

ドローン空撮によるドゥルックバンド橋のたわみ計測

(国)産業技術総合研究所 正会員 ○李 志遠

非会員 叶 嘉星 夏 鵬 遠山 暢之

(株)CORE 技術研究所 正会員 小椋 紀彦

京都府 非会員 野上 翔平

京都大学 正会員 横山 勇気 服部 篤史 塩谷 智基

1. はじめに

社会インフラの老朽化に伴う保守点検の必要性や維持修繕費の増大が顕在化している。交通インフラの一つである橋梁の健全性の評価には、たわみ計測が急務である。リング式変位計やレーザ変位計などのセンサは、設置費用や計測時間等に関する観点から、現場に適用することは必ずしも容易ではない。近年開発されたサンプリングモアレ法¹⁾による変位計測技術は、構造物に貼付した規則模様（マーカ格子）をカメラで撮影することで構造物の微小たわみを測定できる手法^{2,3)}であり、マーカの格子ピッチの 1/1000（1/100 画素に相当する）となるサブミリオーダーでのたわみ量まで解析することができる高精度かつ簡易な手法である。しかし、本手法における撮影においては、従来、画像ぶれを抑えるためにカメラを三脚に固定する必要があった⁴⁾。そのため、海洋や河川、山間部、渓谷などに架かる橋梁では撮影可能な場所を確保することが困難であった。

そこで、著者らは新たにドローン空撮における橋梁のたわみ測定技術を開発した⁵⁾。開発したドローン画像計測技術は三脚を用いてカメラを地面に固定して撮影する必要性がないため、海洋や山間部に架けられた橋梁のミリオーダーでのたわみ計測が可能となる。本研究では、長さ 110m のドゥルックバンド形式のコンクリート橋に対して、開発したドローン空撮によるたわみ計測技術の適用の可能性を検証した。

2. 計測原理⁵⁾

変位分布を高精度で測定できるサンプリングモアレ法¹⁻³⁾を適用して、ドローン空撮による橋梁構造物のたわみ計測を実現できる方法を新たに開発した。図-1 にドローンの空撮による橋のたわみ計測の原理を示す。まず、一定のピッチを有する模様を測定マーカとして橋の中央部と、固定（基準）点となる左右の橋脚部にあらかじめ設置する。次に、ドローンで遠方からこれらの格子マーカをすべて含むように、試験車両通過時の動画を撮影する。2つの基準マーカの中心座標のずれとその位相変化を用いて画像ぶれ補正を行ってから、各マーカの時系列の変位量から最終的に中央マーカのたわみ値を得る。

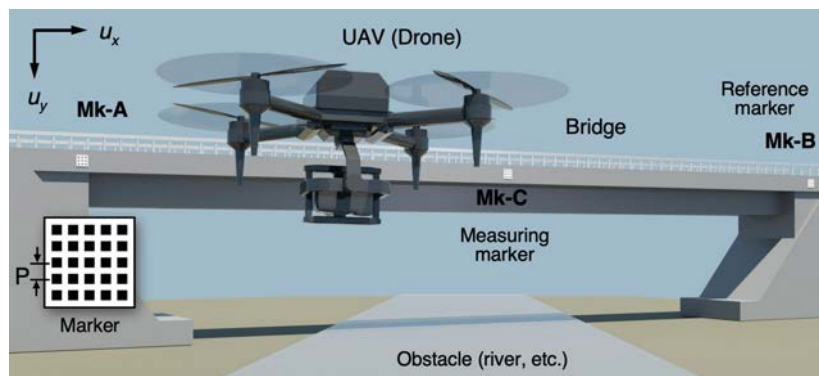


図-1 ドローン空撮による橋梁のたわみ計測の原理



図-2 ドローン空撮によるドゥルックバンド橋のたわみ計測

キーワード：ドゥルックバンド橋、たわみ計測、サンプリングモアレ法、ドローン空撮

連絡先：〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1 中央第2 TEL：029-849-1065

3. ドウルックバンド橋のたわみ計測実験

京都府が管理するドウルックバンド橋（3 径間ドウルックバンド形式，1959 年架設，橋長 110 m）を対象に，ドローン空撮によるたわみ計測実験を行った．ここでは，図-2 に示すように，橋の中央桁（66 m 長）の両端の橋台部と中央にそれぞれ 2 つの基準マーカと測定マーカを設置した．

本実験では，8 トンの試験車両が橋梁を 20km/h で通過する過程を，従来のドップラー変位計と，橋から約 85 m の距離からドローン（Autel Robotics 製 EVO-II Pro）空撮した 6K の動画により記録した．記録した動画を用いて得られた時系列でのたわみ結果を図-3 に示す．図-3(a)は，従来のドップラー変位計より測定した結果であり，試験車両が橋の中央を通過した際に 6.4 mm の最大たわみが得られた．図-3(b)は，ドローンにより撮影した動画において，画像ぶれ補正後に算出したたわみ計測の結果である．両手法においてよく一致した測定結果が得られ，本開発手法の有効性を確認できた．ドローンによる撮影方法ではアクセスの制限は少ないため，最適な撮影場所に変形画像を記録できるのが大きな利点である．

4. まとめ

著者らが最近開発したドローン空撮による橋梁のたわみ計測技術を新たにドウルックバンド橋のたわみ検査に適用した．同技術は橋の中央部と左右の橋脚部に，それぞれ測定マーカと 2 つの基準マーカを設置した画像をドローン空撮より記録するだけで，橋梁のたわみを計測可能である．京都府のドウルックバンド橋での実証実験により，ドローン空撮でも従来のドップラー変位計の測定とよく一致した結果が得られた．ドローン空撮を利用する本画像計測手法は，河川，山間部，渓谷などを通過する橋梁のたわみ計測に応用できることから，今後より多くの橋梁構造物への検査活用が期待できる．

謝辞

本調査を実施するにあたり，京都府および京都大学インフラ先端技術産学共同講座の関係者各位にご協力いただいた．ここに謝意を表する．

参考文献

- 1) Ri, S., Fujigaki, M., Morimoto, Y.: Sampling Moiré Method for Accurate Small Deformation Distribution Measurement, *Experimental Mechanics*, Vol.50, No.4, pp.501-508, 2010.4
- 2) 李志遠，津田浩：変形分布計測によるインフラ構造物診断技術の開発，非破壊検査，Vol.63, pp.515-521, 2014.10
- 3) 李志遠，津田浩，時崎高志：インフラ構造物維持管理をするため低コストな変形分布計測技術の開発，検査技術，Vol.20, pp.14-18, 2015.11
- 4) 早坂洋平，成田朋憲，李志遠：橋梁の変位量計測へのサンプリングモアレ法の適用性検証，土木学会第 71 回年次学術講演会講演概要集，CS7-029, pp.57-58, 2016.9
- 5) 李志遠，叶嘉星，遠山暢之，王慶華，山本哲也，小椋紀彦，寺岡毅，塩谷智基：サンプリングモアレ法を利用したドローン空撮による橋梁のたわみ計測の開発，土木学会第 77 回年次学術講演会講演概要集，CS9-26,, 2022.9

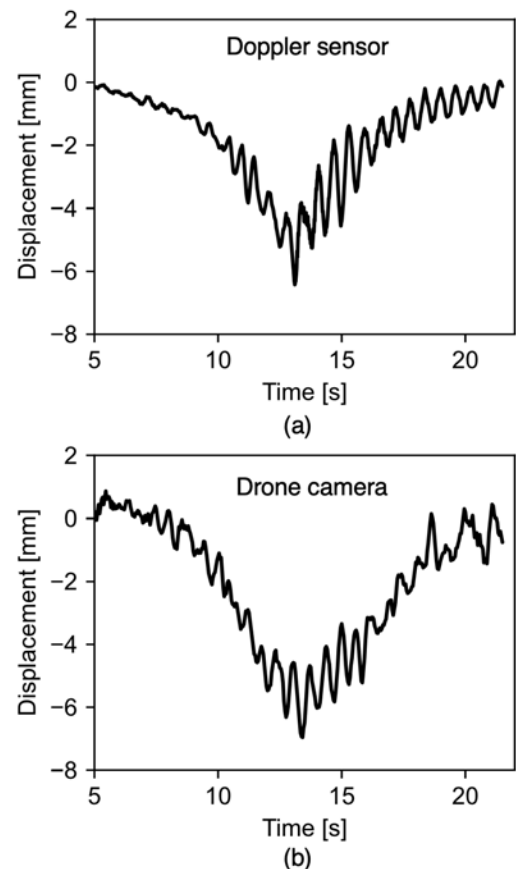


図-3 橋梁のたわみ計測の比較結果：

(a) ドップラー，(b) ドローン空撮