

自律四足歩行ロボットを活用した覆工コンクリートの出来形管理の省力化

ペンタテクノサービス株式会社	正会員	○鈴木 雅登
ペンタテクノサービス株式会社	正会員	佐藤 功一
五洋建設株式会社	正会員	石田 仁
五洋建設株式会社	正会員	藤田 真司
五洋建設株式会社	正会員	坂元 秀行

1. はじめに

昨今の建設業においては、労働人口の減少に伴う人手不足が課題となっており、ICT を活用した省力化の取り組みが進められている。本試行では、測量用の 3D スキャナを搭載した自律四足歩行ロボットを、山岳トンネル工事における覆工コンクリートの出来形管理に適用し、自動計測の精度ならびに省力化を検証した。

2. 使用機材

本試行においては Boston Dynamics 社の自律四足歩行ロボット「Spot」とニコン・トリンブル社の地上設置型 3 次元レーザースキャナ（以下、TLS）「X7」を使用した。X7 はオートキャリブレーション機能が搭載されており、Spot のマッピング機能を基に指定したルートを巡回する自動巡回機能と組み合わせることで自動計測を行う事が出来る。TLS 用の特徴点として、半径 115mm のスフィア型ターゲット(以下スフィアとする)を使用。

3. 実験概要と計測手順

(1) 実験概要

実証現場を図-1 に示す。対象としたトンネルは幅約 14m、高さ約 8m（内空断面 90.1m²）の、掘削工、覆工コンクリート工を施工中のトンネル現場である。Spot による計測は、自動巡回機能を用いて覆工前後の点群データを自動的に取得した。精度については、トータルステーション（以下 TS とする）の計測値と比較した。自動計測したデータをオープンソースソフトウェアの「Cloud Compare」を使用して座標値を設置し、TS にて計測した測点と重ね合わせた。測点と測点の近傍 3 点を結んだ面（図 2 参照）との垂直な線の長さを算出し、これを TS と TLS の計測差分とした。

(2) 計測手順

計測に先立ち、各計測対象のブロックごとに走行経路を記録した。計測手順を図 2 に示す。基準点には図 3 に示すスフィアを用いた。スフィアの設置にあたっては、施工や通行に支障がなく、状況に応じ撤去が可能なように、トンネル片側の壁面沿いに三脚で設置した(図 3、4 参照)。事前に設定した計測ブロックを指定すると、Spot は自動的に Dock から立ち上がり計測を開始する。今回は 2 ブロックずつ(約 20m)を対象としたが、20 分程度で計測を終え Dock に帰還する。



図 1 工事現場位置図

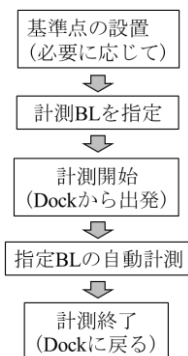


図 2 フロー



図 3 計測状況



図 4 計測環境

キーワード : トンネル, 四足歩行ロボット, レーザースキャナ, 出来形管理

連絡先 : 〒329-2746 那須塩原市四区町 1534-1 ペンタテクノサービス (株) TEL 0287-39-2130

運用中の課題としては、以下が挙げられる。

- 1) 計測中に作業員や車両が通過すると点群に映り込むことがある。
現場担当からは時間帯によって通行を制限したり、休工日を活用するなどの対策が可能との意見が出た。
- 2) 走行経路の記録時と、計測時で経路の状況が大きく変わると自己位置を見失い、停止する。
経路の記録時に経路上に車両等を置かないよう留意する必要がある。また、経路内の設備の設置・撤去などで見かけが大きく変わった場合に経路の記録をし直す必要がある。

4. 実験結果

検証結果を表 1 に示す。Spot の計測結果と TS の計測結果の差分は、吹付けコンクリートの表面計測時で 3〜25mm、覆工コンクリート表面計測時で 2〜35mm であった。差異が 20mm を超えている部分は、遮蔽物によって測定対象物の点群がまばらになり、TS の計測点と離れた位置の点群で評価している部分であった（図 5 参照）。全体を通じ、覆工コンクリートの厚さ管理に対して十分適用可能と考えられる。

5. おわりに

本研究では 自律四足歩行ロボット「Spot」を用いて覆工コンクリートの出来形管理の試行実験を行い、Spot の計測精度を TS によって検証した。その結果、覆工コンクリートの厚さ管理に十分適用可能であることがわかった。また、従来の検測孔を用いた厚さ確認には、3 名×2 時間(段取り含む)の作業時間を要していたが、本手法では 1 名×1 時間で行うことができ、高所作業車も不要となり省力化が可能である。
謝辞：本研究は 2022 年度国土交通省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」の助成を受けた。ここに記して感謝の意を表す。

参考 URL

- 1) 株式会社ニコン・トリンブル：Trimble X7 カタログ
<https://www.nikon-trimble.co.jp/products/product_detail.html?tid=356>
- 2) 国土交通省
<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000051.html>

吹付コンクリート					
測点	1	2	3	4	5
差分[mm]	13	9	18	13	10
測点	6	7	8	9	10
差分[mm]	25	15	3	16	15
覆工コンクリート					
測点	11	12	13	14	15
差分[mm]	30	2	9	13	15
測点	16	17	18	19	20
差分[mm]	35	29	9	5	9

表 1 TS と TLS の差分

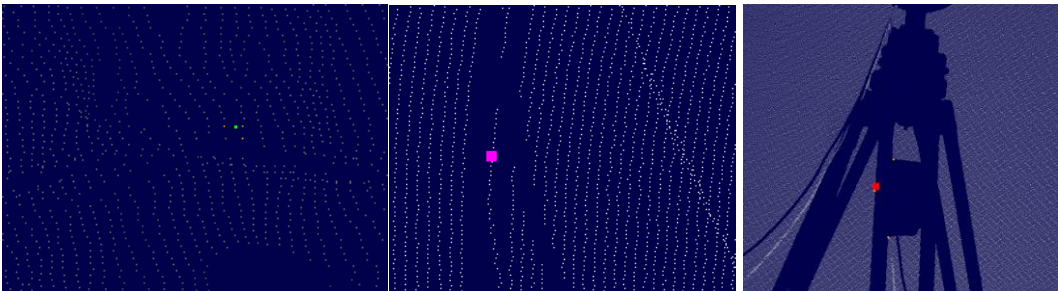


図 5 障害物の影になった例