

- 30 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

On-site experiments of a system for as-built management by Total Station in a road work

有富孝一¹・上坂克巳²・阿部寛之³・田中洋一⁴・柴崎亮介⁵

Aritomi Koichi, Uesaka Katsumi, Abe Hiroyuki, Tanaka Yoichi, and Shibasaki Ryosuke

抄録：本研究は、立体的な道路構造物の外郭を表現する設計情報（基本設計情報）をトータルステーション（TS）に搭載して道路土工の出来形管理を行うためのシステムを構築し、その適用性を工事現場での実証実験により検証したものである。本システムは、基本設計情報入出力プログラム、基本設計情報を搭載できるデータコレクタと連動したTS、TSによる計測データから出来形帳票を自動的に作成できるアプリケーションで成り立つ。複数箇所での実証実験により、本システムは実務への適用が十分可能で、かつ従来の巻き尺、レベルによる出来形管理と比べて同等の計測精度を保ちつつ業務効率が向上する可能性を確認した。

Abstract： This study presents a system of as-built management using a total station (TS) with basic design data composed of outline frames of a road structure. The applicability of the system is verified through proof experiments at some construction sites of a road work.

This system consists of a program of making basic design data, a TS connected with a data collector loaded with the data, and a program of making some as-built management reports automatically from measurement data by the TS. The proof experiments has shown that the total system can be applied successfully for a practical use, and improve the efficiency of as-built management, keeping almost the same measurement precision, compared with a conventional management way using a tape measure and a level.

キーワード： 道路土工, 出来形管理, トータルステーション, 基本設計情報

Keywords : road work, as-built management, total station, basic design information

1. はじめに

筆者らは、盛土や切土構造の道路の外郭を表現する設計情報（図-1参照。以下「基本設計情報」³⁾という）をトータルステーション（以下「TS」という）に搭載して活用することにより、道路土工の出来形管理を効率化する方法の研究を行っている^{1)~3)}。これまでの研究成果で、TSを活用した出来形管理手法は、従来の巻き尺、レベルを利用した出来形管理手法と比較して、準備作業、設置作業ともに時間短縮効果が確認され、業務改善効果が高いことが明らかとなっている。しかし、本手法を出来形管理の実務に適用する場合のプロセスの具体化や、従来手法との計測結果の比較についてはこれまで十分検討されていなかった。

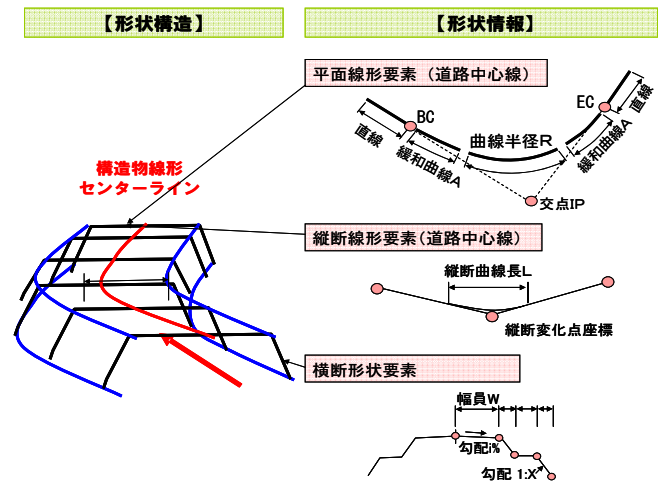


図-1 道路土工の基本設計情報³⁾

- 1：正会員 国土交通省近畿地方整備局淀川水系総合調査事務所
(元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)
(〒540-8586 大阪市中央区大手前 1-5-44 大阪合同庁舎第1号館新館3階,
Tel :06-6946-8176, E-mail :aritomi-k86qi@kkr.mlit.go.jp)
- 2：正会員 工博 国土交通省 中国地方整備局 広島国道事務所 所長
(元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)
- 3：非会員 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
- 4：非会員 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
- 5：正会員 工博 東京大学 教授 空間情報科学研究センター

本手法を実務に適用する場合の主な問題点は以下の2点であった。第1に基本設計情報の作成に手間がかかること、第2に出来形計測結果を一覧して容易に確認できるソフトウェアがなく、検査用の提出資料もあらためて作成する必要があることである。

そこで、本研究では、まず基本設計情報の入力から出来形管理帳票の作成に至る一連の出来形管理のプロセスを支援するためのトータルシステムを構築する。次にそのトータルシステムを複数の工事現場に試験導入し従来手法と比較することにより、その実用性、有益性及び信頼性を検証する。

2. 既往の研究のレビュー

2. では、本システムに関連する既往研究をレビューし、これまでに得られている知見と課題を整理する。本システムの研究分野は、測量技術やプロダクトモデルを活用しているため多岐にわたるが、ここでは出来形管理システムを主に取り上げたい。

(1) 出来形管理に関する既往研究

土木構造物の出来形管理システムについては、EWS（エンジニアリングワークステーション）やCAD、ノンプリズムTS、GPS（グローバルポジショニングシステム）、RtPM（Real-Time Positioning Measurement）、デジタルカメラ、3次元レーザースキャナーを活用した研究事例⁷⁾²⁵⁾がある。いずれの研究も出来形計測データを収集し、出来形データを施工中の出来形管理に使用したり、重機施工の操作制御、工事の進捗に応じた土量の管理や設計変更、出来高部分払い等の基礎資料に活用することをねらいにしている。国土交通省では土工の施工管理システムとして、「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）」を策定している²⁶⁾。

(2) 既往研究の課題と本研究のねらい

既往研究の課題としては、①計測前後の手順を含めた出来形管理プロセスの改善に関する分析・考察がほとんど行われておらず、②提案された出来形管理手法を現地に適用し、施工業者および監督職員双方の観点から、その実用性を検証することが行われていない点が挙げられる。

本研究のねらいは、計測前の設計データ作成から、現場での出来形計測、計測後の出来形帳票作成までの一連の業務プロセスを改善するトータルシステムの構築である。現場実証では、本システムが実際の現場で確実に運用できることを確認するため、全国の6現場で施工業者および監督職員に依頼して実用性、有益性、信頼性に関する評価を行った。

3. 出来形管理のトータルシステムの構築と実用化

3. では、本研究で構築したTSを用いた道路土工の出来形管理のトータルシステムを示す。さらに、それを実務に適用するための施工業者向けのサポートソフトウェア及び出来形管理要領について説明する。

(1) 出来形管理のトータルシステム

図-2に本研究で提案する出来形管理のトータルシステムを示す。a) 基本設計情報の作成、b) 出来形の計測、c) 出来形管理帳票の作成という3段階の手順からなる。なお、これらは全て施工業者が行うことを想定している。以下、a)～c)について解説する。

a) 基本設計情報の作成

施工業者は、発注書類として提示される詳細設計の線形計算書、平面図、縦断図、横断図という2次元の情報をもとに、道路土工の3次元の基本設計情

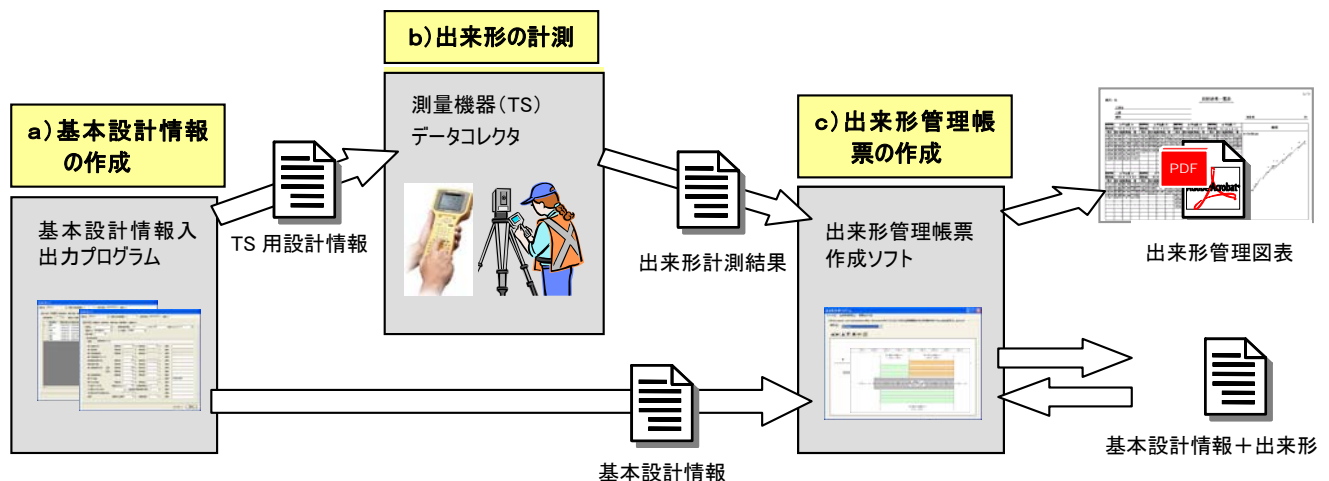


図-2 出来形管理のトータルシステムの構成図

報を作成する。

理想的には、3次元の設計情報は設計フェーズで作成されるべきだが、3次元情報の標準化や流通がほとんど行われていない現時点では、その実現は困難と判断した。一方、道路工事の場合、施工業者は丁張り計算において発注書類から道路形状を算出し、道路の3次元設計形状を現場に構築物として再現している。基本設計情報の作成難易度は丁張り計算と同等であり、施工業者の方が無理なく行なえると考えた。

b) 出来形の計測

基本設計情報を搭載したTSを用いて、出来形の計測を行うとともに、現地において設計値と計測値の比較を行い、計測値が出来形の規格値(図-3参照)を満たしているかを確認する。

測定箇所	測定項目	規格値 (mm)	測定基準	
	基準高 ▽	±50	40mにつき1箇所以上	
	法長	L < 5m	切土： -200 盛土： -100	〃
		L ≥ 5m	切土：法長の-4% 盛土：法長の-2%	〃
	幅 (W1, W2)	-100	〃	

(備考) 基準高はレベル、法長と幅はテープ(巻き尺)による。

図-3 土木施工管理基準(出来形管理基準及び規格値)

従来の巻き尺とレベルを使う場合の土木施工管理基準(出来形管理基準及び規格値)は、図-3のとおりである。出来形管理基準及び規格値には、出来形計測を行う測定項目(基準高、法長、幅)と、規格値、測定基準、測定箇所が図で示されている。また一般的には、測定基準に則った間隔で規格値を満たすように管理し、出来形管理帳票作成の対象となる横断面を「管理断面」という。

本トータルシステムにおいても図-3の測定項目と規格値は踏襲することとしたが、測定基準は「40mにつき1箇所以上」から「20mにつき1箇所以上」に変更することとした。これは、①従来から施工業者は20m間隔の横断面で出来形の自主管理を行っていること、②そもそも道路詳細設計の横断面図は、土木設計業務等共通仕様書に基づき、標準として20m毎の測点について作成されること、③後述するように出来形管理帳票の自動作成が可能になれば、施工業者の労力を増やすことなく、出来形のより適正な評価ができると考えたためである。

c) 出来形管理帳票の作成

基本設計情報とTSによる出来形計測結果を用い

て、完了検査に用いる測定結果一覧表や出来形管理図表を作成する。

(2) サポートソフトウェアの開発

(1)のa)~c)をサポートするため、以下のソフトウェアを開発した。

a) 基本設計情報入出力プログラム

このプログラムは基本設計情報を入力・編集して出力するアプリケーションである。平面線形、縦断線形、横断勾配、幅員構成、法面形状、管理断面、設計仕様らの情報項目を入力することにより、基本設計情報を作成することができる。(図-4)。また本プログラムの特長として、横断形状の変化点に自動的にコード番号を割り振る機能をもたせている。このコード番号は設計データと出来形計測で得られる3次元座標値を対比するキーとなる。以下、このコード番号のことを「出来形計測点番号」という。

作成した基本設計情報はXMLの形で出力され(参考文献3)参照)、後述するTSのデータコレクタ搭載ソフトと出来形管理帳票作成プログラムに読み込まれる。図-2では本プログラムから出力される情報がTS用設計情報と基本設計情報の2種類となっている。これは後述するTSのデータコレクタ搭載プログラムに、その制約上、図-3の測定項目と道路設計形状とを関連付ける情報等が搭載できなかったためである。

なお、本プログラムのOSには、後述の出来形管理帳票作成プログラム同様WindowsXPを用いた。

b) TSのデータコレクタ搭載プログラム

TSのデータコレクタ搭載プログラムは、(株)トプコンが、文献1)で開発したプログラムを改良して用いた(図-5)。なお、データコレクタとは、TSと連動して測量記録を電子的に保存する携帯用小型コンピュータである。

データコレクタ搭載プログラムの主な機能は以下のとおりである。

①基本設計情報の確認機能

基本設計情報の読み込み後に施工業者がデータの確認チェックを行えるように、データコレクタ画面に基本設計情報の平面と横断の略図や測点名一覧表を表示する機能。

②出来形結果の計算機能

図-5に示したように、出来形計測を行なった各点に対して、測点番号、標高値・道路センターからの離れ距離の計測値、およびそれらの計測値と設計値との差を計算し表示する機能。

③出来形計測点番号登録機能

出来形計測で得られた3次元座標値に基本設計情報入出力プログラムで設定した出来形計測点番号を付与して登録する機能。

作成した出来形計測結果はXMLの形で出力され（参考文献 3）参照），後述する出来形管理帳票作成プログラムに読み込まれる。

c) 出来形管理帳票作成プログラム

このプログラムは，a)～b)で作成されたデータを用いて，図-3の測定項目・規格値に基づき出来形の合否判定を行い，図-6に示すような出来形管理帳票を作成するアプリケーションである。作成に必要なデータは，基本設計情報と出来形計測結果

の2種類である。本プログラムはさらに，測定項目ごとに出来形の最大，最小，標準偏差などの統計値及び，ヒストグラム，折れ線グラフを出力することができる。このプログラムにより，これまで巻き尺，レベルによって測定した結果を出来形管理帳票に転記していた作業が，自動化されることになる。

なお，基本設計情報と出来形の3次元座標の計測結果は別途出力されるが，その活用は今後の課題である。

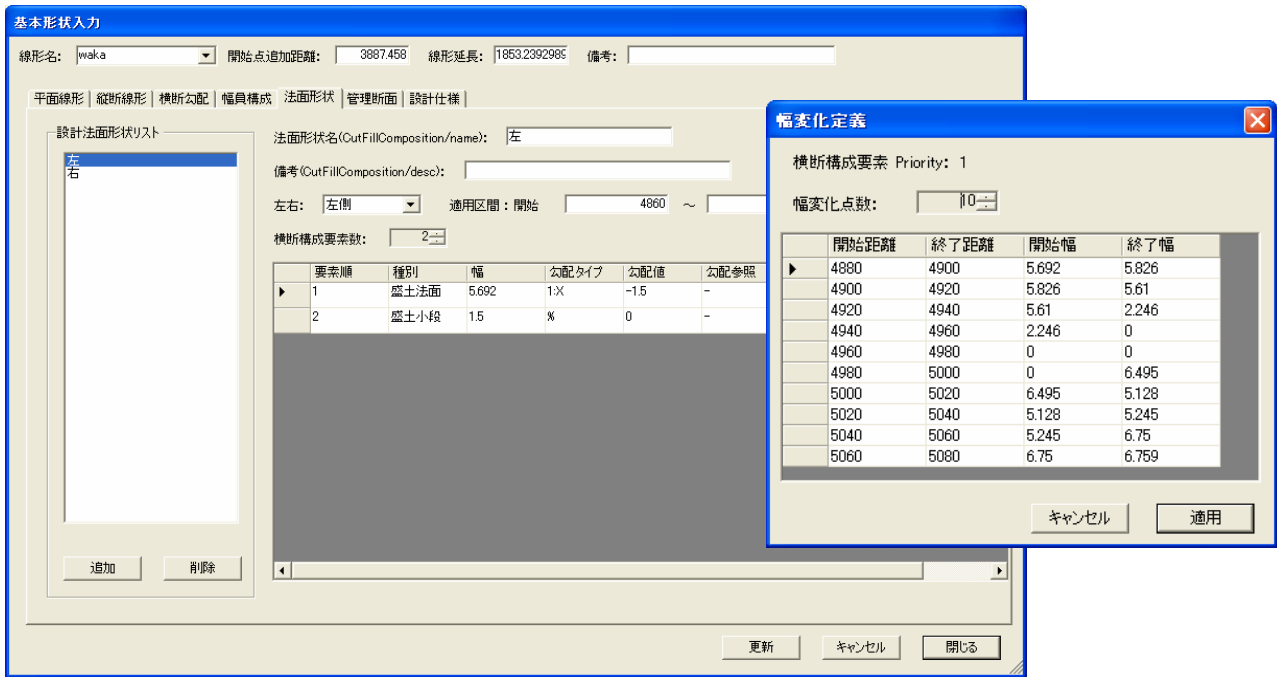


図-4 基本設計情報入力プログラムの入力画面

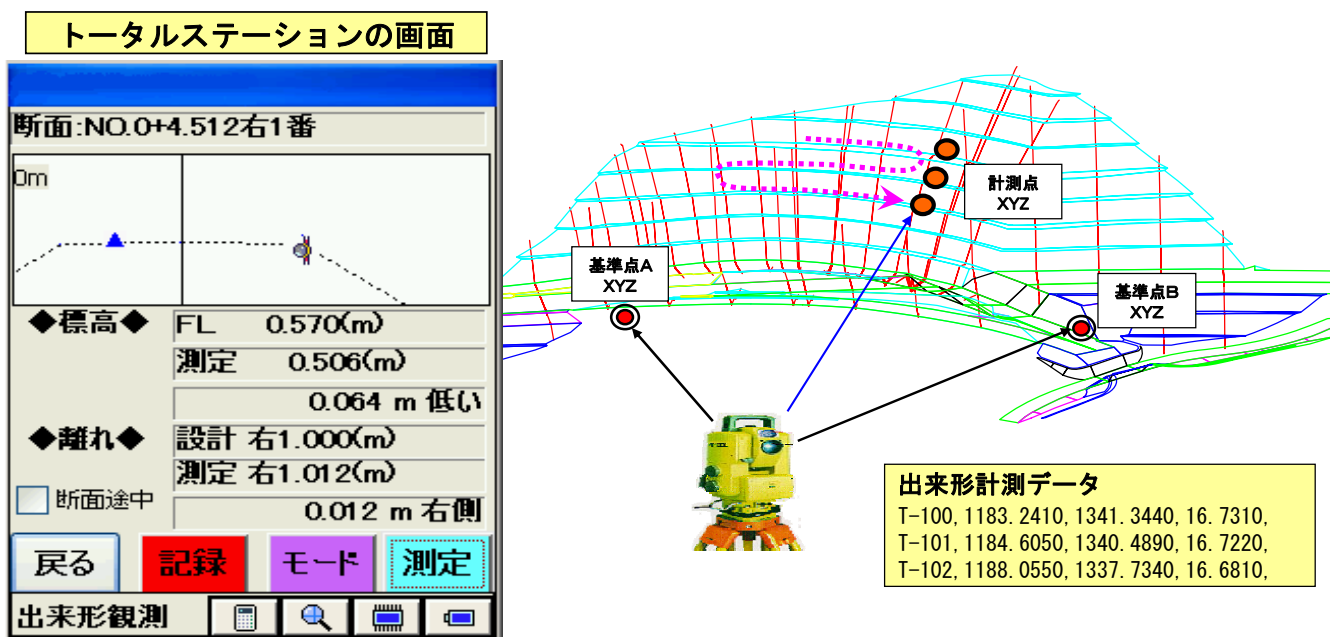


図-5 出来形管理に使用したトータルステーションのデータコレクタ画面

(3) TS を用いた出来形管理要領（試行案）の作成

従来の出来形管理のしくみを変革し、**図-2**の出来形管理のトータルシステムを現場に導入するため、あわせて、施工業者向けに「TS を用いた出来形管理要領」（試行案）を作成した。その目次は**図-7**のとおりであり、これを用いて**4.**に示す現場試行を行った。なお、本要領（試行案）の詳細は、文献4)を参照されたい。

目次	
1. はじめに.....	2
2. 総則	
2.1 本要領の目的.....	3
2.2 適用の範囲.....	4
2.3 用語の定義.....	5
3. TSIによる測定方法	
3.1 TSの基本性能.....	8
3.2 出来形管理用TSの要件.....	9
3.3 出来形管理用TSへの基本設計情報の搭載.....	10
3.4 出来形管理用TSによる出来形計測手順.....	11
3.5 TS設置の留意事項.....	13
3.6 出来形計測情報の提出.....	13
4. 道路土工における出来形管理	
4.1 基本方針.....	14
4.2 出来形計測点.....	15
4.3 出来形管理基準及び規格値.....	16
4.4 出来形管理資料の作成.....	19
4.5 電子納品時の提出資料.....	19
5. 参考資料.....	20

図-7 TS を用いた出来形管理要領（試行案）目次

4. 現場試行における検証

(1) 現場試行の目的

3.において提案した出来形管理のトータルシステムの実用性、有益性、信頼性を検証するため、全国の6現場（**表-1**参照）で試行工事を行った。

a) 実用性

本トータルシステムを現場の実務者が無理なく活用できるかを検証する。また、**3. (2)**のサポートソフトウェアの改善点を把握する。実用性の検証は、施工業者だけでなく発注者側の監督職員も対象として行う。

b) 有益性

本トータルシステムの従来方法と比較した有益性を施工業者及び監督職員の立場から明らかにする。

c) 信頼性

本トータルシステムによる計測結果の信頼性を従来方法と比較して検証する。

(2) 試行現場の概要

試行工事は国土交通省が行う平成17年度の道路工事の中から6ヶ所を選んだ。全国6ヶ所の試行工事現場一覧を**表-1**に示す。現場選定の条件は、工事工種に本システムが対象とする道路土工をもつ改良工事とした。本システムに実装できない工種である擁壁工などが含まれるものは選定候補から除いた。実験延長は**表-1**のとおり、基本的にL=200mとした。

様式-82

測定結果一覧表

工事名		測定者												印				
工種		盛土工																
種別		盛土工																
測定項目	①基準高：道路中心	②基準高：道路端-L			③法長：盛土法面-1			④幅：道路面			略図							
規格値	±50	±50			-100			-100			左							
測定又は区別	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	略図					
No244	21,110	21,144	34	20,905	20,905	0	6,841	6,887	46	13,833	13,761	-72	略図					
No245	21,170	21,140	-30	20,965	20,934	-31	7,002	6,956	-46	13,833	13,933	100	略図					
No246	21,230	21,210	-20	21,025	21,013	-12	6,742	6,785	43	13,833	13,821	-12	略図					
No247	21,290	21,264	-26	21,065	21,045	-20	2,695	2,668	-27	13,833	13,868	35	略図					
No248	21,350	21,361	11	21,162	—	—	0	—	—	12,925	—	—	略図					
No249	21,410	21,431	21	21,205	—	—	0	—	—	12,925	—	—	略図					
No250	21,470	21,496	26	21,265	21,229	-36	7,806	7,828	22	13,833	13,772	-61	略図					
No251	21,530	21,552	22	21,340	21,327	-12	6,163	6,106	-57	16,873	16,864	-9	略図					
No252	21,590	21,625	35	21,534	21,495	-39	6,304	6,244	-60	16,838	16,991	153	略図					
No253	21,650	—	—	21,718	—	—	8,112	—	—	13,833	—	—	略図					
測定項目	①基準高：道路中心	②基準高：道路端-L			③法長：盛土法面-1			④幅：道路面										
規格値	±50	±50			-100			-100										
測定又は区別	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差	設計値	実測値	差						
No254	21,710	—	—	21,895	—	—	8,123	—	—	13,833	—	—						

図-6 出来形管理帳票作成プログラムにより自動的に出力される帳票の例（測定結果一覧表）

(3) 現場試行の方法

現場試行は国土技術政策研究所（以下、「国総研」という）が企画し、国土交通本省、地方整備局等の協力のもと、工事請負者である施工業者と発注者側の監督職員に依頼して実施した。

a) 施工業者の役割

今回の試行工事では、施工業者に対し、従来の出来形管理に加え、TSによる出来形管理を行うことを依頼し、TS、データコレクタ及び3.(2)のサポートソフトウェアを国総研から貸与した。なお、使用したTSはトプコン社製CS230W、データコレクタはトプコン社製FC-100である。

施工業者の役割は以下のとおりである。

- ①基本設計情報のTSへの搭載と確認
国総研から提供された基本設計情報をTSに搭載し、TSの動作確認を行なった。
- ②TSによる現場出来形計測
現場にTSを設置し(図-8, 図-9参照), 出来形管理要領(図-7)に則り出来形計測を行なった。
- ③出来形管理帳票作成
現場で計測した出来形計測データを出来形帳票作成ソフトに読み込み、帳票を作成した。
- ④出来形寸法確認の現地立会い
出来形寸法確認を監督職員立会いのもと実施した。帳票と現場に相違がないことを確認した。
- ⑤アンケートへの回答

試行工事に関するアンケート用紙に回答した。

なお、本来、施工業者は基本設計情報の作成も行う役割であるが、本試行工事では工期にゆとりがないことや基本設計情報入出力プログラムが開発途上であったことから、基本設計情報の作成は国総研で行った。

b) 監督職員の役割

監督職員は国総研が準備した「TS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)」⁵⁾にしたがって、以下の作業を行った。

- ① 本システムに使用する機器の立会い確認

上記マニュアルにしたがい、TSの機種名・精度を校正証明書等で確認し、データコレクタ搭載プログラムの動作確認を行なった。

- ② 出来形寸法確認の現地立会い

監督職員が現地にて任意に選んだ管理断面をTSで計測し、施工業者が事前に作成した出来形帳票の記載値と同一であることを確認した。

c) 国総研のサポート

これまで述べた以外に、国総研は以下のサポートを行った。

- ① 本システムの説明と実演デモ
試行工事の事前説明会と実際の現場での計測時に、機器の操作方法等を実演しながら説明した。
- ② 試行工事中的問合せ対応
試行中、施工業者からの問合せに電話・メールで対応した。またヘルプデスクを開設した。
- ③ 補足データの収集
本システムで提案するように図-3の「測定基準」を「20mにつき1箇所以上」とすることの妥当性を検証するため、2現場を対象にTSを用いて図-3の「測定項目」を1m間隔で計測した。

(4) 現場試行の結果

a) 本トータルシステムの実用性

6つの試行工事全てにおいて、本トータルシステムによる出来形管理を実施することができた。また、「測定基準」を「20mにつき1箇所以上」とすることを含め、施工業者、監督職員の双方から実務上の大きな課題は指摘されなかった。

しかし、施工業者からの要望として、データコレクタの操作インターフェースに対する改善提案が多く挙がった。以下、それについて説明する。

- ① 設計データ搭載後の確認機能
設計データをTS搭載後に確認する作業を省力化するために、平面線形・縦断線形・横断形状を個別にチェックする機能に関する要望があった。
- ② 出来形計測作業の支援機能
TSによる現場出来形計測をより効率的に行なう

表-1 試行工事現場一覧

工事場所	岩手県花巻市	茨城県つくば市	愛知県豊橋市	鳥取県東伯郡	愛媛県宇和島市	鹿児島県串木野市
地形条件	郊外平地	平地	平地	山間地	山間地	山地
実験区間	200m	200m	200m	200m	100m	200m
盛土延長	200m	200m	200m	100m	—	—
切土延長	—	—	—	100m	80m	200m
工事種別	新設 道路改良 (L=1,361.3m)	新設 道路改良 (L=2,000m)	新設 道路改良 (L=776m)	新設 道路改良 (L=380m)	新設 道路改良 (L=380m)	新設 道路改良 (L=215m)

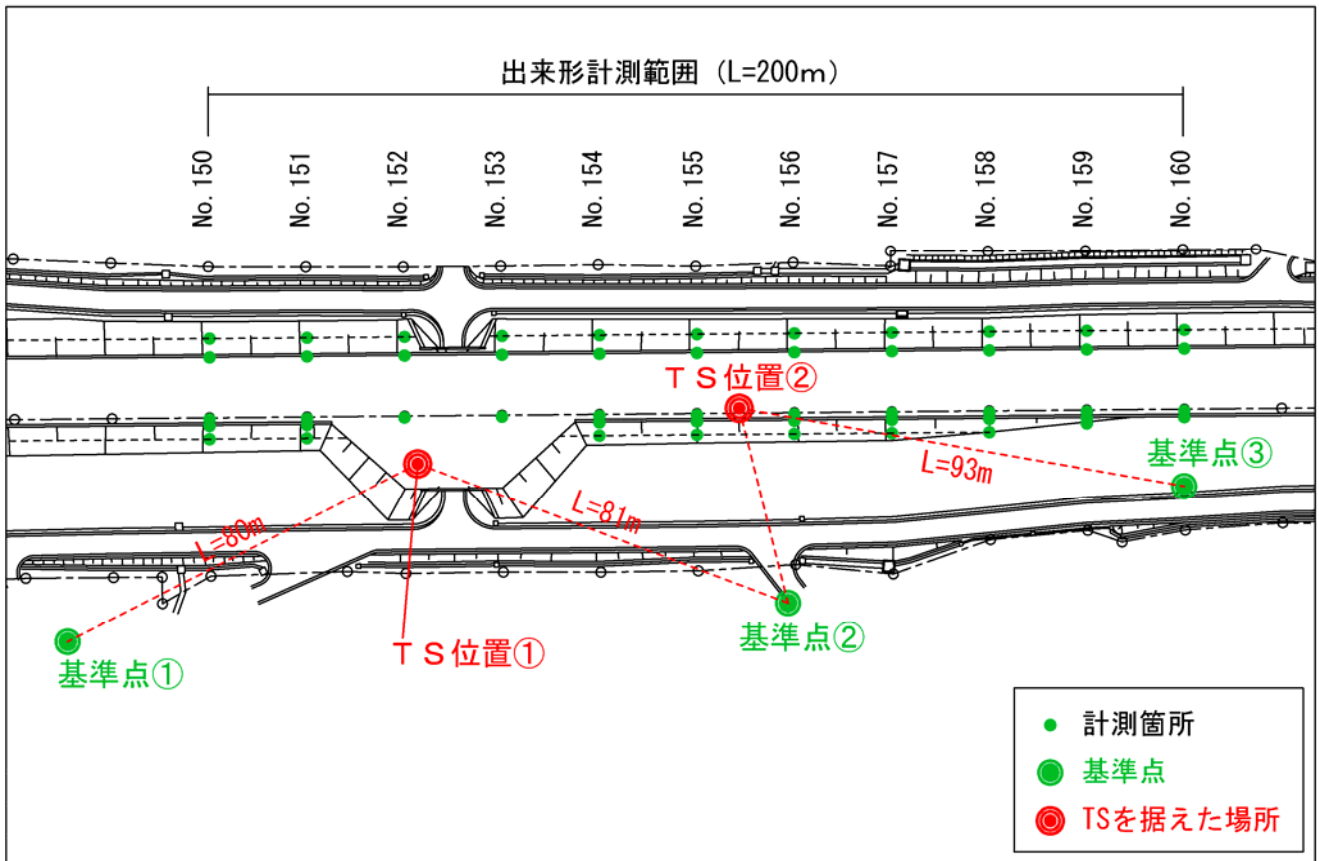


図-8 出来形計測箇所平面図 (岩手県花巻市)

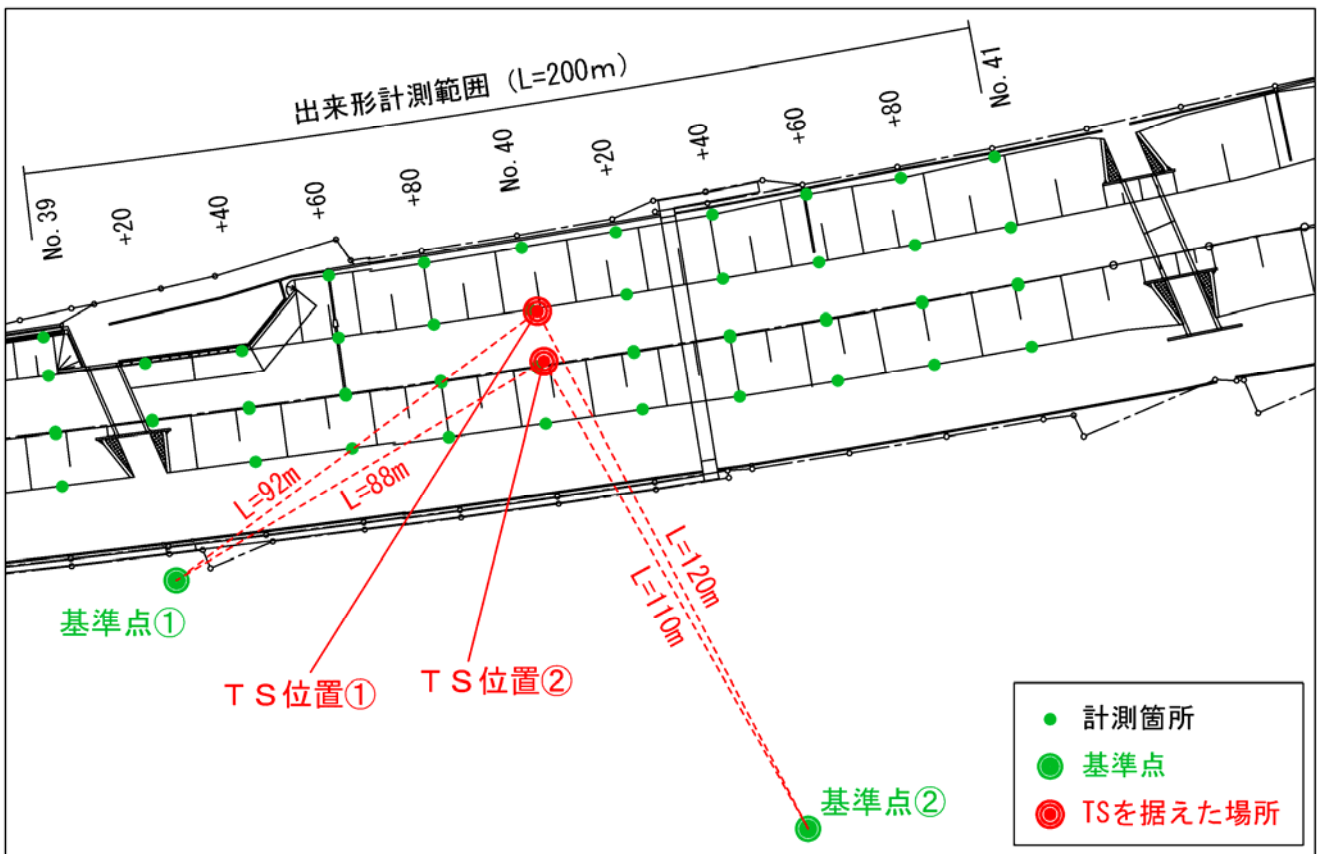


図-9 出来形計測箇所平面図 (茨城県つくば市)

ために、TS の画面上に計測すべき測点一覧表や横断面図を表示する機能の要望があった。

③ 出来形計測後の確認機能

試行工事の数現場においては、出来形計測後に部分的な計測漏れが見つかり、再計測が必要となることがあった。このような手戻り作業を発生させないため、出来形計測後に TS 上で計測結果を一覧表示し、チェックを確実にこなせる機能の要望があった。

b) 本トータルシステムの有益性

TS を用いた出来形管理は、その操作に慣れた人間が行なうと、従来の巻尺、レベルを用いた方法より作業時間を 75% 程度低減できることが、従来の研究（参考文献 1）における詳細な分析結果から明らかとなっている。本試行では、本トータルシステムの有益性を、施工業者へのアンケート調査と監督職員へのヒアリングにより検証した。

① 現場での出来形計測時間の比較

本システムによる計測時間は 2～15 時間であった。全ての試行現場が従来手法以下の計測時間で終り、うち 2 現場では計測時間が半分程度に短縮した。

現場により計測時間に大きな違いが生じた理由は、施工業者の TS 操作に関する習熟度の差異以外に、現場での見通しの差異がある。見通しの良い現場では 1 箇所に TS を据え現場全体の計測が行えたが、見通しの悪い現場では何度も TS の据付位置を変更、移動しなければならず時間がかかった。今後は 4. (a) で要望が出された TS の利便性の向上に加え、工事基準点の適切な配置方法のルール化が必要である。

② 出来形管理帳票の作成時間の比較

5 件中 4 件の現場が本システムにより 1 時間程度で帳票作成ができ、うち 2 件は従来よりも短縮した。作成時間が現行手法と変わらない現場が 1 件、残り 2 件は工事工程の都合で従来手法による帳票作成時間が計測できなかった。

③ 本トータルシステムの長所

本システムに対して感じた長所を施工業者に選択式で回答してもらった結果を図-10 に示す。「現地 TS 上でのリアルタイム出来形確認」や「出来形確認測定の準備計算、現場作業の省力化」「出来形管理資料作成の省力化」に 8 割以上の施工業者が有益性を感じている。

c) 監督職員へのヒアリング

監督職員へのヒアリング時のコメントを表-2 に示す。監督職員からメリットとして、TS を用いた現地確認により施工業者の不正防止だけでなく作業効率も上がる、という意見が得られた。

要望意見としては、「規格値の変更・工夫」や「他工種への展開」が挙げられた。

0% 20% 40% 60% 80% 100%

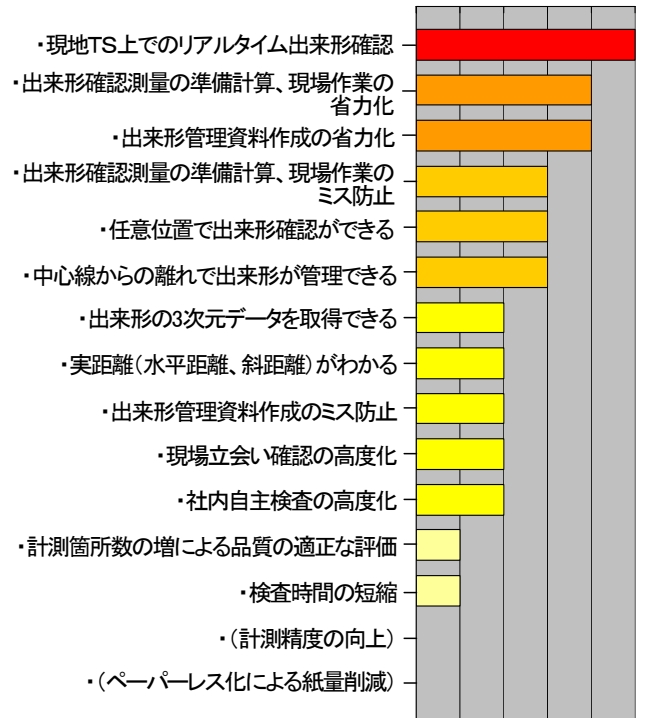


図-10 出来形管理システムの長所

表-2 監督職員へのヒアリング結果

【 出来形の現地立会い確認に関する意見 】
信頼性の向上・不正防止
<ul style="list-style-type: none"> 設計値と差異が現地で自動算出されて、任意の管理断面を指示して確認できるのがよい。立会い時の抽出確認(2箇所程度)で、不正の防止に十分対応できると思う。 要領に示された確認方法で不正防止効果は十分あると思う。電子データのやりとりでは不正しやすい状況もあるので、必要性を感じる。 確認点数に関しては要領に明確に記述せずに、監督職員の裁量に任してもいいかもしれない。確認することを規定するだけで不正の抑止効果はある。
効率化
<ul style="list-style-type: none"> この確認に関しては、現行よりも効率が上がることが期待できる。 帳票自動出力、現地での書類確認は、監督職員の出来形の把握時間も短縮し、受発注者相互にメリットがあると感じる。
【 TSを用いた場合の規格値に関する意見 】
<ul style="list-style-type: none"> 規格値をオーバーした場合はどうするのか。従来手法とTS計測の差異により、現行の方法では合格でもTSを用いた方法で不合格になる場合がある。 テープでの計測では目測での補正ができるが、TSによる点の計測するとそのような補正ができない。ピンポイントの結果のみが反映され評価が下がることの無いように、規格値の工夫が必要ではないか。
【 その他 】
<ul style="list-style-type: none"> ぜひとも、他工種への展開ができないか。土工の出来形だけでなく、他工種に適用できれば効果があるので

d) 本トータルシステムの信頼性

試行現場の盛土工事2箇所(表-1:岩手県花巻市,茨城県つくば市)において,設計値,本トータルシステムによるTSを用いた計測値,従来手法による巻尺とレベルを用いた計測値の三者の比較を行った.その結果を,図-11,図-12に示す.計測結果から以下のことが確認できた.

- ①TSによる計測結果は,従来手法と同様に出来形管理の規格値内に収まった.
- ②TSによる幅員計測値は,図-11では巻尺に対して平均で1.2cm,最大で1.6cm短く,図-12では巻尺に対して平均で3.2cm,最大で6.0cm短く出るという結果を得た.この要因はTSが2点間の水平距離を計算で算出するのに対して,巻尺ではテープに弛みが発生してしまい,長めに計測されるためと考える.なお,図-12の現場はTSと従来手法の計測日が異なり,出来形形状が雨水侵食補修改変されたため,計測値にやや大きな差異が出ている.
- ③TSによる高さ計測値は,図-11ではレベルに対して平均で0.8cm,最大で1.9cm低く,図-12ではレベルに対して平均で0.1cm,最大で2.7cm低く出るという結果を得た.TSがレベルよりも平均して低い標高値を得た理由としては,TS計測の際に鋭利なピンポールミラー先端部が土工面へ貫入してしまう影響と考える.

図-3のとおり出来形管理基準では,長さについては-200mm,高さについては±50mmを規格値としている.今回の計測では,TSによる方法と従来の方法のどちらの計測精度が高いかという点は明確になっていないが,規格値と比較して両者の計測結果の差異は小さいことから,本システムを用いて道路土工の出来形計測を行うことは特に問題ないと考える.

なお,TSの設置位置は,図-8,図-9で示すように後方交会法により決定した.ここで後方交会法とは,TSの設置位置を2点以上の基準点との計測値から逆算する方法のことである.この方法は,基準点が少ない場合に有効であるが,TSを基準点直上に設置する場合より計測精度が低下するおそれがある.筆者らが別途検討した結果(参考文献6))では,TSと基準点の位置が100m以内では,後方交会法を用いた場合でも,工事基準点にTSを設置した場合と比べ,水平位置精度が±20mm,高さ精度が±10mm程度の低下にとどまることがわかっている.

図-13の左図は図-12の左図でのTSの計測値を1m間隔で表現したものである.また,図-13の右図は,計測間隔1m,10m,20m,40m毎に計測値を整理して設計値と比較したものである.この図から施工業者は出来形を20m間隔で管理しており,その間

の横断面では出来形にばらつきがあることがわかる.

この結果から,20mより小さい間隔での測定基準の設定は,道路土工の品質や施工現場の実情に合わない過度な出来形管理を強いることになると考える.

したがって,本トータルシステムで「測定基準」を従来の「40mにつき1箇所以上」から「20mにつき1箇所以上」に変更することは,従来の施工業者が実施している施工管理方法に変化を及ぼさない範囲で,出来形のより適正な評価に繋がる可能性があることを確認できた.

また,図-14は施工業者に本トータルシステムの短所についてアンケートした結果である.「データの誤りによって思わぬミスが発生するリスク」を全ての施工業者が感じている.一方,試行工事で施工業者が基本設計情報チェックに要した時間は,平均で約2.3時間であった.チェックをどこまで厳密に行なうかは施工業者の自己判断に任せしたが,施工業者の中にはデータミスを恐れ,5時間かけて複数の方法でチェックを行なう方もいた.

以上の結果から,設計データのチェックが容易にでき操作ミスが生じないようにサポートソフトウェアを改良し,利用者が安心して使えるシステムにすることが必要不可欠と考える.

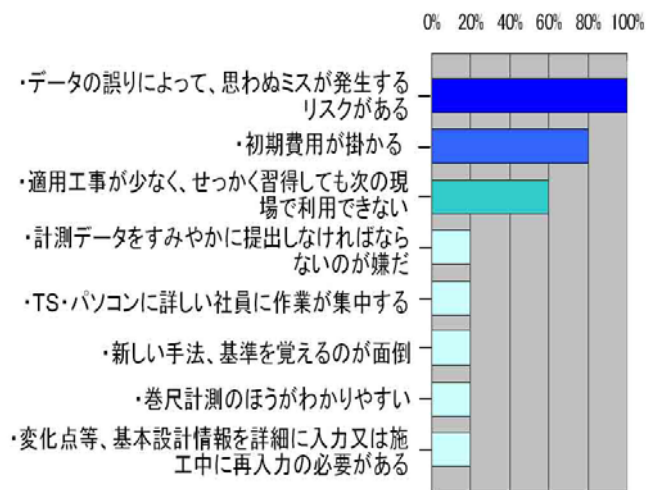


図-14 出来形管理システムの短所

e) 本トータルシステムの総合評価

施工業者に対して,「今後,別工事で本システムを導入したいか」を質問したところ,図-15の回答を得た.アンケートに回答した5社のうち3社が別工事で導入したいと回答した.また,1社はトータルシステムがもっと整備されれば使うという回答であった.わからないと答えた業者は,工事開始(丁張り)の時点から竣工まで通してTSを使えば総合的な時間短縮が図れるのではないかと回答であった.

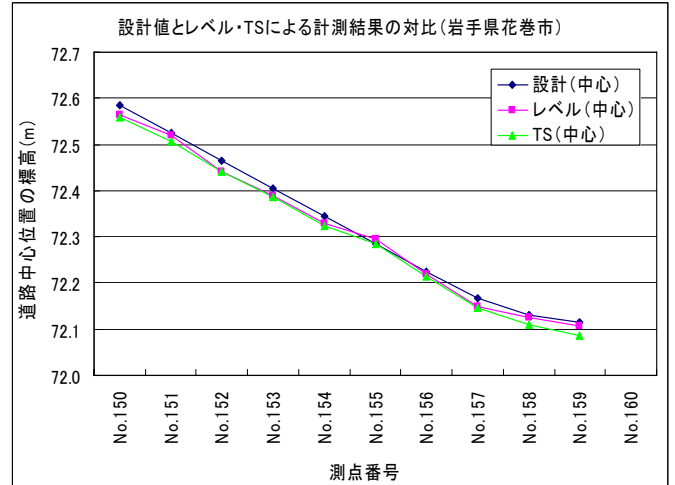
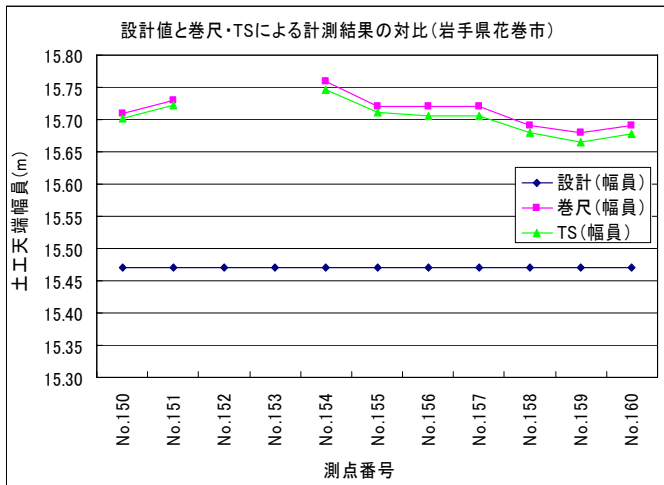


図-11 設計値と従来手法(巻尺・レベル)・TSによる計測値との比較(岩手県花巻市)

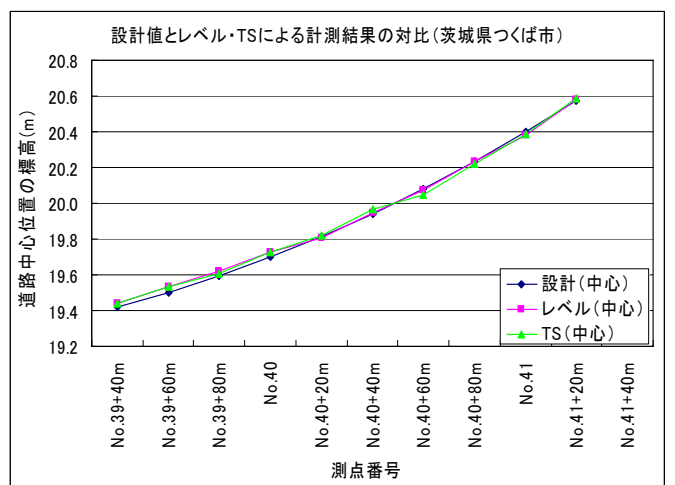
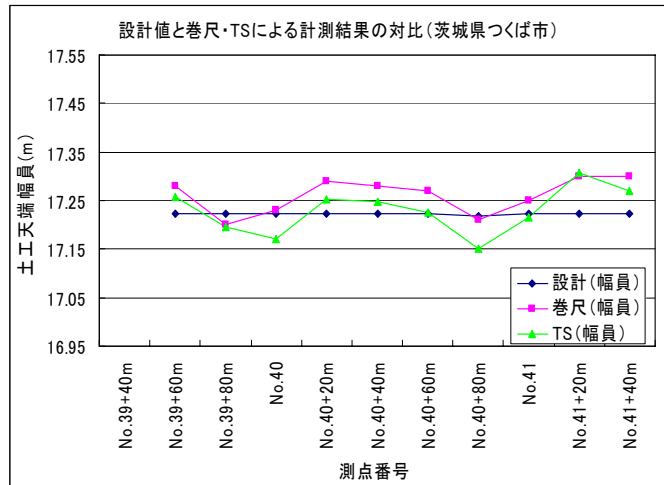


図-12 設計値と従来手法(巻尺・レベル)・TSによる計測値との比較(茨城県つくば市)

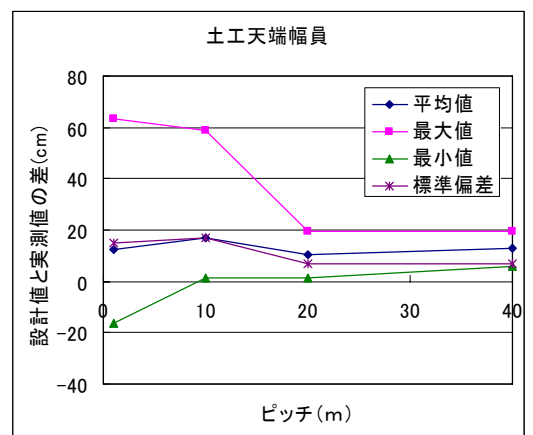
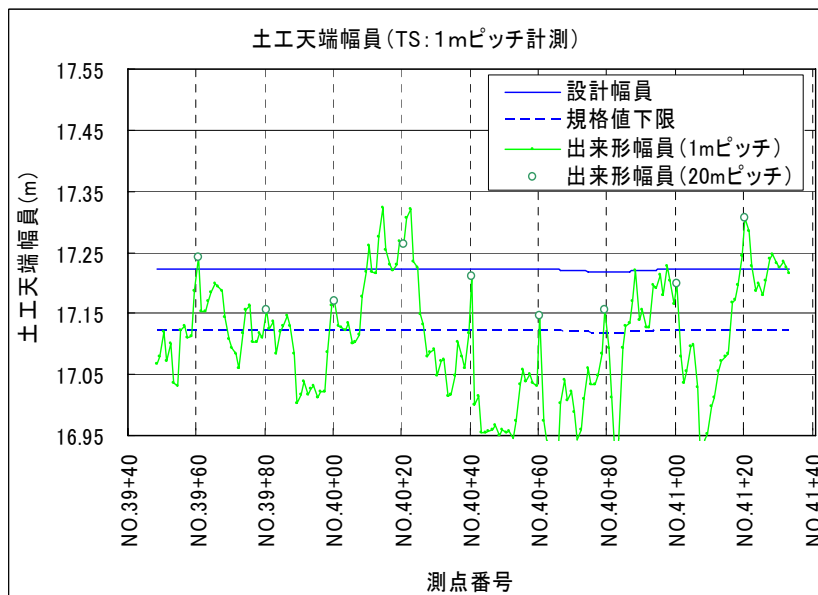


図-13 1m~40mピッチにおける出来形のばらつき(茨城県つくば市)

・今後、別工事で新しい出来形管理を導入したいか

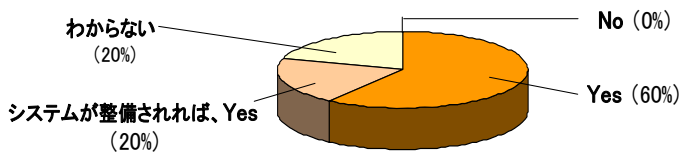


図-15 出来形管理システムの総合評価

5. 今後の施策の展開

(1) 平成18年度の試行工事

道路土工への本トータルシステムの早期本格導入を目指し、平成17年度に引き続き平成18年度も箇所数を増やして現場試行を行う予定である。その際のトータルシステムの改善点は以下のとおりである。

a) 基本設計情報入出力プログラムの改良

今回の試行では、基本設計情報の入力、国総研の委託を受け、道路設計と基本設計情報入出力プログラムに精通したものが、施工業者の代理で行った。入力にかかる時間は、200mの対象区間(横断面で10m程度)において平均で11時間程度であった。

作成に要した時間の割合を分析した結果、主に以下の点に改善の余地が認められた。

- ・横断形状の入力時に横断面に直接表示されていない数値を電卓等で計算して入力する必要があったこと。

- ・入力したデータのチェックに時間を要したこと

また、施工業者からは設計変更時において基本設計情報の入力が簡単に行えるようにしてほしいという要望があった。

以上を踏まえたプログラムの改良を行う。

b) TSのデータコレクタ搭載ソフトの改良

3. (4) a) で施工業者から要望のあったTSのデータコレクタ搭載ソフトの改良が必要である。これについては、国総研がこの点を踏まえたTSのデータコレクタ開発要件を民間に提示し、民間の開発を促すことにした。H18年度の試行工事では、複数の民間会社が試行に参加することを期待している。

c) 基本設計情報のTSへの受け渡し

図-2では、基本設計情報の一部が欠落してTSに連動するデータコレクタに受け渡されたが、全ての情報を受け渡すように変更する。また、データコレクタからは基本設計情報と出来形計測結果が、出来形管理帳票作成プログラムに出力されるように変更する。その際、データコレクタへ入出力するデータの標準化を行うことにより、民間TSメーカーやソ

フトベンダーの参入を容易にする。

(2) 中期的な展開

本研究で開発したトータルシステムは、基本設計情報が設計段階から流通し3次元の出来形管理に対応した規格値が定められるまでの過渡的なシステムと考えている。将来的には、3次元の骨格的な設計情報が設計段階から流通し、施工段階では出来形管理や土量計算が3次元の設計・計測データを用いて行え、維持管理段階で3次元のデータが蓄積され管理図の整備等にも利用されることが理想である。

これらの段階に進むためには、基本設計情報の中核をなし、設計、施工、維持管理段階を通じてほとんど不変な道路中心線形データの標準化が先決と考えている。また、国総研が開発を進めているサポートソフトウェアについても早期に公開し、民間の参入を促進したいと考えている。

6. まとめ

本研究では、基本設計情報を搭載したTSを用いて道路土工の出来形管理を行うためのトータルシステムを構築した。さらに6箇所の現場試行において、巻尺、レベルを用いた従来の出来形管理の方法と比較することにより、本システムの実用性、有益性、信頼性を検証した。その結果、以下の点が明らかとなった。

(1) 実用性

6箇所の試行工事全てにおいて、本トータルシステムによる出来形管理を実施することができ、施工業者、監督職員の双方から実務上の大きな課題は指摘されなかった。しかし、施工業者からは、試行工事で使用したTSのデータコレクタの操作インターフェースの改善要望が多く挙げられた。

(2) 有益性

現地でのリアルタイムの出来形確認や現場作業の省力化、出来形管理資料作成の省力化に8割以上の施工業者が有益性を感じた。監督職員からは、出来形管理の不正防止や信頼性の向上、作業の効率化に資するとの意見を得た。

(3) 信頼性

本システムによる方法と従来の方法では、出来形の計測結果に大差はなかった。また、出来形管理の測定基準を従来の「40mにつき1箇所以上」から「20mにつき1箇所以上」に変更することの有効性が確認された。一方、設計データのチェックが容易にでき操作ミスが生じないようにサポートソフトウェアを改良する必要性が明らかになった。

平成18年度は、本トータルシステムの実用性を

改善した上で、さらに箇所数を増やして現場試行を行い、本システムの早期の本格運用を目指す予定である。なお、本トータルシステムではTSを用いているが、例えばGPSを活用した測量機器で代用させることも原理的には可能であり、今後の発展性が期待できる。

謝辞：本研究を進めるに当たって、国土交通省国土技術政策総合研究所青山主任研究官・松岡研究官、(独)土木研究所先端技術チーム、国際航業(株)、(社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所、(株)大林組、(株)トプコン、(株)ニコン・トリンプル、(株)フォーラムエイト、(株)コイシ、福井コンピュータ(株)、コマツエンジニアリング(株)、日本測量機器工業会など多くの方々に助言を頂いた。この場を借りてお礼を申し上げます。

参考文献

- 1) 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, 土木学会 建設マネジメント委員会, Vol.11, pp.81-90, 2004年
- 2) Koichi Aritomi, Ryouyusuke Shibasaki, Nobuyoshi Yabuki: The Construction Management Cooperated with Clients Using a Parametric Information Design Method; The second International Conference on Cooperative Design, Visualization and Engineering 2005, The International Information visualization Society, pp.157-165, 2005
- 3) 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築, 土木学会 情報利用技術委員会, 第30回情報利用技術シンポジウム 土木情報利用技術論文集, Vol.14, pp.219-230, 2005年
- 4) 「施工管理情報を搭載できるトータルステーションを用いた出来形管理要領(試行案)」(道路土工編), 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 <http://www.gis.nilim.go.jp/jouho/portal/archive/youryou.pdf> (入手 2006.7)
- 5) 「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(案)」, 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 <http://www.gis.nilim.go.jp/jouho/portal/archive/manual.pdf> (入手 2006.7)
- 6) 阿部寛之, 上坂克巳, 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, 土木学会 情報利用技術委員会, 第31回情報利用技術シンポジウム(投稿中)
- 7) 岡山 孝: 3次元CADを中心とした土工管理システム, 土木学会年次学術講演会講演概要集第6部, Vol 50, pp.116-117, 1995年
- 8) 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年
- 9) 菅野 俊則, 谷内 康弘, 熊坂 拓也: GPSを利用した大規模土工の出来形管理について, 東北支部技術研究発表会後援概要, pp.668-669, 1995年
- 10) 古川 敦, 新田 良典, 戸上 郁英: RTK-GPSを利用した海底出来形管理システムの開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集第6部, Vol 53, pp.677-676, 1998年
- 11) 片寄 学, 小池 正己, 福森 浩史, 森下 祐史 タイトル: 「IT 土工システム DREAM」の開発と実用化, 土木情報システムシンポジウム講演集, Vol 26, pp.97-100, 2001年
- 12) 宇野 定雄, 石口 真実, 内田 修, 濱田 史生: デジタルカメラを利用した計測情報管理システムの利用例, 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol 52, pp.426-427, 1997年
- 13) 加藤 洋次, 武山 峰典, 高田 知典, 掛橋 孝夫: デジタルステレオ画像解析による斜面検査システム, 土木学会年次学術講演会講演概要集共通セッション, Vol 50, pp.224-225, 1995年
- 14) 尾崎 哲也, 今西 一男: リアルタイム GPS 測量の土工出来形測量への適用, 土木学会年次学術講演会講演概要集第6部, Vol 52, pp.60-61, 1997年
- 15) 浅沼 康樹, 岡村 慶治, 森 徹彦, 大和久 勇治: 遠隔測量システムの開発, 平成11年度土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集, Vol 27, pp.886-887, 2000年
- 16) 大沼 秀幸, 塚田 幸広: 出来形確認等における計測の自動化・合理化について, 東北支部技術研究発表会後援概要, pp.764-765, 2000年
- 17) 奥松 俊博, 岡野 幹雄, 城 和裕, 本間 一臣: 造成工事におけるGPSを用いた応用測量, 土木学会年次学術講演会講演概要集第6部, Vol 50, pp.102-103, 1995年
- 18) 古川 敦, 田中 港: 多層地盤土工管理システムの開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集第6部, Vol 51, pp.304-305, 1996年
- 19) 小野 正樹, 須田 清隆, 山田 雄治, 本田 陽一: 大規模土工計画における3次元システム化の効果, 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol 56, pp.406-407, 2001年
- 20) 山崎 多賀一, 芝 司朗, 広瀬 帝, 岩崎 次夫: 土工の出来形計測におけるGPS測量と従来測量の比較, 土木学会年次学術講演会講演概要集第4部, Vol 50, pp.882-883, 1995年
- 21) 黒川 敏広, 印南 修三, 山地 斉, 三上 博, 林田 岳士: 道路土工トータル管理システムの現場への適用(その1), 土木学会年次学術講演会講演概要集第6部, Vol 57, pp.855-856, 2002年
- 22) 代田 俊彦, 山地 斉, 黒川 敏広, 今田 博, 久保 清: 道路土工管理システムの開発, 土木学会年次学術講演会講演概要集第6部, Vol 51, pp.186-187, 1996年
- 23) 古屋 弘, 細谷 芳己: Web-GISを用いた土工の施工管理システムの開発と現場適用, 土木学会年次学術講演会講演概要集第6部, Vol 58, pp.667-668, 2003年
- 24) 矢吹信善, 志谷倫章, 嶋田善多: 4次元CADとEVMSを用いた切土盛土施工管理システムの開発, 土木学会建設マネジメント委員会, Vol 11, pp.91-98, 2004年
- 25) Real-Time Position Measurement Integrated with CAD: Technologies and Their Protocols Yvan J. Beliveau, J. Michael Williams, M. Gerald King, and Anthony R. Niles, J. Constr. Engrg. and Mgmt. 121, 346, 1995
- 26) TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領(案), 国土交通省
(2006.5.19受付)