

FWD 試験による空港誘導路橋梁の変形・振動特性の検討(その 2)

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

本報では(その1)に続き、FWD 試験時に得られた加速度データから対象橋梁の振動特性を求めた結果を示す。振動特性については、これまでも航空機通過時の加速度データを用いた評価を行い、温度変化に対する固有振動数の変動や、加速度から求めたたわみ変化と航空機重量との関係を解析と連携した評価により明らかにしてきた¹⁾。しかし航空機通過時の強制振動には航空機重量や走行条件の影響が大きく、得られた振動特性のばらつきが大きいことも分かった。そこで本報では、FWD 試験時の振動波形の分析を行い、航空機の影響を排除した橋梁の振動特性の把握を図る。また、既存の航空機通過時のデータについても、減衰振動部分を抜き出す処理を行い、FWD 試験から得られた結果や既往の成果との比較を行う。

2. FWD 試験による振動特性の評価

機器の配置は(その1)で示したが、4点のFWD 载荷位置(LP1~4)と6点の加速度計の設置位置(a1~6)の位置関係を明らかにするために、近傍を拡大したものを図1に示す。中心軸上の加振(LP2, 3)は軸方向の固有振動モードの把握、側径間側(LP1, 4)は橋軸直交方向やねじれモードの影響の把握を目指したものである。

昨年6月から本年3月まで4回行ったFWD 試験の結果から、12月23日に行った試験結果を例として、载荷位置による振動特性を比較した結果を示す。なお、試験時の気温は4.1℃であった。载荷位置を橋梁中心軸上、径間中央のLP2とし、4回の打撃を行った時の計測点a2における加速度変化を図2に示す。得られた加速度の振幅は、機体通過時と比べると大きい。さらに载荷位置をLP2とLP3として

得られた加速度波形について、周波数スペクトルを求めた結果を図3に示す。なお、周波数スペクトルの算定には、6箇所の加速度データの相関を考慮した多変量自己回帰(VAR)モデルを用いた。中心軸上LP2に载荷した場合は、1, 2次の卓越振動数は各々6.92Hzと9.27Hzに見られ、既報¹⁾の計測や解析により求められた固有振動数の傾向と一致している。また、エネルギーの大きな加振により、高次までの振動モードの把握が可能となった。一方、側径間LP3の結果では、1次は8.49Hz、2次は10.21Hzと卓越振動数が高くなり、LP2の結果で見られた橋軸方向の1, 2次の固有振動数に対応するピークは見えにくくなる。側径間への载荷では、既報でも示したように、橋軸方向以外の振動モードが卓越し、橋軸方向の固有振動の検出が難しい。

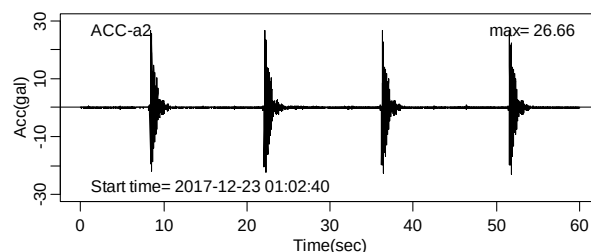


図2 载荷時の加速度波形(载荷位置 LP2)

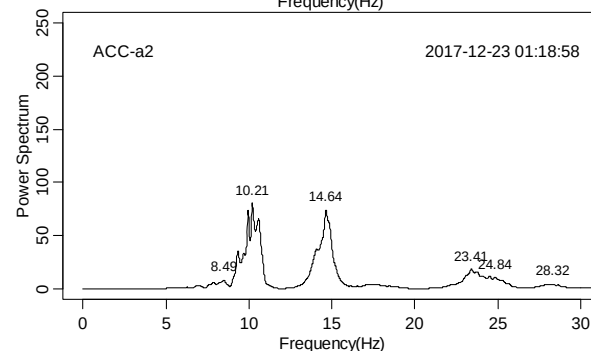
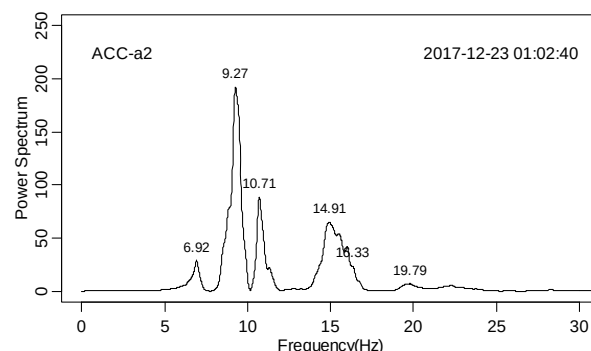


図3 周波数スペクトルの比較(上 LP2, 下 LP3)

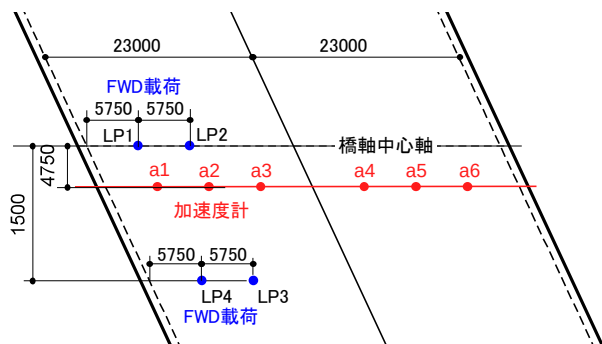


図1 载荷位置と加速度計測位置

キーワード 合成床版, FWD 試験, 振動計測, 固有振動解析

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

3. 航空機通過時の振動特性の評価

航空機通過時の加速度波形の例を図4に示す。二径間を通過する際に大きな二つのピークが生じ、さらに複数の車輪の通過に伴う複雑な波形となっていて、明確な減衰波形が見られない場合も多い。図1の右から左へ到着機が通過する際の計測位置 a2 で減衰波形が得られることが多いため、該当する波形を選び、エネルギーのピークを検出し、その後の減衰波形を図4の赤で示すように切り出した。

図4の機体通過時の元波形と切り出した減衰波形について、FFTにより周波数スペクトルを求めた結果を図5に比較する。両結果は傾向は類似しているが、減衰波形から得られた結果はエネルギーが小さく、高次のモードは検出しにくい。また、機体通過波形から得られた2次固有振動数は、減衰波形の結果に比べやや低い結果となっている。これは航空機重量や機体通過による影響と考えられる。

4. 振動特性への温度の影響評価

2015年4月～2017年4月までの12日間の機体通過波形に同様の処理を行い、気温に対する1, 2次の固有振動数の関係を求めた結果を図6に示す。図中の実線は1次回帰の結果、破線は残差の標準偏差の大きさを表す。1, 2次ともに、気温に対する固有振動数の変化は明確な負の相関関係

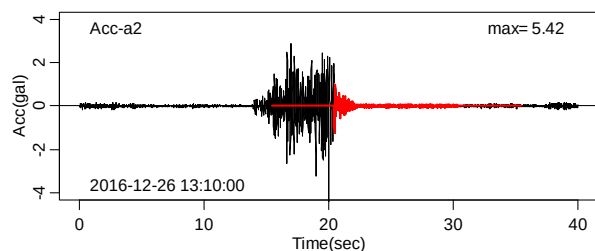


図4 加速度波形と減衰波形の切り出し

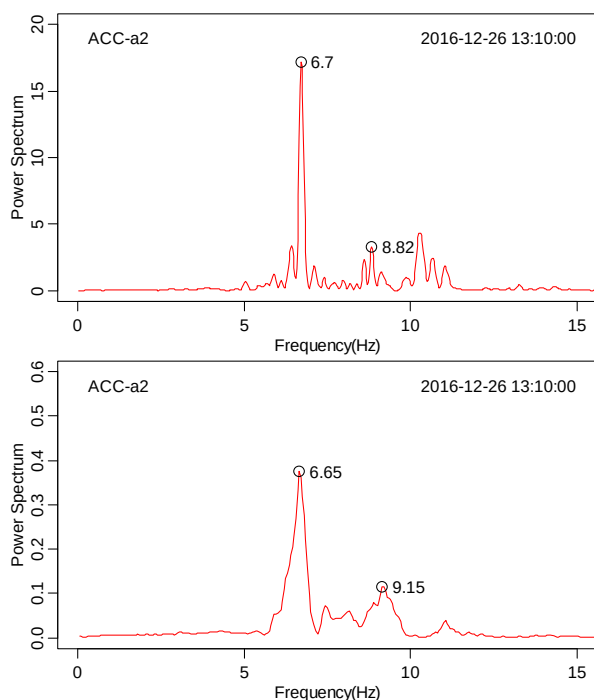


図5 周波数スペクトル (上強制振動, 下自由振動)

を示す。図中の◆で示す FWD 試験時の結果は、1, 2 次とも回帰線の近傍に位置し、減衰波形の評価では橋梁自体の振動特性の把握が可能となっている。また既報の強制振動波形を用いた分析結果と比較すると、両者ともばらつきは大幅に減少しており、機体影響が削減され、橋梁自体の振動特性が顕著に表れたと考えられる。また、1 次は概ね同じ回帰結果となっているが、2 次は全体に振動数が高くなった。強制振動の評価では、機体影響により高次の固有振動数をやや低く評価していた可能性が考えられる。振動特性に基づく橋梁の性能評価では、波形処理による橋梁自体の振動特性の抽出が重要となることが確認された。

5. おわりに

本報その1, 2では、誘導路橋梁において FWD 試験を行い、得られた結果からたわみ曲線や振動特性を把握し、それらの指標と気温との関係の評価を行った。FWD 試験時の加速度計測により、橋梁振動特性の高次モードまでの把握が可能となった。また機体通過時の波形についても、減衰波形を切り出し、振動特性を求めることにより FWD 試験時の結果と類似する結果が得られることが分かった。今後、定期的に FWD 試験と種々の計測を実施し、橋梁のたわみや振動特性の経時変化の把握と、FWD 試験の維持管理への適用性の検討を継続的に進めていく。

参考文献

- 1) 稲田ら：誘導路橋梁の長期計測と構造解析による振動特性の検討, 構造工学論文集, Vol.64A, 2018.

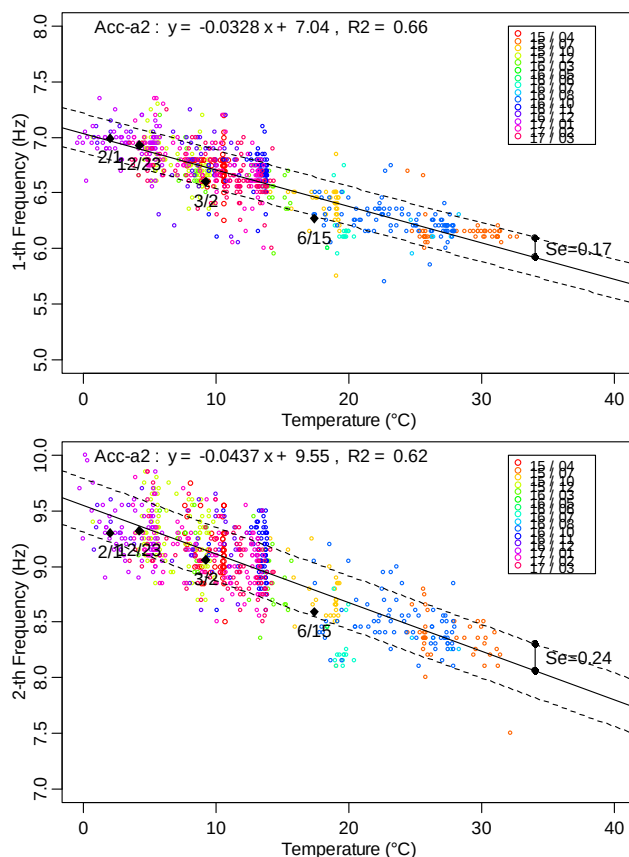


図6 気温と固有振動数の関係 (上1次, 下2次)