

UAV を利用した橋梁点検における SfM によるひび割れ幅計測手法の検討

宮崎大学工学部 (学) ○本多 雅匠, 宮崎大学工学教育研究部 (正) 森田 千尋
 鹿児島工業高等専門学校 (正) 安井 賢太郎, 長崎大学大学院 (正) 出水 享

1. はじめに

我が国の道路橋の老朽化対策は喫緊の課題である。平成 26 年 3 月に改正された道路法施行規則¹⁾では、5 年に 1 度の頻度で道路橋全数の定期点検を実施し、近接目視で部材の変状を確認することが義務化された。加えて、平成 26 年度から平成 30 年度に実施された 1 巡目の点検では、人材・技術力・予算の不足、点検時の安全性の確保が 2 巡目に向けた課題となった。このため、平成 31 年 2 月に改定された道路橋定期点検要領²⁾では、点検方法の効率化を目的に、道路橋の部材変状を近接目視に加え近接目視と同等の診断ができる判断した方法で確認することが可能となった。このような現状から、UAV (Unmanned Aerial Vehicle: 無人航空機, 以下ドローン) やロボットアームなどを利用したロボット点検技術^{例えば 3)}が注目されている。著者らは、3D データ生成ソフト SfM (Structure from Motion, 以下 SfM) の画像処理技術に着目し、ドローンの撮影画像から 3D モデルを生成し、道路橋部材変状の把握を目指している。

本研究では、コンクリート部材に発生したひび割れ幅の計測を目的に、ドローンで撮影したひび割れ画像をもとに SfM で 3D モデルを生成し、3D モデルから求めたひび割れ幅と実ひび割れ幅を比較した。

2. 実験方法

2.1 模擬ひび割れ幅の確認: 模擬ひび割れは、ひび割れ損傷度評価の基準となる幅 0.2mm を基に 0.15mm から 0.50mm までの太さの異なる 6 種類の直線を用紙に印刷することで作製した (図-1)。この用紙をコンクリート供試体に貼り付け、模擬ひび割れの周辺をデジタルカメラとドローンを使用してそれぞれ 3 回ずつ撮影した (図-2)。画像から SfM で 3D モデルを作製し (図-3)、3D モデル上の模擬ひび割れに対し、長さ 5mm 間隔で線の幅を測定した (21 箇所/ひび割れ 1 本あたり)。測定値の比較は、3D モデル測定値を N 、クラックスケール実測値を N' とし、(1)式を用いて相対誤差を計算した。なお、本実験の条件を表-1 に示す。

$$\left| \frac{N - N'}{N'} \right| \times 100 \quad (1)$$

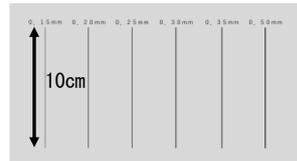


図-1 模擬ひび割れ用紙

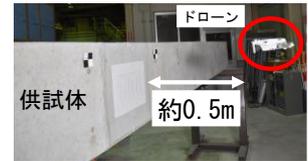


図-2 模擬ひび割れ確認状況



図-3 供試体 3D モデル (左: デジタルカメラ, 右: ドローン)

表-1 模擬ひび割れ及び実ひび割れの撮影条件

使用機器	デジタルカメラ	ドローン	
機器型式	Nikon-D5500	DJI-MAVIC MINI/II	
画素数	2400 万画素	1200 万画素	
撮影場所	室内	室内	屋外
被写体と機器の距離	約 0.5m	約 0.5m	約 1.5m, 約 2.5m
被写体のオーバーラップ率	約 80%	約 80%	約 80%
撮影枚数	54 枚	54 枚	140 枚, 83 枚



図-4 橋脚実ひび割れ確認状況



図-5 橋脚 3D モデル

2.2 橋脚実ひび割れ幅の確認: 橋脚の地表面高さ 3m の位置に確認された実ひび割れ (図-4) をドローンで撮影し、SfM で 3D モデルを作製した (図-5)。その後同様に、3D モデル上のひび割れに対し、長さ 5mm 間隔でひび割

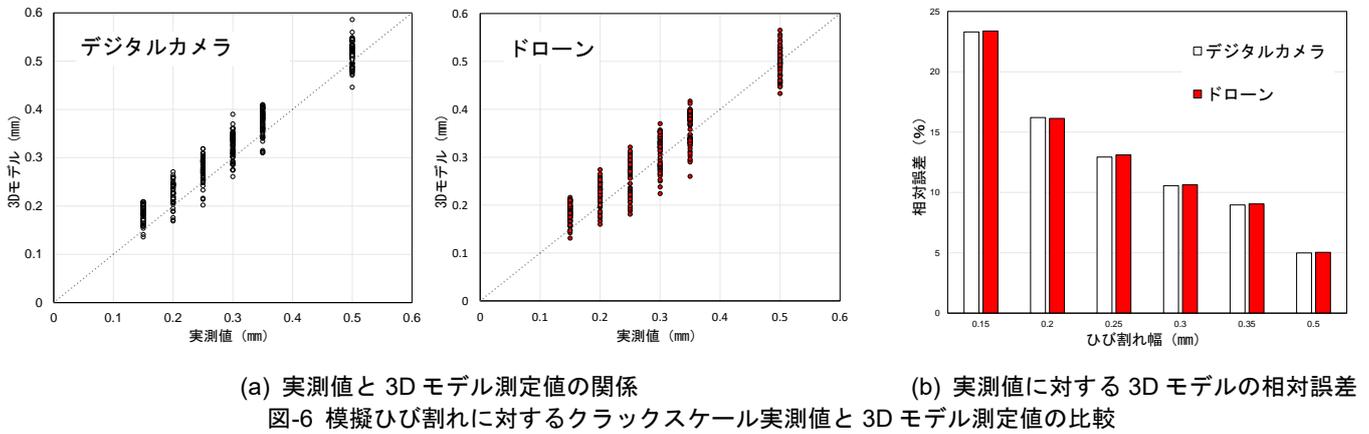


図-6 模擬ひび割れに対するクラックスケール実測値と 3D モデル測定値の比較

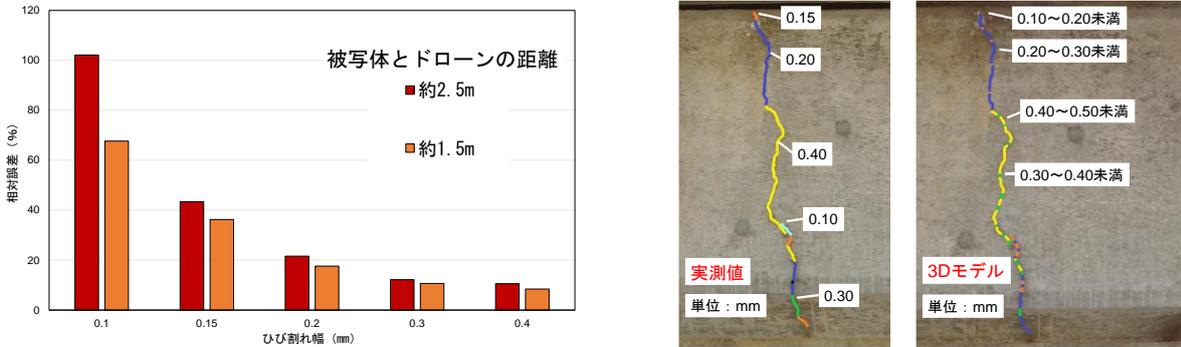


図-7 実ひび割れに対するクラックスケール実測値と 3D モデル測定値の比較

れ幅を測定した (138箇所/ひび割れ1本あたり)。

3. 実験結果

図-6に模擬ひび割れに対するクラックスケール実測値と測定値の比較を示す。図-6(a)は実測値に対する3Dモデル測定値のばらつきを示しており、図内の点線よりも上側の点は実測値よりも大きく、一方点線よりも下側の点は実測値よりも小さく測定されたことを示している。また、デジタルカメラと比較してドローンの方が各ひび割れ幅におけるばらつきが若干大きいことが分かった。図-6(b)は実測値に対する3Dモデル測定値の相対誤差の平均値を示している。各ひび割れ幅に対して、デジタルカメラとドローンの相対誤差はほぼ同じであり、ひび割れ幅が大きくなるにつれて実測値との誤差が小さくなった。

図-7 に実ひび割れに対するクラックスケール実測値と測定値の比較を示す。図-7(a)は実測値に対する 3D モデル測定値の相対誤差の平均値を示している。ここで損傷度評価基準の幅 0.2mm に着目すると、相対誤差は被写体とドローンの距離を約 2.5m から約 1.5m に近づけることにより 22%から 18%にまで小さくなった。他のひび割れ幅においても、被写体との距離を近づけることにより誤差は小さくなった。図-7(b)は実測値と 3D

モデル測定値をひび割れ幅ごとに色分けしたものである。0.2mm 以上のひび割れ幅に着目すると、実測値に対する 3D モデル測定精度は良好であった。

4. 結論

コンクリート部材に発生したひび割れ幅を計測するため、SfM を用いてドローン撮影画像から 3D モデル生成し、ひび割れ幅を測定した結果を以下に示す。

- 1) 撮影機器の違いに着目したデジタルカメラとドローンによる模擬ひび割れの測定では、実測値に対するこれらの誤差はほぼ同じであり、ひび割れ幅が大きくなるにつれてこの誤差は小さくなった。
- 2) 撮影距離の違いに着目したドローンによる実ひび割れの測定では、距離を近づけることにより実測値との誤差は小さくなった。
- 3) 実験データの蓄積が必要ではあるが、0.2mm 以上のひび割れ幅に対する測定精度は良好であったことから、ひび割れ幅計測における本手法の有効性が示唆された。

参考文献

- 1) 国土交通省; 道路道路法施工規則 (平成 26 年 3 月)
- 2) 国土交通省; 道路橋定期点検要領 (平成 31 年 2 月)
- 3) 富山 潤, 他; UAV 撮影画像の解析技術を活用した離島架橋のひび割れ点検に関する考察, 土木学会論文集 F4, 75-1 (2019), pp.11-23.