斜ケーブル周りの流れの挙動について

九州工業大学大学院 学生員 〇竹林宏樹 学生員 永石孝久 九州工業大学 フェロー 久保喜延 正会員 木村吉郎 加藤九州男

1.はじめに 近年,高強度で防食性に優れたケーブルの開発などにより長大斜張橋と呼ばれる斜長橋も架設され てきている.ポリエチレン管の被覆ケーブルの普及と斜張橋の長径間化に伴うケーブルの長大化により,渦励振 やレインバイブレーションなどの空力不安定振動の発生が問題となっている.ケーブルの制振方法としては空力 的制振対策が主に検討されているが,現在の制振方法は,経済性,施工面に改善の余地がある.そこで,円形ケ ーブルに偏角をつけてヘリカルストランドを巻きつける方法の制振効果を確認する実験を過去に行ってきた.し かし,その有効性を明らかにするには現在まで至っていない.そこで,本研究では円柱模型に鉛直面内傾斜角β をつけた場合の円柱周りの流れの挙動を明らかにすることにより,ヘリカルストランドによる制振対策の改善案, あるいは,新たな制振対策の提案に結び付けることを最終的な目標としている.

<u>2. 可視化実験</u>

(i)実験概要;実験は、スモークワイヤー法を用いて、可視化実験用小型 風洞(測定断面高さ 400mm,幅 400mm)にて行った。斜張橋ケーブルの モデルとして透明アクリル製の円柱模型(直径 8mm,長さ 300mm)を用いた。 発煙のためにステンレスワイヤーに電圧 20V を加え、風洞内の風速は v = 0.6m/s で一定とし、模型を静止させた状態での実験を行った。実験ケー スは、流れに垂直な場合を 0°として、流れ方向に偏角(鉛直面内傾斜角 β)を 0°から 60°まで 10°刻みの計7ケースと 25°を加えた計8ケース で実験を行った.なお、模型背後の流れが屈折して全面に映し出されたた め、円柱模型の背後の一部を塗装して使用した。



図1 実験ケース

(ii)実験結果; β が 0°, 20°, 25°, 60°の可視化実験の映像の一部を図 2, 3, 4, 5 にそれぞれ示す. 模型上 流域においては, β =0°の場合には気流の乱れも軸方向流も確認できない. β =20°, 25°, 30°, 60°において は, 模型上方への軸方向流と考えられる気流の存在を確認できる. 図は載せていないが, β =10°, 40°, 50°に おいても軸方向流と考えられる気流の存在を確認した. 模型後流域では, β =0°, 20°(図 2, 3)において気流の 乱れは確認できるが, 軸方向流のような気流は視認できない. しかし, β =25°, 60°(図 4, 5)では上方への軸方 向流と考えられる気流を確認した. また, β =30°, 40°, 50°においても軸方向流と考えられる気流を確認でき た.



 図 2 β=0°
 図 3 β=20°
 図 4 β=25°
 図 5 β=60°

 3. 軸方向流測定
 可視化実験により、模型上流側ではβが 10°以上、模型後流域ではβが 25°以上の場合に軸方

 向流と考えられる気流を確認した.
 しかし、可視化実験では風洞内風速が 0.6m/sと低く、ワイヤーに生じる熱の

キーワード:斜張橋ケーブル,鉛直面内傾斜角,可視化実験,軸方向流 連絡先:〒804-0085 北九州市戸畑区仙水町1-1 TEL:(093)884-3109 影響で軸方向流のような気流が生じたとも考えられる.そこで、軸方向流を定量的に判断するために、模型近傍の流速を測定した.

(i)実験概要;実験には風洞,円柱模型ともに可視化実験と同 じものを使用した.流速測定には x 型プローブを使用した.風 洞内の風速(以後,接近風速U_∞)はキャリブレーションの都合上 2.0m/sとした.流速を算出するために計測する電圧は 1/1000 秒 ごとに計測し,60 秒測定した.測定ケースは,模型上流側は β が 0°から 60°まで 10°刻みの計7ケース,模型後流側は上流 側と同じ7ケースと $\beta=25$ °を加えた計8ケースについて流速の 測定を行った. x 型プローブは,上流側,後流側とも模型の極 めて近傍に設置した.図6は,使用する記号の説明図である.



図6 記号説明図

(ii)実験結果;図7には、プローブ取付け角θ(以後、θとする) を接近風速に水平な場合と模型軸方向に傾斜させた場合の2つ に変化させたときの模型後流側における風速比U/U_∞とβの関 係を示した. 図7よりβが25°以上のときにθが模型軸方向の 時の値が, θが水平の時より大きい値となっている. これは, θ が水平の場合に軸方向流が発生し、その気流がプローブの支 柱により阻害されて低い値を示していると推察できる. つまり, 軸方向流はβが25°以上のときに生じるという結果となった. 図 8 には、上流側、後流側の風向 α と β の関係を示した. 図 8 より、上流側においては $\beta = 40^{\circ}$ まで風向 α は増加し、 β が 50° 以上では減少している.これは、βが大きくなると断面形状が 流れ方向に長軸を持った楕円になるためであると推測できる. 一方模型後流域では, βが 25°以上の時に模型軸方向への気流 となっている. 図 9 には、 $U_a/U_{\infty a}$ と β の関係を示した. 図 9 か ら、 U_a は模型上流側においては $\beta = 10^\circ$ で $U_{\infty a}$ とほぼ一致して、 最小の時(β=30°)でも7割弱程度の値である. 模型後流側にお いては、 $\beta = 25^{\circ}$ で5割程度の値を示し、 $\beta = 50^{\circ}$ のときに4割 程度の値を示している. 図 10 には、U₂/U_∞とβの関係を示す. 図 10 から,上流側で β が 10°以上,後流側で β が 25°以上のと きに U_a/U_m と β がほぼ比例関係にあるようである.



図 10 U_a/U_∞ と β の関係

4. 結論 本研究では,可視化実験と円柱近傍の流速測定を行うことで,円柱の上流側,後流側ともに円柱近傍で 軸方向流と考えられる気流の存在を確認した.これまでの松本らの研究によれば斜張橋ケーブルの後流側に強い 軸方向流が生じると空力不安定振動を助長するおそれがあるとされている.そこで,今後の課題としては軸方向 流を阻害できる方法を考案し,その制振効果を確認することを考えている.