

## ひび割れ画像解析における解析時間の迅速化手法の開発

大成建設(株) 土木技術研究所 正会員 ○府川 徹 本澤 昌美 堀口 賢一 坂本 淳

### 1. はじめに

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として認識されていることから、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への要求が高まっている。このような要求に対して、内閣府が中心となって創設した戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」、さらにはSIPの課題と連携して国交省が進めている「社会インフラのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」などの取組みがなされている。

本稿では、コンクリートのひび割れ調査の迅速化を目的として開発した、画像解析手法について報告する。

### 2. ひび割れ調査の現状と課題

コンクリート構造物の点検の基本となっているひび割れ調査は、これまで目視による調査が多用されてきた。一般的には、点検者がひび割れ位置を計測し、ひび割れ上の離散的な位置でクラックスケールを用いてひび割れ幅を測定し、図面に記録する方法である。

この方法では、点検者が異なることによるひび割れ位置やひび割れ幅の計測精度のばらつき、良好でない作業環境下での長時間作業、広域な調査範囲に対する労力および費用の増大などが課題として挙げられてきた。

これらの課題に対して、撮影画像を用いた計測手法や解析手法が施行されている<sup>1)</sup>。計測手法においては、例えばトータルステーション等を用いて正確な座標を持たせたひび割れ位置の計測や高精細画像の撮影によるひび割れ幅の計測等が行われている。しかし、精度を高めるために高精細画像が必要となり、情報量の増大に伴って計測結果の取得に要する時間が増大する場合がある。

一方、解析手法においては、ひび割れを抽出するために、二値化処理を始めとする様々な工夫を凝らした解析等が行われている。しかし、撮影条件や撮影対象のコンクリート表面の汚れ等の影響によって、ひび割れのみを抽出することが困難な場合がある。

### 3. ひび割れ画像解析手法の改良

筆者らの一部は、このようなコンクリート表面の汚れ

等の影響を受けにくいひび割れ画像解析技術を考案した。ガボール関数を用いた撮影画像のウェーブレット変換と、ひび割れとその背景色の輝度を変化させた疑似クラックから得られるウェーブレット係数を閾値とする方法とを組み合わせた解析手法(以下、ウェーブレット解析と略記)である<sup>2)</sup>。

#### 3. 1 従来手法の概要と課題

従来のウェーブレット解析は、表-1に示すように撮影画像の全域に対してウェーブレット変換を行い、ひび割れ判定、ノイズの除去を経てひび割れ幅の定量化を行っていた。解析は各ステップ間において一時中断し、次ステップに向けてデータを準備した後に、解析を再実行する必要があった。そのため、中央処理装置(CPU: Central Processing Unit)の稼働時間(以下、CPU時間と略記)およびデータ作成作業時間(ノイズの除去、解析開始に必要なデータセットの作成)が解析所要時間増大の要因と考えられ、課題となっていた。

#### 3. 2 改良手法の概要と迅速化の効果

このような課題に対して、解析を迅速化するために、表-1に示すように解析手順を変更し、あらかじめひび割れ位置を指定する手法とした。このことにより、下記項目に係る所要時間の短縮が可能となった。

- (1) CPU時間: 解析範囲の縮小および解析開始回数を1回とすることによるデータ入出力回数の低減
- (2) データ作成作業時間: ノイズ除去作業の不要化および解析に必要なデータセット作成回数の低減

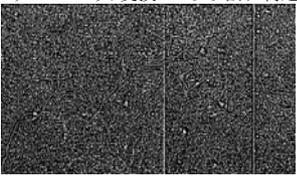
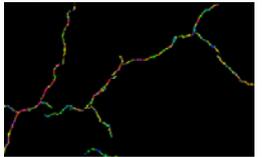
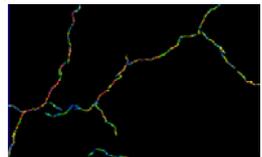
表-2に示すように、CPU時間は4割程度に短縮できた。また、表-3に示すように、データ作成作業時間も4割程度に短縮できた。これらのことから、改良手法は従来手法に対してCPU時間とデータ作成作業を合わせた解析所要時間も4割程度に短縮できた。

解析所要時間の短縮効果により、写真-1に示すように、ひび割れ画像の撮影と並行して調査現場において解析結果を得ることが可能となった。また、大画面仕様のデスクトップ型コンピューターが必要となる画像の貼合せ等の作業が多くない場合には、写真-2に示すタブレット型

キーワード ひび割れ, 画像解析, 迅速化, ガボール, ウェーブレット

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

表-1 従来手法と改良手法の主な手順の比較

	従来手法	改良手法
ひび割れ検出過程	解析対象画像  解析開始 解析対象範囲: 画像全域 ウェーブレット変換 → ひび割れ判定 	解析対象画像  解析対象画像上でひび割れ位置を指定 → <b>ノイズ除去作業不要</b> 
	解析中断 ひび割れ以外のノイズ除去(手作業) 	解析開始(以降、自動計算) 解析対象範囲: 指定したひび割れ上 ウェーブレット変換 → ひび割れ判定 
	解析再開 ・説明変数にウェーブレット係数を用いた回帰式によるひび割れ幅の推定 ・ひび割れ幅を色分けしたひび割れ分布図  (画像結合用の枠作製の場合 再度解析 <b>中断/再開</b> ) 解析終了 表計算ソフトを用いたグラフ作成開始 必要なデータの抽出(手作業) ひび割れ幅-ひび割れ延長 ヒストグラムの作成 グラフ作成終了 解析実行回数: 3回(最大)	説明変数にウェーブレット係数を用いた回帰式によるひび割れ幅の推定 ・ひび割れ幅を色分けしたひび割れ分布図  ひび割れ幅-ひび割れ延長 ヒストグラムの自動作成 解析およびグラフ作成終了 解析実行回数: 1回

コンピューターで同等の作業性を発揮できる。

4. おわりに

改良された手法により、迅速なひび割れ画像解析を実施することが可能となった。今後、更なる迅速化を目指して改良を続ける予定である。

謝辞

本研究の一部は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」に関連した、国土交通省の「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」で採択され実施したものである。また、元大成建設の小山哲氏には解析手法の改良にご助力を頂いた。

表-2 CPU 時間の短縮

	ひび割れ抽出過程	ひび割れ幅定量化過程	その他
主な解析内容	・細線化(改良手法のみ) ・ウェーブレット変換 ・ひび割れ判定処理	・細線化(従来手法のみ) ・ひび割れ幅推定処理	データ 入出力等
過程別短縮率 <sup>*</sup>	3%	25%	11%
主な短縮要因	解析範囲の縮小		入出力回数 の低減
CPU時間の短縮率	39%		
解析条件	・解析画像サイズ: 4384×2489ピクセル ・CPU情報: 2コア, 4スレッド, 動作周波数 2.00GHz		

\* ) 主な解析内容における改良手法のCPU時間の従来手法に対する比率

表-3 データ作成作業時間の短縮

	ひび割れ位置確定過程	データセット作成過程
過程別短縮率 <sup>*</sup>	25% <sup>**</sup>	17% <sup>***</sup>
主な短縮要因	ノイズ除去の不要化	データセット作成 回数の低減
データ作成作業 時間の短縮率	42%	

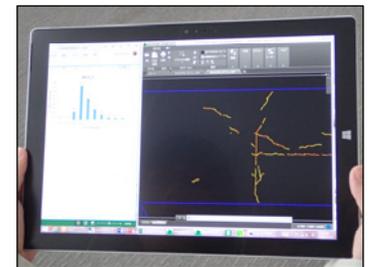
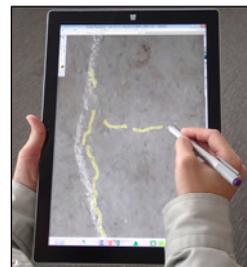
\* ) 実務での歩掛による

\*\* ) ひび割れ位置指定作業時間(改良手法)のノイズ除去作業時間(従来手法)に対する比率

\*\*\* ) 解析に必要なデータセット作成時間(改良手法)の同データセット作成時間およびヒストグラムの作成時間(従来手法)に対する比率



写真-1 調査現場における解析状況



a) ひび割れ位置の指定      b) 解析結果の表示

写真-2 タブレット型コンピューターを用いた解析

ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) コンクリートのひび割れを遠方から検出が可能な新技術について, 建設マネジメント技術, 2014年9月号
- 2) 小山ら: 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