

誘導路橋梁の長期モニタリングによる振動特性に関する検討

清水建設(株) 正会員 ○稲田 裕
成田国際空港(株) 正会員 金子雅廣・白井洋史・匂阪興平

1. はじめに

インフラ再生に向けた研究開発が加速する中で、モニタリングによる性能評価への注目も高くなっている。加速度計測により振動特性を観察し、性能変化を監視する研究も進められているが、温度等の環境条件の影響が大きいこと、局所的な損傷の抽出が難しいこと等の課題も明らかになっている。課題の解決には、振動に影響する種々の物理量のデータを蓄積し、変数間の関連性の評価を行う等、幅広い視点からの検討が必要と考えられる。著者らは、成田空港誘導路の合成床版橋梁について、施工時から継続的にひずみ、温度等の計測を継続し、施工時の安全性、温度や航空機载荷による変形特性の評価等の様々な検討を進めてきた。また、供用後には画像監視システムと振動計測の導入を図り、長期的な性能監視に向けた基礎データの蓄積を進めている。本報では、加速度計測により得られた振動特性と維持管理への適用に向けた考察を示す。

2. 計測システムの概要

計測橋梁と計測機器の配置を図1に示す。施工中からコンクリート、鉄筋等のひずみ計と熱電対等の132個のセンサを構造体内に設置し、2012年6月8日のコンクリート打設と同時に計測を開始した。これらのセンサは、航空機メインギア(主翼下の主脚)の通過が想定され、荷重条件が厳しい位置(図中青丸)に集中的に配置されている。そして、竣工前に実施した実航空機を用いた载荷試験時や供用

下における応答特性等に関する検討を実施してきた^{1),2)}。一方、加速度計測は载荷試験時、供用開始後から試験的な計測を継続し、2014年からは図1に赤で示すようにサーボ型加速度計の桁内への設置を行った³⁾。橋軸方向の計測位置は、各径間3箇所、合計6箇所とし、桁G37とG38の間の下フランジ上面に加速度計を固定した。

供用開始後は2Hzで全データの収録を継続しているが、定期的にサンプリング周波数を100Hzに上げてデータを収録し、振動特性の評価を実施した。夏期(2014年8月12日)の航空機通過時について、橋軸方向にほぼ同一断面の加速度(ACC-a2)とコンクリートひずみ(CX1-U)の30秒間の波形の例を図2に示す。加速度波形には2つの径間の走行時に各々ピークがあり、航空機が図1の左から右に通過したため1つめの変動が大きい。一方、ひずみの計測波形では、メインギアがひずみゲージの近傍を通過するときのみ圧縮ひずみが増大している。

3. 橋梁の振動特性評価

加速度計測データについてFFTを用いた周波数解析を行い、振動特性の把握と季節変動特性の評価を実施する。夏期(8月12日)と冬期(12月18日)の計測結果から、径間中央a2におけるフーリエスペクトルを図3に示す。両結果とも幾つかのピークが観察されるが、1次の固有振動数と推定されるピークが各々5.9Hzと7.0Hzに見られる。高次の固有振動数についても夏期と冬期で振動数に変化が見られ、夏期の振動数が低い傾向がある。この変動傾向は、温

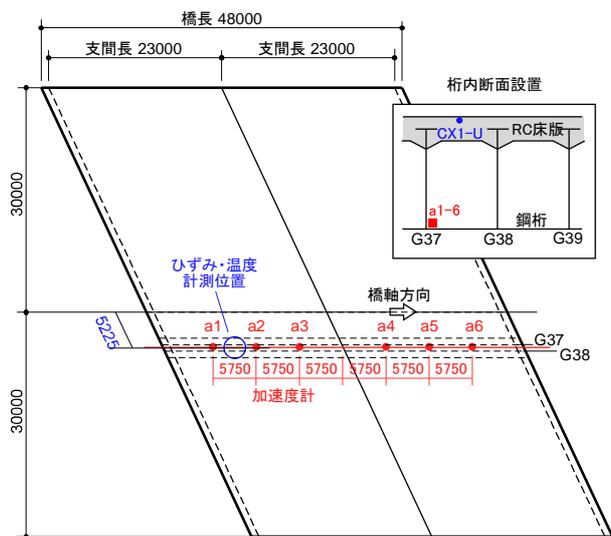


図1 計測機器の配置

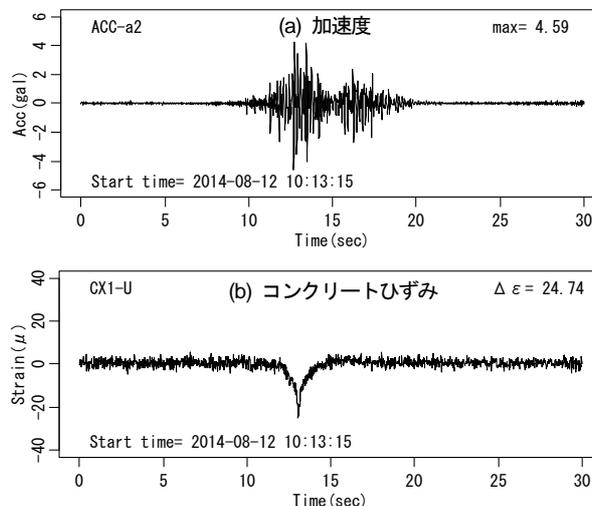


図2 航空機通過時の変動波形

キーワード 合成床版, 構造モニタリング, 振動計測, モード解析
連絡先 〒135-8530 東京都江東区越中島3-4-17 清水建設(株) 技術研究所 Tel 03-3820-8315

度変化に伴う部材の剛性変化や、支承の剛性、支持条件の変化に依るものと考えられる。

次に図3の冬期の結果について、各計測点のフーリエスペクトルから計測点 a2 を基準とした伝達関数を算定し、第一のピーク周波数におけるモード形状を求めた結果を図4に示す。第一径間と第二径間の波形は逆位相の変動を示し、橋軸方向の1次の振動モードであること分かる。一方、結果は省略するが、第二、第三のピークでは橋軸直交方向の振動やねじれ振動の発生が推測される結果が得られた。モード形状は損傷等の影響を直接表す指標として有効なため、モード解析法の改良や構造解析との連携を図り、モード特性の解明に向けた検討を今後継続して行う。

4. 長期的な変動特性の検討

夏期と冬期の種々の計測値について変動特性を比較し、性能監視への適用性の検討を行う。はじめに、ひずみ計測位置のコンクリート温度と1次の固有振動数の関係を図5に示す。なお、通過航空機は8月12日が19機、12月18日が40機である。温度変化に伴う固有振動数変化は大きく、冬期から夏期への平均気温 26.1℃の増加に対する固有振動数の低下量は0.81Hzである。ただし、各日の固有振動数の

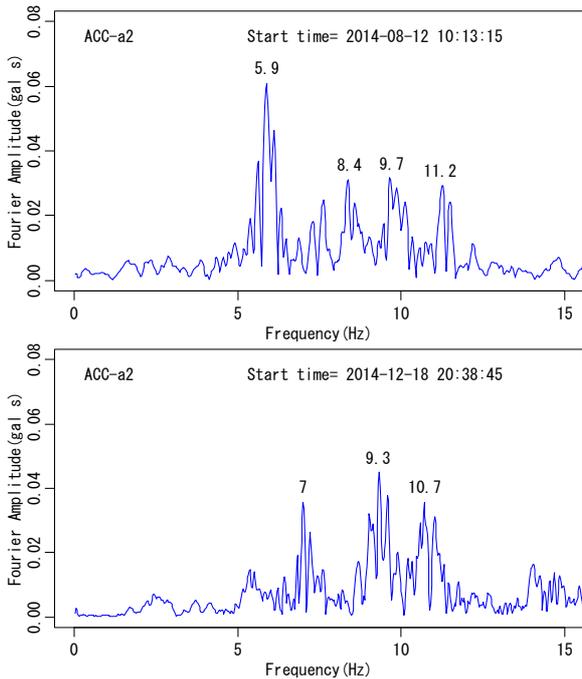


図3 フーリエスペクトル (上 8/12, 下 12/18)

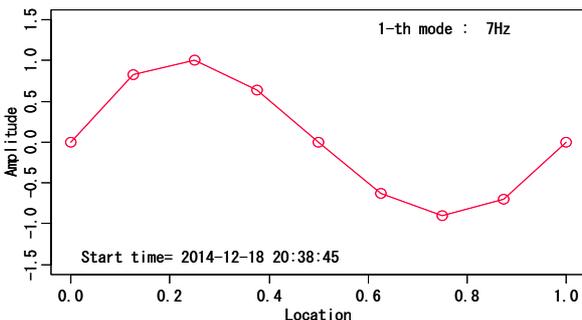


図4 1次の振動モード形状

標準偏差も 0.2Hz 程度であり、ばらつきも比較的大きい。このばらつきの原因は、通過する航空機の型式や重量、走行状態などが考えられ、今後詳細な検討が必要である。

次に、図2中のひずみの変化量と加速度の最大値の関係を図6に示す。両変数ともにばらつきが大きいが、夏期と冬期の傾向には差異が見られる。各々のデータの線形回帰の結果を図中に点線で示すが、ひずみと加速度の関係の傾きは冬期の結果がやや大きい。この結果はばらつきが大きく、かつ限られたデータによる考察であるが、データの蓄積によりこのような関係を導くことができれば、変動傾向の変化や異常値の発生の検出のために有効と考えられる。

5. おわりに

本報では、施工時から概ね2年半継続している誘導路橋梁モニタリング結果から、振動特性に関して検討を行った結果を示した。対象橋梁では温度の季節変化や通過航空機の条件によって振動性状に差異が生じていることが分かった。今後は、温度や通過航空機重量と振動特性の関連性の評価を継続するとともに、構造解析との連携や振動計測の改良により詳細なモード特性の評価を実施し、損傷や性能変化の評価手法の構築に向けた展開を進めていく。

参考文献

- 1) 堀ら: 大型航空機荷重に対応した合成床版橋の実機載荷試験および解析的検討, 土木学会第68回年次学術講演会, I-296, 2013.9.
- 2) 金子ら: 大型航空機を対象とした誘導路橋梁コンクリート床版の使用性能の評価, 土木学会第68回年次学術講演会, I-297, 2013.9.
- 3) 稲田ら: 誘導路橋梁モニタリングの供用下の運用とシステム更新, 土木学会第69回年次学術講演会, VI-461, 2014.9.

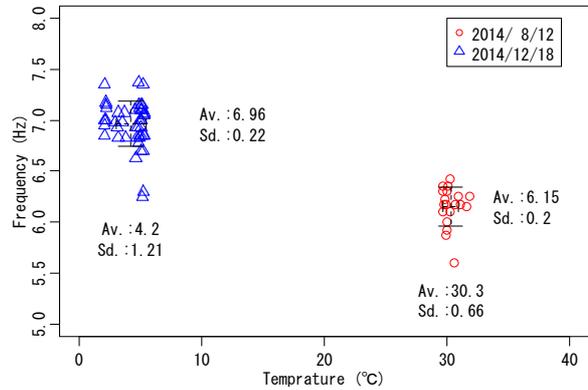


図5 コンクリート温度と固有振動数の関係

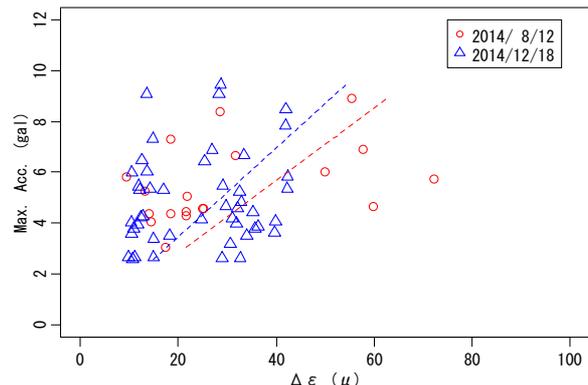


図6 ひずみ変動と最大加速度の関係