

石積み擁壁の耐震補強工事における地上レーザスキャナの三次元データ活用

東京地下鉄(株) 金刺 広明
 東京地下鉄(株) 畠山 恭輔
 前田建設工業(株) 正会員 ○小泉 伸之

1.はじめに

建設業では、就労者数の減少が進み将来的な技術者不足が予想されており、その対策として、国土交通省は ICT の全面的な活用により建設生産システム全体の生産性向上を図るため「i-Construction」を推進している。その中で、地上レーザスキャナ(以下 TLS; Terrestrial Laser Scanner)による三次元点群データ(以下点群)の活用が推進されており、今回は、TLS を鉄道構造物の設計・施工に適用し、生産性向上を図った事例について紹介する。

2.工事概要

当工事は、東京メトロ丸ノ内線の地上部、茗荷谷駅～後楽園駅間の路線延長約 700m 区間における石積み擁壁の耐震補強工事である(表-1)。

なお、対象の石積み擁壁は、掘割り部分の線路側と(写真-1)、盛土部分の周辺道路側に設置されているものがある。耐震補強工事は、地山補強材の設置、および壁体コンクリートの施工から構成され(図-1)、営業線や周辺民家が近接しているため、施工作业空間や施工時間に制約がある中での施工が求められている。

3.対象工事における課題

(1) 綿密な施工計画立案のための支障物の把握

線路側の石積み擁壁の耐震補強は鉄道営業線内の工事となるため、夜間の線路閉鎖中(2.5 時間)で施工する。時間内に作業を完了させるためには、現場での手戻りが生じない綿密な施工計画が必要であり、現場内の支障物の位置を正確に把握することが求められていた。

(2) 合理的な壁体コンクリート設計のための石積み擁壁表面の把握

壁体コンクリートは、必要な厚さや鉄筋のかぶりを確保できるよう、合理的な勾配、線形を設計する必要があった。そこで、石積み擁壁の不規則な凹凸を面的に正確に計測することが求められていた。

(3) 住民説明用の視覚的に分かりやすい資料の作成

工事施工箇所は住宅密集地域で、民地越境協議および夜間作業を伴うため、周辺住民に対する工事内容の説明を行う必要がある。平面図や断面図のみでは一般の方は理解が困難であるため、視覚的に分かりやすい資料を作成することが求められていた。

上記(1)～(3)の課題を解決するためには、詳細な現況測量を線路閉鎖時間内に実施する必要があり、正確だけでなく迅速に計測できる手法が求められていた。

4. 地上レーザスキャナ(TLS)による三次元点群データの計測

4.1 計測手法の選定

今回の工事では、精度が高くかつ迅速な計測が求められたため、

表-1 工事概要表

工事件名	小石川車両基地付近 石積み擁壁耐震補強工事
発注者	東京地下鉄株式会社
施工会社	前田建設工業株式会社
工事箇所	東京メトロ丸ノ内線 (茗荷谷駅～後楽園駅間)
工期	平成 26 年 7 月 2 日 ～ 平成 31 年 10 月 3 日



写真-1 施工前現場状況（線路側）

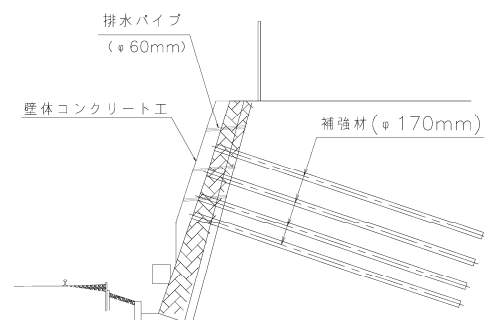


図-1 補強概要図

表-2 TLS の概要表

ScanStationP20 [Leica Geosystems]	
特 徴	
・短時間に大量の点群(XYZ 座標)を取得	
・ターゲット観測により座標整合可能	
・石積みの配置、凹凸を詳細に計測	
・計測精度は 50m の離れで±3 mm	

キーワード i-Construction, 地上レーザスキャナ, 三次元点群データ, 石積み擁壁, 耐震補強

連絡先 〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2 TEL 03-5276-5166 FAX 03-5376-5268

計測精度が高く短時間で大量のデータを取得可能な TLS と、トータルステーションを組合せた方法を選定した。使用した TLS の概要を表-2 に示す。

4.2 三次元計測

石積み擁壁、支障物の計測は TLS、軌道やトラフ等はトータルステーションを使用して計測した。1 回の計測時間は、延長 30m 程度の石積み擁壁に対し、写真付きで 10 分 30 秒程度であった。今回計測した点群を図-2 に示す。

5. 計測結果の活用

5.1 綿密な施工計画の立案

地山補強材設置工事は、削孔機の搬入、削孔、撤収作業を、2.5 時間の線路閉鎖時間内に実施する。作業工程が非常にタイトであるため、計画時に把握していない支障物等が存在していると、対応に手間が掛かり工程の遅延をまねく恐れがあった。今回は、TLS にて近接する設備の位置も併せて計測したため、点群を参照することで、現場に出向かずとも状況把握が可能となり、施工計画や発注者との打合せ等で有効であった。また、石材の形状や位置、電柱や柵との位置関係の確認が可能な立面図、任意の位置の断面図も作成することができた。これらを参照することによって、綿密な施工計画の立案が可能となり、手戻りの少ない施工を実現することができた。写真-3 に地山補強材設置のための削孔状況を示す。

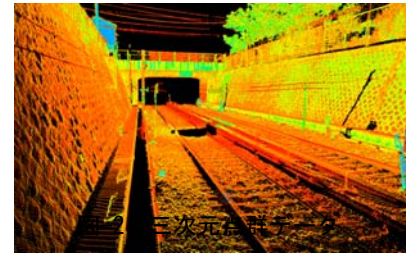


写真-3 地山の削孔状況

5.2 合理的な壁体コンクリート面の設計

石積み擁壁の凹凸を精度高く計測した点群を活用して、壁体コンクリートの表面の検討を行った。検討手順を図-3 に示す。

点群を活用し壁体コンクリートの計画を実施することで、最小壁厚、鉄筋かぶりの基準を満たし、石積み表面の不陸整正量が最少となる合理的な壁面を設定できた。また、正確な 3 次元モデルを構築することで、計画形状を現場に墨出しする際の座標や寸法の抽出、支障物との離れや段差状態の事前把握が可能になり、不具合の未然防止を図れるなど施工の効率化に大きく寄与した。

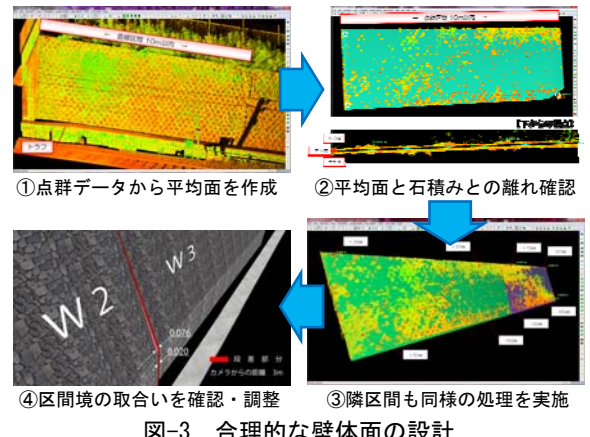


図-3 合理的な壁体面の設計

5.3 近隣住民への施工説明資料の作成

石積み擁壁だけでなく周辺の設備も含めた計測を実施して 3 次元モデルを作成、施工状況のアニメーション化を図った（図-4）。可視化を図ることで、施工方法のイメージや地山補強材と建物との位置関係などが専門知識のない人にも分かりやすくなったため、住民説明会において合意形成に大きく貢献した。

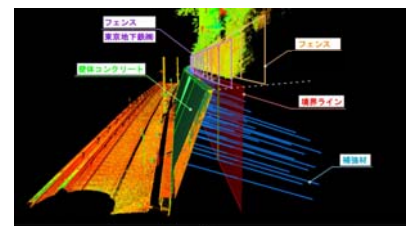


図-4 施工説明アニメーション

6. おわりに

本報告では、営業線近傍という時間的・空間的制約のある中で、有効な計測手法として TLS を活用した事例を紹介した。計測した点群の精度は数 mm 程度であり、設計、施工において生産性向上に大きく貢献するものであった。また、本工事の設計、施工のプロセスで作成した、石積み擁壁や支障物の点群、壁体コンクリートや地山補強材等の 3 次元モデル、コンクリートや地山補強材の材料物性、試験結果等は、CIM (Construction Information Modeling/Management) モデルとして取りまとめて、維持管理プロセスに引き渡すよう検討している。特に石積み擁壁表面は、壁体コンクリートの設置により半永久的に確認できないものとなるため、今回作成した三次元点群データは、将来的な補修、補強、災害時の早期復旧計画の立案に有効と思われる。今後は国土交通省のガイドラインを参考に、鉄道構造物や石積み擁壁についても、CIM モデルの仕様を規定していく必要があると思われる。

【謝辞】東京地下鉄株式会社様、並びにビッグ測量設計株式会社様には、本技術の実施に当たり多大なるご理解とご協力をいただきました。ここに感謝の意を表します。