

誘導路橋梁の加速度計測データを用いたたわみ変動特性の検討

成田国際空港(株) 正会員 ○ 金子 雅廣・出山 裕樹・尾関 将克
清水建設(株) 正会員 稲田 裕

1. はじめに

著者らは、成田国際空港誘導路の合成床版橋梁について、施工中の2012年6月のコンクリート打設時から約4.5年間に亘って、ひずみ、温度等の計測を継続し、長期的な材料特性の変化の評価や、航空機载荷に伴う部材応答の検討を行ってきた¹⁾。また供用開始後には、航空機の重量推定のための画像監視システムと加速度計を用いた振動計測を導入した。そして、振動特性の季節変動の評価等を進め²⁾、長期的な性能変化の監視や損傷の検出のための指標の抽出等のモニタリングの維持管理への適用に向けた検討を行っている。本報では、日常的な変状監視の方策として、航空機通過時のたわみの計測を活用することに着目し、加速度計測データからたわみ変動を推定し、航空機重量との関係の評価を通じて適用性の検討を行う。

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。図中に赤で示すように、計測装置を設置した箱桁内の軸方向に、各径間3箇所、合計6箇所のサーボ型加速度計を設置した。供用開始後は2Hzで全データの収録を継続しているが、振動特性の評価のために、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ている。

一方、画像計測は、誘導路脇に設置した計測室内にIPカメラを設置し、図中の青矢印の方向から航空機が通過する時のみ画像の記録を行っている。撮影された航空機の画像の例を図2に示す。この例では機種はBowing 787、滑走路

からターミナルに向かう到着機である。そして、航空会社の情報を下に、離発着時の重量の推定を行う。なお、両データともに、計測室内の計測サーバに収録されているが、インターネットを介して遠隔での監視、制御が可能である。

3. 加速度からのたわみの推定手法

構造物の性能変化や損傷の検出に対して、外乱や载荷により生じるたわみの評価は有効な手段となる。しかし、橋梁上の通過車両による振動計測データを2階積分して変位を推定する際には、周辺振動の影響や、加速度計のノイズ、特に変位に影響が大きい低振動数領域のノイズの影響により、変位の算定に数値的な処理が求められることが指摘されている³⁾。

対象橋梁においても、橋梁下の道路を通過する車両による振動の影響とセンサの低振動数領域のノイズによって、変位の積分結果が大きくシフトしたり、挙動が乱れたりするなど、変位の推定精度が低下する傾向が見られた。そこで、加速度データの時間領域での積分の際に、加速度の一次式で表される基線ずれを仮定して補正する大崎の手法⁴⁾による基線の補正を行うこととした。なお、速度の制約条件は評価時間の速度の平均値が0とするとして定義した。

4. 加速度計測データとたわみの推定結果

はじめに、100Hzの連続的な加速度データから、航空機通過時の加速度変動波形を切り出し、時間積分への初期条件の影響の低減のためTurkeyの窓関数によるwindow処理を行った。図1の加速度計測点a2において得られた10秒間の加速度波形の例を図3に示す。得られた振動波形は、図2と同種の中型機体が通過する際のものであるが、最大加速度は5.8galと小さいことが分かる。

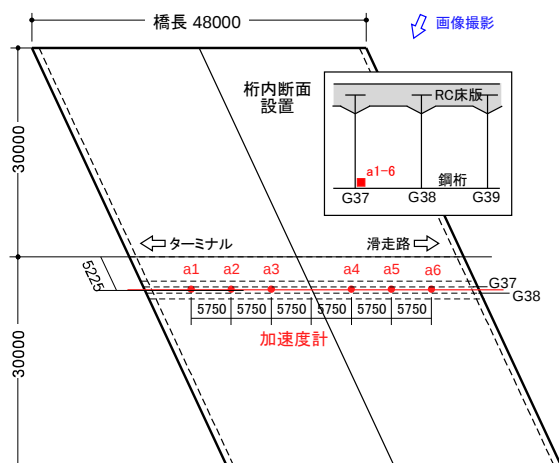


図1 計測機器の配置



図2 通過機体の撮影画像

キーワード 合成床版、構造モニタリング、振動計測、たわみ評価

連絡先 〒282-8601 千葉県成田市成田国際空港内 NAA ビル 成田国際空港(株) 滑走路保全部 Tel 0476-34-5674

次に、図3の加速度の2回積分により得られたたわみの変動波形を図4に示す。上が前項で示した時間領域で2階積分を行い、基線補正を施して得られた結果である。同図下には、FFTにより周波数領域に変換し、2階積分を行った後、逆FFTにより時間領域に復元して得られた結果を比較として示す。両結果は良く一致しており、たわみの推定が安定して行われている。ただし、前後の振動の排除のため、評価時間を10秒と短くする必要があるため、周波数領域の推定では周波数分解能が粗くなり、変位推定値が小さくなる傾向が見られた。そこで以下の検討では、時間領域での積分の結果を用いることとした。

5. 航空機重量とたわみの関係の評価

2015年4月から2016年10月までに8日間の計測データについて、画像から機種を判定し、航空機荷重の推定を行った。評価に用いた機種および離発着便の機数を表1に示すが、1000kN以下の小型機の割合が5割を超えている。得られた航空機荷重と最大たわみの関係は、図5に示すように明確な比例関係を示し、相関係数も0.89と高い。また、固有振動数の場合と異なり、季節による差があまり見られず、温度影響が振動特性より小さいことが分かった。ただし、幾

表1 評価に用いた機体の分布

機体(離陸時荷重)	到着便	発着便
小型機(<1000kN)	215	105
中型機(1000~3000kN)	158	35
大型機(>3000kN)	46	6

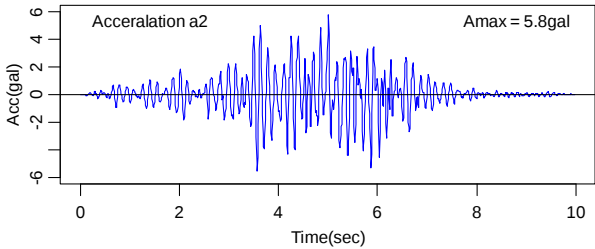


図3 加速度波形(計測位置 a2)

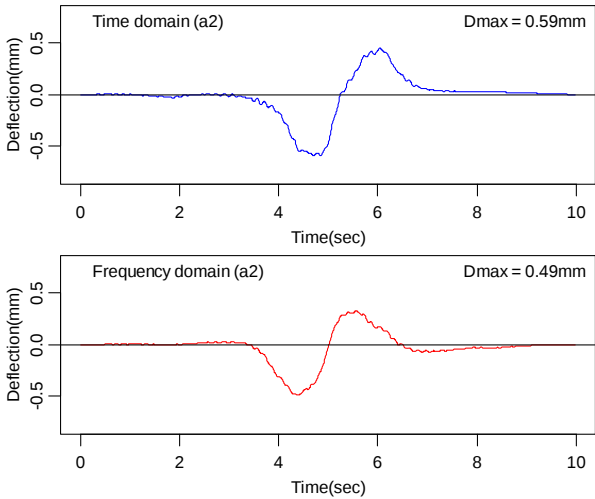


図4 たわみ推定結果(上;時間, 下;周波数領域)

つかのデータが回帰式から大きく外れ、特に割合の大きい小型機のデータにその傾向が強い。この原因には航空機の走行位置や速度の影響が考えられ、変状監視のための評価式の定式化には、このような外れ値の検出と、たわみ推定精度の向上が必要である。比較として、加速度波形からRMS値を求め、航空機荷重との関係を求めた結果を図6に示す。分布傾向はたわみと類似しているが、相関係数は低く、たわみより線形性の低い結果となった。日常管理の指標としては、荷重とたわみの関係は適用性が高い。

6. おわりに

本報では、誘導路橋梁の加速度計測データから2階積分によってたわみを算定し、航空機荷重との関係を整理した結果を示した。本橋梁のたわみは比較的小さいが、たわみ推定法の工夫によって航空機重量との高い相関を有する結果が得られた。このようなデータの蓄積と、評価手法の向上によって、たわみ変状の検出のための評価式を導くことができれば、日常監視の指標として有効と考えられる。

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: 誘導路橋梁の振動特性の季節変動に関する検討, 土木学会 69 回年講, VI-729, 2016.
3) 関屋ら: 橋梁の加速度記録を用いた変位応答算出法の提案, 土木学会論文集 A1, Vol.72, No.1, pp.61-74, 2016.
4) 大崎: 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 1994.

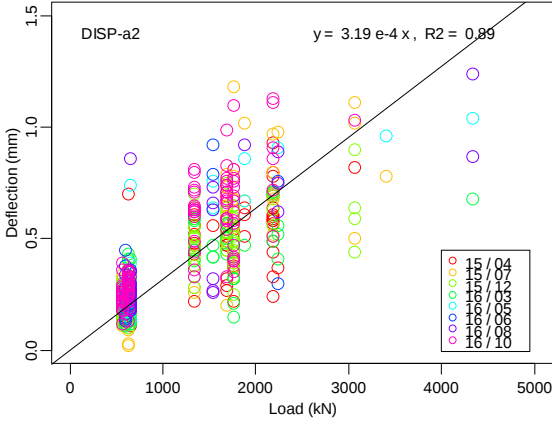


図5 荷重とたわみ最大値の関係

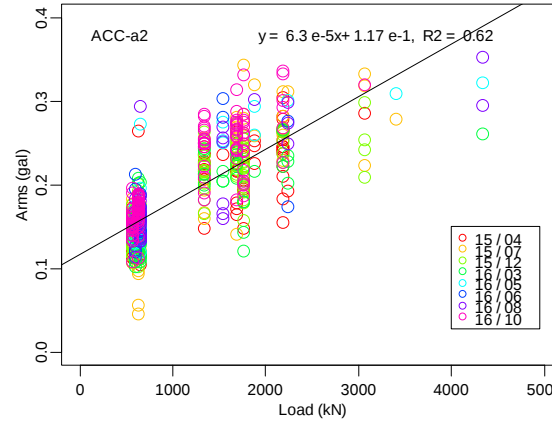


図6 荷重と加速度 RMS 値の関係