

II-3

開水路における円柱の抵抗に関する基礎的研究

京都大学工業教員養成所 正 員 野田英明
京都大学大学院 学生員 ○市原四郎

流体中におかれた物体のうける力は、流れの状態および物体の形によりいろいろ変化する。このような物体の抵抗についての理論的、実験的研究は一定流速の平行な流れといたった理想的な流れに因りて大きな進展を遂げている。しかし、開水路流れのように自由表面を有し、しかも流速分布がある場合、流水によって物体のどのような力を受けるかについては十分明白であるとはいえない。本報告は、実験的に円柱のうける力を測定しようとしたものであるが、装置の不備や現象の複雑さのため十分満足すべき結果がえられなかつた。ただ、その力の測定に関して strain-gauge による流体力の動的測定の有用性を確かめたことは、今後、この方面の計測技術の発展に役立つであろう。

1. 実験装置と方法 実験は長さ 7 m、幅 0.5 m および深さ 0.5 m の木製表面ベンキ型装水路を用いた。水路は水平に設置し、水路下流端には可動格子状せきを設けて水深を、また上流端のバルブを用いて流量が調節できる。流量の測定は水路上流端に設けた全幅せきによった。実験に使用した円柱はアクリル樹脂製で、その直径はそれぞれ 3.03, 5.70 および 7.64 cm の 3 種類で、これらの円柱を水路下流端から 3 m の位置に鉛直に設置し、全流体力をフジのような方法で測定した。図-1 に示すように、上端を固定した正方形断面の支柱の A および B 点に strain-gauge を接着し、その下端を円柱の上端を固定した。なお円柱の下端は水路底より 0.3 cm だけ離して円柱のうける流れ方向の力を測定した。さて、A 点および B 点の曲げモーメントをそれぞれ M_A および M_B とすると、

$$M_A = \int_a^{a+h} f(y)y dy, \quad M_B = \int_a^{a+h} f(y)(y-l_0) dy \quad (1)$$

と表わされる。したがって、円柱のうける水平力 F は、

$$F = \int_a^{a+h} f(y) dy = \frac{M_A - M_B}{l_0} \quad (2)$$

となる。さらに、曲げモーメント M とひずみ ε との間には

$$M = \frac{EI}{e} \varepsilon \quad (3)$$

なる関係がある。ここに E は弾性係数、 I は断面 2 次モーメントおよび e は縁距離である。(3) 式を (2) 式に代入す

ると、

$$F = \frac{EI}{e l_0} (\varepsilon_A - \varepsilon_B) \quad (4)$$

となる。 $\frac{EI}{e l_0}$ は支柱に関する定数であると考えられるからあらかじめ既知の荷重を円柱に作用させて、そのときの ε_A および ε_B を測定することによりその値を決定することができる。

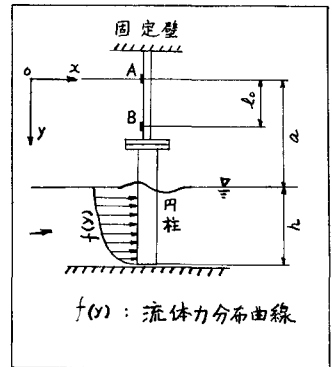


図-1 実験装置の概要

したがって、円柱のうける水平力 F は電磁オシログラフに自記された E_A および E_B から (4) 式を用いて算出できる。

2. 実験結果と解析 流れが定常の場合の実験結果について述べる。一般に、流水による円柱のうける力は

$$F = C_D \cdot \frac{\rho}{2} U^2 A \tag{5}$$

と表わされる。ここに、 ρ は流体の密度、 U は流速、 A は流れ方向の円柱の射影面積であり、 C_D は抵抗係数である。ここで問題となるのは、南水路流れにおける水深方向の流速の変化であるが、一応上式の U としては平均流速を用いて実験結果を整理する。いま、流量を Q 、水路幅を B 、水深を h とし、円柱の直径を d とすると、(5) 式は、

$$F = C_D \frac{\rho}{2B^2} \left(\frac{d}{h}\right) Q^2 \tag{6}$$

と表わされる。図-2 は F と Q との関係を d/h をパラメーターとして示したものである。実験結果にはかなりのばらつきがみられるが、それぞれの d/h の値に對し、 F は大体 Q^2 に比例して大きくなる傾向を示している。さらに同じ流量に對して d/h の値が大きくなるにしたがって F の値も大きくなっている。この傾向は、実験において、円柱に関する Reynolds 数の範囲が 6000 ~ 18000 であり、抵抗係数 C_D がほぼ一定であることを示している。また、それぞれの d/h の値に對して流量が大きくなると円柱両側面から渦が交互に現われ、円柱のうける流れ方向の力は周期的にばげしく変動する。さらに、流れと直角方向にも円柱はばげしく振動するのがみられた。したがって、支柱の流れと直角方向の面にも strain-gauge を接着すれば、渦生成の周期およびその影響による力をも測定できるであろう。

最後に、従来からよく用いられたピエゾメーターによる円柱の周りの圧力分布から求めた流れ方向の抗力と、strain-gauge による測定結果とを比較したのが図-3 である。この図において、横軸 F_1 は strain-gauge による測定結果であり、縦軸 F_2 はピエゾメーターによるものである。実験結果が少なく、十分な検討はできないが、一般に strain-gauge による方が測定結果が大きくなっている。これはピエゾメーターでは水面や摩擦の効果を測定できないことを考えるとき当然の結果であるといえるのかもしれない。現在まだ実験中であり、その結果および抵抗係数の算定に關しては講演時に発表したい。

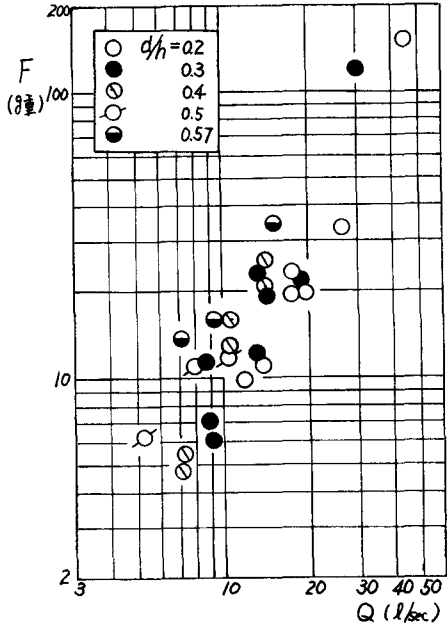


図-2 F と Q の関係

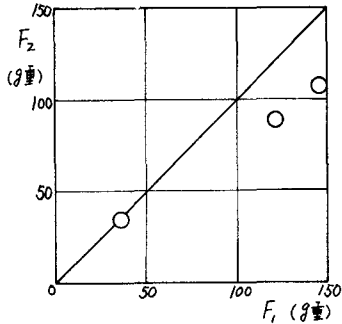


図-3 F_1 と F_2 との比較