水産學碩士 學位論文

다랑어 연승어구의 형상에 관한 시뮬레이션

指導敎授 李 春 雨

이 論文을 水産學碩士 學位論文으로 提出함

2003年 8月

釜慶大學校 大學院

水産物理學科

李 知 勳

李知勳의 水産學碩士 學位論文을 認准함

2003年 6月 26日

主 審 水産學 博士 李 珠 熙

委 員 水産學 博士 金 炯 碩

委 員 水産學 博士 李 春 雨

목 차

Abstract · 3

서 론 · 5

재료 및 방법 · 7

1. 수치해석 · · · · · · · · · · · · · · · · · · · 7

가. 다랑어 연승어구의 기본 구조 · · · · · · 7

나. 수치모델 · · · · · · · · · · · · · · · · · 9

다. 수치해법 · · · · · · · · · · · · · · · · · 12

2. 회류수조 실험 · · · · · · · · · · · · · · · · 13

가. 모형어구 제작 · · · · · · · · · · · · · 13

나. 실험장치 및 방법 · · · · · · · · · · · 15

결과 및 고찰 · 18

1. 모형 어구시스템의 수중형상 해석 · · · · · 18

가. 시뮬레이션에 의한 거동 해석 · · · · · 18

나. 수조실험에 의한 거동 해석 · · · · · · 26

다. 시뮬레이션과 수조실험의 비교 · · · · · 34

2. 실물어구의 수중형상 시뮬레이션 · · · · · 42

3. 어획데이터의 활용방안 · · · · · · · · · · · 46

요약 · 48

감사의 글 · 50

참고 문헌 · 51

Simulation on the shape of tuna longline gear

Ji-Hoon Lee

Department of Fisheries Physics, Graduate school,

Pukyong National University

Abstract

Underwater shape and hook depth in tuna longline gear are important factors to decide fishing performance. It also should be considered that management and analysis of hooked rate data from hooked fish species, size each fishing would be used as a reference data in the future fishing.

In this research, after analyzing underwater shape of tuna longline gear by current direction and speed using simulation, experiments were executed in flume tank to verify accuracy of the analysis. Also using the depth of each hook from the simulation, a database system was setup to process the data of bait and hooked fish species.

The results were as follows ;

1. When the attack angle and the shortening rate are fixed, a decrease of the hook depth is proportion to an increase of current speed.

2. When the shortening rate and current speed are fixed, a decrease of hook depth is proportion to an increase of attack angle.

3. When the attack angle and velocity of flow are fixed, a decrease of hook depth is proportion to an increase of shortening rate.

4. As a result of comparison between the underwater shape by simulation and that by model gear, the result of the simulation was very close to that of model gear within ±3% error range.

5. In this research, hooked rate database system using hook depth of simulation can analyze the species and size of fish by the parameter; bait, hook depth, so It could be helpful to manage and analyze the hooked data on the field.

서 론

연승어업은 조업시 연료 소모가 적고, 어장에 피해를 적게 주면서도 고품질의 어류를 어획할 수 있으며, 낚시의 크기, 어장 및 어획 수층, 미끼의 종류 및 크기를 조절함으로써 어획어종 및 크기에 대한 선택성이 높은 어법을 실현할 수 있는 환경친화적인 어업이다[1].

현재 다랑어 연승 어구의 설계 및 제작은 어구제작에 필요한 부품을 구입하여 어선에서 조립하여 사용하고 있으며, 어구 구성은 1960년대에는 주로 7~8절을, 1970년대에는 7~13절을 사용하였다. 1970년대 말부터는 14절 이상을 사용하는 심층 연승이 도입되어[2] 1990년에는 19절까지 사용하였으며[3], 근래에 들어 20절까지 사용하고 있다. 이와 같이 다랑어 연승어구는 경제성 있는 고가어종인 눈다랑어를 어획할 수 있는 형태로 계속 개선되고 있으며, 어구의 설계와 성능검증에 컴퓨터를 적용하려는 연구가 시도되고 있다. 그러나 연승에 대하여 진행된 연구의 수가 적은 실정으로, 최근 일본의 Rong Wan[4] 등에 의해서 수조 실험을 통해 컴퓨터를 이용한 시뮬레이션과의 비교를 이용한 기초적 연구가 진행된 바 있으나, 최근 사용되는 개량된 어구에 대한 수중형상 및 해황을 고려한 낚시별 도달 심도를 정확하게 해석한 예는 거의 없다.

다랑어 연승어업에서 어구의 도달 심도는 어획성능을 결정하는 중요한 요소이다. 현재 다랑어 연승어업에서는 어구에 수심·수온계를

부착하여 어구의 심도와 수온을 측정하는 방법을 사용하여 어구의 부설이 제대로 되었는지 확인하고 있다. 그러나 어구의 성능을 검증하기 위하여 매 조업마다 이와 같은 방법에 의한 성능 검증이 어업현장에서 이루어지기 어려운 점이 많다. 또한, 조획 데이터의 관리 및 어구자재와 미끼 등의 재고 관리가 이뤄지고는 있지만, 수작업에 의해 이뤄지고 있어 데이터의 축적과 활용 측면에서 많은 개선의 여지가 있다.

본 연구에서는 개인용 컴퓨터를 이용하여 간편하게 어구를 설계하고, 또한 설계된 어구를 다양한 파라미터인 단축률, 조류의 세기 및 방향에 의한 어구의 수중형상을 시뮬레이션하여, 현장에서 어떤 형태의 어구를 구성하더라도 낚시별 도달 심도를 정확히 계산하는 방법을 제시하고자 한다. 또한 수조 실험을 통하여 시뮬레이션에 의한 결과를 검증하였다. 또 여기에서 얻어진 정보를 바탕으로 현장에서 얻어진 조획 데이터를 데이터베이스화하여, 이후 여러 가지 파라미터, 예를 들어 심도, 미끼별로 조획률을 분석하고, 조획 데이터의 체계적 관리를 가능하게 하는 조획 자료 처리 시스템을 제시하였다.

재료 및 방법

1. 수치 해석

가. 다랑어 연승어구의 기본 구조

다랑어 연승어구의 형태는 어선의 크기나 성능 및 어장 조건 등에 따라 달라지나, Fig. 1에서 보는 바와 같이 모릿줄(幹繩, Main line)에 일정간격으로 아릿줄(枝繩, Branch line)을 내고, 아릿줄은 다시 웃아리(Upper part of branch line), 중간아리(Middle part of branch line) 및 목아리(Wire leader)의 3부분으로 구성되고 그 끝에 낚시(Hook)를 단 구조이다. 이들 모두는 모릿줄의 양단에 연결된 부이줄(Buoy line)에 의해 지지되는데 그들 자체의 무게에 의해 아래로 처지게 되며, 이때 모릿줄은 현수선(Catenary curve)에 가까운 형상을 이룬다.[5,6,7)]

또한 다랑어 연승어구의 아릿줄 구성은 지역에 따라서 구분된다. 아시아권에서는 Fig. 2와 같이 3부분으로 구성하고, 그 밖의 지역에서는 한 가지 재료로 구성한다.[7)]

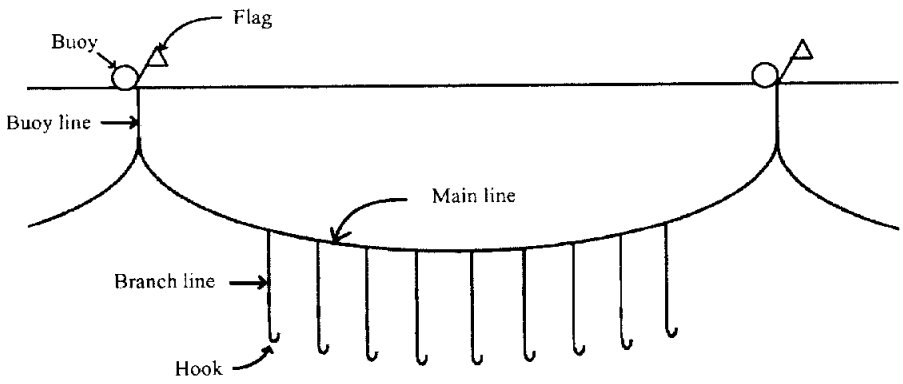
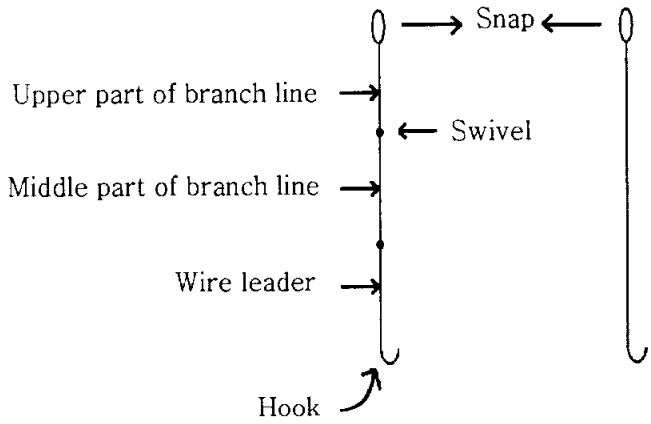


Fig. 1. Structure of tuna longline gear.



(a) Asia type (b) Other type

Fig. 2. Type of branch line.

나. 수치모델

수중에 전개된 다랑어 연승어구를 좌표계로 정의하면 Fig. 3과 같다. XY평면은 해수면과 동일한 평면이고, Z축은 어구의 심도를 나타낸다.

다랑어 연승어구의 운동을 컴퓨터를 이용하여 시뮬레이션하기 위하여 본 연구에서는 질량-스프링 모델[8]을 이용하였다. 다랑어 연승어구에 질량-스프링 모델[8]을 적용시킨 것을 Fig. 4에 나타내었다. 다랑어 연승어구 시스템을 이 모델에 적용시키면 어선 및 각종 속구들은 질점으로 근사되며, 로프의 연결 부위들도 질점으로 근사될 수 있다. 수학 모델식은 아래와 같다.

$$m_i \ddot{q}_i = f_i \quad \cdots\cdots(1)$$

m_i은 질점 i의 질량, $\ddot{q}_i$는 질점 i의 가속도이며, f_i는 질점 i에 작용하는 힘이다. 질점에 작용하는 힘은 내력과 외력으로 구성된다.

여기서, 질점 간에 작용하는 내력은 어구 시스템 구성에 사용된 각종 줄의 탄성에 의한 힘으로 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$f_{int} = -\Sigma k_i \frac{r_i}{||r_i||}(||r_i|| - l^0) \quad \cdots\cdots(2)$$

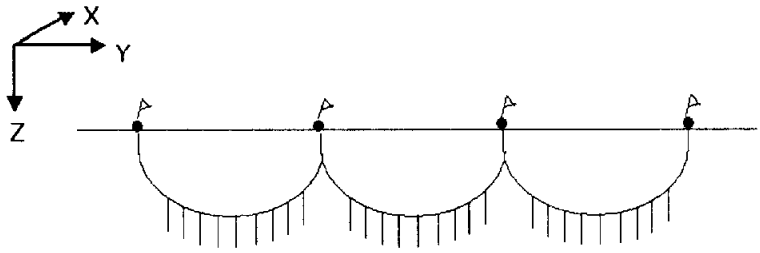


Fig. 3. A tuna longline in a coordinate system.

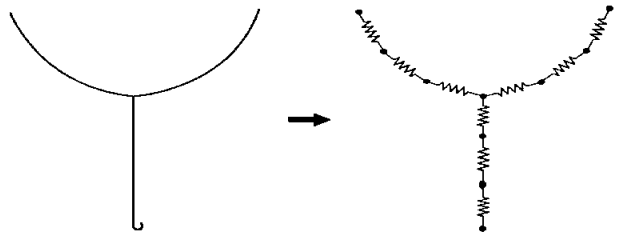


Fig. 4. Application of mass-spring model to tuna longline system.

여기서, k_i는 탄성계수이며, r_i은 질점 i의 위치벡터, $\|r_i\|$은 위치벡터의 크기, l^0는 질점간의 원래 길이이다.

다랑어 연승어구에서 질점에 작용하는 중요한 외력은 중력, 부력 및 침강력과 저항 등을 들 수 있다[9]. 질점의 수중 무게에 해당되는 중력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$f_w = m_i g \quad \text{.....(3)}$$

여기서 g는 중력가속도이다.

또한, 질점에 작용하는 저항은 어구를 투승하거나 양승할 때 어구의 형상을 결정하는 중요한 요소이며, 특히 조류 등에 의한 어구의 형상을 결정하는 인자이다. 질점에 작용하는 저항은 다음식으로 나타낼 수 있다.

$$f_r = \frac{1}{2} Cd_i \rho S_i v_i^2 \quad \text{.....(4)}$$

위의 식에서 ρ는 해수의 밀도, S_i는 질점 i의 투영면적, v_i는 질점 i의 속도, Cd_i는 질점 i의 항력계수로 질점의 운동방향이나 물의 흐름과 이루는 각도에 따라 달라진다.

다. 수치해법

어구 시스템의 계산에서는 어구를 가능한 많은 질점으로 분할하여 계산할수록 어구의 세밀한 모양까지 시뮬레이션 할 수 있다. 그러나 본 시뮬레이션의 모델이 되는 다랑어 연승어구는 조업당 투망하는 광주리의 수가 400광주리에 이르기 때문에 한 광주리의 최저 질점수를 250개로 보았을 때, 어구전체는 질점수가 약 10만개 가량이 되어 계산의 효율성이나, 현재 사용되는 개인용 컴퓨터의 성능을 고려할 경우 사용되는 모든 어구를 계산한다는 것은 거의 불가능하다.

그러나 연승어구의 한 광주리는 일정한 길이와 규격의 모릿줄에 일정한 간격과 길이의 아릿줄이 달린 구조이고, 각 광주리는 모두 같은 구조를 하고 있으므로 몇 개의 광주리에 대한 수치계산의 결과를 어구 전체에 걸려서 적용할 수 있다.

본 연구에서는 전체어구를 해황의 작용을 고려하여 3부분으로 나누고, 각 부분별로 5 광주리에 대해서 수치 계산하는 것에 의해 어구 전체의 거동을 시뮬레이션 하였다. 본 연구의 수치해석방법으로는 Newmark β의 방법 중 일반적으로 안정되고 빠른 계산시간을 보장하는 것으로 알려진 사다리꼴 법칙[10](α=0, β=0.25, γ=0.5)을 사용하였다.

2. 회류수조 실험

가. 모형어구 제작

본 실험에 사용된 모형어구는 기하학적 상사를 적용하여 제작하였다.

모형어구는 현재 일반적으로 사용되어지는 연승 어구의 사양에 기하학적 상사[11]를 적용하여 1/100로 축소하여 제작하였다. 모릿줄(Mainline)은 1.8*m*로 아릿줄(Branch line)은 웃아리(Upper part of branch line), 중간아리(Middle part of branch line), 목아리(Wire leader)의 3부분을 각각 0.2*m*로 구성하였다. 이때 사용된 로프는 Polypropylene재질로 직경은 6*mm*이며, 수중무게는 0.0479*kg/m*이다.

위의 모형어구에 사용된 로프의 재질과 현재 현장에서 사용 중인 어구의 재질을 고려하여, 현장에 사용중인 로프의 비중과 모형어구의 비중을 맞추기 위하여, 모형어구에서 총 13개로 설정된 질점 위치 중 양끝부분과 낚시부분에 해당되는 4개의 질점을 제외한 9개의 각 질점 위치에 0.0099*kg*의 납을 부착하였다. 낚시부분에는 낚시의 무게를 고려하여 0.0198*kg/w*의 납을 부착하였다.

실험에 사용된 모형어구의 규격은 Table 1과 같다.

Table 1. Details of tuna longline model gear used in this experiment

	Diameter (*mm*)	Length (*m*)	Materials	Weight in water (*kg*)
Mainline	6	1.8	Polypropylene	0.08622
Upper part of branch line	6	0.2	Polypropylene	0.000958
Middle part of branch line	6	0.2	Polypropylene	0.000958
Wire leader	6	0.2	Polypropylene	0.000958
Hook (a Substitute)	·	·	lead	0.0194

나. 실험장치 및 방법

(가) 실험 장치

본 실험은 Fig. 5의 부경대학교 회류수조(최대유속 : 1.2*m/s*, 관측부 길이 : 6.0*m*, 수로 폭 : 2.2*m*, 수심 : 1.4*m*)에서 행해졌다. 실험장치 및 계측 시스템은 Fig. 6에 나타내었다. 유속은 프로펠러식 유속계(VOT 2 200 20, KENEK)로 측정범위는 0.03~2*m/s*, 오차는 ± 4%인 것을 사용하여 계측하였다.

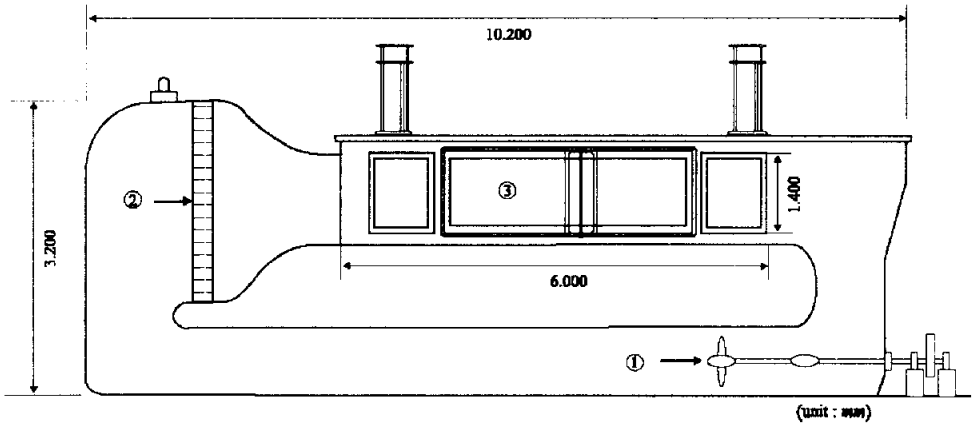
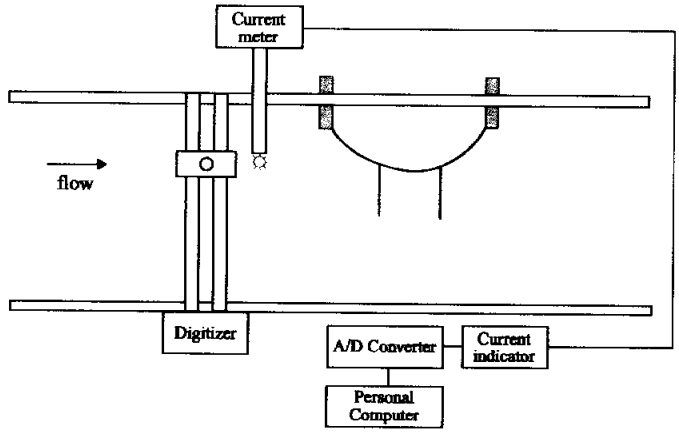
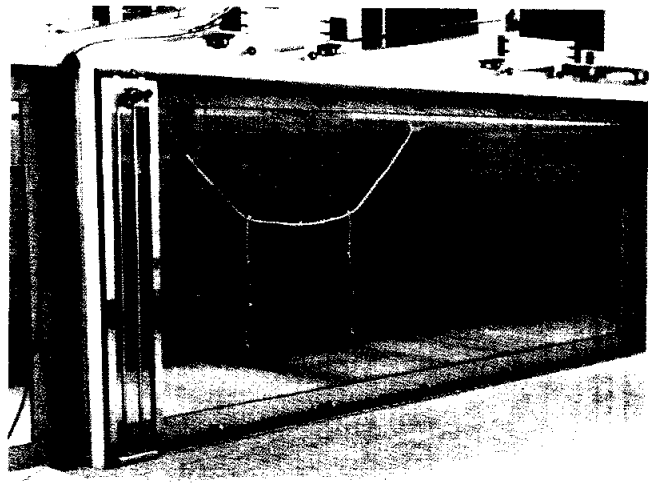


Fig. 5. Schematic drawing of the circulation water channel.
① impeller ② honey comb ③ observation window



(a)



(b)

Fig. 6. (a) Arrangement of experimental apparatus in the circulating water channel, (b) Model gear in the circulating water channel.

(나) 형상 측정

모형어구에 60%, 70%, 80%의 단축률(Shortening rate)을 적용하여 설치한 후, 각 단축률에 있어서 모형어구에 대한 흐름의 영각을 0°, 30°, 60°, 90°로 설정하고, 회류수조의 유속이 0m/s, 0.3m/s, 0.6m/s에서의 모형어구의 형상을 측정하였다. 모형어구 부설에 대한 흐름과 영각의 관계는 Fig. 7에 나타내었다. 이 때 어구의 수중 위치는 관측창에 부착된 Digitizer로 측정하였다.

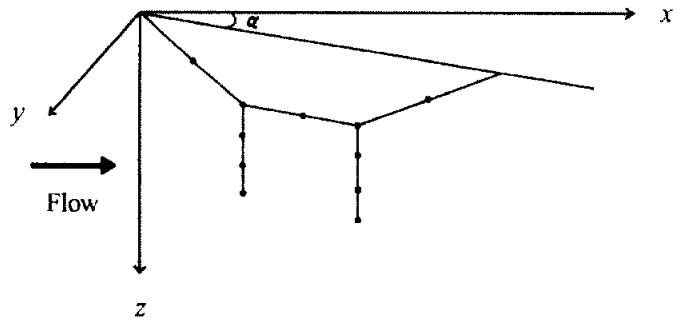


Fig. 7. Schematic diagram of initial configuration of a model longline gear at an attack angle(α) relative to current, x and z denote the direction of current and depth, respectively. Solid line express the mainline and branch line of the model longline gear. Solid circles are virtual nodes connecting two adjacent line elements.

결과 및 고찰

1. 모형 어구시스템의 수중형상 해석

가. 시뮬레이션에 의한 거동 해석

다랑어 연승어구의 수중형상을 유속(0, 0.3, 0.6*m/s*의 3단계), 영각(0°, 30°, 60°, 90°의 4단계), 그리고 단축률(60%, 70%, 80%의 3단계)을 변화시켜가면서 시뮬레이션을 통하여 해석하였다.

Fig. 8에서는 단축률과 영각이 일정할 때, 유속을 0*m/s*, 0.3*m/s*, 0.6*m/s*의 순으로 변화시킨 경우, Fig. 9에서는 단축률과 유속이 일정할 때, 영각을 0°, 30°, 60°로 변화시킨 경우, Fig. 10에서는 영각과 유속이 일정할 때, 단축률을 60%, 70%, 80%로 변화시킨 경우에 대하여 각각 낚시 심도를 계산하였다.

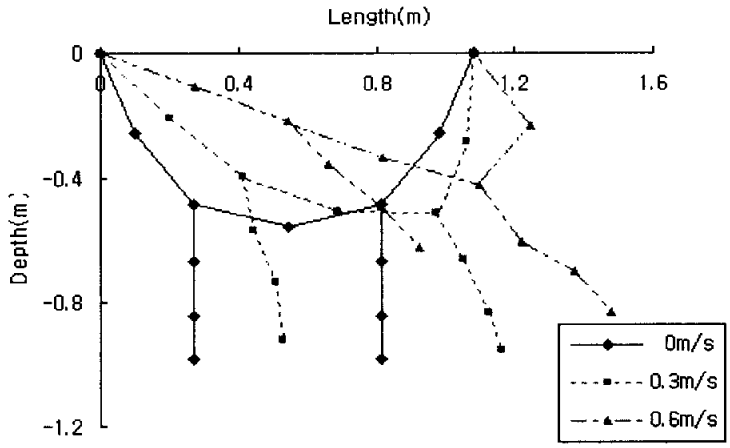
이들 결과에 의하면 단축률과 영각이 일정할 때, 유속이 0*m/s*에서 0.3*m/s*로 변화하면, 낚시의 심도 감소율은 흐름을 먼저 받는 방향의 낚시 심도가 6.1% 감소하고, 흐름을 나중에 받는 쪽의 낚시 심도는 0.9% 감소하였다. 또한 유속을 0*m/s*에서 0.6*m/s*로 변화시켰을 때, 흐름을 먼저 받는 방향의 낚시 심도는 36.7% 감소하였고 흐름을 나중에 받는 쪽의 낚시 심도는 18.5% 감소하였다.

유속과 단축률이 일정할 때, 영각을 0°에서 30°로 변화시켰을 때, 흐름을 먼저 받는 방향의 낚시 심도는 2.7% 감소하였고 흐름을 나중

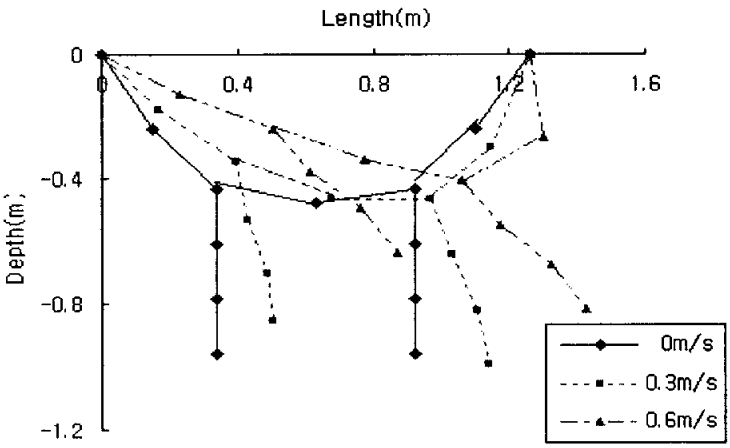
에 받는 쪽의 낚시 심도는 1% 감소하였다. 영각을 0°에서 60°로 변화시켰을 때, 낚시 심도는 흐름을 먼저 받는 방향은 5.1% 감소하였고, 흐름을 나중에 받는 쪽의 낚시 심도는 2.3% 감소하였다. 영각을 0°에서 90°로 변화시켰을 때, 낚시 심도는 2.6%~7.9%로 감소하였다. 이러한 결과에서 볼 때 흐름에 대한 영각이 커질수록 낚시 심도의 감소율 폭이 커짐을 알 수 있다.

그리고, 영각과 유속이 일정하고, 단축률을 60%에서 70%로 변화시켰을 때에는 낚시의 심도는 2.7% 감소, 단축률을 60%에서 80%로 변화시켰을 때 낚시의 심도는 5.3% 감소하는 것으로 나타나서, 단축률이 커질수록 심도의 감소도 커지는 경향을 나타내었다.

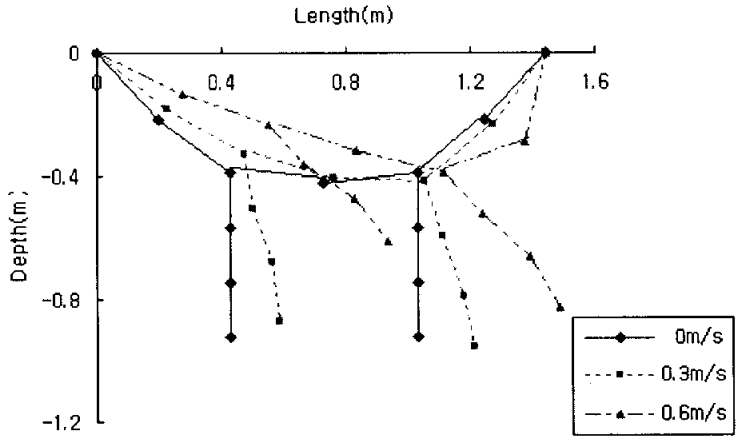
(a)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0m/s
0.3m/s
0.6m/s

(b)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0m/s
0.3m/s
0.6m/s

(c)



(d)

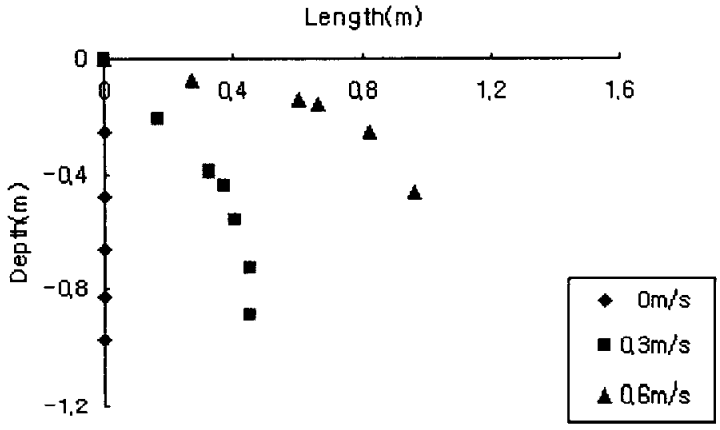
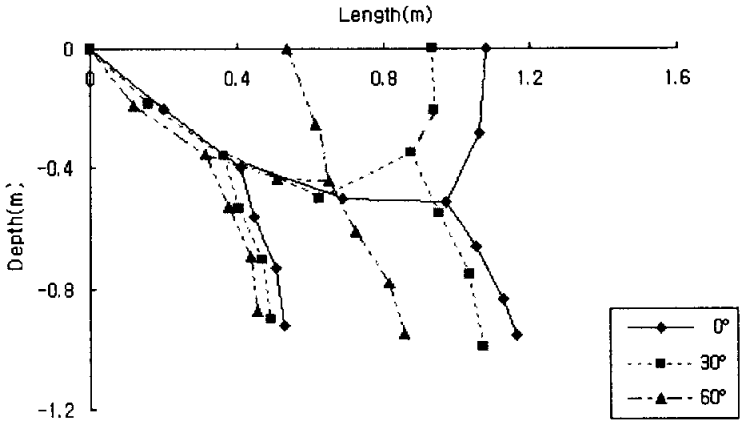
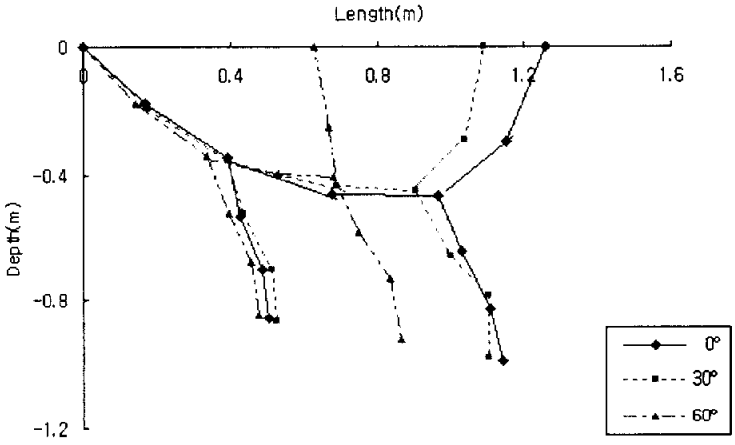


Fig. 8. Underwater tuna longline gear shape, attack angle 0° (a~c), 90°(d), shortening rate 60%(a, d), 70%(b), 80%(c) calculated in each current speed 0*m/s*, 0.3*m/s*, 0.6*m/s*.

(a)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0°
30°
60°

(b)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0°
30°
60°

(c)

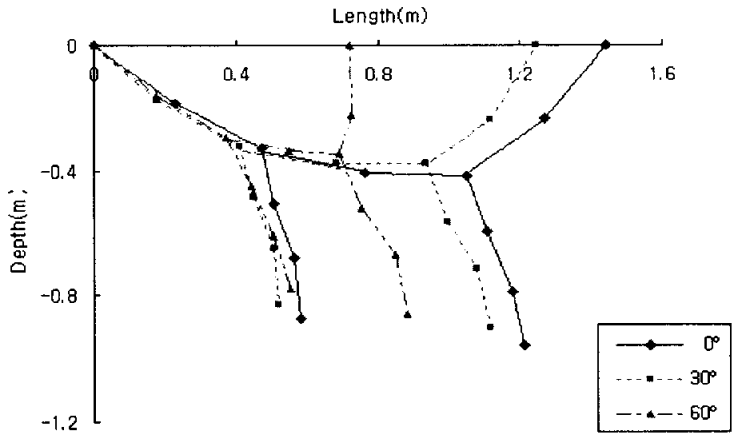
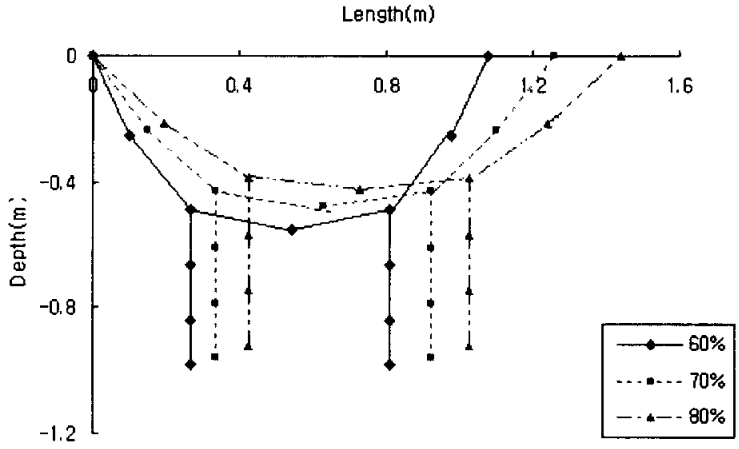
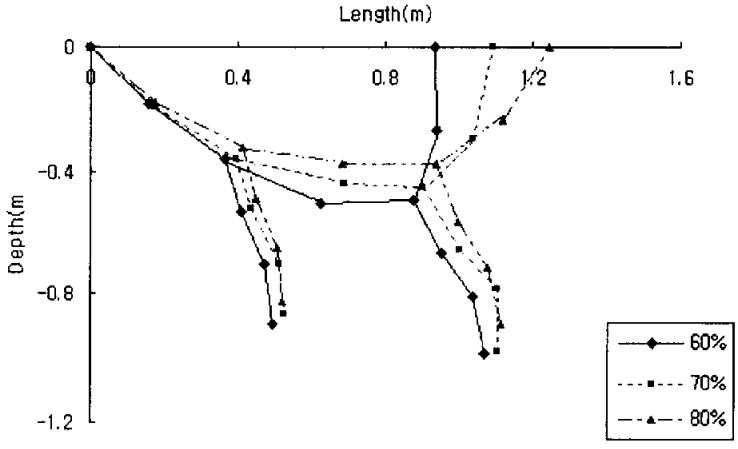


Fig. 9. Underwater tuna longline gear shape, current speed 0.3*m/s*, shortening rate 60%(a), 70%(b), 80%(c) calculated in each attack angle of 0°, 30°, 60°.

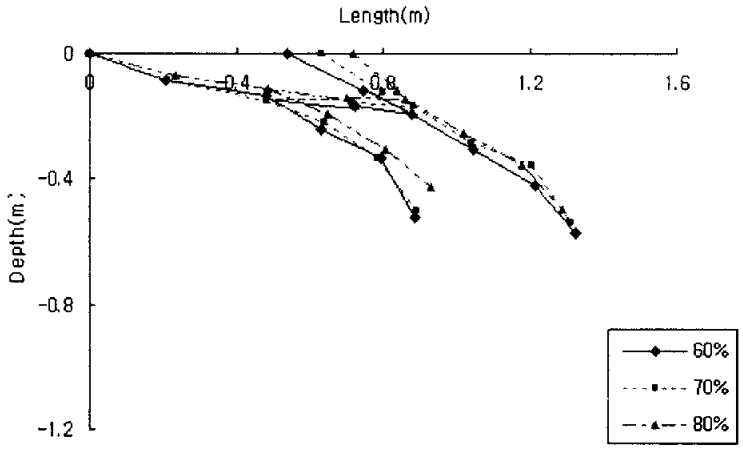
(a)


Length(m)
0
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
60%
70%
80%

(b)


Length(m)
0
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m
60%
70%
80%

(c)



(d)

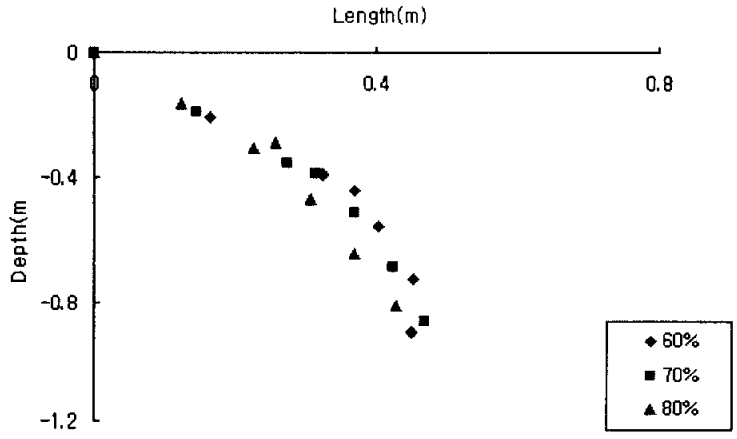


Fig. 10. Underwater tuna longline gear shape, attack angle 0°(a), 30°(b), 60°(c), 90°(d), current speed of 0*m/s*(a), 0.3*m/s*(b, d), 0.6*m/s*(c) calculated in each shortening rate 60%, 70%, 80%.

나. 수조실험에 의한 거동 해석

다랑어 연승어구의 낚시 심도를 모형실험을 통하여 측정, 분석하였다. 이 실험에서 회류수조의 유속은 시뮬레이션에서의 조건과 같이 0*m/s*, 0.3*m/s*, 0.6*m/s*의 3단계로, 연승어구의 영각은 0°, 30°, 60°, 90°의 4단계로, 그리고 단축률은 60%, 70%, 80%의 3단계로 변화시켜가면서 낚시의 심도를 측정하였다.

Fig. 11에서는 단축률과 영각이 일정할 때, 유속을 0*m/s*, 0.3*m/s*, 0.6*m/s*의 순으로 변화시킨 경우, Fig. 12는 단축률과 유속이 일정할 때, 영각을 0°, 30°, 60°로 변화시킨 경우, Fig. 13에서는 영각과 유속이 일정할 때, 단축률을 60%, 70%, 80%로 변화 시킨 경우의 낚시 심도를 측정한 결과이다.

이들 결과에 의하면 단축률과 영각이 일정할 때, 유속이 0*m/s*에서 0.3*m/s*로 변화할 때, 낚시의 심도는 6.1% 감소하였고, 또한 유속이 0*m/s*에서 0.6*m/s*로 변화할 경우, 흐름을 먼저 받는 방향의 낚시 심도는 36.8% 감소하였고, 흐름을 나중에 받는 쪽의 낚시 심도는 15.4% 감소함을 나타내었다.

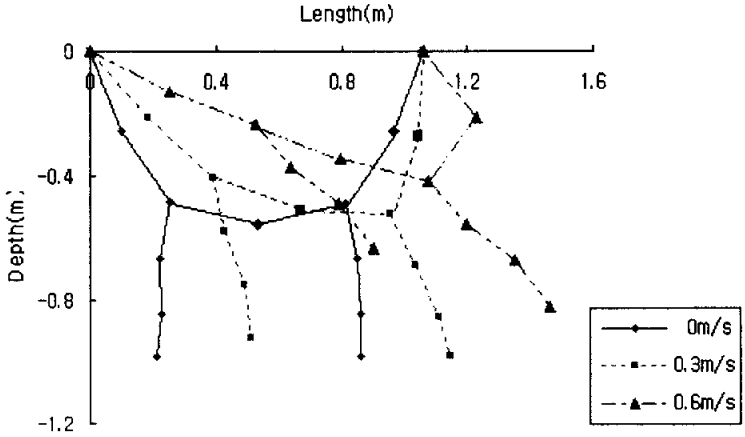
유속과 단축률이 일정할 때, 영각이 0°에서 30°로 변화하면 낚시 심도는 흐름을 먼저 받는 방향의 낚시 심도는 1.6% 감소하고, 흐름을 나중에 받는 쪽의 낚시 심도는 0.03% 감소하였다. 영각을 0°에서 60°로 변화시켰을 때, 흐름을 먼저 받는 방향의 낚시 심도는 2.9% 감소하였고, 흐름을 나중에 받는 쪽의 낚시 심도는 4.4% 감소하였다. 또

영각을 0°에서 90°로 변화시켰을 때, 낚시 심도는 3%~8% 감소하였다. 이러한 결과에서 볼 때 흐름에 대한 영각이 커질수록 낚시 심도 감소율 폭이 커짐을 알 수 있다.

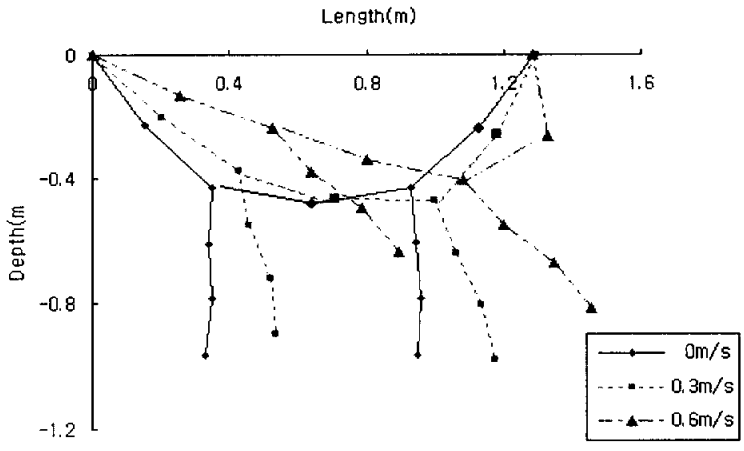
일정한 영각과 유속에서, 단축률을 60%에서 70%로 변화시켰을 때 낚시의 심도가 2% 감소하였다. 단축률을 60%에서 80%로 변화시켰을 때 낚시 심도는 6.1% 감소함을 나타내었다. 이러한 결과에서 볼 때 단축률이 증가할수록 낚시 심도가 점차 감소함을 알 수 있다.

어구의 형상에 큰 영향을 주는 흐름의 세기, 흐름의 방향 및 단축률에 의한 어구의 형상변화는 앞의 시뮬레이션 결과와도 비교적 잘 일치하는 경향을 나타내었다.

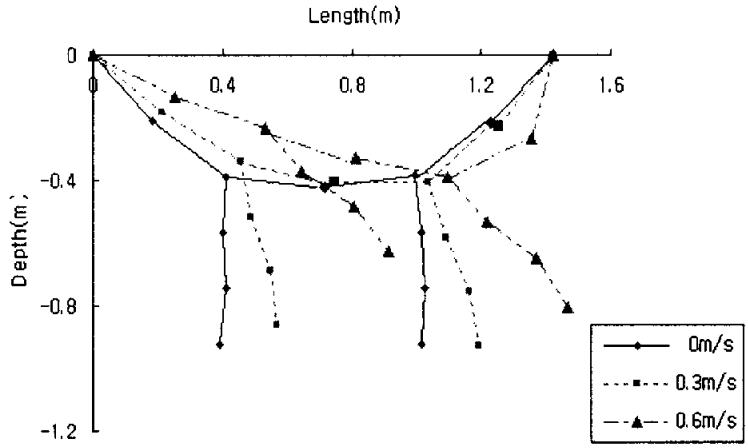
(a)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0m/s
0.3m/s
0.6m/s

(b)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m
0m/s
0.3m/s
0.6m/s

(c)



(d)

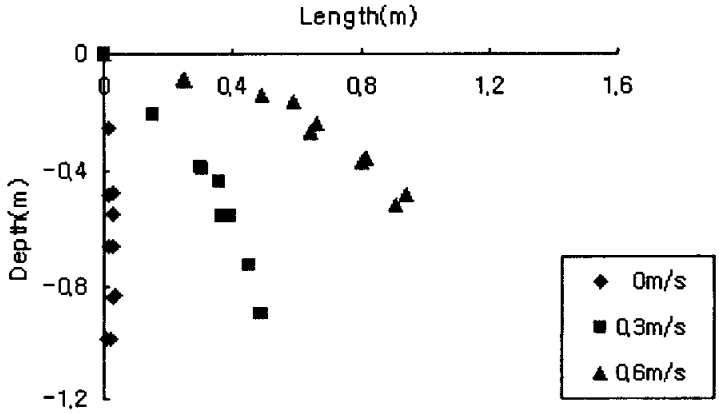
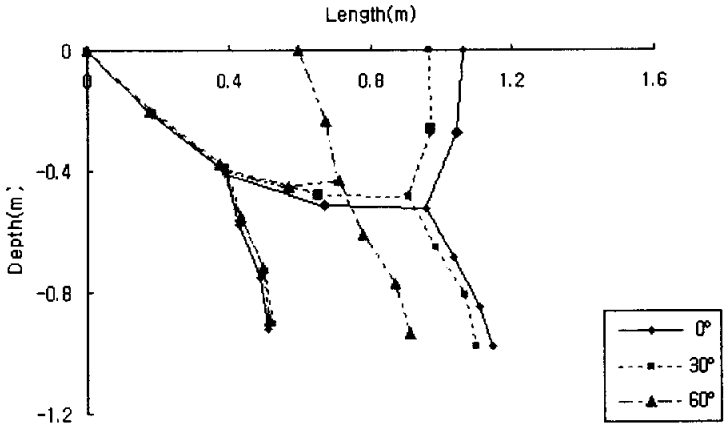
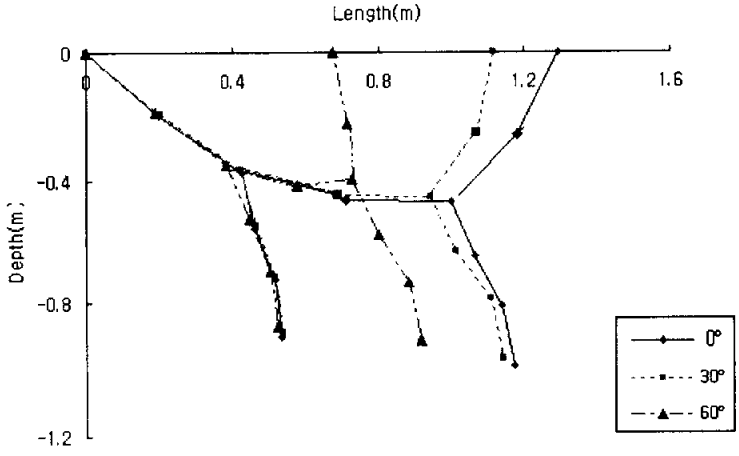


Fig. 11. Underwater tuna longline gear shape, attack angle 0°(a~c), 90°(d) shortening rate 60%(a, d), 70%(b), 80%(c) measured in each current speed 0*m/s*, 0.3*m/s*, 0.6*m/s*.

(a)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0°
30°
60°

(b)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0°
30°
60°

(c)

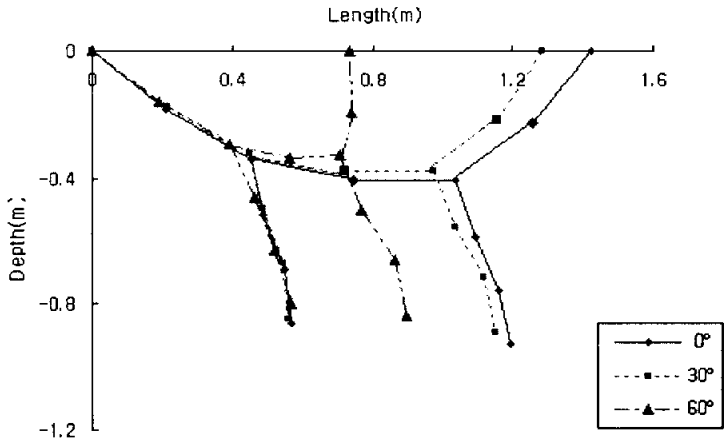
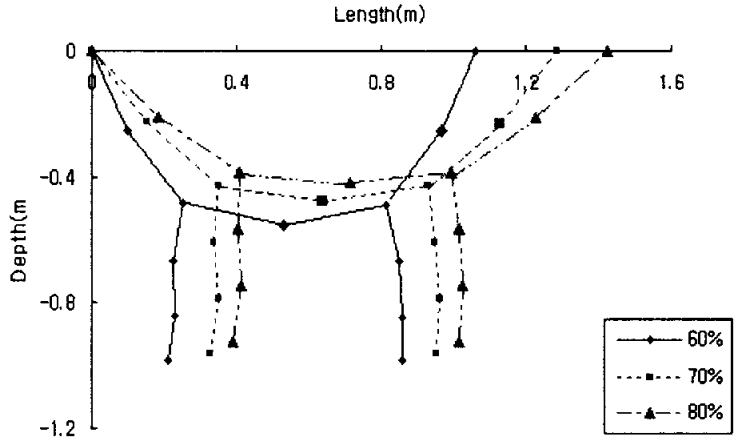
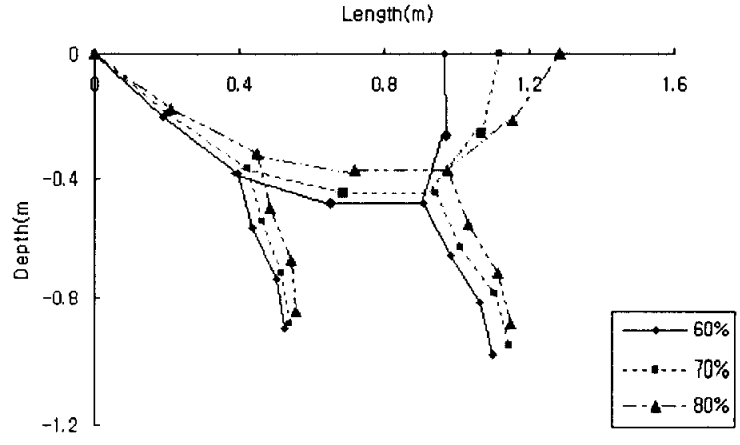


Fig. 12. Underwater tuna longline gear shape, current speed 0.3*m/s*, shortening rate 60%(a), 70%(b), 80%(c) measured in each attack angle of 0°, 30°, 60°.

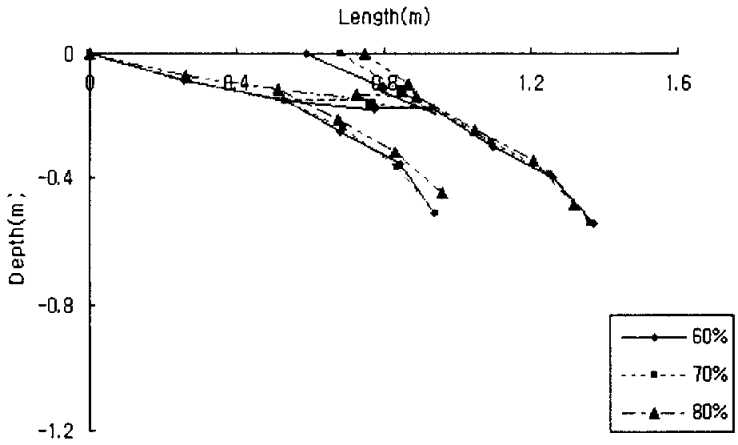
(a)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m
60%
70%
80%

(b)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m
60%
70%
80%

(c)



(d)

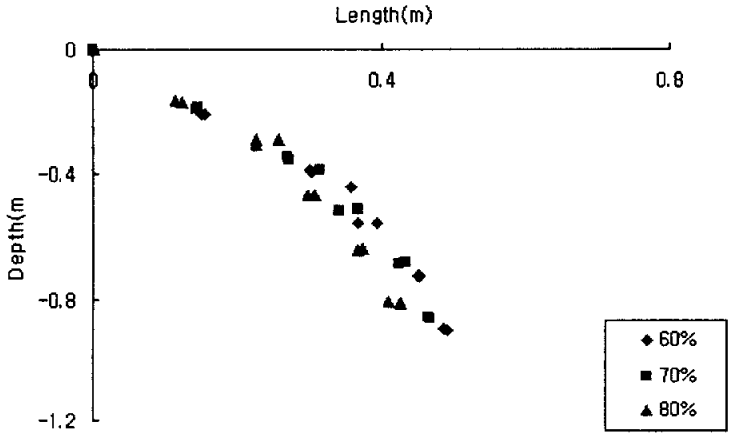


Fig. 13. Underwater tuna longline gear shape, attack angle 0°(a), 30°(b), 60°(c), 90°(d), current speed of 0*m/s*(a), 0.3*m/s*(b, d), 0.6*m/s*(c) measured in each shortening rate 60%, 70%, 80%.

다. 시뮬레이션과 수조실험의 비교

유속(0m/s, 0.3m/s, 0.6m/s의 3단계), 영각(0°, 30°, 60°, 90°의 4단계), 단축률(60%, 70%, 80%의 3단계)의 변화에 따른 다랑어 연승어구의 낚시 심도를 시뮬레이션에 의한 결과와 모형실험의 결과를 비교하였다.

Fig. 14에서는 단축률과 영각이 일정하고, 유속을 0m/s, 0.3m/s, 0.6m/s의 순으로 변화 시킨 경우, Fig. 15에서는 단축률과 유속이 일정하고, 영각을 0°, 30°, 60°로 변화 시킨 경우, Fig. 16에서는 영각과 유속이 일정하고, 단축률을 60%, 70%, 80%로 변화 시킨 경우의 낚시 심도를 각각 비교한 결과를 나타내었다.

이들 결과에 따르면 단축률과 영각이 일정할 때, 시뮬레이션에 의한 결과치와 모형실험에 의한 결과치의 오차율이 0.01%~3.1% 정도 나타났다.

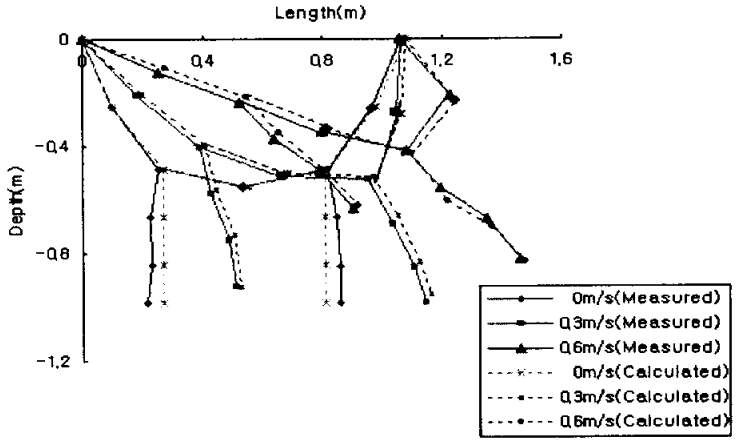
유속과 단축률이 일정할 때, 영각에 따라 0.9%~1.1% 정도 차이를 나타내었다. 또한 유속과 영각이 일정할 때, 단축률에 따라 0.7%~0.8% 정도 차이를 나타내었다.

이러한 결과에서 볼 때 시뮬레이션과 모형실험 결과의 오차율이 많게는 3% 정도의 오차를 보이지만, 평균 1% 안팎의 오차를 나타냄으로써, 시뮬레이션에 의한 계산치와 모형실험을 통한 측정치가 비교적 일치함을 확인 할 수 있었다.

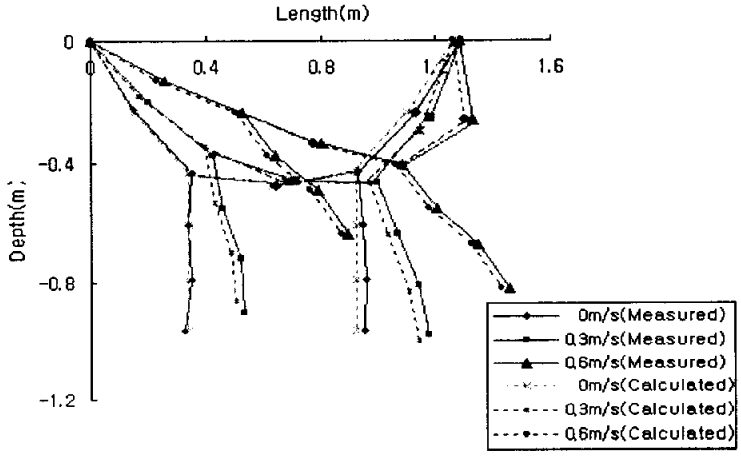
현재 많은 현장에서 낚시 심도를 장비를 통하여 파악해야하는 여

건상의 어려움이 본 비교 실험에서 시뮬레이션 도구를 통한 측정 가능성을 보여줌으로써 현장에서의 수고를 덜어 줄 것으로 기대된다.

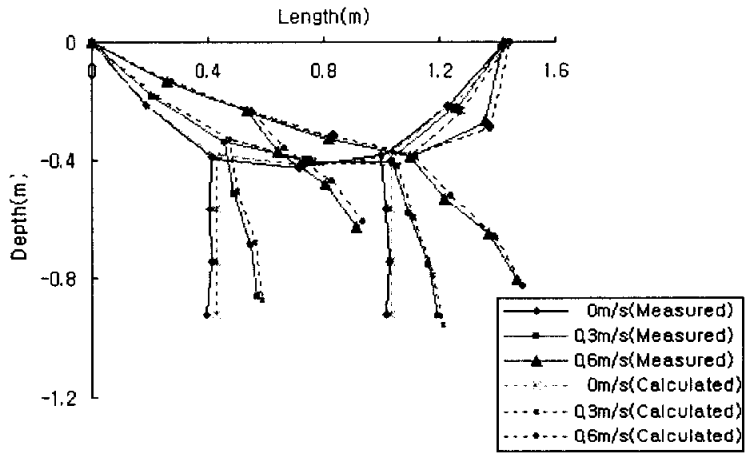
(a)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0m/s(Measured)
0.3m/s(Measured)
0.6m/s(Measured)
0m/s(Calculated)
0.3m/s(Calculated)
0.6m/s(Calculated)

(b)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0m/s(Measured)
0.3m/s(Measured)
0.6m/s(Measured)
0m/s(Calculated)
0.3m/s(Calculated)
0.6m/s(Calculated)

(c)



(d)

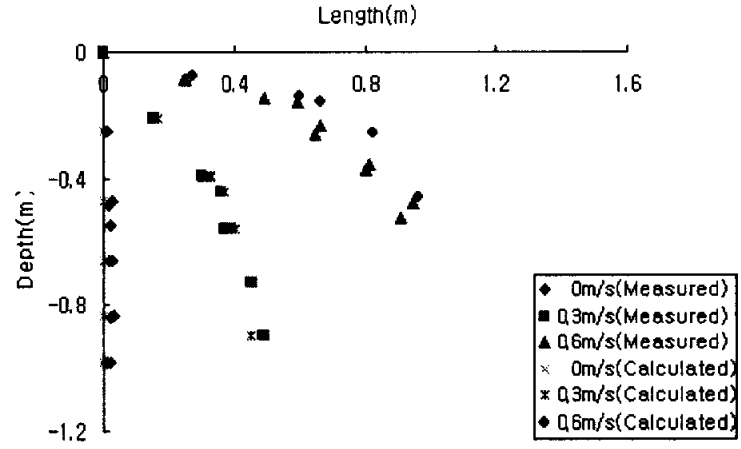
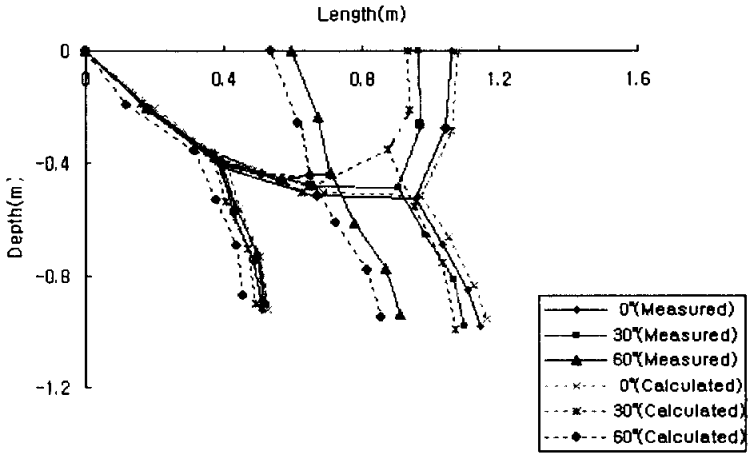
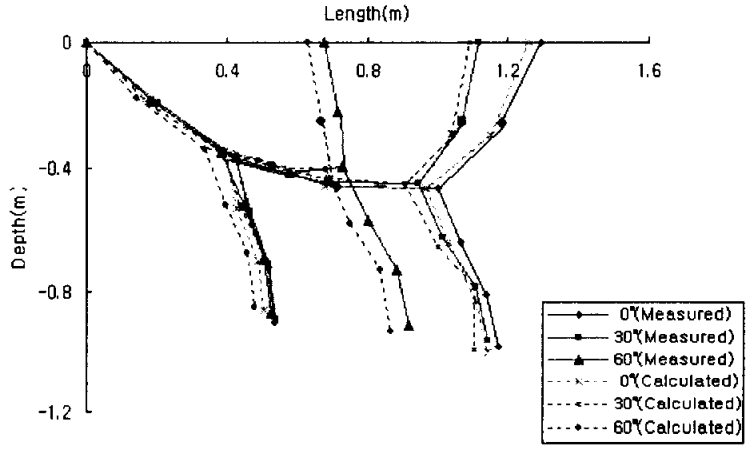


Fig. 14. Comparison of longline gear shape between experiment and simulation, attack angle 0°(a~c), 90°(d), shortening rate 60%(a, d), 70%(b), 80%(c) measured and calculated in each current speed of 0*m/s*, 0.3*m/s*, 0.6*m/s*.

(a)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0°(Measured)
30°(Measured)
60°(Measured)
0°(Calculated)
30°(Calculated)
60°(Calculated)

(b)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
0°(Measured)
30°(Measured)
60°(Measured)
0°(Calculated)
30°(Calculated)
60°(Calculated)

(c)

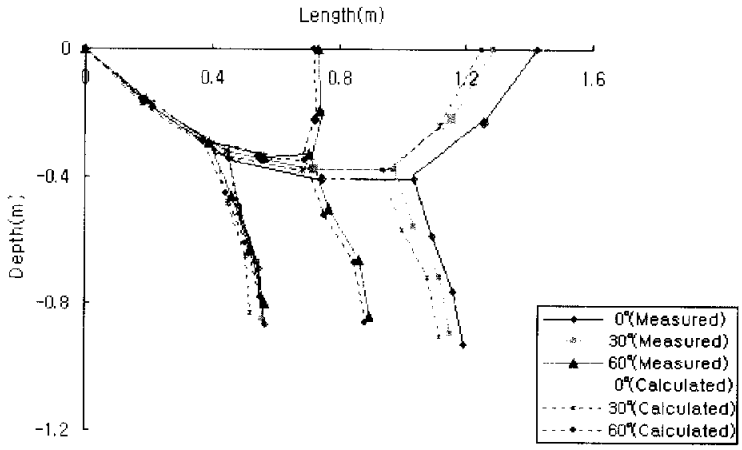
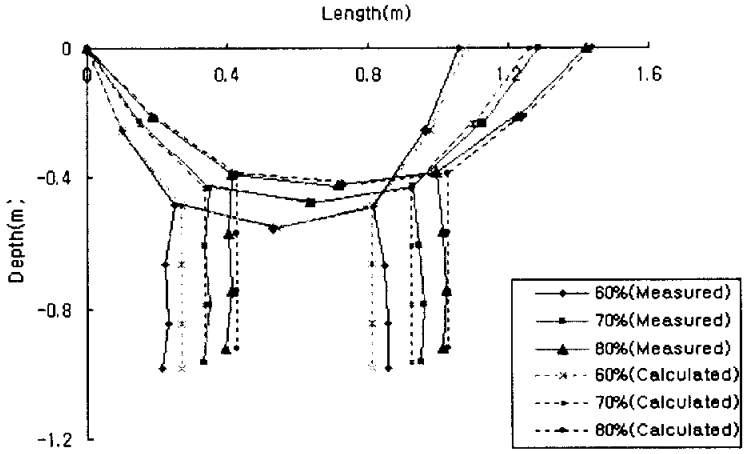
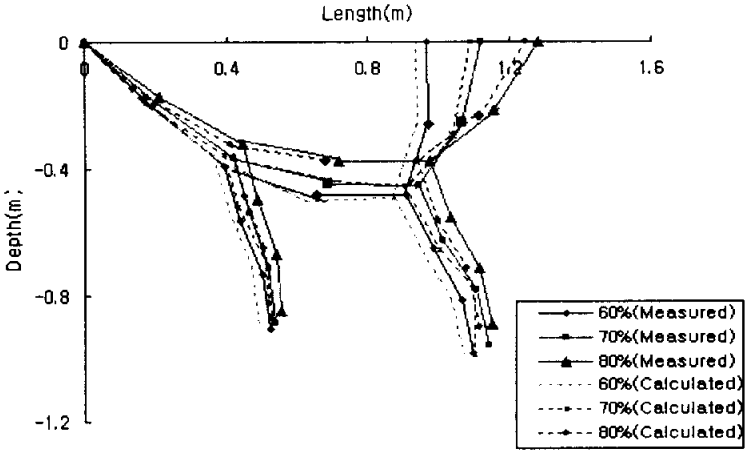


Fig. 15. Comparison of longline gear shape between experiment and simulation, attack angle of 0°, 30°, 60°, current speed 0.3*m/s* measured and calculated in shortening rate 60%(a), 70%(b), 80%(c).

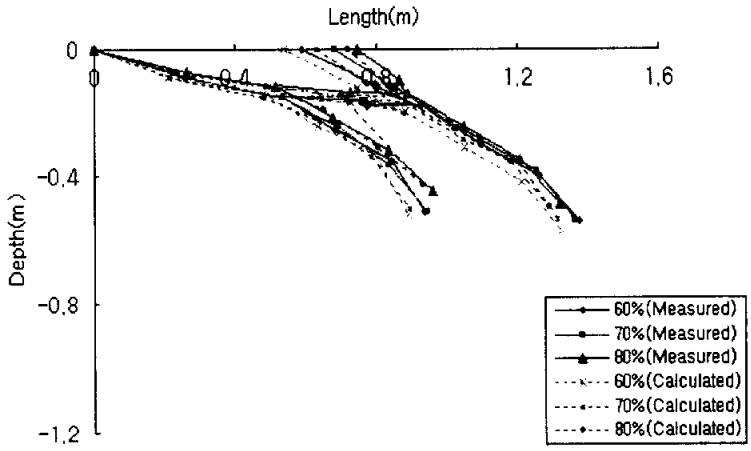
(a)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
60%(Measured)
70%(Measured)
80%(Measured)
60%(Calculated)
70%(Calculated)
80%(Calculated)

(b)


Length(m)
0
0.4
0.8
1.2
1.6
-0.4
-0.8
-1.2
Depth(m)
60%(Measured)
70%(Measured)
80%(Measured)
60%(Calculated)
70%(Calculated)
80%(Calculated)

(c)



(d)

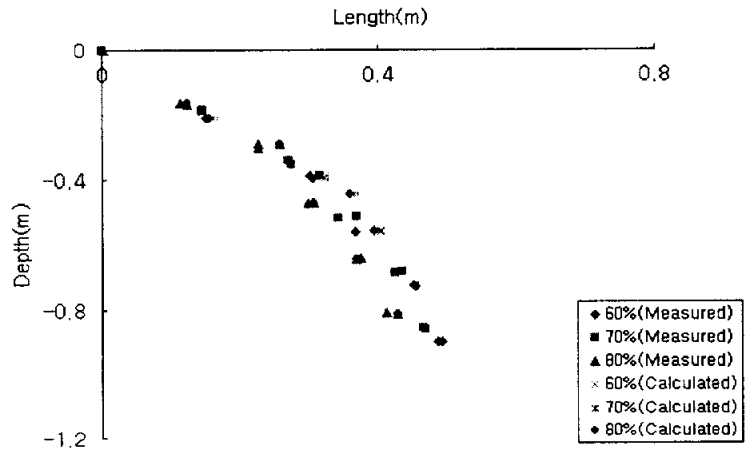


Fig. 16. Comparison of longline gear shape between experiment and simulation, attack angle 0°(a), 30°(b), 60°(c), 90°(d), current speed of 0*m/s*(a), 0.3*m/s*(b, d), 0.6*m/s*(c) measured and calculated in each shortening rate 60%, 70%, 80%.

2. 실물어구의 수중형상 시뮬레이션

최근 현장에서 많이 쓰이는 어구인 20절의 실물 다랑어 연승어구에 대하여 70% 단축률을 적용하여 유속과 영각의 변화에 따른 낚시의 심도변화를 시뮬레이션하였다.

Fig. 17에서는 단축률과 영각이 일정할 때, 유속을 0m/s에서 0.6m/s로 변화시킨 경우, Fig. 18에선 단축률과 유속이 일정할 때, 영각을 0°, 30°, 60°의 순으로 변화시킨 경우에 대하여 각각 낚시의 심도를 계산하였다.

이들 결과에 의하면 단축률과 영각이 일정할 때, 유속을 0m/s에서 0.6m/s로 변화시키면, 낚시 심도 감소율은 최저 17%, 최고 40%로 나타났다.

유속과 단축률이 일정할 때, 영각을 0°, 30°, 60°의 순으로 변화시키면 낚시심도 감소율은 0.1%로 나타났다.

유속을 변화시켰을 때, 모형실험 및 시뮬레이션 결과와 실물어구 시뮬레이션의 낚시심도 변화율의 차이가 6%정도 나타났다. 또한 영각을 변화시켰을 때 낚시심도 변화율의 차이가 4%정도 나타났다.

위의 차이는 실물 어구의 한 광주리가 20절로 구성되어, 투승 거리가 거의 1km에 달하는 긴 거리임을 감안한다면, 모형실험 결과들과 비교적 일치함을 확인 할 수 있었다.

또한 본 시뮬레이션 도구의 활용으로 조업 이전에 어구의 수중 형상을 파악 할 수 있어 조업시 해황에 따라 적절한 어구 부설에 도움

을 줄 수 있을 것이며, 설계된 어구의 성능을 조업이전에 파악 할 수 있어 어구 성능 개선에 드는 시간과 비용 감소 측면에 기여할 것으로 생각된다.

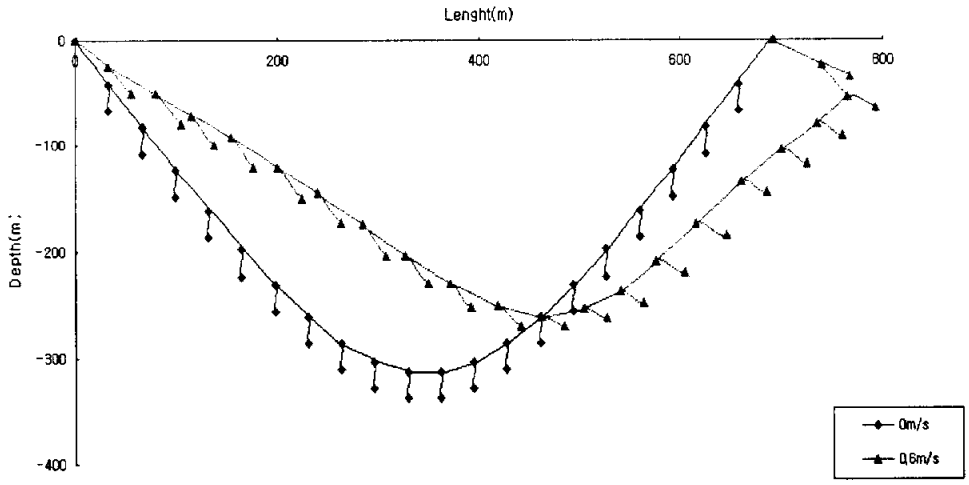
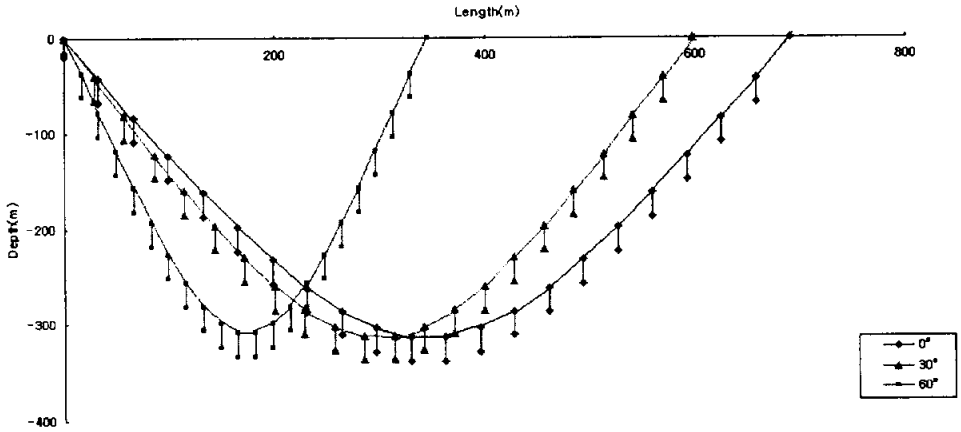


Fig. 17 Full scale tuna longline gear shape in water, attack angle 0° shortening rate 70% measured in each current speed 0*m/s*, 0.6*m/s*.

(a)



(b)

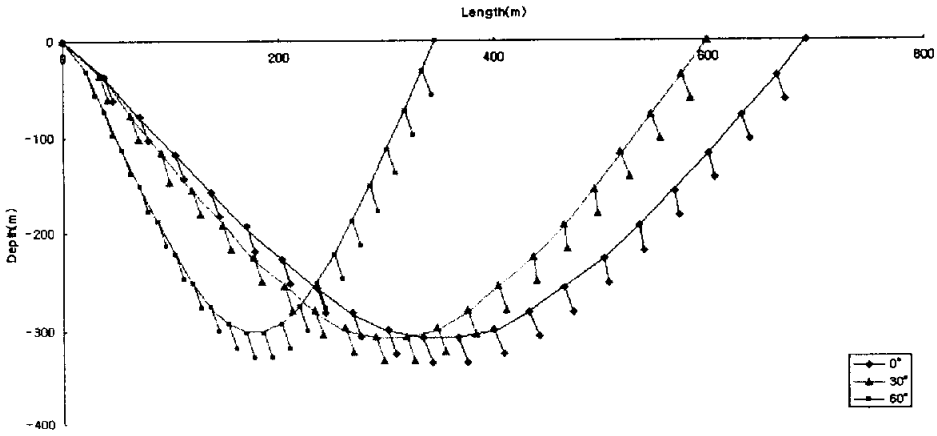


Fig. 18. Full scale tuna longline gear shape in water, current speed 0m/s(a), 0.3m/s(b), shortening rate 70% measured in each attack angle of 0°, 30°, 60°.

3. 어획데이터의 활용방안

시뮬레이션을 통해 얻어진 각 낚시의 심도 데이터는 조획 데이터 분석을 위한 기초 자료로 활용할 수 있다.

조획률 데이터베이스 시스템의 기초 정보는 각 낚시의 심도와 설계에서 얻어진 미끼정보로 하였다. 또한 어획물의 어종과 무게를 입력하여 조획률 데이터베이스의 정보를 구축하였다.

Fig. 19와 같이 구축된 조획률 데이터베이스 시스템에서 미끼 종류별에 따른 어종별 어획중량과 어획미수를 분석할 수 있다. 또한 Fig. 20과 같이 심도별에 따른 어종별 어획미수를 분석 할 수 있다.

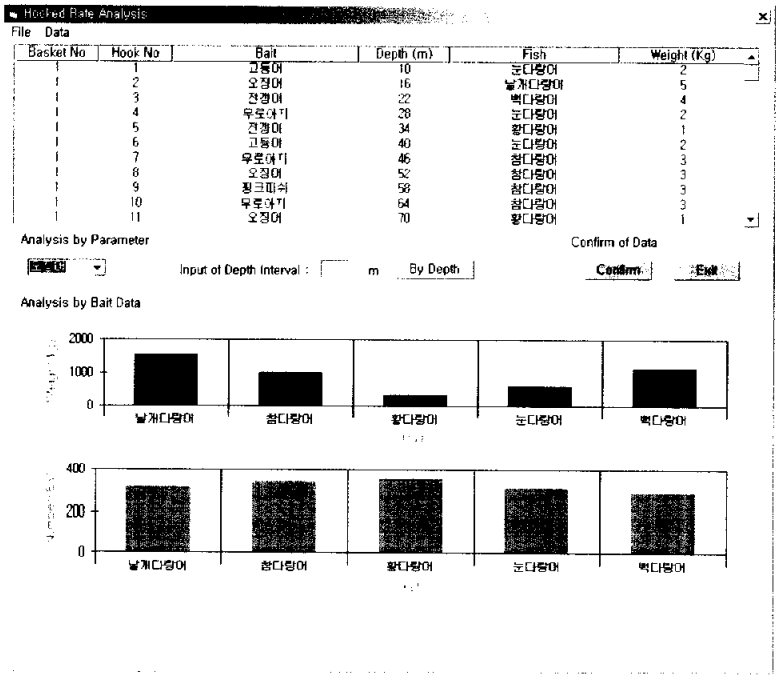


Fig. 19. Weight, hooked number analysis of hooked rate by bait.

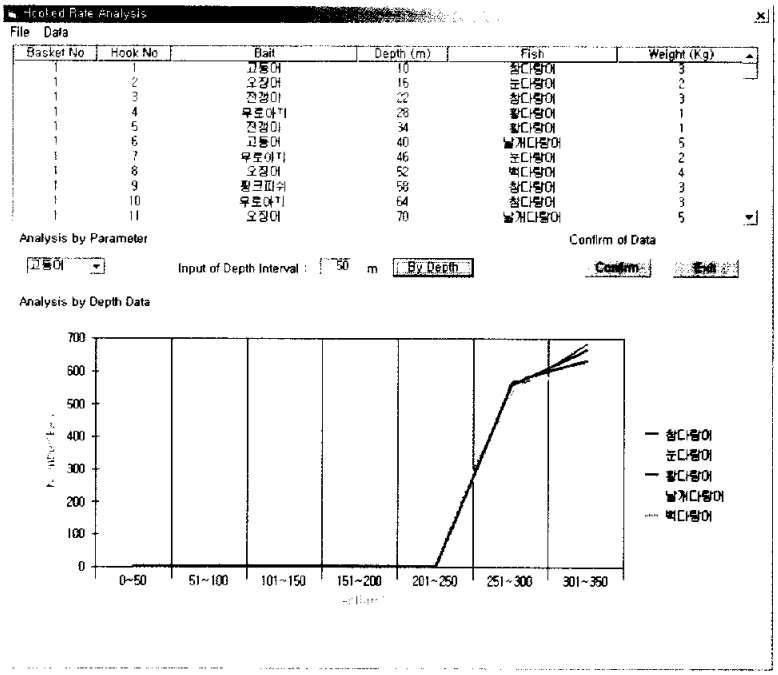


Fig. 20. Hooked fish species analysis by depth.

따라서 어종별 미끼 선호도를 파악하는데 있어 효과적인 도구로 활용할 수 있을 것이다. 또한 어종별 어획심도 파악이 용이하여 어구를 적정 심도에 부설하는데 도움을 줄 수 있을 것이다.

본 조획률 데이터베이스 시스템을 활용하여 현장의 조획 데이터 관리 및 분석에 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

요 약

중층 연승어구의 수중형상과 낚시의 심도는 어획성능을 좌우하는 중요한 요소하다. 또한 매조업시마다 얻어지는 낚시별 어획어종, 크기 등과 같은 조획 데이터의 체계적인 관리와 분석도 향후 조업을 위한 지표로서 고려되어야 한다.

본 연구에서는 유향·유속에 따른 어구의 수중 형상을 시뮬레이션 하여 해석하였고, 해석의 정확성을 검증하기 위해서 모형실험을 실시하였다. 또한 시뮬레이션에서 얻어진 각 낚시별 심도 정보를 활용하여, 낚시별로 사용한 미끼와 어획된 어종의 자료를 처리할 수 있는 데이터베이스 시스템을 구축하였다.

본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 영각과 단축률이 일정할 때, 유속이 증가함에 따라 낚시의 심도는 유속에 비례해서 감소하였다.

2. 단축률과 유속이 일정할 때, 영각이 증가함에 따라 낚시의 심도는 영각에 비례해서 감소하였다.

3. 영각과 유속이 일정할 때, 단축률이 증가함에 따라 낚시의 심도는 단축률에 비례해서 감소하였다.

4. 시뮬레이션에 의한 수중 형상과 모형어구의 수중 형상을 비교한 결과, 오차는 ± 3% 이내로 나타나 실험결과에 대한 시뮬레이션의 결과가 잘 일치함을 나타내었다.

5. 본 연구에서 시뮬레이션에서 얻어진 낚시 심도 정보를 활용한 조획률 데이터베이스 시스템은 여러 파라미터들 예를 들어 미끼, 낚시 심도 등에 따라서 어획어의 종류와 크기를 분석할 수 있어서, 현장의 조획 데이터의 관리 및 분석에 많은 도움을 줄 수 있을 것이다.

감사의 글

본 논문이 완성되기까지 세심한 지도를 해주신 이춘우 교수님과 바쁘신 와중에도 많은 조언을 해주신 이주희 교수님, 김형석 교수님께 진심으로 감사 드립니다.

그리고 실험에 참여하고 도움을 준 해양생산시스템 연구실 선후배님들에게 감사 드립니다.

아울러 지금까지 많은 힘이 되어주며 격려와 사랑을 아끼지 않으신 부모님과 형제들 그리고 저를 사랑하는 모든 분들에게 감사의 마음을 전합니다.

참 고 문 헌

1. Svein Lokkeborg · Teresa Pina, Effects of setting time, setting direction and soak time on longline catch rates, Fisheries Research, 1997; 32: 213~222.
2. Gong, Y., J. U. Lee, Y. S. Kim, and W. S. Yang. 1989. Fishing efficiency of Korean regular and deep longline gears and vertical distribution of tunas in the Indian Ocean. Bull. Kor. Fish. Sci., 22(2), 86~94.
3. Lee, J. U., D. Y. Moon and S. J. Hwang. 1998. Changes in gear construction of Korean tuna longline fishery in the Pacific Ocean. Jour. Korean Soc. Fish. Res., (1), 94~103.
4. Rong WAN, Fuxiang Hu, Tadashi TOKAI and Ko MATUDA, A method for analyzing the static response of submerged rope systems based on a finite element method, Fisheries Science 2002; 68: 65~70.
5. 김대안, 어구설계학, 평화인쇄출판공사, 1999, 266~291.
6. 김대안 · 고관서, 어구학, 교문출판사, 1987, 253~267.
7. Asmund Bjordal and Svein Lokkeborg, Longlining, Fishing News Books, 1996, 34~35.
8. Provot, X.(1995) : Deformation Constraints in a Mass-Spring

Model to Describe Rigid Cloth Behavior, Graphic Interface '95, 147~154.

9. 차봉진 · 이춘우 · 이주희 · 김현영, 중층 트롤 어구 시스템 운동의 유체 역학적 시뮬레이션, 한국어업기술학회지, 2002, 38(2), 164~171.

10. Newmark N. M. and ASCE, F. A.(1959) : Method of Computation for Structural Dynamics, Journal of the ENGINEERING MECHANICS DIVISION, 67~94.

11. Fridman, Calculations for fishing gear designs, FAO Fishing Manuals, 1986, 186~212.