

船型이 橫搖運動에 미치는 影響

禹 奉 九* 具 鍾 道*

The Effect of Hull Forms on the Rolling Motion

by

B. K. Woo* and J. D. Koo*

ABSTRACT

In this paper, the authors describe not only the linear-theoretical considerations of the hull forms which many scholars have been investigating by the hydrodynamics as to the rolling ships in the waves, but also measure the rolling angles of the models, the coefficients of the effective wave slopes, the forced rolling moments by the waves, the extinctive curves, and the amplitudes of the waves in view of changing both the drafts and the metacentres so that they may study the inclinations of the models in the grinoll motion.

Owing to the conclusions of these studies, we can learn the fact that the experimental results of the models in the waves agree almost to the linear-theoretical subjects.

1. 緒 言

船舶의 運動中 特히 橫搖는 船型들이 갖는 形狀과 特性에 따라 左右되며 이러한 問題에 關한 研究는 安全性, 乘組員의 作業能率과 旅客의 安樂에 關係되는 要素이므로 從來부터 船型과 bilge keel 에 對하여 많은 學者들이 系統的으로 研究를 해 왔다. 이 論文에서는 橫搖가 微小인 測量船의 存在問題와 波에 依해서 생기는 船舶强制 모우먼트에 關한 流體力學의 發達에 基因하여 그 測量船의 橫搖가 微小한 原因을 究明함과 아울러 다음 事項을 考察하는데 重點을 두기로 하였다.

- ① 橫搖强制 모우먼트에 依한 船型과 橫搖의 關係를 研究하기로 하였다.
- ② 模型船의 吃水 및 重心의 높이를 變化시키면서 減衰, 强制橫搖 모우먼트와 振幅을 計測하였다.
- ③ 海洋과 明洋 兩船의 實船에 對한 橫搖를 測定하였다.
- ④ 線型理論에 依하여 橫搖强制 모우먼트가 零인 Ursell 船型과 橢圓柱體에 對하여 實驗하였다.

위의 結果를 檢討하여 幅-吃水比, 船底勾配, bilge circle 등을 變化시킨 10 척의 系統的인 二次元模型船을 製作하여 各各의 重心 높이와 bilge keel 의 크기를 變化시키면서 減衰, 橫搖强制 모우먼트와 橫搖角을 計測하였다.

2. 理論的 考察

(1) 線型理論에 依한 橫搖强制 모우먼트

F. Ursell 에 依해서 特定斷面을 갖는 柱體에서 水面과 中心線과의 交點을 서서히 橫搖시켜도 波를 이리키지 않는, 即 嚴密히 말하면, wave number $K=w^2/g$ 의 自乘인 次數(order)의 波만 이리킴을 나타내었고, 한편 Haskind는 水面上에서 運動하는 物體에 依해 일어나는 波의 波高와 物體가 波에 依하여 받는 强制力의 振幅사이에는 比例關係가 이루어짐을 提示하였다. 따라서 Ursell 船型은 水面과 中心線과의 交點을 支點으로 할 경우, 波中에서 橫搖强制 모우먼트를 받지 않는 船型이어야 할 것이다. 即 Ursell 船型은 波로 因한 sway 의 强制力의 着力點이 水面上에 있게 된다. 그 後 田才教授와 田村氏 등이 一般的인 Lewis form(Fig. 1)에 關해 波로 因한 sway 의 强制力과 水面으로부터 그 着力點까지의 거리 l_w 를 計算하여 求하였으나 Ursell 船型뿐만 아니고 Lewis form 등 如何한 船型이라도 水面에서 l_w 되는 點을 回轉軸으로 하여 支持하면 波의 强制 모우먼트는 零이 됨을 알 수 있다.

接受日字 1971年 5月 5日

* 正會員, 仁荷工科大学

別所教授 [8][9][10]에 依하던 波로 因하여 일어나는 強制力과 모우먼트는 아래 式과 같다.

$$E_j = \rho g a e_j \tag{1}$$

$$e_j = -H_j^+(K) = - \int_c \left(\frac{\partial}{\partial n} \phi_j - \phi_j \frac{\partial x}{\partial n} \right) e^{-K_j + i t K_j} ds \tag{2}$$

但, E_j : 自由度 j 方向의 힘 또는 모우먼트 E_3 는 橫搖 모우먼트.

a : 入射波의 振幅.

$KH_j^+(K)$: 入射波의 方向에 反射되는 波의 振幅.

ϕ_j : 物體의 運動에 依하여 생기는 流體運動의 포텐셜.

n : 物體表面에 對한 法線方向.

ds : 物體表面의 面積素分

(2) $K=w^2/g$ 가 零인 경우

船의 橫搖周期은 매우 길어서 K 가 작기 때문에 $K=0$ 인 極限의 速度 포텐셜을 近似值로 쓰면 알기 쉬운 여러가지 關係가 導出된다. 이 때 誤差는 K 次數에 基因하는 것을 알 수 있다. [3],[10]에 依하면 式(1)과 (2)에서 $K \rightarrow 0$ 라면

$$\begin{aligned} \text{sway의 強制力 } E_1 &= -\rho g a H_1^+(K) \\ &\doteq -\rho g a i K \int_c \left(x \frac{\partial \phi_1}{\partial n} - \phi_1 \frac{\partial x}{\partial n} \right) ds = +\rho g a K \nabla (1+R_1) \end{aligned} \tag{3}$$

($\because \int_c x \frac{\partial \phi_1}{\partial n} ds$ 는 物體의 體積 V , $\int_c \phi_1 \frac{\partial x}{\partial n} ds$ 는 sway에 對한 附加質量의 體積 $R_1 \nabla$ 이다.)

또 橫搖強制 모우먼트는

$$E_3 = -\rho g a H_3^+(K) \doteq -\rho g a i K \int_c \left(x \frac{\partial \phi_3}{\partial n} - \phi_3 \frac{\partial x}{\partial n} \right) ds + \rho g a i K \nabla (OM + R_1 l_1) \tag{4}$$

但, OM : 水面上 原點부터 metacentre 까지의 거리 (水面上 +)

l_1 : sway에 對한 附加質量의 中心과 水面과의 거리 (水面上 +)

그러므로 sway의 強制力의 着力點에서 水面까지의 거리는

$$l_w = \frac{E_3}{E_1} \doteq \frac{OM + R_1 l_1}{1 + R_1} \tag{6}$$

이 된다.

$$\left. \begin{aligned} \rho g \nabla &= W \text{ (排水量)} \\ aK &= \frac{2\pi a}{\lambda} = \frac{\pi h}{\lambda} = \theta_w \end{aligned} \right\} \tag{6}$$

임을 고려하면 式(3)은

$$\text{sway의 強制力} = W(1+R_1)\theta_w \tag{7}$$

式(4)는

$$\text{橫搖 모우먼트} = W \overline{OM} \theta_w + R_1 W \theta_w l_1 \tag{8}$$

이 된다. 이러한 關係는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 波面에 直角인 復原力의 水平成分 $W\theta_3$ 가 metacentre M 에 作用하며 船이 波의 orbital motion을 과피하는 힘, 即 active resistance $R_1 W$ 가 橫附加質量의 中心 C 에 作用하므로 結局 合力인 $W(1+R_1)\theta_w$ 가 F 點에서 水平方向으로 作用하게 된다. 따라서 F 點을 pivot 하면 波에 依한 強制 모우먼트는 零이 되어야 하며 F 點은 metacentre M 과 橫附加質量中心 C 사이를 R_1 : 1로 內分한 點이다. Ursell 船型은 F 點이 O 點과 一致하는 船型이며 橢圓柱는 C 點이 M 點과 一致한다. 그러므로 M 點, C 點, F 點 三點이 一致함을 別所教授가 지적하고 있다[10]. M 點, F 點 및 C 點의 相對位置는 中央橫斷面係數에 依하여 變化하며 그 變化는 Fig. 3과 같다.

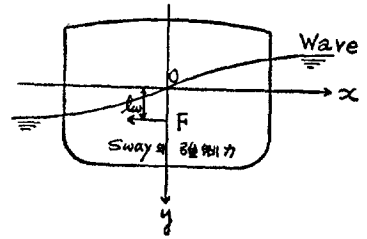


Fig. 1

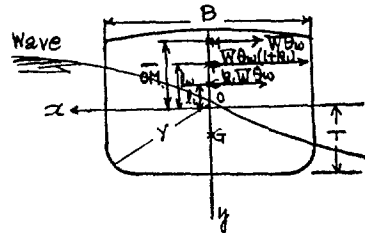


Fig. 2

(3) sway 量 拘束치 않는 경우

지금까지의 理論은 一點에 pivot 하여 sway 를 拘束한 경우이고, sway 가 自由로운 경우에는 달라진다. 이런 경우의 運動方程式은 sway 와 橫搖의 連成運動임으로 아래 式과 같다[10].

K 가 작은 範圍에서는 다음 式과 같이 쓸 수 있다.

$$\left. \begin{aligned} -(1+R_1)WKX - R_1WG\overline{C}K\theta &= E_1 \\ -(I+J - \frac{WGM}{K})K\theta - R_1WG\overline{C}KX &= E_2 \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

但, $I = WK^2$ (重量慣性 모우먼트)

$$W = \rho g V$$

式(9)의 第2式에 依하면 橫搖強制 모우먼트는 外見上

$$E_2 - iR_1WG\overline{C}|X| \quad (\text{外見上的 橫搖強制 모우먼트}) \quad (10)$$

로 됨을 알 수 있다.

한편 E_2 는 E_1 에서 \overline{GM} 代身에 $\overline{GM} + R_1\overline{GC}$, I_1 代身에 $\overline{GC} = I_1 + \overline{OG}$ 로 놓은 式임으로 橫搖強制 모우먼트의 振幅은

$$WaK(\overline{GM} + R_1\overline{GC}) - R_1WG\overline{C}|X|K \quad (11)$$

$$= WaK\overline{GM} + R_1WK\overline{GC}(a - |X|) \quad (12)$$

이 된다. $aK = \theta_w$ (表面波傾斜)이므로 橫搖 모우먼트는

$$\overline{WGM}\theta_w + R_1WG\overline{C}\theta_w \left(1 - \frac{|X|}{a}\right) \quad (13)$$

이 되며 이것을 從來의 有效波係數의 概念을 考慮하면

$$\text{橫搖 Moment} = \overline{WGM}\gamma\theta_w \quad (14)$$

$$\text{但, } \gamma = 1 + R_1 \frac{\overline{GC}}{\overline{GM}} \left(1 - \frac{|X|}{a}\right) \quad (15)$$

로 表示할 수 있다. 式(13)에 依하면 K 가 작아지면 sway 의 振幅 X 가 波의 orbital motion 의 振幅 a 에 接近하여 $K \rightarrow 0$ 인 極限에서는 橫搖 모우먼트가 $\overline{WGM}\theta_w$, 即 $\gamma = 1$ 로 됨을 알 수 있다. 이러한 경우($K \rightarrow 0$)는 $\overline{GM} = 0$ 가 되지 않는, 限 橫搖 모우먼트를 零으로 한다는 것은 不可能하다. 그러나 K 가 有限值이면 式(13) 第2項은 0 가 되어 없어지며 또한 R_1 과 \overline{GC} 의 값 如何에 따라 橫搖 모우먼트가 작아 질 可能性이 있다.

3. 橫搖가 微小한 船型的 條件

(1) 直觀的 考察

橫搖 모우먼트를 작게 하기 위하여 式(13) 第2項을 第一項의 Froude-Krilov 모우먼트와 比較하여 逆符號이므로 될 수 있는대로 큰 값이 되도록 할 必要가 있다.

그 條件으로써는

- ① R_1 을 크게 하는 것.
- ② \overline{GC} 를 크게 하는 것.
- ③ X/a 를 작게 하는 것.

이 세 가지를 들 수 있다. 이 가우데에 X/a 는 K 에 의하여 決定되며 K 가 클수록 即 同調周期가 짧을수록 X/a 가 작게 된다는 것을 豫想할 수 있으므로 \overline{GM} 가 클수록 X/a 가 작아짐을 豫想할 수 있으며, 또 R_1 은 C_m 에 依하여 決定되며 bilge keel 을 붙이면 等價의인 C_m 가 크게 됨을 알 수 있다. 영향이 가장 크다고 생각되는 것은 \overline{GC} 로 C 點을 M 點으로부터 멀리 떨어지게 하기 위하여는 Fig. 3 에서 알 수 있는 바와 같이 C_m 을 크게 할 必要가 있으며 其他 rise of floor 의 角度와 bilge keel 의 有無도 큰 영향을 줌을 豫想할 수 있다.

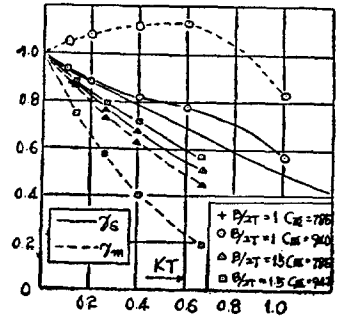


Fig. 3

(2) 詳細한 方法

γ (有効波係數)는 K 가 有限值면 正確히 아래와 같은 式으로 된다.

$$\gamma = \frac{i}{KGMV} \left[l_w - \frac{l + R_1 l_1}{1 + R_1} \right] H_1^+(K) \tag{16}$$

但, $l = \overline{OG}$

$\gamma \overline{GM}$ 을 둘로 나누어 생각하면

$$\gamma \overline{GM} = \gamma_s \overline{OG} - \gamma_m \overline{OM} \tag{17}$$

但, \overline{OG} , \overline{OM} 은 下方을 正으로 取한다. 인 式으로 表示하며 第2項은 重心位置와 전혀 關係있는 量이고 重心의 位置는 第1項만에 影響을 끼친다.

K 가 그렇게 크지 않는 곳 ($KT=0.3$)에서는

$$\left. \begin{aligned} \gamma_s &\doteq 1 - KA \\ \gamma_m &\doteq 1 - KC \end{aligned} \right\} \tag{18}$$

인 形式의 近似值로 쓸 수 있고 A, C 는 $K=0$ 인 때의 포텐셜로 計算된다[10].

式(18)을 (17)에 代入하면 $\overline{OG} = \overline{OM} + \overline{MG}$ 이므로

$$\gamma \overline{GM} = \gamma_s \overline{GM} + (\gamma_s - \gamma_m) \overline{OM}$$

即

$$\gamma \doteq \gamma_s + K(C - A) \frac{\overline{OM}}{\overline{GM}} \tag{19}$$

이 되며 $\gamma=0$ 이기 위해서는

$$-\frac{\overline{OM}}{\overline{GM}} \doteq \frac{1 - K}{AK(C - A)} \tag{20}$$

가 되어야 한다.

$$K = \frac{\overline{GM}}{K^2} \tag{21}$$

로 놓고 式(20)에 代入하면

$$K^2 = \frac{\overline{GM}}{K} = A\overline{GM} - \overline{OM}(C - A) \tag{22}$$

이 된다. 따라서 Fig. 4 와 같이 作圖함으로써 주어진 船型에 對하여 $\gamma=0$ 이 되는 K 와 \overline{GM} 의 組合을 求할 수 있다. Fig. 4 는 $B/T=1.5$ 인 三種의 C_m 이 주어진 船型들에 對하여 A, C 와 \overline{OM} 등의 數值를 近似的으로 求하여 記入해 놓았으므로 예를 들어 $C_m=1.092$ 이고 $K=B/3$ 라고 하면 $\overline{GM}/T=0.732$ 에서 $\gamma=0$ 가 된다. ($KT = \frac{\overline{GM}}{K^2} T = 0.73$). Fig. 4 에서 알 수 있는 바처럼 보통 경우는 $\gamma=0$ 가 되게 하는데 必要한

만큼 慣性半徑을 작게 하거나 逆으로 \overline{GM} 을 크게 取하는 것은 어렵다고 생각된다. A 와 C 의 값에는 C_m 이 가장 크게 影響을 끼치는 因子로 보이며 또 bilge keel 은 metacentre 를 變化시키지 않고 C_m 을 크게 할 것 과 같은 效果를 갖는 것이 된다. γ_s 는 理論的으로는 sway 의 振幅 $|X|$ 와 波의 振幅 a 와의 比이다.

$$\gamma_s = \frac{X}{a} = \frac{H_1(K)}{KV(1 + R_1)} \tag{23}$$

따라서 sway 의 振幅을 測定함으로써 γ_s 를 求하는 것도 實驗的으로 可能하다.

4. 系統的 模型試驗結果

(1) 模型的 要目

3 에서 述한 바와같이 sway 의 強制力의 着力點에 船體를 pivot 하여서 sway 을 拘束하면 橫搖強制 모우먼트는 零으로 될 것이므로 이것을 確認키 위하여 metacentre 와 sway 에 對한 附加質量의 中心을 알아야 한다.

그리고 橢圓船型和 Ursell 船型的 模型船을 取하여 各各 E 와 U 模型으로, 海洋船型的 中央斷面圖를 갖는 標準型을 S 模型으로 命名하였다. sway 를 拘束치 않는 경우는 sway 에 依한 附加質量의 中心位置가 metacentre 보다 아래에 있을수록 橫搖強制 모우먼트가 減少되므로 그 영향만을 보기 위하여 rise of floor 를 變化시킨 F-series 2 척, B/2d 를 變化시킨 H-series 2 척, bilge circle 의 半徑을 變化 시킨 R-series 3 척을 選定하여 도합 10척의 模型에 對하여 實驗을 하였다. Table 1 과 Table 2 에 模型要目을, Table 3 에 實驗狀態를 나타내었으며 Fig. 5 에서는 模型斷面을 表示했다. 模型實驗은 各各의 模型들에서 減減曲線, 橫搖強制 모우먼트와 橫搖角을 bilge keel의 有無에 따라 測定하였다.

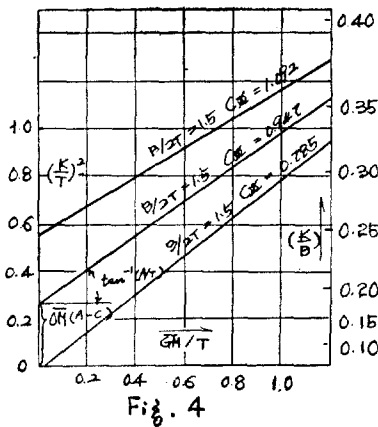


Fig. 4.

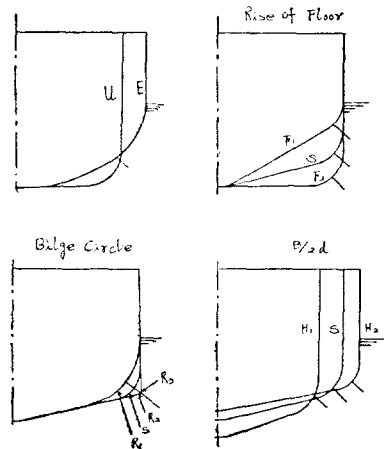


Fig. 5 Two-Dimensional Models and the Position of the Bilge Keel

Table 1 模型船 要目表 (1)

Model	L(m)	B(m)	d(m)	S(cm ²)	W(kg)	\overline{OB} (cm)	\overline{OM} (cm)	wetted surface	width of keel(cm)
E	1.200	43.70	14.57	500.0	60.0	6.18	7.74	57.90	
U	1.200	36.14	14.44	503.6	60.4	6.96	0.85	59.50	
S	1.200	42.36	14.12	500.0	60.0	6.04	6.67	59.66	1.05
F ₁	1.200	42.36	14.12	379.6	45.9	5.12	11.63	53.12	1.05
F ₂	1.200	42.36	14.12	583.8	70.1	6.90	3.97	65.82	
H ₁	1.200	34.56	17.30	500.0	60.0	7.40	-0.47	57.50	0.86
H ₂	1.200	48.17	12.28	500.0	60.0	5.24	14.18	64.14	1.21
R ₁	1.200	42.36	14.12	471.0	56.5	5.90	7.61	56.00	1.05
R ₂	1.200	42.36	14.12	504.0	60.5	6.07	6.55	62.06	1.05
R ₃	1.200	42.36	14.12	508.0	60.9	6.07	6.52	62.56	1.05

Table 2 模型船 要目表 (2)

Model	$B/2d$	$C\bar{D}$	$R(\text{cm})$	\overline{OB}/d	rise of floor ($\tan \theta$)
E	1.5	0.785		0.424	
U	1.25	0.966		0.482	
S	1.5	0.836	5.78	0.427	0.222
F ₁	1.5	0.635	5.78	0.362	0.529
F ₂	1.5	0.977	5.78	0.489	0
H ₁	1.0	0.836		0.427	0.336
H ₂	2.0	0.836		0.427	0.168
R ₁	1.5	0.787	12.00	0.418	0.222
R ₂	1.5	0.844	2.00	0.430	0.222
R ₃	1.5	0.849	0	0.430	0.222

注) E: 橢圓船型 F: " rise of floor 變化
 U: Ursell 船型 H: " $B/2d$ 變化
 S: 미리즈테스트標準船 R: " bilge round 變化

Table 3 模型船 實驗 狀態

Model	$T_s(\text{sec})$	$\overline{GM}(\text{cm})$	$\overline{KG}(\text{cm})$	K/B
E	1.478	5.63	16.68	0.40
U	1.50	2.23	13.06	0.31
S	1.10	9.49	11.30	0.40
	1.25	7.35	13.44	0.40
	1.50	5.11	15.68	0.40
F ₁	1.10	9.49	16.26	0.40
	1.25	7.35	18.40	0.40
	1.50	5.11	20.64	0.40
F ₂	1.10	9.49	8.60	0.40
	1.25	7.25	10.64	0.40
	1.50	5.11	12.98	0.40
H ₁	1.50	3.40	13.43	0.40
H ₂	1.50	6.74	19.72	0.40
R ₁	1.50	5.11	16.62	0.40
R ₂	1.50	5.11	15.56	0.40
R ₃	1.50	5.11	13.43	0.40

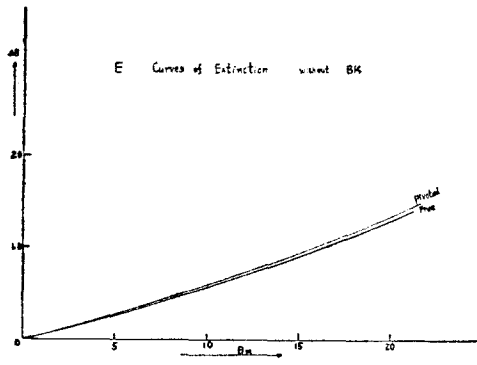


Fig. 6

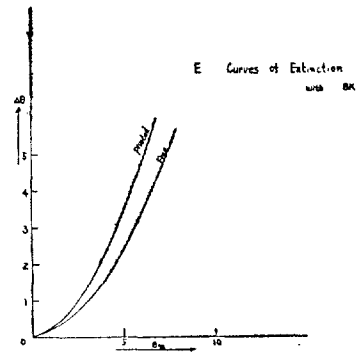


Fig. 7

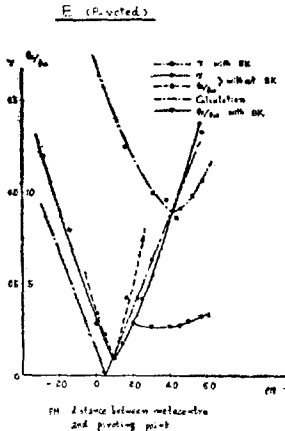


Fig. 8

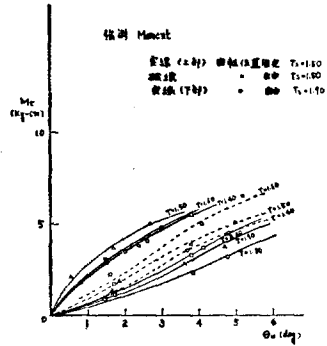


Fig. 9

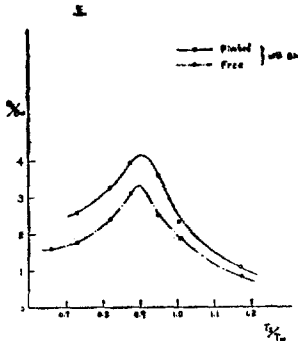


Fig. 10

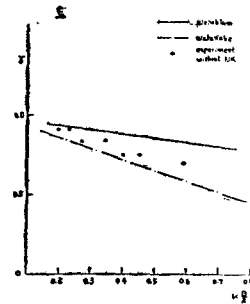


Fig. 11

(2) 實驗結果

(a) E 模型船

減減曲線은 Fig. 6 과 Fig. 7 에, Fig. 8 은 PM 과 γ 와 θ_s/θ_w 의 관계를 나타내었고 Fig. 9 에서는 pivot 한 경우의 強制 모우먼트와 橫搖角을 表示했으며 sway 를 拘束치 않았을 때의 強制 모우먼트는 各各 Fig. 9 와 Fig. 10 에 나타내었다. Fig. 8 은 bilge keel 이 없는 경우에 metacentre (3.에서 述한 바처럼 橢圓에서는 F, C 兩點이 一致)를 pivot 할 時 強制 모우먼트가 零이 되어야 하나 實測 모우먼트가 거의 零이 되므로 橫搖角도 亦是 零이 된다. 만일 bilge keel 을 붙이면 C 點이 아래로 내려감으로 모우먼트가 極小인 點이 아래로 내려옴을 알 수 있다. 그러나 重點을 pivot 하면 橫搖 모우먼트가 커지고 sway 를 拘束하지 않을 때가 모우먼트가 적어지며 橫搖角은 Fig. 8 과 Fig. 10 에 나타낸 바와 같이 重心位置를 pivot 한 경우가 sway 를 拘束치 않는 경우보다 bilge keel 有無에 關係없이 크다. Fig. 11 에서는 有效波係數에 對한 理論値와 實驗値의 比較를 나타내었다.

(b) Ursell 船型

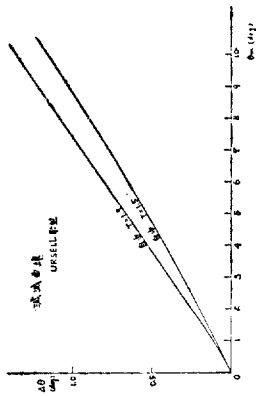


Fig. 12

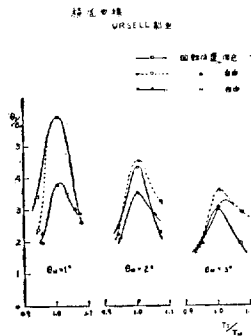


Fig. 13

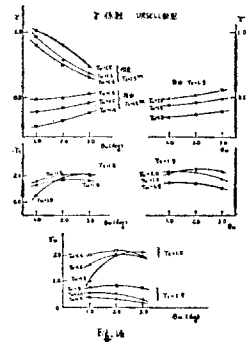


Fig. 14

Ursell 船型에 對한 結果는 Fig.12,13,14 에 表示했으며 Fig. 13 은 sway 를 拘束한 경우로 pivot 의 位置가 水面 가까이 있을 時는 橫搖 모우먼트가 작게 되나 그 點을 水面上에 正確히 맞출 수 없으나 조금 下方에 있으며 船型의 誤差와 粘性에 依한 影響인 것으로 생각된다.

(c) S 船型

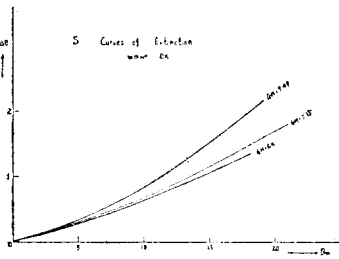


Fig. 15

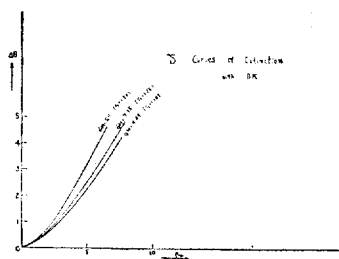


Fig. 16

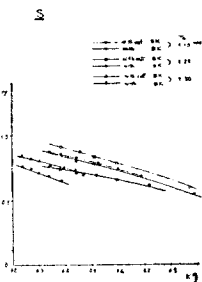


Fig. 17

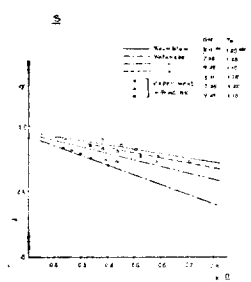


Fig. 18

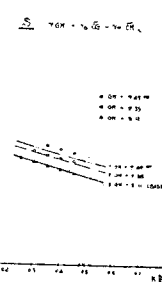


Fig. 19

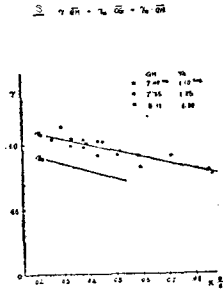


Fig. 20

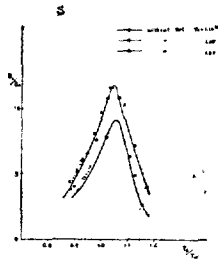


Fig. 21

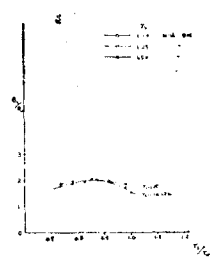


Fig. 22

標準型 S 型에 對한 實驗結果는 Fig. 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22 에 나타내었으며 Fig. 17 은 理論的인 豫想에 依한 K의 값에 對하여 γ 係數는 \overline{GM} 의 增加와 더불어 增大를 보여 주고 있으며 이 傾向은 bilge keel의 有無에 관계없이 같으나 bilge keel을 붙인 편이 全體적으로 γ 係數가 작음이 나타나 있으며 理論的인 傾向과 一致한다. Fig. 18, 19, 20 은 γ 의 理論値와 實驗値의 比較로 매우 잘 一致하고 있음을 알 수 있다. Fig. 21 과 Fig. 22 는 橫搖角을 表示하였으므로 bilge keel이 없을 때는 \overline{GM} 가 작은 편이 動搖가 크며 bilge keel을 붙이면 \overline{GM} 에 依한 橫搖角의 變化는 거의 없음을 나타내었다.

(d) Rise of floor series, $B/2d$ -series 와 bilge circle-series

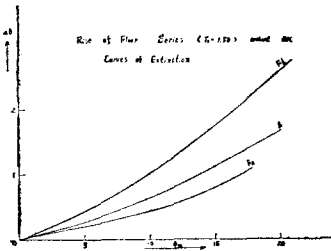


Fig. 23

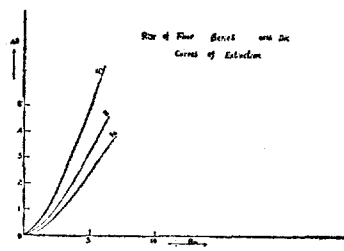


Fig. 24

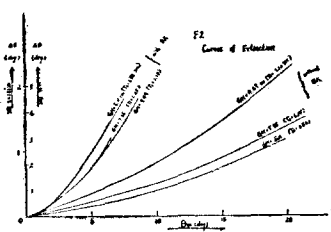


Fig. 25

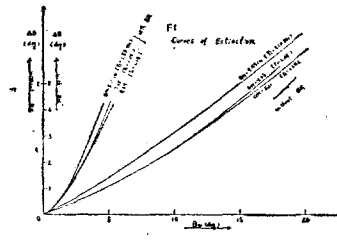


Fig. 26

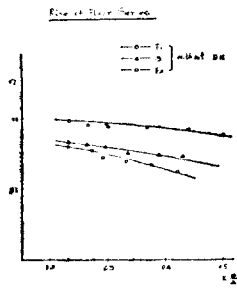


Fig. 27

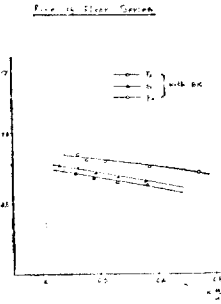


Fig. 28

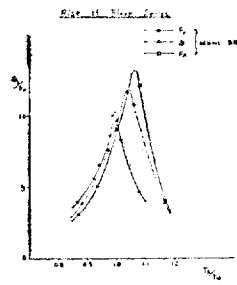


Fig. 29

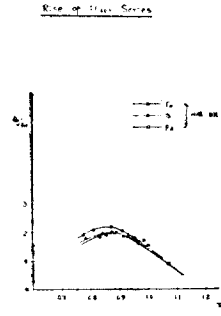


Fig. 30

Rise of floor 를 변화시킨 series 의 實驗結果는 Fig. 23~Fig. 30 에서 보여 주고 있으며 減滅曲線은 rise of floor 가 클수록 크며 強制 모우먼트는 Fig. 29 와 Fig. 30 에서 보는 바와 같이 rise of floor 가 클수록 크며 bilge keel 이 없을 때는 rise of floor 가 커질수록 動搖가 없는 反面, bilge keel 이 붙어 있는 데는

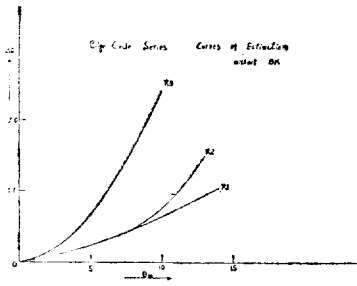


Fig. 31

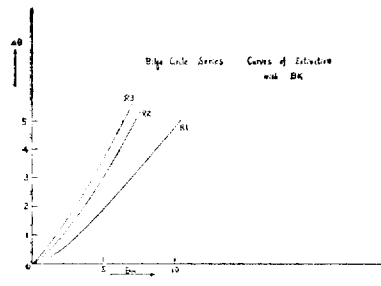


Fig. 32

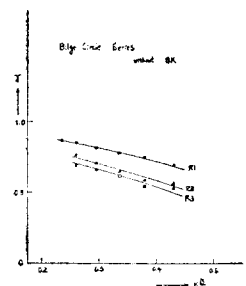


Fig. 33

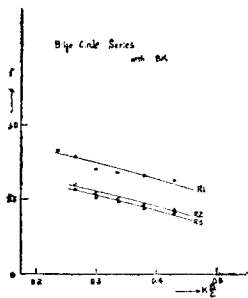


Fig. 34

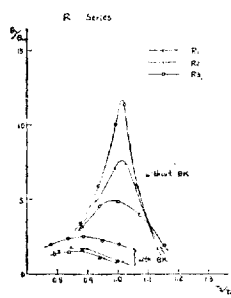


Fig. 35

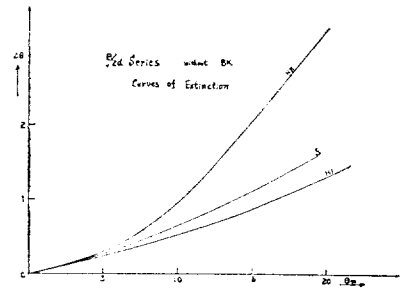


Fig. 36

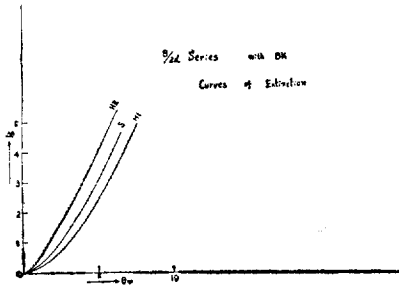


Fig. 37

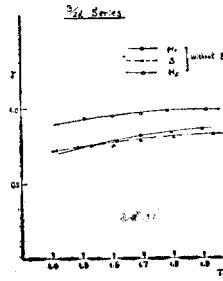


Fig. 38

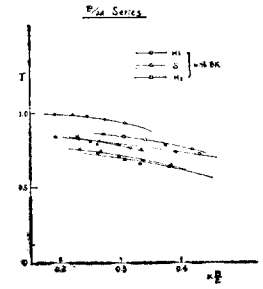


Fig. 39

rise of floor 가 큰 편이 動搖가 약간 있음을 알 수가 있으며 Fig. 31~Fig. 35 에선 R-series 의 實驗結果를, Fig. 36~Fig. 39 에선 H-series 의 實驗結果를 나타내었다.

위의 實驗結果는 抵型理論과 거의 一致함을 나타내고 있다.

5. 結 論

a) 橫搖強制 모우먼트에 關하여

1) sway 를 拘束할 경우는 波로 因한 水平力의 着力點을 回轉中心으로 取하므로 橫搖強制 모우먼트를 받지 않으며 sway 를 拘束하지 않는 경우는 橫搖強制 모우먼트를 0 가 되게 하는 것은 어려움으로 橫搖에 對한 sway 의 連成運動의 影響은 通常波에 있어 橫搖強制 모우먼트를 감소시킨다.

2) bilge keel 은 橫搖強制 모우먼트를 감소시킨다.

3) 同周波數인 波에 對하여는 \overline{GM} 이 커지면 橫搖強制 모우먼트도 커진다.

4) rise of floor 가 크면 橫搖強制 모우먼트도 커진다.

5) $B/2d$ 가 크면 橫搖強制 모우먼트가 감소한다.

6) bilge circle 이 작으면 橫搖強制 모우먼트가 감소한다.

b) Damping 에 關하여

1) \overline{GM} 가 크면 without BK 는 damping 이 크며 with BK 는 damping 이 작다.

2) rise of floor 가 크면 damping 이 크다.

3) $B/2d$ 가 크면 damping 이 크다.

4) bilge circle 이 크면 damping 이 작다.

c) 橫搖角에 關하여

1) 보통 船型을 重心位置에 sway 를 구속하는 경우는 自由의 경우보다 橫搖角이 크다.

2) \overline{GM} 가 상당히 크면 without BK 는 同調橫搖角이 적으면 with BK 는 變하지 않는다.

3) rise of floor 가 크면 without BK 는 橫搖角이 작고 또 with BK 도 變化가 작다.

4) $B/2d$ 가 크면 without BK, with BK 는 橫搖角이 작다.

5) bilge circle 이 작으면 without BK, with BK 는 橫搖角이 작다.

參 考 文 獻

[1] 渡邊憲弘 井上正祐：“船의 橫搖抵抗所謂 N 의 計算法について”，西部造船會會報 14 號
 [2] 岩田秀一：“巡視船의 橫搖れ 減減係數について”，造船協會會報 107 號
 [3] F. Ursell, “On the Rolling Motion of Cylinders in the Surface of a Fluid”, Quart. Journal of Mech. and Applied Math Vol. II. Pt 3, 1949.

- [4] M.D. Haskind, "The Exciting Force and Wetting of Ship in Waves", *Isvestia Akademii Nauk USSR. Otdelenie Tekhnicheskikh Nauk. No. 7. 1957.*
- [5] 田才福造, "Beam Sea における船體運動" 西部造船會會報 30號 昭40年 8月.
- [6] 田村欣也, "The Calculation of Hydrodynamical Forces and Moments acting on the two Dimensional Body", 西部造船會會報 26號 昭39年 9月.
- [7] 菱田敏男, "船舶の動搖造波抵抗に關する研究" 造船協會論文集 85號 昭27, 12.
- [8] 別所正利, "波の中の船の運動について" 防大理工學研究報告 第3卷 第1號 昭40年, 5月.
- [9] 別所正利, "波の中の船の理論について(前進速度のない場合)", 防大理工學研究報告 第3卷 第2號 昭40年 7月.
- [10] 別所正利, "波の中の船の横搖れ運動の理論について"(續報), 防大理工學研究報告 第3卷 第3號 昭41年 1月.