

転動型同調質量ダンパーを用いた標識柱の制振対策

中央大学 学生会員 高橋 多佳子 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

平成11年の首都高速の標識柱を始めとして、振動により標識柱・照明柱（長柱）の基部が破損や折損を起こすといった現象が近年問題視され始めている。その原因としては、阪神淡路大震災後の橋梁において、支承に積層ゴムを用いたため、橋自体が揺れ易くなったという背景が見える。高架道路を走る走行車両、風等により長柱は大きな加振作用を受ける。そのため、長柱の取付部など、応力集中部において疲労破壊を起こす。しかし、そのような現状においても、特に、人件費、制作費などのコスト面の問題から、特別な補強、または新たに設計された物への取り替えなどの措置が取りにくいのも確かである。

そこで、本研究では現存の標識柱・照明柱の揺れを押さえ延命することのできる、簡単かつ低コストの制振装置を開発することを目的とする。

2. 転動型同調質量ダンパー

構造物の制振には大きく分けてパッシブ制御とアクティブ制御がある。特にパッシブ制御は構造物の振動を利用した外部からの入力が必要としないもので、TMD、TLDなどが代表的なものとして広く実用化されている。また、長柱のダンパーとしては、発生する音の問題はあるが、衝突による衝撃で制振させるチェーンダンパーなどが既に実用化されている。

TMDは振り子式やバネ式など様々な形があるが、原理は構造物の固有振動数とほぼ等しい固有振動数を有し、構造物の振動に対して逆位相でTMDダンパーを振動させて制振をはかるものである。制振装置としては一般的であり、TLDほど設置面積を要せず好ましいが、機動部が導入されることにより大型になり、且つ、メンテナンスが不可欠である。また、所定方向における制振に関して一定の効果をもつことは出来るが、制振方向が限定される点で問題が残る。制振の対象となる長柱の振動は、高架道路の構造、

長柱の構造に左右されるため特定の方向に卓越した振動があるとは限らない。文献¹⁾では、都市高速道路の標準的な門型標識柱で3~4.5Hzの狭い範囲で1~3次モードの発生があり、多方向の成分を含むことが確認されている。このため従来のTMD等では対処が難しいことがわかる。一方、チェーンダンパー²⁾などの衝撃ダンパーは、長柱に対するダンパーとして実績があるが、初期外力が緩やかな場合などの対応の難しさが残されている。

ここで提案する転動型同調質量ダンパーは、図-1に示す様に、転動する球とそれを受ける減衰効果を高めるために粘弾性体である合成ゴムで構成された半球形の容器で、TMDと同様の原理で制振する。この装置は以下のような特徴を有する。

長柱の卓越する振動を効率よく抑制する。

多方向における振動に対応できる。

比較的小振幅の振動も抑えられる。

既存の長柱に対して比較的容易に設置可能で、簡単な構造、かつメンテナンスが容易である。小型である。

既製品などを用いて低コストで製作できる。衝撃ダンパー（大振幅時）とTMD（小振幅時）の両者の機能を有する。

制振作動時の騒音がほとんどない。

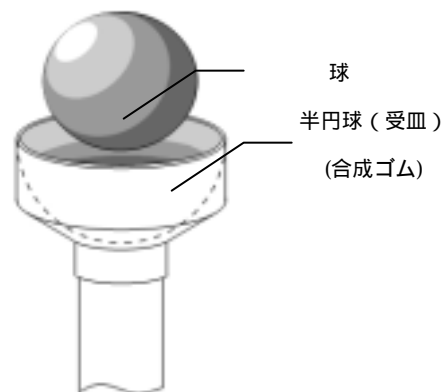


図-1 転動型同調質量ダンパー

Key Words：制振装置，振動，標識柱，照明柱，TMD，チェーンダンパー，基部の折損
 〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

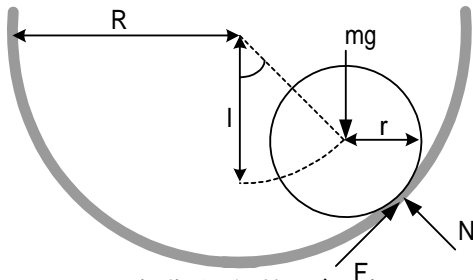


図-2 転動型同調質量ダンパー

次に固有値計算³⁾は半径 r の球と、それを受ける半径 R の半円球の受皿から構成される転動型同調質量ダンパーの自由運動方程式から、ダンパーの固有振動数を求めることができる。図-1 をモデル化すると図-2 のようになる。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-3 の系より、外殻から受ける摩擦力 F 方向の釣り合い式は次式で表すことができる。

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

またこの時、球の回転運動の式は次式になる。

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

(1)、(2)式を整理すると次の自由運動方程式を導くことができる。

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

が微小で $\sin \theta \approx \theta$ とすれば、固有振動数は式(4)で与えられる。

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

3. 簡易実験と数値解析

長柱、球、受皿との関連から減衰率を求めるために図-3 の簡易実験を行った。ところで、TMD などのパッシブ型ダンパーでは、構造物の固有振動数より5%程度低めの固有振動数で設定すると効果的である。ここでは既製品を用いることを前提にして、球、受皿の直径は前節で求めた固有振動数は式(4)を基に設計した。以上より、球は41.3mm、受皿は60mmのものを用い、これより、長柱、ダンパーの固有振動数はそれぞれ5.85Hz、4.21Hzとする。ここでは外力として約5Gの衝撃を与え、その時の加速度を測定した。結果は原波形に含まれる不規則性成分を取り除



図-3 簡易実験装置（全体図・ダンパー）

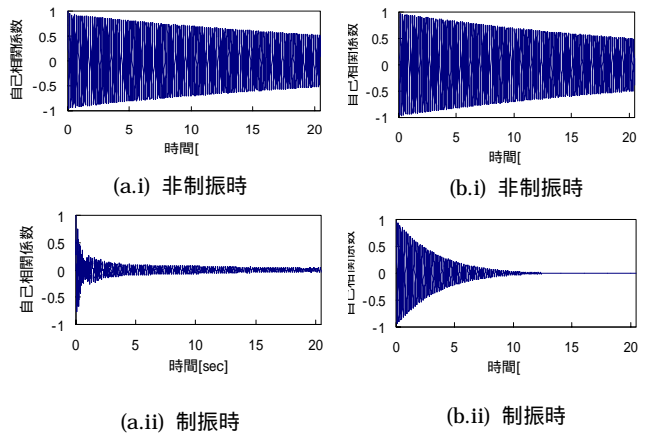


図-4(a) 実験結果

図-4 (b) 数値解析結果

くため自己相関係数を取った。図-4(a)に結果を示す。

次に、簡易実験で得られた減衰率を用いて、簡易実験と同一の緒元で長柱に本ダンパーを設置した場合を想定し4次のルンゲ・クッタ法を用いて数値解析を行った。図-4(b)に結果を示す。

4. まとめ

図-4の結果から、非制振時には解析結果と実験結果の良い一致が得られた。制振結果においては、実験では初期段階において衝撃ダンパーの役割を果たすため、その時点で大きな制振効果が働いているが、次の段階では実験、解析ともに同様な傾向を示すことがわかる。また、どちらの場合からも大きな制振効果を得ることが確認できた。今後の検討課題としては、実際の構造物に適用した設計手法の確立と効果の確認である。

参考文献 1)三木他：門型標識柱の力学的特性評価に関して、土木学会第58回年次学術講演会，2003

2)山田他：照明柱の風による振動とチェーンダンパーの制振効果，土木学会第43回年次学術講演会，1987

3)尾畑他：転動型制振装置の自由振動における制振効果，構造工学論文集，Vol.47A，pp.381-391，2000