

船速試驗과 模型—實船 相關關係

金 極 天*

1. 緒 言

海上試運轉에 있어서의 船速試驗의 直接的 目的은 同試驗成績의 解析에 依하여 船速, 主機出力 및 燃料消費率等에 關聯된 契約事項의 履行與否를 確認하고, 아울러 船舶運用上 한 重要한 資料인 船速對推進器回轉數 曲線을 얻는 일이지만, 間接的으로는 向後의 設計에 對備하여 類似船인 경우라면 實船의 抵抗推進性能에 關한 直接的 資料를 얻는 일이고, 또 供試實船과 船型이나 船殼表面狀態가 다른 船舶에 對하여는 模型試驗結果로부터 實船의 所要主機出力을 豫測하데는 있어서 매우 重要한 因子인 "模型—實船 相關係數(Model-Ship Correlation Allowance; CA)에 關한 資料를 얻을 수 있는 貴한 機會이다.

模型抵抗으로부터 實船의 所要主機出力을 올게 決定하기 爲해서는 抵抗成分을 正確히 分類하고, 尺度影響量에 關係되는 여러 因子를 비롯하여 船殼表面狀態等 模型試驗과 實船의 경우에 있어서의 여러가지 條件의 差異를 嚴密히 다루어야 한다. 이 因子들의 影響을 包括的으로 取扱하는 것이 模型—實船 相關係數인데 이에 關하여 信憑性있게 體系化된 資料가 없어 設計面에서 많은 困難을 겪고있는 形勢이다. 現今의 基本設計에서 이 困難이 페로는 主機出力에 對한 Service allowance[1]**로 얼버두려 지기도 하는데, 이 Allowance는 從來 概念上 船底汚損 및 荒天候에 對한것으로 看做되었음에 反하여 荒天候에서는 過大한 船體運動 때문에 船速을 낮추어야 함을 考慮할때 [2] 模型—實船 相關係數를 正確히 다룰 수 있다면 이 Service allowance는 더 낮출 수 있을 것이다.

2. 船速試驗

船速試驗은 標柱間 3 航走方法에 依하는 것이 普通이나 船舶이 매우 커서 이것이 어리울 때는 外洋에서 Electronic Tracking and Positioning System[3]을 使用하여 行하기도 한다. 試驗에 있어서의 試驗成績으로부터 目的하는 結果를 解析해 내는데 必要한 直接的인 資料는 勿論이러니와 結果의 論理的 解釋에 必要한 具體的인 資料들도 正確히 計測하여야하며 使用하는 用語의 定義 및 解析方法이 統一된 基準을 가져야만 解析된 資料가 一般性을 가진다. [1], [6], [8]과 같은 標準試運轉規則이 마련되어 있음은 이 때문이다.

實船의 船速試驗으로부터 模型實船相關係數에 關한 믿을만한 資料를 얻기 爲해서는 船殼表面이 깨끗이 닦인 後 세로이 塗裝된 狀態이어야 하고, 水深이 充分하여 淺水影響을 받지 아니하며 潮流가 可及的 없고, 風浪으로부터 保護되고, 他船舶의 航行이 遮斷된 海域에서 航走試驗을 施行함으로써 模型試驗때의 狀態 및 環境의 條件에 哈似시켜야한다. 特히 船殼表面의 狀態가 理想的이 못된 境遇에는 出渠後繫留場所, 外板의 塗裝狀態, 推進器翼面의 狀態等에 關한 具體的인 資料도 記錄되어야 한다. 또 보다 正確한 實船抵抗値와 推進效率에 對한 尺度影響解析을 爲해서 Thrustmeter에 依한 推進器推力의 計測과 推進器單獨試驗成績曲線을 마련하는일이 꼭 要望된다. 標柱間 試驗에 있어서 入標前에 充分한 助走距離를 가져 入標後에는 加速되는 일이 없어야 하는

* 正會員, 서울大學校 工科大學

** ()內 數字는 本文 末尾에 紹介한 參考文獻의 番號임

때, 이 助走距離는 排水量, 推進抵抗, 入標까지에 要求되는 船速變化의 크기, 主機出力 및 主機運轉方法 等에 따라 다르다. 이 助走距離計算은 Lackenby[4] 또는 日本에서 많이 使用하는 Taniguchi(谷口)의 方法[5]에 依하여 할 수 있다. Lackenby에 依하면 大型油槽船을 除外하면 大體로 2~3 海裡 程度의 助走距離면 足하다 (Table 1 參照). 한편, 入標後 標柱間을 直線航走하기 爲한 使用舵角은 3° 以下이어야 한다[6].

Table 1. 加速에 必要한 助走距離[4].

船 種	排 水 量 Tons	全 速 knots	停止狀態로부터 99.8% 全速까지 加速하는데 要하는 距離(海裡)	
			一定토키	一定馬力
低 速 貨 物 船	11,664	10.5	2.68	2.27
定 期 貨 物 船	15,600	16.0	3.00	2.35
客 船	47,400	24.0	3.01	2.60
海 峽 渡 船	2,060	24.5	0.43	0.39

比較的 正確한

(a) V vs. rpm 曲線

(b) V vs. shp 曲線

을 얻으려던 적어도 5點 以上の 計測이 要望되는데, 이들과

(c) V/rpm vs. 時刻 曲線

(d) shp/rpm³ vs. rpm 曲線

(e) shp/V³ vs. V 曲線

들은 航走試驗中 繼續 點描하는 것이 試驗이나 計測上의 錯誤 또는 結果의인 큰 誤差를 그때 그때 發見하여 是正하는데 도움이 된다. (d), (e)는 主로 (a), (b)의 Fairing 目的上 有用한데, (d)는 船速이 越 커져서 推進器 失脚率이 急激히 커지지 않는限 一定值가 되어야 옳고, (e)는 C-曲線과 같은 傾向을 가져야 옳다. (c)는 다만 對水 浬 船速을 算出하는데 必要하다.

3. 試驗成績의 解析

(1) 淺水影響

Wave pattern의 變化만을 考慮한다면 航路의 水深(h)은 船速(V)에 對하여 다음과 같은 關係가 維持되면 淺水影響이 없다[7].

$$V/\sqrt{g \cdot h} < 0.4 \tag{1}$$

그러나 淺水影響은 Wave pattern의 變化와 Potential flow의 變化로 인한 것이므로 後者의 影響도 考慮되어야 한다. Schlichting[7]는 橫的制限海域이 아니라면 船體中央橫截面積(Ax)과 航路水深사이의

$$\frac{\sqrt{Ax}}{h} < 0.2 \tag{2}$$

의 關係가 維持될때 Potential flow의 變化에 따른 影響이 없음을 確認하고 있다.

I.T.T.C.의 Trial Code[8]에서는 所要航路水深의 基準을

$$h > 3\sqrt{B \cdot d} \tag{3}$$

로 하고 있다. 但 B=船幅, d=吃水이다.

淺水影響을 받는 海域에서의 航走試驗이 不可避한 境遇에는 이에 對한 嚴密한 修正을 要하는데 Saunders [9]는 同修正에 Schlichting 方法보다 Landweber[10]의 方法을 使用할 것을 勸하고 있다.

Landweber의 方法은 Potential flow의 變化에 對한 修正을 爲한 Parameter로서 Schlichting의 \sqrt{Ax}/h 에 對하여 \sqrt{Ax}/R_H 를 擇하고 있는데, R_H 는 水力半徑이며

$$\frac{\sqrt{Ax}}{R_H} < 0.1 \tag{4}$$

인 範圍에서는 海域의 橫的制限影響이 없는 것으로 判斷한다.

(2) 潮流에 對한 修正

潮流에 對한 修正은 普通 3航走方法에서 潮速(s)의 時間(t)의 變化가 1次式

$$s = a_0 + a_1 t \tag{5}$$

으로 주어진 경우라면, 平均의 平均, 即

$$V_m = \frac{1}{4} (V_1 + 2V_2 + V_3) \tag{6}$$

을 擇하면 된다. 萬一 潮速의 時間的 變化가 2次式

$$s = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 \tag{7}$$

으로 주어진다면 4航走 方法을 擇하여

$$V_m = \frac{1}{8} (V_1 + 3V_2 + 3V_3 + V_4) \tag{8}$$

로 取해야 한다[11]. 그러나 助走때문에 每航走間의 時間的 間隙이 꽤 커서 위의 方法에는 疑問點이 많으므로 結局 有效한 對水速度計의 使用이 要望된다.

(3) 空氣 및 風壓抵抗에 對한 修正

比較的 平穩한 海上에서의 試驗이라면 從來의 解析方法[12], [13] 등이 有用하다. SNAME의 規則[1]에서는 船速試驗에 對한 許容 最大 容 風速의 限界를 高出力船일때 25 knots, 貨客船일때 20 knots 小型船일때 15 knots로 各各 制限하고 있다.

(4) 波浪 및 船體運動의 影響

耐航性에 關한 研究는 近年에 顯著한 發展을 이룩하고 있기는 하나 實際波浪의 計測 및 定量的 表示方法은 確立되어 있지 아니하다. 故로 船速試驗의 解析에 應用하여 定量的修正을 行할 方法이 아직 없으므로 試驗自體를 可及的 平穩한 海上에서 行하여 이들의 影響을 事前에 除去함이 上策이다.

4. 模型—實船相關係數

模型試驗結果를 바탕으로 하여 算定되는 船體抵抗과 實船의 船速試驗으로부터 演繹해 낸 船體抵抗과의 相關性의 尺度가 模型—實船相關係數인데, 從來에는 粗度修正係數(Roughness allowance) 또는 單純히 修正係數(Allowance)라고 불리우던 것을 이 係數에 影響을 미치는 物理的因子들이 船殼表面의 粗度 뿐 아니라 模型의 크기, 模型試驗에서의 亂流促進法, 水槽側壁 및 底面의 模型船抵抗에 對한 影響 및 抵抗解析에 使用되는 外插法等 매우 複雜함을 考慮하여, 第10次 I.T.T.C.(1963, London)에서 模型—實船 相關係數(Model-Ship Correlation Allowance)로 呼稱하고 記號로서는 C_A 를 使用하기로 統一시켰다.

模型—實船 相關係數는 크게 區分할때 解析에 使用하는 外插法의 種類, 船殼表面의 粗度, 尺度影響, 및 表面粗度와 尺度影響이 推進效率에 미치는 影響에 依하여 그 값이 크게 달라진다.

(1) 外挿法

現在 널리 使用되는 外挿法은 Froude 의 思考方法에 基準하여 Schoenherr 의 摩擦式을 使用하게되는 1947 ATTC Line 에 依據하는 方法[14], 3次元 外挿法으로서 形狀係數를 導入한 Hughes 의 方法[15], 및 ITTC 1957 Model-Ship Correlation Line 에 依據하는 方法[16]等인데, 이들 曲線을 比較하면 Fig. 1 과 같다.

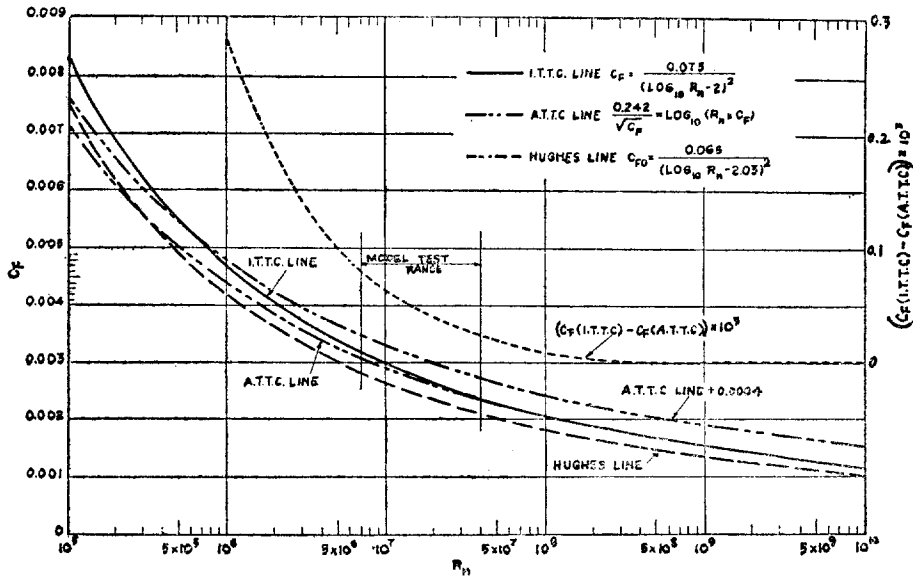


Fig. 1. Model-Ship Correlation Line 의 比較

Froude 의 方法은 摩擦抵抗式의 不合理性이 指摘되어 여러가지 摩擦抵抗計算法이 提案되었으나, 一般的 傾向은 Froude 의 思考方法을 繼承하여 于先 等價滑面平板의 摩擦抵抗을 定하고 實船에 對해서는 이에 粗度修正係數를 加算하는 方向으로 處理하였다. 앞에서 말한 1947 A.T.T.C. Line 에 依據하는 方法이 이의 代表的인 것이며 摩擦抵抗係數(CF)式으로서 Schoenherr 의 式

$$\frac{0.242}{\sqrt{C_F}} = \log_{10}(R_n \cdot C_F) \tag{9}$$

이 使用된다. 但 Rn 是 Reynold 數, A.T.T.C. 는 1947 年에 船殼表面이 깨끗한 新船의 有効馬力換算에 있어서 全抵抗係數에 修正係數로서 0.0004 를 加算하기로 決定했다. 이 方法은 그 原文 表現이 나타내듯 物理的意味는 稀薄하다.

Hughes 는 2次元流에 對한 摩擦抵抗係數式

$$C_{F0} = 0.066 \cdot (\log_{10} R_n - 2.03)^{-2} \tag{10}$$

을 基本으로 하고 形狀係數를 導入하는 3次元 外挿法을 提案하고있다. Hughes 는 形狀係數(k)에 對하여 이는 Rn 에 無關하며 幾何學的으로 相似한 模型船이나 實船이라면 모두 같은 값을 가지는 것으로 假定하고 있다.

I.T.T.C. 는 1957 年에 Rn ≥ 10^9 에서는 事實上 Schoenherr 의 Line 과 一致하나 Rn < 10^9 에서는 그보다 若干 小이게 된 Line 을 擇하여 이를 Model-Ship Correlation 目的에 使用하기로 決定했다. 이 Line 은 式

$$C_F = 0.075 \cdot (\log_{10} R_n - 2)^{-2} \tag{11}$$

으로 表示되는데, 어디까지나 Model-Ship Correlation 問題를 處理하는 工學的目的에만 有効하지 摩擦抵抗式은 아니다.

Froude 의 假定下에서는 模型의 抵抗係數에 對하여

$$C_{TM}=(C_{FM}+C_{RM}), \quad C_{RM}=(C_{TM}-C_{FM}), \quad (12)$$

의 關係가 成立하며, 實船에 對해서는 Froude 數(F_n)가 같을 때

$$C_{TS}=(C_{FS}+C_{RS}), \quad C_{RS}=C_{RM}, \quad (13)$$

이므로, 결국

$$C_{TS}=C_{TM}-(C_{FM}-C_{FS}). \quad (14)$$

故로 A.T.T.C. 1947 Line 이나 I.T.T.C. 1957 Line 은 $(C_{FM}-C_{FS})$ 을 決定하기 爲한 것이다. 이로부터 이 두 外插法은 模型과 實船에 對하여 適用하는 外插曲線의 기울기, 即 $(C_{FM}-C_{FS})$ 만에 關係됨을 알 수 있다. 그러나 Hughes 의 方法에서는 剩餘抵抗係數中 粘性影響에 起因된 部分을 分離하여 이를 形狀係數를 尺度로하여 다루고 있다. 即 粘性抵抗係數(C_V)를

$$C_V=(1+k) C_{FO}=rC_{FO} \quad (15)$$

로 表示함으로서 外插法을

$$C_{TM}=(1+k)\{C_{FOM}+C_{WM}\}, \quad (16)$$

$$C_{TS}=\{(1+k)C_{FOS}+C_{WS}\} \quad (17)$$

및 造波抵抗係數 C_W 는 같은 F_n 에서

$$C_{WM}=C_{WS} \quad (18)$$

이므로, 결국

$$C_{TS}=C_{TM}-(1+k)(C_{FOM}-C_{FOS}) \quad (19)$$

에 依據하고 있다. 故로 이 方法에서는 $(1+k)$ 의 값이 C_{TM} 와 C_{FOM} 의 縱座標에 有關하므로, 2次元流에 對한 摩擦抵抗係數인 C_{FO} 曲線의 기울기와 縱의位置가 共に 重要한 要素이다. 여기서 注意할 點은 Hughes 는 形狀抵抗 $k C_{FOM}$ 全量이 R_n 에 有關하다고 判斷한데 對하여, Froude의 假定에서는 이를 F_n 에 有關하다고 判斷하고 있는 點이다. 따라서 이들 두 方法은 各己 매우 差異 있는 C_{TS} 값 및 C_A 값을 주게 된다. 使用하는 外插法의 差異 및 模型 크기의 差異가 實船換算抵抗值 또는 C_A 에 미치는 影響을 比較의 昭詳히 考察한 研究로서는 Numata[17], Hadler[18]等の 研究가 있다. Numata의 研究中 油槽船에 對하여 크기가 다른 2個의 模型試驗 結果로부터 航海速力($\frac{V}{\sqrt{L}}=0.6$)에 對한 實船換算抵抗係數를 外插法을 달리하여 얻은 結果는 Table 2 와 같다. 但 이들은 修正을 加하지 않은 값이다. 한편 Hadler가 建造年代 및 길이가 다른 12隻의 商船에 對하여 模型試驗과 實船의 船速試驗結果로부터 外插法을 달리하여 C_A 值를 解析하면 結果는 Table 3 과 같다.

Table 2 는 外插法 設定의 概念上的 差異와 Fig. 1 을 參照하면 그 內容이 쉽게 理解되며, Table 3 의 C_A 의 差異는 實船길이의 差異 外에 建造年代의 差異에서 오는 影響, 即 外板接合方法等 造船施工法의 差異에 따른 影響이 包含된 것으로 解釋해야 妥當할 것이다.

Table 2. 油槽船($V/\sqrt{L}=0.6$)의 C_{TS} [17].

外 插 法	$C_{TS} \times 10^3$ (No Allowance)	
	5.36' 模型	22.9' 模型
A.T.T.C.	2.600	2.510
I.T.T.C.	2.365	2.455
Hughes	1.970	2.140
Froude	3.270	2.910

Table 3. 商船의 C_A (A/F 塗裝) [18].

船 長	400'	500'	600'	700'	800'
$C_A \times 10^3$ (A.T.T.C)	0.45	0.25	0.15	0.10	0.05
$C_A \times 10^3$ (I.T.T.C)	0.50	0.30	0.20	0.15	0.10
建造年代	1940~1942	1952~1953	1950	1955	1959

한편 Taniguchi [19]는 模型—實船 相關關係를 抵抗修正係數와 伴流修正係數로 區分하여 解析하는 方法에 依하여 40 餘隻의 解析으로부터 抵抗修正係數(ΔC_F)對 R_n 의 平均曲線을 얻고있다. 이에 依하면 I.T.T.C. 外插法에 依했을때 ΔC_F 는 $R_n \approx (0.7 \times 10^6) \sim (2.1 \times 10^6)$ 사이에서 約 $(+0.1 \times 10^{-3})$ 으로부터 約 (-0.18×10^{-3}) 까지 거의 直線의으로 變化하고 있는데 反하여, Hughes 外插法에 依했을때는 前記 範圍에서 約 $(+0.3 \times 10^{-3})$ 으로부터 約 $(+0.15 \times 10^{-3})$ 까지 거의 直線의으로 變化하고 있다.

(2) 船殼表面의 粗度

C_A 의 一部는 外板接合方法, 塗裝膜의 破壞, 外板의 腐蝕 및 汚損等に 起因함은 分명한 일이다.

外板接合 方法에 따른 C_A 의 값에 對한 尙殘한 研究로서는 Clement[20]의 研究를 꼽을 수 있는데, 그는 出渠後 20日內에 行한 90 餘隻의 船速試驗結果로부터 Table 4 와 같은 平均値를 얻고 있다.

Table 4. 外板接合方法과 C_A 平均値 [20].

接 合 方 法	單 螺 旋 船		雙 螺 旋 船	
	$C_A \times 10^3$	% Increase over A.T.T.C smooth-ship	$C_A \times 10^3$	% increase over A.T.T.C smooth-ship
全 리 벳 트 seam-rivet: butt-熔接	0.45	+17.3	0.82	+29.4
全 熔 接	0.28	+11.4	0.26	+ 6.7
	0.03	+ 1.7	0.13	+ 4.4

塗料의 差異와 C_A 와의 關係를 다른 것으로서는 Todd[21] 및 Hadler[18]의 研究가 있는데, Table 5는 Hadler의 平均値이다. 이 研究에 使用된 船速試驗은 出渠後 90日 以內에 行하여 졌다. Table 5中 A/F 塗裝 商船에 對한 것은 12隻의 實船試驗의 解析結果로부터 全熔接을 基準으로한 경우의 값(Table 3 參照)인데, Fig. 2는 其中한 船舶, 即 單螺旋貨物船의 船速試驗解析結果를 拔萃한 것이다.

Table 5. 塗裝과 C_A 平均値 [18].

塗 料	C_A (A.T.T.C.) $\times 10^3$	C_A (I.T.T.C.) $\times 10^3$
Hot Plastic	0.80	0.85
Cold Plastic	0.45	0.50
Vinyl Resin	0.35	0.40
Zinc Chromate	0.45	0.50
Commercial A/F	0.15	0.20

(3) 船體附加物

船體附加物, 即 舵, 彎曲部龍骨, Bossing, 推進軸露出部, 推進軸支柱等の 抵抗은 大部分 摩擦抵抗인데, 模型試驗에서는 이들의 크기가 매우 작아지게 마련이므로 그들의 尺寸와 速度로 算定되는 R_n 는 매우 작다. 故로 이들의 尺度影響은 매우 重要하다. 水槽에 따라 船體附加物로 因한 抵抗增加分(ΔC_T)_{APP}에 對하여(ΔC_{TS})_{APP} = $\frac{1}{2}$ (ΔC_{TM})_{APP} 또는 (ΔC_{TS})_{APP} \approx (ΔC_{TM})_{APP}로 다루고 있으나 共히 매우 莫然한 方法이다.

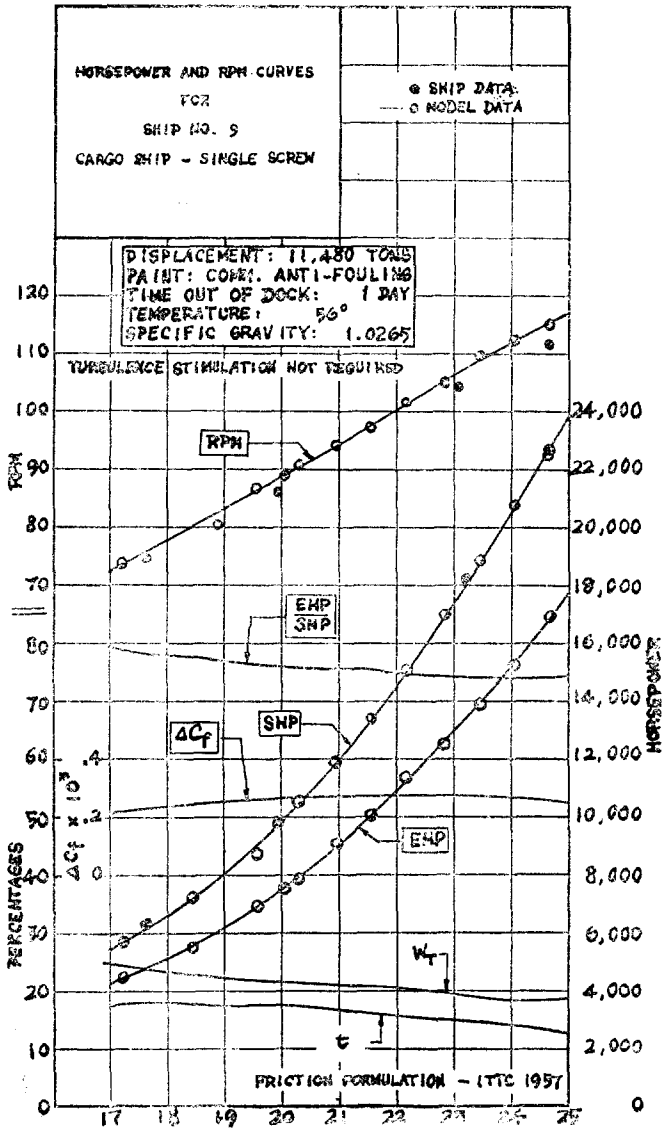


Fig. 2. An Example of the Results of the Performance Trial Analysis [18].

小型水槽에서는 模型에 이를 附加物을 取付하기가 困難하여 附加物이 없는 狀態에서 試驗을 行하는 수도 많다. 附加物의 抵抗에 對해서는 이를 推定하는 일이나, 模型試驗結果를 實船에 適用하는 일이 共히 尙今도 매우 不確實한 狀態에 있으므로, 模型-實船 相關係數와도 關聯하여 많은 問題點을 內包하는 要素임은 分明하다.

Mandel[22]는 船體附加物의 抵抗에 關한 系統的 研究로부터 設計目的에 利用할 수 있는 資料로서 Table 6을 提示하고 있다.

Table 6. 船體附加物の 抵抗 [22]

船 種	% of Bare Hull Resistance		
	$V/\sqrt{L}=0.70$	1.00	1.60
高速大型船, 4 軸	10-16	10-16	—
高速小型船, 2 軸	20-30	17-25	10-15
中速小型船, 2 軸	12-30	10-23	—
中速大型船, 2 軸	8-14	8-14	—
全單螺旋船	2-5	2-5	—

(4) 推進効率

模型-實船 相關係數를 導出하기 爲해서는 船體抵抗을 模型試驗結果로부터 解析해내고, 또 實船으로부터도 直接的으로 얻어내야 하겠으나 後者は 그리 容易한 일이다. 그러므로 船速試驗에서 推進器推力(T)을 計測하여 다음식에 의하여 抵抗(R)을 算定하게 된다.

$$R = (1-t)T, \quad \text{但 } t = \text{推力減少係數.} \tag{20}$$

그러나 商船의 境遇 大部分은 試運轉에서 推力을 計測하지 않고 軸토크만을 計測하여 이로부터 軸馬力을 算定하고, 이에 傳達效率(船尾機關대 約 0.98, 中央機關대 約 0.97)을 곱하므로써 傳達馬力(D.H.P)을 얻은後 疑似推進效率(η_d) 推定值를使用하여 有效馬力(E.H.P) 및 推力을 算定한다. 卽

$$E. H. P = D. H. P \times \eta_d \tag{21}$$

이러한 解析過程에서 問題되는 것은 實船에 對하여 t 및

$$\eta_d = \eta_h \times \eta_r \times \eta_o = \frac{1-t}{1-\omega} \times \eta_r \times \eta_o \tag{22}$$

로 定義되는 η_d 를 尺度影響을 無視하고 模型試驗으로부터 얻은 값을 그대로 使用해도 좋은가 하는 點이다. 不幸이도 이들이 적지않은 尺度影響을 받는 事實을 認知하면서도 그에 關해 아직도 別로 밝혀진 것이 없다.

Netherland Tank 에서의 Victory 模型試驗結果[23]에 依하면 物理的 概念으로부터 짐작할 수 있는대로 t 는 模型길이와 길이짐에 따라 顯著히 增加하며,

$$t \propto \log_{10} R_n \tag{23}$$

關係를 示現하고, 伴流係數(ω)는 反對로 顯著히 작아진다.

[23]으로부터 模型尺縮 1/23 과 1/6 에 對하여 η_d 및 그의 成分을 比較한 것이 Table 7 이다. Table 7 에서 보는 바와 같이 推進器單獨效率(η_o) 및 推進器效率比(η_r)도 變化하여 結局 η_d 는 19.3' 模型의 0.78 로부터 74.0' 模型에서는 0.67 로 減少하고 있다. 이로부터 一般적으로 $(\eta_d)_S < (\eta_d)_M$ 임과 η_d 의 減少는 主로 t, ω, η_o 에 對한

Table 7. Victory 模型試驗으로부터의 η_d [23]

模 型 縮 尺	1/23	1/16
模 型 長 이	19.3'	74.0'
t	0.22	0.27
ω	0.35	0.25
η_h	1.19	0.98
η_o	0.63	0.65
η_r	1.04	1.05
η_d	0.78	0.67

尺度影響에 起因함을 알수 있다. 이 問題에 關한 좀더 具體化된 研究는 Berlin Tank 에서도 行해졌다[24].

Hadler[18]가 模型과 實船의 rpm-correlation 을 爲해 12隻의 商船에 對하여 얻은 $(rpm)_s/(rpm)_m$ 의 比를 Stuntz[25]는 肥沓係數(C_b)에 對하여 點描된 結果 $C_b=0.6$ 때 約 0.98로부터 $C_b=0.77$ 때 約 1.02까지 거의 直線의 變化를 하고 있음을 밝혔다. 한편 Taniguchi[19]는 三菱長崎造船所水槽에서 模型-實船 相關關係의 解析을 實用的目的으로 η_r , t 및 η_o 는 尺度影響을 받지 않는다는 假定下에 行하고 있는데, 그의 方法에 依한 伴流修正係數(e_i)는

$$e_i = (1 - \omega_m)/(1 - \omega_s) \tag{24}$$

로 定義된다. 그는 50餘隻의 解析結果로부터 e_i 對 R_n 平均曲線을 얻고 있는데, 集約하면 e_i 는 1.0未滿으로서 單螺旋船에서 約 0.9, 雙螺旋單艦에서 0.95~0.98, 滑走艇에서 約 1.0이다. 故로

$$e_i = (1 - \omega_m)/(1 - \omega_s) = (VA)_m/(VA)_s \simeq (rpm)_m/(rpm)_s \tag{25}$$

인 關係로부터

$$(rpm)_s/(rpm)_m > 1.0 \tag{26}$$

로 되어, 앞에서 引用한 Hadler의 結果와는 部分的으로 相互不一致하다.

5. 結 言

船舶의 抵抗推進性能追求가 模型試驗에 對한 依存度를 매우 높여 가지는 處地에서, 模型과 實船의 相關關係를 量的으로 適正하게 捕捉하기 爲해서는 尙今도 許多한 基本問題의 解決을 要求하고 있는 形便이다. 따라서 海上試運轉에 있어서의 船速試驗은 Performance Trial에 Acceptance Trial 以上の 力點을 두고, 旋行方法이나 解析要領이 模型-實船 相關關係의 解析에 좀더 適正하게 이바지할 수 있는 方向으로 이끌어져야 하겠다.

模型-實船 相關關係에 關한 現在의 知識은 適正하지 못하다고 봐야한다. 이를 克服하기 爲해서는 模型實驗에서는 個個의 抵抗成分과 그들의 相互作用을 좀더 正確히 究明해야 하겠고, 實船의 船速試驗에서는 軸馬力 및 推力뿐만 아니라 伴流係數等도 計測되어야 하겠으며, 이는 반드시 系統的 模型試驗을 隨伴하는 條件下에서 이루어져야 하겠다.

Todd[26]는 C_A 에 關한 研究目的으로 1950~1952年에 D.T.M.B.가 海軍의 曳船 Tuscarora를 가지고 計劃했던 것과 類似한 實船規模의 實驗을 實行할 것을 強力히 主張하고 있다.

參 考 文 獻

- [1] Standandization Trials Code, SNAME, 1949,
- [2] E.V. Lewis; "Ship Speed in Irregular Seas," *Trans. SNAME*, 1955.
- [3] J.P. Comstock and C.E. Hastings; "Raydist Speed Measuring Equipment on the S.S. 'United States' Sea Trials," *Trans. SNAME*, 1952.
- [4] H. Lackenby; "On the Accerelation of Ships," *Trans. JESS*, 1952.
- [5] 抵抗推進 Symposium(1), 日本造船學會, 1968.
- [6] Buships Technical Manual, Chapt. 8-Trials, U.S. NAVY, 1947.
- [7] O. Schlichting; "Ship Reistance in Water of Limited Depth—Resistance of Sea Going Vessels in Shallow Water," *Jahrbuch der STG*, Vol. 35, 1934.

- [8] I.T.T.C. Trial Code, *Proceedings of the 10th ITTC*, 1963.
- [9] H.E. Saunders; *Hydrodynamics in Ship Design*, Vol. II, *SNAME*
- [10] L. Landweber; "Test of a Model in Restricted Channels," *EMB Report 460*, 1939.
- [11] J.P. Comstock; *Principles of Naval Architecture*, Chapt. VII, *SNAME*, 1967.
- [12] D.W. Taylor; *The Speed and Power of Ships*, Second Revision, 1943.
- [13] G. Hughes; "Model Experiments on the Wind Resistance of Ships," *Trans. INA*, 1930.
- [14] SNAME Bulletin 1--2, 1948: (which is replaced by) "Tables of Coefficients for A.T.T.C. Model-Ship Correlation and of Kinematic Viscosity and Density of Fresh and Salt Water," SNAME Bulletin 1--25, 1964.
- [15] G. Hughes; "Friction and Form Resistance in Turbulent Flow and a Proposed Formulation for Use in Model and Ship Correlation," *Trans. INA*, 1954.
- [16] *Proceedings of the 8th I.T.T.C.*, 1957.
- [17] E. Numata; "Correlation Between Resistance of Large and Small Models," *Proceedings of the 9th I.T.T.C.*, Paris, 1960.
- [18] J.B. Hadler, C.J. Wilson, and A.L. Beal; "Ship Standardization Trial Performance and Correlation with Model Prediction," *Trans. SNAME*, 1962.
- [19] K. Taniguchi; Discussion of the Paper[18].
- [20] R.E.Clement; "An Analysis of Ship-Model Correlation Data Using the I.T.T.C. Line," *Trans. INA*, 1959.
- [21] F.H. Todd; "Skin Friction Resistance and the Effects of Surface Roughness," *Trans. SNAME*, 1962.
- [22] P. Mandel; "Some Hydrodynamic Aspects of Appendage Design." *Trans. SNAME*, 1953.
- [23] W.P.A. van Lammeren, et al; "Scale Effect Experiments on Victory Ships and Models," *Trans. INA*, 1955, 1958, 1962.
- [24] H. Grothues-Spork; "On Geosim Tests for the Research Vessel Meteor and a Tanker." *Trans. IME*, 1965.
- [25] G.R. Stuntz; Discussion of the Paper[18].
- [26] F.H. Todd; "The Model-Ship Correlation Problem," *Marine Technology*, Vol. 3, No. 2, *SNAME*, 1966.