

9. 情報化施工におけるTS出来形計測の効率化

～ 近傍点計測の実施 ～

国土交通省 関東地方整備局 ○ 服部 達也
 一本 秀樹
 山本 啓介

1. はじめに

国土交通省では、建設施工の生産性向上、品質確保、安全性向上、熟練労働者不足への対応など、建設施工が直面している諸課題に対応する情報化施工（ICT 施工）の普及を進めている。関東地方整備局でも、関東において先行して取組んだ出来形管理要領が全国版になるなど、情報化施工の活用拡大に向けた取組を推進している。

情報化施工とは、トータルステーション（以下、TS という。）や全地球測位システム（以下、GNSS という。）などの測位技術を用いて施工管理や機械施工を効率化する技術である。施工管理の効率化技術では「TS による出来形管理」「TS・GNSS による締固め管理」が行われている。機械施工の効率化技術では、モータグレーダ・ブルドーザのブレードやバックホウのバケットを自動制御するマシンコントロール（以下、MC という。）や、刃先の位置や自転車位置を表示するマシンガイダンス（以下、MG という。）が行われている。（図－1）

本稿は、MC や MG を用いた施工現場における、出来形管理手法の簡素化・省力化を目的とした、近傍点計測について、前報（参考文献2）に続き、複数の試行工事での機能検証を行い、施工者の意見をまとめたものである。また、近傍計測を行うために必要な TS の任意点計測機能についての確認

を行った。

2. 近傍点計測について

2.1 MC・MG施工の特徴

MC 施工では、施工中のブレードの位置・標高をリアルタイムに取得するとともに、施工用データ（設計データ）との差分を算出し、これに基づきブレードを設計形状に沿うように自動制御する。MG 施工では、同様の手順で算出された施工用データとの差分を運転席にあるモニターへ表示し、オペレータが手動制御を行う。MC や MG を使用した場合、均一かつ精度高く仕上げる事が可能である。

（図－2）

現在の TS を用いた出来形管理では、延長方向に20m 毎の定められた管理断面上で、法肩・法尻・道路中心の基準高・幅及び法長（土工のみ）を計測することが求められている。（図－3）計測時には管理断面±10cm の範囲にプリズムを設置することとなっているため、プリズム誘導の微調整に時間がかかるという非効率が生じている。

■ 施工管理の効率化技術

技術	TSによる出来形管理 (出来形管理の効率化)	TS・GNSSによる締固め管理 (確実な品質管理)
● 出来形管理は情報化施工の基幹技術 ● 両技術ともに「監督検査要領」を策定済み		

MG: マシンガイダンス
 (位置表示: カーナビ的)
 MC: マシンコントロール
 (自動制御)

■ 機械施工の効率化技術(MC/MG技術)

技術	モータグレーダ	ブルドーザ	バックホウ
● MC、MG技術は、施工者自らが採用し、導入現場数が増加している。	 プリズム位置の計測 無線による標高データの送信 コントロールに状況表示 トータルステーション コントロールによるブレード制御	 設計データ	 位置表示

図－1 情報化施工技術の種類

表－１ 既存 TS の検証時の対応手法

近傍手管理に必要な機能	A社	B社	C社	D社
近傍計測点(=実測座標)を記録する機能	○（任意点計測モードで対応）			
近傍計測点(法肩・法尻)付近の構成点(=設計座標)を算出・表示する機能	△（追加距離と中心線離れを表示可）	○（計測直後画面表示される）		
設計座標を記録する機能	△（追加距離と中心線離れを手簿に記録し、別途3D-CAD等を用いて構成点の三次元座標を求める）	○（ずれのリミットを10cmから緩和することから記録可能）	△（手簿に記録する必要がある）	
幅員・法長の実測値を算出・表示・記録する機能	△（エクセル等で別途算出）			
幅員・法長の設計値を算出・表示・記録する機能				

○：既存のTSソフトウェアの機能を利用して実現できる機能

△：既存のTSソフトウェアでは実現できないが、別途パソコンにより補完可能な機能

3. 既存 TS における対応可否確認

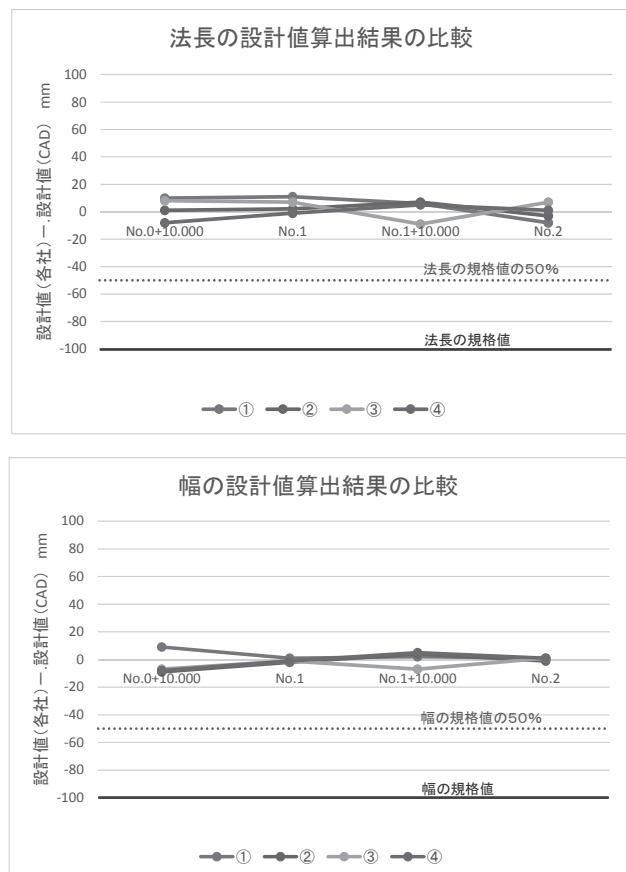
3.1 既存 TS の機能確認

近傍点計測の試行工事に先立ち、既存 TS ソフトウェアについて機能の確認を行い、主要各社いずれの TS ソフトウェアを用いても、別途パソコンや表計算ソフトを用いた補完作業を行うことで、近傍点計測を試行的に実施することが可能であることが確認された。

3.2 近傍点計測の計測精度検証

実現場における近傍点計測の試行を実施する前に、模擬道路を用いて、各社のソフトウェアによる出来形設計値の精度検証を行った。（図－6）精度検証の方法は、あらかじめ近傍計測点（管理断面から1m縦断方向にずれた箇所）に杭を設置する。その上で、各社の TS で近傍計測点を計測し座標値を記録、パソコンで補完計算をして出来形設計値（法長、幅）を算出した。なお、設計値の真値は、近傍計測点の計測座標から CAD を利用して求めている。

精度検証の結果、幅については、いずれの会社、断面においても10mm以内であり、幅の規格値（-100mm）に対してわずかな値である。法長についても、1点（差11.5mm）を除き、10mm以内であり、法長の規格値（法長5m未満の場合-100m）に対してわずかな値である。以上より、既存のTS出来形ソフトウェアを用いて画面表示された設計座標。及びこれらをもとにして算出した幅・法長の設計値算出ロジックが妥当であると考えられる。（図－6）



図－6 出来形設計値（幅・法長）算出結果の比較

4. 試行工事における効果の検証

4.1 試行現場の概要（図－7・図－8）

(1) A現場

工事名 圏央道幸手地区側道舗装その4工事

場所 埼玉県幸手市平須賀地先

発注者 関東地方整備局 北首都国道事務所

施工内容

- ・掘削工 15,00m³
- ・盛土工 50,00m³
- ・下層路盤 55,00m³
- ・上層路盤 55,00m³
- ・基層 55,00m³
- ・表層 55,00m³

施工手段として使用した情報化施工技術

- ・MC モーターグレーダ
- ・TS 出来形計測

試行実施日

- ・H26. 12. 22（下層路盤）
- ・H27. 1. 24（上層路盤）

(2) B現場

工事名 新4号古河地区改良舗装工事

場所 茨城県猿島郡境町塚崎地先

発注者 関東地方整備局 宇都宮国道事務所

施工内容

- ・掘削工 850m³
- ・盛土工 2,000m³
- ・下層路盤 140,00m³
- ・上層路盤 140,00m³
- ・基層 140,000m³
- ・表層 140,000m³

施工手段として使用した情報化施工技術

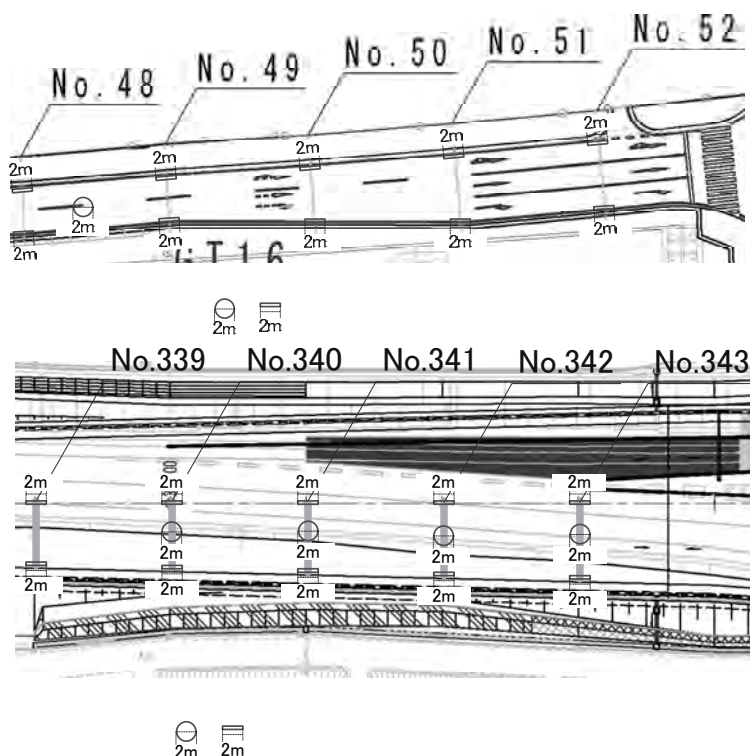
- ・MC モーターグレーダ
- ・MC アスファルトフィニッシャ
- ・TS 出来形計測

試行実施日

- ・H27. 1. 7（下層路盤）
- ・H27. 1. 14（上層路盤）



図－8 現場状況（上段：A現場、下段：B現場）



図－9 測定箇所（上段：A現場、下段：B現場）

4.2 近傍点計測の試行

(1) 試行内容 (図－9)

A現場では、3 社が、管理断面に10.cm まで寄せて現行の TS 出来形による出来形計測、1m まで寄せた近傍点計測、10.cm まで寄せたワンマン計測の 3 種類で試行し、5 側線 11 点を計測した。ここで、ワンマン計測とは、プリズムを自動追尾する TS と現位置を表示するプリズムにより、1 人で出来形計測を行えるものである。

B現場では、1 社が、通常の出来形計測と、近傍点計測の 2 種類で試行を行った。5 側線 14 点を計測した。

なお、今回の集計に含まれる時間は、ミラーの設置、誘導時間、TS による測距離時間、データ保存時間、ミラーマンの次測点への移動時間である。また、データコレクタに表示される設計データの手簿への記録に要する時間を計上していない。理由は、この作業は今回の試行でのみ必要となる作業で有り、将来的に近傍点計測に適応したソフトウェアが開発された段階では不要となる作業時間であると考えられるためである。

(2) 試行結果 (図－10、図－11)

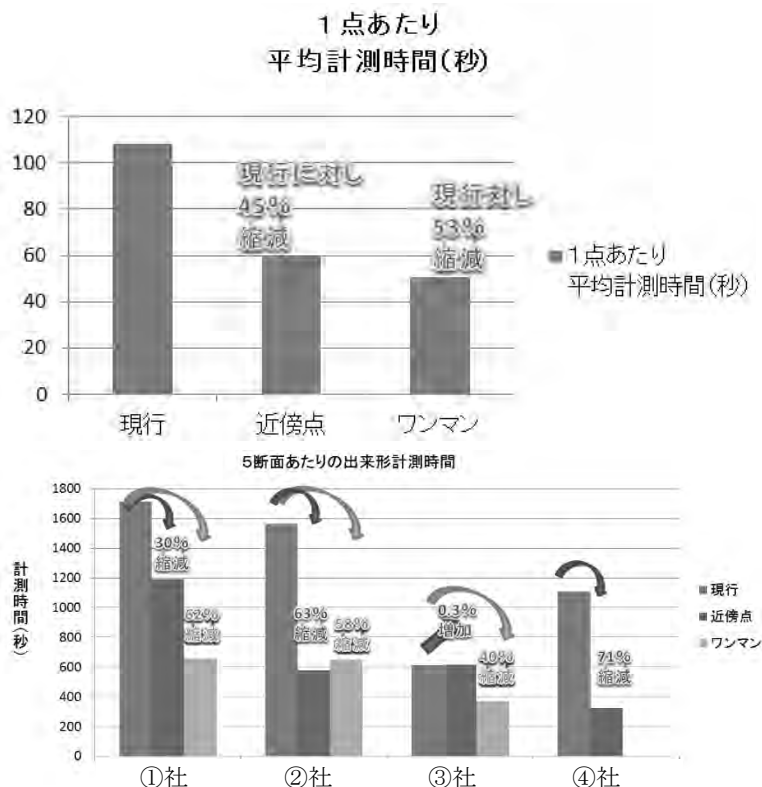
1 点あたりの計測時間では、現行の TS 出来形計測に比較して、近傍点計測では 45%の時間縮減、ワンマン計測では 53%の時間縮減となった。ただし、4 社の内訳をみると、③社のみ方式に寄らず同等の時間で計測を行っていた。

実施後にヒアリングをしたところ、以下のようなことが得られた。

- ・現行では、TS 係から音声無線機でプリズム係へ前後左右の指示を出して測点へ誘導をしているが、近傍点計測では 1m 以内に寄せればよいため



図－11 試行現場の状況



図－10 現行・近傍点・ワンマンの出来形時間の比較

誘導回数が少ない。

- ・このことから、未熟練者であっても近傍点計測を用いることにより、熟練者と同等の作業効率を得ることができると考えられる。
- ・ワンマン計測は、近傍点計測と同等の時間で可能であるが、自動追尾機能のある TS や、原位置表示機能のあるプリズムなどが必要である。
- ・③社は担当者の計測経験が豊富であり、プリズムの誘導方法が工夫されていた。まず TS を逆打ちしたい方角へ向け、次にプリズムが TS 正面へ移動し、前後のずれ量指示を出していた。他は、毎回、前後左右のずれ量で指示を出していた。

4.3 MC 区間の出来形確認(図-12・図-13)

管理断面の前後1mの範囲において、基準高や幅が同等であることの確認として、MC モーターグレーダによる敷均しがなされた下層路盤において、右端部、左端部のライン上を、縦断方向に約1mのピッチで三次元座標を計測し、幅・高さの測定を行った。

その結果、幅・高さともに出来形のばらつきが規格値の50%未満となっていることが得られた。これは、監督検査基準の考査項目「3. 出来形及び出来映え I 出来形」において、「a: 優れている」「a': b より優れている」といった高い評価に相当するものである。

以上より、MC や MG を導入している現場では、管理断面以外の区間においても管理断面と同等の出来形品質を実現できることから、出来形管理箇所を管理断面上の近傍箇所としても設計と出来形との差を適切に確認・評価することが可能と言える。

4.4 施工者へのヒアリング調査

現場A、現場Bの施工者職員へ、近傍点計測およびワンマン計測について意見を伺った。

【近傍点計測について】

- ・ 出来形測量での計測点の誘導に要する時間の短縮に役立つので、導入への意欲はある。
- ・ ただし、監督職員の理解の徹底や、正確な出来形(真の幅・法長)が数値として得られないことへの不安が課題である。

【ワンマン計測について】

- ・ ワンマン計測を行うとしても、近傍点計測を採用できれば測量がさらに効率化できると期待されている。
- ・ ただし、自動追尾 TS は MC 施工で用いられるが、レンタル費用が従来機と比べて高額であるため、経済性を考えるとレンタル期間を延ばさず、従来機を選択するという考え方もある。

【近傍点計測の導入への懸念事項】

- ・ 監督職員や検査職員がこの方式をよく理解していないと、帳票への記入内容への疑問(例えば測点毎に幅・法長の設計値が異なる等)が発生し、説明に労力を要することが懸念される。
- ・ 測点毎に幅・法長の設計値が異なるため、工程能力図で施工のばらつきが大きいと誤解されたり、監督立会い時と実地検査時では計測点が異なる場合も想定される、その場合従来では確認結果を2段階書きとしていたものが、計測主体毎の帳票となることで、現行手法での管理に比べて検査での評価が低くなることが懸念される。
- ・ 近傍点計測の場合、施工指示で用いた幅の設計値と、出来形計測時の断面幅の設計値が微妙に異なるので、照合できないことが気になる。
- ・ 懸念事項として確実な周知を求める意見が多い。

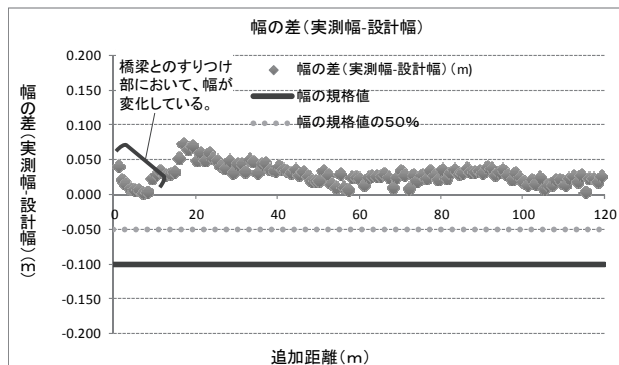


図-12 1mピッチで計測した施工幅(B現場)

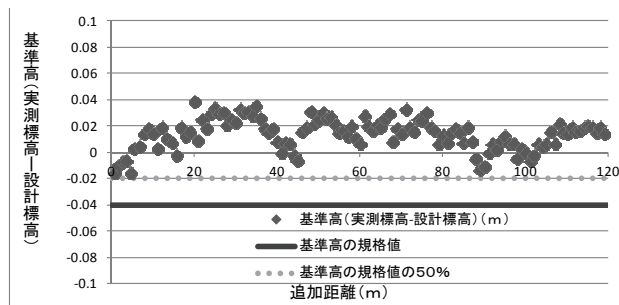


図-13 1mピッチで計測した施工高さ(A現場)

5. まとめ

今回の試行により、近傍点計測は、導入効果も大きく、施工者のニーズも高い技術であることが確認された。関東地整では、平成27年2月に「活用の手引き(試行案)」として通知を出し計測のルールを見直した。その一方で、現段階では、TS 出来形管理用ソフトウェアへの対応がされていない現状である。

今後も地方整備局職員・施工者への周知を図り、関係者との意見交換に努め、施工者ニーズを伝えていくことで、結果としてTS 出来形管理用ソフトウェアの開発意欲が高まることを期待しており、管理要領の改訂に結びつけたいところである。

また、引き続きこのようなルールの見直しなど、官側の柔軟な対応も含めて ICT を活用しやすい環境整備に努め、施工現場の効率化に向けて「建設生産システムの抜本的な生産性向上」に取り組んでいく所存である。

最後に、日本測量機器工業会及び日本測量機器工業会会員には、多大な協力を頂きました。この場を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 坂本鋼三:「MC施工を前提とした情報化施工技術の新たな施工管理への展開」、平成25年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集pp. 107~110、2013
- 2) 山本啓介:「MC施工を前提とした出来形計測(計測許容範囲拡大)手法の効果検証」、平成26年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集pp. 41~46、2014