

速度こう配のある流れの中の組合せた部材の抗力

立命館大学理工学部 正眞 大岡淳之

1 はしがき 土木工学で扱う抗力を受ける物体は、境界のある流れの場で、速度こう配があり、かつ、部材と組合せた構造物として抗力を受ける場合が多い。こうした構造物に作用する抗力を算定するとき、抗力係数として、一様流中で得られた単純な形の抗力係数を流用して算定するが、それが正しいかどうか不明である。Frank¹⁾の

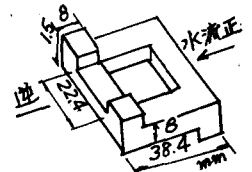


図1 模型寸法

研究では速度こう配があるとき、流速の小さい部分の局所の抗力係数は平均流のそれより大きく、流速の大きいところでは小さくなると指摘している。さきに著者は図1の構造について一様流中で抗力を測定し、流れに投影する面に

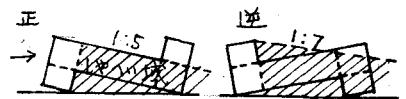


図2 測定値から推定したしゃへい

すべて抗力が作用するとして整理すると、角型の部材の C_D は平板のそれと同じ 1.4 となることと見出した。図1で、 $h/D = 2.8$ で、一様流中ではこれ位の間隔で、前方部材の影響はないことを示す。一方、この構造物と水路床において測定して、さきと同じ手法で力の作用する面と逆算すると、図2の斜線の部分はしゃへいを受けて抗力を受けていないと考えられた。このように各部材の受ける抗力は、部材の形状のほかに、流れに直交および沿った方向での部材の相対間隔に関係する。著者は、複雑な組合せの構造で全抗力は各部材抗力の和で表すために、これらの影響が抗力に及ぼす影響を調べるため、一部の実験を行なった。この実験の結果について報告する。

2. 測定法. 波動抵抗となくすため、 $15.6\text{ cm} \times 15.2\text{ cm}$ の長方形断面の円管路で、抗力は、物体ととりつけた測定用床版が抗力を受けて変位する量から測定した。

3. 測定結果. i) 速度こう配の影響

抗力係数 C_D は Re 数の関数であるが、部材のおかれた位置の範囲では C_D は一定値をとるものとし、速度こう配のある場におかれた物体の全抗力 F を

$$F = C_D \frac{\rho}{2} \int_0^1 U^2 \left(\frac{x}{L} \right) \cdot b \left(\frac{x}{L} \right) d \left(\frac{x}{L} \right) \quad (1)$$

ここに U : 局所の流速、 b : 物体の幅、と表れる。本水路の中心で測定した鉛直方向の流速分布は、対数則に従い、 $U/U_0 = A + B \log(U_0 x / \nu)$ (2), と表したとき、 $B = 5.75$, A は $(U_0 R / \nu) = 500 \sim 1200$ の範囲で $A = 11.2 - 0.078(U_0 R / \nu)$, と表わせた。式(2)と式(1)に代入して C_D を除いた部分と計算した値 F' と、測定値 F とを比較して、抗力係数 C_D を求めることにした。ちなみに、式(1)に式(2)と代入して計算した結果は、円柱のとき

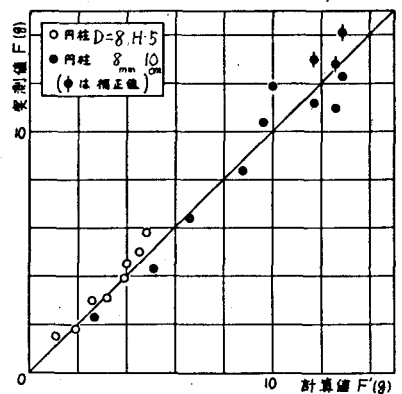


図3 1本の円柱の抗力

Atsuyuki DAIDO

$$F = C_D \frac{\rho}{2} U_\infty^2 D \left[B^2 \left\{ H \left(\log \frac{U_\infty H}{\nu} \right)^2 - 2 \left(H \log \frac{U_\infty H}{\nu} - H \right) \right\} + 2AB \left(H \log \frac{U_\infty H}{\nu} - H \right) + A^2 H \right]$$

ここにDは円柱の直径、A、Bは式(2)の常数である。

単一の円柱についての測定値は図3に示すとおりで、測定したRe数の範囲内では直線関係が成立し、 C_D を一定として計算してよいことを示す。さらに $C_D=1.0$ と見積られ、この値は、広く水理学の教科書に紹介されているWieselsbergerの測定値³⁾と一致する。次より、速度こう配が対数則で表される程度の速度こう配では、抗力係数は同じRe数の場の一様流中の C_D を用いて十分といえる。

ii) 流れに直交方向における円柱の間隔の影響

径8mmの円柱と流れに直角方向に2本並べて、その間隔を変えて抗力を測定した結果を図4に示す。間隔が0のとき C_D は1.6程度になり、直径の3倍はなれたときには単一の円柱の場合と変うなくなる。 $C_D=1.6$ は平板の C_D に相当するので、よどみ突が顕著になり、平板と同じ効果をもつととえられる。

iii) 2本の円柱が水平材と交差している場合

組合せた構造の全抗力と各部材の抗力の和で表わすことができるかと確かめるために、同じ径の円柱と鳥居状に組み、抗力を測定した。計算値Fはさきと同じ趣旨で、式(3)に相当するものより求めた。これらと比較してそのを図6に示す。測定値のちらばりが大きい。水平部材が入っても、式(1)の形で抗力を求めることができるかと結論できる。水平部材が底面に近づくにつれてii)において得られたすき間0のときの C_D の増加ということが起ることが想像され、事実、すき間比 h/D が小さくなると、 C_D が大きくなる傾向があらわれているが、測定値のちらばりの範囲にとどま、ている。

これらの結果と解析的に整理し、かつ流れの方向における配列の影響を加えて、抗力の線形性の仮定がどこまで現象を説明できるかを調べるつもりである。

4. むすび. 組合せた構造の全抗力は、部材の形とあらわれる流れのRe数より求められる単一部材の一様流中の抗力係数から得られる部材の抗力の和で表わされることが得られた。

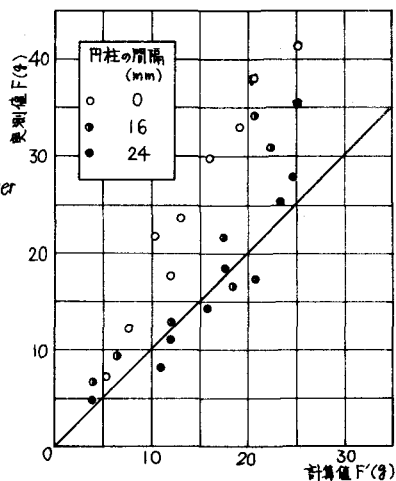


図4 2本の円柱と並べたときの抗力

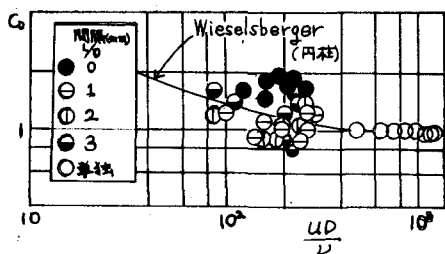


図5 測定した抗力係数とRe数の関係

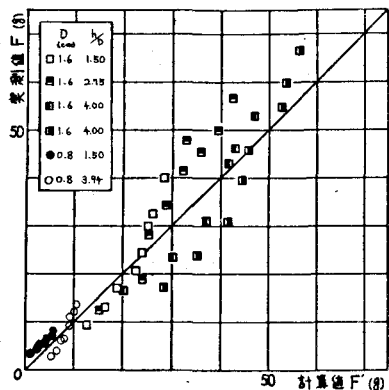


図6 鳥居状組合せ材の抗力

1) Frank, Drag Forces in Velocity Gradient Flow, Proc. of A.S.C.E. Vol 86 HY 7 1960

2) 大同, 半球おれ異型プロップの抗力係数 土木年報, 1957, 3) 例として伊藤 一様流中の物体の抗力, 水工学便覧