

製品紹介

小型油圧ショベル用コントロールバルブ KVSX-12C-PSLの開発

福 島 亮

1 はじめに

カヤバでは2～8トンクラスの油圧ショベル向けロードセンシング^{注1)}(LS)システム用を用いたKVSX-12, KVSX-14, KVSX-18をラインナップしている(表1)。ショベル市場において、自動・遠隔化、ミニショベル市場においては、姿勢制御や流量制限などの細かな制御への対応に電気信号を用いたシステムの需要が高まっている。また、スプール操作を電気制御化することで、従来の油圧パイロット操作では各スプール操作にそれぞれパイロットバルブ、及び油圧ホースが必要であったが、電気配線のみで各スプールの作動が可能になる。従来より農機・産業用コントロールバルブとして、電子制御に対応したコントロールバルブはあったが油圧ショベル向けコントロールバルブでは、電子制御に対応している製品が無かった。製品ラインナップの拡充を狙い、2～4トン向けKVSX-12Cを対象にスプール操作を電子制御化したモデルであるKVSX-12C-PSL^{注2)}の開発をするものである。図1に外観モデルを示す。

注1) ロードセンシング=操作量に応じスプール絞りの前後差圧が一定になるよう可変ポンプに圧力をフィードバック、可変ポンプの斜板を制御することで必要量だけの油で操作できるシステム

注2) PSL=Proportional SoLenoid(比例ソレノイド)

表1 KVSXシリーズ一覧

車体重量				コントロールバルブ 製品形式
～2ton	～4ton	～6ton	～8ton	
↔				KVSX-12
		↔		KVSX-14
			↔	KVSX-18

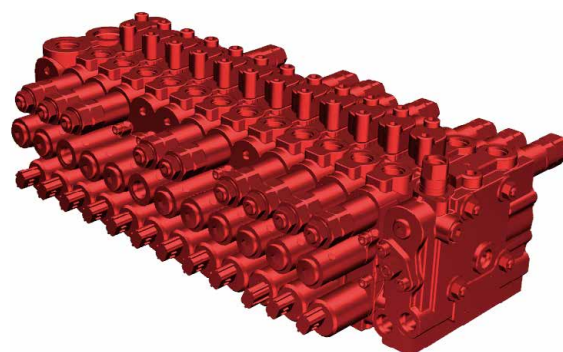


図1 外観モデル

2 開発課題

本件の開発にあたり、開発課題として以下の項目を挙げた。

- 1) 高いパイロット圧力に対応
- 2) コントローラに合わせたチューニング性の確保
- 3) 組立性・メンテナンス性の改善

1) について、従来生産しているPSL製品は、農機・産業機用のため、必要なパイロット圧力は低いものとなっていた。本件では、建設機械用として使用するため、より高いパイロット圧力への対応が必要であり、減圧弁部構造の見直しを図った。

2) について、PSL製品で使用される機体側のコントローラでは、電圧を制御するためPWM制御^{注3)}が一般的に使われるが、スプール応答性や発振(振動)に対する課題がある。コントローラ側でのディザ設定(電流周波数)及び、電流振幅を調整できるが限界がある。そこで、バルブ内蔵の減圧弁部にチューニング性を持たせ、コントローラに合わせた設定を可能とした。

3) について、従来のPSL製品では、減圧弁部に組み込むスプリングが奥(バルブハウジング内部側)に配置されており、組立時や交換時に脱落しやすく、組立にくさがあった。スプリングを手前(バルブハウジング外側)に配置することで、組立性の

改善を図った。

注3) PWM=Pulse Width Modulation

一周期中の通電率を変化することで、等価的に出力を制御するもの

3 開発モデルの概要

3.1 構成

本開発モデルと、PSLの無い従来のモデルとの比較を図2に示す。油圧部分は従来モデルと共通とし、下部にメインスプール操作用の比例減圧弁を配置、ソレノイドに印加された電流値により減圧弁が作動し、コントロールバルブに常時供給されるパイロット一次圧力をスプール操作に必要な二次圧力へ減圧しスプールを作動させる構成としている。これにより、PSL操作のセクションと油圧パイロット操作のセクションを1台のバルブ内で合体して採用することが可能である。

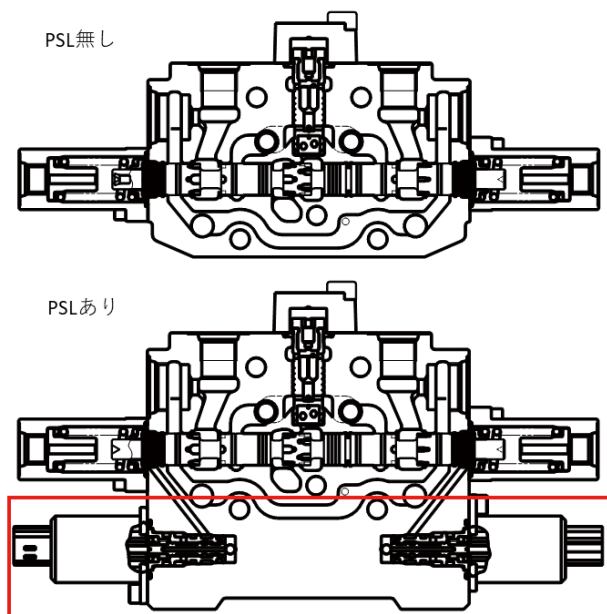


図2 モデル比較

また、ブームセクションにおいて、アンチドリフト弁を採用することがある。PSL用の減圧弁、アンチドリフト弁のいずれも外部へのドレンポートの配置が必要であるが、これらを一つの油路に合流することで、使用するポートを1ヶ所とすることを可能とした。機体での配管数削減に貢献できる構造とした。図3にて回路、及び断面を示す。

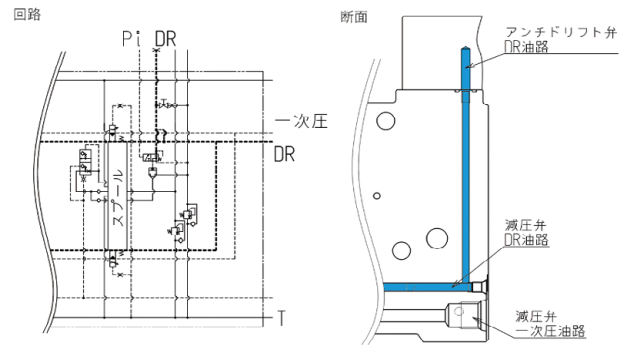


図3 ドレン回路

3.2 高いパイロット圧力への対応

従来のPSL製品にて採用していた減圧弁では、スプール径は、一次圧力油路と二次圧力油路をつなぐランド部と一次圧力油路とドレン油路をつなぐランド部で同一径となっている(図6)。この構造の場合、得られるパイロット圧力(2次圧力)は、図4に示すように最大で約2MPa程となっている。農機・産業機用に使用されており操作するうえで十分な圧力であったが、建設機械用コントロールバルブにおいては、パイロット圧力は約3MPa程度まで確保する必要があるため、受圧径に差を設けた減圧弁スプールの構造を採用した。また、本開発品はセクショナル構造であり、バルブハウジングを合体した際の穴歪みが懸念される。スリーブを配置することで、穴歪みの影響を受けない構造とした(図7)。スプール受圧径に差を設けた本開発品の減圧弁では、図5に示すように約3MPa程度まで確保することができた。

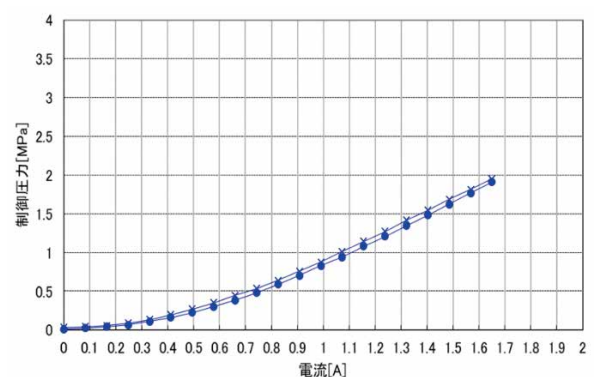


図4 スプール受圧径差無しの電流-圧力特性

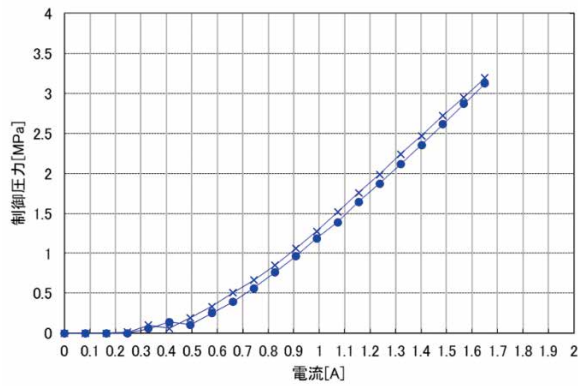


図5 スプール受圧径差ありの電流-圧力特性

3.3 チューニング性の確保

PSL製品において、性能面での課題としては、スプール応答性・作動の安定性（発振などが無いこと）、パイロット操作に対するバラツキの大きさが挙げられる。

機体側コントローラがPWM制御の場合、デューティ設定（電流周波数）やP-P設定（電流振幅）を調整することで上記の問題の対策とすることができが、これらの設定のみのマッチングには限界があると考え、コントロールバルブ側減圧弁のマッチングにより機体コントローラに合わせた最適化が可能な構造とした。既存バルブに使用している減圧弁にてスプール受圧径に差を設けた構造がある（図8）。この構造の場合、減圧弁にてマッチング対応できる要素は、一次圧から二次圧への開口・一次圧からドレンへの開口、及びそれらのタイミングのみである。開口面積の拡大・縮小や開くタイミングを早めることで応答性の調整は可能となるが、タイミングの変更は発振する可能性が高くなる。

本開発品では、スプールとスリーブにて構成しており、先に述べた開口面積の変更による調整に加え、スリーブに配置したオリフィス（スリーブ絞り）により、急な圧力変動を緩和し発振を抑制する調整も可能となった。また、スプールにダンパ用の絞り加工の配置も可能である。これらの要素を最適に調整することで、機体側コントローラとの組み合わせによる性能課題を解決することができる。

また、本開発品では比例ソレノイドの持つヒステリシスの改善にも着手した。既存の比例ソレノイドでは、内部のプランジャに対し外周溝加工を追加することで、機械的なヒステリシスを改善し、既存品に対して約43%のヒステリシス低減を実現した。規定電流を印加した際のパイロット2次圧力（スプールのストローク）のバラツキは、スプール起動点において、約20%改善できた。

3.4 組立性・メンテナンス性の改善

従来のPSL製品においては、スプリングは減圧弁部の奥に配置されている（図6、8）。組立にて、スプール穴へ組み込む際にスプリングが脱落してしまう。部品交換にて、スプールを取り外した際にハウジング奥にスプリングが残ってしまい取り出せない、ドレン油路に入り込んでしまうといった懸念があった。

本開発品においては、部品点数は増えるが、スプリングシートを使用することによりスプリングを手前に配置する構造とした。手前に配置されていることにより、組立時、メンテナンス時の作業性が改善された。

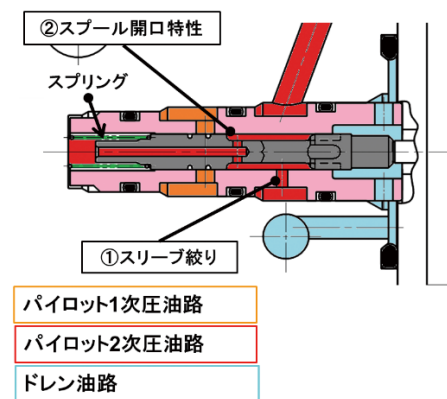


図6 農機・産業機用PSL減圧弁

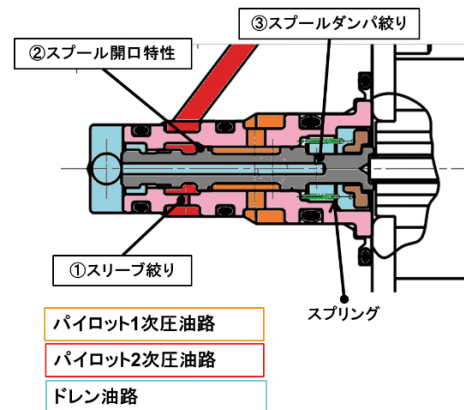


図7 本開発品減圧弁

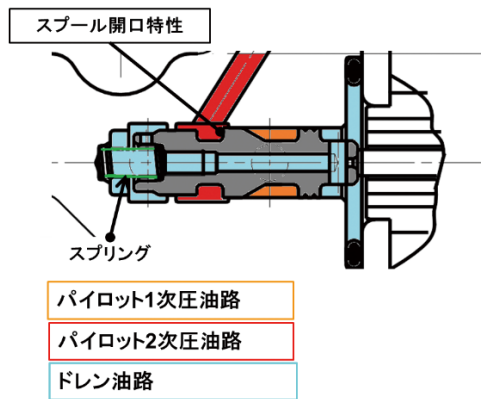


図8 スプール径差タイプ減圧弁（スリーブ無し）

4 おわりに

2～4トンクラスの小型油圧ショベルの電子制御用コントロールバルブの開発について説明した。

開発中、様々な課題はあったものの、要求される機能を満足しつつ製品化することができた。電子化は4～8トンクラスの油圧ショベルにおいても要求があり、本構造を今後KVSX-14C、KVSX-18シリーズへの展開を計画している。電子化対応用の主力製品とできるよう開発に尽力したい。

本製品の開発にあたり、ご支援頂きました関係部署の方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

著 者



福島 亮

2011年入社。KYB-YS設計部HC設計課を経て、ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統括部長、野油機技術部バルブ設計室。コントロールバルブの設計・開発に従事。