

3 次元点群を取得可能なトータルステーションの切羽形状計測への適用性

飛島建設 正会員 ○木村 圭佑

飛島建設 正会員 熊谷 幸樹

1. はじめに

山岳トンネルの建設工事では、掘削ずり処理コストや、吹付けコンクリートの余吹きによる材料コストの観点から、余掘りやアタリの低減が課題となっている。そのため余掘りやアタリを迅速に把握し、次作業で修正できる管理体制を構築することが重要である。さらに、肌落ち災害防止の観点から、素掘り状態の切羽へ立ち入って作業を行わないことが求められており、切羽に立ち入らずに遠隔で掘削形状を確認する手法が必要である。

これらの課題に対して、3D スキャナを用いた施工管理システムが開発されている¹⁾が、現地計測や計測データ解析に時間を要するため、施工サイクルを阻害することなく掘削管理が実施できるシステムが求められている。

本報では、3次元点群を取得可能なトータルステーション（以後マルチ TS とする）に着目し、トンネル工事現場において、発破掘削後と吹付けコンクリート施工後の切羽形状計測を実施し、余掘りやアタリ計測、および出来形計測への適用性を検証した。以下に検証の概要と結果を示す。

2. 検証システム概要

本検証で用いるマルチ TS を図-1 で示す。本マルチ TS は、毎秒 30,000 点の点群データを取得可能である。また、トータルステーションであることから、



図-1 使用機器

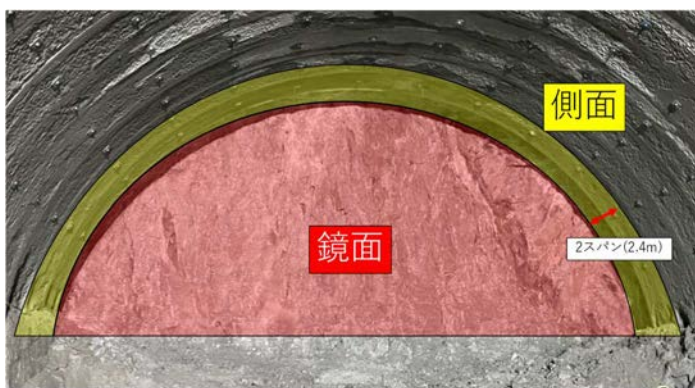


図-2 計測範囲（鏡面と側面 2 スパン 2.4m 幅）

既知点による後方交会を実施し、機器単体で自身の絶対座標を得ることができ、その場で取得した計測点群の絶対座標が得られる。さらに、機器自体に設計データを読み込むことで、その場で設計と実際の形状を比較することが可能である。

3. 検証方法

検証は2段階に分けて実施した。

STEP1：事前計測

作業を実施していない切羽で、計測密度などのパラメータを決定する目的で実施

STEP2：本計測

掘削作業中の切羽で、掘削完了後（ずり出し後）と吹付けコンクリート施工完了後に掘削面の計測（2 サイクル分、計 4 回実施）。なお、ずり出し後の計測は、安全のために切羽監視員の監視の下、切羽から 15m 離れた位置で行っている。

計測範囲は、図-2 で示すトンネル切羽上半の鏡面と側面（鏡面から 2 スパン分の 2.4m）とした。

計測は、

1. マルチ TS の据え付け
 2. 後方交会によるマルチ TS 座標の計測
 3. 計測範囲の指定
 4. 点群計測
 5. 解析・結果表示
- の順番に実施する。

キーワード 3次元点群データ、トンネル、余掘り、トータルステーション

連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 飛島建設株式会社 技術研究所 TEL04-7198-1101

4. 現場検証結果

事前計測の結果、点群計測に要した時間および計測点群数は表-1で示す通りとなった。また、この時間に加えて、マルチTSの据え付けや後方交会、計測範囲の指定、ヒートマップ表示のためのデータ解析に要する時間として合計5分程度必要であることが確認できた。このため、②の本計測においては、出来形管理として十分な精度を確保できる20cmメッシュの計測ピッチで実施することとした。本計測によって得られた点群データの一例を図-3で示す。同図は掘削後の計測データであり、切羽の鏡面と側面の点群が計測できていることがわかる。図-4は吹付けコンクリート施工後の点群と、吹付けコンクリート面設計データをマルチTS上で差分解析したものである。図中の黄色円で示す部分は、設計データに対して外周側に点群が存在する箇所である。掘削後の点群と掘削面設計データで同様に解析することで、余掘りやアタリ箇所を計測後30秒程度で画面上に表示することが可能である。

図-5は、掘削後と吹付けコンクリート施工後の点群の差分解析をマルチTS上で行った結果を示している。鏡面におけるマイナス方向の差分が吹付け厚さを示しており、面的に鏡吹付け厚さを取得できることを確認できた。また、吹付けコンクリートのボリュームも算出可能である。

表-1 計測ピッチ毎の点群計測時間と計測点数

計測ピッチ	計測時間	計測点数
2cmメッシュ	7分51秒 (47秒)	62,167
5cmメッシュ	2分58秒 (17秒)	10,203
10cmメッシュ	1分33秒 (9秒)	2,487
20cmメッシュ	51秒	622

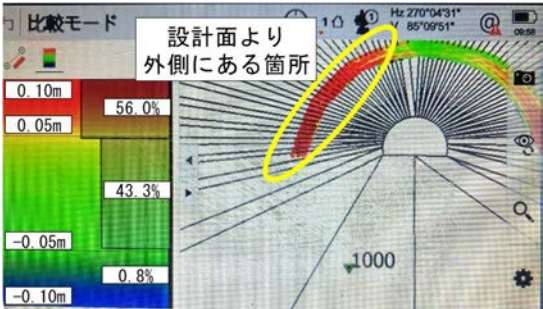


図-4 吹付け面の設計と点群の比較

5. おわりに

本報では、山岳トンネル建設工事現場にて、3次元点群を取得できるマルチTSを用いた断面形状計測の検証結果を示した。

本検証において、余掘りやアタリ箇所の表示および、余掘り量の算出、吹付けコンクリートの出来形計測を実施できることが確認できた。

本検証は、切羽付近にマルチTSを設置して計測を実施したため、計測に10分程度要したが、マルチTSを切羽付近に常設することで、設置に要する時間を削減でき、作業の邪魔とならないようにできると考えられる。

また、本検証では精度確認試験を実施していないため、実運用には吹付けコンクリートのコア抜きにより得られた実測値等との比較検証が必要である。

謝辞

本論文を作成するにあたり、ライカジオシステムズ社の技術協力を賜りました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

1) 須佐美朱加, 京免継彦: レーザースキャナを用いたアタリ判定, 第74回年次学術講演集, 土木学会, VI-388, 2019.

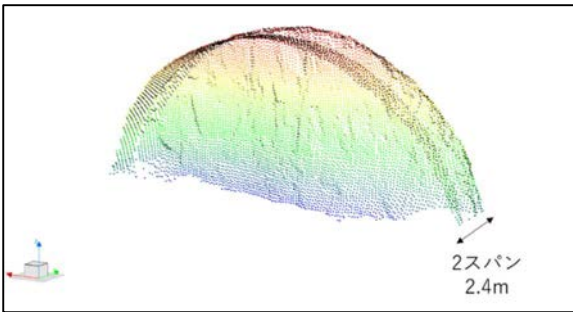


図-3 得られた点群データ

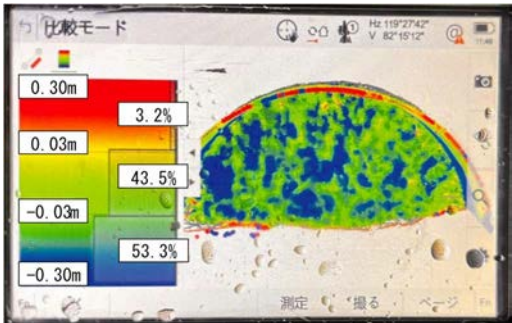


図-5 吹付けコンクリート厚さ表示