

多方向転動型同調質量ダンパーを用いた都市高架橋上 ITV 柱の制振対策

中井商工(株) 正会員 ○尾松 大道
 (株)十川ゴム 正会員 井田 剛史
 中井商工(株) 正会員 連 重俊
 中央大学 正会員 平野 廣和

1. はじめに

阪神淡路大震災以後設計基準が改訂され、耐震性を高めるために橋梁の免震化が促進されてきた。その影響で上部構造物は揺れ易くなることも報告されており、付属構造物は、従来の風だけではなく橋梁上を通過する走行車両により生じる加振作用を受けることとなっている。特に橋梁上に設置されている標識柱・照明柱などの柱状構造物は、一般に剛性が低いため、交通荷重に基づく橋梁振動の影響を直接受けることになる。よって、大型車の走行や橋梁振動特性により付属構造物の振動が増幅され、柱の基部などの応力集中部において、ボルトの緩み、部材のき裂などの疲労損傷を生じる可能性が高くなっている。これらの状況から、付属構造物の振動を軽減させるための対策が課題となっている。

2. 多方向転動型同調質量ダンパー (MTRMD : Multi-direction Tuned Rolling-Mass Damper)

(1) 多方向転動型同調ダンパー (MTRMD) の特徴

本論で提案する MTRMD は、図-1 に示す様に、転動する球とそれを受ける高減衰ゴムで構成された半円球の容器の組み合わせである。大振幅時には衝撃ダンパー、小振幅時には同調質量ダンパー (TMD) としての機能を有する。

(2) 固有振動数の算出

本ダンパーは、一定加速度以下では TMD としての特性を有している。このことから固有振動数は、図-1 に示す転動子の半径 r と、それを受ける球面座の半径 R から構成される自由運動方程式から求めることができる。ここで、 m は球の質量、 l は有効半径、 θ は球重心の振れ角、 F は外殻から受ける摩擦力、 N は垂直抗力、 g は重力加速度である。球は滑ることなく回転し運動すると考えると、図-1 の系より外殻から受ける摩擦力 F 方向の釣り合いは式(1)で表すことができる。

$$ml\ddot{\theta} = F - mg \sin \theta \quad (1)$$

またこの時、球の回転運動は式(2)になる。

$$-Fr = \frac{1}{2}mr^2 \times \frac{l}{r}\ddot{\theta} \quad (2)$$

(1)、(2)式を整理すると式(3)の自由運動方程式を導くことができる。

$$\ddot{\theta} + \frac{2}{3} \frac{g}{l} \sin \theta = 0 \quad (3)$$

θ が微小で $\sin \theta \approx \theta$ とすれば、固有振動数は式(4)となる。

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{2}{3} \frac{g}{l}} \quad (4)$$

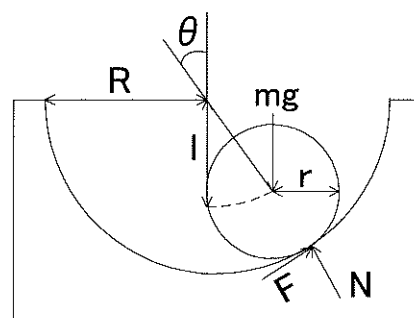


図-1 転動型同調質量ダンパー数値解析モデル

3. 実験概要

(1) 監視用 ITV 柱の概要

ITV 柱は高さ 5.0m の $\phi 139.8 \times 6.6$ (STK400) の鋼管柱上に監視用カメラを設置したもので、壁高欄に固定された設置台にアンカーボルトで固定されている。なお、鋼管柱は落下防止のために基部から高さ 0.8m の位置まで二重管構造となっている。

キーワード 多方向転動型同調ダンパー、ITV 柱、減衰定数、制振

連絡先 〒272-0014 千葉県市川市田尻 2-5-11 (株)中井商工 TEL 047-376-4321 E-mail: omatsu@nakaishoko.jp

(2)MTRMD の設計

MTRMD は、図-2 の鳥瞰図を示すように ITV 柱先端カメラ架台の鋼管内に内蔵させるかたちで取り付けた。本用途では、鉛直方向の衝撃ダンパーとしての性能を高めるために、蓋の下面にも緩衝ゴムを貼り付け、衝撃ダンパーとしての効果を高めたことである。さらに、この緩衝ゴムの取付けとゴム製の球面座により、衝撃ダンパーとしての作動時に発生する騒音を極力発生させないようにしている。

MTRMD の固有振動数（以後設計振動数とする。）は、球座面の径、球の径より式（4）によって求め、MTRMD を ITV 柱の 1 次の振動モードに適用するように文献¹⁾に基づき仕様を決定すると表-1 に示すようになる。

(3)ITV 柱の自由振動計測による減衰定数の算出

交通振動などによる強制振動下では ITV 柱及び MTRMD の減衰定数を算出することが難しいため、ITV 柱の頂部をロープ牽引し、開放させた自由振動時の ITV 柱の計測を実施し、非制振時および MTRMD 設置時における ITV 柱の減衰定数を算出した。

4. 計測結果

自由振動させた場合における非制振時及び MTRMD 設置時の ITV 柱頂部の減衰波形を図-3 に示す。表-2 の解析結果より、MTRMD を設置すると、ITV 柱の減衰定数が非制振時の 1% から MTRMD 設置時には、16% へと増加しており、MTRMD の制振効果が有効であることが確認できた。

5. おわりに

本研究で提案した多方向転動型同調質量ダンパー(MTRMD)は、十分な制振効果が得られることが確認された。本研究の結果から得られた MTRMD の制振装置としての有効性をまとめると以下のようなになる。

- ① MTRMD を設置することにより、ITV 柱の減衰定数が非制振時の 1 % から設置時の 16% へと増加しており、制振効果が有効であることが確認された。
- ② MTRMD を設置することにより、ITV 柱の繰り返し荷重減少により、疲労寿命を延ばすことが期待できる。

参考文献

1) 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，土木学会構造工学論文集，Vol. 51A，pp. 437-446，2005。

表-1 MTRMD 設計仕様

項目		数値
球面座直径 (mm)		130
転動子 (球)	直径 (mm)	100
	質量 (kg)	5.9
質量比 (%)		4.6
MTRMD 設計振動数 (Hz)		3.3
ITV 柱の固有振動数 (Hz)	解析値	4.0
	実測値	4.3

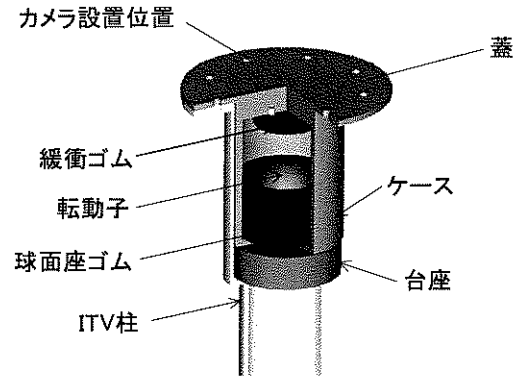
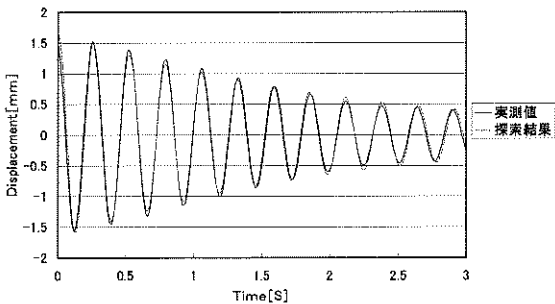


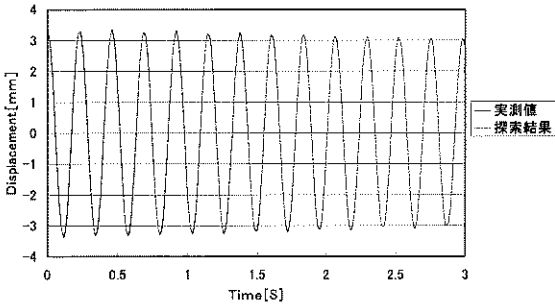
図-2 MTRMD の鳥瞰図

表-2 ITV 柱の減衰定数

項目	非制振時	MTRMD 設置
振幅	3.44mm	1.73mm
減衰定数	0.0108	0.1614
減衰固有角振動数	27.38	23.73
位相差	-0.001	0.000649



～MTRMD 設置時～



～非制振時～

図-3 ITV 柱頂部の自由振動波形解析