

施工管理データを搭載した3次元測量機器による 出来形管理手法の研究

遠藤 和重・梶田 洋規・渡邊 賢一

国土技術政策総合研究所では、国土交通省における情報化施工の取り組みの一環として、効率的に出来形管理を実施できるように、3次元座標の設計データ（施工管理データ）を搭載したトータルステーション（TS）による効率的な出来形管理に関する研究・開発を行ってきた。

本稿では、観測施工の発展から見た情報化施工の特徴について述べ、その特徴に基づいた施工管理データを搭載したトータルステーション（TS）による出来形管理の紹介を行うと共に、工種拡大など今後の展開について紹介する。

キーワード：出来形管理、TS、RTK-GNSS、3次元データ、プロダクトモデル

1. はじめに

情報化施工は、建設事業の調査設計から維持管理までの建設生産プロセスの「施工」において、ICT（情報通信技術）の活用により各プロセスから得られる電子情報を活用し高効率・高精度な施工を実現し、また、施工で得られた電子情報を他プロセスに活用することで、建設生産プロセス全体の生産性向上や品質確保を図ることを目的としたシステムである。

近年、汎用の建設機械を用いる土工工事や舗装工事等の一般的な土木工事においても、進歩し廉価になった測量技術・制御技術・情報通信技術を用いて、情報化施工が大規模工事を中心に導入されつつあり、効果を上げている。

国土交通省（国交省）では、情報化施工の戦略的な普及方策について検討を行い、直轄工事への導入を推し進めており、その一環として、国土技術政策総合研究所（国総研）では、効率的な施工管理（監督・検査を含む）を目的に、3次元座標の施工管理データを搭載したトータルステーション（出来形管理用TS）で出来形管理を行う手法の研究を行ってきた。

本稿では、出来形管理用TSの理解を深めて頂くために、情報化施工の特徴を踏まえながら、紹介するものである。

2. 情報化施工の特徴の変遷

情報化施工は観測施工が発展した1つの形であり、

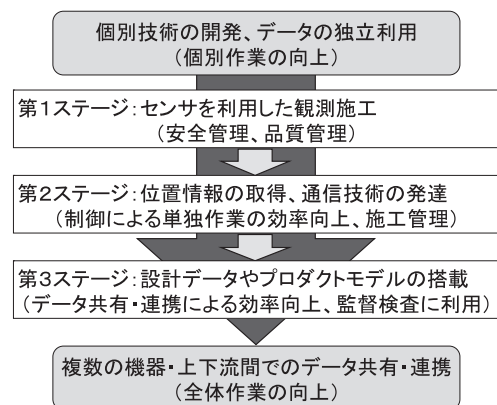


図-1 観測施工の特徴の変遷

IT及びICT技術の開発・普及に伴って、その特徴は変遷している（図-1）。

当初の観測施工（第1ステージ）では、センサを利用して地山の状況などを計測し、その結果を解析して次の施工の判断材料としたり、異常な挙動を監視したりと、品質管理や安全管理を行っていた。

そこに、第2ステージとしてトータルステーションや高精度なGPSの様な位置取得技術と通信技術が加わることで、施工効率の向上が進み、また、施工管理が容易となった。

近年では、第3ステージとしてCAD技術が加わり、施工管理データ（施工の目標となる工事目的物の設計データなど）を搭載することで手戻り作業が無く、より高い施工効率と確実な施工管理に寄与し、また、監督・検査における「見える化」につながっている。

これは、「計測結果のフィードバックの即時性」と

「見易さの向上」によるものである。昔の観測施工では、計測結果を技術者が見て判断し、オペレータに指示を与えていた。それに対し、現在の情報化施工では、施工中は技術者が介することなく、オペレータの操作中に「計測結果」（と言うよりも「施工中の状況」）をリアルタイムでモニタ画面に分かり易く表示している。オペレータは、その画面を見ることで、リアルタイムに操作修正が行え、結果、手戻り作業の減少などに繋がっている。

ここで、モニタ画面へ分かり易く表示するために、CAD技術が利用されている。

例えば、土工の掘削作業を行う「マシンガイダンス機能を搭載した油圧ショベル」の場合、モニタ画面に「掘削目標である掘削計画線」と「バケットの現在位置」が表示される。このことで、一定間隔で設置された丁張りを横目で見ながら掘削箇所の掘削線を推測し注意深く掘削せずとも、モニタ画面で当該箇所の掘削線とバケット位置を直接対比しながら、迅速に掘削作業を行うことができると共に、丁張り設置作業が不要になる（図一2）。

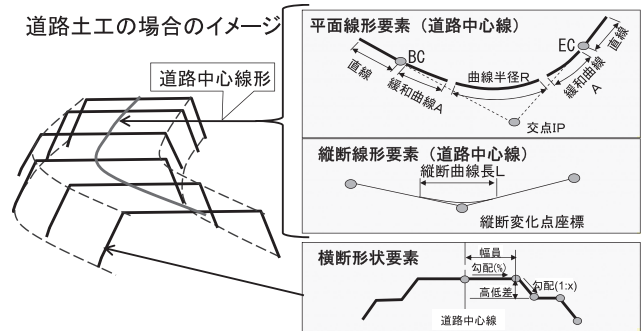


図一2 情報化施工のモニタ画面

このために、マシンガイダンスでは、建設機械にPCとモニタ画面を搭載すると共に、そこに工事目的物の完成形を示す3次元の設計データ（施工管理データ）の情報を持たせている。

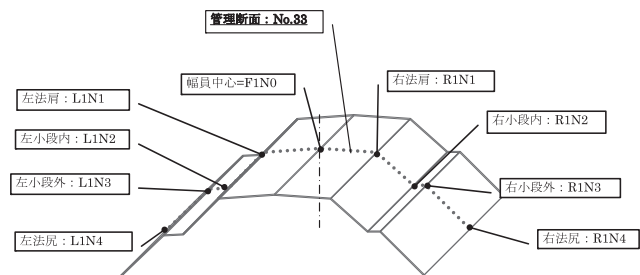
また、出来形管理用TSでは、CALS/ECを念頭に置き、設計からデータを流すことを想定し、「座標系、形状構造、情報、データ内容、形式」などの標準を定義した。例えば、道路土工を表すために、3次元データの道路中心線形と各断面の2次元データを定義した

（図一3）。この構造物を定義したモデルをプロダクトモデルと呼んでいる。



図一3 道路土工のモデル

プロダクトモデルでは構成点を定義付けており、計測した座標をどの点か認識させることが可能となり、事後の帳票作成の自動化が図られている（図一4）。また、異なるメーカーのソフト間でのデータの交換にも有用であると共に、関係者がイメージしやすい。ニーズがあり開発すれば、計測値に対し勾配のチェックなどを自動処理するプログラムの構築も可能となる。



図一4 モデルの構成点の定義付け

情報化施工の変遷を総じて見ると、個別の技術開発やデータ利用で個別要素作業の向上を行っていた形態から、複数間・上下流間でデータ共有・連携することで全体作業の向上を行う形態に向かっている。

3. 国総研の取り組み

国総研では、これまで出来形管理用TSの研究を行ってきたが、本研究の契機は、情報の流れの観点から従前の施工プロセスを分析した結果である。施工プロセス上、土木構造物の長さや幅といった形状データや位置データが、帳票や図面を作成する際に何度も入力されていることが分かった。重複するデータ入力作業の無駄を無くすと共に入力ミスも減らすため、3次元位置情報を情報流通に適した電子データとして取得できる3次元測量機器を利用することとした（図一5）。

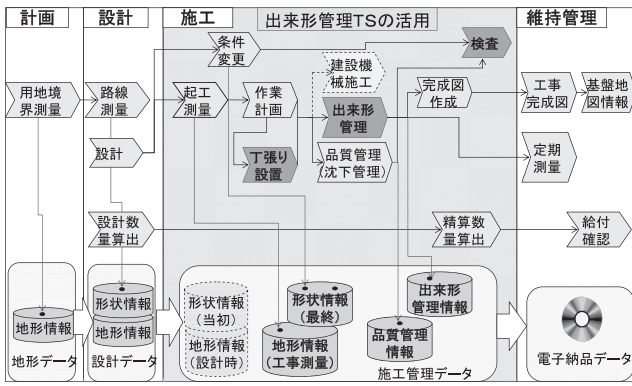


図-5 施工プロセスの分析

(1) 出来形管理用 TS の取り組み

公共土木工事においては、「土木工事施工管理基準」が定められ、工種毎に出来形管理の測定項目や規格値が決められており、監督・検査においても、その内容に沿って行われている（図-6）。

工種	測定項目	規格値 (mm)	測定基準	測定箇所	
道路 土工	基準高 ▽	±50	施工延長40mにつき1箇所 延長40m以下のものは1施工 箇所につき2箇所。基準高は、 道路中心線及び端部で測定。	【盛土の場合】 	
	法長	L<5m			掘削：-200 盛土：-100
		L≥5m			掘削：法長の-4% 盛土：法長の-2%
	幅 (W1, W2)	-100			
河川・海 岸・砂防 土工	基準高 ▽	掘削：±50 盛土：-50	施工延長40m（測点間隔25 mの場合は50m）につき1 箇所、延長40m（又は50 m）以下のものは1施工箇 所につき2箇所。基準高は 掘削部の両端【掘削】、各 法肩【盛土】で測定。	【盛土の場合】 	
	法長	L<5m			掘削：-200 盛土：-100
		L≥5m			掘削：法長の-4% 盛土：法長の-2%
	幅 (W1, W2)	-100 (盛土のみ)			

図-6 施工管理基準の出来形管理（土工）

従前の出来形管理は、計測する断面に丁張りを設置し、水糸や巻尺やレベルを用い長さや高さを計測しており、丁張り設置や計測に手間・人数を要した。また、帳票類作成時には転記ミス懸念があった。

出来形管理用 TS は、TS に出来形管理に用いる設計データを3次元座標値として搭載するものであり、3次元設計データの作成ソフト、TS ハード及び搭載ソフト、帳票の作成ソフトにより構成される（図-7）。

TS は3次元座標を計測するため、長さは2点の座標値を計測し自動計算する。長所として、設計データを基に計測したい箇所へ TS のミラーを誘導する機能を搭載することから丁張りが不要であり、断面毎に計測する必要はなく、計測は2名で行え（自動追尾機能搭載機種だと1名で行える）、自動帳票作成により労力削減と転記ミス防止が図られる（図-8）。

また、3次元座標の設計データを搭載しているため、設計値との誤差を計測と同時に把握でき迅速な修正作業が行えると共に、監督・検査で利用すれば、施工者

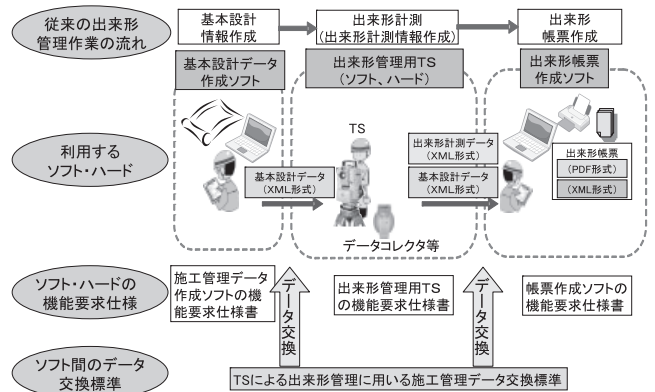


図-7 出来形管理用 TS のシステム構成

作業内容	従来	本手法	短縮効果	
出来形管理	測量準備	9日	2日	78%減
	測量	6日	4日	33%減
	帳票作成	3日	0.3日	90%減
2400m	合計	18日	6.3日	65%減

①ミラーを計測箇所へ誘導可能（→丁張り設置が不要）
②断面毎に計測する必要無し
③計測と同時に出来形確認

図-8 出来形管理用 TS による計測状況と効果

の計測箇所を特定したり、管理断面以外の任意断面で確認を行うことができる。

これまで、土工を対象に発注者や施工者向けの「施工管理要領（案）」と共に、開発者向けの出来形管理 TS の必要な性能を示す「機能要求仕様書（案）」やデータの互換性を確保する「データ交換標準（案）」などを策定・公表し、現在、製品化され実工事で利用されている。

(2) 取り組みの適用拡大

(a) 適用拡大の方向

現状、情報化施工による出来形管理は、出来形管理用 TS による道路土工と河川土工が対象であるが、今後、情報化施工の普及を図るためには、適用を広げる

必要がある。

①工種の拡大

1つの工事を全てTSで計測することで、機器の利用頻度が上がると共に維持管理や修繕工事など後工程へ情報を流す効果が出てくる。そこで道路工事に着目すると、既に完成している道路土工と同じ工事目的物という観点から「舗装（新設・修繕）、地下埋設物、道路付属物（縁石、排水溝）、道路付随工（ブロック積、擁壁）」などへの展開が考えられる。

②新技術の導入

出来形管理を行う機器として工種によってTSより利便性の高い新技術がある。例えば、舗装修繕は1人で現道に入らず迅速に計測できるノンプリズム式TSが有望であり、大規模な現場では基準点からの計測範囲が広く1人で計測できるRTK-GNSSやVRSが有望である。また、重機による情報化施工を行っている場合、重機の位置検出用に搭載されたRTK-GNSSを施工後に活用して出来形管理を行える点からも有望である。これらについては、現在、試験や試行を実施しており、概要を後で述べたい。

③利用場面の拡大

出来形管理を行う場面として、受注者による施工管理と共に、発注者による監督検査での利用があるが、出来形管理用TSは準備作業として3次元設計データを作成することから、その作業の中で設計図書の写真の確実性・効率化が行える機能が期待される。

また、3次元座標データを得られることから、工事完成図や工事精算数量算出に利用したり、施工フェーズ以外にも測量に利用し3次元座標データを得て3次元CADで設計を行うことで発注用数量を自動算出したり、維持管理の管理台帳のデータとして利用するような展開が考えられる。

以上がそれぞれ適用拡大要因となることから3次元的な展開となり、その組合せによる取り組みとなる(図-9)。

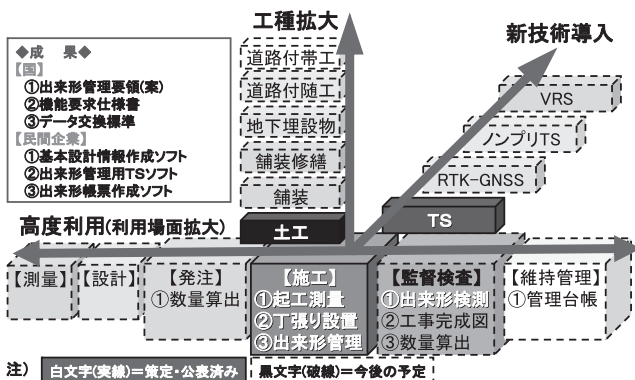


図-9 適用拡大の方向のイメージ

(b) 出来形管理用RTK-GNSSの概要

TSは出来形計測に必要な精度確保のため、計測距離は3級TSの場合で100m以内(2級TSの場合は150m以内)の制限があり、それを超える場合、新たな基準点を設置する必要があるため、試行工事において、計測距離に対する意見が寄せられている。

RTK-GNSSは、測位衛星(米国のGPS等)を用いた測量機器であり、1つの基準点で広範囲の測量が可能である。通常のGPSでは測量には精度不足だが、座標が分かっている基準点に基地局を設置し、その地点の測位誤差を計測地点の移動局に伝送し、移動局の計測値を補正することで精度向上を図る仕組みである(図-10)。

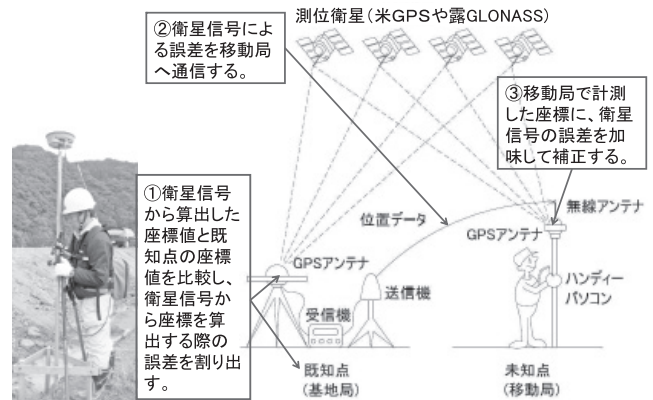


図-10 RTK-GNSSの概要

実験や試行を通じ、1回の計測値では誤差が大きい場合があるが、10回の平均値を用いることで土工の出来形計測に利用可能な精度確保を確認できた。また、基地局から1kmで必要な精度を確認できているが、補正データを通信する無線の能力上、現場条件にもよるが500~700m程度が実用的な利用範囲と考えられる。

RTK-GNSSは、TSより広範囲の計測に向き、また、建設機械も情報化施工対応でRTK-GNSSを利用している現場では基地局を共有できる。一方、衛星の受信や無線通信に向かない現場もあることから、現場状況に応じて使い分けていくこととなる。

現在、「RTK-GNSSを用いた出来形管理手法」を直轄工事に導入するため、要領などを平成22年度に公表すべく取り組んでいる。

(c) ノンプリズム式TSの概要

舗装(修繕)の打換え工事では、特に都心部で交通規制に対する社会的影響が大きいことや、作業に危険性を伴うことが大きな課題であり、総合評価方式においても、それらの対策が技術テーマとして設定されることがよくある。

そこで、現況・切削面・施工後の各段階の計測作業を歩道より行える機器として、非接触で計測可能なノンプリズム式 TS の利用を考え、関東地方整備局が出来形管理要領（案）を、国総研がデータ交換標準（案）の検討を行っている（図-11）。施工後は、3次元の出来形計測であるため、切削面・基層・表層の同じ箇所の高さ座標の差を求めて厚さに換算している。

ノンプリズム式 TS は精度が TS ほど高くないため、

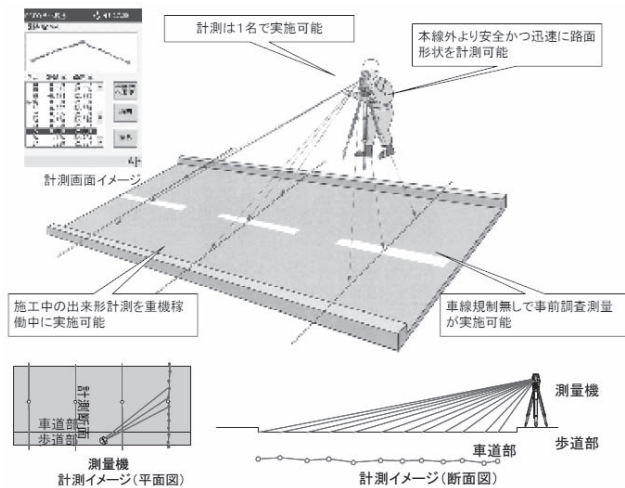


図-11 ノンプリズム式 TS の概要

精度確保のための距離制限が、TS の 100 m に対しノンプリズム式 TS は 30 m となる。また、路面が湿潤状態では計測が行えないなど利用において注意すべき事項が多々あるが、打換え後に交通規制解除してからも計測可能なことから、社会的便益は大きい。

4. おわりに

情報化施工は、情報機器やソフトウェアが介在し、はじめは取り組みにくいですが、施工効率や品質の向上と共に、監督検査の「見える化」につながり、施工業者にとっては良い仕事を評価して貰えるツールになり得ることから、効率化・確実性向上の効果は大きいと言える。

例えば、表計算ソフトの使い始めは、電卓や暗算の

方が良いと感じたが、慣れた今では便利なツールとして使い、無くてはならないものとなっていることと思う。簡単な計算でさえ、ミスが見えるので表計算ソフトを使う場合がある。情報化施工は正にこの表計算ソフトである。簡単な計算は暗算や電卓でも出来るし、パソコンやソフトの購入という初期費用も負担であるが、慣れれば手放せなくなるほど便利である。

「習うより慣れる」という言葉を何らかの形で実感されたことがあると思うが、情報化施工についても最初は不慣れで効果を実感できなくても積極的に実施し慣れて頂きたい。

取り組みの適用拡大については、早いものは平成 22 年度中に、開発企業に向け出来形管理に必要な性能を示す仕様書などを、施工者や発注者に向け本技術を用いた出来形管理要領（案）などを公表する予定である。

最後に、試行をお願いした現場では、受発注者共に多大なご協力を賜り感謝申し上げます。

【TS を用いた出来形管理 情報提供サイト】

<http://www.gis.nilim.go.jp/ts/index.html>

JCMA

【筆者紹介】

遠藤 和重（えんどう かずしげ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター 情報基盤研究室
室長



梶田 洋規（かじた ひろき）
国土交通省 国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター 情報基盤研究室
主任研究官



渡邊 賢一（わたなべ けんいち）
国土交通省 国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター 情報基盤研究室
研究官

