

## 閉鎖空間の高所におけるデジタルカメラ法によるコンクリート構造物のひび割れ計測

鹿児島大学大学院 学生会員 中島 祥太  
 鹿児島大学 正会員 審良 善和, 山口 明伸  
 株式会社サタコンサルタンツ 非会員 東川 竜次郎, 伴 成一郎

### 1. はじめに

一般的な構造物では、5年に1度の定期点検<sup>1)</sup>において近接目視により状態を把握している。近接目視点検は、原則として手で触れる距離まで近づく必要があるため、箱桁など閉鎖空間では、主に梯子等を用いて点検を行う。しかし、すべての橋梁に対して梯子等を用いた近接目視点検を行うことは非効率的である。また、閉鎖空間は「暗い」、「高い」などの問題があり、効率的な維持管理を達成するためには閉鎖空間においても簡便に点検を行うことができるシステムを構築する必要がある。そこで、閉鎖空間での近接目視点検に代替する点検手法として、高性能デジタルカメラを用いた点検が可能であるか実証試験を行い、近接目視点検と同等の精度を有するか検討を行った。

### 2. 高性能デジタルカメラを用いた実地調査

#### 2.1 調査対象橋梁

本研究では、高性能デジタルカメラを用いて箱桁内部の天井部分のひび割れを対象に調査を行った。調査対象は鹿児島県内のK橋である。K橋は橋長1533mのPC箱桁橋であり、箱桁内空は幅3m×高さ3~6m程度である。開口部は0.8m角と狭く、大型の機材の搬入が難しい。また、写真1に示すように暗所であり、隔壁の開口も高いところで約3mの位置にあり、点検が非常に困難な環境である。

#### 2.2 撮影方法

デジタルカメラは有効画素数約6100万(9504×6336px)の一眼レフデジタルカメラに、70~300mmの望遠レンズを使用した。撮像素子は35.7×23.8mmのExmor R CMOSである。ISO感度はカメラの自動機能により決定した。写真2に撮影の様子を示す。暗所であることから、光束10000lmのライトを使用した。また、撮影する際の手振れを防止するために、カメラを三脚に設置し、ノートパソコンと接続して遠隔撮影した。これにより、画像の確認や保存、解析などを現場でも行うことが可能となる。なお、電源はポータブル電源を用いた。

#### 2.3 撮影および解析方法

撮影手順は、まず肉眼やカメラを用いてひび割れ箇所を探し変状図の作成を行うとともに、ひび割れ幅が最大となる位置で撮影した。ここで、撮影時には、写真3のようにひび割れ箇所と併せてひび割れ幅を正確に測定するために型枠跡などの長さが既知の箇所を入れ、これを基準長さとした。

ひび割れ幅の算出は、画像編集ソフトを用いた。まず、基準長さのピクセル数を数えたのち、画像を4bit化してひび割れを強調させた。その後、ひび割れ箇所のピクセル数を数え、基準長さのピクセル数から換算しひび割れ幅を算出した。

今回の調査ではひび割れ幅の精度確認のため、クラックスケールによる計測が可能な場所でひび割れ幅の実測を行い、計測されたひび割れ幅と比較した。また、最大内空高となる6m位置にクラックスケールを貼付し、これを撮影することで精度の確認を行った。



写真1 箱桁内部の様子



写真2 撮影の様子

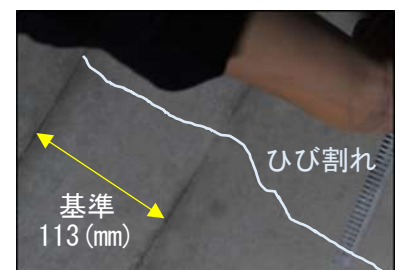


写真3 ひび割れ箇所の写真

### 3. 結果および考察

一例として、**図 1** に高さ 3.5m 位置のひび割れ幅を実測した箇所の結果を示す。クラックスケールによるひび割れ幅の実測値は 0.15mm である。画像処理後のひび割れ幅のピクセル数は 2px であった。この写真の基準長さは 113mm (ピクセル数: 1320px) であったため、画像処理によるひび割れ幅は 0.15mm となり、実測値と誤差がないことが確認された。

**図 2** にクラックスケールの幅と画像処理による算出値の関係を示す。ここでは、撮影範囲 2.2×1.5m (焦点距離 70mm) の写真 A と撮影範囲 0.9×0.6m (焦点距離 174mm) の写真 B において、算出精度の比較を行った。写真 A は、0.23mm/px、写真 B は、0.09mm/px に相当している。ただし、クラックスケール幅が 1px 以下となる、写真 A における 0.2mm 以下と写真 B における 0.05mm 部分は色の濃淡によりピクセル数を推定した。算出結果として、長辺 2.2m の比較的広範囲での撮影では 1px 分の誤差が生じている箇所もあったが、実際の値と概ね一致していた。長辺 0.9m の狭い範囲での撮影では実際の値とほぼ一致しており、高い精度での算出が可能であると言える。狭い範囲で撮影することで、より高い精度での算出が可能であったため、可能な限りひび割れ箇所に寄って撮影することが望ましいと考える。

調査範囲のうちクラックスケールによる実測を行った箇所は 5 箇所ある。それぞれのひび割れ幅の実測値、算出値の結果、実測値と算出値の差および 1px 当たりの幅を**表 1** に示す。5 箇所とも焦点距離は 70mm であり、約 0.08mm/px であった。これらの結果から、本手法によるひび割れ計測は概ね誤差なく計測できることを確認した。

以上の結果を踏まえ、調査対象となるスラブの調査を実施した。一例として、ひび割れが確認された中で最も内空高の高い位置のひび割れ箇所の結果(内空高 5.5m)を**写真 4** に示す。撮影範囲は 1.2×0.8m、基準長さは 113mm (900px)、ひび割れ幅のピクセル数は 1.5px であった。画像処理により計測されたひび割れ幅は 0.19mm となり、実測が困難な場所でもひび割れ幅の計測が可能であると考えられる。ただし、ひび割れにピントが合っていない場合には、**図 3** に示すように正確にひび割れ幅のピクセル数を数えることが困難になる。ピントのずれによりひび割れが不鮮明になり、数えるピクセル数が増加してしまう傾向にあり、計測されるひび割れ幅が大きくなる。今後、自動計測等を行う場合には注意が必要である。なお、今回の調査では、調査日数 2 日 (実働 8 時間) で 65 箇所のひび割れ計測を行うことができた。移動足場や梯子等による調査に比べ明らかに効率的であり安全性も向上することから、計測手法として確立できるよう引き続き検討を行う予定である。

### 4. まとめ

閉鎖空間且つ高所となる PC 箱桁内部の点検手法として、デジタルカメラ法によるひび割れ計測を実施した。その結果、近接目視点検と同等の精度でひび割れ幅の計測が可能であることを確認した。ただし、現在の調査手法ではうきなどの変状は確認することは困難であるため、様々な変状検出に対応できる調査手法の改良も今後の課題とする。

#### ・参考文献

1) 国土交通省道路局：道路橋定期点検要領，2019

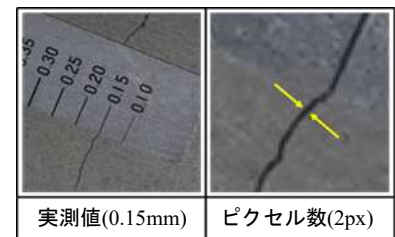


図 1 ひび割れ幅測定の結果

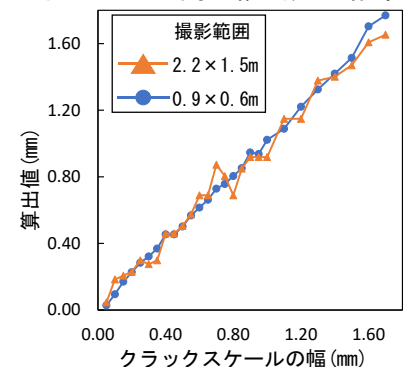


図 2 クラックスケールの幅と算出値の関係

表 1 ひび割れ幅の比較

No.	mm	実測値	算出値	差	1px当たりの幅
I	0.10	0.12	+0.02	0.082	
II	0.10	0.10	0.00	0.079	
III	0.15	0.15	0.00	0.075	
IV	0.20	0.19	-0.01	0.085	
V	0.20	0.17	-0.03	0.086	



写真 4 内空高 5.5m 位置のひび割れ箇所



図 3 ピントによるひび割れ箇所の見え方の違い