

橋梁交通振動により放射される低周波音の地盤反射を考慮した評価

神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎 神戸大学工学部 正会員 金 哲佑
 (株) エース 正会員 河田 直樹 神戸大学工学部 学生員 ○十名 正和

1. まえがき 近年の我が国の道路橋は、車両の大型化とそのような大型車交通量の増加により、周辺地域の振動・騒音が社会問題となる場合がある。そのうち低周波音問題は、道路橋を取り巻く環境問題の一つとして注目されている。本研究では人間の日常生活に悪影響を及ぼすとされる 100Hz 程度まで¹⁾の低周波音の解析を行い、実測結果と比較することにより解析手法の妥当性の確認を行う。

2. 解析手法 **2.1 橋梁と車両の連成振動解析** 橋梁の動的応答解析に際して、床版を Flat 要素、主桁・横桁・壁高欄を梁要素とする有限要素モデル化橋梁と、8 自由度振動系車両の連成振動方程式をたて、これを Newmark- β 法を用いて逐次積分し橋梁各部の動的応答を計算する²⁾。

2.2 音響放射解析 本研究では 100Hz の音の波長の約 6 分の 1 の大きさに相当する約 50cm 毎に点音源が床版に配置されていると仮定する。橋梁と車両の連成振動解析で得られる橋梁の速度応答を周波数領域に変換し、無限バッフル上の 1 つの点音源からの音の放射による音圧を求める。受音点において各音源から放射される波動を重ね合わせることで音圧の実効値および音圧レベルを導く³⁾。また音の地盤反射による影響は水平な地盤面（地盤面 11.0m）を仮定し、鏡像法を用いて解析する。

3. 橋梁の三次元動的応答解析 **3.1 橋梁モデル** 対象橋梁は支間長 25.40+2@25.70+25.40m=102.2m、総幅員 14.90m の 4 径間連続 6 主桁桁橋である。元来、連続する単純桁橋であったが、環境振動対策および耐震性向上のため、現在はノージョイント連続化されている。橋梁の側面図、断面図を Fig. 1, Fig. 2 に示す。本研究では簡略化のため第一径間部を単純桁として用い、解析モデルを Fig. 3 に示す。

3.2 車両モデル 車両の諸元を Fig. 4, Table 1 に示す。総重量は 20tf である。車両の走行位置は、第一走行車線中央に相当する。左輪は床版端部から内側に 3020mm、右輪は同様に 4880mm の位置を走行する。

4. 解析結果 **4.1 固有値** 橋梁の 1 次から 3 次までの固有値解析結果を Table 2 に示す。1 次が 4.36Hz（たわみ）、2 次が 5.12Hz（ねじれ）である。3 次は 7.90Hz で橋軸を中心に曲げが生じるモードであり、橋長に対し幅員が大きいことが影響していると考えられる。橋梁の動的応答解析において考慮するモード次数は、対象とする低周波音の周波数が 100Hz 程度であることから 50 次（ $f_{50}=106.15\text{Hz}$ ）までとする。

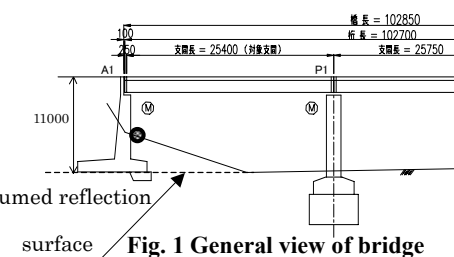


Fig. 1 General view of bridge

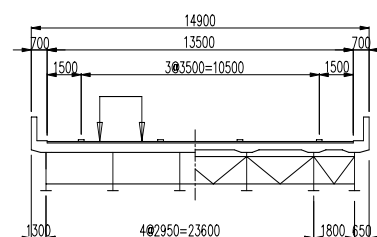


Fig. 2 Cross section of bridge

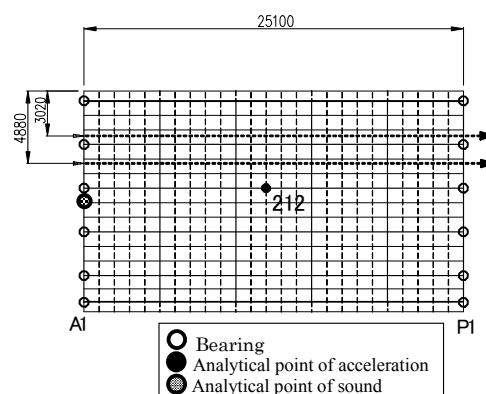


Fig. 3 Analytical model of bridge

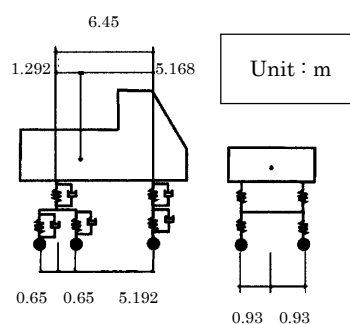


Fig. 4 Dimension of vehicle

Table 1 Dynamic properties of model vehicle

Total Weight	20 tf
Axel	Front
Weight	Rear
Natural Frequency	2.83 Hz

Table 2 Natural frequencies of bridge

Order	Natural frequency(Hz)
1	4.36
2	5.12
3	7.9

キーワード：橋梁交通振動，動的応答解析，低周波音，音響放射

連絡先：〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1 Phone:078-803-6278 Fax:078-803-6069

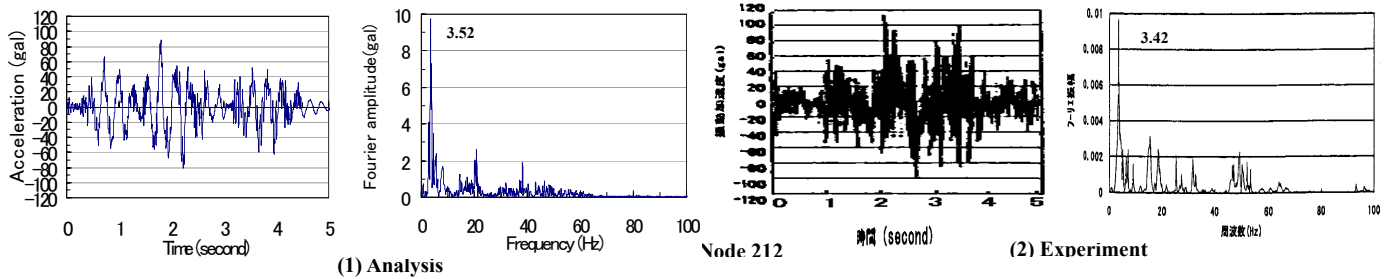


Fig. 5 Acceleration of bridge (V=75km/hr, 3-vehicles, Headway=30m)

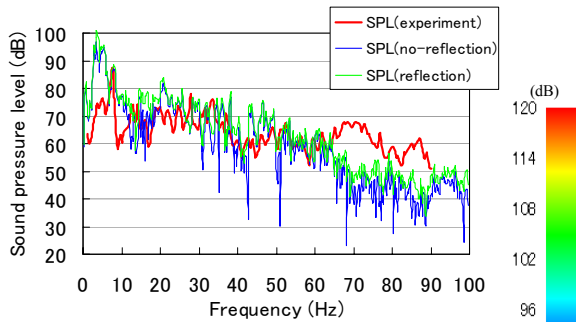


Fig. 6 Sound pressure level

4.2 橋梁の加速度応答 橋梁の加速度波形およびそのフーリエスペクトルの解析値と実測値を Fig. 5 に示す。着目点は Fig. 3 に示すスパン中央の Node 212 である。解析値、実測値ともほぼ同様の傾向を示しており、解析モデルおよび解析手法が妥当であることが分かる。

4.3 音圧レベル 音圧の解析値と実測値を Fig. 6 に示す。受音点の位置は Fig. 1 に示すとおり A1 側桁端部直下である。解析値における地盤反射を考慮した結果では、考慮しない場合よりも若干大きくなっており、直接音と反射音の合成が生じていることが分かる。解析値と実測値を比較すると、反射の有無にかかわらずいずれも 3~4Hz の橋梁振動の卓越する周波数で音圧が最大となり、実測は 7Hz 付近が最大となっている。しかしながら 60Hz 以下では解析値、実測値ともよく似た音圧レベルを示しているといえる。60Hz 以上では解析値が実測値に比べてかなり小さいが、この理由として実橋梁では桁からの低周波音も観測されているものと考えられるのに対し、本解析が床版のみを対象としているためと考えられる。

4.4 音響放射 橋梁周辺の Over All 音圧レベルを Fig. 7 に示す。着目断面は橋軸方向（A1 側より）・スパン中央であり、G 特性等の補正は行っていない。反射の有無にかかわらず、どちらも橋梁付近で音圧レベルが最大となる。地盤による反射の影響を考慮していない場合は、橋梁から遠ざかるに従い床版全体を点音源とした音響放射に近くなり、橋梁を中心として円形状に広がる。反射を考慮した場合は、地盤からの反射音により円形状とはならず、地盤面付近では音圧が上昇する傾向を示し、橋梁直下の地盤を中心として音が円形状に広がる。周辺エリア全域において、反射を考慮しない場合より音圧レベルが高いことから、橋梁周辺の音圧レベルを推定する際、地盤面における音の反射が大きく影響することが考えられる。

5. まとめ 橋梁振動解析の結果、実測値をほぼ忠実に再現することができた。また、桁からの周波数域を除き騒音実測値をほぼ再現することができ、また地盤における反射の影響を考慮することができた。

謝辞 低周波音に関する貴重なご意見を頂いた、神戸大学工学部建設学科建築系助教授 阪上公博博士に深くお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 環境省環境管理大気生活環境室：低周波音防止対策事例集，2002. 3.
- 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) 深沢泰晴，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騒音の基本特性，構造工学論文集，Vol. 37A，pp. 945-956，1991. 3.