

## 수조 실험에 의한 게 통발 어선의 복원성에 관한 연구

이아름 · 강일권<sup>1</sup> · 조효제<sup>2\*</sup>

부경대학교 수산물리학과, <sup>1</sup>부경대학교 해양생산시스템관리학부,  
<sup>2</sup>한국해양대학교 조선해양시스템공학부

### A Study on the stability of a crab trap fishing boat with water tank experiment

A-Reum LEE, Il-Kwon KANG<sup>1</sup> and Hyo-Jae JO<sup>2\*</sup>

*Department of Fisheries Physics, Graduate school, Pukyong National University, Busan, 608 - 737, Korea*

*<sup>1</sup>Division of Marine Production System Management, Pukyong National University, Busan, 608 - 737, Korea*

*<sup>2</sup>Division of Naval Architecture and Ocean systems Engineering, Korea Maritime University, Busan, 606 - 791, Korea*

According to the recent statistics of marine casualties in Korea, fishing boats are more likely to be ended in the casualties, and small fishing boats especially cause much more accidents in sinking and capsizing than any other big vessels. These casualties were mainly produced from the ignorance on the lack of own ship stability. From this view, this study aims to analyze the characteristics of stability on the crab trap fishing boat receiving transverse wave by means of carrying out the water tank test. The rolling angle of the model ship was affected largely with the displacement and the wave period of it, and the trends were shown that the magnitude of the angle was proportional to the displacement, but inversely to the wave period. And the wave height had effect on the rolling angle just in the specific range of the wave period. The force of steady wind didn't have influence on the rolling variation significantly.

Keywords: Marine casualty, Crab trap fishing boat, Stability, Stability criteria, Rolling motion

#### 서 론

최근 10년간 해양사고의 통계를 보면, 우리나라 연안에서는 매년 700 - 1,000여건의 각종 해

양사고가 발생하여 해마다 200여 명의 귀중한 생명의 희생과 막대한 재산손실, 그리고 심각한 해양환경의 파괴를 가져오고 있다. 이러한 해양

\*Corresponding author: hjo@hnn.ac.kr, Tel:82-51-410-4302, Fax:82-51-405-8305

사고의 약 70%는 어선에 의해 유발된 것이고, 전체 등록 선박의 85% 이상을 차지하고 있다는 점을 감안하더라도 매우 높은 사고 발생을 임에는 틀림없다. 또한 어선의 해양사고 중에서도 100톤 미만의 소형선이 약 90%를 차지하고 있어, 소형 어선의 해양사고 발생률이 매우 높다(KMST, 2006).

해양사고 중 전복사고는 주로 복원성능 등의 감항성 부족으로 발생되고, 일단 발생하면, 인명 손실이 클 뿐만 아니라 전복에 이은 침몰사고를 수반하게 되므로 선박의 멸실, 또한 인양 및 수리에 따른 경제적 손실과 기름의 유출에 의한 해양오염사고를 초래하게 되어 경제적 손실이 매우 큰 사고로 볼 수 있다. 전복 사고의 유형은 악천후 상태에서 갑판 과적으로 인한 복원성 저하와 조선풍량으로 해수가 갑판으로 침입하여 전복되는 경우가 60% 이상을 차지하고 있다(Kang et al, 2007). 이러한 현상은 항해 중 선박에 작용하는 파도와 바람 등의 외력의 영향으로 인한 전복에너지에 비하여 선박의 형상에 따라 결정되는 복원에너지가 부족하기 때문이다. 어선의 업종에 따라 차이가 있긴 하지만, 전복사고의 양상은 크게 다르지 않으며, 기상예보의 청취 소홀, 해상상태 악화, 피항시기 실기, 무리한 조선풍, 갑판 해수침입, 배수장에 맞 연속된 해수 침입 등이 서로 연결되어 이루어진다.

IMO(International Maritime Organization)의 규정에 따라 수용된 국내 선박안전법에는 길이 12m 이상의 선박에 대해서는 제조검사 및 복원성검사를 받아야 하므로, 전체 도면에 대하여 사전 승인을 받고 있지만, 12m 미만의 어선의 경우에는 조선소의 경험에 의한 최소한의 기본도면으로 건조되는 경우가 대부분이다. 또한 건조후 경사시험이나 복원성 자료가 작성되어 있지 않아 연구가 체계적으로 수행되지 않았다.

소형어선의 복원성에 관한 연구로는 연안 해역을 항해하는 선박의 안전성 평가에 관한 연구(Jung, 2003), 선미파와 선수파를 받는 어선의 전

복현상을 파악한 연구(Kang, 2003), 선박 복원력을 간편하게 계산하는 방법에 관한 연구(Kim, 1978), 복원성능 판정기준과 선박의 주요 제원의 상관관계에 관한 연구(Kwon, 2007), 소형어선의 복원성의 국제적 판정 기준에 관한 연구(Kim, 1999) 등이 있다. 그러나 연근해 어선의 전복사고를 방지하기 위해 매우 중요한 횡복원성에 관한 연구는 거의 없었다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 연근해에서 조업하고 있는 소형 계통발어선의 전복현상과 관련하여 횡과중 복원성 특성을 파악하고자 계통발어선의 모형선을 이용하여 수조실험을 수행하고, 활어창 배수량의 변화, 파고, 파주기, 그리고 풍속의 변화에 따른 횡동요 특성을 정량적으로 분석하고 국제적인 복원성 기준과 비교하였다.

## 재료 및 방법

### 이론

#### 복원성에 관한 규정

우리나라 선박복원성기준에 의하면, 적용대상 선박은 배의 길이 12m 이상으로 하고, 길이 24m 미만, 24m 이상 40m 미만, 그리고 40m 이상으로 나누고 있으며, 길이 24m 이상 40m 미만 중 계통발과 같은 풍압면적이 큰 어선은 또 다른 기준을 적용하고 있다. 한편 IMO Res. A.749는 그 적용 범위를 길이 24m 미만 어선과 24m 이상 어선으로 나누고 있다.

Table 1은 국내의 어선 복원성 기준과 IMO Res. A.749를 나타낸 것이다.

여기서, mode 1은 초기 횡메타센타(Transverse metacenter) 높이  $G_0M$ 에 대한 기준을 나타내며, mode 2, 3, 4는 각각 횡경사각  $0^\circ - 30^\circ$ ,  $30^\circ - 40^\circ$  또는 해수유입각이  $40^\circ$  미만인 경우  $30^\circ$ 에서 해수유입각까지, 횡경사각이  $0^\circ - 40^\circ$  또는 해수유입각이  $40^\circ$  미만인 경우  $30^\circ$ 에서 해수유입각까지 복원정곡선의 면적기준이고, mode 5와 6은 최대복원정(GZ max)을 가지는 횡경사각 기준과 횡경사각  $30^\circ$ 에서의 복원정을 의미한다.

**Table 1. The comparison of the domestic stability criteria of fishing boat with IMO Res. A.749**

Mode	Available range Criteria	Domestic stability criteria of fishing boat		IMO Res. A. 749
		24m ≤ L ≤ 40m		24m ≤ L
1	G <sub>0M</sub>	≥ 0.35(with large area of wind pressure)		≥ 0.35
2	A <sub>0-30</sub> (m - rad)	-		≥ 0.055
3	A <sub>30-40</sub> (m - rad)	-		≥ 0.030
4	A <sub>0-40</sub> (m - rad)	-		≥ 0.090
5	Θ <sub>GZmax</sub> (°)	-		≥ 25
6	GZ <sub>30</sub> (m)	-		≥ 0.20

**Table 2. Values of F<sub>1</sub>(φ) - F<sub>3</sub>(φ) for the different heel angles**

	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
F <sub>1</sub> (φ)	0	0	0.5458	1.2221	1.2835	0.7174	0
F <sub>2</sub> (φ)	0	0	-0.2190	-0.4012	-0.1967	0.3642	1.0000
F <sub>3</sub> (φ)	0	0.0093	-0.3148	-0.8248	-1.0980	-1.0877	-1.0000
sin(φ)	0	0.2588	0.5000	0.7071	0.8660	0.9659	1.0000

Table 1에서 알 수 있는 바와 같이 IMO의 복원성 규정에는 길이 24m 이상의 어선에 대해 mode 1 - 6의 값이 제시되어 있으나, 국내 선박안전법에는 어선의 길이 24m 이상 40m 미만에 대해서 mode 1만 규정되어 있고, 그 외 mode에 대해서는 규정되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 mode 1은 국내법과 IMO 규정에 따라, mode 2 - 6은 IMO 규정에 따라 복원성의 만족 여부를 파악한다.

비손상시의 복원성

선박의 비손상시의 복원성은 정적복원성(static stability)과 동적복원성(dynamical stability)으로 나누어지며, 정적복원성은 초기 복원성(initial stability)과 대각도 경사시의 복원성으로 구분한다.

1) 초기복원성

경사 각도가 최대 15° 이내 혹은 현단 물수각 중 작은 각도로 경사된 경우에 적용되는 초기복원력에서는 메타센타가 고정되어 있고, 경사각 φ를 라디안(radian)으로 표시하면, 메타센타높이(GM)는 식(1)에 의하여 계산할 수 있다.

$$GM = KB + BM - KG \tag{1}$$

여기서, KB는 부심의 높이이며, BM은 횡메타센터 반경, KG는 선저로부터 무게중심까지의 높

이이다.

2) 대각도 경사시의 복원성

경사각이 15° 이상일 때는 식(2)와 같은 근사법으로 복원력을 추정할 수 있다(Sohn, 2003).

$$GZ(\phi) = F_1(\phi) \cdot a + F_2(\phi) \cdot b + F_3(\phi) \cdot BM + GM \cdot \sin\phi \tag{2}$$

여기서, F(φ)의 함수는 Table 2에 의해 구할 수 있다.

단, 식(2)에서 a와 b는 φ=90°에서의 동적복원정과 BG의 합을 의미하는데, 보통 선형의 만재 상태에 대한 근사값은 다음의 식(3)과(4)에 의해 구할 수 있다.

$$a \approx B\{0.28(f'/d)^{1.5} + 0.0721\} \tag{3}$$

$$b \approx d\{0.50(f'/d) - 0.010\} \tag{4}$$

여기서, f'는 현호(sheer) 및 상갑판의 캠버(camber)를 포함시킨 유효현으로서 식(5)에 의해 계산할 수 있다.

$$f' \approx (D - d) + \frac{1}{7}(S_F + S_A) + 0.63H \tag{5}$$

여기서, S<sub>F</sub>, S<sub>A</sub>는 선체 전, 후부에서의 현호의 높이, H는 상갑판에서의 캠버이다.

3) 동적복원성

동적복원력은 정적복원력을 적분하여 얻어진

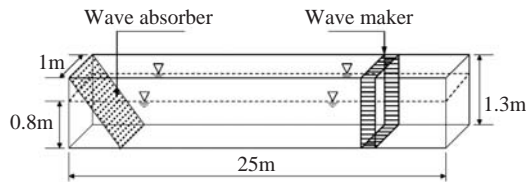
것이기 때문에 식 (6)에 의해 구할 수 있다.

$$\text{동적복원력} = W \cdot \int_0^\theta GZ d\phi \quad (6)$$

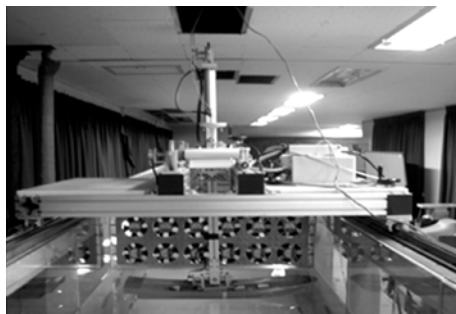
**모형실험**

**실험 장치**

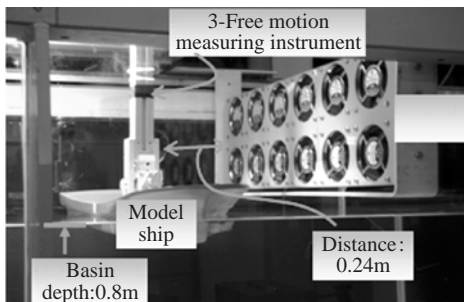
실험에 사용된 수조는 한국해양대학교의 2차원 조파 수조로서 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 25m×1.0m×0.8m (L×B×D)의 사양이며, 횡동요는 Fig. 2에 나타낸 3자유도 운동 계측기를 이



**Fig. 1. Dimension of the experimental tank used in this study.**



**Front view**



**Side view**

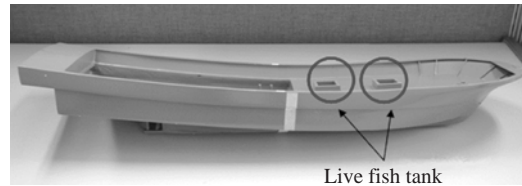
**Fig. 2. The view of 3 degrees of freedom motion measuring instrument, model ship and wind measuring device.**

**Table 3. The specification of the 3 freedom motion measuring instrument**

Measuring range	Performance of sensor		Output signal
	Linearity	Resolution	
Approx. ±45deg	±0.1% of F.S.	Less than ± 0.05%	DC analog voltage 0~±10V for 0~±45deg

**Table 4. Principal dimensions of the real crab trap fishing boat and model ship**

Items	Real ship	Model ship
Length overall(m)	32	0.8
Breadth(m)	8.32	0.208
Depth(m)	3.68	0.092
Draft(m)	2	0.05
Gross tonnage	69	0.007



**Fig. 3. A photograph showing model ship and live fish tank.**

용하여 측정하였으며, 그 시스템 사양은 Table 3과 같다.

Table 4는 실선과 모형선의 제원이며, Fig. 3은 축적 1/40로 제작한 모형선이며, 기관실 전단 격벽 앞쪽으로 2개의 활어창(live fish tank)을 가지고 있다.

풍속의 측정에 사용한 송풍기는 brushless 타입의 DC fan motor를 12개 연결하여 제작한 것으로서, 이 송풍기를 모형선의 선측 0.24m 떨어진 수조에 설치하고 풍속을 계측하였다.

**횡동요 계측 및 데이터 처리 방법**

수조 실험에서는 활어창의 배수량의 변화, 파고, 파주기 그리고 풍속에 따른 모형선의 횡동요 각을 측정하였다.

모형선의 활어창 1개는 수위 100% 일 때 400 l의 용량이다. 여기서 배수량의 변화는 2개의 활

어창을 완전히 비운상태(0% 적재)를 기준으로 하고, 활어창의 수위가 25%, 50%, 75%, 100% 일 때로 구분하였는데, 이 무게는 각각 모형선 배수량의 0%, 5.7%, 11.4%, 17.1%, 23.9%에 해당되는 것이며, 본 연구에서 배수량의 변화는 활어창의 수위로 표현한다.

한편, 실험시 배수량이 0%일 때는 트림이 발생하지 않아 초기 평형 상태가 유지되었으나, 배수량이 증가함에 따라 선수 트림이 발생하므로 선미에 weight를 추가하여 각각의 배수량의 증가에 대하여 even keel 상태가 유지되도록 하였으며, 또한 활어창의 수위도 흘수선과 평행이 되도록 조치하였다. 또한, 3자유도 운동계 측기도 실험시 경사계를 이용하여 교정(calibration)하였으며, 수조의 파고 및 주기는 용량식 파고계를 사용하여 관측하였고, 풍속 또한 실험시간이 풍속계를 사용하여 교정하였다.

파랑은 컴퓨터를 통하여 제어하되, 본 연구에서는 규칙파의 파고 0.01, 0.02, 0.03m, 파주기 0.9, 1.0, 1.1sec, 그리고 풍속 2.4, 3.2, 3.8m/s (실해상의 15, 20, 24m/s에 해당)에 대하여 횡동요를 계측하였다.

수조에서 모형선이 파도를 받기 시작하는 시간은 조파 시작으로부터 평균 15초 이상 걸리므로 파가 안정된 이후인 20초~45초까지의 데이터를 취득하였고, 이때 관측 간격은 0.05초로 하였다. 이렇게 취득한 횡동요 데이터에 대하여  $\phi/k\zeta_a$ 로 무차원화하여 나타내었다.

## 결과 및 고찰

### 횡동요 특성

Fig. 4는 풍속이 0m/s에서, 파고와 파주기가 각각 0.01, 0.02, 0.03m와 0.9, 1.0, 1.1sec일 때, 배수량의 변화에 따른 횡동요각의 변화를 나타낸 것이다.

전체적으로 배수량이 증가하고, 파고가 높아질수록 횡동요각이 커지는 경향을 보였으며, (a)와 (b)의 조건에서는 배수량이 커짐에 따라 횡동

요각은 증가하였으나, 그 증가폭은 파고가 낮았을 때 오히려 높았고, 반면에 배수량 100%에서는 파고가 낮을 수록 횡동요각이 크게 나타났다. 그리고 (b)와 (c)에서는 파고가 0.01m이었을 때, 배수량이 0% -50% 범위 내에서는 그 각이 감소하여 50%에서 최저치를 보였고, 이후는 증가하였다. (c)에서는 (a)와 (b)에 비해 횡동요각의 증가폭이 크게 감소하였으며, 배수량 0%, 25%일 때 파고별 횡동요각의 차이는 크지 않았으나, 50% 이상에서는 감소폭이 크게 증가하여 배수

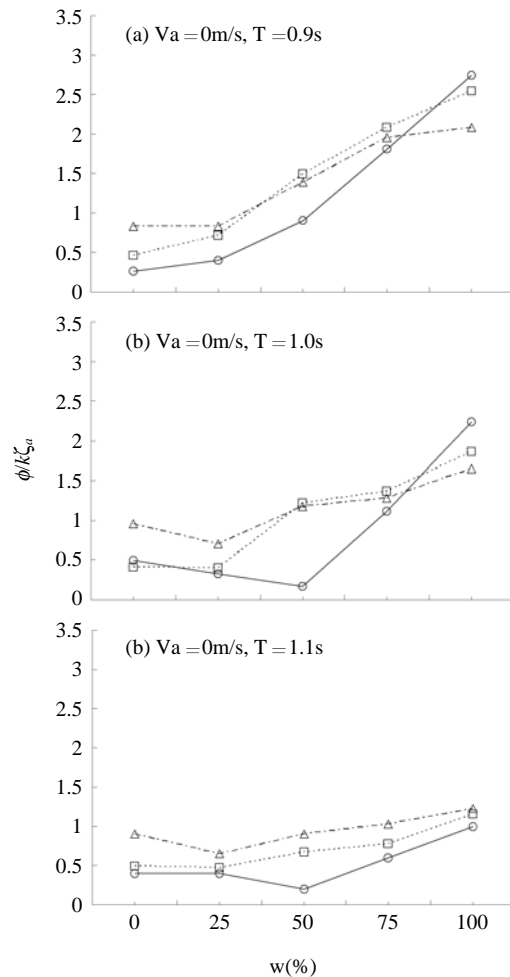


Fig. 4. Variation of rolling angles due to the change of displacement when the wind speed is constant as 0m/s, wave height and wave period are variable. (Wave heights ;  $\circ$  : 0.01m,  $\square$  : 0.02m,  $\triangle$  : 0.03m)

량 100%, 파고 0.01m일 때 파주기 0.9s와 1.1s에서 횡동요각은 각각 2.74°, 0.99°를 나타내어 파주기에 큰 영향을 받는 것을 알 수 있다.

Fig. 5는 풍속이 2.4m/s에서, 파고와 파주기가 각각 0.01, 0.02, 0.03m와 0.9, 1.0, 1.1sec로 변할 때, 배수량의 변화에 따른 횡동요각의 변화를 나타낸 것이다.

전체적으로 배수량이 증가하고, 파고가 높아질수록 횡동요각이 커지는 현상과 이 그림의 (a)와 (b)에서와 같이 배수량이 커짐에 따라 횡동요

각은 증가하나, 그 증가폭은 파고가 낮을 때 오히려 더 높고, 배수량 100%에서는 파고가 가장 낮을 때 횡동요각이 가장 크게 나타나는 현상은

Fig. 4에서와 비슷하다. 또한 다른 조건이 같을 때, 파주기가 커질수록 배수량에 따른 횡동요각의 증가폭이 줄어드는 현상과 파주기가 가장 큰 1.1s에서는 파고의 증가와 배수량의 증가가 횡동요각의 증가에 미치는 영향이 현저히 줄어드는 경향도 Fig. 4의 경우와 같았다. 그러나 Fig. 4의 (b)와 (c)에서 나타난 0.01m 파고에서 배수량

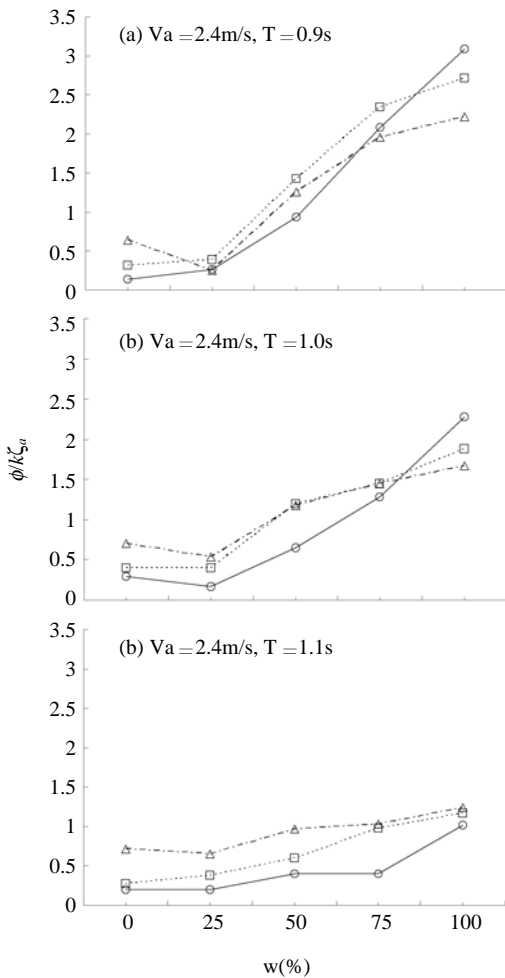


Fig. 5. Variation of rolling angles due to the change of displacement when the wind speed is constant as 2.4m/s, wave height and wave period are variable. (Wave heights ; ○ : 0.01m, □ : 0.02m, △ : 0.03m)

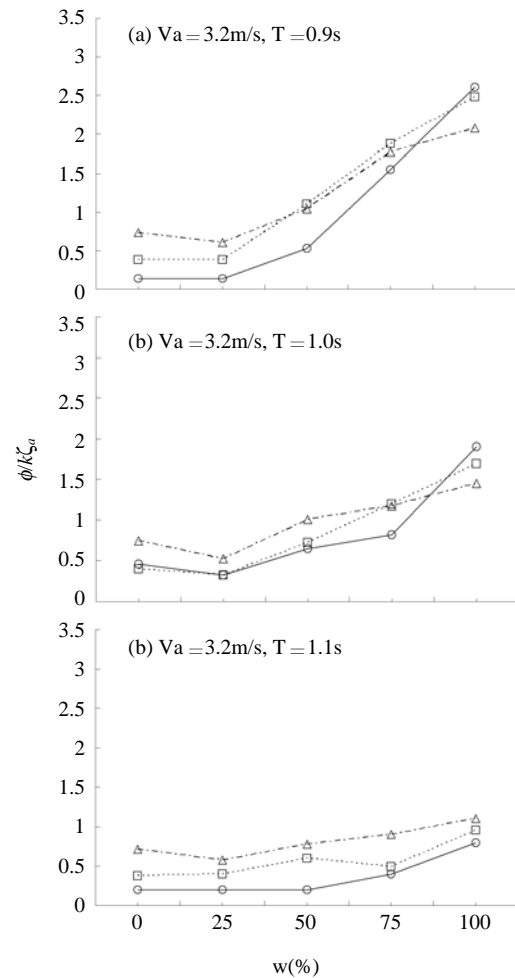


Fig. 6. Variation of rolling angles due to the change of displacement when the wind speed is constant as 3.2m/s, wave height and wave period are variable. (Wave heights ; ○ : 0.01m, □ : 0.02m, △ : 0.03m)

50% 일 때 동요각이 급격히 감소하는 현상이 Fig. 5 에서는 보이지 않았다. 단지, 이 그림 (b) 의 0.01m 파고에서와 (a) 와 (b) 에서 0.03m 파고에서는 배수량 25% 일 때 최저 동요각을 나타낸 점이 Fig.4 와 다르다.

Fig. 6 은 풍속이 3.2m/s 에서, 파고와 파주기가 각각 0.01, 0.02, 0.03m 와 0.9, 1.0, 1.1sec 로 변할 때, 배수량의 변화에 따른 횡동요각의 변화를 나타낸 것이다.

전체적인 경향은 Fig. 4 와 Fig. 5 에 비해 큰 차이가 없으나, 풍속이 0m/s 일 때와 2.4m/s 일 때 보다 오히려 동요각이 약간 감소하는 경향을 나타내었다. 즉, 배수량이 0% 일 때는 파고에 따른 횡동요각이 풍속의 변화에 큰 영향을 받지 않았으나, 배수량 25% 이상에서는 배수량이 증가할수록 전체적으로 횡동요각의 증가폭이 크게 감소하였다. 이러한 현상은 수조에 설치한 송풍기가 풍속이 일정한 바람, 즉 이른바 정상풍을 만들어 바람이 선체를 한쪽 현으로 경사지게 작용하나, 그 풍압이 파고에 의한 좌우 동요각의 크기를 오히려 억제하는 방향으로 작용하여 나타난 것으로 판단된다.

Fig. 7 은 풍속이 3.8m/s 에서, 파고와 파주기가 각각 0.01, 0.02, 0.03m 와 0.9, 1.0, 1.1sec 로 변할 때, 배수량의 변화에 따른 횡동요각의 변화를 나타낸 것이다.

전체적으로 배수량이 클수록, 파고가 높아질수록 횡동요각이 커지는 현상과 배수량이 커짐에 따라 횡동요각은 증가하나, 그 증가폭은 파고가 큰 경우보다 작은 경우에 오히려 큰 것은 Fig. 4 - Fig. 6 에서와 비슷하다. 약간의 차이가 있다면 Fig. 4 - Fig. 6 에서는 주기 0.9s 와 1.0s 에서 배수량 100% 일 때 파고가 작은 쪽이 오히려 동요각이 더 컸으나, Fig. 7 에서는 주기 0.9s 의 경우만 그런 경향을 나타내었다. 또한 파고 0.01m 의 경우에는 0.02m 와 0.03m 의 파고 때와는 달리 배수량 50% 가 될 때까지는 동요각이 불변하든지 오히려 감소하지만 배수량 70% 부터는 급격히 증

가하였으며, 그러한 경향은 파의 주기가 짧을수록, 배수량이 클수록 심하게 나타났다. 그러나 파주기 1.1s 에서는 동요각의 증가 폭이 완만하게 나타났다.

이상과 같이 배수량의 변화, 파고, 파주기, 그리고 풍속의 변화에 따른 횡동요 특성을 분석한 결과 전반적으로 배수량이 증가함에 따라 횡동요는 크게 증가하며, 그 증가폭은 파주기가 짧을수록, 파고가 낮을수록, 풍속이 약할수록 큰 것을 알 수 있었다. 그러나 배수량이 증가하여도

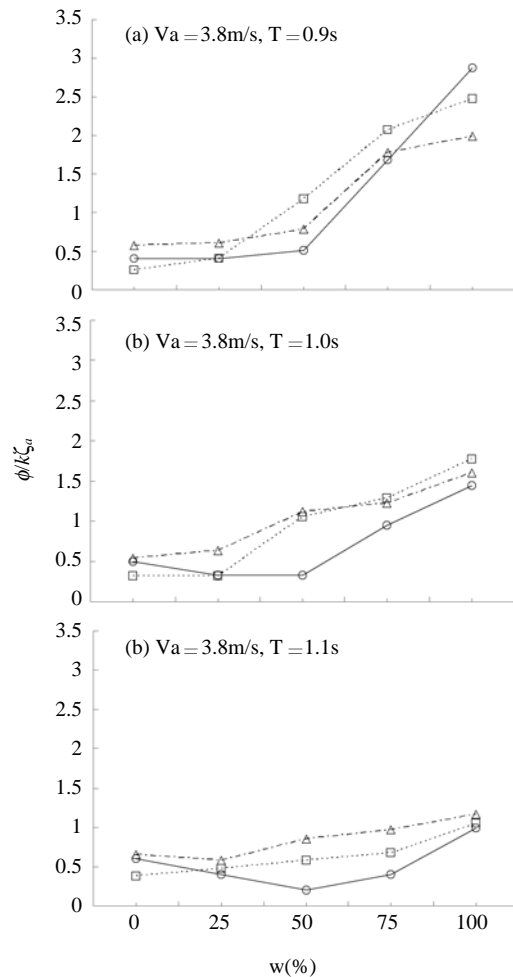


Fig. 7. Variation of rolling angles due to the change of displacement when the wind speed is constant as 3.8m/s, wave height and wave period are variable. (Wave heights ;  $\circ$  : 0.01m,  $\square$  : 0.02m,  $\triangle$  : 0.03m)

특정한 파주기와 파고에 따라서는 횡동요각이 증가하지 않는 혹은 오히려 감소되는 구간이 있음을 알 수 있다. 또한, 본 실험의 조건에서는 파고의 변화 보다는 배수량과 파주기의 변화가 횡동요에 크게 영향을 주며, 정상풍은 횡동요에 거의 영향을 주지 않는 것을 알 수 있다.

**복원력 특성**

**정적 복원력**

Fig. 8은 모형선의 정적 복원력 곡선을 나타낸 것으로 초기 메타센타 높이는 0.48m, 복원력 소실각( $\phi_r$ )은 81.5°, 최대 복원정은 경사각 32°에서 0.19m이었다. 그러나 실질적으로 복원성 범위(위험 경사각)는 상갑판에 설치된 개구부가 해수에 닿는 각도 즉 현단몰수각( $\phi$ )으로 볼 수 있으므로 40.8°, 최대 복원정( $GZ_{max}$ )은 경사각 32°에서 0.19m이었다.

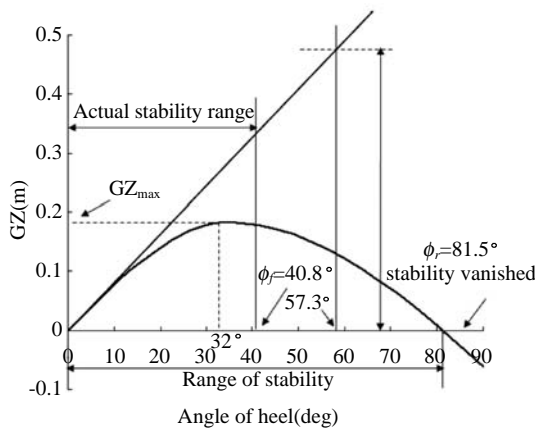


Fig. 8. Characteristics of GZ curves for rolling angle.

**동적 복원력**

Fig. 9는 식 (6)에 의한 모형선의 동적 복원력을 나타낸 것으로 모형선의 현단 몰수각(40.8°)이 실질적인 복원력의 한계로 볼 때 상갑판이 수면에 잠기게 하는 외력은  $0.6 \times 10^{-3}(\text{ton} \cdot \text{m})$  이었다.

**복원성 검토**

Table 5는 모형선을 이용하여 계산한 복원성 수치를 나타낸 것으로서, 초기 횡메타센타 높이는 우리나라 어선 복원성 기준, 그 외는 IMO 기준과 비교한 결과이다.

모형선의 mode 1 - 5에서는 국내 규정과 IMO 규정 모두를 만족하지만, mode 6에서는 복원성 기준을 만족하지 못하였다.

**결 론**

본 연구는 우리나라 연근해에서 조업하고 있는 계통발어선의 횡파중 복원성 특성을 파악하고자 모형선을 이용하여 수조실험을 수행하고, 배수량의 변화, 파고, 파주기, 그리고 풍속의 변

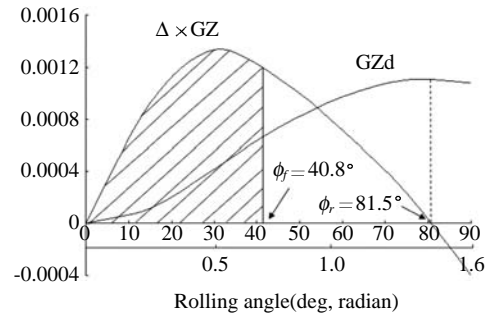


Fig. 9. Curves of dynamic and static stability for rolling angles.

Table 5. The results of the stability of the model boat compared with the stability criteria of domestic and IMO Res.A.749

Mode	Criteria	Range of stability criteria	Stability value of the model	Remark
1	$G_0M$	$\geq 0.35$	0.48	criteria of domestic
2	$A_0_{-30}$ (m-rad)	$\geq 0.055$	0.058	IMO Res.A.749
3	$A_{30-40}$ (m-rad)	$\geq 0.030$	0.035	"
4	$A_0_{-40}$ (m-rad)	$\geq 0.090$	0.091	"
5	$\theta_{GZmax}$ (°)	$\geq 25$	32	"
6	$GZ_{30}$ (m)	$\geq 0.20$	0.19	"



화에 따른 횡동요 특성을 분석하여 복원성 특성을 도출하고, IMO 복원성 기준과도 비교하였다. 그 결과 횡동요는 배수량과 파주기에 가장 큰 영향을 받으며, 그 크기는 배수량에 비례하고, 파의 주기에 반비례하는 현상을 나타내었다. 전체적으로 파고의 크기는 횡동요를 증대시켰지만, 파주기의 어떤 특정 영역내에서는 횡동요를 증가시키지 못하였다. 또한 정상풍에 의한 풍속은 횡동요에 크게 영향을 미치지 않았다. 모형선은 IMO의 어선 복원성규정 및 국내 어선 복원성 기준을 대부분 만족하고 있다. 그러나 횡경사각이 32°를 초과하면 전복의 위험이 매우 크다고 판단된다. 본 연구에서는 파고와 파주기의 변화를 크게 주지 못하여 이들의 영향을 충분히 반영하지 못한 점과 실험상과 같은 풍력을 완벽하게 재현하는데 한계가 있었다. 따라서 이러한 점 등을 보완한다면 보다 정도 높은 소형 어선의 동적특성과 복원성 해석이 가능하리라고 본다.

### 참고문헌

Jeong, C.H., 2003. Evaluation of Navigational Safety of Ships on the Korean Coast. Ph.D.Thesis, Korea

Maritime University, Korea. pp. 97.

Kang, I.K., H.S. Kim, H.I. Shin, Y.W. Lee, J. C. Kim and H. J. Jo, 2007. Study on the casualties of fishing vessels in Korea. Bull, Korean Fish. Tech. Soc., 43(2), 149 - 159.

Kang, D.S., 2003. A Study on the Development of Stability Assessment System of Small Boats in a Seaway. Ph.M.Thesis, Chungnam National University, Korea. pp. 47.

Kim, H.C., 1978. Simple method of vessel's stability. Bull, The Society of Naval Architects of Korea. Soc. 15(1), 7 - 9.

Kim, J.N., 1999. A Study on for stability criteria of small fishing vessel. Ph.M.Thesis, Chosun University, Korea. pp. 54.

KMST, 2006. Annual judicial reports of Korean maritime safety tribunal. pp. 701.

Kwon, S.H., H.J. LEE, 2007. A study on the stability of small ship. Bull, The Society of Naval Architects of Korea. Soc. 443(3), 285 - 295.

---

2009년 8월 28일 접수

2009년 9월 24일 1차 수정

2009년 10월 9일 2차 수정

2009년 10월 12일 수리