

転動型同調質量ダンパーによる長柱の制振対策

○中央大学 学生員 三木孝則
中央大学 正会員 平野廣和

中央大学 学生員 高橋多佳子
中央大学 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

近年橋梁の振動により、標識柱・照明柱等の基部が破損や折損を起こすといった現象が問題視され始めている。その原因としては、阪神淡路大震災以後の橋梁において、支承に積層ゴムを用いたため、橋自体が揺れやすくなったという背景がある。高架道路を走行する大型車両による起振作用や風等により、長柱の取り付け部等の応力集中部で疲労破壊を起こす。また、既往の研究によると、高架橋の桁自身の固有振動数と、橋梁付属物である標識柱の固有振動数が両者とも 3～5Hz 程度であり、桁の振動により標識柱が共振を起こす可能性がある。また門型標識柱の力学的特性の研究¹⁾によると、現地計測で得られた標識柱の変位を用いた応力解析で、標識柱の基部や取り付け部に高い応力集中が見られた。それらの個所の疲労等級を考慮に入れ、解析結果を JSSC の疲労設計指針の基本許容応力範囲と比較すると、前述の個所に疲労亀裂等の構造破壊が発生する可能性が十分に考えられる。しかし、そのような現状においても、人件費、製作費などの問題から、補強や取替え等の措置が取りにくいのも確かである。

そこで、本研究ではコスト面の事も視野に入れたうえで、既存の標識柱・照明柱の揺れを抑えて延命することのできる、簡単かつ低コストの制振装置²⁾を開発することを目的とする。また、簡易実験等から転動型同調質量ダンパーには大きな加速度が生じた場合、初期の段階で衝撃ダンパーの役割を果たしている傾向が確認されたので、その影響を解析で明らかにすることを目的とする。

2. 転動型同調質量ダンパーの概要

転動型同調質量ダンパーとは、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状の容器でなっている。その減衰の原理は、TMD と同様に、構造物の固

有振動数とほぼ等しい固有振動数を有したダンパーを、構造物の振動に対して逆位相で振動させて制振をはかる。また、本研究の転動型同調質量ダンパーは、以下のような特徴を有している。

長柱の卓越する振動を効率よく抑制する。

転動する球とそれを受ける半球状の容器で構成されているため多方向の振動に対応できる。

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。

小型である。

既製品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）の機能を併せ持つ。

制振作動時の騒音がほとんどない。

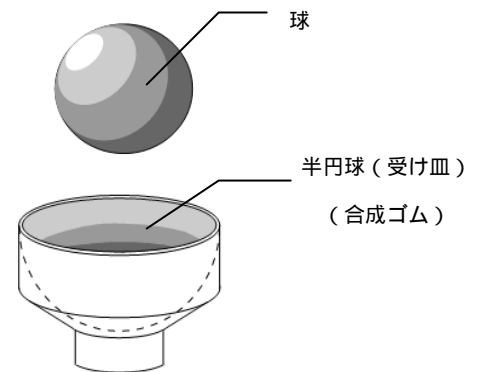
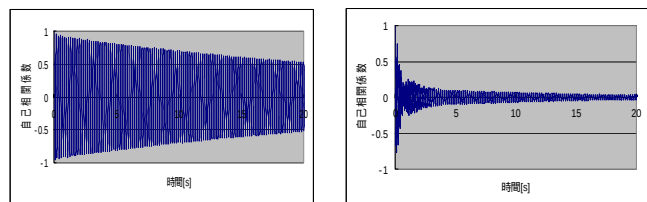


図-1 転動型同調質量ダンパー

3. 簡易実験と数値解析

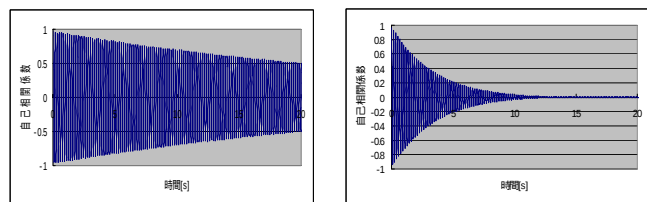
転動型同調質量ダンパーの制振効果を確認する目的で、長柱のモデルとして鋼管柱を用いて簡易実験を行った。簡易実験の緒言は、球の直径が 41.3mm、受け皿の直径が 60mm である。鋼管柱、ダンパーの固有振動数はそれぞれ 5.85Hz、4.21Hz である。実験では外力として約 5G の衝撃を鋼管柱に与え、鋼管柱に取り付けた加速度計で加速度を測定した。結果は原波形に含ま



非制振時

制振時

図-2 実験結果



非制振時

制振時

図-3 数値解析結果

れる不規則成分を取り除くため自己相関係数を用いた。これは測定したデータにはホワイトノイズ等が含まれているので、そのまま加速度-時間波形にするときれいな減衰曲線にはなりにくいため、時間波形の前後の波形で相関のあるものだけを取り出す関数処理をして固有振動波形を取り出せるようフィルターを掛けた形になる。非制振時と制振時の結果をそれぞれ図-2 に示す。

次に簡易実験から得られた減衰率を用いて、実験と同一の緒言で 4 次のルンゲ・クッタ法を用いて数値解析を行った。実験と同様に結果を図-3 に示す。

図-2、図-3 から、実験結果と数値解析結果を比較すると、転動型同調質量ダンパーを作用させない非制振時においては、双方の結果が良い一致を示していることがわかる。一方、転動型同調質量ダンパーを作用させた制振時では、数値解析ではきれいな減衰波形が現われているのに対し、実験では初期の段階に急激な減衰が生じその後なだらかに減衰する波形となっている。この相違の原因は、転動型同調質量ダンパーに衝撃力が作用した初期の段階で、球が受け皿の粘弾性体である合成ゴムに衝突することにより一種の衝撃ダンパーの役割をしているためであると考えられる。

4. 衝撃ダンパー効果の検討

簡易実験で明らかになった、転動型同調質量ダンパーの衝撃ダンパーとしての制振効果を解析により確認する。ここで用いる理論は、球が受け皿の合成ゴムと衝突する際に、両者の動きは運動量の保存則と反発係数の関係式³⁾に従うものとした。反発係数は合成ゴムの

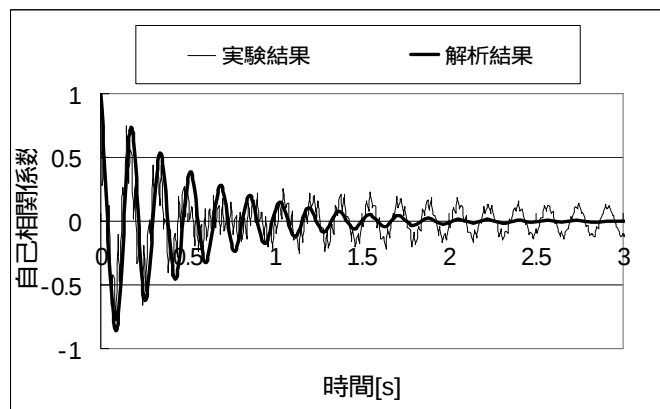


図-4 衝撃ダンパー効果の比較

一般的な値である 0.2 とした。その結果と簡易実験結果とを比較したものを図-4 に示す。なおこの図は振動初期における衝突による衝撃ダンパーとしての効果を確認するため、自己相関係数のグラフの初期段階を拡大して示したものである。

図-4 より、実験結果と解析結果は 0.5 秒付近まで良い一致を示した。その後、解析値は急激に減衰するのに対し、実験値は 0.5 秒以降の波形が明らかに変化して減衰している。この結果から、転動型同調質量ダンパーは、0.5 秒付近までは球と受け皿の合成ゴムが衝突を繰り返す衝撃ダンパーとして作用し、この 0.5 秒付近で衝撃ダンパーの特性から同調質量ダンパー (TMD) の特性へ切り替えが生じたと考えられる。

5. まとめ

本研究で提案した転動型同調質量ダンパーは、高加速度が生じる様な初期段階の状況下では衝撃ダンパーの特性を、一定の加速度以下では同調質量ダンパーの特性を有することがわかった。このようなことから、本ダンパーが長柱の制振に有効であることが、実験の面からも、数値解析の面からも確認できた。今後は、衝撃ダンパーの特性から同調質量ダンパーの特性へ切り替わる時の具体的な値の把握を行う予定である。さらに、実構造物への設置や実験等によりさらなる制振効果の検討が必要である。本研究を行うに際し、(株)十川ゴム 井田剛史氏から協力を得た。ここに謝意を表す。

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) 高橋他：転動型同調質量ダンパーを用いた標識柱の制振対策、土木学会第 58 回年次学術講演会、2003

3) 小川他：衝撃質量ダンパの制振性能に関する再評価、土木学会第 58 回年次学術講演会、2003