

技術論文

配管内蔵シリンダの開発

Development of Oil Passage Integrated Cylinder

浅野 広太郎
Kotaro Asano

中型パワーショベルのバケットシリンダ用として、配管内蔵シリンダを開発した。
パワーショベルのバケットシリンダはロッドが地面側になるように車載されており、地面、作業対象に近い場合、ロッドめっきの傷、配管類の損傷、劣悪なダスト環境による油漏れなど、不具合と隣り合わせの環境である。

本課題を解決するため、ロッド内部に油路を設けて配管類の露出をなくし、更に、車載方向も反転可能な配管内蔵シリンダを開発した。本報では、これらの内容について報告する。

An oil passage integrated cylinder was developed as a bucket cylinder for medium-size hydraulic excavators.

A bucket cylinder for a hydraulic excavator is mounted on a vehicle with the rod facing the ground surface, placing the bucket cylinder close to the ground surface and work target objects, which puts it in an environment that is in the immediate vicinity of potential failures arising from scratches on rod plating, damages to piping, oil leaks caused by deteriorated dust environment and the like.

An oil passage was installed inside the rod to eliminate exposure of piping and an oil passage integrated cylinder that can be mounted in a reversed orientation on the vehicle was developed, to solve this problem. This paper reports on the development in detail.

Key Words: 油圧シリンダ, ロバスト性向上, 配管内蔵シリンダ

1. はじめに

油圧ショベルをはじめとする建設機械を、オペレータの操作に応じて作業機を動かすための動力として、油圧シリンダがあり、建設機械を構成する部品として無くてはならないコンポーネントである。

搭載する車体の要求仕様を満足するために、さまざまなバリエーションが存在するが、当社は、油圧シリンダを自社開発している数少ない建設機械メーカーの一つである。これにより、お客さまの声を身近に感じ、市場の声をコンポーネント開発に反映した車体開発ができることが強みと言える。



図1 PC130-10MO 配管内蔵シリンダ搭載車

2. 油圧シリンダについて

油圧シリンダは、油圧を媒体とした伸縮動作により、大きな力を発生することができるコンポーネントである。中型ショベル用を例として、標準シリンダの構成を、簡単に解説する。

2.1 シリンダチューブ

胴体となる筒状の部品。

作動油をシリンダに流すためのポートが設けられており、車体とピン接続するための部品が接合されている。

2.2 ピストンロッド

油圧力を伝えるための棒状の部品。

表面は硬質クロムめっき処理、母材は高周波焼き入れを施し、岩石、木などの衝突などにより傷つかないように工夫されている。

片側は車体とピン接続するための部品が接合されており、反対側は、ピストンがねじ締結されている。

2.3 ピストン

ヘッド側とボトム側を仕切るためのシールが入る部品。ピストンシールにより、両部屋を仕切っている。

2.4 シリンダヘッド

ヘッド側の油圧を止めるシールが入る部品。外からのダスト侵入を防ぐためのダストシール、および油圧を止めるためのパッキンが入っている。

2.5 配管

作動油をシリンダに流すための部品。ポンプからの油圧をシリンダに接続するための部品。

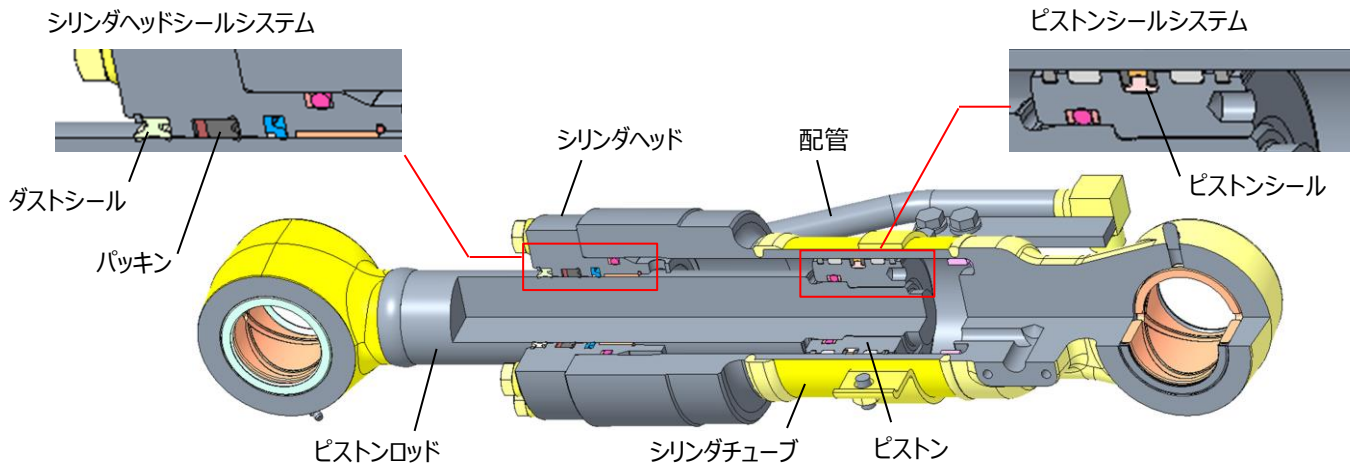


図2 中型ショベル用油圧シリンダの基本構成

2.6 油圧シリンダの動き

ボトム側から油を入れることで、ロッドが伸びる。

パワーショベルのバケットシリンダの場合、リンクを介し、バケットが掘削側に動く。（図3a参照）

ヘッド側から油を入れることで、ロッドが縮む。

パワーショベルのバケットシリンダの場合、リンクを介し、バケットが排土側に動く。（図3b参照）

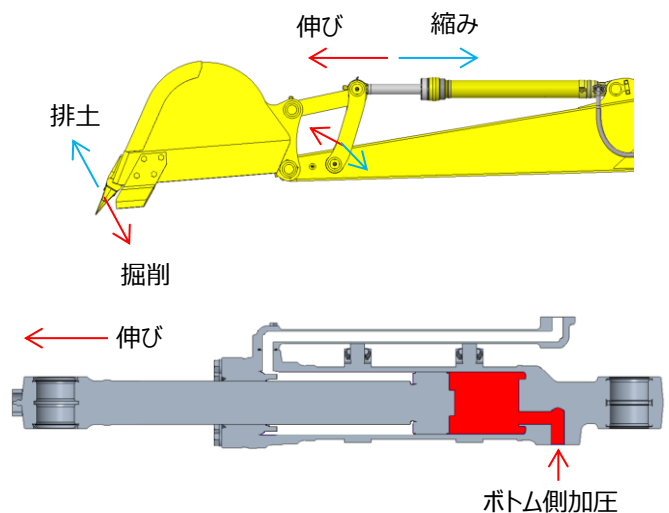


図3a ロッド伸び時

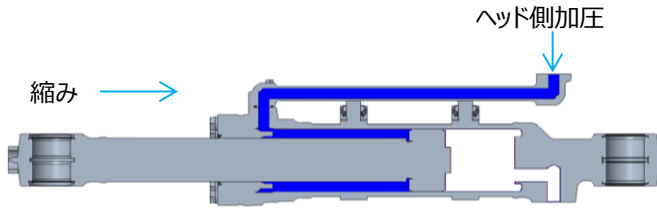


図3b ロッド縮み時

3. 油圧シリンダの不具合

3.1 中型パワーショベル用油圧シリンダの不具合層別

中型パワーショベルは、作業機を動かすために、ブームシリンダ、アームシリンダ、バケットシリンダが搭載される。(図4参照)

20tショベル用シリンダの不具合は、油漏れが最も多く、これを装置別に層別すると、バケットシリンダが最も多い。(図5参照)

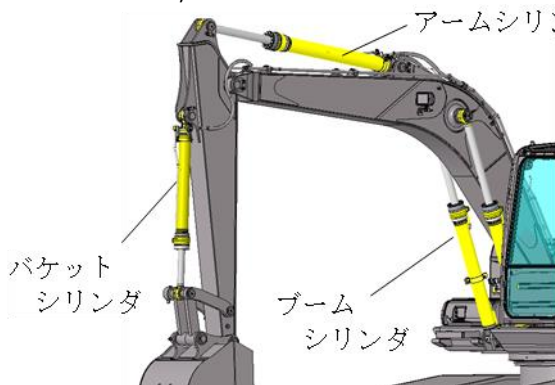
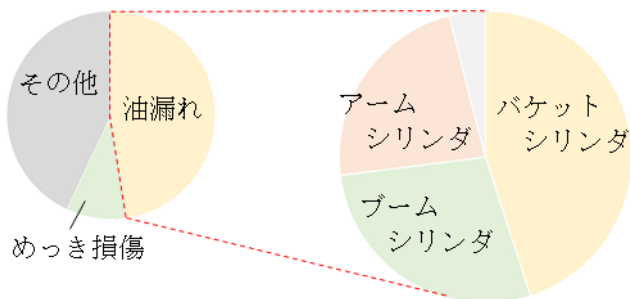


図4 中型パワーショベルのシリンダ配置



a)20tショベル不具合層別 b)油漏れの内訳
図5 20tパワーショベル用シリンダの不具合層別

3.2 油漏れのメカニズム

油漏れとは、シリンダヘッド内のパッキンが損傷して、油を止めることができず、外部に油が出てくる現象である。パッキンが損傷する要因は、大きく分けて二つある。

一つ目は、外的要因により、ロッドに傷が付き、その傷により、パッキンに傷が付く。(図6参照)

二つ目は、ダスト環境が劣悪で、外部からのダストを防ぐためのダストシールでは、ダスト侵入を抑えきれず、ダストにより、パッキンが傷付く。(図7参照)

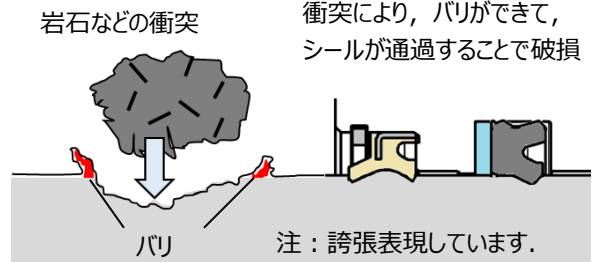
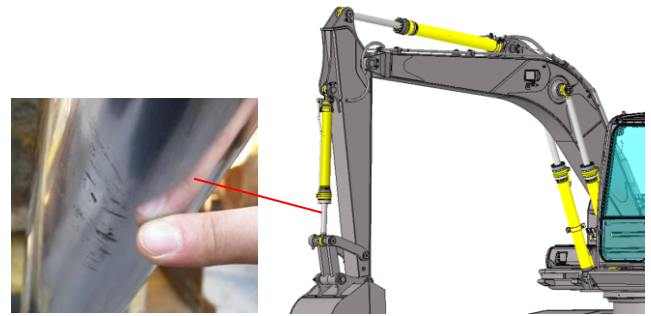


図6 ロッド傷による油漏れ



油漏れ

ダストシールでダストを防げず、シールを通過して破損する。

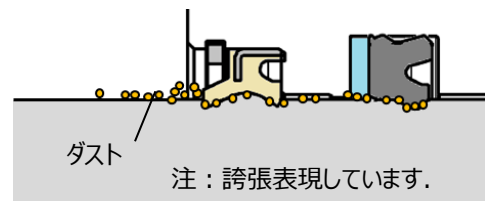


図7 ダスト侵入による油漏れ

一つ目のロッド傷に対しては、ロッド母材への熱処理、ロッド表面に硬質クロムめっきを施すことで、損傷に対する対策を取っている。

二つ目のダスト侵入に対しては、ダストシールシステムの強化を実施している。一般環境と、ダスト環境が劣悪な環境では、シールシステムを分けて対応している。

これらの活動により、油漏れ不具合は減少傾向にあるが、パワーショベルのバケットシリンダは、ロッドが地面側に向けて搭載されているため、他のシリンダに比べ、岩石などのロッドへの接触や、ダストなどの外的要因によるシール破損の確率が高く、この環境を改善しない限り油漏れのリスクを低減することはできない。

改善案として、バケットシリンダの搭載方向を変えロッドを上側に向けることで、外的要因から遠ざけることができるが、通常のシリンダは油圧ポートがシリンダチューブにあるため、バケットリンク側に、シリンダチューブをつけると、シリンダチューブが動くため、油圧ホースが長くなってしまい、作業時に油圧ホースをひっかけてパースするというリスクが生じてしまう。（図8、図9参照）

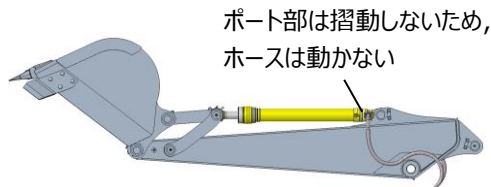
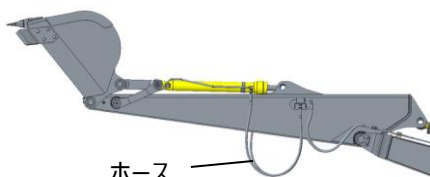
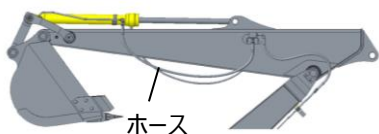


図8 通常のシリンダ シリンダ縮み時



a) シリンダ縮み時



b) シリンダ伸び時

図9 通常のシリンダを反転取付けした場合

4. 配管内蔵シリンダ

4.1 反転取付け可能なシリンダの開発

シリンダチューブに油圧ポートがある構造では、パワーショベルのバケットシリンダを反転することができない。そこで、ロッド側にポートを設けた構造にすることで、ロッドを上側に向けて搭載できる油圧シリンダを開発した。

2000年初頭に、油圧シリンダを試作して、実機評価を行ったことがあったが、油圧シリンダの構造としては成立していたが、当時は生産性の課題が多く量産には至らなかった。

本紙で説明するものは、これらをクリアしたものである。当時の課題と解決策については、後述の6.5に記載する。

4.2 配管内蔵シリンダの動き

図10は、赤色がヘッド側、青色がボトム側の部屋を示しており、ヘッド側から油を入れることで縮み、ボトム側から油を入れることで、伸びるという動きを実現している。

本構造を、「配管内蔵シリンダ」と呼称している。

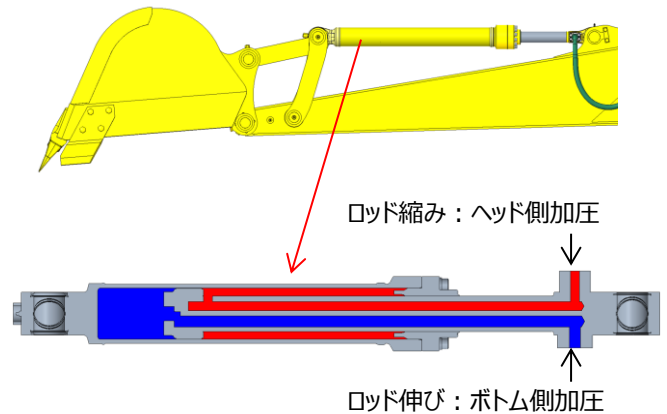


図10 配管内蔵シリンダの模式図

5. 配管内蔵シリンダを車載した時の効果

パワーショベルのバケットシリンダへ配管内蔵シリンダを採用した際に見込まれる効果を、一般作業、水中作業の事例を用いて説明する。

5.1 一般作業の場合

ロッドは、土砂から離れるため、ロッド傷、油漏れのリスクが軽減される。（図11参照）

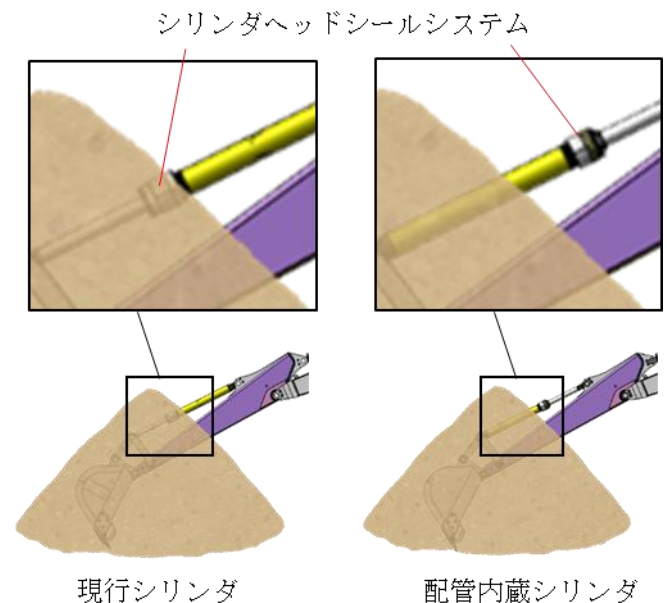


図11 シリンダ反転の効果（一般作業）

5.2 水中作業の場合

シリンダヘッドシールシステムが、水中に没する時間が短くなり、シリンダ内に、泥が侵入するリスクは低減する。（図12参照）

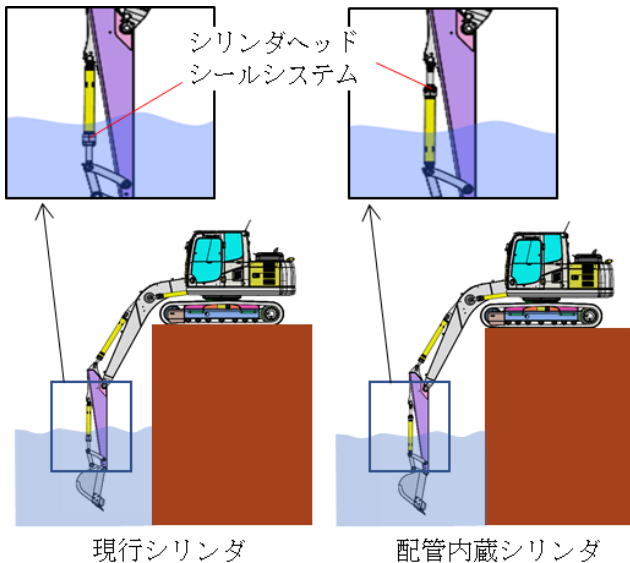


図12 シリンダ反転の効果（水中作業）

6. 配管内蔵シリンダの技術的な課題と対応

配管内蔵シリンダは、使用される車体の仕様、要求を満足する必要がある。これを大前提として、構造が成立するように開発を行った。

本紙では、ロッド強度、圧力損失、過去に生産性の課題となっていたロッドヘッド接合について簡単に言及する。

6.1 ロッド強度

従来、ロッドは中実材であり、内部に2本の油路を設けることで、ロッドの断面係数が減少するため、仕様値を満足できなくなるのでは？という懸念が最初に浮かぶ。

定常部の座屈強度、ピストン締結部について解説する。

6.2 定常部の座屈強度

稼働時の破損モードとして、ロッド座屈がある。最も厳しい条件は、シリンダが伸びエンド付近に位置し、ボトム側に油が満たされた状態で、ロッドを縮めようとする外力が加わると、ボトム側の圧力が上がり、ピーク圧が発生する。この時に、ロッドが座屈する懸念がある。（図13参照）

詳細な計算は割愛するが、座屈方向の剛性を保てる位置に油路を設けて、断面係数の低下を最小限に抑えている。実際に、座屈試験を行い、座屈する圧力を確認して、仕様を満足することを確認している。

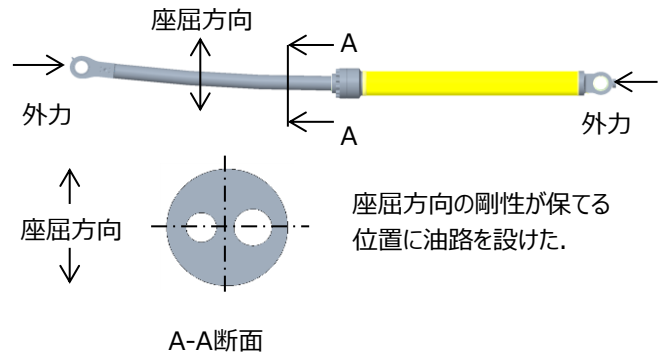


図13 ロッド座屈の不具合モード

6.3 ピストン締結部のねじ強度

ロッドには、ピストンを締結するためのねじ加工されている。配管内蔵シリンダでは、内部に2つの油路が加工されるため、ねじ断面の強度を確保するために、中実ロッドよりも、ねじ径を大きくする必要がある。従来の締結方法は、ピストンとロッドの当たり面を、定常部から一段落とした部分にしているため、ねじ径を大きくすると、当たり面の面積が小さくなり、強度的に成立しなくなるため、従来の締結方法では、ねじ径を大きくすることができない。

配管内蔵シリンダでは、当たり面をロッド端面にすることで、ねじ径を従来よりも1.2倍にすることができた。

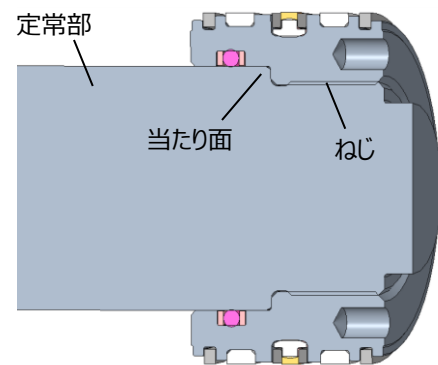


図14a 現行シリンダのピストン締結

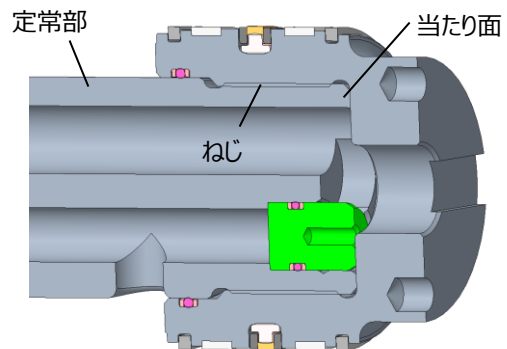


図14b 配管内蔵シリンダのピストン締結

6.4 圧力損失について

油圧シリンダの油路経路、径を変更すると、油の流れが変わり、圧力損失が大きくなる懸念がある。現行の配管径と同じ径の油路経路を確保し、ねじ部の断面積を確保することが課題であったが、前述のピストン形状により、現行シリンダの配管径と同じ油路径を確保し、圧力損失は現行と変わらないことを確認している。

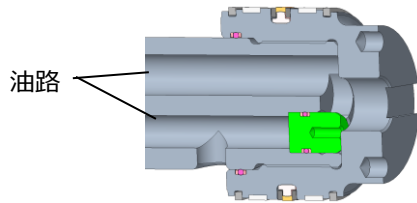


図15 ピストン部の油路

6.5 ロッドヘッドの接合方法について

従来工法の接合方法では、開先が必要で溶接部の欠陥も考慮する必要があるため、接合部を貫通する油路を設けることが困難であった。

従来工法を使用した事例を簡単に解説すると、接合部は溶着金属、インローピンがあり、油路を通せないため、接合部径をロッド外径よりも大きくして接合部強度を確保し、母材内部に配管を入れて、ヘッド側とボトム側の油路を確保した。そのため、素材の歩留まりが悪く、内部配管もあり、生産性に課題がある構造であった。（図17参照）

これらの課題を解決する接合方法として、摩擦圧接を採用した。摩擦圧接の接合部は、従来のような溶接金属部分が存在しないため、接合部に油路を設けることができるようになり、生産性の課題を解決できた。

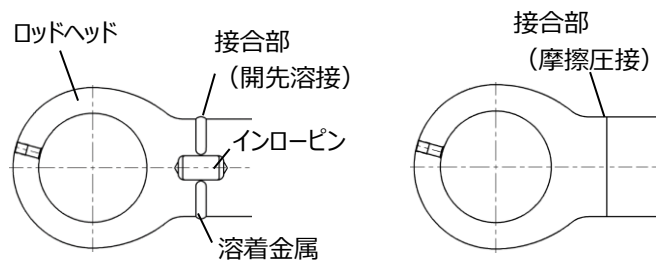


図16a 従来の接合方法

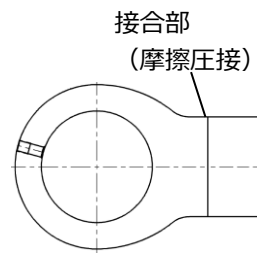


図16b 摩擦圧接

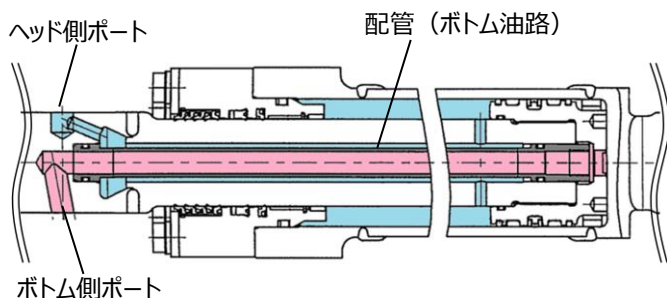


図17 過去に試作した形状

7. 油路の封止構造について

配管内蔵シリンダのロッド油路加工は、ロッド端面から加工しており、ヘッド側の油路を封止することが必要である。封止構造は特徴的な構造となっているため説明する。

一般的には、油路にねじ加工を行い、プラグで封止する構造が考えられるが、ねじ加工を行うと油路よりも一段大きくなるため、ピストンねじ部の断面積が課題となる。更に、万が一、プラグが緩んだとき、シリンダ内部の破損および、回路中にプラグが流出し、バルブの破損にも通じるため、リスク回避のため、緩み止めが必要となる。

そこで、油路には、ねじ加工を行わず、プラグを差し込んで、ピストンで抑える構造を採用した。これにより、ピストンねじ断面の強度低下を抑えることができた。更に、ピストンで抑えていることで、油圧回路中にプラグが流出するというリスクも解消している。

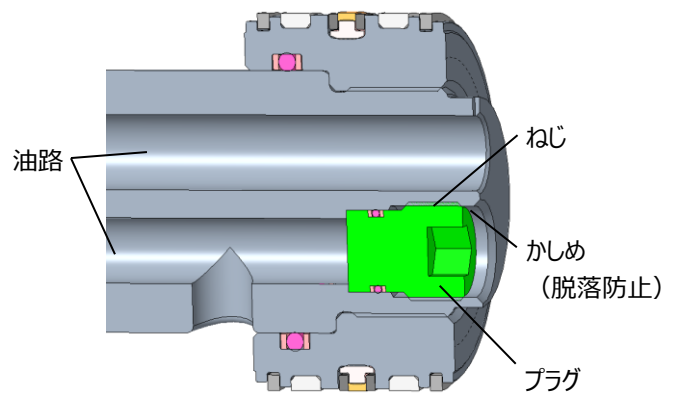


図18a 一般的な構造

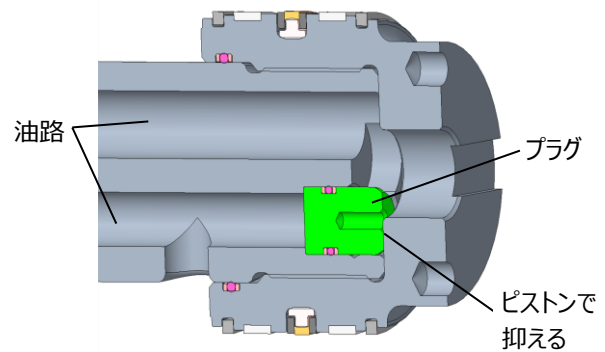


図18b 今回採用した方法

8. 市場稼働調査

日本、インドネシア、タイの市場にて合計10台の稼働調査を実施した。いずれの車両も、従来の取付け方法で、油漏れ、配管類の破損があった環境であったが、シリンダを反転して取り付けることで、不具合は発生していないことを確認している。



図19a 実稼働の様子（水路整備）



図19b 実稼働の様子（ごみ処理）

筆者紹介



Kotaro Asano

あさの こうたろう
浅野 広太郎 2005年、コマツ入社。

開発本部 油機開発センタ所属

【筆者からひと言】

多くのお客さまに評価いただくのは、これからであり、どのような評価を受けるか楽しみです。将来、今回開発したことが発端となり、パワーショベルのバケットシリンダのロッド向きが上側になることを期待しています。

9. おわりに

13t系パワーショベルのバケットシリンダ用として開発を進め、東南アジア市場、国内解体仕様への採用された。

シリンダヘッドシールシステムを取り巻く環境を変えるという、根本的な変更を素早く進めることができたのは、コンポーネントの意見を車体へ迅速に提言できるという、自社開発していることが大きな強みであったと言える。

謝辞

市場の実稼働調査にご協力頂いたお客さまの皆さまには、心より御礼申し上げます。