

コンクリート表面ひび割れの画像解析に関する実験的検討

(株)大林組 正会員 ○青木 峻二 正会員 富井 孝喜 正会員 大島 優

1. はじめに

コンクリート構造物の維持管理において、ひび割れ調査は重要となる。これまで、調査は主に近接目視により行われてきたが、調査に時間を要することや、点検者ごとの判断の差が課題であった。そこで、調査の省力化や高精度化を図るため、画像解析によるひび割れ自動検出技術の開発が行われてきている¹⁾。しかしながら、自動検出を行うときに必要となる撮影カメラの必要性能は明確になっていない。

本報文では、富士フイルムが開発中の画像解析技術を使用して、2017年6月～9月に、撮影カメラの必要性能を検証した結果を報告する。なお、本画像解析技術は、デジタル一眼レフカメラ（以下、一眼レフ）により0.3mm/画素で撮影した画像から、幅0.1mm以上のひび割れの有無と幅の測定（以下、ひび割れ検出）が可能な性能を有している。

2. 試験概要

対象は屋外のコンクリート構造物壁面とし、3種類の一画レフを用いて、三脚を使用して撮影した（表-1）。カメラの性能は、画素数、ピクセルサイズ（センサーサイズ/画素数）、色階調を比較対象とした。ピクセルサイズは大きいほど画質が向上し、色階調は14bitから16bitになることで色数が60倍以上になる。本試験では、0.3mm/画素での撮影に加えて、1枚の撮影面積を拡大し撮影枚数の低減を目指すため0.6、0.9mm/画素でも撮影し、ひび割れ検出を行った。撮影時の設定は、ISO感度を200以下、F値を8とした。試験では、各カメラの仕様から0.3～0.9mm/画素

表-1 カメラ仕様

	デジタル一眼レフカメラ		
	A	B	C
画素数	1790万画素 (5184×3456)	5000万画素 (8688×5792)	10000万画素 (11608×8708)
センサーサイズ(mm)	22.3×14.9	36.0×24.0	53.7×40.4
ピクセルサイズ(μm)	4.30	4.14	4.63
色階調(bit)	14	14	16
焦点距離(mm)	18～55	70～200	55～240
撮影距離(m)*	1.2～3.8	5～14.5	3.5～15.5
撮影範囲(m)	1.5×1.0	2.6×1.7	3.5×2.6

*0.3mm/画素とした場合

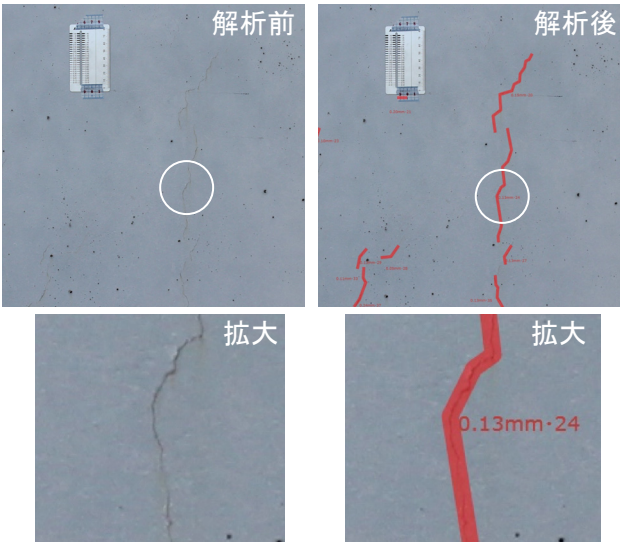


写真-1 0.3mm/画素の画像解析結果（一眼レフA）

の画像を得られる3～45mの距離で撮影した。なお、撮影距離は式(1)で決定した。

$$L = (R \times P \times F) / S \tag{1}$$

ここに、

- L : 撮影距離(mm)
- R : 必要解像度(mm/画素)
- P : 横方向の画素数
- F : 焦点距離(mm)
- S : 横方向の撮像画面サイズ(mm)

3. 試験結果および考察

試験結果を表-2に示す。

まず、0.3mm/画素の撮影画像で検証した。その結果、すべての一眼レフで0.1mm以上のひび割れ検出が精度よく行え、誤検出もなかった（写真-1）。この

表-2 試験結果

1画素の 大きさ	ひび割れ	デジタル一眼レフカメラ		
		A	B	C
0.3 mm/画素	有無	◎	◎	◎
	幅測定	◎	◎	◎
0.6 mm/画素	有無	○	○	◎
	幅測定	△	△	○
0.9 mm/画素	有無	△	△	○
	幅測定	×	×	△

判定基準				
基準	◎	○	△	×
有無	0.1mm 検出	0.2mm 以下 検出精度が低下	0.2mm 以下 検出不能	検出 不能
幅 測定	0.1mm 測定	誤差 0.1mm 未満	誤差 0.1mm 以上	測定 不能

キーワード コンクリート、ひび割れ、画像解析、デジタルカメラ
連絡先 〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 (株)大林組 生産技術本部 リニューアル技術部 TEL 03-5769-1332

ことから、0.3mm/画素で撮影すれば、画素数などのカメラの性能や撮影距離に関わらず、高精度の画像解析が可能であることを確認した。

次に、0.6、0.9mm/画素の撮影画像を検証した。その結果、一眼レフ A と B では、1 画素あたりの面積が大きくなると、ひび割れの検出精度が低下した。特に、幅の測定精度は、0.6mm/画素と 1 画素あたりの撮影面積を 4 倍にすると精度が低下した。これに対して、一眼レフ C では 0.6mm/画素でもひび割れを検出でき、0.9mm/画素でも幅 0.2mm 程度までのひび割れを確認できた(写真-2)。一眼レフ A と B と比較して、一眼レフ C はピクセルサイズと色階調が大きい高性能なセンサーを使用しているため、1 画素あたりの撮影面積が大きくなっても精度よく画像解析できたと考えられる。

4. 現場実証試験

4. 1 ボックスカルバート

ボックスカルバート(内空：高さ 1.7m×幅 4m×延長 13m)の頂版について、LED 照明付きの撮影用架台で撮影した。撮影距離は、約 1m で一定とした。

一眼レフ A を用いて 0.3mm/画素で撮影した場合、目視調査で検出した 0.1mm 以上のひび割れのうち、90%以上検出できた。また、画像解析後に複数の写真を合成可能であることを確認した(写真-3)。未検出のひび割れは、頂版端部にあり、画像の端部でゆがみが発生しやすいことや、ハンチ部であるため平面でないことが影響していると考えられる。

4. 2 トンネル覆工コンクリート

トンネル覆工コンクリートの肩付近について、三脚を使用して撮影した。撮影距離は約 7m で、対象箇所付近の明るさは約 10 ルクスであった。

0.3mm/画素で撮影した場合、一眼レフ C では、一眼レフ A と B と比べ、誤検出が少なくなり、幅の測定も精度よく行うことができた(写真-4)。明るさが十分ではない環境においても、センサーの性能が高い一眼レフを使用することで、より高精度な画像解析が可能になると考えられる。

5. まとめ

本試験の範囲では、以下のことが確認された。

- ・ 0.3mm/画素で撮影することで、0.1mm 以上のひび割れを精度よく検出できる。
- ・ 高性能センサーを備えたカメラを使用すること

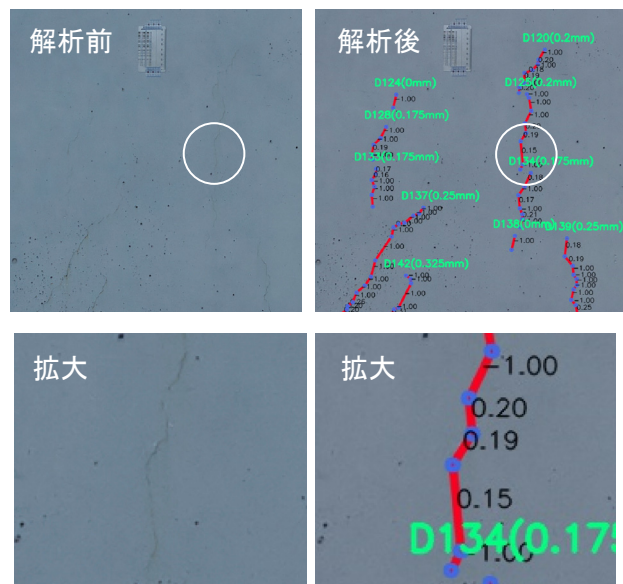


写真-2 0.9mm/画素の画像解析結果(カメラ C)

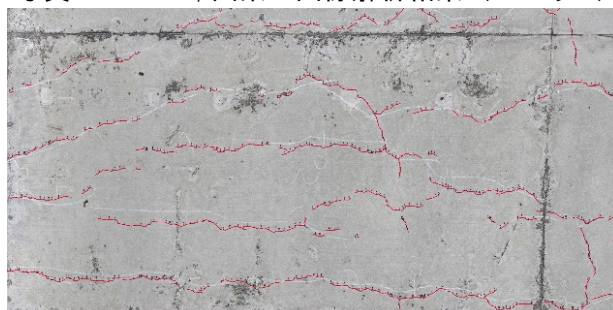


写真-3 ボックスカルバート頂版(一眼レフ A)



写真-4 覆工コンクリート(一眼レフ C)

で、1 画素あたりの撮影面積が大きい場合や暗部で撮影する場合でも、ひび割れを精度よく検出できる。

今後は、試験結果から得られた撮影カメラの必要性を考慮したうえで、様々な現場で適用し、コンクリート表面ひび割れ調査の省力化や精度向上に貢献したい。なお、本検討で用いた富士フィルムのひび割れ解析技術は開発中であり、富士フィルムでは、解析性能の向上を継続している。最後に、本検討にあたり富士フィルム株式会社にご協力いただきました。ここに謝意を表します。

参考文献 1)たとえば、竹田宜典、石関嘉一、山田守：画像処理によるコンクリート構造物のひび割れ計測、大林組技術研究所所報、No.79 2015