

半円形側線付円柱に作用する流体力

○山口大学大学院 横山 均 清水建設 原田 敏行
山口大学大学院 多和芳雄 山口大学 斎藤 隆

1. まえがき 数年来、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、半円形リブレットを接合した円柱に作用する流体力を測定してきた。その結果、円柱径に対して半円形リブレットの高さがごく小さく、レインバイブレーションの一要因である水路が形成される位置にリブレットを接合した場合に、抗力係数は単円柱のそれよりも小さく、揚力係数が大きな値となることを明らかにした。本研究は、以上の結果を踏まえて、2種類の半円形リブレットを用い、リブレットの接合位置を密に変化させて流体力を測定し、流体力の変動波形について検討したものである。

2. 実験装置と実験方法 実験は、測定断面が高さ10cm、幅100cm、長さ100cmの貫流式風洞である。実験円柱の直径は5cmで、測定部中心線上で測定部入口から20cmの位置に設置されている。半円形リブレットの高さは0.70, 1.20mm (直径1.45, 2.50mm) の2種類である。測定円柱に作用する流体力が2次元になる様に、長さ6cmの流体力測定円柱の上・下壁に境界層暑さの3倍である高さ2cmのダミー円柱が設置されている。流体力の測定は片持梁形式のもので、測定系の固有振動数は500Hzである。

3. 実験結果とその検討 流体力の三成分は図-1に示す矢印の方向を正とした。図-2はRe数をパラメータにして抗力係数とリブレットの接合位置との関係を描点したものである。リブレットの接合位置が $\theta < 45^\circ$ 、 $\theta > 70^\circ$ では抗力係数 C_D の値はReによって変化し、Re数が小さいほど抗力係数の値が大きくなっている。円柱径に対するリブレット高さ $d'/D=0.014$ の場合、Re数によって若干異なるが $\theta=50\sim 55^\circ$ で抗力係数の値は最小で、 $d'/D=0.024$ の場合は、 $\theta=45\sim 50^\circ$ で抗力係数の値が最小となっている。Re数の大きい場合の抗力係数の最小値は $C_D \approx 0.8$ と単円柱のそれよりもかなり小さい値となっている。図-3の揚力係数とリブレット接合位置との関係を見ると、揚力係数の変化と抗力係数の変化とはよく対応している。即ち、抗力係数の値が小さくなるところでは揚力係数の絶対値は大きくなっている、それぞれの最小値と最大値は対応している。また、Re数によって抗力係数の値が変化する場合も揚力係数の値もRe数によって変化している。

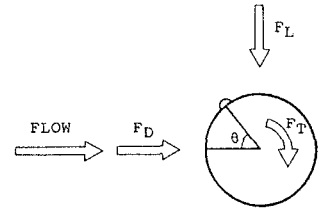


図-1 作用流体力の定義

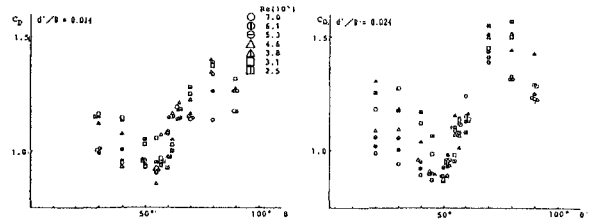


図-2 側線設置位置と抗力係数との関係

リブレット接合位置が $\theta < 45^\circ$ である場合には、リブレットで剝離した流れがその下流の円柱表面に再付着して孤立した剝離領域を形成していて、その剝離領域の大きさとその内部の圧力低下とがRe数によって規定され、その結果として両係数がRe数によって大きく変化するものと考えられる。

リブレットの接合位置が $\theta=45\sim 55^\circ$ では、

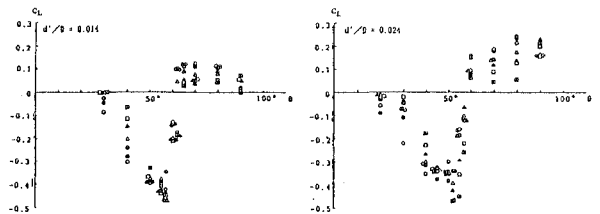


図-3 側線設置位置と揚力係数との関係

抗力・揚力の両係数の値は接合位置によって大きく変化し、流体力の変動波形を調べると特殊な波形であることが認められた。

変動流体力の頻度分布を調べた結果、図-4に示す4つの頻度分布形が存在することが明らかとなった。図-4の最上部に示した実測した揚力の変動波形から求めた変動揚力の頻度分布がその下に示してある。

図-5は、図-4に示す変動流体力が特殊な頻度分布となる Re 数とリブレット接合位置との関係を調べた結果を図示した物である。図中の添字付のAは基本的には頻度分布は正規分布と見なされるが、添字の傾向が認められるものである。図示していないリブレット接合位置が $\theta < 45^\circ$ 、 $\theta > 63^\circ$ である時の変動流体力の頻度分布は全てTypeAの正規分布である。

変動流体力の頻度分布がTypeB、C、Dの分布形となるリブレットの接合位置は、抗力係数の値が最小値近くとなり、 θ の増加によってその値が急激に大きくなる範囲であり、同じ範囲で揚力係数の絶対値が最大となり、 θ の増大によってその値が急激に大きくなっている。このように抗力・揚力の変化と変動流体力の波形とはよく対応している。

図-4で、変動流体力の波形をTypeB、C、Dと分類したのであるが、一つの流れ条件によって二つの安定した流れパターンが存在するとすれば、三つに分けた流体力の変動パターンは基本的には一つの流れパターンと見ることが出来る。即ち、二つの安定した流れパターンが存在し、その安定度が同じであればTypeBの変動波形となり、いずれかの一方が安定度が高いと、その流れパターンの継続時間が長くなって、TypeBあるいはTypeDの変動波形となる。

4. むすび 平均流体力並びに流体力の変動波形について検討した結果、流れの可視化あるいは円柱表面圧力についての実験的検証が必要であるが、リブレット接合位置が $\theta < 45^\circ$ では、リブレットから剝離した流れが下流円柱表面に再付着して独立した剝離領域を形成し、その剝離領域の規模並びに剝離領域内の圧力低下が Re 数に規定される結果、抗力・揚力の両係数が Re 数によって変化する。リブレット接合位置が $\theta = 50 \sim 60^\circ$ である場合、二つの安定した流れパターンが存在し、両流れパターンが間欠的に換わることで変動流体力は特異な変動波形を示すことが見いだされた。

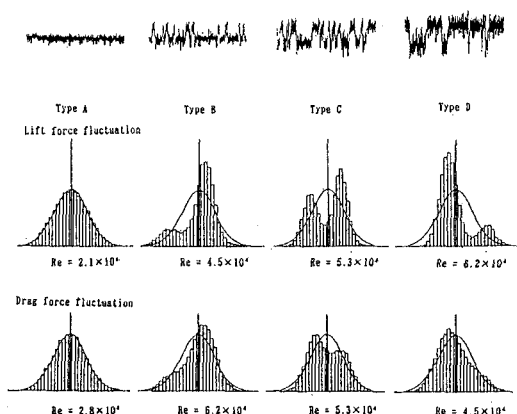


図-4 変動流体力波形と変動流体力の頻度分布

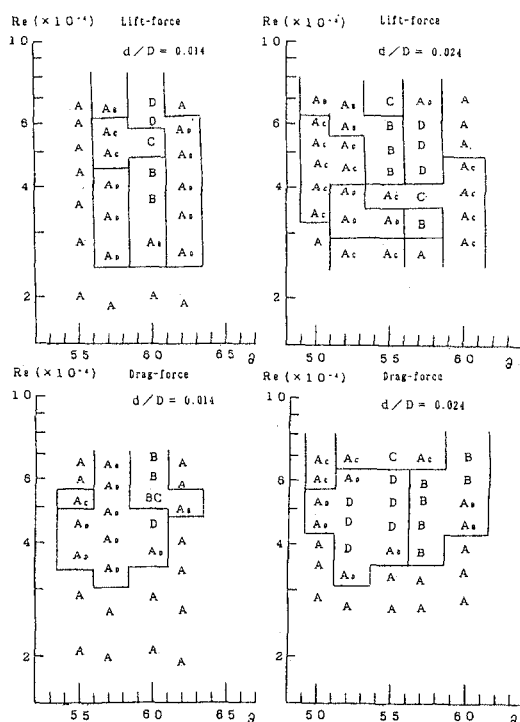


図-5 特異変動流体力波形の生起条件