

画像解析技術を用いた実橋梁のたわみの計測精度の検証

計測検査(株) 正会員 ○舩添 和久  
計測検査(株) 非会員 森 啓考  
計測検査(株) 非会員 飯田華奈美  
産業総合技術研究所 正会員 李 志遠  
産業総合技術研究所 非会員 叶 嘉星  
産業総合技術研究所 非会員 遠山 暢之

CORE 技術研究所 非会員 サグラジャン アルトゥル  
CORE 技術研究所 非会員 進藤 崇大  
京都府 非会員 野上 翔平  
京都大学 会員 横山 勇気  
京都大学 会員 小椋 紀彦  
京都大学 会員 服部 篤史  
京都大学 会員 塩谷 智基

1. はじめに

土木構造物の耐力推定を目的とした従来の計測では、多数の機器の設置やデータ収録装置の調整などの準備に多くの時間を要するため、より合理的な計測方法の確立が求められている。この状況下において、画像処理によるたわみ計測技術は、比較的安価な高速度ビデオカメラと画像処理ソフトの製品化に伴い、急速に普及しつつある。特に非接触ノンターゲット画像計測システム(図-1)は、計測機器が簡易なことに加え、非接触かつ任意点での多点同時計測(図-2)が可能であることから、設置費用と計測時間の大幅な削減が期待される。



図-1 非接触ノンターゲット画像計測システム



図-2 多点計測状況(動的載荷試験実施時)

しかし、本手法を用いた実橋梁調査や、既存の測定手法との計測精度の比較を行った事例は少なく、測定手法として確立しているとは言い難い。そこで、実橋梁を対象とし、非接触ノンターゲット画像計測システムと他の測定手法により得られる動的載荷試験実施時のたわみ量を比較するとともに、誤差要因の推定を行った。

2. 検証方法

検証対象の構造物は京都府内の3径間単純トラス橋(表-1)である<sup>1)</sup>。調査は、供用開始から66年経過した時点の2022年の夏季(天候：晴れ、気温：35℃)に実施した。幅員中央部を14tの車両を走行させることで動的載荷試験を行い、その時のたわみを計測した。載荷試験は合計6回(3往復)実施し、走行速度は20km/h(4回)、10km/h(2回)とした。図-3には各測定手法の計測箇所と機材の位置を示す。本調査では、非接触ノンターゲット画像計測システム、Uドップラー法、サンプリングモアレ法<sup>2)</sup>の各手法により得られるたわみ量を比較した。

表-1 橋梁の概要<sup>1)</sup>

|          |                                 |
|----------|---------------------------------|
| 建設年(供用年) | 1956年(66年)                      |
| 上部工形式    | 3径間鋼溶接リベット単純トラス橋                |
| 下部工形式    | 重力式橋台(杭基礎、直接基礎)<br>ラーメン橋脚(直接基礎) |
| 橋長(m)    | 87.6                            |
| 全幅員(m)   | 5.18                            |
| 支承構造     | 固定：ピン支承、<br>可動：ピンローラー支承         |
| 床版厚(mm)  | 150                             |

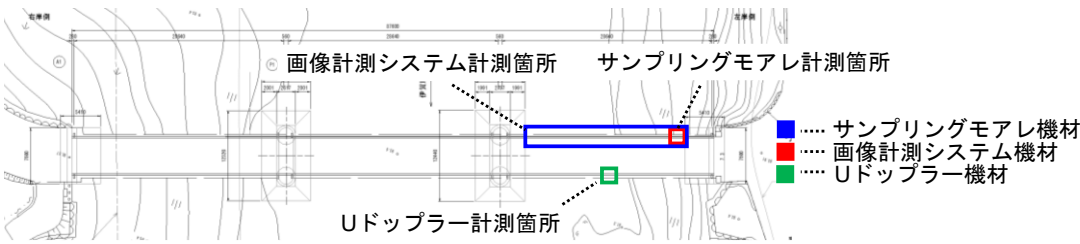


図-3 測定位置及びシステム設置位置図

キーワード 非接触、画像処理、Uドップラー、ノンターゲット、たわみ計測

連絡先 〒807-0821 福岡県北九州市八幡西区陣原1丁目8番3号 計測検査株式会社 TEL 093-642-8231

### 3. 検証結果

ここでは検証結果の一部を示す。はじめに、非接触ノンターゲット画像計測システムとサンプリングモアレ法により得られたたわみ量を比較した。その結果、サンプリングモアレ法で得られたたわみ（図-4）が1.93mm～1.96mmであるのに対し、非接触ノンターゲット画像計測システムのたわみ（図-5）は1.90～2.10mmであり、差異は0.03～0.14mmであった。次に、Uドップラー法との比較においては、Uドップラー法のたわみ（図-6）は2.52mmに対し、非接触ノンターゲット画像計測システムの結果（図-7）は3.16mmであり、0.64mmの差が見られた。機材の設置位置の都合により、Uドップラーは上流側、ノンターゲット画像計測システムは下流側のトラス部の上弦材となり、測定位置が一致していないことが0.64mmの差異が生じた要因と考えられる（図-3）。

なお、調査対象の橋梁は異なるが、通常の桁たわみ計測で一般的に使用されるリング式変位計との比較検証も別途実施した。その結果、たわみの差異は0.0mm～0.3mmに収まったことから、従来センサ同等の精度を持ったシステムであると推定できる。リング式変位計の結果と差異が生じた要因としては、早朝から昼にかけ計測を実施したことで、時間の経過に伴い気温が上昇し、その影響で空気が温められることで生じた空気の揺らぎがノイズとなったと考えられる。

### 4. おわりに

本検証結果より、非接触ノンターゲット画像計測システムとサンプリングモアレ法により得られるたわみ量の差異は0.2mm以内に収まることを確認した。Uドップラー法との比較においては、たわみ量の差異は0.64mmであり、測定箇所を統一することにより、測定手法によるたわみ量の差異は減少すると考えられる。加えて、温度上昇による空気の揺らぎなどの測定環境が計測結果に影響を及ぼす可能性が示唆された。今後は、構造物の劣化や損傷の早期発見に繋がる挙動をより高精度かつ迅速に検知できるよう、引き続き様々なフィールドで調査を実施することで知見を蓄積して行くとともに、たわみの誤差要因に関しても検討を重ねる所存である。

### 5. 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) 小椋紀彦、福本伸太郎、芳賀堯、稲留靖浩、寺岡毅、横山勇氣、塩谷智基：産学官の連携による道路橋を対象とした維持管理システムの合理化に向けた活動，令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会，CS9-28，2022。
- 2) 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，令和4年度土木学会全国大会第77回年次学術講演会，CS9-26，2022。

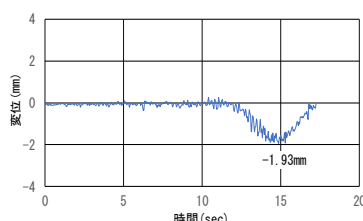


図-4 サンプリング  
モアレ法の測定結果

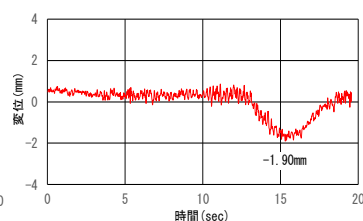


図-5 非接触ノンターゲット画  
像計測システムの測定結果

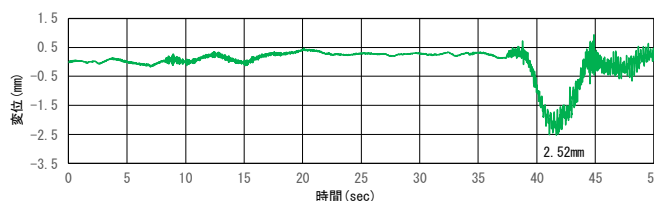
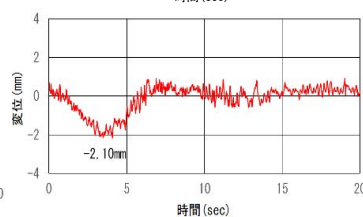
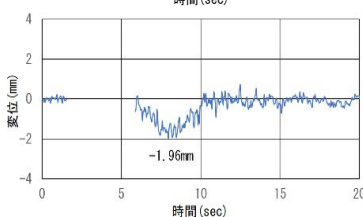


図-6 U ドップラーの測定結果

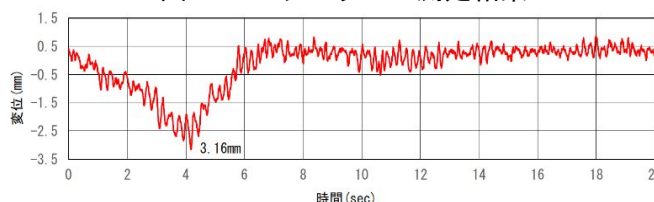


図-7 非接触ノンターゲット画像計測システム測定結果