

道路橋交通振動に起因する低周波音現地計測と解析

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎 神戸大学大学院 正会員 金 哲佑
神戸大学大学院 学生員 大坪 祐介 神戸大学工学部 学生員 西谷 貴慈

1. まえがき 近年、橋梁交通振動による環境問題の 1 つとして低周波音が注目されている。橋梁周辺住民の日常生活において、車両通過に伴い橋梁から放射される低周波音による物的・心理的な影響¹⁾が報告されているが、その現象は不明確な部分が多いため、効果的な対策も見いだせていない。既往の研究では鋼桁橋を対象として車両と橋梁の連成振動解析²⁾、低周波音解析³⁾を行い橋梁交通振動による周辺環境への影響を解析的に検討している。本研究では、鋼床版箱桁道路橋を対象に橋梁加速度応答および低周波音圧レベルの計測を行い、交通振動と低周波音の相関を検討する。さらに低周波音圧レベルの大きな時刻の交通状況を考慮して橋梁交通振動連成解析・低周波音解析を行い、現地計測結果と比較検討をする。

2. 対象橋梁 対象橋梁は 7 径間連続鋼床版 2 箱桁ラーメン橋であり、全長は 265m、幅員は 17.25m である。橋梁一般図、加速度応答、低周波音圧レベル計測点を Fig.1 に示す。本橋梁に関しては既往の研究において、建設前の事前検討として交通振動による低周波音の解析的検討がなされている⁴⁾。

3. 現場計測概要 計測は昼 夜の時間帯に 10 分間各 3 回ずつ、合計 6 回行う。計測点は Fig.1 に示すように加速度応答 6 点、低周波音圧レベル 2 点である。低周波音圧レベル計測は昼 3 回、夜 1 回目は Span3、夜 2 回目、3 回目は Span2 で行う。

4. 音圧レベルと加速度応答の相関関係 計測結果は、特に大きな音圧レベルが確認された 4Hz、5Hz、12.5Hz、25Hz の 1/3 オクターブバンド音圧レベルに着目し、それぞれの音圧レベルピーク時前後 5 秒(10 秒間)の加速度応答のフーリエスペクトルを確認することで交通振動と低周波音の相関を検討する。また現場計測時に撮影した映像をもとに交通状況を再現し、3次元動的解析、境界要素法による低周波音解析を行い交通振動に起因する低周波音を解析的に評価し、現場計測結果との比較を行う。夜 1 回目(加速度応答計測点 NO.2)、夜 3 回目(加速度応答計測点 NO.6)の計測結果・解析結果を Fig.2、Fig.3 に、車両の走行状況を Table 1 にそれぞれ示す。ここで、本研究において低周波音として扱っている周波数は 100Hz までの音波とするため、実際には聞こえない非可聴域の低周波音も含まれている。よって、うるささだけでなく住宅の建具がたつくなどの物理的影響のほかに、いらいらするなどの心理的影響、吐き気や頭痛などの生理的影響といった個人差の大きい影響を考慮せねばならないが、いまだ環境評価基準値などは定められていない。このため、本研究においての低周波音の評価は目安として Fig.2(a)に示す評価曲線を用いて行う。

4.1 夜 1 回目(加速度応答計測点 NO.2)計測結果 Fig.2 a)より低周波音圧レベルに着目すると、着目している周波数ごとに特徴的に卓越しており、そのピーク値は評価曲線を超過している。これらの結果から、苦情の原因となりうるレベルの低周波音が発

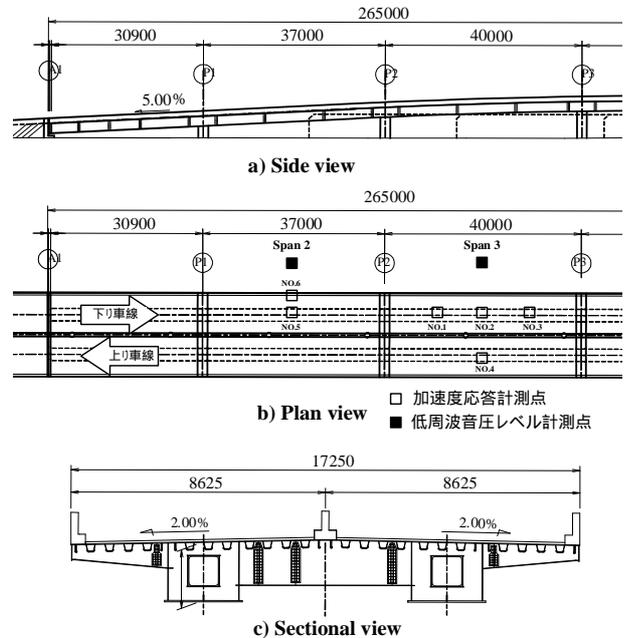
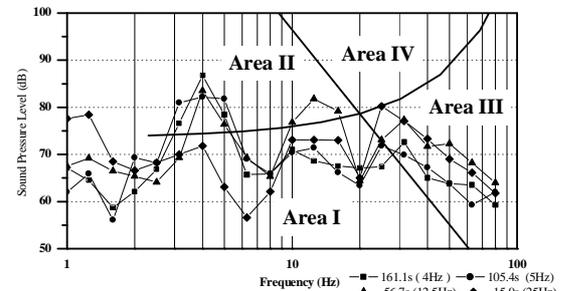
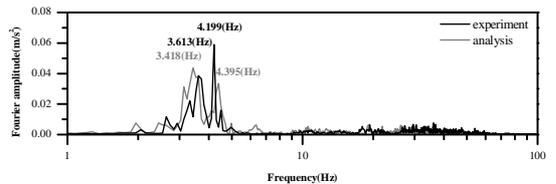


Fig.1 General view of the Bridge



- Area : No rattle of door or window. No low frequency noise is perceived.
- Area : No rattle of door or window. However physiological influences may occur.
- Area : No low frequency noise is perceived directly. However the noise is perceived indirectly as a kind of rattle of door or window
- Area : Rattle of door or window sound and the low frequency noise is perceived due to its high sound pressure level

a) Sound pressure level



b) Fourier Amplitudes of acceleration
157.1sec ~ 167.1sec(peak on 4Hz)

Fig.2 Fourier Amplitudes of NO.2 and sound pressure level

キーワード 道路橋, 交通振動, 低周波音, 3次元動的解析, 境界要素法

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学大学院工学研究科市民工学専攻 川谷研究室 Phone 078-803-6383

土木学会第 64 回年次学術講演会 講演概要集 (2009 年 9 月)

生している可能性があることが確認できる。Fig.2 b)の加速度応答に着目すると、3~5Hz 付近が主に卓越していることが分かる。また、4Hz 音圧レベルピーク時前後の加速度応答フリエスペクトルに着目すると、4Hz 付近の卓越周波数がみられ音圧レベルとの相関がみられる。

4.2 夜 3 回目(加速度応答計測点 NO.6)計測結果 Fig.3 a)より夜 1 回目の結果と同様に着目している各周波数で特徴的な音圧レベルの卓越がみられる。特に 25Hz 音圧レベルは領域にまで達しており低周波音の発生が確認できる。Fig.3 b), c)より加速度応答に着目すると、3~5Hz 付近に加え、10Hz 以上でも卓越していることが確認できる。夜 1 回目の結果と比較すると、5Hz 音圧レベルのピークが大きく、加速度応答の卓越する周波数も夜 1 回目にみられなかった 5Hz 付近の周波数が卓越している。これは第 3 径間と第 2 径間には振動特性の差があり、それが低周波音圧レベルにも影響を与えていると考えられる。このことから低周波音と橋梁振動の相関が確認できる。また、計測点 NO.6 は主桁部よりも振動しやすい張出部の応答であるため、夜 1 回目の計測ではみられなかった 12.5Hz, 25Hz でも低周波音圧レベルと加速度応答の相関が確認できる。

5. 実測値と解析値との比較 加速度応答に着目すると、フリエスペクトルの卓越周波数は計測値・解析値が似た傾向をしている。人口路面凹凸、映像からの情報のみで、正確な車両諸元・速度・車間距離を得られていないことを考慮すると、橋梁の応答はある程度再現できていると考えられる。次に音圧レベルの比較であるが、低周波音解析では一定時間内(5.12 秒)の等価音圧レベル⁵⁾を計算するため、実測値も同時間の等価音圧レベルを用いて評価する。また、各周波数帯の等価音圧レベルは以下の式で求められる。また、各計測回の結果を Fig.4 に示す。

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_A^2(t)}{P_0^2} dt \right] \quad (\text{dB})$$

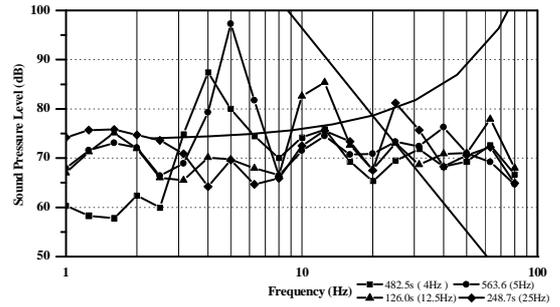
夜 1 回目に着目すると、ともに橋梁の応答でも卓越している 4 Hz 音圧レベルが卓越している。しかし、解析結果では橋梁の応答には見られない 31.5Hz 音圧レベルが高い値を示しており過大に評価されていると考えられる。夜 3 回目の解析においては、解析値の音圧レベルが実測値を上回っているが、周波数の卓越傾向がほぼ一致しており、ある程度の再現性がある結果といえる。

6. まとめ 本研究では鋼床版箱桁道路橋を対象に橋梁加速度応答および低周波音圧レベルの計測を行い、橋梁交通振動と低周波音の相関関係を検討し、周辺地域への低周波音による環境影響予測を行った。結果より、低周波音圧レベルは本対象橋梁の周辺では苦情の原因となりうるレベルの低周波音が発生している可能性があることが分かる。

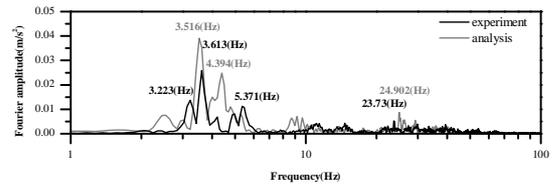
謝辞 現場計測の際に協力して頂いた三菱重工鉄構エンジニアリング株式会社の方々に深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 環境庁大気保全局：低周波音の測定方法に関するマニュアル, 2000。
- 2) Chul-Woo Kim, Mitsuo Kawatani, Won-Sup Hwang: Reduction of traffic-induced vibration of two-girder steel bridge seated on elastomeric bearings, Engineering Structures, Vol.26, pp.2185-2195, 2004
- 3) 河田直樹, 川谷充郎: 境界要素法による道路橋交通振動に起因する低周波音の理論解析, 土木学会論文集 A(J-STAGE), Vol.62, No.3, pp.702-712, 2006.9.
- 4) Mitsuo Kawatani1, Chul W. Kim, Naoki Kawada and Shohei Koga: Assessment of traffic induced low frequency noise radiated from steel girder bridge, Steel Structures, Vol.8, pp.305-314, 2008.
- 5) 前川純一, 森本政之, 阪上公博: 建築・環境音響学, 共立出版, 2000.9.

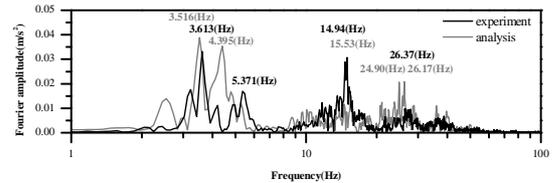


a) Sound pressure level



b) Fourier Amplitudes of acceleration

243.7sec~253.7sec (peak on 25Hz) at NO.5

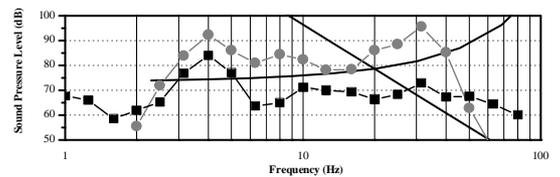


c) Fourier Amplitudes of acceleration

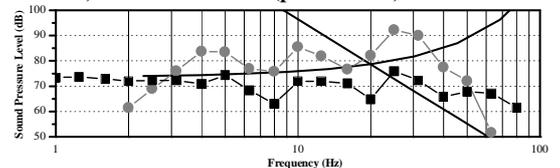
243.7sec~253.7sec (peak on 25Hz) at NO.6

Fig.3 Fourier Amplitudes of NO.5&NO.6

and sound pressure level



a) 159.5sec ~ 164.7sec (peak on 4Hz)



b) 246.1sec~251.3sec (peak on 25Hz)

Fig.4 Equivalent continuous A-weighted sound pressure level

Table 1 Vehicle running situation

夜1回目(157.1~167.1sec)		夜3回目(243.7~253.7sec)	
上り車線		下り車線	
走行車線	追越車線	走行車線	追越車線
157.1	1台目進入	243.7	
159.1	2台目進入		
160.1		249.7	1台目進入
161.1	2台目退出	251.7	1台目退出
162.1			
167.1		253.7	