論 文

大韓造船學會論文集
第 33 卷 第 4 號 1996年 11月
Transactions of the Society of
Naval Architects of Korea
Vol. 33, No. 4, November 1996

다수의 부체로 지지된 초대형 해양구조물에 작용하는 정상표류력 (II)

구자삼 *, 조효제 **, 홍사영 ***, 이창호 ****, 김경태 ****

Steady Drift Forces on Very Large Offshore Structures Supported by Multiple Floating Bodies in Waves (II)

by

J.S. Goo *, H.J. Jo **, S.Y. Hong ***, C.H. Lee **** and K.T. Kim ****

요 약

본 논문에서는 파중에서의 다수의 3차원 임의형상 부체에 의해 지지된 초대형 해양구조물에 작용하는 정상표류력 해석법을 제시한다. 3차원 특이점 분포법, 파의 상호간섭이론, 운동량 이론에 의한 Far field 법과 3차원 골조구조를 다루기 위한 유한요소법을 결합하여 이론을 정식화하였으며, 수치계산 결과를 Kagemoto [6]에 의한 33(3행11렬)개의 footing형 축대칭 부체에 의해 지지된 해양구조물에 작용하는 정상표류력의 실험치 및 계산치와 서로 비교 검토함으로써 본 해석법의 타당성을 검정하였다.

Abstract

A numerical procedure is described for predicting steady drift forces on very large offshore structures supported by a large number of the floating bodies of arbitrary shape in waves. The developed numerical approach is based on a combination of the three-dimensional source distribution method, the wave interaction theory, the far-field method of using momentum theory and the finite element method for structurally treating the space frame elements.

발 표 : 1996년 해양공학연구회 제 37 차 workshop 발표회 ('96. 5. 4.)
1996년 한국해양공학회 춘계학술대회 ('96. 6. 14.)
접수일자 : 1996년 5월 31일. 재접수일자 : 1996년 9월 10일

* 정회원, 부경대학교 선박공학과
** 정회원, 한국해양대학교 조선공학과
*** 정회원, 선박해양공학연구센터
**** 부경대학교 대학원 선박공학과

Numerical results are compared with the experimental or numerical ones, which are obtained in the literature, of steady drift forces on a offshore structure supported by the 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders in waves. The results of comparison confirmed the validity of the proposed approach.

1. 서 론

최근 해양개발의 필요성이 점점 증가됨에 따라 구상되고 있는 해양도시[1],[2], 해상공항[3], [4] 등과 같은 초대형 부유식 해양구조물은 다수의 부체로 지지된 초대형 상부구조와 다수의 지지부체 및 지지기초 혹은 계류부재 등으로 이루어져 있으며, 이들 초대형 해양구조물에 작용하는 유체력 또는 파랑하중의 응답을 정확히 평가하기 위해서는 1차 유체력뿐만 아니라 표류력과 같은 2차 유체력에 대해서도 정밀한 해석이 요구된다.

Pinkster[5]는 단독부체의 정상표류력 계산에 있어서 3차원 특이점분포법을 이용하여 물체표면의 압력을 적분하여 임의 형상에 대한 정상표류력을 소위 Near Field법에 의해 계산하였다. 또한, *Kagemoto* 등[6]은 다수 부체에 작용하는 정상표류력을 고정된 축대칭 부체군에 대해 파의 상호간섭 이론을 적용하여 Near Field법에 의해 계산하였다. 그리고 *Takaki* 등[7]은 다중 연결된 부체군에 3차원 특이점을 모두 분포시켜 Far Field 법에 의해 정상표류력을 구했다.

최근에 본연구진이 파의 상호간섭 이론을 적용하여 운동하고 있는 다수의 임의형상 부체의 정상표류력을 Far Field 법을 이용하여 구한 예가 있다[8], [9]. 그러나 파의 상호간섭과 초대형구조물의 탄성응답을 고려하여 다수의 임의형상 부체에 의해 지지된 초대형 해양구조물의 정상표류력을 구한 예는 지금까지 거의 없는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 파의 상호간섭이론[6], [10] 과 유한요소법[11]~[14]을 이용하여 다수의 임의형상 부체간의 유체역학적 상호간섭과 초대형 해양구조물의 탄성응답을 고려한 정상표류력을 구하는 계산 수법을 개발하였으며, 다수의 축대칭부체에 의해 지지된 해양구조물에 대한 기존의 실험치 및 계산치[6]와 본 방법에 의한 계산치를 서로 비교·검토함으로써 본 방법의 타당성을 확인하였다. 또한 다수의 축대칭 부체에 의해 지지된 해양구조물에 대해 상호간섭을 고려한 결과와 고려하지 않은 결과를 서로 비교 검토함으로써 정상표류력에 대한 상호간섭의 영향을 평가하였다.

2. 이론 해석

초대형 해양구조물의 구조응답 및 정상표류력을 해석하기 위한 이론의 기본가정으로서, 상부구조는 3차원 선형 탄성골조구조로 하고, 유체는 비압축성, 비점성으로 하며, 유체의 운동은 비회전인 것으로 한다. 탄성응답과 입사파의 유체운동은 미소진폭 주기운동을 하는 것으로 하고, 각각 그 정상상태를 논하기로 한다. 그리고, 자유표면은 모든 방향으로 무한히 펼쳐져 있는 것으로 하고, 유한수심인 경우에는 수심일정으로 한다. 또한, 다수의 지지부체가 존재하는 경우에 있어서, 어떤 지지부체를 둘러싸는 최소반경의, 해저에 닿는 가상연직원주의 내측에는 다른 지지부체가 존재하지 않는 것으로 한다. 마지막으로 지지부체는 강체인 것으로 한다.

Fig.1 과 같이 평균수면상에 공간고정된 국소직각 좌표계 $o_i - x_i y_i z_i$, $(i=1\sim N)$ 를 갖는 N개의 3차원 임의 형상의 지지부체로 지지된 대형 해양구조물의 정상상태의 유탄성문제를 생각한다. 그리고 국소 좌표계의 원점 o_i, $(i=1\sim N)$ 는 부체 i, $(i=1\sim N)$ 를 둘러싸는 최소반경의 가상 연직원주의 중심으로 하고, z축은 연직상방향을 양으로 한다.

다수의 지지부체가 미소 진폭 주기운동을 하고 있는 경우의 지지부체 j, $(j=1\sim N)$ 의 전체 입

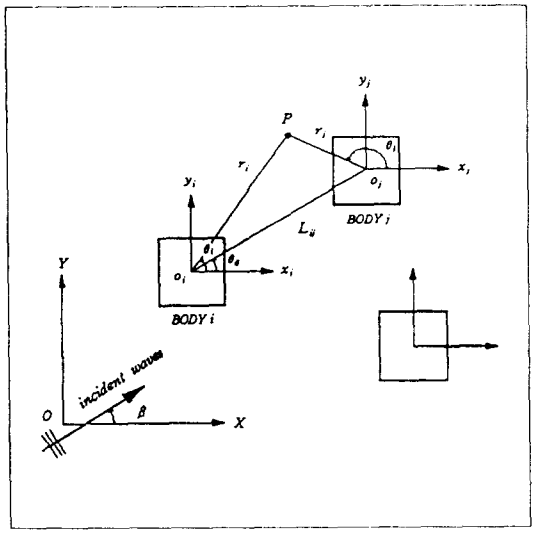

Fig.1 Definition sketch

사 포텐셜은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\phi_j^I(r_j, \theta_j, z) = \left(\{a_j\}^T + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\{A_i\}^T[T_{ij}]\right)\{\phi_j^I\} + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\sum_{l=1}^{6}(-i\omega\eta_{li}\{R_{li}\}^T[T_{ij}])\{\phi_j^I\} \quad . (j=1\sim N) \qquad (1)$$

여기서, (r_j, θ_j, z) 는 지지부체 j 의 국소 원주 좌표계이고, $\{a_j\}^T$ 는 지지부체 j 의 국소원주좌표계로 표현된 평면입사파의 포텐셜의 계수벡터의 전치이며, $[T_{ij}]$ 는 지지부체 i 의 국소원주 좌표계로 표시된 지지부체 i 의 산란성분파와 부체 j 의 국소 원주 좌표계로 표시된 지지부체 j 의 입사성분파를 관계지우는 좌표변환 행렬이다. 또한, $\{\phi_j^I\}$ 는 지지부체 j 에 입사하는 성분파를 요소로 하는 벡터이고, 지지부체 j 의 국소 원주 좌표계로 나타낸 것으로써 제1종 n 차 Bessel함수 J_n 및 제1종 n차 변형 Bessel함수 I_n 으로 표시된다. i 는 허수단위이고, ω 는 평면 입사파의 각주파수이고, η_{li} 는 지지부체 i 의 l 방향의 복소변위 진폭이고, $\{A_i\}^T$ 는 다음의 식으로 표현되는 지지부체 i 에 외접하는 가상의 해저까지 연결된 연직 원주의 외측 diffraction 포텐셜 ϕ_i^D의 계수벡터의 전치이다.

$$\phi_i^D(r_i, \theta_i, z) = \{A_i\}^T\{\phi_i^D\} \qquad (2)$$

여기서, $\{\phi_i^D\}$ 는 지지부체 i 의 산란성분파를 요소로 하는 벡터이며, 이 산란성분파는 제 1종 n차 Hankel함수 $H_n^{(1)}$ 및 제 2 종 n차 변형 Bessel함수 K_n 으로 표시된다.

또한 지지부체 i 가 단독으로 존재하고 l 방향으로 단위 속도진폭으로 운동하고 있을 때의 지지부체 i 를 둘러싸는 최소 반경의 해저에 닿는 가상 연직 원주의 외측의 radiation 포텐셜 ϕ_{li}^R 는 다음과 같이 표시되어진 것으로 한다.

$$\phi_{li}^R(r_j, \theta_j, z) = \{R_{li}\}^T\{\phi_i^D\} = \{R_{li}\}^T[T_{ij}]\{\phi_j^I\} \qquad (3)$$

여기서, 전치벡터 $\{R_{li}\}^T$ 의 성분은 지지부체 i 가 단독으로 존재하고 있는 경우의 l 방향의 운동에 의한 radiation 문제를 풀어 얻어지는 계수이다.

지지부체 j 의 모든 입사 포텐셜에 대한 diffraction 포텐셜은 diffraction 전달행렬 $[B_j]$ 에 의해 다음과 같이 표시할 수 있다.

$$\phi_j^D(r_j, \theta_j, z) = \left(\{a_j\}^T + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\{A_i\}^T[T_{ij}] + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\sum_{l=1}^{6}(-i\omega\eta_{li}\{R_{li}\}^T[T_{ij}])\right) \times [B_j]^T\{\phi_j^D\} \quad . (j=1\sim N) \qquad (4)$$

따라서, 식(2)의 지지부체 j 에 대한 표시식과 식(4)에서 다음 식이 얻어진다.

$$\{A_j\} = [B_j](\{a_j\} + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}[T_{ij}]^T\{A_i\} + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\sum_{l=1}^{6}(-i\omega\eta_{li}[T_{ij}]^T\{R_{li}\}))$$

$$.(j=1\sim N) \quad (5)$$

윗식에 있어서, 미지수는 $\{A_i\}, (i=1\sim N)$ 및 $\eta_{li}, (l=1\sim 6\ ;\ i=1\sim N)$ 이며, N 개의 3차원 지지부체를 갖는 구조물의 정상상태의 유탄성문제의 경우, 지지부체간의 유체역학적 상호간섭을 고려한 상부구조물의 구조응답을 구하기 위해서는 윗식을 푸는 것만이 아니라 N개의 지지부체의 취부절점을 포함하는 전체 운동방정식이 필요하다. 따라서, 그 전체 운동방정식은 보요소를 이용하는 유한요소법에 의해 다음과 같이 구해진다.

$$([K]-\omega^2[M]-i\omega[C])\{\eta\} = \{F\} \quad (6)$$

여기서, $[K]$, $[M]$ 및 $[C]$ 는 각각 상부구조의 강성행렬, 질량행렬 및 감쇠행렬이다. 상부구조의 강성행렬 및 질량행렬은 상부구조를 골조구조(보요소)로 근사하는 것에 의해 구한다. 상부구조의 감쇠행렬은 정확한 추정이 곤란한 관계로 *Rayleigh* 감쇠를 이용하기로 한다. $\{\eta\}$ 는 총자유도의 복소변위 진폭벡터이고, $\{F\}$ 는 복소외력 진폭벡터이며, 지지부체의 취부절점에서는 식(7)를 사용하며, 그 이외의 절점에서는 0 이다.

그러므로 지지부체 j ($j=1\sim N$) 가 상부구조물에 결합되는 취부절점에서 평가되어질 복소외력진폭은 *D'Alambert* 의 원리에 의해 다음과 같이 주어진다.

$$\sum_{l=1}^{6}[\omega^2(M_{klj}+\mu_{klj}) + i\omega\nu_{klj} - K_{klj}]\eta_{lj}$$

$$- i\rho\omega\left[\{a_j\}^T + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\{A_i\}^T[T_{ij}] + \sum_{\substack{i=1 \\ i\neq j}}^{N}\sum_{l=1}^{6}(-i\omega\eta_{li}\{R_{li}\}^T[T_{ij}])\right]$$

$$\times\int\int_{S_H}\left[\{\psi_j^I\} + \int\int_{S_H}\{\sigma_j\}G_j\,dS\right]n_{kj}\,dS$$

$$.(k=1\sim 6;\ j=1\sim N) \quad (7)$$

여기서, M_{klj} 는 지지부체 j 의 취부절점에서 평가한 관성력계수, μ_{klj} 및 ν_{klj} 는 지지부체 j 가 단독으로 존재하는 경우의 취부절점에서 평가한 부가질량 및 감쇠계수이며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\mu_{klj} = -\rho Re\left\{\int\int_{S_H}\phi_{lj}^R n_{kj}\,dS\right\},$$

$$\nu_{klj} = -\rho\omega Im\left\{\int\int_{S_H}\phi_{lj}^R n_{kj}\,dS\right\}$$

$$.(k,\ l=1\sim 6\ ;\ j=1\sim N) \quad (8)$$

ϕ_{lj}^R 는 지지부체 j 가 단독으로 존재하는 경우에 있어서, l 방향의 단위속도 진폭으로 운동하고 있는 지지부체 j 의 침수 표면상의 radiation 포텐셜이고, 다음과 같이 구해진다.

$$\phi_{lj}^R = \int\int_{S_H}\sigma_{lj}^R G\,dS \quad .(l=1\sim 6) \quad (9)$$

σ_{lj}^R 는 지지부체 j 가 단독으로 존재하고 l 방향으로 단위속도 진폭으로 운동하고 있을 때의 Radiation 포텐셜 ϕ_{lj}^R 의 source 면밀도를 나타낸다. K_{klj} 는 지지부체 j 의 취부절점에서 평가한 정수압에 의한 복원력계수로서 이 복원력 계수를 구할 때는 지지부체 j 가 받는 중량의 중심의 좌표가 필요하다. 또, ρ 는 유체의 밀도이고, G_j 는 지지부체 j 의 침수표면상의 Green 함수이다.

또한 벡터 $\{\sigma_j\}$ 의 F 번째의 성분은 $\{\phi_j^I\}$ 의 F 번째의 성분의 입사 성분파가 단독의 지지부체 j 에 입사한 경우의 diffraction 문제의 적분방정식을 푸는 것에 의해 구해지는 지지부체 j 의 침수표면상의 source 의 면밀도이고, diffraction 전달행렬의 전치행렬 $[B_j]^T$ 의 F 행의 요소를 구할 때 이미 구해진 것이다. 그리고, n_{kj} 는 지지부체 j 의 k 방향의 일반화 방향여현이고, S_{H_j} 는 지지부체 j 의 침수표면이다. 계의 전체 운동방정식은 식(6)과 식(5)의 연립방정식을 푸는 것 의해, 계수벡터 $\{A_i\}$, $(i=1\sim N)$ 및에 총자유도의 복소변위진폭벡터 $\{\eta\}$ 가 구해진다. 복소변위진폭벡터 $\{\eta\}$ 가 구해지면 상부구조물의 구조응답은 요소강성행렬을 이용하여 구해진다.

운동하고 있는 지지부체군의 상호간섭을 고려하여 구해지는 지지부체 j 의 침수표면 S_{H_j} 상의 source의 면밀도를 나타내는 σ_j^S 는 前報에 근거하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\sigma_j^S = \{A_j\}^T\left([B_j]^T\right)^{-1}\{\sigma_j\} + \sum_{i=1}^{6} -i\omega\eta_{ij}\sigma_{ij}^R \qquad (10)$$

식(10)에 의해 σ 가 구해지면, 표류력과 표류모멘트는 다음과 같이 구해진다.

$$\overline{F_x} = \frac{\rho k_0^2}{8\pi D}\int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2(\cos\beta-\cos\theta)d\theta \qquad (11)$$

$$\overline{F_y} = \frac{\rho k_0^2}{8\pi D}\int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2(\sin\beta-\sin\theta)d\theta \qquad (12)$$

$$\overline{M_z} = -\frac{\rho k_0}{8\pi}\cdot\frac{1}{D}\,Im\int_0^{2\pi} H'(\theta)H^*(\theta)\,d\theta - \frac{1}{2K}\rho\omega\zeta_a\,Im\{H'(\beta)\} \qquad (13)$$

여기서,

$$H'(\theta) = \int\int_{S_H}\sigma\frac{\cosh[k_0(\zeta+h)]}{\cosh k_0h}\times\{ik_0(\xi\sin\theta-\eta\cos\theta)\}\times e^{-ik_0(\xi\cos\theta+\eta\sin\theta)}dS \qquad (14)$$

$$H^*(\theta) = \int\int_{S_H}\sigma^*\frac{\cosh[k_0(\zeta+h)]}{\cosh k_0h}\times e^{ik_0(\xi\cos\theta+\eta\sin\theta)}dS \qquad (15)$$

$$K = k_0\tanh k_0h \qquad (16)$$

$$D = \frac{2k_0h+\sinh 2k_0h}{1+\cosh 2k_0h} \qquad (17)$$

와 같이 정의되며 D 는 수심 파라메타로서, $h\to\infty$ 일때 $D\to 1$ 이 된다. 즉, 무한수심일 경우에 $D=1$ 이 된다. 또한, $H(\theta)$ 는 *Kochin* 함수를 나타내며 다음과 같다.

$$H(\theta) = \int\int_{S_H}\sigma\frac{\cosh[k_0(\zeta+h)]}{\cosh k_0h}\times e^{-ik_0(\xi\cos\theta+\eta\sin\theta)}dS \qquad (18)$$

또한, 다수의 지지부체군에 대한 파의 위상만 고려한(상호간섭을 고려하지 않은 경우) 정상표류력 및 표류모멘트를 구할 경우에는 다음의 식을 이용한다.

$$\sigma_j = \sigma_{Dj}^D + \sum_{i=1}^{6} -i\omega\eta_{ij}\sigma_{ij}^R \qquad (19)$$

여기서, σ_{Dj}^D 는 단독의 지지부체 j 의 파의 위상만을 고려하여 구한 diffraction 포텐셜이고, σ_{ij}^R

는 단독의 지지부체 j 의 radiation 포텐셜이고, η_b 는 파의 위상만을 고려하여 구한 취부절점 j 의 복소변위진폭이다. 이와 같이 구해진 σ_j $(j=1\sim N)$ 를 모든 부체에 그대로 분포시켜 σ 를 구한 뒤 표류력 산정에 이용한다.

3.수치계산 결과 및 고찰

본 해석법의 유효성을 검토하기 위해 Kagemoto [6] 의 계산치 및 Fig.2 (a) 의 footing을 갖는 축대칭 지지부체에 의해 지지된 부유구조물을 1:30의 scale로 실험한 실험치를 본 계산결과와 비교검토 하기로 한다. 이 모델의 지지부체는 footing을 갖는 축대칭형 지지부체가 Fig.3 과 같이 3행 11열의 33개로 배치된 것이다. 실험은 $L=16.4m$, $\beta=90^o$ 인 경우에 대해 실험모델의 자유동요를 허용하면서 counterweight법에 의해 표류력의 측정이 행해졌으나, 상부구조에 대한 자료의 입수가 불가능하므로 Table 1 과 같이 가정하고 종탄성 계수 $E=2.1\times10^9$, 4.2×10^9, 2.1×10^{10}, $2.1\times10^{11}\ kgf/m^2$ 의 4종류에 대해 수치계산을 수행했다. 이와 같이 한것은 종탄성계수를 2배, 10배 100배로 증가시키면 굽힘강성 및 비틀림강성도 동일한 비율로 증가하므로 실험모델의 상부구조 특성파악과 동시에 표류력의 탄성응답에 대한 영향을 평가할 수 있기 때문이다.

단독부체의 diffraction 특성을 구하기 위해 Fig.2 (b) 와 같이 부체의 침수표면을 200개로 근사시켜 구했다. 수심은 54m 이고, 식(2)의 무한급수의 항수는 진동항을 5개(n=2)로 하고 단조감소항은 무시했다. Fig.4~Fig.13에서 가로축의 K_oD 는 파수 K_o와 침수표면에서의 부체직경 D 로 무차원화한 평면입사파의 각주파수를 나타내며, 세로축은 Y 방향 (Fig.4~Fig.8), X 방향의 표류력 성분(Fig.9~Fig.13)을 나타내고 있다.

Fig.4,5,6,7은 종탄성 계수가 각각 2.1×10^9, 4.2×10^9, 2.1×10^{10}, $2.1\times10^{11}\ kgf/m^2$ 이고, 파입사각 90^o, 부체중심간의 거리 16.4m 인 경우의 Y 방향의 표류력 계수의 계산결과와 실험결과를 나타내고 있다. 흑점은 Kagemoto 의 실험결과이며 점선은 실험모델의 응답을 무시하고 diffraction문제로 가정하여 파의 상호간섭을 고려한 Kagemoto 의 계산치이다. Kagemoto 는 단독의 부체의 diffraction 특성을 축대칭 유한요소법으로 구하고 상호간섭 이론에서 급수항을 본 계산과 동일하게 고려했다. 실선은 상호간섭을 고려하여 지지부체 위의 상부구조의 응답을 포함하여 구한 표류력의 본 계산결과이고, 일점쇄선은 파의 위상만을 고려하여 즉, 상호간섭을 무시하고 상부구조의 응답을 포함하여 표류력을 구한 본 계산결과이다. 이점쇄선은 前報의 결과로서 부유구조물의 탄성응답을 무시하고 diffraction 문제로 가정하여 파의 상호간섭을 고려한 본 계산결과이며 상부구조물이 없이 자유부체만에 의한 표류력을 나타내고 있고, 장쇄선은 동일하게 diffraction 문제로 가정하여 파의 위상만을 고려하여 구한 본 계산결과이다. Fig.7 을 보면 이점쇄선의 diffraction 문제로 가정하여 표류력을 구한 결과(前報의 결과)보다 실선의 실험모델의 응답을 고려하여 표류력을 구한 결과가 더욱 실험치에 근접하고 있음을 볼 수 있다. 이것은 파가 90 로 입사하는 경우 상부구조의 탄성운동은 거의 일어나지 않고 Y방향의 Sway, Roll의 강체운동이 표류력에 영향을 주기 때문이다. 이와같은 결과에 의해 본 해석법이 유효하다는 것을 알 수 있다. Fig.8 은 상호간섭을 고려하고 상부구조의 응답을 포함하여 표류력을 구한 결과이고, 강성의 증가에 따른 표류력의 변화를 나타내고 있다. Fig.7,8 을 보면 종탄성 계수가 $2.1\times10^{11}\ kgf/m^2$ 일 때, 상부구조의 탄성응답의 영향은 거의 나타나지 않고 강체운동만의 영향이 나타나고 있는 것을 알 수 있다. $E=2.1\times10^{11}\ kgf/m^2$ 일 때의 계산치가 실험치와 잘 일치하고 있는 것을 보면 실험모델의 상부구조가 강체모델로 제작된 것을 알 수 있다. 파입사각이 90^o 인 경우, 상호간섭을 고려하지 않는 경우에는 과대하게 평가됨을 알 수 있고, 탄성응답의 영향이 고주파수 영역에서 나타나고 있음을 알 수 있다.

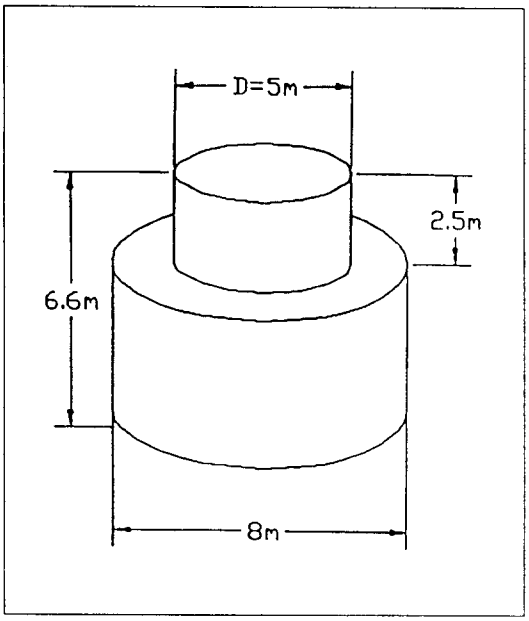

Fig.2(a) Sketch of a floating composite vertical cylinder

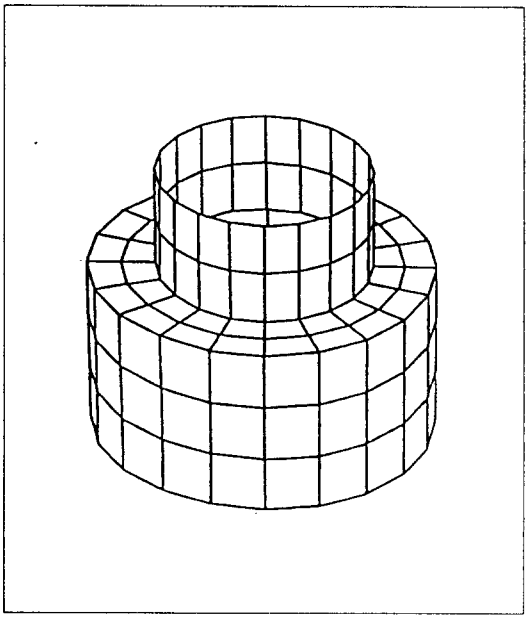

Fig.2(b) Submerged surface of a floating composite vertical cylinder represented by 200 panels

Fig.9,10,11,12는 종탄성계수가 각각 2.1×10^9, 4.2×10^9, 2.1×10^{10}, 2.1×10^{11} kgf/m^2 이고, 파입사각 0°, 부체중심간의 거리 16.4m 인 경우의 X 방향의 표류력 계수의 계산결과를 나타내고 있다. Fig.9 의 경우 상부구조가 상당히 유연한 상태이므로 상부구조의 탄성응답이 표류력에 미치는 영향이 상당히 큰 것을 알 수 있다. 그러나 Fig.12 의 강체모델인 경우에는 상부구조의 탄성운동이나 X 방향의 Surge, Pitch의 강체운동이 작아 그 영향이 거의 나타나지 않고 있다. Fig.13 에서 상부구조의 강성의 변화가 표류력의 변화에 큰 영향을 미치므로 탄성응답을 고려한 표류력의 계산이 필요하다는 것을 나타내고 있다.

4. 결 론

본 연구에서 취급한 계산모델 및 계산조건하에서 얻어진 주요한 결론은 다음과 같다.

1) 상호간섭이론과 유한요소법을 이용하여 대형 구조물의 다수의 임의형상 지지부체간의 유체역학적 상호간섭 및 탄성응답을 고려한 대형 부유식 해양구조물의 표류력 해석법을 개발하였다.

2) 다수의 축대칭 지지부체에 의해 지지된 부유구조물에 대한 기존의 실험치 및 계산치와 본 방법에 의한 계산치를 서로 비교·검토함으로써 본 방법의 타당성을 검정하였다.

3) 대형 부유식 해양구조물의 경우 상부구조의 탄성응답이 표류력에 큰 영향을 미치므로 표류력을 계산할 경우 탄성응답을 고려 할 필요가 있다.

후 기

본 연구는 과학기술처의 출연(연)연구사업"대형 해양구조물의 거동해석 기법 개발"의 연구결과의 일부입니다.

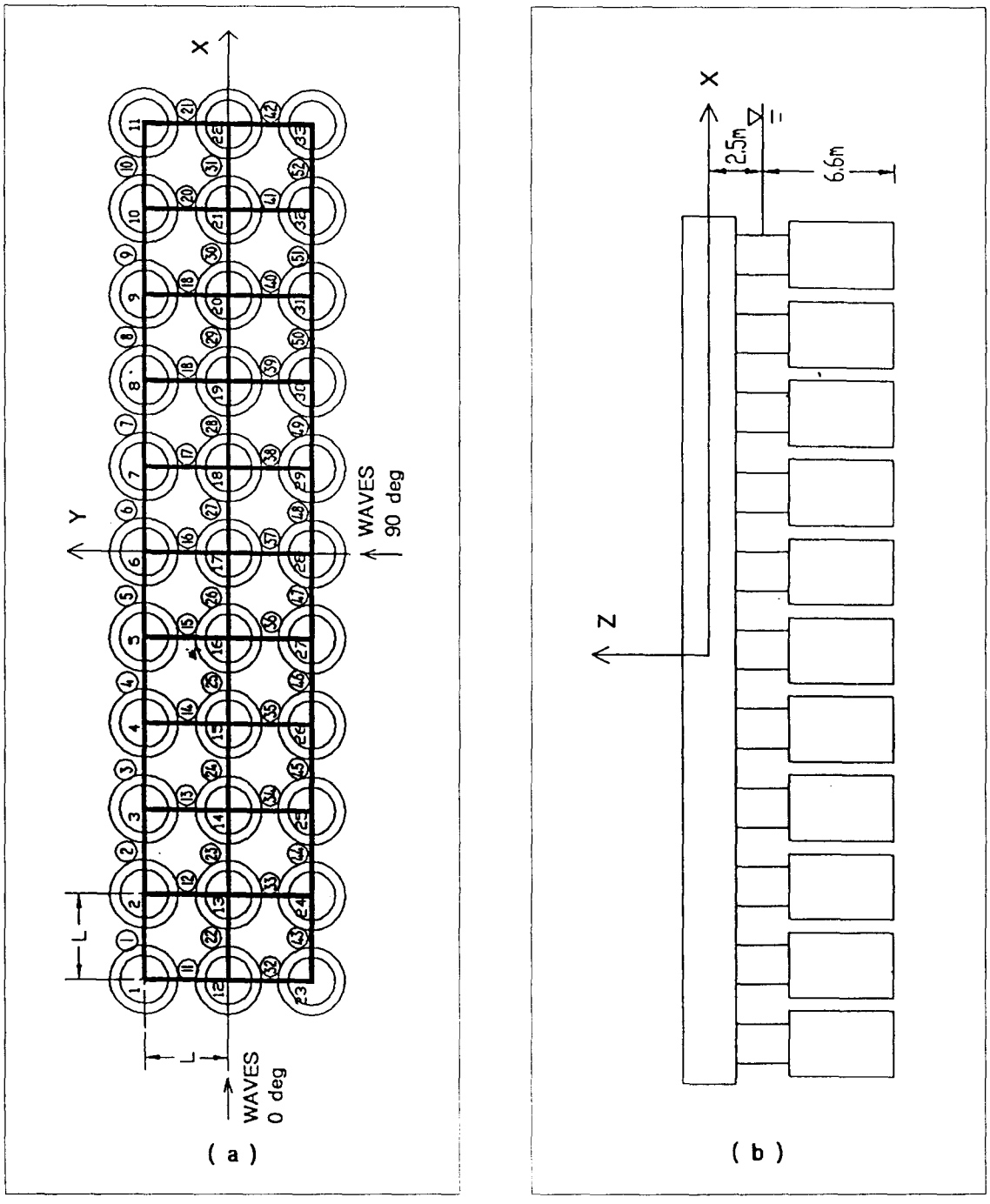

Fig.3 Sketch of an array of 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders and beam elements

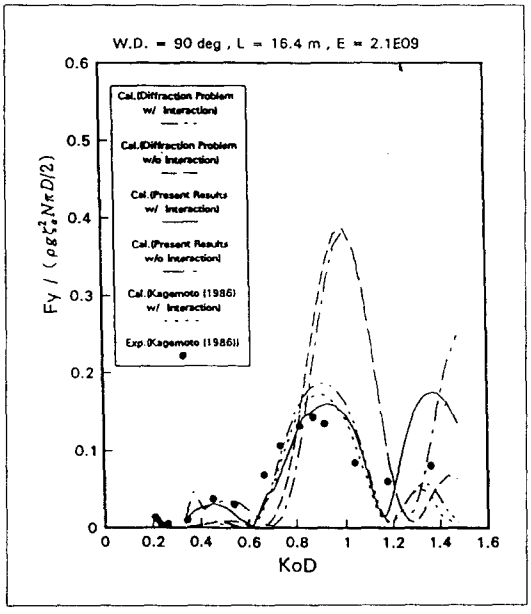

Fig.4 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 90^o$. $L = 16.4\ m$. $E = 2.1\times10^9 kgf/m^2$)

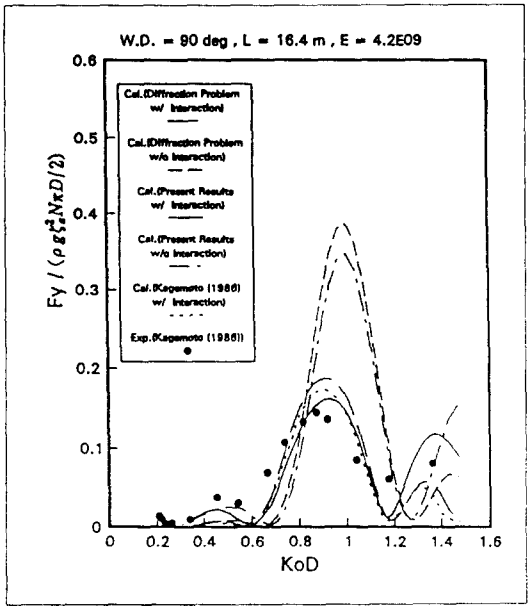

Fig.5 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 90^o$. $L = 16.4\ m$. $E = 4.2\times10^9 kgf/m^2$)

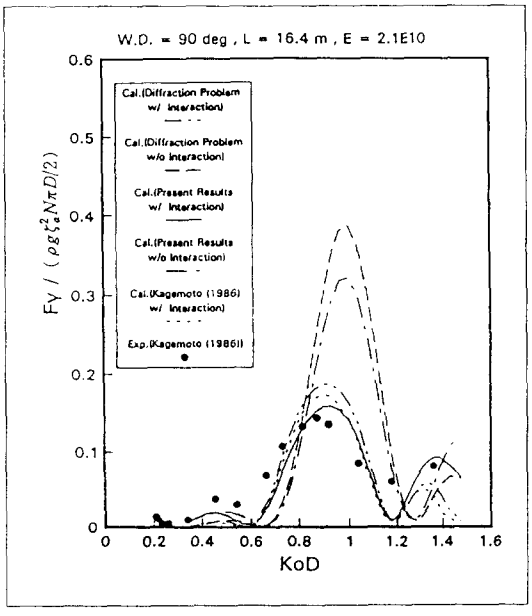

Fig.6 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 90^o$. $L = 16.4\ m$. $E = 2.1\times10^{10} kgf/m^2$)

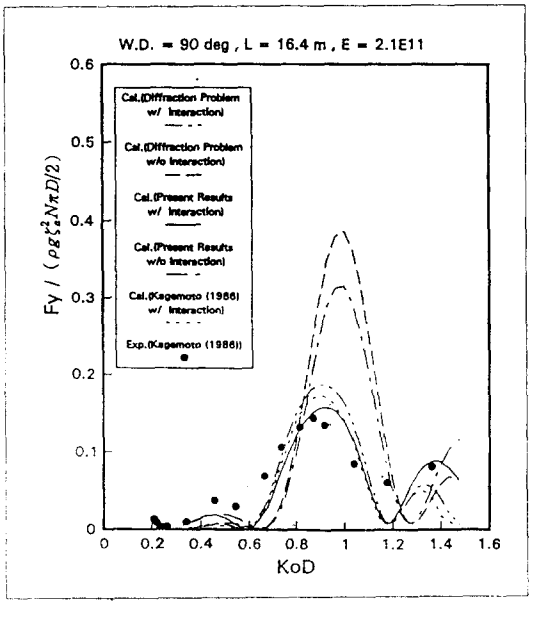

Fig.7 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 90^o$. $L = 16.4\ m$. $E = 2.1\times10^{11} kgf/m^2$)

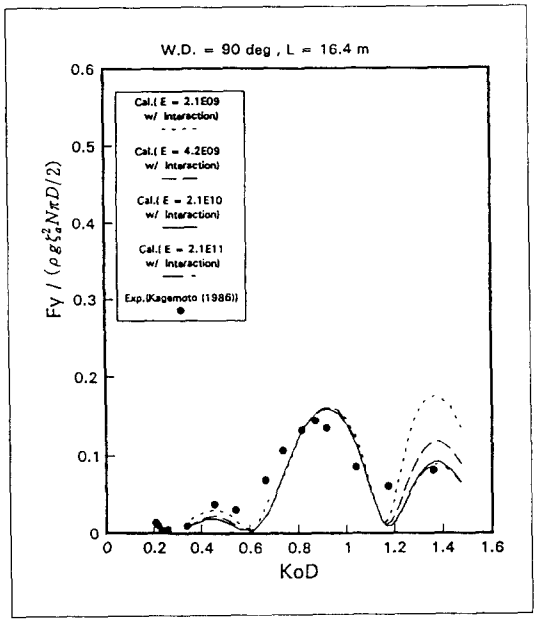

Fig.8 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 90^{o}$. $L = 16.4\ m$)

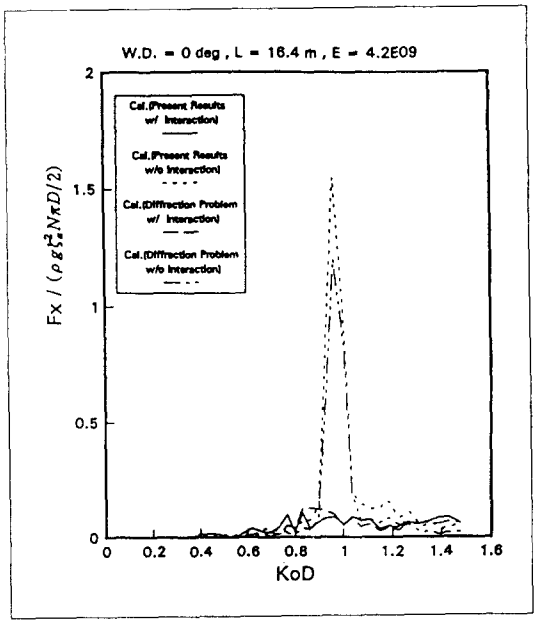

Fig.10 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 0^{o}$. $L = 16.4\ m$. $E = 4.2\times10^{9}\ kgf/m^{2}$)

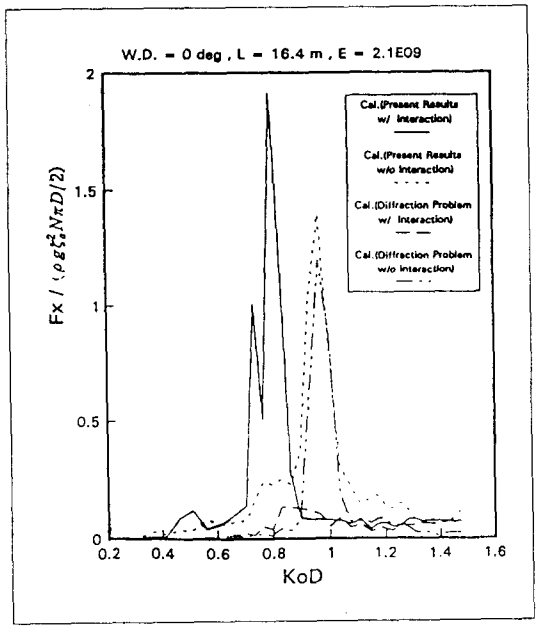

Fig.9 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 0^{o}$. $L = 16.4\ m$. $E = 2.1\times10^{9}\ kgf/m^{2}$)

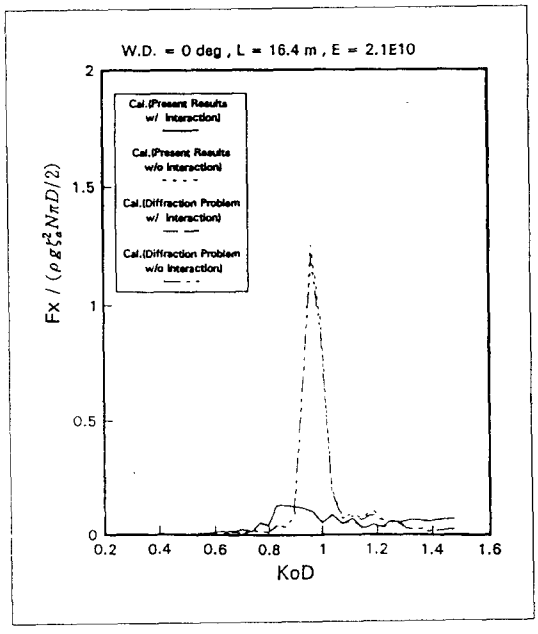

Fig.11 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 0^{o}$. $L = 16.4\ m$. $E = 2.1\times10^{10}\ kgf/m^{2}$)

Table 1 Properties of the super-structure and beam elements

TOTAL LENGTH OF THE SUPER-STRUCTURE	$L_t = 164\,m$
LENGTH OF BEAM ELEMENTS	$L = 16.4m$
CROSS-SECTIONAL AREA OF BEAM ELEMENTS	$A = 1m^2$
POSSION'S RATIO	$\mu = 0.3$
MODULUS OF ELASTICITY OF BEAM ELEMENTS	$E = 2.1\times10^9\ Kgf/m^2$ $E = 4.2\times10^9\ Kgf/m^2$ $E = 2.1\times10^{10}\ Kgf/m^2$ $E = 2.1\times10^{11}\ Kgf/m^2$
MATERIAL DENSITY OF BEAM ELEMENTS	$\rho = 999.1131\ Kgf\cdot s^2/m^4$
STRUCTURAL DAMPING COEFFICIENT OF THE SUPER-STRUCTURE :	$[C] = a[M] + b[K]$ $a = 0.0\ ,\ b = 0.01$
TORSIONAL CONSTANT OF THE AREA A	$J = 0.1406\,m^4$
MOMENT OF INERTIA OF THE AREA A WITH RESPECT TO THE y AXIS	$I_y = 0.08333\,m^4$
MOMENT OF INERTIA OF THE AREA A WITH RESPECT TO THE z AXIS	$I_z = 0.08333\,m^4$

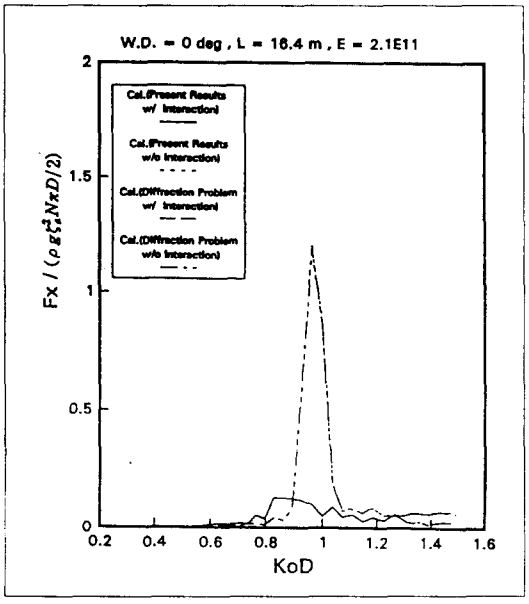

Fig.12 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 0^\circ$. $L = 16.4\ m$. $E = 2,1\times10^{11}\ kgf/m^2$)

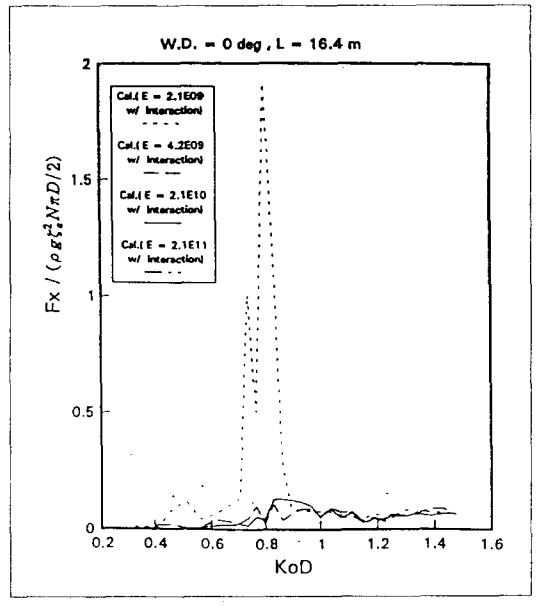

Fig.13 Mean drift forces on 33 (3 by 11) floating composite vertical cylinders ($\beta = 0^\circ$, $L = 16.4\ m$)

참 고 문 헌

[1] 寺井精英,"海洋情報都市", TBSブリタニカ, 1986

[2] 日本産業機械工業會,"浮體人工都市實現化の調査研究報告書", 1990

[3] 安藤定雄ほか,"浮體工法による海上空港建設に係わる評價のための技術調査研究",船舶技術研究所報告別冊, 第4號, 1983

[4] Baschieri,M. and Bellincioni,P.,"Prestressed Con-crete Floating Airport", Proceedings of the First International Workshop on Very Large Floating Structures, pp.421-436, 1991

[5] Pinkster,J.A., "Low Frequency Second Order Wave Exciting Forces on Floating Structures", Publi-cation No.650 Netherlands Ship Model Basin, 1980

[6] Kagemoto,H. and Yue,D.K.P., "Interactions among Multiple Three-Dimensional Bodies in Water Waves, An Exact Algebraic Method", Journal of Fluid Mechanics, Vol.166, pp.189-209, 1986

[7] Takaki,M and Yoshihiko,T,"Wave Drifting Forces on Multiple Connected Floating Structures", Hydro-elasticity in Marine Techonology, pp.403-415, 1994

[8] 조효제, 구자삼, 홍사영, 이창호, "다수의 부체로 지지된 초대형 해양구조물에 작용하는 정상표류력 (I)", 大韓造船學會論文集 第32卷 第4號, 1995

[9] 구자삼, 조효제, 이창호, "대형구조물 표류력해석", 한국기계연구원 위탁연구보고서, 1995

[10] 其茲 弘, 吉田宏一郎, "多數の三次元任意形狀物體間の相互干涉", 日本造船學會論文集,第16號, pp.193-202, 1989

[11] Zienkiewicz,O.C.,"The Finite Element Method", Third Edition, McGraw-Hill, pp.200-201, 1977

[12] 鷲津久一郎, 他: 有限要素法ハンドブック II 應用編, 倍風館, pp.100-217, 1993

[13] Hughes,O.F:Ship structural design, pp.212-217, 1983

[14] Brebbia, C.A. and Ferrante,A.J. " Computational methods for the solution of engineering probl-ems", Pentech Press,1978, pp.100-217.