

全油圧式クローラ クレーンの構造と性能

Structure and Performance of Hydraulic Crawler Crane

寺本忠義* Teramoto Tadayoshi

クローラ クレーンとして今までは、いわゆる機械式万能掘削機をベース マシンとした機械が使われていた。近年になり橋梁、港湾その他各種土木工事の多用途化、プレハブ工法の普及、建築物の高層化などにより安全で使いやすいクローラ クレーンの開発が強く望まれるようになった。

この要望にこたえるため開発されたのが全油圧式クローラ クレーンKHシリーズである。

KHシリーズは全油圧駆動となっているために種々の特長を持っている。すなわち、容易な操作、走行の機動性に優れ、自動ネガチブ ブレーキ、巻上自動停止装置などが今までの機械式駆動のクローラ クレーンにみられなかった安全装置を持っている。

1 緒 言

近年、超高層ビルの出現及び高層住宅の急激な増加などにみられるように、建築工法技術は急速な進歩を遂げている。これに伴い施工機械の性能にも厳しいものが要求されるようになった。クローラ クレーンとしては、従来機械式ショベルの本体にクレーン アタッチメントを装着したものが使用されてきた。したがって、そのベースマシンは掘削機に主体を置いた設計となっている。これではユーザー業界のクローラ クレーンに対する厳しい性能要求に対応するのに限度がある。そのため、ユーザーの要求に十分対応できるクレーン性能を最重点に考慮したベース マシンの開発が必要となった。

クレーン性能の優れた機械は、次の各項目を満たさなければならない。

- (1) 安全性、信頼性が高い。
 - (2) 操作性に優れ、オペレータの習熟期間が短い。
 - (3) 居住性に優れ、オペレータの疲労が少ない。
 - (4) 保守管理が容易である。
 - (5) 作業力、作業速度及び安定性のバランスがとれている。
- これらの諸条件を満たすように吟味して開発されたのが全油圧式クローラ クレーンKHシリーズ6モデルである(表1)。

2 全油圧式クローラ クレーン

元来、クローラ クレーンとして使われていた機械では、万能といわれるほどそのフロント バリエーションの多いことが特徴とされてきた。そのため、ベース マシンの性能としては各フロント〔ショベル、バックホウ、ドラグライン、クラムシェル(図1)、クレーン(図2)、パイル ドライバ(図3)など〕を装着した場合に要求される性能の最大公約数を持っていなければならない。このため、かえって各フロントでの作業性が犠牲になる面があった。

このような背景のもとにKHシリーズは、近年の各種土木建築工事に不可欠な次のフロントでの作業性を最重点に考慮した。

- (1) クレーン
- (2) タワー クレーン
- (3) クラムシェル

(4) パイル ドライバ

油圧駆動方式を採用したのは次の理由による。

- (1) 動力を伝達する機器が機械式に比べて軽量かつコンパクトになる。
- (2) 各機器がコンパクトになるため、オペレータの視界(特に後方視界)が広がる。
- (3) 各操作レバーの操作力が小さくなる。
- (4) オペレータの運転習熟期間が大幅に短くなる。
- (5) 容易に各種の安全装置を装着することができる。

図4に全油圧クローラ クレーンの油圧システムの概要図を、図5にKH150クローラ クレーン(つり上げ荷重40t)の動力伝達機構図を示す。

次に全油圧クローラ クレーンとしての特徴について述べる。

3 操 作 性

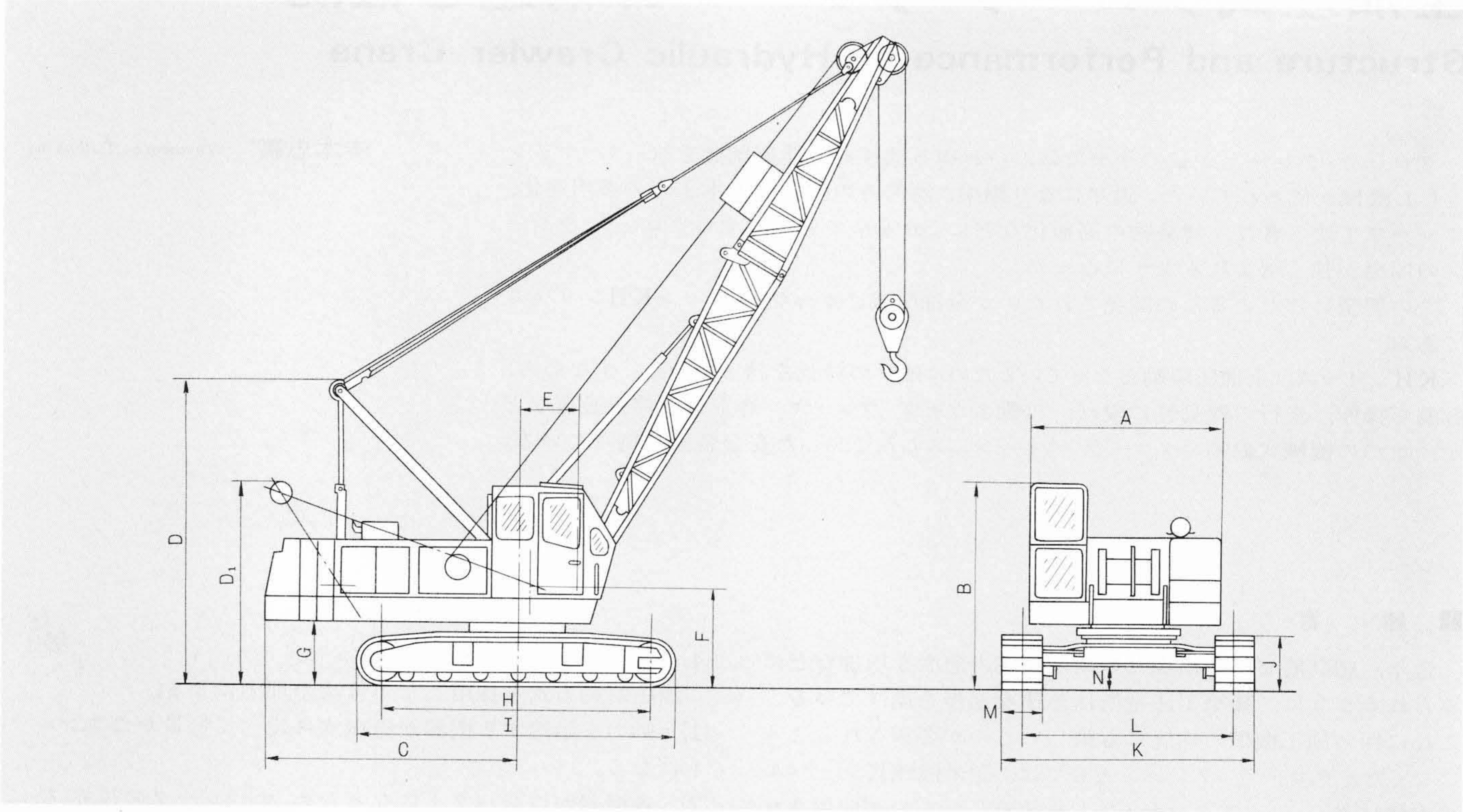
3.1 巻上ウィンチ

機械式駆動の場合、巻上ウィンチの操作はドラム クラッチとドラム ブレーキにより行なわれる。荷重を巻き上げて停止させるときは、クラッチを切るタイミングにブレーキの操作を合わせなければならない。ブレーキの操作が遅れると荷は落下する。逆にブレーキの操作が早過ぎるとエンストを起こす。したがって、オペレータは荷の動き、クラッチ レバー、ブレーキ ペダルの3箇所に神経を使わなければならない。この操作を円滑に行なえるようになるにはかなりの習熟度が必要である。

これに対して油圧駆動の場合は、クラッチは入れた状態で巻上ウィンチを駆動する油圧モータの正逆転及び停止により荷の動きを制御する。操作は油圧モータへ流れる圧油をコントロールバルブ(油圧方向切換弁)で制御することにより行なわれる。油圧回路には後述するカウンタ バランスバルブ(以下、カンバラと称する)が使われており、このバルブの働きで停止時荷は自動的に一時保持される。したがって、荷を保持し続ける場合にはドラム ブレーキの操作が必要となるが、機械式駆動の場合のような習熟を必要とするブレーキの操作は必要ない。このため、オペレータは荷の動きだけに注

* 日立建機株式会社土浦工場

表 I KHシリーズ仕様一覧表 全油圧クローラ クレーンKHシリーズの仕様及び外形寸法を示す。



仕 様		形 式	KH70	KH100	KH150-2	KH180	KH300	KH700
つり上能力(つり上荷重×作業半径)		(t×m)	22.5×3	30×3	40×3.5	50×3.5	80×3.7	150×4.6
ブーム長さ	標 準	(m)	10	10	10	13	13	18
	最 長	(m)	31	37	46	49	52	72
	ジ ブ 最 長	(m)	9	9	15	15	15	25
速 度	巻上げ(ロープ速度)	(m/min)	54/27	70/35 **	70/35 **	50/25	60/30 **	60/30 **
	巻下げ(ロープ速度)	(m/min)	54/27	70/35	70/35	50/25	60/30	60/30
	ブーム俯仰(ロープ速度)	(m/min)	35	45 **	45 **	40	40 **	20 **
	旋 回	回 (rpm)	4.1	3.8	3.0	3.0	2.8/1.6	1.8
	走 行	(km/h)	1.4	1.5 **	1.5 **	1.1/0.55	1.2/0.6 **	1.0 **
登 坂 能 力		(%)	40	40	40	30	30	30
接 地 圧 *		(kg/cm ²)	0.54	0.61	0.54	0.58	0.72	0.86
エンジン定格出力/定格回転数		(PS/rpm)	127/2,000	127/2,000	140/1,800	153/2,000	250/2,000	250/2,000
全 装 備 重 量		(t)	24.8	29.3	37.9	43	70.7	132
主 要 寸 法	A : 建 家 幅	(mm)	2,930	2,820	3,110	2,900	3,200	3,340
	B : 建 家 高 さ	(mm)	2,920	2,940	2,965	3,150	3,510	3,700
	C : 後 端 旋 回 半 径	(mm)	3,200	3,250	3,740	3,930	4,500	5,600
	D : A フ レ ー ム 高 さ (高)	(mm)	3,400	4,550	5,040	5,470	6,710	8,020
	D ₁ : A フ レ ー ム 高 さ (低)	(mm)	2,860	2,940	3,160	3,360	3,510	3,750
	E : ブーム フート ピン水平位置	(mm)	890	900	900	900	1,500	1,250
	F : ブーム フート ピン垂直取付位置	(mm)	1,320	1,616	1,623	1,650	2,260	2,150
	G : 旋 回 体 後 部 下 端 高 さ	(mm)	940	956	990	1,055	1,460	1,680
	H : タ ン プ ラ 中 心 距 離	(mm)	3,505	3,670	4,385	4,600	5,000	6,610
	I : ク ロ ー ラ 全 長	(mm)	4,245	4,410	5,170	5,470	5,920	7,660
	J : ク ロ ー ラ 高 さ	(mm)	840	840	881	900	1,129	1,210
	K : ク ロ ー ラ 全 幅	(mm)	3,150	3,250	4,010(3,300)	4,300(3,300)	4,755	6,150
	L : ク ロ ー ラ 中 心 距 離	(mm)	2,540	2,640	3,250(2,540)	3,540(2,540)	3,840	5,050
	M : ク ロ ー ラ シ ュ ー 幅	(mm)	610	610	760	760	915	1,100
	N : 最 低 地 上 高 さ	(mm)	350	396	380	365	480	400

注 : * 接地圧, 全装備重量は標準クレーン ブーム装着時の値を示す。 ** は負荷により速度変化する。

意すればよいことになり、クレーンの操作が非常に簡単になりその安全性も高められている。図6に巻上ウィンチの油圧回路を示す。操作レバーを中立にするとカンバラ内のチェック弁の働きで、荷により油圧モータが巻下方向に回転しよ

うとする力はP₂の油圧力により保持される。したがって、オペレータは前述のようにレバーとブレーキのタイミングに気を使う必要がない。クレーン作業などでは、1本のレバーで巻上げ、停止、巻下げの一連の動作を行なうことができるよ

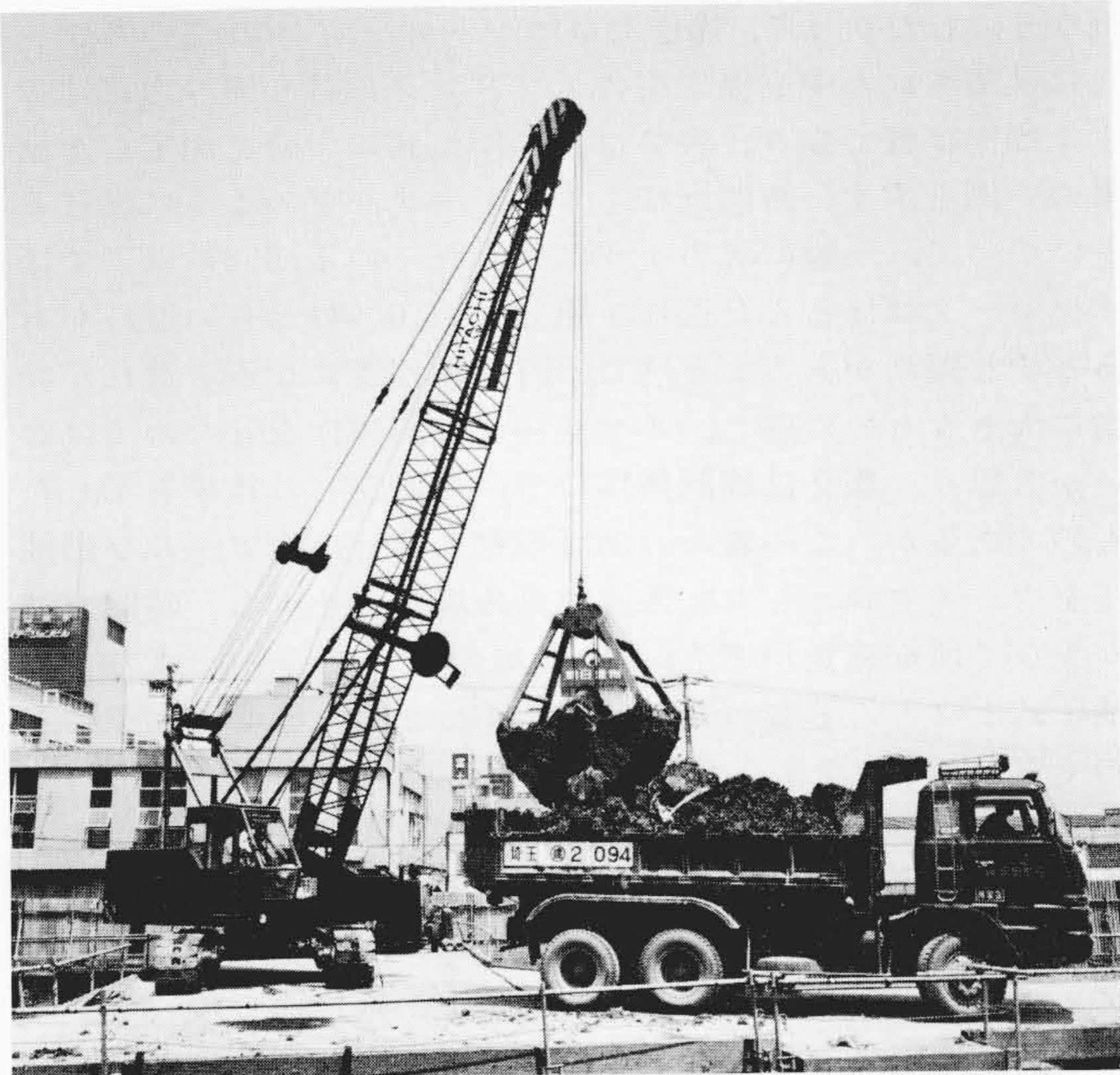


図1 KHI100クラムシェル ビル工事の根掘り作業に従事するKHI100クラムシェルを示す。



図2 KHI150クローラ クレーン 護岸工事で活躍するKHI150クローラ クレーンを示す。

うになっている。次に、油圧駆動にして巻上動作が容易になった大きなポイントである油圧モータのロック特性について述べる。

油圧ロックとは、荷により油圧モータが回転しようとする力をカンバラ内のチェック弁により油の流れをしゃ断することで油圧モータの回転を止め、荷を保持することである。ところが、油圧モータの内部しゅう動部に間げきがありこの間げきから圧油が少量ではあるが漏れる。この内部油漏れのためにモータがスリップし荷が降下する。KH150クローラ クレーンで巻上ロープに5tの荷重をかけた場合、モータのスリップによる荷の降下量は毎分50mm程度である。巻上モータは操作性の面からスリップ量の少ないほうがよい。そのため、モータのバルブ回転部の間げきを小さくする必要があった。クローラ クレーンでは長時間走行すると、作動油温度が80℃近くまで上昇する。この状態で外気温度になっている巻上モータに高温の油を送ると、ケーシングとバルブの熱膨張率の

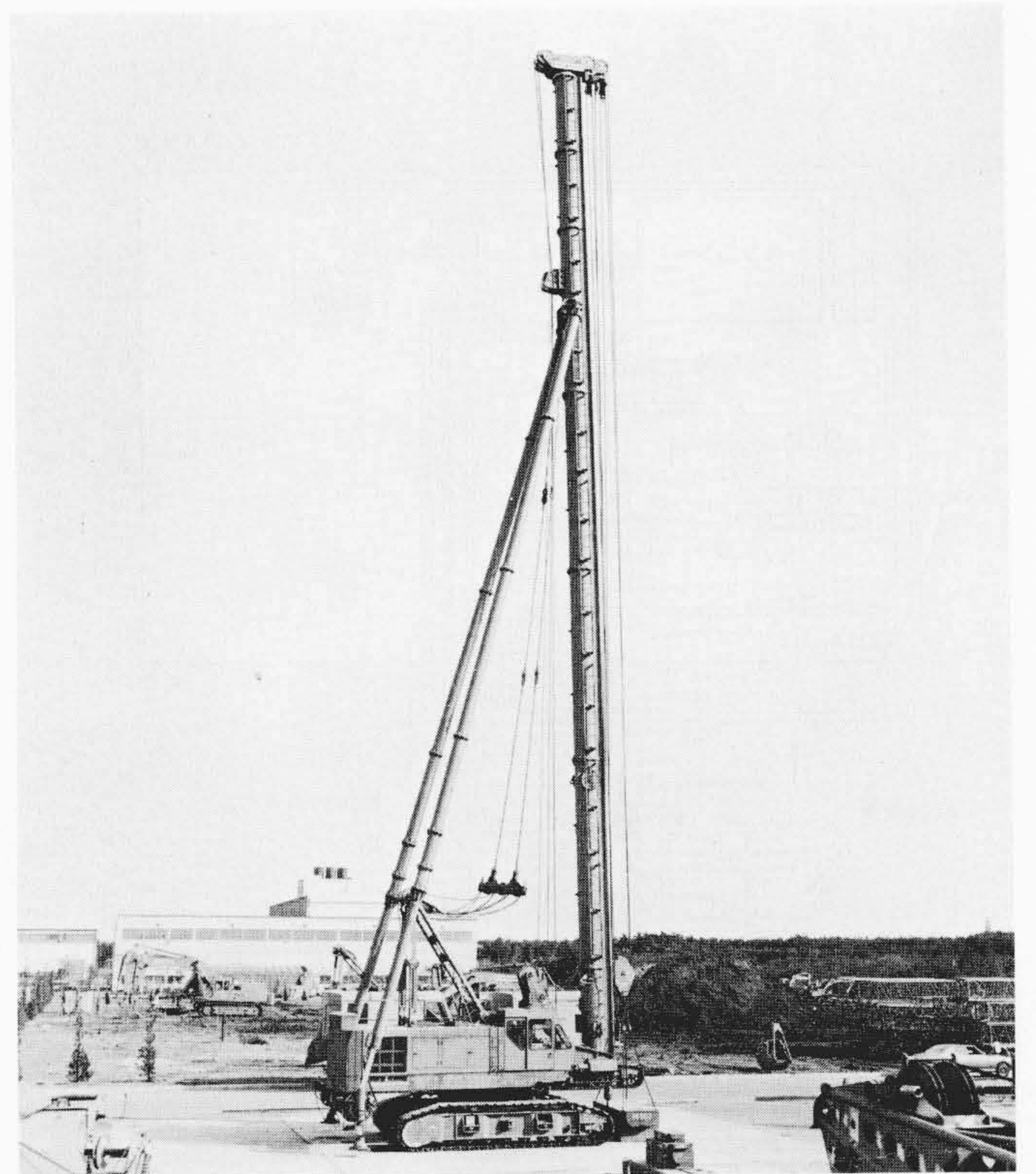


図3 KH300パイル ドライバ 稼動中のKH300パイル ドライバを示すもので、リーダ長さ33m、70形ハンマの装着が可能である。

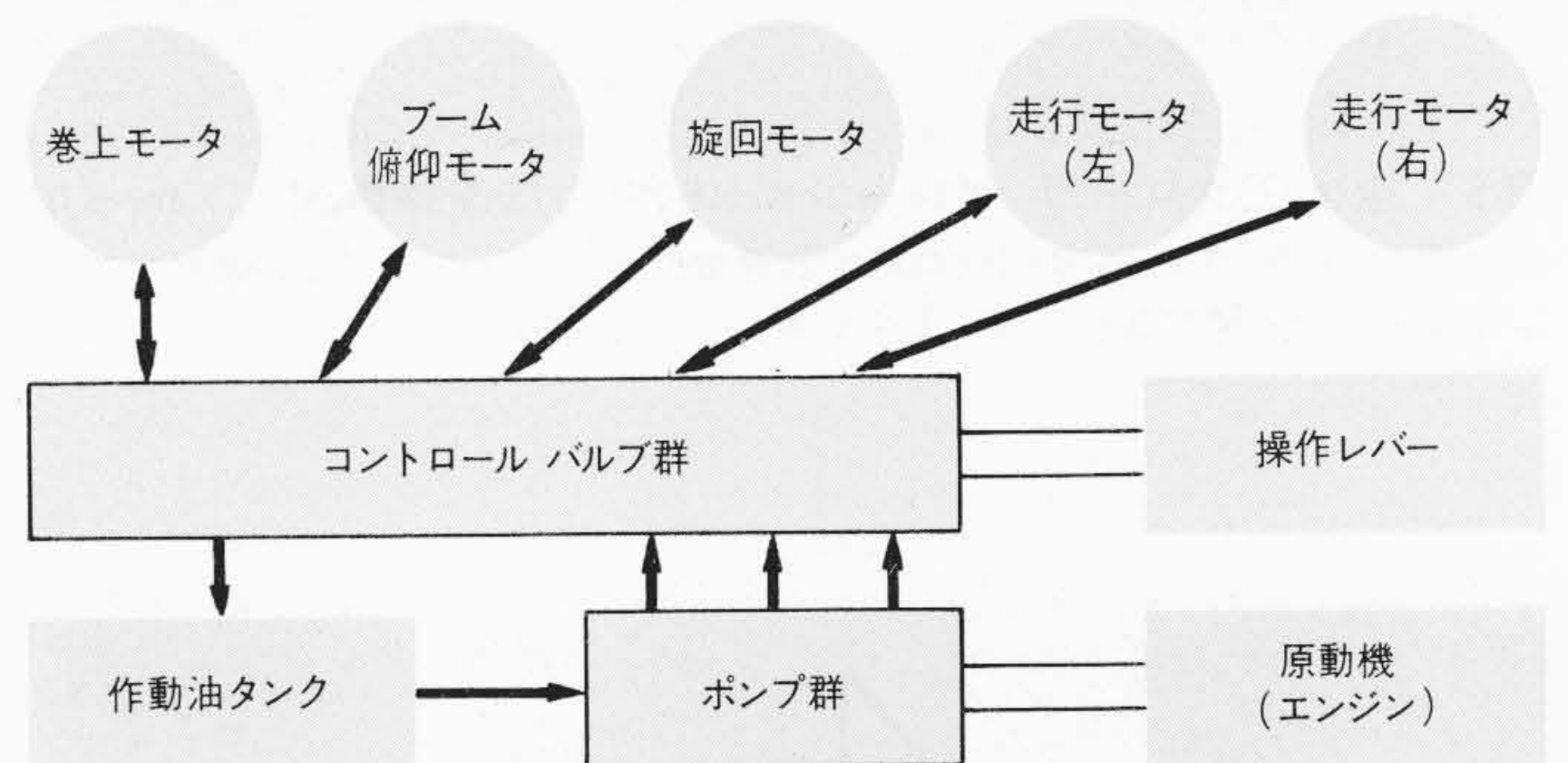


図4 全油圧クローラ クレーン油圧システム概要 全油圧クローラ クレーンの油圧システムは、油圧源となるポンプ群と油圧を制御するコントロールバルブ群及び5個の油圧モータから成る。

差により回転部の間げきがなくなり焼付きを起こす。これを防止するため、巻上モータに予熱回路を設け、タンク油温とモータ ケーシング温度の差を少なくなるようにした。

通常この油圧ロックは作業時に常用するが、長時間つり荷を保持する場合、あるいは空フックの急速巻下げ(フリー フォール)の制動用として、ドラムに従来形の機械式バンドブレーキも併用するようにしている。

3.2 操作性

操作系に要求される性能としては、当然オペレータの意志どおりに機械を動かせることが要求される。この前提条件の下に、運転を連続して行なっても疲労しないことが必要である。このためには、レバー操作力は小さくしなければならない。機械式駆動でのクラッチ操作系にも操作を軽くするために、空気圧あるいは動油圧を使用している場合があるが、クレーンとしては操作性の面でまだ十分とはいえない。油圧駆動では前述のように、操作はコントロールバルブの切換えにより

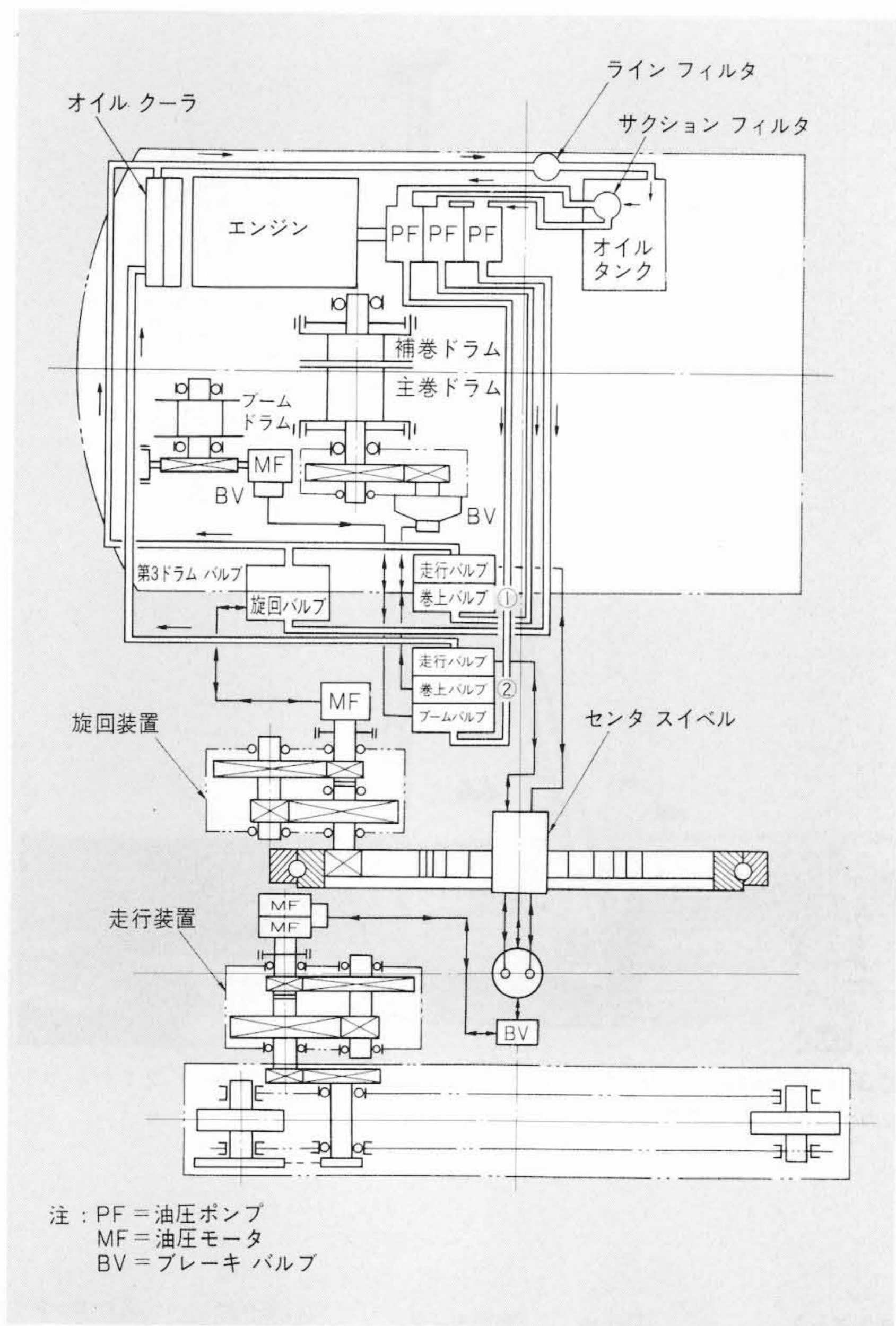


図5 全油圧クローラ クレーンKHI50動力伝達機構図 40tつり
全油圧クローラ クレーンKHI50の動力伝達機構を示す。ポンプは3連ポンプとし同時操作に支障のないようにしている。

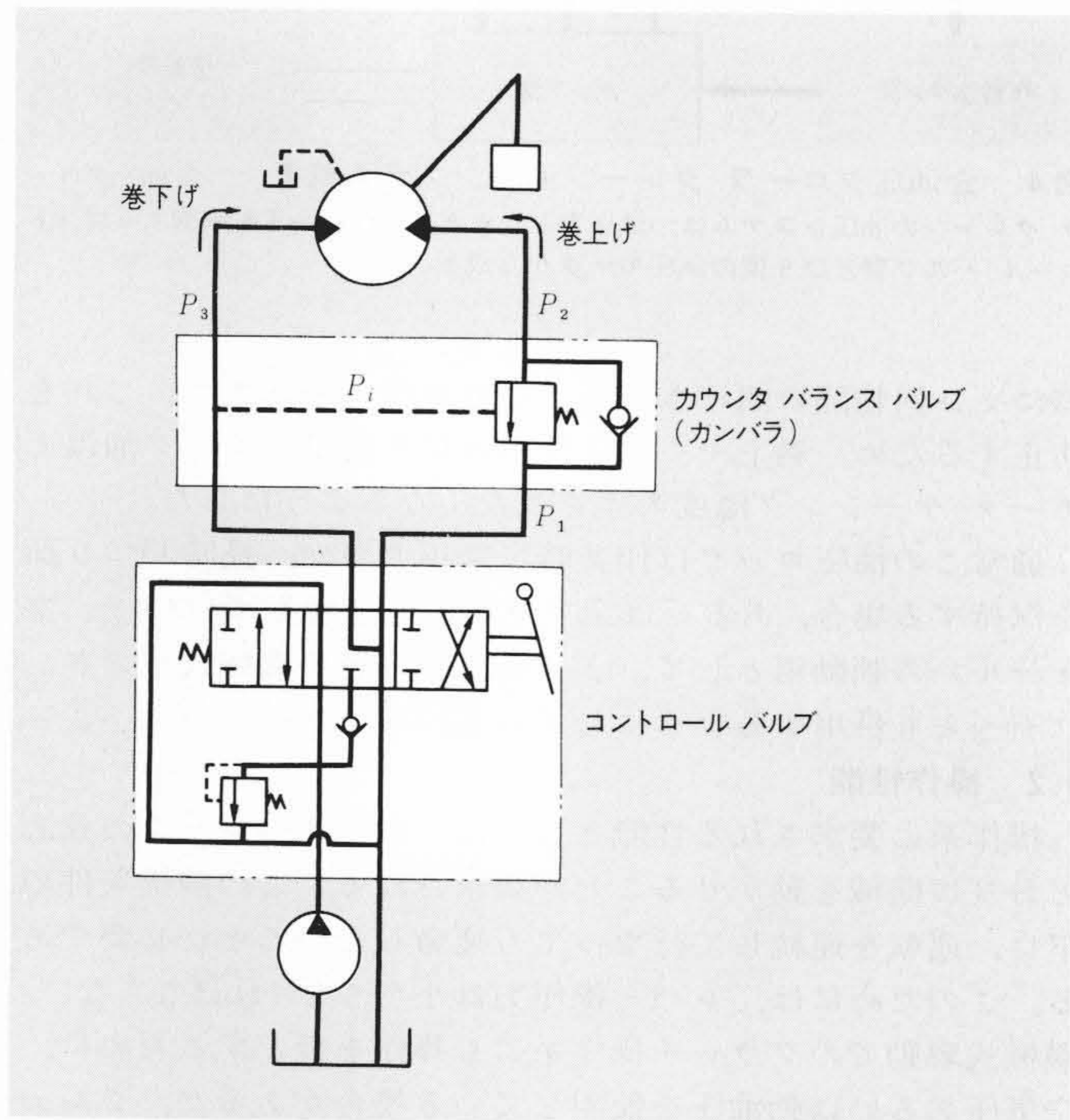


図6 巻上ウィンチ油圧回路 巻上ウィンチの油圧回路は、ポンプ、コントロールバルブ、モータ及びカンバラとで構成される。

行なう。したがって、操作力はコントロールバルブのスプールに装着された中立復帰用のスプリングに打ち勝つ力だけでよく操作は軽くなる。**表2**に各操作方式について測定した結果の一例を示す。時間遅れをオペレータがどのように感じるかについて、一般に次のように言われている。**0.3秒**以下ではオペレータはほとんど遅れを感じない。**0.5秒**ぐらい遅れがあると少し遅れがあると感じる。**1.0秒**程度になると遅れが非常に大きなものと感じ、オペレータは誤操作をしたのではないかと思う。**表2**は旋回操作について測定した結果を示したものであるが、この表から油圧駆動の場合は空気圧及び動油圧をブースタ源とした機械式駆動の場合に比べて、時間遅れが少なく運転感覚がダイレクト操縦のリンクレバー式及び静油圧式とほとんど変わらないことが分かる。**表2**に実際にどのくらいのイン칭ングが可能かを測定した結果も併せて示す。

クローラクレーンの巻上ブレーキは、安全性及び操作性の両面から特に厳しい性能が要求される。油圧駆動式の場合、操作レバーの操作が軽くなっているため、巻上ブレーキのペダル踏力も小さくしないと人間工学上の操作面でのバランスが悪い。このような観点から、巻上ブレーキには自動車のパワーステアリングバルブの原理を応用した油圧アシスト方式を採用してある。**図7**に巻上ブレーキに採用したブースタバルブを示す。このブースタバルブは、入力に比例して**2～3倍**の出力が得られる。また、もしエンジンの故障などで一次油圧が低下した場合でも、バルブ内部で入出力軸が機械的に連結されて、ブレーキの操作を行なうことができるので安全である。

4 作業速度

4.1 巻下速度(動力降下)

荷重及びブームの動力降下を行なうのに機械式駆動ではエンジンブレーキを利用する。**図8**にエンジンのブレーキ特性の一例を示す。この図から分かるように、巻上時と同荷重を降下させるためには、減速比を巻上時に比べて**2～3倍**程度大きくとらなければならない。したがって、巻下速度は巻上速度の**1/2～1/3**ぐらいにならざるを得ない。これに対して油圧駆動では、カンバラ弁のカウンタバランス作用により動力降下を行なう。巻下速度は、巻上モータに流入する油量によるので巻上速度と同速度になる。タワークレーンなど高揚程のものでは、巻下速度が大きいと作業能率が大幅に向上する。揚程**40m**から荷重を巻き下げた場合、機械式駆動では約**3分**かかるものが油圧駆動では約**1.5分**で済む。

4.2 走行ステアリング

今までの機械式のクローラクレーンでは、走行中その進行

表2 各操作方式の操作力とタイムラグ(旋回操作) 各操作方式で旋回を行なったときの実測データを示す。

駆動方式	油圧駆動	機械駆動			
		リンクレバー式	リンクレバー式	静油圧式	空気圧式
最大操作力(kg)	8	14	10	3.5	8
レバーストローク(mm)	150	210	350	150	150
時間遅れ(s)*	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5
イン칭ング可能距離(mm)*	10	10	15	150	50

注: * 時間遅れとは、レバーを入れてから旋回体が動き出すまでの時間である。
** イン칭ング可能距離とは作業半径7mの点でブームポイントの動き量を測定した。

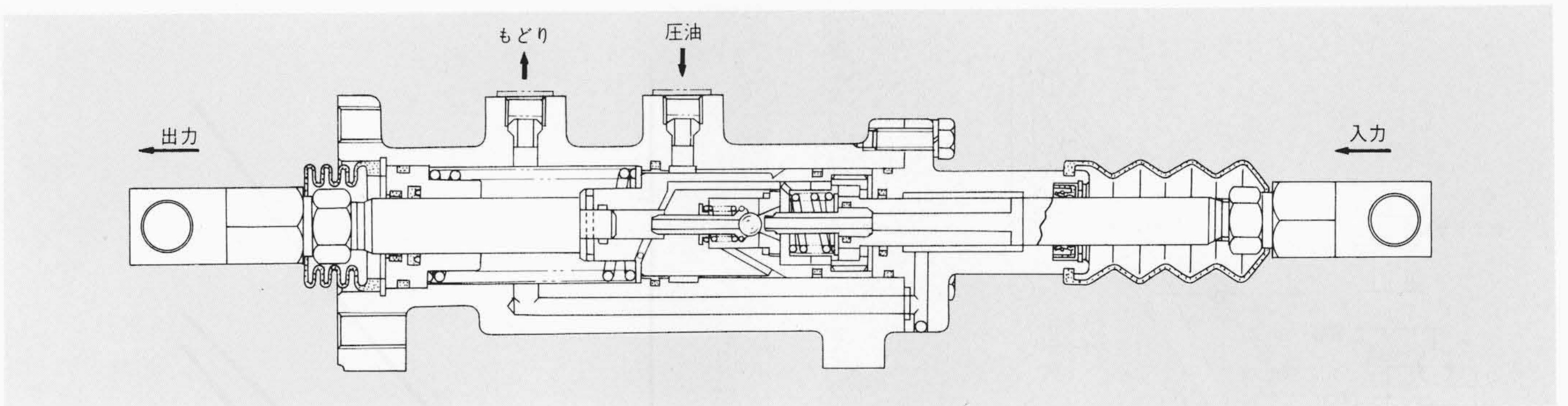


図7 ブースタバルブ 巻上ブレーキに使用しているブースタバルブである。

方向を変えるのには、いったん停止してから片側のクローラを駆動するためのジョー クラッチを抜かねばならない。これで片側のクローラを停止して方向を変えるピボット ターンを行なうことになる。

油圧駆動の場合は、左右のクローラを独立に駆動する。そのため、ステアリングはピボット ターンのほかにスピントーンも可能になっている。図9に示すようにスピントーンの回転半径はピボット ターンの場合の半である。そのため、スピントーンではステアリング時間がピボット ターンのとくに比べて半分になる。また回転半径が小さいために、走行路の狭い作業現場での移動が容易にかつスピーディにできる。このことは狭い現場におけるくい打作業でのくいの位置決めなどに大きな利点として評価されている。

5 安全装置

油圧駆動としたために、安全装置として自動停止装置を装備できるようになった。自動停止の方法にも種々あるが、図10に一例としてKH150クローラ クレーンに装備した巻上自動停止装置を示すとともに、作動原理について説明する。図11はカンバラ内のチェック弁を示している。通常の巻上時はポートBとCが連結されており、圧力は $P_B = P_C$ となっている。ここで、 $P_A > P_C = P_B$ であるから圧油はチェック弁ポペット

を押し上げてモータへ流れる。フックが揚程の上限まで巻き上げられて自動停止する場合は、ポートBとAが連結され圧力は $P_B = P_A$ となる。ここで、径 $d_2 > d_1$ であるのでポペットはシート面に押し付けられ、圧油はモータへ流れることはできないので、巻上げは停止する。

KHシリーズでは、自動停止装置をフック過巻防止用、ブーム過巻防止用として装備している。

このほかにフェールセーフの観点から、ブーム俯仰装置には油圧回路とインターロックしたネガチブ ブレーキを装備している。

6 作動油

油圧駆動の機械では、作動油が動力伝達媒体となっている。したがって、作動油の管理が機械の性能と大きく結びついてくる。作動油としては鉱物性のタービン油を使用している。KHシリーズでは作動油温は $30 \sim 80^\circ\text{C}$ の範囲内になるようにしている。これは作動油の粘度を適正に保つためである。作動油の温度が高過ぎたり低過ぎたりすると次のような現象が起こりやすくなる。

低過ぎる場合は、

- (1) 応答遅れが大きくなる。
- (2) キャビテーションを起こしやすくなる。

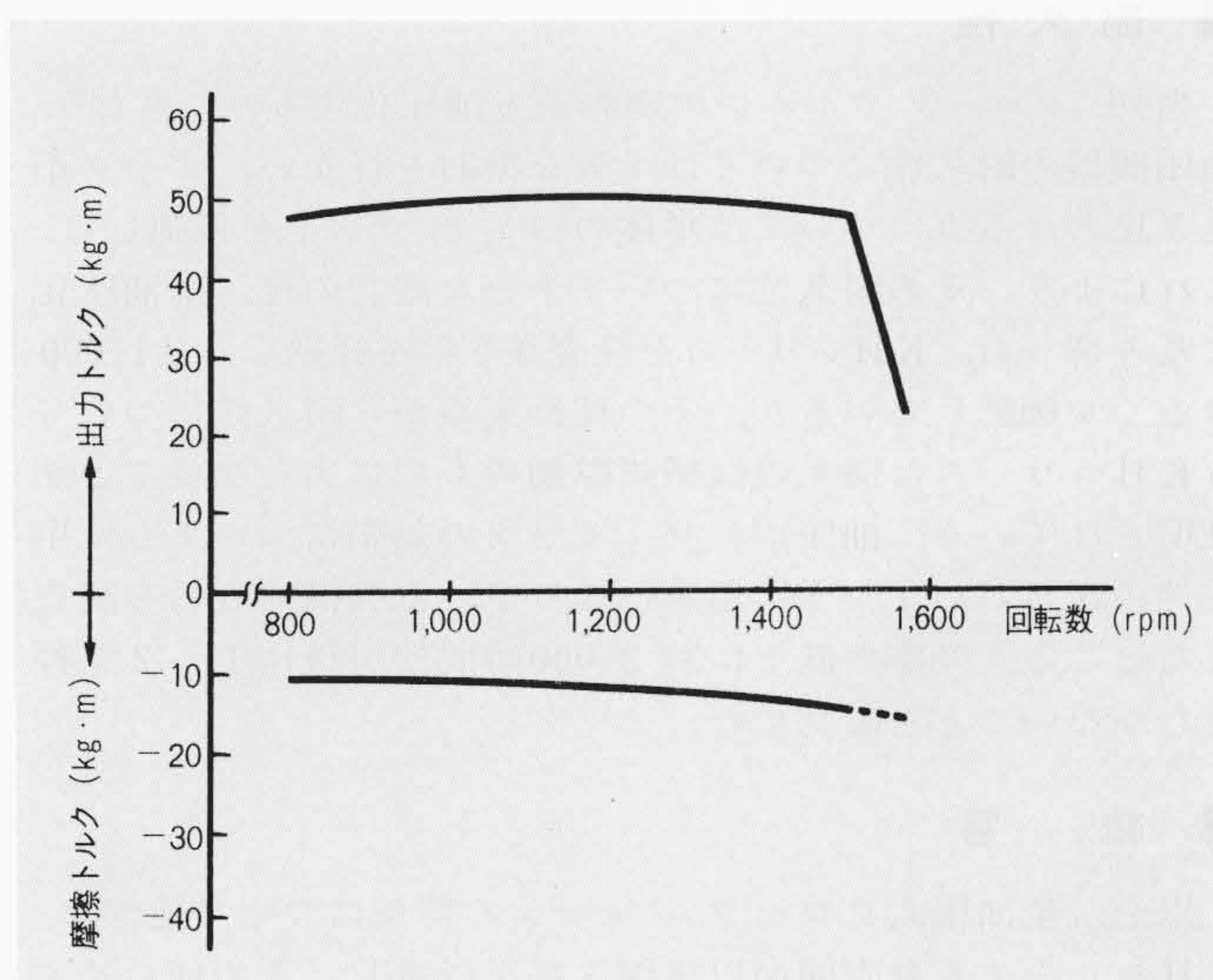


図8 デーゼルエンジンの出力トルクと摩擦トルクの例 機械式のクローラ クレーンは、エンジンの出力トルクで巻き上げ、摩擦トルクにより巻き下げる。

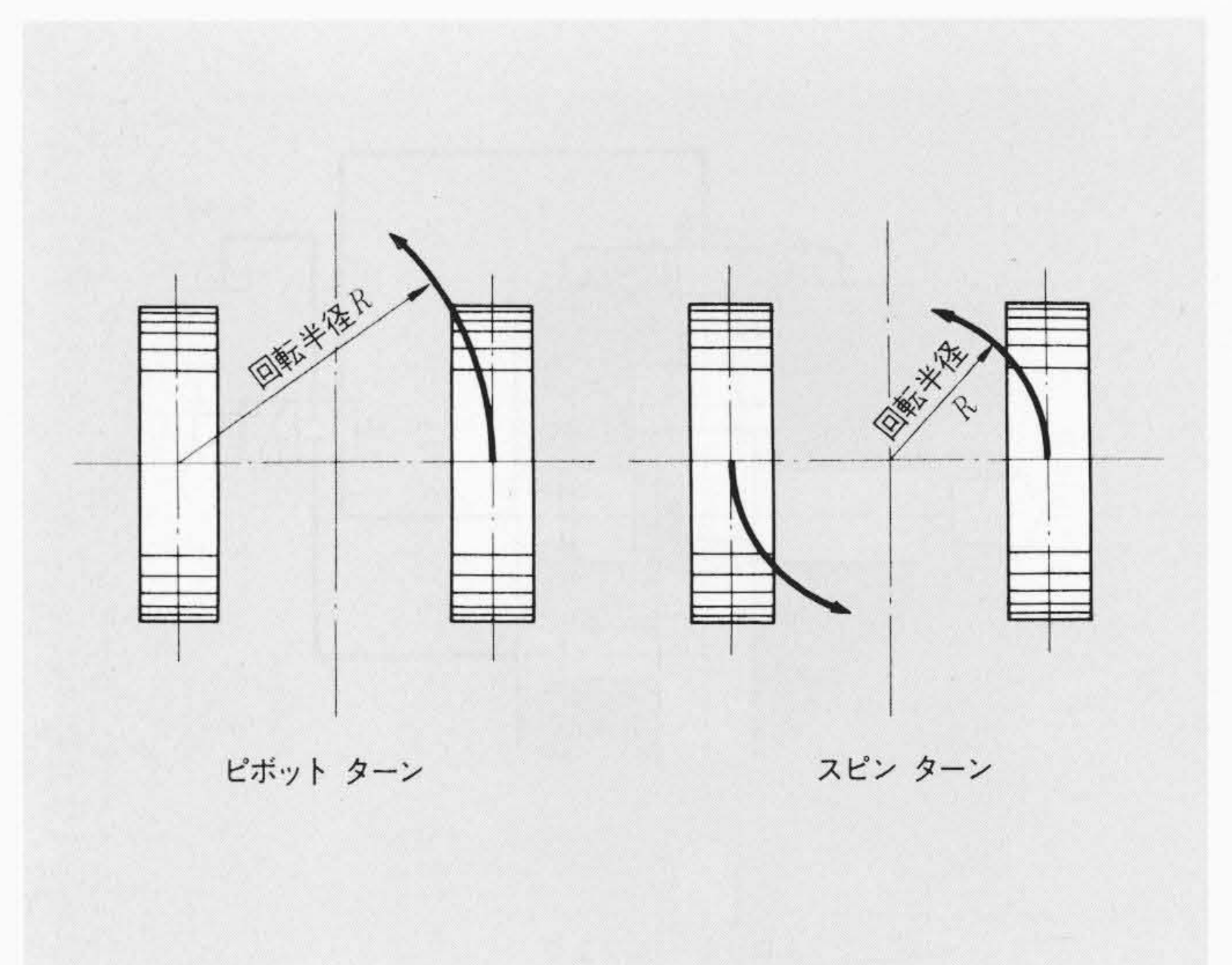


図9 ステアリング スピントーンの方がピボット ターンのとくに比べて回転半径は半分になる。

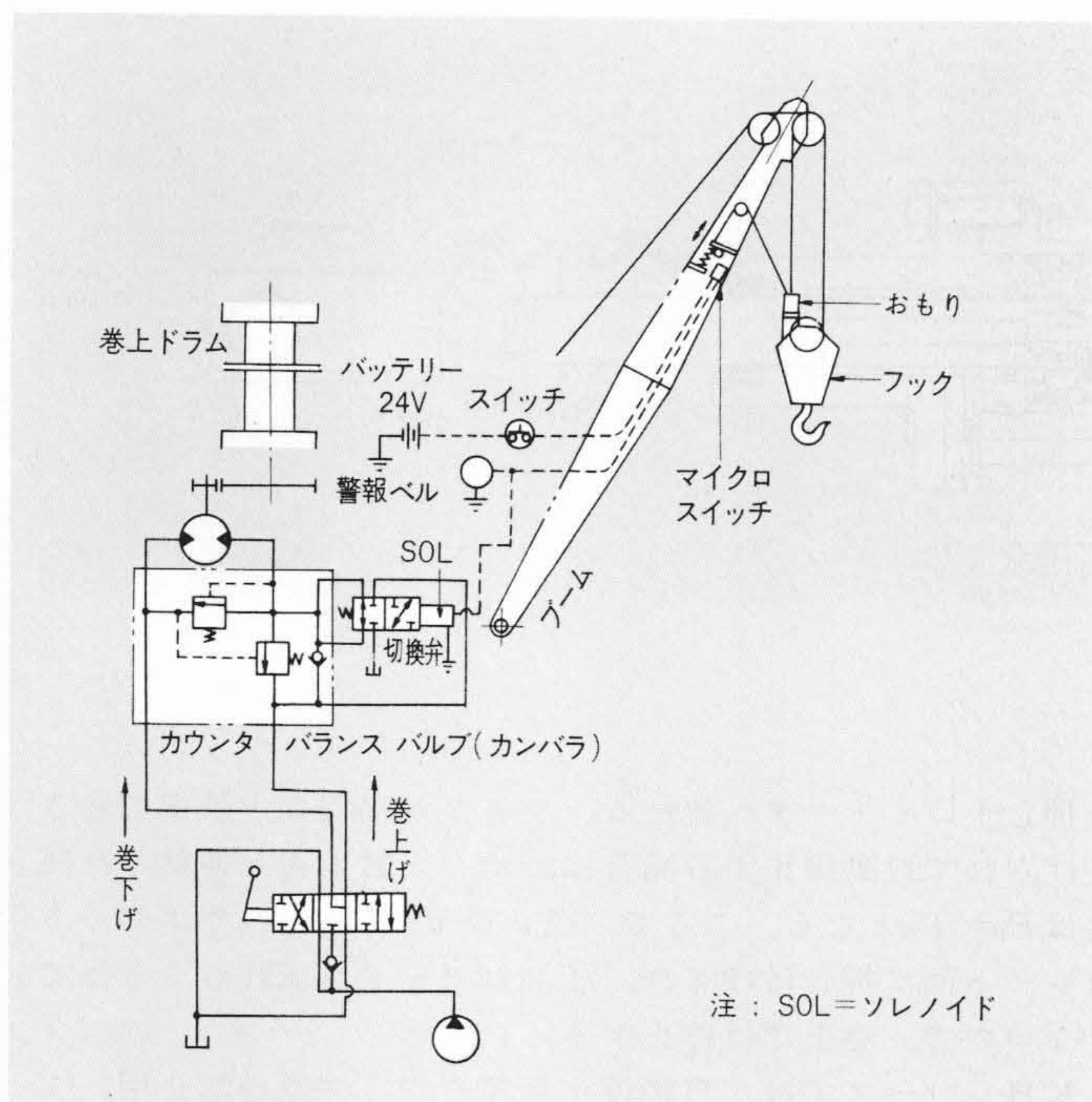


図10 KHI50巻上自動停止装置 フックの過巻をマイクロ スイッチで検出し、カンバラ内のチェック弁の前後の面積差により油の流れを止める。

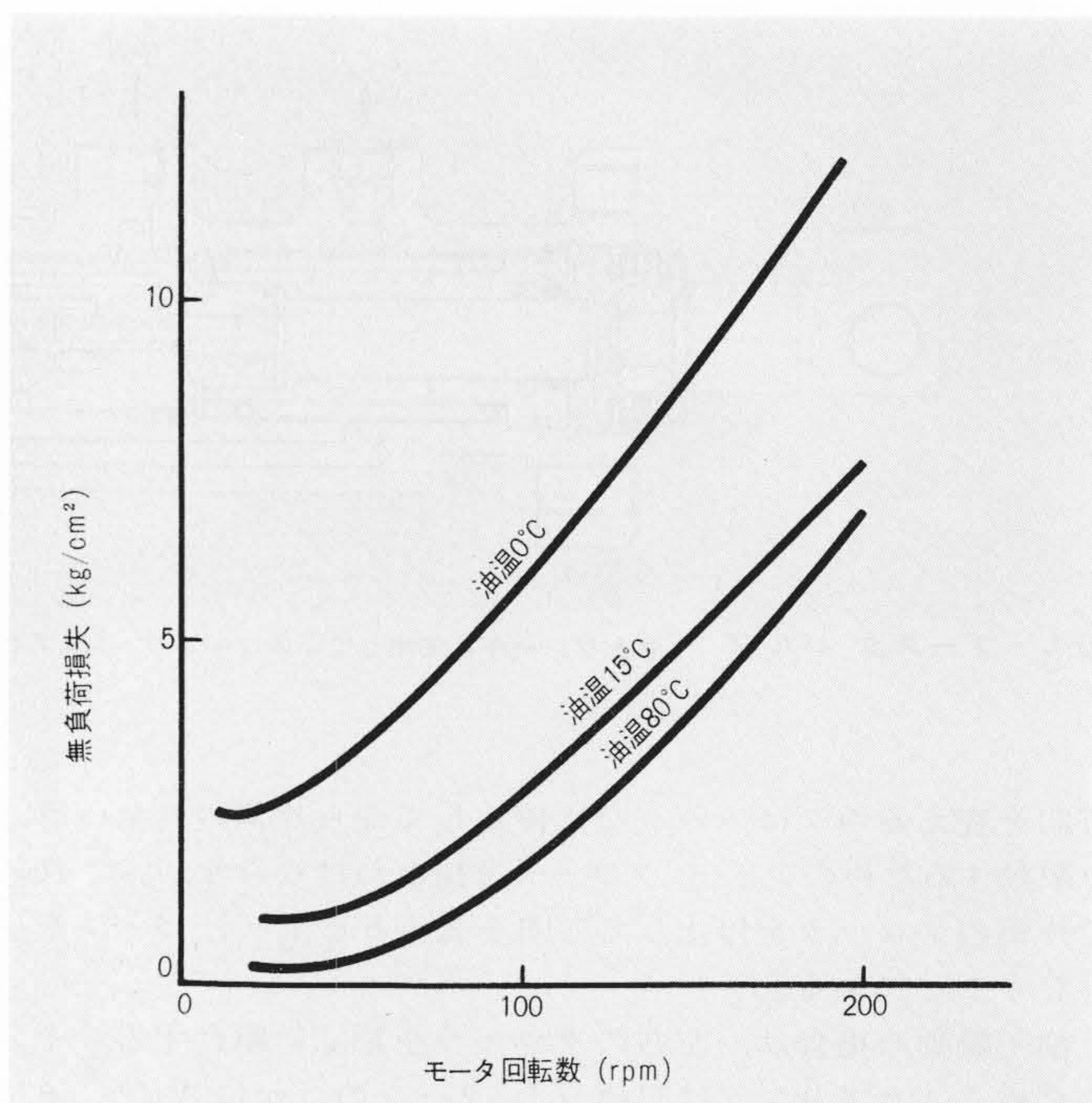


図12 巻上モータ無負荷損失 油温が低いほど無負荷損失は増大する。

(3) 管路の圧力損失が大きくなる。

高過ぎる場合は、

- (1) 作動油が劣化しやすくなる。
- (2) アクチュエータの効率が低下する。
- (3) 油漏れしやすくなる。

図12に巻上モータの油温による無負荷損失の変化を示す。油温の高いほうが無負荷損失は小さい。反面、油温が高くなると漏れ量が増加し容積効率が低下する。油圧システムとしての効率は40～60°Cが最も良い。

通常、冬季には始業時油温を30°C以上に上げるために暖気運転を行なうが、KHシリーズでは暖気運転の時間を短縮するために、油温の低いときは油がオイルクーラを通過しないようにバイパス回路を設けてある。

油圧駆動機械の保守のポイントは、作動油をいかに清浄に保つかということである。KHシリーズでは次の3箇所にフィルタを配置して、回路中のごみを除去している。

- (1) ポンプ吸入回路
- (2) メイン リターン回路
- (3) パイロット デリベリ回路

これらのフィルタのエレメントを一定期間ごとに点検清掃することにより油圧機器の故障の早期発見ができる。リターン フィルタ及びパイロット フィルタには、エレメント破損防止のために目詰まりした際のバイパス リリーフ弁が付いている。エレメントを目詰まりさせたまま使用することは、フィルタの効果をなくし油圧機器の寿命を短くするので絶対に避けなければならない。

7 耐久性

当初、クローラ クレーンの駆動系を油圧化するのに当たり、油圧機器の耐久性については十分な検討を行ない、データ不足と思われる点については単体のベンチ テストを実施した。これにより、その耐久性について十分な確認の後、全油圧化に踏み切った。KHシリーズを発売後5年を経過し、約1,000台近くが稼動しているが、その稼動実績から耐久性についてもKHシリーズは従来の機械式駆動のものに劣らないことが証明されている。油圧ポンプ、モータの効率についても使用条件の厳しいバケット作業を行なっている機械のものを調査したところ、効率の低下は約3,000時間使用後に1～2%程度しかないことを確認した。

8 結 言

以上、全油圧式クローラ クレーンの特長について述べた。KHシリーズも発売開始以来満5年を経過し、その使いやすさがユーザー各位に十分理解を得たものと考えられるようになったが、今後もますます研究を重ね、よりいっそう性能の向上を図っていく考えである。

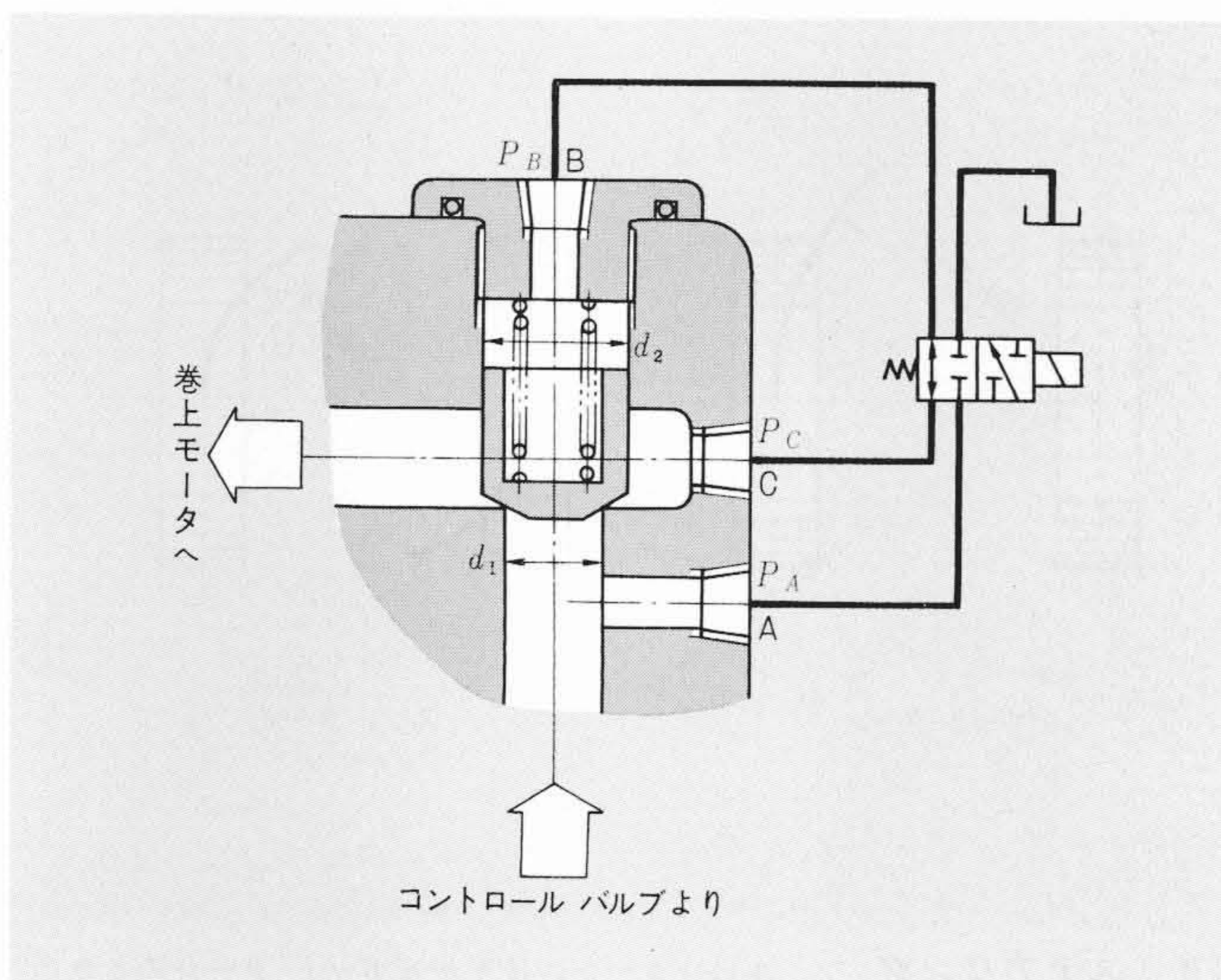


図11 カンバラのチェック弁（自動停止） 停止時は $P_A = P_B$ となり、面積差 $\frac{\pi}{4}(d_2^2 - d_1^2)$ によりバケットを閉じる。