

## 패류껍질어업에서 사용 중인 멍의 형태적 특성에 따른 고정력의 차이

이건호 · 조삼광\* · 김인옥<sup>1</sup> · 차봉진<sup>1</sup> · 정성재<sup>1</sup>

국립수산과학원 서해수산연구소 자원환경과, <sup>1</sup>국립수산과학원 수산공학과

### Difference of holding power of concrete weight used in shellfish shell fishery by its shape characteristics

Gun-Ho LEE, Sam-Kwang CHO\*, In-Ok KIM<sup>1</sup>, Bong-Jin CHA<sup>1</sup> and Seong-Jae JUNG<sup>1</sup>

*Fisheries resource and environment Division, West Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science, Incheon 22383, Korea*

<sup>1</sup>*Fisheries Engineering Division, National Institute of Fisheries Science, Busan 46083, Korea*

In this study, the differences of holding power according to the shape and weight distribution of concrete weight used in shellfish shell fishery were investigated through the experiments. To investigate the differences in shape, five bar-shaped concrete weights with the same length and different cross-sectional shapes were produced. The sectional shape of each weight was square, triangle, circle, small cross, and large cross (SQ, TR, CI, CR-S, CR-L). Ten rectangular parallelepiped weights with different bottom area and cross-sectional area were produced. To investigate the differences by the weight distribution, the holding power on the square model (SQ) with six 50 g weights at different positions was investigated. All the holding power was obtained by measuring the tensile force generated when the concrete weight was pulled at a constant speed on the sand. As a result, there were no differences in holding power between the ten rectangular weights. However, the experiment on weights with different cross-sectional shapes showed differences in holding power. The holding power was higher in the order of CR-L > CR-S > CI > TR > SQ. In the weight distribution test, the holding power was higher as the front side of the weight was heavier. Generally, the frictional force is the same even if the shape is different, when two objects have the same value in the weight and the roughness. On the other hand, it seems to have a large impact when the shape of the bottom is deformed in the course of pulling the object. Particularly, the larger the degree of protrusion like cruciform weights, the more the holding power increased while deeply digging the bottom. It is also likely that the holding power increases as the front weight increases.

Keywords : Fishing gear loss, Concrete weight, Webfoot octopus pot, Holding power

#### 서론

연안복합어업에 속하는 패류껍질어업(일명 주꾸미

소호)은 자망, 통발, 안강망 등과 더불어 풍랑에 의한 유실이 많은 어구 중 하나이다(Lee et al., 2016). 패류껍

\*Corresponding author: samuel@korea.kr, Tel: +82-32-745-0630, Fax: +82-32-745-0569

질어구는 다른 연안 어업들에 비해 비교적 얇은 수심인 15 m 전후의 연안에 설치되어 파랑의 영향에 쉽게 노출될 뿐만 아니라, 어구 고정을 위한 수단으로 닻에 비해 상대적으로 고정력이 약한 명을 사용하므로 어장 환경이나 어구 구성이 유실에 취약하다(Lee et al., 2016). 닻을 사용하는 자망, 통발 등의 어업과 달리 패류껍질어업에서만 명을 사용하는 이유는 조업 방식에 기인한다. 자망과 통발 어업은 어획물 수확 시 부이줄과 함께 닻도 양망을 하지만 패류껍질어업은 패류 껍질만 갑판에 올려 어획물을 확인하고, 어구 끝의 마지막 명을 제외하면 명은 양망하지 않는다. 명을 올리지 않은 상태로 어획물을 확인하기 위해서는 패류 껍질을 갑판에 끌어 올렸을 때도 명이 당겨지지 않을 만큼 명줄이 길어야 한다. 보통 수심 10 m인 어장에서는 명줄 길이가 30 m에 이른다(NIFS, 2015). 이처럼 어구를 고정하는 줄의 길이가 긴 상태에서 닻을 사용하게 되면 줄이 닻팔이나 닻장 등에 감기면서 문제가 생길 가능성이 있다. 이에 반해 명은 모양이 단순하여 명줄이 명에 감길 확률이 낮다. 그러나 명줄 길이가 길수록 명의 고정력을 높일 수 있는 장점이 있으므로 상대적으로 고정력이 약한 명의 단점을 보완할 수 있는 장점도 있다(Fridman, 1986; Lee et al., 2016).

패류껍질어구의 유실을 줄이기 위해서는 강한 풍랑이 발생할 때 어구가 받는 힘을 줄이는 것도 필요하지만 근본적으로 취약한 명의 고정력을 개선하는 것이 필요하다. 그러나 안타깝게도 닻의 고정력과 관련해서 수행된 많은 연구들(Lee et al., 2011; Lee et al. 2005; Jung et al., 2011; Yun et al., 2001)에 비하면, 명의 고정력 개선과 관련된 연구는 매우 드문 편이다.

따라서 본 연구에서는 패류껍질어구의 유실을 줄이기 위한 방법의 일환으로 패류껍질어업에서 사용 중인 명은 그 형상에 따라 고정력이 다를 것으로 가정하고 명의 형태에 따른 고정력의 차이를 실험을 통해 조사함으로써 명의 고정력을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하였다.

### 재료 및 방법

일반적으로 마찰력은 마찰계수와 물체가 표면을 누르는 수직항력(또는 무게)에 의해 결정된다. 따라서 마찰면의 물리적 특성과 물체의 무게가 동일하다면 물체의 형태가 달라져도 마찰력은 동일하다(Halliday et al, 2011). 명의 고정력 또한 고정 계수와 물체의 수중무게에 의해 결정되며, 이 중 고정계수는 명의 재료와 저질의 특성에 의해 결정된다(Kim and Ko, 1985). 그러나 명의 경우 명이 접촉하는 바닥이 주로 모래나 뺨 등으로 되어 있어 물체가 이동하는 과정에서 저질의 형상이 변형되는 차이점이 있다. 그러므로 물체의 무게와 마찰면의 특성이 동일하더라도 물체의 형태가 달라지면 명이 당겨지는 과정에서 저질이 변형되는 정도도 달라져 명의 고정력이 달라질 가능성이 있다. 따라서 본 연구에서는

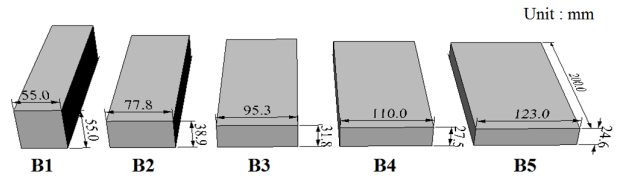


Fig. 2. Weights for testing the difference in holding power by bottom area.

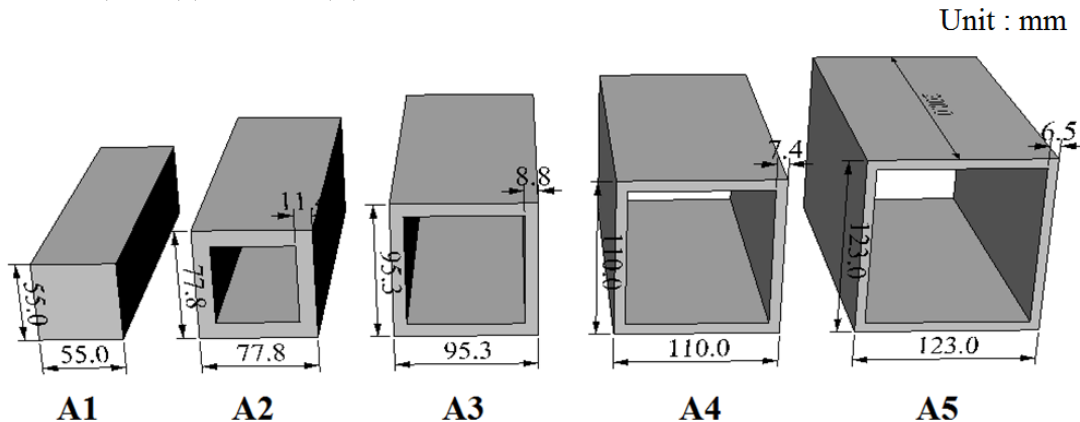


Fig. 2. Weights for testing the difference in holding power by sectional area.

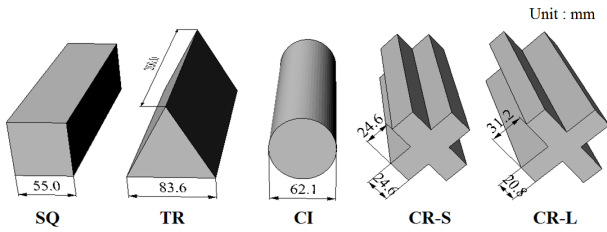


Fig. 3. Weights for testing the difference in holding power by sectional shape.

멍의 다양한 형태 조건 중에서 멍의 바닥면의 면적, 단면 (이동 방향과 수직인 면)의 면적, 단면의 형상 그리고 멍의 무게 분포 차이에 따른 고정력 차이를 조사하였으며, 실험에 사용한 멍은 모두 시멘트를 이용해서 막대 모양으로 제작하였고, 체적(605,000 mm<sup>3</sup>)과 길이(200 mm)를 동일하게 하였다.

바닥면의 면적 차이에 따른 고정력 실험은 Fig. 1과 같이 단면 모양이 직사각형인 5개의 멍들을 이용하여 수행하였다. 각 멍의 바닥면 면적이 각각 0.011, 0.016, 0.019, 0.022, 0.025 mm<sup>2</sup>(이하 B1, B2, B3, B4, B5)가 되도록 하였고, 각 멍의 단면적(3,025,000 mm<sup>3</sup>)과 길이 (200 mm)는 모두 동일하게 하였다.

단면의 면적 차이에 대한 고정력 실험은 Fig. 2와 같이 단면 모양이 정사각형인 5개의 멍들을 이용하여 수행하였다. 단면의 면적을 늘리면서 동일한 무게를 갖게 하기 위해 멍 내부에 공간을 형성하였다. 각 멍의 단면 면적이 각각 3,025, 6,050, 9,075, 12,100, 15,125 mm<sup>2</sup>(이하 A1, A2, A3, A4, A5)가 되도록 하였고, 각 멍의 체적 (605,000 mm<sup>3</sup>)은 모두 동일하게 하였다. 앞면의 개방된 부분은 플라스틱 판넬(두께 1 mm, ABS)로 막아 예인

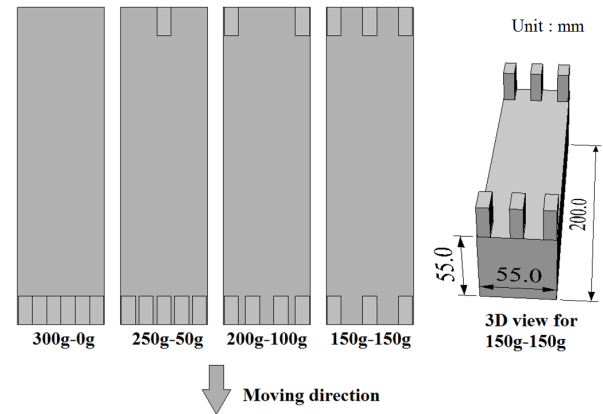


Fig. 4. Weights for testing the difference in holding power by weight distribution.

과정에서 모래가 멍 내부로 들어가지 못하도록 하였다. 단면의 형상 차이에 대한 고정력 실험은 Fig. 3과 같이 단면 모양이 각각 정사각형, 삼각형, 원형, 굽고 짧은 십자형, 가늘고 긴 십자형(이하 SQ, TR, CI, CR-S, CR-L)인 5개의 멍들을 이용하여 수행하였다. 각 멍의 단면 면적(3,025 mm<sup>2</sup>)과 길이(200 mm) 모두 동일하게 하였다.

무게 분포의 차이에 대한 고정력 실험은 Fig. 4와 같이 단면 모양이 정사각형인 멍 위에 50 g 납추 6개를 올려 놓고, 각각의 위치를 달리했을 때 고정력 차이를 조사하였다. 일단 멍줄이 달린 쪽을 앞쪽으로 정하고, 실험 구분을 위해 예를 들어 멍 앞쪽에 추 5개, 뒤쪽에 1개가 놓였을 경우 250~50 g 등으로 표시하였다. 실험은 멍 위에 놓인 무게추의 분포에 따라 300~0 g, 250~50 g, 200~100 g, 150~150 g 4가지 경우에 대하여 수행하였다. 멍의 고정력 측정은 저질 위에 놓인 멍을 일정한

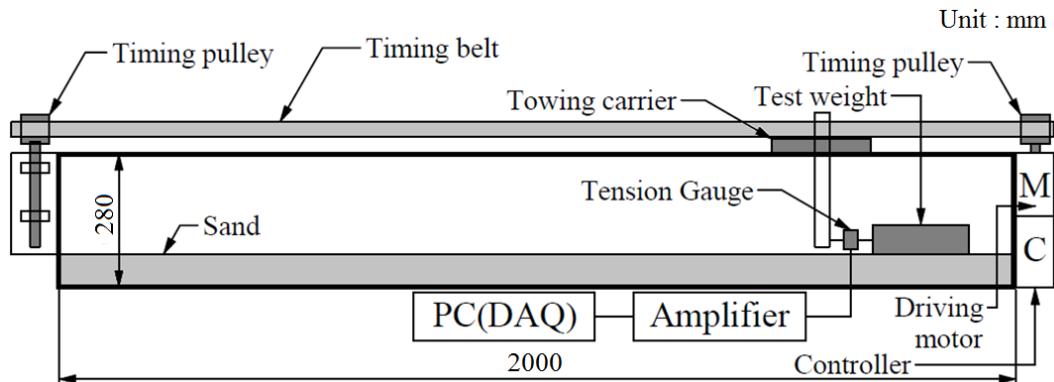


Fig. 5. Schematic diagram of the experimental apparatus.

속도로 당길 때 멍줄에 발생하는 장력을 계측하는 방식으로 수행되었다. 실험은 Fig. 5와 같이 특별히 제작한 예인 수조 (L2.0×W0.3×H0.25 m)에서 예인 전차에 멍을 매달아 일정한 속도로 당기면서 실시하였다. 수조는 멍을 예인하는 예인 전차와 구동장치(25 w, torque 39.4 kgf·cm, SPG Co., Ltd), 예인 전차와 멍 사이에서 멍의 고정력을 측정하는 장력계 (SUMM(SP)-10K, Max 100 N, Senstech. CO, Korea)와 장력 데이터 입력 시스템 (AM-310, Senstech.CO, Korea) 등으로 구성된다. 장력 데이터의 측정 빈도는 200 Hz였다. 고정력 시험용 저질은 입자 크기 2 mm 이하인 해성모래를 사용하였다. 멍줄(nylon coated stainless wire  $\phi$ 0.5 mm)은 멍 앞면의 무게 중심에 연결하였고, 멍줄이 바닥과 수평이 되도록 하였다. 멍을 당기는 속도는 0.35 m/s였다. 모든 실험은

각 멍에 대해 5회 시험을 하였고, 그 결과를 평균하였으며, 실험은 2017년 9월 1~15일에 서해수산연구소 어업기술연구실에서 수행되었다.

### 결 과

바닥면의 면적 차이에 따른 실험 결과를 Fig. 6~7에 나타내었다. Fig. 6은 멍 B1, B2, B3, B4, B5 각각을 멍줄에 연결하여 일정한 속력으로 당길 때 멍줄에 작용하는 장력의 변화를 시간 경과에 따라 나타낸 것이고, Fig. 7은 멍줄 장력의 최댓값을 나타낸 것이다.

실험 결과, 멍 B1, B2, B3, B4, B5를 각각 당길 때 작용하는 장력은 시간 변화에 따라 거의 일정한 크기를 유지하였고, 멍 종류에 따른 장력 크기도 큰 차이가 없었다. 각 멍의 최대 장력도 서로 비슷한 것으로 나타났다.

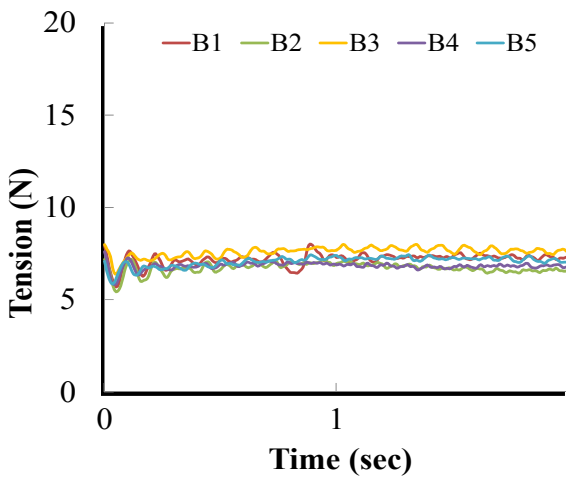


Fig. 6. Test result for 5 weights (B1~B5) with different bottom area.

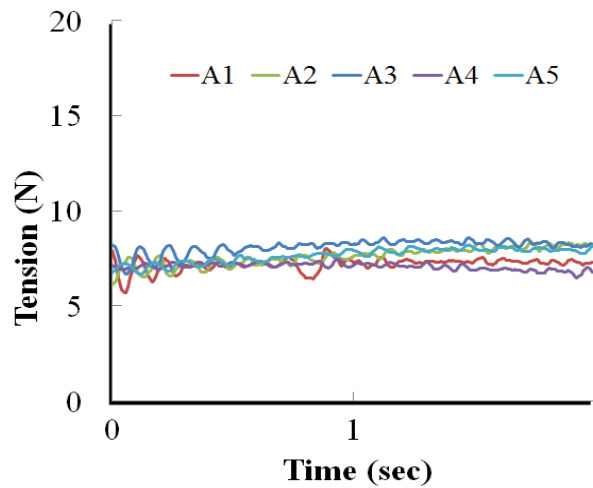


Fig. 8. Test result for 5 weights (A1~A5) with different sectional area

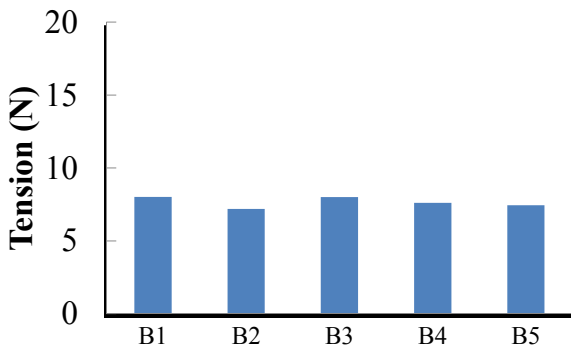


Fig. 7. Maximum tension recorded in the holding power test by bottom area difference of weight.

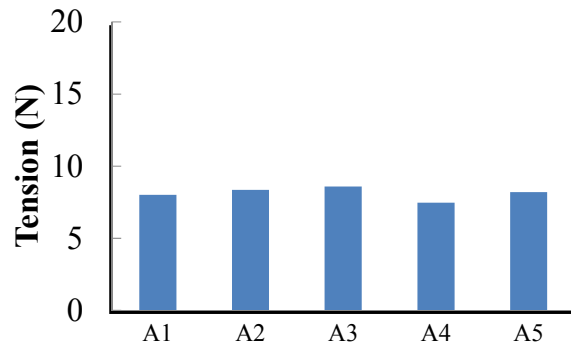


Fig. 9. Maximum tension recorded in the holding power test by sectional area difference of weight.

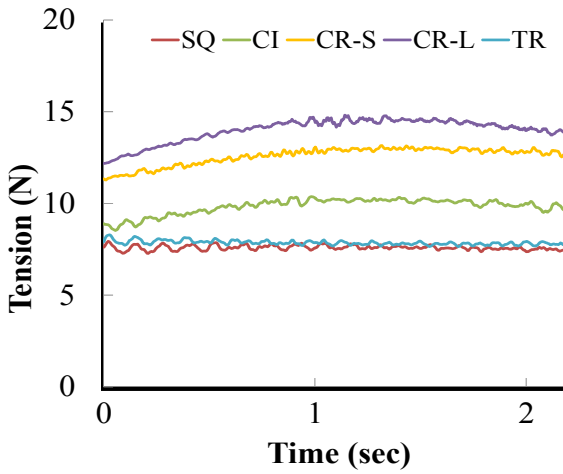


Fig. 10. Test result for 5 weights with different sectional shape.

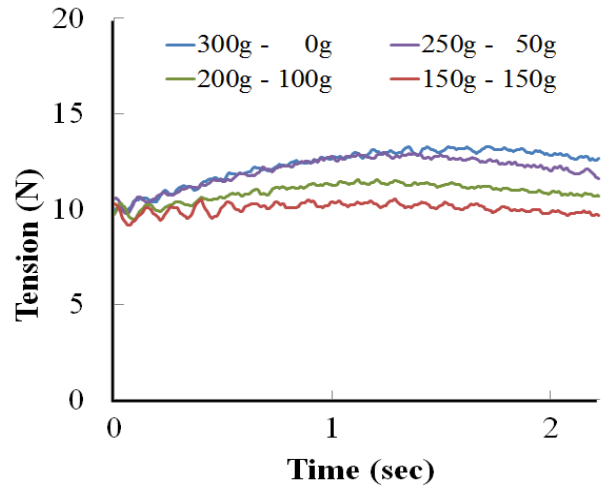


Fig. 12. Tension measurement results for weight with four weight distribution conditions.

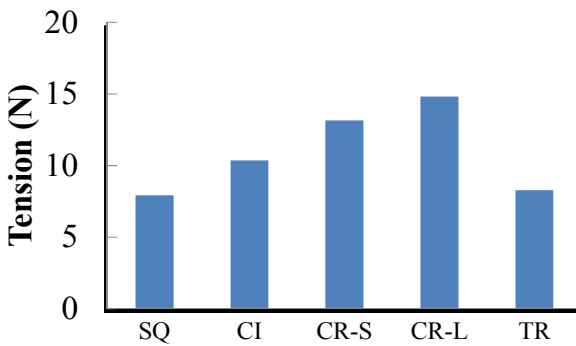


Fig. 11. Maximum tension recorded in the holding power test by sectional shape difference of weight.

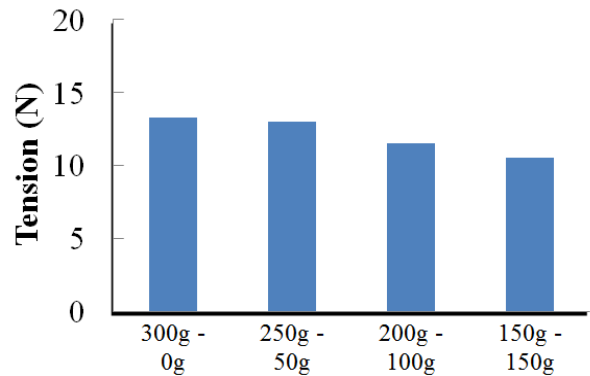


Fig. 13. Maximum tension recorded in the holding power test by weight distribution difference on SQ.

단면의 면적 차이에 따른 실험 결과를 Fig. 8~9에 나타내었다. Fig. 8은 멍 A1, A2, A3, A4, A5를 각각 당길 때 발생하는 멍줄의 장력을 시계열로 나타낸 것이고, Fig. 9는 각 멍줄의 최대 장력 값을 나타낸 것이다.

실험 결과, 멍 A1, A2, A3, A4, A5를 각각 당길 때 작용하는 장력은 시간 변화에 따라 아주 조금 증가하다가 감소하는 경향을 나타냈으나, 전체적으로 거의 일정한 크기를 유지하였다. 멍 종류에 따른 장력 크기는 서로 큰 차이가 없었으며, 최대 장력값 역시 차이가 그다지 크지 않았다.

단면 형상에 차이에 따른 실험 결과는 Fig. 10~11에 나타내었다. Fig. 10은 멍 SQ, TR, CI, CR-S, CR-L이 각각 당겨질 때 발생하는 멍줄의 장력을 시간을 따라

나타낸 것이고, Fig. 11은 최대 장력을 나타낸 것이다.

실험 결과, 단면 모양의 차이에 따라서 멍줄 장력의 차이가 큰 것으로 나타났다. 멍줄 장력의 크기는 CR-L>CR-S>CI>TR>SQ의 순으로 크게 나타났는데, 특히 단면 모양이 십자형인 멍들의 멍줄 장력이 가장 큰 것으로 나타났다. 최대 장력에 대해서도 같은 결과를 보였는데, 최대 장력이 가장 큰 멍(CR-L)과 가장 작은 멍(SQ) 사이의 값 차이는 약 2배 정도였다(Fig. 11).

무게 분포의 차이에 대한 실험 결과는 Fig. 12 및 Fig. 13에 나타내었다. Fig. 12는 멍 SQ(직육면체형 멍) 위에 무게추를 각각 300~0 g, 250~50 g, 200~100 g, 150~150 g의 구성으로 배치한 뒤 각각 측정된 멍줄의 장력을 시계열로 나타낸 것이고, Fig. 13은 최대 장력을 나타낸



것이다.

실험 결과, Fig. 12에 나타난 바와 같이 명줄을 당기는 초기에는 장력이 서로 비슷하다가 시간이 경과함에 따라 앞쪽 부분이 무거운 경우일수록 명줄 장력의 증가폭이 커지는 경향을 보였다. 최대 장력의 경우 무게의 20%가 앞쪽에 쏠리는 300~0 g 조건의 경우가 무게 치우침이 없는 150~150 g 조건에 비해 값이 약 26% 큰 것으로 나타났다(Fig. 13).

### 고 찰

첫 번째와 두 번째 실험 결과는 명의 고정력이 명의 바닥면과 단면 면적의 변화에 영향을 받지 않는다는 것을 보여주며, 그 특성이 일반적인 마찰력의 특성과도 유사하다는 것을 나타낸다. 하지만 실험이 직육면체 형태의 명에 대해서만 수행되었기 때문에 이러한 결과는 해당 형태의 명에 대해서만 성립하는 것으로 봐야 할 것이다. 반면 세 번째 실험 결과에서 나타난 바와 같이 단면의 모양이 다를 때는 명들 간의 고정력이 현저하게 차이나는 것을 알 수 있다. 특히 십자형 명들의 고정력이 가장 컸는데, 이것은 이 명들에서 가늘게 돌출된 부분들이 모래 바닥을 깊게 파면서 높은 저항을 형성하기 때문인 것으로 보인다. 이러한 판단의 근거는 알려진 연구결과를 통해서도 확인이 가능하다. Jung et al.(1996)은 콘 크리트 블록과 같은 무게추가 저질에 침하되거나 매몰되면 자중뿐만 아니라 접지 측면의 표면 마찰력을 받게 되며, 수평성분력으로는 저면의 마찰력과 좌우의 토압을 받게 된다고 하였다. 실제 연구에서도 동일 무게 추에 대해서 접지 측면의 마찰력 등을 반영하지 않은 경우보다 더 큰 값을 얻었다. 본 연구에서도 대조구인 직사각형 모델의 경우 저질에 침하된 정도가 적기 때문에 접지 측면의 표면 마찰이나 토압이 상대적으로 적어 명줄의 장력이 낮게 나타난 반면 십자형 모델의 경우, 침하되는 정도가 커서 마찰과 토압이 크게 작용하여 명줄 장력이 직사각형 모델보다 크게 나타났다고 볼 수 있다. 따라서 동일 자중을 가진 두 물체라도 저질에 침하되는 정도에 따라 고정력이 다르게 나타난다는 것을 알 수 있다.

같은 십자형 명이라도 돌출부가 가늘고 길수록 고정력이 높게 나왔는데, 이러한 사실을 통해 바닥을 깊게 팔 수 있는 형태를 가진 명일수록 높은 고정력 형성에 유리하다는 것을 알 수 있다. 그러므로 명의 재료와 무게가

같더라도 명의 단면 형상을 적절히 변형하면 고정력을 높일 수 있다는 것을 알 수 있다.

명의 무게 분포의 차이에 따른 실험에는 명의 앞쪽이 무거울수록 고정력이 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 명의 앞쪽이 무거운 경우 명의 진행과정에서 명이 점점 더 앞으로 기울어지면서 모래 바닥을 파고 들어가 높은 저항을 형성하기 때문인 것으로 생각된다. 그러므로 무게가 동일한 명이라도 앞쪽 무게를 높일수록 고정력을 더 좋게 할 수 있다는 것을 알 수 있다. 이와 같이 세 번째와 네 번째 실험의 경우 명의 고정력이 증가한 요인을 명의 돌출부나 기울어진 앞부분이 명의 진행과정 중에 공통적으로 모래 바닥을 파고 들어갔기 때문으로 파악하였다. 이러한 현상은 닻의 고정력이 닻의 중량 외에 닻의 팔이 저질을 파고 들어가는 깊이에 비례하여 증가하는 특성과 일맥상통한다(Lee et al., 2011).

지금까지 현장에서 사용해 왔던 명의 형태는 정육면체 또는 구형으로 매우 단순하였고, 사용 재료도 돌이나 시멘트와 같이 재질 특성 차이가 크지 않기 때문에 명의 고정력은 명의 무게에 의존적이었을 가능성이 높다. 하지만 명의 형태를 명이 바닥을 깊이 파고 들어갈 수 있는 구조로 개선하면 기존 명에 닻의 고정력 특성도 포함시킬 수 있기 때문에 명의 고정력을 크게 높일 수 있을 것으로 판단한다.

향후 연구에서는 십자형 명과 같이 단면에 형성된 돌출부의 길이나 굽기, 돌출부의 개수 등의 조건을 달리하는 실험 등을 수행하여 가능한 한 저질을 깊이 파면서 고정력을 보다 향상시킬 수 있는 명의 형태를 도출할 예정이다. 또한 결과에서 나타난 바와 같이 바닥이 평평한 직육면체형 명의 경우 접촉면과 단면의 면적이 달라져도 고정력의 차이가 없었지만 단면 모양이 돌출된 형태인 명에 대해서는 다른 결과가 도출될 가능성이 있으므로 이에 대한 추가적인 실험이 수행되어야 할 것으로 보인다.

### 결 론

본 연구에서는 패류껍질어업에서 사용 중인 명의 형상이 명의 고정력에 미치는 영향을 파악하기 위해 단면 모양 및 면적, 접촉면의 면적, 무게 분포를 달리한 다양한 형태 조건을 가진 명들에 대해 고정력 측정 실험을 수행하였는데, 그 결과는 다음과 같았다.

형태가 직육면체 또는 단면 모양이 직사각형인 명의

경우, 접촉면의 면적과 단면의 면적이 달라져도 멍의 재질과 무게가 동일할 경우 고정력도 동일하였다. 반면, 단면의 형태를 달리한 경우에는 멍의 재질과 무게가 동일하여도 고정력이 서로 다르게 나타났다. 특히 십자형과 같이 단면이 가늘고 긴 돌출부가 있는 멍일수록 고정력이 높았다. 그리고 같은 중량의 멍이라도 무게 분포에 따라 고정력이 다르게 나타났는데, 특히 무게 분포가 일정한 멍보다 앞쪽이 무거운 멍의 고정력이 보다 높은 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과를 종합하면, 멍의 형태를 개선함으로써 패류껍질어구와 같이 멍을 사용하는 어구의 고정력을 높일 수 있으며, 나아가 어구 유실을 줄이는 데도 기여할 수 있을 것으로 생각된다.

## 사 사

이 논문은 2018년도 국립수산물과학원 수산과학연구소업(R2018041)의 지원으로 수행된 연구이며 연구비 지원에 감사드립니다.

## References

Fridman AL. 1986. Calculations for fishing gear designs. Fishing News Books Ltd, Farnham (UK). 66-67.  
 Halliday D, Resnick R and Walker J. 2011. Principles of physics : extended 9/e. Bumhan Books Ltd, 146-147.  
 Jung JH, Ryu CR and Kim JK. 1996. Holding Mechanism of anchor system for fisheries facilities. Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 32(2), 613-618.  
 Jung CH, Lee YS, Kim JS and Kong GY. 2011. A study on the holding power coefficient of AC-14 type and ASS

type anchor in actual ships. Journal of Navigation and Port Research 35(8), 613-618. (DOI:10.5394/KINPR.2011.35.8.613)  
 Kim DA and Ko GS. 1985. Fishing gear technology. Kyomoon Books, 402-403.  
 Lee JH, Seo BC and Shin HY. 2011. Experimental study of embedding motion and holding power of drag embedment type anchor on sand seafloor. Journal of the Society of Naval Architects of Korea 48(2), 183-187. (DOI:10.3774/SNAK.2011.48.2.183)  
 Lee GH, Cho SK, Cha BJ and Jung SJ. 2016. Effect of length of buoy line on loss of webfoot octopus pot. J Korean Soc Fish Technol 52(4), 299-307. (DOI:10.3796/KSFT.2016.52.4.299)  
 Lee YS, Jung YC, Kim SW, Yun JH, Bae SH and Nguyen PH. 2005. A Study on the limit of anchor dragging for ship at anchor. Journal of Korean Navigation and Port Research 29(5), 357-363. (DOI:10.5394/KINPR.2005.29.5.357)  
 NIFS. 2015. Development of technique for reducing fishing gear loss in the West sea. NIFS Technical report 830-832.  
 Yun IB, Lee JH, Kwon BG, Kim SH and Shin JW. 2001. The model experiment on holding power of the anchors used in the set net. Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 37(2), 95-104.

2017. 11. 01 Received

2018. 01. 18 Revised

2018. 01. 19 Accepted