

11. ICT 舗装工新基準の出来形測定における

さらなる生産性向上への検討

大林道路株式会社
株式会社大林組
株式会社大林組

○ 田原 康平
杉浦 伸哉
田島 僚

1. はじめに

平成 28 年 3 月末に国土交通省から i-Construction が発表され、土工事における ICT 活用工事の 15 の基準が公表された。それから 1 年が経過し、ICT 活用の拡大として『ICT 舗装工』(図-1)の導入が平成 29 年 3 月末に発表され、舗装工の生産性向上を図る上で必要な 10 の技術基準類(図-2)(以下、新基準)が新設・改訂された。

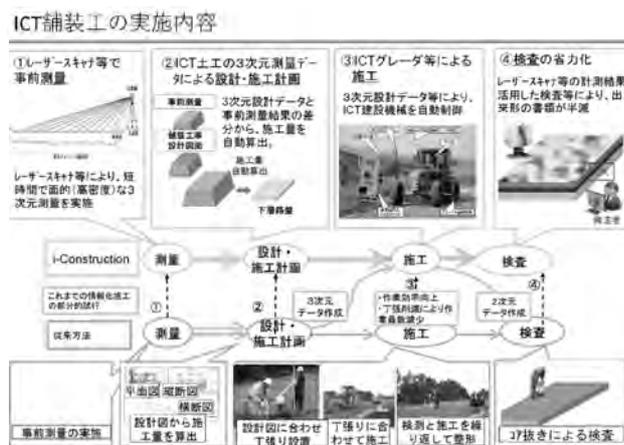


図-1 ICT 舗装工の実施内容

名称	設計・施工計画	本文参照先・概要
ICTの多面的な活用の実施方針	改訂	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0001.html ICT舗装工の定義やインセンティブの促進等
土木工事現場測量実施要領(案)	改訂	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0002.html 3次元測量結果から、舗装工の平均厚を設計の「平均厚」算出方法を定めた
土木工事測量実施要領(案) (土木測量標準法及び特例法)	改訂	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0003.html 標準法(標準)と特例法(特例)を併用し、必要に応じて特例法の指定 測量の管理項目を「目標高さ」管理への代替を可能とする。 -従来の計測値に対する補正係数を設計値による計算密度(多点観測)による修正
地上型レーザースキャナを用いた土木測量実施要領(舗装工事編) (案)	新設	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0004.html ICT舗装工の活用に必要な計測精度と同等の精度確保の必要を規定
TLSを用いた土木測量実施要領(舗装工事編)	改訂	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0005.html 新設法に代わって従来の計測方法とする設計
写真測量実施要領	改訂	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0006.html 新法に追加した写真測量実施要領(地上型レーザースキャナ・舗装工事)・TLS(舗装工事)の追加
地方整備局土木工事測量技術基準(案)	改訂	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0007.html -測量精度に準ずる検査管理の確立の促進 -地上型レーザースキャナを用いた土木測量の監視・検査要領(舗装工事編) (案)に準じた変更
既設部分検査技術基準(案)及び特例法	改訂	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0008.html -測量精度に準ずる検査管理の確立の促進
地上型レーザースキャナを用いた出来形管理の監視・検査要領(舗装工事編) (案)	新設	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0009.html -地上型レーザースキャナを用いた出来形管理の監視・検査要領(舗装工事編)に代わって規定
TLSを用いた出来形管理の監視・検査要領(舗装工事編)	改訂	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0010.html -TLSを用いた出来形管理の監視・検査要領(舗装工事編)に代わって規定
積算工事(積算工・積算要領)	新設	https://www.mlit.go.jp/road/ict/road_ict0011.html -地上型レーザースキャナ

図-2 ICT 舗装工についての 10 の技術基準類

この図-1 に示す実施内容の内、②3次元設計データによる設計・施工計画及び③ICT グレーダによる

る施工については、情報化施工として 10 年以上前から頻繁に行われており、多数の実績があり、その課題や問題点に関しては、順次改善が進み、問題なく使える技術となっている。

しかし、①起工測量、④出来形測定については、TS を用いた出来形管理は行われているが、地上型レーザースキャナ(以下、TLS)を使用し、3次元点群データを用いて面的に評価する手法は、今までの舗装の施工では、ほとんど活用されていなかった。

そのため、新基準を用いて舗装工事の現場に ICT を導入して生産性向上につなげるには、「地上型レーザースキャナを用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)」にもとづく出来形管理の現場の生産性向上への寄与度や更なる生産性向上に向けたボトルネック等を把握する必要がある。

本論文では、TLS での計測の実態と問題点の把握、及びカイゼン手法の検証を実現現場で行うことのための検討事項をまとめたので報告する。

2. 地上型レーザースキャナを用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)について

当社でもすでにこの新基準が公表される以前から、切削オーバーレイを施工する現場の起工測量に、TLS を活用した事例はあった。主に、交通量の非常に多い幹線道路で、交通規制をしないと測量ができない、交差点内で交通規制をするだけでも非常に多くの手間と労力がかかるなどの場合に、路肩や歩道から面的に 3次元点群データを取得することで、安全に道路交通に影響を与えずに計測を行うことが目的として行っていた。計測結果は 3次元の面データとしては扱わず、管理断面や変化点他必要な横断面を抽出し、縦横断計画及び切削数量の算出に使用することに利用してきた。その際の精度の確認としては、レベルで計測した既知点と TLS での計測値を数点比較し、結果に影響がないことを確認する程度しか行わず、計測密度に関しては、横断面図を作成するために支障のない

程度の密度での計測を設定し、測定していた。TLSで計測することにより、レベルやTS等で「点」で計測すること比べ、「面」で計測することで、任意の位置で横断面が作成でき、交差点や支道部等の巻き込みなど不定形部の現況が確認できるなどの利点があった。



図-3 TLSによる既設路面計測状況

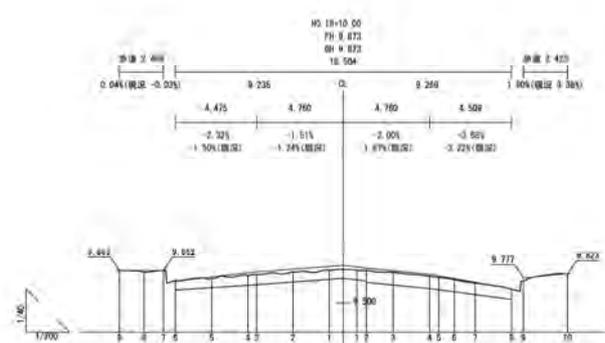


図-4 TLSにより計測した結果から作成した横断面

しかしながら、今回公表された新基準のうち、特に「地上型レーザースキャナを用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)」については、実現場での対応が難しいと思われる内容が記載されていた。

そもそもこの新基準は、ICT ツールを活用し、施工現場における生産性向上を目的として導入されるはずであるが、この基準の中に記載されている TLS 本体の仕様として、計測点群密度が 100c/m²あたり 1 点以上、計測精度(鉛直方向)が表層表面で±4mm 以内という「仕様規定」の手順が、実現場における作業性も考慮した状況においての生産性向上へのボトルネックになっていないか、また、さらなる生産性向上に向けてカイゼンする余地はないかを検討を行う必要があると感じた。

本論文では、特に表層工出来形測定時の TLS の計測密度の違いによる精度と作業性に着眼し、生産性向上へ向けての検証事項の検討を行った。

3. TLS での計測密度に関する生産性向上への検証事項の検討

下表は、表層工出来形測定 of 従来方法と新基準の測定方法と計測時間の比較(表-1)をまとめたものである。表-1 のように従来方法と比べ、新基準では、出来形計測により時間がかかってしまうのではないかという懸念がある。

表-1 表層工出来形測定 of 測定方法と計測時間の比較

	従来方法	新基準
測定方法	厚さ 1000 m ² に 1 個切取供試体にて測定、幅 80m ごとに TS またはテープにて測定。	TLS により以下の測定精度で計測。差分による厚さあるいは設計面からの標高較差を算出。 計測範囲内で±4mm 以内 平面方向測定精度：計測範囲内で±20mm 以内 評価基準：全面 1 点/m ² (計測は 1 点/0.01 m ²)
計測延長	L=1000m, W=10m A=10000 m ²	L=1000m, W=10m A=10000 m ²
計測人員	3 名	2 名
計測頻度	幅 1 箇所/80m 厚さ 1 箇所/1000 m ²	1 回/40m
1 回あたりの計測時間	5 分 10 分	20 分
総測定回数	12.5 回 10 回	25 回
総計測時間	162.5 分	500 分

TLS は指定した範囲にレーザーを連続的に照射し、その反射波より対象物との相対位置(角度と距離)を面的に取得できる装置である。

TLS から発射されたレーザーと被計測対象の入射角が小さくなると計測精度が低下するため、計測距離が遠くなることによって計測精度が低下する可能性がある。

また、TLS の特徴として近距離の計測結果は密となり、遠距離では粗となる。このため、複数の TLS による計測結果を組み合わせでは、計測結果の重複や点群密度のバラツキにより、すべての計測点群データを利用することで、コンピュータの処理を著しく低下させてしまう可能性がある。

「地上型レーザースキャナを用いた出来形管理要領(舗装工事編)(案)」では、出来形計測データについては 0.01 m²あたりの 1 点以上という計測密度(点群密度)と表層工においては、±4mm という計

測精度が規定されている。この密度を得るための測定頻度が生産性向上に向けたボトルネックになっているのではないかと考えた。これを解消するため、計測密度の違いや TLS の設置高さの条件の違いによる計測精度と計測時間の比較を行い、最適な計測手段を把握する必要がある。

そこで、以下のような検証計画を行い、さらなる生産性向上への提案を検討した。

3.1 TLS の点群計測密度及び TLS 設置高の違いによる計測精度への影響と計測時間の比較内容

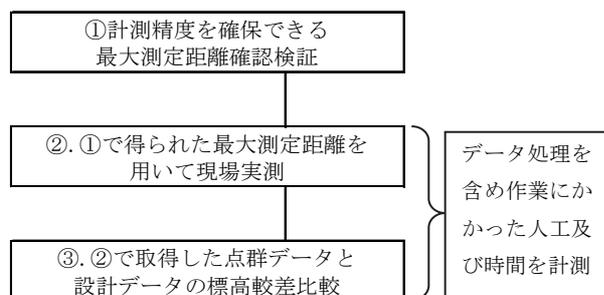
一般に汎用されている TLS を用いて計測を行うと、新基準の 0.01 m² に 1 点の計測密度を確保できる範囲は、半径 20m 程度である。また、1 回の計測時間は機械の設置も含め約 20 分である。このため、40m ごとの機械の据え替えが発生し、従来の 80m ごとの幅員の測定や 1000 m² に 1 箇所の切取供試体による厚さの測定に比べ、時間がかかることが懸念される。そのため、計測精度を担保しつつ、計測密度を粗くし 1 回の計測範囲を伸ばすことはできないか、また、TLS の計測精度は、機械の設置高差にも左右されるので、設置高を変えることにより計測精度を担保できるのではないかと考え、次のような測定条件(表-2)での検証を検討した。

表-2 測定条件

計測密度	TLS 設置高差
100 点/m ² (新基準)	H=1.5m
	H=2.0m
50 点/m ²	H=1.5m
	H=2.0m
25 点/m ²	H=1.5m
	H=2.0m

上記の測定条件においてそれぞれ下記のフローで計測及びデータの処理を行う(表-3)。

表-3 測定内容詳細およびデータ処理内容



3.2 フロー毎の計測方法と計測結果の比較方法

3.2.1 ①最大測定距離確認検証

計測を行う最大距離付近 1 箇所に 1 m² 以下の検査面を設け、TLS で計測を行う。検査面の高さとして TLS を用いて計測した結果から得られる高さを比較し測定精度以内であることを確認する。検査面の高さは、検査面の中心を TS 及びレベルで計測し 4 隅の高さの平均値により高さを求める。この際の鉛直精度が ±4mm 以内であることを確認する(図-5)。この作業を計測密度を 100 点/m²、50 点/m²、25 点/m² と変えてそれぞれの計測密度での最大測定距離を検証する。

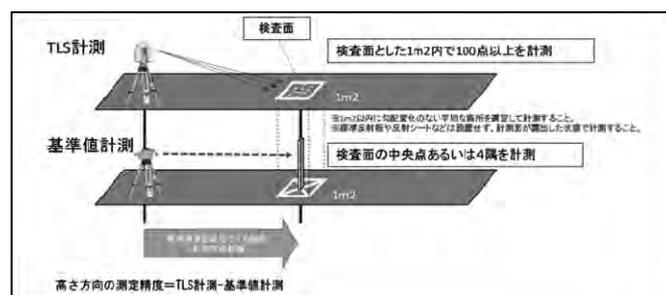


図-5 鉛直方向の精度確認方法

平面方向の計測性能については、TLS で計測を行う最大距離付近及びそれ以上離れた位置に 10m 以上離れた 2 つの既知点を設置し、2 点間の距離を TS にて計測する。その距離と TLS で計測した 2 点間の距離を比較し、±20mm 以内であることを確認する。(図-6)

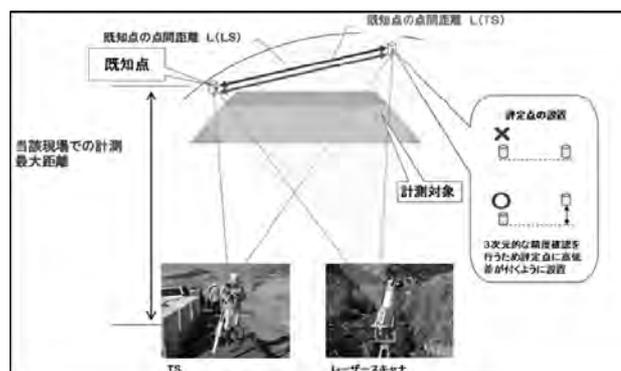


図-6 水平方向精度確認方法

3.2.2 ②現場実測

TLS にて、①で得られた最大測定距離の間隔で機械を据え替え計測し点群データを取得する。この際のスキャンの設定は、①で最大測定距離を求めた設定条件で行う。この計測に要した人工及び時間を計測する。

3.2.3 ③標高較差比較

②現場実測で得られた点群データを出来形評価評価の基準に則り処理し、設計データとの標高較

差を算出する。この処理に要した人工及び時間を計測する。

3.2.3 計測結果比較

計測結果より、以下のデータを取りまとめ、さらなる生産性向上が見込める方法を検討、提案する。(表-4、表-5、表-6)

表-4 ①についての比較

TLS の設置高	H=1.5m (H=2.0m)		
TLS の測定密度	100 点/m ²	50 点/m ²	25 点/m ²
最大測定距離	L=〇〇m	L=〇〇m	L=〇〇m
鉛直方向計測精度(規格値)	実測〇mm (±4mm 以内)	実測〇mm (±4mm 以内)	実測〇mm (±4mm 以内)

表-5 ②についての比較

TLS の設置高		H=1.5m (H=2.0m)		
TLS の測定密度	従来方法	100 点/m ²	50 点/m ²	25 点/m ²
計測延長及び面積	L=〇m, A=〇m ²	L=〇m, A=〇m ²	L=〇m, A=〇m ²	L=〇m, A=〇m ²
計測回数(計測箇所数)	幅〇箇所 厚さ 〇 箇所	〇回	〇回	〇回
現場作業時間	〇分	〇分	〇分	〇分
出来形管理表作成時間	〇分	〇分	〇分	〇分
合計時間	〇分	〇分	〇分	〇分

表-6 ③についての比較

TLS の設置高	H=1.5m (H=2.0m)		
TLS の測定密度	100 点/m ²	50 点/m ²	25 点/m ²
計測延長及び面積	L=〇m, A=〇m ²	L=〇m, A=〇m ²	L=〇m, A=〇m ²
設計データとの標高較差	〇mm	〇mm	〇mm

4. 今後の展開

今回は、さらなる生産性向上を目標に各実施内容の生産性向上への寄与度やボトルネックになる部分の抽出、検証内容の検討を行った。実際の現場での検証は未実施のため、この検証結果がさらなる生産性向上へつながるかは未知数であるが、早期に検証を実施し、ICT 土工において発表から1年で基準が改定されたように、より良い方法があれば取り入れてもらえるよう提案していきたい。

また、本論文で挙げた検証内容以外にも以下のような課題を解決する必要があると思われる。

①舗装面のレーザーの反射率による点群データ取得への影響

舗装舗設完了直後の舗装面を汎用されている TLS で計測しても舗装面のデータが得られない場合がある。黒色に対するレーザーの反射率が影響しているのではないかと考えられる。今後、既設舗装の修繕工事にも展開された際、即日 2 層の舗装を行うこともあり舗設完了直後に出来形測定を行うこともあるので、早期に解決策を検討する必要がある。

②標高較差による管理と厚さによる管理の併用の課題

ICT 舗装工では、出来形管理の方法として、各層の計測データの差分から厚さを求めて評価する方法と、各層ごとに設計データとの標高較差を求めて評価する方法の 2 種類がある。標高較差で管理する場合には、上層の設計面データを作成するためにその下層の標高較差の平均値を加減し、上層の設計面データとしなければならない。延長の長い道路や現場条件に制約がある現場では、例えば、全区間で路盤工が完了する前に、基層工を施工することも多々ある。全区間ある層が完了し、設計データを修正するまで上層の施工に進めないのでは、生産性が低下してしまう。従来通り厚さ管理のみの基準でよいのではないかと検討し提案する必要がある。

5. おわりに

平成 29 年 3 月に ICT 舗装工についての要領がでて数カ月が過ぎた。すでに ICT この基準を適用して施工を行っている現場もあると思われるが、国土交通省が進める i-Construction の目的は、建設産業全体の生産性の向上を目指しているものであり、それを阻害してまで基準にこだわるものではないと思われる。平成 28 年 4 月に出された i-Construction の報告書では、現状を「更に」よくするための提案は積極的に受け入れる「カイゼン」姿勢を国もとっている。そのためには、検証結果に裏付けされた施工性をさらにカイゼンする提案は、積極的に行う必要があると思われるし、積極的に受け入れてもらうことが可能であると思われる。

本論文がその一部を担えればと思う。