

近接一体型ケーブルの静的空気力特性

九州工業大学 工学部 学生員 ○前田 博
 九州工業大学 工学部 正 員 久保喜延
 九州工業大学 工学部 正 員 加藤九州男
 九州工業大学 工学部 学生員 古巣昌和

1. はじめに

近年、斜張橋はその優れた構造特性および優美性を併せ持つことから、架設数は年々増加しており、そのスパン長も伸張してきている。そのため、斜張橋の主要構造部材でもあるケーブルを大型化する必要性がでてきている。ところが、建設時の諸事情により、複数本ケーブルが採用されることが多い。しかしながら、複数本ケーブルを採用することにより、ウェイクギャロッピング等の風による振動問題が発現するケースが多い。このような振動問題の抑制に対して、現在のところダンパーおよびワイヤによるケーブル連結方式が採用されているが、これらの対策は景観上およびメンテナンス上好ましくない。そこで、著者らは、ウェイクギャロッピングの発生しにくいケーブル配置について検討を行ってきた¹⁾。その方法として、上流側ケーブルのウェイクの影響を受け難い位置に、下流側ケーブルを配置する近接一体型ケーブルの提案を行ってきた。これまでの研究から、上下流のケーブルを近接剛結することで、空力弾性振動の抑制が可能であることが判明している。本研究では、この近接一体型ケーブルに作用する静的空気力の特性について考察した。

2. 実験方法

実験は、アルミニウムパイプ(直径 $D=25\text{mm}$, 長さ $l=970\text{mm}$)を用いて、両端に位置するクランプにより、ケーブル中心間隔を一定に保てるようにした。また、三分力の正の向きおよび迎角の定義を図1に示す。実験ケースはケーブル中心間隔 D を $D=1.0d \sim 1.5d$ に変化させ、風向とケーブル姿勢を考慮して迎角を $\alpha=0^\circ \sim 90^\circ$ に変化させた。

3. 実験結果および考察

三分力天秤により得られた抗力係数、揚力係数、空力モーメント係数は、単独ケーブルとの比較を簡便化するために、単独ケーブルと同一の諸元を用いて整理した。実験結果は、レイノルズ数 $Re=36500$ の場合において、ケーブル中心間隔毎の迎角と各係数についてまとめたものを、図2～図7に示す。

3.1 抗力係数について

静的三分力の測定結果のうち、抗力係数について考察する。抗力係数 C_D は、迎角 $\alpha=0^\circ$ で、ケーブル中心間隔 $D=1.0d$ の場合に $C_D=0.5$ である。ケーブル中心間隔が広がるにつれて C_D の値は大きくなり、 $D=1.5d$ の場合で $C_D=0.8$ 程度になっており、単独ケーブルの場合($C_D=1.2$)より C_D が小さくなっている。岡島²⁾は $D<3.8d$ で亜臨界レイノルズ数域の場合、下流側円柱にスラス

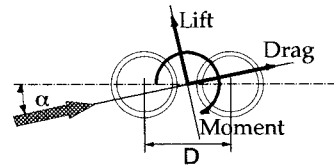


図1 ケーブル中心間隔および三分力の定義

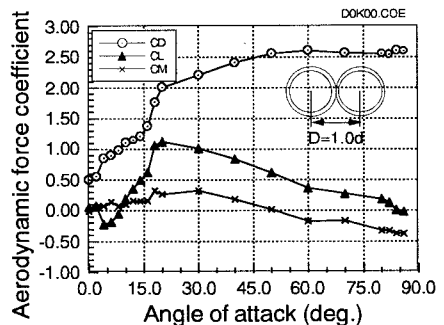


図2 $D=1.0d$ の静的三分力特性

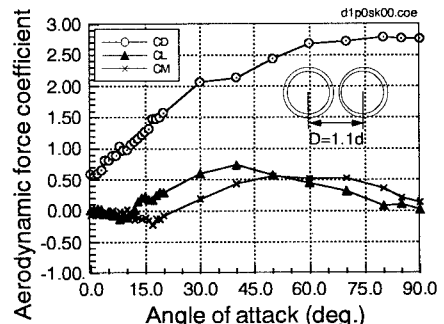


図3 $D=1.1d$ の静的三分力特性

トが作用するため、抗力が小さくなると報告しており、これに対応するものであると考えられる。 α が大きくなるにしたがって C_D は大きくなり、 $\alpha=90^\circ$ の場合には、 $D=1.1d$ の場合に $C_D=2.7$ 程度となるが、その他のケーブル間隔では、 $C_D=2.5$ 程度となっており、単独円柱のほぼ2本分となっている。

3.2 揚力係数について

揚力係数 C_L については、 $D=1.0d\sim 1.3d$ の場合には α が小さい場合に負の値を示すが、 α が大きくなるにつれて C_L は正の値に変化している。 $D=1.4d, 1.5d$ の場合は、 C_L の変化する傾向は $D\leq 1.3d$ とは異なる。 $\alpha=0^\circ\sim 8^\circ$ でほぼ $C_L=0$ を示しており、空力的に安定していると考えられる。 $\alpha>8^\circ$ での C_L は、極端に大きくなっている。これは、上流側ケーブルからの剥離流が下流側ケーブルに作用するかしないかの境界であり、上下流ケーブル間の流れのパターンも変化しているためと考えられる。

3.3 空力モーメント係数

空力モーメント係数 C_M は、 $D=1.0d$ の場合は $C_M<0$ となる迎角の範囲は $\alpha>50^\circ$ の場合となっているが、 $1.1d\leq D\leq 1.5d$ の場合は $0^\circ<\alpha<(20^\circ\sim 40^\circ)$ において $C_M<0$ となっている。 C_M も C_L の場合と同様に、 $D\geq 1.2d$ で $C_M=0$ となる α の範囲が存在し、ケーブル中心間隔の増加につれて $C_M=0$ となる α の範囲も広がっている。次に、 C_L と C_M の関係に着目すると、 $D=1.2d, 1.3d$ の場合に C_L の符号と C_M の符号が一致している。これは、 C_L および C_M が負の場合に、大きな負の揚力が上流側ケーブルに働くので、負の揚力が作用すると共に負の空力モーメントが発生するためと考えられる。 $D=1.4d, 1.5d$ の場合は、 C_L の符号と C_M の符号は逆になっている。原因として、大きな正の揚力が、下流側ケーブルに作用するためと考えられる。これは、 $D=1.4d, 1.5d$ の場合、上下流ケーブル間に流れが存在し、下流側ケーブルに作用する正の揚力を増加させるため、負の空力モーメントが作用するものと考えられる。

今後、静的三分力の変動特性および表面圧力の測定を通して、静的三分力特性について詳細に検討していく予定である。

4. まとめ

- ①近接一体型ケーブルの静的三分力特性(特に C_L, C_M)は、ケーブル中心間隔に大きく依存している。
- ②空力的に安定性が高いと考えられる $C_L, C_M=0$ となる迎角の範囲は、ケーブル中心間隔が大きくなるにつれて広がっている。

【参考文献】

- (1)久保, 前田; 斜張橋用複数本ケーブルの耐風特性, 第13回風工学シンポジウム論文集, pp251-256, 1994.12
- (2)岡島; 高レイノルズ数における直列2本円柱まわりの流れ,

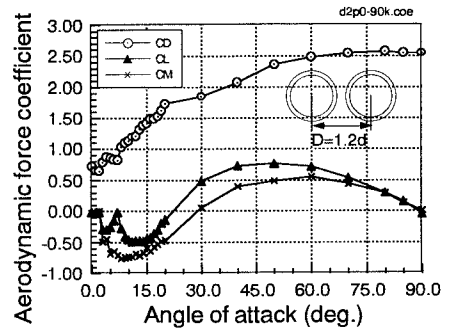


図4 $D=1.2d$ の静的三分力特性

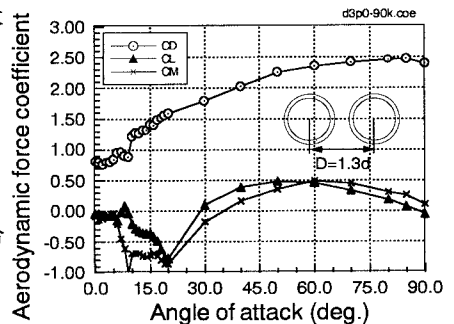


図5 $D=1.3d$ の静的三分力特性

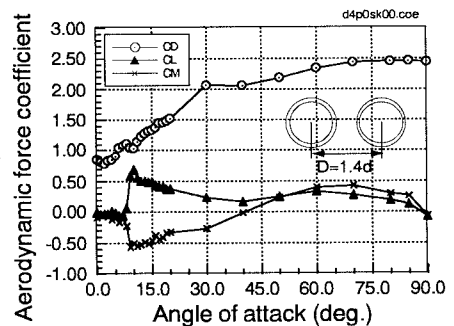


図6 $D=1.4d$ の静的三分力特性

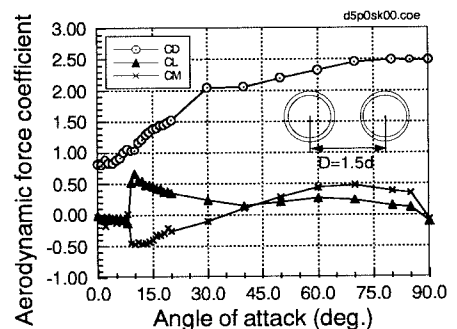


図7 $D=1.5d$ の静的三分力特性