

自然風下における独立柱状構造物の制振対策

○中央大学 学生員 嶋澤隆介 中央大学 正会員 平野廣和
中央大学 正会員 佐藤尚次

1. はじめに

既存の道路監視用 CCTV 支柱は、一般に死荷重や風荷重、地震時荷重等を静的な荷重に置き換えて設計されている。しかし、実際の設置環境によっては、大型車両走行に起因する路面振動や自然風の影響を受け、過度な振動を発生する場合がある。これにより支柱基部等での応力集中部において疲労損傷を起こす問題や、監視に必要な映像を得ることが困難等の問題が起きている。一方、従来の設計では構造物の振動特性やその振動による疲労損傷は考慮されていない。そこで近年、道路付属構造物に対して、振動が生ずることを考慮した対策を検討する必要性が挙げられ、筆者らは高架橋上に設置されている CCTV 支柱を対象として、路面振動に励起される振動の特性、その制振対策の検討を行った。そして、制振装置として多方向調uning質量ダンパー（以下、MTRMD (Multi-direction Tuned Rolling Mass Damper)）を用いることが有用であることを提案している。

このような背景のもと、本報では屋外計測実験を行い、起振原因の一つである自然風に着目し、その制振対策として MTRMD を用いることでの制振効果を報告する。

2. 実験概要

実験は、表-1 に示す諸元の模型柱を用いる。設置場所は中央大学理工学部校舎 13 階屋上（地上約 40M）とし、試験柱を H 鋼上にボルト接合により設置する。風速計は試験柱より距離 5m、高さ 4m の位置に設置する。計測はサンプリング周期 1 秒、測定インターバルを 10 分とし、10 分間の平均風向、風速、最大瞬間風速等を常時計測する。試験柱における計測には 3 軸加速度計、防水ひずみゲージを図-1 に示すように設置する。ひずみゲージは図-2 に示すように支柱円周上 4 箇所に添付し、添付高さを下台座溶接部上端から 30mm の位置とする。また、試験柱座標と方位の関係も図-2 に示す。計測はサンプリング周波数 100Hz とし、10 分間（データ数 60000）の連続計測を 10 分毎に行う。自然風下での計測実験は MTRMD による制振効果を確認するため、MTRMD を取り付けない無制振時、取り付けの制振時の 2 つの状態を計測する。代表的な計測期間として、無制振時が 2006 年 12 月 12 日正午からの 1 週間、制振時が 2007 年 1 月 9 日正午からの 1 週間に関して検討する。

まず、試験柱の固有振動数と減衰定数を把握するためロープを用いた引綱法による自由振動実験を行う。計測した応答加速度データをもとにパワースペクトル、応答変位を算出し、図-3、

表-1 試験柱の諸元

	寸法(mm)		単位質量	長さ	質量
	直径	肉厚	(kg/m)	(m)	(kg)
支柱材	60.5	3.2	4.52	4.00	18.08
	縦	横	(kg/mm)	厚さ(mm)	(kg)
	120	120	0.11	6	0.68
上台座					
下台座	150	150	0.18	9	1.59

	質量密度(N/mm ³)	縦弾性(N/mm ²)	ポアソン比
支柱材・台座	7.80E-09	205900	0.3

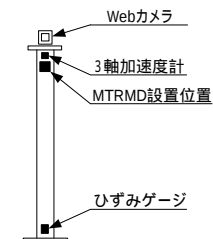


図-1 試験柱の概要

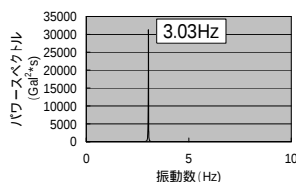


図-3 パワースペクトル
(自由振動)

4 に示す。無制振時の柱の固有振動数は 3.03Hz、減衰定数は 0.18% である。これをもとに MTRMD の諸元を定め図-5 に示す。なお、MTRMD の設置位置は図-1 に示す様に、3 軸加速度計直下とし、支柱に抱きかかえる様に固定する。

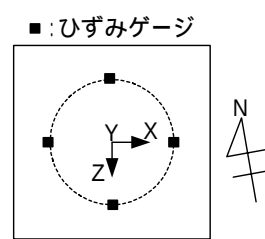


図-2 支柱断面

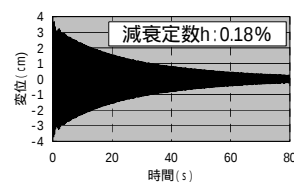


図-4 変位波形
(自由振動)

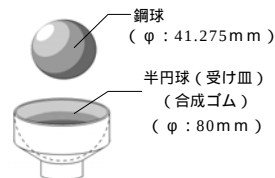


図-5 MTRMD

に、3 軸加速度計直下とし、支柱に抱きかかえる様に固定する。

3. 計測結果

無制振時、制振時の比較を同条件で行うため、本報では無制振時、制振時共に平均風向東南東、平均風速 1m/s を計測した時間帯での X 方向加速度データを用いる。無制振時、制振時での卓越振動数を求めるため、それぞれの加速度データよりパワースペクトルを算出し、図-6 に示す。無制振時の卓越振動数の値は固有振動数に近い値を得た。また、制振時のパワースペクトルの値は無制振時と比較して、約 1/10 の値を得た。これは、MTRMD の特徴である同調質量ダンパーの制振効果により低減されていると判断する。

キーワード：柱状構造物、自然風、振動応答、制振装置

連絡先：〒112-8551 東京都文京区春日 1-13-27 tel.03-3817-1816 fax.03-3817-1803

無制振時、制振時それぞれの応答加速度データに含まれる卓越振動成分以外をバンドパスフィルタにより除去し、さらに二重積分を行うことで応答変位波形を算出する。変位波形を図-7に示す。制振時、無制振時での最大値を比較すると約60%低減していることがわかる。また、これらの波形の最大値前後10秒抜き出しを図-8に示す。これより卓越振動をすばやく制振させていることがわかる。

図-9に同時時間帯での支柱基部(ひずみゲージ)における発生応力波形を示す。図-7、図-9を比較すると両者が同様の波形をあらわしている。このことから支柱基部での発生応力は固有振動成分に非常に近い卓越振動成分に強く支配されていることが考えられる。また、図-10に示す応力範囲頻度分布からもMTRMDが無制振時に比べ低応力範囲に抑えていることがわかる。これらのことより、この卓越振動成分を有する揺れを制振することで必然的に支柱基部での発生応力も抑え、支柱の疲労耐久性も向上すると考えられる。そして、監視用CCTV支柱では映像取得の快適性の向上が同時にはかれることになる。

4. 異なる風速、風向による制振効果

平均風向東南東、平均風速8m/sを計測した時間帯でのX方向変位波形を図-11に示す。無制振時、制振時を比較すると最大値で約50%の低減がみられる。また、平均風速3m/s、平均風向南西南を計測した時間帯でのZ方向変位波形を図-12に示す。制振時は無制振時と比べ振幅を抑えていることがわかる。これらより、風速の大きさに係らず、さらにMTRMDの特徴である多方向性により風向に左右されず制振効果を得ることが可能であることを示している。

5. おわりに

屋外計測を行うことによりMTRMDが自然風による柱状構造物の振動を抑えることに効果的であることが確認された。この効果は、風向、風速に依存せず、また、制振効果の発現もすみやかである。MTRMDは構造が簡単なことから作成やメンテナンスが容易であり、また、本報のように支柱に抱きかかえる形で設置することでも効果があるため、既存の柱状構造物の制振対策に有用であると考えられる。

現在、より定量的に制振効果を検討することを目的として、試験柱を2本作成、設置し、MTRMD有無での2本同時計測を行っている。

今後、実機を対象とした計測を実施し、より実現象に近い環境での効果検証が必要である。また、路面振動による揺れと、自然風の影響による揺れの相乗効果的に発生する揺れも考えられることから、実環境での長期計測を行うことを検討している。

<参考文献>

- 1) 三木孝則他：多方向振動型同調質量ダンパーによる長柱の制振対策、土木学会第59回年次学術講演会、2004

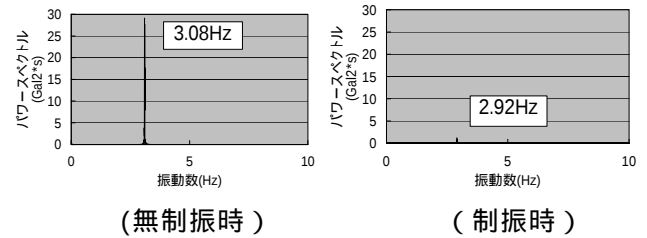


図-6 パワースペクトル

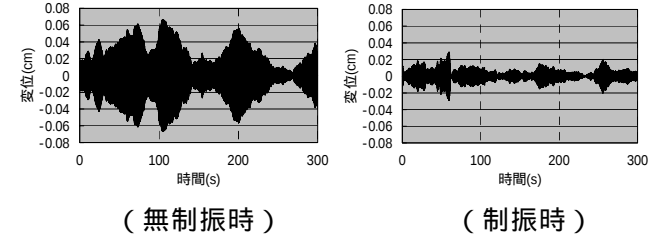


図-7 変位波形

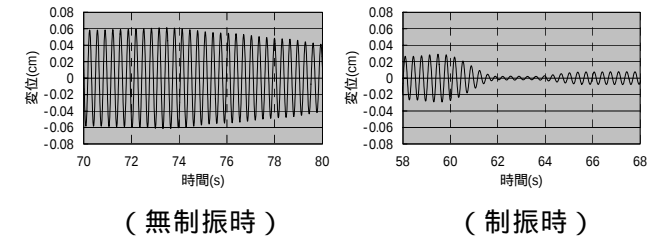


図-8 変位波形(10秒抜き出し)

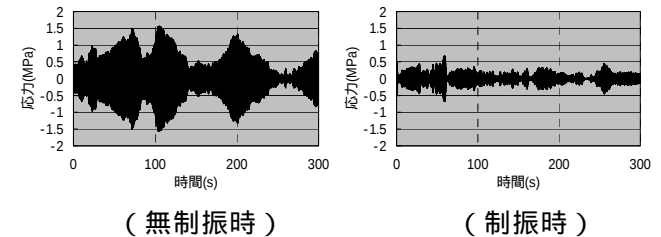


図-9 応力波形

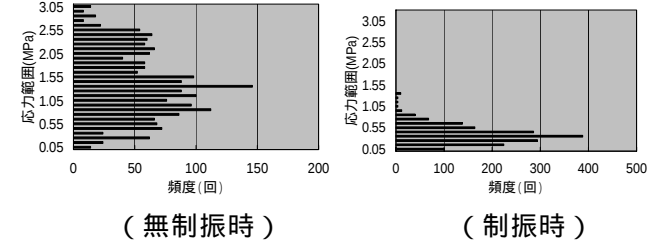


図-10 応力範囲頻度分布

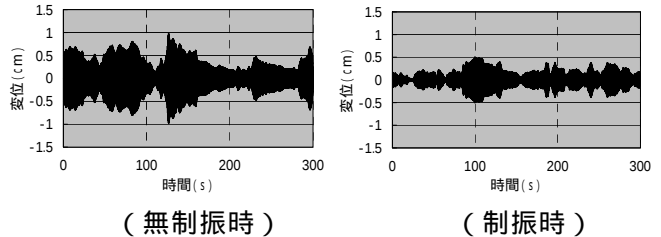


図-11 変位波形(平均風速8m/s)

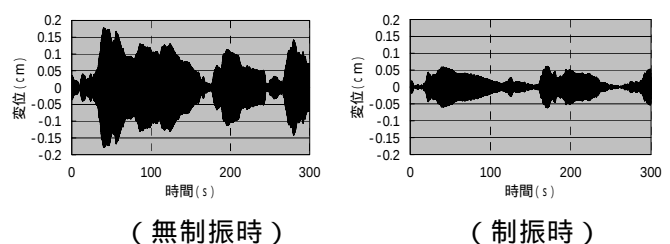


図-12 変位波形(平均風向西南南, 平均風速3m/s)