流れに平行な平面網地の抵抗—I.

後流の中におかれた針金の抵抗

小 長 谷 庸 夫

(1969 年 4 月 14 日受理)

Resistance of Plane Net Set Parallel to Stream—I.

Drag Force of the Wires in Wake

Tuneo KONAGAYA*

This work was undertaken to study the effect of wake upon the resistance of plane net set parallel to a stream. In this paper, the resistance of a parallel set of wires is reported.

The methods and the apparatus are shown in Figs. 1 and 2, and results obtained are as follows:

1) The velocity of the stream around the surface of the set of parallel wires is uniform, when the direction of stream is parallel to the set of wires and each of which is set vertically against the stream.

2) The velocity of the stream running around the wires is decreased due to the wakes, when the angle between the direction of stream and of the surface of the set of parallel wires is small.

3) The resistance of the wire in wake can be calculated by the ordinary formula of velocity decrement in a wake.

流れに平行におかれた平面網地に働く抵抗は、田内の理論式¹⁾で計算した値よりも小さいことが報告されている。これは田内の理論では、脚や結節は互いに独立しているとして相互の干渉を無視しているからである。この効果について、藤田・横田²⁾らは網地と流れのなす角が 36° 以下になると干渉があることを実験的に示した。また鈴木・松田³⁾らは何本かのシリンダーを流れに沿って並べたときの抵抗から、流れに平行におかれた平面網地に働く後流の効果を説明した。

これらの結果からわかるように、網地が面に沿った方向に運動するときに受ける抵抗を知るためには後流の干渉を無視することはできない。

そこで網地の目合や縮結、および流れとの間の角をかえたときの後流の影響を知るための基礎実験として、後流の中におかれた針金の抵抗を測定した。

報告にあたって、御指導と御校閲をいただいた京都大学農学部教授、川上太左英博士に厚く御礼申し上げる。また実験にあたって御助力いただいた三重県立大学水産学部、若松英久子氏に謝意を表する。

実 験 方 法

実験に用いた装置を Fig. 1 に示す。図で流れの方向の抗力 F は張糸にあらわれる垂直方向の力 P に等しい。そこで一定の流速の下で、Fig. 2 (a) に示す枠を流れに平行に吊つて、直径 1.56 mm、長さ 20 cm の針金を 1 cm 間隔の 1 列の穴に順次差し込んで P を測定した。別に静水中でこの力を測つて差引いた。

また間隔 H の異なる、上と同様な針金の列の抵抗を測つた。その方法は上述とほぼ同様で、Fig. 2 (b)

* 三重県立大学水産学部 (Prefectural Univ. of Mie, Fac. of Fish. Tsu, Mie, Japan)

Fig. 1. Schematic diagram of apparatus for measurement of drag force.

Fig. 2. Frame fitted with wires (a) and a set of parallel wires (b).

に示すように針金を平行に固定し、Fig. 1 の装置に吊した。また一方の天秤 B_1 と 45° に張つた張糸の支点 C_1 とを対応させて、上下しながら、前後にわずかに移動させて針金の列と流れの方向の傾きを与えた。つぎに同様の方法で両側と第 1 本目の針金の抵抗を測つて差引いた。

結 果

針金の数と抵抗 針金の数と抵抗値を流速別にプロットすると Fig. 3 が得られる。図から抵抗は針金の本数 n に比例することがわかる。すなわち、第 2 本目以降の針金の受ける後流の影響は針金の数によらず等しいとみることができる。

いま、針金の数 n が 12 本のばあいについて、流れに平行に 1 列におかれた針金の単位長さに働く抵抗を求めると次式で示される。すなわち、

$$F = 0.16Sv^2 \quad (\text{C.G.S unit})$$

ただし、 S を針金の射影面積、 v を流速とする。

いま一様な流れ U の中におかれた物体について考える。Fig. 4 で物体を原点とし、下流に向つて x 軸をとり、これに垂直に y 軸をとる。点 (x, y) における流速の減少を U^* とすると、この値は

$$U^* = \frac{0.86\sqrt{C_D S}}{\sqrt{x}} \left[1 - \left(\frac{y}{0.67\sqrt{C_D S x}} \right)^2 \right] U \quad \dots (1)$$

であらわされる⁴⁾。ただし C_D は針金の抗力係数で実験によつて定められた定数である。ここで $y = 0$ のときは、

$$U_m^* = U \cdot \frac{0.86\sqrt{C_D S}}{\sqrt{x}}, \quad \dots (2)$$

したがつて針金のまわりの流速 u は

$$u = \left(1 - \frac{0.86\sqrt{C_D S}}{\sqrt{x}} \right) U. \quad \dots (3)$$

単位長さの抵抗 F は、 $x = H$ 、 $S = D$ において

$$F = k_1 \left(1 - 0.86\sqrt{C_D \left(\frac{D}{H} \right)} \right)^2 S U^2. \quad \dots (4)$$

Fig. 3. Relation between resistance (F) and number of wires (n).

Fig. 4. Velocity distribution in a wake.

ここで $D = 0.156$, $H = 1.0$, かつ $C_D = 1$ とみて

$$F = k_1(1 - 0.86\sqrt{0.156})^2 S U^2 \\ = k_1 \times 0.44 S U^2 \quad \dots (5)$$

実測値を用いて k_1 を計算すると 0.35 が得られる。また鈴木らの結果²⁾を用いて $C_D = 0.9$ とおくと,

$$U_m^* = \frac{1.06\sqrt{C_D S}}{\sqrt{x}} \cdot U \quad \dots (6)$$

とみることができる。

間隔と傾角の影響 針金の間隔 H と, 流れに対する傾角 θ をかえて抵抗係数を測定した結果を Fig. 5 に示す。このとき流れが針金の列によつて干渉を受けているばあい流速 u は, $x = H \cos \theta$, $y = H \sin \theta$ から

$$u = \left\{ 1 - \frac{0.86\sqrt{C_D S}}{\sqrt{H \cos \theta}} \left[1 - \left(\frac{\sin \theta}{0.67\sqrt{C_D S} \cdot \cos \theta} \right)^{3/2} \right]^2 \right\} U = (1 - \alpha) U \quad \dots (7)$$

で示される。いま流れに沿つておかれた針金の抵抗 R を

$$R = \alpha C_D \rho S u^2 = k S u^2 \quad \dots (8)$$

とあらわす。ただし S を射影面積とする。 θ と H をかえたとき後流の干渉を受けるばあい, $(1 - \alpha)^2$ と k は比例関係をもつ, そこでそのおのおのについて, $(1 - \alpha)^2$ と k の関係をみると Fig. 6 が得られる。これから後流の干渉を受ける針金の列の抵抗はこのような考えで説明できることがわかる。

H が小さいばあいはこのことが成り立たない。これは針金の後部に発生する渦などのために吸引作用などが起つて後流の式が適用できないからであろう。

考 察

流れに沿つて針金を並べたばあい, 第2本目以後は後流の影響を受ける。実験の結果をみると, 抵抗値は針金の数に比例して変化する。これは鈴木らが示したように, 流れに沿つて垂直に針金を並べたとき, 並べられた面に沿つた流速は一樣であることを示す。したがつて, 網地が流れに平行におかれたばあいもこのような抵抗を受けるものと考えられる。またこのような針金の列が流れとわずかに傾いておかれたばあいの抵抗もこの考えで説明できる。

Fig. 5. The effect of attack angle on the hydrodynamic forces acting on the set of parallel wires.

Fig. 6. Plots of the drag coefficient of the set of parallel wires for $(1 - \alpha)^2$.

このことから、巾着網や刺網が投網されて網裾から次第に沈降するときは網地は脚相互の干渉を受けることが推測される。とくに巾着網は網裾を速かに沈降させることが要求されるから流れに平行な網地の抵抗を基礎的に解析する必要がある。

文 献

- 1) M. TAUTI: This Bull. 3, 1~4 (1934).
- 2) 藤田 博・横田敏之: 応用物理, 20, 59~63 (1951).
- 3) O. SUZUKI and K. MATUDA: This Bull. 31, 579~584 (1965).
- 4) 谷 一郎: 応用流体力学, 岩波書店, 岩波講座第 18 回配本, 115~120 (1940).