

情報化施工を支える最新技術

電子制御式建設機械と施工における活用の可能性

周 藤 健

情報化施工の普及に伴いマシンコントロールやマシンガイダンスといった建設機械を制御するシステムは一般的になってきた。また、GNSSなどの測位システムと建設機械を連動させた技術も最近では大規模現場に限らず見られるようになってきた。

これらは、建設工事の進化と同時に、建設機械の電子制御化に伴う新しい施工ツールの登場や、インフラの発達による技術革新にも大きく影響している。

また、合理化施工と現場マネジメントを目的とし、車両に内蔵されたセンサや通信システムを使い稼働中の現場を遠隔で管理する技術が海外では一般化している。

これらの技術に関連する、最新機械技術に関して紹介する。

キーワード：建設機械、情報化施工、電子制御、GNSS、ICT、遠隔管理

1. はじめに

近年の建設業における技術革新の一つに情報化施工がある。いわゆる急速に進化するICT技術を現場施工に適用していく施工技術の総称である。

情報化施工は、国内の建設業に関連する諸問題を技術的な側面から解決する可能性がある技術として着目されている新しい現場管理手法である。国土交通省に代表される官主導による導入促進も効果を発揮し、現在では大型工事に限らず広く認知され、様々な工事において採用されている。現在では3次元データを有効利用し、設計から検査、電子納品までを包括するCIMという大きな建設プロジェクトの一角として位置づけられている。これらのプロジェクトを進めるために、特に現場では、施工に関連する記録を正確にかつリアルタイムにデータ化することが求められてくる。情報化施工を導入し、それによる効果を得るためには現場のデータを如何に読み取り、それを有効利用できるか、といった新しい管理能力が求められてくる時代となっている。

このような建設工事の技術的な進化は、海外でも同様に進んでいる。大規模な土木工事に限らず鉱山などの現場管理を行う際、ICTや通信を利用した技術は特に効果的である。

現場で稼働する建設機械と管理する事務所とを通信システムを使用して繋ぐ技術を、コネクテッドテクノロジーと称し、新たな建設機械の技術として、新しい製品が登場している。

2. 建設機械の電子制御化

このような建設機械のICT化の大きな背景に、建設機械の電子制御式への変化があげられる。従来、建設機械の作業装置は油圧により機械的に動作する仕組みであったが、最近では電子信号により油圧装置を動作させる電子油圧制御式が一般的に採用されてきている。機械の操作信号に限らず、車両自体の情報もすべて電子回路により車載されたコンピュータで制御可能な仕様となっている。

これらの仕組みを利用した代表的なアタッチメントとして、ブルドーザやモータグレーダに代表されるマシンコントロールシステムがある。通常、オペレータが操作レバーにより動作させるブレードを、別の信号により操作させるシステムである。GNSSや自動追尾型トータルステーションといった測位システムからの情報をソフトウェアにより解析し、その信号によりブレードを自動でさせるシステムである。

最新の建設機械では、このようなシステムを必要に応じてアタッチメントとして使用できるように、車両にセンサや測量機器を直接接続でき、簡単に自動制御システムを使用できるようになっている。

最新のブルドーザとモータグレーダについては高精度マシンコントロールシステムである「アキュグレーダシステム」を装着可能な対応仕様機を標準化した。これらはマシンコントロール用の配線や接続端子を標準装備した仕様となっている。世界におけるシステム

の装着頻度が増加したことによる標準化であるが、車両は専用機としてではなくアタッチメントとしてのシステム装着が可能な仕様として、必要に応じて様々なシステムを装着できるようになっている（図-1、写真-1）。

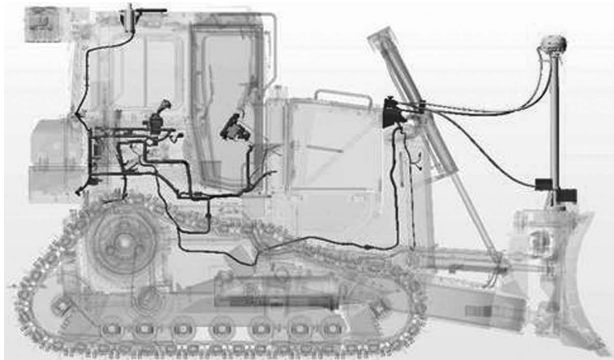


図-1 アクユグレード・レディ・システム配線図



写真-1 アクユグレード搭載ブルドーザ

さらに、最新の小型ブルドーザには走行中の車両姿勢の変化に合わせてブレードを自動制御で一定に保つステイブルブレードシステムを標準で搭載している。このシステムは測位システムなどを使用せず、車体に内蔵された傾斜センサでリアルタイムに姿勢を計測し、その傾きによるブレードの動きを自動で補正するシステムとなっている。データ作成や高機能測量器の知識がなくとも簡単に使用することができる。特に整地の段階で効果的に機能するシステムである（図-2）。



図-2 ステイブルブレードシステム模式図

3. ブルドーザの電子制御技術

情報化施工に関連する技術としては、このような測位システムやセンサを使用し品質の向上や施工効率の向上を計る技術が一般的に知られているが、従来から電子油圧制御式の中大型ブルドーザにおいては、通常のドーピング作業をアシストする油圧自動制御システムが搭載されている。

これらの機能はブルドーザに内蔵されたセンサにより車両やブレードを自動制御するものである。これらはグレードコントロール仕様としてブルドーザに標準で装備されている。車体に内蔵したセンサやリフト及びチルトシリンダに内蔵したセンサからのデータによりブレードやリップを制御するものである。このグレードコントロール仕様に、様々な電子制御システムをオプション装着することが可能となっている。車速や履帯のスリップを計測しブレードを自動制御するオートキャリーシステムや、作業に合わせてブレード角度を調整可能なオートブレードアシスト機能などを組み合わせて効率的な作業を行うことを可能とする。また、車速やスリップの計測によりリップング時のスリップを最小限に抑えるようにシャンクの制御が可能なオートマチックリップコントロールシステムも組み合わせて使用すると効果的である（図-3、4）。

海外ではより簡易的にマシンコントロールを使用する目的で、上述したブルドーザのグレードコントロー



図-3 ブルドーザのオートマチックシステム操作パネル



図-4 海外仕様のグレードコントロール仕様ブルドーザ

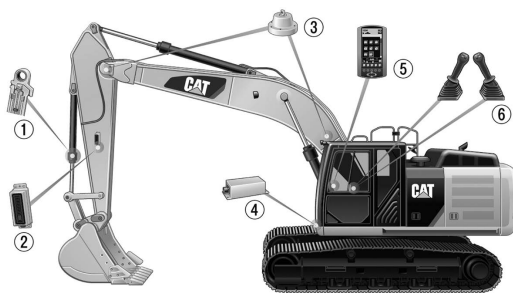
ル仕様機にGNSS測位システムを連動させたグレードコントロール3D仕様機もリリースしている。車両にGNSSアンテナを2台設置し位置と方向を計測するマシンコントロール仕様機である。前述したアキュグレードシステムのようにブレードを直接計測しないため敷均し精度は低い、海外では鉱山のような大規模現場を中心とした大型機による施工で利用されている。

4. 油圧ショベルのガイダンスシステム

油圧ショベルにおいては、マシンガイダンスシステムと呼ばれる施工ナビゲーションが一般的に知られている。車両に内蔵されたセンサにより車体や作業装置の動作を計測し、バケット位置と設計データとの位置関係を確認しながら施工を行うシステムである。

従来は車両の各部材に後付けでセンサを取り付ける仕様が一般的であったが、最近は車両本体にセンサが内蔵された専用機が登場している。後付けで機器を装着するよりも低コストでシステムを導入可能である。また、車両と一体化で設計された純正システムであるため、車両の電子制御システムと連動しているというメリットがある。従来から油圧ショベルの動作をセンサで計測する技術はあったが、ショベルクレーンシステムの重量計測やEフェンス機能といった作業装置の危険回避システムなどに使用されてきた。これらの内蔵センサを計測精度の高いものに変更しているため、ガイダンスシステムと併用して使用することを可能としている(図-5)。

現在グレードコントロール仕様機として、2Dガイダンスシステムを搭載したモデルを国内で展開してい



- ① ストロークセンサ付バケットシリンダ
- ② レーザー受光器
- ③ 角度センサ
- ④ ピッチ/ロールセンサ
- ⑤ Catグレードコントロール搭載 標準モニタ
- ⑥ モジュレーションスイッチ付操作レバー

図-5 グレードコントロールシステム構成図

る。さらに3Dシステムと連動した設計を採用しているため、GNSSなどの測位システムを簡単にアップグレード装着できる。施工内容や費用に合わせシステムを選択することができるため、情報化施工の導入をより身近にした(写真-2)。



写真-2 マシンガイダンスによる施工状況

5. 車両情報の遠隔管理

4章で説明したように、海外では車両のデータを施工に活用する方法は一般的になっている。主に施工の効率化や施工品質を保証するためのツールとしての利用が一般的である。主に、前述したマシンコントロール仕様機との設計及び施工記録データの交換や振動ローラなどの締固め機械による施工データの記録が一般的である。これらは、現在国内で行われている情報化施工の内容に近く、振動ローラにGNSS測量器を搭載し、加速度計により地盤剛性を測定する手法は米国を中心に一般化されている(写真-3)。



写真-3 海外のGNSS対応の振動ローラ

また、このような現場で行われる様々なICT技術を、通信を利用して事務所で管理する方法は最近では

一般的である。現在、国内で推進されている CIM と同様な電子データを利用したプロジェクト全体の管理であるが、3次元の設計データを有効活用するだけでなく、現場の施工データを積極的に記録してリアルタイムに管理していることが特徴である。

通信環境の発達や GNSS の利用環境は大幅に向上しているため、GNSS を利用したシステムがラインナップ毎にアタッチメントとして設定している。これらは車両に標準で搭載されているモバイルを使用し、遠隔にある事務所において車両管理システムを使用し管理を行う。

例えば、ダンプトラックや振動ローラなどは、現場でのリアルタイムな稼働状況や1日の稼働データなどの管理を行う。車両自体が電子制御化されているため、車載のコンピュータを介して様々なデータを管理することが可能となっている (図-6)。

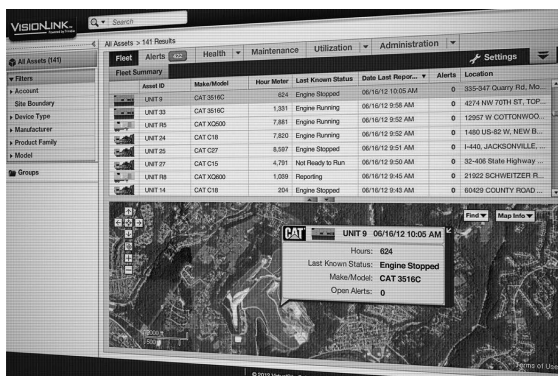


図-6 車両の遠隔管理システム：海外

従来は、燃料の消費量や稼働時間を現場管理に使用したり、もしくはメーカーのサービス担当者が機械のメンテナンスに車両情報を使用する目的での利用が多かったが、最近では車載センサで計測した積載量やGNSSで記録した稼働記録を、現場の3次元測量データと連動させて土量のトレーサビリティ管理に使用するなど、データは多岐に使用されている。

現在、このようなプロダクトリンクという通信を利用したソリューションを全世界に展開している。

6. おわりに

本稿では、活用の機会が増加している情報化施工に関連する建設機械技術について紹介した。

情報化施工は、従来にない革新的な技術として扱われる場合も多いが、今回紹介したように技術の進化によって必然的に一般化が進んでいくと思われる。

現在、建設機械に関する技術は施工の合理化や品質の向上に貢献する技術がフォーカスされている。従来の施工を革新的に変える技術との期待が有るが、従来の施工を補うツールとして柔軟に使用することが必要である。

さらに、現場の効率化を行うためにはプロジェクト全体の管理が必要になる。マシンコントロールなどの施工ツールも、3次元設計図を利用したプロジェクトの中で使用することで本質的な効率化が実現する。

現在、積極的な推進が行われている CIM プロジェクトへの期待も大きい。3次元設計データを作成することが CIM であるといった誤解もあるが、現場を管理するために必要な情報の収集とフィードバックが先ず重要な作業となってくる。

建設機械のシステムを使用した管理などは、従来は積極的に行われていなかったが、CIM のような現場管理が一般化することで、より正確な管理が求められると思われる。

当社としても、CIM のような新たな現場管理手法に適用可能なシステムの構築や開発を今後も積極的に行っていく所存である。また、実際の現場で数多く試行しながら施工管理に必要な技術を現場からフィードバックし、技術を改善していきたいと考えている。

JICMA

【筆者紹介】

周藤 健 (すどう けん)
キャタピラー・ジャパン(株)
市場開発部 市場開発グループ

