

転動型同調質量ダンパーによる制振対策を施した長柱のモデル実験

榑十川ゴム 正会員 ○井田剛史 中央大学 正会員 高橋多佳子 中央大学 正会員 平野廣和
中井商工(株) 正会員 丸田光政 三井造船(株) 正会員 連 重俊

1. はじめに

阪神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ている。しかしながら、その影響で上部構造物は揺れ易くなり、走行車両、風等によりこれまで以上に加振される可能性が生じてきている。また、それらが原因となり長柱の疲労によるき裂や耐久性の低下が生じる事例も報告されている。しかし、コスト面の問題などから特別な制振・補強対策が進んでいないのが現状である。そこで、本研究では多方向に効果のある転動型同調質量ダンパー (TRMD) を開発し、低コストかつ簡易な制振対策を提案するため、長柱モデルを用いて、その制振装置の減衰性能評価を行った。

2. 実験方法

実験は、写真 1 のように加振機を用いて長柱基部に衝撃波を与え、その自由減衰波形を測定し、ダンパーの有無による比較を行った。加振条件は、パルス幅 10ms、パルスピーク値 2G (-3dB) のハーフサイン波を与えた。供試体は以下の通りである。

(1) 長柱モデル

外径φ48.6、長さ1.8mの鉄パイプ（質量：9.1kg）の基部を固定し、頭部に質量調整用金具0~10個を取付けて固有値調整した。

(2) 転動型ダンパーモデル

写真2のように球面座と転動子を有し、転動子の転動より制振効果を得るもので、これを長柱モデル頭部に設置した。

表1にそのモデルパターンを示す。

表1. 転動型ダンパーモデル

試料No	球面座（凹面）	転動子（鉄球）	固有振動数（Hz）
試料①	φ68 ステンレス	φ50.8	4.43
試料②	φ80 合成ゴム	φ63.5	4.63
試料③	φ80 合成ゴム	φ50.8	3.43
試料④	φ68 ステンレス	φ63.5 固定	—

⇒試料④：鉄球を固定し、質量影響のみにしたもの

測定は、各試料の長柱モデルに衝撃波を与えた時の長柱頭部の加速度、長柱基部の加振軸方向および加振軸直角方向の歪みを測定し、それらの周波数スペクトル、対数減衰率およびその周波数依存性を求めた。

3. 結果結果および解析結果

図1に各試料の対数減衰率と長柱固有値の関係を示す。

図1より長柱モデルに対する最適な固有値に漸近する試料①および試料②において高い減衰性能を有することがわかる。

試料③については、長柱の固有値から大きく外れたダンパーを用いたため減衰性能は小さくなるが、ダンパー無しに比べると高い値が得られた。しかし、単純な質量付加のみの試料④では、ダンパー無しとほとんど対数減衰率に差は見られなかった。

本実験の長柱モデルに対して、最も減衰効果の高い試料①、試料②およびダンパー無しの減衰曲線を図2に示す。



写真1. 長柱モデル振動実験



写真2. 転動型同調質量ダンパー

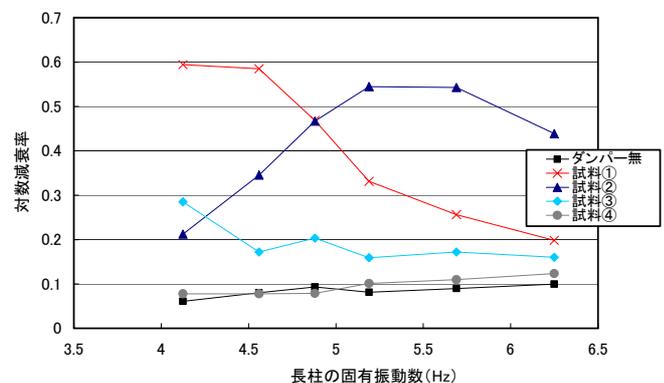


図1. 各モデルの対数減衰率と長柱固有振動数

キーワード：標識柱，転動型制振装置（TRMD），制振 連絡先：〒599-8244 堺市上之 516 番地 FAX: 0722-36-5152

なお、図2は原波形に含まれるノイズ（不規則性成分）を除去するため、自己相関係数で示す。

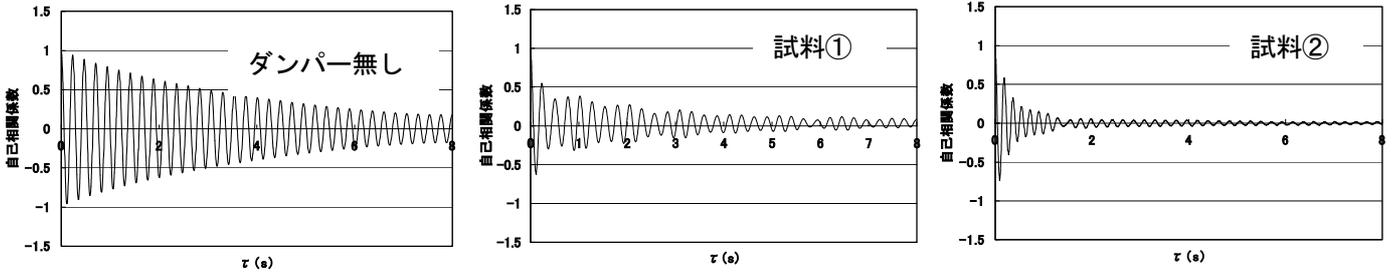


図2. 各試料の自己相関係数

試料①および試料②の減衰がダンパー無しに比べて大きいことが確認できる。しかしながら、試料①においては完全に波動が収束せず、微振動が続くことも確認された。この点に関し、質量調整金具数を変え、長柱モデルの固有値をずらした時の試料①の時間波形と試料②の時間波形の比較を図3に示す。

試料①では、初期減衰は得られるが、試料②に比べ長柱の加速度振幅が大きい。さらに、完全には振動が収束せず転動子が転動し続けるため、再び振幅増大する現象が確認された。

それに対し、試料②では、球面座に減衰の高いゴムを用いているため、加速度振幅も小さく、転動後完全にダンパーが静止し、長柱の振動も収束することが確認できた。

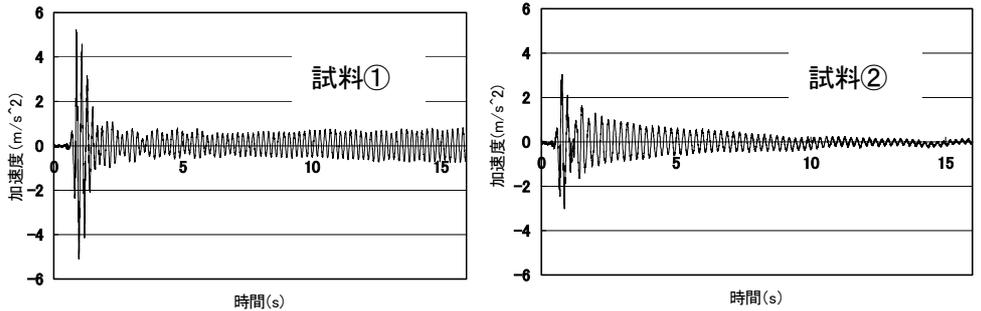


図3. 各試料の加速度-時間波形

次に各試料の周波数スペクトルを図4に、そして各試料における歪み測定した結果を図5に示す。

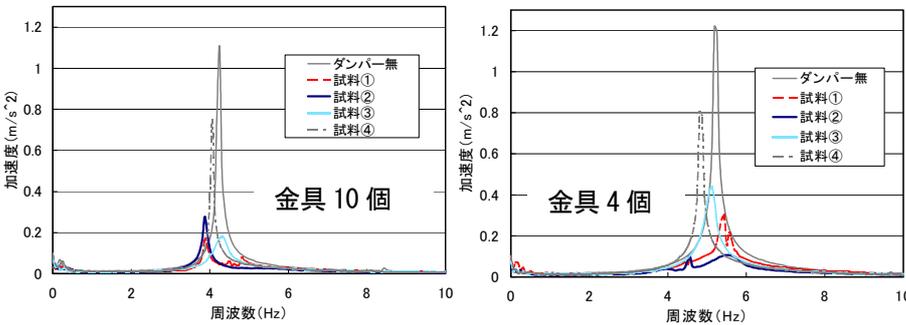


図4. 各試料の周波数スペクトル

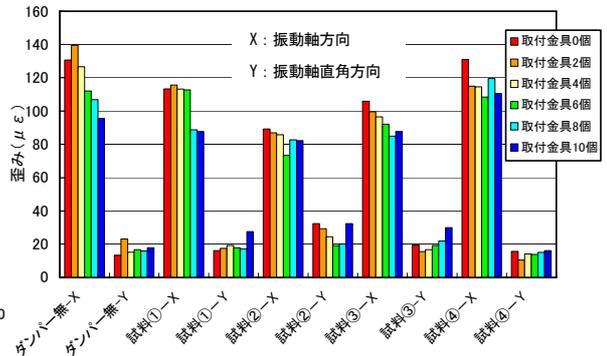


図5. 各長柱モデルと各試料の発生歪み

図4より試料①で約85%、試料②で約91%まで加速度振幅を低減することができた。さらに固有値の外れた試料③でも約84%の加速度低減効果が確認できた。質量付加のみの試料④では約29%程度にとどまった。また、図5より加速度振幅低減効果と同期して、試料②において基部応力低減効果が10~20%得られることが確認できた。ただし、試料④のように単なる質量付加では、長柱基部応力が高まることも考えられるため、適切な質量比設定が必要と考えられる。これらの結果より、球面座へのゴム材料の適用が、転動型同調質量ダンパーとして有効性の高いことが確認できた。

4. まとめ

本研究により、ゴムを球面座に用いることで、本来の目的とする長柱固有振動の制振効果に加えて、TRMDによる励振作用の防止、固有振動数外での防振効果が認められることから、この結果を元に標識柱の実物大実験で制振性能確認を行い、低コストかつ簡易な制振装置の開発を進めていきたい。本研究は、中央大学、三井造船(株)、中井商工(株)、(株)協和コンサルタント、(株)十川ゴムとの共同研究の一部である。

参考文献

- 1) 高橋多佳子、平野廣和、佐藤尚次、他：多方向制振装置を用いた標識柱の制振対策,土木学会関東支部技術研究発表会, 2003
- 2) 高橋多佳子、平野廣和、佐藤尚次：中規模独立塔状構造物の制振対策, 土木学会第57回年次学術講演会第I部門, 2002