

常時微動に基づく高精度振動特性自動推定システムの実橋実験

長崎大学工学部 学生員 ○房前 慎一 長崎大学工学部 フェロー 岡林 隆敏
長崎大学工学部 正会員 奥松 俊博 長崎大学大学院 学生員 中宮 義貴

1. はじめに

地震, 風, 車両などの不規則外力によって発生する橋梁の振動は, 構造劣化・損傷の原因となる。橋梁の維持管理を行うために, 定常的に橋梁を観測し, 振動数の変化を監視できれば, 構造物の健全度評価が可能になると考えられる。本研究では, 橋梁の常時微動から, 振動特性を高精度かつリアルタイムに自動推定するシステムを開発し, 実橋における振動計測の実用性を検証した。

2. 解析方法

(1) モニタリングシステム

本研究では, 橋梁の常時微動を速度計で検出し, 振動計測を行った。計測したアナログデータはアンプで増幅し, A/D 変換カードでデジタル化してパソコンに取り込む。デジタル化したデータを構造同定エンジンで処理することで, 振動特性を自動的に求めることができる。データの収録・解析には National Instruments 社の仮想計測器ソフトウェア LabVIEW を使用した。計測システムの流れを図-1 に, 実際に用いた計測システムを写真-1 に示す。

(2) 構造同定エンジン

構造同定エンジンの流れは, まず, 速度応答データの自己相関関数を算出する。次に AR モデルにおけるパラメータを決定し, 複素固有値解析を行うことによって, 振動特性を推定する。

AR モデルの特性方程式は,

$$z^n - \alpha_1 z^{n-1} - \alpha_2 z^{n-2} - \dots - \alpha_n = 0 \quad (1)$$

となり, この方程式の根は,

$$z_k = X_{Re}^k \pm iX_{Im}^k \quad (2)$$

である。この根と振動パラメータの関係は,

$$h_k \omega_k = (-1/\Delta) I_n \sqrt{X_{Re}^2 + X_{Im}^2} \quad (3)$$

$$\omega_k \sqrt{1 - h_k^2} = (1/\Delta) \tan^{-1}(X_{Im} / X_{Re}) \quad (4)$$

となり, 振動数 ω_k と減衰定数 h_k が推定できる。 Δ は推定データのサンプリング時間である。

これらの数値解析は, LabVIEW 中の MATLAB Script を用いて行われる。

3. 実橋計測実験

実験対象は, 長崎市内にある浦上歩道橋である。浦上歩道橋は, 浦上駅西側に架設されている 2 径間連続鋼斜長橋で, 橋長 92.95m, 支間長が左側径間 28.00m, 右側径間 50.70m である。浦上歩道橋の一般図及び速度計の設置位置を図-2 に示す。本研究

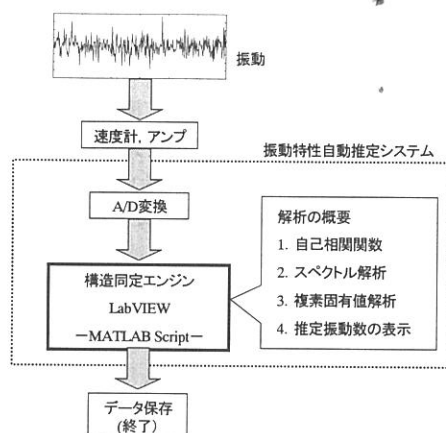


図-1 計測システムの流れ

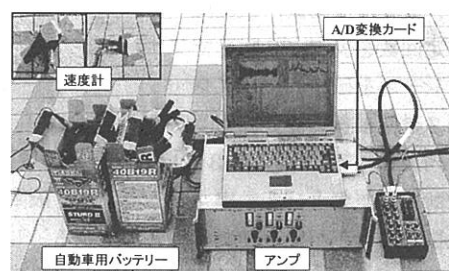


写真-1 計測システム

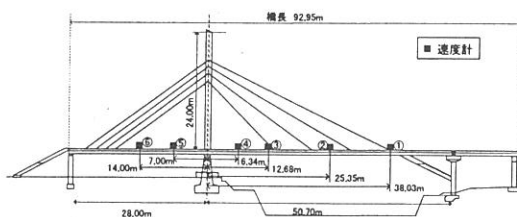


図-2 浦上歩道橋の一般図及び速度計の設置位置

では、歩行者と風の影響により発生する桁の鉛直方向の振動を速度計により計測した。サンプリング時間は0.01秒であり、解析は60秒間の応答データを1回区分とし、振動数を推定するものとした。LabVIEWで作成した計測及び解析プログラムの計測画面を図-3に示す。

実験においては、1回の計測で約1時間要するために、外部電源として鉛蓄電池を使用した。

4. 実験結果

計測点①におけるMEMとFFTによるスペクトル解析の結果を図-4に示す。50回計測した時の推定振動数の軌跡を図-5に示す。1次から6次までの各次数に対する推定振動数のGauss分布を図-6に示す。図-5より、1次の振動数(平均値1.611Hz)の上に約2Hzの振動数が計測されているが、これはケーブルの振動数が約2Hzであり、計測点①がケーブルと桁の連結部付近であったために、ケーブル振動の影響を受けていると考えられる。そのため1次振動のGauss分布では、ケーブルによる振動数を除いて求めることにした。表-1に推定振動数の数値計算値と計測値を示した。数値計算値は概算であるので両者の結果に差が生じているが、その傾向は表れている。推定振動数のGauss分布より、本システムは各振動数を精度よく推定していることが分かる。特に、低次における信頼性が高いことが確認できた。

これらの結果から本システムが、実橋の常時微動から振動特性を高精度に推定できることが分かった。

5. まとめ

本研究より、橋梁の常時微動より振動特性をリアルタイムに推定するシステムを開発した。また本システムを実橋に適用した結果、構造物の振動数を精度よく抽出できることが分かった。常時観測に適した機器構成であるため、様々な適用分野が考えられる。今後の展開としては、携帯電話を利用した無人遠隔計測システム²⁾と融合させて、様々な橋梁で計測したいと考えている。

【参考文献】

- 1) 中宮, 岡林, 奥松: 土木学会第57回学術講演会講演概要 I-834, 2002. 10
- 2) 木場, 村里, 岡林, 高比良: 土木学会第57回学術講演会講演概要 III-722, 2002. 10

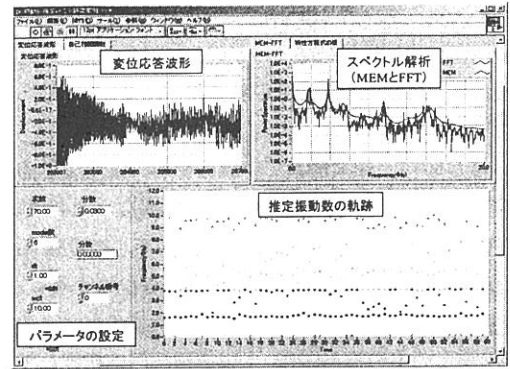


図-3 計測画面

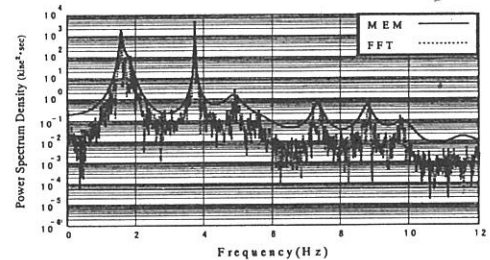


図-4 スペクトル解析結果 (MEMとFFT)

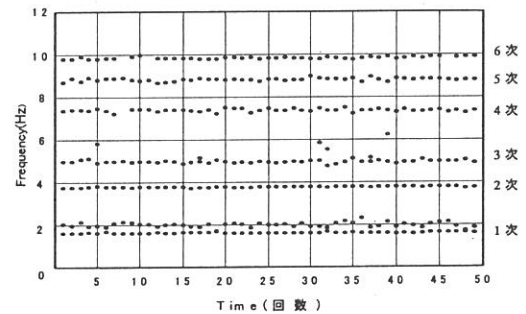


図-5 推定振動数の軌跡

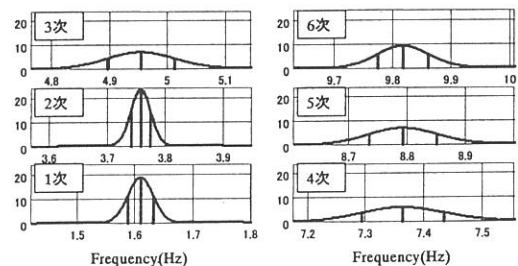


図-6 Gauss分布

表-1 推定振動数

	1次	2次	3次	4次	5次	6次
数値計算値	1.34	3.075	4.147	7.346	9.191	10.268
計測値	1.611	3.758	4.953	7.372	8.791	9.818