

柱状構造物の風による振動応答特性の検討

○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 ITV 支柱や道路照明柱等道路付属構造物には単一の支柱により構成された構造形状をとるものがある。これら柱状道路付属構造物（以下、柱状構造物）は、設置環境により、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、ITV 柱では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。振動問題の要因として設計方法が挙げられる。従来、道路付属物の設計は死荷重や風荷重に対して設計され、構造物の振動特性やその振動により繰り返し作用する荷重に対する設計方法は考慮されてこなかった。そこで近年、付属構造物に対して、振動性状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柱状構造物を対象として、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転動型同調質量ダンパー（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。

このような背景より、本報では起振原因の一つである自然風の影響を検討することを目的とし、屋外計測実験を行う。これにより自然風下での柱状構造物における振動応答特性の把握を行う。また、制振対策として多方向転動型同調質量ダンパーを用いることでの制振効果を検討する。

2. 屋外計測概要

自然風による柱状構造物の振動応答を計測するため、表1に示す諸元の小型模型柱を作成した。設置場所は中央大学校舎13階屋上（地上約40M）とし、試験柱をH鋼（200×150シリーズ）上、ボルト接合により設置した。計測には期間中の風向風速を把握するため風速計（コーナシステム株式会社：KADEC21-KAZE）を使用し、サンプリング周期1秒、測定インターバルを10分とする。これにより10分間平均風向・風速、最大瞬間風速等を常時計測する。風速計の設置場所は試験柱より5mの距離に高さ4mの位置とした。試験柱における計測には3軸加速度計（株式会社共和電業：AS-5TG）防水ひずみゲージ（同：KFW-5-120-C1-11L10M3R）を図1に示すように設置した。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の位置とした。また、試験柱座標と方位の関係も図2に示す。計測データはデ

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

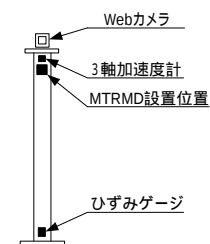


図-1 試験柱の概要

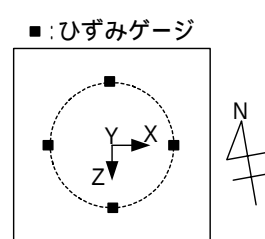


図-2 支柱断面

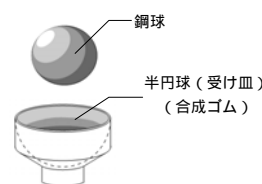


図-3 多方向転動型同調質量ダンパー

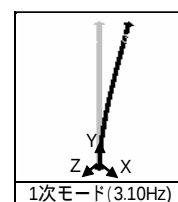


図-4 試験柱の振動モード（解析）

ータロガー（同：PCD-300A）を介して直接パーソナルコンピュータに取り込み記録した。データのサンプリング周波数は100Hzとして10分間隔のインターバル計測を行う。なお、一回の計測につき10分間（データ数60000）の連続計測を行う。制振対策として用いる多方向転動型同調質量ダンパー（以下、MTRMD）とは図3に示す様に、転動する鋼球とそれを受ける合成ゴムで構成された半球状の容器でなっている。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状態と、取り付ける制振時の2ケースを計測する。計測期間は無制振時が2006年12月12日正午から19日正午の1週間、制振時が2007年1月9日正午から16日正午の1週間とした。また、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、試験柱と風向風速の関係や卓越振動数を把握するため自然風による振動計測の2ケースを行う。MTRMDの設置位置は図1に示す様に、3軸加速度計直下の位置とし、支柱に抱きかかえる様に固定する。

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

3. 計測結果

3-1 自由振動実験

有限要素法による解析で求めた1次モードにおける固有振動数と振動モードを図4に示す。自由振動実験により得られた試験柱の引張方向加速度応答波形よりパワースペクトルを無制振時、制振時で求め、それぞれ図5、6に示す。無制振時において3.03Hzで卓越していることからこの値が試験柱の固有振動数と考えられ、図4のような振動モード形状をとることが考えられる。また、図5,6を比較することによりMTRMDが試験柱の固有振動成分を非常に良く低減することがわかる。

次に、固有振動成分以外の成分を除去するため、固有振動数の値を元に自由振動加速度波形にバンドパスフィルターをかける。求めた波形に対して二重積分を行うことで自由振動変位波形を算出する。変位波形とその波形より算出した減衰定数を無制振時、制振時それぞれ図7、8に示す。これらの図より制振時はMTRMDが波升初期の段階で非常によく変位を低減していることがわかる。これはMTRMDの特徴でもある衝撃ダンパーとしての効果によるものと考えられ、減衰定数の値からも試験柱の固有振動を素早く制振させていることがわかる。

3-2 自然風下での振動計測

無制振時、制振時の比較を同条件で比較するため、無制振時、制振時共に平均風向東、平均風速1m/sを計測した時間帯でのX方向加速度波形を用いる。無制振時、制振時それぞれの加速度波形を図9、10に示す。自然風下における試験柱の卓越振動数を把握するため、加速度波形よりパワースペクトルを算出し、それぞれ図11、12に示す。卓越振動数の値は固有振動数に近い値を得た。また、自由振動実験時同様、パワースペクトルの値はMTRMDにより非常によく低減されていることがわかる。

次に、卓越振動成分以外を除去するため、バンドパスフィルターをかける。フィルター後の無制振時、制振時それぞれの応答加速度波形に二重積分を行うことで応答変位波形を算出し、それぞれ図13,14に示す。制振時は無制振時に対して非常に小さい値を得た。また、この波形での最大値前後10秒を抜き出した変位波形図15、16に示す。この図よりも卓越振動をすばやく制振させていることがわかる。図17,18に基部(ひずみゲージ)での発生応力波形を示す。これらの図と変位波形を比較すると非常に似通っていることがわかる。このことから基部での発生応力は固有振動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わかり、また、この卓越振動成分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。

4. おわりに

屋外計測を行うことによりMTRMDが自然風による振動を風向に依存せず、すばやく制振することが確認された。このことから制振対策として有効な手段であると考えられる。

<参考文献> 1) 三木孝則他：多方向振動型可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

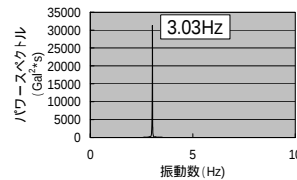


図-5 パワースペクトル
(無制振時自由振動)

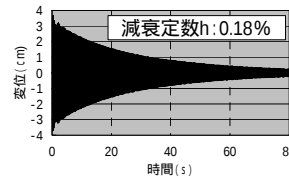


図-7 変位波形
(無制振時自由振動)

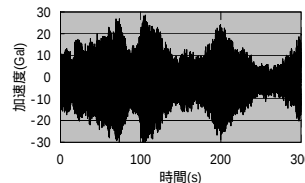


図-9 加速度元波形
(無制振時)

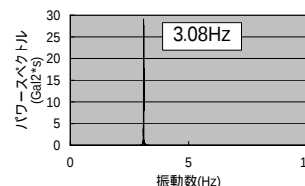


図-11 パワースペクトル
(無制振時)

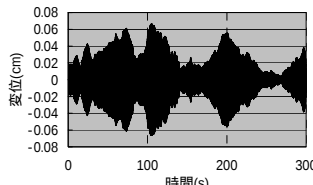


図-13 変位波形
(無制振時)

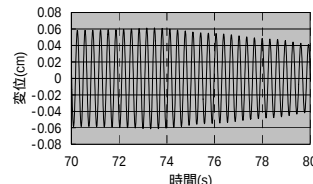


図-15 変位波形
(無制振時 10 秒)

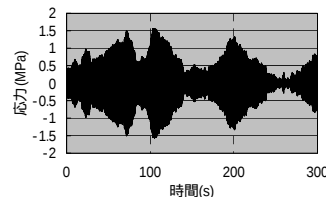


図-17 応力波形
(無制振時)

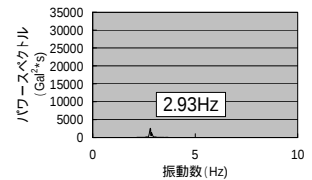


図-6 パワースペクトル
(制振時自由振動)

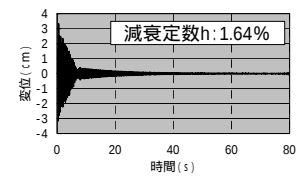


図-8 変位波形
(制振時自由振動)

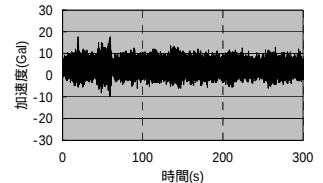


図-10 加速度元波形
(制振時)

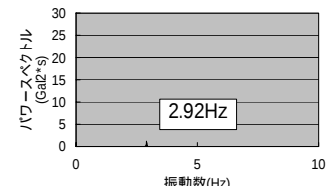


図-12 パワースペクトル
(制振時)

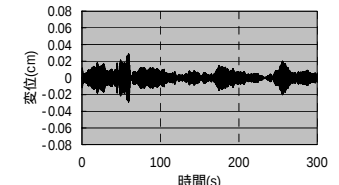


図-14 変位波形
(制振時)

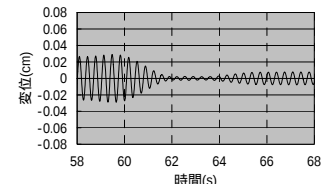


図-16 変位波形
(制振時 10 秒)

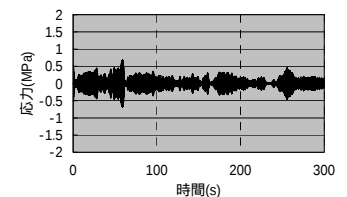


図-18 応力波形
(制振時)