

I-545

ケーブル間隔が軸方向に変化する場合の複数本ケーブルの対風挙動

九州工業大学 学生員 ○前田 博

九州工業大学 正 員 久保 喜延

九州工業大学 正 員 加藤 九州男

九州工業大学 学生員 佐々木 誠

1. まえがき

近年の土木構造物は、社会的要請および技術力の発達により長大化される傾向にある。そのうち橋梁部門での斜張橋は、優れた構造特性および優美性を兼ね備えることから、架設数が増加してきている。そのため、年毎に架設可能なスパン長が伸びてきており、耐風安定性の検討が増してきている。特に、斜張橋の主要構造部材であるケーブルは、メンテナンス上の観点から複数本ケーブルの採用が多くなってきているが、そうした中で、ウエイクギャロッピング等の風による振動問題を抱えている。このような振動問題に対して、多くの場合ワイヤによるケーブル連結およびダンパー等の設置により、対処されている。しかしながら、このような方式には、景観上および保守上の問題点が残されている。そこで、本研究では比較的採用例の多い2本ケーブルの場合に着目し、ウエイクギャロッピングの発生に対する空力的な制振方法として、次のような提案を行った。「ケーブル取り付け下部間隔のみ変化させ、ケーブル中心間隔にテーバーをつける」場合と、平行直列ケーブルの場合とを比較して、ウエイクギャロッピング等の振動が、どの程度抑制できるか検討を行った。

2. 実験概要

実験には、風洞（測定断面1800×2600mm）内に、模型自身が弾性変形する三次元弾性模型（直径 $d=8\text{mm}$ 、長さ $l=2570\text{mm}$ ）を設置した。模型両端は鋼製の架台に直接取り付け、振動数調節のため引張力を与えて、振動数の調節をした。実験ケースとしては、ケーブル中心間隔がパラレルの場合は表1、ケーブル中心間隔にテーバーをつけた場合は表2に示すケースを行った。

3. 実験結果および考察

3-1.三次元ケーブル模型；実験結果は、実験ケースにより対数構造減衰率にばらつきがあったため、 $\delta y = \text{const}$ （ δ ：模型の対数構造減衰率、 y ：模型の振動振幅）なる関係を利用して応答結果の修正を行い、得られた結果について検討した。

(1)ケーブル中心間隔がパラレルの場合：図2に示すように、ケーブル中心間隔 $D=2.5d$ の場合、換算風速 $V_r > 60$ でウエイクギャロッピングと思われる振動が発生しており、換算風速 $V_r > 20$ で比較的大きな振幅を有する水平方向振動が発生している。

図3に示すように $D=5.5d$ の場合、水平方向振動および鉛直方向

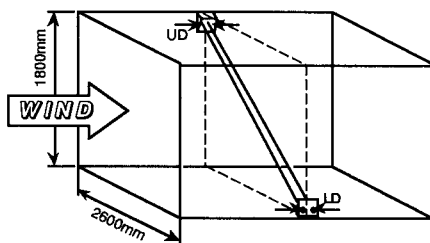


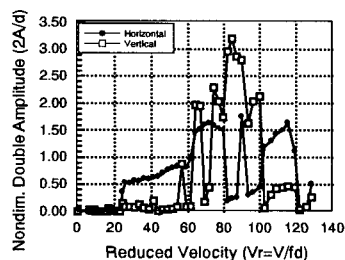
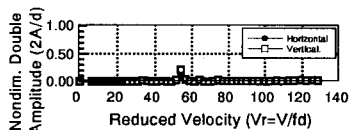
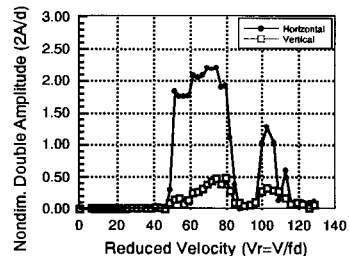
図1 模型設置図

表1 パラレルの場合の実験ケース

ケーブル間隔 ($d=8\text{mm}$)	2.0d	2.5d	3.0d	3.5d	4.0d	4.5d
	5.0d	5.5d	6.0d	6.5d	7.0d	7.5d

表2 テーバーをつけた場合の実験ケース

ケーブル上部間隔UD(mm)	30	30	30	30	30	30	30
ケーブル下部間隔LD(mm)	30	35	40	45	50	55	60

図2 パラレルの場合の応答図($D=2.5d$)図3 パラレルの場合の応答図($D=5.5d$)図4 テーバーをつけた場合の応答図
($UD=3.75d, LD=3.75d$)

振動はほとんど発生しなかった。これは、ケーブル中心間隔と後流渦が、密接な関係にあることから、下流側ケーブルに作用する後流渦による励振力が、小さくなったためと考えられる。

(2)ケーブル中心間隔にテーバーをつけた場合：図4にケーブル下部間隔が $LD=3.75d$ の場合を示すと、ウェイクギャロッピングと考えられる鉛直方向振動および水平方向振動が発生しているが、図5にケーブル下部間隔が $LD=5.0d$ の場合を示すと、ウェイクギャロッピングおよび水平方向振動は発生していない。これはケーブル中心間隔にテーバーをつけた場合の応答特性は、これまでに明らかにされていないが、テーバーをつけることで、ケーブル位置により異なる空気が作用するために、良い制振効果が得られたことにつながったと考えることができる。

3-2.可視化実験；三次元ケーブルを用いた実験で、報告例の少ない水平方向振動が発生したことから、その発生原因を可視化実験により検討することにした。図に $D=3.5d$ の場合を示した結果から、下流側ケーブルの下流に存在する渦により、下流側ケーブル上流面と下流面とで圧力差が生じるため、水平方向力が発生して水平方向振動が発生したのと考えられる。

4.各実験ケースの最大応答振幅

図7にケーブル中心間隔が平行の場合の最大応答振幅をまとめたものを示す。これによると、中心間隔が $2.0 \leq D \leq 7.0$ において、鉛直方向の最大応答振幅は変動しながら減少する傾向が認められる。また、水平方向振幅に対しては、 $D=3.5d$ のときピーク値を示し、間隔が大きくなるにつれて減少している。次に、図8にケーブル中心間隔にテーバーを付けた場合の最大応答振幅をまとめたものを示す。これによると、鉛直方向の最大応答振幅は、ケーブル下部間隔 LD が増加するにつれて大きくなる傾向があるが、水平方向の最大応答振幅は $LD=4.375d$ のときピーク値を示し、間隔が大きくなるに従って減少している。これらの結果から興味深いことは、両実験パターンともに水平方向振幅が最大値を示すときに、鉛直方向振幅はほぼ最小値を示していることである。

5.まとめ

①ケーブル中心間隔が平行の場合には、 $D=5.0d$ 付近（実験結果では $D=5.5d$ ）にするか、ケーブル中心間隔にテーバーをつける（実験結果では $UD=3.75d$, $LD=5.0d$ ）ことで、ウェイクギャロッピングに対して制振効果が得られることがわかった。

②今回の実験結果で特徴的であった水平方向の振動は、ケーブル間隔が平行の場合で $D=5.0d$ 以上で振動を抑えることができ、またケーブル間隔にテーバーをつける場合は $LD=5.0d$ 以上で振動が抑えられる結果が得られた。

今後は、テーバーをより細かく変化させた応答実験、模型の周辺気流の測定等を通して、ウェイクギャロッピングの制振に対する有効性をさらに詳しく検討する予定である。

※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, Vol.23, No.8, 1989年8月

2)久保, 中原, 加藤: 三次元弾性実験による斜張橋用複数本ケーブルの耐風性の検討, 第12回風工学シンポジウム論文集, pp.291-296, 1992

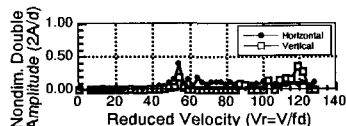


図5テーバーをつけた場合の応答図
($UD=3.75d$, $LD=5.0d$)

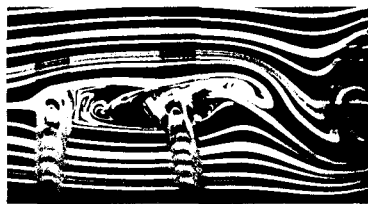


図6可視化写真 ($D=3.5d$)

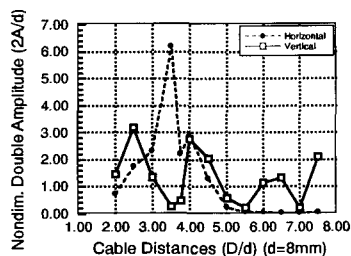


図7 平行の場合のケース毎の最大応答振幅

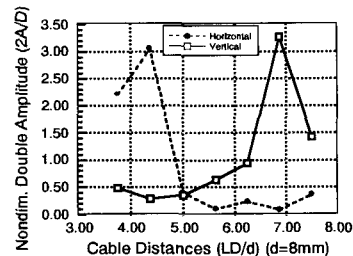


図8 テーバーをつけた場合のケース毎の最大応答振幅