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 学生会員 永石孝久 フェロー 久保喜延 正会員 加藤九州男 正会員 木村吉郎

1.はじめに 斜張橋ケーブルは軽量,低剛性であり,斜張橋の長径間化 に伴うケーブルの長大化などにより,渦励振やレインバイブレーション などの風による振動の発生が問題となっており,その制振対策として過 去に多くの研究が行われてきた.主な制振対策としては,マルチストラ ンドケーブルや,図-1 に示すようなヘリカルストランドがあげられる. 実験方法としては,剛体模型を用いた実験および弾性模型を用いた実験 が行われてきた.剛体模型においてはマルチストランドケーブルやヘリカ ルストランドによりその制振効果が確認されてきたが,弾性模型において, 既往の弾性模型実験においては,水平偏角の角度によって応答特性および 空力減衰率の傾向が異なり,ヘリカルストランドの有効性が明らかになっ ておらず,ケーブル表面の流れの挙動も明らかになっていない.

そこで、本研究では、ケーブルの円柱模型に偏角を変化させた場合の模型周りの流れの挙動を明らかにし、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目的としている.

2.既往の弾性模型実験結果 弾性模型実験には、九州工業大学所有の境界 層波浪風洞(測定断面高さ 1800mm,幅 2400mm~2600mm)を使用し、上流 側にて一様流中で測定した.供試模型には円形ケーブル(径 38mm)とヘリ カルストランド(径 6mm)を用いた. 実験は、ヘリカルストランドを設置し ない場合と図1のように巻き角60°でヘリカルストランドを設置した場合 で行った.また,風が供試模型に直行する状態(水平偏角が =0°)を基準 に,水平偏角 =0°~60°,-10°~-60°で変化させて 17 ケースの応答実 験および空力減衰力実験を行った.正と負の水平偏角 における実験結果 について,相対する角度については,ほぼ同等な実験結果となったため, ここでは正の水平偏角における実験結果を示すこととし、実験結果には、 平成15年度および平成16年度の弾性模型実験結果を示す.図2に水平偏 角 =0°,35°における比較応答図を示す.まず図2において,平成15年 度の研究結果では、水平偏角 =0°の場合、ヘリカルストランドの設置 によって渦励振振幅を完全に抑制しており、水平偏角 =35°の場合は、 渦励振振幅が大きくなっている.しかし,平成 16 年度の研究結果におい ては、ヘリカルストランドを設置しても渦励振振幅はほとんど抑制されて おらず,平成15年度の研究結果と平成16年度の研究結果とで傾向が全く 異なっている.図3に水平偏角 =0°,35°における比較空力減衰図を示 す.図 3-(a)において、平成 15 年度と平成 16 年度の結果のどちらにおいて も、ヘリカルストランドを設置していない場合の方が設置している場合よ りも空力減衰率が上昇しており、ヘリカルストランドの有効性が得られな かった.図 3-(b)において、平成 16 年度の結果においては、ヘリカルスト



図1 ヘリカルストランド設置状態



ランドを設置した場合の方が設置していない場合よりも空力減衰率が上昇しているが,平成 15 年度の結果 においては、ヘリカルストランドの有無に関わらず空力減衰率はほぼ同程度であった.その他の水平偏角に おける実験結果についても、明確な制振効果が得られなかったため、ヘリカルストランドの制振効果を明ら かにすることができなかった.

3.可視化実験の実験概要 可視化実験はスモークワイヤー法で行った.本実験では、白煙の発生時間を長く するために流動パラフィンにアルミ粉末を混合した.また、設定電圧は 20V で固定して行った.実験には可 視化実験用小型風洞(測定断面高さ 400mm,幅 400mm)を使用した.風洞内の風速は v=0.6(m/s)で一定として、 模型を静止させた状態での実験を行った.供試模型は直径 8mm として、上下方向からの光が通過するように 透明なアクリル製の円柱を使用した.この模型を用いて、流れ方向に偏角 =0°~60°まで 5°刻みに計 13 ケースについて実験を行った.実験方法を簡単に図4に示す.



図4 可視化実験概要略図

<u>4.可視化実験結果</u> 偏角 =0°,35°における静止状態での可視化映像を図5に示す.図5-(a)偏角 =0°の場 合においては、模型前方の流れに着目すると、模型に対して流れは垂直に進入しており流れの変化は確認で きない.模型後方の流れに着目すると、流れが乱れているが、その他には顕著な流れの変化は見られなかっ た.図5-(b)偏角 =35°の場合においては、模型後方の流れに着目すると、模型の軸方向に沿って進む流れが 見られた.また、模型前方の流れに着目すると、進入してくる風が分離しながら流れていた.模型軸方向の流 れは、偏角 =30°あたりから発生し始め、目視の段階においては偏角が大きくなるにつれて流れが強くな り、その流速も大きくなっているように思われた.模型前方の流れの分離に関しては、偏角をつけるに従っ て徐々に現れ、偏角が大きくなるに従ってその分離する位置は離れ、分離した流れの広がり方も大きくなっ ていった.今回行った可視化実験においては、偏角を変化させた際の模型後方の軸方向流および模型前方の 流れの分離が主に発生した.



(a) 偏角 =0°

(b) 偏角 =35°

図 5 可視化実験における静止画像

5.今後の課題 本研究においては、偏角を変化させた状態において可視化実験を行い、模型の前方、後方における流れを確認できたため、これらがケーブル模型の挙動にどのような影響を与えるかを検討する.また、 定量的な判断を行うために、熱線流速計を用いて円柱模型周りの流速を測定し、その分布形状から偏角に伴う流れの変動を明らかにする予定である.

<参考文献>

藤田基記:弾性模型による斜張橋ケーブルの耐風挙動に関する研究,九州工業大学大学院修士論文,2003.