

## シールドトンネル維持管理への点群データの活用に向けた一検討

(国研) 土木研究所 正会員 ○佐々木 亨, 石村 利明, 森本 智, 日下 敦

## 1. はじめに

シールド工法は都市部を中心にこれまで多くのトンネルに適用されている。山岳工法で施工されたトンネル同様、シールドトンネルにおいても施工時および供用後に発生した変状が確認されており、合理的な維持管理手法の確立が求められる。シールドトンネルでは、掘削土量やピッチング角等の掘進管理を行うためのデータ（以下、施工時データ）に加え、出来形管理を行うために計画線形からの蛇行量（以下、蛇行量）や組立誤差を含むセグメント設置後の設計内径からの変化量（以下、真円度）などの出来形データが一定間隔で計測されている。これらのデータは現状維持管理には用いられていないが、これまでにクラックやうき・はく離等の変状と関連性が報告されている<sup>例え1)</sup>。本稿では近年多方向で活用され始めている 3D 点群データ（以下、点群）を用いて連続的に蛇行量や真円度を算出し、整理分析することで、シールドトンネルの維持管理への点群の活用可能性を検討した。

## 2. 対象トンネルおよび使用機器、レーザ計測の概要

供用中のシールドトンネルにおいて、設置型の 3D レーザスキャナーを用いて点群を取得し、点群から蛇行量及び真円度を算出することを試みた。対象としたトンネルの基本断面形状を図-1 に示す。このトンネルは内径 3.4m でトンネル下方には厚さ 300mm 程度の路床が打設された 2 次覆工を採用していないトンネルである。また、トンネル周辺の地盤にはトンネル上部に N 値 10 程度以下の沖積層の砂質土が一部存在し、供用後 10 年程度経過しており、変状事例が報告されている<sup>1)</sup>。

今回点群取得に使用した機器は、GPS が届かないトンネル内においても基準点を設けることで点群に相対的な座標値を付与することができる Leica 社製の 3D レーザスキャナー RTC360 であり、点群座標取得精度は 1.9mm@10m である。

計測手法の概略図を図-2 に示す。点群の取得はまず計測区間の外に基準点を設置しローカル座標をセットする。その後、計測区間の起点位置にスキャナーとターゲット 4 つを設置し 3D 計測を行う。

一度の 3D 計測が終了した後、15m 進んだ位置に RTC360 とターゲットを再設置して再度 3D 計測を行う。これを計測区間が終了するまで繰り返す。この時、直前の計測時に設置していたターゲットと同じ位置にターゲットの一部を残置し計測することで、機械が同位置と認識し、精度の高い連続した点群が取得できる。

## 3. 点群から断面情報の抽出方法

点群を取得した後、照明灯具等の不純物を可能な限り除去し、各リングの中心位置及び水平・鉛直の内空幅を取得した。蛇行量はまず、点群から取得した各断面の中心座標から 1 リングごとの鉛直および水平方向の移動量を計算し、それを近似することでトンネル中心軸を算出する。その後、中心軸と各リングの中心位置との鉛直・水平方向の差を取ることで蛇行量を算出した。また、真円度は、点群から取得した各断面の内空幅・内空高さから設計内径 (3.4m) を引くことで算出した。なお、鉛直の真円度は点群から算出した内空高さに設計路面厚を一律で加算してから設計内径を引いて真円度を算出した。

## 4. 点群取得結果の整理

図-3 に各リングの蛇行量を、図-4 に各リングにおける鉛直および水平の真円度と各リングの変状数を示す。

キーワード シールドトンネル, 維持管理, 点群データ

連絡先 〒305-8615 (国研) 土木研究所 道路技術研究グループ (トンネル) TEL029-879-6791

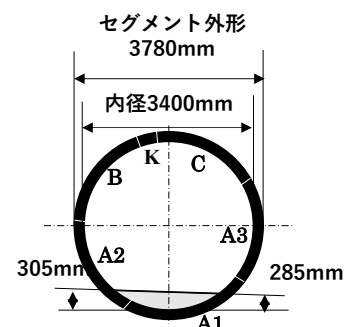


図-1 対象トンネルの断面形状

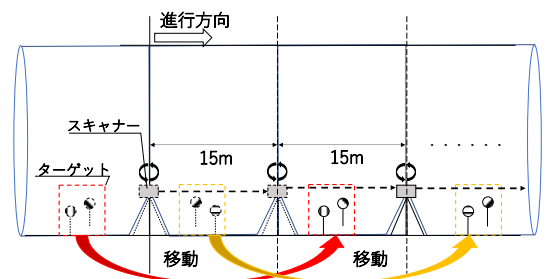


図-2 3次元計測方法の概略図

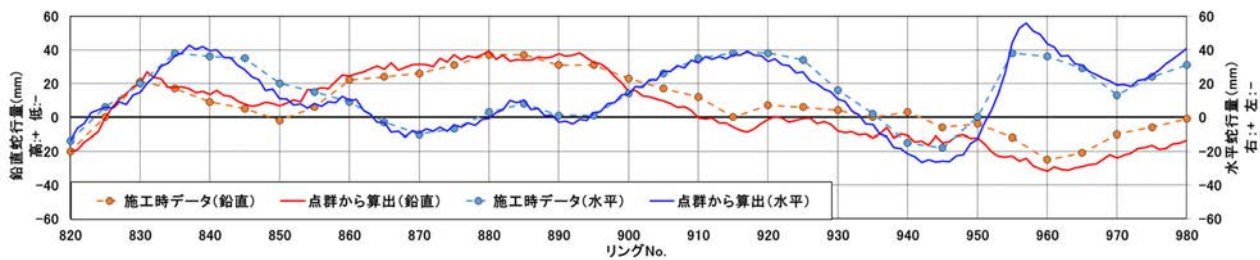


図-3 各リングの蛇行量

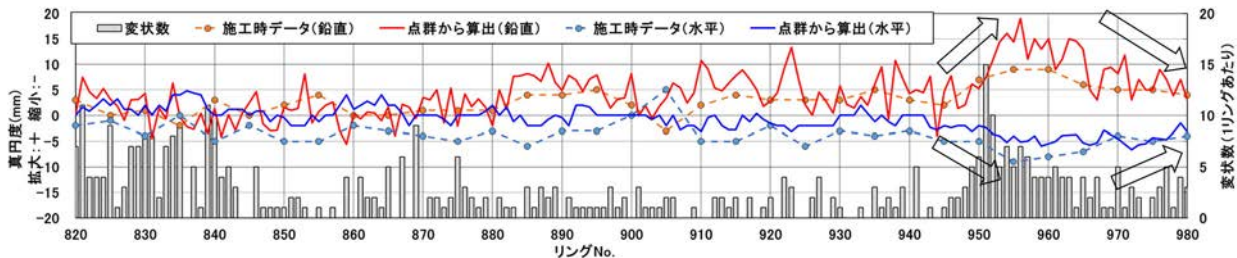


図-4 各リングの真円度と変状数

図-3 より、点群から算出した蛇行量と施工時に計測された蛇行量を比較すると概ね一致する結果となった。また、図-4 より、点群データから算出した真円度と施工時に計測された真円度を比較すると、水平・鉛直ともに誤差やばらつきが大きいものの、施工時の真円度と類似の傾向を示した。これらのことから、施工時には限定的な情報である蛇行量や真円度等の出来形データを点群により補完することができると考えられる。真円度における誤差やバラツキの原因は、取付金具や継手ボックス等の不用点群を完全に除去できていないことやリング毎の路床部の厚みを正確に把握できていないことと考えられ、それらを適切に処理することで誤差やバラツキは改善できると考えられる。

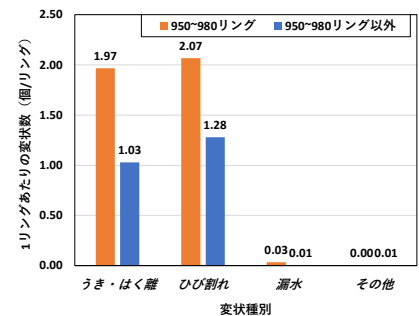


図-5 1リングあたりの変状数

また、図-4 において、鉛直の真円度が前後区間よりも特に大きく変化している 950～980 リング区間は他の区間よりも変状数が多く、特に真円度が急激に変化する 950 リング付近では変状数が最も多くなっている。図-5 に 950 から 980 リング区間と 950 から 980 リングを除く区間の 1 リングあたりの変状数を示す。真円度が他の区間に比べて大きい 950～980 リング区間ではひび割れやうき・はく離などの変状がその他の区間に比べて 2 倍程度多くなる結果となった。このことから、点群から各リングの蛇行量や真円度を算出することで変状が多く発生している可能性のある箇所を推定できると考えられる。ただし、真円度に大きな変化がない 820～840 リングにおいては継手部からのひび割れ等、多数の変状が確認されており、この区間について、既往研究で施工時のピッチングやテールクリアランス等のデータと変状の関係性が報告されている<sup>1)</sup>。これらのことから、より合理的な維持管理手法の確立には点群と施工時データを併用することが必要であると考えられる。

## 6. まとめ

本論では、シールドトンネルの維持管理に点群を活用することを目的に、供用中のシールドトンネルにおいて点群を取得し、点群から蛇行量や真円度の把握、およびそれらを使った変状箇所の絞り込みを試みた。その結果、点群を用いて蛇行量や真円度を密に取得することができ、また、真円度等を分析することで変状箇所を推定できる可能性を確認した。ただし、シールドトンネルにおける変状は必ずしも蛇行量や真円度に起因するとは限らないため、掘削時のテールクリアランスやピッチング等の施工時データと組み合わせた分析が必要である。今後は点群と施工時データを併用した合理的な維持管理手法の確立に資する検討を行う予定である。

**謝辞** 本調査に当たっては国土交通省近畿地方整備局大阪国道事務所のご協力を頂いた。関係各位に深甚なる謝意を表す。

## 参考文献

1) 石村利明, 森本智, 佐々木亨, 日下敦: 供用後のシールドトンネルの変状実態と施工時データの関係に関する一考察, 第 34 回日本道路会議, 2021. 11