

# 쌍동형 선체의 운동응답특성과 동유체력에 관한 수치해석 비교검토

## A Numerical Analysis Review of Motion Response Characteristics and Hydrodynamics in Catamaran

오영철<sup>†\*</sup>, 고재용<sup>\*\*</sup>

Young-Cheol Oh<sup>†\*</sup>, Jae-Yong Ko

### 요 약 문

선박 고속화와 해양레저선박에 대한 관심 증대로 쌍동형 선체건조가 증가하고 있으며 일반적으로 쌍동형 선체는 복원성, 내항성능 및 저항추진 등에서 단동형 선체보다 고속선형 및 갑판활용에 적합하다고 알려져 있다. 하지만, 쌍동형 선체는 갑판 상에서 두 개의 선체를 동체로 결합시킨 선체로서 운동 시 부체 간 공진현상이 수반된 자유표면 거동과 유체력이 발생할 수가 있다. 따라서, 이 논문에서는 이런 공진현상을 감쇠시킬 수 있는 방안을 모색하여 합리적인 쌍동형 선체의 운동응답특성과 동유체력을 산출하였다.

※ **Keywords** : 쌍동선(Catamaran), 진폭응답함수(Response amplitude operator), 동유체력 (Hydrodynamics), 공진(Resonant), 감쇠(Damping)

## 1. 서 론

파랑 중 선체는 여러 가지 외력 영향으로 끊임 없는 반복적인 운동을 하게 된다. 이러한 외력

영향에 대해 충분한 운동성을 확보하지 못한 선체는 운항자의 작업환경에 나쁜 영향을 줄 뿐만 아니라 구조적 안정성에도 영향을 미치게 된다. 따라서 실제 해상상태에서 불규칙한 해양파 특성에 대해

† 논문 주저자

\* 목포해양대학교 대학원 해양시스템공학과

\*\* 목포해양대학교 해양공과대학 조선해양공학과

안전한 내항성능(Seakeeping)을 확보해야 한다. 파랑 중 선체운동에 대응되는 동유체력에 의해 병진 이동과 회전운동을 하게 된다(Gim et al., 2010). 이러한 선체운동응답(Response Amplitude Operator; RAO)을 예측하기 위해 선체의 동유체력을 산정하여야 한다. 이러한 파랑 중 선체 안정성을 평가하는 방법으로 내항성능평가가 일반적으로 적용되고 있다.

최근, 선박 고속화와 해양레저선박에 대한 관심 증대로 쌍동형 선체건조가 증가하고 있다.

일반적으로 쌍동형 선체는 복원성, 내항성능 및 저항추진 등에서 단동형 선체보다 고속선형 및 갑판활용에 적합하다. 쌍동형 선체는 갑판 상에서 두 개의 선체를 동체로 결합시킨 선체로서 운동 시 부체 간 공진현상이 수반된 자유표면 거동과 유체력이 발생한다. 피스톤 모드라고도 불리는 이러한 공진현상은 쌍동형 선체 또는 문풀(Moonpool)에서도 발생되며 공진주파수에서 급격한 수면상승과 유체력 증가를 초래한다. 이에 따라 작업성이 저하될 수 있으며 승조원의 안전도 위협받을 수 있다(Heo and Park, 2012). 쌍동형 선체의 내항성능과 병렬배치 선박의 동유체력 상호 간섭에 관한 연구동향을 살펴보면 다음과 같다. Gim et al. (2010)은 연근해 쌍동형 파워요트에 대한 선형설계를 수행하고 이에 대한 내항성능평가를 다수의 파랑조건에서 선속과 입사파 변화에 따른 운동응답특성을 파악하였다.

Chun et al.(1999)은 2차원 법을 6자유도 운동을 갖는 3차원 경우로 확장하여 임의의 입사파에서의 파랑하중을 이론적으로 추정하고 실험결과와 비교하여 정도를 검증하였다. Kim et al.(2003)은 병렬 계류된 다수 부체에 대해 규칙파 및 불규칙파 선수파

및 횡파 조건에서 선박의 운동응답과 파랑표류력 계측 모형시험을 수행하여 부체 상호간 유체역학적 간섭효과를 확인하였다. Heo and Park(2012)은 점성과 와류(Vortex)의 영향이 크게 작용하는 병렬 배치된 2차원 선체에 대하여 수평방향과 상하 방향으로 강제 조화운동을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

이 논문에서는 연근해에 적합한 쌍동형 선체에 대해 내항성능 평가를 상용프로그램을 이용하여 수행하였으며 입사파 방향과 조우주파수의 변화에 따른 선체 운동응답과 동유체력 특성과 자유표면 감쇠판(Free surface damp lid)을 반영한 결과를 비교 검토하였다.

## 2. 부유구조물 운동방정식

선체운동은 종횡운동으로 구분하여 각각의 동유체력 성분을 구해 선체운동을 예측할 수 있다. 예측 시 산정될 수 있는 성분은 부가질량, 조파감쇠계수, 복원력계수, 파 강제력 등이 있다. 고전방법으로 선체 단면 스트립(Strip)에 대한 유체력을 계산하여 전체 유체력을 구하는 근사방법이 널리 쓰이고 있다.

이런 스트립 방법은 Korvin-Kroukovsky 또는 Watanabe 등에 의해 제안된 OSM(Ordinary Strip Method)을 개선시켜 NSM(New Strip Method)으로 발표하였다. NSM은 방사력(Radiation force)에 대해 선체의 2차원 단면에 작용하는 힘을 특이점 분포법(Singularity distribution method)으로 구하고 선체 길이 방향으로 적분하여 구하는 방법이다. 파 강제력은 Froude-Krylov력과 회절력을 고려하여 등가 방사파력으로 치환 계산된다. 최근, 이러한 고전

방법의 한계를 극복하기 위해 상용코드와 고유 코드를 이용하여 선박운동을 예측하고 있다(Han et al., 2012).

Fig. 1은 일반적인 파랑 매개변수를 나타내고 있으며 선형파(Airy's wave)에서 물 입자가 폐쇄 경로로 운동을 하고 질량 수송이 생기지 않으며 계산결과로 나온 입자가속도가 고차 이론 결과와 큰 차가 없기 때문에 관성력이 중요하다. 유체특성은 이상유체, 비회전성, 비압축성, 비점성이다. 표면 장력은 고려하지 않으며 운동크기와 속도는 작다고 가정한다. 이런 유체입자저동은 식(1)과 같은 라플라스(Laplace)방정식으로 정의될 수 있다(Yum, 2010).

$$\nabla^2 \phi = \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (1)$$

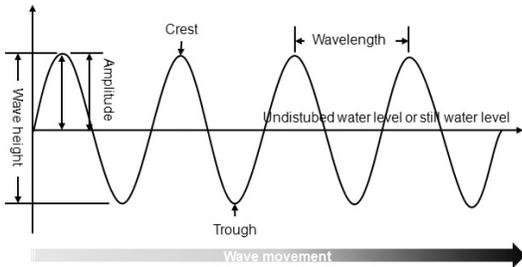


Fig. 1 Key parameters of a wave

Table 1 Boundary condition

Boundary condition		Formulation
Seabed		$\frac{\partial \phi}{\partial z} = 0 : z = -h_0$
Free surface		$g \frac{\partial \phi}{\partial z} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial t^2} = 0$
Kinematic		$\frac{\partial \phi}{\partial n} = \vec{v} \cdot \vec{n}$
Symmetric or Antisymmetric	Sway	$\phi^{(2)}(-x, y) = -\phi^{(2)}(+x, y)$
	Heave	$\phi^{(3)}(-x, y) = -\phi^{(3)}(+x, y)$
	Roll	$\phi^{(4)}(-x, y) = -\phi^{(4)}(+x, y)$

전체퍼텐셜은 퍼텐셜중첩법을 적용하여 식(2)와 같이 입사파, 회절파, 속도퍼텐셜의 합(合)으로 나타낼 수 있다.

$$\phi(x, y, z) = \phi_I + \phi_d + \sum_{j=1}^6 \phi_j x_j \quad (2)$$

여기서,  $\phi_j$ 는 부유체의 6자유도,  $\phi_I$ 는 입사파,  $\phi_d$ 는 회절파,  $x_j$ 는 운동변위이다.

입사파가  $x$ 축의 양의 방향으로  $\beta$ 의 각도로 입사하였을 때 입사파 퍼텐셜은 식(3)과 같다.

$$\phi_I = -\frac{igA}{\omega} \frac{\cosh k(z+h)}{\cosh kh} e^{ik(x \cos \beta + y \sin \beta)} \quad (3)$$

여기서,  $A$ 는 입사파의 진폭, 주파수  $\omega$ 는 식(4)와 같은 파수  $k$ 의 선형분산식을 만족하여야 한다.

$$\omega^2 = gk \tanh kh \quad (4)$$

경계조건은 Table 1에서 나타내고 있는 해지면, 자유수면, 운동, 대칭 또는 반대칭조건으로 설정할 수 있다(Sohn, 1998).

특이점 분포법은 회절파와 방사파의 속도퍼텐셜을 구하기 위한 수치해석기법으로 유체 경계면을 대상으로 경계요소를 사용하며 그린(Green) 정리에 따라 경계면에 특이점을 분포시켜 속도퍼텐셜과 법선방향 속도를 구할 수 있다. 식(5)와 같은 적분방정식으로 나타낼 수 있다(Koh and Cho, 2010).

$$C(\vec{r}_0) \phi(\vec{r}_0) + \iint_S \phi(\vec{r}_0) \frac{\partial G(\vec{r}, \vec{r}_0)}{\partial n} dS = \iint_S \phi_n(\vec{r}, \vec{r}_0) dS \quad (5)$$

여기서,  $C(\vec{r}_0)$ 는 표면각이며  $G(\vec{r}, \vec{r}_0)$ 는 특이 함수 또는 그린함수이다. 위에서 나타낸 적분방정

식을 행렬식으로 표현하기 위해서는 경계면을 경계 요소로 이산화하여야 한다.

정유체력은 정수압을 부체 침수표면적에 따라 적분하여 얻어지며 일반적으로 부체의 변위에 선형형태로 식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_s = -\int_{\bar{S}} P_s \bar{n} ds = c_{ji} x_i \quad (6)$$

여기서,  $\bar{S}$  평형상태에서 침수표면적  $P_s$ 는 정수압  $\bar{n}$  물체의 바깥방향이 양(+)인 법선벡터이다.

물체표면에서 속도퍼텐셜을 구하면 Bernoulli 방정식으로부터 식(7)인 동압력을 구할 수 있다. 물체표면에서 따라 적분하여 파 강제력과 동유체력을 구하며 파 강제력은 입사파와 회절파의 속도 퍼텐셜로부터 식(8)을 구할 수 있다.

$$P = \rho \frac{\partial \Phi}{\partial t} \quad (7)$$

$$F_j = -\int_{\bar{S}} P n_j ds = -\int_{\bar{S}} i w \rho (\phi_i + \phi_d) n_j dS \quad (8)$$

식(8)의 우변 첫 번째 항을 Froude-Krylov 힘이라 부르며 두 번째 항을 회절력이라 한다. 부체의 운동에 기인한 방사력은 방사퍼텐셜로부터 구할 수 있으며 식(9)와 같다.

$$F_j = -\int_{\bar{S}} P n_j ds = -\int_{\bar{S}} i w \rho \phi_i n_j dS \quad (9)$$

식(9) 결과는 식(10)과 같이 실수부와 허수부로 구분할 수 있다.

$$w^2 a_{ji} + i w b_{ji} = i w \rho \int_{\bar{S}} \phi_i n_j dS \quad (10)$$

여기서, 부가질량  $a_{ji}$ 는 물체의 운동에 야기된 유체운동의 등가관성질량이며 감쇠계수는  $b_{ji}$ 는 방사파 발산에 따른 에너지 소산율이다.

파 강제력, 정유체력, 동유체력을 사용하여 6자

유도 운동방정식을 구성하면 식(11)과 같다.

$$-w^2 [m_{ji} + a_{ji}(w)] - i w b_{ji}(w) + [c_{ji} + K_{ji}] x_j \quad (11) \\ = F_j(w)$$

여기서,  $m_{ji}$ 은 질량행렬,  $c_{ji}$ 는 정유체력으로부터 얻어지는 복원력 계수,  $K_{ji}$ 는 선형 계류라인의 강성 행렬을 나타낸다.

6자유도운동의 연성 운동방정식을 유도하여 각각의 운동응답과 운동변위를 구할 수 있다(Koh and Cho, 2010).

### 3. 유체정역학적 고찰

유체정역학(Hydrostatics)란 선체형상에 따른 유체정역학적 특징에 대한 수치이다.

재화중량의 증감에 따른 선체운동, 배수량, 트림 변화 및 복원성 등을 예측하거나 계산하기 위해 사용된다.

선체의 유체정역학적 계산을 위해서 배수량을 계산하는 방법은 크게 두 가지 경우가 있는데 선체의 전부수선(FP)과 후부수선(AP)사이에서 각 종선(Station)에서의 임의의 흘수선까지의 횡단 면적을 수치 적분법으로 계산을 하여 배수량을 계산하는 방법과 각 수선(WL)에서의 수선면적을 수치적분법으로 계산하는 방법으로 이 계산에서는 두 가지 방법으로 구한 배수량은 이론적으로 같아야 하나 실제로 구해진 배수량은 수치적분법의 적용 과정에서 발생한 오차로 인해 배수량의 차이가 있기는 하지만 그 크기가 무시할 정도이므로 이 논문에서는 고려하지 않았다.

Fig. 2는 모선을 기반으로 한 쌍동형 선체의 기하 모델을 나타내고 있다. Table 2는 쌍동형 선체의

유체정역학적 결과(Hydrostatic results)를 나타내고 있다.

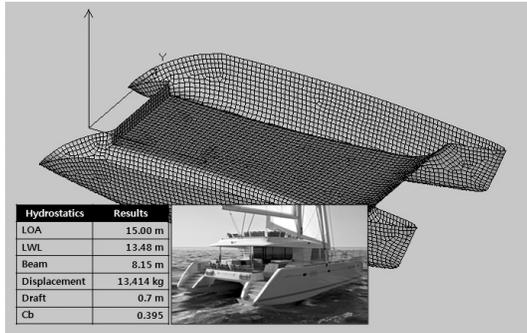


Fig. 2 Primitive model and mother ship

Table 2 Hydrostatics results

Hydrostatics	Results
L.O.A	15.00m
L.W.L	13.48m
Beam	8.15m
Displacement	13,414kg
Draft	0.70m
$C_b$	0.39
KB	0.46m
KG	0.70m
BM	26.06m
GM	25.82m
KM	26.52m
MTC	239kg

## 4. 파랑조건 및 해석조건

### 4.1 파랑조건

부체는 파랑 중 운동응답특성과 동유체력특성을 파악하기 위해 일반적으로 해양레저 활동이 자제되는 해상조건과 항주파 조건으로 적용하였다.

Table 3은 목포 연안에서 선박이 운항 시 발생하는 항주파상태를 나타내며 Table 4는 전형적인 풍력계급(Beaufort scale)을 나타내고 있다. 연안해역에서 주요 파랑 발생요인 중 항주파(Ship wave) 분석을 위한 파랑변수를 결정하는 것보다 정확한 자료인 최근 실제 관측 자료를 항주파 관측 결과로 이용하였다(정대득, 2007). 이 논문에서는 보다 큰 해상조건인 풍력계급(Beaufort scale) No.3을 적용하여 해석을 수행하였다.

현 해석에서 사용한 계획수심은 12m를 기준으로 해석하였으며  $\lambda = g/2\pi \cdot T^2$ 을 계산하면 파장( $\lambda$ )은 13.96m이며  $L/\lambda$ 은 0.86이다. 따라서  $L/\lambda > 0.5$ 이므로 침수조건이다.

Table 3 Ship wave in mokpo port

Wave Height	$U(m/s)$	$H(m)$	$\lambda(m)$	$T(s)$	$\lambda/L$
$H_{1/3}$	3.13	0.19	13.96	2.99	6.35
$H_{1/10}$	3.30	0.29	15.51	3.15	7.05

Table 4 Beaufort scale

No	$U(m/s)$	$H_{1/3}(m)$	$T(s)$	Description
1	0.95	0.1	1.22	Light ar
2	2.50	0.2	1.73	Light breeze
3	4.45	0.6	2.99	Gentle breeze
4	6.75	1.0	3.86	Moderate breeze
5	9.40	2.0	5.46	Fresh breeze
6	12.35	3.0	6.69	Strong breeze
7	15.55	4.0	7.72	Moderate gale
8	19.00	5.5	9.05	Fresh gale
9	22.65	7.0	10.21	Strong gale
10	26.50	9.0	11.58	Whole gale
11	30.60	11.5	13.09	Storm
12	34.85	14.0	14.44	Hurricane

## 4.2 해석조건

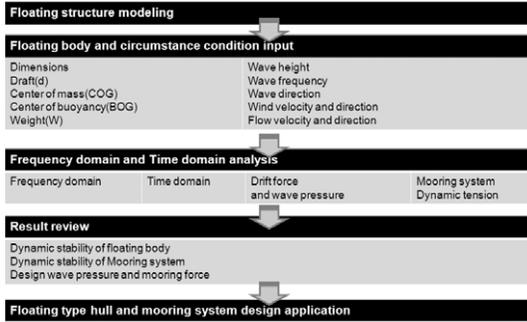


Fig. 3 Hydrodynamic analysis Flow Chart

운동응답특성과 동유체력 산정은 Fig. 3에서 나타내고 있는 동유체력 해석의 단계적 절차를 적용한다.

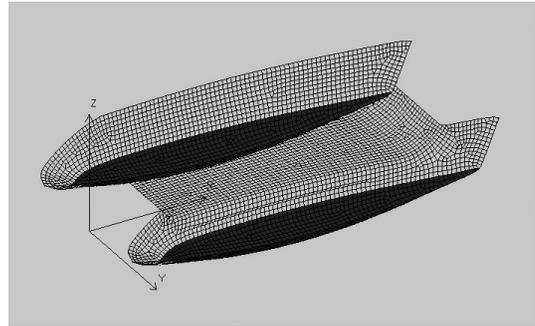
동유체력 해석 시 질량관성모멘트 등 물리적 정보를 입력하여 결과를 산출하여야 한다.

- 질량중심(Center of gravity, m)  
 $x : 6.6, y : 0, z : 0.6$
- 관성모멘트(Inertia moment,  $kg \cdot m^2$ )  
 $I_{xx} : 121600, I_{yy} : 205700, I_{zz} : 315700$

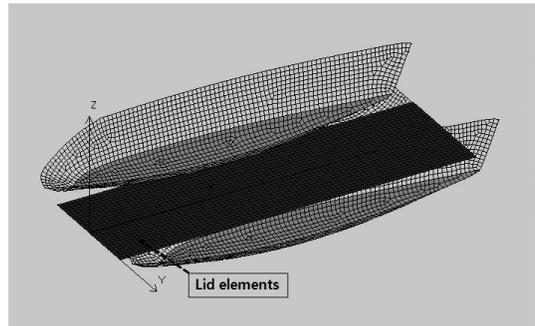
쌍동형 선체 또는 병렬배치된 선체는 제한수역에서 공진현상(Resonant phenomena)이 발생하여 상대적으로 운동응답특성 및 동유체력 결과를 상대적으로 크게 발생시킨다. 이런 공진현상을 감쇠시켜야 한다. 이런 현상을 감쇠시킬 수 있는 방법은 강체판(Rigid lid), 모달모드 형태로 정의한 휨판(Flexible lid with defined modal shapes), 자유표면 감쇠판(Free surface damper lid) 등을 있다. 자유표면 감쇠판 방법을 적용하며 Fig. 4 (b)에서 나타내고 있다. 판(Lid)요소에서 감쇠 자유표면 조건은 식(12)와 같다.

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} + \frac{\omega^2}{g} (\alpha - i)^2 \phi = 0 \quad (12)$$

여기서,  $\alpha$ 는 감쇠계수(Damping factor)이다.



(a) Wetted surface under water



(b) Wetted hull surface with lid elements

Fig. 4 Wetted surface element of catamaran

동유체력 해석의 요소상태를 도식하고 있다. 쌍동형 선체의 요소는 사각형 요소와 삼각형 요소를 사용하여 요소 8,879개의 절점 8,630개로 요소 분할하였다. 요소분할크기는 최대요소크기 0.3m, 형상오차 0.01m로 결정하였다.

## 5. 운동응답특성과 동유체력 결과

쌍동형 선체는 선수사파를 받으면 피칭이 커져서 선저가 해면에 강하게 부딪치는 팬팅(Panting) 또는

슬래밍(Slamming) 현상이 발생한다. 극한의 운동 응답특성은 선체형상 및 제원에 직접적 연관성을 지니며 더 나아가 운항하는 해상조건에 따라 항해 변수로 작용할 수 있다(김 등, 1994).

파랑조건에서 선체의 내항성능을 수치적으로 표현 되는 방법으로 응답진폭함수(Response Amplitude Operator, RAO)인 운동응답특성을 상하동요(Heaving), 횡동요(Rolling) 및 종동요(Pitching)으로 나타냈으며 입사파(Incident wave)의 진행 방향과 선체의 진행방향이 이루는 각을 조우각(Encounter angle)이라 하며  $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 까지 변화시켜 수행하였다. 또한, 동유체력 특성은 물체 표면에 따라 적분하여 파 강제력(Wave exiting force)과 동유체력을 구할 수 있다. 따라서 이 논문에서는 Froude-Krylov력과 회절력(Diffraction force)로 나타내었다. 또한, 감쇠계수(Damping factor,  $\alpha$ )를 0.02, 0.2를 도입하여 파계(Wave contour)로 표현하여 적절한 계수 값을 모색하였다.

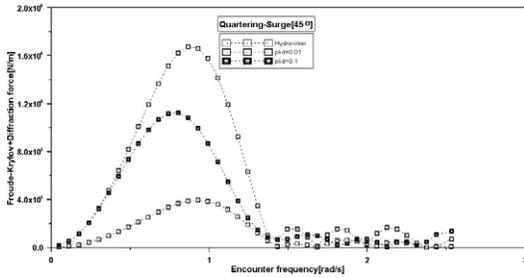
Fig. 5는 입사파 진행방향과 조우조파수 변화에 따른 운동응답특성으로 나타내었으며 Fig. 6은 동유체력 특성을 나타내기 위해 조우주사수 변화에 따른 파 강제력(Wave exiting force)과 회절력(Diffraction force)의 합으로 나타내었다.

선체의 응답특성은 해석영역에 따라 운동응답을 보이고 있으며 상하동요(Heave)의 경우 선미파(Following seas)에서 조우조파수(Encounter frequency)가 0.5부근에서 운동응답이 상승하는 경향을 보이고 있으며 0.8~1.0구간에서 최대 운동응답을 나타내다가 1.0~2.0구간에서 급격한 감소하는 경향을 보이다가 조우조파수 2.5에서 운동응답 0.15구간까지 상승하였다. 2.5이후부터는

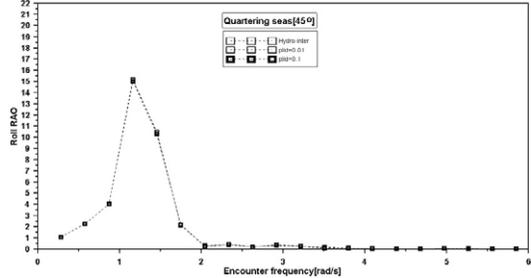
안정된 운동응답을 나타내었다. 또한, 선미사파(Quartering seas)와 횡파(Beam seas)에서도 매우 유사한 경향을 나타내었다. 선체의 횡동요(Roll)의 운동응답은 선미파에서 거의 운동응답을 나타내지 않았으며 선미사파와 횡파에서는 조우조파수 1.0부근에서 상승하는 경향을 나타내다가 조우조파수 1.3부근에서 최대 운동응답을 나타내고 있으며 조우조파수 3.0이후에는 안정된 운동응답을 나타내고 있다. 큰 응답을 보인 이유는 횡동요의 진행방향과 입사파 방향이 같아 증폭된 운동응답을 나타나는 것으로 생각한다.

선체의 종동요(Pitch)의 경우 선미파, 선미사파로 갈수록 최대 운동응답이 조우조파수 1.0~2.3구간에서 최대운동응답을 보였으며 횡파의 경우 현저히 감소된 운동응답을 보였다. 선미파와 선미사파에서 조우조파수 0.0~0.3구간에서 1.0이하의 운동응답을 보였으나 횡파에서는 거의 0.0에 가까운 운동응답을 나타내고 있다. 선미파와 선미사파는 현 선체에서 횡동요보다 상하동요와 종동요가 두드러진 현상을 나타내고 있는 것을 볼 수 있다.

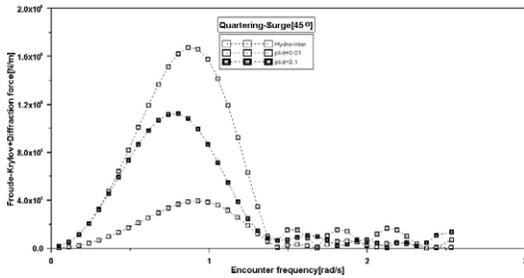
$X, Y, Z$  성분에서 동유체력 특성은 입사파의 진행방향에 따라  $Y, Z$  성분이 지배적으로 영향을 받고 있으며  $X$  성분은 상대적으로 받지 않고 있는 것을 볼 수 있다. 또한, 조우조파수 0.2~0.5구간에서 가장 큰 동유체력을 나타내고 있다. 이러한 이유는 선체의 운동응답특성에 따른 영향을 받고 있다는 것을 생각할 수 있다. 또한,  $Y, Z$  성분이  $X$  성분보다 큰 이유는 파랑이 상하동요, 종동요에 따른 작용 면적이 증가하기 때문에 파랑(입사파)의 운동에너지가 선체의 소산에너지로 전달되어 영향을 준 것으로 생각한다.



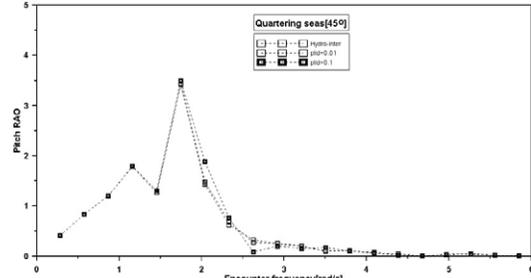
(a) Froude-Krylov force in surge(x)



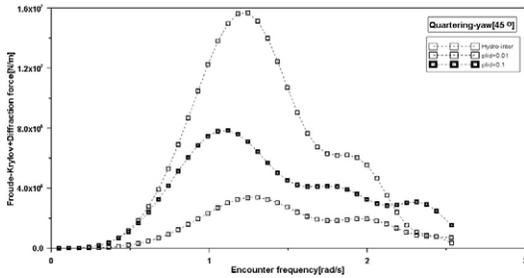
(e) Roll RAO in quartering seas



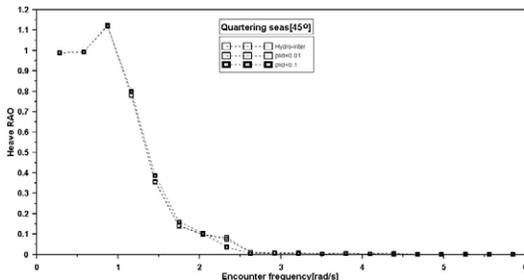
(b) Froude-Krylov force in sway(y)



(f) Pitch RAO in quartering seas



(c) Froude-Krylov force in yaw(z)



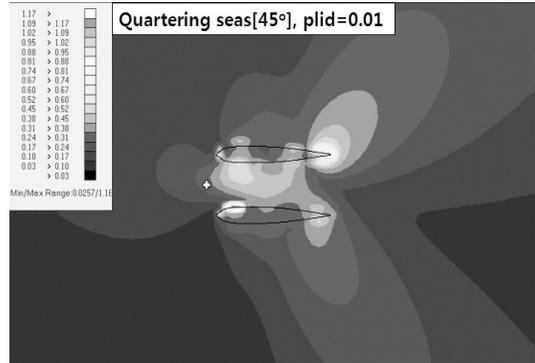
(d) Heave RAO in quartering seas

Fig. 5 Froude-Krylov + Diffraction force and RAO

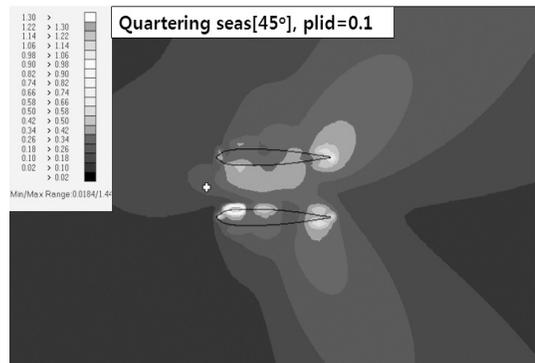
자유 수면에 부유하는 구조물에서 공진현상이 발생할 수 경우는 4절에서 설명한 것처럼 쌍동형 선체 또는 병렬 배치된 선체는 제한수역에서 공진현상(Resonant phenomena)이 발생하여 상대적으로 운동응답특성 및 동유체력 결과를 상대적으로 크게 발생시킬 수 있다. Fig. 6은 감쇠계수에 따른 쌍동형 선체의 파계(Wave contour)를 나타내고 있다. 감소계수가 증가할수록 부체사이에서 상대적으로 공진현상이 감소하고 있는 것을 볼 수 있다. 특히, 횡파에서 보면 파계형태가 변화되지 않고 또한 감쇠계수에 따른 진폭변화가 없는 것을 볼 수 있다. 이것은 감쇠계수가 적절하지 못하기 때문이다.

하지만 선미파와 선미사파에서는 감쇠계수 0.1에서 공진을 현저하게 감소된 것을 볼 수가 있었다.

이번 해석에서는 획일적으로 감쇠계수를 0.01, 0.1만 적용하였고 실험결과와 비교하지 않아 적절하고 합당한 감쇠계수를 산출하지 않았지만 감쇠판(이하 감쇠계수)을 도입하여 구조물의 적절한 운동응답특성과 동유체력을 산출할 수 있다는 것을 확인할 수 있었다. 운동응답특성과 동유체력 특성을 산출 시 크게 영향을 미칠 수 있는 공진현상을 제어하기 위해 자유표면 감쇠판 방법을 적용하여 적절한 감쇠계수를 구할 수 있었으며 입사파의 진행방향, 파랑조건 등에 따른 쌍동형 선체의 운동응답특성과 동유체력 특성을 고찰하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다. 선미파와 선미사파에서 횡동요보다 상하동요와 종동요가 두드러진 현상을 나타내었으며 횡파에서는 횡동요가 크게 발생하였다.



(b) Damp factor  $\alpha = 0.01$



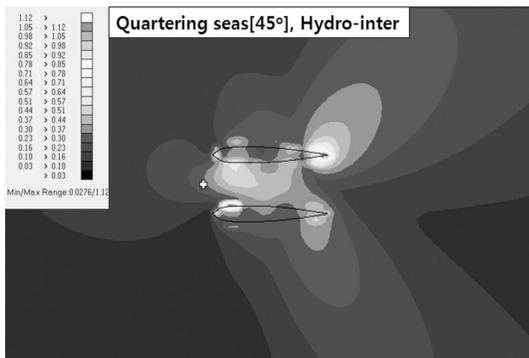
(c) Damp factor  $\alpha = 0.1$

Fig. 6. Damping factor effect ( $\alpha = 0.1$ )

## 6. 결 론

쌍동형 선체에 대한 내항성능 평가를 입사파 진행방향과 조우주파수 변화에 따른 선체 운동응답특성과 동유체력을 산출하였으며 선체의 두부체에서 발생하는 공진현상을 감소시켜 정확한 동유체력을 추정하기 위해 자유표면 감쇠판(Free surface damp lid)을 반영하여 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 상하동요의 운동응답은 선미파 경우 조우



(a) Hydro-interaction

조파수 2.5이후에 안정된 운동응답을 나타내며 선미사파, 횡파 경우는 선미파와 유사한 운동응답특성을 나타내었다. 횡동요의 운동응답은 선미파 경우 운동응답에 영향을 주지 않으며 선미사파, 횡파 경우 3.0이후에 안정된 운동응답을 나타내었다. 종동요의 운동응답은 선미파, 선미사파로 갈수록 조우조파수 1.0~2.3구간에서 최대운동응답을 보이며 횡파 경우 현저히 감소된 운동응답을 나타내었다. 따라서 선체의 운동응답특성은 선미파와 선미사파는 횡동요보다 상하동요와 종동요가 두드러진 현상을 나타내었다.

2) 두 부체간 발생하는 공진현상을 감소시키기 위해 반영한 자유표면 감쇠판(Free surface damp lid)의 감쇠계수는 선미파와 선미사파에서 감쇠계수가 0.1일 때 공진을 감쇠하는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 쌍동형 선체의 운동응답특성과 동유체력을 수치해석을 수행하여 내항성능에 대한 평가를 수행하고 공진현상에 따른 내항성능에 대한 적절한 감쇠계수를 모색하였다. 실질적인 감쇠계수 추정을 위해서는 실험결과와 비교할 필요가 있다. 또한, 횡동요 감쇠에 영향을 미칠 수 있는 선체 부가물(이하 Rudder, Keel)을 부가한 운동응답특성과 동유체력특성에 관한 연구가 필요하다.

## 참 고 문 헌

(1) Chun. H. H and Kim. M. S, Yang. H. J.(1999), Computations of Dynamics Wave

Loads of a Catamaran, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 36, No. 2, pp. 50-60.

(2) Gim Ok Sok and Oh Woo Jun, Shon Chang Bae, Lee Gyoung Woo(2010), Characteristics on the Motion Response of a Catamaran Power Yacht, Journal of Navigation and Port Research, Vol. 34, No. 6, pp. 447-452.

(3) Han Seung Jae and Kim In Cheol, Oh Dea Kyun, Lee Gyoung Woo, Gim Ok Sok(2012), Longitudinal Motion Analysis in Multi-Directional Irregular Waves for a Training Ship using Commercial Code, Journal of the Korean Society of Marine Environment & Safety, Vol. 18, No. 6, pp. 577-583.

(4) Heo Jae Kyung and Park Jong Chun (2012), Numerical Analysis on Hydrodynamic Forces Acting on Side by Side Arranged Two Dimensional Floating Bodies in Viscous Flows, Journal of the Society of Naval Architects of Korea, Vol. 49, No. 5, pp. 425-432.

(5) Kim Jin Ha and Hong Sa Young, Cho Seok Gyo, Choi Yoon Rak, Song Myong Jae, Kim Duk Su(2003), Experimental Study on Interaction of Side by Side Moored Vessels, The Korean Society of Ocean Engineers, 2003 Spring Annual Symposium, pp. 208-213.

(6) Koh Hyeok Jun and Cho Il Hyoung

- (2010), Analysis of Motion Response on Tension Leg Type Automatic Feeding System in Waves, The Korean Association of Ocean Science and Technology Societies, 2010 Conference, pp. 2504-2507.
- (7) Yum Deuk Joon(2010), Dynamics of Marine Structure, Ulsan University Press, pp. 1-112.
- (8) Sohn Kyoung Ho(1998), Ocean waves, hyosung Press, pp. 1-106.