

論 文

直線肋骨船型の 水平 및 비틀림振動에 있어서의 2次元的  
附加慣性係數

金 士 洙\*

Two Dimensional Added Inertia Coefficients for Straight Framed  
Hull Forms in Horizontal and Torsional Vibration.

by

S. S. Kim\*

Abstract

As for two dimensional added mass coefficients for straight framed hull forms in vibrations in a free surface of an ideal fluid, theoretical calculations by F.M. Lewis, K.Wendel, J.H. Hwang, and etc. are available; vertical modes of rectangular and triangle sections by Lewis, vertical, horizontal and torsional models of rectangular section by Wendel, and systematical calculations for vertical modes of single chine forms by Hwang.

In this paper, employing the conformal transformation by which a unit circle and its exterior region can conformally mapped to a polygon and its exterior region, the author calculated two dimensional added inertia coefficients systematically for straight framed sections with single chine in horizontal and torsional modes of vibrations.

As the results, it was found that sloping side angle is an important factor measuring the magnitude of two dimensional added inertia coefficient for a set of given values of the sectional area coefficient and the beam-draft ratio. To grasp it clearly in physical sense, pressure distributions are investigated for some typical section contours.

The numerical results are presented graphically in the form of two dimensional added sectional area coefficients with beam-draft ratios and sloping side angles as parameters, so that the data may conveniently utilized for estimation of the added inertia coefficients based on a three parameter technique.

1. 序 言

直線肋骨船型の 2次元的 附加慣性係數에 對해서는 特殊斷面의 例로서 F.M. Lewis [1]가 直四角形斷面과 菱形斷面의 上下振動, K. Wendel[2]이 直四角形斷面의 上下, 水平 및 비틀림振動에 對하여 計算한 바 있다.

其後 黃 [3]은 背骨型直線斷面의 上下振動에 對한 2次元的 附加慣性係數를 系統的으로 計算한 바 있다.

著者는 Y. Watanabe[4]가 提示한 바 있는 單位圓 및 그 外域을 多角形 및 그 外域에 等角寫像하는 基礎的 變換式을 應用하여 單背骨直線肋骨船型의 水平 및 비틀림振動에 對한 2次元的 附加慣性係數를 系統的으로 計算하고 그 結果를 Lewis斷面 및 金의 背骨型의 曲線要

素斷面(5)〔9〕에 對한 값들과 比較 考察하였고, 아울러 斷面形狀의 稜角이 附加慣性係數에 미치는 影響을 알아 보기 爲하여 代表的인 斷面形狀에 對하여 壓力分布를 計算하였다.

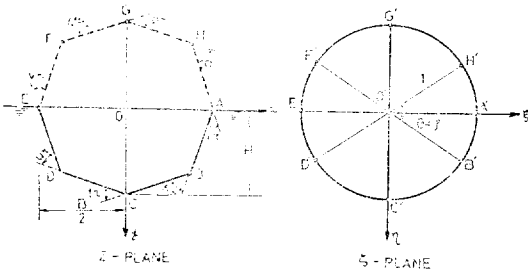


Fig. 1

2. 寫像函數 및 船型幾何學

寫像函數

Fig. 1의  $\zeta$ -平面上의 原點을 中心으로 한 單位圓 및 그 外域을  $z$ -平面上의 多角形 및 그 外域에 等角寫像하는 基礎變換式〔4〕은 다음과 같다.

$$\frac{dz}{dz} = M \left(1 - \frac{\zeta A'}{\zeta}\right)^r \left(1 - \frac{\zeta B'}{\zeta}\right)^s \left(1 - \frac{\zeta C'}{\zeta}\right)^t \dots \quad (1)$$

여기서  $z = x + iy$

$$\zeta = \xi + i\eta = e^{\alpha} e^{i\theta}, \quad \alpha \geq 0$$

또 多角形의 꼭지點  $A, B, C, \dots$ 는 單位圓上的 點  $A', B', C', \dots$ 에 對應하며  $\zeta A', \zeta B', \zeta C', \dots$ 는  $A', B', C', \dots$ 點의  $\zeta$ 值,  $M$ 는 scale ratio,  $r, s, t, \dots$ 의 定義는 Fig.1에서 보는 바와 같다.

이 變換에서 다음과 같은 條件들이 必要하다.

- (1) 多角形이 恒常 凸形이기 爲하여  $0 \leq r, s, t, \dots \leq 1$
- (2)  $|\zeta A'| = |\zeta B'| = |\zeta C'| \dots = 1$
- (3)  $r + s + t + \dots = 2$

船型幾何學

(1) 을 써서 Fig. 1과 같은 單背背直線肋骨斷面의 變換式을 誘導하자

$$\frac{dz}{dz} = M \left(1 - \frac{\zeta A'}{\zeta}\right)^r \left(1 - \frac{\zeta B'}{\zeta}\right)^s \left(1 - \frac{\zeta C'}{\zeta}\right)^t \left(1 - \frac{\zeta D'}{\zeta}\right)^u \left(1 - \frac{\zeta E'}{\zeta}\right)^v \left(1 - \frac{\zeta F'}{\zeta}\right)^w \left(1 - \frac{\zeta G'}{\zeta}\right)^p \left(1 - \frac{\zeta H'}{\zeta}\right)^q \quad (2)$$

斷面圖形이 軸  $x, y$ 에 對하여 對稱인 多角形이므로  $r = v, t = p, s = u = w = q$ 인 關係가 成立하고,  $\zeta$ -平面上의 單位圓의  $x, y$ 軸上的 點들은  $\zeta A' = 1, \zeta E' = -1, \zeta C' = i, \zeta G' = -i$  이므로 (2)는

$$\frac{dz}{dz} = M \left[ \left(1 - \frac{1}{\zeta^2}\right)^r \left(1 + \frac{1}{\zeta^2}\right)^t \left(1 - \frac{2\cos 2\phi}{\zeta^2} + \frac{1}{\zeta^4}\right)^s \right] \quad (3)$$

또  $r, s, t$ ,는 다음과 같은 關係式을 滿足한다.

$$r + 2s + t = 1 \quad (4)$$

따라서  $\frac{1}{\zeta^2} = X$ 라 놓으면 (3)은

$$\frac{dz}{dz} = M \left[ (1-X)^r (1+X)^t (1-2\cos 2\phi X + X^2)^s \right] = M \left[ (1-X)^{r/2} (1+X)^t (1-X)^{r/2} (1-2\cos 2\phi X + X^2)^s \right] \quad (5)$$

여기서 便宜上

$$u_1(X) = (1-X)^{r/2}, \quad v_1(X) = (1+X)^t$$

$$u_2(X) = (1-X)^{r/2}, \quad v_2(X) = (1-2\cos 2\phi X + X^2)^s$$

$$f_1(X) = u_1(X)v_1(X)$$

$$f_2(X) = u_2(X)v_2(X)$$

로 놓으면 (5)는

$$\frac{dz}{dz} = M f_1(X) f_2(X) \quad (5')$$

이제  $f_1(X), f_2(X)$ 를 Maclaurin 展開하면

$$f_1(X) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n X^n$$

$$f_2(X) = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \beta_n X^n$$

但

$$\alpha_n = \frac{f_1^{(n)}(0)}{n!} = \frac{1}{n!} \left\{ u_1^{(n)}(0) + \binom{n}{1} u_1^{(n-1)}(0) v_1(0) + \binom{n}{2} u_1^{(n-2)}(0) v_1(0)^2 + \dots + \binom{n}{n-1} u_1(0) v_1^{(n-1)}(0) + v_1^{(n)}(0) \right\}$$

$$\beta_n = \frac{f_2^{(n)}(0)}{n!} = \frac{1}{n!} \left\{ u_2^{(n)}(0) + \binom{n}{1} u_2^{(n-1)}(0) v_2(0) + \binom{n}{2} u_2^{(n-2)}(0) v_2(0)^2 + \dots + \binom{n}{n-1} u_2(0) v_2^{(n-1)}(0) + v_2^{(n)}(0) \right\}$$

故로 (5)는 다음과 같이 쓸수 있다.

$$\frac{dz}{dz} = M \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n \beta_n X^n \right\} = M \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_{n-i} \beta_i \zeta^{-2n} \right\}; i=0, 1, 2, 3, \dots, \infty \quad (6)$$

但  $n-i \geq 0$

$$\alpha_0 = \beta_0 = 1$$

이를  $\zeta$ 에 關하여 積分하면 直線肋骨斷面의 字像函數  $z$ 를 얻게 된다.

$$z = M \left[ \zeta + \sum_{n=1}^{\infty} \left\{ -\frac{\alpha_{n-i} \beta_i}{2n-1} \right\} \zeta^{-(2n-1)} \right] = M \left[ \zeta + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} \zeta^{-(2n-1)} \right] \quad (7)$$

但  $a_{2n-1} = -\frac{\alpha_{n-i} \beta_i}{2n-1}$

또는

$$x = M \left\{ e^{\alpha} \cos \theta + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} e^{-(2n-1)\alpha} \cos(2n-1)\theta \right\}$$

$$y = M \left\{ e^{\alpha} \sin \theta - \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} e^{-(2n-1)\alpha} \sin(2n-1)\theta \right\}$$

直線肋骨斷面의 形狀은 Fig. 1에 定理된  $r, s, t$ 와 背骨點  $B$ 의  $\zeta$ -平面上에서의 單位圓上의 對應點  $B'$ 의 角座標  $\varphi$ 에 依하여 決定된다. 即 (7)의 寫像函數의 係數  $a_{2n-1}$ 와  $r, s, t$ , 및  $\varphi$ 사이에는 다음과 같은 關係式이 成立한다.

$$\begin{aligned} a_1 &= r - t + 2s \cos 2\varphi \\ a_3 &= -\frac{1}{6} [r(r-1) + 2s - t(2r-t+1) \\ &\quad + 4s\{(r-t)\cos 2\varphi + (s-1)\cos^2 2\varphi\}] \\ a_5 &= -\frac{1}{5} \left[ \frac{1}{8} r\{t(3r-2t+2) - 4s\} + \frac{1}{6} t(3s-t+2) \right. \\ &\quad \left. + s\{r(1-r+t) - 4s + t(1+r-t) + 4\} \cos 2\varphi \right. \\ &\quad \left. + 2s(s-1)(t-2r)\cos^2 2\varphi - \frac{8}{3} s(s-1)(s-2)\cos^3 2\varphi \right] \\ &\dots\dots\dots \end{aligned}$$

또 水面下斷面積  $s$ , 斷面積係數  $\sigma$ , 幅  $B$ , 吃水  $H$  및 幅·吃水比  $B/H$ 는

$$s = \int_0^{\pi} \left( x \frac{dy}{d\theta} \right)_{\alpha=0} d\theta = M^2 \left[ \frac{\pi}{2} \left\{ 1 - \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)a_{2n-1}^2 \right\} \right] \quad (8)$$

$$B = 2(x)_{\alpha=0, \theta=0} = 2M \left( 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} \right) \quad (9)$$

$$H = (y)_{\alpha=0, \theta=\frac{\pi}{2}} = M \left\{ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_{2n-1} \right\} \quad (10)$$

$$\sigma = \frac{S}{BH} = M^2 \left[ \frac{\pi}{2BH} \left\{ 1 - \sum_{n=1}^{\infty} (2n-1)a_{2n-1}^2 \right\} \right] \quad (11)$$

$$\frac{B}{H} = \frac{2 \left( 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} \right)}{1 + \sum_{n=1}^{\infty} (-1)^n a_{2n-1}} \quad (12)$$

3. 附加慣性係數

柱狀體의 運動에 依해 誘起된 液體의 運動에 對한 複素 Potential  $w$ 는 Landweber等[6]이 준 方法에 따라

$$w = \phi + i\psi = M \left( \frac{b_1}{\zeta} + \frac{b_2}{\zeta^2} + \dots \right) = M \left( \sum_{n=1}^{\infty} \frac{b_n}{\zeta^n} \right) \quad (13)$$

와 같이 表示할 수 있다. 即

$$\left. \begin{aligned} \phi &= M \left[ \frac{1}{2} \sum_{n=1}^{\infty} (b_n e^{-in\theta} + \bar{b}_n e^{in\theta}) e^{-n\alpha} \right] \\ \psi &= M \left[ \frac{1}{2i} \sum_{n=1}^{\infty} (b_n e^{-in\theta} - \bar{b}_n e^{in\theta}) e^{-n\alpha} \right] \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

但,  $b_n$ 는 複素數,  $\bar{b}_n$ 는  $b_n$ 의 共軛複素數인데, 이는 주어진 問題의 境界條件으로 부터 決定된다.

境界條件은 水平振動, 비틀림振動 모두가 自由表面( $\theta=0$  및  $\pi$ )에서

$$\phi = 0 \quad \text{at } \theta = 0, \pi \quad (15)$$

無限遠方( $\alpha \rightarrow \infty$ )에서

$$\phi = 0 \quad \text{at } \alpha \rightarrow \infty \quad (16)$$

또 柱狀體의 接水面 ( $\alpha=0$ )에서는 水平振動 때 Landweber等 [6]의 思考에 依據

$$\phi = u|y| \quad \text{at } \alpha = 0 \quad (17)$$

비틀림振動 때 Lamb [7]의 思考에 따라

$$\phi = -\frac{1}{2} \Omega p^2 \quad \text{at } \alpha = 0 \quad (18)$$

但, (17)의  $u$ 는 柱狀體의  $x$ 軸方向의 振動速度이고, (18)의  $\Omega$ 는 原點둘레의 時計方向의 비틀림振動角速度,  $p$ 는 原點으로 부터 柱狀體表面上의 點까지의 距離이다.

上記 境界條件을 滿足하도록  $b_n, \bar{b}_n$ 를 決定하면 柱狀體周圍液體의 運動에너지  $T$ 는 單位길이 當

$$T = \frac{\rho}{2} \int_0^{\pi} \left( \phi \frac{\partial \phi}{\partial \theta} \right)_{\alpha=0} d\theta = M^2 \left[ \frac{\pi \rho}{4} \sum_{n=1}^{\infty} n |b_n|^2 \right] \quad (19)$$

水平振動

이 境遇에 對해서는 Landweber等 [6]이  $\phi$  및  $\psi$ 의 一般解를 求했는데

$$\left. \begin{aligned} \phi &= M \left[ u \sum_{n=1}^{\infty} \frac{d_{2n}}{e^{2n\alpha}} \sin 2n\theta \right] \\ \psi &= M \left[ u \sum_{n=1}^{\infty} \frac{d_{2n}}{e^{2n\alpha}} \cos 2n\theta \right] \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

但,

$$\begin{aligned} d_{2n} &= -\frac{4}{\pi} \sum_{\nu=1,3,5,\dots}^{\infty} \frac{\nu a_{\nu}'}{\nu^2 - (2n)^2} \\ n &= 1, 2, 3, \dots \quad a_1' = a_1 - 1 \\ a_{\nu}' &= a_{\nu}, \quad \nu = 3, 5, 7, \dots \end{aligned}$$

式에서  $a_{\nu}'$ 는 寫像函數의 係數이다. (19)에 依하여  $T$ 를 計算하여 附加質量  $m_H = \frac{T}{1/2 u^2}$ 의 關係로 부터

$$m_H = M^2 \left[ \frac{8\rho}{\pi} \sum_{r=1,3,5,\dots}^{\infty} \sum_{s=1,3,5,\dots}^{\infty} c_{r,s} a_r' a_s' \right] \quad (21)$$

但,  $a_r', a_s'$ 는 (20)에서와 같이 寫像函數의 係數이며  $c_{r,s}$ 는

$$c_{r,s} = c_{s,r} \quad (22-1)$$

$r < s$  때

$$c_{r,s} = -\frac{rs}{s^2 - r^2} \left( \frac{1}{2r} + \frac{1}{2s} + \sum_{n=2,4,6,\dots}^{s-r-2} \frac{1}{r+n} \right) \quad (22-2)$$

$r = s$  때

$$c_{s,s} = \frac{s}{4} \sum_{n=2,4,6,\dots}^{2s} \frac{1}{(s-n)^2} \quad (22-3)$$

따라서

$$C_H = \frac{mH}{1/2 \rho \pi H^2} = M^2 \left[ \left( \frac{4}{\pi H} \right)^2 \sum_{r=1,3,5,\dots} \sum_{s=1,3,5,\dots} c_{r,s} a_r' a_s' \right] \quad (23)$$

**비틀림**

實際問題에서는 비틀림中心이 一般的으로 水線面과 一致하지 않으며, 그로부터 上方 또는 下方으로 偏倚한다.

그러나 여기서는 비틀림中心이 水線面上에 있는 것으로 看做한다. 그러면 (18)에서의  $p^2$ 은

$$p^2 = x^2 + y^2 = M^2 \left[ \left\{ \cos\theta + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} \cos(2n-1)\theta \right\}^2 + \left\{ \sin\theta - \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} \sin(2n-1)\theta \right\}^2 \right]$$

$$= M^2 \left[ 1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} \cos 2n\theta + \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} a_{2m-1} \cos 2(n-m)\theta \right]$$

윗式 右邊의 二重級數를

$$\sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=1}^{\infty} a_{2n-1} a_{2m-1} \cos 2(n-m)\theta$$

$$= \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1}^2 + 2(\cos 2\theta \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} a_{2n+1} + \cos 4\theta \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} a_{2n+3} + \cos 6\theta \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} a_{2n+5} + \dots)$$

로 바꾸어 쓰면

$$p^2 = M^2 \left[ 1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1}^2 + 2(a_1 + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} a_{2n+1}) \cos 2\theta + 2(a_3 + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} a_{2n+3}) \cos 4\theta + 2(a_5 + \sum_{n=1}^{\infty} a_{2n-1} a_{2n+5}) \cos 6\theta + \dots \right] \quad (24)$$

이제 (24)를 境界條件 (18)에 代入하여 兩邊을 比較해 보면

$\phi$ 는 cosine級數의 形式이어야 함을 알 수 있는데 그렇게 되기 爲해서는  $b_n$ 는 純虛數로서  $b_n = -\bar{b}_n$ 이면 되므로

$$b_n = i\Omega C_n$$

但,  $C_n =$ 實數,  $n=1, 2, 3,$

따라서 接水面 ( $\alpha=0$ )에 對해서는

$$\phi = M^2 \left[ \frac{1}{2i} \sum_{n=1}^{\infty} b_n (e^{-in\theta} + e^{in\theta}) \right]$$

$$= M^2 \left[ \Omega \sum_{n=1}^{\infty} C_n \cos n\theta \right]$$

와 같이 表示된다. 故로 境界條件 (18)를 滿足하도록 하기 爲해서는  $C_n$ 는

$$C_n = -\left( a_{n-1} + \sum_{j=1,3,5,\dots}^{\infty} a_j a_{j+n} \right), \quad n=2, 4, 6, \dots \quad (25)$$

$$C_n = 0, \quad n=1, 3, 5, \dots$$

이  $C_n$ 로  $\phi$  및  $\psi$ 를 表示하면

$$\phi = M^2 \left[ \Omega \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_{2n}}{e^{2n\alpha}} \sin 2n\theta \right]$$

$$\psi = M^2 \left[ \Omega \sum_{n=1}^{\infty} \frac{C_{2n}}{e^{2n\alpha}} \cos 2n\theta \right] \quad (26)$$

(26)이 自由水面 및 無限遠方에 對한 境界條件을 滿足함은 自明하다

이제 (19)에 依하여 運動에너지  $T$ 를 計算하면

$$T = M^4 \left[ \frac{\pi\rho}{4} \Omega^2 \sum_{n=1}^{\infty} (2n) C_{2n}^2 \right]$$

$$= M^4 \left[ \frac{\pi\rho}{4} \Omega^2 \sum_{n=1}^{\infty} (2n) \left\{ a_{2n-1} + \sum_{j=1}^{\infty} a_{2j-1} a_{2(j+n)-1} \right\}^2 \right] \quad (27)$$

原點에 關한 單位길이 當의 附加慣性 모우먼트  $I_{ro}$ 는

$$I_{ro} = \frac{T}{1/2 \Omega^2}$$

$$= M^4 \left[ \frac{\pi}{2} \rho \sum_{n=1}^{\infty} (2n) \left\{ a_{2n-1} + \sum_{j=1}^{\infty} a_{2j-1} a_{2(j+n)-1} \right\}^2 \right] \quad (28)$$

故로 附加慣性 모우먼트係數  $C_{ro}$ 는

$$C_{ro} = \frac{I_{ro}}{\rho \pi H^4}$$

$$= \frac{M^4}{2H^4} \sum_{n=1}^{\infty} (2n) \left\{ a_{2n-1} + \sum_{j=1}^{\infty} a_{2j-1} a_{2(j+n)-1} \right\}^2 \quad (29)$$

**4. 數值計算**

單背骨直線肋骨型斷面の 形狀은 앞節에서 詳述한 바

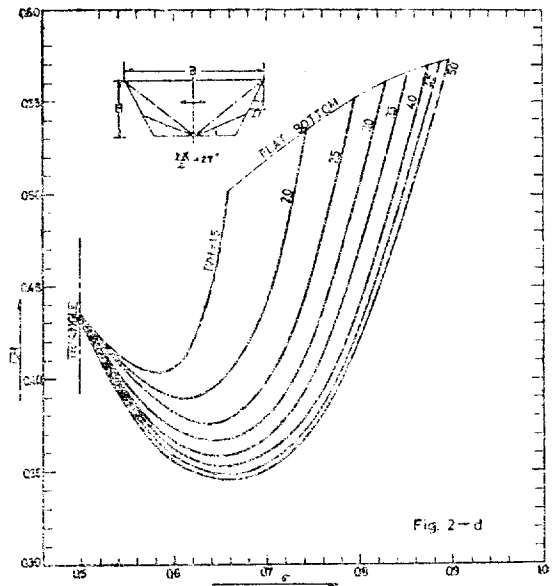
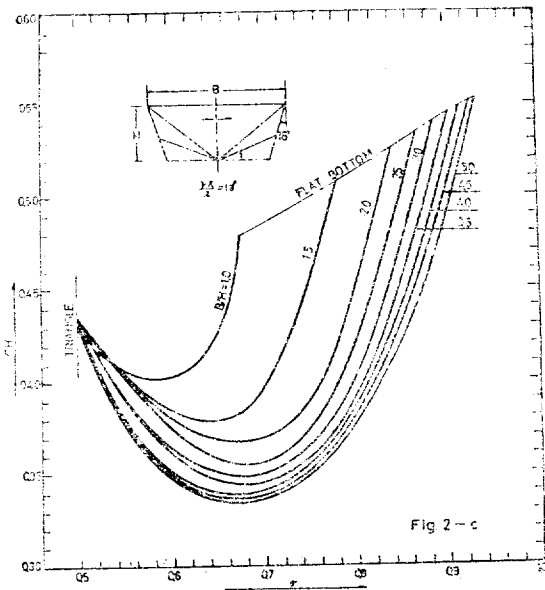
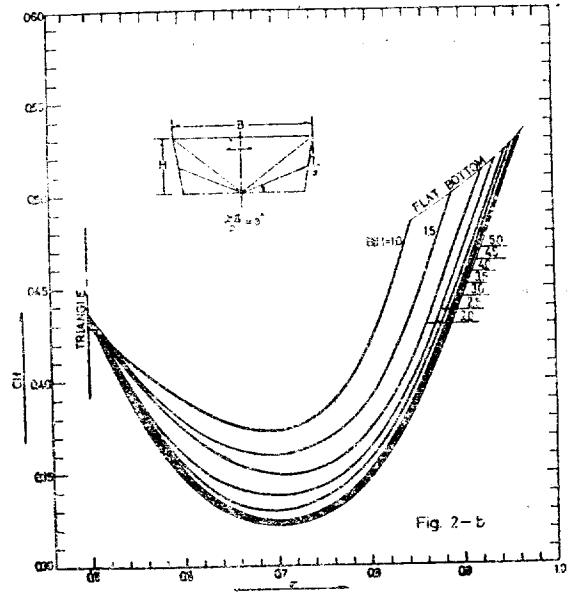
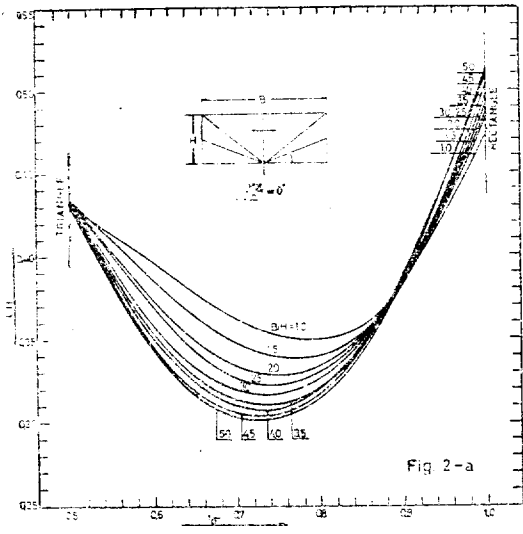


Fig. 2. Two dimensional added mass coefficients vs. sectional area coefficients with beam-draft ratios and sloping side angles as parameters: Horizontal Vibrations.

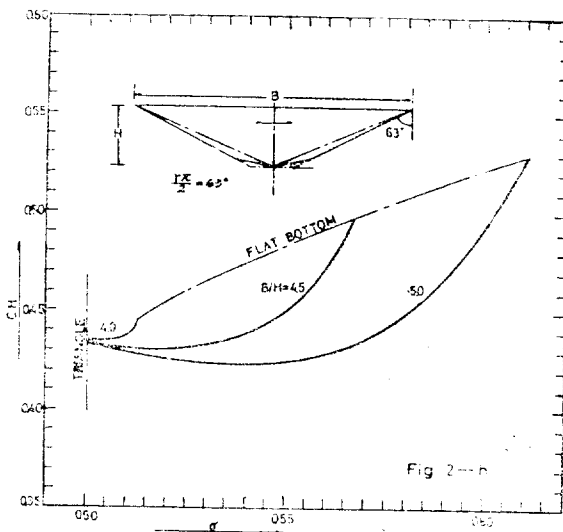
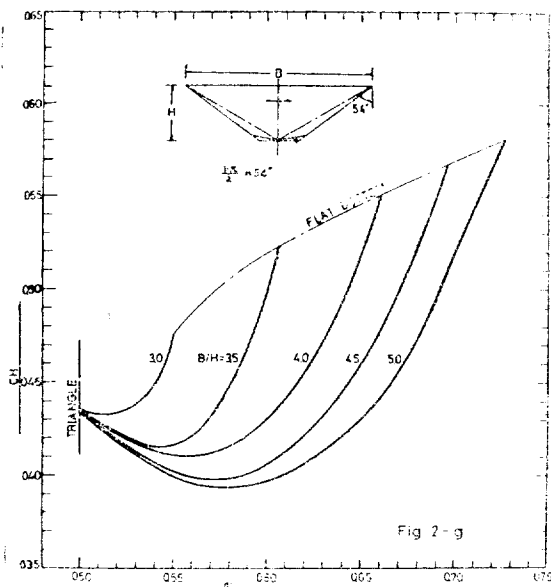
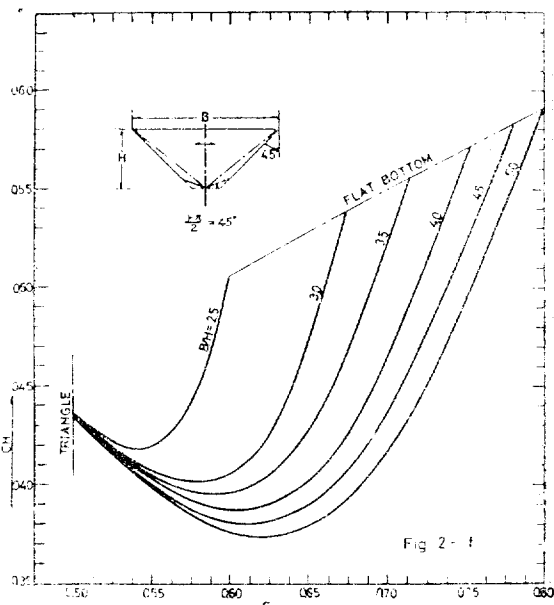
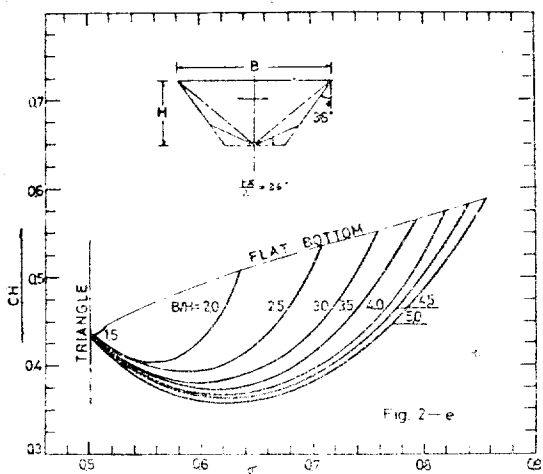


Fig.2. Two dimensional added mass coefficients vs. sectional area coefficients with beam-draft ratios and sloping side angles as parameters: Horizontal Vibrations (continued).

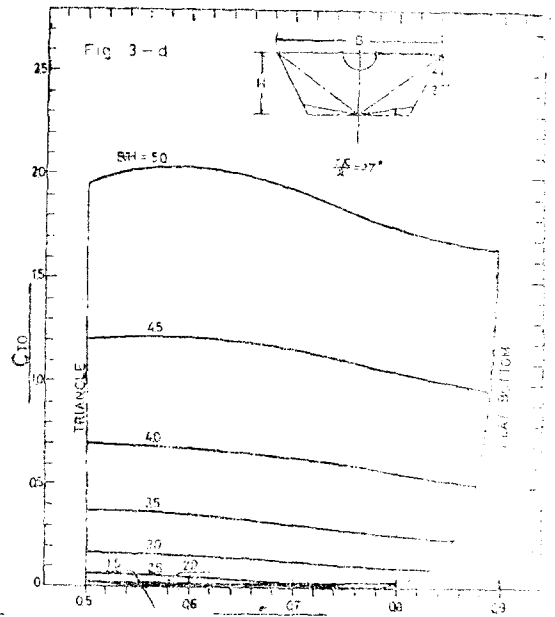
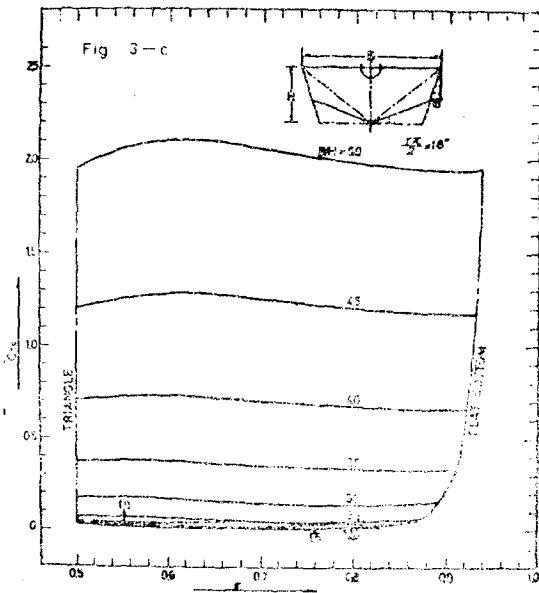
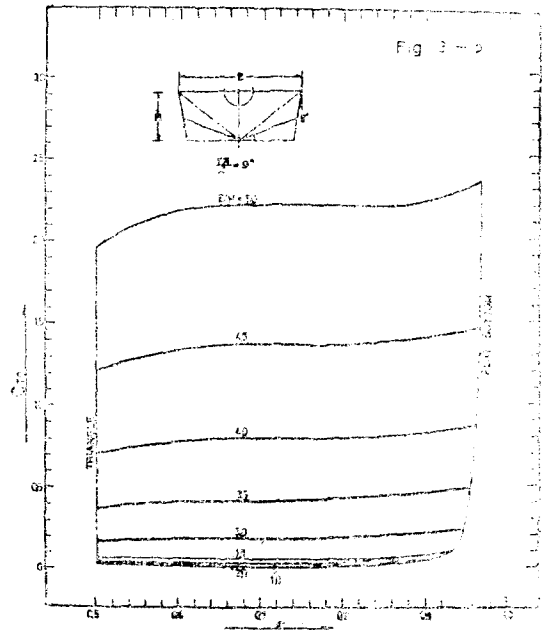
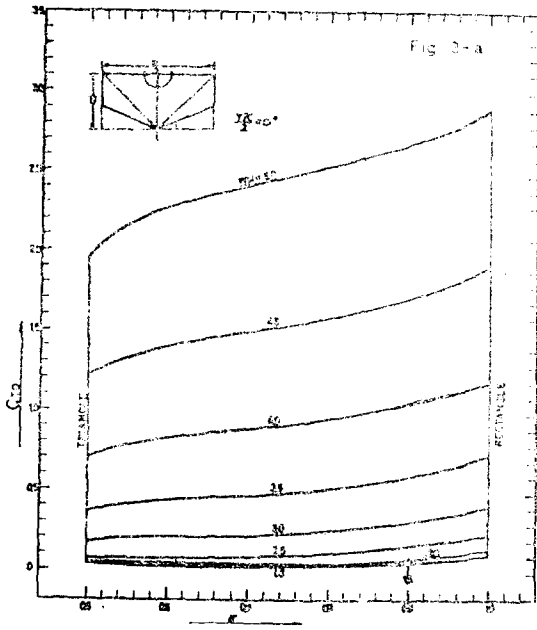


Fig. 3. Two dimensional coefficients of added mass moment of inertia vs. sectional area coefficient with beam-draft ratios and sloping side angles as parameters: Torsional Vibrations.

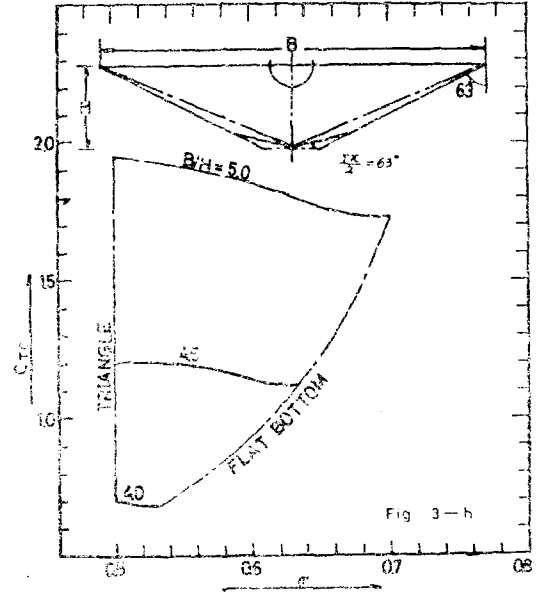
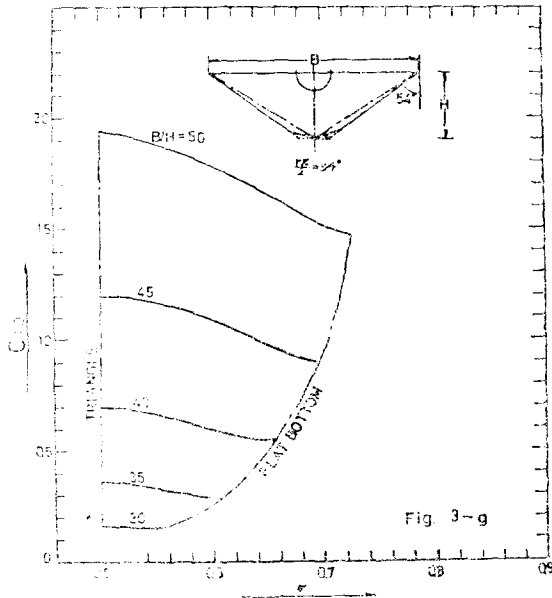
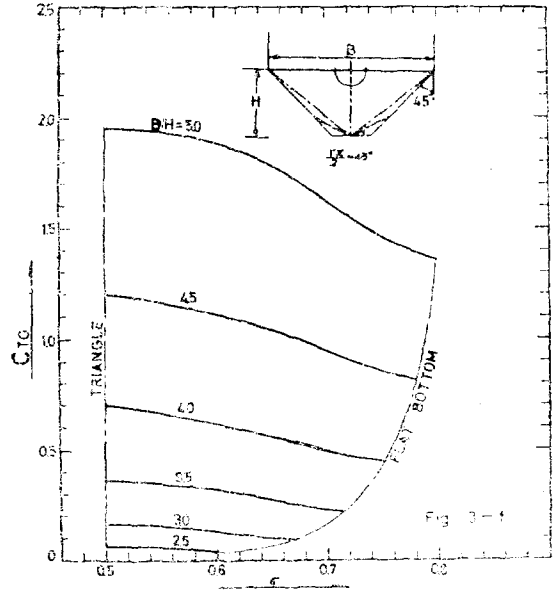
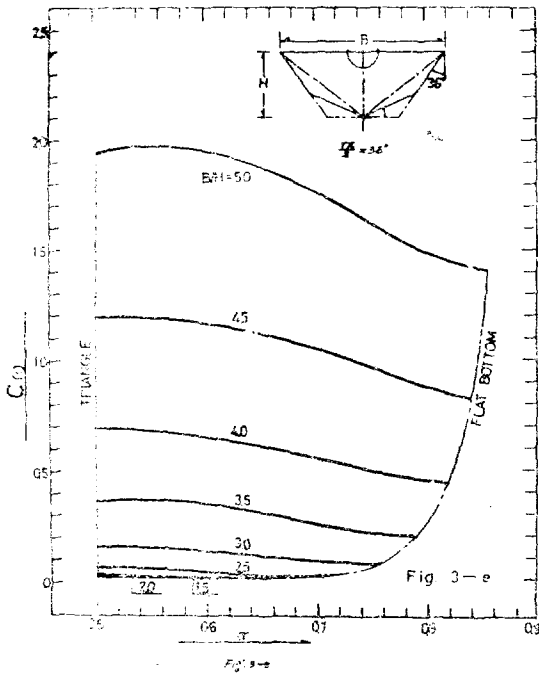


Fig. 3. Two dimensional coefficients of added mass moment of inertia vs. sectional area coefficients with beam-draft ratios and sloping side angles as parameters: Torsional Vibrations (continued).



와 같이 Fig. 1에 定義된  $r, s, t$ 와 背骨點  $B$ 의  $\zeta$ -平面上에 示의 單位圓上의 對應點  $B'$ 의 角  $\phi$ 에 依하여 決定된다.

그런데  $r, s, t$ 는  $r+2s+t=1$ 의 關係를 滿足하게 되므로 結局은  $r, s, t$ 中 어느 2개와  $\phi$ 의 3개의 徑數에 依하여 決定된다.

本報文에서 的 數值計算은 다음과 같은  $r, s, t$  및  $\phi$ 의 값에 對하여 寫像函數를 (7)의 12項까지 取하고, 附加慣性係數는 (23)과 (29)에서 12項까지 取하여 計算하였다.

이 計算에는 釜山中央電算株式會社의 電子計算機 CDC 3300이 利用되었다.

數值計算은  $r, s, t, \phi$ 等을 다음과 같은 2系列 即,

系列 1.

$r=0$

$s=1/36, 1/18, 1/12, 1/9, 5/36, 2/9, 1/4, 5/8, 11/36, 1/3, 13/36, 7/36, 5/12, 4/9, 17/36, 1/2$   
 $\phi=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ, 75^\circ, 80^\circ, 85^\circ, 90^\circ$

系列 2.

$t=0.00, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60$   
 $s=0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45$   
 $\phi=0^\circ, 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ, 35^\circ, 40^\circ, 45^\circ, 50^\circ, 55^\circ, 60^\circ, 65^\circ, 70^\circ, 75^\circ, 80^\circ, 85^\circ, 90^\circ$

에 對하여 遂行하고 同結果를 側面傾斜角  $\frac{r\pi}{2}$  및 幅吃水比  $B/H$ 를 徑數로해서  $C_H$  對  $\sigma$  曲線 및  $C_{T0}$  對  $\sigma$  曲線으로 圖示한 것이 Fig. 2 및 Fig.3이다. 이는 實船應用에서 흔히 使用되는  $\sigma$  및  $B/H$ 의 2徑數群技法을 그에 側面傾斜角만을 追加한 3徑數群技法으로 다루는 것이 便利하다고 믿기 때문이다.

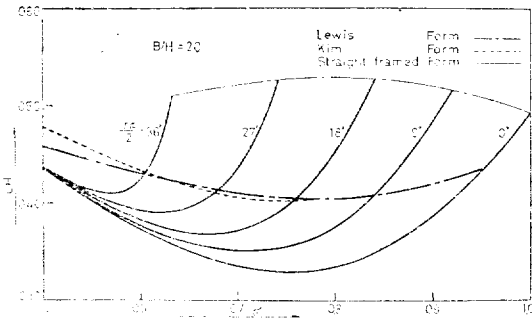


Fig. 4. A comparison of two dimensional added mass coefficients with those of other hull forms: Horizontal Vibrations.

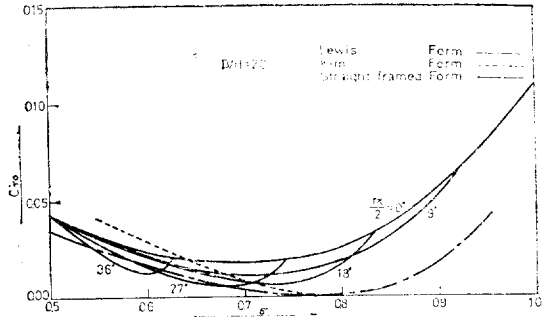


Fig. 5. A comparison of two dimensional coefficients of added mass moment of inertia with those of other hull forms: Torsional Vibrations.

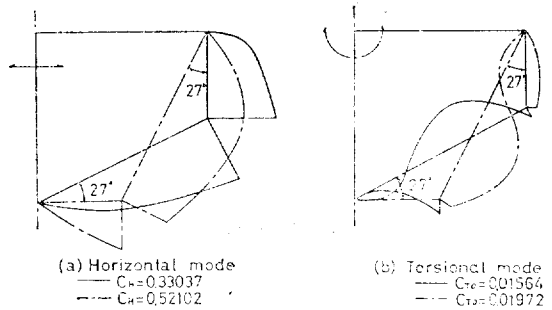


Fig. 6. The effect of sloping side angle on hydrodynamic pressure distributions:  $B/H=2.0, \sigma=0.75$ .

### 5. 考 察

單背骨直線肋骨斷面의  $C_H$  및  $C_{T0}$ 를 그와  $B/H$  및  $\sigma$ 가 같은 값인 Lewis斷面 및 金의 單背骨曲線要素斷面의  $C_H$  및  $C_{T0}$ 와 比較해 본 目的으로  $B/H=2.0$ 의 境遇에 對하여 比較한 것이 Fig. 4 및 Fig.5인데  $C_{T0}$ 의 값에 있어서는 그들사이의 差가 微小하나  $C_H$ 의 값은  $B/H$  및  $\sigma$ 가 같아도 側面傾斜角의 크기에 따라서는 그들사이에 差가 크다. 大體로 Lewis 또는 金의 斷面의  $C_H$ 曲線은 直線肋骨斷面狀의 上下限帶의 中間值를 取하고 있다.

直線肋骨型斷面에서 稜角이  $C_H$  및  $C_{T0}$ 에 미치는 影響을 알아볼 目的으로  $B/H=2.0, \sigma=0.75$ 에 稜角變化에 따른 壓力分布의 傾向差를 計算한 結果 側面의 自由水面傾斜角의 影響이 顯著함을 알았다. 例로  $B/H=2.0, \sigma=0.75$ 에 極端의 境遇로서 垂直側頭과 水平底面의 境遇의 壓力分布를 Fig. 6에 圖示하였다. 이에 背骨

陵角의 크기는 같으나  $C_H$  및  $C_{T0}$  값은 差異가 있는데, 특히  $C_H$ 에서 그 差가 顯著하다. 이는 Fig. 4에서 보듯이 水平振動에 側面에서의 壓力세기가 底面에서 보다 顯著히 크기 때문이다. 이 傾向은 金[10]이 Lewis斷面, 背骨曲線 要素斷面 및 直四角形斷面에서의 壓力分布를 上下 및 水平振動에 對해서 計算한 結果에서도 確認되는데, 上下振動에는 水平振動에와는 反對로 底面에서의 壓力세기가 側面에서 보다 顯著히 크다.

## 6. 結 論

單背骨直線肋骨型船斷面に 對하여 그 斷面 및 斷面의 外域은 單位圓 및 單位圓外域에 等角寫像하는 寫像函數를 써서 自由水面에서의 水平 및 垂直振動에 對한 2次元의 附加慣性係數를 系統的으로 計算하여 同計算結果를 側面傾斜角 및 幅·吃水比  $B/H$ 를 徑數로 하여 附加慣性係數  $C_H$  및  $C_{T0}$  對  $\sigma$  曲線으로 整理하여 提示하였다.

이 資料는 漁船, 高速艇等 背骨型船의 振動解析에 直接的으로 活用할 수 있을 것이다.

한편 背骨直線肋骨型斷面의 附加慣性係數를 餘他船型斷面의 그것과 比較할 目的으로 斷面積係數 및 幅吃水比가 그와 同一한 값을 가지는 Lewis斷面 및 金の 背骨形曲線要素斷面에 對한 附加慣性係數와 比較考察하였는데,  $C_{T0}$ 의 값에 있어서는 그들 사이의 差가 微小하나  $C_H$ 의 값은  $B/H$  및  $\sigma$ 가 같아도 側面傾斜角의 크기에 따라서는 그들 사이의 差가 크다. 大體로 Lewis 또는 金の 斷面의  $C_H$ 曲線은 直線肋骨斷面의 上下限帶의 中間值를 取하고 있다.

直線肋骨船形斷面의 附加慣性係數에 對해서는 幅·吃水比, 斷面積係數와 더불어 側面傾斜角의 크기의 影響이 大端히 크다. 背骨陵角의 크기가 같더라도 側面傾斜角의 크기가 다르면 附加慣性係數는 顯著한 差를 갖는다.

## 後 記

本論文作成에 있어서 有益한 討論을 해주신 서울大學校의 金極天教授와 黃宗屹教授에게 感謝를 드리며 또 計算結果의 整理, 圖表作成等은 도와준 康聖原氏의 勞苦에 感謝한다.

## 參 考 文 獻

[1] F.M. Lewis: "The Inertia of the Water Surrounding a Vibrating Ship," *Trans, The Society of*

*Naval Architects and Marine Engineers*, Vol. 37, 1929.

- [2] K. Wendel: "Hydrodynamische Massen und Hydrodynamische Massenträgheitsmomente," *Jahrb. d. Schiffbautechen. Ges.*, Vol. 44, 1950.
- [3] J. H. Hwang: "Added Mass of Two Dimensional Cylinders with the Sections of Straight Frames Oscillating Vertically in a Free Surface," *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol. 5, No.2, 1968.
- [4] Watanabe: "On the apparent Moment of Inertia of ship in free Rolling," *Trans. The Society of Naval Architects of Japan*, No. 52, 1955.
- [5] K.C. Kim: "Added Mass for both Vertical and Horizontal Vibration of Two-Dimensional Cylinders of Curvilinear-Element Sections with Chines in a Free Surface," *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol. 6, No. 1, 1969.
- [6] L. Landweber and M. Macagno: "Added Mass of Two-Dimensional Forms Oscillating in a Free Surface," *Journal of Ship Research*, SNAME, Vol. 1, No. 3, 1957.
- [7] H. Lamb: *Hydrodynamics*, 6th Edition, Dover Publications, 1945.
- [8] T. Kumai: "Added Mass Moment of Inertia Induced by Torsional Vibration of Ships", *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, Vol. 104, 1960.
- [9] K.P. Rhee and Y.S. Yang: "A Note on the Two-Dimensional Added Mass Moment of Inertia in Torsional Vibration of Cylinders of Curvilinear-Element Sections with Chines," *Journal of the Society of Naval Architects of Korea*, Vol. 11, No. 2, 1974.
- [10] K.C. Kim: "Added Mass and Hydrodynamic Pressure Distribution of Hypotrochoid-Character Cylinders Oscillating in a Free Surface of an Ideal Fluid", *Faculty Papers of Seoul National University*, Korea, Vol. 1-(C), 1971.