

レベルセット関数を利用したコンクリート構造物のひび割れ自動抽出に関する研究

茨城大学 学生会員 ○渡辺 ともみ
 茨城大学 学生会員 中野 葵
 茨城大学 正会員 車谷 麻緒

1. はじめに

コンクリート構造物の長期供用には、老朽化により起こる劣化の把握と、効率のよい修繕が求められる。コンクリート構造物の点検において、ひび割れは、構造物の劣化を把握する指標となるため、近接目視は必須項目である。しかし、近接目視の点検結果はスケッチにより記録しているため、個人誤差が生じることや多大な時間がかかることなどの問題がある。

近年、画像処理技術の発達により、デジタル画像を用いたひび割れ抽出手法の開発が多く行われている。西川ら¹⁾は、ひび割れは木の枝に似ているという特性を活かし、木構造状フィルタと遺伝的アルゴリズムを組み合わせたひび割れ抽出法を提案している。また、栗野ら²⁾は、ひび割れの高速抽出を目的とし、エンボス処理と共分散行列を組み合わせた線強調処理を提案し、ひび割れ抽出を行っている。しかし、これらの研究では複数のパラメータ設定が必要となるため、ひび割れを抽出する際、パラメータ設定による個人差や、明暗・汚れなどの画像差により、抽出精度に影響が生じる。

そこで本研究では、様々な条件下の画像でもパラメータを変更せずに、精度よくコンクリートのひび割れを抽出する画像処理手法を提案する。本手法の特徴は、①メディアンフィルタによる差分処理、②各小領域の閾値を用いた二値化、③レベルセット関数を用いたひび割れか否かの判別、以上の3つである。明暗や漏水、汚れなど様々な条件の画像を用いて検証を行い、提案手法の妥当性を示す。

2. 提案手法

本研究で提案するひび割れ抽出手法を図-1に示す。本研究で使用する画像はグレースケール変換した画像を対象とする。

2.1 メディアンフィルタによる差分処理

ひび割れを抽出する際、明暗差や汚れなどが精度に影響する。これらの影響を除去するために、メディアンフィルタによる差分処理³⁾を行う。算出式を次式に表す。

$$I_d(i, j) = I(i, j) - I_m(i, j) \quad (1)$$

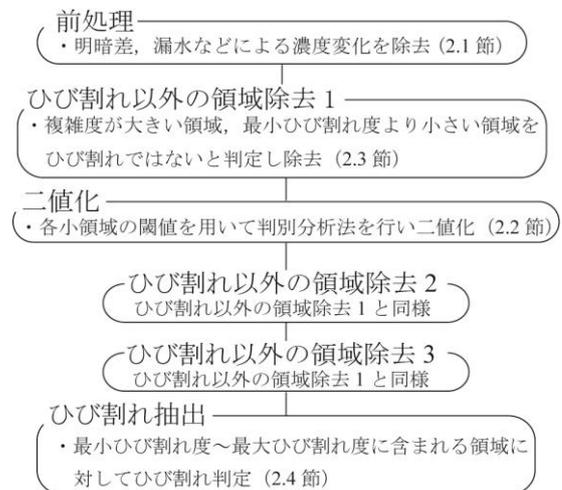


図-1 提案手法のフロー

$$I_c(i, j) = \begin{cases} I_d(i, j)/I_d \min \times 255 & (I_c(i, j) < 0) \\ 0 & (I_c(i, j) > 0) \end{cases} \quad (2)$$

$$(3)$$

$$I_a(i, j) = -I_c(i, j) + 255$$

ここで、 I_d は差分処理後画像、 I はコントラスト変換後の画像、 I_m はメディアンフィルタを適用した画像、 I_c は差分後にコントラスト変換を行った画像、 I_a は前処理後画像である。フィルタサイズは 43×43 pixel とする。

2.2 二値化

画像を二値化する手段として判別分析法⁴⁾を用いる。本研究では、画像を小領域に分割して領域ごとに一時的な二値化をし、ラベリングを行う。そして、ラベリング画像において、レベルセット関数によりひび割れ以外の領域を判別し、除去すると同時に、一時的に二値化した画像に対して、ひび割れ以外の領域を背景色で塗りつぶす。その後、各小領域の閾値を用いて判別分析法を行い、二値画像を作成する。小領域の大きさはメディアンフィルタのサイズと同様に 43×43 pixel とする。

2.3 ひび割れ以外の領域除去

二値化後、表面気泡や細かい汚れなど(以下、ノイズ)はひび割れと同じ輝度値で表されるため、ひび割れかどうか区別する必要がある。本研究ではレベルセット関数を用いてノイズを除去する。レベルセット関数とは符号

キーワード 画像処理, ひび割れ抽出, レベルセット関数, コンクリート, 維持管理

連絡先 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 茨城大学工学部 TEL. 0294-38-5151 FAX. 0294-38-5268

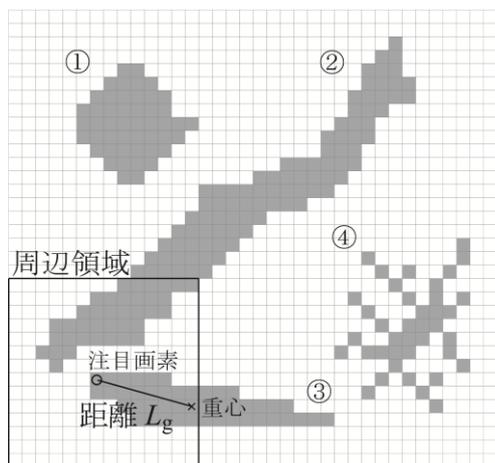


図-2 レベルセット関数によるひび割れ抽出方法

付距離関数のことである。ラベリングした領域に適用し、領域内の任意の点と境界までの距離から、最小距離と最大距離を算出する。その後、最小距離の最大値 L_{\min} 、最大距離の最大値 L_{\max} をそれぞれ求める。これら他にそれぞれの領域の周長 L 、面積 A を求め、ひび割れ度を算出する。また、レベルセット関数はひび割れ幅の算出にも有用である。ひび割れ幅とひび割れ度の算出式を次式に表す。

$$\begin{cases} \text{ひび割れ幅 } w = L_{\min} \times 2 \\ \text{ひび割れ度 } r = L_{\max} / w \end{cases} \quad (4)$$

ノイズ除去パラメータとして最小ひび割れ度 $C_{\min} = 4.0$ 、最大ひび割れ度 $C_{\max} = 10.0$ 、複雑度 $C_{\text{com}} = 6.0$ を与える。パラメータの検証により、これらを最適なパラメータとし、固定する。 $r \leq C_{\min}$ のとき (図-2①)、ノイズとして注目領域を除去する。さらに、ひび割れ度で除去できない複雑な形のノイズ (図-2④) を除去するために、複雑度を次式で算出する。

$$\begin{cases} \text{複雑度 } C_1 = L^2 / A / r \\ \text{複雑度 } C_2 = (2 \times (r + 1) / r) \end{cases} \quad (5)$$

ここで、複雑度をひび割れ度 r で除しているのは、ひび割れ度に依存せずに複雑なノイズを除去するためである。 $r < C_{\max}$ かつ $C_1 > C_2 \times C_{\text{com}}$ のときノイズとして注目領域を除去する。

2.4 ひび割れ抽出

ノイズ除去処理後、最小ひび割れ度 C_{\min} から最大ひび割れ度 C_{\max} の範囲に含まれる領域を対象とし、ひび割れ抽出を行う。図-2の③に示すように距離 L_g を算出し、境界から外側に L_g 上げた領域を周辺領域とする。周辺領域内に C_{\max} よりひび割れ度が大きい領域 (図-2②) があつた場合、注目領域をひび割れと確定する。

3. 検証結果

コンクリート構造物を対象として、壁面のひび割れをデジタルカメラで撮影し、提案手法の有効性を検証した。



図-3 明暗差を含む画像 (1632×1224 pixel)

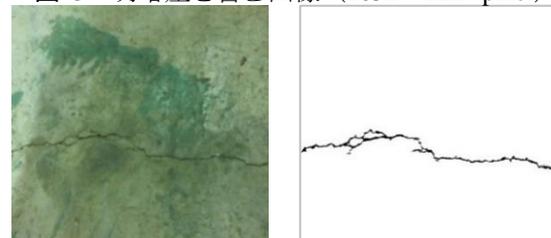


図-4 汚れ・落書きを含む画像 (1318×1218 pixel)

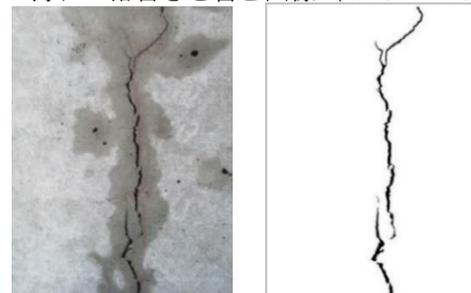


図-5 コンクリート表面気泡・漏水・落書きを含む画像 (1536×1152 pixel)

図-3から図-5に示すように明暗差、汚れ、漏水などの影響を受けずにひび割れのみを抽出することができた。

4. おわりに

本研究では、レベルセット関数を用いて、様々な条件下の画像でもパラメータを変更する必要がない、コンクリートのひび割れ抽出のための画像処理手法を提案した。様々な画像の検証を行い、ひび割れ部分のみを精度よく抽出できていることを示した。今後は、ひび割れの抽出と同時にひび割れ幅も計測し、計測結果を画像上に出力する手法を開発する。

参考文献

- 1) 西川貴文, 吉田純司, 杉山俊幸, 斉藤成彦, 藤野陽三: 木構造状フィルタを用いたコンクリートのクラック抽出のためのロバストな画像処理システム, 土木学会論文集 A, Vol.63, No.4, pp.599-616, 2007.
- 2) 栗野直之, 小堀研一: コンクリート画像からのクラック検出におけるフィルタの検討, 情報科学技術フォーラム講演論文集, 第3分冊, pp.213-214, 2015.
- 3) 藤田悠介, 中村秀明, 浜本義彦: 画像処理によるコンクリート構造物の高精度なひび割れ自動抽出, 土木学会論文集 F, Vol.66, No.3, pp.459-470, 2010.
- 4) 大津展之: 判別および最小2乗基準に基づく自動しきい値選定法, 電子通信学会論文誌 D, Vol.J63-D, No 4, pp.349-356, 1980.