

列車荷重を利用したコンクリート橋の固有振動数推定に関する検討

ジェイアール東海コンサルタンツ(株) 正会員 ○加藤 信二郎 正会員 久保木 結

1. はじめに

コンクリート橋をはじめとした構造物の固有振動数を推定することは、構造物の剛性を把握することや健全度を評価する上で重要な指標であり、精度良く固有振動数を推定することが求められる。固有振動数の推定には鉄道構造物の場合は既往の研究より、例えば重錘等を落下または衝突させたり、常時微動や列車荷重を用いたりする方法等が提案されている。いずれの方法においても列車の影響等の外因によるノイズをいかに抑えるかが肝要であり、各種提案されている^{例え1)}。

そこで本研究では列車通過時の加速度測定を実施し、外因によるノイズを限りなく低減かつ包含した上で固有振動数の推定を試みたのでここに報告する。

2. 対象橋りょうおよび測定方法

対象橋りょうは支間長 8.7m の複鉄筋版桁 RC 鉄道橋であり、同一断面を有する上下線のそれぞれの版桁を対象とした²⁾。固有振動数推定のための測定に際し対象橋りょうの支間中央付近の版桁下面に加速度計を取り付けた。測定条件はサンプリング周波数 500Hz とし、列車通過前 1 秒を含む 9 秒間の振動加速度を収録した。

3. 測定結果および固有振動数推定方法

図 1 に測定結果および固有振動数推定方法を示す。図 1 より、測定開始から約 1 秒経過後、列車通過にともなう加速度応答がみられ、その後 1 編成分(16 両)の繰り返し载荷(図の時間軸と平行の両矢印の範囲)にともなう周期的な振動加速度応答がみられ、加速度計直上を列車が通過後(図の加速度振幅と平行の赤色実線以降)、振動が減衰していく。この減衰する加速度成分(以下、自由振動という)がコンクリート橋の固有振動数であると考えられ、図に示すように自由振動部分の FFT により周波数特性を把握することで固有振動数を推定できるものと思われる。

一方で列車通過にともなう加速度応答は、振幅の絶対値や形状は異なるものの列車速度に応じて周期的な加速度応答を示す。この応答は車両長、車軸間距離、台車間中心距離および列車速度によって求まる車軸の繰り返し効果(以下、繰り返し効果という)の影響によるものと知られており³⁾、この繰り返し効果の周波数特性は図 2 に示すような周期的なスペクトル形状となる。このことは自由振動部分を適切に設定しないと繰り返し効果の影響を受けたまま固有振動数を推定することを意味する。

そこで、本検討では 1 編成約 400m 分を基準とし繰り返し効果の有無を確認するため、FFT の範囲を最後尾車両

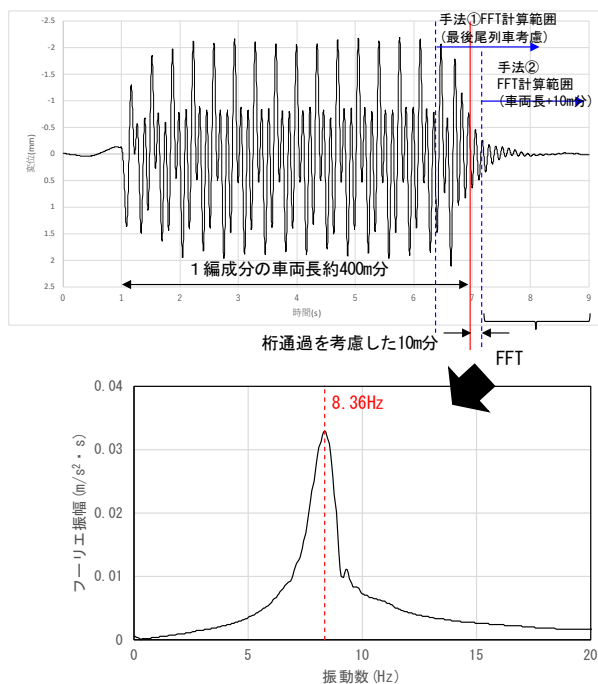


図 1 測定結果および固有振動数推定方法

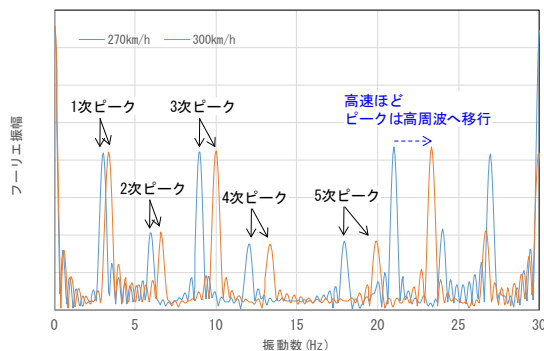


図 2 車軸繰り返し効果によるスペクトル

キーワード 列車荷重, 加速度, 固有振動数

連絡先

〒450-0002 愛知県名古屋市中村区名駅 5-33-10 T E L 052-746-7121

手前からとした手法①および16両目の4軸目が桁(支間長8.7m)を十分に通過するであろう10mを追加した手法②の方法により固有振動数を推定することとした(図1)。

4. 固有振動数推定結果

図3～図5に固有振動数の推定結果として自由振動部分の卓越振動数と列車速度の関係を上下線それぞれに示す。また、図には繰り返し効果によって得られる周期的な振動数ピークを第5次まで併せて示している。この振動数ピークは前述のとおり列車速度の影響を受けるため、列車速度に応じて高周波側に遷移する特徴を有する。

図3より、手法①では卓越振動数は3次ピークの線に示す結果となっている。これは前述したとおり繰り返し効果の影響を大きく受けているためと考えられる。一方、図4、図5に示すとおり、桁を通過後の卓越振動数は列車速度によらず概ね一定の値を示しているものの、一部の列車速度においては3次ピークの線にある。これは桁を通過後の自由振動についても繰り返し効果の影響を多少なりとも受けていることを意味する。そこで、繰り返し効果の影響を受けるものとし、図4、図5に示すとおり全卓越振動数の中央値を求めた(図の横軸との平行線)。卓越振動数の中央値をみると、繰り返し効果の影響を受けている卓越振動数は除外され、卓越振動数の大部分を占める繰り返し効果の影響を受けていない卓越振動数と一致した。また、今回の検討結果では上下線で同一断面を有するものの固有振動数は上り線の方が高い結果となり、上下線で例えば勾配コンクリート厚の差異やバラスト軌道状態の差異の影響などにより、桁の剛性が異なることが示唆された。

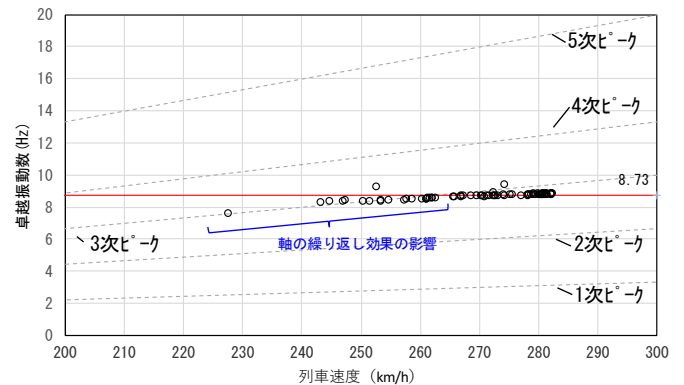


図3 手法①による下り線の固有振動数推定結果

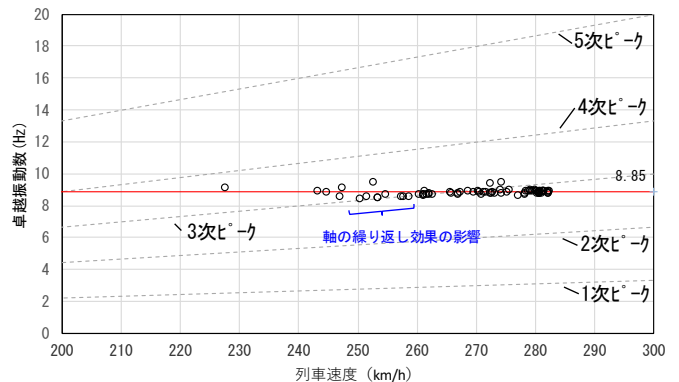


図4 手法②による下り線の固有振動数推定結果

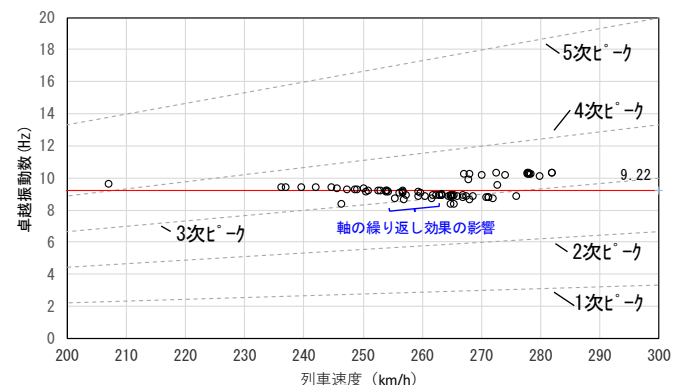


図5 手法②による上り線の固有振動数推定結果

5. まとめ

今回の検討では、列車荷重を利用した桁の加速度応答により自由振動部分の卓越振動数からコンクリート橋の固有振動数の推定を試みた。その結果、自由振動の切取範囲によって繰り返し効果の影響を強く受けることを確認し、桁通過後における測定で得られた自由振動部分の卓越振動数の中央値を求めることで繰り返し効果の影響を包含した上で固有振動数を推定することができた。

今後、今回用いた手法を用いて異なる支間長のコンクリート橋の固有振動数を推定し、同手法の適用性について検討していく。

参考文献

- 1) 吉田幸司, 関雅樹, 田川謙一, 八代和幸: LDV を用いた鉄道高架橋の振動特性評価に関する一考察, コンクリート工学年次論文集, vol. 28, No. 1, pp. 1949-1954, 2006.
- 2) 加藤信二郎, 久保木結, 吉田幸司, 伊藤雄郷: 複鉄筋コンクリート版桁のたわみに関する検討, J-Rail2017, 2017.
- 3) 吉岡修, 芦谷公稔: 新幹線鉄道振動の発生・伝播モデル物理探査, 第48巻第5号, pp. 299-315, 1995.