

トータルステーションシステムを活用した 出来形管理要領の検証

国土交通省 国土技術政策総合研究所 神原明宏*1
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 田中洋一*2
 国土交通省 国土技術政策総合研究所 金澤文彦*2

By Akihiro KAMBARA, Yoichi TANAKA, and Fumihiko KANAZAWA

トータルステーション（以下、TSという）は、レーザーによる距離測定と経緯儀による角度測定が同時にできる電子式測距測角儀であり、公共測量作業において一般的に利用されている。一方、国土交通省では、情報通信技術（ICT）を活用した施工管理について取り組んでいる。そのため、施工管理のうち出来形管理においては、TSを活用した出来形管理手法の提案がなされている。しかし、TSを活用した出来形管理手法は、運用方法が定められていないため実施されていなかった。

本研究は、TSを活用した出来形管理手法が効率的に実施されることを目的に運用方法を要領として作成した。その上で、TS及びTSの利用をサポートするソフトウェアで構成されたシステム（以下、TSシステムという）を活用して、要領に基づく試行工事を行い、適用性を検証した。検証結果より、要領に基づくTSシステムを活用した出来形管理手法が実工事で運用可能となった。その上で、施工作業の迅速化、品質の向上、監督・検査業務迅速化の可能性を示した。

【キーワード】トータルステーション，出来形管理，3次元情報

1. はじめに

国土交通省では、CALS/EC アクションプログラムを策定し推進している¹⁾。CALS/EC アクションプログラムは、公共事業の調査、設計、施工、維持管理の各フェーズで発生する情報を電子化して、関係者間で効率的に情報を利活用することを目指している。施工フェーズでは、ICTを活用することにより施工の合理化に取り組んでいる。

施工管理は、旧態依然の作業内容のままであり、書類作成に手間とコストがかかっている。そのため、国土技術政策総合研究所では、工事全体の施工管理の業務手続について分析を行い、ICTを活用した施工管理の業務改善について提案を行った。既往の研究²⁾³⁾では、施工管理や監督・検査業務を分析することにより構成する機能と施工で利用する情報との関係

を表現し、効率的な情報の利活用を行える可能性があった。特に、出来形管理では、ICTを活用した施工管理における高い作業効率化を行える可能性があった。

施工管理のうち ICT を活用した出来形管理については、民間においても既に取り組みが進められてきた。しかしながら、民間からの提案による出来形管理⁴⁾⁶⁾は、大規模工事での利用が前提であり、小規模工事の利用を想定していない。

国土技術政策総合研究所では、公共測量作業で一般的に利用されているトータルステーション（以下、TS という）を活用した出来形管理を小規模工事で利用することを提案した。TS は、1台の機器で角度（鉛直角・水平角）と距離を同時に測定する電子式測距測角儀である。TS は、測角のための望遠鏡の光

*1 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
 (〒305-0804, 茨城県つくば市旭1番地, 029-864-4916, kanbara-a924a@nilim.go.jp)

*2 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

軸（視準軸）と光波距離計の光軸が同軸になっていること、電子的に処理された測定データが外部機器に出力できること、の2点が最大の特徴である⁷⁾。有富ら⁸⁾は、道路土工を対象に3次元設計情報を電子化したものをTSに搭載することにより、出来形管理が効率的に行えることを明らかにした。しかしながら、現行の出来形管理基準は、TSを活用した出来形管理手法を実工事で実施することを想定していない。そのため、TSの利用を想定した出来形管理基準作成が望まれていた。

筆者らは、現行の出来形管理基準にてTSを利用することができれば、請負者、監督・検査職員のICT利用が促進されると考えた。そのため、本研究では、実工事において、現行の出来形管理基準を遵守したTSによる出来形管理を運用するための請負者及び監督・検査職員向け要領を作成した。また、有富ら⁹⁾¹⁰⁾が提案したTS及びTSの利用をサポートするソフトウェアで構成されたシステム（以下、TSシステムという）を活用して、要領に基づく試行工事を行い、要領の適用性について検証した。

2. 現行の出来形管理の問題点

現行の巻尺・レベルによる出来形管理手法（以下、従来手法という）における出来形計測では、巻尺で長さ、レベルで高さを計測したものを野帳にメモ書きしておき、出来形管理図に転記し必要な図示や計算式を標記して出来形管理資料を作成している。このため、さまざまな手間のかかる作業が発生するだけでなく、転記ミス、判読ミス、計算ミスなどの要因ともなっている（図-1参照）。

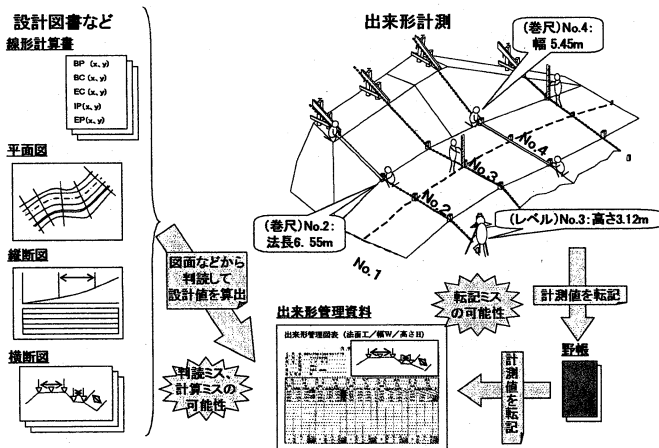


図-1 現行の出来形管理の問題点

TSシステムを活用した出来形管理手法（以下、TS手法という）は、3次元情報を活用して、判読ミス、計算ミス、転記ミスといった人為的なミスを軽減できる。ところが、TS手法は従来手法と異なる作業内容である。そのため、本研究では、TS手法における現行の出来形管理基準との適用性について検証する。

3. 現行の出来形管理関係基準調査

本研究では、現行の出来形管理基準を遵守したTS手法を運用するための要領を作成する。そのため、現行の出来形管理関係基準を調査し、TS手法の要領に記載すべき事項を抽出した。

(1) 請負者が行うべき出来形管理について

出来形管理について、国土交通省関東地方整備局の土木工事共通仕様書¹¹⁾（以下、土木工事共通仕様書という）では1-1-23 施工管理の項目で「請負者は、出来形管理基準及び品質管理基準により施工管理を行い、その記録及び関係書類を直ちに作成、保管し、完成検査時に提出しなければならない。ただし、それ以外で監督職員からの請求があった場合は直ちに提示しなければならない。」と記載されている。

出来形管理基準については、国土交通省関東地方整備局の土木工事施工管理基準及び規格値¹²⁾に記載されている土木工事施工管理基準（以下、土木工事施工管理基準という）に定められている。土木工事施工管理基準の5. 管理項目及び方法の(2) 出来形管理では「請負者は、出来形を出来形管理基準に定める測定項目及び測定基準により実測し、設計値と実測値を対比して記録した出来形成果表又は出来形図を作成し管理するものとする。但し、測定数が10点未満の場合は出来形成果表のみとし、出来形図の作成は不要とする。」と記載されている。また、6. 規格値では「請負者は、出来形管理基準及び品質管理基準により測定した各実測（試験・検査・計測）値は、すべて規格値を満足しなければならない。」と記載されており、さらに、7. その他では「請負者は、工事写真を施工管理の手段として、各工事の施工段階及び工事完成後明視できない箇所の施工状況、出来形寸法、品質管理状況、工事中の災害写真等を写真管理基準（案）により撮影し、適切な管理のもとに保管し、監督職員の請求に対し直ちに提示するとともに、検査時に提出しなければなら

ない。」と記載されている。このように、請負者は出来形管理で、定められた基準に基づき実測し、出来形成果表又は出来形図、工事写真を作成して保管し、完成検査時に提出する義務がある。また、定められた規格値は満足しなければならないこととされている。

出来形管理の作業手順に関しては、土木工事共通仕様書 1-1-23 施工管理によれば「1. 請負者は、工事の施工にあたっては、施工計画書に示される作業手順に従い施工し、品質及び出来形が設計図書に適合するよう、十分な施工管理をしなければならない。」と記載されている。施工計画書の記載方法については、土木工事書類作成マニュアル（案）¹³⁾に出来形管理計画表記載例があり、「土木工事施工管理基準」等により記述する。」と記載されている。

このように、作業手順については施工計画書に記載することになっているものの、各種基準類に適合するように作業を行えばよく、具体的な作業手順については定められていない。

(2) 監督・検査職員が行うべき出来形管理について

土木工事監督技術基準（案）¹⁴⁾は監督職員の業務内容を記載しているが、出来形に関して記載されていない。

検査職員の業務内容は、地方整備局土木工事検査技術基準（案）¹⁵⁾に基づき出来形の検査を行うことになっている。

(3) 調査結果

調査結果より、現行の出来形管理関係の基準を遵守した請負者向け要領としては、施工計画書の記載事項、出来形管理基準及び規格値、工事写真撮影方法を TS 手法の要領に記載すべき事項とする。現行の出来形管理関係の基準を遵守した監督・検査職員向け要領としては、現行の地方整備局土木工事検査技術基準（案）に基づき検査を行うことを TS 手法の要領に記載すべき事項とする。

4. TS 手法の作業内容調査

TS 手法は、従来手法とは作業内容が異なっている。そのため、TS 手法で確実に作業を実施させるためには、具体的な作業手順を要領として作成する必要がある。しかしながら、請負者、監督・検査職員の業

務内容に関しては、現行の出来形管理関係基準に具体的な作業手順は定められていない。

そこで、本研究では、従来手法にはない TS 手法の特記事項となる作業内容及び作業手順を調査し、要領に記載すべき項目を抽出した。

(1) 請負者が行う出来形管理作業

請負者が行う出来形管理作業は、従来手法と TS 手法で異なっている（図-2 参照）。TS 手法では、設計図書からの設計情報抽出、TS 設置、TS による計測、TS によるデータ記録、出来形帳票の作成という作業が必要となる。

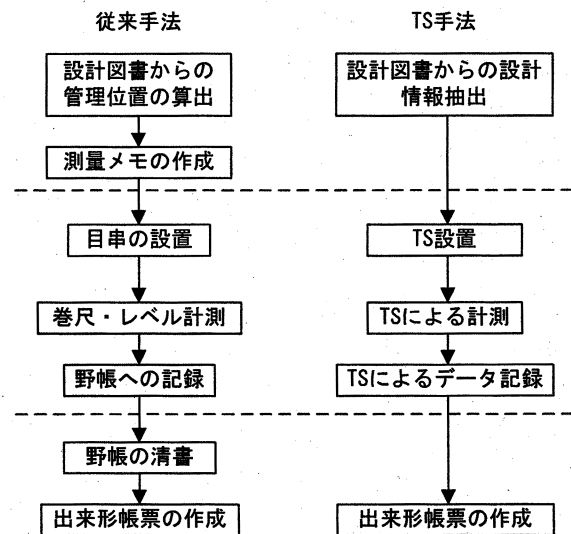


図-2 従来手法と TS 手法との違い

設計図書からの設計情報抽出は、出来形計測値と比較するため、設計図書より設計情報を抽出し、3次元設計情報を作成する必要がある。

TS 設置位置は、現場に設置された基準点より3次元座標を取得し算出する。そのため、TS 設置では、TS 設置位置を算出するための基準点設置が必要となる。

TS による計測は、TS 手法での基本となる作業であり、従来手法での計測に代わり必要となる。

TS によるデータ記録は、出来形計測値を自動的にデジタルデータで TS 内部のメモリーなどに記録される。

出来形帳票の作成は、設計データ、出来形計測データより出来形帳票を自動的に作成する。

(2) 監督・検査職員が行う出来形管理作業

請負者が行う TS 手法の作業内容は従来手法と異なるため、監督・検査職員が把握すべき作業内容につ

いても従来手法とは異なる。そのため、請負者が行う従来手法と異なる作業内容については、監督・検査職員としても把握する。

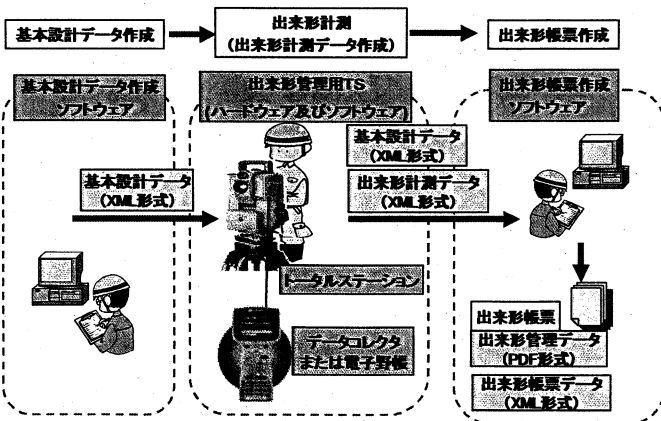
(3) 調査結果

調査結果により、請負者向け要領には、請負者が行うべき作業内容である、設計図書からの設計情報抽出、TS 設置、TS による計測、TS によるデータ記録、出来形帳票の作成について記載する。また、監督・検査職員向け要領には、請負者が行うべき作業内容を監督・検査職員が把握すべき項目として記載する。

5. TS システムの機能調査

TS を活用した出来形管理を行うためには、TS システムが必要である。本研究では、要領に記載すべき TS システムの機能を調査した。

TS システムに基づく出来形管理作業は、図—3 に示すように、基本設計データ作成、出来形計測、出来形帳票作成の順に進められる。TS システムでは、基本設計データ作成を基本設計データ作成ソフトウェア、出来形計測を出来形計測データ作成するハードウェア及びソフトウェア（以下、出来形管理用 TS という）、出来形帳票作成を出来形帳票作成ソフトウェアで行う。基本設計データ作成ソフトウェア及び出来形帳票作成ソフトウェアは TS による出来形管理に用いる施工管理データ作成・帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書（案）¹⁶⁾、出来形管理用 TS は出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書（案）Ver2.2¹⁷⁾に基づき構築される。なお、これら 3 つのソフトウェア間のデータ交換は、TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）Ver2.0¹⁸⁾に基づき行われる。

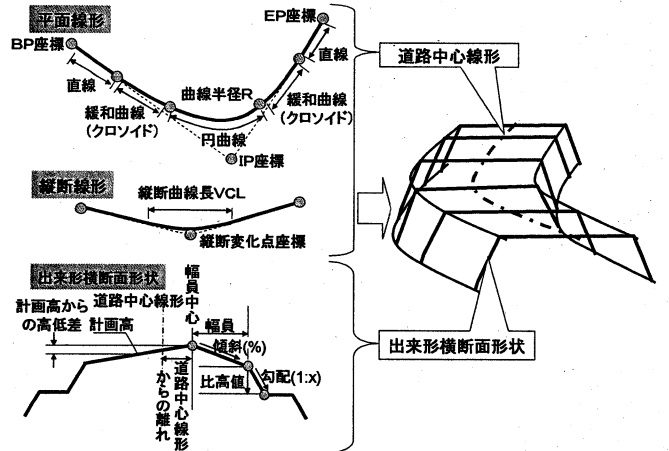


図—3 TS システム構成

要領に記載すべき TS システムの機能は、これら 3 つのソフトウェア及び TS の機能とする。本章では、3 つのソフトウェアの機能である基本設計データ作成、出来形計測及び出来形帳票作成の機能について記述する。

(1) 基本設計データ作成

請負者は、最初に基本設計データを作成する。基本設計データは、TS を用いた出来形管理を行うために必要な、3次元の設計形状、工事基準点などのデータから構成される。3次元の設計形状は、道路中心線形などの中心線と出来形横断面形状の形状データにより、出来形管理対象となる横断面の外郭を表現している（図—4 参照）。

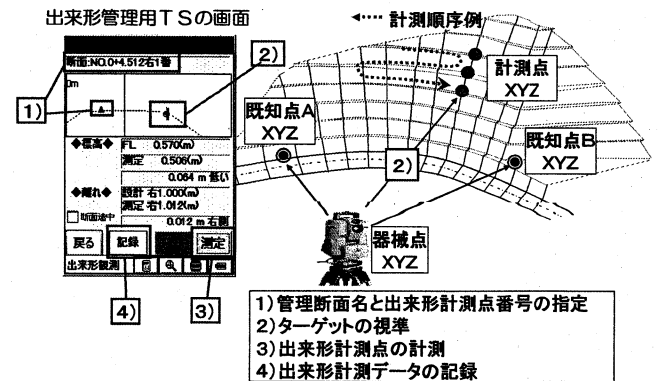


図—4 基本設計データのイメージ(道路土工の場合)

請負者は、道路の線形計算書、平面図、縦断図、横断図などの設計図書などから判読した平面線形、縦断線形、幅、横断勾配、法面形状、管理測点番号などの情報項目を順に基本設計データ作成ソフトウェアを用いて入力する。

(2) 出来形計測

TS 手法による出来形計測は、図—5 に示す作業手



図—5 TS 手法の出来形計測作業手順例

順例のように行われる。請負者は、作成した基本設計データを出来形管理用 TS に搭載し、現場で出来形計測点である道路中心線形又は法線、端部、法肩、法尻などの 3 次元座標値を計測、記録する。出来形管理用 TS は、単に基本設計データ及び出来形計測データを搭載できるだけでなく、現場で効率的に出来形計測・確認するための機能を持っている。

(3) 出来形帳票作成

請負者は、出来形帳票作成ソフトウェアに基本設計データと出来形計測データを登録することで、完成検査で提出する出来形管理資料（図-6 参照）を自動作成することができる。

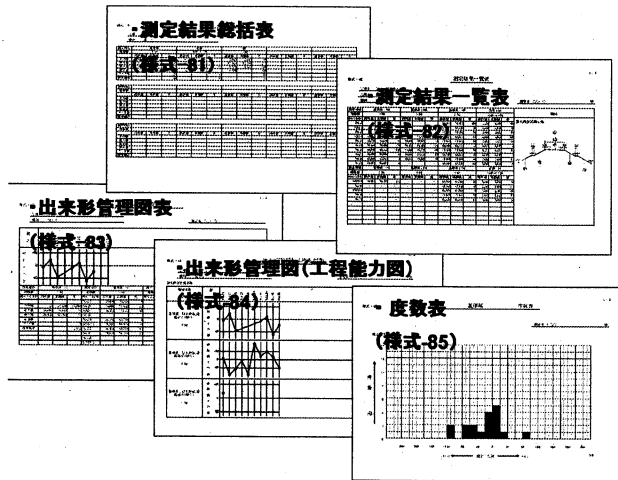


図-6 出来形管理資料一覧

6. TS 手法における要領の作成

TS 手法は、3. 4. の調査結果より、TS システムを利用するための運用方法を定めることにより効率的に実施することが可能となる。そのため、本研究では、3. 4. の調査結果及び 5. の TS システム構成を反映した請負者向け要領、監督・検査職員向け要領を作成した。要領は試行工事毎に毎年改訂されているが、要領に基づく試行工事实施項目については同じである。本章では、従来の出来形管理基準と対比すべき事項、TS 手法での特記事項について記述する。

(1) 請負者向け要領の概要

請負者向け要領には、施工計画書の記載事項、出来形管理基準及び規格値、写真撮影方法といった現行の出来形管理基準で記載している事項や基本設計データの作成及び確認、基準点の設置方法、出来形計測方法、出来形帳票の作成といった TS 手法の特記

事項となる作業内容について記述してある。また、データを有効活用するために電子納品作成規定についても記述してある。

a) 適用の範囲

対象となる作業の範囲は、図-7 に示すとおりであり、丁張り設置や施工途中段階での利用を適用範囲外としている。しかしながら、丁張り設置や施工途中段階での TS の利用を妨げないように配慮している。

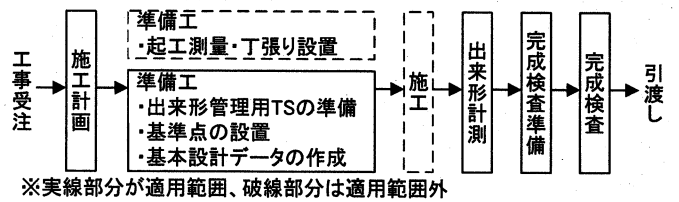


図-7 対象となる作業の範囲

適用工種は、表-1 に示すとおりである。現在は、対象工事数が多いことと、技術普及の効果が大きいと判断したため、土工に関してのみの適用としている。将来、他工種で TS 手法が適用可能であると検証できれば、適用工種の追加を行うことになる。

表-1 適用工種区分

編	章	節	工種
共通編	土工	道路土工	掘削工
			路体盛土工 路床盛土工
		河川・海岸・砂防土工	掘削工
			盛土工

(国土交通省 関東地方整備局 土木工事施工管理基準及び規格値の工種区分より分類)

b) 施工計画書

請負者は、施工計画書に施工管理計画として出来形管理について記載しておく必要がある。そのため、施工計画書には、請負者向け要領に基づく適用工種、適用工種の出来形管理基準及び規格値、写真管理基準を記載することとしている。また、TS システムが関連する機能要求仕様書に適合しているものであることも記載することとしている。

c) 電子成果品の作成規定

TS 手法では、施工管理データ (XML ファイル)、出来形帳票データ (XML ファイル)、出来形管理データ (PDF ファイル) を得ることができる。これらのデ

ータを確実に納品するために電子成果品の作成規定を定めている。電子成果品の作成規定では、格納フォルダと打合せ簿管理項目について定めており、現行の工事完成図書の電子納品要領（案）¹⁹と同様であるが、打合せ簿の管理項目のうち、打合せ簿オリジナルファイル日本語名及び予備の項目については、TS 手法で得られたデータであることがわかるように、必須入力としていることを記述してある（表-2 参照）。

表-2 打合せ簿管理項目（一部）

分類・項目名	記入内容	データ表現	文字数	記入者	必要度	
打合せ簿情報 ※	打合せ簿オリジナルファイル名	打合せ簿のファイル名を記入する。(拡張子を含む)	半角英数字大文字	12	▲	◎
	打合せ簿オリジナルファイル日本語名	施工管理データ(XMLファイル)の場合は、「TS施工管理データmm」と記入する。 出来形帳票データ(XMLファイル)の場合は、「TS出来形帳票データmm」と記入する。 出来形管理データ(PDFファイル)の場合は、「TS出来形管理データmm」と記入する。 mm:英数字2文字	全角文字 半角英数字	127	□	◎
	打合せ簿オリジナルファイル作成ソフトバージョン情報	打合せ簿オリジナルファイルを作成したソフトウェア名とバージョンを記入する。	全角文字 半角英数字	127	□	◎
	オリジナルファイル内容	オリジナルファイルの内容、もしくは打合せ簿オリジナルファイルに記載されている内容を簡潔に記入する。	全角文字 半角英数字	127	□	◎
その他	請負者説明文	請負者側で打合せ簿に関して特記すべき事項がある場合は記入する。	全角文字 半角英数字	127	□	△
	発注者説明文	発注者側で打合せ簿に関して特記すべき事項がある場合(発注者から指示を受けた場合)は記入する。	全角文字 半角英数字	127	□	△
	予備	「施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領(案)平成20年3月」と記入する。	全角文字 半角英数字	127	□	◎
ソフトウェア用TAG	ソフトウェアメーカーが管理のために使用する。(複数記入可)	全角文字 半角英数字	127	▲	△	

【記入者】□:電子成果品作成者が記入する項目。
▲:電子成果品作成ソフト等が固定値を自動的に記入する項目。
【必要度】◎:必須記入。
○:条件付き必須記入。(データが分かる場合は必ず記入する)
△:任意記入。
※ 複数ある場合にはこの項を必要な回数繰り返す。

d) 基準点の設置

TS 手法では、現場に設置された基準点を用いて3次元座標値を取得し、この座標値から、幅、長さを算出する。このため、出来形の精度を確保するためには基準点の精度管理が必要となる。基準点の設置は、国土交通省公共測量作業規程の路線測量を参考に4級基準点又は3級水準点、もしくはこれと同等以上のものとするを記述してある。

e) 基本設計データの作成

基本設計データ作成は、設計図書などを用いて作成する基本設計データ作成ソフトウェアでの入力項目、入力範囲や作成時の留意点、設計変更時の対応

方法について記述してある。

f) 基本設計データの確認

基本設計データの間違ひは、出来形管理の結果に致命的な影響を与える。そのため、基本設計データの確認は、作成した基本設計データと設計図書との照合をチェックシートを用いて確認し、チェック結果を監督職員に提出することを記述してある。

g) 出来形管理用 TS による出来形計測

出来形管理用 TS による出来形計測は、出来形管理用 TS の設置手順及び計測に関する留意事項を記述してある。

計測に関する留意事項として、TS による出来形計測は、高さ方向の計測誤差が測定距離に比例して大きくなる傾向がある。そのため、実証実験の検証結果²⁰を踏まえて、計測距離を100m以内に制限することで、高さ方向に関する計測精度を確保していることを記述してある。また、土工では、計測点を観測できる位置に既知点がない場合などを考慮して、一定の精度を確保できる範囲で後方交会法の利用を認めている。後方交会法は、2つの既知点の座標値とTSまでの水平距離からTSの位置座標を算出する方法である(図-8参照)。これによりTSを基準点直上に据えることなく、現場で出来形計測に適した任意位置にTSを設置することを可能としている。

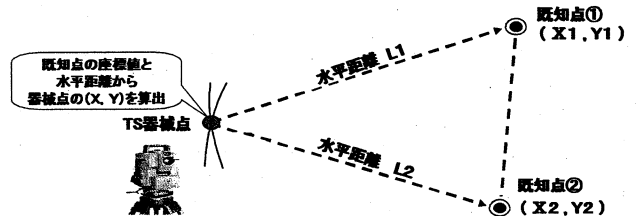


図-8 後方交会法算出方法

h) 出来形管理基準及び規格値

出来形管理基準及び規格値は、現行の土木工事施工管理基準に定められた内容と同様とし、従来手法と評価尺度を同じにしている。

測定値は、契約で示された横断図のうち出来形計測を行う断面(以下、管理断面という)上にある出来形計測点を計測し、計測点の3次元座標より基準高、法長、幅を算出する。ここで、管理断面上の計測は、管理断面に対して直角方向に±10cmの範囲で行っても良いことを記述してある。これは、管理断面に対して±10cmの誤差の範囲に計測点をとれば、

幅、法長の長さの差は、設計値の長さに対して 0.5% 以下（設計値が 2m の場合）であり実務上問題ないと判断したためである（図-9 参照）。

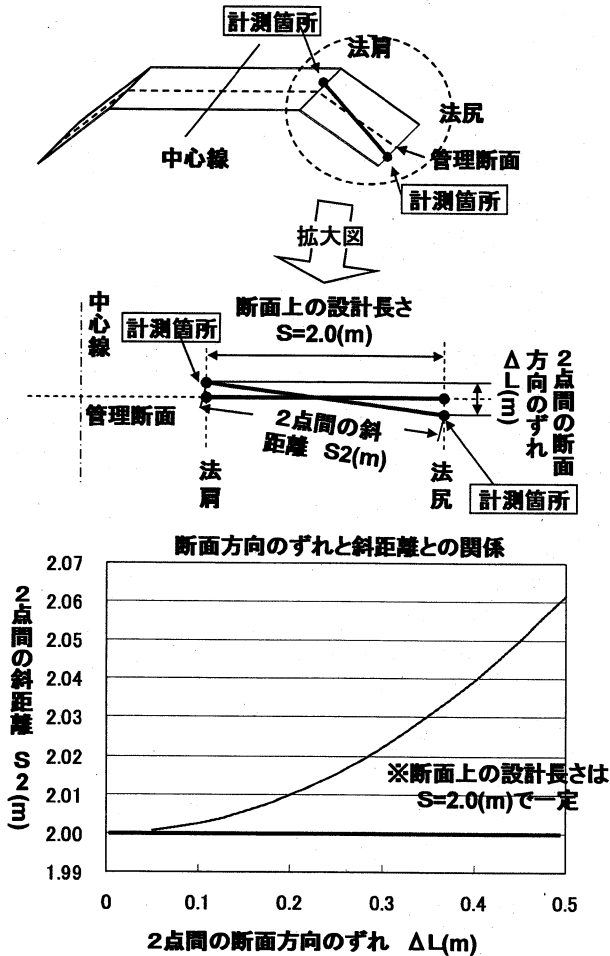


図-9 管理断面上範囲の考え方

i) 出来形管理写真基準

出来形管理写真基準は、撮影方法を現行の国土交通省関東地方整備局の土木工事写真管理基準²¹⁾（以下、土木工事写真管理基準という）から簡素化した。現行の土木工事写真管理基準では、工事写真の撮影方法として、被写体として写しこむ小黑板に工事名、工種等、測点（位置）、設計寸法、実測寸法、略図の必要事項を記載することとなっている。請負者向け要領では、設計寸法、実測寸法、略図を省略してもよいこととした。TS 手法では、巻尺を用いた長さ計測は不要であり、リボンテープ、ピンポールなどを写しこんだ出来形寸法を確認する写真は必要ないためである。

j) 出来形管理資料の作成

出来形管理資料の作成は、出来形帳票作成ソフトウェアに基本設計データ及び出来形計測データを登

録することで、現行の帳票類と同様の形式で作成できる。

これにより従来の巻尺・レベルの計測結果をパソコンに手入力する作業は不要になり、帳票作成作業の省力化と入力ミス削減することができる。

(2) 監督・検査職員向け要領の概要

監督・検査職員向け要領には、請負者向け要領に基づく監督・検査実施手順として、施工計画書の記載内容、基準点の設置状況、基本設計データの照合などに関して記述してある。具体的な監督・検査手順については、参考資料として一例を記述してある。

a) 出来形管理用 TS による出来形管理監督作業

監督職員は、請負者向け要領に基づいて出来形管理用 TS による出来形管理の監督業務を実施することになる。実施内容としては、請負者向け要領に基づく作業が行われているかを、施工計画の概要、基準点の設置状況、基本設計データ及び照査結果、出来形管理状況より把握することとしている。実施項目としては、施工計画書の受理等、基準点の把握、基本設計データの受理等、出来形管理状況の把握について記述してある。

b) 出来形管理用 TS による出来形管理検査作業

検査職員は、請負者向け要領に基づいて出来形管理用 TS による出来形管理の検査業務を実施することになる。実施内容としては、請負者向け要領に基づく作業が行われているかを、基準点に関する測量結果、基本設計データ及び照査結果、施工計画書、出来形管理状況、実地検査により検査することとしている。実施項目のうち工事実施状況の検査としては、施工計画書の記載内容、基本設計データの照合結果、基準点の測量結果について記述してある。出来形の検査としては、出来形管理状況、実地検査について記述してある。

c) 基本設計データと設計図書との対比手順

基本設計データと設計図書との対比は、請負者から提出された基本設計データ及び基本設計データのチェックシートを元に、基本設計データ作成ソフトウェア上で設計図書との対比する手順について記述してある（図-10 参照）。

d) 出来形管理状況の把握手順

出来形管理状況の把握手順は、出来形管理資料の把握、計測データの現地確認、任意断面の出来形確

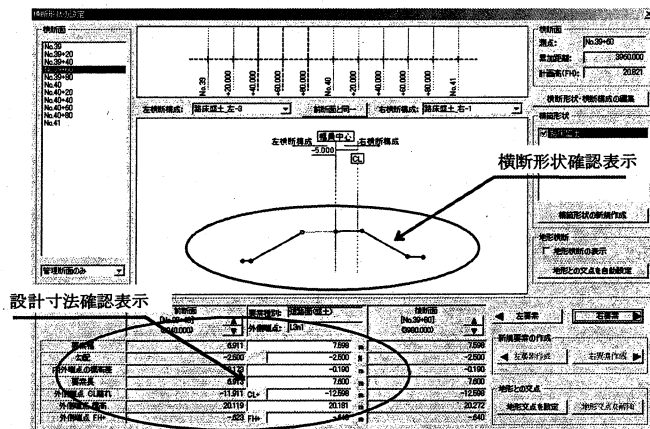


図-10 基本設計データ確認画面例

認について記述してある。

出来形管理資料は出来形管理データ (PDF ファイル) である。

出来形計測データの現地確認は、出来形計測データが現地で正確に取得されたか否かを確認する手順について記述してある。具体的には、出来形管理用 TS は、計測済みの出来形計測点を選択して、選択した点に TS を誘導 (逆打ち誘導) による計測位置の確認を行う機能 (図-11 参照) があり、この機能を利用した手順について記述してある。

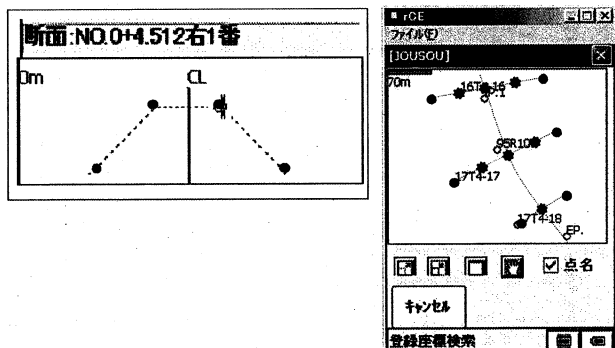


図-11 計測済み点の選択画面例

任意断面の出来形確認は、管理断面以外の任意の断面においても出来形計測値を確認できる機能 (図-12 参照) があるため、この機能を利用した手順について記述してある。

e) 測定値の確認手順

測定値の確認は、規格値を満足しているかどうかを確認する手順である。

基本設計データで定義されている出来形計測対象点への誘導と、設計値と出来形計測値を対比する機能を利用して、測定値を確認する手順について記述してある (図-13 参照)。

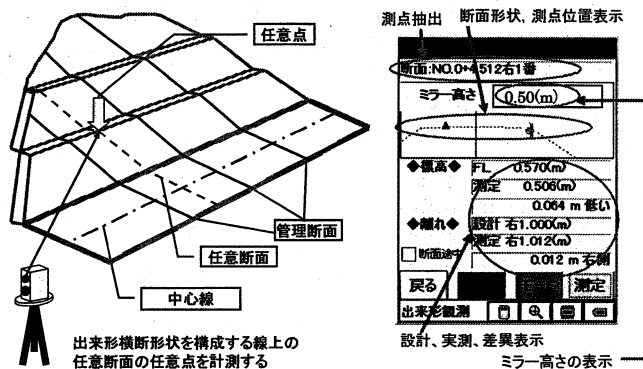


図-12 任意断面での出来形確認機能例

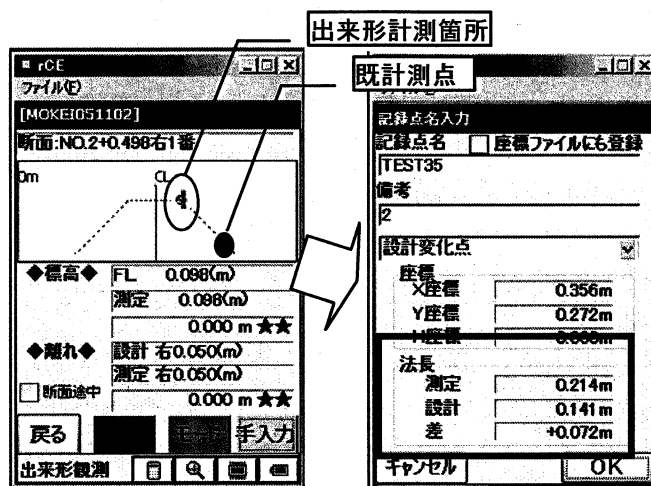


図-13 設計値との差異表示画面例

f) 出来形管理資料の確認手順

出来形管理資料は、電子成果品により納品されることから、納品されている格納フォルダとデータについて記述してある。

7. 現場試行工事の実施

作成した請負者向け要領、監督・検査職員向け要領が現場で適用できるかを検証する。そのため、本研究では、平成 17 年度から平成 19 年度にかけて作成した要領に基づく試行工事を実施した (表-3 参照)。

(1) 平成 17 年度試行工事

平成 17 年度試行工事は、道路土工工事を対象として、全国 6 現場で実施した (表-4 参照)。出来形管理は、従来手法と TS 手法との両方の手法で行うことにより、要領に基づく TS 手法の現場での適用性及び TS システムの操作性について検証した。TS 手法で利用する TS システムは、試行工事を行うにあたり

表—3 試行工事概要

年度	H17年度	H18年度	H19年度
試行工事実施現場数	6	6	3
適用工種	道路土工 (路体盛土工・路床盛土工・掘削工)	道路土工 (路体盛土工・路床盛土工・掘削工)	河川土工 (盛土工・掘削工)
出来形管理手法	従来手法とTS手法の両方	TS手法のみ	従来手法とTS手法の両方
請負者向け要領	施工管理情報を搭載したトータルステーションによる出来形管理要領(試行案)(道路土工編)	施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領(試行案)(道路土工編)	施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領(試行案)(河川土工編)
監督・検査職員向け要領	トータルステーションを用いた出来形管理実施時の監督・検査マニュアル(試行案)	施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理監督・検査マニュアル(試行案)(道路土工編)	施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理監督・検査マニュアル(試行案)(河川土工編)

表—4 平成17年度試行工事現場概要

管轄地整	東北地整	関東地整	中部地整	中国地整	四国地整	九州地整
概要	新設道路改良	新設道路改良	新設道路改良	新設道路改良	新設道路改良	新設道路改良
立地条件	平地	平地	平地	山間地	山間地	山地
実施区間	200m	200m	200m	200m	100m	200m
備考						

表—5 平成18年度試行工事現場概要

管轄地整	東北地整	関東地整	近畿地整	中国地整	四国地整	九州地整
概要	大規模掘削工事	バイパスの盛土工	小規模掘削工事	大規模掘削工事	大規模切盛工事	バイパスの掘削工事
立地条件	山地	平地	山間地	山地	山地	山間地
実施区間	300m	200m	70m	80m	640m	140m
備考						従来手法も実施

ロトタイプを開発した。

(2) 平成18年度試行工事

平成18年度試行工事は、道路土工工事を対象として、全国6現場で実施した(表—5参照)。出来形管理は、従来手法とTS手法の両方の手法ではなくTS手法のみで実施することにより、要領に基づく出来形管理作業及び出来形管理に係わる監督・検査業務の適用性について検証した。なお、出来形管理用TSについては、有限責任中間法人日本測量機器工業会会員企業に開発を協力していただいた。基本設計デ

ータ作成ソフトウェア及び出来形帳票作成ソフトウェアについては、国土技術政策総合研究所が自ら開発を行った。これら開発した機器及びソフトウェアのシステムを試行工事で利用した。

(3) 平成19年度試行工事

平成19年度試行工事は、道路土工で得られた知見を基に河川土工工事を対象として、全国3現場で実施した(表—6参照)。出来形管理は、従来手法とTS手法との両方の手法で行うことにより、要領に基づくTS手法の河川土工における適用性について検証した。TS手法で利用するTSシステムは、平成18年度試行工事のシステムを利用した。

表—6 平成19年度試行工事現場概要

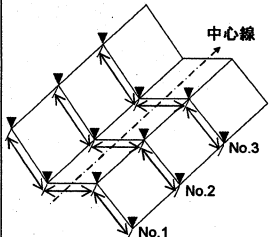
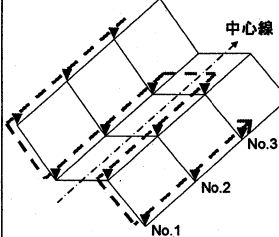
管轄地整	北海道	関東	九州
概要	堤防盛土	堤防盛土	河道掘削
立地条件	水田地帯	市街地	山間地
実施区間	400m	60m	75m
備考			

8. 試行工事の実施結果

要領に基づく試行工事結果では、請負者、監督・検査職員の双方から特に実務上の問題は報告されなかった。そのため、要領に基づくTS手法は、現場適用が可能であることを確認できた。その上、出来形管理作業の効率化、監督・検査業務の迅速化、出来形帳票作成作業の効率化、施工現場での対応迅速化、品質向上の効果が得られることがわかった。また、機器及びソフトウェアの費用、TS手法で施工できない箇所への対応、基本設計データの作成作業の手間といった課題が得られた。

出来形管理作業の効率化は、従来手法である巻尺・レベルによる出来形管理に比べて出来形計測時間が短くなった。表—7は、出来形の計測効率を、

表—7 従来手法とTS手法との作業時間比較

項目	従来手法	TS手法
計測範囲		
計測点数	12point	12point
計測時間	50.0min	32.2min
計測効率	4.2min/point	2.7min/point

注1) 従来手法では基準高さ12点、長さ9箇所の計測を行った。
注2) TS手法では、1回のTS設置と12点の座標計測を行った。

従来手法とTS手法で比較したものである。TSを用いた出来形管理は、従来手法よりも約1.5倍、計測効率が低い。

監督・検査業務の迅速化は、TS手法における監督・検査業務の作業時間を調査し(図-14参照)、監督・検査職員にヒアリングを行うと、従来手法での作業時間と同じ程度であるという意見が得られた。

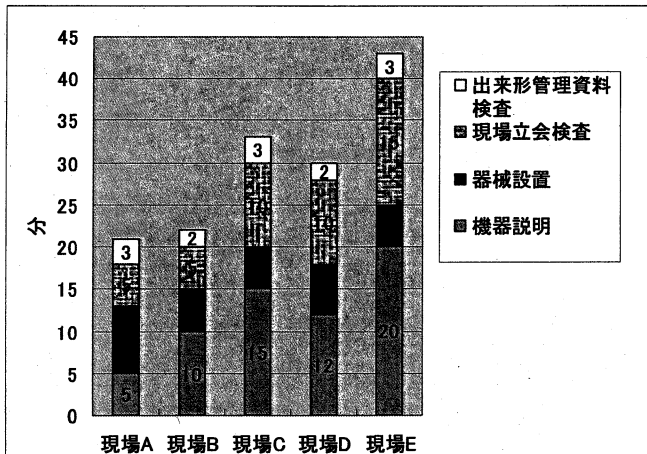


図-14 監督・検査職員作業時間測定結果

出来形帳票作業の効率化は、出来形計測から出来形帳票作成までをTSシステムでデータ処理ができたため、出来形帳票作成が効率化されるとともに、データ転記のミスも防ぐことができた。

施工現場での対応迅速化は、計測と同時に現場で設計値との対比ができたため、出来形不足なども迅速に発見し速やかに施工の修正ができることが期待できる。

品質向上は、管理断面のみならず、任意断面においても設計値と測定値の差を現場で即座に確認できたため、不正行為の抑止効果や出来形不良の早期発見が期待できる。

機器及びソフトウェアの費用は、TSシステム利用のために発生する。TSシステムでは、出来形管理用TS及び基本設計データ、出来形帳票作成ソフトウェアが必要となる。試行工事では、基本設計データ、出来形帳票作成ソフトウェアを、国土技術政策総合研究所自ら開発して請負者に提供したが、実工事での運用では、これらソフトウェアの購入費用が負担となる。

TS手法で施工できない箇所への対応は、ラウンディング部などTS手法では行うことができない箇所が

ある。ラウンディング部では曲線となるため2点間の3次元座標により長さを算出するTS手法では利用できない。

基本設計データ作成作業の手間は、3次元設計情報の作成という、従来手法で行っていた丁張り位置の算出とは異なる作業であるため手間となっている。

9. 考察

(1) TS手法を活用するための基準の提案

現行の出来形管理基準は管理断面箇所に設けている。請負者は、管理断面部分のみ精度よく施工すれば評価される。しかしながら、TS手法により、管理断面以外の任意の断面についても設計値との対比を行うことができる。そのため、管理断面以外の任意の断面における設計値との対比結果が良好であれば、工事成績を加点するなどして、全体の仕上がりを評価する基準を設けることにより、品質向上につながるのではないかと考えている。

(2) TS手法の利用促進策

TS手法を利用する上で、請負者は、機器及びソフトウェアの購入又はレンタル費用が負担となる。TS手法は発注者にとってもメリットがある手法であるため、総合評価による技術評価点の加点を行うことにより、請負者としても、TS手法による提案を行うメリットが発生する。TS手法が普及すれば、機器及びソフトウェアの購入又はレンタル費用も下がる可能性があるため、さらなる利用促進が見込めると考えている。

基本設計データは、設計段階から流通していないため、基本設計データ作成作業が手間となっている。ただし、基本設計データのうち道路中心線形データは、道路中心線形データ交換標準に係わる電子納品運用ガイドライン(案)²²⁾に基づく道路中心線形データの電子納品が平成20年10月以降の業務から適用される。今後、道路中心線形データが設計段階より流通し、基本設計データ作成作業が一部効率化される。そのため、請負者がTS手法を利用する効果が高くなると考えている。

(3) 施工作業の効率化

ラウンディング部の処理方法などTS手法における施工方法が確立されていない事例がある。現行の施工方法はラウンディング部の端部を厳密に定義して

いるわけではないため、TS 手法では、ラウンディング部の曲面部を直線で近似することによって施工可能であると考えている。

そのため、TS 手法による施工作業の効率化するためには、現行の施工手法をとりまとめた上で TS 手法の施工事例を検証する。その上で、施工事例集として公表していくことを考えている。

(4) 監督・検査業務の迅速化

監督・検査業務における TS 手法と従来手法の作業時間は同じ程度であるというヒアリング結果を得た。TS 手法に関する監督・検査職員への説明時間は、監督・検査職員が TS 手法に慣れることにより時間短縮が図ることができる。そのため、今後、TS 手法が普及していくと、監督・検査業務の迅速化にも寄与するのではないかと考えている。

10. まとめ

試行工事で利用した請負者向け要領、監督・検査職員向け要領は、試行工事結果を踏まえて編集し、施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領(案)²³⁾(以下、要領(案)という)及び施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理監督・検査の手引き(案)²⁴⁾(以下、手引き(案)という)として作成した。作成した要領(案)は平成20年4月に公開し、道路土工及び河川・海岸・砂防土工を対象に TS 手法が運用できることとなった。

TS 手法による請負者及び監督・検査職員の作業内容は、要領(案)及び手引き(案)の作成により明確となった。また、要領(案)及び手引き(案)に基づく TS 手法は、施工作業の迅速化、品質向上、監督・検査業務の迅速化が期待できる。

国土交通省では、情報化施工推進戦略が策定され²⁵⁾、施工段階の情報を維持管理段階で活用する方法や設計データを建設機械へ活用する方法などを検討することになっている。また、3次元設計情報においては、道路中心線形データが道路中心線形データ交換標準に係わる電子納品運用ガイドライン(案)に従って受け渡される。道路中心線形データのみならず道路横断形状データなどの設計情報が流通すれば、基本設計データ作成は効率化されるため、TS 手法がより効果の高い手法となると考えている。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、施工の高度情報化分科会、有限責任中間法人日本測量機器工業会ソフト部門会、社団法人日本建設機械化協会施工技術総合研究所の方々には要領作成で貴重なご意見、ご協力を賜った。また、国土交通省大臣官房技術調査課及び総合政策局建設施工企画課や各地方整備局には試行における実証実験でご協力を賜った。ここに記して感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 塚田幸広, 青山憲明, 光橋尚司: 統合情報の活用による建設情報の高度化—建設 CALS/EC を中心とした動向, 土木学会論文集, No. 581/VI-37, pp. 1-15, 1997.
- 2) 岸野正, 奥谷正, 有富孝一: システムアーキテクチャ構築による建設マネジメントの効率化, 建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, Vol. 21, pp. 135~138, 2003.
- 3) 有富孝一: IT を活用した施工管理の業務改善, 建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, Vol. 21, pp. 147~150, 2003.
- 4) 斉藤重明, 木村哲, 杉村正次, 堀場夏峰: GPS を用いた出来形管理システム構築のための一検討, 土木情報システムシンポジウム講演集, Vol. 26, pp. 21-24, 2001.
- 5) 藤岡晃, 菊田勝之, 清水則一, 桜井春輔: GPS 測量を用いた土工の出来形測定システムの開発, 土木学会論文集, No. 468/VI-19, pp. 31-38, 1993.
- 6) 宮嶋俊和, 青野隆: 土工の情報化施工, 建設の機械化, Vol. 575, pp. 22-26, 1998.
- 7) 利田光隆: 進化し続ける主力測量機トータルステーション, 建設機械, Vol. 41/No. 3, pp. 4-7, 2005.
- 8) 有富孝一, 松岡謙介, 上坂克巳, 奥谷正: 3次元設計情報を用いた出来形管理技術の提案, 建設マネジメント研究論文集, Vol. 11, pp. 81~90, 2004.
- 9) 有富孝一, 松林豊, 上坂克巳, 柴崎亮介: 施工管理に活用できる道路構造物の基本設計情報の構造化, 土木情報利用技術論文集, Vol. 14, pp. 219-230, 2005.
- 10) 有富孝一, 上坂克巳, 阿部寛之, 田中洋一, 柴崎亮介: トータルステーションを活用した道路土工における出来形管理システムの構築と現場実証,

- 土木情報利用技術論文集, Vol. 15, pp. 259-270, 2006.
- 11) 国土交通省 関東地方整備局: 土木工事共通仕様書, 2007. 10.
 - 12) 国土交通省 関東地方整備局: 土木工事施工管理基準及び規格値, 2007. 4.
 - 13) 国土交通省 関東地方整備局 企画部: 土木工事書類作成マニュアル (案), 2008. 4.
 - 14) 国土交通省: 土木工事監督技術基準 (案), 2003. 3.
 - 15) 国土交通省: 地方整備局土木工事検査技術基準 (案), 2006. 3.
 - 16) 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: TS による出来形管理に用いる施工管理データ作成・帳票作成ソフトウェアの機能要求仕様書 (案), 2007. 7.
 - 17) 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: 出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書 (案) Ver2. 2, 2007. 11.
 - 18) 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: TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準 (案) Ver2. 0, 2007. 12.
 - 19) 国土交通省: 工事完成図書の電子納品要領 (案), 2005. 6.
 - 20) 阿部寛之, 上坂克巳, 有富孝一, 金澤文彦, 田中洋一: 土木工事の検査機器としてのトータルステーションの精度に関する一考察, 土木情報利用技術講演集, Vol. 31, pp. 73-76, 2006.
 - 21) 国土交通省 関東地方整備局: 土木工事写真管理基準, 2007. 4.
 - 22) 国土交通省 大臣官房 技術調査課: 道路中心線形データ交換標準に係わる電子納品運用ガイドライン (案), 2008. 3.
 - 23) 国土交通省: 施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領 (案), 2008. 3.
 - 24) 国土交通省: 施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理監督・検査の手引き (案), 2008. 3.
 - 25) 森下博之: 情報化施工推進戦略の策定について, 建設マネジメント技術, 364号, 2008. 9.

A study of realizing a manual for as-build management method by using the total station system

By Akihiro KAMBARA, Yoichi TANAKA, and Fumihiko KANAZAWA

A total station (TS) is electric stadimeter and transit which can measure simultaneously distance by laser and an angle by universal instrument, and it is used generically in the public survey. Meanwhile, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism is promoting construction management by using Information and Communication Technology (ICT). As a part of the promoting, as-build management of construction management was proposed for as-build management method by using the TS. However, as-build management by using the TS was not defined management method, so it was not promoted.

In this study, as-build management method by using the TS was developed as a manual for the purpose of the promoting in efficiency. In addition, it was conducted the trial work for the manual by using the system which consisted of TS and software by using the TS (TS system), and it was verified applicability. By the verification result, the as-build management method as the manual which used the TS system could be realized by the real work. In addition, it has shown that as-build management method as a manual can be realized speeding up in construction, improving quality, and speeding up in check inspection.