

画像処理によるひび割れ計測と損傷度評価への適用可能性

大林組 正会員 武田 篤史
大林組 正会員 大内 一
大林組 山田 守

1. はじめに

RC 構造物のコンクリート表面に発生するひびわれは、構造物の耐震性、材料の劣化などを推定する上で極めて重要な判断材料となる。しかしながら、ひびわれ性状の観測、ひびわれ幅や長さの観測は、目視、スケッチなど従来からの方法が主流であり、これらの測定で記録されたアナログデータは、コンピュータ等による定量的な分析・解析には不向きなため、経験的な判断に頼らざるをえず、また、十分な考察が行われずに埋没してしまうことも多々見られる。

本研究は、ひびわれ計測の省力化とひびわれ計測データの高度情報化を目的として、CCD カメラとコンピュータ画像処理技術を用いたひびわれの計測技術の開発を行った。本報では、ひびわれ計測方法の概要を述べるとともに、梁柱接合部の実験結果を用いてひびわれデータの損傷度評価への適用の可能性を考察する。

2. ひびわれの計測方法

ひびわれの計測は以下のようにして行われる。

撮影 CCD カメラにより RC 構造物の表面を撮影する。

画像の補正 により撮影した画像について、色調補正（後述する二値化をスムーズにするため）、シェーディング補正（光量のむらや影の映り込みを除去）を行う。

二値化処理 画像上においてひびわれは影として黒く写っていることを利用して、輝度で閾値を設定し、比較的太く明らかにひびわれと判定されるものを検出する。さらに、ひびわれは連続していることを利用して、再帰的にひびわれ周辺の二値化処理を行い、より細かいひび割れを走査する。

ベクトル化処理 で得られた二値化画像は、単なるひびわれ画素を示しただけのものであり、スケッチの代用とはなるが、定量的な解析には不便である。そこで、ひびわれの位置、長さ、幅を特定できるベクトルデータ化する処理を行う。

3. 本計測方法の検証

本計測方法の検証として、図 - 1 に示すような RC 柱 - S 梁接合部の実験¹⁾を行った。載荷は正負交番載荷とし、ひびわれ計測の計測域は、図 - 1 に示す部分とした。

図 - 2 に処理前の画像(a)と、ベクトル化処理まで行った画像(b)の例を示す。ひびわれ位置や長さに関しては、目視により認められるひびわれに比し、より多くのひびわれを抽出できていることがわかる。

一方、そのひびわれ幅に関しては以下の方法で検証を行った。

図 - 2(a)に示す 4 点 ABCD 間の相対変位 L を計測し、載荷前の距離 L を用いて、平均ひずみ $= L/L$ を求める。

コンクリートの弾性変形を無視できる程度に小さいと考え、画像上で 4 点 ABCD 間の pixel 数を L_+ L_- とし、その計測線を横切るすべてのひびわれについてひびわれ幅の計測線方向の成分（単

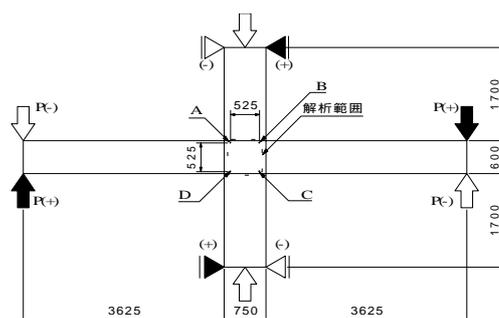
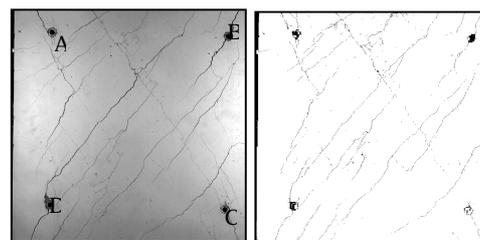


図 - 1 実験概要



a)処理前の画像 b)処理後の画像

図 - 2 画像の例

Keyword: ひびわれ、計測、高度情報化、損傷指標、破壊モードの判定

(株)大林組技術研究所 〒204-8558 東京都清瀬市下清戸 4-640 Tel:0424-95-0910 Fax:0424-95-0909

位:pixel)を変位 L とし、平均ひずみを求める。

変位計により測定した平均ひずみと、画像より求めた平均ひずみを比較する。

表 - 1 に変位 80mm の時の変位計と画像の両者からそれぞれ求めた平均ひずみを示す。最大で 60%程度の誤差が生じており、また一定の傾向も見られないものの、オーダーとしては一致しており、性状としてはある程度把握できているものと思われる。

この誤差は、ひびわれ幅を画像の pixel で評価せねばならないためと思われる。つまり、例えば 1.5pixel 幅のひびわれについては 1pixel と判断するか 2pixel と判断するかで大きく異なってしまうのである。したがって、より画素数の多い CCD カメラを用いることにより、精度の向上が可能になると考えられる。ただし、オーダーとしてはあっており、性状としてはある程度把握できているものと思われる。

4.ひびわれデータによる損傷度評価

4.1 破壊モードの判定

ひびわれ情報の利用法として、破壊モードの判定に用いることが考えられる。

図-3 に 3. で用いた実験について、変位 80mm のときのひびわれ角度に関するヒストグラムを示す。縦軸には、(ひびわれ長さ) × (ひびわれ幅)の合計をとっている。このヒストグラムにおいて、0度のひびわれが多いときは曲げ卓越型であるといえるし、図-3 のように 45度のひびわれが多いときはせん断卓越型といえる。

4.2 RC 構造物の損傷指標

大地震や経年劣化により損傷した構造物について、ひびわれデータをもとに損傷指標を定義することが可能である。図-4 に、3. で用いた実験について、荷重 - 変位関係と損傷指標 - 変位関係を示す。損傷指標は、DI1 が全 pixel 数に占めるひびわれ pixel の割合、DI2 が全 pixel 数に占める 40° ~ 60° のひびわれ pixel の割合を示している。

本報では、未だこの1ケースについてのみしか見ていないため、これらの損傷指標が適切であるかどうかを評価することはできないが、今後多くのケースについて検証しデータを集めることにより、ひびわれの角度、幅、および長さから求まる適切な損傷指標を構築することが可能であると思われる。

5.まとめ

- (1) CCD カメラと画像処理技術を用いたひびわれの高度情報化計測技術を開発し、その検証を行った。その結果、性状を把握できる程度の精度である事を確認した。
- (2) 高度情報化されたひびわれデータの利用法として、破壊モードの判定と損傷指標に用いることを提案した。今後、構造実験等を通して多くのデータを収集することにより、適切な破壊モードの判定法や損傷指標が構築可能である。

参考文献

- 1) 永原 他: 高力ボルト接合を用いた簡略な柱 RC・梁 S 接合部に関する実大実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、1999.9.

表 - 1 平均ひずみの比較

計測線	変位計より求めたひずみ	画像より求めたひずみ	誤差
	ϵ_d	ϵ_p	$(\epsilon_p - \epsilon_d) / \epsilon_d$
A-B	0.0128	0.0118	-0.08
A-C	0.0184	0.0150	-0.18
A-D	0.0043	0.0062	0.44
B-C	0.0046	0.0019	-0.60
B-D	0.0073	0.0100	0.36
C-D	0.0098	0.0037	-0.62

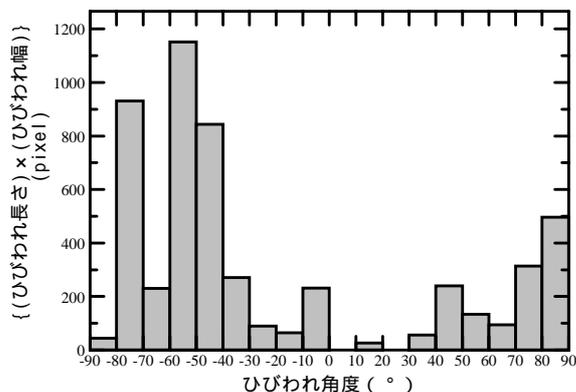


図 - 3 ひびわれ角度のヒストグラム

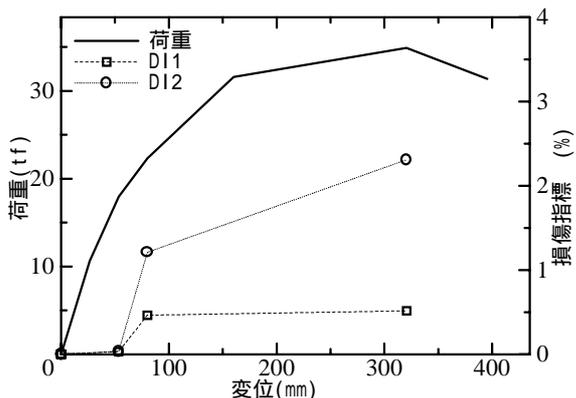


図 - 4 荷重 - 変位関係と損傷指標 - 変位関係