

港灣의 最適入出港航路 시스템에 關한 研究

구 자 윤* · 우 병 구**

A Study on the Optimal Waterway System of Port

Ja-Yun Koo · Byung-Goo Woo

〈目 次〉

Abstract	3.2 변침수역의 최적 부표배치 및 등질
I. 序論	3.3 직선수역의 부표배치방법
II. 入出港 航路의 基本配置	IV. 光陽항 入出港航路시스템의 實證的 分析
2.1 최적항로 설계에서의 기본적 고려요소	4.1 광양항의 개요
2.2 조종에 따른 항로의 분할수역	4.2 항로의 배치 및 표지시스템의 현황과 분석
2.3 항로의 최소 소요폭	V. 結論
III. 最適 航路標識시스템 檢討	參考文獻
3.1 년캣오프 변침수역 및 캣오프 변침수역	

Abstract

The Waterway System for the Very Large Ships is One of the Important Systems connected between Marine Transport System and Exclusive Terminal.

This Study analyzed the Turning Configurations and Placement of Fairway Buoys in Waterway at the Port of Kwangyang to make Optimal Suggestions for Ship's Safe Navigation.

The following Conclusions are drawn :

- 1) In Area Section A, Starboard Hand Buoy No.14 should be changed its Location and Light Rhythms, and Buoy Nos.13 & 16 are required their Light Rhythms to be changed.
- 2) Especially in Area Section B located before the Turning Basin, The Location and Light Rhythms of Nos.20 & 22 buoys at Starboard Hand should be changed, Port Hand No.21 also should be done, and East Cardinal Bouy located between Nos.21 and 23 should be changed its Light Rhythms, or removed if possible.

* 정회원, 한국해양대학 대학원 박사과정

** 정회원, 한국해기연수원 교수 공학박사

3) Buoy No.19 of Lateral Port Hand in Section B should be changed "Preferred Channel To Starboard" to distinguish Main Channel from Secondary One.

I. 序 論

전장이 300미터 가량이나 되는 거대선박이 입출항하는 항구의 항로와 부두를 새로이 계획하고 설계함에 있어서는 당해 항만의 입지선정에 대한 타당성이 사전에 검토·입증되어야 한다.

여기에는 그 항만의 국가경제 및 지역사회에 미치는 영향, 배후지의 산업구조, 필요한 내수면의 확보, 안전수로와 부두의 확보 및 항만내 수역의 자연재해로부터의 보호 등의 요인들이 고려되어야 한다.

이 중에서도 내수면의 확보, 입출항 항로의 배치와 항로표지시스템, 부두의 배치 등 항내 해상교통의 안전성과 경제성에 직결되는 사항은 신항만 건설에서 우선적으로 고려해야 할 가장 중요한 조건 중 하나이므로, 이런 요인들은 반드시 계획의 초기단계에서 검토되어 확정되어야 한다. 그림 1은 이와 같은 요인들을 고려하여 항만과 항로를 이상적으로 배치한 항구의 가상모델이다.

그러나 신항만이 건설되는 초기단계에서는 타당성이 인정되었다 하더라도 거대한 항만의 복합시스템을 실제로 운영하면서 검토단계에서 발견하지 못했던 문제점이나 오류가 하나 둘씩 나타나게 된다.

이런 경우에는 지체없이 보다 더 좋은 시스템이 되도록 수정 또는 보완해 나가야 한다.

특히, 이 복합시스템의 하부시스템인 선박입출항 시스템은 항만전체의 선박운항 안전성과 Port Time에 크게 영향을 주는 중요한 하부시스템이다. 그러나, 우리나라의 경우 입출항시스템을 제외한 다른 부분에서는 연구가 활발히 진척되고 있는데 반하여, 이 중요한 입출항시스템에 대해서는 아직까지 연구활동이 거의 없는 실정이다.

본 연구는 이 점에 관심을 갖고 거대선박이 입출항하는 항구에 있어서 선박운동학과 인간요소(Human Factor)를 고려한 항로의 배치와 폭, 그

리고 항로주위의 항로표지시스템을 최적으로 배치하는 방안을 제시하는데 있다.

연구방법은 최근 미국에서 개발된 최적 항로배치 및 항로표지시스템을 우리나라의 현존하는 항로에 적용시켜, 선박모의 조종장치를 이용한 시뮬레이션을 통해 당해 항로설정의 타당성을 검증하는 것으로 하였다.

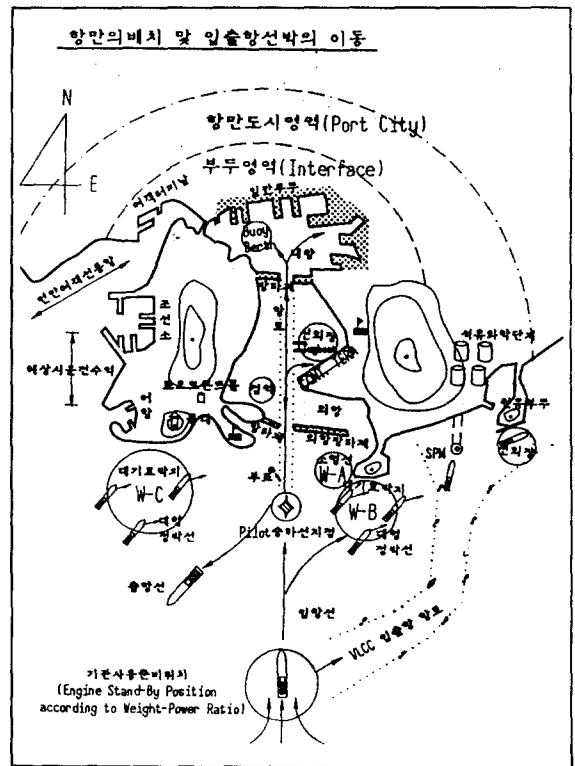


Fig. 1. Optimal Layout of Imaginary Port in consideration of Ship's Types and City Environment

국내 모델항로로는 전라남도 광양군에 소재하는 광양항을 택하였다. 광양항은 현재의 광양제철소의 대형 광석운반선 전용부두와 함께 1995년도에 컨테이너선터미널이 완성되게 되면 우리나라 제일의 거대선 항만이 될 것으로 간주되는데

다, 여수해만 외해에서 “S” 곡선형의 긴 수로를 따라 광양만 안쪽으로 향해하기 때문에 본 연구의 대상항로로써 적합한 것으로 판단되었다.

연구순서로는 제2장에 입출항 항로의 기본배치 방법, 제3장에서는 항로의 최적 항로표지시스템을 제시하고, 제4장에서는 제3장에서 제시된 최적 항로표지시스템을 광양항에 적용하여 분석하고, 그 합리적인 방안을 제시하기로 한다.

II. 入出港 航路의 基本配置

2.1 最適 航路설계에서의 基本적 考慮요소

어떤 항구의 입출항 항로시스템을 설계하는데 있어서 우선적으로 고려할 사항은 평면적으로 어떻게 배치할 것인가 하는 점이며, 그 다음에는 구체적으로 폭과 수심을 결정하는 것이다. 입출항 항로의 평면적 배치는 계획항구 부근의 위치조건에 크게 영향을 받는다. 경제성 문제를 고려하지 않는다면 항로는 기본적으로 수심은 깊고 폭은 넓을수록 좋으며, 또한 그 전체길이에 있어서 만곡 변침수역의 “S” 곡선형의 굴곡이 적을수록 좋다. 그러나, 무엇보다도 중요한 것은 어떠한 조선자가 조선을 하더라도 안전운항이 보장되도록 설계되어야 한다.

따라서, 항로는 1차적으로 이러한 변수를 고려하여 배치되어야 하며, 다음 단계로서 조류와 바람의 영향, 그리고 이에 따른 선박운항의 안전성 내지 편의성, 항만 교통량과 교통의 흐름, 항행보조시설의 배치 및 그 경제성을 검토하여 1차계획을 수정하거나 아니면 이를 수용하는 선택대안을 마련하게 된다. 항로시스템 설계시 고려하여야 할 사항을 검토한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 항로의 진입방향은 가능하다면 계각(Crab Angle)과 스위프트 패스(Swept Path)를 고려하여 조류나 해류의 흐름방향에 대하여 횡방향의 되지 않도록 한다.

2) 항로의 폭은 입출항하는 최대선형의 선박이 만재상태에서 필요한 안전조종수역과 입출항 통항량 및 기상조건 등을 감안하여 결정하여야 한다.

3) 항로의 수심은 최대선형의 유체역학적 특성과 파랑에 의한 선체운동, 그리고 비상투표시 트립핑 팜(Tripping Palm)의 여유치를 감안하여야 한다.

4) 항진중인 선체의 선미 킥아웃(kick out) 및 선수의 요잉(yawing)현상을 고려하여 대각도 변침수역의 설정은 가급적 피하여야 한다. 그러나 만곡부의 설정이 부득이한 경우에는 변침수역의 변침각도가 20도 미만의 넛컷오프 수역(Noncuttoff Turn), 20도 이상의 컷오프 수역(Cutoff Turn) 방식으로 한다.

5) 통항량을 감안하여 일방통항 또는 쌍방통항의 구분을 명확하게 한다.

6) 선박의 기관 및 타 고장과 같은 비상사고시를 대비하여 피난수역의 확보 및 안전잠재수역을 확보한다.

7) 항로표지시설은 주·야간 및 협시계의 모든 상황에서 변침조타와 피항조건에 최대의 효과를 올릴 수 있도록 계획하고, 특히 많이 활용하고 있는 측방표지의 경우 섬광(Flash), 군 섬광(Group Flash) 및 급섬광(Quick Flash) 등의 등질을 그 특성별로 항로 및 주위 환경에 적절하게 조합하여 최적배치가 되도록 한다.

2.2 조종에 따른 항로의 분할수역

항로를 설계하는 설계자가 새로이 항로를 설계·계획할 때는 변침수역을 기준으로 하여 그림 2와 같이 전항로를 적절히 분할한다. 이는 각 분할 수역마다 적절한 조선기술이 요구되어 그것에 적합한 항로표지를 배치시켜야 하기 때문이다.

각 분할 수역별 명칭과 개념은 다음과 같다.

1. 변침수역(Turn Regions)

변침수역은 선박이 변침하는 수역이다. 조선자들은 변침시 선박의 선수미방향과 정횡방향의 위치 및 속력의 변화를 순간적으로 판단할 수 있어야 하는 지점이므로, 항로표지와 수와 배치, 그리고 등질이 최적이 되도록 배치하여야 한다. 변침수역의 길이는 통상 항로를 통항하는 선박의 대소크기에 따라 차이가 있지만, 만곡지점 (Apex) 전후방 약 0.5마일 이내의 수역으로 하는 것이

보통이다.

2. 회복수역(Recovery Regions)

변침수역의 전후방에 놓여있는 수역을 말한다. 이 수역은 선박의 크기에 따라 차이가 있는데, 통항선박의 선속을 6-12kts로 가정할 경우 100,000DWT급의 선박의 회복수역거리는 약 1.7마일 정도가 된다.

3. 침로안정수역(Trackkeeping Regions)

직선구간에서 회복수역을 제외한 수역을 말한다. 이 수역에서 선박은 스웨프트 패스가 최소가 되고 침로안정이 유지된다.

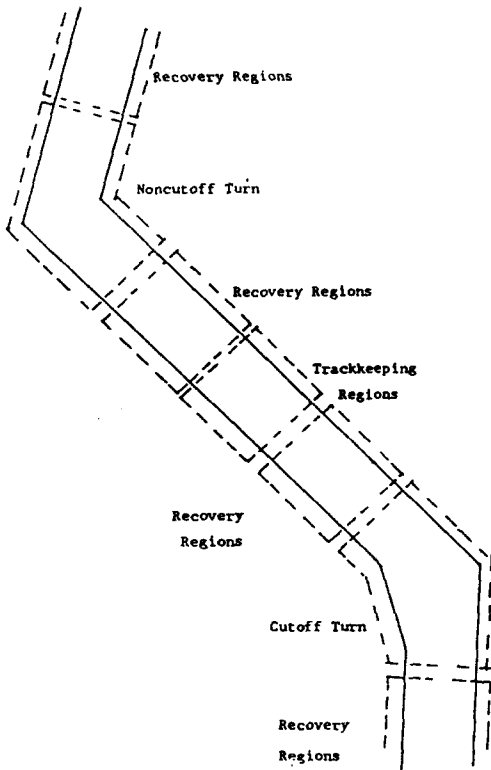


Fig. 2 The Division of Waterway into Regions for Required Maneuvers

2.3 항로의 최소 소요폭

일반적으로 항로의 수심은 최대선형의 만재상태의 흘수보다 1.2배 이상이면 항행가능하다. 그리고 항로의 소요폭은 입출항 최대선형의 조종에

필요한 최소 항로폭에 따라 결정된다. 그러나 통항량이 많은 지역에 있어서는 통항용량을 수용할 수 있어야 하며, 이 때 통항방법 즉 통항분리방식(Traffic Separations Schemes)이나 교통관제(Traffic Control)의 도입 여부 등이 통항 용량에 영향을 미친다.

다음 그림 3은 항로의 최적 설계폭을 결정해 나가는 과정을 도식화한 것이다. 먼저 입출항 선박의 최대 선형의 외력조건을 고려한 조종성능에 의한 최소항로폭과 통항량을 수용할 수 있는 최소항로폭을 비교하여 그 최대 값을 기본 항로폭으로 정한다. 그 다음은 선박조종시뮬레이터를 이용하여 실시간 시뮬레이션(Real Time Simulation)으로 안전성 평가를 한 후, 최종적으로 최적 설계항로폭을 결정한다. 일반적으로 변침수역(Turn 및 Bend)이 아닌 직선구간 수역(Trackkeeping Regions 및 Recovery Regions)에 있어서 일방항로 및 쌍방항로를 위한 항로폭은 측벽거리(Bank Clearance), 조종폭(Maneuvering Lane) 및 선박간거리(Ship Separations)를 고려하여 결정한다.

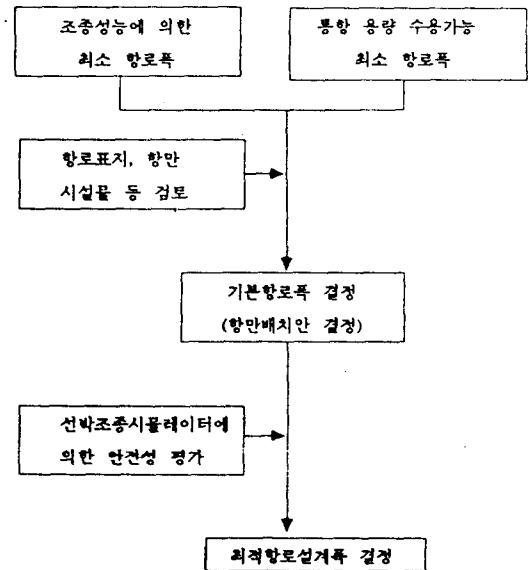


Fig. 3 Flow chart for designing the Optimal Waterway System

조종 성능에 의한 최소 항로폭을 결정하는데는 다음과 같은 수식을 이용한다.

1. 일방통행시 최소 항로폭

$$W_s = 1.8B + 1.7B + 1.8B$$

(Bank Clearance) (Maneuvering lane) (Bank Clearance)

$$= 5.3B$$

2. 쌍방통행시 최소항로폭

$$W_d = 1.8B + 1.7B + L_oa + 1.7B' + 1.8B'$$

(Ship's Separations)

$$= 3.5B + L_oa + 3.5B'$$

여기서, L_oa : 통항 최대 선박의 전장

B : 통항 최대 선박의 폭

B' : 쌍방 통항시 소형선박의 폭

III. 最適 航路標識시스템 檢討

앞장에서 설명한 항로의 각 분할수역 중에서 조선상 가장 중요한 수역은 변침수역이므로, 이 변침수역에 항로표지(Buoy)시설을 설치할 때는 변침각도와 최대선형의 크기에 따라 안전성이 최대한 확보되도록 배치되어야 한다.

변침수역에 대한 항로표지의 배치방식과 등질은 다음과 같다.

3.1 넌컷오프 변침수역(Noncutoff Turn) 및 컷오프 변침수역(Cutoff Turn)

그림 4는 넌컷오프와 컷오프 변침수역의 항로 배치와 부표배치를 나타내고 있다. 우선 항로배치에 있어서 넌컷오프 변침수역은 굴곡부분의 변침각도가 보통 20도 미만의 적은 변침수역에 설치되는 것이고, 컷오프 변침수역은 20 내지 40도의 대각도 변침수역에서 변침쪽의 수로를 대각선 방향으로 준설·절단하여 곡률 반경을 크게 한 것이다. 그리고 부표배치에 있어서는 조선자가 기상조건과 시계에 관계없이 안전하고 여유있게 선회조선을 하기 위해서는 부표를 시스템적으로 배치시켜야 한다.

즉, 그림 4-a에서 넌컷오프턴의 "Set up"부표는 선속과 타각에 따른 리이치(Reach)를 고려하

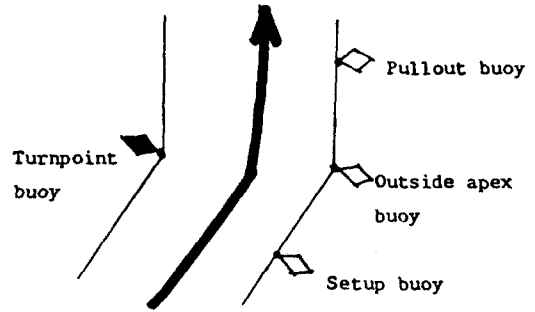


Fig. 4-a Noncutoff Turn and Buoys(Upbound)

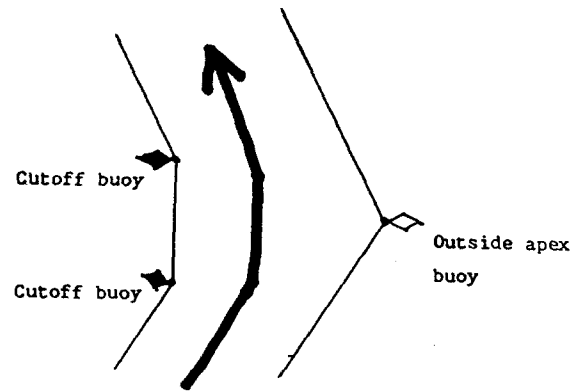


Fig. 4-b Cutoff Turn and Buoys(Upbound)

Fig. 4 Turn configurations and Optimal buoy placements

여 그림 8과 같은 거대선박들이 변침조선을 할 때 변침시작의 타각사용시점을 알려주는 부표이며 "Outside Apex"부표는 정횡방향의 선위를 확인하는데 이용된다. 그리고, "Pullout"부표는 다음 선침로의 방향과 선수미방향의 위치 및 요잉속도를 판단하는데 사용된다.

그림 4-b의 컷오프턴에서 "Cutoff"부표는 그림 4-a의 "Set up"부표와 "Pullout"부표의 역할과 같다.

3.2 변침수역의 최적 부표배치 및 등질

변침수역의 부표방식과 등질은 그림 5와 같이

One Buoy, Two Buoy 및 Three Buoy형식이 사용되며, 이를 다시 넛갓오프와 캣오프형식으로 구분할 수 있다.

부표의 방식과 등질을 채택할 때 만약 입항선과 출항선이 양방향으로 통항을 하게 될 경우에는 비중이 큰 쪽을 우선적으로 고려하여 배치시킨다.

그림 5-e와 5-f에서 볼 수 있는 것처럼 Three Buoy형식에서 "Set up"부표는 저속섬광(Slow Flash)이 좋고, "Apex"와 "Pullout"부표는 반드시 급섬광(Quick Flash)을 채택하여야 한다.

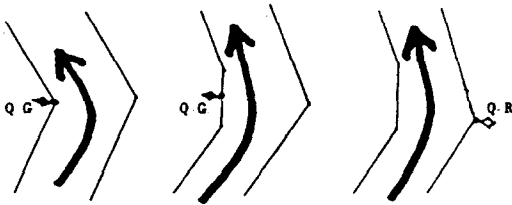


Fig. 5-a One Buoy (Noncutoff Turn) Fig. 5-b One Buoy (Cutoff Turn)

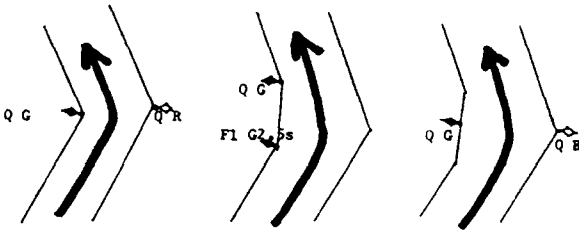


Fig. 5-c Two Buoy (Noncutoff Turn) Fig. 5-d Two Buoy (Cutoff Turn)

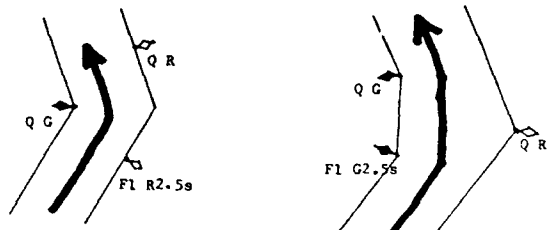


Fig. 5-e Three Buoy (Noncutoff Turn) Fig. 5-f Three Buoy (Cutoff Turn)

Fig. 5 Optimal turn light rhythms of buoys at Turning Areas

왜냐하면 변침수역에서는 고도의 조선기술이 요구되기 때문에 안전하게 변침조건을 할 수 있도록 부표를 명확하게 구분해 줄 필요가 있기 때문이다.

3.3 직선수역(Straightaway)의 부표배치방법

직선항로에서 채택되는 부표방식은 그림 6과 같이 3가지 방식이 사용되고, 등질은 IALA에서 권고한 섬광이나 균섬광이 사용된다.

1. 면방식(Gated Arrangements)

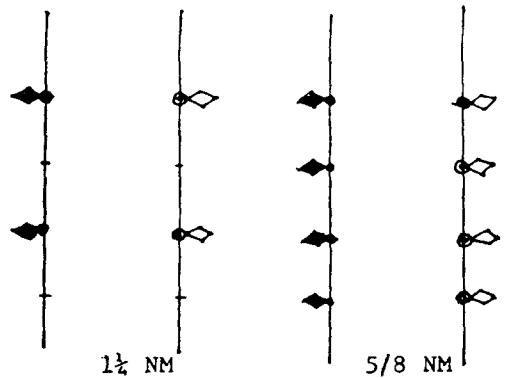
면방식은 주로 대형선박이 통항하는 항로에 많이 채택되는데, 장점으로는 조선자가 육안이나 레이더로 항로의 가장자리와 항로의 중심선 파악을 쉽게 할 수 있기 때문이다(그림 6-a).

2. 지그재그방식(Staggered Arrangements)

지그재그방식은 주로 소형선박이 통항하는 항로에 많이 채택되는데, 면방식은 주로 긴 수로에서 사용되지만 이것은 수로가 짧고 협소하며 천소수역에 사용된다(그림 6-b).

3. 선방식(One-side Arrangements)

선방식은 간혹 변침수역사이의 단일부표로 사용되는데, 쌍방향통항수역에는 사용하지 않는다(그림 6-c).



Spacing on a Single Side

Fig. 6-a Gated Arrangements

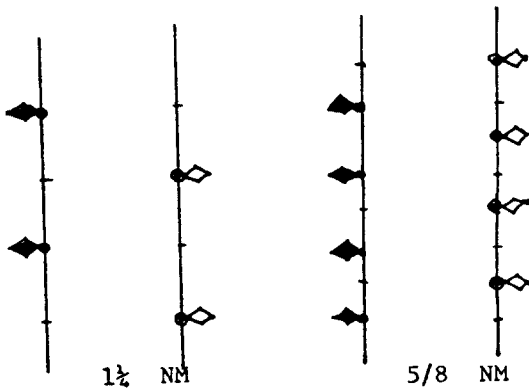


Fig. 6-b Staggered Arrangements

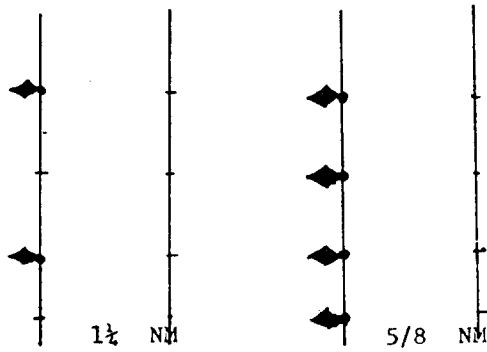


Fig. 6-c One-side Arrangements

Fig. 6. Alternative Buoy Arrangements for Straightway Fairways

IV. 광양항 入出港 航路시스템의 實證의 分析

4.1 광양항의 개요

광양항은 접근 항로의 총길이가 여수의해 대도 Pilot station으로부터 광양 제철소 부두까지 약 18 마일이며, 항로의 폭과 수심은 만석한 거대선박이 만조시에만 통항하면 충분하다(그림7). 외력조건으로 창조류(Flood)때의 최대 유속은 약 1.8kts이고, 낙조류(Ebb)때의 최대유속은 약 2.4kts 정도이다.

입출항항로 주변의 부두 배치를 살펴보면, 여수해만 북서쪽의 제1항로 좌측에는 원유운반선 VLCC 부두가 있고, 제2항로의 좌측에는 일반 소

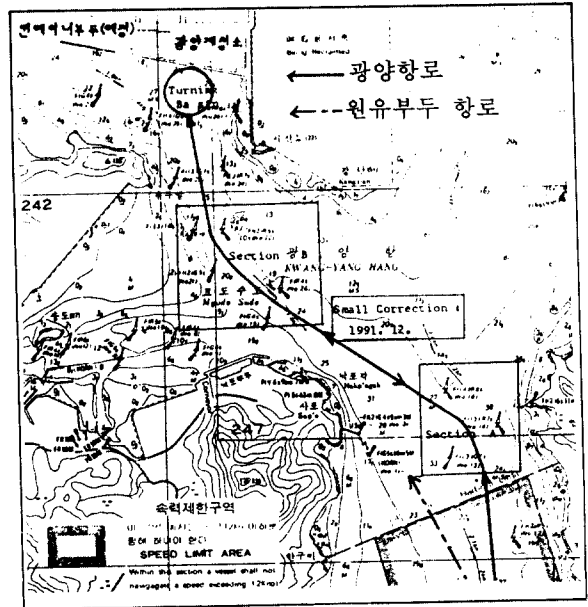


Fig. 7. Waterway Approaches and Navigational Aids System of Kwangyang Hang, Kwangyang Kun, Cheollanam-Do.

형선과 위험화물선의 부두가 있으며, 제3항로의 북쪽 끝단에는 광양제철소 전용부두가 있다. 그리고 1995년에는 Super-Panamax급 정도의 거대 컨테이너선 터미널이 제철소 전용선부두 인접지역에 건설될 예정으로 있다. 참고로, 앞으로 1995년 이후 광양항을 통항할 최대선형의 선박명세를 살펴보면 그림 8과 같다.

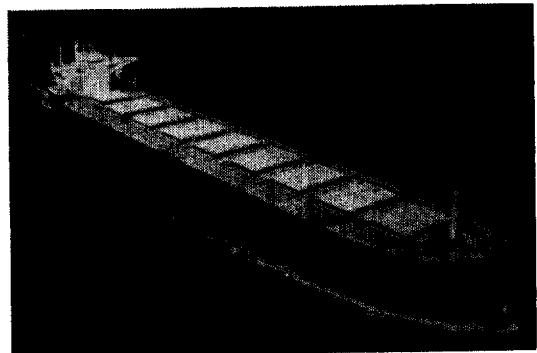


Fig. 8-a Ore Carrier

Loa 290.04m, Beam 46.00m, Draft loaded 18.30m
Gross 93,788 ton, DWT 184,403 ton, Engine (normal)
15,640 PS(63 rpm), Sea speed 13.6 kts

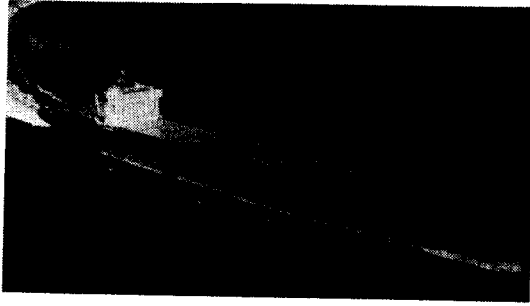


Fig. 8-b Super-panamax Container ship(Supacon) (1995)
Loa 292.15m, Beam 32.20m, Draft loaded 13.00m
Gross 50,437 ton, DWT 59,418 ton, Engine (normal)
40,500 PS(76.5 rpm), 23.4 kts, full load 3,613 TEU

Fig. 8 Very Large Ships using the waterway of Kwangyang Hang

4.2 항로의 배치 및 표지시스템의 현황과 분석

1. 항로와 표지배치시스템의 타당성 검토

광양항의 입출항 접근항로의 배치형태는 그림 7과 같이 여수해만에서 대각도 변침수역 Section A로 인도하는 진입항로(침로 C 348°)와 Section A에서 Section B로 인도하는 직진항로(침로 C 303°) 및 Section B에서 대각도 변침후 최종 광양 부두 진입항로(침로 C 350°)로 세 구역으로 구분할 수 있다.

광양항 전체항로 배치형태에서 45도 이상으로 대각도 변침하는 수역은 2개 수역인데 그 중에서도 Section B의 변침수역은 최종 부두로 진입하기 직전에 위치해 3~4kts의 저속으로는 대각도 변침을 하기가 어렵기 때문에 부득이 킥효과(Kick Effects)로 선회를 시도할 경우 과속의 위험이 있다.

항로표지시스템도 그림 7과 같이 주항로를 따라 배치되어 있는데, 특이할만한 것은 항로주위에 배치된 부표의 등질이 선회변침수역과 직진항로와의 구별없이 그저 단순히 섬광(Flash)과 군 섬광(Group Flash)만으로 되어 있다는 점이다.

특히 문제가 될 수 있는 것은, 선박 운항안전상 고도의 조선기술이 요구되고 있는 변침수역인 Section A와 Section B에 배치된 부표의 위치 및 등질이다.

야간이나 협시제 항행시 조선자에게 수로의 방

향을 표시하고 인접부표와의 혼동을 초래하지 않게 하기 위하여는 변침수역의 항로 양쪽에 급섬광(Quick Flash)의 등질의 부표를 각각 1개씩 배치하여야 하는데도 전혀 고려되어 있지 않다.

항로에 배치된 부표의 역할은 어떤 조건의 외력에서도 선박이 안전하게 통항하도록 하는데 있다. 현재로서는 광양항의 거대 광석운반선의 입출항을 주간에만 한정하고 있기 때문에 부표의 등질이 어떠한 관계가 없지만, 그러나 앞으로 부득이한 경우에는 저녁이나 야간시간에 입출항할 경우도 있고 더우기 1995년 이후에 Super-Panamax급 컨테이너선 부두가 완공되어 운영될 때에는 주야간 24시간 입출항이 예상되어, 등질의 합리적인 선택이 뒤따라야 한다.

따라서, 현재의 광양항의 접근항로배치와 항로 표지시스템을 분석하여본 결과 국제적으로 요구되는 안전운항의 최적표지시스템과 일치하고 있지 않음을 알 수 있다. 앞으로 해상교통량이 폭주되어 거대선박의 조선자가 이런 불량한 항로표지시스템으로 인하여 순간적인 인간오차(Human Error)가 발생할 경우에는 좌초, 충돌과 같은 해난사고와 이로 인한 해양환경오염 등의 재난을 피할 수가 없을 것이다. 그러므로, 광양항의 접근항로의 직선수역은 별문제가 없으나 2개 변침수역의 부표의 배치위치와 등질은 최적표지시스템에 따라 변경시킬 필요가 있다.

즉, 그림 9의 Section A의 경우, 부표 No.14는 등질을 변경하고 현재의 위치에서 직사각형으로 표시된 지역의 어느 한 곳으로 이동시켜야 하고, 부표 No.13과 No.16은 등질을 변경시키야 한다. 그리고, 그림 10의 Section B의 경우는 항로가 캣오프 변침수역이므로 부표 No.20은 위치를 변경하고, 부표 No.21과 No.22는 위치와 등질을 동시에 변경하여야 한다. 예상 변경위치는 그림 10의 직사각형 표시부분이 될 것이다.

특히, Section B의 경우는 배수량 대 기관마력의 비율(Weight to Power Ratio)이 너무 커서 적시에 효과적인 후진추진력을 믿을 수 없는 만재한 거대선박이 입항할 때 최종 부두진입자세로 돌입한 후 선체를 선회장의 적절한 위치에 정선

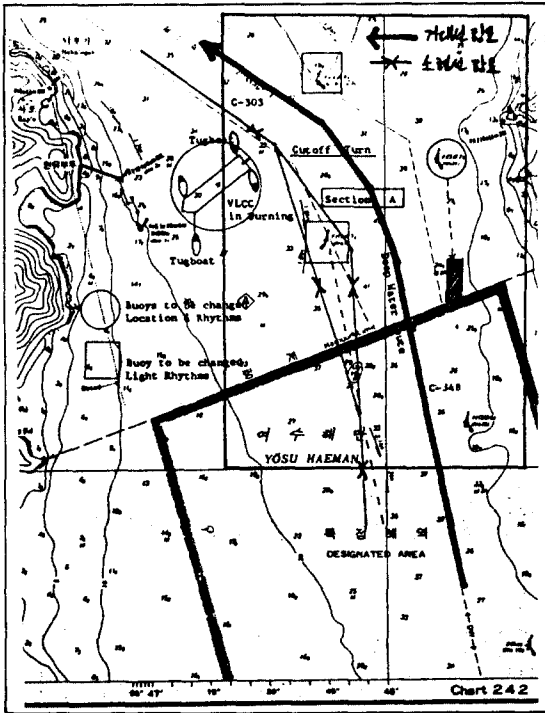


Fig. 9 Section A in detail

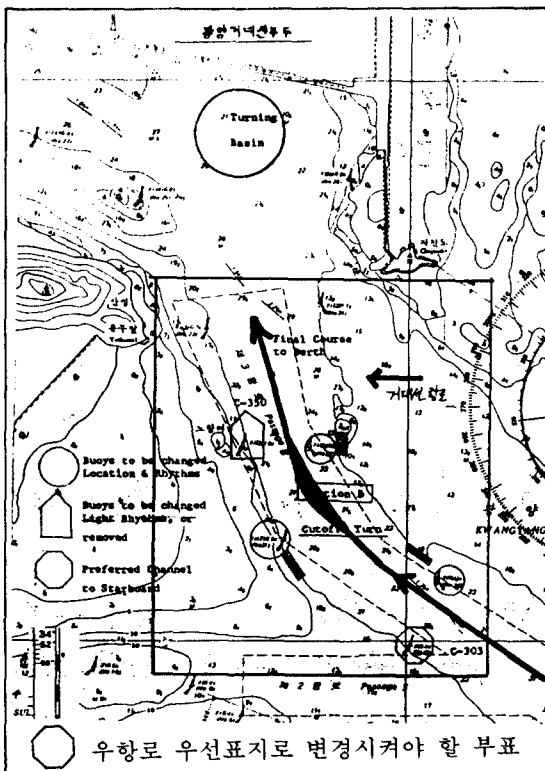


Fig. 10 Section B in detail

시켜야 하므로, 변침 직전의 선체속력은 3-4kts의 저속으로 유지되어야 한다. 거대선의 경우 현재 예선보조하에 주간에만 입출항하기 때문에 원근거리인지능력(Depth Perception)에 크게 영향을 받지 않으므로 별문제가 없을 것 같다. 그러나, 변침수역은 항상 조선자에게 안전운항을 제공하여야 하므로 이 인지능력 작용과 관계없이 변침수역내의 부표위치와 등질은 시각적으로 넓은 시야를 제공하고, 조선자에게 여유를 갖도록 배치되어야 할 것이다.

또 하나의 문제점으로 Section B의 노랑여의 천소수역을 표시하는 동방위표지로서 등질이 FI(3) 10S를 나타내고 있는 바, 동방위표지는 IALA 해상부표식(Buoyage system)에 의거 준급섬광(Q(3) 10S)이나 준초급섬광(VQ(3) 5S)의 등질을 사용해야 한다. 근본적으로 현 위치는 항로의 분기점 등의 의미가 아닌 단순 항행위험을 표시하는 것이므로 수로의 지형상 오히려 측방표지를 사용함이 더욱 타당하고 Buoy No.21과 23의 거리가 약 1500미터 이므로, 이 동방위표지는 제거하여도 항로경계의 판단에 큰 영향을 미치지 않을 것이다.

2. 시뮬레이션 검증

전절의 항로배치와 표지시스템의 타당성검토를 토대로 Section A와 B지역의 항로안전성을 시뮬레이션 장치를 통해 검증해 보았다. 보다 정확한 실험결과를 보기 위해서는 실제 광양항의 환경조건을 넣은 제네릭 데이터베이스(Generic Data Base)에서 실시간 시뮬레이션(Real Time Simulation)으로 정확하게 인간요소(Human Factor)를 고려하면서 실험을 하여야 하나 실제 광양항 전체를 게임에리어(Game Area)로 하는 Data Base의 개발에선 상당한 시간과 비용이 들기 때문에, 특히 문제가 될 수 있는 Section B구역을 대상으로 하여 부분적인 시뮬레이션을 실시하였다.

실험 모형선박(Ownship)은 25만톤급 초대형 유조선으로 하고, 경험 많은 선장이 사전 숙지과정(Familiarization)을 거친 후 변침조선에 임하도록 하였다. 초기속도 3~5kts에서 저속 회전을 25~30RPM으로 침로 045°로 전진하는 선박을 좌현전타를 시작하여 침로가 상대각도 45도 및 90도로

변할 때까지의 선회권 자료를 구한 다음, 또한 동일한 조건으로서 우현전타를 시작하여 침로가 상대각도 45도 및 90도로 변할 때까지 선회권 자료를 구한 후 이번에는 Section B의 변침수역과 비교분석을 하였다. 그림 11은 좌현전타에 의한 선회권자료와 스웨프트 패스이다. 분석결과에 의하면 저속전타한 대형선은 부표 No.22와 상당히 근접되고 있으므로, 이 부표를 현 위치에서 동쪽으로 이동시킬 필요가 있음이 밝혀졌다. 그리고 부표 No.20과 No.21도 보다 더 선박운항 안전성을 확보하기 위해서는 현 위치에서 직사각형의 사선 부분으로 이동시킬 필요가 있고 등질도 변경하여야 한다.

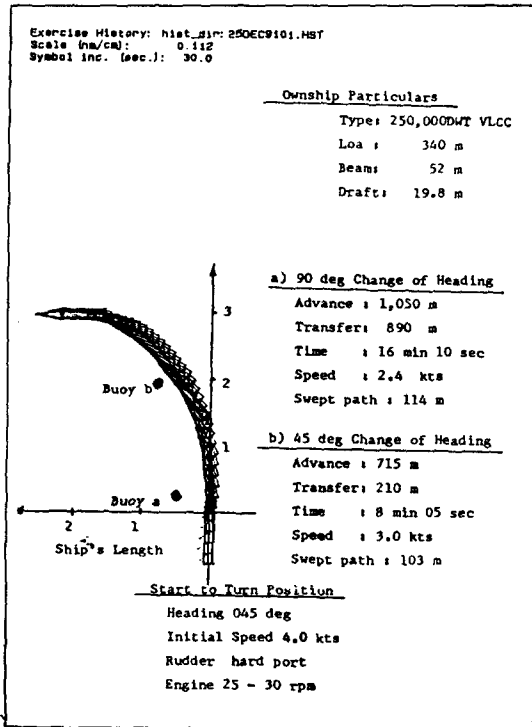


Fig. 11. Turn Circle and Swept path of 250K DWT Tanker VLCC

V. 結 論

항만의 입출항항로시스템은 해상수송시스템 (Marine Transport System)과 부두 및 터미널시

스템을 연결시켜주는 아주 중요한 시스템이다.

이 때문에 선진국에서는 재래의 기존항만을 새로이 확장하거나, 항로상에 Over Bridge를 건설할 때 또는 신항로를 배치할 경우, 입출항선박의 안전운항을 하기 위하여 대형 다목적 시뮬레이션시스템(Full Mission Simulation System)을 통하여 최적항로시스템을 구축하거나 기존의 항로배치와 표지시스템을 수정·변경하고 있다. 이는 선박사고로 인한 해양환경오염과 재산손실을 방지하기 위함이다.

따라서, 본 연구에서는 국내 거대선 입출항 항만중 광양항을 모델로 하여 입출항항로의 표지시스템을 비교분석하고 시뮬레이션 검증을 통해 불합리성을 지적하였다.

광양항은 현재의 선박 통항으로서는 별문제가 없을 것 같지만, 그러나 만재한 입항거대선의 안전운항과 항로의 통항량이 폭주가 예상되는 1995년 이후 컨테이너선 입출항에 대비하여 최적의 합리적인 방안을 마련할 필요가 있다.

본 연구의 결론을 요약하면 다음과 같다.

첫째, 현 항로의 Section A 변침수역은 항로폭이 넓고 선속을 적절히 유지할 수 있으므로 통항하는데는 별 문제가 없을 것 같으나, 야간이나 협시계에서 안전운항을 위하여 부표 No.14를 현 위치에서 권고위치로 옮기고 등질도 섬광(Flash)으로 변경시킨다. 또한 부표 No.13과 No.16의 군섬광(Group Flash)등질은 급섬광(Quick Flash)으로 바뀌어야 한다. 왜냐하면, 연안항해나 직선구간의 항해에서와 같이 선박위치를 파악하는데 충분한 시간이 있는 상황에서는 군섬광의 점멸회수와 주기를 Stopwatch나 육안으로 측정할 수 있지만, 제한된 협수로내에서의 30도 이상으로 한번에 대각도 변침하는 수역에서는 등질을 측정할 그런 한가로운 시간이 없기 때문이다.

둘째, 본 항로에서 가장 중요하고 경계심을 늦추어서는 안될 변침수역은 Section B이다. 현재의 항로배치에 따르면 직선구간(Reach)에서 C 303'로 진입한 저마력 거대선박이 우현부표 No.20에서 변침을 시도하여 우현부표 No.22에서 최종부두 진입자세를 잡아야 한다. 그런데 우현부표 No. 22에서 부두 전방 선회장까지는 약 2,400미터에

불과하므로 선회장소의 적절한 위치에 정선을 하고자 한다면 부표 No.22에서의 통항속력은 3~3.5 kts 정도나 그 이하로 유지하여야 할 것이다.

시뮬레이션 검토에 의하면 거대선박이 초기속력 4kts 이하의 저속 RPM에서 타 사용만으로 한꺼번에 대각도 선회를 하는 경우, 현상태의 부표 배치는 불합리하다는 것이 입증되었다. 따라서, 우현부표 No.22는 현위치에서 동쪽으로 이동시키고 등질도 급섬광(Quick Flash)으로 변경하는 것이 최적의 조치이다. 그리고 부표 No.20과 No.21도 위치와 등질을 변경시켜야 한다. 한편 부표 No.21과 No.23 사이에 있는 노랑여 동방위부표(East Cardinal Buoy)는 등질을 군급섬광이나 군초급섬광으로 바꾸거나 제거하여도 무방할 것 같다.

그리고 No.19 좌현부표는 우항로 우선표지로 바꾸는 것이 보조항로인 제2항로와 구별하기 쉽다.

본 연구는 오로지 순간순간 고도의 변침조선기술이 요구되는 변침수역에서만 항로표지 배치와 등질에 관하여, 광양항을 모델로 검토해 보았다. 앞서 언급한 바와 같이 광양만 전체 Game Area를 확보하고 있지 못한 관계로 전반적이고 보다 정확한 자료를 얻지 못한 아쉬움이 있다.

본 연구자의 견해로는, 광양항은 우리나라의 중요한 기간항구의 하나이고, 1995년 이후로는 대형 컨테이너선박의 입출항이 빈번해질 것을 고려할 때, 이 항로에 대한 거대선 입출항조선의 전과정에 있어서 조선자에게 정신적 안정과 안전조선이 보장되도록 선박조종자료 및 항만환경자료만으로 Human Factor가 고려되지 않는 단순한 의사 시뮬레이션(Pseudo-Simulation Method)이나, 또는 Full Data Base로 실시간(Real-time)의 Human Factor를 고려한 실시간 시뮬레이션(Real-time Simulation Method)에 의하여 항로표지시설의 정확한 위치 및 등질의 개선, 그리고 선박운항 안전성에 관한 검토가 즉시 실시되어야 함을 강력히 제안한다.

이와 함께 거대선박이 입출항하는 우리나라의

특정항만마다 항만입구에서부터 부두까지 입출항 조선 전과정의 항로 및 접이안지원시스템에 대한 선박운항의 안전성 검토가 요구되며, 또한 한걸음 더 나아가서 복잡한 조선(Complex shiphanding)을 개인이 혼자서 순간순간 해결하여야만 하는 조선자들을 위하여 객관적이고 조선자측면에서 자기방어(Self Defence)의 입출항 표준조선법도 연구 개발되어야 할 것이다.

參考文獻

1. 해운항만청(1981), IALA 해상부표식, International Associations of Lighthouse Authorities (IALA), 1980.
2. Per Bruun, et al., Port Engineering, Gulf Publishing Co., Houston
3. Ship Analytics(1989), 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.
4. Daniel H. MacElrevey(1983), Shiphandling for the Mariner, Cornell Maritime Press, Inc., Maryland.
5. Capt. Byung-goo Woo, Ph.D. et al., (1989), Shiphandling for the Shiphandling Simulator Training, Korea Marine Training and Research Institute, Pusan.
6. B.S. Hoyle & D.Hilling(1984), Seaport System And Spatial Change, John Wiley & Sons Ltd., Chichester, New York, Brisbane.
7. 한국해기연수원 부설 선박운항기술연구소(1989), 군산항 신부두에서의 선박접이안 안전성에 관한 시뮬레이션 검토.
8. _____(1991), 부산항 4단계 개발 실시 설계
9. _____(1991), 아산항 공업기지 항만시설 실시설계(2차)