大 韓 造 船 學 會 論 文 集
第 36 卷 第 2 號 1999年 5月
Journal of the Society of
Naval Architects of Korea
Vol. 36, No. 2, May 1999

쌍동선의 파랑 동하중 추정

전호환*, 김문성**, 양진호***

Computations of Dynamic Wave Loads of a Catamaran

by

H. H. Chun*, M. S. Kim** and J. H. Yang***

요 약

안전하고 경제적인 쌍동선형을 설계하기 위해서는 횡갑판(cross deck)에 작용하는 파랑 동하중의 정확한 추정이 필요하다. 본 논문에서는 Lee 등[3]이 제시한 2차원 스트립 방법을 6자유도 운동을 갖는 3차원의 경우로 확장하여 임의 입사파에서 파랑하중(수직 및 수평 전단력, 굽힘모멘트 및 비틀림모멘트)을 추정하였고, 발표된 계산 결과(스트립 방법 및 3차원 패널법) 및 Wahab 등[2]의 실험 결과와 비교하였다. 일반적으로 2차원 결과보다 3차원 방법이 실험 결과와 잘 일치하였으나, 같은 이론을 사용한 3차원 방법에 있어서도 몇몇 경우에 계산값의 차이가 있었다. 파랑하중 추정의 정도를 향상시키기 위해서 점성항의 고려 및 엄밀한 속도항의 고려가 필요하다고 생각된다.

Abstract

In order to design a safe and economic catamaran, it is of prime importance to rigorously estimate the dynamic loads on the catamaran in waves. In this paper, the 2-D strip method by Lee et al.[3] is extended to a 3-D method which can estimate the dynamaic loads (horizontal and vertical shear forses, and bending and torsional moments) acting on the center of the cross deck of the catamaran travelling in an arbitrary wave heading angle. The computational results are compared with Wahab et al's experimental data[2], and also 2-D and 3-D numerical results published. It is found that in general, the 3-D method give much improved correlations with the experimental data compared with 2-D methods, but there are some discrcrepancy between the same 3-D results used by the same theory. In order to improve the accuracy, the effect of the viscous flow and the rigid consideration of the forward speed effect seem to be necessary.

접수일자 : 1999년 2월 10일, 재접수일자 : 1999년 3월 17일

* 정회원, 부산대학교 조선해양공학과 (기계기술연구소)
** 학생회원, 부산대학교 조선해양공학과(현재 삼성중공업(주))
*** 학생회원, 부산대학교 조선해양공학과

1. 서 론

선박의 고속화 추세와 더불어 최근 쌍동선의 건조가 급격히 증가하고 있다. 일반적으로 쌍동선은 복원성, 내항성능 및 저항추진 관점에서 일반 단동선보다 고속선형에 적합하다고 알려져 있다. 그러나 황천 항해시 속도의 증가와 더불어 갑판에서의 구조하중이 문제가 되고 있으며 정확한 구조하중을 추정하기 위해서는 파랑에 의한 동하중을 엄밀히 추정해야 된다. 특히 소수선면 쌍동선(SWATH)인 경우 횡갑판(cross deck) 중앙에서의 하중 뿐만 아니라 동체와 갑판을 연결하는 스트러트의 하중분포가 중요한 설계 변수로 대두되고 있다.

Salvensen 등[1]은 임의의 입사파에 작용하는 단동선의 파랑하중 해석법을 제시하였다. 쌍동선형의 횡갑판에 작용하는 파랑하중에 관한 연구로는 Wahab 등[2]의 ASR 쌍동선에 대한 광범위한 실험적 조사가 있었으며, 이론적 연구로서는 스트립(strip) 방법을 사용한 Lee 등[3], Kim[4], 3차원 패널(panel)법을 사용한 Chan[5,6], Kobayashi 등[7] 등이 있다.

Lee 등[3]의 방법은 쌍동선의 선체를 등가 2차원 형상으로 가정하여 횡파(beam seas)에서 종동요(pitch)와 선수동요(yaw) 운동을 무시할 만큼 작다고 가정하여, 3차원 운동과 파랑하중 문제를 2차원 문제로 단순화하였다. 이러한 등가 2차원 형상의 가정은 횡파에서만 유효하기 때문에 선체를 따르는 하중분포를 예측할 수 없다. 또한 쌍동선형의 횡갑판에서의 최대 비틀림모멘트(tortional moment)는 최대 굽힘모멘트(bending moment)보다 작지만 사파(oblique sea)에서 두 모멘트의 합성 효과는 횡갑판에서 최대 국부응력을 발생시키기 때문에 이러한 최대 국부응력의 예측은 불가능하다.

본 논문에서는 Lee 등이 제시한 2차원 방법을 6자유도 운동을 갖는 3차원 경우로 확장하여 임의의 입사파에서의 파랑하중을 이론적으로 추정하였고, Wahab 등의 실험 결과와 비교하였다. 또한 발표된 2차원 및 3차원 계산 결과와 비교하여 그 정도를 비교하였다.

2. 선형화된 경계치 문제

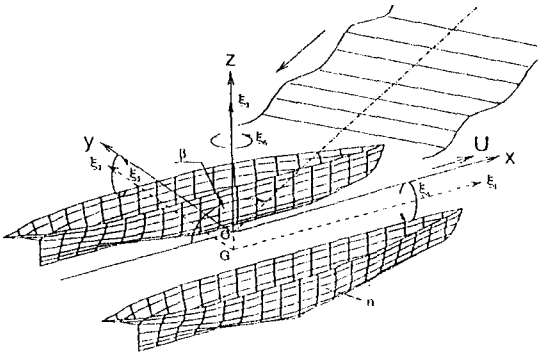


Fig.1 Coordinates system and panel arrangement of ASR catamaran (No. of panels=232)

기준 좌표계는 Fig. 1과 같이, 원점(O)은 비교란 자유표면의 평면과 선체의 길이방향으로의 대칭면, 선체의 중력중심을 지나는 수직면과의 교차하는 점에 위치하고, O-xy 평면은 정지한 선체의 비교란 자유표면과 일치한다. 선체와 고정되어 일정속도 U로 파와 임의각 β (β=180° 일 경우 선수파임)를 가지며 공간에서 전진하는 직교 우수 좌표계 O-xyz가 사용된다.

유체는 일정한 밀도 ρ를 갖는 비점성, 비압축성으로 가정하고 유동은 비회전성이라 가정하면 라플라스 방정식과 주어진 경계조건을 만족하는 속도포텐셜(potential)이 존재한다. 입사파와 입사파로 인한 선체운동 응답이 작다는 가정으로 비정상포텐셜은 선형적으로 입사파항, 산란파항 및 방사파항으로 다음과 같이 중첩할 수가 있으며 조우주파수 ω_e를 갖는 시간의 함수이다.

$$\phi(x,y,z;t) = [(\phi_I(x,y,z) + \phi_D(x,y,z)) + \sum_{j=1}^{6} \xi_j \phi_j] e^{-i\omega_e t} \quad (1)$$

여기서 j=1, 2, 3은 전후동요(surge), 좌우동요(sway), 상하동요(heave)를 나타내고, j=4, 5, 6은

횡동요(roll), 종동요(pitch) 및 선수동요(yaw)를 나타낸다.

선박의 전진속도가 작다면 정상 섭동포텐셜은 비정상 섭동포텐셜에 비해 크기가 작아 무시할 수 있으며 세장체 및 고주파수의 가정으로 일반적으로 알려진 다음의 선형화된 자유표면 경계조건을 사용한다[1,8,9]

$$-\omega_e{}^2\phi + g\frac{\partial\phi}{\partial z} = 0 \tag{2}$$

여기서 g는 중력가속도이며 또한 다음의 선체 표면(S) 경계조건을 만족해야 된다.

$$\frac{\partial}{\partial n}(\phi_I+\phi_D)=0 \quad on\ S \tag{3}$$

$$\frac{\partial\phi_j}{\partial n}=-iw_e n_j+Um_j \quad on\ S \tag{4}$$

여기서 n_j와 m_j는 다음으로 주어진다.

$$\begin{aligned}&(n_1,n_2,n_3)=\vec{n}: \text{ 법선벡터}\\&(n_4,n_5,n_6)=\vec{r}\times\vec{n}: \text{ 회전운동에 관한 법선벡터}\\&m_j=0 \text{ for } i=1,2,3,4\\&m_5=n_3, \text{ and } m_6=-n_2\\&\vec{r}\text{은 원점에서의 위치벡터}\end{aligned} \tag{5}$$

식(2)와 무한수심에서의 해저면 조건 및 방사조건을 만족하는 매우 효과적인 수치 알고리즘이 Telste & Noblesse[10]에 의해 개발되었고, 본 연구에 사용되었다.

수치적 방법은 선체를 유한개의 패널로 표현하여 일정한 강도의 소오스(source)로 분포하는 일정소오스 분포법을 사용하여 선체에 작용하는 파랑강제력과 동유체력을 계산하였다.

3. 파랑 동하중 추정

파랑 동하중 추정은 횡갑판의 중간 지점에 대하여 먼저 수행하고 임의의 점 즉, 횡갑판을 따르는 하중 혹은 SWATH선인 경우 스트러트를 따르는 하중 등을 차후에 추정할 수 있다. 횡갑판의 중간 지점에서의 파랑하중은 단면의 중심선에 대한 선체단면, 질량 관성력, 유체 동압력의 대칭성 등을 이용하여 단순화할 수 있다. Salvensen 등[1]은 선체의 단면에 작용하는 동적 하중을 선박의 가속으로 인한 질량관성 효과와 침수된 부분에 걸친 압력을 적분한 동유체 효과의 차이로 정의하였다.

Ogilvie[11]는 쌍동선과 압력분포의 대칭성을 이용하여 파랑하중 공식을 Fig. 2와 같이 부호규약으로 전체 선체단면에 대해서 표현하였다. 이러한 방법을 사용하여 횡갑판의 중간 지점(y=0, z=h_0)에서의 파랑하중(굽힘모멘트(M_3), 비틀림모멘트(M_5), 수평 전단력(V_2), 수직 전단력(V_3))은 질량가속 효과와 잠긴 선체표면에 걸친 유체 동압력 적분값의 차로부터 얻어진다.

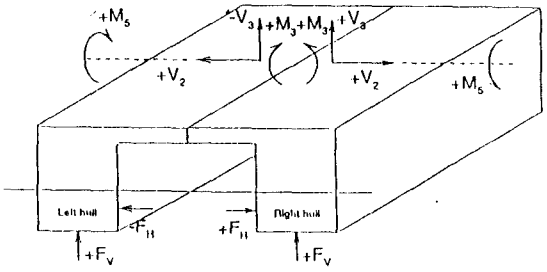


Fig. 2 Loading analysis diagram

$$M_5(0,\ h_0)=\frac{1}{2}M_{5I} -\frac{1}{2}\int\int_{S_R+S_L} p\,[n_5 sgn(y)]\,ds \tag{6a}$$

$$M_3(0,h_0)=\frac{1}{2}M_{3I} -\frac{1}{2}\int\int_{S_R+S_L} p\,[n_3|y|+n_2(h_0-z)sgn(y)]\,ds \tag{6b}$$

$$V_2(0,h_0)=\frac{1}{2}V_{2I} -\frac{1}{2}\int\int_{S_R+S_L} p\,[n_2 sgn(y)]\,ds \tag{6c}$$

$$V_3(0,h_0)=\frac{1}{2}V_{3I} -\frac{1}{2}\int\int_{S_R+S_L} p\,[n_3 sgn(y)]\,ds \tag{6d}$$

여기서, M_{5I}, M_{3I}, V_{2I}, V_{3I}는 전체 선체 단면의 질량 가속 효과이다. S_R+S_L은 오른·왼쪽 선체의 침수된 부분에 걸친 적분을 나타낸다. y>0(우측 선체)에 대해서 sgn=1, y<0(좌측 선체)에 대해서 sgn=-1, y=0(중심선)에 대해서 sgn=0 이다. 또한, p는 유체 동압력이다.

쌍동선은 길이 방향으로의 중심선(y=0)에 대해 대칭이기 때문에, n_2는 y=0에 대해서 대칭이고, n_3는 y=0에 대해서 비대칭이다. 만일 압력이 우측과 좌측 선체에 걸쳐서 임의로 분포해 있다면, y=0에 대한 압력분포의 대칭 부분(Fig. 3a)은 횡갑판에서의 굽힘모멘트 M_3와 수평 전단력 V_2에만 기여를 하고, 압력분포의 비대칭 부분(Fig. 3b)은 비틀림 모멘트 M_5와 수직 전단력 V_3에만 기여를 한다. 동일한 방향으로 쌍동선체에 작용하는 중심선에 대해서 대칭인 수직력의 우수(even) 성분인 양의 굽힘모멘트와 좌측·우측 선체의 잘린 면에서 반대 방향인 수직 전단력 V_3을 발생시킨다. 각각의 선체로부터 굽힘모멘트 M_3와 수직 전단력 V_3을 더하면 2배의 굽힘모멘트를 주지만 수직 전단력은 서로 상쇄되고 상하동요 운동을 한다. 반대로, 중심선에 대해서 비대칭인 수직력의 기수(odd) 성분은 2배의 수직 전단력을 주지만 굽힘모멘트는 서로 상쇄되고 횡동요 운동을 한다. 중심선에 대해서 대칭인 우수 성분 수평력은 굽힘모멘트와 수평 전단력을 발생시키지 않고 횡동요 운동과 좌우동요 운동을 한다. 중심선에 대해서 비대칭인 기수 성분 수평력은 횡갑판의 중간지점에서 굽힘모멘트와 수평 전단력을 주지만 횡동요 운동과 좌우동요 운동은 하지 않는다. 비슷한 방법으로, 우수 종동요 모멘트는 종동요 운동만 하고, 비틀림모멘트는 주지 않는다. 그러나 두 선체가 각각 다른 방향으로 작용하는 기수 종동요 모멘트는 횡갑판의 중간지점에서 비틀림모멘트를 준다. 여기서의 종동요 모멘트 또한 질량 관성력, 복원력, 동유체력을 포함한다.

질량가속 효과가 반쪽 선체에서 고려된다면, 모든 운동이 파랑하중 공식에서 나타난다. 그러나,

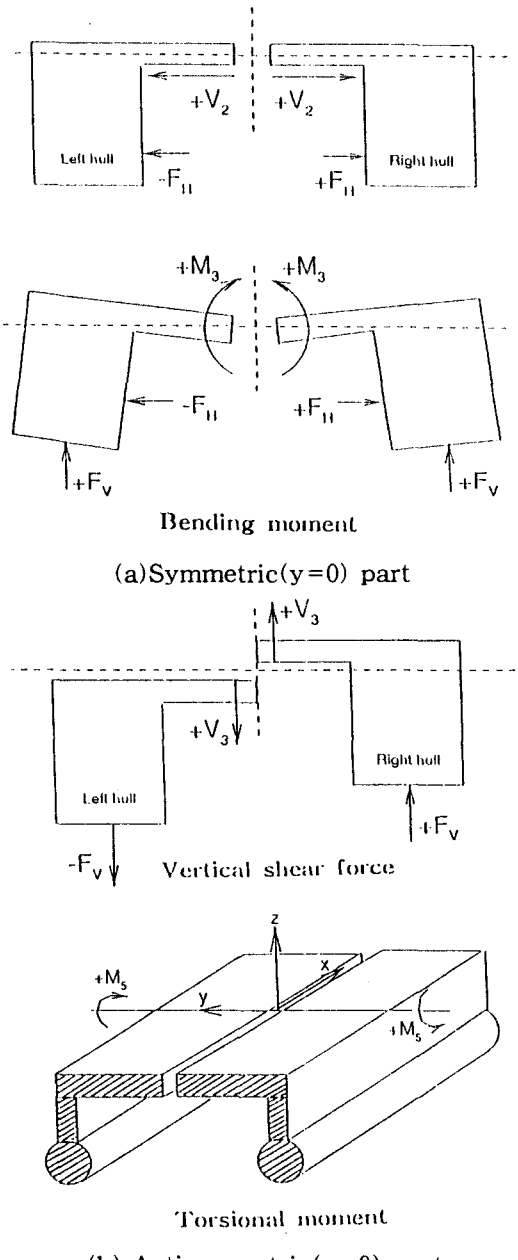


Fig. 3 Loading sign conventions

Lee 등[3]의 경우와 같이 횡파로만 가정할 경우 두개의 반쪽 선체 단면에 걸쳐서 더해질 때, 몇몇의 운동은 굽힘모멘트와 전단력에 기여를 하지 않고 무시된다. 그러나 각각의 입사각을 고려한다면,

예를 들어 중심선(y=0)에 대해 대칭인 선체에 작용하는 수직 관성력에서 선체 단면의 상하동요 운동은 굽힘 모멘트 M_3와 수평 전단력 V_2에만 기여를 한다. 횡동요 운동은 y=0에 대해 비대칭인 선체에 작용하는 수직 관성력을 발생시키고, 비틀림 모멘트 M_5와 수직 전단력 V_3에만 기여를 한다. 좌우동요 운동은 대칭 수평력을 발생시키고 수직 전단력 V_3와 비틀림모멘트 M_5에 기여한다. 종동요 운동은 굽힘모멘트 M_3, 수평 전단력 V_2에 기여를 하고, 선수동요 운동은 굽힘모멘트 M_3와 수평 전단력 V_2에 기여를 한다.

파랑하중을 구하기 위해서는, 먼저 선체에 작용하는 유체 동압력과 선체운동 응답을 계산해야한다. 유체 동압력은 입사파와 산란파, 그리고 선체운동-부가질량, 조파감쇠, 복원력에 의한 성분을 갖는다. 유체 동압력은 포텐셜 유동으로부터 얻어지고, 선체운동 응답은 연성된 운동방정식의 해로부터 얻어진다. 유체 동압력은 베르누이 방정식으로부터 선형화된 속도포텐셜의 항으로 주어진다.

$$p = -\rho\left[\frac{\partial}{\partial t} - U\frac{\partial}{\partial x}\right]\phi - \rho g(\xi_3 + y\xi_4 - x\xi_5) \tag{7}$$

미소 진폭 입사파의 파형이 시간에 따라 주기적이고 조화적이기에 속도포텐셜과 운동 변위는 다음과 같다.

$$\phi(x, y, z, t) = Re[\phi(x, y, z)e^{-iw_e t}] \tag{8a}$$

$$\xi_j(t) = \xi_{j0}e^{-iw_e t} = (\xi_{j0c} + i\xi_{j0s})e^{-iw_e t} \tag{8b}$$

$\phi(x, y, z)$는 비정상 포텐셜이고, 실수부와 허수부를 갖는다. 포텐셜을 압력방정식에 대입하면 다음과 같다.

$$p = Re[\rho(iw_e + U\frac{\partial}{\partial x})\phi - \rho g(\xi_{30} + y\xi_{40} - x\xi_{50})]e^{-iw_e t} \tag{10}$$

입사 포텐셜 ϕ_I와 산란 포텐셜 ϕ_D는 중심선(y=0)에 관해서 우수 성분과 기수 성분을 가지기 때문에 식(1)로 주어진 비정상 포텐셜은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi(x, y, z, t) = Re[\phi_I^E + \phi_I^O + \phi_D^E + \phi_D^O + \sum_{j=1}^{6}\phi_j\xi_{j0}]e^{-iw_e t} \tag{11}$$

여기서, 상첨자 E는 우수 성분, O는 기수 성분을 나타내며, ϕ_j = 1, 3, 5는 우함수이고, ϕ_j = 2, 4, 6은 기함수이다.

따라서, 유체 동압력은 다음과 같다.

$$p = Re[\rho(iw_e + U\frac{\partial}{\partial x})(\phi_I^O + \phi_D^O + \phi_I^E + \phi_D^E + \sum_{j=1}^{6}\phi_j\xi_{j0}) - \rho g(\xi_{30} + y\xi_{40} - x\xi_{50})]e^{-iw_e t} \tag{12}$$

입사 포텐셜은 주어지고, 산란 포텐셜 ϕ_D와 방사 포텐셜 ϕ_j는 소오스 분포법에 의해 얻어진다. 일단 횡갑판의 중앙점에서 파랑하중을 알고 있다면, 수선위 임의 단면에서의 하중을 구할 수 있다. 선박의 중심선(y=0)에 대해서 ϕ_I, ϕ_D, ϕ_j, n_2, n_3, n_4, n_5의 우함수와 기함수 성질을 이용하면 식(6)으로 주어진 각각의 파랑하중은 다음과 같다. 자세한 유도 과정은 Kim[12] 문헌을 참조바란다.

$$\begin{aligned}
M_5(0, h_0) = &-iw_o\rho\int\int_{S_R}\phi_I^O n_5 ds \\
&-iw_e\rho\int\int_{S_R}\phi_D^O n_5 ds \\
&-\rho U\int\int_{S_R}\phi_D^O n_3 ds \\
&-iw_e\rho\int\int_{S_R}(\xi_{20}\phi_2 + \xi_{40}\phi_4 + \xi_{60}\phi_6)n_5 ds \\
&-\rho U\int\int_{S_R}(\xi_{20}\phi_2 + \xi_{40}\phi_4 + \xi_{60}\phi_6)n_3 ds \\
&+\frac{1}{2}\rho g M_W\xi_{40}
\end{aligned} \tag{13}$$

$$\begin{aligned}
M_3(0, h_0) = &-\frac{1}{2}w_e^2 my\xi_{30} \\
&-iw_o\rho\int\int_{S_R}\phi_I^E\{n_3 y + n_2(h_o - z)\}\,ds \\
&-iw_e\rho\int\int_{S_R}\phi_D^E\{n_3 y + n_2(h_o - z)\}\,ds
\end{aligned}$$

$$-iw_e\rho\int\int_{S_R}(\xi_{10}\phi_1+\xi_{30}\phi_3+\xi_{50}\phi_5)\{n_3y+n_2(h_o-z)\}\,ds+\frac{1}{2}\rho gyA_W\xi_{30}-\frac{1}{2}\rho gyM_W\xi_{50} \tag{14}$$

$$V_2(0,h_0)=-iw_o\rho\int\int_{S_R}\phi_I^E n_2 ds-iw_e\rho\int\int_{S_R}\phi_D^E n_2 ds-iw_e\rho\int\int_{S_R}(\xi_{10}\phi_1+\xi_{30}\phi_3+\xi_{50}\phi_5)n_2 ds \tag{15}$$

$$V_3\ (0,h_0)=-\frac{1}{2}w_e^2 my\xi_{40}-iw_o\rho\int\int_{S_R}\phi_I^O n_3 ds-iw_e\rho\int\int_{S_R}\phi_D^O n_3 ds-iw_e\rho\int\int_{S_R}(\xi_{20}\phi_2+\xi_{40}\phi_4+\xi_{60}\phi_6)n_3 ds+\frac{1}{2}\rho gA_W\xi_{40} \tag{16}$$

여기서, m은 전체 선체 횡단면의 질량이고, y는 우측 선체의 질량 중심의 y-좌표이다. A_W는 수선면적이고, M_W는 수선면적 모멘트이다. 횡갑판의 중간 지점에서의 파랑하중식(V_2, V_3, M_3, M_5)에서 입사파와 산란파는 모든 파랑하중에 기여함을 볼 수 있다. 그러나 전후동요, 상하동요, 종동요 운동은 M_3와 V_2에만 기여하고, 좌우동요, 횡동요, 선수동요 운동은 M_5와 V_3에만 기여를 한다. 상하동요 질량 관성력은 M_3에만 기여를 하고, 횡동요 질량 관성력은 V_3에만 기여를 한다. 좌우동요 질량 관성력은 우함수이기에 V_2에 기여하지 않는다. 또한 종동요 질량 관성력도 우함수이기에 비틀림모멘트에 기여하지 않음을 알 수 있다.

4. 계산 결과 및 실험값 비교

Wahab 등[2]은 ASR 카타마란의 운동응답과 파랑하중에 대해서 광범위한 실험 결과를 발표하였다. 개발한 프로그램의 계산 결과를 검증하기 위해서 Wahab 등의 실험 결과와 비교하였으며 또한 발표된 다른 방법에 의한 수치계산 결과와도 비교하였다.

ASR 카타마란의 주요 제원은 Table 1에 주었으며 Fig. 1은 쌍동선의 한쪽 선체에 대해서 232개의 패널 배열을 보여주고 있다. 다양한 수치계산 검증 과정에서 한쪽 선체의 패널 수가 200개 이상이면 수치계산 결과가 수렴함을 알 수 있었다.

Table 1 Principal particulars of an ASR catamaran

LBP, L(m)	64.01
Beam overall, Bm(m)	26.213
Beam each hull, B(m)	7.3151
Draft, D(m)	5.49
Hull separation(m)	11.5824
Neutral axis height from LWL(m)	7.01
Displacement(tonnes)	2838.70
LCG from F.P.(m)	32.1564
KG(m)	6.4008
GMT(m)	17.98
kxx(m)	9.30
kyy(m)	16.00
kzz(m)	16.00
Block coefficient	0.55

ASR 카타마란의 두 선체간 거리(hull separation)의 한쪽 선체폭(hull beam)에 대한 비는 1.58이고, Wahab 등의 실험 조건 즉 횡파, 선수사파(bow quartering) 및 선수파(head seas)일 때 각각 3개의 속도(Fn=0.0, 0.126, 0.253)에 대해서 운동 및 파랑하중의 계산을 수행하여 실험 결

과와 비교하였다. 모든 결과는 Kim[12]에 주어져 있으며, 본 논문에서는 Fn=0.0 과 0.253의 속력에 대해서 중요한 결과만 다루었다.

Fig. 4, 5는 선수파에서 두 속력에 대한 상하동요 및 종동요 운동의 계산 결과와 실험 결과를 보여주고 있다. 속도가 증가함에 따라 상하동요 고유주기 부근에서 큰 계산값을 제외하면 계산 결과와 실험 결과가 잘 일치함을 알 수 있다. Fig. 6은 횡파일 때의 횡동요 운동 응답을 보여주고 있으며 속력이 증가하더라도 횡파에서는 횡동요 운동의 변화가 거의 없으며 또한 계산 결과와 실험 결과가 잘 일치함을 볼 수 있다.

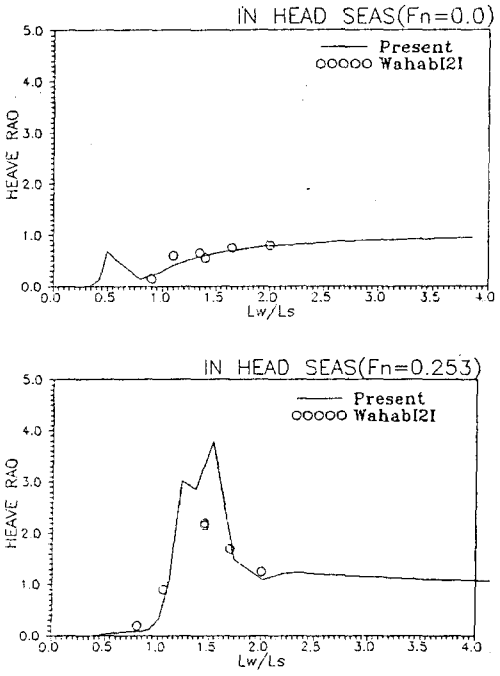


Fig. 4 Heave RAO vs. wave length to ship lengngth ratio in head ses

Fig. 7, 8, 9 와 10은 횡파에서 횡갑판 중간 지점(y=0)에서의 수평 전단력(V_2), 수직 전단력(V_3), 굽힘모멘트(M_3), 비틀림모멘트(M_5)의 계산 결과와 실험 결과를 보여주고 있다. 다른 방법에 의해 발표한 계산 결과가 있는 경우에는 포함시켰다. Kim[4]의 계산 결과는 스트립 이론에 의해 계

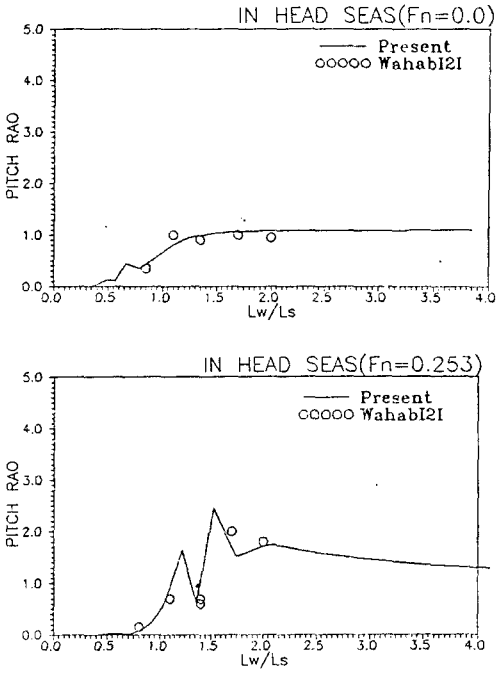


Fig. 5 Pitch RAO vs. wave length to ship lengngth ratio in head seas

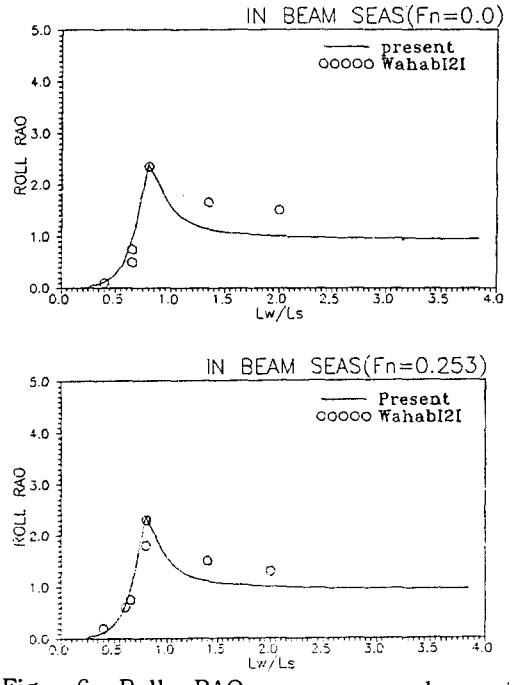


Fig. 6 Roll RAO vs. wave lengngth shiplengngth ratio in beam seas

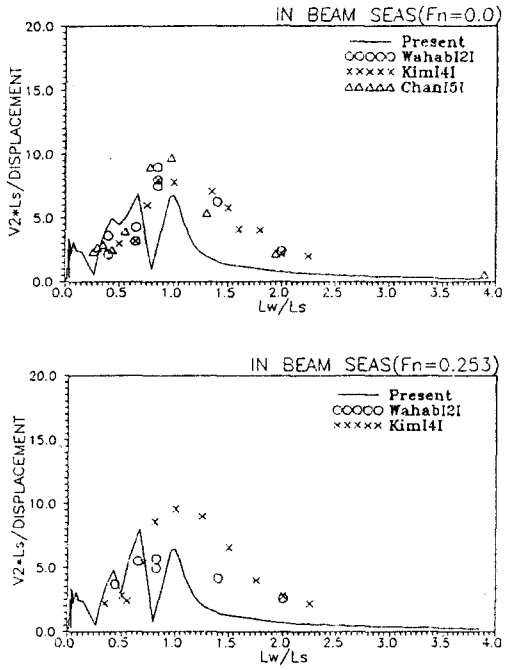


Fig. 7 Nondimensional amplitude of horizontal shear in beam seas

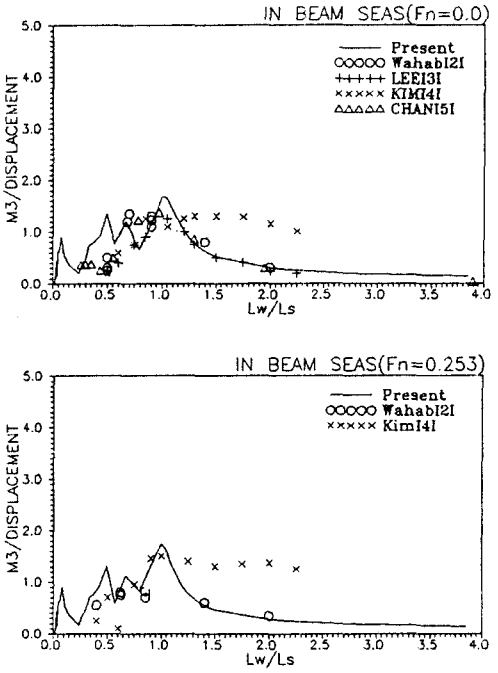


Fig. 9 Nondimensional bending moment amplitude in beam seas

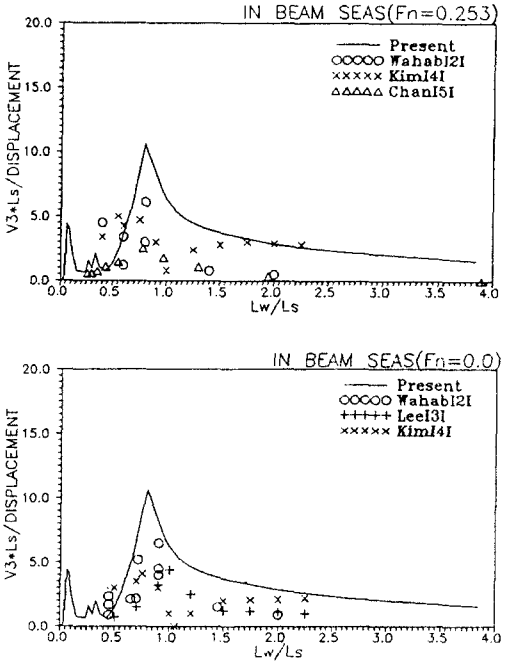


Fig. 8 Nondimensional amplitude of Vertical shear force beams seas

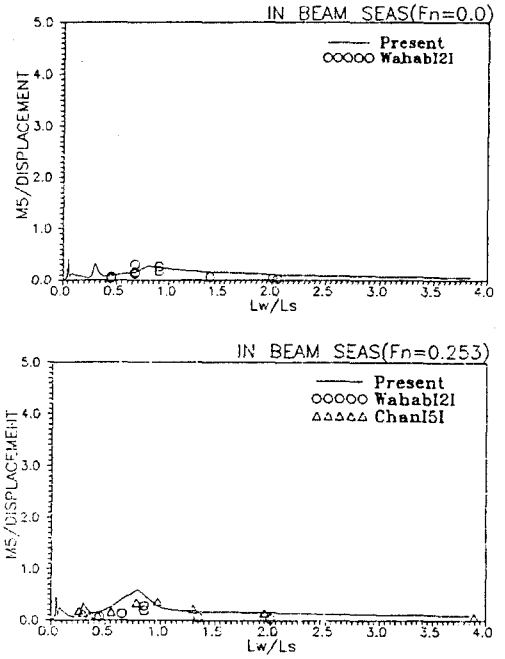


Fig. 10 Nondimensional tortional moment amplitude in beam seas

산하였으며 Chan[5]의 3차원 방법은 본 방법에서 사용한 근사 자유표면 조건을 사용하여 계산한 결과이다.

전진속도가 없는 경우 본 방법에 의해 계산한 수평 전단력(Fig. 7)은 저주파수 영역에서 다소 낮은 값을 주고 있으며 수직 전단력(Fig. 8)은 다소 높은 값을 주고 있다. 그러나, 굽힘모멘트(Fig. 9)에 있어서는 Chan의 계산 결과와 비슷하며 이는 실험 결과와 일치하고 있음을 알 수 있다. 비틀림 모멘트(Fig. 10)에 대한 계산값과 실험값은 잘 일치하고 있음을 알 수 있다. 전진속도가 있는 경우 전진속도가 없는 경우와 마찬가지로 수평 전단력은 저주파수에서 다소 낮게 추정되고 수직 전단력은 다소 크게 추정됨을 알 수 있다. 굽힘모멘트와 비틀림모멘트는 본 방법에 의한 계산 결과가 실험값과 잘 일치함을 알 수 있다.

선수횡파의 결과는 Fig. 11, 12, 13 과 14에 주었다. 속도가 증가함에 따라 수평 전단력(Fig. 11)은 다소 크게 추정되었으며 수직 전단력(Fig. 12)은 실험 결과와 다소 일치함을 알 수 있다. 굽힘모멘트(Fig. 13)는 전진속도가 없는 경우에는 계산 결과와 실험 결과가 잘 일치하나 속도가 증가함에 따라 상하동요와 종동요의 고유주기 근방에서 계산치가 실험값보다 다소 큼을 알 수 있다. 비틀림모멘트(Fig. 14)는 전반적으로 실험 결과보다 크게 추정되었다.

5. 결 론

쌍동선의 6자유도 운동응답과 파랑하중을 추정하는 계산법을 정립하고 3차원 포텐셜유동 패널법을 사용하여 프로그램을 개발하였다. 본 방법의 타당성을 입증하기 위해 ASR 카타마란에 대한 운동응답과 파랑하중에 대한 실험 결과와 수치계산 결과를 비교하였다. 본 방법에 의한 계산 결과와 실험값의 비교에서 전진속도가 없는 경우에는 두 결과가 다소 일치하였다. 그러나 전진속도가 있는 경우에는 상하동요와 종동요의 고유주기 부근에서 계산 결과가 실험값보다 다소 크게 추정되었다. 보다 정확한 추정을 위해서는 속도 효과를 보다 엄밀히 고려하고 또한 점성효과를 고려하여 정확한 운동응답의 추정이 필요하다고 본다.

감사의 글

이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었으며 지원에 감사 드린다.

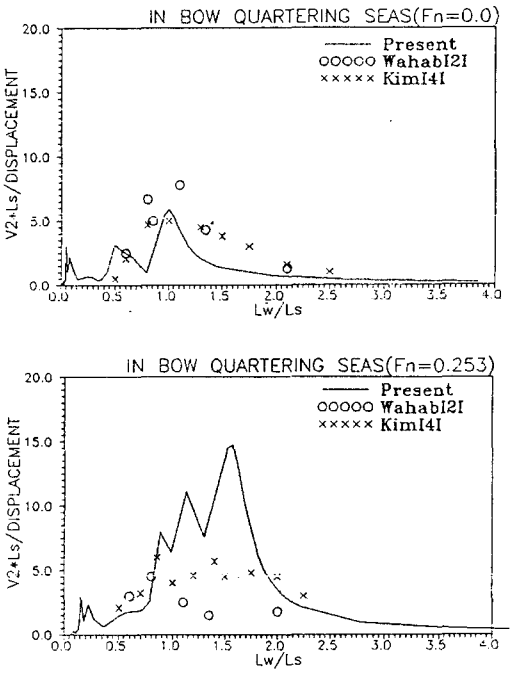
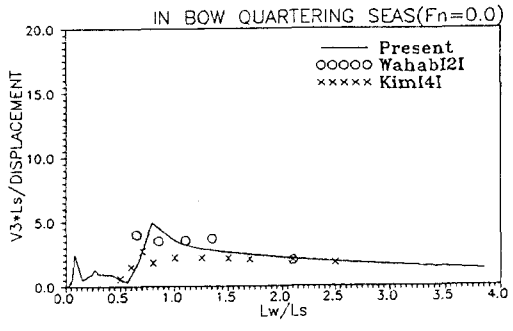


Fig. 11 Nondimensional amplitude of vertical shear force in bow quartering seas



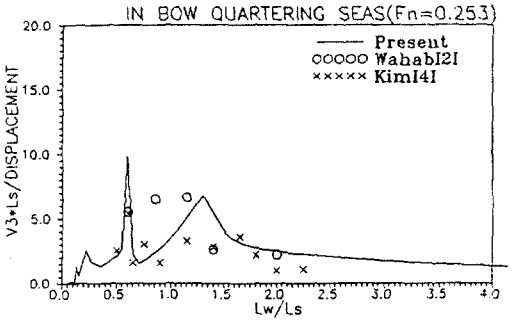


Fig. 12 Nondimensional amplitude of vertical shear force in bow quartering seas

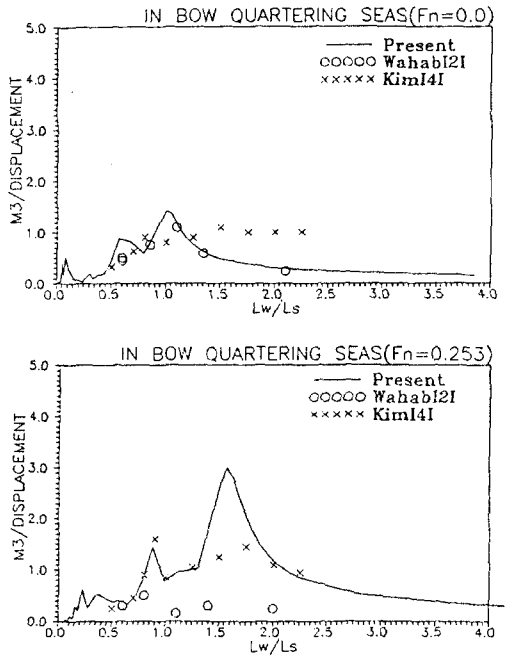


Fig. 13 Nondimensional bending moment amplitude in bow quartering seas

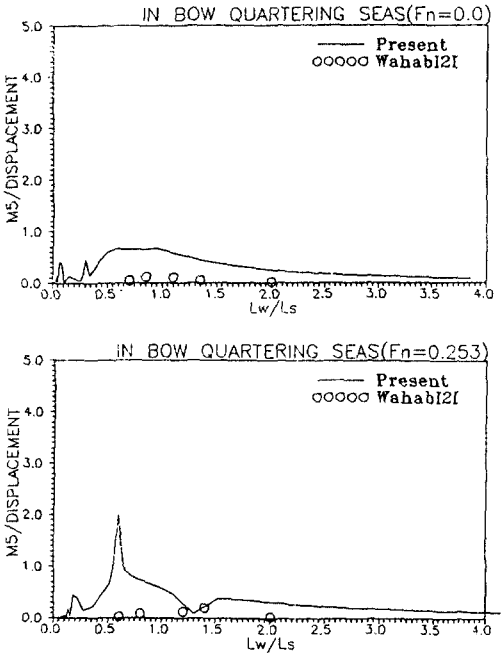


Fig. 14 Nondimensional tortional moment amplitude in bow quartering seas

참 고 문 헌

[1] Salvensen, N., Tuck, E.O. & Faltinsen, O.M., "Ship motions and Sea loads", Transaction SNAME, 78 (1970) 250-287

[2] Wahab, R., Pritchett, C. & Ruth, L.C.,"On the Behavior of the of theASR Catamar- an Waves.", Marine Technology, 8 (1971) 334-360

[3] Lee, C.M., Johns, H.D., & Curphey, R.M., "Prediction of Motion and Hydrodynamic Loads of Catamarans.", Marine Techlogy, 10 (1973) 392-405

[4] Kim, C.H., "Motions and Loads of a Catamaran Ship of Arbitrary Shape in a Seaway.", J. Hydronautics, 10 (1976) 8-17

[5] Chan, H.S., "Prediction of Motion and Wave loads of Twin-Hull Ships.", Marine Structure, 6 (1993) 75-102

[6] Chan H.S., "On the Calculations of Ship Motions and Wave Loads of High Speed Catamarans", Int. Shipbuilding Progress, Vol. 42, No. 431 (1995) 181-195

[7] Kobayashi M., Shimada K. and Nishimura K., "Wave Loads on a Semi-Submerged Catamarn(SSC) with Forward Speed", J. of the Society of Naval Architects of Japan, No. 168 (1990) 159-170

[8] Faltinsen, O.M. & Michelsen, F.C., "Motions of Large Structures in Waves at Zero Froude Number", Proc. of Int. Symp. on Dynamics of

Marine Vehicles, (1974) 91-106

[9] Inglis, R.B., "A Three-Dimensoinal Analysis of the Motion of a Rigid Ship in Waves", PhD thesis, Department of Mechanical Engineering, University College London (1980)

[10] Telste J.G and Noblesse F., " Numerical Evaluation of the Green Function of Water Wave Radiation and Diffraction", JSR, Vol. 30, No. 2 (1986) 68-84

[11] Ogilvie, T.F., "On the Computation of Wave-Induced Bending and Torsion Moment.", JSR, 15 (1974) 217-220

[12] Kim M.S., "A Study on the Prediction of Motion and Wave Loads of High Speed Twin-Hull Ships", M.Sc Thesis, Dept of NAOE, Pusan National Uni. (1997) (in Korean)