

PC 下路桁橋の振動計測データを利用した健全度診断結果に対する考察

(株)日本構造橋梁研究所
(株)日本構造橋梁研究所
神奈川臨海鉄道(株)

正会員○小松 正貴
正会員 谷口 賢斗
非会員 武村 和弘

(株)日本構造橋梁研究所
長崎大学大学院

正会員 山田 達哉
正会員 西川 貴文

1. はじめに

本稿は、竣工後 57 年経過した PC 下路桁橋（浮島橋）を対象とし、振動計測結果を整理したものである（写真-1）. 本橋では安全性の観点から設計最大荷重（大型変圧器重量 240tf）の通行は、月 1 回と定められており、その際、桁への影響を動的載荷試験等で検査することが義務付けられている. ここで、平成 30 年度に 130tf の大型変圧器を 1 ヶ月の中で 3 回運行させる必要が生じたことから、橋の経年劣化の影響を懸念し、加速度センサーを用いて振動計測による検査を実施した. 検査方法は、列車の走行前後の橋梁振動特性を検出し、結果を比較する方法とし、橋梁への影響度合いを定量的に確認した.

2. 実橋計測概要

浮島橋の加速度データは、主桁上面に設置したサーボ型加速度計よりモバイル PC へ収録した. 計器の設置は、桁の振動特性を踏まえ、L/2、L/4、L/8 点（L：支間長）の 3 チャンネルとした（図-1）. 浮島橋は鉄道橋であり、鉄道の運行時刻が予測できることから、外乱の影響が少ない常時微動計測を実施した. 計測時間は、20 分間（サンプリング周波数 100Hz）とした.

3. 橋梁諸元と解析モデル

浮島橋の諸元を表-1 に示す. 上部工部材は、主桁と床版でコンクリートのヤング率が異なるため、それぞれ独立した部材でモデル化し組み合わせを行っている（図-2）. 解析モデルは、図-3 に示す立体骨組みモデルとし、建設時の構造図に基づき諸元を再現してモデル化した. なお、解析コードは、Engineer’s Studio（FORUM8）である.

支承条件は、ゴムパッド支承であるため、両支点をピン固定支承（鉛直固定、回転自由）として評価した.

4. 解析モデルの固有値解析結果

計測結果の妥当性を検証するため、解析モデルによる固有値解析を実施した. 対象橋梁が単純桁であるため、本稿では主要モードとなる 1、2 次振動数を表-2 に記載する.

5. 構造同定手法

橋梁の振動特性を推定する手法として、確率的部分空間法



写真-1 浮島橋の全景

表-1 対象橋梁の諸元一覧

橋梁形式	橋 長(m) / 支間長(m)	幅員(m)
単純PC下路桁橋(2連)	52.2m / 2@26.1m	4.95

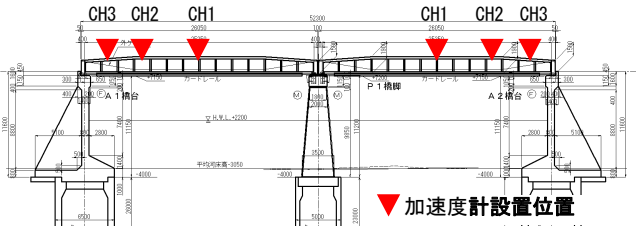


図-1 側面図

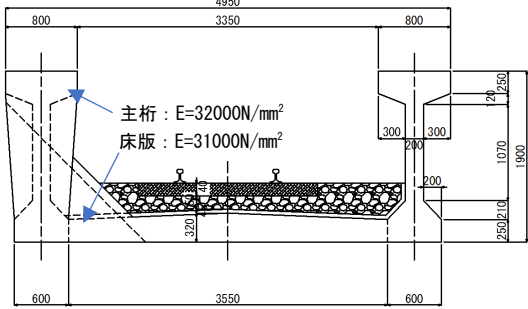


図-2 横断面図

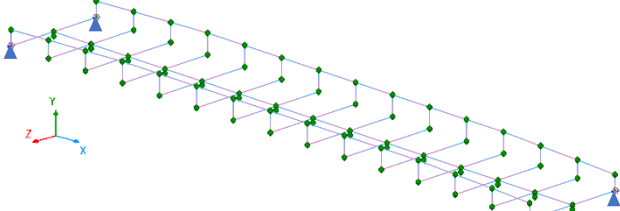


図-3 骨組みモデル図

表-2 固有振動数一覧

振動モード	1次	2次
振動数(Hz)	5.416	17.322

キーワード 実橋振動計測, 固有値解析, 構造同定手法, 部分空間法, サーボ型加速度計, 健全度診断

連絡先 〒101-0032 東京都千代田区岩本町 3-8-16 NMF 神田岩本町ビル 3 階 (株)日本構造橋梁研究所 設計部 TEL 03-5825-5031

(Stochastic Subspace Identification :SSI)¹⁾ (以下、SSI法と呼ぶ) を適用した。以下に示す浮島橋の実橋計測結果は、SSI法により振動特性を推定している。

6. 重荷列車走行前後の構造同定結果

H29年度は、重荷重列車走行前のデータとして、起点側と終点側の桁について、常時微動による加速度波形を測定しSSI法で振動数を同定した。終点側桁で、計測した加速度応答波形(代表波のみ)を図-4に、SSI法により振動特性の同定を行った結果を図-5に示す。SSI法により推定された浮島橋の固有振動数は、1次、2次が検出された。固有振動数を明確化するために0.5Hz間隔で頻度分布をとると、1次5.11Hz、2次17.25Hzの度数が高いことがわかる(図-6)。

一方、H30年度は、重荷重列車走行後のデータとして、H29年度と同位置で常時微動による加速度波形を測定しSSI法で振動数を同定した。SSI法により推定された浮島橋の固有振動数は、1次5.13Hz、2次17.66Hzとなった。重荷重列車走行前後の振動数を比較した結果を表-3、表-4に示す。

7. 結果の考察

実測データをSSI法により解析し構造同定を行った結果、解析モデルと近似する箇所に振動数が現れていることがわかった。しかしながら、数値解析モデルの振動数と比較すると、H29年度の実測振動数は1次振動数で6%、2次振動数で0.4%低い振動数を与える結果となった。すなわち、解析モデルにおける材料条件、荷重条件、支点条件のモデル化誤差等により実際の挙動と違いが生じていると推察される。

重列車荷重載荷前後の比較では、1次振動数で0.6%差、2次振動数で2%の差が生じた。この差異は、計測データのばらつき誤差であることから、列車走行前後で振動特性に変化がなく橋梁の健全性は確保されていると判断した。

8. まとめ

- ・数値解析モデルを作成することで、実測結果におけるノイズと本体の振動数を見分けることができるため、実橋計測を行う場合、数値解析を併用することが有効となる。
- ・健全時の橋梁の振動数を予め計測し、イベント発生後の振動数と比較することで、橋梁の健全性を判断する指標として活用できる。
- ・定期的な振動計測やイベント発生後の振動計測を行うことで、早期に異常を検知できる可能性があり、管理者と協議の上、今後も継続的に計測を実施したい。

参考文献

1) 西川, 田代, 中村, 岡林: 実稼働モード推定のための構造同定条件に関する解析的検討, 構造工学論文集, Vol.62A.2016.3.

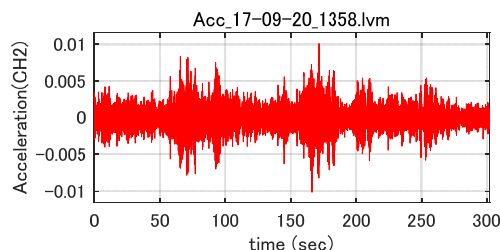


図-4 加速度応答波形 (H29.9)

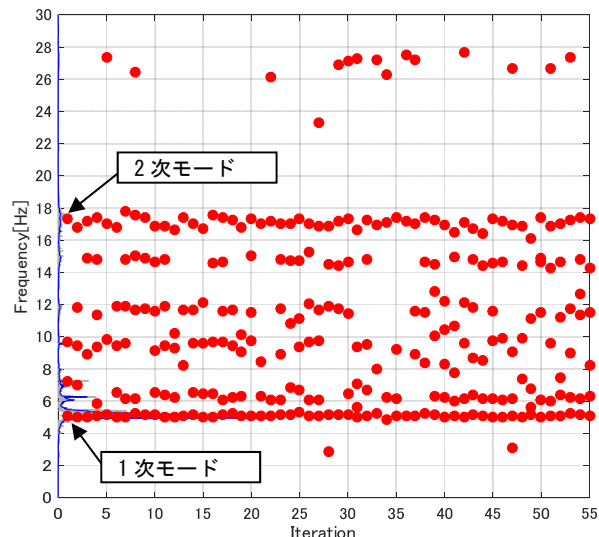


図-5 SSI法による構造同定結果

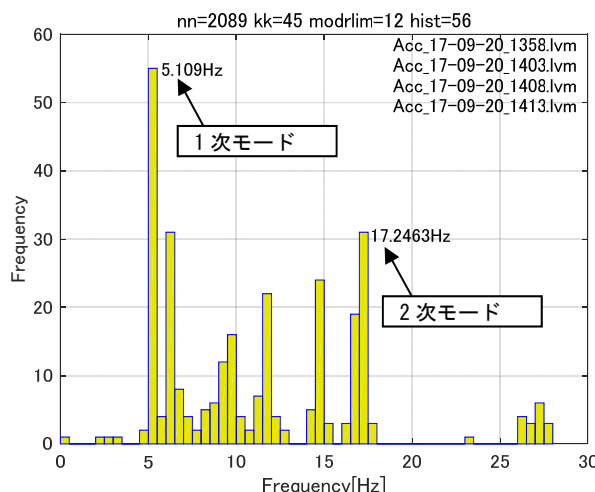


図-6 SSI法の頻度分析結果

表-3 重荷重載荷前後の固有周期比較 (起点側桁)

①H30年度 波形データ			
計測場所	橋梁振動状態	1次振動(Hz)	2次振動(Hz)
A1橋台～P1橋脚桁	常時微動	5.130	17.180
②H29年度 波形データ			
計測場所	橋梁振動状態	1次振動(Hz)	2次振動(Hz)
A1橋台～P1橋脚桁	常時微動	5.098	16.838
		①/②	1.006 1.020

表-4 重荷重載荷前後の固有周期比較 (終点側桁)

①H30年度 波形データ			
計測場所	橋梁振動状態	1次振動(Hz)	2次振動(Hz)
P1橋脚～A2橋台	常時微動	5.139	17.659
②H29年度 波形データ			
計測場所	橋梁振動状態	1次振動(Hz)	2次振動(Hz)
P1橋脚～A2橋台	常時微動	5.109	17.246
		①/②	1.006 1.024