

基部にラバーシートを挿入した橋上付属柱状構造物の 振動特性およびその効果に関する基礎的研究

那須電機鉄工株式会社 正会員○石橋 知彦
大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 山口 隆司
大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 松村 政秀

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 宮本 直美
(研究当時)
大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 北田 俊行

1. はじめに

近年、橋梁上に設置された標識柱や照明柱などの付属構造物において、交通荷重や風荷重などから受ける断続的な振動に起因する、疲労亀裂の発生や耐用年数の低下などの事例が報告されている¹⁾。新規設計の標識柱や照明柱に対する疲労損傷への対応策として、柱基部の補強リブ構造を変えることや柱基部の板厚を増やすことなどが行われている。しかし、既設の標識柱や照明柱などは通常点検による損傷の早期発見に主眼を置き、新たな補強策が施されない場合が多いのが現状である。また、制振装置としてTMDなどの設置も考えられるが、高価であるとともに維持管理に問題点が残っている。

そこで、本研究では、新設構造物を対象とするのではなく、多数を占める既設橋上付属柱状構造物への適用を前提とした疲労対策技術を提案し、その性能を評価することを目的としている。すなわち、再現性の観点から、照明柱を対象として、まず、詳細モデルを用いて提案する工法の効果を把握する。次に、時刻歴応答解析により、振動を受ける照明柱の挙動の差異を明らかにする。

2. 基部にラバーシートを挿入した照明柱の振動特性

本研究で提案する疲労対策技術は、粘弾性体であるゴムの付加減衰に期待し、ラバーシートを柱状付属構造物基部に挿入する工法である。構造変更が軽微であり、単純な構造であ

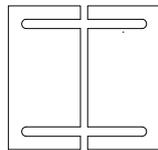


図-2.1 ラバーシート

るために、従来のTMDなどの制振装置に比べて施工性やコストパフォーマンスの面で有利である。ラバーシートの材料としては、土木材料として一般的であるクロロプレンゴムを採用し、ゴムの硬度はJIS A規格に従い、45, 65, および80(以後、cr45, cr65, およびcr80と表記する)の3種類とし

た。

ラバーシートをベースプレート下部に挿入する際、基部のボルトをすべて開放し照明柱をクレーンで持ち上げる作業は危険であり、かつ配線への影響を考えると望ましくない。そこで図-2.1に示すようにラバーシートの形状を工夫し、ボルトを緩め支柱を傾げるだけで挿入できるものとした。

ラバーシート挿入の効果は逆L字型の実照明柱を約1/2に縮小した供試体に対する振動実験により検証されている。自由振動実験により得られた対数減衰率を表-2.1に、強制振動実験により得られた共振曲線を図-2.2に示す。図-2.2における横軸は系の1次固有振動数で外力の振動数を除したもの、縦軸は照明柱頂部の加速度である。なお、図中のcr00は基部にラバーシートを挿入していない通常の供試体を、cr65_9は硬度65で厚さが9mmのラバーシートを挿入した供試体をそれぞれ示す。表-2.1および図-2.2より、ラバーシートを用いた振動制御

手法は系の減衰を増し、共振時の振幅を低減させることがわかる。

表-2.1 実験柱の対数減衰率

| thickness [mm] | cr45 | cr65 | cr80 |
|----------------|--------|--------|--------|
| 0 | 0.0140 | 0.0140 | 0.0140 |
| 3 | 0.0236 | 0.0250 | 0.0196 |
| 9 | 0.0253 | 0.0297 | 0.0297 |
| 15 | 0.0220 | 0.0269 | 0.0330 |

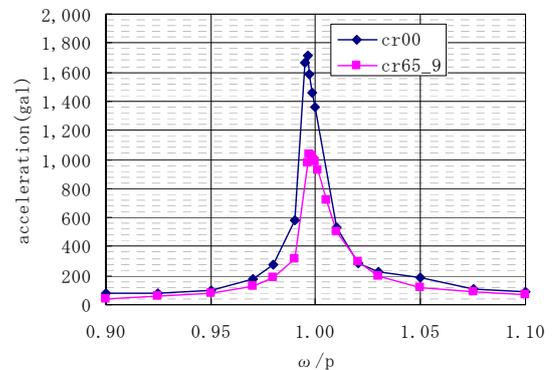


図-2.2 強制振動実験における実験柱の共振曲線

キーワード：橋梁付属構造物、振動、ゴム、減衰

那須電機鉄工(株) 〒555-0041 大阪府大阪市西淀川区中島2-12-5 TEL:06-6472-1585, FAX:06-6478-1202

3. ラバーシートのエネルギー吸収効果の検討

ベースプレート下部にラバーシートを挿入することにより付加減衰が増加する原因を把握するため、有限要素解析²⁾を実施した。対象とする照明柱は、一般的なベースプレート式の逆L字型照明柱である。使用鋼材はSTK400とし、ゴム材料には、等方性で非線形材料モデル(Neo-Hookeanのひずみエネルギー関数 U)と速度依存の材料挙動を表す粘弾性モデルとを用いた。材料定数(C_{10} および D_1)は、1軸引張試験およびせん断緩和試験により決定した。cr45の同定結果を式(3.1)に示す。

$$U = C_{10}(\bar{I}_1 - 3) + \frac{1}{D_1}(J^{el} - 1)^2 \quad (3.1)$$

ここに、 $C_{10}=0.309$ 、 $D_1=6.51E-02$ 、 \bar{I}_1 は修正不変量、 J^{el} は熱膨張効果を除いた機械的な弾性体積比である。

図-3.1には、ベースプレート下部に挿入されたラバーシートが回転変形する際の荷重—変位応答を示す。粘弾性の影響で、わずかながらヒステリシスを示していることがわかる。また、ラバーシートとベースプレートとの接触面に発生するせん断変形によるエネルギー吸収を調べた結果を図-3.2に示す。ここに、cr45_1はゴム厚とプレート厚との比が1のラバーシートを指す。

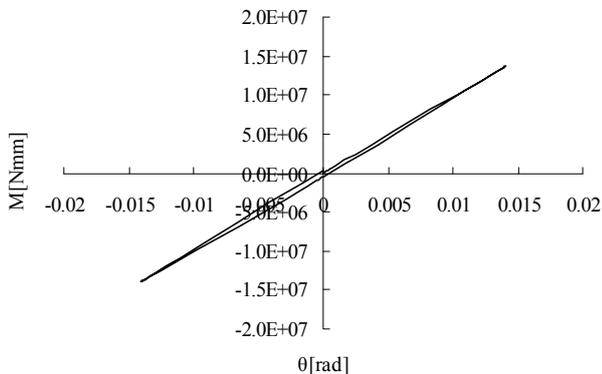


図-3.1 回転角—回転モーメント関係 (cr45_1)

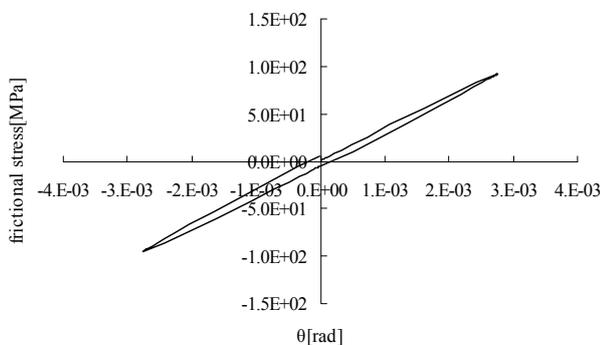


図-3.2 回転角—摩擦応力関係 (cr45_1)

4. 時刻歴応答解析

ラバーシートを挿入した照明柱と通常の照明柱との道路橋上での挙動の差異を明らかにするため、時刻歴

応答解析を実施した。解析モデルには骨組み構造を用い、ラバーシート位置には2重節点を設け、鉛直バネと回転バネとを挿入した。回転バネには、粘弾性解析により最もよい履歴が得られた cr45_1 の回転剛性を用いている。減衰マトリクスはレイリー減衰で表現し、減衰定数には実験により得られた値を用いている。基部には、時間に対して正弦的に変化する鉛直方向の境界条件を与え、照明柱頭部の橋軸直角方向の応答変位(δx)を調べた。共振時の解析結果について、1次モードでの cr45_1 の応答は、cr00 に比べ40%程度低減された。さらに、2次モードでの cr45_1 の応答は、cr00 に比べ60%程度低減された。図-4.1には、加振振動数を1~7Hzの振動数範囲で与えた場合の δx の変化を示す。ここに、縦軸は δx を入力最大変位で除して無次元化した値である。ラバーシート挿入効果は、特に照明柱の2次モード付近で顕著に現れていることが確認できる。

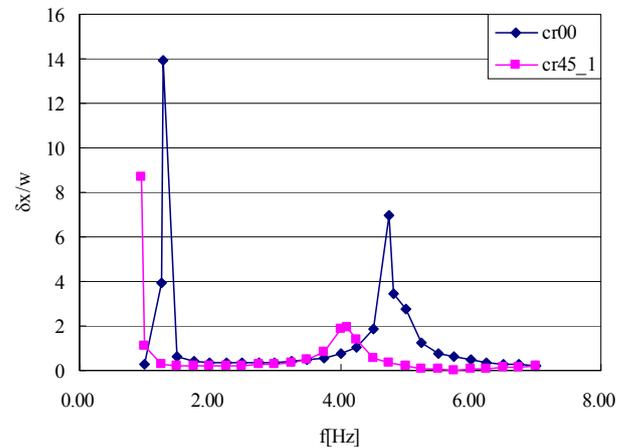


図-4.1 応答倍率の比較

5. まとめ

本研究で得られた主な成果と今後の課題とを以下に示す。

- (1)ベースプレート下部にラバーシートを挿入することにより、ゴムの粘弾性と接触面のせん断変形による付加減衰の増加が期待できることが解析的に確認された。
- (2)動的解析において、基部にラバーシートを挿入することにより、照明柱の1次モードおよび2次モードでの共振時の応答が低減されることが確認された。
- (3)解析では、ラバーシートを挿入した照明柱の減衰特性を、実験結果を基にレイリー減衰で表現したが、再現性の観点から、ラバーシートの最適な履歴減衰特性をモデル化する必要がある、今後の課題である。

参考文献 1)小塩達也, 李相勳, 山田健太郎, 森下宣明: 交通荷重による標識柱の振動と疲労耐久性, 構造工学論文集, Vol47A, pp.1009-1017, 2001.3 2)Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc.: ABAQUS Analysis User's Manual