ勝ちで27年10月に契約、28年10月の竣工には相当困難があつた。

又他の設計が充分すぎる位ぜい沢であるのかかわらず、熱源である井戸が1個であつて予備井戸が設計されていないのは、画龍点睛を欠くうらみなしとしない。写真は本設備の略図である。



(39頁より続く)

いると思う。

機能についてはわが国の製品も一応進歩をみせたが、使用者側の意見を綜合すればやはり米國製品、ドイツ製品の方が数等信頼できると言つてゐる。問題となる点は機械の生命を決定するような箇所よりはむしろ、われわれが不注意によつて廻り止めを怠つたとか、材料の選定を誤つたとか、調整が不十分であつたこと等に基因するもので、経験的なデータを蓄積することによつて一刻も早く不備の点を是正する必要がある。

(文献)

- (1) 建設の機械化 昭和28年8月号、南川利雄
- (2) Engineering 1938, The Development of single Bucket Excavator P.222~P.223 W. Savage
- (3) ローラチェンの研究(建設機械化協会)

(4) ライニングに関する研究(建設機械化協会)

(5) 建設機械用ワイヤロープの試作(建設機械化協会)

(6) 日本建設機械要覧(1950)(建設機械化協会)

(7) Power Crane and Shovel Association; Operating Cost Guide.

(27頁の続き)

2. // 無窓工場
3. Heating and Ventilating July 1953.
4. Guide of Conditiong, Heatug & Ventilation.
5. Ean engineering, Buffals Forge Company.
6. 科学社発行、繊維工業に於ける熱経済と温濕度の調整
7. 衛生工業協会発行、暖冷房工事ポケットブック