



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

석사학위논문

낙시어선 황요 감쇠  
기술 개발



2006年 12月

# 낙시어선 횡요 감쇠 기술 개발

지도교수 안 장 영

고 영 식

이 논문을 수산학 석사학위 논문으로 제출함

2006년 12월 일

고영식의 수산학 석사학위 논문을 인준함

심사위원장 김 석 종 인

위 원 안 영 화 인

위 원 안 장 영 인

제주대학교 대학원

2006년 12월

The Technical Development for  
Rolling Attenuation of a Fishing Boat

Young-Sig Ko

(Supervised by Jang-Young Ahn)

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER  
OF FISHERIES SCIENCE

DEPARTMENT OF FISHERIES SCIENCE

GRADUATE SCHOOL

CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

2006. 12

# 목 차

List of Figures .....	ii
List of Tables .....	iv
Summary .....	1
I. 서론 .....	3
II. 황요감요의 이론적 배경 .....	5
2.1 황요감요 이론적 해석 .....	5
2.2 감요탱크의 시뮬레이션 .....	8
III. 장치 및 방법 .....	11
3.1 낚시어선의 현황 및 특징 .....	11
3.1.1. 낚시어선의 등록현황 .....	11
3.1.2 낚시어선의 특징 .....	11
3.2 시험선의 제원 .....	13
3.3 기술개발 방법 .....	14
3.4 측정방법 .....	16
IV. 결과 .....	20
4.1 기술개발 내용 .....	20
4.2 항내 시험 .....	20
4.3 최적 어창 구조 설계 .....	22
4.4 시험선의 해상 시험 .....	24
4.4.1 경사각의 변화 측정 .....	24
4.4.2 황요각의 출현빈도 .....	27
4.4.3 황요각의 상대 빈도 .....	30
4.4.4 황요각의 확률밀도 함수 .....	32
V. 고찰 .....	35
VI. 요약 .....	36
참고문헌 .....	37
감사의 글 .....	38

## List of Figures

Fig. 1. The existing tank value created by Hydromax .....	9
Fig. 2. The existing tank drown by Maxsurf .....	9
Fig. 3. The U- tank value created by Hydromax .....	10
Fig. 4. The U-tank drown by Maxsurf .....	10
Fig. 5. The relationship between boat's width and depth and its length .....	12
Fig. 6. The relationship between the number of passengers and the weight expressed in tons .....	12
Fig. 7. Measuring mimetic diagram .....	15
Fig. 8. A weight movement plot plan .....	18
Fig. 9. A weight movement experiment plot plan .....	18
Fig. 10. A cross section of a live fish hold .....	23
Fig. 11. Structural drawing of an existing fish hold .....	23
Fig. 12. Structural drawing of an ideally designed fish hold .....	24
Fig. 13. A tilt angle of an existing fish hold(A) and an U-fish hold(B) according to time change from the first experiment .....	25
Fig. 14. A tilt angle of an existing fish hold(A) and an U-fish hold(B) according to the time change from the second experiment .....	26
Fig. 15. A tilt angle of an existing fish hold(A) and an U-fish hold(B) according to the time change from the third experiment .....	27
Fig. 16. An advent frequency of an existing fish hold and an U-fish hold from the first experiment .....	28

Fig. 17. An advent frequency of an existing fish hold and an U-fish hold from the second experiment .....	29
Fig. 18. An advent frequency of an existing fish hold and an U-fish hold from the third experiment .....	29
Fig. 19. The relative frequency of a rolling angle change for an existing fish hold and an U-fish hold from the first experiment .....	30
Fig. 20. The relative frequency of a rolling angle change for an existing fish hold and an U-fish hold from the second experiment .....	31
Fig. 21. The relative frequency of a rolling angle change for an existing fish hold and an U-fish hold from the third experiment .....	31
Fig. 22. Probability density function median of a rolling angle change from the first experiment .....	32
Fig. 23. Probability density function median of a rolling angle change from the second experiment .....	32
Fig. 24. Probability density function median of a rolling angle change from the third experiment .....	33

## List of Tables

Table 1. The details of the boat used in the experiments .....	13
Table 2. Experiment completion dates .....	14
Table 3. Composition of the dual-inclinometer sensor and level transmitter .....	16
Table 4. Weight movement and hull depth measurements .....	17
Table 5. Restoration Standard .....	19
Table 6. Hull depth measurement value .....	21
Table 7. GoM for a tilt angle .....	22
Table 8. Analysis Results .....	34



## Summary

In Jeju, people board and fish in fishing boats which are equipped and licensed with safety devices according to the fishing law. Only the fishing boats that tourists board are equipped and licensed with safety devices. However it must be noted that the size and profit of the business are quite low.

Fishing businesses are not popular because of rolling motion. In this study it will be discussed how to solve the problem of discomfort from rolling motion on the boats. Those tourists who are not used to fishing on a boat feel the discomfort. Most discomfort is caused by the short cycle of the body of a ship rolling caused by the light weight of the boats. The light weight is due to the FRP material which dries a boat. A way of improving the feeling of getting on a boat through the area of the live fish hold was researched and developed. Basic data about developing the existing fishing boat shape will help increase comfort, safety and profit.

The experiment was done on Aeryongho(5.87ton, length 9.68m, width 2.96m, depth 1.03m which is FRP fishing boat in Sehwari, Gujwa eup, North Jeju. An existing fish hold was designed and manufactured by rolling test equipment and that was used for a marine experiment. The rolling condition of a U-tank boat ideally designed was compared to that of an existing fishing boat using the same conditions. For the marine experiment, a rolling tilt angle of the U-tank and the existing fishing hold was measured, compared and examined.

The experiments were done every 0.25 second by a clinometer three times on a still boat. The changes of a rolling angle from the existing fish hold and U-fish hold were addressed with an advent frequency median. An existing fish hold is widely distributed and has a low frequency between the median of 4.25°~9.25°. The higher a rolling tilt angle is, the greater angle frequency it will have. The U-fish hold has a higher frequency median and a lower frequency angle. Based on the results from the three experiments, there are not substantial differences where the angle is low and high according to the relative frequency angle. The slope effect of the relative frequency angle of the U-tank was observed between 3° through 8° and

deemed to be advantageous.

As a result, when the tank was changed even though the slope effect was slight : 10.84%, 10.24%, 5.32%, its efficiency was evident.



## I. 서론

최근 정부에서는 한·일, 한·중 어업협정, 수산물 시장 전면 개방 등 어선어업 주변의 여건 변화와 연안의 자원 감소로 연안어업에 종사하는 영세어민들은 어업채산성 악화에 따른 경제적 어려움에 직면하고 있다. 이러한 측면을 고려하여 우리나라에서는 1995년 12월 29일에 어촌 관광의 활성화 및 어가 소득의 증대를 도모할 목적으로 법률 제5078호를 제정하였다. 이에 따라 제주도에서는 상당수의 연안 어선들이 낚시어선을 겸업하고 있으며 현재 200여척이 낚시 승객을 승선시키면서 영업 행위를 하고 있다.

낚시어선의 규모 및 선령은 수산업법 또는 내수면어업법에 의하여 어업허가를 받았거나 관리선으로 지정을 받은 어선으로 총톤수 10톤 미만의 동력어선으로 하고 있다. 다만, 수산업법에 의하여 어업허가를 받았거나 관리선으로 지정을 받은 어선 중 선외기 설치 어선의 경우에는 총톤수 0.5톤 이상 10톤 미만의 범위 안에서 시장·군수 또는 자치구의 구청장이 해양경찰서장과 협의하여 규모와 선령을 정하도록 하고 있으며, 어선으로서 선령이 20년 이하인 목선 또는 선령이 25년 이하인 강선과합성수지선FRP(Fiber Glass Reinforced Plastics)으로 하고 있다. 또한 인명 및 안전에 대한 설비 기준으로서 승선 정원의 120% 이상에 해당하는 수의 구명동의, 승선 정원의 30% 이상에 해당하는 수의 구명부환, 또한 직경 10 mm 이상, 길이 30m 이상인 구명줄 1개 이상, 그리고 가까운 무선국 또는 출입항신고 기관 등과 연락할 수 있는 통신기기, 용량 2.5kg 이상의 소화기 1개 이상, 비상용 구급약품 1식 등 고시되어 있는 장비를 비치하여야 한다. 이러한 장비를 갖추고 제주도 해역에서 낚시 관광객을 위한 영업행위를 하는 어선은 최근 5년간 평균 200여척에 해당된다.

기존의 어선들에 대한 선형은 전문적인 어선원(漁船員)들이 승선하여 낚시어업을 하기 위한 선박으로 조선(造船)되어져 있다. 그러나 현재의 제주도 낚시어선은 휴어기를 이용하여 낚시 승객을 승선시키기에는 유어(游漁) 공간 확보와 편의시설 및 안전설비 등이 적합하지 않아 정상적인 낚시어선으로서의 역할을 감당하지 못한 것이 현실이다. 특히 낚시어선은 선상 생활에 익숙치 아니한 불특정 다수의 낚시 승객을 승선시킴에 따라 부가적인 안전성 확보가 필수적이며, 어장과 기항지 사이에서 낚시 승객의 신속한 이동과 악천후 시의 신속한 대피를 위하여 속도가 빨라야 하고, 더욱이 안정감 있는 낚시를 하기 위해서는 선체의 동요가 적어야 하는 등, 낚시어선의 건조시 고려되어야 할 사항이 있으며 이들이 고려된 표준형의 낚시어선 선형개발이 필요하다.

이 연구에서는 대부분의 낚시어선의 선질(船質)이 FRP(Fiber Glass Reinforced Plastics)로 이루어져 있을 뿐 아니라, 경량화로 인하여 선체 동요주기가 짧은 것이 그 원인이 되어, 선박에 익숙하지 못한 낚시 관광객들이 횡동요에 의한 불쾌감을 많이 느끼고 있어서 이에 대한 대책으로 낚시어선의 횡동요를 감소시키는 장치로 활어창의 구조를 이용하여 승선감을 향상시킬 수 있는 방법을 개발하고, 나아가 낚시어선의 표준선형을 개발하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 하였다. 그리고 낚시어선의 표준선형개발은 낚시어선이 많은 제주지역에서도 신조선의 건조가 용이하게 되어 제주지역에 소재하는 소형 조선소에서도 경제적으로 긍정적인 효과가 있을 것으로 기대한다.



## II. 횡요감요의 이론적 배경

### 2.1 횡요감요 이론적 해석

선박은 근본적으로 파도가 존재하는 해상에서 항상 운항하게 되므로 파도가 선체운동이나 여객, 승무원, 화물 및 선박 자체의 안전과 밀접한 관계를 가지고 있다. 뿐만 아니라 선박의 운동은 해상에서의 각종 활동과 임무수행의 가능성을 결정하는 주요한 요인이 되고 있다. 횡동요(Rolling)는 6자유도 운동 가운데에서도 가장 중요한 운동이며, 선박들은 근본적으로 횡동요에 대하여 낮은 감쇠특성을 갖고 있기 때문에 안정성 측면에서 볼 때에 가장 많이 제어되고 있다고 본다. 또한 선박의 안정성능, 운항성능 및 조업성능과도 밀접한 관계를 가지고 있다. 선형운동방정식에 대해 횡동요를 줄이는 세 가지 방법은 감쇠계수(Damping coefficient)를 증가시키는 방법, 선박의 고유주기를 변화시키는 방법, 기진력(Exciting force) 및 모멘트를 감소시키는 방법 등이 있다. 그리고 횡동요 감쇠장치로는 Bilge Keel, Fin-Stabilizer 및 Anti-Rolling Tank(A.R.T) 등이 있는데, 이 중에 가장 효과적인 것이 1911년 Frahm에 의하여 개발된 U-tube식 수동형 감요수조(Passive A.R.T)이며, 이에 대한 이론적 체계는 Chadwick 과 Stigter에 의해서 정립되어 선박에서 가장 널리 사용되고 있다. 특히, 이것은 구조가 간단하고 운용이 용이하며 수조 내의 유체 운동이 자연적으로 이루어지므로 별도의 동력을 요구하지 않는다는 장점을 가지고 있다. 그 형상 면에서도 선박에 횡동요 고유주기에 근접한 파랑을 만나는 경우 뛰어난 효과를 나타내고 있다. 그런데 이것은 선박 횡동요의 공진 주파수 영역에서는 탁월한 감쇠 성능을 보이나, 그 밖의 주파수 영역에서는 오히려 횡동요를 증가시키는 역효과를 일으키는 성질을 가지고 있다. 이러한 역효과는 선박의 운항성능과 밀접한 관계를 가지고 있어서 운동 성능을 개선시키는 또 다른 요인이 된다. 이와 같은 수동형 감요수조(減搖水槽)의 단점을 보완하기 위해 고안된 것이 능동형 감요수조(Active A.R.T)인데, 이것은 감요수조 내의 유체의 유동을 외부로부터 별도의 동력을 사용하여 원하는 형태로 제어할 수 있다. 이 시스템으로 개발된 A.R.T는 현재 국내 일부 선박에서 수입하여 장착되어져 있다.

감요수조의 원리는 탱크 내의 물 유동이 선박의 적재조건에 따라서 주기적인 동조에 의하여 선체의 양쪽 날개탱크를 따라 횡방향으로 움직인다. 즉, 한쪽 구획에서 다른 쪽 구획으로 자유롭게 이동함에 따라 중량에 의한 안정화 Moment를 발생시킨다. 선박의 횡동요 진폭 및 각속도가 작다고 가정하고, 선체의 운동 문제를 단순화시키고, 횡규칙과 중

에서 선체운동을 횡동요만 생각하였을 때, 이중진자(二重振子)이론을 기초로 한 선박과  
감요수조 계(系)의 운동방정식은 다음 (1), (2)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{선박: } J_s \ddot{\phi} + B_s \dot{\phi} + K_s \phi + J_{st} \ddot{\Omega} + K_t \Omega = K_s \psi \dots \dots \dots (1)$$

감요수조에 대하여

감요수조:

$$J_{st} \ddot{\phi} + K_t \phi + J_t \ddot{\Omega} + B_t \dot{\Omega} + K_t \Omega = K_t \psi \dots \dots \dots (2)$$

단, 여기서

- $\phi$  : 배의 횡 동요각
- $J_s, J_t, J_{st}$  : 배, 탱크, 배 - 탱크의 관성모멘트
- $\Omega$  : A.R.T 내 유체의 경사각
- $B_s, B_t$  : 배 및 탱크의 감쇠계수
- $\psi$  : 파도의 경사각
- $K_s$  :  $\Delta \times GM$
- $K_t$  :  $\pi = \Delta \times GG_{0i}$  : 탱크 액면의 2차 모멘트
- $M_t$  :  $J_{st} \Omega + K_t \Omega$

식(1)은 감요수조를 장착한 선박의 파랑 중의 운동방정식이다. 이 식의 좌변 마지막 두  
항이 선박에 작용하는 감요수조의 효과 즉, 감요 모멘트(Anti-Roll Moment)를 나타내  
는 항이다.

규칙파 중의 동요를  $\phi = \phi_0 e^{i\omega t}$ ,  $M_t = M_0 e^{-i\delta}$ 라 가정하면  $M_t$ 는 다음과 같이 전  
개된다.

$$M_0 e^{-i\delta} \phi = M_0 \phi \cos \delta - \frac{M_0}{\omega} \dot{\phi} \sin \delta \dots \dots \dots (3)$$

식(3)을 (1)에 대입하면 다음 식을 얻게 된다.

$$J_s \ddot{\phi} + (B_s + \frac{M_0}{\omega} \sin \delta) \dot{\phi} + (K_s - M_0 \cos \delta) \phi = K_s \psi \dots\dots\dots(4)$$

여기에서,  $\omega_s^2 = \frac{K_s}{J_s}$ ,  $\omega_t^2 = \frac{K_t}{J_t}$ ,  $\xi_s = \frac{B_s}{\omega_s J_s}$ ,  $c = \frac{M_0}{K_t}$ ,  $\lambda = \frac{K_t}{K_s}$ ,  $e = \frac{\omega}{\omega_s}$  와 같이

무차원 변수를 도입하여 식(4)을 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$\ddot{\phi} + (\xi_s + \frac{C \sin \delta}{e} \lambda) \omega_s \dot{\phi} + (1 - \lambda C \cos \delta) \omega_s^2 \phi = \omega_s^2 \psi \dots\dots\dots(5)$$

$\psi = \psi_0 e^{i\omega t}$  라 하면 식(5) 와 식(6)으로부터 Magnification Factor( $\mu$ )를 구할 수 있다.

$$\mu = \left| \frac{\phi_0}{\psi_0} \right| = \frac{1}{\sqrt{[1 - (e^2 + \lambda C \cos \delta)]^2 + e^2 (\xi_s + \frac{C \sin \delta}{e} \lambda)^2}} \dots\dots\dots(6)$$

식(6)에서  $\frac{C \sin \delta}{e} \lambda$  항이 감쇠성능에 관련되고  $\lambda C \cos \delta$  는 선박의 주파수에 기여함을 알 수 있다.

감요수조의 모멘트  $M_t$  는 탱크 내 유체의 경사각을  $\Omega = \Omega_0 e^{i\omega t}$  라 하면 다음 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$M_t = K_t \Omega (1 - \frac{\omega^2}{\omega_{st}^2}) \dots\dots\dots(7)$$



$$\omega_{st}^2 = \frac{K_t}{J_{st}} \dots\dots\dots(8)$$

여기서  $\omega_{st}^2$  : 연성주파수 (Decoupling frequency) 이다.

식(7)로부터 감요수조의 효과는 파경사각, 탱크 자유표면의 2차 모멘트를 나타내는

$K_t$  및 탱크의 상하 위치를 나타내는  $(1 - \frac{\omega^2}{\omega_{st}^2})$ 에 비례함을 알 수 있다. 즉, 탱크

의 효과는  $\lambda C \sin \delta$ 에 관계되므로 위상차  $\delta$ 는  $90^\circ$ 가 되도록 설계하는 것이 가장 좋다. 발생 모멘트 진폭이 크더라도 위상차가 적당치 않으면 탱크의 효과가 감소된다. 그리고 다음 식에 U - 탱크의 제원을 결정할 수 있다.

$$\omega_{st}^2 = \sqrt{\frac{K_t}{J_{st}}} = \sqrt{\frac{2gh_d}{w_r w + 2h_r h_d}} \text{ (radian/sec)} \dots\dots\dots(9)$$

$$\tan \tau_{\max.} = \frac{h_t - h_d}{w} \dots\dots\dots(10)$$

위의 식에서 감요탱크의 개념과 어창구조변경으로 인한 감요효과를 알 수 있다.

## 2.2 감요탱크의 시뮬레이션

감요탱크의 감요효과를 이론적인 면에서 검토하였다. 기존 어창과 수정한 U-탱크와 차이점을 검토하기 위하여 Maxsurf에서 재현하여 나타낸 어창을 Hydromax로 복원성 계산을 하였으며, 그 계산값은 Fig. 1과 Fig. 3에 나타냈다.

기존 탱크의 GM값은 0.549, U-탱크의 경우는 0.366으로, U-탱크의 횡요주기가 느린 것이 시뮬레이션 결과에서 나타났으며, 다만 아주 큰 경사일 경우는 U-탱크가 위험하게 보였다.



Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	1.219	tonne
2	Volume	1.189	m <sup>3</sup>
3	Draft to Baseline	0.73	m
4	Immersed depth	0.73	m
5	Lwl	0.88	m
6	Beam w/l	2.542	m
7	VVSA	2.724	m <sup>2</sup>
8	Max cross sect area	1.352	m <sup>2</sup>
9	VWaterplane area	2.236	m <sup>2</sup>
10	Cp	1	
11	Cb	0.728	
12	Cm	0.729	
13	Cwlp	1	
14	LCB from zero pt	0	m
15	LCF from zero pt	0	m
16	KB	0.428	m
17	KG	0	m
18	BMt	1.012	m
19	BMI	0.121	m
20	GMt	1.44	m
21	GMI	0.549	m
22	KMt	1.44	m
23	KMI	0.549	m
24	Immersion (TPc)	0.023	tonne/cm
25	MTC	0	tonne.m
26	RM at 1 deg = GMt.Dis	0.031	tonne.m
27	Precision	Medium	50 stations

Density: 1.025 tonne/m<sup>3</sup>      Recalculate

VCG: 0 m      Close

Fig. 1. The existing tank value created by Hydromax.

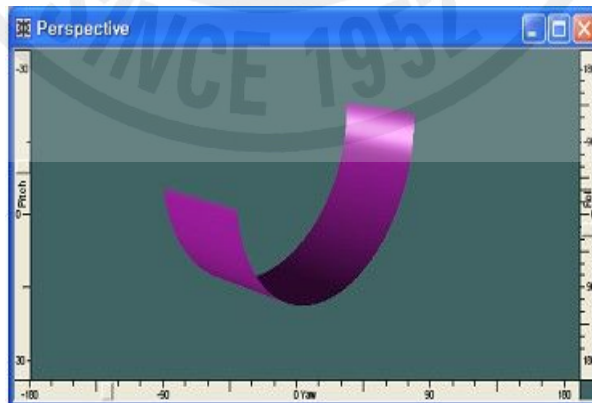


Fig. 2. The existing tank drawn by Maxsurf.

Hydrostatics at DWL

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	0.654	tonne
2	Volume	0.638	m <sup>3</sup>
3	Draft to Baseline	0.73	m
4	Immersed depth	0.73	m
5	Lwl	0.88	m
6	Beam wl	2.542	m
7	WVSA	4.977	m <sup>2</sup>
8	Max cross sect area	0.725	m <sup>2</sup>
9	Waterplane area	0.565	m <sup>2</sup>
10	Cp	1	
11	Cb	1.547	
12	Cm	1.547	
13	Cwp	1	
14	LCB from zero pt	0	m
15	LCF from zero pt	0	m
16	KB	0.309	m
17	KG	0	m
18	Bmt	1.099	m
19	BMI	0.057	m
20	GMT	1.408	m
21	GMI	0.366	m
22	KMt	1.408	m
23	KMI	0.366	m
24	Immersion (TPc)	0.006	tonne/cm
25	MTc	0	tonne.m
26	RM at 1 deg = GMT.Dis	0.016	tonne.m
27	Precision	Medium	50 stations

Density: 1.025 tonne/m<sup>3</sup>    Recalculate

VCG: 0 m    Close

Fig. 3. The U- tank value created by Hydromax.

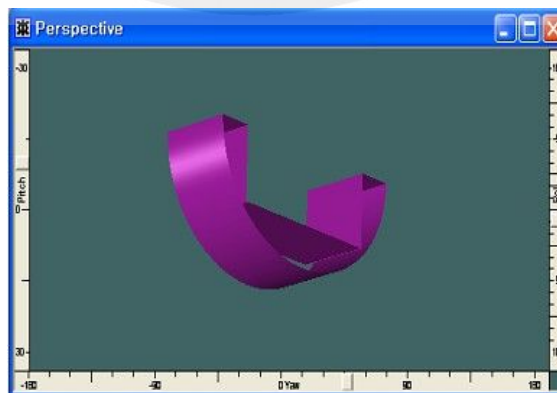


Fig. 4. The U-tank drawn by Maxsurf.

### Ⅲ. 장치 및 방법

#### 3.1 낚시어선의 현황 및 특징

##### 3.1.1. 낚시어선의 등록현황

지역별 낚시어선 평균 등록 현황은 대략 제주시 21척, 서귀포시 41척, 북제주군 120척, 남제주군 59척으로 연평균 240여 척이 운항하고 있으며, 지역별 비율을 살펴보면, 북제주군은 49.9%, 남제주군 24.6%, 서귀포시 16.7%, 제주시 8.6% 순으로 북제주군이 전체의 절반을 차지하고 있으며, 연별 추이는 점차적으로 증가하는 추세를 보이고 있다. 그리고 지역적인 증가 추이는 제주시가 감소하고, 북제주군 및 남제주군은 증가하는 경향을 보이고 있으며, 서귀포시는 거의 변동이 없었다.

2년 동안의 낚시어선의 이용 및 수입 현황을 지역별로 살펴보면, 2003년에는 제주시가 19척으로 총 운항 횟수는 1,420회를 기록하였으며, 이용객수는 7,360명, 연간 총 수입액은 235,000천원이었다. 서귀포시는 41척으로 총 운항 횟수는 2,136회를 기록하였으며, 이용객수는 14,950명, 연간 총 수입액은 224,560천원이고, 북제주군은 109척으로 총 운항 횟수는 10,678회, 이용객수는 49,951명, 연간 총 수입액은 1,060,830천원이고, 남제주군은 39척으로 총 운항횟수는 3,543회, 이용객수는 14,172명, 연간 총 수입액은 311,784천원이다. 그리고 연간 운항한 낚시어선은 208척으로 총 운항횟수는 17,777회, 이용객수는 86,703명, 연간 총 수입액은 1,832,174천원으로 2004년의 연간 현황과 비슷한 경향을 보였다.

##### 3.1.2 낚시어선의 특징

제주도 낚시어선의 특징을 알아보기 위하여 선박의 길이, 폭, 깊이를 지역별로 살펴보았다. 제주시의 경우는 10.35m, 2.83m, 0.90m이었고, 서귀포시는 8.98m, 2.62m, 0.87m, 북제주군은 9.33m, 2.66m, 0.88m, 남제주군은 9.14m, 2.65m, 0.92m으로 나타나 제주시가 서귀포시에서 운항하는 낚시어선보다 길이가 약 1.4m 정도 길었다. 그리고 선폭과 깊이는 지역별로는 큰 차이가 없었다. Fig. 5는 선박 길이에 대한 선폭 및 깊이에 대한 상관관계를 나타낸 것으로 B/L, D/L은 각각 0.28, 0.99의 비로 나타났고, 그 관계식은(12), (13)과 같았으며, 깊이보다는 선폭의 영향이 더 큰 것으로 나타났다.

$$Y = 0.1884x + 0.9167 \quad (R^2 : 0.7599) \dots\dots\dots(11)$$

$$Y = 0.033x + 0.587 \quad (R^2 : 0.1252) \dots\dots\dots(12)$$

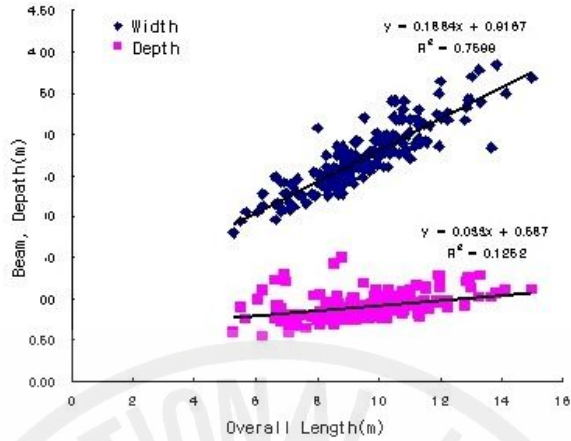


Fig. 5. The relationship between boat's width and depth and its length.

지역별로 선박의 총톤수에 대한 승객수를 살펴보면, 제주시의 경우는 12명이었고, 서귀포시, 북제주군, 남제주군은 각각 8, 7, 9명으로 나타났다. Fig. 6은 총톤수와 승객수와의 상관관계를 나타내는 것으로, 그 관계식은 (13)와 같다.

$$Y = 1.637x + 1.0535 \quad (R^2 : 0.663) \dots\dots\dots(13)$$

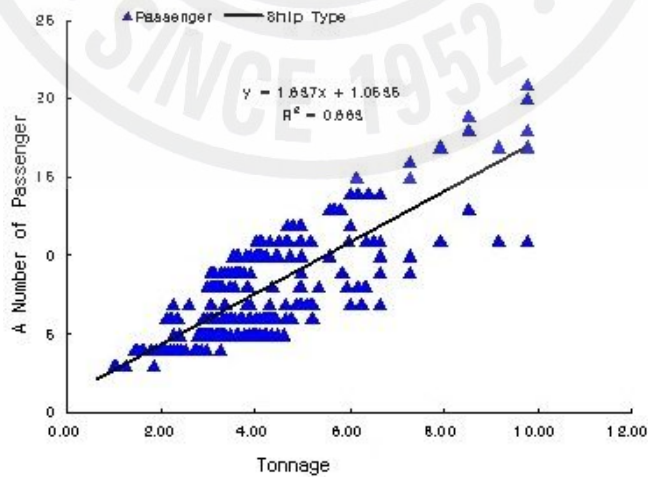


Fig. 6. The relationship between the number of passengers and the weight expressed in tons.

### 3.2 시험선의 제원

감요기술의 개발을 위하여 선정된 시험선은 Table 1과 같이 1990년에 진수된 5.87톤의 애령호로서 그 주요 제원은 길이 9.68m, 폭 2.96m, 깊이 1.03m이었으며, 시험선의 재료는 FRP이었다. 감요시험을 위해서는 어창을 개조한 후 다시 복구하는 작업을 거쳐야 했으며, 이 과정에서 선주를 설득시키는 것이 대단히 어려웠고 또한 시험운항은 더욱 어려웠다. 더구나 노후된 선박이라서 그 선박의 특성을 나타내는 기본적인 자료도 없어서 정확하게 계산하는 데에도 어려움이 있었을 뿐 아니라 바람직한 방향으로의 시험에 장애가 되었다.

Table 1. The details of the boat used in the experiments

Fishing Boat		Details			
Number	9505058-6497100				
Boat Name	Aeryongho				
Fishing Boat Type	A Power Boat	Overall Length	Overall Width	Depth	Tonnage
Port of Loading	Gujwa eup, North Jeju				
Shipbuilding Construction	Halla FRP	9.68m	2.96m	1.03m	5.87t
Date	06. 1990				

Table 2는 시험 일시 및 해역을 정리한 것으로, 시험은 항내에서 압력계, 경사계를 이용하고 고유주기 및 GM 등을 측정하는 기본 시험을 끝낸 후 2006년 3월 21일, 26일 및 30일의 3일간에 걸쳐 세화 외항에서 정선시험 3회를 실시하였으며, 정선위치는 33°32.640' N 126°51.701' E, 33°32.636' N 126°51.687' E, 33°31.949' N, 126°51.896' E의 해역이었고 어창에 해수를 넣었을 때와 배출했을 때 동일한 해상 조건을 주고 10분 동안 경사계와 압력계를 이용해서 중·횡요시험을 하였다.



Table 2. Experiment completion dates

Dividing	1th	2th	3th
Date	2006. 3. 21. 10:00~12:00	2006. 3. 26. 15:00~17:00	2006. 3. 30. 15:00~17:00
Experiment Location	Port of Sewha 33°32.640 ' N 126°51.701 ' E	Port of Sewha 33°32.636 ' N 126°51.687 ' E	Port of Sewha 33°31.949 ' N 126°51.896 ' E
Wind Direction	263°	155°	312°
Wind Speed	1.9~2.2m/sec	1.3~3.2m/sec	8.0~10.0m/sec
Depth	20~30m	20~30m	13~15m

### 3.3 기술 개발 방법

낙시어선의 선질(船質)은 주로 FRP이기 때문에 경하배수량의 감소로 횡요각의 증가 및 횡요주기가 짧아져 승선감이 나쁘고 안정성이 저하된다. 그리고 대부분 관광객을 승선시켜 낚시를 하는 어선은 해역을 이동하면서 정선(定船)상태에서 낚시를 하게 된다.

이러한 조건을 기초로 하여 시험선박의 복원력 및 횡요 주기, 내항성 등의 기초 조사를 하기 위하여 풍향·풍속계, 압력계, GPS, 경사계를 사용하여 선박의 특성을 파악하기 위한 구성은 Fig. 7과 같다.

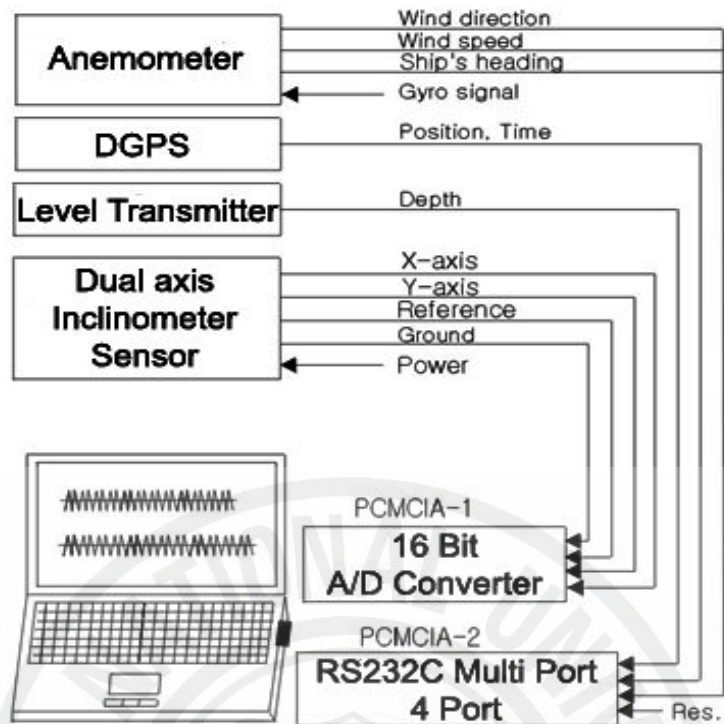


Fig. 7. Measuring mimetic diagram.

뉡시어선의 어창은 선박의 무게에 의하여 선저의 물봉을 통해서 해수가 어창에 채워지고 또한 이곳에 어획된 고기를 저장함으로써 활어 상태를 유지하게 하기 위한 것이다. 대개 이러한 어창은 약간의 차이는 있겠지만 3개 정도 배치되어 있는데, 선체의 안정성을 더욱 향상시키는 역할을 하고 있다. 그러나 뉡시어선은 어장에서 어로작업을 하여 전 어창에 어획물을 채우는 일은 극히 드물다.

일반적으로 어선에는 선체가 지니고 있는 고유 횡동요 주기가 있으며, 동일한 주기로 어창 내에 있는 해수는 움직이게 마련이다. 그러나 본 개발 방법은 3개의 어창 중 선박 중심부에 있는 어창의 구조를 U자 형태로 변경시켜서 횡동요 주기의 변화가 일어났을 때 횡요각을 감소시킬 목적으로, 경사계에 의해서 그 주기를 조사하여 시험선의 어창을 모형 제작하고 시뮬레이션에 의하여 최적구조를 찾음으로써 이를 바탕으로 시험선에 직접 구조를 변경시켜서 실제 해역에서 감쇠 효과를 얻을 수 있도록 하고, 차후 이를 이용하여 조선소에서 뉡시어선을 건조할 때에 기초 자료로 이용하고자 한다.

### 3.4 측정방법

Fig.7에서와 같이 풍향 풍속계, GPS, 압력계(Level transmitter), 경사계(Dual Inclinometer Sensor)의 신호를 A/D converter로 거쳐 퍼스널 컴퓨터를 통해서 저장하고 분석하였으며, 그 주요 계기인 경사계와 압력계의 구성은 Table 3과 같다.

Table 3. Composition of the dual-inclinometer sensor and level transmitter

Item	Specifications	
Dual - Inclinometer Sensor	Range of Measurement	$\pm 18^\circ \sim \pm 60^\circ$
	Zero degree resolution	$0.02^\circ/0.06^\circ$
	Outputs	11bit digital output(RS232/422) analog output & 4 programmable
	Dimensions	100×66×40(mm)
Level transmitter	Accuracy	$\pm 0.15\%$ (FS/RSS)
	Thermal effect on zero	$\pm 0.03^\circ$ FS/ $^\circ\text{C}$
	Thermal effect on span	$\pm 0.03^\circ$ FS/ $^\circ\text{C}$

경사시험을 하기 위하여 시험선의 계류용 로우프는 시험시 선박의 경사에 영향을 미치지 않도록 하였고, 시험과 관련 없는 인원은 선박의 외부로 이동하였다. 이동중량(SHIFTING WEIGHT)은 시험전에 계량하여 그 결과를 표시하여 놓고, 선박에 이동중량이 놓일 자리도 사전에 정확히 표시해 두었다. 측정방법은 일반적으로 사용하는 방법이 아닌 경사계에 의한 방법으로 바람이 없는 날을 택해서 동시에 실시하였으며, 경사시험은 그 선박의 고유주기 및 횡요각을 구하여 선박의 복원성을 검토하였다.

#### (1) 경사시험 준비

- 이동 중량 : 0.225 ton × 4 ea
- 비중계, 해수 채취통, 비이크, 온도계
- 시험인원 : 지휘 1명, 경사계 계측 및 기록 인원 4명



(2) 시험방법

- 경사계는 선교의 정 선수·미 선상 설치하여 자료입력
- 이동중량을 Fig. 8과 같이 중앙부에 배치
- 경사용 중량 : 물을 채운 120L용 물통
- 이동 중량 : 0.06 Ton × 4 개
- 선수, 선미의 양현 흘수를 계측
- 흘수 1/2 깊이에서 해수를 채취하여 비중을 계측
- Table 4와 같은 순서에 따라 중량을 이동시키고 횡동요가 멈출 때부터 경사계를 작동시켜 횡요각을 5분 동안 3회에 걸쳐 자료를 입력하여 그 평균값을 취하여 계산하였다.

Table 4. Weight movement and hull depth measurements

NO	Weight Movement Direction	
	Port	Starboard
1	○○	○○
2	○○○○	-
3	○○	○○
4	-	○○○○
5	○○	○○

Fig. 8 및 Fig. 9는 시험선에 설치한 이동 중량물의 배치를 나타낸 것으로 대부분의 선박이 경사시험을 할 경우 그림에서와 같이 중량물을 이동하고 고무호스의 수두 변화량 기록에 의한 방법과 선수·미에 진자를 설치하는 방법을 쓰고 있다. 그러나 이 연구에서는 경사계와 압력계에 의한 방법을 사용하였다.

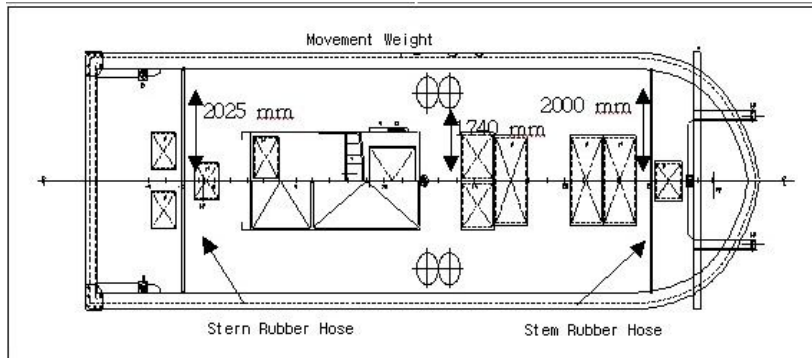


Fig. 8. A weight movement plot plan.



Fig. 9. A weight movement experiment plot plan.

Table 5는 해양수산부고시 제1998-92호의 복원성 기준을 나타내고 있다.

Table 5. Restoration Standard

Restoration for Judging	
Restoration Regulation Item	Restoration Standard
GZ Area UP TO 30° (m-rad)	> 0.055 (m-rad)
GZ Area UP TO 40° (m-rad)	> 0.090(m-rad)
GZ Area Bet. 30-40° (m-rad)	> 0.030(m-rad)
Max. GZ (m)	> 0.2(m)
An. of Max.GZ (m)	> 25(°)
GoM (m)	≥ $GMs=0.004B + \alpha(B/D) - \beta(m)$

## IV. 결과

### 4.1 기술 개발 내용

제주도의 낚시어선의 크기는 0.5톤 이상 10톤 미만이고, 선질로는 목선은 거의 없고 대부분 FRP이며, 경량화로 인하여 선체 동요주기가 짧아서 동요가 매우 심한 것이 단점이다. 그리고 제주도는 타 해역보다 바람과 파도가 높고 해황이 나쁜 해역이다. 그래서 우선적으로 특별로 경사계 및 경사시험에 의해서 복원력을 검토한 후 안정성을 재확인하고 기존선의 어창을 이용했을 때의 횡동요 주기를 조사하였다. 그 후 주기를 감소시킬 수 있도록 어창의 구조를 최적 배치하여 횡요각을 50 - 70% 정도 감소시키는 것을 목표로 하였다.

제주도 낚시어선에 관련한 자료를 수집 조사·분석하여 낚시어선의 구조의 문제점을 도출하고 어민들의 요구 사항을 조사하였다. 또한 현존선의 현장에 대한 내항성을 분석한 결과 기존 어창 구조의 문제점을 도출할 수 있었다.

또한 제주 낚시어선의 선체구조를 이용하여 최적규모의 어창을 배치하고 그와 관련한 연구를 하였고 모형 시험을 통한 횡요 주기를 분석하였다.

모형선 어창구조를 제작하여 실험을 실시하여 그 결과를 토대로 실제 어선을 구조 변경한 후 그 성능을 현장에서 평가하고 선박의 어창구조를 결정하여 낚시어선 건조시 최적어창 구조를 반영하였다.

### 4.2 항내 시험

시험선은 소형어선으로 흘수표(Draft Mark)가 부착되지 않아서 선수·미(AP, FP)에서 압력계를 이용하여 수면에서 선저까지 양현의 흘수를 계측하였다. 그 결과는 Table 6과 같이 상당흘수는 0.91m이었다.

Table 6. Hull depth measurement value

Dividing	Stem	Sterm
	Draft	Draft
Port	1.350m	0.451m
Starboard	1.368m	0.471m
Average	1.359m	0.461m
Mean Draft	0.91m	

시험선의 배수량( $W$ )을 나타내는  $L(\text{길이}) \times B(\text{폭}) \times D(\text{흘수}) \times K$ 에서  $K$ 의 상수는 0.212 ~ 0.482를 적용하였으며, 그 평균한 배수량은 9.07톤 이었다.

Table 7은 중량물을 이동했을 때 경사계를 이용하여 측정한 경사각의 변화량을 나타낸 것으로, 횡요주기( $T$ )는 3.527sec., GoM 값은 1.119m으로, 복원성 기준에서 시험선에 요구하는 GoM 값은 0.673324m 인 것과 비교하여 보면 그 기준을 만족함을 알 수 있었다.

Table 7. GoM for a tilt angle

Movement Object Type			Drum of Fill up a Water			
Movement Object Weight $w$ (Ton)			0.12			
Movement Distant $y$ (m)			2.30			
Movemet Moment $wy$ (Ton · m)			0.276			
NO.	Weight Movement Direction		1th		2th	
	Port	Starboard	A Tilt Angle of Rolling (°)	A Tilt Angle of Rolling Change (°)	A Tilt Angle of Rolling (°)	A Tilt Angle of Rolling Change (°)
1	○ ○	○ ○	1.47605	1.56225	1.40394	1.44367
2	○ ○ ○ ○	-	0.08620	1.51151	0.03397	1.45297
3	○ ○	○ ○	1.42531	1.66077	1.41324	1.61206
4	-	○ ○ ○ ○	3.08608	1.66119	3.02530	1.58441
5	○ ○	○ ○	1.42489		1.44089	
Average Variation			1.59893		1.52327	
Tan $\Theta$			0.02791		0.02659	
Average Tan $\Theta$			0.02725			
$\circ G_oM = \frac{w \times y}{Wm \times \tan \Theta} = \frac{0.276}{9.047694 \times 0.02725} = 1.11954 M$						

### 4.3 최적 어창 구조 설계

시험선인 경우의 어창구조를 살펴보면, 선수에서 선교까지 그 사이에 1, 2, 3번의 활어창이 배치되어 있었다. 그리고 어창의 구조에 대한 횡단면은 Fig. 10에 나타내었다. 본 연구에서는 3개의 활어창 중 2번 어창을 감요(減搖)어창으로 결정하였다.



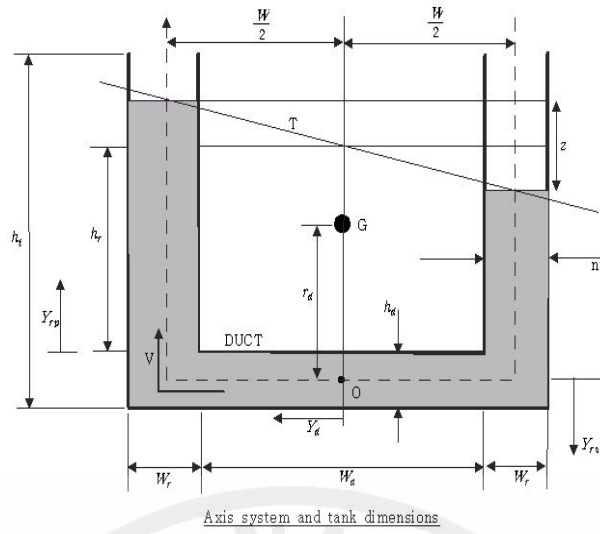


Fig. 10. A cross section of a live fish hold.

Fig. 11은 기존의 2번 어창구조를 나타내고 있으며, 종방향의 길이는 8800mm, 폭은 2700mm, 높이는 1100mm 이다.



Fig. 11. Structural drawing of an existing fish hold.

식(15)는 최적 설계된 어창 구조도를 나타낸 것으로, 시험선인 경우 최적 어창설계를 위해 경사계에 의해서 측정된 고유주기는 3.527초로서,

$$\omega_{st}^2 = \sqrt{\frac{K_t}{J_{st}}} = \sqrt{\frac{2gh_d}{w_r w + 2h_r h_d}} \dots\dots\dots(14)$$

(14)식을 이용하여 그 제원  $w : 2700\text{mm}$ ,  $w_x : 300\text{mm}$ ,  $h_x : 730\text{mm}$ ,  $h_d : 400\text{mm}$ 을 각각 얻었다.

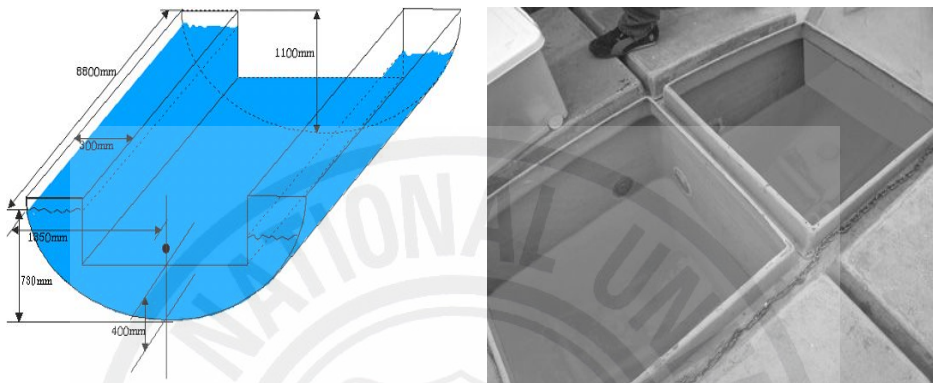


Fig. 12. Structural drawing of an ideally designed fish hold.

#### 4.4 시험선의 해상 시험

시험선에 대한 횡요각의 해상실험은 최적 설계된 어창구조 (U-탱크) 및 기존의 어창 상태에서 동일한 조건으로 실시하였다. 해상시험에는 매번 구조를 변경할 수 없어서 어창에 해수를 넣었을 때를 U-탱크실험이라고 하고, 해수를 배출시켰을 때를 기존의 어창 상태로 하여 횡요경사각을 측정하고 비교·검토하였다.

##### 4.4.1. 경사각의 변화 측정

Fig. 13은 2006년 3월 21일 세화 외항에서 시험선이 정지된 상태에서 0.25초 간격으로 경사계에 의한 경사각을 측정한 것으로, 기존 어창(공-탱크)과 U-어창(U-탱크)의 횡요각 변화를 나타내고 있다. 총 자료 수는 기존어창인 경우는 7,627개, U-어창은 7,477



개였고 분석한 결과는 그림에서처럼 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 그 결과를 통계분석해 보면, 기존 어창의 좌현 경사각은 최대 14.78°, 평균 4.33°, 우현 경사각은 최대 9.57°, 평균 3.77°, 좌·우현 평균경사각은 3.78°로 나타났으며, 그리고 U-어창의 좌현 경사각은 16.55°, 평균 4.06°, 우현 경사각은 최대 11.28°, 평균 2.44°, 좌·우현 평균경사각은 3.57°이다. 평균 경사각에서는 기존 어창인 경우가 약 0.2° 정도 높은 것으로 나타났다.

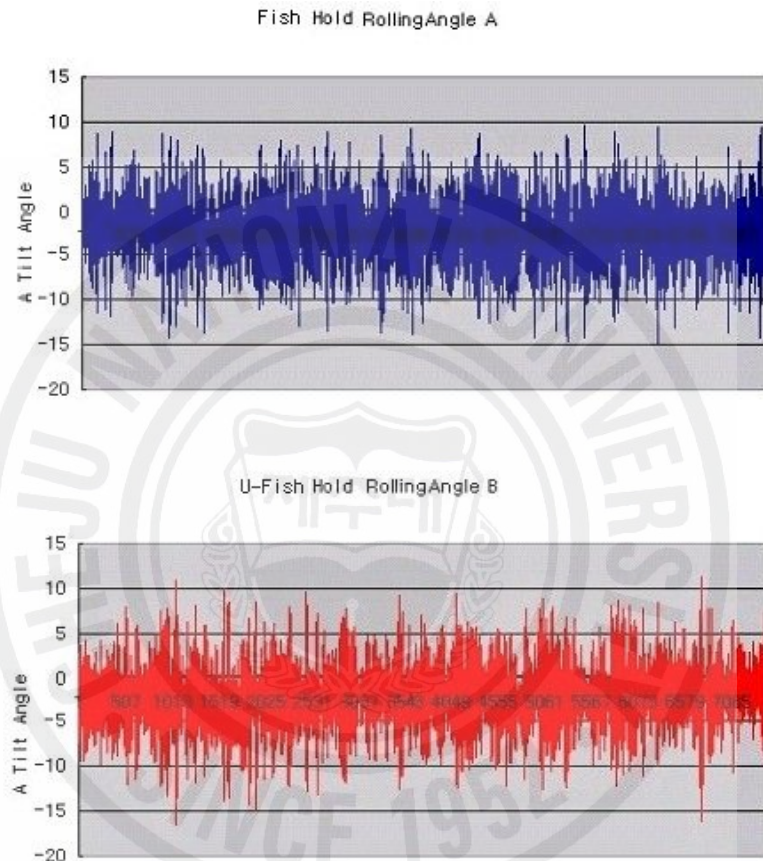


Fig. 13. A tilt angle of an existing fish hold(A) and an U-fish hold(B) according to time change from the first experiment.

Fig. 14은 시험선이 정지된 상태에서 2006년 3월 26일 세화 외항에서 동일한 방법으로 시간에 따른 횡요각 변화를 나타내고 있다. 1회 때 실시한 것처럼 큰 차이 없음을 보이고 있다. 총 자료 수는 기존어창인 경우는 7,224개, U-어창은 7,279개로써 통계분석 결과를 나타내고 있다. 기존 어창의 좌현 경사각은 최대 11.55°, 평균 3.55°, 우현 경사각은 최대 6.67°, 평균 1.48°, 좌·우현 평균경사각은 3.18°로 나타났으며, 그리고 U-어창의

좌현 경사각은  $10.28^\circ$ , 평균  $2.70^\circ$ , 우현 경사각은 최대  $7.42^\circ$ , 평균  $1.86^\circ$ , 좌·우현 평균경사각은  $2.39^\circ$ 이다. 평균 경사각에서는 기존 어창인 경우가 약  $0.8^\circ$  정도 높은 것으로 보였다.

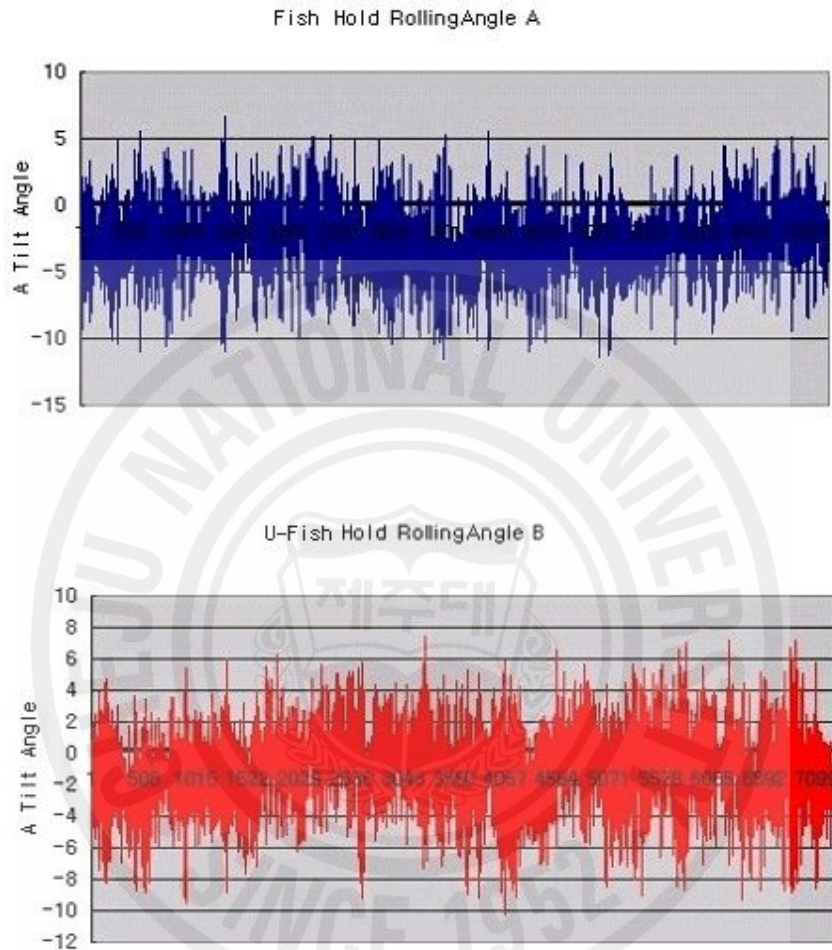


Fig. 14. A tilt angle of an existing fish hold(A) and an U-fish hold(B) according to the time change from the second experiment.

Fig. 15는 2006년 3월 30일 세화 외항에서 시험선이 정지된 상태에서 동일한 방법으로 시간에 따른 횡요각 변화를 측정된 것으로, 총 자료 수는 기존어창인 경우는 3,077개, U-어창은 2,830개이었다. 기존 어창의 좌현 경사각은 최대  $11.58^\circ$ , 평균  $2.58^\circ$ , 우현 경사각은 최대  $13.23^\circ$ , 평균  $2.80^\circ$ , 좌·우현 평균경사각은  $2.70^\circ$ 로 나타났으며, 그리고 U-어창

의 좌현 경사각은  $12.05^\circ$ , 평균  $2.61^\circ$ , 우현 경사각은 최대  $11.95^\circ$ , 평균  $2.72^\circ$ , 좌·우현 평균경사각은  $2.67^\circ$ 이다. 평균 경사각에서는 기존 어창인 경우가 약  $0.03^\circ$  정도로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

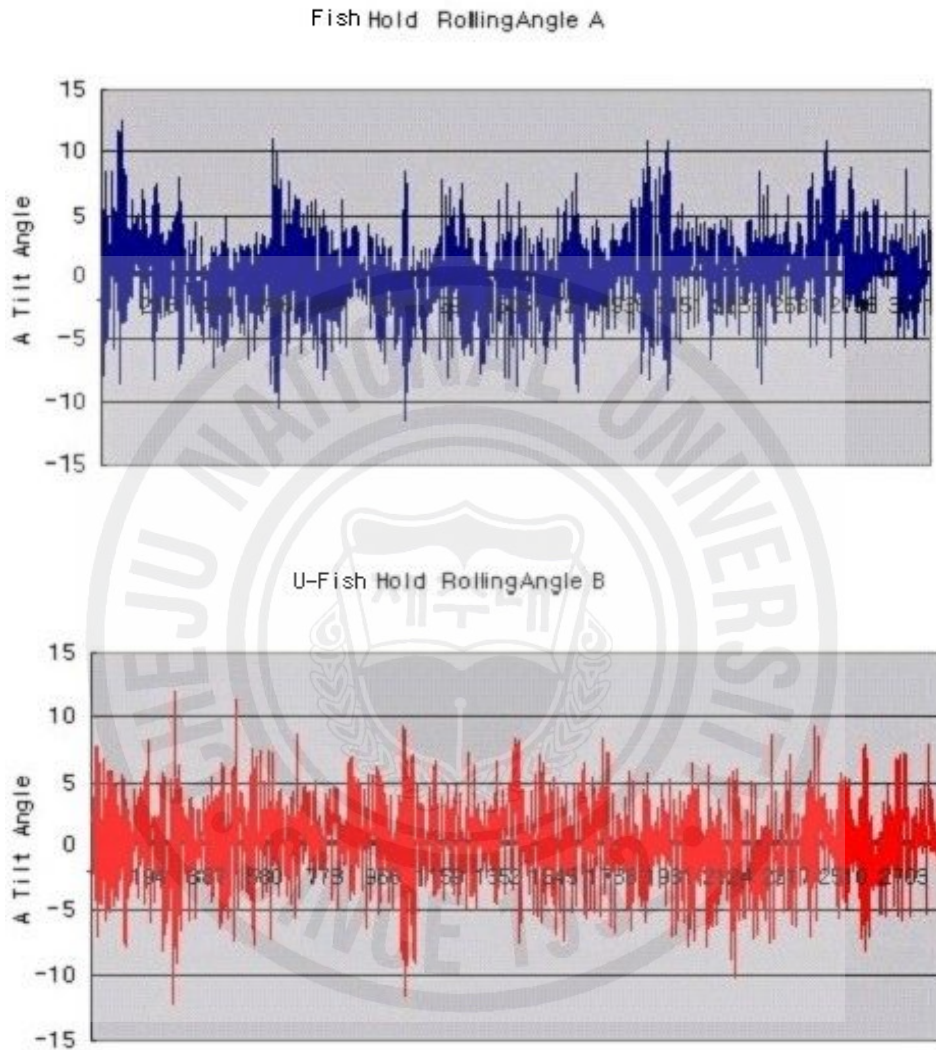


Fig. 15. A tilt angle of an existing fish hold(A) and an U-fish hold(B) according to the time change from the third experiment.

#### 4.4.2. 횡요각의 출현빈도

Fig. 16은 2006년 3월 21일 세화 외항에서 시험선이 정지된 상태에서 경사계에 의하여 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로, 기존 어창(공-탱크) 및 U-어창(U-탱크)의

횡요각 변화를 출현빈도로서 나타낸 것으로 총 자료 수는 기존어창인 경우는 7,627개, U-어창은 7,477개이었다. 기존 어창인 경우는 분포가 넓고 중앙값 6.25°~9.25°사이에서는 그 출현빈도가 적고 횡요 경사각이 클수록 U-어창보다 일어날 빈도가 높음을 알 수 있었다.

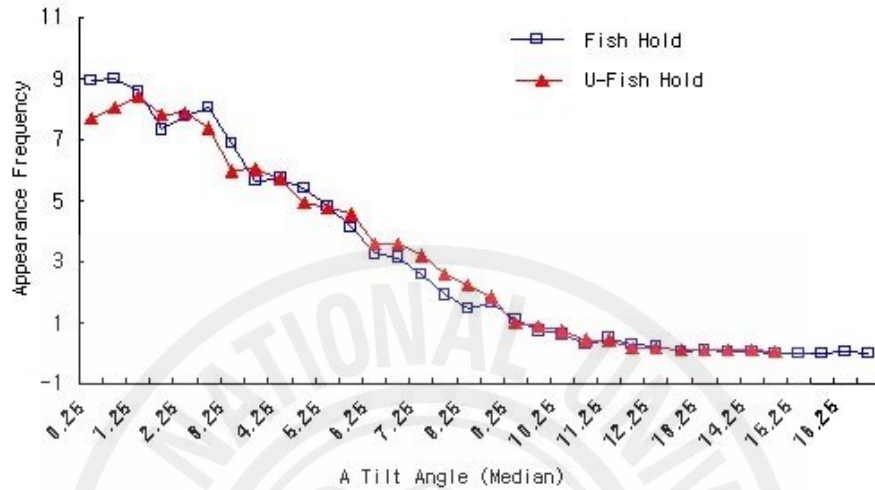


Fig. 16. An advent frequency of an existing fish hold and an U-fish hold from the first experiment.

Fig. 17는 2006년 3월 26일 세화 외항에서 시험선이 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로, 기존 어창(공-탱크) 및 U-어창(U-탱크)의 횡요각 변화를 중앙값에 대한 출현빈도로 나타낸 것으로, 총 자료 수는 기존어창인 경우는 7,224개, U-어창은 7,279개이었다. 기존 어창인 경우는 분포가 넓고 중앙값 4.25°~9.25°사이에서는 1회 때와 반대 경향을 보여 출현빈도가 높았고, 횡요 경사각이 클수록 U-어창보다 일어날 빈도가 높음을 알 수 있었다.



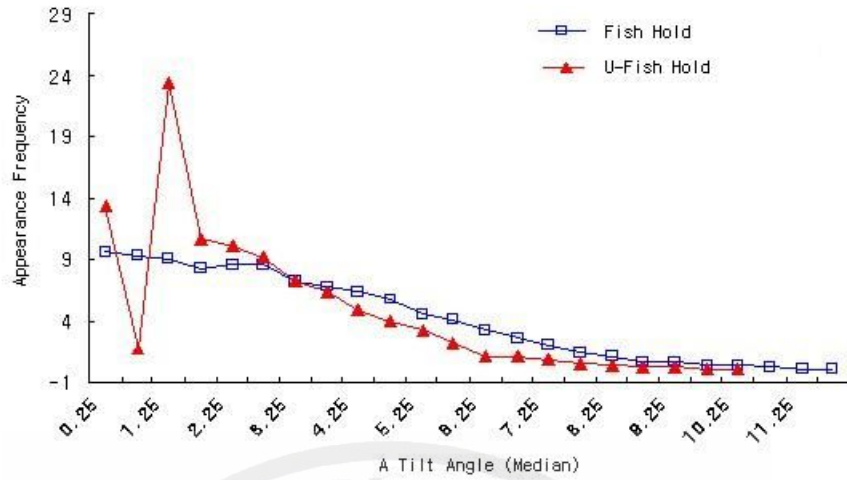


Fig. 17. An advent frequency of an existing fish hold and anU-fish hold from the second experiment.

Fig. 18는 2006년 3월 30일 세화 외항에서 시험선을 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로, 기존 어창(공 - 탱크) 및 U - 어창(U - 탱크)의 횡요각 변화를 중앙값에 대한 출현빈도로 나타낸 것으로, 총 자료 수는 기존어창인 경우는 3,077개, U - 어창은 2,830개이었다. 기존 어창인 경우는 분포가 넓은 것 이외에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

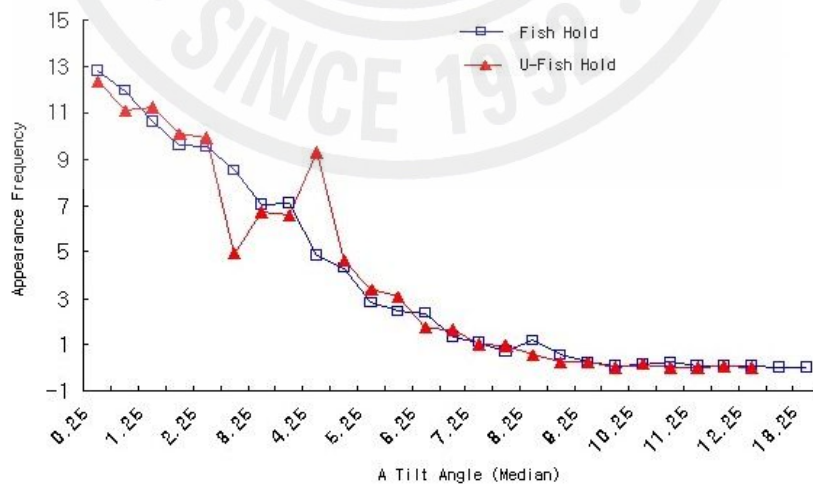


Fig. 18. An advent frequency of an existing fish hold and an U-fish hold from the third experiment.

#### 4.4.3. 횡요각의 상대 빈도

Fig. 19은 2006년 3월 21일 세화 외항에서 시험선을 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로, 기존 어창(공-탱크), U-어창(U-탱크)의 횡요각 변화를 유의 경사각을 1° 간격으로 상대빈도수를 나타낸 것인데, 총 자료 수는 기존 어창인 경우는 7,627개, U-어창은 7,477개이었다. 경사각이 낮은과 높은 곳에서는 별로 거의 비슷한 경향을 보였으나, U-탱크는 5.0°~8.0°사이에서는 기존 어창보다는 감요효과가 있는 것으로 알 수 있었다.

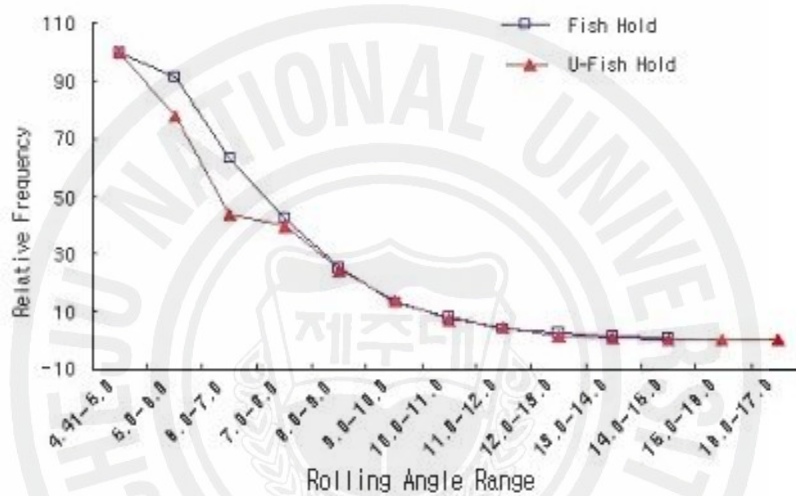


Fig. 19. The relative frequency of a rolling angle change for an existing fish hold and an U-fish hold from the first experiment.

Fig. 20은 2006년 3월 26일 세화 외항에서 시험선을 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로 기존어창(공-탱크), U-어창(U-탱크)의 횡요각 변화를 유의 경사각 1° 간격으로 상대빈도수를 나타낸 것인데, 총 자료 수는 기존어창인 경우는 7,224개, U-어창은 7,279개를 분석한 결과를 살펴보면, 1회 때 실시한 것보다 전반적으로 기존 어창과 U-어창은 비교가 되어 3.0° - 8.0°사이에서는 뚜렷하게 감요효과가 나타난 것으로 판단된다.



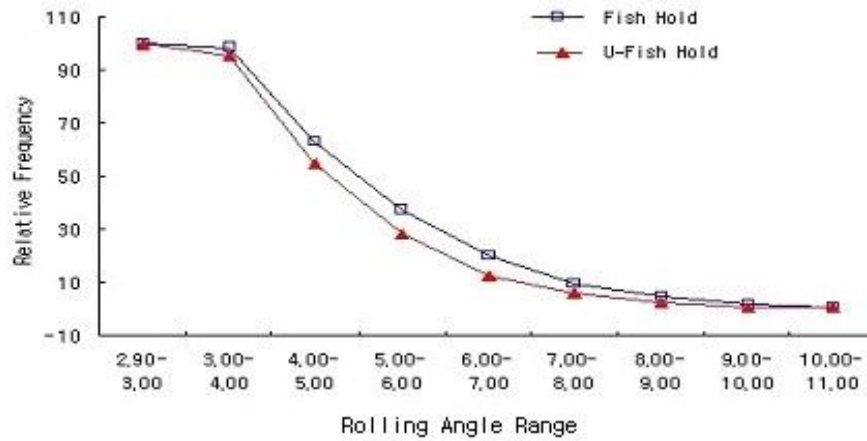


Fig. 20. The relative frequency of a rolling angle change for an existing fish hold and an U-fish hold from the second experiment.

Fig. 21은 2006년 3월 30일 세화 외항에서 시험선이 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로, 기존 어창(공-탱크), U-어창(U-탱크)의 횡요각 변화를 유의 경사각 1° 간격으로 상대빈도수를 나타낸 것인데, 총 자료 수는 기존어창인 경우는 3,077개, U-어창은 2,830개를 분석한 결과를 살펴보면, U-탱크의 경우가 3.0°~8.0°사이에서는 기존어창인 경우보다 그 분포 범위가 넓게 감요 효과를 보이고 있었다.

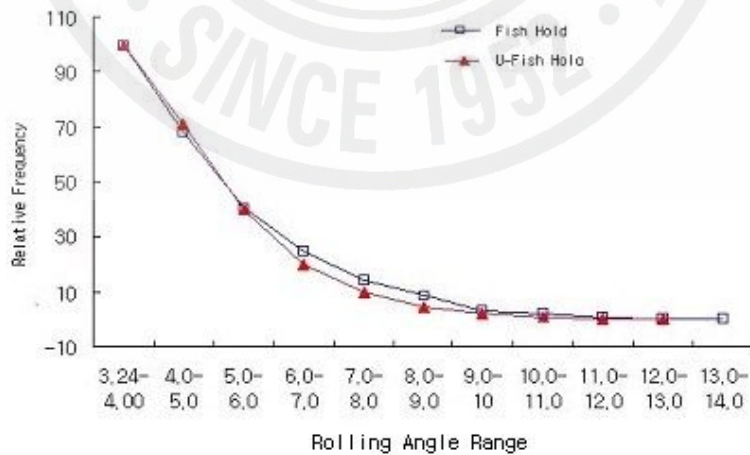


Fig. 21. The relative frequency of a rolling angle change for an existing fish hold and an U-fish hold from the third experiment.

#### 4.4.4. 횡요각의 확률밀도 함수

Fig. 22는 2006년 3월 21일 세화 외항에서 시험선을 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로, 기존 어창(공-탱크), U-어창(U-탱크)의 횡요각 변화를 중앙값에 대한 확률밀도함수를 나타낸 것인데, 총 자료 수는 기존어창인 경우는 7,627개, U-어창은 7,477개를 분석한 결과를 살펴보면, 0.25°~5.25°에서는 U-탱크가 낮은 경향을 보였고, 5.25°~9.25°에서는 그 반대 현상을 나타냈으며 그 이외에서는 같은 밀도함수를 보였다.

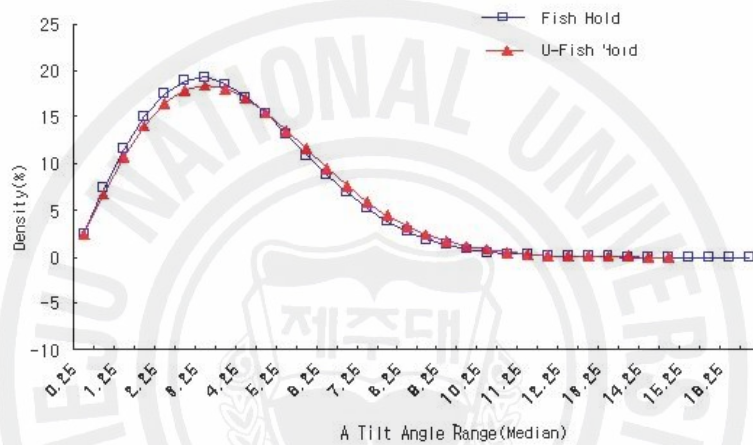


Fig. 22. Probability density function median of a rolling angle change from the first experiment.

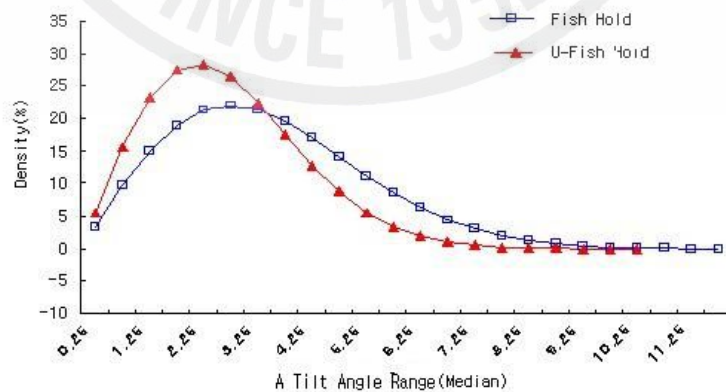


Fig. 23. Probability density function median of a rolling angle change from the second experiment.

Fig. 23은 2006년 3월 26일 세화 외항에서 시험선이 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로, 기존 어창(공-탱크), U-어창(U-탱크)의 횡요각 변화를 중앙값에 대한 확률밀도함수를 나타낸 것인데, 총 자료 수는 기존어창인 경우는 7,224개, U-어창은 7,279개를 분석한 결과를 살펴보면, 0.25°~3.25°에서는 U-탱크가 높은 경향을 보였고, 3.25°이상의 경사각에서는 기존 어창의 경우보다 낮게 나타나므로, 3.25°이상의 경사각에서는 감요효과가 다소 있는 것으로 판단된다.

Fig. 24은 2006년 3월 30일 세화 외항에서 시험선이 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 측정된 횡요각의 결과로, 기존어창(공-탱크), U-어창(U-탱크)의 횡요각 변화를 중앙값에 대한 확률밀도함수로 나타낸 것인데, 총 자료 수는 기존어창인 경우는 3,077개, U-어창은 2,830개를 분석한 결과를 살펴보면, U-탱크의 경우가 미세하지만 전반적으로 그 효과가 있는 것으로 판단되었다.

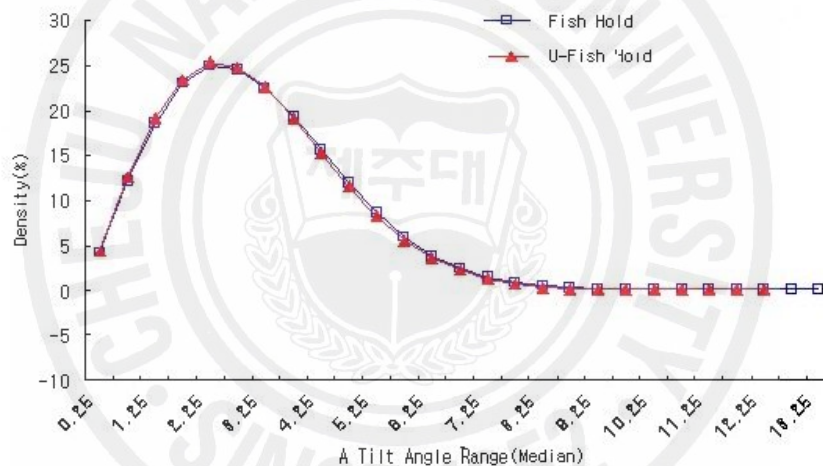


Fig. 24. Probability density function median of a rolling angle change from the third experiment.

Table 8는 지금까지 분석한 결과를 요약한 것으로 1회 때는 평균 경사각이 기존 어창인 경우와 U-탱크는 3.78°, 3.57°이었고, 유의 경사각(H1/3)은 6.98°, 6.67°정도 U-탱크가 낮은 것으로 분석되었으며, 감요효율은 약 10.8%정도 나타났다.

2회 때에는 1회 때와 비슷한 경향을 보였는데, 평균 경사각은 기존어창인 경우와 U-탱크는 3.18°, 2.39° 이었고, 유의 경사각(H1/3)은 5.81°, 4.48°정도로 감요 효율은 약 10.8%정도 분석되었다. 그리고 3회 때의 실시 결과는 평균 경사각은 기존 어창인 경우와 U-탱크는 2.69°, 2.67° 이었고, 유의 경사각(H1/3)은 5.13°, 5.00°정도로 감요 효율은

약 5.3%정도로 확인할 수 있었다.

Table 8. Analysis Results

	Dividing	Fish Hold	U-Fish Hold
	Total Data	7627	7477
	Average Amplitude	3.77596	3.5712
1	Starboard	Maximum	9.57
		Average	2.44603
	Port	Maximum	14.78
		Average	4.3318
	Significance Amplitude	6.98	6.67
	Attenuation Efficiency		10.84%
	Total Data	7224	7279
	Average Amplitude	3.18263	2.392029
2	Starboard	Maximum	6.67
		Average	1.4813
	Port	Maximum	11.55
		Average	3.54955
	Significance Amplitude	5.8099	4.4775
	Attenuation Efficiency		10.24%
	Total Data	3077	2830
	Average Amplitude	2.6953	2.666281
3	Starboard	Maximum	13.23
		Average	2.7967
	Port	Maximum	11.58
		Average	2.57782
	Significance Amplitude	5.130195	4.99793
	Attenuation Efficiency		5.32%

## V. 고찰

낙시어선의 대부분은 흘수가 표시되어 있지 않고, 선박의 제원에 대해서는 정확한 자료가 없었다. 또한 경험에 의해서 선주가 선체를 임의로 변경하는 경우가 많으므로 조공학적인 측면에서 세밀하게 분석할 수 없었다. 그러나 이 연구에서는 흘수를 읽을 수 있는 계기인 압력계에 의해서 정확하게 흘수를 읽을 수 있어서, 그 선박의 배수량을 알 수 있었다.

그리고 경사시험을 할 때에 중량물을 옮기고 횡요각을 알기 위해서 호스에 물을 넣고 그 수두의 높이를 읽거나 선수 및 선미에 진자를 설치하여 그 변화량을 찾아서 GM값을 분석하였다. 그러나 본 시험에서는 처음으로 진자, 호스를 설치하지 않고 경사계에 의해서 횡요각을 파악하여 횡요주기 및 GM값을 알았고, 따라서 그 선박의 복원성을 쉽게 분석할 수 있었다.

제주도 낙시어선은 선장이 경험에 의해서 고기가 잘 잡히는 곳을 파악하여 두었다가 그 곳에 도착하면 어군탐지기에 의해서 어군정도를 알고 정선된 상태에서 낙시를 하게 된다. 그런데 가장 문제되는 것은 선질이 대부분 FRP이므로 선체의 횡요주기가 빠르고, 파도로 인하여 횡요가 심하여, 전문적인 어선원이 아니면 적응하기 어려운 것이 현실이며, 그리고 대개의 어선은 활어창 3개를 배치하는데, 낙시객이 어획한 고기가 그렇게 많지 않기 때문에 한 개의 어창을 구조 변경하더라도 큰 무리가 안 되는 것으로 파악되었다.

본 연구에서는 수동식 감요장치인 U-탱크구조를 이용하여 감요를 줄이는 방법을 찾게 되었다. 측정결과에서와 같이 탱크를 변경했을 때 감요 효율이 10.8%, 10.2%, 5.32% 정도였으나, 다소 미미하지만 그 효과를 알 수 있었다. 본 연구에서는 30%이상의 효율을 예상하였으나, 시험선인 경우는 노후 된 선박이므로 정확한 선박의 제원 없어서, 감요 탱크의 구조에 제원이 약간의 차이 있었고, 따라서 감요 효율이 낮은 것으로 판단되며, 차후 낙시어선을 하고자 하는 선박은 어창의 구조를 U-탱크를 배치하는 경우를 고려해야 할 것으로 예상된다. 그리고 차후 낙시어선은 어창 문제 뿐 만 아니라, 선형 및 외형상 구조도 함께 연구해야 할 대상으로 생각된다.

## VI. 요약

현재 제주도에서 관광객을 승선시켜 낚시 영업 행위를 하는 낚시어선은 기존의 낚시 어업을 하는 어선 중 낚시어선어법에서 규정한 일정 안전 설비를 갖춘 후 어업허가를 받은 어선이다. 따라서 영세하고 수익은 매우 낮은 편이다.

더구나 낚시 영업 행위가 크게 호응을 받지 못하고 있는 기존의 여러 가지 문제점 중 현재 가장 절실히 요구되는 것은 선박에 익숙하지 못한 낚시 관광객들이 횡동요에 의해 느끼는 불쾌감을 해소하는 것이라 판단된다. 이러한 불쾌감은 낚시어선이 주로 FRP로 건조됨으로써, 경량화로 인한 선체 동요 주기가 짧은 것이 그 원인이라고 생각된다. 이에 본 연구는 활어창의 구획을 이용하여 승선감을 향상시킬 수 있는 방법을 연구개발하고, 이로 인하여 기존 낚시어선의 기본 선형을 개발하는 기초 자료를 제공하여 어민들이 편안하게 생업에 종사할 수 있도록 하고 안전운항이 소득 증대의 발판으로도 모되기를 바라는데 있다.

제주도 북제주군 구좌읍 세화의 연안해역에서 FRP선박인 애령호(총톤수 5.87톤, 길이 9.68m, 폭 2.96m, 깊이 1.03m)를 이용하여 경사(횡요)시험장치로 기존어창을 최적설계 및 제작하여 해상시험에 사용하였으며, 기존어창구조와 최적 설계된 어창구조(U-탱크)의 선박을 동일한 조건 하에서 횡동요 상태를 비교하였다. 해상시험은 U-탱크실험과 기존의 어창으로 횡요각의 경사각을 측정하여 비교 검토하였다.

시험선이 정지된 상태에서 경사계에 의해 0.25초 간격으로 3회의 실험을 통해 수집된 자료를 종합해서 기존 어창과 U-어창의 횡요각 변화를 중앙값에 대한 출현빈도로 나타내었을 때, 기존 어창인 경우는 분포가 넓을 뿐 아니라, 중앙값 4.25°~9.25° 사이에서 그 출현빈도가 적고 횡요 경사각이 클수록 U-어창보다 출현빈도가 높음을 알 수 있었다. 세 차례의 실험을 종합해서 값을 상대빈도수를 나타내면, 경사각이 작은 곳과 높은 곳에서는 기존의 어창과 비슷한 경향을 보였으나, 기존어창에 비해 U-탱크는 3.0°~8.0°사이에서는 뚜렷하게 감요효과가 나타났다.

이상과 같은 결과로 탱크를 변경했을 때 감요 효율이 10.8%, 10.2%, 5.3%정도로, 다소 미미하지만 그 효과가 있음을 알 수 있었다.



## 참고문헌

1. 김성귀, 윤상호, “어촌관광 증장기 발전계획 수립에 관한 연구”, 해양수산부, 2001. 11.
2. 박제웅 외, “연근해(소형)어선 안정성을 위한 신차인(Chine)선형 및 자동A. R. T장치 실용화 기술 개발”, 해양수산부, 2000. 12.
3. 백영수, 강병운 외, “제주연안 복합어선 선형 개발”, 중소기업 기술혁신 개발사업보고서, 중소기업청, 2004. 5.
4. 우봉구, 구종도, “감요 수조의 성능에 관하여“, 대한조선학회지 제8권 1호, 1971.
5. 제주도, “해양수산 현황”, 1990 - 2004.
6. 최찬문, 안장영, 이창현, “능동형 횡동요 감쇠장치의 성능에 관한 연구”, 한국어업기술학회지 제40권 제2호, pp 138-143, 2004. 5.
7. 최찬문, 안장영, 서두옥, 정용진, “선속변화에 의한 능동형 횡 동요감쇠장치의 효과”, 제주대학교 해양과환경연구소 연구논문집 제28권 제1호, pp61-68, 2004. 6.
8. A. R. M. LLOYD, B.Se., Ph.D, "Seakeeping Ship Behaviour Rough Weather", ELLIS HORWOOD LIMITED.
9. RAMESWAR BHATTACHARYYA, "Dynamics of Marine Vehicles"
10. Stigter, C, "The Performance of U-Tank as Passive anti-rolling Devve " vol. 13, No.144, Aug. 1966.

## 감사의 글

연구를 수행함에 있어 저의 재주가 많이 부족함에도 불구하고 오랜 기간 동안 항상 같은 마음으로 지도와 편달을 아낌없이 보내주신 안장영 교수님과 실험 과정에서 많은 관심과 지도를 해주신 최찬문 교수님께 깊은 감사를 드립니다.

아울러 미흡한 논문을 세심하고 자상하게 다듬어 주신 안영화 교수님, 김석중 교수님께도 감사를 드리며, 학위 과정 내내 지도를 아끼지 않으신 서두옥 교수님과 문일주 교수님께도 심심한 감사를 드립니다.

언제나 많은 조언과 관심을 가져주신 김승필 선배님과 실험에 많은 도움을 주신 김병엽 선배님, 옆에서 물심양면으로 조언과 격려를 해 주신 이창현 선배님, 저에게 따뜻한 말솥과 힘이 되어 주신 김홍수 선배님에게 감사를 드립니다.

또한 실험에 충실히 도와 준 김상범 선배님과 양재호 학우와 양정훈 후배님에게 고마움을 전합니다.

지금은 졸업하고 사회인으로서 열심히 자기 삶을 살아가고 있는 윤상필, 신성태, 고윤일 선배님과 임충환 후배에게도 고마운 마음을 전합니다.

실험실에서 부족한 선배인 나에게 항상 도움을 주었던 강승필, 하주형, 고성건 후배님들에게도 고마움을 전합니다.

바쁜 조교업무에도 시간을 내어 도와준 강경범 후배와 항상 지켜보다 선후배를 먼저 챙기는 안젼마 후배와 김우장 후배에게도 감사의 마음을 잊을 수가 없습니다.

그리고 항상 저를 지켜보면서 격려해주신 교장선생님을 비롯한 교감선생님과 여러 선생님께 감사의 마음을 전합니다.

그리고 내가 언제나 의지 할 수 있는 이상민 친구와 후배 광민 후배에게도 감사의 마음을 전하며, 내가 힘들고 지칠 때 힘이 되어주고, 항상 지켜 봐 주는 김지혜에게도 고마움을 전합니다.

끝으로 자식을 위한 변함없는 사랑과 희생으로 뒷바라지 해주신 부모님과 사랑하는 동생 영전이와 정희에게 저의 작은 노력의 보답이 되었으면 합니다.