

그물漁具의 流水抵抗과 模型守則

2. 자루形 그물의 流水抵抗

金 大 安

麗水水産大學校 海洋生産學科

Flow Resistance and Modeling Rule of Fishing Nets

2. Flow Resistance of Bag Nets

Dae-An KIM

Department of Marine Science and Technology, Yosu National Fisheries University,
Yosu 550-749, Korea

In order to make clear the resistance of bag nets, the resistance R of bag nets with wall area S designed in pyramid shape was measured in a circulating water tank with control of flow velocity v and the coefficient k in $R=kSv^2$ was investigated. The coefficient k showed no change in the nets designed in regular pyramid shape when their mouths were attached alternately to the circular and square frames, because their shape in water became a circular cone in the circular frame and equal to the cone with the exception of the vicinity of frame in the square one. On the other hand, a net designed in right pyramid shape and then attached to a rectangular frame showed an elliptic cone with the exception of the vicinity of frame in water, but produced no significant difference in value of k in comparison with that making a circular cone in water. In the nets making a circular cone in water, k was higher in nets with larger d/l , ratio of diameter d to length l of bars, and decreased as the ratio S/S_m of S to the area S_m of net mouth was increased or as the attack angle θ of net to the water flow was decreased. But the value of kS/S_m was almost constant in the region of $S/S_m=1\sim 4$ or $\theta=15\sim 90^\circ$ and increased linearly in $S/S_m>4$ or in $\theta<15^\circ$. However, these variation of k could be summarized by the equation obtained in the previous paper. That is, the coefficient k ($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$) of bag nets was expressed as

$$k=160R_e^{-0.1}\left(\frac{S_n}{S_m}\right)^{1.2}\left(\frac{S_m}{S}\right)^{1.6}$$

for the condition of $R_e<100$ and

$$k=100\left(\frac{S_n}{S_m}\right)^{1.2}\left(\frac{S_m}{S}\right)^{1.6}$$

for $R_e\geq 100$, where S_n is their total area projected to the plane perpendicular to the water flow and R_e the Reynolds' number on which the representative size was taken by the value of λ defined as

$$\lambda=\frac{\pi d^2}{2l \sin 2\varphi},$$

where 2φ is the angle between two adjacent bars, d the diameter of bars, and $2l$ the mesh size. Conclusively, it is clarified that the coefficient k obtained in the previous paper agrees with the experimental results for bag nets.

Key words : bag nets, resistance coefficient, Reynolds' number

2. 자루形 그물의 流水抵抗

緒 論

그물漁具의 力學的 性質 中 流水抵抗을 가장 重要하게 취급하는 트롤, 機船 底引網, 鮫鯨網 等の 抵抗型 漁具類는 그물이 모두 자루 形態를 이루므로, 이들 漁具의 流水抵抗을 解析하는 데에는 자루그물의 抵抗이 重要的 基礎가 될 수 있다. 그러나, 자루그물의 抵抗을 직접 調査한 例는 Taniguchi(1955, 1956, 1957, 1968, 1969)의 實驗에 불과하고, Taniguchi(1955, 1956, 1957)의 實驗 結果를 사용하여 計算에 의한 結果와 비교한 Miyazaki(1964)의 研究가 주목되는 정도인데, 이들은 둘 다 實驗 方法이나 抵抗의 解析 方法에서 多少의 問題點을 지닌 것 같다. 즉, Taniguchi의 實驗에서는 그물 入口를 硬度가 작은 대나무 틀에 고정하거나 자루 힘줄을 거의 부착하지 않았고, 一部 그물은 船舶을 이용하여 海上에서 曳引하는 등 實驗上에 誤差를 誘發하는 要因이 있었을 뿐만 아니라, 주로 抵抗에 관련되는 要素들을 變化시켜 抵抗의 變化가 無視되는 範圍를 제시하는 정도에 불과하였으며, Miyazaki는 抵抗의 計算値를 구하는 데 있어 자루그물을 微小 平面 그물감의 集合體로 간주하고, 자루의 形狀을 特定 函數의 曲線으로 近似化시켜 微小 平面 그물감의 抵抗을 그물 全體에 대해 合算하는 方法을 취하였기 때문에, 매우 複雜하고 多樣한 形狀을 취하는

實際 그물에는 適用하기 곤란한 것이라고 볼 수 있다.

그러나, 前報(Kim, 1995)에 의하면 그물을 그것의 領域圈 內로 물을 流入한 後 領域圈 밖으로 透過시키는 하나의 有孔性 構造物로 간주하여 그 抵抗을 解析할 경우, 그물의 形狀에 크게 구애받을 필요가 없어지고 Miyazaki(1964)와 같은 合算 過程도 필요 없어지며 또 平面 그물감에 관한 實驗 結果들을 適用시켜 본 結果 그 妥當性도 충분히 確認되었기 때문에, 本 實驗에서는 자루그물의 構造와 形狀 및 構成 그물감의 規格을 變化시켜 그 抵抗을 測定함으로써, 이들 各 要因의 變化에 따른 抵抗의 變化를 調査하고, 자루그물의 抵抗 역시도 前報(Kim, 1995)에서 구한 抵抗式에 의해 精度 높게 解析되는가를 確認하는데 注力하였다.

材料 및 方法

前記한 抵抗型 漁具類의 자루그물들은 四角 以上の 多角錐形으로 設計되는 것이 보통이나, 本 實驗에서는 가장 간단한 경우로 해서 入口 둘레 1.13m의 正四角錐形으로 設計된 자루그물을 主된 調査 對象으로 정하고, Table 1에 보이는 5가지 規格의 柔軟한 Nylon 그물감으로 所定 길이의 正四角錐形 자루그물을 設計

Table 1. Size and netting materials of bag nets used in the experiment(L and L' : Completed and stretched length of bags, L'' : Length of lacing line, N₁ and N₂ : Number of meshes at the fore edge and lengthwise direction in each panel of bags)

Net	θ _c (°)	L (m)	L'' (m)	L' (m)	Nettings used				
					d(mm)	2l(mm)	d/l	N ₁	N ₂
A	15	0.695	0.709	0.803	0.55	9.5	0.124	59	85
B	〃	〃	〃	〃	0.47	11.2	0.091	50	72
C	〃	〃	〃	〃	0.38	10.2	0.080	55	79
D	〃	〃	〃	〃	0.35	12.4	0.061	45	65
E-1	5	2.065	2.070	2.385	0.54	21.2	0.051	27	112
E-2	10	1.037	1.047	1.197	〃	〃	〃	〃	56
E-3	15	0.695	0.709	0.803	〃	〃	〃	〃	38
E-4	30	0.360	0.387	0.416	〃	〃	〃	〃	20
E-5	45	0.255	0.292	0.294	〃	〃	〃	〃	14
E-6	60	0.208	0.252	0.240	〃	〃	〃	〃	11
E-7	90	0.180	0.229	0.208	〃	〃	〃	〃	10
E-8	-	0.604	0.628	0.699	〃	〃	〃	38×24	33

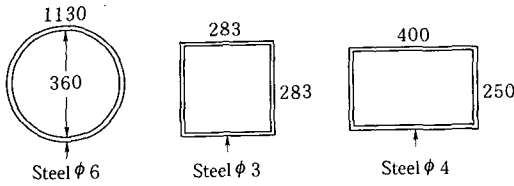


Fig. 1. Shape and size of frames used to fix the mouths of bag nets(unit : mm).

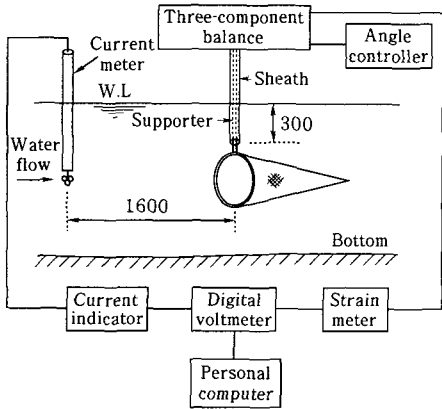


Fig. 2. Schema of system measuring water speed and resistance(unit : mm).

하였으며, E 그물만에 대해 直四角錐形으로 設計된 것 1가지(E-8)를 追加하였다. 이 경우 그물의 完成 길이는 흐름에 대한 그물의 迎角 θ 의 影響을 함께 調查할 目的으로 여러 가지로 變경시켰는데, 正四角錐形의 그물일지라도 流水 中에서는 各 部分이 부풀어 올라 曲面을 이루며 그 中에서도 目的으로 하는 θ 가 그물 全體에 걸쳐 一律적으로 그대로 나타나는 것은 그 그물이 圓錐曲面을 이룰 때라 생각되었기 때문에, 그물의 길이는 入口 둘레가 1.13m이고 中心角의 1/2인 θ_c 가 任意의 값을 취하는 圓錐로부터 구하였다. 즉, 抵抗型 漁具類의 設計 規範(Kim and Ko, 1985)으로부터 자루 形狀을 圓錐形으로 간주하고 θ_c 의 값을 計算해 보면 대략 10~15°의 범위이기 때문에 그 中 最大值인 15°를 基準値로 정하고, A~E 그물에 대해서는 $\theta_c=15^\circ$ 의 圓錐와 같은 길이를 가지는 그물 1가지씩을 제작하였으며, E 그물에 대해서는 $\theta_c=15^\circ$ 외에 各各 5°, 10°, 30°, 45°, 60° 및 90°의 θ_c 를 가지는 圓錐와 길이가 같은 6가지의 그물을 준비하였고, 直四角錐形의 E-8 그물은 $\theta_c=15^\circ$ 의 圓錐와 壁 面積은 같게 하고 入口 둘레만을 1.30m로 더 크게 하였다. 但,

上記 θ_c 의 값에서 75°가 제외된 것은 E 그물의 그물코가 비교적 큰 관계로 그물의 길이 콧수가 $\theta_c=90^\circ$ 때의 것과 같아지기 때문이었으며, 그물코의 展開角의 1/2인 ϕ 는 트롤의 경우(Kim and Ko, 1985)를 참조하여 모두 30°가 되도록 자루그물의 各 모서리에 지름 1.0mm의 가는 Nylon 그물실을 힘줄 대응으로 부착하여 構成하였다.

以上の 자루그물들의 入口를 고정하기 위한 틀은 Fig. 1에서와 같은 3가지를 준비하였는데, $\theta_c=15^\circ$ 의 圓錐와 같은 크기를 가지는 A~E 그물은 圓形 틀과 正四角形 틀에 교대로 부착하여 實驗하였고, E-1부터 E-7까지의 그물은 圓形 틀에 부착하여 實驗하였으며, E-8 그물은 直四角錐形 틀에 부착하여 實驗하였다.

實驗은 東京水産大學의 水平式 回流水槽(觀測部 길이 : 7.00m, 水路 幅 : 1.45m, 水深 : 1.20m)에서 행하였으며, 實驗 裝置 및 計測 system은 Fig. 2와 같다. 實驗을 행할 때는 먼저 그물 入口를 고정하기 위한 틀의 上端에 지름 16mm, 길이 0.36m의 支持棒을 부착하고 그것을 三分力 檢力計의 下端에 삽입하여 고정하였으며, 流速은 0.2~1.2m/sec의 범위에서 약 0.1m/sec의 간격으로 변화시켜 틀과 그물을 포함한 全體 抵抗을 測定하고 다시 그물을 제외한 틀만의 抵抗을 測定하여, 全體 抵抗에서 틀의 抵抗을 控除한 값을 그물의 抵抗으로 채택하였다. 이 경우, 流速과 抵抗의 測定値는 每 流速마다 各各 500개씩의 測定値를 digital voltmeter를 통해서 computer에 入力하고, 그 平均値를 사용하였다. 實驗時의 水槽 內 水溫은 27~29°C의 범위였으며, 물의 動粘性係數 ν 는 $8.6 \times 10^{-7} \text{m}^2/\text{sec}$ 이었다.

結果 및 考察

1. 자루 入口의 形狀을 달리 한 경우

$\theta_c=15^\circ$ 의 圓錐로부터 그물의 크기를 구하고 正四角錐形으로 設計한 Table 1의 A~E 그물(壁 面積 S)을 圓形 틀 및 正四角形 틀에 各各 교대로 부착하고, 流速 v 의 變化에 따른 抵抗 R을 測定하여 前報(Kim, 1995)에서와 같이

$$R = k S v^2 \quad (1)$$

에 의해 抵抗係數 k를 구한 後, $k(\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4)$ 와 v

2. 자루形 그물의 流水抵抗

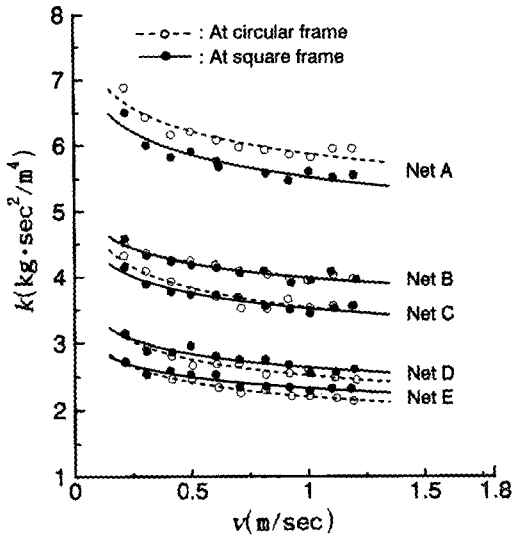


Fig. 3. Relation between k and v at the circular and square frames of nets, from A to E, designed in regular pyramid shape by the sizes obtained from the circular cone of $\theta_c = 15^\circ$.

(m/sec)와의 關係를 표시한 結果는 Fig. 3과 같다. 이것에서 보면, k 는 모든 그물에서 v 가 增加함에 따라 指數函數의 形式으로 減少해 가는데, 같은 v 에서는 d/l 가 큰 그물일수록 k 가 커지는 傾向이고, 各 그물別로 入口 網의 종류에 따른 差異를 보면 A 그물만이 圓形 網을 부착하였을 경우에 k 가 약간 더 커질 뿐, 나머지 그물에서는 圓形 網을 부착하였을 경우와 正四角形 網을 부착하였을 경우 사이에 k 값의 差異가 거의 없다. 이와 같은 結果는 그물 入口를 圓形 網에 부착하였을 경우 그물이 매끈한 圓錐形을 이루는데 비해, 正四角形 網에 부착하였을 경우는 그물 各部分이 부풀어 올라 正四角錐形을 이루지 못하고 入口 주변만을 제외한 나머지 모든 部分이 橢圓錐形으로 變하여 圓形 網에 부착하였을 경우와 거의 같은 形狀을 취하기 때문인 것 같다. 따라서, 正四角錐形으로 設計된 자루그물의 水中 形狀은 入口 網의 形狀에 관계없이 圓錐形으로 간주해도 좋다는 것을 알 수 있으며, 이러한 現象은 入口를 틀로 고정하지 않는 실제 그물에서도 마찬가지가 될 것으로 생각된다.

2. 자루의 形狀을 달리 한 경우

자루의 形狀의 差異에 따른 抵抗의 차이를 調査하기 위하여, 入口의 面積 및 그물 壁의 面積은 $\theta_c = 15^\circ$

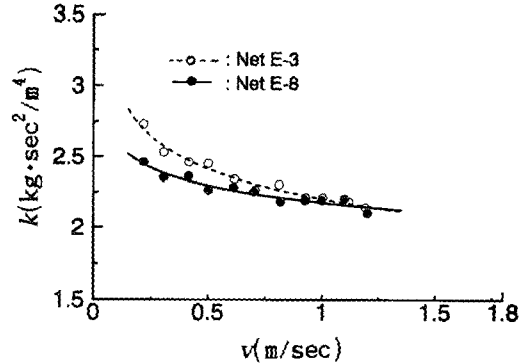


Fig. 4. Comparison of k between nets, E-3 and E-8, attached respectively to the square and rectangular frames.

의 圓錐로부터 구하고 자루 자체를 直四角錐形으로 設計한 E-8 그물을 直四角形 網에 부착하여 抵抗을 測定하고 v 의 變化에 따른 k 를 구한 후, Fig. 3에서 보았던 圓形 網에 부착한 E-3 그물의 測定 結果와 비교하면(Fig. 4), 兩者 사이에는 k 값에 큰 差異가 없다. 이와 같은 結果는 두 그물이 入口 面積, 壁 面積, 흐름에 대한 迎角 등 抵抗을 결정하는 要素들(Kim, 1995)의 값에서 서로 같기 때문으로 여겨진다. 즉, 直四角形 網에 부착한 E-8 그물 역시 流水 中에서는 그물 各部分이 부풀어 오른 關係로 直四角錐形이 되지 못하고 入口 주변만을 제외한 나머지 모든 部分이 橢圓錐形에 가까워졌는데, 圓形 網에 부착한 E-3 그물과 비교할 때 圓錐形과 橢圓錐形이라는 點만이 다를 뿐 入口 面積에 대한 壁 面積의 比가 서로 같아 흐름에 대한 迎角도 平均値에서는 서로 같을 수 밖에 없으며, 단지 抵抗에 影響을 끼치지 않는 入口 둘레(Kim, 1995)만이 E-8 그물에서 약간 더 큰 때문인 것 같다. 結局, 正四角錐形 그물은 水中에서 圓錐形이 되고 直四角錐形 그물은 水中에서 橢圓錐形이 되며, 入口 面積, 壁 面積, 흐름에 대한 迎角 등이 서로 같으면 抵抗도 같아진다는 結果가 되므로, 자루의 形狀 자체는 抵抗에 影響을 끼치지 않는다는 것을 알 수 있으며, 橢圓錐形의 그물은 圓錐形으로 간주해서 抵抗을 解析해도 실제적으로 아무런 問題가 생기지 않는다고 하겠다.

3. 그물 壁의 面積을 달리 한 경우

그물감의 材料 및 入口 面積 S_m 은 일정하게 하고 그물의 길이, 즉 그물 壁의 面積 S 만을 달리 한 E-1

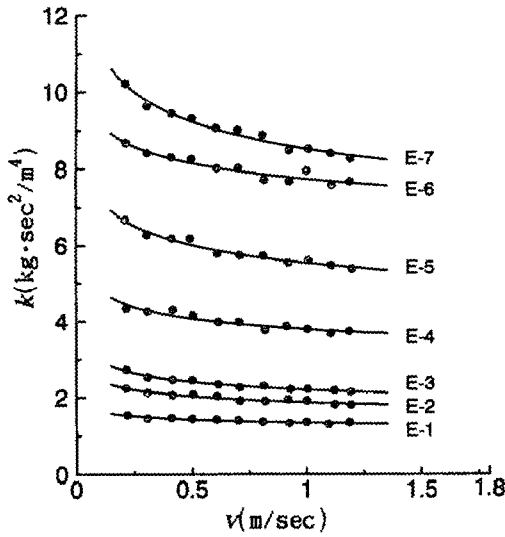


Fig. 5. Relation between k and v in nets, from E-1 to E-7, attached to the circular frames.

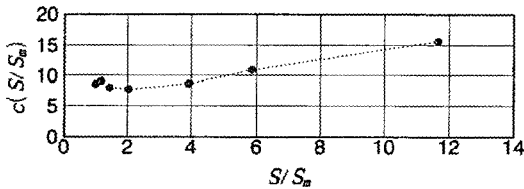


Fig. 6. Variation of $c(S/S_m)$ with S/S_m in nets, from E-1 to E-7.

그물부터 E-7 그물까지를 圓形 틀에 부착하여 實驗하고, 流速 v 의 變化에 따른 k 의 變化를 구한 結果는 Fig. 5와 같다. 이것에서 보면, k 는 모든 그물에서 v 가 增加함에 따라 指數函數的으로 減少해 가는 傾向이어서

$$k = c v^{-n} \quad (2)$$

의 형태로 표시되고, 같은 v 에서는 E-1 그물에서 E-7 그물로 갈수록, 즉 S_m 에 대한 S 의 비 S/S_m 가 작아질수록 커지는 傾向이다. 따라서, k 와 S/S_m 는 서로 反比例에 가까운 關係에 있다고 보여지기 때문에, k 의 基準值로써 $v=1\text{m/sec}$ 일 때의 값인 c 를 각 그물에 대해 구한 後 S/S_m 의 變化에 따른 $c/S/S_m$ 의 變化를 표시해 보면(Fig. 6), $c/S/S_m$ 는 $S/S_m=1\sim 4$ 의 범위에서는 일정하고 $S/S_m > 4$ 에서는 거의 直線的으로 增加한다고 보아도 좋을 것 같다. 이러한 關係를 S/S_m 대신에 흐름에 대한 迎角 θ 를 사용해서 표현하면, $c/S/S_m$ 는 $\theta=15\sim 90^\circ$ 의 범위에서는 일정하고 $\theta < 15^\circ$ 에서는 θ 가 작아짐에 따라 거의 直線的으로 增加한다는 結果가

된다. 따라서, 자루그물의 抵抗은 $\theta < 15^\circ$ 의 경우에 대해서만 주의 깊게 구하면 되며, $\theta \geq 15^\circ$ 의 경우에는 그 그물과 S_m 이 같은 $\theta=90^\circ$ 의 平面 그물감의 抵抗으로 대신해도 된다 하겠다. 즉, c 값 대신 v 의 影響을 받지 않는 값, 즉 레이놀즈數 R_e 의 影響이 無視될 때의 k 값을 사용하기로 하고, $\theta=90^\circ$ 때의 平面 그물감의 k 값을 k_{90} , S 값을 S_{90} 이라 하면 $S_{90}=S_m$ 이므로, 任意의 S_m 값을 가지는 자루그물의 抵抗 R 은 (1)式을 이용하여

$$R = k_{90} S_m v^2 \quad (3)$$

으로 표시되고, 여기서 k_{90} 은 前報(Kim, 1995)에 의해

$$k_{90} = 100 \left(\frac{d}{l} \cdot \frac{1}{\sin\phi \cos\phi} \right)^{1.2} \quad (4)$$

으로 주어지므로, $\theta=15\sim 90^\circ$ 의 범위에 들어오는 자루그물의 抵抗은 入口 面積 S_m 만을 알면 (3)式 및 (4)式에 의해 매우 간단하게 구해진다 하겠다.

4. 抵抗係數의 解析 및 레이놀즈數의 影響

前報(Kim, 1995)에서는 壁 面積이 S 되는 그물의 抵抗 R 을 (1)式으로 표시하고, 그물 入口의 斷面積을 S_m , 흐름에 수직인 平面에 대한 그물의 總 投影面積을 S_n , 레이놀즈數를 R_e 라 하여 抵抗係數 k 를

$$k = c R_e^{-m} \left(\frac{S_n}{S_m} \right)^n \left(\frac{S_m}{S} \right) \quad (5)$$

으로 표시한 後, 平面 그물감에 대한 抵抗 實驗 結果들을 적용시켜 본 結果, R_e 의 影響이 無視될 때는 그물의 迎角 θ 가 $45^\circ < \theta \leq 90^\circ$ 의 區間 및 $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$ 의 區間에 들어올 경우 各

$$k = 100 \left(\frac{S_n}{S_m} \right)^{1.2} \left(\frac{S_m}{S} \right) \quad (6)$$

및

$$k = 100 \left(\frac{S_n}{S_m} \right)^{1.2} \left(\frac{S_m}{S} \right)^{1.6} \quad (7)$$

으로 주어진다는 것을 確認할 수 있었다. 그러나, R_e 의 影響이 無視되지 않을 때는 實驗 資料가 충분하지 않았을 뿐만 아니라 R_e 에 관한 代表치수에 대해서도 확정된 見解가 없었기 때문에, 그물코의 面積에 대한 발의 體積의 비 λ , 즉

$$\lambda = \frac{\pi d^2}{2l \sin 2\phi} \quad (8)$$

2. 자루形 그물의 流水抵抗

을 대표치수로 택하고 實驗 結果들을 比較함으로써, λ 가 R_c 에 관한 대표치수로써 매우 適合한 것임을 確認하는 정도에 그쳤다. 따라서, (6)式 및 (7)式은 그 精度가 비교적 높다고 볼 수 있는 反面, R_c 의 影響에 대해서는 아직 명확한 結果를 얻어내지 못하였다고 볼 수 있기 때문에, (5)~(7)式으로부터

$$k/(S_n/S_m)^{1.2}(S_m/S) \equiv b \quad (9)$$

또는

$$k/(S_n/S_m)^{1.2}(S_m/S)^{1.6} \equiv b \quad (10)$$

라 두고, Table 1의 각 그물에 대한 k 의 測定値와 S , S_m 및 S_n 의 計算値를 함께 대입하여 b ($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$)의 값을 구한 後, b 와 $R_c(=\lambda v/v)$ 와의 關係를 調査하였다. 但, 이 경우 k 의 測定値가 (2)式에서와 같이 v 의 增加에 따라 減少해 간 것은 R_c 의 影響 外에 그물 形狀의 變化 때문으로도 생각할 수 있지만, 實驗 도중 v 의 增加에 따른 그물 形狀의 變化는 計測하기 곤란할 정도로 微細하였기 때문에, k 의 減少 原因은 R_c 의 影響만으로 보는 것이 좋을 것으로 판단되었다. 한편, S 는 그물 設計圖로부터 구하였고 S_n 은 前報(Kim, 1995)에서와 같이

$$S_n = \frac{d}{l} \cdot \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \phi \cos^2 \theta}}{\sin \phi \cos \phi} \cdot S \quad (11)$$

에 의해 구하였는데, 前記했던 바와 같이 그물을 正 四角形 틀에 부착하였을 경우는 入口 주변만을 제외 한 거의 모든 部分의 形狀이 圓形 틀에 부착하였을 경우와 같아졌기 때문에, 正 四角形 틀에 부착한 경우 일지라도 S_m 및 S_n 의 값은 圓形 틀에 부착하였을 때의 값을 사용하였다(Table 2).

Fig. 7은 Table 1의 그물들에 대해 구한 $\lambda v/v$ 와 그 에 대응하는 b 의 값을 하나의 方眼紙上에 綜合한 結果인데, 각 $\lambda v/v$ 別 b 의 값은 하나의 曲線上에 비교적 正연하게 併記되어 $R_c < 100$ 의 領域에서는

$$b = 160 \left(\frac{\lambda v}{v} \right)^{-0.1} \quad (12)$$

으로 주어지고, $R_c \geq 100$ 의 領域에서는 $b \approx 100$ ($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$)으로 거의 일정해진다. 따라서, 前報(Kim, 1995)에서 調査한 平面 그물감 뿐만 아니라 本 實驗에서 사용한 자루그물에서도 R_c 에 관한 대표치수는 (8)式으로 표시해도 좋다는 것을 알 수 있으며, (12)式에 臨界 레이놀즈數인 $R_c = 100$ 을 대입하면 역시 $b \approx 100$

Table 2. Values of S , S_m , S_n and θ used to calculate the value of b in equations (9) and (10)

Net	θ ($^\circ$)	S (m^2)	S_m (m^2)	S_n (m^2)
A	15	0.3927	0.10	0.0576
B	〃	〃	〃	0.0417
C	〃	〃	〃	0.0368
D	〃	〃	〃	0.0278
E-1	5	1.1667	〃	0.0695
E-2	10	0.5859	〃	0.0360
E-3	15	0.3927	〃	0.0253
E-4	30	0.2034	〃	0.0158
E-5	45	0.1441	〃	0.0134
E-6	60	0.1175	〃	0.0125
E-7	90	0.1000	〃	0.0118
E-8	11.9* 19.3**	0.3927	〃	0.0254

* Upper and lower panels, ** Side panels.

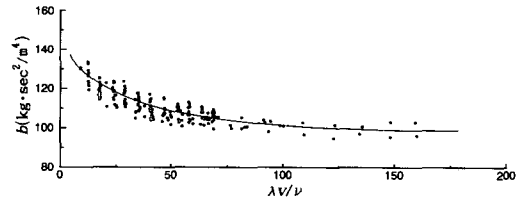


Fig. 7. Relation of b to $\lambda v/v$ in all the nets listed in Table 1.

($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$)으로 얻어지기 때문에, (12)式은 (6)式 및 (7)式과 매우 잘 調和하고 있다는 것도 함께 알 수 있다. 또한, 以上の 關係가 성립한다는 것은 (9)式 및 (10)式에 의해 b 의 값을 구하기 前에 k 와 R_c 와의 關係를 먼저 구하고 그 結果로부터 (6)式 및 (7)式의 關係를 확인해도 마찬가지로 結果가 얻어진다는 것을 말해주기 때문에, (6)式 및 (7)式은 R_c 의 影響이 無視되는 경우의 抵抗係數를 精度 높게 표현하고 있음을 알 수 있다. 따라서, k 의 實驗値와 (6)式 및 (7)式에 의한 計算値는 직접 비교하지 않아도 서로 一致한다는 것을 알 수 있는데, 抵抗型 漁具類의 자루그물은 거의가 $0^\circ < \theta \leq 45^\circ$ 의 區間에 들어온다고 볼 수 있으므로 그것의 抵抗係數는 (7)式 및 (12)式으로 표시하는 것이 좋다 하겠다.

한편, R_c 의 影響에 관한 지금까지의 研究들은 그물 감의 대표치수로써 발의 지름 d 를 택하거나(Tauti, 1954; Fridman, 1973; Imai, 1986) 그물코의 둘레에 대한 面積의 比 $(1/4)\sin 2\phi$ 를 택하였는데(Miyazaki and Takahashi, 1964), (8)式에서 보면 d 가 크다고 해서 λ 가 반드시 커지는 것은 아니고 $(1/4)\sin 2\phi$ 가 크면 오히려 λ 가 작아지기 때문에, d 또는 $(1/4)\sin 2\phi$ 는 대표치수로써 適合하지 못하다는 것을 알 수 있다. 또한, 前報(Kim, 1995)에서 $\theta=90^\circ$ 인 平面 그물감에 대한 Miyazaki and Takahashi(1964)의 風洞實驗 結果를 이용하여 (10)式의 關係를 調査하였을 경우 $c=240$ ($\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4$) 및 $m=0.1$ 로 나타나서 本 實驗의 것보다 c 값만이 더 큰데, 이러한 差異는 (12)式의 c 값이 θ 와 無關한 것으로 보아 θ 의 差異에 起因한다고 보기는 어려울 것 같고, Miyazaki and Takahashi(1964)가 지적한 대로 자신들이 구한 k 의 絕對值가 風洞實驗 또는 測定 裝置 等の 差異로 인해 보통의 水中實驗 結果(Miyamoto et al., 1952; Miyamoto and Nomura, 1953)보다 크게 나타난 때문으로 여겨진다. 그러나, 그물의 抵抗係數에 대한 R_c 의 影響의 크기를 나타내는 m 의 값은 前報(Kim, 1995)에서 뿐만 아니라 本 實驗에서도 0.1에 불과하기 때문에, 그물의 抵抗係數에 대한 R_c 의 影響은 비교적 작은 편에 속한다고 보는 것이 좋을 것 같다.

要 約

本 實驗에서는 자루그물의 構造와 形狀 및 사용 그물감의 規格의 變化에 따른 抵抗의 變化를 調査하고, 그 抵抗이 前報에서 구한 抵抗式에 의해 精度 높게 解析되는가를 確認하기 위하여, 柔軟度가 큰 Nylon 그물감으로 자루그물을 四角錐形으로 設計하고 上記 各 要素들을 變化시켜 回流水槽(觀測部 길이: 7.00m, 水路 幅: 1.45m, 水深: 1.20m)에서 流速 v 에서 받는 抵抗 R 을 測定한 後, $R=kSv^2$ (S : 그물 壁의 面積)에 의해 抵抗係數 $k(\text{kg} \cdot \text{sec}^2/\text{m}^4)$ 를 구하고 k 로써 各 各의 경우를 比較하였다. 實驗에서 얻어진 結果를 要約 하면 대략 다음과 같다.

1) 正四角錐形으로 設計된 자루그물의 入口를 둘레가 서로 같은 圓形 틀과 正四角形 틀에 교대로 부착

하면, 水中 形狀은 圓形 틀에서는 매끈한 圓錐形이 되고 正四角形 틀에서는 入口 주변만을 제외한 나머지 모든 部分이 圓錐形이 되었기 때문에, k 값에는 별 다른 差異가 생기지 않았다. 또한, 直四角錐形으로 設計된 자루그물을 直四角形 틀에 부착하면 入口 주변만을 제외한 나머지 모든 部分이 橢圓錐形이 되었는데, 그 때의 k 값은 正四角錐形으로 設計된 그물이 水中에서 圓錐形을 이루는 경우와 거의 같았다.

2) 正四角錐形으로 設計된 자루그물에 대해 발의 길이 l 에 대한 지름 d 의 比 d/l 를 變化시키면 k 는 d/l 가 큰 그물일수록 커지는 경향이었고, 入口 面積 S_m 및 그물감의 材料는 일정하게 하고 S/S_m 또는 흐름에 대한 그물의 迎角 θ 를 變化시키면 k 는 S/S_m 가 커질수록 작아지는 경향이었고. 그러나, kS/S_m 는 $S/S_m=1\sim 4$ 또는 $\theta=15\sim 90^\circ$ 의 범위에서는 거의 一定하였고, $S/S_m > 4$ 또는 $\theta < 15^\circ$ 에서는 直線的으로 增加하였다.

3) 本 實驗에서 얻은 結果를 前報에서 구한 그물 抵抗式에 의해 解析하면, 자루그물에 있어 그물코의 面積에 대한 발의 體積의 比 λ , 즉

$$\lambda = \frac{\pi d^2}{2l \sin 2\phi}$$

를 대표치수로 하는 레이놀즈數를 R_c 라 하고(2ϕ : 그물코의 展開角), 흐름에 수직인 平面에 대한 그물의 總 投影面積을 S_m 이라 할 때, $R_c < 100$ 의 領域에서는

$$k = 160R_c^{-0.1} \left(\frac{S_m}{S}\right)^{1.2} \left(\frac{S_m}{S}\right)^{1.6}$$

으로 주어졌고, $R_c \geq 100$ 의 領域에서는

$$k = 100 \left(\frac{S_m}{S}\right)^{1.2} \left(\frac{S_m}{S}\right)^{1.6}$$

으로 주어졌다. 이러한 結果는 前報에서 구한 k 와 一致하는 것이므로, 前報에서 구한 k 는 자루그물에 대한 實驗의 結果와 잘 一致한다는 것을 알 수 있었다.

參 考 文 獻

- Fridman, A. L. 1973. Theory and design of commercial fishing gear. Israel programs for scientific translations, Jerusalem, pp. 62.
- Kim, D. A. 1955. Flow resistance and modeling rule of fishing nets. 1. Analysis of flow resistance and its examination by data on plane nettings.

2. 자루形 그물의 流水抵抗

- Bull. Korean Fish. Soc., 28(2), 183~193 (in Korean).
- Kim, D. A. and K. S. Ko. 1985. Fishing gear technology. Kyomunchulpan, Yosu, pp. 169~315 (in Korean).
- Miyamoto, H., M. Nomura and Y. Shimozaki. 1952. Resistance of plane net against flow of water-I. Effect of knot type on resistance of net. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 17(8, 9), 39~44 (in Japanese).
- Miyamoto, H. and M. Nomura. 1953. Resistance of plane net against flow of water-II. Effect of different shapes of the mesh upon the resistance of net against the flow. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 18(7), 327~330 (in Japanese).
- Miyazaki, Y. 1964. Basic investigation on the resistance of fishing nets-XI. Discussion on the resistance of bag nets. J. Tokyo Univ. Fish, 50(2), 169~184 (in Japanese).
- Miyazaki, Y. and T. Takahashi. 1964. Basic investigation on the resistance of fishing nets-III. The resistance of plane nets. J. Tokyo Univ. Fish., 50(2), 95~103 (in Japanese).
- Nomura, M. and K. Mori. 1956. Resistance of plane net against flow of water-III. Effect of kind of fibers on the resistance of net. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish, 21(11), 1110~1113 (in Japanese).
- Taniguchi, T. 1955. On the resistance of various cod ends fixed in a stream-I. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 21(5), 291~296 (in Japanese).
- Taniguchi, T. 1956. On the resistance of various cod ends fixed in a stream-II. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 21(9), 969~972 (in Japanese).
- Taniguchi, T. 1956. On the resistance of various cod ends fixed in a stream-III. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 21(11), 1107~1109 (in Japanese).
- Taniguchi, T. 1957. On the resistance of various cod ends fixed in a stream-IV. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 22(12), 727~729 (in Japanese).
- Taniguchi, T. 1968. On the resistance of various cod ends fixed in a stream-V. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 34(4), 295~299 (in Japanese).
- Taniguchi, T. 1968. On the resistance of various cod ends fixed in a stream-VI. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 34(11), 979~981 (in Japanese).
- Taniguchi, T. 1969. On the resistance of various cod ends fixed in a stream-VII. Bull. Japanese Soc. Sci. Fish., 35(7), 641~643 (in Japanese).
- Tauti, M. 1954. Fishing gear physics(3rd edit.). Fishing gear lab., Tokyo Univ. Fish, pp. 61~65 (in Japanese).

1994년 11월 1일 접수

1995년 3월 4일 수리