

水産學碩士 學位論文

저층트롤의 발줄 및 저질의 종류에
따른 저항특성

指導教授 李 珠 熙

이 論文을 水産學碩士 學位論文으로 提出함



釜慶大學校 大學院

水産物理學科

辛 政 昱

辛政昱의 水産學碩士 學位論文을 認准함

2001年 12月 26日

主 審 水産學博士 李 春 雨



委 員 水産學博士 金 炯 碩



委 員 水産學博士 李 珠 熙



目 次

Abstract	1
I. 緒論	3
II. 材料 및 方法	5
1. 모형어구의 제작	5
2. 발줄의 구성	9
3. 실험수조 및 장치	12
4. 실험방법	17
III. 結果 및 考察	18
1. 어구의 저항	18
2. 발줄의 저항	20
2.1 발줄의 종류에 따른 저항	20
2.2 발줄의 무게 및 굵기에 따른 저항	23
2.3 예망속도에 따른 발줄의 저항	25
3. 어구에 대한 발줄 저항비	26
4. 발줄의 저항계수	29
IV. 要約	31
V. 謝辭	33
VI. 參考文獻	34

Drag Characteristics According to Ground Rope and SeaBeds in the Bottom Trawl

Jung-wook, Shin

*Department of Fisheries Physics, Graduate School,
Pukyong National University*

Abstract

The model experiments for the Eastern sea bottom trawl were conducted for the 3 types of ground ropes and 2 types of seabeds to examine drag characteristics according to towing speed.

The model net was based on the net of one of trawler with 750ps and made by 1/78 of a full scale net. This experiments focused on the drags for 3 types of ground rope, the serving wire, the original and the chain types and 2 types of seabeds, mud and sand of bottom.

The results obtained are summarized as follows :

1. In the case of the sand bottom, the drags by 3 types of ground ropes were orderly increased in turn of the chain, the serving wire and the original type. But in the case of the mud bottom, the drag of the original type of ground rope is higher than that of the serving wire type and less than the chain type.
2. In the case of the serving wire type of ground rope, the drags by the diameters of ground rope, $\phi 1.3$, $\phi 1.9$, $\phi 2.6$ and $\phi 3.25$ were increased respectively by 23g, 25g, 32g and 42g at the towing speed of $0.4m/s$.
3. The drags of ground ropes were increased exponentially in proportion to the towing speed, in the same way in all of three types of ground rope.
4. The ratios of drag of ground rope against that of the trawl net by the type of ground rope at the towing speed of $0.4m/s$ on the mud bottom were 0.69 in the chain type, 0.64 in the serving wire type and 0.67 in the original type respectively.
5. The Coefficient of drag(C_d) by type of ground rope according to the towing speed were 10.0~56.7, 3.0~16.0 and 1.5~8.5 respectively in turn of the chain type, the serving wire type and the original type on the mud bottom, and that on the sand bottom were 10.0~60.0, 3.0~14.0 and 1.2~6.0 respectively in turn of the chain type, the serving wire type and the original type.

緒 論

저층트롤어업은 매우 적극적 어법이며 초기 유럽에서는 자루만으로 된 어구의 입구에 틀(beam)을 붙여서 어구가 벌어지도록 하여 1척의 어선으로 끄는 빔트롤이 일찍부터 발달했는데 오늘날 트롤어업이 발달하면서 근해 트롤어업이 새롭게 인식되고 1976년 수산업법 시행령이 대형트롤어업은 100 톤이상 550톤 미만의 동력선에 의하여 망구 전개판을 장치한 인망을 사용하여 채포하는 어업으로, 동해구새우트롤어업은 명칭이 동해구트롤어업으로 변경됨으로서 규정도 20톤 이상 80톤 미만의 동력선에 의하여 망구 전개판을 장치한 인망을 사용하여 채포하는 어업으로 바뀌므로써 근해트롤어업이 대형트롤어업으로 발전되기 시작했다(李 등, 1993).

저층트롤은 어구의 구조나 규모가 다양하며 특히, 발줄의 기능은 어구의 접지성을 유지하면서 대상어족을 그물 안으로 구집하는 역할을 한다. 저층트롤의 문제점으로는 항시 해저를 소해 하면서 어구를 예망해야하기 때문에 마찰저항을 많이 받을 뿐만 아니라 펄을 뜨거나 장애물에 걸리는 사고가 발생하기도 하여, 어획성능에도 많은 영향을 끼치는 점 등을 들 수 있다(Sangster G.I, *et al*, 1998; 金 등, 1991). 이에 대한 연구로서, 빔트롤의 체인의 형태에 따른 모형 트롤어구의 역학적 특성을 실험한 Uwe R, *et al*, (1997), Eiji T, *et al*, (1991) 등이 있고, 발줄의 형상에 관한 연구로는 Fuwa *et al*., (1992, 1988)가 있었다. 그런데, 저층트롤 조업

시 어구저항은 발줄 및 저질의 종류, 예망속도, 그물의 구조 및 기타 해양 물리적인 요인에 따라서 변화한다. 특히 어구저항에 큰 영향을 주는 발줄과 저질의 마찰은 복잡하고 비선형적인 현상으로 이론적인 취급이 어려워서 지금까지 거의 연구된 바가 없다.

따라서, 본 연구에서는 저층트롤에 대한 발줄과 저질에 따른 어구저항을 규명하고자 동해구트를 모형틀을 제작하여, 현재 사용되고 있는 3종의 발줄을 2종의 저질에 대하여 모형실험을 실시하고 어구의 저항 특성중 저질에 따른 발줄의 저항을 규명하여 어구설계에 기초자료를 제공하였다.

材料 및 方法

1. 모형어구의 제작

본 연구에서는 동해구트롤선 제77옥광호(59G/T)에서 사용하고 있는 개랑어구(Fig. 1)를 기준형(chain type)으로 하였으며, 어구의 규모는 그 물의 뺀친 길이가 약 121m, 그물 목줄의 길이가 약 100m, 끌줄의 길이가 약 1000~1200m이다.

예망어구는 예망속도에 따라서 그물 입구의 형상, 특히 망고의 변화에 따른 어구의 저항 특성에 대한 해석이 어렵기 때문에, 본 연구에서는 그물 입구의 변화가 없도록 빔 프레임을 제작하여 망고 200mm, 망폭 500mm가 되도록 모형어구의 상사비를 1/78로 하였다.

본 실험에서 사용한 모형어구의 재료는 Nylon 210D의 2합사를 사용하였으며, 이때 섬유 비중 차이는 무시하였다.

모형어구를 제작함에 있어서 고려한 상사법칙(張 등, 1982)은 다음과 같다.

$$\Lambda = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{78} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$\frac{d_1}{l_1} = 0.027 \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\frac{d_2}{l_2} \cong 0.13 \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$V = \frac{v_2}{v_1} \cong 0.36 \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (4)$$

$$F = 2.14 \times 10^{-5} \quad \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot \cdot (5)$$

여기서, λ 는 실물에 대한 모형의 축척비이며, λ_1 과 λ_2 는 모형과 실물의 각부 치수이며, l_1, d_1 과 l_2, d_2 는 각각 실물과 모형의 망목의 한발의 길이와 직경, V 는 유속비, V_1, V_2 는 각각 실물과 모형의 유속이고, F 는 부력, 침강력 및 유체저항의 비이다. 모형망은 Fig. 2와 같다.

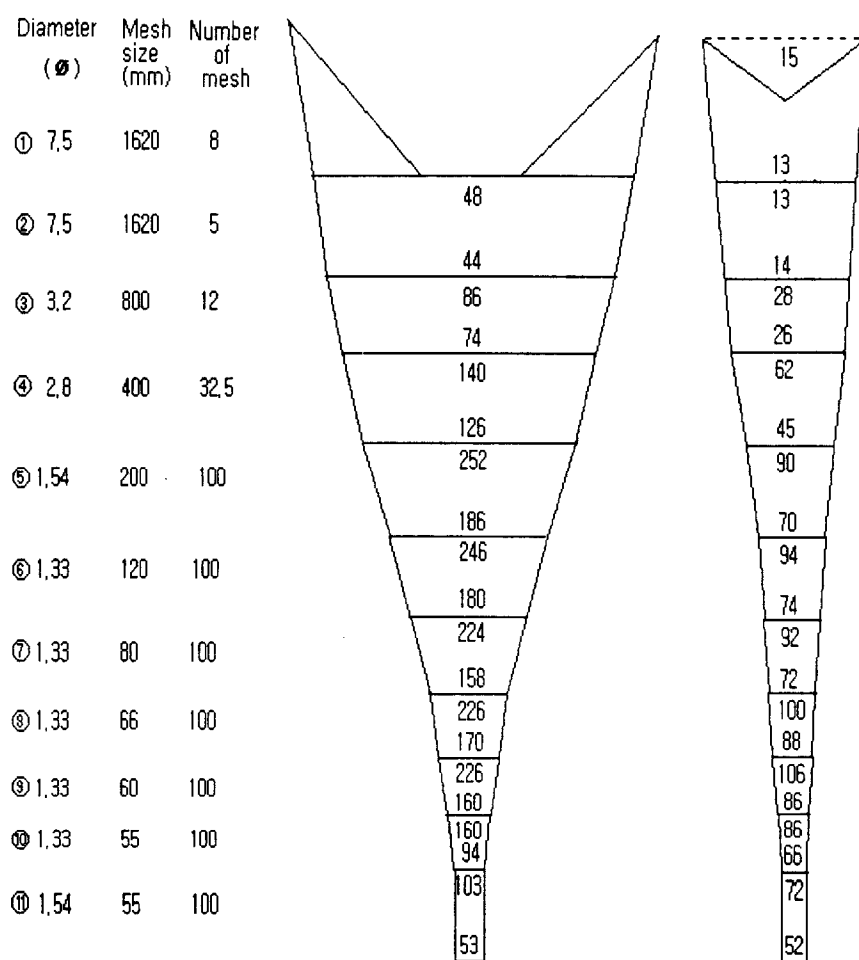


Fig. 1. Drawing of the Eastern sea trawl proto-type net.

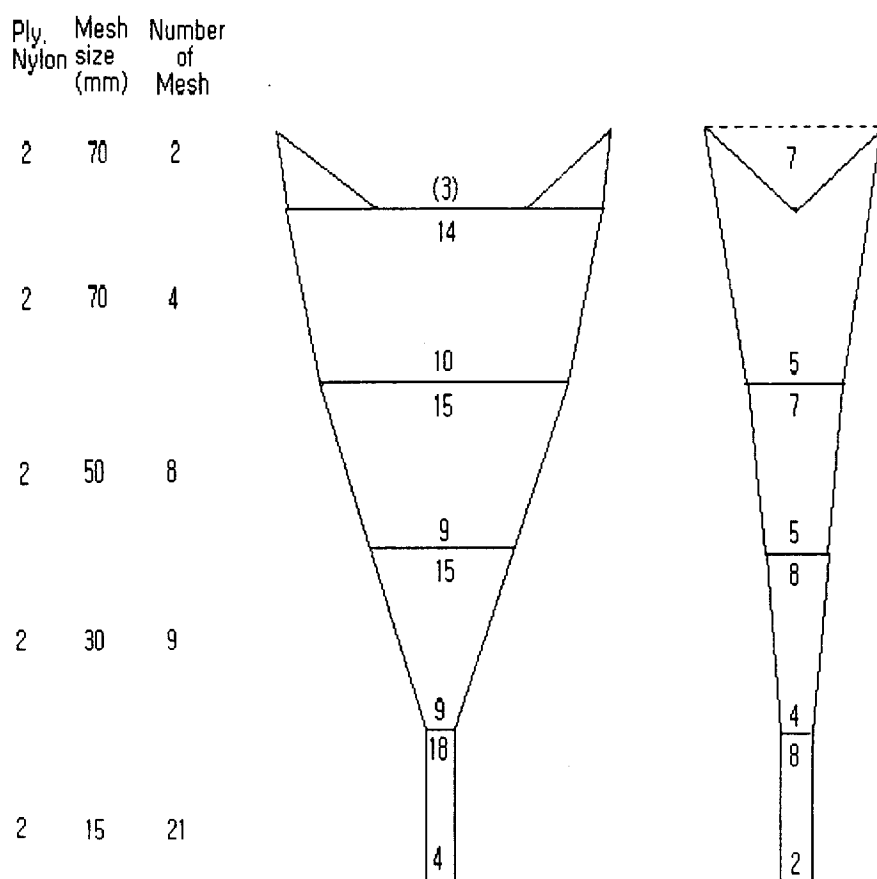


Fig. 2. Developed drawing of the Eastern sea trawl model net for the experiment.

2. 발줄(Ground rope)의 구성

현재 동해구트롤에서 사용되고 있는 발줄은 체인으로 구성된 현용형 발줄(chain type ; 이하 체인형)과 재래식어구에 사용하고 있는 와이어로프에 마닐라 또는 PP strand를 서빙한 서빙 와이어형 발줄(serving wire type ; 이하 와이어형)과 와이어로프에 철구, 보빈, 싱커, 타이어프레스 등의 자재를 끼어서 만든 속구부착형 발줄(original type ; 이하 기본형)의 3종이 있다.

가. 체인형

현용 동해구 트롤의 발줄은 Fig. 3과 같이 길이가 48.95m이고 수중 무게가 256kg의 체인으로 되어 있으며, 상사 법칙에 의해 길이는 0.63m, 수중무게는 5.4g으로 제작하였다.

나. 와이어형

발줄모형은 $\phi 0.65$ 스테인레스 줄에 pp Strand를 감아서 제작하였으며, 발줄의 굵기에 따른 저항 특성을 규명하기 위하여 발줄의 직경을 기준형($\phi 0.65$)의 2, 3, 4, 5배인 $\phi 1.3$, 1.95, 2.6, 3.25로 하여 4개를 제작하였다.

다. 기본형

기본형 발줄은 1,200마력의 저층트롤에서 사용되는 4폭그물의 발줄을

기준으로 제작한 것으로써 수중무게는 $359kg$ 이며, 길이는 $62.5m$ 이다(金 등, 1985). 이것을 현용 동해구 트롤($750ps$)에 맞게 적용시키면 발줄의 수중무게는 약 $253kg$ 이 되므로 이것을 상사법칙에 따라 제작하면 모형 어구의 발줄은 수중무게가 약 $5.4g$ 이 된다.

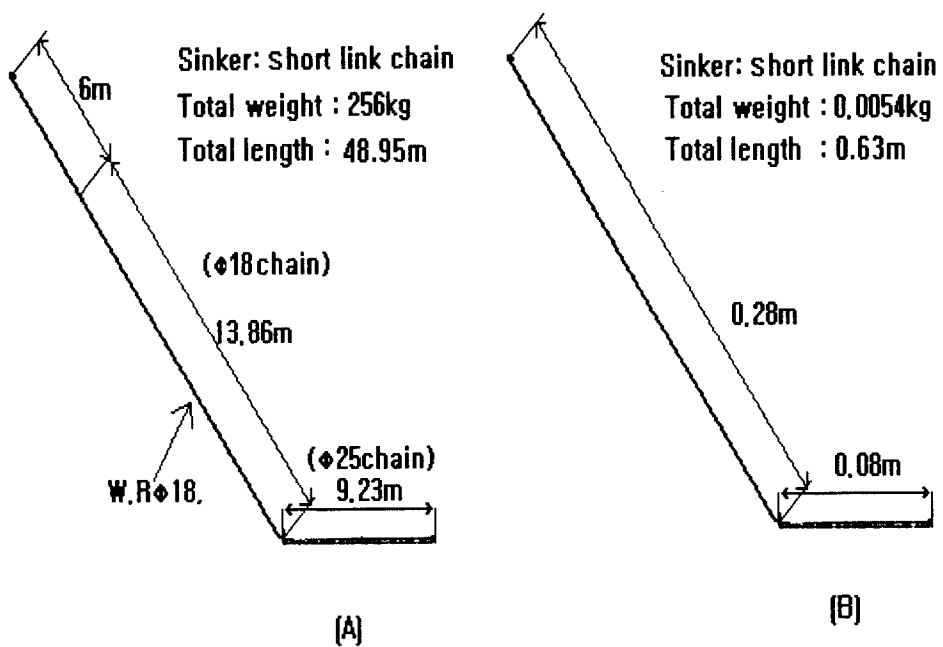


Fig. 3. Schematic drawing of the chain type ground rope.

Serving wire and original types are the same length and weight as the chain type.

(A) The full-scale ground rope of the chain type

(B) The model ground rope of the chain type

3. 실험수조 및 장치

실험에 사용한 수조는 Fig. 4에 나타난 바와 같이 규격이 $4.0L \times 0.8W \times 0.4H(m)$ 이고, 두께 $7mm$ 인 유리를 앵글에 고정시켜 제작하였으며, 수조의 상단 중앙선을 따라 샤프트($L3000mm \times \phi 16mm$)를 설치하고, 베어링을 샤프트에 끼워 이동이 원활하게 하였다.

장력계로는 베어링에 부착된 로드셀(동신, 20DBT)를 사용하였으며, 장력의 측정범위가 $0 \sim 20kg$ 이고, 분해능이 $0.001g$ 이며, 장력계의 정도는 Fig. 5에 나타난 것과 같고, 계측된 장력데이터는 RS232C를 통하여 컴퓨터에 입력하여 분석하였다.

예망 장치는 변속모터(Thosiba, 1ps, $0 \sim 60rpm$)와 모터의 rpm을 제어하는 제어기, 그리고 끌줄이 감기는 $\phi 250 mm$ 인 드럼으로 구성하였고, 실험에 사용한 저질은 모래, 펄로서 저질별 입자의 크기는 Table 1과 같다.

그리고, 그물 입구의 크기를 일정하게 하기 위하여 빔 프레임을 제작하여 모형망 또는 발줄을 부착하도록 하였으며, 이때 빔 프레임과 저질과의 마찰저항을 적게 하기 위하여 프레임에 Photo. 1에 나타난 것과 같은 아크릴로 제작한 스케이팅보드를 부착하였다.

Table 1. Particle size of the experimental ground

Item		Sand	Mud
Size(%)	Gravel	0.07	0.00
	sand	93.64	12.19
	silt	3.23	33.58
	clay	3.06	54.23
Mean		2.22	7.77
sd		1.60	3.04

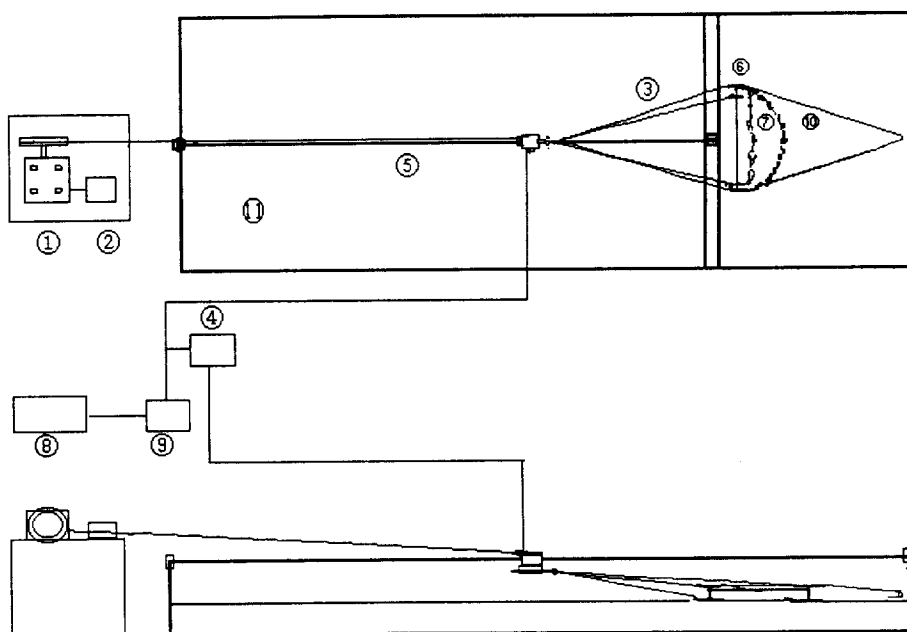


Fig. 4. General arrangement of the experimental apparatus.

- ① motor ② controller ③ road cell ④ strain amplifier
- ⑤ Shaft ⑥ beam frame ⑦ ground rope ⑧ computer
- ⑨ controller ⑩ net ⑪ water tank

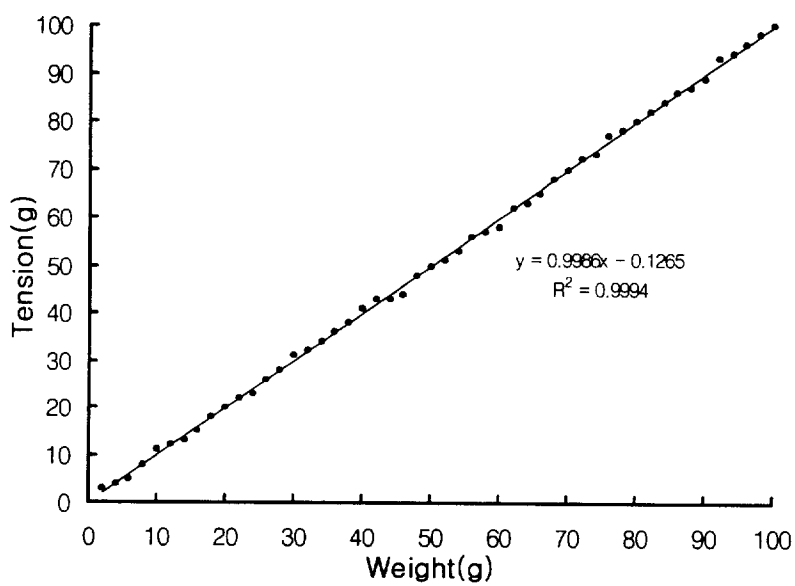


Fig. 5. Calibration for the tension meter.

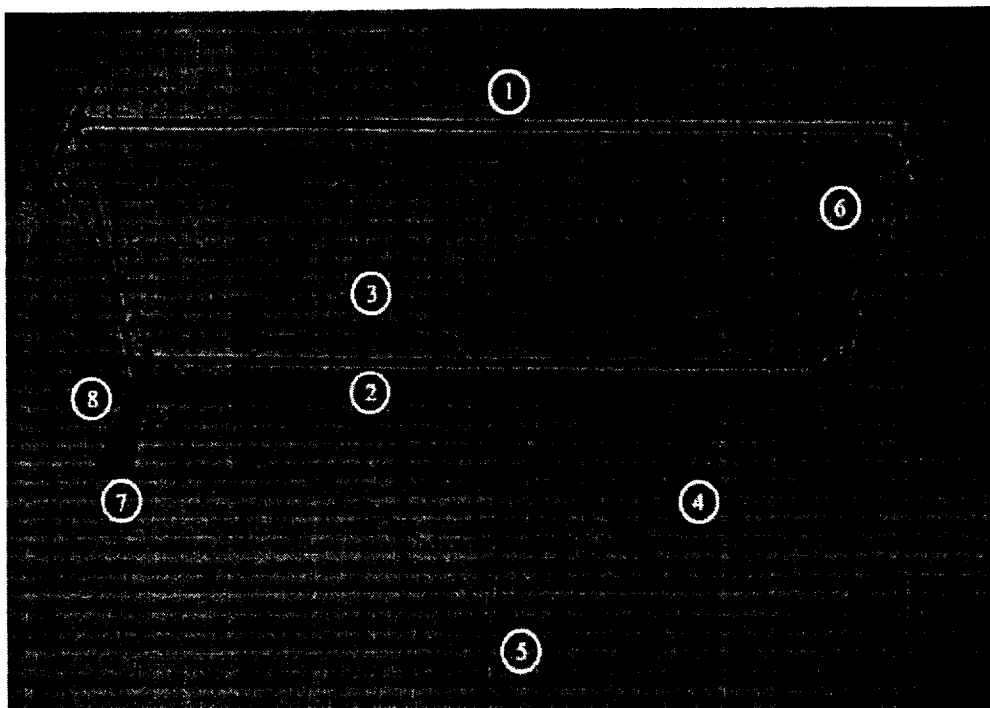


Photo. 1. Beam frame of gear for the experiment.

- ① upper frame ② lower frame ③ lower warp ④ upper warp
 ⑤ ring ⑥ hook ⑦ skating board ⑧ weight

4. 실험방법

본 연구에서는 현재 동해구트롤에 사용되는 3종의 발줄에 대한 저질별·예망속도별 저항 특성을 규명하고자 하였다. 이를 위하여, 상사비에 의해 수중무게가 5.4g인 체인형, 와이어형, 기본형의 3종의 발줄에 대하여 저질을 펄 과 모래의 두 가지로 하고 예망속도를 달리해가면서 각각의 발줄에 따른 어구의 저항 특성을 실험하였고, 또한 체인형에 대해서는 발줄의 수중무게를 5.4g, 10g, 20g으로, 와이어형에 대해서는 발줄의 직경을 $\phi 1.3$, 1.95, 2.6, 3.25로 달리하여 각각의 저항 특성을 실험하였다.

실험중 수조내의 저질은 예망할 때 발줄 및 프레임에 영향을 받아 저면에 굴곡이 생기기 때문에 저질의 깊이를 5cm로 하여 항상 고른 분포가 되도록 하였다.

어구의 저항은 수조 중앙선 위쪽에 부착한 길이 3m($\phi 16mm$)의 샤프트 축에 끼운 특수 베어링의 하우징에 장력계를 고정하고, 장력계의 앞쪽에는 끌줄을, 뒤쪽에는 후릿줄을 연결하여 모터에 연결된 드럼을 회전시켜 끌줄을 감아들이면 장력계 및 실험어구가 끌리면서 장력계에 걸린 저항이 RS232C를 거쳐 컴퓨터에 입력되는 방법으로 측정하였고, 각 항목마다 5회씩 실험을 하여 그 평균치를 저항값으로 하였다.

동해구트롤의 실제 예망속도는 2.0~2.5knot이고, 이에 대한 모형의 예망속도는 0.37~0.46m/s이나, 본 연구에서는 예망속도를 모터의 용량과 수조의 규모를 고려하여 0.1m/s, 0.2m/s, 0.3m/s, 0.4m/s의 4단계로 하여 프레임만의 저항, 프레임에 부착한 발줄의 저항, 프레임에 부착한 완성어구의 저항을 각각 구한 후, 얻어진 발줄과 어구의 저항에 프레임의 저항을 감하는 방법으로 저항을 구하였다.

結果 및 考察

1. 어구의 저항

예망속도를 $0.4m/s$ 로 일정하게 하고, 저질을 모래와 펄의 두 가지에 대하여 3종의 발줄을 각각 부착한 어구의 저항은 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에 나타난 바와 같이 각 그물의 저항은 예망 중 일정한 변화폭의 범위 내에서 변동하는 경향을 보이지만 전체적으로 일정한 값으로 수렴하고 있다. 먼저, 모래인 경우에 체인형, 와이어형 및 기본형 발줄의 저항은 각각 $57g$, $50g$, $52g$ 으로 체인형이 다른 두 가지 발줄에 비해 저항이 약 12% 정도 크게 나타났다. 저질이 펄인 경우 또한 체인형, 와이어형 및 기본형의 어구저항은 $53g$, $49g$, $51g$ 으로 나타남으로서 체인형이 가장 값이 크지만 발줄의 종류별 저항의 차이는 모래인 경우보다 작았다. 그리고, 전체적으로 저항값에 기복이 발생하는 것은 예망시에 발줄이 저질을 파고들다가 다시 빠져나오는 동작 때문인 것으로 판단되며 각 발줄별 평균저항에 대한 예인시간별 각 저항의 표준편차(SD)는 모래에서 체인형이 0.96, 와이어형과 기본형이 0.75였으며, 펄에서는 체인형이 1.39, 와이어형이 0.46, 기본형이 0.89이었다.

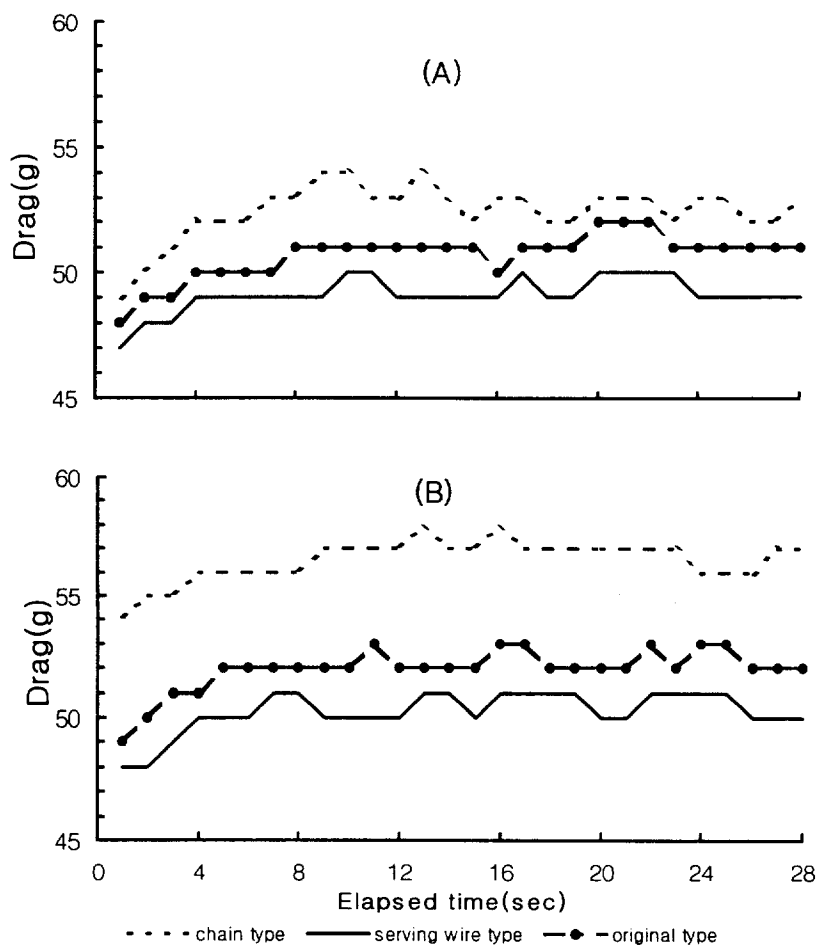


Fig. 6. Drag of model net for 3 types of ground rope at 0.4 m/s of towing speed.
(A) mud (B) sand

2. 발줄의 저항

2. 1. 발줄의 종류에 따른 저항

체인형, 와이어형, 기본형의 각 발줄에 대하여 수중무게를 5.4g, 예망 속도를 0.4m/s로 일정하게 하여 모래 및 펄에서 실험한 결과 발줄 종류 별 저항은 Fig. 7과 같다.

Fig. 7에서 저질이 모래인 경우 저항은 체인형이 38g, 와이어형이 31g, 기본형이 30g으로서 체인형, 와이어형, 기본형 순으로 높게 나타났으며, 와이어형 및 기본형이 체인형보다 각각 18%, 21% 작게 나타났다.

저항의 차는 발줄의 형태, 굴삭 및 예인상태와 많은 관련이 있음을 알 수 있었다. 즉, 세 가지 형태의 발줄 중에서 체인형이 가장 큰 저항이 나타났는데, 이것은 체인의 형태가 다른 발줄에 비해 많은 양의 저질을 파면서 소해하였고, 발줄의 중앙부가 양현 쪽에 비해서 모래가 많이 끌려지는 현상이 관찰되어, 상대적으로 저항이 많이 걸리는 것으로 판단된다.

와이어형은 단면적이 고른 원형으로 저질을 고르게 끌면서 소해하였다. 기본형은 저항이 가장 작게 나타났는데, 이것은 발줄의 구성이 타이어 프레스와 고무보빈이 좌우 동형으로 구성되어, 예망시 발줄 부속구들이 고르게 회전하면서 저질을 소해했기 때문에 상대적으로 다른 형태의 발줄 보다 저항이 작게 나타났고 판단된다.

저질이 펄인 경우의 발줄의 저항은 체인형은 36g, 와이어형은 32g, 기본형은 34g으로 나타났다. 기본형 발줄의 경우 저질이 펄일 때 모래에서 보다 저항이 다른 종류에 비해 상대적으로 많이 증가하였는데, 이것은

펠의 입자의 상태 즉, 펄이 잘 다져진 차진 펄에서는 기본형 발줄의 보빈이 원활하게 회전되며 예인되어지지만 펄이 잘 다져지지 않은 무른 펄에서는 저질표면이 고르지 못하기 때문에 보빈이 원활히 회전되지 못한다. 따라서, 본 실험에서도 펄의 침적시간이 짧으므로 해서 펄 표면의 상태가 고르지 못하였기 때문에 모형보빈이 원활히 회전하지 못하고 예인되어 저항이 커진 것이라고 판단된다. 와이어형은 저질이 모래일 때 보다 저항이 크게 나타났으며, 체인형은 다른 두 종류의 발줄과는 반대로 모래에서 보다 펄에서 저항이 작았다. 이것은 모래입자 보다 펄의 입자가 상대적으로 작기 때문이라고 판단된다.

일반적으로 전통적인 저층트롤의 발줄은 기본형이지만 동해구트롤은 와이어형 발줄을 채택하고 있는데 이것은 동해구트롤의 조업수역이 수심이 깊어 저질이 펄로 되어있으므로 앞서 기술한 이유 때문이라고 판단된다. 또한, 권 등(2001)이 개발한 개량형 동해구트롤에서는 체인형 발줄을 채택하고 있는데 이 결과에서 보면 와이어형 발줄로 대체하는 것도 고려해볼 필요가 있다고 본다.

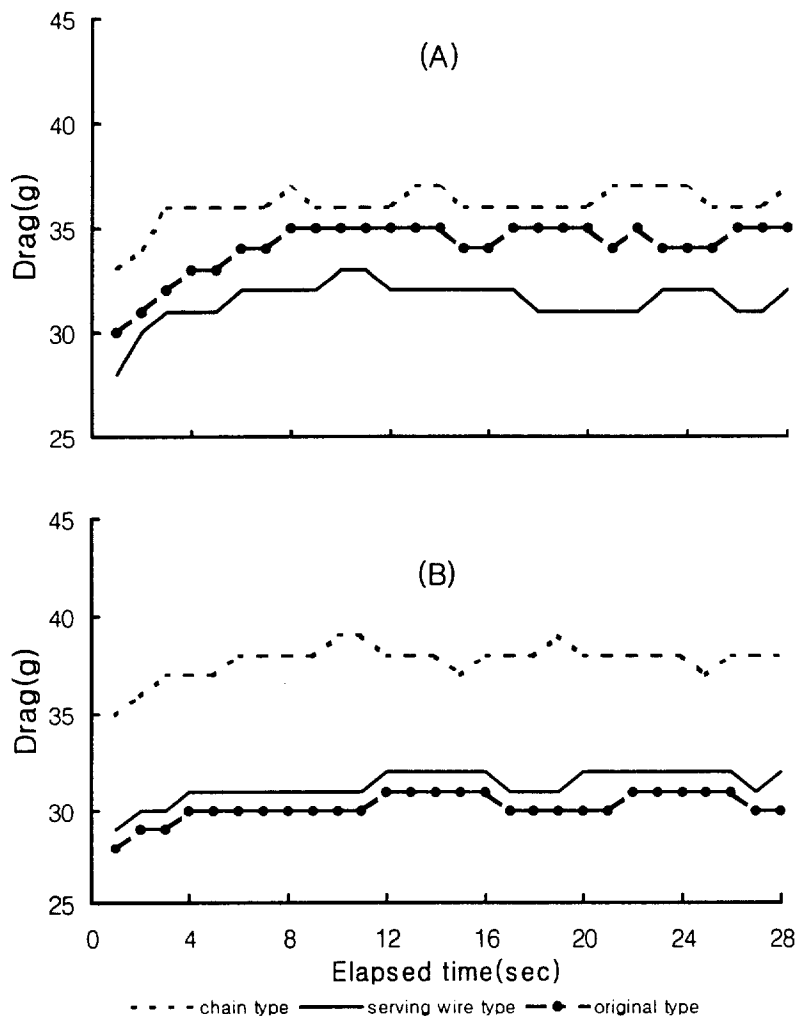


Fig. 7. Drag of ground ropes according to type of seabed at $0.4m/s$ of the towing speed.
 (A) mud (B) sand

2. 2. 발줄의 무게 및 굵기에 따른 저항

발줄의 무게에 따른 저항 특성을 알아보기 위해 체인형 5.4g, 10g, 20g의 3개로 제작하여 예망속도 0.4m/s에서 저질에 따른 저항을 Fig. 8에 나타내었다.

Fig. 8에서 발줄의 무게에 따른 저항은 거의 직선형으로 증가하고 있으며 저질이 펄인 경우, 체인형 발줄의 무게가 5.4g, 10g, 20g일때 저항은 각각 36g, 45g, 65g으로 줄의 무게가 20g일 때가 10g일때 보다 약 44% 더 컸으며, 모래의 경우, 저항은 각각 38g, 51g, 74g으로 발줄의 무게가 20g일 때가 10g일 때 보다 약 45%로 컸다.

발줄의 무게가 10g을 기준으로 저항은 펄일 때 보다 모래에서 13% 크게 나타났으며 20g일 때는 14% 크게 나타났다.

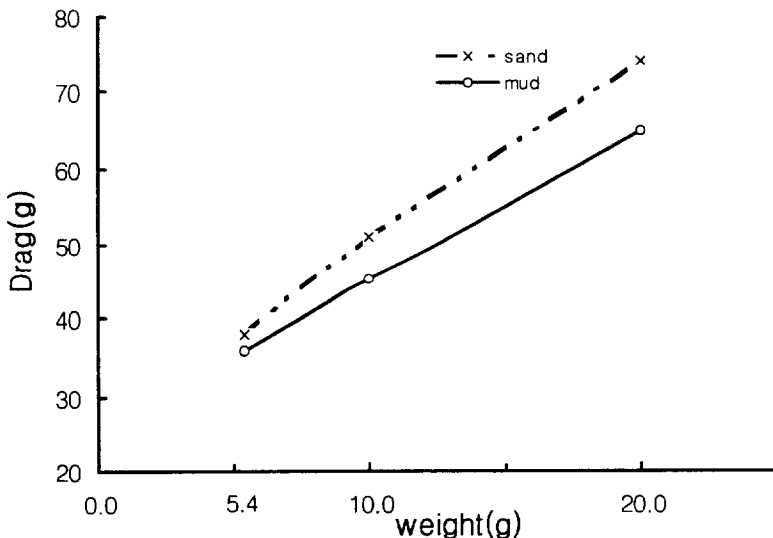


Fig. 8. Drag of the chain type of ground rope according to underwater apparent weight of ground rope at 0.4m/s of the towing speed.

발줄의 굵기에 따른 저항을 밝히기 위하여 와이어형 발줄을 굵기 ϕ 1.3, 1.95, 2.6, 3.25의 4개로 제작하여 저질을 모래, 펄로 변화시키면서 예망속도 $0.4m/s$ 에서의 저항 특성을 구하여 Fig. 9에 나타내었다.

Fig. 9에서 저질이 펄일 경우 저항은 발줄의 굵기에 따라서 각각 23g, 25g, 32g, 42g으로 나타났으며, 모래인 경우에는 19g, 23g, 31g, 40g으로 모래보다는 펄에서 저항이 높게 나타나는 경향을 보이는데, 이는 저질이 모래인 경우 발줄의 대부분이 저질의 표면만을 소해하지만, 펄인 경우는 펄 속에 묻혀 저질을 소해하므로 모래보다 저항이 다소 높게 나타나는 경향을 보였다. 또한 굵기가 증가함에 따라 저항은 지수 함수적으로 증가하는 경향을 보이고 있어 발줄의 굵기가 커질수록 저항의 증가폭도 크지는 경향을 알 수 있다.

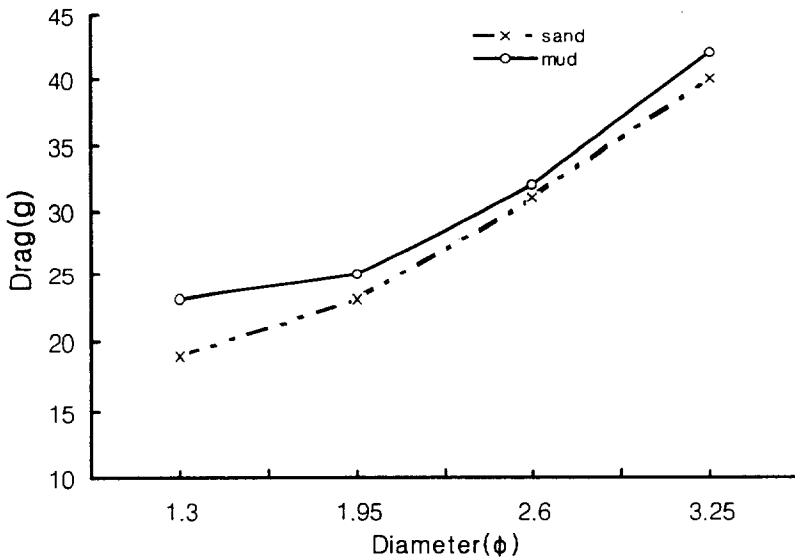


Fig. 9. Drag of the serving wire type of ground rope according to diameter at $0.4m/s$ of the towing speed.

2. 3. 예망속도에 따른 발줄의 저항

예망속도에 따른 발줄의 종류별 저항은 저질이 펄일 때를 기준으로 예망속도 $0.1m/s$, $0.2m/s$, $0.3m/s$, $0.4m/s$ 의 4단계로 증가시켜가며 실험한 3 종류의 발줄에 대한 저항을 Fig. 10에 나타내었다.

Fig. 10에서 세 종류의 발줄의 저항은 전체적으로 직선에 가까운 지수 함수적으로 증가하고 있어 예망속도가 낮을 때에는 저항의 증가폭이 작지만 예망속도가 높을 때는 그 증가폭이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 즉, 체인형은 유속이 빨라짐에 따라 $14g$, $20g$, $27g$, $36g$ 으로 증가하였으며, 와이어형의 경우에는 $11g$, $17g$, $24g$, $32g$ 으로서 체인형보다 작게 나타났고, 기본형의 경우에는 예망속도에 따라 $13g$, $19g$, $25g$, $34g$ 으로 전체적인 저항은 체인형보다는 작게 나타났지만, 와이어형보다는 조금 높은 경향을 나타내고 있다.

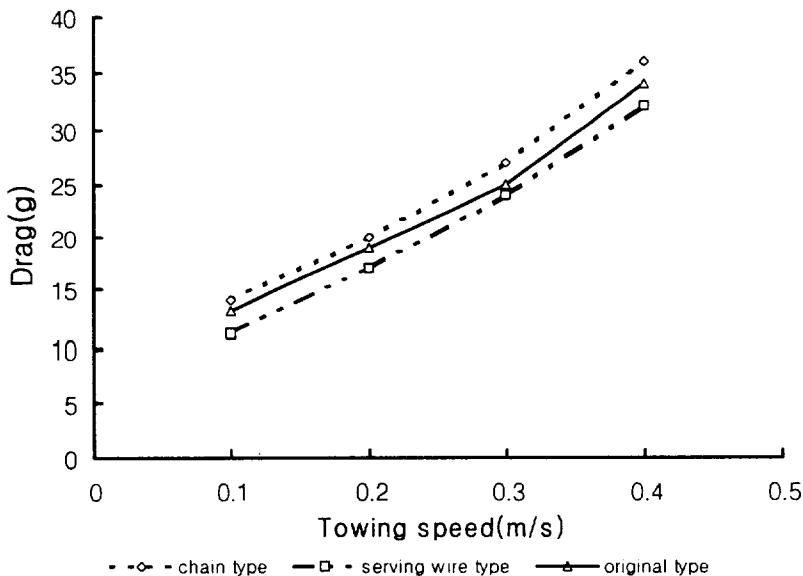


Fig. 10. Drag of the type of ground rope according to towing speed in the mud.

3. 어구에 대한 발줄 저항비

어구저항(R_N)에 대한 발줄저항(R_G)의 비는 Fig. 11에 나타난 바와 같이 유속이 $0.4m/s$ 에서 저질이 펄에서는 체인형, 와이어형, 기본형이 각각 0.69, 0.64, 0.67로 나타났으며, 모래에서는 각각 0.67, 0.62, 0.60로 나타났다. 즉, 어구전체의 저항 중에서 발줄의 저항이 차지하는 비율이 최소 약 50%에서 최대 약 70%까지 인 것으로 나타나 실제 저층트롤 어구에서 발줄의 저항이 차지하는 비율이 크다는 것을 뒷받침하고 있다. 또한, 기본형 발줄은 모래에서는 어구저항에 대한 발줄저항의 비가 가장 작지만 펄에서는 와이어형 발줄에서보다 크게 나타나고 있는데, 그 이유는 앞서 기술한 바와 같이 이것은 펄의 입자의 상태 즉, 펄이 잘 다져진 차진 펄에서는 기본형 발줄의 보빈이 원활하게 회전되며 예인되어지지만 펄이 잘 다져지지 않은 무른 펄에서는 저질표면이 고르지 못하기 때문에 보빈이 원활히 회전되지 못하고 예인되기 때문에 저항이 커진 것이라고 판단된다. 따라서 저질이 펄에서는 기본형 발줄보다 와이어형 발줄을 채택하는 것이 효과적이라고 판단된다.

실제로 일반적 저층트롤에서는 기본형 발줄을 사용하지만 저질이 주로 펄로 된 어장에서 조업하는 재래식 동해구트롤에서는 와이어형 발줄을 채택하고 있는 것은 오랜 경험을 통해서 이러한 결과를 자연스럽게 반영한 것으로 보아진다. 전체적인 어구저항에 대한 발줄 저항의 비는 저질이 펄일 때 모래의 경우보다 다소 크게 나타나고 있다. 그리고, 예망속도가 증가함에 따라서도 거의 직선의 경향으로 증가하고 있다.

한편, 본 실험의 결과에서 전체어구의 저항에 대한 발줄저항의 비가

약 60% 정도로 나타난 결과는 지금까지 다른 연구결과가 없었기 때문에 그 값의 절대치에에 대한 별도의 논의가 필요하리라 판단되나, 업계에서는 발줄저항이 전체어구의 저항에서 차지하는 비율이 예상밖으로 클 것이라는 예상이 지배적이었음을 지적해 둔다.

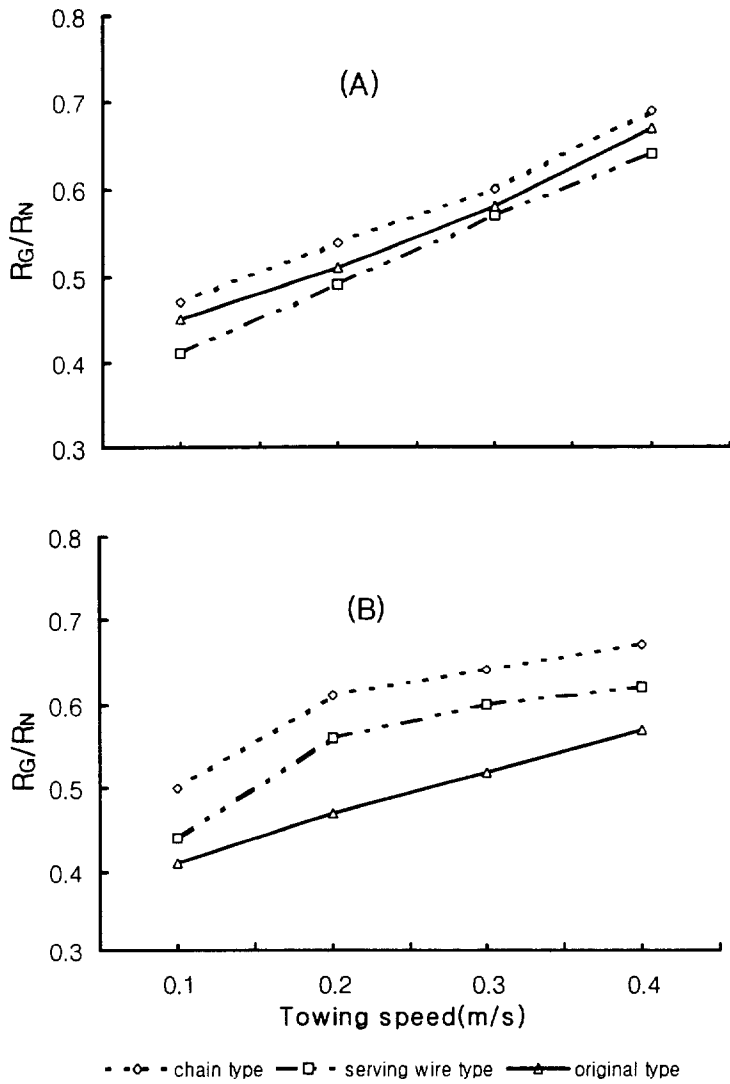


Fig. 11. The ratio of drag of ground rope(R_G) against that of the net(R_N) by the type of ground rope and towing speed.

(A) mud (B) sand

4. 발줄의 저항계수

일반적으로 저항(R)은 아래의 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = \frac{1}{2} \rho C_d A V^2 \quad \dots \dots \dots (6)$$

여기서, ρ 는 물의 비중, A 는 발줄의 투영면적이다.

식(6)은 저항계수 C_d 에 관하여 정리하면 아래의 식으로 나타낼 수 있다.

$$C_d = \frac{2R}{\rho A V^2} \quad \dots \dots \dots (7)$$

Fig. 12에 나타난 바와 같이 펄에서는 체인형 발줄이 약 10.0~56.7, 와이어형은 약 3.0~16.0, 기본형은 약 1.5~8.5이며, 모래에서는 체인형 발줄이 약 10.0~60.0, 와이어형은 약 3.0~14.0, 기본형은 약 1.2~6.0이다. 그리고, 전체적으로 펄과 모래 모두에서 저항계수가 체인형이 다른 두 종류의 발줄에 비해 상대적으로 가장 크고, 와이어형, 기본형 순으로 컸다. 또한, 예망속도가 낮을 때의 저항계수 값과 예망속도가 높을 때의 저항계수 값이 차이가 나는 것은 예인시 예망속도가 낮을 때에는 발줄이 저질면에 잘 밀착되어 예인되어졌고, 예망속도가 높을 때에는 발줄이 저질면에 잘 밀착되지 않고 예인되어졌기 때문인 것으로 판단된다.

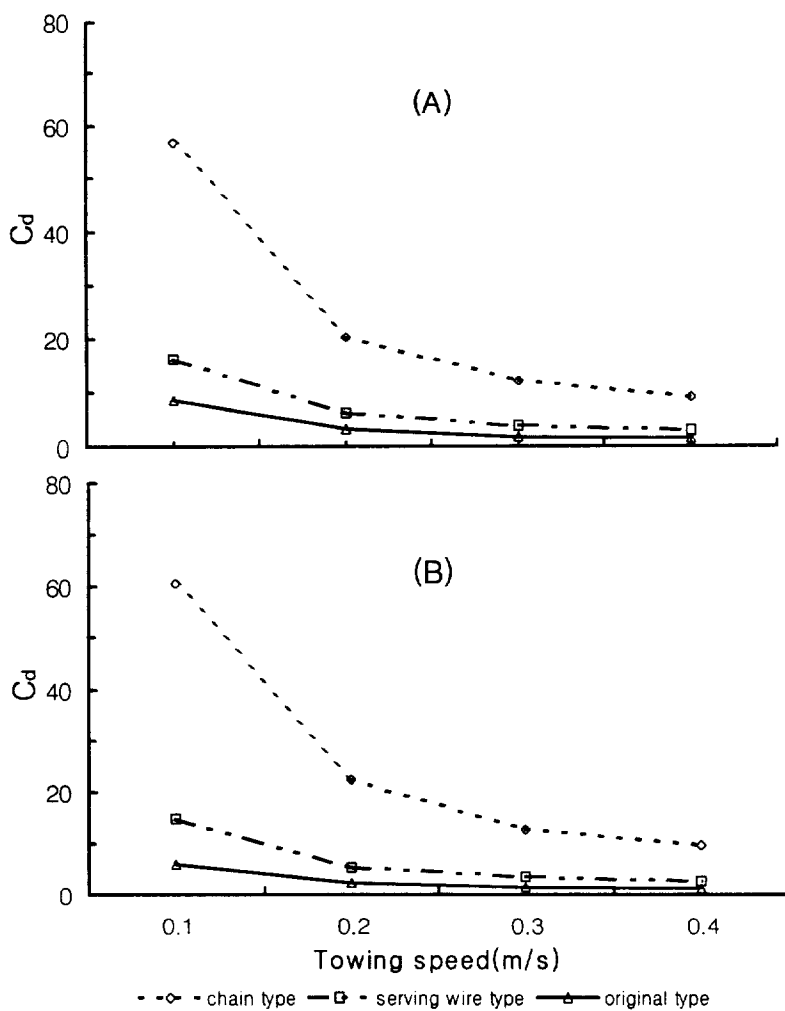


Fig. 12. Coefficient of drag by the type of ground rope according to towing speed.

(A) mud (B) sand

要 約

본 연구에서는 동해구트롤선(750ps)을 대상으로 현용어구에 대한 모형망을 제작하여 발줄과 저질의 종류에 따른 어구의 저항특성을 구하고자 하여, 수중무게 5.4g인 체인형, 와이어형, 기본형의 발줄 3종류의 발줄에 대하여 실제 예망속도인 2~2.5knot의 범위에 해당되는 실험예망속도 0.4m/s일 때의 저항을 실험, 분석하였으며, 나아가 체인형 발줄에 대해서는 발줄무게에 따른 저항의 변화를, 와이어형 발줄에 대해서는 발줄의 굵기에 따른 저항의 변화를 실험, 분석하였다.

한편, 예망속도에 따른 발줄의 종류별 저항특성을 구하고자 수중무게가 5.4g인 체인형, 와이어형, 기본형의 3종류의 발줄에 대하여 예망속도를 0.1m/s 0.2m/s, 0.3m/s 0.4m/s로 변화시키면서 저항을 측정하고, 어구에 대한 발줄 저항비 및 저항계수를 각각 구하였다.

그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 어구저항은 저질이 모래와 펄 모두에서 체인형이 가장 크고, 기본형, 와이어형 순으로 작게 나타났다.
2. 저질의 종류에 따른 저항은 모래에서는 체인형이 가장 크고, 와이어형, 기본형 발줄의 순으로 작았으며, 펄에서는 체인형이 가장 크고, 기본형, 와이어형순으로 작게 나타났다.
3. 발줄의 무게에 따른 저항은 거의 직선형으로 증가하고 있으며 저질이

떨인 경우, 체인형 발줄의 무게가 5.4g, 10g, 20g 일 때 저항은 각각 36g, 45g, 65g으로 줄의 무게가 20g일 때가 10g 일 때 보다 약 44% 더 컸으며, 모래의 경우에는 각각 38g, 51g, 74g으로 발줄의 무게가 20g일 때가 10g일 때 보다 약 45%로 컸다.

4. 발줄의 굵기에 따른 저항은 예망 속도가 0.4m/s에서 와이어형의 굵기가 $\phi 0.65mm$ 를 기준으로 2, 3, 4, 5배로 증가함에 따라 저항은 23g, 25g, 32g, 42g으로 각각 증가하였다.
5. 예망속도의 증가에 따른 발줄의 종류별 저항은 직선에 가까운 지수함수적으로 증가하였고 저질이 떨인 경우, 체인형이 가장 크며 다음으로 기본형, 와이어형 순으로 나타났다.
6. 어구저항에 대한 발줄 저항의 비는 떨에서 체인형이 가장 크고, 기본형, 와이어형 순으로 나타났으며, 모래에서는 체인형이 가장 높았고, 와이어형, 기본형의 순으로 나타났다.
7. 저항계수는 떨에서는 체인형 발줄이 약 10.0~56.7, 와이어형은 약 3.0~16.0, 기본형은 약 1.5~8.5이며, 모래에서는 체인형 발줄이 약 10.0~60.0, 와이어형은 약 3.0~14.0, 기본형은 약 1.2~6.0이었다. 그리고, 전체적으로 떨과 모래 모두에서 저항계수가 체인형이 다른 두 종류의 발줄에 비해 상대적으로 가장 크고, 와이어형, 기본형순 이었다.

謝 辭

본 논문이 이루어지기까지 아낌없는 조언과 격려로 지도를 하여주신 이주희 교수님께 진심으로 감사 드립니다. 그리고 바쁘신 가운데서 실험 및 논문작성과정에서 많은 지도편달을 주신 이춘우 교수님, 김형석 교수님, 권병국 박사님께 진심으로 감사를 드립니다. 또한, 실험에 함께 도와주신 조영복 선배님, 유제범 선배님, 차봉진 선배님, 수산 자원학 실험실 대학원생과 실험실의 여러 후배들에게도 진심으로 감사 드립니다.

끝으로, 이 연구가 수행되는 과정에 있어 많은 관심과 격려로써 용기를 주신 부모님께 이 논문을 바칩니다.

參 考 文 獻

- Fuwa, S., Osamu, S., Katsuaki, N. and N. Higo (1988) : Fish Herding Model by Ground Rope, Nippon Suisan Gakkaishi, 54(7), 1155~1159 (Japanese and English Abstract).
- Tanaka E., Ko, M. and N. Hirayama (1991) : A Simulation Model of Gear Efficiencies of Trawlers for Flatfish, Nippon Suisan Gakkaishi, 57(6), 1019~1028.
- Fuwa, S., Hiroyuki, K., Masayasu, H., Takehiko, I. and T. Imai (1992) : The shape of Groundrope Obtained by Field Experiments, Nippon Suisan Gakkaishi 58(9), 1633~1640 (Japanese and English Abstract).
- Uwe R, Paschen M, Lorenzen U (1997) : Trawl penetration in the seabed, Contributions on Ocean Engineering, 89~108.
- Sangster G. I. and M. Breen (1998) : Gear performance and catch comparison trials between a single trawl and a twin rigged gear, Fisheries Research 36(1), 15~26.
- 권병국 · 이주희 · 이춘우 · 김형석 · 김용식 · 안영일 · 김정문 (2001) : 동해구 트롤의 漁具漁法의 改良. 韓國漁業技術學會誌, 37(2). 106~116.
- 金大安 (1991) : 漁具設計學 140~221.
- 金大安 · 高冠瑞 (1985) : 漁具學, 敎文出版社 158~224.
- 李秉錡 · 李吳在 (1985) : 近海 底引網 · 트롤漁法 太和 出版社 14~17.
- 張志元 · 徐斗玉 (1982) : 漁具工學, 新韓出版社, 126~142.