

多方向転動型同調質量ダンパーの実用化に向けた検討

○中央大学 学生員 金子勇佑 中央大学 正会員 平野廣和
 (株)十川ゴム 正会員 井田剛史 中央大学 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

道路上には、道路付属構造物として標識柱や照明柱等の様々な形状の独立柱状構造物が設置されている。しかし、これらの独立柱状構造物は交通荷重や風荷重等の様々な動的な外乱により繰り返し荷重を受ける環境下に設置されており、一部では損傷の実例も示されている。¹⁾この様な背景から、近年では独立柱状構造物における疲労耐久性の向上を目的とした対策が検討されている。

これを受けて我々研究 Gr.では、独立柱状構造物における制振対策として、多方向転動型同調質量ダンパー (MTRMD : Multi-direction Tuned Rolling Mass Damper) の設置による制振対策を提案しており、既に単純な独立柱状構造物における制振効果は実証されている。²⁾そこで、MTRMD の実用性を広く検証すべく、道路付属構造物の中でも設置数の多い、F 型柱や門型柱における制振効果の検討を行っている所である。

2010 年 8 月に F 型柱について現地計測を行う機会を得た。しかし、ここでの計測は交通規制等の関係から、F 型柱を基礎のフーチングに設置した直後で、柱基部に増しコンを打設する作業を行っている中で進めざるをえなかった。そのため、柱基部の剛性が十分に確保されておらず、想定した値よりも F 型柱の固有振動数が低い周波数であることが予想される場合となる。よって、本研究の目的は、MTRMD の設計上重要となる対象構造物の固有振動数が、想定した値から若干ずれていた場合における MTRMD の制振効果を確認することである。

2. 事前の構造物の解析

MTRMD による制振効果を十分に発揮させるためには、対象構造物の固有振動数を装置の設計段階から把握することが必要となる。そこで、汎用構造解析ソフト ANSYS を用い、有限要素法により固有値解析を行う。

(1) 解析概要

対象構造物は、標識等に用いられる標準的な F 型柱で、高さは約 6m、張出し長さは約 9m である。この F 型柱の設計図を基に 3 次元モデルを作成し、四面体要素を用いてメッシュ作成を行う。総要素数は約 32000、総節点数は約 64000 となり、基部の拘束条件は完全拘束として計算を行う。

(2) 解析結果

1 次モードは、約 3.1Hz で面外方向に振られる旗振りの様な形状をとり、2 次モードでは、約 4.2Hz で面内方向に振られる首振りの様な形状をとった。

これより、MTRMD の設計値を 3.1Hz として装置の設計を行う。

3. 現地計測

(1) 現地計測概要

本計測では、MTRMD による制振効果を明らかにするために、制振装置を設置しない非制振の状態と MTRMD を設置した状態との 2 ケースについて、強制的に振動を発生させて加速度の計測を行う。なお、制振装置を設置する位置は、F 型柱梁部材の先端部とし、計測装置は三軸加速度計を F 型柱梁部材の先端部及び中央部に、一軸加速度計を梁部材の根本に設置する。

測定方法は、ロープを梁部材の先端部に取り付け、人間がロープを引っ張る様にして振動を起こす引き綱法による加振と、同じく梁部材先端部分に人間が乗り、構造物を揺り動かす様にして振動を起こす人工加振法の 2 通りで行う。なお、想定変位は引き綱法が±5mm、人工加振法が±15mm であり、加振方向は F 型柱に対して面外方向とする。

なお、本計測は前述の通り、現地での制約が生じたことから、結果的に対象構造物の固有振動数が設計値と若干ずれていた場合における MTRMD の制振効果を検証することとなる。

(2) 計測結果及び解析結果

計測された加速度データに対して高速フーリエ変換処理を施し、パワースペクトル密度 (PSD : Power Spectrum Density) を算出し、固有振動数を求める。算出された F 型柱の PSD 波形を図-1 に示す。これより、F 型柱の固有振動数は約 2.0Hz であることが分かり、MTRMD の設計値とした 3.1Hz とは異なった値が算出された。

次に、計測された加速度データに対してフィルター処理を施し、応答変位の算出を行う。なお、フィルター処理にはバンドパスフィルターを用い、通過域は PSD 波形から求めた固有振動数を考慮して、1.0Hz～3.0Hz と設定する。非制振時と MTRMD 設置時それぞれの、引き綱法による応答変位波形を図-2 に、人工加振法による応答変位波形を図-3 に示す。

さらに、計測したパターンそれぞれにおける減衰の様子をより明確に確認するため、応答変位から自己相関係数を求める。非制振時と MTRMD 設置時それぞれの、引き綱法による自己相関係数を図-4 に、人工加振法による自己相関係数を図-5 に示す。また、これらの波形から対数減衰率を算出したものを表-1 に示す。

図-4 及び表-1 の引き綱法における対数減衰率の値を比較すると、振幅が 5mm 以下の小振幅の振動に対しては、MTRMD の制振効果が小さいことが分かる。この要因は、前述の通り、柱の基部が固まりきっていなかったために、構造物の固有振動数が MTRMD の設計値とは異なっていた点にある。これは、小さな振幅の振

動に対して、MTRMD は同調質量ダンパー (TMD: Tuned Mass Damper) として作動することで制振するため、設計値と構造物の固有振動数がずれると、MTRMD の制振効果が小さくなってしまいうことである。一方、**図-5** 及び**表-1** の人工加振法における対数減衰率の値を比較すると、10mm 以上の大きな振幅の振動に対しては制振効果を発揮していることが分かる。これは、MTRMD が、大きな振幅の振動によって内部の鉄球が受け皿の緩衝ゴムに衝突することによって衝撃ダンパー (ID: Impact Damper) として作動したためである。

4. おわりに

本研究では、対象構造物の固有振動数が、想定した設計値から若干ずれてしまった場合における MTRMD の制振効果を確認した。振幅が 5mm 以下の小さな振動に対しては、予想通り TMD としての制振効果は小さかった。これに対して、振幅が 10mm 以上の大きな振動に対しては、ID として作動することによって期待した制振効果を得ることができた。

よって、MTRMD は前述の通り 2 つの機能を有する制振装置であるため、対象構造物の固有振動数が想定した値から若干ずれていた場合でも、一方の機能が作動すれば制振効果を発揮するということが実機の現地計測から確認できた。

なお、現在では基部が完全に固まったので、当初の設計値通りの F 型柱となり、MTRMD は本来の 2 つの機能を発揮していると考えられる。

表-1 対数減衰率算出結果

	想定変位	非制振時	MTRMD設置時
引き綱法	±5 mm	0.062	0.048
人工加振法	±15 mm	0.038	0.125

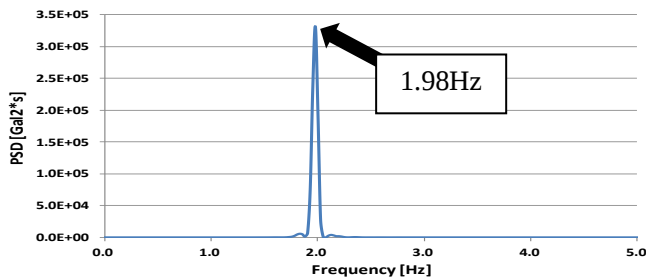


図-1 PSD 波形

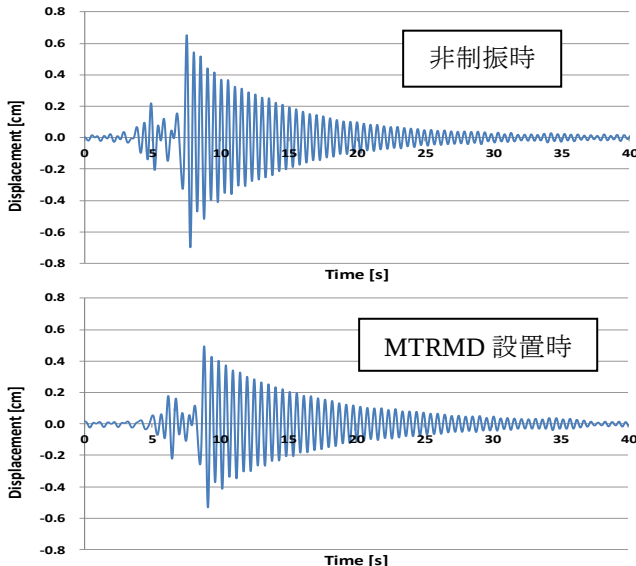


図-2 引き綱法による応答変位波形

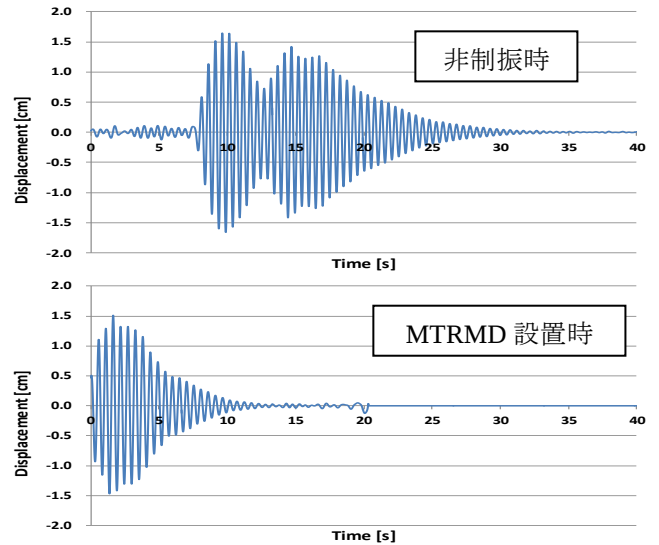


図-3 人工加振法による応答変位波形

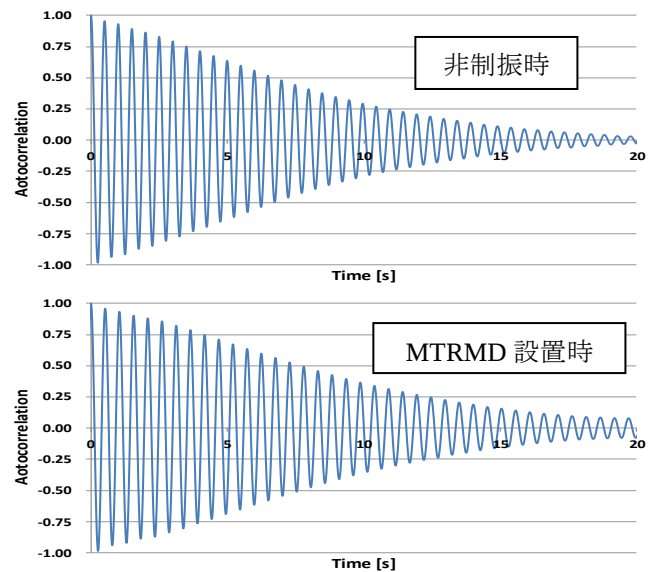


図-4 引き綱法による自己相関係数

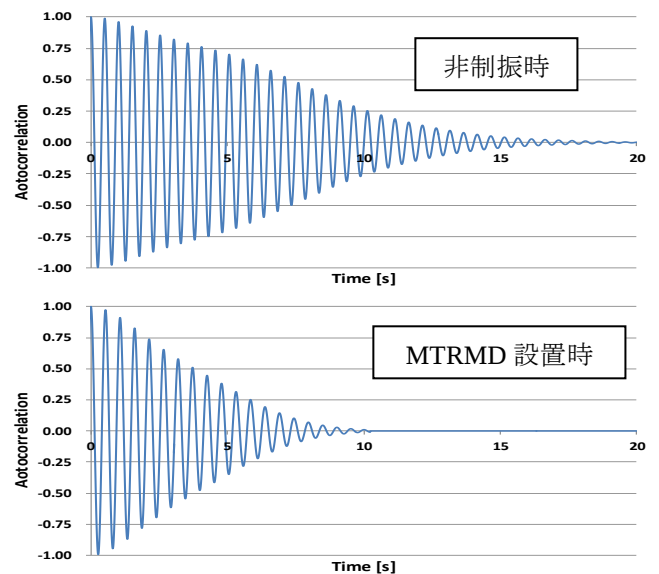


図-5 人工加振法による自己相関係数

<参考文献>

- 1) 小塩達也, 李相勳, 山田健太郎, 森成顕, 森下宣明: 交通荷重による標識柱の振動と疲労耐久性, 構造工学論文集, Vol.47A, pp.1009-1017, 2001.3
- 2) 井田剛史, 三木孝則, 高橋多佳子, 連重俊, 平野廣和, 佐藤尚次: 多方向転動型同調質量ダンパーによる長柱構造物の制振対策, 構造工学論文集, Vol.51A, pp.437-446, 2005.3