

## 橋梁振動調査における観測結果の時間領域のモード解析による固有値の試算

瀧上工業株式会社 正会員 ○松村 寿男  
株式会社バイブラントシステム開発 正会員 安藤 幸治

### 1. 目的

近年、橋梁の現地調査を振動計測により実施し、橋梁の健全性の評価を試みる多くの研究がなされている。例えば、文献1)においては、車両通行による振動を加速度データとして測定し、橋の持つ固有振動数を求め、その橋の健全度を判定する試みがなされている。具体的には一例として、現地にてポータブルな機器による現地計測にて得られた加速度波形（バイブログラム）から、時系列データ処理プログラムでランニングスペクトルまでを処理することで卓越振動数を算出し、簡易に橋梁全体の健全度が判定<sup>2)</sup>する試みがある。

本研究では、上記で得られた橋梁の常時微動観測記録を逆解析的に振動系の動的特性を検討できる「時間領域のモード解析」なる手法<sup>3)</sup>を用いて、対象系が運動方程式に従うことを前提としてモード定数、すなわち固有値(固有周波数と減衰定数)と固有ベクトルを求めることで周波数特性を明らかにすることを試みる。

### 2. 過去の振動調査結果

過去に実施した斜角を有する鋼床版橋の振動調査<sup>1)</sup>は、1回の計測約40秒で得られた加速度データ(8192データ)のうち、1024データのFFT解析(高速フーリエ変換解析)を512データずつずらして行ったものを使用する。統計の参考値は簡易式<sup>4)</sup> $f=100/L$ (ここに、 $f$ : 統計固有振動数(Hz),  $L$ : 最大支間長(m))により、図-1に示す結果であった。

観測された振動特性は、第1径間で曲げ2次振動13.1Hzおよび第2径間で曲げ1次振動4.7Hzが観測されている。本橋調査当時は弾性的な挙動を示し健全な状態にあると判断している。



径間	統計固有振動数 曲げ1次(Hz)	観測卓越振動数(Hz)	
		曲げ1次	曲げ2次
第1	3.9	-	13.1
第2	3.9	4.7	-

図-1 振動調査結果<sup>1)</sup>

### 3. 時間領域のモード解析

図-2に示す過去の振動調査結果で得られた加速度波形を元に、車両による強制振動が終わって自由振動振動波形のデータ2048個(10.24秒)を元に、時間領域のモード解析<sup>3)</sup>を実施した。この手法は、振動調査結果の観測記録を使用して振動系の固有周波数と減衰

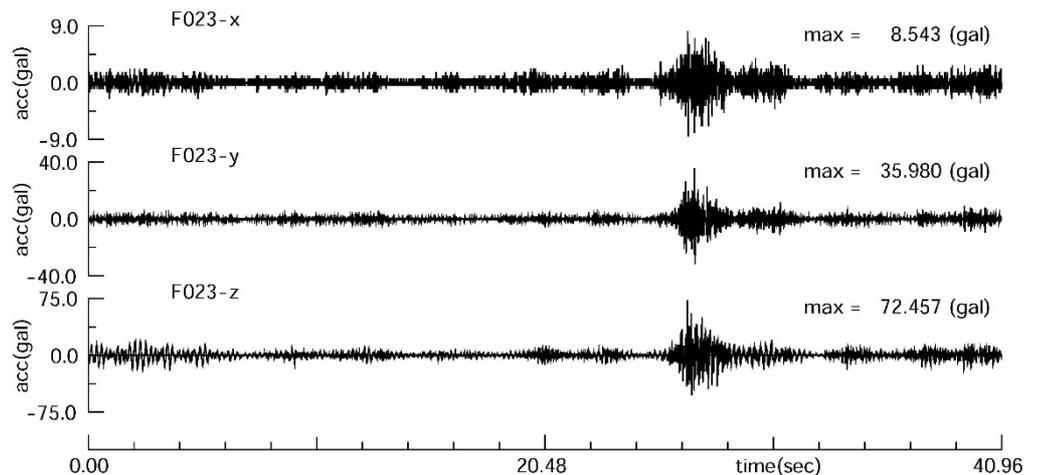


図-2 振動調査結果<sup>1)</sup>で得られた加速度波形

定数および固有ベクトルを求め、伝達関数を計算する手法である。刺激係数の大きいモードから求められ、複雑な周波数特性も解析できることに特徴がある。固有値は非線形最小二乗法に基づき計算を行い、ノイズレベルの高い領域である、0.0~20.0Hz範囲については、バンドパスフィルターをかけてモード算出を行った。

キーワード：橋梁振動計測，時間領域のモード解析，固有周波数，スペクトル

連絡先：〒475-0826 愛知県半田市神明町1-1 瀧上工業株式会社 企画管理室 技術開発G TEL：0569-89-2103

## 4. モード解析結果

### 1) 固有周波数と減衰定数の算出結果

表-1に主要モードと推定されるx(橋軸), y(橋軸直角), z(鉛直)の3方向成分のモード解析結果の固有値(固有周波数および減衰定数)を示す. 解析結果のz成分(鉛直)から分かるように, モード1のz成分の4.03Hzは曲げ1次の統計固有振動数3.9Hzに近く, モード2の同成分の12.39Hzは, 現地計測結果の曲げ2次の卓越振動数にほぼ一致していると思われる. なお, 減衰定数については, 過去の計測結果で推定していないため, 本解析との比較はしていない.

表-1 各成分のモード(固有周波数f(Hz)および減衰定数h(%))

モード	x成分		y成分		z成分	
	f(Hz)	h(%)	f(Hz)	h(%)	f(Hz)	h(%)
1	4.02	0.38	12.37	0.24	4.03	0.63
2	12.38	0.95	17.22	0.33	12.39	0.36

### 2) 固有周波数と減衰定数の算出結果

図-3および図-4にモード解析結果の例として, z(鉛直)成分のモード解析結果の加速度波形(各モードの和)ならびにスペクトルと, 振動調査の観測記録(図中, 微動記録と称す)との比較を示す. 図から分かるように, モード解析結果は, 観測記録と良好な精度で一致していることが分かる.

図-3 加速度波形(各モードの和)と観測記録の比較

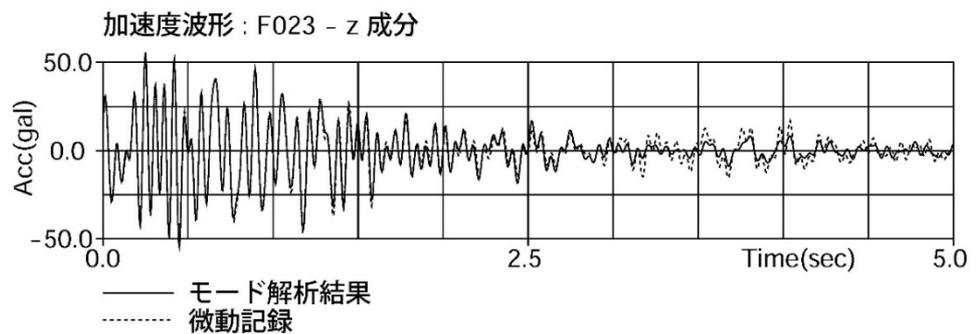


図-3 加速度波形(各モードの和)と観測記録の比較

## 5. まとめ

時間領域のモード解析による固有値の試算により, 橋梁振動観測結果を良好に再現できた.

**【謝辞】**本研究では, 振動調査に関して名古屋大学・埼玉大学名誉教授 島田静雄氏, 中日本建設コンサルタント(株)前田春和氏, (株)東京測器研究所関係各位に多大なるご協力を得た. ここに記して謝意を表す.

### 【参考文献】

- 1) 松村寿男, 前田春和, 佐藤徹也, 島田静雄: 斜角を有する鋼橋の振動調査と固有値解析, 土木学会中部支部研究発表会(2009.3), I-035, pp.69-70, 平成21年3月
- 2) 島田静雄: 振動を測定して構造物の健康診断をするお話, 2016/07/10版, 中日本建設コンサルタントHP, [http://www.nakanihon.co.jp/gi\\_jyutsu/Shimada/healthcheck.pdf](http://www.nakanihon.co.jp/gi_jyutsu/Shimada/healthcheck.pdf)
- 3) 安藤幸治, 岩楯徹広: 時間領域のモード解析による振動系の動的特性の同定とその適用, 土木学会論文集, No.450/I-20, pp.151-160, 平成4年7月
- 4) (社)日本道路協会: 道路橋耐風設計便覧, 平成3年7月

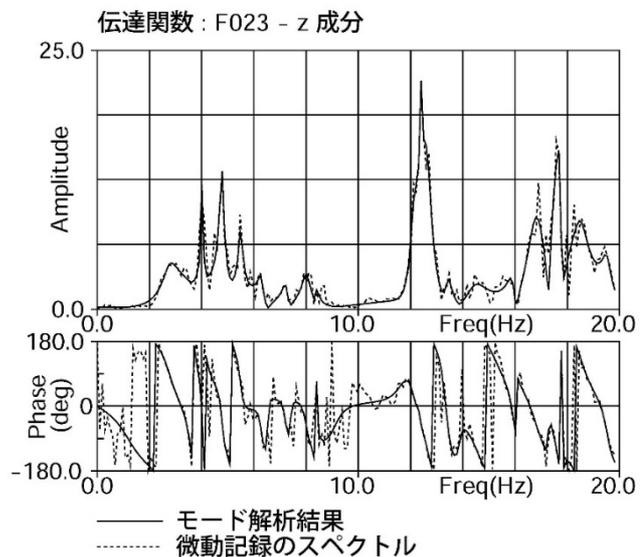


図-4 モード解析結果と観測記録のz成分のスペクトル比較