

動画画像解析による変位量を用いた橋梁支承部の機能評価に関する検討

NTT ドコモ 正会員 ○齊藤 隆仁, 實成 優馬, 小林 基成, 池田 大造

大日本コンサルタント 正会員 牧 祐之, 横山 広, 平山 博

京都大学 正会員 金 哲佑, 金沢大学 正会員 榎谷 浩, 富山市 非会員 宇津 徳浩

1. 背景

国内インフラは高度経済成長期に整備されたものが多く、供用開始から 50 年経過したものも少なくないため、維持管理に伴う課題が顕在化してきている。内閣府の戦略的イノベーション創造プログラムの中でも、“インフラ維持管理・更新・マネジメント技術”をテーマに、新技術の適用可能性の調査と技術評価が実施され、センサを活用してインフラ管理者へ有益な情報提示を行うことで、インフラ管理の効率化や高品質化が図られた。インフラの中でも橋梁に関しては、近接目視を基本とした日常点検や定期点検が行われ、安心安全が確保されている。しかし、目視点検は技術者の経験や技量に依存するところが多く、将来の技術者不足を念頭に高効率化・高品質化の観点から定量的な点検指標が求められ、センサを活用した技術の実用化が検討されている。

2. 従来の取組みと課題

目視点検で把握することが困難な橋梁の微小な動きを捉えることで、定量的に橋梁の機能を評価しようとする試みは従来から行われている¹⁾。しかし変位計や加速度計による計測は、専用の計測器や足場の設置が必要となりコストが高い。これらセンサは分解能が高い反面、センサを設置した箇所のみが測定対象となり、計測できるデータは橋梁に対して疎なデータとなってしまう。一方で、目視点検の中では、コンクリートのひび割れや錆をはじめとした損傷を記録する作業が行われることもあり、画像に対して機械学習を用いた技術によってひび割れ検知や錆状態の予測を行う研究²⁾がある。しかし、これらは静止画像の解析にとどまっていることが多い。カメラを利用することで橋梁に発生する微小な動きを捉える技術として今井ら³⁾の研究があるが、その対象は多くの場合が桁や床版といった部材であって、支承部を対象とした報告は少ない。

3. 動画画像を用いた支承部の変位量推定

市販品の一眼レフカメラによって橋梁の動画画像を撮影し解析することで、橋梁に発生する変位量の高密度な推定を行う。本稿では、目視点検の高品質化の観点から、橋梁の支承部に対する適用可能性を評価する。

深層学習を用いた変位量推定結果は、撮影した支承部の上査と下査に設置した変位計と比較する。畳み込みニューラルネットワークを積層したFlownet⁴⁾とよぶ構造を基本とし、微小な変位推定を行うためストライド幅を変えたネットワークを並列に組んだものを活用している。

動画画像による変位量推定は空間的に密で各画素に対する推定が可能であるが、本稿では対象領域(ROI)を設定し、

変位量を平均化することでノイズによる影響を低減しつつ、変位計との比較を容易にし、検証を実施する。

4. 支承部撮影実験と測定結果

本実験は図 1 のように実橋梁の橋台にカメラと変位計を設置し、同一走行車線の下に並ぶ 3 つの支承部の橋軸方向の変位量を測定した。重量 12tonf と 27tonf のラフテレーンクレーンを繰返し走行させ、対象径間に対して活荷重を与えた。支承部は線支承であり、実験時には沓座に施されたモルタルに浮きやひび割れがみられ、

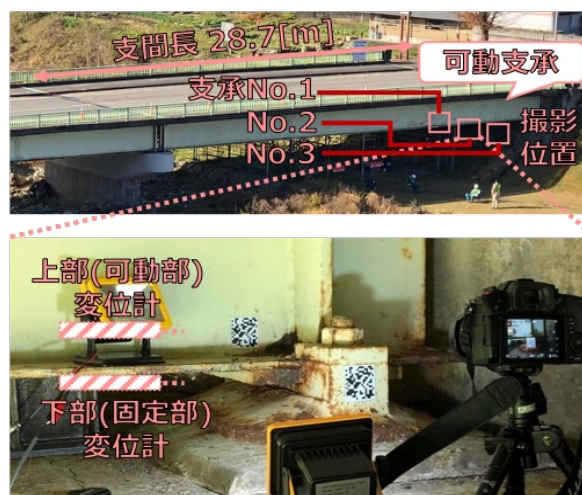


図 1. 支承部撮影時の様子

キーワード 動画画像, 深層学習による変位量推定, 支承部

連絡先 〒239-8536 神奈川県横須賀市光の丘 3-6 (株) NTT ドコモ 先進技術研究所 TEL 046-840-3320

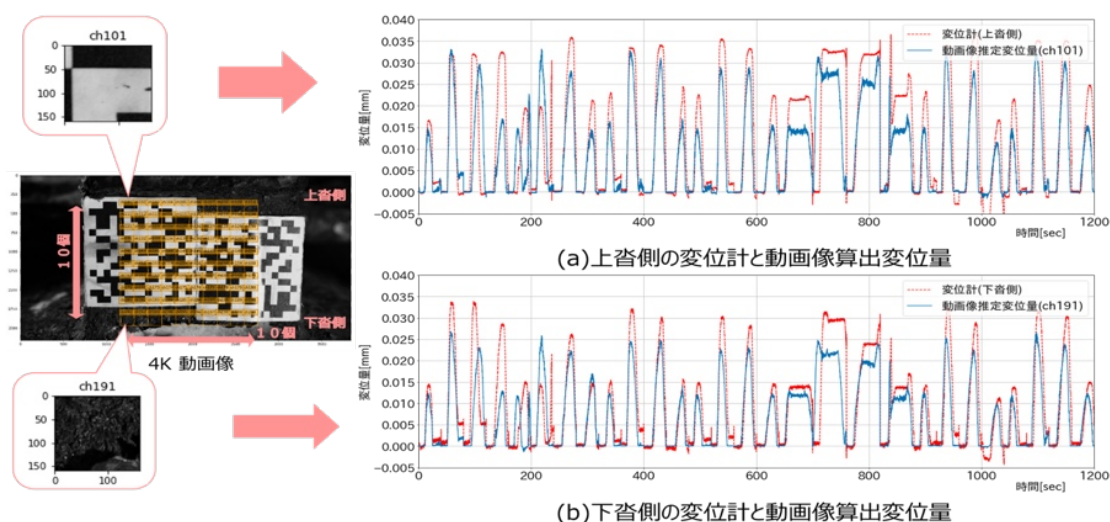


図 2. 支承部の計測箇所と推定結果 (支承 No.1)

支承外部に腐食があることから、車両通行に伴い桁が動くとき、支承が有すべき滑り機能が低下していると予想された。

30.0FPS で撮影した 4K 動画画像に 1 辺 160pixel の正方形 ROI を支承部側面に 100 個定め変位量を推定する。変位計に最も近い ROI ch101 と ch191 の推定変位量を図 2 に示す。変位計は車両往復に応じて動きを検出し、同様の傾向が推定変位量から確認できる。ROI と変位計の設置位置の差により推定変位量は小さい値となったが、車両往復に応じて上沓と下沓の橋軸方向の動きを検出できている。図 3 のヒートマップ(赤色)は左図が上沓変位計との RMSE を、右図が下沓変位計との RMSE である。円色は第一四分位を、円の大きさが第三四分位を表す。RMSE が最小である ROI は上沓変位計との比較では ch107 の RMSE=0.0058mm, 下沓に対しては ch102 の RMSE=0.0077mm であった。変位計から遠いほど RMSE が大きくなる傾向があるが、前述の計測位置の差に加え、RMSE が最小となる ROI が最上段であることから、カメラのローリングシャッター方式により同期誤差が変位計と ROI ごとに発生したと考えられる。しかし、これらの結果から変位計では取得できない高密度な変位量推定が可能になったといえる。



図 3. 全 ROI の動画画像推定変位量の誤差 (支承 No.1)

5. まとめ

実橋梁の支承部を動画撮影し、深層学習を用いた変位量推定技術の適用性を評価した。変位計との比較結果から動画画像推定変位量は支承部に対しても有効であり、計測前の目視点検の予想通り、線支承の下部固定部は桁の動きに伴い動きが発生していることが確認できた。本技術は、目視点検時に併せて利用することで目視結果の裏付けおよび今後の補修や改修設計に対しても有効であると考えられる。

5. まとめ

実橋梁の支承部を動画撮影し、深層学習を用いた変位量推定技術の適用性を評価した。変位計との比較結果から動画画像推定変位量は支承部に対しても有効であり、計測前の目視点検の予想通り、線支承の下部固定部は桁の動きに伴い動きが発生していることが確認できた。本技術は、目視点検時に併せて利用することで目視結果の裏付けおよび今後の補修や改修設計に対しても有効であると考えられる。

参考文献

- 1) 加藤雅史, 島田静雄, 橋梁実測振動特性の統計解析, 土木学会論文報告集, vol. 311, pp. 49~58, 1981.
- 2) 龍田斉, 長井宏平, 野村貴律, 平山博, 横山広, 宮川輝幸, 鋼製支承の自動損傷判定に関する Deep Learning の有効性検証, 土木情報学シンポジウム講演集, vol. 43, pp. 133~136, 2018.
- 3) 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, pp. 279~289, 2016.
- 4) E. Ilg, N. Mayer, T. Saikia, M. Keuper, A. Dosovitskiy, and T. Brox, FlowNet 2.0: Evolution of Optical Flow Estimation with Deep Networks., 2017 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pp. 1647~1655, 2017.