

# 船舶의 急速停止性能에 관하여

宋 江 燮

## The Crash Stopping Ability of Ships

Song, Kangsop

目	次
I. 序 論	V. 結 論
II. 運動方程式	記號說明
III. 逆轉停止性能에 影響을 주는 要素	參考文獻
1. 附加質量	Appendix I. Stopping Time Calculation for Ship "C"
2. 抵 抗	Appendix II. Head Reach Calculation for Ship "C"
3. 推 力	
IV. 數值計算	

### Abstract

The best method to know stopping ability of ships is to determine the stopping distance and the stopping time. By using the equations of motion, head reach and stopping time for crash stop are calculated, and are compared with the results of the sea trial tests.

Assumptions are made that hull resistance is proportional to the n-th power of the ship's speed at inertia stopping test, and that propeller is reversed to the final speed and an average astern thrust is instantaneously applied as soon as the order of astern is given.

### I. 序 論

推進器를 逆轉시킴으로써 船體를 急速停止시키는 것은 出入港 操船時, 海上에 있어서의 衝突, 또 는 突發的인 事故를 避할때 不可缺한 操縱性能이다. 또한 船舶을 急速停止시킬 때에는 機關의 使用이 苛酷한 狀態로 놓이기 때문에 主機의 後進力量을 決定하기 爲한 必要에서도 關心을 끌어 온 性能이다.

造機關係에 있어서의 研究는 이미 많은 成果를 얻고 있으며, 例를 들면 後進터어빈의 設計等에 具體化되고 있다. 그러나 이들 研究는 主機의 問題에만 置重되고 있고 船體運動에는 많은 言及이 없는 實情이다.

이러한 操縱性能은 船體, 主機 및 推進器의 3者로 形成되는 系로서 다루어져야 한다. 이러한 接

近方法은 1930年頃에 H. F. Nordström에 의하여 行하여졌으나 그後는 顯著한 研究는 없고, 近來 船舶이 大型化되면서 後進터어빈의 力量을 決定하는 目的으로서 1950年頃에 Hewins, Chase, Ruiz 등이 實船試驗으로써 船體의 運動까지 包含하는 研究를 하여 成果를 얻고 있다.<sup>1)\*</sup>

上述한 바와같이 船舶을 急速히 停止시키는 操縱은 非正常的인 드문 일이며, 어떤 突發的인 航海時에 必要하기 때문에 船舶의 急速停止性能에 관한 正確한 資料等이 豊富하지 못한 理由이다.

船體의 急速停止의 特性은 後進命令을 發한 瞬間부터 船體가 停止할 때까지의 到達距離와 到達時間이 가장 잘 나타낸다. 本論文에서는 停止運動時의 船體抵抗特性이 惰走停止試驗時의 것과 같고, 抵抗은 船速의  $n$ 乘에 比例하고 後進發令과 더불어 一定한 平均後進推力이 作用한다는 假定下에 實船의 急速停止到達距離와 時間을 計算하고 實船試驗結果와 比較하였다.

數值計算에 利用한 船舶의 要目을 表 1에 表示한다.

表 1: 數值計算에 利用한 船舶의 要目

		船舶 "S"	船舶 "C"
HULL	L(m)	90.00	105.00
	B(m)	14.524	16.00
	D(m)	4.03	4.81
	$C_B$	0.566	0.541
	W(ton)	3,035	4,467
PROPELLER	Z	4	4
	d(m)	3.050	3.900
	p(m)	2.100	3.360
	p/d	0.689	0.862
	E. A. R.	0.560	0.500

## II. 運動方程式

推進器-軸-機關係에 作用하는 토크는 (1)系를 驅動하는 機關의 토크(機關의 固定狀態에 對해서 는 推進器 回轉速度의 函數), (2)推進器의 토크(普通 機關의 토크에 反對方向으로 作用하며 推進器 回轉速度와 船速의 函數), 그리고 (3)摩擦 토크(베어링 및 船尾管 그렌드의 摩擦로 생기며 推進器의 回轉方向에 對하여 恒時 反對方向으로 作用하고 一定한 값으로 볼 수 있다)等이다. 이들 토크의 和는 回轉系의 角運動量의 變化率과 같다. 즉

$$I \frac{d\omega}{dt} = Q_s(\omega) - Q_r(\omega, v) \mp Q_f$$

上式에서 慣性모우먼트  $I$ 는 推進器의 물에 의한 附加質量의 慣性모우먼트가 包含되어 있는 것으로 假定되어 있다. 그런데  $\omega = 2\pi n$  이므로

$$2\pi I \frac{dn}{dt} = Q_s(n) - Q_r(n, v) \mp Q_f \quad (1)$$

배에 作用하는 힘은 (1)배를 驅動하는 推進器의 推力(推進器의 回轉速度와 船速의 函數), 그리고

\*數字는 末尾의 參考文獻을 表示한다.

(2)배의 抵抗(運動方向에 反對로 作用하며 船速의 函數)이다. 이들 힘의 和는 배의 運動量의 變化 率과 같다. 즉

$$M \frac{dv}{dt} = T(n, v) - R(v) \quad (2)$$

上式에서 배의 質量은 물에 의한 附加質量이 包含되어 있는 것으로 假定되어 있고, 推進器 推力에는 推力減少에 對한 것도 包含되어 있는 것으로 假定되어 있다.

式(2)를 (1)로 나누고  $t$ 를 消去하면

$$\frac{dv}{dn} = \frac{2\pi I}{M} \frac{T(n, v) - R(v)}{Q_e(n) - Q_p(n, v) \mp Q_f} \quad (3)$$

를 얻는다. 上式은  $n, v$ 에 關한 1價1階微分方程式이다. 이 解로부터 時間은 式(1) 또는 (2)를  $dt$ 에 關하여 풀고 積分함으로써 얻을 수 있다. 즉

$$t = 2\pi I \int_{n_0}^n \frac{dn}{Q_e - Q_p \mp Q_f} \quad (4)$$

$$t = M \int_{v_0}^v \frac{dv}{T - R} \quad (5)$$

上式에서 添字 "0"은 初期의 값을 나타낸다.

走行距離는 速度를 積分함으로써 얻을 수 있다.

$$S = \int_0^t v dt \quad (6)$$

또는 式(4), (5)를 上式에 代入해서도 얻을 수 있다. 즉

$$S = 2\pi I \int_{n_0}^n \frac{v dn}{Q_e - Q_p \mp Q_f} \quad (7)$$

$$S = M \int_{v_0}^v \frac{v dv}{T - R} \quad (8)$$

實際問題에 있어서는 函數  $Q_e, Q_p, T$  및  $R$ 은 普通 實驗에 의해서 決定되어야 하기 때문에 式(3)의 理論的인 解는 不可能하다.

그러나 過渡狀態에 있어서의 토오크變動의 樣相이나, 그것이 特히 主機에 주는 影響等を 詳細하게 解析하기 爲해서는 式(3)의 解가 必要하나 到達距離와 到達時間을 推定하는 問題만으로 限定한다면 推進器의 後進推力值를 適當히 주고 一次元의 運動으로 푸는 것이 便利하다.

萬一 推進器가 後進發令과 同時에 定格前進速度로부터 最終後進速度  $n_1$ 까지 瞬間적으로 逆轉되고 다음에는 一定한 回轉速度와 推力을 維持한다면, 式(2)는 다음과 같이 된다.

$$M \frac{dv}{dt} = -T(n_1, v) - R(v) \quad (9)$$

上式은  $v$ 와  $t$ 에 關한 1階微分方程式이고 배를 停止시키기 爲한 時間은 다음 式으로 얻어진다.

$$t = M \int_v^{v_0} \frac{dv}{T(n_1, v) + R(v)} \quad (10)$$

같은 方法으로 走行距離는 式(6)에 의해서 또는 式(8)에 의해서 얻어진다. 즉

$$S = M \int_v^{v_0} \frac{v dv}{T(n_1, v) + R(v)} \quad (11)$$

計算時에 다루기 쉽도록 위의 式들에 다음을 代入함으로써 無次元形으로 變換할 수 있다.

$$\begin{aligned} n &= n_n n' & T(n, v) &= T_n T'(n', v') \\ v &= v_n v' & R(v) &= T_n R'(v') = R_0 R'(v') \end{aligned}$$

여기에서 添字 "n"은 어떤量 또는 前進時의 定格出力의 基準值를, 그리고 prime은 그 基準值에 對한 比率을 나타낸다. 또한 推進器의 回轉速度를 rpm, 그리고 배의 速度를 knot로 나타내기 爲해서

다음과 같은 置換을 한다.

$$\begin{aligned} n_n &= \frac{N_n}{60} & v_n &= \frac{1,852}{3,600} V_n \\ n' &= N' & v' &= V' \end{aligned}$$

이들을 式(6), (10) 및 (11)에 代入하면 다음을 얻는다.

$$S = \frac{1,852}{3,600} V_n \int_0^t V' dt \quad (6')$$

$$t = \frac{1,852}{3,600} \frac{M V_n}{T_n} \int_{v'}^{v_o'} \frac{dV'}{T'(N_1', V') + R'(V')} \quad (10')$$

$$S = \left( \frac{1,852}{3,600} V_n \right)^2 \frac{M}{T_n} \int_{v'}^{v_o'} \frac{V' dV'}{T'(N_1', V') + R'(V')} \quad (11')$$

### Ⅲ. 逆轉停止性能에 影響을 주는 要素

運動方程式, 逆轉停止距離 및 時間의 計算式에 의하면 停止性能에 影響을 주는 主要要素들은 다음과 같다.

1. 附加質量 물에서 運動하는 物体의 有效質量은 物体의 形狀에 따라 變化한다. 배의 附加質量은 船型, 積荷狀態, 速度등에 따라 變化한다.

渡邊<sup>8)</sup>는 一般船舶의 停止距離計算에  $m_x/m=0.2$ 를 假定하고 있고, Clarke<sup>4)</sup>는 大型탱커의 停止距離計算에  $m_x/m=0.08$ 을 假定하고 있다. 여기에서  $m$ 은 배自體의 排水量에 의한 質量을,  $m_x$ 는 附加質量을 나타낸다.

Hewins<sup>1)</sup>는 船舶에 對한 附加質量은 지름이 배의 吃水와 같고, 길이가 배의 幅과 같은 圓筒物体 體積의 1~2 倍程度이고 Esso Suez의 5 ft 길이 模型의 試驗은 圓筒物体 體積의 1.5 倍에 該當함을 밝히고 있다.

元良<sup>9)</sup>는 附加質量에 관한 試驗의 結果를 그림-1과 같은 圖表로 주고 있다. 이 圖表에 의하면 附加質量은 船型, 積荷狀態의 影響은 받으나 速度와는 無關함을 알 수 있다.

Harvald<sup>8)</sup>는 中型의 撒積貨物船에  $m_x/m=0.05$ 를 假定하고 있으며, 이 값도 元良의 圖表에서 求한 값과 一致한다.

仲渡<sup>7)</sup>는 模型試驗을 통해서 탱커型의 船舶의 平均值로서  $m_x/m=0.063$ 을 얻고 있으며, 元良의 圖表로 求한 값과 거의 一致하고, 또한 이 實驗에서 加速時와 減速時의 附加質量의 差는 없었음을 밝히고 있다.

船舶 S와 C의 附加質量을 元良의 圖表에 의하여 求한 값을 다음 表에 表示한다.

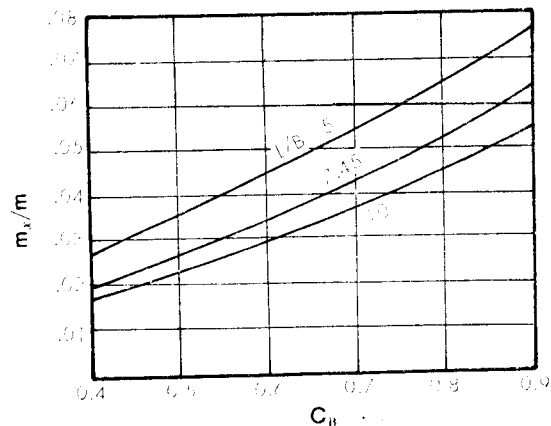


그림-1 附加質量(元良)

表 2: 各 船舶의 附加質量

船 舶	L (m)	B (m)	L/B	C <sub>B</sub>	m <sub>x</sub> /m	M (=m <sub>x</sub> +m) (kg sec <sup>2</sup> /m)
S	90	14.52	6.20	0.566	0.036	3.20×10 <sup>5</sup>
C	105	16.00	6.56	0.541	0.035	4.71×10 <sup>5</sup>

2. 抵 抗 急速停止性能을 解析함에 있어 배의 抵抗特性은 惰走停止試驗時의 것과 같고, 抵抗은 速度의 n 乘에 比例한다면

$$R = kv^n \quad (12)$$

이다. 여기에서 n와 k는 常數이다. 抵抗만이 作用하는 배의 運動方程式은

$$(m+m_x) \frac{dv}{dt} = -R \quad (13)$$

이다. 式(12)를 (13)에 代入하면

$$(m+m_x) \frac{dv}{dt} = -kv^n$$

이다. 變數를 分離하면

$$dt = -\frac{(m+m_x)}{kv^n} dv = -\frac{A}{v^n} dv$$

이다. 여기에서 A=(m+m<sub>x</sub>)/k이다. 上式을 積分하면 다음과 같다.

$$t+C = \frac{Av^{1-n}}{n-1} = av^{1-n} \quad (14)$$

여기에서 C는 積分常數이고

$$a = \frac{A}{n-1} = \frac{(m+m_x)}{k(n-1)} \quad (15)$$

이다. 式(14)에는 a, C 및 n의 3個의 未知常數가 包含되어 있다. 이들 點은 式(14)를 滿足하므로 이들 常數를 求하는 가장 좋은 方法은 時間 t와 速度 v의 世 쌍의 값을 選定하고 a, C 및 n에 관한 世 개의 聯立方程式을 얻는 것이다. 이와 같이 求한 各船舶의 a, C 및 n의 값을 다음 表에 表示하였다.

表 3: a, C, n 및 k의 값

船 舶	a	C	n	k
S	1,057	453	1.41	738
C	966	354	1.454	1,074

各船舶에 對한 抵抗 및 速度와 時間의 式은 다음과 같다.

$$\begin{array}{ll} \text{船舶 S} & \text{船舶 C} \\ v = \left( \frac{1,057}{t+453} \right)^{2.439} & v = \left( \frac{966}{t+354} \right)^{2.203} \end{array} \quad (16)$$

$$\begin{array}{ll} R = 738v^{1.41} & R = 1,074v^{1.454} \end{array} \quad (17)$$

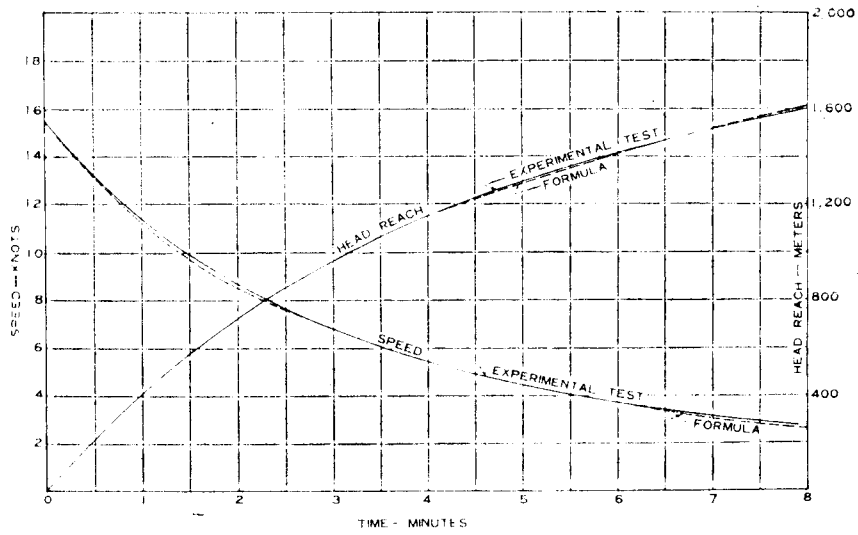


그림-2 惰走試驗(船舶 S)

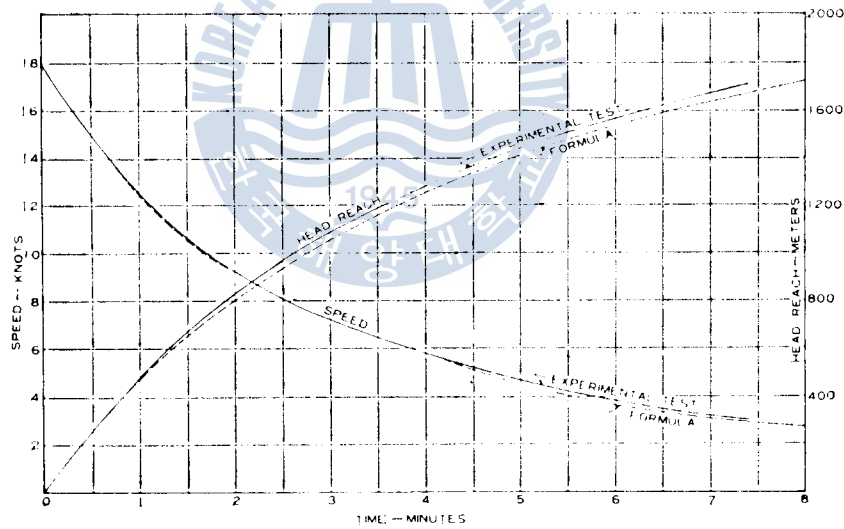


그림-3 惰走試驗(船舶 C)

式(16)으로 計算한 값을 海上試運轉結果와 比較하기 爲해서 그림-2,3에 表示하였다. 그림에서 式은 試驗結果와 거의 一致함을 알 수 있다. 따라서 式(17)은 惰走試驗時의 抵抗의 式을 나타낸다.

試驗에서 얻은 抵抗曲線과 式(17)로 計算한 抵抗曲線을 그림-4,5에 그리고 無次元化한 曲線을 그림-6,7에 表示하였다.

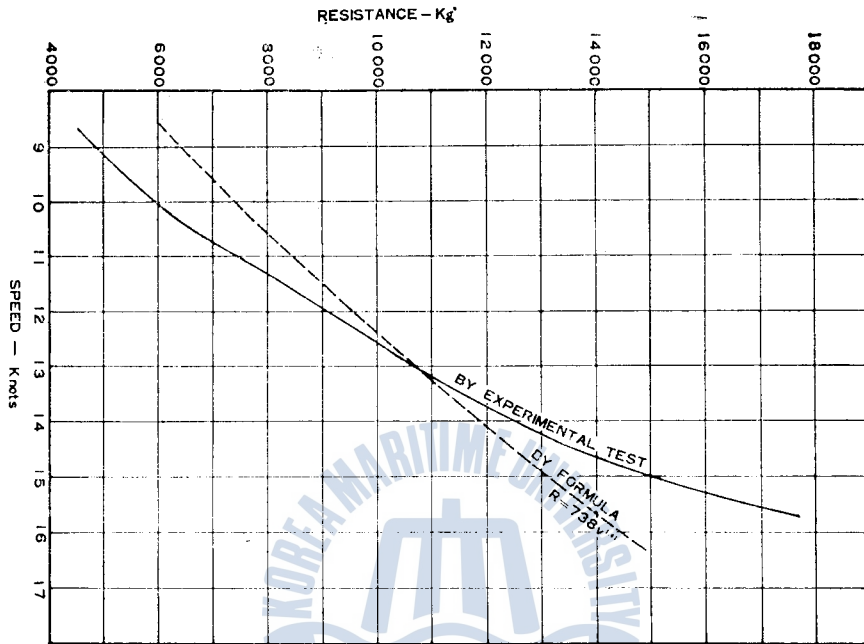


그림-4 抵抗曲線(船舶 S)

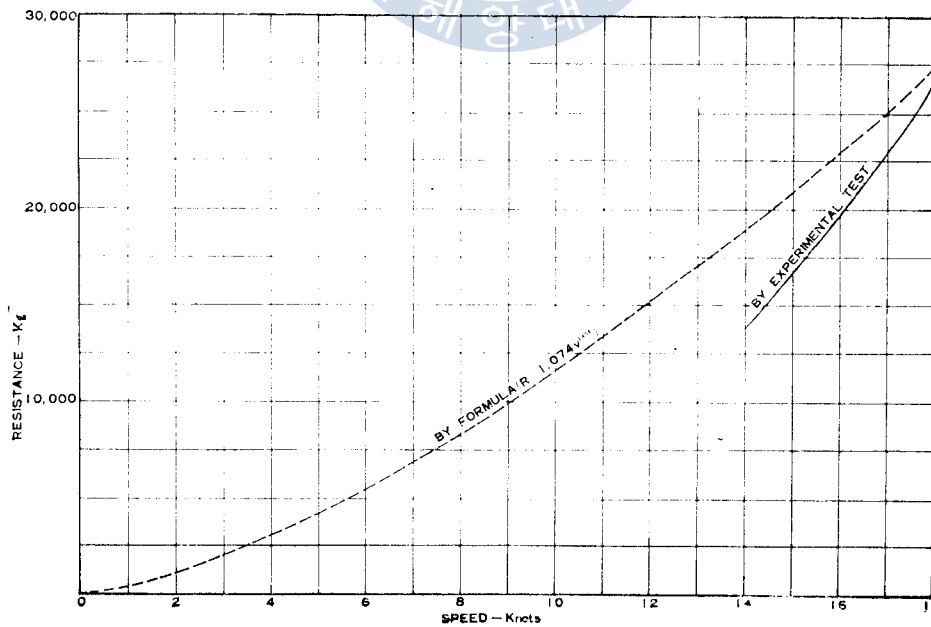


그림-5 抵抗曲線(船舶 C)

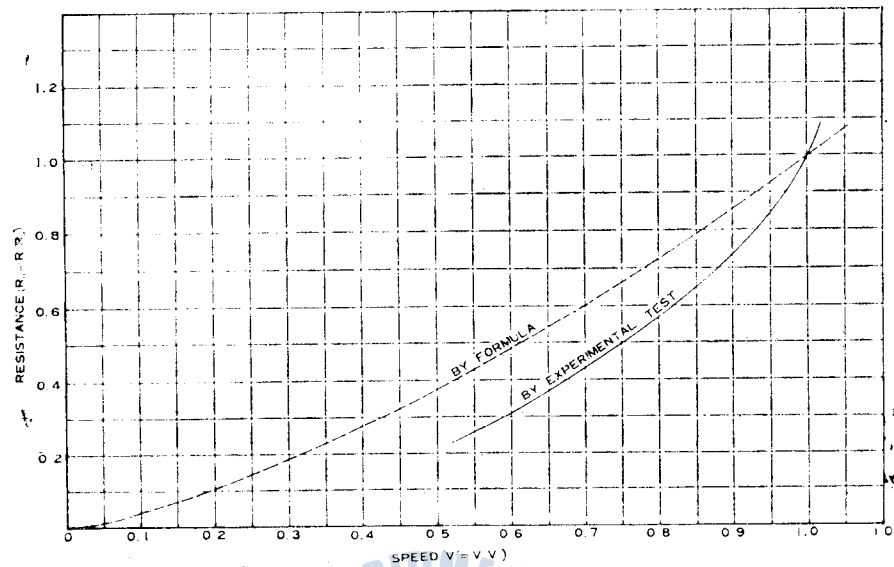


그림-6 無次元抵抗曲線 (船舶 S)

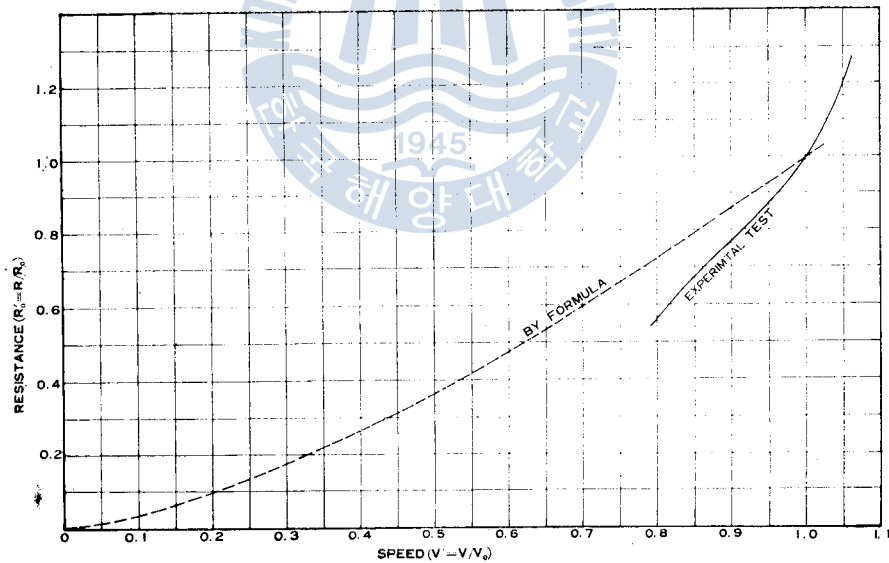


그림-7 無次元抵抗曲線 (船舶 C)

3. 推 力 逆轉停止過程은 다음의 두 段階로 分類할 수가 있다.

(a) 後進發令後 推進器가 最終後進推력과 後進回轉數에 到達할 때까지의 過渡期間

(b) 推力과 回轉數가 平均的으로 거의 一定值를 이루며 船體가 停止할 때까지의 期間

처음 段階는 主機의 特性에 따르며, 또한 그때의 運轉狀況, 操縱者의 操作時間에 따라서도 差가 생긴다.



試運轉時에 行하여진 後進力試驗에 의하면, 主軸의 回轉停止時間은 터빈船에 있어서는 發令後 45~90秒, 디젤船에서는 15~30秒가 가장 많은 것으로 나타나 있고, 推進器가 逆轉할때까지의 時間은 터빈船에 있어서는 1分程度, 디젤船에 있어서는 0.5~2分程度로 나타나 있다.

이러한 過渡期間에 있어서의 推進器의 推力 및 토오크의 變動樣相은 매우 不規則하여 數式化할 수가 없으므로 走行距離와 停止時間을 計算함에 있어 停止時間이 이 期間에 比하여 길이 過渡期間을 無視할 수 있는 大型船舶에 있어서는 近似計算으로서 이 期間은 없고 後進發令과 더불어 一定한 後進推力을 發生하는 것으로 假定한 方法이 提案되고도 있다.<sup>6)</sup> 一定한 後進推力으로는 推進器單獨試驗時의 前進係數  $J=0$ 에 있어서의 推力을 利用하고 있다.<sup>1), 4), 5), 6)</sup>

그러나 後進操作中에도 船舶의 速度는 그렇게 減少하고 있지 않기 때문에 이 期間을 無視하면 航走距離에 多少의 影響을 준다.

Clarke<sup>4)</sup>는 過渡期間의 航走距離와 停止時間의 修正値로서 다음을 주고 있다.

$$\delta s = \frac{1}{2} v_0 t_r$$

$$\delta t = \frac{1}{2} t_r$$

上式에서  $t_r$ 은 推進器가 逆轉할 때까지의 時間이다.

Harvald<sup>3)</sup>는 機關이 逆轉할 때까지는 初速으로서 航走하는 것으로 停止距離를 修正하고 있다.

推進器가 逆轉할 때까지의 推力은 前進時의 推力에서 停止時의 推力까지 線形的으로 變化하고 逆轉後에는 一定한 推力을 維持한다는 假定下에 推進器가 한 일을 할 수 있는 平均後進推力을 求할 수 있으면 이 推力을 停止性能 計算에 利用할 수 있다.

Hewins<sup>1)</sup>는 平均後進推力의 式을 다음과 같이 誘導하고 있다.

$$T_a = T_1 \left[ 1 - \frac{1}{2} \frac{S_r}{S} \left( 1 + \frac{R_0}{T_1} \right) \right] \quad (18)$$

그는 터빈船인 Esso Suez의 實船試驗에서  $\frac{1}{2} \left( \frac{S_r}{S} \right) \doteq \frac{t_r}{t_1}$ 를 얻어 近似的으로 平均後進推力을 다음의 式으로 주고 있다.

$$T_a = T_1 \left[ 1 - \frac{t_r}{t_1} \left( 1 + \frac{R_0}{T_1} \right) \right]$$

이 式에 의하면 平均後進推力은 主로 軸의 逆轉時間과 初速에서의 抵抗에 對한 後進推力의 比에 의함을 알 수 있다.

디젤船의 實船實驗에 의하면  $\frac{1}{2} \left( \frac{S_r}{S} \right) \doteq 0.65 \left( \frac{t_r}{t_1} \right)$ 이다. 이것을 式(18)에 代入하면 平均後進推力은 다음과 같다.

$$T_a = T_1 \left[ 1 - 0.65 \frac{t_r}{t_1} \left( 1 + \frac{R_0}{T_1} \right) \right] \quad (19)$$

推力과 토오크와의 關係式은 다음의 式으로 얻어 진다.

$$T = \rho n^2 d^4 K_T = n^2 d^2 p^2 C_T$$

$$Q = \rho n^2 d^5 K_Q = n^2 d^2 p^3 C_Q$$

위의 두式으로부터  $T = \frac{C_T}{C_Q} \frac{Q}{p}$ 를 얻을 수 있다.

渡邊<sup>8)</sup>는 正常前進狀態에서의 推進器의 推力과 토오크와의 關係를  $C_T/C_Q=2\pi$ 로 誘導하고, 이것이 逆轉時에도 成立한다는 假定으로 到達距離의 計算式을 求하고 있다.

Hewins<sup>1)</sup>는 停止時의 後進推力을 實測한 토오크와  $C_T/C_Q=5.2$ 를 使用함으로써 計算하고 있다.

谷<sup>5)</sup>는 지금까지의 資料들로부터  $J=0$ 에 있어서의 逆轉時의 平均値로서  $C_T/C_Q=5.2 \sim 5.5$ 를 주고

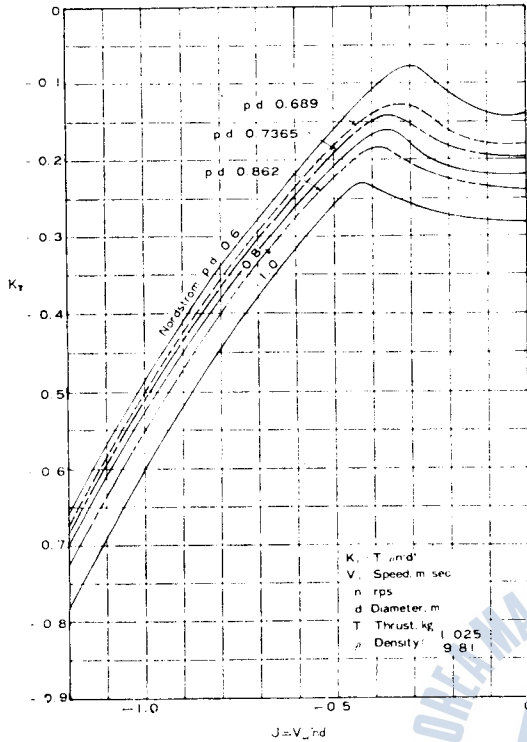


그림-8  $K_T$ -곡선(Nordstrom)

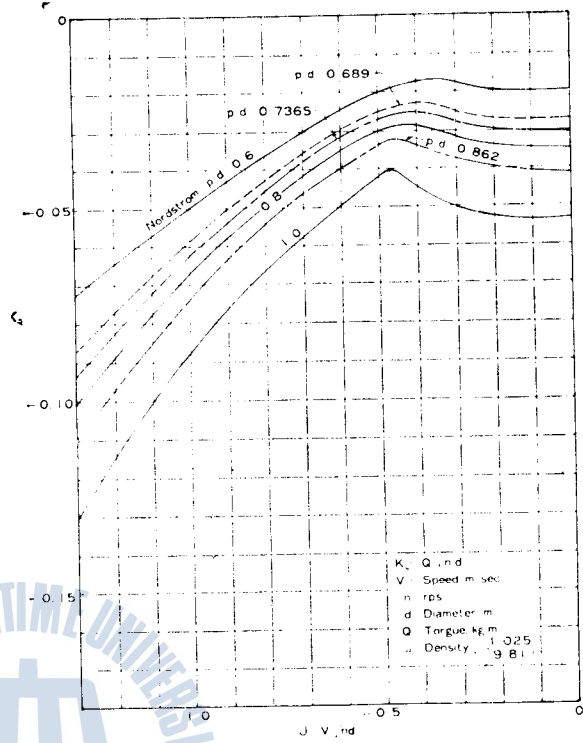


그림-9  $K_Q$ -곡선(Nordstrom)

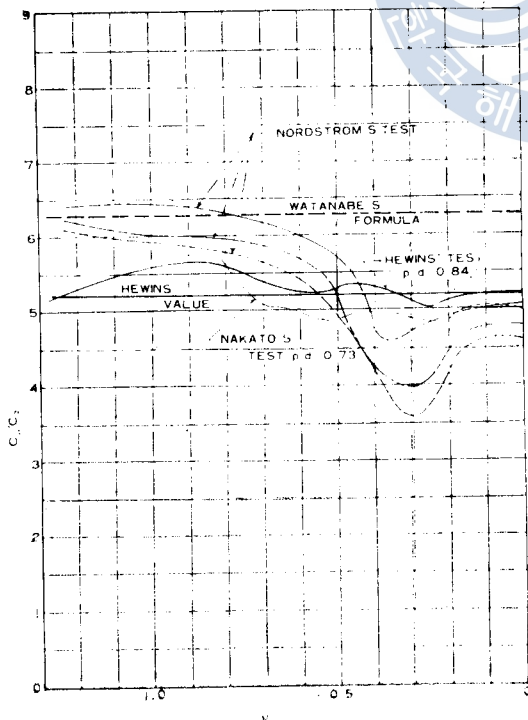


그림-10  $C_T/C_Q$ -곡선

있다.

그림-8,9는 Nordström의 추진기 역회전 시험에  
의거한 각 추진기의  $K_T$ ,  $K_Q$  곡선을 나타내고, 그  
림-10은 渡邊의 式, Hewins, 仲渡, 그리고  
Nordström의 實驗値의  $C_T/C_Q$ 를 보여 준다.

디젤 機關의 경우에는 後進 回轉數의 最大  
値는 普通 MCR 回轉數의 80~85%, 後進 出力은  
常用 前進 出力의 80~85%인 것이 一般의 標準  
으로 되어 있다.

蒸氣 터빈의 경우에는 後進 回轉數는 常用  
前進 回轉數의 50%, 後進 토크는 常用 前  
進 토크의 80%로 하는 것이 後進 터빈 設計의  
條件이다. 따라서 蒸氣 터빈의 後進 出力은  
前進 出力의 40%가 一般의이다.<sup>4),5)</sup>

推進기가 逆轉하면서 速度가 減少하는  
段階에 있어서는 曳引 抵抗에 比하여 船體  
抵抗의 減少가 豫想된다. 따라서 推力  
減少의 定義에 의하면 逆 推力 增加를  
定義하여야 한다. 즉 逆轉 發令後  
(1-t)는 正常 前進時의 1보다 작은 값  
으로부터 增加하여 1을 넘는 經過를 거  
쳐야 한다. 따라서

陰의 推力減少係數  $t$ 를 定義하여야 할 段階가 있다. Hewins는 逆轉停止試驗을 實施하여 얻은 Esso Suez의 解析值에서  $t$ 는 極히 不安定하며 아주 無視하고 到達距離를 計算한 것이 實際의 값과 一致하고 到達距離의 計算에는  $t=0$ 로 取하는 것이 合理的임을 論하고 있다.

#### IV. 數值計算

實際로 急速停止時의 停止性能은 다음과 같은 方法으로 推定할 수 있다.

- (1) 附加質量은 元良의 圖表에서 求한다.
- (2) 抵抗은 船速의  $n$ 乘에 比例한다는 假定下에 惰走停止試驗結果로부터 얻는다.
- (3) 推力은 後進發令과 더불어 停止할 때 까지 平均後進推力이 作用한다.

그림-11은 한바다號의 토오크의 變化에 따른 停止距離와 停止時間을 나타낸다. 이 그림에서 後進發令과 더불어  $Q_0/Q_0=0.3$ 에 該當하는 平均後進推力이 作用하는 것으로 볼 수 있다. 平均後進토오크는 3,360 kg m, 이 토오크에 對한 推進器의 平均後進推力은 7,530 kg, 全進出力의 85%에 該當하는 最終後進推力은 21,300 kg, 初期抵抗은 17,800 kg이며, 이들을 式(19)에 代入하면 推進器가 逆轉할 때까지의 時間  $t_r=114$  sec를 얻으며, 이 값은 試驗值 130 sec와 거의 一致한다.

그림-12, 13과 表 4에 船舶“S”와 “C”의 停止時間과 停止距離를  $Q_0/Q_0=0.8, 0.3$ 에 該當하는 平均後進推力이 作用하는 것으로 假定하고 計算한 結果를 表示하였다. 計算時에는 Simpson의 法則을 使用했으며 船舶“C”에 對한 計算例를 附錄에 表示하였다.

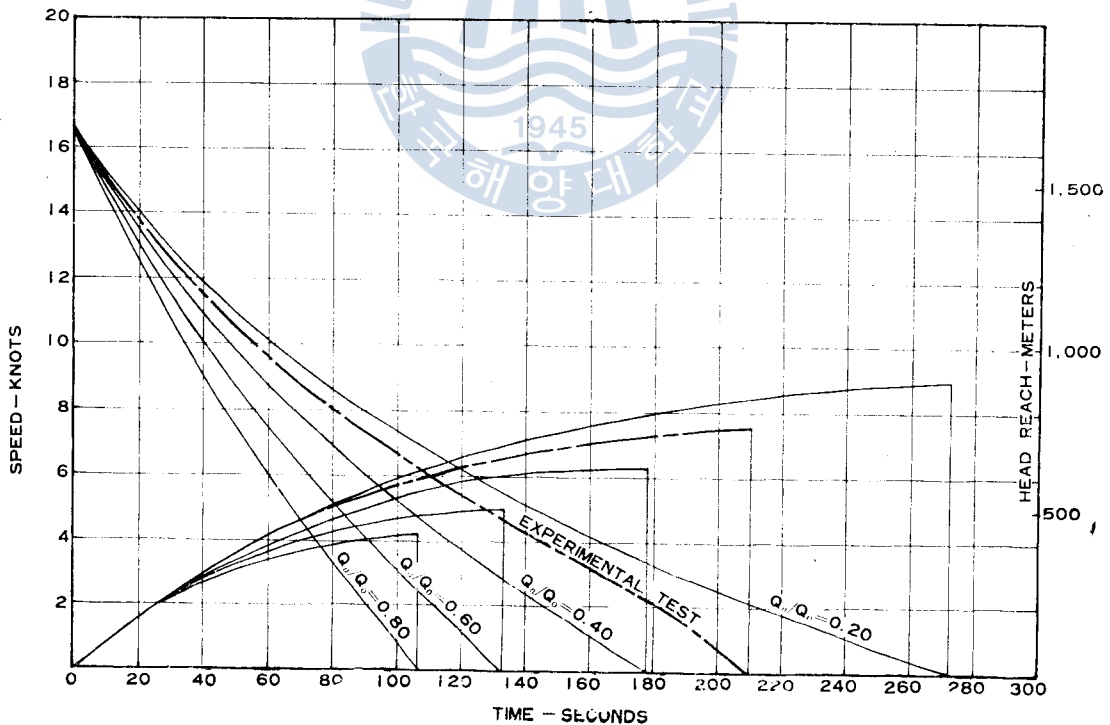


그림-11 急速停止性能(한바다)

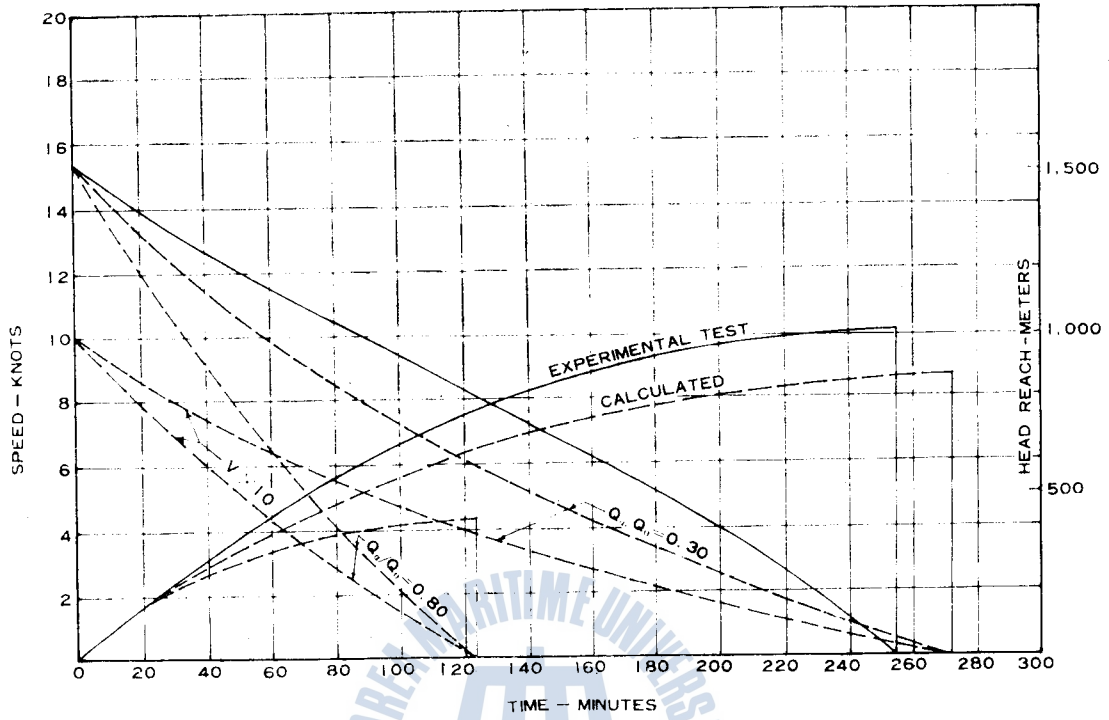


그림-12 急速停止性能(船舶 S)

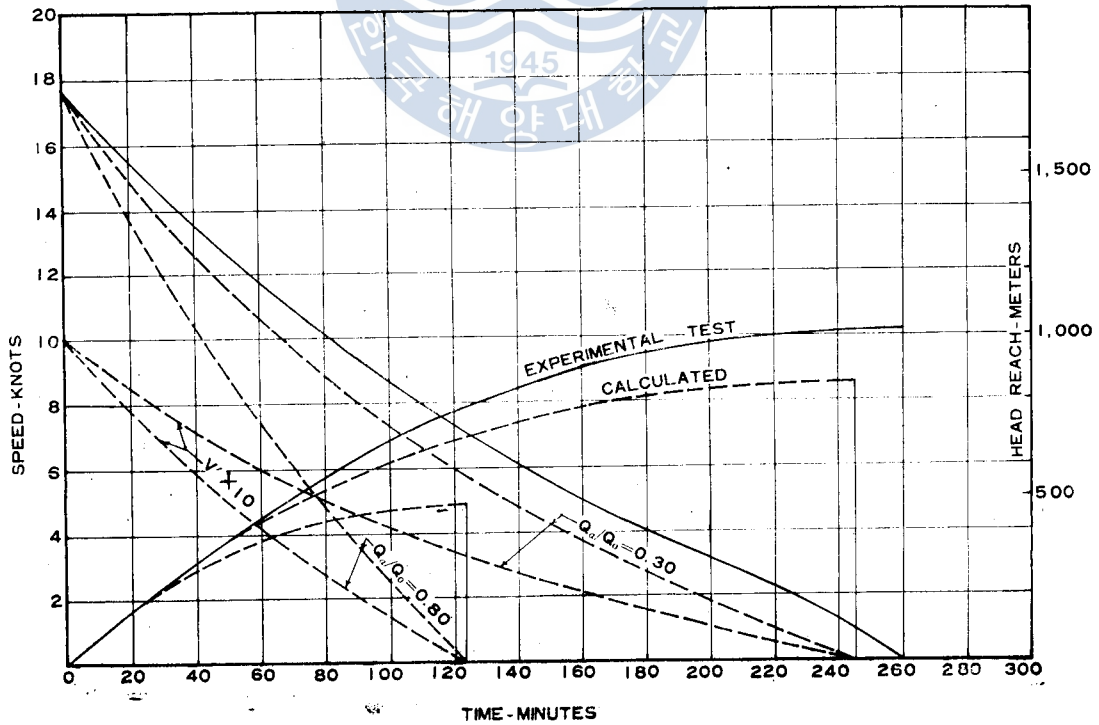


그림-13 急速停止性能(船舶 C)

表 4: 綜 合 表

船 舶		S	C
1. Length, m	$L$	90.00	105.00
2. Beam, m	$B$	14.52	16.00
3. Draft, m	$D$	4.03	4.81
4. Ratio, $L/B$		6.2	6.59
5. Displacement, tons	$W$	3,035	4,467
6. Block coefficient	$C_B$	0.566	0.541
7. Mass, $\text{kg sec}^2/\text{m}$	$m$	$3.09 \times 10^6$	$4.55 \times 10^6$
8. Added mass, $\text{kg sec}^2/\text{m}$	$m_x$	$0.11 \times 10^6$	$0.16 \times 10^6$
9. Effective mass, $\text{kg sec}^2/\text{m}$	$M(=m+m_x)$	$3.20 \times 10^6$	$4.55 \times 10^6$
10. Initial rpm(ahead)	$N_0$	225	172
11. Corresponding speed, knots	$V_0$	15.4	17.8
12. Corresponding speed, m/sec	$v_0$	7.92	9.16
13. Time to stop ship, sec	$t_1$	255	260
14. Calculated time to stop ship, sec	$t_c$	271	245
15. Error	$(t_1-t_c)/t_1$	-0.063	0.058
16. Clarke's corrected time to stop ship, sec	$t_k$	184	184
17. Error	$(t_1-t_k)/t_1$	0.27	0.24
18. Head reach, m	$S$	1,010	1,020
19. Calculated head reach, m	$S_c$	860	858
20. Error	$(S-S_c)/S$	0.15	0.16
21. Clakre's corrected head reach, m	$S_k$	905	1,037
22. Error	$(S-S_k)/S$	0.104	-0.016

## V. 結 論

- (1) 惰走停止性能은 抵抗이 船速의  $n$ 乘에 比例한다는 假定下에 正確하게 表示하여 줄 수 있다.
- (2) 抵抗이 惰走停止試驗時의 것과 같고 船速의  $n$ 乘에 比例한다면 實船試驗에서 얻은 값보다 高速에서는 작으며 低速에서는 크다.
- (3) 平均後進推力을 求할 수 있으면 逆轉停止發令과 더불어 이 推力이 發生維持되는 것으로 假定하여 停止性能을 推定할 수 있다.
- (4) 逆轉發令과 더불어 常用前進出力의 80%에 該當하는 後進推力이 發生維持되고 推進器가 逆轉될 때까지의 時間을 2分으로 假定하여 Clarke의 修正을 加하여 停止距離의 近似值를 求할 수 있다.

## 記號說明

A: 定數 $[(m+m_x)/k]$	$p$ : 推進器의 피치(m)
a: 定數 $[A/(n-1)=(m+m_x)/k(n-1)]$	Q: 토오크(kg m)
B: 배의 幅(m)	$Q_s$ : 機關의 토오크(kg m)
C: 積分常數	$Q_f$ : 摩擦토오크(kg m)
$C_B$ : 方形係數	$Q_p$ : 推進器의 토오크(kg m)
$C_T$ : 推力係數 $(T/n^2d^2p^2)$	R: 船体抵抗(kg)
$C_Q$ : 토오크係數 $(Q/n^2d^2p^2)$	S: 到達距離 또는 走行距離(m)
D: 배의 吃水(m)	T: 推力(kg)
d: 推進器의 지름(m)	t: 時間(sec) 또는 推力減少係數
I: 慣性모우먼트(kg sec <sup>2</sup> m)	V: 船速(knot)
J: 前進係數 $(v_a/nd)$	v: 船速(m/sec)
$K_T$ : 推力係數 $(T/\rho n^2d^4)$	$v_a$ : 물에 對한 推進器의 相對速度(m/sec)
$K_Q$ : 토오크係數 $(Q/\rho n^2d^5)$	W: 排水量(ton)
k: 比例常數	Z: 推進器翼數
L: 배의 길이(m)	$\rho$ : 海水密度(kg sec <sup>2</sup> /m <sup>4</sup> )
M: 배의 質量(kg sec <sup>2</sup> /m), ( $=m_x+m$ )	$\omega$ : 回轉速度(rad/sec)
m: 排水量에 의한 배의 質量(kg sec <sup>2</sup> /m)	添字 "0": 初期值
$m_x$ : 附加質量(kg sec <sup>2</sup> /m)	添字 "1": 最終值
N: 回轉速度(rpm)	添字 "a": 平均值
n: 回轉速度(sps), 또는 累乘	添字 "r": 推進器가 逆轉할 때까지의 값
	prime: 基準值에 對한比率

## 參考文獻

- 1) Hewins, Chase, Ruiz "The Backing Power of Geared-Turbine-Driven Vessel", SNAME, Vol. 58, 1950.
- 2) Chase, Ruiz "A Theoretical Study of the Stopping of Ships" SNAME, Vol. 59, 1951.
- 3) Harvald "Factors Affecting the Stopping Ability of Ships" I. S. P., May, 1976.
- 4) Clarke, Wellman "Stopping Large Tankers and the Use of Auxiliary Braking Devices" Shipping World and Shipbuilder May, 1970.
- 5) 谷初藏, 藤井齊 "船의 急速停止에 對한 第2回操縱性 Symposium Text, 日本造船學會, 1970.
- 6) 谷初藏 "船의 逆轉停止性能에 對한 日本造船學會論文集, 第120號, 1966.
- 7) 仲渡外3名 "船의 加減速運動에 對한 實驗的研究(第1報)" 日本造船學會論文集, 第140號, 1976.
- 8) 渡邊惠弘 "推進器逆轉による 船의 惰性前進距離並에 時間의 計算式에 對한 日本造船協會會報, 第55號, 1934.
- 9) 元良誠三 "船体運動에 對한 附加質量及 附加慣性モーメント에 對한 日本造船協會論文集, 第106號, 1960.

Appendix I. Stopping Time Calculation for Ship "C" ( $Q_a/Q_0=0.3$ )

t	V	V'	R'	R <sub>0</sub> '	f(V')	m	m f(V')	m	m f(V')	m	m f(V')	m	m f(V')	m	m f(V')	m	m f(V')
0	17.70	1.0	1.0	2.75	0.267	1/2	0.134	1/2	"	1/2	"	1/2	"	1/2	"	1/2	"
12	15.93	0.9	0.86	2.37	0.297	2	0.594	2	"	2	"	2	"	2	"	2	"
26	14.16	0.8	0.73	2.01	0.332	1	0.332	1	"	1	"	1	"	1	"	1	"
42	12.39	0.7	0.60	1.65	0.377	2	0.754	2	"	2	"	2	"	2	"	2	"
60	10.62	0.6	0.47	1.29	0.437	1	0.437	1	"	1	"	1	"	1	"	1	"
80	8.85	0.5	0.37	1.02	0.495	2	0.990	2	"	2	"	2	"	2	"	2	"
104	7.08	0.4	0.27	0.74	0.575	1	0.575	1	"	1	"	1	"	1	"	1	"
131	5.31	0.3	0.17	0.47	0.680	2	1.360	2	"	2	"	2	"	2	"	2	"
164	3.54	0.2	0.10	0.28	0.781	1	0.781	1/2	0.391	1/2	0.391	1/2	0.391	1/2	0.391	1/2	0.391
201	1.77	0.1	0.03	0.08	0.926	2	1.852	2	1.852	2	1.852	2	1.852	2	1.852	2	1.852
245	0	0	0	0	1.00	1/2	0.500	1/2	0.500	1/2	0.500	1/2	0.500	1/2	0.500	1/2	0.500

※ 1) ※ 2) ※ 3)

※ 4)  $\sum mf(V') = 8.308$  t=245

※ 5)  $\sum mf(V') = 6.414$  t=189+12=201

※ 6)  $\sum mf(V') = 4.049$  t=119+12=131

※ 7)  $\sum mf(V') = 2.312$  t=68+12=80

※ 8)  $\sum mf(V') = 1.002$  t=30+12=42

※ 9)  $\sum mf(V') = 0.189$  t=12

※ 10)  $\sum mf(V') = 0.894$  t=26

※ 11)  $\sum mf(V') = 3.379$  t=12

※ 12)  $\sum mf(V') = 2.032$  t=60

※ 13)  $\sum mf(V') = 3.528$  t=104

※ 14)  $\sum mf(V') = 5.566$  t=164

※ 1) From Resistance Curve on Fig. 7

※ 2)  $R = R_0 R_0' = T_a R'$

$R' = \frac{R_0 R_0'}{T_a} = \frac{26,680}{9,700} \times R_0' = 2.75 R_0'$

$\therefore Q_a/Q_0 = 0.3, Q_a = 0.3 \times 20,900 = 6,270 \text{ kg m}$

$T_a = 5.2 \times \frac{Q_a}{p} = 5.2 \times \frac{6,270}{3.36} = 9,700 \text{ kg}$

$R_0 = 26,680 \text{ kg}$

※ 3)  $f(V) = \frac{1}{1+R'}$

※ 4)  $t = \frac{1,852}{3,600} \frac{MV_0}{T_a} \int_{V_0}^{V'} \frac{dV'}{V_0' T' + R'} = \frac{1,852 \times 4.71 \times 10^5 \times 17.7}{3,600 \times 9,700} \int_{V_0}^{V'} \frac{dV'}{V_0' T' + R'} = 442 \int_{V_0}^{V'} \frac{dV'}{V_0' T' + R'}$

$\therefore t = 442 \times \frac{0.1}{3} \times 2 \times \sum mf(V') = 29.5 \times \sum mf(V')$

※ 5)  $t = 442 \times \frac{0.1}{12} \times \sum mf(V') = 3.68 \times \sum mf(V')$

