

デジタル画像の相互相関係数を用いたひび割れ検出に関する基礎的研究

Fundamental Study on Crack Searching by Using Cross-Correlation Coefficient of Digital Image

室蘭工業大学大学院 学生員 竹ヶ原 一輝 (Ikki Takegahara)
 室蘭工業大学 正会員 菅田 紀之 (Noriyuki Sugata)

1. はじめに

コンクリートの荷重試験などにおいてひずみ等を測定するための手法の一つとして、デジタル画像解析を用いた方法の研究が行われている。デジタル画像解析を用いる方法では、画像間の類似領域を画像相関法によって探査し、得られた解析点の変位からひずみを求めている¹⁾。この方法によるひび割れを検出する手法としては、ひずみ値に閾値を設定しひび割れを判断する方法、解析点の相対変位をひび割れ幅とする方法などが考えられる。しかしながら、解析点を横切るようなひび割れが発生した場合、解析が不可能になるという問題が想定される。本研究ではこのような問題を解決するために、相互相関係数の変化を利用したデジタル画像上のひび割れを検出する方法について、検討を行った。

2. デジタル画像を用いたひび割れ検出法

2.1 従来法の応用例

基準となる画像に図-1(a)のようなひび割れ測定区間を定め、その区間の両端の点の座標を中心とする $N \times N$ 画素の領域を相関領域として設定する。次に、測定区間内にひび割れが発生した画像において、図-1(b)のような基準の画像の相関領域との相互相関係数が最も高い領域を探査し、その領域の中心座標を求める。このようにして得られた2つの座標の相対変位をひび割れ幅とする。

2.2 相互相関係数の変化を用いる検出法

検出の基準となる画像に図-2(a)のように相関領域を設定する。図-2(b)のように相関領域上にひび割れが発生した場合、ひび割れ発生部位、およびその周辺の画素の色が変化する。その結果、基準画像の相関領域とそれに対応するひび割れ発生画像の領域との間の相互相関係数が低下する。相関係数は画像変化が大きいほど、すなわちひび割れが大きいほど小さくなると考えられる。この原理をひび割れの検出に応用する。

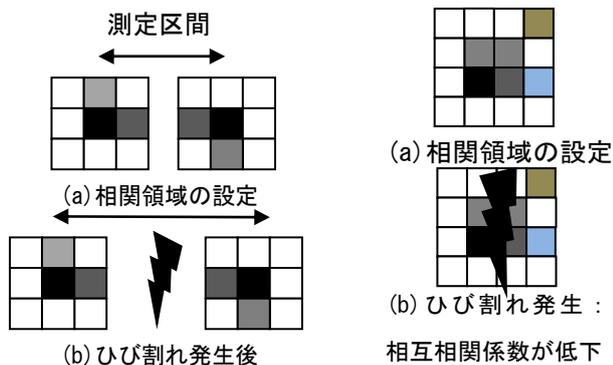


図-2 提案する検出法

3. 実験の概要

図-3のような $100 \times 100 \times 500$ mm の RC 梁を用いて曲げ試験を行った。実験はスパンを 450 mm としスパンセンターに荷重を載荷する曲げ試験である。試験体の撮影面の表面処理として、脱型直後に金属ブラシで表面を薄く削り骨材を露出させる処理を行った。試験ではデジタルカメラを梁の側方に梁全体が撮影できるように設置し、載荷荷重 0.5 kN ごとに撮影を行った(写真-1)。撮影時のカメラの設定は表-1の通りである。写真は 0.11 mm/ピクセルの解像度で撮影した。解析は写真-2に示す相関領域(1)~(5)において行った。相関領域のサイズは 101×101 ピクセルを基本とした。また、相関領域のサイズがひび割れ検出に及ぼす影響を確かめるため、相関領域(1)および(5)において相関領域のサイズを 25×25 から 151×151 ピクセルまで変化させて解析を行った。

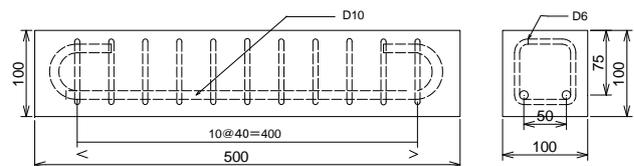


図-3 RC 梁



写真-1 実験状況

表-1 カメラの設定

撮影画素数	5184 x 3456
レンズ焦点距離	50 mm
フォーカス	マニュアル
絞り	F8.0
シャッター速度	1/30
感度	ISO800

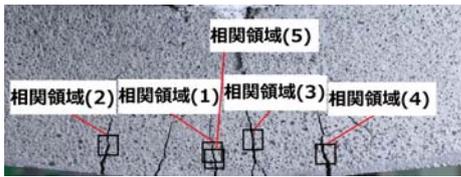


写真-2 RC梁と相関領域

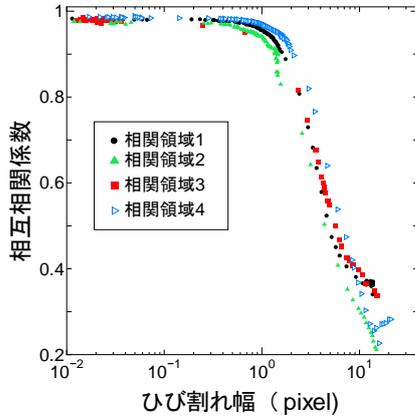
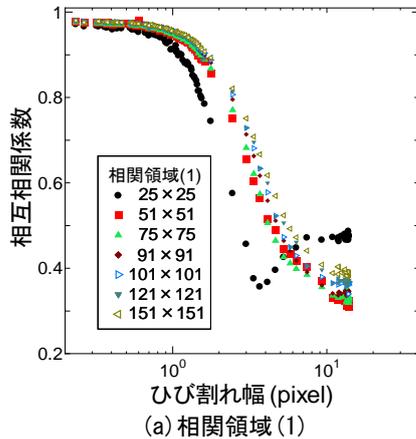
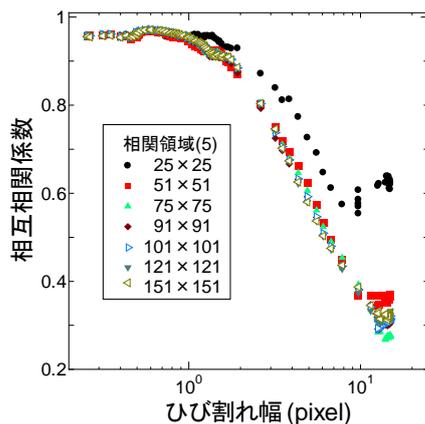


図-4 ひび割れ幅と相互相関係数の関係



(a) 相関領域 (1)



(b) 相関領域 (5)

図-5 相関領域サイズの影響

4. 実験結果

図-4 に各相関領域のひび割れ幅と相互相関係数の関係について示す。相関領域のサイズは 101×101 ピクセルである。ひび割れ幅については従来の測定法により求め、ピクセル単位で示している。実験結果から、ひび割れ幅が

0.1 ピクセル以下の範囲では、いずれの相関領域においても相関係数が 0.98 程度を示していることがわかる。0.2 ピクセルを越えると相関係数は低下し始めるが、領域(1)および領域(3)に比べて領域(4)では相関係数が大きくなり、領域(2)では小さくなっていることがわかる。この原因としては、相関領域上の骨材やひび割れの配置による輝度分布が各領域によって異なること、領域(4)および(2)に発生したひび割れの角度が、スパンセンター付近の領域(1)および領域(3)のひび割れに比べ傾いていることが考えられる。ひび割れ幅が 9 ピクセル以降の範囲では、相関領域(2)および領域(4)の相関係数が領域(1)および領域(3)に比べ小さいことがわかる。この原因について考えると、写真-2 より領域(2)および領域(4)のひび割れ発生位置では、荷重荷重によって生じたたわみの影響によりひび割れが回転していることがわかる。これが 9 ピクセル以降の相関係数の解析結果に影響を及ぼしているのではないかと考えられる。

次に、相関領域のサイズによる影響について示す。相関領域(1)の解析結果を図-5(a)に、相関領域(5)の結果を図-5(b)に示す。相関領域のサイズは、 25×25 から 151×151 に設定した。図-5(a)の結果では、相関領域が 25×25 の場合、ひび割れ幅が 0.2 ピクセルから 1 ピクセルの範囲では、ほかのサイズと比べ相関係数が小さく、2 ピクセル以降の範囲では相関係数が増加に転じているのがわかる。また、サイズが 121×121 および 151×151 の場合、0.2 ピクセル以降の範囲では、相関係数がほかのサイズよりやや大きいことがわかる。 51×51 から 101×101 の範囲では、相関係数の変化はほぼ等しい。図-5(b)の結果では、相関領域のサイズが 25×25 の場合、ひび割れ幅が 1 ピクセル以降の範囲では、ほかのサイズの結果と比べ相関係数が大きくなり、10 ピクセル前後で相互相関係数が増加に転じていることがわかる。また、サイズが 51×51 から 151×151 の範囲では、相関係数の変化がほぼ等しくなることがわかった。以上の結果から、相関領域のサイズが 51×51 から 101×101 の範囲では、解析による相互相関係数の値がほぼ等しくなると考えられる。

5. まとめ

本研究では、デジタル画像における相互相関係数の変化を利用したひび割れを検出する方法を提案し、実験によって検証を行った。その結果をまとめると次のようになる。

- 1) ひび割れが 0.2 ピクセル以上になると、相互相関係数が低下する。
- 2) コンクリート表面の輝度分布や発生したひび割れの角度、荷重荷重による供試体のたわみの影響により相互相関係数の値が変動する可能性がある。
- 3) 同一のひび割れでは、相関領域のサイズが 51×51 ピクセルから 101×101 ピクセル程度の範囲で相互相関係数の値はほぼ等しくなる。

参考文献

- 1) 佐川康貴・その他：一軸圧縮力を受けるモルタル供試体のひずみ計測へのデジタル画像相関法の適用性に関する検討, 実験力学, Vol. 7, No. 2, pp. 20~26, 2007.