

# “새바다號”의 操縱性能에 關한 研究

金 基 允\*

## MANOEUVRABILITIES OF THE M. S. “SAEBADA”

Ki Yun KIM\*

The manoeuvrabilities of a ship are decided by the values of her manoeuvring indices. The manoeuvring indices consist of two kinds: indices K and T. The former decides a ship's turning ability and the latter, the length of time delay to a steady turning motion after her rudder has finished the turn of an ordered angle. In this paper, the author figured out the values of the manoeuvring indices of the m. s. “SAEBADA” (GT: 2,275.7 ton), the training ship of the National Fisheries University of Busan through her Z test and analyzed these values and the other data which were obtained from her Z test to study her manoeuvrabilities.

The results obtained are summarized as follows:

1. The manoeuvring indices  $K'$  of the m. s. “SAEBADA” were 1.052(at 10° Z test), 0.925(at 20° Z test) and 0.877(at 30° Z test). Her manoeuvring indices  $T'$  were 0.815(at 10° Z test), 0.502(at 20° Z test) and 0.441(at 30° Z test).

Her above calculated values  $K'$ ,  $T'$  showed that her obeying ability to the turn of her rudder was more increased when her rudder was used to large angle than to small angle, but on the other hand in this case her turning ability was slightly reduced.

2. As it appeared that the calculated  $K'$ -values of the m. s. “SAEBADA” were slightly smaller than the standard  $K'$ -values of the fishing boats similar in length, and her overshoot angles at her Z test were greater than other general ships, her turning ability was found to be slightly lower.

3. When the m. s. “SAEBADA” took a turn at her 10° Z test, running distance was about 8.6 times her own length and didn't exceed the standard manoeuvrability distance, 5 to 11 times general ships' own length, therefore she was considered to have a good manoeuvrability synthetically.

### 緒 言

船体の 操縱性能이란 舵角을 주었을 때 船체가 어떠한 回頭運動을 하는가를 말하며 一般的으로는 最大舵角을 주었을 때 船체가 그리는 旋回圓에 대한 縱距, 旋回徑等을 船体の 操縱性能으로 表示하고 있다.

그러나 이러한 旋回圓만에 의한 操縱性能의 表示

方法은 오늘날에는 適切한 것이 못되고 있다. 왜냐 하면 첫째로 現在에는 船체가 經濟的인 側面에서 大型化 되어가고 있으며, 大型化됨에 따라 船体の 強度 및 可航水域問題 때문에 L/B가 적어지고 B/D는 커지게 되었으며 이것들이 船体の 方向安定성과 旋回性能에 推多한 影響을 주게 되어 操船者는 旋回圓만을 가지고 한 船体の 操縱性能을 推察할 수 없게 되었다. 둘째로 大小雜多한 船舶의 往來가 甚단 狹

\*釜山水産大學, National Fisheries University of Busan

水道, 航路, 港界 및 港內에서 船舶相互間의 衝突을 避하면서 올바른 進路로의 進入, 또는 離脫等은 效果의 爲로 遂行하기 爲해서는 操船者는 自己가 指揮하는 船體의 運動을 時間과 空間의 兩面에서 把握하고 있지 않으면 안된다. 따라서 自船에 對한 이러한 操縱性能의 量的把握은 旋回圈을 利用하는 方法으로 는 여기에 時間的인 要素가 表示되어 있지 않기 때문에 不可能하게 된다.

그리므로 最近에는 操縱性能의 새로운 表現方法으로 한 船舶의 針路安定性이나 旋回性의 良否를 그 船舶의 固有한 數値인 操縱性指數의 大小에 依하여 判別하는 方法을 利用하게 되었다. 船舶의 操縱性指數를 利用한 操縱性能에 關한 研究로는 野木(1964),

藤井·野木(1972), 藤田(1972), 尹(1976), 金(1978) 등의 研究報告가 있다.

本論文에서 著者는 釜山水產大學 實習船 “새바다號”(GT: 2,275.71ton)의 操縱性能을 研究하기 爲하여, 實船Z 試驗을 하여 操縱性指數를 算出하고 이를 分析檢討하였다.

## 資料 및 方法

### 資 料

(1) “새바다”號의 要目(Table 1과 같음)

Table 1. Principal items of “SAEBADA”

L.O.A	B.Md	D.Md	G/T	M.E	Speed	R.P.M. (P)
81.63m	13.60m	9.20m	2,275.71ton	3600H.P.	12kt.	235

(2) 試驗日字 및 場所  
1979年 9月 4日 釜山外港

(3) 試驗當時의 船舶狀態 및 氣象條件(Table 2와 같음)

Table 2. Situation of “SAEBADA” and meteorologic conditions at test

$d_f$	$d_a$	Disp.	Visibility	Wind Direction	Wind Force	Effect at Sea
3.30m	5.60m	1,933ton	Good	200°	1	Light air

### 試驗方法

實船에 依한 Z 試驗을 하기 爲하여 “새바다”號의 操舵室에 研究補助員 6名을 動員하여 1名은 定한 信號에 따라서 舵輪 左右로 잡아 所定의 舵角에 이르도록 操舵命令을 하게 하였으며, 1名은 stop watch를 가지고 처음 操舵命令을 내린 時刻부터 5秒 時間間隔으로 時刻를 읽도록 하였다. 한편 1名은 course recorder에 配置하여 船首方位를 읽도록 하고 2名은 미리 마련된 用紙에 各時刻에 맞추어 船首方位를 記錄토록 하였다. 나머지 1名은 船首方位와 舵角을 比較하여 舵角과 船首方位가 같아질 때 信號를 하면서 主要時點의 舵角, 船首方位 및 時間을 記錄토록 하

았다. 이렇게하여 筆者의 總體的인 指揮下에 任意 Co.에 對한 全速前進의 10°, 20° 및 30°의 Z 試驗을 하였다.

## 結 果

### 1. “새바다”號 Z 試驗에서 求한 數値資料 및 圖表

(1) 10° Z 試驗(速力: 10kt, 相對風向: 右舷, Co.: 150°, R.P.M. (P): 235, 左舷 처음)

各時點에 對한 船首方位 및 主要時點의 時間은 Table 3과 같다.

Table 3. Ship's heading at each time and time interval at principal time point (10° Z test of the m.s. “SAEBADA”)

t :	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
S.H :	149	147	146	143	138	135	133	134	134	135	136
t :	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
S.H :	138	140	141	144	147	148	151	154	156	159	162
t :	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165
S.H :	165	165	165	163	161	158	156	151	147	143	138

“새바다”號의 操縱性能에 關한 研究

t :	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220		
S.H :	135	133	133	133	134	135	137	140	143	144	147		
t :	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	280		
S.H :	140	151	155	154	160	161	165	165	164	162	159		
t :	285	290											
S.H :	153	149											
P. t. P :	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>9</sub>	t <sub>10</sub>	t <sub>11</sub>	t <sub>12</sub>	t <sub>13</sub>
t. i. :	8	24	28	32	40	88	107	113	115	120	151	163	168
P. t. P :	t <sub>14</sub>	t <sub>15</sub>	t <sub>16</sub>	t <sub>17</sub>	t <sub>18</sub>	t <sub>19</sub>	t <sub>20</sub>						
t. i. :	171	180	227	246	257	260	290						

(2) 20° Z試驗(諸般條件 10° Z試驗때와 같음) 各時點에 對한 船首方位 및 主要時點의 時間은 Table 4와 같다.

Table 4. Ship's heading at each time and time interval at principal time point (20° Z test of the m. s. "SAEBADA")

t :	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
S.H :	150	149	147	143	138	136	125	120	117	118	119	123
t :	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
S.H :	128	132	137	143	146	152	158	162	168	174	179	183
t :	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
S.H :	185	185	179	178	175	170	162	155	150	141	135	127
t :	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240
S.H :	122	118	117	119	122	125	130	134	139	145	150	157
t :	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
S.H :	161	167	173	177	181	185	185	184	180	176	170	165
t :	305	310										
S.H :	156	150										
P. t. P :	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>9</sub>	t <sub>10</sub>	t <sub>11</sub>	t <sub>12</sub>
t. i. :	19	32	39	45	46	88	108	121	125	135	165	179
P. t. P :	t <sub>13</sub>	t <sub>14</sub>	t <sub>15</sub>	t <sub>16</sub>	t <sub>17</sub>	t <sub>18</sub>	t <sub>19</sub>	t <sub>20</sub>	t <sub>21</sub>			
t. i. :	186	192	195	325	254	266	275	279	310			

(3) 30° Z試驗(諸般條件 10° Z試驗때와 같음) 各時點에 對한 船首方位 및 主要時點의 時間은 Table 5와 같다.

Table 5. Ship's heading at each time and time interval at principal time point (30° Z test of the m. s. "SAEBADA")

t :	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
S.H :	150	149	147	142	155	127	118	110	104	100	100	102
t :	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
S.H :	106	112	119	127	135	143	149	157	165	172	179	186
t :	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180
S.H :	193	198	203	205	207	205	201	197	189	181	172	165
t :	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240
S.H :	156	148	141	132	125	118	110	106	104	105	100	111
t :	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
S.H :	117	124	129	137	144	151	159	165	174	180	187	194
t :	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350		
S.H :	199	203	206	206	206	202	195	190	182	174		
t :	355	360	365									
S.H :	165	156	147									
P. t. P :	t <sub>1</sub>	t <sub>2</sub>	t <sub>3</sub>	t <sub>4</sub>	t <sub>5</sub>	t <sub>6</sub>	t <sub>7</sub>	t <sub>8</sub>	t <sub>9</sub>	t <sub>10</sub>	t <sub>11</sub>	t <sub>12</sub>
t. i. :	24	34	44	50	54	96	116	135	145	155	189	208
P. t. P :	t <sub>13</sub>	t <sub>14</sub>	t <sub>15</sub>	t <sub>16</sub>	t <sub>17</sub>	t <sub>18</sub>	t <sub>19</sub>	t <sub>20</sub>	t <sub>21</sub>			
t. i. :	218	225	228	269	291	310	320	330	364			

Table 3, 4, 5에 對한 數值를 그림으로 나타내면 Fig. 1, 2, 3과 같다.

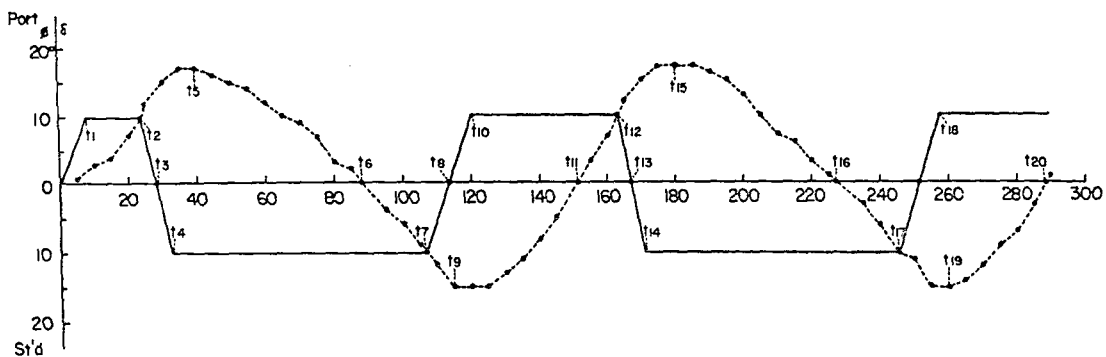


Fig. 1. 10° Z test of the m.s. "SAEBADA".

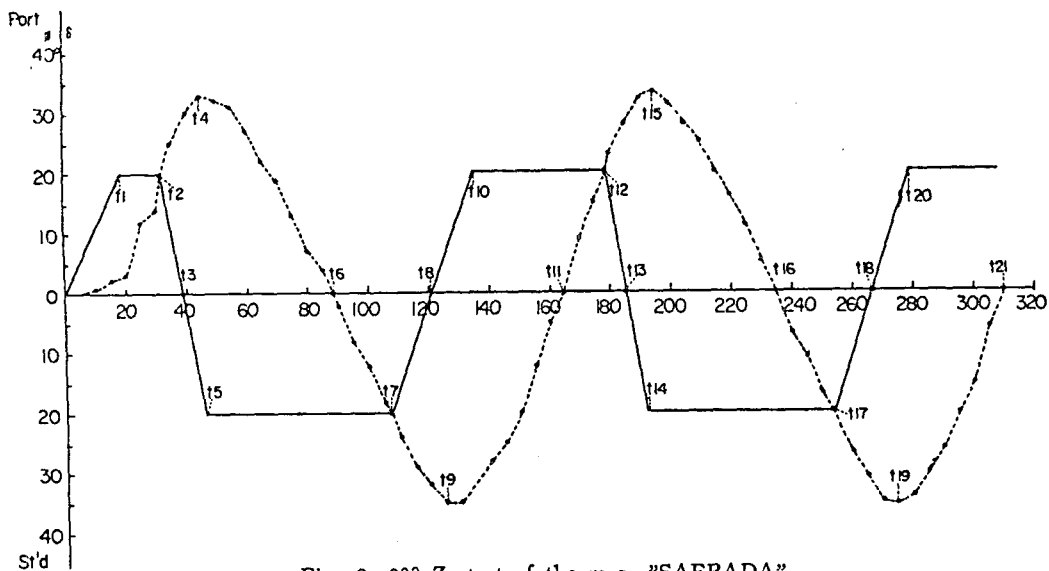


Fig. 2. 20° Z test of the m.s. "SAEBADA".

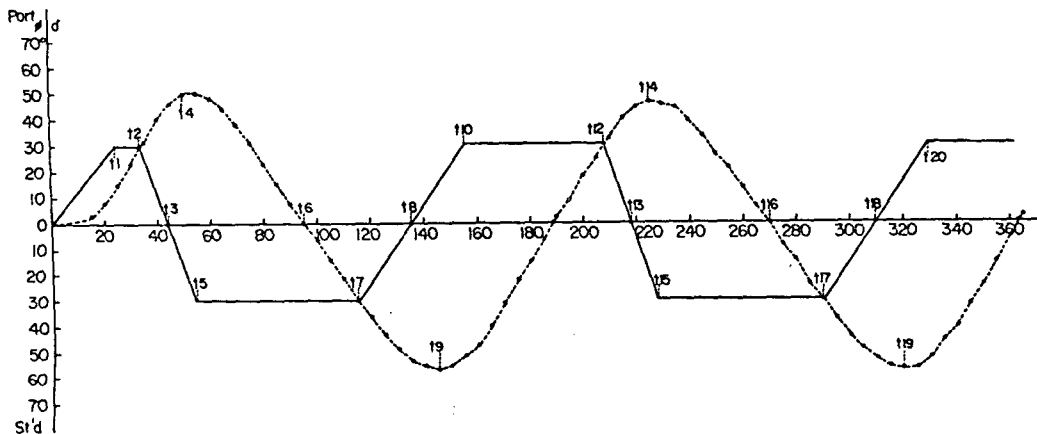


Fig. 3. 30° Z test of the m.s. "SAEBADA".

1. “새바다”號의 操縱性指數  $K$  및  $T$

“새바다”號의 操縱性指數  $K$  및  $T$ 의 數值計算方法은 野本(1972)의 計算方法에 의하여 다음 數式에 의한 方法으로 計算하였다.

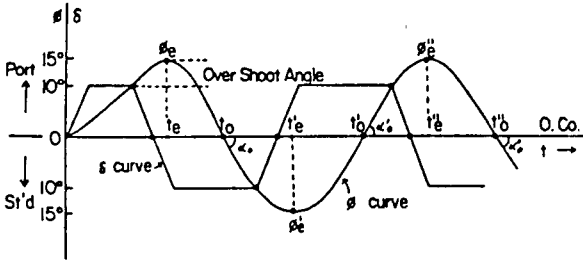


Fig. 4. Curves of Z test

$$\begin{aligned} \phi_e &= K\delta_e + KA_s \\ \phi'_e &= K\delta'_e + KA'_s \\ \phi''_e &= K\delta''_e + KA''_s \\ T\phi(t_e) &= T \tan \alpha_0 = K\delta_e + KA_s \\ T\phi(t'_e) &= T \tan \alpha'_0 = K\delta'_e + KA'_s \\ T\phi(t''_e) &= T \tan \alpha''_0 = K\delta''_e + KA''_s \end{aligned}$$

“새바다”號의 操縱性指數  $K$  및  $T$ 의 計算結果는 Table 6과 같다.

Table 6. Maneuvering Indices,  $K$  and  $T$  of the M.S. “SAEBADA”

10°Z test		20° Z test		30°Z test	
$K$	$T$	$K$	$T$	$K$	$T$
0.066	13	0.058	8	0.055	7

考 察

操縱性指數  $K$ 는 旋回性指數이며, 操舵한 後 最大旋回角速度의 크기를 決定하는 要素로서  $K$ 값이 클 수록 旋回角速度는 크고 旋回性이 좋다.

操縱性指數  $T$ 는 追從性指數이며, 操舵한 後 最大旋回角速度에 達한 時까지의 時間을 支配하는 要素로서  $T$ 값이 작을 수록 舵에 對한 船體의 追從이 빠르다.

이와 같이 船體의 操縱性能은 追從性과 旋回性에 의하여 支配되므로  $T$ 값은 작고  $K$ 값은 클 수록 좋은 것이나, 兩者의 關係는 서로 相反되는 性質을 가지고 있어서 一律적으로 이렇게 定하기는 困難하다. 따라서 船體의 目的에 相應하게  $T$ 값과  $K$ 값을 適切하게 選擇하여야 한다.

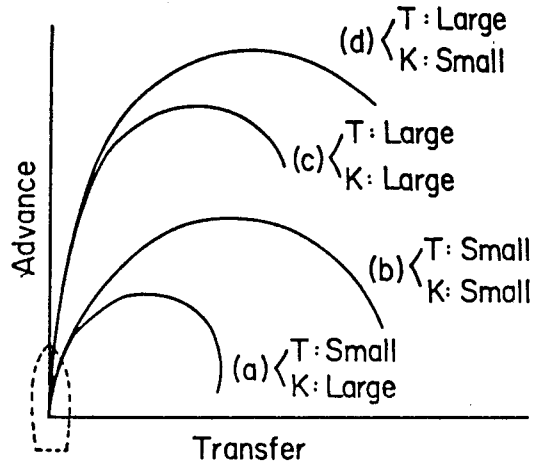


Fig. 5. Four kinds of ship's manoeuvrabilities.

船體의 操縱을  $T, K$ 에 의하여 分類하면 Fig.5와 같이 4개의 旋回軌跡型으로 比較할 수 있다.

Fig.5에서 (a)型은 追從性과 旋回性이 다같이 좋은 船體이고, (b)型은 追從性은 좋으나 旋回性이 나쁜 船體, (c)型은 旋回性은 좋으나 追從性이 나쁜 船體, (d)型은 追從性과 旋回性이 모두 나쁜 船體를 나타낸다.

Table 6의 “새바다”號의 10°Z 試驗, 20°Z 試驗, 30°Z 試驗結果에서 얻은 各 旋回性指數  $K$ 값과 追從性指數  $T$ 값을 比較하여, 操縱性能을 檢討하여 보면 大舵角을 使用할 때는 小舵角을 使用할 때 보다 追從性은 좋아지나 旋回性은 약간 떨어진다는 것을 알 수 있다.

船體의 操縱性指數  $K$  및  $T$ 는 선박의 크기, 船型, 排水狀態의 에도 舵角, 速力 및 水深 등의 環境條件에 의하여 다르므로, 野本은 操縱性指數  $K$ (單位, sec) 및  $T$ (單位, 1/sec)를 다음과 같이 無次元化하여 表示하고 있다.

$$K' = K \times (L/V), \quad T' = T \times (V/L) \dots\dots\dots(7)$$

단,  $L$ : 船體의 길이(m),  $V$ : 船速(m/sec)

一般的으로 船體는 肥大船體이 될 수록  $T'$ 가 커서 追從性이 나쁘고 反面에  $K'$ 는 커서 旋回性이 좋다. 또 여윈船體이 될 수록  $K'$ 는 적어 旋回性이 나쁜 反面  $T'$ 는 적어 追從性이 좋은 傾向을 가지고 있다.

“새바다號”의 操縱性指數  $K$  및  $T$ 를 (7)式에 의하여 無次元化한 結果는 Table 7과 같다.

杉原(1970)의 지금까지의 試驗結果에 따른 研究報告에 의하여 10°Z 또는 15°Z 試驗에서 얻은  $K', T'$ 值가 Table 8의 程度가 되면 普通의 操縱性能을 갖

〈記號 說明〉

Table 7. Maneuvering Indices, K' and T' of the M.S. "SAEBADA"

10° Z test		20° Z test		30° Z test	
K'	T'	K'	T'	K'	T'
1.052	0.815	0.925	0.502	0.877	0.441

는다고 한다.

Table 8의 어선(L=60m)의 K', T'値와 比較하여 보면, "새바다"號(L=80m)의 10°Z의 K'가 1.052이고, T'가 0.815이므로 어선으로서 良好한 操縱性能을 갖고 있다고 볼 수 있다. 다만 길이와 크기에 비하여 K'가 약간 적은 數値이므로, 追從性은 良好하나, 旋回性은 약간 낮은 것을 알 수 있다. 또한 이것을 뒷받침 할 수 있는 것으로 Fig. 1, 2 및 3을 보면 overshoot angle이 약간 큰 것을 알 수 있다.

Table 8. Maneuvering Indices of ships divided into classes

Ship class	C.S. (Full load)	O.T. (Full load)	Fishing boat	Patrol boat
M. Index	L=100~160m	L=150~250m	L=60m	L=50m
K'	1.5~2.0	1.7~3.0	1.29	1.66
T'	1.5~2.5	3~6	0.8	1.62

C.S.: Cargo ship O.T.: Oil tanker

Fig. 1의 10°Z의 overshoot angle은 約 7°, Fig. 2의 20° Z의 overshoot angle은 約 13°, Fig. 3의 30° Z의 overshoot angle은 約 20°인데, 筆者가 지금까지 操縱性試驗을 한 船舶으로 L=85m, GT=2500噸級の 船舶의 10° Z의 overshoot angle이 4°~5°, 20°Z의 overshoot angle이 8°~9°, 30°Z의 overshoot angle이 15°~17°에 비하여 "새바다"號의 overshoot angle이 약간 크다. overshoot angle이 크다는 것은 反轉舵에 의하여 船舶의 回頭가 늦어지는 것을 의미하며, 即 旋回性이 나쁘다는 것을 表示한다. Kempf의 提案에 依하면 10°Z試驗에 있어서 試驗의 1操作(Fig. 4에서 時間 t'₀)의 사이에 배가 進出하는 航走距離가 大略 배 길이의 5~11倍의 範圍가 되면 總合的으로 良好한 操縱性能을 갖는다고 한다.

"새바다"號의 경우 Fig. 1의 t₁₁(=t'₀)은 Table 3에서 151秒로서 이 時間까지의 航走距離를 計算하면, "새바다"號 배 길이의 約 8.6배가 되므로 "새바다"號의 操縱性能은 總合的으로 良好하다고 할 수 있다.

L.O.A: Length Over All

B.Md: Breadth Moulded

D.Md: Depth Moulded

df: Fore Draft

da: After Draft

t: 秒單位の 經過時間

S.H: 船首方位

p.t.P: 主要時点

t.i: 時間間隔

K: 旋回性指數

T: 追從性指數

φ: 回頭角

δ: 舵角

δ<sub>r</sub>: 舵角誤差

φ̇: 角速度

φ<sub>m</sub>, φ'<sub>m</sub>, φ''<sub>m</sub>: φ의 最大値

t<sub>m</sub>, t'<sub>m</sub>, t''<sub>m</sub>: φ가 最大로 되는 時刻

t<sub>0</sub>, t'<sub>0</sub>, t''<sub>0</sub>: φ가 0이 되는 時刻

A<sub>0</sub>(A'₀), A'<sub>0</sub>(A'₀), A''<sub>0</sub>(A''₀): t=0부터 시작하여 t<sub>0</sub>

(t'₀), t''<sub>0</sub>(t'₀), t''<sub>0</sub>(t''₀)

의 各点까지 δ曲線과

t軸이 만드는 面積

要 約

釜山水産大學實習船 "새바다"號(GT: 2,275.7ton)에 관한 操縱性能을 研究하기 위하여, 貨船에 의한 Z 操縱試驗을 한 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. "새바다"號의 10°Z試驗에서의 旋回性指數 K' 값은 1.052, 追從性指數 T' 값은 0.815, 20°Z試驗에서의 K' 값은 0.925, T' 값은 0.502, 30°Z試驗에서의 K' 값은 0.877, T' 값은 0.441로서, 小舵角使用時의 操縱性能과 大舵角使用時의 操縱性을 比較하여 보면, 大舵角을 使用할 때 보다 追從性은 좋아지나 旋回性은 낮아진다는 것을 알 수 있다.

2. "새바다"號의 10°Z試驗에서의 旋回性指數 K' 값과 追從性指數 T' 값은 漁船의 標準値에 가까움으로 漁船으로서 良好한 操縱性能을 가지고 있다고 볼 수 있었다. 다만 길이와 크기에 비하여 K' 값이 약간 적은 數値이며, 10°Z, 20°Z, 30°Z試驗에서의 回頭角曲線의 overshoot angle이 약간 크므로 追從性은 좋으나 旋回性은 낮은 편임을 알 수 있었다.

## “새마다”號의 操縱性能에 關한 研究

3. “새마다”號의 操縱性能은 直從徑에 比하여 旋回徑이 낮으므로 旋回徑도 크게 되며, 또한 大角度轉舵時에는 小角度轉舵時에 比하여 旋回性이 낮아지므로, 衝突이나 坐礁을 回避하기 위하여 大角度轉舵를 할 경우에는 安全限界 接近距離를 크게 두어 初期轉舵하는 등 操船上注意를 要한다.
4. “새마다”號의 10°Z 試驗에서의 1操作間航走距離는 前 進 距離의 約 8.6倍로서 一般船舶의 操縱性能 準距離 5~11倍의 以內가 되므로 “새마다”號의 操縱性能은 總合적으로 良好하다는 것을 알 수 있었다.

## 文 献

- 元良誠三(1956): 船体運動力學. 共立出版社, 東京, p. 11-14.
- 野本謙作(1964): 船の操縱性. 日本造船協會操縱性シンポジウム, 8-22.
- 元良誠三・藤野正隆(1970): 針路不安定な船の特質. 日本造船協會操縱性シンポジウム, 1970, 11, 50.
- 藤田齊(1972): 船の方向安定性について. 日本造船學會誌 514, 26-27.
- 岩井聰(1977): 操船論. 海文堂, 東京, p. 11-50.
- 藤井齊・野本謙作(1972): 操縱性試驗法. 日本造船協會操縱性シンポジウム, 1-39.
- 三光漁船海務部(1970): 巨大船の操船上の問題点. 成山堂, 東京, p. 1-43.
- 日本海難防止協會(1970): 超大型船の操船の手引き. 成山堂, 東京, p. 25-35.
- 大串雅信(1971): 理論船舶工學(下). 海文堂, 東京, p. 251.
- 河田伸一・川元春夫(1966): サーボおよび自動操縱操作. 共立出版社, 東京, p. 153-163.
- 杉原憲義(1970): 理論運用學(船体運動編). 海文堂, 東京, p. 86-116.
- 尹点東(1976): 操縱性指數에 의한 衝突回避動作의 量的把握에 關한 研究. 韓國海洋大學論文集 12 (1), 471-480.
- 金光允(1978): 船体運動學的으로 본 衝突回避動作에 關한 研究. 漁業技術 14(2), 97-112.
- Philip, Mandel(1976): Ship Maneuvering and Control(P. N. A), The Society of Naval Architect and Marine Engineers, New York, p. 463-485.