

デジタル画像の相互相関係数を用いたひび割れ幅測定に関する基礎的研究

室蘭工業大学大学院 学生員 竹ヶ原一輝
室蘭工業大学 正会員 菅田 紀之

1. はじめに

現在、コンクリートの曲げ試験などにおいてひずみ等を測定するための手法の1つとして、デジタル画像解析を用いた手法の研究が行われている。デジタル画像解析によるひび割れ幅の算出は、画像上に設定した点の移動から行うことが可能である。しかしながら、設定した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問題がある。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幅を算出する方法を提案し、検討を行った。

2. デジタル画像を用いたひび割れ幅算定法

2.1 従来の算定法

図-1(a)のように基準となる画像においてひび割れ幅算定区間を定め、その区間の両端の点を中心とする $N \times N$ 画素の領域を相関領域として設定する。次に、図-1(b)のように区間にひび割れが発生した画像において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索し、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つの座標の相対変化をひび割れ幅とする。

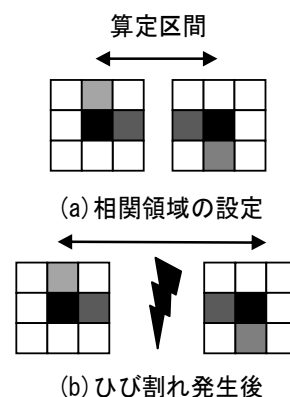


図-1 従来の算定法

2.2 相互相関係数の変化を用いる算定法

算定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、すなわちひび割れ幅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幅の測定に応用する。

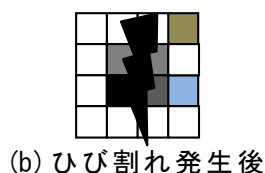
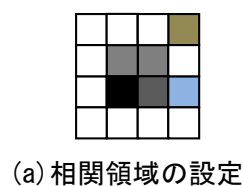


図-2 提案する算定法

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 450mm 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 0.5kN 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 のとおりである。1 mm を 10 ピクセル程度の解像で撮影し、1 ピクセルは 0.1 mm に相当する。解析は写真-2 に示す 1~4 の領域に相関領域を定めて行った。相関領域の大きさは 101×101 を基本とした。また、領域 1 については相関領域の大きさを 25×25 から 151×151 まで変化させて解析を行った。

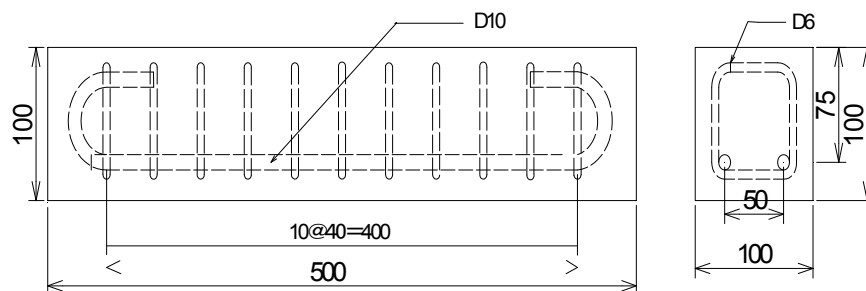


図-3 RC 梁

キーワード：デジタル画像解析，ひび割れ，相互相関係数

〒050-8585 北海道室蘭市水元町2-7-1 室蘭工業大学 TEL 0143-46-5220



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

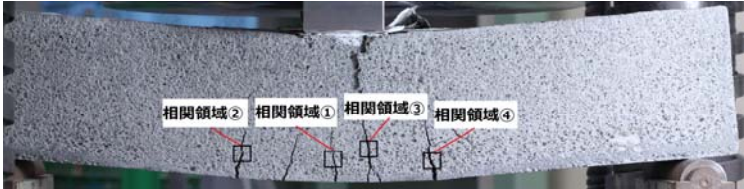


写真-2 RC梁と相関領域

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。ひび割れ幅については従来の算定法により求め、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、相関係数が低下せず 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、相関領域 1, 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の違いや、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, 3 に比べ傾いていることが考えられる。9 ピクセル以降の範囲では、相関領域 2, 4 の相関係数が領域 1, 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, 4 のひび割れ発生位置では荷重载荷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。このことが 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。

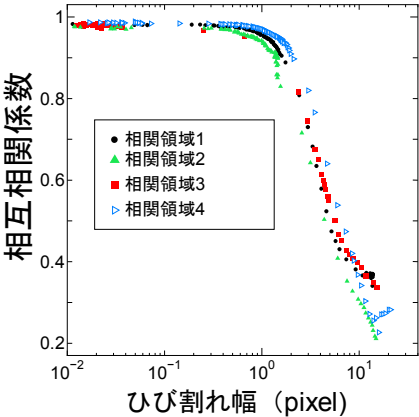


図-4 ひび割れ幅と相互相関係数の関係

次に、相関領域の大きさによる影響について検討を行った結果を図-5 に示す。図より 0.1 ピクセル以下の範囲ではいずれの領域でも相関係数は 0.98 程度を示しているのがわかる。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相関領域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、121×121, 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領域より大きくなっているのがわかる。51×51 から 101×101 の範囲では相関係数の変化はほぼ等しくなっている。

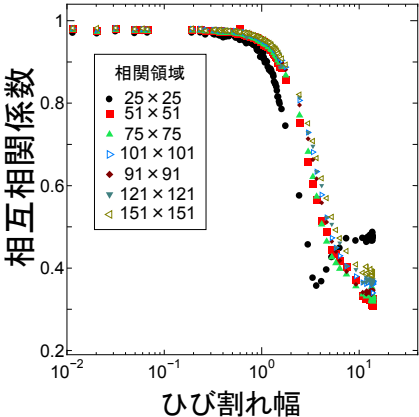


図-5 ひび割れ幅と相互相関係数の関係

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幅を測定する方法を提案し、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) ひび割れ幅が 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、荷重载荷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、相関領域の大きさが 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。