

(90) 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

中野 葵¹・渡辺 ともみ¹・車谷 麻緒²

¹ 学生会員 茨城大学 理工学研究科都市システム工学専攻 (〒316-8511 茨城県日立市成沢町 4-12-1)

² 正会員 茨城大学准教授 工学部都市システム工学科 (〒316-8511 茨城県日立市成沢町 4-12-1)
E-mail:mao.kurumatani.jp@vc.ibaraki.ac.jp

コンクリート構造物表面を撮影したデジタル画像に対して、ひび割れを自動で計測できる手法を提案する。本手法では、ひび割れの可能性がある領域の形状評価にレベルセット関数を利用することで、単純なアルゴリズムでひび割れを抽出し、ひび割れ幅を計測することができる。検証結果として、明暗差・汚れを含んだ画像から、ひび割れ幅の大小を考慮して、ひび割れのみを抽出した例を示す。

Key Words: image processing, extracting cracks, level-set function, concrete, maintenance

1. はじめに

コンクリート構造物の劣化を把握する指標として、ひび割れの発生状態は重要な情報である。ひび割れの状態を把握するために、実構造物では目視点検が行われている。しかし、従来の点検手法では、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。

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定量的な点検が可能となる。既往の研究¹⁾²⁾では、高精度なひび割れの抽出を可能にしている例もあるが、パラメータの設定や人為的な操作が必要であり、未だ課題が残されている。

本論文では、条件の異なる画像でも人為的な操作が不要なひび割れの自動計測手法を提案する。本手法ではレベルセット関数を利用することで形状を評価し、ひび割れを抽出する。同時にひび割れ幅を計測する。

2. 提案手法

(1) メディアンフィルタによる差分処理

影や光の影響を除去するため、式(1)を用いてメディアンフィルタによる差分処理³⁾を行う。ここで、 I_d は差分後の輝度値、 I は元画像の輝度値、 I_m はメディアンフィルタ処理後の輝度値、 I_c はコントラスト変換後の

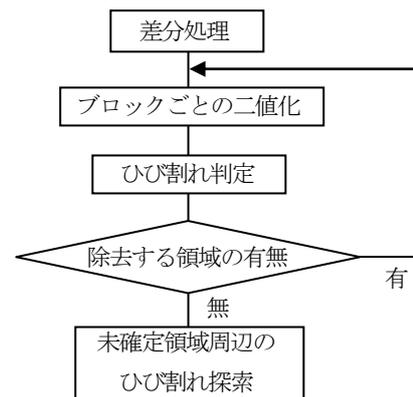


図-1 提案手法の手順

輝度値、 I_a は前処理後の輝度値を表す。メディアンフィルタの大きさは、 43×43 pixelとした。

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

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

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

(2) ブロックごとの二値化

ひび割れ判定を行う領域に対してラベリングをするために、一時的な二値化を行う。ひび割れ部分の濃淡変化の影響を受けにくくするために、画像を分割してブロックごとに二値化を行うことで、薄いひび割れの抽出を可能にする。ブロックの大きさは、メディアンフィルタのサイズと同様に 43×43 pixel とする。

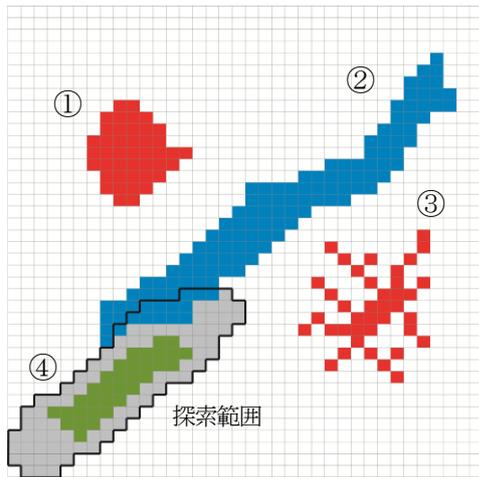


図-2 二値化後の画像例

(3) レベルセット関数を利用したひび割れ判定

二値化後の画像例を、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。そして、式(2), (3), (4)を用いて、領域の長さ l , 幅 w , ひび割れ度 C を求める。

$$l = L_{\max} \quad (2)$$

$$w = L_{\min} \times 2 \quad (3)$$

$$C = l/w \quad (4)$$

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-2 ②), ひび割れとして確定し, $C \leq C_{\min}$ の場合 (図-2 ①), 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。 S は領域の周長, A は面積である。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。式(6)に、注目領域と同じひび割れ度を持つ長方形の複雑度 D_c' を示す。注目領域の複雑度 D_c が、 D_c' に比べて 6 倍以上の場合 (図-2③), ひび割れでないと判断する。

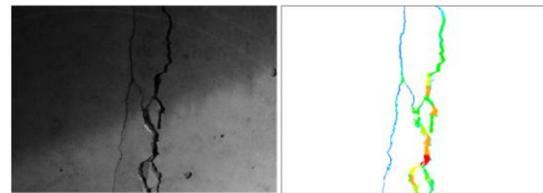
$$D_c = S^2/A/C \quad (5)$$

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

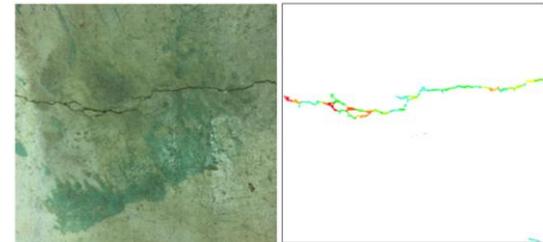
各パラメータは、検証により最適な値として固定する。

(4) 未確定領域周辺のひび割れ探索

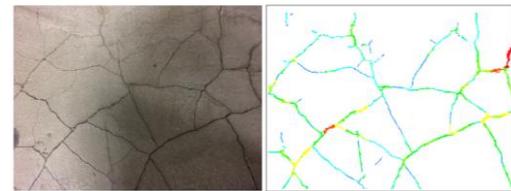
ひび割れ度が $C_{\min} < C < C_{\max}$ である領域の周辺に、ひび割れ確定領域 (図-2②) が存在した場合 (図-2④), 注目領域をひび割れ確定領域の延長だとみなし、ひび割れと確定する。領域の重心から境界画素までの距離より探索範囲を定めることで、注目領域の長さ方向にひび割れ探索を行うことができる。



(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)

最小 最大
ひび割れ幅

図-3 ひび割れ元画像とひび割れ幅可視化結果

3. 結果

コンクリート構造物を撮影した画像に対して、提案手法の有効性を検証した。図-3 に示すように明暗差・汚れ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。さらに、ブロックごとに式(3)を用いて幅 w の最大値を算出し、ひび割れ幅の計測結果とした。

4. おわりに

レベルセット関数を用いて、ひび割れを自動で計測する手法を提案した。パラメータを変えずに、悪条件の画像からひび割れを計測することができた。今後は、より高精度にひび割れを抽出できる手法を開発する。

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, pp.459-470, 2010.
- 2) 全邦釘, 井後敦史: Random Forest によるコンクリート表面ひび割れの検出, 土木学会論文集 F3, Vol.71, No.2, pp.1-8, 2015.