

I - B39

近接一体型ケーブルの表面圧力特性について

宇部興産株式会社 正 会 員 前 田 博

（研究当時 九州工業大学大学院生）

九州工業大学工学部 正 会 員 久保喜延

九州大学大学院 学生会員 浜崎大輔

九州工業大学工学部 正 会 員 山口栄輝

1. はじめに

斜張橋ケーブルに発生するウェイクギャロッピング対策として、著者らは、ケーブルの間隔および配置を変化させて振動を抑制することを検討してきている。そこで、斜張橋ケーブルの中でも比較的採用例の多い2本ケーブルの場合に着目して、ウェイクギャロッピングの制振対策を検討することにした。これまでの検討結果¹⁾から、近接一体型ケーブルが高い制振効果を有することが判明した。1自由度振動系においては、ケーブル中心間隔が $D=1.0d$, $1.1d$ の場合にギャロッピングが発生し、 $D=1.2d$, $1.3d$ の場合に、ギャロッピングの発生が抑制されている。2自由度振動系においては、 $D=1.25d$ の場合に迎角 $\alpha=0^\circ$ においてギャロッピングが発生した。そこで、近接一体型ケーブルに発生するギャロッピングの発生メカニズムの解明および抑制法を検討するために、近接一体型ケーブル模型周辺の圧力分布を測定することにした。ギャロッピングの発生メカニズムを検討する際に、振動初期状態である小振幅における表面圧力特性を把握することが重要であると考え、圧力測定を模型静止時および強制加振時において行った。

2. 実験概要

実験には、九州工業大学の境界層型風洞縮流部（測定断面 $1800\text{mm} \times 1100\text{mm}$ ）を用いた。風洞実験用模型は、直径 $d=50\text{mm}$ のアルミニウム製パイプである。模型両端部は、スペーサーおよびクランプによって、中心間隔が一定に保たれ、2本ケーブルは一体型となっている。模型には、表面周囲に圧力測定孔を 10° 間隔で 36 個配置しており、各測定点を順次スキャンすることにより、表面圧力の測定を行った。実験ケースは、ケーブル中心間隔が、 $D=1.0d$, $1.2d$, $1.25d$ とし、迎角は $\alpha=0^\circ \sim 10^\circ$ まで 2° 刻みとした。模型が静止状態および強制加振状態の場合について測定を行った。強制加振実験においては、模型振動変位と作用する圧力との間に生じる位相差についても測定した。その際の加振振動数および加振振幅は、それぞれ $f=2.0\text{Hz}$, $2A/d \approx 0.1$ とした。なお、チューブシステムを使用して測定するため、加振振動数における圧力の減衰および位相遅れの測定を行い、結果の補正を行っている。

3. 実験結果および考察

平均圧力係数は、風速による顕著な違いが認められなかったため、静止時における風速 $V=16\text{m/s}$ の測定結果を用いて考察する。図2に $D=1.0d$ および $D=1.25d$ の場合の結果を示す。ケーブル中心間隔が $D=1.0d$ の場合は、迎角 α が大きくなると、上流側ケーブルの上面において圧力回復が生じている。下流側ケーブルにおいては、上面上流側において圧力回復が、下面下流側において圧力低下が生ずるため、上流側ケーブルおよび下流側ケーブルともに下向きの揚力が作用するようになる。

ケーブル中心間隔が $1.25d$ の場合は、迎角 $\alpha \leq 4^\circ$ にお

キーワード：近接一体型ケーブル、平均圧力、変動圧力、位相差

連絡先：〒804 北九州市市戸畑区仙水町1-1 TEL (093) 884-3109 FAX (093) 884-3100

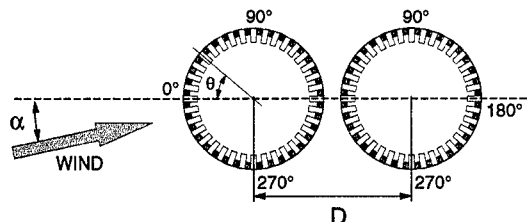
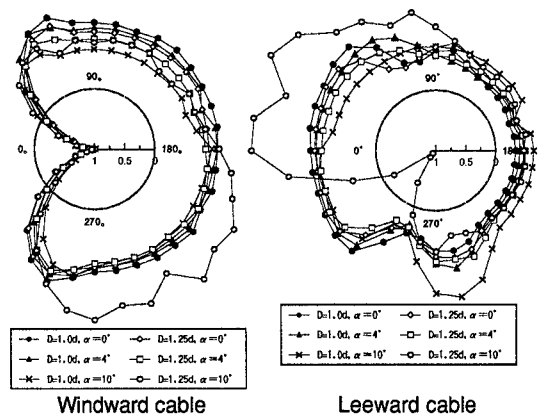


図1 実験模型概要図

図2 平均圧力係数分布 ($\alpha=0^\circ, 4^\circ, 10^\circ$)

いては、迎角の変化に伴う圧力分布の変化は見られないが、 $\alpha=10^\circ$ では下流側ケーブルの前面である $350^\circ < \theta < 360^\circ$, $0^\circ < \theta < 90^\circ$ において大きな負圧を示している。これは、上流側ケーブルの下面とほぼ同じ圧力係数値を示しており、上流側ケーブルからの剥離せん断流れが、上流側ケーブルと下流側ケーブルの間を流れることによるものと考えられる。この流れは gap flow²⁾ と呼ばれている流れであると考えられ、上流側ケーブルには下向きの揚力が作用し、下流側円柱には上向きの揚力が作用する。

次に、これまでの振動実験結果¹⁾ を圧力測定結果から説明するために、加振時における加振振動数成分に対応する変動圧力が1周期あたりになす仕事を、各測定孔毎に単位幅当たりの無次元仕事量 W_i として変動圧力および位相差を用いて求めたものである。円周の内側は変動圧力のなす仕事を負の場合を示し、円周の外側は変動圧力のなす仕事が正の場合を示している。変動圧力のなす仕事 W_i をケーブルの円周回りに積分し W_p とし、系の粘性減衰による仕事 W_d と比較することにより、ギャロッピングなどの空力振動発生の推定を行うことができる。なお、 W_d は減衰がなす仕事であるため、負の仕事とする。図3によると、 $D=1.0d$, $\alpha=4^\circ$, $Vr=160$ の場合は、上流側ケーブルの上面において変動圧力は正の仕事をしており、減衰力となる負の仕事をしている部分はほとんどない。下流側ケーブルにおいては、ケーブル上面の前面側および下面の上流側ケーブルからの剥離流が再付着する付近から背面側の部分において正の仕事をしている。上流側ケーブルに作用している変動圧力のなす仕事 W_{pw} は、 $W_{pw}=0.104$ であり、下流側ケーブルの W_{pl} は $W_{pl}=0.0248$ となる。

上流側ケーブルおよび下流側ケーブルを併せて考えると、 $W_p=0.128$ になる。この場合も、系が持つ構造減衰がなす仕事は、 $W_d=-0.000683$ であるので、系全体としては $W=W_p+W_d>0$ となり振動が発生することを示している。換算風速が $Vr=60$, 160 の何れにおいても、上流側ケーブルに作用する励振力が下流側ケーブルに作用する励振力よりも大きくなっている。図4によると、 $D=1.25d$, $\alpha=4^\circ$, $Vr=160$ の場合は、上流側ケーブルでは背面部分において変動圧力は正の仕事をしており、下流側ケーブルではケーブル前面部分において正の仕事をしている。これを、仕事量で見ると、上流側ケーブルに作用している変動圧力のなす仕事 W_{pw} は、 $W_{pw}=0.0106$ であり、下流側ケーブルの W_{pl} は $W_{pl}=-0.0180$ となっている。模型全体で変動圧力のなす仕事を考慮すると、 $W_p=-0.0074$ となる。このため、変動圧力は減衰力として作用していることから、振動の発現はない。これから、近接一体型ケーブルにおいて、振動が発生する場合は、上流側ケーブルに励振力が作用していることが確認できた

4. まとめ

- 1) $D=1.0d$ の場合では、迎角 α が大きくなると、上流側ケーブルおよび下流側ケーブルともに下向きの揚力が作用するようになる。
- 2) $D=1.25d$ の場合は、迎角 $\alpha=10^\circ$ の場合には、上下流ケーブル間に gap flow が生じ、下流側ケーブル上面前面部分の負圧が大きくなり、上向きの揚力となっている。
- 3) 上流側にはケーブルの背面部分に励振力が作用しており、下流側ケーブルには上面前面部分および下面背面部分に励振力が作用している。したがって、これらの励振力を弱めることにより、近接一体型ケーブルに発生する空力振動を抑制できると考えられる。

参考文献：(1)Y. Kubo, H. Maeda, K. Kato, K. Oikawa, T. Takeda, in Proceedings of International Conference on Cable-stayed and Suspension bridges, 1994, pp.491-498, (2)M.M.Zdravkovich, J. of Ind. Aerod. Vol.2, 1977

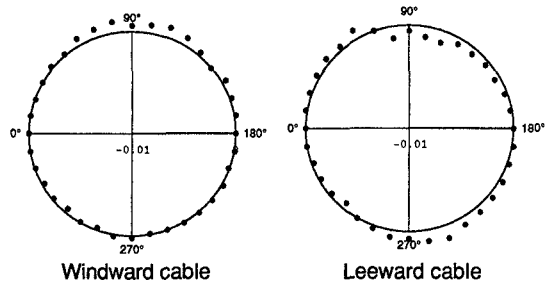


図3 各圧力孔の単位面積当たりの無次元仕事量
($D=1.0d$, $\alpha=4^\circ$, $Vr=160$)

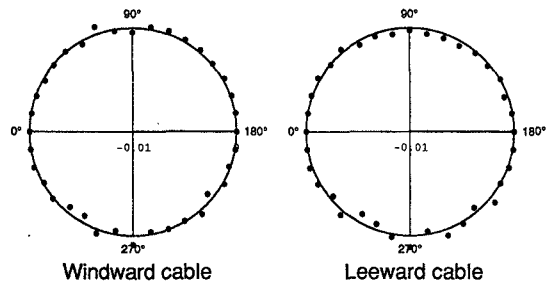


図4 各圧力孔の単位面積当たりの無次元仕事量
($D=1.25d$, $\alpha=4^\circ$, $Vr=160$)