

3D レーザスキャナ測量等によるシールドトンネル補強工事の効率化

ー東京メトロ千代田線北千住駅・町屋駅間 B 線シールドトンネル補強・補修工事ー

株式会社 鴻池組 土木技術部 正会員 ○桶川 宏司 正会員 加藤 卓男
株式会社 鴻池組 東京本店 亀山 博通 松村 恵佑 澤田 和希
東京地下鉄株式会社 望月 勇太

1. はじめに

本工事は、東京メトロ千代田線北千住駅・町屋駅間 B 線シールドトンネルにおいて、トンネル変形の防止を目的とした二次覆工による補強対策と、漏水の抑制、継手ボルトおよび鉄筋の発錆抑制を目的とした補修対策を実施するものである。

補強対策のうち、側部補強は、埋設型枠工法を用いた二次覆工構造とし、セグメントに発生している負曲げの圧縮力に抵抗させて剛性を高める補強構造とした（図-1）。一方、変形量の大きい一部区間において、トンネル天端部は建築限界外に二次覆工の施工空間を十分に確保できないことから、側部補強に加えて、鋼材による引張補強部材を設置する補強構造とした（図-1, 2）。

当該トンネルは営業中の鉄道トンネルであるため、作業時間は夜間の列車運行停止時間帯に限られ、二次覆工などの対策工も建築限界外の空間に限られる。このような制約条件下において、施工方法の効率化が求められた。

本稿では、現在施工中の補強対策のうち、天端補強における施工方法の効率化への取り組みについて報告する。

2. 天端補強施工手順

天端補強は、①あと施工アンカー打設→②L型固定補強板設置（あと施工アンカー箇所）、L型固定補強板繋ぎ板設置→③既設継手ボルトナット回し→④既設継手ボルト押し出し→⑤継手ボルト交換、パッキン・L型固定補強板・テーパ座金取付→⑥継手ボルト部羽子板設置→⑦中子部羽子板設置→⑧羽子板間カプラー締付け→⑨絶縁材塗布の手順で施工した（図-2）。

3. 天端補強における課題

工事施工前に現状のトンネル変形状況を再確認し、列車走行の支障にならない工事計画にする必要があったが、トンネル断面は円形で、平面線形は曲線を含むため、計画した補強構造と建築限界との余裕量を正確に把握することが課題であった。

また、作業用足場を移動式枠組足場から高所作業車に変更することで、足場の組立解体時間を 40 分短縮し、天端補強の実作業時間を 60 分確保することができた。施工時においても作業終了前に短時間で建築限界余裕量を計測することが課題であった。

4. 課題に対する対策

キーワード シールドトンネル、トンネル変形、天端補強、3D レーザスキャナ、建築限界測定

連絡先 〒103-0023 東京都中央区日本橋本町 1-9-1 (株)鴻池組 土木事業総轄本部 技術本部 土木技術部 TEL03-5201-7910

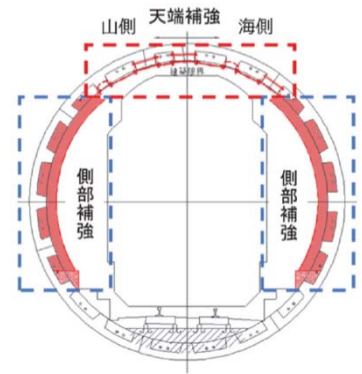


図-1 補強構造形式¹⁾

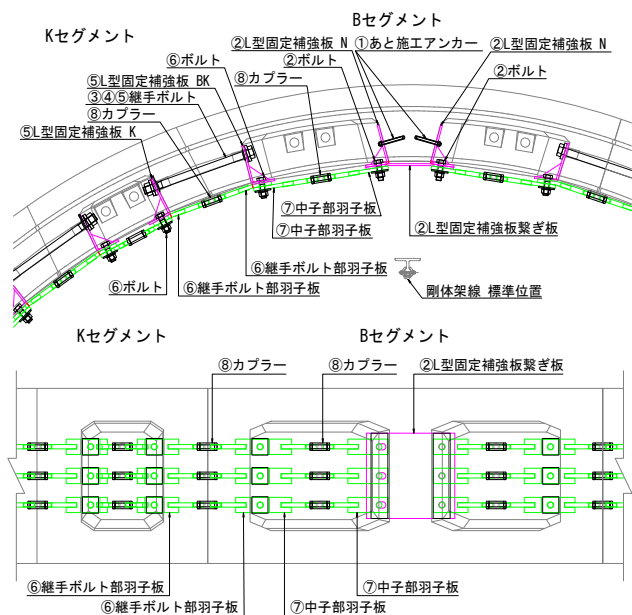


図-2 天端補強構造

工事施工前に 3D レーザスキャナ測量を実施し、3次元座標の連続した点群データを取得するとともに、天端補強区間に関しては、取得した点群データを見える化（トンネル内空断面の CAD データを作成）し、変形状況を正確に把握して補強材料寸法の調整に活用することとした。

また、施工時にオンレール型建築限界測定器 LDM300A を使用し、軌道レール上に固定して、上部の建築限界余裕量を計測することとした。

5. 施工状況

(1) 3D レーザスキャナ測量

3D レーザスキャナ測量による点群データは、セグメント天端高及び軌条レール天端の高さをレベルにてチェックしても 2~3mm 程度の誤差であり、精度の高い測量結果であった。

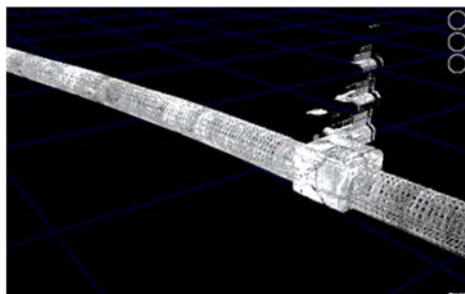


図-3 点群データ鳥瞰図

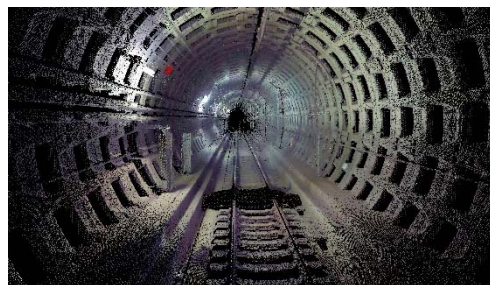


図-4 点群データ拡大図

点群データ（図-3、4）から CAD 化した断面図（図-5）により、施工前に建築限界の状況を定量的に把握することが可能となり、余裕量を数値で明示することで、補強構造に関する発注者との事前協議を円滑に実施できた。

また、この対策を導入することで、補強区間（延べ延長 309m）の測量は約 5 日で済み、通常の水準測量や光波測量の 1/10 程度の期間に短縮できた。

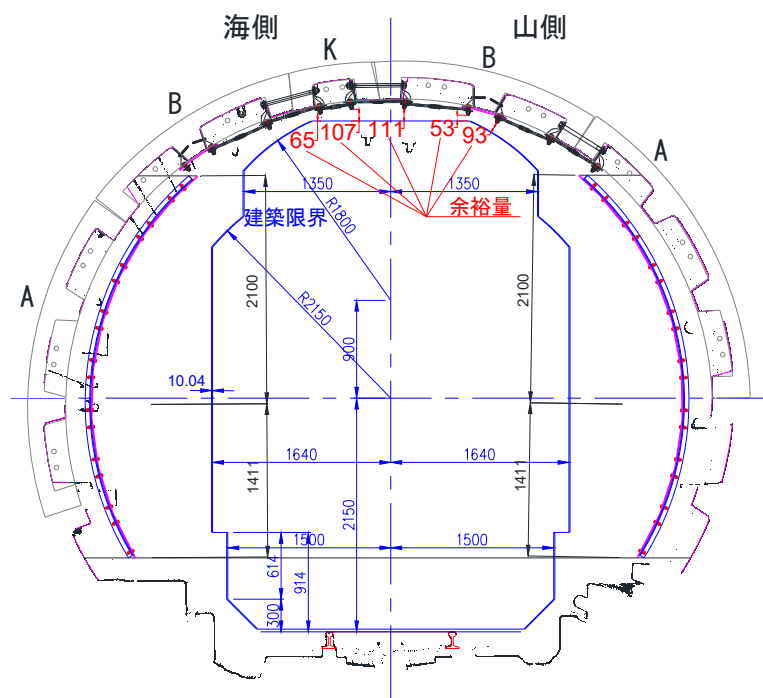


図-5 点群データの CAD 化図面

(2) 作業終了時の建築限界余裕量測定

測定器は、任意のキロ程で、建築限界余裕量を瞬時に測定できるため、列車への干渉判定を限られた作業時間内において、短時間で判断でき（写真-1、2）、作業終了時の安全を確保できた。

6. まとめ

本工事は 2018 年 7 月に着手し、山側を先行して補強・補修を進めている。引き続き、より効率的かつ安全な施工方法を検討しながら、早期の工事完成を目指していく所存である。



写真-1 建築限界余裕量 測定状況

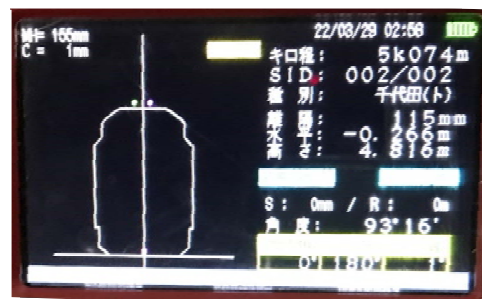


写真-2 建築限界余裕量 測定結果

最後に、東京地下鉄様をはじめとする関係各位の皆様方の多大なるご協力ならびにご指導、ご鞭撻を頂いたことに心より御礼申し上げます。また、本工事が同種施工条件の計画・設計・施工の一助となれば幸いです。

【参考文献】

- 野本 一美他：軟弱地盤下に築造されたシールドトンネルの補強・補修工事における施工方法の効率化，日本トンネル技術協会 第 89 回（都市）施工体験発表会，pp17-23，2021