

製品紹介

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

高橋 佑介

1 はじめに

今までも増して各業界で活用されつつある情報通信技術（以下ICT）。近年、建設機械業界においてもICTを活用する動きが活発となってきている。ICTの活用は、i-constructionと呼ばれる総合的な情報化推進として国土交通省主導のもと進められている。

今回は図1に示す情報化施工技術に使用されるICT建機の機体姿勢把握を目的としたストロークセンシング機能付きシリンダ（以下SSC）を紹介する。



図1 情報化施工イメージ
国土省情報化施工推進戦略（平成25年版）より引用

情報化施工は建設業界の生産性向上、労働力不足解消、現場安全性向上を目標として進められており、施工自体の最適化を図ることを目的としている。

情報化施工においては3次元測量を用いた測量をUAV（無人航空機）などにより行い、得られた3次元データと設計データの双方をICT建機へ送る。ICT建機はそれらの情報からマシンコントロール（半自動運転）もしくはマシンガイダンス（運転支援）にて施工を行う。最終的には機体施工情報と3次元計測を用いた検査で施工完了となるため、従来工法に比較して施工効率向上に加えて事前の測量や出来形の検測などが省略でき、大幅な工期の短縮が見込まれる。これらの技術は2013年一般化推進技術認定

により税制優遇等の支援制度が実施されている。

2 開発背景

開発当初の2014年、情報化施工対応の油圧ショベルにおいては多くがアドオンタイプの角度センサを各揺動ピン部に装着している状況であった。しかしながらバケットを3次的に動作させて施工を行う油圧ショベルの特性上、施工面に近接するバケットシリンダだけは、施工面との接触による破損が問題となり、使用にあたり制約が生じていた。

このような状況に対し、シリンダ内にストロークセンシング機能を組み込み、問題を解決することが今回の開発の狙いである。

KYBでは1987年にもSSCを開発している。このシリンダはピストンロッドに非磁性部を一定間隔で設けることにより、シリンダのストローク変動量を計測するインクリメント（相対位置検出）であった。今回の製品開発ではICT建機向けに、より使いやすく、高精度なSSCとするためアブソリュート出力（絶対位置検出）、標準シリンダ互換となる新規モデル開発を行った。

本製品は現在、日立建機株式会社様ICT油圧ショベルZX200X-5B（図2）に搭載されている。



図2 日立建機株式会社様ICT油圧ショベルZX200X-5B

3 製品仕様

3.1 開発の要件

本シリンダは、現行油圧ショベルへの装着を基本として開発を行ったため、多くの部分を現行油圧シリンダKCH (KYB-Cylinder-High pressure) シリーズと共通化している。

標準KCHと変わらない性能を保持したまま、高水準な位置検出性能を追加することを開発の要件とした。また、油圧シリンダがセンサを組み込んだ電子部品となるため、建設機械という過酷な使用環境への対応は、センサにとって厳しいものだった。

また、KYBの標準KCH量産工程での生産を行うため、量産性も開発の要件として追加した。

(1)開発の要件

- ①標準KCHと同等に使用できる耐久性
- ②標準KCHとの取付互換性
- ③十分な位置検出精度と、絶対位置検出
- ④機体仕様に合わせた出力特性 (CAN J1939)

(2)量産の要件

- ⑤標準KCH量産工程で混流生産可能な構造
- ⑥標準KCHのサイズ展開に対応可能な構造

3.2 基本仕様

標準KCHの仕様は以下が基本である。

- ①最高使用圧力：35MPa(一時昇圧時最高40MPa)
- ②最高シリンダ速度：60m/min
- ③作動油温度範囲：-20℃～100℃

3.3 追加仕様

SSCの仕様として、標準KCHに対し追加した仕様を以下に示す。

- ①ストローク検出分解能：0.1mm
- ②ストローク検出精度： $\pm 1.5\text{mm}$ (実力値 $\pm 0.5\text{mm}$)
- ③耐振動性：最大 700m/s^2 (70G)^{注1)}
- ④耐衝撃性：最大 1000m/s^2 (100G)^{注1)}
- ⑤雰囲気温度範囲：-40～105℃(ストローク検出時)
- ⑥保護等級：IP69K
- ⑦電気関連：ISO規格, EN規格, JASO規格準拠
- ⑧EMC関連：ISO規格, EN規格, JASO規格準拠
- ⑨CAN通信：SAE J1939
- ⑩電源：DC24V 1.5W以下

注1) 耐振動, 耐衝撃値は本製品仕様値。



図3 ストロークセンシングシリンダ (開発品)

3.4 ストローク検出用センサ

本開発において、ストローク検出方式については、開発期間短縮、技術的信頼性を重視し、センサはシリンダ内蔵用として実績のあるMTSセンサーテクノロジー株式会社製 (以下MTSセンサ) 磁歪式ストロークセンサ (図4) を選択した。ストロークセンサのKCHへの組み込みに対し、センサ内部部品を専用設計とすることで開発の要件の①, ③を満足している。

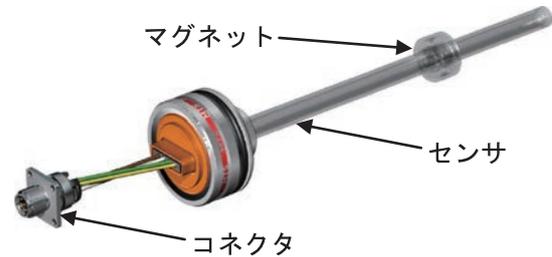


図4 磁歪式ストロークセンサ (MTSセンサ製)

4 開発課題

4.1 基本構造

前述の開発要件を満足するためには、標準KCH同等の取付性を持つ形状であること、ストロークセンサが十分な精度で固定されていることが必要である。また、横置き組立である標準KCH量産工程で配線までを含んだセンサ組み付けを完了させる必要もある。

これらを解決するため以下に示す新規構造を採用した。

(1)新規採用構造

- ①ストロークセンサをピストンロッドに仮組みすることにより標準KCH自動組立ラインでアッセンブリ可能な構造 (図5中(g), (i))

- ②組立をシリンダ横置きで実施し、工程を簡略化するためのシリンダボトム配線穴設計（図5中(a), (l)）
- ③シリンダボトム加工簡略化のためカラーを設定。既存圧入工程で圧入可能な構成とし、加工性と組立性を向上できる構造（図5中(a), (k)）
- ④振動、衝撃による内部部品脱落防止のためセットスクリュー2箇所でもセンサを固定。セットスクリュー長さや溝深さの最適化設計により誤組付防止と緩み時でも脱落しない構造（図5中(i), (j), (n), (o)）

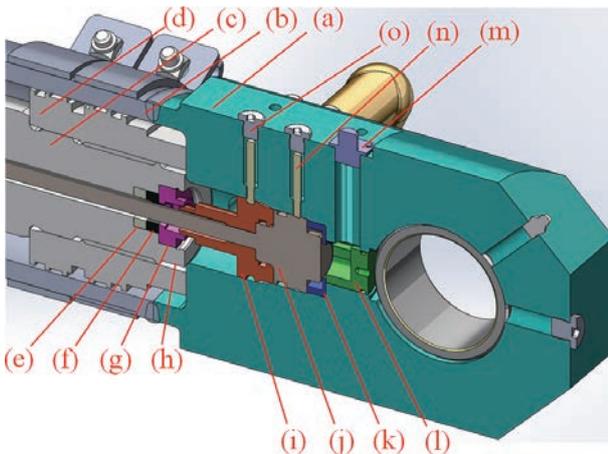


図5 ストロークセンシングシリンダ内部構造

- (a)シリンダボトム：専用設計
- (b)シリンダチューブ：標準品
- (c)ピストンロッド：深穴加工追加
- (d)ピストン：標準品
- (e)スペーサ：位置検出用に追加
- (f)マグネット：位置検出用に追加
- (g)マグネットホルダ：位置検出用、組立用に追加
- (h)スナップリング：(e)～(g)の固定用に追加
- (i)センサホルダ：センサ固定用に追加
- (j)センサ：位置検出用に追加
- (k)カラー：(a)の加工簡易化のため追加
- (l)カバー：センサ背面保護用に追加
- (m)コネクタ：出力用に追加
- (n)セットスクリュー：センサ、ホルダの固定用
- (o)プラグ：セットスクリュー保護用に追加

これらの構造と標準KCHの基本設計を組み合わせることにより今回の新SSCを開発した。

4.2 耐振動性・耐衝撃性

今回、KCHの仕様に加え、SSCは電子部品を搭載するための耐振動性、耐衝撃性に関する加速度の仕様が必要となった。現在のKCHと同等の環境での使用を可能とするためには、これまでお客様に使用頂いている環境下で破損しない仕様とする必要がある。

実際の油圧シヨベルの使われ方は掘削のみではない。機体の自由な動作を生かし、多彩な作業を行えるため、滑らかなクレーン作業もあれば、特殊アタッ

チメントによる破碎作業のような強い衝撃が発生する作業もそこには含まれる。

現状の情報化施工対応の油圧シヨベルにおいてはそのような厳しい作業を制限する機体も存在するが、ストロークセンサの装着により、上記の作業に制限が出ることは、油圧シヨベルの持つ機能が失われることになる。

実作業における最大レベルの加速度に耐えなければ、標準シリンダと同様に使えるSSCとはならない。

それらの機体振動環境に対し、過去のKYBでの実機試験情報から一定の基準を定め、試験を実施した。その結果、試作段階ではセンサの固定状態によってシリンダ発生加速度以上の加速度がセンサに発生すること、センサの標準仕様ではKYBの耐久テストを満足することができず、センサ自体が破損することも判明した。

今回の開発では上記対策として、シリンダ設計の最適化による振動対策を行うと同時に、センサメーカーのMTSセンサ様のご協力によりセンサ内部部品の専用設計化による振動対策を行った。その結果、耐振動性と耐衝撃性を向上することができた。

4.3 EMC関連

今回のSSCは電子部品を装着した製品であることから、シリンダとしてのEMC評価を実施した。試験条件、評価基準については一般的な規格に客先要望に合わせた試験を追加し実施した。

油圧シリンダ製品では電子部品を含む製品は少ないが、自動車関連部門ではステアリング・バイ・ワイヤシステムに代表される電子部品を含む製品を製造している。

今回の開発においてはそれら電子部品の開発評価のための専門部署である電子技術センタにて評価を行った。上記部署の持つ専門知識と評価技術を活かすことで油圧シリンダ製品であるSSCの評価を早期に実施できた。

5 まとめ

今回開発したSSCはこれまでの評価で開発要件のすべてを満足できる製品となった。

SSCは油圧シリンダでありながらも電子部品であるという特性上、お客様毎に評価が異なる。KYBが持つ試験設備と評価技術により、それらの評価を個別に行うことも可能となる。

また、標準KCHと同様に、お客様個別の対応として、本SSCにおいても出力配線ガード、配線ブラケット等の対応が可能な設計としている。



図6 開発品ストロークセンシングシリンダ

6 今後の展望

建設機械用油圧シリンダの基本的な機能は伸縮動作すること、構造物であることの2点である。機能追求の面で、すでに完成されたモデルとなりつつあるKCHに対し、機能アップへの障害は少ない。

これはKYBのその他の油圧シリンダも同様である。

今後、ストロークセンシングのニーズは建設機械の姿勢制御の高度化から伸びていくと考える。高精度な絶対位置検出と標準KCH同等の機体取付性を持つSSCはKYBがシリンダでそのニーズに応える製品となった。今後、油圧ショベル向けに限らず、同様のシリンダのラインナップを広げるにあたっては、今回の開発同様にモデルとなるシリンダの機能を損なってはならない。その上でこれまで他種多様のシリンダを生産してきたKYBがシリンダメー

カーとして蓄積してきたシリンダのノウハウを生かし、使用環境に合わせた高品質なストロークセンシングシリンダを提供できるよう、開発していきたいと考えている。

現在、その第一弾として小型ショベル用油圧シリンダのKCM (KYB-Cylinder-Middle pressure) のSSC (図7) が開発中である。KCMのSSCは既に試作段階にあり、KCHの場合と同様、高品質かつ量産性に優れた設計を取り入れ、標準KCMと変わらない使いやすさを目指し試作評価中である。

今回、「ストロークをセンシングする」という機能アップを行ったが、今後もシリンダの機能アップとしてその他のセンシング技術を提案し、機体の機能アップに貢献できる開発を行っていく。

最後に、本製品の開発にあたって協力いただいた社内各部門、関連協力業者の皆様はこの場を借りて厚く御礼申し上げます。



図7 ストロークセンシングシリンダ (KCM試作品)

著者



高橋 佑介

2007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製品企画開発部第二開発室。油圧ショベル用シリンダ開発に従事。