

多方向転動型同調質量ダンパーを取り付けた CCTV 柱モデルの屋外実証実験

○八戸高専 学会員 板垣 哲詩 八戸高専 齊藤 宏美
八戸高専 正会員 丸岡 晃 中央大学 正会員 平野 廣和

1. はじめに

道路監視用 CCTV 柱、標識柱、信号柱等の柱状構造物は、様々な動的外乱により振動現象が生じる。その要因には、風応答、地震応答、車両通過による橋梁上の振動応答が考えられる。これらの振動応答は、ときに構造物の安全性や使用性を損ない、倒壊事故にもつながる恐れがあり、その制振対策が希求されている。本研究では、図-1 に示すような多方向転動型同調質量ダンパー（以下、MTRMD:Multi-direction Tuned Rolling Mass Damper）¹⁾を取り付けることで柱状構造物の安全性や使用性（疲労強度、CCTV 映像ブレ等）の向上を計る。本研究で用いる MTRMD は、転動する球とそれを受ける高減衰ゴムで構成された半球の容器の組み合わせである。大振幅時には衝撃ダンパーとして働き、小振幅時には TMD として働く特性がある。

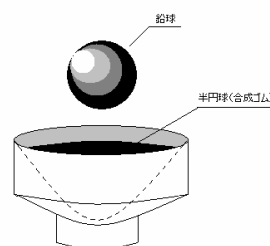


図-1 MTRMD

特に本研究では、MTRMD を取り付けた CCTV 柱の制振によって CCTV 柱自身の低コスト化を目的とする。そこで、安価な Web カメラを設置した柱に MTRMD を取り付けた CCTV 柱モデルを作成し、八戸工業高等専門学校内校舎の 5 階屋上に設置することによって屋外実証実験を行った。具体的には、引綱法による自由振動実験によって、振幅低減効果および映像の視認性改善効果の検証を行った。次に自然風下での振動および映像のモニタリングを行うことによって、本 CCTV 柱モデルの実用性について検討した。

2. 実験概要

柱は、直径 114.3mm、板厚 3.5mm、長さ 5000mm の鋼管柱 2 本であり、一方には MTRMD を設置し、他方には設置しない。Web カメラは、キャノン製、VB-C50iR であり、それを保護するハウジング装置に取り付ける（図-2）。鋼管柱の頭頂部には、3 軸加速度計を設置する。転動子には、柱の固有振動数にチューニングした $\phi 61\text{mm}$ の鉛球と、適用範囲確認のためにそれに近い鋼球（2.5in、2.25in、2 と 3/16in、2.0in）を 4 個、合計 5 個を用いる。



図-2 Web カメラとハウジング装置

実験方法は、まず、図-3 に示すような引綱法による自由振動実験を行い減衰および映像の視認性の把握を行う。測定はサンプリング周期 100Hz、測定インターバルを 90 秒とし、用意した各転動子についてそれぞれ実験を行う。

つぎに、転動子に $\phi 61\text{mm}$ の鉛球を設置し、自然風下での計測を行う。特に風の強い日に Web カメラによって映像を録画し、ダンパーありとダンパーなしの映像を比較する。屋上には風速計を設置し、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、最大瞬間風速等を観測する。

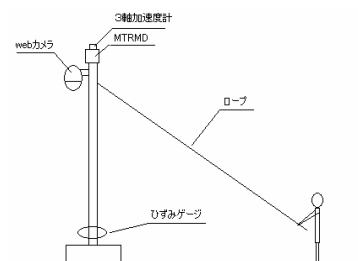


図-3 引綱法による自由振動実験

キーワード：柱状構造物、振動応答、制振装置、多方向転動型同調質量ダンパー

連絡先：〒039-1192 青森県八戸市大字田面木字上野平 1 6 - 1 TEL 0178-27-7304 FAX 0178-27-7316

3. 実験結果

(1) 引綱法による自由振動実験

転動子に鉛球を用いたときが、最も減衰効果が大きかったため、本報ではそのケースのみにについて述べる。図-4に MTRMD 有無の変位応答を示す。ここで、変位応答は、起振方向の加速度を二重積分した頭頂部の変位により算出した。MTRMD 有の方が大きく振幅が減衰している。特に初期の大幅な減衰は、インパクトダンパーによる影響が大きいと考えられる。表-1 に MTRMD 有無の固有振動数と対数減衰率を示す。固有振動数は、変位応答の FFT により算出した。対数減衰率は、変位応答を 1 自由度系減衰自由振動と仮定して Simplex 法により算出した。但し MTRMD 有の場合は、MTRMD と柱の近接固有振動数系なので 1 自由度系での仮定では必ずしも正確ではなく、1 自由度系と仮定した波形と 6 波あたりからずれが生じた。そこで、初期の振幅がどの程度減衰したかを以下の式で調べた。

$$\text{振幅減衰率} = \frac{\text{初期振幅} - n\text{波目の振幅}}{\text{初期振幅}} \times 100$$

5,10,15,20 波目の振幅減衰率を表-2 に示す。20 波目での振幅減衰率は、MTRMD 無では 25.0%であったのに対し、MTRMD 有では 88.3%だった。特に MTRMD 有では、5 波目ですでに 50.1%の制振効果が得られた。なお、映像の視認性についても有効性が把握できた。

(2) 自然風下での計測

図-5 では自然風下によって同時刻に得られた変位応答を示す。このときの最大瞬間風速は 13.4m/s であった。自然風下でも振幅が小さいことがわかる。なお、映像の視認性については、どちらも突風が吹いたときにぶれを感じたが、MTRMD 有の方がぶれが小さかった。

4. おわりに

自由振動実験の結果および自然風下での計測から本 CCTV 柱モデルの MTRMD の制振効果を確認することができた。このことから、本研究の目的である CCTV 柱の制振によって柱とカメラの低コスト化が期待できると考えられる。

謝辞: 本研究の一部は、(財) 東北建設協会の技術開発支援を受けたことを付記する。

参考文献: 井田剛史, 他: 多方向転同型同調質量ダンパーを用いた都市高架橋上 ITV 柱の制振対策と耐久性確認現地試験, 応用力学論文集, Vol.10, 2007.9.

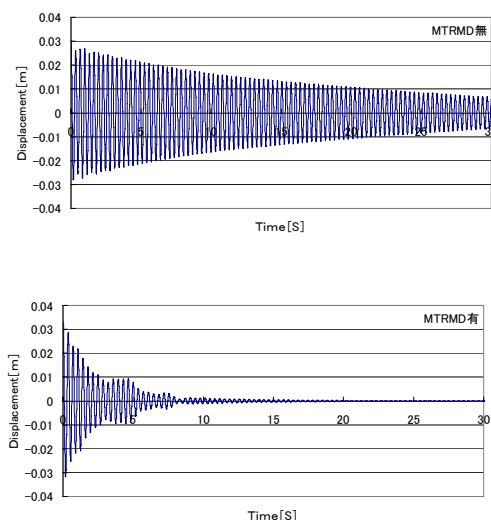


図-4 引綱法による減衰曲線

	MTRMD 無	MTRMD 有
固有振動数 (Hz)	3.1	2.9
対数減衰率 (%)	2.4	13.2

表-1 固有振動数と対数減衰率

波数	MTRMD 無	MTRMD 有
5	2.5	50.1
10	11.8	68.0
15	18.1	81.9
20	25.0	88.3

表-2 振幅減衰率

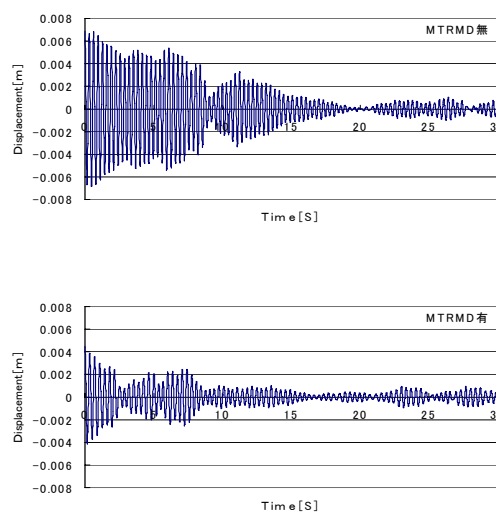


図-5 自然風下での変位応答