

デジタル画像処理を用いたコンクリート構造物のひび割れ幅の測定に関する研究

山口大学大学院 学生会員○高室祐也 山口大学大学院 学生会員 安東克真
山口大学工学部 正会員 河村圭・中村秀明・宮本文穂

1. はじめに

コンクリート構造物の点検方法として、目視点検とスケッチによる変状図作成といった方法が多く実施されている¹⁾が、この方法は、点検者の主観による判断や技術能力の違いによって、損傷程度の記録に違いが生じる、診断に誤りが発生するなどの問題が挙げられている。そこで著者らは、近年におけるデジタルカメラの低価格化、高性能化に着目し、これを用いることによって作業の効率化や省力化、点検精度向上を目的とした「変状図作成支援システム」の構築を目標に研究を行っている。しかし、現段階ではコンクリート構造物におけるすべての変状を抽出することは非常に困難であるため、当面は変状の代表的なものの一つである「ひび割れ」に注目し、ひび割れ図作成支援システムの開発を行っている。本研究では、コンクリート構造物における劣化程度を目安の一つとなるひび割れ幅の算出が可能な「ひび割れ幅算出システム」（以下、本システム）を構築した。コンクリート構造物に有害とされるひび割れは、幅 0.2mm 以上のものを対象としている場合が多いため、このひび割れの位置とその長さ、幅を正確に抽出する必要がある。よって本システムは、幅 0.2mm 以上のひび割れ幅を画像処理技術の適用によって正確に算出することを目標に開発を行った。

2. ひび割れ幅算出までの手順

本研究のひび割れ幅算出の手法はひび割れ部分とそうでない部分（背景部分）の輝度の差（以下、輝度差）を求め、この輝度差からひび割れ幅を算出する。ひび割れ幅を算出するまでのフローを図-1 に示す。幅算出前処理では、ひび割れ幅を算出するのに適した画像に変換し、ひび割れの角度、背景部分の輝度等、幅算出に必要な情報を収集する。輝度差算出処理では、変換した画像から



図-1 ひび割れ幅算出フロー

輝度差を算出する。幅算出補正処理では、算出した輝度差から諸条件による補正を行う。ひび割れ幅算出処理では、幅算出補正処理によって補正したひび割れ幅を表示する。

2.1 幅算出前処理

幅算出前処理のアルゴリズムを以下に示す。

- ①原画像（図-2 A）を2値化することによってひび割れ部分を抽出する（図-2 B）。
- ②次に、画像全体からひび割れ幅を算出したい部分を範囲指定する。
- ③本研究では、2値画像からのひび割れ幅算出よりも、より精度を向上させるために、2値画像のひび割れ部分に対応する画素の輝度値を原画像から抽出する。（図-2 C）。
- ④また、背景部分が白のままでは、ひび割れ部分の画素にも背景の情報が含まれている場合があるため、背景の輝度を原画像から判断した一定の輝度に統一する（図-2 D）。この処理によって次節で説明する輝度差を算出するときに生じる誤差を減少させる。ここまでの処理でひび割れの幅を求めるための画像が完成する。
- ⑤最後に、撮影した画像の画角（撮影範囲）を入力する。

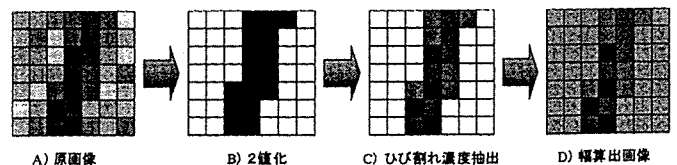


図-2 ひび割れ幅算出画像作成の流れ

2.2 輝度差算出処理

コンクリートを撮影した時、1画素の中でひび割れと背景の境界があるような場合は、図-3のように1画素の中に含まれるひび割れ部分の割合によって画素に濃淡が表される。輝度差とはコンクリート部分とひび割れ部分の輝度の差の和、つまり輝度差とは図-3の輝度のグラフにおける網掛けの部分の面積を指す。本研究では、この輝度差を求めることによってひび割れ幅を算出する。

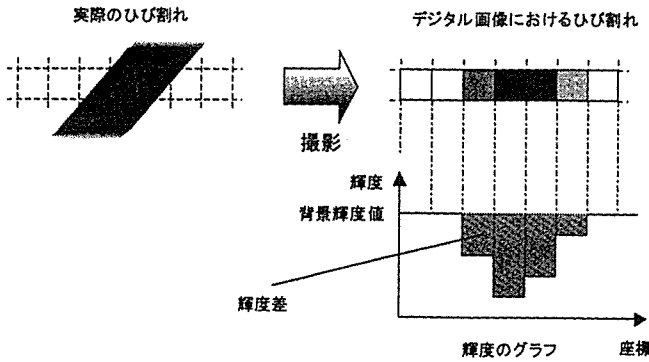


図-3 輝度差のイメージ

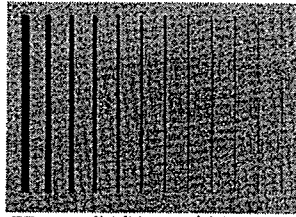


図-4 擬似ひび割れ

2.3 幅算出補正処理

以上で求めた輝度差からひび割れ幅を算出するために、輝度差とひび割れ幅の関係を調べた。輝度差とひび割れ幅との関係に影響する項目は、以下のようなものがあると考えられる。

- ① ひび割れ幅（例：ひび割れの幅が大きくなると輝度差が大きくなる。）
- ② 画角（例：撮影した画角が大きくなると輝度差は小さくなる。）
- ③ 背景輝度（例：背景の輝度が大きくなると輝度差は大きくなる。）
- ④ 角度（例：ひび割れが画像水平方向に対して平行に近くなるほど輝度差は大きくなる。）

これらの項目の輝度差への影響を調べるために図-4に示す太さの異なる直線を印刷した画用紙（以下、擬似ひび割れ）を用いた実験を行った。擬似ひび割れをデジタルカメラで撮影し、このデジタル画像から輝度差を算出し、上記の項目の輝度差への影響を調べ、輝度差からひび割れ幅を算出する補正式を導出した。

3. システムの検証

図-1のフローに沿ってコンクリート構造物のデジタル画像から輝度差を求め、補正式を用いることによってひび割れ幅を算出するひび割れ幅算出システムを構築した。本システムの有効性を検証するために、画角を変化させて撮影したコンクリートのひび割れ画像をPCに取り込み、本システムによってひび割れ幅を算出

表-1 結果検証

| 0.5m画角 | | | 1.0m画角 | | |
|--------|------|-------|--------|------|-------|
| 実測値 | 算出値 | 誤差 | 実測値 | 算出値 | 誤差 |
| 0.2 | 0.2 | 0 | 0.2 | 0.2 | 0 |
| 0.25 | 0.2 | -0.05 | 0.25 | 0.15 | -0.1 |
| 0.3 | 0.3 | 0 | 0.3 | 0.25 | -0.05 |
| 0.35 | 0.3 | -0.05 | 0.35 | 0.3 | -0.05 |
| 0.45 | 0.5 | 0.05 | 0.45 | 0.45 | 0 |
| 0.6 | 0.7 | 0.1 | 0.6 | 0.65 | 0.05 |
| 1 | 0.8 | -0.2 | 1 | 0.9 | -0.1 |
| 1.7 | 1.75 | 0.05 | 1.7 | 1.55 | -0.15 |
| 1.5m画角 | | | 2.0m画角 | | |
| 実測値 | 算出値 | 誤差 | 実測値 | 算出値 | 誤差 |
| 0.2 | 0.35 | 0.15 | 0.2 | 0.4 | 0.2 |
| 0.25 | 0.25 | 0 | 0.25 | 0.4 | 0.15 |
| 0.3 | 0.25 | -0.05 | 0.3 | 0.25 | -0.05 |
| 0.35 | 0.35 | 0 | 0.35 | 0.35 | 0 |
| 0.45 | 0.35 | -0.1 | 0.45 | 0.4 | -0.05 |
| 0.6 | 0.7 | 0.1 | 0.6 | 0.5 | -0.1 |
| 1 | 0.75 | -0.25 | 1 | 0.5 | -0.5 |
| 1.7 | 1.5 | -0.2 | 1.7 | 1.1 | -0.6 |

(単位は全てmmとする)

した算出値と、クラック幅計測器で測定した実測値との差を比較した。結果を表-1に示す。誤差は、算出値と実測値の差を表し、実測値よりも算出値の方が値が低い場合は誤差に-の符号を付けた。

4. 考察

①ひび割れ幅の違いによる誤差

ひび割れ幅が大きいほど誤差が大きくなっている。これは、算出値には20~30%程度の誤差が生じるため、ひび割れ幅が大きいほど誤差が大きくなっていると考えられる。

②画角の違いによる誤差

画角が大きくなるほど誤差が大きくなっている。これは画角が大きくなると、1画素で表現する範囲が広がるため、デジタルカメラが正確に詳細情報を得ることができなくなるからであると考えられる。

③本システムの有効性

全体的に20~30%程度の誤差が生じているが、手作業による計測にも誤差は生じるため、本システムによる誤差は許容範囲内であり、本システムによるひび割れ幅の算出は十分に有効であると言える。

5. まとめ

本研究によって得られた成果を以下に記す。

- ①ひび割れ幅算出手法の提案
- ②諸条件による輝度差の補正式の導出
- ③ひび割れ幅算出システムの構築
- ④本システムの有効性の検証

参考文献

1) 土木学会【2001年制定】コンクリート標準示方書[維持管理編], 2001.1