

# 釜山 404號의 操縱性能에 관한 연구

— 旋回圈 新針路 spiral 試驗 —

金 珉 奭

釜山水產大學校

(1992년 2월 20일 접수)

## A Study on the Maneuverabilities of the M.S. Pusan 404

— Tests by a series of turning circles, new course keeping and spiral —

Min-Seok KIM

Natioal Fisheries University of Pusan

(Received February 20, 1992)

Generally a navigator evaluated the maneuverability of his ship by the scale of turning circle which was described only by the largest rudder angle of the port and starboard sides.

But to have the sufficient knowledge of his ship's maneuvering characteristics he should consider the data about the new course keeping test, the spiral test, and the turning circle tests in accordance with the rudder angles together. In this paper the author performed the above tests to study the maneuverability of the stern trawler M.S.Pusan 404 which is a training ship of the National Fisheries University of Pusan.

The obtained results are summarized as follows:

1. When the rudder angles being 5°, 10°, 20°, 30°, 35° the advances of the starboard side turning circles were 12.8, 8.2, 4.8, 2.9, 2.7 times as large as the length of the ship, and of the port side turning circles were 13.3, 8.7, 5.4, 3.5, 2.9 time as large as it. Under the same conditions the tactical diameters were 15.1, 9.7, 5.2, 3.1, 2.8 times as large as the length of the ship, for starboard side, and 17.2, 12.4, 6.4, 3.7, 3.2 times as large as it for port side.

2. As the rudder angle being increased the ratio of the advance to the tactical diameter was nearly 1 and her obeying ability was better than that of the small angle.

3. The mean values of the rates of speed reduction during the steady turning motion were 0.96, 0.92, 0.82, 0.71, 0.65 in accordance with the rudder angles.

4. The relative formulas between the distance to the new course  $y$  and the altering course  $x$  were as follows:

When rudder angles being 10°, 20°, 30°,  $y=52.2222+1.6133x$ ,  $y=48.750+0.9383x$ ,  $y=39.250+0.655x$  respectively.

5. There was little difference of the distance to the new course between rudder angle 20° and 30°, and so it is desirable for a navigator to use the small rudder angles unless sudden emergencies.

6. Though her rudder angle being small her course stability was good according to the spiral tests.

## 緒 論

선박을 운항하는데 있어서 操船者에게 가장 중요한 것은 말할 것도 없이 操縱性能을 정확하게 파악하는데 있다. 선박의 操縱性能은 理論이나 實船實驗에 의해 평가될 수 있으며 操縱性能을 평가하는데 있어서 가장 효과적인 방법은 해상에서 실제로 선박을 이용한 시험 결과에서 나온 자료이다.

일반적으로 선박의 操縱性能은 주로 左右舷 最大舵角에 의한 旋回圈의 크기에 의해 판별되어 왔으나, 最大舵角에 의한 操舵法은 돌발적이며 급박한 상황에서 사용하는 操舵方式으로 일상적인 선박의 操船에는 最大의 舵角을 사용하지 않기 때문에 任意의 舵角에 있어서 旋回圈의 크기를 파악하는데는 충분치 못하다<sup>1),2)</sup>.

또한 操船者는 一般的인 航行, 港內, 狹水路, 海洋觀測 또는 정확한 위치를 통과해야 하는 底層 트롤의 경우에는 주로 작은 舵角에 의한 操船을 많이 하기 때문에 任意舵角에 있어서 旋回圈의 크기는 물론 新針路試驗이나 spiral 試驗에 의한 操縱性能도 함께 고려하여 선박의 操船에 이용되어야 한다<sup>3)-7)</sup>.

따라서 本 論文에서는 試驗船과 船型이 같고 크기가 비슷한 선박의 操船者들에게 선박의 操縱에 필요한 여러가지 정보를 제공하기 위하여 釜山水產大學校 實習船인 160톤급 船尾式 트롤선을 이용하여 舵角의 크기에 변화를 주었을 때의 旋回圈의 크기와 新針路距離 및 spiral 試驗을 통하여 이들 자료를 토대로 操縱性能을 분석·검토하였다.

## 資料 및 方法

본 試驗에 사용된 선박의 제원과 제반조건은 Table 1과 같다.

Table 1. Principal particulars and trial conditions of experimental ship.

Name of ship	M.S.Pusan 404
Kind of ship	Stern trawler
L.O.A	34m
Lpp	30m
B.Md	6.6m
D.Md	2.8m
Gross tonnage	160.38 ton
Draft	F.0.75m, A.3.30m
Main engine	750ps
Speed at. exp.	11.5kts
R.P.M	820
Wind force	1
Wind direction	NE
Depth	80m
Sea state	1

### 1. 旋回圈 測定

浮標를 만들어서 重量物을 달고 관측하기 쉽도록 浮標 上端에 붉은 깃발을 달아서 물에 띄었고, 船首尾線상의 船首와 船尾가 一致하는 線上에 方位盤을 설치하였다.

浮標를 향하여 전속 전진하다가 左舷 또는 右舷 5°의 舵角을 명령하여 浮標 주위를 旋回하면서 旋回角이 15° 간격으로 변할 때마다 船首方位, 船首尾線과 浮標와의 사잇각, 旋回速度, 經過時間 등을 360° 선회할 때까지 측정하였다.

이렇게 하여 측정이 끝나면 똑같은 방법으로 舵角이 각각 10°, 20°, 30°, 35° 일때의 旋回試驗을 하였다. 여기에서 얻은 자료를 이용하여 plotting sheet에 浮標를 중심으로 試驗船의 相對位置를 작도하여 연결한 線을 旋回圈으로 하였다.

### 2. 新針路距離

試驗船을 Fig. 1에서와 같이 一定針路에 유지하기 위해 먼저 右舷의 所定舵角에 이르도록 조

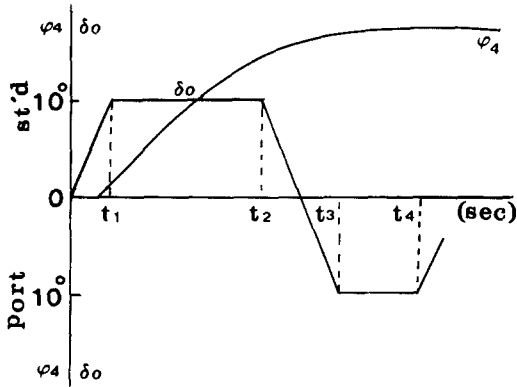


Fig. 1. New course keeping test.

타함과 동시에 선수가 右舷의 所定針路에 이르렀을 때 左舷으로 같은 舵角에 이르도록 操舵하였다. 이때 船首의 回頭가 정지하면 舵를 中央으로 하고 定針하였다.

같은 방법으로 舵角이 左右舷 각각 10°, 20°, 30°이고 船首方位의 변화량이 각각 10°, 20°, 30°일 때의 操縱性能數에 대한 시험을 하였으며 여기에서 얻은 자료를 다음과 같은 式에 의해서 操縱性能數와 新針路距離를 계산하였다<sup>2)~5)</sup>.

$$K = \frac{\varphi_4}{\delta_0 (t_2 - t_1/2 - t_4 + t_3)} \dots\dots\dots (1)$$

$$T = \frac{K\delta_0 (t_2 - t_1/2) - \varphi_2}{\dot{\varphi}_2} \dots\dots\dots (2)$$

$$D = V \left( T + \frac{t_1}{2} + \frac{1}{K\delta_0} \tan \frac{\varphi}{2} \right) \dots\dots\dots (3)$$

- 단,  $\delta_0$  : 舵角
- $t_1$  : 所定の 舵角에 이르는 시간
- $t_2$  : 反對舷으로 轉舵命令한 시간
- $t_3$  : 反對舷 轉舵 완료시간
- $t_4$  : 船首回頭가 정지한 시간
- $\varphi_2$  :  $t_2$ 에 있어서 船首回頭角
- $\dot{\varphi}_2$  :  $\varphi_2$ 에 있어서 角速度
- $\varphi_4$  : 船首回頭角의 최대치
- $V$  : 船速
- $\varphi$  : 變침각
- $K, T$  : 操縱性能數
- $D$  : 新針路距離

### 3. spiral test

試驗船을 全速前進시키면서 右舵角 15°에 이르도록 조타하면서 旋回를 시작한다. 回頭角速度가 일정하게 되면 그때의 角速度와 船速을 측정 한 후에 舵角을 같은 舷으로 10°에 이르도록 조타하고 다시 일정한 船速이 되었을 때의 角速度를 측정한다. 이와같이 回頭角速度가 일정하게 되면 순차적으로 舵角을 변화시켜 右舷 7°, 5°, 3°, 1°, 舵中央, 左舷 1°, 3°, 5°, 7°, 10°, 15°일 때의 回頭角速度와 船速을 측정하였다.

## 結果 및 考察

### 1. 旋回圈에 의한 操縱性能

試驗船을 全速前進 시키다가 일정 타각을 유지하면서 浮標를 중심으로 旋回運動을 시작하여 船首方位가 15° 變할 때마다 浮標와 船首尾線이 이루는 角을 측정하였으며 舵角은 5°, 10°, 20°, 30°, 35°로 變化를 주어서 그 결과를 Table 2에 나타내었다.

Table 2에서 舵角이 5°, 10°, 20°, 30°, 35°이고 右旋回할 때 旋回縱距는 각각 385m, 246m, 144m, 89m, 82m로 배 길이의 12.8, 8.2, 4.8, 2.9, 2.7배 이었고, 左旋回할 때는 각각 401m, 261m, 163m, 107m, 89m로 배 길이의 13.3, 8.7, 5.3, 3.4, 2.9배로서 右旋回할 때보다도 旋回縱距가 더 컸다. 또 最大橫距인 旋回經은 舵角이 右舷 5°, 10°, 20°, 30°, 35°일 때 각각 451m, 291m, 156m, 93m, 86m로 배 길이의 15.1, 9.7, 5.2, 3.1, 2.8배이었고, 左旋回할 때는 각각 516m, 372m, 193m, 112m, 98m로 배 길이의 17.2, 12.4, 6.4, 3.7, 3.2배 이었다. 正常旋回經의 크기는 右旋回할 때 386m, 202m, 130m, 84m, 81m이었고, 左旋回할 때는 각각 438m, 307m, 131m, 95m, 89m로 右旋回할 때보다도 더 컸다.

또한 旋回經에 대한 旋回縱距의 比는 舵角이 5°~35°이고 右旋回일 경우 각각 0.84, 0.84, 0.

Table 2. The scale of turning circles according to rudder angles.

	Starboard					Port					
	Ra	5	10	20	30	35	5	10	20	30	35
Ad	385m	246m	144m	89m	82m	401m	261m	163m	107m	89m	
Ad/Lpp	12.8	8.2	4.8	2.9	2.7	13.3	8.7	5.3	3.4	2.9	
Td	451m	291m	156m	93m	86m	516m	372m	193m	112m	98m	
Td/Lpp	15.1	9.7	5.2	3.1	2.8	17.2	12.4	6.4	3.7	3.2	
Fd	386m	202m	130m	84m	81m	438m	307m	131m	95m	89m	
Ad/Td	0.84	0.84	0.92	0.95	0.95	0.77	0.85	0.84	0.95	0.95	

Ra : Rudder angle

Ad : Advance

Lpp : Length between perpendicular

Td : Tactical diameter

Fd : Final diameter

92, 0.95, 0.95이었고 左旋回일 경우 각각 0.77, 0.85, 0.84, 0.95, 0.95로서 타각이 커짐에 따라 그 비가 1에 가까워져서 追縱性이 좋아지고 있음을 나타내고 있다.

試驗船이 선회를 시작하여 正常旋回運動을 계속 하였을 경우의 船速과 角速度를 舵角別로 Fig. 2에 나타내었다.

Fig. 2에서 全速前進중의 속력이 11.5kts이고 舵角을 5°, 10°, 20°, 30°, 35°로 변화를 주었을 때 正常旋回中の 船速은 右旋回할 때 각각 10.8 kts, 10.5kts, 9.2kts, 7.9kts, 7.2kts이었고, 左旋回할 때는 각각 11.3kts, 10.8kts, 9.8kts,

8.5kts, 7.6kts로서 舵角이 커질수록 船速은 작아져서 舵板에 작용하는 直壓力이 증가함을 나타내고 있다.

한편 타각이 커짐에 따라 旋回角速度는 右旋回할 때 각각 0.7°/sec, 1.4°/sec, 2.9°/sec, 3.9°/sec, 4.2°/sec이었고, 左旋回할 때는 각각 0.9°/sec, 1.5°/sec, 2.7°/sec, 3.5°/sec, 4.0°/sec로서 舵角이 35°일 경우 試驗船과 船型 및 크기가 비슷한 濟州 402호와 거의 같았다<sup>9)</sup>.

## 2. 新針路距離에 의한 操縱性能

船舶의 操船者가 狹水路, 海洋觀測, 漁撈作業, 船舶의 왕래와 地形이 복잡한 海域등 變침후 정확한 航路를 따라서 침로를 유지해야 될 경우 新針路距離만큼 前方에서 變침해야 되기 때문에 이에 관한 시험을 한 후에 (1)-(3)식에서 구한 新針路距離를 Fig. 3에 나타내었다.

Fig. 3에서 變針角이 10°이고 舵角이 10°, 20°, 30°일 경우 新針路距離는 각각 73m, 61m, 48m이었고, 變針角이 50°일 경우는 각각 129m, 97m, 70m 變針角이 90°일 경우는 각각 200m, 138m, 101m로서 變針角이 커질수록 新針路距離도 커지고 있으므로 新針路距離(y)와 變針角(x) 사이에는 다음과 같은 相關式이 成立하였다.

舵角 10°일 경우 :  $y=52.2222+1.6133x$  ( $r=0.9975$ )

舵角 20°일 경우 :  $y=48.750+0.9383x$  ( $r=0.9946$ )

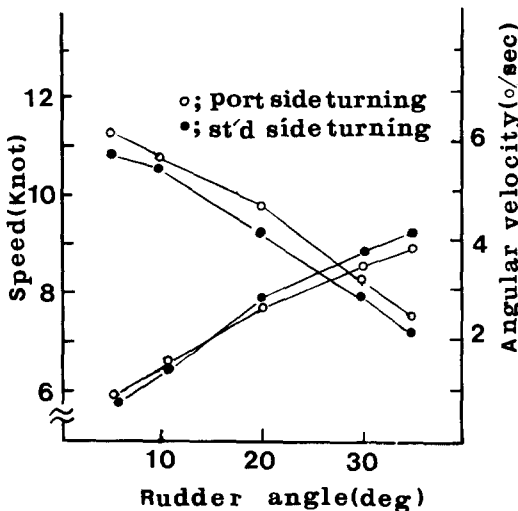


Fig. 2. Variation of speed and angular velocity during the steady turning motion.

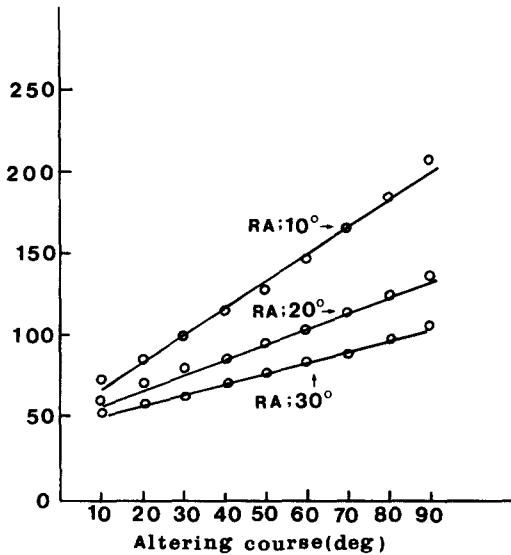


Fig. 3. Relation between new course distance and altering course angle.

舵角 30°일 경우 :  $y=39.250+0.6550x$  ( $r=0.9957$ )

또한 舵角이 10°와 20°에 있어서 新針路距離의 차이는 變針角이 10°, 50°, 90°일 경우 각각 12m, 36m, 62m이었으나 舵角이 20°와 30°에 있어서 新針路距離의 차이는 13m, 23m, 37m로서 10°와 20°일때 보다도 그 차이가 작았다.

따라서 變針角이 커질수록 舵角도 커야하나 긴급한 경우가 아니면 30°와 같은 큰 舵角을 사용하지 않아도 좋을 것을 알 수 있었다.

### 3. spiral 試驗에 의한 操縱性能

긴급한 경우가 아닌 일상적인 操船에 사용되고 있는 小舵角 즉 작은 舵角으로 선박을 操船할 때의 針路安定性의 程度를 파악하기 위해 試驗船을 일정침로에 전속진진 시킨후 먼저 右舷 15°를 命하여 선회를 시작하고 旋回運動이 일정하게 되면 그때의 角速度와 船速를 측정후 점차로 타각을 변화시켜 똑같은 방법으로 측정한 결과를 Fig. 4에 나타내었다.

Fig. 4에서 舵角을 15°, 10°, 7°, 3°, 1°로 변화를 주어 순차적으로 右旋回할 경우 船體길이에

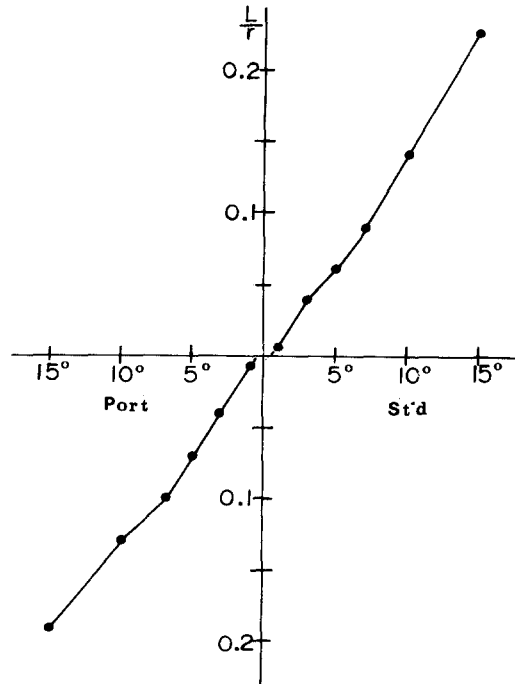


Fig. 4. Result of spiral test.

L : Length of ship

r : Radius of the steady turning motion

대한 定常旋回半徑은 각각 0.23, 0.14, 0.09, 0.06, 0.04, 0.009이었고, 左旋回할 경우는 각각 0.19, 0.13, 0.10, 0.07, 0.04, 0.008로서 左右舷거의 같았으며, 0°부근에서는 左右舷으로 1°의 폭을 가진 針路不安定 loop가 보였으나, 이 정도의 loop 폭은 무시해도 좋을 정도이며 따라서 비교적 작은 범위의 舵角을 이용하여 操船을 해도 針路의 安定性이 좋은 것으로 나타났다.

### 要 約

釜山水產大學校 實習船인 부산 404호를 이용하여 舵角의 크기에 따른 旋回圈, 新針路揚이, spiral試驗에 의한 操縱性能을 분석·검토한 결과는 다음과 같다.

1. 舵角이 5°, 10°, 20°, 30°, 35°이고 右旋回할 때 旋回縱距는 각각 배 길이의 12.8, 4.8,

2.9, 2.7배 이었고 左旋回할 때는 각각 13.3, 8.7, 5.3, 3.4, 2.9배로서 右旋回할 때보다도 旋回縱距가 더 컸다.

또 旋回經은 右旋回할 때 배 길이의 15.1, 9.7, 5.2, 3.1, 2.8배이었고, 左旋回할 때는 17.2, 12.4, 6.4, 3.7, 3.2배로서 右旋回할 때보다 더 컸다.

2. 旋回經에 대한 旋回縱距의 比는 舵角이  $5^{\circ}$  ~  $35^{\circ}$ 에서 右旋回할때 0.84~0.95이었고 左旋回할 때 0.77~0.95로서 舵角이 클수록 그 比가 1에 가까워져 追縱性이 좋아졌다.

3. 定常旋回中일때 左右旋回時 速력의 평균값은 타각이 커짐에 따라 11.05kts, 10.65kts, 9.5kts, 8.2kts, 7.3kts로 船速이 작아져서 舵板에 작용하는 直壓力이 증가하고 있으며 旋回角速度의 평균값은  $0.6^{\circ}/sec$ ,  $1.45^{\circ}/sec$ ,  $2.8^{\circ}/sec$ ,  $3.7^{\circ}/sec$ ,  $4.1^{\circ}/sec$ 이었다.

4. 新針路距離( $y$ )와 變針角( $x$ )의 相關式은 舵角이  $10^{\circ}$ 일 경우,  $y=52.2222+1.6133x$  ( $r=0.9975$ ), 舵角이  $20^{\circ}$ 일 경우,  $y=48.750+0.9383x$  ( $r=0.9946$ ), 舵角이  $30^{\circ}$ 일 경우,  $y=39.250+0.6550x$  ( $r=0.9978$ )로 나타낼 수 있었다.

5. 舵角이  $20^{\circ}$ 와  $30^{\circ}$ 에서 이들 사이의 新針路

距離의 差異는 작았기 때문에 긴급한 경우가 아니면  $30^{\circ}$ 와 같은 큰 舵角의 사용은 하지 않아도 좋으며, 小舵角을 사용할 때 針路安定性은 좋았다.

## 參 考 文 獻

- 1) 赤崎繁(1975) : 船體旋回學. 海文堂, 38-84.
- 2) 杉原喜義(1981) : 理論運用學. 海文堂, 71-119.
- 3) 森弼一(1981) : 新針路距離의 實船實驗. 航海 70, 1-5.
- 4) 明渡範次(1981) : 航海基本力學. 海文堂, 235-251.
- 5) 岩井聰(1982) : 操船論. 海文堂, 11-50.
- 6) 윤점동(1982) : 선박운용의 이론과 실무. 제 일문화사, 33-57.
- 7) 森弼一(1983) : 新針路距離의 實船實驗. 航海 72, 1-5.
- 8) 本村紘治郎(1988) : 練習船耕洋丸의 操縱性能 につして. 水大研報 36(2, 3), 49-59.
- 9) 鄭公炆·安長榮·安瑛化(1989) : 實習船 濟州 402호의 操縱性能에 관한 연구. 한국어업기 술학회지. 25(2), 70-74.