道路橋の振動に伴う低周波音の低減について

○日本大学工学部　学生員　澤　　伸幸
（株）サクラダ　正会員　小　森　　武
日本大学工学部　正会員　五郎丸　英博

1. はじめに

大型車両が道路橋を通過する際に橋梁を励振させ，橋梁振動に伴って低周波騒音を発生することがある．

本研究は，2 種類の簡易的な制振装置を橋梁に取付けた場合の橋梁振動と低周波騒音の低減効果について，模型橋による実験によって明らかにしたものである．また，FEM および BEM 解析によって振動特性と音響放射の特性の解析を行い実験結果と比較検討した．

2. 実験の概要

実験に用いた模型橋は，一般国道に架かるスパン長 24.5m，幅員 7.54m，I 桁の主桁 4 本を有する鋼合成桁の 1/10 のモデルである．模型橋の材質は床版がコンクリート，桁が鉄である．実橋の音響放射の特性を模型実験でも得るために，模型橋の固体音の伝搬と断面 2 次モーメントに相似則を考慮した．また，周辺から回り込む音を防止する目的で，厚さ 10mm の孔あき石コウボードと厚さ 25mm のロックウールからなる幅 0.754m，長さ 2.450m，高さ 1.000m の音響箱を模型橋の床版下部に設置した．

制振装置は，軟質ウレタンフォームと拘束質量体から構成されるバネ・マス系タイプのダンパーと，振動減衰材と拘束質量体から構成されるタイプの拘束型制振装置の 2 種類とした．

ダンパーは軟質ウレタンフォームと拘束質量体の量を加減し，制振の対象とする周波数へ調整して振動を抑制するものである．拘束型制振装置は，床版に貼付けることにより振動減衰材の伸び縮み・ずれによって振動エネルギーを熱エネルギーに変換させ減衰させるものである． 制振装置の取付け位置は，いずれの場合も床版裏面とした．

実験は，制振装置有無の場合について，支間中央を模型橋の基本固有振動数で定常加振した時の床版振動加速度と床版下 10cm の放射音の測定を行った．

3. FEM，BEM による解析

橋梁振動は FEM，放射音は BEM によって解析を行った．FEM 解析モデルは，模型橋の床版をリッド要素，桁をシェル要素で 3 次元モデル化した．要素数は 3681 要素，節点数は 5670 点である．振動解析内容は，モード解析による固有振動数とモード，周波数応答解析による応答変位，過答応答解析による加振時の振動加速度を制振装置有無の場合で求めた．BEM 解析モデルは，実験で使用したものと同じ寸法の音響箱を床版下部に設置してモデル化した．モデル化した音響箱の媒質特性は速度 340m/s，密度 1.225kg/m^3 とした．音響解析内容は，加振時の床版下 10cm の放射音を振動解析と同様に，制振装置有無の場合で求めた．

4. 実験結果と解析結果

Fig. 1 示す結果は，床版中央部を曲げ 1 次固有振動数で定常加振した時の実験結果と解析結果である．実験で得られた曲げ 1 次固有振動数は 24.4Hz で解析では 24.9Hz であった．

振動加速度波形および音圧波形とも，ダンパーを 9 基取付けることにより，実験値，解析値とも約 80％の減少が認められた．拘束型制振装置を取付けた場合においても実験値で約 45％，解析値で約 29％の減少が認められた．Fig. 2 に制振装置有無による振動加速度レベルと音圧レベルを示す．解析結果よりダンパー1 基の取付けで十分な低減効果があることが分る．この結果は実験結果は無いもの，制振装置無しの場合や拘束型制振装置を取付けた場合の解析結果と実験結果から判断してほぼ妥当な結果と思われる．

Fig. 3 に制振装置無しの場合とダンパーを 1 基取付けた場合の曲げ 1 次モードとその時の音圧レベル分布を示す．ダンパーを 1 基取付けることによって音圧レベル分布が大きく減少し，制振装置の有効性が確認できた．

Keyword　振動制御　低周波音　制振装置
連絡先　〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原 1 番地　日本大学工学部　℡024-956-8714

5. まとめ

2 種類の簡易的な制振装置は橋梁振動と低周波騒音の低減に有効であることが分かった．実験と解析（FEM と BEM）はほぼ類似した結果が得られ，FEM と BEM による橋梁振動と放射音の解析の妥当性が確認できた．

今後，衝撃加振の場合や実橋モデルの場合についても検討して，制振装置の振動特性を明らかにしていく予定である．

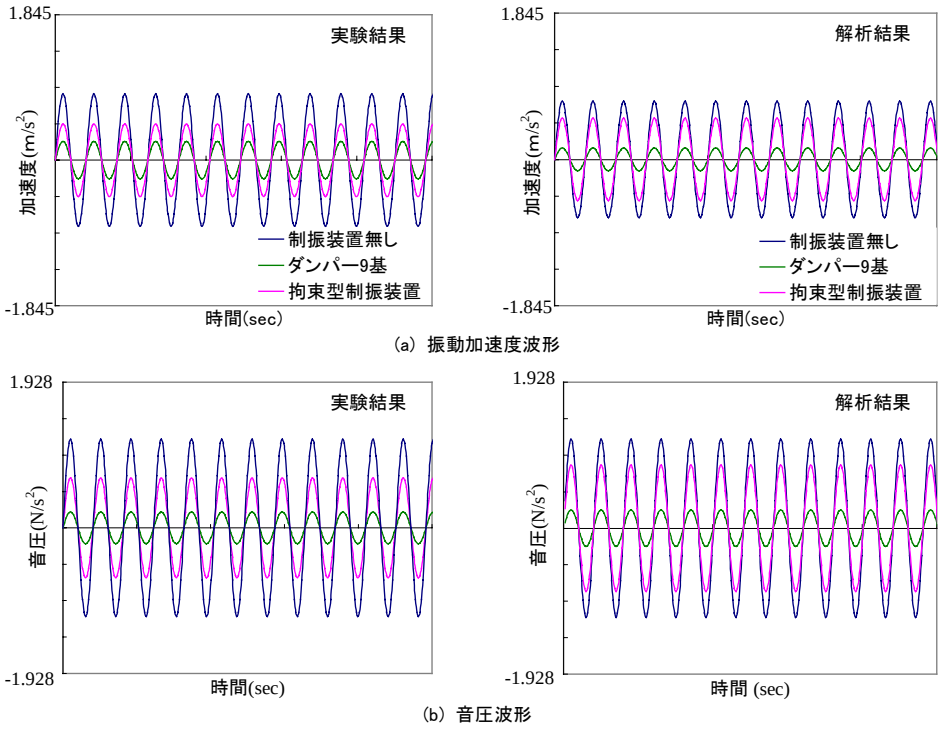

Fig 1. 床版振動加速度波形と音圧波形の実験結果と解析結果

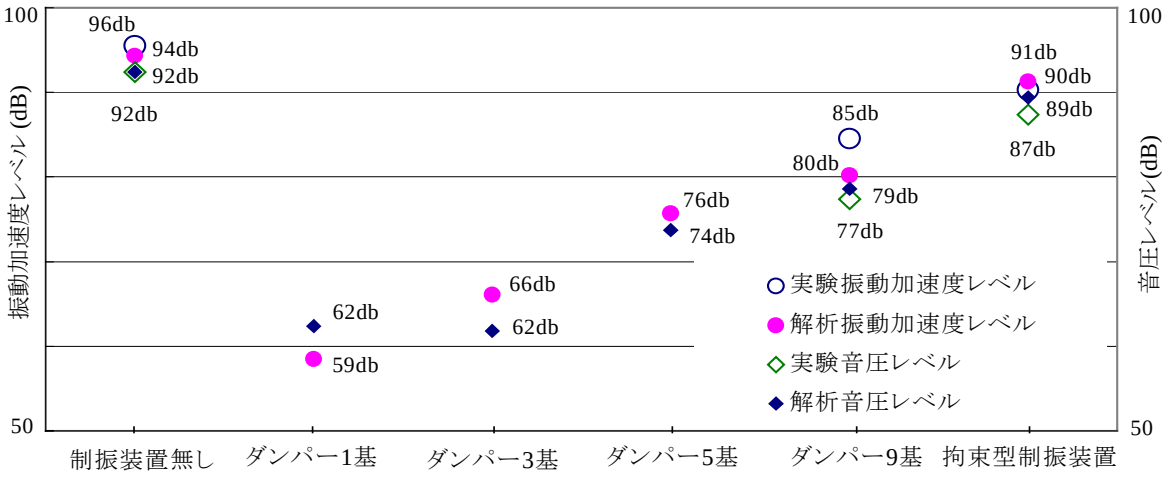

Fig 2. 制振装置有無による振動加速度レベルと音圧レベル

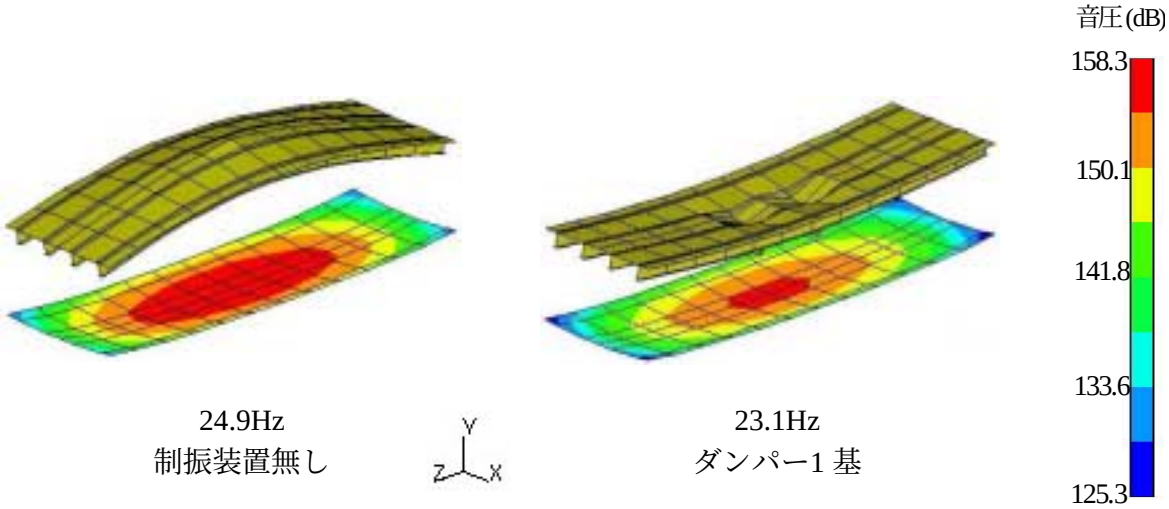

Fig 3. 制振装置無しの場合とダンパーを 1 基取付けた場合の曲げ 1 次モードとその時の音圧レベル