

壁面上の円柱に作用する流体力

山口大学工学部 齊 藤 隆
 山口大学工学部 羽田野 袈裟義
 山口大学工学部 ○平 野 正 人
 名古屋大学 沖 誠 一

近年、海底ケーブル、石油輸送管など、新海洋空間の開発に伴ない、海底や地表に円柱状施設が作られるようになり、実際の施設設計の基礎的資料として、これらに作用する流体力の解明が急がれている。

本研究は、本研究室において開発・改良された流体力測定システムを用いて、平板上に設置された円柱に作用する流体力、すなわち、抗力、揚力、ならびに円柱中心軸に関する回転力を同時に測定し、さらにスモークワイヤー法によって円柱周辺の流況を可視化した結果について若干の検討を行なったものである。

実験は、巾 1m、高さ 10cm の矩形断面風洞を用い、風洞中心線に沿って先端を鋭角に仕上げた隔壁によって風洞を 2 分し、その一方の面から 0.1mm はなして円柱を設置して流体力を測定した。なお上・下面に形成される「えいまき渦」の影響を除くために、上・下面に 10mm のダミー円柱が設置されている。

円柱に作用する流体力は円柱から放出される渦によって変動するが、本報告では、渦の放出による変動はえず、変動する測定値の平均値の挙動を調べたものである。変動特性については現在解析中で、あらためて発表する予定である。

抗力係数

図-1 は抗力係数値を R_e 数に対して描点したものである。白丸描点は風洞隔壁のない単円柱についての実験結果である。図中に他の研究者の結果を参考に示しているが、単円柱の実験結果は良く一致している。壁面上に置かれた円柱についての実験結果である Δ 描点は、単円柱の値よりも若干小さい値となっている。流れをスモークワイヤー法によって可視化した両者の流況をみると、壁面が存在するために、渦の放出は流れが円柱から剝離する 1ヶ所だけから行なわれ、放出される直前の渦の大きさは単円柱の場合、円柱直下流における剝離域の流況を激しく動揺させるものであるが、剝離域の約半巾程度の大きさである。この放出渦の規模が抗力係数値を小さくしていると考えられる。

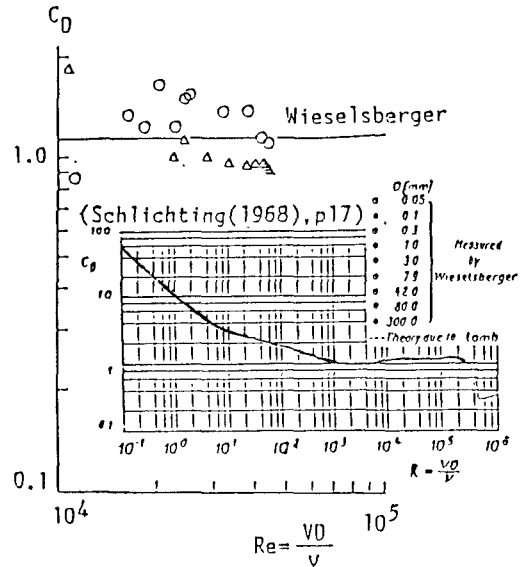
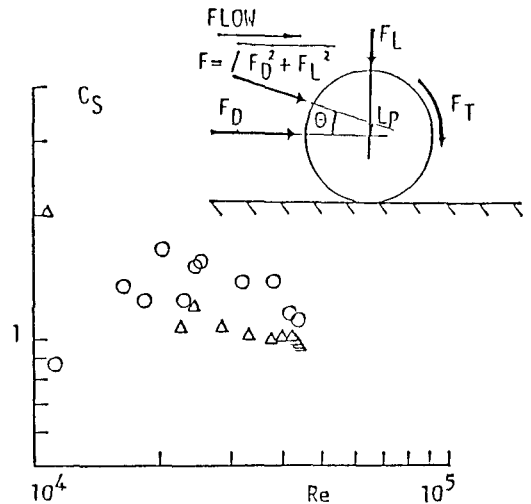
図-1 抗力係数と R_e 数の関係図-2 合力係数と R_e 数の関係

図-2は抗力と揚力を合成した合力から抗力係数と同じ定義から求めたものである。単円柱の場合は瞬間における合力を求め、その最大値を示し、壁面上の円柱の場合は、平均の抗力と揚力から求めたもので、瞬間的な合力値よりも小さい値であるので、合力の大きさ自体、両者に差はないものと考えられる。この点について、現在実験資料の解析を行なっている。

揚力係数

図-3は、揚力係数値を R_e 数に対して描点したものである。単円柱の場合、円柱の両側面から渦が放出されているので、平均の揚力は零となるが、壁面が存在するために、渦の放出が常に円柱の一方からだけ行なわれているため、常時揚力が作用している。 $R_e=10^4$ における実験描点の一つを除くと、本実験の R_e の範囲では、揚力係数はほぼ一定の $C_L=0.35$ 程度の値である。この揚力方向は図-2に示してある抗力とは逆方向で、円柱を上方に持上げる力となっている。この原因は、円柱から放出される渦の形成が円柱の上半分に制限されているため、剥離領域における圧力低下が円柱上半分において大きいことによるものと推測される。

合力の作用距離

図-4は平板の抗力と揚力とから求めた合力と円柱中心軸に関する回転力とから逆算した円柱中心軸から合力の作用方向までの距離を円柱径で無次元化し R_e 数に対して描点したものである。図から、 R_e 数が大きくなると、合力の作用位置は急激に円柱の中心軸に近づくことが明らかである。本実験の R_e 数の範囲では、合力の作用位置は壁面より円柱中心軸より遠くあり、合力は円柱を下流方向に回転させるように作用している。

合力の作用方向

図-5は抗力と揚力の比から求めた合力の作用方向を R_e 数に対して描点したものである。図から、合力の方向は平板に対して $18^\circ \sim 22^\circ$ の角度である。抗力係数と揚力係数の値から明らかのように、抗力係数は揚力係数の3倍の値であることから当然の結果である。なお、合力の作用方向は図-2の合力の作用方向でなく、円柱を下から上に回転さす方向である。揚力係数のところで説明したのであるが、円柱剥離後方に形成される放出渦の大きさが、壁面の存在のため、円柱の上半部に制限されているための結果である。以上の結果、壁面が存在すると、円柱を常に下流側に移動させるような流体力が作用していることが明らかとなった。

図-3 揚力係数と R_e 数の関係

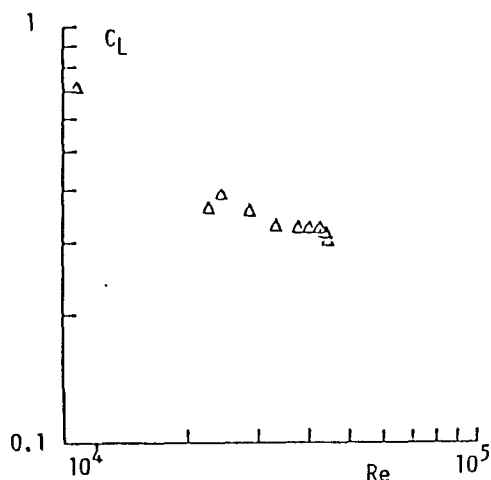


図-4 合力の作用距離と R_e 数の関係

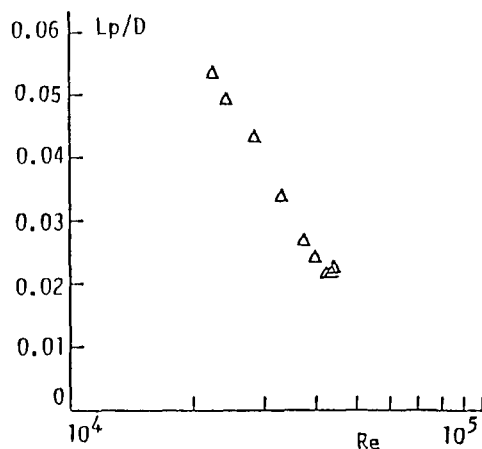


図-5 合力の作用方向

