

# 신침로거리와 전타시점에 관한 연구

김민석<sup>†</sup>  
(부경대학교)

## A Study on the New Course Distance and the proper time to alter course

Min-Seok KIM<sup>†</sup>  
(Pukyong National University)

### Abstract

The marine traffic accidents go on increasing owing to the increment of marine traffic capacity, and the solutions about these matters are vigorously considering by many researchers.

When the watch officer navigates to the narrow channel, bend or an area obscured by an intervening obstruction and around the harbour limit he must follow the planned track.

The watch officer can safely navigate along the course laid down only when he alters his course in advance before the new course distance earlier than the course alternation point.

If we call this point to be changed in advance a turning bearing, the turning bearing is decided according to the direction and the range from the clearing objects.

The turning bearing helps the watch officer to determine whether the ship is at wheel-over position or not.

The author in this paper suggest how to make and use a curve graph which is decided according to the direction and the distance from the clearing objects.

If the watch officer utilize this curve graph he can judge swiftly and precisely whether his ship is at the wheel - over position or not.

*Key word : Marine traffic accidents, Narrow channel, Bend, Planned track, Course laid down, New course distance, Turning bearing, Clearing objects, Wheel-over position*

### I. 서론

최근 선박량의 증가, 다양한 선형과 초대형선의 출현 등으로 해상에서는 이들 선박들이 뒤섞이어서 운항함으로써 해난사고의 증가와 함께 이 문제를 해결하기 위한 연구도 활발히 진행되고

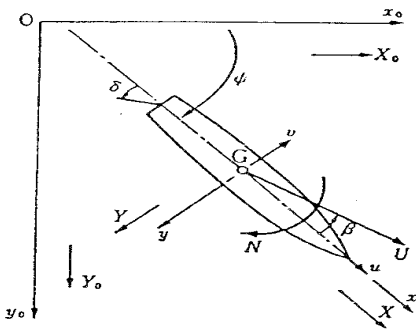
있다. 특히 초대형선의 조선자들은 조종특성상 선회권이나 Z조종성능 등에 의한 선박의 운동특성을 정확히 파악해야함은 물론이고 협수로, 만곡부, 항계부근 등을 항해하는 선박의 모든 운항자들은 선박의 안전항해를 위하여 정확한 침로선을 따라서 선박이 항행될 수 있도록 해야 할 경

<sup>†</sup> Corresponding author : 051-629-5994, minskim@pknu.ac.kr

우가 많다. 이 경우에는 변침점보다도 자신의 신침로거리에 해당되는 거리만큼 전방에서 미리 변침해야 예정된 침로선을 따라서 선박은 안전하게 진행할 수 있게 된다. 그런데 선박마다 크기와 선형이 다르기 때문에 운항자는 반드시 자신의 신침로거리를 정확하게 파악하고 있어야 한다. 특히 고도의 주의가 요구되는 협수로, 만곡부, 항계부근, 전방에 항해에 장애물이 있는 구역등에서 변침을 해야 할 경우에는 신침로거리에 도달하기 전에 미리 변침점을 선정해서 그 지점에 도착하면 변침을 해야 선박이 예정된 침로선상에 있게 될 것이다. 이처럼 정밀한 항해가 요구되는 지역에서는 예정된 침로선을 따라서 선박이 진행될 수 있도록 사전에 철저한 항해계획을 세워야 한다.

따라서 본 연구에서는 선박의 조선자들에게 실선실험을 통하여 신침로거리를 파악하여 변침물표를 선정한 다음 선박이 신침로거리에 도달하기 전에 변침물표와 이루는 방위를 구하여 변침점을 구하고 이 자료를 실제의 상황에 적용하는 방법을 제공하고자 하였다.

## II. 이론적 고찰



[Fig. 1] Coordinate system of a plane movement

[Fig. 1]에서와 같이 지구표면에 고정된 직각좌

표계에서 타각  $\delta$ 를 주었을 때 선박의 중심을 G라하면 선박의 운동방정식은 다음과 같이 나타낼 수 있다 (岩井聰,1982; 本田啓之輔, 1986).

$$\begin{aligned} X_0 &= m\ddot{x}_0G \\ Y_0 &= m\ddot{y}_0G \\ N &= I_{zz}\Psi \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

단,  $X_0, Y_0$ : 선박에 작용하는  $x_0, y_0$ 축 방향의 힘

$\ddot{x}, \ddot{y}$ :  $x_0, y_0$ 축 방향의 가속도

$m$ : 선박의 질량

$\Psi$ : 선박의 회두 각속도

$N$ : 중심(G)을 통하여  $z_0$ 축 주위에 작용하는 중심 moment

$I_{zz}$ : 중심의  $z_0$ 축 주위의 관성 moment

(1) 식을 배에 고정된 좌표계에 관한 식으로 변환하면 (2)식과 같다.

$$\begin{aligned} X &= X_0 \cos \Psi + Y_0 \sin \Psi \\ Y &= Y_0 \cos \Psi - X_0 \sin \Psi \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

$$\ddot{x}_0 G = u \cos \Psi - v \sin \Psi$$

$$\ddot{y}_0 G = u \sin \Psi + v \cos \Psi \dots\dots\dots (3)$$

(3)식을 한번 더 미분하여 가속도  $\ddot{x}_0, \ddot{y}_0$ 을 구하여 정리하면 (1)식은

$$\begin{aligned} X &= m(\dot{u} - v\Psi) \\ Y &= m(\dot{v} + u\Psi) \\ N &= I_{zz}\Psi \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

단,  $X$ : 선박에 작용하는 선수미방향의 힘

$Y$ : 선박에 작용하는 횡방향의 힘

$v, \dot{v}$ : 횡방향의 선속 및 가속도

$\dot{\Psi}$ : 회두각속도

로 나타낼 수 있다(野本謙作, 1970).

(4)식에서 조타에 의한 회두운동은 전진속도의 영향은 적으므로 첫째 식은 무시하고 둘째 및 셋째 식에 작용하는 함수를 대입하여 무차원화하여 선체운동에 관한 미분방정식을 만들면, (5)식과 같다.

$$T_1 T_2 \frac{d^2 \dot{\Psi}}{dT^2} + (T_1 + T_2) \frac{d \dot{\Psi}}{dT} + \dot{\Psi} = K\delta + T_3 \frac{d\delta}{dT} \dots\dots\dots (5)$$

이 식을 조중운동방정식이라 부르며, 이 식을 Laplace 변환하여 전달함수를 구하면

$$G(P) = \frac{K(1 + PT_3)}{(1 + PT_1)(1 + PT_2)} \dots\dots\dots (6)$$

(6)식을 작은 범위에서 근사하면, (7)식과 같다.

$$G(P) = \frac{K}{1 + PT} \dots\dots\dots (7)$$

(6)식과 (7)식을 비교하여

$T = T_1 + T_2 + T_3$ 로 하면 (5)식은

$$T \frac{d\dot{\Psi}}{dt} + \dot{\Psi} = K\delta \dots\dots\dots (8)$$

로 나타낼 수 있다.

단, T : 추중성 지수

K : 선회성 지수

(8)식에서  $t=0 \sim t=t_4$ 일 때

$$T[\dot{\Psi}_0^{t_4} + [\Psi_0^{t_4}]] = K \int_0^{t_4} \delta dt \dots\dots\dots (9)$$

(9)식에서

$$K = \frac{\Psi_4}{\delta(t_2 - t_1/2 - t_4 + t_3)} \dots\dots\dots (10)$$

$t=0 \sim t=t_2$ 일 때

$$T[\dot{\Psi}_0^{t_2} + [\Psi_0^{t_2}]] = K \int_0^{t_2} \delta dt \dots\dots\dots (11)$$

(11)을 변형하여

$$T = \frac{K\delta(t_2 - t_1/2) - \Psi_2}{\dot{\Psi}_2} \dots\dots\dots (12)$$

(10)식과 (12)식을 이용하면 신침로거리는 (13)

식과 같다(彬原喜義, 1981).

$$D = V(T + \frac{t_1}{2} + \frac{1}{K\delta} \tan \frac{\Psi}{2}) \dots\dots\dots (13)$$

단, D : 신침로 거리

$t_1$  : 전타 후 소정의 타각에 이르는 시간

V : 선속

$\Psi$  : 변침각

$\delta$  : 타각

### Ⅲ. 연구 방법

실험에 사용한 선박은 부경대학교 실습선 가야호이며 요목과 실험조건을 각각 <Table 1>과 <Table 2>에 나타내었다.

<Table 1> Principal particulars of experimental ship

Item	Specifications
L.O.A	81.7m
L.B.P	72.5m
B.Md	13.2m
Draft	F.3.6m A. 5.6m
Gross tonnage	1,737tons
Displacement tonnage	2,821.7tons
Rudder area	2.50×3.80m <sup>2</sup>
Main Engine	2,960ps× 250rpm
Turning direction of propeller	C.C.W
No. of blades	4
Max. Speed	14.8kts

<Table 2> Trial condition of the sea

Item	Specifications
Depth	50m
Wind direction	200~240°
Wind force	4 m/s
Current direction	20°~30°
Current speed	0.3-0.4kts
Weather	fine

## IV. 결과 및 고찰

### 1. 조종성지수의 산출

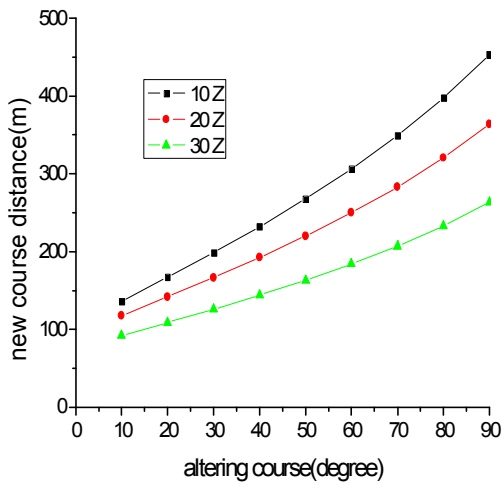
신침로거리를 구하는데 필요한 추종성지수와 선회성지수를 계산하기 위하여 Z조종시험에 의한 결과를 K와 T로 <Table 3>에 나타내었다.

<Table 3> Calculated maneuvering indices K, T of the M.S. Kaya

	10°	20°	30°
K	0.110	0.088	0.068
T	13.8	10.6	6.3

### 2. 신침로거리

<Table 3>의 자료를 이용하여 신침로거리를 구한 결과를 [Fig. 2]에 나타내었다.



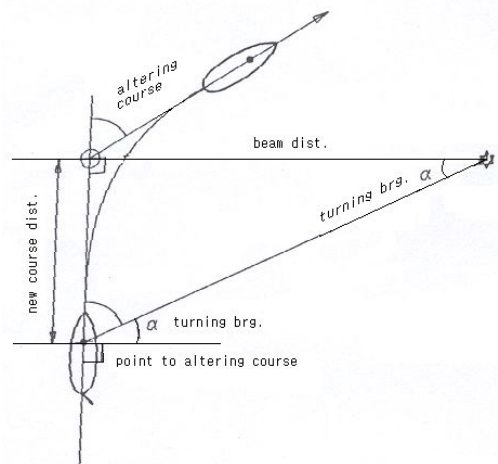
[Fig. 2] New course distances by rudder angle

[Fig. 2]에서 변침각이 10, 20, 30도일 때 타각을 10도 사용하면 신침로거리는 각각 136m, 167m, 199m이고, 타각을 20도 사용하면 신침로

거리는 각각 118m, 142m, 167m이고, 타각을 30도 사용하면 신침로거리는 각각 92m, 109m, 126m로 타각을 10도로 전타했을 때와 30도로 전타했을 경우에 신침로거리의 차이는 각각 44m, 58m, 73m이었다. 그러나 변침각이 70, 80, 90도일 때 타각을 10도 사용하면 신침로거리는 각각 349m, 397m, 453m이고, 타각을 20도 사용하면 신침로거리는 각각 283m, 321m, 364m이고, 타각을 30도 사용하면 신침로거리는 각각 207m, 233m, 263m로 타각을 10도로 전타했을 때와 30도로 전타했을 경우에 신침로거리의 차이는 각각 142, 164m, 190m로 변침각이 클수록 이 때 사용한 타각에 따라서는 신침로거리의 차이도 크게 나타나서 변침각이 커질수록 대타각을 사용해야 신침로거리가 짧아짐을 알 수 있다.

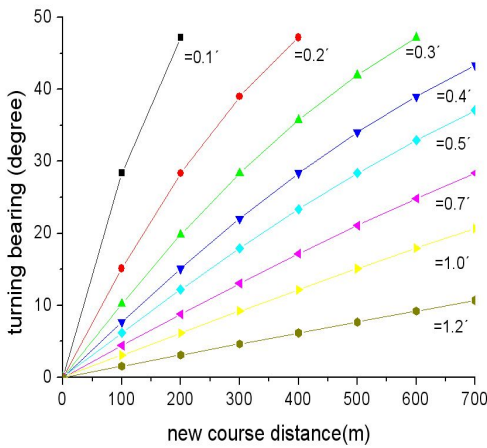
### 3. 선회방위

선박이 항해중에 변침을 할 때는 주로 변침물표를 정황으로 보는 위치에서 변침을 하고 있으며 이 경우 변침점으로부터 신침로거리만큼 전방에서 미리 전타를 해야 Fig. 3와 같이 예정된 침로를 따라서 선박이 진행할 수 있다. 이처럼 변



[Fig. 3] Relationship between new course distance and turning bearing

침물표가 정황이 되기 전에 미리 변침을 해야 하기 때문에 변침해야 될 지점에서 변침물표를 보는 방위를 선회방위라고하면 선회방위는 신침로거리와 변침물표의 정황거리에 의해서 정해진다. 변침물표까지 정황거리가 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.7, 1, 2, 3마일이고, 신침로거리가 50m에서 500m까지일 때 선회방위를 구하여 [Fig. 4]에 나타내었다.

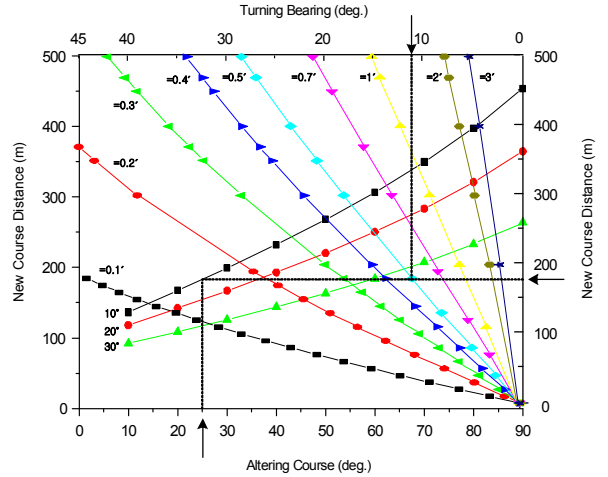


[Fig. 4] Relationship between the turning bearing and the new course distances by the beam distances

선박이 예정된 침로선상을 따라서 진행해야 할 경우에는 자선의 신침로거리만큼 미리 전방에서 변침을 해야 하며, 신침로거리는 타각에 따라 다르기 때문에 타각에 따른 신침로거리를 나타낸 [Fig. 2]와 선회방위를 나타낸 [Fig. 4]를 이용하여 변침용곡선도를 만들어 [Fig. 5]에 나타내었다.

[Fig. 5]에서 변침물표를 정황으로부터 0.5mile 되는 지점을 변침점으로 하고 타각을 10도 사용하여 25도 변침할 경우 변침각 25도에서 종축에 평행선을 그어 타각10도에 해당하는 신침로거리와 교점을 얻는다. 이 교점에서 횡축으로 평행선을 그으면 신침로거리가 175m이며 이 평행선과 정황거리 0.5mile과의 교점을 구하여 그 교점에

서 선회방위의 눈금이 있는 곳으로 종축과 평행선을 그으면 선회방위가 11°임을 알 수 있다.



[Fig. 5] Curves for altering course

따라서 정황거리가 0.5mile이고 변침을 25도할 경우 타각을 10도 사용한다면 정황이 되기 11°전에 변침하면 계획된 침로를 따라서 선박이 진행할 수 있다.

## IV 결론

협수로, 만곡부, 장애물 등을 피해서 정확한 침로선을 따라서 항해를 해야만 선박의 안전을 유지할 수 있는 경우에는 타각에 따른 자선의 신침로거리를 정확하게 파악하고 변침점에서 변침물표까지의 정황거리를 함께 고려하여 선회방위를 산정해 두면 경험이나 감각에 의존하지 않고 조선자가 의도한 대로 선박이 정확한 지점에 위치할 수 있다.

## 참고 문헌

김민석·신현욱·강경미(2005). 타각과 선속에 따른 선회권의 변화, 한국어업기술학회지, 41(2), 156~164.

金鎮乾(1999). 船舶運用學(操縱論), 有一文化社, 24~27.

志波久光(1971). 舵와旋回, 成山堂, 28~41.

岩井聰(1982). 操船論, 海文堂, 11~50.

本田啓二輔(1982). 基本運用術, 海文堂, 99~106.

合田政次·久野俊行·重根 重勝(1992). GPSを用いての旋回圈の測定, 航海 114號, 日本航海學會, 32~37.

合田政次·久野俊行·重根 重勝(1992). GPSを用いての旋回圈の測定-II, -小型船舶の旋回圈-, 航海 121號, 日本航海學會, 36~39.

沓名景義(1953). 船舶運用術, 成山堂, 149~157.

大串雅信(1990). 理論船舶工學, 海文堂, 251~257.

增島宏明·花房元顯·河内尙·佐藤志朗·菊岡仁(1991). GPS 利用にのついで -旋回實驗の結果報告-, 航海 109號, 日本航海學會, 8~16.

花房元顯·宮崎博(1995). GPS單獨測位による小型丹艇操縱性能試驗結果, 航海 126號, 航海 126號, 日本航海學會, 12~20.

- 
- 논문접수일 : 2009년 09월 14일
  - 심사완료일 : 1차 - 2009년 11월 06일  
2차 - 2009년 11월 20일
  - 게재확정일 : 2009년 11월 27일