

I-159

不規則振動時のTMDの設計法に関する一検討

大林組 正員 春日 美穂 埼玉大学 正員 奥井 義昭  
 日本大学 正員 秋山 成興 長岡科学技術大学 正員 長井 正嗣  
 埼玉大学 学生員 菊地 昭仁

1. はじめに

TMD (Tuned Mass Damper)の設計時において、TMDと構造物の制振対象の固有振動モードからなる二自由度系モデルを用いて、同調比、TMDの減衰定数などの設計パラメータの設定ならびに制振効果の評価を行う方法が一般に行われている。さらに、交通振動や風(パフエーティング振動)等の不規則外力に対する構造物の応答を制振する場合、系の応答を定常ランダム過程と仮定し、不規則振動論により制振効果の評価する方法が報告されている<sup>1)</sup>。そこで本研究では上記のような慣用設計法によって設計されたTMDの制振効果が、実際にどの程度有効であるかを検討することを目的とした。具体的には不規則振動の例として車両交通荷重による橋梁振動について検討を行った。

2. 慣用設計法によるTMDの設計および制振効果の評価

まず、Fig.1 に示す2自由度モデルで制振効果の評価およびTMDの設計を行った。その他の計算上の仮定として、(a) 系の応答は定常ランダム過程とし、(b) 外力のパワースペクトルはホワイトノイズとして計算を行った。計算結果の一例をFig.2に示す。同図は質量比  $\mu=0.01$ における非制振時の構造物の変位の標準偏差 ( $\sigma_0$ )で無次元化した制振時の標準偏差( $\sigma_{x1}$ )の等高線図で横軸が同調比、縦軸がTMDの減衰定数である。この等高線図の最小点が最もTMDの制振効果が発揮される点であり、この点の同調比とTMDの減衰定数の組み合わせをTMDの最適パラメータとして採用した。他の質量比についても同様の計算を行い、最適パラメータを決定した結果を表-1に示す。

3. 時刻歴応答解析による制振効果の評価

上記の方法で設計されたTMDの制振効果を検討する目的で、単純梁(スパン 50m)の車両走行時の応答を路面凹凸を考慮して時刻歴応答解析を行った。梁は活荷重合成桁を想定しFEMで離散化した。車両については 20tトラック想定してバネ下部とバネ上部のを表す2自由度系でモデル化を行った。また、TMDについては支間中央部に設置し制振対象の固有モードは梁の1次振動を考え、前述した慣用設計法により決定された表-1の最適パラメータにチューニングされているものとした。計算モデルを Fig.3に、橋梁と車両の諸元を表-2に示す。

質量比  $\mu = 5\%$ 、車両の走行速度  $V = 60\text{km/h}$  における橋梁のTMD取付点での鉛直たわみの時刻歴応答を Fig.4

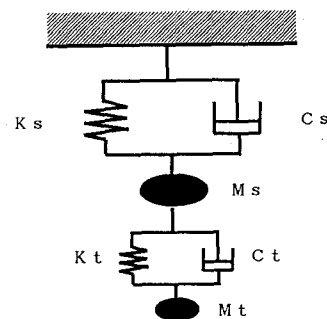


Fig.1 2自由度系モデル

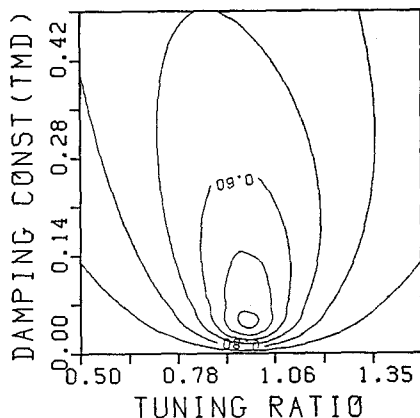


Fig.2  $\sigma_{x1}/\sigma_0$ の等高線図

表-1 慣用設計法によるTMDの最適パラメータ

質量比	同調比	減衰定数 (TMD)
0.01	0.867	0.053
0.02	0.862	0.072
0.03	0.857	0.086
0.04	0.855	0.098
0.05	0.847	0.110

に示す。この場合、車両が橋梁を通過するのに要する時間は 3.0 secであり、車両が通過後の自由減衰時においてTMDの制振効果が発揮されているものの、最大応答変位の制振時、非制振時の差はほとんど無いことが分かる。この時刻歴応答解析の結果からパワースペクトルを計算した結果が Fig. 5である。同図から、梁の1次固有振動に対応するパワースペクトルの最大値はTMDを設置することによりかなり低減されていることが分かる。

同様の計算を各質量比に対し実施し、TMDの設置時と非設置時の応答の標準偏差比 $\sigma_{x1}/\sigma_0$ をプロットした結果をFig. 6に示す。図中の実線が慣用設計法で計算された値、 $\cdot$ が時刻歴応答解析によって計算された値を示す。同図から慣用設計法で計算されたTMDの制振効果は応答の標準偏差についても、過大評価されていることが分かる。

4. まとめ

以上の検討結果は単独の交通車両に対する検討結果であり、今後さらに連行荷重の影響等を検討する必要があるが、慣用設計法によるTMDの制振効果は過大評価されている可能性が大きく、特に過渡的な現象により最大応答変位が発生する場合のTMDの制振効果については十分に注意する必要があるものとする。

[参考文献]

- 1) 寺元他：花畔大橋(斜張橋)主塔のTMDによる制振対策，構造工学論文集，Vol. 36A，1990

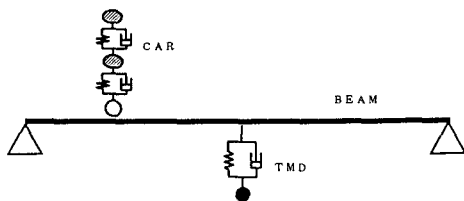


Fig. 3 時刻歴応答解析モデル

表 - 2 橋梁および車輛の諸元

車	車体部		タイヤ部
	重量 (t)	18	2
輛	$n$ :定数 (t/m)	500	1000
	減衰定数 (t·s/m)	2.5	3.0
橋	曲げ剛性 (t·m <sup>2</sup> )	1.30x10 <sup>7</sup>	
	単位長さ当りの重量 (t/m)	18.37	
梁	スパン長 (m)	50.0	
	減衰定数 (非制振時)	0.0075	

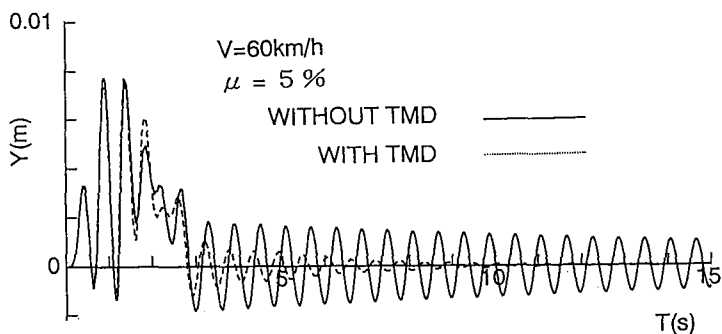


Fig. 4 TMD設置時と非設置時の梁の時刻歴応答

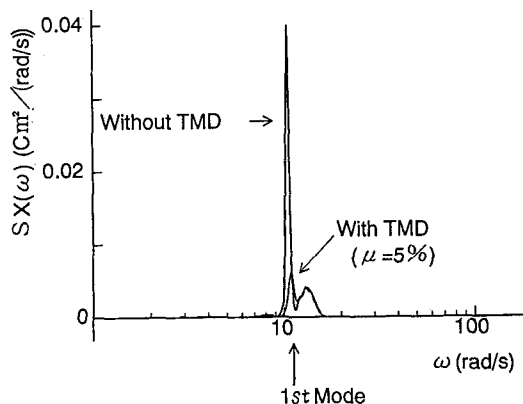


Fig. 5 応答のパワースペクトル

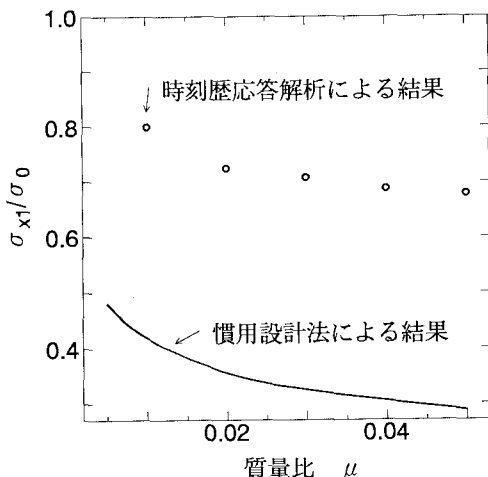


Fig. 6 慣用設計法と時刻歴応答解析による制振効果の比較