

鋼 2 主桁橋から放射される低周波音に及ぼす支承構造・桁端部補強の影響

神戸大学工学部 フェロー 川谷 充郎
神戸大学大学院 正会員 金 哲佑

(株) エース 正会員 河田 直樹
神戸大学大学院 学生員 十名 正和
神戸大学大学院 学生員 ○上野 晃伸

1. まえがき 近年の我が国の道路橋は、交通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。本研究では合理化・省力化の観点から近年導入が進められている鋼 2 主桁橋を対象に、日常生活に悪影響を及ぼすとされる 100 Hz 程度まで¹⁾の低周波音の解析を行う。また支承構造の違いや桁端部 RC 補強の低周波音への影響を解析上で評価する。

2. 解析手法 2.1 橋梁と車両の連成振動解析 走行荷重下での橋梁の動的応答は、橋梁と自動車の動的特性および走行速度などと共に、路面凹凸の影響を大きく受ける。橋梁の動的応答解析に際して床版、主桁、横桁および壁高欄を Flat shell 要素、その他補剛材を梁要素とする有限要素モデルにした橋梁と、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応答を計算する²⁾。

2.2 音響放射解析 橋梁と車両の連成振動解析で得られた橋梁の速度応答を周波数領域に変換し、無限平面バッフルを考慮する各要素中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⁾。本解析では音圧レベルを利用して低周波音の評価を行う。

3. 解析モデル 3.1 橋梁モデル 対象橋梁は支間長 53.0 + 53.0 m、幅員 11.4 m の 2 径間連続非合成 PC 床版鋼 2 主桁橋で、桁端 RC 巻き立て補強は行われておらず、いずれの支承部もゴム支承が使用されている。橋梁の断面図を Fig. 1、解析モデルを Fig. 2 に示す。支承構造の違いや桁端部補強が低周波音特性に及ぼす影響を評価するため、ゴム支承構造桁端部補強有、鋼支承構造桁端部補強無の 2 ケースも想定し比較する。

3.2 車両モデル 車両の諸元を Table 1 に示す。総重量は 20 tf である。実測と同様に走行車両台数を 1 台とし、車両左輪は床版端部から内側に 3020 mm、右輪は同様に 4880 mm の位置を時速 100 km/hr で走行すると考える。

3.3 路面凹凸 路面凹凸の実測値が得られているが、ピッチが粗く十分でないことから、実測値に最も近いと考えられる路面凹凸として名神高速道路完成直後の実測結果に基づき作成した路面凹凸を用いる。継手部段差は実測値に基づき、左輪、右輪位置において最大 16 mm、14 mm の段差を 720 mm の幅で与えることとする。

4. 解析結果 4.1 固有値 橋梁の 1 次から 3 次までの固有振動数を Table 2 に示す。実測、解析ともゴム支承であり桁端部 RC 補強を考慮しない。固有振動数およびそれに対応する振動モードは実測、解析ともほぼ一致している。考慮するモード次数は対象とする低周波音の周波数が 100 Hz 程度であることからゴム支承構造桁端部補強無、ゴム支承構

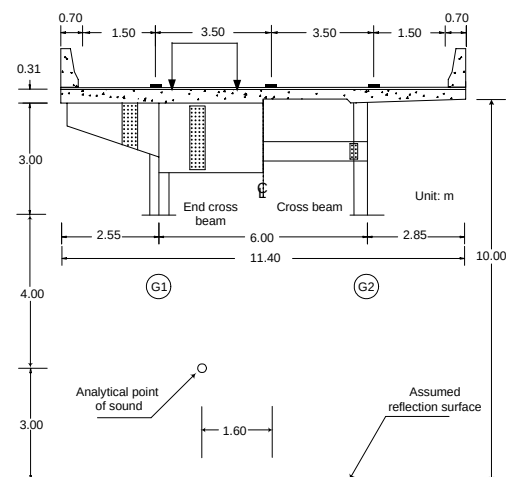


Fig. 1 Sectional view of the bridge

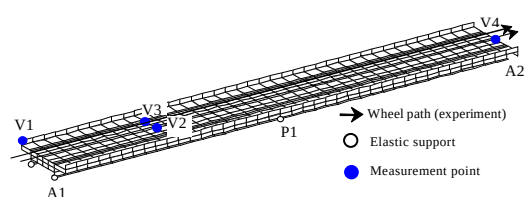


Fig. 2 Analytical model of bridge

Table 1 Dynamic properties of model vehicle

Total Weight	Front	196.03kN
Axle Weight	Rear	42.95kN
Logarithmic Decrement	Front	0.81
Natural Frequency	Rear	0.14
Tread	Front	2.35Hz
Axle Distance	Rear	3.00Hz
	Front	1.86m
	Rear	1.86m
	Front-Rear (F)	3.21m
	Front-Rear (R)	4.50m

Table 2 Natural frequencies of the bridge

	Analysis (Hz)	Experiment (Hz)
Bending 1st	2.03	1.8~2.2
Torsion 1st	2.87	2.2~2.8
Bending 2nd	2.97	3.0~3.4

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

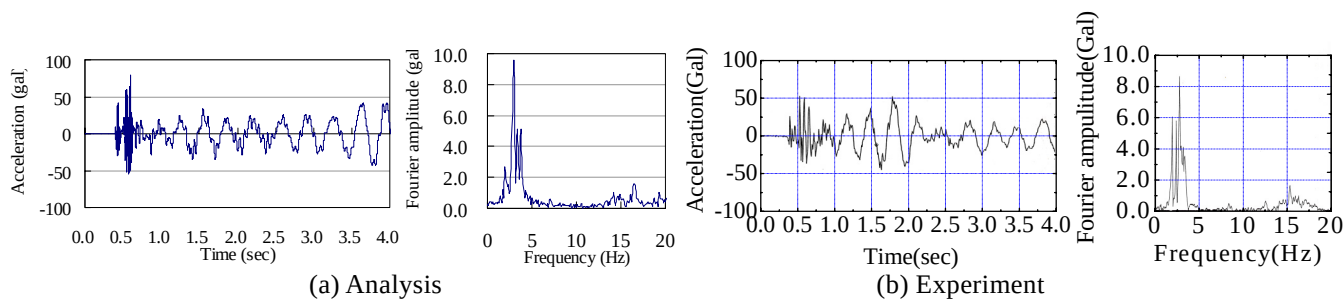


Fig. 3 Acceleration of the bridge (Top of G1 flange at the center of 1st span: V3, 1-Vehicle, speed 100km/hr)

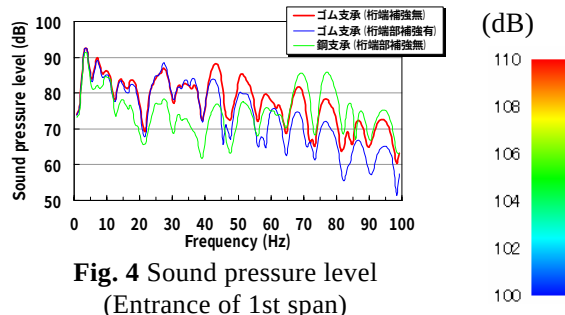


Fig. 4 Sound pressure level (Entrance of 1st span)

造桁端部補強有, 鋼支承構造桁端部補強無の順に, 520 次 (99.902 Hz), 508 次 (99.950 Hz), 512 次 (99.787 Hz) までとする。

4.2 橋梁の加速度応答 ゴム支承桁端部補強無の条件下における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. 3 に示す。着目点は Fig. 2 に示す第 1 径間部支間中央の G1 フランジ上端にある V3 とする。加速度波形をみるとほぼ同様の傾向を示していることがわかる。またフーリエスペクトルは解析, 実測とも車両のばね上振動数, および橋梁のねじれ 1 次, 曲げ 2 次振動数近傍の約 3Hz で卓越しており, 波形も良く似た傾向を示していることから解析結果が妥当であると推察される。

4.3 音圧レベル 構造条件の異なる 3 ケースの音圧レベルの解析値を Fig. 4 に示す。低周波音解析では第 1 径間部のみを対象とし, 床版下 10 m の位置に水平反射面を想定し, 鏡像法による音の反射を考える。なお, 音は地盤面で全反射すると考える。受音点として車両走行位置・第 1 径間部進入側桁端部の地表面から 3 m の地点に設定し, 桁端部の衝撃的な応答に対する影響を評価するため解析時間を車両前輪橋梁進入時から 1.28 秒間, 振動数域での検討精度を上げるため車両速度を 40 km/hr とする。ゴム支承桁端部補強無の場合と比べて 60 Hz 以下の振動数域では鋼支承, 40 Hz 以上の振動数域では桁端部補強有による音圧レベルの低減が見られる。

4.4 音圧分布 橋梁周辺の Over All 音圧レベルを Fig. 5 に示す。着目断面は橋軸方向・車両走行位置で, G 特性等の補正は行っていない。反射, 解析時間などの諸条件を前項 4.3 と同様とする。実橋梁と同じ条件のゴム支承桁端部補強無に比べて, 桁端部補強有のケースでは橋梁直下の音圧レベルが 1~2 dB 程度, 鋼支承のケースは 4~5 dB 程度低減していることがわかる。

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。また支承構造の違いや桁端部補強が低周波音特性に及ぼす影響を解析により評価することができた。

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

【参考文献】

- 1) 環境省環境管理局大気生活環境室：低周波音防止対策事例集, 2002.3.
- 2) Mitsuo Kawatani, Chul-Woo Kim and Naoki Kawada: Three-dimensional finite element analysis for traffic-induced vibration of steel two-girder bridge with elastomeric bearings, Transportation Research Record, TRB. (in press)
- 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, Vo1.37A, pp.945-956, 1991.3.