

◎ 論 文

손상 상태에서의 반잠수식 해양구조물의 운동 응답 및 표류력에 관한 연구⁺

박노식* · 김성근** · 김종현***
(1988년 10월 18일 접수)

A Study on the Motion Responses and the Drift Forces of Semi-Submersible Drilling Rigs in the Damaged Condition

R. S. Park, S. C. Kim and J. H. Kim

Key Words : Drilling Rigs (시추선), Radiation Potential (방사포텐셜), Wave Exciting
Force (파랑 강제력), Motion Response (운동응답), Drift Force (표류력)

Abstract

For the purposes of drilling oil field and extracting oil deep water in more rough weather, the size of drilling rigs has been much increased.

In the case of semi-submersible drilling rigs, which are operating under environmental loads such as those due to wave, wind and current etc., the motion responses and drift forces of the drilling rigs must be estimated.

In this paper, the three dimensional source distribution method is used and we assume 10 deg. heeling and trimming condition of the drilling rig (SR-192). Also, the effects of the hydrodynamic forces which include the drift forces for field method, and the motion responses are studied with changing the incident wave direction in the assumed inclining condition. The theory and numerical codes used in this thesis appeared to be very useful for the preliminary design of drilling rigs.

1. 序 論

波浪중에 있어서 반잠수식 해양구조물의 동요 성능에 대한 연구는 설치 구역 및 가동 조건에 따라 여러가지 연구^{1)~5)}가 발표 되었다.

이와 같은 해양 구조물은 배수 용적에 비하여

수선 면적이 작기 때문에, 동적 복원력이 작고波浪중 안정성에 관한 여러가지 문제가 제기되고 있다. Numata⁶⁾, Martine⁷⁾등은 파랑중 안정성을 검토하기 위하여는 동요시의 정상 流體力을 알 필요가 있다고 하였다. 또한 Takarada¹²⁾는 자유 부유 상태에서 그다지 문제가 되지 않는 波浪漂

+ 1988년도 한국해양공학회 춘계학술대회 발표(1988년 6월)

* 정회원, 울산대학교 공과대학 조선 및 해양공학과

** 정회원, 울산대학교 대학원 조선 및 해양공학과

*** 정회원, (주)현대 상선 영업부(연구당시 : 울산대학교 대학원 재학)

流力이 계류상태에서는 전도 moment가 발생하는 원인이 된다고 지적하였으며 계류상태에서의 복원성을 검토할 것을 제안하고 있다.

이와 같이 반잠수식 해양 구조물에 있어서 안정성을 높이기 위한 많은 연구가 행해지고 있다.

본 연구에서는 반잠수식 해양 구조물의 안정성 연구를 위한 기초적 자료를 얻기 위하여 초기 손상 상태를 가정하여 구조물이 경사하였을 경우 유체 역학적 특성 및 운동학적 특성을 연구하였다.

이들의 계산에 있어서는 3차원 특이점 분포법을 사용하여 even keel, 10도 trim, 10도 heel 상태에 대해 입사 방향에 따른 유체력, 동요 성능 및 표류력의 계산으로부터 경사 상태의 특성을 조사하였으며, 특히 경사된 뒷쪽에서 파가 들어오는 경우가 운동 진폭이 커지고 표류력에 관해서도 크게 영향을 미치고 있는 것을 확인하였다.

2. 理論의 正式化

2.1 3次元 特異點 分布法

3次元 特異點 分布法(three-dimensional source distribution method)은 Hess & Smith¹⁵⁾를 시작으로 Kim¹⁶⁾, Garrison¹⁷⁾등이 3次元 축대칭 물체에 대한 數計算을 한 것을 시작으로 Faltinsen²⁾, 杉浦³⁾, 野尻⁴⁾ 등의 많은 연구가들이 각종 부유체에 적용하여 그 유효성을 입증하였다.

여기서 이들이 이용한 이론 및 가정을 간략히 나타내하고자 한다.

2.1.1 座標系

좌표계는 Fig.1 에 표시한 것과 같이 X-Y 평

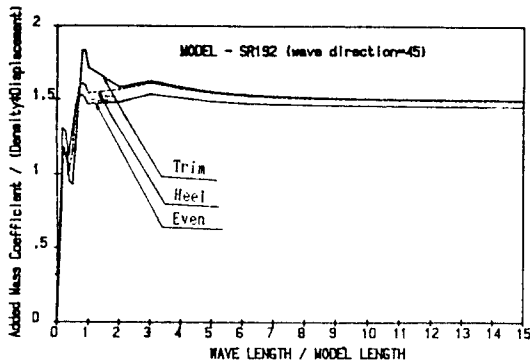


Fig. 1 Added mass for heave motion (even keel, heel, trim)

면을 정지 수면에 일치하도록 설정하고 연직상방을 Z축의 양의 방향으로 하는 직교 좌표계를 사용했으며 입사파는 X축에 대하여 α 의 각도를 갖고 부유체를 향하여 입사되고 있다고 생각한다.

2.1.2 境界條件 및 支配方程式

부유체가 비점성, 비압축성의 完全 流體중에서 전진속도 없이 원진동수 ω 로 정현 운동을 하고 있을때 부유체에 대한 유장을 나타내는 속도 potential $\Phi(x, y, z; t) = \text{Re}\{\phi(x, y, z)\sigma^{i\omega t}\}$ 로 표시되며, 이 속도 potential ϕ 는 다음의 方程式 및 경계조건을 만족하여야 한다.

1) Laplace equation

$$\nabla^2 \phi(x, y, z) = 0 \dots\dots\dots (1)$$

2) Linearized free surface boundary condition

$$\frac{\partial \phi}{\partial Z} - K\phi = 0 \quad \text{at } Z=0 \dots\dots\dots (2)$$

3) Hull boundary condition

$$\frac{\partial \phi}{\partial n} = f_n \quad \text{at } S(\text{hull surface}) \dots\dots\dots (3)$$

4) Bottom boundary condition

$$\frac{\partial \phi}{\partial Z} = 0 \quad \text{on } Z \rightarrow -\infty \dots\dots\dots (4)$$

5) Radiation condition

$$\lim_{R \rightarrow \infty} R \left(\frac{\partial \phi}{\partial R} + iK\phi \right) \rightarrow 0 \dots\dots\dots (5)$$

여기서 K 는 무한수심의 파수이며, $\frac{\partial}{\partial n}$ 은 법선 방향의 미분 연산자, $R = \sqrt{(x-x')^2 + (y-y')^2}$ 을 의미하며, f_n 은 물체표면에서 법선방향의 속도 성분을 뜻한다.

(2)~(5)식을 만족하는 Laplace 방정식(1)의 해를 Green 함수 $G(x, y, z; x', y', z')$ 라 놓으면 속도 potential $\phi(p)$ 는 다음과 같이 표시된다.

$$\phi(P) = \iint_S \sigma^q \cdot G(P \cdot Q) \cdot dS(Q) \dots\dots (6)$$

단, $P(x, y, z)$ 는 流體 중의 임의의 점이며, $Q(x', y', z')$ 는 물체 표면 S상에 source를 分布시킨 점이다. 또한 $\sigma(Q)$ 는 물체표면 S상에 분포시킨 source strength이다.

식(6)의 source strength $\sigma(q)$ 를 구하기 위하여 양변을 법선방향으로 미분하고 점 P 를 물체표면 S상의 점 Q 에 접근시키면 다음과 같은 관계식이 얻어진다.

$$-2\pi \sigma(P) + \iint_S \sigma^q \frac{\partial}{\partial n} G$$

$$(P \cdot Q) dS(Q) = f_n(P) \dots \dots \dots (7)$$

따라서 (7)식과 hull boundary condition (3)식으로 부터 $\sigma(Q)$ 를 얻을 수 있고 이것을 (6)식에 대입하면 속도 potential $\phi(P)$ 가 구해진다. 한편, Green 함수는 (2), (3), (4), (5) 및 (8)에 자세히 수록되어 있다.

2.1.3 流體力係數

부유체가 j mode의 운동을 하고 있을때 단위 진폭의 속도에 대한 potential을 φ_j ($j=1, 2, \dots, 6$)라 하면 i방향으로의 부가질량 계수 A_{ij} 와 조파감쇄 계수 B_{ij} 는 다음과 같이 나타내어 진다.

$$A_{ij} = -\rho \operatorname{Re} \left\{ \iint_s \varphi_j n_i ds \right\} \dots \dots \dots (8)$$

$$B_{ij} = -\rho \omega \operatorname{Im} \left\{ \iint_s \varphi_j n_i ds \right\} \dots \dots \dots (9)$$

2.1.4 波浪強制力

규칙파중에서 부유체가 고정되어 있을때의 diffraction potential을 ϕ_7 이라 하면 (3)식으로 부터 $\frac{\partial \phi_7}{\partial n} = -\frac{\partial \phi_0}{\partial n}$ on body surface $\dots \dots \dots (10)$ 가 되며 여기서 ϕ_0 는 입사파의 속도 potential로서 아래와 같이 표시된다.

$$\begin{aligned} \phi_0 e^{-i\omega t} &= -\frac{i\omega}{K} \xi_a e^{kz - ik(x \cos \alpha + y \sin \alpha) - i\omega t} \dots (11) \\ &= -\frac{i\omega}{K} \xi_a \varphi_0 e^{-i\omega t} \end{aligned}$$

단, $\varphi_0 = e^{kz - ik(x \cos \alpha + y \sin \alpha)}$
 여기서 ξ_a 는 파진폭, α 는 파의 입사각을 나타낸다.

본 논문에서는 波浪強制力을 구하기 위하여 radiation 문제와 diffraction 문제에 관한 Haskind-Newman의 관계를 이용하였으며 이를 아래와 간략히 기술한다.

Radiation potential φ_j 를 이용하면 단위진폭의 diffraction potential φ_7 은 Green의 정리를 이용한 후, 식(2), (5)를 고려하면 다음의 식이 얻어진다.

$$\iint_s (\varphi_7 \frac{\partial \varphi_j}{\partial n} - \varphi_j \frac{\partial \varphi_7}{\partial n}) ds = 0 \dots \dots \dots (12)$$

따라서 파랑 강제력 F_j 는

$$F_j = \rho g \xi_a \iint_s (\varphi_0 \frac{\partial \varphi_j}{\partial n} - \varphi_j \frac{\partial \varphi_0}{\partial n}) ds \dots (13)$$

로 나타내어지며, 이 식은 Haskind relation이라

불리운다.

따라서 波浪強制力은 radiation potential이 알려지면 본 관계식에 의하여 구할 수 있다.

한편, 3차원 Kochin 함수

$$\begin{aligned} H_j(K, \alpha) &= \iint_s (\varphi_0 \frac{\partial \varphi_j}{\partial n} - \varphi_j \frac{\partial \varphi_0}{\partial n}) ds \dots \dots (14) \\ &(j=1, 2, \dots, 6) \end{aligned}$$

를 도입하여 (13)식을 정리하면 다음과 같다.

$$F_j(\alpha) = \rho g \xi_a H_j(K, \alpha) \dots \dots \dots (15)$$

2.2 運動方程式

선형 이론에 의한 파랑중의 6자유도 운동 방정식은 다음과 같다.

$$(d_{ij})(Y_j) = (F_i(t)) \dots \dots \dots (16)$$

여기서

$$\begin{aligned} d_{ij} &= (M_i \delta_{ij} + A_{ij}) \frac{d^2}{dt^2} + B_{ij} \frac{d}{dt} + C_{ij} \\ M_i &= \begin{cases} M_i, (i=1, 2, 3) : \text{부유체의 질량} \\ J_{ij}, (i=4, 5, 6) : \text{부유체의 관성} \\ \text{moment} \end{cases} \\ \delta_{ij} &: \text{Kronecker delta} \end{aligned}$$

위 식(16)에서는 점성력이 고려되어 있지 않으므로 본 논문에서는 점성력을 고려하기 위하여 부유체와 유체입자의 상대 속도에 비례하는 힘으로 생각하는 Morison방법을 파입자의 속도에 비례하는 항과 부유체의 동요속도에 비례하는 항으로 분리한 다음과 같은 식(17)을 사용하였다.

$$\begin{aligned} F_{vj} &= \frac{4}{3\pi} \rho K_{vj} C_{dj} U_{vj} \dot{\xi}_j - \frac{4}{3\pi} \rho K_{vj} C_{dj} U_{vj} \dot{Y}_j \\ &= V_j - D_j \dots \dots \dots (17) \end{aligned}$$

여기서

- C_{dj} : 항력계수
- K_{vj} : 계류된 부유체의 형상에 의존하는 계수
- $U_{vj} = \sqrt{(\dot{\xi}_j - \dot{Y}_j)^2}$
: 부유체와 파입자의 상대진폭
- V_j : 점성에 의한 波浪強制力
- D_j : 점성 감쇄력

본 계산에서는 Y_{jn} 과 $Y_{j(n-1)}$ 의 허용오차를 아래와 같이

$$|(Y_{jn} - Y_{j(n-1)}) / Y_{jn}| < 0.001$$

로 하였는데 이는 iteration 과정을 10번 정도 내외에서 수렴될 수 있는 유효숫자로 생각된다.

2.3 漂流力

α 방향에서의 진폭 ξ_a 의 入射波에 의한 동요시 부유체에 작용하는 漂流力은 Newman¹⁰⁾, Maruo¹¹⁾등에 의하여 이론식의 정립 및 계산이 수행되었고 1977년 Kudo¹²⁾가 球에 대한 표류력에 관하여 계산치와 실험치를 비교하였다. 또한 Pinkster¹⁴⁾는 low frequency에서 second order wave exciting force에 대하여 NSMB에 발표하였다.

이후, 안정성을 검토하기 위하여 반잠수식 해양 구조물에 대한 표류력 연구가 활발해졌으며 계속적으로 연구가 수행되고 있다. 본 논문에서는 Maruo의 이론에 기초를 두어 정리하였으며 이를 간단히 정리한다.

cylindrical coordinate system (Fig. 참조)에서의 압력은 베르누이 방정식으로부터 다음과 같다.

$$\frac{P}{\rho} = -\Phi_t - gz - \frac{1}{2}\Phi_z^2 + \Phi_R^2 + \left(\frac{\Phi_\theta}{R}\right)^2 \dots\dots\dots (18)$$

여기서 구조물이 유체로부터 받는 힘은 구조물을 둘러싸고 있는 원통형의 control volume에 운동량-역적의 원리를 적용하여 구할 수 있으며, 그 중 x성분의 힘을 생각하면

$$F_x = - \int_{-\infty}^{\infty} dz \int_0^{2\pi} P \cos\theta \cdot R d\theta - \rho \int_{-\infty}^{\infty} dz \int_0^{2\pi} (\Phi_R \cos\theta - \Phi_\theta \sin\theta / R) \Phi_R R d\theta - \frac{dM_x}{dt} \dots\dots\dots (19)$$

이며 (18)식을 (19)식에 대입하여 시간 평균을 취하면 x방향의 drift force는 아래와 같이 구해진다.

$$D_x = -\rho \int_{-\infty}^0 dz \int_0^{2\pi} \left[\frac{1}{2}(\Phi_R^2 - \Phi_z^2 - \Phi_\theta^2 / R^2) \cos\theta - \Phi_\theta \Phi_R \sin\theta / R \right] R d\theta - \rho \int_0^{2\pi} \left(-\xi \Phi_t - \frac{1}{2} g \xi^2 \right)_{z=0} \cos\theta \cdot R \cdot d\theta \dots\dots\dots (20)$$

또한, 속도 potential ϕ 에 대한 asymptotic form은 다음과 같다.

$$\phi \rightarrow -\frac{i\omega}{K} \xi_a \exp\{KZ - iKR \cos(\theta - \alpha)\} - i(K/2\pi R)^{1/2} H(\theta) \exp(KZ - iKR + i\pi/4) \dots\dots\dots (21)$$

여기서, Kochin함수 $H(\theta)$ 는 다음과 같다.

$$H(\theta) = \iint_S \left(\frac{\partial \phi_i}{\partial n} - \phi_i \frac{\partial}{\partial n} \right) e^{iKZ - iK(x \cos\theta + y \sin\theta)}$$

한편, free surface boundary condition으로 부터 wave elevation에 대한 식을 다음과 같이 정리한다.

$$\xi = \left(-\frac{1}{g} \Phi_t \right)_{z=0} = \left(\frac{i\omega}{g} e^{i\omega t} \cdot \phi \right)_{z=0} \dots\dots\dots (22)$$

따라서, (21)식과 elevation에 대한 (22)식을 (20)식에 적용하여 higher order term을 소거하여 정리하면¹⁰⁾ 식(23)과 같이 x방향의 drift force를 얻는다.

$$D_x = -\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{1}{8} \rho KR \int_0^{2\pi} \{ |\phi|^2 + |\phi_R|^2 / K^2 \}_{z=0} \cos\theta d\theta \dots\dots\dots (23)$$

같은 방법으로 y방향에 대한 drift force는 다음과 같다.

$$D_y = -\lim_{R \rightarrow \infty} \frac{1}{8} \rho KR \int_0^{2\pi} \{ |\phi|^2 + |\phi_R|^2 / K^2 \}_{z=0} \sin\theta d\theta \dots\dots\dots (24)$$

한편, 식(21)을 $z=0$ 로 놓고 다시 정리하면

$$\phi_{z=0} = -\frac{i\omega}{K} \xi_a e^{-iKR \cos(\theta - \alpha)} - i(K/2\pi R)^{1/2} H(\theta) e^{-iKR + i\pi/4} \dots\dots\dots (25)$$

이 되고 incident wave direction(α)와 angle(θ) 사이의 관계를 Kochin 함수를 사용하여 정리하면 다음과 같다.

$$\lim_{R \rightarrow \infty} R^{1/2} \int_0^{2\pi} H(\theta) e^{iKR \cos(\theta - \alpha) - iKR} \{1 + \cos(\theta - \alpha)\} \mathcal{F}_{\sin}^{\text{OS}} \theta d\theta = 2(2\pi/K)^{1/2} e^{i\pi/4} H(\alpha) \mathcal{F}_{\sin}^{\text{OS}} \alpha \dots\dots\dots (26)$$

따라서, 식(23), (24)에 식(25)을 대입한후 식(26)를 사용하여 정리하면,

$$D_x = \frac{g}{4\omega} i\rho \xi_a K \cos\alpha [H(\alpha) - \bar{H}(\alpha)] - \frac{1}{8\pi} \rho K^2 \int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2 \cos\theta d\theta \dots\dots (27)$$

$$D_y = \frac{g}{4\omega} i\rho \xi_a K \sin\alpha [H(\alpha) - \bar{H}(\alpha)] - \frac{1}{8\pi} \rho K^2 \int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2 \sin\theta d\theta \dots\dots (28)$$

로 나타난다. 여기서 $\bar{H}(\alpha)$ 는 $H(\alpha)$ 의 공액 복소수이다.

Stationary phase method를 이용하여 적분하고 속도 potential의 asymptotic form을 대입하면 다

음과 같다.⁹⁾

$$\bar{H}(\alpha) - H(\alpha) = \frac{iK\omega}{2g\pi\xi_a} \int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2 d\theta \dots\dots\dots (29)$$

이를 (27), (28)식에 대입하여 drift force의 x방향과 y방향성분을 아래와 같이 얻는다.

$$D_x = \frac{1}{8\pi}\rho K^2 \int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2 (\cos\alpha - \cos\theta) d\theta \dots\dots\dots (30)$$

$$D_y = \frac{1}{8\pi}\rho K^2 \int_0^{2\pi} |H(\theta)|^2 (\sin\alpha - \sin\theta) d\theta \dots\dots\dots (31)$$

3. 數値計算

3.1 供試模型

공시모형으로는 2 lower hull과 8 column으로 이루어진 반 잠수식 해양구조물을 택하였고 이 모형의 주요 요목을 Table 1에 나타내었다.

구조물의 초기 손상 상태를 가정하여 even keel 상태, heeling상태, trim상태에 대하여 lower hull이 수면위로 돌출되지 않은 (10도 내외)것을 택하였다.

3.2 無次元係數

계산한 값들을 다음과 같이 무차원화하였다.

a) 附加質量係數

$$\bar{A}_{ij} = A_{ij}/\rho \nabla \quad (j=1, 2, 3)$$

b) 附加慣性 moment

$$\bar{A}_{ij} = A_{ij}/\rho \nabla L^2 \quad (j=4, 5, 6)$$

c) 造波減衰係數

$$\bar{B}_{ij} = B_{ij}/\rho \nabla \omega \quad (j=1, 2, 3)$$

$$= B_{ij}/\rho \nabla L^2 \omega \quad (j=4, 5, 6)$$

d) 波浪強制力

$$\bar{F}_{ij} = F_{ij}/\rho g L^2 \xi_a \quad (j=1, 2, 3)$$

$$= F_{ij}/\rho g L^3 \xi_a \quad (j=4, 5, 6)$$

e) 運動變位

$$\bar{Y}_j = Y_j/\xi_a \quad (j=1, 2, 3)$$

$$\bar{\phi}_j = Y_j/k\xi_a \quad (j=4, 5, 6)$$

Table 1 Principal dimensions of model (SR-192)

	본 계산	ITTC 비교계산	무계류시의 동요실험		비 고
			SHI	IHI	
Length (m)	1,797	1,797	1,797	1,797	
Breadth (m)	1,172	1,172	1,172	1,172	
Depth (m)	0,594	0,594	0,594	0,594	
Draft (m)	0,313	0,313	0,313	0,313	
Displacement (T)	130,3	130,3	131,1	131,1	
중심위치 (m)	VCG	0,273	0,273	0,273	0,273
	LCG	0,0	0,0	0,0	0,0
	TCG	0,0	0,0	0,0	0,0
메타센터 (m)	GML	0,037	0,037	0,037	0,036
	GMT	0,045	0,045	0,044	0,045
관성반경 (m)	Kxx	0,536	0,536	0,508	0,504
	Kyy	0,556	0,556	0,553	0,554
	Kzz	0,634	0,634	0,642	0,654
무계류시 고유주기 (s)	Heave	3,15	-	2,98	2,99
	Roll	7,70	-	6,84	6,18
	Pitch	8,75	-	7,80	7,18
수심 (m)	Infinite	3,0	2,5	3,0	
파고 (m)	0,046	0,046	0,046	0,046	
파주기 (s)	0,5~10,0	0,5~10,0	0,5~3,5	0,5~3,5	

f) 漂流力

$$\bar{D}_x = D_x / (1/2\rho gL(\zeta_a)^2)$$

$$\bar{D}_y = D_y / (1/2\rho gL(\zeta_a)^2)$$

여기서 L 은 부유체의 길이

4. 計算 結果 및 考察

수치 계산의 결과를 Fig. 2~Fig. 17에 나타내었다.

heave 운동에 대한 자세의 변화 및 입사파의 변화에 따른 결과들의 비교를 Fig. 2~Fig. 7까지 나타내었다. 먼저 부가질량 및 감쇠계수에 대한 비교는 부가 질량이 클 경우 감쇠 계수도 크게 나타나고 있으며 파랑 강제력과 더불어 생각할 경우 정상 상태에 대한 경사 상태의 위험율이 확실히 증가하고 있음을 알 수 있다. 한편 입사파의 변화에 따른 운동 변위의 비교를 검토함으로써 경사된

뒷쪽에서 입사파가 들어 올 경우 가장 크게 나타나고 있으며 이러한 현상은 표류력에도 많은 영향이 있음을 알 수 있다.

pitch 운동에 대한 자세의 변화 및 입사파의 변화에 따른 결과들의 비교를 Fig. 8~Fig. 14까지 나타내었다. 자세의 변화에 따른 부가 질량 및 감쇠 계수의 변화는 trim 상태인 경우 단주기에서 상당히 큰 값을 보여주고 있으며 λ/L 이 1근방에서 peak값을 보이고 있다. 한편 파랑 강제력에 관해서는 앞서 언급한 heave 운동에 대한 결과들 같이 비교 할 경우 pitch 운동인 경우에 있어서 heel상태와 trim상태가 상당한 차이를 보여주고 있다. 운동 변위에 대한 비교에서는 trim상태에서 장주기인 경우 큰 변화를 보여주고 있으며 안정성에 관한 면에서도 중요시 다루어 져야 할 것으로 생각된다.

표류력에 대한 수치계산 결과를 Fig. 15~Fig.

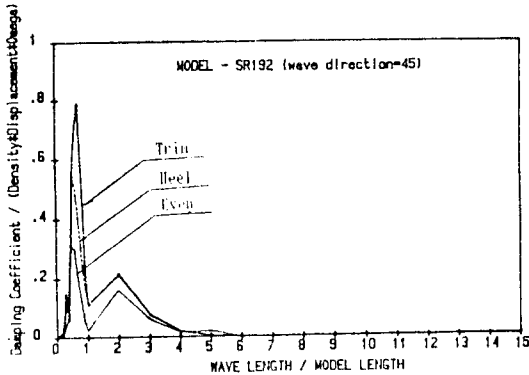


Fig. 2 Damping for heave motion (even keel, heel, trim)

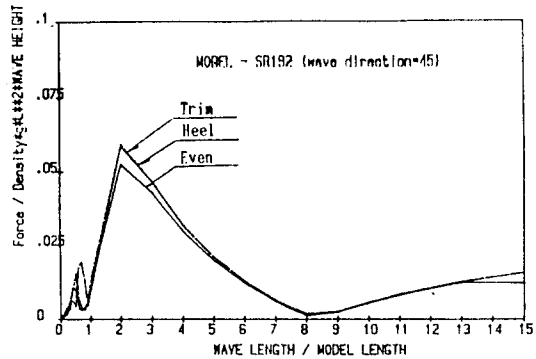


Fig. 3 Wave exiting force in heave (even keel, heel, trim)

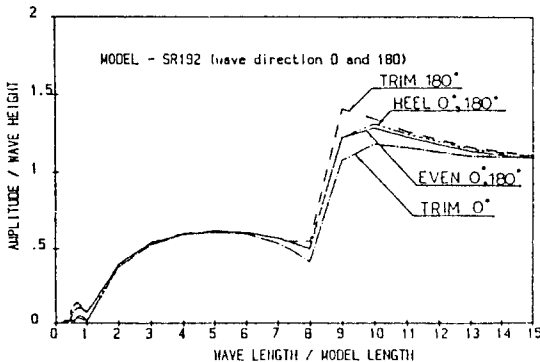


Fig. 4 Heave motion in even keel, heel, trim condition (0, 180)

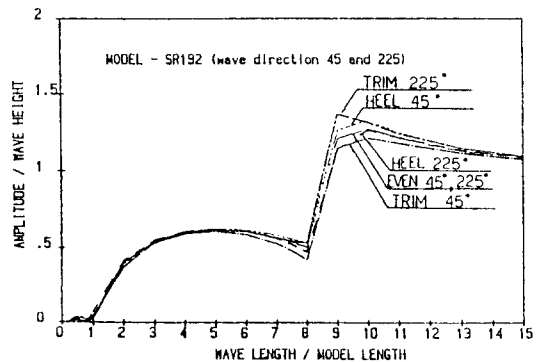


Fig. 5 Heave motion in even keel, heel, trim condition (45, 225)

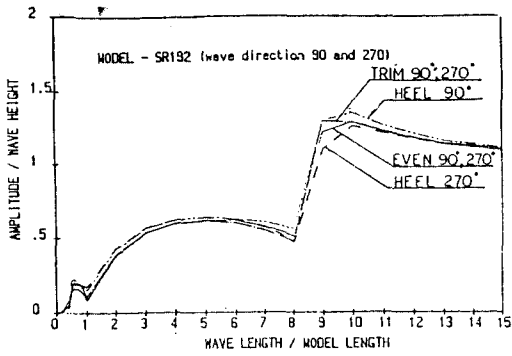


Fig. 6 Heave motion in even keel, heel, trim condition (90, 270)

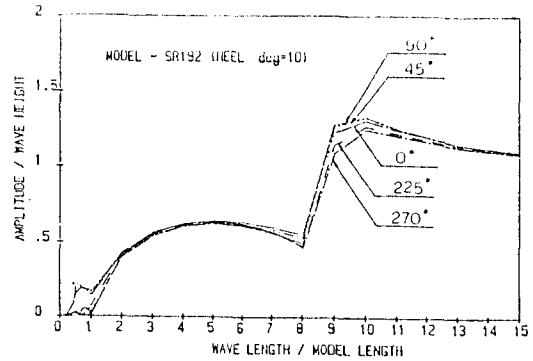


Fig. 7 Heave motion by variation of incident wave direction

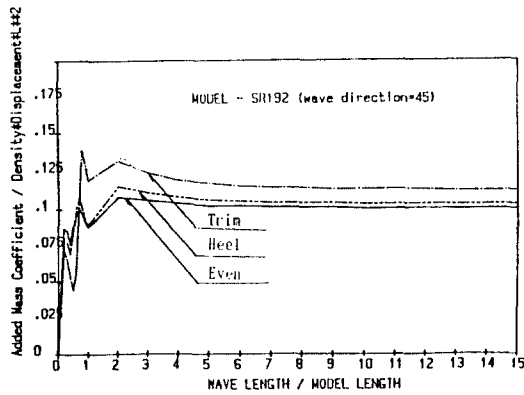


Fig. 8 Added mass for pitch motion (even keel, heel, trim)

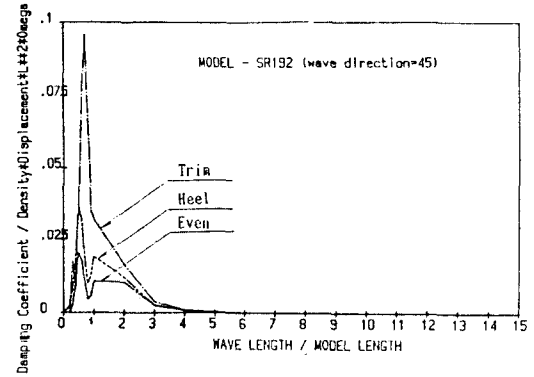


Fig. 9 Damping for pitch motion (even keel, heel, trim)

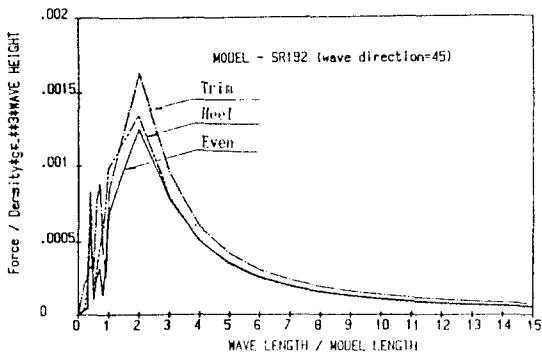


Fig.10 Wave exiting force in pitch (even keel, heel, trim)

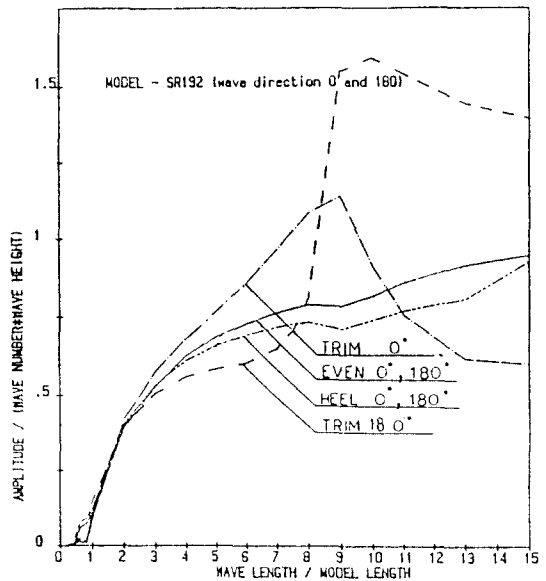


Fig.11 Pitch motion in even keel, heel, trim condition (0,180)

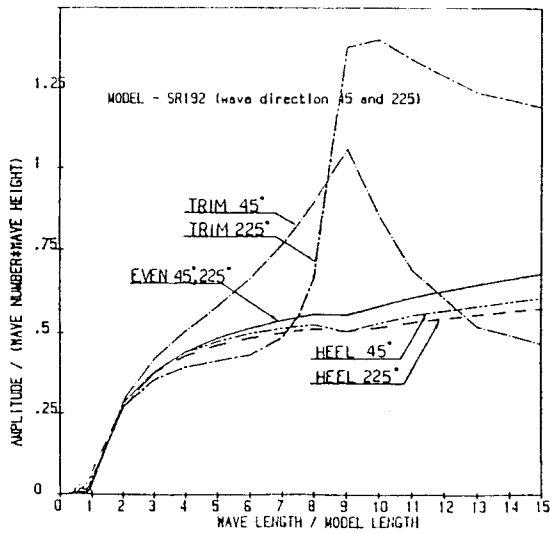


Fig.12 Pitch motion in even keel, heel, trim condition (45, 225)

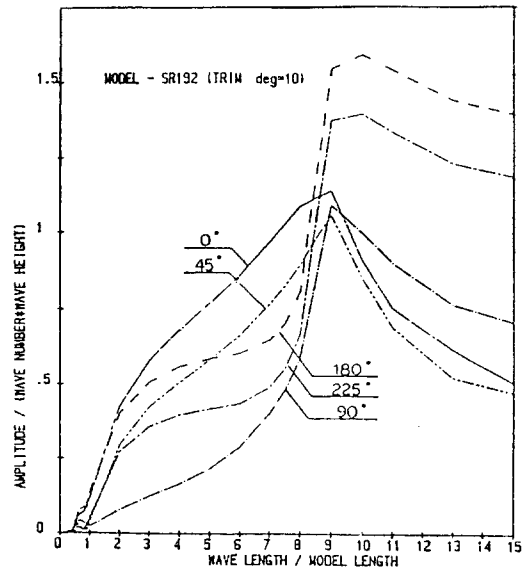


Fig.14 Pitch motion by variation of incident wave direction

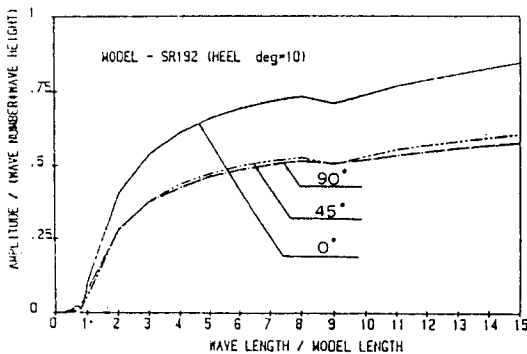


Fig.13 Pitch motion by variation of incident wave direction

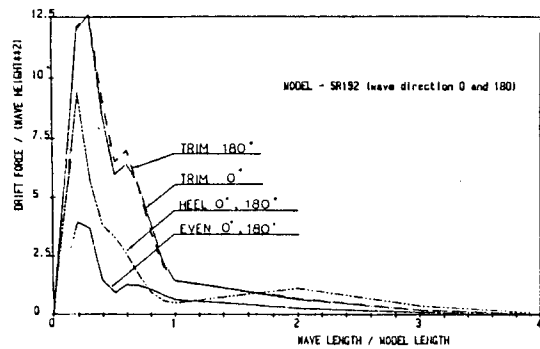


Fig.15 Drift force for even keel, heel, trim condition (CDX ; 0, 180)

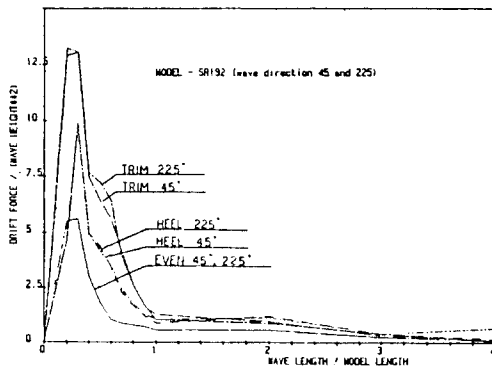


Fig.16 Drift force for even keel, heel, trim condition (CDX + CDY : 45, 225)

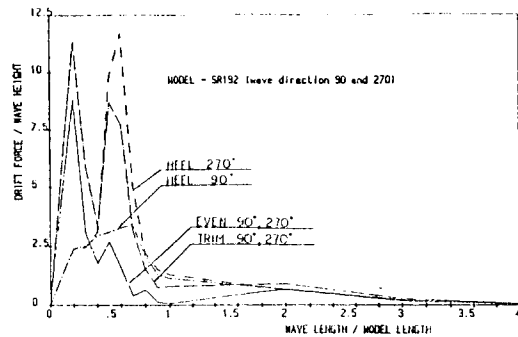


Fig.17 Drift force for even keel, heel, trim condition (CDY ; 90, 270)

17에 나타내었으며 표류력은 입사파에 대한 수신하의 투영 면적에 대하여 양의 비례 값을 보여주고 있으며 구조물의 경사된 앞쪽에서 입사파가 들어올 때 표류력에 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

이상의 계산에 대한 결과 및 고찰들은 무계류 상태에 대한 것이며 서론에서 언급한 바와 같이 계류 상태일 때 표류력의 영향을 비교하여 전도 moment에 대한 안정성을 검토할 필요가 있다고 생각된다. 한편, 부가질량, 감쇠계수, 파랑강제력, 운동응답 등에 대하여는 입사파가 45도인 경우 이미 본 연구진의 여러 논문^{5),10)}에서 실험치와 비교하였다. 그러나, 공시 모형의 표류력 계산에 대한 실험치와의 비교는 실험치에 대한 정보 부재로 수행되지 못했다.

5. 결 론

손상시 반잠수식 해양 구조물의 안정성을 추정하기 위한 기초 연구로서 이를 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 3차원 특이점 분포법을 이용하여 해양구조물의波浪중 운동 응답 및 표류력을 정도 높게 추정할 수 있는 수치해석 program을 개발하였다.

2) 입사파가 0도일때와 180도일때의 heave motion amplitude의 변화는 trim된 상태에서 가장 큰 변화를 주고 있으나 표류력의 변화는 거의 나타나지 않았다.

3) 표류력은 입사파의 입사각도에 따라 많은 영향을 받고 있으며 특히, heeling된 상태에서 가장 큰 변화를 볼 수 있었다.

이러한 현상은 안정성 검토에 고려되어야 할 성분으로 생각된다.

4) heave motion의 amplitude는 drift force와 크기에 있어서 반비례하는 경향을 볼 수 있었다.

附 記

본 논문은 1986년도 한국 과학 재단 신진 연구비에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1) 田才福造 他, "Semi-Submersible Catamara-

n Hull의 規則波中の 運動について", 西部造船學會, 第40號, 1970

2) Faltinsen, O.M. and F.C., Michelson, "Motions of Large Structures in Waves at Zero Froude Number, International Symposium on the Dynamic of Marine Vehicles and Structures in Waves", 1974

3) 杉浦正憲, "半潛水式 浮遊構造物に働く流體力について-3次元 特異點分布を用いた嚴密計算-", 關西造船協會誌, 第164號, 1977

4) 野尻信弘, "3次元浮體に働く變動壓力および波浪荷重の研究", 日本造船學會論文集, 第148號, 1980

5) 朴魯植, "半潛水式 海洋構造物に働く流體力に關する研究", 日本廣島大學, 學位論文, 1984

6) Numata, E. et al, "Assessment of Stability Requirments for Semisubmergible Units", TSNAME, 1976

7) Martin, J. and C. Kuo, "Calculation for Steady Title of Semisubmergible in the Regular Waves", RINA 1979

8) 管 信, "二次元造波理論, 三次元造波理論, 第2回耐抗性 に關するシンポジウム", 1977

9) Monacella, V.J., "The Disturbance Due to a Slender Ship Oscillation in Waves in a Fluid of Finite Depth", SNAME, Dec., 1965

10) Newman, J.N., "The Drift Force and Moment on Ship in Waves", J.S.R. 1965

11) Hajime, Maruo, "The Drift of a Body Floating on Waves", J.S.R. Vol.4, 1960

12) Takarada, N. et al, "The Stability on Semi-submersible Platform in Waves (on the Capisizing of Moored Semi-submersible Platform)", 2nd International Conference on Stability of Ocean Vehicles, 1982

13) Kudo, Kimiake, "The Drifting Force Acting on a Three-dimensional Body in Waves", J. Society of Naval Architects of Japan, Vol. 141, 1977

14) Pinkster, J.A., "Low Frequency Second Order Wave Exciting Forces on Floating Structures", NSMB No.650

15) Hess, J.L and A.M.O. Smith, "Calculation of Nonlift on Potential Flow about Abitrary

- Three-dimensional Bodies", J.S., R. 1964
- 16) Kim, W.D, "On the Harmonic Oscillation of a Rigid Body on Free Surface, J. Fluid Mechanics", Vol.21, 1965
- 17) Garrission, C.J., "Hydrodynamic Loading of Large Offshore Structures", A Wiley - Interscience Publication, 1978
- 18) 강선형, "3차원 특이점 분포법에 의한 반잠수식 해양구조물의 유체력 연구", 울산대학교 석사학위 논문, 1987
- 19) 日本造船研究協會, "海洋構造物の設計外力及び復元性に関する研究報告書", March, 1984
- 20) Stoker, J.J., "Water Wave, Interscience Publishing Company", N.Y., 1957

FATIGUE 90

-The Fourth International Conference on Fatigue and Fatigue
Threshold in the PACIFIC BASIN-

일 시 : 1990년 7월 15일-20일(6일간)

장 소 : Honolulu, Hawaii

분 야 :

BASIC PROBLEMS AND APPLICATIONS

Fatigue mechanisms, testing and evaluation : Cyclic deformation/crack initiation, Crack growth and closure, Small cracks, Fatigue threshold, Variable amplitude loadings, Multi-axial/mixed mode loadings, Fatigue and microstructure, Residual stresses, High temperature problems, Environments and extreme conditions, Fatigue strength improvement.

Engineering applications : Ground transportation, Aerospace, Off-shore structures, Energy systems, Chemical plants.

CURRENT AND FUTURE PROBLEMS

Non-metallic and advanced materials : Composites(metal, ceramic and polymer based), Engineering ceramics, Electronic materials, Biomaterials, Bonding and fastening interfaces, Shape memory alloys.

Computer assisted fatigue technology : Modelling and simulation, Expert systems and databases, Statistics and Reliability.

Life prediction : Damage evaluation monitoring, Residual life assessment, Life prediction/extension of structures, and plants.

500자 영문초록 마감 : 1989. 6. 15.

영문논문원고 마감 : 1989. 12. 15

제출처 :

Secretary of FATIGUE 90
The Society of Materials Science, Japan
1-101, Yoshida Izumidono-cho, Sakyo-ku, Kyoto 606, Japan
phone : Kyoto (075) 761-5321
Fax : Kyoto (075) 761-5325

문의처 : 최용식 교수, 경기도 수원시 성균관대학교 기계공학과 Tel(0331)-44-2161
(H)02-567-8596