

# 船舶의 操縱性과 複合航行見地에서 航路標識 시스템에 關한 研究( I )

구자윤\* · 이동섭\* · 전상엽\*\* · 정태권\*\* · 우병구\*\*

A Study on the Aids to Navigation System from the Viewpoint  
of Maneuverability and Combined Piloting of the Ships( I )

*Ja-Yun Koo · Dong-Sup Lee · Sang-Yup Jun · Tae-Gweon Jeong · Byung-goo Woo*

〈 目 次 〉	
Abstract	1. 旋回操船과 旋回圈
I. 序 論	2. 變針水域의 最適 航路標識
II. 複合航行安全에 關한 考慮要素	IV. 複合航行의 最適 單一航路標識 시스템
1. 自然現狀의 自然夜間 및 操船者의 身體夜間	1. 單一航路 넉갓오프 變針水域의 境遇
2. 夜間航行과 狹視界航行에 對한 航路標識	2. 單一航路 갓오프 變針水域의 境遇
III. 變針水域의 航路標識 시스템 檢討	V. 結 論
	參考文獻

## Abstract

The Navigational System is the Fundamental System of Port Transportation System and comprises 3 Subsystems, say, the Waterway System, the Shiphandling System and the Support System. The Waterway System of Navigational System is the important and fundamental System for Traffic Safety inside the Port like a Car Road System on Land.

This Study aims to make a Guideline for the Optimal Waterway System of Port Development and Safety.

\* 정희원, 한국해양대학 대학원 박사과정  
\*\* 정희원, 한국해기연수원 교수

The Conclusions of this Paper are drawn :

- 1) The complicated Shiphandling Operations should be avoided for the period of Physical Night Time for eliminating the Human Errors.
- 2) For the Maneuverability and all-weather Combined Piloting the Inside Turn Point Buoy and Begin-the-turn Buoy should be mounted with Racon(T) and Radar Reflector for foggy and bad weathers.
- 3) The Seabuoy located in the Approaching Area for Pilot Station and making Landfall should be mounted with Racon(G) and Morse A Light for giving a Hint of Pilot Station to the Captain on the Bridge, and these Equipments of Racon and Light should be operated normally and effectively even in a Heavy and stormy weathers.
- 4) A Basic Practical Expression,  $1/2 L \sin D$ , for calculating the Extra Width of Cutoff Turn Regions was derived Originally from the Viewpoint of Turn Maneuvers and Maneuverability of the Ship.

## I. 序 論

대형선박이 입출항할 새로운 항만을 계획하고 설계하는 경우 항만입구에서부터 항로를 거쳐 선회장 및 부두까지의 전과정에서 항로배치 및 항로표지 시스템, 선회장 및 내수면의 확보 그리고 부두의 평면배치 등은 항내외 해상교통의 안전성과 경제성에 직결되는 것으로서 고려해야 할 가장 중요한 조건이므로 반드시 계획초기단계에서 우선적으로 검토되어 확정하여야 한다. 그러나, 초기단계에서는 타당성이 인정되어 설계운영되었지만 거대한 항만운송의 복합시스템을 실제로 운영하다 보면 검토대상에서 제외된 것도 재검토의 필요성을 느끼게 되고 또한 통항의 안전성과 해난사고에 관련된 것이 있으면 지체없이 수정 또는 보완하여야 할 것이다.

항만물류시스템인 항만운송시스템(Port Transportation System)은 크게 항해시스템(Navigational system), 하역 및 이송시스템(Cargo Handling and Transfer system), 저장 시스템(Storage System) 그리고 내륙운송연계시스템(Inland Transport System)등 4개의 하부시스템으로 구성하고 있다. 이 가운데서 항만의 근본이 되는 첫번째의 항해시스템은 대형선박을 외항에서 부두까지 안전하게 이송시키는 입출항조건과 관련되어 항만전체의 선박운항안전성과 정박시간(Port Time)에 크게 영향을 주는 아주 주요한 시스템이다. 그런데도

불구하고 이 주요한 시스템이 대형선박의 조종성과 제어성(Maneuverability and Controllability)에 관한 해박한 전문지식이 없는 비전문가들에 의하여 부분적으로 구축되고 취급되기 때문에 항만운송시스템의 단순한 하나의 하부시스템으로 간주하여 큰 비중을 두지 않고 있는 실정이다. 따라서, 연구활동에 있어서도 Tugboat의 지원시스템에 관한 연구를 제외하고는 거의 없다.

현재 기존의 일부 대형항만의 입출항 항로시스템을 전천후 24시간 입출항하는 대형선박의 선박안전성 측면에서 면밀히 관찰하여 보면 체계화되어 있지 않고 대형사고의 위험을 내포하고 있는 것도 있다. 따라서 이 항해시스템을 선박의 정박시간 감소에만 국한시켜 검토하지 말고 외항에서 부두까지의 전과정을 하나의 종합항해시스템으로 안전성과 경제성이 동시에 검토되어야 할 것이다.

항해시스템은 세부적으로 항로시스템(Waterway system), 선박조종 및 이동시스템(Shiphandling system) 그리고 선박관제서비스 및 Tugboat의 지원시스템(Support System) 등 3개의 하부 시스템으로 구분할 수 있는데, 이 가운데서 항로시스템과 선박조종 및 이동시스템은 상호의존하는 순치관계(Inter-dependent Relation)이다.

항만의 제비용을 감소하기 위하여서나 차항의 스케줄에 차질이 없도록 대형선박은 전천후 24시간 시각표지(Visual aids)와 레이다표지(Radar aids)를 이용하여 시각항행(Visual Piloting)과 레

이다항행(Radar Piloting)을 결합한 복합항행(Combined Piloting)을 시행할 필요성이 있는데도 불구하고 아직도 많은 항만의 항해시스템이 체계화 되어 있지 않다. 따라서, 대형선박의 입출항조건의 안전성을 보장하기 위해서는 우선적으로 입출항 항로의 항로표지시설이 선박의 조종성과 복합항행을 동시에 고려하여 체계적으로 계획배치되어야 한다.

본 연구는 이 점에 관심을 갖고 제1단계로 쌍방향의 단일 항로에 있어서 모든 선박이 안전하게 입출항할 수 있는 입출항 항로표지시스템의 모델을 제시하여 신항만건설이나 기존항만의 항로 수정에도 폭넓게 사용하도록 하는데 그 목적이 있다.

연구 순서로는 제 2장에 복합항행안전에 관한 고려요소, 제 3장에서는 변침수역의 항로표지시스템 검토 그리고 제 4장에서는 제 2장과 제 3장서 제시된 내용에 따라 복합항행의 최적항로표지시스템을 쌍방향의 단일항로의 넛컷오프 변침수역(Noncutoff Turn Region)과 컷오프 변침수역(Cutoff Turn Region)으로 구분하여 최적의 모델을 제시하고자 한다.

## II. 複合航行安全에 關한 考慮要素

### 1. 自然現狀의 自然夜間 및 操船者의 身體夜間

#### (1) 자연현상의 자연야간(Natural Night)

지구(Earth)는 자전하면서 1년을 주기로 공전한다. 자전은 서에서 동으로 하기 때문에 지구에서 보기에 마치 천구가 동에서 서로 하루에 1번씩 회전하고 있는 것처럼 느껴진다. 천구의 이와같은 겉보기 운동을 천구의 일주운동이라 한다. 지구수평선위에 태양이 보이는 기간을 주간(Daytime), 수평선 아래로 태양이 사라져 보이지 않는 기간을 야간(Nighttime)이라 하며 이 현상은 매일 반복되고 있는 것이다. 태양이 새벽에는 진수평선 아래에서 점점 떠올라 오면서 태양의 중심이 진수평선과 일치할 때를 일출(Sun rise), 오후에는 진수평선 위에서 점점 고도가 낮아져서 진수평선과 일치할 때를 일몰(Sun set)이라 한다. 그러나 태양이 일출전과 일몰후 얼마동안은 진수평선의 아래에 있지만 하늘이 밝은데 이 현상을 박명(Twilight)이라 한다.

천문학해학에서는 이 박명을 천문박명(Astronomical Twilight), 항해박명(Nautical Twilight) 그리고 상용박명(Civil Twilight)의 3개로 구분하고 있으나 항해박명이 천측에 많이 사용된다.

표 1은 모년의 천측력(Nautical Almanac)에 의한 북위 35도 근처의 춘분, 하지, 추분 및 동지의 일출시간, 일몰시간 및 항해박명시간을 나타내고 있다. 표 1로부터 4계절 평균을 보면, 주간이 12hr 09min, 박명시간이 01hr 58min 그리고 야간은 09hr 53min이다. 하루 24시간에서 주간을 제외한 시간은 총 11hr 51min이 되지만 선박운항에서 살펴

Table 1 Sunrise, Sunset and Twilight Times during Four seasons of the Year near Latitude 35° North, Pusan, Korea

	Lat	Twilight Nautical	Sunrise	Sunset	Twilight Nautical	Daylight Time	Twilight Time	Night Time
Spring Equinox	35°N	0508h	0603h	1812h	1907h	12h 09m	01h 50m	10h 01m
Summer Solstice	35°N	0340h	0446h	1917h	2024h	14h 31m	02h 13m	07h 16m
Autumnal Equinox	35°N	0453h	0548h	1756h	1851h	12h 08m	01h 50m	10h 02m
Winter Solstice	35°N	0604h	0704h	1652h	1754h	09h 48m	02h 00m	12h 12m
Mean	35°N	0456h	0555h	1804h	1903h	12h 09m	01h 58m	09h 53m

보면 박명시간 동안은 주간과 같이 운항 안전성이 확보된다고 볼 수 있다. 따라서, 복합항행과 관련한 자연야간(Natural Night)은 주간시간과 박명시간을 제외한 잔유시간으로 계산할 수 있는데 하루 24시간의 약 41.2%에 해당된다.

(2) 操船者의 身體夜間

인간생활에서 수면(Sleep)은 인간의 복합시간유지체제(Complex Timekeeping System)에서의 유일한 부분이며 정상적으로 매 24시간마다 반복되고 있다. 이러한 시간유지체제는 신체(Body)로 하여금 매일 규칙으로 일어나는 환경의 변화에 예상이나 준비할 수 있는 장점을 갖게 된다. 그림 1은 선박의 조전자인 선장, 항해사 및 도선사 등의 정신운동자(Psychomotor taskworker)들을 신체의 체온과 작업수행능력에 관한 하루 24시간 리듬을 대략의 곡선으로 표시한 것이다.

우리나라 정상보통인의 평균체온은 약 36.9°C이고 최고체온은 약 37.4°C, 그리고 최저체온은 약 36.5°C이다. 그림 1에서 체온곡선은 새벽 04:00-05:00시경에서 최저를 기록하고 이후 곧 상승하면서 저녁 20:00시 전후에 최고 체온을 나타낸다. 21:00시 이후에는 체온이 하강하기 시작하면서 피로와 더불어 수면에 들어 되며 수면중에는 체온이 하강한다. 수면시간은 평균 8시간 정도 필요하다.

체온곡선아래에 점선으로 표시된 것이 작업수행능력 곡선인데 사람에 따라서는 다소 차이가 있지만, 일반적으로 정상인의 경우에는 작업수행능력도 체온의 상승 및 하강에 거의 일치하고 있다고 한다. 곡선을 살펴보면 13:00시경에는 약 1시간 동안 하강곡선이 있는데 이것은 오전중의 피로와 관계되며 이것을 After-lunch Dip이라고 한다. 이 곡선을 근거로 조선자가 충분한 수면을 취한다면

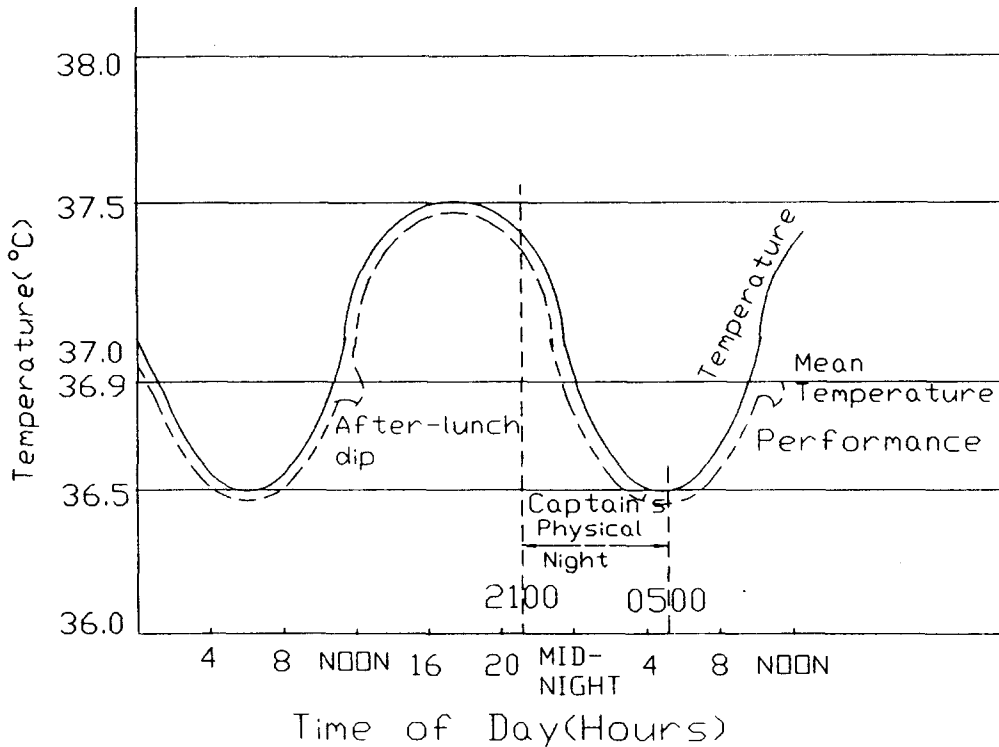


Fig. 1 The Daily Rhythm of Temperature and Performance for Captain and Pilot Psychomotor Taskworkers.

조선자는 신체리듬상 밤 21:00시에서 05:00시까지 이외의 시간은 신체와 정신이 정상으로 작용하고 있음을 알 수 있다. 선박의 안전성 및 항내의 복합항행의 경우 항로시스템만 완벽하게 설치되어 있으면 대형선의 경우도 이 21:00시에서 05:00시 이외의 시간에는 입출항조건에 문제가 없다고 볼 수 있다. 필자들은 정신운동노동자의 작업수행능력 측면에서 21:00시부터 05:00시까지의 8시간은 신체리듬과 관계되기 때문에 앞질의 자연야간과 대비하여 편의상 조선자의 신체야간(Physical Night)이라고 부르기도 한다.

일반적으로 조선자는 일몰후 야간항행을 무조건 심리적으로 불안해 하고 있으며 이로 인하여 안전사고까지 유발시키는 예가 있는데 신체야간 이외의 시간에는 복잡한 조선문제를 제외하고는 큰 문제는 없다. 이 신체야간기간에는 대형선의 경우 단순한 항행은 관계없지만 복잡한 부두입출항 조선 및 만곡부의 협수도 통항조선은 가급적 피하여야 한다. 앞질의 자연야간과 시간적으로 비교하여 보면 신체야간을 적용할 경우 하루 약 2시간 정도 더 부두입출항조선이 가능하다. 그렇지만 24시간 안전항행을 위하여 항로표지시설을 체계적으로 설치할 필요가 있다.

## 2. 夜間航行과 狹視界航行에 對한 航路標識

### (1) 야간항해의 항로표지와 시력

입출항선박의 선교조선자가 항구의해의 먼거리에서 현저한 육상물표나 부표(Sea Buoy)에 접근할 때는 다음과 같은 3가지 형식의 시각판단의 범위가 있다. 첫째로 탐지범위로서 원거리에서부터 주위상황과 구별하여 물체를 탐지하는 시계범위이다. 실제로 물체가 부표인 경우라도 이 때는 부표인지 소형선인지를 구별할 수가 없다. 둘째로, 여기서 좀더 접근하게 되면 모양과 색은 잘 모르지만 부표라는 것을 인지하게 된다. 이 범위가 인지범위이다. 마지막으로 곧 부표의 색깔과 부표의 번호를 확인하게 된다. 이것이 확인범위이다.

그러나 위의 3가지 범위는 조선자마다 다소 차이가 있으므로 시각항행(Visual Piloting)을 할 때는 육안항행(Eyeball Navigation)에만 의존하지 말고 반드시 쌍안경(Binoculars)을 사용하는 것이 좋다. 위와 같이 호천후의 주간항행의 경우에는 쌍안경과 시각물표를 잘만 이용하면 협수로나 항내항로 내에서 시각항행상 문제가 없다. 주간에서 야간으로 넘어가는 박명시간부터는 조선자의 시각작용에 서서히 변화가 오기 시작하는데 그림 2에서 보인 것처럼 정상시력 1.0~1.5를 가진 사람이 일몰후

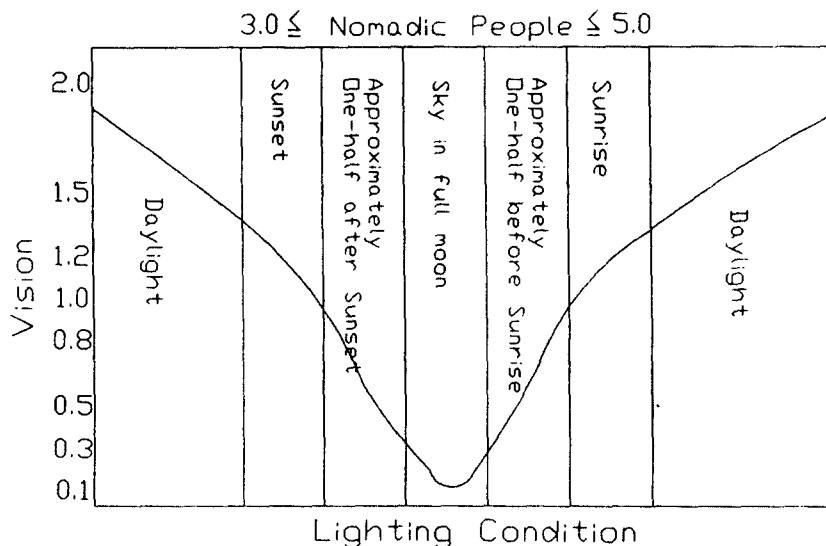


Fig. 2 Difference in Visual Acuity of Normal Shiphandlers before and after Sunset and Sunrise

30분경에는 시력이 0.2 정도밖에 안된다. 즉, 주간  
에 0.1마일의 확인범위 부표가 이 때는 0.03마일로  
급격하게 감소하게 된다. 또한 야간에는 주위조명  
에 적응하는 경우에서도 밝은쪽으로 적응하는 것  
보다 어두운 쪽으로 적응하는 것(dark adaptation)  
이 더 긴 시간이 필요하며, 항로상의 홍등과 녹등  
의 탐지거리에 있어서도 동일한 조건에서 녹등이  
홍등보다 더 먼거리에서 탐지된다.

따라서 조선자의 시력과 시각 야간항해의 안전  
성을 위해서는 위에 언급된 내용을 감안하여 항로  
표지를 설치하여야 한다. 즉, 항만의 항로접근구역,  
직선수역 및 변침수역에 적절한 항로표지의 등화  
의 리듬, 등화의 간격 및 중시선을 체계적으로 배  
치시켜 조선자에게 등화의 확인에 실수를 하지 않  
도록 하여야 한다.

(2) 狹視界航行의 航路標識

시각항해를 위한 적절한 시계(Visibility)는 최소  
한 1.5마일 이상이어야 한다. 시계가 1.5~0.25마일  
의 조건에서는 부표간격, 직선수역 및 변침수역에  
따라 다소차이가 있지만 시각항행 및 레이더 항행  
의 비율을 거의 반반으로 사용하여야 하며 시계가  
0.25마일이하 조건에서는 변침점의 좌우현 수로양  
측부표인 Inside Apex Buoy, Start-the-turn Buoy  
및 Pullout Buoy가 시계내에서 보이지 않을 경  
우에는 레이더를 우선적으로 사용하고 시각항행은  
보조로 이용하여야 한다.

표 2는 우리나라 남해안의 모항구의 1년 동안의  
기상개황이다. 표 2를 분석하여 보면 연 평균 천기  
일수에서 시각항행이 가능한 호천일의 일수는 맑  
음과 흐림의 합계 216.5일이고 기상악화 항해일수  
는 148.5일로서 1년 365일에서 40.7%에 해당된다.  
그러나 호천일 216.5일에서도 레이더보조가 필요  
한 야간항행의 경우 표 1의 자연야간시간 09hr 53  
min에 해당하는 일수는 89.15일이다. 따라서 레이  
다가 필요한 총일수는 악천후일수와 호천일의 야  
간일수를 포함하여 총 237.65일이 된다. 이는 1년  
365일의 약 65%로서 1년의 3분의 2정도이며 시각  
항행에 해당하는 일수는 1년중 약 35% 정도이다.

표 2의 분석자료에서 밝힌 것처럼 선박안전성

및 복합항행측면에서 대형선박이 입출항하는 항로  
는 반드시 시각항행의 등화표지에 추가하여 적절  
한 레이더표지 즉, 레이더 리플렉터(Radar Reflec-  
tor), 레이마크(Ramark) 그리고 레이콘(Racon) 등  
의 레이더 항로표지를 설치하여 항로부표와 소형  
선을 구별할 수 있도록 하여야 한다.

Table 2 Annual Meteorological Data of a certain Port, South Coast, Korea

Temperature	Mean	13.8°C
	Highest	36.4°C
	Lowest	-12.6°C
Wind Speed	Mean	3.9m/sec
	Max. Mean	23.0m/sec
Rainfall	Mean	1,368mm/yr
	Daily Max.	267.6mm/day
Annual Weather	Sunny	11.3day
	Cloudy	105.2day
	Foggy	23.7day
	Rainfall	101.8day
	Snowy	11.4day
	Freezing	77.8day
	Thunder	7.9day
Stormy		10.1day
Barometer	Mean	1,016.7mb

III. 變針水域의 航路標識시스템 檢討

1. 旋回操船과 旋回圈

전진중인 선박이 좌우현 어느 한쪽 현으로 타를  
사용하면 추진기의 강한 배출류에 타압이 생겨 이  
타압이 선체의 직진관성 모멘트를 극복하면서 서  
서히 전타현으로 회두타력이 생기게 된다. 회두속  
도가 커지면서 선박은 정상선회에 돌입하면 선속  
도 감소하면서 선체는 일정한 크기의 원을 그리면  
서 선회를 계속하게 되는데 이것을 선회권(Turning  
Circle)이라 한다.

그림 3은 선회중인 모선박의 선수, 전심, 중심 및

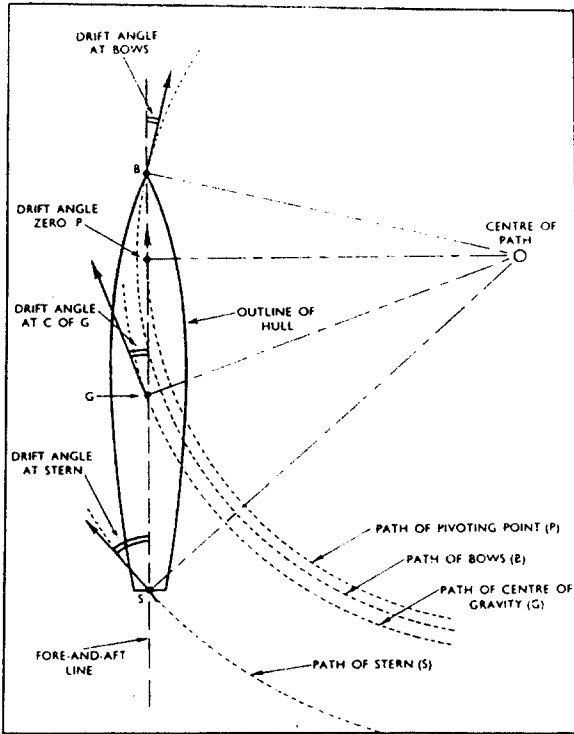


Fig. 3 Paths described by Bow, Pivot Point, CG and Stern of a Ship turning under Rudder full when moving ahead

선미의 편각을 나타내는데 그림에서 선수부의 편각은 적지만 선미부의 편각은 엄청나게 큰 값을 보이고 있다. 이것은 선미의 킥현상(kickout) 때문이다. 그림 4는 60,000톤급 Panamax 선박의 편각(Drift Angle)과 카오프 폭(Extra Width)을 나타내고 있다. 그리고 그림 5는 그림 4에서 구한 Actual Extra Width를 실제로 시뮬레이션 항로에 적용한 것으로서 안전성 및 조종성 측면에서 타당한 값을 분석 확인하였다.

표 3은 세계적으로 관련 기관에서 많이 사용하고 있는 수식인데 필자들은 다른 연구소에서 제안한 것보다 선박의 조종성 측면에서 선체운동과 시뮬레이션 자료분석으로부터 독창적으로 Extra Width 계산수식을 유도하였다.

그리고, 그림 5에서 항로폭(Channel Width) IL

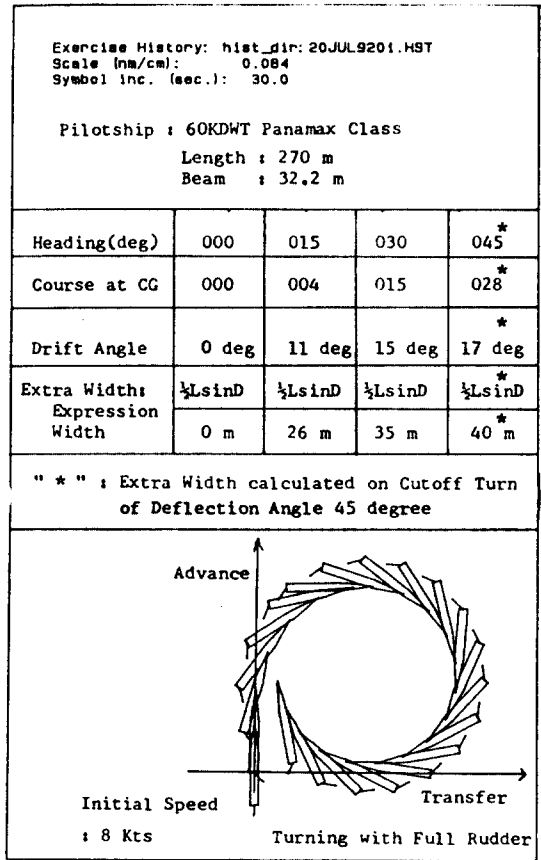


Fig. 4 Dirft Angle and Extra Width of 60K DWT Panamax

은 쌍방통항 항로(Two Way Traffic)에서 요구되고 있는 항로폭 1~2 L의 최소값을 사용한 것이다.

## 2. 變針水域의 最適 航路標識

(1) 單一航路 너갓오프 변침수역의 항로표지가. 우측방향의 변침수역

그림 6은 굴절각도(Deflection Angle)가 30도 이하의 Extra Width가 없는 변침수역에서 채택되는 너갓오프 변침수역의 항로표지배치이다. 항로 좌우현의 부표는 모두가 적절한 등질 및 Radar Reflector가 부착되어 있으며 변침수역내측의 Inside Turn point Buoy는 Racon(T)이 장착되어 협시제

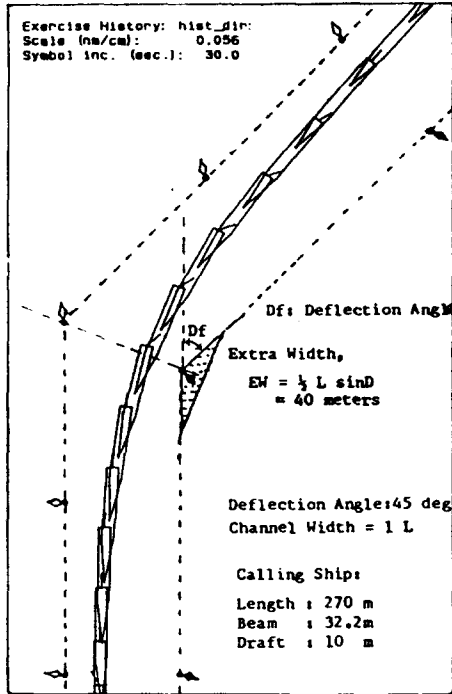


Fig. 5. Actual Extra Width on Cutoff Turn Region

나 야간항행시 Bridge의 조종자에게 다음의 변침점방향(Course)을 암시함과 동시에 Buoy주위의 소형선과의 구별도 된다. 이 Racon은 side lobe에 의한 방해잡음을 없앨 수 있도록 설계된 것이어야 한다. 부표(a)는 Start-the-turn Buoy이고 부표(b)는 Pullout Buoy의 역할을 한다. 그리고, 부표간의 거리표시 0.8마일과 1.25마일은 통항선박의 횡방향 조류에 대한 조치 및 시각항행을 고려하여 항로의 부표배치가 면방식인 경우에 표준거리로서 사용되는 값이다.

나. 좌측방향의 변침수역

그림 7은 좌측방향의 변침수역 항로표지 배치이다.

부표의 등질, 부착된 Radar Reflector 그리고 Racon(T) 및 부표의 역할과 거리는 우측방향의 변침수역의 항로표지와 같다.

Table 3 Port Design Criteria on Extra Width of Cut off Turn Regions

Institute	Numerical Expressions
St. Lawrence Seaway, Canada	Extra Width(EW)=3.05×Deflection Angle in degree (in meters)
PIANC	EW=L <sup>2</sup> /8R(for Oneway Channel) Where, L : Length of Calling Ship R : Radius of Curvature
Ship Analytics, U.S.A	RRF=PS+PP(Simulation Method) Where, RRF : Relative Risk Factor PS : Probability the Extreme Starboard point will cross Starboard Edge PP : Probability the Extreme Port point will cross the Port Edge
Korea Marine Training and Research Institute (KMTRI), Korea	EW= [ 1/2 L sin D(for Df 45 degree and Minus Normal Environment) RRF=PS+PD (for Elsewhere) Where, L : Length of the Calling Ship D : Max. Drift Angle at CG of the ship by the Force of Turning and Sideslip Df : Deflection Angle of Turn Region RRF : Relative Risk Factor by Simulation Method.



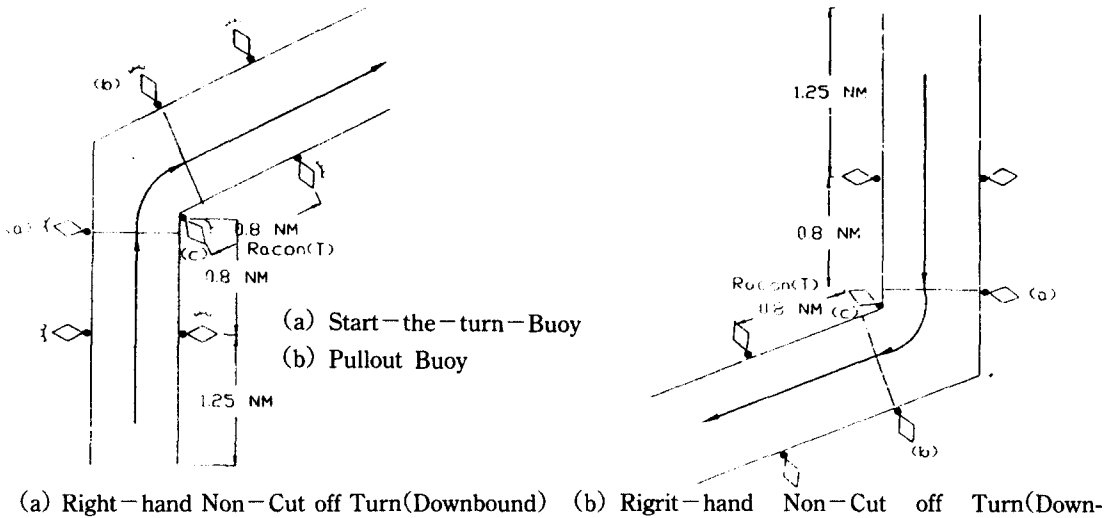


Fig. 6 Optimal Aids to Navigation Placements of Righthand Noncutoff Turn Region

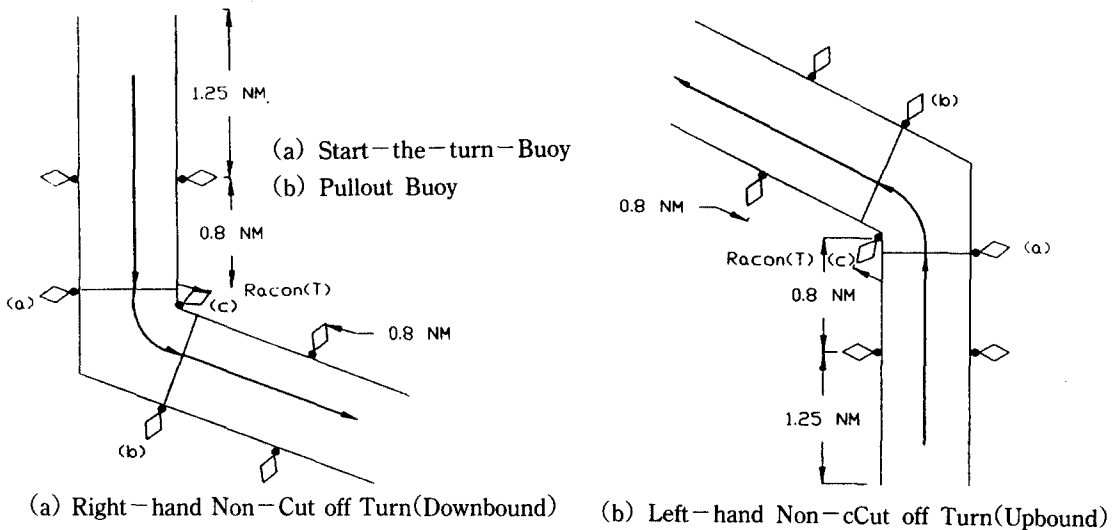


Fig. 7 Optimal Aids to Navigation Placements of Lefthand Noncutoff Turn Region

(2) 單一航路 카오프 변침수역의 항로표지가 우측방향의 변침수역

그림 8은 굴절각도가 30도 이상인 대형선박 통항항로인 카오프변침 수역의 경우 복합항행측면에서 최적으로 배치한 항로표지이다. 모든 부표는 등질과 Radar Reflector가 부착되어 있으며 직선수

역이 끝나는 첫번째 카오프 부표에 Racon(T)를 장착하여 조선자에게 다음 변침방향을 암시하여 주며 또한 동시에 무중항행시 소형선과의 명확한 구별의 역할도 한다.

부표(a)는 Start-the-turn Buoy, (b)는 Outside Apex Buoy, (c)는 Pullout Buoy 그리고 (d)는 Be-

gin-the-turn Buoy이다. 위의 부표(c)와 (d)의 위치는 Extra Width에 의하여 결정된다.

나. 좌측방향의 변침수역

그림 9는 좌측방향의 항로표지이다. 부표의 등

질, Radar Reflector 그리고 Racon(T)는 우측방향의 항로표지와 같다. 부표 (b)는 Pullout Buoy이고, (d)는 Begin-the-turn Buoy이다.

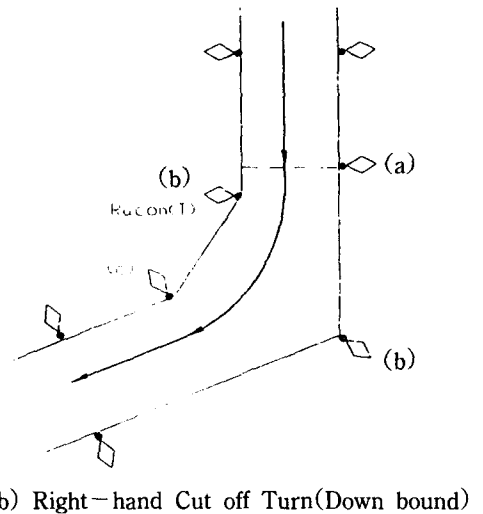
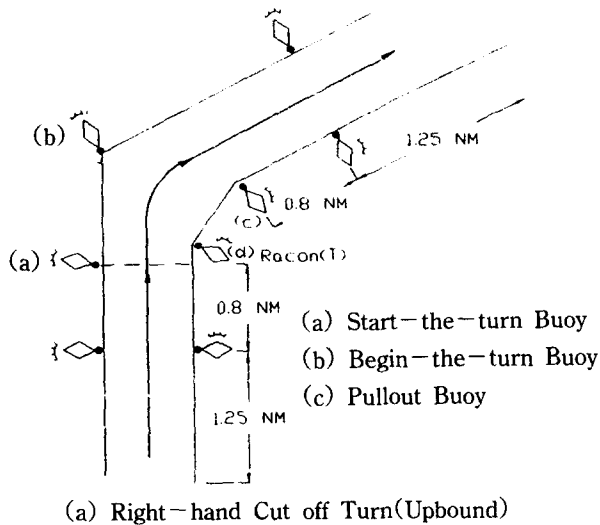


Fig 8 Optimal Aids to Navigation Placements of Righthand Cutoff Turn Region

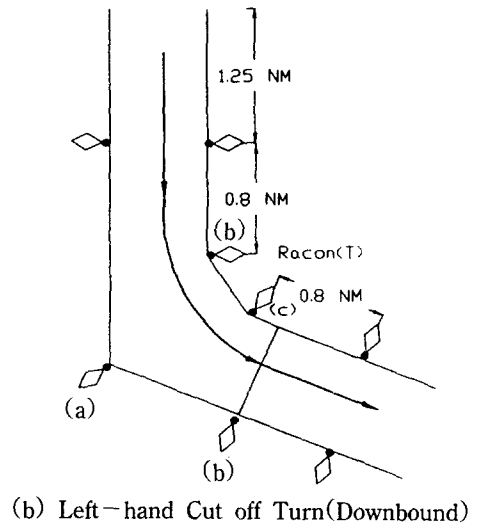
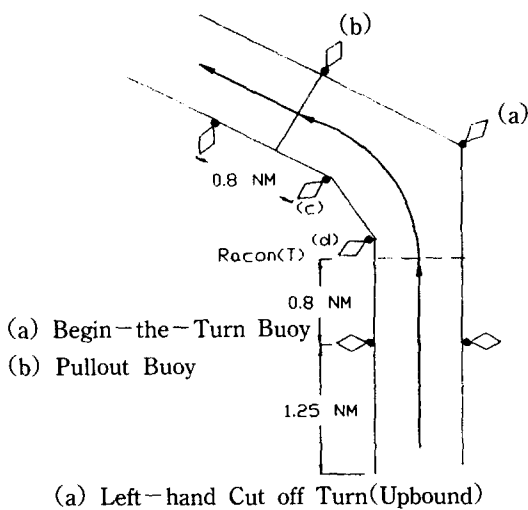


Fig. 9 Optimal Aids to Navigation Placements of Lefthand Cutoff Turn Region

#### IV. 複合航行의 最適單一航路標識시스템

##### 1. 單一航路 넛오프 變침水域의 境遇

앞의 2장과 3장에서 기술한 내용을 토대로 시각 항행과 레이더항행을 결합한 복합항행에 있어서 S곡선형의 단일 입출항항로의 최적항로시스템을 제시하고자 한다.

그림 10과 같은 넛오프 변침수역으로 구성된

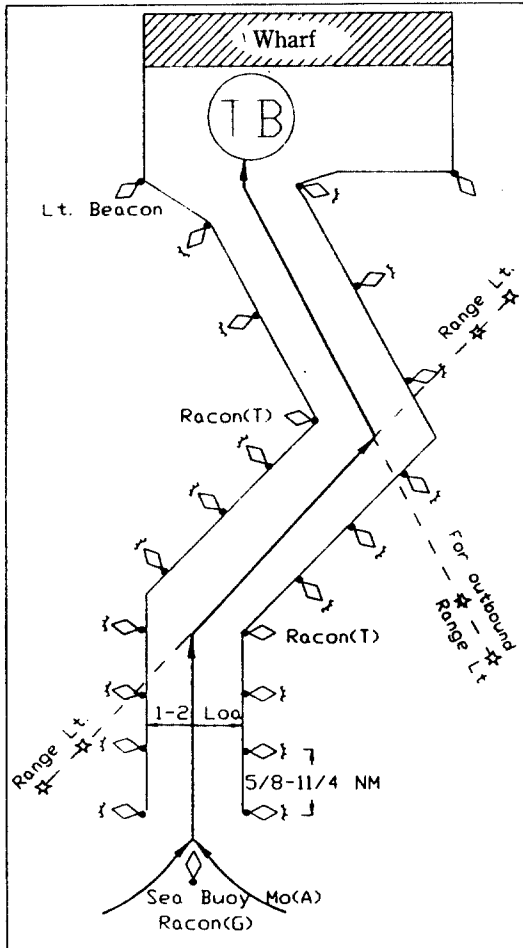


Fig. 10 Optimal Aids to Navigation Placements of Single Waterway—Two way Traffic System for maneuverability and Combined Piloting(Cutoff Turn)

입출항 항로시스템에 있어서 Pilot station인 Sea Buoy는 대양에서 접근하는 입항선박의 Land fall과 Pilot station의 2가지 역할을 한다. 호천후의 경우는 원거리에서 Pilot Boat를 육안과 쌍안경으로 확인할 수 있지만 무중상태나 악천후일 때는 레이더를 이용하여 Pilot station을 확인하여야 한다. 따라서 전천후 24시간 입항선박의 안전유도를 위해서는 Sea Buoy에 Morse A의 등질과 Racon(G)를 반드시 부착시켜야 한다.

Racon(G)는 식별부호가(— —)로서 국제신호기의 단자신호 "I require a pilot"의 의미이기 때문에 처음 입항하는 선박도 레이더 영상에 Sea Buoy의 Racon(— —)에 의하여 Pilot station을 쉽게 알 수 있는 큰 장점이 있다. 모든 항로부표는 적절한 등질과 Radar Reflector가 부착되어 있고 변침수역의 Inside Turn point Buoy는 Racon(T)를 장착시킨다. 부표간격은 직선수역인 경우 0.625~1.25마일로 배치시키고 Turn Point Buoy와 Range Light도 적절히 배치시킨다.

##### 2. 單一航路 넛오프 變침水域의 境遇

그림 11은 넛오프 변침수역으로 구성된 입출항 항로시스템이다. 넛오프 변침수역으로 구성된 항로는 주로 거대선박 통항이 많은 항만이다. 따라서 Sea Buoy에서 직선구간의 안전조타를 위하여 Range를 하나 더 설치하는 것도 바람직하다. 이것 이외의 부표의 등질, 배치 및 레이더표지는 넛오프 변침수역의 것과 동일하다.

#### V. 結 論

항해시스템은 대형선박을 Seabuoy에서 부두까지의 전과정에 걸쳐 안전하게 이동시키는 입출항 조선과 관련되어 항만전체의 선박운항안전성과 정박시간에 크게 영향을 주는 주요한 시스템이다. 특히 하부시스템인 항로시스템은 육상의 기간 산업도로망의 역할과 마찬가지로기 때문에 대형선박이 통항을 하는데 있어서 전천후 24시간 안전성이

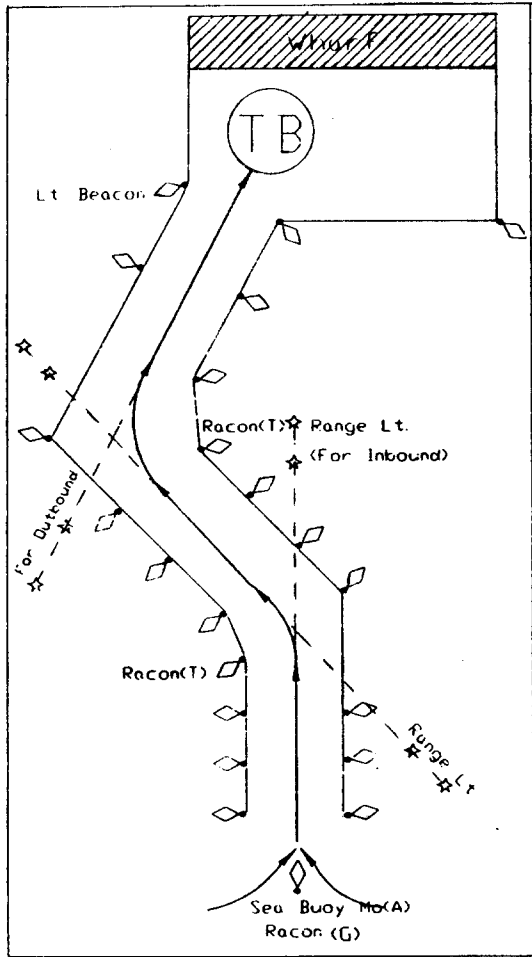


Fig. 11 Optimal Aids to Navigation Placements of Single Waterway—Two way Traffic System for maneuverability and Combined Piloting(Cutoff Turn)

확보되어야 한다. 이는 입출항하는 모든 선박의 안전항해를 보장하기 위함이다.

따라서 본 연구는 제 1단계로 쌍방향의 단일 항로에 한하여 선박의 조정성과 복합항행을 동시에 고려한 연구로서 기존항만의 개발이나 신항만의 항로건설시 최적항로시스템 구축에 널리 사용하는데 그 목적이 있는 것이다.

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 선박의 입출항은 주야 24시간 전천후 가능하여야 하나, 대형선이나 거대형선의 경우에는 가능한한 선박조선자의 실수(Human Error)을 방지하기 위하여 신체야간(Physical Night Time)의 기간에는 복잡한 부두입출항 조선을 피하는 것이 바람직하다.

둘째, 변침회두조선과 선박의 조종성 견지에서 Cutoff 변침수역의 Extra Width를 구하는 기본수식  $1/2 L \sin D$ 를 선회운동과 시뮬레이션 자료분석으로 부터 독창적으로 유도하였다. 그리고 무중항행과 악천후에 대비하여 Inside Turn point Buoy는 side lobe에 의한 방해잡음을 없앨 수 있도록 설계된 Racon(T)를 장치한다. 이는 주위의 소형선박과도 구별에 도움을 준다.

셋째, 정회방향으로 강조류가 예상되는 직선구간은 반드시 Range Light를 설치한다.

넷째, Sea Buoy의 역할은 Landfall과 Pilot station을 알려주기 때문에 Mo(A)와 Racon(G)를 장치시킨다.

다섯째, 항로상의 부표의 형태와 배치는 IALA해상부표식의 권고에 따라야 하고, 또한 대형선의 항만과 초대형선(VLCC)의 항만을 구별하여 원거리에서도 잘 식별될 수 있는 적절한 크기의 부표를 항로에 배치시켜야 한다.

그리고 특히 항만입구의 Pilot Station Sea Buoy는 안전수역표지(Safe Water Marks)로서 파고 10m 전후의 폭풍우에서도 등화와 Racon작동에 이상이 없도록 안전성이 보장되어야 하고 가능한다면 대형의 것을 설치하여야 한다.

본 연구는 단일항로에 한해서 선박의 조종성, 시각항행과 레이다항행의 복합항행을 동시에 고려한 일반적인 견지에서 최적 항로표지시스템을 제시한 것이다. 그러나 실제의 항만은 항만마다 특성이 있기 때문에 이 제안된 시스템을 획일적으로 적용할 수는 없지만 항해시스템안전(Navigational System Safety)측면에서 가능한한 이 시스템을 적용하는 것이 바람직하리라 본다.

앞으로의 연구과제는 이 시스템을 토대로 기존의 거대선 항만의 항로시스템의 검토 및 복수항로

의 최적 항로표지시스템의 구축에 關해서도 연구 되어야 할 것이다.

參 考 文 獻

海運港灣廳, IALA 海上浮標式, International Associations of Lighthouse Authorities(IALA), 1981.

Per Bruun, et al., Port Engineering, Gulf Publishing Co., Houston, 1986.

Ship Analytics, Short Range Aids to Navigation Systems and Design Manual for Restricted Waterways, Ship Analytics, Inc., North Stonington Professional Center, North Stonington, CT. U.S.A., 1989.

Daniel H. MacElrevey, Shiphanding for the Mariner, Cornell Maritime Press, Inc., Maryland, 1983.

Capt. Byung-goo Woo, Ph. D. et al., : Shiphanding for the Shiphanding Simulator Training, Korea Marine Training and Research In-

stitute, Pusan, 1989.

김환수 · 채양범 : 안전항해관점에서 의 항만설계 要素의 분석 및 기존 항만설계 기준들에 對한 比較, 韓國航海學會誌, 第15卷, 第4號, 1991.

윤여정 : 천문항해학, 아성출판사, 부산시 영도구 동삼동 618, 1971.

한국해기연수원 교수부 : Radar Observer and ARPA Course, 한국해기연수원, 1991.

韓國海技研修院 附設 船舶運航技術研究所(1989), 群山港 新埠頭에서 的 船舶接離岸 安全性 에 關한 시뮬레이션 檢討.

\_\_\_\_\_ : 釜山港 4段階開發實施設計, 1991.

\_\_\_\_\_ : 釜山港 海上新都市 船舶運航安全性 Simulation研究, 1992.

구자윤 · 우병구 : 港灣의 最適入出港航路 시스템 에 關한 研究, 韓國航海學會誌, 第16卷, 第1號, 3月, 1992.

National Transportation Safety Board, Marine technology Nov. 1991, SNAME, 601 Pavonia Ave., Jersey City, NJ.