

交通荷重下における橋梁上部構造の振動解析と低周波音低減対策工法の効果

山梨大学大学院 学生会員 小野洋佑
山梨大学大学院 正会員 杉山俊幸
山梨大学大学院 正会員 吉田純司

1. はじめに

近年、道路橋の高架化・長大化が進み、また、走行車両が大型化・高速化している。そのため、車両が道路橋を通過する際に生じる振動と、これに伴って放射される低周波音による騒音が発生し、周辺住民に影響を及ぼしている。しかし、未だ的確な対策工法は確立されておらず足踏み状態であり、既存の対策工法が低周波音の低減にどの程度効果があるのか定量的に把握されていない。従って、これまでに採られている対策工法がどの程度低周波音の低減に効果があるのか定量的に明らかにする必要がある。そこで本研究では橋梁 - 車両連成モデルを用いて、交通荷重下における橋梁の応答について解析的に検討する。また、橋梁上部構造の振動により励起される騒音(低周波音)の対策とその効果について検討する。

2. 応答解析手法と音圧レベルの算出

ここでは最も簡単なケースとして図-1 に示すように固定支持に両端が支持された 1 径間の橋梁を対象として解析を行った。橋梁の諸元は表-1 に示す。橋梁上部構造は 2 次元の梁要素ならびに 3 次元の板要素を用いて有限要素法¹⁾によりモデル化をし、また、車両は大型車両(20tonf)を想定して図-2 に示すような 1 自由度モデル²⁾を用いた。これらを統合した車両 - 橋梁系の応答解析³⁾を行った。

次に求めた橋梁の応答を用いて交通騒音の解析を行った。解析対象の橋梁の橋面を橋軸方向に n 等分割、幅員方向に m 等分割し、それぞれの要素を微小な点音源とみなし、点音源での速度応答をフーリエ変換により周波数に分解し、周波数ごとに音圧レベルを計算する。そして、すべての点についての音圧を周波数ごとに重ねあわせ、音圧レベル⁴⁾を算出する。

3. 3 次元構造が振動応答に及ぼす影響

ここでは上述した解析手法を用いて 2 次元の梁要素モデルと 3 次元の板要素モデルを使用した場合の振動応答の影響について調べた。

図-3 に桁中央部における鉛直方向の時刻歴応答の比較を示す。図-3 の橋梁の 2 次元モデルと 3 次元モデルの変位応答を比較すると 2 次元の梁要素と 3 次元の板要素では橋梁変位応答がほぼ同じ値になることがわかる。次に音圧レベルについても 2 次元モデルと 3 次元モデルの影響について調べた。図-4 に音圧レベルの応答の比較を示す。図-4 の 2 次元と 3 次元の音圧レベルの比較でも低周波の域ではほぼ同じ値となることがわかった。以上の結果より、橋梁の上部構造の振動、音圧レベルの解析を行う場合は 2 次元の梁要素モデルを用いた解析で十分であると推測できる。

4. 低周波音低減対策工法の効果

上述した結果より、これまでに採られてきた各対策工を施した時の道路橋をモデル化し、車両走行時の音圧レベルと無対策時の音圧レベルを 2 次元の梁要素を用いて比較した。低周波騒音の対策工法は端対傾構をコンクリートにより巻き立てる工法・道路橋全体をラレラル補強する工法・支点部を積層ゴム支承で支持する工法・連続桁の各支間中央をアーチ部材で支持する工法・連続桁の各支間中央に TMD と設置する工法(図-5)について解析を行った。

図-6、図-7 は上で述べた対策の内のラレラル補強する工法と TMD を設置する工法の音圧レベルを示す。ラレラル補強のモデル化は、主桁全体の曲げ剛性を増加させることによりモデル化する。図-5 より無対策時に比べ、音圧レベルのピーク値が約 10 ~ 12[dB]低減していることがわかる。次に TMD を設置する工法のモデル化は、質量、ダッシュポットおよびばねの 3 要素からなる 1 自由度系の TMD を付加することによりモデル化する。図-6 より無対策時と比べ、音圧レベルが約 8.6[dB]低減していることがわかる。

5. まとめ

本研究では交通荷重下における橋梁の応答、交通騒音および低周波音の低減対策工法の効果について定量的に検討した。その結果、2 次元の梁要素と 3 次元の板要素は変位応答の値がほぼ同じになることがわかった。音圧レベルに関しても低周波域ではほぼ同じ値となることがわかった。また、低周波音低減の対策工法の効果は、端対傾構をコンクリートにより巻き立てる工法以外では音圧レベルのピーク値が約 10 ~ 20[dB]低減効果が見られた。低周波音低減の対策工法を総合的に判断すると、支点部を積層ゴム支承で支持する工法と連続桁の各支間中央をアーチ部材で支持する工法が有効であることがわかった。

参考文献： 1) Irving H. Shames Clive L. Dym : *Energy and Finite Element Method in Structural Mechanics*, Taylor & Francis, 1985.

キーワード：交通荷重，振動解析，低周波音，音圧レベル，低周波音低減対策工法

連絡先：〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 TEL:055-220-8521 FAX:055-220-8773

2) 梶川康男：橋梁振動の計測と解析，技報堂出版，1993. 3) 中島章典，土岐浩之，斉木功：車両 - 橋梁系振動問題の非線形動的応答解析，土木学会論文集，No.682,I-56,pp.391-398,2001. 4) 水上浩之：車両走行により道路橋から放射される低周波音の特性に関する研究，山梨大学工学研究科修士論文，1992.

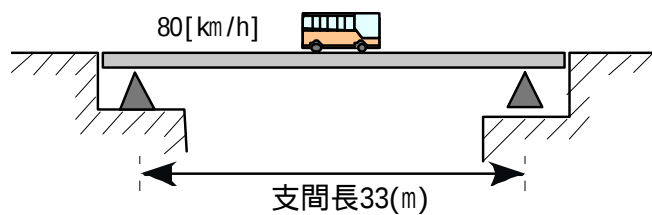


図-1 解析を対象とした橋梁の概略図

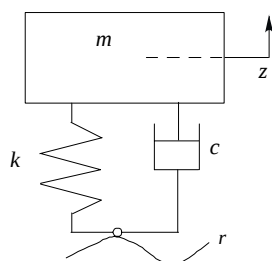


図-2 解析に利用した1自由度車両モデル

ヤング率[kgf/cm ²]	2.10×10^6
ポワソン比	0.3
断面積[cm ²]	1.05×10^5
断面2次モーメント[cm ⁴]	2.43×10^7
質量密度[kgf/(cm/sec ²)/cm ³]	$1.00 \times 10^{-3}/980$

表-1 橋梁の諸元

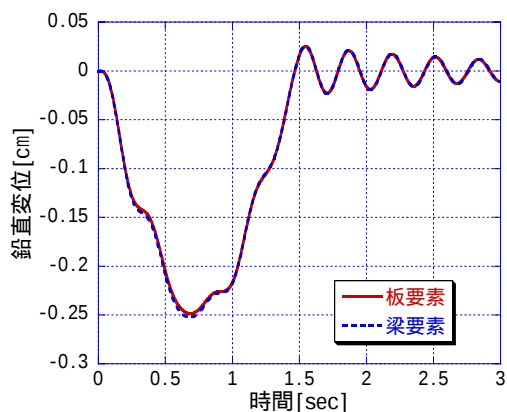


図-3 2次元と3次元の橋梁変位応答の比較

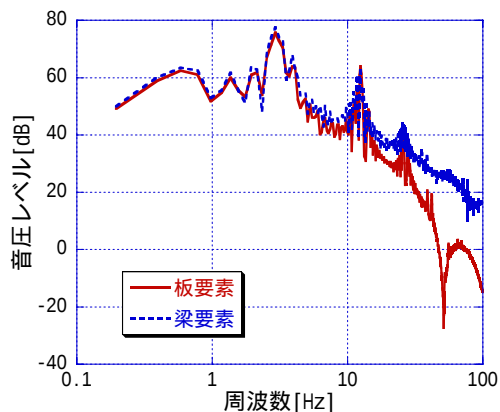


図-4 2次元と3次元の音圧レベルの比較

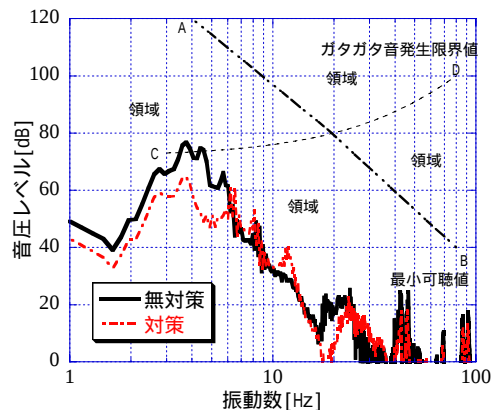


図-6 無対策とラテラル補強工法の音圧レベルの比較

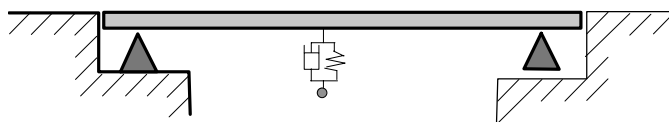


図-5 TMD 設置工法のモデル

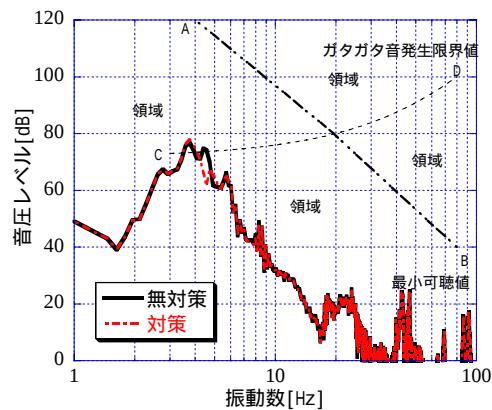


図-7 無対策とTMD 工法の音圧レベルの比較