

소형선박의 횡요방지 제어장치 연구

김시영 · 유재복* · 문철진**

(부경대학교 · *거창기능대학 · **양산대학)

I. 서론

우리나라 어촌에서 사용하는 어선의 대부분은 총톤수 20톤 미만이며 이러한 소형어선의 전복에 의한 해난사고가 많이 발생되고 있다. 선박의 전복은 과도한 횡운동(rolling)에 의해 발생하며 횡운동을 억제하기 위해서 선형의 개량, 빌지 킴, 자이로 스킵프(Gyroscopic stabilizers) 및 jet flap, stabilizing fins 의 설치등 여러 가지 방법[1] 강구되어져 왔으며 요트의 횡동요 제어를 위한 날개와 킴(keel)의 부착효과는 Slooff와 Spens등이 언급하였으며 선저날개와 플랩을 부착하여 횡동요를 제어하는 것이 저항 및 운동성능에 많은 향상을 가져온다는 Farrant et al의 연구 결과가 발표되었다.[3~5]

본 연구에서는 설계선의 roll운동을 제어할수 있는 wing-flap system을 설계하였다. 양력계산에는 Vortex Lattice Method를 사용하였고 파랑중에서의 운동 및 파랑강제력(힘과 모멘트)을 계산하기 위해서는 3-D diffraction 이론에 의한 패널 프로그램을 이용하였다. 그리고 설계선의 1/4축소로 모형선을 제작하여 wing이 부착된 경우와 부착되지 않은 경우에 대해서 부산대학교 예인수조에서 저항시험, 정지속도[6]에서 규칙파중에서의 운동시험, 전진속도[7]가 있을시 다방향파에서의 운동시험을 수행하였다. 전진속도가 있을시 선박의 roll운동을 발생시키기 위해서 다방향파가 생성될 수 있는 프로그램을 개발하였다. 그리고 소형어선의 선저에 날개-플랩[8~10]을 부착하여 횡동요를 제어하여 거친 해상상태에서도 안전하게 운항할 수 있는 시스템을 개발하였다.

그방법으로 선저날개와 플랩을 설계하고 3톤어선의 1/4 축소로 제작한 모형선에 부착하여 횡동요 감쇄실험, 정지 및 전진속도가 있을 때 규칙파중에서의 운동실험 및 다방향 불규칙파에서 전진속도가 있을 때의 운동실험을 수행하였다. 플랩의 제어는 모형선에 부착된 포텐시오미터(potentiometer)로부터 읽어들이는 횡동요 운동을 순간순간 억제할 수 있는 제어알고리즘과 P.C로 하였다.

그결과 Wing의 부착은 정지상태에서 roll운동을 급격히 감소시킴을 보였다. 또한 속도가 있을시 flap의 제어는 roll운동을 급격히 감소시킴을 보였다. 또 본 어선의 무게중심의 상향이동에

따른 정적 불안정성 요인을 제거하여 파중에도 안전하게 운항할 수 있을 것으로 생각된다.

그리고 선저날개와 플랩이 부착되었을 경우 나선에 비교하여 정지중일때 선박의 횡동요 감쇄모멘트를 크게 하였고, 전진속도가 있을 때는 날개-플랩 시스템의 부착이 횡동요 감쇄를 더욱 크게 하는 효과가 있었다. 또한 다방향파에서 전진속도가 있을 시 플랩의 제어는 선박의 횡동요운동을 크게 감소시켜줄을 알았다.

II. 횡요 방지 장치 설계

1. Wing-flap 설계

Wing-flap은 선박이 횡동요가 있을 때 반대로 복원시키려는 roll모멘트를 발생시켜 선박의 횡동요를 거의 제거하는 것이다. Wing-flap이 pitch운동에 영향을 주지 않기 위해서는 wing-flap에 작용하는 압력중심이 선박의 무게중심과 일직선상에 있으면 된다. 피치모멘트를 발생시키지 않고 roll모멘트만 발생시키기 위해서는 우현과 좌현flap의 작동이 역으로 되면 된다. 즉 우현flap이 내려가면 좌현flap은 올라가서 양력이 2배로 발생하여 roll모멘트가 발생하여 좌현으로 선박은 기울어지게 된다.

Wing-flap을 설계하기 위해서는 먼저 본 선박의 파에 의한 roll외력(exciting force)을 알아야 된다. 3-D diffraction이론에 의한 선박의 운동응답계산프로그램을 전호환동에 의해 개발하였으며 이 프로그램을 이용하여 본 선박의 운동응답과 파랑강제력을 계산하였다.

Fig. 1은 횡파(beam seas)에서 단위파고당 횡동요 외력모멘트(roll exciting moment)를 파길 이변화의 함수로 나타내었다. 그림에서 WL은 파길이이고 SL은 선박의 수선간 길이이다.

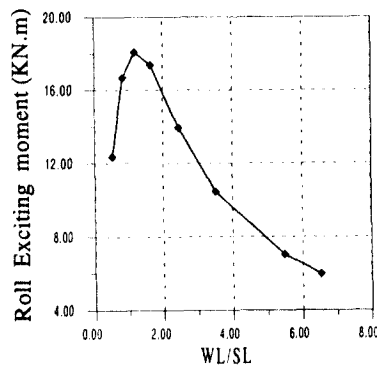


Fig. 1. Roll Exciting moment for the unit wave amplitude (beam seas)

횡동요 외력모멘트는 파길이가 선박길이의 1.26배일 때가 약 $18\text{KN} \cdot \text{m}$ 로 최대가 됨을 알 수 있다. 즉 횡동요 외력모멘트는 약 $18\text{KN} \cdot \text{m}$ 를 최대값으로 조우주기로 진동하기 때문에 이러한 최대값이 일어나기 전에 플랩의 작동으로 반대로 작용하는 모멘트를 발생시키면 횡동요운동을 억제할 수 있다고 본다.

$18\text{KN} \cdot \text{m}$ 로 최대가 됨을 알 수 있다. 즉 roll exciting moment는 약 $18\text{KN} \cdot \text{m}$ 를 최대값으로 조우주기로 진동하기 때문에 이러한 최대값이 일어나기전에 flap의 작동으로 반대로 작용하는 모멘트를 발생시키면 roll 운동을 억제할 수 있다고 본다.

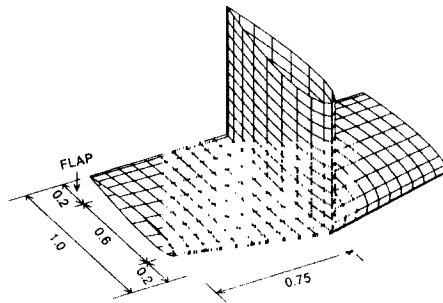


Fig. 2. Dimension of the wing flap perspective view (unit in meters)

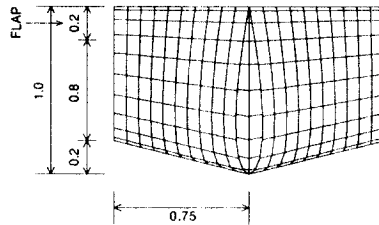


Fig. 3. Dimension of the wing flap Top view (unit in meters)

Fig. 2 및 3은 설계된 wing-flap의 제원을 보여주고 있다. Wing은 구조적인 강도를 고려하여 비교적 두꺼운 NACA0015로 하였으며 또한 중앙부의 strut도 제어장치의 설치관계로 15% 두께를 가지는 NACA0015로 하였다. 한쪽 날개의 코드(chord)는 중앙부가 1m, 끝(tip)에서는 0.8m이고 span은 0.75m이다. Flap은 0.2m의 chord를 가진다. Wing은 선박의 skeg와 평행하게 부착하였으며 이는 flap각을 0° 로 하였을 때 날개에 의한 양력을 0으로 하기 위함이다.

Fig. 4는 설계날개의 flap각변화에 따른 5가지 입사각에 대해서 Vortex Lattice Method로 계

산한 양력계수변화를 보여주고 있다. 양력계수는 30°까지의 변화에 대해서 거의 선형적으로 변하고 있음을 알 수 있으나, 이는 점성을 무시한 포텐셜유동의 계산결과이기 때문이며 실제유동에서는 다소 달라질 수 있다고 본다.

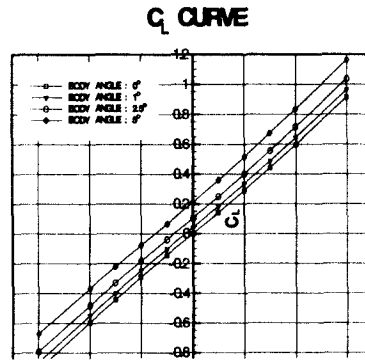


Fig. 4. C_L Curve of the wing with flap angle changes

그리고 입사각 0°(즉 body angle 0°)일 경우 3가지속도에 대해서 flap각 변화에 따른 양력의 변화를 보여주고 있으며 이의 roll 모멘트값을 구하였다.

본 선박의 설계속도는 8knots로서 이때 flap각 30°일 경우 약 7.4KN·m의 roll모멘트를 가짐을 알 수 있다. 최대파강제력 roll모멘트인 18KN·m의 약 41%에 해당되며 이 정도의 모멘트 이면 파강제력에 의한 roll모멘트의 작용을 초기에 억제하여 roll운동을 제어할 수 있다고 생각된다. 또한 앞절에서 언급한 바와같이 8~10knots의 속력으로 항주시 4°정도의 선미트림이 발생하기 때문에 날개에 유입되는 유동의 입사각은 0°이상으로 생각되기 때문에 실제 roll모멘트는 이 보다 훨씬 크다고 생각된다. 물론 날개의 크기를 크게 하면 보다 더 강력한 힘을 발생시킬 수 있으나 구조적 및 실용적인 측면에서 고려되어야 한다고 본다.

입사각 0° (body angle 0°)일 경우 3가지속도에 대해서 변화에 따른 양력을 와류격자법 (VLM)에 의해 계산하고 모멘트를 계산하여 Fig. 5에 주었다.

본 모형선의 설계속도는 8knots로서 이때 플랩각이 30°일 경우 약 7.4KN·m의 횡 모멘트를 가짐을 알 수 있다. Fig. 3.4에 보여주는 최대파강제력 횡 동요모멘트인 18KN·m의 약 41%에 해당되며 이 정도의 모멘트이면 파강제력에 의한 횡 동요모멘트의 작용을 초기에 억제하여 횡 동요운동을 제어할 수 있다고 생각된다. 또한 8~10knots의 속력으로 항주시 4° 정도의 선미트림이 발생하기 때문에 날개에 유입되는 유동의 입사각은 0°이상으로 생각되기 때문에 실제 횡 동요모멘트는 이 보다 훨씬 크다고 생각된다. 물론 날개의 크기를 크게 하면 보다 더 강력한 힘을 발생시킬 수 있으나 구조적 및 실용적인 측면에서 고려되어야 한다고 본다.

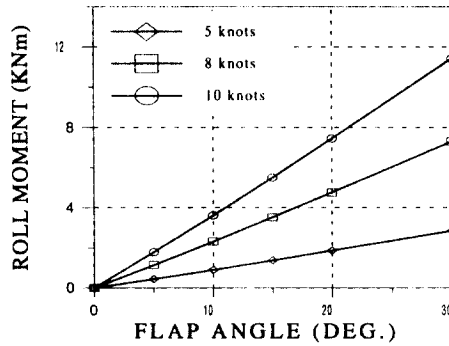


Fig. 5. Roll moment of the wing with flap angle changes

2. 제어기 시스템 설계

전동모터를 이용한 제어기 설계 및 제어 알고리즘은 플랩과 컨트롤러(controller)의 하드웨어(H/W)와 이것을 제어하는 제어 알고리즘(S/W)으로 구성하였다. 마이크로 프로세서를 이용한 전동 서보 제어기는 선박 평형 유지 시스템의 구성과 데이터 및 제어신호 처리는 제어 모터에 붙어있는 위치제어 피드백(feedback) 및 포텐시오미터로 횡동요각도를 직접 받아들여 입력 처리토록 하였다.

횡동요 각도와 피드백신호를 이용하여 제어하도록 하였다. 그리고 조종장치는 기울기각도와 피드백신호를 이용하여 제어하도록 프로그램화하고 이를 롬 라이트화하여 원칩 마이크로칩에 심었으며 제어 및 전동모터를 구동할 수 있는 구동회로도 구성하였다. 선박 평형유지 블록 다이어그램은 Fig. 6에 보여주고 있다.

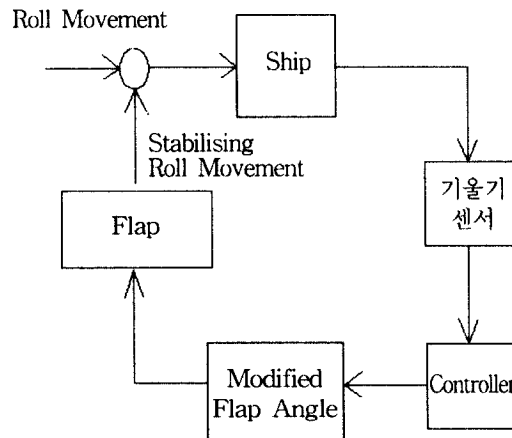


Fig. 6. Block diagram of ship parallel system

Ⅲ. 모형선 실험결과

1. 횡요 운동 실험

1-1. 정수중과 파랑중에서의 자유 감쇄실험

정수중과 파랑중에서 정지 및 전진속도가 있을 때 나선, 빌지 킬 및 빌지 킬과 선저날개가 부착된 3가지 모델에 대하여 횡동요 감쇄 모멘트특성을 파악하기 위해 자유 횡동요 감쇄실험을 수행하였다. 이에 대한 자세한 실험결과는 참고문헌에 발표되었다.

Fig. 7은 정수중에서 전진속도가 없을 때 3가지모델에 대한 중력중심에서의 횡동요 감쇄계수 $\overline{B_{44}^G}$ ($= B_{44}^G / (2 \times w_\phi \times I_o)$)를 보여주고 있으며 빌지 킬, 빌지 킬과 선저날개가 부착된 순으로 감쇄값이 증가하고 있음을 알 수 있다. w_ϕ 는 횡동요 고유원주파수이다. 고유진동수와 I_o (관성모멘트)는 경사시험과 횡동요 감쇄기록으로부터 얻어진 GM값을 사용해서 각각의 횡동요중심에 대해 계산된다.

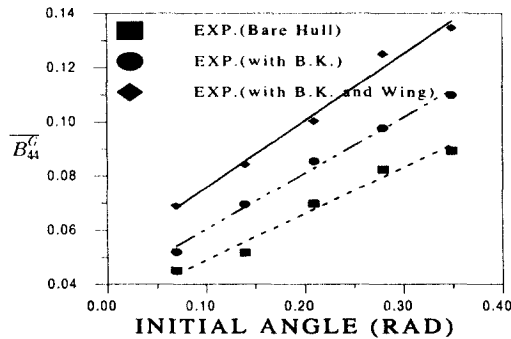


Fig. 7. Comparison of $\overline{B_{44}^G}$ for 3 models

Fig. 8은 초기각 $\phi_o = 0.0698$ rad, 파원주파수(w)가 3.14 rad/sec 일 때 속도에 따른 횡동요 감쇄계수(ζ)를 보여주고 있다. $\zeta = B / (2 \times w_\phi \times I_o)$ 이고 그림에 보여주는 OG는 중력중심과 횡동요중심과의 거리이며 d는 모형선의 흘수이다.

앞의 결과와 마찬가지로 선저날개가 부착된 경우가 가장 큰 감쇄력을 보여주고 있으며 이는 속도가 증가함에 따라 날개의 양력발생으로 인해 그 증가량이 더 커짐을 알 수 있다.

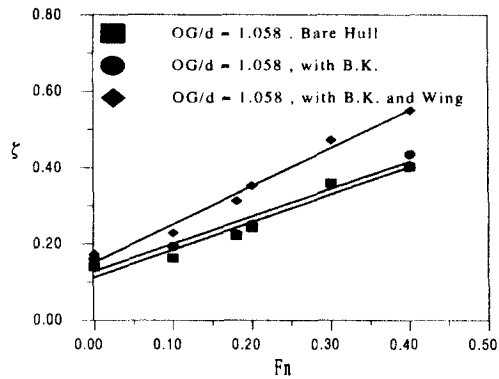


Fig. 8. Comparison of ζ for 3 models with forward speed in waves
 ($\omega = 3.14$ rad/sec, $\phi_0 = 0.0698$ rad)

1-2. 규칙파중에서의 운동실험결과

정지 및 전진속도가 있을 경우 나선 및 선저날개가 부착된 모델에 대해 규칙파중에서의 운동을 계측하였다. 전진속도가 없을 경우는 선수파, 사파 및 횡파에 대해 운동값을 계측하였다. 대표적인 결과로 8knots의 속도에서 상하운동(heave) 및 종동요(pitch)의 운동 RAO값을 Fig. 9와 Fig. 10에 보여주고 있으며 3-D 산란 이론에 의한 계산결과와 비교하였다.

나선인 경우 계산결과와 실험결과가 비교적 잘 일치하고 있으며 선저날개가 부착되었을 경우 예상대로 상하운동에는 큰 영향이 없으며 종동요운동은 크게 감소함을 알 수 있다.

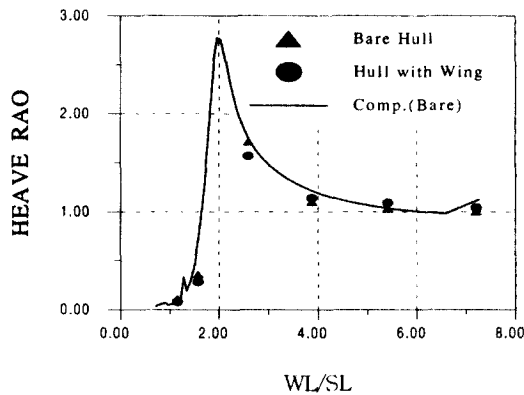


Fig. 9. Heave RAO vs the ratio of the wave length to the ship length
 at 8.0 knots for head seas

소형선박의 횡요방지 제어장치 연구

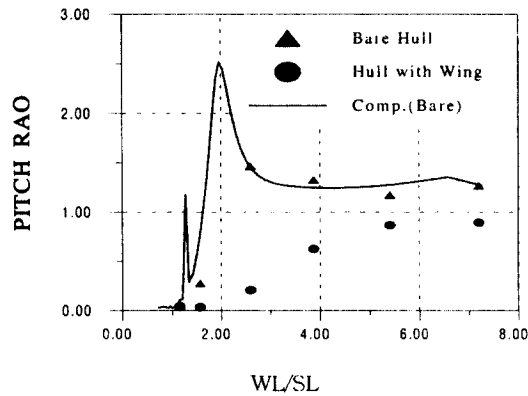


Fig. 10. Pitch RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 8.0 knots for head seas

1-3. 다방향불규칙파(short crested waves)중의 운동실험결과

10개의 unit로 구성된 snake type의 조파기를 사용하여 다방향파를 생성하여 전진속도가 있을시 상하운동, 종동요 및 횡동요를 계측하였다. 제어시스템을 설치하기 위해 모형선의 축척비를 1/4로 하였기 때문에 상대적으로 큰 파에서 운동실험을 할 수 없었다. 따라서 횡동요운동을 크게 할 수 있는 파생성이 어렵고 부산대학교 예인수조에서 생성할 수 있는 최대 파고인 30cm 범위에서 실험을 수행하였다. 이 범위내에서 전진속도가 있는 선박의 횡동요운동을 최대로 하기 위해서 정수중에서 최대횡동요 운동응답을 주는 2.0sec로 유의 파주기를 입력하고 유의파고는 27cm로 하여 다방향 불규칙파를 생성하였다. 조파기의 첫 번째 unit에서 10번째 unit의 위상차를 1.0에서 1.9초까지 변화해 본 결과 1.9초에서 모형선의 횡동요운동이 최대로 발생함을 알았다. 10개의 unit의 진폭을 각각 변화시켜 보았으나 일정진폭으로 파를 생성하는것이 최대의 횡동요운동을 발생함을 알았다.

2. 자유 횡요 실험

2-1. 실험순서

자유 rolling 실험에서 얻어진 자료로 roll의 고유주기를 알 수 있고 또한 감쇄(damping)곡선, 감쇄각곡선 및 감멸곡선을 구하여 roll감쇄계수를 구할 수 있다.

Wing을 부착하였을 때와 부착하지 않았을 경우 감쇄곡선의 비교는 고유주기와 감쇄량의 차이를 알 수 있기 때문에 wing의 부착이 동적운동응답에 미치는 영향을 간단히 평가할 수 있다. 그리고 실험순서를 요약하면 다음과 같다.

- ① 모형선을 준비하여 수조에서 초기 경사각($\phi = 5^\circ, 10^\circ$)을 준다.
- ② 실험으로 다음과 같은 감쇄곡선을 얻는다.
- ③ 감쇄각 곡선을 $\Delta\phi_n = \phi_n - \phi_{n-1}$ 으로 구한다.
- ④ $\Delta\phi$ 와 $\dot{\phi}$ 를 이용하여 감멸곡선을 구한다.
- ⑤ 최소자승법을 사용하여 감멸계수를 $\Delta\phi = f(\dot{\phi}_n) = a\dot{\phi}_n + b\dot{\phi}_n^2$ 으로부터 구한다.
- ⑥ 감멸계수를 이용해서 roll damping 계수를 구한다.
- ⑦ 소실되는 위치에너지가 감쇄에 소비되는 에너지로 바뀌므로 $\alpha = \frac{2a}{T}, \beta = \frac{3b}{4}$ 의 관계를 유도할 수 있다.

2-2. 모형실험결과

Fig. 11에 나선일 때와 wing이 부착되었을 때의 감멸곡선을 나타내고 있다. Wing이 부착된 경우의 함수의 기울기가 크므로, wing으로 인한 roll감쇄효과가 지대함을 알 수 있다.

Table 1에 roll 관성반경 $k=0.4B$ 로 두고 초기변위각은 5° 와 10° 로 주었을 때의 감쇄계수값을 비교하였으며 고유주기도 주었다. Wing을 부착했을 경우 고유주기가 상당히 크게 증가함을 알 수 있다.

Table 1. Comparison of Bare Hull between Hull with wing

Initial angle	Bare Hull		Hull with wing	
	5°	10°	5°	10°
a	0.0462	0.029	0.0489	0.0257
b	0.035	0.106	0.081	0.2007
α	0.0486	0.0305	0.044455	0.02336
β	0.02625	0.0795	0.06075	0.150525
A	0.04374	0.02745	0.0400095	0.021024
B	0.0118	0.03578	0.0273375	0.06774
T(Period)	1.9	1.9	2.2	2.2

(model scale)

소형선박의 횡요방지 제어장치 연구

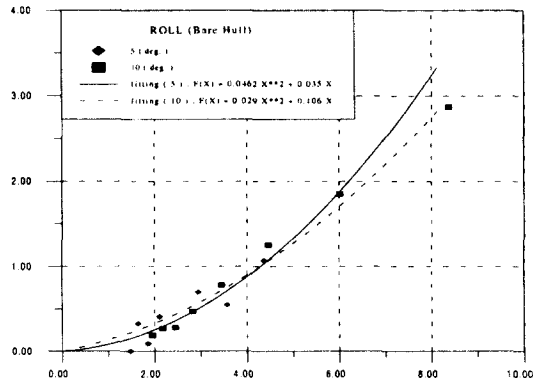


Fig. 11. Damping curve of bare ship

3. 규칙파중 운동실험

실선의 1/4축소로 제작한 모형선으로 부산대학교 수조(길이 86m, 폭 5m, 물깊이 3m)에서 정지상태 및 전진속도가 있을 때 파랑중에서의 운동응답을 계측하였다.

정지상태일때는 선수파(head seas), 선수사파(bow quartering seas) 및 횡파(beam seas)일 때 heave, pitch 및 roll을 계측하였다.

조파기가 10개의 unit로 구성된 snake type이기 때문에 다방향파의 생성이 가능하여 전진속도가 있을시도 roll운동의 계측이 가능하고 wing-flap의 작동에 의한 roll운동제어효과를 볼 수 있다.

3-1. 규칙파중에서의 운동실험결과

위에서 언급한 바와 같이 정지상태 및 전진속도가 있을 때 규칙파중에서의 운동응답을 계측하여 3-D diffraction 이론에 의한 계산결과와 비교하였다. 계산에 사용된 패널(panel)구성을 주었다.

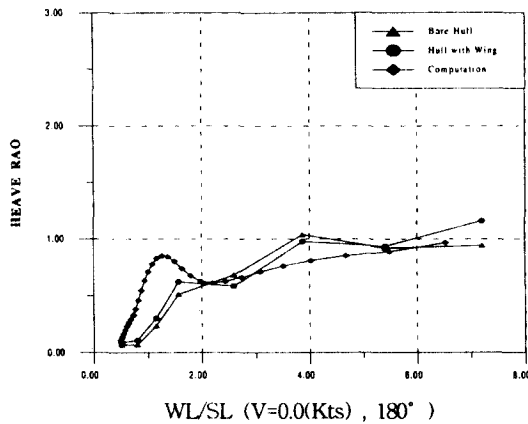


Fig. 12. Heave RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 0.0 knots for head seas

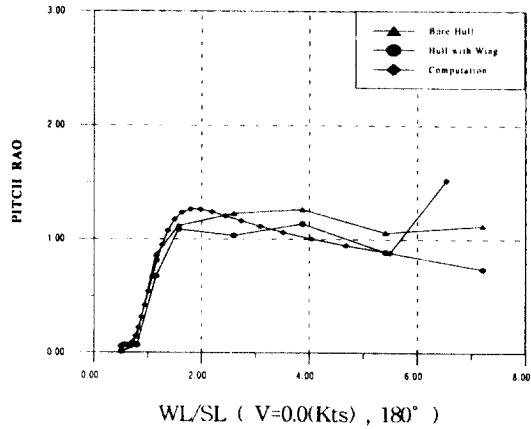


Fig. 13. Pitch RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 0.0 knots for head seas

정지상태에서 선수파가 입사할때의 heave 및 pitch RAO를 파길이를 모형선의 길이로 나눈 함수로 Fig. 12 와 Fig. 13에 두었다. 계산결과는 wing-flap 시스템이 없는 경우이며 이때의 실험결과와 대체적으로 잘 일치하고 있다. Wing이 부착되었을 경우 heave운동에는 커다란 영향이 없음을 볼 수 있고, pitch의 경우도 큰 영향은 없으나 날개가 부착된 경우가 pitch 운동응답이 약간 작음을 알 수 있다.

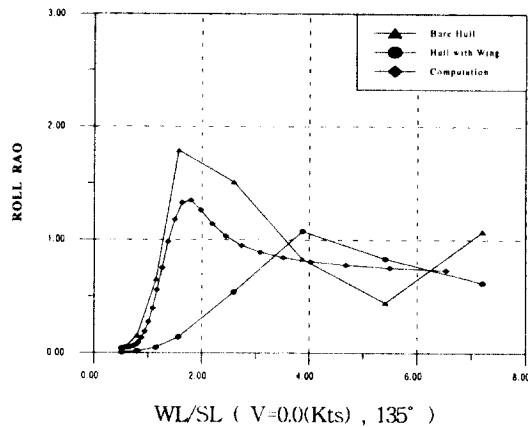


Fig. 14. Roll RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 0.0 knots for bow quartering seas

소형선박의 횡요방지 제어장치 연구

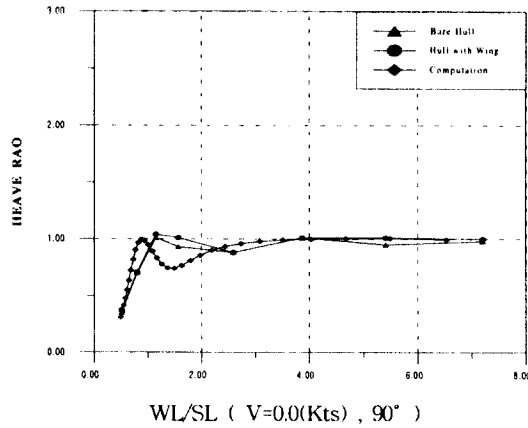


Fig. 15. Heave RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 0.0 knots for beam seas

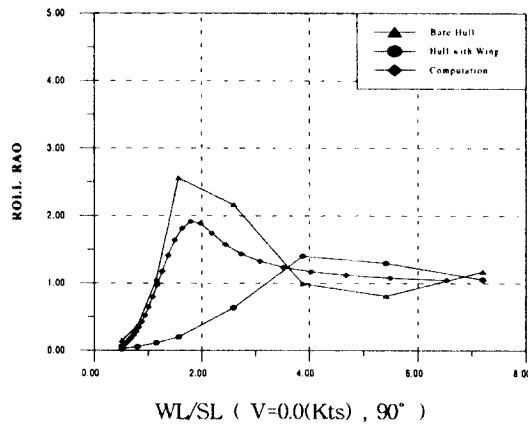


Fig. 16. Roll RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 0.0 knots for beam seas

파입사각이 135°일 경우의 heave, pitch 및 roll RAO를 Fig. 14, 15 및 16에 두었다. 선수파일 경우와 마찬가지로 날개의 부착은 heave운동에는 큰 차이가 없으나 pitch의 경우는 날개의 부착이 roll운동에 많은 감쇄력으로 작용하기 때문에 roll운동이 억제되어 pitch운동이 다소 작게 나타남을 볼 수 있다. 예상한대로 roll운동응답은 상당한 차이를 보이고 있다. 날개가 부착되지 않았을 경우에는 roll운동의 극대값이 roll운동의 고유주기(T=1.9초)인 WL/SL=1.9에서 발생하나 날개의 부착은 roll의 고유주기를 2.2초로 늘여주기 때문에 WL/SL=3.9에서 최대값을 주고 있

다. 날개가 부착되지 않는 경우 계산결과와 실험결과는 비슷한 경향을 보여주고 있다. 날개의 부착은 Roll운동응답을 크게 제어하고 있음을 볼 수 있다.

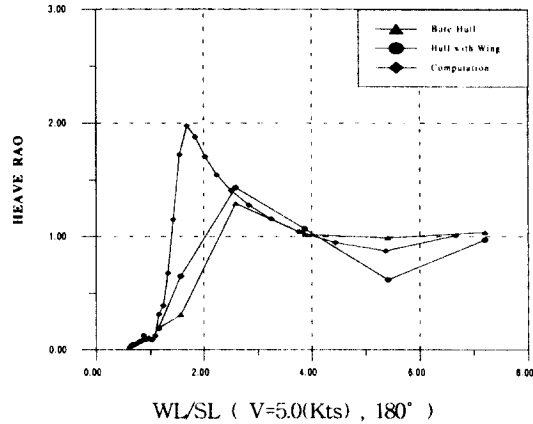


Fig. 17. Heave RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 5.0 knots for head seas

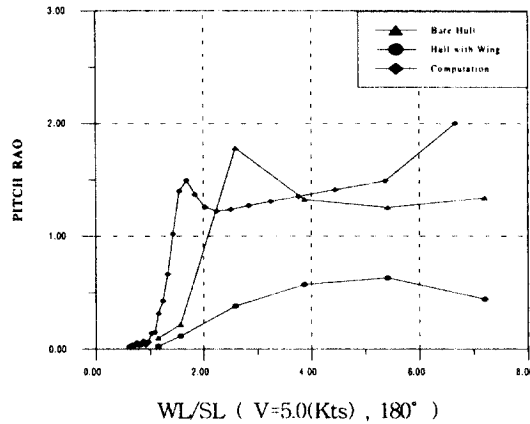


Fig. 18. Pitch RAO vs the ratio of the wave length

횡파일 경우 heave 및 roll운동응답을 Fig. 17 및 19에 보여주고 있다. 마찬가지로 roll운동은 날개에 의해 많은 영향을 받고 있고 최대운동응답이 크게 줄었으며 또한 전파장에서 roll운동이 날개가 없을 경우와 비교하여 크게 감소하였음을 알 수 있다.

소형선박의 횡요방지 제어장치 연구

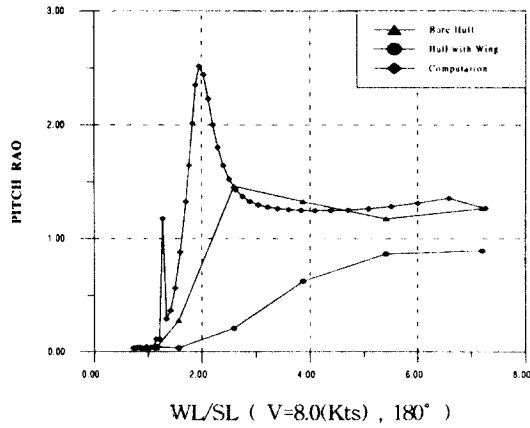


Fig. 19. Pitch RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 5.0 knots for head seas

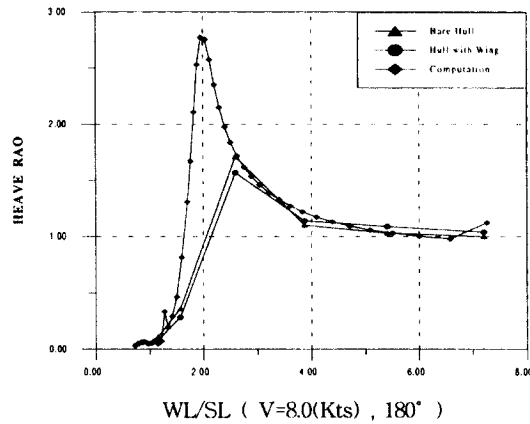


Fig. 20. Heave RAO vs the ratio of the wave length to the ship length at 8.0 knots for head seas

전진속도가 있을 경우의 heave 및 pitch운동응답을 Fig. 19 및 20에 주었다. 5knots 및 8knots의 경우 heave운동응답은 큰 차이가 없으나 pitch의 경우 날개가 있는 경우 pitch운동응답이 크게 감소함을 볼 수 있다.

3-2. 불규칙파중 운동시험결과

앞에서 언급한바와 같이 10개의 unit로 구성된 snake type의 조파기이기 때문에 다방향파의

생성이 가능하다. 다방향파 생성을 위해서 전진속도가 있는 선박의 roll운동이 최대로 하기 위해 정수중에서 큰 roll운동응답을 주는 파주기 2.0을 고정하고 첫 번째에서 10번째의 unit에 위상차를 1.0에서 1.9초까지 변화를 준 결과 1.9초에서 최대 roll운동응답이 발생함을 알았다. 각 unit의 진폭에도 변화를 주어 시도해보았으나 10개의 unit의 진동진폭을 고정하여 1.9초의 위상차를 주는 것이 최고의 효과를 얻음을 알았다.

조파기가 설치된 것이 얼마되지 않았고 현재 시운전 상태이기 때문에 조파기의 운동진폭을 크게 시도할 수는 없었고 20cm로 하였다. 이때 파고는 27cm정도가 생성되었다.

그리고 8knots의 속도로 달릴 경우 flap을 제어하지 않았을 경우와 제어할 경우의 heave, pitch 및 roll의 운동응답을 보여주고 있다. Flap을 제어하지 않은 경우의 roll진폭(double amplitude)은 약 5' 에서 제어하였을 경우는 약 1.5' 로 크게 줄었음을 볼 수 있다.

4. 저항및 복원성능

4-1. 저항성능

실험에 사용된 선박은 국내에서 많이 사용되는 총톤수 3톤급 소형어선으로서 큰 스케그(skeg)가 있으며 hard chine을 가지고 있는 전형적인 어선형이다. Table 2에 주요제원을 보여주고 있으며 Fig. 21은 면도를 보여주고 있다. 빌지 길은 선미에서 5 스테이션(station)까지 높이가 0.06m, 폭이 0.07m로 균일하게 hard chine에 일직선으로 부착되었고 그 이후로 점점 줄어들어 8 스테이션에서 선체와 일치되는 형상이다.

Table 2. Particulars of the Fishing Vessel

Disp.(m ³)	7.56
LWL(m)	7.9
Breadth(m)	2.35
Draft(m)	0.73
LCB(m)	-0.44624

소형선박의 횡요방지 제어장치 연구

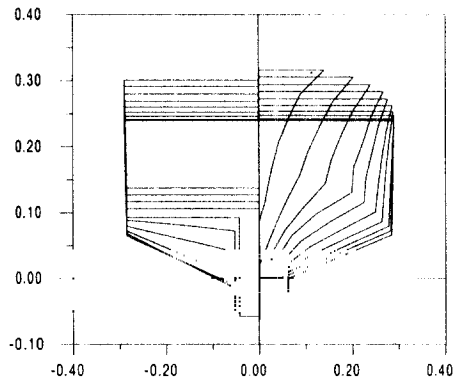


Fig. 21. Body plan for fishing vessel
(model scale, unit in meter)

설계선의 1/4축소로 제작한 모형선으로 부산대학교 수조 (길이 86m, 폭 5m, 물깊이 3m, 예인최대속도 7m/s)에서 저항시험을 수행하였다.

Fig. 22는 모형시험결과를 실선으로 확장한 유효마력곡선을 보여주고 있다. 설계선의 흘수 $T=0.73\text{m}$ 에서는 10knots의 속도로 항주하다가 정지했을 경우 뒤에서 따라오는 파에 의해 갑판 위로 물이 올라왔기 때문에 그 이상의 속도에서는 실험을 수행할 수 없었다.

어선의 실적선 통계자료에 의한 마력추정프로그램을 이용하여 유효마력을 추정하여 Fig. 22에 동시에 보였으며, 흘수 0.73m에서 실험수행이 완료된 9.3knots의 속도까지는 추정값과 실험값이 거의 비슷함을 보이고 있다.

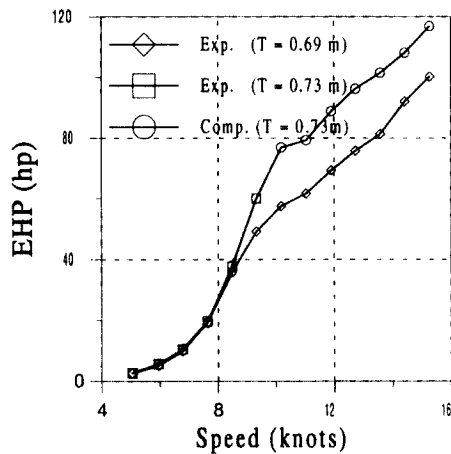


Fig. 22. EHP Curve of the fishing vessel vs Speed

설계선은 만재흘수(T = 0.73m)에서 최대속도가 10knots이기 때문에 추진효율을 0.60으로 생각하면 약 130마력의 엔진이 요구된다.

4-2. 복원성 실험

77/93 어선 안전협약[7]에 주어진 어선의 복원성기준값과 본 어선의 경우 무게중심이 0.73m 와 0.83m에 위치했을 때의 값을 비교하여 Table 3.2에 제시하였다.

무게중심이 킬(keel)로부터 연직상방 0.73m에 위치한 경우는 77/93 어선 안정성기준을 모두 만족시키고 있다. 본 어선의 경우 만재하중 흘수가 0.73m이기 때문에 무게중심이 0.83m 정도에 있을 것으로 추정된다. 이 경우에는 Table 3에서 보여주는 바와 같이 GM외에는 만족시켜주는 것이 없다. 따라서 본 선박의 경우 안정성에 문제가 있는 것으로 생각된다. 정적 안정성기준을 만족시키지 못하는 선박이 많은 하중을 싣고 파랑중 항해시 심한 횡동요운동에 의한 전복이 일 어날 가능성이 있다. 따라서 이의 방지를 위한 장치가 필요하다고 본다. 본 연구에서는 이러한 횡방향 전복을 방지하기 위해서 선박의 선저중앙에 날개-플랩장치를 부착하여 횡동요운동을 억제하고자 한다.

Table 3. 77/93 safety agreement vs fishing vessel's stability

	77/93 fishing ship Reg.	fishing vessel (G=0.73)	fishing vessel (G=0.83)
GZ curve area(in 30°)(m rad)	0.055	0.0686	0.0551
GZ curve 40°-area(m rad)	0.090	0.1078	0.084
GZ curve (30° ~ 40°)-(m rad)	0.030	0.0392	0.029
30° in GZ (m)	0.2	0.244	0.194
GZ max angle (deg)	30° above	30°	30°
initial GM (m)	0.35	0.487	0.387

IV. 결론

소형어선의 전복 방지화 안정장치인 선저 날개-플랩 시스템을 개발하여 모형실험으로 그 효용성을 검증하였다. 날개-플랩 시스템은 횡요시 선실로부터 하강하여 사용될수 있도록 연구 설계하였다.

선저 날개가 부착되었을 경우 전진속도가 없을 경우에도 횡동요 감쇄 모멘트값이 크게 증가하였으며, 속도가 증가함에 따라 그 증가량은 커졌다. 또한 플랩의 작동은 횡동요 운동을 크게 억제시켜 주었다.

참고 문헌

- [1] Lloyd, J. M., "Seakeeping : Ship Behaviour in Rough Weather" , Ellis Horwood Limited, 1978, pp.343-397
- [2] Chun, S. H, Chun, H. H, Kim, C. H & Kim, S. Y. " Development of a Stability System to Prevent the Capsize of a Small Fishing Vessel ", J. of Ocean Engineering and Technology, Vol. 13, No. 1, 1999 (in Korean)
- [3] Tanaka, N., Ikeda, Y. and Okada, H., " Study on Roll Characteristics of Small Fishing Vessel, Part I Measurement of Roll Damping" , J. Kansai Soc. N.A., No 187, 1983, pp.15-23
- [4] Tanaka, N., Ikeda, Y. and Okada, H., " Study on Roll Characteristics of Small Fishing Vessel, Part II An Approximate Method of Solution for Nonlinear Lateral Equations" , J. Kansai Soc. N.A., No 189, 1984, pp.43-51
- [5] Tanaka, N., Ikeda, Y. and Okada, H., " Study on Roll Characteristics of Small Fishing Vessel, Part III Effects of Over-Hung Deck" , J. Kansai Soc. N.A., No 194, 1985, pp.43-52
- [6] Bass, D. W. and Haddara, M. R., "Roll Damping for Small Fishing Vessel" , Proc.of 22nd American Towing Tank Conference, St John's, Canada, 1989, pp.443-449
- [7] Haddara, M. R. and Bass, D. W., " On the Form of Roll Damping Moment for Small Fishing Vessels " , Ocean Engng, Vol. 17 , No 6, 1990, pp. 525-539
- [8] Kwon, S. H, Chung, J. H. and Lee, T. I., " Application of FPK Equation for Nonlinear Ship Rolling in Irregular Seas", Trans. SNAK, vol. 29, No 1 , 1992, pp. 62-70 (in korean)
- [9] Kwon, S. H, Chung, J. H. and Kim, D. W., , " A Stochastic Prediction of Rolling of Ships Using Equivalent Non-linear Method", Trans. SNAK, vol. 29, No 2 , 1992, pp. 60-65 (in korean)
- [10] Chun, S. H., Chun, H. H., & Kim, S. Y., "Roll Damping Moment of a Small Fishing Vessel (I) - by Free Rolling Test in Calm Water - ", To be appeared in J. of SNAK, 1999 (in korean)

A Study on the Anti-Rolling Control System of Small Ship

Si-Young KIM · *Jae-Bok YOO · **Chul-Jin MOON

(Pukyung National University · *Keochang Polytechnic College · **YangSan College)

Abstract

The roll damping characteristics of the three models of a small fishing(3 ton class fishing vessel), such as the bare hull, hull with bilge keels, and hull with bilge keels and a central wing are investigated by the free roll and head waves tests in calm water in a towing tank with the various forward speeds, initial angles and OG's. The experimental results are compared with the numerical results of mathematical modellings by the energy method for these three models and the energy dissipation patterns are also compared. And the wave length variations are also included.

The experimental results are compared with the numerical results of mathematical modellings by the energy method for these three models and the energy dissipation patterns are also compared. The roll damping moment of the models is increased for zero speed cases, but as the speed increases, the effect of the waves on the roll damping of the models with the additional devices is negligible due to the much increased damping caused by the lift increase.