流れに平行な平面網地の抵抗—II.

D/L の異なる網地の抵抗

小長谷庸夫・川上太左英

(1971 年 4 月 2 日受理)

Resistance of a Plane Net Set Parallel to the Stream—II.

Drag Force of a Plane Net Pulled Parallel to the Direction of Motion

Tuneo KONAGAYA* and Tasae KAWAKAMI**

The drag coefficient of a plane net pulled parallel to the direction of motion was estimated.

Results obtained are summarized as follows:

1) The drag coefficient, D_s , of the plane net pulled parallel to the direction of movement is formularized; the parameters of which were determined by the least square method using the experimental results and is as derived from the following equation.

$$D_s = 0.37(D/L) - 0.58(D/L)^{3/2},$$

where D is the diameter of a twine, and L is the length of a bar.

2) The drag of plane net pulled parallel to the direction of movement is reduced due to the wakes formed behind the bars.

巾着網が投網されて、網すそから次第に沈降するときの網地の運動は、網地の面に平行である。したがって網地の面にそつた流れは脚の干渉を受けるから田内の理論式¹⁾によつて流水抵抗を計算することができない。

このときの後流の効果については、藤田・横田²⁾、飯高・鈴木³⁾および鈴木・松田⁴⁾らによつて実験されている。しかし網地の受ける抵抗法則については明らかにされていない。

そこで、流れと平行におかれた糸の太さ D と脚の長さ L の異なる網地が受ける流水抵抗を測定して実験式を導びいた。

Fig. 1. Determining method of drag force yielded on a plane net pulled parallel to the direction of the movement.

実験方法

糸の太さと目合の異なる幅 50 cm、長さ 60 cm、縮結 3 割の網地の抵抗を測つた。その方法は宮崎の実験⁵⁾ とほぼ同様で、Fig. 1 に示すように網地の上端の針金に結んだ糸を滑車に通し、その一端にとりつけた分銅を落下させることによつて深さ 8 m の水底から網地を垂直に引きあげた。網地の抵抗は一定の速度になつたときの滑車の回転と分銅の重さから求めた。滑車の回転はフォトセルを用いて検出して記録した。また針金と分銅の抵抗は別に同様の方法

* 三重県立大学水産学部 (Faculty of Fisheries Prefectural University of Mie, Tsu, Japan)

** 京都大学水産学教室 (Department of Fisheries, University of Kyoto, Maizuru, Japan)

で求めて差し引いた。

Table 1. Relation between D/L of plane net and drag coefficient D_s .

Materials of webbing	$D(\text{mm})$	$L(\text{mm})$	D/L	$D_s(\times 10^{-2})$
Vinyl	3.0	30.0	0.100	2.10
	3.0	37.5	0.088	1.84
	3.0	43.0	0.070	1.75
	3.0	50.0	0.060	1.65
	3.0	75.0	0.040	1.42
Nylon	0.22	3.8	0.058	1.21
	0.18	3.5	0.051	1.36
	0.23	5.5	0.042	0.93
	0.26	7.9	0.033	0.75
	0.26	16.5	0.016	0.46
	0.57	7.6	0.075	1.48
	0.58	8.0	0.073	1.47
	0.70	11.6	0.060	1.24
	0.41	7.1	0.059	1.10
	0.58	17.4	0.033	0.67
Saran	0.48	6.4	0.075	1.70
	0.82	11.0	0.074	1.96
	0.54	8.8	0.062	1.41
	0.59	10.1	0.058	1.31
	0.71	14.2	0.050	1.28
Cotton	0.65	5.1	0.127	1.94
	0.55	4.8	0.115	2.14
	0.55	8.5	0.066	1.41
	0.65	10.4	0.063	1.29
	0.60	14.0	0.043	1.13
	0.75	6.0	0.124	1.88
	0.75	9.2	0.090	1.69
	0.73	9.7	0.075	1.66
	0.73	11.0	0.066	1.41
	0.73	14.6	0.050	1.09

Note: $U = 20 \sim 120 \text{ cm/sec.}$

すなわち

$$u = (1 - A/\sqrt{x})U. \quad (1)$$

ここに A は定数であつて $A = 0.86\sqrt{C_D S}$ であらわされる。ただし x を物体からの距離、 S を物体の射影面積 C_D を抗力係数とする。

Fig. 3 で任意の節を X, Y 座標の原点におき、流れの上流側と下流側の脚をそれぞれ第1脚および第2脚とよぶ。いま、第1脚と第2脚において、原点より l の距離の点をそれぞれ P および P' とし、 P における脚の微小部分によつて後流が発生するものとする。ここで、この部分の流れ方向の射影面積 s が単位長さの脚の射影面積に比例するとみて、比例定数を m とおくと、

$$s = m \cdot l \cdot D \sin \phi. \quad (2)$$

ただし、 ϕ は相隣る2脚のなす角の半角とする。

点 P および P' の距離を x とおくと、

$$x = 2Y = 2l \cos \phi. \quad (3)$$

よつて、第2脚上の P' における流速 u は、

Fig. 2. A wake behind bar.

Fig. 3. A mesh of webbing.

L : Length of a bar. D : Diameter of a twine, U : Velocity of the flow.

結果と検討

網地の引き揚げ速度 U をかえて測定した結果から、 D/L の異なる網地のそれぞれについて抗力係数 D_s を計算した。えられた結果を Table 1 に示す。

いま網地が流れに平行におかれたばあい、流れの中におかれた物体の後方には後流によつて流速の小さい部分が生ずるから、Fig. 2 において流れの上流側の脚の後流の中に次の脚が入ることになる。

ここで一様な流速 U の流れの中におかれた物体の後方の流速を u とおくと、 u は次式で表わされることが知られている^{6,7)}。

$$u = \left(1 - \frac{0.86\sqrt{mC_D D \sin \phi}}{\sqrt{2l \cos \phi}} \right) U. \quad (4)$$

単位長さの脚に働く流れに沿う方向の抗力 F は、 ρ を水の密度とすると一般に $\frac{1}{2}C_D\rho DU^2 \sin^2\phi$ で与えられる。節の抵抗を無視し、節の半径を D とみて、第2脚の D から L まで、すなわち第2脚に働く抗力 F_ϕ を求めると、 $0.86\sqrt{mC_D}/\sqrt{2} = C$ とおいて、

$$\begin{aligned} F_\phi &= \frac{1}{2}C_D\rho DU^2 \sin^2\phi \int_D^L \left(1 - C\sqrt{\frac{D}{l} \tan \phi} \right)^2 dl \\ &= \frac{1}{2}C_D\rho DU^2 \sin^2\phi \left[\int_D^L dl - 2C\sqrt{D \tan \phi} \int_D^L \frac{1}{\sqrt{l}} dl + DC^2 \tan \phi \int_D^L \left(\frac{1}{l} \right) dl \right] \\ &= \frac{1}{2}C_D\rho DU^2 \sin^2\phi \left[L - D - 4C\sqrt{DL \tan \phi} + 4CD\sqrt{\tan \phi} + DC^2 \tan \phi \ln \frac{L}{D} \right]. \end{aligned} \quad (5)$$

前報⁷⁾で示したように最初の脚を除いて網地の面に沿う流速 u は一様であるから、単位面積の網地に働く抗力 $F_{s\phi}$ は

$$\begin{aligned} F_{s\phi} &= \frac{2F_\phi}{2L^2 \sin \phi \cos \phi} \\ &= \frac{1}{2}C_D\rho \left(\frac{D}{L} \right) U^2 \left(1 - \frac{D}{L} - 4C\sqrt{\frac{D}{L} \tan \phi} + 4C\frac{D}{L}\sqrt{\tan \phi} + \frac{D}{L}C^2 \ln \frac{L}{D} \tan \phi \right) \tan \phi. \end{aligned} \quad (6)$$

よつて $(D/L)^2$ の項を無視し $\phi=45^\circ$ のときの抗力を求めると、

$$F_{s45} = \frac{1}{2}C_D\rho \left(\frac{D}{L} \right) U^2 \left[1 - 4C\sqrt{\frac{D}{L}} \right]. \quad (7)$$

鈴木⁴⁾らと同様な考えで、かりに前後の脚を間隔が $L \cos \phi$ で、長さ $L \sin \phi$ の2本の平行棒で置きかえて流れの上流側の棒によつて発生する後流中に下流側の棒が入るとして一本あたりの抗力を求め、これから網

地の抗力を導びくと、

$$\begin{aligned} F_{s45} &= \frac{1}{2}C_D\rho \left(\frac{D}{L} \right) U^2 \left[1 - 2^{1/4} \times 0.86\sqrt{\frac{D}{L}} \right]^2 \\ &= \frac{1}{2}C_D\rho \left(\frac{D}{L} \right) U^2 \left[1 - 2.52\sqrt{\frac{D}{L}} + 1.59\frac{D}{L} \right] \end{aligned} \quad (8)$$

とおける。よつて $\rho=1$ とおき、かつ右辺第3項を無視すると抗力係数 D_{s45} は次式で表わすことができる。すなわち

$$D_{s45} = \frac{C_D}{2} \left(\frac{D}{L} \right) \left[1 - C'\sqrt{\frac{D}{L}} \right]. \quad (9)$$

Table 1 から最小自乗法によつて (9) 式の係数、 $C_D/2$ および C' を求めると次式で表わされる。すなわち

$$D_{s45} = 0.37 \left(\frac{D}{L} \right) - 0.58 \left(\frac{D}{L} \right)^{3/2}. \quad (10)$$

また C_D を1とおいたとき、すなわち $C_D/2=0.5$

Fig. 4. Relation between D/L and drag coefficient (D_s).

として C' を計算すると

$$D_{s45} = 0.5 \left(\frac{D}{L} \right) - \left(\frac{D}{L} \right)^{3/2} \quad (11)$$

となる。これらの関係は Fig. 4 に示す。これから実用上流れに平行におかれた網地の抗力係数は (11) 式で計算できることがわかる。

考 察

流れに平行におかれた平面網地の受ける抵抗は後流の干渉によつて減少し、その値は栗田の結果⁸⁾と同様 D/L がほぼ 0.10 までは D/L の関数であらわされる。

したがつて、漁具の流水抵抗を計算するためには、後流の干渉を考慮して計算する必要がある。特に、巾着網の網すそが沈降するときの網地の運動は流れにはほぼ平行であるからこのことが要求される。もつとも、模型巾着網では網地の剛さにくらべて沈降力と沈降速度が小さいから網地の張りが小さく、前後の脚は平面上に並ばないようにも思われる。このばあいは、干渉の大きさはここで求めた値より若干異なるであろう。このことについては更に検討したい。

文 献

- 1) M. TAUTI: This Bull, **3**, 1-4 (1934).
- 2) 藤田 博・横田敏之: 応用物理, **20** (2), 59-63 (1951).
- 3) 飯高勇之助・鈴木乙彦: ていち, **11**, 27-32 (1957).
- 4) O. SUZUKI, K. MATUDA: This Bull, **31**, 579-584 (1965).
- 5) 宮崎芳夫: J. Tokyo Univ. Fish., **50** (2), 79-189 (1964).
- 6) 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).
- 7) 小長谷庸夫: 本誌, **35**, 644-647 (1969).
- 8) 栗田 晋: 応用物理, **18** (8-9), 236-245 (1939).