

(I -28) ウェイクギャロッピングに対する制振ワイヤーの有効性について

建設省土研 正員 佐藤 弘史 鹿島建設(株) 正員 ○向 弘晴 (株)エスイー 及川 孝一

1. はじめに

PC斜張橋やダブルデッキの鋼斜張橋では、斜材に並列ケーブルが用いられることが増えている。このような並列ケーブルの出現に伴い、最近ケーブルの風による振動が数多く報告されるようになってきた^{1) 2)}。特に並列ケーブルの場合、上流側ケーブルがもたらす風の乱れによって下流側のケーブルが振動するウェイクギャロッピングという特有の振動が現れる。この振動は、振幅が数十cmにも及ぶことがあり、利用者に不安感を与えたり定着部に疲労損傷を与える可能性があるため、有効な制振対策が不可欠である。

筆者らは制振ワイヤー、ダンパー³⁾などの対策や、ケーブル間隔調整等⁴⁾といった新しい対策の効果を調べるために、風洞実験を行った。本稿では、制振ワイヤーに関して、制振効果、制振に寄与する要因について検討し、さらに無次元風速の適用性について調べた結果を報告する。

2. 模型の概要

実験はケーブルの振動モードの影響も観測できるように3次元弾性模型(Fig.1)を用いて行った。Table.1に実橋ケーブル及び模型ケーブルの諸元を示す。模型ケーブルの諸元は密度、風速パラメータ、構造減衰を相似させて決定した(詳細は文献3)に示す)。制振ワイヤーによる結合効果を見るためには複数の模型ケーブルが必要となるが、ここでは模型ケーブルは3段とし、4段目以下のケーブルの影響は3. 実験方法に示すようにセグメント無しにより線(スティケーブルと呼ぶ)を用いて、張力を増加させたり、重りを付加することで代用させることとした。なお、ケーブル間隔、水平偏角は、既往の研究成果^{5) 6) 7)}を参考にしてウェイクギャロッピングが顕著に生じるように、それぞれ3D(D;ケーブル径)、0°に設定した。

3. 実験方法

(1)制振ワイヤーの連結方法;制振ワイヤーはケーブルを4等分するように3組配置した。また、アルミ製のスパーサーをより線ワイヤーに直接取り付けることによりケーブルに曲げや振りが生じないように配慮した。

(2)重量の付加方法;fig.1に示すスティケーブルにケーブル2段分及び3段分の重量に相当する5.3kgf及び9.8kgfの重りを均等に取付け、制振ワイヤーを通して影響する4段目以降のケーブル重量を考慮した。

(3)たわみ剛性の付加方法;スティケーブルの張力を模型ケーブルの張力58kgfの5倍にあたる張力290kgfに設定し、制振ワイヤーを通して影響する4段目以降のケーブルのたわみ剛性を考慮した。

(4)振動変位の測定方法;ケーブルの振動変位は、各々のケーブル毎にケーブル下端から60cmの位置に取付けたカンチレバー式変位計で測定した。なお、ケーブルの振動モードはビデオ観察並びに振動変位波形から求めた卓越振動数から判断した。

4. 実験結果

(1)多段連結によるケーブル重量付加の影響;スティケーブルに、4段目以降のケーブルに相当する付加重量が

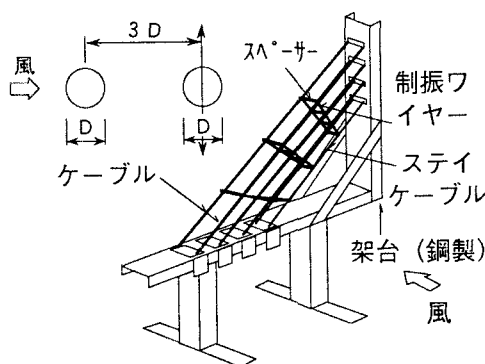
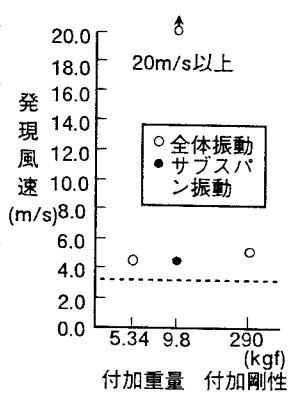


Fig.1 3次元弾性模型

Table.1 実橋ケーブル・模型ケーブル諸元

	実橋ケーブル	模型ケーブル
ケーブル長 (m)	100	4.212
ケーブル径 (mm)	75	20
単位長重量 (kgf/m)	11.05	0.785
ケーブル張力 (kgf)	95×10^5	58
たわみ1次振動数 (Hz)	1.45	3.2
最大風速 (m/sec)	40	22
レイノルズ数	1.14×10^6	1.46×10^4

無い場合は、下流側の上中下3段のケーブルがケーブル全体で鉛直方向の振動が卓越した1次モードであった。スティケーブルへの付加重量とこれらの発現風速との関係をFig.2に示す。スティケーブルに、ケーブル2段分の重量(5.34kgf)を付加させた場合は、上下流側とも、同時に水平方向に振動するモードが現れた。また、3段分の重量を付加すると、全体的な振動は発生せず、サブスパン振動が発生した。以上のことからケーブルの重量が振動モードや発現風速に大きな影響を及ぼすことがわかる。ただしサブスパン振動の発現風速は、図中点線で示す無対策時の発現風速とほぼ同じであった。また、今回のケースの場合、ケーブルを6段以上制振ワイヤーで連結すれば、振幅の大きい全体的な振動モードを抑制できることがわかる。



(2)多段連結によるケーブルのたわみ剛性付加の影響；4段目以降のケーブル5段分に相当するたわみ剛性を付加させても振動モードはほとんど変わらず、全体的な1次振動モードも収まらず発現風速(Fig.2)もほとんど変わらなかった。

(3)ケーブル振動数変化の影響；無対策の状態ではケーブルの張力を変えて振動数を変化させた時の風洞実験の結果から、ケーブルの振動数とウェイクギャロッピング発現風速の関係を求めた。その結果をFig.3に示す。縦軸の発現風速は、無次元風速(U/ND；U：風洞風速，N：ケーブル振動数，D：ケーブル径)と風洞風速で示した。無対策時の発現風速は振動数を変化させても無次元風速で表わすと一定とはならず、風洞風速で表わすと4m/s前後で一定となっている。

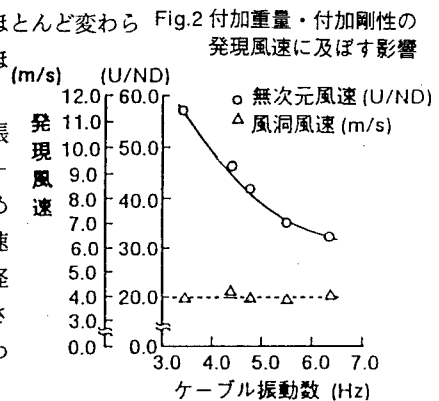


Fig.3 振動数と発現風速の関係

5. まとめ

本実験により、制振ワイヤーの制振に寄与する要因としてはたわみ剛性付加よりも重量付加の影響の方が大きいこと、ウェイクギャロッピングの場合無次元風速による風洞風速から実橋風速への換算がなりたないことなどがわかった。

6. おわりに

今回の実験で制振ワイヤーの有効性を確認でき、数多くの知見も得られた。しかし、制振ワイヤーが実橋に適用されてからまだ日が浅く、他の制振対策の開発も含めて解決せねばならない課題が山積している。

例えば、ウェイクギャロッピングの特性把握や、ケーブルの疲労、利用者の不安感といった観点からのサブスパン振動における許容振幅の設定、今後さらにケーブルが長大化した場合の制振ワイヤーの架設・メンテナンス法の開発等がある。これらの課題を解決するためさらなる研究を進める必要があると痛感している。

なお、本実験は建設省と民間15社の共同研究「斜張橋並列ケーブル耐風制振に関する共同研究」の一環として、当社と(株)エスイーが担当したものである。

参考文献

- 1) 国土開発技術研究センター：斜張橋ケーブルシステムの耐風性に関する検討報告書，昭和63年
- 2) 竹田哲夫他：実橋観測に基づいたウェイクギャロッピングの振動特性について，第49回土木学会年講，1994年
- 3) 佐藤弘史他：ウェイクギャロッピングに対する減衰付加の制振効果，第48回土木学会年講，1993年
- 4) 佐藤弘史他：ケーブル間隔拡張によるウェイクギャロッピングの制振効果，第49回土木学会年講，1994年
- 5) 宇都宮英彦他：近接する並列円柱系の空気力学的挙動，土木学会論文報告集，第366号，1983年
- 6) 白土博道：複数構造物の空気力学的挙動に関する研究，京都大学博士論文，昭和63年
- 7) 久保喜延他：3次元弾性実験による斜張橋用複数本ケーブルの耐風特性の検討，風工学シンポジウム，1992年