

I - B 475

永久磁石を利用した斜張橋斜材ケーブルの制振
— 天建寺橋における制振実験 —

鹿島技術研究所 正員 中野 龍児 鹿島・オリエンタル J V 境 吉彦
鹿島技術研究所 松永 義憲 鹿島技術研究所 片村 立太
東京大学 金子 成彦

1. はじめに

斜張橋の斜材ケーブルは細長く、減衰も小さいため風による振動が発生しやすい。このような振動はケーブルの疲労や利用者の不安を引き起こす恐れがあるため、さまざまな制振対策が提案されている。

筆者らは、空力的に不安定な低次モードを安定な高次モードに切り替えることで制振するパッシブな制振方法について研究しており、これまで風洞実験や実大実験により原理的な制振効果を確認している^{1), 2)}。制振装置には永久磁石を使用しているため、(1) 温度特性が安定しており寒冷地でも使用可能、(2) オイルを使用しないためメンテナンスフリー、(3) 小型化、低コスト化の可能性などの利点がある。

本制振対策のレインパイプレーションに対する有効性を確認するために、ネオジウム磁石を用いた制振装置の実大モデルを製作して天建寺橋³⁾において制振実験を実施した。本報では、制振装置概要及び実験結果について報告する。

2. 制振装置概要

天建寺橋は佐賀県と福岡県を結ぶ主径間 219m の PC 斜張橋で、斜材形式は準ハープ型 2 面吊りのシングルケーブルである。制振装置を設置したケーブルは、長さ約 90m、直径 165mm で、1 次固有振動数は約 1Hz である。制振装置の設置状況を図 1 に示す。ケーブルには定着部から約 2.3m の位置に角折れ緩衝ゴムが設置されており、ゴムからさらに 3.7m の位置に制振装置を設置した。

制振装置は図 2 に示すように、ケーブル側に固定された吸着板（鉄板）と桁側に固定された永久磁石（ネオジウム磁石）とヨークからなる。吸着板表面にシリコンゴムを貼ると同時に、ヨークを介して永久磁石と吸着板を吸着させることで磁石への衝撃を緩和している。本装置により、設置位置でのケーブルの変位を拘束及び解放することでケーブルの振動モードを切り替えて振動の成長を抑制する¹⁾。

吸着力は、2.5kN から 11kN まで 5 段階に調節可能である。ケースは円筒状の形状をしており、直径、長さともに約 250mm である。

3. 制振実験結果

3.1 加振実験結果

同一ケーブルで制振装置を設置しない場合と設置した場合について、ケーブルを 1 次モード加振してその後の減衰波形を測定した。図 3 に加速度計出力を積分して得られた変位波形を示す。加速度計の設置位置は、装置ありの場合は橋

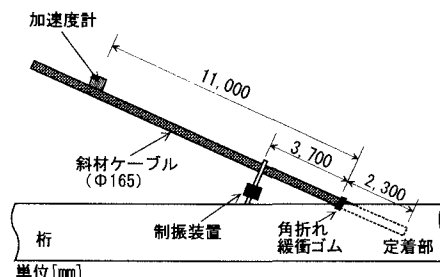


図 1 制振装置設置状況

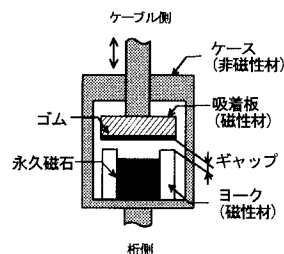


図 2 制振装置概略図

キーワード：斜張橋，レインパイプレーション，自励振動，振動モード，制振，磁石

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2 - 19 - 1 TEL 0424-89-7115 FAX 0424-89-7184

面からケーブル軸方向に 11m の位置で、装置なしの場合は 4.1m の位置である。また、制振装置の磁力は調節できる最小値である 2.5kN、ギャップは約 2.5mm に設定した。

制振装置を設置していない場合の減衰は、対数減衰率で 0.0044 程度であった。これに対して、制振装置を設置した場合の対数減衰率は 0.1 を越えており、一般にレインバイブレーションの制振に必要であると言われる 0.03 を上回っていた。ただし、本制振装置は従来のダンパのように減衰を付加するタイプではないので、この値は制振効果の目安程度といえる。

3.2 レインバイブレーションに対する制振効果

1998 年の台風 10 号によって発生したレインバイブレーションに対して、前述の制振装置設置ケーブルとこれに隣接する制振装置非設置ケーブル（約 80m、1 次固有振動数約 1.3Hz）の振動を比較した。いずれのケーブルとも橋面から 11m の位置に加速度計を設置した。制振装置設置ケーブルについては、上下方向の加速度をそのまま積分して変位波形を得た。制振装置非設置ケーブルについては、上下方向振動が加速度計の計測レンジをオーバーしたため、ほぼレンジ内に収まっていた水平方向の加速度波形から上下振動を推定し、積分することで変位波形を得た。得られた波形を図 4 に示す。制振装置を設置したケーブルの振動が小さく抑えられている様子が分かる。

また、装置非設置ケーブルの水平加速度及び装置設置ケーブルの上下加速度のパワースペクトル（550 秒から 600 秒の間）をそれぞれ図 5、6 に示す。装置非設置ケーブルは 2 次モード（2.7Hz）が卓越していることがわかる。これに対して、装置設置ケーブルでは、レインバイブレーションに対して安定な 3Hz を超える高次モードが多く出ており、レベルも非常に小さく抑えられている。これは、空力的に不安定な低次モードを安定な高次モードに切り替えて制振するという本装置の原理を裏付けるものである。

4. おわりに

永久磁石を利用した制振装置の実大モデルを製作し、実ケーブルのレインバイブレーションに対する振動モードの切替えによる制振効果を確認した。

本実験を実施するにあたり、佐賀県鳥栖土木事務所の方々のご理解とご協力を頂いたことに謝意を表します。

参考文献 1) 中野, 片村, 金子: 振動モードの制御による斜張橋斜材ケーブルの制振, 機械学会第 5 回運動と振動の制御シンポジウム論文集(1997.11), 2) 中野, 片村他: 振動モードの制御による斜張橋斜材ケーブルの制振-伊唐大橋ケーブルの制振実験-, 土木学会第 52 回年次学術講演会概要集 I (1997.9), 3) 井上, 久富他: 天建寺橋の上部工の施工, 橋梁と基礎 (1998.12)

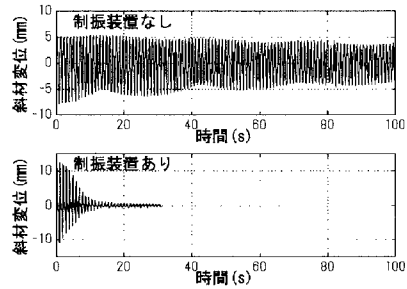


図 3 加振実験結果

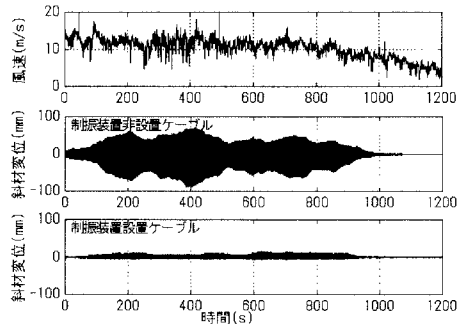


図 4 レインバイブレーション観測結果
(装置非設置ケーブルは推定波形)

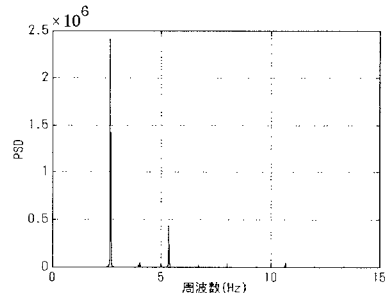


図 5 装置非設置ケーブルのパワースペクトル

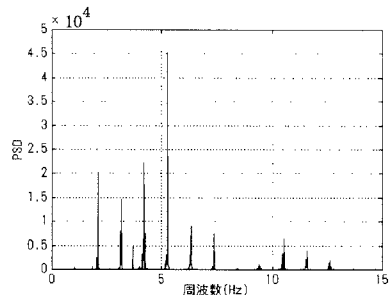


図 6 装置設置ケーブルのパワースペクトル