

## 파랑중 컨테이너선과 하역선의 연결장치에 작용하는 하중계산

홍도천<sup>1,†</sup> · 김용욱<sup>2</sup> · 한 순흥<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>충남대  
<sup>2</sup>KAIST

# Loads of a Rigid Link Connecting a Container Ship and a Catamaran Type Container Offloading Vessel in Waves

Do-Chun Hong<sup>1,†</sup>, Yong-Yook Kim<sup>2</sup> and Soonhung Han<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Chungnam National Univ.  
<sup>2</sup>KAIST

### 요 약

해양파 중에서 2개 선체가 가까운 거리에 계류되어있는 경우에 2선체의 운동을 엄밀한 파 중 2 부유체 운동이론에 의하여 계산하였다. 2 선체의 방사 및 산란파 포텐셜은 특이파 수 현상이 없는 주파수영역 Improved Green 적분방정식으로부터 구하였다. 규칙파 중에서 근접한 2선체가 서로 연결되지 않은 경우와 강제 연결장치로 병렬 계류된 된 경우의 운동 및 강제연결체에 작용하는 6방향 힘과 모멘트를 해석하는 기법과 수치실험 결과도 보였다.

**Abstract** – The hydrodynamic interaction of two floating bodies in waves freely floating or connected by a rigid link is studied by using a boundary element method in the frequency-domain. The exact two-body hydrodynamic coefficients of added mass, wave damping and exciting force are calculated from the radiation-diffraction potential solution of the improved Green integral equation associated with the free surface Green function. The irregular frequencies in the conventional Green integral equation make it difficult to predict the physical resonance of the fluid in the gap between two bodies floating side by side. However, the improved Green integral equation employed in this study is free of irregular frequencies and always yields the exact solution of the multi-body radiation-diffraction potential boundary value problem. The 6 degree-of-freedom motions of two bodies freely floating side by side or connected parallel by a rigid link have been calculated for the incident wave frequencies ranging from 0.1 to 5 radians per second in head, left and right bow quartering seas. The 6-component load of the rigid link have also been presented.

**Keywords:** Multibody Motion in Waves(파 중 다부유체 운동), Multibody Improved Green Integral Equation(다 부유체 개량 적분방정식), Rigid Link(강체연결), Floating in Side-by-Side Configuration(병렬 근접 계류)

### 1. 서 론

해양파 중에서 2개 선체가 가까운 거리에 계류되어있는 경우에는 2개 선체에 의한 산란 및 방사파가 서로 간섭하므로 이를 고려하여 2 부유체 속도 포텐셜 및 운동방정식을 풀어야 한다. 특히 2 선체가 근접 병렬 계류되는 경우는 2선체의 운동에 따라 충돌할 가능성이 있으므로 각각의 운동을 예측하여 대응하여야 한다.

따라서 2선체의 운동을 엄밀한 파 중 2 부유체 운동이론에 의하여 계산하는 것이 필요하다(LEMESLE[1979]). 본 연구에서는 규칙파 중에서 근접한 2선체가 서로 연결되지 않은 경우와 강제 연결장치로 병렬 계류된 된 경우의 운동 및 강제연결체에 작용하는 6방향 힘과 모멘트를 해석하는 기법을 소개하고 수치실험 결과를 보인다. 본 연구에서는 파 중 6자유도 운동을 하는 2 선체의 방사 및 산란파 포텐셜은 기존의 적분방정식에 존재하는 특이파 수 현상이 없는 주파수영역 Improved Green 적분방정식으로부터 구한다(Hong[1987]). 자유표면 Green 함수를 사용하여 기존의 적

<sup>†</sup>Corresponding author: dchong@cnu.ac.kr

분방정식으로 해를 구할 경우, 특이파수 현상으로 방해를 받으며 특히 다중 부유체인 경우에는 부유체 사이의 좁은 자유표면에 발생하는 물리적 공진과 특이파수 현상이 공존하여 올바른 적분방정식의 해를 구하기 곤란하다. 본 연구에서는 특이파수 현상이 원천적으로 제거된 Improved Green 적분방정식을 사용하여 모든 주파수에서 정답을 구하며 2 부유체 사이의 공진주파수도 정확히 예측한다.

## 2. 문제의 수식화

유체는 비점성, 비압축성이며 자유표면 F와 2부유체의 접수면  $S'(l=1,2)$ , 그리고 해저면 사이의 유체영역을 점하고 여기에 중력이 작용하고 있다. 미소진폭  $a_0$ , 원주파수  $\omega$ 를 가진 선형 입사파 중에서 2부유체는 주파수  $\omega$ 로 미소진폭 단순조화 6자유도 운동을 하게 된다.  $z$ 축을 연직 상방으로 하고  $(x, y)$ 평면을 정수면과 일치시킨 직교 좌표계  $(x, y, z)$ 에서  $x$ 축이 선체의 길이방향과 평행하며  $+x$  방향이 선미에서 선수를 향한다.  $S'(l=1,2)$ 상에서 유체영역을 향한 법선 벡터를  $\mathbf{n}'(l=1,2)$ , 접수면과 와 평면  $z=0$ 가 만나는 선을 선체의 흘수선  $W'(i=1,2)$ 라 한다. 비점성 유체, 비 회전성 유동이라 하면 유속은 Laplace방정식을 만족시키는 속도포텐셜으로부터 구할 수 있다.

$$\mathbf{v}(x, y, z, t) = \nabla\Phi(x, y, z, t) \quad (1)$$

주파수 영역에서는 모든 수식에 개입되는 시간을 나타내는 항  $e^{-i\omega t}$ 을 생략하고 이와 관련된 모든 항을 복소수로 표시하고 있다.

$$\Phi(x, y, z, t) = \text{Re}\{\Psi(x, y, z)e^{-i\omega t}\} \quad (2)$$

복소수로 표시된 포텐셜  $\Psi$ 는 유체영역에서 라플라스 방정식을 만족시킨다.

$$\nabla^2\Psi = 0 \quad (3)$$

이는 다시 입사파  $\psi_0$ , 방사파  $\psi_R$ , 산란파  $\psi_I$  포텐셜들의 합으로 표시된다.

$$\Psi = \psi_0 + \psi_R + \psi_I \quad (4)$$

여기서 유한수심 입사파는

$$\psi_0 = -\frac{a_0 g}{\omega} \frac{\cosh m_0(z+H)}{\cosh m_0 H} e^{im_0(x\cos\beta + y\sin\beta)} \quad (5)$$

$$m_0 \tanh m_0 H = k_0, \quad k_0 = \omega^2 / g, \quad m_0 = 2\pi / \lambda \quad (6)$$

여기서  $a_0$ 는 입사파진폭,  $g$ 는 중력가속도,  $m_0$ 는 파수,  $\lambda$ 는 파장이며  $\beta$ 는  $+x$ 축으로부터 켄 파랑의 입사각이다. 한편 2부유체의 6자유도운동에 의한  $S'(l=1,2)$ 상의 1점  $M'(l=1,2)$ 의 운동변위는  $D'(l=1,2)$ 은 다음과 같이 표시된다.

$$\text{Re}[D'(M)e^{-i\omega t}] = \text{Re}\left\{\sum_{q=1}^3 a_q^l e_q + \sum_{q=4}^6 a_q^l (e_{q-3} \times \mathbf{r}^l)\right\} e^{-i\omega t}, \quad \text{for } l=1,2 \quad (7)$$

$$\mathbf{r}^l = (x_M^l - x_O^l)\mathbf{e}_1 + (y_M^l - y_O^l)\mathbf{e}_2 + (z_M^l - z_O^l)\mathbf{e}_3, \quad \text{for } l=1,2 \quad (8)$$

여기서  $a_j^l(j=1,2,3)$  및  $a_j^l(j=1,2,3)$ 는 각각 2부유체의 병진운동 및 회전중심  $O'(l=1,2)$ 에 대한 회전운동의 성분을 나타낸다.

방사파는 2부유체의 6자유도 운동에 관련된 단위 포텐셜과 속도의 곱으로 각각 아래와 같이 표시된다.

$$\psi_R = -i\omega\left(\sum_{q=1}^6 a_q^1 \psi_q^1 + \sum_{q=1}^6 a_q^2 \psi_q^2\right) \quad (9)$$

위에서  $\psi_q^1(q=1,2,\dots,6)$ 과  $\psi_q^2(q=1,2,\dots,6)$ 는 각각 부유체 1과 2의 운동에 기인한 방사파 단위 포텐셜들이다.

산란파 및 방사파 포텐셜에 대한 경계조건은 접수면, 자유표면, 해저면 및 무한원방에서의 경계조건으로 구성되어 있고 그중 해저면 및 무한원방 경계조건은 본 연구에서 사용하는 유한수심 자유표면 Green 함수가 자동적으로 만족시키고 있다(Guevel *et al.* [1978], [1981]). 자유표면 경계조건은 다음과 같다.

$$k_0 \psi_k^l + \frac{\partial \psi_k^l}{\partial z} = 0 \quad \text{for } z=0, \quad k=1,2,\dots,6, \quad l=1,2 \quad (10)$$

방사파 단위 포텐셜에 대한 접수면 경계조건은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \psi_q^1}{\partial n} = N_q^1, \quad q=1,2,\dots,6 \quad \text{on } S^1 \quad (11)$$

$$\frac{\partial \psi_q^1}{\partial n} = 0, \quad q=1,2,\dots,6 \quad \text{on } S^2$$

$$\frac{\partial \psi_q^2}{\partial n} = 0, \quad q=1,2,\dots,6 \quad \text{on } S^1 \quad (12)$$

$$\frac{\partial \psi_q^2}{\partial n} = N_q^2, \quad q=1,2,\dots,6 \quad \text{on } S^2$$

위에서

$$N_q^l = \mathbf{e}_q \cdot \mathbf{n}^l \quad \text{for } q=1,2,3, \quad l=1,2 \quad (13)$$

$$N_q^l = (\mathbf{e}_{q-3} \times \mathbf{r}^l) \cdot \mathbf{n}^l \quad \text{for } q=4,5,6, \quad l=1,2$$

한편 산란파 포텐셜에 대한 접수면 경계조건은 다음과 같다.

$$\frac{\partial \psi_I}{\partial n} = -\frac{\partial \psi_0}{\partial n} \quad \text{on } S^1 \cup S^2 \quad (14)$$

유체영역에 걸쳐서 부유체1의 운동에 기인한 방사파 단위 포텐셜과 유한수심 자유표면 Green함수에 Green정리를 적용하고 경계조건을 고려하면 다음식을 얻는다.

$$\begin{aligned} & \frac{\psi_q^1(P)}{2} + \iint_{S^1 \cup S^2} \psi_q^1(M) \frac{\partial G(P, M)}{\partial n} ds \\ & = \iint_{S^1} \frac{\partial \psi_q^1(M)}{\partial n} G(P, M) ds, \quad P \in S^1 \cup S^2 \cup W^1 \cup W^2 \end{aligned} \quad (15)$$

위와 유사하게 부유체2의 운동에 기인한 방사파 단위 포텐셜에 대한 적분방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\psi_q^2(P)}{2} + \iint_{S^1 \cup S^2} \psi_q^2(M) \frac{\partial G(P, M)}{\partial n} ds \\ &= \iint_{S_2} \frac{\partial \psi_q^2(M)}{\partial n} G(P, M) ds, \quad P \in S^1 \cup S^2 \cup W^1 \cup W^2 \end{aligned} \quad (16)$$

한편 산란파 포텐셜에 대한 적분방정식은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} & \frac{\psi_7(P)}{2} + \iint_{S^1 \cup S^2} \psi_7(M) \frac{\partial G(P, M)}{\partial n} ds \\ &= \iint_{S^1 \cup S^2} \frac{\partial \psi_7(M)}{\partial n} G(P, M) ds, \quad P \in S^1 \cup S^2 \cup W^1 \cup W^2 \end{aligned} \quad (17)$$

위에서 W1 및 W2는 각각 부유체 1, 2의 수선면을 나타낸다. 이는 improved Green 적분 방정식의 특징이며 적분방정식의 영역을 수선면으로 확장하여 경계조건의 강화에 의하여 특이파 수 현상을 원천적으로 제거한다. 위 적분방정식들은 각각 경계요소법에 의하여 이산화되어 연립대수방정식으로 변환되어 풀린다.

### 3. 부유체 운동방정식

파 기진력계수, 부가 질량계수, 및 조파 감쇠계수를 사용하여 2개 선체의 운동이 다음과 같은 주파수 영역 연립 운동방정식의 해로 얻어진다.

$$\begin{aligned} & -a_0 \omega^2 \sum_{k=1}^6 [(m^1 I_{jk}^1 + \rho V^1 (M_{jk}^{11} + i\sqrt{g/L} / \omega B_{jk}^{11})) - \rho L^3 \frac{R_{jk}^1}{k_0 L}] A_k^1 \\ & - a_0 \omega^2 \rho V^1 \sum_{k=1}^6 [M_{jk}^{12} + i\sqrt{g/L} / \omega B_{jk}^{12}] A_k^2 = \rho a_0 \omega^2 L^3 F_j^1, \quad j=1, 2, \dots, 6 \end{aligned} \quad (18)$$

$$\begin{aligned} & -a_0 \omega^2 \sum_{k=1}^6 [(m^2 I_{jk}^2 + \rho V^2 (M_{jk}^{22} + i\sqrt{g/L} / \omega B_{jk}^{22})) - \rho L^3 \frac{R_{jk}^2}{k_0 L}] A_k^2 \\ & - a_0 \omega^2 \rho V^2 \sum_{k=1}^6 [M_{jk}^{21} + i\sqrt{g/L} / \omega B_{jk}^{21}] A_k^1 = \rho a_0 \omega^2 L^3 F_j^2, \quad j=1, 2, \dots, 6 \end{aligned} \quad (19)$$

여기서 A<sub>k</sub><sup>1</sup>는 다음과 같은 부유체의 복소 무차원 운동진폭이다.

$$A_j^1 = a_j^1 / a_0 \quad \text{for } j=1, 2, 3; \quad A_j^1 = a_j^1 L / a_0 \quad \text{for } j=4, 5, 6 \quad (20)$$

m<sup>1</sup>과 m<sup>2</sup>는 각각 부유체 1과 2의 질량이고 I<sub>jk</sub><sup>1</sup>과 R<sub>jk</sub><sup>1</sup>는 각각 선체 l(l=1,2)의 관성계수와 복원력계수이다. 부가질량 및 조파감쇠계수는 다음과 같다.

$$M_{jk}^{lq} = \frac{1}{V} \iint_{S^l} \psi_k^q N_j ds \quad (21)$$

$$B_{jk}^{lq} = \frac{1}{V} \frac{\omega}{\sqrt{g/L}} \iint_{S^l} \psi_k^q N_j ds \quad (22)$$

### 4. 병렬 계류된 2 부유체의 강체 연결장치에 작용하는 하중

2 물체가 강체 연결장치로 병렬 계류된 경우에는 2개 부유체는

1개 강체로서 6자유도 운동을 하게된다. 이러한 경우에는 강체 연결된 2 물체의 회전중심을 강체 연결장치의 1개 지점에 놓고 방사와 포텐셜은 1개 부유체 접수면 경계조건을 사용하여 구하면 된다.

$$\frac{\partial \psi_q}{\partial n} = N_q, \quad q=1, 2, \dots, 6 \quad \text{on } S^1 \cup S^2 \quad (23)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\psi_q(P)}{2} + \iint_{S^1 \cup S^2} \psi_q(M) \frac{\partial G(P, M)}{\partial n} ds \\ &= \iint_{S^1 \cup S^2} \frac{\partial \psi_q(M)}{\partial n} G(P, M) ds, \quad P \in S^1 \cup S^2 \cup W^1 \cup W^2 \end{aligned} \quad (24)$$

강체 연결장치에 작용하는 하중 E<sub>j</sub>(j=1,2,,6)은 강체 연결지점에서 부유체 1에 대하여 구한 관성력과 외력의 차이가 부유체 2에 대하여 구한 관성력과 외력의 차이와 같으므로 2 방법중 하나를 쓰면 된다.

$$\begin{aligned} \omega^2 \rho a_0 L^3 E_j^l &= -a_0 \omega^2 m^l \sum_{k=1}^6 I_{jk}^l A_k^l + \rho a_0 \omega^2 \sum_{k=1}^6 [V^l (M_{jk}^{ll} + i\sqrt{g/L} / \omega B_{jk}^{ll}) \\ &- L^3 \frac{R_{jk}^l}{k_0 L}] A_k^l + \rho a_0 \omega^2 L^3 F_j^l, \quad j=1, 2, \dots, 6, \quad l=1 \text{ or } 2 \end{aligned} \quad (25)$$

### 5. 수치실험 및 토의

컨테이너선과 쌍동형 하역선(Table 1참조)에 대하여 수치실험을 수행하였다. 병렬로 근접한 컨테이너선과 쌍동형 하역선의 이산화된 접수면은 Fig. 1과 같다. 쌍동형 하역선의 부가질량, 조파감쇠 및 파기진력 계수들을 부근에 선박이 없이 홀로 있을 때, 컨테이너선에 2 미터 근접하여 연결되지 않고 병렬로 위치할 때의 2개 경우에 대하여 입사파의 원진동수 ω=0.1 rad./sec.에서 5 rad./sec.에 걸쳐서 0.1 rad./sec.간격으로 계산하였다. 그 중 조파감쇠계수들을 Fig. 2-7에 표시하였다. 그림에 보이는 극소 및 극대값들은 쌍동형 선체의 사이에서 자유표면의 공진이 일어나는 주기를 가리킨다. 2선체가 근접해 있을 경우는 여기에 더하여 2 선체사이의 자유표면 공진이 추가되므로 극소 및 극대값들이 쌍동형 선체 단독인 경우보다 증가하는 것을 볼 수 있다. 본 연구에서는 특이파 수 현상이 제거된 improved Green 적분 방정식을 사용하였으므로

**Table 1.** Main particulars of container and catamaran

	Container	Catamaran
Displacement (ton)	73,328	7,272
LBP	283	76.85
Breadth	32.2	33
Height	13	11
Draft	12	5.3
KG	14.151	15.017
LCB	0.088	0.521
Roll radius of gyration	12.88	13.2
Pitch radius of gyration	67.92	16.8
Yaw radius of gyration	67.92	16.8

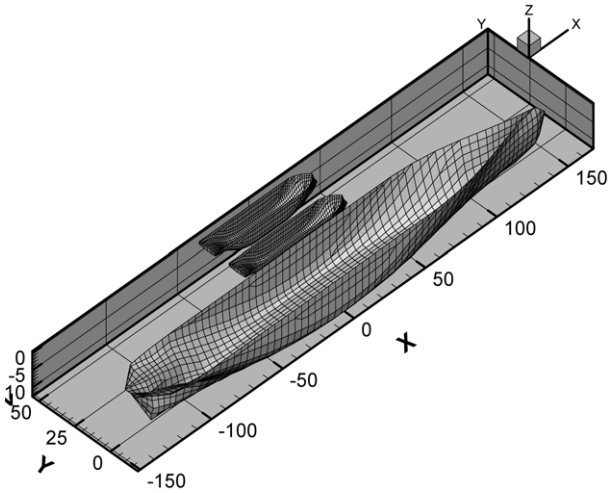


Fig. 1. Wetted surface discretized by the constant panel method.

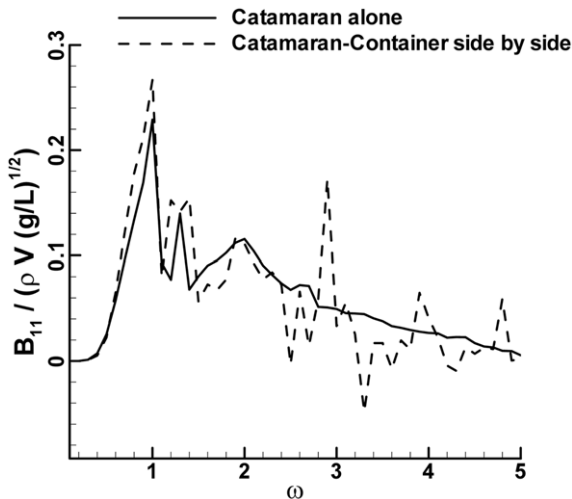


Fig. 2. Surge-surge wave-damping coefficients of catamaran.

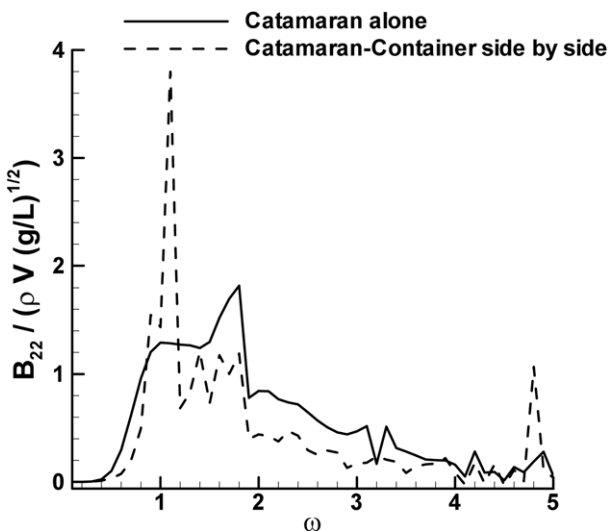


Fig. 3. Sway-sway wave-damping coefficients of catamaran.

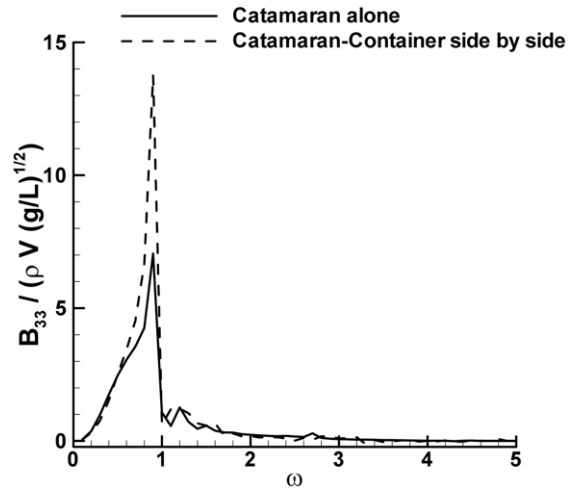


Fig. 4. Heave-heave wave-damping coefficients of catamaran.

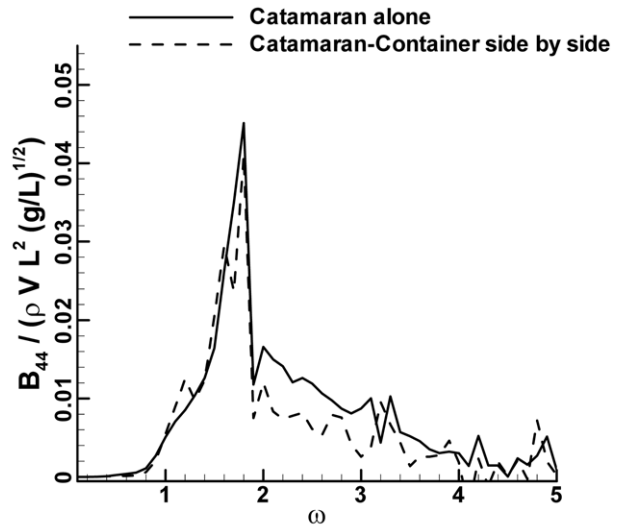


Fig. 5. Roll-roll wave-damping coefficients of catamaran.

2 선체의 수선면에 발생하는 비물리적 공진은 나타나지 않으므로 그림에서는 물리적 자유표면 공진에 대한 특성만을 보이고 있다.

파 입사각 135도인 경우 하역선의 6방향 운동진폭을 부근에 선박이 없이 홀로 있을 때, 컨테이너선에 2 미터 근접하여 연결되지 않고 병렬로 위치할 때 및 2 미터 근접하여 강체연결장치로 병렬 계류시 등, 3개 경우에 대하여 Fig. 8-13에 비교하였다. 강체연결장치로 병렬 계류시 회전운동의 중심은 2 선체 사이, 컨테이너선의 무게중심 높이에 두었다. 그림에 보이는 바와 같이 하역선이 컨테이너선의 좌현에 위치하므로 입사각이 135도 일 때는 컨테이너선에 의한 sheltering 효과에 의하여 병렬 위치한 하역선의 운동이 단독일 경우보다 작음을 알 수 있다. 또한 강체 연결 시에는 2 부유체가 1개 강체로 운동하므로 질량증가에 의하여 운동응답이 가장 작아짐을 보이고 있고 공진주기도 변하는 것을 알 수 있다.

강체연결장치로 병렬 계류되어 1개 강체로서 운동하는 2 선체의 6방향 운동진폭을 파 입사각 135, 180 및 225 도 3가지 경우

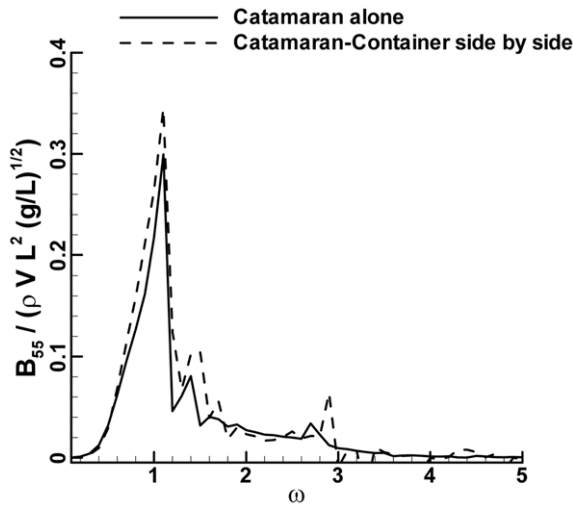


Fig. 6. Pitch-pitch wave-damping coefficients of catamaran.

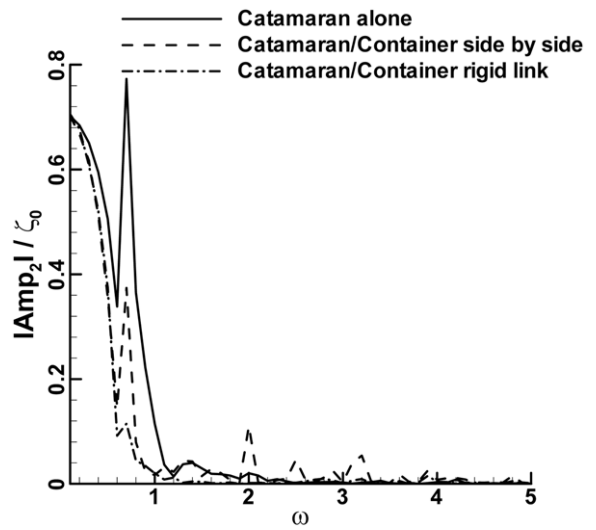


Fig. 9. Sway RAOs of catamaran,  $\beta=135$  degs.

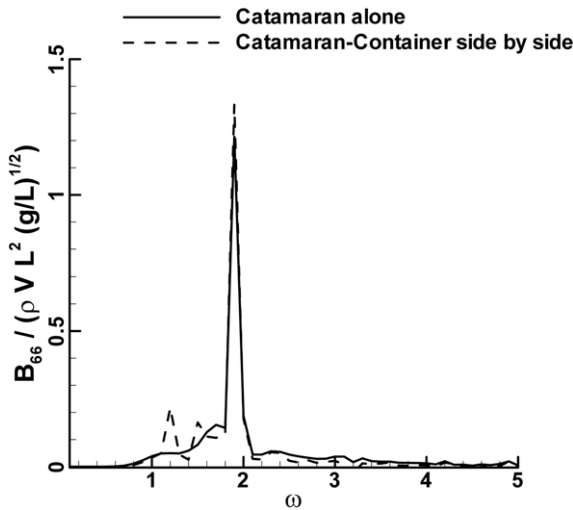


Fig. 7. Yaw-yaw wave-damping coefficients of catamaran.

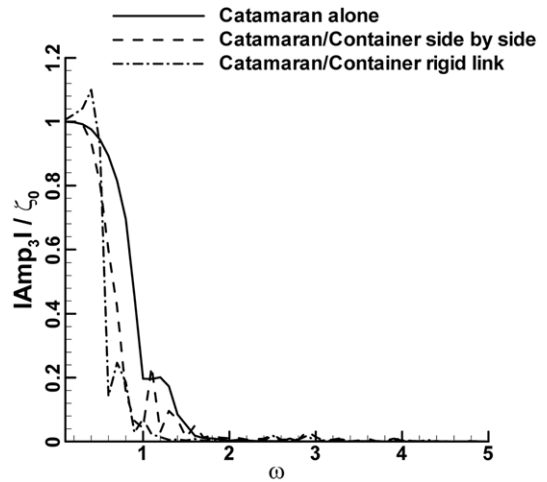


Fig. 10. Heave RAOs of catamaran,  $\beta=135$  degs.

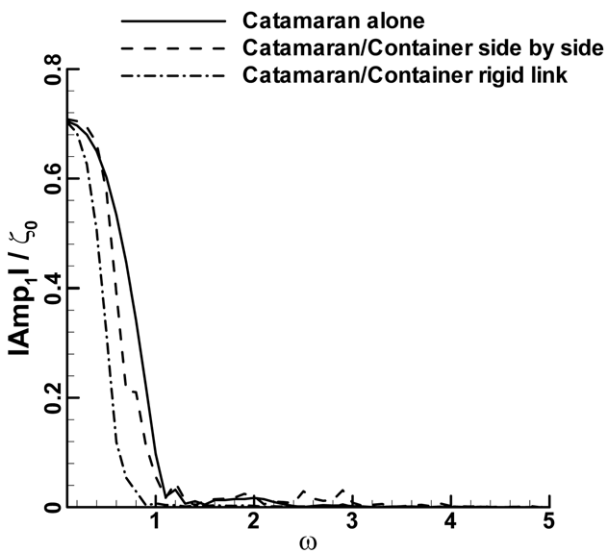


Fig. 8. Surge RAOs of catamaran,  $\beta=135$  degs.

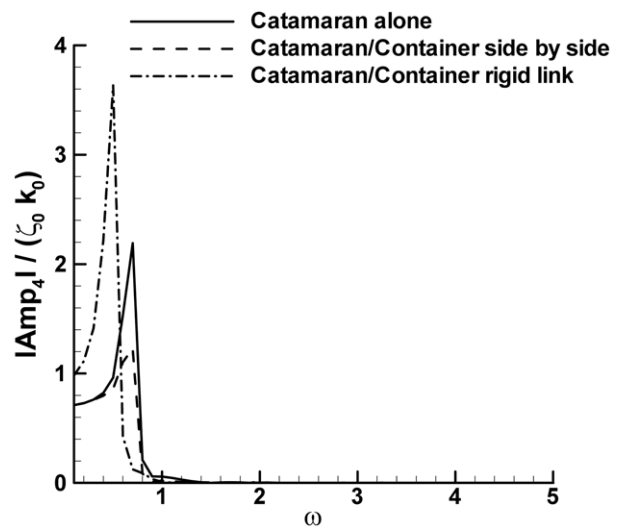


Fig. 11. Roll RAOs of catamaran,  $\beta=135$  degs.

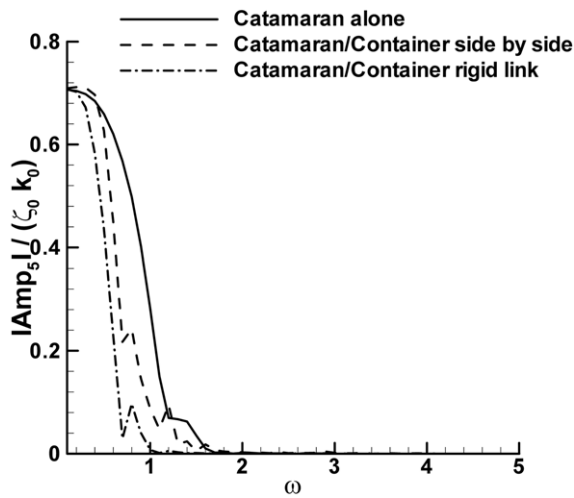


Fig. 12. Pitch RAOs of catamaran,  $\beta=135$  degs.

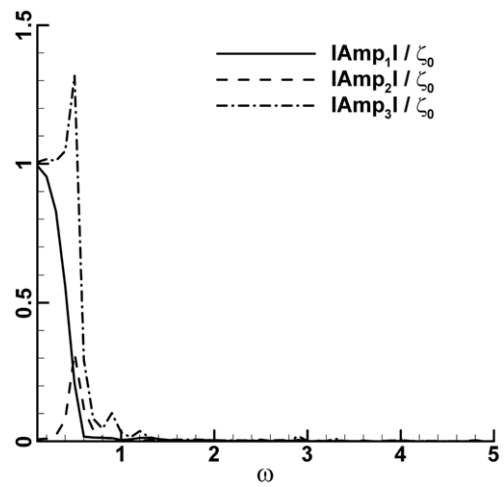


Fig. 15. Surge, sway and heave RAOs of rigidly linked catamaran-container,  $\beta=180$  degs.

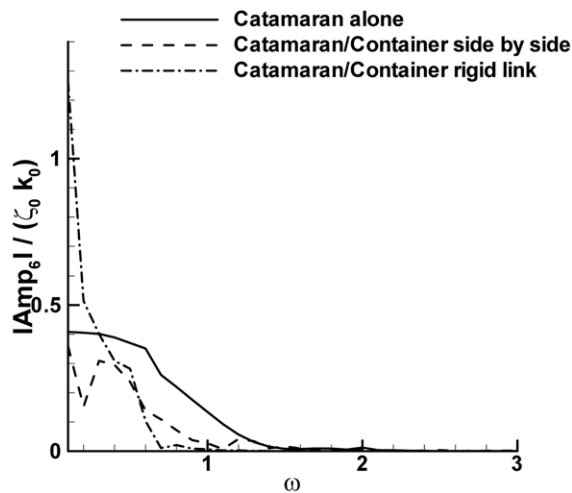


Fig. 13. Yaw RAOs of catamaran,  $\beta=135$  degs.

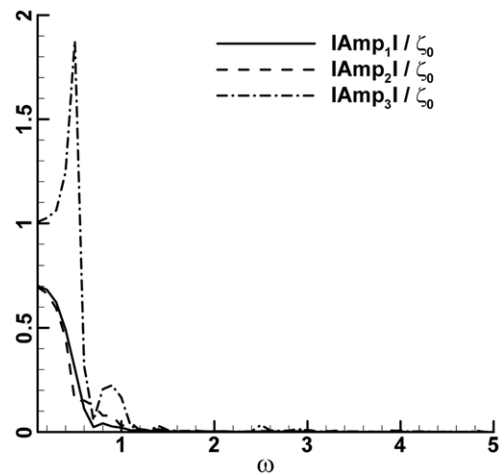


Fig. 16. Surge, sway and heave RAOs of rigidly linked catamaran-container,  $\beta=225$  degs.

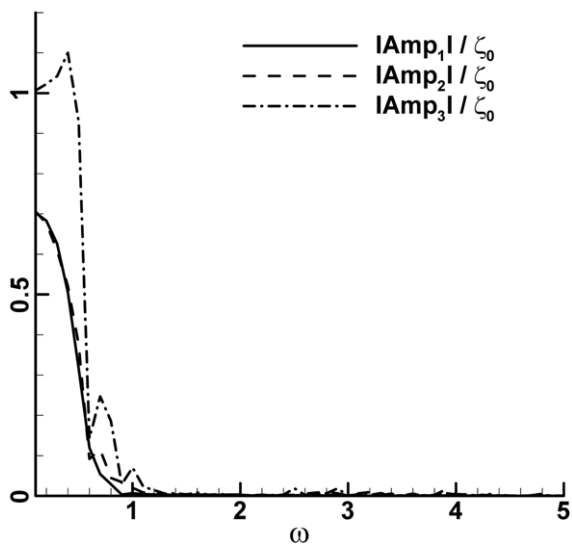


Fig. 14. Surge, sway and heave RAOs of rigidly linked catamaran-container,  $\beta=135$  degs.

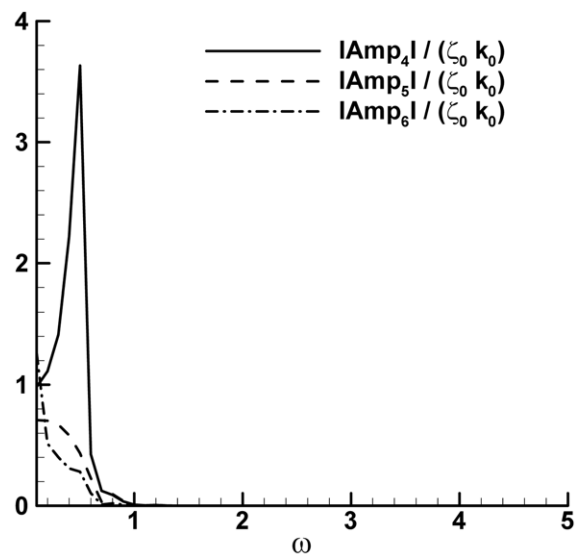


Fig. 17. Roll, pitch and yaw RAOs of rigidly linked catamaran-container,  $\beta=135$  degs.

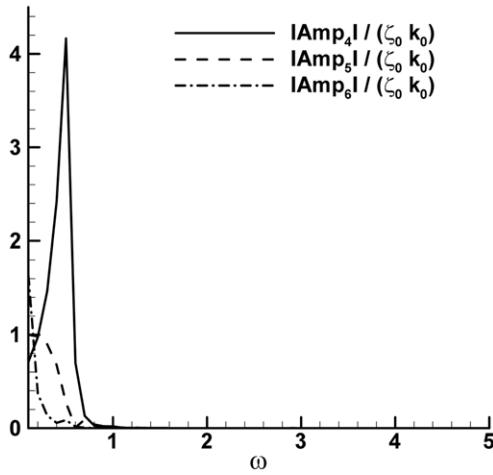


Fig. 18. Roll, pitch and yaw RAOs of rigidly linked catamaran-container,  $\beta=180$  degs.

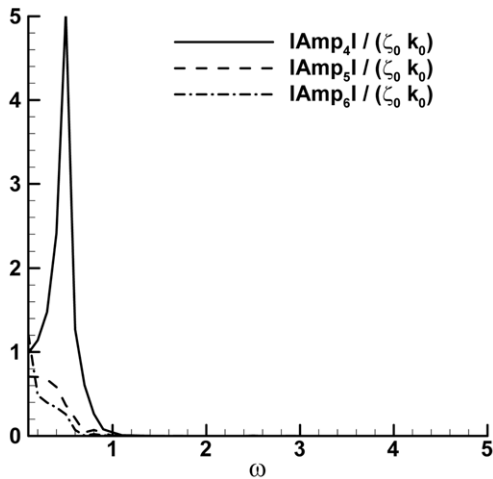


Fig. 19. Roll, pitch and yaw RAOs of rigidly linked catamaran-container,  $\beta=225$  degs.

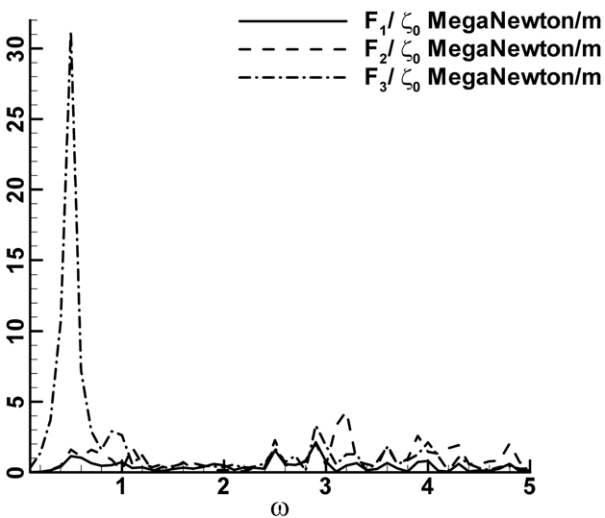


Fig. 20. Surge, sway and heave shear or tension force RAOs of the rigid link,  $\beta=135$  degs.

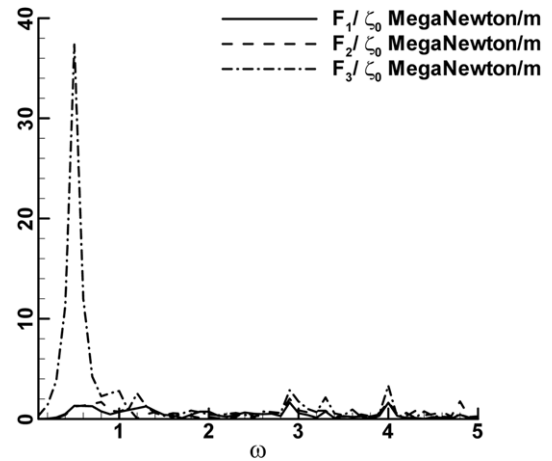


Fig. 21. Surge, sway and heave shear or tension force RAOs of the rigid link,  $\beta=180$  degs.

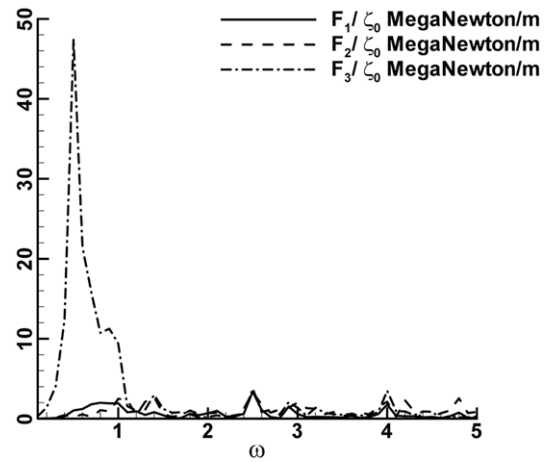


Fig. 22. Surge, sway and heave shear or tension force RAOs of the rigid link,  $\beta=225$  degs.

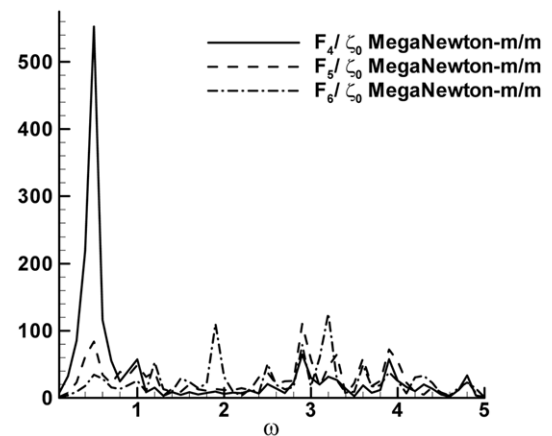


Fig. 23. Roll, pitch and yaw bending or torsion moment RAOs of the rigid link,  $\beta=135$  degs.

에 대하여 계산하여 Fig. 14-19에 비교하였다. 컨테이너선이 하역선보다 질량이 크기 때문에 입사각 225도인 경우 즉 컨테이너선 쪽이 먼저 입사파를 맞는 경우에 운동응답이 가장 크게 나타남을 알 수 있다.

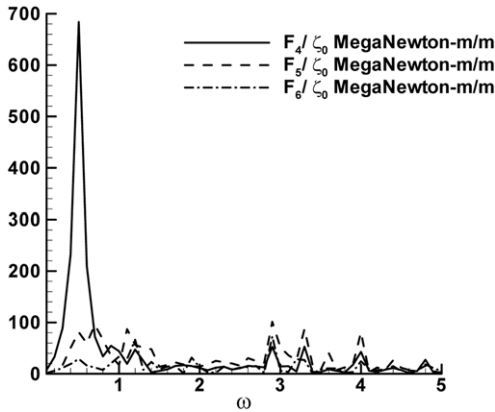


Fig. 24. Roll, pitch and yaw bending or torsion moment RAOs of the rigid link,  $\beta=180$  degs.

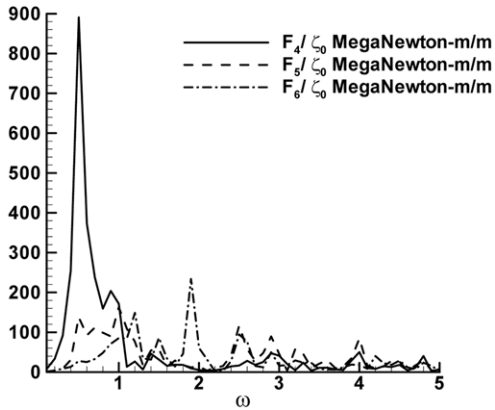


Fig. 25. Roll, pitch and yaw bending or torsion moment RAOs of the rigid link,  $\beta=225$  degs.

끝으로 강체연결장치에 작용하는 6방향 하중을 과 입사각 135, 180 및 225 도 3가지 경우에 대하여 계산하여 Fig. 20-25에 표시하였다. 이로부터 입사각에 따른 하중의 변화를 볼 수 있다. 전반적으로 heave 방향 전단력과 roll 방향 모멘트가 다른 방향 성분 하중보다 몇 십배 큰 것을 알 수 있고 이는 2 선체의 자중과 부력의 차이에 기인한 것이라 판단된다. 입사각에 따른 하중의 변화는 운동의 경우와 마찬가지로 컨테이너선 쪽이 먼저 입사파를 맞는 225도 인 경우가 가장 큰 것을 보이고 있다.

### 6. 결 론

1. 컨테이너선과 쌍동형 하역선이 근접 병렬 계류된 경우 2선체의 운동을 엄밀한 파 중 2 부유체 운동이론에 따라 계산하였다. 속도포텐셜은 특이파수 현상이 제거된 improved Green적분 방정식을 사용하여 계산되었고 본 기법은 특이파수 현상이 없으므로 선체사이의 자유표면 공진 주기를 정확히 예측하여 대비할 수 있다.
2. 컨테이너선과 하역선의 6방향 운동진폭을 부근에 선박이 없이 홀로 있을 때, 컨테이너선에 2 미터 근접하여 연결되지 않고 병렬로 위치할 때 및 2 미터 근접하여 강체 연결장치로 병렬 계류시 등, 3

개 경우에 대하여 계산, 비교하였다. 본 논문의 경우와 같이 하역선이 컨테이너선의 좌현에 위치할 경우 입사각이 135도 일 때는 컨테이너선에 의한 sheltering 효과에 의하여 병렬 위치한 하역선의 운동 응답이 단독일 경우보다 감소함을 알 수 있다. 또한 강체 연결 시에는 2 선체가 하나의 부유체로 운동하므로 질량증가에 의하여 파랑 중 운동응답이 가장 작아지며 공진주기의 변화도 보이고 있다.

3. 강체연결장치로 병렬 계류되어 2 선체가 1개 강체로서 운동할 경우, 운동응답 및 강체 연결장치에 작용하는 6방향 하중을 과 입사각 135, 180 및 225 도 3가지 경우에 대하여 계산, 비교하였다. 컨테이너선이 하역선보다 질량이 크기 때문에 입사각 225도 인 경우 즉 컨테이너선 쪽이 먼저 입사파를 맞는 경우에 운동응답이 가장 크게 나타남을 알 수 있다. 6방향 하중은 전반적으로 heave 방향 전단력과 roll 방향 모멘트가 다른 방향 성분하중보다 수십배 큰 것을 알 수 있고 이는 2 선체의 자중과 부력의 차이에 기인한 것이라 판단된다. 입사각에 따른 하중의 변화는 운동의 경우와 마찬가지로 컨테이너선 쪽이 먼저 입사파를 맞는 225도 인 경우가 가장 큰 것을 보이고 있다.

4. 본 논문의 방법을 사용하여 병렬 계류시 사용되는 연결장치의 보다 일반적인 기계적 특성을 고려하여 컨테이너선과 하역선의 운동 및 파랑하중을 해석할 수 있다.

### 후 기

본 연구는 교육과학기술부의 “모바일하버 원천기술개발사업”과 제의 연구성과 중 일부분을 밝히며 연구비 지원에 감사드립니다.

### 참고문헌

- [1] Guevel, P., Daubisse, J.C. and Delhommeau, G., 1978, “Oscillations des corps flottants soumis aux action de la houle (Resolution of radiation-diffraction problem of a body floating in deep-sea waves)”, Bulletin de l'ATMA, France, Paper No. 1808.
- [2] Guevel, P., Daubisse, J.C. and Delhommeau, G., 1981, “Le problème de diffraction-radiation sans vitesse d'avance en profondeur limitée(Resolution of radiation-diffraction problem of a floating body in finite-depth waves)”, Communication Congrès AUM, Marseille, France.
- [3] LEMESLE, P., 1979, “Oscillations de plusieurs corps liés mécaniquement et soumis a l'action de la houle (Motion of multiple floating bodies in waves connected by a mechanical link)”, Rapport de DEA, Ecole Centrale de Nantes, France.
- [4] Hong, D.C., 1987, “On the improved Green integral equation applied to the water-wave radiation-diffraction problem”, 대한조선학회 논문집 J. Society of Naval Architect of Korea Vol 24-1, pp. 1-8.

2009년 11월 11일 원고접수  
 2010년 4월 12일 심사완료  
 2010년 4월 16일 수정본 채택