

高架道路上のF型標識柱に対する制振装置の振動抑制効果について

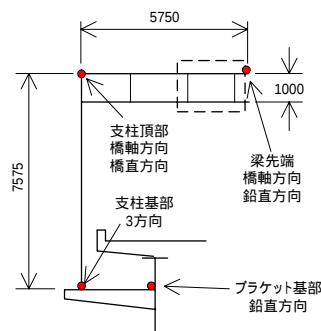
阪神高速道路公団 正会員 ○安藤高士 阪神高速道路公団 正会員 松本 茂 日本橋梁建設協会 正会員 迫田治行
Hitz 日立造船 正会員 南條正洋 Hitz 日立造船 正会員 畑中章秀 Hitz 日立造船 正会員 松田良平

1. はじめに

都市内の高架道路には橋梁付属構造物として照明柱や各種標識柱が設置されている。これらの付属構造物は、自動車が高架道路を走行することにより振動が誘起されるが、大型車の走行や橋梁の振動特性による振動の増幅等により、取付ボルトのゆるみや部材の亀裂などの損傷が生じることがある。そこで、このような振動の抑制を図るため、実際に振動の発生が認められているF型標識柱を対象として小型の制振装置を設置しその振動抑制効果についての検討を行った。

2. 標識柱の振動特性

(1) 振動解析：図1にF型標識柱の概要を示す。対象とした標識柱は、柱高7575mm、梁長5750mmであり、支間長25mの鈹桁ウェブ部から張出したブラケットに設置されている。実橋での振動測定に先立ち、振動解析を実施した（振動解析は過年度実施）。ここで解析モデルではブラケットの剛性は考慮



() ●は振動計測点

図1 F型標識柱の概要

せず、標識柱基部を固定としている。図2に卓越振動モードとなる1次～3次の振動モードを示す。1次及び3次は標識柱面内（橋軸直角面内）卓越振動、2次はねじれ卓越振動である。

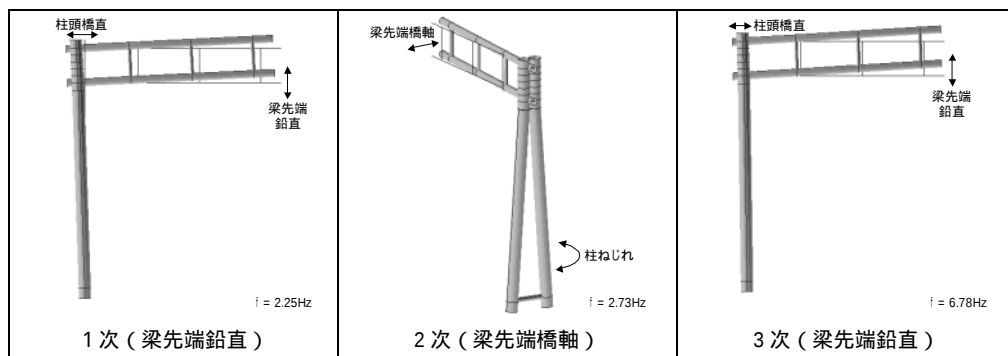


図2 F型柱の固有振動モード

(2) 振動測定：標識柱の上部及び基部を対象とし

て振動加速度の測定を行った。表1に測定結果から得られた振動特性及び振動解析結果を併記して示す。振動数は計算値が高めではあるが、これは柱基部ブラケットの影響であると考えられ、解析によりある程度振動特性を評価できていると考えられる。振動測定結果から振動レベルを概略推定（加速度より変位に換算）した数値も併記した。これより、標識柱の変位振幅としては1,2次モードが支配的であり、この2つの振動モードを制振の対象とした。また、参考値として重量車通過後の測定波形から得られた対数減衰率を示す。

表1 F型柱の振動特性（測定結果）

振動モード	振動数 (Hz)		対数減衰率 (参考値)	振動レベル (測定値cm)
	測定値	計算値		
1次	2.25	2.85	0.030	2.2～2.9
2次	2.73	3.26	0.024	2.3～2.6
3次	6.79	7.24	0.023	0.5

3. 制振装置の設計

(1) 制振装置の設計条件：以下の条件により制振装置を設計した。型式：TMD（チューンド・マス・ダンパー）、制振対象振動モード：1次モード、2次モード、質量比：標識柱一般化質量（1次モード）の1%以下、制振性能：標識柱の振動は不規則振動現象であるため、振動の評価は応答の標準偏差を考慮するものとした。制振性能としては、質量比1%のTMDが不規則外力を受ける場合の理論制振性能をもとに、制振率1/2（装置設置前後で応答の標準偏差が1/2となること）を目標とした。

キーワード 標識柱、制振対策、疲労損傷、制振装置、交通振動

連絡先 〒650-0014 神戸市中央区新港町16-1 阪神高速道路公団神戸管理部・調査設計課 TEL078-331-9801

（２）制振装置の概要：図３に TMD の機構概念図を，図４に制振装置設置状況を示す．制振装置は水平方向にスライドする重錘をコイルバネで両側から支持する構造となっており，１次・２次両モードを制御するため，重錘が橋軸直角及び橋軸方向に振動するように２方向からコイルバネで支持している．なお，各コイルバネのバネ定数は，振動モード毎の固有振動数に対して調整している．ダンパー要素としては磁力が強く安価なネオジム磁石（磁束密度 490mT，100 耐熱）からなる磁気ダンパーを採用した．また，重錘の質量は 20kg とし，１次モードに対しては質量比 0.9%，２次モードに対しては 3.5%となる．この場合，不規則振動論¹⁾により各振動モードの制振効果（応答加速度の標準偏差）を試算したところ，１次モードは 1/2.7，２次モードは 1/3.9 となり，上述の制振率 1/2 を満足することを確認している．

４．振動抑制効果

制振装置設置前後で標識柱上部及び基部の加速度と基部におけるリブ上端の歪みを計測し，制振効果を検証した．図５に標識柱基部の歪み計測位置を示す．

図６に，制振対象モードの卓越振動方向（梁先端鉛直方向及び橋軸方向）における加速度の標準偏差とその各モードを励起すると判断される柱基部における加速度の標準偏差の相関図を示す．なお，制振装置設置前後で基部の加速度に大きな差異は認められなかった．図より柱基部の応答が大きくなるに従い標識柱本体（梁先端）の応答も大きくなる様子が伺える．また，制振装置設置により加速度の標準偏差が低減され，そのばらつきもかなり減少していることが分かる．各データ群の最大値を装置設置前後で比較すると，装置設置後は 1/2.2（１次モード相当），1/2.9（２次モード相当）と減少していることが分かった．また，重量車通過後の測定波形から得られた対数減衰率は １次モードが 0.15～0.23，２次モードが 0.40 となり，いずれのモードも制振装置設置前と比べて大幅な減衰の増加が見られた．

図７に制振装置設置前後での柱基部（K1 点，図５参照）における 24 時間応力頻度を示す．図より，制振装置設置により発生応力の低下が確認され，その効果は応力が大きいほど顕著であることが明らかとなった．また，疲労等級を「F」と仮定して，１日の疲労損傷度を試算したところ設置後が設置前と比べて約 14 倍に，同じく疲労等級を「G」と仮定した場合には，約 7 倍に疲労寿命が増大する結果となった．

５．まとめ

F 型標識柱の振動抑制を目的として小型の制振装置を設計し，実橋にて制振効果の確認を行った結果，制振装置により柱基部の発生応力及び梁先端における加速度を大幅に低減できることが確認できた．

参考文献

- 1) S.H.Crandall & W.D.Mark : Random Vibration in Mechanical systems, Academic Press, 1963.

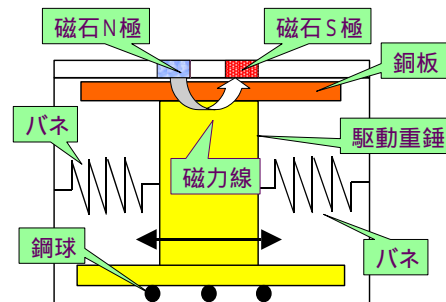


図３ TMD の機構概念図



図４ TMD の設置状況

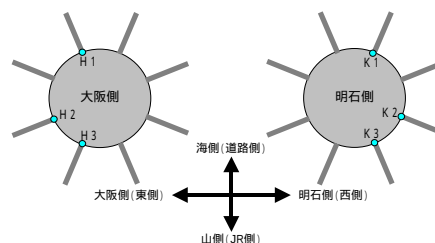
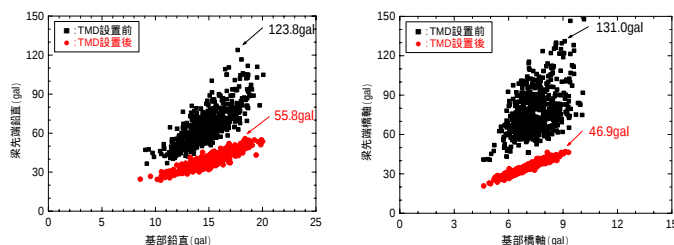
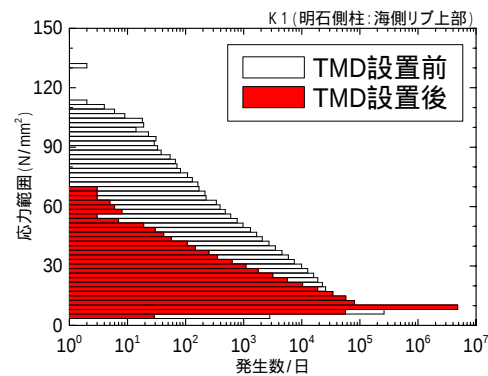


図５ 標識柱基部の歪み計測点



基部鉛直 - 梁先端鉛直（１次モード相当） 基部橋軸 - 梁先端橋軸（２次モード相当）

図６ 標識柱基部と梁先端の加速度標準偏差の相関



計測日：設置前 H16 年 1/28～29，設置後 H16 年 2/4～5

図７ 支柱基部の 24 時間応力頻度（K1 点）