

# 소형 트롤 어선의 예망과 항해중의 동요특성

강일권<sup>†</sup> · 김형석 · 김정창 · 김민석 · 조효제\* · 이춘기\*

부경대학교 · \*한국해양대학교

## On the motion characteristics of small trawler in trawling job and sailing

Il-Kwon KANG<sup>†</sup>, Hyung-Seok KIM, Jung-Chang KIM, Min-Seok KIM, Hyo-Jae JO\* and Chun-Ki LEE\*

Pukyong National University, \*Korea Maritime University

### Abstract

It is very important for the safe navigation and fishing operation to ensure the hull response of a fishing vessel in rough seas. This is an experimental study on the dynamical characteristics of ship's motion during operating job and sailing in the real sea.

The experiments were carried out on the small stern trawler in operating job and sailing, and then the ship's roll and pitch motion were simultaneously recorded by P/C according to the wave directions. From these data, the statistical properties and power spectra were obtained and the analysis of ship's motions in the both case were made.

The results obtained are summarized as follows:

- (1) The amplitudes of pitch motion don't appear a big different between trawl job and sailing, but at bow seas, its in sailing have a tendency to increase more than in trawl job. The amplitudes of roll motion appear a big different between trawl job and sailing, but at beam sea, that slightly decreasing tendency.
- (2) The peak period of pitch motion in trawl job and sailing change, but that of roll motion don't change according to the direction of waves.
- (3) The warp tention cause the motion of hull to be reduce, if the tention of each side have a ballance.

Key words : trwaling job(트롤 조업), sailing(항해), pitch motion(종동요), roll motion(횡동요), warp tention(끝줄의 장력)

### 1. 서 론

어선은 대체적으로 상선보다 크기가 작으므로 해상에서 외력의 영향을 많이 받게 된다. 또한 어선은 상선과는 달리 항해와 조업이라는 두 가지 목적을 동시에 수행해야 하기 때문에 선체운동을 고찰할

때, 이러한 두 가지 면을 충분히 고려해야 할 것이다. 따라서 조선자는 항해시의 외력에 대한 자선의 선체응답은 물론 조업시에도 외력에 대한 운동특성도 함께 파악하여 두 가지의 운동 특성을 비교하여 둘 필요가 있다.

어선은 조업 방법에 따라 그 종류가 매우 많지만,

<sup>†</sup> Corresponding author : ikkang@pknu.ac.kr

본 연구에서는 크기가 다양한 트롤어선을 대상으로 하였다.

트롤어선은 5,000GT가 넘는 대형 트롤어선이 있는가 하면, 100GT 이하의 소형 트롤어선도 많이 있다.

소형 트롤어선은 연해에서 조업하기는 하나, 대형 선보다 상대적으로 파도와 바람의 영향을 크게 받기 때문에 항해중은 물론, 어구를 사용해서 조업할 때 선박의 안전에 대한 충분한 대책을 고려해야 한다.

조업과 항해중의 어선의 선체운동 특성은 어로 작업을 수행할 때 어구가 선체운동에 미치는 영향을 고려하고, 불규칙적으로 변동하는 제 요소에 대해서 통계적인 해석을 통하여 파악될 수 있다.

불규칙파중의 선체의 동요응답은 여러 가지 형태로 파악될 수 있으나, 그중에서 스펙트럼에 의한 동요응답의 해석법은 그 유효성이 이미 많은 연구에 의해 인정되어 있다<sup>1), 2)</sup>.

실해상의 실선실험에 있어서, 선체응답의 스펙트럼은 파고, 파와의 만남주기 및 만남각도 그리고 선박의 적화 상태에 따라, 또한 조업중의 선체응답에 있어서는 이들 요소에 부가하여 어구에 의한 여러 가지 역학적인 영향을 받아 응답의 정도가 약간씩 다르게 나타나기 때문에 이들의 요소 전부를 파라메트로 하여 선체운동의 특성을 고찰한다는 것은 매우 어려운 일이다.

그러므로 파고와 파와의 만남각도만을 파라메트로 하고, 조업중과 항해중의 종동요 및 횡동요의 운동에 한정하도록 하여, 소형 트롤어선의 조업과 항해중의 선체운동을 이론적인 방법과 통계적인 방법을 통하여 규명하도록 한다.

## 2. 해석 방법

선체운동은 해상의 조건, 선박의 상태 등에 따라 크게 좌우되며, 불규칙한 파랑 중에서 선체운동을 직접 해석하는 데는 많은 어려움이 따른다. 따라서 선체운동을 strip이론에 의해 각 규칙파중의 주파수 응답함수를 도출하고, 이를 불규칙 파랑 중에서의 입출력 관계를 이용하여 운동 응답을 해석하는 것이 일반적인 방법이다.

실선실험에 의한 선체운동, 즉 해양파를 입력으로 하고 선체운동을 출력으로 하는 이들 불규칙운동의 해석에는 스펙트럼, 상관함수 등에 의한 통계 해석법이 매우 유효한 연구 수단인 것은 이미 잘 알려져 있으며<sup>3), 4), 5)</sup>, 여기서도 이들 방법을 이용하였다.

## 3. 실선실험

실선실험은 연안 소형 트롤어선 제1대립호(GT, 155)를 사용하여, 2003년 6월 7일 한산도 남쪽 15mile 해상(위도 34도 25분, 경도 128도 30분)에서 예망중과 항해중에 수행하였다<sup>6)</sup>.

실험 당일의 해상상태가 전일과 거의 비슷한 날을 선택하여, 실험을 시작할 때와 완료했을 때의 선체응답의 편차가 최소화되도록 하였다. 또한 목적으로 관측한 파고는 2.5m로서 소형 트롤어선에 상당한 동요를 유발하는 해상 상태를 선택하여 계측함으로써, 동요치의 분석에 도움이 되도록 하였다.

실선실험에서 파랑에 대한 선박의 상대침몰은 파의 만남각 180°(180도를 향파로 하였다)로부터 45도 간격으로 시계 방향으로 각각 225°, 270°, 315°, 0°로 하고, 각 파향에 대한 예망중과 항해중의 종동요와 횡동요의 진폭을 계측하였다.

계측에는 TCM1 electronic compass sensor module<sup>7)</sup>을 사용하였으며, 특수 제작한 수평안정대 위에 이 계측장치를 부착시키고, 공시선의 G점과 수직인 base line 상방 2.5m에 설치하여 수행하였으며, 먼저 향파에 대해서 예망을 실시하여 예망중의 동요를 10분간 계측하고, 곧 이어 항해에 대해 같은 조건의 동요를 10분간 계측하였다. 그리고 시계방향으로 45°간격의 파향에 대해 향파의 계측방법과 같은 방법으로 동요 계측을 각각 수행하였다.

실험에서 계측한 항목은 종동요, 횡동요의 진폭이며, 선체의 동요 주기, 진폭, 감쇠 상황 등은 파랑의 진행 방향과 선박의 침몰이 선수미선에 대하여 대칭일 때 서로 비슷한 경향을 나타내고 있으므로<sup>8)</sup>, 파의 만남각은 편현의 5방향으로 한정하였다.

선속은 통상의 항해할 때의 전속인 9.5kts와 예망시의 3.5kts를 기준으로 하였다.

실선실험의 자료는 sampling 간격을 0.25sec로 취하고, AMP와 A/D convert를 이용하여 PC에 실시간 저장되었다.

선체동요는 선박의 적화상태에 따라 달라지나, 여기서는 경화상태와 유사한 상태로 하였으며, 실험시의 공시선의 주요 요목과 해상상태는 참고 문헌<sup>6)</sup>과 같다.

## 4. 결과 및 고찰

실험에 의해 얻어진 데이터를 가지고 Fourier변

환을 수행하기 위해 FFT 부프로그램을 이용하였으며, 해석을 위한 데이터 수는  $2^N$ 개로 조정하기 위해 1024 ( $N=10$ )개로 제한하였다. 에너지 스펙트럼의 계산에 있어서 시간 간격 0.25sec, 표본개수 1200, 스펙트럼 최대 lag수를 120으로 하여 FFT해석하였으며, raw스펙트럼은 Bartlett의 삼각윈도우를 사용하여 평활화되었다.

#### 4.1 동요 스펙트럼의 비교

Fig.1은 항해중 파와의 만남각이 각각 선수사파와 추사파일 때, 선수미선에 대칭이 되는 방향에 대한 종동요의 파워스펙트럼이다.

이 그림에서 볼 수 있는 것과 같이 선수미선에 대하여 대칭인 종동요의 파워스펙트럼은 서로 진폭과 주기가 거의 일치하고, 형상도 비슷한 것을 알 수 있다.

Fig.2는 예망중 선수미선에 대칭인 종동요의 추사파와 횡동요의 선수사파를 파워스펙트럼으로 나타낸 것으로서, Fig.1에 보인 항해중의 스펙트럼의 형상과 진폭의 일치도는 약간 떨어지지만, 선수미선에 대해 대칭인 방향의 동요는 거의 일치하고 있어, 선수미선의 대칭인 방향의 동요에 대해서는 한쪽

방향의 것만 해석하면 될 것으로 보인다.

#### 4.2 Power spectrum에 의한 예망중과 항해중의 동요 특성

##### 4.2.1 종동요의 특성

Fig.3은 실선실험에 의한 예망중과 항해중의 종동요의 응답스펙트럼을 각각 파의 만남각에 따라 나타낸 것이다.

먼저, 항파에서 종동요의 진폭의 유의치는 항해중의 경우가  $2.8 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$ 로써 조업중의 경우보다 1.3배 정도 높고, peak가 나타나는 주기는 항해중이 5.8sec, 조업중이 7.0sec으로 항해중의 경우가 짧았다. 또한 항해중과 조업중 모두 peak 형상이 명확하게 나타났다.

항해중의 응답스펙트럼이 조업중 보다 큰 것은 조업중에는 끝줄의 장력이 의해 선체 운동이 제한을 받아 동요치가 줄어든 것이 그 원인으로 보이고, 주기의 peak치에서 항해중이 조업중보다 빠르게 나타난 것은 항해중이 조업중 보다 선속이 빠르기 때문에 파도를 조우하는 시간이 빠르기 때문인 것으로 생각된다. 또한 peak 형상이 분명한 것은 주방

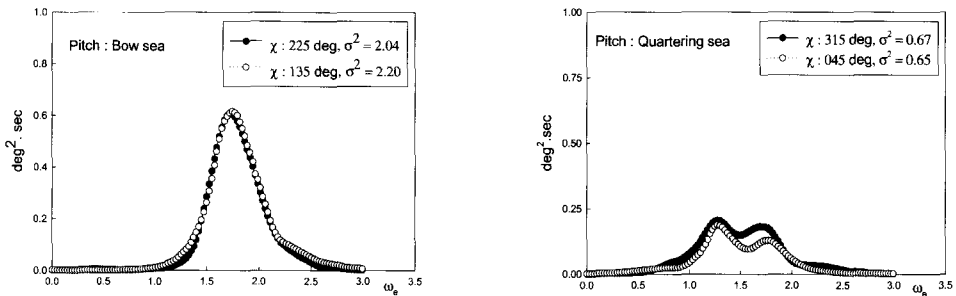


Fig. 1. Power spectra of pitch at sailing.

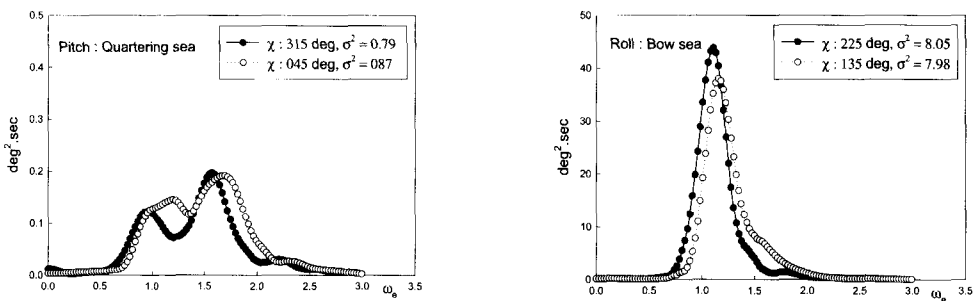


Fig. 2. Power spectra of pitch and roll at trawling.

항 입사파의 선수에 부딪치는 주기가 매우 일정한 것이 그 원인으로 생각된다.

선수사파에서는 종동요의 응답스펙트럼의 유의치는 항해중의 경우가  $2.74 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$  로써 조업중의 경우보다 약 1.5배 정도 높고, peak가 나타나는 주기는 항해중이 5.3sec, 조업중이 5.9sec로써 항해의 경우가 짧았다.

선수사파에서 항해중의 응답스펙트럼이 조업중보다 큰 것은 항파에서의 그 원인과 비슷한 것으로 보이며, 주기의 peak치에서도 같은 이유로 항해중이 조업중보다 빠르게 나타난 것으로 보인다. 그러나 항해중의 peak 형상은 뚜렷하나, 조업중에는 형상이 넓게 퍼져 주변 입사파에 의한 영향을 항파의 경우 보다는 많이 받음을 알 수 있다.

횡파에서 종동요의 응답스펙트럼의 유의치는 항

해중의 경우보다 오히려 조업중의 경우가 약 1.1배 정도 높게 나타났고, peak 주기는 항해중이 3.5sec, 조업중이 3.9sec이다.

횡파에서 조업중의 종동요 응답스펙트럼이 항해중보다 크게 나타난 것은 조업중에는 선속이 느리기 때문에 파의 감쇄효과가 항해중보다 적은 것이 그 원인으로 보인다.

횡파에서는 종요의 응답스펙트럼의 값이 대체적으로 적고, peak의 형상이 뚜렷하지 않아, 다방향파가 많이 작용하고 있음을 알 수 있다.

추사파에서 종동요의 응답스펙트럼의 유의치는 항해중의 경우가  $0.68 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$  로써 조업중의 경우보다 약 1.2배 정도 높게 나타났고, peak 주기는 항해중이 3.7sec, 조업중이 5.8sec이다.

추사파에서 항해중의 응답스펙트럼이 조업중 보

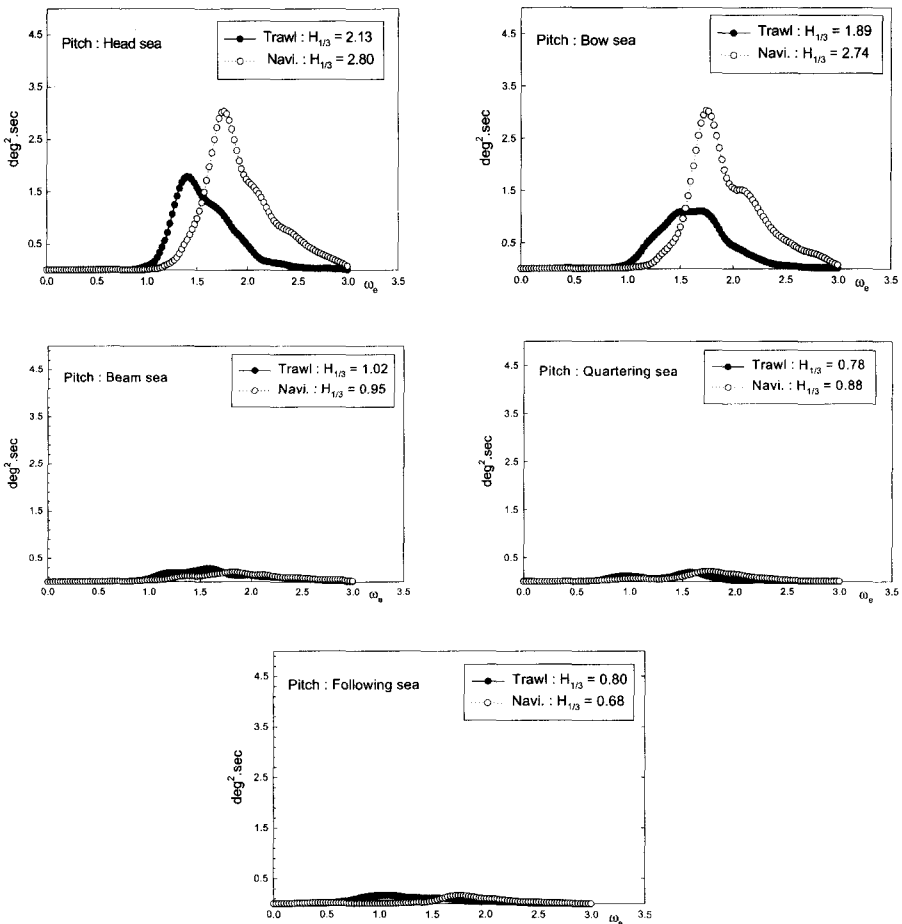


Fig. 3. The comparison of power spectra on the pitch in trawling and sailing.

다 크게 나타난 것은 예망중 끌줄에 걸리는 장력에 의해 동요응답이 제한을 받게 된 것이 그 원인으로 보인다.

추사파에서 응답스펙트럼의 수치는 모두 매우 낮고, peak도 분명하지 않다. 항해중에는 peak가 한 개가 보이지만, 예망중에는 두 개가 나타나게 되는 것은 예망중의 선속은 파속보다 느리고 항해중의 선속은 파속보다 빠른 데 그 원인이 있는 것으로 보인다.

추파에서 중동요의 응답스펙트럼의 유의치는 조업중의 경우가  $0.80 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$  로써, 항해중의 경우 보다 약 1.2배 정도 높게 나타났고, peak 주기는 항해중이 9.0sec, 조업중에는 3.9sec와 9.0sec의 두 개가 나타났다.

추파에서 조업중의 응답스펙트럼이 항해중보다 크게 나타난 것은 항해중에는 선체와 파도가 같은 방향으로 나아가고 있으며, 선체가 파를 추월하여 응답이 감소된 결과가 나타난 것으로 보이고, 예망중의 경우에는 파가 선체를 추월하는 경우로서 동요응답이 오히려 증가된 것으로 보인다.

추파의 경우에 예망중에는 주파수의 peak가 2개가 나타났는데, 이것은 추월하는 파에 의한 것과 선체 자체의 동요에 기인된 것으로 생각된다.

이상과 같이 예망중과 항해중 중동요의 운동특성을 살펴 본 결과, 항파와 선수사파에서는 항해중의 응답이 크나, 횡파, 추사파 및 추파에서는 오히려 예망중의 응답이 크다.

이러한 현상은 일반적으로 선미쪽에서 파를 받고 예망할 때는 항해할 때보다 배의 동요가 적어진다 는 사실과는 배치된다.

따라서 파의 입사 방향에 따른 예망중과 항해중의 동요 특성에 대한 보다 일반적인 현상을 파악하여 비교하기 위해서는 보다 많은 선속과 파속의 조합에 의한 시험을 실시하여야 할 필요성이 있을 것이다.

그러나, 예망중과 항해중의 동요 진폭만을 놓고 보면, 특수한 경우, 즉 배의 길이와 파장이 같아 호강 또는 새강이 일어나거나, 파속과 선속이 같거나, 배의 중동요주기와 파의 동요주기가 같아 동조가 일어나는 경우를 제외한다면, 선미 방향에서 파가 입사했을 때의 중동요 응답이 선수 방향에서 파가 입사했을 때의 응답 보다 적기 때문에 선미쪽에서 파를 받는 것이 선수쪽에서 파를 받는 것보다 선박의 안전을 위해 바람직하다는 것을 정량적으로 보여주는 것이다.

#### 4.2.2 횡동요의 특성

Fig.4는 실선실험에 의한 예망중과 항해중의 횡동요의 응답스펙트럼을 각각 파의 만남각에 따라 나타낸 것이다.

먼저, 항파에서 횡동요의 응답스펙트럼의 유의치는 항해중의 경우가  $2.61 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$  로써 예망중보다 1.7배 정도 높고, peak가 나타나는 주기는 모두 7.8sec로서 비슷하다. peak의 형상은 항해중에는 뚜렷하나 예망중에는 분명하지 않다.

항파의 경우 예망중의 횡동요 응답이 항해중의 경우보다 적은 것은 선미의 양현에 뺨어 있는 warp의 장력이 선체운동의 제지력으로 작용한 것으로 보인다. 또한 그 영향은 peak의 형상에도 그대로 반영된 것으로 생각된다.

선수사파에서 횡동요의 응답스펙트럼의 유의치는 항해중이  $7.98 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$  로써 매우 높게 나타났고, 그것은 예망중 보다 약 1.4배 정도 높다. 또한 peak가 나타나는 주기는 5.7sec 정도로 양자가 거의 같았다.

Peak의 형상은 모두 뚜렷하나 항해중의 경우가 더 분명하다.

횡파에서 횡동요의 응답스펙트럼의 유의치는 항해중의 경우  $8.25 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$  로써 파향중에서 가장 높게 나타났고, 그것은 예망중 보다 1.14배 정도 높은 값이다. 그러나 양자의 차이는 항파와 선수사파에 차이에 비하여 크지 않았다.

이것은 항파와 선수사파에 비하여 횡파의 경우에는 양현 warp의 동요 억제력이 상대적으로 적게 작용하고 있는 것과 항해중의 선속이 예망중보다 크기 때문에 선속의 크기가 파에 대한 반응을 경감시키는 쪽으로 작용하는 데 그 원인이 있는 것으로 생각된다.

따라서, 횡파를 받으면서 예망하는 것은 항파나 선수사파를 받고 예망하는 것보다는 선박의 안전에 좋지 않은 결과를 나타낼 가능성이 있다.

또한, 일반적으로 횡요는 예망에 의해 감소되는데 연구 결과<sup>9)</sup>와 일치하기는 하나, 파를 받는 방향에 따라서 약간씩 그 차이는 다르게 나타날 수 있다는 것을 보여준다.

Peak 주기는 모두 5.7sec 정도로 비슷한 경향을 나타내었으며, peak 형상은 모두 뚜렷하여 일정 주기의 주방향의 입사파의 영향을 많이 받고 있음을 알 수 있다.

추사파에서는 횡동요의 응답스펙트럼의 유의치는

항해중이  $7.51 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$  로써, 예망중의 유의치보다 약 1.5배 정도 높게 나타났다.

Peak 주기는 모두 5.8sec 정도로 비슷했다.

추사파에서의 횡동요의 응답스펙트럼의 유의치, peak의 주기 그리고 그 형상은 선수사파에서의 그것과 거의 같았다.

추사파에서 항해중의 횡동요 응답스펙트럼의 유의치가 조업중보다 크게 나타난 것은 예망중의 경우에 속력이 느림에 의해 중요되는 것보다 선미 warp에 걸리는 장력에 의한 동요의 억제력이 더 크게 작용하는 것이 그 원인으로 보인다. 이것은 횡파의 경우보다 감쇄폭이 더 크므로 선체동요를 경감시키고자 할 때 추사파를 받고 예망하는 것은 횡파를 받고 예망하는 것 보다는 선박의 안전에 도움이

될 것으로 생각된다.

추파에서 횡동요의 응답스펙트럼의 유의치는 항해중의 경우가  $3.55 \text{ deg}^2 \cdot \text{sec}$  로써, 조업중의 경우보다 약 1.6배 정도 높게 나타났다. 이것으로 보아 선미쪽으로 파를 받는 경우에는 끝줄의 장력이 횡동요의 억제력으로 크게 작용하는 것으로 보인다.

이때의 peak 주기는 항해중에는 다른 파향에서와 비슷한 경향을 보였으나, 조업중에는 분명하지는 않지만 2개의 peak가 나타났고, 그 중 하나는 장주기역에 위치하였다. 장주기역에 나타나는 peak는 추월하는 파에 의한 것으로 보이며, 단주기역에 나타나는 것은 선박자체의 동요에 기인한 것으로 생각된다.

이상으로 살펴본 바와같이 횡동요 응답은 종동요

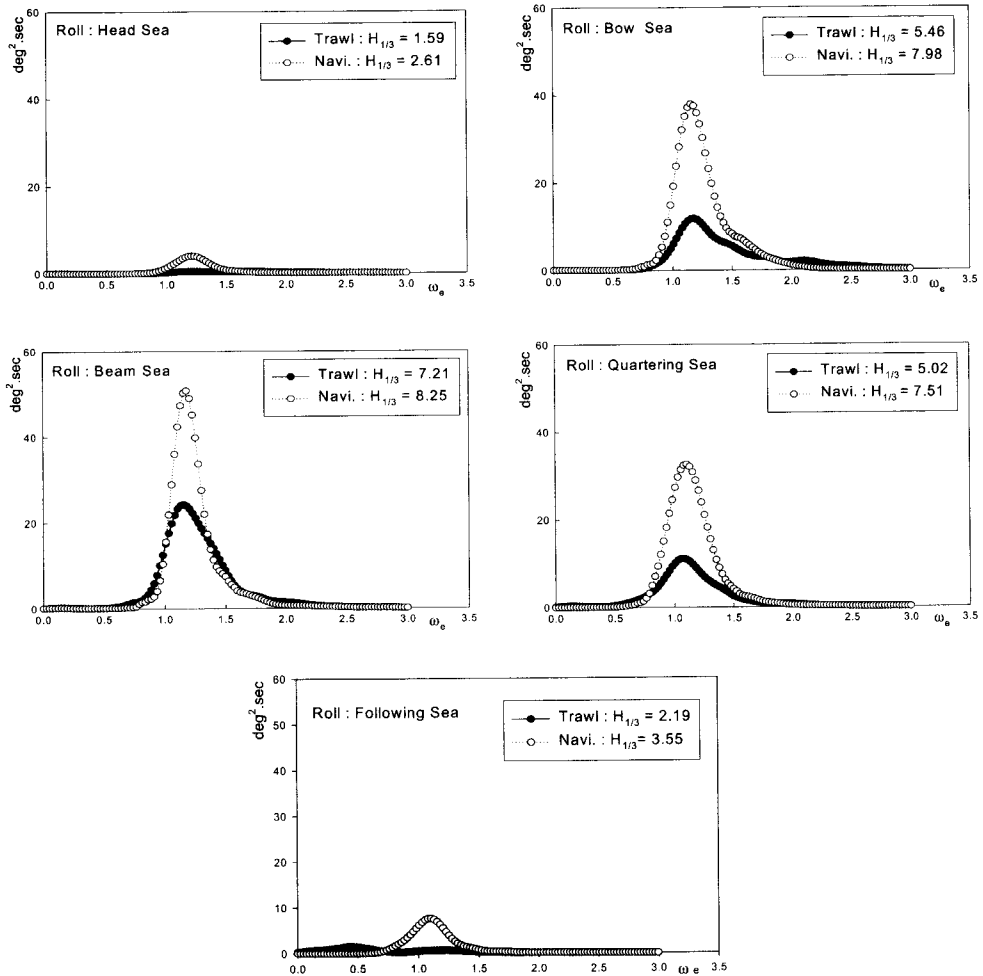


Fig. 4. The comparison of power spectra on the roll in trawling and sailing.

의 그것에 비해 매우 크고, 특히 횡파, 추사파, 선수사파에 현저하다. 그리고 전체적으로 어느 방향으로 파를 받더라도 예망중이 항해중의 경우보다 횡동요가 크게 경감되나, 횡파인 경우는 경감율이 떨어지므로 횡파를 받고 예망하는 것은 피하는 것이 좋을 것으로 본다.

그러나 횡동요의 peak 주기는 파향에 크게 영향을 받지 않지만, 추파에서 예망할 때는 주기가 매우 길어지는 경우가 있으므로 상황에 따라서는 동요에 의한 불편감을 줄일 수 있을 것으로 본다.

#### 4.2.3 Power spectrum에 의한 동요 응답의 유의치 비교

Fig.5는 파향에 따른 종동요와 횡동요의 응답의 유의치를 예망중과 항해중에 따라 비교하여 나타낸 것이다.

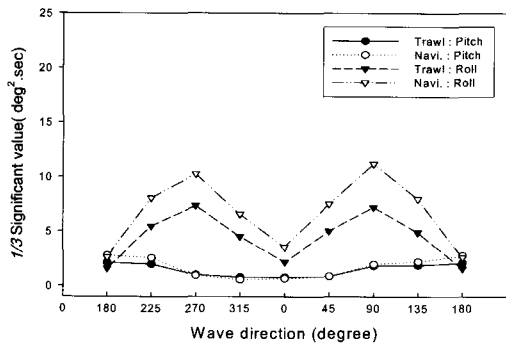


Fig. 5. Significant values of the power spectra according to the wave direction.

이 그림에서 보면, 종동요의 응답은 횡동요에 비해 전체적으로 낮은 편이며, 예망과 항해 모두 파향에 따른 응답의 차이가 크지 않다. 그러나 선수쪽에서 파를 받는 경우에는 항해중이 예망중보다 약간 응답이 커지는 경향을 보였다.

횡동요의 응답은 종동요 응답에 비해 전체적으로 매우 크며, 특히 횡파, 선수사파, 추사파에서 그런 경향이 심하며, 예망중보다 항해중에 그러한 경향이 더 현저하다. 또한 파와의 만남각도에 따라서 응답의 차이도 매우 크나, 정황으로 파를 받는 경우에는 예망중의 응답과 항해중의 응답의 차이가 줄어들어 든다. 따라서 해황이 좋지 않을 때 정황으로 파를 받고 예망하는 것은 선박의 안전을 위해 바람직하지 않을 것으로 보인다. 따라서 이를 경우에는 추파

를 받고 예망하는 것이 자신의 안전을 위해서 바람직한 조선편이 될 수 있다.

#### 4.2.4 Warp 장력의 응답 특성

Fig.6은 추파를 받고 예망할 때, 좌우현에 걸리는 warp의 장력 응답을 나타낸 것이다.

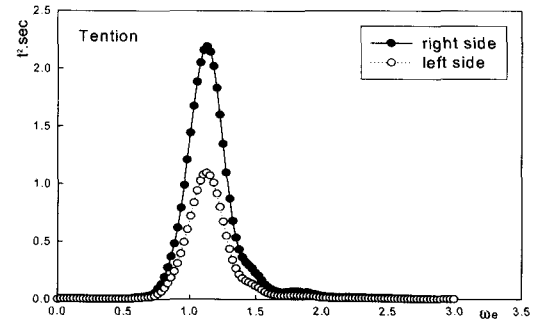


Fig. 6. Power spectra of the warp tension on both side in trawl job.

이 실험 중에는 조류가 우현에서 좌현쪽으로 흘러 warp가 선미 우현쪽으로 약간 기울려진 상태에서 계측된 것이라 우현측 warp의 장력의 응답이 약간 크게 나타났다. 그러나 peak 주기와 스펙트럼의 형상은 거의 일치하고 있다.

양현에 걸리는 장력의 변동주기는 대체로 크고, 단일주기를 나타내고 있으며, 횡동요주기 보다는 넓게 분포하고, 종동요와는 비슷한 주기 특성을 가지고 있다.

일반적으로 양현에 걸리는 끌줄의 장력에 큰 차이가 있을 때는 선미쪽에서 파를 받고 예망할 때, 선체응답이 커지는 경향이 있으나 여기서는 양쪽의 장력의 차이가 크지 않고, 양현 warp의 특성이 비슷하므로 응답을 억제하는 쪽으로 작용한 것으로 볼 수 있다.

본 시험에서는 추파를 받고 예망중일 때만 장력의 응답을 시험하였으나, warp의 장력의 크기에 따른 변화가 선체 운동을 어느 정도 억제하는지에 관해서는 여러 파향에 대한 장력의 값과 응답에 대한 추가적인 연구가 필요하리라 본다.

## 5. 결 론

실해상 실험을 통하여 해상 조건이 동일할 때, 예망과 항해중일 때의 만남파에 대한 소형 트롤어

선의 종동요와 횡동요의 응답특성을 통계적 방법과 이론적인 방법을 이용하여 분석하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 종동요의 응답 크기를 예망중과 항해중에 따라 비교하면 큰 차이는 없으나, 선수쪽에서 파를 받을 경우에는 항해중의 응답이 예망중보다 약간 커지는 경향이 있다.
- (2) 횡동요의 응답은 예망중과 항해중 모두 종동요에 비해 매우 크다. 그러한 경향은 모든 파향에서 현저하지만, 횡파를 받을 경우에는 양자의 응답 차이는 줄어들다.
- (3) 예망중과 항해중 모두 종동요에서 응답스펙트럼의 peak가 나타나는 주기는 파향에 따라 달라지나, 횡동요에서는 파향에 관계없이 거의 일정하다.
- (4) 선미쪽에서 파를 받고 예망할 때, 양현에 균등하게 warp의 힘이 작용한다면, 어구의 저항은 동요를 감쇄시키는 상당한 효과가 있다.

### 참고문헌

- 1) Kawashima, R.(1964) : On the response function for the rolling motion of a fishing boat on ocean waves, Ann. Inst. State. Maty. Supple. III, pp.33~44.
- 2) Kawashima, R.(1963) : On the measurement of ocean waves. A telemetering

system for the measurement of ocean waves by means of the use of a bamboo stick wave pole, Bul. Fac. Fish. Hokkaido Uni., 14(1), pp.7~21.

- 3) 高島末夫 外(1989) : 練習船天鷹丸の波浪中動搖について, The Journal of Shimonoseki university of Fisheries, 37(1), pp.1~20.
- 4) 山内保文(1956) : 船の動搖の時系列論的解析について, 日本造船協會論文集, 99, pp.47~64.
- 5) 元良誠三(1995) : “船舶と海洋構造物の運動學”, 成山堂書店.
- 6) 강일권 · 이춘기 · 김정창(2004) : 소형트롤러선의 예망중 동요 특성, 한국어업기술학회지, 40(1), pp.65~72.
- 7) 姜日權 · 尹点東(1989) : 實船試驗에 의한 小型漁船의 動搖特性, 韓國航海學會誌, 19, pp. 1~8.
- 8) 姜日權 · 尹点東 · 趙孝濟(1996) : 漁船의 크기 변화에 따른 實船 應答特性에 관한 考察, 韓國航海學會誌, 20, pp.31~42.
- 9) 天下井 清 · 川島利兵衛(1984) : 船尾 Trawl-漁船においてワープ張力の豫測について, Bulletin of Japanes Society of Scientific Fisheries, 50(9), pp.1487~1494.

---

2004년 8월 31일 접수

2004년 10월 6일 수리