

5 径間単純 PC 鉄道橋の固有振動数の季節変動と供試体実験

北見工業大学 社会環境工学科 正会員 ○宮森 保紀
中国東北電力大学 学生員 張 友奇
沖縄県庁 土木建築部 中島 斎
オリエンタルコンサルタンツ 正会員 門田 峰典

1. はじめに

構造健全度診断（Structural Health Monitoring; SHM）手法では、部材の損傷による剛性低下が固有振動特性を低下させることに着想を得たものが多い。しかし、実際の構造物の応答は複雑で、振動に対する応答の線形性や、環境温度に対する材料特性の変化が部材ごとに異なることが考えられる。本研究では、同一の支間長を有する 5 径間単純 PC 桁橋を対象に、実構造物の振動特性の詳細を理解しようと試みるものである¹⁾。まず対象橋梁において振動計測を 11 月と 2 月に行い、季節による振動特性の差異を把握した、この要因の一つと考えられる PC 部材の温度による固有振動数の変化について、供試体実験も行ったため、その結果を合わせて報告する。

2. 対象橋梁

本研究では、図-1 のような廃線となった鉄道橋を対象とした。構造形式は 5 径間単純 PC 桁橋、径間長はそれぞれ 32m で、線支承と隣接して追加された H 形鋼で支持されている。本橋は 1977 年に架設されたが、2006 年に営業を終了し、レールと枕木は撤去、バラストは存置された状態である。橋台および橋脚の高さは 6.65m ないしは 9.95m である。

3. 実橋梁の振動測定実験

橋梁の径間ごとに無線型 3 軸加速度センサー（スマートセンサ Imote2）を 10 基設置して振動を測定した。測定は径間ごとに行い、第 1 径間から第 5 径間まで測定を繰り返した。センサー配置を図-2 に、橋梁の断面のおよびセンサーの設置位置を図-3 に示す。振動測定に際しては、支間中央で 2 名から 4 名の人間の跳躍により減衰自由振動を発生させて加速度波形を集録し、パワースペクトルのピーク値から固有振動数、ピーク成分をフィルタリングした

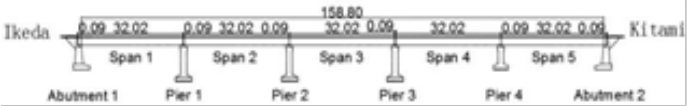


図-1 対象橋梁一般図

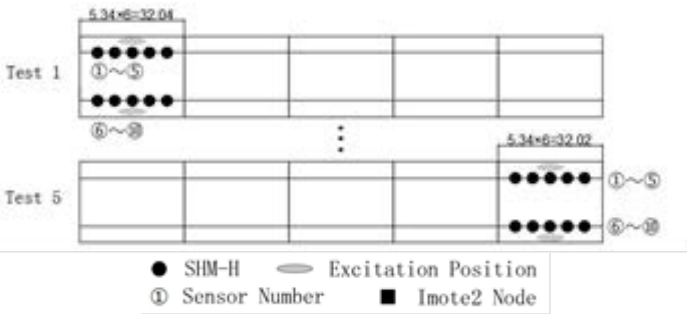


図-2 センサー配置

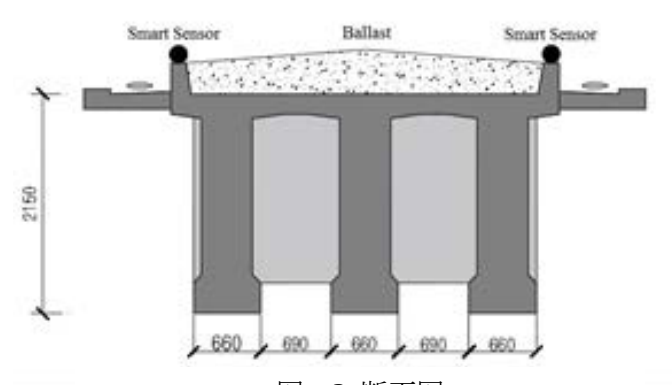


図-3 断面図

表-1 1次固有振動数の比較

Span	2015.11.6 (Hz)	2016.2.11 (Hz)	Difference
1	4.20	4.85	+0.65 Hz +15.5 %
2	3.93	4.41	+0.48 Hz +12.2 %
3	4.00	4.41	+0.41 Hz +10.3 %
4	4.34	4.41	+0.07 Hz +1.57 %
5	4.11	5.02	+0.91 Hz +22.1 %

波形の振幅比較からモード形状を同定した。サンプリング周波数は 280Hz であり、1 回の計測時間は 60 秒間である。振動測定実験は、積雪や地盤凍結が始まる前の 2015 年 11 月 6 日と、冬期で積雪があり地盤凍結も進んだ 2016 年 2 月 11 日に行った。なお、2 月の測定では実験時間の短縮を目的として各径間のセンサー数を 6 基とする一方、曲げ逆対象モードを励起するために、支間中央と支間 1/4 点でも加振を行った。

4. 実橋梁の振動測定結果

測定結果の一例として 1 次モードの固有振動数の 11 月と 2 月で比較した結果を表-1 に示す。支間長はほぼ等しいにも関わらず、各径間の固有振動数には違いがあり、第 2、第 3 径間で低い傾向がある。本測定では人力による跳躍加振を用いており振動振幅が小さいため、桁と下部構造が一体となったラーメン構造のように挙動したと考えられる。このため、橋脚高が高い第 2、第 3 径間で固有振動数が低くなったと考えられる。11 月と 2 月の比較については、2 月の測定では全ての径間において 1 次固有振動数が上昇しており、その平均は 12%程度と比較的大きく、何らかの構造的な変化が生じたと考えられる。その原因として、バラストの凍結による剛性の上昇のほかに、低温によるコンクリートの動弾性係数の上昇などが考えられる。このうち、低温によるコンクリート部材の固有振動特性の変化を確認するために、供試体を用いた振動測定実験を行った。

5. PC 供試体に対する振動測定

供試体として、図-4 のような長さ 3000mm、高さ 200mm、辺 200mm の H 型 PC パイルを支間長 2800mm で単純支持した。測定はサーボ型加速度計を 3 基使用し、サンプリング周波数は 1000Hz、測定時間は約 16 秒とした。供試体の温度は赤外放射温度計で温度分布を確認し、 -23.3°C と -7.8°C と 13.9°C で測定した。結果の一例として、各温度における 1 次固有振動数を図-5 に示す。測定は各温度で 3 回行い、その平均は -23.3°C で 41.81Hz、 -7.8°C で 39.42Hz、 13.9°C で 38.85Hz となった。この結果から、PC 部材は温度変化によって固有振動数が変化することが確認できるが、その変化率は本研究の実橋梁で測定された変化より小さい。

6. 結論

本研究では同一支間長を有する多径間の実橋梁を対象に、径間ごとの固有振動モードに違いが生じることを明らかにし、固有振動数の季節変動の要因について検討した。その結果、PC 部材の固有振動数は、温度変化によって変化することが供試体実験で確認できたが、実橋梁ではバラスト中の水分の凍結なども剛性を上昇させる要因となっていると考えられ、実際の構造物の挙動をより詳細に把握する必要がある。

謝辞

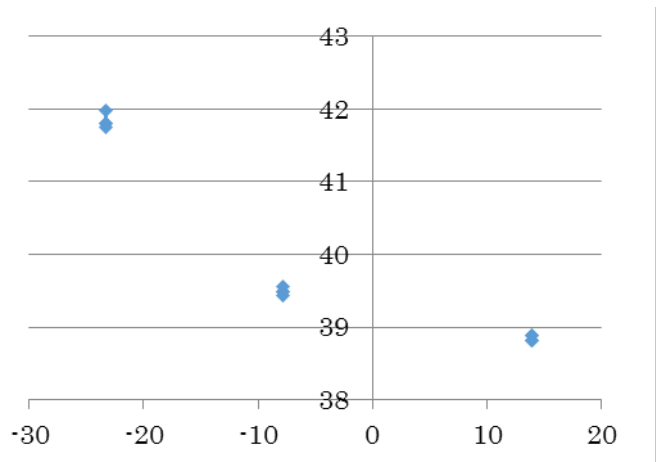
本研究は科学研究費(基盤(C) 15K06176)の支援を得て行われました。また実橋梁実験の実施に際しては、北見市の関係部局ならびに北見工業大学の学生諸氏の協力を得ました。また、PC 杭は會澤高圧コンクリート株式会社から提供を受けました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) Y. Miyamori, Y. Zhang, T. Kadota and S. R. Harichandan: Dynamic Experiment of a 5-Span Railway PC Bridge, 土木学会北海道支部論文報告集第 72 号, A-33, 2016.



図-4 PC 杭供試体



(縦軸:振動数(Hz), 横軸:供試体表面温度(°C))

図-5 供試体の 1 次固有振動数の温度変化