

중층트롤의 어구형상과 그 변화

박해훈 · 윤갑동*

국립수산과학원 서해수산연구소, *부경대학교
(2002년 5월 21일 접수)

A Gear Shape of a Midwater Trawl and Its Change

Hae-Hoon Park and Gab-Dong Yoon*

West Sea Fisheries Research Institute, *Pukyong National University
(Received May 21, 2002)

Abstract

How to estimate the shape of trawl net and ropes of a midwater trawl on full scale was described by implementing a three-dimensional semi-analytic treatment of a towing cable system with the field experiments obtained with the Scanmar system. The shape of trawl net from wingend to the beginning of codend was assumed to be of form $\frac{x^2}{a_e^2} + \frac{y^2}{b_e^2} = -\frac{(z-c)^2}{c^2}$, and that of the ropes attached behind otter boards be of form $y_r = Ax_r^B$. In case of warp length 300m long, the volume of trawl net, the ratio of net height to net width at the mouth of the trawl net, and the inclination angle of float rope were estimated according to the change of towing speed. The volume and the distance between wingtips were increased with increasing towing speed. And the inclination angle of float (or ground) rope was slightly decreased with increasing towing speed.

서 론

트롤어업은 능동적이고 규모가 큰 어업일 뿐만 아니라 자원조사에도 매우 중요한 위치를 차지하고 있다. 트롤어구는 끌줄(warp, towing cable), 전개판(otter board, OB), 그물(trawl net) 및 각종 줄을 포함한 부속구 등으로 구성되어 있다. 트롤의 그물과 전개판에 관해서는 모형실험이나 해상실험을 통해 여러 사람에 의해 연구되어 왔으며 (Süberkrüb, 1959; Crewe, 1964; 張, 1968; FAO, 1974; 小山 등, 1981; 金, 1981; 張·徐, 1982; Fridman, 1986; 松田 등, 1990; 松田 등, 1991; 胡·松田, 1991; 三浦 등, 1991; Buxton and DeAlteris, 1993; 권, 1993; 芮·李, 1993; Engås, 1994; 張·李, 1996; Sangster and Breen, 1998; 金·李, 1999; 배, 2000; 김, 2000; 조·고, 2000; Lee *et al*, 2001,

박·윤, 2001), 끌줄에 관해서는 Huang and Vassalos(1993), Park(1993), 박(1994), 박·윤(1995), 박·예(1999) 등이 있다.

그물은 어구설계시 유수저항을 받을 때 가급적이면 그물사이로 물이 잘 빠지도록 일정한 기울기를 주어 설계한다. 망고나 망폭을 아는 것은 어구의 형상을 추측하는 데 뿐만 아니라, 자원조사 시 소해면적을 구하는 데도 유용하며, 전개판 간격을 아는 것은 한 어장에서 여러 선박이 조업할 때 서로 간의 어로작업을 원활하게 할 수 있게 한다. 중층트롤 조업은 뜬 고기를 대상으로 조업하나, 북태평양 등의 해저산이나 수중절벽 같은 곳에서도 행해진다. 끌줄이 길수록, 예망속도가 빠를수록 망고(수직)는 낮아지고 망폭(수평)이 넓어진다고 알려져 있는데, 대부분의 연구에서는 끌줄을 직선으로 가정하거나, 뜬·발줄의 형상을 현

수곡선 등으로 가정하였다.

본 연구에서는 해상실험에서 Scanmar 시스템으로 여러 가지 요소를 측정된 자료(松田 등, 1991)에, 줄에 관해 신장을 포함하여 간이 해석적(semi-analytic)으로 풀 3차원 해석(Huang · Vassalos, 1993)을 중층트를 어구시스템의 끝줄에 적용시키고, 뚝·발줄의 형상을 임의의 지수함수 곡선으로 대응(박·윤, 2001)시켜, 중층트를 어구의 그물형상을 타원추대의 일부분으로 가정하여 구하는 새로운 방법을 나타냈으며, 유속에 따른 어구형상과 그 변화를 파악하고자 한다.

자료 및 방법

1. 끝줄의 3차원 해석에 의한 형상

줄에 대해 비틀림(torsion)이 없고, 줄이 유연하여 장력(tension) 이외의 다른 관성력(internal force)이 없으며, 줄이 균일(uniform)하다는 가정하에, Huang과 Vassalos(1993)는 다음과 같이 3차원적으로 각각의 좌표에 대한 식을 유도하였다. 이것을 간단히 나타내면 다음과 같다.

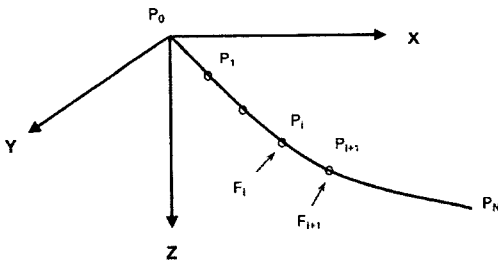


Fig. 1. Three dimensional coordinate system and discretisation.

줄이 당겨지지 않은 상태와 당겨진 상태의 줄의 길이를 각각 s 와 p 라 하자. Fig. 1의 직교좌표계에서 줄이 당겨진 상태에서 줄을 0부터 N 까지 나누어 각 요소를 첨자 i 로 표시하면 당겨진 줄의 p_n 과 p_{n+1} 사이의 한 점 p 에서의 평형방정식은 다음과 같이 주어진다.

$$T \frac{dx}{dp} = -V_x - \sum_{i=0}^n F_x^i \quad \dots\dots\dots(1)$$

$$T \frac{dy}{dp} = -V_y - \sum_{i=0}^n F_y^i \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$T \frac{dz}{dp} = -V_z - \sum_{i=0}^n F_z^i - \frac{W}{L} s \quad \dots\dots\dots(3)$$

여기서 T 는 줄에 미치는 장력이고, V_x, V_y, V_z 는 줄의 한쪽 끝인 $s=0$ 에 작용하는 힘의 세 성분이며, F_x^i, F_y^i, F_z^i 는 i 번째 줄 요소에 작용하는 외력의 성분이고, L 은 긴장되지 않은 줄의 전체길이이며, W 는 이 전체길이의 수중중량이다. 그리고 줄의 길이 s_n 과 s_{n+1} 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

$$x(s_{n+1}) = x(s_n) + \int_{s_n}^{s_{n+1}} \frac{dx}{ds} ds = x(s_n) + \Delta x(s_n) \quad \dots\dots\dots(4)$$

$$y(s_{n+1}) = y(s_n) + \int_{s_n}^{s_{n+1}} \frac{dy}{ds} ds = y(s_n) + \Delta y(s_n) \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$z(s_{n+1}) = z(s_n) + \int_{s_n}^{s_{n+1}} \frac{dz}{ds} ds = z(s_n) + \Delta z(s_n) \quad \dots\dots\dots(6)$$

여기서

$$\Delta x(s_n) = -\frac{V_x + \sum_{i=0}^n F_x^i}{EA} (s_{n+1} - s_n) + \frac{L(V_x + \sum_{i=0}^n F_x^i)}{W} \left[\sinh^{-1} \frac{-(V_z + \sum_{i=0}^n F_z^i + \frac{W}{L} s_{n+1})}{\sqrt{(V_x + \sum_{i=0}^n F_x^i)^2 + (V_y + \sum_{i=0}^n F_y^i)^2}} - \sinh^{-1} \frac{-(V_z + \sum_{i=0}^n F_z^i + \frac{W}{L} s_n)}{\sqrt{(V_x + \sum_{i=0}^n F_x^i)^2 + (V_y + \sum_{i=0}^n F_y^i)^2}} \right]$$

$$\Delta y(s_n) = -\frac{V_y + \sum_{i=0}^n F_y^i}{EA} (s_{n+1} - s_n) + \frac{L(V_y + \sum_{i=0}^n F_y^i)}{W} \left[\sinh^{-1} \frac{-(V_z + \sum_{i=0}^n F_z^i + \frac{W}{L} s_{n+1})}{\sqrt{(V_x + \sum_{i=0}^n F_x^i)^2 + (V_y + \sum_{i=0}^n F_y^i)^2}} - \sinh^{-1} \frac{-(V_z + \sum_{i=0}^n F_z^i + \frac{W}{L} s_n)}{\sqrt{(V_x + \sum_{i=0}^n F_x^i)^2 + (V_y + \sum_{i=0}^n F_y^i)^2}} \right]$$

$$\Delta z(s_n) = \frac{L}{2WEA} \left[(V_z + \sum_{i=0}^n F_z' + \frac{W}{L} s_n)^2 - (V_z + \sum_{i=0}^n F_z' + \frac{W}{L} s_{n+1})^2 \right] + \frac{L}{W} \left[\sqrt{(V_x + \sum_{i=0}^n F_x')^2 + (V_y + \sum_{i=0}^n F_y')^2 + (V_z + \sum_{i=0}^n F_z' + \frac{W}{L} s_n)^2} - \sqrt{(V_x + \sum_{i=0}^n F_x')^2 + (V_y + \sum_{i=0}^n F_y')^2 + (V_z + \sum_{i=0}^n F_z' + \frac{W}{L} s_{n+1})^2} \right]$$

단 E는 영률(Young's modulus)이고, A는 긴장되지 않은 줄의 단면적이다.

따라서 신장된 줄의 s_n 과 s_{n+1} 사이의 임의점(s)에서의 줄의 좌표는 다음과 같이 주어진다.

$$x(s) = x(0) + \sum_{i=0}^{n-1} \Delta x(s_i) + \int_{s_n}^s \frac{dx}{ds} ds \dots\dots\dots(7)$$

$$y(s) = y(0) + \sum_{i=0}^{n-1} \Delta y(s_i) + \int_{s_n}^s \frac{dy}{ds} ds \dots\dots\dots(8)$$

$$z(s) = z(0) + \sum_{i=0}^{n-1} \Delta z(s_i) + \int_{s_n}^s \frac{dz}{ds} ds \dots\dots\dots(9)$$

2. 전개판에서의 힘의 평형상태와 후릿줄의 곡선 형상

전개판의 양력(L_{OB})과 항력(D_{OB})은 양력계수(C_L) 및 항력계수(C_D)를 이용하면 다음과 같이 표현된다.

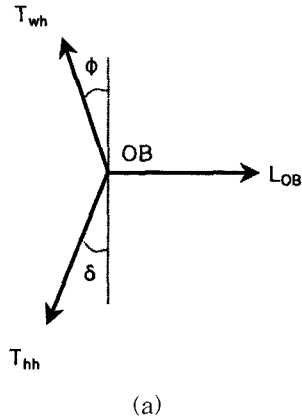
$$L_{OB} = (1/2)C_L \rho S v^2 \dots\dots\dots(10)$$

$$D_{OB} = (1/2)C_D \rho S v^2 \dots\dots\dots(11)$$

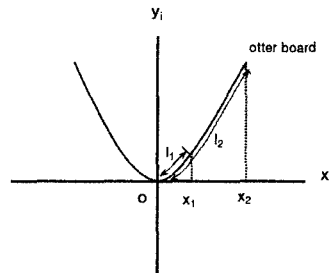
단 ρ 는 유체의 밀도이고, S는 전개판의 면적이며, v는 상대유속이다.

Fig. 2(a)에서 보는 것처럼 전개판을 중심으로 끌줄, 후릿줄 및 전개판에 작용하는 세 힘이 평형을 이룬 경우를 보자. 끌줄에 미치는 장력의 수평

성분(T_{wh})이 어구의 진행방향과 이루는 각은 ϕ 이고, 후릿줄(hand rope)에 미치는 장력의 수평성분(T_{hh})은 δ 각을 이루며, 전개판의 양력(L_{OB})과 평형상태가 되었을 때 식(12)가 성립하며, 전개판에 미치는 수력저항 P_θ 는 식(14)로 표시된다.



(a)



(b)

Fig. 2. (a) Equilibrium of three forces(tension of warp, hand rope and shear force) at the otter boards.

(b) A coordinate describing the shape of ropes attached behind otter boards.

Table 1. Some recorded values of a ten-panel midwater trawl net test on full scale gear (From Matuda *et al.*, 1991)

| Ship's speed (kt) | RPM of engine | Depth of net (m) | Width of net mouth (m) | Height of net mouth (m) | Depth of otter board (m) | | Tension of hand rope (kgw) | | Tension of warp (ton) | | Warp length (m) |
|-------------------|---------------|------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|-------|----------------------------|--------|-----------------------|------|-----------------|
| | | | | | starboard | port | starboard | port | starboard | port | |
| 2.61 | 179 | 193.2 | 16.9 | 21.1 | 175.3 | 186.2 | 1497.2 | 1144.5 | 2.59 | 2.04 | 300 |
| 3.04 | 180 | 181.3 | 17.0 | 21.2 | 176.7 | 184.5 | 1549.2 | 1323.7 | 2.60 | 2.36 | 300 |
| 3.43 | 180 | 151.5 | 19.3 | 19.9 | 139.0 | 145.7 | 2171.3 | 1749.8 | 3.30 | 2.78 | 300 |
| 3.86 | 181 | 129.2 | 22.8 | 18.3 | 108.8 | 114.9 | 3248.9 | 2548.3 | 4.33 | 3.60 | 300 |

$$T_{wh} \sin \phi + T_{hh} \sin \delta = L_{OB} \quad \dots\dots\dots(12)$$

$$\tan \theta = D_{OB} / L_{OB} \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$P_{\theta} = \sqrt{L_{OB}^2 + D_{OB}^2} \quad \dots\dots\dots(14)$$

松田 등(1990)은 종만곡 V형 전개판에 대해 모형비가 약 1/12인 모형 전개판을 제작하여 모형실험을 실시하였는데, 이 실험결과로부터 전개판의 영각에 따른 양력계수와 항력계수를 구할 수 있다. 이 종만곡 V형 실물 전개판을 사용한 중층트롤 어구로 松田 등(1991)은 매우 상세한 해상실험을 실시하여 여러 가지 요소를 측정하였다. 이 실험에서 사용한 중층용 어구는 10매로 구성된 폴리에틸렌 그물이며, 측정항목은 선속, 망깊이, 망입구의 폭, 망고, 전개판의 깊이, 후릿줄 및 끌줄의 장력, 끌줄의 길이 등이었다. 이러한 여러가지 측정항목 자료에 대해 胡·松田(1991)은 줄에 대해 신장 없이 3차원적으로 해석하고 전개판의 전개력은 최대로 가정하여 여러 가지 결과를 보고한 바가 있는데, 이때 해상실험에서 사용한 세 가닥으로 된 bridle은 계산의 편리를 위해 한 가닥으로 취급하였으며, 망(그물)깊이는 천장망 깊이에 망고의 1/2을 합한 것으로 계산하였다.

해상실험에서 사용한 전개판은 중형비 1.67, 높이 2.71m, 수중중량이 935 kg 이었고, 뜬의 부력은 544.5 kg, 체인으로 된 침자의 침강력은 548 kg 이었다. 어구에 대한 여러 요소를 측정할 때, 노르웨이의 Simrad사가 제작한 Scanmar (catch control) 시스템을 이용하였고, 끌줄의 장력은 선미의 톱물러에서 로드셀(load cell)로 측정하였으며, 예망속도는 송수파기 아래쪽 15m 수층에서 상대속도를 측정하였다. 이 측정자료의 좌우 측정값들은 동일하지 않는데, 이것은 조류 등의 영향으로 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서는 이들 좌우측정값의 평균값을 사용하였으며, 줄의 길이가 300m인 경우의 값이 Table 1에 나타나 있다. 해상실험에서 사용한 중층트롤 어구의 뜬줄, 발줄 길이는 같게 하여 구성하였는데, 뜬에 의한 부력과 침자에 의한 침강력의 구성은 상하 각부가 정확히 일치하지는 않을 것이나, 각부에 미치는 힘은 가운데 부분을 가장 크게하여 배치할 것이므로, 뜬·발줄의 형상은 기존의 현수곡선이 아닌 식(15)와 같은 함수형태로 가정하였다.

일반적으로 트롤어구는 좌우대칭으로 구성하기 때문에 여기서 한쪽만을 취급한다. Fig. 2(b)에서

보는 바와 같이, 뜬·발줄의 형태를 나타낸 호의 중심을 원점으로 하고 어구의 진행방향을 y_i 축, 전개폭 방향(수평거리)을 x_i 축으로 둔다. 그리고, 전개판 뒤쪽의 후릿줄, bridle 및 뜬줄(발줄)이 이루는 줄의 형상을 다음과 같은 함수 형태로 가정하였다(박·윤, 2001).

$$y_i = a x_i^b \quad \dots\dots\dots(15)$$

그리고 두 점 사이의 줄의 길이는 다음과 같이 표현된다.

$$l_2 - l_1 = \int_{x_1}^{x_2} \sqrt{1 + y_i'^2} dx \quad \dots\dots\dots(16)$$

$$f(x_i) = l_i - \int_0^{x_i} \sqrt{1 + y_i'^2} dx = 0 \quad \dots\dots\dots(17)$$

여기서 y_i' 은 y_i 의 미분을 나타내며, x_1 과 x_2 는 뜬줄의 중앙부인 원점에서 날개그물의 끝과 전개판(OB)까지의 수평거리이다. 또 원점에서 날개그물 끝까지의 뜬줄, 발줄의 길이는 l_1 , otter board까지의 줄의 길이는 l_2 이다. 그리고, 어구구성상식(8)에 의해 구한 전개판까지의 수평거리와 식(17)에서의 전개판까지의 거리(x_2)가 같아야 한다.

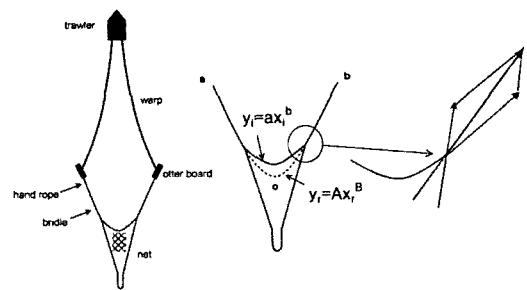


Fig. 3. An upper view of a midwater trawl indicating the shape of a resultant force(dotted line) of float, ground ropes and lacing line.

그리고 해상실험한 어구의 날개그물 끝(wingend)에는 같은 길이인 세 개의 bridle의 상하 두 개는 뜬줄과 발줄에 연결되어 있고 가운데 하나는 힘줄로서 자루그물쪽으로 연결되어 있다. 뜬·발줄은 식(15)와 같은 지수함수식으로, 가운데 힘줄은 직선인 힘이 bridle에 미친다고 가정하였는데, 이때, 날개그물 끝에서 세 개의 동일한 길이인

bridle에 미치는 힘은 상하(뜸·발줄) 두 개의 줄에 미치는 힘이 가운데 힘줄에 미치는 힘의 2 배라고 가정하였다. 이들의 합력은 Fig. 3에서 점선으로 표기되어 있으며, 삼각함수의 cosine 법칙을 적용하면 구할 수 있는데, 그 형태는 식(18)과 같이 나타내진다고 가정하였다.

$$y_r = Ax_r^B \dots\dots\dots(18)$$

그리고 전개판 뒤쪽의 후릿줄의 경사각은 전개판 깊이와 망(그물)깊이의 차이로부터 구할 수 있다.

3. 그물형상의 수식화 : 타원추대

10매로 된 그물이 수중에서 유체저항을 받아 이뤄지는 형상은 Fig. 4(a)에서 보는 것처럼 타원추대인 자루그물의 끝에 끝자루가 연결된 형상이라고 가정하였다. 따라서, 날개그물 끝사이의 간격인 망폭이 타원의 한 반경이 되고, 뜰줄의 중앙부의 천장망에서의 망고의 연장선을 그물의 앞쪽으로 그었을 때, 날개그물 끝에서 수평인 망폭과 수직을 이루어 원추대의 밑면인 타원의 나머지 한 반경이 된다. 그리고 이 타원의 밑면에서 꼭지점까지의 거리는 c 라고 두자. 날개그물에서부터 끝자루 앞까지의 형상은 망입구에서의 타원의 수평방향(망폭)의 반경을 a_e , 수직방향(높이)의 반경을 b_e 라고하면 다음 식과 같이 쓸 수 있다.

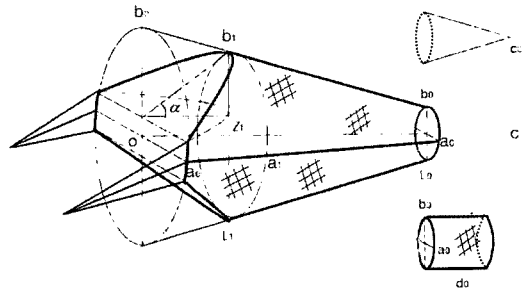
$$\frac{x^2}{a_e^2} + \frac{y^2}{b_e^2} = -\frac{(z-c)^2}{c^2} \dots\dots\dots(19)$$

그리고 자루그물의 끝부분의 둘레(L_o)는 어구 설계도로부터 구할 수 있으며, 끝자루 부분의 단면이 타원일 때, x 축 및 y 축 방향의 반경을 각각 a_o , b_o 라고 하면 둘레(L_o)는 식(20)으로 나타내진다.

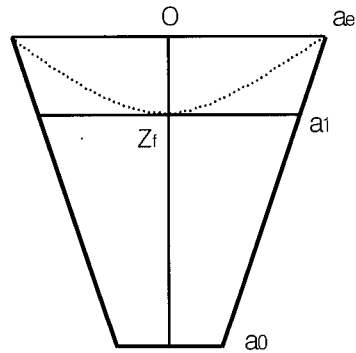
$$L_o = 4 a_o \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - e^2 \sin^2 t} dt \dots\dots\dots(20)$$

단 $e^2 = 1 - \frac{b_o^2}{a_o^2}$.

타원추대의 총 체적을 V_t 라 두고, V_{axb} 는 뜰·발줄에 의해 제거된 체적, V_{up} 은 타원추대의 끝자루 쪽 연장선상의 원뿔체적, V_{cd} 는 끝자루의 체적이라면



(a)



(b)

Fig. 4. (a) An approximation of the shape of a midwater trawl net to an elliptic cone.

(b) An upper view of the trawl net from wingend to bag net.

뜸·발줄 및 그물로 경계되는 체적 (V_n)은 다음 식과 같이 나타내진다.

$$V_n = V_t - V_{axb} - V_{up} + V_{cd} \dots\dots\dots(21)$$

단,

$$V_t = \pi abc/3 \dots\dots\dots(21-1)$$

$$V_{axb} = 2 \int_0^{x_0} \int_0^{z_1 - ax^b \cos \alpha} \int_{-b \sqrt{\frac{(z_1 - \rho)^2}{c^2} - \frac{x^2}{a^2}}}^{b \sqrt{\frac{(z_1 - \rho)^2}{c^2} - \frac{x^2}{a^2}}} dy dz dx \dots\dots\dots(21-2)$$

$$V_{up} = \pi a_o b_o c_o/3 \dots\dots\dots(21-3)$$

$$V_{cd} = \pi a_o b_o d_o \dots\dots\dots(21-4)$$

여기서 c_0 는 끝자루 쪽 연장선 상의 원뿔의 높이
에 해당되며, d_0 는 끝자루 길이이다.

옆(측면)망지가 망고에 기여하는 부분은 어구설
계도로부터 천장망의 뜬줄 중앙부에 있는 옆판의
둘레 방향으로의 길이(L_h)을 알 수 있으므로 식
(22)와 같이 표현할 수 있다.

$$L_h = \int_{x_h}^{a_1} \sqrt{1+y'^2} dx \dots\dots\dots (22)$$

여기서 x_h 는 옆판(side panel)이 차지하는 x 축
좌표이다. 따라서, 옆판이 망고에 기여하는 높이
(y_h)를 구하면 식(23)으로 나타내진다.

$$y_h = b_1 \times \sqrt{1-x_h^2/a_1^2} \dots\dots\dots (23)$$

또 망고는 옆망지와 삼각망지 및 뜬(발)줄 부분
의 천장망 등으로부터 형성된다. 따라서 뜬줄이
수평과 이루는 경사각(α)은 식(24)로 구할 수 있
다.

$$\sin \alpha = \frac{b_1 - y_h}{ax^b} \dots\dots\dots (24)$$

위의 전개과정을 풀어감에 있어서 초기값을 사
용하여 정도가 높을 때까지 반복하여 계산하였는
데, 먼저 식(12)의 힘의 평형에서 전개판의 어떤
특정 영각에 대한 전개력을 식(10)으로부터 구한
다. 전개판 뒤쪽의 줄이 이루는 각 δ 는 줄의 곡
선함수 식(15)의 미분으로부터 구할 수 있다. 식
(15)를 구할 때 사용하는 조건은 식(16)을 사용한
다. 또 전개판에서 식(8)의 값은 식(17)의 X_2 와
같아야 한다(박·윤, 2001, 식(11), 식(13), 식
(15)). 자루그물의 가장자리의 힘줄이 이루는 직선
각은 어구설계도로부터 구한다. 뜬(발)줄과 자루
그물의 힘줄의 합력(Fig. 3의 점선)이 이루는 곡
선식(18)을 삼각함수의 cosine 법칙을 이용하여
구한다. 다음은 식(19)에서 a_e 는 망입구폭의 측정
값을 사용하고, b_e 를 구할 때 식(20)에서 a_0 를 구
하고, b_0 와 c 등은 타원추대의 성질을 이용한다.
그리고, 그물이 형성하는 부피와 옆판이 망고에
기여하는 높이 및 뜬줄이 이루는 경사각을 식
(21), (23), (24)로 구한다. 끝으로 길이 l 의 초기
값은 뜬줄 길이를 사용했으나, 뜬줄은 경사가 있
으므로, 여기서 구한 경사각 α 만큼 수평면에
투영한 뜬줄길이를 다시 사용하여 위의 계산을
반복하였다.

결과 및 고찰

위에서 기술한 방법에 의해 끌줄의 형상을 3차원
적으로 나타내고, 전개판 뒤쪽의 줄 (후릿줄, bridle,
뜸·발줄)의 형상을 지수함수 곡선으로 적용시킨 후,
중충트롤의 그물형상을 타원추형으로 가정하여 구한
일련의 것을, 실제 해상실험에서 松田 등(1991)이 측
정한 자료에 대해 적용시켜 구하면 다음과 같다.

실제의 전개판은 정상적인 작동상태에서 예망중
진동한다고 알려져 있으며, 또한 전개판에는 복원력
이 작용하기 때문에 어느 각도 내에서는 안정성이 있
다(張·徐, 1982). 따라서 예망속도만 변하는 경우 전
개판의 영각은 크게 변하지 않는다고 보면, 전개판의
양력계수는 유속과 함께 일정한 값이 된다. 양·항력
계수는 기존의 종만곡 V형 전개판의 모형실험으로
부터 영각이 15° 부터 최대값인 22° 까지의 값을 평
균하여 사용하였다 (松田 등, 1990).

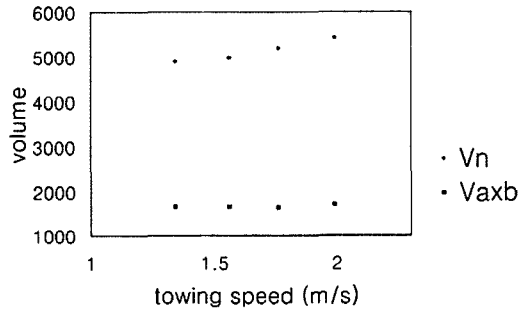


Fig. 5. (V_n) The volume of trawl net bounded with float, ground ropes and net, and (V_{axb}) that of removed by the plane of float, ground ropes.

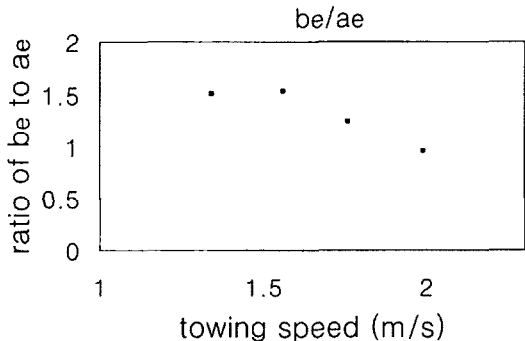


Fig. 6. The ratio of b_e (an extended net height at the entrance of trawl net) to a_e (net width at the wingend) of an elliptic cone.

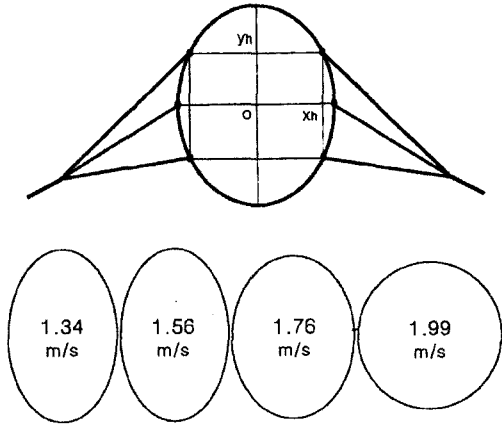


Fig. 7. A front view at the entrance of the trawl net and its change according to the towing speed.

뜸·발줄 및 그물로 경계된 체적(V_n)과 뜸·발줄에 의해 제거된 체적(V_{axb})이 Fig. 5에 나타나 있다. 유속이 증가함에 따라 그물로 경계된 체적(V_n)이 증가하는 반면에, 뜸·발줄에 의해 제거된 체적(V_{axb})은 대체로 일정한 값이다. 망입구의 형상비(b_e/a_e)와 형상의 변화를 유속에 따라 나타낸 것이 Fig. 6과 Fig. 7에 나타나 있다. 중층트롤의 경우, 유속이 빨라짐에 따라 수직으로 긴 타원형에서 수평으로 커져가는 타원형이 됨을 알 수 있다. 즉 타원이 원이 될 때까지는 소해면적이 증가함을 알 수 있다.

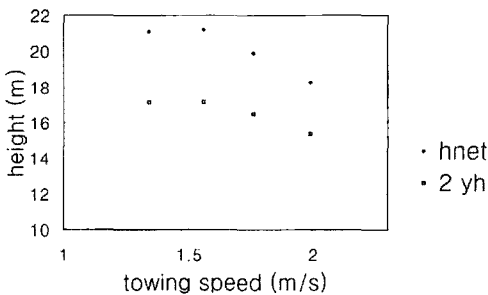


Fig. 8. The contribution of side panel in net height at the mouth of trawl net according to the towing speed.

옆망이 망고 형성에 기여한 양(Y_n)이 Fig. 8에 나타나 있는데, 옆망과 천장망이 망고에 기여한 높이는 유속이 빨라짐에 따라 줄어드는데, 천장망의 뜸줄 부분의 망고는 옆망이 기여한 높이보다 더 줄어듦을 알 수 있다. Fig. 9에서 보듯이 뜸줄이 수평과 이룬 경사

각(α)은 이 경우에 약 $9^\circ \sim 11^\circ$ 정도이고, 유속이 빨라질수록 경사각이 작아짐을 알 수 있다. 여기서 그물의 형상을 타원추대로 가정하였는데, (자루)그물의 입구쪽에서는 그물목줄에 연결된 부분에 모든 힘이 집결되어 후방으로 갈수록 내력의 균형에 의하여 타원추대가 되는데, 금후에는 이 부분에 대한 연구가 더 필요할 것으로 여겨진다.

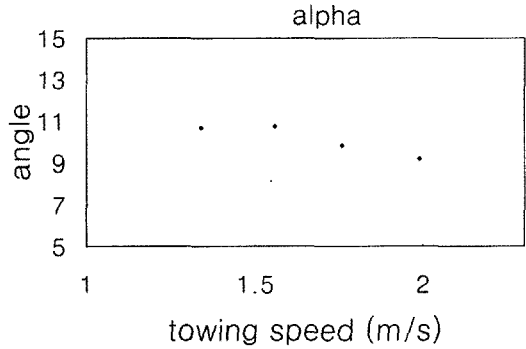


Fig. 9. The inclination angle of float rope according to the towing speed.

요 약

본 연구에서는 중층트롤의 해상실험에서 Scanmar 시스템으로 여러가지 요소를 측정된 자료에, 줄에 관해 신장을 포함하여 간이 해석적(semi-analytic)으로 푼 3차원 해석을 중층트롤 어구시스템의 끝줄에 적용시키고, 전개판 뒤쪽의 줄들의 형상을 임의의 지수함수($y_r = Ax_r^B$) 곡선으로 대응시켜, 중층트롤의 어구(날개 및 자루그물)의 형상을 타원추대의 일부분으로서 $\frac{x^2}{a_e^2} + \frac{y^2}{b_e^2} = \frac{(z-c)^2}{c^2}$ 형태로 가정하여 구하는 새로운 방법을 나타냈다. 실제의 전개판은 예상중 진동한다고 알려져 있으며, 어느 각도 내에서는 안정성이 있기 때문에 양·항력계수는 기존의 종만곡 V형 전개판의 모형실험으로부터 영각이 15° 부터 최대값인 22° 까지의 값을 평균하여 사용하였다.

본 연구에서는 끝줄의 길이가 300m인 경우에 대한 결과를 나타내었는데, 망입구의 형상(b_e/a_e)은 예망속도가 빨라짐에 따라 수직으로 긴 타원형에서 수평으로 커져가는 타원형이 됨을 알 수 있다. 이때, 망고(즉 옆망이 망고 형성에 기여한 높이와 삼각망 및 천장망이 기여한 높이)는 낮아졌는데, 옆망이 낮아지

는 것보다 천장망의 높이가 더 작아짐을 알 수 있다. 뜰줄이 수평과 이룬 경사각(α)은 이 예의 경우에서 약 $9^\circ \sim 11^\circ$ 사이였으며, 예망속도가 빨라질수록 경사각이 작아졌다.

참고문헌

- Buxton, N.G. and DeAlteris, J.T. (1993) : qualification of water flow and net drag in midwater trawls. Fisheries Research 16, 165~178.
- Crewe, P.R.(1964) : Some of the general engineering principles of trawl gear design. Modern fishing gear of the world-II. Fishing News Ltd., 165~180.
- Engås, A.(1994) : The effects of trawl performance and fish behaviour on the catching efficiency of demersal sampling trawls. In : A. Fernö and S. Olsen, editors, Marine fish behaviour in capture and abundance estimation. Fishing News Books, Blackwall Science Ltd, 45~68.
- FAO(1974) : Otter board design and performance. FAO fishing manuals. Rome, 82p.
- Fridman, A.L.(1986) : Calculations for fishing gear designs. FAO Fishing Manuals, Fishing News Books Ltd., 153~184.
- Huang, S. and Vassalos, D. (1993) : A semi-analytic treatment of three dimensional statics of marine cables. Ocean Engineering 20(4), 409-420.
- Lee, C.W., Zhang, C.I. and Shin, H.O. (2001) : simplified trawl system modeling and design of a depth control system using fuzzy logic. Fisheries Research 53, 83-94.
- Park, H.H.(1993) : A tension measurement method of a towing cable or a buoy cable. Ocean Engineering 20(2), 163~170.
- Sangster, G.I. and Breen, M. (1998) : Gear performance and catch comparison trials between a single trawl and a twin rigged gear. Fisheries Research 36, 15-26.
- Süberkrüb, F.(1959) : Otter boards for pelagic trawling. Modern fishing gear of the world-I, Fishing News Ltd., 359~360.
- 권병국(1993) : 전개판의 유체역학적 특성에 관한 연구, 부산수산대학교 수산학박사 학위논문.
- 金大安(1981) : 트롤어구의 전개판 설계이론에 관하여, 여수수전대연구보고 2, 9~13.
- 金仁振 · 李春雨(1999) : 중층트롤 어구의 망구형상 해석, 한국어업기술학회지 35(2), 118~128.
- 金鎮乾(2000) : 沿近海漁具漁法學, 유일문화사, 부산, 315~360.
- 박해훈(1994) : 칼만 필터에 의한 수중음향 위치측정 시스템의 정도 개선에 관한 연구, 부산수산대학교 수산학박사 학위논문.
- 박해훈 · 윤갑동(1995) : 음향위치 시스템을 이용한 줄의 장력측정법과 신장을 고려한 끌줄의 형상 해석, 국립수산진흥원 연구보고 49호, 175~185.
- 박해훈 · 예영희(1999) : 끌줄 및 부이줄에 있어서 PODE해석에 의한 줄함수의 이용, 한국어업기술학회지 35(4), 353~358.
- 박해훈 · 윤갑동(2001) : 중층트롤 어구의 그물저항과 전개판 간격, 한국수산학회지 34(3), 238~244.
- 배재현(2000) : 회전원형 실린더의 전개력 특성에 관한 실험, 부경대학교 수산학석사 학위논문, 35p.
- 三浦江介 · 清水普 · 西山作藏(1991) : 中層トロールシステムにおける網とオッタボードの運動解析, 日水誌 57(1), 57-62.
- 小山 · 工藤 · 大場(1981) : オッターボードの抵抗および展開力について, 水産工學研究所報告 第2号, 95~103.
- 松田皎 · 胡夫祥 · 石沢聰(1990) : 縱彎曲 V型オッターボードの流体特性, 日水誌56(11), 1815-1820.
- 松田皎 · 胡夫祥 · 佐藤要 · 五月女雄二郎 · 春日功(1991) : 中層トロールシステムの靜的特性に関する海上實驗, 日水誌 57(4), 655-660.
- 芮英姬 · 李秉錡(1993) : 로프 트롤그물의 기본성능에 관한 모형실험, 한국어업기술학회지 29(3), 200~213.
- 張志元(1968) : 中層트롤의 研究, 부산수산대학교 연구보고 8(1), 1-12.
- 張志元 · 徐斗玉(1982) : 漁具工學, 신한출판사, 304.
- 張忠植 · 李秉錡(1996) : 쌍끌이 中層트롤漁法の 研究 -IV, 實物漁具의 網口形狀 및 예망깊이에 관하여, 어업기술 32(1), 7-15.
- 조봉곤 · 고광수(2000) : 실선 시험에 의한 저층트롤 어구에 관한 연구-II. 어구의 수중형상에 관하여, 한국어업기술학회지 36(4), 281~286.
- 胡夫祥 · 松田皎(1991) : 中層トロールシステムの靜的特性の解析法, 日水誌 57(4), 661-666.