

雨なし振動のメカニズム解明を目指した静止斜円柱模型後流側の流れの特性

東京理科大学大学院 学生会員 ○原尾 勇輝
 東京都(研究当時 東京理科大学) 非会員 大島 立輝
 東京理科大学 フェロー 木村 吉郎

1. はじめに

斜張橋ケーブルに生じる空力振動現象のうち、無降雨かつ強風時に大振幅を引き起こす雨なし振動の発生要因は、ケーブル後流域に形成される軸方向流、臨界レイノルズ数において空気力が変化することなどが指摘されているが、そのメカニズムが完全に説明できているとは言い難い。そこで、スプリットファイバークローブを用い、静止斜円柱模型後流側の風速を計測した。その中でも特に軸方向流に着目し、流れ場の特性を明らかにすることで、現象の理解に役立てることを目的とした。

2. 実験方法

本実験で使用した模型は外径 D が 11.4cm、高さが 180cm、偏角が 30° の塩ビ管の斜円柱模型である。斜円柱模型を天井と床面に固定して風洞内測定部に設置した。風洞風速は、12m/s で、一様流中で測定した。軸は、主流方向を x 、鉛直上向きに z 、右手系となるように主流直角水平方向に y 、また、模型軸方向下向きに ax と定義した。原点は床面から 90cm 高さの位置の斜円柱模型断面の最下流位置とした。計測点は、 x は $0.1D$ から $2.0D$ まで $0.1D$ 間隔、 y は $-0.5D$ から $0.5D$ まで $0.1D$ 間隔、 z は 0cm 、 -45cm 、位置で計測した。計測方法は、スプリットファイバークローブ(R0551, DANTEC DYNAMICS 社製)を用いた。サンプリング周波数は 2kHz で、計測時間は 60 秒とした。本実験では、東京大学工学部の強風シミュレーション風洞を使用した。測定部の寸法は、15m(W)×1.8m(H)×11m(L)である。

3. 実験結果

(1) 平均風速分布：図 3、図 4 は斜円柱模型後流側の平均風速分布をカラーマップで表している。w 成分(図 3)は鉛直下向きに流れ、 $y/D = -0.2 \sim 0.2$ かつ $x/D = 0.2 \sim 0.8$ で特に強い流れとなっている。また、u 成分(図 4)をみると、 $y/D = -0.2 \sim 0.2$ かつ $x/D = 0.1 \sim 1.0$ で逆流であり、斜円柱模型から離れるにつれて u 成分は大きな正の値をとっている。流れの構造の詳細は不明確だが、軸方向流の中心は



図 1 風洞内の模型(下流側より)

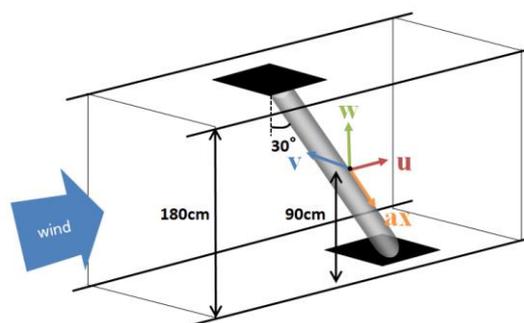


図 2 斜円柱模型

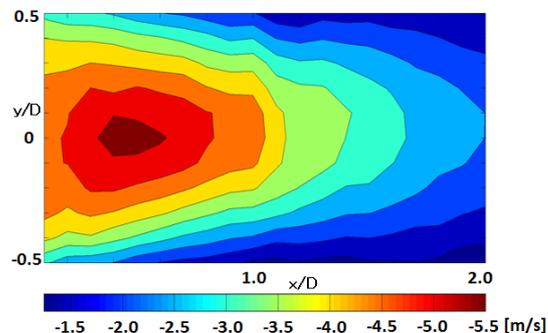


図 3 平均風速分布 x-y 断面(w 成分)

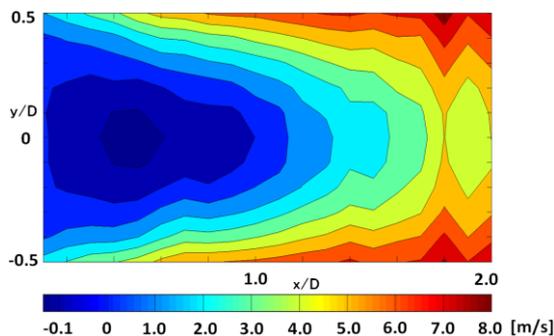


図 4 平均風速分布 x-y 断面(u 成分)

キーワード 雨なし振動, 軸方向流, スプリットファイバークローブ, 熱線流速計, カルマン渦
 連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学 TEL04-7124-1501(4070)

$y/D = -0.2 \sim 0.2$ かつ $x/D = 0.2 \sim 0.8$ であると考えられる。

(2) 標準偏差分布：図5はax成分の標準偏差分布をカラーマップで表している。斜円柱模型近傍では値は小さく、軸方向流が主流と考えられる模型の径D程度離れた所で最大値をとっている。その中で特に顕著な2点について、風速の時刻歴データを用いたスペクトル解析を行った。

(3) パワースペクトル密度：図6, 図7よりax成分の $y/D = 0.2$, $x/D = 0.7, 1.0$ での考察を行う。両者ともに全体的に値は小さいが低周波数で卓越している。次にv成分について考える。図8, 図9より, $x/D = 1.0$ の方がパワースペクトル密度のピークは約1.4倍大きい結果となった。ここで、カルマン渦の影響を考えるためにストローハル数を比較する。 $x/D = 0.7, 1.0$ でのストローハル数はそれぞれ $S_{t0.7} = 0.14$, $S_{t1.0} = 0.16$ であり、斜円柱の水平断面に対応する2次元の楕円柱断面(長軸/短軸 = $2/\sqrt{3}$)のストローハル数 $S_t = 0.21^{1)}$ よりも小さい。また、軸方向流の存在によって楕円柱がより扁平になったと考える。例えば、(長軸/短軸 = $4/\sqrt{3}$)の場合について考えると、 $S_t = 0.24^{1)}$ である。これに対して、本研究の斜円柱ではストローハル数が低下していることから、得られたv成分の変動はカルマン渦とは異なるメカニズムで生じている可能性がある。

4. まとめ

軸方向流れは、 $y/D = -0.2 \sim 0.2$ かつ $x/D = 0.2 \sim 0.8$ を中心に生じていると思われるが、逆流の生成や強い変動の値をv成分の周波数と合わせて考えると、その詳細はさらに検討が必要と考えられる。

謝辞

風洞実験に際しては、東京大学大学院工学系研究科の石原孟教授ならびに老川進氏に大変お世話になりました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

1) V.J Modi, E.Wiland, A.K.Dikshit, T Yokomizo
On the Fluid Dynamics of Elliptic Cylinders,
p276, 1992

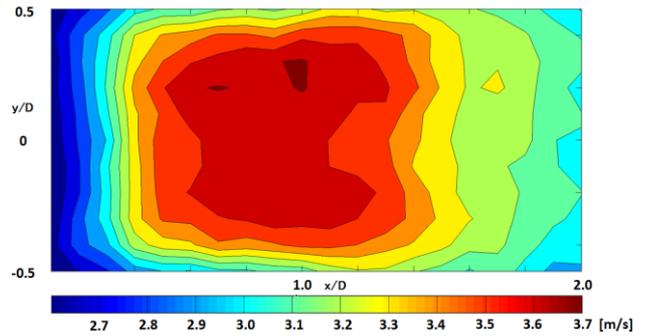


図5 標準偏差分布 x-y 断面(ax成分)

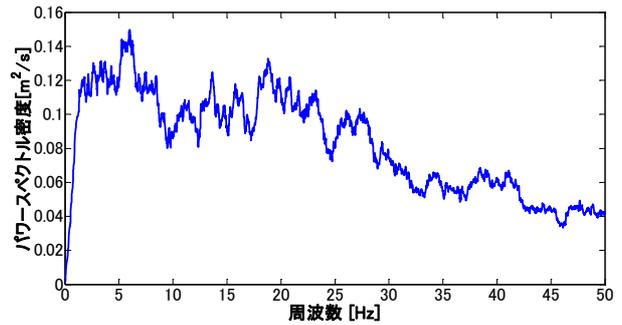


図6 スペクトル ($y/D = 0.2, x/D = 0.7$, ax成分)

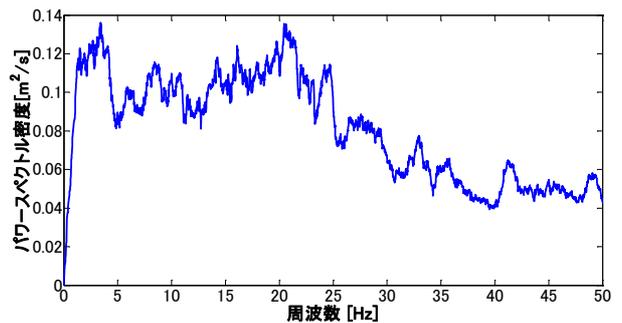


図7 スペクトル ($y/D = 0.2, x/D = 1.0$, ax成分)

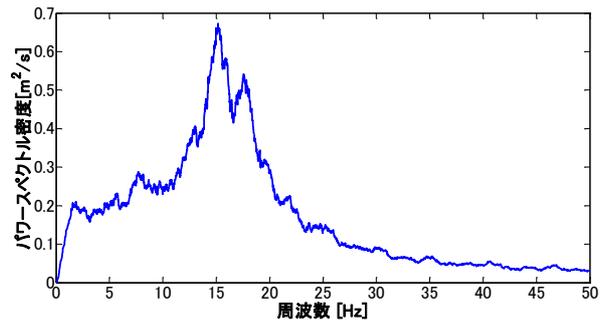


図8 スペクトル ($y/D = 0.2, x/D = 0.7$, v成分)

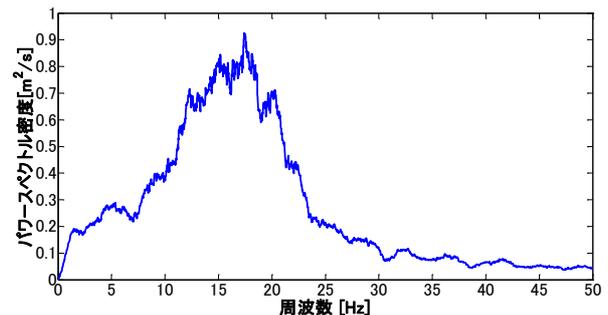


図9 スペクトル ($y/D = 0.2, x/D = 1.0$, v成分)