

山岳トンネルにおける写真測量を活用した吹付け面の出来形計測の試み

安藤ハザマ 正会員 ○戸田 皓
 安藤ハザマ 正会員 辰巳 順一
 安藤ハザマ 星加 夢輝

1. はじめに

山岳トンネルでは、吹付け面の出来形を計測することで余掘り量や余巻き量を定期的に確認する。吹付け面の出来形計測方法は、トータルステーションや三次元レーザースキャナを用いた断面計測が一般的である。トータルステーションによる方法では、1回の計測で1点しか計測できないため、吹付け面全面の出来形を詳細に把握できない。三次元レーザースキャナによる方法では、吹付け面全面の点群データが得られるため出来形を詳細に把握できるものの計測機器のリース費用が高額である。一方、近年、複数枚の画像から三次元モデルを作成する写真測量と呼ばれる手法が様々な分野で活用されている。

このような背景から、写真測量によりトンネルの三次元モデルを作成し、吹付け面の出来形を計測することを試みた。本稿では、実施した試験概要および結果について報告する。

2. 写真測量

写真測量は、写真や動画から三次元モデルを生成する手法で、様々な観測点から撮影した写真（動画）の視差情報を解析・統合して、物体や空間、建築物などの三次元モデルを生成するものである。また、対象物に水平位置及び標高の基準となる点（以下、標定点と記す）を設置することで、三次元モデルに絶対座標を付与することが可能となる。今回の試験では、市販ソフトである Metashape（Agisoft 社）で三次元モデルを作成する。

3. 試験概要

山岳トンネルの実現場において、標定点を設置した吹付け面の画像を用いて絶対座標を保有した三次元モデルを作成し、吹付け面の出来形を計測する。この計測結果と、同一区間で実施した三次元レーザースキャナの計測結果と比較することで、本手法の計測精度を評価する。また、撮影機器の種類や標定点の数を変化させた複数の条件で撮影を行い、撮影条件の違いが計測精度に与える影響についても確認する。

3.1 撮影条件

本試験での撮影条件を表-1に示す。写真測量は、カメラの種類により精度が異なると考え、試験に用いるカメラの機種を一眼レフカメラ、デジタルカメラ、iphone13、および360°カメラの4種類とした。また、標定点の設置位置や数で精度が変わると考え、標定点の設置位置を天端と側壁の6点と側壁のみの4点のパターンで測定する。なお、撮影枚数は、事前に一眼レフカメラの撮影データを用いて作成した三次元モデルの点群密度やモデル形状等から65枚と設定した。

撮影範囲は、切羽から12m間の吹付け面とした。撮影範囲および標定点位置の概略を図-1に示す。

表-1 撮影条件

カメラの種類	標定点	A: 標定点 6点 (天端+側壁)	B: 標定点 4点 (側壁のみ)
	1.一眼レフカメラ		A-1
2.デジタルカメラ		A-2	B-2
3.iphone13		A-3	B-3
4.360°カメラ		A-4	B-4

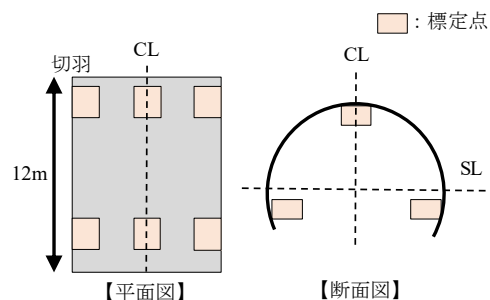


図-1 測定範囲および標定点位置

キーワード 山岳トンネル, 写真測量, 三次元レーザースキャナ, 吹付けコンクリート, 点群データ

連絡先 〒107-0052 東京都港区赤坂 6-1-20 安藤ハザマ建設本部土木技術統括部技術第三部 TEL 03-6234-3673

3.2 試験方法

測定方法を図-2 および以下に示す。

① 標定点の設置・絶対座標取得

吹付け面に標定点を設置する。トータルステーションにより標定点の絶対座標を取得する。

② 吹付け面の撮影

同一箇所が2枚以上に映り込むようにあらかじめ設定した位置・角度から対象範囲の吹付け面を撮影する。

③ 点群データ生成・出力

Metashape で点群データを生成・出力するとともに、点群データに絶対座標を付与する。

④ 三次元レーザースキャナとの比較

対象範囲を三次元レーザースキャナで測定した結果と③の結果を比較することで測定精度を評価する。

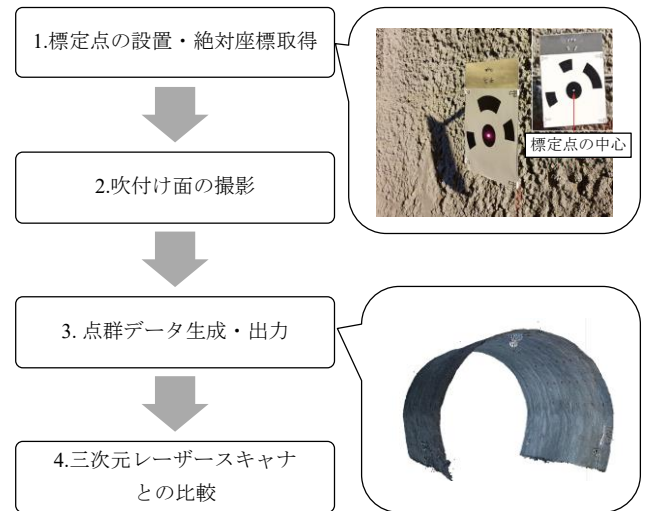


図-2 試験方法のフロー

4. 試験結果

一眼レフカメラとデジタルカメラでは、問題なくトンネル形状の三次元モデルを作成することができたが、iphone13 と 360°カメラでは、カメラの焦点距離の設定やレンズの仕様などにより生成したモデルの歪みが大きかった。そのため、一眼レフカメラとデジタルカメラの結果のみを示す。

表-2 に、各撮影条件での吹付け面の出来形展開図を示す。点群データには余掘り量に応じて着色しているが、異なるカメラの展開図を比較すると、標定点の数に関わらず着色箇所はほぼ一致している。このことから、標定点数が4個の場合と6個の場合では測定精度に有意な差はないと考えられる。

図-3 および図-4 に、写真測量による測定結果と三次元レーザースキャナによる測定結果との差を示す。データのばらつきは多少異なるが、どちらのカメラを用いても概ね±10mm 以内で、最大で±20mm 以内に収まっている。

5. まとめ

本試験で実施した写真測量による吹付け面の出来形計測は、三次元レーザースキャナとの精度差が±20mm 以内であった。測定精度は三次元レーザースキャナより若干劣るものの、吹付け面のあたり箇所の確認などの施工管理で活用できる可能性があると考えられる。

表-2 写真測量での出力結果

	凡例	一眼レフカメラ	デジタルカメラ
標定点6点	余掘り量 0mm 10mm 20mm 30mm 40mm 50mm 60mm		
標定点4点	余掘り量 0mm 10mm 20mm 30mm 40mm 50mm 60mm		

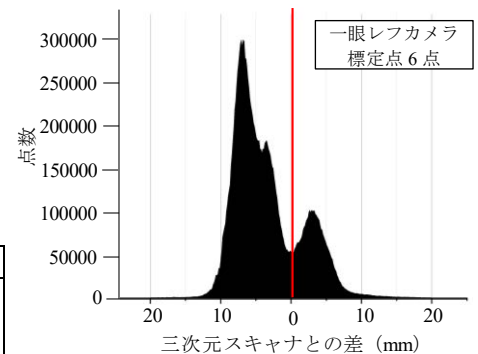


図-3 点群データの分布 (一眼レフカメラ)

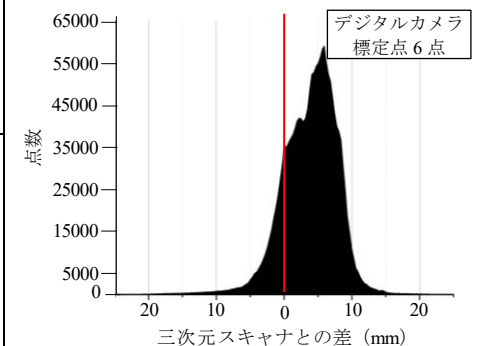


図-4 点群データの分布 (デジタルカメラ)