

論 文

大韓造船學會誌
 第15卷 第1號 1978年 3月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 15, No. 1, March 1978

2次元 沒水體의 上下動搖時의 流體力

李 起 杓* · 黃 宗 屹**

On the Hydrodynamic Characteristics of Submerged Cylinders
 Heaving in Water of a Finite Depth
 by

K. P. Rhee*, J. H. Hwang**

1. 序 言

潛水船의 運動을 理論的으로 取扱하려면, 2次元 沒水體의 附加質量, 減衰力 및 波浪強制力과 같은 流體力을 알 必要가 있다.

本 論文은 上記 流體力을 特異點 分布方法에 依하여 計算하였으며, 同一한 斷面積을 갖는 3개의 2次元 斷面을 擇하여, 上下動搖時 이들 斷面들에 作用하는 流體力의 물의 깊이에 따른 影響, 깊이 方向으로의 位置에 따른 影響等을 調査하였다.

이로부터 沒水體의 경우에는 물의 깊이나 斷面形狀보다 沒水體의 깊이 方向 位置가 流體力에 더 많은 影響을 줌을 알 수 있었다.

2. 流體力의 計算

座標系 및 斷面形狀들은 Fig. 1과 같으며, 理想流體中에서 沒水體가 圓振動數 ω 로 强制上下動搖를 한다고 한다.

沒水體의 斷面表面에 特異點을 分布시켰을 때 速度 포텐셜 ϕ 및 流量函數 ψ 는 아래와 같다.

$$\phi(x, y, a, b; k_0) = \int_c \sigma(a, b) G(x, y, a, b; k_0) dl \quad (2-1)$$

$$\psi(x, y, a, b; k_0) = \int_c \sigma(a, b) \bar{G}(x, y, a, b; k_0) dl \quad (2-2)$$

여기서 σ 는 表面에 分布된 特異點의 密度이고, G 는 自

由表面上에서 動搖하는 斷面에 對한 境界值問題의 解인 Green 函數이고, \bar{G} 는 이 Green函數 G 의 共軛函數이며 아래의 같이 表示되어 진다. [1]

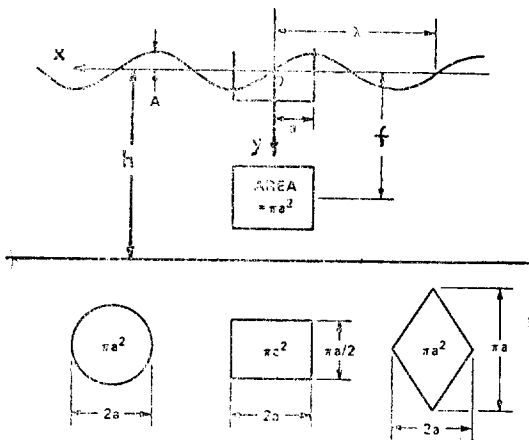


Fig. 1. Coordinate system

$$G = 2\pi \frac{k_0^2 - K^2}{k_0(hk_0^2 - hK^2 + K)} \cosh k_0(h-b) \cosh k_0(h-y) \sin(k_0|x-a| - \omega t) - \sum_{n=1}^{\infty} 2\pi \frac{k_n^2 + K^2}{k_n(hk_n^2 + hK^2 - K)} \cos k_n(h-b) \cos k_n(h-y) e^{-k_n|x-a|} \cos \omega t \quad (2-3)$$

接受: 1978年 2月 20日

* 正會員: 서울大學校 工科大學

** 正會員: 서울大學校 工科大學

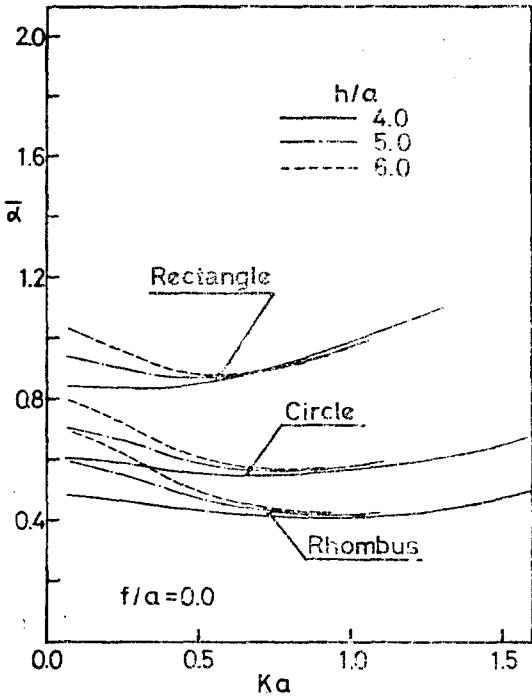


Fig. 2. The Effect of Body Shape on Added Mass at $f/a=0.0$ in Heave

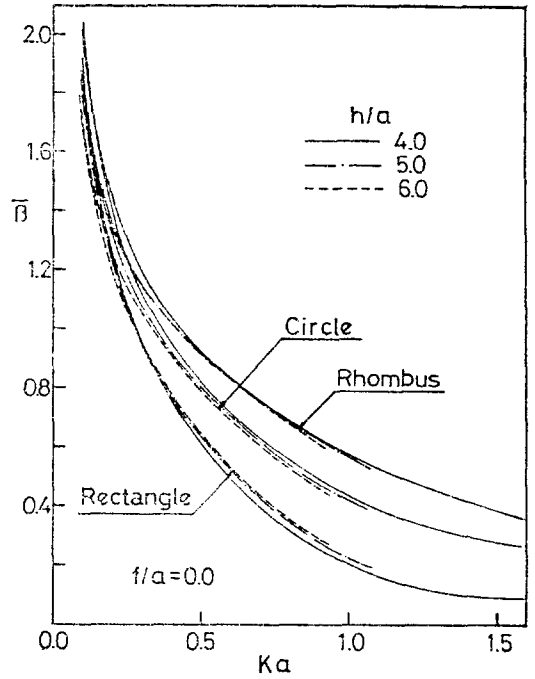


Fig. 3. The Effect of Body Shape on Damping Coefficient at $f/a=0.0$ in Heave

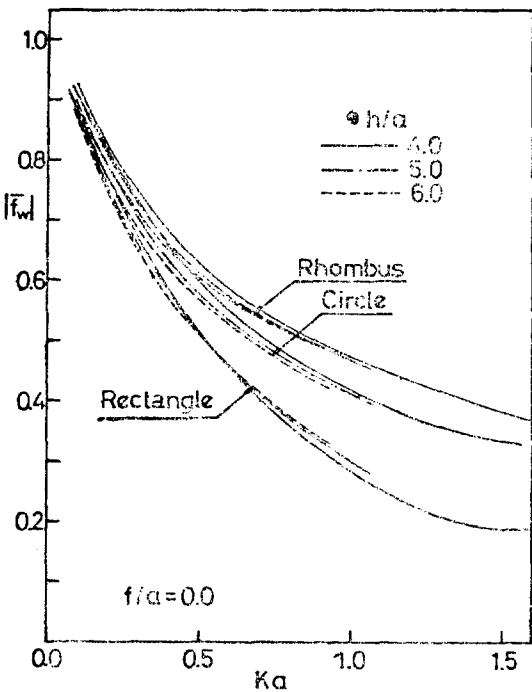


Fig. 4. The Effect of Body Shape on Exciting Force at $f/a=0.0$ in Heave

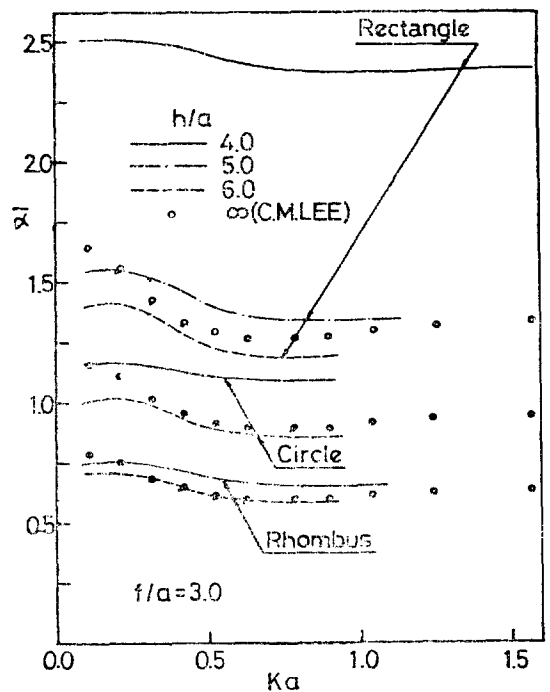


Fig. 5. The Effect of Body Shape on Added Mass at $f/a=3.0$ in Heave

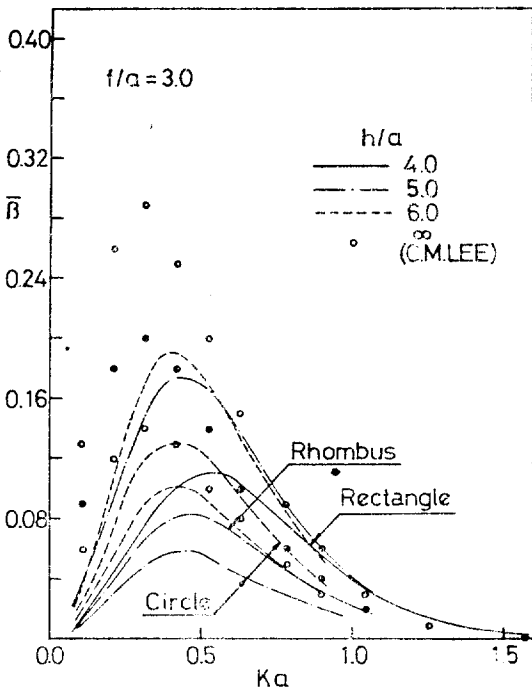


Fig. 6. The Effect of Body Shape on Damping Coefficient at $f/a=3.0$ in Heave

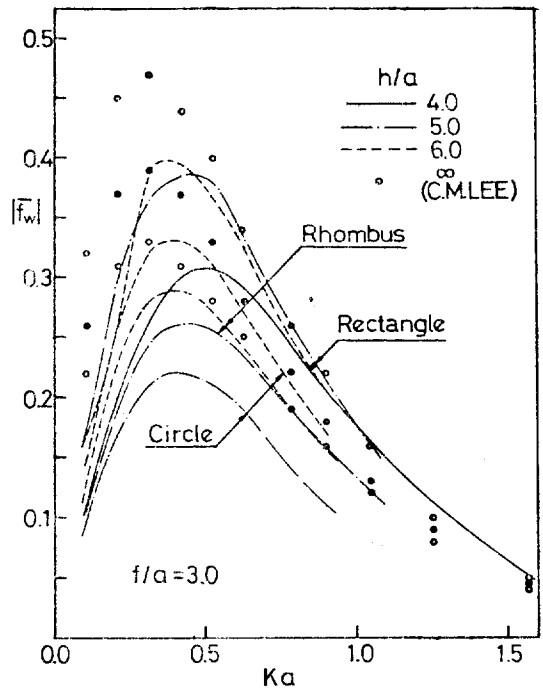


Fig. 7. The Effect of Body Shape on Exciting Force of $f/a=3.0$ in Heave

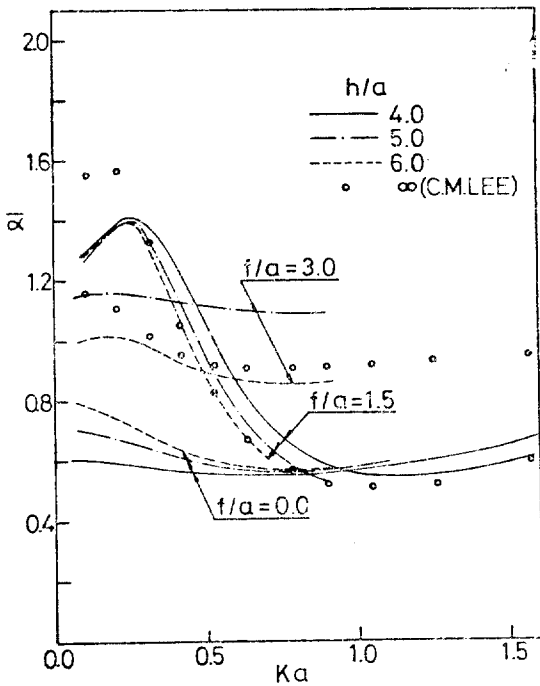


Fig. 8. The Effect of Immersion on Added Mass for a Circle in Heave.

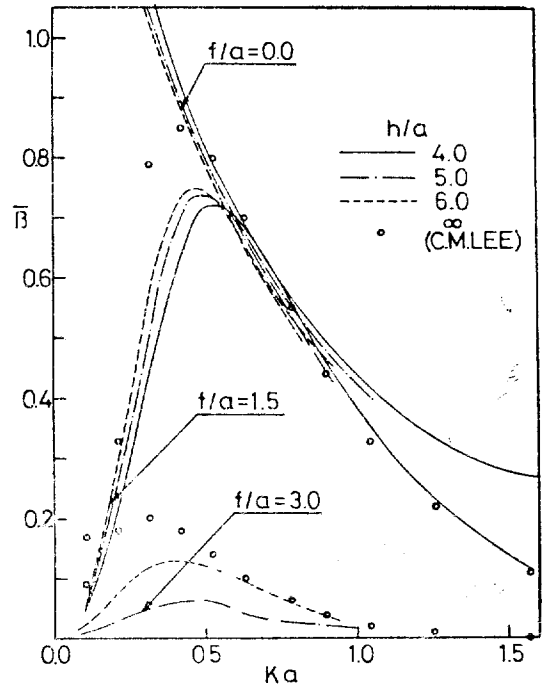


Fig. 9. The Effect of Immersion on Damping Coefficient for a Circle in Heave

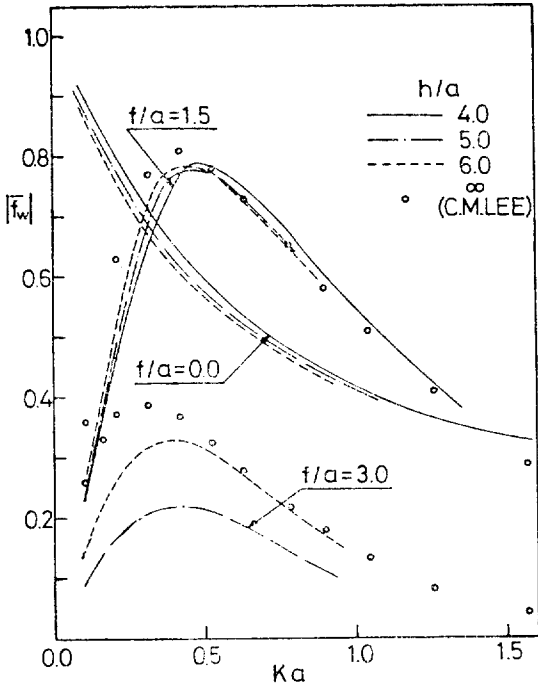


Fig. 10. The Effect of Immersion on Exciting Force for a Circle in Heave

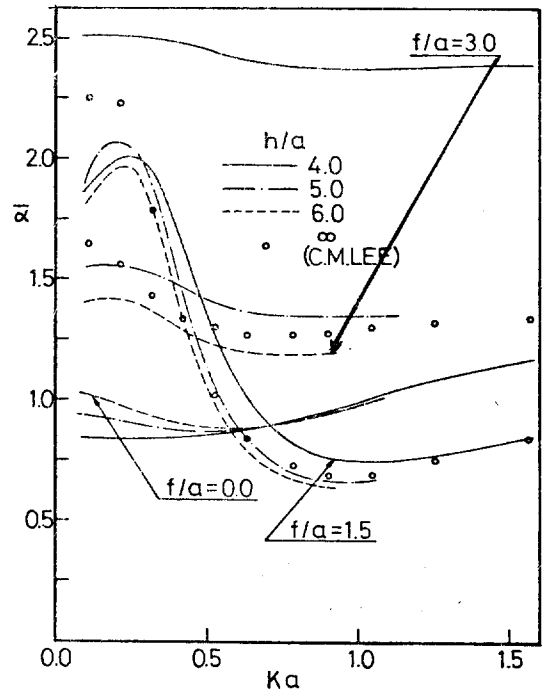


Fig. 11. The Effect of Immersion on Added Mass for a Rectangle in Heave

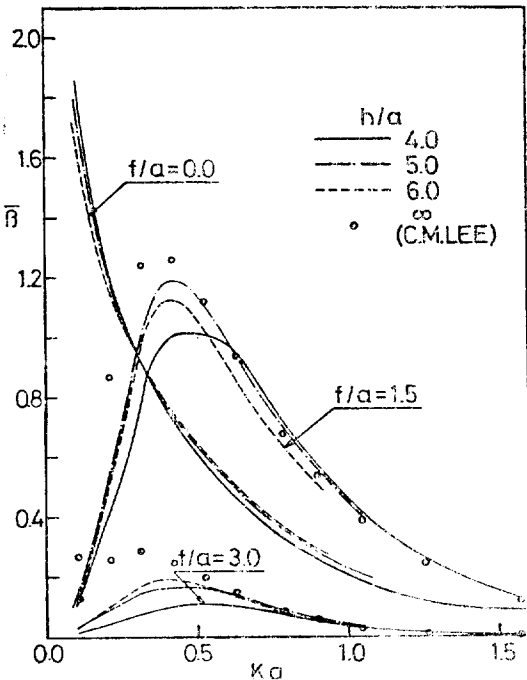


Fig. 12. The Effect of Immersion on Damping Coefficient for a Rectangle in Heave

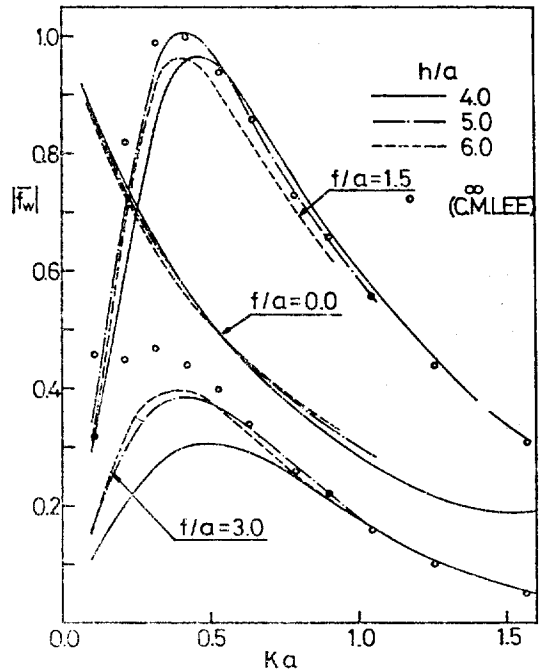


Fig. 13. The Effect of Immersion on Exciting Force for a Rectangle in Heave

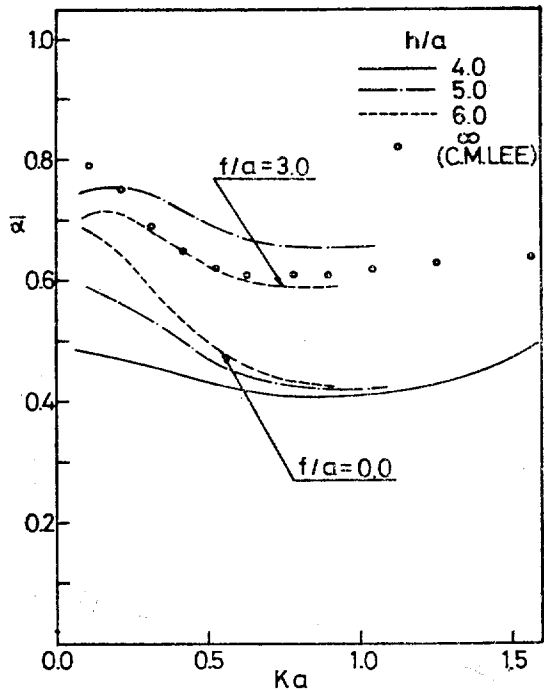


Fig. 14. The Effect of Immersion on Added Mass for a Rhombus in Heave

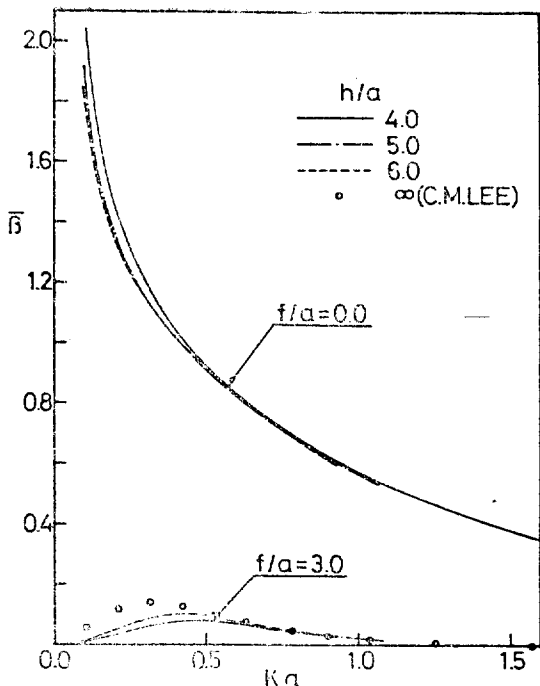


Fig. 15. The Effect of Immersion on Damping Coefficient for a Rhombus in Heave

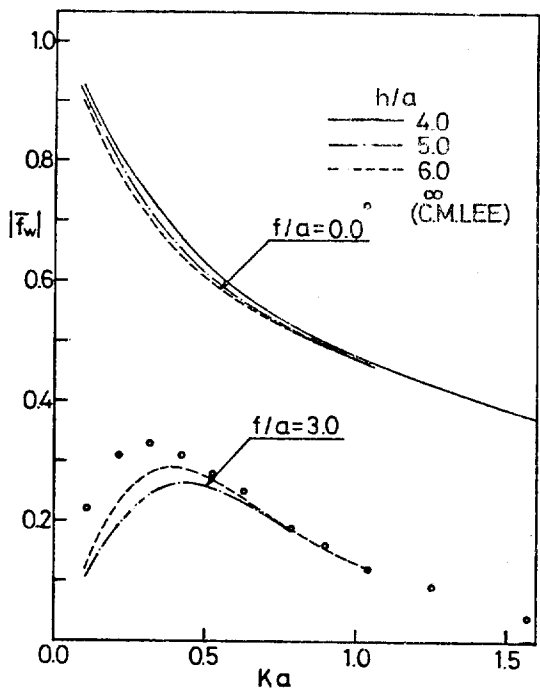


Fig. 16. The Effect of Immersion on Exciting Force for a Rhombus in Heave

$$\bar{G} = \text{sgn}(x-a) \left[-2\pi \frac{k_o^2 - K^2}{k_o(hk_o^2 - hK^2 + K)} \cosh k_o(h-b) \sinh k_o(h-y) \cos(k_o|x-a| - \omega t) - \sum_{n=1}^{\infty} 2\pi \frac{k_n^2 + K^2}{k_n(hk_n^2 + hK^2 - K)} \cos k_n(h-b) \sin k_n(h-y) e^{-k_n|x-a|} \cos \omega t \right] \quad (2-4)$$

한편 上下動搖時 沒水體의 表面에서의 境界條件은

$$\phi = x \quad c \text{ 上에서} \quad (2-5)$$

로 表示되므로, 式 (2-4)와 (2-5)를 式 (2-2)에 代入한 후 積分方程式의 解를 求함으로써 σ 를 決定할 수 있다.

Bernoulli의 壓力方程式으로부터 沒水體에 作用하는 動流體力은

$$F = i\rho\omega \int_c \phi_c \frac{\partial \phi}{\partial n} dl \quad (2-6)$$

로 表示됨을 알 수 있으며 이로부터 附加質量 α 와 減衰力 β 는 各各

$$\alpha = -\rho \int_c \phi_c \frac{\partial y}{\partial n} dl \quad (2-7)$$

$$\beta = \rho\omega \int_c \phi_s \frac{\partial y}{\partial n} dl \quad (2-8)$$

과 같이 되며, ϕ_c 와 ϕ_s 는 식(2-1)로 표시된 속도포텐셜 ϕ 의 實部와 虛部를 의미한다.

또 x 軸의 陰의 方向에서 振幅 A 를 갖고 入射하는 入射波로 부터 斷面이 받게 되는 垂直方向으로의 波浪強制力은 다음과 같다. [2]

$$|f_w| = \frac{\rho g A}{k_0} \left(1 + \frac{2k_0 h}{\sinh 2k_0 h} \right) \bar{A} \quad (2-9)$$

여기서 \bar{A} 는 振幅比를 나타내며, 減衰力 β 와 아래와 같은 관계가 있다.

$$\beta = \bar{A}^2 \frac{\rho g}{\omega k_0} \left(1 + \frac{2k_0 h}{\sinh 2k_0 h} \right) \quad (2-10)$$

3. 計算結果 및 考察

斷面에 作用하는 動流體力은 沒水體의 半表面에 10개의 特異點을 分布시켜 計算을 하였으며, 各各 아래와 같이 無次元化하여 使用하였다.

$$\bar{\alpha} = \frac{\alpha}{\rho S A} \quad (3-1)$$

$$\bar{\beta} = \frac{\beta}{\rho \omega S A} \quad (3-2)$$

$$\overline{|f_w|} = \frac{1}{2 \rho g a \bar{A}} |f_w| \quad (3-3)$$

여기서 S_A 는 浸水斷面積이고, a 는 斷面의 半幅이다.

Fig. 2~4에, 斷面이 自由表面上에 떠서 動搖할 때 ($f/a=0.0$)에, 물의 깊이와 斷面形狀이 流體力에 미치는 影響을 圖示하였으며, 이로부터 流體力은 물의 깊이의 變化에 依한 影響보다 斷面形狀의 變化에 依한 影響이 더욱 큼을 알 수 있으며, 附加質量은 마름모, 圓, 直四角形斷面의 順序로 커지며, 減衰力과 波浪強制力은 直四角形, 圓, 마름모 斷面 順序로 커진다.

斷面이 完全히 沒水하여 動搖할 때의 流體力을 Lee [3]의 無限깊이의 물에 對한 計算結果와 함께 Fig.5~7에 圖示하였다. 이로부터 斷面이 沒水하여 動搖할 때 ($f/a=3.0$)는 自由表面上에 떠서 動搖할 때 ($f/a=0.0$)와 달리 물의 깊이가 流體力에 보다 많은 影響을 주는 것과, 波數의 有限한 값에서 流體力의 最大값이 存在함을 알 수 있다. 또 물의 깊이가 流體力에 미치는 影

響은 圓, 直四角形과 마름모 斷面中 마름모斷面이 제일 적게, 圓斷面이 제일 많이 받는 것 같다.

물의 깊이($h/a=4.0, 5.0, 6.0$)와 沒水體의 中心의 垂直方向位置($f/a=0.0, 1.5, 3.0$)가 流體力에 미치는 影響은 圓斷面に 對한 것을 Fig. 8~10, 直四角形斷面に 對한 것을 Fig. 11~13, 그리고 마름모 斷面に 對한 것을 Fig. 14~16에 圖示 하였다. 이로부터 斷面形狀에 關係없이 물의 깊이의 變化에 依한 影響보다는 沒水體의 中心의 垂直方向位置가 流體力에 더 많은 影響을 줄 수 있으며, 沒水體가 自由表面 바로 아래서 動搖할 때 ($f/a=1.5$)에 圓振動數에 따른 流體力의 變化가 제일 심해지는 것 같다.

4. 結 論

以上과 같은 考察로부터 다음과 같은 結論을 얻을 수 있다.

1. 沒水體에 作用하는 動流體力, 即 附加質量, 減衰力 그리고 波浪強制力은 波數의 有限한 값에서 最大값이 存在하여,
2. 물의 깊이가 流體力에 미치는 影響은 自由表面上에서 動搖할 때와 反對경우로 나타나며
3. 斷面形狀이나 물의 깊이의 變化에 依한 것보다는 沒水體의 中心의 垂直方向位置가 流體力에 더욱 많은 影響을 주는 것 같다.

參 考 文 獻

- [1] J.H. Hwang, K.P. Rhee and H. Maeda, S. Eguchi, "Hydrodynamic Forces for Heaving Cylinders on Water of Finite Depth", *Journal of SNAK*, Vol. 13, No. 3, 1976.
- [2] K.P. Rhee, "2-dimensional Hydrodynamic Forces of Heaving, Swaying and Rolling Cylinders on a Free Surface of a Water of Finite Depth," *Journal of SNAK*, Vol. 14, No. 3, 1977
- [3] Choung M. Lee, "Motion Characteristics of Floating Bodies," *Journal of Ship Research*, June 1975.