

I - B169 振動モードの制御による斜張橋斜材ケーブルの制振 ー伊唐大橋斜材ケーブルの制振実験ー

鹿島技術研究所第七研究部 正会員 中野 龍児
同 上 大塩 真
同 上 片村 立太
鹿児島県出水耕地事務所橋りょう課 正会員 前田 勉

1. はじめに

斜張橋の斜材ケーブルは長く、減衰も小さいため風による振動が発生しやすい。このうち、並列ケーブルに発生するウェイクギャロッピング¹⁾は振幅が大きく、制振対策として制振ワイヤーやダンパーなどが用いられることが多いが、メンテナンス、美観及び制振効果などを考えた場合有効な制振手法は未だ確立されていないのが現状である²⁾。そこで、著者らは新しい制振対策としてケーブルの振動モードをパッシブに変化させることで自励振動の成長を抑制する制振手法について検討している。

本報では、本制振手法の原理をシミュレーション結果に基づいて説明した後、伊唐大橋³⁾の束ねケーブルに発生したねじれ振動⁴⁾に本装置を適用した結果について報告する。

2. 制振装置

2.1 原理

自励振動の励振力は系の振動自身に依存するため、比較的励振力の小さい初期の段階で系の振動エネルギーの増加を抑えられれば自励振動の成長を抑制できると考えられる。

振動エネルギーの増加を抑える方法として、ケーブル定着部付近に磁石を設置してこの位置でのケーブルの振動を拘束したり自由にしたりすることで振動モードを変化させてエネルギーを消費する方法を考案した。この装置を設置した場合の1次モードのケーブル振動の様子を図-1に示す。ケーブルの振動が小さいうちは磁石部は固定端として働く(②、③)が、振動が次第に大きくなる(④)とケーブルは磁石から離れて振動モードが変化する(⑤、⑥、⑦)。このとき、ケーブルには高次モードが発生するため通常の振動時よりも多くのエネルギーが消費される。これによって、ケーブルの振動が小さくなるため再び磁石部が固定端となる。

このように振動モードを変化させて消費するエネルギーが、ケーブルに流れ込むエネルギーとバランスすれば自励振動の成長を抑制できるものと考えられる。

2.2 質点モデルでのシミュレーション結果

ケーブルを質点系にモデル化して、本装置設置時のケーブル全体のエネルギー変化をシミュレーションした結果を図-2に示す。自励振動は、いわゆるファンデルポール型の振動として与えた。モデルのパラメータは次章で述べる伊

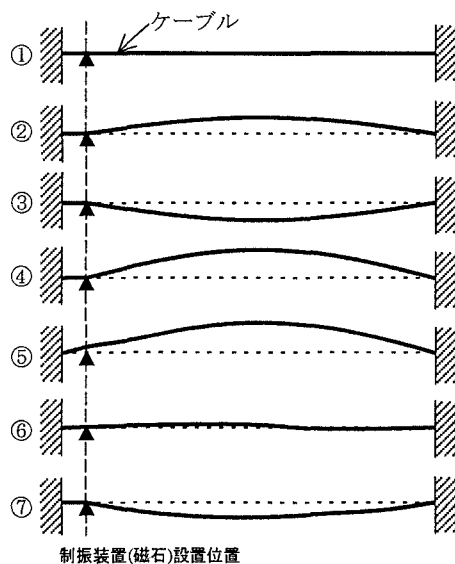


図-1 制振装置設置時のケーブルの振動

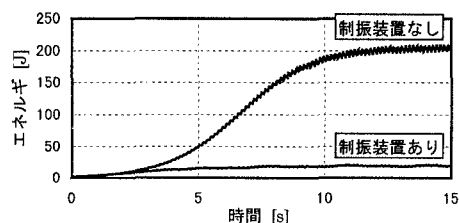


図-2 ケーブル全体のエネルギーの変化

キーワード：斜張橋、並列ケーブル、自励振動、振動モード、制振

連絡 先：〒182 東京都調布市飛田給 2 - 19 - 1 TEL 0424-89-7150 FAX 0424-89-2896

唐大橋のケーブルをモデル化して使用した。この図から、装置を設置しない場合にはエネルギーが時間とともに増加していくのに対して、装置を設置した場合には振動モードの変化によるエネルギーの消費と自励振動エネルギーの流入がバランスしてケーブル全体の振動エネルギーの増加を抑えている様子が分かる。

3. 伊唐大橋での制振実験結果

3.1 実験装置

2.1 で述べた原理を今回実験の対象とした束ねケーブルのねじれ振動に応用した装置を伊唐大橋のケーブルに設置した。装置の概略図を図-3に示す。ケーブルのねじれ振動によるモーメントが磁石の吸引力によるモーメントを超えるとケーブルの動きが自由になり振動モードが変化する。実験ケーブルの長さは約60m、ねじれ1次固有振動数は2.9Hz、たわみ1次固有振動数は1.9Hzであった。

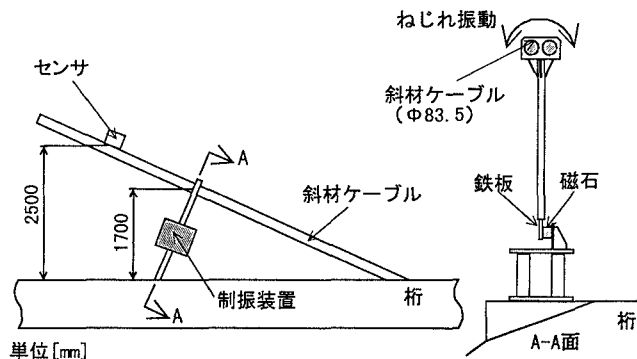


図-3 装置設置位置及び装置概略図

制振装置を設置していない場合と設置した場合のセンサ位置（図-3 参照）でのケーブルの上下方向変位波形を風速波形と合わせて図-4, 5に示す。変位波形は、ケーブルのねじれ振動に注目するために、束ねた2本のケーブル変位の差をとってプロットしている。制振装置がない場合には風速10m/s程度でねじれ振動が発生し、振幅6mm程度でリミットサイクルに入っている。これに対して、制振装置がある場合には、ねじれ振動の振幅が0.5mm程度になると磁石が離れて瞬間的に変位が1mm程度に達し、その直後に振動が低減されるという動きを繰り返している。これは、振動モードの変化により、自励振動エネルギーの流入を防いで振動の成長を抑制している効果が現れているものと考えられる。

4. まとめ

風による斜材ケーブルの振動に対する新しい制振対策として、ケーブルの振動モードを変化させて制振を行う方法について検討した。その結果、自励振動発生初期に効果的にケーブルの振動エネルギーを消費し、自励振動のエネルギーの流入を防ぐことができれば振動の成長を抑制できることを質点モデルでのシミュレーションにより確認した。また、本装置を伊唐大橋の束ねケーブルのねじれ振動に適用して実ケーブルに対する制振効果を確認した。

参考文献 1)横山, 日下部:斜張橋ケーブルの風による振動と対策, 橋梁と基礎(1989.8), 2)たとえば 米田: 並列ケーブルの空力特性, 土木学会構造工学委員会風洞実験相似則検討小委員会(第2期)研究報告会概要集(1996.7), 3)折田, 福田, 前田他:伊唐大橋の上部工施工, 橋梁と基礎(1995.11), 4)上野, 折田, 前田:伊唐大橋束ねケーブルの耐風特性と制振対策, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集(1997.9)

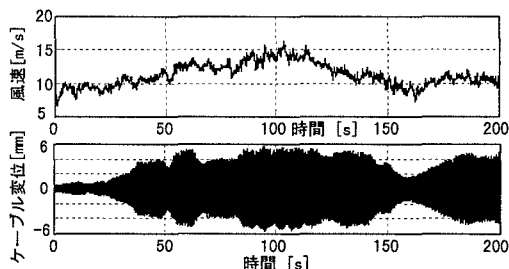


図-4 実験結果（制振装置なし）

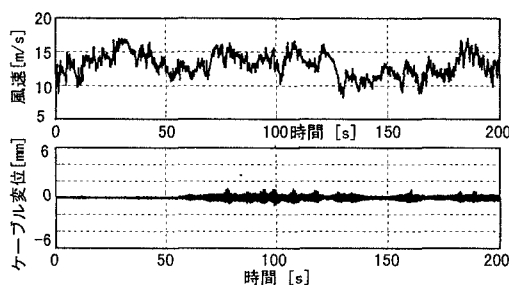


図-5 実験結果（制振装置あり）