
 論 文

大韓造船學會誌
 第16卷 第2號 1979年 6月
 Journal of the Society of
 Naval Architects of Korea
 Vol. 16, No. 2 June 1979

吃水와 水線面形狀의 變化에 따른 造波抵抗

金 仁 喆*

 Wave Resistance under the Influence of the Draft and Water-plane
 Section Form of the Ship

by

I.C. Kim*

Abstract

Havelock was considered the wave resistance of a post extending vertically downwards through the water from the surface, its section by a horizontal plane being the same at all depths and having its breadth small compared with its length. This enables us to elucidate certain points of interest in ship resistance.

However, the ship has not infinite draft. So, the problem which is investigated in detail in this paper is the wave resistance of a mathematical quadratic model in a uniform stream.

The author wishes to study the effect of variation of draft. The form of the water-plane is varied while keeping the length and the cross sectional area constant.

As a numerical example, we calculated the wave resistance for mathematical quadratic ship models. The results are compared with a post having infinite depth.

The results are as follows;

The models with finer ends have smaller wave resistance up to $V/\sqrt{L}=1.1\sim 1.2$ than its mate with blunter ends, but above this speed the models with blunter ends have less wave resistance.

According to the decrease of draft, the wave resistance gap between the models with blunter ends and the models with finer ends decreases at high speed.

In the case of $T/L=0.025$, the models with finer ends have less wave resistance than the models with blunter ends at high speed.

1. 序 論

實用 船型의 造波抵抗을 理論에 依하여 求하려고 하는 企圖는 항상 造船學者들의 關心을 모아온 問題이지만, 3次元 問題로서, 배의 造波抵抗을 理論에 의해 直接 求한다는 것은 아직도 不可能한 일이며, 船型의 各要素가 미치는 影響을 完全히 究明하기 前에는 여전히 여러가지의 假定에 依하여 求하는 수밖에 없다.

初期의 有名한 Michell積分⁽¹⁾은, 船體 表面에 對한 接平面의 傾斜가 垂直 中央面에 對하여 어디에서든지 항상 작다는 假定을 두었고, 이러한 假定下에서 造波抵抗에 對한 一般의인 表現方法을 보여 주었다.

Havelock는, 그 吃水에 比하여 다른 모든 치수가 대단히 작다는 假定아래서, 여러가지 形態의 沒水體에 對한 造波抵抗을 求하였다.⁽²⁾ 또 Havelock는, 그후, Michell積分과는 다른 方法으로 求한 沒水體의 造波抵

 * 正會員 : 釜山大學校 工科大學

抗이, 그 制限條件이 같을 때에는 Michell積分과 結果가 같아짐을 보였다, (3) 그리고 그 길이에 比하여 幅이 微小하다는 假定下에서, 어떤 기둥의 水平斷面이 그 모든 吃水에 對하여 等水線面을 갖는, 無限 吃水の 垂直기둥에 對한 造波抵抗을 計算하였다. (3) 이 경우 Havelock는 垂直기둥이 同一한 排水量을 갖게 하고, 그 水線面의 形狀만 네가지 경우로 변화하도록 하였다.

Wigley는 垂直斷面의 形狀이, 그 吃水의 上半部에서는 鉛直面을 가지고, 下半部에서는 鉛直面으로부터 船底까지 $y = (b/3)[4 - x^2]$ 의 形態로 둥글게 되어진 船型에 對하여 造波抵抗을 求하였다. (4)

本 論文에서는, 좀더 實用 船型에 가까워지고자, 有限한 吃水を 갖는 2次式 數式 船型이

첫째, 그 吃水を 變化하고,

둘째, 一定한 吃수에 對해서는, 同一한 排水量을 維持하면서 그 水線面의 形狀을 變化할 경우, 그에 따른 造波抵抗의 變化를 求하였다. 抵抗値는 各 경우에 對하여 여러가지 速度로 計算하였고 Havelock의 無限 吃水 垂直기둥의 경우와 比較하였다.

2. 造波抵抗의 理論解析

靜水面위에 O_x, O_y 를 取하고 鉛直下方으로 z 를 取한다. 여기서 y 는 船幅方向, x 는 船體의 進行方向으로 한다. 船體가 前進하는 것을 反對로 생각하여 船體는

$$\begin{aligned} \phi = & \frac{2c}{\pi} \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty f'(\xi, \zeta) \frac{\cos(nz - \epsilon) \cos(n\zeta - \epsilon)}{\sqrt{m^2 + n^2}} \times \cos\{m(\xi - x)\} e^{-y\sqrt{m^2 + n^2}} d\xi d\zeta dmdn \\ & - \frac{2c^3}{\pi g} \int_{g/c^2}^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty f'(\xi, \zeta) \frac{me^{-m^2c^2(z+\zeta)/g}}{\sqrt{m^2c^4/g^2 - 1}} \times \sin\{m(x - \xi) + my\sqrt{m^2c^4/g^2 - 1}\} d\xi d\zeta dm \\ & + \frac{2c^3}{\pi g} \int_0^{g/c^2} \int_0^\infty \int_0^\infty f'(\xi, \zeta) \frac{me^{-m^2c^2(z+\zeta)/g}}{\sqrt{1 - m^2c^4/g^2}} \times \cos\{m(\xi - x)\} e^{-my\sqrt{1 - m^2c^4/g^2}} d\xi d\zeta dm \end{aligned} \tag{4}$$

여기서 $\tan \epsilon = -c^2m^2/gn$ 이다.

(4)는 (3)을 除外하고, 모든 條件을 滿足하며, (3)은 展開를 하여 復合的인 表現에 依해 滿足되어진다.

그래서 $f'(x, z)$ 는

$$\begin{aligned} f'(x, z) = & \frac{2}{\pi^2} \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty f'(\xi, \zeta) \cos(nz - \epsilon) \cos(n\zeta - \epsilon) \times \cos m(\xi - x) d\xi d\zeta dmdn \\ & + \frac{2c^2}{\pi g} \int_0^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty f'(\xi, \zeta) m^2 e^{-m^2c^2(z+\zeta)/g} \times \cos m(\xi - x) d\xi d\zeta dm \end{aligned} \tag{5}$$

가 된다. 만약 δp 를 攪亂量 ϕ 에 依한 流體壓力의 증가라 하면, 造波抵抗은 다음과 같이 주어진다.

$$R = -2 \iint \delta p \frac{\partial \eta}{\partial x} dx dz = -2\rho c \iint \frac{\partial \phi}{\partial x} \cdot \frac{\partial \eta}{\partial x} dx dz \tag{6}$$

(4)의 첫째 積分項과 셋째 積分項은 造波抵抗에 기여하지 못하므로, 따라서 (4)의 둘째 積分項만을 (6)에 代入하면, 求하고자 하는 造波抵抗은

$$\begin{aligned} R = & \frac{4\rho c^4}{\pi g} \int_{g/c^2}^\infty \int_0^\infty \int_0^\infty f'(x, z) \cdot f'(\xi, \zeta) \times \frac{m^2 e^{-m^2c^2(z+\zeta)/g}}{\sqrt{m^2c^4/g^2 - 1}} \cos m(x - \xi) dx dz d\xi d\zeta dm \\ = & \frac{4\rho c^4}{\pi g} \int_{g/c^2}^\infty (I^2 + J^2) \frac{m^2 dm}{\sqrt{m^2c^4/g^2 - 1}} \end{aligned} \tag{7}$$

靜止하고 無限遠方에서 均一流速 c 의 平行流가 온다고 假定한다. 또 船體의 存在로 인한, 水面의 攪亂에 依한 potential ϕ 를 생각하면, x 軸方向의 速度 potential은 $\phi - cx$ 이다. 여기서, 攪亂의 ϕ 에 作用하는 速度의 제공항은 무시한다. (x, y) 에서 水面의 沈下를 ζ 라하면 $z=0$ 에서 表面의 運動條件은

$$\frac{\partial \phi}{\partial z} = -c \frac{\partial \zeta}{\partial x} \tag{1}$$

이다. $z=0$ 에서 定壓에 對한 條件은 $c \frac{\partial \phi}{\partial x} + g\zeta = 0$, 또는

$$\frac{c^2}{g} \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} = \frac{\partial \phi}{\partial z} \tag{2}$$

이다. $y=0$ 일 때는 船體 表面위를 除外하고는 $\frac{\partial \phi}{\partial y} = 0$

이고, $z=h$ 인 船底에서는 $\frac{\partial \phi}{\partial z} = 0$ 이다. 만약 $y=0$ 면에 對하여, 어디에서나 船體表面의 傾斜가 매우 작다면 船體表面의 條件은

$$\frac{\partial \phi}{\partial y} = -c \frac{\partial \eta}{\partial x} = -cf'(x, z) \tag{3}$$

이 되고, 여기서 $\eta = f(x, z)$ 이며, 이 條件은 $y=0$ 인 船體 中央面に 주어진다.

이 조건들을 滿足하는 potential 函數는 座標系에서 單純調和項을 調合하므로써 얻을 수 있고, 여기서 Michell에 依한 表現은 다음과 같다.

이 된다. 여기서 I, J 는 各各

$$\left. \begin{aligned} I &= \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f'(x, z) e^{-m^2 c^2 z / g} \cos mx dx dz \\ J &= \int_0^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f'(x, z) e^{-m^2 c^2 z / g} \sin mx dx dz \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

이다. 이것이 造波抵抗에 對한 有名한 Michell積分이며, 여기서 座標의 原點을 船의 中央에 잡고, 또 船을 前後 對稱이라고 하면 $I=0$ 이다.

3. 吃水及水線面 形狀의變化에 따른 造波抵抗

여기서 取扱하고자 하는 船型은, 船의 길이와 全艦排水量은 變化시키지 않고, 斷面의 形狀만 變化시킨다. 따라서 船艦은 吃水 方向으로 2次式 變化를 하고, 그 船幅이 水線面의 曲率을 따라 조금씩 변화해 가는, 그런 形態의 船型이다. 이러한 條件을 滿足하는 船型은 다음과 같다.

$$y = \frac{b}{1-l^2/5d^2} \left(1 - \frac{x^2}{l^2}\right) \left(1 - \frac{l^2+x^2}{6d^2}\right) \left(1 - \frac{z^2}{T^2}\right) \quad (9)$$

여기서 $L=2l$ 은 船의 長이를 表示하고, $B=2b$, T 는 各各 船幅과 吃水を 나타낸다. 또 여기서 y 는 正의 方

$$\begin{aligned} J &= \frac{-2b}{l^2(1-l^2/5d^2)} \int_0^T \left(1 - \frac{z^2}{T^2}\right) e^{-az} dz \int_{-l}^l (x-x^3/3d^2) \sin mx dx \\ &= \frac{-4b}{l^2(1-l^2/5d^2)} \int_0^T \left(1 - \frac{z^2}{T^2}\right) e^{-az} dz \int_0^l (x-x^3/3d^2) \sin mx dx \end{aligned} \quad (12)$$

가 되고,

$$\int_0^T \left(1 - \frac{z^2}{T^2}\right) e^{-az} dz = \left\{ \frac{2}{a^2 T} e^{-aT} + \frac{2}{a^3 T^2} (e^{-aT} - 1) + \frac{1}{a} \right\} \quad (13)$$

$$\int_0^l (x-x^3/3d^2) \sin mx dx = - \left\{ \left(\frac{l}{m} - \frac{l^3}{3d^2 m} + \frac{2l}{d^2 m^3} \right) \cos ml - \left(\frac{1}{m^2} - \frac{l^2}{d^2 m^2} + \frac{2}{d^2 m^4} \right) \sin ml \right\} \quad (14)$$

가 되기 때문에, 다시

$$J = \frac{4b}{l^2(1-l^2/5d^2)} A \cdot B \quad (15)$$

가 된다. 따라서 (15)로 부터

$$J^2 = \frac{16b^2}{l^4(1-l^2/5d^2)^2} A^2 \cdot B^2 \quad (16)$$

이 되고, 여기서

$$A^2 = \frac{1}{a^6 T^4} \{ 4e^{-2aT} (a^2 T^2 + 2aT + 1) + 4e^{-aT} (a^3 T^3 + a^2 T^2 - 2aT - 2) + a^4 T^4 - 4a^2 T^2 + 4 \} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} B^2 &= \left\{ \left(\frac{l^2}{m^2} + \frac{l^6}{9d^4 m^2} + \frac{4l^2}{d^4 m^6} - \frac{2l^4}{3d^2 m^2} - \frac{4l^4}{3d^4 m^4} + \frac{4l^2}{d^2 m^4} \right) \cos^2 ml \right. \\ &\quad + \left(\frac{1}{m^4} + \frac{l^4}{d^4 m^4} + \frac{4}{d^4 m^8} - \frac{2l^2}{d^2 m^4} - \frac{4l^2}{d^4 m^6} + \frac{4}{d^2 m^6} \right) \sin^2 ml \\ &\quad \left. - \left(\frac{2l}{m^3} - \frac{8l^3}{3d^2 m^3} + \frac{8l}{d^2 m^5} + \frac{2l^5}{3d^4 m^3} - \frac{16l^3}{3d^4 m^5} + \frac{8l}{d^4 m^7} \right) \cos ml \sin ml \right\} \end{aligned} \quad (18)$$

이 되므로, 따라서 (7)로 부터,

$$R = \frac{4\rho c^4}{\pi g} \int_{g/c^2}^{\infty} \frac{16b^2}{l^4(1-l^2/5d^2)^2} A^2 \cdot B^2 \frac{m^2 dm}{\sqrt{m^2 c^4/g^2 - 1}} \quad (19)$$

가 된다. 여기서 $g/c^2 \cdot \sec \phi = m$ 이라 하면,

向으로 取하며, x 는 $\pm l$ 사이를 變化한다.

지금 船의 長이가 $2l$ 이기 때문에, 水面에서 水平斷面의 面積은 $8/3 \cdot bl$ 이고, 幅은

$$2b(1-l^2/6d^2)/(1-l^2/5d^2) \quad (10)$$

이다. 水線面에서 變曲點은 $x=\pm d$ 이고, $d=\infty$ 일때는 幅이 $2b$ 인 一般的인 拋物線의 꼴이다. $d=l$ 일때는 船首와 船尾에서 水線面의 形狀이 거의 直線으로 되며, $d<l$ 일때는 船首, 尾 附近에서 水線面의 形狀이 오목한 形態로 된다. 따라서 $d=\infty$ 일 경우에는 blunter end를 가지고, $d<l$ 일때는 hollow line을 따라 finer end를 가진다.

먼저 (9)에서

$$f'(x, z) = - \frac{2b}{l^2(1-l^2/5d^2)} (x-x^3/3d^2) (1-z^2/T^2)$$

이므로, (8)은

$$J = \int_0^T \int_{-l}^l \frac{-2b}{l^2(1-l^2/5d^2)} (x-x^3/3d^2) \left(1 - \frac{z^2}{T^2}\right) \times e^{-m^2 c^2 z / g} \sin mx dx dz \quad (11)$$

이 되고, 여기서 $a=m^2 c^2/g$ 라 하면, (11)은

$$R = \frac{64\rho b^2 c^4}{\pi g l^4 (1-l^2/5d^2)^2} \cdot \frac{g^3}{c^6} \int_0^{\pi/2} A'^2 \cdot B'^2 \sec^3 \phi d\phi \tag{20}$$

이 되고, 다시 $P=gL/c^2$ 이라 하여

$$R = \frac{32\rho b^2 g}{\pi l^4 (1-l^2/5d^2)^2} \cdot \frac{P}{l} \int_0^{\pi/2} A'^2 \cdot B'^2 \sec^3 \phi d\phi \tag{21}$$

이 된다. 여기서 $T/l=\tau$, $l/d=\delta$ 라 하면

$$A'^2 = \frac{64l^2}{p^6 \tau^4 \sec^{12} \phi} \left\{ 4e^{-\tau \sec^2 \phi} \left(\frac{1}{4} p^2 \tau^2 \sec^4 \phi + p \tau \sec^2 \phi + 1 \right) + 4e^{-\tau \sec^2 \phi} \left(\frac{1}{8} p^3 \tau^3 \sec^6 \phi + \frac{1}{4} p^2 \tau^2 \sec^4 \phi - p \tau \sec^2 \phi - 2 \right) + \frac{1}{16} p^4 \tau^4 \sec^8 \phi - p^2 \tau^2 \sec^4 \phi + 4 \right\} \tag{22}$$

$$B'^2 = \frac{4l^4}{p^2} \left[\left\{ \frac{1}{2} \cos^2 \phi \left\{ \left(1 - \frac{1}{3} \delta^2 \right)^2 + \frac{4}{p^2} \left(1 + 2\delta^2 - \frac{1}{3} \delta^4 \right) \cos^2 \phi + \frac{64}{p^4} \delta^2 \cos^4 \phi + \frac{256}{p^6} \delta^4 \cos^6 \phi \right\} \right\} + \left\{ \frac{1}{2} \cos^2 \phi \left\{ \left(1 - \frac{1}{3} \delta^2 \right)^2 - \frac{4}{p^2} \left(1 - 6\delta^2 + \frac{7}{3} \delta^4 \right) \cos^2 \phi - \frac{64}{p^4} \delta^2 (1 - 2\delta^2) \cos^4 \phi - \frac{256}{p^6} \delta^4 \cos^6 \phi \right\} \cos(p \sec \phi) \right\} - \left\{ \cos^2 \phi \left\{ \frac{2}{p} \left(1 - \frac{4}{3} \delta^2 + \frac{1}{3} \delta^4 \right) \cos \phi + \frac{32}{p^3} \delta^2 \left(1 - \frac{2}{3} \delta^2 \right) \cos^3 \phi + \frac{128}{p^5} \delta^4 \cos^5 \phi \right\} \sin(p \sec \phi) \right\} \right] \tag{23}$$

이 되므로, (22), (23)을 다시 (21)에 代入하여 求하고자 하는 造波抵抗 R 은 다음과 같이 된다.

$$R = \frac{8192\rho g b^2 l}{\pi (1-\frac{1}{5}\delta^2)^2 p^7 \tau^4} \int_0^{\pi/2} \left\{ 4e^{-\tau \sec^2 \phi} \left(\frac{1}{4} p^2 \tau^2 \cos^4 \phi + p \tau \cos^2 \phi + \cos^8 \phi \right) + 4e^{-\tau \sec^2 \phi} \left(\frac{1}{8} p^3 \tau^3 \cos^2 \phi + \frac{1}{4} p^2 \tau^2 \cos^4 \phi - p \tau \cos^6 \phi - 2 \cos^8 \phi \right) + \frac{1}{16} p^4 \tau^4 - p^2 \tau^2 \cos^4 \phi + 4 \cos^8 \phi \right\} \times \left[\frac{1}{2} \cos^3 \phi \left\{ \left(1 - \frac{1}{3} \delta^2 \right)^2 + \frac{4}{p^2} \left(1 + 2\delta^2 - \frac{1}{3} \delta^4 \right) \cos^2 \phi + \frac{64}{p^4} \delta^2 \cos^4 \phi + \frac{256}{p^6} \delta^4 \cos^6 \phi \right\} + \frac{1}{2} \cos^3 \phi \left\{ \left(1 - \frac{1}{3} \delta^2 \right)^2 - \frac{4}{p^2} \left(1 - 6\delta^2 + \frac{7}{3} \delta^4 \right) \cos^2 \phi - \frac{64}{p^4} \delta^2 (1 - 2\delta^2) \cos^4 \phi - \frac{256}{p^6} \delta^4 \cos^6 \phi \right\} \cos(p \sec \phi) - \cos^3 \phi \left\{ \frac{2}{p} \left(1 - \frac{4}{3} \delta^2 + \frac{1}{3} \delta^4 \right) \cos \phi + \frac{32}{p^3} \delta^2 \left(1 - \frac{2}{3} \delta^2 \right) \cos^3 \phi + \frac{128}{p^5} \delta^4 \cos^5 \phi \right\} \sin(p \sec \phi) \right] d\phi \tag{24}$$

4. 數值計算

실제 計算은 (24)에서

$$L=200\text{cm}$$

$$B=20\text{cm}$$

$$T=15, 12.5, 10, 7.5, 5, 2.5\text{cm}$$

인 여섯 가지의 吃水에 對하여 行하고, 水線面 形狀의 變化는 各 吃水에 對하여

$$\delta(l/d)=0, 1, 1.25, 1.5$$

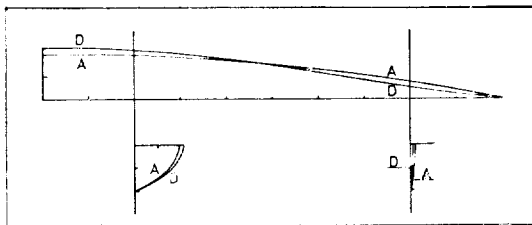


Fig. 1. Lines of models A and D $S:1/5$

인 네가지 경우로 변화시켜 求하였다.

지금 어떤 吃水에 對해서든 $\delta=0, 1, 1.25, 1.5$ 인 경우의 模型船을 各各 A, B, C, D라고 하면, §3의 처음에서 假定한 條件들을 滿足하는 船型은 Fig. 1에서 보이는 바와 같이 된다.

Fig. 1에서는 $T=10\text{cm}$ 이고, δ 가 各各 0, 1.5인 極端의 模型船 A, D에 對해서만 그려 놓았고 B, C는 A,

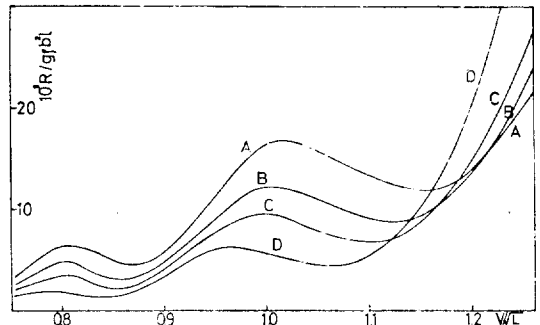


Fig. 2. $T/l=0.150$

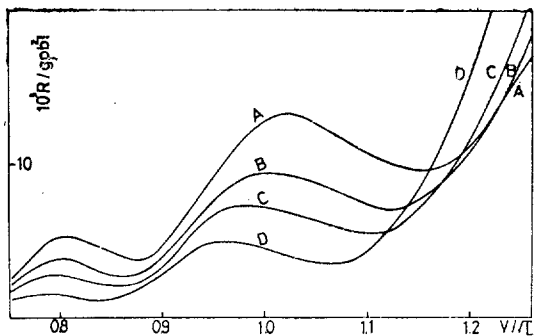


Fig. 3. $T/l=0.125$

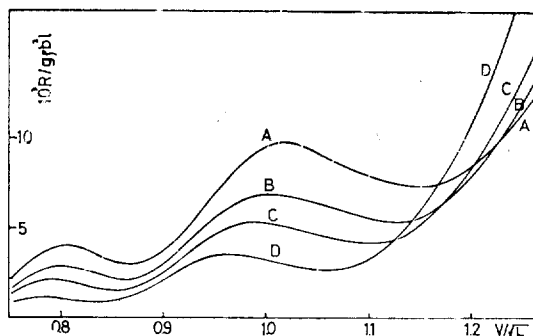


Fig. 4. $T/l=0.100$

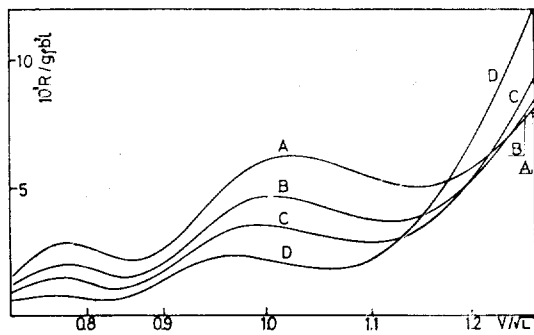


Fig. 5. $T/l=0.075$

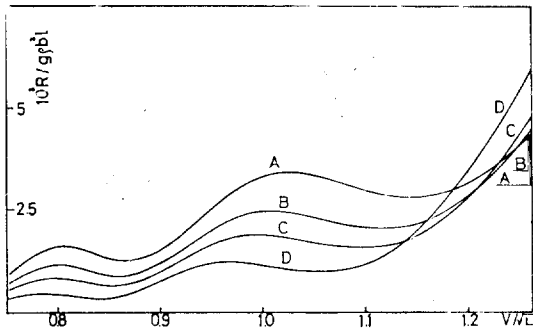


Fig. 6. $T/l=0.050$

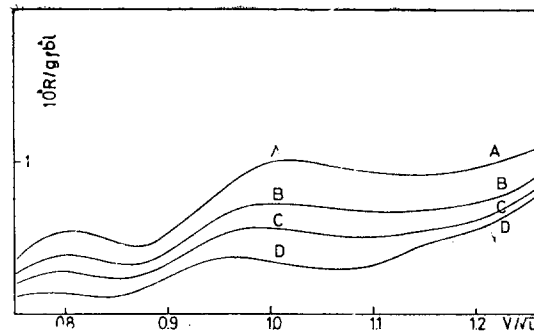


Fig. 7. $T/l=0.025$

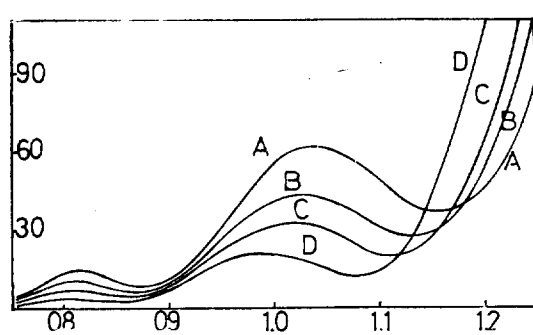


Fig. 8. By Havelock

D사이에 포함되어 진다.

(24)에 對한 數值計算은 釜山大學校의 電子計算機에 依하여 行했고, 그 結果를 Fig. 2, 3, 4, 5, 6, 7, 에 圖示하였다. 그리고 Havelock의 無限吃水 垂直기둥의 抵抗變化를 Fig. 8에 圖示하여 比較하였다.

5. 檢計 및 考察

以上, 2次式船型에 對하여, 6가지의 吃水變化와 4가지의 水線面 形狀變化에 따른 造波抵抗의 變化를 求하였다. 그 結果에 依하면, 抵抗의 極大, 極小值들은 거

의 같은 速度에서 일어나고 있고, Havelock의 無限吃水 垂直기둥의 경우⁽³⁾와도 잘 一致하고 있다. Fig. 2~7에서는 水線面 形狀의 變化에 따른 抵抗變化를 직접 볼 수 있는 利點이 있고, 曲線 A, B, C, D는 모두 $V/\sqrt{L}=1$ 의 근처에서 현저한 hump를 갖는다. 이것은 船體造波抵抗에서 잘 알려져 있는 事實이다.

本文의 抵抗曲線을 研究함에 있어, 模型實驗을 하지 못하여, 實驗値와 直接的인 數値比較는 할 수 없다. 그러나 A와 같은 形態의 2次式船型의 實驗値와⁽⁶⁾ 比較해 보면, 一般的으로 曲線의 hollow나 hump의 모양이 實驗値보다는 현저하지만 그 傾向은 잘 一致하고 있다.

Fig. 2~7에서 보면, A, B사이의 抵抗値의 差가 C, D사이의 差異보다 더 크고, A에서 D로 감에 따라 底速에서는 D의 抵抗値가 A보다 작지만, 高速에서는 오히려 A보다 D의 抵抗値가 커짐을 알 수 있다.

가장 흥미롭고 중요한 사실은, 이들 曲線이 서로 交叉를 하고 있는 것이다. Fig. 2의 $T/l=0.15$ 인 경우에 대해서 보면 D와 C의 交叉가 $V/\sqrt{L}=1.12$ 에서 처음 일어나고, 차례로 D와 B, D와 A, C와 B, C와 A, 그리고 B와 A의 交叉가 각각 $V/\sqrt{L}=1.14, 1.16, 1.165, 1.185, 1.22$ 에서 일어난다. 그리고 이 速度를 넘어서는 交叉가 일어나지 않는다.

이러한 交叉點이 存在한다는 것은, 그 交叉點을 基準으로 하여 양쪽의 曲線 狀態가 서로 달라짐을 나타낸다. Fig. 2에서 A와 D를 比較해 보면 $V/\sqrt{L}=1.16$ 을 基準으로 하여, 이 보다 底速에서는 finer end를 가지는 D가 抵抗値가 작아서 有利하고, $V/\sqrt{L}=1.16$ 에서는 抵抗値가 같고, 이보다 高速에서는 blunter end를 가지는 A가 훨씬 有利하다.

그러나 이러한 交叉點들은 吃水가 적어짐에 따라 차츰 高速으로 移動하고 있다. Fig. 7의 $T/l=0.025$ 같이, 아주 작은 吃水에 對해서는 速長比가 $V/\sqrt{L}=6.5$ 정도의 아주 高速에서도 交叉點이 생기지 않는다. 그리고 曲線의 傾向을 보아도, 이 보다 高速에서는 交叉點이 存在하지 않는다.

本文에서는 模型船을 制作하지 못한 關係로, 實驗値와 完全한 比較를 하지 못하였다. 그러나 Taylor의 실험⁽⁶⁾ 등에 비교하여 보고, 또 값을 一般的으로 考察해 봄으로써, 이 計算値를 支持할 수 있다.

6. 結 論

1. 排水量을 一定하게 維持시키고, 水線面의 形狀을 變化시켜도, 造波抵抗의 一般的인 變化 傾向은 같다.
2. 曲線 A에서 차례로 D로 감에 따라, 底速에서는 D, C, B, A順으로 抵抗이 작고 高速에서는 그 反對로 된다.
3. 대개 $V/\sqrt{L}=1.1\sim 1.2$ 를 基準으로 하여, 이 速度보다 底速에서는 finer end를 가지는 C, D가 抵抗値가 작아 有利하고, 이 보다 高速에서는 blunter end를 가지는 A가 有利하다.
4. 曲線의 交叉는 $V/\sqrt{L}=1.12$ 에서 처음으로 일어나며, 吃水가 減少함에 따라 모든 交叉點이 차츰 高速으로 移動한다.
5. 吃水가 적어짐에 따라, 高速에서 A, D사이의 抵抗値 差가 차츰 적어지고, $T/l=0.025$ 정도의 아주 작은 吃水에 對해서는 오히려 高速에서도 finer end를 가지는 D가 有利하다.

後 記

本 研究를 進行하는 동안, 많은 指導와 助言을 주신 釜山大學校 鄭正桓 教授님과 電子計算所 정기동 선생님께 深甚한 感謝를 드립니다.

參 考 文 獻

1. J.H. Michell, "The Wave Resistance of a ship," Phil. Mag. S.S. Vol. 45 (1898)
2. T.H. Havelock, "Wave Resistance: Some Cases of Three dimensional Fluid Motion," 'Roy. Soc. Proc.,' A, Vol. 95 (1919)
3. T.H. Havelock, "Studies in Wave Resistance: Influence of the Form of the Water-Plane Section of the Ship," 'Roy. Soc. Proc.,' A. Vol. 103
4. W.C.S. Wigley, "A Comparison of Experiment and Calculated Wave Profiles and Wave-Resistance for a form having Parabolic Waterlines,"
5. 정정환의 "중형선의 선형개발에 관한 연구" 과학기술처 R-76-11 (1976)
6. D.W. Taylor, "Speed and Power of Ships." pp. 96 & 97.