

誘導路橋梁の振動特性の季節変動に関する検討

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・尾関将克・出山裕樹

1. はじめに

著者らは、成田空港誘導路の合成床版橋梁について、施工時からひずみ、温度等の計測を継続し、施工時の性状監視、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^{1),2)}。また、供用開始後には航空機の重量推定を目的とした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振動特性の評価にも着手した³⁾。本報では、2015年度に計測されたデータから、特に振動特性等の季節変動について分析を行った結果を示す。

2. 計測状況と計測データ

計測橋梁と計測機器の配置を図1に示す。2012年6月のコンクリート打設施工から、計132点のコンクリート、鉄筋等のひずみと温度の計測を継続している。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。さらに、2014年度には、図1に赤で示すように各径間3箇所、合計6箇所のサーボ型加速度計を設置し、振動特性の評価を進めている。

供用開始後は2Hzで全データの収録を継続しているが、2015年度は季節毎の4回、各一日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。計測データの例として、2016年3月3日の航空機通過時における加速度（ACC-a2）と近傍に位置する鋼桁下フランジ鋼版ひずみ（BFLX）の40秒間の波形を図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の右から左に通過したため2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計測位置を通過するときのみ引張りひずみが増大している。

3. 周波数解析による振動特性評価

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、振動特性の季節変動の評価を実施する。冬期（3月3日）と夏期（7月24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。1次の固有振動数と推定されるピークが各々6.6Hzと6.1Hzに、2次が8.7Hzと8.1Hz見られる。さらに高次の固有振動数も含めて、夏期と冬期で振動数に変化があり、夏期の振動数が低い傾向がある。この変動傾向は、温度変化に伴う部材の剛性変化や、支承の支持条件の変化に依るものと考えられる。

また1次と2次のピークの大きさは、概ね1次モードが卓越している結果が多く見られたが、図3下に見られるように2次が卓越している場合もあった。そこで図3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、各々卓越する1次と2次のモード形状を求めた結果を図4に示す。上図の冬期の1次モードでは、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、下図のように2次モードが卓越する場合は、2次モードでは第一径間と第二径間が概ね同位相を示し、橋軸直交方向の振動を生じていることが推測される。橋軸方向のみの加速度計の配置のため、詳細な検討は難しいが、航空機の重量や通過位置の影響等が考えられる。

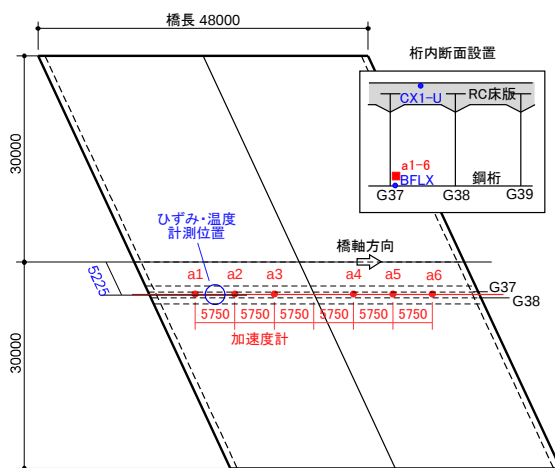


図1 計測機器の配置

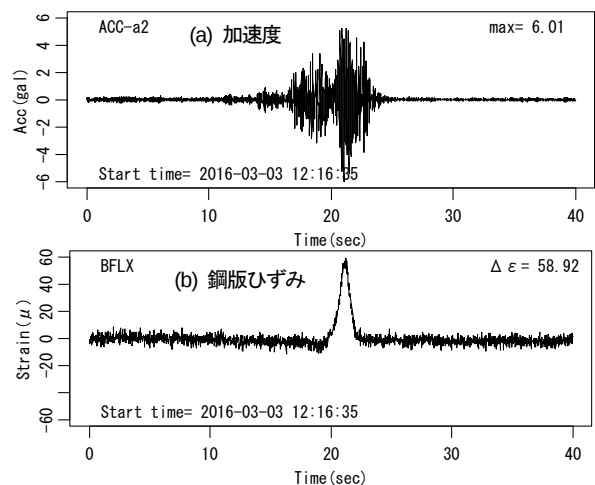


図2 航空機通過時の変動波形

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

4. 振動特性の温度、ひずみとの相関分析

年間4回の計測結果について、気温に対する1次、2次の固有振動数の関係を各々図5に示す。図中には各日の温度と振動数の平均の位置を●で、振動数の標準偏差の大きさを実線で示した。1次、2次の結果ともに、気温に対する固有振動数の変化は明確な負の相関関係を示している。直接の回帰式の算定は適切ではないが、約20度の温度変化に対する振動数の変化は、1次が0.5Hz、2次が0.8Hzである。またどちらの結果についても、温度に対する振動数のばらつきは大きく、特に2次の結果の標準偏差は大きい。この原因は、通過する航空機の重量や走行状態の違い、さらに波形分析の精度にもあると考えられる。2次モードでは、橋軸直交方向やねじれによる振動の卓越振動数が近接しており、分離が難しい場合も見られた。波形処理方法の改良を加えるとともに、航空機の重量の振動特性に与える影響を考慮することにより、ばらつきの低減が期待できる。このような気温に対する振動特性が把握できれば、支持条件や部材の損傷などの発生の検出に向けた評価が可能となる。

次に、ひずみと加速度との関係の評価を行う。ここでは、図2の40秒間の加速度波形の実効値(RMS値)を求め、航空機通過の間に計測位置で受けた振動の大きさを表すこととした。図2(b)の鋼版ひずみの最大値と計測位置a2における加速度波形のRMS値との関係を図6に示す。両変数ともにばらつきが大きい、正の相関が見られるとともに、季節により傾向に差が生じていることが分かる。各計測回のデータの線形回帰の結果を図中に点線で示す。3月のデータにやや異なる傾向が見られるが、ひずみに対する加速度

のRMS値は気温の高い夏期の方が全体に高く、その傾きは概ね等しい。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明確にすることができれば、加速度計測による全体性状の評価から、局所的なひずみの大きさを把握することが可能となり、長期的な性能監視にも有効と考えられる。

5. おわりに

本報では、誘導路橋梁の計測データの周波数解析により、対象橋梁の振動特性や温度影響に対する変動の評価を行った。また、振動の評価指標としてRMS値を用いることにより、加速度とひずみ変動の関係の評価を実施した。今後は、航空機の重量の影響評価の導入や解析手法の向上を図り、これらの特性値の関係をより明確とすることによって、対象施設の長期的な安定性や変状の検知等、計測の維持管理への適用に向けた検討を進めていく。

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68回年講，I-296，2013。
- 2) 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69回年講，VI-461，2014。
- 3) 稲田ら：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，土木学会70回年講，VI-120，2015。

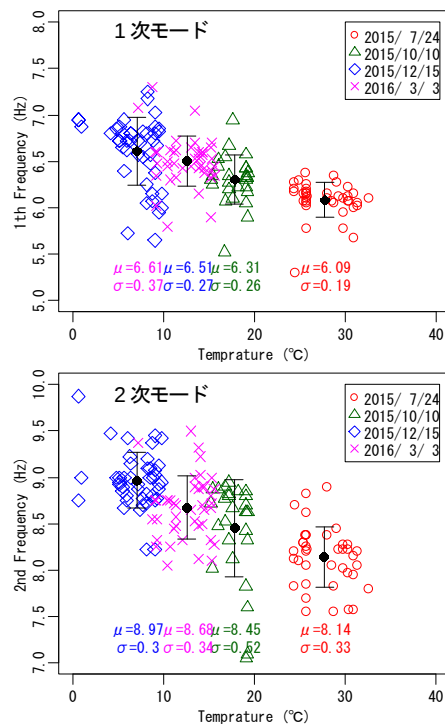


図5 気温と固有振動数の関係

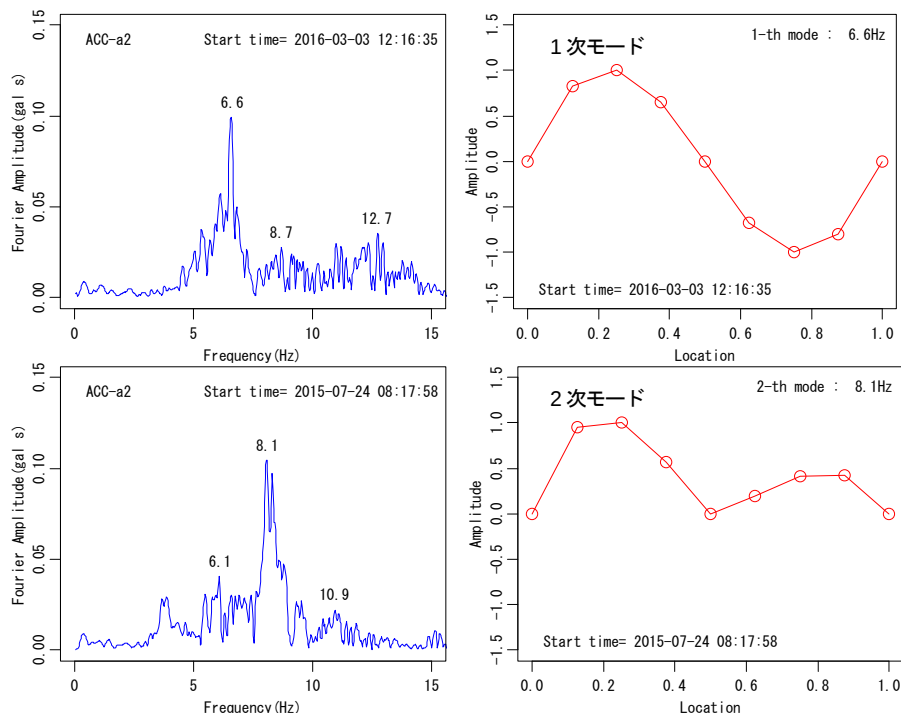


図3 フーリエスペクトル(上3月, 下7月)

図4 モード形状(上1次, 下2次)

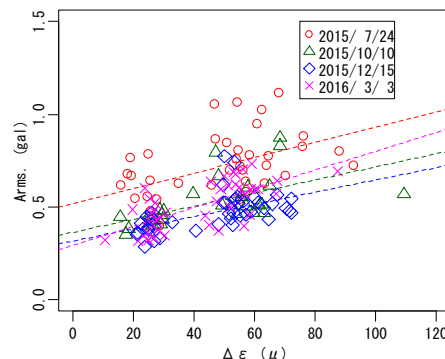


図6 ひずみと加速度の関係