

動画をを用いた列車通過時の RC 桁のひび割れ幅の計測に関する基礎的検討

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○佐藤 祐子 正会員 渡辺 健 正会員 松岡 弘大
安藤ハザマ 正会員 野間 康隆

1. はじめに

既報^{1), 2)}では、コンクリート構造物の効率的な検査実施を目的に、輝度と幾何学的特性を用いて画像からひび割れの位置と幅を計測する手法を開発し、静止画における位置の検出率と、ひび割れ幅の計測誤差を検証した。

より効率的な検査実施には、列車通過時にのみ開口するひび割れや、列車通過による桁の変位の計測が求められる。一方で、動画では予め定めた範囲外ではピントが合わず、画像が不鮮明になるため、静止画よりも高い分解能(画素1辺の実寸)での撮影が必要となるが、一般に、動画の解像度は静止画の解像度の0.05~0.40倍と低い。そこで、本研究では、開発技術を用いた列車通過時のひび割れ幅と変位の計測について検討した。

2. 列車通過により開閉するひび割れ幅の計測

図1のように一眼レフデジタルカメラ(Canon EOS 5D Mark IV)により、解像度4096×2160画素で動画撮影し、当該主桁上を列車が通過した時のひび割れ幅の変化を計測した。動画は1.0秒当たり30枚撮影されるが、開発技術による画像解析(以下、画像解析)は1枚おきの0.067秒間隔で実施した。対象は、長さ20m、幅11m、高さ1.7mの複線鉄筋コンクリート(RC)T形4主桁の

主桁下面の常時に開口しているひび割れa~dとした。ひび割れa, bは側道から1番目の主桁にあり、一度に撮影した。ひび割れc, dは側道から3番目の主桁にある同一のひび割れであるが、通過列車が異なる。カメラは、画像全体の輝度が均一になることを防止するために、撮影対象と同程度の明るさの場所に、撮影対象と平行に設置した。また、動画では静止画よりもカメラの保持および操作による機材の振動の影響が大きいため、三脚を使用し、撮影時間を列車通過前後に10秒ほど確保した。

各ひび割れについて、分解能、列車通過前のひび割れ幅を表1に示す。開発技術とクラックスケールの差は0.01~0.09mmであり、対象が静止している場合、動画撮影した画像からクラックスケールの計測誤差と同程度の誤差でひび割れの幅が計測できた。

計測値から列車通過前の計測値を引いた値である、列車通過時のひび割れ幅の変化量(以下、変化量)について、画像解析結果と π ゲージによるサンプリング周波数5000Hzでの計測結果を図2~4に示す。画像解析は π ゲージ付近でのみ実施し、計測したひび割れの位置は図2~4に青線および矢印で示している。いずれのひび割れも、画像解析によりひび割れ位置が計測できた。また、



図1 RC 桁の撮影概要

表1 撮影条件および列車通過前のひび割れ幅

ひび割れ名		a	b	c	d
分解能(mm画素)		0.11	0.11	0.13	0.08
ひび割れ幅(mm)	クラックスケール	0.2	0.3	0.2	0.2
	画像解析	0.25	0.21	0.18	0.19

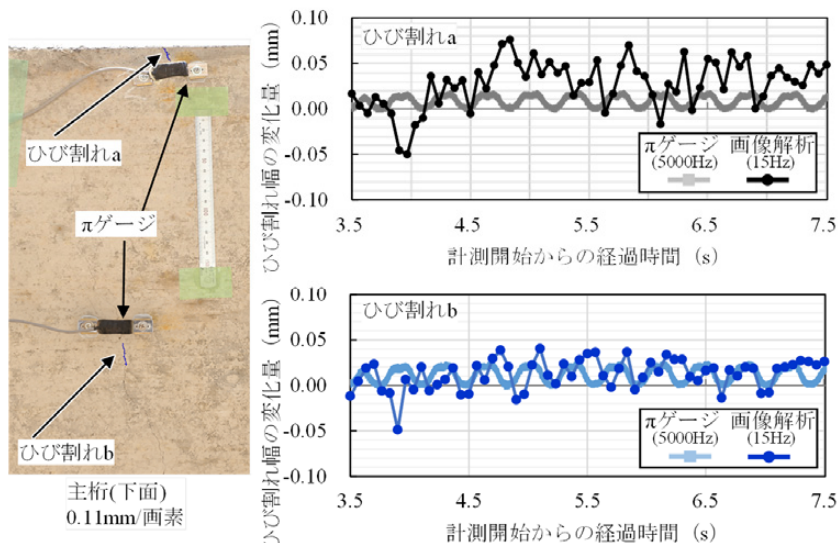


図2 列車通過時のひび割れ幅の変化(ひび割れ a, b)

キーワード 画像解析, ひび割れ, ひび割れ幅, 変位、動画

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 コンクリート構造 TEL 042-573-7281

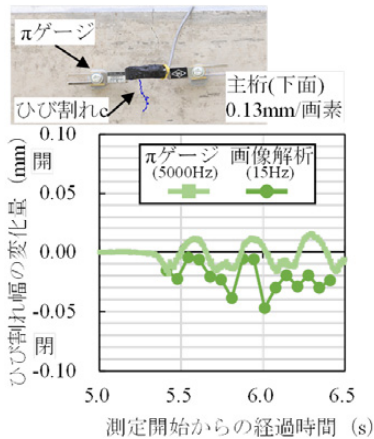


図3 列車通過時のひび割れ幅の変化(ひび割れc)

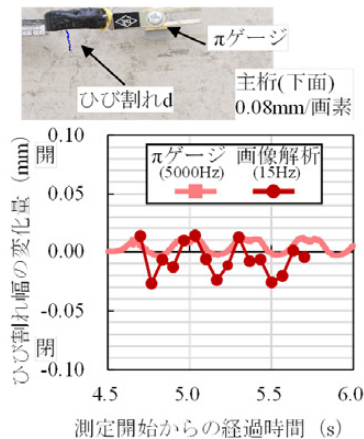


図4 列車通過時のひび割れ幅の変化(ひび割れd)

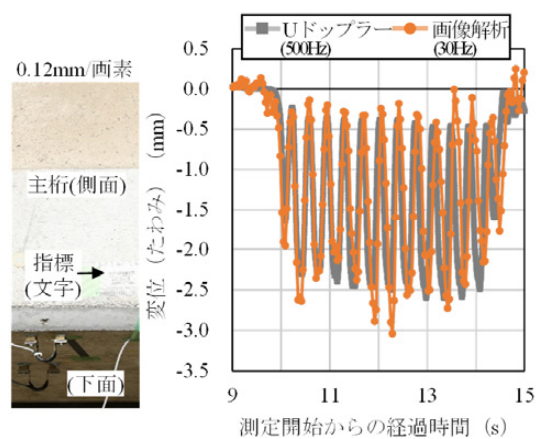


図5 列車通過時の桁の変位の変化

π ゲージによる計測結果より、ひび割れが約 3Hz で周期的に開閉していることが確認できる。ひび割れ c, d は、同一のひび割れであるが、ひび割れ c は d よりもひび割れ幅の変化量の振幅が大きく、周期がやや短い。これは、通過列車の速度が異なるためと考えられる。

開発技術では、ひび割れを構成する画素の輝度の累積値等を用いて、分解能以下の精度でひび割れ幅を計測するため^{1),2)}、分解能の低下が計測精度の低下につながる。ひび割れ c は、最大変化量が常に負であり、ひび割れ b, d より π ゲージと画像解析による計測差が大きい。これは、ひび割れ b, d より分解能が低く、変化量の基準となる列車通過前も含めて、ひび割れ幅の計測誤差が大きいためと考えられる。なお、分解能を保持した上で、柱が高く撮影距離が長い桁下面等を撮影するには、望遠レンズを用いることが考えられる。図2のように、ひび割れ a は画像の端で計測しており、4.5 秒以降ではひび割れ b よりもピントのブレが大きく、ひび割れが不鮮明に太く撮影されていた。このため、ひび割れ a の画像解析による最大変化量は π ゲージの結果よりも最大で 0.06mm 程度大きく計測され、4.5 秒以降のひび割れの開閉がわかりにくい。

ひび割れ b~d で生じた 0.05mm 程度の計測誤差は、列車通過による地面や桁の振動等により当該画像でピントが合わず、ひび割れが不鮮明になり生じたと考えられる。このような計測誤差は、図2のひび割れ b のように、十分な撮影時間を確保し、10 周期分等の結果を比較することで、除去することができる。列車通過による振動等による影響を除けば、ひび割れ b~d では、画像解析でも、 π ゲージの結果と同様にひび割れ幅が周期的に変化していた。列車乗荷途中を除く 4.1~7.2 秒について、変化量が 0.01mm 以下の点に挟まれる区間を 1 区間と

し、各区間における変化量の最大値の平均を算出した。 π ゲージの結果は 0.024mm、画像解析結果は 0.029mm であり、その差は 0.005mm であった。

3. 列車通過による変位の変化の計測

2. と同様に図1のように、主桁側面を 0.12mm/画素で動画撮影し、桁側面に貼付けた指標の位置変化から、列車通過時の変位を計測した。桁の変位について、画像解析結果と非接触振動測定システム³⁾によるサンプリング周波数 500Hz の計測結果を図5に示す。画像解析は、0.033 秒毎に実施した。画像解析でも、非接触振動測定システムによる計測と同様に、桁の変位が約 3Hz で周期的に変化していた。変位が一致しない箇所の画像は、その他の時点の画像と色調が異なっており、地面や桁の振動に加えて、日射の変化が影響していると考えられる。

4. おわりに

本技術の適用時には、分解能や撮影画像中におけるひび割れの位置等によりその計測精度が異なることを確認した。また、本研究では、RC 桁に生じた幅 0.20mm 程度のひび割れの位置と幅、目視では確認困難な 0.02mm 程度のひび割れ幅の変化および、列車通過時の変位の変化が、本撮影条件下で動画撮影した画像と開発技術を用いた計測により計測できることを確認した。

参考文献

- 1) 佐藤祐子ら：輝度と幾何学的特性を用いたRC 桁のひび割れ画像計測手法の開発，土木学会第73回年次学術講演会，Vol.73，V-611，2018
- 2) 野間康隆ら：輝度と幾何学的特性を用いたひび割れ画像計測手法の開発とRC桁の現地実験，土木建設技術発表会2018概要集，pp.97-102，2018
- 3) 上半文昭：鉄道構造物の遠隔非接触検査技術の開発，実験力学，Vol.17，No.4，pp.281-289，2018。