

I - B237

可搬型計測システムによる橋梁の振動特性推定

長崎大学大学院○学生員 山森 和博
 長崎大学工学部 正 員 岡林 隆敏
 (併)構造技術センター 正 員 古賀 政男

1. はじめに

橋梁における振動計測は、振動特性の確認から健全度評価の把握など様々な目的のために行われている。そのため、高い精度の振動計測の必要性が高まっている⁽¹⁾。近年、構造同定理論⁽²⁾の飛躍的な進歩による振動計測の技術革新、また、パーソナルコンピュータの高性能化とソフトウェア技術の進歩により高い精度の振動特性の推定が可能になってきた。本研究は、仮想計測装置ソフトウェア技術⁽³⁾を橋梁の構造同定に適用すると共に、小型軽量化されたパーソナルコンピュータと周辺機器を利用した可搬型計測システムの構築を行い、実用化の検討を図るものである。そこで、模型構造物と実橋において、常時微動から自己相関関数を推定し、振動特性推定の有効性を確認する。

2. 可搬型計測システムの概要

可搬型計測システムの概要を図-1に、その実現化したシステムを写真-1に示した。加速度計から検出された信号を小型増幅器に取り込み、ノート型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PCカードを用いてA/D変換する。データの集録と分析は、仮想計測器ソフトウェアLabVIEW(National Instruments社製)を用いてノート型パーソナルコンピュータ上で統一した処理を行う。そのために、計測装置の軽量化、データ処理の高速化が可能である。また、小型増幅器とノート型パーソナルコンピュータは、蓄電池による駆動が可能であるので、コンパクトで可搬性を有した計測システムが構成できる。

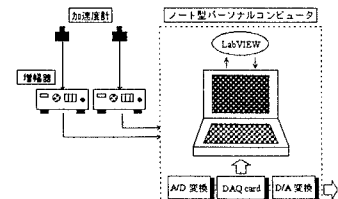
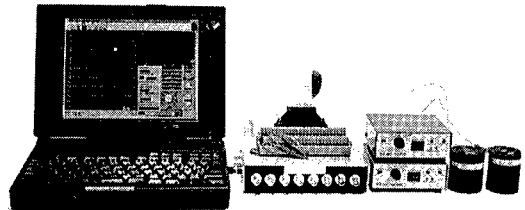


図-1 可搬型計測システムの概要



3. データ処理と構造同定

本システムにおけるデータ処理と構造同定の流れを図-2に示した。計測データの自己相関関数を推定し、周波数領域領域においてバンドパスフィルタでフィルタ処理を行う。フィルタ処理により、時間領域における非線形最小二乗法による曲線適合を行い、振動特性を求める。バンドパスフィルタには、自己相関関数をフーリエ変換して、目的とする周波数領域に矩形窓関数を掛け合わせ、逆フーリエ変換を施すFFTフィルタを用いた。

自己相関関数は、各次振動の自己相関関数が

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

の形で組み込まれている。 k 次振動の自己相関関数 $R_k(\tau)$ を抽出すると、近似的に次式のような関数で表現することができる。

$$g_k(\tau) = A_k e^{(-h_k \omega_k \tau)} \sin(\omega_k \tau + \theta_k) \quad (2)$$

ここで、求めるパラメータを

キーワード：構造同定 橋梁振動計測 常時微動 パーソナルコンピュータ 可搬型システム

連絡先：長崎大学工学部（〒852 長崎市文教町 1-14 TEL0958-47-1111(2707)）

写真-1 可搬型計測システム

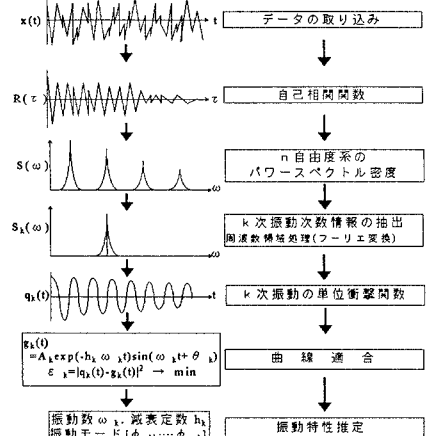


図-2 データ処理手順

$$\alpha = (A_k, \omega_k, h_k, \theta_k) \quad (3)$$

とする。(2)式をパラメータ α の関数として考えると、非線形最小二乗法では、

$$E = \sum_{j=1}^N (R_k(\tau_j) - g_k(\tau_j, \alpha))^2 \quad (4)$$

測定値と推定値の誤差 E を最小にするように α を決定する。

4. 仮想計測器ソフトウェアによるプログラミング

この手法に基づき仮想計測器ソフトウェアLabVIEWにより、作成したパネル画面を図-3に示す。LabVIEWは、テキスト形式のプログラミングとは異なり、VI(Virtual Instrument)と呼ばれるアイコンをフローチャート形式で接続するグラフィカルプログラミング言語を採用していることが特徴である。また、VIには、各種解析ツールが準備されており、幅広い解析の実現が可能である。

5. 構造物の動特性推定

本システムの有効性を確認するために、図-4に示すような模型構造物を用いて不規則加振実験を行った。振動台を不規則加振を行い、各層に設置した加速度計で検出された信号を増幅器に取り込み、その信号をA/D変換し、LabVIEWで計測を行う。そこで、計測データの自己相関関数をフィルタ処理し、振動特性の推定を行った。推定結果を表-1、振動モードの推定を図-5に示す。結果から明らかに、若干の誤差は生じているが、高い精度での推定が可能であることが確認できる。

6. 実橋実験による動特性推定

実橋実験では、図-6に示すような歩道橋において、歩行者による不規則加振実験を行った。加速度計を6カ所に設置し、同様の方法により振動特性の推定を行った。推定結果を表-2、振動モードの推定を図-7に示す。固有振動数は、解析値より推定値の方が若干高い値となっている。減衰定数は、平均で0.5%程度となった。振動モードでは3次振動で若干誤差が生じたが、1次、2次振動では良い推定値であることが確認できる。

7. まとめ

本研究では、仮想計測器ソフトウェアと小型化されたパーソナルコンピュータ、周辺機器を用いて橋梁の構造同定のための可搬型計測システムの構築が可能であることが確認できた。また、模型構造物と実橋実験より常時微動から自己相関関数を推定し、高い精度での振動特性推定が可能であり、本システムの有効性を確認することができた。

- 【参考文献】(1)橋梁振動と計測と解析，橋梁振動研究会編，技報堂，1993.10.
(2)長松昭男：モード解析，培風館，1985.7.
(3)田丸康広，岡林隆敏，加賀敏明：計測・制御用ソフトウェアLabVIEWによる橋梁振動計測の効率化，土木学会西部支部研究発表会講演概要集，pp.144-145，1996.3.

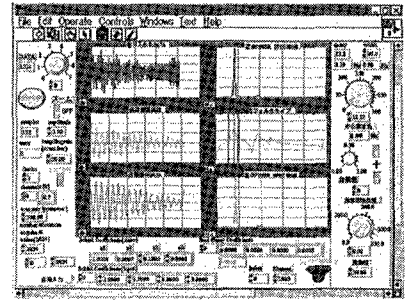


図-3 パネル画面

表-1 推定結果

次数	振動解析による結果	曲線適合による推定値(実測)	
	固有振動数(Hz)	固有振動数(Hz)	減衰定数
1	0.9505	0.9173	0.0037
2	2.7499	2.7679	0.0039
3	4.2960	4.4610	0.0029
4	5.8477	5.8618	0.0047
5	6.9035	6.9048	0.0031

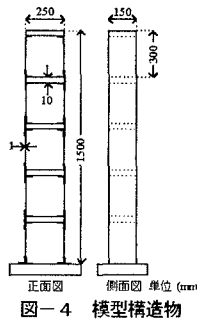


図-4 模型構造物

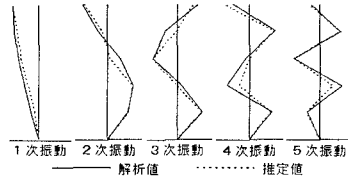


図-5 振動モード

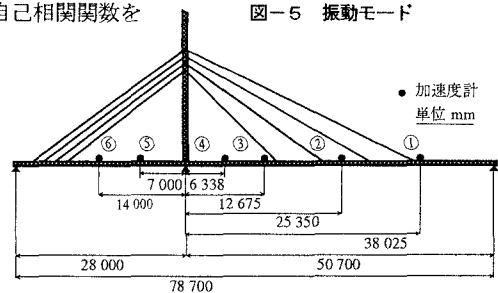


図-6 橋梁一般図

表-2 推定結果

次数	振動解析による結果	曲線適合による推定値(実測)	
	固有振動数(Hz)	固有振動数(Hz)	減衰定数
1	1.340	1.6916	0.0042
2	3.148	3.8004	0.0052
3	4.253	5.0550	0.0049

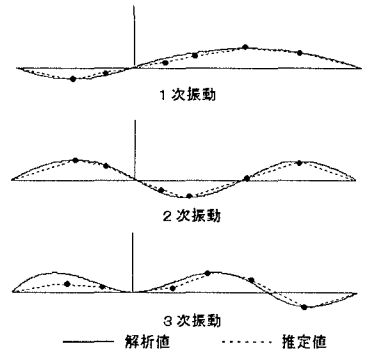


図-7 振動モード