

韓國 近海에 있어서의 中層트로울의 研究—Ⅳ

—漁具의 流體抵抗과 展開板의 性能—

李秉錡 · 金鎮乾 · 崔宗和 · 張鎬榮

釜山水產大學

(1987년 2월 17일 접수)

Study on the Midwater Trawl Available in the Korean Waters—Ⅳ

—Hydrodynamic Resistance of the Gear and Efficiency of the Otter Board—

Byoung-Gee LEE, Jin-Kun KIM, Jong-Hwa CHOE, Ho-Young CHANG

National Fisheries University of Pusan

(Received February 17, 1987)

The authors carried out an experiment to measure the hydrodynamic resistance of the gear and the efficiency of otter board of the midwater trawl, which is the same used in the former experiment in this series of studies.

The whole resistance of the gear was measured by a 10ton scale recording tension meter and the resistance of net by a 2ton scale underwater recording tension meter, and they were analyzed into the shearing force and the drag with relevant factors determined in the former experiments.

The results obtained can be summarized as follows:

1. The whole drag of gear $T(kg)$ and the drag of net $R_N(kg)$ can be expressed as

$$T = 2.15 v^{1.12}$$

$$R_N = 1.96 v^{1.01} \quad (v: \text{towing speed in } m/sec)$$

2. The formula of estimating the drag of net deduced by Koyama's method can be expressed as

$$R_N = 4.3 \frac{d}{l} abv$$

3. The shearing force and the drag of otter board is about 19 to 22% and 5 to 7% of the drag of net, respectively. Whereas, the shearing coefficient and the drag coefficient calculated by the resistance and the opening of gear are 1.5 and 0.42, respectively.

緒 言

曳網漁具의 流體抵抗에 관하여는 Freedman(1969), 谷口(1956), 小山(1963) 등에 의한 研究들이 있으나, 기본적으로 漁具의 流體抵抗은 微視的으로 보면 작용하는 要素들이 대단히 많아서 測定된 特定漁具의 流體抵抗으로부터 유사한 漁具의 流體抵抗을 추산하

기가 곤란한 경우가 많다.

그러나, 實用的으로는 精密度가 다소 떨어지더라도 巨視的으로 漁具의 抵抗을 추산할 수 있는 方法의 발견이 요망된다.

著者들은 中層 트로울漁具의 한쪽 끝줄에 張力計를 장치하고, 또 船尾에서 끝줄의 傾角과 展開角을 측정하여 그것의 曳網方向의 水平分力을 구하는 한

편, 展開板의 꼬릿줄(otter pendant) 끝에 自記式張力計를 장치하여 그물목줄에 걸리는 張力을 측정한 후, 후릿줄의 展開角을 계산하여 그물목줄에 걸리는 張力의 曳網方向의 分力을 구하여, 끌줄에 걸리는 張力의 水平分力과의 差로서 展開板과 끌줄의 抵抗力을 구하고, 그것에서 다시 計算에 의하여 얻어진 끌줄의 抵抗力을 빼어 展開板의 抵抗力을 구하였다.

또, 그물의 抵抗力은 巨視的으로 그물의 抵抗力을 구하기 위하여 小山(1963)가 제시한 式의 몇 가지 要素를 위에서 얻은 그물의 抵抗力에서 구하여 實驗에 사용한 그물과 構成이 비슷한 그물의 抵抗力을 추산할 수 있는 式을 유도하였다.

方 法

1. 漁具의 全抵抗과 그물의 抵抗

漁具의 全抵抗은 10톤짜리 記錄式張力計(TMI-BLH, SS505-515)의 感知部의 한쪽 끝을 트로울 윈치의 支柱에 고정하고, 다른 쪽 끝을 한쪽 끌줄에 와이어 클립으로서 미끄러지지 않도록 집착시켜 측정하였으며, 끌줄의 傾角은 끌줄에 대형의 角度器를 걸어서 측정하였다.

그리하여 漁具의 全抵抗力 T 는 한쪽 끌줄에 걸리는 張力을 T_w , 끌줄의 展開角을 2α , 傾角을 θ 라 하여

$$T = 2 T_w \cos \alpha \cdot \cos \theta$$

로서 계산하였다. 단, 여기서 α 와 θ 는 II 報 및 III 報에서 보고한 展開板의 實測 길이와 實測 展開間隔으로부터 추정된 展開板의 위치로부터 배의 top roller 까지 끌줄이 직선으로 떨어진다고 보고 계산하였다.

그물의 抵抗力 R_N 은 展開板의 꼬릿줄(otter pendant) 과 그물목줄(net penant) 사이에 2톤짜리 自記式張力計(YANAGI, No. 79137)을 장치하여 한쪽 그물목줄에 걸리는 張力 R_0 를 측정하고, 그물목줄의 展開角을 2β 라 할 때

$$R_N = 2 R_0 \cos \beta$$

로서 계산하였다. 단, 그물의 抵抗力은 엄밀히는 그물목줄 등의 抵抗力을 제외한 網地 부분만의 抵抗力일 것이나, 實物漁具에서는 網地 부분만의 抵抗力을 구할 수가 없고, 또 줄이 없이는 그물이 展開될 수 없으므로 이들을 합한 것을 그물의 抵抗力으로 보았다.

또, 그물의 抵抗을 推算하기 위한 式의 유도는 小山(1963)가 4~6쪽짜리 트로울그물의 抵抗을 추산함에 있어, 끌자루를 제외한 날개부터 자루 끝까지의

網地의 각 부분의 실의 직경과 그물코의 1개의 발의 길이의 比의 平均을 d/l , 자루 입구를 주름없이 펼친 둘레를 $a(m)$, 날개 끝부터 끝자루 끝까지 주름없이 펼친 길이를 $b(m)$, 曳網速力을 $v(m/sec)$, 比例常數를 k 라 하면, 그물의 抵抗 R_N 은

$$R_N = k \frac{d}{l} abv^n$$

이라 표현할 수 있다고 하고. 實物의 底層 트로울의 경우 $k=8, v=2$ 정도라고 하였는데, 여기서는 $\frac{d}{l} ab$ 는 그물의 設計圖로부터 구하고, n 은 抵抗의 實測値에서 구하여

$$k = \frac{R_N}{\frac{d}{l} abv^n}$$

으로서 k 를 구하였다.

2. 展開板의 展開力과 抵抗力

展開板의 展開力係數 F_L 은 한쪽 끌줄에 걸리는 張力을 T_w , 傾角을 θ , 展開角을 2α , 그물목줄에 걸리는 張力을 R_0 , 그물목줄의 展開角을 2β 라 하면

$$F_L = T_w \cos \theta \cdot \sin \alpha + R_0 \sin \beta$$

라고 표현할 수 있는데, $T_w, R_0, \theta, \alpha, \beta$ 등은 앞에서 설명한 값들을 썼으며, 展開力係數 C_L 은

$$C_L = \frac{2 F_L}{\rho S v^2}$$

에 의하여 계산하였다.

展開板의 抵抗力은, 먼저 展開板의 抵抗力(F_D)과 끌줄의 抵抗力(R_r)의 합 $F_D + R_r$ 이 漁具의 全抵抗力에서 그물의 抵抗力을 뺀 것과 같으므로

$$F_D + R_r = T - R_N$$

이라고 표현된다.

여기서, R_r 은 抵抗力係數를 C_d , 끌줄의 直徑을 $D(m)$, 길이를 $L(m)$, 海水密度를 ρ , 曳網速力을 $v(m/sec)$ 라 하면

$$R_r = \frac{1}{2} C_d \rho D L v^2$$

라고 표현되는데, 實驗에 쓰인 끌줄의 D 는 $22 \times 10^{-3} m$, L 은 $150 m$ 이고, C_d 는 李(1985)가 인용한 DieI 의 實驗値에서 끌줄이 흐름과 이루는 角度를 추정하여 구하였다. 또, 海水密度 ρ 는 $105 kg \cdot sec^2/m^4$ 으로 보았다.

그리하여 $R_0 + R_r$ 에서 R_r 을 뺀 값을 F_D 라 보고 展開板의 抵抗力係數 C_D 는

$$C_D = \frac{2 F_D}{\rho S v^2}$$

에 의하여 계산하였다.

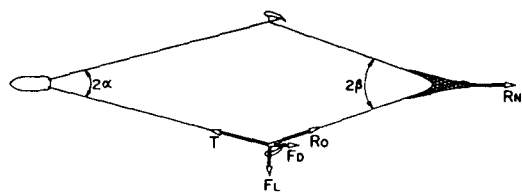


Fig. 1. Equilibrium of force acting around the otter board. Where T : the horizontal component of whole resistance, R_o : tension of hand rope, R_N : drag of net, 2α : divergence of warp, 2β : that of net pendant, F_L : shearing force of otter board, F_D : drag of that.

結果 및 考察

1. 漁具의 全抵抗과 그물의 抵抗

船上에서 記錄式張力計로서 측정한 張力의 曳網方向의 水平分力과 展開板 꼬릿줄 끝에 장치한 自記式張力計로서 측정한 張力의 曳網方向의 分力을 각각 漁具의 全抗力과 그물의 抗力이라고 보아, 全對數方眼紙上에 曳網速力에 따라 플롯한 것은 Fig. 2와 같다.

이것에서 이들 그래프는 거의 直線을 이루며, 最小自乘法으로 구한 方程式은

$$\text{全抗力 } T = 2.15 v^{1.12}$$

$$\text{그물의 抗力 } R_N = 1.95 v^{1.01}$$

Table 1. Value of $\frac{d}{l}ab$ in the experimented net, which is applied in the Koyama's formula for estimating the resistance of trawl net

d/l						b		a			
part of net	no. of ply	mesh size (mm)	d (mm)	l (mm)	d/l	no. of mesh	str. length (m)	part of net	mesh size (mm)	no. of mesh	str. length (m)
wing	180	1,000	4.7	500	0.009	14	14.0	baiting	200	250	50.0
protector	180	200	4.7	100	0.047	10	2.0	side panel	200	250 × 2	100.0
bag 1st	180	1,000	4.7	500	0.009	10	10.0	belly	200	250	50.0
2nd	150	800	4.3	400	0.011	10	8.0				
3rd	90	400	3.3	200	0.017	25	10.0	total (=a)			200.0
4th	60	200	2.7	100	0.027	25	5.0				
5th	60	100	2.7	50	0.054	25	2.5				
6th	90	60	3.3	30	0.110	50	3.5				
cod end	108	60				160	9.6				
total of d/l					0.284	total (=b)	64.1	$\frac{d}{l}ab$			455.1
mean of d/l					0.0355						

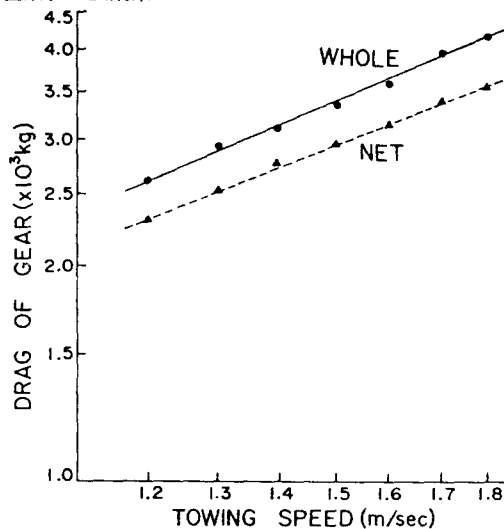


Fig. 2. Drag of whole gear and net.

으로서 v 의 指數는 2보다 훨씬 작아 1에 가깝다.

이것은 試驗漁具의 網目이 보통의 底層 트로울에서보다 상당히 커서 물의 餘과가 원활하기 때문인 것 같으며, 全抗力 쪽의 指數가 그물쪽의 指數보다 0.1 정도 큰 것은 展開板이나 끝줄등의 抗力에 있어서의 v 의 指數가 1보다는 상당히 크기 때문인 것으로 생각된다.

또, 이것에서 小山의 抵抗의 式에서 주어지는 v 의 指數를 $1, \frac{d}{l}ab$ 는 Table 1과 같이 455라 보고 계산한 比例常數 k 는 4.3이다. 따라서 試驗에 쓰인 것과 構造가 비슷한 그물의 경우에는 그 抵抗式을 대략

Table 2. Calculation of the shearing and the drag coefficient of otter board

v (m/sec)	T (kg)	θ	α	$T \cos \theta \cdot \sin \alpha$ (kg)	R_s (kg)	$R_{s'}$ (kg)	F_L (kg)	$\rho S v^2 C_L$	① $T \cos \theta \cdot \cos \alpha$ (kg)	② $R_s \cdot \cos \beta$ (kg)	①-② (kg)	C_D of warp	R_r (kg)	F_D (kg)	C_D		
1.3	1,630	27	9	230	1,310	12	275	505	621	1.6	1,440	1,280	160	0.15	40	120	0.39
1.4	1,730	24	10	270	1,400	12	290	540	721	1.5	1,560	1,370	190	0.13	40	150	0.42
1.5	1,830	22	10	290	1,500	13	345	635	827	1.5	1,670	1,460	210	0.12	50	160	0.40
1.6	1,940	20	10	320	1,600	13	370	690	941	1.5	1,790	1,550	240	0.10	40	200	0.43
1.7	2,080	18	10	340	1,720	13	395	740	1,062	1.4	1,940	1,670	270	0.09	50	220	0.42
1.8	2,200	16	10	370	1,820	13	420	790	1,191	1.3	2,070	1,770	300	0.08	40	260	0.44

$$R_N = 4.3 \frac{d}{l} abv$$

라고 표현할 수 있다.

따라서, 이 쥘의 그물은 曳網速力에 따른 抗力이 작아서 그물을 다소 크게 하여도 曳網力에 미치는 영향이 매우 작음을 알 수 있다.

2. 展開板의 展開力과 抗力

앞에서 주어진 式들을 활용하기 위하여 필요한 要素들을 漁具各部의 展開間隔, 流體抵抗 등의 實測值로부터 구하여 展開板의 展開力과 抗力 및 그 係數를 구한 結果는 Table 2와 같다.

이것에서 보면, 먼저 한쪽 展開板의 展開力은 500~790 kg으로 그물의 抗力 2,600~3,600 kg의 19~22%되어 底層 트로울에서 展開板의 展開力이 20% 정도면 된다는 것과 잘 일치한다.

또 이 표에서 C_L 의 값은 速力이 1.3 m/sec인 때 1.6, 1.8 m/sec인 때 1.3이고 中位數는 1.5로서 速力이 빨라지면 작아지고 있는데, 이것은 計算에 쓰인 要素들 중 각 부분의 角을 끝줄·그물목줄 등이 直線이라고 보고 계산한데서 생기는 誤差가 포함되었기 때문인 것 같다. 그러나 Crewe (1964)가 제시한 彎曲度 12%인 單純彎曲型 展開板의 最大有效進行角度인 30°전후에 있어서의 展開力係數가 1.4내외인 것과 거의 일치한다.

展開板의 抗力은 漁具의 全抗力에서 그물과 끝줄의 抗力을 빼야 하는데, 끝줄의 抗力係數를 DieI의 實驗值에서 구하면 速力 1.3 m/sec인 때 0.15, 1.8 m/sec인 때 0.03이며, 한쪽 끝줄의 抗力은 40~50 kg이다.

따라서, 한쪽 展開板의 抗力은 120~260 kg으로서 速力이 빨라짐에 따라 커지나, 그것의 그물의 抗力에 대한 比는 5~7%로서 큰 차이가 없고, 抗力係數는 0.39~0.44이고 中位數는 0.42이다.

이 값은 Crewe (1964)가 最大有效進行角度 30°에서 0.7이라고 한 것, 李 등(1937)의 模型實驗에서는

最大有效進行角度는 25°이고 그때 C_D 는 0.42. 進行角度 30°에서는 0.50이라 한 것과 비교하면, 우선 最大有效進行角度가 本實驗에서는 35° 전후(I報), Crewe에 의한 것은 30°전후, 李 등의 模型實驗에서는 25° 전후여서 상당한 차이가 나는 것도 있고, 그에 따라 C_D 도 本實驗에서는 0.42인데, Crewe에 의한 것은 0.7이며, 李 등에 의한 것은 進行角度 25°에서 0.42, 30°에서 0.50여서 상당한 차이가 있다.

이와 같은 차이가 나는 이유로서는 Crewe의 것은 가로세로비가 1/2인데 비하여 本試驗이나 李 등의 模型實驗에서는 모두 그것이 2.07정도여서 우선 形狀에 차이가 있고, 또 本試驗에서는 展開板의 抗力을 직접적으로 측정한 것이 아니고 漁具의 全抗力에서 끝줄과 그물의 抗力을 빼서 간접적으로 추산한 것이므로 이들 힘의 測定過程에서 상당한 誤差가 개입될 수 있는데도 있을 것 같다.

그러나, 本試驗의 推算値는 李 등이 模型實驗에서 직접 測定한 값과는 最大有效進行角度는 10°정도의 차이가 있지만 C_D 의 값은 각각의 最大有效進行角度에 있어서의 값을 비교해도 20%정도 밖에 차이가 나지 않는데 비하여, Crewe의 값은 本實驗의 推算値와는 67%, 李 등의 模型實驗値와는 40%의 차이가 있는데, 이것은 가로세로비에 따른 차이 외에 測定方法에 의한 차이도 상당히 있기 때문인 것 같다.

要 約

韓國 近海에서 조업하는 트로울船에 알맞은 中層 트로울漁具를 개발하기 위하여 釜山水產大學 實習船 부산 404호(160 GT, 750ps)로서 조업하기에 알맞게 설계된 漁具로서 漁具의 流體抵抗을 측정하고, 그것으로부터 漁具의 流體抵抗을 추산할 수 있는 式을 유도하고, 또한 展開板의 展開力係數와 抗力係數를 구한 것을 要約하면 대략 다음과 같다.

1. 漁具의 全抗力 $T = 2.15 v^{1.12}$, 그물의 抗力

$R_N = 1.96 v^{1.01}$ 으로서 v 의指數는 1 에 가까워서 그 물이 물을 잘 여과시켜줌을 시사한다.

2. 小山의 抵抗의 式에 따라 구한 그물의 流體抵抗의 推算式은

$$R_N = 4.3 \frac{d}{l} abv$$

라고 표현할 수 있다.

3. 展開板의 展開力은 그물의 抗力의 19~22%이고, 展開力係數는 1.5정도이며, 抗力은 그물의 抗力의 5~7%이고, 抗力係數는 0.42정도이다.

謝 辭

이 研究는 大型機船底引網水産業協同組合의 研究費支援에 의하여 이루어진 것이며, 研究費의 支援을 위하여 많은 努力을 해 주신 組合長 崔賢柱씨, 近海 트로울協會長 孫英吉씨, 試驗의 수행에 적극 협조하여 주신 釜山水産大學 實習課長 高冠瑞 博士, 釜山 404호 乘務員 一同 등의 여러분들께 깊은 感謝를 드립니다.

文 獻

Dickson, W. (1971): Trawl gear selection, design

and construction in relation to fish behavior, vessel power and fishing conditions. M.F.G. -III.

Freedman, A.L. (1969): Geometry and resistance of trawls. UNDP. FAO. TA 2277-11.

_____ (1971): Method of achieving optimum trawling operation. M.F.G.-III

Crewe, P. R. (1964): Some of the general engineering principles of trawl gear design. M. F. G.-II.

谷川武夫(1956): 水中における各種囊網の抵抗について I-V. 日水誌 21(5)~21(12).

川上太左英(1966): 曳網の力學, 日水誌 30(10).

小山武夫(1963): 設計圖面より底引網の流水抵抗を求める近似式について. 東水研報 43.

李秉鎬 등 (1987): 單純彎曲型和 슈퍼-V型 展開板의 流體力學的 性能에 관한 模型實驗. 韓水誌 20(2).

李秉鎬 등 (1986): 韓國 近海에 있어서의 中層트로울의 研究-I. 本誌 22(4).

李秉鎬 등 (1986): 韓國 近海에 있어서의 中層트로울의 研究-II. 本誌 22(4).

李秉鎬 등 (1987): 韓國 近海에 있어서의 中層트로울의 研究-III. 本誌 23(1).