

## CMI 報告

## TS・GNSSを用いた 出来形管理手法の検討

竹本 憲充・椎葉 祐士

### 1. はじめに

国土交通省では、情報通信技術（ICT）を活用した社会資本整備・管理サイクル全体の効率化、高度化に取り組んでいる。その取り組みの1つが情報化施工であり、具体的な取り組みとしては、施工管理の基本となる3次元設計データや情報化施工に対応した建設機械の活用、計測点の3次元位置座標を取得するトータルステーション（以降、TSと記す）やGNSSを用いた出来形管理、ICT機器・ソフトウェアの必要な仕様検討、ICTを活用した施工・出来形管理および監督・検査業務の効率化手法の検討、情報化施工のスムーズな現場導入を図るための管理要領の制定等を、工種別に進めている。これまでに、道路土工・河川土工に関してはTSによる出来形管理要領（案）が策定・公表されており、国土交通省直轄工事において正式な出来

形管理手法と認められている<sup>1)</sup>。当研究所では、国土交通省の委託を受け、このTSを用いた出来形管理手法を舗装工に適用すること、また道路土工等の出来形管理にGNSSを用いることを検討し、要領（案）の策定等に向けた技術的検討を進めてきた。

### 2. TSを用いた舗装工の出来形管理手法

#### (1) 本手法の概要

TSを用いた出来形管理手法とは、事務所のPCや現場のTSに一連のソフトを搭載しデータを流通することで（図-1）出来形計測と同時に設計との差を把握、丁張・目事の省略、計測の省人化、帳票作成の自動化等の効果が得られる手法である（図-2）。従来は、水系、巻尺、レベル等の方法で計測していた“基準高、幅、厚さ（舗装修繕工事のみ）”は、TSで計測した出来形計測点の3次元座標値を基に算出される。

本手法に使用するTSには、出来形計測点にターゲットを設置して計測するプリズム方式と、舗装面に直接測距レーザ光を照射し位置を計測するノンプリズム方式の2方式がある。

#### (2) 本手法の導入メリット

ノンプリズム方式にて出来形計測を行うことのメリットを図-3に示す。昨年度の7現場における試行工事にて実証されたメリットは以下のとおりである。

##### ①車線規制の省略・短縮（図-4参照）

ノンプリズム方式の計測により、交通を確保しながら、歩道等から工事測量や出来形計測が行え、車線規制が省略または短縮可能。

##### ②出来形計測作業の省力化・効率化

あらかじめ登録しておいた出来形計測点をTSが自

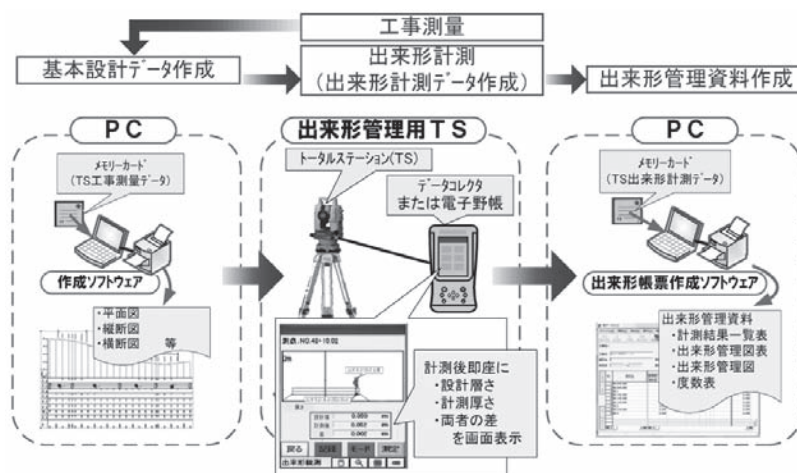
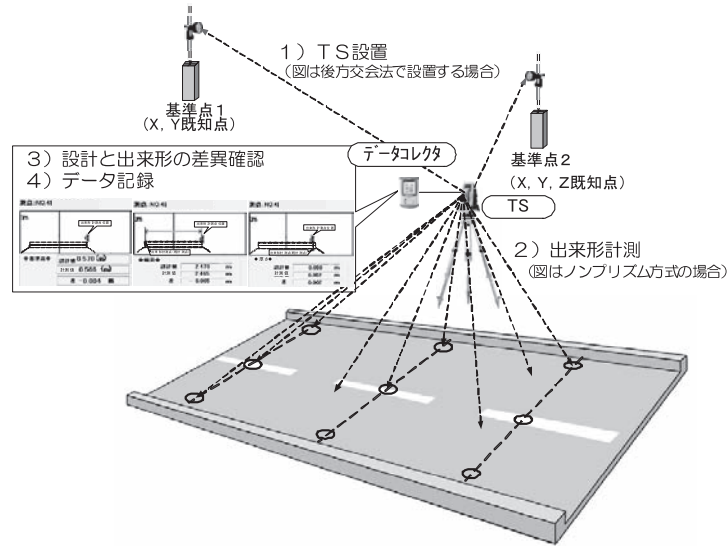


図-1 TSを用いた舗装工の出来形管理の流れ



図一 2 TS を用いた舗装工の出来形管理手法

**車線規制時間の短縮**

交通を確保しながら、歩道等から工事測量や出来形計測が行え、車線規制の不要または短縮が可能となる。

踏面の縦横断面測量状況

出来形計測状況

**出来形計測作業の省力化・効率化**

TSによるワンマン計測、自動計測機能により、工事測量、出来形計測作業の労力削減、時間短縮が図られる。

従来の水糸・巻尺による計測状況

直接計測点を自動計測

レーザー

**出来形品質の均一化**

従来の計測

TSによる計測

多測点・容易

施工中の出来形計測・良否判定や出来形計測点の多点化管理が容易に可能となり、出来形品質の均一化が図られる。

路面を直接計測

自動記録と良否判定

自動視準 自動計測

出来形管理用 TS

施工者

監督職員

出来形把握が容易

施工中でも測定可能

**舗装計画図面等の自動作成**

・平面図  
・縦断面  
・横断面 等

・平面図  
・縦断面  
・横断面 等

・出来形管理資料  
・計測結果一覧表  
・出来形管理図表  
・出来形管理図  
・度数表

作成ソフトウェア

出来形構築作成ソフトウェア

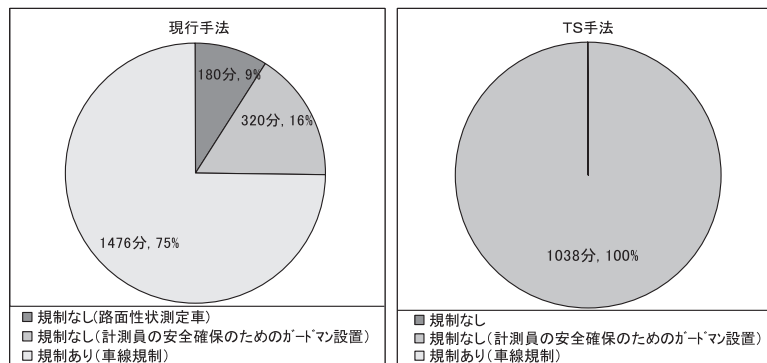
**内業の効率化**

工事測量による舗装計画図面等の作成や出来形計測結果の出来形管理資料作成に係るデータの記帳・入力作業が自動で行え、ミスの防止、内業の大幅な縮減が図られる。

**計測作業の安全性向上**

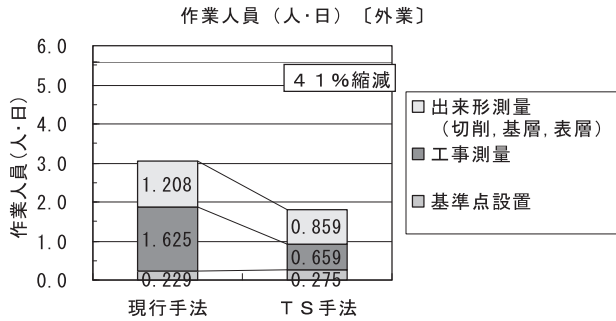
歩道等からの工事測量や作業帯外からの出来形計測が可能となり、交通事故や重機災害の未然防止につながる。

図一 3 舗装工への出来形管理用 TS の導入によるメリット



図一 4 工事測量に係わる車線規制時間の比較

動的に視準し、複数点を連続的に計測できるため、工事測量、出来形計測作業の労力が削減される（図—5参照）。



図—5 出来形管理 (外業) の労力比較

③計測作業の安全性向上

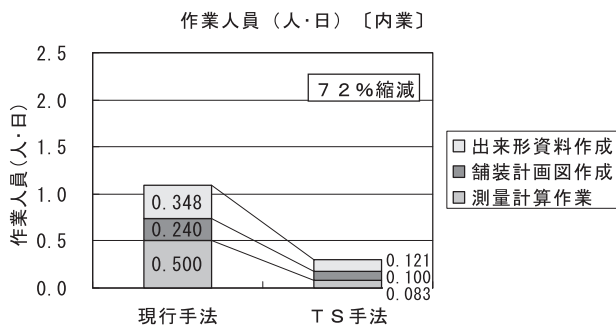
歩道等からの工事測量や作業帯外からの出来形計測が可能。交通事故や重機災害が未然に防止される。

④出来形品質の均一化 (多点化)

施工中適宜、出来形計測・良否判定が可能。また出来形計測が迅速なので計測点を容易に多点化できる (出来形品質の均一化が期待できる)。

⑤内業の効率化

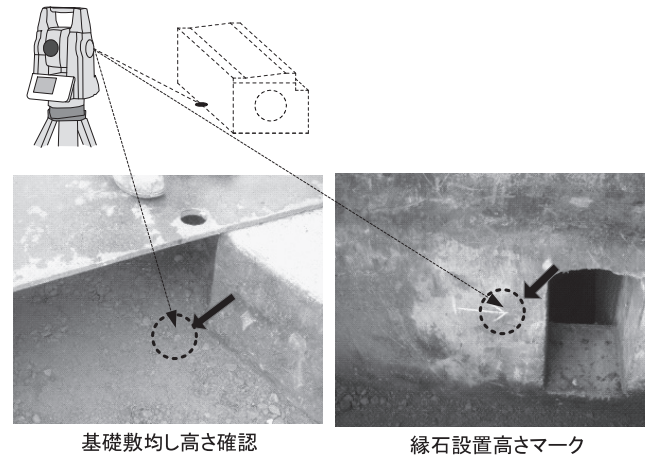
工事測量による舗装計画画面等の作成や出来形管理資料作成に係るデータの記帳・入力作業が自動で行え、ミスの防止、内業の大幅な縮減が図られる。また、工事の一連の出来形管理作業 (基本設計データ作成, 工事測量, 出来形計測, 出来形管理資料作成) のデータ一元化が可能となり、外業・内業の自動化・省力化等が図られる (図—6参照)。



図—6 出来形管理 (内業) の労力比較

⑥縁石・側溝等の位置出し・出来形確認への応用

指定した点を自動的に視準・レーザ照射を行う TS の機能は、縁石・側溝等の丁張り設置や設置位置出し、設置高さ確認等の作業に活用できる (図—7参照)。



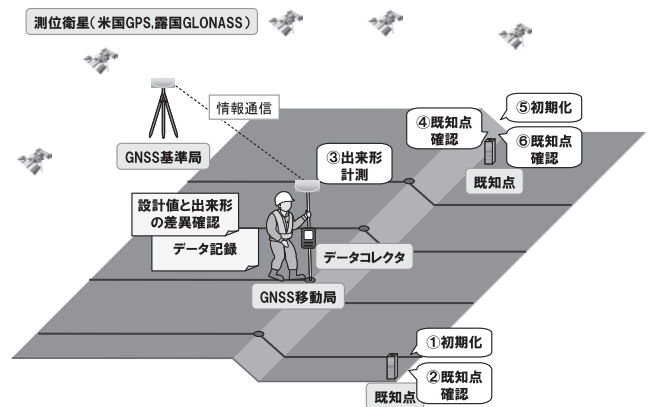
図—7 縁石・側溝等の位置出しへの応用

3. GNSS を用いた土工の出来形管理手法

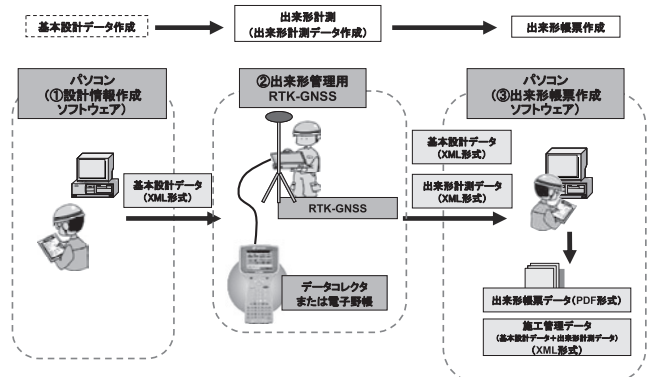
(1) 本手法の概要とメリット

(a) 本手法の概要

施工管理データを搭載した TS を用いた土工の出来形管理手法を応用して RTK-GNSS を用いた出来形管理手法を実現するために、機器特性を考慮して RTK-GNSS を用いた正確かつ確実な出来形管理を実施する計測手法の検討を行った (図—8, 9)。RTK-GNSS は、近年、土木工事の分野においても情報化施工等で利用



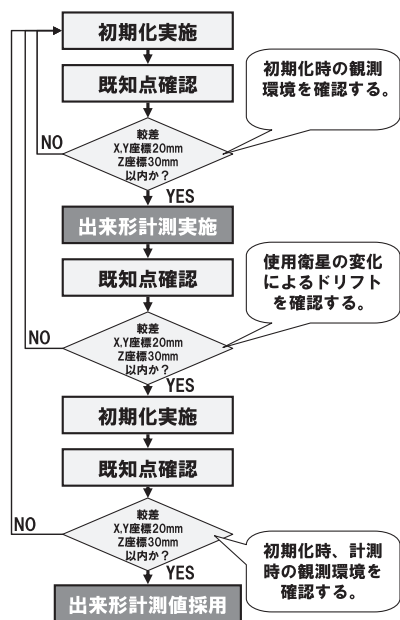
図—8 GNSS を用いた土工の出来形管理手法



図—9 GNSS を用いた土工の出来形管理の流れ

されているが、衛星測位システムの特徴上、現在の技術では常に高精度測位を保持できない場合があり、捕捉衛星数や衛星の配置による誤差、マルチパス等の受信機に関する誤差、電離層等の影響による電波の伝搬にともなう誤差等の要因から精度劣化することがあることが知られている。

上記の機器特性を考慮し計測精度を確保するために「施工管理データを搭載した RTK-GNSS による出来形管理要領（試行案）」では出来形計測の手順を図一 10 に示すとおり実施するものとしている。



図一 10 GNSS を用いた出来形管理の計測手順

初期化実施と既知点確認は、出来形計測前に必要な精度で計測できる状態であることを確認する目的で基準点等の既知点において座標較差を確認する。確認方法は、GNSS 受信機の初期化（衛星から発射される搬送波波長の整数個 N を決定）を実施し、既知点座標と計測座標の較差が X 座標、Y 座標において ± 20 mm 以内、Z 座標において ± 30 mm 以内とする。出来形計測は、初期化後の既知点確認で較差が上記の規定値を超えた場合、出来形計測を開始せず、条件を満たした段階で計測を実施する。

(b) 本手法の導入メリット

本手法の導入により TS を用いた土工の出来形管理で得られる効果（丁張不要、少人数・短時間で作業、出来形帳票作成の効率化）に加え、以下のメリットが挙げられる。

① 広範囲の出来形計測の実現

TS を用いた土工の出来形管理では、精度確保の観点から計測距離 100 m 以内の制限であるが、RTK-GNSS を用いた出来形管理を実現することで基準局か

ら 500 m 程度の範囲まで一度に計測可能となるため出来形計測作業の効率化が図られる。

② ワンマン計測の実現

TS を用いた土工の出来形管理では、プリズムを持つ計測対象者と TS を操作する計測者が必要であったが、1 人（ワンマン）で GNSS 移動局を移動させながら出来形計測可能となるため、出来形計測作業の労力削減、時間短縮が図られる。

③ 情報化施工関連機器の有効活用

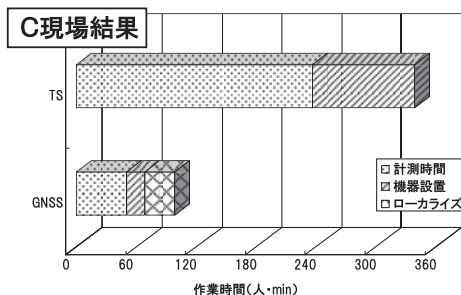
基準局と移動局が 1 対多での運用が可能となるため、マシンコントロール技術やマシンガイダンス技術等の RTK-GNSS が導入されている現場であれば、さらなる機器の有効活用ができると考えられる。

(2) 土工への出来形管理用 GNSS の導入効果

GNSS を用いた土工の出来形管理手法を以下の A ~ E の 5 現場（河川土工・道路土工）において導入し、TS による出来形管理と RTK-GNSS による出来形管理の二重管理を行い、比較検証した。図一 11 に現場計測作業時間の比較結果を示し、本手法による主な効果を以下に述べる。

現場	A	B	C	D	E
試行延長	440	200	180	40	40
計測点数	56	17	27	15	10
G 計測人数(人)	1	1	1	1	1
N 計測時間(人・min)	187	108	50	58	25
S 機器設置(min)	15	15	18	18	20
S ローカライズ(min)	0	45	30	0	28
T 計測人数(人)	1	2	2	2	2
S 計測時間(人・min)	140	136	236	120	28
S 機器設置(min)	80	74	102	20	16
S 機器盛り換え回数(回)	4	2	3	1	1
効率上昇率1-GNSS/TS(%)	8	20	71	46	-66

注) 現場 A はワンマン測量が可能な TS を導入



図一 11 RTK-GNSS と TS による出来形管理の結果

① 計測範囲の拡大

試行延長が 100 m を超える現場（A, B, C）においては、TS では盛り換え回数が多くなり機器設置に時間を要している。GNSS は機器を盛り換えることなく一度に広範囲を計測できるため、TS の機器設置時間に比べ、短時間で機器設置・ローカライズ作業を実

施できた。

#### ②出来形計測作業の効率向上

機器設置作業や出来形計測作業の現場計測作業をTS手法と比較するとワンマンでの計測や計測範囲の拡大による盛り換え回数の削減により4現場で作業効率が向上した。効率の向上しなかった1現場は、試行延長が短く計測点数も少なかったことから、GNSSの機器設置やローカライズの作業時間が現場計測作業全体に対する割合が大きくなってしまったためである。

また、課題としては現場検証に協力頂いた現場へのヒアリングによると衛星測量のデータのバラツキに起因する計測値の再現性や衛星配置の変化などによる適応時間や条件が限定的な点も挙げられた。

## 4. おわりに

舗装に関するTS出来形管理手法については、既に出来形管理要領(案)【舗装編】(関東地方整備局版)が公表されたところであるが<sup>2)</sup>、今後は全国の直轄舗装工事現場への導入環境を整えるため、要領(全国版)や監督検査の手引きの策定・公表を行っていく予定である。さらに、舗装工の出来形管理だけでなく道路付属物(縁石、側溝、集水枘、暗渠等)の出来形管理にも本TSを応用し、舗装工事全体の効率化が図れることを、引き続き試行工事にて実証していく予定であり<sup>3), 4)</sup>、当研究所は受託業務にて検討を行う。

土工に関するGNSS出来形管理手法については、国土技術政策総合研究所において計測効率を上げるために計測手順の簡素化の検討、全国の現場導入に向けた監督検査要領の検討を行う計画であり、当研究所は受託業務において技術的検討を行う。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) トータルステーション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>
- 2) 関東地方整備局「施工管理データを搭載したトータルステーション(TS)を用いた出来形管理要領(案)【舗装工事編】」平成21年8月  
[http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr\\_content/content/000007372.pdf](http://www.ktr.mlit.go.jp/ktr_content/content/000007372.pdf)
- 3) 関東地方整備局「TSを用いた舗装工事の出来形管理サポートページ」  
<http://www.ktr.mlit.go.jp/kangi/ts/index.htm>
- 4) 「トータルステーションによる道路土工、舗装工の出来形管理の試行工事」について  
[http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/01/011222\\_3.html](http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha06/01/011222_3.html)

#### 【筆者紹介】



竹本 憲充 (たけもと のりみつ)  
㈱日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所 研究第三部  
主任研究員



椎葉 祐士 (しいば ゆうし)  
㈱日本建設機械化協会  
施工技術総合研究所 研究第三部  
研究員