

市販デジタルカメラとフリーソフトを活用した橋梁健全度診断事例

京橋ブリッジ (株) 正会員 ○公門 和樹
 京橋ブリッジ (株) 正会員 並木 宏徳

1. はじめに

橋梁の維持管理では主に目視検査によって健全性が診断されるが、目視検査だけでは診断が難しい場合や、性能照査を行う場合は、各種計測による定量的診断が有効である。近年増大する損傷に対し橋梁を適切に維持管理していくために定量的診断はますます重要になると考えられるが、従来高速道路やＪＲ各社では普及しているものの、予算が小さい地方自治体や第三セクター鉄道までは普及していないのが現状である。

ここでは、多少の手間はかけても、予算をかけずに行える簡易な定量的診断事例として、動画撮影ができる市販のデジタルカメラとフリーソフトを活用した橋梁診断事例を紹介する。

2. ビデオトラッカーを使った変位計測と橋梁診断への応用

橋梁の定量的診断には様々な手法があるが、ここでは鋼鉄道橋を例に、列車の走行安全性の指標となる桁のたわみ測定と、沓の機能診断の材料となる可動状況測定を行う。測定には動画撮影が可能な市販のデジタルカメラと、その動画画像から変位を抽出するビデオトラッカーソフトを用いる。ビデオトラッカーを使った変位測定は構造物と非接触に測定できるため、測定対象へのアクセスや桁下状況といった条件に影響されにくい簡易な手法として一般的である。ここで用いた「Tracker」は、OSP (Open Source Physics) Java フレームワーク上に構築された無料のビデオ解析及びモデリングツールで、物体運動計測のような物理教育用に設計されたものである。図 1 は測定状況例及び Tracker による解析状況例で、桁支間中央の連目番号の一部分を標点とし、その動きを Tracker で解析することで、桁のたわみ及び水平変位を測定している例である。

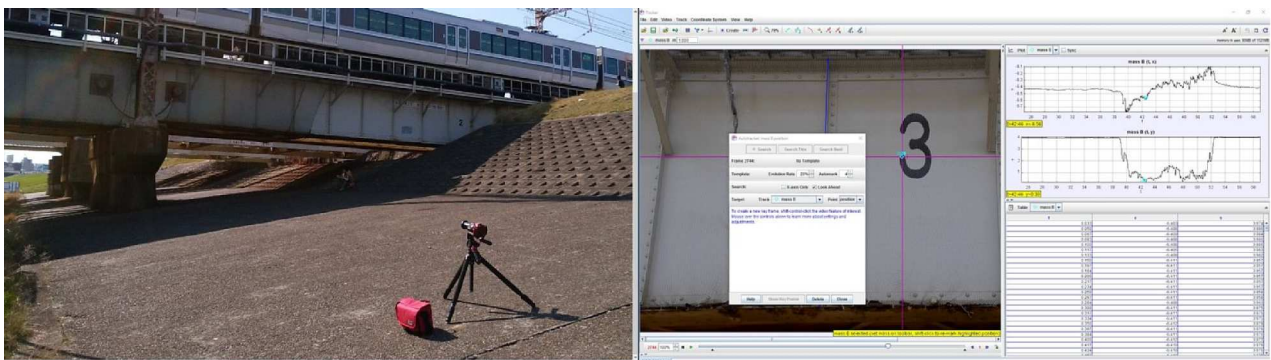


図 1 測定状況例及び Tracker による解析状況例

3. 橋梁診断事例

(1) 桁のたわみ測定例

図 2 は上路鉸桁のたわみ測定結果の例である。支間 $L=19\text{m}$ 、カメラから桁までの距離は 12m であった。この例では普通列車を測定していて、たわみの最大値は 3.8mm であった。「鉄道構造物等設計標準・同解説 鋼・合成構造物」では電車の走行安全性から定まるたわみの限界値を、単連・最高速度 130km/h の条件で $L/500$ と規定しており、この場合たわみの限界値は 38mm となる。つまり測定列車に対しては、十分な走行安全性が確保されていることがわかる。測定では風や地面の揺れによるカメラのブレや大気の揺らぎなど様々な要因が精度に影響する。列車

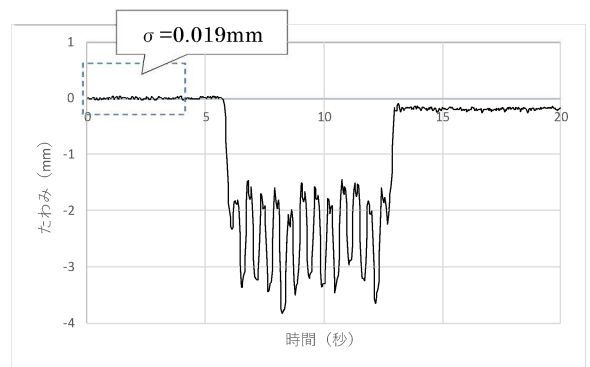


図 2 上路鉸桁のたわみ測定結果例

Key Words : 健全度, たわみ, 変位, カメラ, 鋼橋, 診断

連絡先 : 〒536-0014 大阪市城東区鳴野西 2-2-21 電話:06-6961-6173 E-mail: komon@kyobashi.net

が載荷する前の、桁が静止している状態でノイズを測定した結果、その標準偏差は $\sigma=0.019\text{mm}$ であった。桁のたわみ測定としては十分な精度であったと言える。

(2) 沓の可動状況測定例

図3は上路鉄桁の線支承での測定例である。ソールプレート前縁、後縁、及び沓のサイドブロックを標点として解析している。支間 $L=27\text{m}$ 、支点上の桁高 $h=2210\text{mm}$ 、カメラから桁までの距離は 3m であった。この例では特急列車を測定している。図4は、ソールプレート前・後縁の鉛直変位の測定結果から支点回転角を求め、それからたわみを推定した結果である。たわみは次式より求めた（分布荷重とした場合）。

$$\delta_c/\theta = \frac{5wL^4}{384EI} / \frac{wL^3}{24EI}, \quad \delta_c = \frac{5}{16}L\theta$$

L : 支間(mm)	E : ヤング率
δ_c : たわみ(mm)	I : 断面二次モーメント
θ : 支点回転角	w : 分布荷重

その結果たわみは最大 5.0mm となった。先の例のように直接たわみを計測できない場合でも、このように支点回転角からたわみの推定が可能である。また図5は沓及び桁（ソールプレート）の水平方向変位である。列車載荷時たわみによって桁は後方へ最大 0.38mm 変位しているが、その時に沓（または橋脚）も 0.25mm 変位している。可動不良がない場合、たわみによる桁の水平方向変位は次式より推定される（分布荷重とした場合）。

$$\delta_h = \theta \times \frac{h}{2} = \frac{wL^3h}{2 \times 24EI} = 1.6\delta_c \frac{h}{L}$$

h : 支点上の桁高(mm)
δ_h : 桁の水平変位(mm)

これにより、たわみの最大値 5.0mm から推定される桁の水平変位は 0.65mm となる。測定値はそれより小さいことから、この沓では若干の可動不良が生じ、桁が橋脚を押している可能性があると考えられる。

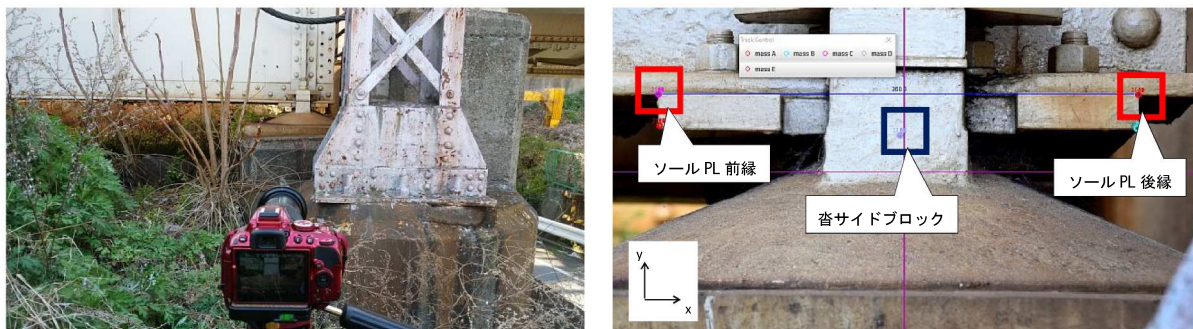


図3 上路鉄桁の線支承での測定例（左・測定状況、右・標点位置）

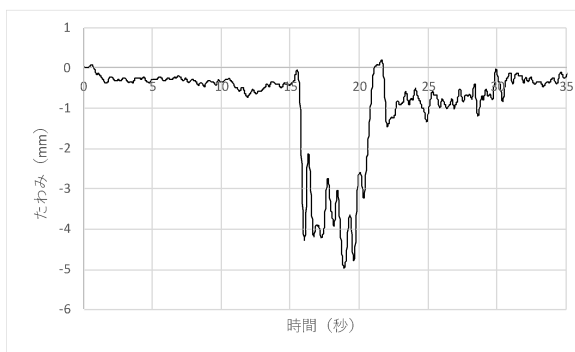


図4 支点回転角から推定したたわみ

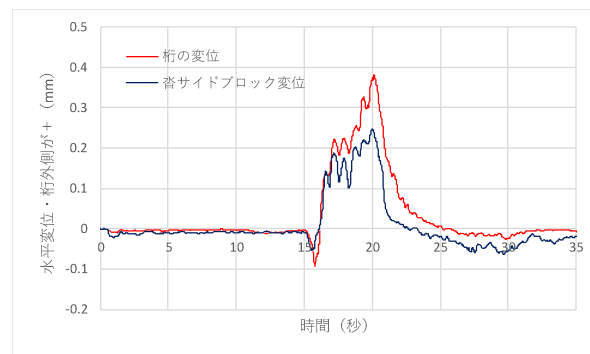


図5 沓及び桁の水平方向変位

4. まとめ

ここで紹介したフリーソフト「Tracker」を使った定量的診断は、既存の診断システムと比較すると使い勝手や機能の面で劣り、測定、診断、レポート作成まで時間も手間もかかる。しかしカメラや三脚、ノートPCといった一般的な機材さえ用意して Tracker をインストールすればここで紹介した簡易な診断は行えるので、予算の面で定量的診断のハードルを下げられると考える。今後も様々な応用を検証したい。