

実橋の常時微動による高精度振動数自動推定システムの有効性の検証

長崎大学大学院 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 N D D 正会員 中宮 義貴

1. はじめに

橋梁の変態を振動数の変動から検出するためには、高精度に振動数を検出する計測器が必要になる。さらに、橋梁振動の長期計測により振動数の変化を検出する必要がある。このような視点から、著者らは振動数を高精度に検出し、さらに自動計測を実現するための理論の構成とシステムの開発を行ってきた。また、これまで常時微動シミュレーションと模型実験から、システムの有効性を実証してきた。本研究では、本システムの実用化に向け、実橋における振動計測の結果について報告する。またモニタリングシステムの構成と構造同定エンジンの概要についても説明する。

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・解析には仮想計測器ソフトウェア LabVIEW を使用した。振動数自動推定システムの流れを図-1に示す。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¹⁾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、構造系固有値を抽出することによって、振動数を推定する。

ARモデルは次式で表される。

$$y(k) + \sum_{s=1}^n a_s y(k-s) = e(t) \quad (1)$$

ARモデルの特性方程式は、

$$z^n - a_1 z^{n-1} - a_2 z^{n-2} - \dots - a_n = 0 \quad (2)$$

となり、この方程式の根は、

$$z_k = X_{Re}^k \pm iX_{Im}^k \quad (3)$$

である。この根と振動パラメータの関係は、

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

$$\omega_k \sqrt{1 - h_k^2} = (1/\Delta) \tan^{-1}(X_{Im} / X_{Re}) \quad (5)$$

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。

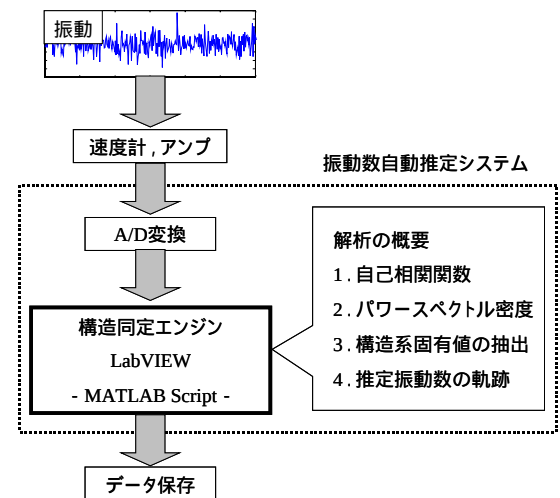


図-1 振動数自動推定システムの流れ

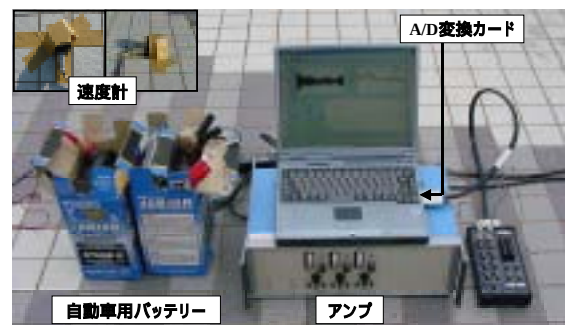


写真-1 計測システム

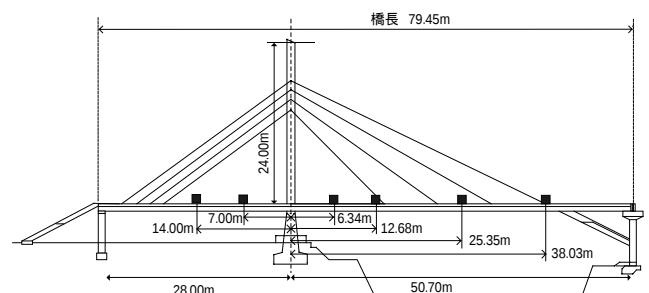


図-2 橋梁一般図及び速度計の設置位置

キーワード 橋梁振動, 構造同定, 健全度評価, 実橋実験, 常時微動

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学工学部社会開発工学科 TEL 095-847-1111

3．実橋における振動計測

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、橋長 79.45m の 2 径間連続鋼斜長橋である．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 回区分として、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．

4．実験結果

計測結果として図 - 2 の計測点 の結果をについて述べる．MEM と FFT によるパワースペクトル密度を示したものが、図 - 4 である．35 回計測した推定振動数の軌跡は、図 - 5 のように求められる．求められた 1 次から 6 次までの推定振動数の変動は、Gauss 分布になり、これを図示したものが、図 - 6 である．推定振動数の精度を表—1 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、計測点 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 より、計測値と理論値の結果には、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．また高次においても、表—1 の変動係数をみると、1% 前後の誤差であるので、各振動数を精度よく推定していることが確認できる．

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数を高精度に推定できることが分かった．

5．まとめ

- 本研究をまとめると以下ようになる．
- 1) 橋梁の常時微動より振動数をリアルタイムに推定するシステムを開発した．
 - 2) 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検証できた．
 - 3) 仮想計測器ソフトウェア LabVIEW を使用することで、計測システムの軽量化と低コスト化を実現した．

〔参考文献〕1) 中宮、岡林、奥松：AR モデルによる土木構造物の高精度振動特性推定法，土木学会第 57 回学術講演会講演概要 第 部門，pp.1667 - 1668（平成 14 年 9 月）

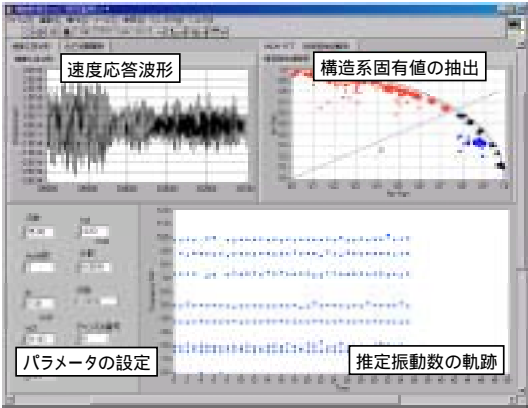


図 - 3 計測画面

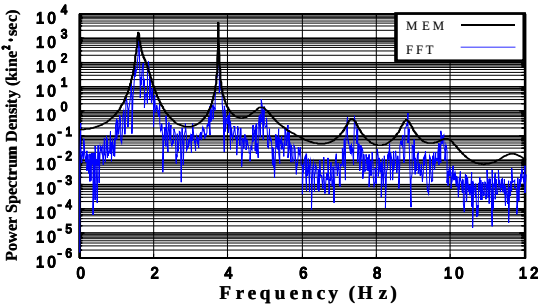


図 - 4 パワースペクトル密度（MEM・FFT）

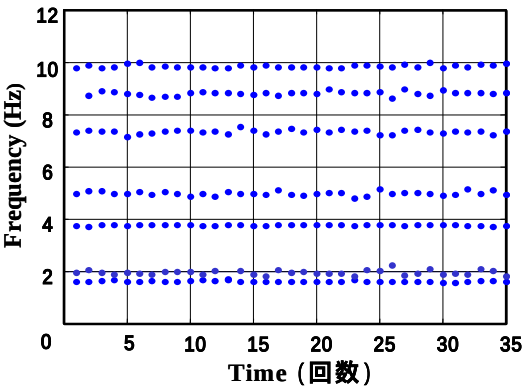


図 - 5 推定振動数の軌跡

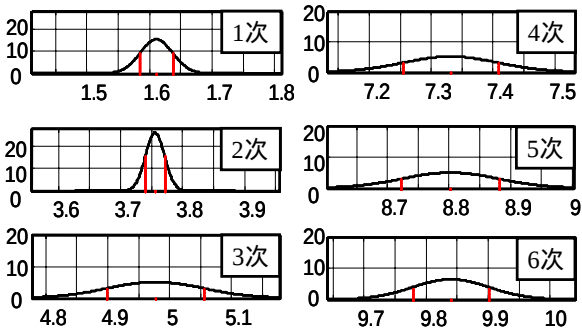


図 - 6 Gauss 分布

表 - 1 推定振動数の精度

	理論値 (Hz)	計測点		
		平均値(Hz)	標準偏差(Hz)	変動係数(%)
1次	1.311	1.611	0.026	1.614
2次	3.069	3.756	0.015	0.399
3次	4.241	4.977	0.078	1.567
4次	6.976	7.332	0.078	1.064
5次	7.745	8.802	0.062	0.701
6次	10.978	9.84	0.062	0.63