

画像解析技術を用いた離島海上橋のひび割れ定量評価

大成建設（株） 技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 ○鈴木 三馨, 本澤 昌美, 堀口 賢一
（株）オカベメンテ 土木学会西部支部沖縄会 特別会員 岡部 成行
（特非）グリーンアース 土木学会西部支部沖縄会 特別会員 鈴木 浩一
琉球大学 正会員 山田 義智, 富山 潤, 崎原 康平, 須田 裕哉

1. 目的

近年、我が国の社会インフラ施設の老朽化対策は喫緊の課題であり、その対策を検討するために必要な現況調査の迅速化や調査の遠隔操作化などの要求が高まっている。戦略的イノベーション創造プログラム（以下、SIP）のインフラ維持管理・更新・マネジメント技術として、著者らが開発してきたコンクリートのひび割れ画像解析技術¹⁾を中核技術としたモニタリング技術の開発が採択され技術開発を行っている^{2), 3)}。

一方、2017年4月時点において、沖縄県には全21橋の離島架橋があり、県民の生活を支える重要構造物のひとつである。これら離島架橋を合理的かつ効果的に維持管理する必要がある。しかし、離島架橋の点検は多くの制約を受け、適切な点検と高度な診断は困難である。

そこで、開発したひび割れ画像解析技術の地域実装の試行のため、琉球大学SIPの地域実装支援チームと連携し、沖縄県管理者（沖縄県中部土木事務所、沖縄県北部土木事務所、沖縄県宮古土木事務所）および構造物調査事業者（（株）中央建設コンサルタン

ト、（株）芝岩エンジニアリング）との協働により、2017年に沖縄県を代表する離島架橋であるA大橋（沖縄県中部土木事務所管理）、B大橋（沖縄県北部土木事務所管理）、C大橋（沖縄県宮古土木事務所管理）の3橋のひび割れ調査の試行を行った。本論文ではA大橋、C大橋の調査結果を示す。

2. ひび割れ画像解析技術の概要

ひび割れ画像解析の解析手順を以下に示す（図-1）。1)デジタルカメラにて、調査対象を撮影する。2)撮影画像をあおり補正、画像合成などの前処理をし入力画像を作成する。3)入力画像のひび割れ解析範囲を指定し、ウェーブレット変換する。4)ひび割れ画像およびひび割れ幅毎のひび割れ長さ分布図を出力する。

本手法は、従来の輝度情報からひび割れを判別する方法に対して、コンクリートの汚れや色の濃淡によるばらつきの影響を低減し、また、空間分解能の1/4以上のひび割れ（空間分解能0.8mm/pixelの画像の場合は幅0.2mm以上のひび割れ）を検出できる特徴を持つ。今回は、離島架橋を対象としたため、UAV搭載カメラを使用して撮影した。

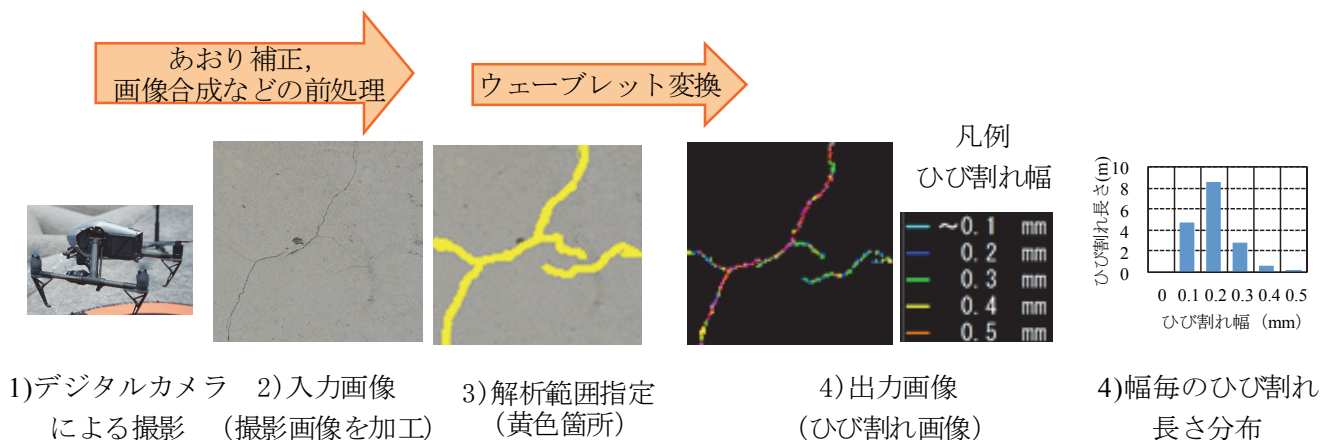


図-1 ひび割れ画像解析の解析手順

キーワード ひび割れ, 点検, コンクリート, ウェーブレット, 画像解析, UAV

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設（株） 技術センター TEL045-814-7228

3. ひび割れ画像解析の調査対象と調査方法

調査対象は、A大橋（1997年開通、橋長900m、PC連続箱桁橋、PC連続ラーメン箱桁橋）、C大橋（2015年開通、橋長3,540m、PC連続箱桁橋、鋼床版箱桁橋）の橋脚とした。画像撮影には、市販のUAV搭載カメラ（2,080万画素）を用いた。検出ひび割れ幅を0.2mm以上とするため、空間分解能は0.74mm/pixel～0.78mm/pixel（焦点距離25mm、撮影対象との距離

5.65m～5.95m）とした。調査は、2017年7月（A大橋）および2017年11月（C大橋）に実施した。

4. ひび割れ調査の結果

4.1 A大橋のP3橋脚

A大橋のP3橋脚は、A1橋台から3径間（123.6m）離れた海上に位置する。A大橋のP3橋脚起点側の点検図を図-2に示す。ひび割れ調査箇所は側面片面と

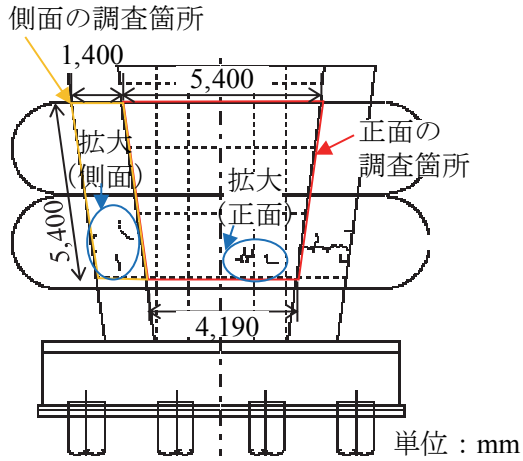


図-2 A大橋のP3橋脚起点側の点検図

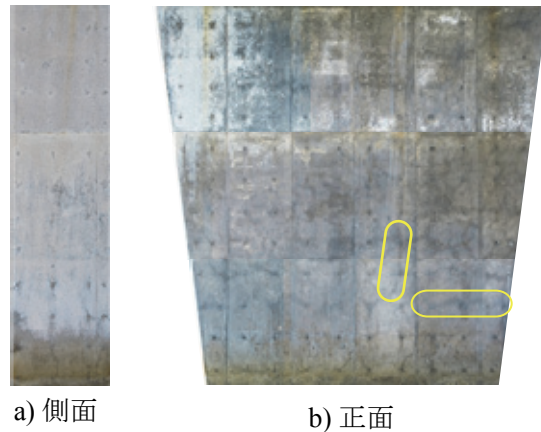


図-3 A大橋のP3橋脚起点側の撮影画像

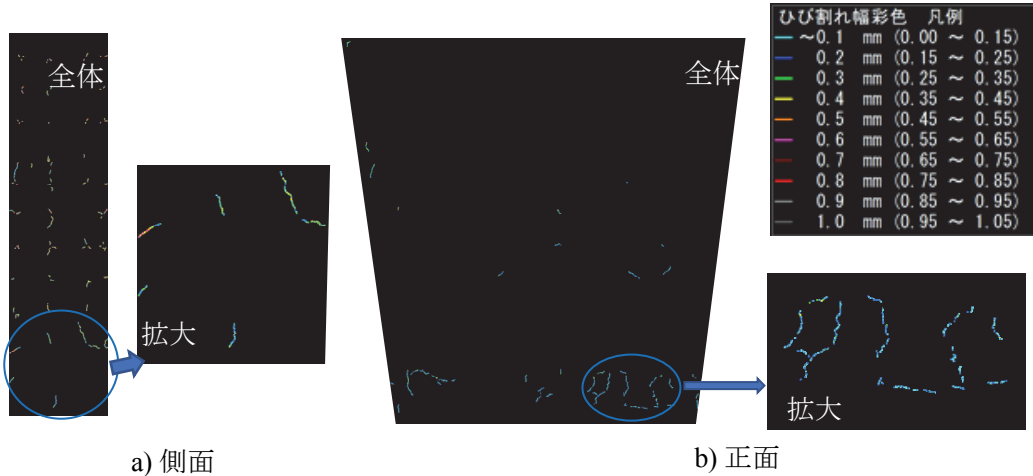


図-4 A大橋のP3橋脚起点側のひび割れ図

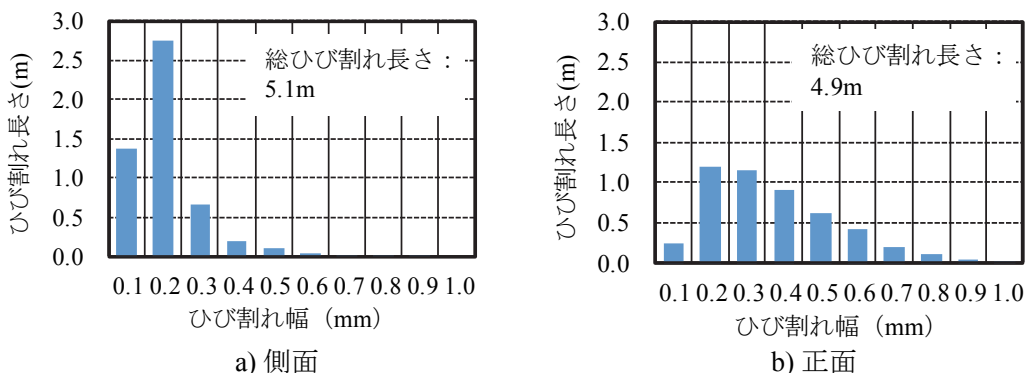


図-5 A大橋のP3橋脚起点側のひび割れ幅毎のひび割れ長さ分布

正面とした (図-2)。A 大橋の P3 橋脚起点側の撮影画像を図-3 に、同ひび割れ図を図-4 に、ひび割れ幅毎のひび割れ長さ分布を図-5 に示す。図-2 の点検図のひび割れの箇所 (青丸で囲った箇所) について、図-4 のひび割れ図にて拡大して示す。本手法を用いて点検でのひび割れを抽出できている。なお、図-3 の黄線でのかこみ部分はひび割れのように見えるが、にじみ模様のみでひび割れは生じていない。

調査箇所内の総ひび割れ長さは側面、正面ともに 5.0m 程度となった。目視点検ではひび割れ長さの定

量評価はなされていない。

4. 2 C大橋のP4 橋脚

C 大橋の P4 橋脚は、A1 橋台から 4 径間 (245m) 離れた海上に位置する。C 大橋の P4 橋脚の 2015 年における点検図を図-6 に示す。C 大橋の P4 橋脚の撮影画像を図-7 に、同ひび割れ図を図-8 に、ひび割れ幅毎のひび割れ長さ分布を図-9 に示す。図-6 の点検図のひび割れの箇所 (青丸で囲った箇所) について、図-7 の撮影画像、図-8 のひび割れ図にて拡大して示す。

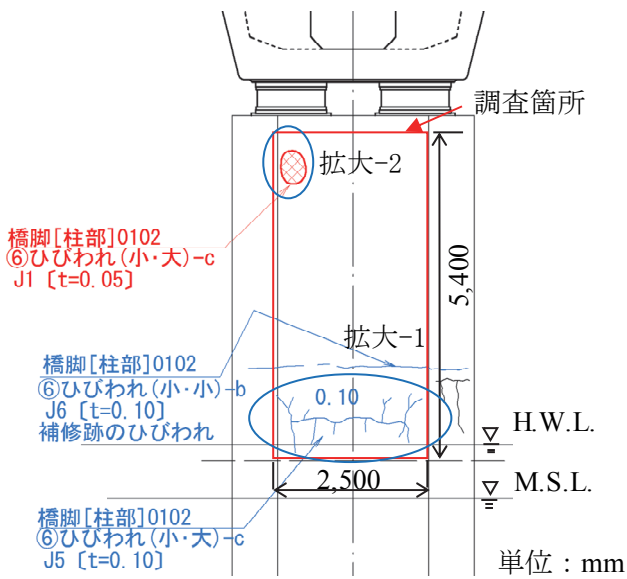


図-6 C大橋のP4橋脚の点検図 (2015年)

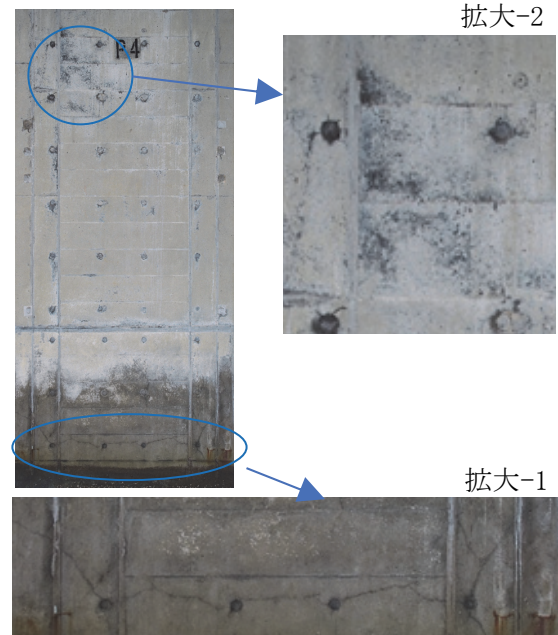


図-7 C大橋のP4橋脚の撮影画像

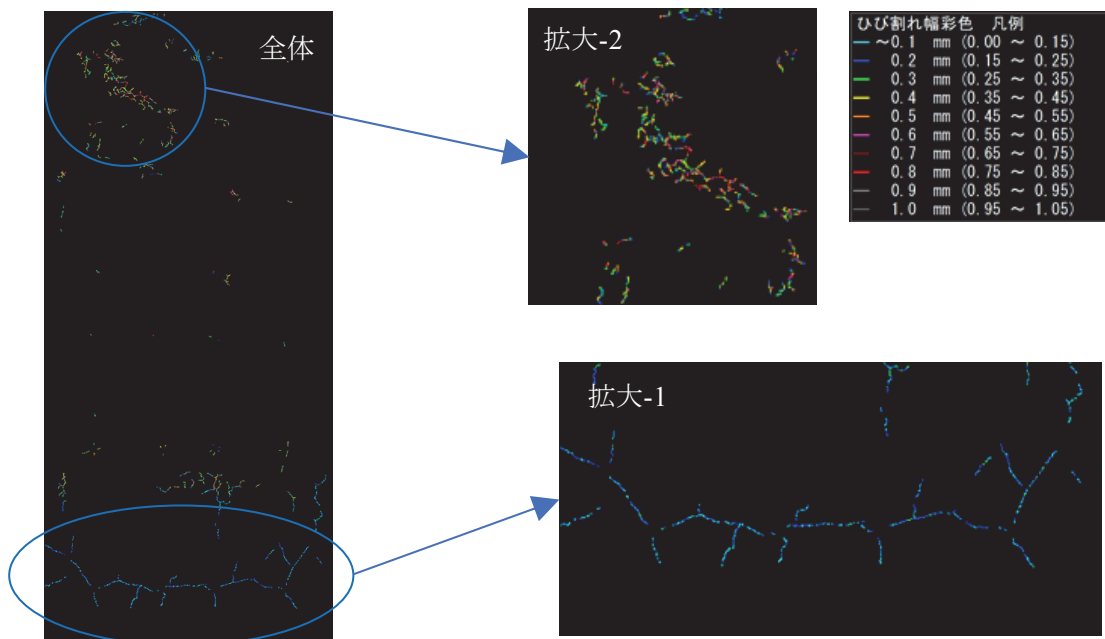


図-8 C大橋のP4橋脚のひび割れ図

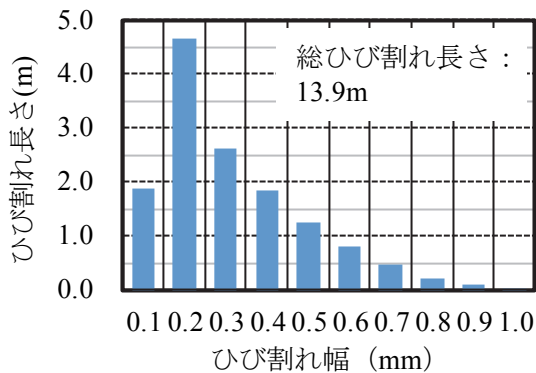


図-9 C大橋のP4橋脚のひび割れ幅毎のひび割れ長さ分布

点検図に記録されている高水位 (H.W.L.) 付近の 0.1mm 程度のひび割れは、ひび割れ図の拡大-1 に示すように、0.1~0.2mm のひび割れとして抽出できている。この範囲は図-7 に示す撮影画像のように、コンクリート表面が濡れている。本ひび割れ画像解析手法ではこのような濡れているコンクリート表面にあるひび割れにおいても特別な前処理なしに抽出が可能である。その上部の補修跡のひび割れについては、ひび割れ解析の範囲外とした。

点検図に記録されている橋脚上部の幅 0.05mm 程度の細かいひび割れ群は、ひび割れ図の拡大-2 に示すように、ひび割れとして抽出できた。ただし、ひび割れ幅については、点検図の 0.05mm よりも大きく 0.1~0.8mm 程度となった。ひび割れ幅については、2015年の点検時から2017年のひび割れ画像解析による調査までの期間に広がっているなどの可能性がある。

調査箇所内の総ひび割れ長さは 13.9m となった。主なひび割れ幅は 0.2mm であるが、0.8mm 程度のひび割れ幅の大きなものも算出された。目視点検ではひび割れ長さの定量評価はなされていない。このように、ひび割れ幅毎のひび割れ長さを定量的に算出することで、より適切な診断が可能となる。

5. 結論

A大橋およびC大橋の橋脚のひび割れ調査に、UAV に搭載したカメラによる撮影画像を用い、コンクリートのひび割れ画像解析技術を試行した。

市販の UAV に搭載したカメラによる撮影画像を入

力画像としてひび割れ画像解析により得られたひび割れ図は、点検図にあるひび割れを精度良く検出できた。

UAV 搭載カメラによる撮影画像を本技術に用いることより、従来の点検での離島架橋特有の問題である容易に近づけない場所に足場や橋梁点検車などを用いない橋梁点検が可能である。また、ひび割れ図のみならず、ひび割れ幅毎のひび割れ長さのデータが得られるため、定期的に点検することでひび割れの進展の有無など維持管理に必要な情報を定量的に示すことが可能となる。

謝辞

本技術開発は、国土交通省による「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発に係る公募」の研究開発課題として採択されて実施したものである。実施に際して、国土交通省大臣官房技術調査課に多大なご助言、ご支援をいただいたことに謝意を表します。

また、本調査に当たっては、沖縄県中部土木事務所、沖縄県北部土木事務所、沖縄県宮古土木事務所、(株)中央建設コンサルタント、(株)芝岩エンジニアリングに多大なご協力をいただいたことに謝意を表します。

参考文献

- 1) 小山哲, 丸屋剛, 堀口賢一, 澤健男: ガボールウェーブレット変換を用いたコンクリートのひび割れ画像解析技術の開発, 土木学会論文集 E2 (材料・コンクリート構造), Vol.68, No.3, pp.178-194, 2012.
- 2) 鈴木三馨, 本澤昌美, 堀口賢一, 坂本淳: 遠方や狭隘部の撮影技術の開発とひび割れ画像解析技術の高度化, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.1855-1860, 2017.
- 3) 鈴木三馨, 本澤昌美, 堀口賢一, 坂本淳: 画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システムの構築, 第17回コンクリートの補修, 補強, アップグレードシンポジウム, pp.261-266, 2017.