

# 목포항의 해상교통시스템 설정에 관한 연구

정재용\* · 김철승\* · 박성현\* · 양원재\* · 최명식\*

\*목포해양대학교 해상운송시스템학부 교수

## A Study on Proposal of the Improved Marine Traffic System in Mokpo Harbor

Jae-Yong Jong\* · Chol-Seong Kim\* · Sung-Hyeon Park\* · Won-Jae, Yang\* · Myong-Sik, Choi\*

\*Professor, Division of Marine Transportation System, Mokpo National Maritime University, Mokpo, 530-729, Korea

**요 약 :** 목포항의 현행 항로는 달리도 등대 수역과 고하도 만곡부 지점이 대각도로 변침해야 하는 항로설계지침을 충족하지 못하고 있다. 또한 항로 주변에 천소가 존재하고 있으며, 제2항로의 신설로 인한 통항선박의 항법문제, 항로표지의 재배치 및 신설이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 목포항 접근수역에 대한 자연환경, 해양사고, 해상교통량 및 해상교통흐름 관측, 어업현황 등을 조사·분석하고, 전문가 및 이용자에 대한 설문조사 및 현 항로의 국내외 항로설계지침과의 적절성 등을 검토하여 개선안을 도출하고자 한다. 그리고 개선안에 대한 해상교통류시뮬레이션 및 선박조종시뮬레이션을 실시하여 타당성을 검증한다.

**핵심용어 :** 해상교통시스템, 해상교통조사, 해상교통류시뮬레이션, 선박조종시뮬레이션, 안전성 평가

**ABSTRACT :** In the present maritime traffic conditions of mokpo harbor, there exists many hazardous factors which may lead to huge accidents including marine oil pollution. We analyze marine traffic environments including traffic congestion, natural conditions, maritime traffic accidents of the last 10 years, the fishery status, operation of traffic routes and management of navigational aids and regulations relating ships' routeing both in and out of the country. Consequently, this work is to propose improved marine traffic system in future.

**KEY WORDS :** Marine Traffic System, Marine Traffic Survey, Marine Traffic Flow Simulation, Ship-Handling Simulation, Safety Assessment

### 1. 서 론

목포항의 현행 항로는 달리도 등대 수역과 고하도 만곡부 지점이 대각도로 변침해야 하는 항로설계지침을 충족하지 못하고 있다. 또한 항로 주변에 천소가 존재하고 있으며, 제2항로의 신설로 인한 통항선박의 항법문제, 항로표지의 재배치 및 신설이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 목포항 접근수역에 대한 자연환경, 해양사고, 해상교통량 및 해상교통흐름 관측, 어업현황 등을 조사·분석하고, 전문가 및 이용자에 대한 설문조사를 실시하여 개선안을 도출하였다. 그리고 도출된 개선안에 대하여 해상교

통류시뮬레이션을 실시하여 개선안의 타당성을 검증하였다.

### 2. 해상교통환경 평가

#### 2.1 자연환경조사 결과

기상환경은 1999년부터 2003년까지 5년간의 기상청 목포측우소에서 조사·분석한 월별 기상자료를 이용하였다(기상청, 2004).

목포지역의 연평균 안개일수는 23.4일로 우리나라 서해안 지역(인천 47.8일, 군산 44.6일)보다는 낮고 동해안 지역(강릉 10.2일, 부산 19.4일)보다는 높은 것으로 나타났다. 안개일수의 경년변화는 추세선의 기울기가 1.6으로 완만하게 증가하는 것으로 나타났다. 안개 지속시간은 7월에 안개일수와 같이 지속시간이 많은 것으로 나타났으며, 2월에는 안개일수는 작으나 안개지속시간은 가장 높은 것으로 나타났다. 시계가 제한되면 항해하는 선박은 항해물표나 항로표지 등을 인지하거나 타선

\* 대표저자: 정재용 (중신회원), jyjong@mmu.ac.kr 061)240-7308

\* 중신회원, cskimu@mmu.ac.kr 061)240-7307

\*\*\* 중신회원, shpark@mmu.ac.kr 061)240-7127

\*\*\*\* 중신회원, wjyang@mmu.ac.kr 061)240-7313

\*\*\*\*\* 중신회원, cms@mmu.ac.kr 061)240-7064

박의 동정을 관찰하는 것이 곤란하게 되어 충돌 또는 좌초 사고와 같은 해난사고의 주요인이 된다.

목포항은 우리나라 서남해안 지역의 특성인 조차가 커 수역이고, 접근해역은 도서가 산재한 다도해의 일부로서 유향이 매우 복잡하며 대체적으로 낙조류 유속이 창조류 유속보다 우세하다.

## 2.2 해양사고조사 결과

해양사고는 최근 10년간(1994~2003년)에 발생한 사고를 조사·분석하였다(중앙해양안전심판원, 2004). 목포항에서 발생한 해양사고의 위치는 Fig.1과 같다.

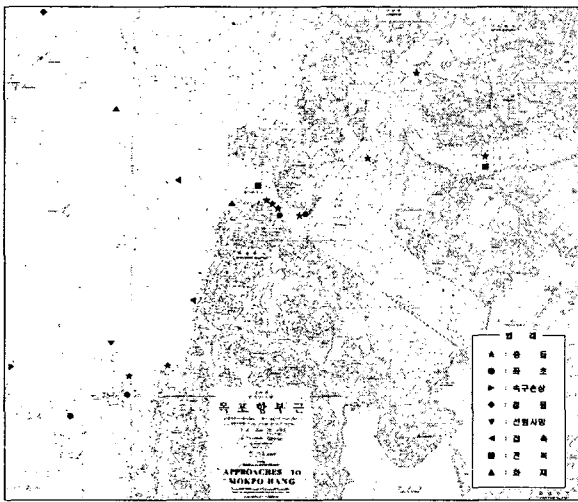


Fig.1 The cause and position of maritime traffic accidents in sea areas within Mokpo harbor

해양사고 발생시각은 일몰시 근방부터 일출시 사이의 야간임이 파악 되었다. 이는 당직해해사의 야간항해 미숙 등에 기인하며, 해당 해역이 목포항 VTS의 관제범위 임을 감안할 때 야간 및 저시정시의 선박통행관제의 강화가 필요함을 알 수 있다. 해양사고 유발원인은 경계미흡이 26%로 가장 높고, 항법규정 미준수 23%, 선박설비 정비소홀 23% 순 등이다.

## 2.3 해상교통 조사

### 1) 해상교통량 조사

목포항 입출항 선박은 최근 5년 동안 선박 척수로는 약 1.4배로 매년 꾸준히 증가하는 추세를 보이고 있고, 총톤수로는 1999년 5백만 총톤에서 2003년 12백만 총톤으로 약 1.2배 증가되었다.

최근 5년 동안 목포항을 입항한 총 선박은 약 5만척으로, 외항선이 약 2천1백척, 연안선이 약 4만 9천척이었다. 1만톤급 이상의 대형선박은 총 800회 정도 입항하였고, 대부분 외항선이 차지하고 있다. 한편, 100톤~500톤 미만의 선박이 약 42%로 가장 많이 입항하였는데, 이것은 연안여객선의 경우 중 소형선이 대부분이기 때문이다.

대상해역에서 목포구를 통과하여 목포항에 입출항하는 선박이 가장 빈번하게 통항하고 있는 것으로 조사되었으며, 입출항 선박 톤수별 척수로는 100톤~500톤 미만의 선박이 약 50%로 가장 많았고, 3천톤급 이상 선박의 비율도 약 10% 정도를 차지하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 목포구를 통과하여 삼호중공업으로 입출항하는 선박들도 빈도는 높지는 않지만 대형선박이 이용하는 항로로 조사되었다.

대상해역에서 목포구를 통과하여 목포항에 입출항하는 선종별 입출항 선박의 분포는 여객선(철부도선 포함)이 약 50%로 가장 높은 비율을 차지하였으며, 일반화물선(석유정제품운반선, 케미컬운반선, 산물선, 시멘트선, 냉동냉장선 등), 예인선 및 잠중선은 15%~20%로 비슷한 비율을 보였다.

항계내에서 고하도 복단을 통과하여 장좌도 남단 및 목포구 입구까지 왕항하는 선박의 빈도도 높게 나타났으며, 입출항 선박 톤수별 척수로는 100톤~500톤 미만의 선박이 약 60%로 가장 많았으며, 20톤~100톤 미만 선박의 비율은 약 20%로 소형선박이 대부분을 차지하고 있는 것으로 조사되었다.

북항을 입출항하는 선박은 주로 장좌도 복단 및 달리도 복단을 이용하는 항로를 이용하였으며, 입출항 선박 톤수별 척수로는 20톤~100톤 미만의 선박이 약 60% 이상으로 가장 많았으며, 모두 5백톤 미만의 선박의 이용하고 있는 것으로 조사되었다.

### 2) 해상교통흐름 조사

현재 목포구 및 목포항 제1항로는 국제적인 항로설계기준을 충족시키지 못하는 열악한 지리적 환경조건을 갖고 있는 해역이다. 또한 이 해역은 목포와 주변 도서지역을 연결하는 여객선, 삼호조선소를 출입항하는 대형선, 목포내항을 출입항하는 화물선 및 어선 등으로 선박의 교통밀도가 높은 해역이다.

목포구 접근해역은 조선 수역이 비교적 넓지만 여러 교통흐름이 교차하고 있다. 목포구 등대 복단해역은 가항수역 폭이 좁고, 교통밀도가 높으며, 목포구 등대에서 달리도 남단의 가항 수역 폭은 약 350미터로서 가항수역 폭이 협소하고, 교통이 밀집되어 충돌의 위험성이 높은 해역이다.

달리도 동남단 인근해역은 제1항로, 제2항로, 제3항로 및 목포구를 이용하는 선박의 교통흐름이 집중되는 해역이다. 목포항을 이용하는 대부분의 선박이 제1항로를 이용하여 선박교통량이 많고, 제1항로가 달리도에 근접해 있고, 달리도 등대 남단은 항로의 배치상 대각도 변침이 불가피하고 모든 선박이 달리도 등대에 근접하여 통항하고 있다.

고하도 복단해역은 대각도 변침이 이루어지는 해역이다. 특히 출항선박이 장좌도에 근접할 수 있는 위험성이 높다. 항로의 좌측에 입항과 출항선박의 항적이 겹치고 있다.

널도 인근해역은 장좌도 남단에서 맥도와 달리도 사이의

수역을 통항하는 소형선박과, 장좌도 북단에서 맥도와 달리도 사이의 수역을 통항하는 소형선박 및 북항에서 용출도와 압해도 사이의 수역을 소형선박이 이용하고 있다.

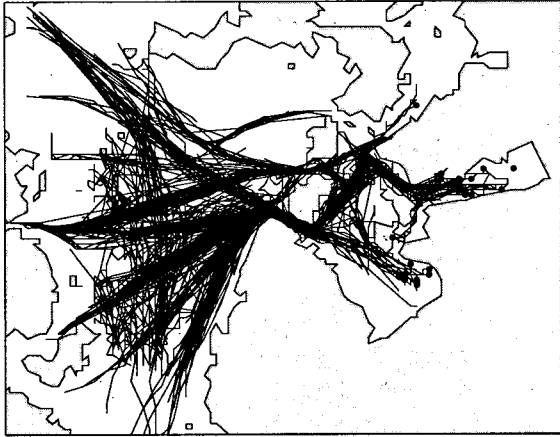


Fig.2 The traffic flow pattern of ship's route at the Mokpo Approaching Waters

## 2.4 어업현황 조사 및 분석

본 연구의 과업대상해역인 목포항 항계내에는 양식어업이 존재하지 않고 어선어업은 출어를 위하여 어선이 빈번히 항내를 출입항하고 있는 실정이다.

## 2.5 전문가 및 이용자 설문조사

현재 목포항 항계내 신항 출입항로인 제2항로 설정으로 인하여 선박의 입출항에 제약이 따르므로 '현 항로를 개선해야 한다'라고 응답하였고, 신항의 전면수심은 '충분하지 않고 15미터 이상의 수심확보가 필요하다'고 응답하였다.

또한 천수구역은 "고하도 전면 천수구역", "용두-남각사이 천수구역(12미터 이하)", "목포내항 마당여(2미터 저수심)" 및 "현대삼호중공업 전면 해상" 등을 선정하였고, 그 구역을 반드시 준설해야한다고 응답하였다.

목포항 항만수역에서 선박이 항행하기가 가장 어려운 구간에 대한 설문에서는 달리도 등대 변침구역과 고하도 만곡부 지점으로 조사되었다.

달리도 등대 변침구역은 항로 폭 확대 및 항로이전 설정, 항로준설이 필요하며 '현 VTS의 효율적인 운영도 필요하다'라고 응답하였고, 고하도 만곡부 지점은 항로 폭을 '600미터 이상으로 조정해야 한다'라고 대부분이 응답하였다.

또한 현재 제1, 2, 3항로에 대해서는 대부분의 응답자가 '제대로 설정되어 있지 않아, 모든 항로를 검토하여 재설정하는 것이 필요하다'라고 응답하였다.

현 항로표지 배치에 대한 설문에서는 현 항로에 대한 검토 후 새로운 항로가 재설정하여 현 항로표지를 재배치 및 새로

운 항로표지의 추가 신설이 반드시 필요하다고 응답하였다. 그리고 현 달리도 등대와 No. 8 등부표사이의 항로표지는 배치가 적절하지 않고, 목포구와 1번 표박지 사이의 항로 및 제4구 천수구역에 새로운 항로표지를 신설해야 한다고 응답하였다.

VTS관할구역까지 항계의 범위를 확장해야할 필요성이 있고, 또한 어로작업의 통제 및 통항선에 대한 관제서비스가 필요하다.

## 2.6 현 항로의 적정성 검토

### 1) 항로의 배치

제1항로는 항로 중심선의 교각이 통상적으로 30°를 넘지 않도록 하는 것이 바람직하나, 목포구의 항계선에서 제1항로로 진입하는 지점의 교각은 72°로 만곡이 가장 심한 지점이다. 또한 고하도를 중심으로 한 만곡부에서 제4 만곡지점(No.6 부표~No.8 부표 사이), 제5 만곡지점(34°47' 25" N, 126°21' 00" E), 제6 지점(고하도 용두 북단 만곡부 지점)은 항로 중심선의 교각이 30°를 초과하고 있다. 또한 만곡부에서는 선박의 항적 폭이 커지므로 항로 폭을 증가시켜야 하며, 항로 중심선의 교각이 크면 클수록 항로 폭은 더욱 증가되어야 한다. 그러나 제1 항로의 고하도를 중심으로 한 만곡부 항로의 경우 항로 중심선의 교각은 크나 항로 폭은 315m~435m로 항로 폭이 좁아지고 있으며, 만곡부 항로의 구간별로 항로 폭이 큰 차이가 있다.

따라서 이러한 만곡부 항로의 경우에 ACM(Apex or Cutoff Method) 방식 등으로 항로 폭을 확장해야 한다.

만곡부 사이의 직선항로의 길이는 최소 최대 통항선박의 선체 길이의 5배 이상이 되어야 하며, 가능한 한 10배 이상의 길이를 갖도록 하여야 한다. 현행 제1 항로의 제3 구간(장좌도 등대 부근 만곡지점 ~ No.6 부표 북단 만곡지점)의 항로 중심선을 기준으로 한 직선항로의 길이는 910m, 제4 구간(No.6 부표 북단 만곡지점~34°47' 25" N, 126°21' 00" E)은 565m 그리고 제5 구간(34°47' 25" N, 126°21' 00" E 지점~고하도 용두 북단 만곡지점)은 630m로 이루어져 있다. 이러한 직선항로의 길이는 각 항로설계지점에서 권고하고 있는 최소한 선체 길이의 5배 이상을 확보하고 있다. 따라서 지형조건을 고려하여 가능한 만곡부의 수를 줄여 직선항로의 길이가 늘어나도록 개선방안에 고려하여야 한다.

현재 제1 항로의 만곡지점별 반경은 대체로 각 항로설계지점의 기준을 만족하고 있으나 제4 만곡지점(No.6 부표 ~ No.8 부표 사이)은 항로 중심선의 교각은 60°, 만곡부의 반경은 815m이다. 제4 만곡지점의 만곡부 반경 815m는 30,000 DWT급 선박의 경우 한국 및 일본의 기준은 만족하고 있으나, PIANC Rule과 미국의 기준인 선체 길이의 5배인 925m를 만족하지 못하고 있다. 특히 55,000 DWT급 이상의 선박에 대해서는 제4 만곡지점은 모든 항로설계지점에 대하여 만족하지

못하고 있다. 따라서 만곡부 반경은 만곡각도와 관련이 크기 때문에 지형적 제약으로 인해 항로의 만곡각도를 줄일 수 없는 경우에는 이 만곡지점의 항로 폭을 증가시켜야 할 것으로 판단된다.

## 2) 항로 폭

제1 항로의 경우 고하도를 중심으로 한 만곡부 항로 폭은 만곡구간(제3~제7 구간)에 따라 320m, 340m, 350m, 390m, 435m 등으로 다양한 항로 폭으로 설정되어 있다. 이들 만곡부 사이의 직진구간의 길이도 각 항로설계지침에서 권고하고 있는 최대 통항선박의 선체 길이의 5배 이상의 기준을 충족하지 못하고 있다.

또한 제1 항로의 제4 만곡지점(No.6 부표~No.8 부표 사이)은 항로 중심선의 교각은 60°, 만곡부의 반경은 815m로 30,000 DWT급 선박의 경우 한국 및 일본의 기준은 만족하고 있으나, PIANC Rule과 미국의 기준인 선체 길이의 5배인 925m를 만족하지 못하고 있다. 특히 55,000 DWT급 이상의 선박에 대해서는 제4 만곡지점은 모든 항로설계지침에 대하여 만족하지 못하고 있다.

제2 항로의 경우 항로 폭이 370m, 제3 항로의 경우 최대 항로 폭이 420m에서 최소 항로 폭이 380m로 설정되어 있으며, 이들 항로는 직선항로로 설정되어 있어 대상선박을 30,000 DWT급 선박으로 하는 경우는 점유영역이론의 기준을 제외하고 다른 기준들은 대부분 충족하고 있다. 그러나 55,000 DWT급 선박을 고려하는 경우는 항로 폭을 증가시킬 필요가 있다. 그러므로 목포항의 현행 항로 폭을 확장할 필요가 있으며, 특히 제1 항로의 고하도를 중심으로 한 만곡부 항로의 폭은 보다 충분한 여유를 갖는 항로 폭이 필요하다.

제1 항로의 제4 만곡지점(No.6 부표~No.8 부표 사이 만곡지점)의 만곡각도는 60°를 이루고 있다. 만곡각도 60°인 만곡지점을 기준으로 최소 항로 폭을 추정하면 대상선박이 30,000 DWT급 선박의 경우 선폭(B)의 16~20배인 440m~550m, 55,000 DWT급 선박인 경우는 517m~646m가 필요하다.

제1 항로의 경우와 같이 만곡각도가 30°를 넘는 만곡항로의 경우에는 항로 폭을 더 확장할 필요가 있다. 특히 목포항의 경우 강한 조류가 흐르고 있어 선속을 감속하여 운항하는 것은 타효를 유지하는 데 문제가 있기 때문에 항로 폭을 증가시켜야 한다.

만곡부를 항해하는 선박의 항적 폭은 직선항로를 항해하는 경우보다 항적 폭이 크기 때문에 만곡부 항로의 폭은 더 넓어야 하며, 조선자의 조선곤란성 등을 고려하여 항로 폭을 확장할 필요가 있다.

## 3) 항로표지

항계 내에 설치되어 있는 등부표는 제1 항로의 우측외연을 표시하는 2기와 주변의 천수구역을 표시하는 2기가 설치되어

있으나, 이들 등부표는 제1항로를 출입항하는 선박이 설정된 항로상을 따라 안전하게 항행할 수 있도록 항로표지로서의 그 기능을 발휘할 수 있도록 배치되어 있지 않다.

## 제3장 해상교통시스템의 제안

제2장에서 자연환경, 해양사고, 해상교통량 및 해상교통실태, 어업현황, 이용자 및 전문가 집단의 면접 및 설문조사를 실시하여 항행위험요소 파악 및 수립된 개선방안을 반영하여 해상교통시스템의 기본안을 설계한 후 전문가 토론 및 공청회 등을 실시하여 수정·보완하여 해상교통시스템을 제안한다.

### 3.1 제1개선안

제1개선안은 Fig.3과 같다.

달리도 등대의 동측 제1 항로 시작점 부근의 해역은 목포구를 통과하여 목포내항으로 진입하는 선박 및 목포내항에서 목포구로 출항하는 선박은 약 90°정도의 대각도 변침을 하여야 한다. 특히 이 해역은 목포항으로 입항하는 선박이 달리도 등대를 정횡으로 통과하여 변침하기 전까지는 목포내항에서 출항하여 목포구로 접근하는 출항선박을 시각이나 레이더로 인식할 수 없는 맹목구간이 형성되는 해역이다. 따라서 이 해역에 대해서는 해상교통안전성을 증진시키고 방사형 조선이 가능하도록 만곡부의 항로 폭을 660m에서 860m로 확장하였다.

고하도를 중심으로 한 만곡부 항로에 대해서는 만곡부 구간의 수를 줄이고, 만곡항로의 폭 및 만곡부 사이의 직선항로의 길이를 국제적인 항로설계기준을 충족하도록 ACM(Apex or Cutoff Method) 방법으로 만곡부의 안쪽 꼭지점을 절단하여 설계하였다. 또한 북항 및 삼진공단 조선소로 출입항하는 선박을 위하여 북항 진입항로를 신설하여 제1항로 개선안에 포함되도록 설계하였다.

목포항 항로시스템 개선안의 항로 수심은 30,000 DWT급 선박을 기준으로 계획수심 (-) 12.4m 이상을 만족하고 있지만 일부 해역에 대해서는 준설이 필요하다.

본 연구에서 제시한 항로시스템의 개선안에 따라 준설이 필요한 해역은 다음과 같다.

- ① 현재 2번 등부표와 4번 등부표 사이의 해역에서 항로시스템 개선안의 제1 항로에 새로 포함된 일부 해역
- ② 해상 부선이 위치하고 있는 지점(34°47'00"N, 126°20'54"E)의 서측 해역에서 제1 항로에 새로 포함된 해역
- ③ 현행 제1 항로의 목포해양대학교 남측 해역(34°47'08"N, 126°21'45"E) 항로상에 수심 약 10.6m의 천수구역이 존재하고 있어 이 수역에 대한 준설이 필요하다.

목포항 신항로 시스템에 따른 항로표지 재배치는 만곡부의 주요 변침점에 등부표를 설치하고, 천수구역 등 위험지역에는 독립된 등부표를 설치하여 위험지역임을 표시하였다. 항로표

지 재배치는 신항로의 우측외연 및 만곡지점에 등부표를 재배치한다. 현재 2번, 6번, 8번 등부표의 위치를 이동하고, 4번 등부표는 현재 위치를 유지하여 항로의 우측외연 및 천수구역에 대한 위험구역을 표시하도록 배치하였다.

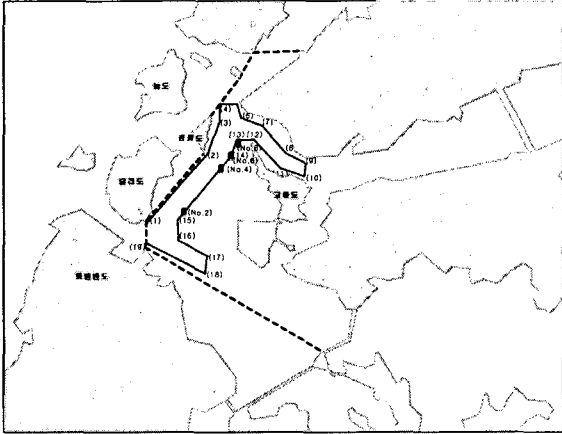


Fig.3 Proposal of No.1 Improved Maritime Traffic System

4.2 제2 개선안

본 연구에서는 신항 개발계획에 따라 신항 부두전면의 천수구역이 해소되었을 경우를 고려하여 목포항 항로시스템의 제2 개선안을 제안한다.

목포항 항로시스템의 제2 개선안의 항로 폭은 제1안에서 제시한 최소 항로 폭 600m를 유지하도록 설계하였다. 특히 목포구를 통과하여 제1 항로로 진입하는 선박과 목포내항을 출항하여 목포구로 향하는 선박 간에 상대선을 조기에 발견하여 충분한 여유를 가지고 피항동작을 취할 수 있도록 달리도 등대 부근의 항로를 현재보다 동측으로 이동시켜 선박간의 충돌 위험을 감소시킬 수 있도록 항로를 배치할 필요가 있다. 그러므로 달리도 등대 부근의 해역에서 조우하는 선박들이 조기에 상대선을 발견하여 충돌사고를 예방할 수 있도록 하기 위하여 달리도 등대를 좌현 정형으로 통과한 후 2번 등부표 부근까지 직진항로의 길이를 약 1,500m로 설정하였다. 이러한 항로배치는 현재 달리도 등대 부근 만곡지점의 항로 중심선의 교각을 42°로 감소시키는 효과가 있으며, 선박이 일시에 약 90° 이상의 변침을 단계적인 변침이 가능하도록 만곡부 항로를 개선하였다.

따라서 제2 개선안은 목포항의 해상교통안전성을 크게 개선할 수 있을 것으로 판단되며, 또한 신항을 출입항하는 선박의 접이안 안전성 및 접안시 선박자세를 변경하기 않고 그대로 출항할 수 있는 일방통행형 항만 형태가 선박조선자의 조종부하 경감할 수 있다.

항로의 수심은 30,000 DWT급 선박을 기준으로 계획수심 (-) 12.4m 이상을 유지되도록 준설이 필요하다.

제2 개선안에 따른 항로표지 재배치는 만곡부의 주요 변침

점에 등부표를 설치하고, 천수구역 등 위험지역에는 독립된 등부표를 설치하여 위험지역임을 표시하였다. 항로표지 재배치는 신항로의 우측외연 및 만곡지점에 등부표를 재배치한다. 현재 2번, 4번, 6번, 8번 등부표의 위치를 이동하여 항로의 우측외연에 배치할 필요하였다.

목포항 항로시스템의 제2 개선안에 따른 새로운 목포항 항계내 항로의 위치는 다음 Fig.4에 표시한다.

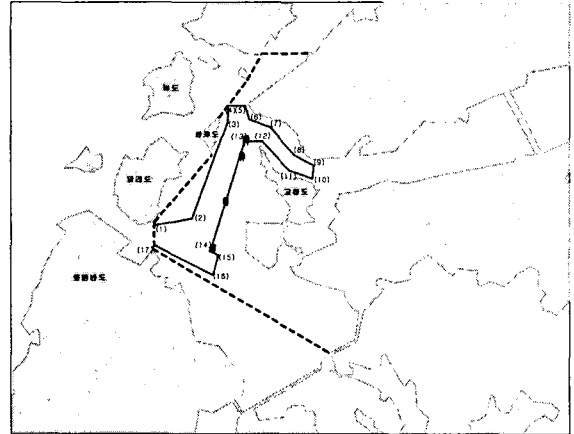


Fig.3 Proposal of No.2 Improved Maritime Traffic System

4. 해상교통시스템의 검증

제3장에서 제안한 해상교통시스템은 해상교통류시물레이션(Inoue, 2000) 및 선박조종시물레이션을 실시하여 적합성을 검증하였다.

4.1 해상교통류시물레이션에 의한 평가

목포항의 종합환경 스트레스치 분포는 Fig.4 및 Fig.5와 같다. Fig.4는 현행 해상교통시스템에서 실시한 해상교통류시물레이션 결과이고, Fig.5는 본 연구에서 제안한 해상교통시스템에 대한 해상교통류시물레이션 결과이다.

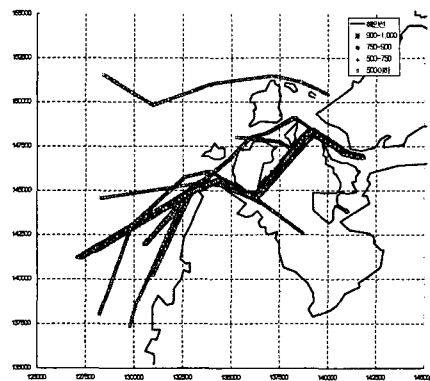


Fig.4 The result of ESA on the present traffic system

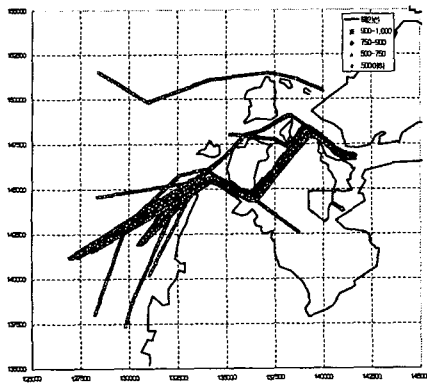


Fig.5 The result of ESA on the No.1 proposed traffic system (Short Term)

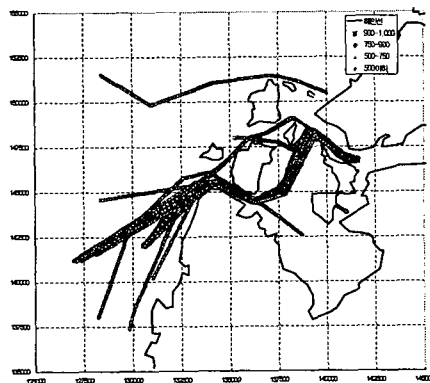


Fig.6 The result of ESA on the No.2 proposed traffic system (Long Term)

해상교통류 시뮬레이션 결과, 개선안(1)과 개선안(2)가 현행보다 환경스트레스치가 현격하게 감소하여 개선의 타당성이 있다.

개선안(2)이 개선안(1)보다 달리도 등대 남동해역에서 환경스트레스치가 낮아 더 효과적인 개선안으로 판단된다.

개선안(2)는 개선안(1)보다 많은 수역을 준설해야 하므로 준설비용 등 경제성을 검토해 볼 필요가 있다.

## 4.2 선박조종시뮬레이션에 의한 평가

### 4.2.1 제1 개선안에 대한 입출항 통행 안전성

#### 1) 선박조종시뮬레이션 조건

제1 개선안에서 제한한 항계내 항로를 따라 입항하는 시뮬레이션의 대상선박으로 55,000DWT급 bulk화물선을 선정하였다. 외력조건은 바람 북북서풍 30노트, 조류 100도 1.5노트, 파고 1.5미터로 항행에 불리한 조건들을 설정하였다.

#### 2) 선박 운항 항적도 분석

입항선박의 항적도는 Fig.7과 같이 목포구 입구에서 장좌도

남단까지의 항적도상에는 선박이 제한한 항계내 항로를 따라 항행하는 데 있어 별다른 어려움과 특이사항이 발견되지 않는다. 장좌도 남단에서 고하도 북단을 통과할 때에는 90도의 대각도 변침과 연이은 대각도 변침으로 인하여 선미 부분이 북쪽으로 치우치는 경향이 나타났다.

출항선박은 고하도 북단을 통과할 때 우현 방향으로 가항수역이 충분히 존재하고 있으므로 대형선의 단독 출항하는 경우에는 항적도상에 특이사항이 나타나지 않았다. 목포구를 통과하기 전에 비교적 긴 직선항로가 설정되어 있어 강풍조류시에도 침로를 비교적 유지하기가 용이하였으며, 목포구 통과시에도 항적도상에 별다른 특이사항이 발견되지 않았다.

### 3) 근접도 분석

입항선박의 경우 목포구 통과 시에 달리도 남단 및 화원반도 북단과의 최근접거리는 선박의 길이 정도 확보되었다. 장좌도 부근에서 고하도 용머리를 통과할 때에도 제1개선안에서 설정한 가항항로 경계와의 최근접거리는 각각 선박의 길이 정도 확보가 가능하였다.

출항선박의 경우, 고하도 용머리 통과 후에 우측 가항항로와의 근접거리가 가장 짧게 나타났지만 상대적으로 선박 우현 방향으로 상당히 여유가 있으므로 선박 통행 안전성은 확보될 수 있다. 목포구를 통과할 때에도 달리도 남단 및 화원반도 북단과의 최근접거리는 각각 선박의 길이 정도 확보가 가능하였다.

### 4) 선박의 제어도

입항선박의 제어도는 Table 1에 표시하였고, 주기와 조타기의 구간별 작업 부하는 Fig.8과 같다.

입항선박의 경우, 조타각의 절대값 평균이 11.64, 조타기 사용지수는 8.94로서 목포구와 고하도 북단 통과 시 대각도 변침을 위하여 큰 타각을 가지고 장시간 조타기를 사용한 결과로 비교적 높은 수치를 보이고 있다. 반전타 사용지수도 짧은 항로에 비해 25회로 다소 많이 사용되었고, 이에 따라 선박의 여유제어량은 74.47로 비교적 낮게 나타났다.

### 5) 선박 조종자의 주관적 평가

입항선박의 경우, 목포구 통과하여 항계내 항로로 진입할 때, 90도의 대각도 변침과 달리도 남단에 의해 맹목구간(Blind Sector)가 발생하기 때문에 조우 선박이 존재할 경우에는 상대선에 대하여 상당한 심리적 압박감을 느낄 수 있었다는 의견을 제시하였다. 장좌도 부근에서 고하도 용머리 통과시에 약 120도를 선회하므로 항로를 유지하며 조종하는 것이 약간 어려움을 느꼈으며, 대각도 변침에 따른 선미 이탈현상(선미 Kick-off 현상)이 상당히 크게 발생하므로 고하도 북단에서 출항하는 선박과 조우할 경우에는 선박 조전에 상당한 주의를 요한다는 의견을 제시하였다. 따라서 대형선박이 이 부근에서 교행하는 상황이 가급적 발생하지 않도록 VTS(항만

관제센터)의 적극적인 관제가 필요하다는 의견을 제시하였다.

출항선박의 경우, 고하도 용머리 통과 시에 대각도 변침에 따른 항로 유지에 약간의 곤란함을 느꼈으며, 대각도 변침과정에서 목포구 및 북항으로 진입하는 선박과 북항에서 출항하는 선박들과 조우할 경우에는 선박 조선에 상당한 주의를 요한다는 의견을 제시하였다. 장좌도 남단에서 달리도 남단 사이에는 비교적 긴 직선항로가 설정되어 있어 조선이 용이하였지만, 달리도 남단에서 목포구로 진입 시에는 달리도 남단에 의해 발생하는 맹목구간(Blind Sector)이 존재하기 때문에 입항하는 선박의 존재에 상당한 주의를 요한다는 의견을 제시하였다.

4.2.2 제2 개선안에 대한 입출항 동향 안전성

1) 선박조종시뮬레이션 조건

제2 개선안에서 제안한 항계내 항로를 따라 입출항하는 시뮬레이션의 대상선박으로 55,000DWT급 bulk화물선을 선정하였다. 외력조건은 바람 북북서풍 30노트, 조류 100도 1.5노트, 파고 1.5미터로 항행에 불리한 조건들을 설정하였다.

2) 선박 운항 항적도 분석

입항선박의 경우, 목포구를 통과하여 입항한 선박의 항적도를 보면, 제2개선안에서 제안한 항계내 항로가 목포 신외항으로 상당히 넓은 수역을 확보하고 있으므로 대각도 변침을 이후에도 침로 유지에는 별다른 어려움과 특이사항이 발견되지 않는다. 장좌도 남단에서 고하도 북단을 통과할 때에는 90도의 대각도 변침과 연이은 대각도 변침으로 인하여 선박이 북쪽 방향으로 상당히 치우치는 경향이 나타났다.

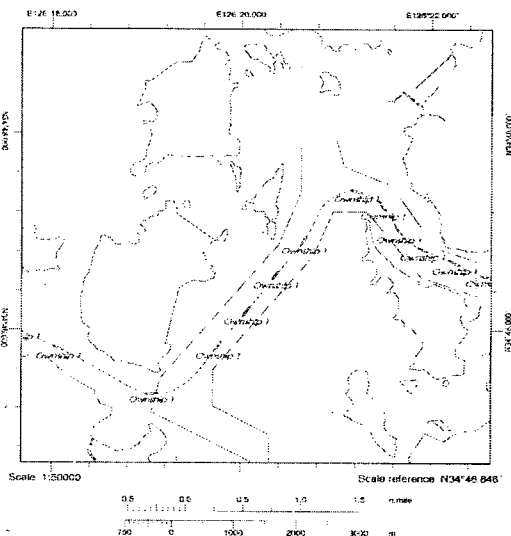


Fig.7 Simulation result of ship's track

출항선박의 경우, 고하도 북단을 통과할 때 우현 방향으로 가항 수역이 충분히 존재하고 있으므로 대형선의 단독 출항하

는 경우에는 항적도상에 특이사항이 나타나지 않았다. 목포구를 통과하기 전에 비교적 긴 직선항로가 설정되어 있어 강풍 조류 시에도 침로를 비교적 유지하기가 용이하였으며, 목포구 통과 시에도 제1 개선안에 비해 맹목구간이 상당히 해소되었으므로 항적도상에 별다른 특이사항이 발견되지 않았다.

Table 1 Maneuvering characteristics

조타각	절대값평균	11.64
	절대값표준편차	10.39
	제곱평균	243.31
조타기사용지수	평균	8.94
	표준편차	6.59
반전타사용횟수		25
선수방위	평균	151.33
	표준편차	124.44
표류지수	평균	0.12
	표준편차	0.12
항적	평균항적면적	1012.9
	최대항적면적	4367.6
	평균항적폭	123.06
RPM	절대값평균	67.93
	절대값 표준편차	24.23
추진기효율성	평균	3.04
	표준편차	6.29
선박의 여유제어량	평균	74.47
	표준편차	18.84

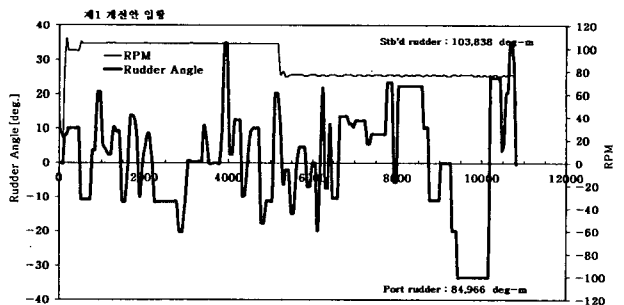


Fig.8 Using results of the main engine and rudder

3) 근접도 분석

입항선박의 경우, 목포구 통과 시에 달리도 남단 및 회원반도 북단과의 최근접거리는 선박의 길이 정도 확보되었다. 장좌도 부근에서 고하도 용머리를 통과할 때에도 제2개선안에서 설정한 가항항로 경계와의 최근접거리는 각각 선박의 길이 정도 확보가 가능하였다.

출항선박의 경우, 고하도 용머리 통과 후에 우측 가항항계와의 근접거리가 가장 짧게 나타났지만 상대적으로 선박 우현 방향으로 상당히 여유가 있으므로 선박 통항 안전성은 확보될 수 있다. 목포구를 통과할 때에도 달리도 남단 및 회원반도

북단과의 최근접거리는 각각 선박의 길이 정도 확보가 가능하였다.

#### 4) 선박의 제어도

입항선박의 경우, 조타각의 절대값 평균이 12.55, 조타기 사용지수는 8.94로서 목포구와 고하도 북단 통과 시 대각도 변침을 위하여 큰 타각을 가지고 장시간 조타기를 사용한 결과로 비교적 높은 수치를 보이고 있으며, 제1 개선안과 비슷한 수치로 나타났다. 반전타 사용지수도 짧은 항로에 비해 23회로 제1 개선안과 비슷하였으며, 이에 따라 선박의 여유제어량은 74.45로 비교적 낮게 나타났다.

출항선박의 경우, 조타각의 절대값 평균이 8.98, 조타기 사용지수는 4.46으로서 본 시물레이션 중에서 가장 낮은 수치를 보이고 있다. 반전타 사용지수도 16회로 목포구 입구 항계내 항로의 폭을 넓힌 효과가 충분히 나타났으며, 따라서 선박의 여유제어량은 87.27로 본 시물레이션 중에서 가장 높게 나타났다.

#### 5) 선박 조종자의 주관적 평가

입항선박의 경우, 목포구 통과하여 항계내 항로로 진입할 때, 제1 개선안에서는 달리도 남단에 의해 맹목구간(Blind Sector)이 발생하였지만, 제2 개선안의 경우 항계내 항로가 목포 신외항 방향으로 상당히 넓은 수역이 존재하기 때문에 제1 개선안에 비해 심리적 압박감은 감소하였다.

제1 개선안과 마찬가지로 장좌도 부근에서 고하도 용머리 통과 시에 약 120도를 선회하므로 항로를 유지하며 조종하는 것이 약간 어려움을 느꼈으며, 대각도 변침에 따른 선미 이탈 현상(선미 Kick-off 현상)이 상당히 크게 발생하므로 고하도 북단에서 출항하는 선박과 조우할 경우에는 선박 조선에 상당한 주의를 요한다는 의견을 제시하였다. 따라서 대형선박이 이 부근에서 교행하는 상황이 가급적 발생하지 않도록 VTS(항만관제센터)의 적극적인 관제가 필요하다는 의견을 제시하였다.

출항선박의 경우, 고하도 용머리 통과 시에 대각도 변침에 따른 항로 유지에 약간의 곤란함을 느꼈으며, 대각도 변침과 정에서 목포구 및 북항으로 진입하는 선박과 북항에서 출항하

는 선박들과 조우할 경우에는 선박 조선에 상당한 주의를 요한다는 의견을 제시하였다. 장좌도 남단에서 달리도 남단 사이에는 비교적 긴 직선항로가 설정되어 있어 조선이 용이하였고, 달리도 남단에서 목포구로 진입 시에도 달리도 남단에 의해 발생하는 맹목구간(Blind Sector)이 상당히 감소하기 때문에 입항하는 선박의 존재를 미리 발견하여 선박 통항 안전성에 매우 유리한 효과를 가질 수 있다는 의견을 제시하였다.

### 5. 결론

본 연구에서는 목포항의 자연환경, 해양사고, 해상교통량 및 해상교통실태, 어업현황 등을 조사·분석하여 항행위험요소를 도출하였다. 그리고 이용자 및 전문가 집단의 면접 및 설문조사를 실시하여 항행위험요소와 개선방안을 수립하였다. 또한 해상교통실태 조사로부터 획득한 교통특성을 이용하여 해상교통류시물레이션을 실시하여 여수해만 특정해역의 환경스트레스치를 평가하였다.

목포항에 대한 다양한 항목의 해상교통평가 결과 및 전문가의 의견 등을 반영하여 해상교통시스템의 기본안을 설계한 후 전문가 토론회 및 공청회 등을 실시하여 수정·보완하여 해상교통시스템을 제안하였다.

본 연구에서 제안한 해상교통시스템에 대해 해상교통류 시물레이션과 선박조종시물레이션을 실시하였다. 그 결과 제안한 해상교통시스템이 현행보다 더 좋은 값을 얻었다.

### 참 고 문 헌

- [1] 기상청(1999~2003), 기상연보
- [2] 여수지방해양수산청(2003), Port-MIS 내부자료
- [3] 중앙해양안전심판원(1999~2003), 해양안전심판재결서
- [4] 한국항만협회(2000), 해양수산부제정 항만 및 어항설계기준, 제7편 외곽시설, pp. 695-696.
- [5] Inoue, K.(2000), "Evaluation Method of Ship Handling Difficulty for Navigation in Restricted and Congested Waterways", The Journal of Navigation, The Royal Institute of Navigation, Vol. 53, No. 1, pp. 167-180.