

製品紹介

# 中型油圧ショベル用 倒立バケットシリンダ

船 戸 泰 志

## 1 はじめに

油圧ショベルは、道路や建物の建設や解体、森林開発や農地の改良、産業廃棄物の処理等、様々な用途で用いられており、我々が街中で目にすることも多い建設機械の主力機である。

一般的な油圧ショベルのフロント部は、ブーム、アーム、バケットの3つの可動部を有し、それぞれを油圧シリンダで動かすことで、強力で複雑な動作を行うことができる(図1)。



図1 中型油圧ショベル SK200  
(コベルコ建機株式会社ホームページより転載)

KYBでは1970年代から油圧ショベル用シリンダを生産しており、1984年に誕生した高圧型シリンダKCH (KYB Cylinder High Pressure) シリーズは、機体の油圧システム高圧化への対応や、シールの耐久性向上等、「漏れない・錆びない・壊れない」をスローガンとしてモデルチェンジによる改良を繰り返し、現在も当社ハイドロリックコンポーネンツ事業本部の主力製品の一つである。しかしながら、シリンダの基本的な構造は30年以上に亘って大きな変更はなく、油圧機器の中でも比較的単純な機能、構造であることから、コモディティ化が進行した製品であるといえる。

油圧ショベル用の従来型バケットシリンダ(以下、

現行KCH)は、ロッド摺動部が先端(バケット)側になるよう装着される。それに対して、倒立バケットシリンダKCH-Upside Down(以下KCH-UD)は、ロッド内部に伸側、縮側の2つの油通路を構成し、機体への装着方法を反転することを可能としている(図2)。KCH-UDは、現行KCHのような従来型バケットシリンダが潜在的に持っていた、ロッド摺動部、及びダストシール部の損傷リスクを低減し、シリンダの外部油漏れ発生を抑制することを主目的とした、KCHの派生製品である。しかし、これまでその有効性の実機検証が十分にはできていなかった。

今回、KCH-UDを様々な用途の油圧ショベルに装着し、KCH-UDの有効性を検証することができたので、開発背景や構造と共に紹介する。

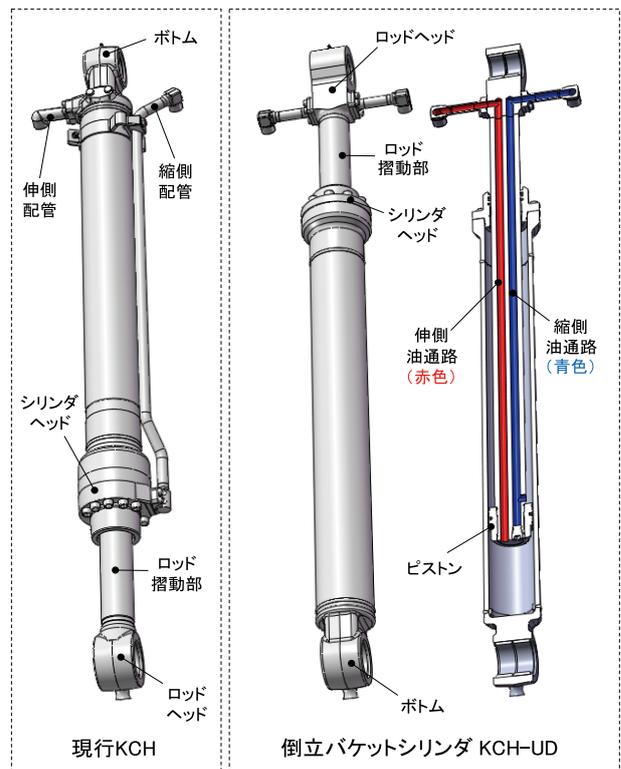


図2 倒立バケットシリンダ構造概略

## 2 KCHと油漏れ

KCHシリーズは、機体の油圧システム高圧化や、摺動速度の高速化に対応した、油圧ショベル用シリンダとして最適なシールシステムを採用してきた。近年では、耐ダスト性を向上したワイパリングを採用し、ダストの侵入によるロッドの傷付き、外部油漏れに至る不具合件数も減少している。

しかしながら、KCHで最も多い不具合は、依然としてロッドシール部からの油漏れである。図3に2005年以降、現在に至るまで長期間にわたって収集した油圧ショベル用シリンダの不具合分析データを示す。ロッドシール部からの油漏れは、シリンダ不具合全体の30%を占め、シリンダ別割合ではバケットシリンダが特に多く、66%を占める。

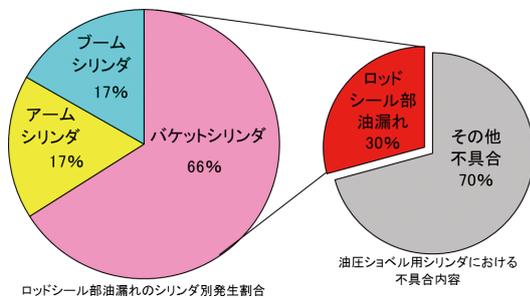


図3 中型ショベル用シリンダの不具合割合

ロッドシール部からの油漏れは、偶発的な油漏れと、シール寿命による油漏れの2種類に大別できる。図3に示すロッドシール部からの油漏れ発生時の機体稼働時間を確認すると、シール寿命には至らない短い稼働時間で油漏れに至っている事例が多くを占めている。つまり、短い稼働時間でも発生割合の高いロッドシール部からの油漏れは、偶発的な理由により多く発生し、その中でもバケットシリンダが、ブームシリンダやアームシリンダより多く修理・交換されているということである。この理由として考えられるのは、バケットシリンダのロッド部が被掘削物に近いというシリンダ取り付け構造上の問題である。しかも、バケットシリンダはアーム構造物によりオペレータからは直接目視できないので、意図せず被掘削物に接触させてしまうリスクが高い(図4)。

シリンダのロッド摺動部表面は、高周波熱処理の後、クロムめっきを施しているが、油圧ショベルの強大な力で被掘削物に衝突させた場合、ロッド摺動部には打痕や擦り傷が生じてしまう。ロッドの打痕や擦り傷は、摺動によりロッドシールを傷付けることで外部油漏れに至る。また、被掘削物の衝突までには至らないとしても、ロッド摺動部表面に被掘削

物が付着、接触した状態でシリンダが摺動した場合、ワイパリングのダストリップ部を損傷するリスクが増大する。ダストリップ部が損傷すると、シリンダ内部へのコンタミ侵入を許し、コンタミによりシールを傷付けることで外部油漏れに至り、さらには作動油の汚染による油圧機器全体の不具合に発展する可能性がある。



図4 油圧ショベルのオペレータ視界

## 3 開発背景

近年では油圧ショベルのマシンコントロール(半自動運転)、マシンガイダンス(運転支援)技術も進歩し、オペレータの習熟度、運転技能に頼らない取り組みも活発である。しかし、油圧ショベルの用途は様々で、オペレータ自らの操作でフロントを自在に操りながら行う作業も依然として多い。そのため、オペレータから直接目視できないバケットシリンダのロッド摺動部を被掘削物に接触させてしまうリスクは依然として残されているといえる。このリスクを低減することは、油圧ショベルにおけるシリンダ不具合発生件数を低減し、ひいては機体のライフサイクルコスト低減に繋がるものと考えている。

ロッド内に配管を構成するアイデア自体は従来から存在し、油圧ショベル以外では一般的となっている用途もある。例えば、高所作業車のブームを伸縮させるシリンダや、トラックの荷台を上下させるテレスコピックタイプのシリンダでは、中空ロッドの内部にパイプを通すことで、伸側、縮側の2つの油通路を構成している。伸側、縮側ポートがロッドヘッド部に集約され、シリンダ外部に配管を取り回す必要がないロッド内配管構造のメリットを生かした用途である。しかしこれらのシリンダは、定格圧力が20MPa程度と低く、シリンダに大きな外力が加わることのない、いわば優しい使われ方である。対して油圧ショベル用シリンダは、

定格圧力が35MPaと高く、その高圧は高頻度で発生し、さらに機体構造物の一部として大きな外力に耐える必要がある、いわば厳しい使われ方であり、中空ロッドの内部にパイプを通す従来のロッド内配管構造では強度上の問題がある。よって、KCH-UDでは、中実ロッドに2つの深穴加工を施すことで伸側、縮側の油通路を構成するという、ロッドの強度低下を最小限に抑えた構造を採用するに至った。

## 4 製品仕様

KCH-UDは、現行KCHと同等に使用できる強度特性、耐久性と、取り付け互換性を有することを要件として開発した。

### 4.1 基本仕様

- ①定格使用圧力：35MPa
- ②最高シリンダ速度：60m/min
- ③作動油温度範囲：-20~100℃

KCH-UDは、現行KCHと同一のシリンダ径、ロッド径で構成するため、伸推力、縮推力は同一である。

### 4.2 耐久性

#### (1)シールシステム

シリンダの耐久性に関わる重要な要素であるシールシステムは、現行KCHと同一品を採用する。

#### (2)構造物強度

圧力、外力に対する一発破壊強度、疲労強度は現行KCHと同等レベルを維持する（ロッドの強度低下については5.1項を参照）。

### 4.3 取り付け互換性

現行KCHでは、ボトムに設けていた伸側ポートとシリンダヘッドに設けていた縮側ポートを、KCH-UDではロッドヘッド部に集約し、作動油の給排ポートが必要なくなったボトム、シリンダヘッドは専用のポートなし品を設定することで、シリンダのデッドストロークを延長することなく、機体への取り付け互換性を確保する（図2）。

## 5 開発課題と設計上のポイント

### 5.1 油通路の構成とロッドの強度低下

KCH-UDは、現行KCHと同外径、同材質のロッド本体に2つの深穴加工を施すことで油通路を形成するため、ロッドの曲げ剛性、最小断面積が、現行KCHの中実ロッドに対して低下し、シリンダの座屈荷重も低下するが、次の処置により強度低下を最小限とし、油圧ショベルの使われ方として問題ないレベルとしている。

- ①シリンダを機体へ取り付けるピン揺動方向に対

してロッドの曲げ剛性低下が小さくなるように、油通路を横並びに配置する（図2）。

- ②ロッドの最小断面積を確保し、現行KCHと同等の一発破壊強度を確保するため、ピストン締結部のねじサイズを大径化する。

### 5.2 圧力損失

ロッド内に油通路を設けることで、現行KCHに対して伸側油通路が長くなり、圧力損失は大きくなる。この圧力損失の増大分による燃費への影響を、当社の油圧ショベルシミュレーションモデルにて解析を行うと、KCHに対する燃費の悪化は、模擬掘削積込動作を常時フルレバー（最大流量）で実施するという最も影響の大きくなる条件において約0.7%程度となる結果を得た。しかし、実作業モードでは、常時フルレバー動作を行うことは考え難く、KCH-UDによる燃費への影響は軽微であると考えられる。

### 5.3 ピストン締結ねじの締付トルク低減

現行KCHのピストン締結部は、高トルク締付によりねじ部に初期締付力を与えることで、締付部に外力が負荷された際のねじ底に発生する応力振幅を小さくし、ねじ部の疲労強度を確保する思想である。KCH-UDは、ロッドに油通路加工を施しても、ねじ部の最小断面積を確保し、十分な一発破壊強度を有するよう、ねじサイズを大径化しているが、それに伴い、ピストンとロッドの接触座面が小さくなることから、現行KCHと同等の高トルク締付は出来ない。そこでKCH-UDでは、外力負荷時のねじ底応力を分散する構造を採用し、締付トルクを低減しても、現行KCHと同等の外力耐久強度を確保している。

### 5.4 チューブへの傷付き耐久性

KCH-UDでは、ロッド摺動部への被掘削物接触リスクは低減できるが、その分、シリンダチューブ外表面に被掘削物が接触しやすいといえる。しかし、油圧シリンダの使われ方で発生するような、被掘削物の接触による当て傷や打痕は、局部的に圧縮応力場となっており、シリンダ内の圧力によりチューブ外表面にフープ応力が生じても、当て傷や打痕が起点となって早期破損する心配はないことが確認できている。問題ないと考える。

### 5.5 ロッドの深穴加工工法

KCH-UDの構成上、油通路として用いる偏心した2つの深穴が、最も難易度が高い機械加工部である。KCH-UDでは、伸側、縮側の両油通路共、ピストン締結側のロッド端面より加工する。穴径や内面粗度、真直度といった加工精度も必要であるが、KCH-UDの量産に向けては加工時間の短縮が最大の課題であった。加工工具や加工条件の研究を、製品の開発と並行して実施し、高速深穴加工条件を見出すことができた。

## 6 実機によるKCH-UD有効性の検証

コベルコ建機様ご協力のもと、様々な用途の油圧ショベルにKCH-UDを交換装着し、有効性の確認を実施した。

### 6.1 産廃リサイクル機

高く積み上げられたプラスチックごみの中にアタッチメントを挿入し、細かく砕きながら、処理設備へ投入する作業に用いられる産廃リサイクル機（図5）では、現行KCHバケットシリンダの場合、ロッド摺動部に当て傷が生じ、シリンダヘッド部にもプラスチックごみが接触し、ワイパリングのダストリップ部損傷、チューブに沿って装着される油圧配管の曲がりや、配管をシリンダチューブに固定するバンドの破損が確認された（図6）。



図5 産廃リサイクル機 作業状況

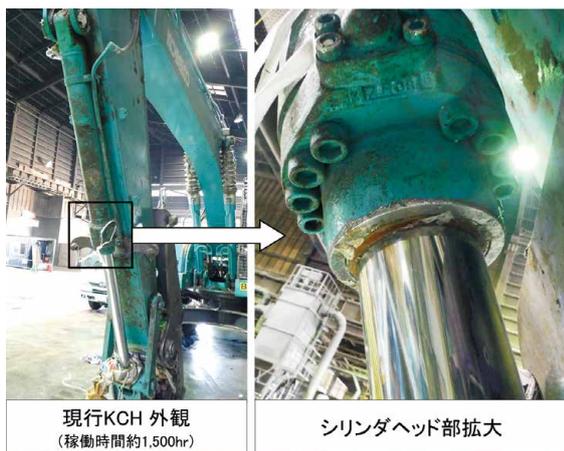


図6 現行KCH搭載 産廃リサイクル機

ユーザーによると、この用途では、バケットシリンダのロッド部からの油漏れが多発しており、対策としてロッドカバー（ブーツ）を装着しても、プラスチックごみの中でシリンダを伸縮作動させることから、すぐに破れてしまうとのことである。この産廃リサイク

ル機において、バケットシリンダをKCH-UDへ交換し、同様の作業を実施頂いた。交換後1,000hr以上の稼働を行った結果、チューブ外表面にはプラスチックごみの接触による傷や汚れが確認されるものの、ロッド摺動部の傷付きはほとんど確認されず、ワイパリングのダストリップ部も健全であることを確認した。また、チューブ上に配管やバンドがないことから、配管損傷による油漏れリスクを撲滅できる（図7）。



図7 KCH-UD搭載 産廃リサイクル機

ユーザーからは「これまで多発していたロッドの傷付き、油漏れに対する根本的な解決手段になり得る」とのコメントを頂いた。

### 6.2 建築廃材リサイクル機

マグネット付圧碎機を装着し、鉄筋コンクリート廃材から鉄筋を回収する作業に用いられる建築廃材リサイクル機では、現行KCHの場合、作業中に鉄筋がロッド摺動部に接触し、油漏れに至る事例がある。これに対し、KCH-UDはロッド摺動部が圧碎機から離れていることで、鉄筋がロッド摺動部に接触するリスクを低減できる（図8）。



図8 KCH-UD搭載 建築廃材リサイクル機

### 6.3 汚泥処理機

一般的な掘削用バケットを装着し、汚泥の処理作業に用いられる機体では、汚泥の中にアームを深く挿入して作業するため、現行KCHでは、ロッド摺動部やシリンダヘッド部に汚泥が付着しやすい。また、この汚泥は乾燥すると、ダストシールで掻き取りきれないほど固くなることで、シリンダ内への砂粒侵入による油漏れや、作動油の汚染が生じる。KCH-UDでは、ロッド摺動部やシリンダヘッド部に汚泥が接触、付着する機会が減少し、シリンダ内部へのコンタミ侵入、シリンダ油漏れを防ぐことができる（図9）。



図9 KCH-UD搭載 汚泥処理機

### 6.4 一般土木作業機

法面用バケットを装着し、造成作業を行う一般土木作業機では、法面を造成する作業自体ではロッドに土砂を接触させることはほとんどないが、掘削用バケットへ交換し、ピット掘りのように深く掘る作業を行う場合、不注意でロッド摺動部を掘削物に当ててしまうこともある。KCH-UDでは、こうしたオペレータの不注意による操作ミスに対しても、即油漏れに繋がるロッド摺動部への傷付きリスクを低減できる（図10）。



図10 KCH-UD搭載 一般土木作業機

## 7 おわりに

今回、実際に稼働している油圧ショベルにて評価を行うことで、これまでのKCHでは防ぎきれない油漏れ不具合に対するKCH-UDの有効性を確認できた。今後、さらに多くのユーザー様に使用して頂くことで、シリンダの油漏れ不具合低減、さらには油圧ショベルの信頼性向上と発展に繋げていきたい。

最後に、本製品の開発にあたりご協力頂きましたコベルコ建機様、関連協力会社の皆様、社内各部門に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 原：回想，KCHの誕生，KYB技報第56号（2018年4月）。
- 2) 高橋：中型油圧ショベル用情報化施工機器 新型ストロークセンシングシリンダの開発，KYB技報第54号，（2017年4月）。
- 3) 上倉：ピストンロッド内配管シリンダの開発，KYB技報第50号，（2015年4月）。
- 4) 高井：油圧ショベル用シリンダ変遷，KYB技報第50号，（2015年4月）。

## 著者



船戸 泰志

2004年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部岐阜南油機技術部シリンダ設計室。油圧ショベル等のシリンダ製品開発に従事。