

しゝへいを受ける半球の抗力係数

立命館大学大学院 学生員 ○松井 弘
立命館大学理工学部 正 員 大同 淳之

1. はしがき 流れの中に物体が置かれたときの物体に作用する流体力を知ることは、流体力学、水理学上の重要な課題である。また流れの抵抗則式をたてる場合いずれの研究者の報告においても後流の影響を受ける粗度の抗力係数の取り扱いに問題が残されている。しかしながら現在では、一様流中に置かれた形状の簡単な物体(たとえば、円柱、球など)について知られているのみであり、実際河川のような流れを対象とした抗力係数 C_D の測定は少ない。Garde¹⁾は、粗斜面上を転動する球の抗力係数を求め、また、福岡²⁾は、層流せん断流($10 < Re < 200$)中の球に作用する抗力を実験的に求めている。

2. 実験装置および方法 実験水路は、長さ13m、幅30cmの矩形断面開水路で行なった。抗力の測定は、図1に示すせん断力測定装置を用いた。シェアーテーブルに力が作用し平衡点からずれると、テーブルの位置を元にもどそうとするずれに比例した電氣的復元力が生じる。この力を検出して抗力を測定した。測定に用いた物体は、半球($K=1.5, 2.5cm$)で、単独の場合と流れ方向に所定の間隔に配置した場合について水路勾配 I を $1/50 \sim 1/100$, 相対水深 h/K を1.2~4.0の範囲で測定した。

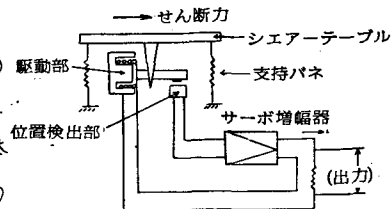


図1 せん断力測定装置

3. 単独粗度の場合

境界面上に置かれた物体の抗力は、流れが壁面で制限されるために一様流中に置かれた物体のそれとは、異なることが予想された。測定した半球の抗力係数は、一様流中の抗力よりも大きく、Garde³⁾による粗斜面上を転動する球の抗力係数の測定値の延長上にくることを示した。また、Garde³⁾は、 $Re > 2 \times 10^3$ の領域で C_D の値が急激に低下するとしているが、本実験においても

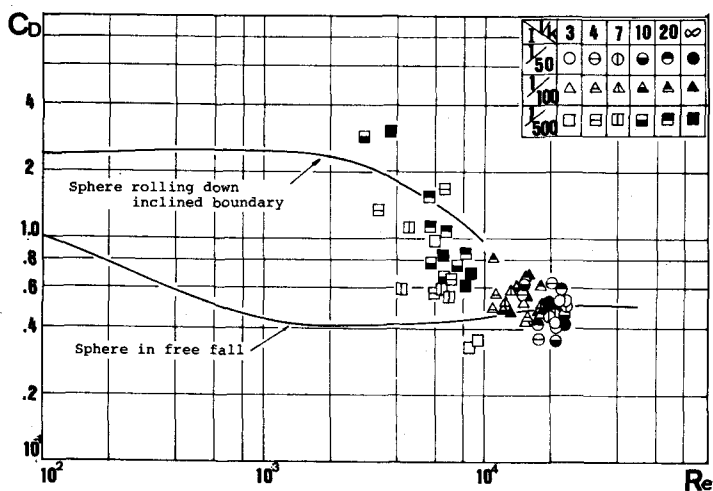


図2 C_D-Re の関係

同じ傾向を示した。そうして、粗度の間隔をせまくした場合の値と比較すると、粗度の間隔をせまくするにしたがって、単独の場合より小さくなることが示された。

参考までに、福岡が、層流せん断中の抗力係数から同じ Re 数の一様流中の球の抗力係数

Hiromu MATSUI, Atsuyuki DAIDO

を取り除いたものは、壁面による流れの偏倚と流速分布の影響を考慮に入れたパラメータで決定できるとして関係式を示した。本実験値を用いて計算したものとを比較するとオーダーが全く異なり乱流中では、適用できなかった。

4. しゅへい効果を受ける物体の抗力係数

図2を l/k 別に注目すると同一 Re 数では、 l/k が小さくなるにしたがって C_D の値が小さくなるのがわかる。また、図(3-a)(3-b)は、 l/k の変化による C_D の影響を示したものである。 C_D の値は、 l/k の関数のほかに、 Re 、 h/k の関数であるために図のちうばりがやや大きい $l/k=5$ で C_D/C_{D0} が1に漸近することが認められる。以上の結果から $l/k > 5$ で C_D/C_{D0} が1に漸近するのは、後の粗度がしゅへい域の外に出たためと判断される。

そこで、粗度後流の流速分布を縦断方向に測定し流速分布の逆転する点を結んで、しゅへい域とした。図(4-a)(4-b)でしゅへい域を比較すると、 l/k の小さい図(4-a)の方が図(4-b)より減少している。他の勾配についても同様に、水深の極下にともない、しゅへい域が減少することが認められた。

さて、球間の流れを $\tau = \epsilon \cdot (du/dy)$ で表わされるとし、便宜的に $z=0$ で $u=U_0$ という条件で積分すると次式となる。

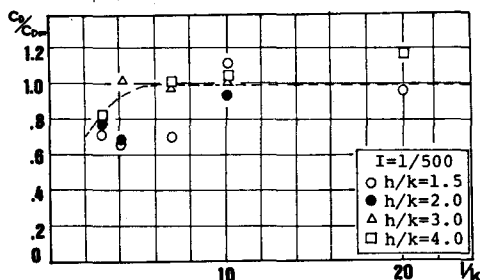
$$\frac{U}{U_0} = \frac{U_0 z}{\epsilon / \rho} + \frac{U_0}{U_0}$$

このとき ϵ/ρ は、図5に示すように、 z/k の増加と共に減少し、 $z/k=5$ で滑面流のそれに漸近する。また、 $U_0/U_0=16$ でほぼ一定であった。

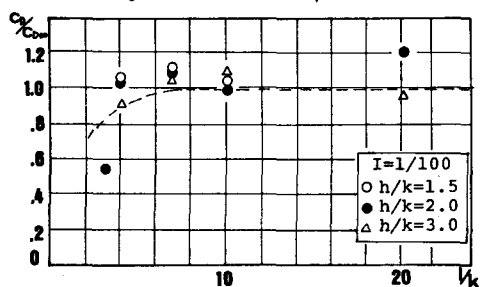
この結果、 l/k が小さくなると、 C_D が小さくなるのは、しゅへい域外では、 l/k が小さくなるにつれて、流れの乱れが増し ϵ/ρ が増加して粗度前面の流速が小さくなるためと結論された。一方、 $l/k < 5$ では、粗度の一部がしゅへい域に入り、流れにさらされる面積が減少するために、みかけ上 C_D が小さくなると結論された。

参考文献

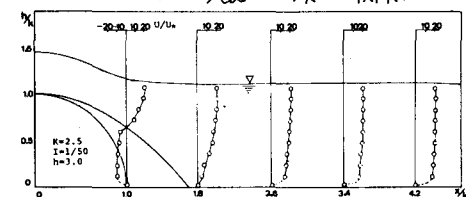
- 1) R. J. Garde; La Houille Blanche N°7-1969
- 2) 福岡捷二; 自由表面をもつ層流せん断中の球に作用する抗力と揚力; 土木学会論文集 271号 1978年3月



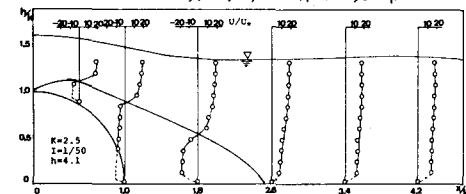
図(3-a) $C_D/C_{D0} - l/k$ の関係



図(3-b) $C_D/C_{D0} - l/k$ の関係



図(4-a) 粗度後流の流速分布図



図(4-b) 粗度後流の流速分布図

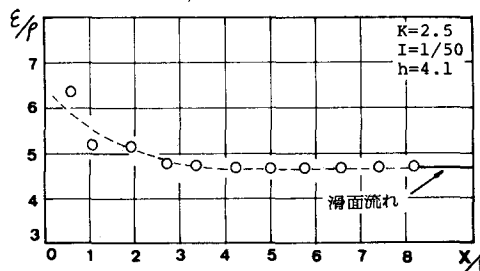


図5 $\epsilon/\rho - z/k$ の関係