

13年間供用した3径間連続PC高架橋の全体系振動計測

Vibration measurement of a three-span continuous PC viaduct serviced for 13 years

北見工業大学大学院工学研究科	学生員	○潘凱凱	北見工業大学社会環境工学科	正会員	宮森保紀
北見工業大学大学院工学研究科	学生員	綿崎良祐	北見工業大学社会環境工学科	正会員	三上修一
			株オリエントタルコンサルタンツ	正会員	門田峰典

1. はじめに

近年、構造物の新しい振動測定手法として、情報処理機能と無線通信機能を備えたスマートセンサーの活用が期待されている。一方、スマートセンサーを用いた一般的な道路橋での測定例は少ない。著者らは、スマートセンサーを用いて、13年間供用した3径間連続PC高架橋の主径間のみで振動測定実験を行うとともに、供用前である2001年11月に行った振動測定実験の結果との比較を行ったが、全体系の固有振動特性は未計測だった¹⁾。スマートセンサーはケーブリングが不要であるため、振動測定中にセンサー配置を変更することも比較的容易に行うことができる。多径間の橋梁ではセンサー数の制約から、全体系ではモード形状を詳細に把握することは難しかったが、スマートセンサーを用いれば、限られたセンサー数でも比較的容易に詳細な

モード形状を得ることが可能となる。そのため、本研究ではスマートセンサーを用いて橋全体系の振動測定実験と径間ごとの振動測定実験を行った。また、橋全体系のFEM解析を行い、測定結果との比較を行った。

2. スマートセンサー (Imote2)

本研究において使用するスマートセンサーシステムはMEMSIC社のImote2である。センサーボードはイリノイ大学において開発されたSHM-H²⁾を使用している。スマートセンサーを操作するためのアプリケーションプログラムとしては、JIPテクノサイエンス社のBHELMOを用いる。測定基地と測定センサー間の通信には測定センサー間で通信を迂回するマルチホップ通信を用いる。

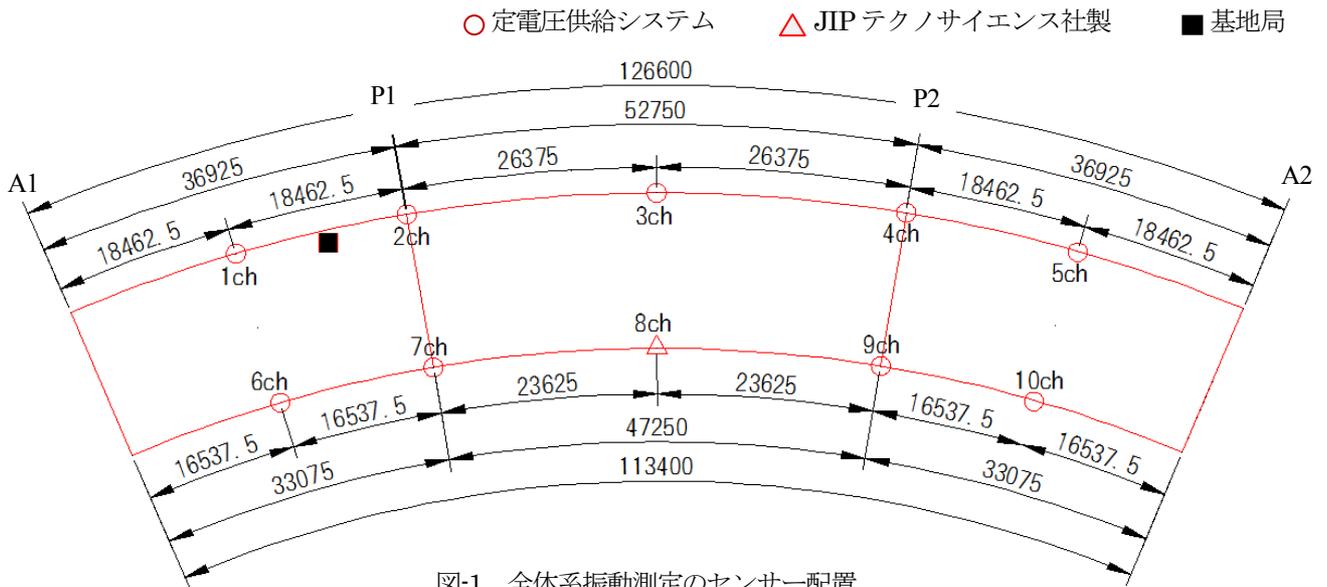


図-1 全体系振動測定のセンサー配置

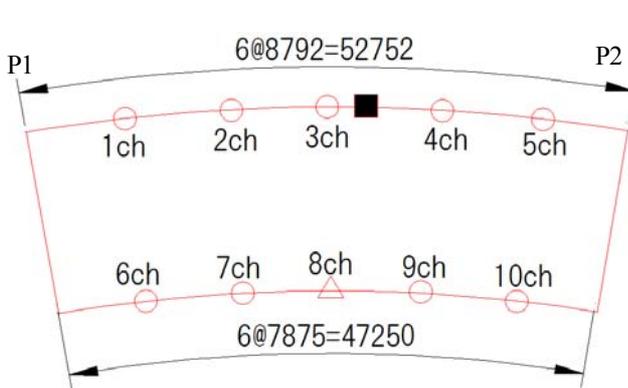


図-2 第2径間(主径間)のセンサー配置

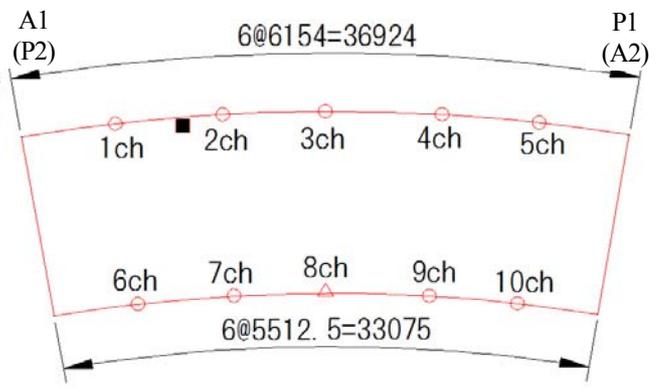


図-3 第1,3径間(側径間)のセンサー配置

キーワード：スマートセンサー、振動特性同定、振動測定実験

連絡先：090-0857 北見市公園町165 北見工業大学社会環境工学科 Tel:0157-26-9472 email:miyamoya@mail.kitami-it.ac.jp

3. PC 高架橋における振動測定実験

3.1. 実験対象橋梁と実験方法

本実験の対象橋梁は平成13年に供用開始したポストテンション方式3径間PC連続箱桁橋である。橋長は120m(側径間33.8m,中央径間50m)、幅員15.5m、 $R=150m$ の曲線橋である。全体系の振動測定は図-1に示すように外周・内周にセンサーを計10基設置した。図-2、図-3は主径間と側径間における径間ごとのセンサー設置図である。本橋はコンクリート系橋梁で振動振幅が小さいため、z軸方向の感度が高いSHM-Hセンサーを用いた。センサーは鋼板上に両面テープで固定し、地覆上に設置した。

実験では簡易に測定を行うため、交通を解放した状態で行い、車両通行により生じる交通振動を加振源として路線バス等の大型車の通行に合わせて測定を行った。サンプリング周波数は280Hz、データ点数は16800点とし、3軸の加速度を測定した。

3.2. データ処理手法

測定した加速度データのうち鉛直方向のみを解析する。測定した加速度時刻歴波形をパワースペクトルに変換し、卓越振動数のピークを固有振動数とする。モード形状は得られた振動数領域のデータにバンドパスフィルターを適用して、その振動振幅について測点ごとの極大値の関係からモード形状を求める。

3.3. FEM 解析

FEM解析は設計図書³⁾を参考に、上部構造のみについてTDAPIIIを用いて3次元梁要素でモデル化し、固有振動解析を行った。側径間は8分割、主径間は10分割している。支承は3軸方向のばねと橋軸直角方向の回転ばねとした。

3.4. 実験における振動特性同定

図-4には全体系の振動測定および全体系のFEM解析より得られた固有振動数とモード形状を示す。図-4に示しているように、全体系の1次固有振動数は実測とFEM解析でほぼ一致しているが、FEMはやはりモデルであるため、高次の固有振動数の実験値と解析値の差が大きくなっている。また、モード形状の振幅において外周側は内周側に大きくなっている。外周側と内周側の支間長とモード振幅の比を比較した結果、外周側と内周側の支間長比は0.896、モード振幅比は0.881であり、一定の相関があると考えられる。本実験では、測点数が少ないため、全体系の測定結果では2次以上のモードはモード形状が十分に再現できていない。そこで、図-5に径間ごとの固有振動数とモード形状を示す。

図-5では径間ごとに全体系の測定結果とほぼ同じ振動数でモードが得られた。各径間のモード形状を同じ固有振動数で繋ぎ合わせてみると、1次と2次では全体系のFEM解析と近似な形状であり、径間ごとの測定結果を組み合わせることで、より詳細なモード形状を得ることができた。しかし、主径間の3次モードではモード形状が乱れており、図-4の全体系の結果と整合しない。これは、測定時にこのモードの振動が十分に励起されなかったことが考えられ、加振条件が同一で無い径間ごとの測定結果を統合する方法については、さらに検討する必要がある。

4. まとめと今後の課題

本研究はスマートセンサーの実橋梁振動測定への適用を目的として、複数径間を有する道路橋において全体系の振動測定と径間ごとの振動測定を行った。FEM解析と比較したところ、本橋における鉛直方向の1次固有振動数と振動

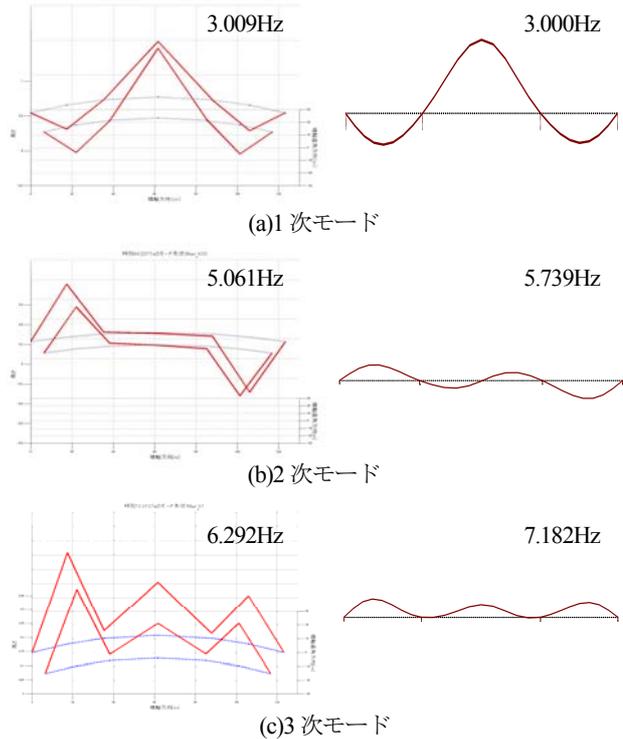


図-4 全体系測定結果(左)とFEM解析結果(右)

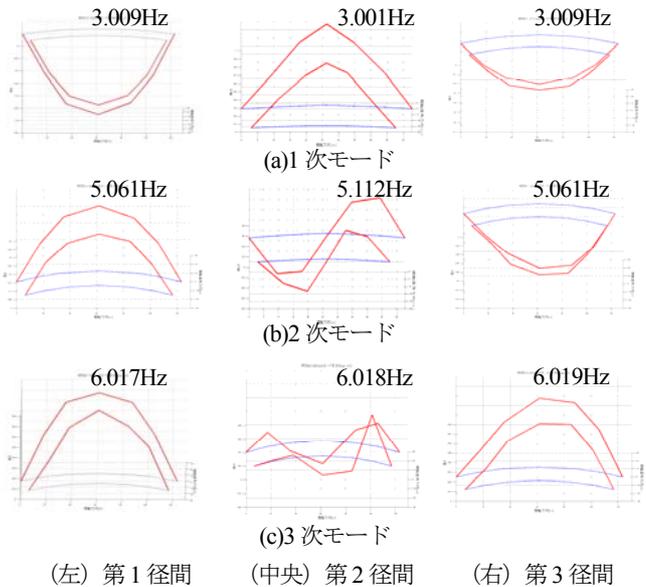


図-5 径間ごとの振動測定結果

モードを同定することができた。また多径間橋梁では、全体系のモード形状を詳細に把握することは難しいが、スマートセンサーを用いて限られたセンサー数でも、効率的に径間ごと測定を組み合わせることが可能と考えられる。

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金(若手研究(B)、課題番号:25870025)ならびに鹿島学術振興財団の研究助成による支援を得ました。

参考文献

- 1) 綿崎、岡本、宮森、三上、山崎: 橋梁振動測定のための Imote2 スマートセンサーにおける定電圧供給システムの改良、土木学会第68回年次学術講演会 CS6-008, 2013.
- 2) ISHMP: SHM- Sensor Board High-Sensitivity Accelerometer Sensor Board Datasheet and User's Guide, 2009.
- 3) 北見市: 野付牛高架橋上部工設計計算書、平成11年度、1999.