

18. ICTを用いた盛土の新たな施工管理手法について

国土交通省関東地方整備局 関東技術事務所 ○島田 光之

1. はじめに

近年、大規模な建設現場を中心にICT（Information and Communication Technology：情報通信技術）を活用した情報化施工が積極的に導入され、実績も増えつつある。情報化施工とは、ICTを建設施工に活用し、作業効率の向上、施工品質の確保といった建設施工における合理化を図るための施工システムの総称であり、国土交通省ではこの情報化施工の普及・促進を図るため様々な取り組みを行っているところである。

情報化施工の代表例として、3次元マシンコントロール（3D-MC）システムが挙げられる。土工の現場においてブルドーザやモータグレーダによる3D-MC施工を採用した場合、あらかじめ入力した設計データと実際の施工計測データをリアルタイムで比較しながら排土板を自動制御できるため、効率的で高精度な施工が可能となり、従来の丁張り等の計測作業を低減できるメリットがある。

一方、ICTを活用した施工における現行の管理要領としては、「TSを用いた出来形管理要領（土工編）H24.3 国土交通省」があるが、従前の丁張り等による施工管理基準に準じた管理断面毎での定点管理であることから、ICT活用の導入メリットが活かされず、施工業者による自主的な出来形管理の効率化など一部の導入効果しか得られていないのが実情である。

したがって、情報化施工を円滑に導入するためには、ICT活用の特性にあった施工管理手法の整備が急務となっている。

本報告では、図-1に示すように従来からの定点での計測管理に代え、トータルステーション（TS）を用いて任意の面を計測管理する新たな面的管理手法について提案し、その有効性について試行工事の結果を踏まえ報告するものである。

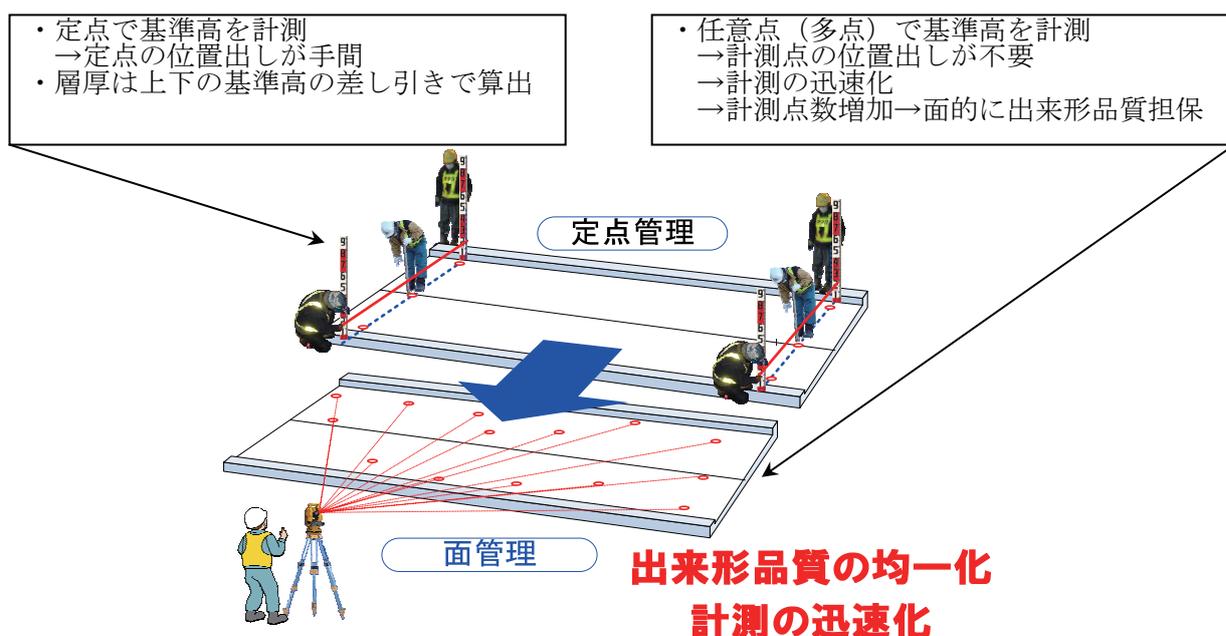


図-1 新たな施工管理（面的な管理）

2. 試行工事の実施概要

2. 1 試行工事の概要と目的

3D-MC 施工並びに面的管理手法の有効性を確認するため、「出来形管理要領（面的管理）」の試行案を策定し、図-2の作業フローに基づき試行工事を行った。

2. 2 施工概要

試行工事の概要を表-1に示す。対象工種は情報化施工の導入事例はまだ少ないが、3D-MC 施工のメリットが得られやすいと考えられる盛土工を選定し、従来施工と情報化施工の施工品質並びに出来形管理の作業時間を比較した。

3 出来形管理要領（試行案）の概要

図-3、図-4に現行基準と試行案の比較を示す。3D-MC 施工と面的管理の導入メリットを活かすためには、現行の施工管理基準の見直しを行う必要があり、得られる施工品質は同等レベルのものが求められる。

盛土工の巻出し厚については、「写真管理基準」で規定があり、従来の標尺等による方法では、管理対象は巻出し時の標高である。試行案ではこれを面的管理（TSによる多点標高管理＝基準高）に置き換えて管理することとした。

盛土工の「出来形管理基準及び規格値」では、管理断面 40m 毎における基準高の規定がある。

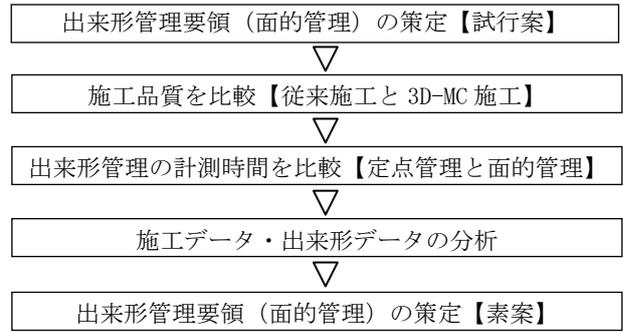


図-2 作業フロー

表-1 施工概要

| 工種 | 盛土工 |
|------------|------------------------|
| 施工方法 | ブルドーザによる従来施工と 3D-MC 施工 |
| MC の座標計測方式 | 自動追尾式 TS |
| 出来形管理の測定方法 | 従来管理と出来形管理用 TS による面管理 |
| 線形 | 直線 |
| 幅 | 10m |
| 長さ | 35m |
| 層厚 | 30cm×3層 |

基準高の測定は、河川土工は各法肩、道路土工では道路中心線及び端部で測定とする事となり、試行案でも同様の方法を採用したが、管理断面による測定ではなく、任意点での多点標高管理として面的管理を行うものとした。

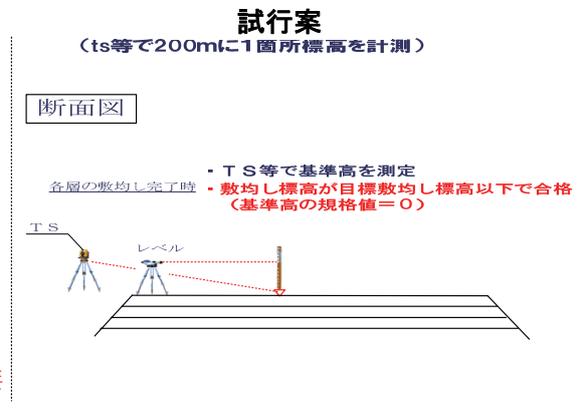
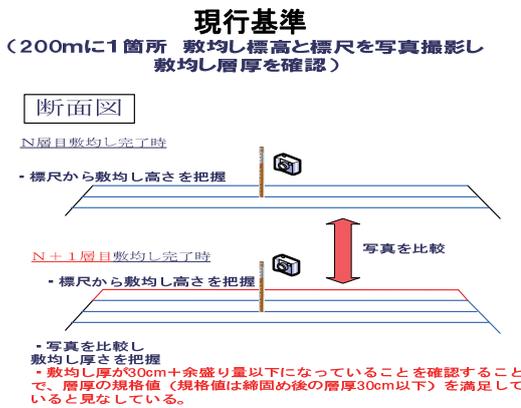


図-3 盛土工の出来形管理①（敷均し作業時の巻出し厚を管理）

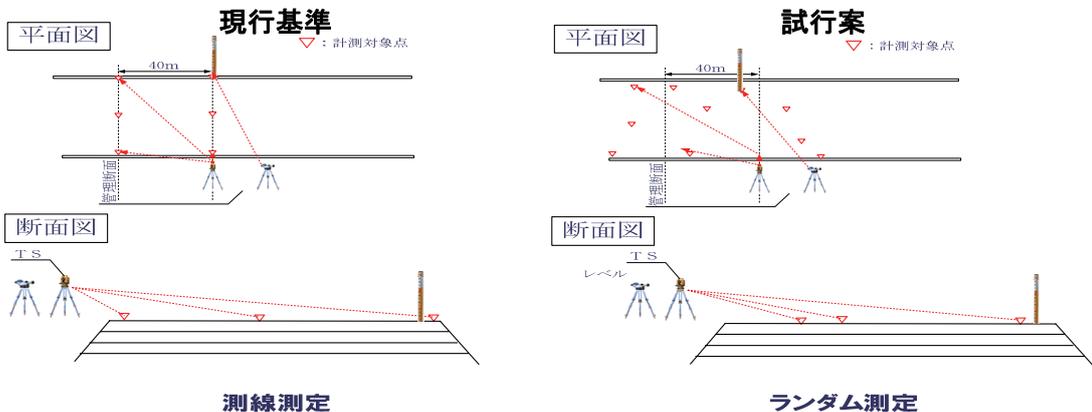


図-4 盛土工の出来形管理②（締固め後の基準高を管理）

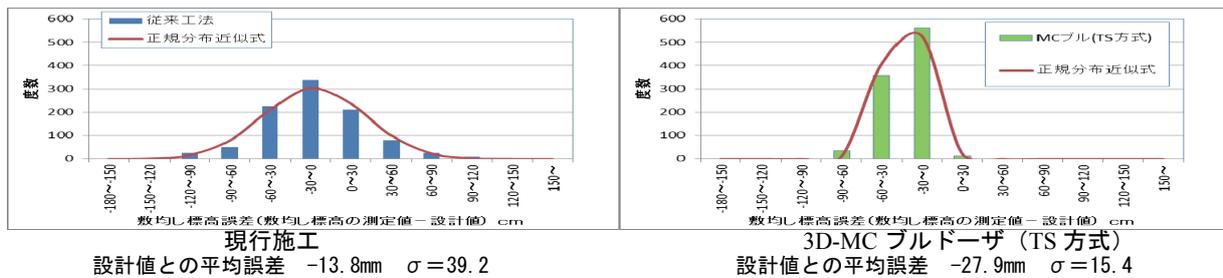


図-5 敷均し後の基準高（平均誤差） 全層分の計測データ n=1088

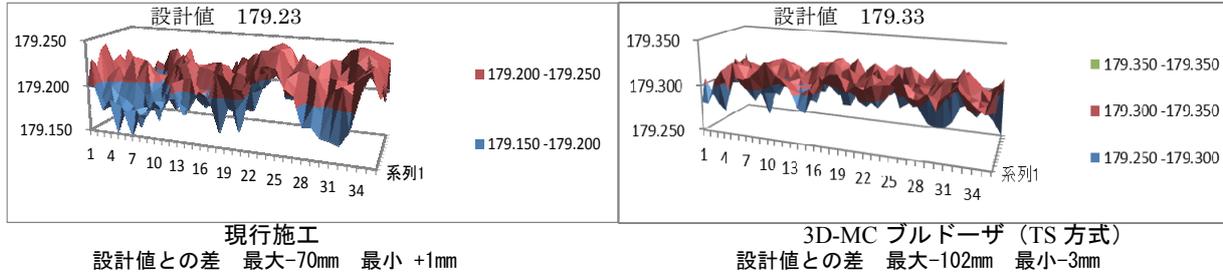


図-6 敷均し後の出来形品質 3層目の計測データ n=396

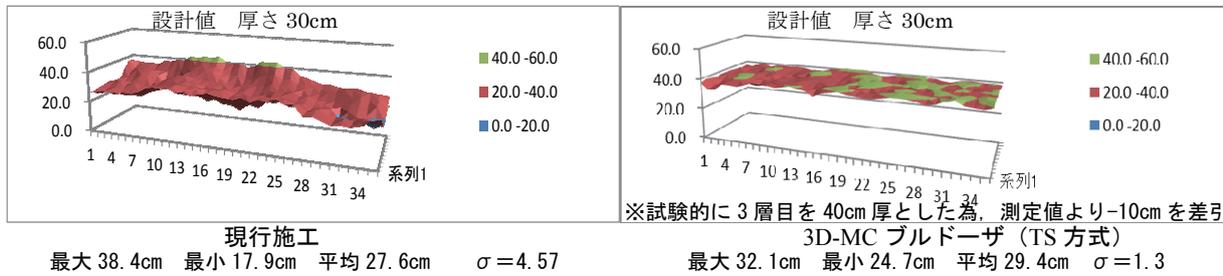


図-7 締固め後の出来形品質 3層目の計測データ n=396

4 試行工事の結果

今回行った情報化施工の試行工事において最も着目した部分は、施工品質の確保・施工管理の省力化（出来形計測作業の短縮化）である。以下その結果を述べる。

4.1 情報化施工による施工品質

図-5は敷均し後の基準高の分布を示したものである。現行施工の平均誤差が-13.8mm、3D-MC施工による平均誤差は-27.9mmと現行より大きい値を示しているが、標準偏差は現行施工が39.2に対し、3D-MC施工は15.4と半分以下となった。

3D-MC施工による設計面との平均誤差は0～-30mmに分布しており、施工面全体での均一性がとれている事を示す結果となった

平均誤差-30mm前後に分布が集中した要因は、自動制御される排土板の位置が基準高の設計値になったという判定をしても、施工機械の履帯部が施工面を走行し、沈下したためである。

図-6は、敷均し作業後の出来形結果を示したものである。

3D-MC施工は現行施工と比較すると、施工面のばらつきもなく、均一化が図られる結果となった。

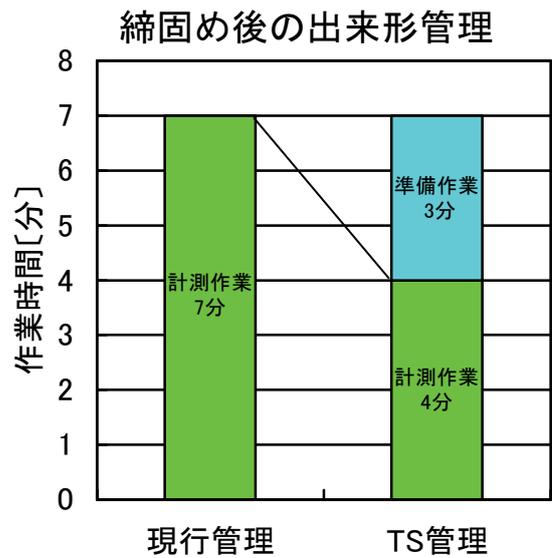
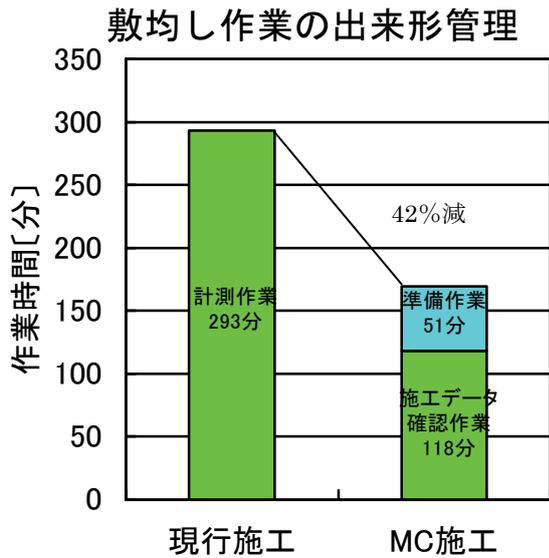
図-7に締固め後の出来形結果を示す。巻出し厚（巻出し標高）は、現行施工では目標層厚30cmに対して最大38.4cm、最小17.9cm、3D-MC施工は最大32.1cm、最小24.7cm、標準偏差は現行施工が4.57に対し、3D-MC施工は1.3と層厚の精度及び均一性が現行施工より向上した結果となった。

図-6で敷均し作業後に施工機械による沈下が確認されたが、締固め作業においてほぼ設計どおりの目標厚で締め固まっている。これは敷均し作業の段階で余盛りを+2cm程度追加し、次の工程である締固め作業による沈下を考慮したためである。

盛土工では、所定の厚さで均等に敷均すことが重要である。敷均し作業において均一性が確保されなければ安定した盛土には仕上がらず、また次の工程である舗装工において材料ロスの増加を招くなどが考えられる。

以上の事から、採用事例の少ないとされる盛土工の情報化施工の導入も施工品質の観点で見れば非常に有効であるといえる。

なお、ここで行った出来形測定は施工品質を正確に把握するため、レベル測量（計測頻度1mピッチ）にて行った結果である。



出来形管理【敷均し作業】

現行管理：敷均し作業時（巻出し時）の基準高を管理
巻出し厚確認の標尺撮影

MC 施工：3D-MC プローザにて行う施工データの管理
出来形管理用 TS による基準高を面的管理
TS の準備時間を含む

出来形管理【締固め後】

現行管理：管理断面の基準高をレベル計測
計測頻度は 35m ピッチ（試行工事での施工延長）
本来は 40m であるが、試行工事での延長とした。

TS 管理：出来形管理用 TS にて基準高を面的管理
計測頻度は 8m ピッチ

図-8 出来形管理の作業時間

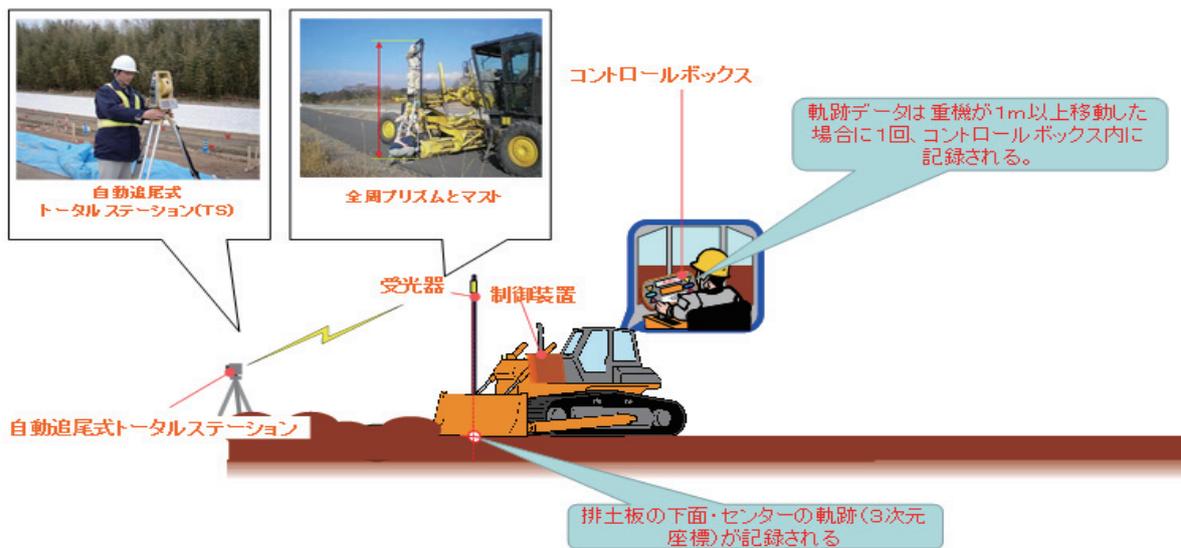


図-9 3D-MC (TS 方式) の機器構成例

4. 2 情報化施工による施工管理の省力化

図-8 は、敷均し作業時と締固め後の出来形管理の作業時間を示したものである。

敷均し作業時の出来形管理が 42% 減となり、大幅な低減効果であった。

主な理由は 3D-MC 施工による施工管理の省力化である。

図-9 に 3D-MC の機器構成例を示す。

3D-MC 施工は 3 次元設計データを利用することで設計面と施工面のデータをリアルタイムで比較することができ、排土板を自動制御することで、

高精度に施工を行うことができるシステムである。

このため、現行の施工管理において実施していたオペレーターの目視確認や作業員による丁張り作業、水糸下がりの確認等の中断作業が低減され施工管理の短縮が図られた結果となった。

締固め後の出来形管理については、準備時間に時間が掛かっているが現行管理とほぼ同程度の労力となった。敷均し作業時の出来形管理を含めると、トータルで大きな低減効果が得られる。次に計測ピッチについて述べる。

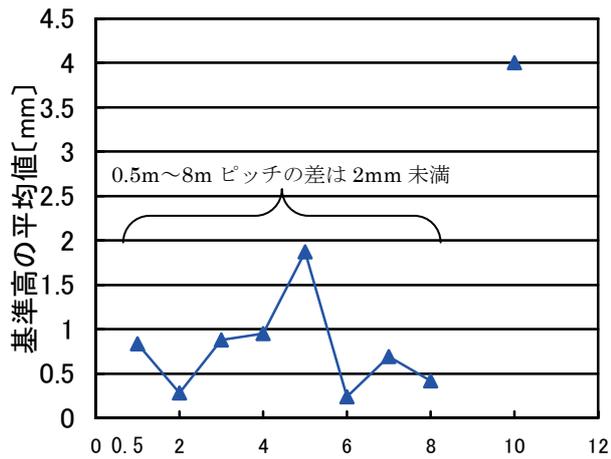


図-10 最適な計測ピッチ

図-10に計測ピッチの検証結果を示す。仕上がり面（基準高）の出来形管理は施工管理基準では計測頻度が施工延長40m毎に1箇所と規定があるが、TSによる面的管理では8m毎とした。

これは計測ピッチを0.5m, 1m, 2m, 3m, 4m, 6m, 8m, 10mと変えて基準高を測定し、平均値のヒストグラムを比較した結果、最も計測ピッチが密なケース（0.5mピッチ）と同等の結果が得られたのが8mピッチであったためである。計測ピッチを大きくした方が作業効率が良いと考えられるが、大きくしすぎると、正確な出来形品質の確認ができない事が懸念される。

以上のことから、TSによる面的管理を行うことで、施工管理の省力化が図られ、40m（現行の頻度）/8m（新たな頻度）=5倍の出来形管理ができることとなる。

4.3 情報化施工による安全性の向上

写真-1に従来の施工管理状況、写真-2に情報化施工で用いたICT機器の施工管理状況を示す。

従来施工では、丁張りや標尺などの設置及び水系下がり量の計測を行うため作業員は施工機械周辺に近接する必要があるため、接触事故の危険性があった。

情報化施工では3D-MC施工やTSなどのICTを用いることで、出来形管理における計測作業員の現場内への立ち入り頻度が低減される。これにより作業員と施工機械の分離作業が可能となり、安全性の向上が期待できる。



丁張り・貫板設置



水系下がりの計測

写真-1 従来管理による出来形管理



出来形管理用TS



MCデータ確認用車載PC

写真-2 ICT機器による出来形管理

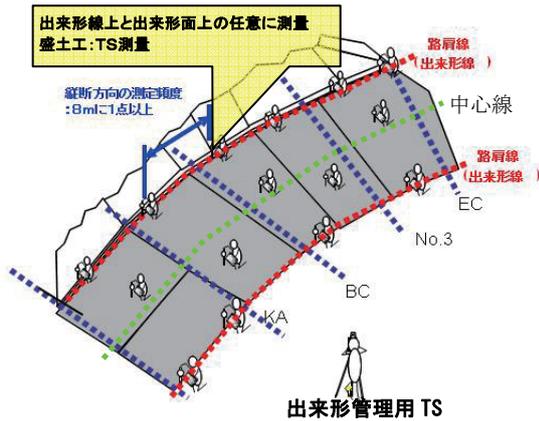


図-11 出来形計測箇所

5 出来形管理要領（素案）の概要

図-11は新たな施工管理手法における計測箇所を示したものである。

仕上がり面での出来形管理は、締固め作業終了後にTSを用いて、道路の中心と左右端部を通る測線上の任意箇所の3次元座標(X,Y,Z)を計測する方法を考案した。

管理対象となる項目及び測定基準の概要は下記のとおりである。

5.1 管理項目

盛土工の巻出し厚及び基準高の出来形管理について、下記のとおりとりまとめた。

① 盛土工の巻出し厚管理

測定基準は、各層の敷均し完了後、延長200mに1箇所の割合で中心付近の基準高を測定する。

写真管理は省略する。

② 盛土工の出来形管理（基準高）

測定基準は、施工延長8m毎に1断面（中心線、左右の端部）以上測定する。但し、管理断面上とはせず任意位置とする。

6 情報化施工の普及・促進を図るために

盛土工について巻出し厚及び基準高に関する新たな施工管理基準の素案となる事例紹介を行ったが、これ以外の出来形管理の項目として法長、幅がある。これらはTSによる3次元位置座標の計測データから求めることは可能であるが、今回の試行工事において実証するには至っておらず、今後さらなる検証が必要である。

今回行った実証実験は試験ヤード内における試行工事であるが、出来形管理の省力化により作業効率の向上に期待がもてる結果となった。

作業効率の向上は、工期短縮や確実な施工管理の実施が可能となるため、品質のよい工事目的物

の提供が可能となる。

一方で、試行工事の結果から情報化施工は基本設計データの作成やシステムチェックなど、施工に入る前の準備に労力を費やすことが明らかとなった。

今後は、これらの作業を合理化する技術的なアプローチが不可欠となる。

情報化施工は初期コストが原因となり、活用効果が現れにくいケースがあるため、比較的大規模な工事において積極的に活用し、普及を図る必要がある。

施工業者は既に情報化施工のメリットを熟知している方々も多数おり、コスト面と比較しながら、現場で採用するかどうか思案しているものと思われる。発注者側としてはその懸案を取り除き、積極的な採用を後押しする責務があると考えられる。

その最も効果的な方法として挙げられるのが、今回紹介した新たな施工管理基準の策定である。

それ以外にも情報化施工の導入効果がコスト面からみても得られやすい発注規模の検討、適正な積算基準の策定、総合評価並びに工事成績の加点など様々な環境を整える事が不可欠である。

7. おわりに

TSを用いた出来形管理要領（土工編）、同（舗装工事編）並びにTS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領等が公表されたことで、今後メーカー等による出来形管理用TSの開発及び販売が促進され、情報化施工の環境整備が整い直轄工事への本格導入が進むことが期待される。

当事務所としても、今回の素案を実現現場において運用実績を蓄積し、試行工事と同様の効果が得られることを検証すると共に、監督職員及び施工者を含めた修正意見の聴取及び改定を行っていく必要があると考える。