

高レイノルズ領域までの斜円柱の空力振動の実験

九州工業大学大学院 学生会員 ○小川祐介 川崎恭平
 九州工業大学 正会員 木村吉郎 フェロー 久保喜延 正会員 加藤九州男
 有限会社コア 非会員 大橋義弘

1. はじめに

斜張橋の長大化に伴うケーブルの長大化により、高風速時のケーブルの大振幅の空力振動の発現が報告されている。この振動は、雨なし振動、High-speed vortex excitation(高風速渦励振)、Dry inclined cable galloping などと呼ばれているが、これらの振動現象は、高レイノルズ数においてケーブル周りの流れが臨界状態となることと関係しているともされている。そこで本研究では、50m/s を越える風速範囲までを対象とした風洞実験を行い、振動現象の再現と特性を明らかにすることを試みた。

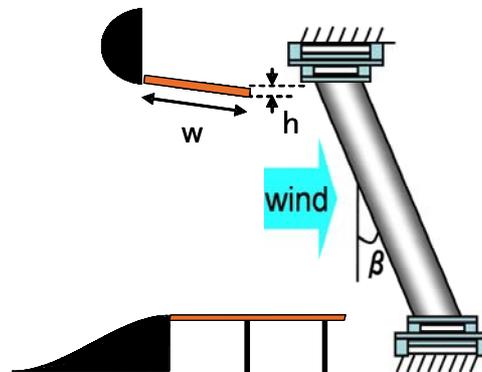


図-1 模型の偏角 β (側面図)

2. 実験概要

外径 $D=114\text{mm}$ の塩ビ管で製作した円柱模型を、図-1 のように、偏角($\beta=0, 40, 45, 50, 60^\circ$)をもたせて、図-2 の模型支持装置を用いて上下で支持した。いずれの偏角でも模型の高さは120mm である。この模型支持装置は、主流方向と主流直角方向の間に構造的な連成が生じないように、独立したバネ支持となっている。また、低摩擦のエアベアリングを用いて、実ケーブルレベルの構造減衰を再現できるようになっている。主流方向の振動に対する質量が主流直角方向のものよりも 37.5kg 大きく、またその振動が顕著でないため、主流直角方向の応答についてのみ述べる。主流直角方向の動的諸元を表-1 に示す。



図-2 模型支持装置

また、図-1 に示すように、模型支持装置が流れに及ぼす影響を小さくするために、上側の模型支持装置の上流側には半円形の部材とともに、主流方向の長さ $w=420\text{mm}$ の導流板を設けている。導流板の下流端は、上流の端よりも $h=42\text{mm}$ 下げて設置した。これは導流板を水平にした場合は、導流板の下流端から上方に巻き込むような流れが生じることが簡単な可視化によって確認されたため、そうした巻き込みが生じないように h を決定したものである。

表-1 主流直角方向の動的諸元

模型偏角 β	固有振動数 $f_0(\text{Hz})$	対数減衰率 δ	模型質量 (g)
0°	1.01	0.0047	21535
40°	0.99	0.0039	22465
45° 1.0Hz	1.02	0.0052	21075
0.7Hz	0.71	0.0076	21075
50°	0.97	0.0052	23205
60°	1.00	0.0056	21925

実験は、住友重機械工業(株)所有の回流風洞(愛媛県西条市)で行った。風速範囲は 0.3~60m/s、測定部の寸法は 2.0m(W)×3.0m(H)×15.0m(L)である。変位測定は主流方向、主流直角方向の2方向からレーザ

キーワード 斜張橋ケーブル, レイノルズ数, 空力振動, エアベアリング

連絡先: 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町 1-1 九州工業大学 TEL 093-884-3466 FAX 093-884-3100

一変位計を用いて測定し、5.0Hzのローパスフィルターを通した出力を、200Hzで60秒間サンプリングしたデータを用いて標準偏差を求めて応答振幅とした。

3. 実験結果

図-3, 4に主流直角方向の応答図を示す。各換算風速における片振幅の標準偏差を円柱の外径 D で除した値を示している。図-3は模型の固有振動数 $f_0=1.0\text{Hz}$ 、図-4は $f_0=0.7\text{Hz}$ のケースである。図-3をみると、 $\beta=45^\circ, 50^\circ$ の2ケースは換算風速 $U_r=100$ 付近で振幅がピークとなり、 $U_r=150$ 付近で振幅が減少した後、 $U_r=200$ 付近で振幅が $2D$ を超えて計測ができなくなった。さらに風速を上げていくと振幅は小さくなるが、この風速範囲での振幅は時間変化が比較的大きかった。 $\beta=40^\circ$ のケースは、 $\beta=45^\circ$ や 50° のケースよりも1つめの振幅のピークが $U_r=130$ とやや高風速となり、 $U_r=240$ より高い風速域では、風速をあげても振幅が小さくなることはなく $2D$ を超え続けた。 $\beta=60^\circ$ のケースでは、振幅が $2D$ を超えることはなく、 $U_r=200$ 付近では振幅が小さく、 $U_r=260$ より高い風速域で振幅が徐々に大きくなった。 $\beta=0^\circ$ のケースにおいては、 $U_r=420$ より高い風速域では、急激な力が加わったような大きな変位が不規則に生じて測定することができなかった。なお、このとき振動の中心変位も不規則に大きく変化しており、片振幅が $2D$ より小さくても測定ができなかった。

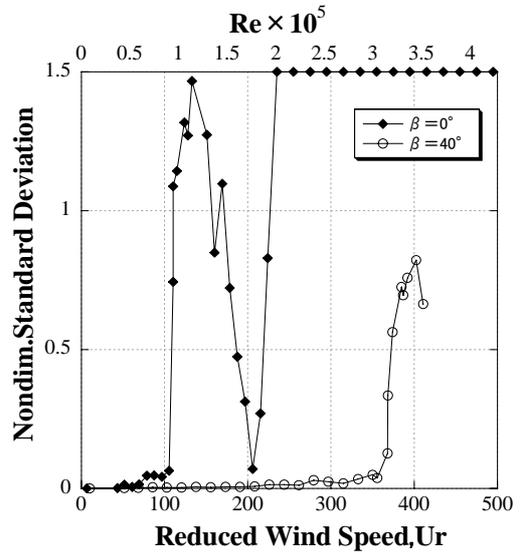
図-4の $f_0=0.7\text{Hz}$ 、 $\beta=45^\circ$ のケースと $f_0=1.0\text{Hz}$ 、 $\beta=45^\circ$ のケース(図-3(b))を比較すると、 $f_0=0.7\text{Hz}$ の方が $2D$ を超えた領域は広くはなっているものの、1つめのピークが極大となる風速と、2つめ大きな振動が発現する風速のいずれもが、換算風速で表すと、 $f_0=0.7\text{Hz}$ の方が高くなっている。

4. 今後の課題

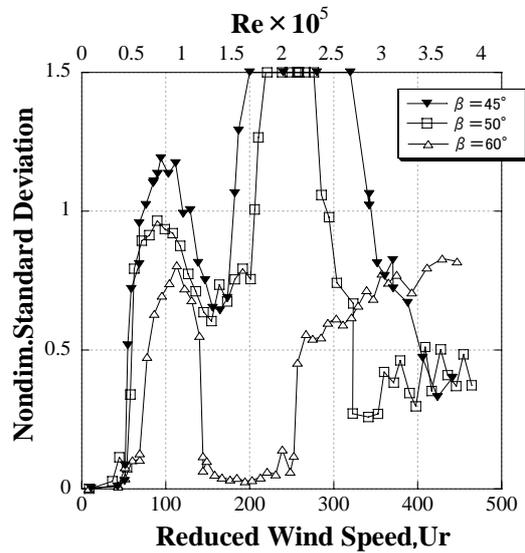
さらに空力減衰や空気力の特性などについて検討し、振動現象を把握していきたい。

謝辞

実験にあたり、住友重機械工業の宮崎正男氏、住友重機械工業エンジニアリングサービス(株)の浅井一浩氏に大変お世話になったことをここに記して感謝したい。



(a) $\beta=0^\circ, 40^\circ$



(b) $\beta=45^\circ, 50^\circ, 60^\circ$

図-3 主流直角方向の応答図($f_0=1.0\text{Hz}$)

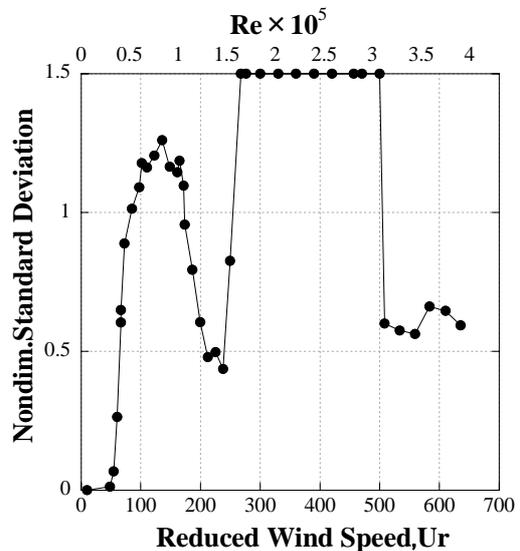


図-4 主流直角方向の応答図