

石積み擁壁を対象とした SfM を用いた目視調査支援システムの断面形状再現精度の検証

中央大学

学生会員 ○山下 哲平

正会員

西岡 英俊

1. はじめに

(1)研究背景

構造物の維持管理として、一般的にすべての構造物を対象に異常や不具合を抽出することを目的として構造物の目視点検が定期的に行われている。しかし通常の見視点検でこれらの変状を定量的に把握することは困難であることに加え、変状数の増加や検査員の不足により、検査員の負担が増加している。そのため、より簡易に調査可能な SfM を用いた目視調査支援システムによる三次元モデルの土構造物の維持管理への活用が期待されている¹⁾。

当該システムを活用する上では、精度検証事例を多数蓄積することが求められる。これまでレーザー測量形状での断面と SfM での断面を比較してその精度検証²⁾は行われているが、SfM 同士の断面形状を比較して再現精度を検証した事例は少ない。そこで本研究では変状が生じていない同一箇所での複数回のモデル化を行い、特に画像取得枚数が断面形状寸法のばらつきの程度に及ぼす影響について検証した。

(2)SfM の概要

SfM (Structure from Motion) とは、ある対象を撮影した二次元である複数枚の写真から三次元の形状を復元するもので、画像撮影時のカメラ位置及び姿勢と対象物の幾何学形状の復元を同時に行うものである³⁾。本研究では、SfM による三次元モデルの生成、座標設定、描画および断面解析には、鉄道総研・アジア航測で共同開発された目視調査支援ツール (ArgosFinder) を使用した。

2. 対象構造物と撮影条件

対象構造物は、東京都北区の公園内にある石積み擁壁（高さ 3.7m）の幅 6.5m の範囲である（図-1）。撮影は擁壁から約 1m 離れた距離から徒歩で移動しながらインターバル撮影を行った。2 往復の撮影を 1 回とし、計 20 回撮影を行った。その際のカメラの高さは、1 往復目を約 1m, 1.5m, 2 往復目を 1.5m, 2m とした。使用したカメラは、GoPro HERO9 Black であり、画像サイズは 5188pixel×3888pixel、焦点距離はリニア（19~39mm）である。カメラの歪曲収差の影響は、あらかじめ実施したカメラキャリブレーションにより補正した。

なお、本研究では、一般的な使用条件において最も高い精度がどの程度となるかに着目するため、撮影時の天候は、先行研究⁴⁾で太陽光の影響が少なかった曇りに限定した。

3. SfM 解析結果と精度評価

生成された三次元モデルの一例を図-2 に示す。本研究では精度評価方法として、総画像枚数（120 枚、60 枚、30



図-1 対象構造物の石積み擁壁

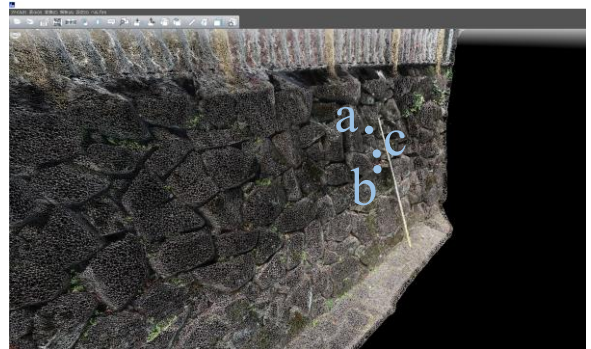


図-2 三次元モデルの一例

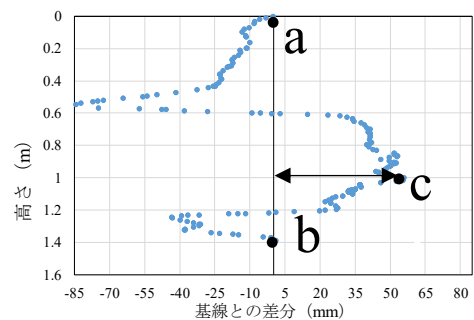


図-3 a 点と b 点を結ぶ断面形状

キーワード 目視点検, SfM, 石積み擁壁

連絡先 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 中央大学理工学部都市環境学科 基礎・地下構造研究室 TEL : 03-3817-1804

枚) の3 ケースをそれぞれ撮影回数毎の計 20 モデルずつ生成し、**図-3** に示す a 点と b 点を結ぶ直線と c 点との距離を、同枚数で生成されたモデル同士で比較をし、生成精度のばらつきを検証する。なお、60 枚および 30 枚の画像は、新たに撮った画像ではなく 120 枚から抽出した画像を使用しモデル生成を行った。

横 120 枚のモデル、縦 60 枚のモデルと横 120 枚のモデル、縦 30 枚のモデルの結果の散布図を**図-4** に示す。120 枚では平均 53.53mm、標準偏差 3.32mm と約 6%の誤差、60 枚では平均 52.50mm、標準偏差 4.96mm と約 9%の誤差、30 枚では平均 53.21mm、標準偏差 5.80mm と約 10%の誤差が確認できた。また、全ケース 50mm~60mm に集中しているが、60 枚では 65.11mm と 37.86mm、30 枚では 71.11mm と 38.67mm と極端な外れ値(平均値からの誤差としては 15~20mm 程度)を計測した。このことから、モデル生成に使用する画像枚数が少なくなるほど外れ値が大きくなるため、標準偏差が大きくなることがわかる。

次に画像枚数 30 枚で生成したモデルのうち、**図-4** 中の平均からの誤差が小さいモデル 12 と外れ値を計測したモデル 2 の断面比較を**図-5** に示す。**図-5** より a 点、b 点および c 点だけで誤差が生じているのではなく、全体的に誤差が生じていることがわかる。また**図-6** に示すように、誤差が小さいモデルと比べ大きいモデルのほうが、凹凸が激しくモデル生成されていることが確認できることから、断面を取らずモデル同士で比較を行ったとしても、精度に差があることが明確にわかる。

4. おわりに

石積擁壁を対象とした本検討の結果、積み石の 60mm 程度の凹凸に対するモデル化の精度は、標準偏差で 3~6mm 程度となることが確認できた。また、画像枚数が少ない場合は、大半は画像枚数が多い場合と同程度の精度のモデル化が可能だが、極端に精度の悪いモデルを生成してしまう場合があることが確認できた。ただし、その場合でも平均値からの誤差は最大 20mm 程度であり、従来の目視調査では積み石に 30mm 程度の抜け出しが生じていることを検知すること自体が困難と考えられること²⁾を踏まえれば、SfM を用いた目視調査支援システムを石積み擁壁に適用することは十分に有用性があると判断できる。

参考文献

- 1) 佐藤登, 藤田智弘, 宮武裕昭: 道路土工構造物を対象として簡易的写真測量手法に関する研究, 第 60 回地盤工学会シンポジウム平成 28 年度論文集, 地盤工学会, pp.147-152, 2016.
- 2) 西岡英俊, 宮崎貴弘, 笠原康平, 増田祐輔, 神馬和歌子, 望月拓実: 多視点画像三次元モデルを用いた目視調査支援システムの石積み擁壁への適用性の検証, 土木情報学シンポジウム講演集, 土木学会, Vol.46, pp.245-248, 2021.
- 3) 内山庄一郎, 井上公, 鈴木比奈: SfM を用いた三次元モデルの生成と災害調査への活用可能性に関する研究, 防災科学研究所研究報告第 81 号, 2014.
- 4) 山下哲平, 西岡英俊: 多視点画像三次元モデルを用いた石積み擁壁への適用性検証, 第 19 回地盤工学会関東支部発表会概要集, pp.117-118, 2022.

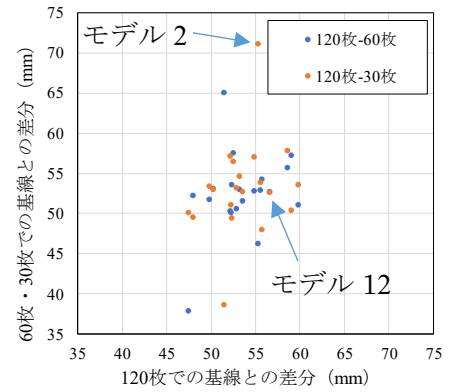


図-4 総画像枚数と測定値のばらつきの関係

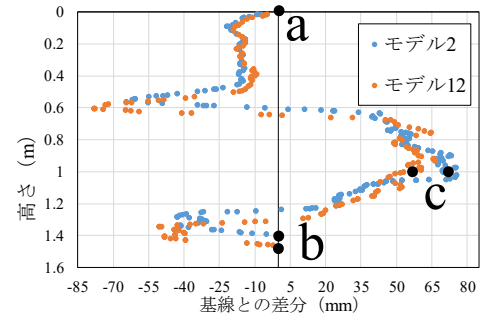
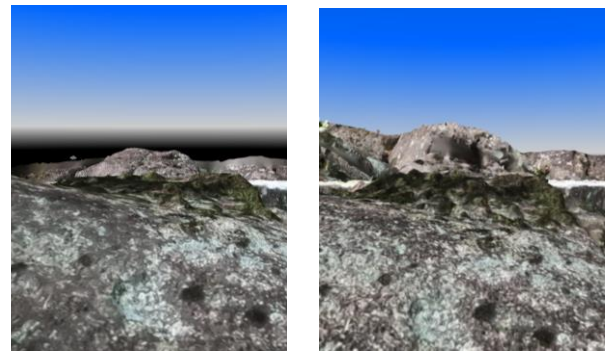


図-5 断面形状の比較



a) 誤差が小さいモデル b) 誤差が大きいモデル

図-6 断面形状の比較を行ったモデル