

第V部門

地上型レーザースキャナーを用いた舗装の出来形計測方法の検討

奥村組土木興業（株）	正会員	○谷	義経
奥村組土木興業（株）	正会員	藤森	章記
奥村組土木興業（株）	正会員	梅宮	利之
奥村組土木興業（株）		前田	幸孝
ライカ ジオシステムズ（株）		利光	吉紀

1. はじめに

3次元レーザースキャナーは、対象物の空間位置情報(点群データ)を安全かつ迅速に取得できる機器であり、従来の「点」計測ではなく、「面」的な計測が可能となる技術として各方面で活用されている。建設分野では、航空機に搭載して使用されるレーザースキャナーと区別するため、従来の測量機器のように地上に設置して使用するものを「地上型レーザースキャナー[TLS(Terrestrial Laser Scanner)]」と呼んでいる。国土交通省が取り組んでいる「i-Construction」の一環としても、公共測量や出来形管理に地上型3次元レーザースキャナー(TLS)の利用が積極的に推進されており、公共測量マニュアル(案)や出来形管理要領(案)[土工、舗装工]が策定されている。

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」への対応を目的に、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たものである。

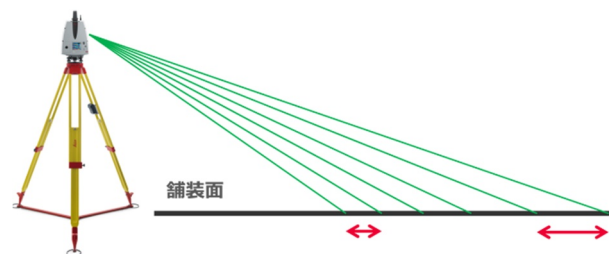


図-1 計測距離と測点間距離の関係

2. TLSを用いた出来形計測

(1) TLSに要求される性能

TLSの測定可能距離は、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り、黒色や光沢のある物体に対してレーザー反射率が低下する性質と相まって、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間隔が短くなることが懸念される。また、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。

「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ており、これを満足してTLSの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。

(2) 使用 TLS

本検討では、前述の要求性能を踏まえて、ライカジオシステムズ(株)製の高性能TLS「ScanStation P40」を使用した。「P40」には、超高速タイムオブフライト方式が採用されており、主な仕様は表-2に示すとおりである。

表-1 TLSの主要性能(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°

3. 出来形計測方法の検討

(1) 検討方法

平成 28 年度施工の舗装工事において、舗設直後のアスファルト舗装路面を対象に、計測方法(機械設定等)を変えて出来形管理要領に準じた精度確認試験を 2 回実施し、要求性能(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。

(2) 点群密度の確認

舗設後約 2 週間の表層面について、図-2 に示す条件(スキャン密度：水平・鉛直 3.1mm @ 10m)で出来形計測を実施した。測定結果(点群データ)は図-3 のとおりであり、計測距離 20m の地点では求められる密度(10cm×10cm に 1 点以上)の点群データが確保できたものの、40m 地点では鉛直方向の測定間隔が大きくなり、点群密度を確保することができなかった。

つづいて、初回試験の結果と実施時の運用性を考慮して、目標測定距離を 40m、目標計測時間を 2 分以内に設定し、図-4 に示すように TLS のスキャン密度を最適化した(スキャン密度：水平 20mm @ 10m、鉛直 1mm @ 10m)。舗設後約 1 週間の基層面での出来形計測結果は、図-5 のとおりであり、計測距離 40m 地点においても点群密度を確保することができ、各地点で狙い通りのほぼ均等な間隔のデータが取得できることを確認した。

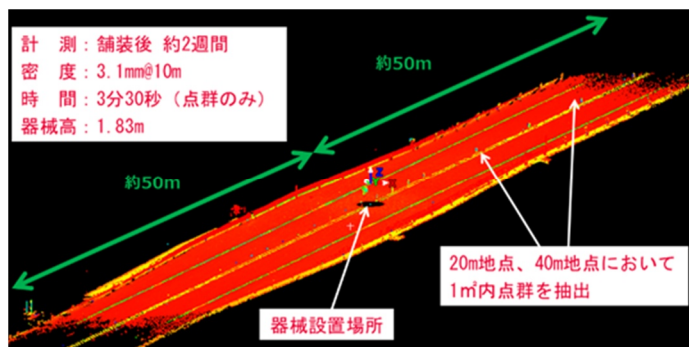


図-2 初回試験時の計測状況

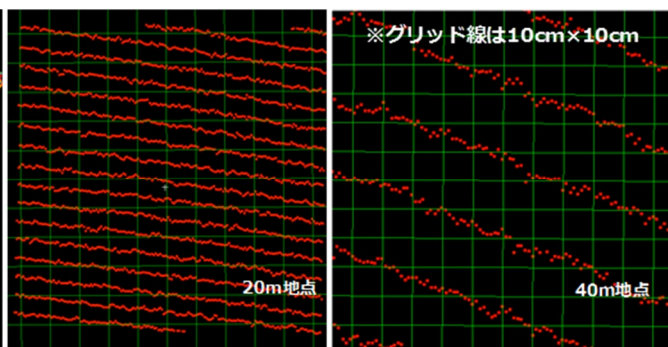


図-3 初回試験時の計測結果(左：20m、右：40m)

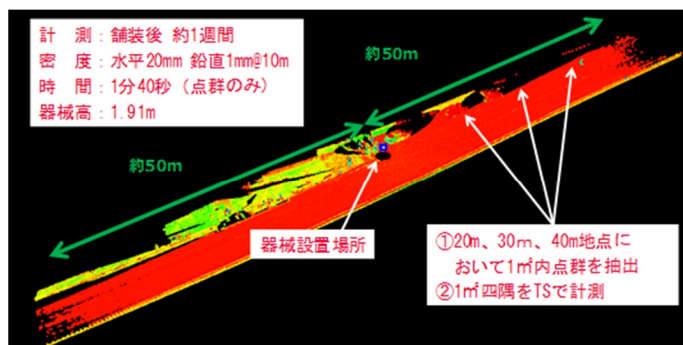


図-4 最適化時の計測状況

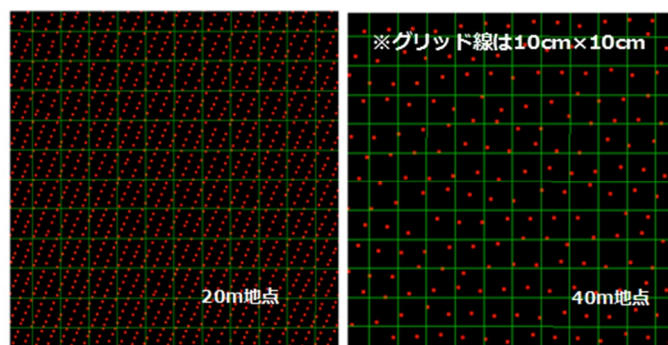


図-5 最適化時の計測結果(左：20m、右：40m)

(3) 計測精度の確認

規格値を満足する点群密度が得られた 2 回目の試験時に、TLS によって計測した 1m² 内の点群データの平均値と TS による計測値を比較して路面鉛直方向の計測精度を確認した。20m、30m、40m の各地点における高さの差は、それぞれ 2.5mm、3.0mm、3.7mm となり、40m の地点においても規格値の±4mm 以内を満足した。平面精度についても同様に、40m の地点においても規格値の±20mm 以内となることを確認した。

4. まとめ

本検討の結果、施工直後のアスファルト路面についても、片側 40m 程度の距離までは、TLS による出来形計測が可能となる手法(機械設定、設置方法等)を見出すことができた。この条件での 1 回あたりの測定時間が約 30 分(ターゲット設置、機械盛換え時間を含む)であることから、測定間隔が 40m であれば、実施の工程を考慮して十分に実用可能であると判断した。