J. Kor. Soc. Fish. Tech., 44(2), 148 - 156, 2008
DOI:10.3796/KSFT.2008.44.2.148

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr

낚시 어선의 U형 어창을 이용한 횡요 감쇠에 관한 연구

최찬문* · 안장영[1]
제주대학교 해양과학대학 실습선, [1]제주대학교 해양산업공학부

A study for rolling reduction of fishing boat by utilizing u-type fish-hold

Chan-Moon CHOI* and Jang-Young AHN[1]
Training ship, College of Ocean Science, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea
[1]Faculty of Maritime Industrial Engineering, Cheju National University, Jeju 690-756, Korea

In this study it will be discussed how to solve the problem of discomfort from rolling motion on the fishing boats. Most discomfort is caused by the short cycle of rolling due to the light weight of the boats. The light weight is due to the FRP material which dries a boat. A way to improve the feeling of boarding by using fish hold was researched. The experiment was done on experimental fishing boat made by FRP in Jeju. An existing fish hold was designed and manufactured through the rolling test and that was used for a marine experiment. The rolling condition of the U-tank boat ideally designed was compared to that of an existing fishing boat using the same conditions. The experiments were carried out two times on the stop engine in the outward Sehwa fishing port, which the experimental data had analysed for effects of rolling reduction to compare the U - tank with the of exiting fish hold. The results were confirmed that the U-boat tank in the roll period and GoM were more safe than the existing fish hold and the average amplitude and significant of rolling angles were decreased relatively.

Key words : Fishing boat, U-tank, Rolling period, Significant amplitude of rolling angle, Relative cumulative frequency distribution

서 론

한·일, 한·중 어업협정, 수산물 시장 전면 개방 등 어선어업 주변의 여건변화와 연안의 자원감소로 연안어업에 종사하는 어선은 낚시어선법에서 규정한 안전설비를 갖추면 승객을 승선시켜 낚시어업을 겸업할 수 있도록 하여 어촌 관광의 활성화 및 어가소득의 증대를 도모할 목적으로 하고 있다. 따라서 제주에서는 현재 200여척이 낚시 승객을 승선시키면서 영업 행위를 하고있다(Kim et al, 2007).

*Corresponding author: cmchoi@cheju.ac.kr, Tel : 82-64-754-3493, Fax : 82-64-756-3483

그런데 어업중인 기존 어선들의 선형은 전문적인 어선원들이 승선하여 낚시어업을 하기위한 선박으로 건조되어 있으며, 현재의 제주도 낚시어선은 기존 어선의 휴어기를 이용하여 낚시승객을 승선시키기 때문에 유어 공간 확보와 편의시설 및 안전설비 등이 적합하지 않아 정상적인 관광낚시어선으로서의 역할을 감당하지 못한 것이 현실이다(Kim, 2001).

따라서 이러한 낚시어선은 선상생활에 익숙하지 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 안전하게 낚시를 하기 위해서는 선체의 횡동요를 줄여서 선박에 익숙하지 못한 낚시 관광객들에게 횡동요에 의한 불쾌감을 감소시킬 필요가 있다(Park, 2000).

횡동요를 줄이는 세 가지 방법은 감쇠계수(damping coefficient)를 증가시키는 방법, 선박 고유주기를 변화시키는 방법, 기진력(exciting force) 및 모멘트를 감소시키는 방법 등 있으며, 장치로는 bilge keel, passive anti-rolling tank(수동형 감요 수조), active anti-rolling tank(능동형 감요 수조), fin-stabilizered 등이 있다(Yamaguchi et al, 1993).

본 연구에서는 감쇠장치를 이용해 횡동요를 줄일 수 있도록 1911년 Frahm에 의하여 개발된 U – 형의 감요 탱크(Stigter, 1966)방법을 적용하였다. 시험은 시험선의 3개 어창중 가장 선체 중심에 설치 된 것을 최적 감요어창으로 변경한 한 후 외항에서 정지 된 상태에서 경사계에 의하도록 하였으며, 자료를 입력된 자료를 기초로 하여 감요 효율을 통계기법에 의해서 분석하였다(Bhattacharryy, 1978).

장치 및 방법

이론

감요 수조의 원리는 탱크 내의 물 유동이 선박의 적재조건에 따라서 주기적인 동조에 의하여 선체의 양쪽 날개탱크를 따라 횡 방향으로 움직이는 데 기인한다. 즉, 한쪽 현에서 반대 쪽 현으로 자유롭게 이동함에 따라 중량에 의한 안정화 모멘트를 발생시킨다. 선박의 횡동요 진폭 및 각속도가 작다고 가정하고, 선체의 운동문제를 단순화시키고, 횡 규칙파중에서 선체운동을 횡 동요만 생각하였을 때 이중진자 이론을 기초로 한 감요 수조를 장착한 선박의 파랑 중 운동방정식은 (1)식, 수동형 감요 수조 운동방정식은 (2)식과 같이 나타낼 수 있다(Woo et al, 1974).

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

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

ϕ : 배의 횡동요각
J_s, J_t, J_{st} : 배, 탱크, 배 – 탱크의 관성모멘트
Ω : A.R.T 내 유체의 경사각
B_s, B_t : 배 및 탱크의 감쇠계수
ψ : 파 경사각
$K_s : \Delta \times GM$
$K_t : \pi = \Delta \times GG_{oi}$: 탱크 액면의 2차 모멘트
$M_t : J_{St}\Omega + K_t\Omega$

식(1)의 좌변 마지막 두 항이 선박에 작용하는 감요 수조의 효과 즉, 감요 모멘트를 나타내는 항이다. 규칙파 중의 동요를 $\phi=\phi_0 e^{iwt}$, 모멘트를 $M_t=M_0e^{-i\delta}$라 가정하면 M_t는 다음과 같이 전개된다.

$$M_0e^{-i\delta}\phi = M_0\phi\cos\delta - \frac{M_0}{w}\dot{\phi}\sin\delta \quad (3)$$

식(3)을 (1)에 대입하면 다음 식을 얻게 된다.

$$J_s\ddot{\phi}+\left(B_s\frac{M_0}{w}\sin\delta\right)\dot{\phi}+(K_s-M_0\cos\delta)\phi=K_s\psi \quad (4)$$

여기서, $w_s^2=\frac{K_s}{J_s}$, $w_t^2=\frac{K_t}{J_t}$, $\xi_s=\frac{B_s}{w_sJ_s}$, $c=\frac{M_0}{K_t}$, $\lambda=\frac{K_t}{K_s}$, $e=\frac{w}{w_s}$와 같이 무차원 변수를 도입하여

식(4)를 다음과 같이 변형할 수 있다.

$$\ddot{\phi}+\left(\xi_s+\frac{C\sin\delta}{w}\lambda\right)w_s\dot{\phi}+(1-\lambda C\cos\delta)w_s^2\phi=w_s^2\phi \tag{5}$$

$\psi=\psi_0 e^{iwt}$라 하면 식(5)와 식(6)으로부터 magnification factor(μ)를 구할 수 있다.

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

식(6)에서 항이 $\frac{C\sin\delta}{e}\lambda$ 감쇠성능에 관련되고 $\lambda C\sin\delta$는 선박의 주파수에 기여함을 알 수 있다. 감요 수조의 모멘트 M_t는 탱크 내 유체의 경사각을 $\Omega=\Omega_0 e^{iwt}$라 하면 다음 같은 식(7), (8)로 표현할 수 있다.

$$M_t=K_t\Omega\left(1-\frac{w^2}{w_{st}^2}\right) \tag{7}$$

$$w_{st}^2=\frac{K_t}{J_{st}} \tag{8}$$

여기서 w_{st}^2: 연성주파수 (decoupling frequency)

식(7)로 부터 감요 수조의 효과는 파 경사각, 탱크 자유표면의 2차 모멘트를 나타내는 및 탱크의 상하위치를 나타내는 $\left(1-\frac{w^2}{w_{st}^2}\right)$에 비례함을 알 수 있다. 즉, 탱크의 효과는 $\lambda C\sin\delta$에 관계되므로 위상차 δ는 90° 가 되도록 설계하는것이 가장 좋다. 발생 모멘트 진폭이 크더라도 위상차가 적당치 않으면 탱크의 효과가 감소된다.

Fig. 1은 양쪽에 물을 저장할 수 있는 동일한 크기의 탱크가 덕트로 연결되어 물의 흐름을 원활하게 하는 u－type 구조이다.

u－탱크의 고유주파수는 식(9)처럼 나타낼 수 있으며, 고유주파수는 h_d, w, w_r의 치수와 물의 깊이 h_r에 의해서 결정되며 최대경사각는 식(10)처럼 표현할 수 있다(Lloyd,1989).

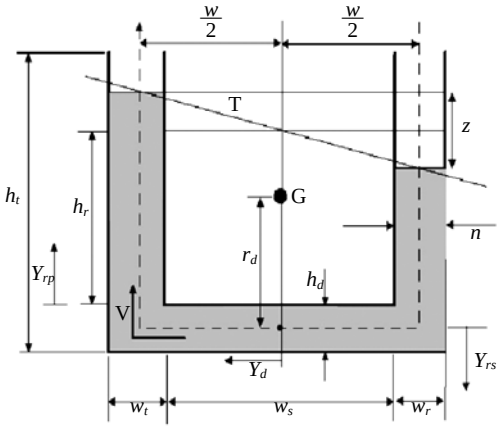

Fig. 1. Cross-section of dimension u-type tank.

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

$$\tan_{r\,\max}=\frac{h_t-h_d}{w} \tag{10}$$

g : 중력가속도
w : 양쪽 물탱크 중심까지 거리
h_t : 탱크의 높이
h_d: 덕트의 높이
h_r: 양쪽 탱크의 물 높이

분석방법

시험선박의 복원력 및 횡요주기, 내항성 등의 기초 조사를 하기 위하여 사용한 측정 장비는 Fig. 2와 같으며 선교 가장 높은 곳에 풍향풍속계, 압력계(level transmitter)는 선수, 중앙, 선미 흘수, 그리고 경사계(dual inclino-meter sensor)는 선수 · 미 선상에 각각 설치하여 선체의 종 · 횡동요각 신호를 A/D변환기로 거쳐 퍼스널 컴퓨터를통해서 저장하고분석하였다. 그 주요계기인 경사계와 압력계의 구성은 Table 1과 같다.

시험선은 1990년에 진수된 시험선의 FRP어선으로서 주요 제원은 총톤수 5.87톤, 길이 9.68m, 폭 2.96m, 깊이 1.03m이였다. 시험선의 경사시험은 이동중량(shifting weight)방법으로 하여 바람이 없는 날을 택해서 동시에 실시하였다. 경사

Table 1. Composition of the dual-inclinometer sensor and level transmitter

	Item	Specifications
Dual-inclinometer sensor	Range of measurement	±18° ±60°
	Zero degree resolution	0.02°/0.06°
	Outputs	11bit digital output(RS232/422) analog output & 4 programmable
	Dimensions	100 ×66 ×40(mm)
Level transmitter	Accuracy	±0.15%(FS/RSS)
	Thermal effect on zero	±0.03° FS/℃
	Thermal effect on span	±0.03° FS/℃

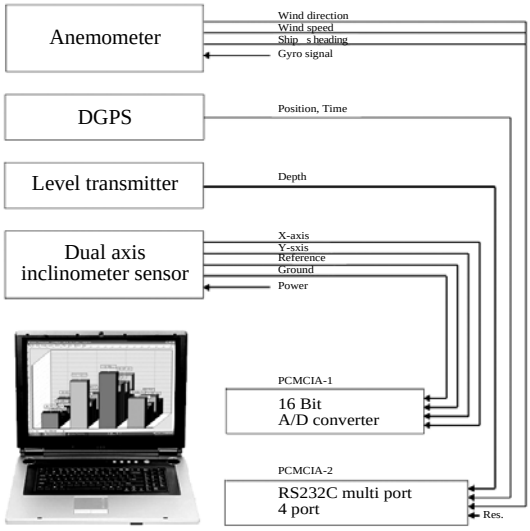

Fig. 2. Schematic diagram of operating the equipments.

계에서 고유주기와 횡요각을, 압력계로는 흘수를 측정하였고, 선체 중심부에 있는 감요탱크의 고유주파수와 경사최대각은 식(9), (10)에 의해서 결정하였다. 그리고 해상에서 기존탱크와 감요탱크를 분리하여 경사계에 의해서 각각 횡동요각 진폭을 연속적으로 조사하여 서로 비교 검토하였다.

Table 2는 2회 실험을 거친 선박의 위치와 해상 환경을 나타낸 것이다.

결과 및 고찰

U형 감요탱크의 설계

낚시어선의 어창은 선저의 물봉(inlet seawater)

Table 2. Experimental conditions of sea trial

Item	1st	2nd
Date	2006. 3. 21. 10:00 −12:00	2006. 3. 26. 15:00 −17:00
Experiment Location	33°32.640′N 126°51.701′E	33°32.636′N 126°51.687′E
Wind Direction	263°	155°
Wind Speed	1.9 – 2.2m/sec	1.3 – 3.2m/sec
Depth	20 – 30m	20 – 30m

을 통해서 해수가 채워지고 이곳에 어획된 고기를 저장함으로써 활어 상태로 유지하게 하기 위한 것이다. 대개 이러한 어창은 선교에서 기점으로 해서 선수방향으로 3개 정도배치되어 있다. 횡요 시험 전 시험선의 어창은 선수에서 선교사이에 활어창 중 선체 중앙에 있는 2번 어창을 감요 탱크로 결정하였다. 기존 어창은 Fig. 3과 같이 종 방향의 길이는 880mm, 폭은 2700mm, 높이는 1100mm 이다.

시험선의 최적 어창설계를 위하여 경사계에 의해서 측정한 고유주기는 3.527sec, 이를 이용하여 최적어창구조를 (9)식에 의해서 도출한 것은 Fig. 4와 같으며, 그 제원은 : 2400mm, : 300mm, : 730mm, : 400mm을 각각 얻었다.

시험선은 흘수표(draft mark)가 부착되어 있지 않아서 선수·미 중앙에 압력계를 이용하여 선수 0.461m, 선미 1.359m, 평균흘수 0.91m를 각각 얻을 수 있었다. Table 3은 중량물을 이동했을 때 경사계를 이용하여 측정한 경사각의 변화량을

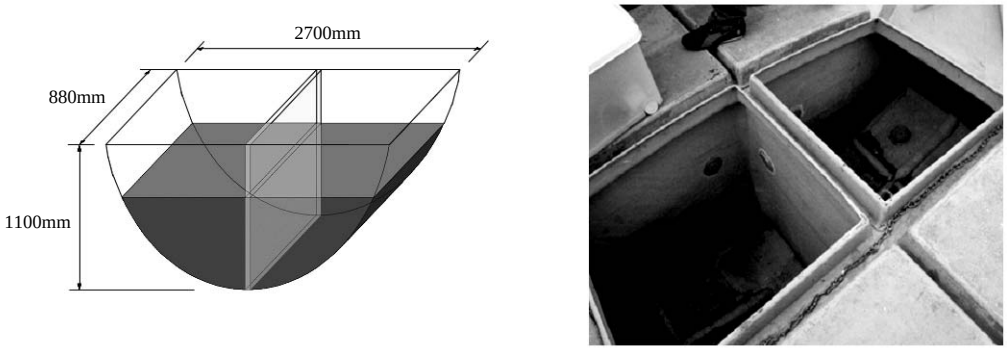

Fig. 3. Drawings of an existing fish hold.

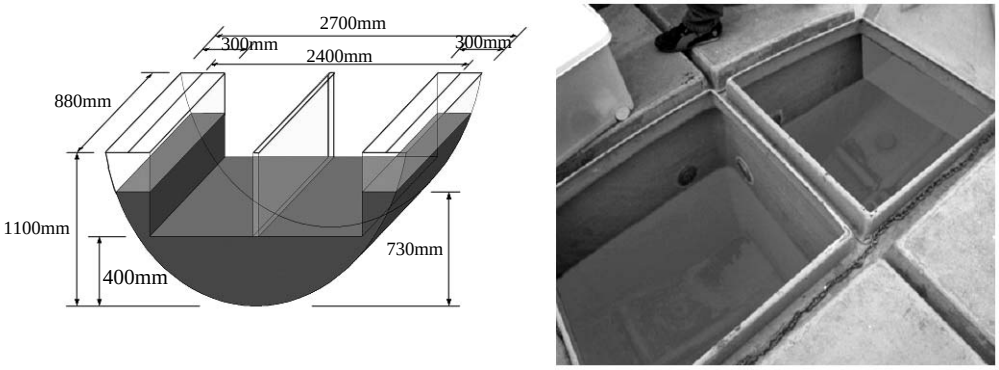

Fig. 4. Drawings of an ideally designed fish hold.

Table 3. The result of GoM for tilts of rolling angle

Movement object type				Drum of fill up a water		
Movement object weight : w (ton)				0.12		
Movement distant : y (m)				2.30		
Movement moment : $w\,y$(Ton · m)				0.276		
No	Weight movement direction		1st		2nd	
	Port	Starboard angle (°)	Tilt of rolling rolling angle(°)	Changed tilt of angle (°)	Tilt of rolling of rolling angle(°)	Changed tilt
1	○ ○	○ ○	1.47605	1.56225	1.40394	1.44367
2	○ ○ ○ ○	–	0.08620		0.03397	
3	○ ○	○ ○	1.42531	1.51151	1.41324	1.45297
4	–	○ ○ ○ ○	3.08608	1.66077	3.02530	1.61206
5	○ ○	○ ○	1.42489	1.66119	1.44089	1.58441
Average variation			1.59893		1.52327	
tan θ			0.02791		0.02659	
Average tan θ			0.02725			

나타낸 것으로, 횡요주기 3.527sec, GoM 값은 1.119m으로, 복원성 기준에서 시험선에 요구하는 GoM 값은 0.673m인 것과 비교하여 보면 그 기준을 만족함을 알 수 있었다.

해상실험

Fig. 5는 세화 외항 33°32.636′N, 126°51.687′E, 평균 풍속 및 풍향은 1.3 – 3.2m/sec, 155°, 수심 20 – 30m 일 때 정선된 상태에서 경사계로 기존 어창과 감요 어창의 횡요각의 진폭을 0.25sec 간격으로 측정한 결과를 나타낸 것으로 평균 횡동요각의 진폭은 3.18°, 2.39° 이므로 약간의 차이가 있음을 알 수 있었다. 그리고 기존 어창의 좌·우현 평균 횡 동요 각 진폭범위는 3.55° – 1.48°, 분산값은 5.038 이였으며, 감요 어창은 2.70° – 1.86°, 분산값은 3.202, 전반적으로 감요 어창의 진폭 범위가 좁으며, 분산값도 크지 않았다. 불규칙파 중에서 통계적인 처리를 통해 해상에서 표현하기 위한 횡동요 유의(有義)각 진폭은 각각 5.81°, 4.48° 이므로 기존어창의 횡 동요 각의 진폭이 1.332° 컸다.

Table 4는 기존 및 감요 어창의 평균 진폭 차이에 대한 검정한 결과를 나타낸 것으로 유의수준은 .000으로써 .05보다 작으므로 우연에 의한 차이가 아니라 통계적으로 유의(有意)한 관계가 있는 것으로 판단되어 감요 어창의 효과가 있다고 판단할 수 있다.

Fig. 6는 Rayleigh 확률밀도함수의 분포를 나타낸 것으로, 기존 어창의 횡 동요 각이 가장 많이 일어날 확률은 0.0° – 0.5° 에서 9.607%, 면적은 0.048 이고, 구조 변경된 어창도 동일한 범위

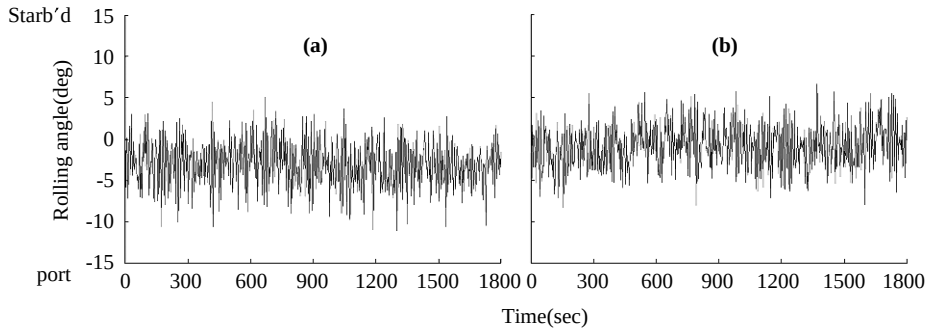

Fig. 5. Time histories of the amplitude rolling angles in the existing(a) and the ideally designed(b) fish hold in irregular waves at the stop engine condition.

Table 4. Results of t-test for paired samples the existing and the ideally designed fish hold. The data are shown in mean, standard deviation(SD), standard error(SE), degree freedom(df) significance(Sig.)

	Variable	Number of pairs	Mean	SD	SE of mean	Paired difference					T – value	df	2 – tail Sig.
						Mean	SD	SE of mean	Difference of 95% confidence				
									Low – limited	Upper – limited			
1st	Existing fish hold	7477	3.766	2.704	.0313.	194	3.799	.044	.109	.280	4.447	7476	.000
	Ideally designed fish hold	7477	3.571	2.654	.0307								
2nd	Existing fish hold	7224	3.183	2.245	.0264	.789	2.878	.034	.722	.855	23.300	7223	.000
	Ideally designed fish hold	7224	2.394	1.792	.0211								

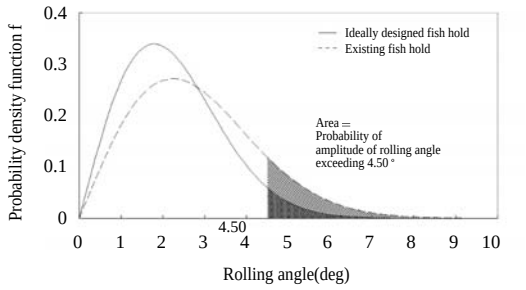

Fig. 6. Typical probability density function of the amplitudes of rolling angles in the existing and the ideally designed fish hold in irregular waves at the stop engine condition.

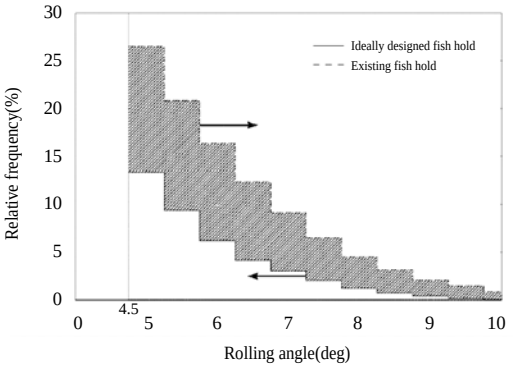

Fig. 7. Relative cumulative frequency distribution amplitudes of rolling angles the existing and the ideally designed fish hold in irregular waves at the condition of stop engine.

인 0.0° –0.5°에서 13.147%, 그 면적은 0.066이므로 차이가 있음을 알 수 있었다. 횡동요 유의(有義)각 진폭 4.5° 이상에서 면적을 비교하여 보면 0.133, 0.067으로서 기존어창의 면적 0.066 즉, 그림 속 ▨ 부분만큼 컸다.

위 결과에서 알 수 있듯이 기존 어창은 낮은 횡동요각 진폭에서 일어날 확률이 변경된 어창보다 적은 반면에 진폭이 높은 범위에서 오히려 일어날 확률이 크므로 감쇠효과가 있는 것으로 판단된다.

Fig. 7은 횡동요 유의각 진폭이 기존어창인 경우는 5.81°, 변경된 어창은 4.48°이므로 4.5° 이상에서 상대누적도수분포도에 의한 횡 동요 각 감쇠효과를 나타낸 것으로 전체적으로는 22.73%였으나, 횡동요 유의각 이상에서는 검은 사선이 차지하는 면적 만큼 즉, 감쇠 효율은 약 61.07% 정도 그 효과를 보였다.

Table 5. Analysis results of an existing and ideally designed fish hold through two times experiments

Item		Existing fish hold		Ideally designed fish hold	
		1st	2nd	1st	2nd
Total data		7627	7224	7477	7279
Average amplitude(°)		3.78	3.18	3.57	2.39
	Variance	7.296	5.000	7.040	3.202
Starboard	Maximum(°)	9.57	6.67	11.28	7.42
	Average(°)	2.45	1.48	2.44	1.86
Port	Maximum(°)	14.78	11.55	16.55	10.28
	Average(°)	4.33	3.55	6.67	2.70
Significant amplitude of rolling angle $\phi_{\frac{1}{3}}$ (°)		6.98	5.81	6.67	4.48
Percentage effectiveness of roll reduction(%)				11.98	61.07

Table 5는 지금까지 분석한 결과를 요약한 것으로 1회 관측 시 평균 경사각이 기존 및 감요 어창은 3.78°, 3.57°이였고, 분산값은 7.296, 7.040이다. 그리고 횡동요 유의 각 진폭은 6.98°, 6.67°으로 감요 어창이 낮은 것으로 분석되었으며, 횡동요 유의각 진폭이상에서의 감쇠 효율은 약11.98% 정도 나타났다.

2회 관측 시에는 1회 때와 비슷한 경향을 보였는데, 평균 경사각은 3.18°, 2.39°이였고, 분산값은5.000, 3.202이다. 그리고 횡동요 유의각 진폭은5.80,° 4.48°이며, 이때의 감쇠 효율은61.07%로 분석되었다. 이상의 결과에서 기존 어창에 의한횡동요각의 진폭은 변경어창 보다는 평균, 분산, 유의각 진폭이 크며, 감쇠효율은 2차 때가 높았다.

제주도 낚시어선은 선장이 경험에 의해서 고기가 잘 잡히는 곳을 파악하여 두었다가 그 곳에 도착하면 어군탐지기에 의해서 어군정도를 알

고 정선된 상태에서 낚시를 하게 된다. 그런데 가장 문제되는 것은 선질이 대부분 FRP이므로 선체의 횡요주기가 빠르고, 파도로 인하여 횡요가 심하여, 전문적인 어선원이 아니면 적응하기 어려운 것이 현실이며, 대부분의 어선은 어창 3개를 배치하는데, 낚시객이 어획한 고기가 많지 않기 때문에 한 개의 어창을 구조변경하더라도 큰 무리가 안 되는 것으로 판단되어, 수동식 감요 장치인 U – 탱크구조를 이용하여 감쇠를 줄이는 방법을 찾게 되었다. 이상의 측정결과에서와 같이 탱크를 변경했을 때 횡 동요 유의 각 진폭 이상에서의 감요 효율은 각각 11.98%, 61.07%으로 나타나 평균 30% 효과가 있다는 것을 알 수 있었다. 그리고 수동형 감요 수조의 이론적인 결과에서는 50 – 80%, 그리고 능동형 감요 수조에서 정지 했을 때 47.5%였다(Woo and Koo, 1971; Woo et al,1974; Choi et al, 2004).

본 연구 결과는 이론적인 결과와 능동형 감요 수조의 결과 보다는 효율이 떨어지지만, 저비용으로 기대효과가 있을 것으로 판단되어 향후 낚시어선을 하고자 하는 선박은 어창의 구조를 U – 형태로 어창구조를 변경할 필요가 있다고 생각된다.

결 론

본 연구는 활어창의 구획을 이용하여 승선감을 향상시킬 수 있는 방법을 연구하고, 이로 인하여 기존 낚시어선의 기본선형을 개발하는 기초 자료를 제공할 목적으로 제주도 북제주군 구좌읍 세화의 연안 해역에서 FRP 선박인 애령호를 이용하여 압력계에 의해서 흘수를 측정하고, 경사계로 횡요 주기를 측정하여 복원력을 계산함으로써 기존의 어창구조를 변경하여 최적의 설계를 할 수 있었다. 그리고 외항에서 정선한 상태로 동일한 조건 하에서 횡동요 상태를 비교해 본 결과 시험선의 횡요주기와 GoM 값은 어선복원성규정에서 요구한 값 보다 크게 나타나 양호한 것으로 검토되었다. 그리고 외항에서 기존 및 변경된 어창 구조를 분리하여 2회에 걸쳐 해상 실험을 통해 수집된 자료를 통계분석한 결과 어창을 변경했을 때 횡 동요 유의 각 진폭이 0.31°, 0.33° 각각 적었다. 또한, 유의각의 진폭 4.5° 이상에서 확률밀도함수에 의한 면적도 크지 않았고, 상대누적분포에 의한 감요효율도 좋았으며 구조를 변경했을 때의 횡동요에 대한 감소는 평균 30% 이상 감요 효과가 있다는 것을 알 수 있었다.

사 사

본 연구 논문은 2006년도 제주대학교 학술 연구 지원 사업에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

Bhattacharyya, R., 1978. Dynamics of marine vehicles (Ocean engineering a wiley series). John wiley & Sons, Inc. New delhi. 278 – 307.

Choi, C.M., J.Y. Ahn and C.H. Lee, 2004. A study on the performance of active anti-rolling tank stabilizer. Bull. Korean Society of Fisheries Technology, 40(2), 138 – 143.

Kim, S.G., 2001. Report of a study on the establishment of the long-term plan for tourism in fishing villages. Ministry of Maritime Affairs & Fisheries Report, pp. 94 – 100.

Kim, H.W., Y.S. Back and C.M. Choi, 2007. A study of the development plan of hull form for the Jeju coastal dual purpose fishing boat. Bulletin of the Marine and Environmental Research Institute, Cheju Nat. Univ., 31(1), 11 – 18.

Lloyd, A.R.J.M., 1989. Seakeeping : Ship behaviour in rough weather. Ellis Horwood Ltd., New york, pp. 328 – 397.

Park, J.W., 2000. Development of the new chine hull-form for stability of coastal small fishing-vessel. Development of practical technology. Ministry of Maritime Affairs & Fisheries Report, pp. 35 – 36.

Stigter, C.Ir., 1966. The performance of u-tank as passive anti-rolling device. Publication of the Netherland

ship research center, 13, 78 – 80.

Woo, B. K., 1969. On the effectiveness of u-tube type anti-rolling tank. Journal of the Society of Naval Architects of Japan, 126, 95 – 106.

Woo, B.K. and J.D. Koo, 1971. On the performance of the anti-rolling tank(1). Journal of the Society of Naval Architects of Korea, 8(2), 35 – 44.

Woo, B.K., C.H. In and J.D. Koo, 1974. On the performance of the anti rolling tank (2). Journal of the Society of Naval Architects of Korea, 11(1), 17 – 26.

Yamaguchi, S., A. Shinki and Y. Ogawara, 1993. On a feedback control system of ship's rolling motion by an activated anti rolling tank. Journal of the Society of Naval Architects of Japan, 126, 203 – 210.

2008년 3월 13일 접수
2008년 4월 16일 1차 수정
2008년 4월 23일 수리