

プロジェクションマッピングを活用した覆工鉄筋用吊り金具施工システムの開発

清水建設 正会員 ○青野 泰久
清水建設 正会員 吉河 秀郎
清水建設 非会員 竹内 啓五

1. 背景

山岳工法によるトンネルの施工において、坑口部、土被りの小さい箇所等では、覆工コンクリートを鉄筋で補強し、力学的機能を付加させる必要がある¹⁾。鉄筋の固定には図1に示すような吊り金具が使用されている。吊り金具の設置箇所と差し筋の切断箇所の位置出しの作業はトータルステーション(以下、TS)を用いて実施される場合があり、これらの作業に手間と時間を要していた。この問題に対し、筆者らはプロジェクションマッピングを活用した吊り金具の新しい施工システムの開発を進めている²⁾。本稿では開発中のシステムの概要、施工中の山岳トンネルでの実証試験について報告する。

2. システムの概要

1)使用する機器

本システムでは三次元スキャナ、照射装置、傾斜台座、TSを使用する。写真1に一部の機器を示す。三次元スキャナではトンネルの形状データの取得を行う。照射装置はPC、プロジェクタ、3個のプリズムで構成され、PCではTSによるプリズムの測量結果から照射装置の位置と姿勢を計算し、照射する画像を作成する。プロジェクタではPCで作成した画像を照射する。傾斜台座は照射装置を上側に向け、天端や肩部に画像を照射するために、新たに製作した。

2)実施手順

本システムでは最初に、三次元スキャナでトンネルの既設部の表面の形状データを取得する。次に形状データを分析し吊り金具の設置位置を推定する。推定では図2に示すように、設計上の吊り金具の設置箇所の近傍の領域の点群を抽出し、点群の平均の座標を計算している。事前に定めた任意の数の点群がこの領域内に存在しない場合は、トンネルの断面のアーチの半径方向に抽出する領域を移動し、再び点群の抽出を行う。設計上の吊り金具の設置位置とスキャナで取得した点群の座標が一致しないため、このような分析を行っている。本システムではデータ処理を簡便に行うために、点群を抽出する領域を、設計上の吊り金具の設置位置の座標を中心とした球とした。その後、照射装置のプリズムをTSで測量し、プリズムの測量結果から照射装置の位置、姿勢をPCで計算し、吊り金具の設置箇所を示す十字がプロットされた画像を作成する。その後、照射された画像をもとに吊り金具を設置する。

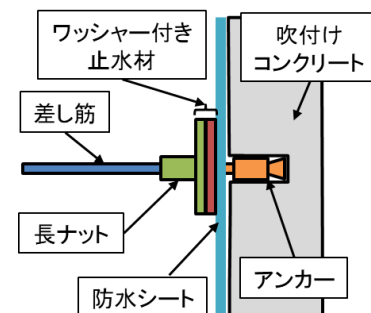


図1 吊り金具(アンカー方式)

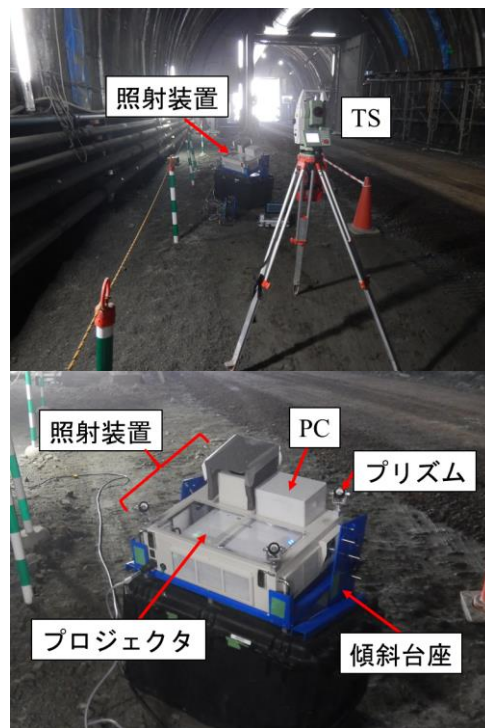


写真1 機器構成

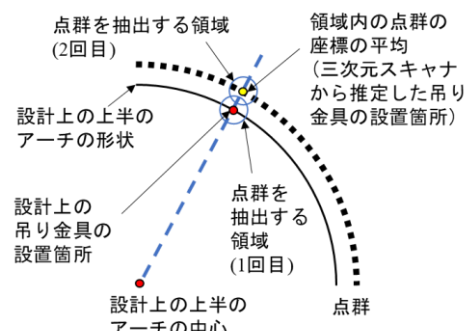


図2 点群の抽出方法

キーワード 三次元スキャナ プロジェクションマッピング トンネル 吊り金具 可視化

連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島 3-4-17 清水建設(株) 技術研究所 TEL 090-2731-9485

3. 実証試験

施工中の山岳トンネルにて照射された画像の視認性、位置のずれを調査した。本試験では吹付け面に吊り金具の設置位置が照射されるように画像を作成し、防音扉から切羽側に約1~6mの領域に照射した。照射された十字の交点をTSのノンプリズム方式で測量し、三次元スキャナで推定した吊り金具の設置箇所との比較を行った。

図3に照射装置のPCで作成した照射用の画像を示す。十字の右側の数字は吊り金具を設置する断面の番号であり、右下の数字は吹付け面から差し筋の切断箇所までの距離(mm)である。写真2に図3の画像を照射したときの様子を示す。写真2に示すように、吊り金具の設置箇所を吹付けコンクリートの表面に照射し、吊り金具の設置箇所および数字を視認できることを確認した。

図4に三次元スキャナの計測結果から推定した設置箇所と、照射した十字の交点の座標を示す。画像のずれにより吹付け面に照射されていない箇所や、障害物に遮られTSで測量できなかった箇所を除くと、両者のずれは平均で約7cm、最小で約2cm、最大で約17cmであり、照射範囲の中央付近のずれが小さく、照射範囲の端に近づくほどずれが大きい結果を示した。

一般的に、プロジェクタで照射した画像はレンズ歪みの影響により樽型や糸巻き型にゆがむため、照射する画像の補正が行われている³⁾。今回の実証試験にて作成した画像は、図6に示すように三次元スキャナの計測結果の座標変換を行っており、レンズ歪みの影響を考慮していないため、ずれが大きくなったと考えられる。今後はプロジェクタのレンズ歪みの影響を考慮して画像の作成を行い、画像の照射位置のずれの低減をめざすとともに、本システムを用いて実際に吊り金具を施工し、従来の施工方法に対する省力化の効果の確認を行う。

参考文献

- 1)2016年制定 トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説／〔山岳工法編〕・同解説，土木学会，2016。
- 2)青野 泰久，吉河 秀郎，竹内 啓五：プロジェクションマッピングを活用した覆工鉄筋の施工方法に関する基礎的検討，令和元年度土木学会全国大会 第73回年次学術講演会，2019。
- 3)謝 淳，亀田 能成，鈴木 健嗣，北原 格：大規模空間におけるプロカムシステムの位置合わせ自動化，HCGシンポジウム2016，pp.172-176，2016。

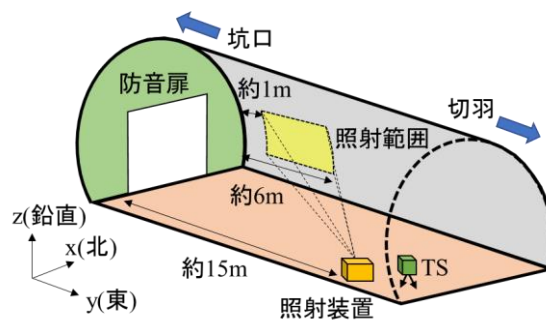


図3 配置図

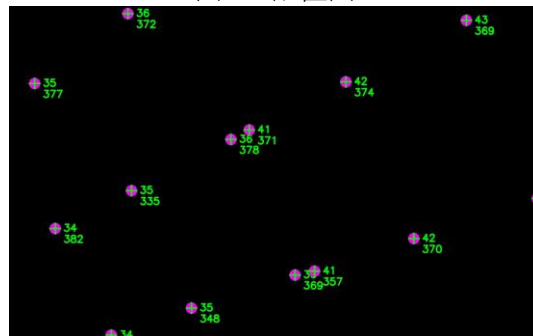


図4 照射用の画像

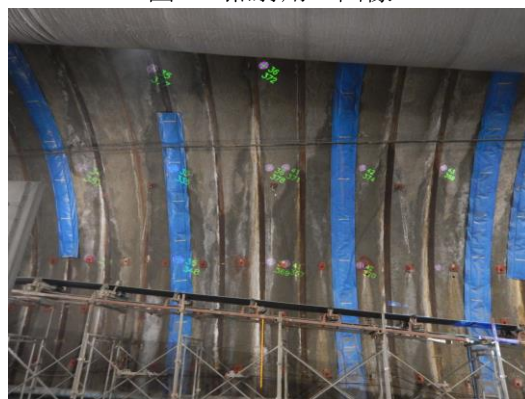


写真2 照射時の画像の様子

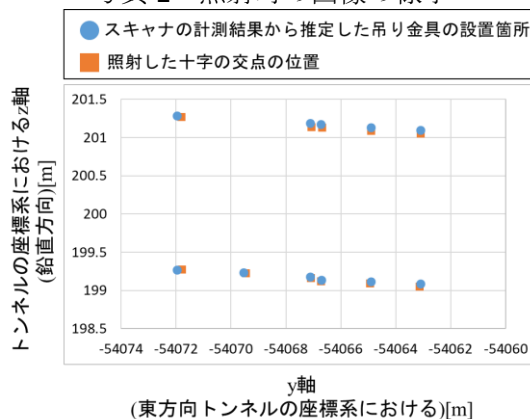


図5 スキャナの計測結果から推定した吊り金具の設置箇所と、照射した十字の交点の位置

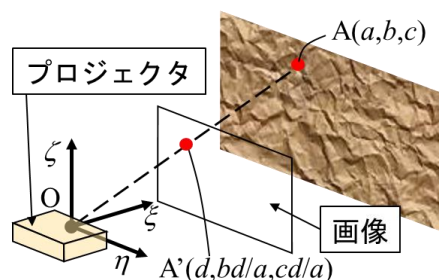


図6 画像作成時の座標変換(上面図)