

## 画像処理技術の活用によるコンクリートのひび割れ検出技術の精度向上について

電源開発(株) 正会員 ○萬寶 徹郎 正会員 高畠 正治  
 (株) J-POWER ビジネスサービス 呉 辰光 西澤 祥一  
 学校法人 早稲田大学 新井 仁之

### 1. はじめに

コンクリート構造物の健全性を評価する上で、その劣化を引き起こす一つの要因とされるひび割れを管理することは重要である。筆者らは、主に近接困難なコンクリート構造物を対象に、遠方より超高解像度の画像を取得し、画像内に含まれるひび割れを自動検出し、その進展を管理する技術を開発しており、開発技術の実用による点検精度の定量化や点検時間の短縮の実現による維持管理高度化を目指している。前年の報告<sup>1)</sup>以降、「YoLo」(一般物体検出アルゴリズム、正式名称 You Only Look Once<sup>2)</sup>)によるひび割れ検出を継続しているが、検出精度は、総合で60%~75%程度、幅0.2mmに限ると40%~65%程度と低い状態であった。

そこで、ひび割れ検出の総合精度を向上させることおよび、幅0.2mmのひび割れの検出精度を80%以上に向上させることを目的に、画像処理技術を活用した。本稿ではその結果について報告する。

表1 撮影条件

対象物寸法	縦 3.2m × 横 6m
離隔距離	最大約 20m(上部) 最小約 18m(下部)

表2 カメラ仕様

映像素子	36mm × 24mm
画素数	4,500万画素(8,256 × 5,504pixel)
焦点距離	700mm

### 2. ひび割れ検出技術の精度検証

YoLoのひび割れ検出精度を評価するため、当社の港湾構造物を対象に、表1に示す撮影条件および表2に示す仕様のカメラで撮影した画像へYoLoを適用しひび割れを検出した結果と、技術者の目でひび割れを実測調査した結果(図1)を比較している。検出精度はひび割れ幅別に整理しており、ひび割れ幅は実測調査の結果に準拠している。

検証の結果の一例を図2および表3に示す。このとおりYoLoのひび割れの検出精度は総合で74%、また、幅0.2mmのひび割れの検出精度は66%と、YoLoによるひび割れ検出は、実用可能なレベルに達していない点が課題であった。

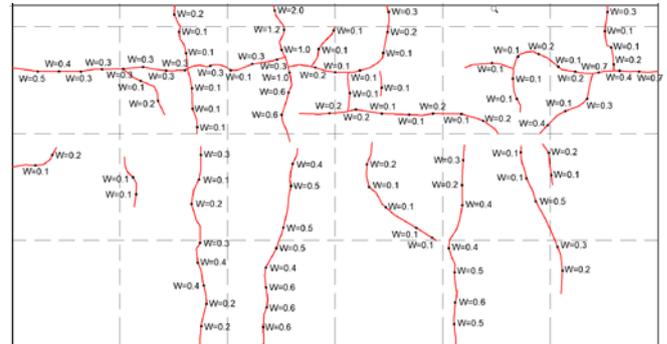


図1 技術者によるひび割れ調査結果(数字は幅を示す)

### 3. ひび割れの検出精度向上のための画像処理

そこで課題解決に向けて、撮影画像に画像処理技術を適用し、ひび割れの視認性を向上させることとした。

今回使用した画像処理技術は、「かざぐるまフレームレット法<sup>3)</sup>」である。なお、かざぐるまフレームレット法とは、人間の視覚情報処理を数理モデル化し、それを応用し様々な画像処理を可能とした手法である。

かざぐるまフレームレット法の画像処理の仕組みは、対象画像の輝度情報を処理する際に、「人間の目が錯覚を起こす際の脳内の処理過程」を表現した数式を用い



図2 YoLoによるひび割れ検出結果

表3 YoLoによるひび割れ検出精度 幅別整理結果

幅(mm)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7~
検出精度	55%	66%	92%	81%	86%	98%	100%

全てのひび割れを総合した検出精度は、74%

※ピンク色の矩形は、ひび割れとして検出された箇所を示す  
 検出精度算定時、母数は図1の調査結果としている

キーワード ひび割れ, 画像解析, YoLo, 深層学習, 画像処理, かざぐるまフレームレット法

連絡先 〒253-0041 神奈川県茅ヶ崎市茅ヶ崎 1-9-88 電源開発(株) 茅ヶ崎研究所 TEL0467-87-1211

て、対象画像に含まれる「人間の目に錯覚を起こさせる成分」の大きさを制御し、変換するものである。

本稿では、かざぐるまフレームレット法の様々な画像処理機能のうち「鮮鋭化処理」を用いた。これは、目標物が本来であれば目の錯覚の影響で周囲に溶け込み見落としてしまうような時、それに起因する輝度の数値成分を制御し、逆に強調させ、目立たせる機能である。従来手法との違いとして、画像の一部が極端に鮮鋭化されることがなく、自然な見た目のまま鮮鋭化可能であることが挙げられる。今回、鮮鋭化処理を、画像内の物体表面の凹凸を強調させ鮮鋭な見た目に変換し、ひび割れの視認性を高める目的で使用した。

鮮鋭化処理の使用による効果を図3～図6に示す。これらは、ひび割れが画像下部横方向と画像中央部縦方向に写る画像に、鮮鋭化処理をした結果およびYoLoを適用した結果を示している。図4に示すとおり、画像処理により構造物表面が図3に対し鮮鋭化していることを確認でき、また、図6に示すとおり画像処理前により画像中央部縦方向のひび割れの検出精度が図5に対して向上していることを確認できる。

#### 4. 画像処理後のひび割れ検出精度

2項で検証したものと同様の画像に対して、前述の画像処理を適用しYoLoでひび割れを検出し、精度を再検証した。結果は表5のとおりで、表3と比較して全ての幅のひび割れの検出精度が向上し、ひび割れ検出精度は総合で80%、幅0.2mmについても同様に80%となり、十分実用可能なレベルであることが確認できた。一方で幅0.1mmの検出精度は57%と低く、その原因として、微細なひび割れが撮影画像に鮮明に写っていない可能性が考えられる。

#### 5. おわりに

今回、かざぐるまフレームレット法による画像鮮鋭化がYoLoのひび割れ検出精度向上に寄与することを確認した。今後も引き続き、YoLoによるひび割れ検出の精度向上のため、かざぐるまフレームレット法のひび割れ鮮鋭化処理をより強く施す、あるいは他の画像処理技術を適用するといった取組を実施し、検証していく。

また、画像に鮮明に写っていないと思われる微細なひび割れの検出精度は低い結果となった。今後は、点検にて観察が必要なひび割れを検出できるように、微細なひび割れを鮮明に撮影できる条件を整理していく。

#### 参考文献

- 1) 尾留川 剛, 萬寶 徹郎, 西澤 祥一, 重村 和輝, 野村 泰稔: コンクリート構造物のデジタル画像に含まれるひび割れ自動検出. 2019.
- 2) Redmon J., Divvala S., Girshick R. and Farhadi A. : You only look once: Unified real-time object detection, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016.
- 3) 新井 仁之: 視覚と作成の数理における非線形性: 電子情報通信学会誌 vol. 98, No. 11, pp. 1012-1016, 2015. 他



図3 画像処理前(元画像)



図4 画像処理後



図5 画像処理前の検出結果



図6 画像処理後の検出結果

※図5・6は同一の教師データにてひび割れを検出している



図7 画像処理適用後のひび割れ検出結果

表5 画像処理適用後のひび割れ検出精度 幅別整理結果

幅(mm)	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7~
検出精度	57%	80%	94%	93%	95%	99%	100%
全てのひび割れを総合した検出精度は、80%							