

デジタルカメラによるひび割れ幅測定精度に関する研究

芝浦工業大学 正会員 ○石原彬朗
芝浦工業大学 正会員 勝木太

1.はじめに

コンクリート構造物に発生したひび割れ幅の測定は、点検技術者の目視により確認されているが、目視点検は技術者の技量や経験に左右され、測定結果を定量的に記録することが困難な点が課題として挙げられる。これらの課題を補うために、現在デジタルカメラで撮影した画像データによるひび割れ幅の測定が行われている。しかし、この測定方法には照度や距離に関する基準等がなく、測定結果に及ぼす誤差要因が明確ではない。

そこで本研究では、デジタルカメラのイメージ・センサと、距離・角度・照度について検討し、デジタルカメラによるひび割れ幅測定精度に及ぼす影響を確認することで実構造物への適用可能性を検討した。

2.試験概要

2.1 試験方法

本研究では、デジタルカメラの映像素子であるイメージ・センサと、デジタルカメラの撮影現場に適した距離・角度・照度に着目し、試験を行った。イメージ・センサでは解像度の違いを検出するために2種類の機材を用いた。1) 一般的なデジタルカメラとして使用される CMOS イメージ・センサ(以下 CMOS と示す)と、2) 解像力に優れたスーパーハニカム CCD センサ(以下ハニカム CCD と示す)を用いた。

2.1.1 傾向確認試験

対象となるひび割れには、2点曲げ載荷された全長250cm、幅15cm、高さ20cmの鉄筋コンクリート試験体に発生した曲げひび割れを用いた。

(1) 試験体にひび割れのモデルとなる標識シート(図-1参照)を貼り付け正面より0.5m, 1m, 2, 3mの地点から撮影を行い、1画素がひび割れを検出する濃度とひび割れの性状が及ぼす測定精度への傾向を確認した。

(2) 撮影対象となるひび割れは性状の異なるA,Bの2本とし、精度検証のためひび割れ幅の測定点をそれぞれ

れ6点(約0.1mm~1.0mm)とった(図-2参照)。また測定点のひび割れ幅を顕微鏡で3回測定し、平均値をひび割れ幅の基準値とした。

2.1.2 ひび割れ撮影試験

表-1に各イメージ・センサで実際の測定現場に応じた試験項目として距離、角度、照度試験の内容を示す。また照度試験では室内蛍光灯、高周波蛍光灯、ビデオライトを用いて照度による測定精度を確認した(表-2参照)。

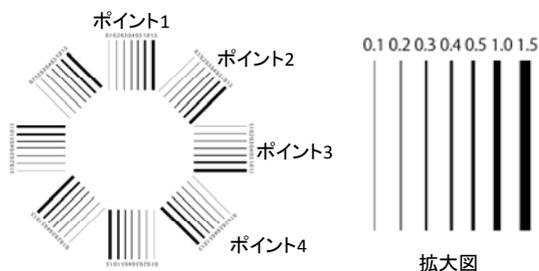


図-1 傾向確認試験に用いる標識シート

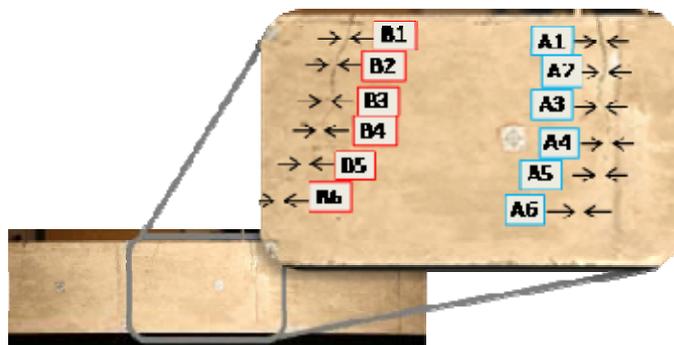


図-2 対象となるひび割れ

表-1 試験項目

距離試験	4パターン：0.5m, 1.0m, 2.0m, 3.0m 想定焦点距離を満たさないセンサに関しては各センサの最大焦点距離を用いる。
照度試験	3パターン：室内蛍光灯、ビデオライト、高周波蛍光灯 試験体に垂直に光を当て撮影する。
角度試験	3パターン：0度、15度、30度

表-2 照度試験に用いた機材

照明機材	照度(Lux)	性能
室内蛍光灯	約100	一般的な照明である
高周波蛍光灯	約300	安定した照明である
ビデオライト	約3000	太陽光に近い色温度である、300wハロゲンランプを使用

2.2 画像解析

2.1 の試験より取得した画像データをもとにひび割れ自動抽出ソフト CFTracing を用いて解析を行った。CMOS の場合 JPEG と RAW で画像データを記録できるため画像圧縮の影響を比較する。ハニカム CCD の場合は JPEG の画像データを記録とした。

3.実験結果

3.1 傾向確認試験

解像度と測定誤差の関係を縦・横と斜めひび割れのポイントごとの影響を図-3, 図-4 で示す。この図よりひび割れ幅 1mm, 1.5mm の検出にばらつきが見られた。これは、ソフトウェアの制限と思われ、ひび割れ幅 0.1~0.5mm の測定結果と解像度の比較によりひび割れ幅 0.2mm 以内では解像度 0.1~0.2mm/pixel の範囲で平均誤差 0.0089mm と、高い精度の測定ができ、0.3mm では 0.1mm 前後の誤差が生じる傾向を示した。

3.2 色の混合率の確認試験

3.1 と同様に解像度 0.1~0.2mm/pixel の範囲では測定成果が良いが、それ以上の値は悪化する傾向を示した。

そこで、画像を画像処理ソフトウェア:PhotoShop を用いて、標識シートのポイント1の 1.5mm を対象にグレー処理を行った画像データの3箇所の色分布を手動で測定した平均値を図-5 に示す。

その結果、CMOS の場合はなだらかな曲線となり、ハニカム CCD は鮮明な境界の分布が確認できた。また、COMS の RAW と JPEG は、同様の曲線であるが、JPEG の方がより平滑化されていることが確認できた。

4.結論・課題

(1)傾向確認試験より、解像度 0.1~0.2mm/pixel の範囲ではひび割れ幅 0.1~0.2mm の範囲で平均誤差 0.0089mm と、精度良く検出することができた。しかし、ひび割れ幅が 0.3mm 以上となると誤差 0.1mm 以上となり、精度にばらつきが生じた。これは、ソフトウェアの制限と思われる。

(2)色の混合率の確認試験を行い、センサの違いによる、色の混合率を確認できた。

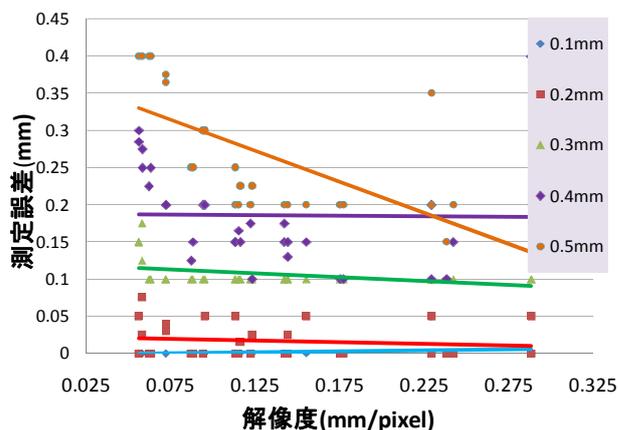


図-3 解像度による測定誤差への影響(ポイント 1,3)

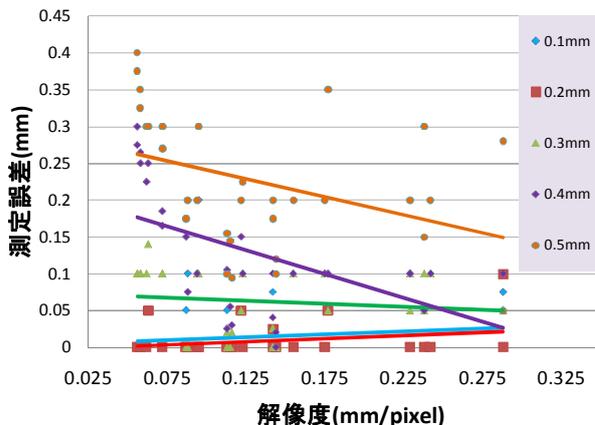


図-4 解像度による測定誤差への影響(ポイント 2,4)

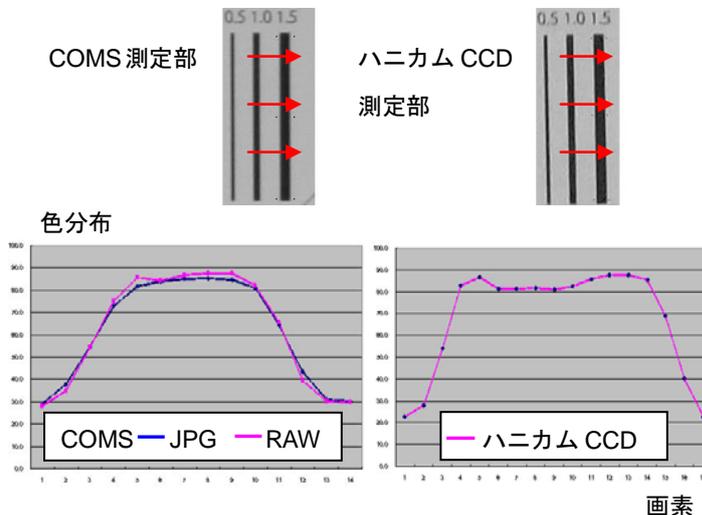


図-5 カメラとセンサの色の平均混合分布

以上の結果から、目視点検に替わる精度の高いひび割れ測定方法としてデジタルカメラ法を適用するには、使用するカメラで基準となる標識シートを撮影し、クラック検出のしきい値を用いた、アルゴリズムを有するソフトウェアの構築が必要である。また、そのためには、正確な解像度(撮影距離)を測定することや照明の影響の低減方法も検討する必要がある。