

## 반잠수식 부체군의 상호간섭특성

구자삼 · 홍봉기

부산수산대학교 공과대학

(1992년 2월 20일 접수)

### Hydrodynamic Interaction Characteristics between Multiple Floating Bodies of Semisubmersible Type in Waves

Ja-Sam GOO and Bong-Ki HONG

College of Engineering, National Fisheries University of Pusan

(Received February 20, 1992)

The hydrodynamic interaction characteristics between multiple floating bodies of semisubmersible type are examined for presenting the basic data for the design of huge offshore structures supported by a large number of the floating bodies in waves. The numerical approach is based on combination of a three-dimensional source distribution method and interaction theory which is exact within the context of linear potential theory. The method is applicable to an arbitrary number of three-dimensional bodies having any individual body geometries and geometrical arrangement with the restriction that the circumscribed, bottom-mounted, imaginary vertical cylinder for each body does not contain any part of the other body. The validity of this procedure was verified by comparing with numerical results obtained in the literature.

#### I. 서 론

최근 해양개발에 관한 기술의 진보에 의해 여러가지 해양개발 구상이 제시되고 있다. 그 중에는 해양자원개발, 해양공간이용을 위한 새로운 해양구조물도 포함되고 있다. 이들 구조물은 대형화함과 더불어 가동 예정 수심도 보다 깊은 해역으로 전개하는 경향에 있다. 특히 해양공간이용의 분야에서는 해양구조물에 의한 이용도 대형화, 대수심화의 경향이 현저해짐과 더불어 사람이 그곳에 정주한다고 하는 도시화를 생각하는

구상도 나오고 있다. 이같이 대형화가 진행되면 구조물은 변형하기 쉽게 되고 동적 응답이 중요한 문제로 된다.

다수의 요수부체로 지지된 대형 해양구조물의 동적 응답을 정확히 평가하기 위해 먼저 파의 유체역학적 상호간섭에 의한 영향을 평가할 필요가 있다. 3차원 임의형상 물체간의 유체역학적 상호간섭의 평가에는 3차원 특이점분포법 및 유한요소법과 같은 직접적인 수치계산법에 의한 것이다. 3차원 특이점분포법에 의해 임의형상 부체간의 상호간섭을 고려한 운동해석 수법이

Oortmerssen<sup>1)</sup>에 의해 제안되어 몇가지 응용 예<sup>2)~4)</sup>가 발표되고 있다. 또 유한요소법에 의한 3차원 임의형상 부체간의 상호간섭을 고려한 수법으로서 Eatock Taylor<sup>5)</sup> 및 Huang<sup>6)</sup>에 의한 것 등이 있다. 그러나 상기의 어느 수법도 모든 부체(특이점분포법 등의 경계요소법) 혹은 유체 영역(유한요소법)을 요소로 분할하여 계산함으로 부체의 수가 증가함에 따라 계산시간, 계산기의 기억 용량이 비약적으로 증가하여 계산 정도를 유지하는 것이 어렵게 되어진다. 한편 이들의 직접적인 수치계산법에 반해 부체단독의 diffraction 특성을 이용하여 상호간섭 문제를 푸는 시도가 음향학 분야에서 Twersky<sup>7)</sup>에 의해 제안되고 있다. 이것은 각 부체에 의한 파의 산란, 산란파의 다른 부체에의 입사의 반복과정(multipe scattering)을 추적하여 각 단계에서의 산란파를 모두 합하여 최종적인 정상해를 구하는 방법이다. Ohkusu<sup>8,9)</sup>는 이 방법을 수파의 간섭문제에 적용하고 진행파 뿐만 아니라 국부파의 간섭효과도 포함한 정식화를 행하고 3개의 연직 축대칭 부체들에 대한 수치계산 결과를 나타냈다. 그러나 이 방법도 임의의 부체군에 대해 정식화는 가능하나 부체 수의 증가에 따라 고려해야 할 파의 수가 비약적으로 증가하여 실제로 계산 가능한 부체의 수는 현저하게 제한된다. 이 것에 대해 최초부터 정상상태를 가정하고 각 부체 주위의 산란파의 potential은 계수를 미지수로 한 형으로 나타내어 이를 미지수간에 성립해야 할 관계식으로부터 각 부체 주위의 유장을 단번에 정하는 방법(matrix method)이 Spring & Monkmeyer<sup>10)</sup>에 의해 제안되어 2개의 수저에 닿는 연직원주의 상호간섭 문제에 적용되었다. Simon<sup>11)</sup>은 각 부체에 의한 산란파는 다른 부체 근방에서 평면파로 근사할 수 있다고 가정하여 matrix법을 다수의 등간격으로 배치된 연직 축대칭 부체군의 간섭문제에 적용했다. McIver & Evans<sup>12)</sup>, McIver<sup>13)</sup>는 Simon의 평면파 근사에 수정항을 첨가하는 것에 의해 정도가 크게 개선되는 것을 보였다. matrix법은 부체의

수가 다수 있어도 다른 수법보다 비교적 적용하기 쉬운 장점을 가지고 있다. Kagemoto & Yue<sup>14),15)</sup>는 Twersky, Ohkusu의 multiple scattering과 Spring & Monkmeyer, Simon의 matrix법을 결합한 방법을 제안했다. 저자<sup>16)</sup>는 최근 3차원 특이점분포법과 Kagemoto & Yue의 상호간섭 이론을 결합하는 것에 의해 다수의 3차원 임의형상 물체의 상호간섭 효과를 고려한 파강제력 및 운동응답을 계산하는 수법을 발표했다. 본 연구에서는 해양공간이용 구조물에 주로 이용되는 반잠수식 부체군에 대한 파강제력의 상호간섭특성을 파악해둠으로서 해양공간이용구조물의 설계에 기초자료를 제공하고자 한다.

## 2. 수치계산법

상세한 이론해석은 이전에 발표한 저자의 논문<sup>16)</sup>을 참조하기로 하고 간단히 논하기로 한다. 수치계산법에 있어서 다음과 같은 기본 가정을 둔다.

- 1) 유체는 비압축성, 비점성으로 하고 유체의 운동은 비회전으로 한다.
- 2) 입사파의 유체운동은 미소진폭 주기운동을 하는 것으로 하고 그 정상상태를 논하기로 한다.
- 3) 자유표면은 모든 방향으로 펼쳐져 있는 것으로 하고 유한수심의 경우에는 수심을 일정으로 한다.
- 4) 단독의 부체를 둘러싸는 최소반경의 가상연직원주의 내측에는 다른 부체가 존재하지 않는 것으로 한다.

N개의 부체가 해상에 배치되어 있을 때의 diffraction문제를 생각한다. 이때 부체  $j$ 의 모든 입사potential은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\phi_j^I(r_j, \theta_j, z) = (\{a_j\}^T + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \{A_i\}^T [T_{ij}]) \{\psi_j^I\},$$

$$(j=1 \sim N) \quad (1)$$

여기서  $(r_j, \theta_j, z)$ 는 부체  $j$ 의 국소원주좌표이다.  $\{a_j\}^T$ 는 부체  $j$ 의 국소원주좌표계로 나타낸 평면입사파의 potential의 계수vector의 전치이고,  $\{A_i\}^T$ 는 다음 식으로 표시되는 부체  $i$ 를 둘러싸는 최소반경의 가상 연직원주의 외측의 diffraction potential의 계수vector의 전치이다.

$$\phi_i'^D(r_i, \theta_i, z) = \{A_i\}^T \{\psi_i'^D\} \quad (2)$$

단,  $\{\psi_i'^D\}$ 는 부체  $i$ 의 산란성분파를 요소로 하는 vector이며 이 산란성분파는 제1종 n차 Hankel함수  $H_n^{(1)}$  및 제2종 n차 변형 Bessel함수  $K_n$ 의 항으로 나타내어 진다.

식 (1)의  $\{\psi_j^I\}$ 는 부체  $j$ 에 입사하는 성분파를 요소로 하는 vector이고 부체  $j$ 의 국소원주좌표계로 나타낸 것이며, 이 입사성분파는 제1종 n차 Bessel함수  $J_n$  및 제1종 n차 변형 Bessel함수  $I_n$ 의 항으로 나타내어 진다.  $[T_{ij}]$ 는 부체  $i$ 의 국소원주좌표계로 나타낸 부체  $i$ 의 산란성분파와 부체  $j$ 의 국소원주좌표계로 나타낸 부체  $j$ 의 입사성분파를 관계지우는 좌표변환행렬이다.

부체  $j$ 의 전체 입사potential에 대한 diffraction potential은 부체  $j$ 의 diffraction 특성을 나타내는 diffraction 전달행렬  $[B_j]$ 에 의해 다음과 같이 나타내어 진다.

$$\phi_j'^D(r_j, \theta_j, z) = (\{a_j\}^T + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \{A_i\}^T [T_{ij}]) [B_j]^T \{\psi_j'^D\}, \quad (j=1 \sim N) \quad (3)$$

여기서  $[B_j]^T$ 의  $p$ 행의 요소는  $\{\psi_j^I\}$ 의  $p$ 번째의 요소의 입사성분파가 단독의 부체  $j$ 에 입사한 경우의 부체  $j$ 의 산란성분파의 계수로 이루어져 있다. 또 이 산란성분파의 계수는 diffraction 문제를 푸는 것에 의해 구해진다.

따라서 (2)식의 부체  $j$ 에 대한 표시식과 (3)식에서 다음 식이 구해진다.

$$\{A_j\} = [B_j] (\{a_j\} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N [T_{ij}]^T \{A_i\}),$$

$$(j=1 \sim N) \quad (4)$$

식 (4)를 풀어 계수vector  $\{A_i\} (i=1 \sim N)$ 을 구해지면 부체  $j$ 의 파장제력을  $F_{kj} \exp(-i\omega t)$ 라면 파장제력의 폭소진폭  $F_{kj}$ 는 다음과 같이 구해진다.

$$\begin{aligned} F_{kj} &= -i\rho\omega \iint_{S_{hj}} (\phi_j^I + \phi_j^D) n_{kj} dS \\ &= -i\rho\omega (\{a_j\}^T + \sum_{\substack{i=1 \\ i \neq j}}^N \{A_i\}^T [T_{ij}]) \\ &\quad \iint_{S_{hj}} (\{\psi_j^I\} + \iint_{S_{hj}} \{\sigma_j\} G_j dS) n_{kj} dS, \\ &(k=1 \sim 6; j=1 \sim N) \end{aligned} \quad (5)$$

여기서  $i$ 는 허수단위,  $\rho$ 는 해수의 밀도,  $\omega$ 는 평면입사파의 각진동수,  $n_{kj}$ 는 부체  $j$ 의  $k$ 방향의 일반방향여현,  $S_{hj}$ 는 부체  $j$ 의 침수표면,  $\phi_j^D$ 는 부체  $j$ 의 침수표면상의 diffraction potential, vector  $\{\sigma_j\}$ 의  $p$ 번째의 요소는  $\{\psi_j^I\}$ 의  $p$ 번째의 요소의 입사성분파가 단독의 부체  $j$ 에 입사한 경우의 diffraction 문제의 적분방정식을 푸는 것에 의해 구해지는 부체  $j$ 의 침수표면상의 source의 면밀도이고  $[B_j]^T$ 의  $p$ 행의 요소를 구할 때 이미 구해진 것이다.  $G_j$ 는 부체  $j$ 의 침수표면상의 Green 함수이다.

### 3. 수치계산결과 및 고찰

#### 3. 1 단독의 반점수식 부체

다수의 임의형상 부체의 상호간섭 효과를 고려한 파장제력을 정도 좋게 구하기 위해 먼저 단독 부체의 diffraction 문제를 정도 좋게 구할 필요가 있다. 그래서 Fig. 1과 같은 유한수심의 반점수식 부체의 파장제력을 Ohkawa 등<sup>17)</sup>의 파입사각  $180^\circ$  및  $270^\circ$ 에 대한 실험치와 비교한다. Fig. 2의 (a), (b)는 각각 입사각  $180^\circ$ ,  $270^\circ$ 에 대한 heave의 파장제력 계수이다. 파장제력 계수는 파장제력을  $\rho g LB \zeta_a$ 로 나눈 것이다. 단,  $\zeta_a$ 는 평면입사파의 진폭이다. Ohkawa들도 3차 원 특이점분포법을 사용하여 부체 침수표면을

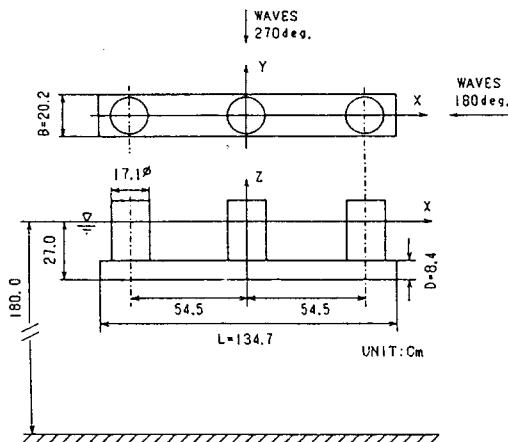


Fig. 1. Sketch of a lowerhull type floating body.

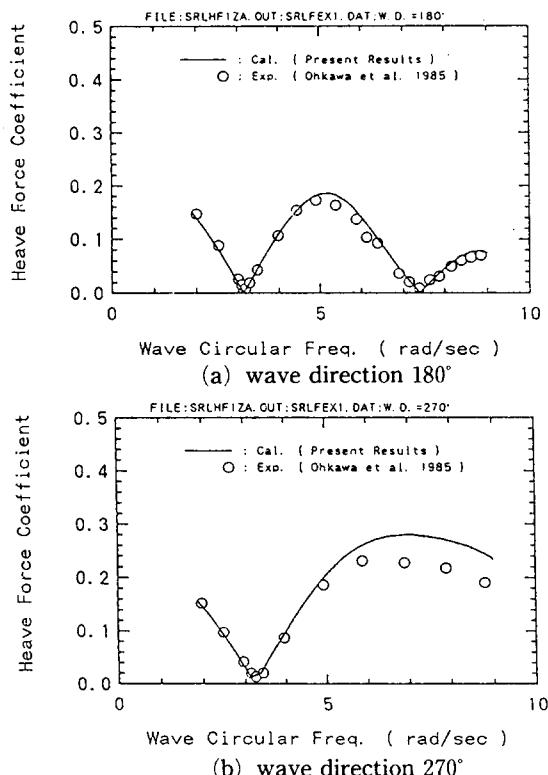


Fig. 2. Wave exciting force on a lowerhull type floating body.

376요소로 근사하여 계산하고 있는 데 그 계산결과는 본 연구의 500 요소로 근사한 계산결과와 거의 일치하고 있으므로 생략했다. 전반적으로

실험결과와 비교적 잘 일치하고 있는 것을 알 수 있다.

### 3.2 2개의 연직원주 부체

다음에는 Fig. 3과 같이 2개의 연직원주 부체의 파강제력을 Matsui 등<sup>18)</sup>의 파입사각 0°에 대한 계산치와 비교한다. Fig. 4의 (a), (b)는 부체 1, 2에 작용하는 surge, heave의 파강제력 계수의 계산결과를 각각 나타내고 있다. 단, a는 원주부체의 반경이다. 여기서 단독의 원주부체의 침수표면의 요소 분할수는 288이고 diffraction potential의 무한급수의 항수로서 진동항을 7개, 단조 감소항을 10개로 계산했다. 계산결과가 매우 잘 일치하고 있는 것을 알 수 있다.

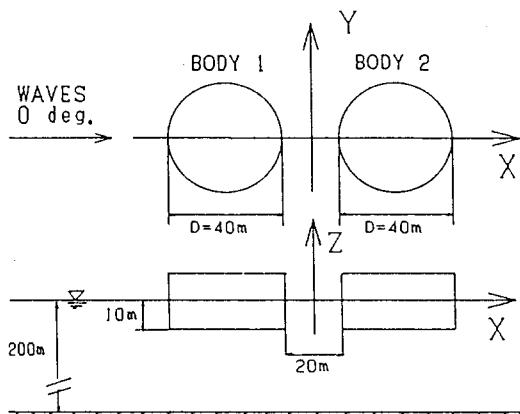


Fig. 3. Sketch of two floating vertical cylinders.

### 3.3 다수의 반잠수식 부체

응용예로서 Fig. 5와 같은 7행 3열의 21개의 반잠수식 부체군의 파강제력을 생각한다. 여기서 행은 X축에 평행한 것을 말하고, 열은 Y축에 평행한 것을 말한다. 각 행간거리 D를 80, 160cm의 2종류로 하고, 열간거리는 160cm로서 파입사각은 180, 225, 270°의 3종류로 계산했다. 또 부체는 Fig. 1의 반잠수식 부체이고 21개 모두 동일한 것으로 한다. 계산상의 요소 분할수는 3.1 절과 동일한 500요소이고 수심도 180cm이다.

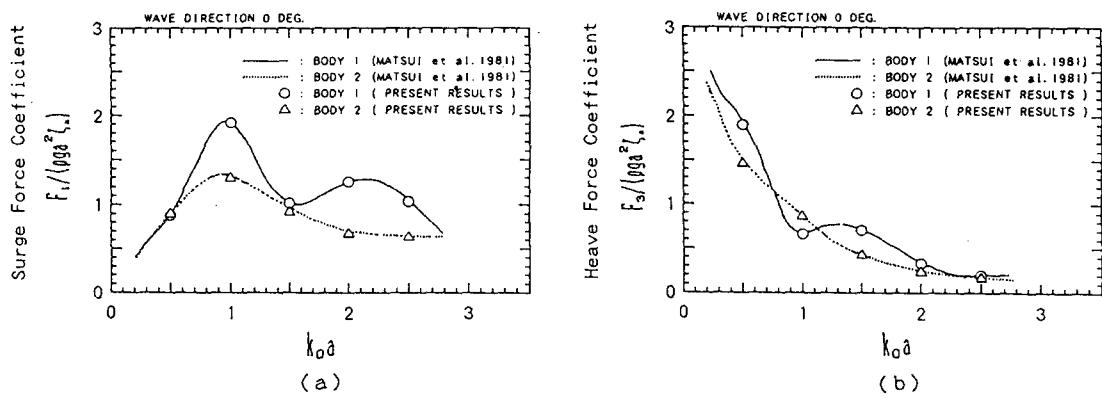


Fig. 4. Wave exciting forces on two vertical cylinders, wave direction 0°.

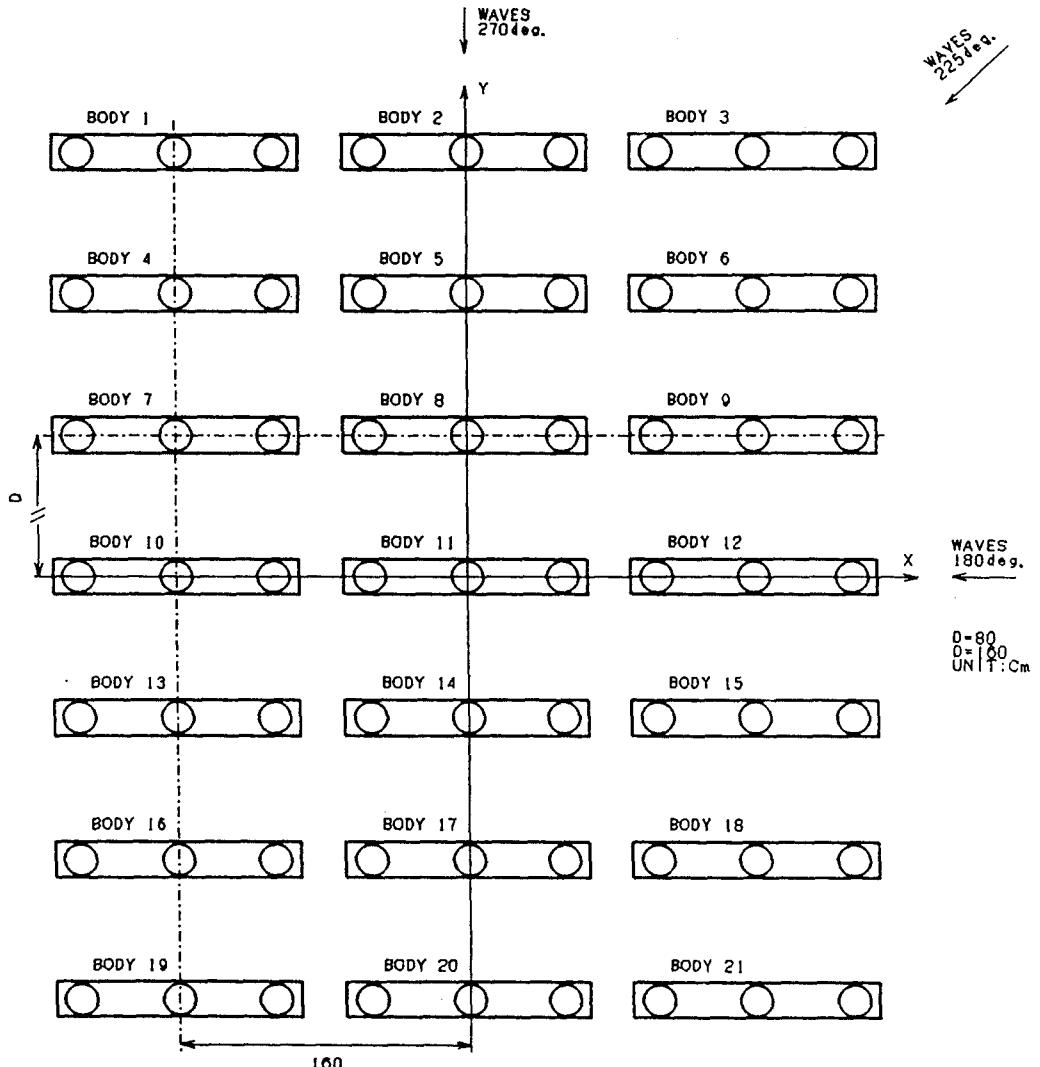


Fig. 5. Sketch of arrays of 21 (7 by 3) lowerhull type floating bodies.

diffraction potential의 무한급수의 항수로서 진동항을 9개, 단조 감소항을 14개로 계산했다. 파입사각이  $225^\circ$ 에 대해서는 행간거리 80cm의 경우의 yaw moment의 상호간섭영향만이 현저하고 나머지는 그다지 영향이 현저하지 않으므로 생략하기로 한다.

Fig. 6의 (a), (b)는 각각 파입사각  $180^\circ$ , 행간거리 80cm인 경우의 surge, heave의 파장제력계수의 계산결과이다. 또 Fig. 7의 (a), (b)는 각각 파입사각  $180^\circ$ , 행간거리 160cm의 surge, heave의 파장제력 계수의 계산결과이다. 전반적으로 상호간섭의 영향은 고주파수 영역에서 현저하게 나타나고 있는 것을 알 수 있다. Fig. 6(a)의 surge의 파장제력을 보면, 저주파수 쪽의 waveless점은 상호간섭 영향에 의해 더 옥 저주파수 쪽으로, 고주파수 쪽의 waveless점

은 보다 고주파수 쪽으로 이동하고 있는 것을 알 수 있다. 그런데 행간거리를 2배로 한 Fig. 7(a)의 surge의 파장제력의 저주파수 쪽의 waveless점은 상호간섭의 영향이 나타나지 않는 것에서 waveless점의 변화는 행간부체간의 상호간섭에 의한 것으로 생각된다. 고주파수 쪽의 waveless점의 경우에는 행간거리를 2배로 해도 그다지 변하지 않는 것은 상호간섭의 영향이 여전히 나타나고 있기 때문인 것으로 생각된다. 그리고 주파수  $7.1\text{ rad/sec}$ (파장이 열간거리의 약 0.75배)의 근방에서 큰 변화는 행간거리를 2배로 해도 나타나고 있는 것에서, 열간부체간의 상호간섭이 주요한 원인인 것으로 생각된다. Fig. 6(b) 및 Fig. 7(b)의 heave의 파장제력의 경우에는 waveless점의 변화가 나타나고 있지 않는 것을 알 수 있다. 그리고 heave의 파장제력의

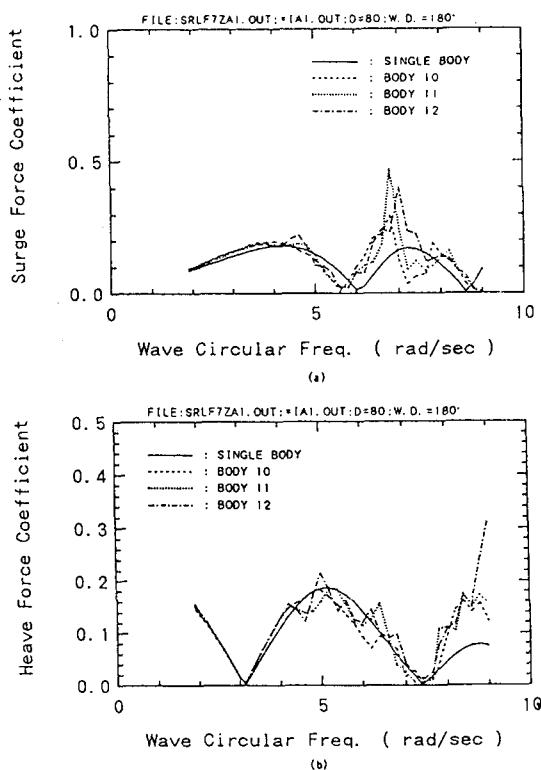


Fig. 6. Wave exciting forces on lowerhull type floating bodies, wave direction  $180^\circ$ ,  $D = 80\text{cm}$ .

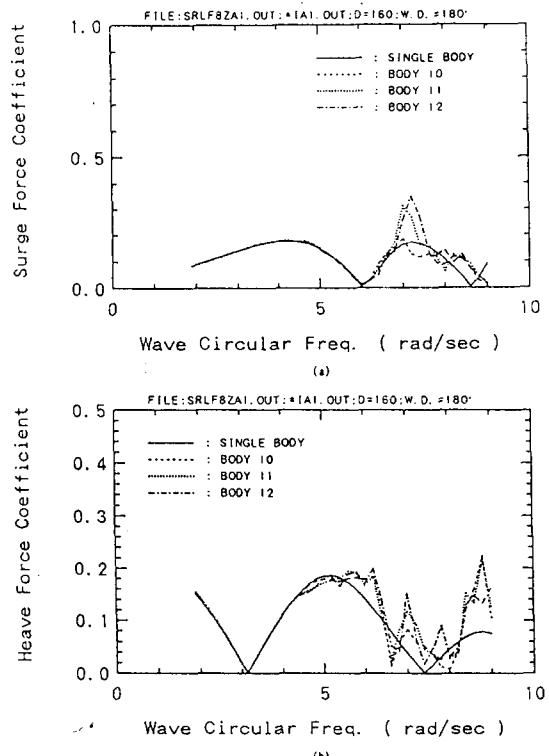


Fig. 7. Wave exciting forces on lowerhull type floating bodies, wave direction  $180^\circ$ ,  $D = 160\text{cm}$ .

상호간섭영향은 파장이 열간거리의 약 0.5배에 상당하는  $8.8 \text{ rad/sec}$  근방에서 크게 나타나고 있다.

Fig. 8의 (a), (b)는 각각 파입사각  $180^\circ$ , 행간거리  $80\text{cm}$ 인 경우의 surge, heave의 총 파장제력 계수의 계산결과이다. 또 Fig. 9의 (a), (b)는 각각 파입사각  $180^\circ$ , 행간거리  $160\text{cm}$ 의 surge, heave의 총 파장제력 계수의 계산결과이다. 행간거리가  $80\text{cm}$ 인 경우를 보면, 상호간섭을 고려한 경우의 극대치와 waveless점은 상호간섭을 고려하지 않은 경우의 극대치와 waveless점에서 저주파수 쪽으로 이동하고 있다. 이 경향은 고주파수 쪽으로 갈수록 현저해지고 있다. 그런데 행간거리가 2배로 됨에 따라 저주파수 쪽의 이동이 없어지고 있으므로, 이러한 이동은 행간부체간의 상호간섭에 의한 것이 주원

인으로 생각된다. 상호간섭을 고려하지 않은 경우에는 Fig. 8의 (a), (b)와 Fig. 9의 (a), (b)는 각각 동일하게 될 것으로 예상되어지는데, 계산결과도 예상대로 되어있는 것을 알 수 있다. 열간거리가  $160\text{cm}$ 이므로 파장이 그 약수인  $160\text{cm}$  ( $6.2 \text{ rad/sec}$ ),  $80\text{cm}$  ( $8.8 \text{ rad/sec}$ ) 일때 총 파장제력은 크게 될 것인데, heave의 총 파장제력은 그렇게 나타나고 있으나 surge의 총 파장제력은 그 근방에서 단독부체의 waveless점이 존재하기 때문에 작게 나타나고 있다. 이것에서 알 수 있듯이 다수의 부체를 배치하는 경우에는, 그 열간거리 혹은 행간거리를 단독부체의 waveless 점에 상당하는 파장과 같게 하는 것에 의해 아주 큰 총 파장세력이 발생하는 것을 피할 수 있다. 또 waveless점이 해역의 탁월 주파수와 동일하면, 다수의 지지부체로 이루어진 해양구조물의

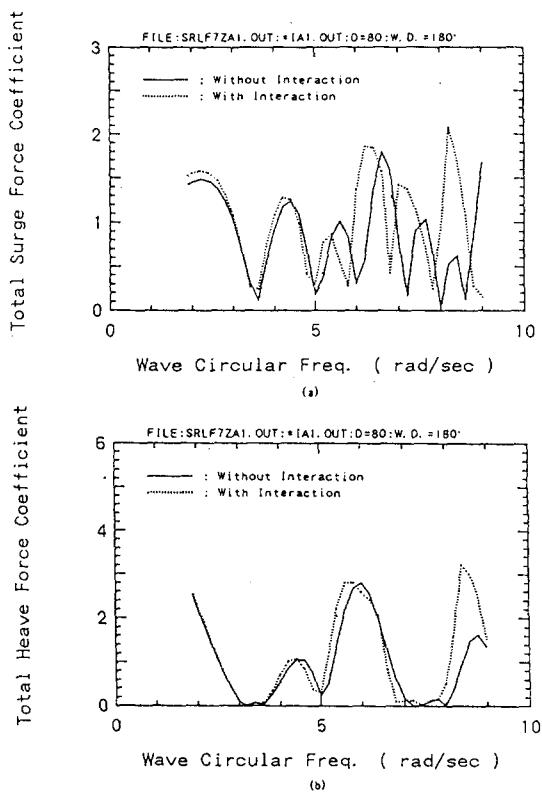


Fig. 8. Total wave exciting forces on an array of 21 lowerhull type floating bodies, wave direction  $180^\circ$ ,  $D=80\text{cm}$ .

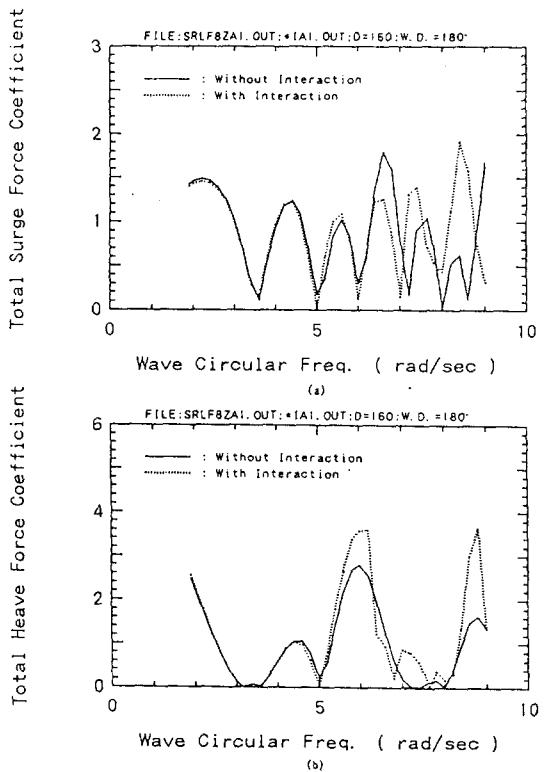
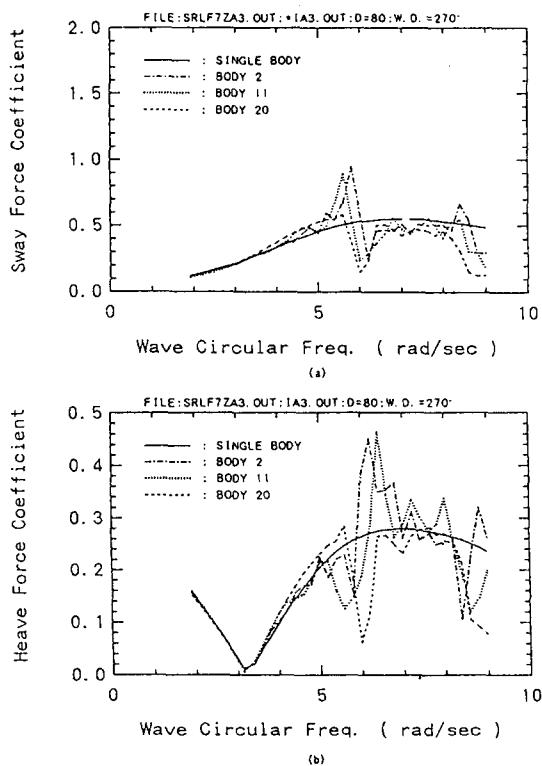


Fig. 9. Total wave exciting forces on an array of 21 lowerhull type floating bodies, wave direction  $180^\circ$ ,  $D=160\text{cm}$ .

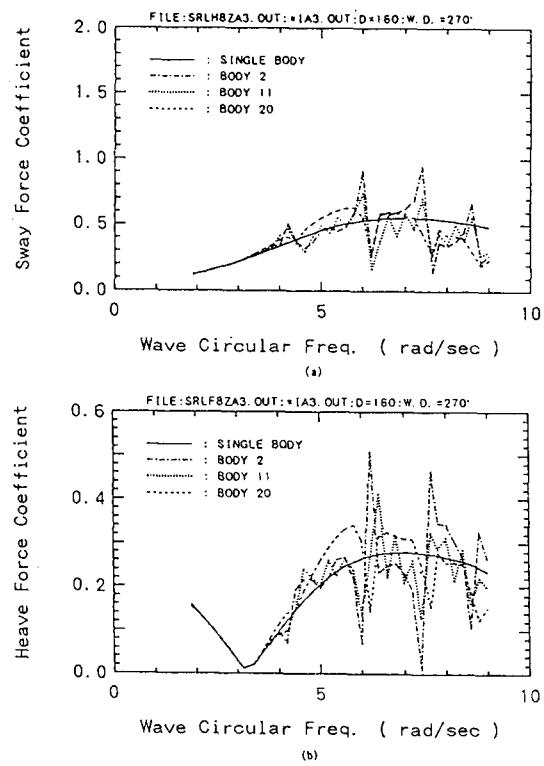
장체변위가 탁월주기에서 크게 되는 것을 피할 수 있을 뿐만 아니라 탄성변위 혹은 구조응력도 경감할 수 있다. 이것은 탁월주기에서 단독의 지지부체에 입력되는 하중이 거의 없기 때문이다. 만약 단독 지지부체의 waveless점이 아닌 다수의 지지부체의 waveless점을 탁월 주파수로 하면, 장체변위는 작아지나 탄성변위는 크게 될 가능성이 있다. 그것은 탁월주기에서 단독 지지부체에 입력되는 하중은 크고 전체구조물의 장체변위가 없다고 하면, 입사하는 파의 에너지는 거의 탄성변위를 일으키는데 소비되기 때문이다.

Fig. 10의 (a), (b)는 각각 파입사각 270°, 행간거리 80cm인 경우의 sway, heave의 파강제력계수의 계산결과이다. 전반적으로 상호간섭에 의한 영향은 파의 주파수가 6.2 rad/sec, 8.8 rad/sec인 근방에서 크게 나타나고 있다. 이것은

파장이 각각 행간거리의 약 2배, 1배에 상당한다. 특히 파장이 행간거리의 약 2배인 곳에서 변화가 크게 나타나고 있다. Fig. 11의 (a), (b)는 각각 파입사각 270°, 행간거리 160cm인 경우의 sway, heave의 파강제력계수의 계산결과이다. 전반적으로 상호간섭에 의한 영향은 파의 주파수가 4.4 rad/sec, 6.2 rad/sec, 7.6 rad/sec, 8.8 rad/sec인 근방에서 크게 나타나고 있다. 이것은 파장이 각각 행간거리의 약 2배, 1배, 2/3배, 1/2배에 상당한다. 특히 파장이 행간거리의 약 1배, 2/3배인 곳에서 변화가 크게 나타나고 있다. 행간거리를 크게하는 것에 의해 peak수가 증가하므로 이같은 큰 변화는 행간부체간의 상호간섭에 의한 것으로 생각된다. peak의 주파수는 상호간섭이 현저한 고주파수 영역에서 행간거리와 단독부체의 응답특성에 크게 의존하는 것으로



**Fig. 10.** Wave exciting forces on lowerhull type floating bodies, wave direction 270°, D = 80cm.

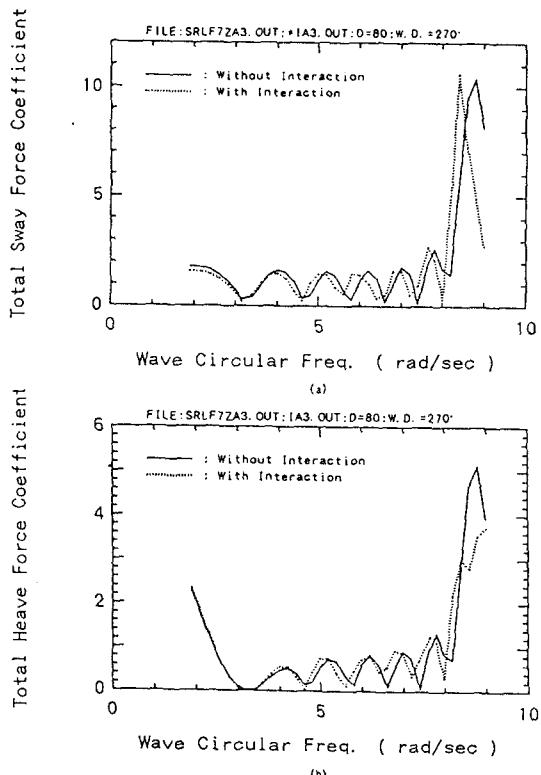


**Fig. 11.** Wave exciting forces on lowerhull type floating bodies, wave direction 270°, D = 160cm

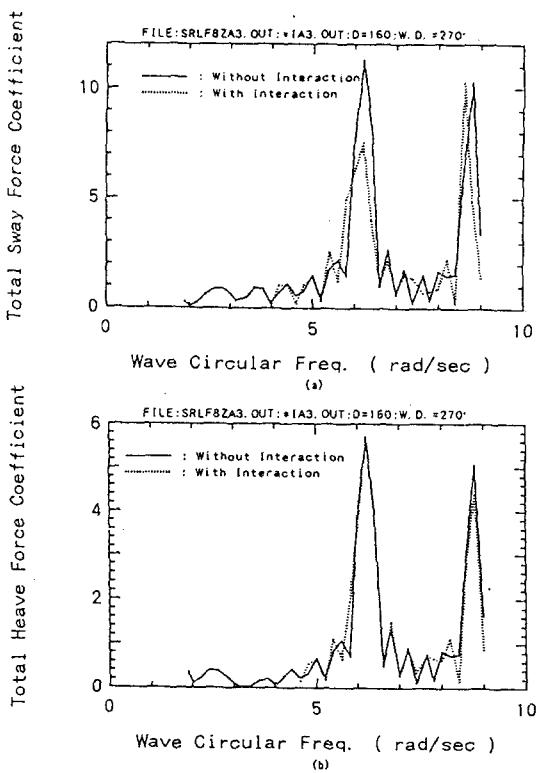
## 반점수식 부체군의 상호간섭특성

생각된다. 이것은 단독부체의 응답특성이 크다고 하는 것은 입사파에 대한 diffraction wave도 그으로 그 diffraction wave에 의한 상호간섭효과도 크게 되기 때문이다.

Fig. 12의 (a), (b)는 각각 파입사각  $270^\circ$ , 행간거리 80cm인 경우의 sway, heave의 총 파강제력 계수의 계산결과이다. 또 Fig. 13의 (a), (b)는 각각 파입사각  $270^\circ$ , 행간거리 160cm의 sway, heave의 총 파강제력 계수의 계산결과이다. 극대치와 waveless점이 저주파수 쪽으로 이동하고 있는 것은 파입사각이  $180^\circ$ 인 경우와 동일한 경향을 나타내고 있다. 단, 입사각  $180^\circ$ 인 경우와 다른 점은 파의 진행방향의 간섭에 의한 점이다. 그 원인은 부체의 형상에 의한 것으로 생각된다. 행간거리가 80cm인 경우의 8.8rad/sec에서의 peak, 행간거리가 160cm인 경



**Fig. 12.** Total wave exciting forces on an array of 21 lowerhull type floating bodies, wave direction  $270^\circ$ ,  $D=80\text{cm}$ .



**Fig. 13.** Total wave exciting forces on an array of 21 lowerhull type floating bodies, wave direction  $270^\circ$ ,  $D=160\text{cm}$ .

우의 8.8rad/sec, 6.2rad/sec에서의 peak는 각각 파장이 80cm, 160cm에 상당한다. 이같이 전체부체에 작용하는 파강제력을 파장이 극히 긴 경우와 파장이 행간거리의 약수인 경우에 아주 큰 값으로 된다. 이것은 모든 부체에 동일 위상의 힘이 작용하기 때문이다. 그 이외의 경우에는 위상차에 의해 힘이 상쇄되어 값이 작아진다. 또 큰 peak는 부체의 배치간격이 작아지면 그다지 문제가 되지 않는 고주파수 쪽으로 이동하게 된다. 또 다수의 부체에 작용하는 총 파강제력에 대한 상호간섭의 영향은 그다지 현저하게 나타나고 있지 않는 것을 알 수 있다.

## 4. 결론

본 연구에서 취급한 대상물 및 계산조건의 범

위내에서 얻어진 주요한 결론을 요약하면 다음과 같다.

1. 단독부체의 waveless점이 설치해역의 타월 주파수와 동일하게 되도록 요소부체를 설계한다면 요소부체군으로 지지된 해양공간이용구조물의 강체변위 뿐만 아니라 탄성응답도 크게 경감할 수 있다.

2. 부체간의 유체역학적인 상호간섭의 영향은 고주파수 영역에서 단독부체의 파강제력 특성과 부체간 거리에 크게 좌우된다.

3. 총파강제력의 waveless점이 상호간섭에 의해 저주파수축으로 이동하고 있고 이것에 의해 구조응답의 peak치도 저주파수축으로 이동될 것으로 예상된다.

4. 부체군의 상호간섭영향을 보면 전체부체에 작용하는 파강제력의 상호간섭영향보다 단독부체에 작용하는 파강제력의 상호간섭영향이 더 크게 나타나고 있고, 따라서 부체군으로 지지된 해양공간이용구조물의 응답에 있어서 강체응답의 상호간섭영향보다 구조응답의 상호간섭영향이 더 크게 나타날 것으로 예상된다.

### 참 고 문 헌

- 1) Van Oortmerssen, G. (1979) : Hydrodynamic interaction between two structures floating in waves. Proceedings of the Second International Conference on Behaviour of Offshore Structures, 339-356.
- 2) Van Oortmerssen, G. (1981) : Some hydrodynamic aspects of multi-body systems. International Symposium on Hydrodynamics in Ocean Engineering, 725-744.
- 3) L öfken, A.E. (1981) : Hydrodynamic interaction between several floating bodies of arbitrary form in waves. International Symposium on Hydrodynamics in Ocean Engineering, 745-780.
- 4) Sayer, P. and Liang, H.K. (1986) : Wave interactions between barges. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering Division, ASCE, 112 (3), 402-417.
- 5) Eatock Taylor, R. and Zietsman, J. (1982) : Hydrodynamic loading on multi-component bodies. Proceedings of the Third International Conference on Behaviour of Offshore Structures, 424-443.
- 6) Huang, M.C., Hudspeth, R.T., and Leonard, J.W. (1985) : FEM solution of 3-D wave interference problems. Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Engineering Division, ASCE, 111 (4), 661-677.
- 7) Twersky, V. (1952) : Multiple scattering of radiation by an arbitrary configuration of parallel cylinders. Journal of the Acoustical Society of America, 24 (1), 42-46.
- 8) 大楠 丹(1972) : 複數本の鉛直圓柱に働く波力について. 日本造船學會論文集, 131, 53-64.
- 9) Ohkusu, M. (1974) : Hydrodynamic forces on multiple cylinders in waves. International Symposium on the Dynamics of Marine Vehicles and Structures in waves, 107-112.
- 10) Spring, B.H. and Monkmyer, P.L. (1974) : Interaction of plane waves with vertical cylinders. Proceedings of the Fourteenth Coastal Engineering Conference, 1828-1847.
- 11) Simon, M.J. (1982) : Multiple scattering in arrays of axisymmetric wave-energy

- devices. Part 1. A matrix method using a plane-wave approximation, *Journal of Fluid Mechanics*, 120, 1-25.
- 12) McIver, P. and Evans, D.V. (1984): Approximation of wave forces on cylinder arrays. *Applied Ocean Research*, 6, 101-107.
- 13) McIver, P. (1984): Wave forces on arrays of floating bodies. *Journal of Engineering Mathematics*, 18, 273-285.
- 14) Kagemoto, H. and Yue, D.K.P. (1986): Interactions among multiple three-dimensional bodies in water waves. An exact algebraic method, *Journal of Fluid mechanics*, 166, 189-209.
- 15) Kagemoto, H. and Yue, D.K.P. (1987): Wave-induced motions of multiple floating bodies. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, 161, 152-158.
- 16) 具 滋三, 吉田宏一郎(1989) : 多数の三次元任意形状物體間の相互干渉. *日本造船學會論文集*, 165, 193-202.
- 17) 大川 豊, 外 6人(1985) : [II]浮體に働く外力及び流體力の推定法に関する研究. *船舶技術研究所報告別冊*, 6, 15-55.
- 18) Matsui, T. and Tamaki, T. (1981): Hydrodynamic interaction between groups of vertical axisymmetric bodies floating in waves. *International Symposium on Hydrodynamics in Ocean Engineering*, 817-836.