

動画像を用いた RC 桁橋の変位とひび割れ開閉挙動のモニタリング

日本電気株式会社 正会員 ○太田 雅彦  
 日本電気株式会社 村田 一仁  
 日本電気株式会社 高田 巡

1. はじめに

コンクリート構造物の耐荷性能や健全性を評価するうえで、構造物に発生するたわみや横揺れなどの変位や、ひずみ、ひび割れなどの動的な挙動を的確に把握することが重要である。これらの動的な挙動を計測するためには、一般的には接触式の変位計やひずみゲージ、クラックゲージなどが用いられる。しかし、これらの接触式センサは、計測個所に近接して設置しなければならないため、足場の設置が不可欠となり、コストがかかる。

そこで本研究では、動画像を用いた遠隔・非接触の計測手法により、車両通過時の RC 桁橋の桁に発生するたわみや横揺れなどの変位と、ひび割れ開閉挙動を計測することを試みた。

2. 原理

本研究では、NEC が開発した光学振動計測技術[1, 2]を用いる。本技術は、計測対象の表面を撮影した動画像から、表面の模様を基に画面全体で精密な動き解析処理を行い、計測対象面の動きベクトル分布を算出する。得られた動きベクトル分布を基に、各方向にどの程度動いているかを解析して、計測対象面全体の3次元方向の変位を算出する。カメラの光軸方向の変位は、計測対象面が接近/離反することによって生じる動きベクトル分布のパターンを解析して変位量を算出する(図1)。これにより、桁や床版を撮影した際にたわみや横揺れなどの変位を得る。

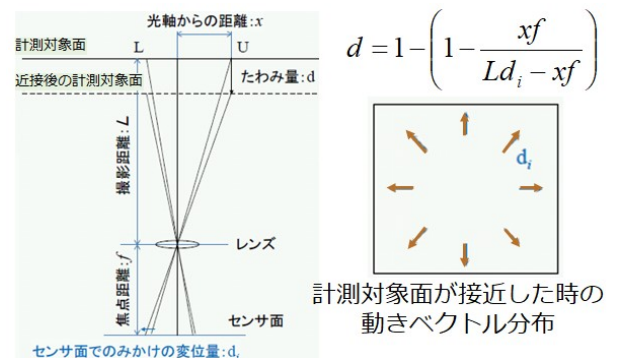


図1 カメラの光軸方向の変位の算出方法

ひずみやひび割れの挙動は、計測対象面の面内の動きとして面内変位分布に現れる。面内変位分布を得るためには、計測対象面の動きベクトル分布から、上記の手法で算出した計測対象面全体の3次元方向の変位によって発生する動きベクトルの各成分をそれぞれ減算して補正する(図2)。

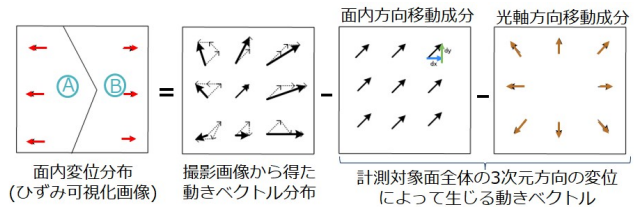


図2 面内変位分布の算出方法

ひずみを求める場合には、得られた面内変位分布上の2点間の相対変位を算出する。ひび割れ開口変位を求める場合には、図2 A、Bのようにひび割れを挟むように2点を配置してその間の相対変位を算出する。

3. 実験条件

現場実証実験は、図3に示す富山県富山市管轄の RC 桁構造の T 橋を対象橋梁として実施した。橋梁上を車両が走行する際に、支間中央付近の桁下面に発生しているひび割れ箇所を橋梁真下からカメラで動画撮影し、走行载荷に伴う桁の変位とひび割れ開口変位を計測した。カメラを前記ひび割れ箇所の真下に台座で固定し、車両が橋梁の端から端まで走り抜ける 20 秒間を動画撮影した。走行载荷試験に用いた車両は 4t 車、8t 車、20t 車の 3 種類とした。実験に使用したカメラは 4112×3008 pixel (画素ピッチ 3.45 μm)、撮影距離は 2.70m であった。



図3 計測対象橋梁とカメラの配置

撮影には焦点距離が 75mm と 180mm の 2 種類のレンズを使用した。

キーワード 画像処理, 非接触計測, 動的挙動, 変位, たわみ, ひび割れ開口変位

連絡先 〒211-8666 神奈川県川崎市中原区下沼部 1753 日本電気株式会社 スマートインフラ事業部 TEL 044-455-8589

#### 4. 実験結果

前項の実験方法で撮影した動画データを解析し、桁の変位及びひび割れ開口変位を算出した結果の一例を図4と図5に示す。図4は20t車走行載荷時の桁の変位及びひび割れ開口変位計測結果を示している。焦点距離の違いによらず、計測箇所直上を車両が通過した際の桁のたわみが約 $750\mu\text{m}$ 、たわみと同期したひび割れ開口変位が約 $14\mu\text{m}$ であることが確認できた。橋軸方向・橋軸直角方向にも約 $100\mu\text{m}$ の変位が確認できた。

図5には、それぞれ4t、8t、20t車走行載荷時の最大桁たわみ量及び最大ひび割れ開口変位の計測結果を示す。載荷重量の増加に応じて桁のたわみ量やひび割れ開口変位が増加する傾向が確認できた。

#### 5. 考察

動画解析により、車両走行に伴う桁のたわみや横揺れなどの変位と、たわみに同期して発生するひび割れ開口挙動が計測できることを実証した。さらに、焦点距離の短いレンズを用いて広角撮影しても同等の結果が得られたことから、広角撮影で複数のひび割れの挙動を同時に捉え、それらを定量的に比較する用途にも利用できると考えられる。本手法は、以下のような適用シーンが考えられる。

- ・定期点検毎にたわみやひび割れ挙動を計測し、耐荷性能に変化がないかを定量的にモニタリングする
- ・詳細点検時にたわみやひび割れ挙動を計測し、損傷の程度や劣化要因推定の検討材料として利用する
- ・接触式センサの設置前に、計測すべき損傷を選定するために利用する（スクリーニング）
- ・接触式センサの設置が困難な個所の遠隔モニタリング手法として利用する

#### 6. まとめ

本研究では、動画を用いて、車両通過時のRC桁橋の桁に発生するたわみや横揺れなどの変位及びひび割れ開口挙動の動的挙動を、遠隔・非接触で計測できることを示した。

#### 7. 謝辞

本研究は、モニタリングシステム技術研究組合（RAIMS）が実施した研究であり、内閣府の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」委託事業研究の成果である。また、実験にご協力いただいた前田建設工業（株）松尾健二様はじめ、（株）共和電業、能美防災（株）の皆様にも厚く御礼を申し上げ、感謝の意を表します。

#### 【参考文献】

- [1] 高田巡：社会インフラの保全を効率化する光学振動解析技術，NEC 技報/Vol. 69 No. 1/AI による社会価値創造特集 <https://jpn.nec.com/techrep/journal/g16/n01/pdf/160109.pdf>
- [2] 今井道男，太田雅彦，露木健一郎，今井浩，三浦悟，村田一仁，高田巡：高速度撮影動画を用いたデジタル画像相関法によるコンクリート構造物の動的挙動把握，土木学会論文集A1（構造・地震工学），Vol. 72，No. 1，279-289，2016。

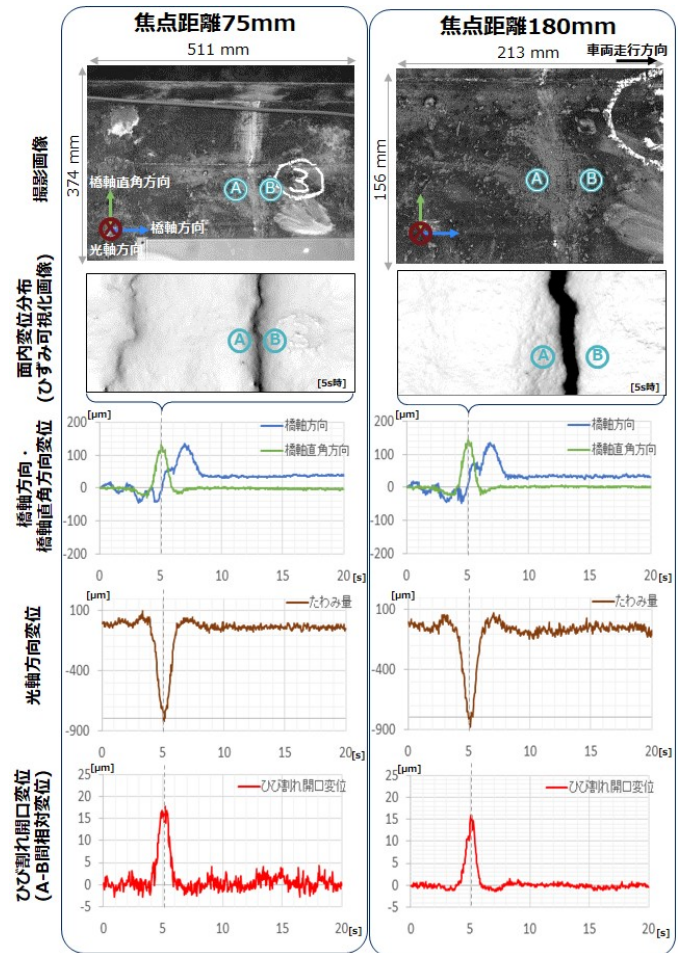


図4 20t車走行載荷時の計測結果

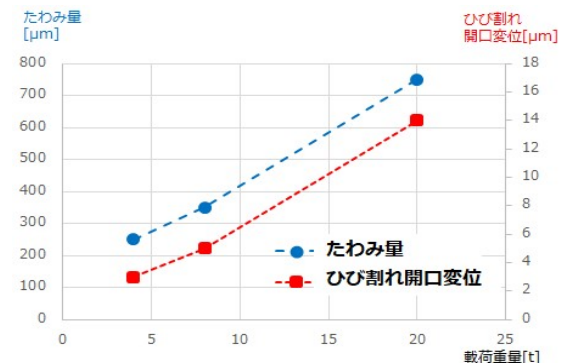


図5 載荷重量とたわみ量・ひび割れ開口変位