

I - 539 ケーブル間隔の拡張によるウエイクギャロッピングの制振効果

建設省土木研究所 正員 佐藤 弘史 鳥海 隆一 日下部 毅明
 鹿島建設 正員 向 弘晴 佐野 演秀 (株)エスイー 正員 及川 孝一

1. まえがき

PC斜張橋やダブルデッキの鋼斜張橋では、桁の重量が大きいため斜材に並列ケーブルが用いられることが多い。しかし、並列ケーブルにおいては、ウエイクギャロッピングと呼ばれる比較的低風速から顕著に発生する振動がこれまでに数多く報告されている¹⁾。この振動は利用者に不安感を抱かせ定着部に疲労損傷を与える可能性があるため、様々な方法で制振対策が施されているが、この振動を完全に制止でき、施工メンテナンスが容易な対策はまだ確立されていない。

久保²⁾、宇都宮³⁾らの実験（2次元）によると、ケーブル間隔 S が $3.5D$ （ D はケーブル径）まではハードフラッター的な挙動を示すが、 $4D$ を超えるとソフトフラッター的な挙動、あるいはバフetting的な挙動を示し、振幅も小さくなることが指摘されており、ケーブル間隔拡張は有効な制振対策になり得ると思われる。実際、実橋においてもケーブル間隔が $5D$ 以上では、ウエイクギャロッピングは観測されていないようである¹⁾。

ここでは、このような観点から3D程度のケーブルの間隔を拡張することによるウエイクギャロッピング制振の可能性を3次元風洞実験で調べたので、その結果について報告する。

2. 試験方法

実験は、ポリエチレン被覆された長さ100m級の並列ケーブルをプロトタイプとし、レイノルズ数域（亜臨界領域）、密度、風速パラメータおよび構造減衰を相似させ、図-1に示すような3次元弾性模型を用いて行なった。

表-1に実橋ケーブルおよび模型ケーブルの諸元を示す。模型は振動モードを再現するためにケーブル径20mmの亚克力製のセグメントを32個、径2mmのより線ワイヤーに設置したものを用いた。ただし本実験では風向に対してケーブルが直角にならんでいる状態（水平偏角、迎角が 0° ）で実験を行った。

ケーブル間隔の拡張は、図-2に示すように、 $S=3D$

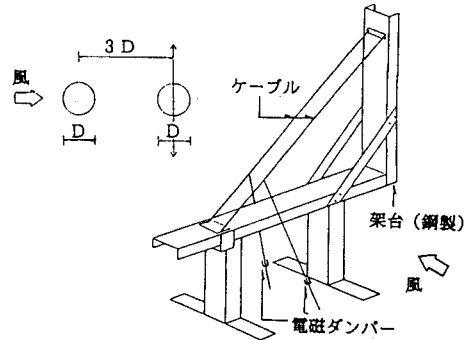
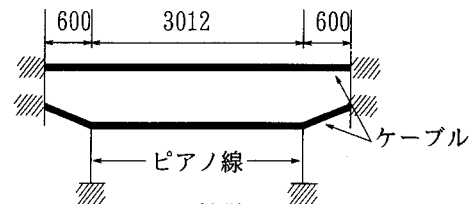


図-1 3次元弾性模型

表-1 実橋ケーブル及び模型ケーブルの諸元

	実橋	模型
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	2.297
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 $\times 10^4$	11.4	1.46

(a) ピアノ線による拡張



(b) スペーサーによる拡張

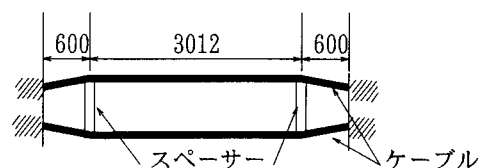


図-2 ケーブル間隔拡張方法

の平行ケーブルをそれぞれ以下に示す2種類の方法で行った。(a)ピアノ線による拡張:風上側ケーブルの端部から約600mmの位置をピアノ線で引張り、ケーブル間隔を $S=4D, 5D, 6D$ に拡張する。(b)スペーサーによる拡張:端部から約600mmの位置のケーブルの間にアルミ製のスペーサーをセットし、ケーブル間隔を $S=5D, 6D$ に拡張する。

(b)のケースについては、図-1に示すように、電磁式ダンパーを用いて風下側ケーブルに減衰を付加させた実験も行なった。

3. 試験結果

図-3にケーブル間隔 $3D$ の場合の風下側ケーブルの鉛直方向の風速と応答の関係を示す。図-3より、風洞風速を徐々に上げた場合、ある風速で振動が急激に $0.3D$ 程度まで上昇していることがわかる。この風速をウエイクギャロッピングの発現風速として、ケーブル間隔と発現風速の関係を図-4に示した。それぞれのケースについて無風時に測定した減衰を対数減衰率で、図-4のグラフ内に示した。ケーブル間隔と発現風速の関係から以下のことがわかる。

(a)の方法でケーブル間隔を拡張して $S=4D, 5D, 6D$ とした場合、ケーブル間隔が大きくなるに従い発現風速が上昇し、特に $S=6D$ の場合には、実験風速内ではウエイクギャロッピングは発生しなくなった。

一方、(b)の方法でケーブル間隔を拡張して $S=5D, 6D$ にした場合には、風上側と風下側のケーブルが互いに逆位相で上下に振動するねじれ振動が発生した。また、減衰を付加させた場合には、発現風速の上昇が見られたが(a)の方法よりも発現風速は小さかった。

したがって、(b)のスペーサーで間隔を上げた場合には、風上側と風下側のケーブルがスペーサーを通して連成するような、ねじれに対して不安定な振動系を形成するため、(a)の風上側と風下側のケーブルが独立して連成しない場合より発現風速が低くなったと思われる。

4. あとがき

本実験結果から、ケーブル間隔 $3D$ 程度の並列ケーブルを架設する場合、スペーサーで $6D$ 程度に拡大し、かつスペーサー部を塔及び桁に固定するなど、ねじれに対して不安定とならないような構造にするならば、ウエイクギャロッピングを制振できる可能性は高いと思われる。ただし、ケーブルのスペーサー部には、ケーブル間隔の拡張による曲げ応力が発生するのでこの点についての検討も必要になる。

なお、本実験は建設省と民間15社による共同研究「並列ケーブルの耐風制振に関する研究」の一環として実施したものである。

参考文献

- 1)国土開発技術センター: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)久保、前田:ウエイクギャロッピングの発生機構について、日本風工学会誌、第55号、平成5年5月
- 3)宇都宮、鎌倉: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336号1983年8月

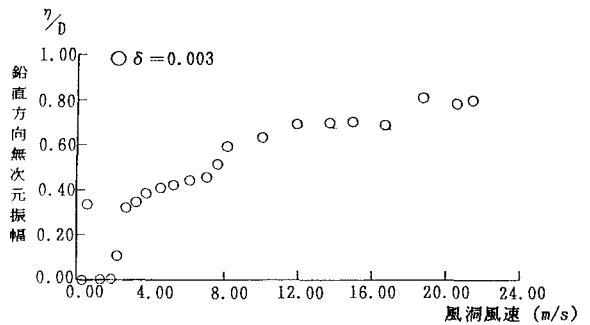


図-3 風速と応答の関係

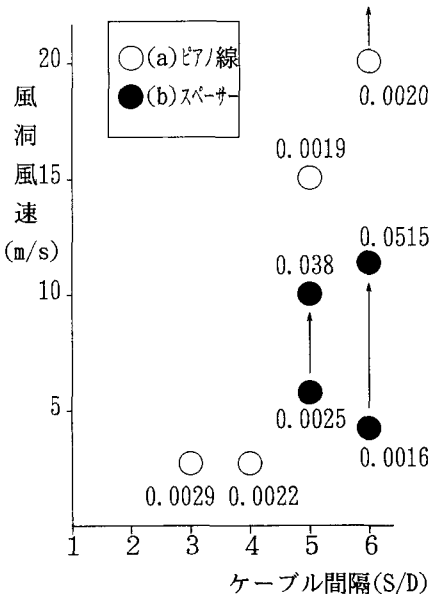


図-4 ケーブル間隔と発現風速