

トンネル覆工再生における覆工切削量検討へのトンネル出来形ソフトの適用性検証

飛島建設株式会社	正会員	○西田 信	正会員	松元 和伸
飛島建設株式会社	正会員	勝部 峻太郎	正会員	岩根 康之
中日本高速道路株式会社	正会員	鈴木 俊雄		

1. はじめに

高度経済成長期に建設された道路トンネルは矢板工法で施工されたものが多く、経年劣化に伴い、覆工コンクリートの老朽化が進んでいる。また、矢板工法トンネルは防水シートが設置されていないという工法的特徴から、漏水が発生しており、冬季にはツララが発生するため、走行車両への安全対策としてツララ落とし作業を実施しているが、実施に際し、渋滞の発生や交通事故を誘発するリスクがある。

これらの変状に対し、従前より覆工コンクリートの補修や導水樋の設置等、実施されているものの、覆工コンクリートの長期耐久性の確保、利用者被害リスクの低減および維持管理の効率化を目的に、抜本的な対策が求められている。

2. 覆工再生工とその施工における課題

中日本高速道路株式会社金沢支社では、抜本的な対策の一つとして「覆工再生工」が検討されている¹⁾。覆工再生工は、供用下での施工を想定し、トンネル中央部に「防護工」と称するプロテクターを設置し、防護工内に一般車両を通行させながら、既設覆工の切削、防水シートの設置および再生覆工コンクリートを構築するものである。

既設覆工の壁面の位置は、施工時の各種要因により、設計のトンネルセンタから算出する壁面の位置と幾らか「ずれ」で構築されている。設計のトンネルセンタに準拠し、壁面を切削した場合、この「ずれ」によって左右の切削量に差が生じ、一方の切削時間が延びることで、全体工程に影響を与える可能性がある。また、既設覆工を余分に切削すれば、構造安定性のリスクも高まる。このような事態を避け、左右の切削量を均等にするためには、既設覆工の三次元計測を実施し、最適なトンネルセンタ座標を決定する手法が求められる。

ここでは、既設覆工の座標から合理的にトンネルセンタを算出するシステムの開発を行った。

3. トンネル出来形管理ソフトウェアの開発と切削量バランス検討への適用

筆者らはこれまで、トンネル出来形管理システムの開発を目的として、LiDAR センサのトンネル切羽計測への適用性を検証しており²⁾、検証結果を基にトンネル出来形管理ソフトウェアの開発を進めてきた。本ソフトウェアは、トンネルの同一区間の設計データ（例えば、トンネル施工時の掘削断面）と三次元計測データに対して、トンネル設計面の法線方向に差分計算を行い、〈設計面－実施工での計測面〉間の距離および体積を算出・評価する機能を有している。また、本ソフトウェアは、三次元点群データを取得する計測機器を限定しておらず、汎用性を備えている。

覆工再生への適用に際し、本ソフトウェアをカスタマイズし、図-1 に示したように〈切削目標面－計測面〉間の体積（切削量）を、切削目標面センタに対し、左右それぞれの体積を個別に算出する機能を追加した。今回、覆工コンクリート切削量の左右バランスの評価への本ソフトウェアの適用性を検証した。

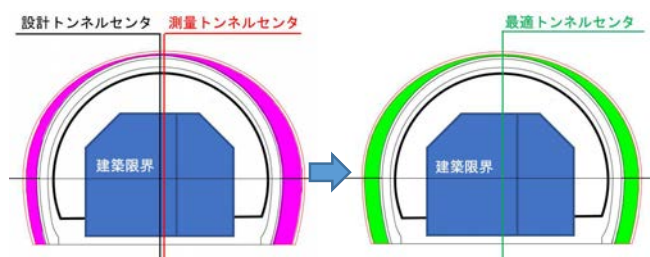


図-1 切削量の左右差による
トンネルセンタ位置決定

キーワード 三次元点群データ、リニューアル、トンネル、矢板工法、覆工コンクリート

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 TEL 04-7198-1101

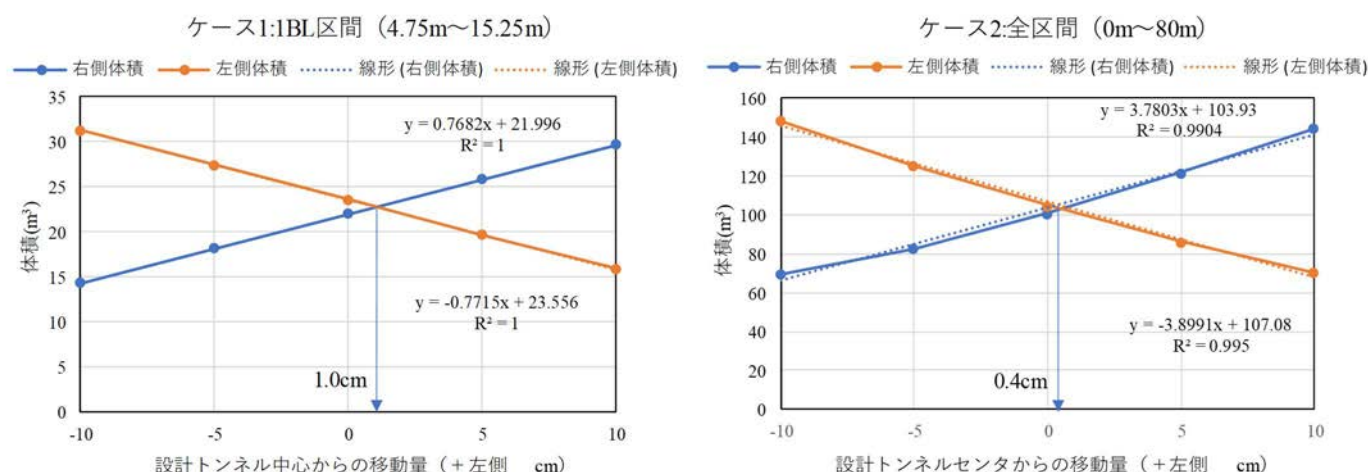


図-2 それぞれの検証区間におけるトンネルセンタ位置座標の算出

4. 模擬トンネルでの検証実験

1) 実験概要

延長 80m, 内空断面積 78 m², 勾配 0.30%, 直線の実物大の道路二車線断面の模擬トンネルで検証を行った。地上型 3D レーザスキャナを用いて既設覆工の計測を行い, 取得した高密度三次元点群データを計測面とした。模擬トンネルにおける設計のトンネルセンタの直角方向に, トンネルセンタ軸を左右にオフセットし, このオフセット軸による切削目標面と既設覆工の三次元計測の計測面との差, 〈切削目標面ー計測面〉間の体積が左右で等しくなるトンネルセンタ座標を算出する。

2) 切削量バランスの検討

ここでは, 切削目標面をトンネル軸直角方向に, 左右に 5cm, 10cm でオフセットし, それぞれにおいて 〈切削目標面ー計測面〉間の左右体積を算出した。また, 検討対象として, ケース 1 : 1BL(10.5m)区間 (坑口から 4.75m-15.25m), ケース 2 : 全区間 (坑口から 0m-80m) の 2 ケースで行った。専用ソフトウェアによる処理結果を図-2 に示す。ケース 1 の場合は, 設計のトンネルセンタより左に 1.0cm ずれた位置で左右の切削量が均等になることが判明した。また, ケース 2 の場合は, 設計のトンネルセンタより左に 0.4cm の位置が, 切削に対する最適センタであるという結果が得られた。切削量が均等となる交点の位置を出すために, 切削量とオフセットの長さとの近似線を算出する。ただし, ケース 2 のように, オフセットごとの切削量は, トンネルの横断勾配や計測面のトンネル軸方向の出入りの影響で必ずしも線形とならないため, 適切な次数の近似式を選定する。実際の施工においては, 覆工再生工実施区間の 1BL 区間ごとに最適センタを求め, 前後の解析結果のセンタとのすり合わせを行い, 連続性を確保する。

5. まとめ

延長 80m の模擬トンネルにおいて, 1BL 区間および全区間それぞれについて, 現況に対して最適なトンネルセンタ位置を算出したところ, トンネルセンタより左に 1.0cm, 0.4cm のシフトが最適位置であることが確認できた。このことから, 覆工再生工における切削位置決定において, 開発したトンネル出来形管理ソフトウェアの適用が有効であることが示された。実際の矢板工法のトンネルでは, さらに計画トンネルセンタとのずれが想定される。今後, ソフトウェアの改良によるさらなる機能向上により, 覆工再生工事における効率化・品質向上に寄与していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 中日本高速道路株式会社金沢支社：供用下における矢板工法トンネル覆工再生工に関する手引き（案），2020。
- 2) 勝部峻太郎, 松元和伸, 熊谷幸樹, 坂本秀夫, 濱崎年寿, 寺島巧：SLAM 技術を利用した 3D ラインセンサのトンネル現場への適用性検証, 第 76 回年次学術講演集, 土木学会, CS9-21, 2021。