

인천항 물류시스템의 실태분석 및 개선방안에 관한 연구 — 입항지원시스템을 중심으로 —

황 해 성* · 곽 규 석**

A Study on the Improvement of Physical Distribution System in Incheon Port

H. S. Hwang · K. S. Kwak

Key Words : 항만폭주(port congestion), 해난사고(marine accidents), 항만효율(port efficiency), 선박조종(ship maneuvering), 접근수로(approaching route)

Abstract

The Incheon port has been heavily congested due to the tidal restriction in passing the lock and the shortage of berths or warehouses. The current congestion is predicted to become worse by the induced traffics near the lock entrance after completion of North harbour expansion and of Kyung-In canal construction. It is also expected that the newly developed configuration of the Incheon port will result in increasing the rate of marine accidents around the lock entrance because of the over-utilization of the limited capacity of the junction from the North harbour and the Kyung-In canal.

This study adopts a systematic approach in analysing the physical distribution system of the inner-lock area in order to figure out alternative routes which are designed to improve the port efficiency. Ship maneuvering simulation is also attempted to propose a new approaching route to the canal as an alternative path in order to avoid the traffic accidents caused by the extreme congestion

The result of the ship maneuvering simulation demonstrates that the alternative routes by way of Buk-Sudo, JangBong-Sudo, north of Si-Do and Sin-Do is recommended routes which can satisfy the safety requirements of approaching to the canal entrance.

* 중앙해난심판원 심판관

** 정회원, 물류시스템공학과 교수

1. 서론

인천항의 물동량이 최근 급감하여 체선의 문제가 완화된 것은 사실이다. 그러나 수출환경이 호전되면서 다시 물동량이 서서히 증가하고 있음을 감안하면 항만에 있어서 원활한 물류의 흐름은 간과할 수 없는 중요한 문제라 할 수 있다.

그리고 항만의 건설이 막대한 비용과 장기간의 시간이 소요되는 점과 해난사고의 여파가 막대하다는 사실을 감안한다면 수도권의 관문인 인천항의 물류시스템의 안전성과 효율성을 제고시키기 위한 연구가 절실히 필요하다고 본다.

이러한 필요에서 본 연구에서는 인천항의 항만물류를 시스템적인 관점에서 조사하고 실태를 분석한다. 즉, 일반화물수송의 주종을 이루는 선거내항의 입출항 선박의 실적을 근거로 시뮬레이션을 수행하여 문제점을 파악하고 체선요인을 분석하여 이에 대한 대안을 제시한다. 특히 해상교통의 안전성과 항만운영의 효율성을 제고하기 위한 방안으로 교통량 분산을 위한 경인운하 진입 신설 항로를 제안, 그 적합성을 검증함으로써 인천항 물류시스템 가운데 첫 단계인 입항지원시스템에서의 항로문제를 해결함으로써 물류효율화의 방향을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다.

2. 인천항의 현황

항만에서의 물류시스템을 해상으로부터 육상으로의 재화이송이라는 관점에서 보면, 입항 ⇒ 하역 ⇒ 이송 ⇒ 보관 ⇒ 내륙수송연계의 경로를 일반적으로 취한다고 볼 수 있다. 이송과 보관 또는 보관과 내륙수송 연계사이에도 상하차의 하역 작업은 필요하게 된다.

인천항의 경우에는 항만물류시스템을 갑거를 통과하는 내항물류시스템과 그렇지 않는 외항물류시스템으로 크게 구분할 수 있다. 이를 간단히 표시하면 Fig. 2.1과 같다.

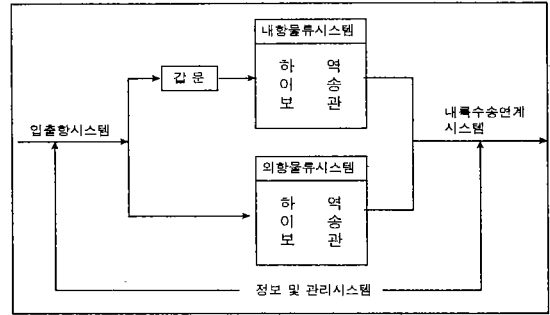


Fig. 2.1 Schematic diagram of port transportation system in Incheon port

2.1 시설 및 물동량

인천항은 개항 당시에는 자연항이었으나, 최고 10미터에 달하는 간만의 차로 인한 선박입출항 장애를 해소하기 위하여 갑문시설을 설치하여 내항 전역을 선거화함으로써 인공항으로 변모하게 되었다.

인천항은 갑문시설을 중심으로 갑문내의 내항과 갑문밖의 외항으로 구분하며, 외항은 다시 위치와 기능에 따라 남항, 북항, 연안항 및 석탄부두로 구분된다. 선거내는 일반화물 전용부두로 운영되고 있는데, 인천항의 수출입화물을 취급하는 선거내 접안시설은 모두 8개 부두가 있으며, 안벽길이가 9,726m, 1996년말 하역능력은 34,638천톤/년으로 45선석이 있다. 선거밖의 남항, 북항, 석탄부두는 주로 선거내 처리가 어려운 유류, 액체가스, 공해성 화물인 석탄 모래 등을 취급하고 있으며 연안부두는 서해도를 잇는 여객선 접안시설 및 어선기지로 활용되고 있다.

인천항 화물현황에 있어 과거 10년간 화물취급량의 평균증가율은 12.1%로 1996년도 인천항만의 총 화물 취급량은 1995년에 비해 9.9% 증가하였고, 외항 및 연안화물량이 각각 5,486만톤과 6,075만톤을 넘어서 개항 이래 최대로 116백만톤을 초과하였다. 이를 수출입화물과 연안화물로 구분하여 살펴보면 외항 수출입화물이 약 5,486만톤으로 47.5%를 점해 약 6,075만톤의 연안화물(52.5%)에 비해 다소 낮은 비중을 차지하고 있다.

인천항을 이용한 화물선의 선박입출항 실적은 1995년 39,611척으로 연안선 28,785척, 외항선 10,826척이었으며 이를 1985년 33,140척과 비교하여 보면 10년간 1.2배의 증가와 연평균 1.8%의 증가율을 나타내고 있다. 한편, 연안선과 외항선의 비는 72.6 : 27.4 정도로써 인천항을 이용하는 대다수의 선박은 연안선으로 나타났다.

2.2 인천항의 진입항로 현황

2.2.1 진입항로

인천항의 진입항로는 팔미도 부근 검역묘박지로부터 북향의 한화에너지 돌핀 전면해상에 이르는 길이 14km의 제1항로(주항로)와 월미도 남측 해역상에서 직각으로 분기되어 갑문에 이르는 길이 약 900m의 제2항로로 구분 지정되어 있다. 인천항 수로는 조위에 따라 입출항할 수 있는 선박이 제한을 받는 수로가 좁고 긴 협수로인 점을 감안할 때, 수로를 제외한 제한만시설이 건설될 시점에서는 인천항 수로의 수용한계 여부가 해상화물 처리에 있어서 가장 큰 변수로 작용하게 될 것이다.

인천항내의 진입항로인 제1항로의 검역묘지에서 석탄부두 전면까지의 교통량은 2001년에서 2011년까지 연평균 약 4.0%로 선박입항척수가 증가할 경우에는 2008년에는 약 42,206척이 입항하게 된다. 이때 이들 선박이 약 8kts의 속력으로 항행을 하게 되면 동항로 기본교통허용량인 41,670척을 초과하게 되어, 이를 수용하기 위해서는 항로폭을 확장하거나, 선박의 항행속력을 높이는 수밖에 없다. 그러나 항로폭의 확장은 현실적으로 실행하기 어려우며, 선박의 항행속도를 높이는 것도 협수로에서의 해난 사고 발생 가능성을 한층 높일 수 있으므로 이 또한 실행하기 어렵다. 따라서 이를 근본적으로 해결하기 위해서는 교통량을 분산시키는 방안을 검토하여야 할 것이다. 특히 경인운하로 진입하는 선박들을 위한 새로운 항로를 개발하면 적은 비용으로 상당량의 교통량을 분산시킬 수 있을 것이다.

인천항 물류시스템의 첫 단계인 출입항 지원시스템

가운데 항로의 수용능력이 포화가 된다는 사실은 다른 부차시스템의 개선 및 효율화 증진에 앞서 가장 기본적이고 우선적으로 해결하여야 할 시급한 문제임을 인식해야 할 것이다.

2.2.2 인천항 부근해역의 교통흐름도

1996년 인천항의 선박 교통량을 선종에 따라 분류하면 일반상선이 전체의 33.4%이고, 어선이 54.2%, 여객선이 6.0% 그리고, 모래채취선 및 예선 등이 6.4%를 차지하고 있다. 또한, 출입항 선박의 통항방향 및 통항밀도 등을 교통 흐름선의 폭으로 나타낸 것이 Fig. 2.2이다.

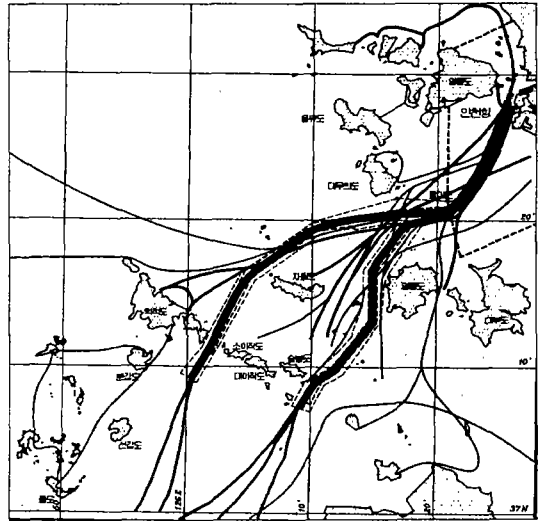


Fig. 2.2 Traffic flow around Incheon port

가장 두꺼운 흐름 부분은 전체 교통량의 30% 이상을 차지하는 일반 상선의 흐름으로 동수로 입항과 서수로 출항의 원칙을 비교적 제대로 이행하는 선박들의 흐름이다. 그러나 이는 G/T 500톤급 안팎의 소형선들에 의한 역방향 항행흐름이 포함되어 있는데, 특히 동수로의 경우에는 입출항 항로상의 거리차름 줄이기 위한 소형선들의 출항이 자주 관측되며 항로를 따라 입항하는 상선들의 안전항해에 큰 위험을 끼칠 가능성이 높다.

인천항의 선박 교통흐름은 동서수도가 만나는 팔미도 부근에서 밀도가 매우 높으며 소형선박들의 역방향 항행이 가장 심한 동수로 부근 및 해리도 아래 쪽의 서수도 부근에서는 항로상을 항행하는 중, 대형상선들과 기타 잠종선들과의 교차가 심하게 이루어지고 있는 것이 특징이다.

2.2.3 해난사고 분석

1996년도 인천부근 해역에서의 해난발생건수는 35건으로 월평균 3건정도의 해난사고가 발생하였다. 향후 인천항의 북항개발, 영종도 신공항 건설, 영종도 화력발전소 건설 등으로 향후 선박 입출항이 증가될 것으로 예상되어 출입항수로인 동수도 및 서수도와 항내의 해상교통이 폭주할 것으로 예상되고 있다. 특히 입항수로인 부도 및 백암등대 부근의 수로 폭은 심홀수 선박의 통행이 어려운 실정이다.

또한 1996년도 해난사고 구역을 분석하여 보면 서수도의 자월도와 소초지도 사이인 NO.7부표에서 NO.1부표 사이의 수로에서 20%의 해난이 발생하였고, 그 다음으로 팔미도 부근인 동수도와 서수도가 만나는 동항분리대 근처 해상에서 약 14%의 해난이 발생하였으며 팔미도에서 서수도를 따라 자월도앞수로에서 34%의 해난이 발생하여 사고다발지역으로 확인되었다.

2.2.4 인천항 진입수도의 문제점 및 개선방안

동수도 및 서수도는 평균 항로폭이 1,000미터 정도이고 평균 수심이 약 15미터 정도이나 동수도에는 수심이 약 7.5미터 정도이고 저질이 암반인 지역이 장안서 등대, 부도등대, 백암등대 근처의 3곳에 산재해 있는데 이 지역들은 지정항로에 매우 근접하게 위치하고 있고, 서수도에는 NO.9부표 근처의 지정항로 우측면에 9.7미터 정도 수심을 유지하는 저질이 암반인 암초가 있다.

북항에는 호남정유 경인에너지 등의 유류운반선박들의 입출항이 잦은 상황이고, 특히 경인에너지가 완공되는 2000년초에는 총톤수 2,500톤급 선박들의 입출항이 급증할 것으로 예상되어 팔미도 근처의 도선사 승하선을 위한 선박들의 정

선지점 및 인천항 진입수로, 항내묘박지 및 갑문입구 등에는 항상 해난사고의 위험이 도사리고 있다.

따라서 인천항의 폭주하는 항내 교통에 의한 해난사고의 방지를 위한 근본적인 해결방법은 신항로의 신설외엔 그 대안이 없다고 판단된다. 그에 대한 제안으로 장봉수도를 개발(일부 친소지역은 준설)하여 신항로로 활용한다면 인천항 진입수로와 항내묘박지의 해상교통 흐름이 현재보다 매우 원활하여 해난의 위험이 해소될 것이다.

2.3 인천항 선거내항 물류시스템의 분석

내항 물류시스템의 각 단계별 처리능력과 실제 수행 능력은 Table 2.1과 같다. 입항능력은 현재 약간 여유가 있는 것으로, 내항 하역능력은 처리율이 119%로서 능력이 부족한 것으로 나타났다.

Table 2.1 Capacity by subsystem

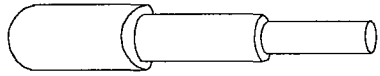
구분	입항지원	하역	이송 및 보관
생산성 크기			
연간처리능력(톤)	231,990,000	34,638,000	7,988,023
연간처리실적(톤)	130,466,160	41,073,000	12,447,718
처리율(%)	56.2%	118.6%	156%

Table 2.1의 인천항 하부시스템 분석에서와 같이, 입항지원능력의 경우 선박의 가항통행량은 약 56% 수준으로서 개략적인 계산상으로는 여유가 있어 보이지만 실제로는 갑문의 경우 48척의 통항능력에 미치지 못하는 32척에 그치고 있다. 이것은 선박의 도착패턴, 조종상의 문제, 입출항 순서 등의 이유에서 기인하는 것으로 실제로는 현재의 갑문능력이 거의 포화상태에 이르러 있다. 현재 보관시스템의 처

리율은 156%로 처리능력을 훨씬 초과하고 있는 실정으로 이는 대다수의 화물을 장치시간을 훨씬 초과하여 보관함으로써 회전율을 크게 감소시킨 것이 주요 요인인 것으로 판단된다.

인천항은 체선·체화가 심각한 편으로 정기선의 생명인 정기입출항시간을 지킬 수가 없는 실정이다. 정기라이너가 가장 기피하는 선박대기가 발생하고 있는데 1995년도 인천항 선거내항입항선박의 대기 현황을 보면 대기선박수가 2,612척으로 대기율이 47.8%에 달하며, 1994년 대비 대기선박은 18.4% 증가하였고 대기율은 3.4% 증가하였다. 체선은 1994년 대비 더욱 심화되어 체선선박수가 2,020척으로 42.2%가 늘어났고 체선율은 8.4% 증가하였을 뿐만 아니라 체선선박의 평균체선일수도 1995년 2.3일로 전년대비 37.5%의 증가를 보였다. 화물별 체선율은 곡물이 무려 70.7%를 기록하였고 다음으로 목재, 철재, 고철의 순으로 모두 50%를 상회하는 높은 비율을 나타냈다.

3. 대기행렬 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 과정

본 장에서는 인천항의 실제 기록된 선박의 입항, 접안, 이안 시간 등의 입력자료들을 기반으로 시뮬레이션을 실행하여 현재 운영 중인 부두서비스의 실태 및 문제점을 파악한다. 또한 시뮬레이션 전용언어인 SIMAN V와 ARENA를 이용하여 인천항만의 체선문제에 대한 모델을 구성하고 여러 시나리오에 대한 인천항의 체선을 변동에 대하여 분석하였다.

인천항의 항만모델은 크게 3단계로 나뉘어 구성된다. 첫 번째 단계로 앞에서 구한 기초자료들을 이용하여 입항하는 선박의 화물종류와 실린 화물의 크기를 화물종류에 따른 도착시간분포에 따라 개체를 발생시키고 이에 따라 회귀식에 의해 화물량에 맞는 선박을 결정하게 되는 과정이다. 두 번째 단계는 이러한 입항선박에 적합한 부두를 선정하는 과정으로 앞에서 제시한 입항선박 지정 결정에 관한 규칙에 따

라 적합한 부두를 선택하게 된다. 마지막 단계는 이러한 과정을 거쳐 부두에 접안한 선박에 대하여 화물의 종류 및 화물량에 따라 서비스를 받게 된다. 또한 이 과정을 통해 처리된 선박을 부두 및 화물별로 처리량 및 처리비율 그리고 체선에 관한 정보에 대하여 1년간의 시뮬레이션 결과치를 수집한 후 실험을 끝내게 된다.

시뮬레이션 모델의 흐름 및 세부적 항목은 Fig. 3.1에 나타나 있다.

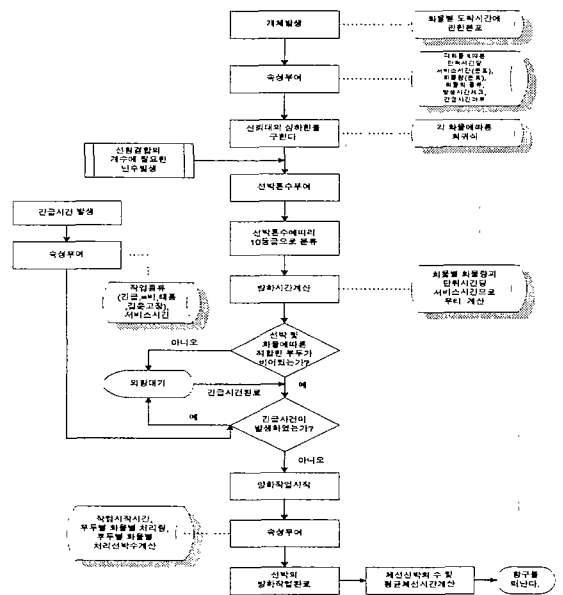
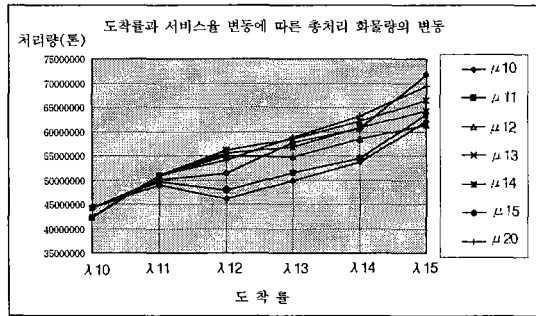


Fig. 3.1 Simulation flow

입항선박의 용량과 화물량에 관한 분석은 일차적으로 1995년 실제데이터를 단순회귀분석을 통하여 회귀선을 구하고 그에 따른 유의수준 5%의 신뢰구간의 상한과 하한을 계산하고, 그에 따른 신뢰대를 작성하였다. 이러한 이유는 실제데이터에 의한 자료의 산포가 커서 발생하는 변동의 특성을 반영하기 위해서이다. 회귀선을 중심으로 하는 신뢰대의 상한과 하한을 화물별 화물량과 선박용량에 관한 신뢰대에서 나타내고 있는 식에 의하여 구하고 상한과 하한의 범위내에서 균일분포에 따라 발생하는 난수를

선박용량의 값으로 사용하였다.

인천항의 입항 선박수와 서비스율의 변화에 따른 체선율의 변동률 분석은 본 연구의 목적에서 밝힌 바와 같이 항만의 서비스능력 증가에 따른 비용이 막대하기 때문에 수요에 대한 정확한 예측이 적절한 투자규모를 산정하는 데 효과적일 수 있다. 따라서 입항선박수의 변동과 서비스능력의 변동에 따른 실험 결과들을 제시함으로써 의사결정자들로 하여금 수요변동에 따른 적절한 투자를 할 수 있도록 제조건의 변동에 따른 체선율의 변동상황을 살펴 보고자 했다. Fig. 3.2는 입항선박과 서비스율의 변동에 따른 총처리 화물량을 나타낸 그림이다.



λ# : #x10%의 도착률

Fig. 3.2 Change of handled cargo per change of arrivals and service rate

3.2 부두서비스 실태 분석 및 검토

시뮬레이션의 결과에서 현재 인천항만에서 제공하고 있는 서비스 수준을 유지하기 위해서는 입항선박의 수가 증가할수록 그에 따른 서비스능력은 지속적으로 증가해야 함을 알 수가 있다. 그리고 입항선박의 수가 증가할수록 화물의 종류에 따른 입항경향과는 관계없이 선박의 크기가 작은 선박들이 우선적으로 처리가 됨을 시뮬레이션 분석을 통해 알 수가 있다.

입항선박의 수와 서비스율을 동시에 변화시켰을 경우 화물처리량을 통해서 알 수 있는 것은 입항선박수의 수준에 따라 그에 따른 처리량은 동시에 양의

방향으로 증가하기는 하나 그 증가율은 입항선박 증가율에 따라 이를 수용할 수 있는 수준의 서비스가 제공되고, 어느 정도 수준의 체선율이 우선적으로 개선될 때 화물처리량의 증가율이 커지는 것을 실험 결과를 보아 알 수 있었다. 그러나 서비스율이 초과적으로 증가할 때는 선석의 이용률이 저하됨을 볼 수 있다.

본 연구에서는 인천항만의 실제데이터를 분석하여 얻어진 선박도착 시간, 화물량, 서비스시간 분포와 인천지방해양수산청 및 하역회사의 선석 접안 운영 원칙을 근거로 하여 인천항의 현황 및 운영의 흐름을 실시간적으로 분석할 수 있는 시뮬레이션모형을 구성하였다. 그리고 입항선박량 및 서비스능력의 변화에 따른 인천항의 향후 총화물처리능력과 체선변화를 분석할 수 있었다.

시뮬레이션의 결과를 통해 볼 때 입항하는 선박의 수가 증가함에 따라 현수준의 체선율 및 체선시간의 유지를 위해서는 서비스율의 지수적 증가가 필요함을 알 수 있었다. 이와 같은 결과를 통하여 항만운영·관리하는 의사결정자는 시뮬레이션을 통하여 거대한 물적·인적 자원이 들어가는 항만의 서비스 개선을 하는데 있어서 예상되는 선박수의 변화에 따른 적절한 서비스 수준을 유지하기 위한 투자 규모를 예측할 수 있을 것이다.

4. 신항로 시뮬레이션

인천항 전반에 걸쳐 화물량이 날로 증가하고 있는 것에 비해 이에 대한 기존 접안 및 하역시설의 수용능력은 이미 한계에 이르렀음이 이미 앞에서 확인되었으며, 현재 부족한 접안 및 하역시설을 확충하고자 인천항 광역개발과 경인운하 건설계획, 인천남항 건설계획, 인천북항건설계획, 송도 신항만 건설계획 그리고 평택(아산)항 건설계획 등이 수립·진행 중에 있다.

특히 아산항 건설에 따른 이전화물량에 의한 체선율의 변동을 3장의 시뮬레이션을 이용하여 이전화물량에 의한 체선율의 변동을 분석한 결과, 장차 준공

운영예정인 아산항이 건설 완료될 때 인천화물의 일부가 아산항으로 이전 예상되는 화물은 곡물 20%, 사료 60%, 목재 50%, 원목 30% 등이다. 또한 체선 선박들의 총체선시간이 약 8만여 시간에서 6만여 시간으로 약 2만여 시간이 단축되는 효과를 볼 수 있다. 이 결과는 아산항의 건설이 인천항의 체선 상태를 개선시킬 수 있음을 보여 준다. 그리고 전체 처리 선박에 대한 체선선박의 비율은 약 3%포인트 줄어드는 것을 알 수 있었다(Fig. 4.1 참조).

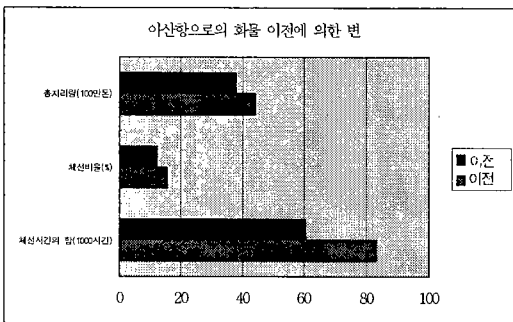


Fig. 4.1 Waiting rate by cargo transfer

4.1 신항로 설정 및 시뮬레이션의 필요성

현재 경인운하 건설계획에 따르면 이 운하를 통과하고자 하는 모든 선박은 모두 일단 인천항내로 들어와 기존 갑문입구를 지나 경인운하의 서해측 입구로 진입하도록 되어 있다. 이러한 방안은 추후 인천항 북항개발시 증가하는 선박통항량에 의한 항로의 포화상태를 전혀 고려하지 않은 것으로 보인다. 인천항내의 진입항로인 제1항로의 검역묘지에서 석탄부두 전면까지의 구간은 약 8Kts의 속력으로 운항할 경우 2008년경에는 인천항 평균기준선 4,846톤의 기본교통허용량 41,760척을 초과하여 항로의 수용능력이 포화가 되어 인천항 물류시스템의 첫단계인 입출항지원시스템에 병목현상이 발생하여 전체 물류시스템의 생산성을 저하시키게 될 뿐만 아니라 만일 북항통항선과 경인운

하 통항선들이 항내로 몰린다면 심각한 위협이 발생할 것이다.

현재 해난사고의 다발지역은 팔미도에서 서수도를 따라 자월도앞 수로까지의 구간이며 이상과 같은 물동량의 증가에 따른 교통밀도의 폭증은 필연적으로 해난사고의 발생확률을 높이게 될 것이다. 따라서 인천항의 폭주하는 항내 교통에 의한 해난사고의 방지와 인천항내의 교통량 분산, 경인운하 물동량의 배분을 위한 근본적인 해결방법은 신항로의 개발외엔 그 대안이 없다고 판단되며, 이를 위해 대안으로 제시하는 새로운 항로를 덕적도 북방의 북수도와 용유도 서북방의 장봉수도를 지나는 해역으로 하였다.

이 방안에 의하면 경인운하로 진입하고자 하는 모든 선박은 덕적도 북방으로 접근하여 이 수로를 따라 들어가게 되므로 인천항을 경유하는 마치 육상의 외곽순환도로와 같은 역할을 함으로써 인천항내의 선박통항을 경감시킬 수가 있을 것이다. 구체적으로, 경인운하건설계획의 1단계 사업이 마무리되는 2002년경의 예상 처리 물동량은 12,768,000톤으로 이것은 1996년 기준 인천항 처리 물동량의 약 10%정도에 해당된다. 이 화물량을 운송하기 위하여 매년 약 2,000톤급 6,400척의 통항선이 이 신항로를 통하여 경인운하로 진입하게 되므로 인천항내의 교통량을 크게 분산시키게 될 것이다. 이러한 인천항내의 교통량 분산과 경인운하의 물동량 배분을 통해 원활한 교통소통으로 인한 직접·간접 효과와 아울러 밀집 교통량에 기인한 해난사고를 경감시킴으로써 외부 불경계는 크게 감소될 것으로 기대된다.

그러나 이 신항로 중 장봉수도 북단에서는 시도와 장봉도 사이의 협수로를 통과해야 하는 문제가 있으므로 이곳과 시도 북방을 지나 시도 북서방 약 1.5마일 지점까지에 이르는 협수로에 대한 조종 시뮬레이션이 필요하다.

4.1.1 시뮬레이션의 개요 및 범위

본 시뮬레이션은 PC에 의하여 개발된 SHIP MANEUVERING DESK-TOP SIMULATOR에 의한 것이다. 위에서 언급한 시뮬레이션 범위는 시도와 장봉도 사이의 협수도와 시도 북방수역이 주요 수역이며 칩로는 Fig. 4.2에 표시하였다.

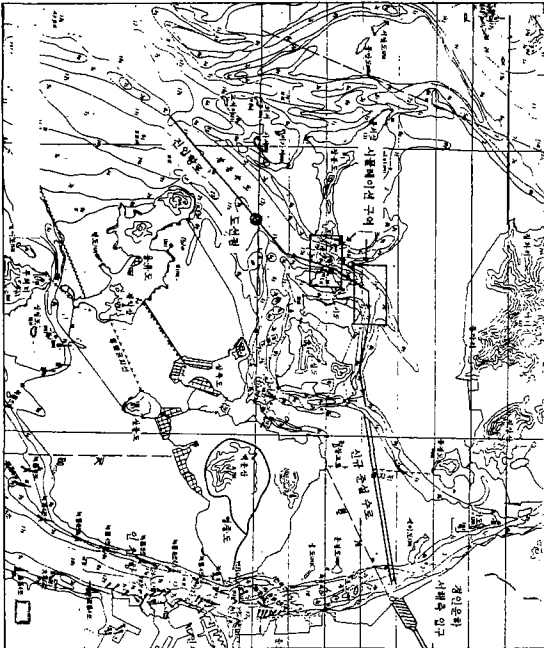


Fig. 4.2 Proposed new fairway and maneuvering simulation

위와 같은 신항로를 개설시 선박조종상 유의해야 하는 수역은 장봉도와 시도 사이의 협수로 부근이다. 여기에서는 이 수역을 둘로 나누어 장봉도와 시도 사이의 통항 및 시도 북서방 약 0.8마일 위치에서 약 50도의 대각도 우변침하는 수역의 시뮬레이션을 행하여 적정성 여부를 판단한다. 그리고 외력 조건은 장봉수도의 최강조류가 창조류 약 3.9노트, 낙조류 약 3.6노트이므로 적정상태의 조류와 바람을 각각 추가 입력시켜 이수역을 안전하게 통항하기 위한 바람과 조류 등 외력의 한계를 시뮬레이션 입력조건으로 설정하였다.

이 시뮬레이션에 사용된 모델선은 현재 경인운하 건설계획에 의하면 이 운하를 이용하는 선박의 크기를 G/T 약 2,500톤의 Semi Container로 제한하고 있으므로 이와 유사한 Table 4.1의 선박으로 하였다.

Table 4.1 Particulars of model vessel

항 목	재 원	
선 종	Semi Container	
항해전속	12.6 kts(250rpm)	
G / T	3,109	
항내전속	약 10 kts(200rpm)	
Displacement	6,263.85 M/T	
L O A	97.56m	
L B P	90.00m	
B	15.20m	
D	8.00m	
Draft	6.10m Even Keel	
CB	0.72	
Propeller	Diameter	2.9m
	Pitch	1.85m
	No. of Blades	4
Rudder	Area	7.304m ²
	Area Ratio	1/58.26
Main Eng.	2500PS x 250rpm	
	Max. Spd	12.6Kts (Maneuvering Speed)

4.2 시뮬레이션

4.2.1 장봉도와 시도 사이의 협수도

이 수역은 수로내에서 변침은 없으나 협수로인 관계로 조류가 클 것으로 예상되며 장봉수도에서의 조류의 유속을 감안하여 약 1-3kts의 유속을 적용시켰으며 그 방향은 지형상 항로와 거의 평행이 될 것이

므로 침로와 같은 방향의 순조와 반대방향의 역조를 예상하였다. 그리고 바람은 최악의 경우를 가정해야 하므로 정횡 좌현과 우현풍을 적용하였다.

한편 이 선박과 같은 Semi Container선은 L/B가 크므로 보침성은 좋으나 반대로 추종성능이 약하고 타면적비마저도 크므로 조타시 추종성이 아주 좋지 않다. 따라서 역조 또는 순조를 받을 때 반대타(counter rudder)를 사용시 선체 응답이 느려 협수도 통과시 어려움을 겪게 되므로 이 점을 감안하여 대각도 조타를 하여야 하는 단점이 있고 이는 곧 비상시 사용할 예비타각이 적어지는 결과를 초래한다.

4.2.2 시도 북서방 수역

Fig. 5.2에 의하면 시도 북서방에서 우현측으로 약 50도 대각도 변침하는 곳이 있다. 이곳에서는 장봉도와 시도 사이의 협수도와 달리 조류가 정횡 방향에서 올 수 있고 더욱이 대각도 변침을 해야 하는 곳이다.

따라서 앞의 결과에서도 알 수 있듯이 타면적이 작고 L/B가 커 추종성이 약한 이 선박은 항내전속이 아닌 항해전속으로 진행해야 조류를 받는 상태에서 변침이 가능할 것이므로 초기 전속은 모든 경우에서 항해전속을 사용하였다.

4.2.3 시물레이션 결과에 의한 종합평가

이상의 시물레이션 결과에 의하면 Semi Container선의 경우, ① 장봉도~시도 사이에서는 필히 전속을 유지해야 하며 약 30kts의 강한 정횡풍을 받을 때 조류의 방향과 관계없이 약 3노트의 조류까지 무난한 통항이 가능하나, 바람이 없더라도 약 3kts의 순조를 받으면 약 10kts의 항내 전속 상태에서는 통항이 어려우므로 증속이 필요하다. ② 시도 북서방 항로에서는 약 30kts의 정횡방향의 바람과 약 3kts의 조류를 받는 최악의 경우를 입력하였을 때 조종상 약간의 어려움은 있었지만 무난히 변침과 정침을 할 수 있었다.

한편, 시도 서방의 협수도를 완전히 통과한 후 이 섬의 북방에 이르렀을 때의 외력 조건은 Fig. 5.2에서 표시한 바와 같이 신규준설수로의 서측입구까지

만 유효한 것이다. 왜냐하면 이 수로를 신설하였을 경우 수로를 준설한 후 제방 등이 건설된다면 수로 서측 입구에서 이에 따른 유속과 유향이 변경될 수 있기 때문이다. 그리고 만일 수로 북측의 수역을 매립한다면 이러한 문제는 모두 사라질 것이다.

단, 위의 모든 경우는 웬만한 기상악화 조건에서도 통항과 변침이 가능하나 장봉수도에서부터 예선의 도움을 받는다면 이상에서 설정한 한계치 이상의 악조건에서도 통항은 가능할 것이며, 이후 시도 북방과 신도 북방을 지나는 항로는 대각도 변침없는 비교적 양호한 수역이므로 이상의 외력조건을 그대로 적용하면 통항 가능할 것이다.

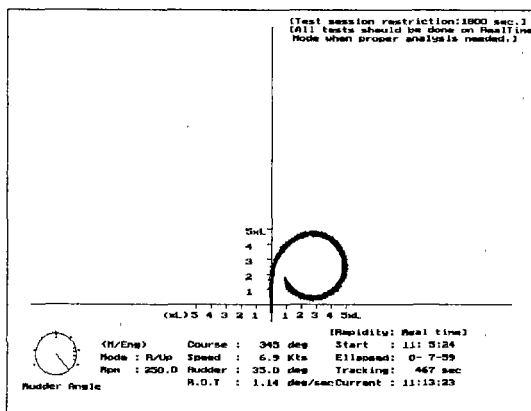


Fig. 4.3 Result of turning test

이 선박의 우현 35도 전타에 의한 선회시험 시물레이션 결과는 아래의 Fig. 4.3과 같고 이는 이 배의 해상시운전 성적서상의 Tactical Diameter 약 4L과 거의 일치함을 보여준다.

본 시물레이션은 인천항 물류 합리화 개선방안의 일환으로서 제시된 신항로의 안정성과 적정성에 대한 분석으로서 이 신항로의 안정성에 대한 보다 세밀한 검토는 항로의 안정성에 대한 평가요소로서의 자연조건, 항로조건, 교통조건, 선박조건 및 운항자 조건 등의 세부항목 각각의 결합조건을 고려하여 추후 시행되어야 할 것이다.

5. 결론

항만물류시스템의 관점에서 인천항은 자연적인 제약에 의하여 항만입출항시스템이 타항에 비해 문제점이 있는 것으로 지적되어 왔으며 또한 주위 산업환경에 의해 내륙연계시스템의 활동이 원활하지 못한 것으로 지적되어 왔다. 이에 대한 장기적인 해결책으로 당국에서는 갑문이 없는 개구부의 신외항 건설과 경인운하 건설이 현재 추진중이다.

이러한 정책에 부응하여 본 연구에서는 인천항의 항만시설 및 이의 운영에 관하여 전반적인 검토 분석을 행하여, 항만의 폭주 원인과 이를 해소할 대안을 제시하였다. 경인운하의 건설계획에 따르면 외해로부터 이 운하에 진입하는 선박이 인천항내를 경유하게 되어 있다. 따라서 이 교통량이 인천 북항 등 개발에 따라 증가하는 선박통항량과 합류하여 항내에서 해난사고를 일으킬 위험성이 높아 항만 입출항의 효율이 저하될 가능성이 있다. 이에 그 해결 대안이 될 수 있는 신항로를 제안하였다. 즉, 본 연구에서 실시한 선박조종 시뮬레이션에서 만족할 만한 결과를 얻었고 교통량 분산의 효과가 큰 덕적도 북방의 북수도, 장봉수도, 시도의 서방협수도 및 신도 북방을 통과하는 항로를 신설하는 것이 바람직하다. 제안항로는 경인운하와 직접 연결되어 해상교통 소통을 원활히하고 안전성을 보장하게 될 것이며, 나아가 내륙운송시스템의 효율화와 해난사고로 인한 외부 불경계를 감소시켜 물류비 절감효과를 가져 올 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) 市來淸也, 국제물류요론, 동양경제신보사, 1989, pp.5-7.
- 2) 해운항만청, 연안해역의 항행환경조사 및 항로개선에 관한 연구.
- 3) 한국선원선박문제연구소, 인천남항의 해상교통 용량결정에 관한 연구, 1984. 12.
- 4) 중앙해난심판원, 해난심판 사례집, 내부자료, 1996.
- 5) Systems Modeling Corporation, ARENA Manual, 1994.
- 6) 오택섭, 사회과학 데이터 분석법, 나남출판, pp.291-300.
- 7) 경인운하주식회사, 경인운하 민자유치시설 사업계획서, 1997.1.
- 8) 인천지방해운항만청, 인천북항 기초자료조사 및 평가용역보고서(부록 : 제2권), 1996.12.
- 9) 인천지방해운항만청, 인천항 항만시설운영세칙 및 부두과 자료, 1997, pp.22-28.
- 10) 추창엽, 물류비절감을 위한 인천항의 개선방향, 해양한국, 1996. 1.
- 11) 해운산업연구원, 인천항만이 인천지역 경제에 미치는 영향, 1991. 7.
- 12) 이석태, 21C경쟁력있는 광역인천항의 발전방향, 1995. 3.
- 13) J. Imakita, A Techo-Economic Analysis of the port Transport System, Saxon House, 1997, pp.49-50, pp.72-73.
- 14) 藤井, 海上交通工學, 海文堂, 1981, p.127.
- 15) Pegden, C.D., Introduction t. SIMAN, Systems Modeling Co., State College Pennsylvania, 1984. pp.3-25.
- 16) A. Law, & D. Kelton, Simulation Modeling & Analysis, 2nd ed., Mcgrow-Hill Singapore, 1991, pp.383-387.