

8. TS（トータルステーション）を用いた 出来形管理技術の舗装工事への適用について

国土交通省関東地方整備局関東技術事務所 古川 伸一

1. はじめに

ICT技術を建設工事に活用する「情報化施工」は、施工の生産性の向上・品質確保・安全性向上等を図る有効な技術として期待され、各工種において開発・整備が進められている。

関東技術事務所では、舗装工事において品質の確保・安全性の向上・作業時間の短縮・作業の効率化等の多くの効果が見込まれる「トータルステーション（TS）を用いた出来形管理技術」の適用について、管内において試行工事を実施し、妥当性及び効果について検証を行い、「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）」を作成した。

2. 検討経緯

関東技術事務所では、情報化施工推進戦略が策定される前から全国に先駆けて、情報化施工技術の一つである「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」を舗装工事に適用を図るための現場実証及び管理要領（案）策定等を以下のとおり実施してきた。またその内容について、「舗装の情報化施工検討委員会」（委員長：建山和由 立命館大学教授）※を開催し、審議いただいた。

○平成19年度

- ・プリズム方式TSを用いた新設舗装工事の出来形管理の現場実証（新設舗装工事：7現場）
- ・検証項目：プリズム方式TSの新設舗装工事の幅・高さ・層厚管理への適用性

○平成20年度

- ・ノンプリズム方式TSを用いた舗装修繕工事の出来形管理の現場実証（舗装修繕工事：3現場）
- ・検証項目：舗装修繕工事への適用性検証、必要機能の確認

○平成21年度

- ・平成21年8月「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 関東地方整備局」¹⁾を策定

- ・TSを用いた舗装工の出来形管理の現場実証（舗装修繕工事：2現場 新設舗装工事：5現場）
- ・検証項目：舗装修繕工事への適用性、効果等の検証

平成22年度には、要領（案）の適用対象工種の拡大を目指し、試行工事（6現場）において、舗装工、縁石工及び排水構造物工の出来形管理について、適用性の確認及び管理要領（案）の妥当性検証を行い、縁石工及び排水構造物工まで含んだ出来形管理要領（案）の改訂を行った。

3. 調査概要

3.1 出来形管理用TSの概要

出来形管理用TSとは、測量器（TS）とTSに接続または内蔵された情報機器に搭載されたソフトウェアにより、現場での出来形計測と出来形の良否判定を同時に行なうものである。従来は、水系、巻尺、レベル等の方法を用いて計測していた計測項目について、計測点の3次元座標値から基準高、幅、厚さを算出する。

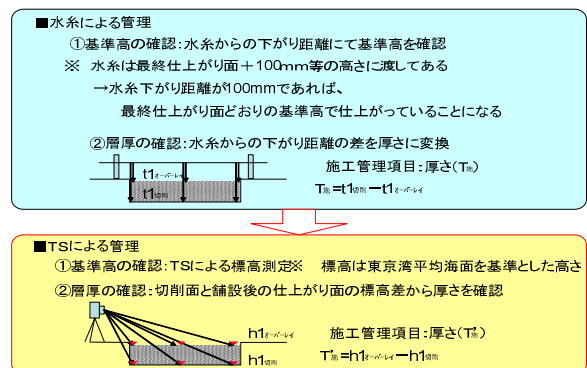


図-1 現行手法とTS手法の出来形算出方法の違い

TSの計測方法は2つの方式があり、計測点に反射プリズムを設置し計測するプリズム方式と、レーザー光で直接計測点を計測するノンプリズム方式がある。

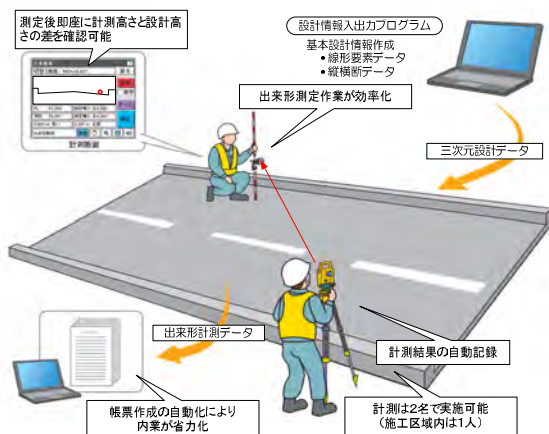


図-2 プリズム方式

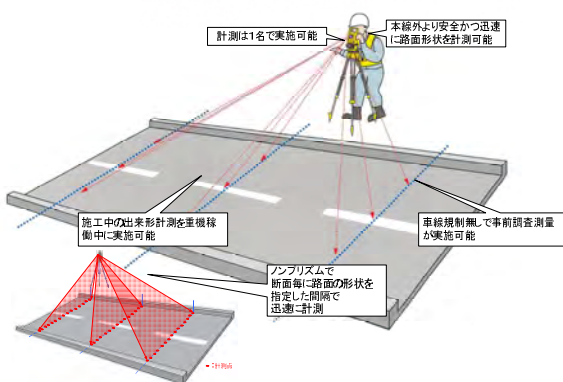


図-3 ノンプリズム方式

ノンプリズム方式では、歩道等にTSを設置してレーザ光にて路面の高さを計測可能であり、本線に立ち入ることなく工事測量や出来形管理が可能である。そのため、工事測量に伴う車線規制の省略や、施工中の出来形計測の際に重機に近接しての作業が不要となり安全性が向上する等のメリットもある。しかし、舗装工事における出来形管理では、凸凹である舗装面を計測することから、測距光の反射が不均一となり、計測精度が低下する場合があるため、プリズム方式と比べ現場条件に対する影響が大きく事前確認等を必要としている。

3.2 試行工事実施内容

出来形管理用TSを用いた出来形管理の試行工事を関東地方整備局管内の6現場において、プリズム方式、ノンプリズム方式のそれぞれについて実施した。

TSによる出来形管理（以下「TS手法」という。）と現行の出来形管理（以下「現行手法」という。）との2重管理にて実施し、その作業性や安全性、出来形計測結果を比較することによりTSの

導入効果・適用性を検証した。なお、試行工事の実施にあたり、出来形管理用TSの用途拡大が目的であることから、縁石工及び排水構造物工のみではなく、実施工にあわせ舗装工も含め、下記内容について実施・検証を行った。

（1）縁石工・排水構造物工への出来形管理へのTSの適応性検証

現行手法（レベル・メジャによる出来形計測）とTS手法による出来形計測結果の比較により、TSの縁石工・排水構造物工への適用性を、計測精度の観点から検証した。

（2）TS出来形管理の実施方法、手順の確認

平成21年度に策定した、舗装工のみの要領（案）【舗装工事編】に、縁石工・排水構造物工の出来形管理要領を追記したもの（以下、要領（案）（追記版）と記載）について、試行工事で運用し、記載された手順等についての妥当性検証を行った。

（3）出来形管理用TSの導入効果の検証

現行の「出来形管理要領（案）舗装工事編」を用いた出来形管理作業を行う上で、現場で生じている問題点を作業手順毎に抽出した。

次に、個々の問題点について、出来形管理用TSを活用することによる4つの解決策を下表のとおり提案した。以下の4つの解決策を実際に試行工事にて実施し、その効果を検証した。

○出来形計測作業

出来形管理用TSを用い、出来形計測点を自動的に視準・計測し、作業効率を向上させる。

○出来形管理資料作成

出来形管理用TSで記録される出来形計測データを用いて出来形管理資料作成作業を自動化し、内業の労力を軽減する。

○丁張り設置作業

出来形管理用TSと、入力した基本設計データを用いて丁張り・水糸設置を行い、準備計算を省略する。また出来形管理用TSのレーザポイントにて丁張り設置位置を現地に位置だしする手法で、丁張り設置作業の迅速化を実現する。

○道路工事完成平面図の作成

出来形管理用TSで計測した縁石・排水構造物の出来形計測データは道路台帳付図に記載する地物の平面位置座標としてそのまま利用することで、別途完成平面図作成のための測量作業を省略する。また、施工者が出来形管理用TSを用いて、道路台帳付図を施工業者による作成を実現する。

4. 調査結果

（1）縁石工・排水構造物工への出来形管理へのTSの適応性検証

新たにTSを適用する縁石工・道路附属物工について、下図に示すようにTSおよびレベル・メジ

ヤにより基準高・延長の出来形計測を行い、両計測結果の比較により、TSの計測精度を確認した。なお、測定には国土地理院登録の2級Aトータルステーション、3級レベル、JIS1級メジャを用いた。

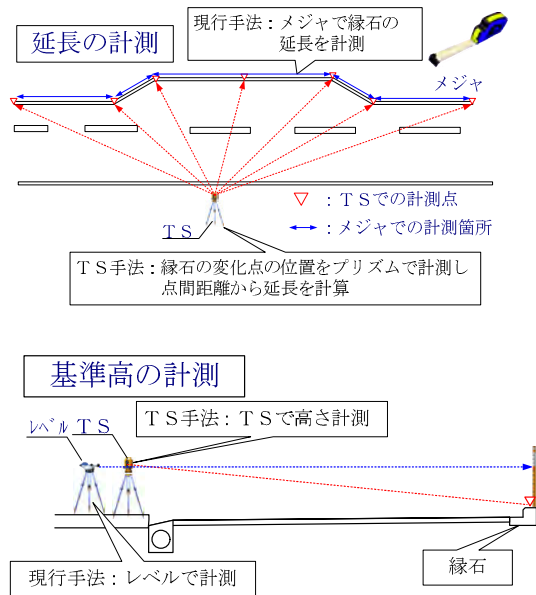


図-4 TS手法と現行手法による出来形計測値の比較

計測結果の比較結果を下図に示す。道路付属物（縁石・縦断管）の基準高については、両者の差最大 2mm 程度であった。また道路付属物（縦断管）の延長については、現行手法とTS手法の計測値の差は1%未満であった。

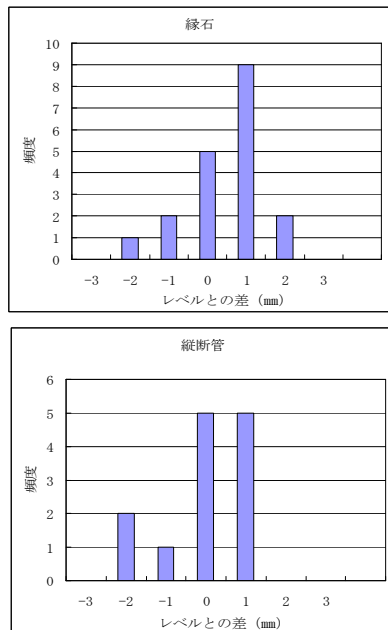


図-5 レベル測定値に対するTS測定値の誤差

表-2 メジャー測定値に対するTS測定値の誤差

TSによる縦断管の延長測定結果	
設計値	縦断管延長(m)
No.226+19.8～	107.000
メジャーによる測定値	107.015
TSによる測定値	106.993
TSとメジャーの差	-0.022
誤差(%)	0.02

TSによる植栽縁石の延長測定結果	
設計値	縁石延長(m)
(No.9+20～No.10)	173.500
メジャーによる測定値	173.550
TSによる測定値	173.531
TSとメジャーの差	-0.019
誤差(%)	0.01

以上より、TS手法と現行手法による出来形計測結果は基準高・延長ともに合致しているため、TSを縁石工・排水構造物工の出来形管理に適用することは可能である。

(2) TS出来形管理の実施方法、手順の確認

○ノンプリズム方式の縁石工・排水構造物工への適用性確認結果

要領(案)(追記版)に記載した内容にて試行工事を実施したが、段差のある縁石工・排水構造物工の計測には、レーザー光が段差部の測定点をピンポイントで認識できず、ノンプリズム方式による出来形計測が困難であることが判明した。この結果より縁石工や排水構造物工にはプリズム方式を用いる事を要領に記載した。

○ノンプリズム方式の舗装工への適用性確認結果

ノンプリズム方式では、凸凹のある舗装面に対しレーザー光をあて計測することから、計測精度において現場条件に対する影響がプリズム方式と比べ大きい。

○出来形管理用TSに追加すべき機能の有無の確認

縁石工・排水構造物工の出来形を計測するに当たり、出来形管理用TSに舗装工の機能に対し、追加が必要な機能を試行工事で確認した結果、舗装工の出来形管理と同じ機能で縁石・排水構造物工の出来形管理も実施可能であることが確認できた。ただし、縁石・排水構造物工の出来形計測の作業性を向上させるためには、プリズム自動視準機能が有効であることが確認されたため、実装を推奨する機能として要領(案)解説編に追記した。

また施工者より、縁石工・道路付属物工の出来形計測点のコントロールポイントの配置がわかりにくいとの意見が寄せられたため、縁石工・道路付属物工の出来形計測点の配置についての解説を要領（案）に追記した。

（３）出来形管理用ＴＳの導入効果の検証

試行工事において、出来形管理用ＴＳを用いた工事測量、基本設計データの作成（舗装計画図の作成）、出来形計測、出来形管理帳票の作成、丁張り設置、道路工事完成平面図作成のための測量作業を実施し、出来形計測作業の作業性、安全性、計測精度について検証した。

試行工事で検証した結果の概要を以下に示す。実証された導入効果は、「ＴＳの導入メリット」として要領（案）解説編に記載した。

○出来形管理（外業）の効率化

- ・出来形計測にプリズム方式（自動追尾）の採用により計測が簡易になることから、作業時間、工数が約５０％低減した。（区間延長 120～145 mの試行工事３現場での実績による）

○出来形管理（内業）の効率化

- ・出来形管理用ＴＳから出力される出来形計測データを用いた帳票作成時の手入力作業の省略、ソフトウェアによる帳票作成の自動化により、内業にかかる労力が約４０％低減した。

○工事測量作業の効率化・安全性向上

- ・縁石等の計測には、プリズム方式（自動追尾）を用いることにより、プリズムの視準が不要となり作業時間が約２０％向上した。

○丁張り設置作業の効率化

- ・出来形管理用ＴＳを縁石等の丁張り設置に適用が可能である。
- ・基本設計データをそのまま使って丁張りが出来るので、準備計算が不要になり、丁張り設置における内業の作業効率が約１０％程度向上したが、外業作業は位置出し以降の作業は、同じであることから現行手法とほぼ同等である。

○道路工事完成平面図作成作業の効率化

- ・出来形管理用ＴＳを道路工事完成平面図作成の測量に適用が可能。また習熟度によっては、請負業者直営にて平面図の作成が可能となる。

○出来形計測作業の安全性向上

- ・ノンプリズム方式では、車道上での作業が無いため、現行手法と比較して作業の安全性が非常に高く、特に通行量の多い都市部の現場において大きな安全性の向上が期待できる。

５．まとめ

試行工事にてＴＳを用いて出来形管理を実施した結果、舗装工事に付随する縁石工及び排水構造物工に対し適用が可能であることが実証できた。

また、出来形計測作業の効率も、現場条件により差は生じるがある程度の効率向上を図ることができた。なお、更なる適用拡大策として、丁張り設置作業時の使用や工事完成平面図の作成作業への適用も試行工事内で検証し、適用可能であった。

上記の結果より、「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）」を、要領本編及び解説編としてとりまとめた。なお、要領（案）の内容の妥当性については、「舗装の情報化施工検討委員会」にてご審議でいただいた。

なお、ノンプリズム方式については、更なる精度検証が必要であることから、上記出来形管理要領（案）は、プリズム方式のみについての記載とした。

６．今後の計画

「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」は、平成２３年度内に公表を行うため現在検討中である。また、国土技術政策総合研究所より、出来形管理用ＴＳの必要な機能を規定した「出来形管理用トータルステーション 機能要求仕様書（案）（舗装工事編）」及び左記機能要求仕様書に対応したＴＳと基本設計データ・帳票作成ソフトとの間で交換されるデータの形式等を規定した「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）」についても公表を行うため現在検討中である。

これらの要領類が公表されることで、メーカー等による出来形管理用ＴＳの開発及び販売の促進が期待される。それにより施工者が機器を調達できる環境が整い、直轄工事への本格導入が進むことで、舗装工事の施工管理等の合理化に寄与することが出来るものと考えられる。

建設工事の合理化に役立つ情報化施工技術について、今後も関東技術事務所として現場への導入・実用化に向け取り組みを進めていきたいと考える。

※「舗装の情報化施工検討委員会」：舗装工事に情報化技術を適用し、施工管理等の効率化、品質の確保を目的に関東地方整備局で設立している。

参考文献

- 1) 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 関東地方整備局」，平成２１年８月，
<http://www.ktr.mlit.go.jp/gijyutu/gijyutu00000021.html>