

I-151 連続桁道路橋の車両走行による振動と低周波音放射

山梨県土木部 正会員 水上 浩之
 山梨大学工学部 正会員 深澤 泰晴
 山梨大学工学部 正会員 杉山 俊幸

1. はじめに

道路橋の振動から放射される低周波音による騒音問題は、昭和50年代の始めの頃、新しいタイプの道路橋公害として社会問題化した。以来、その発生条件等を明らかにするために様々な研究がなされてきており、本研究室においても、「橋体を微小要素に分割し、それぞれの要素を音源とみなしてそれらから放射される音を空間的な干渉を考慮して集めることにより音圧レベルを算出する。」という手法のもとに、単純桁橋において、伸縮装置部の段差等が任意受音点における音圧レベルのスペクトルに及ぼす影響を研究してきた¹⁾。ここでは、連続桁橋を対象にして、橋梁端部の段差、路面凹凸、車両走行速度、車両重量などが、連続桁橋から放射される低周波音の基本特性に与える影響を単純桁橋の場合との比較のもとに検討した。

2. 車両及び橋梁の解析モデル

車両のモデルは現実に近いモデルという意味から2軸4自由度系とした²⁾。橋梁については、曲げ振動のみを対象とし、1車線当たりの単位長さ当たりの質量と曲げ剛性で代表させたものとした。第1径間50(m)、第2径間50(m)の2径間連続桁、第1径間30(m)、第2径間50(m)、第3径間30(m)の3径間連続桁、並びにそれらと比較のため2径間単純桁及び3径間単純桁を設定した。段差は0.1, 2, 3 (cm)の4種類とし、単純桁、連続桁、車両のそれぞれの固有振動数を表1, 表2に示す。

表1 橋梁の固有振動数

橋種	固有振動数 (Hz)				
	1次モード	2次モード	3次モード	4次モード	5次モード
単純梁30(m)	3.39	13.58	30.54	54.30	84.85
単純梁50(m)	2.05	8.19	18.4	32.76	51.18
2径間連続梁	1.94	3.03	7.74	9.79	17.3
3径間連続梁	2.78	5.94	6.98	10.3	18.4

表2 車両の固有振動数

車両重量 (tonf)	固有振動数 (Hz)			
	1次モード	2次モード	3次モード	4次モード
20	2.35	3.17	11.67	15.47
25	2.20	2.98	11.66	15.39
30	2.06	2.89	11.65	15.34

3. 連続桁からの音圧レベルの解析

数値計算の方法は、まず有限要素法により車両-橋梁連成系の運動方程式をたて、Newmark-β法により逐次積分をし、橋面の任意点の振動速度応答を求める。なお、要素数は2径間で40、3径間で44とし、時間刻みはΔt=0.003(sec)と一定にした。応答結果をフーリエ変換することにより、振動速度スペクトルを求める。これらの速度スペクトルを各モードごとに重ね合わせ合成した速度スペクトルを求め、これを用いて音圧レベルを算出する。ここでは、音源のモデルとして要素を矩形に分割したことから矩形ピストン音源を採用した(図1)。要素(i, h)から放射される音波の受音点Qにおける音圧は次式で表すことができる³⁾。

$$P_{ih}(f, t, X, Y, Z) = \frac{j\rho ck}{2\pi r} v_{ih}(f) \cdot e^{j(\omega t - kr)} \cdot 4ab \frac{\sin(kac\cos\alpha)}{kac\cos\alpha} \frac{\sin(kbc\cos\beta)}{kbc\cos\beta} \quad (1)$$

ここに、jは虚数単位、ρは空気の密度、Cは音速、kは音波の波数、2a、2bは矩形音源の寸法、αは辺長aの辺に平行な直線とのなす角、βは辺長bの辺に平行な直線とのなす角である。また、v_{ih}(f)は要素(i, h)の速度振幅のスペクトルであり、r_{ih}は要素と受音点の間の距離である。式(1)を用いて全ての微小要素から音を集め音圧レベルのスペクトル図を描き検討をする(文献1)参照。

計算結果の一例を示す。図2は段差が低周波音に及ぼす影響、図3は車両重量が低周波音に及ぼす影響、図4は2径間単純桁橋と2径

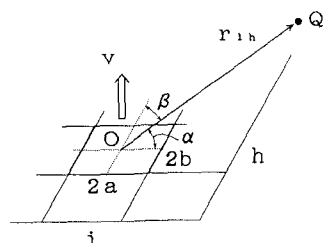


図1 矩形ピストン音源

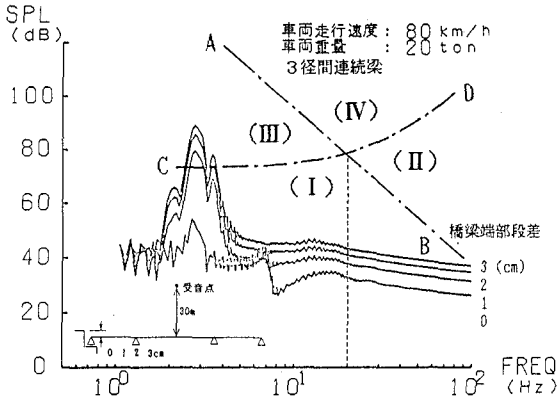


図2 橋梁端部段差が低周波音に及ぼす影響

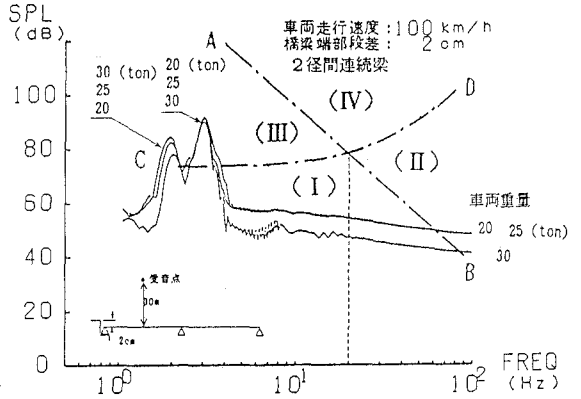


図3 車両重量が低周波音に及ぼす影響

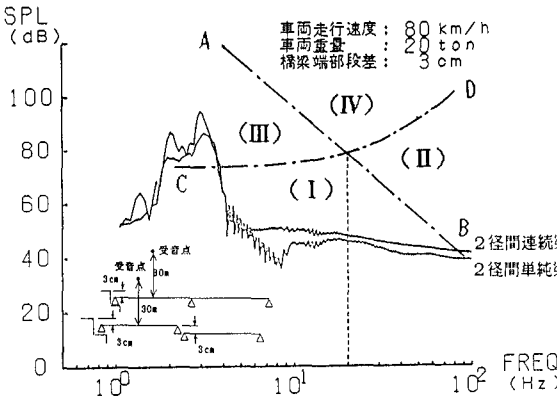


図4 2径間単純桁橋と2径間連続桁橋の比較

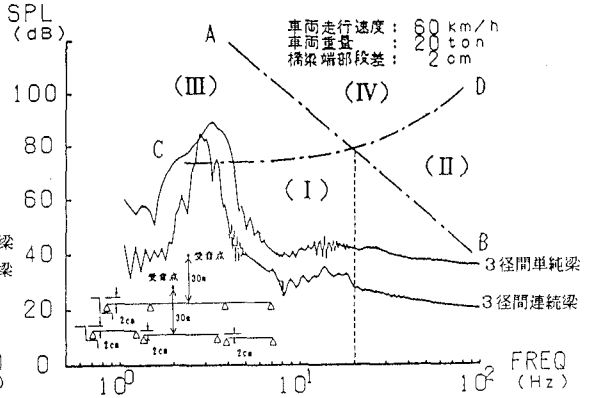


図5 3径間単純桁橋と2径間連続桁橋の比較

間連続桁橋の低周波音の比較、図5は3径間単純桁橋と3径間連続桁橋の低周波音の比較である。走行条件などは図に示した通りである。ここで一点鎖線で区切られた4つの領域は、周波数と音圧レベルで決まり、最小可聴値を表す線Aと、障子などのガツツキが始まるガタガタ音発生限界値線Cによって分けられている。低周波騒音公害としては、領域(II)及び領域(III)に属する低周波音がとくに問題となる¹⁾。

4. まとめ

連続桁橋から放射される低周波音を解析し、橋梁端部の段差、車両重量、車両走行速度に与える影響を明らかにすることを試み、単純桁橋と連続桁橋から放射される低周波音を比較検討し、以下のことが分かった。

- (1) 橋梁端部の段差が1(cm)以上あるほとんどの場合、20(Hz)以下の領域で音圧のピークが80~90(dB)にも達し、「超低周波騒音」の発生の可能性が大きいといえる。
- (2) 20(Hz)以下の領域における音圧レベルのピークをさらに大きくする要因は、車両と橋梁の固有振動数の関係である。それは、ここで用いた2径間連続桁橋のように共振する可能性があるからである。
- (3) 連続桁橋に対しては、本研究で用いた2径間連続桁橋のように車両と共振をすると音圧のピークは単純桁橋を上回るものがある。しかし、3径間連続桁橋のように共振しないようにすれば、単純桁橋よりピークで約10(dB)小さくなることが分かった。

参考文献

- 1) 深澤泰晴, 杉山俊幸, 中原和彦, 水上浩之: 車両走行時に道路橋から放射される低周波音の基本特性 構造工学論文集, VOL.37A, pp945-956, 1991年3月
- 2) 建設省土木研究所: 橋梁の設計動荷重に関する試験調査報告書(VIII-1985), 土木研究所資料第2258号
- 3) 西巻正明: 電気音響振動学, コロナ社, 1968年, pp.48-56