

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計測に関する研究

茨城大学 学生会員 ○中野 葵
 茨城大学 学生会員 渡辺 ともみ
 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劣化の度合いを評価する指標として、ひび割れの発生状態は重要な情報とされており、点検作業の中でも、その状態確認は第一に行なわれている。特にひび割れ幅の大きさによっては構造物の耐久性に大きな影響を与えるため、定量的に把握する必要がある。しかし、ひび割れの幅は一定ではないため従来の点検方法では膨大な時間がかかることや、計測者の個人誤差が出てしまい客観的なひび割れの計測ができないことなどが問題視されている。

そこで近年、デジタル画像を用いてひび割れ抽出を行う、画像処理手法の研究が行なわれている。現場で構造物表面を撮影し画像処理を行うだけでひび割れを計測できるため、従来の方法に比べて効率的で客観的な点検作業が可能という利点がある。しかし、既往の画像処理手法¹⁾²⁾では、パラメータの設定や特殊なアルゴリズムの利用が必要になる。

以上を踏まえ、一定のパラメータで、ひび割れを自動抽出しひび割れ幅を計測できるひび割れの自動計測手法を提案する。また、ひび割れ幅の算出にはレベルセット関数を利用し、ひび割れ判定にも用いる。

2. 提案手法

2.1 メディアンフィルタによる差分処理¹⁾

画像は、影や光の影響により濃淡変化が生じるため、メディアンフィルタによる差分処理を行うことで明暗差を抑制した画像を作成する。

$$I_d(i, j) = I(i, j) - I_m(i, j)$$

$$I_c(i, j) = \begin{cases} I_d(i, j) / I_{dmin} \times 255 & (I_c(i, j) < 0) \\ 0 & (I_c(i, j) > 0) \end{cases} \quad (1)$$

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

式(1)で、 I_d を差分後の輝度値、 I を元画像の輝度値、 I_m をメディアンフィルタ処理後の輝度値、 I_c をコントラスト変換後の輝度値、 I_a を前処理後の輝度値とする。メディアンフィルタの大きさは、 43×43 pixelとした。

キーワード ひび割れ, 画像処理, レベルセット関数, コンクリート, デジタル画像

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. 0294-38-5004 FAX. 0294-38-5280

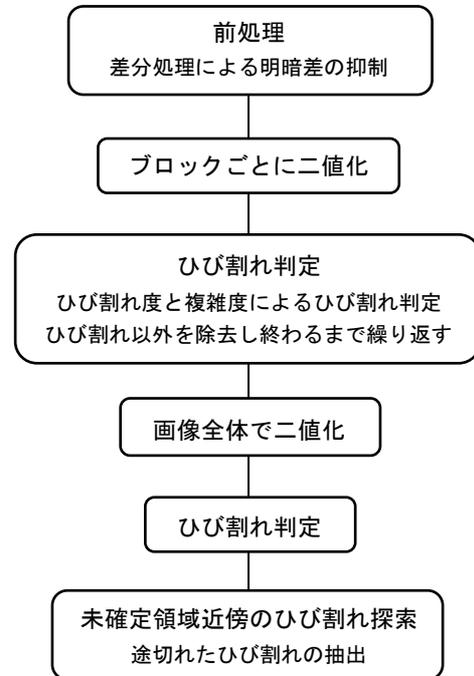


図-1 提案手法のフロー

2.2 ブロックごとの二値化

ひび割れの濃さは画像全体で様々であるため、一定のしきい値で画像全体の二値化を行うと、色の薄いひび割れを抽出することが困難となる。そこで、画像を小さく区切り、ブロックごとに二値化を行う。これにより、濃淡変化の影響を受けずに、ひび割れの可能性がある領域を生成することができる。ブロックの大きさは、 43×43 pixelとした。

2.3 レベルセット関数を用いたひび割れ度・複雑度の算出とひび割れ判定

二値化を行った画像の例を、図-2に示す。距離関数であるレベルセット関数を用いて、領域の長さ l と幅 w を算出する。領域内の画素から領域境界の画素までの最小距離、最大距離を計算し、それぞれの最大値 L_{min} 、 L_{max} を決定する。さらに、領域の周長 S 、面積 A を計算する。これらを用いて、領域の長さ l 、幅 w 、ひび割れ度 C を、それぞれ式(2)、(3)、(4)で求める。

$$l = L_{\max} \tag{2}$$

$$w = \max\{A/L_{\max}, L_{\min} \times 2\} \tag{3}$$

$$C = l/w \tag{4}$$

最小ひび割れ度 $C_{\min} = 4.0$ ，最大ひび割れ度 $C_{\max} = 10.0$ と固定したパラメータを与え，ひび割れ判定を行う．領域のひび割れ度が $C \geq C_{\max}$ の場合(図-2①)，ひび割れとして確定し， $C \leq C_{\min}$ の場合(図-2②)，ひび割れ以外として消去する．それ以外の領域は，複雑度によりひび割れ判定を行う．

複雑度 D_c を式(5)で与える．複雑度は $D_c = S^2/A$ で表されるが，ひび割れ度の大きさに依存することを避けるためにひび割れ度で除している．注目領域と同じひび割れ度を持つ長方形の複雑度 D_c' を，式(6)で表す． D_c' に比べて，複雑度 D_c が6倍以上の場合(図-2③)，ひび割れでないと判断する．

$$D_c = S^2/A/C \tag{5}$$

$$D_c' = \{2(C+1)/C\}^2 \tag{6}$$

2.4 未確定領域近傍のひび割れ探索

ひび割れ度が $C_{\min} < C < C_{\max}$ である領域の周辺一定範囲内に，ひび割れ確定領域(図-2①)が存在した場合(図-2④)，注目領域をひび割れ確定領域の延長だと見なし，ひび割れと確定する．領域の重心から境界画素までの距離を用いて探索範囲を定めることで，注目領域の長さ方向にひび割れ探索を行うことができる．

2.5 ひび割れ計測結果の出力

以上の処理を行った後に残った領域をひび割れとして出力し，同時に，ひび割れ幅をブロックごとに出力する．2.3節と同様に，レベルセット関数を用いて求めた最小距離 L_{\min} の2倍の大きさをひび割れ幅とし，ブロック内での最大ひび割れ幅を計測結果とする．

3. 結果

提案手法を用いてひび割れを計測した結果を，図-3に示す．影や汚れが存在する画像では，ひび割れのみを計測できた．また，ひび割れが複数存在する画像でも，同様にひび割れを抽出することができた．また，ひび割れ幅を計測し，大小関係を示すことができた．

4. おわりに

レベルセット関数を用いた，ひび割れの自動計測手法を提案した．一定のパラメータで，悪条件の画像からひび割れを計測することができた．ひび割れ幅を実寸のスケールで出力することを今後の課題とする．

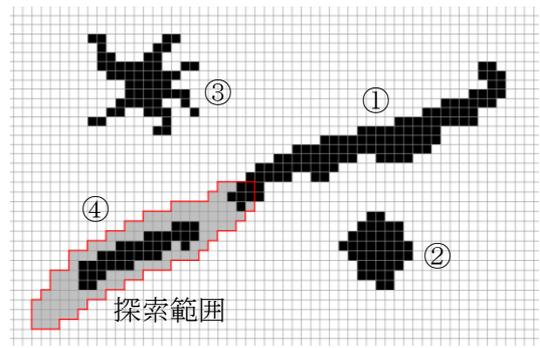
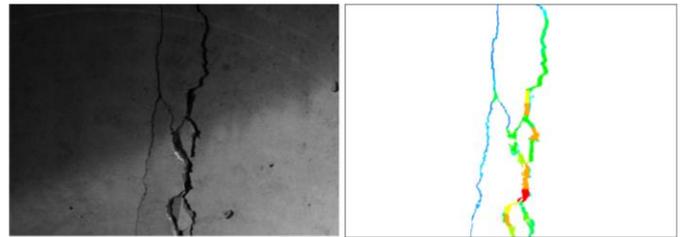
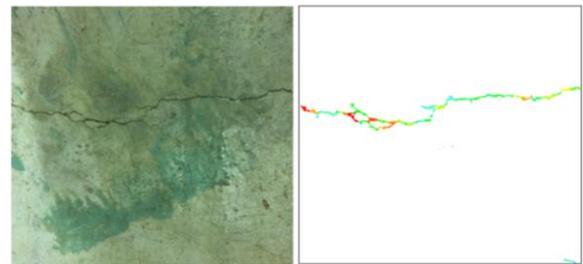


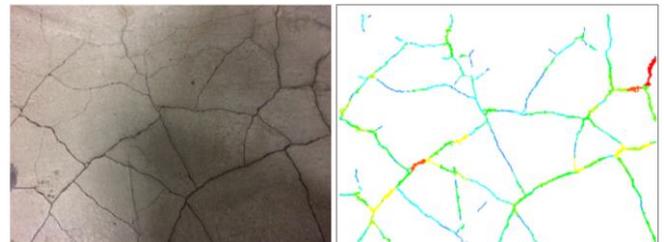
図-2 二値化後の画像例



(a)影を含む画像(1632×1224 pixel)



(b)汚れを含む画像(1318×1218 pixel)



(c)複数のひび割れが存在する画像(3264×2448 pixel)

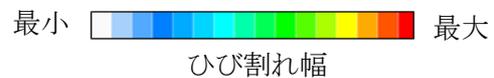


図-3 ひび割れ元画像とひび割れ幅可視化結果

参考文献

1)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, 459-470, 2010.9
 2)河村圭，村上慧季，塩崎正人：対話型遺伝的アルゴリズムを用いたひび割れ半自動抽出手法の研究，土木学会論文集 F3 (土木情報学)，Vol.71, No.2, I_114-I_122, 2015.