25. 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

国土交通省関東地方整備局　○ 坂本　鋼三
二瓶　正康
稲垣　義明

１．はじめに

国土交通省はこれまで情報化施工の導入を促進するため、平成 20 年７月に「情報化施工推進戦略」として５年間の戦略的な普及方策をとりまとめ、この方針に則り情報化施工の試行工事を実施し、その導入効果を検証してきたところである。

平成 25 年 3 月に新たな「情報化施工推進戦略」が策定された。経験するための「使う」から、より効率的あるいは確実な施工を実現するための「活かす」という目的にむけた導入促進が求められる段階になってきた。また、平成２５年度より 10,000m3 以上の土工事に於いて施工後の出来形計測では「トータルステーション（以下「ＴＳ」という）を用いた出来形管理の使用原則化が通知されている。

本稿においては、これまで導入促進につとめてきた「ＴＳを用いた出来形管理」やマシンコントロールを用いたモータグレーダ（以下「ＭＣグレーダ」という）施工の機能を活かす新たな施工管理への展開について、これまでの検討と今後の取り組み内容を報告する。

２．舗装工に活用する情報化施工技術

平成 20 年に国土技術総合研究所で「ＴＳを用いた出来形管理（土工編）」が策定された。関東地方整備局では、これを舗装工事に適用するべく、試験施工にて適用検討を行ってきており、この成果は平成 25 年 3 月に本省より「舗装工事編」として通知された。またＭＣグレーダによる路盤等の施工は「情報化施工推進戦略」においても一般化推進技術として導入を促進している技術である。これまで情報化施工では、従前の品質管理基準や規格値に基づいた施工管理を実施しているが、情報化施工で用いられる技術の特性を「活かす」ものとはなっていない。それぞれの技術特性を考慮した課題及び対策による効果について記述する。

2.1　ＴＳを用いた出来形管理

ＴＳは図-１に示すように、「距離と角度」を同時に測る測量機器であり、計測により測点の座標（x、y、z）が取得できる。また出来形管理用のソフトウェアを用いることで、設計値と出来形計測値との差を算出できる機能や 2 点の測点データより、その 2 点間距離を算出する機能等を有している。

図-1　TS を用いた計測状況

ＴＳを用いた出来形管理は効率性向上やトレーサビリティ確保など有用な技術であるが、導入メリットとして具体例には以下のものがある。

①計測は、計測員が２～１名で可能（１名での計測には自動追尾機能が必要）であり、従来のレベル・巻尺での計測より省力化が可能となる。

②出来形計測時、設計値との差を即座に確認が可能となる。

③帳票の自動作成機能により事務作業の省力化が可能となる。また、野帳から管理用書類への転記による記載ミスが解消できる。

2.2　ＭＣグレーダによる施工

図-2　MC グレーダでの施工状況

ＭＣグレーダ（図-２）は、路盤などの敷均しに用いられる情報化施工機械であり、測位技術や機械の状態把握機能を用いて、機械や排土板の位置、進行方向や傾き等の情報を取得する事ができる。

施工時には、予め入力した設計値（目標高さや傾斜）に対する差分をリアルタイムに計算し、排土板を設計値に自動制御できる。

敷均し操作の自動化によるメリットとしては以下のものがある。

①排土板の制御がオペレータの技量に左右されなくなり、施工範囲全面にわたり施工精度が向上する。

②丁張の設置が不要となりオペレータは走行に集中でき、施工効率が向上するとともに安全性が向上する。

③敷均し後の検測作業が減り、作業者の接触事故が低減される。

３．具体的な検討項目

3.1　ＭＣ施工を前提とした施工管理の効率化

一般化推進技術であるＭＣ技術は、モータグレーダのほかブルドーザなどの施工機械へ搭載し、土工や路盤工等において活用されている。従来施工とＭＣ施工による路盤の仕上がりの違いについてイメージを図-3 に示す。現状では従来の施工管理に合わせ丁張りを用いて管理断面毎の出来形計測を行っているが、この技術においては管理断面間の任意点でも同等な品質が確保されるため、出来形計測への対応が可能である。

ＭＣ等の情報化施工では施工用のひな形となる３Ｄ設計データを施工機械に搭載し利用するため、厳密な意味では施工用丁張りは必要無い。しかし、従来基準による施工管理のために丁張りが設置され、施工中の維持管理が必要となっている。加えて、施工時の全面的な施工プロセスが確認できる３次元機械位置情報等の電子データが発生しているが、現在は任意施工の道具であり受発注者ともに利用していない。

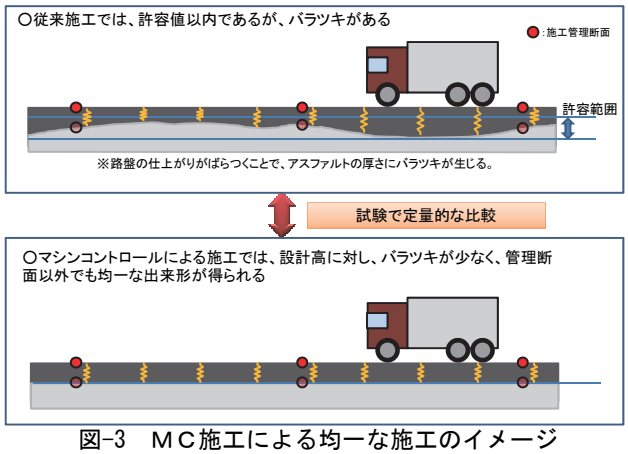

図-3　ＭＣ施工による均一な施工のイメージ

そこで、図-4 上段のような出来形計測の効率化に着目した。従来のような定点による出来形計測ではなく、計測許容範囲を広くした近傍での計測（以下「近傍計測管理」という）や、図-4 下段のような計測点数を間引くことで、従来よりも少ない任意点での計測（以下「代表点管理」という）を行う施工管理の効率化について検討した。

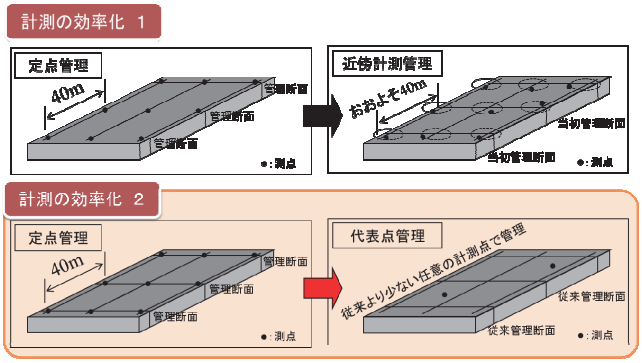

図-4　ＭＣ施工を前提とした施工管理効率化のイメージ

3.2　厳密な評価を可能とする多点管理手法

前項では計測点数を少なくする方向での検討を提示したが、次に面的な多点での計測検討について記述する。

管理断面間で従来よりも多くの出来形計測を行う事で、均一な施工が実際に行われているか確認することができ、従来施工とＭＣ施工との違いを示す事が可能となると考える。多点での出来形計測（以下「多点計測」という）の実施により、均一な施工に対する評価が可能になる。

従来の管理手法である定点管理と面的な管理手法である多点管理の違いについてイメージを図-5 及び図-6 に示す。

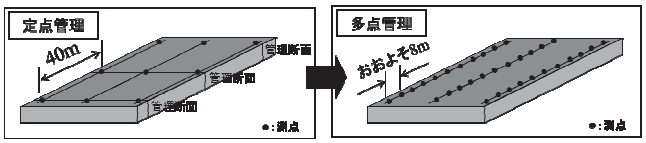

図-5　定点管理と線状多点管理のイメージ

図-5 では線状に多点を計測する手法の一例である。ここでは、「おおよそ 8m」*1) という計測ピッチだけを定めており、各層異なる平面位置を計測しても良いこととして、出来形計測をするための丁張設置を不要にすることで、計測作業の効率化が図られる。

また、より詳細な施工評価ができる一例として図-6 のように面的な多点出来形計測も想定される。こちらではコンター図のような表現が可能となり、路盤の均一な施工結果を表す計測手法になり得ると考える。

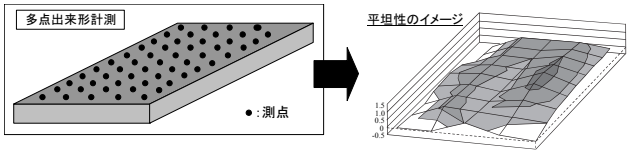

図-6　多点出来形計測および施工結果評価のイメージ

４．課題と対策による効果

4.1　ＭＣ施工を前提とした効率化の課題

4.1.1　課題１　近傍計測での課題

近傍計測管理では、計測点数について従来の管理手法と同等程度であるが、近傍計測管理におけるおおむねの配置や計測範囲を目安として示す必要がある。ただし、近傍計測管理については従来の施工管理と大きな違いは無く、丁張り管理や出来形計測が簡易になり、取組み効果が得やすいものと考える。

4.1.2　課題２　代表点管理での課題

ＭＣグレーダによる施工では、前述の通り施工範囲全面での均一な施工精度が実現出来る。このため、管理断面での定点管理ではなく、代表点で出来形計測を行っても、施工者に対する過大な品質管理を求めることにならない。しかし、従来よりも少ない代表点管理では、その管理手法の妥当性を担保するために従来提出を求めなかった電子データ類の提出を求める事となる。

電子データ類の一例として、ＭＣ施工用の機器をコントロールする３Ｄ設計データや、施工時に発生する位置情報、また施工準備中に実施される機器のキャリブレーション結果等が想定される。これらの提出可否や必要性を精査することにより、施工者に対して負担とならない方法を考える必要がある。

監督検査時の計測点が少ないことについては、これまでも出来形計測箇所全てをチェックすることはごく稀であるため、負担軽減効果はあまり期待できない。

実施手法が効率化に繋がるべく総合的に意見収集を行う必要がある。

4.1.3　課題３　データの蓄積

当面は、ＭＣ施工の現場に於いて管理断面間の計測結果と設計値との差分データを蓄積する事が必要と考える。これらの正確度や精度の実績を積み重ね、「近傍計測管理」や「代表点管理」の更なる効率化も検討する必要がある。

4.2　多点管理手法での課題

4.2.1　課題１　均一な施工把握の有用性

情報化施工の導入効果は、作業の効率化や低コスト化に焦点があてられてきた。しかし従来よりも優れた施工として定量的な評価を行いその施工を評価する有用性を示さなければならない。

これは、ＭＣ施工では施工範囲全面にわたる均一な精度の施工を実現できているが、施工後の出来形は、定められた管理断面（測点）での計測値が規格値内であれば合格となるため、極端なイメージではあるが図-7 に示すような施工面であっても、２つの施工面は同じ評価となり、優れた施工に対して定量的に優位な評価ができていないこととなる。又、多点計測による管理を行う事で計測作業時間などのコストが増大することも懸念され、計測結果の把握に伴うコスト増大に対して、寿命やコスト縮減など、効果を定量的に説明する事が必要となる。

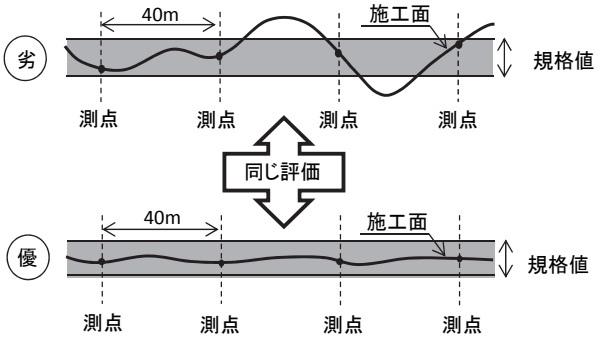

図-7　施工の比較イメージ

定量的な効果検証を行う上で複数の施工要素を持つ土木構造物であるが、個別の要素毎に効果検証を行い、それらの結果を総合的に足し合わせることで評価出来ると想定した。その一部として、ＭＣ施工で実現される均一な路盤の効果を検証するため図-8 のような要素モデルによる耐久性の確認等「施工品質に基づく延命化と低コスト化」について検証していく事を予定している。

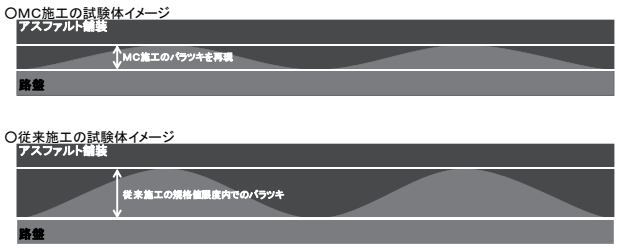

図-8　効果確認基礎実験イメージ

4.2.2　課題２　計測間隔の適用性

線上計測の場合「おおよそ 8m」という計測間隔は、試験フィールドでの実験により決定した数値なので、実現場環境における適用時には更なるデータ蓄積などにより継続的に確認することが望ましい。これは均一性の定量的な効果検証結果とも

連動し拡大、縮小等も想定される。

また、計測間隔は幅を持たせて計測管理していくことを考えており、歩測の活用等の運用について関係部署との合意が必要である。

面的計測においては、施工目的物に対する計測点の配置（割合）等こちらも要素試験結果を踏まえ決定する必要がある。

4.2.3　課題３　多点計測の効率化

多点管理を効率良く行うためにノンプリズムＴＳを用いた自動計測機能やレーザースキャナー等の多点計測技術を活用することにより、さらに迅速かつ多くの測点で出来形計測することが可能となる。これにより施工範囲全面にわたる「面的な多点出来形計測」が期待できる。ＴＳを用いた出来形管理では、プリズム（ミラー）を用いた計測が原則となっているが、関東地方整備局では、プリズム方式による計測値とノンプリズム方式による計測値との比較を実際の施工現場にて行い、その計測の妥当性を確認した上で活用できる事として舗装工での運用方法を整備局内及び管内各事務所へ通知した。

前述までの機器を用いた多点の計測手法やデータ処理等の運用方法を検討する必要がある。

4.2.4　課題４　取得した多点データの管理基準

多点計測した結果について、全計測点が規格値に入っている場合を合格とすることは、計測データが増えるほど非現実的である。合格の基準として、閾値を設けて計測点のうちの何％以上が規格値に入っていれば合格とする等、計測データ数の増加に伴う管理基準を定める必要がある。

4.3　期待される効果

ＭＣ施工を前提とした効率化では、現行の「土木工事施工管理基準及び規格値」に準じた計測を行うため実施している施工管理用の丁張りが不要となり、現場管理用の目印レベルで施工が可能となる。丁張りの設置や管理に関わる手間が軽減できる。また、出来形計測時の位置決めを気にする必要が無くなるため、施工管理全体での効率化が図れる。

面的（多点）計測では、従来まで困難であった目的物の形状把握が可能となり、均一な施工に対する評価も可能となるが、一方で計測手間の増加は控える必要がある。

計測点を限定しない出来形管理においても、面的な機械位置情報と計測出来形の相関により、計測点数は少なくとも面的な形状評価が可能となれば、高品質な施工を評価することにも繋がると考えられる。

これらの検討は、従来よりも手間の掛からない手法で、従来以上の施工プロセス把握と施工目的物の評価を可能とする要領等を目指していくものであり、ＭＣ施工実施のメリットを拡大していくことや、ＭＣ施工の評価によって、情報化施工の更なる活用や取り組みへの動機付け等活用促進につながると期待している。

５．今後の方針

今年度は、前述した舗装工をモデルとした要素試験を行い均一な施工の有用性を確認していくとともに、任意計測管理や代表点管理を実施することで出来形管理の効率化を図る事について素案を作成する。

６．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ているところである。しかし、未だＭＣ施工については一般的な施工技術となっておらず、情報化施工が浸透していないのが現状である。

この現状を打開するには、受発注者のニーズを的確につかみ、容易な技術導入や取り組みが行える環境整備をしていくことが重要と考える。本稿では、その第一歩として、従来の管理基準等にとらわれず、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」を提案した。

今後は、この提案を現場試行による実証などを積み重ね、「使うから活かす」を実現できるよう努めたい。

参考文献

1)島田光之:「ＩＣＴを用いた盛土の新たな施工管理手法にいて」,『平成２４年度　建設施工と建設機械シンポジウム論文集』pp. 91～96, 平成24年