

# 道路建設工事における 情報化施工について

鹿島道路株式会社生産技術本部機械部  
副部長兼機械センター所長

やまぐち たつや  
山口 達也

## 1. はじめに

道路建設の現場においては建設機械への情報化施工の適用のみならず、新しい技術の導入が積極的に図られている。さまざまな現場条件に対応可能なローラの転圧管理システムや、非破壊にて舗装、路盤の密度を測定することができる電磁波密度測定器、あるいはアスファルトフィニッシャの敷均しにおいて壁に描かれた基準線を、画像処理により追従しスクリーンを制御する装置などである。

道路建設の現場に情報化施工システムを導入する大きな目的は、操作員の技量に左右されることなく、高い施工品質と生産性を安定的に確保することにある。また、三次元マシンコントロールシステム（3 Dimensional Machine Control System：以下「3D-MC」という）の導入に伴い、作業現場での検測の簡略化などが図れることにより建設機械周りの検測員、作業員を削減することができる。これにより建設機械との接触事故などのリスクを減じ、安全性の向上に貢献することも広く理解されるようになってきた。

ここでは国土交通省の「情報化施工推進戦略」において定義されている「情報化施工」の枠組みを若干踏み出す内容を含め、道路建設分野におい

てすでに導入されている技術、今後使用の拡大が見込まれるシステムの現状とその導入効果について報告する。

## 2. 道路建設機械のマシンコントロール

3D-MCは、自動追尾トータルステーションや測位衛星システムを用いて、建設機械の作業装置の座標情報をリアルタイムに取得し、あらかじめ準備された制御データとの照合により建設機械の作業装置を三次元的に制御（マシンコントロール）するシステムである。3D-MCは道路建設工事における情報化施工の代表格といえる技術である。

3D-MCの道路建設機械への展開はこれまではブルドーザ、モータグレーダがほとんどで、稀にアスファルトフィニッシャへ装備する例もあった。現在は切削機、コンクリートスリップフォームペーパーなども含め、応用範囲が拡大している。

国土交通省の通達「情報化施工の一般化・実用化の推進について（2010年8月）」の中で、「モータグレーダのマシンコントロール技術」が2013年度から一般化情報化施工技術とされており、モータグレーダの3D-MCが広く活用される環境が整いつつあった。しかしながら2013年2月に発表された「次期情報化施工推進戦略（素案）」では、一般化推進技術に格下げされていた。これはモー

タグレーダの3D-MC効果の検証が十分になされていないという事情のみならず、特定特殊自動車排出ガス規制法（オフロード法）2011年規制の施行に伴い、国内メーカーによるモータグレーダの供給が今年度中に途絶えることによる影響も無視できないと思われる。

(1) トータルステーションを応用した3D-MC  
トータルステーション（Total Station：以下「TS」という）は距離と角度を同時に測定できるほか、その結果が自動記録できるなど、従来のトランシットと光波測距儀の機能にマイクロコンピュータを備えた測量器である。3D-MCに用いられるTSは自動追尾機能と無線装置を備えた機種である。

TSによる制御は、TSが測定した建設機械の位置情報を無線により建設機械のコントローラに送信し、送信された位置情報を建設機械のコントローラに収められた制御データと照合することにより、作業装置（グレーダの場合はブレード）を制御するシステムが一般的である。通常は作業装置の基準になる箇所の高さの制御と、スロープコントローラによる横断勾配制御を組み合わせて使用する。

道路建設において求められる精度から、建設機械はmm単位での制御が必要となる。このため水平、垂直方向とも±10mm程度の精度で管理できるTSを用いた3D-MCが一般的に使用されている。

図-1はTS式3D-MCを搭載したモータグレーダのマシンコントロールイメージである。写真-1は2台の中型ブルドーザD65PXにて法面整形作業を行っている状況である。

## (2) 測位衛星システムを応用した3D-MC

### ① 測位衛星システムの施工精度

前章で述べたTSの機能を衛星測位システム（Global Navigation Satellite System：以下「GNSS」という）により担うのがGNSS式3D-MCである。GNSSを応用した3D-MCは現場内に基地局が備えられていれば複数台の建設機械を同時に制御するとともに測量作業も実施することがで

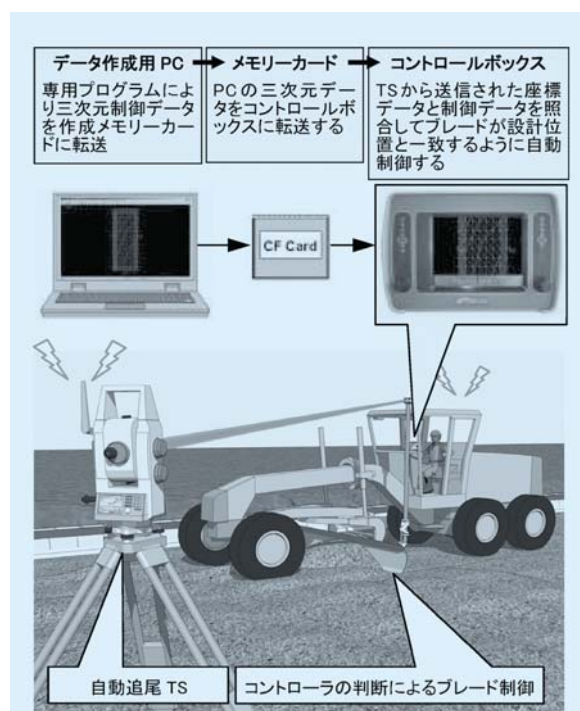


図-1 TS式3D-MCの機器構成と施工イメージ



写真-1 2台のTS式3D-MCブルドーザによる施工

きる合理的なシステムである。土工工事においては、その高い利便性から積極的に現場導入されているが、精度的側面から適用できる作業は限定される。特に垂直方向では±4cm程度の精度範囲に押さえるのが限界であり、この数値は垂直方向の精度がミリメートルオーダーで要求される道路建設において許容できる精度とは言い難い。

### ② 道路建設における高精度GNSS-3D-MC

GNSS式3D-MCの利便性と、TSの精度を兼ね備えたシステムが高精度GNSS（トプコン社製品名：mmGPS）である。現場内の複数の建設機械の制御がTS式と同程度の垂直精度±10mmで行





いえる。この効果はAFの項で述べたことと同じである。写真―3は3D-MCにて新設の高速道路のコンクリート打設を行うCSPの状況である。

### ③ 路面切削機

切削オーバレイに使用される切削機の3D-MCも積極的に現場展開されている。ただし、切削機はレベリング作業においても通常はセンサワイヤを使用することはないため、AFやCSPのようにセンサワイヤを省略する効果は見込めない。従って現時点では切削機へ3D-MCを応用する場合のメリットは、レベリング精度の向上に貢献するという点に限定されるということを認識しておく必要がある（写真―4）。



写真―4 3D-MCで作業中のクローラ式切削機

## 3. マシンガイダンスシステム

マシンガイダンス（Machine Guidance：以下「MG」という）は、建設機械を操作するための情報を分かりやすく明示する方法である。カーナビのように、専用ディスプレイなどを参照して機械操作を行うことにより、的確な作業を実施することができる。

### （1）転圧管理システム

転圧管理システムは従来の砂置換法やRI計測法による代表点の管理に代えて、あらかじめ締固め回数と密度の相関を調査したうえで、TSやGNSSから得られる締固め機械の位置情報をリアルタイムに表示・記録し面的管理する手法である。



写真―5 転圧管理システムの表示例

ローラの軌跡や転圧回数が色分けされてディスプレイ画面に表示され、リアルタイムに転圧状況を確認できるため、オペレータの作業負担や転圧ムラの軽減が期待できる（写真―5）。

道路建設において転圧管理を行う場合、最近ではGNSSを利用した仮想基準点方式（以下「VRS-RTK」という）が多く用いられるようになってきた。仮想基準点方式とは、GNSSと連携して複数の電子基準点の観測データを処理することにより、対象となる点（転圧ローラ）の近傍に、あたかも基準点（基地局）があるかのような状態を作り出す技術である。

VRS-RTKは転圧管理に必要な測位精度を得ることができるうえ、基地局の設置が必要ないため、中小規模の道路建設工事の適用に向いている。ただし、携帯通信端末を用いてデータ処理を行う配信局の配信データを入手する必要があるため、携帯電話通信費と配信データ費が別途発生する。

また、携帯電話の通信エリア内でなければデータを取得することができないので利用する際には注意が必要である。

### （2）油圧ショベルのマシンガイダンス

#### ① 3D-MGシステム

GNSSとセンサの組み合わせにより、作業エリアにおける油圧ショベルのバケット刃先位置を、事前に作成しておいた三次元設計データと照合させることにより、三次元的にディスプレイに表示させるガイダンスシステムである。

油圧ショベルは図―3に示すように検出しなけ

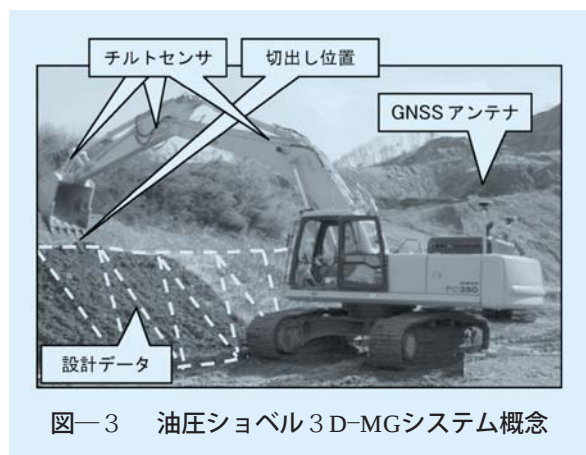


図-3 油圧ショベル 3D-MGシステム概念

ればならない情報が多いうえ、作業中の動的な慣性が車体に大きく働くため、未だ複雑な制御機構を3D-MC化するには至っていない。

## ② 2D-MGシステム

3D-MGシステムからGNSS情報を省略し、バケット刃先位置だけを表示できるようにしたシステムである。ブーム、アーム、バケット各部に角度センサを装着し、簡単なキャリブレーションを実施することにより使用できるので導入例が増えつつある。平面レーザ発光器と組み合わせることにより基準高からのアーム位置を計測し、より正確に刃先位置を表示させることができる(図-4)。

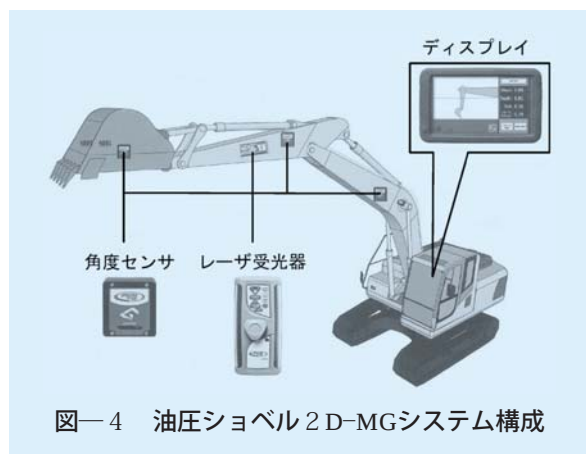


図-4 油圧ショベル 2D-MGシステム構成

## 4. その他の情報化施工に準ずる機器

### (1) ラインリーダー

アスファルトフィニッシャのスクリードの自動制御方式として、一般に広く用いられているのは前述のとおりセンサワイヤによるならい制御方式

である。しかしセンサワイヤの設置に多大な手間が掛かるうえ、橋の高欄場合によっては設置自体が困難なこともある。

ラインリーダーは、システム筐体に組み込まれた光学センサが壁面をスキャンし、壁面に描かれたラインを検知する。これを進行方向に連続的にトレースしていくことで、ライン位置を高さの基準として認識するのである。図-5はラインリーダーによる壁面ラインの検知イメージで、点線矢印の範囲をスキャンしたものが右側に表示されている。壁面上のラインはこのような処理により認識される。写真-6はラインリーダーを用いた現場での施工例である。

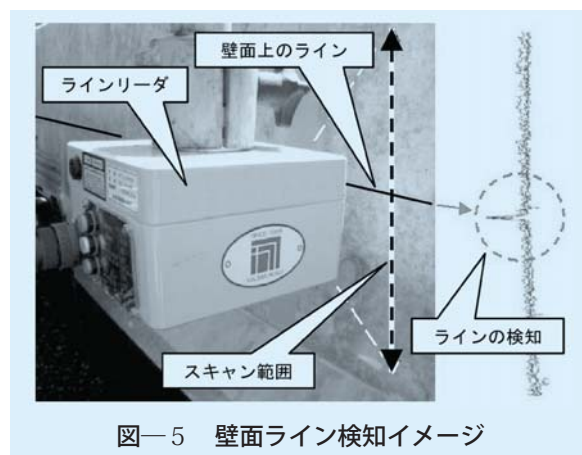


図-5 壁面ライン検知イメージ



写真-6 ラインリーダーによる施工例

### (2) 電磁密度測定器

現場における非破壊方法での密度等の測定装置としては、従来からの放射線測定装置(Radio Isotope: 以下「RI」という)がある。米国ではアスファルト混合物を対象としたRIによる測定も一般的に行われているが、米国に比べ線源強度の制限が厳しい日本においては測定結果の信頼性の面



から実用上の限界がある。それ以前に、RIを扱うことによって多少なりとも放射線による被爆が避けられず、測定者は健康上のリスクを負うことになる。

電磁密度測定装置は放射線源を用いない非破壊方式の密度測定装置であるため、人体への悪影響を心配することなく、対象物の密度や空隙率などの測定が可能である。

#### ① アスファルト舗装密度測定器

測定器の底面にある測定盤から放射される電磁波により、設定した舗装厚さの密度を3秒程度で測定することができる。路面温度が高い状態でも測定できるため、従来のコア抜きによる密度管理を補完する用途として活用されている。外部接続することにより、本体内に保存されているデータをパソコンに取り込んだり、プリンタに出力することも可能である（写真—7）。

#### ② 路盤密度測定器

深さ30cmまでの舗装路盤、転圧盛土、埋戻し土等の密度を測定することができる。内蔵されたGNSS受信機により測位データを受信し、測定箇所的位置、時間情報を同時に記録することが可能である。アスファルト舗装密度測定器と同様、本体内に保存されているデータをパソコンに取り込んだり、プリンタに出力することが可能である。

写真—7、8のアスファルトおよび路盤舗装密度測定器はいずれも米国Trans Tech社製である。

## 5. あとがき

本報では3D-MCを中心に、道路建設における最新の情報化施工機器に関して述べてきた。今後も新技術が導入された情報化施工機器がリリースされるであろうが、中には過剰とも思える機能が施されているシステムもあり、高価であるがゆえに現場にとって導入した際のメリットを慎重に検討し、また実際に達成される精度等をユーザー自ら検証を行う姿勢を保つ必要があるだろう。

前述したとおり、多少の足踏みはあるにせよ、



写真—7 アスファルト舗装密度測定器による計測状況



写真—8 路盤密度測定器による計測状況

国土交通省が情報化施工の普及を積極的に進めている現状に変わりはなく、今後もその傾向は続くと予想される。

さらに今後は、地方自治体においても活用が推進される見通しである。このような状況を踏まえ、情報化施工を有効に活用するためには、社内のみならず協力業者を含む裾野の広い教育体制を確立する必要がある。

#### 【参考文献】

- 1) 国土交通省総合政策局建設施工企画課「情報化施工推進戦略」(2008.07)
- 2) 国土交通省総合政策局建設施工企画課「情報化施工の一般化・実用化の推進について」(2010.08)
- 3) 山口達也「舗装工事における情報化施工の展開」土木施工(2012.05)
- 4) 福川光男「情報化施工システムの開発経緯と普及変遷」舗装(2012.09)