

SfM を用いた橋梁の 3D モデル化の精度検証に関する研究

宮崎大学大学院
宮崎大学
(株) コスモエンジニアリング
(株) 大進

学生会員 ○小川 裕棋、佐藤 宏紀
正 会 員 森田 千尋
正 会 員 山根 誠一
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 SfM (Structure from Motion, 以下 SfM とする) を用いて 3D モデル化することで形状や損傷の様々なデータを管理することが可能となり効率的な点検、維持管理が期待できる。しかし、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。また、過去の研究において鋼材のモデル再現率が低いことが明らかとなっている。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 の精度を明らかにすること、鋼材のモデルの再現率を上げることを目的としている。今回は、鋼材供試体と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. 供試体による検証

(1) 検証方法

鋼材供試体を用いて精度検証を行った。モデル作成に使用したソフトは Agisoft 社の PhotoScan、撮影に用いたカメラは一眼レフのデジタルカメラ、Nikon D5500 である。供試体中心から 50cm の距離で 10° ずつ撮影を行い、その後、それぞれの写真の画素数を落として SfM 解析を行った。また、今回は鋼材表面につや消しのスプレー(以下、スプレー

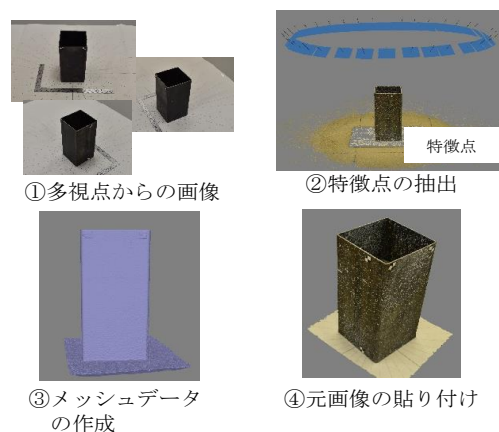


図-1 3D モデル構築の手順

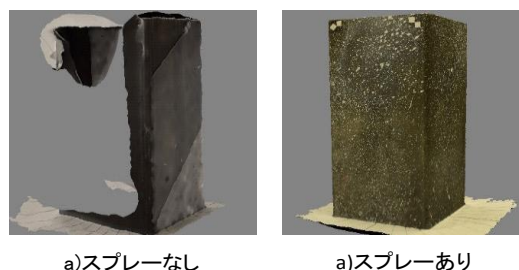


図-2 鋼材供試体のモデル

表-1 鋼材供試体の検証結果

モデル名	画素数 (万)	使用枚数 (ラップ率)	誤差	形状	モデル名	誤差	形状
St-1	2,400	36(94.4)	基準	△	Sts-1	基準	○
St-2		18(88.9)	0%	△	Sts-2	0%	○
St-3		12(83.3)	0%	△	Sts-3	0%	○
St-10	1,176	36(94.4)	0.54%	△	Sts-10	0%	○
St-11		18(88.9)	0.54%	△	Sts-11	0%	○
St-12		12(83.3)	△	×	Sts-12	0.54%	○
St-16	600	36(94.4)	0.54%	△	Sts-16	0%	○
St-17		18(88.9)	1.08%	△	Sts-17	0.54%	○
St-18		12(83.3)	△	×	Sts-18	0.54%	△
St-22	216	36(94.4)	1.61%	△	Sts-22	0%	△
St-23		18(88.9)	△	×	Sts-23	0.54%	△
St-24		12(83.3)	△	×	Sts-24	0.54%	△

とする)を施しているものと施していないものの比較も行った。基準モデルの推定値と検証対象のモデルの推定値の誤差を比較することで寸法の再現性を比較するとともに視覚的な再現性の比較も行った。

(2) 検証結果

表-1 に検証結果の一部を示す。スプレーを施していない



図-3 橋梁 A モデル

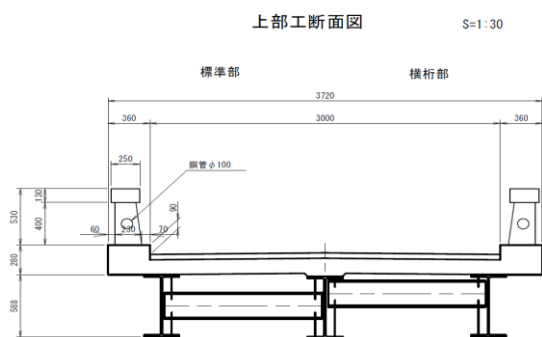


図-4 橋梁 A 図面

表-2 橋梁モデルの検証結果

	(橋梁A)			(橋梁B)		
	推測値 (mm)	計測値 (mm)	差 (mm)	推測値 (mm)	計測値 (mm)	差 (mm)
地覆厚	277	280	-3	143	150	-7
床版厚	249	190	59	223	210	13

モデルを St, 施したモデルを Sts で示す. 形状が忠実に再現できたモデルを○, 形状は再現できたが所々凹凸や欠損が見られたものを△, 再現できなかったものを×とする. 図-2 に 1,176 万画素で使用枚数 12 枚のモデルを示す. スプレーを施した供試体の方が施していないものよりも視覚的な再現性もよくなり, 誤差も小さくなった. 画素数別にみると, 1,000 万画素以上で概ね誤差が生じなくなり, 形状の問題も生じなくなった. 枚数別にみると, 枚数が多いモデルの方が誤差は小さくなり, 視覚的な再現性もよくなった.

4. 実橋梁での検証

(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. 使用したソフトとデジタルカメラは供試体検証の際に使用したものと同一ものである. モデル作成後にそれぞれの橋梁で地覆厚と床版厚の推定値を算出し, 現場での計測値との差を比較した. しかし, 対象橋梁はまだ撤去前の段階であったため, 床版厚の計測値は外形から推定された概算値となっている. 床版厚の推測値を出す際には, メッシュ上で床版を切り取り, その断面から床版の厚さを求めていった. また, 橋梁 A は鋼橋であるが今回はスプレーを用いての撮影は行わなかつ

た. 地覆厚に関しては, 橋梁 A, 橋梁 B でそれぞれ 17 箇所, 13 箇所, 床版厚に関してはそれぞれ, 3 箇所ずつ推測値を算出した. 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

完成した橋梁 A のモデルの全体図と推測地算出の際に使用した断面を図-3 に示す. 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欠けてしまう結果となった. 次に出来上がったモデルから各箇所の厚さを測定していった. 推測値算出の検証結果を表-2 に示す. また, 図-4 に計測値から作成した橋梁 A の図面を示す. 表に示されている推測値はモデル上で数点算出した値の平均値である. 地覆厚に関しては, どちらの橋梁も 10mm 以内の差に収まった. 床版厚の差はそれぞれ橋梁 A と橋梁 B でそれぞれ+59mm, +13mm となった. 床版厚の差が大きくなってしまった一つの要因としては, 床版厚の計測が困難であったことから計測値が正確な値ではないことが考えられる. そのため, 対象橋梁が撤去・解体される際に正確な値を計測し, 再度検証を行う必要がある. 前述したとおり, 一度組み立てられた橋梁の床版厚をもう一度正確に計測することは困難である. SfM による 3D モデルによって床版厚などの計測困難な箇所の計測を行うことが可能となれば, 今後の点検・維持管理技術を考えるうえで有用な技術であると考えられる.

5. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す.

- ①鋼材のモデル化を行う場合, 表面にスプレーを施すことによって寸法の誤差が生じにくくなり, 視覚的再現性も向上する.
- ②モデル化に使用する写真は, 1,000 万画素以上あれば誤差も生じにくくなり形状も十分再現することが出来る. また写真の枚数が多いほどモデルの精度は向上する.
- ③実橋梁の検証では, コンクリート部分は再現性が高く問題なかったが, 鋼材部分の再現性が低くなってしまったため, 供試体検証での結果を踏まえた実橋梁での再現性向上の検討が必要である.
- ④地覆厚計測に関しては, 差が 10mm 以内に収まったことから, 実際の点検においても十分適用可能だと考えられる. 床版厚計測に関しては, 概算値との差が比較的大きく出てしまった. さらに正確な差を算出するために, 対象橋梁解体の際に正確な床版厚を計測し, 再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) 小沼恵太郎, 西村正三: 多視点画像 3D モデル構築システム構築の適用性について