

生産性及び安全性の向上 ～ ICT舗装工事の実態～

繁野 祐治¹

¹関東地方整備局 首都国道事務所 工務課 (〒271-0072 千葉県松戸市竹ヶ花86)。

ICT施工は建設業界の高齢化や新規入職者の減少による労働力不足を解消するために、作業の省力化を実現する手段として進められているi-Constructionの施策の一部であるが、まだ実績が少ないため、どの程度作業が省力化され、生産性の向上に寄与しているかが不明瞭である。

そこで、平成30年4月に開業した道の駅「いちかわ」の駐車場の舗装工事において実施したICT舗装工事を事例として、従来技術との比較や、さらに生産性を向上させるために検討しなければならない課題及びその解決策の案を提示する。

キーワード i-construction, ICT施工, 生産性の向上, 舗装工事

1. はじめに

建設業界においては、バブル崩壊後、建設投資額の減少とともに就業者数の減少が続く状況であったが、建設投資額の減少が大きく労働力過剰の状況となっており、建設作業の省力化による生産性の向上については見送られてきていた。しかし、近年は建設投資額がほぼ横ばいで推移している一方で、高齢化による建設業就業者の離職が進むうえ、若年層の入職が少ないことから労働力が不足する事態が懸念される。建設投資額の推移が安定している現在、今後も継続して建設業界が発展していくためには若年層の入職者を確保することのほか、作業の省力化による生産性の向上が必要である。

このような状況の中、生産性向上のための施策として、i-Constructionが推進されている。これは、これまでは人の手によって実施してきた作業を最先端の技術や機械を使用して自動化、省力化する取り組みである。

首都国道事務所においては、国道298号に新設する道の駅「いちかわ」の駐車場の舗装工事において、ICT土工及びICT舗装を実施した。



図-1 道の駅いちかわ 全景

そこで、従来の施工方法とICT施工との比較を行い、どの程度の生産性の向上が見込まれるのかを検証するとともに、さらなる生産性向上へ向けた課題について考察する。

2. 工事概要

ICT施工を実施した工事の概要について紹介する。

工事名：道路休憩施設舗装他工事

工期：平成29年9月5日～平成30年3月30日

施工数量：路床盛土 約8,000m³

アスファルト舗装工 約2,000m²

半たわみ性舗装工 約7,700m²

その他工事 一式

本工事でのICT施工に関する流れを以下に示す。

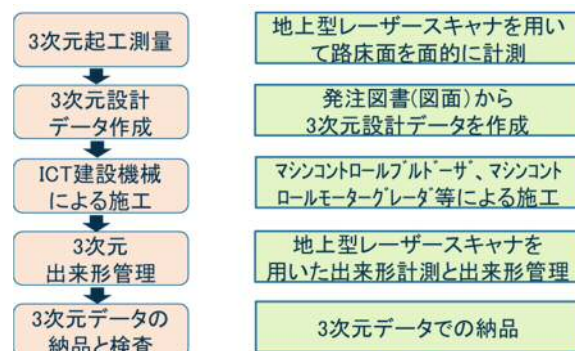


図-2 ICT 施工フロー

本工事で実施する舗装工事は小型駐車場と大型駐車場の2箇所であり、それぞれの舗装構成を以下に示す。

【小型車駐車場】		【大型車駐車場】	
表層(再生密粒As)	5cm	表層(半たわみAs)	5cm
上層路盤(再生As安定処理)	10cm	中間層(改質Ⅱ粗粒度As)	5cm
		基層(再生粗粒度As)	5cm
下層路盤(RC40)	20cm	上層路盤(再生As安定処理)	6cm
		上層路盤(RM40)	15cm
		下層路盤(RC40)	15cm

図-3 駐車場舗装構成

この舗装構成のうち、路床盛土までをICT土工、下層路盤から上層路盤までをICT舗装工として施工を実施した。

3. ICT土工

(1) 起工測量

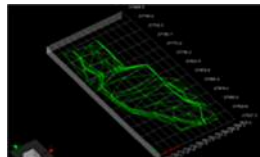
起工測量として地上型レーザースキャナによる測量を実施した。通常のICT土工においては無人航空機(以下UAV)を用いた空中写真測量が一般的ではあるが、ICT舗装においてはレーザースキャナでの出来形管理となることから、起工測量よりレーザースキャナを使用することとした。

続いて、発注図書の平面図、縦断図、横断図から専門ソフトを使用して工事目的物の3次元データを作成し、起工測量のデータを重ね合わせることで切土、盛土量を算出した。

【点群データ】



【3次元設計データ】



【重ね合わせ図】

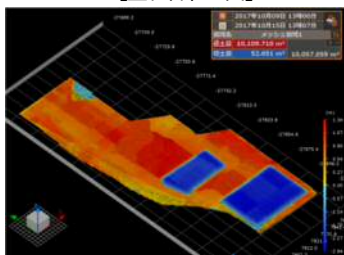


図-4 起工測量の成果

(2) 路床盛土の施工

路床盛土はICT建設機械によるマシンコントロール(以下、MC)ブルドーザで行った。MCとは、トータルステーションで追尾した位置情報を無線で重機に送信し、その位置情報をもとに事前に作成された3次元データに沿ってブレードの高さ及び傾きを自動制御するシステムである。その結果、出来形管理

のために設置していた丁張りが不要となった。また、施工面の高さ管理についても、GPS信号を使用した管理を行い、平均±10mm以内の精度の施工成果が得られた。さらに、丁張りによる検測者が必要無く、人と建設機械が交錯する機会が減少することで建設機械の稼働に関連した事故防止につながった。



図-5 MCブルドーザでの施工状況

(3) 出来形管理

従来の丁張り間による測定間隔の管理では無く、レーザースキャナによる点群データ(密度1点/m²)を自動処理する事で効率的な出来形管理を実施し、3次元データと点群データの較差により出来形の良否判定を行い、平面上にプロットした分布図(ヒートマップ)にて合否の判定した。今回の施工における結果を表-1に示す。

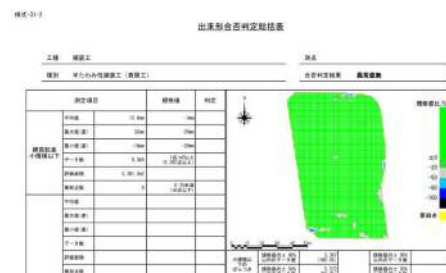


図-6 出来形合否判定総括表(参考)

表-1 出来形測定結果(路床盛土工)

工種	測点数	平均値 (規格値)	出来形のバラツキ	
			±80%	±50%
路床盛土工	5,545	-3.2mm (±50mm)	100%	99.4%

表-1に示したとおり、規格値に対して出来形のバラツキが小さく、高精度の施工が実施されたことが分かる。

(4) 考察

ICTによる施工により作業の省力化、精度向上、安全性の向上といった効果を有している。以下に具体的な内容を記載する。

1) UAVやレーザースキャナによる出来形測定は、少人数で測定が可能であり、所要時間も大幅に短縮出来た。

2) 従来は一定間隔で設置した丁張りによる施工精度

の確認をしていたが、GPSによる面的な管理を行うことで、施工精度の向上が見られた。

3)従来は、出来形測定や丁張設置など作業員と重機が輻輳しながらの作業になり機械に接触する事故の危険があったが、ITC施工だと機械に近接する作業がないので安全性が向上した。

4)先進的な技術を取り入れる事で、今までにない人材を取り込める。

また、従来技術に比べたデメリットは以下の点があげられる。

1)当初の設計成果がICT施工を前提としていない場合、ICT施工のメリットを十分に得られない

2)実績不足による作業方法の確認

3)使用する資機材の単価が高い

メリットとしてあげた1)及び2)については、ICT施工の主目的となる生産性の向上及び安全性の向上に則した効果であり、施策の有効性が伺える。デメリットとしては、ICT施工は実績が少なく資機材の費用が高くなる。また、施工業者もはじめて実施する機会が多いが、工事着手までに行わなければならない発注者との協議事項が多くあり、共通仕様書で定められている契約後から現場着手までの期間（30日）内では対応が困難であることが分かった。

4. ICT舗装工

(1) 路盤工

1) 施工状況

敷均し作業には、路床盛土工に使用したMCブルドーザとMCモーターグレーダを使用した。その結果、路床盛土工同様に丁張りの設置及び検測作業員の配置が不要であったために生産性が向上し、安全性も向上した。

路盤の締め固めは、7t級振動ローラ及び8tタイヤローラにて施工を行った。

2) 出来型管理

レーザースキャナによる出来形測定の結果を表-2に示す。

表-2 出来形測定結果（路盤工）

工種	測点数	平均値 (規格値)	出来形のバラツキ	
			±80%	±50%
下層路盤工	5,389	-7.4mm (±90mm)	99.8%	98.8%
上層路盤工	5,389	±17.1mm (±54mm)	99.5%	98.0%

表-2に示したとおり、規格値に対して出来形のバラツキが小さく、高精度の施工が実施されたことが分かる。

(3) アスファルト舗装工

1) 施工状況

加熱アスファルト安定処理工、基層工はMCアスファルトフィニッシャ（スクリードの高さを自動制御）を使用し、オペレータの熟練度を補うためのサポートを行うことで、出来形の精度の向上に寄与した。

表層工においては、マルチソニック装置（左右7.5mのビームの4箇所設置された超音波グレードセンサーで路面までの距離を測定し、その値から施工厚さを決定しスクリードの高さを自動制御する）により平坦に仕上がるよう施工を行った。

2) 出来型管理

レーザースキャナによる出来形測定の結果を表-3に示す。

表-3 出来形測定結果（参考：舗装工）

工種	測点数	平均値 (規格値)	出来形のバラツキ	
			±80%	±50%
安定処理工	5,389	+0.7mm (±36mm)	99.9%	97.8%
基層工	5,389	+1.3mm (±20mm)	99.2%	97.0%
基層工 (中間層)	5,389	+2.8mm (±20mm)	100%	99.8%
表層工	5,389	+1.9mm (±17mm)	100%	99.2%

表-3に示したとおり、規格値に対して出来形のバラツキが小さく、高精度の施工が実施されたことが分かる。

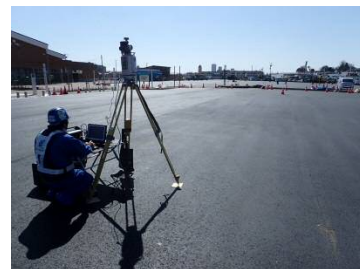


図-7 出来形測定状況

(4) 考察

ICTによる施工と従来技術との比較を行う。従来技術に比べたメリットは以下の点があげられる。

1)起工測量において、従来は作業員が横断測量をしていたため、測量日数が4～5日程度必要だったが、UAV及びレーザースキャナの場合はそれぞれ1日で完了し、作業工程が短縮された。

2)3次元設計データの作成及び点群処理の作業が完了すれば、解析ソフトで行うため従来の手計算する必要がなくなり、作業効率が向上する。

3) 従来技術だと、出来形測定や丁張設置など作業員と重機が輻輳しながらの作業になり機械に挟まれるなどの事故の危険があったが、ITC施工だと重複作業がないので作業の安全性が向上した。

また、従来技術に比べたデメリットは以下の点が

あげられる。

1)現在の出来形管理要領(案)に準拠して実施した場合、点群取得には、高価なレーザースキャナを使用する必要があり、取得した点群データの容量が大きいため解析するための高性能PCおよび専門ソフトが必要となる等、従来技術に比べ費用や専門的な知識と経験が必要となる。

メリットについては、3.(4)で記載した内容とほぼ同じである。デメリットについては、通常使用している備品を更新しなければならず、費用がかかる事があげられる。

5. 課題整理と解決案

ICT施工を実施した事により課題だと感じた点及びその解決案について、以下に整理する。

(1) 現場着手までの準備

共通仕様書1-1-1-8に「受注者は、特記仕様書に定めのある場合を除き、特別の事情が無い限り、契約書に定める工事始期日以降30日以内に工事着手しなければならない。」と記載されているが、ICT活用工事の場合、使用機械の精度確認など、従来の施工では無かった協議事項や作成する必要のある書類があり、30日以内で完了するのが難しい。

対策としては、着手までの協議等の期間を見込んで工事開始時期を特記仕様書で明示することが必要であると考えられる。

(2) 付属構造物付近の出来形管理

側溝や縁石を舗装と併せて整備する場合、それらの付属構造物の出来形は設計値どおりでは無く誤差(許容範囲内)があるため、舗装を付属構造物の高さに合わせてすりつける必要がある。しかし、ICT舗装の場合、設計値での施工となるため既設構造物とのすりつけ舗装には対応出来ないことから構造物との間に段差が出来てしまう。

対策としては、付属構造物から一定の範囲はICT施工の対象から除外し、通常の舗装工事として施工することが考えられる。

(3) 舗装延長の長い工事での適用

今回使用したレーザースキャナによる点群データの取得は、測定対象物にレーザー光線を照射し測定する方式であった。アスファルト舗装のように仕上がり色が黒の場合、レーザーの反射強度が弱いため、規格値を満足する点群データを得るには60m程度の距離が限界であった。そのため、延長の長い舗装工事においては、出来形確認のための測定回数が増えるため、通常施工より生産性が下がる恐れがある。

対策としては、点群データの取得可能な距離を伸

すことであるが、そのためには技術開発によることもあるが、点群データ密度と出来形の精度を分析した上で、規格の見直しが必要であると考えられる。

(4) 専門性の高い作業の汎用化

出来形測定に使用するレーザースキャナや、点群データを処理するためのソフトはまだ一般的ではなく、専門業者による作業になる。そのため、出来形測定は外注することになり、従来に比べて費用が嵩んでいる。また、レーザースキャナは雨が降ると雨粒でレーザーが反射してしまい測定出来ないため、あらかじめ手配した日に計測が出来ないとさらに費用が嵩む上に施工も次の段階へ進めない。さらに、点群データは、各点に様々な情報が付与されているため、通常の32bitのパソコンでは処理処理することが出来ず動作しない。本工事においては、出来形管理用に高性能パソコンを用意して対応をしていたが、従来通りの施工であれば不要であった。

対策としては、今後の施工数の増加により専門業者の増加や専用ソフトの開発が進む事で解決されるものと考えられるが、それまでの間はICT施工による増加費用を、発注者にて適切に負担し、受注者の負担を軽減する事が必要であると考えられる。

(5) 設計成果の精度

路床工等は決められた巻出し厚で層を重ねて施工していくが、転圧後の沈下量を想定して敷均し厚を設定をする必要がある。そのため、土質等の現場条件を設計成果から3次元データ作成時に反映する必要があるが、設計成果がICT施工を前提とした成果になっていない場合、3次元データが現場条件を十分に反映していないため、熟練工による巻出し厚の設定が必要になる。今後の設計業務において、ICT施工を前提とした設計成果の作成が必要である。

6. まとめ

首都国道事務所において実施した国道298号に隣接する道の駅「いちかわ」の駐車場の舗装工事で試行したICT舗装工は、従来の施工方法と比較するとメリットが多いものであり、生産性の向上及び安全性の向上が実現されていたが課題もあり、今後も改善していく事でさらなる生産性の向上、安全性の向上が実現出来ると考えている。今回提示した課題については、多くのICT施工に共通する事項であると考え、今後実施されるICT施工の参考となれば幸いである。

今後も、継続してICT施工を実施し、事例を積み上げることでさらなる課題抽出及びその課題解決がなされ、建設作業の生産性向上及び安全性の向上が実現されることを願う。