

SfM を用いた橋梁の部材寸法推定のための精度検証

宮崎大学大学院
(株)コスモエンジニアリング
長崎大学大学院

学生会員 ○小川 裕棋
正会員 山根 誠一
正会員 山口 浩平

宮崎大学 正会員 森田 千尋
(株)大進 正会員 濱田 貴光

1. 目的

日本では、橋梁の老朽化に伴い、全国の橋長 2m 以上の橋梁を対象に 5 年に 1 度定期点検を実施することが義務付けられている¹⁾。しかし、橋梁の維持管理における点検は近接目視を基本とするため、予算不足や技術者不足が問題となっている²⁾。そのため低コストでかつ効率的な点検手法が必要とされている。そこで、橋梁を多視点画像解析の 1 種である SfM (Structure from Motion, 以下 SfM とする) を用いて 3D モデル化することにより、形状や損傷の様々なデータを管理することが検討されている。これにより効率的な点検・維持管理が期待される。しかし、大規模橋梁や斜面の崩壊地形などの検討事例はあるものの、小規模構造物への検討事例が少なく、モデルの精度が明らかになっていない。そこで本研究では、効率的なインフラ点検手法の検討のため、SfM の精度を明らかにし、その有用性を明らかにすることを目的としている。今回は、様々なタイプの実橋梁を対象として検証を行う。

2. SfM の概要

SfM は画像を用いた三次元形状の復元技術であり、異なる位置から撮影された複数の写真をもとに三次元データを取得する(図-1)。基本原理は従来の写真測量と同様であるが、SfM は基準座標値を入力する以外、解析はほぼ自動化されており、条件の異なる複数のカメラを用いた解析も可能である。SfM は自動で数百点から数千点の特徴点を抽出し、画像間のマッチングを行った後に、その点と撮影位置の三次元座標を特定する。特徴点とは、画像上のある点で周囲と比較して色彩や濃淡などが異なる点のことである。特徴点などの推定値から生成された粗い点群から各ピクセルの三次元座標を計算し、より高密度な点群を取得する。この点群からメッシュデータを作成し、元画像を貼り付けることによって 3D モデルが構築される。

3. 実橋梁での検証³⁾

(1) 検証方法

実橋梁を対象に SfM 解析を行った。今回は河川改修に伴い撤去される 2 橋を対象とした。橋梁 A は H 型鋼橋、橋梁 B は鉄筋コンクリート T 桁橋である。本検証では Agisoft 社製の photoscan を用いて SfM 解析を行った。精度検証に用いたカメラは、Nikon-D5500 である。図-2 に示すように高欄部分を目印に各断面で精度検証を行うため、対象橋梁の撮影を行う前に図-3 に示す 10 か所の寸法をコンベック

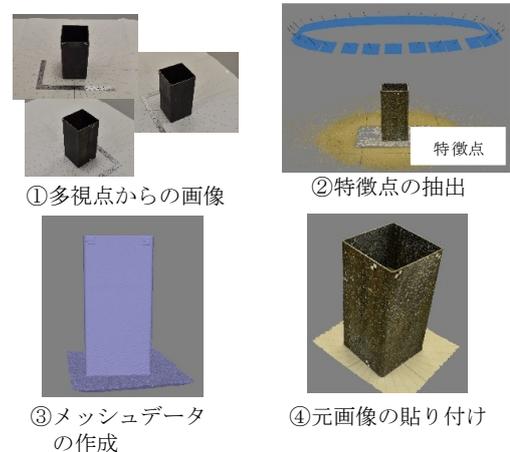


図-1 3D モデル構築の過程

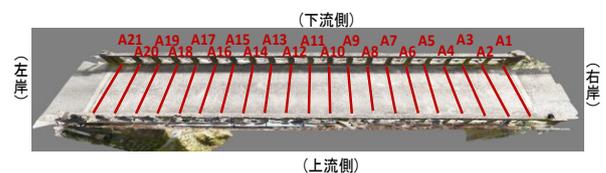


図-2 計測断面位置 (橋梁 A)

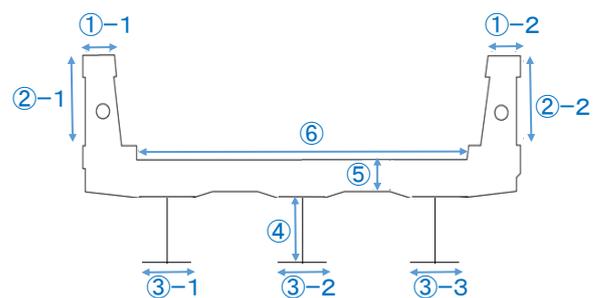


図-3 計測箇所位置 (橋梁 A)

ス等を用いて計測した。床版厚はコンベックスでは計測不可能であるため、計測孔をあけ棒状スキャナを用いることによって計測を行った。計測後、橋梁にモデル上での長さの基準となるターゲットを設置した後、ラップ率 80% 以上を意識して対象橋梁の撮影を行い、モデル化を行った。ターゲットの設置位置は橋梁 A が左岸下流側の地覆側面、橋梁 B が左岸下流側の主桁側面である。使用した写真の枚数は橋梁 A が 199 枚、橋梁 B が 356 枚である。

(2) 検証結果

今回の検証では、どちらの橋梁も全体的な形状は再現することができた。橋梁 A に関しては、コンクリート部分の再現にそれほど問題はなかったが、主桁の鋼材部分が所々

表-1 各部材における実測値と 3D スキャナ計測および SfM 解析計測の比較 (橋梁 A)

	①-1	①-2	②-1	②-2	③-1	③-2	③-3	④	⑤	⑥	単位
	高欄幅		高欄高		下フランジ幅			ウェブ高	床版厚	幅員	
一般図寸法	250	250	530	530	300	300	300	588	230	3,000	mm
3D スキャナ	231	225	530	534	293	290	292	567	225	3,006	mm
	-7.6	-10.0	0.0	0.8	-2.3	-3.3	-2.7	-3.6	-2.2	0.2	%
SfM	240	240	—	541	300	289	293	586	244	2,985	mm
	-4.0	-4.0	—	2.1	0.0	-3.7	-2.3	-0.3	6.1	-0.5	%

表-2 コンクリート桁検証結果

基準ターゲット	断面 1	断面 2	断面 3	断面 4	断面 5	断面 6	断面 7	誤差平均
s1-s'1	2.2%	2.5%	2.5%	1.9%	1.7%	2.0%	0.3%	1.9%
s4-s'4	2.2%	2.3%	2.1%	2.0%	1.9%	1.8%	0.4%	1.8%
s7-s'7	2.2%	2.6%	2.6%	1.8%	1.9%	1.7%	1.4%	2.0%
s1-s'1,s7-s'7	1.9%	0.8%	1.9%	1.6%	1.8%	1.4%	0.7%	1.4%

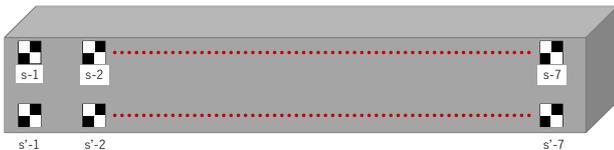


図4 ターゲット設置位置

欠けてしまう結果となった。各部材における一般図の寸法（実測値）と 3D レーザスキャナ計測寸法の平均値および SfM 解析寸法の平均値を表-1 に示す。表中の下段には、一般図寸法に対する誤差を示している。傍線部（—）は点群が不十分であり、寸法値が得られなかった箇所である。各計測と実測値との比較について、SfM は舗装・床版厚において 6%程度の誤差が生じているが、それ以外の部位については 5%以内の誤差に収まった。通常の計測で直接計測できない舗装・床版厚は、3D 計測においても誤差が生じ易い部位であると考えられる。また、舗装・床版厚に関しては、右岸側と左岸側で値の差が大きくなっており、これはターゲットの設置位置が原因の 1 つとして考えられる。

4. コンクリート桁での検証

(1) 検証方法

ターゲットの設置位置と三次元モデルとの関係を明らかにするために、コンクリート桁を用いて精度検証を行った。本検証で用いたソフトとカメラは、実橋梁の検証の際に使用したものと同等のものを使用した。対象は幅300mm、高さ400mm、長さ6,400mmのコンクリート桁とした。初めに図4に示すように、桁の側面の上下に長さ方向に約1mの間隔でターゲットを設置し、撮影を行った。基準とするターゲットの位置を変化させ、それぞれのパターンでモデル化を行った。各モデルでターゲットを設置した7断面の断面積を測定し、精度検証を行った。また、撮影の際には撮影地の明るさが不十分であったため、スタンドライトを用いてモデル化に十分な明るさ（200Lux以上）を確保した。モデ

ル化に使用した写真の枚数は297枚である。

(2) 検証結果

表-2に検証結果の一部を示す。表中では側面上部のターゲットをs、側面下部のものをs'で表している。基準の長さを1つ読み込ませたモデルに関して、ターゲットの設置位置と誤差との間に大きな相関は見られなかった。基準の長さを複数読み込ませたモデルに関して、相関は見られなかったが、1つのモデルに比べて、誤差は小さくなり、各断面の誤差も全て2%未満であった。

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す。

- ①実橋梁の検証では、コンクリート部分は欠損もほとんど見られず再現性が高かったが、鋼材部分は所々欠損がみられた。
- ②各部材の寸法計測では、舗装・床版厚以外の部材に関しては 5%以内の誤差に収まった。また、通常の計測でも計測が困難である舗装・床版厚も約6%の誤差に収まり、良好な結果が得られた。
- ③約 6m のコンクリート桁の検証では、ターゲットの設置位置と誤差との相関は見られなかった。複数ターゲットを使用することにより、誤差の若干の減少傾向がみられた。6m 程度の単純な形状の構造物では大きな差がみられなかったことから、今後実橋梁のような複雑な形状を持つ構造物に対してさらに精度検証を行っていく必要がある。

6. 参考文献

- 1) 国土交通省：橋梁定期点検要領，2014
- 2) 小沼恵太朗，西村正三：多視点画像 3D 構築技術の橋梁調査への適用性について，土木学会第 69 回年次学術講演会，2014
- 3) 九州橋梁・構造工学研究会：既設道路橋の当初設計再現に関する研究分科会報告書，pp.22-42，2019