

I-211

側線付円柱に作用する流体力

○宇部興産 竹本信司 宇部興産 金重和義
山口大学 斎藤 隆

1. はじめに：前年度、レインバイブレーションの発現メカニズムに関する基礎実験として、風向と直交する円柱の側面に種々の半円形リブレットを接合して円柱に作用する流体力を測定した。その結果、リブレットが円柱径に対して相対的に小さい場合に揚力が大きく、かつ Re 数ならびにリブレットの大きさの変化によって揚力の変化が大きいことから、レインバイブレーションは水路の形成と同時に大規模・低周波の風の変動によって発現し易いことが明かとなった。本研究は、ワイヤー上に形成される水路の位置とその大きさによって円柱に作用する流体力がどのように変わるのかを知るため、4種類のリブレットを用い、その設置位置を変えて円柱に作用する流体力を測定した結果を報告するものである。

2. 実験装置と実験方法：実験風洞は、測定部断面が高さ10cm、幅100cm、長さ100cmの貫流式風洞である。流体力測定用円柱は直径5cmで高さ6cmである。上・下面にはそれぞれ2cmのダミー円柱が設置されている。リブレットは直径 $d = 3.05, 2.50, 1.95, 1.45$ cmの円柱を直径5cmの円柱に密着するような形で半円形にした4種類である。リブレットの設置位置は円柱の停留点、停留点から $30^\circ, 60^\circ, 90^\circ, 120^\circ$ の5通りである。流体力の測定は前年度と同じで、図-1に示す矢印の方向を正としている。

3. 実験結果とその検討：抗力係数と円柱径比との関係を側線の設置位置ごとに描点したものが図-2である。設置位置 $\theta = 0^\circ, 30^\circ, 120^\circ$ の抗力係数は、本実験の円柱径比の範囲では、単円柱のそれと大差のない値である。 $\theta = 60^\circ, 90^\circ$ の場合、円柱径比の増大に伴い抗力係数の値は大きくなっている。 $\theta = 60^\circ$ で $d'/D = 0.014$ の場合、 $C_D \approx 0.8 \sim 0.9$ と単円柱のそれよりも小さい値となっていることが注目される。この場合、後述する揚力係数は負の最大値となっている。この原因は、詳細な検討を要するが、側線から剝離した流れが円柱に再付着して、側線下流部に強い剝離領域が形成されることで、最終的な円柱からの剝離点が下流側に移ることによって考えられる。

設置位置が $\theta = 90^\circ$ の場合、 $d'/D < 0.04$ においては、 d'/D が大きくなると C_D の値は大きくなっており、 Re 数が小さいほど大きい。 $Re > 6 \times 10^4$ の描点に限ると $d'/D < 0.10$ では、 $C_D \approx 1.2 \sim 1.3$ とほぼ一定の値となっている。 $d'/D = 0.04 \sim 0.05$ において C_D の値が不連続的に小さくなっており、 $d'/D = 0.04$ での抗力係数は Re 数によって大きく変化している。側線径を用いた Re 数は $2.4 \sim 3.5 \times 10^3$ であることを考慮すると、この円柱径比の間において側線付近における流況が変化していると予想される。

図-3は揚力係数と円柱径比との関係を描点したものである。設置位置が $\theta = 0^\circ, 120^\circ$ の場合、側線は停留点と背面の剝離領域内に設置されているので、揚力係数は零である。 $\theta = 30^\circ$ の場合、揚力係数は全て負の値であり、円柱径比が小さいほど Re 数による変化が大きい。側線径を用いた Re 数の値が同じものはほぼ同じ揚力係数の値となっていることから、側線下流側に形成される独立した剝離域の状態が揚

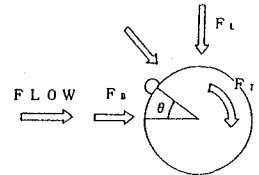


図-1 流体力

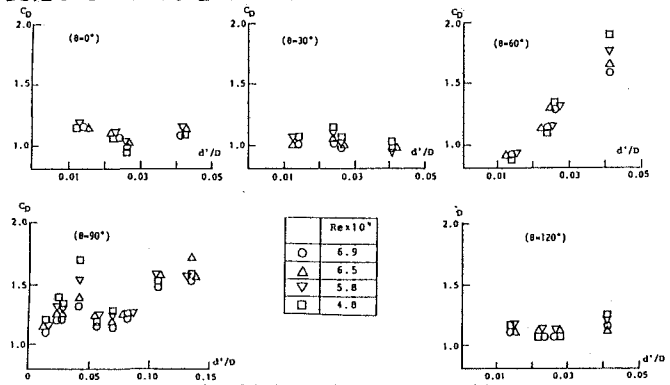


図-2 抗力係数と円柱径比との関係

力に大きく関与していると考えられる。

$\theta = 60^\circ$ の場合、 $d'/D = 0.025$ を境にして揚力の作用方向が反転しており、 $d'/D < 0.025$ の円柱径比の変化に対して揚力係数は大きく変わる。

$\theta = 60^\circ$ の場合における C_D ならびに C_L の d'/D に対する変化から、合力の大きさならびにその方向が d'/D によって大きく変化することが判る。 $\theta = 90^\circ$ の場合、 $d'/D = 0.025 \sim 0.05$ の範囲において揚力係数の絶対値が大きく、その符号が反転している。前述した抗力係数との関連から、この円柱径比の範囲において側線付近における流況が変化しているものと予想される。

図-4 は回転力係数と円柱径比との関係を描点したものである。 $\theta = 30^\circ$ の場合、側線の前・後面の圧力差が回転力を規定していると考えられる。

$\theta = 60^\circ$ の場合、 $d'/D = 0.025$ で C_L が最小値となっていて、 C_L の符号が反転していることから流況の変化が考えられる。 $\theta = 90^\circ$ の場合、 $d'/D = 0.04$ で大きな C_L の値を示し、かつ Re 数によって大きく変化している。

図-5 のストローハル数をみると、ほぼ $St \approx 0.2$ と単円柱のそれと大差はない。 $\theta = 60^\circ$ の場合、 C_D が小さい $d'/D = 0.014$ のとき St 数は大きく、 C_D が大きい $d'/D = 0.041$ のとき St 数は小さく、従来得られている知見と一致する結果が得られている。

4. むすび：側線の設置位置ならびに円柱径比による各流体力係数の変化の概要を明らかにした。レインバイブレーションが発現しているとき、ケーブルに形成される水路の位置はほぼ $\theta = 60^\circ$ であって、 $\theta = 60^\circ$ の場合、円柱径比によって合力の強さは大

きく変化し、揚力の方向が逆転していることから、風速あるいは降雨の低周波の変動があると、この変動に対応してケーブルには強さならびに方向が大きく変化する流体力が作用することになり、レインバイブレーションの一因となる可能性がある。

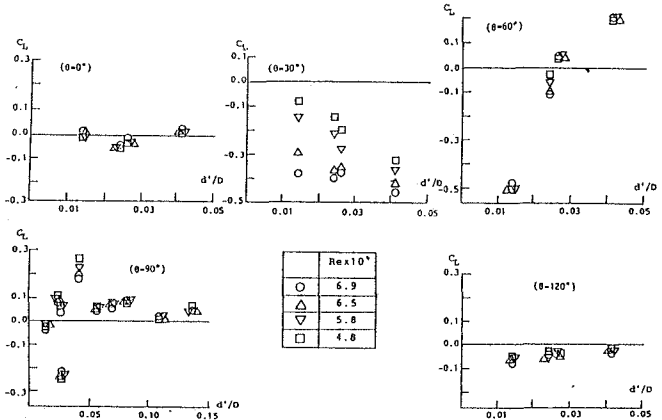


図-3 揚力係数と円柱径比との関係

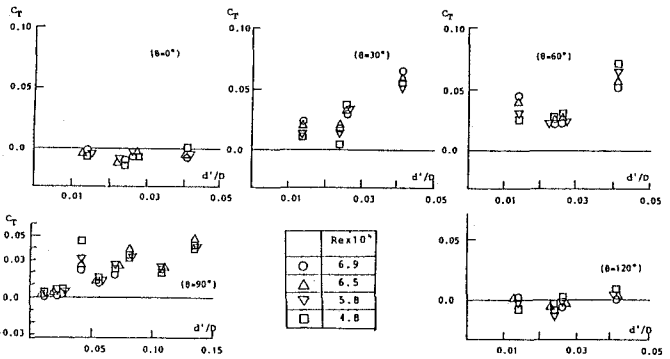


図-4 回転力係数と円柱径比との関係

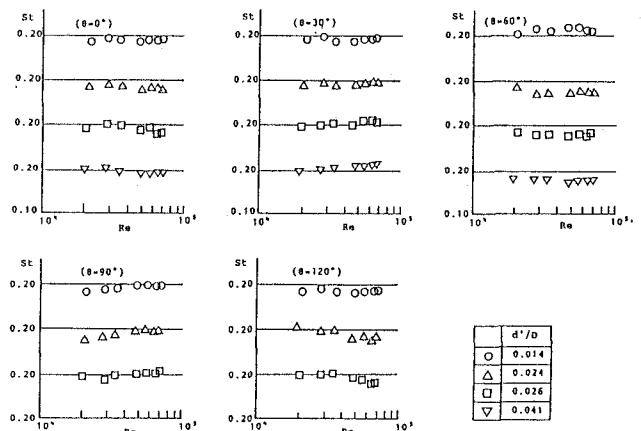


図-5 ストローハル数