

レーザースキャナーの各種計測による 現場への活用について

大成ロテック株式会社

現場代理人

池田直輝[○]

高橋克典

1. はじめに

1-1 工事概要

- (1) 工事名：357号東京港トンネル（山側）
臨海地区舗装工事
- (2) 発注者：関東地方整備局 川崎国道事務所
- (3) 工事場所：港区台場～品川区八潮
- (4) 工期：平成29年12月8日～
平成31年3月31日

本工事は、2020年の東京オリンピック開催に向けた道路網の整備と、品川区大井町と港区台場とを往来する一般車の渋滞緩和を目的としており、国道357号を片側2車のセパレートでの通行帯を確保するために2期線を東京港海底部にシールド工法により施工したトンネルの新設工事のうち、坑内の舗装をコンクリート舗装にて行うものである（図-1）。

今回の工事では、舗装の仕上りの基準となる路側構造物（道路側溝）は施工済みであった。コンクリート頂版から上部の施工であることから、瀝青安定処理路盤（平均 $t=220\text{mm}$ ）の上部に、連続鉄筋コンクリート舗装（ $t=260\text{mm}$ ）をマシンコントロール（MC）技術を用いて施工した。

1-2 i-Construction と ICT 舗装工について

平成28年度に国土交通省は、建設業の生産性向上を目的とした「i-Construction」をはじめ、ICT



図-1 トンネル内部

（通信情報技術）を活用した工事として「ICT 土工」を開始した。平成29年度では、舗装工事の ICT 適用工種で初となる「ICT 舗装工（アスファルト）」を開始し、平成30年度には「ICT 舗装工（コンクリート）」も追加された。ICT 舗装工は、レーザースキャナーを用いた点群取得により、施工箇所を面的に出来形評価を行う。従来の測点管理とは異なり、一度に広範囲の計測が行えるが、実際の施工現場での事例は少ない。本論では、レーザースキャナーによる実際の現場での効率的な各種計測方法、ならびにその課題と対策についてまとめる。

2. 現場における課題と問題点

平成30年度から始まった「ICT 舗装工（コンクリート）」は、レーザースキャナーを活用した事例が少なく、社内の資料もなかった。そこで、実際の現場で使用することで、効率よく活用でき

る方法と課題、対策の検証を試みた。また、本現場はシールドトンネル内がコンクリート舗装部のため、社内技術の向上を含めてICT舗装工で要求される5つの項目（図-2）のうち1～4の項目を試行として実施することとした。

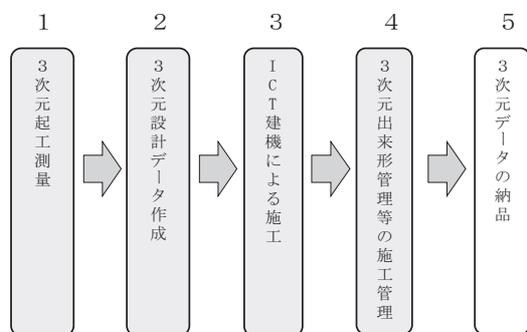


図-2 ICT舗装工の5つのプロセス

3. 工夫・改善点と適用結果

3-1 レーザースキャナーによる計測

ICT舗装工は起工測量にレーザースキャナーによる点群の取得を必須としている。

本現場では、地上型レーザースキャナー（TLS）（図-3）と、地上移動体搭載型レーザースキャナー（地上移動体搭載型LS）（図-4）で計測し、トンネル内空の点群データの取得を行った。（図-5）点群データは各点毎に3軸座標 X、Y、Z の座標値を持った点の集合体であることから、専用のソフトウェア上にて任意点の座標値をはじめ、任意点間の高低差や距離の確認が容易となる。今回の計測では特にトンネル空間における建築限界の干渉状況の確認が容易に把握できた。（図-6）

現地照査の資料の作成に関しても、具体的な数値が容易に把握できることから比較的短時間に作成することができた。

3-2 レーザースキャナーの作業時間の比較

TLSは固定式であり、計測作業では器械の据替えがあるのに対して、新技術として認可されている地上移動体搭載型LSは、トータルステーションで自動追尾し、位置情報を取得しながらレーザースキャナーを移動させるため、器械の据替え時間が省ける。本現場ではこの2種類のレーザー



図-3 TLSによる計測状況



図-4 地上移動体搭載型LSによる計測状況

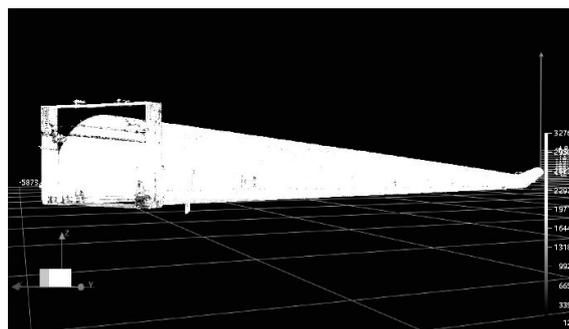


図-5 点群化したトンネル



図-6 トンネル内部の高さ計測の一例

表-1 作業時間の比較

	延長	種類	人数	作業時間	データ解析時間
瀝青安定処理 計測時	645m	TLS	3人	5時間	4時間
		地上移動体搭載型LS	2人	2.5時間	2時間
コンクリート舗装 計測時	645m	TLS	3人	4時間	4時間
		地上移動体搭載型LS	2人	3時間	3時間

スキャナーを用いて計測作業時間の比較を行った。表-1はTLSと地上移動体搭載型LSとの実作業時間の比較である。作業人数、作業時間、データ解析時間において、地上移動体搭載型LSはTLSよりも、約5割の効率化を確認できた。

一方で、地上移動体搭載型LSは、一式の価格が高価であり、維持費用が大きい。また、計測時は器械を移動させるための導線の確保が必要で、法面などの勾配箇所や、段差などは不適といえる。このことから、費用や現場環境に影響されることが課題といえる。

3-3 面管理による出来形評価

本現場では3次元設計データを作成し、TS出来形を用いた測点管理により出来形管理を行っている。ICT舗装工は面で出来形を管理するため、瀝青安定処理施工後と表層施工後の点群を取得し、3次元設計データを用いて出来形評価を行った。

(表-2) 擦り付け部など評価ができない箇所は控除し、出来形評価対象はICT舗装工の出来形管理項目である厚さと標高較差で行い、ともに合格であった。規格値は「平成30年度土木施工管理基準及び規格値(案)国土交通省」から引用した。

面的な出来形計測は、施工した全ての範囲が対象となり、計測を妨げるもの(レーザーを屈折させる水や車両、仮設材など)を取り除く必要がある。また、国土交通省で定められている「平成30年度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)」に規定されている出来形計測時の点密度の取得のため、とくにTLSの据える位置は十分に注意する必要がある。

試行した対象範囲は、トンネル内だったため天候に影響されず、レーザースキャナーによる計測には好条件であった。さらに、コンクリート舗装で用いた品質向上の図れるMCを使用した施工も要素であると考え。レーザースキャナーの精密な計測を可能にするためには、計測環境を念入りに整備する必要がある。

表-2 出来形の結果(コンクリート舗装)

測定項目			規格値
項目	厚さ	標高較差	
平均値	3.3mm	1.8mm	-3mm
最大値(差)	55mm	24mm	-22mm(±22mm)
最小値(差)	-10mm	-14mm	-22mm(±22mm)
データ数	4,782	4,782	1点/m ² 以上
評価面積	4,656m ²	4,656m ²	
棄却点数	11	0	0.3%未満(14点以下)
規格値の±80%以内のデータ数	4668 (97.6%)	4782 (100.0%)	
規格値の±50%以内のデータ数	4230 (88.5%)	4705 (98.4%)	

3-4 その他(データ容量とパソコン環境)

計測から帳票出力までは図-7の流れで行った。②の変換作業は使用するTLSのメーカー独自のソフトウェアにより拡張子を変換することである。地上移動体搭載型LSの場合は、変換されたデータが出力されるためこの作業は不要である。③についてはデータの汎用性を考慮しTXTデータに変換した。④の作業で必要な密度を確保しつつ、点データの間引き処理を行い、⑤の出来形評価を行った。

表-3は645mのコンクリート舗装を計測した際のデータ容量である。点群データは何億もの点を記録しているため、計測したデータの容量は非常に大きなものになる。計測時の点群密度に応じて

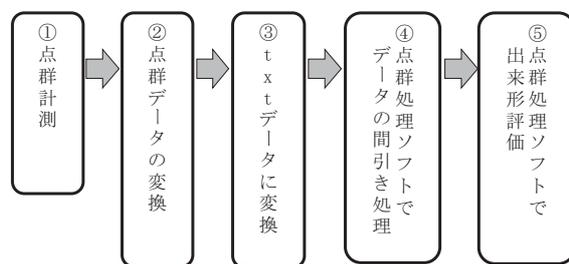


図-7 点群データの評価までの流れ

表-3 データ容量の参考

	コンクリート舗装	
	計測生データ	データ間引き処理後
点群データ(TXT)	55GB	4.5GB
点群処理ソフトデータ	40GB	10GB

容量は変わるが、点群密度の確認は後処理となるため、点群は高密度で取得することが望まれる。

表-4は計測後から帳票出力するまでに要した日数であり、計測してから出来形評価を行うまでに3日間を要した。パソコンのCPU（中央演算処理装置）やGPU（画像処理装置）の性能、記憶媒体によっては保存や処理データのコピーといった動作も20分～30分程度の時間を要する。

取得するデータの容量を少なくするために、計測範囲を出来形評価をする舗装面のみとする計測計画が重要である。また、施工面積に応じたデータ容量を想定し、使用するパソコンの環境や記憶媒体の整備を事前に行うことが重要である。

表-4 処理に経過した日数

処理内容	処理日数	備考
計測データを変換し、HDDに保存する	0.5日間	
HDDに保存したデータをTXTデータを書き出す	1.5日間	Co舗装面以外の点は削除する。パソコンがフリーズしない容量で処理を行う。
TXTデータの点群を、計測密度を満たす範囲内で点群を減らす	1日間	適宜密度確認を行う 容量を可能な限り少なくする
出来形データとして点群を読み込み、設計データと合わせる 出来形評価・帳票出力	1日間	設計データ上に点群が入っているか確認する。読み込み時にPCのドライブ容量を確認する。

4. おわりに

4-1 施工への活用

レーザースキャナーによる点群取得を行うことで、以下の内容が確認できた。

- ①現況構造物の位置情報（X、Y、Z座標）
- ②トンネル内部の建築限界
- ③設計照査による設計変更への活用

上記の3点は、工事を着手する上で重要な項目であり、施工計画の策定に十分に活用がされる。また、点群データは点群処理ソフトによって、距離計測や面積計算、土量算出など様々な情報が得られるため、発注者との協議資料にも活用ができる。

4-2 新技術の有効性

地上移動体搭載型LSは固定式のTLSと比較すると、作業時間と作業人員の数で生産性の向上が図れたが、価格や維持費など課題も確認された。

TLSなどの計測器械は各メーカーで日々改良され機能の向上が図られており、今後低価格になると推測されることから、細かく情報収集を行い、現場の環境に応じた計測器械を選定し、器械の特性や機能を把握する必要があると考える。

4-3 ICT 舗装への活用について

レーザースキャナーによる計測は、以下の3点が重要な留意点となる。

- ①計測面に車両や仮設材などが置かれていない
- ②水溜まりがなく、路面が乾いている
- ③規定される計測密度を考慮した計測計画

当現場は新設のトンネル内という点から、上記3点を満たすことができる好条件の環境であった。しかし、通常の新設工事では、

- (ア) 天候の影響
- (イ) 先行工事の遅れ
- (ウ) 計測に伴う他業との打ち合わせ

などの条件も加味した施工および工程の調整も必要になる。

4-4 今後の展望

レーザースキャナーによる効率の良い計測方法が確認できた一方で、新技術やデータ処理について課題があることも確認できた。ICTに関する知識だけでなく、パソコンや情報端末の性能といった、情報工学の知識も高めていく必要があると考える。

4-5 謝辞

最後に、今回のレーザースキャナーの計測に関して、現場の提供にご協力いただいた発注者の方々、および現場関係各位の皆様にご心から感謝いたします。