

중층 트롤 어구의 망구 형상 해석

金 仁 振 · 李 春 雨

부경대학교

(1999년 4월 21일 접수)

Analysis of the Net Mouth Shape for a Midwater Trawl Gear

In-Jin Kim and Chun-Woo LEE

Pukyong National University

(Received April 21, 1999)

Abstract

The shape of the net mouth in a midwater trawl gear is examined by measuring towing speed, gear resistance, the width of otter boards, net height, and so on of a full-scale gear in operation. In addition, a mathematical model is developed to predict shapes of the net mouth. In the model, shapes of head, ground, side ropes, which governs the shape of net mouth, are assumed as a catenary. The validity of the model is tested with observations.

The results can be summarized as follows:

1. The warp tension and vertical opening of the gear is highly dependent to the towing speed. The depth of the gear and width of otter boards are very sensitive to the variations of the warp length.
2. The model results indicate that the wing tip of the head and side ropes is reduced and the vertical distances of the head and side ropes sagged to the back with increasing towing speed.
3. The results of comparing the measured net height with calculated side rope height were satisfying.
4. The results of analysis showed the vertical axis of the net mouth was decreased and the width of the net mouth was little changed when the towing speed increased.

서 론

트롤어업은 어선어업 중에서도 매우 중요한 업종으로 어업 생산에서 차지하는 비중도 크다. 그러나, 최근 저서자원 감소와 연안국들의 조업 규제 강화 등으로 저층 조업에서 중층 조업 중심으로 이업기술이 급속히 바뀌고 있으며, 우리 나라

에서도 중층 트롤 어법이 업계에 도입되어 원양 트롤은 물론 근해 트롤에서도 많이 사용되고 있다^{1,2)}.

중층 트롤은 저층 트롤과 달리, 어법적으로 어군이 있는 수층으로 그물을 정확히 예망하여야 어획이 가능하므로 고도화된 어구 제어 기술이 필요한 어업이다^{3,4)}. 또한, 예망 중인 중층 트롤 어구의

전개 상태와 망구 형상 등은 어획성능에 큰 영향을 주는 요소로 어구의 설계 단계에서도 충분히 검토되어야 하나, 실물어구에 대한 수중 계측 기술의 제약 등으로 인하여 모형실험에 의한 분석이 대부분을 차지하고 있다.

최근까지 이루어진 중층 트롤에 관한 연구를 살펴보면, 모형실험을 통한 중층 트롤 어구의 역학적 해석,^{5,6,7)} 망구 형상 분석,⁸⁾ 운동 특성 및 성능 실험^{9,10,11)}에 관한 연구와 실물 어구를 이용한 트롤 어구의 예망 특성 및 성능 분석^{12,13)} 및 운동특성 계측과 수심 제어⁴⁾에 관한 연구 등이 있으나, 이들 대부분이 모형실험을 통한 연구들이다. 특히, 중층 트롤 어구는 예망 속도가 증가되면 망고가 줄어들고 망구 형상도 크게 달라지는 것으로 알려져 있으나, 아직까지 형상 변화에 대한 정확한 해석은 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 실물 어구를 이용한 실험을 통해서 예망 중인 어구의 망구 형상에 관련되는 예망 속도, 어구의 저항, 전개판의 간격, 망고 등을 계측하여 망구 형상을 분석하였다. 또한 망구 형상을 이론적으로 예측하기 위해서 망구의 형상을 지배하는 뜸줄, 발줄 및 옆줄의 모양을 현수곡선으로 간주하고 수학모델을 기술하여 수치해석 하였고, 이 결과를 실제 측정된 값과 비교하여 모델의 타당성을 검토하였다.

재료 및 방법

1. 실험 조건

실험에 사용한 중층 트롤 어구는 현재 업계에서 널리 이용하고 있는 실물 어구 중 2200마력급 어선의 그물을 새로이 제작하여 사용하였고, 그 설계도는 Fig. 1과 같다. 실험에 사용된 예망선은 부경대학교 실습선 가야호였고, 가야호의 제원은 Table 1에 나타내었다.

실험은 1997년 8월 28일부터 1997년 8월 30일까지 동해상(36° 05'N, 130° 25'E~36° 20'N, 130° 47'E)에서 실시하였고, 3차례의 투·양망을 통하여 계측된 자료를 분석하였다.

본 연구에서는 예망 중인 트롤 어구의 망구 형

Table 1. Principal particulars of stern trawler, T.S. KAYA

Item	Dimensions
Length(L.O.A.)	81.70m
Length(L.B.P.)	72.50m
Breadth(M.L.D.)	13.20m
Depth(M.L.D.)	8.00m
Full load draft	5.25m
Gross Ton.	1,737 ton
Int. Ton.	2,136 ton
Displ. Ton.	2,910 ton
Main Eng.	Two-stroke diesel engine × 1 set (2,976 ps × 250 rpm)
Propeller	C.P.P 4-blades × 2.95m × 1 set
Trawl winch system	Rapp Hydema PTS-3000

상이 끌줄 길이와 예망 속도의 변화에 따라 가장 크게 변한다고 보고, 이 두 요소를 변화시키면서 실험하였다. 먼저, 끌줄 길이에 따른 망구 형상의 변화를 관찰하기 위해서는 예망 속도를 일정하게 유지하면서 끌줄의 길이를 250m에서 450m까지 100m씩 변화시키면서 실험하였고, 예망 속도에 따른 망구의 형상은 끌줄의 길이를 일정하게 유지하면서 예망 속도를 3노트에서 4.5노트까지 0.5노트 단위로 변화시키면서 실험하였다.

2. 계측 방법

실험에서는 트롤의 예망 중의 망구 형상을 해석하기 위한 자료로서 예망 속도, 끌줄의 길이 및 장력, 전개판의 수심 및 간격, 그물의 예망 수층과 망고 등을 계측하였다.

이러한 요소들의 계측에는 주로 다음의 두 가지 장치를 사용하였다. 먼저 예망 속도와 끌줄의 길이 및 장력은 컴퓨터를 이용한 계측 시스템을 구성하여, 예망 속도는 도플러 로그로부터 출력되는 아날로그량을 A/D변환하여 얻고, 끌줄의 길이 및 장력은 트롤 윈치(RAPP HYDEMA A/S)를 제어하는 제어기(Programmable Controller)에서 RS-232C를 통하여 컴퓨터에 입력되도록 하였다.

다음으로 전개판의 수심과 간격, 그물의 예망 수층과 망고는 가야호에 설치된 ITI(Integrated Trawl Instrumentation)와 미니로그(Minilog)를

H.R & G.R: S.B.R. ϕ 22 m/m
S.R: N.D.B.R. ϕ 32 m/m

LL: N.D.B.R. ϕ 32m/m & ϕ 34m/m

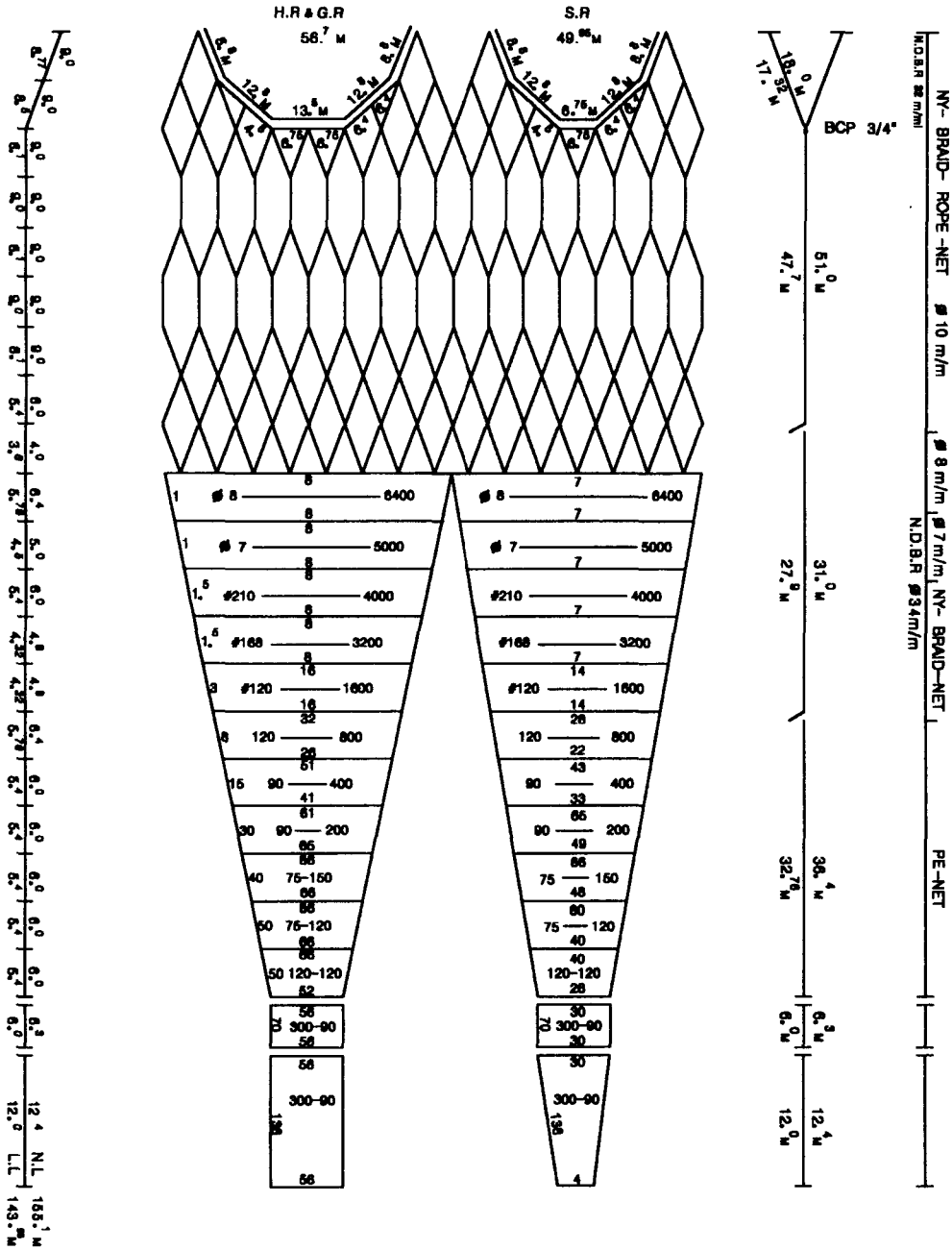


Fig. 1. Developed drawing of the midwater trawl gear.

이용하여 계측하였다.

2개의 전개판에는 각각 1개씩의 ITI Sensor가 부착되어, 전개판 간격이 컴퓨터를 통해서 30초마다 샘플링되도록 하였다.

그리고, 4개의 미니로그를 사용하여 좌우 전개판에 각각 1개씩, 그물의 뜬줄 중앙부와 발줄 중앙부에 각각 1개씩을 부착하여 전개판의 수심과 그물의 수심 및 망고를 계측하였다.

3. 망구 형상 해석

모형실험을 통한 중충 트롤의 망구 형상에 관한 연구와 어구설계도 등을 분석해보면, 망구가 사각형의 형상을 한다는 것을 알 수 있다.¹²⁾ 그러므로, 망구 형상은 망고와 망폭을 계측하면 알 수 있는데, 망고는 수심센서로 쉽게 계측할 수 있지만, 망폭은 계측장비의 분해능 부족 등의 문제로 정확한 계측이 어렵다.

본 실험에서 측정할 수 있는 망구 형상에 관련된 요소로는 예망 속도, 끌줄의 길이 및 장력, 전개판의 수심 및 간격, 그물의 수심과 망고 등이고, 망폭은 직접 측정할 수 없어 계측한 자료를 이용한 수치해석으로 구하였다.

망구 형상을 해석하기 위해 예망 중인 트롤 어구의 역학적인 평형상태를 단순화 시켜 Fig. 2에 나타내었다. 여기서 끌줄과 후릿줄 및 그물 목줄은 직선의 형태를 가진다고 가정하였고, 뜬줄과 발줄의 형상은 서로 대칭하며, 그물 목줄은 실제로는 4가닥이 달려있으나 한 평면으로 가정하여 한 가닥의 줄이 달려있는 것으로 표현하였다. 그리고, 예망 중의 뜬줄, 발줄 및 옆줄의 형상은 현수곡선을 이루는 것으로 가정하였다.

옆줄과 뜬줄 및 발줄의 현수곡선식을 유도하기 위해, 측정된 트롤 원치에 걸리는 끌줄의 장력으로부터 끌줄의 항력, 전개판의 수심 및 간격에 따른 항력과 양력, 후릿줄 및 그물 목줄의 항력 등을 고려하여 그물 끝에 걸리는 저항을 구하여 수치해석 하였다.

끌줄과 수면이 이루는 각 θ 는

$$\theta = \sin^{-1} \frac{L_D}{L_W} \quad (1)$$

이며, 각 θ 로부터 전개판과 예인선 간의 수평거리 L 은

$$L = L_W \cos \theta \quad (2)$$

이 되고, 트롤 원치에 걸리는 총 저항에서 끌줄의 저항을 뺀 값을 T_W 라 하면, 수평장력 T_O 는

$$T_O = T_W \cos \theta \quad (3)$$

이다.

Fig. 2에서 어구의 한쪽 면에 있어서의 그물의 저항(W) 및 전개력(R_S)을 구하기 위해서, 전개판에 작용하는 끌줄 끝의 장력, 전개판의 양력 및 항력, 후릿줄의 장력 등이 한점에 작용한다고 가정하면, L 과 예인 방향이 이루는 각 α 는

$$\begin{aligned} \alpha &= \sin^{-1} \frac{L_N}{L}, (L_N = \frac{D_0 - 7}{2}) \\ &= \sin^{-1} \frac{D_0 - 7}{2L} \end{aligned} \quad (4)$$

이 되고, T_O 의 수직성분과 수평성분의 장력은 $T_O \cos \alpha$ 및 $T_O \sin \alpha$ 이다.

후릿줄 및 그물 목줄의 항력을 무시하였을 때, 전개판의 양력 및 항력, 그물의 저항 및 전개력과 관계식은

$$\begin{aligned} T_N &= T_O \cos \alpha - F_D \\ &= T \sin \beta \end{aligned} \quad (5)$$

$$F_L = T_O \sin \alpha + T \cos \beta \quad (6)$$

가 되고, 식(5), (6)로부터 β 는

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{T_N}{F_L - T_O \sin \alpha} \right) \quad (7)$$

이다. 식(5)와 (6)에 포함된 F_L 과 F_D 는 그물 저항의 0.2배, 0.05배로 보고¹¹⁾ 계산하였다. 위 식으로부터 그물의 전개력 R_S 와 그물의 한쪽 면에 작용하는 저항 W 는

$$R_S = T \cos \beta \quad (8)$$

$$W = T \sin \beta \quad (9)$$

과 같이 구할 수 있다. 여기서 T 는 식(5)로부터 구

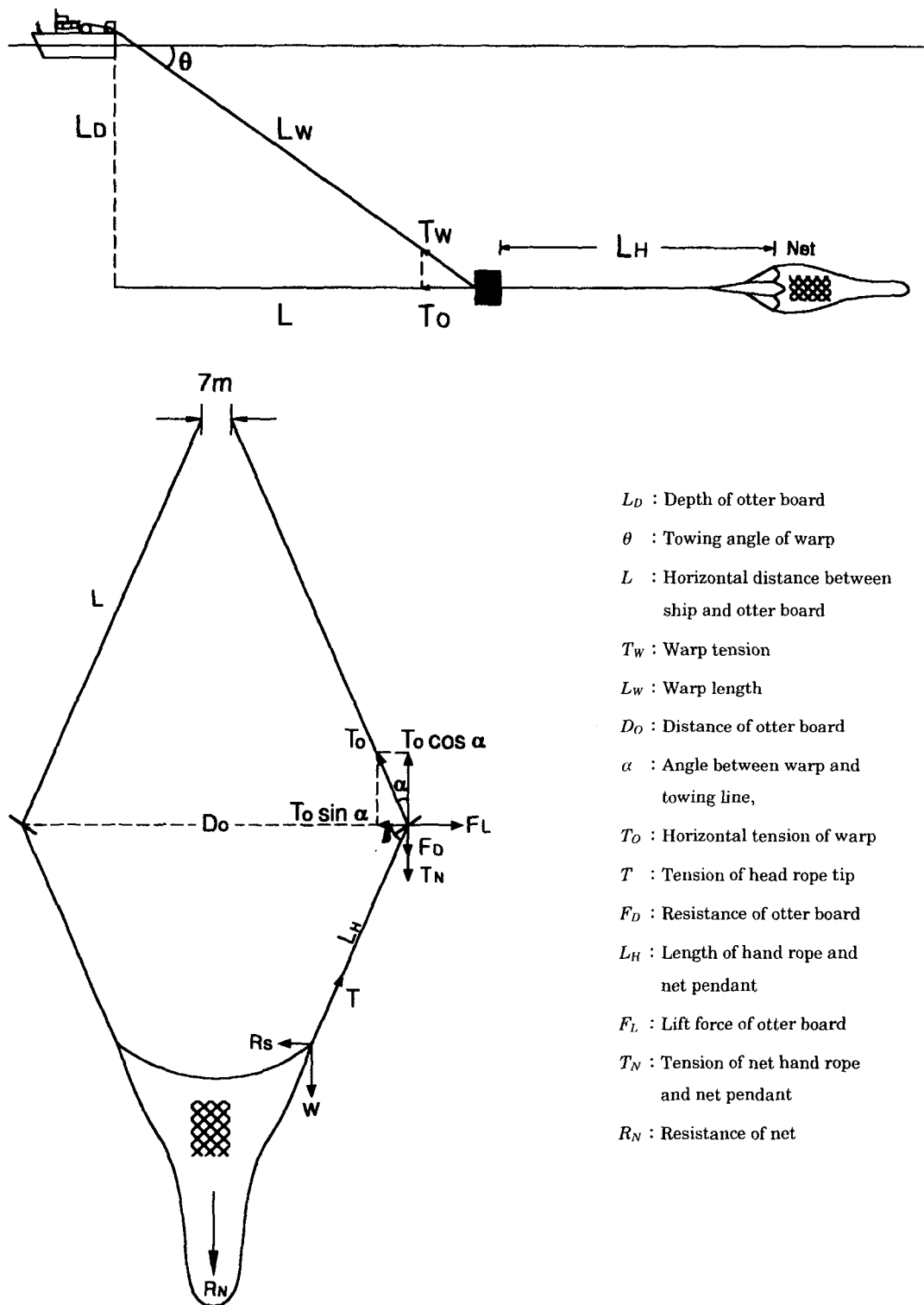


Fig. 2. Schematic diagram for numerical analysis of trawl gear in towing.

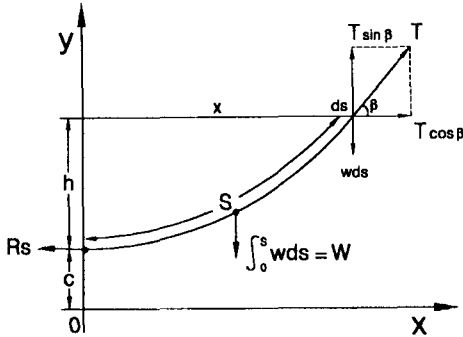


Fig. 3. The catenary of the head rope and side rope.

할 수 있다.

한편, 줄은 양끝을 고정시켜 두면 자중에 의해서 가운데가 처진 상태로 일정한 형태를 잡는데, 이를 현수곡선(Catenary)이라고 한다.

본 연구에서는 어구의 형상을 대표하는 뜬줄과 발줄 및 양 옆줄이 단위길이 당 어구의 저항에 의해서 뒤로 처지는 현수선 모양을 이룬다고 간주하여 모델을 작성하였다. 앞에서 구해진 T 와 β 를 현수곡선에 나타내면 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 현수곡선의 최 하단 즉, 뜬줄의 중앙부를 y 축 상에 오게 하고, 뜬줄 끝 부분의 선분요소 ds 에 있어서의 힘의 평형을 생각할 수 있다. 뜬줄의 끝 부분에 있어서의 장력을 T , 수평방향과 ds 가 이루는 각도를 β , 뜬줄에 그물의 저항이 일정하게 작용한다고 가정할 때 단위길이 당 그물의 저항을 w 라고 하면, T 의 수평방향의 분력은 $T \cos \beta$, 수직방향의 분력은 $T \sin \beta$ 이다. 최하단점인 뜬줄의 중앙부에 작용하는 수평장력을 R_s , 뜬줄의 끝단과 중앙부간의 줄의 길이를 s 라고 하면, 뜬줄 끝단과 중앙부 사이의 그물의 저항은

$$W = T \sin \beta = \int_0^s w ds = ws \quad (10)$$

$$T \cos \beta = R_s \quad (11)$$

이 된다. 위 두 식의 비를 잡으면,

$$\tan \beta = \frac{ws}{R_s} \quad (12)$$

$$s = \frac{R_s}{w} \tan \beta = c \tan \beta \quad (13)$$

으로 나타낼 수 있어서, 식(13)은 뜬줄에 있어서 현수곡선의 기본방정식이 된다. 이 뜬줄의 현수곡선을 x, y 좌표로써 나타내면

$$y = c \cosh \frac{x}{c} = \frac{1}{2} (e^{\frac{x}{c}} + e^{-\frac{x}{c}}) \quad (14)$$

와 같이 되고, 뜬줄의 처짐 정도를 알 수 있는 뜬줄 끝단과 중앙부의 수직거리 h 는

$$h = \sqrt{c^2 + s^2} - c \quad (15)$$

로 나타내어진다.

식(14)에서 뜬줄 폭의 절반길이에 해당하는 y 축과 뜬줄 끝단과의 수평거리 x 는

$$x = c \cosh^{-1} \frac{y}{c} \quad (16)$$

로 나타내어진다.

위 식을 이용하면 뜬줄의 길이와 전개판의 전개간격으로부터 망구의 전개폭 및 처짐 정도를 계산할 수 있다.

옆줄도 뜬줄과 같은 식을 적용시킬 수 있는데, 뜬줄의 경우에는 선속에 따른 전개판 간격의 변화에 따라 R_s 가 변하나, 옆줄의 경우 부력과 침강력만으로 R_s 가 결정되므로, 예망속도가 변하여도 R_s 는 일정한 것으로 보고 계산하였다.

또한, 예망 중인 그물이 4개의 면을 이루어 예망되고, 그물의 저항이 각각 뜬줄, 발줄, 옆줄에 일정비를 가지고 작용한다고 가정하면, 그물 각 부분의 저항은 그물의 표면적에 비례한다고 볼 수 있다. Fig. 1에서 그물의 위판 및 밑판의 표면적을 각각 100%으로 놓으면 옆판은 그것의 88%가 되어, 총 376%가 되므로 위판 또는 밑판의 저항은 그물 저항(R_N)의 0.26배($\frac{100}{376}$)가 되고, 이것을 양쪽에서 잡고 있으므로 위판 또는 밑판의 저항 W 는 R_N 의 0.13배로 하였고, 옆판에 대해서도 같은 방법으로 계산하여 R_N 의 0.11배를 W 로 하였다.

결과 및 고찰

1. 전개판의 수심 및 간격과 끌줄의 장력

끌줄의 길이가 250m이고 선속을 3~4.5노트가

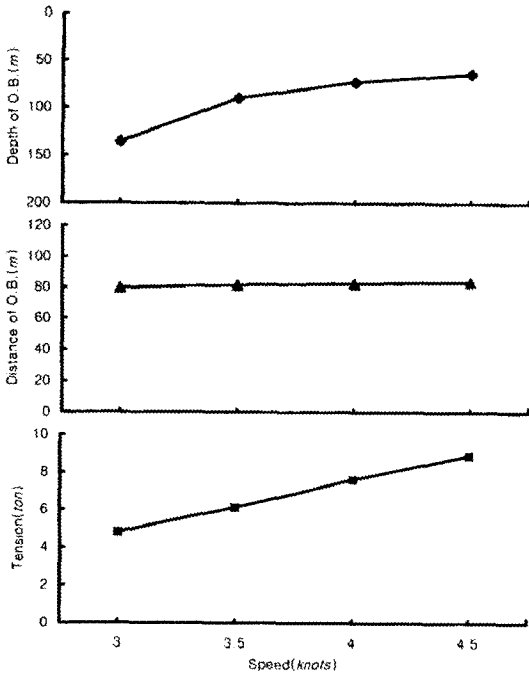


Fig. 4. Depth and distance of the otter boards and warp tension according to the towing speed when the warp length is 250m.

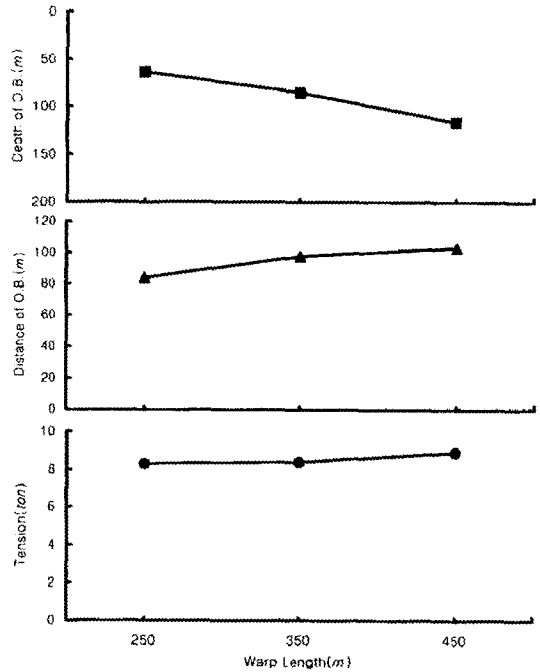


Fig. 5. Depth and distance of the otter boards and warp tension according to the warp length when the towing speed is 4.5knots.

지 0.5노트씩 변화시켰을 때 전개판의 수심 및 간격, 끌줄의 장력은 Fig. 4와 같이 나타나며, 선속이 4.5노트이고 끌줄의 길이가 250, 350, 450m일 때 전개판의 수심 및 간격, 끌줄의 장력은 Fig. 5와 같다.

Fig. 4에서 선속을 3노트에서 4.5노트로 증가시키면 전개판의 수심은 크게 상승하였는데, 특히, 3노트에서 3.5노트로 변화시킬 때 약 45m 정도 부상하였으며, 전개판의 간격은 3노트에서 약 80m이고, 4.5노트에서 약 84m로, 예망속도의 증가에 따라 약간 증가하는 경향을 보였다. 끌줄의 장력은 선속이 0.5노트씩 증가함에 따라 1~1.5ton씩 증가하였다. 이처럼 선속이 증가함에 따라 어구가 부상하는 것은 어구의 침강력은 일정하나, 선속의 증가에 따라 그물의 저항이 크게 증가하여 이 두 힘이 역학적 평형을 이루는 위치가 이동되기 때문으로 판단된다.

Fig. 5에서 끌줄의 길이가 250m에서 450m까지 100m씩 증가할 때 전개판의 수심은 22~30m씩

깊어졌고, 전개판의 간격은 끌줄의 길이가 100m씩 증가함에 따라 약 6m씩 넓어졌다.

2. 뜰줄과 발줄의 형상

본 연구에서는 선속과 끌줄의 변화에 따른 그물의 예망 특성을 분석하고, 현수곡선식을 유도하여 해당 어구에 가장 알맞는 뜰줄 및 옆줄의 곡선 형태를 도출해 내고자하였다.

현수곡선식을 이용하여 수치해석한 뜰줄의 형상 변화를 Fig. 6과 7에 나타내었다. 끌줄의 길이가 250m이고 선속이 3, 3.5, 4, 4.5노트로 변할 때 뜰줄의 폭과 뜰줄 중앙부의 처진 정도(h)를 그래프와 그림으로 나타내면 Fig. 6과 같고, Fig. 7은 선속이 4.5노트이고 끌줄의 길이가 250, 350, 450m로 변할 때 뜰줄의 폭과 뜰줄 중앙부의 처진 정도를 나타낸다.

Fig. 6에서 뜰줄의 폭은 선속이 3노트에서 약 41.2m인데, 3.5노트에서는 약 36.8m가 되어 간격이 크게 좁아졌고, 3.5노트에서 4.5노트로 변화시

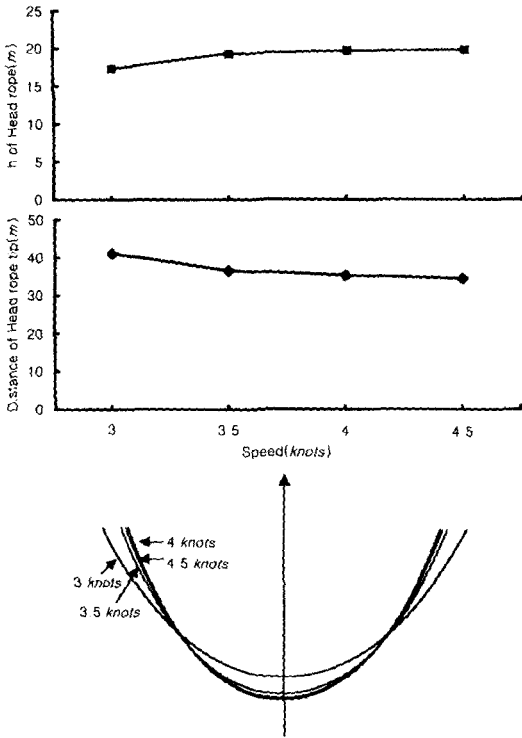


Fig. 6. The wing tip distance and vertical distance of the head rope according to the towing speed(a) and the shape of the head and ground ropes(b) when the warp length is 250m.

킬 때에는 좁아지는 정도가 작았다. 또한 뜰줄의 처진 정도도 3노트에서 3.5노트로 변화시킬 때 약 2m가 증가되어 가장 큰 차이를 나타냈으나, 3.5노트 이상에서는 다소 증가하는 경향이고, 뚜렷한 변화를 보이지는 않았다.

이상의 수치계산에서 선속이 증가함에 따라 뜰줄 중앙부가 더 많이 뒤로 처지는 현상을 볼 수 있는데, 이는 선속이 증가함에 따라 그물의 저항이 커지기 때문으로 판단되며, 또한 전개판의 전개력도 커져서 망폭도 증가될 것으로 생각되었으나, 전개력 보다는 그물의 저항이 더욱 커지므로 망폭의 변화는 크지 않았다. 이것은 실물 실험에서 예망속도가 증가되어도 전개판의 간격이 크게 증가되지 않는 것과 잘 일치하는 부분이다. 발줄에 대해서도 뜰줄과 상하대칭 하므로 같은 형상을 갖는 것으로 계산되었다.

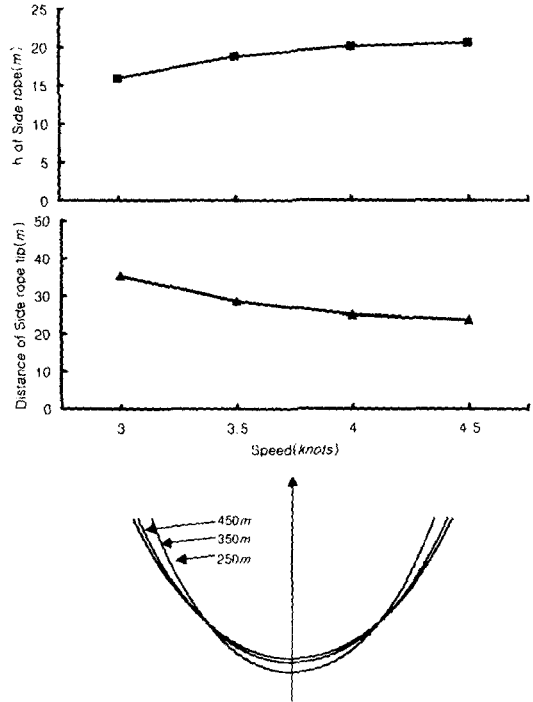


Fig. 7. The wing tip distance and vertical distance of the head rope according to the warp length(a) and the shape of the head and ground ropes(b) when the towing speed is 4.5knots.

3. 옆줄의 형상

옆줄의 높이는 망고를 결정짓는 요소로서, 뜰줄과 같은 방법으로 현수곡선을 이용하여 선속 및 끌줄의 변화에 따른 옆줄의 형상을 구하여 실물 실험에서 계측한 망고와 비교하였다.

끌줄의 길이가 250m이고 선속이 3에서 4.5노트까지 0.5노트씩 변할 때 옆줄의 높이와 옆줄 중앙부의 처진 정도는 Fig. 8과 같고, Fig. 9는 선속 4.5노트에서 끌줄의 길이가 250, 350, 450m로 변할 때 옆줄의 높이와 옆줄 중앙부의 처진 정도를 나타낸다.

Fig. 8에서 옆줄의 높이는 선속이 3노트에서 약 35m 인데, 3.5노트에서는 약 28m가 되어 높이가 크게 감소하였고, 3.5노트에서 4.5노트로 변할 때 4~5m 정도 감소하여, 속도 증가에 따른 높이 감소가 뜰줄에 비해서 현저하였다.

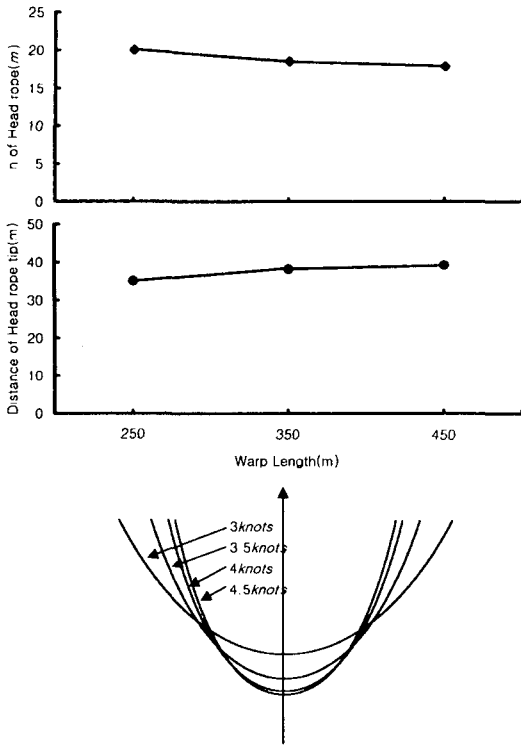


Fig. 8. The wing tip distance and vertical distance of the side rope(a) and the shape of the side rope(b) according to the towing speed when the warp length is 250m.

Fig. 9에서 옆줄 중앙부의 처짐 정도는 선속 3노트에서 약 16m이고, 3.5노트에서는 약 19m로 크게 처짐이 증가하고, 3.5노트 이상에서는 증가가 다소 둔화되었으나, 뜰줄이나 발줄의 중앙부의 처짐 보다는 큰 처짐을 나타내었다.

이처럼, 뜰줄보다 옆줄 중앙부의 처짐 정도와 옆줄 폭의 감소가 큰 이유는 옆줄의 높이는 뜰줄의 부력과 발줄에 의한 침강력에 의해서 좌우되나 선속이 증가함에 따라 옆줄에 영향을 주는 그물의 저항은 크게 증가되어도 부력과 침강력은 일정하기 때문에 나타나는 현상으로 판단되며, 이것이 예망속도가 증가됨에 따라 망고를 줄어들게 하는 원인으로 생각된다.

4. 망구 형상

현수곡선을 이용하여 수치해석 한 옆줄 형상에 대한 값의 정확성 여부를 판단하기 위해 끌줄의

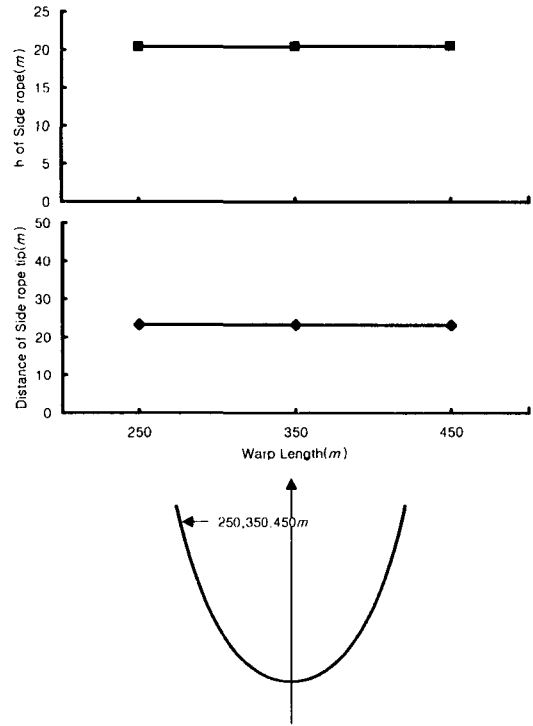


Fig. 9. The wing tip distance and vertical distance of the side rope(a) and the shape of the side rope(b) according to the warp length when the towing speed is 4.5knots.

길이가 250m이고 선속이 3~4.5노트 까지 변환 때 수치해석한 값과 실제 실험에서 얻은 데이터를 비교한 결과를 Fig. 10에 나타내었다.

그림에서, 실물 실험에서 얻은 망고의 크기에 비해 3노트에서는 약 14m, 4.5노트에서는 약 2m의 차이를 보이며 선속이 증가함에 따라 그 차가 감소하는 것을 알 수 있는데, 이는 저속일 경우 망구 형상이 종으로 긴 사각형 형상에 가까워 옆줄의 높이 만으로는 전체 망고를 대표할 수 없기 때문에 생각되는데, 이것은 망구의 형상을 도식화한 Fig. 11로부터 쉽게 이해될 수 있다.

Fig. 11에서, 계측된 망고는 AB이고, 계산된 옆줄의 높이는 CD 이므로 AB와 CD사이에는 예망속도가 낮을 때는 큰 차이를 보이게 되나, 예망속도가 빨라질수록 망구 형상이 횡으로 긴 사각형 모양을 하게 되므로 계측된 망고와 계산된 옆줄 높이가 비슷해지는 것을 알 수 있다. 따라서 현수

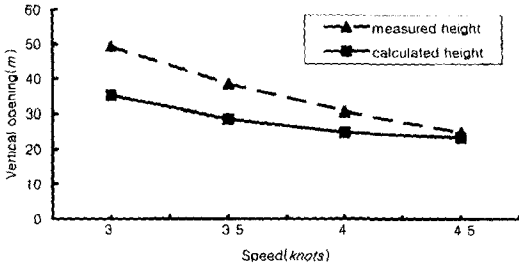


Fig. 10. Comparison of net difference between calculated side rope height and measured net height according to the towing speed when warp length is 250m.

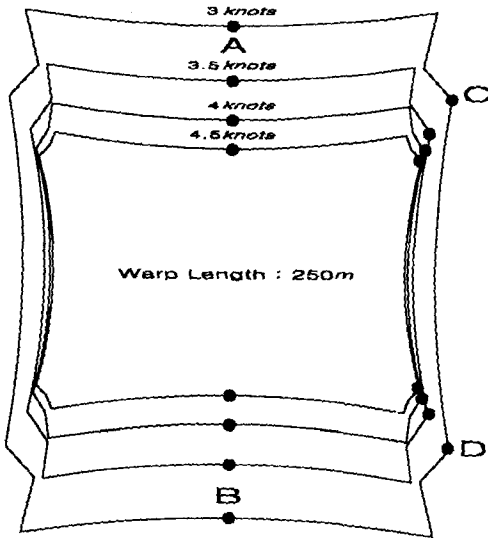


Fig. 11. The shape of the net mouth according to the towing speed when the warp length is 250m.

곡선을 이용한 망구 형상의 수치해석은 타당성을 가지는 것으로 판단되며, 이것을 토대로 현재 사용되고 있는 어구의 설계상 적합성을 검증할 수 있다. 본 실험에서 제작된 어구의 뜰줄, 발줄 및 옆줄 부분의 중앙부 깊이는 16.2m이고, 뜰줄 및 발줄 폭은 약 40.5m, 옆줄의 높이는 약 34m이나, 4 노트의 예망속도에 대해서 수치해석하여 얻은 뜰줄, 발줄 및 옆줄 중앙부의 처짐 정도는 약 20m이고, 뜰줄 및 발줄의 폭은 약 36m, 옆줄의 높이는 약 25m로 각각 계산되어 어구 설계상 뜰줄, 발줄 및 옆줄의 곡면 설계가 부적합한 것으로 판단할

수 있다.

본 연구를 어구 설계시 응용한다면 더 성능이 우수한 어구를 제작할 수 있으며, 이미 제작되어 사용 중인 어구의 뜰줄, 발줄 및 옆줄의 곡면 설계에 대한 적정성을 검증하는데 도움이 될 것이다.

요 약

본 연구에서는 실물 어구를 이용한 해상실험을 통하여 예망 중인 어구의 망구 형상을 해석하기 위해서 예망 속도, 어구의 저항, 전개판의 간격, 망고 등을 계측·분석하였다. 또한 망구 형상을 이론적으로 계산하기 위해서 망구의 형상을 지배하는 뜰줄, 발줄 및 옆줄의 모양을 현수곡선으로 간주하고 수학모델을 기술하여 수치해석하였고, 이 결과를 실제 측정된 값과 비교하여 모델의 타당성을 검토하였다.

본 실험에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 선속의 변화에 따라 크게 변하는 요소로는 장력과 망고였고, 끌줄 길이의 변화에 민감하게 반응한 것은 어구 수심과 전개판의 간격이었다.
2. 계측된 트롤 어구의 상태량을 토대로 뜰줄 및 옆줄의 형상을 수치해석한 결과, 선속이 증가함에 따라 뜰줄 및 발줄의 폭과 옆줄의 높이는 감소하였고, 뜰줄 및 옆줄 중앙부의 처짐 정도는 증가하였다.
3. 예망 속도에 따른 망고 변화에 대하여 수치해석한 결과와 실제 실험에서 얻은 데이터를 비교한 결과, 비교적 양호한 결과를 얻을 수 있었다.
4. 수치해석한 결과로부터 망구의 형상을 추정된 결과, 선속이 증가함에 따라 횡축으로 긴 직사각형의 형상이 나타났으며, 횡축 및 종축 모두 크기가 감소하였다.

사 사

이 논문은 해양수산부 수산특정 연구개발사업의 연구결과임.

참고문헌

- 1) 李秉錡(1977) : 現代트로울漁法, 太和出版社, 146~172.
- 2) 李秉錡·崔宗和·朴相吉·張鎬榮(1986) : 韓國近海에 있어서의 中層트로울의 研究 - II, 韓國漁業技術學會誌 22(4), 41~48.
- 3) 李秉錡·金鎭乾·崔宗和·張鎬榮(1987) : 韓國近海에 있어서의 中層트로울의 연구 - III, 韓國漁業技術學會誌 23(1), 6~10.
- 4) 李春雨(1994) : 간략화된 트롤 시스템의 퍼지제어, 韓國漁業技術學會誌 30(3), 189~198.
- 5) 松田 皎·胡 夫祥·佐藤 要(1991) : 中層트롤 시스템의 靜的特性에 關する海上實驗, 日水誌, 57(4), 661~666.
- 6) 今井健彦(1974) : 中層曳網의 研究 - I, Mem.Fac.Fish., Kagoshima Univ. Vol.23, 45~55.
- 7) 胡 夫祥·松田 皎·小池(1989) : 模型實驗によるキャンバス式의 中層트롤 網의 力學的 特性의 比較, 日水誌, 55(5), 785~790.
- 8) 張忠植·李秉錡(1996) : 쌍끌이 中層트롤漁業의 研究 - IV, 韓國漁業技術學會誌 32(1), 1~15.
- 9) Akio Fujiishi(1990) : Model test of a high-speed midwater rope trawl for estimating the optimum buoyancy weight ratio, Journal of Japanese Fisheries Society, 56(12), 2011~2018.
- 10) 권병국(1995) : 쌍끌이중층망의 전개성능 향상을 위한 모형실험, 韓國漁業技術學會誌 31(4), 340~349.
- 11) 芮英姬·李秉錡(1993) : 로프 트롤 그물의 基本性能 關한 模型實驗, 韓國漁業技術學會誌 29(3), 200~213.
- 12) David Thomson(1978) : Pair Trawling and Pair Seining, The Technology of Twoboat Fishing, Fishing News Books Ltd, 77~103.
- 13) 手島和之 등(1993) : 調査用中層트롤網(Yoko-II 型改)의 曳網特性, 西水研究報 第71, 9~16.
- 14) 李春雨(1997) : 중층 트롤 어구의 운동 특성 계측과 수심제어, 水産大學校·釜慶大學校學術交流懇談會講演論文集(1), 26~32.
- 15) 張志元·徐斗玉(1982) : 漁具工學, 新韓出版社, 47~79.