

トンネル覆工の3Dモデル構築と点群差分解析による変形の算出技術の開発

(有) 吉川土木コンサルタント 正会員 ○藤瀬 恭平 非会員 藤原 康太郎 非会員 森 達也 正会員 吉川 國夫
福井コンピュータ (株) 非会員 芦原 興利
東北大学大学院工学研究科インフラ・マネジメント研究センター 正会員 楠葉 貞治 正会員 鎌田 貢

1. はじめに

市町村をはじめとする道路管理者は、人材不足、予算不足、技術力低下のなか、安全・安心な道路インフラを継続的に提供するため、新技術の活用などによる維持管理の効率化が求められている。道路インフラの維持管理の効率化においては、①点検業務の省力化、②健全度診断の適切化、③修繕措置の合理化、および④長寿命化修繕計画の最適化などによる、維持管理の品質の向上とライフサイクルコストの低減が重要となる。

著者らは、3Dモデルを用いた点検の効率化や、点検、診断、補修に関する一連の情報をデータベース化して、長寿命化修繕計画の策定等に利活用するインフラ情報システムの研究開発と社会実装に取り組んでいる。

本稿では、これら取り組みのうち、②健全度診断の適切化に関する、3D点群モデルを用いてトンネル覆工の変形状態や付属物の脱落、欠損等を検出する技術について、概要を報告する。なお、本技術は、令和5年度版の点検支援技術性能カタログ（国土交通省）に掲載された（技術番号：TN030013）。

2. 開発技術の特徴

本技術は、3次元レーザースキャナを用いてトンネル覆工の表面や付属物等の3D点群モデルを作成するとともに、新設時と定期点検時、もしくは前回定期点検時との点群データの差分解析により、トンネル覆工の変形分布や変形の進行、および付属物の脱落、欠損等を把握可能にして、健全性の診断に資するものである（図-1）。なお、本技術は、国土交通省が取りまとめた「道路行政の技術開発ニーズ」のうち、持続可能なインフラメンテナンス分野における、「トンネルの健全性の診断に必要な情報を定量的に把握・推定する技術」に該当するものである。

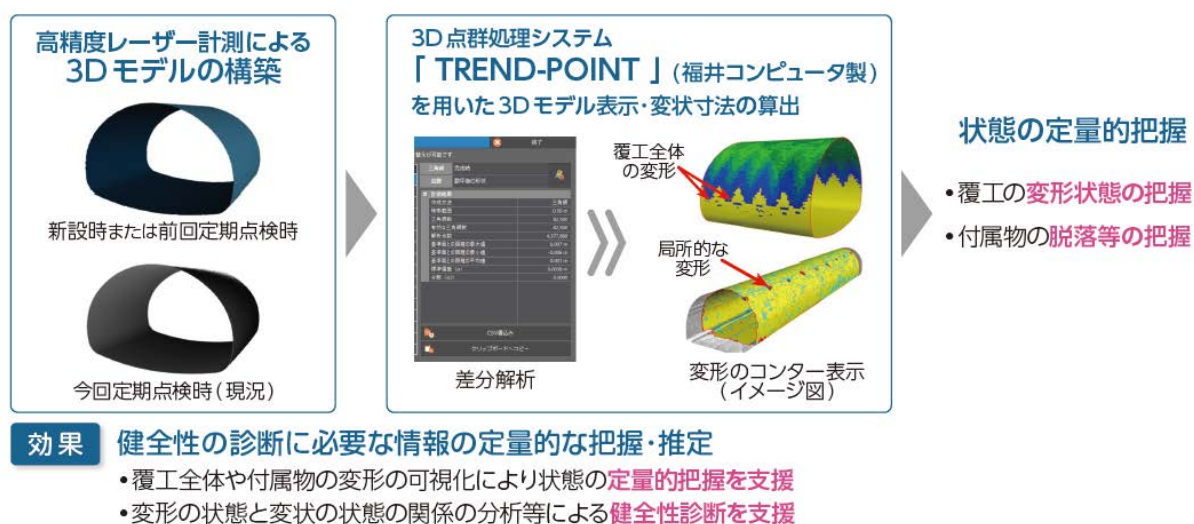


図-1 トンネル覆工の3Dモデル構築と点群差分解析による変形の算出技術

キーワード トンネル点検、3次元点群データ、差分解析、点検支援技術性能カタログ

連絡先 〒852-8001 長崎県長崎市光町10番5号吉川ビル2階

(有) 吉川土木コンサルタント 営業部 森 達也 TEL 095-862-0101

3. 検証試験

本技術の検証試験は、(一社) 施工技術総合研究所に設置された試験用の模擬トンネル (図-2、図面は <https://www.cmi.or.jp/> の関連ページより引用) を用いて実施した。3次元レーザー計測には、スキャニングトータルステーション Trimble SX10 ((株) ニコン・トリンブル社製) を、また、3次元点群処理システムは、TREND-POINT (福井コンピュータ (株) 社製) を用いた。

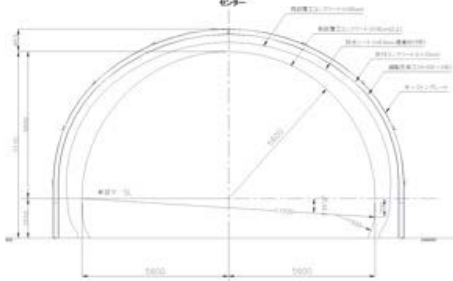
試験項目は、(1) 覆工コンクリート表面に設置されたマーカ間距離の計測精度、および (2) 模擬試験体を用いた覆工コンクリートや付属物の変位の計測精度の2種である。

距離の計測結果の例を図-3に示す。マーカ箇所0を基準点とし、マーカ箇所A、B、C、Dとの距離をそれぞれ計測した。計測誤差は、最大1.01%で、極めて高い計測精度が得られることが確認できた。

次に、模擬試験体を用いた変位計測の結果を図-4に示す。変位の計測は、Step1: トンネル内に、付属物等の変位を模擬する試験体の台座 (脚立に基板を取付けたもの) を設置、Step2: 基板のみの状態 (変位なしの状態を模擬) でレーザー計測を実施して3D点群モデルを作成、Step3: 基板に変位を模擬する平板を取付けた状態 (平板の厚さが変位に相当) でレーザー計測を実施して3D点群モデルを作成、Step4: Step2 と Step3 の点群座標値の差分解析により変位量を算出、の4ステップの手順で実施した。計測結果は5.1mmで真値4.95mmに対して差異0.15mm (誤差3.1%) であり、mm単位での計測精度を有することが確認できた。

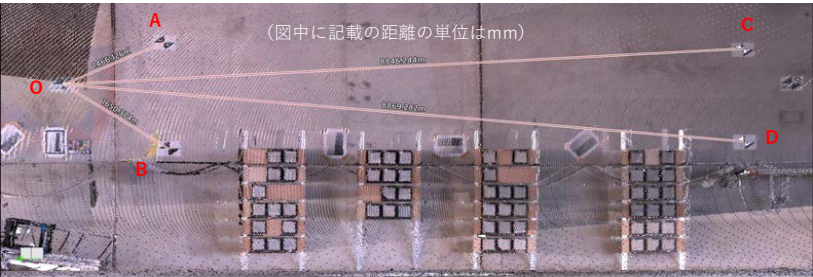


模擬トンネル全景 (正面)



模擬トンネル横断面

図-2 模擬トンネルの概要



3次元点群処理システムを用いたマーカ間距離の計測

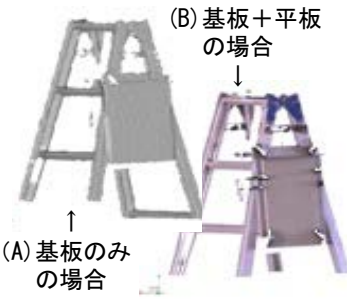
		0-A	0-B	0-C	0-D
(a) 計測結果	距離 (m)	1.466	1.650	8.846	8.869
	水平距離 (m)	1.338	1.377	8.831	8.834
	鉛直距離 (m)	0.600	0.910	0.515	0.794
(b) 真値	距離 (m)	1.467	1.657	8.848	8.878
	水平距離 (m)	1.342	1.386	8.833	8.842
	鉛直距離 (m)	0.594	0.907	0.511	0.796
(c) 差異 ((a)-(b))	距離 (m)	-0.001	-0.007	-0.002	-0.009
	水平距離 (m)	-0.004	-0.009	-0.002	-0.008
	鉛直距離 (m)	0.006	0.003	0.004	-0.002
誤差 ((c)/(b) × 100%)	距離	0.07	0.42	0.02	0.10
	水平距離	0.30	0.65	0.02	0.09
	鉛直距離	1.01	0.33	0.78	0.25

距離の計測精度

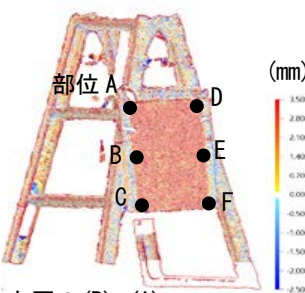
図-3 距離の計測



変位を模擬する平板



3D 点群モデル



左図の (B)-(A)
差分解析による変位コンタ

部位	① 基盤変位	② 平板表面	変位②-① (mm)
A	-1.93	3.22	5.15
B	-1.85	3.31	5.16
C	-1.88	3.22	5.10
D	-1.58	3.53	5.11
E	-1.52	3.55	5.07
F	-1.49	3.54	5.03
③ 計測結果の平均値			5.10
④ 真値の平均値			4.95
⑤ 差異(③-④)			0.15
誤差⑤/④ × 100%			3.10

変位の計測精度

図-4 変位の計測

4. まとめ

トンネル覆工の3Dモデル構築と点群差分解析による変形の算出技術を開発して、3D点群データを用いたトンネルの構造寸法や、トンネル覆工、付属物の変形計測が可能であることを確認した。今後、地方自治体が管理する道路トンネルの維持管理に適用して更なる検証を行うとともに、技術改良による適用性の向上に取り組み、道路トンネルの維持管理の効率化に貢献したい。