

コンクリート構造におけるクラックの特徴量を把握するための画像処理手法の構築

大日本コンサルタント 情報事業部 正会員 龍田 齊

山梨大学大学院 正会員 吉田 純司

山梨大学大学院 正会員 杉山 俊幸

1. はじめに

近年、老築化しつつある鉄筋コンクリート構造物の数が増大し、既設構造物の維持管理の重要性が高まっている。その際に、ひび割れの特徴量を把握するために一般的に行われている方法は検査員による目視である⁽¹⁾。この方法では客観的で精度の高い記録を残すことは難しい。したがって、本研究では多様な条件下におけるコンクリート構造表面のひび割れを抽出し、その特徴量を把握するための汎用的な画像処理手法の構築を目的とする。

具体的には、まず、コンクリート構造物のひび割れを抽出する画像処理フィルタを自動で生成する並列型画像フィルタ自動生成システムを構築し、システムから得られるフィルタの汎用性を検討する。続いて、これらの過程で抽出しきれなかった微細なひび割れを抽出する手法を構築する。最後に抽出されたひび割れから、その幅や方向などを検出し、実測値と比較し、精度を確認する。

2. 並列型画像フィルタの自動構築システム

長尾は既知の画像フィルタを複数個組み合わせることで、目的の画像処理を遺伝的プログラミング(Genetic Programming: GP)を用いて自動で構築するシステムを提案している⁽²⁾。具体的には、図-1に示すように、複数系列で入力された画像 I に、各々異なる画像フィルタ F_i を適用し、それらを順次並列に結合させ目標画像 O を得る処理を行う複合画像フィルタを生成する。図-2, 図-3 はそれぞれ入力画像および目標画像の一例である。本研究では、このシステムを応用し、様々な条件下のコンクリート画像からひび割れを抽出する汎用性の高いフィルタを生成しようと試みた。しかし、生成されたフィルタは目標画像の輝度値の分布やサイズに依存する場合があることがわかった。これを改善するために、入力画像をフィルタ生成時の入力画像 I の大きさに分割し、かつ各分割画像の輝度値の平均値や分散を I と同じになるように濃度変換等の前処理を施した後にフィルタを適用した。図-4 にシステムに用いなかった未知の画像と、図-5 にこの画像に対して上記の前処理を加えた後にフィルタを適用した画像を示す。図よりひび割れ部分はほぼ抽出できているが、それ以外の領域にノイズが生じていることがわかる。

3. ノイズの除去と不明瞭なひび割れの追跡処理

生成したフィルタを適用し、得た部分的なひび割れ画像 g_0 からノイズを除去し、不明瞭なひび割れを追跡する処理を提案した。その具体的な方法は、まず、 g_0 における最大の連結成分の面積 A をひび割れの最大面積と仮定し、 A と比較して非常に小さい面積の画素を除去する。この操作によってノイズが除去された画像を g_1 とする。続いて、 g_1 からひび割れ領域の中心線を抽出するために、細線化処理⁽³⁾を適用した画像 g_2 を得る。次に、 g_2 からひび割れの端点および分岐点を同定する。これらの特徴点を把握することにより、 g_2 において「端点と端点」あるいは「端点と分岐点」を繋ぐ点列を補間して近似曲線を求めることができる。この近似曲線からひび割れの方向および幅の概算値を算出し、これらの値を用いて並列型画像フィルタによって抽出できなかった不明瞭なひび割れを、既に抽出済みのひび割れの端点から抽出する。端点からひび割れを探索する範囲はひび割れ幅の概算値を a 倍した r_0 を半径として、円形の範囲で探索する。探索範囲内の画素を以下に示す探索点と端部の相対位置により異なる値をとる閾値 T_r を用いて判定する。 T_r は探索点が端点での接線方向と異なり、かつ端点から遠ざかるほど低くなるように設定する。したがって、探索点が既に抽出されているひび割れに近い位置で、かつ端点の接点方向に存在するものほどひび割れと認識され易い。上述した細線化以降の処理を未抽出のひび割れが検出されなくなるまで繰り返し、探索を行う。この追跡処理を図-5のフィルタ適用後の画像に対して行った結果を図-6に示す。図から良好な抽出が行われていることがわかる。

キーワード：維持管理，画像処理，並列型画像フィルタ，遺伝的プログラミング，濃度変換，追跡処理

連絡先：〒170-0003 東京都豊島区駒込 3-23-1 TEL:03-5394-7611 FAX:03-5394-7601

4．ひび割れの特徴量の把握

抽出したひび割れ画像から，その幅や方向を抽出する．幅の算出では，ひび割れ直角方向の輝度値を Cardinal Spline 関数⁽⁴⁾で補間し，その導関数が最大となる位置を，幅方向の端点とみなしている．方向の算出では，ひび割れの中心線を算出した後，その座標を Cardinal Spline 関数で補間し，その導関数から求めている．これらの手法を評価するために図-7 に示す画像におけるナンバリングした各点でひび割れ幅を実測し，上記の方法で算出した幅と比較したものを表-1 に示す．表より No.10 以外の点でほぼ実測値と同じ精度が得られていることがわかる．

5．まとめ

本研究では並列型画像フィルタを自動で生成するシステムを構築し，ひび割れを抽出するフィルタを作成した．また作成したフィルタの抽出精度が，システムに用いた画像の大きさや輝度値の分布に依存することがわかった．次に，フィルタで抽出しきれなかった不明瞭なひび割れを追跡する処理を提案した．抽出したひび割れから，幅や方向を算出する手法を構築した．幅の算出結果はほぼ実測値と同じ値を示すことがわかった．

参考文献：(1) 魚本健人：コンクリート診断学入門，朝倉書店，2004．(2) 長尾智晴，青木紳也：木構造状画像変換の自動構築 ACTIT，映像情報メディア学会誌 Vol.53, No.6, pp.888-894，1999．(3) Parker, J.R.: *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, Wiley Computer Publishing, 1997．(4) Seul, M., Gorman, L.O., and Sammon, M.J., ; *Practical Algorithms for Image Analysis*, Cambridge University Press, 2000．

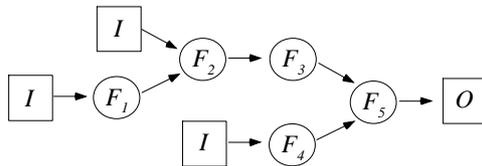


図-1 並列型画像フィルタ

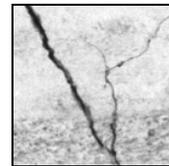


図-2 入力画像

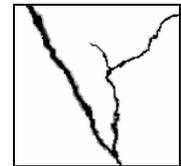


図-3 目標画像

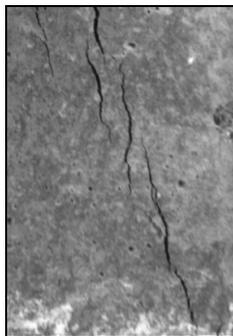


図-4 未知画像

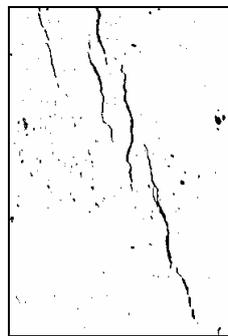


図-5 未知画像に前処理を施し，フィルタを適用した画像

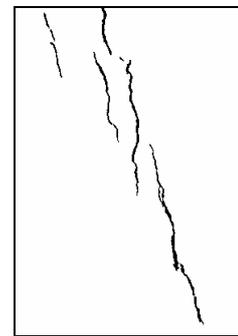


図-6 フィルタ後の画像のノイズを除去し，追跡処理を行った画像

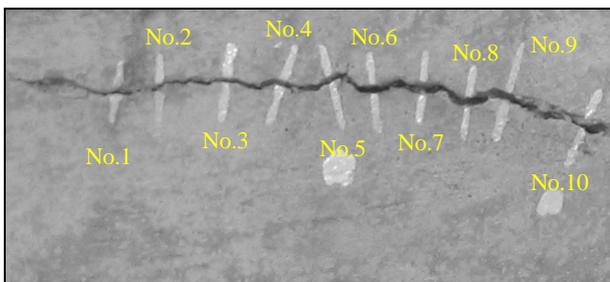


図-7 算出したひび割れ幅の評価用画像

表-1 ひび割れ幅の比較

探索点	幅[mm]	
	実測値	計算値
No.1	0.25	0.28
No.2	0.45	0.48
No.3	0.35	0.36
No.4	0.45	0.46
No.5	0.40	0.40
No.6	0.75	0.77
No.7	1.05	0.91
No.8	0.90	0.90
No.9	0.75	0.70
No.10	0.95	0.40