

国土交通省発注 「道路休憩施設舗装他工事」における ICT 舗装工への取り組み

大林道路株式会社 本店 工事企画部長 堀内 貞夫
(現場代理人) 関東支店 串田 拓也

1. はじめに

2016 年「生産性革命元年」から 2 年が経過し、i-Construction の推進の施策のひとつ「ICT の全面的な活用」としての ICT 土工は、初年度より多くの現場で活用され、生産性の向上はもとより安全性の向上も含め大きな成果を上げ、さらなる拡大が進められている。そのような中、ICT 技術のひとつである ICT 舗装工の初弾工事が関東地方整備局首都国道事務所から発注された。

本工事は、ICT 舗装工の施工者希望型Ⅱ型に位置付けられ、建設生産プロセスの 3 次元起工測量から 3 次元設計データの作成、ICT 建設機械による施工、3 次元出来形管理、3 次元データの納品まで ICT 技術の全面的活用を希望するものであり、事業フェーズは第 1 段階のマシンコントロール（以下、「MC」という）を導入した路盤工での取り組みであった。

当社としては会社全体で進めている働き方改革の一環として、現在保有している ICT 技術の現場への普及および生産性の向上の検証を目的として、事業フェーズ第 1 段階から第 2 段階（アスファルト舗装、品質管理）も捉

え、本現場で導入・試行した。

本稿では、ICT 技術の活用および、現時点における ICT 舗装工の課題等を紹介する。

2. 工事概要

- (1) 工事名：道路休憩施設舗装他工事
- (2) 発注者：国土交通省 関東地方整備局
首都国道事務所
- (3) 工期：H29.9.5 ～ H30.3.30
- (4) 内容：
道の駅「いちかわ」の駐車場新設他路床盛土：
8,000 m³
アスファルト舗装工（小型駐車場）：2,035 m²
半たわみ性舗装工（大型駐車場）：7,695 m²
その他工事：1 式



図－1 本現場の完成写真（UAV 撮影）

3. ICT 活用工事

本現場は、路床盛土工からアスファルト舗装工まで ICT 技術を活用するため、路床盛土工は ICT 土工、路盤工からアスファルト舗装工は、ICT 舗装工として施工した。

本現場で取り組んだ内容を以下に述べる。

(1) ICT 土工

① 3 次元起工測量

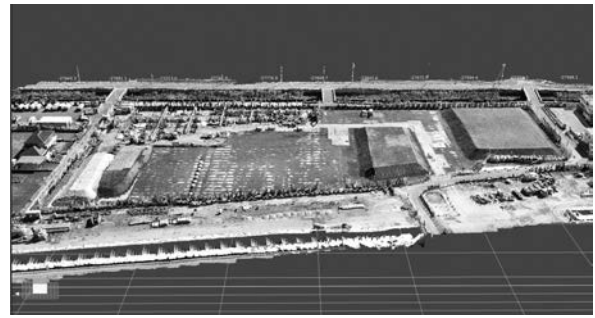
ICT 土工の起工測量は、無人航空機（以下、「UAV」という）を用いた空中写真測量が一般的であるが、今回地上型レーザースキャナー（以下、「TLS」という）の性能、精度、計測時間の検証のため、双方による測定を実施した。今回使用した UAV の外観を写真－1 に示す。



写真－1 UAV (ZION QC730)

UAV での起工測量は、約 2,430 万画素のデジタルカメラを搭載した機種を使用し、飛行経路については進行方向のラップ率 80% 以上、隣接コースとのラップ率 60% 以上を確保するように計画した。UAV の精度確認においては、規格が±50 mm 以内に対し X 成分で 11 mm, Y 成分で 15 mm, Z 成分で 5 mm の精度であった。図－2 は写真のように見えるが、UAV により撮影した写真を専用ソフトで点群化した画像である。

TLS による起工測量は、写真－2 に示す TOPCON 製の GLS-2000 を使用した。その精度確認では、点間距離は 0.00 mm, 高さは +6 mm であり、UAV と比較して非常に精度が高いことが確認できた。



図－2 UAV による点群画像

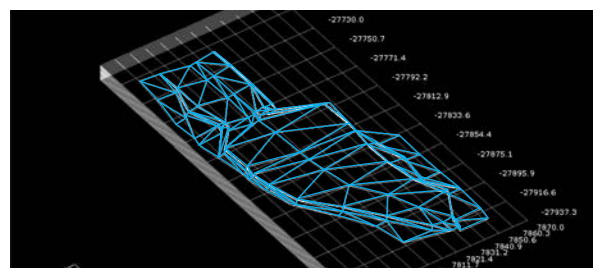


写真－2 TLS (TOPCON GLS-2000)

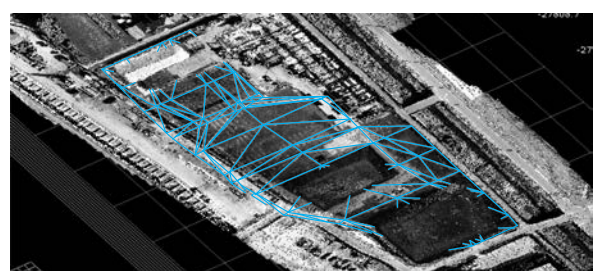
② 3 次元設計データの作成

3 次元設計データは、設計図書（平面図・縦断面図・横断面図）の情報から専用ソフトを使用して作成した（図－3）。

図－4 は、点群データに 3 次元設計データを照合した図である。図－4 のように起工測量で取得した点群データに 3 次元設計データを照合することにより切土および盛土の土量を算出した。



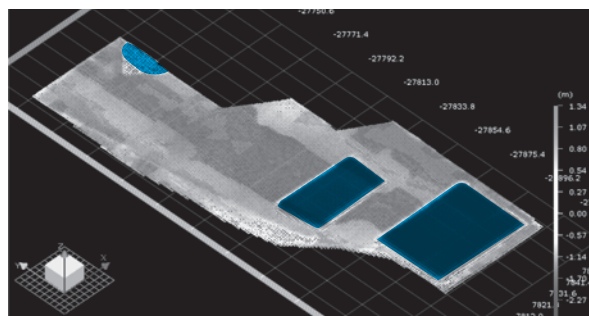
図－3 3 次元設計データ



図－4 点群データと 3 次元設計データの照合

図－５は、切盛土量のヒートマップで赤色が盛土※、青色が切土を表している。

※誌面では、グレーで表示されています。



図－５ 切盛土量のヒートマップ

従来の起工測量では、人力で中心点の位置を20 m および変化断面ごとに出し、その中心点の横断形状を測量していた。しかし、本現場のように残土が場内に置かれている場合などは、特に測定点数が多くなり、人手と日数が必要となるため、従来の方法では現場での測量日数が4～5日程度必要であるが、本現場における UAV および TLS による測量ではそれぞれ1日で終了した。

土工事数量の算出は、3次元設計データの作成に多大な労力と時間が必要であり、また UAV および TLS で取得した起工測量の点群処理には、専門の解析ソフトと技術・知識が必要である。しかし、設計データの作成および点群処理の作業が完了すれば、数量の算出は解析ソフトで行うため、従来のように手計算する必要がなく、またその都度必要な区間を容易かつ正確に算出できることから、生産性および精度の向上が可能となる。

また、UAV および TLS の測定結果からそれぞれ土量を算出したところ、その差は切土および盛土とも 0.4% 程度と小さな値であり、土量の算出にはどちらの機器を使用しても問題ないものと考えられる。ただし、測定時間については、UAV の方が圧倒的に早いことから、大規模になるほど効率的・経済的である。

③ ICT 建設機械による施工

ICT 土工は、MC を使用したブルドーザ（以下、「MC ブルドーザ」という）で施工した。MC ブルドーザによる施工状況を写真－３に示す。

この施工方法は、作成した3次元設計データをブルドーザ本体に接続されたPC内蔵コントロールボックスに読み込ませ、ブルドーザの排土板に設置された全方位プリズムを自動追尾型トータルステーション（以下、「TS」という）で測定して機械の位置を確定し、この位置情報と3次元設計データを基にブルドーザの排土板の高さを制御しながら施工する方法である。路床盛土の1層の仕上がり厚さは20 cm 以下と規定されているため、従来は層厚管理用の丁張を多く設置していた。しかし、MC ブルドーザによる施工は、各層の高さを自動制御するため、施工精度を確認するための丁張以外は必要とせず、所定の高さに施工できることから、生産性・安全性の向上とともに、品質管理の向上にも寄与する工法である。



写真－３ MC ブルドーザによる路床盛土施工状況

④ 路床盛土工の出来形管理

路床盛土が完了した段階で出来形測定を行った。写真－４に TLS を用いた路床盛土工の出来形測定状況を示す。土工事と舗装工事が分離発注されている場合などは、この段階が ICT 舗装工の起工測量となる。



写真－４ TLS による路床盛土工の出来形測定状況

路床盛土工の出来形測定は、起工測量と同様に UAV と TLS で計測し、両者の精度検証等を行った。

個々の測定値の最大値および最小値は、TLS での測定結果の方が UAV の結果に比べて測定誤差が小さいことが確認できたため、舗装工事における出来形測定には TLS での測定が適当であると考えられる。TLS による出来形測定には、事前に各メーカーの性能比較を行い、最適な機種を選定した（RIEGL 製 VZ-400i を使用）。なお、測定の際には起工測量と同様に測定精度（ ± 20 mm）を確認してから実施した。

出来形の可否は、図－6 に示す出来形可否判定総括表により、各項目が規格値を満足しているか確認した。測定結果は、測定値のほかに施工面全体がヒートマップ（規格値に対する差の割合）で色別に表示され、またばらつきも数値化されるため、施工精度やばらつきがこの出来形可否判定総括表 1 枚で確認できる。

本現場の路床盛土工の出来形は、高さについては施工面全面で平均 -3.2 mm の精度で仕上がっており、ばらつきについては、規格値の $\pm 80\%$ 以内が 100%，規格値の $\pm 50\%$ 以内が 99.4% の精度であった。

(2) ICT 舗装工

① ICT 建設機械による路盤工の施工

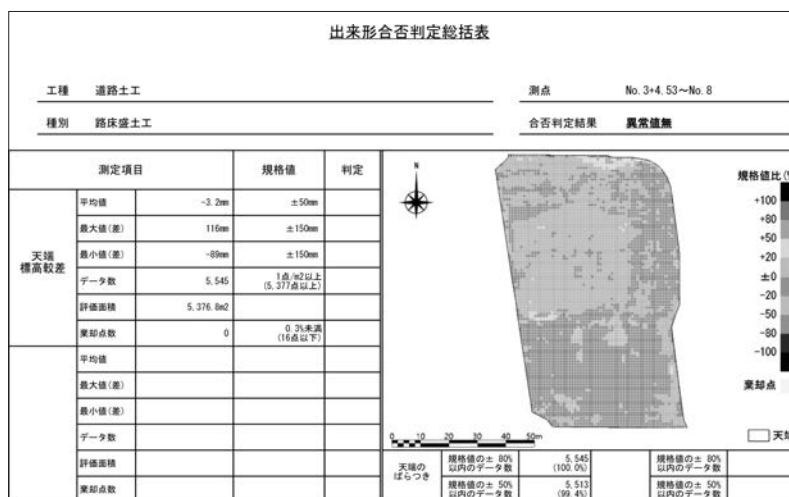
1) 敷きならし

路盤工の敷きならし作業には、MC モーターグレーダ（以下、「MCMG」という）および MC ブルドーザを使用した。MCMG による敷きならし状況を写真－5 に示す。



写真－5 MCMG による敷きならし状況

従来は、10 m 間隔に丁張を設置し、検測作業員により数回検測しながら仕上げていく方法であった。そのため、時間と労力がかかる上に、建設機械と作業員との接触災害の危険性を伴っていた。しかし、今回実施した ICT 建設機械による施工では、丁張の設置および検測作業員の配置が不要であることから、生産性が向上し、安全性も飛躍的に向上した。



図－6 路床盛土工の出来形可否判定総括表

2) 転 圧

路盤工の転圧作業は、8tタイヤローラおよびICTローラとして α システムを搭載した7t振動ローラを使用した。 α システムを搭載した7t振動ローラによる転圧状況を写真－6に、車載モニタを写真－7に示す。



写真－6 α システムによる転圧状況



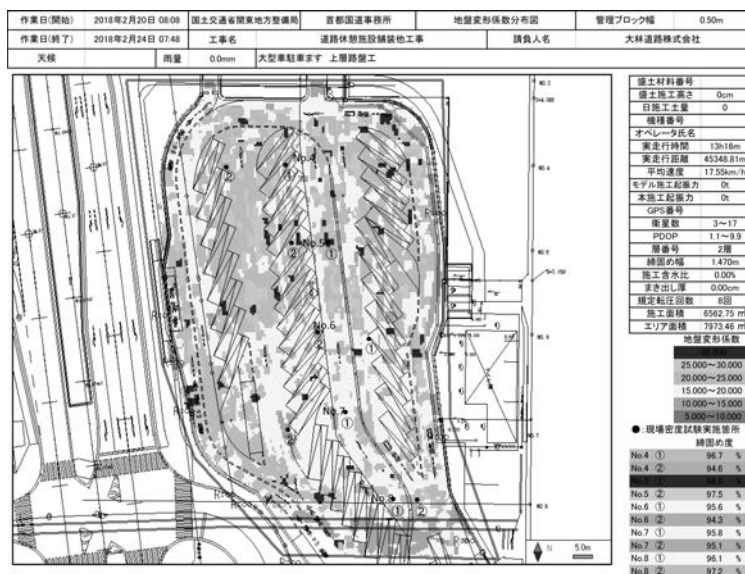
写真－7 車載モニタ

α システムとは、振動ローラに加速度センサを取り付け、その加速度センサから得られる波形が転圧の進行に伴い剛性が変化し乱れる性質を利用し、転圧中の振動ローラに生じる加速度応答を検知して、地盤の剛性を判定するシステムである。本現場での α システムによる転圧管理は、下層路盤工（RC-40, $t = 15$ cm）および上層路盤工（RM-40, $t = 15$ cm）を対象として実施し、また、 α システムとGPSによる転圧管理システムを併用することにより、施工位置・転圧回数等の情報および α システムにより得られる地盤変形係数をリアルタイムに記録した。なお、路床については、深さ40 cmの部分を石灰系安定材（ 30 kg/m^3 ）で全面改良を行っており、 α システムによる転圧管理は行っていない。

本現場では、 α システムを利用することで路盤工の品質管理項目（現場密度試験、ブルーローリング）が省略可能か検証した。

上層路盤工で測定した、 α システムによる地盤変形係数分布図を図－7に、地盤変形係数と現場密度試験による締固め度の一覧を表－1に示す。

下層路盤工および上層路盤工の、地盤変形係数と締固め度の関係は、地盤変形係数が小さいエリアは締固め度が小さく、地盤変形係数が大きいエリアは締固め度が大きくなる傾向が見ら



図－7 上層路盤工の地盤変形係数分布図

表－1 上層路盤工の地盤変形係数と締固め度(平均)

地盤変形係数 (MPa)	現場密度試験 締固め度 (%)
10.0 ～ 15.0	94.6
15.0 ～ 20.0	95.8
20.0 ～ 25.0	96.9
25.0 ～ 30.0	97.5
30.0 以上	98.6

れる結果となった。この結果より、地盤変形係数の小さいエリアでの締固め度が規格値を満たし、プルーフローリングが合格であれば、その地盤変形係数より大きいエリアでの品質試験が省略できる可能性が認められた。

② TLS による路盤工の出来形測定

路盤工が完成後、路床と同様に TLS による出来形測定を行った。上層路盤工での出来形合否判定総括表を図－8 に示す。図－8 に示すように、施工面全面がほぼ緑色※であり、規格値を満足していることが分かる。

※誌面では、グレーで表示されています。

③ ICT 建設機械によるアスファルト舗装工

本現場では、表層工以外のアスファルト舗装工については、MC アスファルトフィニッシャ（以下、「MCAs/F」という）を使用し、表層工については、当社の保有する平坦性向上システム「マルチソニック」を使用して施工した。

MCAs/F は、MC ブルドーザ、MC モーターグレーダと同様の原理で、アスファルトフィニッシャのスクリードの高さを自動制御する方法であ

り、従来の施工方法に比べ生産性向上という面ではほぼ同等であるものの、オペレータへの技術的なサポートを行うことで、出来形精度の向上に寄与するものである。表層工においては厚さ、平坦性を優先しマルチソニック装置（平坦性向上システム）を使用して施工を行った。MCAs/F による施工状況を写真－8 に示す。

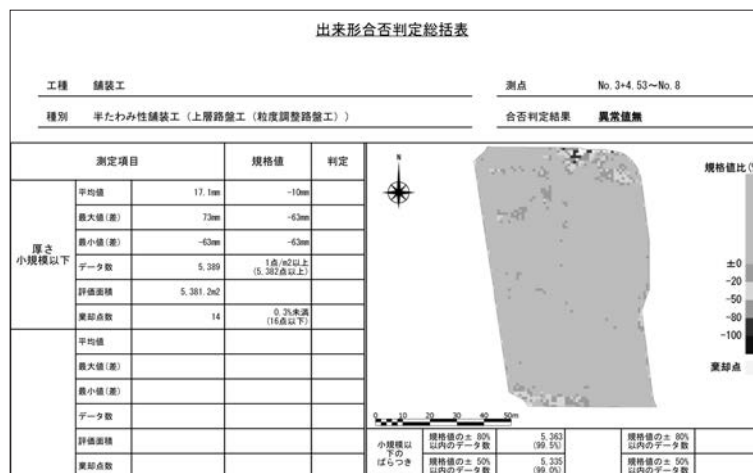


写真－8 MCAs/F による施工状況

④ TLS によるアスファルト舗装工の出来形測定

アスファルト舗装工の出来形測定は、各層が完了した時点で TLS により実施した。TLS による出来形測定状況を写真－9 に示す。

TLS による点群取得は、測定対象物にレーザー光線を照射してレーザが反射し戻ってくるまでの時間を測定し距離に換算する方式である。そのため、アスファルト舗装のような仕上がり面が黒色の場合、反射強度が弱く測定距離が短くなることが分かっている。今回使用した TLS は、60 m 程度の距離で十分に規格値を満足する点群を取得で



図－8 上層路盤工の出来形合否判定表総括表



写真-9 TLSによるアスファルト舗装の出来形測定

きることが検証された。本現場では、道路とは異なる駐車場という形状であることから、取得距離を短くしてもTLSの据え付け回数がそれほど増加しないためTLSを据え付ける間隔を40mまで短くすることとした。ただし、今回のような駐車場ではなく長距離の道路舗装で実施する場合は、点群取得可能距離が測定にかかる日数と労力に影響するため注意が必要である。

図-9は、表層工における出来形合否判定総括表である。この表から、全ての測定面が規格値を満足していることが分かる。

4. まとめ

本工事において、ICT技術の全面的な活用を支援したことにより、ICT土工の効率的な測量・施工・管理を実感し、ICT舗装工の課題を抽出

した。

3次元による出来形測定は、取得された点群により、今まで測定されなかった測点間の出来形も面的に管理され、出来形の精度は大きく向上した。また、測定にかかる時間も、従来の方法と比較して確実に短縮された。しかし、現時点では、現在の地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（土工編）および（舗装工事編）（案）に準拠して実施した場合、点群取得には、高価なTLSを使用し、測定には専門知識と技術・経験が必要である。さらに、測定データの解析についても、専用ソフトと、取得した点群の容量が大きいため、解析するための高性能PCが必要となり、専門的な知識と技術・経験が必要となる。そのようなことから、ICT舗装工を普及するためには、今後要領の改訂などの検討が必要であると考えられる。

ICT舗装工は、情報通信技術を適用することにより、高効率・高精度の施工を実現するものである。施工中に連続的な施工管理データを取得することで、トレーサビリティが確保されるとともに高精度の施工や、データ管理の簡略化、書類作成の効率化などの効果が期待できる。

今回の経験と実績を活かし、ICT舗装工の普及、生産性向上、ならびに働き方改革の推進を目指し、魅力ある建設業界になるよう今後も努力していく所存である。

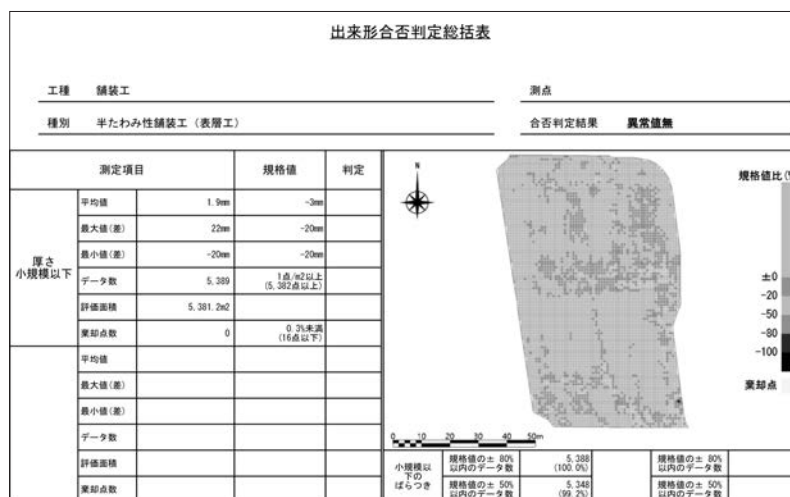


図-9 表層工の出来形合否判定総括表