

# 51. 位置検出シリンダ“ZEXT”の開発

コマツ：村上 卓・ 悪七 秀樹  
コマツゼノア：\*永橋 伸之

## 1. はじめに

近年、建設土木工事現場においては生産性の向上、安全性の確保、苦渋作業からの解放など、自動化、インテリジェント化への要求が高まって来ている。これらの要望に答えるため、建設機械も自動化に向けて各種の開発が進められている。

建設土木工事現場における自動化を達成するためには、機械の姿勢、位置を知ることは重要な要素であり、その位置制御アクチュエータである油圧シリンダにこうした機能が求められている。現状ではこうした付加機能を持った油圧シリンダが少ないため、多くの場合作業機リンクのピンまわりに回転式ポテンショメータやエンコーダを取り付けたり、リミットスイッチなどを使用しているのが一般的である。この場合、構造の複雑性から問題を生じやすいため、取り付けや交換などのメンテナンスも容易な変位位置を直接検出できる油圧シリンダが望まれている。

建設土木工事現場の環境において油圧シリンダは、 $-30^{\circ}\text{C}$ から $100^{\circ}\text{C}$ までの幅広い温度範囲、 $100\text{G}$ 程度の衝撃負荷、砂利の中での作業など過酷な環境の中で使われる。こうした条件下で高精度で高耐久性のあるセンシングシステムを維持しなければならない。これらの条件はもちろん自走式建設機械に限らず、トンネル掘削機械などの地下建機、高負荷で使用される建設ロボット機械などの分野においても同様に必要なスペックであると考えられる。

ここではこれらの使用条件を満たすべく開発したストロークセンシング機能付きシリンダの概要を報告し、今後の建設土木機械の自動化に寄与したい。

## 2. 解決すべき課題

過去の事例より、建設土木工事現場で使用できるセンシングシステムを開発するには下記の問題点を解決しなければならなかった。

- (1)  $-30^{\circ}\text{C}$ から $100^{\circ}\text{C}$ の温度範囲で使用できるセンサ素子の開発
- (2)  $100\text{G}$ の衝撃に耐えられる構造
- (3) 従来のシリンダの機能と耐久性を損なわず、センサ部を含めて部品交換が容易、整備性がよい。

## 3. ZEXTシリンダの位置検出の原理の構造

ZEXTシリンダのストロークセンシング部は、ピストンロッドに磁気スケールを加工しシリンダ側に取り付けたセンサアッセンブリでこれをカウントするリニアエシコーダである。

### (1) 位置検出の原理

ロッド表面部にごく浅い溝を連続的に形成させ、凹部に非磁性体のクロムメッキを充填した磁気スケ

ールを、強磁性薄膜磁気抵抗素子（MR素子）と永久磁石を組み合わせたセンサでカウントすることによりインクリメンタル信号でシリンダのストローク位置を検出する。

センサ素子は、磁気スケールのピッチ（2mm）に対して1/4ピッチ中心位置をずらした二つのパターンで検出することにより、4 連倍の信号（0.5mmピッチ）を得る事が出来る。

-30℃から100℃の幅広い温度範囲をカバーするため、図1に示すように、FEM解析を用い水平方向の磁束の変化（磁束のゆらぎ）を予測し、最も安定して効率よく検出できる素子パターンを見つけた。

### (2) センサ部の構造

センサ部は図2に示すように素子と磁石が樹脂モールドされ、摺動材の樹脂（PES）製ケーシングに納められている。このセンサはスプリングによってロッド表面に押し付けられ衝撃負荷が加わってもジャンピングしないように設計している。

図3に示すようにハウジング内にはセンサ部から出力された微弱なサイン波信号を安定した矩形波信号に変換する信号処理回路が収納されている。内部空間は樹脂モールドされており出力信号用ケーブルの取り出し口もシールリング付き金具を使用しており、衝撃、振動、水分から基盤をガードしている。

### (3) シリンダの構造

写真1及び図5にZEXTシリンダの外観を示す。

シリンダの基本構造は従来から生産している構造であり、負荷に合わせた高信頼性なシリンダである。

今までのシリンダと異なる点は、センサ部を取り付けるためのスペースをシリンダヘッドの前方に設けた事と、センシングスケールとなる溝をロッドに加工してある点である。

ロッドは高周波焼入れが実施しており、表面を硬質クロムメッキで被い従来のロッドと同等の品質を確保している。

センサ信号の出力ケーブルは、シリンダチューブの外周に沿った鋼製のプレートで、土砂による傷つき等から守られている。

### (4) センサアッセンブリとロッドの組み合わせ

センサと信号処理回路が収納されているセンサアッセンブリは、ボルトによってシリンダヘッド部に固定

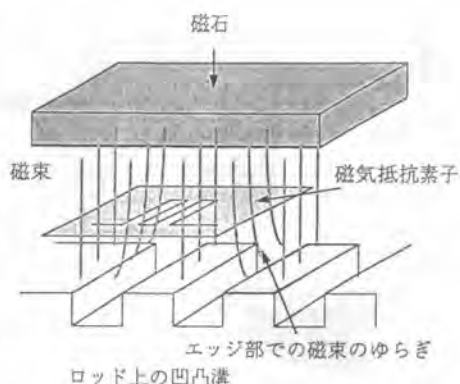


図1 磁束のゆらぎの概念図

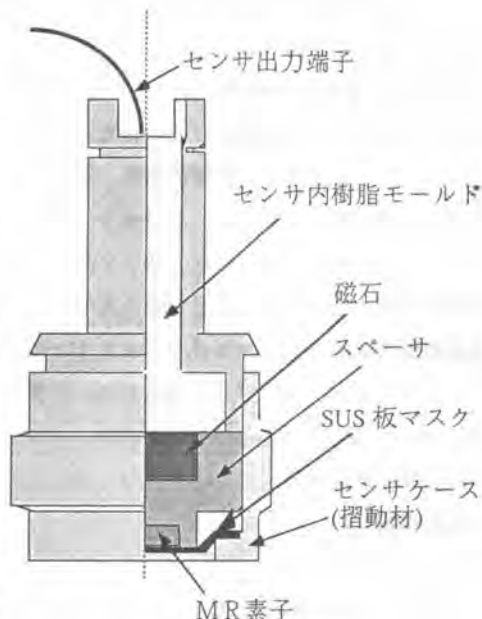


図2 センサ概略図

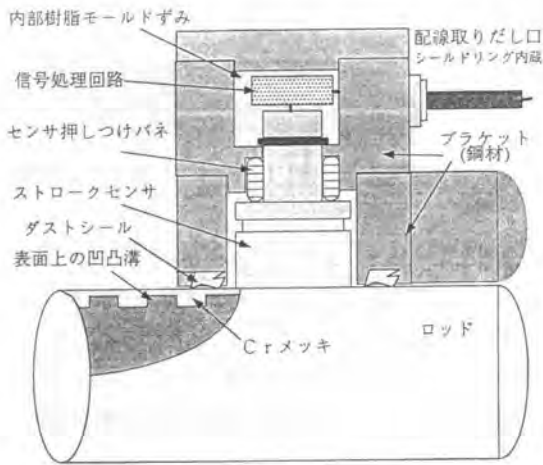


図3 センサアセンブリ概略図

してあり、センサアセンブリが簡単に取り外し出来る。

センサアセンブリは単独で信号処理回路の調整を行ってあり、シリンダに取り付けてからの調整は必要ない。

#### 4. 信頼性確認試験

センサ部、センサアセンブリ、ロッド、シリンダアセンの各段階でテストを重ね、建設土木作業の過酷な条件でも十分使用に耐えることを確認した。

##### (1) センサ部、センサアセンブリ

- ①物理試験：リード線強度、曲げ強度、引張り強度、自然落下、機械的衝撃、振動
- ②環境試験：温度サイクル、湿湿度サイクル、熱衝撃、塩水噴霧、耐塵、減圧、耐水、耐洗浄剤、
- ③寿命試験：高温作動、低温作動、高温放置、低温放置、
- ④摺動耐久試験〔シリンダロッドテストによる、センサケーシング（PES）の評価試験〕

##### (2) ロッド部

- ①回転曲げ疲労試験
- ②塩水噴霧試験

##### (2) シリンダアセンブリ

油圧ショベルの作業機（バケット）シリンダ用として実機に搭載し実用試験を行った

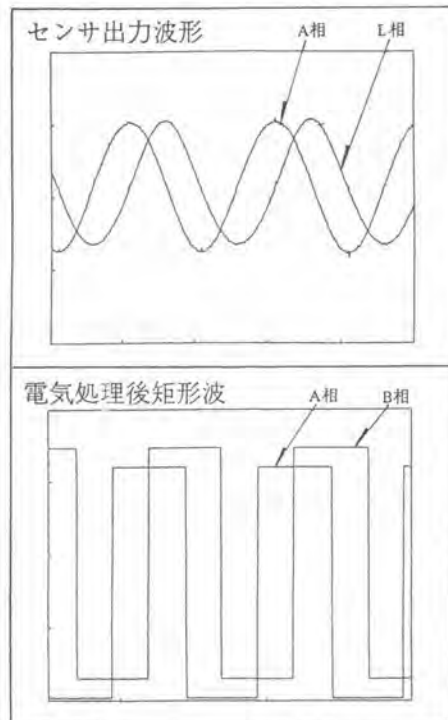


図4 出力波形

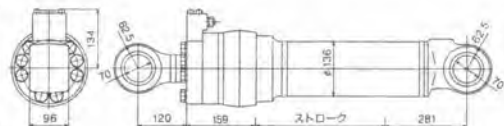


図5 シリンダアセンブリ外観図

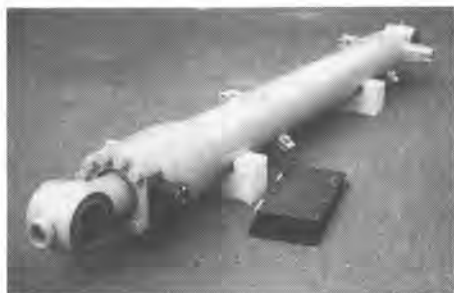


写真1 油圧ショベル用ZEXTシリンダ

## 5. Z E X Tシリンダの主な仕様

本シリンダの仕様をまとめると右の表のようになる。

建設土木工事現場の過酷な環境においても、安定した0.5mm分解能のデジタル信号を出力し、シリンダアセンブリとして優れた整備性を保ったシリンダであることより、多くの建設土木機械の自動化に対応できると考える。

表1 センサ仕様

電源	DC12±1V
消費電流	30mA
分解能	0.5mm
出力形式	NPNトランジスタ、プルアップ抵抗付き
出力信号	A相/B相 位相差出力
最大応答速度	10kHz
絶縁抵抗	DC5V,10MΩ以上(端子←→ケース)
使用温度範囲	-30~100℃(摺動面) -30~80℃(基板部)
耐振性	20G 5~200Hz
耐衝撃性	100G

## 6. Z E X Tシリンダを使用した建設土木機械の例

### (1) 知能化油圧ショベル

- ・掘削機能だけでなく計測機能を備えたため、補助作業員が多くの場合不要になり安全性が向上し省人化が図れた。
- ・未熟練なオペレータが操作しても、熟練オペレータの高度な作業が可能になった。また熟練オペレータにとっても作業効率の向上の手助けとなった。

### (2) トンネル掘削機械(ドリルジャンボ)

- ・穿孔ドリル深さを監視することができるようになり作業の標準化可能になり、作業効率が大幅に向上した。

### (3) 半自動押土装置(ブルドーザ)

- ・オペレータは前後進の操作をするだけで、負荷に応じて土耕板が上下する事により誰でも簡単なドーピング作業ができるようになった。

### (4) 伸縮アーム式油圧ショベル

- ・2mをこえるストロークのアーム伸縮シリンダとバケットシリンダの動きと連動させながら自動的に動かす事により誰でも迅速に山の切り崩し作業ができるようになった。

## 7. 今後の展開

自動化された建設土木機械が広く一般に使われるようになるのはこれからであり、今後多くの自動化された機械が開発される事になると考えられる。こうした中でシステムの完成度が高まるにつれ、コンポーネントに対する要求も、機能値のアップ、小型化等、より高度にシビアになっていくと考えられる。こうしたニーズに答えるべくZ E X Tシリンダの改良を進めていきたい。

最後に、Z E X Tシリンダの開発に協力して頂いた多くのメーカーやユーザの皆様に、この場をお借りしてお礼を申し上げます。