

12. 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

国土交通省関東地方整備局 ○山本 啓介
 国土交通省関東地方整備局 二瓶 正康
 （一社）日本建設機械施工協会 竹本 憲充

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 ICT 施工技術（情報化施工）の普及を進めているところである。

関東地方整備局では、情報化施工の一つであるトータルステーション（以下、TS という。）の活用拡大として舗装工事への導入及び普及を図るため、地整版の要領策定に取組み平成 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】を公表した、平成 24 年には同要領を元に本省より「TSを用いた出来形管理要領（舗装工事編）」が通知されるなど情報化施工技術の活用拡大に向けた取組を推進しているところである。

近年の舗装工事において情報化施工の普及は進み、モータグレーダ等の施工機械のマシンコントロール（以下、「MC」）による施工も普及してきている。

しかし、ICT を活用した施工においても、既存の施工管理基準に準じ、丁張り等による管理断面毎での定点管理を行っていることから、ICT の導入

メリットが活かしきれていないのが現状である。

本稿では、MC 等の施工特性と出来形管理用 TS の機能に着目し、MC 等を導入した現場における従来の出来形管理手法の簡素化・省力化を目的とした新たな出来形管理手法の効果を検証した結果について報告する。

2. 情報化施工の活用状況

平成 25 年度までの全国での情報化施工活用件数を図-1 に示す。

平成 25 年度の情報化施工技術別の活用回数は、TS 出来形が 789 回となっている。TS 出来形のうち、使用原則化となった TS 出来形(10,000m³以上の土工)の活用回数は 552 回と伸びているが、それ以外の一般化推進技術等については、MC 技術(モータグレーダ)が 121 回、MC/MG 技術(ブルドーザ(3D))が 56 回、MG 技術(ブルドーザ(2D))が 15 回、MG 技術(バックホウ(3D))が 78 回、MG 技術(バックホウ(2D))が 36 回、TS・GNSS 締固めが 140 回といまだに活用が少ない状況であり、本稿ではその対応として活用の環境整備に着目している。

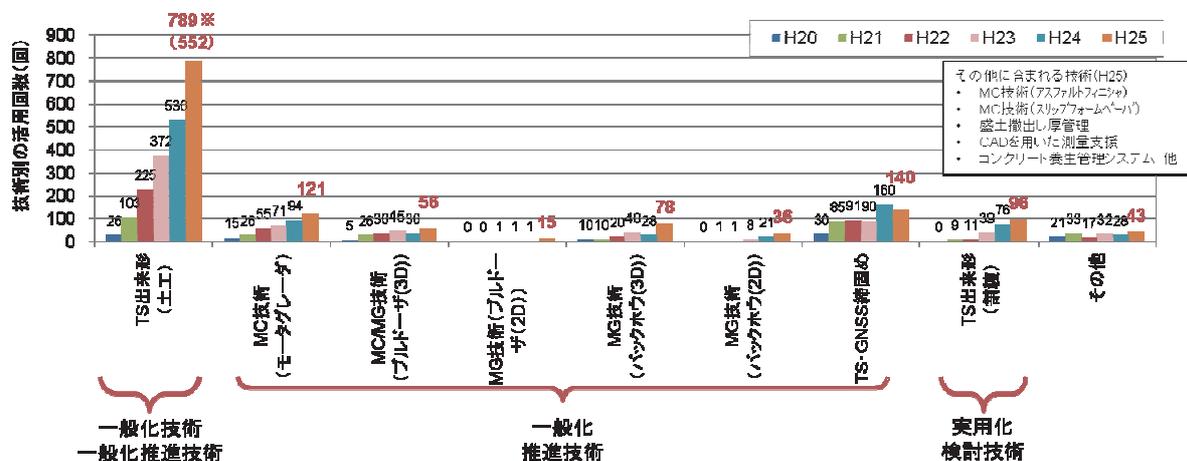


図-1 情報化施工技術の活用件数

3. 新たな出来形管理手法の検討

3.1 出来形管理手法の効率化（案）

MCでは、施工中の排土板の位置・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、これに基づき排土板を設計形状に沿うように自動制御する。MCを使用した場合、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することができる。

また、出来形管理用 TS では任意箇所でも出来形の座標を取得することができ、これらの技術を併用する場合、出来形管理箇所を管理断面上に定めなくても設計と出来形との差を適切に確認することが可能と考えられる。

◇現状の課題

土木工事施工管理基準及び規格値に示される土工、路盤工の出来形管理基準では、道路延長方向に40m毎に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、管理することが求められている。そのため、出来形管理時に管理断面を示す丁張りの設置が必要となっている。MCによる施工では、丁張り設置箇所数を大幅に低減できるにもかかわらず、施工後の出来形管理や監督検査のためだけに丁張りが設置されるという非効率が生じている。

◇普及に向けた環境整備

出来形計測の効率化に向けて、施工管理、出来形計測の効率化（出来形管理箇所数の低減、出来形計測手間の減少）に向け検討を行った。

なお、図-2 に新たな出来形管理運用(案)の①近傍点管理、②代表点管理のイメージを示す。

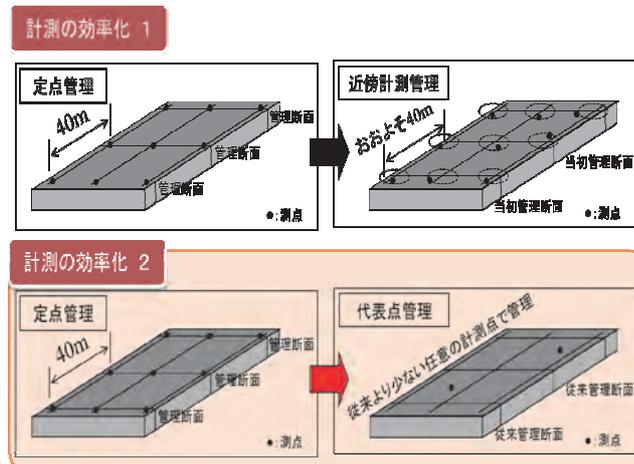


図-2 MC施工を前提とした施工管理効率化のイメージ

① 現行手法に対し、管理断面上の位置からズレを許容する方法（近傍点管理）

◇概要

管理断面に対して延長方向に一定距離の計測範囲を認めるもので、道路であれば中心点近傍、左右端部の3次元座標を計測し、その計測点に対応

した設計上の座標値を用い基準高を管理する、併せてこの計測座標値を用いて、道路左右端部の2カ所の点間距離から幅を算出する。

出来形比較の対象寸法は計測点に対応した設計上の点を用いて算出した数値となり、管理断面の数値とは異なってくる。また同様に法肩・法尻でも計測範囲認め取得した座標の点間距離から法長を算出、管理する手法である。

図-3、図-4に幅および法長についての、近傍点計測のイメージを示す。同図に示すように、管理断面から一定距離の範囲内（道路左右端点）で計測した3次元座標を用いて計算した斜距離を幅として管理する。

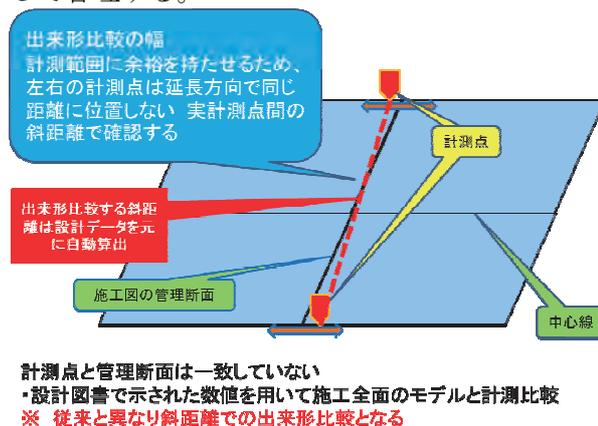


図-3 近傍点管理による幅の計測イメージ

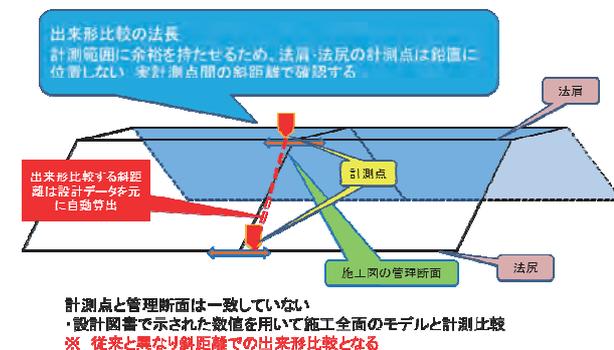


図-4 近傍点管理による法長の計測イメージ

◇メリット

・現行の定点管理と比較して、計測点のずれが大幅に許容されるため、逆打ち等による計測点の位置出し作業時間が短縮される。丁張り管理も軽減され出来形計測の準備作業が大幅に軽減される。

現行の「土木工事施工管理基準および規格値(国土交通省各地方整備局)」(以下、現行基準という。)を変更するのではないため計測時の運用通知により実現が可能である。

◆デメリット

・現行の出来形管理用 TS のフィールドソフトは幅・法長において斜距離算出に対応していない他、

帳票も従来と若干異なるため、ソフトウェアの改良や仕様変更が必要となる。

②管理断面位置にかかわらず、任意の点で三次元座標を計測し出来形管理する方法（代表点管理）

◇概要

出来形管理点を管理断面上または管理断面付近に定めるのではなく、まったく任意の位置で計測・管理する手法である。

MC 等により施工した現場においては、活用区間全面において施工用の機械位置データを計測している。

また、施工全面で管理断面と同等の出来形品質を有することが可能であるから、施工機械の位置データや制御記録等を品質保証のデータとして提出することで、出来形管理を任意の箇所において設定し、また現行よりも計測頻度を軽減することが可能と考えられる。

図-5 に代表点管理のイメージを示す。幅や法長等の形状数値ではなく、計測した座標値とその計測点に対応した設計上の座標値との離れで出来形管理をするものであり、現行基準とは異なる。

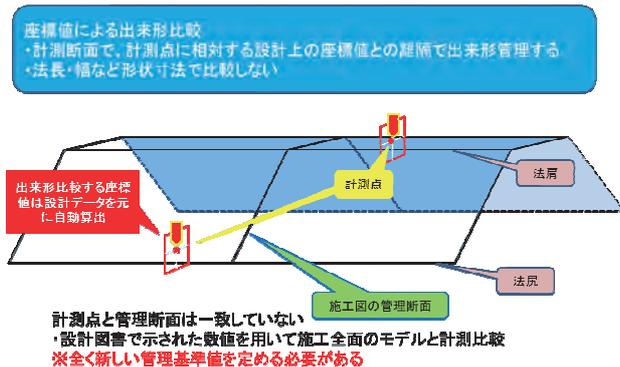


図-5 代表点管理による計測イメージ

◇メリット

- ・出来形計測時に、管理断面の逆打ち・位置出しが不要になるため、出来形計測の準備作業が大幅に軽減される。
- ・出来形計測点数が削減されるため、出来形計測時間が大幅に短縮する。
- ・監督職員が決めた任意の箇所で出来形を実測・確認できこれまで出来形比較出来なかった箇所で出来形の良否を確認出来る。

◆デメリット

- ・出来形管理用 TS のフィールドソフトの変更開発（計測・記録・帳票作成等）が必要となる。
- ・現行基準には、座標値を用いた出来形管理が存在しないため、全く新しい基準として計測頻度・規格値等を設定する必要がある。
- ・施工時の機械位置データ等を施工保証として提出いただく場合、システム上そもそもデータが保存されているか、提出が可能であるのか、そのフ

ォーマット・データ構造の標準化を求めるのか対応調整に一定の期間が必要と想定される。

3.2 近傍点管理、代表点管理の取組実施上の課題

近傍点管理は、計測頻度、出来形管理項目、規格値が現行と同じであるから、現行基準の変更を必要としないため、TS 出来形管理の運用ルールの拡張として比較的容易に導入が可能である。これに対し、代表点管理は民間企業の任意施工ツールである MC 等のシステムへの修正対応が想定される。また施工機械位置データの評価、有効性の検討を踏まえ提出に関わるルールの策定と座標値を用いた出来形管理基準・規格値として現行基準の変更が必要となるため、変更の妥当性については十分な検討が必要である。

以上の整理結果から、代表点管理は継続的に検討し、まず近傍点手法による試行実証を行い、効果の確認を行うこととした。

3.3 MC (又はMG) 施工における出来形管理運用 (試行案) の概要

(1) 適用工種

適用工種は下記の 2 工種とし、「TS を用いた出来形管理要領 (土工編)」、「同 (舗装工事編)」を使用する工事に適用することとした。

① 土工 (掘削工、盛土工)

- ・管理項目は、基準高、法長、幅とする。
- ・延長方向の測定基準で示される測定間隔は「概ね」とし、管理断面から前後 1m 程度の測定許容範囲を設ける。
- ・施工起終点においては、許容範囲を設けないこととし、測定頻度は通常の測定間隔で実施する場合と同数以上を測定する。

② 舗装工

- ・管理項目は、基準高、厚さ・幅 (活用する場合) とする。
- ・延長方向の測定基準で示される測定間隔は「概ね」とし、施工延長方向に管理断面から前後 1m 程度の測定許容範囲を設ける。
- ・道路中心線上での測定においては、中心線直上に拘わらず中心線に対して横断方向で概ね 1m の測定許容範囲を設ける。
- ・施工起終点においては、許容範囲を設けないこととし、測定頻度は通常の測定間隔で実施する場合と同数以上を測定する。

(2) 規格値

近傍点管理では、基準高、幅、法長ともに管理項目に変更が無いことから、管理規格値についても現行基準どおりとした。

4. 試行工事における効果の検証

試行工事における効果検証に向けての作業フローは以下のとおりとした。

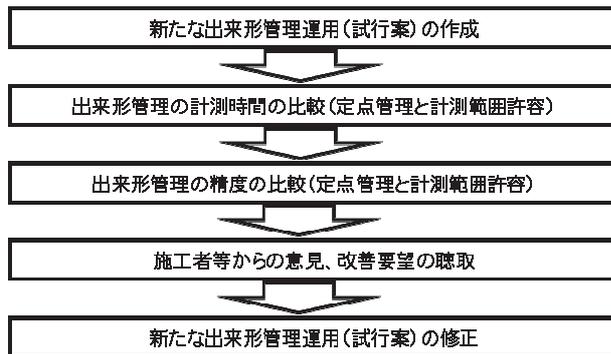


図-7 作業フロー

4.1 試行現場概要

近傍点管理の効果検証を実現現場において実施した。対象工事の概要を以下に示し、工事範囲、施工状況を図-8、図-9、図-10に示す。

- ・ 工事名 新4号古河地区道路改良(その3)工事
- ・ 場所 茨城県古河市高野地先～葛生地先
- ・ 工期 H25. 4. 28～H26. 3. 31
- ・ 発注者 国土交通省関東地方整備局
宇都宮国道事務所
- ・ 工事内容
 - 工事延長 L=250m(No. 449～485)
 - 土工 掘削約 16,000m³、路体盛土約 17,000m³、
路床盛土約 12,000m³
 - 舗装工 約 4,000m²
- ・ 施工手段として使用した情報化施工技術
【道路土工】
 - 1) 路体盛土の敷均し・締固め
→締固め作業に「GNSS を用いた締固め回数管理システムを使用」
 - 2) 路床盛土の敷均し・締固め
→締固め作業に「GNSS を用いた締固め回数管理システムを使用」
 - 3) 路体・路床の法面整形
→法面整形作業に「MG バックホウ」を使用
- 【路盤工】
 - 1) グレーダを用いた路床整正
→路床整正作業に「MC グレーダ」を使用
 - 2) グレーダを用いた上層路盤・下層路盤の敷均し・締固め
→敷均し作業に「MC グレーダ」を使用
→締固め作業に「GNSS を用いた締固め回数管理システム」を使用
- ・ 試行箇所
 - 試行実施日 H25. 11. 8(路床)、29(下層路盤)
 - 試行区間 No. 466～470 の5断面

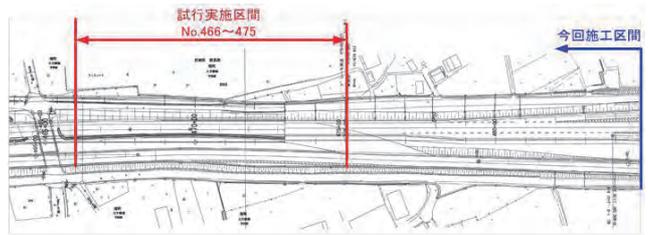


図-8 工事範囲、計測箇所等の概要図



図-9 施工状況



図-10 下層路盤の敷均し状況(MC グレーダ)

4.2 検証結果

試行工事における効果の検証の項目として着目した、施工管理の省力化(出来形管理手法の簡素化・省力化)について以下に述べる。



図-11 下層路盤の出来形計測状況

(1) 出来形計測作業の検証

出来形計測点(定点)からのズレの許容値を10cmから1.5mまで変化させた場合の出来形計測にかかる作業時間を比較した結果を図-12に示す。

路床6断面、下層路盤6断面の計12断面(各断面3点、計36点)の出来形計測作業にかかる作業時間を平均したもので、現行の出来形管理点(定点)の1cm以内と比べ1m以内のズレを許容した場合は、約50%の出来形計測時間の低減が図られた。

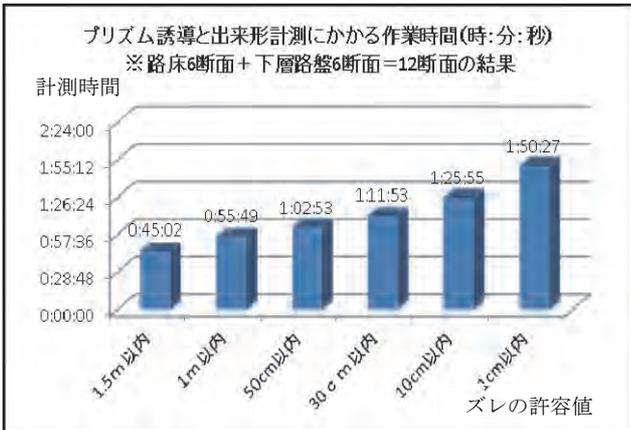


図-12 出来形計測点の平面位置のズレの許容値と計測時間

(2) 出来形計測精度の検証

出来形計測点(定点)からのズレを許容した際の出来形計測結果の差異について、検証結果を図-13、14、15、16に示す。

① 基準高さ

図-13は、出来形管理点(定点)での設計高さを用いて基準高を算出したものである。

定点付近では±0.03mの範囲にあるが、平面位置でのズレの許容を大きくすると、±0.05mとバラツキが大きくなる。

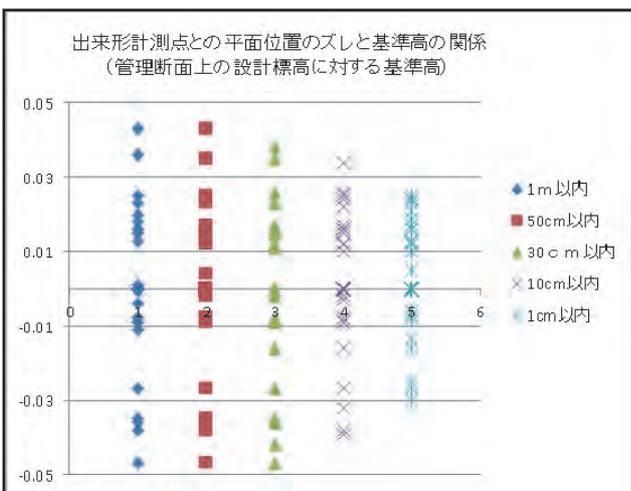


図-13 出来形計測点との平面位置のズレと基準高との関係(管理断面上の設計標高に対する基準高)

図-14は、実際に出来形計測を行った点の位置(x, y)における設計高さを三次元設計データから求め、対する基準高を算出したものである。

1m程度まで許容値が大きい場合でも出来形管理点(定点)の場合とバラツキは変わらない。

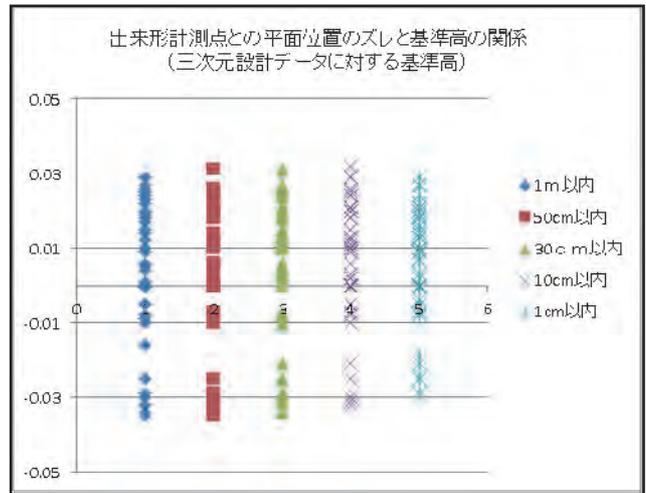


図-14 出来形計測点との平面位置のズレと基準高との関係(実際の計測点での比較)

図-15は、管理断面上と1m以内のズレを許容した断面で基準高について計測した結果を比較したものである。

最大で3.5cmの差異が生じたが、その他の断面での誤差は2cm以下であった。基準高については、出来形計測点(定点)からのズレを1m許容しても、現行管理とほぼ同等の結果を得た。

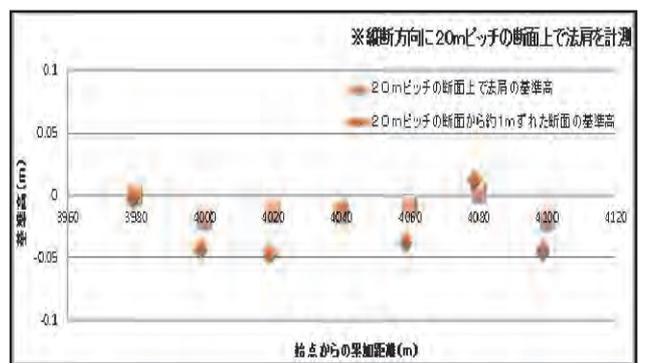


図-15 管理断面上と管理断面+1mの断面で計測した基準高の比較

② 幅

図-16は、管理断面上と1m以内のズレを許容した断面で幅について計測した結果を比較したものである。最大で9cmの差異が生じたが、その他の断面での誤差は4cm以下であった。現行の幅の規格値が-100cm(土工の場合)であることを考えると、この差は僅かであると見なせる。

よって、幅についても出来形計測点（定点）からのズレを 1m 許容しても、現行管理とほぼ同等の結果を得た。

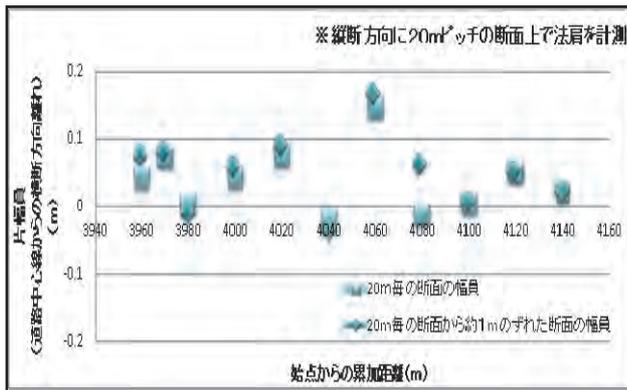


図-16 管理断面上と管理断面+1mの断面で計測した幅の比較

5. まとめ

今回の検証も含めた MC 施工を前提とした出来形計測（計測許容範囲拡大）手法の効果を以下に示す。

- ① 出来形管理に必要な管理断面位置を示す丁張り設置が不要。
- ② 出来形計測箇所を管理断面の近傍±1m の範囲に許容することで、基準高、幅の出来形作業が約 50% 低減。
- ③ 出来形計測精度については、従来手法と同等。

6. 今後の方針

(1) 今後の運用（案）のスケジュール

今回の検証は 1 工事の結果ではあるが、出来形管理の簡素化、省力化が向上する結果が見えた。

今年度は、運用（案）に基づき実施する複数の試行工事において、本報告と同様の効果が得られることを検証するとともに、監督職員、施工者等の幅広い意見聴取を行っていく。

今後は、他地整での試行工事での検証や、運用（案）に適合する「TS を用いた出来形管理用ソフトウェア」について提供の協力を頂きながら、運用（案）を全国で活用を図っていく。

(2) TS 出来形管理ソフト（試行版）

近傍点管理については、現行の出来形管理用 TS の機能を別ソフトウェアにて補間することで、出来形管理が可能となる。

現在、関係者とソフトウェアの対応について協議中であり、試行結果を踏まえて近傍点管理のために必要となる付加機能を精査し、出来形管理様 TS の機能要求仕様書に反映していくことを検討する必要がある。

(3) 厚さ算出への取組

道路工事において、新設工事では TS を用いた出

来形管理が適用外となっている。これは密度確認のための掘り起こしやコア抜きが無くならないため、計測手間の効率化が期待できないことによるものである。しかし、近年では非破壊での密度計測技術も存在し今後新たな品質確認の技術として定着していくことも想定される。

現在、TS を用いた厚さ計測の活用増大に備えた近傍計測の座標値を用いた厚さ管理手法も準備しており、今後検証を行っていく予定である。

7. おわりに

国土交通省では、平成20年2月に「情報化施工推進会議」を設置して以来、情報化施工の本格導入を目指し、年々試験施工の実施件数を増やしてきたところであるが、MC等については活用が伸びていない状況である。

その中で、平成25年3月29日に策定された、新たな「情報化施工推進戦略」においては、平成25年度からの5年間に大きな柱として推進する目標とその達成に向けて取り組む項目として、5つの重点目標と10の取り組みが設定され、その取組は、情報化施工を「活かす」ための目標や取組みを設けている。

重点目標の一つである、「情報化施工に関連するデータの利活用」は、情報化施工の効果がより一層得られるよう情報化施工の特性を踏まえた、従来の手法に代わる施工管理、監督・検査の実現と設計や維持管理に関する技術基準の見直しを目指すことが明示され、本検討についても、従来の管理基準にとらわれず、情報化施工技術の機能を活かせるような新たな管理手法として本格運用として実現することにより、活用拡大が進むことを期待したい。

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) 竹本憲充：「MC 等の施工現場を対象としたトータルステーションを用いた出来形管理」, 建設機械施工, Vol.66, pp.79~81, 2014.4