

地上型レーザースキャナーを用いた舗装出来形計測方法の検討および実施事例

奥村組土木興業（株）	正会員	○梅宮 利之
奥村組土木興業（株）	正会員	藤森 章記
国土交通省松江国道事務所		井畑 雅之
ライカ ジオシステムズ（株）		利光 吉紀

1. はじめに

建設分野では、従来の測量機器のように地上に設置して使用するレーザースキャナーは「地上型レーザースキャナー[TLS(Terrestrial Laser Scanner)]」と呼ばれ、国土交通省の取組みである「i-Construction」の一環として、起工測量や出来形管理への利用が積極的に推進されている。

本稿は、平成29年度から導入された国土交通省の「ICT舗装工」に対応するため、TLSを用いたアスファルト舗装の出来形管理について実施工に適用可能な計測方法を検討し、これを実際の工事に適用した事例を報告するものである。

2. TLSを用いた出来形計測

(1) TLS 出来形計測の課題

TLSを用いて計測できる距離は投射するレーザーの反射率が低いほど短くなる傾向がある。この反射率は、黒色の物体や光沢のある物体に対しても低下する性質があることから、アスファルト舗装路面を計測する際には、土工に適用する場合と比べて測定可能距離が大幅に短くなるのが懸念される。

一方、TLSを路面上に設置して計測する場合には、図-1に示すように、レーザーの入射角に起因して、鉛直方向の測定点間の距離が増加していく（点群の密度が疎になる）ことも課題となる。

(2) 出来形計測方法の検討

「地上型レーザースキャナーを用いた出来形管理要領（舗装工事編）（案）」（国土交通省）では、表-1に示す項目がTLSの要求性能として規定され、これを満足して計測可能距離を実施工で許容できる範囲まで延ばすためには、高性能なTLSの使用や、最適な計測手法の確立等の検討が必要となる。

前述の課題を踏まえて最適な出来形計測方法を見出すため、舗設直後のアスファルト舗装路面を対象として、要求される性能（点群密度、計測精度）を満足した上で、どの程度までの計測距離の延長が可能かを検討した。TLSは、高性能・高機能であることを条件として、ライカジオシステムズ（株）製の「ScanStation P40」（表-2参照）を選定した。

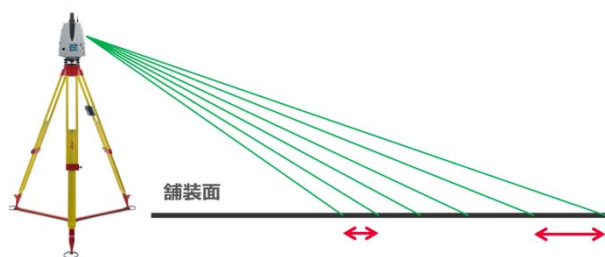


図-1 計測距離と測点間距離の関係

表-1 TLSの主な要求性能（規格値）

点群密度	起工測量	0.25m ² (50cm × 50cm) あたり1点以上
	出来形計測	0.01m ² (10cm × 10cm) あたり1点以上
鉛直精度	起工測量	±20mm 以内
	下層路盤 上層路盤	±10mm 以内
	基層 表層	±4mm 以内
平面精度	全層	±20mm 以内

表-2 「ScanStation P40」の主な仕様

スキャンスピード	最大 1,000,000点 / 秒
距離精度	1.2mm + 10ppm
座標精度	3mm @ 50m : 6mm @ 100m
ターゲット測定精度	2mm (50mまでの標準偏差)
測定範囲	最大 270m
スキャン密度	最少 0.8mm @ 10m (16.5°)
スキャン範囲	水平 : 360° / 鉛直 : 290°

キーワード 出来形管理, ICT舗装工, i-Construction, レーザースキャナー, TLS

連絡先 〒552-0016 大阪市港区三先 1-11-18 奥村組土木興業（株）環境開発本部技術部 TEL 06-6572-5262

実施工時の運用性から、目標測定距離を 40m、目標計測時間を 2 分以内と設定し、平成 28 年度施工の舗装工事で検証試験を実施した。TLS のスキャン設定を変えて計測を繰り返した結果、図-2 に示す条件で(スキャン密度：水平 20mm @ 10m、鉛直 1mm @ 10m)、図-3 のように、計測距離 40m 地点においても点群密度を確保し、各地点で狙い通りのほぼ均等な間隔の点群データが取得できることを確認した。また、計測精度に関しても、最大計測距離となる 40m 地点においても管理要領の規格値を満足することを確認した。

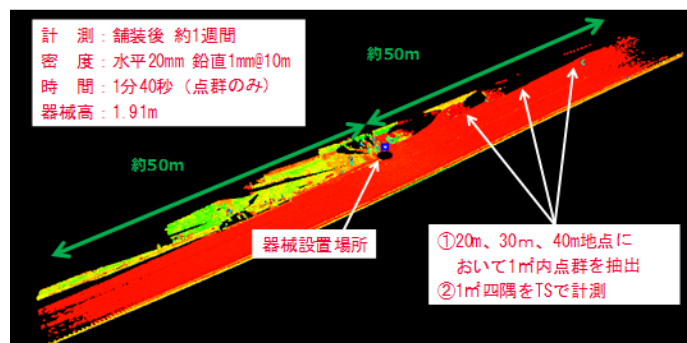


図-2 検証試験のスキャン条件

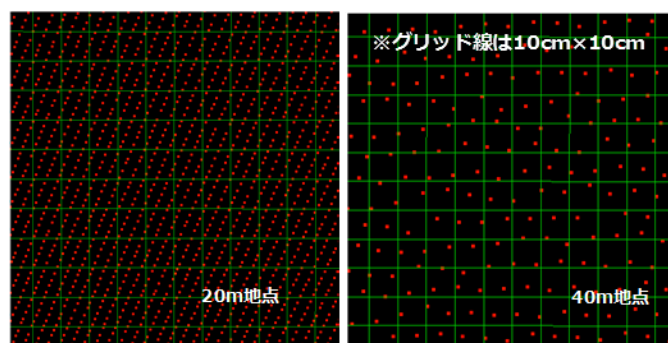


図-3 計測結果(左：20m, 右：40m)

3. 工事での実施事例

(1)「ICT 舗装工」適用工事の概要

国土交通省中国地方整備局発注の 2 工事(朝山大田道路 波根地区舗装工事[平成 29 年 3 月 30 日～12 月 28 日], 久手地区舗装工事[平成 29 年 9 月 1 日～3 月 30 日])で「ICT 舗装工」に取り組み、TLS 出来形管理を実施した。波根地区舗装工事は、中国地方整備局で初の「ICT 舗装工」実施工事であり、下層路盤から表層までの全層にわたって TLS 出来形管理を実施した。久手地区舗装工事については、必須項目となっている表層のみを管理対象とした。また本工事は、国土技術政策総合研究所の「ICT 舗装工」の調査対象工事に選定された。

(2) 出来形測定結果

最大計測距離を 40m とした前述の出来形計測方法で、1 回あたりの測定時間は約 25 分(ターゲット設置、機械盛換え時間を含む)であった。各工事の出来形測定値は表-3 のようになり、すべての層で規格値を満足する結果が得られた。出来形の出力例として、波根地区舗装の表層厚さのヒートマップを図-4 に示す。

表-3 出来形測定結果[()は規格値]

波根地区		平均値	最大値	最小値	棄却点数
下層路盤	基準高	8mm (-15～+50)	59mm (-90～+90)	-35mm (-90～+90)	0 (9点以下)
	厚さ	8mm (-15～+50)	87mm (-90～+90)	-82mm (-90～+90)	6 (9点以下)
上層路盤 (粒度調整)	厚さ	-2mm (-10)	42mm (-63)	-48mm (-63)	0 (9点以下)
上層路盤 (As安定)	厚さ	-4mm (-7)	31mm (-45)	-28mm (-45)	0 (9点以下)
基層	厚さ	0mm (-4)	22mm (-25)	-19mm (-25)	0 (9点以下)
表層	厚さ	0mm (-3)	9mm (-20)	-12mm (-20)	0 (9点以下)
久手地区		平均値	最大値	最小値	棄却点数
表層	厚さ	-1mm (-2)	15mm (-17)	-14mm (-17)	0 (21点以下)

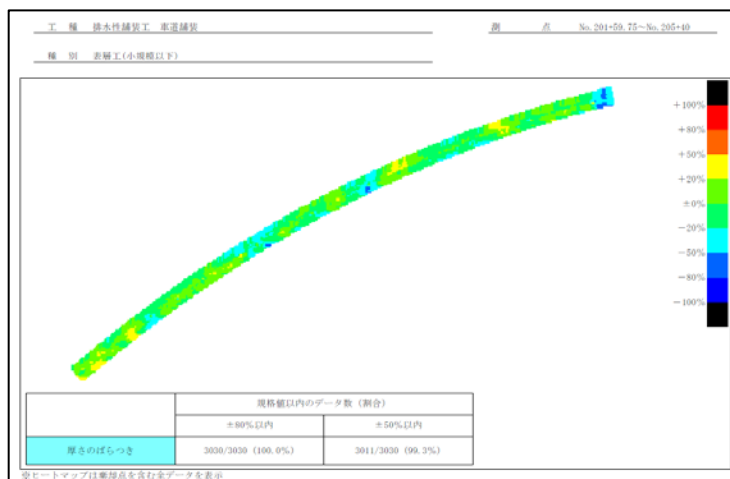


図-4 表層工のヒートマップ(波根地区舗装工事)

4. まとめ

TLS 出来形管理の実工事への適用に際しては、事前検討の成果に加えて、起工測量時に試験計測を実施して TLS の設置箇所を固定したことなどによって、初めての取り組みながら大きな問題もなく出来形を計測することができた。しかし、路面が濡れた状態の測定や、混合物の種類によっては、点群密度が不足するケースもわずかにあったことから、これらの測定方法についても今後検討して行きたい。