

I - B238

TMDによる歩道橋の制振

中央復建コンサルタンツ 正会員 廣瀬彰則⁽¹⁾ 建設省近畿地方建設局 横谷利昭⁽²⁾
 栗本鐵工所 正会員 田谷 光⁽³⁾ ニチソウテック 正会員 南條正洋⁽⁴⁾
 同上 正会員 畑中章秀⁽⁴⁾

1. はじめに 対象とする歩道橋は、図-1 示す通り幅員3.8m、全長91.5m（15+40+36.5：主橋部）の3径間連続鋼桁橋である。本橋は、その設置空間の制約から、支間長を大きくせざるを得ず、鉛直たわみ1次モードの解析振動数が1.94Hzとなり、「基準¹⁾」で避けなければならない1.5～2.3Hzの範囲内に入っていること。また、文献2)の振動使用性照査手法に基づく共振時の振動速度が1.57m/sとなり、推奨規制値の0.85m/sを超えることから、歩行外力による共振現象が生じることが予想された。そこで、剛性増など断面設計上で対応する方法を種々検討したが、上記規定値等を満足させることが困難なため制振装置（TMD）による制振対策を行うこととした。以下に、TMDの設計、装置機構の概要ならびに現地で実施した性能試験について述べる。

2. TMDの設計概要 TMDを設計する場合、一般には対象とする構造物の振動特性を実測し、その結果に基づいてTMDのパラメータを決定するが、本橋では架設完了後にTMDを設置することができないため、製作段階で桁内に設置することとした。このためTMDの調整パラメータは、解析振動数をもとに決定した。しかし、解析振動数は断面設計の際には考慮されない剛性要素（高欄、化粧板など）や支承部境界条件の相違などにより、解析値と実測値に差異を生じることが予想される。これに対しては、文献3)、4)に記載されている固有振動数の解析値と実測値の比較検討例を参考に実橋振動数を解析値の5%増（2.04Hz）と仮定した。表-1に仮定した歩道橋の振動諸元ならびにTMDの調整パラメータを示す。表中の調整パラメータは調和振動に対する最適値である。制振率 β はTMDを設置した場合と設置しない場合の応答曲線ピーク値の比である。歩道橋の構造減衰（対数減衰率）は、文献3)に記載されている集計結果をもとに安全側となるよう0.01とした。調和振動外力を仮定した場合には、図-2に示すとおりTMDの最適条件下では0.044の制振率が確保されることがわかる。しかし、前述のように、固有振動数は解析値に基づく仮定値であり、仮に実橋振動数が $\pm 15\%$ 変化すると、制振率は最大で0.3程度にまで低下することになる。このため、固有振動数の変化に対するロバスト性を高めるために、TMDの対数減衰率を最適値よりも高めに調整することとした（対数減衰率の最終調整値を表-1に併記）。

3. 装置機構の概要 TMDは設置スペースの制約やメンテナンスを容易にすることなどから、本橋では写真-1のとおりの4分割とした。TMDは図-3に示す密閉された円筒容器（高さ638mm×幅650mm）内に重錘およびバネを収納することとした。TMDの減衰手法は重錘と容器の隙間（0.7mm）を通過する空気粘性減衰を利用する方法によることとして、省スペース化をはかった。また、解析振動数と実測振動数の差異に対応するため重錘を取外し可能な構造とし、-2%から+5%の振動数変化に対応できるようにした。

4. 現地性能試験 TMD作動前後の歩道橋本体の構造減衰（対数減衰率）を実測した。図-4(a)はTMD作動前の歩道橋の減衰波形の自己相関係数を示したものである。TMD作動前の歩道橋の固有振動数は2.25Hz、構造減衰は0.020であった。固有振動数が仮定値よりも約10%増の値であったため重錘を一部除去してTMDの固有振動数を調整した後、TMD作動時の歩道橋の構造減衰を実測した。図-4(b)にTMD作動時の歩道橋の減衰波

キーワード：歩道橋、TMD、ロバスト性、性能試験

- *1) 〒532 大阪市淀川区西宮原 1-8-29 TEL 06-393-1133 FAX 06-393-1143
- *2) 〒651 神戸市中央区吾妻通 3-1-5 TEL 078-241-4573 FAX 078-241-4702
- *3) 〒559 大阪市住之江区柴谷 2-8-45 TEL 06-393-1133 FAX 06-393-1143
- *4) 〒551 大阪市大正区鶴町 2-15-26 TEL 06-555-7055 FAX 06-555-7062

形の自己相関係数を示す。TMD作動時の構造減衰は0.180となり、作動前と比べて9倍もの値となった。TMD作動時には、文献2)より算定される振動速度は0.15m/sで推奨規制値の0.85m/sを下回った。

5. まとめ 歩道橋の制振対策としてTMDを採用し、制振装置の有効性を確認した。歩道橋の計画設計に際してTMDを検討すると、多くの場合工場製作の段階でTMDを桁内に設置する必要があることから、実橋振動数の精度よい推定手法ならびに固有振動数の変化を考慮したコスト性の高い制振設計が重要になる。コスト性を高める手段として、本論文で述べた方法以外にマルチTMD⁹⁾の利用も考えられるが、これについては今後検討を行う必要がある。最後に本論文が歩道橋の制振対策の参考となれば幸いである。

参考文献 1) 日本道路協会：立体横断施設技術基準・同解説，丸善，1979.，2) 田中，加藤：設計時における歩道橋の振動使用性照査法，土木学会論文集，No.471/I-24，pp.77-84，1993.，3) 牛尾，南條：歩道橋の振動に関する諸問題，日立造船技報，33巻3号，pp.28～33，1972.，4) 田中，加藤：歩道橋の固有値解析と測定値との比較，第44回土木学会年講，I-295，5) 阿部，藤野：マルチTMD⁹⁾の利用も考えられるが，これについては今後検討を行う必要がある。最後に本論文が歩道橋の制振対策の参考となれば幸いである。

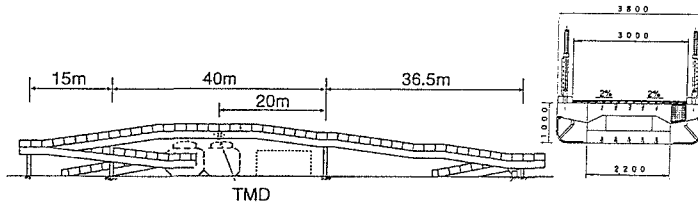


図-1 歩道橋の一般図

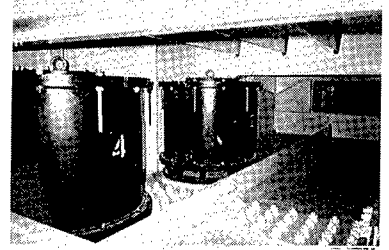


写真-1 桁内へのTMDの設置状況

表-1 歩道橋の振動諸元 (仮定値) とTMDの調整パラメータ

歩道橋の振動諸元 (仮定値)	鉛直たわみ1次モード換算質量: 6.81tf・s ² /m 固有振動数: 2.04Hz (解析値の5%増) 構造減衰 (対数減衰率): 0.01
TMD調整パラメータ (最適値)	TMD質量: 0.0663tf・s ² /m (質量比: 0.97%) 最適振動数: 2.02Hz 最適減衰率: 0.378
TMD調整パラメータ (最終調整値)	TMD質量: 0.0678tf・s ² /m (質量比: 1.0%) 調整振動数: 2.13Hz 調整減衰率: 0.577

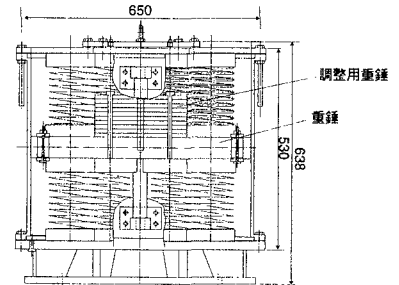


図-3 装置機構の概要

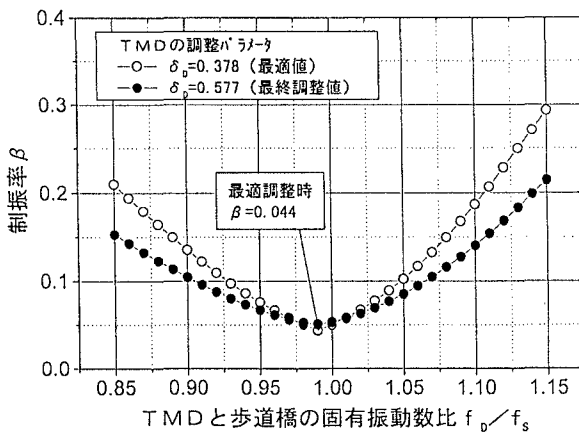
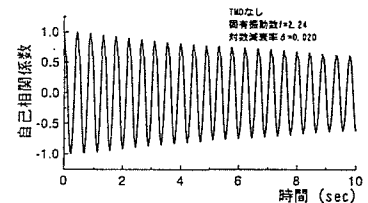
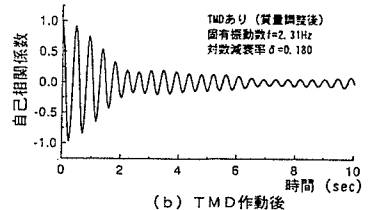


図-2 歩道橋の固有振動数の変化と制振率の関係



(a) TMD作動前



(b) TMD作動後

図-4 実橋での減衰波形の測定値