

AI を用いたコンクリートのひび割れ自動検出技術の高架橋橋脚での実証

大成建設（株） 技術センター 正会員 ○堀口 賢一
 大成建設（株） 技術センター 正会員 本澤 昌美
 大成建設（株） 土木技術部 正会員 北原 剛

1. はじめに

近年、我が国の社会インフラ施設や建築物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効率化、調査結果の定量化などの要求が高まっている。特にコンクリート構造物のひび割れの調査は、構造物の劣化の有無やその程度を把握し、劣化原因の推定や耐久性を評価する上で欠かすことができない。このような社会的な要請に呼応して、内閣府を中心として2014年度から2018年度の5か年にかけて、第1期SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）が実施された¹⁾。

この一環として、著者らは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（以下、ひび割れ画像解析技術）を中核とした、コンクリート構造物のひび割れ点検技術の開発を進めてきた²⁾。今回、このひび割れ画像解析技術に、AI（人工知能）を活用したひび割れ自動検出の機能を組み込んだ。

そこで、これによるひび割れ検出の精度と効率化を、実際の高架橋でのひび割れを対象に検証した結果について報告する。

2. ひび割れ画像解析技術の概要と特徴

図-1 にひび割れ画像解析の手順と出力結果の一例を示す。従来は、まず、工程①で図-1a)の撮影画像に対して、ひび割れ位置の大まかなトレースを人が行い、図-1b)に示すひび割れ候補領域画像を作成する。次に、工程②でトレース範囲の画

素単位でウェーブレット変換を実行し、得られるウェーブレット係数からひび割れ幅を推定して、画素ごとのひび割れ幅に応じて色分け表示した図-1c)のひび割れ画像を出力する。最後に、工程③でひび割れ幅ごとの長さを集計処理することで、図-1d)に示すひび割れ幅ごとの長さ分布図が得られる。

今回、工程①において、ひび割れの位置を人によるトレースで指定していたところを、AIによる自動検出に置き換えることで、ひび割れ検出の効率化と客観化を図った。なお、このAIは画像から直接深層学習によりひび割れを抽出し、幾何的特徴で一部フィルタリングするシステムで構成されている。

3. AI を用いたひび割れ検出精度と AI による効率化

図-2 に橋脚の撮影画像とひび割れ画像を示す。ここでは、撮影画像に対するひび割れ画像の作成を、人がトレースする手法、AIで抽出する手法、および従来の近接目視による手法の3通りで、高架橋の4つの橋脚を対象に実施した。

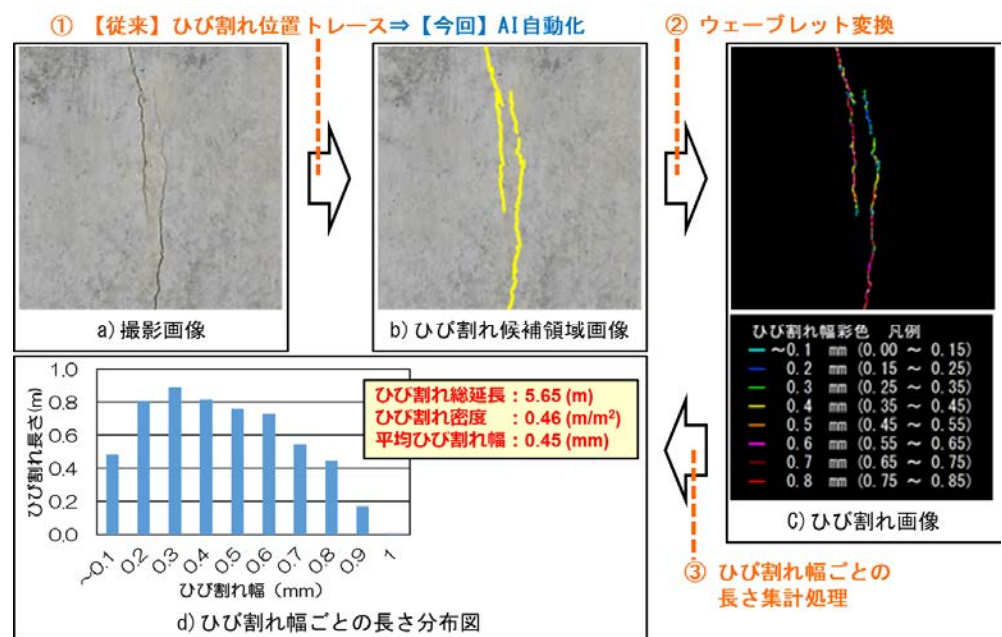


図-1 ひび割れ画像解析の手順と出力結果の一例

キーワード コンクリート、ひび割れ、AI、自動検出、ウェーブレット変換、高架橋

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

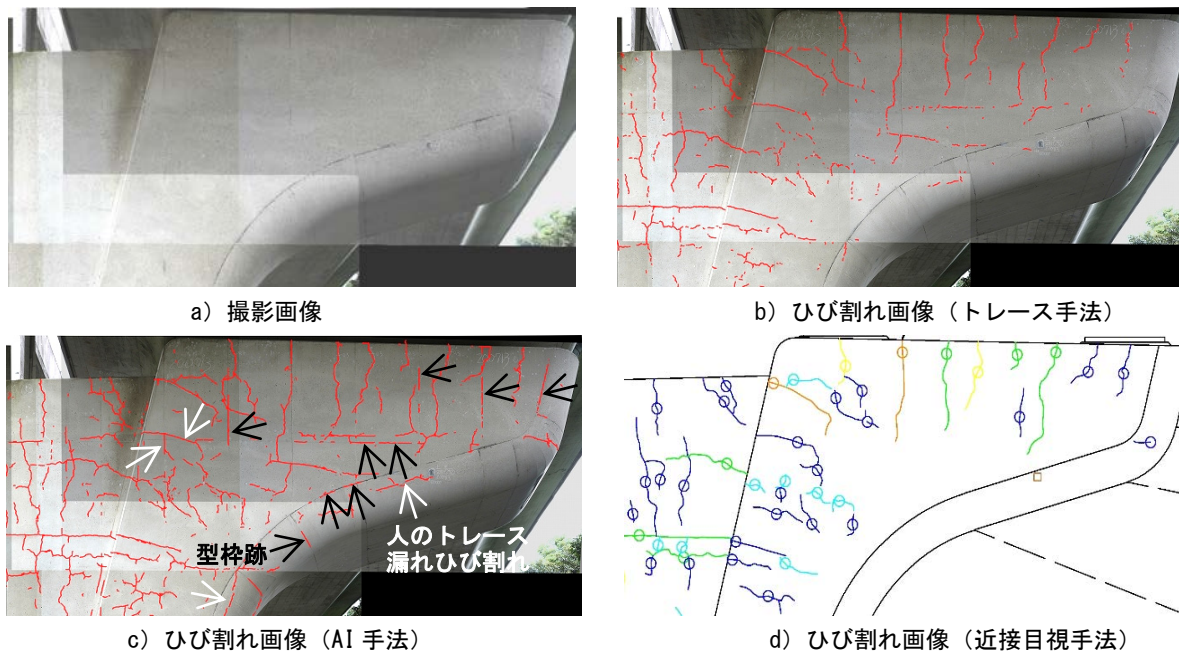


図-2 橋脚の撮影画像とひび割れ画像（橋脚1の上半右半分）

表-1 4橋脚でのひび割れ画像の再現率と適合率

橋脚	正面		側面		全面	
	再現率	適合率	再現率	適合率	再現率	適合率
橋脚1	78.9	52.6	69.0	31.2	74.0	41.9
橋脚2	74.3	57.2	68.7	37.9	71.5	47.6
橋脚3	74.6	45.8	79.0	40.8	76.8	43.3
橋脚4	79.3	31.6	80.4	34.7	79.9	33.2
平均	76.8	46.8	74.3	36.1	75.5	41.5

単位：%

表-2 ひび割れ幅と長さの比較

橋脚	トレース手法		AI手法		近接目視手法	
	長さ	幅	長さ	幅	長さ	幅
橋脚1	1.32	0.50	1.49	0.40	1.35	0.50
橋脚2	3.06	0.80	2.55	0.90	2.20	0.80
橋脚3	2.23	0.90	2.08	0.80	1.70	0.50
橋脚4	0.38	0.60	0.45	0.50	0.50	0.40

単位：mm

表-1に4橋脚でのひび割れ画像の再現率と適合率を示す。ここでの再現率は、図-2b)と図-2c)の対比において、人がひび割れと判別した画素に対して、AIもひび割れと判別した画素の割合である。同様に適合率はAIがひび割れと判別した画素に対して、人もひび割れと判別した画素の割合である。再現率は平均75.5%、適合率は平均41.5%であった。適合率が低い要因として、図-2c)中に黒矢印で示した型枠跡の誤検出がAIで多いことが考えられ、さらに、図-2c)中に白矢印で示した人がトレースしていないひび割れを、AIが検出していることの影響が考えられる。

表-2にひび割れ幅と長さの比較を示す。これは、4つの橋脚からおのおの同じ位置のひび割れを抽出して、3つの手法で比較したものである。トレース手法とAI手法は幅、長さともにほぼ同じに評価された。一方、近接目視手法では、幅は点検員が最大と主観的に判断しているため、橋脚3では大きく違っている。また、長さを直線的に計測しているため、折れ

点の多いひび割れほど短くなる傾向が見られた。

以上の4橋脚での試行では、トレース手法に対するAI手法の作業時間と作業費用はともに、4橋脚平均で作業時間と費用を53%削減できた。

4. まとめ

AIによるひび割れ自動検出技術とウェーブレット変換を用いたひび割れ画像解析技術を組み合わせたシステムを構築し、高架橋橋脚で試行したところ、従来のトレースに対して作業時間や費用を半減できることが確かめられた。

参考文献

- 1) 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP：エスアイピー）：<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/>（閲覧日：2021年1月12日）
- 2) 堀口賢一，本澤昌美，岡部成行，富山潤：ドローンによる撮影画像を用いたコンクリートのひび割れ点検，コンクリート工学，Vol.57，No.9，pp.687-692，2019.9