

第 I 部門

基部の固定度を利用した橋上照明柱の振動制御法に関する実験的研究

大阪市立大学工学部

学生員○朝日 崇文

那須電機鉄工(株)

正会員 石橋 知彦

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 北田 俊行

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 松村 政秀

1. 研究背景および目的

近年、交通量の増加と車両の大型化に伴い、車両の通行が構造物に及ぼす動的な影響は無視できないものとなってきている。なかでも、照明柱や標識柱に代表される橋梁上の柱状付属構造物は、交通振動により、疲労損傷を生じる可能性が高い。例えば、開口部に発生した疲労亀裂が原因となり、照明柱が倒壊するといった事例も報告されている¹⁾。このようなことから、振動の制御を目的として TMD (質量同質ダンパー) や、TLD (液体同調ダンパー) などが設置される。しかし、このような従来の方法は、コストが高いこと、維持管理が困難であること、広い設置面積を必要とすること等が指摘されている²⁾。ここで、高架道路上に設置されている実照明柱の振動計測を行ったところ、定着条件が少なからず照明柱の振動に影響を及ぼしていることが確認できた。そこで、本研究では、室内で簡易に行うことのできる模型実験装置を用いて照明柱の振動実験を行い、定着条件、すなわち、基部の固定度が照明柱の振動特性に及ぼす影響を検討し、安価な振動制御法の提案を試みている。

2. 実験の概要

a. 載荷梁、実験柱

載荷梁の概要を写真-1 に示す。2本の H 形鋼を 3本の横つなぎ材で連結した格子状の載荷梁を設置し、その中央の梁と 1,000kN アクチュエータを連結し載荷梁に強制振動を与える。ここで実桁橋上の照明柱は、桁中央部で横断面内方向、橋脚付近で橋軸方向の振動による損傷が多く見られる。そこで、格子状の載荷梁は 4隅で単純支持となるように地面と接続されており、載荷梁の中央部に横断面内方向、支点近くに橋軸方向の実振動応答が再現できるように測定用の実験柱設置位置をそれぞれ設けている。

実験柱には、逆 L 字型の照明柱を約 1/2 スケールで縮小したものをを用いる。支柱高は 5,012mm で、アーム長さは 1,000mm、材質は STK400 である。基部プレートは 200×200×12 mm とし、三角形リブが 4箇所溶接されている。重量 196.8 N の重錘をアームの先端、支柱から 970 mm に設置する。

照明柱基部の定着条件を柔にするため、機械的強度、反発弾性、耐摩耗性などに優れたクロロプレンゴムシートを実験柱基部に挿入した。クロロプレンゴムシートの厚さは 3・9・15mm で、硬度は 45・65・80 の 3種類を用いた。挿入時の状態を写真-2 に示す。

b. 実験パターン

2.a. に示した橋軸・横断面内方向 2箇所、実験柱を設置する。基部に挿入したクロロプレンゴムシートの厚さ、硬度の組み合わせを表-1 に示す。

なお、名称の out は橋軸方向位置、in は横断面内方向位置に設置していることを表す。例えば、in_45_9 は、実験柱を横断面内方向位置に設置し、硬度 45、および厚さ 9mm のクロロプレンゴムシートを基部に挿入した柱実験供試体であることを示す。計測は、実験柱設置側の載荷梁の変位を 4箇所、支柱上端部とアーム先端部の加速度を橋軸・横断面内方向の 2方向、補強リブ先端上部 20 mm の位置のひずみを測定する。

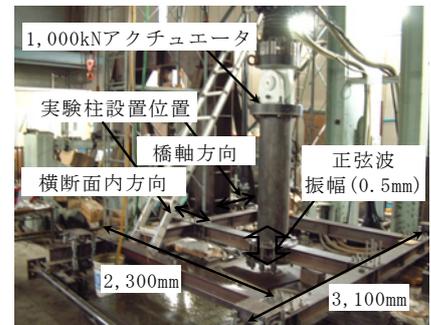


写真-1 実験装置概要

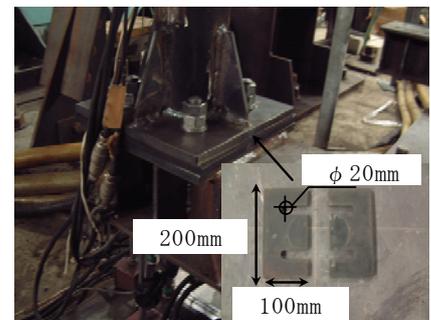


写真-2 実験柱基部

(クロロプレンゴムシート挿入時)

表-1 実験パターン

名称		硬度	厚さ(mm)
out_00	in_00	ゴムなし	ゴムなし
out_45_3	in_45_3	45	3
—	in_65_3	65	3
—	in_80_3	80	3
out_45_9	in_45_9	45	9
out_65_9	in_65_9	65	9
out_80_9	in_80_9	80	9
out_45_15	in_45_15	45	15
—	in_65_15	65	15
—	in_80_15	80	15

4. 自由振動実験

実験柱を手動で橋軸・横断面内方向に自由振動させ、支柱上端部の加速度データから、FFT解析を行い、各パターンにおける固有振動数および対数減衰率を求めた。表-2に示すとおり、実験柱の一次固有振動数は、橋軸・横断面内方向ともに近い値になった。これは、実照明柱の実測振動とほぼ同じ傾向である。基部にクロロプレンゴムシートを挿入すると、対数減衰率は大きくなり、減衰特性が向上することが確認できた。

5. 強制振動実験

アクチュエータにより実験梁の中央部に正弦波(振幅 0.5mm)を与えることにより強制振動実験を行った。なお、振幅 0.5mm のとき、自由振動実験で得た固有振動数付近で加振していることになる。

a. 共振曲線

実験で得たデータから、各パターンの共振曲線を作成し、共振時の応答をクロロプレンゴムシートの挿入前後で比較した。一例を図-1に示す。縦軸は支柱上端の変位を柱基部の上下変位で除した応答倍率 M_A であり、横軸はアクチュエータの振動数 ω を実験柱の固有振動数 ω_0 (表-1 参照) で除した振動数比 β である。共振点が $\beta=1.00$ からわずかにずれているが、これは、荷重梁が完全に剛ではないため、回転角が実験柱基部に発生していたことが原因である。共振付近で急激に応答倍率が上昇しているが、クロロプレンゴムシートの挿入によって応答値は大幅に減少することが確認できた。

b. 柱基部の応力度

リブ先端部から 20 mm の位置の応力度をクロロプレンゴムシート挿入前後で比較し、同時に打ち切り限界(照明柱リブの強度等級は G で、疲労設計に用いる応力範囲の打ち切り限界は 15Mpa)とも照らし合わせる。横断面内方向振動では、アームの首振り振動による重錘の影響が大きく、基部応力が著しく大きくなることを確認できた。したがって、横断面内方向に振動させた場合の一例を図-2に示す。クロロプレンゴムシートの挿入によって、共振付近では著しい応力低減が得られた。なお、打ち切り限界以下の応力範囲においても、各パターンで応力低減が確認でき、クロロプレンゴムシートの挿入効果は高いと考えられる。

6. まとめ

本研究では、硬度や厚さを変えたクロロプレンゴムシートを用いて、基部の固定度を柔にした場合の振動特性を実験により検討した。その結果、基部の固定度を変化させても、照明柱の固有振動数に大幅な変化は認められなかった。しかし、共振時の応答倍率や、基部補強リブ先端の応力を著しく低減できる効果が得られた。また、従来の制振装置とは異なり、構造が単純であるため、低コストで、メンテナンスフリーで使用可能であるという利点が考えられる。今後、実照明柱への適用には、繰り返し振動によるゴムシートの劣化の問題等を検討していく必要がある。なお、この研究は、科学研究費・基礎研究 B「過積載を伴う交通荷重計測と社会資本の劣化予測・環境影響モニタリング手法の開発(研究代表者:名古屋大学 山田健太郎)」の一環として行ったものである。

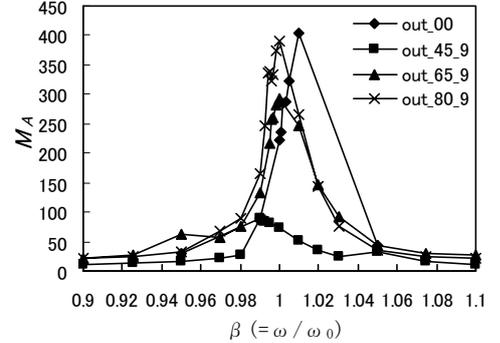
参考文献 1) 道路付属物の安全性に関する調査委員会:道路付属物の損傷・対策事例集,別紙・照明柱,2001.1

2) 尾畑守夫ら:転動型制振装置の自由振動における制振効果,構造工学論文集,Vol.47A,土木学会,pp.381-391,2001.3

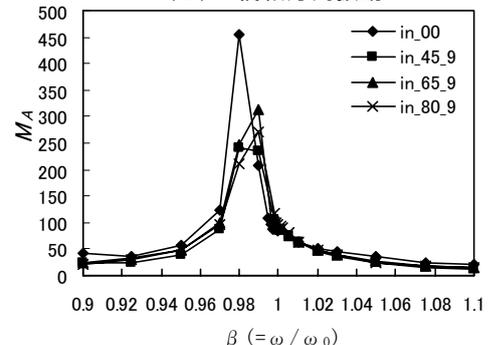
表-2 固有振動数と対数減衰率

基部条件※	一次固有振動数 (Hz)		対数減衰率	
	横断面内方向	橋軸方向	横断面内方向	橋軸方向
00	1.489	1.428	0.0140	0.0207
45_3	1.477	1.392	0.0236	0.0413
65_3	1.465	—	0.0250	—
80_3	1.465	—	0.0196	—
45_9	1.440	1.361	0.0253	0.0500
65_9	1.453	1.398	0.0297	0.0319
80_9	1.465	1.416	0.0297	0.0320
45_15	1.440	1.367	0.0220	0.0319
65_15	1.428	—	0.0269	—
80_15	1.440	—	0.0330	—

※挿入したクロロプレンゴムの硬度_厚さ(mm), 00:ゴムなし



(i) 橋軸方向振動



(ii) 横断面内方向振動

図-1 共振曲線

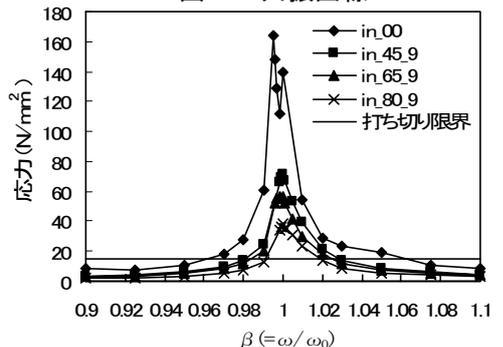


図-2 補強リブ先端の応力度