

저층 트롤어구의 유수저항 특성 및 모형 실험시의 축척비 영향

김대진 · 김대안^{1*} · 김태호¹ · 신형호¹ · 장덕종² · 차봉진³

전남대학교 수산과학과, ¹전남대학교 해양기술학부,
²전남대학교 해양경찰학과, ³국립수산과학원 시스템공학과

Flow resistance of bottom trawl nets and scale effect in their model experiments

Dae-Jin KIM, Dae-An KIM^{1*}, Tae-Ho KIM¹, Hyeong-Ho SHIN¹,
Duck-Jong JANG² and Bong-Jin CHA³

Department of Fisheries Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea

¹*Division of Marine Technology, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea*

²*Department of Maritime Police Science, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea*

³*Fisheries Engineering Division, National Fisheries Research & Development Institute,
Busan 619-902, Korea*

The purpose of this study is to identify the flow resistance of the bottom trawl net. The bottom trawl net being used in the training ship of Chonnam National University was selected as a full-scale net, and model nets such as 1/10, 1/25 and 1/50 of the actual net were made. Total resistance of the net part, the height of the net mouth and the flow resistance of components of the net such as wing, bag and cod-end part was measured, converted into full-scale and compared. Additionally, the model rule of Tauti (1934), which has been most frequently used in fishing net modeling experiments, was applied to interpret flow resistance and scale effect of model experiment was investigated. Presumed that the flow resistance R is $R=kSv^2$ against the flow velocity of each net v , resistance coefficient k was calculated by substituting R , v and S of the net. From the result, it was found that k decreases exponentially when v increases which makes $k=cv^{-m}$. Whereas m of each net is ranged between 0.13 – 0.16 and there was not significant difference between nets. c does not show big difference in 1/10 and 1/25 model and the value itself was relatively bigger than in 1/50 model. The height of the net mouth of 1/25 and 1/50 model net h decreases exponentially according as v increases to make $h=dv^{-n}$. Whereas d and n values were almost same in two nets. Additionally, when resistance of cod-end, wing and bag part in 1/25 and 1/50 model nets, both nets showed big resistance in bag

*Corresponding author: dakim@jnu.ac.kr, Tel: 82-61-659-7125, Fax: 82-61-659-7109

part when flow is 1m/s as more than 60%. Wing and cod-end part showed almost same value or wing part had little bit larger value. On the other hand, when reviewing the reasons why both models showed difference in 1/50 model while c value against the resistance coefficient k did not show big difference in 1/10 and 1/25 model, it is inferred that the difference occurred not from material difference but from the difference in net size according to scale. It was judged that they are the scale effects concomitant to the model experiments.

Keywords: Flow resistance, Model net, Model rule, Resistance coefficient, Scale effect

서 론

저층 트롤어선에 있어 사용 어구의 규모는 어선의 예망마력과 어구의 예망저항과의 관계로부터 구해지고 그 예망저항은 그물의 유수저항에 따라 크게 좌우되기 때문에, 그물의 유수저항은 저층트롤어구의 규모를 결정짓는 가장 중요한 요소가 된다. 따라서 트롤그물의 유수저항에 관해서는 지금까지 많은 연구가 이루어져 왔는데, Cho and Cho (2000)는 끌줄의 길이와 예망 속도에 따른 트롤어구의 유수저항을 분석하여 어구의 저항계수를 산정하고 Koyama (1974)의 저항값과 비교하였고, Park et al. (2006)과 Oh et al. (2006)은 수조실험을 통해 트롤그물의 유수저항과 형상변화를 조사하여 트롤어구의 역학적 특성을 파악하였으며, Shin et al. (2002)은 해저 저질의 종류에 따라 저층 트롤어구의 발줄에 부과되는 저항특성을 연구하였다. 또한, Kim and Lee (1999)는 중층 트롤 어구의 망고 및 저항 변화를 계측하여 망구 형상을 수치해석 하였으며, Kim (1997, 2011)은 실물과 모형실험간의 오차를 줄이고자 종래의 모형법칙 (Tauti, 1934; Dickson, 1959; Fridman, 1973) 등을 분석하여 기존의 모형법칙과는 달리 그물어구의 유수저항에 레이놀즈 수 (R_e)의 영향을 고려한 새로운 모형수칙을 제시하고 모형실험시 발생할 수 있는 축척비의 원인도 조사하였다.

그러나 지금까지 트롤어구의 저항에 관한 연구는 대부분 완성된 실물그물이나 모형그물을

사용하여 유속의 변화에 따른 전체 그물의 유수저항과 망고, 망폭 등을 조사하는데 그쳤기 때문에 그물의 유수저항이 그물의 어느 부위의 값에 의해 좌우되는지를 명확히 파악하지 못하고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 저층 트롤어구에 있어 전개판과 끌줄 및 후릿줄을 제외한 그물부만의 유수저항을 구체적으로 파악하기 위하여 전남대학교 실습선에서 사용하고 있는 저층 트롤그물을 실물그물로 정하고, 그것에 대한 1/10, 1/25 및 1/50 모형그물을 제작하여 각각의 망고와 그물부 전체의 저항 및 그물부를 구성하는 날개부, 자루부 및 끝자루부의 유수저항을 각각 측정하여 비교함으로써, 저층 트롤그물의 유수저항 특성을 파악하는데 주력하였으며, 모형 실험시 발생하는 축척비 영향 (Scale effect)에 대해서도 조사하였다.

재료 및 방법

본 연구는 전남대학교 실습선 (1,057G/T, 2,200ps)의 저층 트롤그물 (Fig. 1)을 실물그물로 정하고 그물어구의 모형실험에 가장 많이 이용되는 Tauti (1934)의 모형법칙을 사용하여 그에 대한 1/10, 1/25 및 1/50 모형그물을 제작하여 실험하였다. 단, 실물 그물의 자루부는 규격이 서로 다른 12장의 그물감으로 나누어져서 모형그물을 같은 수의 그물감으로 제작할 경우 제작 자체가 어려울 뿐만 아니라 조금만 잘못 제작해도 축척비 영향 (Scale effect)을 일으키는 원인이 될

수 있으므로 실물그물 자루부의 d/l (d : 그물실의 지름, l : 발의 길이)의 평균치와 같은 값을 가지는 한 장의 그물감으로 자루그물을 구성하였다. 즉, Tauti (1934)의 모형법칙에서는 실물을 첨자

1, 모형을 첨자 2로 표시할 때

$$\frac{d_1}{l_1} = \frac{d_2}{l_2} \quad (1)$$

의 관계가 성립해야 하고, 실물그물의 부위별 d/l 의 값은 Table 1과 같으므로, 시중에서 생산·판매되고 있는 그물감들을 수집하여 Table 1의 d/l 에 근접하는 그물감들 (Table 2)로 모형그물들을 제작하였으며, 또 Tauti (1934)의 모형법칙에서 그물의 대표치수를 L , 그물실의 비중을 ρ , 유속을 v , 그물의 유수저항을 R , 뜬의 부력 또는 침강력을 F 라 할 때

$$\frac{v_2}{v_1} = \sqrt{\frac{d_2(\rho_2 - 1)}{d_1(\rho_1 - 1)}} \quad (2)$$

및

$$\frac{R_2}{R_1} = \frac{F_2}{F_1} = \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2 \left(\frac{v_2}{v_1}\right)^2 \quad (3)$$

로 주어지기 때문에, 이들에 의해 v_2/v_1 과 R_2/R_1 및 F_2/F_1 도 함께 정하였고 (Table 2) 그 결과, 각 모형그물의 설계도는 Fig. 2, 3 및 4와 같다.

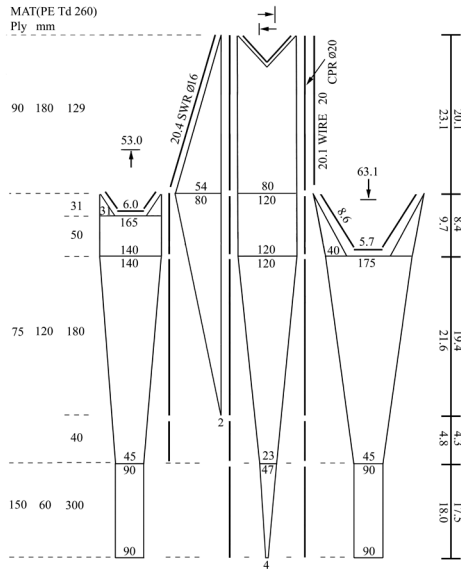


Fig. 1. General arrangement of the full-scale bottom trawl.

Table 1. Specifications of full-scale net used in the experiment

| | Part | Materials | d (mm) | $2l$ (mm) | d/l | B (kgf) | W (lgf) |
|------------|---------|------------------|----------|-----------|-------|---------|---------|
| Full-scale | Wing | PE Td 260 90ply | 2.57 | 180 | 0.029 | | |
| | Bag | PE Td 260 75ply | 2.35 | 120 | 0.039 | 408 | 582 |
| | Cod-end | PE Td 260 150ply | 3.32 | 60 | 0.110 | | |

※ B: Buoyancy, W: Weight

Table 2. Specifications of model nets used in the experiment

| Scale | Part | Materials | d (mm) | $2l$ (mm) | d/l | v_2/v_1 | R_2/R_1 | B (kgf) | W (lgf) |
|--------------|---------|--------------|----------|-----------|-------|-----------|----------------------|---------|---------|
| 1/10 (PE) | Wing | Td 260 15ply | 1.05 | 75.8 | 0.028 | | | | |
| | Bag | Td 260 15ply | 1.05 | 60.6 | 0.037 | 0.69 | 4.8×10^{-3} | 4.08 | 5.82 |
| | Cod-end | Td 260 30ply | 1.48 | 27.5 | 0.108 | | | | |
| 1/25 (Nylon) | Wing | Td 210 15ply | 0.68 | 50.5 | 0.027 | | | | |
| | Bag | Td 210 6ply | 0.48 | 27.5 | 0.035 | 0.46 | 3.4×10^{-4} | 0.65 | 0.93 |
| | Cod-end | Td 210 15ply | 0.76 | 13.8 | 0.110 | | | | |
| 1/50 (Nylon) | Wing | Td 210 15ply | 0.68 | 50.5 | 0.027 | | | | |
| | Bag | Td 210 6ply | 0.48 | 27.5 | 0.035 | 0.46 | 8.5×10^{-5} | 0.16 | 0.23 |
| | Cod-end | Td 210 15ply | 0.76 | 13.8 | 0.110 | | | | |

B: Buoyancy, W: Weight

는 반류가 그물에 영향을 끼칠 수 있기 때문에 Fig. 6에서와 같이 선박 현측에 스티로폼 부이를 부착한 멧목 형태의 직육면체 프레임 (L: 5m×W: 3m×H: 1.5m)을 부착하고 그 측면에 수평으로 그물 폭 2.6m로 고정할 수 있는 연결용 철봉이 부착된 틀을 제작하여 예인속도에 따른 모형그물의 저항을 측정하였다. 이 경우 예인속도와 모형그물의 저항은 프레임 상단에 부착된 전자식 장력계 (CAS IE-300, 1-300kg, 분해도: 3000)와

유속계 (ACM100-D, 0-0.2m/s, 분해도: 0.05 m/s)에 의해 측정되어 PC에 저장되고, 예인속도에 따른 모형그물 저항은 예인속도 0.4-1.4m/s 범위에서 각 예인속도마다 10초 동안의 평균치 값을 구하였으며 그 결과를 유속에 대한 저항 값으로 간주하였다. 또한, 수조 실험의 경우, 실험장치 및 계측 시스템은 Fig. 7과 같고, 실험시 유속과 저항은 프로펠러식 유속계 (Kenek Co., VOT-4000-20)와 로드셀 (10kg, JHM)로 측정

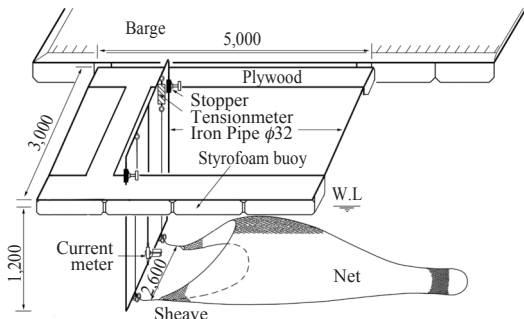


Fig. 6. Specification of equipment and measuring system used in the 1/10 model experiment.

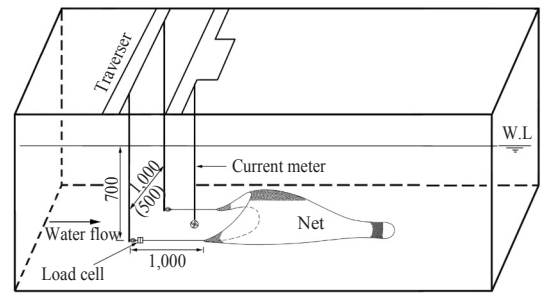


Fig. 7. Specification of equipment and measuring system used in the 1/25 and 1/50 model experiment.

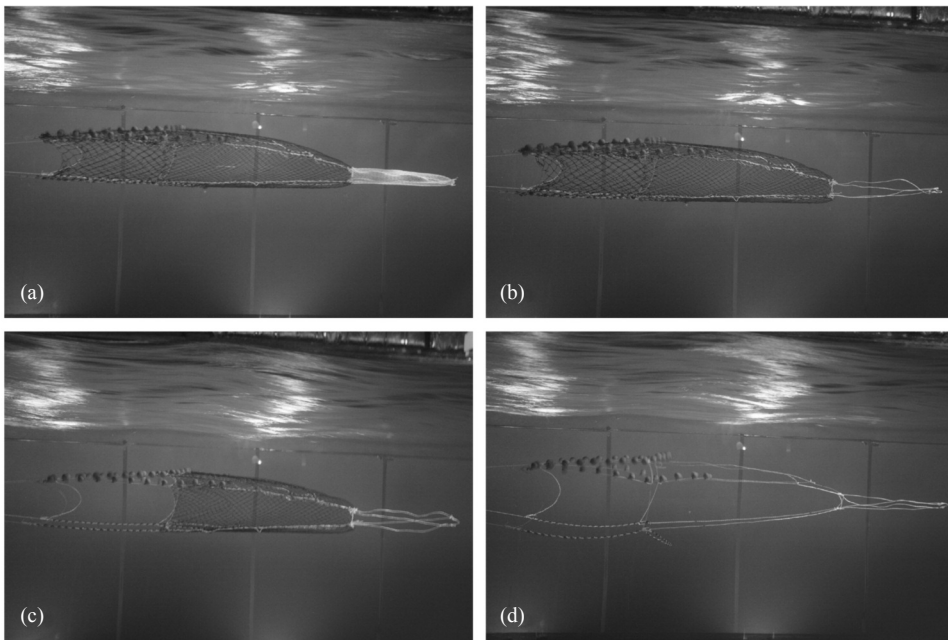


Fig. 8. Measuring system of flow resistance R to each part in the model nets: (a) All netting, (b) Removed cod-end netting, (c) Removed wing netting, (d) Frame.

하되, 유속은 0.4–1.2m/s의 범위에서 0.2m/s 간격으로 5단계로 증가시키면서 각 유속마다 10초 동안 1,000개씩 측정되도록 하였으며, 측정된 값은 증폭기 (Procom DCA–DS 300)를 통해 PC에 입력하여 평균치 값을 사용하였다.

이상과 같은 해상 및 수조 실험에 있어 각 그물의 망폭, 즉 날개그물 앞끝의 간격은 실제 조업선에서 사용되고 있는 값 (Kim, 1999)을 적용하여 뜰줄 길이의 50% 정도가 되도록 고정하였으며, 각 그물에 대한 유속별 망고와 저항은 Fig. 8에서와 같이 그물 전체에 대한 것을 먼저 측정 한 다음, 끝자루부, 날개부 및 자루부의 순서로 각 부위의 그물감을 차례로 제거해 가면서 저항을 측정하였다.

결과 및 고찰

축척비가 1/10, 1/25 및 1/50 인 각 모형그물의 유속 v (m/s)에 따른 유수저항 R (kgf)을 측정하여 실물로 환산한 결과는 Fig. 9와 같고, R 과 v 의 관계는 $R=av^b$ 로 주어지므로 상수 a 와 지수 b 의 값을 구한 결과는 Table 3과 같다. 이것에서 보면, 모든 그물에서 전체적으로 v 가 증가함에 따라 R 도 증가하는 형태를 보이는데, $v=1$ m/s 이내에서의 R 값은 실물에 가까운 1/10 모형그물에서 가장 크게 나타나지만 이후의 유속에서는 그 증가 폭이 점차 둔화되어 1/25 모형그물과 같아지는 형태를 보이고, 1/50 모형그물의 R 값은

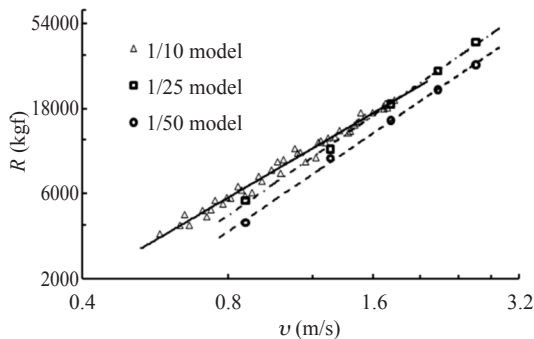


Fig. 9. Variation of flow resistance R according to the flow velocity v .

모든 v 에서 다른 모형그물에 비해 가장 낮은 값을 보이고 있다. 그러나 각 그물의 저항 특성을 비교하는 데 있어서는 Fig. 9 및 Table 3의 결과를 이용하는 것보다도 $R=kSv^2$ 로 두고 각 그물의 R 과 v 및 Fig. 1–Fig. 4의 설계도로부터 구한 S 값을 대입하여 저항계수 k 를 구한 뒤 그 값으로 서로를 비교하는 것이 더욱 합리적이기 때문에, 각 그물에 대해 v 의 증가에 따른 k 의 변화를 구하고, 또 수조실험을 행한 1/25 모형과 1/50 모형에 대해 v 의 증가에 따른 망고, 즉 발줄부터 뜰줄 중앙까지의 연직 높이의 변화를 구한 결과는 Fig. 10 및 Fig. 11과 같다.

Fig. 10에서 보면, 저항계수 k 는 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $k=cv^{-m}$ 의 형태로 주어지며, 1/25과 1/50 모형 그물에 대해 c 와 m 의 값을 구한 결과는 Table 4와 같다. 이것에서 보면, v 의 증가에 따른 k 의 감소 정도를 나타내는 m 의 값은 0.13–0.16의 범위로서 각 그물간에 큰 차이가 없으나, $v=1$ m/s 일 때의 k 값을 나타내는 c 의 값은 Fig. 9에서와 같이 1/10 및 1/25 모형에서는 서로 큰 차이가 없을 뿐더러 그 값도 1/50 모형에 비해 크게 나타나고 있어 그물간의 차이를 보이고 있다. 또한 Fig. 11에서 보면, 1/25

Table 3. Values of a and b in $R=av^b$

| Net | a | b |
|------------|--------|------|
| 1/10 model | 8096.5 | 1.58 |
| 1/25 model | 6862.4 | 1.87 |
| 1/50 model | 5533.6 | 1.84 |

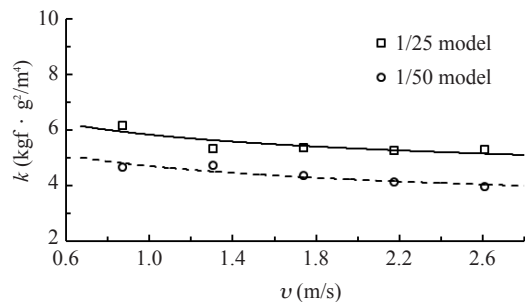


Fig. 10. Relation between resistance coefficient k and flow velocity v .

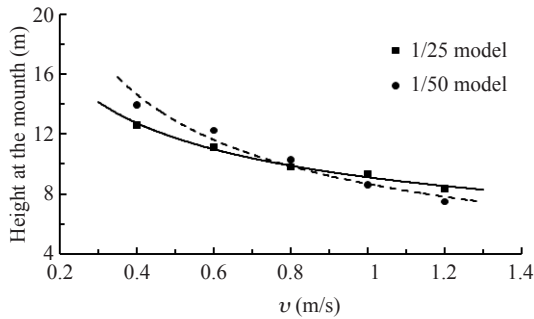


Fig. 11. Variation of height at the mouth of the model net according to the flow velocity v .

Table 4. Values of c and m in $k=cv^{-m}$ of the model nets

| Scale | c | m |
|------------|------|------|
| 1/25 model | 5.83 | 0.13 |
| 1/50 model | 4.70 | 0.16 |

Table 5. Values of d and n in $h=dv^{-n}$ of the model nets

| Scale | d | n |
|------------|------|------|
| 1/25 model | 9.11 | 0.37 |
| 1/50 model | 8.67 | 0.57 |

모형과 1/50 모형의 망고 h 역시도 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $h=dv^{-n}$ 의 형태로 주어지며, 각 그물에 대해 d 와 n 의 값을 구한 결과는 Table 5와 같다. 이것에서 보면, v 의 증가에 따른 h 의 감소 정도를 나타내는 n 의 값과 $v=1\text{m/s}$ 일 때의 h 값을 나타내는 d 의 값 둘 다 두 그물에서 거의 같다.

이상에서 저항계수 k 에 대한 m 의 값은 그물의 레이놀즈수 Re 와 망고 변화에 따라 달라진다고 보는 것이 일반적 견해이고 (Kim, 1999), 여기서 Re 는 그물코의 전개각을 2ϕ , 물의 동점성계수를 ν 라 할 때

$$Re = \frac{\pi d^2}{2l \sin 2\phi} \cdot \frac{v}{\nu} \quad (4)$$

로 주어지는데 (Kim, 1997), 상기한 모든 그물들에 있어 v 의 변화 범위와 ϕ 및 ν 의 값은 서로 같고 d/l 의 값이 서로 같은 관계로 d^2/l 의 값도 거의 같아져서 Re 의 값에 큰 차이가 없고, 또 Fig. 11에

서와 같이 1/25 모형과 1/50 모형 그물의 망고 변화가 거의 같으며, 해상에서 비록 측정은 하지 못하였지만 1/10 모형 그물의 망고 변화도 이들 두 그물과 거의 유사한 형태를 보였기 때문에, m 의 값이 각 그물들에서 크게 차이 나지 않은 것으로 판단된다. 그러나 저항계수 k 에 대한 c 의 값이 1/10과 1/25 모형에서는 서로 큰 차이가 없으나 둘 다 1/50 모형에 비해 크게 나타난 것은 그물감의 구성 재료 차이에서 오는 차이인지 아니면 축척비 영향 때문인지 현재로서는 확실치 않다. 그러나 비중이 0.95인 PE 그물감으로 구성된 1/10 모형은 비중이 1.14인 Nylon 그물감으로 구성된 1/25 모형과 1/50 모형에 비해 비중이 낮고 유연도가 작지만 그물의 규모가 크기 때문에 작용 외력에 의해 수중 형상이 결정된다고 볼 수 있고, 1/25 모형과 1/50 모형은 상대적으로 그물의 규모가 작긴 하나 그물감이 유연하여 그들의 수중 형상 역시도 작용 외력에 의해 결정된다고 보는 것이 합리적일 것이다. 따라서 그물감의 재료와 비중 차이로 인해 수중 형상이 달라진다고는 볼 수 없기 때문에, c 의 값이 1/50 모형보다도 1/10 모형과 1/25 모형에서 더 크게 나타난 것은 모형 제작에 다른 축척비 영향 때문으로 보는 것이 타당할 것으로 생각된다. 따라서 모형 어구는 가능한 한 크게 만드는 것이 좋다고 볼 수 있다.

한편, 1/25 및 1/50 모형 그물을 대상으로 끝자루부, 날개부 및 자루부의 순서로 각 부위의 그물감을 차례로 제거해 가면서 저항을 측정하고, 각각을 실물로 환산하여 그물 전체 및 각 부위별 저항을 함께 표시한 결과는 Fig. 12와 같다. 이것에서 보면, 유속의 증가에 따른 그물 전체 및 각 부위별 저항의 증가 형태는 두 그물에서 거의 같고, 각 부위별로 보면 날개부의 증가 정도가 완만할 뿐 다른 부위의 증가 정도는 서로 거의 같다. 또한 유속이 1m/s일 때 그물 전체의 저항에 대한 각 부위별 저항을 구해 보면 (Table 6), 1/25 모형 그물에서는 날개부가 약 850kgf (19%), 자루부가 약 2,861kgf (63%), 끝자루부가 약 749kgf

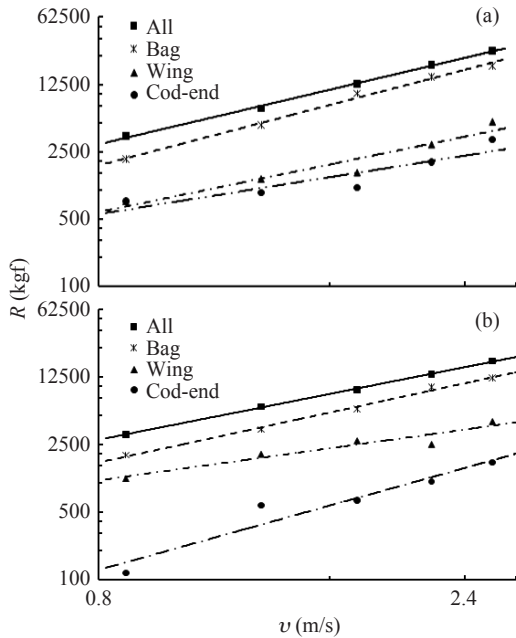


Fig. 12. Variation of flow resistance R in the model netting: (a) 1/25 model, (b) 1/50 model.

(18%)이고, 1/50 모형 그물에서는 날개부가 약 1,359kgf (34%), 자루부가 약 2,380kgf (60%), 끝자루부가 약 206kgf (6%)로써, 두 그물 사이에 차이는 있으나 자루부의 저항이 압도적으로 크고 다음이 날개부이며 끝자루부가 가장 작다. 따라서 저층 트롤그물의 저항은 자루부에서 가장 크게 발생하기 때문에, 저층 트롤그물의 유수저항을 줄이기 위해서는 자루부 그물감의 규격을 개선하는 것이 가장 바람직하다고 볼 수 있다. 그러나 이러한 결과는 그물감의 면적이 자루부가 가장 크고 다음이 날개부이며 끝자루부가 가장 작기 때문으로, 이것만으로는 그물의 어느 부위에서 저항이 가장 크게 발생하는지 알 수 없기 때문에, 각 부위별 저항을 그 부위의 그물 벽 면적으로 나누어 그물의 단위면적당의 저항을 비교하는 것이 타당할 것이다. 그 결과 그물의 단위면적당의 저항 값은 Table 6에서와 같이 1/25 모형 그물에서는 끝자루부가 10kgf으로 가장 크고 자루부가 3.5kgf, 날개부가 2.3kgf을 보이는데

Table 6. Values of flow resistance R and S of the model nets per unit area

| Scale | Part | All | Unit area |
|-------|---------|-----------|-----------|
| | | R (kgf) | R (kgf) |
| 1/25 | Wing | 850.0 | 2.3 |
| | Bag | 2861.1 | 3.5 |
| | Cod-end | 749.0 | 10.0 |
| 1/50 | Wing | 1358.6 | 3.6 |
| | Bag | 2379.6 | 2.9 |
| | Cod-end | 206.4 | 2.7 |

반해, 1/50 모형 그물에서는 날개부가 3.6kgf으로 가장 크고 자루부가 2.9kgf, 끝자루부가 2.7kgf으로 나타나고 있어 두 그물 간에 차이를 보이고 있다. 즉, 전체 그물에서 가장 큰 면적 비율을 차지하는 자루부의 단위면적당의 저항 값은 두 그물 간에 큰 차이가 없는 것에 반해, 그물의 면적 비율이 낮은 날개부와 끝자루부에서는 큰 차이를 나타내고 있다. 이와 같은 결과는 두 그물 간에 구성 재료가 동일하고 단지, 축척비에 따른 그물의 규모 차이에서 발생한 것으로, 모형 실험시 발생하는 축척비 영향뿐만 아니라 모형 제작시 축척비가 커짐으로서 사용하는 재료와 제작 기술의 한계로 인해 나타난 결과로 판단된다.

따라서 그물어구에 대한 모형 실험시 축척비를 지나치게 크게 할 경우 모형그물 제작기술의 한계와 적합한 그물감 재료를 구하는 어려움 및 속도, 힘, 무게 등의 인자에 따른 축척비 영향을 피할 수 없기 때문에 가능한 모형그물을 크게 제작하여 모형실험을 실시하는 것이 오차를 줄이기 위한 합리적인 방안이라고 판단된다.

결론

본 연구는 저층 트롤어구에 있어 전개판과 끌줄 및 후릿줄을 제외한 그물부만의 유수저항을 구체적으로 파악하기 위하여 전남대학교 실습실에서 사용하고 있는 저층 트롤그물을 실물그물로 정하고, 그것에 대한 1/10, 1/25 및 1/50 모형그물을 제작하여 그물부 전체의 저항과 망고 및 그물부를 구성하는 날개부, 자루부 및 끝자루부의

유수저항을 각각 측정하였고, Tauti (1934)의 모형법칙을 적용하여 유수저항을 해석함으로써 모형 실험시 발생하는 축척비 영향 (Scale effect)에 대해서 고찰하였다. 실험에서 얻어진 각 그물의 유속 v 에 따른 유수저항 R 을 $R=kSv^2$ (S : 그물감의 벽면적)로 두고 각 그물의 R 과 v 및 S 값을 대입하여 저항계수 k 를 구해 본 결과, k 는 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $k=cv^{-m}$ 의 형태로 주어졌고, 각 그물별로 보면 m 의 값은 대략 0.13-0.16의 범위로서 각 그물간에 큰 차이가 없고, c 의 값은 1/10 및 1/25 모형에서는 서로 큰 차이가 없을 뿐만 아니라 그 값도 1/50 모형에 비해 크게 나타났다. 또한 1/25 모형과 1/50 모형에 대해 망고 h 를 측정해 본 결과, h 역시도 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $h=dv^{-n}$ 의 형태로 주어졌고, 각 그물별로 보면 d 및 n 의 값은 두 그물에서 거의 같았다. 또한 1/25 및 1/50 모형그물을 대상으로 끝자루부, 날개부 및 자루부의 순서로 각 부위의 그물감을 차례로 제거해 가면서 저항을 측정하여 실물로 환산한 결과, 두 그물 모두 유속이 1m/s일 때의 자루부가 전체 저항의 60% 이상으로 크게 나타났고 날개부와 끝자루부는 서로 거의 같거나 날개부가 더 크게 나타났다. 저항계수 k 에 대한 c 의 값이 1/10과 1/25 모형에서는 서로 큰 차이가 없는 데 비해 둘 다 1/50 모형에 비해 크게 나타난 이유를 검토해 본 결과, 모형그물의 제작의 한계와 그물감의 구성재료의 차이도 있지만 축척비에 따른 그물의 규모 차이에서 발생한 것으로 모형실험시 수반되는 축척비 영향으로 판단된다.

참고문헌

Cha, B.J., C.W. Lee, J.H. Lee and H.Y. Kim, 2002. Hydrodynamic simulation of midwater trawl system behavior. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 38 (2), 164-171.
 Cho, B.K and S.O. Cho, 2000. A study on the bottom trawl gear by the trial of a stern trawler (I) On the resistance of bottom trawl gear. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 36 (4), 274-280.

Dickson, W., 1959. The use of model nets as a method of developing trawling gear, Modern fishing gear of world I. Fishing News, London, 166-174.
 Fridman, A.L., 1973. Theory and design of commercial fishing gear (Translated from Russian). Israel programs for scientific translations, Jerusalem, 122-191.
 Kim, D.A., 1995. Flow resistance and modeling rule of fishing nets (I), Analysis of flow resistance and its examination by data on plane nettings. J. Kor. Fish. Soc., 28 (2), 543-549.
 Kim, D.A., 1995. Flow resistance and modeling rule of fishing nets (II), Flow resistance of bag nets. J. Kor. Fish. Soc., 28 (2), 194-201.
 Kim, D.A., 1997. Flow resistance and modeling rule of fishing nets (III), Establishment of modeling rule and its theoretical examination. J. Kor. Fish. Soc., 30 (5), 691-699.
 Kim, D.A., 1999. Fishing gear design. Pyeonghwa painting co. Ltd., Suncheon, 140-182.
 Kim, I.J and C.W. Lee, 1999. Analysis of the mouth shape for a midwater trawl gear. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 35 (2), 118-128.
 Oh, T.Y., Y.S. Kim, S.K. Choi, J.H. Bae, S.K. Cho, J.K. Shin, C.D. Park, H.C. An, W.S. Yang and D.Y. Moon, 2006. Study on the basic efficiency of trawl net. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 42 (3), 148-157.
 Park, G.J., J.H. Lee, H.S. Kim, S.B. Jeong, T.Y. Oh and J.H. Bae, 2006. A model experiment on the underwater shape of deep sea bottom trawl net. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 42 (3) 134-147.
 Shin, J.W., J.H. Lee and B.G. Kwon, 2002. Drag characteristics according to ground rope and seabeds in the bottom trawl. J. Kor. Soc. Fish. Tech., 38 (1), 58-68.
 Tauti, M., 1934. A relation between experiments on model and full scale of net. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 3 (4), 171-177.

2011년 10월 17일 접수
 2011년 10월 31일 1차 수정
 2011년 11월 1일 2차 수정
 2011년 11월 4일 수리