

NACHI
**TECHNICAL
REPORT**
Components

Vol. **13**B2
June/2007

機能部品事業

工具
ロボット

■ 新商品・適用事例紹介

コンパクトで高機能
「ユーティリティ建機用油圧機器シリーズ紹介」

Series of High-function, Compact
Hydraulic Equipment for Utility Machines

〈キーワード〉 ミニショベル・後方小旋回機・走行モーター
旋回モーター・ピストンポンプ

部品事業部／技術二部

江尻 誠

Makoto Ejiri

要 旨

NACHIの油圧事業は、省エネ・コンパクト・ハイパワーというつよみを活かし、一般産業機械用（構成比約45%）、建設機械用（40%）、自動車用（カーコントロールバルブ）（15%）、各分野で確固たるポジションを築いている。

建設機械用では、ミニショベルを中心としたユーティリティ建機（6t未満）の走行モーター、旋回モーター、ピストンポンプにおいて、世界トップシェア（約50%）を有し、世界のほとんどのミニ建機メーカーに納入して高い評価を得ている。

近年、建機メーカーのニーズは後方小旋回機の開発と性能向上を目的として、さらなるコンパクト化、走行自動変速化など、技術的難易度が高くなっている。これらのニーズに対応するため、NACHIは開発・改良を重ね、常にミニショベルを中心としたユーティリティ建機に対して最適なパフォーマンスを提供できる油圧機器を市場投入している。

Abstract

NACHI has established a firm position in its Hydraulic Equipment business with the strong product features such as energy saving, compactness and high power, achieving approximately 45% share in General Industrial Machine sector, 40% in Construction Machine sector and 15% in Automobile Control Valve sector.

In the application for Utility Machines, each market share of a wheel motor, a swing motor and a piston pump for a mini-excavator of 6 tons or less accounts for approximately 50% of the several total. These products are delivered to almost all mini-excavator makers around the world and are highly reputable.

Recently construction machine makers have been aiming for a development of Zero Tail Swing and the performance improvement, requiring further compactness of the unit and automatic transmission, raising the level of the technology.

In order to satisfy these needs, NACHI has been constantly developing and improving our products and has been introducing hydraulic units with optimum performance for Utility Machines



1.コンパクト化が求められるユーティリティ建機用油圧機器

ユーティリティ建機を中心とする^{※1}ミニショベルは1990年代から、狭所での作業性と安全性を向上させるため、日本市場を中心に、その形態が機体後方への張り出しが大きい「標準機」から、機体後方への張り出しが小さく、上部旋回体が回転しても機体後方部がクローラー幅からはみ出ない「後方小旋回機（図1）」に変化してきた。「後方小旋回機」は欧州でも拡大傾向にあり、世界的にもミニショベルの主流となりつつある。

「後方小旋回機」は、その形状から油圧機器の取り付け部分が狭小化しており、建機メーカーからは油圧機器に対して「従来品と同等性能を維持しながら、さらなるコンパクト化を実現して欲しい。」というニーズがさらに高まってきている。

NACHIは、ミニショベルの主流である「後方小旋回機」に最適なパフォーマンスを提供できる油圧機器をシリーズ化し、市場投入している。

現在、シリーズ化しているユーティリティ建機用油圧機器の中で主力商品である 走行モーター「PHVシリーズ」、旋回モーター「PCRシリーズ」、ピストンポンプ「PVDシリーズ」について、建機メーカーのニーズとそれに対する商品の特長、仕様を紹介する。



図1 ミニショベル（後方小旋回機）

2. 高速と高トルク 走行モーター「PHVシリーズ」

1) 走行モーターへのニーズ

ミニショベルはあらゆる路面での走行性能を要求されるためクローラー駆動方式であり、走行モーターはクローラー駆動用モーターとして使用される。

走行モーターは岩石その他の障害物にぶつかり、ボディや油圧配管が破損するという事故を防止するため、走行装置としての必要な機能を1つのケース内に一体化してクローラーの幅内に収納できるサイズであることが要求される。

また、油圧ショベルの作業効率を上げるために作業現場では高速移動のニーズが高まり、走行モーターにはパイロット圧力でモーター容量を2段階に切り替えられる機能を持ち、作業に合わせて1速モード(低速高トルク)と2速モード(高速低トルク)を選択できる2速タイプが採用され、エンジン出力を変えずに高速化を実現している。

ミニショベルはクローラー回りの小さなスペースに2速タイプ走行モーターを納めなければならないため、建機メーカーから走行モーターに対するコンパクト化のニーズが高い。

2) 特長

①コンパクトサイズ

走行モーターは大きく分けて3つの構成要素(油圧モーター、減速機、油圧バルブ)から構成されている。(図2) PHVシリーズは各々の構成部品について機能を追及し、1つの部品に複数の機能を持たせることを積極的に行ない、全体をコンパクトなものに仕上げている。

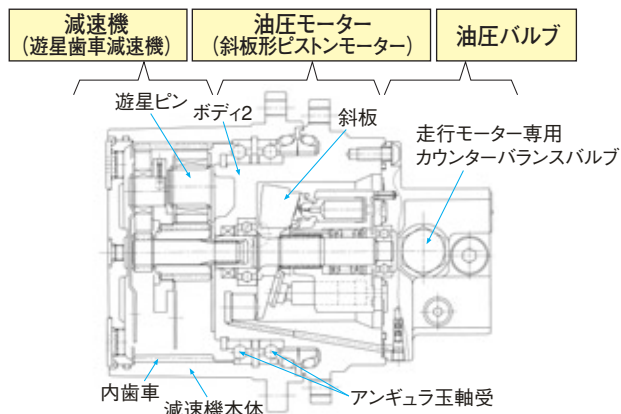


図2 走行モーター構造図 (PHV-2B)

a) 油圧モーター

(流体エネルギーを回転運動に変換する。)

斜板形ピストンモーターを採用しており、高効率で油温による効率変化が少ない上に、形状がケース内に内蔵しやすく、コンパクトなサイズとしている。また、斜板角度を変更することにより、建機メーカーが要求する容量に容易にあわせることができる。

b) 減速機

(油圧モーターで得られた高速低トルクを低速高トルクに変換する。)

遊星歯車減速機を採用しており、コンパクト&軽量化のために内歯車と減速機本体、遊星ピンと油圧モーターボディ2を一体構造にしている。主軸受には専用の高負荷容量のアンギュラ玉軸受を使用して外形は小さくても車体質量を支えるだけでなく、外力に対しても十分な耐久性を有するものとなっている。

c) 油圧バルブ (流体エネルギーを制御する。)

走行モーター専用カウンターバランスバルブを標準装備しており、停止時の速度を制御してショックを低減する。油圧バルブのボディを油圧モーターと一体構造にしてコンパクト化を実現している。

②2速モーター

PHVシリーズは斜板形ピストンモーターを採用して、パイロット圧力で斜板の傾転角度を変えることでモーター容量を2段階(大容量と小容量)に切り替えることのできる構造を持ったものとしている。(図3) これによりエンジン出力を変えずに、力強い作業から高速移動まで幅広い用途に対応できる。

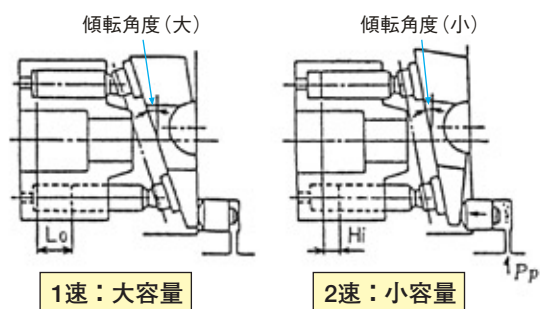


図3 斜板方式 2速モーター

③充実したオプション機能

PHVシリーズは4つのオプション機能を装備することが可能であり、多様なカスタマーニーズに対応できる。

a) 自動1速バルブ

平地における高速走行時は走行負荷圧力が低く、モーターは2速（小容量）で高速（低トルク）回転している。例えば、この状態からドーザー作業などで走行負荷圧力が上昇した場合、自動1速バルブはその圧力を検知してモーターは1速（大容量）に自動的に切り換わる。これにより走行モーターは低速（高トルク）で回転するので、トルク不足で停止することがなく、オペレーターはストレスのない連続した作業ができる。（図4）

b) パーキングブレーキ

走行モーターの外観寸法を変えることなく、油圧モーターにメカニカルブレーキを内蔵することが可能であり、作業時の足回りの保持力をアップさせ、安定した掘削作業が可能となる。

c) サージキラーリリーフバルブ

実機の使用条件によりモーターが停止した瞬間に車体の慣性力によって発生するサージ圧力から、油圧モーターが破損しないように保護することができる。

d) ショックレスリリーフバルブ

モーターが高速回転する場合には停止する時にショックが発生しやすいため、ショックレスリリーフバルブを装着して速度変化をやわらげてショックを低減することができる。

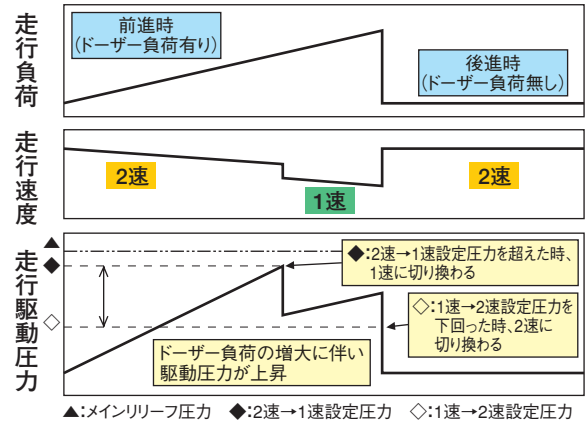


図4 自動1速作動状態（ドーザー作業）

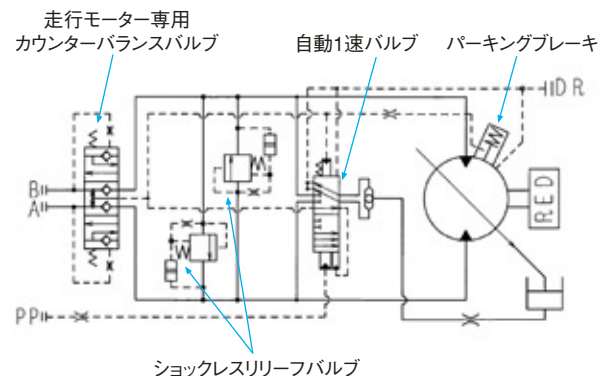


図5 走行モーター油圧回路図（オプション機能）

3) 仕様

PHVシリーズは適用ミニショベルサイズに合わせて4サイズで構成している。

表1 走行モーター「PHVシリーズ」の仕様

形式	減速比	油圧モーター容量		走行モーター			油圧モーター			バルブ T:自動1速バルブ S:ショックレスリリーフバルブ R:サージキラーリリーフバルブ	質量 (オプション無し)	適応ショベル重量 (参考)
		Lo	Hi	最大等価容量 (Lo)	最大出力トルク (Lo)	最高回転数 (Hi)	最高圧力	最高回転数 (Hi)	駐車ブレーキトルク			
		cm ³ /rev	cm ³ /rev	N-m理論	min ⁻¹ 理論	Mpa	min ⁻¹ 理論	N-m				
PHV-1B	1/25.26 1/36.96	9.5	4.7	458.3	1,510	80	24.5	3,000	19.6 (オプション)	T (オプション)	17	~1.5
		10.9	5.6									
		11.4	5.8									
PHV-2B	1/31.00 1/39.00	16.1	8.4	670.8	2,420	75	24.5	3,000	30.4 (オプション)	T (オプション)	24	~2.0
		16.1	9.1									
		17.2	8.6									
PHV-3B	1/36.51 1/45.20	20.7	10.9	1134.5	4,114	70	24.5	3,500	36.3 (オプション)	T・S・R (オプション)	36	~3.5
		21.4	12.0									
		23.6	12.9									
PHV-4B	1/36.80 1/47.53	28.6	17.4	1677.8	6,893	65	24.5	3,500	86.3 (オプション)	T・S・R (オプション)	56	~6.0
		29.7	18.3									
		34.2	19.1									

3. コンパクトでメンテナンスフリー 旋回モーター「PCRシリーズ」

1) 旋回モーターへのニーズ

ミニショベルにおいて旋回モーターは上部旋回体を回す目的で使用される。出力回転はピニオン軸※8で外へ取り出す構造で、実機フレームに固定された旋回ベアリングにその回転運動を伝達し、上部旋回体を旋回させる。

旋回モーターは受ける慣性力が大きく、停止時には油圧モーターに高圧が発生して破損する恐れがある。そのため、リリーフバルブが標準的に内蔵されている。

ミニショベルでは旋回モーターはオペレーターの足下付近に取り付けるため、従来から高さ寸法についてコンパクト化のニーズが高かった。後方小旋回機になると機体の後方部が小さくなり、旋回モーターは配置できるスペースがさらに限定されることから設置場所の自由度を広げるために、さらにコンパクト化するよう求められている。

2) 特長

①コンパクトサイズ

旋回モーターは走行モーターと同様に3つの構成要素から構成されている。PCRシリーズはその構成要素の配置から見直し、高さ寸法を短縮することで運転席足元の床下に搭載可能としている。また、減速機に油圧作動油による潤滑方式を採用することでギヤ油交換を不要としたメンテナンスフリーと部品点数縮減によるコンパクト化を同時に実現している。(図6)

②ショックレスリリーフバルブ

旋回モーターは実機の慣性力により起動および停止時にショックが発生しやすいため、PCRシリーズはショックレスリリーフバルブ(図7)を標準装備している。旋回起動・停止時のリリーフ圧力を二段制御(一次圧力、設定圧力)して、モーターの速度変化をやわらげてショックを低減することができる。(図8)

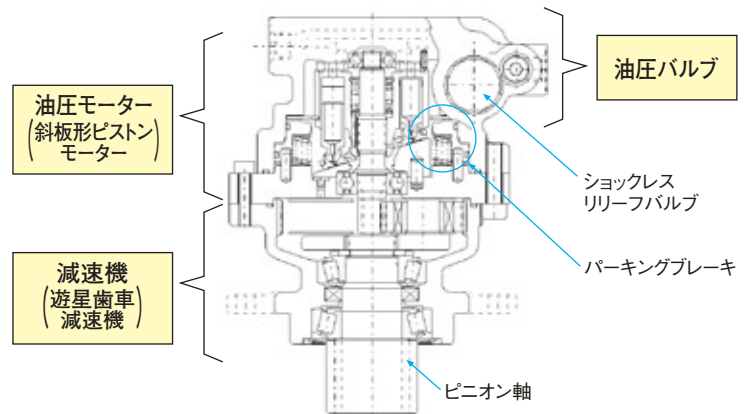


図6 旋回モーター構造図 (PCR-1B)

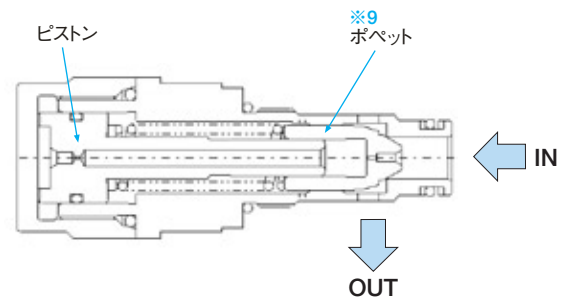


図7 ショックレスリリーフバルブ構造図

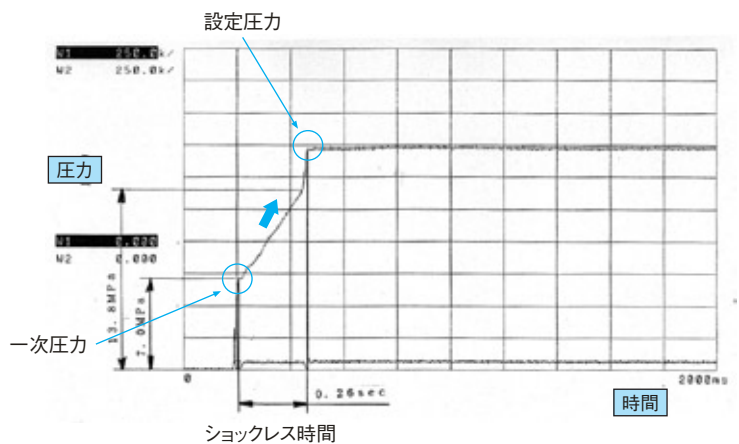


図8 ショックレスリリーフバルブ動特性

③充実したオプション機能

PCRシリーズは3つのオプション機能を装備することが可能であり、多様なカスタマーニーズに対応できる。

a) パーキングブレーキ

旋回モーターの外観寸法を変えることなく、油圧モーターにメカブレーキを内蔵することが可能であり、駐車時および走行時の上部旋回体が振れないようにすることができる。

※10

b) P/Bタイマーバルブ

パーキングブレーキとセットで使用し、旋回停止時にパーキングブレーキを一定時間解除して、スムーズな減速フィーリングを確保することができる。

c) 反転防止弁

旋回停止時の閉じ込み圧力を反対ポートへバイパスして、反転動作を減少させることができる。

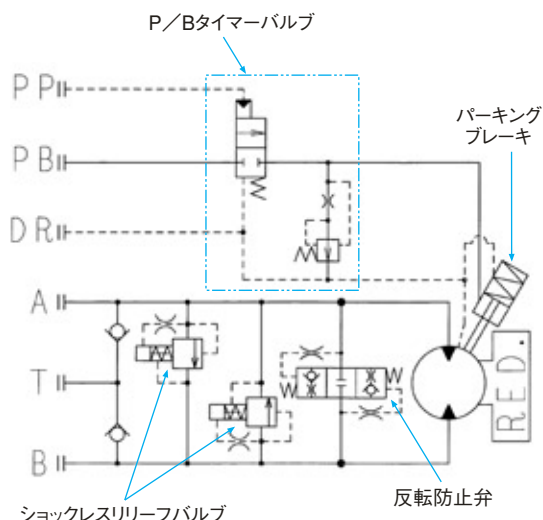


図9 旋回モーター油圧回路図(オプション機能)

3) 仕様

PCRシリーズは適用ミニショベルサイズに合わせて3サイズで構成している。

表2 旋回モーター「PCRシリーズ」の仕様

形式	減速比	油圧モーター容量 (Lo/Hi) cm ³ /rev	旋回モーター			油圧モーター			バルブ F:P/Bタイマー バルブ G:反転防止弁 S:ショックレス リリーフバルブ	質量 (オプション無し) Kg	適応ショベル 重量 (参考) ton
			最大等価容量 (Lo) cm ³ /rev	最大出力トルク (Lo) N-m理論	最高回転数 (Hi) min ⁻¹ 理論	最高圧力 Mpa	最高回転数 (Hi) min ⁻¹ 理論	駐車ブレーキ トルク N-m			
PCR-1B	1/10.0	18.1 20.0 22.1 23.6	236	627	100	21.6	1,000	68.4 (オプション)	S (標準装備) F (オプション)	24	~2.5
PCR-2B	1/21.5	12.5 13.3 14.5 16.0	344	1,000	100	21.6	2,200	68.4 (オプション)	S (標準装備) F (オプション)	34	~3.5
PCR-3B	1/21.5	18.1 20.0 22.1 23.6	507	1,399	100	21.6	2,200	68.4 (オプション)	S (標準装備) F・G (オプション)	37	~5.0

4. 定馬力制御 可変ピストンポンプ「PVDシリーズ」

1) 可変ピストンポンプへのニーズ

油圧ショベルは走行モーターによる自走機能を有する機械であり、走行直進性を確保するために油圧システムには左右の走行モーターに油圧を供給する同容量の2台のポンプが必要となる。

また、走行速度の高速化とエンジン馬力の有効利用のために定馬力制御を有する2連の可変ピストンポンプが必要となった。

ミニショベルでは油圧ポンプをエンジンルームの限られたスペースに納めなければならないため、従来から油圧ポンプに対してコンパクト化のニーズが高かった。後方小旋回機では機体の後部分が小さくなり機器を搭載するフレームが小さくなるため、さらにそのニーズが高まった。

2) 特長

①コンパクトサイズ

PVDシリーズは偶数本のピストンを持ち、スプリットフローと呼ばれるシリンダパレルから内と外に配置したバルブプレートの吐出溝へ交互に油を吐き出す機構(図10)で、1連の可変ポンプの長さ寸法で2連の可変ピストンポンプの機能を実現し、1988年に市場投入を行なっている。

ミニショベルの狭いエンジンルームに納まるコンパクト性で、高い評価を得ており、後方小旋回機においても、そのコンパクト性は市場での優位性を確保している。

②定馬力制御

PVDシリーズは定馬力制御機構を標準装備しており、定馬力特性(図11)が基本となっている。軽負荷時には作業速度が早く、重負荷時にはゆるやかな速度となっており、その間のエンジン出力を有効に利用することができる。

また、この定馬力制御は2個分のポンプの馬力合計を一定にするように行なわれるので、片側のポンプのみ負荷がかかる場合でも、エンジン出力を最大限に利用することができる。

これにより、エンジンは定吐出量のギヤポンプを使用する場合より出力の小さなものを使うこともできる。特に車重の軽いクラス用のPVD-00B~1Bは斜板支持部にボール構造を採用し、斜板垂直荷重(F1)とスプリング荷重(F2)をバランスさせる構造で良好な定馬力特性を有しながら、さらなるコンパクト化を実現している。(図12)

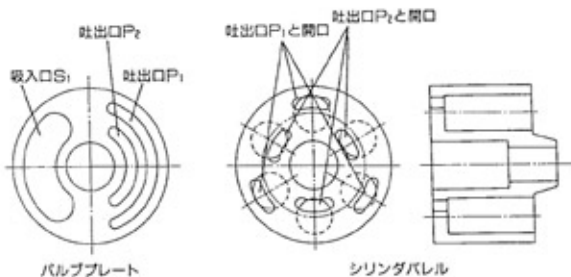


図10 スプリットフロー 原理

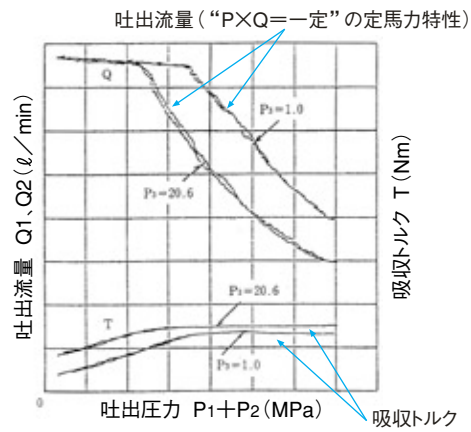


図11 定馬力制御特性 (PVD-1B)

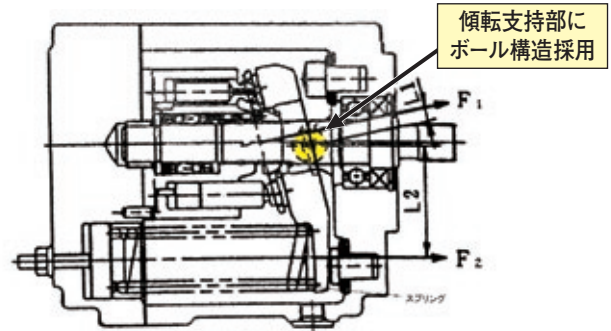


図12 定馬力制御構造 (PVD-1B)

③充実したオプション機能

PVDシリーズは3つのオプション機能を装備することが可能であり、多様なカスタマーニーズに対応できる。

a) ギヤポンプ

※12 旋回モーター駆動用およびパイロット用ギヤポンプをピストンポンプの後に取り付けることができる。

b) パワーシフト(全馬力制御)

旋回モーター駆動用ギヤポンプの圧力をピストンポンプの斜板傾転制御機構に導くことにより、ギヤポンプとピストンポンプの馬力全体を一定馬力内に制御することができる。

c) バルブブロック

※13 ※14 油圧ジョイスティックへ導かれるパイロット圧力を制御することなどに使用されるバルブブロックをオプション装備することが可能であり、実機の油圧配管を少なくすることができる。

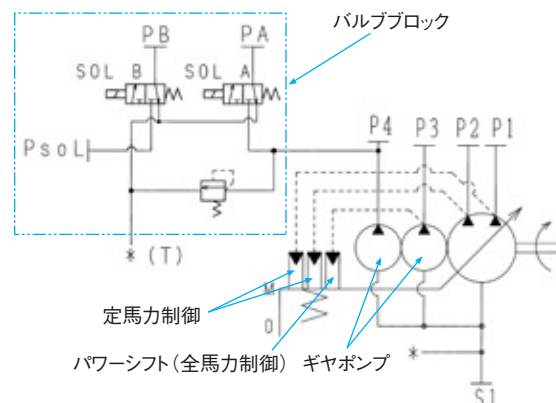


図13 ピストンポンプ油圧回路図 (オプション機能)

3) 主仕様

表3 ピストンポンプ「PVDシリーズ」の仕様

形式	最大容量 cm ³ /rev	最高使用圧力 MPa	回転数			定馬力制御	バルブ G:ギヤポンプ P:パワーシフト B:バルブブロック	質量 (ギヤポンプ無し) Kg	適応ショベル 重量 (参考) ton
			最高回転数 min ⁻¹	定格回転数 min ⁻¹	最低回転数 min ⁻¹				
PVD-00B	8×2	24.5	2,800	2,600	900	標準装備	G・P (オプション)	9	~1.5
PVD-0B	12×2		2,800	2,600			G・P・B (オプション)	13	~2.5
PVD-1B	17×2		2,700	2,500			G・P・B (オプション)	15	~3.5
PVD-2B	22.5×2		2,600	2,400			G・P・B (オプション)	20	~5.5
PVD-3B	33×2		2,400	2,200			G・P・B (オプション)	27	~6.0

5. さらなるコンパクト化と信頼性向上

地球的な規模で高まる環境問題に対して、建設機械においても例外ではなく、なんらかの対応・改善を迫られている。

直近の課題として年々厳しくなる排ガス規制に対応しなければならないため、建機メーカーはアメリカの排ガス規制「Tier4」を目標にエンジンの電子制御化および排ガス後処理装置の開発をすすめている。これにより将来的にエンジンの大型化は避けられないため、油圧機器に対する「さらなるコンパクト化」のニーズは益々高まると思われる。

今後、建設機械需要の拡大が見込まれる中国な

どBRICs諸国では建設機械の1日の稼働時間が日本、欧州より長く、過酷な使用条件が予想され、さらなる信頼性向上の取り組みが求められる。

今後の商品開発およびモデルチェンジにおいて、「さらなるコンパクト化」と「さらなる信頼性向上」を実現するための様々な技術課題に挑戦するとともに、機械加工工程や、組立・検査工程において、自社製ロボット中心のセル型生産システムを採用し、ラインの無人化と寸法測定自動フィードバックによる自工程完結型の全数品質保証体制を確立し、変種変量生産にもフレキシブルに対応する。

用語解説

- ※1 ミニショベル
油圧ショベルの中で車重6.0t以下のクラスは一般的にミニショベルと呼ばれている。
- ※2 パイロット圧力
パイロット方式で作動させるための作動流体の圧力。
- ※3 流体エネルギー
作動流体のエネルギー。
- ※4 トルク
物体を回転させる能力の大きさ。
- ※5 メカニカルブレーキ
機械式のブレーキ装置。
- ※6 サージキラーリリーフバルブ
油圧回路中にサージ圧力を発生させないように、流体の一部、または、全部を逃がす圧力制御弁。
- ※7 サージ圧力
系統内の流れの過渡的な変動の結果生じる圧力。
- ※8 ピニオン軸
先端が歯車形状となっている出力軸。
- ※9 ボベット
弁体が弁座シート面から直角方向に移動する方式のバルブにおける弁体。
- ※10 P/Bタイマーバルブ
パーキングブレーキとセットで使用し、旋回停止時に、パーキングブレーキを一定時間解除する油圧バルブ。
- ※11 シリンダバレル
数個のピストンが入る一体部品。
- ※12 パイロット用ギヤポンプ
パイロット圧力を発生させるためのギヤポンプ。
- ※13 バルブブロック
複数の油圧制御バルブのひとつにまとめたブロック。
- ※14 油圧ジョイスティック
ミニショベルで手動のレバー操作をパイロット圧力の増減に変換する機器。