

3次元レーザースキャナを活用した鉄道レンガトンネルの覆工補修

東日本旅客鉄道(株)	正会員	○淀 健	中島 哲哉
(株)熊谷組	正会員	大本 晋士郎	辻 栄太郎
第一建設工業(株)		竹田 誠	

1. はじめに

レンガトンネルの多くは断面が狭小で、建築限界特別認可を受けて使用しているため、補修の施工にあたっては断面を狭める補修は基本的に行えない。またレンガトンネルは、スプリングライン(以下SL)幅や天端高さが比較的設計通りで断面が均一なコンクリートトンネルとは異なり、トンネル幅、トンネル天端高さに大きなうねりや不陸が見られる事がある。このような状況で広範囲に及ぶレンガ覆工面の劣化の補修を行うためには、内空断面寸法や支障物の詳細を把握する必要があるが、従来のトータルステーションやレベルなどを用いた測量(事前に決めた場所のおおまかな点情報を取得する)では、多大な労力・時間を要し、精度も必ずしも高くない。また、鉄道トンネル内での作業は列車間合いによる時間制限を受け、十分に時作業間を確保できないため、短時間で効率的に計測を行う必要がある。

そこで今回、明治33年に建設された延長2,656mの冠着トンネルで3次元レーザースキャナ(以下レーザースキャナ)を用いて施工の効率化と施工精度の向上を図ったため報告する。

2. トンネル断面計測の効率化

最今、土木の現場に限らず様々な場でレーザースキャナが活用されており、計測費用も廉価になってきている。

今回、特に以下の理由でレーザースキャナの適用が最適と考えられ、覆工補修工の計画段階での断面計測に活用する事とした。

- ① 測量作業の効率化(短時間施工)
- ② 補修工の設置精度向上
- ③ 下束の移設の効率化

① 測量作業の効率化(短時間施工)について

測量作業の状況を写真-1に示す。レーザースキャナの作業手順は、データを合成するための基点となる球体を側壁付近に設置し、レーザースキャナを三脚に据え、起動すると水平鉛直360度のデータが自動的にスキャンされるというものである。図-1にスキャンした点群データによる3Dイメージを示す(坑口からトンネル奥に向かって見たイメージ)

今回の補修範囲は延長16mであり、作業員3名でレーザースキャナを3回移動して測量を行ったが、作業は夜間列車間合の3時間の間に終わらせることが出来た。平成22年に実施した補修工¹⁾の事前測量では、トータルステーションを用いて3断面(延長2m分)を行なうのに3名で2晩かかったことから、レーザースキャナを用いることで作業時間を従来に比較し1/10以下にすることが出来た。

② 補修工の設置精度向上について

本工事で実施した補修方法は、レンガ1層はつり落とし→防水シート設置→1mピッチでH型鋼の支保工を建て薄型パネルを設置→モルタルを充填する工法²⁾である。レーザースキャナによる事前測量の結果の一例を図-2に

キーワード：レンガトンネル、レーザースキャナ、内巻工、

連絡先： 〒380-0935 長野県長野市中御所1-8-13 JR東日本長野支社長野土木技術センター TEL026-224-3378
〒162-8557 東京都新宿区津久戸町2-1 株式会社熊谷組 TEL03-3235-8975



写真-1 レーザースキャナ測量状況

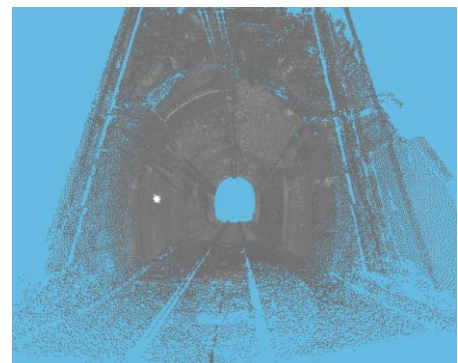


図-1 点群データ

示す。トンネル断面が狭くならない支保工の半円 R を検討した結果、最適値は 2230mm となり、それをもとに補修を実施した。黒線が施工前断面、青線が支保工の計画位置、赤線が施工後出来形（事後測量による支保工表面）である。

今回の施工において、不均一なレンガトンネルの断面の中で事前に詳細な断面を測量する事により、支保工の断面を施工前と比べ大きく縮小する事なく施工する事ができた。（表-1）

断面	SL幅(左側)	SL幅(左側)	差	SL幅(右側)	SL幅(右側)	差	天端高	SL幅(左側)	差
	設計値(mm)	実測値(mm)		設計値(mm)	実測値(mm)		設計値(m)	実測値(m)	
52k615m	2230	2233	3	2230	2233	3	615.266	615.269	3
52k620m	2230	2232	2	2230	2230	0	612.929	612.938	9
52k623m	2230	2230	0	2230	2233	3	612.870	612.870	0
52k630m	2230	2231	1	2230	2233	3	612.705	612.714	9

表-1 冠着トンネル出来高管理表

③ 下束の移設の効率化について

SL より上方に存在する支障物は架線とそれを支持する下束（写真-2）があった。SL 付近の信号線は施工に先立ち SL 以下に移動させることが出来たが、架線は日常の列車運行のために移動することが出来ない。下束は約 10m 毎に架線を支持しており、今回の補修範囲では2箇所が支障したため、下束を今回設置する支保工へ移設し架線を受替える事とした。下束の移設に際しては、架線の位置が上下・左右にずれないように留意し、スキャンデータを用いて移設位置を検討した。

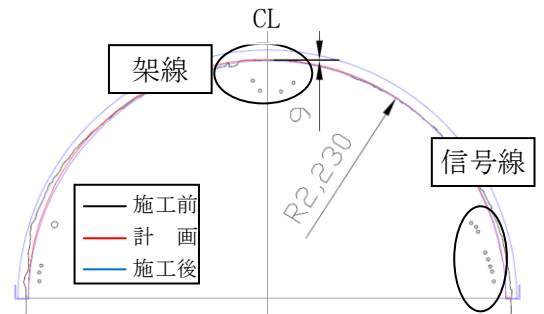


図-2 出来形断面図

補修対象区間は、トンネルく体は直線であるものの、レールは緩和と曲線区間であるため、架線は図-2 に示すようにトンネルセンターからずれている。また、下り勾配で、トンネル天端からの架線の離れも場所により異なっている。図-3 に架線および下束の点群データを赤色で示す。レーザースキャナにより下束の位置、架線の位置が事前に特定できたため、支保工製作の段階で支保工に下束を吊下げるボルト孔を精度よく加工することができ、2 時間程度の作業で 2 箇所の下束移設を実施することができた。なお事前に下束荷重に対して支保工が耐荷性能を有することをフレーム計算により確かめている。

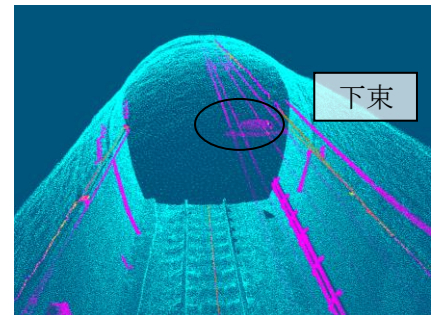


図-3 架線、下束の点群データ

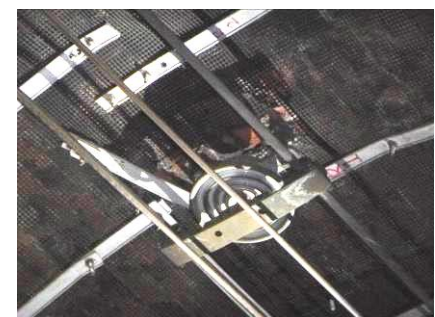


写真-2 下束および架線

まとめ

本工事では 2 年に渡り、老朽レンガトンネル坑口周辺の比較的規模の大きな覆工補修を実施したが（写真-3）、レーザースキャナの活用により効率的に精度よく施工する事ができた。今後も安全・安定輸送の確保のために当該トンネルを適切に維持管理していくに当たり、様々な技術を取り入れ、確実かつ効率的に施工を実施していきたいと考えている。

参考文献：

- 1) 老朽レンガトンネルの酸性水を考慮した覆工補修について：
土木学会第 66 回年次学術講演会(2011 年 9 月)
- 2) 凍害を受けた老朽レンガトンネルの覆工補修について：
土木学会第 70 回年次学術講演会(2015 年 9 月)



写真-3 補修工の完了