

조류에 따른 삼중자망의 역학적 연구

박해훈 · 양준용

국립수산과학원

서론

자망이나 삼중자망은 그물에 고기가 낚히거나 얽히게 하여 어획하는 어법이다. 흐름이 있는 곳에서 어구는 저항을 받게 되고, 이에 따라 형성되는 어구 형상은 유속 세기와 부력 및 사용된 그물의 망지 길이(뺨친 높이)와 관련된다(장·서, 1982; 川上, 1981; 松田, 2001). 이때 자망의 높이는 어획 효율에 영향을 미치는 매우 중요한 요소이다. 저자망의 경우 뜬줄의 높이는 바다에서 다이버나 자기기록식 기록계에 의해 기록되거나 flume tank에서 여러 가지 망목크기와 길이 및 망사직경에 대해 조사된 바가 있다(Matuda, 1988; Stewart, 1988). 이러한 기기나 flume tank 같은 복잡한 장비는 일반적으로 쉽게 이용할 수 없다. 따라서, Matuda는 (홀)자망의 높이를 산출하는 데 약산식을 사용하였고, Losanes 등(1990)은 Matuda가 저자망에 대해 구한 약산식을 삼중자망과 이중자망(semi-tremmel net)에 대해 확장시켜 뜬줄의 높이를 구하였다.

본 논문에서는 우리나라 서해안 같이 조류가 강한 곳에서 인공어초 효과 조사시 사용하고 있는 삼중자망에 대하여, 유속이 뜬줄의 높이나 망지가 이루는 경사각도 등 어구형상과 장력에 미치는 영향을 구함에 있어서, 기존의 (홀)자망에 대한 미분방정식을 삼중자망에 확장시켜 구하였고, 조류에 따른 영향을 살펴 보았다. 조류는 조사해역과 해저지형 및 수심에도 영향을 받고, 계절이나 조사 날짜별로 차이가 나기에, 한 지점의 조류 값을 대표적으로 조석표로부터 구하여 사용하였다.

재료 및 방법

1. 삼중자망 어구

인공어초 효과조사시 서해안에서 사용한 삼중자망 어구는 Fig. 1에서 보는 바와 같이 뺨친 높이가 1.2m, 길이가 50m이고, 내망은 나일론 210Td 3합 망목 90mm, 외망은 나일론 210Td 12합 망목 515mm로 된 망지이었다(박 등, 2003). 망사의 직경은 합사수와 tex 등으로부터 약산식을 사용하여 구하였다.

조류의 세기는 실측하는 것이 가장 좋겠으나, 서해안(외연도 어장 등) 같이 흐름이 빠르고 어장이 있는 곳에서 수심 40m인 곳의 유속을 실측하는 것은 현실적으로 어려움이 있다. 여기서는 대표적으로 군산항의 조류가 아주 강한 어느 특정한 날짜에 대해 2002년 조석표를 사용하여 조류의 세기를 시간별로 구하여 사용하였다.

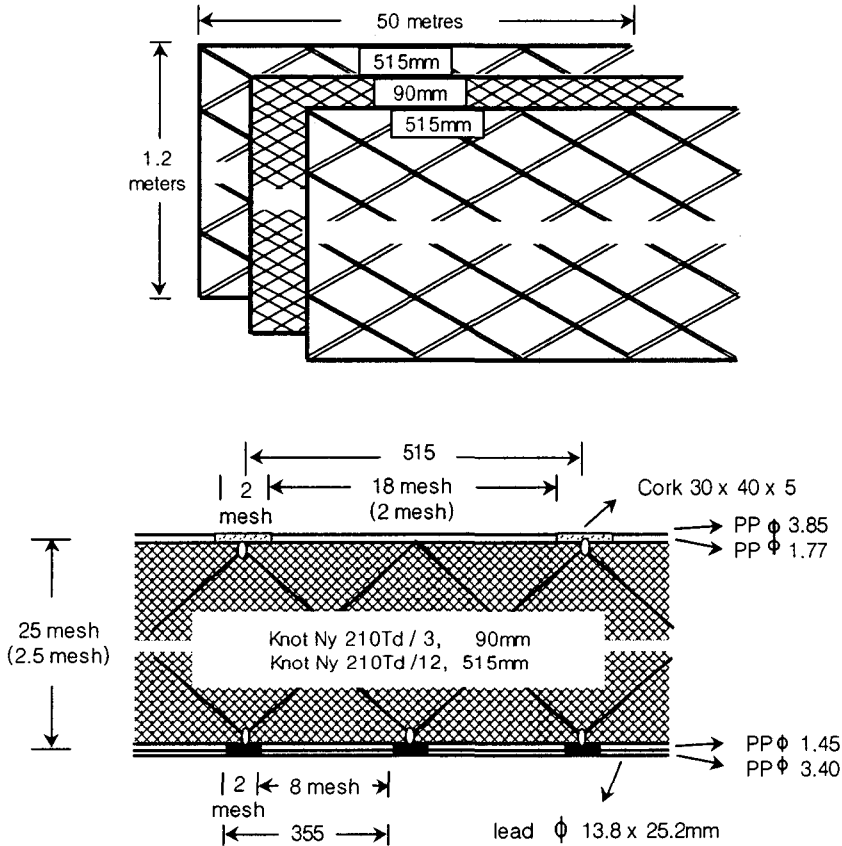


Fig. 1. Fishing gear of trammel net.

2. 흐름 속에 놓인 장방형 망지에 대한 미분방정식과 수치해

삼중자망 망지가 흐름에 수직으로 놓였을 때의 저항을 K_{io} 라 두고, 망지의 단위면적당 수중중량을 W_{io} 라 하면, 망지에 유수저항과 수중중량을 고려했을 때 성립하는 미분방정식은 다음과 같은 무차원 변수를 이용하여 식(1)~(4)로 표현할 수 있다.

$$\tau = \frac{T}{T_o}, \quad \sigma = \frac{K_{io}}{T_o}, \quad \xi = \frac{K_{io}}{T_o} x, \quad \eta = \frac{K_{io}}{T_o} y, \quad \omega = \frac{W_{io}}{K_{io}}$$

$$\frac{d\tau}{d\sigma} = - \nu_k \cos \theta + \omega \sin \theta \dots\dots\dots (1)$$

$$\tau \frac{d\theta}{d\sigma} = \sin \theta + w \cos \theta \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\frac{d\xi}{d\sigma} = \cos \theta \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\frac{d\eta}{d\sigma} = \sin \theta \quad \dots\dots\dots (4)$$

위의 미분방정식을 풀면 다음과 같이 된다.

$$\ln \tau = \frac{w^2 + \nu_k}{w^2 + 1} \ln \left(\frac{w}{\sin \theta + w \cos \theta} \right) + \frac{w(1 - \nu_k)}{w^2 + 1} \theta \quad \dots\dots (5)$$

$$\sigma = \int_0^\theta \frac{\tau}{\sin \theta + w \cos \theta} d\theta \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$\xi = \int_0^\theta \frac{\tau \cos \theta}{\sin \theta + w \cos \theta} d\theta \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$\eta = \int_0^\theta \frac{\tau \sin \theta}{\sin \theta + w \cos \theta} d\theta \quad \dots\dots\dots (8)$$

그리고, 두 지점(뜸줄과 발줄) 사이의 수직높이 (h)와 수평거리 (x), 장력은 다음과 같은 관계가 있다.

$$h = \frac{\eta_2 - \eta_1}{\tau_2} \frac{T_2}{K_{io}} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$x = \frac{\xi_2 - \xi_1}{\tau_2} \frac{T_2}{K_{io}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$T_1 = T_2 \frac{\tau_2}{\tau_1} \quad \dots\dots\dots (11)$$

결과 및 요약

Fig. 2는 서해안에서 조류가 매우 강한 2002년 10월 8일 군산항의 조류를 조석표를 사용하여 시간대별로 나타낸 것이다. Fig. 3은 유속에 따라 삼중자망이 형성하는 뜸줄, 발줄 사이의 수직높이, 수평거리, 망지가 이루는 경사각 등을 보여준다. Fig. 4에서 망지의 수직높이는 유속이 정조시 가장 높고, 유속이 증가함에 따라 감소하다가 약간 증가 후 다시 감소하는 것을 보여준다. 이것은 트롤의 끌줄의 경우와는 약간 다른 현상으로 무차원 변수 τ 값으로부터 이러한 현상을 추측할 수 있는 것 같다. 끌줄의 경우는 τ 값이 단일 감소 (또는 증가)하는데 비해 자망의 경우는 τ 값에 굴곡부분이 있다. 또, 망지의 경사각은 유속이 증가함에 따라 급격하게 감소되나 망지의 아래 위의 경사각 차이는 근소하다.

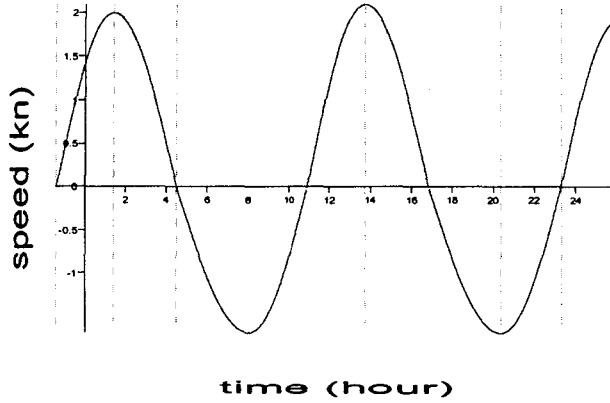


Fig. 2. Tidal current at the Gunsan port on October 8, 2002.

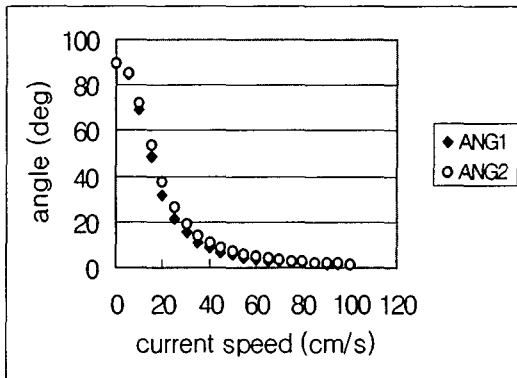


Fig. 3. Declination angles at the sinker and float line of trammel net.

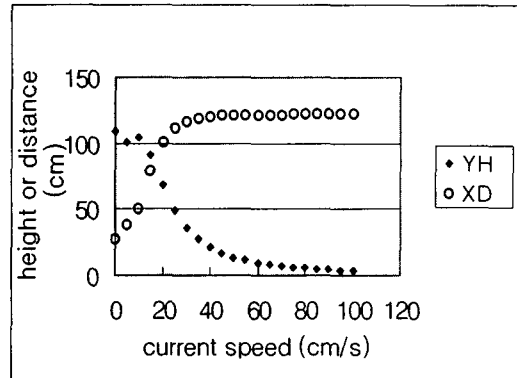


Fig. 4. Vertical height or horizontal distance between the sinker and float line of trammel net.

참고문헌

- 박해훈 등 (2003) : 서해연안 잠보형 인공어초 어장에서의 수산자원 조성효과와 사이드스캔 소너에 의한 인공어초 상태조사. 한국어업기술학회지, 39(3), 230-238.
- 松田 皎 (2001) : 漁具物理學. 恒星社厚生閣, 東京, 226pp.
- 장지원 · 서두옥 (1982) : 漁具工學. 신한출판사, 부산, 304pp.
- 川上太左英 (1981) : 漁業解析入門. 恒星社厚生閣, 東京, 294pp.
- Losanes, L.P., K. Matuda and A. Koike (1990) : Estimation of floating height of trammel and semi-trammel net. Nippon Suisan Gakkaishi, 56, 467-472.
- Matuda, K. (1988) : Headline height of bottom gillnets set across a water flow. Fish. Res., 6, 167-179.
- Stewart, P.A.M. (1988) : Measurements of the Effects of tidal flow on the headline heights of bottom-set gillnets. Fish. Res., 6, 181-189.