

橋梁維持管理を目的とした PC 橋梁の振動特性長期遠隔モニタリング

長崎大学工学部 正会員 ○奥松俊博 長崎大学工学部 フェロー 岡林隆敏  
 (株)オーデックス 正会員 縦山好幸 (株)オーデックス 正会員 室井智文  
 長崎大学工学部 学生会員 田代大樹

1. はじめに

振動特性の変化を指標に健全度評価を行なう場合、振動特性を高精度に推定できる同定理論の開発が必要となる。一般に、損傷・劣化が構造物の振動特性に与える影響は一般的に微小であるため、温度等の環境変動によって生じる振動特性の変化を予め把握しておく必要がある。そこで本研究では、高精度振動特性推定法による遠隔モニタリングシステムを用いて実橋梁（PC 合成桁）の長期遠隔モニタリングを実施し、温度等の環境条件が振動数変化に与える影響について検証した。

2. 遠隔モニタリングシステム

振動数変化から健全度評価を目的とし開発してきた遠隔モニタリングシステムおよび AR モデルによる高精度振動数推定法の概要を以下に示す。

(1) 遠隔モニタリングシステム

本システムは、計測現場の加速度応答および表面温度を測定するためのサーバ PC と、固有振動数を算出するためのクライアント PC から構成されている。システムの構成を図-1 に、サーバの構成機器一覧を表-1 に示す。両 PC 間のデータ通信は PHS による PIAFS 接続を利用した。本システムにより、計測の完全自動化、計測機器の遠隔制御、固有振動数の高精度推定を同時に実現している。

(2) 高精度振動数自動推定法

図-2 に AR モデルによる高精度振動数自動推定の解析フローを示す。また本システムによる図-3 にモニタリング画面（クライアント）を示す。AR モデルを以下に示す。

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

(1) 式の特性方程式と根は以下で表される。

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

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

根と振動パラメータの関係より振動数  $\omega_k$  と減衰定数  $h_k$  が推定できる。 $e(t)$  は白色雑音過程、 $\Delta$  はサンプリング時間である。 $a_s$  は AR モデルパラメータである。

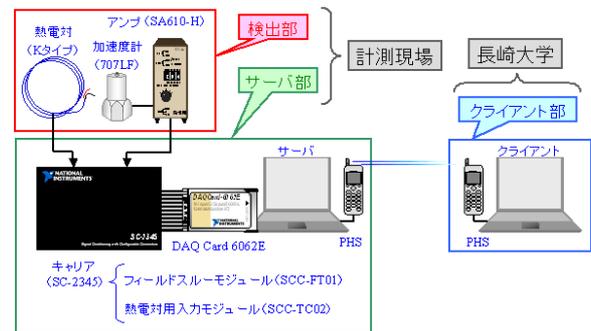


図-1 システムの構成機器

表-1 サーバの構成機器

機 器 名	メーカー (型番)	数量
圧電型加速度計	TEAC (707LF)	4
圧電型加速度計用アンプ	TEAC (SA610 - H)	4
信号調節用キャリア	National Instruments (SC-2345)	1
フィールドスルーモジュール	National Instruments (SCC-FT01)	4
熱伝対	山里産業	2
熱伝対入力モジュール	National Instruments (SCC-TC02)	2
DAQ Card	National Instruments (6062E)	1
PC	Panasonic (CF-28)	1
PHS	日本無線 (AH-J3003)	1
外部アンテナ		1



図-2 解析フロー

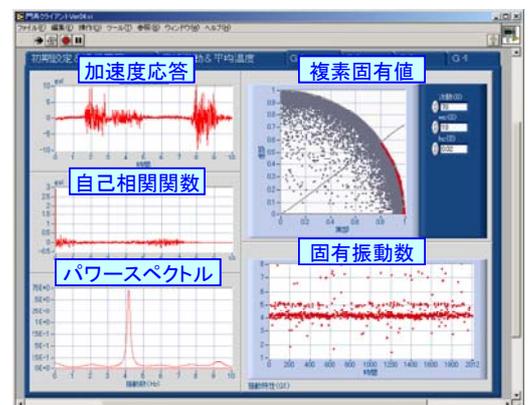


図-3 モニタリング画面

キーワード：維持管理，橋梁振動，ヘルスマニタリング，遠隔計測

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：095-819-2626

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

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

### 3. 実橋梁の長期観測

#### (1) 対象橋梁

実橋梁における固有振動数の経時変化を明らかにするため、西日本高速道路株式会社（当時：日本道路公団）の協力を得て近畿自動車道の高架橋に適用し、PC合成桁（4主桁、橋長33m）を対象として、長期的な動態観測を実施した。対象橋梁および設置したセンサー類、計測機器の位置を図-3に示す。また長崎大学に設置したモニタリングシステム（クライアント）を図-4に示す。

#### (2) 計測方法

現場に設置したサーバより、予め設定したデータ転送スケジュールに基づき計測データをクライアントである長崎大学へ自動送信する。桁表面温度は5分毎に算出した平均温度を、加速度データは最大応答振幅を含む5分間分のデータを、それぞれ4時間おきに転送する。クライアントPCでは、これらのデータを受信した後、固有振動数を算出する。長期観測により固有振動数の経時変化を明らかにする。

### 4. 温度変化と振動数変化の関係

図-5は、平成17年10月～12月のPC桁表面温度とG3主桁の平均固有振動数の変化を表したものである。正午付近に測定した桁鉛直方向の加速度データより、ARモデルで同定した1次(4Hz程度)の固有振動数を示している。桁表面温度が25℃から7℃付近まで低下する間に、振動数は、3.95Hzから4.2Hzの範囲で、ばらつきながらも徐々に上昇していく様子が伺える。同傾向は回帰曲線（線形近似）からも見て取れる。既報<sup>2)</sup>において、春～夏の温度上昇期に桁振動数が低下する傾向を確認しているが、このような傾向は、温度変化による橋軸方向の桁の微小な伸縮が影響しているものと思われる。橋梁部材の劣化・損傷により生ずる振動数の変化は微小と言えるため、橋梁の健全度評価を行うためには、年間温度変化により生ずる振動数変化分を予め考慮しておくことが必要である。

### 5. まとめ

振動数の変化から健全度評価を行なうためには、温度変化に伴い発生する振動数の年間（季節）変動も考慮することが必要であることを確認した。さらに長期的な観測により、振動数の年間変動量を明確にすることを今後の課題とする。

[参考文献] 1) 岡林, 奥松, 中宮: 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、2) 長期遠隔モニタリングシステムの開発と遠隔計測への適用, 土木学会第60回年次学術講演会梗概集(第I部門), pp.109-110, 2005

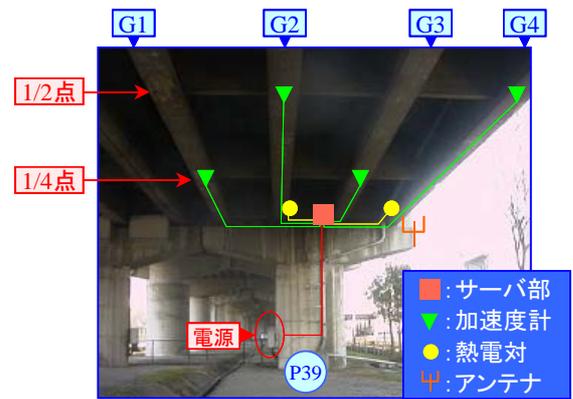


図-3 センサー・計測機器の設置箇所



図-4 モニタリングシステム  
(クライアント)

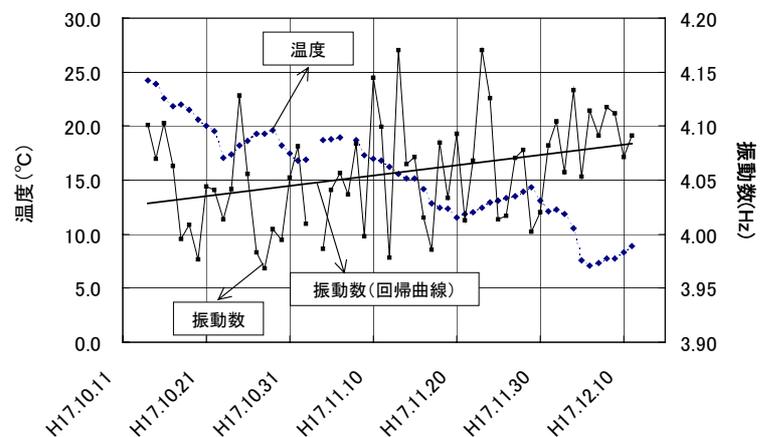


図-5 温度変化に伴う振動数の変化