

## 터렛계류된 FPSO의 비선형 운동 해석

임춘규†\*, 이호영\*\*

현대미포조선(주) 생산기획부\*, 목포대학교 선박해양공학과\*\*

### Nonlinear Motion Analysis of FPSO with Turret Mooring System

Choon-Gyu Lim\* and Ho-Young Lee\*\*

DEPT' OF PRODUCTION PLANNING, HYUNDAI MIPO DOCKYARD CO.,LTD\*  
MAJOR IN NAVAL ARCHITECTURE & MARINE ENGINEERING, MOKPO NATIONAL UNIVERSITY\*\*

#### Abstract

The FPSO is moored by mooring lines to keep the position of it. The nonlinear motion analysis of the moored FPSO must be carried out in the initial design stage because sea environments affect motion of it. In this paper, the mathematical model is based on the slow motion maneuvering equations in the horizontal plane considering wave, current and wind forces.

The direct integration method is employed to estimate wave loads. The current forces are calculated by using mathematical model of MMG. The turret mooring forces are quasi-statically evaluated by using the catenary equation.

The coefficients of a model for wind forces are calculated from Isherwood's experimental data and the variation of wind speed is estimated by wind spectrum according to the guidelines of API-RP2A. The nonlinear motions of FPSO are simulated under external forces due to wave, current, wind including mooring forces in time domain.

※Keywords : FPSO(부유식 석유시추 저장 하역선), Turret Mooring System(터렛계류시스템), Slow Motion Maneuvering Equation(저속 조종 운동 방정식), Nonlinear Motion(비선형운동)

#### 1. 서론

석유자원의 고갈로 인해 해상 유전의 경제성이

높아짐에 따라 최근에 Drillship, Spar, FPSO 와 같은 특수한 구조물의 건조량이 늘어났다. 부유식 구조물은 기존의 고정식 구조물과는 달리 유전을 찾아 이동 가능하며, 특히 FPSO 의 경우 시추, 저장 및 정제 기능도 있다. 해상에서 파도, 조류, 바람 등의 환경 외력이 부유식 구조물의 운동에 중요한 영향을 미치므로 파도, 조류, 바람이 존재하

접수일: 2002년 12월 16일, 승인일: 2003년 1월 7일

†주저자, E-mail : [sidon@hmd.co.kr](mailto:sidon@hmd.co.kr)

Tel : 052-250-3428

는 해상에서 계류시스템이 장착된 구조물에 대한 운동해석은 필수적이다.

지금까지 각종 환경외력을 고려하여 계류된 선박에 대한 운동해석은 국내외에서 많은 연구가 수행되었다. Sphair 등(1998)은 조종모형을 근간으로 FPSO의 운동에 대한 파도와 조류의 영향을 해석하였고, Lee/Choi(2000)는 OCIMF에서 추천한 방법의 조류력 및 풍력계수를 사용하여 FPSO와 서플탱커의 운동을 해석하였다. Kim(1999)은 Abkowitz 조종 방정식을 이용하여 다점계류된 선박의 안정성 평가에 대한 기억효과 영향을 해석하였다.

본 논문에서는 저속 조종 운동 수학적 모델을 사용하여 파도, 조류, 바람을 고려하여 터렛계류된 FPSO의 비선형 운동을 해석하였다.

3 차원 패널법을 사용하여 동유체력 계수를 계산하였고, Pinkster(1980)가 제안한 직접적분법으로 비선형 표류력을 계산하였다. 조류력은 일본 MMG(Mathematical Modeling Group)의 수학적 모델을 적용하여 손경호(1992)가 제안한 저속 시선체에 작용하는 조종 유체력 미계수를 이용하여 계산하였다. 풍하중은 API-RP2A를 근거로 Bobillier 등(2000)이 모형실험을 수행한 스펙트럼을 이용하여 변동풍속을 계산하였고, Isherwood의 풍동 실험 결과를 이용하여 풍력계수를 구하였다. 계류시스템은 FPSO에 일반적으로 많이 사용되는 터렛계류방식을 채택하였다. 계류라인은 현수형 체인으로 해저면과의 지면효과를 고려한 준정적해석을 하였다. 천이운동을 해석하기 위해 부가질량과 조파감쇠계수의 푸리에 역변환을 통한 시간기억효과 함수를 계산하였다.

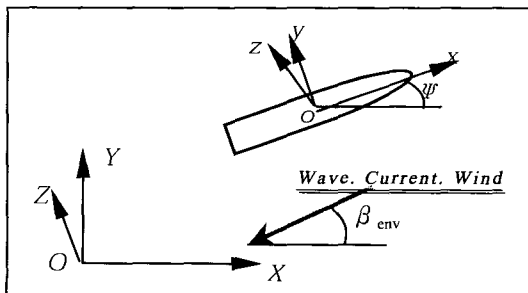


Fig. 1 Coordinate systems

$$\begin{pmatrix} \dot{X} \\ \dot{Y} \\ \dot{\Psi} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \Psi & -\sin \Psi & 0 \\ \sin \Psi & \cos \Psi & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} u \\ v \\ r \end{pmatrix} \quad (1)$$

물체고정 좌표계에서의 3 자유도 운동(Surge, way, Yaw)을 나타내기 위해 다음과 같은 운동방정식을 사용하였다.

$$\begin{aligned} m(\dot{u}-vr) &= F_{W1} + F_{W2} + X_H + W_X + F_{XM} - K_X \\ m(\dot{v}-ur) &= F_{W1} + F_{W2} + Y_H + W_Y + F_{YM} - K_Y \\ I_{ZZ}\dot{r} &= F_{W1} + F_{W2} + N_H + W_N + F_{NM} - K_N \end{aligned} \quad (2)$$

위 운동 방정식에서  $m, I_{ZZ}$ 는 부가질량을 포함한 질량과 관성모멘트이고  $\dot{u}, \dot{v}, \dot{r}$ 는 3 자유도 방향의 가속도 성분이고,  $u, v, r$ 은 속도성분이다.  $F_{W1}, F_{W2}$ 는 1, 2 차 파랑제력 성분이며,  $X_H, Y_H, N_H$ 는 조류력을 나타낸다.  $F_{XM}, F_{YM}, F_{NM}$ 는 계류력 성분이며,  $W_X, W_Y, W_N$ 은 풍력 성분이고,  $K_X, K_Y, K_N$ 은 시간기억효과 함수이다.

3 차원 패널법을 이용하여 동유체력계수와 1 차 파랑제력을 계산하였고, 2 차 파랑제력은 2 차항 포텐셜에 기인하는 성분은 무시하고 1 차 항들의 조합으로 발생하는 비선형항만을 고려하여 직접적분법으로 계산하였다(Pinkster 1980).

$$\begin{aligned} F &= - \int_{wL} \frac{1}{2} \rho g \zeta_r^{(1)} n dl - \iint_{s_0} \left[ -\frac{1}{2} \rho \nabla \phi^{(1)} \bullet \nabla \phi^{(1)} \right. \\ &\quad \left. - \rho (x^{(1)} \bullet \nabla \phi_r^{(1)}) \right] n ds + \alpha^{(1)} \times (m \ddot{x}_0^{(1)}) \\ M &= - \int_{wL} \frac{1}{2} \rho g \zeta_r^{(1)} (x \times n) dl - \iint_{s_0} \left[ -\frac{1}{2} \rho \nabla \phi^{(1)} \bullet \nabla \phi^{(1)} \right. \\ &\quad \left. - \rho (x^{(1)} \bullet \nabla \phi_r^{(1)}) \right] (x \times n) ds + \alpha^{(1)} \times (I \ddot{\alpha}^{(1)}) \end{aligned} \quad (3)$$

where,  $x^{(1)} = x_0^{(1)} + \alpha^{(1)} \times r$

$\rho$  : Density of sea water

$\zeta_r$  : Relative wave elevation

$x_0^{(1)}, \alpha^{(1)}$  : First order motion vector

$\phi^{(1)}$  : First order velocity potential

해상에 계류된 선박에서는 차주파수( $\omega_f - \omega_k$ )성분의 표류력이 계류계와의 공진에 의해 대진폭 저주파수 운동을 초래하므로 차주파수 성분만을 고려하였고, 차주파수 성분의 표류력은 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{w2}(t) = \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^M \zeta_j \zeta_k \{ P_{jk} \cos[(\omega_j - \omega_k)t + (\varepsilon_j - \varepsilon_k)] + Q_{jk} \sin[(\omega_j - \omega_k)t + (\varepsilon_j - \varepsilon_k)] \} \quad (4)$$

식(4)의  $\zeta_j, \zeta_k$ 는 입사파 진폭이며,  $P_{jk}, Q_{jk}$ 는 2차항 전달함수의 실수부와 허수부이다.  $\varepsilon_j, \varepsilon_k$ 는 위상차를 나타낸다.

해상에 계류된 선박은 조류에 의해서도 구조물의 표류운동이 발생하게 되므로 조류에 의한 힘 성분도 반드시 고려되어야 한다. 조류에 의한 힘 성분을 계산하기 위해서 일본 MMG 에서 제안한 조종운동방정식을 이용하였다. 조류의 속도는 일반 선박의 운항속도보다 작기 때문에 저속 모델링을 사용하여 조류에 대한 수평방향의 3 자유도 힘 성분을 표현하였다. 타와 추진기 등의 외력을 제외하고 조류에 의해 선체에 작용되는 유체력은 식(5)와 같다.

$$\begin{aligned} X_H &= -m_x \dot{u} + (m_y + X_{vr})vr + X(u) \\ Y_H &= -m_y \dot{v} - m_x ur + Y_H(v, r) \\ N_H &= -J_z \dot{r} + N_H(v, r) + Y_H(v, r)x_G \end{aligned} \quad (5)$$

식(5)에서  $m_x, m_y, J_z$ 는 부가질량이고,  $X(u), Y_H(v, r), N_H(v, r)$ 는 다음과 같이 표현된다(손경호 1992).

$$\begin{aligned} X(u) &= 0.5\rho L d U^2 (X_{uu} \cos^2 \beta) \\ Y_H(v, r) &= 0.5\rho L d U^2 [Y'_v v' + Y'_u u' r' + Y'_{vr} |v'| |v'| \\ &\quad + Y'_{vr} v' |r'| + Y'_{rr} u' r' |r'|] \\ N_H(v, r) &= 0.5\rho L^2 d U^2 [N'_v u' v' + N'_r r' \\ &\quad + N'_{rr} r' |r'| + N'_{vv} v'^2 r' + N'_{vr} u' v' r'^2] \end{aligned} \quad (6)$$

where,  $L$  : Length of ship  
 $B$  : Breadth of ship  
 $C_B$  : Block coefficient  
 $d$  : Draft  
 $U$  : Speed of current  
 $\rho$  : Density of sea water  
 $\beta$  : Drift angle

바람에 의한 환경하중을 계산하기 위하여 Isherwood의 추정식을 사용하여 풍력계수를 계산

하였고, 실제 해상 상태에 가까운 풍속을 모델링하기 위해 API-RP2A에서 추천한 바람 스펙트럼을 사용하였고 바람 스펙트럼은 다음과 같다 (Bobillier et al. 2000).

$$S_{wind}(f) = \frac{\sigma(z)^2}{f_p [1 + \frac{1.5f}{f_p}]^{5.3}}$$

$$\sigma(z) = U_{wind} \times 0.15 \left(\frac{z}{z_s}\right)^{-0.125} \quad (z \leq z_s) \quad (7)$$

$$\sigma(z) = U_{wind} \times 0.15 \left(\frac{z}{z_s}\right)^{-0.275} \quad (z > z_s)$$

식(7)의  $U_{wind}$ 는 평균풍속을 나타내며  $z$ 는 풍하중이 작용되는 수선면 상부의 중심이고  $z_s$ 는 풍하중이 작용하는 표면층의 높이를 의미한다.

바람의 변동풍속을 나타내면 식(8)과 같다.

$$U(t) = \sum_{i=1}^M v_i \cos(\omega_i t + \varepsilon_i) + U_{wind} \quad (8)$$

$$v_i = \sqrt{2S_{wind}(f_i)df_i}, i=1, \dots, M$$

변동풍속과 풍력계수를 이용하여 바람에 의한 외력을 표시하면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} W_x(t) &= 0.5\rho C_x(\psi)U(t)^2 A_T \\ W_y(t) &= 0.5\rho C_y(\psi)U(t)^2 A_L \\ W_N(t) &= 0.5\rho C_N(\psi)U(t)^2 A_L L \end{aligned} \quad (9)$$

where,  $\rho$  : Density of air  
 $C_x(\psi), C_y(\psi), C_N(\psi)$  : Coefficients of wind forces  
 $A_T$  : Projected area in transverse  
 $A_L$  : Projected area in longitudinal  
 $L$  : Length of ship

터렛계류시스템은 현수형 체인으로 준정적인 방법으로 FPSO의 운동효과를 직접적으로 고려하여 계류시스템의 인장력을 해석하였다.

Fig. 2와 Fig. 3에 수중에 설치된 계류라인의 형상을 도시하였다.

식(10)을 이용하여 각 계류라인의 수평방향 인장력( $T_H$ )을 계산할 수 있다(Kim 1999).

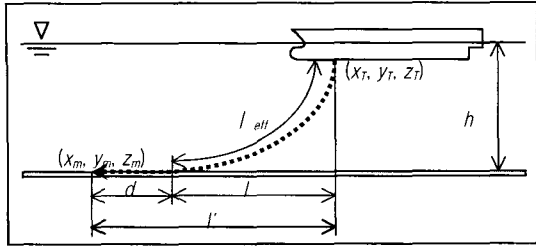


Fig. 2 Geometry of catenary line

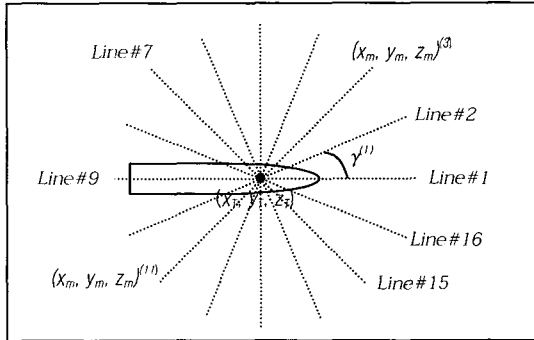


Fig. 3 Turret mooring layout

$$-\frac{T_H}{P} \sinh^{-1} \left[ \frac{P}{T_H} \sqrt{h(h + 2\frac{P}{T_H})} \right] = l_w - \sqrt{h(h + 2\frac{P}{T_H})} - l' \quad (10)$$

식(10)에서  $l_w = l_{eff} + d$  이며  $P$  는 계류라인 단위길이당 수중무게를 나타낸다.

수평방향의 3 자유도 방향의 인장력은 식(11)을 이용하여 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} F_{XM} &= \sum_{i=1}^N (T_H^{(i)} \cos \gamma^{(i)} \cos \psi + T_H^{(i)} \sin \gamma^{(i)} \sin \psi) \\ F_{YM} &= \sum_{i=1}^N (T_H^{(i)} \sin \gamma^{(i)} \cos \psi - T_H^{(i)} \cos \gamma^{(i)} \sin \psi) \quad (11) \\ F_{NM} &= \sum_{i=1}^N (x_p^{(i)} F_{YM} - y_p^{(i)} F_{XM}) \end{aligned}$$

where,  $\cos \gamma^{(i)} = (x_m^{(i)} - x_r^{(i)}) / l'$   
 $\sin \gamma^{(i)} = (y_m^{(i)} - y_r^{(i)}) / l'$

식(11)에서  $\gamma^{(i)}$  는  $i$  번째 현수형 계류라인과 지구 고정 좌표계  $X$  축의 반시계 방향 각도이며,  $x_p, y_p$

는 물체고정 좌표계에서의 FPSO 에 고정된 계류라인의 좌표이다. 환경외력에 의해 지구고정 좌표계에서 새로 변화된 계류라인의 좌표( $x_r, y_r$ )는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} x_r^{(i)} &= x + x_p^{(i)} \cos \psi - y_p^{(i)} \sin \psi \\ y_r^{(i)} &= y + y_p^{(i)} \sin \psi + x_p^{(i)} \cos \psi \end{aligned} \quad (12)$$

구조물의 비선형 운동을 표현하기 위해서는 시간영역에서의 해석이 필수적이다. 시간영역에서 유체력 계산법으로 주파수영역에서 계산된 동유체력을 푸리에(Fourier) 변환하여 기억효과함수를 계산한다.

$$K_{ij}(t) = \frac{2}{\pi} \int_0^\infty B_{ij}(\omega) \cos(\omega t) d\omega \quad (13)$$

where,  $B_{ij}(\omega)$  : Damping coefficients

주파수 무한대에서의 부가질량은 임의의 주파수( $\omega_0$ )를 이용하여 다음식으로 계산 가능하다.

$$A_{ij}(\infty) = A_{ij}(\omega_0) + \frac{1}{\omega_0} \int_0^\infty K_{ij}(t) \sin(\omega_0 t) dt \quad (14)$$

### 3. 계산 결과

계산에 사용된 구조물은 Esso Osaka 이며 기본 제원은 Table 1 과 같고, 수심은 500m 이다.

구조물은 Fig. 4 와 같이 총 574 개의 패널로 분할하였고, 3 차원 패널법을 사용하여 동유체력 계수를 계산하였다

터렛은 선체중앙부(Midship)로부터 선수방향으로 100m 지점에 위치한다. 계류라인은 길이가 1,300m 이고, 수평길이( $l'$ )는 1,120m 이며, 수중무게가 300kg/m 이다. 계류라인은 총 16 개로 구성되어지며, 각 계류라인의 사이 각도는 22.5°로 동일하다. 환경하중(파도, 조류, 바람)은 초기의 구조물 과도응답을 방지하고자 30 배의 평균 파주기 동안 직선적으로 증가하는 것으로 가정하였다. 시간영역에서 구조물의 운동을 나타내기 위해 Runge-Kutta 4 차 방법을 사용하여 시적분 하였

다(Faires/Burden 1993).

Table 2 는 풍력계수 계산을 위한 상부 구조물의 제원을 임의로 가정하여 나타낸 것이다.

Fig. 5 는 입사각이 0°일 때 Surge 방향의 시간 평균 표류력을  $0.5\rho g B^2/L$  로 무차원화하여 식(3)의 각 항 성분별로 나타낸 것이다. 시간평균 표류력은 식(3)의 첫번째 항 성분인 상대파고에 의한 성분이 가장 크게 나타난다.

Fig. 6 은 입사각이 0°일 때 Surge 방향의 저진동 표류력 중 2 차 전달함수의 각 성분별 합을 실수부와 허수부로 나타낸 것이다.

Fig. 7 은 천이운동 효과를 고려하기 위해 계산된 시간기억효과 함수를 나타낸 것이다. 약 30 초 이후에는 시간기억효과 영향이 거의 나타나지 않는다. 시간기억효과 함수를 계산하기 위해서는 모든 주파수에서 조파감쇠계수가 계산되어야 하나 현실적으로 모든 주파수에서 계산하는 것은 불가능하므로 고주파수 영역에서는 Spline 함수를 이용하여 조파감쇠계수를 계산하였다(Faires/Burden 1993).

Table 3 은 계산에 적용된 해상환경 상태를 나타낸 것이다. Table3 의 파도 성분은 유의파고와 평균파주기를 나타내며, ITTC 스펙트럼을 이용하

여 장파정 불규칙파를 표현하였다.

Fig. 8 은 스펙트럼을 이용하여 계산된 바람의 변동풍속을 나타낸 것이다. 식(7)의  $z$  는 35m 로 가정하였고  $z_s$  는 API-RP2A 에서 추천하는 20m

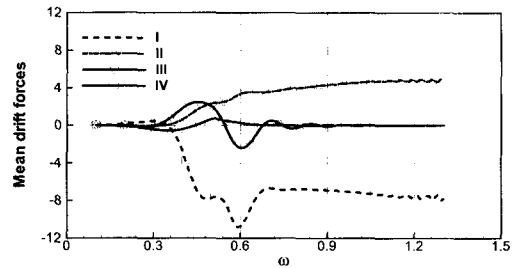


Fig. 5 Time mean drift forces

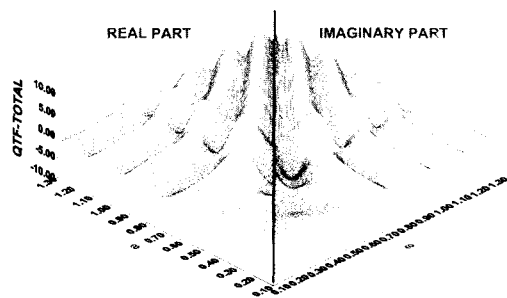


Fig. 6 Quadratic transfer function

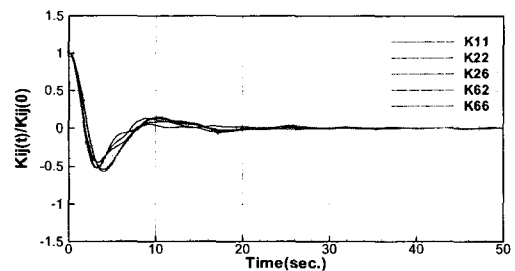


Fig. 7 Time memory function

Table 1 Main particulars of Esso Osaka

L(m)	B(m)	D(m)	$\nabla(m^3)$
325	53	21.8	306,520

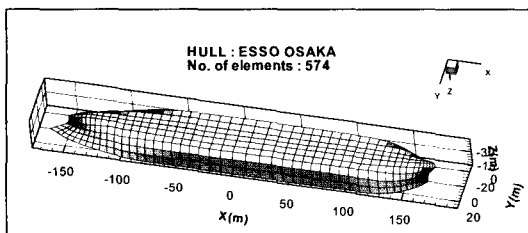


Fig. 4 Panel description of Esso Osaka

Table 2 Main particulars of upper structure

$A_L(m^2)$	$A_T(m^2)$	No. of Mast	Area of superstructure( $m^2$ )
4,300	1,250	5	1,050

Table 3 Environmental conditions

	Incident angle	Wave	Current	Wind
CASE I	0°	3.25m 9.7sec.	2.0m/s	15m/s
CASE II	20°	10m 15sec.	2.0m/s	20m/s

로 하여 식(8)을 이용하여 변동풍속을 계산하였다. 변동풍속은 평균풍속을 기준으로 변화하는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 9는 해상상태가 CASE I인 경우 각 환경외력에 대해 구조물의 응답을 비교하기 위해 나타낸 것이다. 파도, 조류, 바람이 입사하는 방향으로 구조물이 밀리며, 계류계와 비선형 표류력에 의한 장주기 운동과 선형파랑하중에 의한 단주기 운동이 함께 나타나고 있다. 파도만 고려한 경우보다 조류와 바람을 고려하였을 경우 환경하중이 입사하는 방향으로 구조물의 운동이 크게 나타난다.

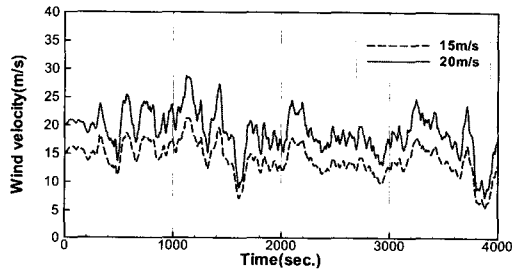


Fig. 8 Fluctuating wind velocity

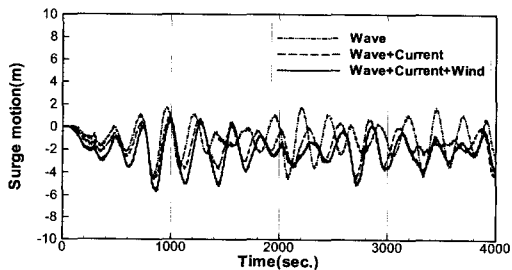


Fig. 9 Comparison of surge motion

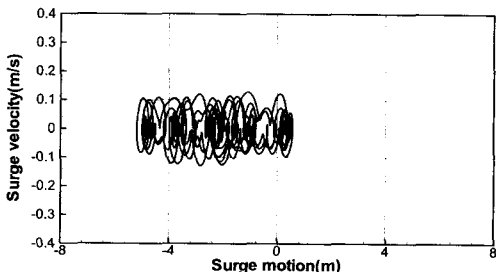


Fig. 10 Phase diagram of surge motion

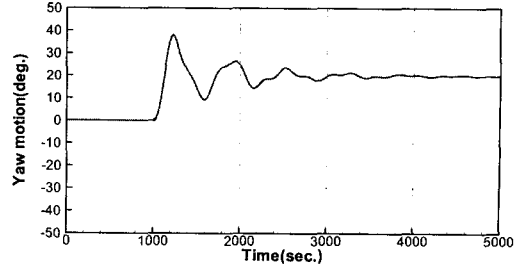


Fig. 11 Simulation of yaw motion

Fig.10은 CASE I인 경우에 1,000 초부터 2,000 초까지 구조물의 Surge 방향의 운동과 속도를 나타낸 것이다. 구조물은 환경외력이 입사하는 방향으로 약  $\pm 1.5m/s$ 의 속도로 약 6m 내의 운동을 한다.

Fig. 11은 CASE II인 경우에 대해 1,000 초까지는 환경외력이  $0^\circ$ 로 입사하고 1,000 초 이후에  $20^\circ$ 로 입사할 때 Yaw 방향의 구조물의 운동을 나타낸 것이다.

1,000 초까지 선수각은 환경외력의 입사방향인  $0^\circ$ 를 유지하다가 1,000 초부터 선수각이 변하기 시작하여 약 3,000 초 이후에 환경외력의 방향과 동일한 방향( $20^\circ$ )으로 선수각을 유지하는 것을 확인할 수 있다.

Fig. 12는 CASE II일 때 구조물 전체의 운동을 나타낸 것이다. 구조물은 선체 중앙부로부터 100m 떨어진 터렛을 중심으로 환경하중의 입사 방향으로 선수각을 향하는 Weathervaning 현상을 확인할 수 있다.

Fig. 13은 CASE II일 때 계류력을 나타낸 것이다. 2번째 계류라인의 방향이  $22.5^\circ$ 로 환경외력의 입사방향과 가장 근접하므로 계류력의 크기도 가장 크게 나타나고, 약 3,000 초 이후는 구조물이 환경외력의 방향과 같은 방향으로 선수각을 유지하므로 계류력의 크기도 2,000 초 이전보다 작게 나타남을 확인할 수 있다.

Fig. 14는 CASE II일 때 각 환경외력에 대해 터렛부분의 운동을 비교하기 위해 나타낸 것이다. 파도만 고려한 경우보다 조류와 바람을 고려한 경우 터렛부분의 운동이 더욱 커진다. 환경외력이 선수부와 다른 입사각을 가지며 입사할 때 구조물

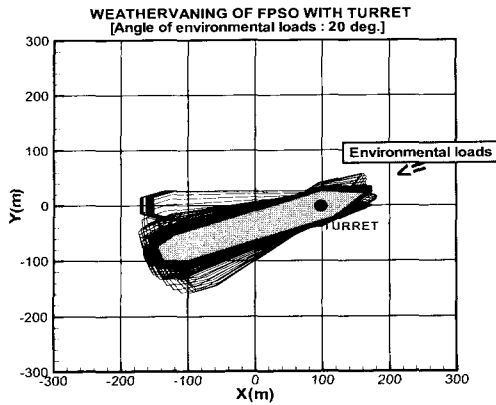


Fig. 12 Simulation of weathervaning

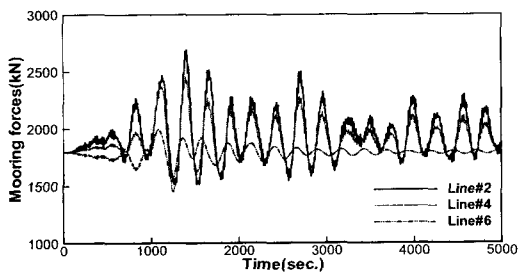


Fig. 13 Simulation of mooring forces

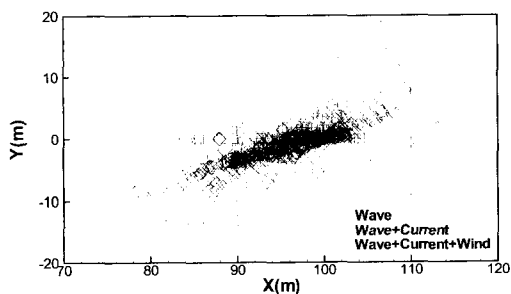


Fig. 14 Motion of turret

의 운동에 조류와 바람의 영향도 크게 작용함을 확인할 수 있다.

#### 4. 결론

터렛계류된 FPSO의 비선형 운동특성을 해석하기 위해 파도, 조류, 바람에 의한 환경하중과 계류

력을 고려하여 시간영역에서 구조물의 운동을 시뮬레이션 하였다.

파랑하중은 직접적분법을 사용하여 차주파수 표류력을 계산하였으며, 조류력을 표현하기 위해 저속 조종운동방정식을 사용하여 선체에 작용되는 조류력을 계산하였고, 바람에 의한 하중은 스펙트럼을 적용하여 변동풍속에 대하여 계산하였다.

계산결과 각종 환경하중 하에 FPSO의 장주기 및 단주기 운동을 수치모사 하였고 환경하중을 최소화하려는 Weathervaning 현상을 확인하였다. 환경하중이 선수부와 다른 입사각을 가지며 구조물로 입사할 때 구조물의 비선형 운동은 파도에 의한 외력 외에도 조류와 바람에 의한 영향도 크게 작용되는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 부유식 해양 구조물 및 계류라인의 초기설계에 유용하게 사용될 수 있을 것이라 사료되며 추후 계류감쇠 및 표류감쇠 등을 고려하여 좀더 실제에 가까운 환경외력을 모델링해야 할 것이다.

#### 참 고 문 헌

- 손경호, 1992, "저속시 선체에 작용하는 조종유체력 및 조종성능에 관한 연구", 대한조선학회지, 제 29권 제 3호.
- Kim, B. K. 1999 "Memory Effect on the Stability of Moored Ships," 제 38 차 KTTC Workshop 논문집.
- Pinkster, J. A. 1980 "Low Frequency Second Order Wave Exciting Forces on Floating Structures," Publication No. 650, Netherlands Ship Model Basin.
- Faires, J. D. and Burden, R. L. 1993 "Numerical Methods," PWS Publishing, pp69-83. pp150-166.
- Lee, D. H. and Choi, H. S. 2000 "A Dynamic Analysis FPSO-Shuttle Tanker System," Proc. of ISOPE Conf., Vol. 1, pp302-308.
- Sphaier, S. H., Fernandes, A. C. and Pontes, L. G. S. 2000 "Waves and Current Influence in the FPSO Dynamics," Proc. of ISOPE Conf.,

Vol. 1, pp278-283.

- Bobillier, B., Chakrabarti, S. and Christiansen, P. 2000 "Generation and Analysis of Wind Load on a Floating Offshore Structure," Proc. of OMAE Conf., pp1-7.



< 임 춘 규 >



< 이 호 영 >