

## 高精細画像を用いたひび割れ自動検出技術の PC 箱桁内部点検への活用事例

株式会社 長大 正会員 ○青柳 竜二, 株式会社 長大 榊原 優士  
株式会社 アルファ・プロダクト 原 徹, 大阪工業大学 小堀 研一

### 1. はじめに

社会インフラの劣化・損傷が顕在化されている一方で、橋梁点検・診断を行う技術者は限られており、点検作業の効率化が急務となっている。特に、高所作業車や橋梁点検車を用いた近接目視が困難な、鉄道などと交差する橋梁や桁高が高い PC 箱桁内部などの点検には、墜落等の危険性があることに加え、人手や手間、コストがかかることが課題となっている。

本論では、このような近接目視が困難な橋梁を効率的に点検することを目的に、高精細画像からひび割れのみを識別し、ひび割れ幅と長さを測定する自動検出手法<sup>1)</sup>を実橋の点検で活用し、近接目視点検結果と比較することで精度検証を実施した。

### 2. ひび割れ自動検出手法の概要

ひび割れ自動検出手法の基本的な考え方としては、まず使用するカメラのセンサーの1画素単位をひび割れの抽出精度(例えば0.1 mm)に設定し、センサーの画素数に応じて画像1枚の撮影範囲を設定する。撮影した画像から抽出したひび割れを画素単位でカウントすることで、幅及び長さが自動的に算出されるものである。ひび割れ自動検出手法により確認されたひび割れを写真-1に示す。

画像処理は主に以下の手順で行われる。

#### (1) ラプラシアンフィルタの適用

コンクリートのひび割れの断面は三角形上で、入射した光は入射方向には反射せず、境界線のコントラスト差が大きくシャープである。一方、コンクリート表

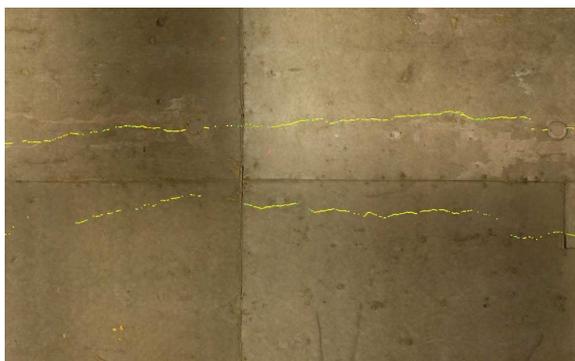


写真-1 自動検出手法で確認されたひび割れ状況

面は微細なスポンジ状で、目地等の境界線は型枠等の表面と同様に細かい段差が生じており、ひび割れ部に比べてコントラスト差は小さくシャープではない。ガウス型ラプラシアンフィルタを用いて、コントラストの明暗差をより強調した上で、周囲との明暗差が大きく、シャープな断面をひび割れとして検出する。

#### (2) 2値画像変換

画像の明度の段階は256階調であるため、中間値の128以上をひび割れとし、128未満をひび割れではないものと設定し、白と黒の2値画像に変換する。

#### (3) ノイズの除去

ひび割れは線分として現れるため、2値画像に残る孤立した点はノイズとして除去する。また、線分の近傍の点は線分の端点を膨張させて接合し、収縮して接合しない点は除去する。

#### (4) ひび割れ幅別の色分け表示及び長さの算出

ひび割れとして認識された線分は、幅別に色分け表示され、幅別の長さが計算される。

### 3. PC 箱桁内部上床版点検でのひび割れ精度検証方法

ひび割れ精度の検証として、近接目視においても梯子等を用いる必要がある PC 箱桁内の上床版下面 4000 mm×9400 mmを対象範囲とした(図-1参照)。ひび割れの精度は、梯子を用いてクラックスケールにより計測した値と高精細画像を用いたひび割れ自動検出手法のひび割れ値を比較した。

撮影には、一眼レフデジタルカメラ(4575万画素)を使用し、ひび割れの抽出精度は0.1 mmとして、画像一枚当たりの撮影範囲は800 mm×540 mm程度に設定した。

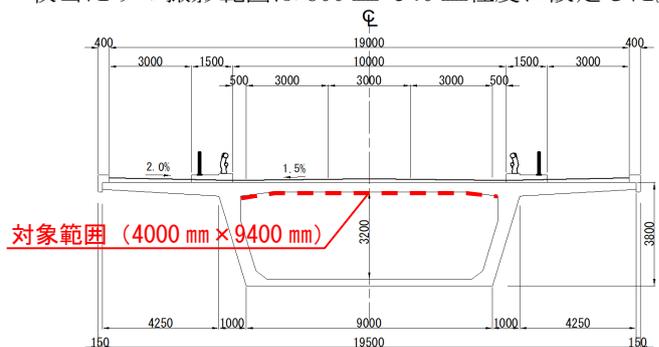


図-1 PC 箱桁断面図及び点検対象範囲

キーワード コンクリート, 橋梁点検, ひび割れ, 画像解析, 自動検出

連絡先〒111-0041 東京都台東区元浅草2-6-6 長大 構造事業本部 第一構造事業部 TEL 03-6860-5976

#### 4. 計測精度の検証結果

対象範囲における近接目視（クラックスケールによる計測）と自動検出手法により確認されたひび割れ状況を図-2に示す。なお、対象範囲のひび割れは、近接目視にて6箇所（a）～（f）にグルーピングした。

図-2の近接目視による計測結果は、点検者が主要なひび割れの長さ（幅）を記載し、自動検出手法では検出された各ひび割れ幅の平均値（最大値）を記載した。なお、ひび割れは図-2の凡例のとおり、幅別に色分け表示で示した。また、近接目視点検結果に対する、自動検出手法で確認されたひび割れの長さ（合計値）の比率（検出率）とひび割れの平均値及び最大値の差分の絶対値〔誤差〕を表-1に整理した。

自動検出手法で確認されたひび割れの長さの検出率は、最小32.8%、最大94.9%であった。ひび割れa)～f)の全てのひび割れは検出しており、ひび割れb), c), d)は9割程度の検出率が確認された。一方、ひび割れa), e), f)の検出率は3割から7割程度となった。これは、ひび割れa), c), f)はハンチ部に存在していることから、撮影方向と上床版が垂直ではないため、撮影角度の影響によりひび割れを精度0.10mm未満と判断し、自動検出できない箇所が生じてしまったことが、一要因として考えられる。

近接目視点検結果に対する自動検出手法で確認された各ひび割れ幅の平均値の誤差は、最小0.01mm、最大0.11mmで、最大値の誤差は最小0.05mm、最大0.40mmであった。自動検出手法で確認されたひび割れf)の最大ひび割れ幅0.6mmの位置について、クラックスケールでひび割れ幅を確認した結果、写真-2のように局部的にひび割れの表面が欠け落ちて0.60mm程度になっていた。ひび割れ幅自体は、比較的高い精度で検出できていると思われるが、ひび割れ幅を最大値で表示する場合、近接目視結果に対して最大0.40mm程度の誤差が確認されることから、ひび割れ幅の平均値と最大値の両者を示す必要があると思われる。

#### 5. まとめ

本論においてPC箱桁内部を対象に高精細画像を用いたひび割れ自動検出手法を活用した結果、ひび割れ長さについては、ハンチ部を除いて幅0.10mm以上のひび割れを9割以上検出できることを確認した。自動検出手法で確認されたひび割れ幅は、局部的な表面の欠

け落ちなども検出されることから、ひび割れ幅の最大値だけではなく平均値を算定することで、誤差0.10mm程度の精度で検出できることを確認した。また、対象範囲全ての撮影写真と自動検出されたひび割れ結果を比較することで、事後判断が可能であり、見落とし防止にもつながるため、有効な手法であると思われる。

#### 参考文献：

- 1) 原徹, 小堀研一, 牛島栄: 画像からの高精度クラック自動検出技術, 検査技術 (日本工業出版), vol.24・No.3, pp.1-7, 2019.3

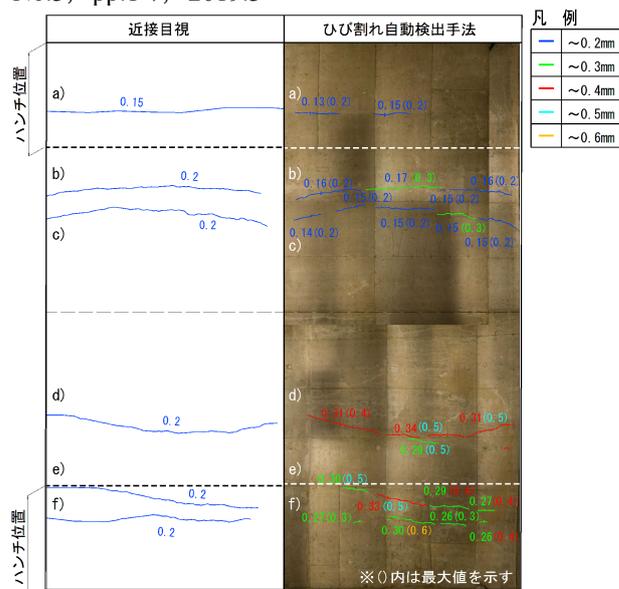


図-2 近接目視点検と自動検出手法で確認されたひび割れ状況

表-1 近接目視に対する自動検出手法で確認されたひび割れ長さの検出率とひび割れ幅の誤差

	近接目視			ひび割れ自動検出手法					
	ひび割れ幅別長さ (mm)			ひび割れ幅別 (平均値) の長さ (mm)			ひび割れ幅 (mm)		
	0.15	0.2	合計	~0.2	~0.3	~0.4	合計 (検出率) <sup>※1</sup>	平均値 [誤差] <sup>※2</sup>	最大値 [誤差] <sup>※2</sup>
ひび割れa)	3,994	-	3,994	1,309	-	-	1,309 (32.8%)	0.139 [0.01mm]	0.200 [0.05mm]
ひび割れb)	-	3,681	3,681	3,455	-	-	3,455 (93.9%)	0.162 [0.04mm]	0.300 [0.10mm]
ひび割れc)	-	3,866	3,866	3,327	-	-	3,327 (86.1%)	0.149 [0.05mm]	0.300 [0.10mm]
ひび割れd)	-	3,979	3,979	-	536	3,239	3,775 (94.9%)	0.311 [0.11mm]	0.500 [0.30mm]
ひび割れe)	-	3,637	3,637	-	1,479	1,030	2,509 (69.0%)	0.306 [0.11mm]	0.500 [0.30mm]
ひび割れf)	-	3,507	3,507	-	1,457	-	1,457 (41.5%)	0.282 [0.08mm]	0.600 [0.40mm]

※1 ( )内は、近接目視で確認されたひび割れ長さの合計値に対する自動検出結果の合計値の比率である。  
 ※2 [ ]内は、近接目視で確認されたひび割れ幅に対する自動検出結果の平均値(最大値)の差分の絶対値である。



写真-2 自動検出手法で最大ひび割れ幅が確認された箇所（ひび割れ f)）