

## 實習船 釜山403號의 復原性 變化

金 三 坤·金 鍾 華·崔 宗 和·金 永 植

釜山水產大學 實習船  
(1985년 1월 15일 수리)

### Alteration of the Stability in Training Ship Pusan 403

Sam-Kon KIM, Jong-Hwa KIM, Jong-Hwa CHOE and Yeong-Sik KIM

Training Ship, National Fisheries University of Pusan, 608 Korea

(Received January 15, 1985)

M/S Pusan 403(GT 243, 1000ps) was originally built as a research vessel on skipjack pole and line fishing in 1972. She had begun to serve as a fishing training ship of National Fisheries University of Pusan from 1974, since the interior structure has been remodelled and some weight articles have been removed, her stability is in doubt. The authors carried out an inclining experiment by using two pendulums at fore and aft with two weights on both sides.

Each value obtained was compared with the IMO safety code for fishing vessels and safety regulation for fishing vessels of Korea.

1. The GZ value, being 0.207 m under light ship condition and 0.325 m under departure condition with full load, can be assumed as no impediment on her stability.
2. Under the light ship condition, GM decreased by 0.046 m and KG increased by 0.141 m, compared with the values determined at the time of official sea trial. Therefore, no impediment on the stability exists.
3. The GM decreased by 0.163 m and the KG increased by 0.173 m, compared with the values determined at the time of official sea trial. In no consideration of the free surface effects of liquid in the oil and fresh water tanks, no impediment on the stability exists. But, in consideration of the free surface effect, it may be regarded that some impediment exists.

### 緒 論

부산 수산대학 실습선 부산403호는 1972년 일본의 USUKI 철공소에서 가다랑어 채낚기 試驗船으로 建造된 것인데, 1974년부터 본 대학의 沿近海 실습선으로 사용되고 있다. 본 선박은 본 대학에서 引受한 후 11년 동안 내부구조의 변경 및 중량물의 철거와 移動을 수차례 하였다. 그 중 중요한 것은 魚倉을 일부 改造하여 학생 침대 40개를 新設하였고, 機關室에서는 냉동기 및 관련 부속물 약 8 ton 을 철거하였다.

따라서, 본 선박의 復原性은 改造前의 상태와 많이 달라졌을 것이나, 그 동안 이에 대한 檢討를 한

바 없었으므로 著者는 본 선박의 傾斜試驗을 실시하고 復原性에 관하여 檢討하였다.

### 方 法

試驗 대상 선박의 개요는 Fig.1 및 Table 1과 같다.

시험에 즈음하여 trim 을 조정하기 위해 船尾탱크의 기름을 船首로 移動시키고 船首 쪽 魚倉 2곳에 海水를 채웠으며, 試驗 당시 선박의 상태는 Table 2와 같다. 傾斜試驗은, Fig.1과 같이, 길이 1.330 m 의 振子를 船體中心에서 船首쪽으로 12.5 m 되는 곳에, 길이 1.440 m 의 振子를 船體中心에서 船尾쪽에

○ 實習船 釜山403號의 復原性 變化

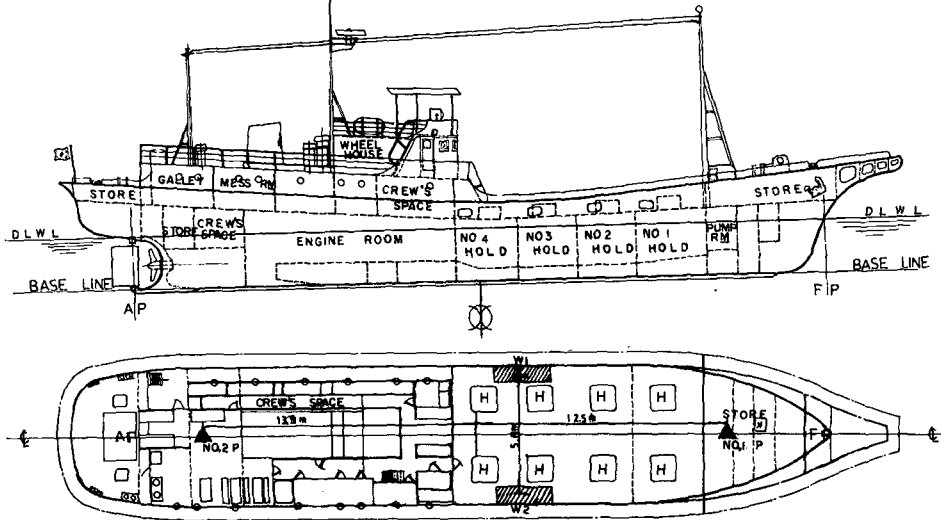


Fig. 1. General arrangement of experimented ship (Pusan 403).

Table 1. Specification of the experimented ship

Ship's name	M/S Pusan 403
Owner	National Fisheries University of Pusan
Usage	Training ship
Type	Skipjack pole & liner
Port of registry	Pusan
Length (Loa)	41.35 m
Length (Lpp)	35.60 m
Breadth (MLD)	7.00 m
Depth (MLD)	2.75 m
Complement	Crew 16 p Trainee 60 p

로 13.5 m 되는 곳에 각각 설치하였다.

移動重量物으로는 드럼에 海水를 채워 5개를 1조로 하여 좌우 양현에 놓았으며, 이들의 中心距離(y)는 5.8 m 이고 重量(w)은 각각 1.154 ton이었다.

Table 2와 같이 傾斜試驗에서 측정한 船首吃水(dF)와 船尾吃水(dA)의 差인 trim(T)과 平均吃水(dM)를 구하여, 그에 해당하는 排水量(W<sub>ℓ</sub>), 浮面心(⊗F), c.n 당 배수톤수(T<sub>pc</sub>)를 排水量曲線圖에서 구하고, 이를 다시 m 당 배수톤수로 고쳐 trim 으로 수정한 排水量(W<sub>i</sub>)은

$$W_i = \frac{\otimes F \cdot T_{pc} \cdot 100T}{L} \quad (1)$$

(단, L: 선박의 全長)으로 계산하였다. (1)에 의한 排水量(W<sub>i</sub>)은 海水比重을 1.025 로 본 것인데, 측정 당시 부산남향의 海水比重은 1.0243 이었으므로,

실제 排水量(W<sub>r</sub>)은

$$W_r = \frac{1.0243 W_i}{1.025} \quad (2)$$

로 계산하였다.

Table 3과 같이 경사시험시의 排水量(W<sub>r</sub>)과 傾斜角(θ), 移動 moment(wy)로서 橫 Metacenter 의 거리( $\overline{G_0M}$ ),  $\overline{G_0M} = \frac{wy}{W_r \cdot \tan \theta}$  (3)

으로 구하였다.

Table 4는 시험당시 선박의 탱크에는 油類와 海水가 있어서 重心의 결보기 상승( $\overline{GG_0}$ )이 생겼으므로, 이들의 自由表面의 慣性 moment(I)를 池田의 방법에 의하여 구한 것이다. 즉, 船體中心線에 있는 직사각형의 표면을 가진 船首의 1, 2 및 3번 燃料탱크, 魚倉 등의 경우는

$$I = \frac{2sb^3}{3} \quad (4)$$

단, s: 선체 길이 방향 치수, b: 탱크의 반폭 치수  
으로 구하고 한쪽 현에만 있는 직사각형의 표면을 가진 潤滑油탱크, 燃料重力탱크, 潤滑油重力탱크 등의 경우는

$$I = \frac{s \cdot B^3}{12} \quad (5)$$

단, s: 선체 길이 방향 치수, B: 탱크의 전폭 치수  
로 I를 계산하여

$$\overline{GG_0} = \frac{\sum \rho \cdot I}{W_r} \quad (6)$$

(단, ρ: 액체 비중)으로 구하고, 傾斜試驗시의 重心의 높이( $\overline{GM}$ )는  $\overline{GG_0}$ 와  $\overline{G_0M}$ 을 합하였다.

Table 2. Experimental condition

Condition	Date	December 19, 1984
	Place	Nam-hang in Port of Pusan
	Wind strength	2 m/sec.
	Persons on board	4
Arrangement	Shifting weight ( $w$ )	$w_1$ : 1.154 ton $w_2$ : 1.154 ton
	Distance between shifting weights ( $y$ )	5.800 m
	Length of pendulum ( $\ell$ )	No. 1: 1.330 m No. 2: 1.442 m
Draft	Fore ( $dF$ )	1.825 m
	Correction of fore ( $\Delta dF$ )	0.13 m
	After ( $dA$ )	2.965 m
	Midship ( $dM$ )	2.389 m
	Trim ( $T$ )	1.513 m(-)
Displacement	For mean draft ( $W_m$ )	387.000 ton
	For trim ( $W_t$ )	377.435 ton
	For specific gravity ( $W_r$ )	377.177 ton
Oil in tanks	F. P. T.	8.600 ton
	No. 1 F. O. T. (P&S)	14.104 ton
	No. 2 F. O. T. (P&S)	13.588 ton
	No. 3 F. O. T. (P)	8.429 ton
	F. O. G. T. (1&2)	0.877 ton
	L. O. G. T. & L. O. T.	1.656 ton
Fresh water	F. W. T.	18,460 ton
Sea water	Fish hold	33,228 ton

Table 3. Calculation of the inclining angle from the experimental data

No.	Weight position		Deviation of pendulum			
	Port	Stb'd	Fore		Aft	
			Mean notchy mark	Deviation	Mean notchy mark	Deviation
1	$w_1$	$w_2$	399.000	77.250	258.667	89.033
2	0	$w_1 \cdot w_2$	476.250	74.250	347.700	79.033
3	$w_2$	$w_1$	402.000	59.687	268.667	91.292
4	$w_1 \cdot w_2$	0	342.313	52.287	177.375	81.458
5	$w_1$	$w_2$	394.600		258.833	
	Mean deviation ( $a$ )			68.869		85.204
	Length of pendulum ( $\ell$ )			1.330		1.442
	$\tan \theta (a/\ell)$			0.050		0.059
	Mean of $\tan \theta$				0.055	

trim 으로 수정한 排水量( $W_t$ )에 相當하는 吃水 ( $d$ )에서, 橫 Metacenter 높이( $\overline{KM}$ ),  $cm$  當 trim moment( $M_{TC}$ ), 浮心의 前後位置( $\otimes B$ )를 排水量 等 曲線圖에서 讀고, 基線上的 重心높이( $\overline{KG}$ )는  $\overline{KM}$

$-\overline{GM}$ 으로 구하고, 浮心과 重心間의 거리( $\overline{BG}$ )는  $cm$  當 trim moment 를  $m$  當  $M_{TC}$  로 고쳐,

$$\overline{BG} = \frac{100 \cdot M_{TC} \cdot T}{W_t} \quad (7)$$

實習船 釜山403號의 復原性 變化

Table 4. Moment of inertia for free surface effect

Tank	Moment of inertia (I)	Specific gravity ( $\rho$ )	Moment ( $I\rho$ )
F. P. T.	4.520	0.860	3.887
No. 1 F. O. T(P&S)	3.034	0.860	2.609
No. 2 F. O. T(P&S)	33.276	0.860	28.617
No. 3 F. O. T(P&S)	22.295	0.860	19.174
L. O. T.	2.285	0.920	2.102
F. O. G. T(1&2)	0.027	0.860	0.023
Fish hold	0.036	1.024	0.354
L. O. G. T.	0.011	0.920	0.010
Total ( $\sum I\rho$ )			56,776

으로 구하였다. 重心의 세로위치( $\otimes G$ )는  $\otimes B$ 와  $\overline{BG}$ 를 加減하였다.

輕荷狀態의 復原成績은 控除 또는 搭載해야 할 重量물을 항목별로 重量( $W_T$ ), 重心의 세로위치의 moment ( $W_T \times \otimes G$ ), 基線上的 重心높이의 moment ( $W_T \times \overline{KG}$ )를 구하여 각각 세로방향으로 合算하고, 合算된 moment 를 重量으로 나누어 控除 또는 搭載해야 할 重量物의  $W_T$ ,  $\otimes G$ ,  $\overline{KG}$  를 계산한 값과 傾斜試驗時의 값을 加減하여 輕荷狀態의  $W_T$ ,  $\otimes G$ ,  $\overline{KG}$  값을 구하였다. 輕荷狀態의 排水量( $W$ )에 상당하는 吃水에 대한  $\overline{KM}$ ,  $\otimes B$ ,  $M_{TC}$ ,  $\otimes F$ 를 排水量等

曲線圖에서 읽고 trim 은

$$T = \frac{W \cdot \overline{BG}}{100 \cdot M_{TC}} \quad (8)$$

으로 계산하였다.

船首吃水( $dF$ ), 船尾吃水( $dA$ )는,

$$dF = d - \frac{T}{L} \left( \frac{L}{2} + \otimes F \right) \quad (9)$$

$$dA = d + \frac{T}{L} \left( \frac{L}{2} - \otimes F \right) \quad (10)$$

으로 계산하였다.

滿載出港狀態의 復原成績은 油類 및 승조원을 滿載했을 때의  $W_T$ , 重心의 연직위치( $VCG$ ), 重心의 전후위치( $LCG$ )를 계산하여 輕荷狀態와 같은 방법으로 구하였다. 滿載出港狀態에서는 탱크 내 自由表面에 의한  $\overline{GC}_0$  값을 加減하기 위해 모든 탱크에 대해서 慣性 moment 를 계산하였다.

結 果

傾斜試驗時  $\overline{GM}$ 의 檢보기 上昇을 구하기 위하여 慣性 moment 를 계산하면 Table 4와 같고, Table 2, 3 및 4로써 試驗時의 復原成績을 계산한 값을 Table 5에 나타내었다. 輕荷狀態의  $W_T$ ,  $LCG$ ,  $\overline{KG}$  를 계산한 것이 Table 6이고, 滿載出港時 적재해야 할 油類

Table 5. Data obtained from inclining experiment

Item		Unit	Value
Displacement	( $W$ )	ton	377.177
Moment to trim 1 cm	( $M_{tc}$ )	ton/m	3.980
Center of floatation about midship	( $\otimes F$ )	m	1.440(+)
Apparent transverse $GM$	( $\overline{G_0M}$ )	m	0.323
Apparent rise of $G$	( $\overline{GG_0}$ )	m	0.151
Transverse metacentric height	( $\overline{GM}$ )	m	0.474
Vertical position of $G$	( $\overline{KG}$ )	m	2.752
Transverse metacenter above B. L.	( $\overline{KM}$ )	m	3.225
Distance between $B$ and $G$	( $\overline{BG}$ )	m	1.216
Center of buoyancy about midship	( $\otimes B$ )	m	0.340(+)
Center of gravity about midship	( $\otimes G$ )	m	0.876

Table 6. Calculation of  $W_T$ ,  $LCG$  and  $KG$  at light condition

Item	$W_T$ (ton)	$LCG$ (m)	Moment (m-t)	$\overline{KG}$ (m)	Moment (m-t)
At experiment	377.177	0.876(-)	330.407(-)	2.752	1,037.991
Deduction weight	112.419	3.995(-)	449.136(-)	2.075	233.219
Loading weight	0.688	16.407(-)	11.288(-)	3.719	2.559
Light condition	265.446	2.894(-)	768.255(-)	3.041	807.281

Table 7. Calculation of  $W_T$ ,  $VCG$  and  $LCG$  with bunker and complement on board

Item	$W_T$ (ton)	$VCG$ (m)	Moment (m-t)	$LCG$ (m)	Moment (m-t)	Moment of inertia( $\sum I_p$ ) (m-t)
Full bunkered	104.158	1.045	108.884	3.593(+)	374.223	111.003
Persons (76)	9.120	3.015	27.496	2.707(-)	24.691	-

Table 8. Calculation of  $W_T$ ,  $LCG$  and  $KG$  at departure condition with full load

Item	$W_T$ (ton)	$LCG$ (m)	Moment (m-t)	$\overline{KG}$ (m)	Moment (m-t)
Light condition	265.446	2.894(-)	768.255(-)	3.041	807.281
Provisions	2.850	15.900(-)	45.315(-)	3.000	8.550
Men & effects for 76p	9.120	2.707(-)	24.691(-)	3.015	27.496
Engine room stores	1.920	4.100(-)	7.782(-)	2.150	3.225
Bosun's stores	0.750	13.000(+)	9.750(+)	4.000	2.000
Fishing nets	4.500	7.000(+)	31.500(+)	1.500	6.750
Tire fenders	1.110	-	-	3.550	3.941
F. O. & L. O.	104.158	3.593(+)	374.223(+)	1.045	108.884
Fresh water	18.460	18.640(-)	344.094(-)	3.830	70.702
Parallel bar	0.070	5.200(+)	0.364(+)	4.600	0.322
Ladder	0.090	18.400(-)	1.656(-)	5.400	0.486
Oxygen bottle	0.070	16.850(-)	1.180(-)	5.050	0.354
LPG bottle	0.100	16.600(-)	1.660(-)	6.830	0.683
Total	408.644	1,907(-)	779.275(-)	2.553	1,043.298

Table 9. Calculated results at each condition

Item	Unit	Light condition		Departure condition with full load	
		(A)	(B)	(A)	(B)
$W$	ton	265.446	287.309	408.644	517.089
$d$	m	1.788	1.90	2.498	2.99
$dF$	m	0.615	1.01	1.391	2.52
$dA$	m	2.990	2.81	3.619	3.44
$dM$	m	1.803	1.91	2.505	2.91
$T$	m	2.375(-)	1.80(-)	2.228(-)	0.92(-)
$\otimes F$	m	0.215(+)	0.200(+)	0.118(+)	0.33(-)
$\overline{GG}_0$	m	-	-	0.272	-
$\overline{G}_0M$	m	-	-	0.275	0.71
$\overline{GM}$	m	0.474	0.52	0.547	0.71
$M_{ic}$	ton/m	3.680	3.70	4.080	4.88
$\otimes B$	m	0.397(+)	0.39(+)	0.321(+)	0.22(+)
$\overline{KG}$	m	3.041	2.90	2.553	2.38
$\overline{BG}$	m	3.293	2.32	2.228	0.87
$\otimes G$	m	2.894(-)	1.93(-)	1.907(-)	0.65(-)
$\overline{KM}$	m	3.515	3.42	3.100	3.09

A: at the time of inclining experiment ; B: at the time of official sea trial

와 승조원의  $W_T$ ,  $LCG$ ,  $VCG$ , 慣性 moment 를 Table 7에 나타내었다. 한편 전체 항목에 대한  $W_T$ ,  $LCG$ ,  $\overline{KG}$  값은 Table 8과 같다.

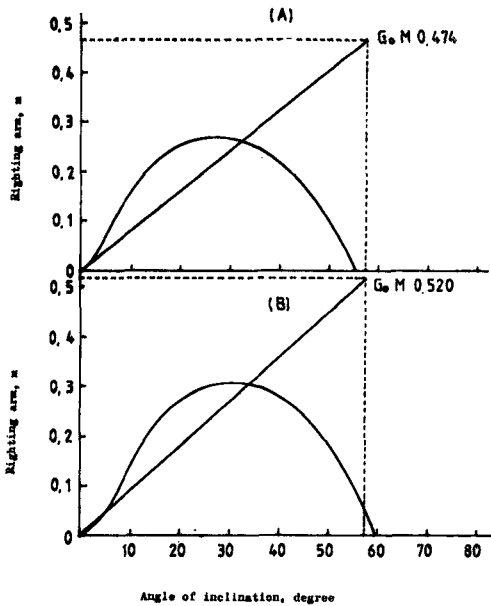
Table 6과 Table 8을 기초로 하여 輕荷 또는 滿載 狀態의 復原成績을 계산하여 改造前의 成績과 비교

한 것이 Table 9이다. 改造前 또는 試驗時의 輕荷 狀態에 대하여 선박의 경사각도에 따른 復原挺( $GZ$ )의 값을 나타낸 復原挺曲線은 Fig. 2이고, 滿載出港狀態에 대한 것은 Fig. 3과 같다.

考 察

1. 輕荷狀態의 復原性能

Table 9에 나타난 바와 같이 船首쪽 魚倉 및 機關室의 냉동기를 철거하므로써 排水量이 21.863 ton 작아지고  $\otimes G$ 가 0.964 m 船尾쪽으로 移動하여 trim이 0.575 m 증가했다. 이에 따라 改造前보다  $\overline{KG}$ 가 0.141 m 커지고,  $\overline{GM}$ 이 0.046 m 작아진 것으로 나타났다. 復原挺曲線(Fig. 2)에서 보면 復原力 消失角이 4° 작아지고, 復原力 最大角에서의 GZ 값은 29.9°에서 0.207 m, 31.3°에서 0.305 m로 나타났다. 일반적인 造船上의 先例나 IMO 勸告事項에서 漁船의 復原性 基準으로서의  $\overline{GM}$ 은 0.35 m 이상, 復原力 最大角은 25° 이상, 復原力 傾斜角이 30°일 때 GZ 값은 최소한 0.20 m 이상일 것을 勸告하고 있다. 本



(A) at the time of inclining experiment;  
(B) at the time before remodelled

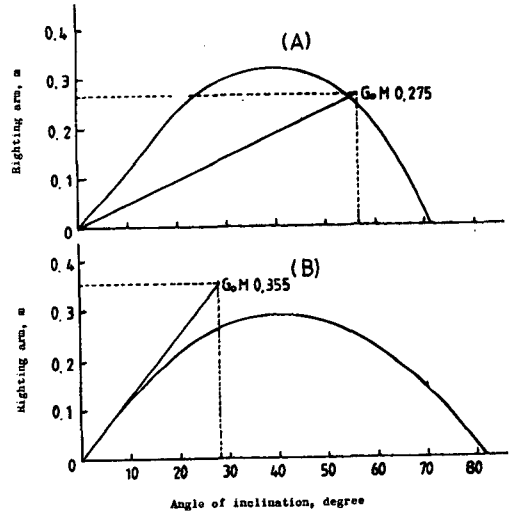
Fig. 2. GZ curves of light condition.

試驗船은 이러한 조건을 충족시키고, 또한 漁船 設備 등에 관한 規則(農水産部令 제859호, 1983) 1031조 基準에 따라 本 試驗船과 대응한 조건인 漁船의  $\overline{GM}$ 을 산정하면 0.353 m 이상이어야 하는데, 本 試驗船의 경우는 0.474 m 로써 基準値보다 크게 나타났으므로 復原性能에 異狀이 없다고 판단된다.

2. 滿載出港狀態의 復原性能

本 試驗船은 당초 가다랑어 채낚기 試驗船으로 建造된 것이므로, 出漁時는 船首魚倉에 海水와 산 미끼를 동시에 싣는 것인데, 이것을 학생 침실로 改造하였고, 냉동기와 기타 부속물을 철거하므로써 Table 9와 같이 排水量이 108.445 ton 작아졌다. 이에 따라  $\overline{KG}$ 는 0.173 m 커지고,  $\overline{GM}$ 은 0.163 m 작아졌으며,  $\otimes G$ 가 船尾쪽으로 1.257 m 移動하여 Trim이 1.08 m 증가했다. 復原挺曲線(Fig. 3)에서 보면 改造前보다 復原力 消失角이 8.7° 작아지고 復原力 最大角에서의 GZ 값은 41.3°에서 0.825 m, 40°에서 0.285 m로 나타났다.

이것은 앞에서 설명한 IMO 기준이나 漁船 設備 등에 관한 規則과 비교할 때 復原性能에는 異狀이 없는 것으로 나타났으나, 탱크내에 있는 液體의 自由表面에 대한 慣性 moment 를 고려하면  $\overline{GM}$  값이



(A) at the time of inclining experiment;  
(B) at the time before remodelled

Fig. 3. GZ curves of departure condition with full load.

0.275 m 이므로 漁船 設備 등에 관한 規則에서 계산한  $\overline{GM}$ 의 基準値 0.353 m 보다 적은 값을 보였다. 따라서, 선체중심의 下部에 ballast 를 채우거나 탱크 내의 自由表面의 流動水를 최대한 줄이도록 격벽 장치를 설치하는 것 등을 고려하여야 하고, 또한 trim이 크므로 保針 및 船首動揺를 고려하여 trim 을 세밀하게 조절하는 것이 좋을 것이다.

## 要 約

釜山水産大學 實習船 釜山403호의 内部改造 및 重量物의 積거로 인한 復原性의 變化를 측정하기 위하여 傾斜試驗을 실시하고, 改造前과 試驗時의  $\overline{GM}$ ,  $\overline{KM}$ ,  $\overline{GZ}$ 의 값을 비교하였으며, 또한 漁船 設備 等에 관한 規則 및 IMO 規定에 비추어 復原性能을 檢討하였다.

1. 輕荷 및 滿載出港狀態에서의  $\overline{GZ}$  값은 각각 0.307 m 및 0.325 m 여서 復原性에는 異狀이 없는 것으로 판단된다.

2. 輕荷狀態에서는 改造前보다  $\overline{GM}$  이 0.046 m 작고,  $\overline{KG}$  가 0.141 m 크나, 復原性에는 지장이 없는 것으로 보아진다.

3. 滿載出港狀態에서 탱크 내 液體의 自由表面의 流動을 고려하지 않을 때는 改造前보다  $GM$  이 0.163 m 작고  $\overline{KG}$  가 0.173 m 크나 復原性에는 지장이 없는 것으로 간주된다. 그러나 탱크 내 液體의 自由表面의 流動을 고려하면  $\overline{GM}$  0.275 m 는, 漁

船 設備 等에 관한 規則에서 산정한  $\overline{GM}$  의 基準值인 0.353 m 에 미치지 못하므로 이에 대한 보완이 필요하다고 본다.

## 文 獻

- 關西造船協會. 1983. 造船設計便覽. 海文堂. p. 334.
- 宋江燮 · 高允燮. 1973. 造船學. 海軍圖書出版部. p. 19—76.
- 池田勝. 1968. 小型鋼船의 設計와 製圖. 海文堂. p. 133—201.
- 韓國船級協會. 1983. 船級 및 鋼船構造規則. 文淵문화사. p. 328.
- IMO. 1977. Safety and health requirement for the construction and equipment of fishing vessels. 24—32.
- 韓國造船工業協同組合. 1983. 漁船 設備 等에 관한 規則. p. 197.