

水平偏角つきマルチストランドケーブルの空力特性

(株)駒井鉄工 正員 田中 英之, 九州工業大学 正員 久保 喜延
九州工業大学 正員 木村 吉郎, 九州工業大学 正員 加藤九州男
九州工業大学大学院 学生員 磯部 敏靖, エスイー(株) 正員 及川 孝一

1. はじめに 直交する風(偏角 $=0^\circ$)に対するマルチストランドケーブルの空力特性, およびヘリカルストランドの有効性については, 1)で報告されたように効果が期待できる. しかし, 円形断面ケーブルでは偏角や傾斜がついた場合に振動が発生するという報告²⁾があるため, マルチストランドケーブルにおいてもその影響を確認する必要性が求められた. そこで, 本報告では模型を設置する際に偏角を持たせ, 偏角がついた場合のマルチストランドケーブルの対風挙動を確認するため, 1自由度振動実験, 非定常圧力測定を行い, その空力特性について検討した.

2. 実験概要 供試模型には, 既往の研究から良好な空力特性を有していた模型断面(図-1)を用いた. また, 外周に螺旋状にヘリカルストランドを巻きつける場合には, その設置角度を図-1のように $=60^\circ$ とした. 実験は九州工業大学工学部建設社会工学科の空力弾性試験用風洞を用い, 一様流中で行った. 模型は水平面内に支持し, 風向に対して水平偏角 α をつけ, $=10^\circ \sim 35^\circ$ の状態で設置した. 模型が貫通するために端板に窓を設けたが, その大きさは模型の振動の妨げにならない程度とした. また比較のため, 同様の条件で円柱模型についても実験を行った. なお, 1自由度振動実験時のスクルートン数は実ケーブルよりも1桁小さい値とし, 模型が振動しやすい状態で実験を行なった.

非定常圧力測定は, 加振振幅 $2A/D=0.2$, 加振振動数 $f=3.0\text{Hz}$ の上下1自由度振動状態で強制加振した. また, 模型が貫通する端板の窓は上下1自由度振動実験と同様とした. 実験に用いた圧力模型は, ストランド模型, 円柱模型ともにスパン方向に直径1mmの圧力孔が20mmピッチで計33点配置されている. スパン方向に配置された圧力孔から, 模型を回転させて測定を繰り返すことにより, 模型の周方向の圧力分布を測定した.

3. 応答特性 発散振動が発生した偏角 $=35^\circ$ でのストランド模型と円柱模型の応答と空力減衰率を比較したものを図-2に示す. ストランド模型の発散率は円柱模型に比べて高風速域でかなり大きくなっている. このように, 偏角がついた場合のストランドケーブルは空力的に非常に不安定である. 一方ヘリカルストランドを設置した場合には, ストランド模型, 円柱模型ともに高風速域でも空力減衰率が正のままとなっている. また, ヘリカルストランドを設置したストランド模型において

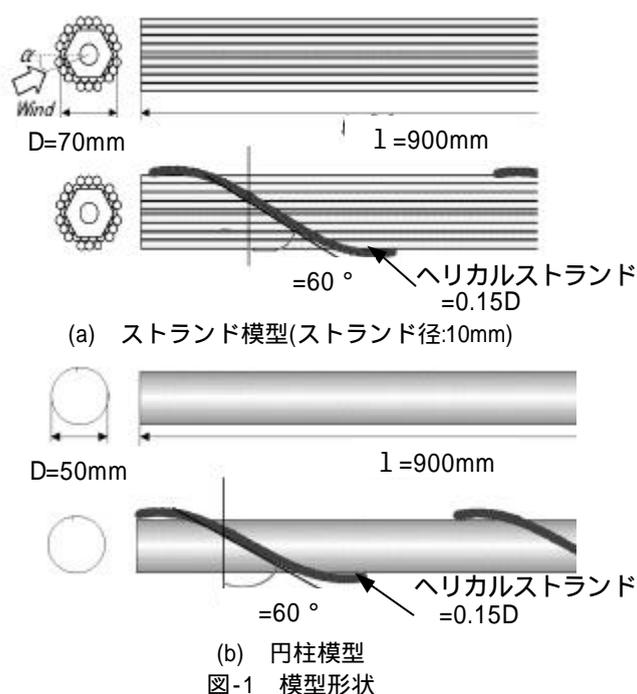


図-1 模型形状

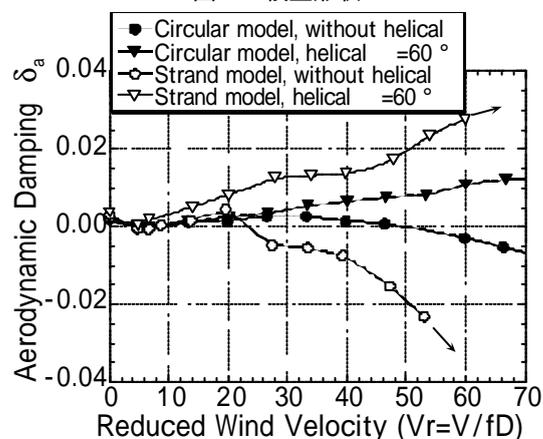


図-2 空力減衰率の比較(偏角 $=35^\circ$, $2A/D=0.4$)

キーワード: 斜張橋ケーブル, マルチストランドケーブル, ヘリカルストランド, 水平偏角, 空力安定性

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

は、空力正減衰の値がヘリカルストランドを設置した円柱模型よりも大きくなっており、ヘリカルストランド設置により減衰率が正となる効果は、ストランド模型における方が円柱模型においてよりも大きいことがわかる。

4. 模型断面周りの仕事の分布 前述のように、ストランド模型にヘリカルストランドを設置することによって、大きな減衰効果が得られる原因について検討するため、各断面での揚力係数 C_L を測定した圧力より求め、各断面での変動揚力、その模型変位に対する位相差と無次元仕事を図-3～図-5 にそれぞれ示す。

図-3(a)より、円柱模型にヘリカルストランドを巻きつけた場合では、ヘリカルストランドのない場合に比べ、変動揚力は全体的に小さくなっている。一方、ストランド模型にヘリカルストランドを設置した場合は、図-3(b)のように、ヘリカルストランドのない場合に比べると、模型上流域の変動揚力は小さくなっている。しかし、その変動揚力の低下の程度は円柱模型ほど広い範囲にわたっておらず、下流域に比べると上流域に作用する変動揚力は依然として大きな値を示している。

円柱の模型変位に対する位相差(図-4(a))については、ヘリカルストランドを巻きつけていない場合、下流域に向かう(Y/D が大きくなる)に従って位相は徐々に遅れており、模型上流域では励振力が、下流域では減衰力が作用している(図-5(a))。しかし、ヘリカルストランドを巻きつけた場合では、模型上流域で位相が逆転しており、減衰力が作用している(図-5(a))。それに対して、ストランド模型では、ヘリカルストランドを巻きつけていない場合、スパン方向全体にわたって励振力が模型に作用しているが、ヘリカルストランドを巻きつけた際には、位相が遅れるためスパン方向全体にわたって減衰力が作用している(図-4(b)、図-5(b))。

以上より円柱模型では、ヘリカルストランドを巻きつけた場合、非定常圧力が低下し、模型上流域の位相が遅れるという2つの影響により、励振力が小さくなり空力的に安定する。一方、ストランド模型にヘリカルストランドを巻きつけた場合では、非定常圧力を低下させる効果は小さいが、広い範囲で位相の正負が逆転する。そのため、ヘリカルストランド設置前に広い範囲にわたって励振力として作用していた非定常圧力が、ヘリカルストランドを巻きつけた際には広い範囲で減衰力として作用している。これらが原因となって、ヘリカルストランドを巻きつけた際には、図-2のようにストランド模型が円柱模型より安定化したものと考えられる。

5. まとめ ヘリカルストランドの設置により、水平偏角を持つ風に対してもストランド模型は振動を生じなくなる。また、ヘリカルストランド設置による減衰付加の効果は、円柱模型よりもストランド模型の場合の方が大きい。圧力測定の結果からも、その結果を裏付ける結果が得られている。

参考文献

- 1) 田中, 久保, 山口, 及川: ヘリカルストランドの有無によるマルチストランドケーブルの空力特性および周辺流れ特性, 土木学会論文集, No.661/ -53, pp133-140, 2000
- 2) 松本, 白石, 北沢ら: 傾斜円柱の空力振動特性, 第10回風工学シンポジウム論文集, pp139~144, 1988

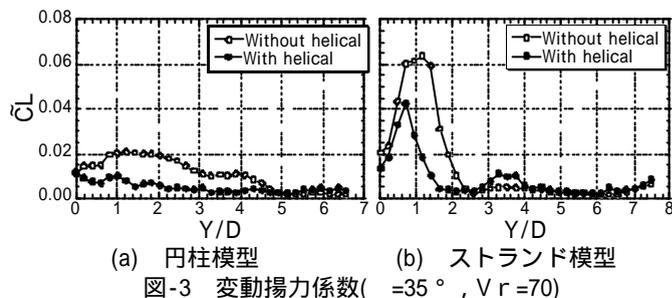


図-3 変動揚力係数($\alpha=35^\circ, Vr=70$)

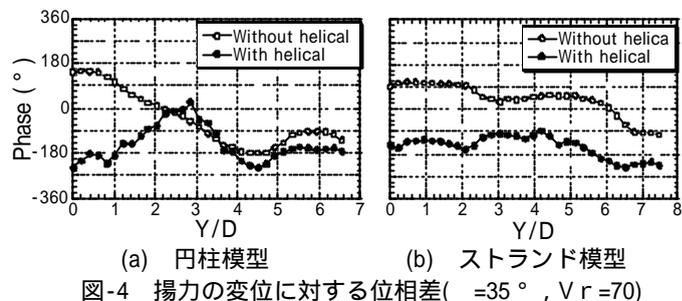


図-4 揚力の変位に対する位相差($\alpha=35^\circ, Vr=70$)

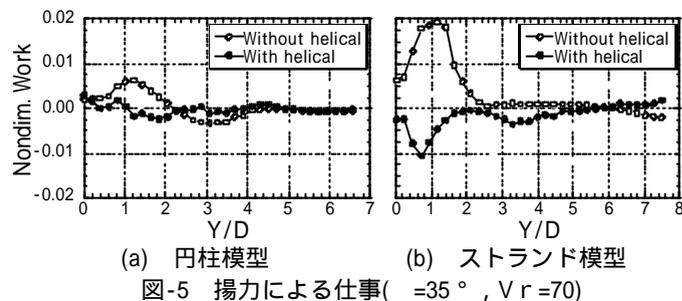


図-5 揚力による仕事($\alpha=35^\circ, Vr=70$)