

삼천포 수역 죽방렴의 어구구조와 해수유동 특성

강경미 · 신현옥

부경대학교

(2002년 2월 8일 접수)

Characteristics of Current Patterns and Structure of Bamboo Weir in Samchunpo Water Area

Kyoung-Mi Kang and Hyeon-Ok Shin

Pukyong National University

(Received February 8, 2002)

Abstract

In order to examine the directional suitability of the axis direction of the fishing gear against the current, the experiments were carried out at the bamboo weir in Samchunpo water area from January, 2000 to September, 2001. The results of the study are as follows:

In the experimental fishing gear constructed in the "V" shape, the range between two reference piles located at the entrance was 2.5m. The direction of bamboo weir's axis was 355.5°. The length of the left wing and those from the reference pile to the starting point of a curve were 106.0m, 7.5m, respectively. The length of the right wing and those from the reference pile to the starting point of a curve were 79.0m, 10.0m, respectively.

Depths around the left and right stone wall that drove the steel pile were 5.0~6.5m and 6.5~9.5m, respectively. Also, depths on the bamboo weir's axis and around the sack were 7.0~8.0m and about 8.0m, respectively. The maximum height of stone walls at the point of the left wing, the right wing and around the sack on the bamboo weir's axis were 3.0m, 4.7m and 4.0m, respectively. Widths of stone walls at the point of both of the wings and around the sack on the bamboo weir's axis were 10.0~14.0m, 22.0~25.0m, respectively.

The averaging current direction on ebb tide was measured two times and it was 169.2° but the direction had about a 6.3° difference from the bamboo weir's axis. The maximum current speed appeared two to three hours later from the time of high tide and the current speed over 80.0cm/s lasted during about two hours on the ebb tide.

In the case of a straight type wing in the bamboo weir, the eddy out of the left wing was comparatively big and the current on the right side from the bamboo weir's axis had a tendency in turning to the right wing side. But in the case of a curve type wing, the eddy and tendency reduced significantly. It was thought that the experimental fishing gear was set suitably from the result of this simulation.

서 론

함정그물은 어살류와 낙망류가 있는데 그 중 죽방렴은 고정목을 설치하여 어획하는 어구로서 어살류에 속한다(국립수산진흥원, 1989). 죽방렴은 유속이 빠르고 수심이 얇은 남해안 협수로에서 이루어지는 어업이다.

삼천포 수역은 평균 수심이 대체로 깊어 10~20m에 이르는 곳이 많고, 유속이 빠른 협수로가 여러 곳에 발달해 있다. 저질이 자갈이나 암반으로 이루어져 있어서, 옛부터 규모가 크고 견고한 죽방렴 어업이 성행하였다. 현재 20여통의 죽방렴이 있으며, 대부분 삼천포항으로부터 가까운 실안해역, 마도, 늑도, 초양도 및 신수도 등 6개 유인도 주위 협수로를 이용하여 설치되어 있다.

삼천포 죽방렴 어업은 첫째, 헛통이 없이 발통과 양 날개로만 구성되고, 수심이 깊고 조류가 센 곳에 설치한다. 둘째, 주된 시설자재는 어구명칭과는 달리 대나무보다는 자연석과 참나무로 되어 있는 것이 특징이다(Choe, 1997).

죽방렴의 조업과정은 발통 내부의 그물을 모두 끌어올려 어획물을 한 곳으로 모은 후 뜰채를 이용하여 어획물을 조업선에 옮긴다. 7월 중순에서 8월말까지 어획이 좋으며, 어획되는 어종은 멸치가 주종을 이루고 꽁치, 병어, 감성돔, 갈치 등도 어획된다. 특히, 죽방렴 멸치는 선도가 좋고 다른 어구에서 어획되는 것보다 어체 손상이 적기 때문에 고가에 판매되고 있다.

한국민속종합보고서 어업용구편(1992)에서는 죽방렴 어업이 개발된 시기를 “지금으로부터 수백 년전이며, 오늘날의 죽방렴은 곧 조선시대의 方簾을 말하는 것”이라고 하고 있다. 조선시대에 방렴에 관한 기록이 처음 나오는 곳은 均役廳事日(1750, 英祖 26)이며, 19세기에 와서는 萬機要賢(1809)을 위시하여 전국 각 郡, 縣, 誌畧에서도 빈번하게 나타난다.

죽방렴 출현시기에 대해 Choe(1997)는 조선 중기 이후로 추정하였다. 그것은 선진 별신굿 가사에서도 나타나 있는 바와 같이 “갈치, 멸치는 竹防에서 잡고, 대구는 발섰에 걸렸네”라고 한 것으로 보아 竹防과 발섰은 곧 竹防簾을 말하는 것

이고, 이 가사의 출현시기가 임진왜란 이후(1592~1598)라고 하는 점에서 그러하다.

이처럼 죽방렴은 우리나라의 전통 어구어법으로서 옛부터 영위된 어업임에도 불구하고 어획과정이나 어구특성에 대한 연구를 거의 찾아볼 수 없고, 유향유속과 밀접한 관련이 있다는 문헌만이 존재할 뿐 유향유속에 대한 구체적인 연구가 이루어지지 않고 있다.

본 연구에서는 삼천포 수역 죽방렴 어구의 구조와 유향 및 유속을 측정하고, 그 데이터를 이용하여 죽방렴의 해수유동 특성을 2차원적으로 수치 해석함으로써 흐름에 대한 죽방렴 어구의 설치방향의 적합성을 구명하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 측정장치의 구성

1) 죽방렴의 어구 구조 측정장치

실험에 사용한 죽방렴은 정치망의 일종으로 주로 썰물 때 멸치를 어획하기 위하여 조류가 빠른 곳에 설치되어 있었으며, 일반 정치망과는 달리 고정목이나 철재파일을 사용하여 어구의 형태를 유지하고 있다. 죽방렴은 수면상의 구조와 수면하의 구조에서 다른 정치망과는 많은 차이를 보이고 있기 때문에 이를 분리하여 측정할 필요가 있었다. 여기서, 수면상 구조란 주로 수면상에 드러난 어구의 형태, 크기 및 방향에 대한 것을 말하고, 수면하 구조란 어구가 설치되어 있는 곳의 해저지형, 돌담의 크기, 해저에 박혀있는 철재파일의 깊이 등에 대한 것을 말한다.

죽방렴의 수면상 구조는 RTK(Real Time Kinematic) DGPS 시스템(Kim and Shin, 2001), 마그네틱 컴퍼스, 레이저 거리측정기를 사용하여 측정하였다. 사용한 RTK DGPS 시스템과 레이저 거리측정기의 유효거리 및 측정 오차는 각각 10km, 20cm, 300m, 50cm 이내이다.

RTK DGPS 시스템의 구성은 Fig. 1과 같다.

Fig. 1에서 이 시스템은 기준국과 이동국으로 구성된다. 기준국은 12채널용 GPS 수신기(Novatel, RT-20)와 무선 모뎀(Wi-LAN, 2.4 GHz)으로 구성하였고, 전파의 다중 경로에 의한

오차를 줄이기 위하여 choke ring을 사용하였다. 이동국은 GPS 수신기(Novatel, RT-20), 무선 모뎀(Wi-LAN, 2.4 GHz), 측량용 소프트웨어 HYPACK(Costal Oceanographic Inc., Windows 98/NT용), 노트북 PC (Daewoo, CN530)로 구성하였다. 무선 모뎀은 무지향성 안테나를 사용하였다. 시스템에서 장치간의 신호 전송에는 RS-232C를 사용하였고, 전송 속도는 모두 9600bps로 하였다. 이 시스템에서는 축전지 (12V, 40Ah)를 전원으로 사용하였다.

죽방렴의 수면하 구조를 측정하기 위한 시스템은 위치측정 기능 및 수심측정 기능이 필요하므로 Fig. 1에 나타난 노트북 PC의 com 2에 측량용 정밀음향측심기(Knudsen, 320M)를 연결하도록 구성하였다. 정밀음향측심기는 주파수 200 kHz, 빔 폭이 8° (-3dB)의 초음파 송수파기를 사용하였고, 선박으로부터 24V의 DC 전원을 공급받도록 하였다. 노트북 PC는 화면상에 조사 선박의 위치를 나타내면서 위치 데이터와 수심 데이터를 하드디스크에 저장한다.

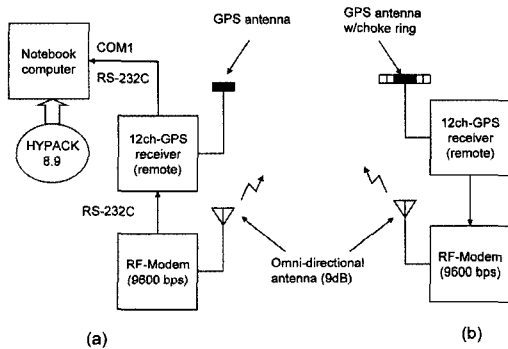


Fig. 1. Configuration of a DGPS system to measure the structure of bamboo weir over the sea surface. (a) is roving station, (b), reference station.

2) 유향 및 유속 측정장치

실험에 사용한 유향 및 유속 측정장치(AAN-DEAAA, RCM9)는 계류식으로 유향유속, 수온,

수압, 전도도, 탁도 등을 측정할 수 있으며, 1개월 이상 연속적으로 10분 간격으로 평균한 각 데이터를 저장할 수 있는 메모리를 내장하고 있다.

유향 및 유속 측정장치의 주요 재원은 Table 1과 같다.

Table 1. Specifications of recording current meter used

Sensor	Specification	
Current Speed	Sensor	Doppler current sensor
	Range	0 to 300 cm/s
	Accuracy	2 cm/s
Current Direction	Sensor	Magnetic (Hall effect type)
	Accuracy	±5° for 0-15° tilt and ±7.5° for 15-35° tilt

2. 현장실험

1) 실험 해역의 환경

실험 해역은 Fig. 2에 나타난 바와 같이 해안 선과 그 부근에 있는 섬으로 인하여 좁고 긴 수로가 형성되어 유속이 매우 빠른 곳이며, 실안과 저도 사이에 5개의 죽방렴이 밀집되어 분포하고 있다. 실험에 사용한 죽방렴 (Fig. 2에서 검은 사각형으로 표시)은 삼천포 수역에 분포하는 22개의 죽방렴 중 어구의 배치와 어획상태가 가장 좋은 어장 중 하나로 알려져 있다. 죽방렴 어장 주변의 수심은 7~10m이었으며, 저질은 대부분 자갈 또는 암반으로 되어 있었다.

2) 죽방렴의 어구 구조 측정

죽방렴의 수면상 어구 구조는 RTK DGPS 시스템(2001년 4월 23일)과 마그네틱 컴퍼스 및 레이저 거리측정기(2001년 9월 12일)를 사용하여 측정하였다. 어구를 구성하고 있는 철재파일의 위치는 RTK DGPS 이동국을 장치한 선박을 측정 대상 철재파일에 접근시켜 GPS 안테나를 철재파일에 접촉시킨 순간 측량용 소프트웨어의 기능을 눌러 파일의 위치 좌표 x, y 및 그 때의 시간을 PC에 기록하는 방법으로 측정하였다.

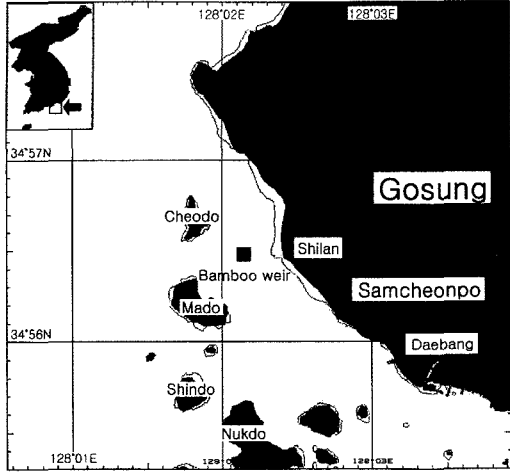


Fig. 2. Location of bamboo weir (■) used in the experiment.

한편, RTK DGPS 시스템과는 별도로 휴대용 마그네틱 컴퍼스과 레이저 거리측정기를 사용하여 죽방렴의 날개의 뻗친 방향과 거리, 흐름에 대한 어구의 설치방향(어구의 축 방향) 등을 측정하였다. 죽방렴의 수면하 어구 구조는 2000년 1월 8일 RTK DGPS 시스템과 정밀음향측심기를 사용하여 측정하였다. 정밀음향측심기의 초음파 송수파기는 스텐레스 파이프(φ36×2200mm)와 로프를 사용하여 조사 선박의 우현 중앙부에서 연직하방으로 수면하 0.9m에 위치하도록 고정시켰고, GPS 안테나는 파이프의 상부에 고정시켰다.

죽방렴 어구가 설치되어 있는 지역의 수심은 조사 선박을 가능한 한 철재파일에 접근시켜 시계방향(어구의 외부) 또는 반시계방향(어구의 내부)으로 각각 5~6회 돌면서 측정하였고, 조사라인의 간격은 1~2m로, 조사라인의 길이는 수동으로 조정하였다. 현장 측정시 PC의 화면상에 나타내는 수심 데이터의 logging 번호의 간격은 10m로 하였다.

해저지형도는 현장에서 측정한 위치 데이터와 수심 데이터를 편집하여 비정상적인 데이터를 수정한 다음, 조위 보정한 수심으로 기점하였다. 등심선 간격은 1.0m로 하였다. 시간별 조위 정보는 해양 경찰청 전산소에서 제공하는 수위 예측시스템을 이용하여 구하였다.

3) 유향 및 유속 측정

죽방렴 내부의 유향 및 유속은 2001년 8월 7일 (음력 6월 18일)과 9월 1일 (음력 7월 14일)에 측정하였다. 유향 및 유속 측정장치는 죽방렴 어구의 입구 중앙부에서 수면하 5m층에 현수하였으며, 유향유속 센서의 기울어짐에 의한 오차를 줄이기 위하여 닛과 로프를 이용하여 유향 및 유속 측정장치의 하부를 고정시켰다. 유향 및 유속은 만조 때부터 간조 때까지 6시간씩 기록하였고, 샘플링 간격은 10분으로 하였다.

3. 해수유동의 수치 모델 실험

죽방렴 날개의 형태에 따라 형성되는 해수유동의 변화를 예측하기 위한 해수유동모델 실험은 Ryu et al.(1998)의 2차원 수치 모델을 이용하여 행하였다.

해수유동 변화를 예측하기 위하여 사용된 해수유동모델은 비교적 얇은 연안해역의 유동장을 계산하는데 주로 사용된다. 해수유동 수치계산에 사용된 2차원 직교좌표계상의 조석수치모델의 기초방정식은 다음과 같다. 조석에 의한 조류장의 계산은 Navier-Stokes 방정식을 수직적분한 천해방정식으로서 연속방정식은 식 (1)과 같고, 운동방정식은 식 (2), 식 (3)과 같다(Park et al., 1998).

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}[(\zeta + h)U] + \frac{\partial}{\partial y}[(\zeta + h)V] = 0 \quad \dots (1)$$

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} - fV + g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + U \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{C^2(\zeta + h)} = 0 \quad \dots (2)$$

$$\frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} + fU + g \frac{\partial \zeta}{\partial y} + V \frac{\sqrt{U^2 + V^2}}{C^2(\zeta + h)} = 0 \quad \dots (3)$$

여기서,

U, V : x, y 방향의 평균유속성분

ζ : 평균해면으로부터의 해면변위

- h : 평균해면으로부터의 수심
- C : Chezy의 조도계수
- f : Colioris 계수 ($2\Omega \sin \varphi$, Ω 는 지구의 회전각속도, φ 는 위도)
- g : 중력가속도 (9.8 m/s^2)

이다.

수치계산은 ADI법 (Alternating direction Implicit method)을 사용하여 행하였다(Leendertse, 1971).

대상해역을 평면적으로 좌표계와 격자를 구성하고, 동시에 수위, 유속, 수심 등을 정의한 후 점 (i, j) , $(i+(1/2), j)$ 및 $(i, j+(1/2))$ 에 있어서 식 (1), (2), (3)을 각각 차분표시 하였다. time-step Δt 를 2등분하여, 전반 시간대인 $(n+(1/2))\Delta t$ 에 있어서 식 (1)의 좌변 제 1항의 ζ , 제 2항의 U , 그리고 식 (2)의 좌변 제 2항의 U (미분항은 제외), 제 5항의 ζ 을 음해법 (implicit method)으로 나타내고 정리하여, 식 (4), (5)를 유도한 후, ζ 와 U 를 x 방향으로 순차적으로 계산하였다. 다시 이 값들을 이용하여 양해법(explicit method)에 의해 V 를 계산하였다.

$$\zeta_{i,j}^{(n+(1/2))} = -P_{i,j} \times U_{i+(1/2),j}^{(n+(1/2))} + Q_{i,j} \quad \dots\dots (4)$$

$$U_{i-(1/2),j}^{(n+(1/2))} = -R_{i-1,j} \times \zeta_{i,j}^{(n+(1/2))} + S_{i-1,j} \quad \dots\dots (5)$$

다음 후반 시간대인 $(n+1)\Delta t$ 에서는 식 (1)의 좌변 제 1항의 ζ , 제 3항의 V , 그리고 식 (3)의 좌변 제 3항의 V (미분항은 제외), 제 5항의 ζ 를 음해법으로 나타내고 정리하여, 식 (6) 및 (7)을 유도한 후, ζ 와 V 를 y 방향으로 순차적으로 계산하였다. 다시 이 값들을 이용하여 식 (2)로부터 양해법에 의해 U 값을 계산하였다.

$$\zeta_{i,j}^{(n+1)} = -p_{i,j} \times V_{i,j+(1/2)}^{(n+1)} + q_{i,j} \quad \dots\dots (6)$$

$$V_{i,j-(1/2)}^{(n+1)} = -r_{i,j-1} \times \zeta_{i,j}^{(n+1)} + s_{i,j-1} \quad \dots\dots (7)$$

여기서, $P_{i,j}$, $Q_{i,j}$, $R_{i-1,j}$, $S_{i-1,j}$, $p_{i,j}$, $q_{i,j}$, $r_{i,j-1}$, $s_{i,j-1}$ 은 $(n+(1/2))\Delta t$ 또는 $(n+1)\Delta t$ 보다 전 단계에서 결정된 기지량이다. 이러한 계산을 반복하여 계산한 결과가 안정될 때까지 계산을 수행하면 대상해역의 중앙영역에서의 수위 및 유속을 구하였다. 또한, 경계에서는 다음의 경계조건을 토대로 계산하였다.

$$IU + mV = U_n^* \quad \text{on } S_1 \quad \dots\dots (8)$$

$$\zeta = \zeta^* \quad \text{on } S_2 \quad \dots\dots (9)$$

여기서,

S_1, S_2 : 경계

l, m : 경계에서 x, y 방향의 단위법선벡터

U_n^*, ζ_n^* : 경계에서 직각방향의 유속과 수위이다.

수치모델의 시간간격 Δt 는 식 (10)의 CFL 안정조건식으로부터 결정하였다.

$$\frac{\Delta t}{2} < \frac{\alpha \Delta S}{\sqrt{gh_{\max}}} \quad , \quad (\alpha = 1 \sim 3) \quad \dots\dots(10)$$

여기서,

g : 중력가속도

ΔS : 격자간격

Δt : 계산시간간격

h_{\max} : 대상 지역의 최대수심

이다.

본 연구에서는 해역을 구성하기 위한 격자당 간격은 $0.5m \times 0.5m$ 로 지정하였고, 수치모델의 시간간격 Δt 는 0.1 s 로 하였다.

실제 해역과 비슷한 환경을 만들기 위하여 우측 경계에서 조위를 주고, 수심과 어구의 수중형상, 흐름은 실제 측정된 자료를 초기치로 사용하였으며, 죽방렴의 각 고정목 사이의 간격은 $0.5m$ 로 일정하게 하였다.

결과 및 고찰

1. 죽방렴의 어구 구조

1) 수면상 구조

죽방렴 어구의 각부치수를 측정한 결과는 Fig. 3과 같다.

Fig. 3에서 날개에는 약간의 만곡이 있었으며, 좌측 날개의 길이가 우측 날개보다 길었다. 어류가 입망되는 발통의 입구에는 어구 형태의 기준이 되는 철재파일 두 개 있으며, 이 기준 파일을 잇는 방향은 어구의 축 방향과 직각을 이루고 있었다. 기준 파일간의 간격은 어구의 좌우 날개 끝의 간격과 비례관계에 있으며, 실험에 사용된 죽방렴의 기준 파일간의 간격은 2.5m이었다. 기준파일에서 측정한 좌측 날개의 길이는 106.0m이었고, 우측 날개는 79.0m이었다. 발통은 한 변의 길이가 8.0m인 정사각형 꼴이었다. 날개 부분의 철재파일의 간격은 2.0~2.5m이었고, 발통은 1.0~1.5m이었다.

마그네틱 컴퍼스로 측정한 어구의 축 방향은 354.0° 이었고, DGPS 시스템을 이용하여 측정한 어구의 축 방향을 나침반위로 환산하였을 때 356.9°로 비슷하였으므로, 실험에 사용한 죽방렴 어구의 축 방향은 이 두 값을 산술 평균한 355.5°로 하였다.

철재파일 사이에는 대개 1~2개의 고정목이 세워져 있었고, 고정목과 그 전후의 철재파일은 별도의 가로 방향의 참나무로 연결되어 있었다. 날개 부분의 안쪽에는 발통의 망목보다는 훨씬 큰 망목의 그물로 둘러쳐져 있어 유체저항을 줄이면서 철재파일과 고정목 사이로 멀치가 빠져나가는 것을 상당부분 막고 있는 구조이었다. 발통 입구는 깔때기와 같은 구조를 가지고 있었다.

죽방렴 어구를 지지하는 파일은 초기에는 대부분 참나무를 사용하였으나, 현재는 참나무와 철재파일을 혼용하고 있었다. 처음 죽방렴 어구에 철재파일이 도입되었을 때에는 참나무에 비해 수명이 길면서 외력에 강한 철재파이프($\varnothing 105\text{mm}$)를 파일로 사용하였으나, 기대 사용년수인 10년의 절반 정도 밖에 견디지 못하였기 때문에 점차 철재파이프 대신에 보다 수명이 긴 철재레일로 파일을 교체하는 추세이었다.

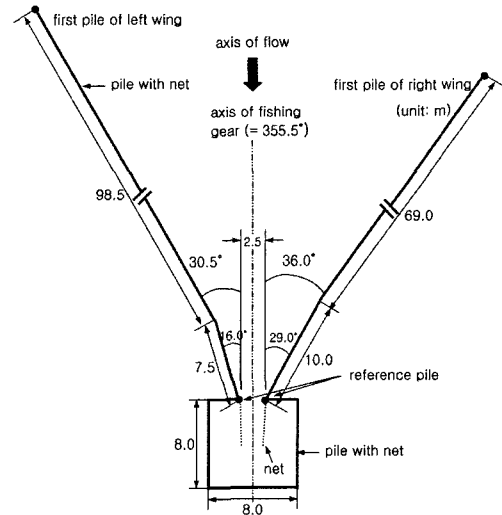


Fig. 3. Size of a bamboo weir used in the experiment.

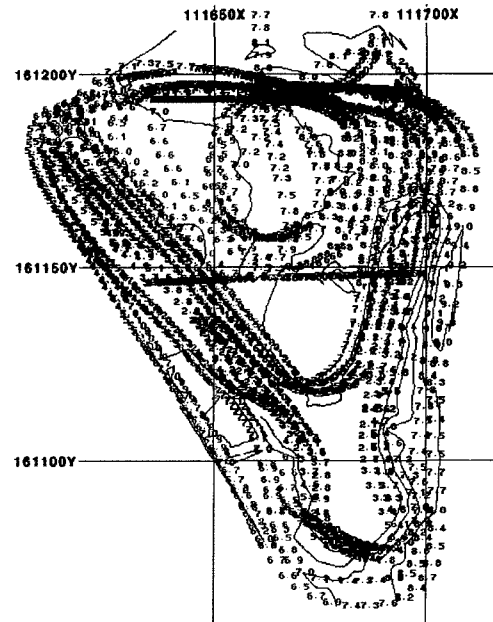


Fig. 4. Measured 2-D contour of the sea floor of bamboo weir on January 8, 2000.

2) 수면하 구조

죽방렴의 수면하 구조(해저지형)를 측정하여 2차원 contour로 나타내면 Fig. 4와 같다.

Fig. 4에서 그리드 간격은 50.0m이고, 등심선의 간격은 1.0m이다. 조사 선박의 이동 경로를 따라 표시된 숫자는 수심을 나타낸다.

좌측 날개 끝 부분의 안쪽 수심은 5.5~6.5m, 바깥쪽 수심은 5.0~5.5m, 우측 날개 끝 부분의 안쪽 수심은 6.5~8.5m, 바깥쪽 수심은 8.5~9.5m이었다. 어구의 축 방향의 수심은 7.0~8.0m이었고, 양 날개 끝을 잇는 선과 어구의 축 방향의 교차점으로부터 발통쪽으로 22.0~26.0m 지점의 수심은 주변보다 약간 깊게 나타났다. 대체로 죽방렴의 수심은 어구의 축 방향을 기준으로 하였을 때 좌측보다는 우측이 2.0~3.0m 더 깊었다.

좌측 날개의 바깥 수심은 날개 끝으로부터 발통쪽으로 44.0m 떨어진 곳까지는 5.0m 내외이다가 발통 주변에서는 6.0~7.0m로 깊어졌다. 우측 날개의 바깥 수심은 날개의 끝 부분이 9.0m 전후이었고, 발통 주변에서는 8.0m 전후이었다.

6.0m 등심선을 따라 측정한 죽방렴의 해저 돌담의 넓이는 날개 부분이 10.0~14.0m, 발통 부분이 22.0~25.0m이었다.

죽방렴의 해저 돌담의 종단면도는 Fig. 5와 같다. Fig. 5의 (a), (b), (c)는 각각 돌담의 좌측, 우측, 어구의 축 방향에 대한 종단면도이다.

Fig. 5(a)에서 날개 끝 지점의 수심은 5.8m이었고, 이 지점으로부터 수평거리 26.8m까지는 돌담의 기울기가 2.7°이었으며, 이 점으로부터 17.6m까지는 6.5°, 다시 이 지점으로부터 46.0m까지는 0.2°이었다. 기준 파일에서 날개 끝 방향으로 7.2m까지는 수심 2.8~3.0m로 평탄하였다.

Fig. 5(b)에서 날개 끝 지점의 수심은 7.5m이었고, 이 지점으로부터 수평거리 36.8m까지는 돌담의 기울기가 5.7°이었으며, 이 점으로부터 36.4m까지는 0.3°이었다. 기준 파일에서 날개 끝 방향으로 6.4m까지는 수심 2.8~3.0m로 평탄하였다.

Fig. 5(c)에서 돌담의 오르막이 시작되는 지점의 수심은 7.0m이었고, 이 지점으로부터 수평거

리 9.6m까지는 돌담의 기울기가 22.6°이었으며, 이 지점에서 기준 파일의 이동분점까지는 수심 3.0m로 평탄하였다. 발통의 중앙부를 기준으로 한 반경 6.0m의 수심은 대부분 3.0m이었다.

날개 부분의 해저 돌담은 우측이 좌측보다 1.0~2.0m 높았고, 이것은 우측 부분의 수심이 좌측보다 깊었기 때문에 양쪽의 해저 돌담의 수심을 맞추기 위한 것으로 생각된다. 그리고, 죽방렴 어구에서의 해저 돌담은 대하 등 고가 잡어의 어획 증대와 어체의 손상을 감소시켜 고품질의 멸치 생산에 기여할 것으로 생각된다.

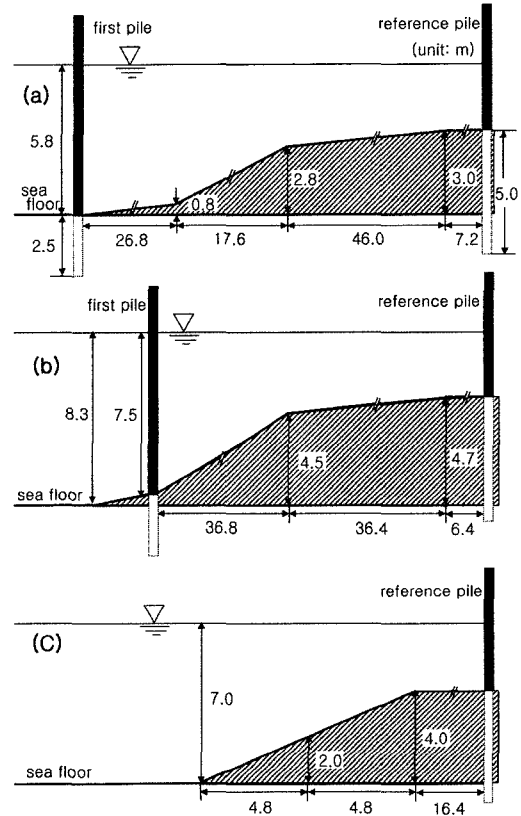


Fig. 5. Longitudinal cross section of the stone wall (hatch area) of bamboo weir. (a) is left part of wing, (b) right part of wing, (c) middle part of bamboo weir.

2. 죽방렴의 유향 및 유속

죽방렴은 썰물 때 어획이 이루어지도록 설치되어 있기 때문에 만조에서 간조로 바뀌는 시간대에 집중적으로 데이터를 분석하였다.

2001년 8월 7일 (음력 6월 18일)에 측정한 유향과 유속은 Fig. 6과 같다. 만조는 11:00 (조위 2.9m), 간조는 17:00 (조위 0.5m)이었다.

Fig. 6에서 최대 유속은 88.5cm/s(13:47)이고, 최소 유속은 14.2cm/s(16:17)이었다. 평균 유향은 169.2° 이었고, 어구의 축 방향을 어획이 이루어지는 썰물 때의 유향으로 축 방향을 재계산하면 175.5° 이므로, 흐름축과의 차이가 최소일 때에는 0.3° (15:37)이었고, 이때의 유속은 42.5cm/s이었다. 어구의 축 방향과 흐름축의 차이가 최대일 때에는 25.7° (11:07)이었고, 이때의 유속은 41.5 cm/s이었다.

2001년 9월 1일(음력 7월 14일)에 측정한 유향과 유속은 Fig. 7과 같다. 만조는 21:00(조위 3.2m), 간조는 다음날 03:00(조위 0.8 m)이었다.

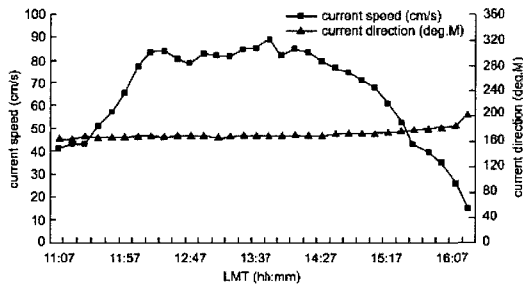


Fig. 6. Current speed and direction measured on August 7, 2001.

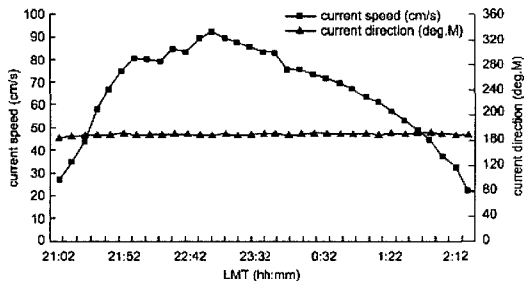


Fig. 7. Current speed and direction measured on September 1, 2001.

Fig. 7에서 최대 유속은 92.9cm/s(23:02), 최소 유속은 21.5cm/s(2:32)이었다. 평균 유향은 169.2° 이었고, 어구의 축 방향과 흐름축의 차이가 최소일 때에는 3.2° (21:52)이었고, 이때의 유속은 74.8cm/s이었다. 어구의 축 방향과 흐름축의 차이가 최대일 때에는 10.6° (21:02)이었고, 이때의 유속은 27.4cm/s이었다.

2회에 걸쳐 측정한 썰물 때의 유향은 평균 169.2° 로 어구의 축 방향과는 약 6.3° 의 차이가 있었고, 그 때의 최대 유속과 최소 유속은 각각 92.9cm/s, 14.2cm/s이었다. 최대 유속은 썰물 시작 후 2~3시간 경과하여 나타났고, 80.0cm/s 이상의 유속은 2시간 정도 지속되었다.

썰물 때 빠른 유속을 가진 일정한 흐름이 6시간 지속되므로, 기후 등의 조건이 비슷한 경우에는 80.0cm/s 이상의 빠른 유속이 나타나는 시간대에 대부분의 어획이 이루어질 것이라 생각된다.

3. 죽방렴의 어구 형태에 따른 해수유동 특성의 변화

1) 직선형

가. 날개의 길이가 같은 경우

길이가 같은 직선형 날개를 가진 죽방렴에 일정한 흐름을 주었을 때 계산된 유동 패턴은 Fig. 8과 같다. Fig. 8의 상하 경계는 벽으로 막혀있고, 좌우 경계는 개방되어 있다.

Fig. 8에서 날개의 끝 부분에서는 대칭적인 유향 변화가 있었으나, 날개에 의해 날개 안쪽으로 전향하는 흐름은 나타나지 않았다. 와류는 우측 날개(아래쪽 날개)보다는 좌측 날개(위쪽 날개)의 바깥쪽에서 크게 나타났고, 와류의 각도는 날개 끝에서 발통쪽으로 갈수록 커지다가 발통 가까이에서는 작아졌다. 어구 내부의 흐름에서는 좌측 날개에 의해 발통쪽으로 전향하는 유향 변화가 미소하게 나타났다. 우측 날개 부분에서는 날개 바깥 부분의 수심차가 좌측 날개 부분보다 더 크기 때문에 많은 양의 물이 고정목 사이를 빠져나갔다. 길이가 같은 직선형 날개를 가진 죽방렴의 경우, 날개는 유향을 발통쪽으로 집중시키는 역할을 하지 못하였다. 날개 양 끝부분의 고정목에서

는 유향의 변화가 크게 나타나는 것으로 보아 고정목이 받는 유수저항이 매우 클 것이며, 발통쪽으로 들어오던 고기들이 대다수가 고정목 사이로 빠져나갈 것으로 예상된다. 우측 경계 부분의 V자형 굴절은 날개 입구 부분의 양쪽 수심이 1.0 m 이상 차이가 나고, 발통으로 갈수록 수심이 점차 알아지기 때문에 이러한 현상이 나타난 것으로 생각된다. 좌측 경계에서 나타나는 현상은 현재 양쪽 경계가 모두 개방경계이므로 좌측 경계로 빠져나가는 흐름이 나타난 것이다.

나. 날개의 길이가 다른 경우

길이가 다른 직선형 날개를 가진 죽방렴에 일정한 흐름을 주었을 때 계산된 유동 패턴은 Fig. 9와 같다.

Fig. 9에서 양 날개에 의해 날개 안쪽으로 향하는 유향의 변화가 나타났고, 좌측 날개에 의해 날개의 안쪽으로 전향하는 유향의 변화가 크게 나타났다. 우측 날개 부분에서는 날개 길이가 같을 때보다 고정목 사이를 빠져나가는 흐름이 더 많았지만, 날개의 바깥 부분에 형성된 와류의 크기는 작았다.

이 시뮬레이션을 통하여 죽방렴의 경우에는 날개의 길이를 같게 하는 것보다 좌측 날개의 길이를 길게 하는 것이 좌측 날개 주변의 흐름을 발통쪽으로 집중시키는 효과가 큰 것으로 나타났다. 이 효과가 지나치게 클 때에는 어구축을 따라 들어온 멸치를 우측 날개쪽으로 편향시킬 가능성이 있을 것으로 생각된다.

2) 만곡형

길이가 다른 만곡형 날개를 가진 죽방렴에 일정한 흐름을 주었을 때 계산된 유동 패턴은 Fig. 10과 같다.

Fig. 10에서 죽방렴의 날개를 직선형으로 한 경우에는 좌측 날개 바깥에서의 와류가 비교적 크고, 어구축의 우측 흐름에서 흐름이 발통쪽으로 접근함에 따라 우측 날개 쪽으로 편향되는 경향이 있었으나, 만곡형으로 하였을 경우에는 이러한 와류나 흐름의 편향이 크게 감소한 것으로 나타났다.

이 시뮬레이션 결과로부터 만곡형 날개가 설치

되어 있는 현장의 죽방렴은 적절하게 설치되어 있는 것으로 생각된다. 다만, 만곡형의 경우는 직선형에 비하여 우측 날개 바깥의 와류가 약간 커지는 경향이 있고, 어구축의 우측 흐름이 미소하게나마 우측 날개쪽으로 편향하는 경향이 남아 있으므로, 우측 날개의 만곡도에 개선의 여지는 약간 있는 것으로 생각된다.

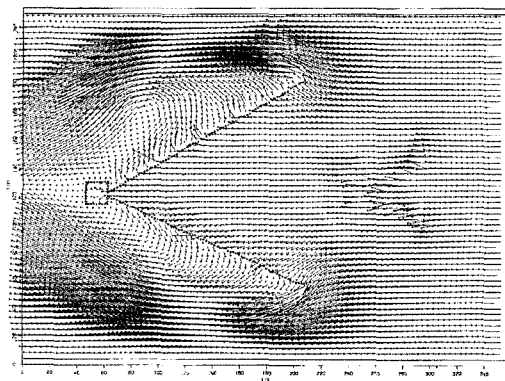


Fig. 8. Simulated flow characteristics in the case of the wing's length is same and the wing's shape is linear experimental fishing ground were given.

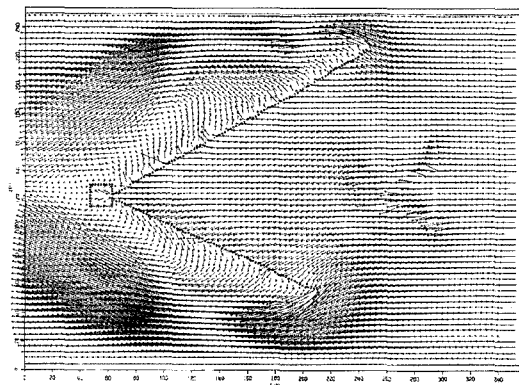


Fig. 9. Simulated flow characteristics in the case of the wing's length is different. The other conditions are same as the Fig. 8.

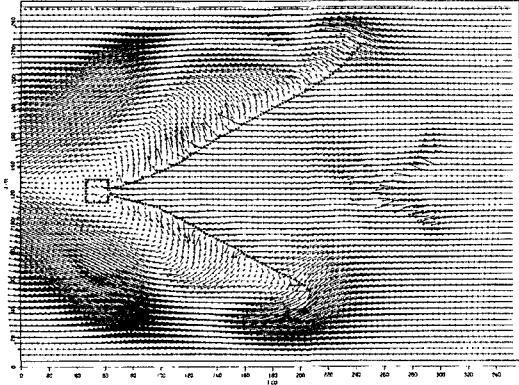


Fig. 10. Simulated flow characteristics in the case of the wing's shape is curved. The other conditions are same as the Fig. 9.

요 약

삼천포 수역 죽방렴 어장의 흐름에 대한 어구 축의 적합성을 검토하기 위하여 2000년 1월에서 2001년 9월에 걸쳐 삼천포 수역에 위치하는 죽방렴의 수면상 구조와 수면하 구조, 유향 및 유속을 측정하였고, 2차원적 해수유동 모델을 통하여 어구의 형태에 따른 유동 특성을 비교하였으며, 그 결과는 다음과 같다.

“V”자형으로 이루어진 죽방렴의 기준 파일 (발통 입구에 위치)간의 간격은 2.5m이었고, 어구축 방향은 355.5° 이었다. 기준 파일에서 측정된 좌측 날개의 끝과 만곡이 시작되는 점까지의 거리는 각각 106.0m, 7.5m이었고, 우측 날개에서는 각각 79.0m, 10.0m이었다.

죽방렴의 수심은 철재파일이 박혀 있는 좌측 돌담과 우측 돌담의 주변, 어구축 주변에서 각각 5.0~6.5m, 6.5~9.5m, 7.0~8.0m이었고, 발통 주변은 8.0m 전후이었다. 해저 돌담의 최대 높이는 좌측과 우측의 날개, 어구축상의 발통 주변에서 각각 3.0m, 4.7m, 4.0m로 나타났고, 해저 돌담의 넓이는 좌측과 우측의 날개, 발통 주변에서 각각 10.0~14.0m, 22.0~25.0m로 나타났다.

2회에 걸쳐 측정된 썰물 때의 유향은 평균 169.2° 로 어구축과는 약 6.3° 의 차이가 있었다. 최대 유속은 썰물 시작 후 2~3시간 경과하여 나

타났고, 80.0cm/s 이상의 유속은 2시간 정도 지속되었다.

죽방렴의 날개를 직선형으로 한 경우에는 좌측 날개 바깥에서의 와류가 비교적 크고, 어구축의 우측에서 흐름이 발통쪽으로 접근함에 따라 우측 날개 쪽으로 편향되는 경향이 있었으나, 만곡형으로 하였을 경우에는 이러한 와류나 흐름의 편향이 크게 감소한 것으로 나타났다. 이 시뮬레이션 결과로부터 만곡형 날개가 설치되어 있는 현장의 죽방렴은 적절하게 설치되어 있는 것으로 나타났다.

참고문헌

- 국립수산진흥원 (1989) : 현대한국어구도감, 국립수산진흥원, 417~421.
- 문화재연구소 (1992) : 한국민속종합조사 보고서 (어업용구편), 문화재연구소.
- Choe, C.Y. (1997) : A Study on the Change and History of the Weir (Chuk-bang-yom) Fisheries in Sacheon Bay, The Journal of Institute of History of Fisheries 4, 51~101.
- Kim, S.C. and Shin, H.O. (2001) : Research on the Geographic Characteristics of the Sea Bed and the Distribution of Artificial Reefs in Jaran Bay, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 37(3), 214~222.
- Leendertse, J.J. (1967) : Aspects of a Computational Model for Long Period Water Wave Propagation, RM-52595- PR The Rand Corporation May, 2~11.
- Park, B.S., Ryu, C.R. and Kim, J.H. (1998) : Sea water Exchange by the Particle Tracking Model in a Basin, Bull. Korean Soc. Fish. Tech. 34(4), 410~418.
- Ryu, C.R., Kim, J.K., Seol, D.G. and Kang, D.U. (1998) : Oil Spill Behavior Forecasting Model in South-eastern Coastal Area of Korea. Journal of the Korean Society for Marine Environmental Engineering 1(2), 52~59.