

ひび割れ画像解析における AI を用いたひび割れ検出技術の検出精度と作業性向上効果の確認

大成建設（株） 技術センター社会基盤技術研究部 正会員 ○本澤昌美，堀口賢一

大成建設（株） 非会員 竹崎真一，小野英雄

関電プラント（株） 非会員 吉本稔，関西電力（株） 非会員 浦林輝人，奥中良佑

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遠隔操作化，ならびに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点検は，構造物の耐荷性や耐久性を知る上で欠かすことができない．このようなことから，国が進める SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）のインフラ維持管理・更新・マネジメント技術開発の一環として，著者らの一部はコンクリートのひび割れ画像解析技術¹⁾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⁾．一方，コンクリートのひび割れを AI により自動的に検出する技術の開発も積極的に進められている．このようなことから，今回，ひび割れの自動検出に AI を活用したプログラムを利用し³⁾，さらに定量的な評価にウェーブレット変換を用いた画像解析技術を使用して¹⁾，ひび割れの検出精度や作業性向上の効果を確認したことから，その結果について報告する．

2. ひび割れ画像解析の対象とした実験の概要

ひび割れの自動検出および幅や長さの定量評価に用いたコンクリートのひび割れ画像は，屋内構造実験における載荷試験体のデジタル画像とした⁴⁾．構造載荷実験に用いた試験体は，貯水槽を模擬した中空断面 RC 試験体で，寸法は幅 2,300mm×奥行き 1,800mm×高さ 1,600mm で，厚さ 100mm である．この試験体を幅 2,300mm の方向に水平に正負交番載荷して発生したひび割れを撮影した．このうち，幅 2,300mm×高さ 1,600mm の面の撮影画像を今回の検証に用いた．構造実験試験体のひび割れを対象としたのは，ひび割れ以外の特徴点が少なく，比較的ひび割れを検出しやすいと考えたことと，載荷ステップごとに同じ位置でのひび割れ幅の変化を捉えやすいと考えたためである．

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．本手法では，これまでひび割れ位置を人為的にトレ

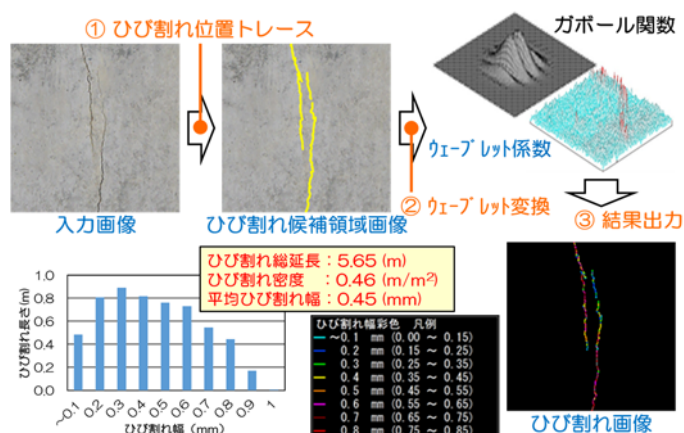


図-1 ひび割れ画像解析の手順と出力結果の一例

ースして，この範囲を解析領域として出力結果を得てきた．これは，画像全体をウェーブレット変換してから，その後にひび割れ以外のノイズを除去する場合に比べて，先にトレースしてからその範囲のみを画像解析する方が，ノイズ除去が不要で早いためである．今回は，図-1 に示す処理手順①のひび割れ位置トレースによる候補領域画像に代えて，AI によるひび割れ検出画像を使用した．

画像の撮影は，三脚に固定したデジタルカメラを被写体から 4.3m の位置に正対して設置し，幅 2,300mm×高さ 1,600mm の範囲を載荷ステップごとに撮影した．また，今回の検証では幅 0.1mm 以上のひび割れを検出することを目標として，撮影画像の画素寸法を 0.4mm/pixel となるように設定した．これは，本画像解析技術では，画素寸法の 1/4 以上の幅のひび割れをほぼ全て検出できるためである^{1),2)}．

3. ひび割れ画像解析結果

図-2～図-5 に載荷最終ステップでのひび割れトレース作図を，AI で行った場合と点検員が行った場合のひび割れ画像解析結果とひび割れ幅ごとの長さの分布を示す．AI による場合と人による場合で，検出されたひび割れの分布や幅はほぼ同じであることがわかる．

キーワード コンクリート，ひび割れ，AI，ウェーブレット変換，画像解析

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 TEL 045-814-7228

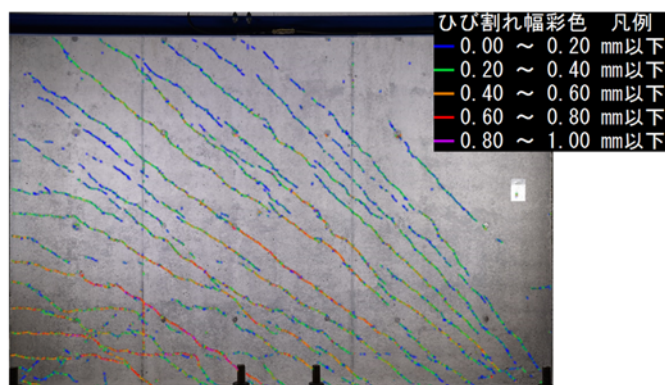


図-2 ひび割れ画像解析結果 (AIによるトレース)

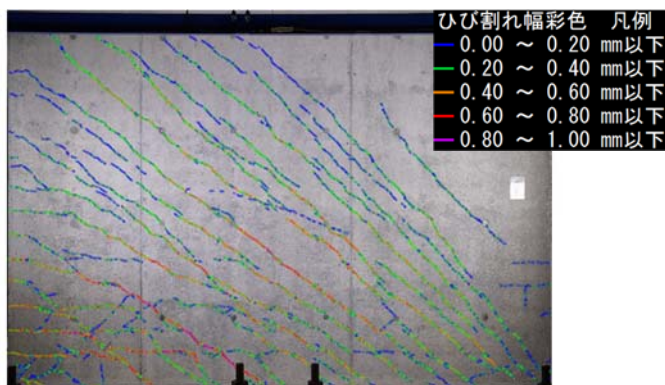


図-4 ひび割れ画像解析結果 (人によるトレース)

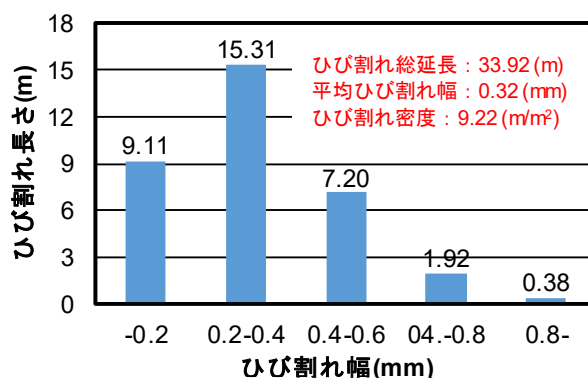


図-3 ひび割れ幅ごとの長さ (AIによるトレース)

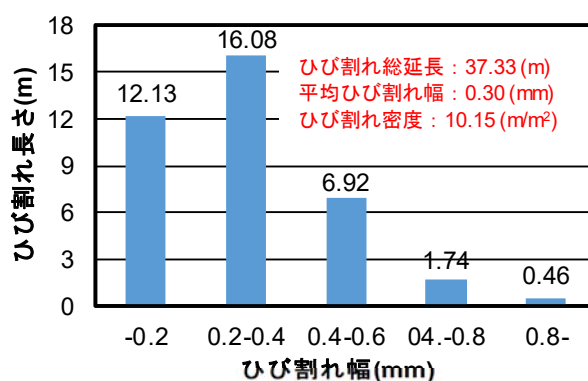


図-5 ひび割れ幅ごとの長さ (人によるトレース)

4. ひび割れ検出精度と作業性の検証結果

ひび割れの検出精度は、人がトレースした場合を基準として、AI でトレースした場合を比較した。その結果、幅 0.1mm 以上のひび割れを対象とした場合の適合率は 90%、再現率は 83%となった。適合率は、AI がひび割れと判別したもののうち、正しくひび割れと判別されたものの比率であり、誤検出が多いと低くなる。一方、再現率は、人がひび割れと判別したもののうち、AI もひび割れと判別したものの比率であり、検出漏れが多いと低くなる。今回は適合率、再現率ともに 80%以上で、ひび割れを精度よく検出できていると考えられる。

また、トレース作図に要する時間は、人による場合には 70 分を要したが、AI による場合は 1 分で、1/70 程度に縮減され、作業性の大幅な向上が確認できた。

5. 結論

コンクリートのひび割れ検出に AI を活用し、さらに定量評価にウェーブレット変換を用いた画像解析技術を用いて、ひび割れの検出精度と作業性を確認した。その結果、人が検出するのと遜色のない精度で、AI によるひび割れ検出ができ、作業性も大きく向上することが確認できた。ただし、今回の結果はひび割れ以外の損傷や汚れのない試験体での場合であり、今後、さらに実構造物で試行して、検出精度の向上を図る必要があると思われる。

謝辞: ひび割れの定量評価技術は、SIP の研究開発課題として採択されて改良したものです。国土交通省大臣官房技術調査課にご助言、ご支援をいただいたことに謝意を表します。また、AI ひび割れ検出は、NEDO 道路構造物ひび割れモニタリングシステムの研究開発によって開発され、Web 上で試験公開されているプログラムを運営者の了解のもとで利用させていただきました。

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) 遠藤重紀, 早坂洋平, 永見武司: 道路構造物ひび割れ自動検出技術の開発, 土木学会平成 30 年度全国大会, V-627, pp.1253-1254
- 4) 竹崎真一, 小野英雄, 吉本稔, 浦林輝人: 高性能芳香族樹脂塗装を施した RC 貯水槽の水密性に関する実験研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.2, 2018.