

レーザースキャナを用いた坑内計測時間短縮の試み

佐藤工業 正会員 ○須佐見 朱加
正会員 京 免 継彦

1. はじめに

山岳トンネル工事では、作業の効率化と安全性向上を目的としてレーザースキャナ（以下、LS）の活用が盛んである^{1) 2)}。当社においても新幹線トンネル工事を中心にLSを導入しており、その計測点群を積極的に施工管理へ活用している。しかしながら、現行の計測方法では、器械据付～LS ターゲットのスキャン～計測完了まで約 20 分要するため、おのずと計測対象に限られる。そこで、LS の計測時間を短縮することで計測対象の範囲拡大を試みた。

本報では、LS の新たな計測方法（以下、リアルタイム計測）を紹介するとともに、従来の計測では難しかった掘削直後の形状を計測し、① アタリ判定、② 鏡面の吹付けコンクリート厚さを評価したので、その結果についても報告する。

2. リアルタイム計測

(1) 使用機器

リアルタイム計測では、表-1 に示す Leica 社製のLS（ScanStation P40）と計測点群の取得・座標変換ソフトウェア（Cyclone Fieldworx）を使用する。

(2) 計測方法

図-1 は計測の概略図を示したものであり、LS をトンネルの中心付近に設置した後、LS 専用ターゲット 3 個を含んで計測を行う。Cyclone Fieldworx では、計測点群からターゲット形状を自動認識し、その中心座標を自動で算出するため、事前にトータルステーション等で測量成果との相関関係により、現場の座標系に自動変換する。そのため、LS を正確に水平設置することもターゲットのスキャンも不要となる。

ただし、ターゲットを自動認識するには、ターゲット上での点群密度が縦・横ともに 15 点以上必要であることから、4.5 インチのターゲットを使用する場合は、LS 設置位置から 10m 以内に、6 インチの場合は 20m 以内に設置する必要がある。

計測の際、LS と PC を専用ケーブルで接続することでリアルタイムに計測点群を確認できる。また、点群データを直接 PC に保存し、点群処理ソフトと連携することでその場で出来形を確認することができる。

表-1 ScanStation P40 の性能

項目	仕様
計測スピード	最大 1,000,000 点／秒
計測範囲	水平 360°／鉛直 270°
距離精度	1.2mm + 10ppm
測角精度	水平 8"／鉛直 8"
座標精度	3mm@50m, 6mm@100m

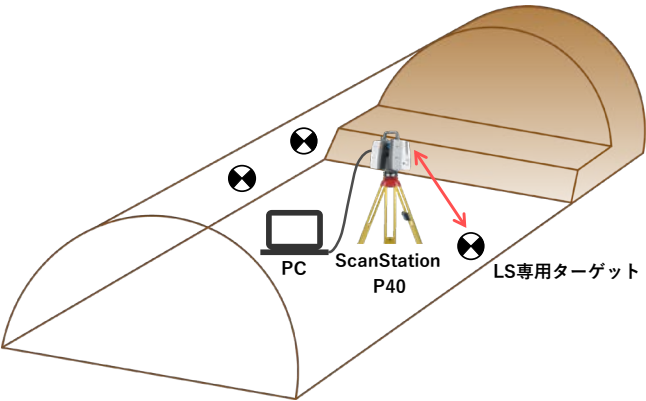


図-1 計測の概略図

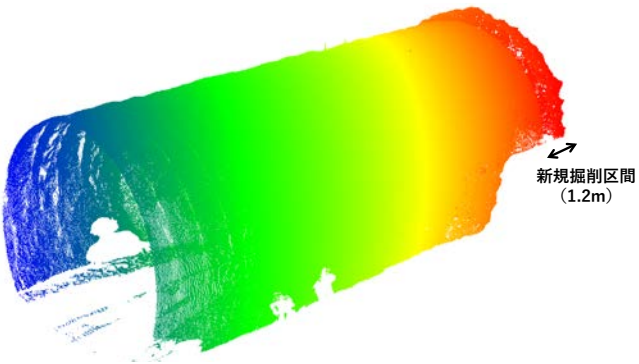


図-2 計測データの一例（掘削完了後）

キーワード 山岳トンネル、レーザースキャナ、計測時間の短縮、アタリ、切羽
連絡先 〒1083-8639 東京都中央区日本橋本町 4-12-19 佐藤工業株式会社 ICT 推進部 TEL：03-3661-2932

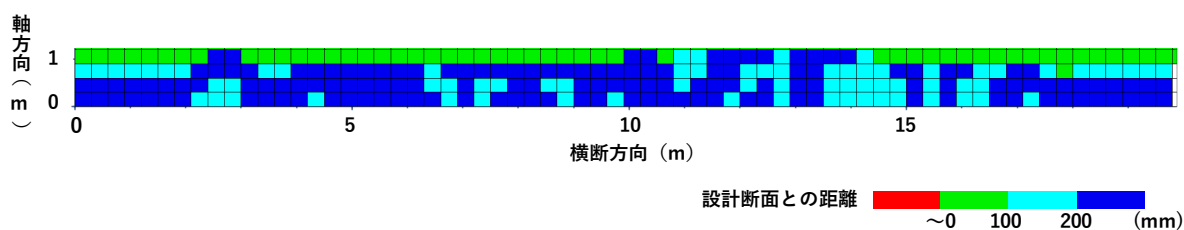


図-3 アタリ判定 (掘削長分=1.2m, 1区画=300mm)

(3) 施工現場での試行

今回、施工中のトンネル現場において、リアルタイム計測を試行した。

LS は切羽から 5m 程度離れたトンネル中心付近に、4.5 インチのターゲットを LS 設置位置から 10m 以内に 3 個、それぞれ設置した。ターゲット背面にはプリズムをつけているため、基準点計測および LS 計測時の取り換え作業は不要であった。なお、計測は、①掘削完了後、②吹付けコンクリート施工後の計 2 回、計測密度 6mm@10m で実施した。

3. 処理結果と考察

図-2 は、掘削完了後の計測データである。今回、新たに掘削した 1.2m の区間を対象にアタリ判定と鏡面の吹付け厚さを評価する。

アタリ判定は、掘削完了後の計測点群と設計断面を比較し、設計断面より内側に点群がある場合には赤色で表示されるため、アタリ箇所を一目で把握することができる(図-3)。また、同時に余掘り量も確認できるため、過度な余掘りおよび掘り残し防止につながる。そのため、掘削面を評価することは施工サイクルを円滑に回す上で重要であるといえる。

鏡面の吹付け厚さは、掘削完了後と吹付けコンクリート施工後の計測点群を比較することで算出する。図-4 のように、所定の厚さを確保できているか視覚的に確認することができる。そのため切羽に立ち入ることなく安全に鏡面全体の吹付けコンクリート厚さを把握することが可能である。

計測時間に着目すると、リアルタイム計測では掘削完了後、吹付けコンクリート施工後、いずれの計測においても LS 設置から計測まで 5 分以内で完了し、計測時間を大幅に短縮可能であることを確認した。また、LS の水平設置およびターゲット視準が不要であることから、計測者の違いによる作業時間のバラツキを小さくすることができる。

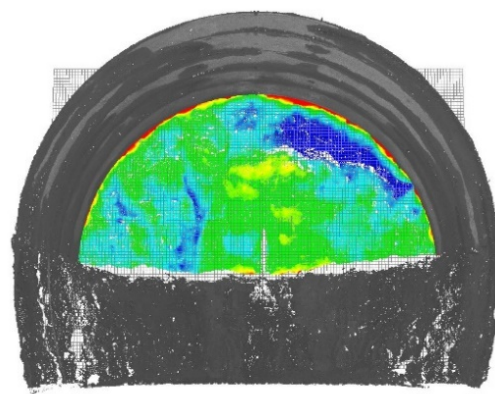


図-4 鏡面の吹付け厚さ (1区画=50mm)

4. まとめ

本報では、施工中のトンネル現場において、LS の計測対象の範囲拡大を目指し、リアルタイム計測を実施した。その計測データをもとに、①アタリ判定、②鏡面の吹付けコンクリート厚さの評価を行ったところ、以下のことを確認した。

- 1) 今回試行したリアルタイム計測では、器械据付から計測まで 5 分以内で完了し、現行の方法に比べ、計測時間を 1/4 に短縮可能である。
- 2) 計測時間の短縮により、従来、安全上の観点から実施困難であった掘削直後の LS 計測が可能となった。LS 計測の適用拡大により、施工品質や安全性を向上し、次工程をスムーズに進めることができる。
- 3) 今後は、計測したデータをクラウド等で管理し、点群処理ソフトと連携することで、リアルタイムに評価可能なシステムの構築を目指す予定である。

参考文献

- 1) 須佐見朱加：レーザースキャナを用いたトンネル内空変位計測の試み、第 55 回地盤工学会研究発表会、DS-8-05, 2020.
- 2) 須佐見朱加、京免継彦：山岳トンネル施工におけるロックボルトの自動検出、土木学会第 75 回年次学術講演会、VI-1090, 2020.