

그물어구의 모형 실험시에 발생하는 축척비 영향의 원인 및 크기 조사

김 대 안
전남대학교 해양기술학부

Investigation of cause and magnitude of scale effect occurring in model experiments of fishing nets

Dae-An KIM

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

In order to investigate the cause and magnitude of scale effect occurring in the model experiments of fishing nets, five pairs of Nylon pyramid nets and one pair of PE ones in which all the two nets paired were equal each other in the factors determining their flow resistance, i. e., the ratio d/l of diameter d to length l of bars, the angle ϕ between two adjacent bars, the attack angle θ of nettings to the water flow, and the wall area S of nets, and different in the values of d and l were prepared. Then, the nets were attached to the circular steel frame alternately and their flow resistances with shapes in water were measured on the sea ascribing no turbulent flows by using the tension meter made of a block bearing for the experiment. All the Nylon nets were spreads out easily in water to form a circular cone at relatively low velocity of water and showed the resistance smaller a little in the nets with larger d and l than them with smaller d and l , because the filtration of water through meshes become easier in nets especially with larger l . But PE nettings were not spread out sufficiently on account of their small flexibility and showed higher resistance especially in them with thicker twines. Therefore, the difference in bar length or mesh size and flexibility of nettings between prototype and model nets are regarded to become factors ascribing scale effect. Especially the influence of the difference in mesh size may become large significantly in actual model experiments because the mesh size of model nets is decided at much larger value than that given by scale ratio and so the difference of mesh size between the two nets become much larger than that between nets used in this experiment.

Keywords: Fishing nets, Model experiment, Scale effect

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

서 론

그물어구의 모형 실험시에 적용해야 하는 모형 수칙에 관해서는 Tauti (1934), Dickson (1959), Fridman (1973) 등의 연구 결과가 있으나, 가장 먼저 행해졌고 매우 합리적이라고 평가된 것은 Tauti (1934)의 것이었기 때문에, Tauti (1934)의 수칙은 최근까지도 각종 트롤, 기선저인망 등의 모형 실험에 널리 적용되고 있다 (Kim and Kim, 2000; Shin et al., 2002; Lee et al., 2003; Yoo et al., 2003a; Yoo et al., 2003b; Oh et al., 2006; Park et al., 2006). 그러나 Tauti (1934)의 수칙은 그물어구의 저항계수에 관한 레이놀즈수의 영향을 무시해 버렸고, 그로 인해 모형 실험시에 무시해서는 안 될 오차가 자주 발견되었기 때문에, 그 오차를 보정하기 위한 방법들 (Miyazaki, 1964; Kim, 1979)이 제시되기도 하였다. 그러나 이들 방법으로 레이놀즈수의 영향을 무시함으로 인한 오차가 근본적으로 해결되지는 못하였기 때문에, 근년에 들어 Kim (1997)은 레이놀즈수의 영향을 완벽하게 고려한 새로운 수칙을 제시하였다.

그러나 Tauti (1934)의 수칙과 Kim (1997)의 수칙에서는 축척비 영향을 받을 수 있는 요소들이 내포되어 있으면서도 그 영향을 줄일 수 있는 방법에 대해 전혀 언급하지 않았기 때문에, 본 연구에서는 이들 수칙에 의해 모형 실험을 행할 경우 발생할 수 있는 축척비 영향의 원인들 중 그 영향이 크면서 쉽게 간과해 버릴 수 있는 요소들을 선정하고, 그들이 실제로 어떤 영향을 끼치는가를 실험적으로 조사하였다.

재료 및 방법

그물어구의 모형 실험에 관한 Tauti (1934)의 수칙과 Kim (1997)의 수칙은 둘 다 그물 각부가 작용 외력에 의해 임의의 수중 형상을 갖출 만큼 충분히 유연해야 한다는 전제를 두고 있고, 그물실의 굵기와 그물코의 크기를 축척비와 상관없이 비교적 자유롭게 선정해도 된다는 공통점을

지니고 있다. 따라서 모형 그물이 충분히 유연하지 못할 경우는 실물과 모형 간에 오차가 발생할 수 있고, 축척비가 같은 모형 그물들일지라도 그물실의 굵기와 그물코의 크기가 다양하게 정해져서 전체 그물콧수가 다양해지기 때문에 서로 간의 실험 결과에 차이가 생길 수 있다.

따라서 본 연구에서는 매우 유연한 재료인 Nylon 그물감과 그렇지 못한 PE 그물감을 실험 재료로 선정하였는데, 그물감의 유수저항 R 은 그것의 벽면적을 S , 유속을 v 라 할 때

$$R = kSv^2 \quad (1)$$

으로 표시할 수 있고, 여기서 저항계수 k 는 레이놀즈수 R_e 가 100 이상이어서 그 영향이 무시될 경우 발의 길이 l 에 대한 지름 d 의 비 d/l 와 그물코의 전개각 ϕ 및 흐름에 대한 그물감의 경각 θ 에 따라 달라져서 (Kim, 1995a), 결국 R 은 v 가 일정할 경우 d/l 와 ϕ , θ 및 S 에 따라 달라지기 때문에, 이들 4가지 값이 모두 같고 d 와 l 의 값만이라도 다른 그물감들로 자루형 그물들을 제작하여 각각의 유수저항을 비교하는 것으로 하였다.

그런데 자루형 그물의 수중 형상이 매끈한 원추형에 가까워지는 것은 정사각추형 자루그물

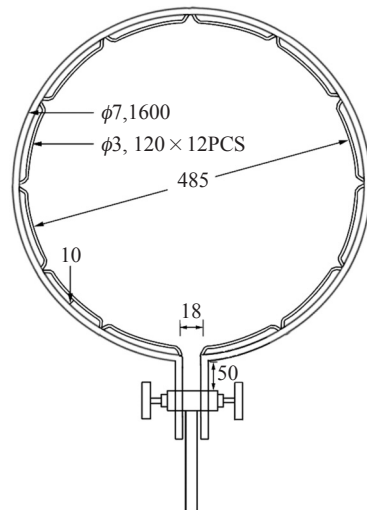


Fig. 1. Circular steel frame for sustaining test nets (unit: mm).

을 원형 철틀에 부착하였을 경우이기 때문에 (Kim, 1995b), 본 연구에서는 Fig. 1에서와 같은 원형 철틀을 다수 주문·제작하고, 저층 트롤, 기선저인망 등과 같은 저항형 어구류의 자루 형상을 원추형으로 간주하면 그 중심각이 대략 20-30°가 되는 점 (Kim, 1995b)을 고려하여, Fig. 2에서와 같이 중심각이 30°인 원추로부터 그물 입구의 둘레와 그물의 길이를 구한 뒤에 4장의 이등변 삼각형 그물감으로 구성하여 상기 철틀에 부착하는 것으로 하였다. 이 경우 사용 그물

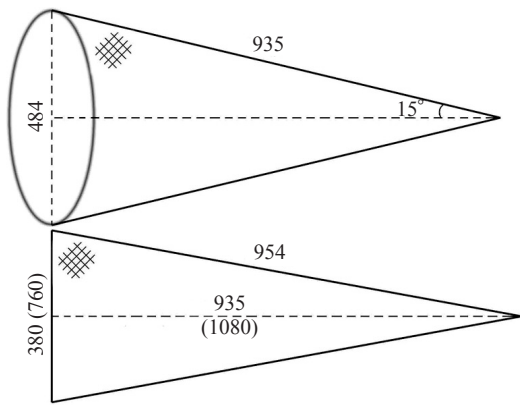


Fig. 2. Size of conical bag nets used in the experiment with the completed length and stretched one, indicated in parenthesis, of their one panel (unit: mm). Hanging ratio: 50% breadthwise and 86.6% lengthwise.

Table 1. Netting materials of bag nets used in the experiment (*d*: diameter of netting twines, *2l*: mesh size, *N*₁ and *N*₂: number of meshes at the fore edge and lengthwise direction in each panel of bags)

Net	Fibers	<i>d</i> (mm)	<i>2l</i> (mm)	<i>d/l</i>	<i>N</i> ₁	<i>N</i> ₂
A-1	Nylon	0.32	27.5	0.023	28	39
A-2	"	0.46	34.0	0.027	22	32
B-1	"	0.48	21.6	0.044	35	50
B-2	"	0.74	34.0	0.043	22	32
C-1	"	0.48	18.9	0.051	40	57
C-2	"	0.72	27.5	0.052	28	39
D-1	"	0.55	18.9	0.058	40	57
D-2	"	1.11	38.0	0.058	20	28
E-1	"	0.38	12.6	0.060	60	86
E-2	"	0.49	15.2	0.064	50	71
F-1	PE	0.51	15.9	0.064	48	68
F-2	"	0.80	25.7	0.058	28	39

감은 Table 1에서와 같이 Nylon 그물감의 경우 *d/l*가 완전히 같은 것을 2가지씩 총 5쌍 준비하려고 하였으나, 시중에 판매되고 있는 그물감들은 규격이 한정되어 있어서 *d/l*가 완전히 같은 것을 구하지 못한 경우는 근사치로 만족하도록 하였다.

그런데 모형 실험에 관한 Tauti (1934)의 수칙에서는 항상 모형에서의 유속이 실물에서의 유속보다 작게 정해지지만, Kim (1997)의 수칙에서는 두 유속이 같아야 한다는 전제를 두었기 때문에, 이 수칙에 의해 정도 높은 모형 실험을 하기 위해서는 실제 조업 유속, 예를 들면, 저층 트롤은 1.50-2.00m/s, 중층 트롤은 0.90-1.25m/s, 쌍끌이 기선저인망은 1.15-1.35m/s, 안강망은 0.75m/s 이상 (Kim, 1999)이 필요하다. 따라서 모형 실험시의 유속은 대략 1.0m/s 이상이 되어야 한다는 결과가 되는데, 현재까지의 회류 수조들은 유속이 1.0m/s 이상이 되면 난류가 발생하는 것이 대부분이고 1.5m/s 이상의 유속은 만들어 내기가 곤란하여 상기 어구들의 모형 실험에 사용할 수 없게 되므로, 해상에서 유속이 높은 장소를 찾아내는 것은 모형 실험을 위한 필수적 과제라고 볼 수 있다.

따라서 본 연구에서는 높은 유속에서도 난류가 거의 발생하지 않는 여수시 돌산읍 해안에 위치한 Fig. 3의 수문 (폭: 10,000mm)에서 실험하



Fig. 3. Experimental water gate located at Dolsan island, Yeosu city (Gate breadth: 10,000mm, Water depth during experiment: 2,500-3,000mm).

는 것으로 하고, 수문 벽에서 생기는 반류의 영향을 피하기 위하여 수문 전방 6,000mm 거리까지 돌출된 한쪽 수문 벽의 앞끝에서 직각으로 철봉을 설치하고 그 1,500mm 안쪽 수면 하 100mm 되는 곳에 실험용 그물을 부착하였다. 이 경우 유수저항 측정 장치는 직선 왕복형의 특수 베어링 (bearing)을 구입하여 그것에 전자식 장력계 (Bonso, 0-15kg, 분해도: 20g)를 부착하고 Fig. 4에서와 같이 설치하였으며, 실험용 그물 입구 전방 500mm 지점에는 전자식 유속계 (ACM100-D, 0-2m/s, 분해도: 0.05m/s)를 설치하였다. 그러나 실험용 그물과 장력계가 놓인 구역에서 난류가 발생하거나 흐름이 일정하지 않으면 부위별로 유속이 달라질 수 있기 때문에, 이를 확인하기 위하여 실험용 그물과 유속계가 점유하는 공간을 여유 있게 1,000 (B)×1,000 (D)×1,500 mm (L)인 직육면체로 간주하고, 유속계를 그 내부에서 각 방향으로 서서히 이동시켜 가면서 유속을 측정해 본 결과 유속 변동은 거의 일어나지 않았다. 또한 상기 장력계의 베어링과 그것을 지지하는 레일 (rail) 사이의 마찰력을 알아보기 위하여, 베어링의 이동 축에 수평으로 회전 마찰력이 거의 없는 도르레를 설치하고 베어링에 가는 줄을 연결하여 도르레를 통과시킨 뒤, 줄의 하단

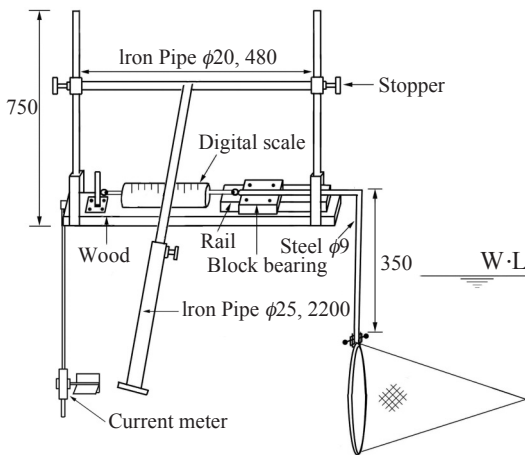


Fig. 4. Equipment, devised in this study, for measuring the flow resistance of bag nets (unit: mm).

에 분동 추를 달아 그 무게를 0.1-5.0kg 범위에서 가감해 본 결과, 그 마찰력은 가해진 추의 무게에 거의 관계없이 $40 \pm 10g$ 이었다.

실험시에는 먼저 유속에 따른 철틀만의 저항 R_f 를 측정하고, 이어 철틀에 실험 그물을 부착한 전체 저항 R_t 를 측정 후, R_f 를 측정했을 때의 모든 유속별로 R_f 를 구하고, 각각의 유속별로 R_t 에서 R_f 를 공제한 값을 실험 그물의 저항 R 로 정하였다. 이상의 과정에서 유속과 저항은 10초 마다의 평균치를 택하였고 저항의 모든 측정치는 상기한 마찰력 40g을 더한 값으로 수정하였으며, 실험용 그물은 원추형으로 간주하여 $S = \pi r l$ (r : 원추 입구의 반지름, l : 원추 벽의 길이)에 의해 $S = 0.7105m^2$ 으로 정하고, 이것과 각각의 유속별 R 을 (1)식에 대입하여 저항계수 k ($kg \cdot s^2/m^4$)를 구한 뒤에 각 그물별로 k 와 v 와의 관계를 비교하는 것으로 하였다.

결과 및 고찰

전기했던 바와 같이 실험 그물의 저항 R 을 구하기 위해서는 철틀만의 저항 R_f 를 먼저 구해야 하므로 유속 v (m/s)에 따른 R_f (kg)를 측정 한 결과, 양자의 관계는 Fig. 5에서와 같이

$$R_f = 0.57v^{1.48} \quad (2)$$

으로 주어졌다. 따라서 이것에 의해 R_t (kg)를 측정했을 때의 모든 v 별로 R_f 를 구하고, 각각의 v 별

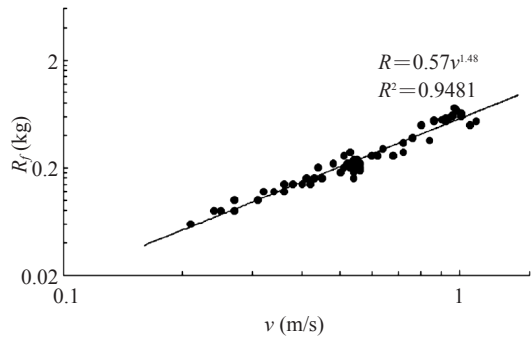


Fig. 5. Variation of flow resistance R_f of frame shown in Fig. 1 with flow velocity v .

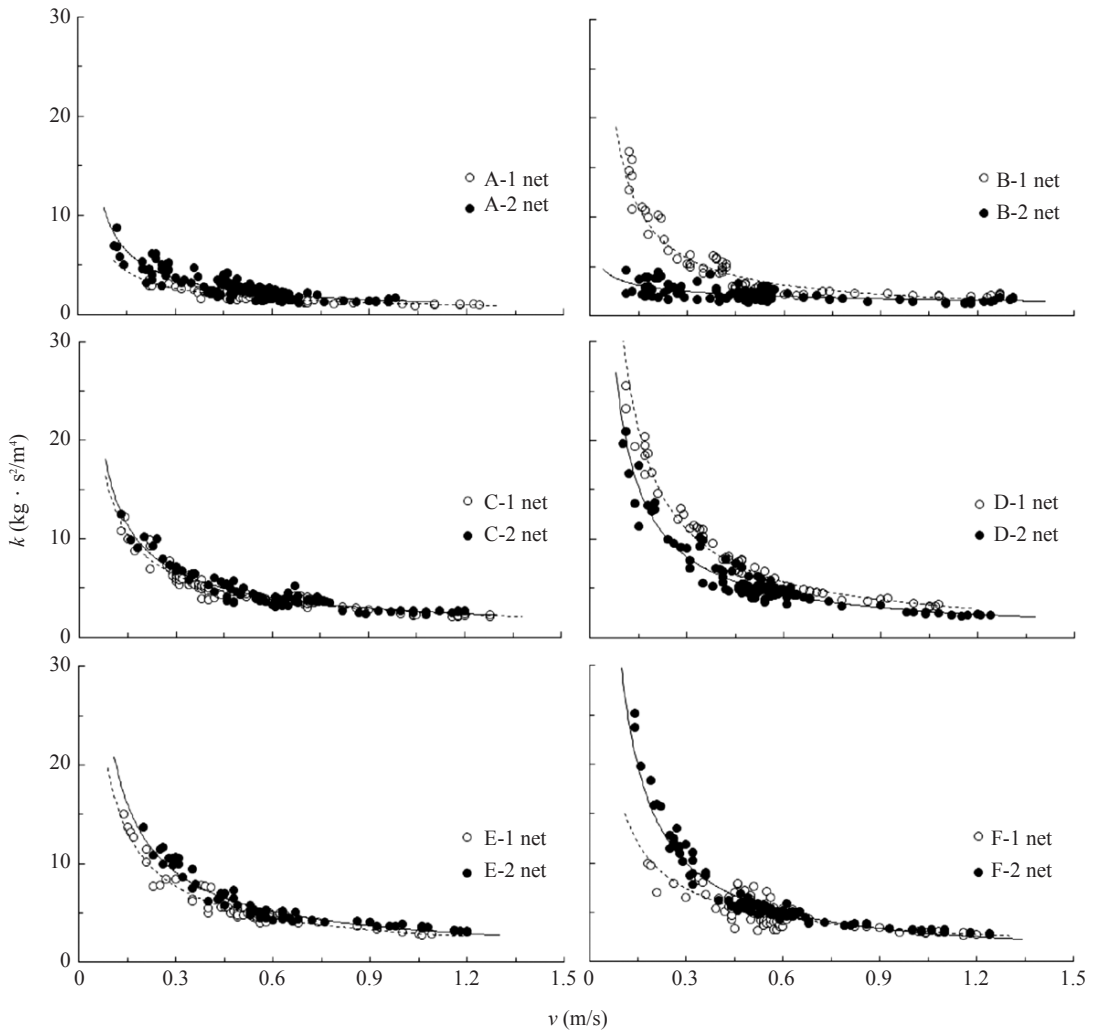


Fig. 6. Variation of resistance coefficient k of bag nets shown in Table 1 with flow velocity v .

로 R_t 에서 R_f 를 공제하여 실험 그물의 저항 R (kg)을 구한 후, 각각의 v 별 R 과 $S=0.7105\text{m}^2$ 을 (1)식에 대입하여 저항계수 k ($\text{kg} \cdot \text{s}^2/\text{m}^4$)를 구하고 그것과 v 와의 관계를 표시한 결과는 Fig. 6과 같다. 이것에서 k 는 모든 그물에서 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하여 $k=av^{-b}$ 의 형태로 주어지기 때문에 a 와 b 의 값을 구해보면 Table 2가 얻어진다. 그러나 a 는 $v=1\text{m/s}$ 일 때의 k 값을 나타내고 b 는 v 의 증가에 따른 k 의 감소 정도를 나타내는 것이어서 둘 다 k 값을 추정할

Table 2. Values of a and b in $k=av^{-b}$

Net	a	b	Net	a	b
A-1	1.09	0.73	D-1	3.49	0.94
A-2	1.34	0.82	D-2	2.77	0.90
B-1	1.99	0.90	E-1	3.03	0.77
B-2	1.67	0.33	E-2	3.40	0.82
C-1	2.62	0.72	F-1	3.16	0.90
C-2	2.72	0.75	F-2	3.04	0.99

수 있는 요소들이긴 하나, 이들 두 값만으로는 k 의 전체적인 변화 형태를 파악할 수 없다. 따라서 Fig. 6을 다시 보면, 각 그물의 k 값을 크게 좌

우하는 d/l 가 A 그물의 경우 A-1 그물보다 A-2 그물에서 약간 더 큰 데도 불구하고 k 는 거의 같아지는 경향이고, d/l 가 완전히 같거나 거의 같은 B 그물과 C 그물 및 D 그물의 경우는 단지 C 그물만이 한 쌍의 두 그물에서 k 가 거의 같아질 뿐 나머지 그물들에서는 B-1 그물보다 B-2 그물에서 그리고 D-1 그물보다 D-2 그물에서 k 가 약간 더 작아지는 경향이다. 또한 E 그물의 경우는 d/l 가 A 그물과 마찬가지로 E-1 그물보다 E-2 그물에서 약간 더 큰 데도 불구하고 k 는 서로 같아지는 경향이며, F 그물의 경우는 F-1 그물보다 F-2 그물에서 d/l 가 더 작은 데도 불구하고 k 는 0.4m/s 미만의 작은 유속에서만 F-2 그물의 것이 약간 작을 뿐 그 이상의 유속에서는 두 그물의 것이 거의 같아지는 경향이다.

이상에서 v 가 증가함에 따라 모든 그물의 k 가 지수함수적으로 감소해 가는 것은 각 그물의 저항이 레이놀즈수 Re 의 영향을 받기 때문으로 보여진다. 즉, 그물의 경우 Re 는 그물감의 대표 치수를 λ , 물의 동점성계수를 m 이라 할 때

$$Re = \frac{\lambda v}{m} \quad (3)$$

로 주어지고, λ 는 그물코의 면적에 대한 발의 체적의 비로서

$$\lambda = \frac{\pi d^2}{2l \sin 2\phi} \quad (4)$$

으로 주어지며, 그물의 저항에 대한 Re 의 영향이 무시되는 임계 Re 는 100이므로 (Kim, 1995a), (4)식에 의해 각 그물의 λ 를 구하고 이것과 임계 $Re = 100$ 및 $m = 1.19 \times 10^{-6} \text{m}^2/\text{s}$ (해수 15°C 35%의

경우)를 (3)식에 대입하여 Re 의 영향이 무시되는 v 의 값을 구해 보면 (Table 3), v 는 거의 모든 그물에서 Fig. 6의 최고 실험 유속인 1.3m/s보다 크기 때문에, 각 그물의 저항계수 k 는 Re 의 영향을 받아 v 가 증가함에 따라 지수함수적으로 감소하였다고 볼 수 있다.

다음, Nylon으로 된 한 쌍씩의 각 그물들에 있어 A 그물 및 E 그물과 같이 d/l 가 A-1 그물보다는 A-2 그물에서 그리고 E-1 그물보다는 E-2 그물에서 약간 더 큰 데도 불구하고 k 는 서로 차이하지 않으며, B 그물과 C 그물 및 D 그물과 같이 d/l 가 한 쌍씩의 두 그물들에서 서로 같은 경우 C 그물만이 예외일 뿐 나머지 두 그물들에서는 B-1 그물보다 B-2 그물에서 그리고 D-1 그물보다 D-2 그물에서 k 가 더 작게 나타난 것으로 보아, Nylon 그물들의 경우는 각각의 첫 번째 그물보다 두 번째 그물에서 k 값이 약간 더 작아진다는 것을 알 수 있다.

그런데 Table 1에서 각각의 첫 번째 그물과 두 번째 그물을 비교해 보면, d/l 는 서로 완전히 같거나 거의 같은 데 비해 d 와 l 은 각각 두 번째 그물에서 더 크기 때문에, d/l 가 같을지라도 d 와 l 이 함께 더 큰 그물에서 k 가 작아진다는 것을 알 수 있다. 그러나 이들 d 와 l 중에서 전자는 k 를 증대시키는 요소가 되나 후자는 k 를 감소시키는 요소가 되고 둘 중에서 후자의 영향이 더 크기 때문에, d 와 l 이 함께 큰 그물에서 k 가 작아진다고 볼 수 있다. 즉, 그물을 구성하는 각각의 매듭과 발은 각기 독립적으로 저항을 받는 것이 아니라 그들이 흐름 속에 놓임으로 인해 운동 상태가 변화된 흐름을 가리키는 반류가 인접하는 매듭

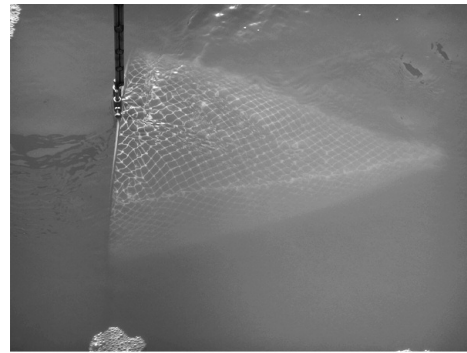
Table 3. Value of λ for nets listed in Table 1 and that of v when Re becomes 100

Net	$\lambda (\times 10^{-3} \text{m})$	$v (\text{m/sec})$	Net	$\lambda (\times 10^{-3} \text{m})$	$v (\text{m/sec})$
A-1	1.35	8.8	D-1	5.80	2.1
A-2	2.26	5.3	D-2	11.76	1.0
B-1	3.87	3.1	E-1	4.16	2.9
B-2	5.84	2.0	E-2	5.73	2.1
C-1	4.44	2.7	F-1	8.44	1.4
C-2	6.83	1.7	F-2	5.93	2.0

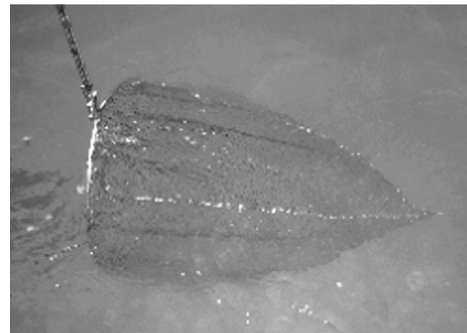
과 발에 영향을 끼치게 되는데 (Kim, 1995a), d/l 가 일정할지라도 발의 길이 l 이 커지면 그 지름 d 도 커져서 단위 길이당의 발에서 생기는 반류가 커지기는 하나, 발의 총 길이가 작아지는 관계로 그물 전체에서 생기는 반류가 작아질 뿐만 아니라 매듭과 매듭 및 발과 발 사이의 간격이 커져서 그물코를 통한 물의 투과가 쉬워지기 때문에, 저항계수 k 가 발의 길이가 작은 경우보다 약간 작아진다고 볼 수 있다.

그러나 본 연구의 결과만으로 보면, 발의 길이가 커짐에 따른 저항계수 k 의 감소 정도는 그다지 크지 않는 것으로 볼 수 있는데, 이와 같은 결과는 Table 1에서와 같이 실험에 사용한 그물들의 발의 길이가 큰 쪽이 작은 쪽의 1.2-2.0배에 불과한 것들에 원인이 있다고 볼 수 있다. 따라서 그물어구의 특성상 모형 실험시에 발의 길이를 축척비대로 축소할 수는 없고 그 보다 매우 크게 할 수밖에 없다는 것을 생각하면, 실제 모형 실험시에는 발의 길이로 인한 오차가 무시해서는 안 될 정도로 커질 수 있다는 것을 알 수 있다. 따라서 모형 어구는 가능한 한 발의 길이 또는 그물코의 크기를 작게 하여 실물 어구와의 그물코수 차를 줄이는 것이 축척비 영향을 줄이는 좋은 방법이라고 볼 수 있다.

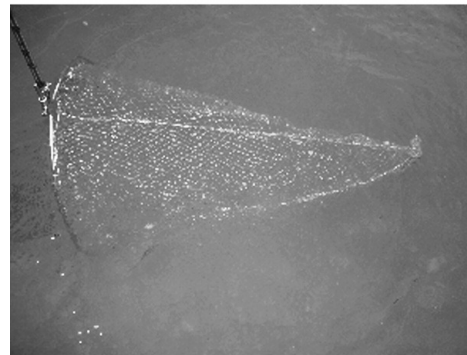
한편, PE 그물감으로 된 F 그물의 경우 d/l 는 F-1 그물보다 F-2 그물에서 더 작은데도 불구하고 k 가 낮은 유속에서만 F-2 그물의 것이 약간 작아질 뿐 전체적으로는 두 그물의 것이 거의 같게 나타난 것은 F-1 그물보다 F-2 그물에서 발의 지름이 더 커서 유연도가 더 작기 때문에, 수류 작용을 받아도 그물이 충분히 전개되지 못하여 매끈한 원추형이 되지 못하기 때문으로 보여진다. 즉, 유속에 따른 그물의 수중 형상을 조사한 결과 (Fig. 7)에 따르면, Nylon 그물의 경우는 발의 지름이 가장 큰 D-2 그물일지라도 $v=0.2\text{m/s}$ 의 매우 낮은 유속에서 그물이 충분히 전개되어 매끈한 원추형이 되는 데 비해, F-1 그물의 경우는 0.5m/s 의 유속에서 전개되기는 하



D-2 net (0.2m/s)



F-1 net (0.5m/s)



F-2 net (0.5m/s)

Fig. 7. Shapes in water flow of D-2, F-1 and F-2 nets listed in Table 1.

나 D-2 그물에 미치지 못하고, F-2 그물의 경우는 같은 유속에서도 전개 상태가 매우 나쁘며 수중 형상도 D-2 그물의 것과는 크게 차이 나기 때문에, 흐름에 대한 그물감의 경각 θ 가 커지는 결과가 되어 저항계수 k 도 커진 것으로 보여진

다. 따라서 저층 트롤이나 쌍끌이 기선저인망, 안강망 등의 저항형 어구류는 모두 PE 그물감으로 구성된다 할지라도 모형 어구는 PE 그물감으로 제작해서는 안 되고 그보다 유연한 그물감, 예를 들면 Nylon 그물감이나 PP 그물감으로 제작해야 한다는 것을 알 수 있다.

결 론

본 연구에서는 그물어구의 모형 실험시에 발생할 수 있는 축척비 영향의 원인과 크기를 조사하기 위하여, 그물의 유수저항을 결정하는 주된 요소, 즉 발의 길이 l 에 대한 지름 d 의 비 d/l 와 그물코의 전개각 ϕ , 흐름에 대한 그물감의 경각 θ 및 그물의 벽면적 S 가 모두 같고 d 와 l 의 값만 서로 다른 2가지씩의 매우 유연한 Nylon 원추형 자루그물 5쌍과 2가지의 유연하지 못한 PE 원추형 자루그물을 준비하여 원형 철틀에 교대로 부착하고, 직선 왕복형 베어링으로 고안·제작한 장력계를 사용하여 높은 유속에서도 난류가 거의 발생하지 않는 해상에서 유속의 변화에 따른 유수저항과 수중 형상을 측정·비교하였다. 그 결과, Nylon 그물은 모두가 수중에서 잘 전개되어 원추형을 이루었고, 유수저항은 d/l 와 ϕ , θ 및 S 가 같을지라도 d 와 l 이 함께 작은 그물보다 함께 큰 그물에서 약간 더 작아지는 경향이었는데, 이러한 결과는 d 보다 주로 l 이 커짐에 따라 그물코를 통한 물의 투과가 쉬워지기 때문으로 보여졌다. 이에 비해 PE 그물은 그물감의 유연도가 작기 때문에 쉽게 전개되지 않았고, 특히 d 가 큰 경우는 더욱 더 전개가 나빠져서 유수저항도 커지는 경향이었다.

따라서 실물 그물과 모형 그물에서 나타나는 발의 길이 또는 그물코의 크기 차이와 그물 유연도의 차이는 축척비 영향을 일으키는 중요한 요소가 된다고 볼 수 있는데, 실제로 모형 그물을 매우 유연한 그물감으로 구성하면 유연도 문제는 간단히 해결되나, 모형 그물의 그물코 크기는 축척비대로 축소할 것보다도 훨씬 더 큰 값으로

할 수밖에 없고, 그로 인해 실제 모형 실험시의 실물 그물과 모형 그물간의 그물코 크기 차이는 본 연구에서 사용한 그물들의 경우보다 훨씬 더 커지는 것이 보통이기 때문에, 그물코의 크기 차이가 유수저항에 미치는 영향은 실제 모형 실험의 경우 매우 커질 것으로 보여진다.

사 사

이 논문은 2009년도 전남대학교 연구년 교수 연구비 지원에 의하여 연구되었으므로 이에 감사드리며, 실험에 많은 도움을 주신 전남대학교 실습선 (동백호)의 김대진 항해사께도 깊은 감사를 드린다.

참고문헌

- Dickson, W., 1959. The use of model nets as a method of developing trawling gear. Modern fishing gear of world 1, 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, pp. 122-191.
- Kim, D.A., 1979. On the similarity law for fishing nets. Bull. Kor. Fish. Soc, 12 (1), 1-6.
- Kim, D.A., 1995a. Flow resistance and modeling rule of fishing nets, 1. Analysis of flow resistance and its examination by data on plane nettings. J. Kor. Fish. Soc, 28 (2), 543-549.
- Kim, D.A., 1995b. Flow resistance and modeling rule of fishing nets, 2. 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, 3. 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, pp. 145-238.
- Kim, J.M. and J. K. Kim, 2000. Model test on the opening efficiency of the midwater pair trawl net. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech, 36 (2), 73-88.

- Lee, J.H., J.B. Yoo, C.W. Lee, B.G. Kwon and J.M. Kim, 2003. Development for fishing gear and model of the non-float midwater pair trawl net (I). Opening efficiency of model net according to the length of lower warp. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech, 39 (1), 33 – 43.
- Miyazaki, y., 1964. Basic investigations on the resistance of fishing- XII , Discussion on the law of similarity for fishing nets. J. Tokyo Univ. Fish, 50 (2), 185 – 189.
- 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 deepsea 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. Bull. 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.
- Yoo, J.B., J.H. Lee, C.W. Lee, B.G. Kwon and J.M. Kim, 2003a. Development for fishing gear and model of the non-float midwater pair trawl net (II). Opening efficiency of the model net according to front weight and wing-end weight. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech, 39 (3), 189 – 196.
- Yoo, J.B., J.H. Lee, C.W. Lee, B.G. Kwon and J.M. Kim, 2003b. Development for fishing gear and model of the non-float midwater pair trawl net (III). Opening efficiency of the model net attaching the kite. Bull. Kor. Soc. Fish. Tech, 39 (3), 197 – 210.

2010년 9월 20일 접수

2010년 10월 25일 1차 수정

2011년 1월 10일 2차 수정

2011년 1월 31일 수리