

ストランドケーブルの静的空力特性

九州工業大学大学院 学生員○田中 英之, 松永 徳重

九州工業大学 正 員 久保 喜延, 山口 栄輝, 加藤九州男
(株)エスイー 正 員 及川 孝一

1. はじめに

斜張橋用ケーブルでは、束ねられたケーブル素線が耐久性向上のため、ポリエチレンなどで被覆され、滑らかな円形断面となっている。しかし、円形断面を有する斜張橋用ケーブルでは、渦励振やレインパイプレーションなどの空力弾性振動が発生することが報告されており、その制振対策が重要になっている。

そこで本研究では、同一ストランドを束ねたマルチストランドケーブル及び、その外周に素線ケーブルを螺旋状に巻きつけたスパイラル付ストランドケーブルを採用することにより、斜張橋用ケーブルの空力弾性振動を抑制することを考えた。本報告ではストランド配置を変更した場合及び、スパイラルの巻き角 θ を変更した場合の風荷重を測定し、ストランドケーブルの静的空力特性について検討を行った。

2. 実験概要

実験には、九州工業大学工学部のエッフェル型風洞(測定断面: 1800×1100)を用いた。供試模型の両端を三分力天秤で支持し、風速を 0~15m/sec ($Re=0\sim7.0\times10^4$) まで、迎角 α を $0^\circ\sim30^\circ$ まで 2° 刻みで変化させて抗力、揚力、空力モーメントを測定した。今回の実験によって得られた空気力は次式で表す各空気力係数として整理した。

$$\text{抗力係数: } C_D = F_D / (1/2 \rho V^2 \cdot S) \quad (1)$$

$$\text{揚力係数: } C_L = F_L / (1/2 \rho V^2 \cdot S) \quad (2)$$

$$\text{空力モーメント係数: } C_M = F_M / (1/2 \rho V^2 \cdot S \cdot B) \quad (3)$$

F_D : 抗力, F_L : 揚力, F_M : 空力モーメント

ρ : 空気密度, S : 各力方向の投影面積

供試模型には、基本断面である Type A, 良好な応答特性を有していると考えられる Type C の模型断面を用いた。Type C においてはスパイラルを巻き角 $\theta=30^\circ$, 60° で巻きつけた場合についても実験を行った。

3. 実験結果

図 2 に迎角 $\alpha=0^\circ$ での抗力係数とレイノルズ数の関係を示す。この図から Type C の場合、レイノルズ数が 3.4×10^4 以下で抗力係数が急減しており、レイノルズ数が 3.4×10^4 以上になると抗力係数は 0.8 程度と一定値を示していることが確認できる。このことは円形断面において、臨界レイノルズ数域で抗力が減少する現象と類似している。抗力係数の急減の割合は、迎角 α によって変化するものの、迎角 $\alpha=0^\circ\sim30^\circ$ すべてにおいて同様の傾向が見られた。このことから Type A に比べ、Type C では、その断面形状の違いから抗力に対するレイノルズ数の影響が大きいと考えられる。また、

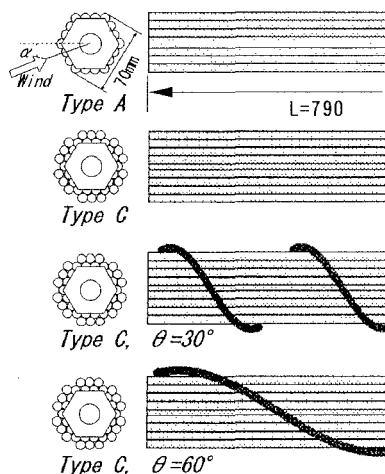


図 1 実験パターン

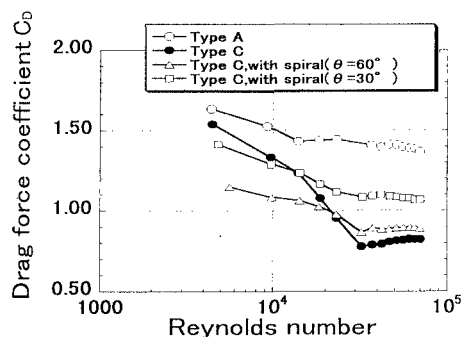


図 2 迎角 $\alpha=0^\circ$ の抗力係数

スパイラルを巻きつけることにより、抗力に対するレイノルズ数の影響は小さくなっていることも確認できる。

図3に迎角 $\alpha=0^\circ$ での揚力係数とレイノルズ数の関係を示す。Type Cの場合、その揚力係数はレイノルズ数が 3.4×10^4 以下では 3.4×10^4 以上の時に比べ、大きな値をとっているため不安定であると考えられる。抗力係数の場合と同様にレイノルズ数の影響を大きく受け、模型の上下で流れの状態が不安定になっているためと考えられる。

次に、迎角 α と各空気力係数との関係について考察する。ここで抗力係数、揚力係数は、図2、3より低風速域(風洞風速 $V=1 \sim 7 \text{m/sec}$)において不安定になっているため、風洞風速 $V=15 \text{m/sec}$ ($Re=7.0 \times 10^4$)の場合について、図4、5にそれぞれ抗力係数、揚力係数のグラフを示す。図4から、Type Aに比べ、Type Cでは抗力係数が6割から8割程度低くなっていることが確認できる。さらに、Type Cに $\theta=60^\circ$ でスパイラルを巻きつけた場合、Type A、Type C(スパイラル無し)の場合に比べ一定の値を示すことが確認できた。しかし、スパイラルの巻き角を $\theta=30^\circ$ にすると抗力係数がType Cに比べて増大している。以上のことより、スパイラルを巻き角 $\theta=60^\circ$ で巻きつけたときは、空力弾性応答特性だけでなく、抗力低減に対する効果も得られることが確認できる。

また、図5からType Aにおいては迎角 α が $0^\circ \sim 16^\circ$ の間で $dC_L/d\alpha < 0$ となっており、準定常理論に基づくギャロッピングの振動の発生し得る領域と推定できる。応答実験において、Type Aでギャロッピングと考えられる発散振動が発生していたことを考慮すると、今回の静的三分力実験でも同様の傾向が得られたことが確認できた。また、Type Cに巻き角 $\theta=60^\circ$ でスパイラルを巻き付けると、スパイラル無しの場合よりも $dC_L/d\alpha$ の負勾配が小さくなっている。さらに、巻き角 $\theta=30^\circ$ でスパイラルを巻き付けると、 $dC_L/d\alpha \approx 0$ 、 $C_L \approx 0$ となっており、円形断面と類似した結果が得られた。

4. まとめ

- (1) 静的三分力実験の結果から、Type Cの模型断面はType Aの場合に比べ、良好な空力特性を有しており、応答実験と同様な傾向が確認できた。
- (2) Type Cにスパイラルを巻き角 $\theta=30^\circ$ で巻き付けると、 $dC_L/d\alpha \approx 0$ 、 $C_L \approx 0$ となり、円形断面と類似した結果が得られた。
- (3) Type Cにスパイラルを巻き角 $\theta=60^\circ$ で巻き付けた場合にスパイラルの有効性が確認できた。

<参考文献>

- 1) 日本鋼構造協会，構造物の耐風工学，1997。

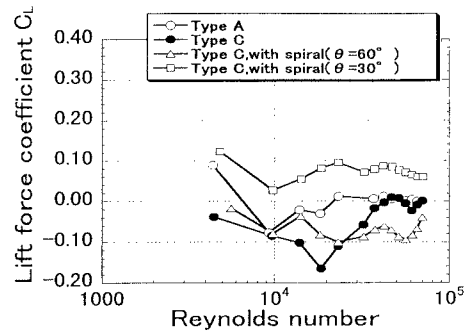


図3 迎角 $\alpha=0^\circ$ の揚力係数

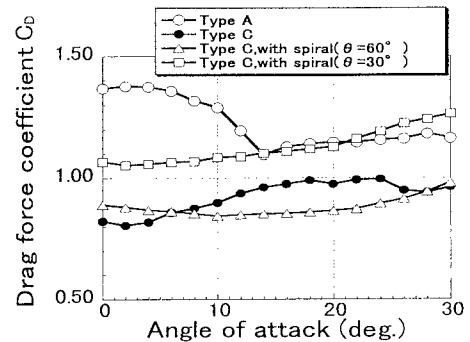


図4 $\alpha-C_D$ の関係

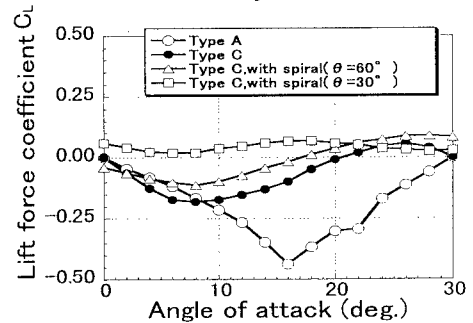


図5 $\alpha-C_L$ の関係