

マルチストランドケーブルの空力応答特性

九州工業大学大学院 学生員○磯部敏靖, 田中英之

九州工業大学 正員 久保喜延, 加藤九州男

(株)エスイー 正員 及川孝一

1. はじめに

円形断面を有する斜張橋ケーブルでは、円形断面特有の空力弾性振動が発生し、その制振対策が重要となっている。そこで、模型断面を変化させる空力的制振対策として、同一のケーブル素線を束ねたマルチストランドケーブルの検討が行なわれ、耐風制振上良好なストランド配置が存在することが確認された。また、その外周に設置した螺旋状のケーブル(以下、ヘリカルストランド)により、その空力特性がさらに改善されるという結果も得られた。しかし、迎角によっては範囲限定型の振動が発生し、渦励振に対する効果があまり見られなかった。

そこで本研究では、それらの振動を抑制することを目的として、マルチストランドケーブルに設置するヘリカルストランドの直径および本数を変化させた場合の応答特性について検討した。

2. 実験概要

実験には、九州工業大学の空力弾性試験用風洞(測定断面 1780mm×910mm)を用いた。供試模型には、既往の研究¹⁾から良好な空力特性を有していた図1に示す模型断面を用いた。また、設置するヘリカルストランドの直径は $\phi=0.10D$, $0.15D$, $0.20D$ 、設置本数は1本および2本とした。その設置状況を図1に示す。既往の研究において、迎角 $\alpha=10^\circ$, 20° で範囲限定型の振動が発生していたことから、範囲限定型の振動を抑制するという本研究の目的より、迎角は $\alpha=10^\circ$ および 20° とした。



図1 模型断面とヘリカルストランドの設置状況

3. 実験結果および考察

3.1 ヘリカルストランド1本の場合

ヘリカルストランド1本、迎角 $\alpha=10^\circ$ および 20° の場合の応答図を図2, 3に示す。図2より迎角 $\alpha=10^\circ$ の場合、実験を行った全ての直径のヘリカルストランドにおいて換算風速 $V_r=9.0$ で渦励振が発生している。しかし、直径が大きくなるにしたがって、渦励振の振幅は小さくなっている。 $\phi=0.10D$ および $0.15D$ では、 $V_r>10$ で無次元倍振幅 $2A/D=0.25$ 程度の範囲限定型の振動が発生しているが、 $\phi=0.20D$ ではその振動が発生していない。このことから、設置するヘリカルストランドの直径が大きいものほど制振効果が高いと考えられる。

図3より迎角 $\alpha=20^\circ$ の場合、全ての直径において $V_r=9.0$ で渦励振が発生している。 $\phi=0.10D$ では、 $V_r=32$ から $2A/D=0.7$ 程度の範囲限定型の振動が発生している。

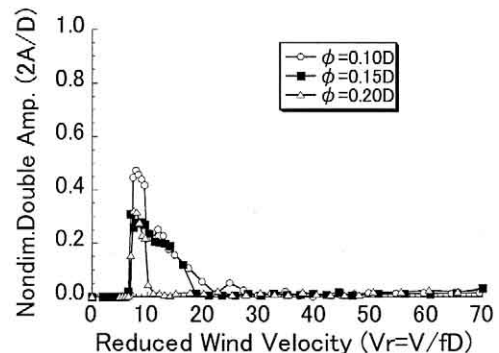


図2 ヘリカルストランド1本の応答図($\alpha=10^\circ$)

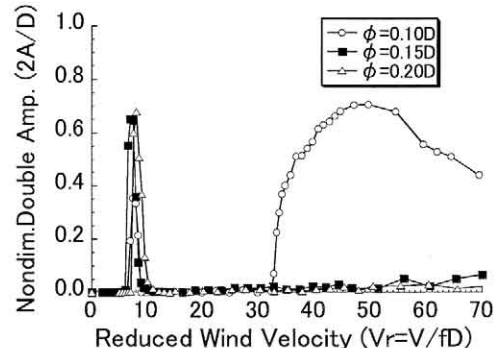


図3 ヘリカルストランド1本の応答図($\alpha=20^\circ$)

キーワード：マルチストランドケーブル、ヘリカルストランド、渦励振、範囲限定型の振動

連絡先：〒804-8550 北九州市戸畑区仙水町 1-1 Tel. (093)884-3109 Fax. (093)884-3100

図 2 と図 3 の応答図を比較すると、 $\phi=0.10D$ では迎角により範囲限定型の振動が発生する風速域および振動振幅が大きく異なるが、直径が大きくなるにしたがって応答特性の違いは小さくなっている。ヘリカルストランドの直径が小さい場合、迎角による影響が大きく、直径を大きくすると迎角による影響が小さくなると考えられる。

3.2 ヘリカルストランド 2 本の場合

ヘリカルストランド 2 本、迎角 $\alpha=10^\circ$ および 20° の場合の応答図を図 4, 5 に示す。また、横軸に無次元倍振幅 $2A/D$ 、縦軸に空力減衰率 δ_a をとった迎角 $\alpha=10^\circ$ における渦励振時の空力減衰図を図 6 に示す。

図 4, 5 より迎角 $\alpha=10^\circ$ および 20° の場合、全ての直径のヘリカルストランドにおいて $V_r=8.0\sim9.0$ で $2A/D=0.45\sim0.65$ の渦励振が発生している。ヘリカルストランド 1 本の場合に $\phi=0.10D$ および $0.15D$ で発生していた範囲限定型の振動が、ヘリカルストランド 2 本の場合には抑制されている。これは、設置本数を増やすことにより剥離渦の軸方向の一様性が乱されやすくなり、制振効果が高くなったためと考えられる。

図 4 と図 5 の応答図を迎角の違いについて比較すると、迎角 $\alpha=10^\circ$ と $\alpha=20^\circ$ のどちらの場合においても範囲限定型の振動は発生しておらず、渦励振の振動振幅も同程度である。ヘリカルストランド 1 本の場合には、 $\phi=0.10D$ および $0.15D$ で迎角による影響が見られたが、ヘリカルストランドを 2 本にすることで応答特性の違いが見られなくなった。このことから、ヘリカルストランドを 2 本設置したマルチストランドケーブルは、迎角による影響を受けにくいと考えられる。

図 6 よりヘリカルストランド 2 本、迎角 $\alpha=10^\circ$ の場合、渦励振時には直径が大きいものほど負の減衰率が小さく、発散力が小さいと考えられる。迎角 $\alpha=20^\circ$ の場合にもこれと同様の結果が得られた。応答図を見る限りでは渦励振時の振動振幅の違いは顕著に現れていないが、空力減衰図より設置するヘリカルストランドの直径が大きいほど制振効果が高いと考えられる。これは、ヘリカルストランドの直径を大きくすると、剥離渦の軸方向の一様性が乱されるためと考えられる。

以上の結果から、ヘリカルストランドの直径を大きくすることおよび本数を増やすことには、制振効果高める効果や迎角の影響を受けにくくする効果があると考えられる。

4. まとめ

マルチストランドケーブルに設置するヘリカルストランドは、直径が大きいほど渦励振に対する制振効果が高いという結果が得られた。また、範囲限定型の振動に対しては、設置するヘリカルストランドの直径が大きいほど制振効果が高く、設置本数は 1 本より 2 本の方が制振効果が高いという結果が得られた。

参考文献 1) 田中, 久保, 及川ら: 斜張橋用マルチストランドケーブルの空力安定性, 第 15 回風工学シンポジウム論文集, pp533~538, 1998

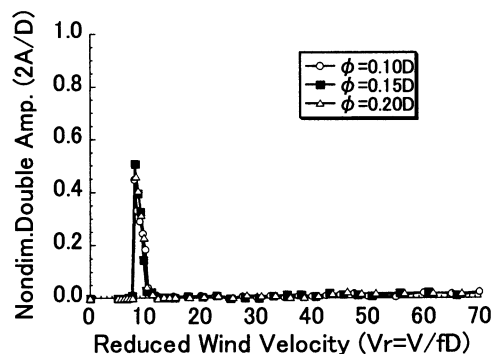


図 4 ヘリカルストラド 2 本の応答図 ($\alpha=10^\circ$)

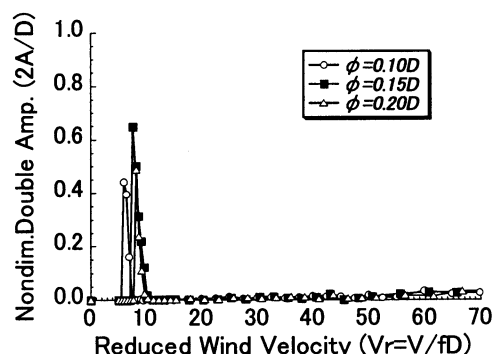


図 5 ヘリカルストラド 2 本の応答図 ($\alpha=20^\circ$)

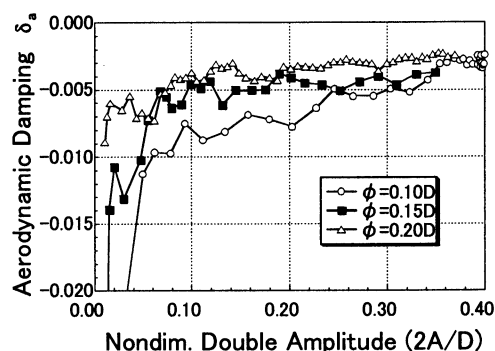


図 6 渦励振時の空力減衰率

(ヘリカルストラド 2 本, $\alpha=10^\circ$)