

常時微動を入力とする振動特性推定システムの開発

長崎大学大学院 学生会員 ○下妻 達也

長崎大学工学部 フェロー 岡林 隆敏

長崎大学工学部 学生会員 古賀 数也

長崎大学工学部 正会員 奥松 俊博

1. はじめに

構造物の健全度評価を振動特性（振動数，減衰定数，振動モード）の変化から行う場合，振動特性の自動推定が必要であるが，振動特性の自動推定は各種構造同定理論^{1),2),3)}を用いることで実現できる．本研究では，各種構造同定理論を統合化し，構造物の振動特性を自動推定できるシステムの開発を行った．実橋梁で計測した常時微動データにより，開発したシステムを用いて振動特性の推定を行い，その結果について考察する．

2. 実橋梁における常時微動計測

計測対象は図-1に示す樺島大橋である．樺島大橋は長崎市野母崎町に架設されている鋼ランガー桁の道路橋で，橋長 227m，幅員 7.5m，最大支間 152m である．常時微動（鉛直方向の加速度データ）計測は 2007 年 7 月 10 日に行い，サンプリング周波数を 100Hz として 5 点分の計測を行った．図-2に加速度計設置箇所の概略を示す．



図-1 樺島大橋

3. 振動特性推定システム

1) 各構造同定理論における振動特性推定手法

今回開発したシステムは振動特性推定手法として，ERA 法 (Eigensystem Realization Algorithm)，ERA/DC 法 (ERA with Data Correlation)，ARE 法 (Algebraic Riccati Equation)¹⁾，多次元 ARMA モデル²⁾，平衡確率実現理論 I，II³⁾の 6 種の手法から構成されている．図-3に各手法における振動特性推定の流れを示す．各構造同定理論の詳細については参考文献を参考にしたい．

2) 振動特性推定システムの実現

前述の構造同定理論を仮想計測器ソフトウェア LabVIEW で作成したプログラムに組み込み，振動特性推定システムを開発した．本システムではプログラム上のダイヤルを切り替えることで，計測者が任意の手法を選択し振動特性を推定することが可能となっている．振動特性推定システムの画面を図-4に示す．

4. 常時微振動特性推定

開発したシステムにより，樺島大橋で計測した常時微動データを用いて振動特性の推定を行った．サンプリング周波数を 100Hz，30 秒間の常時微動データを 1 回区分とした 5 点分の多変量常時微動データを用いて，計 60 回分の振動数，減衰定数，振動モードを推定した．また，今回は構造同定アルゴリズムとして ERA/DC 法を用いた場合の推定結果について示す．

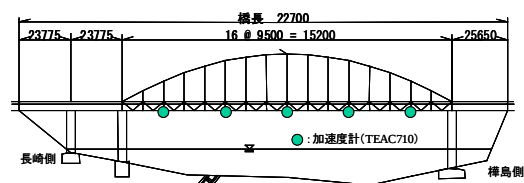


図-2 加速度計設置箇所

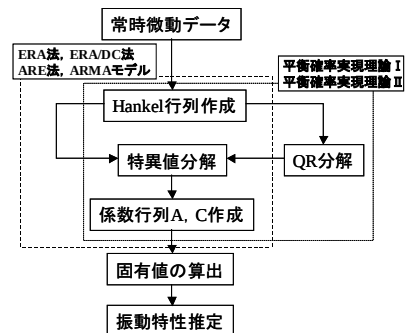


図-3 各手法における推定の流れ

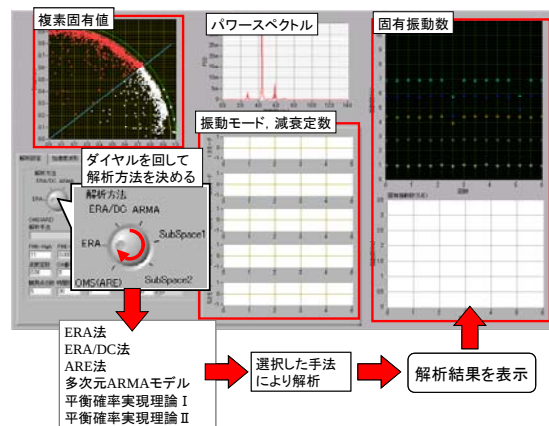


図-4 振動特性推定システム

1) 振動数推定結果

図-5は振動数の推定結果である。図より、0.8Hz, 1.2Hz, 1.9Hz, 2.4Hz, 2.7Hz, 3.4Hz, 3.9Hz, 5.1Hz, 6.9Hz, 8Hz 付近に固有振動数が存在していることが確認できた。振動数推定結果に関しては、高次の推定結果に若干のばらつきが見られるが、精度良く推定できていると言える。

2) 減衰定数推定結果

図-6は1次～5次までの減衰定数推定結果である。各次の平均値は1次で0.001, 2次で0.003, 3次で0.004, 4次で0.005, 5次で0.007と高次になるにつれて減衰定数が高くなる結果となった。減衰定数の推定結果は振動数の推定結果と比べるとばらつきが見られるものの、精度良く推定できていると言える。

3) 振動モード推定結果

図-7は1～5次振動までの振動モード推定結果を各最大値で規準化した結果の平均を示したものである。図より、1～3次までの推定結果は固有振動モードとほぼ同等の形状を示していることが確認できる。しかし、4次と5次の推定結果は、4次の振動モードに2次、5次の振動モードに4次の固有振動モードが表れる結果となった。これは、4次の振動モード推定結果にねじれの影響が入ったためだと考えられる。

なお、今回推定した振動特性はいずれも精度良く推定が行えており、従来から課題であった多点観測による振動特性の高精度推定を実現することが出来たと言える。

6. まとめ

本研究で得られた結果を要約すると、次のようになる。

- 1) 各種構造同定理論による振動特性推定手法を統合化し、常時微動を入力とする振動特性推定システムを開発した。
- 2) 開発したシステムにより、樺島大橋で計測した常時微動データを用いて振動特性の推定を行った。そして、推定結果から樺島大橋の振動特性を精度良く推定できることを確認した。
- 3) 今後の課題として、振動特性をリアルタイムに推定することができるシステムの開発を行う必要がある。

【参考文献】

- 1) Md.Rajab ALI 他 : Highway bridge dynamic characteristics estimation used by ERA, ERA/DC, ARE methods for ambient vibration, 平成 18 年度 土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.57,58, 2007
- 2) 岡林隆敏, 奥松俊博, 中宮義貴 : 常時微動に基づく AR モデルによる構造物振動数の高精度自動推定, 土木学会論文集 No.759/I-67, pp.271~282, 2004
- 3) Md Rajab. ALI 他 : Bridge vibration characteristics estimation by Balanced Stochastic Realization (BSR) theory based on ambient vibration, 第 62 回年次学術講演会講演概要集, pp.165,166, 2007

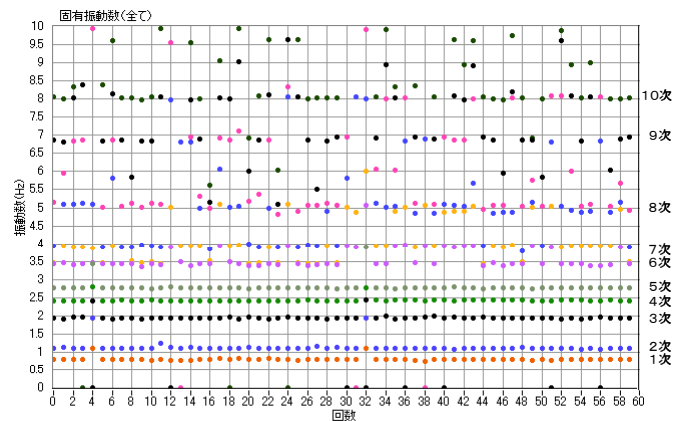


図-5 振動数推定結果

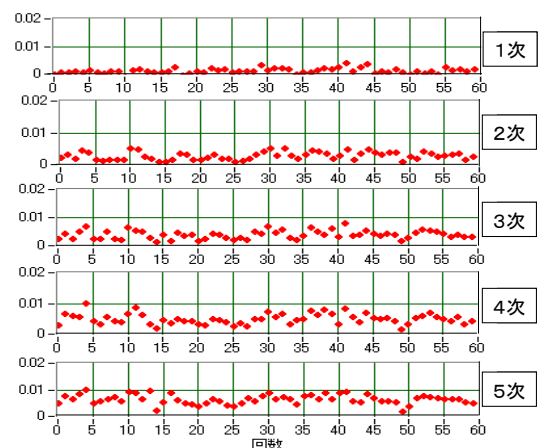


図-6 減衰定数推定結果

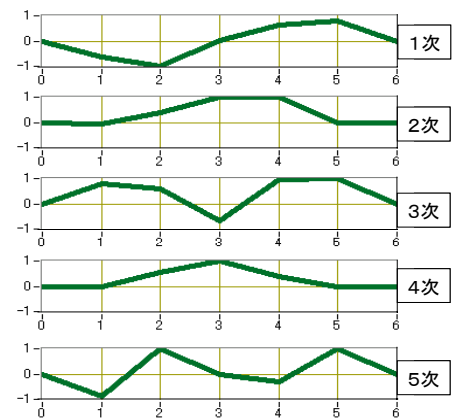


図-7 振動モード推定結果