有限깊이의 물에서의 船體運動

——船首船型의 影響——

黃 宗 屹*, 李 起 杓**

The Effect of Forebody Forms on the Ship Motion in Water of Finite Depth

J.H. Hwang and K.P. Rhee

Abstract

The effect of the bow shape on the ship motion response in longitudinal regular waves of water of finite depth is investigated by employing the strip theory. The two-dimensional hydrodynamic forces (added mass and damping) were calculated by close-fit method for water of finite depth.

The models for investigation are U and V bow ship forms of block coefficient 0.8 with constant after body which were used by Yourkov [2] and recently by Kim [3] for their deep water investigations.

The following results are obtained by the present numerical experiments.

(1) It is confirmed that the damping coefficient of the V-bow ship is greater than that of U-bow ship and in consquence the amplitude of heave and pitch of V-bow ship is smaller than that of U-bow ship among longitudinal regular head waves in water of finite depth.

(2) The merit of the V-bow ship on the motion damping is more significant in heave than in pitch, and is decreasing with the shallowness of water depth.

(3) The change of bow form gives little effect on the wave exciting force and moment compared with the motion responce.

1. 緖 言

大型油槽船의 出現으로 淺水中에서의 船體運動의 硏究의 必要性이 切實히 要望되고 있다. 有限깊이의 물에서의 縱規則波中의 船體運動에 관한 運動方程式[1]을 써서, 有限깊이의 물에서 船型이 上下動搖, 縱動搖, 波浪强制力等에 미치는 影響을 調査 檢討하였다.

2. 有限水深에서의 船體運動方程式

有限水深에서의 入射波는 淺水波로서 다음과같이 表示된다.

$$\zeta_f=\zeta_a\frac{\cosh k_o(h_o-z)}{\cosh k_o h_o}\cos(k_o x+\omega_e t) \tag{1}$$

여기서 h_o는 水深, k_o는 有限水深에서의 波數이며

$$\frac{\omega^2}{g}=k_o\tanh k_o h_o \tag{2}$$

의 關係로 부터 求해진다.

有限水深의 물에서의 縱規則波中의 船體運動方程式은 다음과 같다.

$$\left.\begin{aligned}&(m+a_f)\ddot{z}+b_f\dot{z}+c_f z+d_f\ddot{\theta}+e_f\dot{\theta}+h_f\theta\\&\quad=F_{af}\cos(\omega_e t+\varepsilon_{Ff})\\&(J+A_f)\ddot{\theta}+B_f\dot{\theta}+C_f\theta+D_f\ddot{z}+E_f\dot{z}+H_f z\\&\quad=M_{af}\cos(\omega_e t+\epsilon_{Mf})\end{aligned}\right\} \tag{3}$$

接受日字：1976年 3月10日

* 正會員, 서울大學校 工科大學, ** 正會員, 서울大學校 大學院

여기서

$$a_f=\int a_{Hf}dx \qquad A=\int a_{Hf}x^2dx$$
$$b_f=\int N_{Hf}dx \qquad B=\int N_{Hf}x^2dx$$
$$c_f=\rho g\int y_w dx \qquad C_f=\rho g\int y_w x^2dx+VE_f$$
$$d_f=-\int a_{Hf}xdx \qquad D_f=d_f$$
$$e_f=-\int N_{Hf}xdx-Va_f \qquad E_f=-\int N_{Hf}xdx-Va_f$$
$$h_f=-\rho g\int y_w xdx+Vb_f \qquad H_f=-\rho g\int y_w xdx \qquad (4)$$

여기서 a_{Hf}는 各斷面의 有限깊이의 물에서의 强制上下動搖에 관한 附加質量, N_{Hf}는 減衰係數이다.

波浪强制力과 波浪强制모우먼트는

$$F_{af}\begin{Bmatrix}\cos\varepsilon_{Ff}\\ \sin\varepsilon_{Ff}\end{Bmatrix}=\omega\zeta_a(\omega+k_oV)\cdot$$
$$\int a_{Hf}\frac{\cosh k_o(h_o-T_m)}{\cosh k_oh_o}\begin{Bmatrix}\cos k_ox\\ \sin k_ox\end{Bmatrix}dx$$
$$-\rho g\zeta_a\int y_w\frac{\cosh k_o(h_o-T_m)}{\cosh k_oh_o}\begin{Bmatrix}\cos k_ox\\ \sin k_ox\end{Bmatrix}dx$$
$$\pm\omega\zeta_a\int N_{Hf}\frac{\cosh k_o(h_o-T_m)}{\cosh k_oh_o}\begin{Bmatrix}\sin k_ox\\ \cos k_ox\end{Bmatrix}dx \qquad (5)$$

$$M_{af}\begin{Bmatrix}\cos\varepsilon_{Mf}\\ \sin\varepsilon_{Mf}\end{Bmatrix}=\zeta_a\int(\omega^2a_{Hf}-\rho gy_w)\cdot$$
$$\cdot\frac{\cosh k_o(h_o-T_m)}{\cosh k_oh_o}x\begin{Bmatrix}\cos k_ox\\ \sin k_ox\end{Bmatrix}dx$$
$$\pm\omega\zeta_a\int\left(N_{Hf}-V\frac{d\,a_{Hf}}{dx}\right)\cdot$$
$$\cdot\frac{\cosh k_o(h_o-T_m)}{\cosh k_oh_o}x\begin{Bmatrix}\sin k_ox\\ \cos k_ox\end{Bmatrix}dx \qquad (6)$$

여기서 T_m은 各斷面의 平均吃水이다.

3. 數値計算

3.1. 計算에 使用된 船型

本計算에 使用된 船型은 1971年에 Yourkov〔2〕가, 1975年에 金〔3〕이, 無限水深의 물에서 船首船型이 規則波中에서의 垂直運動에 미치는 影響을 調査한 硏究에 利用되었던 船型으로서, C_B가 0.8인 肥大船型中 船首部가 U型인 것과 V型인 것이며, 그 特性을 Table 1에, 線圖를 Fig. 1에 表示하였다.

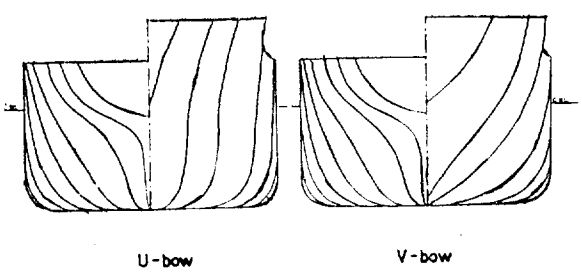


Fig.1 BODY PLANS OF THE INVESTIGATED MODELS(C_B=0.8)

Table 1. Model Dimensions and Particulars.

Model designation and condition		U-bow	V-bow
Displacement	kg △	75.946	75.946
Length between perpendiculars	m L	2.26	2.26
Breadth	m B	0.323	0.323
Draught	m T	0.129	0.129
Block coefficient	C_b	0.800	0.800
Midship section coefficient	C_M	0.976	0.976
Prismatic coefficient, afterbody	C_{PA}	0.863	0.863
Prismatic coefficient, forebody	C_{PF}	0.957	0.903
Prismatic coefficient, total hull	C_P	0.910	0.883
Waterplane coefficient afterbody	C_{WA}	0.886	0.886
Waterplane coefficient forebody	C_{WF}	0.892	0.942
Waterplane coefficient total hull	C_w	0.889	0.914
Longitudinal radius of gyration	K_{yy}/L	0.25	0.25
Center of buoyancy	m	0.0440	0.0440

3.2. 計算結果

方形肥脊係數가 0.8인 上記의 肥大船型을 길이方向으로 10等分하고 各斷面의 2次元柱狀體에 對한 附加質量및 減衰係數等을 文獻〔4〕의 方法에 따라서 計算하였으며, 縱規則波中에서의 上下動搖, 縱動搖의 振幅을 運動方程式(3)을 써서 計算하였다.

Froude數 0.12, 0.2의 경우에 있어서, 排水量, 船尾部形狀이 同一한 U-bow船型과 V-bow船型에 對하여 計算하였다. Fig.2에 附加質量과 附加慣性모우먼트, Fig.3에 減衰力係數와 減衰모우먼트係數, Fig.4,5에 波浪强制力, Fig.6,7에 波浪强制모우먼트, Fig.8,10에 上下動搖振幅을 Fig.9, 11에 縱動搖振幅의 計算結果를 表示하였다.

4. 考 察

文獻(1)에서 얻은 結果 即 水深이 얕아짐에 따라서 縱規則波中에서는 附加質量, 附加慣性모우먼트, 減衰力係數, 減衰모우먼트係數는 增加하며 船體運動應答은 減少한다는 것을 再確認하였다. 또 有限깊이의 물의 縱規則波中에서 船體應答의 船首形狀 의影響이 深水中에서와 거의 同一하다는 것을 알 수 있었다.

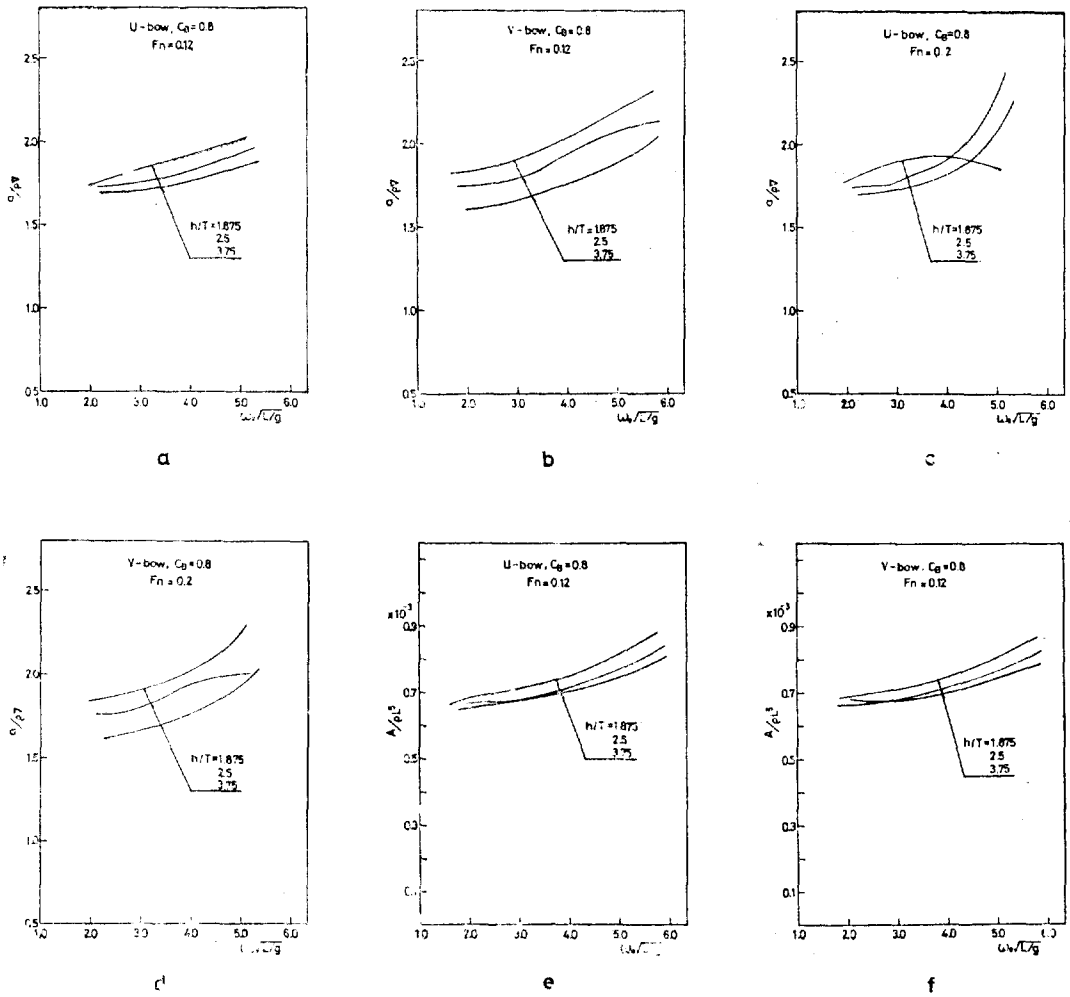


Fig. 2 Added Mass and Added Moment of Inertia

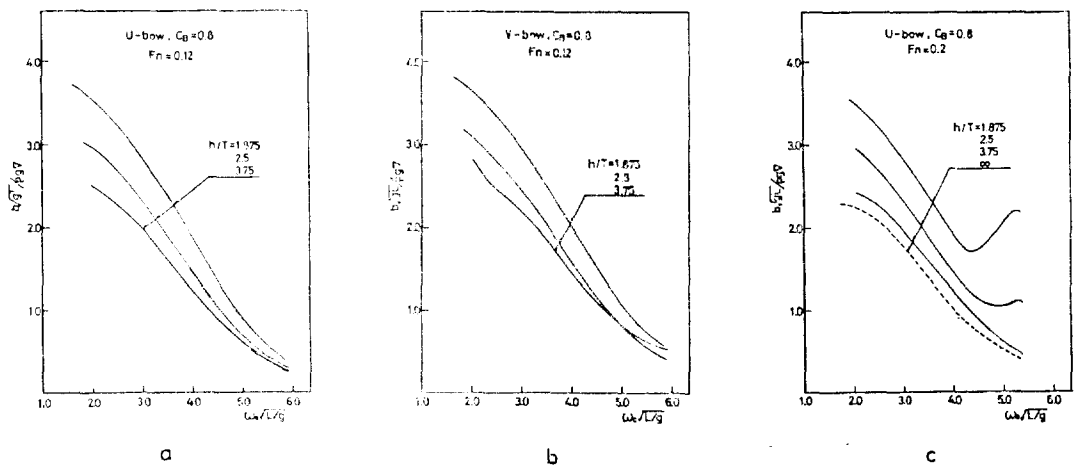


Fig. 3 Damping Force Coeff. and Damping Moment Coeff.

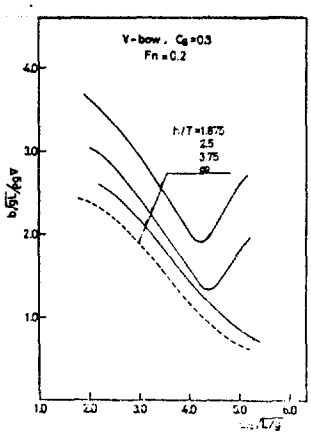


Fig. 3-d

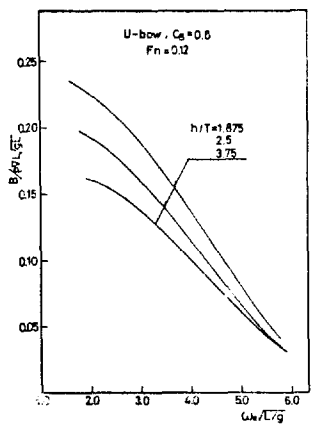


Fig. 3-e

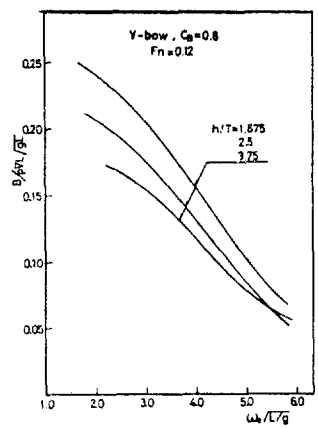


Fig. 3-f

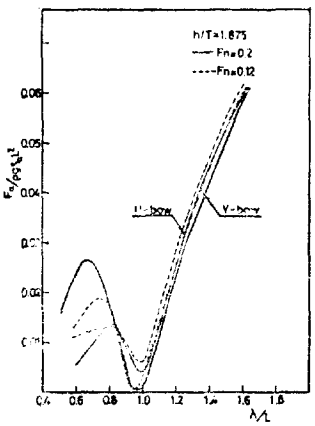
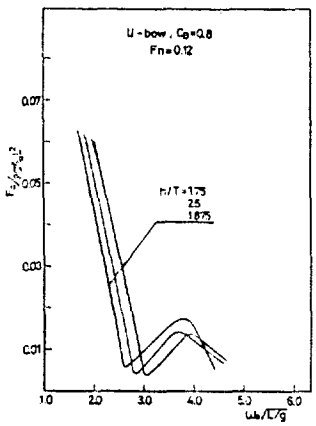
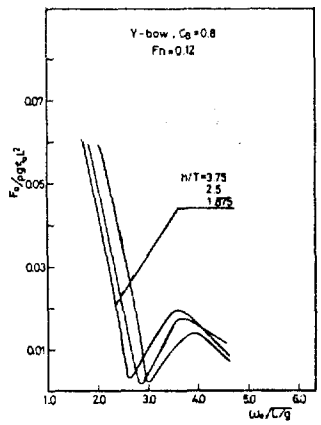


Fig. 4 Wave Exciting Force at Constant Water Depth



a



b

Fig. 5 Wave Exciting Force at Variable Depth

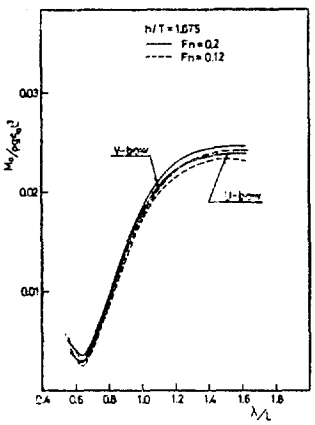
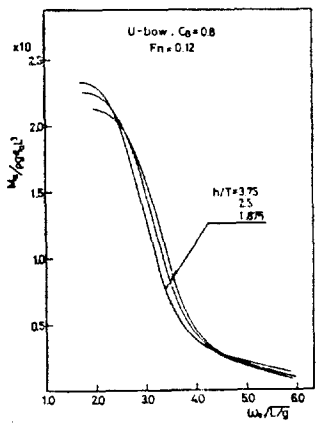
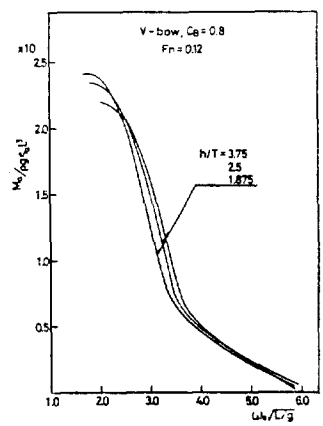


Fig. 6 Wave Exciting Moment at Constant Depth

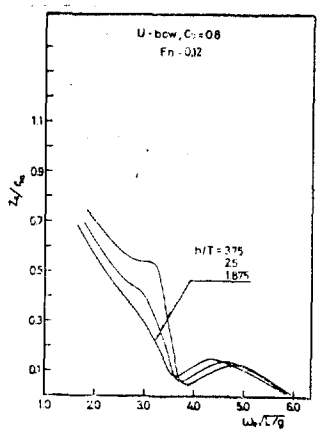


a

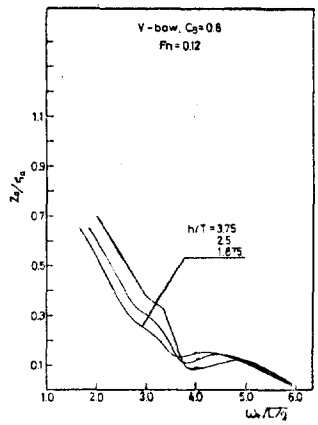


b

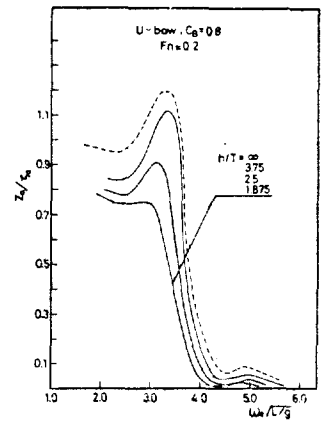
Fig. 7 Wave Exciting Moment at Variable Depth



c



b



c

Fig. 8 Heave Amplitude at Variable Depth

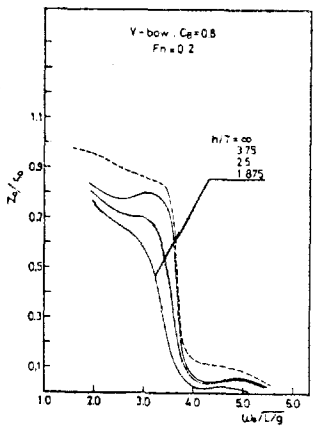
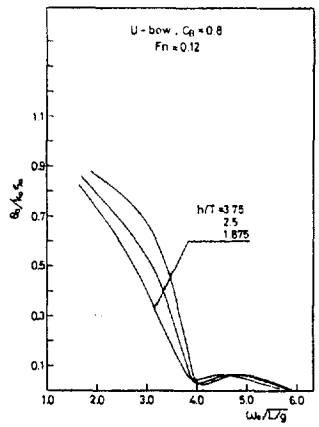
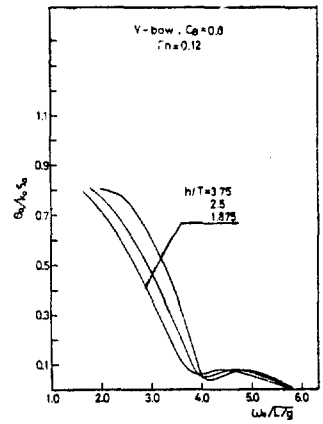


Fig. 8-d



a



b

Fig. 9 Pitch Amplitude at Variable Depth

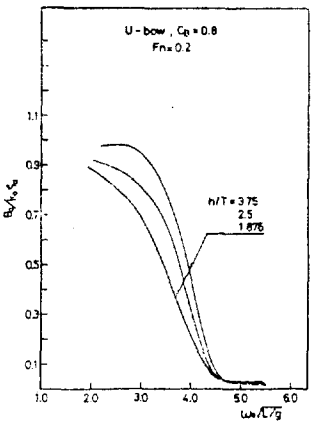


Fig. 9-c

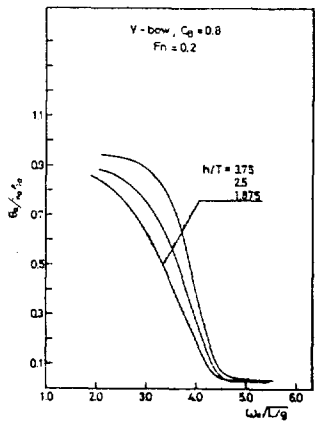
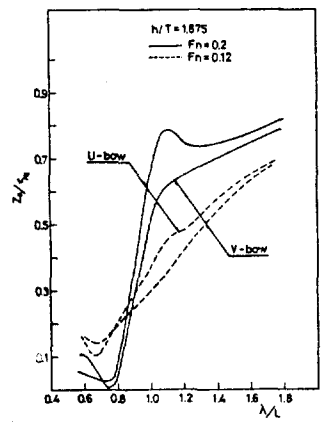


Fig. 9-d



a

Fig. 10 Heave Amplitude at Constant Depth

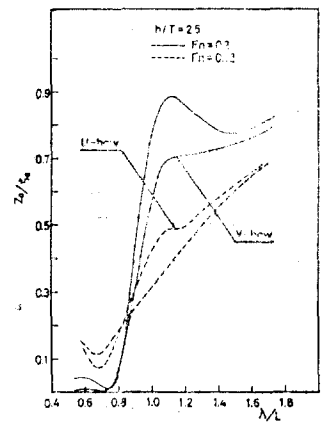


Fig. 10 - b

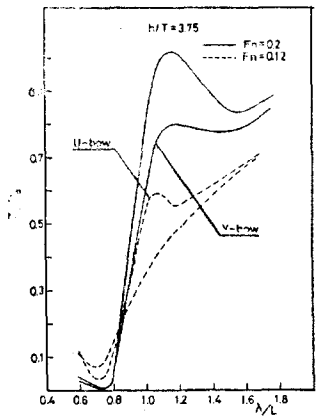


Fig. 10 - c

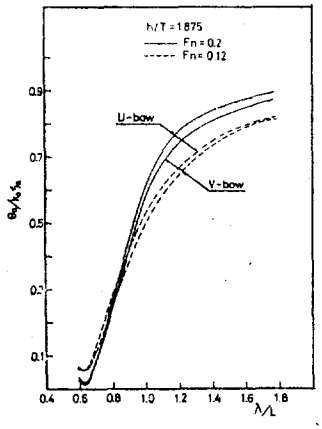


Fig. 11 Pitch Amplitude at Constant Depth

(1) 附加質量과 附加慣性모우먼트

水深에 따른 附加質量의 增加傾向은 두 船型 모두 同一하나 깊이에 따른 附加質量의 變化幅은 *U*-bow船型이 *V*-bow船型에 比해 작다. 높은 圓振動數의 範圍를 除外하고는 附加慣性모우먼트의 增加量은 두 船型이 거의 同一한 것 같다(Fig. 2).

(2) 減衰力및 減衰모우먼트

一般的으로 水深이 減少함에 따라서 減衰力과 減衰모우먼트는 增加하며, *V*-bow船型은 *U*-bow船型보다 Damping이 크다. 船首船型의 形狀의 이와같은 影響은 無限水深의 경우와 同一하다(Fig. 3).

(3) 波浪强制力과 모우먼트

波浪强制力과 모우먼트는 대체로 船首船型의 形狀에 따라서 變하지않는 것 같으며, 水深의 影響이 더욱 重要하다(Fig. 4~Fig. 7).

(4) 上下動搖

文獻[1]에서 얻은 結果와같이 水深이 얕아짐에 따라서 上下動搖가 減少하는 경향이 있는 것이 再確認되었으며, *V*-bow船型이 *U*-bow船型보다 上下動搖의 振幅이 작다. 이와같은 船首船型의 形狀의 影響은 Yourkov [2]와 金[3]이 無限깊이의 경우에 對해서 調査한 結果와 같다(Fig. 8).

또 *V*-bow船型과 *U*-bow船型의 上下動搖의 振幅의 差異는 水深이 얕아짐에 따라서 減少하는 傾向이 있다(Fig. 10).

(5) 縱動搖

縱動搖에 관해서도 *V*-bow船型이 *U*-bow船型에 比해서 運動振幅이 작다. 그러나 上下動搖의 경우보다 그 差異는 적으며 一般的으로 船首形狀의 影響보다 水深의 影響이 더 크다(Fig. 9, 11).

5. 結 論

方形肥育係數가 0.8인 肥大船에 관한 數値實驗에 의해서, 有限깊이의 물의 縱規則波中에서의 船體應答에 관하여서는, 船首形狀의 影響은 거의 深水中에서의 結果와 類似하다는 것을 알았다.

本數値實驗에서 얻은 重要한 結果는 다음과 같다.

1. 縱規則波中에서 *V*-bow船型이 *U*-bow船型보다 減衰作用이 크며 그結果 *V*-bow船型이 *U*-bow船型보다 上下動搖및 縱動搖가 작다.

2. 한편 波浪强制力과 强制모우먼트는 船體의 形狀에 의해서 그다지 變化하지않으며 水深의 影響이 더 重要한 것같다.

3. 船首形狀의 影響은 Froude數가 높아짐에 따라서 增大하며, 또 水深이 增大함에 따라서 增大한다.

本硏究는 1975年度 文敎部硏究助成費에 의해서 遂行된 것을 附記한다.

參 考 文 獻

[1] 黃宗屹, 李承俊, "縱規則波中에서 水深이 船體運動에 미치는 影響", 大韓造船學會誌, 第12卷 第2號, 1975.

[2] Yourkov, N., "Vertical Motions of Ships with Different Form of Forebody", *Laboratorium Voor Scheeps Bouwkunde, Technishe Höge School Delft, Report* No. 316, 1971.

[3] 金辰安, "船型이 船體運動에 미치는 影響에 關한 硏究", 大韓造船學會誌, 第12卷, 第1號, 1975.

[4] Hwang, J.H., Rhee, K.P., Maeda, H. and Eguchi, S.;"Hydrodynamic Forces for Heaving Cylinders on Water of Finite Depth", (To be published).