

ピストンロッド内配管シリンダの開発

上 倉 定 幸

1 はじめに

油圧ショベル用シリンダは、運転質量6 ton以上のショベル用（小型以上）をKYBの岐阜南・東工場生産しており、6 ton未満のショベル用（ミニ）をKYB-YS(株)で生産している。

油圧シリンダは成熟した製品であり、近年は競合メーカーの品質向上、日系車車両メーカーの海外進出と現地調達の流れにより少しずつKYBグループのシェアが低下している状況にある。

そこで新しい技術を盛り込み、簡単に他社に真似されることのない油圧シリンダの開発を開始した。

ピストンロッド内配管シリンダはピストンロッド内に油路を作ることにより、通常はシリンダチューブに必要な油圧配管がなくなる配管レスのシリンダである。

この新シリンダはKYB、KYB-YS(株)それぞれで開発を進めているが、今回はKYB-YS(株)で開発を進めているミニ・小型ショベル用のピストンロッド内配管シリンダについて概要を紹介する。

それに対しピストンロッド内配管シリンダはポートをピストンロッドに配置し、ピストンロッド内部に油通路を形成することが特長となっている。

ピストンロッド内配管シリンダはピストンロッド内部に深穴加工をする技術が必要になるが、そのことにより一般的なシリンダでは必要であったシリンダチューブまわりの油圧配管をなくすメリットをもたらす（図2）。油圧ショベル用シリンダには漏れない、錆びない、壊れないという基本機能が求められるが、油圧配管がなくなることで溶接部を減少させ、油漏れのリスクを低減させることができる。

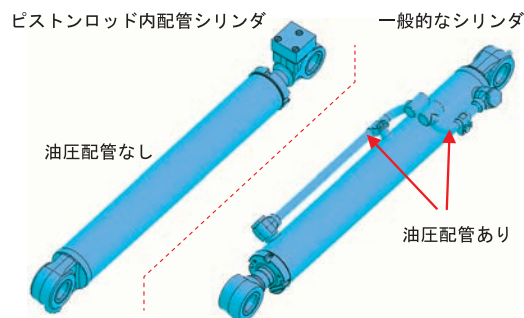


図2 シリンダ外観

2 ピストンロッド内配管シリンダ構造

図1にシリンダ構造模式図を示す。

上段が一般的なシリンダ、下段がロッド内配管シリンダである。一般的なシリンダは油圧を供給、排出する伸・縮ポートをシリンダチューブに配置する。

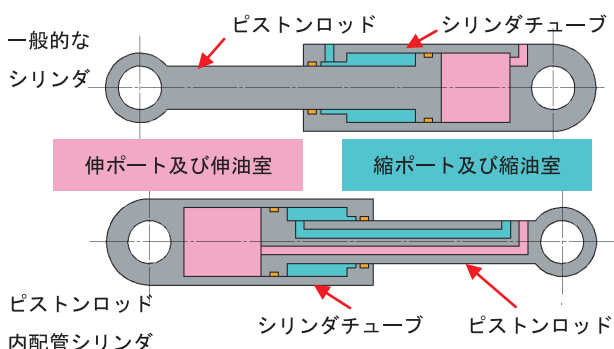
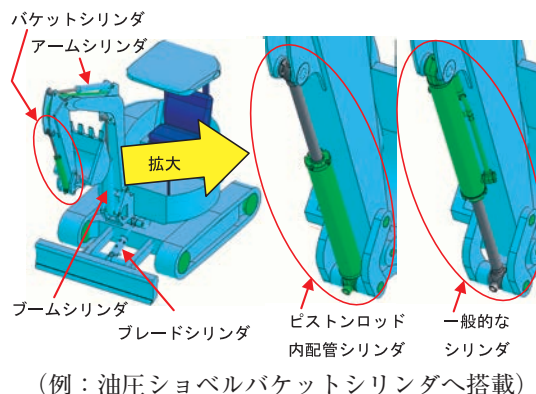


図1 シリンダ構造模式

ピストンロッド内配管シリンダは、バケットシリンダ、ブレードシリンダへ搭載することでピストンロッドの傷付き防止や配管の破損防止が期待できる（図3）。



(例：油圧ショベルバケットシリンダへ搭載)

図3 シリンダ搭載状態

3 ピストンロッド内配管シリンダのメリット

ピストンロッド内配管シリンダの最も期待できるメリットは、図3に示す通り油圧ショベルのバケットシリンダへ倒立装着した場合、ピストンロッドが土砂などから遠ざかることである。これにより土砂など被掘削物と接触し、ピストンロッドに傷が付く確率を低くすることが可能となる(図4)。

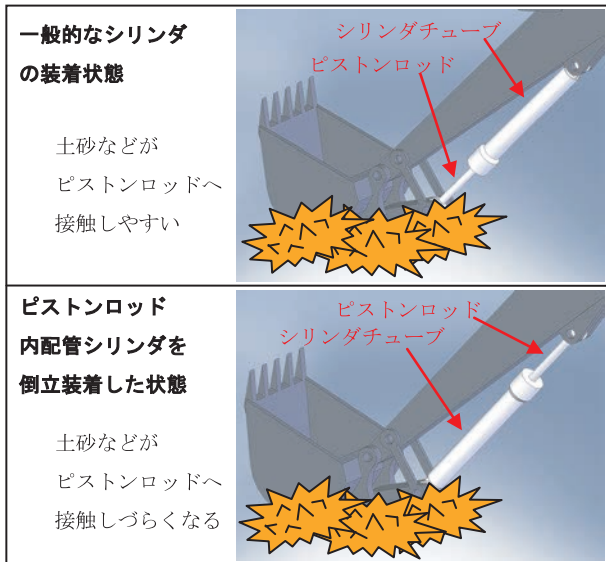


図4 バケットシリンダの倒立装着

ピストンロッドの傷はロッドシールに傷を転移させ、油漏れを起こす原因になっている。土砂などの被掘削物との距離が近いバケットシリンダは、他部位のシリンダと比較してピストンロッドの破損比率が高くなっている。

ピストンロッドのパーツ出荷データをシリンダごとに集計してみると(図5)、ブームシリンダ、アームシリンダに比べバケットシリンダの出荷比率が大きい。その要因としてバケットシリンダは先端に取付けられるため、傷付きやすいと考えられる。

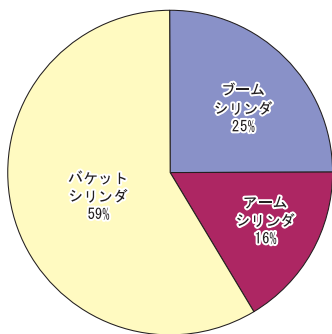


図5 ピストンロッドのパーツ出荷比率

従って、ピストンロッド内配管シリンダを使用し倒立装着することで、この不具合を減少させることができると考える。

またブレード(排土板)シリンダ(図6)は、カバーが付いているものもあるが、排土作業ではシリンダ上に岩石、土砂などが乗ることが多く油圧ホースで接続される配管は、岩石などで損傷することが多い。

しかし、ピストンロッド内配管シリンダはチューブ周辺の配管がなくなるため、配管損傷不具合を低減させることが可能と考える。

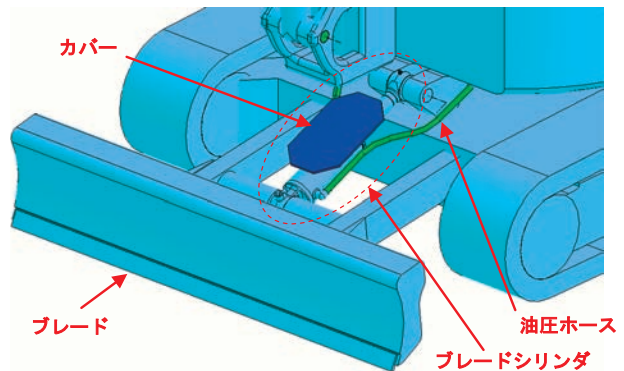


図6 ブレードシリンダ

また意匠性の向上もメリットとなる。外観は配管がなくなることでスマートな印象を与えることができる(写真1)。

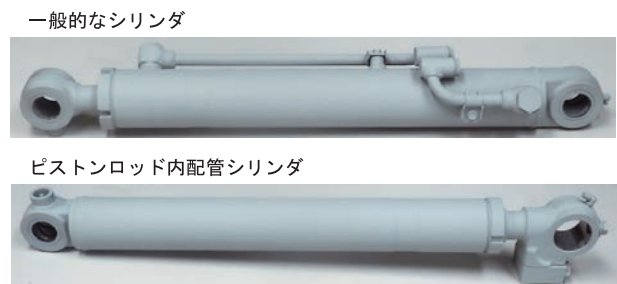


写真1 シリンダ外観比較

4 ピストンロッド内配管シリンダの課題と改善

4.1 課題

(1) 圧力損失

ピストンロッド内配管シリンダの開発において、圧力損失低減は解決しなければならない大きな課題であった。近年の製品開発において更なる省エネルギー化は避けて通れないコンセプトの1つである。シリンダが母機に貢献できる省エネルギー性とは低圧力損失、低フリクション化することである。

しかし、ピストンロッド内配管シリンダは伸び油

路長さが、一般的なシリンダに比べて長くなり、圧力損失が大きくなる課題があった。

これはピストンロッド内部に伸び・縮み2本の油路を形成することに起因し(図7)、特に伸び油路(赤色)はピストンロッドの端から端まで貫通させる構造であるためである。一方、一般的なシリンダは伸び油路(赤色)を図7のように短くすることが可能なため、圧力損失も低くなっている。このシリンダで比較すると、伸び油路は約3倍長くなっている。そのため圧力損失は一般的なシリンダと比較し、約2.5倍になっていた。

そのため伸び油路の圧力損失を一般的なシリンダと同等以下にするには、一般的なシリンダに対して伸び油路を拡大することが必要である。

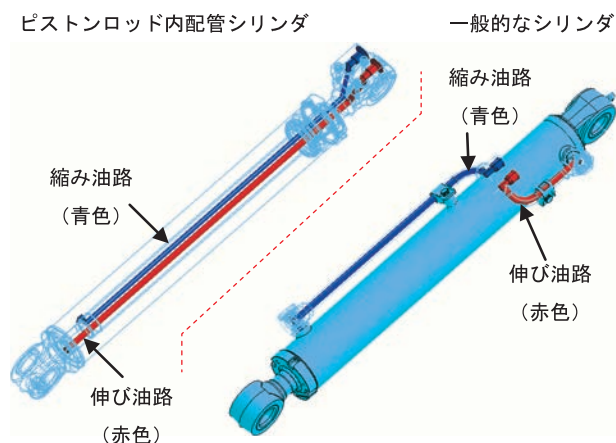


図7 ピストンロッド内配管シリンダと一般的なシリンダの油路比較

(2)ピストンロッド強度

伸び油路、縮み油路それぞれ必要な径を加工することは、ピストンロッドの強度を低下させることにつながるため、強度を確保しつつ油路径を拡大する改善が必要になる。

しかし、図8の改善前の構造に示すようにピストンロッドのねじ部(ピストンロッドとピストンを締結するねじ)は、その谷径がピストンロッド断面の中で最小になるため、油圧シリンダの強度を決定する上で最弱部となることが多い。その最弱部へ2本の穴を加工することは強度を大きく低下させるため、油路径の拡大には限界があった。

4.2 改善

(1)圧力損失改善

ロッド内配管シリンダは、一般的なシリンダに対して伸び油路が長くなるため伸び油路側の圧力損失が高い。よって伸び油路径を拡大する(一般シリンダ比)ことで圧力損失を低減させた。

(2)ピストンロッド強度改善

ピストンロッドの最弱部であるねじ部の強度を確保するため、図8改善後の構造のように深穴加工を、ピストンロッド両端から加工するように変更した。これによりピストンロッドねじ部へは1本の穴加工をするだけで良くなった。この加工方向の変更で油路径の拡大が可能となり、ピストンロッド最弱部であるねじ部の強度基準を満足することができた。

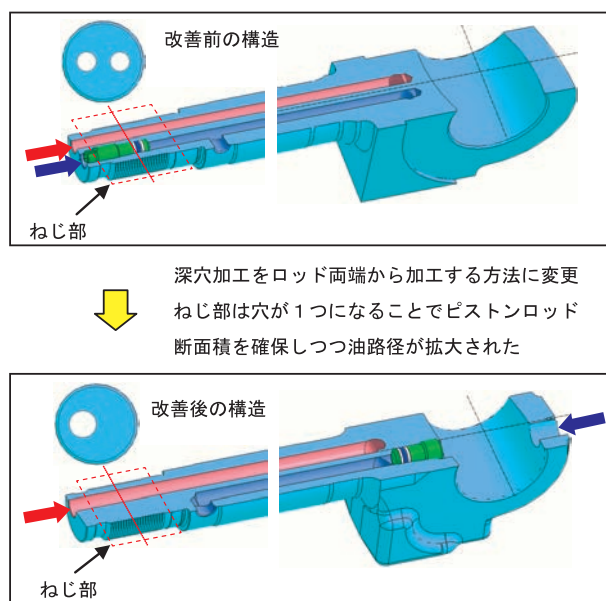


図8 ピストンねじ部の断面形状の違い

4.3 深穴加工方法変更に伴うメリット

図9の改善前の構造においてプラグ①はピストン側にある。そのため、万一プラグのねじが緩んで抜けると、シリンダ内部へプラグ①が脱落し、実車の作動不具合を起こすことになる。従って、確実な緩み止め構造が必要になる。改善後の構造ではプラグ②の取付け位置を、シリンダ内部から外部へ移動し

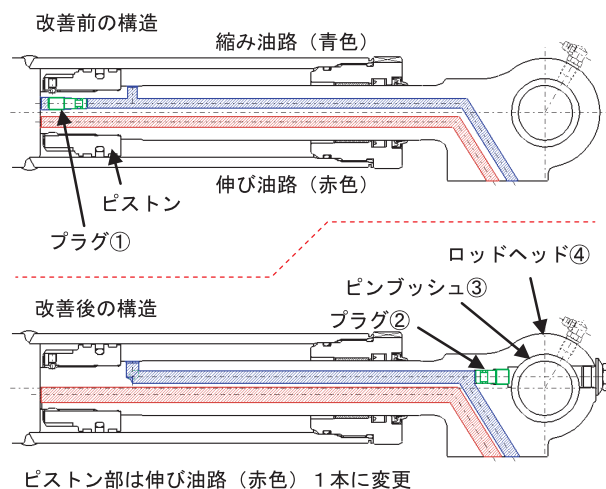


図9 油路加工方法の変更とプラグの位置

たため、プラグが緩んでもシリンダ内部へプラグ②が脱落するリスクが“0”となった。またピンブッシュ③により、プラグ②が緩んでも、抜け落ちる心配がない。

この緩み止め構造の簡素化が原価低減にも寄与している。

以上の改善により、圧力損失は改善前の構造で一般的なシリンダの2.5倍あったものが、改善後の構造では同等になるところまで改善された。

この課題をクリアしたことでピストンロッド内配管シリンダは自信をもってお客様へ提案できる製品になった。

5 おわりに

ピストンロッド内配管シリンダは、耐久性などの品質評価を全て終了し、既存のシリンダと同等の耐久性を持つことを確認している。そして現在実車での最終的な評価を進めているところである。全く新しい構造のシリンダであるため、それを採用していただく母機メーカーにとって心配事項が多くあるのは必然であろう。その心配事項を払拭できるデータを提示し、メリットを認識していただくための説明を行うことで、より多くのメーカーに採用していただく努力を続けて行きたいと考えている。

最後に本製品の開発にあたり多大な協力をいただいた社内外の関係各位へ、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

著者



上倉 定幸

2007年入社。KYB-YS(株)設計部HC設計課。シリンダの開発・設計に従事。