

仮想計測器による実橋梁の振動特性推定

長崎大学工学部○学生員 古賀 政男

長崎大学工学部 正 員 岡林 隆敏

長崎大学大学院 学生員 山森 和博

1. はじめに

橋梁の振動特性推定を行う場合、従来は専用の計測器やパーソナルコンピュータを使って計測・分析作業を行ってきた。しかし、装置の適用範囲が限定されていること、計測装置に制約されて目的に合った解析が必ずしも可能でないこと、といった問題点があった。近年、パーソナルコンピュータの発達、さらには周辺機器の小型軽量化、低価格化によりパーソナルコンピュータとそれを取り巻く環境は極めて高性能なものになってきている。このようなパーソナルコンピュータの環境を利用し、仮想計測装置ソフトウェアを使って実橋梁の振動特性推定を行うことが考えられる。本研究の目的は仮想計測装置ソフトウェアの一つである LabVIEW⁽¹⁾ によって制作した解析プログラムを用いて実橋梁の常時微動を計測し、さらに振動特性推定を行い、このソフトウェアの有効性を検証するものである。本論文では、振動計測実験の対象として浦上歩道橋を選んだ。この実橋梁の計測・解析実験によって得られた振動特性推定の結果について報告する。

2. 計測システムの概要

2-1. ハードウェアの構成

実橋梁の計測・解析で用いたハードウェアの構成を図1に示した。まず、対象物に検出器を取り付け、多チャンネルのアナログ信号を増幅器に取り入れ増幅させる。そしてパーソナルコンピュータ本体に組み込まれたデータ集録用のボード(A/Dコンバータ)を用いて、増幅させたアナログ信号をAD変換してデジタル信号にする。LabVIEWはこのデジタル信号を読みとり、データ処理を視覚的に画面上に表示し、そしてユーザーが必要とするデータ処理をユーザーが組んだプログラムに沿って行う。またこの信号をDA変換してアナログ信号に変えての出力もできる。さらに、取り入れたデータのディスクへの保存や、印刷も可能である。

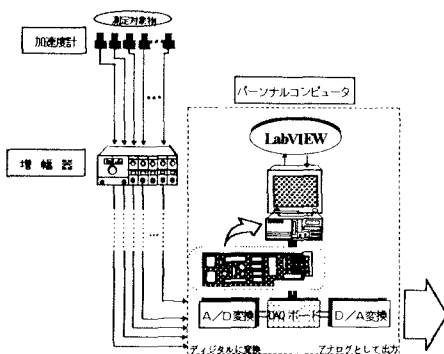


図1 ハードウェアの構成

2-2. ソフトウェアについて

本研究では仮想計測器ソフトウェア LabVIEW を使用した。このソフトウェアはデータの入力から表示、処理、解析、保存までの計測・解析作業全般を行うことができるソフトウェアである。labVIEW のプログラムは高度なデータ処理作業を行う VI と呼ばれるアイコンと簡単な処理を行う接点と呼ばれるアイコンをフローチャートの要領で配線することで組まれる。VI には高速フーリエ変換や種々のフィルター、曲線適合、など多数用意されており必要に応じた計測・解析が行えるようになっている。プログラムは図2の様なパネル画面において操作される。パネル画面には各種スイッチやダイヤル、表示器が用意されており、ユーザーはそれらを実際の計測器のように配置してマウスで操作することで実際に計測器を扱うような感覚でプログラムを操作できる。

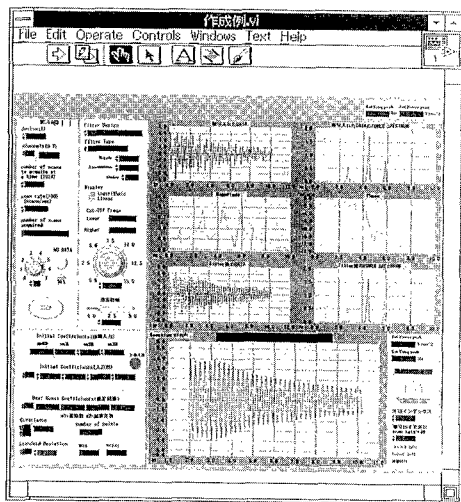


図2 パネル画面

3. 常時微動から動特性の推定

本研究では、常時振動から構造物の振動数、減衰定数、振動モードを推定することを考える。従来の手法でパワースペクトル密度からこれらのパラメータを推定している事例は多い。本研究では曲線適合理論を適用してより厳密な特性推定を行うことを目的としているために、自己相関関数から動特性を推定することを考える。自己相関関数は、各次振動モードの自己相関関数が

$$R(\tau) = \sum_{k=1}^n R_k(\tau) \quad \cdots (1)$$

の形で組み込まれている。そこで、自己相関関数のパワースペクトルを取り、バンドパスフィルターを通して、所定の振動モードの自己相関関数 $R_k(\tau)$ 抽出する。この自己相関関数は近似的に、次の関数で表現することができる。

$$g_k(\tau) = A_k \exp(-h_k \omega_k \tau) \sin(\omega_k \tau + \theta_k) \quad \cdots (2)$$

A_k : k 次の振動モードの振幅, h_k : k 次の減衰係数,

ω_k : k 次の固有円振動数, θ_k : 位相遅れ

実測値 $R_k(\tau)$ と (2) 式の残差の和

$$e(\tau) = \sum_{s=1}^m |R_k(\tau_s) - g_k(\tau_s)|^2 \quad \cdots (3)$$

$e(\tau)$ を最小にするよう、非線形最小二乗法により、 ω_k , h_k ,

A_k , θ_k のパラメータを推定する。

4. 実測結果と評価

実橋梁実験では、図4のように6カ所に加速度計を設置した。振動数と減衰定数は入力したデータの自己相関関数を取り所定のバンドパスフィルターを通し、

その波形を曲線適合して推定した。その結果は表1のように振動数は各次数で幾分高い値となった。また、減衰定数は2次振動で低い値になっている。振動モードは、大きさ

を各点の波形の自己相関関数を取って求め、位相の正負は元の各点の波形から直接判定した。得られた振動モードの推定結果を図7に示した。1次振動、2次振動では良い推定結果が得られるが、振動数が高くなると誤差が大きくなっている。

5. まとめ

常時微動による実橋梁の振動特性推定に仮想計測器ソフトウェアLabVIEWを適用した。このようなソフトウェアを適用すれば、様々な計算がパーソナルコンピュータのみで処理でき、また曲線適合をさせるのも容易である。高度なシステム同定理論が実測現場において適用できる利点は大きい。

【参考文献】(1)田丸, 岡林, 角本; 土木学会第51回年次学術講演会, pp134-135, 1996. 9

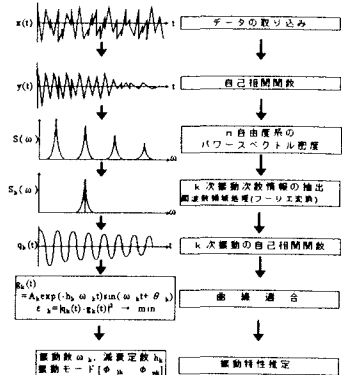


図3 データ処理フローチャート

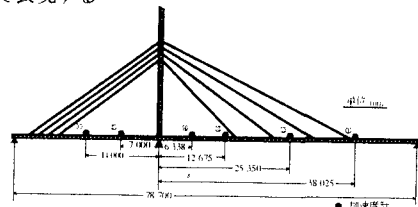


図4 浦上歩道橋図

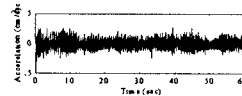


図6 取り込んだデータ

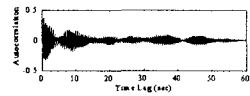


図5 自己相関関数

表1 推定結果

次数	数値解析		曲線適合による
	振動数 Hz	振動数 Hz	減衰定数
1	1.340	1.7253	0.0069
2	3.148	3.7177	0.0081
3	4.253	4.9525	0.0049

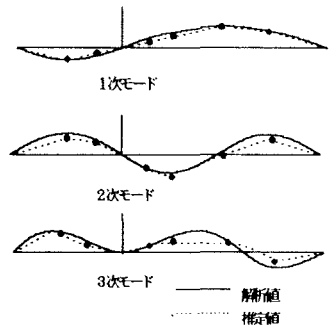


図7 モード図