

I-33 MTMD による免震橋の制振に関する基礎的研究

徳島県 正 員 ○伊沢 祐一 徳島大学大学院 正 員 成行 義文
 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔 徳島大学大学院 学生員 後藤 弘成
 建設技術研究所 正 員 数見 真生

1. はじめに 本研究では、MTMD (Multiple Tuned Mass Dampers) による免震橋の制振効果に関する基礎的なデータを得ることを目的として、TMD の個数、それらの周期、ならびに質量比等を変化させて地震応答解析を行った。それらの解析結果を MTMD 非設置の免震橋の解析結果と比較することにより、MTMD の制振効果について若干の検討を行った。

2. 解析モデルと入力地震動

(1) 解析モデル 本研究では、MTMD を備えた免震橋を図-1 に示すようにモデル化した。橋脚は RC 橋脚を想定しているが、その復元力履歴特性は初期弾性剛性を有する線形とした。また、免震支承の復元力履歴特性は、等価剛性を有する線形とした。

(2) 入力地震動 入力地震動としては、1995 年の兵庫県南部地震における神戸海洋気象台で得られた記録 (神戸記録) と、1940 年の米国カリフォルニア州に震源をもつマグニチュード 6.7 の地震の El Centro で得られた記録 (El Centro 記録) の 2 種類の地震動記録を用いる。

3. 構造特性値

免震橋の構造特性値は、道路橋免震設計マニュアル (案)¹⁾ に示されている設計例を基に、表-1 のように算出した。また、各 TMD の質量 m_b は式 (1)、剛性 k_b は式 (2) より算出する。これらの式中、 n : TMD の個数、 M : 免震橋のみの総質量、 $\mu = m_b / M$ 、 T_j : 各 TMD の固有周期を表している。なお、TMD の固有周期 T の決定には阿部ら^{2)・3)}の方法を用いた。TMD の個数 n は奇数とし、各 TMD の周期は図-2 に示すように、周期軸上で中心となる TMD の周期を決め、その両側にそれぞれ等間隔に他の TMD の周期を決定する。すなわち、式 (3) より算出した中心の TMD の固有周期 T_0 と両端の TMD の固有周期間隔を決めるパラメータとなるバンド幅 B を式 (4) に代入し、隣り合う TMD の固有周期の間隔を決めるパラメータ β を算出する。これらの値を式 (5) に代入すれば各 TMD の固有周期 T_j が求まる。なお、バンド幅 B は限界バンド幅 B_c (式 (6)) を基準に決める。限界バンド幅とは、バンド幅の下限値の目安になる値のことである。

4. 制振効率 本研究では、制振効果を表す指標として、式(7)のような制振効率 C_e を用いる。式 (7) 中、 $x_{d \max}$ は制振装置設置時の最大応答変位、また、 $x_{\max}$ は制振装置非設置時の最大応答変位である。この指標は、1.0 を越えることがなく、値が大きいほど MTMD による制振効果が高いことを表す。また、 $C_e < 0$ となると、MTMD の設置が逆効果になることを意味する。

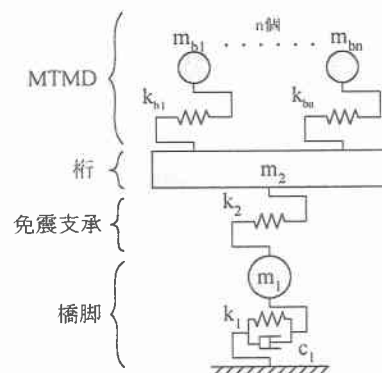


図-1 MTMD を備えた免震橋

表-1 免震橋の構造特性値

橋脚の質量 m_1	202.51 kg
橋脚の剛性 k_L	880000 kgf/cm
上部構造の質量 m_2	736.1 kg
支承の剛性 k_2	14496 kgf/cm
1 次の固有周期 T_s	1.4275 sec
1 次の減衰定数 h	0.02

$$m_b = \frac{\mu \cdot M}{n} \quad (1)$$

$$k_{bj} = \frac{4\pi^2}{T_j^2} \cdot m_b \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} T_0 &= \frac{T_s}{\sqrt{1+\mu}} \\ j &= -m \sim m \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \frac{B}{n-1} = \frac{B}{2 \cdot m} \\ m &= (n-1)/2 \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

$$T_j = T_0 \cdot (1 + j \cdot \beta) \quad (5)$$

$$B_c = \frac{1}{4} \cdot \sqrt{8 \times \mu \times (0.57721 + \log(n))} \quad (6)$$

$$C_e = 1 - \frac{x_{d \max}}{x_{\max}} \quad (7)$$

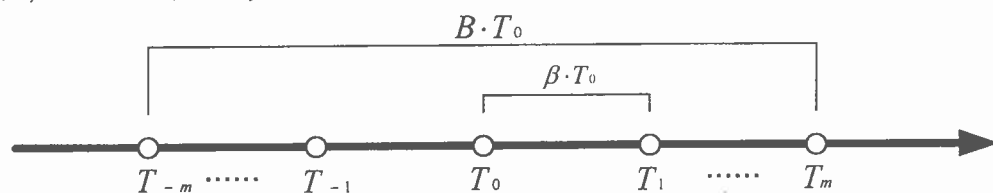


図-2 各 TMD の周期

5. 各パラメータと制振効率との関係

時刻歴応答解析の結果、各パラメータと制振効率

C_e の関係は図-3(a)～(c), 図-4(a)～(c) のようになった。図-3(a)～(c) は入力地震動が El Centro 記録で、質量比 μ がそれぞれ 0.01, 0.05, 0.1 の場合である。図-4(a)～(c) は入力地震動が神戸記録で、質量比 μ がそれぞれ 0.01, 0.05, 0.1 の場合である。

まず、地震動が El Centro 記録の時は、図-3(a) ではバンド幅が高くなっているが、 μ が比較的大きい場合 (図-3(b), 図-3(c)) には必ずしもそうはなっていない。また、橋脚と上部構造で制振効果の変化に違いが出ている箇所もある。これらの図より、単一の TMD よりも、複数の TMD の方が制振効率が高いことがわかる。

次に、地震動が神戸記録の場合には、図-4(a)

～図-4(c) から、バンド幅が限界バンド幅の時に、最も制振効率が高くなっているのがわかる。また、El Centro 記録に対する場合と違い、単一の TMD が最も高い制振効果を発揮している。

6. おわりに 本研究より、次の 3 つの結論が得られた。① MTMD の各パラメータを適正に設定すれば、免震橋に対して制振効果がある。② TMD の個数や周期等、ならびに入力地震動特性が MTMD の制振効果に及ぼす影響は大きい。

7. 参考文献 1) (財) 国土開発技術研究センター：道路橋の免震設計法ガイドライン (案), 平成元年 3 月, 2) 阿部雅人・藤野陽三：マルチプル同調質量ダンパー (MTMD) の基本的特性, 土木学会論文集, No.465/I-23, pp.87～pp.96, 平成 5 年 4 月, 3) 阿部雅人・藤野陽三：マルチプル同調質量ダンパー (MTMD) の性能評価式, 土木学会論文集, No.465/I-23, pp.97～pp.106, 平成 5 年 4 月

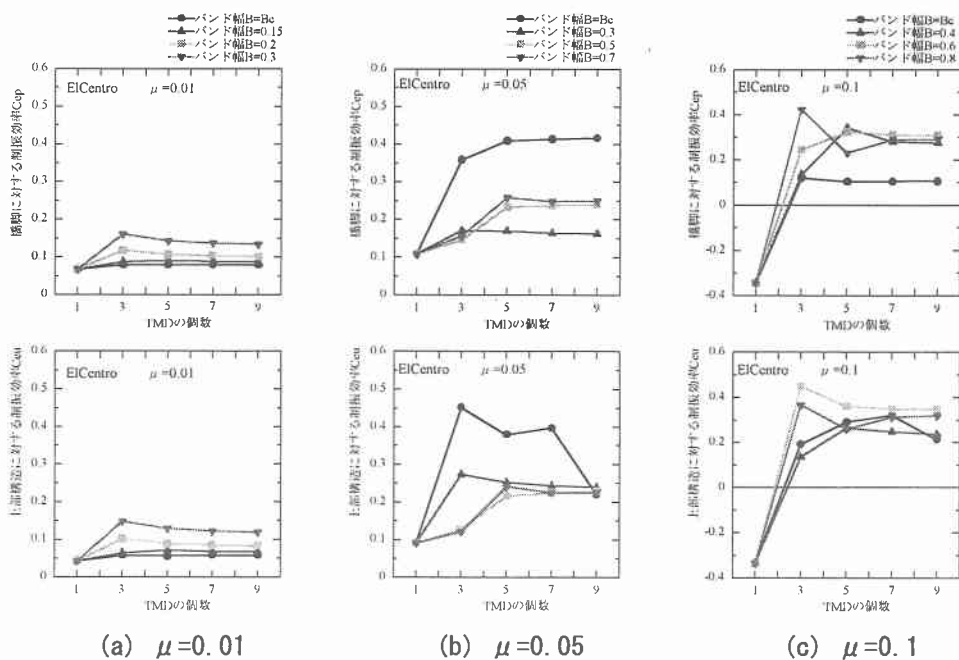


図-3 El Centro 記録における各パラメータと制振効率の関係

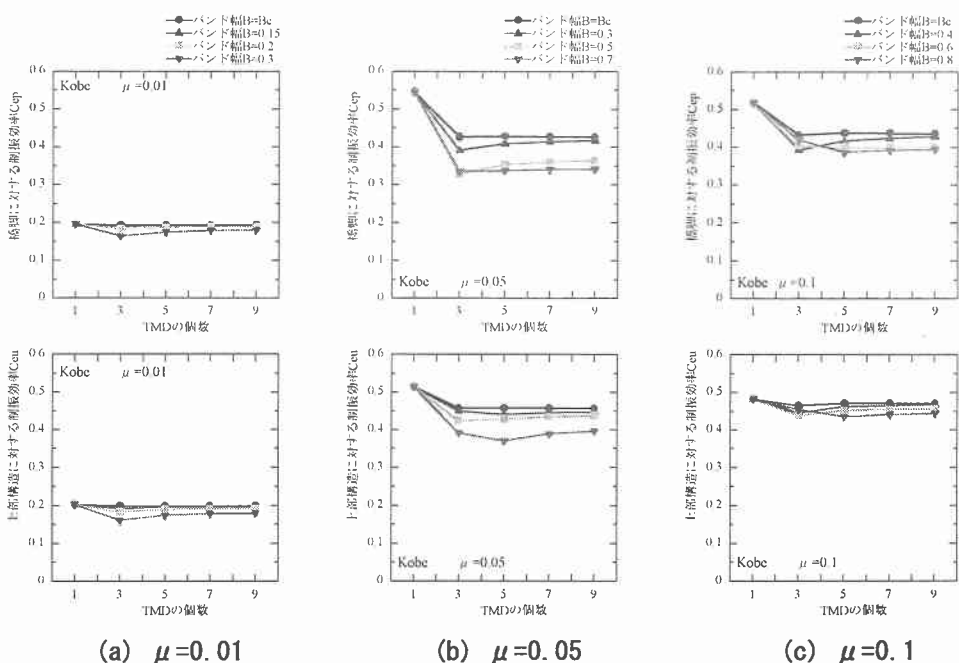


図-4 神戸記録における各パラメータと制振効率の関係