

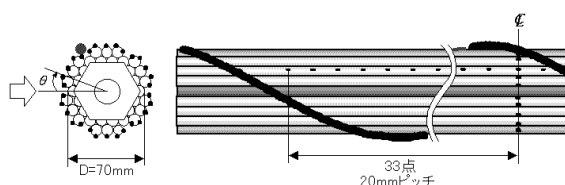
マルチストランド方式斜張橋ケーブルの表面圧力特性

九州工業大学 学生員 磯部敏靖
 駒井鉄工(株) 正会員 田中英之

正会員 久保喜延, 木村吉郎, 加藤九州男
 (株)エスイー 正会員 及川孝一

1.はじめに 一連の研究により,これまでマルチストランド方式を採用した斜張橋用ケーブルの検討が行なわれ¹⁾,その結果,良好な空力特性を有するストランド配置が確認された.また,外周に巻きつけた螺旋状のケーブル(以下,ヘリカルストランド)により,その応答特性がさらに改善されるという結果も得られた.そこで,本研究ではヘリカルストランドを巻きつけた場合の空力弾性振動のメカニズムについて明らかにすることを目的として,圧力測定実験を行い空力特性について検討した.

2.実験概要 実験は,境界層型風洞縮流部(測定断面高さ1800,幅1100)を用いて一様流中に行い,静止時および強制加振時において模型表面に作用する圧力を測定した.強制加振時の加振振幅は $2A/D=0.2$,加振振動数 $f=3.0\text{Hz}$ の上下1自由度振動状態で行った.測定を行ったレイノルズ数範囲は $1.0 \times 10^4 \leq Re \leq 9.0 \times 10^4$ とした.



模型断面(模型中央部) 模型背面図

図1 圧力模型概要

圧力模型(図1)にはスパン方向に直径1mmの圧力孔が20mmピッチで計33点配置されており,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求めた.また,模型の周方向の圧力を同時に細かく測定するため,模型中央部断面には図1の左側に示すように圧力孔を30点配置した.

3.結果および考察 (1)定常圧力測定:図2にヘリカルストランドの巻き角を変えた場合のストランド模型上面の圧力分布を示す.ヘリカルストランドのない状態と設置時を比較した場合,ヘリカルストランド設置時の方が模型後部にあたる測点 $\theta=80^\circ \sim 180^\circ$ にかけての負圧が小さくなっており,ヘリカルストランドの巻き角を $\psi=30^\circ$ から $\psi=60^\circ$ に大きくすることでその効果が大きくなっている.

(2)非定常圧力測定結果:応答実験において限定型の振動が発生していた迎角 $\alpha=10^\circ$ でのストランド模型に作用する励振力と応答特性の関係を図3に示す. $Vr=10 \sim 40$ 付近で振動が発生していたヘリカルストランドなし(図3(a))では, $Vr=10 \sim 40$ で無次元仕事 Wp が正の値をとっており,この範囲で励振力がストランド模型に作用している.また,ヘリカルストランドを巻き角 $\psi=60^\circ$ で設置した場合(図3(b))では, $Vr=20$ 以上で無次元仕事 Wp が負となり,減衰力が作用し振動が抑制されている.このように応答特性と非定常圧力特性では傾向が対応している.

そこでヘリカルストランドの設置によって励振力が減衰力へ変化したメカニズムについて検討するため,ある断面に作用する非定常揚力の模型変位に対する位相差と単位面積あたりの無次元仕事 Wr を図4に示す.図4にはヘリカルストランドな

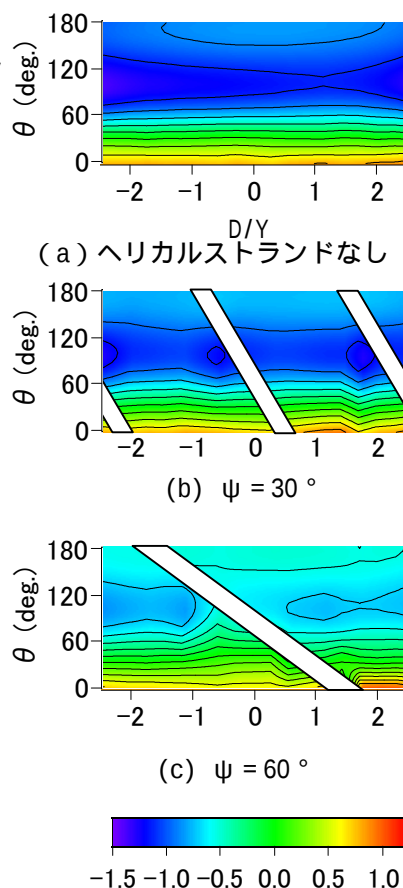


図2 模型表面の平均圧力係数分布
 ($Re=4.8 \times 10^4$)

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, 非定常圧力測定, 位相差

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

しの場合とヘリカルストランドを $\psi=60^\circ$ で巻きつけた際に、剥離点付近($\theta=60^\circ$)とよどみ点からの角度が $\theta=90^\circ$ 、 $\theta=120^\circ$ および $\theta=180^\circ$ の位置にヘリカルストランドが存在する断面の値について示している。

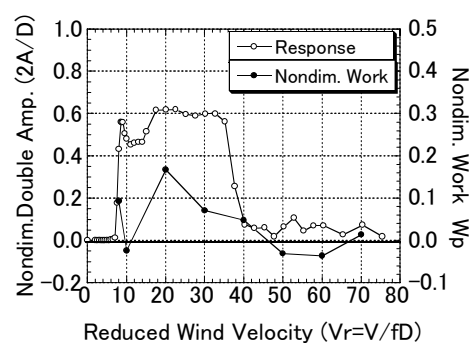
ヘリカルストランドなしの場合、剥離点近傍で模型変位に対して負圧の位相が進んでいるため、励振力が作用している。ヘリカルストランドが $\theta=30^\circ \sim 120^\circ$ に位置する場合、その設置位置の上流側では位相差が大きくなっている。これはヘリカルストランドの存在によって流れが遮られることによって生じていると考えられる。このような位相差の増大はヘリカルストランドが模型の最上部($\theta=90^\circ$)に位置する場合に最も大きく、位相差が正($0^\circ \sim 180^\circ$)から負($180^\circ \sim 360^\circ$)へと変わっている。このため、図4(b)に示すように、ヘリカルストランドなしの場合には、剥離点付近で無次元仕事率が正の値をとっていたが、ヘリカルストランドを設置することで負の仕事へと変化している。このように、 $\theta=30^\circ \sim 120^\circ$ の位置にヘリカルストランドを設置することで、作用する励振力が低減される、もしくは減衰力が作用するといった効果が得られる。それに対して、ヘリカルストランドが $\theta=150^\circ \sim 180^\circ$ の位置に存在する場合では、逆に $\theta=60^\circ \sim 120^\circ$ 付近の位相差が小さくなっており、図4(b)では模型の最上部付近で比較的大きな励振力が作用している。

上記のように、ヘリカルストランドの位置によって模型周りに作用する力は異なるが、スパン方向全体としては、図3(b)のように振動が抑制される方向に減衰力が作用している。これは、よどみ点から $\theta=30^\circ \sim 120^\circ$ の位置にヘリカルストランドが位置した場合の効果の方が、 $\theta=150^\circ \sim 180^\circ$ に位置した場合の効果よりも大きいため、振動が抑制されていることを意味する。

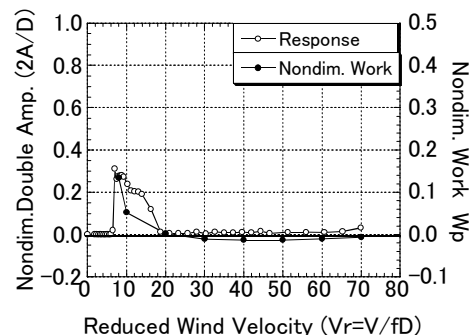
4.まとめ 渦励振よりも高い風速域での限定型の振動が発生したケースにおいて、ヘリカルストランドを巻きつけた場合では以下のような変化が生じた。(1)ヘリカルストランドがよどみ点から $\theta=30^\circ \sim 120^\circ$ の位置に存在する断面では、ヘリカルストランドの設置位置の上流側において、模型変位に対して負圧の位相が遅れるため、模型に作用する励振力が低減される、もしくは減衰力が作用している。(2)ヘリカルストランドが模型背面付近に位置する断面では、模型の上下面($\theta=90^\circ$ 付近)での模型変位と負圧の位相差が逆に小さくなり、模型に作用している励振力が大きくなっている。(3)模型のスパン方向全体では前者の効果が大きいため、ヘリカルストランドを巻きつけることによって模型の振動は抑制されている。

<参考文献>

1) 田中, 久保ら: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

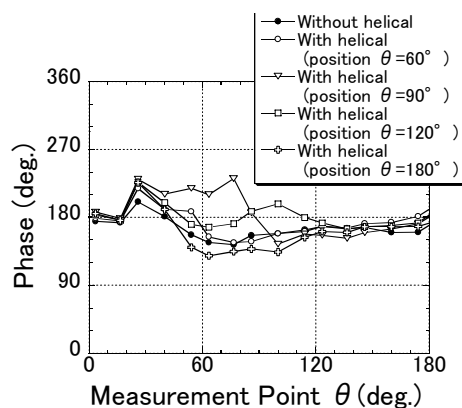


(a) ヘリカルストランドなし

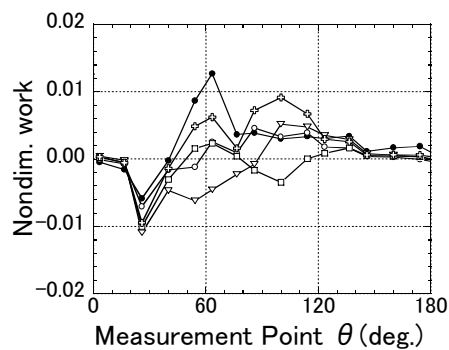


(b) ヘリカルストランド設置時

図3 応答振幅と無次元仕事の比較
($\alpha = 10^\circ$)



(a) 位相差



(b) 無次元仕事

図4 ヘリカルストランドの影響
($\alpha = 10^\circ$, $Vr = 20$)