

柱状構造物を対象とした小型制振装置の開発

那須電機鉄工 正会員 石橋知彦
ニチゾウテック 正会員 畑中章秀

1. はじめに 照明柱や標識柱等の柱状構造物を対象とした制振装置として風応答制御を目的としたチェーンダンパー¹⁾や交通振動制御を目的とした同調質量ダンパー（以下、「TMD」と略称）²⁾が実用化されている。チェーンダンパーは簡易な装置であるが、チェーンの運動やその衝突に伴う振動エネルギーの消散等のモデル化が複雑であり、チェーンの重さや寸法等は経験的に決める必要がある。そこで、著者らは理論的な取り扱いが明瞭である TMD タイプの制振装置を開発した。本論文では、新たに開発した TMD の概要と監視カメラ柱の風応答制御への適用について述べる。

2. 磁気ダンパーを用いた制振装置の開発 著者らが開発した制振装置の概要を図 1 に示す。制振装置は水平方向にスライドするおもりを両側からコイルバネで支持する構造となっている。ダンパー要素としては磁力が強く安価なネオジウム磁石（磁束密度：490mT、直径 10mm×高さ 10mm の 100 耐熱円形磁石）から成る磁気ダンパーを採用した。永久磁石を用いた磁気ダンパーは古くから知られており³⁾、

通常は対向する N S 極の磁力線間に電気伝導率の優れた導体（今回は銅を使用）を挿入し、その導体が磁力線を横切る際に生じる減衰力を利用するのが一般的である。しかし、装置の小型化とコストダウンを図るため図 2 に示すように同一平面状に N S 極の磁石を放射状に配置した磁気ダンパーを考え

た。N S 極の磁石を平面状に配置した場合でも図 1 で示すような磁力線が形成され、導体を接近させることで減衰力が生じるものと考えられる。減衰力の調整は磁石の個数や磁束密度を変えること以外に磁石と導体間の距離を変化させることで実現することができる。図 3 は TMD 単体の減衰特性を示したものである。磁石と導体間距離およびおもりの固有振動数を変化させている。ここで提案した磁気ダンパーは十分な減衰性能を有するとともに磁石と導体間の距離にほぼ比例して減衰力が低減することが分かる。

3. 監視カメラ柱の風応答制御 新たに開発した制振装置を海岸部に設置された監視カメラ柱（図 4）の風応答制御に適用した。以下、その詳細について述べる。

1) 監視カメラ柱の風応答 制振装置を適用するにあたり監視カメラの風応答を計測した。図 5 に代表的な風応答時刻歴を示す。振動方向

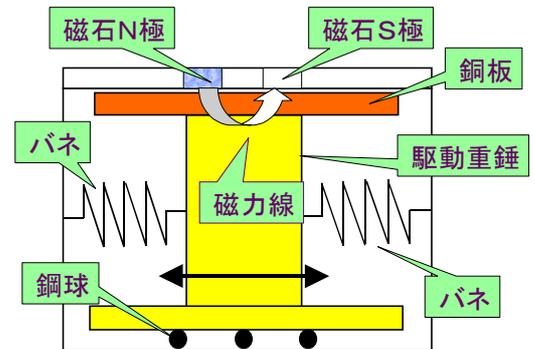


図 1 磁気ダンパーを用いた制振装置

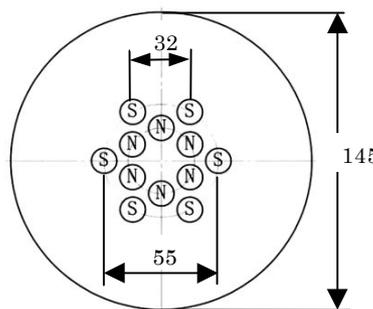


図 2 磁石の配置図

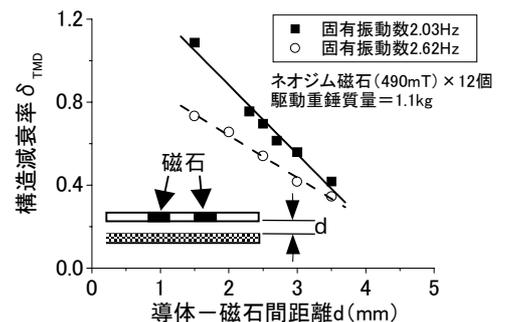


図 3 TMD 単体の減衰特性



図 4 監視カメラ柱

キーワード：TMD，磁気ダンパー，柱状構造物，風応答制御

那須電機鉄工・技術開発本部：TEL(06)6477-7941，ニチゾウテック・技術コンサルティング本部：TEL(06)6555-7055

の定義は図4に示している。計測された風速は5分間平均風速が18.5m/s、乱れ強さが18.5%の季節風である。180秒付近で風速が急に高くなるが、それに応じてカメラ柱の応答も大きくなっており、ガスト応答の様子が伺える。ガスト応答は風速とともに応答が大きくなる現象であり、監視カメラが誤作動する頻度も風速とともに高くなった(図7の風速応答図を参照のこと)。なお、本カメラ柱は制振装置を設置しない状態でも構造減衰率が0.088と比較的大きいこともあり、渦励振の発現は認められなかった。

2) 制振装置と制振効果 図6は監視カメラ柱用のTMDを示したものである。駆動重錘の質量比は約2%(9.9kg)としている。また、2方向に駆動できるように2方向のバネで支持している。XY方向で固有振動数が若干異なっており、各方向のバネを変えることでほぼ最適に近い振動数比に調整している。また、磁気ダンパー(図2と同様の100耐熱磁石を24個使用)による減衰率は振幅依存性等の影響もあり、0.44から0.52となっている。なお、図にあるようにTMDは3分割としている。今回はシングルTMDとして使用しているが、分割方式とすることで同調誤差に対するロバスト性を高めたマルチプルTMD方式⁴⁾として使用することも可能である。

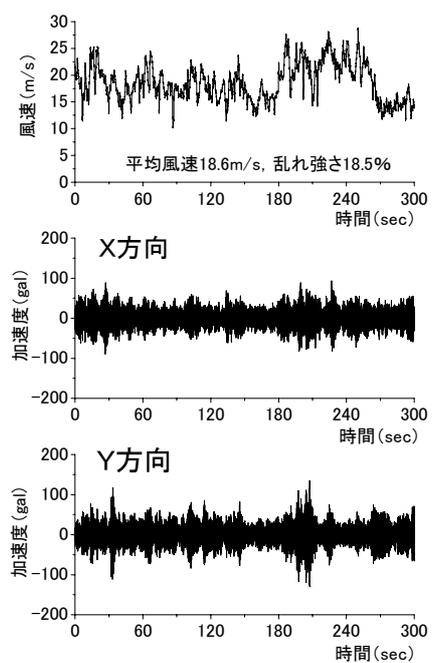


図5 監視カメラ柱の風応答時系列

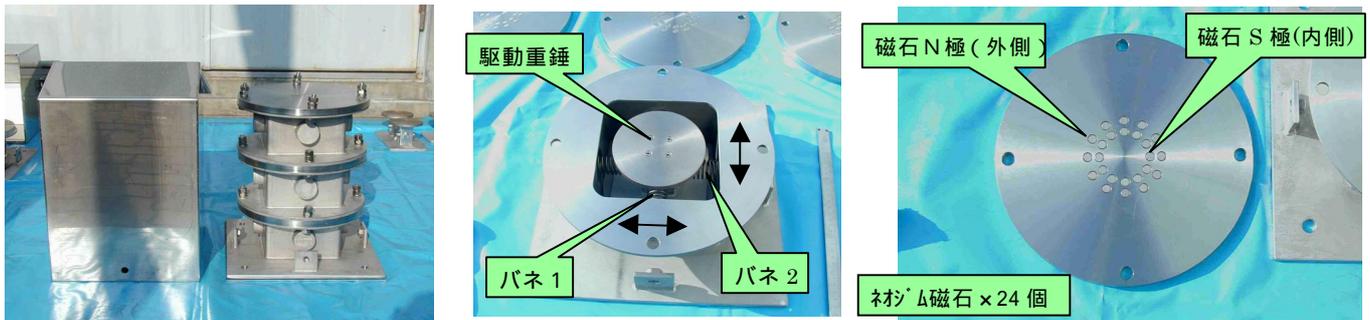


図6 監視カメラ柱用の制振装置

TMD設置後にカメラ柱の減衰性能をチェックした結果、設置前の構造減衰率0.088と比べると、設置後には構造減衰率が0.27と約3倍になった。図7はTMD設置前後の風速と最大加速度振幅の関係を示したものである。図はXY方向区別なくプロットしている。また、監視カメラが誤作動すると予想される加速度を示している。TMD設置後には応答が約半分にまで低下しており、計測された風速範囲では許容値内に収まっている。

4. まとめ 磁気ダンパーを利用した小型制振装置を開発し、監視カメラ柱に適用した。監視カメラ柱にはガスト応答(風の乱れに起因した不規則振動)が発現するが、制振装置により十分制振されることを確認した。本論文で示した適用例以外に道路橋に設置され、交通振動に曝される照明柱へも適用している。交通振動も不規則性の強い振動であるが、著者らの開発した制振装置により十分制御可能であることを確認している。

参考文献 1) 山田, 飯田ほか, 第43回土木年講, 1988.10, 2) 別井, 飯嶋, 神山, 橋梁と基礎, 2000-12, 3) 背戸, 日本機械学会論文集C編56-525, 1990, 4) 岩浪, 背戸, 日本機械学会論文集C編50-449, 1984

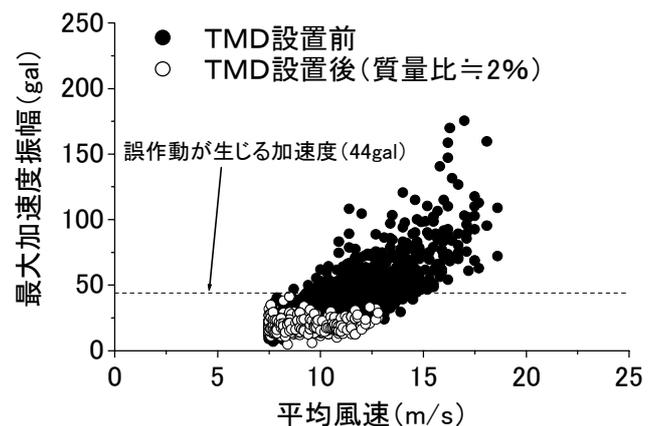


図7 風速応答図(TMD設置前後)