

船尾式 트롤船의 追波中 船體動搖特性에 關한 研究

강일권 · 박병수

경상대학교 해양산업연구소
(2002년 6월 1일 접수)

A Study on the Characteristics of Motion Response of Stern Trawlers in Following Seas

Il-Kwon Kang and Byung-Soo Park

Institute of Marine Industry, Gyeongsang National University
(Received June 1, 2002)

Abstract

In the field of research of sea keeping quality, much development has been made in recent years using the method of calculation based on the strip theory.

It is very important to investigate the hull response of a fishing vessel in waves to ensure the safe navigation and fishing operation in rough seas by preserving excellent sea keeping qualities.

For this purpose, the author measured various responses of three fishing vessels in waves using real sea experimental measuring system and analyzed the experimental data.

The results obtained can be summarized as follow ;

1. The amplitudes of pitching motion in the experiments appeared low values with more than one peak occasionally in following sea and quartering sea, and the band width of those was found to be wide relatively.
2. The amplitudes of rolling motion in the experiments appeared high values with only one peak in following sea and quartering sea regardless of ship's tonnage, and the band width of those was found to be narrow relatively.
3. The comparisions of theoretical results with those of experiments for the pitching motions and rolling motion in following sea and quartering sea show that the theoretical values are higher slightly than those of experiments in both directions and the period at which the peak appears in the calculations and the experiments has good agreement approximately.
4. The calculated responses of two vessels under a assumed wave of 2.2m height and 5.0sec period showed that the response of pitching motion of ship-A are 2.2 times bigger than those of ship-C in following sea and quartering sea, and the response of rolling motion of ship-A is 4.2 times bigger than that of ship-C in quartering sea.

서 론

경오염이라는 문제까지 야기시키고 있어 각국은 이러한 사고를 줄이기 위해 많은 노력을 하고 있으며, 특히 IMO(국제해사기구)의 주도 하에 다양한 해난사고는 인명과 재산의 손실뿐만 아니라 환

한 방법으로 대책을 강구하고 있다.

우리나라의 2001년 해난사고는 전년에 비해 3.8% 감소한 610건이 발생하였으며, 기관손상에 의한 해양사고가 31.1% 감소한 것을 제외하고는 화재·폭발 29.2%, 침몰 14.3%, 충돌 8.5% 등 유형별 해난사고가 전반적으로 증가하였다¹⁾.

해난사고로 인한 인명피해를 보면 사망과 실종의 경우 전체적으로는 감소한 것으로 나타났으나, 어선의 경우에는 오히려 전년 대비 각각 47.8%, 22.8% 증가하여 이 부분의 대책 마련이 시급한 실정임을 시사한다.

이것은 해난사고의 발생률이 최근 크게 향상된 항해장비의 기능과는 크게 상관이 없다는 것을 의미하는 것으로 어선원의 안전의식을 보다 고취시켜야 할 필요성이 크다고 하겠다.

어선은 일반상선과는 선박의 조건과 운항조건이 다르다. 따라서 상선의 통상적인 항행 성능에 부가하여 조업 수행에 따라 일어나는 복잡한 운동성능과 황천에 대한 충분한 감항 능력도 함께 고려해야 할 것으로 생각된다. 그러나 실제로 해상에서 기상조건과 해상조건 그리고 자선의 감항 능력을 충분히 고려치 않고 무리한 항해 내지 조업을 감행하는 일이 많아 이런 해난사고를 발생케 한다고 볼 수 있다.

어선 전복사고는 대부분은 바람과 파도가 중요한 원인으로 되고 있지만, 현실적으로 볼 때 조선자가 어로작업에 더 큰 비중을 두고 어선의 안전성 혹은 과학성을 간과한 무리한 항행 내지 조선이 그 원인이 되는 경우가 많고, 선체와 선박의 설비에 대한 물리적인 조건과 운항을 담당하는 항해자의 인적인 과실이 복합적으로 상승작용을 하여 큰 사고를 일으키게 된다.

어선에서 사망, 실종 사고의 발생률이 높은 것은 이와 같이 해상의 상황을 충분히 고려하지 않은 운항부주의와 기상악화에 충분한 대비책을 강구하지 않은 결과가 상당 부분을 차지하기 때문이다.

특히 황천 중의 추파 혹은 추사파 중에서 본선의 감항 능력을 무시한 무리한 조선에 의해 심한 동요가 일어나고, 따라서 갑판 침수에 이르게 되어 이것이 복원성을 상실하여 전복에 이르는 수가 많다.

이러한 전복사고의 메카니즘을 규명하기 위해 파랑 중 복원성의 감소, 선체의 상대경사각, 이상동요 및 대파도와 쇄파에 의한 대진폭동요의 측면에서 많은 연구가 행해져 왔으나, 어선에 대한

것은 상대적으로 미미한 실정이다.

본 연구에서는 어선의 추파 및 추사파 항행중 선체 동요를 측정하고 선체의 동요응답 특성을 정량적으로 파악하여 선체 전복 메카니즘의 기초 자료를 얻고자 하였다.

선체운동의 이론

1. 운동방정식

선체운동의 이론적인 계산은 현재 파랑 중의 선체의 내항성능을 해석할 때 많이 사용하고 있는 OSM(ordinary strip method)을 사용하며, 6자유도의 선체운동방정식은 다음과 같다^{2), 3)}.

1) 상하동요와 종동요의 연성운동방정식

$$\begin{aligned} A_{11}\ddot{\xi} + A_{12}\dot{\xi} + A_{13}\xi + A_{14}\ddot{\theta} + A_{15}\dot{\theta} + A_{16}\theta &= F_{\xi} \\ A_{21}\ddot{\xi} + A_{22}\dot{\xi} + A_{23}\xi + A_{24}\ddot{\theta} + A_{25}\dot{\theta} + A_{26}\theta &= M_{\theta} \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \end{aligned} \quad (1)$$

2) 좌우요, 선수요, 횡동요의 연성운동방정식

$$\begin{aligned} a_{11}\ddot{\eta} + a_{12}\dot{\eta} + a_{13}\eta + a_{14}\ddot{\psi} + a_{15}\dot{\psi} \\ + a_{16}\psi + a_{17}\ddot{\phi} + a_{18}\dot{\phi} + a_{19}\phi &= F_{\eta} \\ a_{21}\ddot{\eta} + a_{22}\dot{\eta} + a_{23}\eta + a_{24}\ddot{\psi} + a_{25}\dot{\psi} \\ + a_{26}\psi + a_{27}\ddot{\phi} + a_{28}\dot{\phi} + a_{29}\phi &= M_{\psi} \\ a_{31}\ddot{\eta} + a_{32}\dot{\eta} + a_{33}\eta + a_{34}\ddot{\psi} + a_{35}\dot{\psi} \\ + a_{36}\psi + a_{37}\ddot{\phi} + a_{38}\dot{\phi} + a_{39}\phi &= M_{\phi} \\ \dots\dots\dots & \dots\dots\dots \end{aligned} \quad (2)$$

2. 추파 중에서의 스펙트럼 계산

만남주파수 ω_e 와 파도의 원주파수 ω 사이에는 다음의 식 (3)이 성립한다.

$$\omega_e = \omega \left(1 - \frac{V\omega}{g} \cos\chi \right) \quad \dots\dots\dots(3)$$

식 (3)은 파도의 입사각이 $90^\circ < \chi < 270^\circ$ 일 때는 원주파수와 입사각이 1대 1의 대응관계이므로, 선박의 응답 스펙트럼 계산에 별 문제가

없으나, 파도의 입사각이 $0^\circ < \chi < 90^\circ$, $270^\circ < \chi < 360^\circ$ 에서는 만남주파수가 음이 되는 부분이 생기므로 식(3)을 다음과 같이 변환시켜 주어야 한다.

$$\omega_e = -\omega \left(1 - \frac{V\omega}{g} \cos \chi\right) \dots\dots\dots(4)$$

Fig. 1에는 이와 같은 추파중의 스펙트럼 계산 방법을 나타내었다. Fig. 1에서 c 는 파의 위상속도이며 심해파의 경우 $c = \frac{\omega}{\chi} = \frac{g}{\omega}$ 이다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 추파 중에서는 동일한 만남주파수에 3개의 서로 다른 원주파수가 나타난다.

I의 영역 : $\omega < \frac{g}{2V\cos\chi}$

즉 선속은 파의 군속도보다 작다.

II의 영역 : $\frac{g}{2V\cos\chi} < \omega < \frac{g}{V\cos\chi}$

즉 선속은 파의 군속도보다 크지만 파의 위상속도보다 작다.

III의 영역 : $\frac{g}{V\cos\chi} < \omega < \infty$

즉 선속은 파의 위상속도보다 크다.

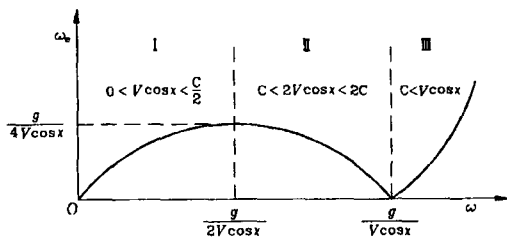


Fig. 1. Three regimes of variation of encounter frequency ω_e with circular wave frequency ω in the following seas.

따라서 추파를 받고 항주하는 경우, 만남주파수 영역의 스펙트럼 계산은 횡동요 응답의 경우에는 다음과 같이 각각의 범위에 따라 3개의 영역으로 나누어 계산하고, 식(5)와 같이 서로 더해 주어야 한다⁴⁾.

I 영역

$$S_\phi^I(\omega_e) = |H^I(\omega_e)|^2 S_\xi^I(\omega_e)$$

II 영역

$$S_\phi^{II}(\omega_e) = |H^{II}(\omega_e)|^2 S_\xi^{II}(\omega_e)$$

III 영역

$$S_\phi^{III}(\omega_e) = |H^{III}(\omega_e)|^2 S_\xi^{III}(\omega_e)$$

$$S_\phi(\omega_e) = S_\phi^I(\omega_e) + S_\phi^{II}(\omega_e) + S_\phi^{III}(\omega_e) \dots\dots\dots(5)$$

본 연구에서의 파랑에 관한 자료는 실선시험에서 목적으로 관측한 유의파고와 평균파 주기를 이용하여 다음과 같이 표시되는 ISSC 스펙트럼을 이용한다⁵⁾.

$$S_\xi(\omega) = 0.11 H_w^2 \omega_1^{-1} \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^{-5} \exp\left[-0.44 \left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^{-4}\right] \dots\dots\dots(6)$$

만남파 스펙트럼 $S_\xi(\omega_e)$ 와 ISSC 스펙트럼 $S_\xi(\omega)$ 사이에는 다음의 관계가 성립된다.

$$S_\xi(\omega_e) = S_\xi(\omega) / \left(1 - \frac{2V}{g} \cos \chi\right) \dots\dots\dots(7)$$

여기서 V : 선속, g : 중력가속도, χ : 파도와 선체의 만남각 ($\chi = 0^\circ$: 추파)

따라서 만남파 스펙트럼과 각 동요에 대한 응답진폭비(RAO : response amplitude operator)를 이용하여 선체응답 스펙트럼을 구하도록 한다.

실험 방법

실선실험은 3척의 선박, 즉 Pusan-404(G/T, 160), Kaya(G/T, 1,737), Saebada(G/T, 2,275)(이하 차례로 A, B, C선이라 한다)를 사용하여 한국 남해안 및 동중국해역에서 수행되었으며, 동요 계측장치로는 TCM1 electronic compass sensor module을 사용하였다⁶⁾.

초기 선체 평형 상태를 잘 파악할 수 있도록 필자가 제작한 수평안정대 위에 이 기기를 설치하고 A, B, C선박의 G점 상방 각각 2.0m, 1.9m,

1.7m에 두고 계속하였으며, 이때 각 선박의 적화 상태를 조정하여 선박이 좌우 평형상태에 있도록 하였다. 그리고 추파 및 사추파에 대한 종동요와 횡동요의 계측 시간은 10분간씩, sampling 간격은 A선과 B선은 0.5sec, C선은 0.25sec로 취하고 AMP와 A/D convert를 이용하여 P/C에 실시간 기록하였다.

선박의 제원 및 body plan, 실험해역, 실험시 해상 조건 등은 참고문헌 7에 나타난 것과 같다.

실험시의 각 선박의 속력은 통상적인 항해속력으로 하였고, 파고 및 파주기는 일반적으로 행해지고 있는 목측으로 관측하였으며, 이론계산으로 역 추정하여 목측에 의한 관측치의 오차를 최소화 하도록 하였다.

결과 및 고찰

1. 스펙트럼 해석에 의한 동요 특성

파랑이나 선체운동과 같은 불규칙변동량의 특성을 파악하기 위한 방법으로 스펙트럼 해석이 많이 이용되고 있으며, 파랑 중에 있어서 선체 응답 스펙트럼은 배수량, 선속, 파와의 만남각 및 해황에 따라 다르나, 주어진 조건하에서 스펙트럼 형상을 분석함으로써 응답의 특성을 파악할 수 있다.

본 실선실험시의 유의파고는 A, B, C선 각각 2.5, 2.0, 2.5m이고, 선속은 11.2, 13.7, 11.5kt이며, 얻어진 응답 스펙트럼은 삼각원도우를 사용하여 평활화되었다.

1.1 종동요 응답의 특성

Fig. 2는 실선실험에 의한 각 선박의 추파와 추사파의 종동요응답의 스펙트럼이다.

Fig. 2에 나타난 바와 같이 본 실험을 수행한 해황에서는 각 선박의 종동요의 응답의 에너지분포는 추파와 추사파 모두 대체로 낮으며, 특히 B선과 C선에서 매우 낮았다. 그리고 응답스펙트럼에 나타난 대역폭은 모두 넓은 편이다. 또한 peak가 나타나는 주기도 분명하지 않으며, 한 개 이상 나타나는 수도 있다. 응답의 크기는 대체로 작는데, A선에서보다 B선과 C선에서 매우 작은 경향을 나타내었다.

1.2 횡동요 응답의 특성

Fig. 3은 실선실험에 의한 각 선박의 추사파에 대한 횡동요 응답의 스펙트럼이다.

Fig. 3에서 나타난 바와 같이 횡동요 응답의 대역폭은 종동요의 응답에 비해 비교적 좁고, 에너지분포가 대체로 높으며, 특히 A선에 있어서는 매우 높다. 그리고 peak가 나타나는 주기도 모든 선박에서 뚜렷하다. 횡동요 응답은 종동요에 비하여 크며, 특히 소형선인 A에서는 3.5배나 크게 나타났다.

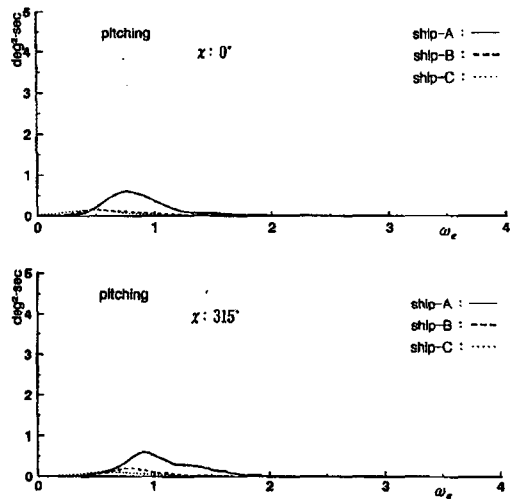


Fig. 2. Spectra of pitching motion according to encounter angle for each vessel.

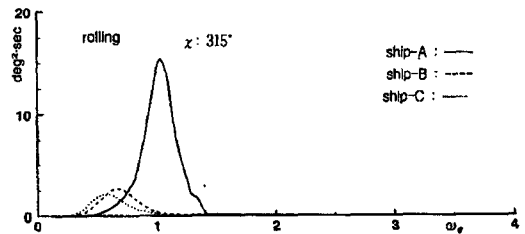


Fig. 3. Spectrum of rolling motion according to encounter angle for each vessel.

2. 각 선박의 주파수응답 특성

불규칙파 중에서의 응답 스펙트럼의 추정은, 불규칙파 중의 선체운동은 규칙파에 대한 응답들의

선형중첩으로 얻어질 수 있다는 가정하에 규칙파 중의 주파수응답함수와 파의 스펙트럼을 이용하여 추정한다.

여기서는 실선실험으로부터 얻어진 스펙트럼 및 통계량과 OSM을 이용하여 구한 이론적 추정치를 서로 비교함으로써 이론적 추정법에 의한 결과가 어선에서도 무리 없이 적용될 수 있는지의 타당성을 검증하도록 한다.

횡동요의 경우에는 추파에서 이론계산에 의한 응답이 0이 되기 때문에 추사파에서만 양자의 값을 비교·검토하도록 한다.

2. 1 A선의 주파수응답 특성

Fig. 4는 A선의 추파와 추사파에 대한 종동요의 실선실험에 의한 응답스펙트럼과 이론계산에 의한 응답스펙트럼을 서로 비교한 것이다. 이론계산에 사용한 유의파고와 평균파주기는 실선실험에서 행한 관측으로부터 역 추정하여 각각 2.5 m, 3.8 sec로 하였다.

Fig. 4에서는 이론치가 실험치보다 추파에서는 1.75배, 추사파에서는 1.45배 크게 나타났다.

이와 같은 차이는 실해상의 파가 다방향파인데 그 원인이 있는 것으로 생각되고, 또한 각 항목의 실험 중 선체와 파와의 만남각을 소정의 각도를 오차없이 유지하여 조선하는 것이 매우 어렵기 때문에 약간의 오차가 수반되는 것에 기인하는 것으로 생각된다. 그러나 이론치와 실험치의 응답의 peak 주기는 거의 일치하고 있는 것으로 나타났다.

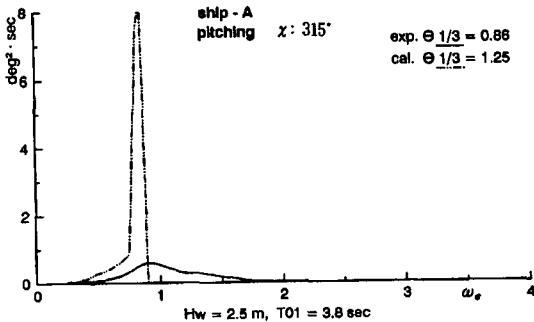


Fig. 4. The comparison of response spectra of pitching in following sea and quartering sea by experiment and calculation in ship-A.

Fig. 5는 A선의 추사파에 대한 횡동요의 실선 실험에 의한 응답스펙트럼과 이론계산에 의한 응답스펙트럼을 비교한 것이다.

추사파의 응답에서는 실험치와 이론치 사이에 거의 차이를 보이지 않으나, peak 주기에는 약간의 차이를 보인다.

그리고 추사파에서 횡동요와 종동요 응답의 유의치를 비교하면 횡동요 응답이 실험치에서는 5.9 배, 이론치에서는 4.3배의 큰 값을 나타내었다.

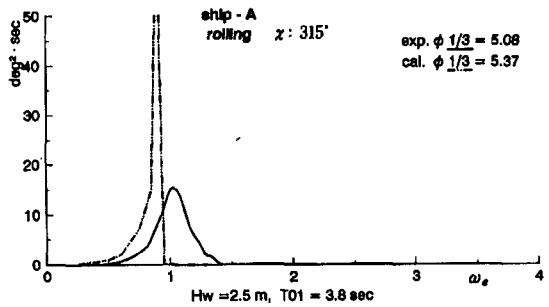


Fig. 5. The comparison of response spectrum of rolling in quartering sea by experiment and calculation in ship-A.

2. 2 B선의 주파수응답 특성

Fig. 6은 B선의 추파와 추사파에 대한 종동요의 실선실험에 의한 응답스펙트럼과 이론계산에 의한 응답스펙트럼을 서로 비교한 것이다. 이론계산의 유의파고와 평균파주기는 실선실험에서 행한 관측으로부터 역 추정하여 각각 2.0 m, 5.0 sec로 하였다.

추파와 추사파에서 모두 이론치가 실험치보다 각각 1.2배 정도 크게 나타났으나, 응답의 peak 주기는 거의 일치하고 있다.

Fig. 7은 B선의 추사파에 대한 횡동요의 실선 실험에 의한 응답스펙트럼과 이론계산에 의한 응답스펙트럼을 서로 비교한 것이다.

추사파에서는 이론치가 실험치보다 1.2배 정도 큰 값을 나타내고 있으나, 응답의 peak 주기도 대체로 일치하는 경향을 보인다.

그리고 추사파에서 횡동요와 종동요의 응답의 유의치를 비교하면 횡동요가 종동요보다 실험치와 이론치에서 모두 3.4배의 큰 값을 나타내었다.

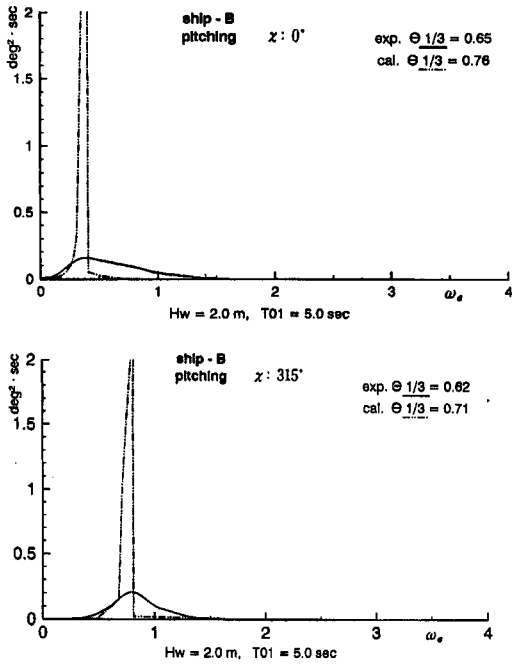


Fig. 6. The comparison of response spectra of pitching in following sea and quartering sea by experiment and calculation in ship-B.

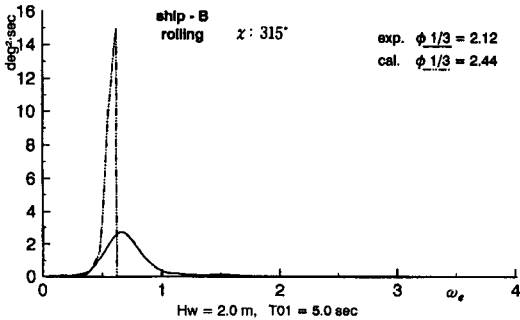


Fig. 7. The comparison of response spectrum of rolling in quartering sea by experiment and calculation in ship-B.

3) C선의 주파수응답특성

Fig. 8은 C선의 추파와 사추파에 대한 중동요의 실선실험에 의한 응답스펙트럼과 이론계산에 의한 응답스펙트럼을 서로 비교한 것이다. 이론계산의 유의파고와 평균파주기는 실선실험에서 행한

관측으로부터 역 추정하여 2.5 m, 6.0 sec로 하였다. 추파와 추사파에서 모두 이론치가 실험치보다 각각 1.2배 정도 크게 나타났으나, 응답의 peak 주기는 대체로 일치하고 있다.

Fig. 9는 C선의 추사파에 대한 횡동요의 실선실험에 의한 응답스펙트럼과 이론계산에 의한 응답스펙트럼을 서로 비교한 것이다.

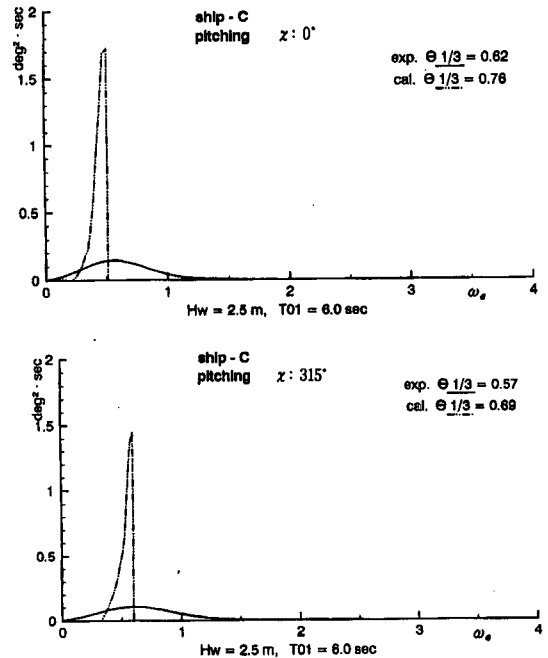


Fig. 8. The comparison of response spectra of pitching in following sea and quartering sea by experiment and calculation in ship-C.

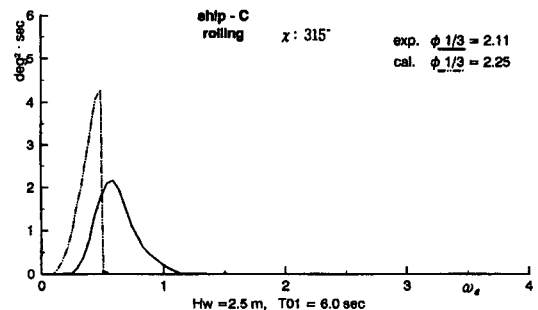


Fig. 9. The comparison of response spectrum of rolling in quartering sea by experiment and calculation in ship-C.

추사파의 경우에는 이론치와 실험치가 거의 일치하고 있으나, 응답의 peak 주기는 약간의 차이를 보이고 있다.

그리고 추사파에서 횡동요와 종동요의 응답의 유의치를 비교하면 횡동요가 종동요보다 실험치에서는 3.7배, 이론치에서는 3.3배의 큰 값을 나타내었다.

이상과 같이 세 선박의 실선실험과 이론계산에 의한 종동요 응답과 횡동요 응답의 유의치를 비교한 결과 일부의 경우를 제외하고는 대체로 양자는 양호하게 일치하고 있는 것으로 생각할 수 있고, 따라서 이론추정치로부터 어선의 응답특성을 평가해도 큰 차이는 없을 것으로 생각된다.

그리고 추사파에서 횡동요 응답의 유의치는 종동요의 유의치보다 실선실험과 이론계산에서 A선의 경우에는 최대 5.9배, B선과 C선에서는 모두 약 3.3배의 큰 차이를 나타내므로, 특히 A선과 같은 소형선에서 추사파를 받고 항해하는 경우에는 횡동요에 대한 많은 주의가 필요할 것으로 생각한다.

3. 선박 크기에 따른 응답 특성

선박 크기에 따른 동요응답의 변화를 정량적으로 파악하기 위해 크기가 가장 작은 A선과 가장 큰 C선을 선택하여 양 선박 모두 유의파고와 평균파주기를 각각 2.2m, 5.0sec로 하여 종동요 응답과 횡동요 응답을 이론계산으로 구하여 서로 비교하였다.

3. 1 종동요의 응답 특성

Fig. 10은 A선과 C선의 추파와 추사파 중의 종동요 응답 스펙트럼을 이론적으로 계산하여 파와의 만남각에 따라 나타낸 것이다.

추파의 경우에는 응답의 유의치는 A선과 C선에서 각각 1.81, 0.82(deg²·s)로 나타났고, peak의 주기는 각각 14.1, 15.6(deg²·s)에 나타났다.

추사파의 경우에는 응답의 유의치는 A선과 C선에서 각각 1.40, 0.63(deg²·s)으로 나타났고, peak의 주기는 각각 12.2, 13.2(deg²·s)에 나타났다.

그리고 유의파고 2.2m, 평균파주기 5.0sec를 주었을 때 종동요 응답의 경우 A선은 C선보다 추파와 추사파에서 각각 약 2.2배의 크기를 나타내었다. 이것은 선수파를 받는 경우 양선의 응답의 차이가 4.2배 나타난 것⁷⁾과 비교하면 비교적 적은 수치이다.

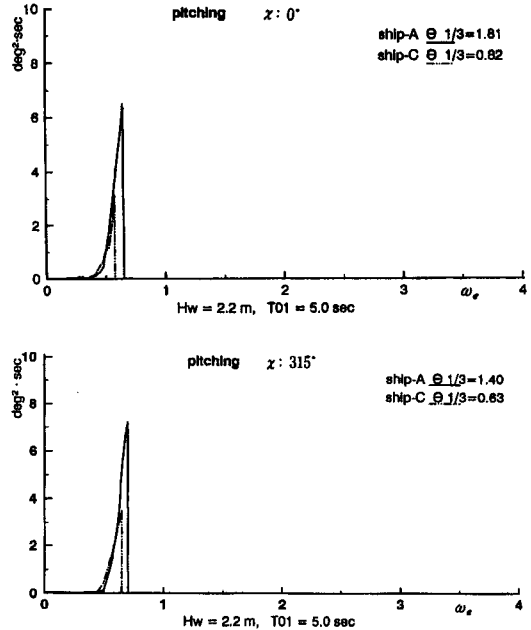


Fig. 10. The comparison of response spectra of pitching in following sea and quartering sea by calculation between ship-A and ship-C.

따라서 A선과 같은 작은 선박은 선미쪽으로 파를 받는 경우가 선수쪽으로 파를 받는 경우보다 종동요응답의 측면에서는 선박의 안전에 유리하다고 할 수 있다.

3. 2 횡동요의 응답특성

Fig. 11은 A선과 C선의 추사파 중의 횡동요 응답 스펙트럼을 이론적으로 계산하여 나타낸 것이다.

유의파고와 평균파주기는 종동요에서의 경우와 같다.

이 경우 응답의 유의치는 A선과 C선에서 각각 6.87, 1.63(deg²·s)으로 나타났고, peak의 주기는 각각 12.8, 15.6(deg²·s)으로 나타났다.

그리고 유의파고 2.2m, 평균파주기 5.0s를 주었을 때 횡동요 응답의 경우 A선은 C선보다 추사파에서는 약 4.2배의 큰 차이를 나타낸다.

따라서 소형선의 경우 종동요 응답만 고려하면 선미쪽으로 파를 받는 것이 유리하나, 횡동요의 경우에는 오히려 응답이 매우 커지게 되므로 더 위험할 수 있다. 또 선미쪽으로 파를 받고 항해하

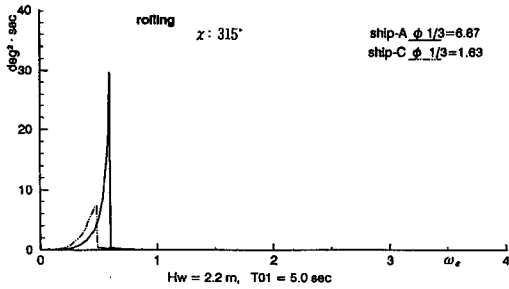


Fig. 11. The comparison of response spectrum of rolling in quartering sea by calculation between ship-A and ship-C.

는 경우에는 유의파고, 평균파주기와 함께 자선의 복원성을 고려하는 등 세심한 주의가 필요할 것으로 사료된다.

이상과 같이 선박 크기에 따른 종동요와 횡동요의 응답 특성을 고찰한 결과, 당해 해역의 유의파고 및 평균파 주기에 따라 어선의 크기에 따른 응답의 유의치가 크게 달라질 수 있으므로 조선자는 자선의 응답특성을 미리 추정하여야 할 필요가 있을 것으로 생각된다.

요 약

불규칙 해면에 있어서 선미식 트롤선의 추파중의 선체 응답의 특성을 얻기 위하여 3척의 실선운동을 해상에서 계측하고, 이것을 통계적 방법과 이론적인 방법을 이용하여 분석하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 각 선박의 종동요의 응답의 에너지분포는 추파와 추사파에서 모두 대체로 낮으며, 특히 선박의 크기가 클수록 매우 낮았다. 응답스펙트럼의 대역폭은 모두 넓은 편이며, 응답 peak의 주기는 분명하지 않으며, 한개 이상 나타나는 때도 있다.
2. 각 선박의 횡동요 응답의 에너지 분포는 추파와 추사파에서 모두 크며, 특히 소형선에서는 매우 크다. 응답스펙트럼의 대역폭은 종동요의 응답에 비해 비교적 좁은 편이며, 응답의 peak 주기는 분명하고 한개만 나타난다.

3. 실선실험과 이론계산에 의한 세 선박의 추파와 추사파 중의 종동요와 횡동요 응답의 크기와 peak 주기는 대체로 양자가 잘 일치하고 있는 것으로 나타나고 있다. 따라서 이론추정치로부터 어선의 응답특성을 평가하는데 큰 문제는 없는 것으로 생각된다.
4. 소형선의 경우 종동요 응답만 고려하면 선미 쪽으로 파를 받는 것이 유리하나, 횡동요의 경우에는 오히려 불리하게 되므로 선미 쪽으로 파를 받는 경우에는 유의파고와 평균파주기에 따른 자선의 복원성을 고려하는 등 안전에 보다 세심한 주의가 필요하다.

이상과 같이 추파와 추사파 중 선박 크기에 따른 종동요와 횡동요의 응답 특성을 고찰해 보았으나, 이 결과는 제한된 해상의 조건에서 얻어진 것이므로 어선의 일반적인 응답 특성을 도출해내기 위해서는 보다 다양한 해상 조건과 선박을 이용하여 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 해양사고발생현황(2000) : 해양안전심판원, 2001. 3.
2. 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), 1~20.
3. 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, 47~64.
4. Price, W. G., and Bishop, R. E. D.(1974) : Probabilistic Theory of Ship Dynamics, JHO-N WILEY & SONS.
5. 元良誠 三(1982) : 船舶と海洋構造物の運動學, 成山堂書店.
6. 姜日權·尹点東(1995) : 實船試驗에 의한 小型漁船의 動搖特性, 韓國航海學會誌, 第19號, 1~8.
7. 姜日權·尹点東·趙孝濟(1996) : 漁船의 크기변화에 따른 實船 應答特性에 관한 考察, 韓國航海學會誌, 第20號, 31~42.