

중층트롤의 어구형상과 그 변화

박해훈* · 윤갑동**

*국립수산과학원 서해수산연구소, **부경대학교

서론

트롤어업은 능동적이고 규모가 큰 어업일 뿐만아니라 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. 그물은 어구설계시 유수저항을 받을 때 가급적이면 그물사이로 물이 잘 빠지도록 설계한다. 망고나 망폭을 아는 것은 어구의 형상을 추측하는데 뿐만아니라 자원조사시 소해면적을 구하는데 유용하다. 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 현수곡선 등으로 가정하였다. 본 연구에서는 해상실험에서 Scanmar 시스템으로 여러가지 요소를 측정한 자료(松田 등, 1991)에, 줄에 관해 신장을 포함하여 간이 해석적(semi-analytic)으로 푼 3차원 해석(Huang · Vassalos, 1993)을 중층트롤 어구시스템의 끌줄에 적용시키고, 뜬·발줄의 형상을 임의의 지수함수 곡선으로 대응(박·윤, 2001)시켜, 중층트롤 어구의 그물형상을 타원추대의 일부분으로 가정하여 구하는 새로운 방법을 나타냈으며, 유속이나 끌줄의 길이에 따른 어구형상의 변화를 파악하고자 한다.

자료 및 방법

1) 3차원 해석에 의한 끌줄의 형상

줄에 대해 비틀림(torsion)이 없고, 줄이 유연하여 장력 이외에 다른 관성력(internal force)이 없으며 줄이 균일하다는 가정하에, Huang과 Vassalos (1993)는 3차원 식을 유도하였는데, 이것을 중층트롤 어구시스템의 끌줄에 적용시켰다.

2) 전개판에서의 힘의 평형상태와 후릿줄의 곡선 형상

전개판(OB)에서 끌줄, 후릿줄(hand rope)에 미치는 장력 및 전개판의 양력(L_{OB})이 평형상태가 되었다고 하자. 전개판의 양력(C_L) 및 항력계수(C_D)를 이용하면 전개판에 미치는 수력저항 P_θ 를 나타낼 수 있다. 해상실험에서 종만곡 V형 전개판을 사용하였고, 어구는 10매로 구성된 중층용 그물이었다(松田 등, 1991). 전개판 뒤쪽의 후릿줄, bridle 및 뜬줄(발줄)이 이루는 줄의 형상을 지수함수 ($y_r = Ax_r^b$) 로 나타내었다. 세 개의 동일한 길이인 bridle에 미치는 힘은 상하(뜬·발줄) 두 개의 줄에 미치는 힘과 가운데 힘줄에 미치는 힘들의 합력이 줄이 이루는 형상이다(박·윤, 2001).

3) 그물형상의 수식화 : 타원추대

날개그물에서 끝자루 앞까지의 형상을 타원추대라고 가정하면, 망입구에서의 수평방향(망폭)의 반경을 a_e , 수직방향(높이)의 반경이 b_e 일 때 다음 식과 같이 쓸 수 있다.

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

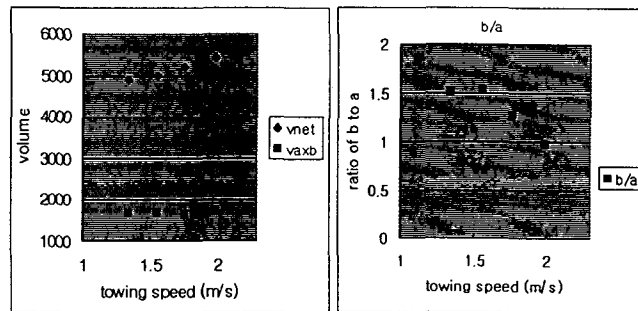
V_t 를 타원추대의 총 체적, V_{axb} 는 뜬·발줄에 의해 제거된 체적, V_{up} 은 타원추대의 끝자루 쪽 연장선상의 원뿔체적, V_{cd} 는 끝자루의 체적일 때, 뜬·발줄 및 그물로 경계되는 체적(V_n)은 다음과 같다.

$$V_n = V_t - V_{axb} - V_{up} + V_{cd}$$

결과 및 고찰

정상적인 작동상태에서 실제의 전개판은 예망중 진동한다고 알려져 있으며, 또한, 전개판에는 복원력이 작용하기 때문에 어느 각도 내에서는 안정성이 있다(張·徐, 1982). 양·항력 계수는 기존의 종만곡 V형 전개판의 모형실험으로부터 영각이 10° 부터 최대값인 22° 까지의 값을 평균하여 사용하였다.

망입구의 형상(b_e/a_e), 그물로 경계된 체적(V_n), 옆망이 망고 형성에 기여한 양, 뜬줄이 수평과 이룬 경사각을 유속에 따라 나타내었다.



참고문헌

- Huang, S. and D. Vassalos(1993) : A semi-analytic treatment of three dimensional statics of marine cables. *Ocean Engineering* 20(4), 409-420.
- Lee, C.W., C.I. Zhang and H.O. Shin(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.
- 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.
- 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静的特性に関する海上実験. *日水誌* 57(4), 655-660.
- 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*, 304p.
- 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.