ISSN 1225-827X (Print)
ISSN 2287-4623 (Online)
J. Korean Soc. Fish. Technol. 51 (4), 504－511, 2015
http://dx.doi.org/10.3796/KSFT.2015.51.4.504

FISHERIES TECHNOLOGY
www.fishtech.or.kr
〈Original Article〉

불규칙 파랑 중 선체 동요 평가에 관한 연구

이창헌 · 최찬문* · 안장영 · 김석종 · 김병엽 · 重廣律男[1]
제주대학교 해양산업경찰학과, [1]鹿兒島大學水産學部

A study on evaluation of ship motion in irregular waves

Chang-Heon LEE, Chan-Moon CHOI*, Jang-Young AHN, Seok-Jong KIM, Byung-Yeob KIM and Ritsuo SHIGEHIRO[1]
Department of Marine Industrial and Maritime Police, Jeju national university, Jeju 690-756, Korea
[1]Faculty of Fisheries, Kagoshima university, Kagoshima 890-0056, Japan

In this paper, the results of evaluating the passenger comfort due to the standard deviation of acceleration in vertical and lateral direction regarding the ship response in irregular wave by ordinary strip method in regular wave and energy spectrum using linear superposition theory in order to evaluate the motion of experimental ship are as follows. According to the results of ship response, it was possible to find that, in order to reduce the motion of ship, a ship operating in bow sea was more stable than in quartering sea. In the results of analyzing the standard deviation of acceleration in vertical direction according to each component wave pattern, when there was a wave length of 56m and an average wave period of 6 sec, most of cases showed the peak value. And among them, the standard deviation was 0.35 which was the highest in head sea. And in case of lateral direction, the maximum value was shown in a wave length of 100m and an average wave period of 8 sec. And it was 0.16 in beam sea and $\chi = 150^\circ$. In the evaluation of passenger comfort due to standard acceleration in vertical and lateral direction, it was 80% in head and bow sea. On the other hand, it was shown to be 15% in follow sea. Accordingly, when the expected wave height in a sea area where a training ship was intended to operate was known, it was possible to predict the routing of ship. And altering her course could reduce the passenger comfort by approximately 50%.

Keywords: Passenger comport, Vertical and lateral acceleration, Component wave

서 론

선박의 운동은 선체길이 방향의 축을 포함하는 연직면 내에서 상하동요 (heave) 및 종동요 (pitching), 전후동요 (surge)에 의한 연성운동을 하는 종운동 (longitudinal motion)과 수평면 내 좌우 동요 (sway), 선수 동요 (yawing) 및 횡동요 (rolling)에 의한 횡운동 (lateral motion)을 수직 및 횡 방향으로 나눌 수 있다 (Lloyd, 1989). 이와 같이 선체구조에 미치는 유체력의 정확한 성능을 추정하기 위한 내항성 (sea-keeping quality)에 관한 연구는 다양하게 이루어져왔다. 파랑 중 선박운동 해석은 종운동과 횡 운동으로 나누어 각기 계산하는 방법을 취하고 있다. 이러한 방법은 최초로 Korvin-Krowkovsky and Jacobs (1957)에 의해 제안 된 후 오랜 시간이 지나 현재는 횡 동요, 선수동요, 좌우동요에 대한 반 대칭운

*Corresponding author: cmchoi@jejunu.ac.kr, Tel: 82-64-754-3415, Fax: 82-64-756-3483

동의 계산법 및 사파 (oblique wave) 중 내항성에 관한 제 응답의 연구 중심으로 진행되어 왔다. 사파 중 내항성이 주목되는 것은 조선 및 선박의 운항기술 상 여러 가지의 배경이 존재하고 있기 때문이다. 즉, 선박의 특성 중 가능한 최대한 응력을 추정해서 선체 설계에 이용하는 장기예측의 기술적인 측면과 주어진 해상 상태에서 선체응답을 고려하면 선박이 만나는 파랑조건 하에서의 그 응답을 거의 동등한 정도(精度)로 추정이 가능하기 때문이다 (Iseki et al., 1992; Nihei et al., 2010). 사파 중 선체 운동의 계산법으로 현재 널리 실용화 되고 있는 것은 O.S.M (Ordinary strip method), N.S.M (New strip method), S.T.F (Salvesen tuck-faltinsen method) 등이 있다 (Shintani, 1968). 현재는 이들의 검토를 지나 선형과 선박의 적재상태가 결정되면 사파 중 선체의 운동과 그것에 의해 일어나는 내항성의 제 요소를 실용상 큰 차이 없이 구할 수가 있고, 파랑의 정확한 정보와 기상상태를 알면 현재의 선박의 응답에 대한 발생확률까지 예측할 수 있다.

선체 동요에 의한 평가는 Iwai (1965)가 중·소여객선을 대상으로 연구하여 종 운동에 의한 판정의 범위를 각각 제시하고 있다. 특히, 배멀미는 가속도와 많은 상관관계가 있었을 뿐 만 아니라, 승선시간이 길어질수록 적응력이 나타나므로 배멀미가 감소하는 경향이 있다고 보고하였다 (Lawther and Griffin, 1986). 그리고 Shigehiro (1992); Shigehiro et al. (2001)에 의해서는 일본 가고시마 대학실습선을 이용하여 승선시간과 상하가속도의 진폭, 주기 등에 의해 승선감의 평가방법이 연구되었다.

이러한 선체운동과 동요의 특성에 관한 연구는 선박의 운항 안전성 측면과 쾌적한 운항환경 확보를 위한 중요한 연구 분야로 생각된다. 그러나 중, 소형 어선의 안전성 및 동요에 연구는 상선에 비하여 활발하지 못한 편이다. 그래서 최근 국제노동기구(International Labour Organization: ILO)에서 주관하는 해사노동협약 (Maritime Labour Convention: MLC)에서는 선원의 거주 안락성을 강조한 선박의 거주설비사항에 관련규정이 발효되었고 특히, 배에서 교육과 연구가 이루지는 어업 실습선인 경우는 쾌적한 승선감과 안정성을 충분히 고려해야 하기 때문에 특수 목적선 SPS (special purpose ship)코드를 적용하여 건조되므로, 다른 어선에 비해 거주설비와 구명설비가 상선에 준하는 MLC 기준 이상으로 규정이 강화되고 있다. 그렇지만 실습생들은 경험이 거의 없기 때문에 대부분으로 승선 초기단계에서 배멀미를 하기 쉽고, 집중력이 저하되는 경우가 많다.

그래서 본 연구에서는 일본 가고시마 (Kagoshima)대학 어로 및 연구관측 실습선인 Nansei-maru를 이용하여 규칙파 중의 선체운동을 Ordinary strip method (O.S.M)에 의해서 선체응답함수 및 선형중첩이론에 의한 파 에너지 스펙트럼을 이용하여 불규칙 파랑 중 상하동요 및 종 동요에 의한 수직 (vertical)방향, 그리고 좌우동요와 횡 동요에 의한 수평 (lateral)방향의 가속도에 대한 표준편차를 구하였다. 그리고 Shigehiro et al. (2001)가 제시한 선체 동요 평가방법을 이용하여 그 결과를 분석하여 실습계획 단계에서 선체의 동요를 미리 예측함으로써, 본래의 실습목적과 준비 작업으로 구분, 계획하여 선박의 안정성을 높일 뿐 만 아니라, 승선 실습의 효과와 효율적인 연구 활동을 기대 된다.

재료 및 방법

시험선박의 특성

시험 선박은 일본 Kagoshima대학 실습선 Nansei-maru이며 선체의 특징으로서는 bulbous bow, schilling rudder 및 펌프 제트식 전방위 bow thruster가 장착되어 있으며, 선저부는 음향기기의 기포혼입을 방지하기 위해 선수형상과 프로펠러 기진력에 의한 선체 진동저감을 위해 Skewed controllable pitch propeller를 갖추고 어로 및 관측 작업을 원활하게 위해 가능한 갑판을 넓

Table 1. Principal particulars of the experimental ship M.S Nansei-maru

Length over all	41.96 m
Length between perpendicular	34.00 m
Breadth(molded)	7.50 m
Depth(molded)	3.30 m
Full load draft	2.90 m
Gross tonnage	175 ton
Main engine	1,800 ps
Section areas	364.08 m^2
Block coefficient	0.647
Midship section coefficient	0.942
lcb	-0.79 m
Longitudinal radius of gyration	0.25 L
Transverse radius of gyration	0.375 B
GM	0.75 m

게 하고 선교에서 모든 것을 한눈으로 볼 수 있게 하였다 (Nagamatsu et al., 2003). Table 1은 시험선의 제원이고 Fig. 1은 시험선의 선도(lines)이다.

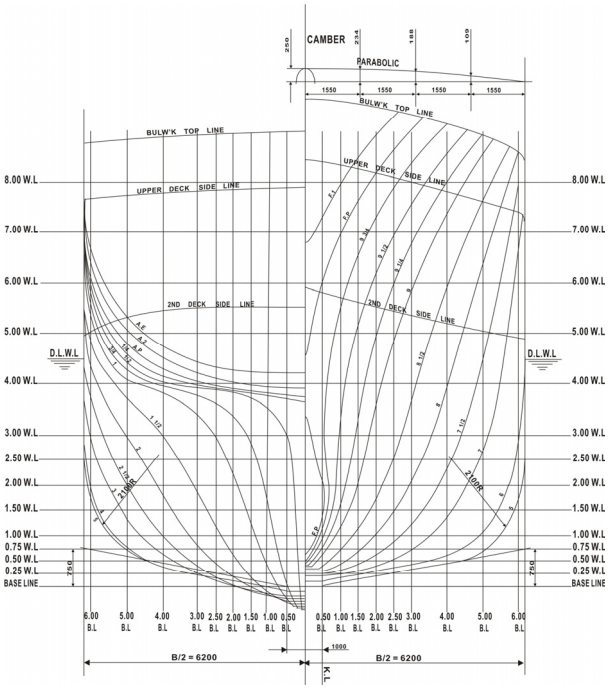

Fig. 1. Body plan of the experimental ship M.S Nansei-maru.

파 스펙트럼 및 선체응답 가속도

해면에 파랑을 근사적으로 나타낼 수 있는 파 스펙트럼은 1964년 ISSC에서 제안한 Modified Pierson-Moskwitz의 (1)식과 같으며, Fig. 2는 T=4, 6, 8, ...18 sec일 때의 파 스펙트럼 밀도함수를 나타낸 것이다.

$$[f(\omega)]^2/H^2 = \frac{0.11}{\omega_1}\left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^{-5}\exp\left[-0.44\left(\frac{\omega}{\omega_1}\right)^{-4}\right] \quad (1)$$

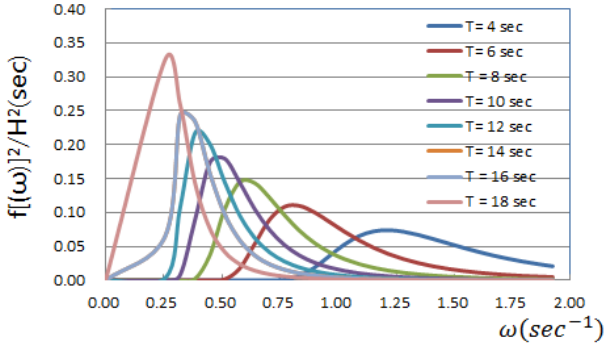

Fig. 2. Density function of ITTC wave spectrum.

여기에서 ω, $\omega_1 = \frac{2\pi}{T}$는 각각 파주파수 및 각 원주파수, T는 파 평균주기를 나타낸다.

실제 해상에서 선박이 만나는 파는 여러 방향으로 진행하는 성분파가 모여 나타나는 다방향파(波)로 다른 입사파와 겹쳐서 파정과 파저가 끊겨 나타나므로 단파정파 (short crested wave)이다 (Jo et al.1998). 단파정파의 스펙트럼은 다음과 같이 한 방향으로 진행하는 파 스펙트럼에 방향 분포 함수를 곱한 형태의 식으로 나타내며 방향 분포의 범위는 $\pm 90^\circ$이다. 다방향파 가운데 운동응답 스펙트럼은 모든 파 방향에 대한 운동스펙트럼에 방향 분포함수를 곱하여 계산할 수 있다. 이와 같이 파 스펙트럼이 파 평균 진행방향에 대해 $-\frac{\pi}{2} \sim \frac{\pi}{2}$범위 내에 있어서 $\cos^2\chi$의 분포를 하고 있다고 가정하면, 파 스펙트럼 밀도함수는 (2) 식, 조우주파수 ω_e(encounter frequency)와 파 주파수 ω의 관계는 (3) 식처럼 나타낼 수 있다.

$$[f(\omega,\chi)]^2 = (2/\pi)\,[f(w)]^2\cos^2\chi : -\pi/2 \le \chi \le \pi/2 \quad (2)$$

$$\omega_e = \omega - \frac{\omega^2}{g}V\cos\chi \quad (3)$$

여기에서, V, χ는 각각 선속 및 입사파 방향을 말한다.

그리고 종 및 횡방향 (vertical, lateral)가속도는 규칙파 중 선체응답의 진폭 및 위상각에 의해서 (4), (5) 식처럼 각각 표현할 수 있다.

$$|\ddot{Z}| = w_e^2\sqrt{z^2+(x-x_G)^2\Theta^2+(y\phi)^2-2z(x-x_G)\Theta\cos(\epsilon_h-\epsilon_p)+2z(y\phi)\cos(\epsilon_h-\epsilon_r)-2(x-x_G)\Theta(y\phi)\cos(\epsilon_p-\epsilon_r)} \quad (4)$$

$$|\ddot{Y}| = w_e^2\sqrt{y^2+(z-z_G)^2\Theta^2+2y(z-z_G)\Theta\cos(\epsilon_s-\epsilon_r)} \quad (5)$$

여기에서는 z, y, Θ, ϕ는 상하요(heave), 좌우요(sway), 종동요(pitch), 횡(roll)동요의 진폭, $\varepsilon_h, \varepsilon_s, \varepsilon_p, \varepsilon_r$는 각각의 위상각을 말하며, $x-x_G, z-z_G$는 시험선의 선체 중심(重心)에서 선교까지 수직 및 연직방향의 거리이며 각각 4.79, 3.22 m로 하였다.

해면에서 선체응답의 불규칙한 변동 량은 정규분포

로 되고 있고 극대와 극소치의 확률분포는 Rayleigh분포로 근사시켜 구할 수 있다고 가정하면, 해상에서의 단파장파에 대한 선체응답을 통계적으로 예측하기 위한 Parameter는 표준편차이며, 이는 에너지 스펙트럼에 의해 구할 수 있다 (Longuet-Higgins, 1952; Jasper, 1956). 그리고 Strip method에 의해 규칙 파랑 중 선체응답함수를 구하면 선형중첩이론에 의해 불규칙한 파랑 중 가속도 표준편차 σ는 (6) 식으로 나타낼 수 있다.

$$\sigma(\psi)=\frac{2}{\pi}\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}\int_{0}^{\infty}[f(\omega,\chi)]^2\times[A(\omega,\psi-\chi)]^2\times H^2 d\omega dx \quad 6)$$

여기에서 $A(\omega,\psi-\chi)=|\ddot{Z}(\omega,\psi-\chi)|$ 및 $|\ddot{Y}(\omega,\psi-\chi)|$, ψ는 선수방위각(heading angles), H는 유의파고를 말한다.

결과 및 고찰

선체응답을 얻기 위한 실험조건은 Cb= 0.647, Fn= 0.340 (12kn'ts), 유의파고 2m 일 때 입사파 $\chi=0^\circ$ (follow sea)부터 30° 간격으로 $\chi=180^\circ$ (head sea)까지 Ordinary Strip Method에 의해 상하, 종, 좌우, 횡 동요에 대한 각각의 진폭과 위상각에 의해서 선체응답 및 가속도에 대해서 분석하였다.

Fig.4는 상하, 종 동요에 대한 선체응답을 나타낸 것으로 횡축은 선박길이에 대한 파장의 비 (λ/Lpp), 종축은 상하동요의 진폭 (z)을 파 진폭 (amplitude ζ_w) 및 종 동요에 대한 진폭 (Θ)을 무차원화 한 값 (파 진폭에 파수 (number wave $k=\frac{2\pi}{\lambda}$)를 곱하고 나누어)을 나타낸 것이다. 상하 동요는 파장이 선박길이의 2배가 될 때까지는 선형적으로 증가하는 경향을 보이고 이후부터는 선체응답의 비가 1.0으로 수렴하고 횡파에서 선수파로 갈수록 응답이 커, peak값은 정 선수파에서는 1.49이었다. 그리고 종 동요에 대해서는 전반적으로 상하 동요와 같은 경향이 보였지만 입사파형별 수렴 값이 틀리게 나타났고 정 선수파 및 추종파에서 응답의 비가 크고, peak값은 파장이 선박길이의 약 3배인 정 선수파에서 나타났으며 횡파일 때 선체응답함수가 가장 낮았다.

Fig.5는 좌우, 횡 동요에 대한 선체응답을 나타낸 것으로 좌우동요는 정 선수파 및 추종파에서는 거의 응답이

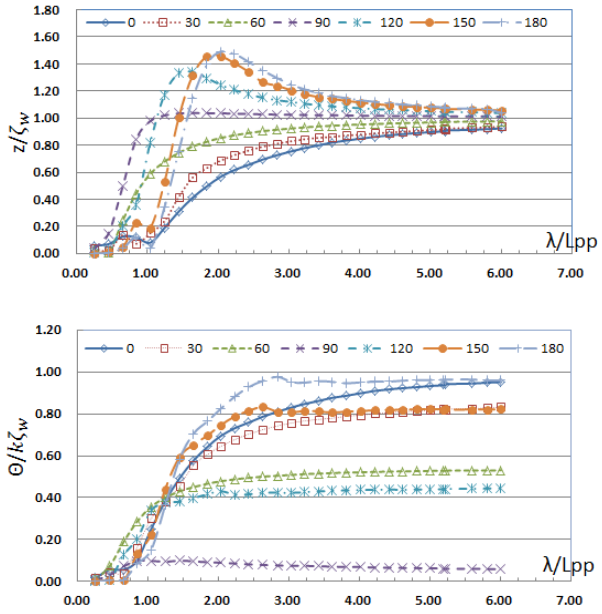

Fig. 4. Response function of heave(up) and pitch(down) of the Nansei-maru at waves direction.

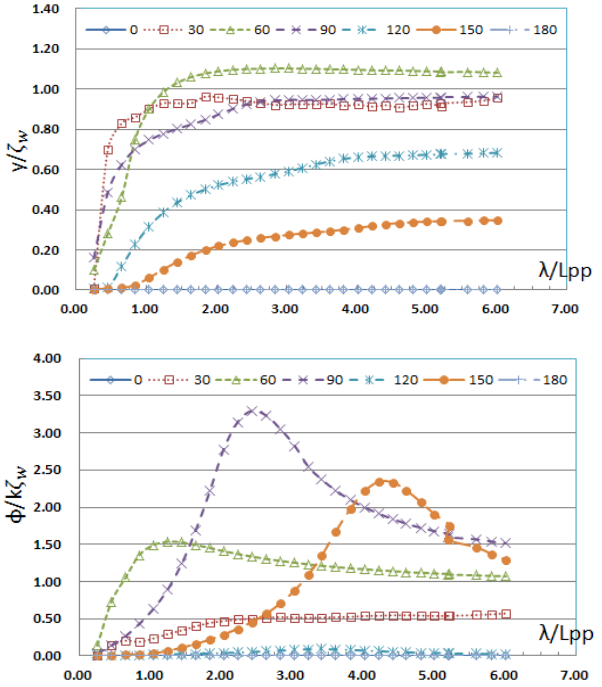

Fig. 5. Response function of sway(up) and roll(down) of the Nansei-maru at waves direction

없었고 선미 사파 ($\chi=30^\circ, 60^\circ$)은 횡파 ($\chi=90^\circ$) 보다 그 비가 높았으며 가장 peak 값을 나타낸 입사파는

$\chi = 60^\circ$로 1.1이었다. 반면에 횡 동요에서 peak값을 살펴보면 횡파 ($\chi = 90^\circ$)일 때 3.29, 그리고 $\chi = 150^\circ, 60^\circ$에서는 2.34, 1.53나타나 파장의 크기에 따라 다른 동요의 응답에 비해 매우 큰 것을 알 수 있었다.

상하 동요는 선수파에서 선미파로 이동할수록 응답의 크기가 점차적으로 낮아지는 경향을 보였지만, 종동요에서는 추종파가 선수사파 ($\chi = 150^\circ$)일 때보다 크게 나타났고 또한 선수사파 (bow sea $\chi = 120^\circ$)는 선미사파 (quartering sea $\chi = 30^\circ, 60^\circ$)와 비교해서 응답이 크므로 정 선수파, 추종파 (follow sea $\chi = 0^\circ$) 및 선미사파는 종 동요 선체응답에 많은 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 좌우동요에 미치는 선체응답은 횡파 (beam sea $\chi = 90^\circ$)보다 선미사파 ($\chi = 60^\circ$)가 크고 정 선수파 (head sea $\chi = 180^\circ$)에서 횡파로 갈수록 낮았으며 아울러 횡 동요는 전반적으로 횡파 및 선미사파가 큰 영향을 미치고 있었으며, 특히 선수사파 ($\chi = 150^\circ$)는 선박길이보다 4배 이상의 파장에서는 횡 동요를 크게 일으키고 있었다. 그리고 이러한 결과는 Lee and Kim, (2000)의 연구와 거의 일치하였다.

Table 2는 규칙 파랑 중 입사파형별 상대운동의 선체응답결과를 나타낸 것이다.

Fig. 6은 Table 2 결과를 이용하여 불규칙 파랑 중 단

Table 2. Response amplitude of relative bow motion in regular waves: Z_{r_0}/h_0

	Cb = 0.647, Lpp = 34.0m, Fn = 0.340						
$\sqrt{L/\lambda}$	Heading Angle						
	0°	30°	60°	90°	120°	150°	180°
2.00	1.0493	1.0503	0.9880	0.9831	0.9992	0.9996	1.0010
1.49	1.0899	1.0380	0.9086	1.0494	0.9835	0.9853	0.9912
1.24	1.0336	0.9644	0.7615	0.5702	0.8882	1.0093	1.0241
1.09	0.9782	1.0285	1.4741	1.3011	0.8856	0.8948	0.7765
0.98	1.4204	1.5665	2.0075	1.9042	1.5815	1.2134	1.1325
0.90	1.8952	1.9319	2.2682	2.0374	2.0341	1.8328	1.6960
0.83	2.2464	2.1582	2.3823	2.0095	2.1782	2.2086	2.2030
0.78	2.4884	2.4271	2.4178	1.9081	2.0405	2.3292	2.3681
0.74	2.6500	2.5548	2.4141	1.7912	1.7872	2.3013	2.3969
0.70	2.7616	2.6355	2.3940	1.6866	1.5447	2.1387	2.3175
0.67	2.8300	2.6861	2.3597	1.5752	1.3258	1.9302	2.1467
0.64	2.8693	2.7164	2.3198	1.4739	1.1519	1.7483	1.9783
0.62	2.9001	2.7323	2.2803	1.3832	1.0057	1.5975	1.8526
0.59	2.9195	2.7396	2.2371	1.3014	0.8912	1.4682	1.7732
0.57	2.9322	2.7393	2.1991	1.2309	0.8050	1.3966	1.6639
0.56	2.9414	2.7339	2.1674	1.1738	0.7348	1.3715	1.6279
0.54	2.9437	2.7221	2.1335	1.1166	0.7975	1.3465	1.6311
0.53	2.9475	2.7099	2.1031	1.0634	0.6406	1.3306	1.6249
0.51	2.9435	2.7027	2.0735	1.0167	0.6088	1.3407	1.6201
0.50	2.9439	2.6911	2.0454	0.9730	0.5907	1.3546	1.6450
0.49	2.9432	2.6827	2.0184	0.9315	0.5779	1.3732	1.6696
0.48	2.9377	2.6724	1.9955	0.8955	0.5740	1.3918	1.6887
0.47	2.9309	2.6626	1.9735	0.8627	0.5725	1.4097	1.7201
0.46	2.9226	2.6481	1.9517	0.8314	0.5755	1.4313	1.7457
0.45	2.9156	2.6347	1.9315	0.8029	0.5807	1.4507	1.7677
0.44	2.9088	2.6215	1.9125	0.7747	0.5893	1.4682	1.7912
0.44	2.9231	2.6292	1.9151	0.7729	0.5910	1.4641	1.7983
0.42	2.8947	2.6019	1.8797	0.7306	0.6100	1.4952	1.8296
0.42	2.8877	2.5912	1.8610	0.7061	0.6225	1.5123	1.8392
0.41	2.8808	2.5854	1.8464	0.6851	0.6335	1.5305	1.8522

파정파에서 상대운동에 대한 선체응답표준편차를 나타낸 것으로 횡축은 평균파주기의 역수($\sqrt{2\pi L/g}\ /\ T$)를 취해 무 차원화하여 나타낸 것으로 이때의 파장 $\lambda_e = g.T^2/2\pi$이다. 결과를 살펴보면 정 선수파의 peak값은 1.55이였고 횡파까지는 점차적으로 감소하는 경향을 보였지만, 추종파가 횡파와 거의 동일한 값이고 다음으로는 선수사파인 $\chi = 150^\circ$, $\chi = 120^\circ$에서 나타났고 대부분의 peak값은 평균 파주기 8 sec에서 일어나고 있음을 알 수 있었다.

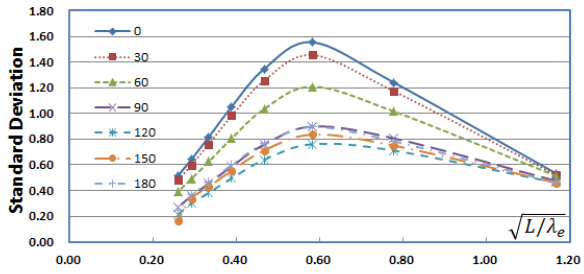

Fig. 6. Standard deviation of relative bow motion in short-crested irregular waves from different directions.

Fig. 7은 종 및 횡 방향 가속도의 표준편차를 나타낸 것으로 횡축은 선체길이에 대한 파장 $\lambda_e = g.T^2/2\pi$를 말한다. 종 방향 가속도의 표준편차는 $\lambda_e/Lpp = 1.65$에서 모든 입사파에서 peak값을 보였고 이 기점까지는 선형적으로 증가하는 경향을 보인 후 그 이후부터는 정 선수파에서 추종파로 갈수록 감소하였다. 특히, 정 선수파에서 가장 높은 값으로 평균 파주기 6 sec 일 때 0.349이었다.

횡 방향인 경우는 종 방향에 비해 가속도가 낮은 것으로 나타났으며, 입사파 $\chi = 150^\circ$을 제외하고 $\lambda_e/Lpp = 2.94$에서 peak값을 보였고, 이때의 파 평균 주기는 8 sec이었다. 이는 Shigehiro et al. (2001)등에 의한 것과는 비슷한 결과를 보였지만 다소 높게 나타났고, 대부분 선체길이와 파장이 같을 때 peak값을 보였지만 본 연구에서는 약간 파장인 긴 곳에서 그 값을 보였다.

이 결과를 통해서 Werenskiold (1988)에 의하면 일에 집중 (Intellectual work)할 수 있는 종 , 횡 방향 가속도 한계 값 0.20, 0.10과 비교했을 때 본 시험선은 입사파가 정 선수파, 선수 사파, 횡파를 피해 운항하는 것이 승선감에 도움이 될 수 있을 것으로 생각되었다.

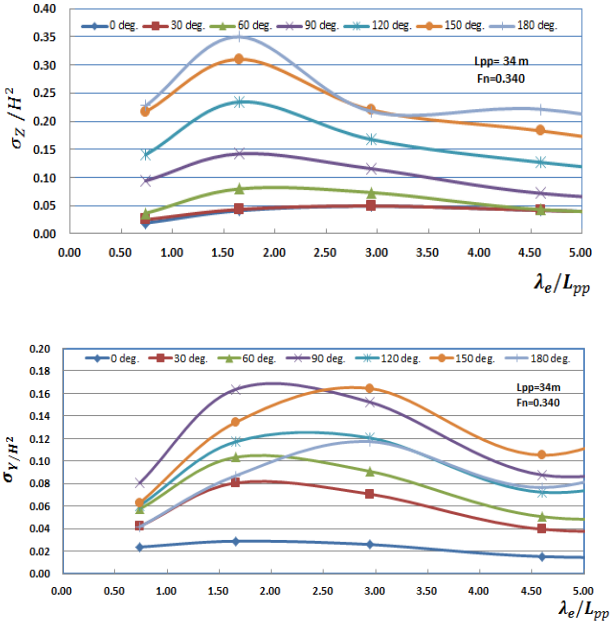

Fig. 7. Standard deviations of vertical(up) and lateral(down) acceleration of ship motion in irregular waves.

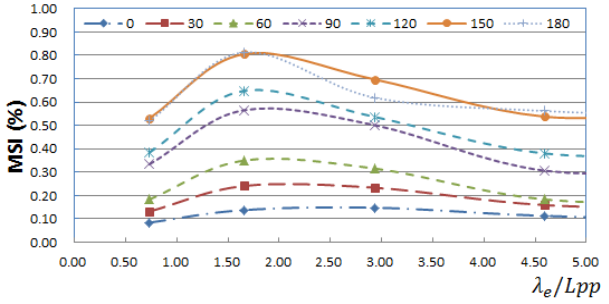

Fig. 8. Ratio of seasickness change in wave directions.

Fig. 8은 Shigehiro et al. (2000)에 의하여 제안한 배멀미 평가방법 중 노출시간을 고려하지 않고 종, 횡 가속도 표준편차의 결과를 이용하여 선체동요에 의한 평가인 배멀미 지수 (MSI: motion seasickness incidence (%))를 나타낸 것이다. 대부분 입사파에 대한 배멀미 지수는 $\lambda_e/Lpp = 1.65$까지는 선형적으로 증가하였으나, 그 이후부터는 파장이 길수록 감소하는 경향을 보였으며, 전체적인 동요평가는 선수사파인 $\chi = 150^\circ$ 그리고 정 선수파 $\chi = 180^\circ$에서 60% 이상 나타나 매우 컸고 다음은 횡파인 $\chi = 90^\circ$ 그리고 추종파인 $\chi = 0^\circ$ 순으로 크게는 약 70% 차이가 있어서 선수 방위를 변침하는 것이 많은 도움이 있을 것으로 예상된

다. 이러한 결과는 종운동인 상하, 종 동요에서 선체응답은 정 선수파 및 선수사파가 추종파, 선미사파 및 횡파 보다 큰 것으로 나타났지만, 좌우동요에서는 횡파 및 선미사파가 선수 및 선수사파보다 전반적으로 큰 반면에 횡 운동에서는 횡파에 대한 선체응답이 매우 크게 나타났고, 선미사파보다 선수사파인 $\chi = 150^\circ$ 응답이 컸다. 그러므로 정 선수파보다 $\chi = 150^\circ$ 가 배멀미 지수가 높은 것은 횡파의 영향이라고 생각되었다.

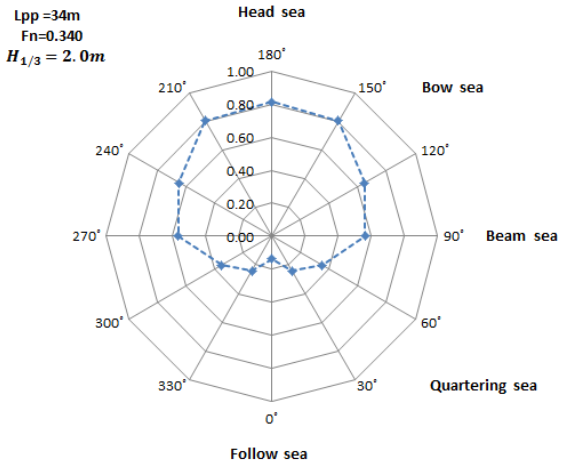

Fig. 9. Ratio of seasickness change in wave directions at $\lambda_e/Lpp = 1.65$

Fig. 9는 $\lambda_e/Lpp = 1.65$일 때 입사파형별로 배멀미 지수에 의한 선체동요 평가를 나타낸 것이다. 결과를 살펴보면 시험선이 유의파고 2 m, 파장 56 m, 선속 12.0 kn'ts로 항주 하였을 때, 선수파보다 추종파 및 선미사파 ($\chi = 30^\circ, 60^\circ$)를 받고 항해하는 경우가 약 48.5%이상 선체동요를 감소시킬 수 있었음을 알 수 있었다.

결 론

시험선의 동요를 평가하기위해서 선형중첩이론을 이용한 에너지 스펙트럼과 규칙파에서는 O.S.M에 의해 불규칙 중에서는 선체응답에 대한 종, 횡 방향의 표준편차 가속도에 의해서 선체동요를 평가하면서 얻은 결과는 다음과 같다.

선체응답결과에서 선체의 동요를 줄이기 위해서는 선미 사파보다 선수 사파를 받은 운항하는 선박이 안정적이다는 것을 알 수 있었으며, 이는 황천 중 항행이 곤란할 때 heave to법으로 항행해야하는 이유가 될 수도 있다.

입사파형별 종 방향 표준편차 가속도 분석 결과 파장 56 m, 파 평균 주기는 6 sec 이었을 때 대부분 최고 값을 보였고, 그 중 정 선수파에서는 가장 높은 0.35이였으며, 횡 방향인 경우는 파장 100 m, 파 평균주기는 8 sec에서 최고 값이 나타났고 횡파 및 $\chi = 150^\circ$ 에서 0.16이므로 종 방향에 비해 반 정도 낮았다. 그리고 종, 횡 방향의 표준가속도에 의한 배멀미 지수는 정 선수파 및 선수 사파에서 약 80%로 높게 나타났고 반면에 추종파에서는 15%를 보여, 운항하고자 하는 해역의 예상파고를 알고, 시험선의 예정 항로설정을 할 때 이용할 수 있을 뿐 만 아니라, 입사파를 추종파 및 선미사파로 받도록 변침하므로 약 50%정도는 승선 감을 높일 수 있어서 실습에 임하는 실습생들에게는 많은 도움이 될 것으로 예상되며 향후, 승선자의 승선감에 대한 choi et al. (2015)설문지와 정량적으로 평가한 방법과 같이 해석하였으면 더욱 좋을 것으로 생각되었다.

사 사

이 논문은 2014년도 제주대학교 학술연구지원 사업에 의하여 연구되었으며, 아울러 세심하게 검토하여 주신 심사위원님들과 편집위원님들에게도 깊은 감사를 드립니다.

References

Choi CM, Lee CH, Kim BY, Ahn JY, Kim SJ and Shigehiro R. 2015. Evaluation method of motion seasickness by ship motions during underway in irregular waves. J Kor Soc Fish Tecnol 51(1), 71-78. (doi: 10.3796/KSFT.2015.51.1.071)

Iseki T, Ohtsu K and Fujino M. 1992. Bayesian estimation of directional wave spectra based on ship motions. J Soc N A, 17-25.

Iwai K. 1965. Judging method of riding comfort due to pitching motion. Japan Soc Naval Archi Ocean Eng 30, 73-82.

Jasper NH. 1956. Statistical distribution patterns of ocean waves and wave induced ship stresses and motions with engineering applications. Soc Nav Archit Mar Eng 64, 375-432.

Jo HJ, Kang IK and Kim JC. 1998. Ship response estimation method in multi-directional wave using real sea experiments. Korean Soc Ocean Eng 12, 135-142.

Korvin-Krowkovsky BV and Jacobs WR. 1957. Pitching heaving motions of a ship in regular waves. SNAME Report No 659, pp 66.

Lawther A and Griffin MJ. 1986. The motion of a ship at sea the consequent motion sickness amongst passengers. Ergonmis 29, 535-552.

Lee HS and Kim KY. 2000. Analysis on the dynamic response of fishing vessel in a seaway. Bull Korean Soc Fish Tech 36(1), 33-44.

Lloyd ARJM. 1989. Sea-keeping ship behaviour in rough weather. Ellis Horwood Limited, Chichester West Sussex, England, pp 234-262.

Longuet-Higgins MS. 1952. On the statistical distribution of the heights of sea wave. J mar res 11(3), 245-266.

Nagamatsu T, Shigehiro R, Horita Y and Ikeda T. 2003. Hydrodynamic design of a training vessel-The third generation Nansei maru. Mem Fac Fish Kagoshima Univ 52, 1-12.

Nihei Y, Fukunaga K and Ikeda Y. 2010. A study on real time onboard navigation assistant system using measured ship motion data. J Soc N A and Ocean Engineers 11, 137-146.

Shintani A. 1968. A study of calculation of pitch and heave by the strip method. J Soc N A 123, 74-80.

Shigehiro Ritsuo, 1992. A study on evaluation of motion sickness for Motor yachts. J Kansai Soc N A 218, 243-253.

Shigehiro R, Kuroda T and Arita Y. 2001. Evaluation method of passenger comfort for training ship in irregular seas. Preceeding of the Eleventh International offshore and polar engineering conference Stavanger, Norway, pp 17-22.

Shigehiro R, Kuroda T, Matsuda A and Suzuki S. 2000. Effect of anti-pitching fins on ship motion from the viepoint of passenger. J Kansai Soc N A 233, 39-48.

Werenskiold. 1988. Power and sea-keeping performance of high speed marine vehicles. Marintek A/S, ocean laboratories, Norway, pp 1-19.

2015. 08. 25 Received
2015. 10. 12 Revised
2015. 11. 16 Accepted