

レーザースキャナーを用いたトンネル出来形管理による生産性向上の効果

佐藤工業（株） 正会員 ○須佐見朱加 京免継彦
石井誠 辻本剛士

1. はじめに

建設現場における生産性向上を目的として、ICT（Information and Communication Technology）の積極的な活用が推進されている。

その事例の一つとして、レーザースキャナー（以下、LS と称する）を用いたトンネルの出来形管理が挙げられる。これは、従来、巻尺やレベル等で行っていた出来形計測を LS 計測に置き換えることで、高所での作業が不要となり、作業の効率化と安全を確保することができる。実際のトンネル工事において、その有効性¹⁾は確認されているが、生産性向上に関する具体的な報告はされていない。

そこで、本文では施工中のトンネル現場において LS を用いた出来形管理を試行し、従来の方法と比べ、生産性がどの程度向上するのか報告する。

2. 計測概要

計測場所は、三重県内にある山岳トンネルである。本トンネルは、施工延長が 718m、NATM 工法（発破掘削）により施工したものである。

LS は、計測対象物の表面形状を無数の点データ（点群）として取得できるため、トンネルの掘削壁面のように凹凸が多い場所には最適な計測器である。計測は、GLS-2000（TOPCON 社製）を使用し、レーザースキャナーを用いた出来形管理の試行要領（案）²⁾に準拠して実施した。

図-1 は、計測の概略図である。まず、LS をトンネル中心に、標定点を既知点である坑内測量基準点にそれぞれ設置する。標定点を視準し、後方交会によ

り器械設置位置を算出する。その後、トンネル壁面の形状を計測する（図-1）。計測条件は、表-1 に示すとおりである。

3. 出来形管理方法

計測した 3 次元データは、図-2 に示すフローに従い処理を行う。

計測したデータは、LS の器械中心を原点とする座標系であるため、現場の座標系に変換する。その後、今回開発した処理ソフトに取り込み、出来形管理に必要なトンネル壁面だけの点群を抽出する。その後、三角形分割によりメッシュを作成し、打設前計測と打設後計測のそれを重ね合わせる。その差から覆工厚さを求め、その値を数十 cm 四方のブロック毎に色分け表示したヒートマップを作成する。

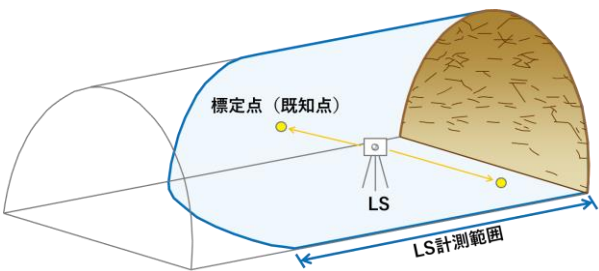


図-1 計測概略図

表-1 計測条件

計測時期	計測密度	計測間隔	計測時間
吹付けコンクリート後 （打設前計測）	6.3mm/10m	30m	7 分
覆工コンクリート打設後 （打設後計測）	12.5mm/10m	40m	2 分

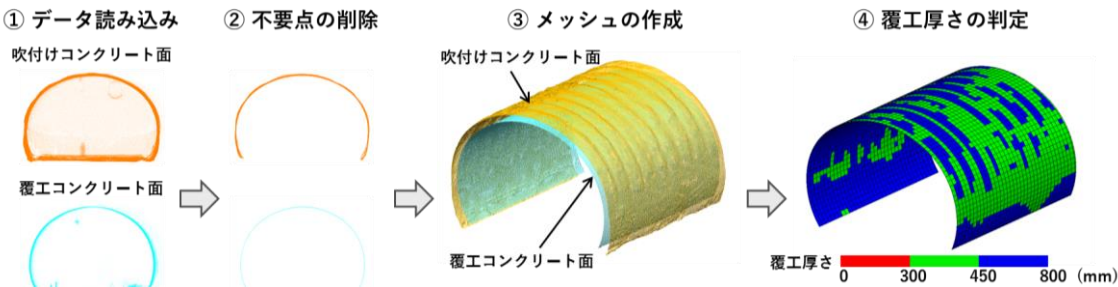


図-2 計測データの処理フロー

キーワード トンネル、レーザースキャナー、出来形管理、ヒートマップ、生産性向上

連絡先 〒103-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19 佐藤工業（株） ICT 推進部 TEL：03-3661-2932

4. 生産性に関する一考察

図-3 は、1BL (=10.5m) 分の処理結果である。覆工厚さが規格値の 300mm を下回る場合、赤色で表示されるため、規格値に満たない箇所を視覚的に把握することができる。従来の出来形管理（以下、従来管理と称する）はピンポイント計測である一方、LS を用いた出来形管理（以下、LS 管理と称する）は 3 次元の連続した面的データを管理することができるため、覆工コンクリートの品質管理向上に寄与することが可能である。また、脚立や高所作業車を用いた計測を行う必要がないため、作業員の安全を確保することができる。

図-4 は、1BL あたりの従来管理と LS 管理の作業時間を比較したものである。なお、従来管理の作業時間は、担当者からの聞き取り調査に基づいたものである。覆工コンクリート打設前は、1 断面あたり数ヶ所、セントルにある検査窓から壁面との距離を計測する必要がある。さらに、覆工コンクリートの打設量を算出する際、その計測は全窓におよぶ。覆工コンクリート打設後においても打設前と同様、覆工コンクリート厚の計測に加え、内空幅や基準高、延長を計測する必要がある。そのため、一連の写真撮影・整理に約 150 分要する。

一方、今回試行した LS 管理は、短時間で広範囲の計測が可能であり、計測とデータの処理時間を合わせても 1BL 当たり 30 分で作業が完了する。LS 管理の詳細な作業時間は、表-2 に示すとおりである。作業時間を比較すると、LS 管理は従来管理に比べ、大幅に時間を短縮することができ、生産性を最大 8 倍に向上可能であることがわかった。また、トンネル全線における作業時間は、施工延長が長くなるほど生産性向上に与える効果が大きくなると推測される。

5. まとめ

施工中のトンネル現場において、LS を用いた出来形管理を試行し、以下の主要な知見が得られた。

- (1) トンネル坑内における LS 計測は、高所での作業が不要となり、安全性向上につながる。
- (2) トンネル坑内における LS 計測は、面的な管理を行うことができ、ヒートマップ化することで、覆工厚さを可視化することができる。
- (3) 今回実施した LS 管理において、従来管理と比較して大幅に作業時間を短縮し、生産性を最大 8 倍に向上できることが確認された。

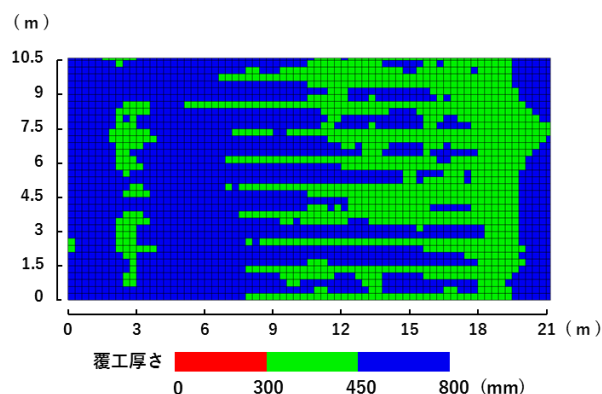


図-3 ヒートマップの一例（1 メッシュ=30cm）

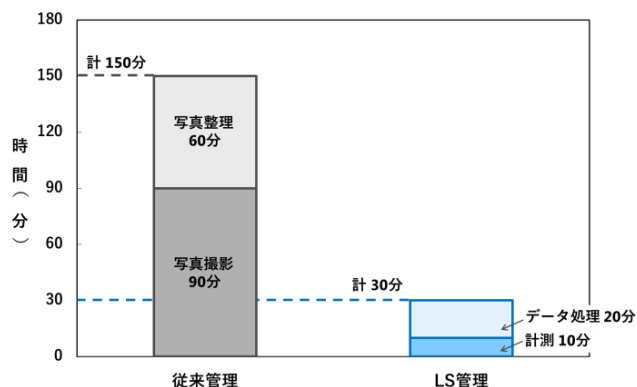


図-4 必要作業時間の比較（1BL あたり）

表-2 作業時間（LS 管理）

計測時間（器械設置時間含む）		
打設前計測	6.7 分/BL	（20 分で 3BL 分）
打設後計測	3.75 分/BL	（15 分で 4BL 分）
	10.45 分/BL	
処理時間		
打設前計測		
点群作成	5 分/BL	（15 分で 3BL 分）
ヒートマップ	5 分/BL	
打設後計測		
点群作成	3.75 分/BL	（15 分で 4BL 分）
ヒートマップ	5 分/BL	
出来形帳票出力	1 分/BL	
	19.75 分/BL	

参考文献

- 1) 小西昭裕，織田重和，櫻井雄二郎，塩崎正人，佐田達典：3 次元レーザースキャナーを用いたトンネル覆工巻き厚管理の現場適用，土木情報利用技術講演集，Vol.31，pp.61-64，2006。
- 2) 国土交通省：レーザースキャナーを用いた出来形管理の試行要領（案）（トンネル編），2017。