

ひび割れ画像解析におけるひび割れ方向判別技術

大成建設（株）技術センター 正会員 ○本澤 昌美，堀口 賢一，野村 侖生，上村 勇太

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．

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¹⁾．

今回，この技術に，新たにコンクリート構造物の状態把握に必要なひび割れ1本ごとの方向を分類する機能を組み込んだ．本稿では，この技術を橋梁の床版ひび割れ点検に活用した事例について報告する．

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実施手順を示す．

まず，工程①で図-1a)の撮影画像に対して，ひび割れ位置をAIにより検出し，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でひび割れ候補領域の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．さらに，工程③でひび割れ幅ごとに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．最後に，工程④でひび割れ1本ごとの最大幅と長さに集計処理した，図-1e)に示すセグメンテーション画像を出力するが，このときにひび割れ方向を45°ごとに分類する．

工程①においては，ひび割れをAIにより自動で検出することを標準とするが，ひび割れの検出漏れや誤った過検出の箇所については，人が追記したり削除したりすることもできる．また，ひび割れが少ない場合は，人がひび割れをトレースした方が確実に早い場合もある．次の工程②においては，ウェーブレット係数とひび割れ幅に高い相関があることから，画素ごとにひび割れ幅を評価できる．そのため，撮影画像の空間分解能の1/4から2倍程度のひび割れ幅を高い精度で推定することが可能である．これは，例えば撮影画像の空間分解能が0.8mm/pixelの場合に，幅0.2～1.6mmの広範囲に対応できる．工程③においては，ひび割れ幅ごとの長さ分布図と同時に，画素ごと

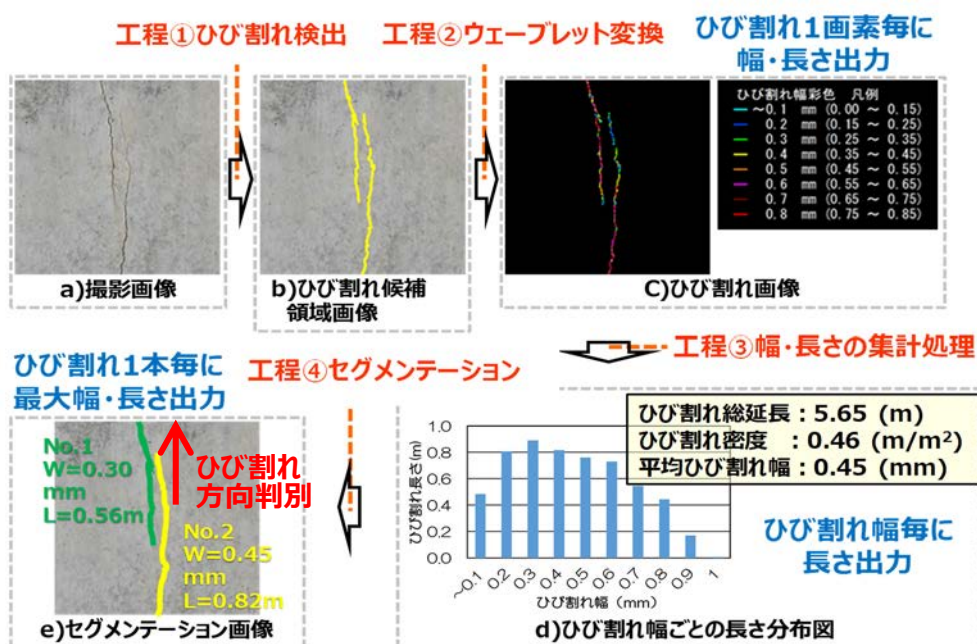


図-1 ひび割れ画像解析の実施手順

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，ひび割れ方向

連絡先 〒245-0051 横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設（株）技術センター TEL045-814-7210

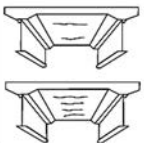
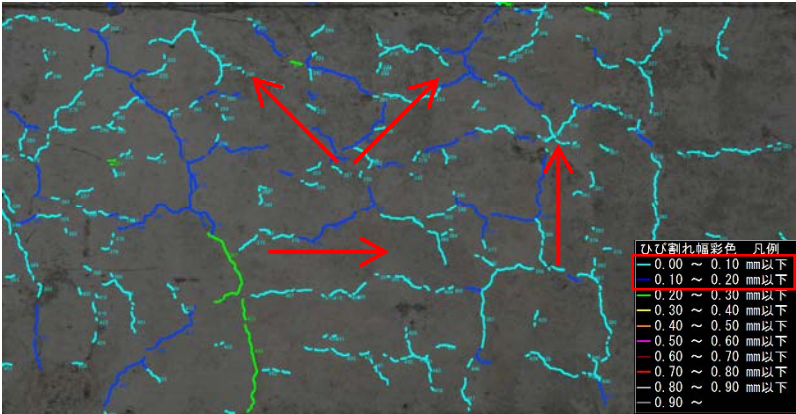
状態	1方向ひびわれ			2方向ひびわれ		
	性状	ひびわれ	漏水・遊離石灰	性状	ひびわれ	漏水・遊離石灰
d		・ひびわれは主として1方向のみ ・ひびわれ間隔は問わない ・最大ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	なし		・ひびわれは格子状 ・格子の大きさは0.5m~0.2m ・ひびわれ幅は0.2mm以下が主 (一部には0.2mm以上も存在)	なし

図-2 床版ひび割れの損傷程度の評価区分例（状態 d のみ抜粋）



a)ひび割れ画像解析結果

b)ひび割れ 1 本ごとの方向判定

ラベル	ひび割れ総延長 (mm)	平均ひび割れ幅 (mm)	最大ひび割れ幅 (mm)	ひび割れ方向
1	123.1	0.08	0.12	↖
2	189.4	0.09	0.13	×
3	99.5	0.06	0.09	↘
4	10.5	0.04	0.06	

c)床版全体のひび割れ方向判定

	度数(pixel)	ひび割れ長さ(m)	%
X方向	14642	6.9	34
Y方向	13050	6.1	30
斜め方向	15327	7.2	36

図-3 床版のひび割れ方向判別結果

の幅や長さを集計処理することにより、ひび割れ総延長や密度、平均ひび割れ幅も出力される。工程④においてはひび割れである画素と、それに隣接する画素が連続するひび割れであるか否かを判別することにより、ひとつの連続したひび割れに区分する。この1本ごとに区分したひび割れの方向を判別する機能を追加したことで、コンクリート構造物の状態把握に必要なひび割れの方向（1方向ひび割れ、2方向ひび割れ）を定量的に把握することが可能となった。

3. ひび割れ方向判定手法の概要と評価結果

橋梁定期点検要領²⁾では、図-2に示す床版ひび割れの損傷程度の評価区分を用いて点検を実施することとされており、この評価区分には、ひび割れの方向（1方向ひび割れ、2方向ひび割れ）の分類をすることになっている。このため、次の手順でひび割れ方向判別を行い、図-3の床版のひび割れ方向判別結果が得られる。①ひび割れ画像解析で出力される隣り合うひび割れ画素ごとに座標情報を抽出する。②連続した線を分割して、それぞれの始点と終点で向きを判定し、一番数の多い向きを採用する。このとき、数の多い向きが同数の場合や、一番多い向きが5割以上ない場合は判別不能とする。③ひび割れ1本ごとにひび割れの向きを記号でエクセルシートに出力す

る（図-3b）。

図-3a)に示す床版ひび割れは、2方向にほぼ同程度で発生しており、そのひび割れ幅はほとんどが0.2mm以下であった。このことから、橋梁定期点検要領の評価区分の状態dに比定できる。

4. まとめ

橋梁定期点検要領では、ひび割れの方向（1方向ひび割れ、2方向ひび割れ）の分類をすることになっているが、従来は近接目視によるものであるため、定量的にひび割れの方向を示すことはできず、点検者による評価のばらつきがあった。ひび割れ画像解析技術に、ひび割れの方向判別機能を追加することで、ひび割れの方向を定量的に把握することが可能となった。また、ひび割れの方向判別が劣化の程度にかかわりのある、ASRのひび割れについても、状態の評価に有用であることから適用を進めていきたい。

参考文献

1) 本澤昌美，堀口賢一，野村 生：AI を用いたコンクリートのひび割れ自動検出精度の検証と実用化に関する検討，大成建設技術センター報，Vol.54，pp.55-1-55-7，2021.12
2) 橋梁定期点検要領，国土交通省道路局国道技術課，平成31年3月