

境界要素法による鋼床版連続桁橋からの低周波音理論解析

神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎 神戸大学大学院 学生員 ○上野 晃伸
 (株)エース 正会員 河田 直樹 神戸大学大学院 学生員 古賀 翔平

1.はじめに 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、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。そこで本研究では、現在建設が予定されている鋼床版連続2箱桁ラーメン橋を対象として、車両と橋梁の連成振動解析の結果を用い、境界要素法による低周波音の理論解析を行うことで、100Hz程度¹⁾までの低周波音の周辺環境への影響を予測し、評価する。

2.解析モデル **2.1 橋梁モデル** 橋長 265.0m、総幅員 17.25mの鋼床版連続桁橋を対象橋梁とし、Fig.1, Fig.2 に一般図と断面図を示す。また解析モデルをFig.3に示す。

2.2 車両モデル 車両の諸元をFig.4, Table 1に示す。車両は床版左側端部から左輪 5400mm、右輪 7200mmの追越車線相当を走行位置とする。走行条件は60km/hでの1台走行と3台連行での共振車頭間隔(25.23m)と最小車頭間隔(23.00m)、また80km/hでの1台走行の4パターンとする。

3.解析手法 **3.1 車両と橋梁の連成振動解析** 橋梁は1節点6自由度の梁要素を用いて有限要素モデル化する。1本柱ラーメン式橋梁であることから橋脚曲げ応答の影響も評価するため、上部工とともに橋脚や基礎ばねについてもモデル化する。また、両端支承部については二重節点を用いて表現し、橋梁の動的応答をモード法により定式化する。橋梁の減衰定数は1次、2次ともに $h=0.02$ を用いる。8自由度振動系の車両モデルの振動方程式はLagrangeの運動方程式より表され、橋梁の強制振動方程式を連立させることにより、橋梁と車両の連成振動を表わすことができる²⁾。

3.2 境界要素法³⁾ 橋梁交通振動に伴い放射される低周波音は比較的精度がよいとされる境界要素法を用いる。前項の連成振動解析により求めた橋梁速度応答が、橋梁床版面での粒子速度と等しいとする境界条件で領域の音場解析を行い、地盤面での音の反射は鏡像法により考慮する。ここで、橋梁交通振動解析では主桁は梁要素としているが、上下フランジ面の応答値が等しいと仮定し箱桁断面を考慮した音場解析を行う。なお、桁腹板は振動しない反射面として扱う。

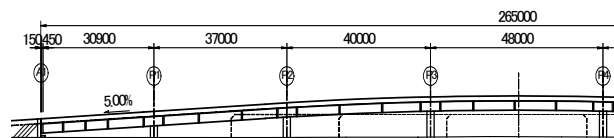


Fig.1 General view of bridge

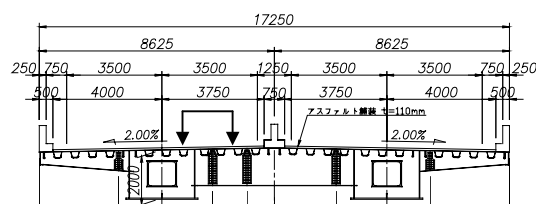


Fig.2 Cross section of bridge

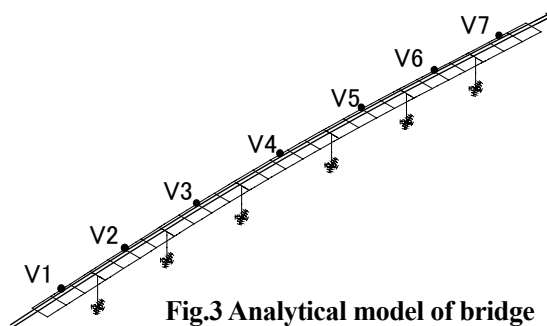


Fig.3 Analytical model of bridge

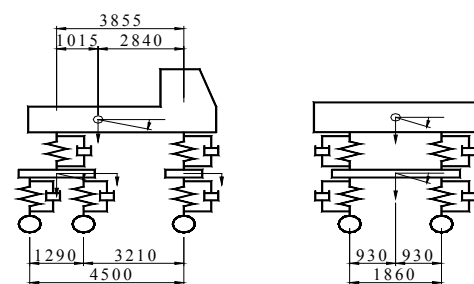


Fig.4 Vehicle model with 8-degree-of-freedom

Table 1 Dynamic property of moving vehicle

Total Weight		196.0 kN
Axle Weight	Front	49.0 kN
	Rear	147.0 kN
Logarithmic Decrement	Front	0.66
	Rear	0.33
Natural Frequency	Front	1.9 Hz
	Rear	3.2 Hz

キーワード 橋梁交通振動, 低周波音, 境界要素法, 連続箱桁橋

連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 神戸大学工学部建設学科 川谷研究室 TEL 078-803-6383

4.橋梁交通振動解析結果 路面凹凸はモンテカルロシミュレーションによりサンプルデータを作成した。路面凹凸パワースペクトル密度 $S_{z_0}(\Omega)$ は路面周波数 Ω の関数 $S_{z_0}(\Omega) = \alpha / (\Omega^n + \beta^n)$ で表され、パラメータはそれぞれ $\alpha = 0.003 \text{ (cm}^2/(\text{m} / \text{c}))$, $\beta = 0.05 \text{ (c/m)}$, $n = 2.00$ とする。Fig.5 に低周波音解析において対象区間とする第3 径間の中央、着目点 V3 における 60km/h, 1 台走行による加速度応答とフーリエスペクトルを示す。

5.低周波音解析結果 全 7 径間中橋梁振動応答が比較的大きく現れた第3 径間に着目して 4 パターンの走行条件下での境界要素法を用いた低周波音解析を行った。Fig.6 に第3 径間中央官民境界点(地覆端より直角に 7.4m)の地上 1.2m の音圧レベルを示す。桁のたわみに伴う 3Hz~5Hz でがたつき閾値を超過するが、一般に建具の固有振動数は 5Hz 程度以上であり、がたつきが発生する可能性が高いのは 10Hz 近傍と考えられる⁴⁾。なお、1 台走行の場合は 10Hz 近傍ではがたつき閾値は超過しない結果となった。Fig.7 には 60km/h および 80km/h の 1 台走行、また 60km/h の 3 台連行（最小車頭間隔）の場合の第3 径間中央の橋軸直角断面における 1~100Hz までの Over All 音圧レベル分布を示す。3 台連行が最も強い音圧を示しており、これにより走行速度が速くなり、走行台数が多くなることで、周辺環境に与える影響が強くなることが分かる。

6.まとめ 本研究では対象橋梁を梁要素でモデル化し、交通振動解析および境界要素法による低周波音の解析を行った。今回の結果により走行条件が低周波音の放射に大きな影響を与えことが予想される。

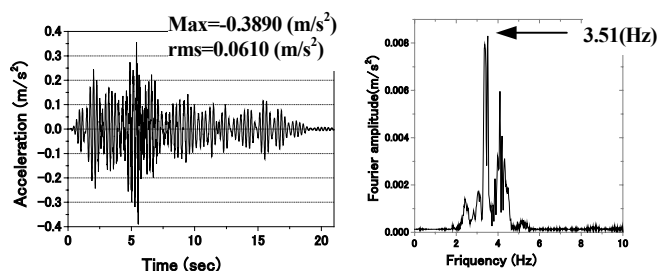


Fig.5 Acceleration of bridge and fourier amplitude at V3 (1vehicle 60km/h)

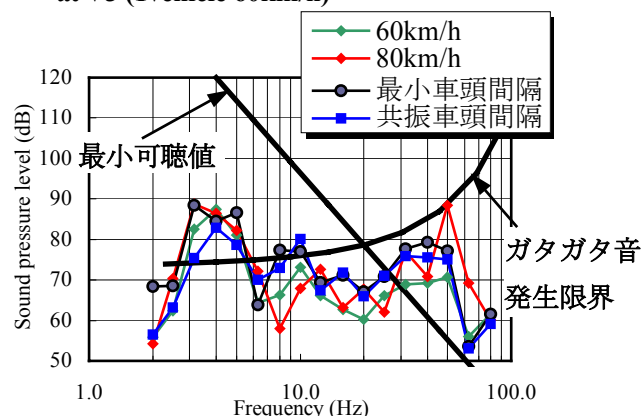


Fig.6 Sound pressure level

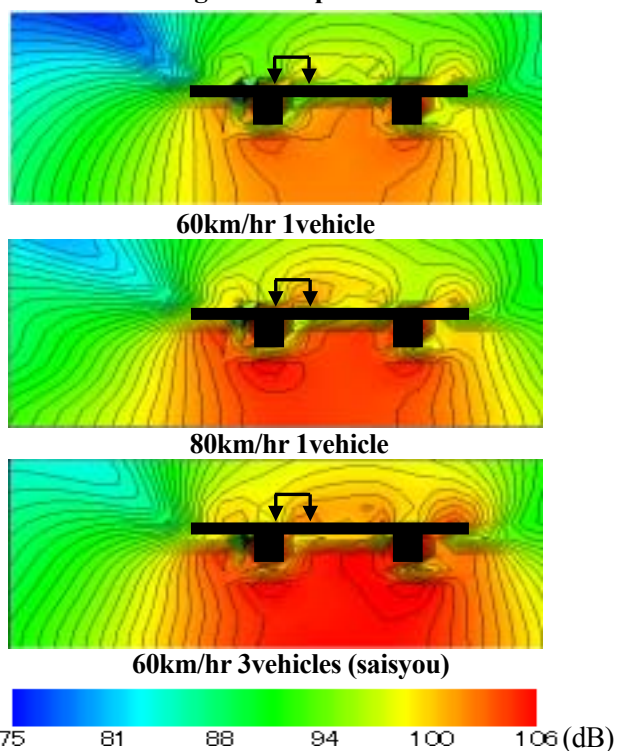


Fig.7 Distribution of over all sound pressure level (Center of span-3)

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) 川谷充郎, 山田靖則, 嶽下裕一：三次元車両モデルによる桁橋の動的応答解析, 土木学会論文集, No. 584/I-42, pp. 79-86, 1998. 1.
- 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（査読結果に基づく修正中）.
- 4) 杉山俊幸, 小林俊哉, 清水顕誠：鋼橋およびコンクリート橋から放射される低周波音の特性の比較と鋼橋の防音対策に関する一考察, 構造工学論文集, Vol.45A, pp.671-681, 1999.3.