

第I部門

MTMD を用いた鋼床版連続桁橋の交通振動制御解析

神戸大学大学院 フェロー 川谷 充郎

神戸大学大学院 正会員 金 哲佑

神戸大学大学院 正会員 野村 泰稔

神戸大学大学院 学生会員 古賀 翔平

神戸大学大学院 学生会員 ○大坪 祐介

大阪府立高専 学生会員 島田 翔二

1. 研究背景 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、道路橋の走行車両による動的応答が様々な問題を引き起こす可能性も高まっている。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。既往の研究¹⁾を参考とし、本研究では建設中の7径間連続鋼床版2箱桁ラーメン橋の交通振動対策として、MTMD(Multiple Tuned Mass Damper)の適用と、その制振効果を解析的に検討する。

2. 解析モデル

2.1 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。橋梁交通振動解析においては、総節点数478点の有限要素モデルを用いる(Fig.1 参照)。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た人工路面凹凸を使用する。

$$S(\Omega) = 0.003 / (0.005^{2.0} + \Omega^{2.0})$$

2.2 車両モデル 車両モデルは一般的なダンプトラックを想定し、3次元の8自由度振動系にモデル化する。車両モデルとその諸元²⁾をFig.2に示す。

2.3 走行条件 走行条件は車両1台、60km/h走行とする。また、橋梁の構造上、車両走行位置が橋梁の応答に大きく影響すると考えられるので、内側車線(追越車線)走行と外側車線(走行車線)走行の場合を検討する。走行位置はFig.1に示す。

3. MTMD の設計 非制御時の橋梁交通振動解析より、加速度応答のフーリエスペクトルがTable 1に示す第4次モードから第12次モードまでの固有振動数の周波数帯で卓越しており、特に第7次モードと第9次モードの固有振動数付近はほぼ全ての径間において卓越していることがわかった。この結果から、本研究では3種類のMTMDを設計する。すべての種類のMTMDは、両主桁位置に設置し、径間ごとに総質量が上部工の径間質量の2%となるようにする。

3.1 MTMD(7th,9th) 第7次モードと第9次モードの固有振動数に共振するようバネ定数・減衰係数を調整するTMDを、1つの径間に対して2基ずつ、計4基設置する。

3.2 MTMD(4th-12th) 第4次～第12次モードまでの固有振動数に共振するようバネ定数・減衰係数を調整したTMDを、1つの径間に対して2基ずつ、計18基設置する。

3.3 MTMD(2.64Hz-4.49Hz) 2.6478Hz～4.4962Hzの周波数帯を8等分に分割した周波数に共振するようバネ定数・減衰係数を調整したTMDを、1つの径間に対して2基ずつ、計18基設置する。

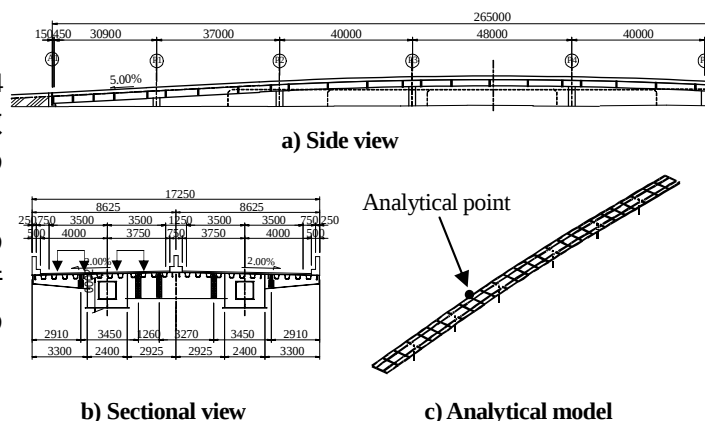


Fig.1 General layout of bridge model

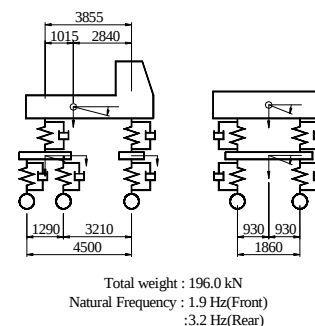


Fig.2 8-DOFs vehicle model

Table 1 Natural frequencies

	4th mode	5th mode	6th mode	7th mode	8th mode	9th mode	10th mode	11th mode	12th mode
Natural frequency (Hz)	2.64	3.03	3.23	3.56	3.57	3.76	4.17	4.38	4.49

4. 制御解析結果 内側車線走行時と外側車線走行時の MTMD 制御解析結果の加速度応答とそのフーリエスペクトルを非制御の場合と比較して Fig.3 に示す．また，Fig.3 中に線で囲む第 3 径間上に車両が存在する区間の応答の RMS と，その制振効果を Table 2 に示す．まず内側車線走行時と外側車線走行時の結果を比較すると，外側車線走行時の応答の方が大きくなっており制振効果も落ちている．これは橋梁の構造上車両が外側車線を走ることでのねじれの影響が大きくなることが原因であると考えられる．次に MTMD(7th,9th)の結果は，RMS 値では制振効果がみられるが，フーリエスペクトルに着目すると，非制御時には見られなかった 3.95Hz というピークが現れている．また MTMD(4th-12th)，MTMD(2.64Hz-4.49Hz)の結果に着目すると，どちらも MTMD(7th,9th)より高い制振効果が得られており，フーリエスペクトルにおいてもピークが抑えられていることが分かる．さらに MTMD(4th-12th)と MTMD(2.64Hz-4.49Hz)の結果を比較すると，MTMD(4th-12th)のほうが加速度応答の RMS をよく抑えられていることが分かる．これらの結果から，MTMD は特定の周波数だけを対象とするより，周波数帯を対象とする方が，より良い制振効果が得られると考えられる．さらに，周波数帯を対象とする場合には，等分割した周波数よりも，周波数帯に存在する固有振動数を考慮することで制振効果が高まると考えられる．

5. まとめ 7 径間の連続桁橋を対象に 3 種類の MTMD 制御解析を行いその制振効果の検討を行った．車両の走行条件の影響や TMD 諸元の調整など難しい面もあるが，制振効果がみられ，連続桁橋の交通振動対策として MTMD は有効な手段となりうると考えられる．

参考文献：

- 1) 川谷充郎，野村泰稔，金哲佑，門前敏典：鋼床版連続桁橋における交通振動の TMD 制御解析，土木学会第 61 回年次学術講演会，I-499，2006.9.
- 2) 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.

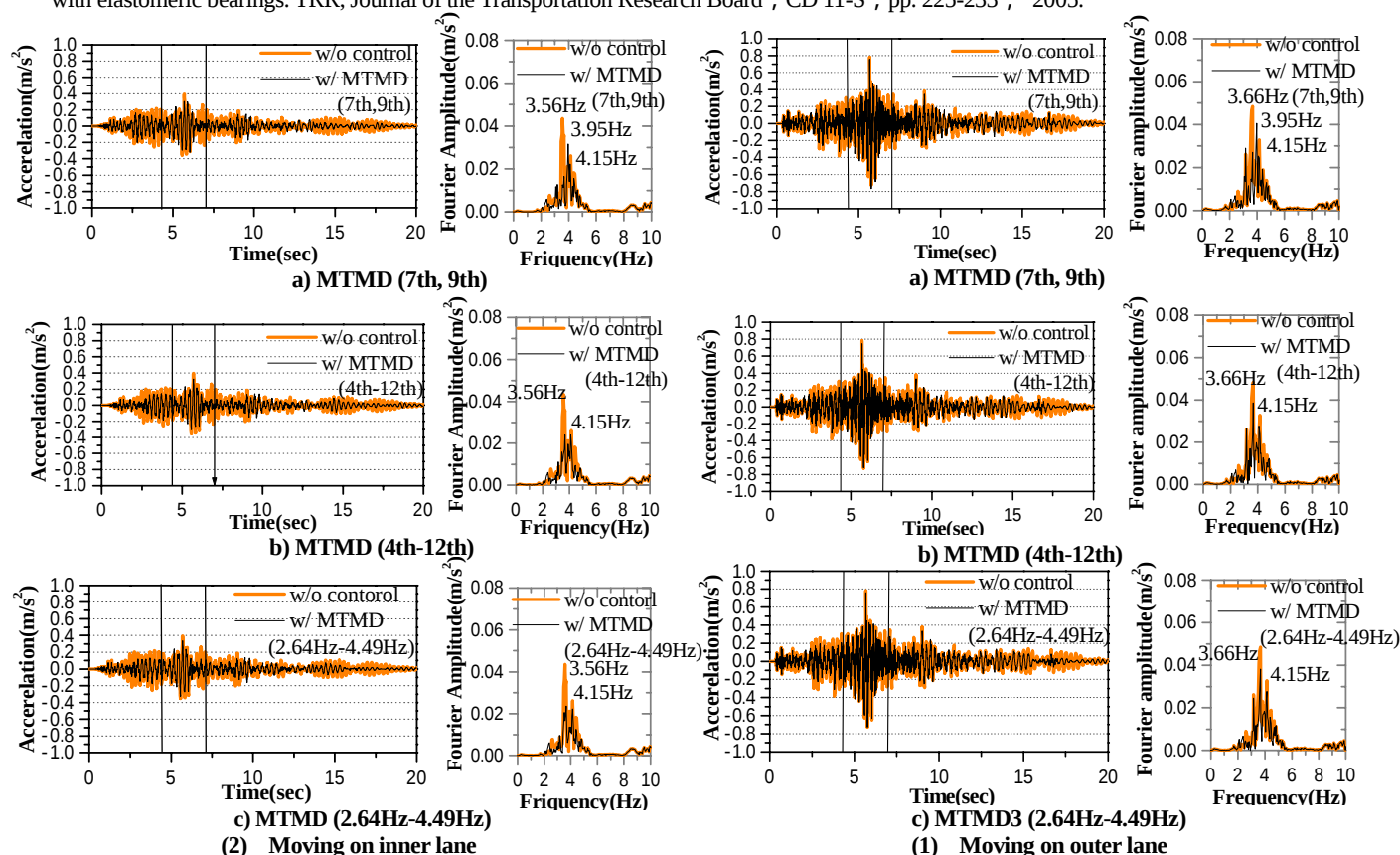


Fig.3 Acceleration responses and Fourier amplitudes of bridge

Table 2 RMS of acceleration and reduction effect

	MTMD(7th,9th)		MTMD(4th-12th)		MTMD(2.64Hz-4.49Hz)	
Moving lane	Inner	Outer	Inner	Outer	Inner	Outer
w/o control (m/s^2)	0.14654	0.20152	0.14654	0.20152	0.14654	0.20152
w/ MTMD (m/s^2)	0.11540	0.19087	0.10685	0.18280	0.11374	0.18826
Reduction effect : (w/ MTMD)/(w/o control)	0.787	0.947	0.729	0.907	0.776	0.934