

## UAV を用いた構造物ひび割れ幅測定に及ぼす風速及び照度の影響

宮崎大学大学院 (学) ○迫田 鐘生, 本多 雅匠, 宮崎大学 (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

我が国において、建設から 50 年以上経過した道路橋の割合は年々増加傾向にあり、2033 年には 63% に達することが予想されることから、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<sup>1)</sup>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、部材変状を近接目視で確認することが義務化された。これを受け、平成 26 年度から平成 30 年度に実施された 1 巡目の点検を通して、人材、技術力、及び予算の不足、点検時における安全性の確保が 2 巡目に向けた課題とされた。このことから、平成 31 年 2 月に改定された道路橋定期点検要領<sup>2)</sup>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て、近接目視と同等の健全性の診断ができると判断した方法という文言も追加されており、新技術を活用した点検が期待されている。

新技術を用いた点検では、UAV (以下、ドローン) や赤外線サーモグラフィーを活用した点検<sup>3)</sup>や壁面走行ロボットを用いたコンクリート点検システム<sup>4)</sup>など様々な技術開発が行われている。しかし、これらの多くは高価な機器や高度な技術が必要となるため汎用的とは言えず、特に地方において使用されているものは少ないというのが現状である。

本研究では、簡便かつ低価格の点検方法の確立を目的として、小型ドローン及び SfM 復元技術を活用し、撮影写真から 3D モデル化した構造物におけるひび割れ幅を測定した。その際の、撮影時の照度や風速といった外的要素が測定精度に及ぼす影響について実験的に検討した。

### 2. SfM の概要

SfM は、画像を用いた 3D 形状の復元技術である。これは異なる位置から撮られた、複数枚の画像のオーバーラップ部を解析する事により、3D モデルを復元する。1 つの画像から数百から数千点の特徴点が抽出され、画像間でマッチングされた後にその点の 3D 座標を特定する。

図-1 に 3D モデル構築の流れを示す。特徴点と各カメラの位置・姿勢の推定値から生成された粗い点群から各ピクセルの 3D 座標を計算し、より高密度な点群を得る。この点群からメッシュデータを作成し、そのメッシュデータに元画像を張り付けることによって 3D モデルが構築される。

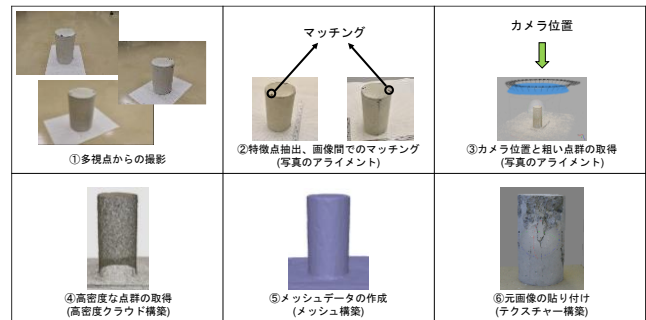


図-1 SfM による 3D モデル作成手順

表-1 使用機材

| 製品名                | 外観 | 有効画素数     |
|--------------------|----|-----------|
| DJI Mini 2 (DJI 社) |    | 1,200 万画素 |
| ANAFI (Parrot 社)   |    | 2,100 万画素 |



(a) デジタル写真 (b) 復元された 3D モデル  
 図-2 解体橋梁桁のひび割れ発生状況

### 3. 実験方法

#### 3.1 照度の影響

本実験では、大学構内に設置されている解体橋桁に発生したひび割れを測定対象とし、撮影には表-1 に示す有効画素数が異なる 2 機種 of ドローンを用いた。図-2 (a) に示す解体橋桁のひび割れ幅は 0.1 mm~0.5 mm の範囲であり、ひび割れ長さは 160 mm であった。

撮影時の照度は、約 5,000 lx, 約 3,000 lx, 約 1,000 lx, 約 750 lx, 約 500 lx, 約 250 lx, 0 lx の 7 条件とし、日射を簡易テントで遮断することで調整した。また、撮影時のドローンと被写体の距離は約 0.5 m とし、SfM を用いて条件ごとに 3D モデルを作成した。なお、0 lx では明るさの関係上、ドローン飛行が困難であったため、手持ち撮影とした。

その後、モデル上のひび割れに対し、ひび割れ長さ方向に

25 mm 間隔でひび割れ幅を計測し、3D モデル測定値を  $N$ 、クラックスケール (以下、CS) で測定した実測値を  $N'$  とし、(1) 式を用いて相対誤差を計算し、精度比較を行った。

$$\text{相対誤差 } Re = \left| \frac{N - N'}{N'} \right| \times 100 \quad (1)$$

3.2 風速の影響

本実験では、鹿児島県霧島市内の校舎壁面に発生したひび割れを測定対象とした。ひび割れ撮影機材及びひび割れ測定値の比較方法は前節と同様である。図-3 (a) に示す壁面のひび割れは、地上高さ 7.30 m~8.57 m の位置に確認された。ひび割れ幅は 0.5 mm~3.0 mm の範囲であり、ひび割れ長さは 1.2 m であった。

撮影時の風速は、約 1.0 m/s、約 3.0 m/s、約 5.0 m/s の 3 条件とし、図-3 (b), (c) に示すように、高所作業車のデッキ上に設置した工業扇を用いてドローンに風を吹き付け、風速計を確認しながら工業扇の風量やドローンと工業扇の距離を変えることで風速を調整した。被写体との撮影距離は約 0.5 m、約 1.0 m、約 1.5 m の 3 条件で撮影を行い、3D モデル作製後のひび割れに対し、ひび割れ長さ方向に 50 mm 間隔でひび割れ幅の測定を行った。

4. 実験結果

図-2 (b) に解体橋梁桁の復元モデルを示し、表-2 に照度を変えて撮影した 3D モデルのひび割れ箇所を示す。ここで、ANAFI で撮影された画像は DJI Mini 2 と比較して暗く、特に 0 lx の条件下で撮影された画像からは、特徴点を検出できずモデル化することができなかった。これは、ISO 感度などの違いが影響を及ぼしていると考えられる。2機種ともに、照度の低下に伴って作成された 3D モデルも暗くなり、ひび割れ幅の測定が困難であった。

図-3 (d) に校舎壁面の復元モデルを示し、表-3 に風速と被写体の撮影距離を変えた際の使用機材ごとの撮影時間を示す。撮影距離が大きくなることで撮影枚数が少なくなるため撮影時間は短くなるが、風速が大きくなるにつれて撮影時間は長くなった。これは、風速の影響でドローンを目標の撮影位置に移動させる事が困難であったからである。特に、ANAFI を用いて風速 5.0 m/s の条件下で撮影した際に、横風に加えてドローンのプロペラが巻き起こす風が壁面で跳ね返ることで機体が不安定となり、撮影距離が 1.0 m 以下の条件では撮影ができなかった。なお、3D モデルから測定したひび割れ幅の相対誤差については発表時に報告する。

5. まとめ

ドローンと SfM を用いたひび割れ幅測定における照度や

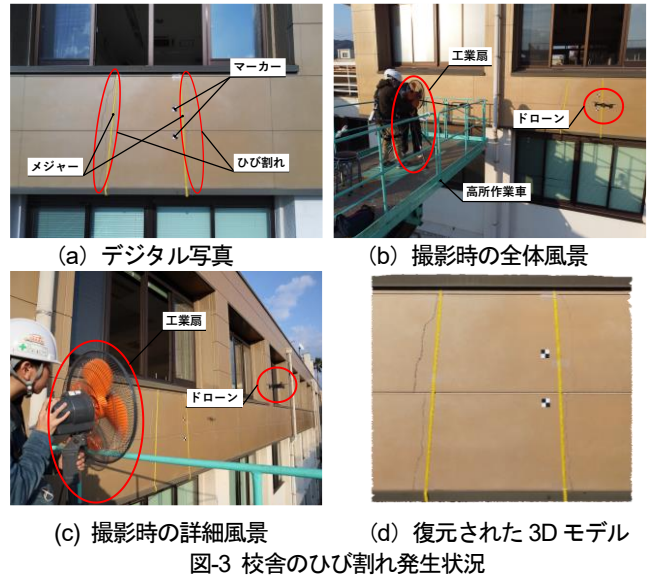


表-2 各条件での 3D モデル

|                  | 5,000 lx |  |         |  | 3,000 lx |  |         |  | 1,000 lx |  |         |  | 750 lx  |  |         |  |         |  |       |  |
|------------------|----------|--|---------|--|----------|--|---------|--|----------|--|---------|--|---------|--|---------|--|---------|--|-------|--|
|                  | 500 lx   |  | 250 lx  |  | 0 lx     |  | 500 lx  |  | 250 lx   |  | 0 lx    |  | 500 lx  |  | 250 lx  |  | 0 lx    |  |       |  |
| DJI Mini2 3D モデル | [Image]  |  | [Image] |  | [Image]  |  | [Image] |  | [Image]  |  | [Image] |  | [Image] |  | [Image] |  | [Image] |  |       |  |
| ANAFI 3D モデル     | [Image]  |  | [Image] |  | [Image]  |  | [Image] |  | [Image]  |  | [Image] |  | [Image] |  | [Image] |  | [Image] |  | 復元不可能 |  |

表-3 各条件での撮影時間

| 撮影距離 (m) | 平均風速 (m/s) | DJI Mini 2 |           | ANAFI |           |
|----------|------------|------------|-----------|-------|-----------|
|          |            | 撮影枚数       | 撮影時間      | 撮影枚数  | 撮影時間      |
| 約0.5     | 1          | 80         | 10 m 02 s | 57    | 10 m 40 s |
|          | 3          |            | 17 m 35 s |       | 13 m 58 s |
|          | 5          |            | 16 m 04 s |       | -         |
| 約1.0     | 1          | 39         | 5 m 35 s  | 22    | 5 m 45 s  |
|          | 3          |            | 8 m 39 s  |       | 7 m 09 s  |
|          | 5          |            | 7 m 04 s  |       | -         |
| 約1.5     | 1          | 18         | 2 m 58 s  | 8     | 3 m 05 s  |
|          | 3          |            | 6 m 45 s  |       | 3 m 54 s  |
|          | 5          |            | 4 m 30 s  |       | 3 m 48 s  |

風速が精度に及ぼす影響について検討した結果、照度の低下に伴って作成された 3D モデルも暗くなり、ひび割れ幅の測定が困難であった。また、風速が大きくなるにつれて、ドローンを目標位置に移動させた撮影に時間を要した。

謝辞

本研究の一部は、(公財) 宮崎県建設技術推進機構の宮崎『ひと・まち・みらい』づくりに関する研究・活動等の助成を受けたものである。

参考文献

- 国土交通省：道路法施工規則 平成 26 年 3 月
- 国土交通省：道路橋定期点検要領 平成 31 年 2 月
- 眞方山美徳, 宮内博之, 兼松学, 他：ドローンに搭載した赤外線装置による外壁調査手法の実証実験, コンクリート工学会論文集, Vol.57, No.9, pp.675-680, 2019
- NETIS 登録番号 KK-210040-A：壁面走行ロボットを用いたコンクリート点検システム, <https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=KK-210040%20> (閲覧日：2022 年 12 月 27 日)