

高解像動画像による $10\mu\text{m}$ 精度の橋梁部材の変位計測

株式会社ズームスケープ 正会員 ○小野 徹
株式会社ズームスケープ 若木 伸也

1. はじめに

橋梁支承の機能不全に伴う橋梁部材にかかる局所応力により、支承まわりの橋梁部材の劣化が進むことが知られているが、亀裂などの鋼材の劣化は目視での確認が難しく通常の定期点検手法により劣化を把握することは困難である。橋梁部材に対して高解像な動画像撮影を行い、 $10\mu\text{m}$ 程度の精度で橋梁部材の変位計測を行い、動的たわみに伴う桁方向の微小変位から部材に生じたひずみを計測する実験を行ったので報告する。

2. 変位計測の仕組み

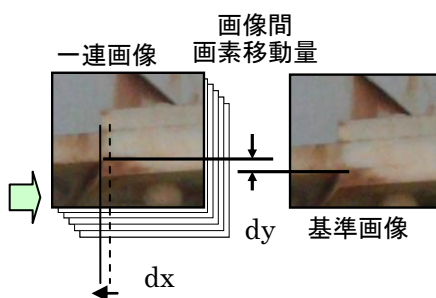
動画像による変位測定手法の概要を図1に示す。本手法は手法はデジタルカメラにより橋梁計測対象を高倍率で動画撮影し、一連画像のフレーム間移動量を画像処理によって自動的にサブピクセルオーダーで求め、レーザー距離計により計測した撮影距離、鉛直角と、画像上のエッジから推定される水平角、光軸周りの回転角、カメラ素子サイズ、焦点距離により式1を用いて実寸の変位量に変換する¹⁾。

①動画像撮影

距離・角度測定

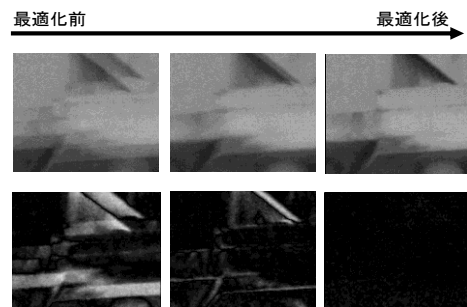


②測定部位切出し

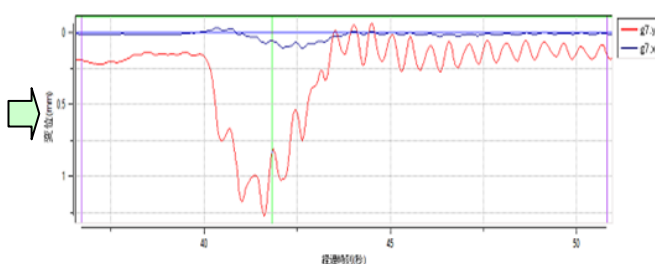


③画素単位の変位量自動抽出

最小二乗マッチング法



④グラフ化 (画素単位変位→実寸変位変換)



画素単位変位から実寸変位への変換式 (式1)

$$\begin{pmatrix} dX \\ dY \end{pmatrix} = Ds/f \begin{pmatrix} 1/\cos\theta & 0 \\ \tan\phi\tan\theta & 1/\cos\phi \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos k & -\sin k \\ \sin k & \cos k \end{pmatrix} \begin{pmatrix} dx \\ dy \end{pmatrix}$$

dx, dy : 画素単位の変位量(画素)

dX, dY : 実寸単位の変位量(mm)

D : 撮影距離 s : 素子サイズ f : 焦点距離

θ : 水平角 ϕ : 鉛直角 k : 光軸まわりの回転角

図1: 変位計測法の概要

3. 実験

実験に用いた機材は、カメラがキヤノン EOS Kiss X5, レンズはタムロン AF70-300mm F/4-5.6 Di である。焦点距離 $f=300\text{mm}$ で、FHD 3 倍ズームモード(素子サイズ $s=3.9\mu\text{m}$)に設定して撮影距離、 $D=3\sim 3.5\text{m}$ で計測対象をほぼ真横から撮影した。

なお、実橋梁の実験とは別に動画像による変位計測手法の絶対的な精度の確認のため、固定式変位計との比較実験を室内で行ったところ、変位計との変位量の差は1%以下(2mm 変位中 0.02mm 以下)であった。

キーワード: 画像処理・橋梁・変位計測・デジタルカメラ・最小二乗マッチング

連絡先: 〒520-0241 滋賀県大津市今堅田 2-36-2 2F

測定方法と計測の様子を以下に示す。撮影箇所は、可動支承の支承部①と、支承から 5.3m 地点②および 8.3m 地点③の主桁側面の三カ所である。

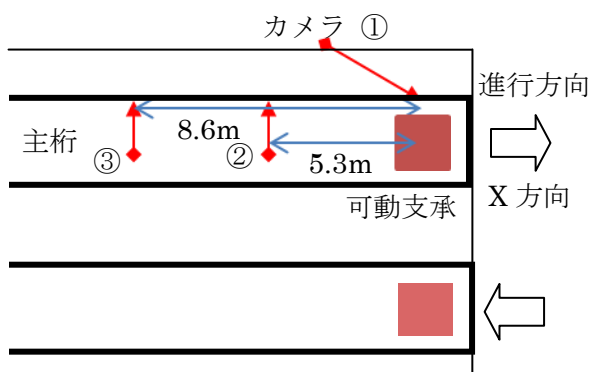


図2：測定位置図

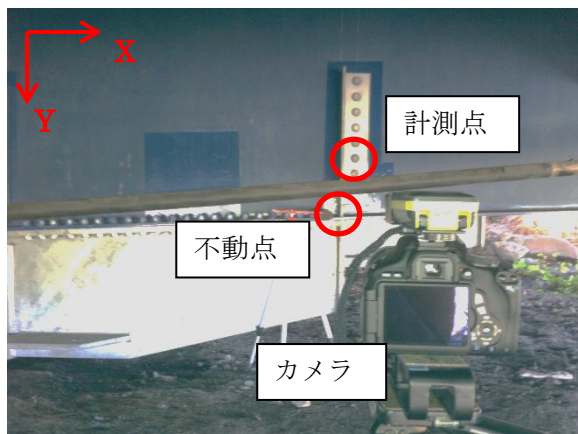
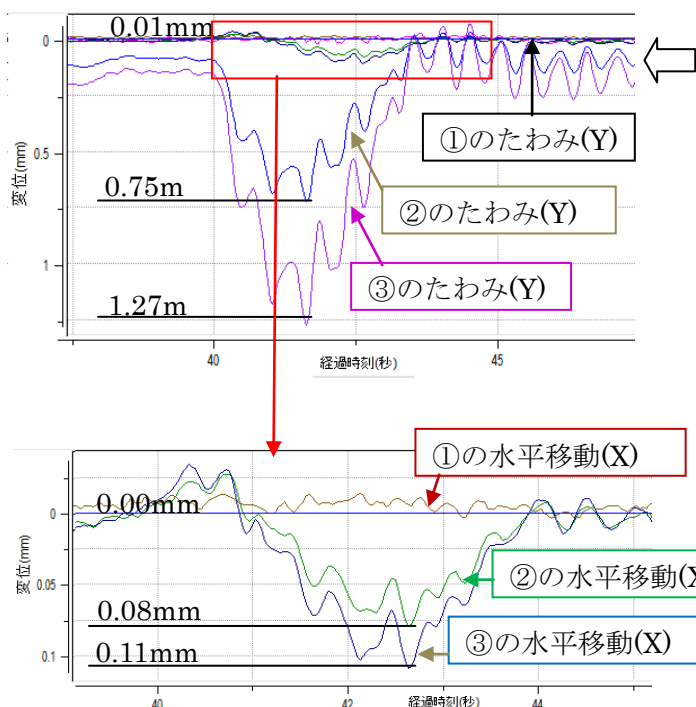


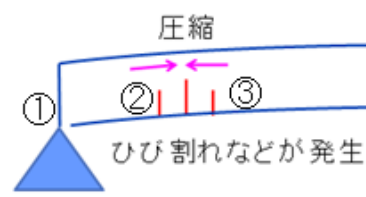
図3：測定状況

計測結果のグラフと成果のまとめを以下に示す。



①、②、③の変位グラフを重ね合わせて表示

- 不動点を用いてカメラの微動などを補正しているため、0.01mm 程度の高い精度で計測されている。
- X 方向の変位(水平移動)と Y 方向の変位(たわみ)を同時に表示することで、たわみと水平移動の関係を把握可能。たわみと水平移動には位相差がある。
- ②,③ではたわみに伴い、たわみと相似な微小な水平移動が生じていることがわかる。支承①は動いていない。



グラフから、たわみ(Y)に伴い本来水平方向(X)に動くべき可動支承①が全く動いていないことが読み取れる。

また、アーチ型の桁なので、可動支承①が移動していない分たわみにより主桁部材に圧縮力が加わる。水平変位量(X)の最大値の差をとると、①-②間の部材で、0.08mm、②-③間の部材で 0.03mm のひずみが発生していることがわかった。

4. 結論

これまでは固定式変位計やひずみゲージなどを用いて大きな手間と費用をかけて計測しなければならなかった 10 μ m 単位の微小な変位計測を、市販のカメラを用いて簡単かつ低コストで計測できることが示された。すでに商品化もされており多方面での実用化が期待される。

【参考文献】

- 1) 近藤健一，坂本保彦，内田修，織田和夫，小野徹：デジタルカメラを用いた非接触式たわみ測定手法の開発，第 17 回鉄道技術連合シンポジウム，S2-7-6，2010.12