

## AI 画像解析によるひび割れ調査

大成建設（株） 正会員 古谷 智之  
大成建設（株） 正会員 ○稲垣 太郎

### 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。今回、これまでのひび割れ画像解析技術に、さらに AI（人工知能）を活用したひび割れの自動検出の機能を組み込んだ。また、これを高架橋橋脚のひび割れ調査で試行し、ひび割れの自動検出の精度とひび割れ調査の効率化の程度について検証した。本報文では、この AI を用いたコンクリートのひび割れ自動検出技術の実用化に向けた検証結果について報告する。

### 2. 工事概要

工事名：新湘南バイパス茅ヶ崎高架橋コンクリート橋耐震補強工事

発注者：中日本高速道路株式会社 東京支社

施工者：大成建設株式会社

工期：2020年5月12日～2022年6月30日

本工事は、新湘南バイパスにおける茅ヶ崎高架橋の橋脚耐震補強及び支承補強を行うものである。耐震補強工事の内容は、水平力分担構造取付による支承補強、巻立てによる橋脚補強、連続繊維シートによるはく落防止工である。北側ヤードは市道建築限界確保の為、特殊ポリマーセメントモルタル吹付けによる薄層巻立て(t=100)、南側は RC 巻立て(t=250)にて橋脚の補強を行う。



図-1 現場位置図

### 3. ひび割れ画像解析技術の概要

これまでに開発したひび割れ画像解析技術では、コンクリートのひび割れを撮影したデジタル画像を入力画像として、①ひび割れ位置の大まかなトレースを人が行ってひび割れ候補領域画像を作成、②そのトレース範囲について画素単位でウェーブレット変換を実行、③その結果得られる画素単位のウェーブレット係数から、ひび割れである画素を客観的に判別して、ひび割れ画像やひび割れ幅ごとのひび割れ長さのヒストグラムを出力する。従来の手法でひび割れをトレースすることになっているのは、その領域に限定してウェーブレット変換を行うことで、解析結果を得るまでの時間を短縮できることと、ひび割れでない箇所の除去が不要となることで、画像全体をウェーブレット変換するよりも効率的であるためである。

今回、これまでひび割れの大まかな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を行った。

### 4. 当現場高架橋橋脚での試行

ひび割れ検出の精度や作業性向上効果についてほぼ同一形状寸法の 4 つの橋脚（1 橋脚当たりの面積は約 200m<sup>2</sup>）で試行した。ひび割れ画像の撮影は、デジタル一眼レフカメラを三脚に固定して、地上から行った。また、画像の空間分解能は、本ひび割れ画像解析技術において、幅 0.2mm 以上のひび割れをほぼすべて検出できる撮影条件で行った。ひび割れの検出は、(1)撮影画像上で人がひび割れをトレースする手法（以下、トレース手法）、(2)撮影画像から本開発 AI 技術でひび割れを自動検出する手法（以下、AI 検出手法）、および(3)橋脚表面に人が近接して目視によりひび割れをチョーキングして図面を作成する手法（以下、近接目視手法）

キーワード ひび割れ、AI、画像解析、橋脚

連絡先 〒253-0087 神奈川県茅ヶ崎市下町屋 2-10-45 新湘南バイパス茅ヶ崎高架橋コンクリート橋工事 TEL0467-84-7115

の3通りで行った。また、ひび割れ幅と長さの定量評価は、トレース手法と AI 検出手法では、本ひび割れ画像解析技術を用いて行った。一方、近接目視手法では、ひび割れ幅はクラックスケールで測定し、ひび割れ長さはコンベックスで計測した。

## 5. 試行結果

### (1) ひび割れ検出精度

トレース手法によるひび割れ幅はひび割れ幅ごとのひび割れ長さのヒストグラムにおいて、ひび割れ幅の小さい方から長さを累積して、ひび割れ全長の90%の長さに該当する幅とした。これは、本ひび割れ画像解析技術では、ひび割れではないコンクリート表面上の気泡などの空隙の幅も評価しており、これを排除するためである。なお、近接目視手法では、人が最大幅と判断した位置のひび割れ幅をクラックスケールで測定した。トレース手法と近接目視手法の比較では、幅についてはほぼ同じであった。長さについては、近接目視手法では直線的に計測しているため、トレース手法よりも短くなる傾向がある。ただし、近接目視手法では人による主観でひび割れとする範囲を決めているため、幅、長さともにそれによる差異も生じている。

表-1 に橋脚のひび割れ画像の再現率（人がひび割れと判別した画素に対して、AI もひび割れと判断した画素の割合を示すものとする）と適合率（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を示すものとする）を示す。再現率は71.5～79.9%、平均75.5%、適合率は33.2～47.6%、平均41.5%であった。適合率が低い要因として、型枠跡の誤検出が多いことが考えられ、今後のAIによる学習での改善点である。

### (2) 作業性向上の効果

橋脚1～橋脚4について、AI 検出手法と近接目視手法によるひび割れ調査に要した作業時間と作業費用を比較した。AI 検出手法については、現地での画像撮影、および室内でのあおり補正、画像合成、ひび割れ画像解析、ならびにひび割れ図作図までの作業を対象とした。一方、近接目視手法については、現地での高所作業車上でのひび割れのチョーキングと画像撮影、および室内でのあおり補正、画像合成、画像上のチョーキングのトレース、ならびにひび割れ図作図までの作業を対象とした。近接目視手法では、現地でチョーキングを図面に起こすのではなく、現地で撮影した画像上のチョーキングを室内で人がトレースする方法を採った。これは、今回の試行では、ひび割れ画像の対比も目的としたことから、両手法によるひび割れの位置をできる限り正確に合わせることを意図したものである。

本試行の範囲において、作業時間については、近接目視手法に対するAI 検出手法の作業時間比率は4橋脚平均で27.0%縮減できた。また、作業費用については、近接目視手法に対するAI 検出手法の作業費用比率は4橋脚平均で47.2%削減できた。

## 6. まとめ

本開発AI技術と類似のふたつのAI技術でのひび割れ検出の精度を比べたところ、本開発AI技術ではより微細なひび割れを的確に検出できることが確かめられた。ただし、型枠跡の誤検出も多いことから、今後のAIによる学習で改善すべき点も確かめられた。橋脚での試行結果から、従来の近接目視に対して、本開発AI技術によるひび割れ調査は、作業時間、作業費用ともに大きく縮減できることが確かめられた。



写真-1 調査対象橋脚



図-2 ひび割れ画像 (AI 検出手法)

表-1 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