

PC 上部工の継続監視へのひび割れ画像解析の適用性検討

首都高速道路技術センター 正会員 ○大住 圭太
 首都高速道路 正会員 小林 雅彦
 同 上 非会員 佐藤 あすみ

1. はじめに

平成 11 年に供用した PC 橋でアルカリ骨材反応による損傷が確認されたため、その上部工では、床版上面からの雨水浸透によるアルカリ骨材反応の進行を抑止する目的で、床版上面の SFRC による断面修復および防水工等の補修対策が実施されている¹⁾。そのため、実施された対策の効果およびひび割れの状況の変化を効率的に監視することが望まれている。また、今後の更なる検討によって実構造物の劣化の定量的な評価手法を確立し、より合理的な構造性能の評価を行うことが急務とされている²⁾。

本稿では、構造物から離れた位置からコンクリート表面に生じたひび割れの位置、幅、長さを定量的に評価できる手法として近年研究が進められている“ひび割れ画像解析”³⁾を用いて当該橋梁を調査し、継続監視手法としての適用性について検討を行った。

2. 調査対象

調査は、損傷が比較的顕著に生じている 7 径間連続 PC 中空床版橋 1 径間の床版下面を対象に行った。

3. 画像解析の手順

- ①現地で画像を撮影する。
- ②撮影画像の補正処理（角度を持って撮影された画像の正対画像への変換など）を行い、画像解析のための入力画像を作成する。
- ③周波数解析の一つであるウェーブレット変換から得られた、ピクセルごとのウェーブレット係数値からひび割れ検出処理（2 値化処理）を行う。
- ④2 値化処理では、コンクリート表面の打継ぎ目等、ひび割れ以外でコントラストが生じている部分まで検出されるため、2 値化画像からひび割れ以外のノイズを除去し、ひび割れ画像を作成する。
- ⑤ひび割れ分布図作成等の図化処理や、ひび割れ長さや幅の集計といった、ひび割れ定量処理を行う。

表-1 クラックスケールと画像解析のひび割れ幅の比較

着目点	クラックスケールによるひび割れ幅	画像解析による 着目点近傍のひび割れ幅
1	0.20	0.2~0.6
2	1.50	0.6~0.8
3	1.20	0.6~0.8
4	0.80	0.5~0.7
5	0.80	0.6~0.8
6	0.90	0.3~0.8
7	0.60	0.2~0.6
8	0.50	0.3~0.6
9	0.90	0.6~0.8
10	0.50	0.3~0.6
11	0.25	0.2~0.4
12	0.30	0.2~0.4

(mm)

4. 画像解析の精度検証

画像解析の精度を検証するため、画像解析から得られたひび割れ幅と、床版下面の直近でクラックスケールにより計測したひび割れ幅の比較を行った。表-1 に 12 箇所の着目点（図-1）における比較結果を示す。クラックスケールにより計測されたひび割れ幅が 0.8mm 以上の場合において、画像解析で検出されたひび割れ幅の方が小さく判定される傾向がある。中でも、クラックスケールで計測されたひび割れ幅が特に大きい着目点 2, 3 で両結果の差が大きい。クラックスケールによる幅が 0.8mm 以上のひび割れで差が生じた理由として、ひび割れ幅の判定に用いた基準はクラックスケールの幅 0.7mm までの目盛りを基に算出したもので、それ以上のひび割れ幅については、算出した基準から外挿して判定を行ったためと考えられる。また、着目点 2, 9 ではひび割れに角欠けがみられた。クラックスケールではコンクリート表面付近のひび割れ幅を計測しているが、画像解析では比較的内部のひび割れ幅によるコントラストの差が検出され、それによる影響により差が生じていると考えられる（図-2）。

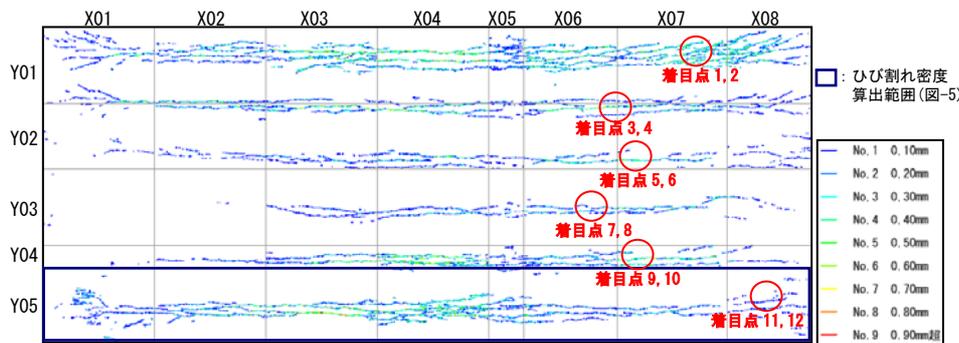


図-1 画像解析のひび割れ分布図

キーワード PC 橋, アルカリ骨材反応, 調査, 継続監視, ひび割れ画像解析

連絡先 〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-10-11 (財) 首都高速道路技術センター TEL 03-3578-5751

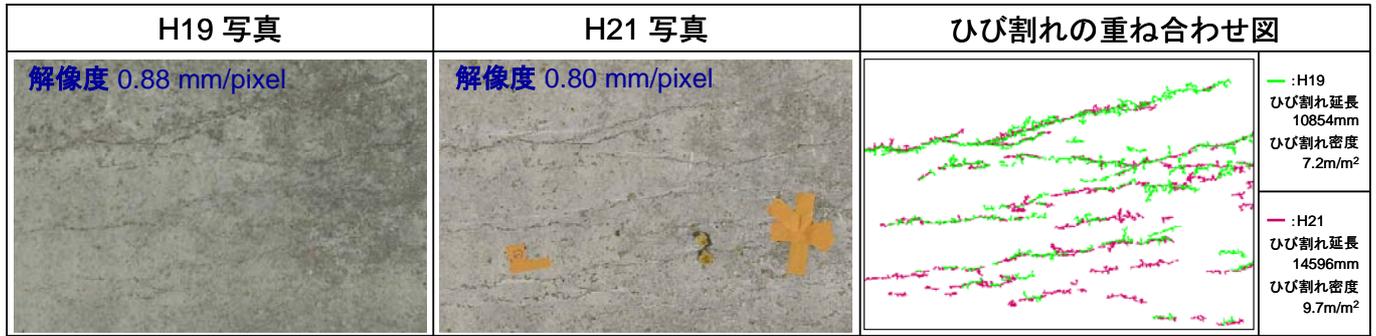


図-3 H19 と H21 の状況写真とひび割れの重ね合わせ図 (着目点 1, 2 付近)

5. 画像解析の継続監視への適用性検討

H19 と H21 に撮影した画像に対して画像解析を行い、ひび割れ分布や幅の変化に着目して継続監視への適用性について検討した。着目点 1, 2 付近における両年度の状況写真とそれらの画像解析から得られたひび割れ分布の重ね合わせ図を図-3、ひび割れ幅のヒストグラムを図-4 に示す。なお、H19 のひび割れ幅は H21 のひび割れ幅判定基準を基に算出した参考値である。ひび割れの重ね合わせ図における両年度のひび割れ分布はよく重なっており、ひび割れ位置の検出精度の高さが確認できる。また、ひび割れの幅や長さの情報からひび割れ密度やひび割れ幅のヒストグラムを算出することで、ひび割れの状況を定量的に表すことができる。

ひび割れの重ね合わせ図およびひび割れ幅のヒストグラムより、H19 から H21 にかけて画像解析で検出されたひび割れの長さに増加がみられる。しかし、H19 では、写真で確認できるひび割れが画像解析で検出されていない箇所がみられた。H21 に比べて H19 の方が写真の解像度が粗いため、H19 では幅が小さいひび割れを検出できなかったと考えられる。そのため、本調査から当該構造物のひび割れ状況の変化を正確に判断することはできない。画像解析を継続監視に適用するには、比較を行なう画像の解像度をひび割れを検出するのに十分な解像度に揃える必要がある。

6. まとめ

画像解析を用いることで、比較的高精度にひび割れを検出することができるが、ひび割れ幅の判定に用いる基準の設定方法により、幅が 0.8mm 以上の大きいひび割れについては、その幅を過小評価する傾向がみられた。また、本調査では、画像の解像度の相違により、ひび割れ状況の変化を正確に判断することはできなかったものの、比較を行う画像の解像度を揃えることで、定量的かつ客観的に判断することができると考えられる。

図-5 に図-1 の Y05 の範囲におけるひび割れ密度 (ひび割れ延長/面積) の分布を示す。このように、床版下面のような比較的広い範囲の全体的な損傷状況の変化を把握する際には、画像解析を用いることで定量的に

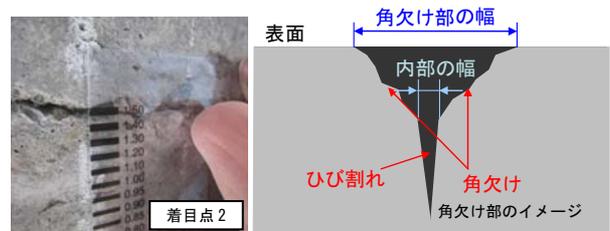


図-2 着目点 2, 9 のひび割れ状況

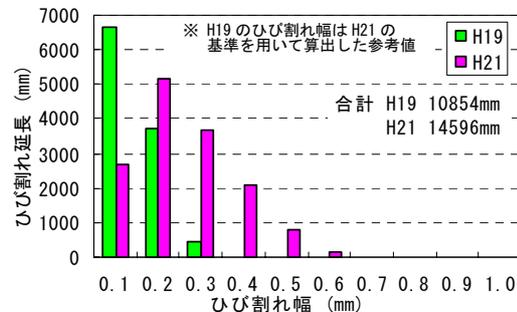


図-4 ひび割れ幅ヒストグラム (着目点 1, 2 付近)

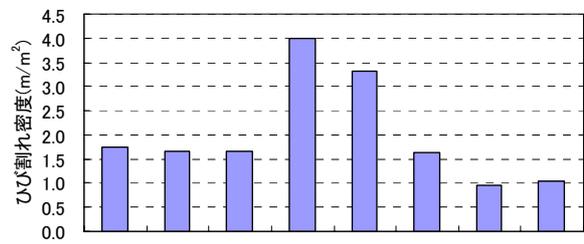


図-5 解析画像のひび割れ密度 (Y05)

把握することができる。

しかし、アルカリ骨材反応によるコンクリートの劣化の進行を判断するには、画像解析によるひび割れの状況の把握だけでなく、近接調査によりひび割れの劣化状況 (角欠け等) を把握することも不可欠である。画像解析と近接調査を組み合わせることで、アルカリ骨材反応による損傷が生じた構造物の効率かつ正確な継続監視に繋がると考えられる。

参考文献

- 岡崎ら：PC 上部工のひび割れ損傷対策, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008
- 土木学会：コンクリート技術シリーズ No. 71 材料劣化が生じたコンクリート構造物の構造性能, p. 57, 2006
- 丸屋ら：ウェブレット変換を用いた床版コンクリートのひび割れ調査の実用化, コンクリート工学年次論文集 Vol.1. 29 No2, 2007