

鋼鈑桁橋の振動に伴う低周波音の発生部位とその要因に関する研究

首都大学東京 学生会員 ○鳥部 智之 正会員 中村 一史
 高速道路総合技術研究所 正会員 長船 寿一 正会員 岩吹 啓史
 オリエンタルコンサルタンツ 正会員 大竹 省吾 正会員 平栗 昌明

1. はじめに

高架道路からの低周波音苦情に対しては、TMD や中間支柱の設置等の対策が行われているが、いずれも鉛直1次モード(3~5Hz 帯)に着目した対策である。しかし、低周波音の苦情には、鉛直2次モード(10~20Hz 帯)以上の高次振動が影響する事例があり、これらについては対策事例が非常に少ない。一方、近年開通した新東名高速道路の合理化橋梁では、床版や桁の面外振動の影響と考えられる構成部材の少ない構造特有の橋梁振動が報告されている¹⁾。そこで、筆者らは床版の面外の高次振動の影響に着目して、低周波音に関わる苦情と発生部位の関係、苦情原因に応じた対策工、新設橋梁の設計における配慮の3点を明らかにすることを目的に研究を実施している。本稿は、このうち、低周波音の発生部位とその要因に着目したものである。

2. 対象橋梁と低周波音発生の評価方法

対象橋梁は苦情事例の多い鈑桁形式とし、従来の構造と合理化構造に着目した。表-1に分析対象橋梁の諸元を示す。車両走行時の橋梁の振動特性を確認するため、加速度と音圧の計測波形を用いた。周波数分析と卓越周波数帯に対するフィルター波形より、苦情原因となり得る低周波音の周波数と発生部位を明確にした。併せて、橋梁の解析モデルを作成し、固有振動解析、車両走行による時刻歴応答解析を実施し、苦情原因となる振動モードを推定した。

表-1 分析対象橋梁

	橋梁形式	スパン	主桁間隔
A橋(従来)	鋼4径間連続鈑桁(3+2主桁)	29.4m×4径間×2連	4m×2+2m×2
B橋(従来)	鋼3径間連続鈑桁	21m×3径間	3.2m×7(+緩衝増設)
C橋(合理化)	鋼10径間連続2主鈑桁	34.25m+35m×8+34.25m	6.9m
D橋(合理化)	鋼7径間連続2主鈑桁	41.85m+43m×5+41.80m	11m

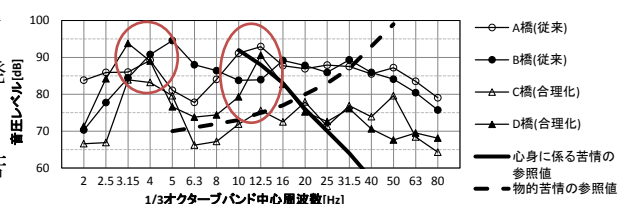


図-1 周波数特性(低周波音)

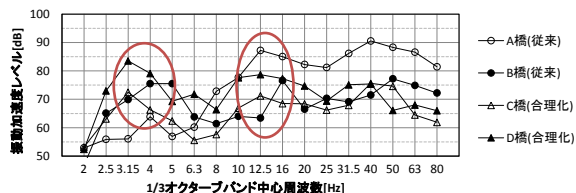


図-2 周波数特性(橋梁振動)

3. 計測波形に基づく分析と評価

3. 1 苦情原因となる発生音の周波数

低周波音による苦情は、“建具のがたつき”などによる物的苦情と、室内での不快感などの心身に係る苦情とに大別される。それらの苦情原因の特定は、橋梁の振動レベルと家屋での音圧レベルの対応関係を調べることで判断できる。また、その音圧レベルがいずれかの周波数で図-1の参照値²⁾を超過する時、その周波数が苦情の原因である可能性が高いと考えられている。そこで、一般車両走行時における家屋脇または橋梁下での低周波音の周波数特性(図-1)と橋梁振動の周波数特性(図-2)の比較を行った。同図より、音圧レベルと振動加速度レベルのピーク点は、ともに「3~5Hz帯」および「10~20Hz帯」にあることが確認された。また、図-1より、家屋脇または橋梁下の音圧レベルが物的苦情と心身に係る苦情の参照値²⁾を超過していることがわかる。このことより、苦情の原因は車両走行時の橋梁振動により励起された「3~5Hz帯」および「10~20Hz帯」の低周波音であると考えられる。

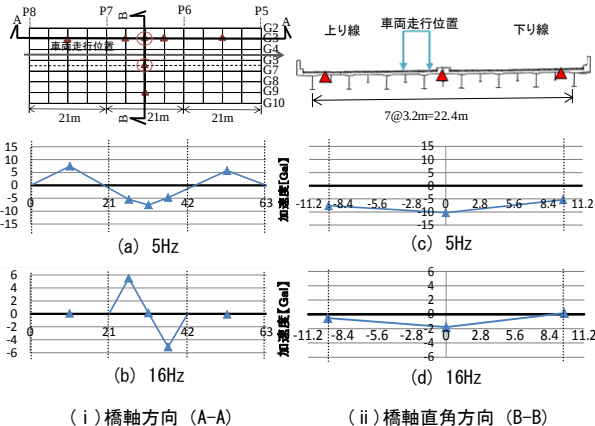


図-3 B橋(従来)の振動モード

キーワード 低周波、高次振動、床版、高架道路

連絡先 〒192-0397 東京都八王子市南大沢1丁目 首都大学東京 大学院 都市環境科学研究科 TEL.042-677-2783

3. 2 苦情原因となる橋梁振動の発生部位

計測波形から、卓越周波数帯のフィルター波形において最大級の応答の生じる同一時刻の値を抽出し、作成した振動モードを図-3、図-4に示す。同図より、「3～5Hz 帯」の振動は、主桁のスパン中央部の振幅が最大となる鉛直振動であり、「10～20Hz 帯」の振動は、床版の橋軸直角方向の中央部の振幅が最大となる鉛直振動である。また、主桁間隔の狭い従来構造(図-3)は、床版と主桁により形成された1枚の版の中央がたわむ形状であるが、合理化構造(図-4)は、両桁間の床版がたわむ形状であると考えられる。

3. 3 低周波音の発生タイミング

橋梁振動・低周波音の関係と低周波音発生時の車両位置を分析した。図-5にD橋での計測位置を、図-6にその低周波音と振動加速度のレベル相関を示す。図-6よりD橋の床版スパン部の振動と橋梁付近の家屋前の低周波音には相関関係があることを確認した。

また、図-7に卓越周波数帯における時刻歴の変化を示す。ここで「ジョイント通過直後」とは、筆者らが考える「ジョイント付近の路面凹凸により車両振動が励起される時間帯」であり、D橋の場合は第一径間を通過時の約2秒間である。図-7より、「3～5Hz 帯」の応答は、ジョイント通過直後が大きいという傾向はなく、「10～20Hz 帯」の応答は、「ジョイント通過直後」は大きい、「スパン部通過時」は大きくない。

4. 解析モデルを用いた分析と評価

試験車両走行時の実測値を再現できる解析モデルを作成した。図-8に同解析モデルによる振動モード図を示す。計測結果の周波数分析から推定した振動モード(図-3、図-4)の妥当性が確認された。

5. おわりに

鈑桁構造橋梁の苦情原因となる低周波音は、車両が橋梁のスパン部を通過したときにスパン中央の振動で発生する「3～5Hz 帯」と、ジョイント通過直後に床版の橋軸直角方向中央の複数のピークが振動することで発生する「10～20Hz 帯」の2つに起因していることが確認された。

本研究は、首都大学東京、高速道路総合技術研究所、オリエンタルコンサルタツの共同研究成果であり、国土交通省名古屋国道事務所からもデータの貸与を受けて実施した。貴重なデータの貸与に関し深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小野聖久, 金田遥, 大竹省吾, 平栗昌明: 長支間 PC 床版を有する鋼 2 主鈑桁橋の振動特性について, 土木学会第 70 回年次学術講演概要集, 1-035, pp.69-70, 2015.
- 2) 環境省: 低周波音問題対応の手引書, p.21, 2004.

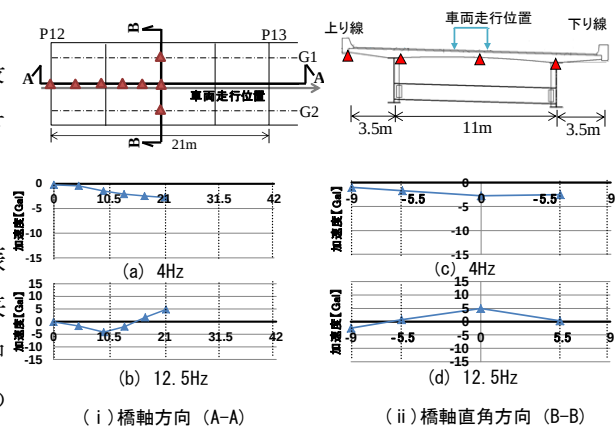


図-4 D橋(合理化)の振動モード

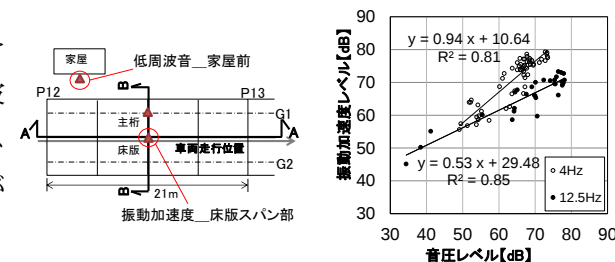
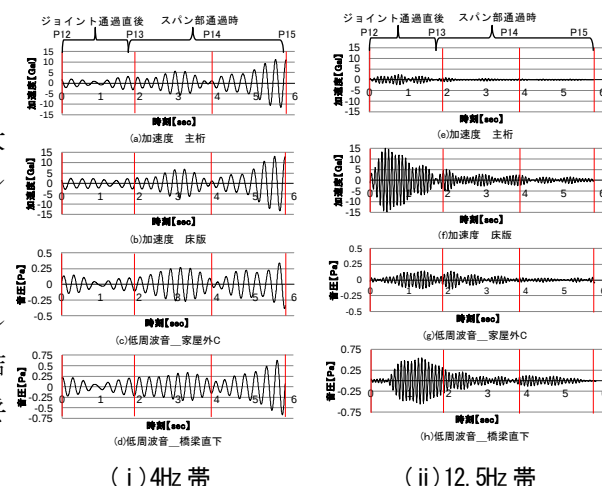


図-5 D橋の計測位置

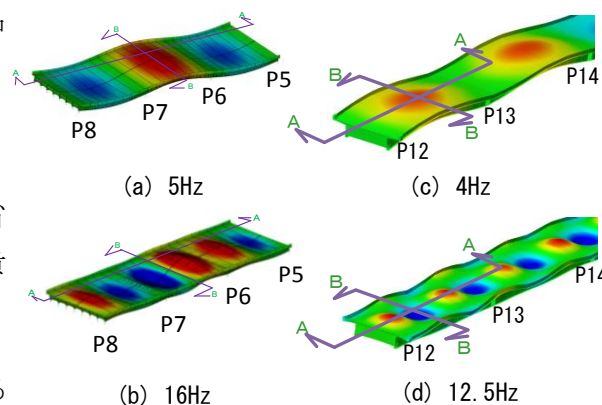
図-6 低周波音と振動



(i) 4Hz 帯

(ii) 12.5Hz 帯

図-7 D橋のフィルター波形



(i) B橋(従来)

(ii) D橋(合理化)

図-8 解析モデルの振動モード形状