複数ケーブルの空力振動とその制御に関する研究

徳島大学工学部	フェロー	宇都宮 英	彦	徳島大学工学部	正員	長尾	文明
徳島大学工学部	正員	野田 稔		徳島大学大学院	学生員	〇井本	昌彦
(株)和設計	正員	佐藤 良太	2				

<u>1.はじめに</u> 斜張橋の桁には、従来鋼桁が主として用いられてきたが、最近ではPC桁を用いた斜張橋の建設事例も増加 している.これに伴い、荷重の増加、施工性への配慮から2本以上のケーブルを並列に配置した斜張橋も架設されている. これらの並列ケーブルにおいては、ウェイクギャロッピングと呼ばれる低風速から広範囲な風速域で発生するケーブルの 振動現象が問題になることが多い.ウェイクギャロッピングは、2本のケーブルが風向方向に並列に配置された状態、す なわち上流側ケーブルの背後にできる後流中に下流側ケーブルが位置する場合に下流側のケーブルに発生する大振幅振動 の総称である.本研究では、建設予定の実橋を対象として、主にケーブル中心間隔距離が 3.42D の3本並列ケーブルの振 動について、固有振動数、構造減衰、偏角、ケーブルの表面粗度を変化させ、その影響を調査した.

2.実験概要 模型本体は,直径 40mm のアルミ円柱であり,これを3本用い て実験を行った.それぞれ模型質量は, 実験前にアルミ製の円柱にセメント, および鉄棒を充填することで,所要値 に近づくよう調整を行った.また本研 究では,二種類(2自由度,3自由度)の 実験を行った.2自由度支持実験は, 中央ケーブル模型の両端を水平、 鉛直方向にそれぞれ4本のバネで 支持し,上流側,下流側ケーブル を風洞側面に固定する.この場合,



偏角(゜)	0, 4(D/4), 8(D/2), 17(D), 26(3D/2), 36(2D), 48(5D/2), 61(3D)
振動数(Hz)	1.51, 1.66, 2.4
構造減衰	$0.0028, \ 0.004, \ 0.007$
模型一本当りの 質量	6.2145

1本の模型のみが風向方向(x方向),風に直交する方向(y方向)に振動することになる.一方,3自由度支持実験では,3 つのケーブル模型を端板で連結し,両端12本ずつのバネで支持する.この場合,x方向,y方向の自由度に回転の自由度 が加わる.図2に,これらの模型の支持について簡単に示す.模型の振動は、デジタルビデオカメラとひずみゲージにより 水平変位,鉛直変位,ねじれ変位を測定し、ペン書きレコーダー及び,画像処理により振幅を読み取った.2自由度支持実 験における偏角は、上流側ケーブル及び、下流側ケーブルを移動させることによって設定した。表1に、本実験で設定した 偏角、振動数、構造減衰を示す.それぞれのパラメーターを組み合わせ、実験を行った.

3.実験結果 図3に、各偏角における無次元風速とy方向の無次元振幅の関係を示す.ここで、x方向、y方向のどちらの 振動モードも固有振動数を1.51Hz、スクルートン数を19.6 として実験を行った.また、図4にその同じケースにおける偏 角とウェイクギャロッピングの発現無次元風速の関係を示す.ここで、図3の上矢印は、振幅が大きくなり正確な振幅が 測定できなくなったことを表わしている.図からもわかるように、どの偏角においてもウェイクギャロッピングが観測さ れ、振動はx方向、y方向の両方向に生じたが、ほとんどの場合はy方向の振動がx方向の振動よりも卓越していた.振 幅は偏角の増加に伴い大きくなっているが、偏角8°での振幅は偏角0°、偏角4°に比べて小さく、これは、中央ケーブ ルと上流側ケーブルのウェイクとの相互干渉効果により、このような偏角で励振力が弱まったと考えられるが,今後さらに

キーワード:並列ケーブル・ウェイクギャロッピング・制振効果

徳島大学工学部風工学研究室 〒770-8506 徳島市南常三島町 2-1 TEL/FAX 088-656-7323

-782-

検討する必要がある. さらに, 偏角が大きくなるに伴って発 現風速も大きくなっていることが図4よりわかる.図5に、各 振動数におけるスクルートン数と発現風速の関係を示す. 図か ら、振動数1.51Hzの振動は比較的低い風速から発散しているが、 全てのケースでウェイクギャロッピング限界風速は、スクルー トン数の平方根にほぼ比例して増加しており、Ruscheweyh<sup>1)</sup>の 実験結果と類似した傾向が認められる.以上より、スクルート ン数(構造対数減衰率)を大きくすると、発現風速も高くなり、 振動が生じにくくなるといえる. 図 6 に, 偏角 0° において,

300

250

200

100

50

0

2 2y/D

1

0

**₽** 150

ケーブルの固有振動数を変化させたとき の中央ケーブルの空力振動の応答振幅の 図7に、3本ケーブルを 変化を示す. 連結させたときの各偏角での無次元風速 と無次元振幅との関係を示す.図より, 固有振動数 1.51Hz の振動は、無次元風速 が約70と低い風速から発散し、約130で いったんおさまり約 170 から再び発振し ている.また、高風速では無次元振幅は 約2にまで及んでいる. 固有振動数2.32Hz の振動は、無次元風速が約130から発散し、風 速とともに振幅は一気に大きくなっている. 固 有振動数 1.66Hz の振動では、無次元風速が約 150 と高い風速から発振するが、振幅は他に比 べて若干小さくなっているケーブルの固有振動 数に振動振幅が依存し,通常の風洞実験におけ る主パラメータである無次元風速V/fDによ る評価が困難であることは確認されているが、 今後その点について詳細に調査検討する必要が

ある. 図より, 偏角 17°, 偏角 8°が最も発現風速が小さく振動が 起こりやすいことがわかる.また、中央ケーブルのみの振動と3本 ケーブルを連結したときの振動の偏角ごとの発現風速の比較を図8 に示す.この結果より、どの偏角においても互いにケーブルを連結 することで、発現風速は約2~6倍と大幅に高くなっている.以上 より、ケーブル連結は制振効果を発揮するといえる.

4. まとめ 全ての偏角でウェイクギャロッピングは観測されるが, 偏角が大きくなるにつれてウェイクギャロッピングは生じにくくな ることがわかった.また、3本を連結させることで質量増加効果だ けでなく、上流側ケーブルに作用する空力減衰力によって、ウェイ

クギャロッピングに対する強い制振効果が全ての偏角において得られることがわかった.参考文献:1)Ruschwey, H., Proc. IAHR/IUTAM Symp.Practical Experiences with Flow-Induced Vibrations, arlsruhe, Germany, 1979.

-783-

発現風速の違い

