

家庭用デジタルビデオカメラを用いた変位計測による橋梁の応答振動数特性

(株)アーバン・エース	正会員	○岡重 嘉泰
(株)アーバン・エース		海老原 学
神戸大学大学院	フェロー	川谷 充郎
京都大学大学院	正会員	金 哲佑
(株)ニチゾウテック		三谷 欣也

1. はじめに

効率的な橋梁の維持管理手法の開発が急務であり、著者らは振動モニタリングに着目している。内部に異常の発生する橋梁をヘルスマニタリングするためには、荷重載荷時の橋梁の変位の増加を精度よく捉えることが有効であるが、一般的に変位を直接計測するためには大掛かりな設備が必要となる。そこで著者らは、佐々木らのビデオカメラによる橋梁の変位測定技術¹⁾を用い、近年目覚しく画質が向上している家庭用デジタルビデオカメラ(以下 HDVC と称す)での変位精度の確認を行っている²⁾。さらに、ここではヘルスマニタリングで重要なもう一つの要因となる橋梁の応答振動数を、鉛直変位の時系列応答から算出し精度を確認する。なお、実証実験に用いる橋梁は、阪急電鉄の協力により摂津市駅に設置の工事桁であり、橋梁の変位を計測する際の活荷重は阪急電鉄の営業車両である。

2. 橋梁のヘルスマニタリングの考え方

HDVC による橋梁のヘルスマニタリングは、図-1 のフローに従い実施する。

3. HDVC による計測方法

3.1. 計測機器

本研究に用いた HDVC は以下の仕様とする。

動画画素数 1920×1080pixel (Y×X 方向)
 撮影画数 通常 60 (枚/秒) 高速撮影 240 (枚/秒)
 ターゲット 光波測量機器の反射板 (写真-1)

実験用のターゲットは、磁石にて橋梁の側面に貼り付ける。このターゲットを用いる理由は、既知 (40mm) の円が描かれているためである。

HDVC は列車走行による地盤振動の影響を受けない箇所に設置し、橋梁の支点と支間中央の 3 か所に貼り付けるターゲットをそれぞれ各一台の HDVC で撮影する。支点を撮影する目的は、支点部の異常を把握することおよび支間中央の変位量から支点部の変位を除去して、橋梁自身のたわみ量を算出するためである。この計算をするためには、各 HDVC の撮影画像の同期を行わなければならない。本実験では、1 台のコンピュータの画面に表示したデジタル表示の時刻 (1/100 秒まで表示) を動画の撮影に入る前に各 HDVC で撮影し、解析時に各 HDVC の画像に写る時刻を合わせることで同期を計っている。

3.2. HDVC による変位算出の手法³⁾

本研究で使用した画像解析の手法は、パターンマッチングという解析手法である。本解析手法は、最初の画面で写真-1 のターゲットの視覚的特徴や画素値を標準テンプレートとして認識し、それ以降の入力画像とのマッチングを行い、同じパターンが画像中のどの位置にあるかを算出する。すなわち、画素の長さが得られる値の精度 (1pixel=1mm の場合の精度は 1mm) となってしまう。この精度を向上させるための手法としてサブピクセル位置推定を使用しているが、この手法で 4 倍の精度向上効果があることが分かっている。(システム言語 LabVIEW7.0 の場合)



図-1 フロー

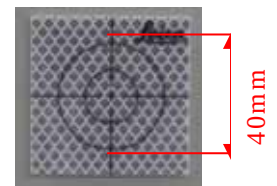


写真-1 ターゲット

4. 計測の対象実証実験

4.1. 計測の対象

本研究の対象橋梁の諸元は表-1 の通りである。載荷する活荷重の阪急電鉄車両重量は 1 両あたり 400kN である。

4.2. 対象橋梁の固有振動数算出

本橋梁の固有振動数を次式にて求める。

$$f = \frac{1}{2\pi} \left(\frac{n\pi}{\ell} \right)^2 \sqrt{\frac{EI}{m}} = 14.91\text{Hz} \cdots (1)$$

4.3. 実験ケース

実証実験は表-2 に示すケースで実施している。なお、各ケースで 3 本の列車荷重による桁の挙動を撮影する。HDVC の計測を評価するために、摺動式変位計と加速度計も支間中央部に設置する。

5. 計測結果

HDVC、変位計および加速度計による計測の時系列応答から得られる FFT 解析結果(CASE1-1 を記載)は、図 - 2 のとおりである。HDVC と変位計の変位から得られる卓越振動数と加速度計から得られる卓越振動数がとくに高周波数域で異なっている。加速度計による 14.16Hz の卓越振動数は、橋梁の固有振動数に近い値を示している。変位の解析で得られている 1.56Hz と 3.1Hz 付近の卓越振動数は、輪重の繰り返し载荷の影響による応答振動数特性である。

次に HDVC の時系列応答変位を 2 階微分し加速度の時系列応答を求め、FFT 解析を実施する。その結果は、図 - 3 に示すとおり橋梁の固有振動数に近い値を示している。以上の結果から、以下のことが確認できる。

- ・ HDVC の時系列変位応答から得られる卓越振動数は輪重の繰り返し载荷の振動数特性が大きく表れる。
- ・ 本研究の対象橋梁のように短支間橋の場合、HDVC の時系列変位応答を 2 階微分し加速度の時系列応答とすることで橋梁の固有振動数に近い値を推定出来る。

6. まとめ

今回の実験において HDVC が、橋梁の変位や固有振動数を推定するのに十分な精度を持っていることが確認できる。今後は、これらの結果を踏まえて長期にわたる橋梁のヘルスマモニタリングを進める予定である。

謝 辞

今回の実証実験の場を提供していただいた阪急電鉄(株)および摂津市駅工事現場の皆様方には、この場をお借りしてお礼を申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 佐々木協一、畑中章秀、立川博啓：ビデオカメラを用いた変位測定技術の実構造物への適用，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集， -397，2003.9.
- 2) 岡重嘉泰、海老原 学、川谷充郎、金 哲佑、三谷欣也：家庭用デジタルビデオカメラを用いた橋梁変位計測の精度向上，平成 22 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要，2010.5.
- 3) デジタル画像処理 (Digital Image Processing) 画像情報教育振興協会 CG - ARTS 協会

表-1 橋梁諸元

構造型式	鋼単純槽状桁
橋長	10.00m
支間長(ℓ)	9.50m
桁高	0.60m
単位長さ当たり質量(m)	943kg/m
断面2次モーメント(I)	0.00345556m ⁴

表-2 実証実験ケース

	1秒間の撮影画数	検証の目的
CASE1	60	基本ケース
CASE2	240	フレームレート数変更

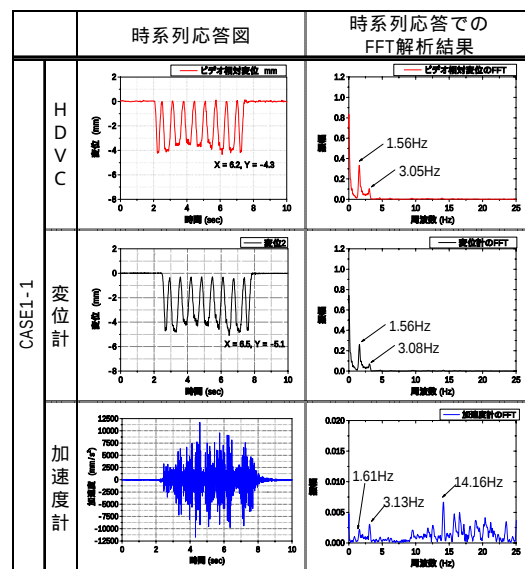


図-2 計測器別の時系列応答図とFFT解析結果

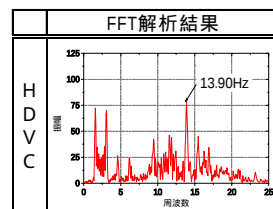


図-3 FFT解析結果