## 鋼床版連続桁橋における交通振動の TMD 制御解析

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	野村	泰稔
神戸大学工学部	正会員	金	哲佑	神戸大学工学部	学生員	○門前	敏典

1.研究概要 近年における橋梁の合理化・軽量化や大型車交通量の増加に伴い,道路桁橋の走行車両による動 的応答が様々な問題を引き起こしている.例として低周波音・地盤振動に代表される環境振動の問題などが挙 げられ,これら環境振動の原因となる交通振動への対策は橋梁周辺地域の環境向上に関連する重要事項である. 本研究では,建設予定にある7径間連続鋼床版2箱桁ラーメン橋を対象とする.既往の研究"を参考とし,橋 梁交通振動への対策としてTMDによる制振効果の検討を行うため,3次元モデルによる橋梁交通振動制御解 析を行う.

<u>2. 解析手法</u>車両-橋梁-TMD連成系 振動方程式を Newmark-β法により逐次 積分することで橋梁の動的応答を計算 する.

## 3. 解析モデル

3.1 橋梁モデル 対象橋梁は7径間連 続鋼床版2箱桁ラーメン橋であり,支間 長は31.5+37.0+40.0+48.0+40.0+37.0 +31.5mの全長265m,幅員は17.25mで ある.橋梁の側面図,断面図,解析モデ ルをFig.1示す.橋梁交通振動解析にお いては,総節点数338の有限要素モデル を用いる.また,対象橋梁は計画中の構 造物であるため,路面凹凸については次 式で表されるパワースペクトル密度を 用い,モンテカルロシミュレーションに よって得られる波形を使用する.

 $S(\Omega) = 0.003 / (0.05^{2.0} + \Omega^{2.0})$ 

<u>3.2 車両モデル</u>車両モデルは、ダンプトラックを想定した 8 自 由度系の 3 次元車両モデルを用い,車両走行位置は Fig.1 に示すよ うに橋梁における追い越し車線中央とする.車両モデルとその諸 元<sup>3)</sup>を Fig.2 に示す.

4. TMD の設計 車両1台,走行速度 60km/h による非制御時の 橋梁交通振動解析より,ほぼ全ての径間について加速度応答のフ ーリエスペクトルが 3.5Hz 付近と 4.1Hz 付近で卓越していること が分かった.これらの卓越振動数に最も近い固有振動数を持つ振 動モードとして,共に上部構造の鉛直曲げ振動を表す第8次モー ド(3.488Hz)と第10次モード(4.105Hz)を制振対象モードとする.

8次,10次モードの固有振動数に共振するよう質量・ばね定数・ 減衰定数を調整した計4基のTMD"をFig.3に示すように配置す る.なお,換算質量に対するTMDの質量比は4基の合計で1%と し,全径間についてそれぞれのTMD諸元は等しいとする.

5. 制御解析 今回,車両1台,60km/h での走行時について橋梁 の卓越振動数を調べ,TMDの諸元を決定したが,実際の橋梁にお いて車両走行条件は様々に変化するため,走行条件を変化させて







Natural Frequency : 1.9 Hz(Front) :3.2 Hz(Rear)

## Fig.2 8-DOFs vehicle model



Fig.3 Bridge model with TMDs

キーワード 橋梁交通振動, TMD, 環境振動, 連続桁橋, 制御解析 連絡先 〒657-8501 神戸市灘区六甲台町 1-1, Phone: 078-803-6278, Fax: 078-803-6069 制御解析を行い,制振効果を検討する必要がある. よって TMD 諸元は一定とし,60km/h 車両1台走 行,60km/h 車両3台走行(最小車頭間隔:23m), 80km/h 車両3台走行(最小車頭間隔:42m)の3パ ターンについて解析を行う.代表的な結果として V5 における非制御時と制御時の加速度応答とそ のフーリエスペクトルおよび振動加速度レベルを Fig.4 に示す.なお,図中の w/o TMD は非制御時, w/ TMD は制御時の結果を表し,振動加速度レベ ルにおける oval はオーバーオールを表す.

検討の結果, どの車両走行条件においても RMS 値は 2/3~1/2 へと減少しており, TMD による制振 効果が確認される.フーリエスペクトルに着目す ると, TMD の設置により非制御時には見られなか ったピークが生じるなど, TMD の設置が制振対象 モード以外の振動モードに影響を与える可能性の あることが分かるが,制振対象とした 3.5Hz 付近 と 4.1Hz 付近においてはピーク値の大幅な減少が 見られ,車両走行条件が変化したとしても,制振 対象モードに対しては制振効果のあることが確認 できる.振動加速度レベルにおいても同様に,中 心周波数 3.15Hz, 4Hz の近傍における振動加速度 レベルについて低減効果が確認される.なお,他 径間についてもほぼ同様の傾向が見られた.

**6. 結論** 今回, 連続鋼床版橋に対する TMD 制御 につき, 車両-橋梁-TMD 連成系の制御解析を行うことでその制御効果を検討した.

解析結果より,車両走行条件が変化したとして も、制振対象モードに対しては制振効果が確認さ れたため、今回の対象橋梁に対し TMD の振動制 御は、環境振動など、特定の振動数が問題になる 場合において有効であると言える.しかし、TMD による制振は特定の振動モードを対象として制御 を行うため、卓越振動数の変化に対するロバスト 性が低く、橋梁交通振動全体の制振を考えた場合 については、ロバスト性のある制振手法が必要で ある.

参考文献

- 村井他:TMD による橋梁振動および低周波音抑制効 果に関する実橋実験,土木学会橋梁振動コロキウム'01 論文集,pp.141-146,2001.10.
- M. Kawatani, C.W. Kim and N. Kawada : Three-dimensional finite element analysis for traffic-induced vibration of steel two-girder bridge with elastomeric bearings. TRR, Journal of the Transportation Research Board, CD 11-S, pp. 225-233, 2005.
- 3) 岡林隆敏,竹下渡:走行車両による道路橋振動制御の ための動吸振器の最適設計,振動制御コロキウム PART B 講演論文集, pp. 97-104, 1991. 7.



Fig.4 Acceleration responses, Fourier amplitudes and 1/3 octave band spectra at the fifth span