水中を動く網地が受ける水の抵抗—V.

網地の吹かれ

野村正恒・森 敬四郎

(東海区水産研究所)

Resistance of Plane Net against Flow of Water—V.

On the Inclination of Net in a Current.

Masatsune NOMURA and Keishiro MORI

Fishing nets, when set under a current of waters, are liable to deformation. Since the synthetic fiber came in use for fishing nets, the more interests have been paid for decreasing the deformation of net due to currents so as to enhance the fishing efficiency.

In continuation to the previous paper¹⁾, experiments have been carried out to clarify the different inclinations of nets constructed of various kinds of fibers, the materials of which are listed in Table 1. Using a net stretched to a frame with an area of one square meter to make the mesh square, one side of it was kept on the water level, and the vertical distance h was measured at a current speed v in a way shown in Fig. 1. Next, the inclination of the frame without the net was also determined in the same way.

Then, the inclination of the net alone was calculated by deduction this inclinate effect of the frame itself from the former one.

Thus, the relations between the inclination h and the current speed v were obtained as shown in Fig. 2 according to different materials of the nets.

From the calculation, the weight of the net per unit in water w , under water speed v and angle of inclination θ , is expressed on the bases of diagrams in Fig. 3. by a formula :

$$w = a \cdot \frac{d}{l} \cdot \tan \theta \cdot v^2$$

where, d is the diameter of thread, l the size of a mesh and a the coefficient of resistance. It is noticed that the nets which are made of endless synthetic fibers such as Amilan (Polyamid), Saran (Vinylidene chloride), Kurehalon (Vinylidene chloride), Tevilon (Vinyle chloride) and Sikkon (Polyvinyle alcohol) are larger in the value of a than the nets of natural cut-fibers. In other words, a is the coefficient chiefly depending upon roughness of the surface of the netting cord. In order to decrease the inclination of nets, it is desirable to make the value of $a \cdot \left(\frac{d}{l}\right)$ as large as possible.

I. 緒 言

網漁具、例えば定置網が流水中で、或はまた巾着網が操網中に、良好な網成りを保っているかどうかという事はその網漁具の漁獲性能を決定づける最大の条件であり、此の点について漁業者は常に多くの注意を払っている。所で比重の違う合成繊維漁網が網成り或は操業上でこれまでの天然繊維漁網とはかなり違った状況を呈していることは、合成繊維が漁網として普及実用化されて以来漸次明らかになつて来た。さきに前報¹⁾で潮流に対する網糸の吹かれ方が網糸の種類によつてどの様に違うかを吟味する実験を行つたが、此の報告では次の段階として網地となつた時の吹かれ方が糸の種類で、どの様に相違するかを検討したものである。

II. 実験材料並びに実験方法

実験に使用した材料は第Ⅲ報²⁾のものと全く同じである。即ち取り上げた網糸の種類は第1表に示す様に天然繊維として、綿、トワイン、藁、合成繊維としてアミラン、テビロン、シルクロン、クレモナ、クレハロン、サランの計9種類である。

Table. 1. Specifications of materials used for the experiments.

Expt. No.	Kind of material	Dimention of the thread and the mesh :		Weight of net in water W gr.	Value of d/l	Expt. No.	Kind of material	Dimention of the thread and the mesh :		Weight of net in water W gr.	Value of d/l
1	Cotton	6 本	3.00 寸	2.8	.008 ₇	25	Silkron	6 本	1.80 寸	4.1	.015 ₃
2		6 本	0.64 寸	13.5	.040 ₈	26		*6 本	1.00 寸	8.8	.027 ₄
3		9 本	2.60 寸	4.5	.013 ₃	27		*6 本	0.50 寸	17.6	.053 ₂
4		4 本	0.56 寸	14.9	.042 ₆	28		18 本	2.45 寸	10.3	.022 ₁
5		6 本	0.77 寸	18.5	.038 ₈	29		18 本	1.80 寸	16.2	.031 ₅
6	Manila twine	1.0 匁	3.00 寸	42.1	.026 ₂	30		*18 本	1.00 寸	30.1	.054 ₅
7		1.3 匁	5.00 寸	49.2	.026 ₁	31		*36 本	1.50 寸	36.6	.042 ₈
8		1.0 匁	2.00 寸	79.2	.040 ₁	32		4 本	2.00 寸	2.0	.011 ₄
9		1.3 匁	4.00 寸	63.5	.031 ₅	33		6 本	0.66 寸	13.4	.044 ₃
10	Straw rope	2 分	2 尺	27.9	.012 ₇	34	Cremona	6 本	0.43 寸	26.8	.074 ₆
11		2 分	9.00 寸	61.4	.027 ₄	35		21 本	3.00 寸	12.5	.019 ₅
12		2 分	5.00 寸	121.5	.049 ₀	36		21 本	2.00 寸	22.0	.026 ₆
13		2 分	6.60 寸	88.9	.037 ₂	37		45 本	3.00 寸	26.5	.028 ₉
14	Amilan	6 本	0.70 寸	6.3	.030 ₈	38	Krehalon	6 本	0.40 寸	55.9	.055 ₂
15		12 本	2.00 寸	3.5	.015 ₄	39		18 本	1.50 寸	36.5	.024 ₀
16		4 本	0.58 寸	8.05	.033 ₀	40		18 本	1.00 寸	73.0	.039 ₈
17		30 本	2.00 寸	10.2	.023 ₀	41		30 本	2.90 寸	40.0	.019 ₃
18	Tevilon	6 本	0.45 寸	28.5	.049 ₆	42	Saran	72 本	3.00 寸	80.5	.028 ₆
19		15 本	2.00 寸	10.0	.016 ₁	43		6 本	0.40 寸	53.3	.053 ₇
20		30 本	2.00 寸	21.0	.025 ₇	44		9 本	1.25 寸	20.7	.019 ₂
21		30 本	3.00 寸	19.5	.017 ₇	45		24 本	3.00 寸	68.3	.021 ₈
22		60 本	3.00 寸	32.0	.023 ₂	46		30 本	3.00 寸	86.6	.026 ₁
23		60 本	2.00 寸	47.5	.032 ₇	47		36 本	3.00 寸	111.2	.026 ₆
24		60 本	1.50 寸	75.5	.044 ₄						

* The nets with asterisk had flat knot and all the others were of travler knots.

網地は全て、網目を正方形に保つて実験する為に、縦横共にその引き延ばした時の長さを 142 cm とし、径 0.6 cm のアルミニウム管で作った 1 m 平方の枠にとりつけた。吹かれの実験をする際には枠は出来る限り軽く抵抗の少ないものが望ましいので網をとった際、枠が変形しない限度で軽く細いものとしてアルミニウム管を使用したものである。このアルミニウム枠は水中重量が 51.5 g 及び 49 g の2つを使用した。実験は船型試験用水槽を使用し、網地を張った枠の一边を水面下 2cm の所に保ちつつ水槽を走るトラツクと共に動く様にし、他辺は自由に垂下させた。トラツクを走らせて、網地に流水が当たる時は、上辺を軸として廻転し任意の位置に於て平衡を保つ。此の様に枠を使用して吹かれの実験を行つたので、網地のみの吹かれを求めるには枠による影響を補正する必要がある。その補正は次の方法に従つた。

まず第1図に網の吹かれの側面図を示す。

網地の水中重量は全部網の中心部にかかるものとし、流水の全抵抗も仮りに圧力の中心にかかるものと考

Fig. 1. Forces acting on the net and frame in a current. r : 枠の横棒 1 本分の抵抗 (gr.), W_n : 供試網地の総水中重量 (gr.), W_f : 枠棒 3 本分の水中重量 (gr.).

(1) ÷ (2) から

$$P_{\theta n(v)}/P_{\theta n(v')} = \{(W_n + W_f) \cos \theta - r \sin \theta - P_{\theta f}\} / W_n \cos \theta \quad (4)$$

ここで左辺の値は v^2/v'^2 となるから、枠のみの抵抗実験から r 及び $P_{\theta f}$ が求まれば、 v' は求められる。 r は各速度に於ける $\theta = 90^\circ$ の時の枠の抵抗を求めその 1/4 の値をとる。一方 $P_{\theta f}$ は

$$P_{\theta f} = \frac{\rho}{2} \cdot c_x \cdot d \cdot s \cdot v^2 \quad (5)$$

とおくと、(3) から

$$\frac{\rho}{2} \cdot c_x \cdot d \cdot s \cdot v^2 = W_f \cos \theta - r \sin \theta$$

但し、 s : 枠の棒 2 本分の長さ (cm), d : 枠棒の直径 (cm), ρ : 水の密度 (g/cm^3)。

枠のみの抵抗実験を行えば上式から c_x と θ との関係が求められる。かくして (1) 式での θ のときの

Fig. 2. The relation between current speed v' and the distance h which indicate the inclination of the net.

c_x をとり、(1) 式の v を使つて (5) に代入すれば $P_{\theta f}$ は求められる。此の際 c_x は Re . 数に依つて当然変化することが予想されるが、枠のみの場合の θ と、枠に網をつけた場合の θ とが同じであるときの v の値には大した違いがないから、 Re . 数の変化による c_x の変化も少ないと見なし、又 (4) 式で $P_{\theta f}$ の値は他の項に比してその値が小さいことから、 $P_{\theta f}$ を此の方法で求めた。

かくして (4) 式より v' を求め、 θ と v' との関係を各網について求めた。第2図には、網糸の種類別に網地の $v' \sim h$ 曲線を図示した。図の中の番号は第1表に示した網地番号を示す。尚流速 v は 4~40 cm/sec. の範囲で1つの網地につき約6点の実験を行い、各 v 毎に吹かれの深さ h として枠の上辺から下辺までの垂直距離 (cm.) を測定したものである。

III. 実験結果とその検討

流向に対し角 θ を保つたときの網地の流れの方向の抵抗係数を d_{θ} 、流れに垂直な方向の抵抗係数を l_{θ} とすると、網目が正方形に開いているときは、田内³⁾に依れば

$$d_{\theta} = a' \left(\frac{d}{l} \right) (2 - \cos^2 \theta) + b' \left(\frac{d}{l} \right)^2 F$$

$$l_{\theta} = a' \left(\frac{d}{l} \right) \sin \theta \cdot \cos \theta + b' \left(\frac{d}{l} \right)^2 F'$$

となる。但し d は網糸の直径 l は目合を示す。従つて網地の全抵抗 $P_{\theta s}$ は次式で示される。

$$P_{\theta s} = \left\{ 2a' \left(\frac{d}{l} \right) \sin \theta + b' \left(\frac{d}{l} \right)^2 (F \sin \theta + F' \cos \theta) \right\} s \cdot v^2$$

但し s は網地の面積とする。

F , F' は θ の函数であるがこれを const. とし、且つ $F = F'$ と見做し得るものとする。 $\frac{P_{\theta s}}{s} = R$, $2a' = a$, $b'F = b$, $\frac{d}{l} = m$ とおくと上式は

$$R = \{ am \sin \theta + bm^2 (\sin \theta + \cos \theta) \} v^2$$

となる。網地の単位面積当りの水中重量を ω とすると (2) 式より $R = \omega \cos \theta$ となるから、上式に代入すると

$$(a + bm) \tan \theta + bm = \frac{\omega}{mv^2} \quad (6)$$

を得る。サラン網地の例について、 $\tan \theta$ と $\frac{1}{v^2}$ との関係を実験値から求めて第3図に示したが、いずれも略直線関係にあると見てよく (6) 式を満足して居り、且つ殆んど原点近くを通る。従つて $\frac{bm^2}{\omega} = 0$ とすると

$$\begin{aligned} (6) \text{ 式より} \quad \tan \theta &= \frac{\omega}{m(a + bm) \cdot v^2} \\ &= \frac{\omega}{a \cdot m \cdot v^2} \left(1 + \frac{bm}{a} \right) \end{aligned}$$

Fig. 3. The relation between value of $1/v^2$ and $\tan \theta$ in case of Saran net.

こゝで $\frac{bm}{a}$ が 1 に比して無視し得る程小であるとする

$$\tan \theta \approx \frac{\omega}{a \cdot m \cdot v^2} \dots \dots \dots (7)$$

となる。

網地の吹かれ難いこと、即ち与えられた流速に於て $\tan \theta$ の大なることに対する条件は a の値の小なること並びに $\frac{\omega}{m}$ 即ち $\frac{\omega}{d/l}$ の値の大なることである。

a の値は網地の材料により異なるものである。(7) 式が成立つものと考えて各網地につき実験による $\frac{\omega}{v^2 \tan \theta}$ と d/l との関係を見ると第 4 図となり、之れより a の値を $c \cdot g \cdot s$ 単位で求めると、大略値が 2.7, マニラトワイン, 綿, クレモナが 2.3, その他の合成繊維が 1.8 となつた。

同一材料の糸で作られた網地については吹かれの大小は $\frac{\omega}{d/l}$ の値に関係する。此の値の大きさの順序と第 2 図に示される実験結果より見られる吹かれ難さの順序とを比較すると第 2 表の如く両者は殆んど一致している。

扱て網目の結節に要する糸の長さを σd とし、糸の密度を ρ , 水の密度を ρ_w とすると

$$\begin{aligned} \omega &= (2l + \sigma d) \frac{\pi}{4} d^2 \times \frac{(\rho - \rho_w)}{l^2} = \frac{\pi}{4} (\rho - \rho_w) m^2 (2 + \sigma m) l \\ &= km^2 (2 + \sigma m) l \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

但し $k = \frac{\pi}{4} (\rho - \rho_w)$ とする。

Fig. 4. The relation between value of $\frac{\omega}{\tan \theta \cdot v^2}$ and $\frac{d}{l}$.

Table 2.

Expt. No.	Kind of material	ω (gr./cm ²)	d/l	ω d/l	The orders in value of $\frac{\omega}{d/l}$ within same material	The orders in inclination obtained from the experiment
1	cotton	2.8×10^{-4}	0.87×10^{-2}	3.22×10^{-2}	1	1
2		13.5 "	4.08 "	3.30 "	2	1
3		4.5 "	1.33 "	3.46 "	3	2
4		14.9 "	4.26 "	3.48 "	4	1
5		18.5 "	3.88 "	4.75 "	5	3
6	manila twine	42.1 "	2.62 "	16.1 "	1	1
7		49.2 "	2.61 "	18.8 "	2	2
8		79.2 "	4.01 "	19.7 "	3	1
9		63.5 "	3.15 "	20.2 "	4	3
10	straw rope	27.9 "	1.27 "	21.9 "	1	3
11		61.4 "	2.74 "	22.4 "	2	4
12		121.5 "	4.90 "	24.8 "	4	1
13		88.9 "	3.72 "	23.9 "	3	2
14	Amilan	6.3 "	3.08 "	2.05 "	1	1
15		3.5 "	1.54 "	2.27 "	2	2
16		8.05 "	3.30 "	2.44 "	3	4
17		10.2 "	2.30 "	4.44 "	4	3
18	Tevilon	28.5 "	4.96 "	5.75 "	1	1
19		10.0 "	1.61 "	6.21 "	2	3
20		21.0 "	2.57 "	8.17 "	3	2
21		19.5 "	1.77 "	11.0 "	4	4
22		32.0 "	2.32 "	13.8 "	5	5
23		47.5 "	3.27 "	14.5 "	6	7
24		75.5 "	4.44 "	17.0 "	7	6
25	silklon	4.1 "	1.53 "	2.68 "	1	1
26		8.8 "	2.74 "	3.21 "	2	2
27		17.6 "	5.32 "	3.31 "	3	3
28		10.3 "	2.21 "	4.66 "	4	4
29		16.2 "	3.15 "	5.15 "	5	4
30		30.1 "	5.45 "	5.52 "	6	5
31		36.6 "	4.28 "	8.55 "	7	6
32	Cremona	2.0 "	1.14 "	1.75 "	1	1
33		13.4 "	4.43 "	3.10 "	2	2
34		26.8 "	7.40 "	3.62 "	3	3
35		12.5 "	1.95 "	6.41 "	4	4
36		22.0 "	2.66 "	8.27 "	5	6
37		26.5 "	2.89 "	9.16 "	6	5
38	Kurehalon	55.9 "	5.52 "	10.1 "	1	1
39		36.5 "	2.40 "	15.2 "	2	2
40		73.0 "	3.98 "	18.3 "	3	3
41		40.0 "	1.93 "	20.7 "	4	4
42		80.5 "	2.86 "	28.2 "	5	5
43	Saran	53.3 "	5.37 "	9.92 "	1	1
44		20.7 "	1.92 "	10.8 "	2	2
45		68.3 "	2.18 "	31.3 "	3	3
46		86.6 "	2.61 "	33.2 "	4	4
47		111.2 "	2.66 "	41.8 "	5	5

(8) 式を (7) 式に入れると

$$\begin{aligned}\tan \theta &= \frac{km(2+\sigma m)l}{a \cdot v^2} \\ &= \frac{kd(2l+\sigma d)}{a \cdot l \cdot v^2}\end{aligned}$$

従つて, m, l, d, a, ρ, v の内, 任意の 1 つが変つた時の θ の増減の様子は次式の正負の結果から求められる。

$$\frac{\partial \theta}{\partial m} = \frac{2kl}{a \cdot v^2} (1+\sigma m) \cos^2 \theta > 0$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial l} = \frac{-\sigma kd^2}{av^2 l^2} \cos^2 \theta < 0$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial d} = \frac{2k(l+\sigma d)}{a \cdot lv^2} \cos^2 \theta > 0$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial a} = \frac{-kd(2l+\sigma d)}{a^2 lv^2} \cos^2 \theta < 0$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial \rho} = \frac{\pi m(2+\sigma ml)}{4av^2} \cos^2 \theta > 0$$

$$\frac{\partial \theta}{\partial v} = \frac{-2km(2+\sigma m)l}{av^3} \cos^2 \theta < 0$$

終りに臨み, 御指導を賜つた宮本秀明先生, 高山重嶺漁具漁法部長, 原稿の御校閲並びに貴重な御教示を賜つた源生一太郎所長に対し深甚の謝意を表する。亦実験材料に御配慮を頂いた帝国人絹, 紡機製造, 倉敷レイヨン, 呉羽化成, 旭化成, 三鷹漁網並びに平田紡績の各会社各位に対し心から御礼申上げる。

文 献

- 1) 野村正恒・野沢 靖 : 水中を動く網地が受ける水の抵抗—Ⅳ. 網糸の吹かれ, 本誌 20 (9), 762~769 (1955).
- 2) 野村正恒・森 敬四郎 : 同上—Ⅲ. 網糸の種類による流水抵抗の違い, 本誌, 21 (11), 1110~1113 (1951).
- 3) 田内森三郎 : “水産物理学”, 朝倉書店, 東京 (1949), pp. 58~64