

## 仁川港 物流시스템의 實態分析 및 改善方案에 관한 研究

黃海星\* · 郭圭錫\*\*

### A Study on the Improvement of Physical Distribution System in Inchon Port

Hwang, Hae-Sung\* · Kwak, Kyu-Seok\*\*

#### Abstract

The Inchon port, being situated at the center of northeast Asia and the gateway to Seoul, will take a great part in marine transportation in the Korean peninsular. However, the Inchon port has been heavily congested due to the tidal restriction in passing the lock and the shortage of berth or warehouses. The current congestion may be exacerbated by the induced traffic near the lock entrance as the redevelopment of North harbour and the construction of Kyung-In canal are fully configured. It is expected that the newly developed configuration centered at the Inchon port will bring forth the increased rates of marine accidents in the vicinity of lock entrance.

This thesis 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. The author reviewed port facilities related to the anchorage, fairway, lock and inner-lock of the port with a macro perspective and narrows down its focus on the berth efficiency, carrying out a simulation model on the harbour facilities based on the panels or enrollments related to the vessels calling at the Inchon port as well as the overall performance of logistical services. And forecasted the anticipated up-surge of induced traffics kindled by the redevelopment of North harbour and installing the new canal, synthesizing an integrated analysis and reviewed by making use of the main ingredient of simulation results.

---

\* 박사과정 해사수송과학과 수송공학 전공  
\*\* 물류시스템공학과 교수

## 제1장 서론

인천항은 수도 서울의 관문으로서 원자재 수입항 및 연안해송항으로서 특징을 갖고 있는 서해안 제1의 국제항으로서 배후 소비지와 지리적으로 근접하고 있으며, 경인공업지대를 배후 물동량 권역으로 하고 있어 타항만보다 유리한 경제적 입지에 있으며, 남포, 대련 천진 등과도 인접해 있어 북방교역의 가교역할이 커지고 있으므로 향후 국제교역의 물류거점으로서의 입지여건이 더욱 강화될 것으로 기대된다. 인천항의 선거내항은 주로 수출입화물을 처리하고 있는데 선석, 보관시설, 연계운송시설의 부족 및 조석·간만으로 인해 체선·체화가 빈발하고 있는 실정이다. 이는 해마다 급격히 증가하는 수출입물동량이 인천항 처리능력의 한계를 넘어설 뿐만 아니라 산업구조 변화에 따른 화물종류의 다양화 및 처리물동량 변화 등에 보다 능동적으로 대처하지 못하고 있기 때문이라고 본다.

본 연구에서는 이러한 전망을 바탕으로 인천항 배후항만 및 경인운하의 건설계획과 관련하여 앞으로의 항만내 선박 통행량을 추정하고 이에 대한 대안을 제시하고자 한다. 이러한 측면에서, 본 연구에서는 인천항의 항만물류를 시스템적인 관점에서 조사하고, 실태를 분석하며 일반화물수송의 주종을 이루는 선거내항의 입출항 선박의 실적을 근거로 시뮬레이션을 수행하여 문제점을 파악하고 체선요인을 분석하여 이에 대한 대안을 제시하며, 특히 해상교통의 안전성을 제고하기 위한 방안으로 교통량 분산을 위한 경인운하 진입 신설항로를 제안, 그 적합성을 검증함으로써 인천항 물류시스템 가운데 가장 첫 단계인 입항지원시스템에서의 항로문제를 해결함으로써 물류효율화의 방향을 제시하는 것을 목적으로 하고 있다.

## 제2장 인천항의 현황

### 1) 부두시설

인천항은 갑문시설을 중심으로 갑문내의 내항과 갑문밖의 외항으로 구분하며, 외항은 다시 위치와 기능에 따라 남항, 북항, 연안항 및 석탄부두로 구분된다. 갑문시설은 최고 10미터의 간만의 차를 극복하기 위하여 건설되었으며, 5만톤급 갑거 및 1만톤급 갑거가 각각 1기씩 설치되어 있다. 갑거내 부두로 진입하기 위해서는 갑거를 통과하여야 한다.

선거내는 일반화물 전용부두로 운영되고 있는데, 인천항의 수출입화물을 취급하는 선거내 접안시설은 모두 8개 부두가 있으며, 안벽길이가 9,726m, '96년말 하역능력은 34,638천톤/년으로 45선석이 있다(Table 2-1참조).

선거밖의 남항, 북항, 석탄부두는 주로 선거내 처리가 어려운 유류, 액체가스, 공해성 화물인 석탄 모래 등을 취급하고 있으며 연안부두는 서해 도서를 잇는 여객선 접안시설 및 어선 기지로 활용되고 있다.

Table 2-1 Particulars of facilities in Incheon port

| 구분  | 부두     | 길이 (m) | 접안능력 (천톤×척)  | 하역능력 (천톤/년)     | 하역장비                      | 주요취급화물  |
|-----|--------|--------|--|-----------------|---------------------------|---|
| 내항  | 1      | 1,799  | 50×1, 35×2, 15×4, 2×3                                | 4,601           | -                         | 잡화, 산물, 원목                                    |
|     | 2      | 1,442  | 30×1, 20×2, 8×5                                      | 4,229           | -                         | 잡화, 철재, 원목                                    |
|     | 3      | 1,250  | 20×1, 10×2, 8×4                                      | 3,321           | -                         | 산물, 철재, 잡화                                    |
|     | 4      | 1,160  | 50×1, 40×1, 30×1, 20×1, 10×1                         | 8,182           | G.C 5기, T/T 4기, 양곡 하역기 2기 | 컨테이너, 잡화                                      |
|     | 5      | 1,110  | 50×4   | 3,920           | -                         | 자동차, 잡화, 양곡                                   |
|     | 6      | 750    | 50×1, 30×2   | 2,564           | -                         | 합판, 펄프, 철재                                    |
|     | 7      | 1,305  | 50×4, 2×1  | 4,173           | 엔로다 4기                    | 양곡, 잡화  |
|     | 8      | 910    | 50×3   | 3,647           | 크레인 5기                    | 원당, 고철, 규사, 소금, 광석, 부원료                       |
| 내항계 | 총계     | 9,726  | 45 척   | 34,638          | -                         | -   |
|     | 석탄     | 240    | 100×1, 50×1 (석탄) (유류)                                | 3,024 (1,369)   | 엔로다 2기, S.R 1기            | 수입유연탄, 유류                                     |
|     | 연안     | 1,268  | 20×2 (유공, 쌍용) 3×1 (유공), 1.5×1 (유공), 0.5×1(쌍용)        | 5,033 (4,585)   | -                         | 유류, 수산물, 연안화물                                 |
| 외항  | 남항     | 386    | 10×3(쌍용양회,한라,동양씨멘트), 5×1(효유), 3×1(한일탱크), 2×1(효유)     | 1,727 (810)     | -                         | LPG, 쌍용양회 680,400T/년, 유류, 시멘트, 액체화물, 모래, 기타잡화 |
|     | 북항     | 1,140  | 75×2(한화), 50×2(한화,대한양공), 40×1(효남), 20×1(한전), 5×1(효남) | 10,248 (10,248) | -                         | 원유, 무연탄, LPG, 유류, 시멘트, 모래, 원목, 유지류            |
|     | 외항계    | 3,034  | 20척  | 20,032 (17,012) | -                         | -   |
| 총계  | 12,760 | 65척    | 54,670   | -               | -                         |   |

주) 하역능력 ( )내는 불편시설의 액체화물 능력임

자료: 인천지방해운항만청, 인천항항만시설운영세칙, 1997, pp.19-28

2) 화물취급량 실적

인천항에 있어서 과거 10년간 화물취급량의 평균증가율은 12.1%로 1996년도 인천항만의 총화물 취급량은 1995년에 비해 9.9% 증가하였고, 외항 및 연안화물량이 각각 5,486만톤과 6,075만톤을 넘어서 개항 이래 최대로 116백만톤을 초과하였다.

이를 수출입화물과 연안화물로 구분하여 살펴 보면 외항 수출입화물이 약 5,486만톤으로 47.5%를 점해 약 6,075만톤의 연안화물(52.5%)에 비해 다소 낮은 비중을 차지하고 있다. 수출입화물의 경우 연안화물이 12.0% 증가해 7.7% 증가에 그친 외항화물보다 증가율에 있어서 크게 앞서고 있으며, 특히 외항화물중 1,242만톤을 기록한 수출화물의 증가가 1995년 대비 12.8%의 증가율을 보였다(Table 2-2참조).

Table 2-2 Annual change of cargo in Incheon port (단위 : 천 R/T, %)

| 년도   | 총 화물량   |      | 외항     |      |        |       |        |      | 연안     |      |
|------|---------|------|--------|------|--------|-------|--------|------|--------|------|
|      | 화물량     | 증가율  | 입항     |      | 출항     |       | 계      |      | 화물량    | 증가율  |
|      |         |      | 화물량    | 증가율  | 화물량    | 증가율   | 화물량    | 증가율  |        |      |
| 1987 | 43,036  | 16.5 | 24,522 | 11.9 | 3,744  | 91.4  | 28,266 | 18.4 | 14,771 | 13.0 |
| 1988 | 50,352  | 16.9 | 26,956 | 9.9  | 4,254  | 13.6  | 31,210 | 10.4 | 19,142 | 29.6 |
| 1989 | 53,866  | 6.9  | 26,956 | 0    | 3,485  | -18.1 | 30,441 | -2.5 | 23,425 | 22.4 |
| 1990 | 60,478  | 12.3 | 28,294 | 4.9  | 3,090  | -8.0  | 31,388 | 3.1  | 29,094 | 24.2 |
| 1991 | 70,960  | 17.3 | 36,384 | 28.6 | 3,042  | -1.5  | 39,426 | 25.6 | 31,534 | 8.4  |
| 1992 | 78,367  | 10.4 | 34,002 | -6.5 | 5,189  | 91.3  | 39,821 | 0.9  | 38,546 | 22.2 |
| 1993 | 84,626  | 8.0  | 33,531 | 1.3  | 7,090  | 28.8  | 40,621 | 2.0  | 44,005 | 14.1 |
| 1994 | 93,908  | 10.9 | 35,108 | 4.7  | 8,219  | 15.9  | 43,327 | 6.6  | 50,581 | 14.9 |
| 1995 | 105,176 | 11.9 | 39,928 | 13.2 | 11,008 | 33.9  | 50,936 | 17.5 | 54,240 | 7.2  |
| 1996 | 115,611 | 9.9  | 42,439 | 6.3  | 12,422 | 12.8  | 54,861 | 7.7  | 60,750 | 12.0 |

자료: 해운항만청, 해운항만통계연보를 참조하여 작성.

### 제3장 물류시스템의 분석

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. 3-1과 같다. 인천항에 입출항하는 일반화물선은 주로 내항에서 화물을 처리하고 있는 바, 입출항 선박 크기는 갑거를 통과할 수 있는 크기로 제한되고 있는데 그 허용크기는 최대 5만톤급이다. 따라서 입출항의 용량도 이 선박의 크기 한도내에서 제한된다.

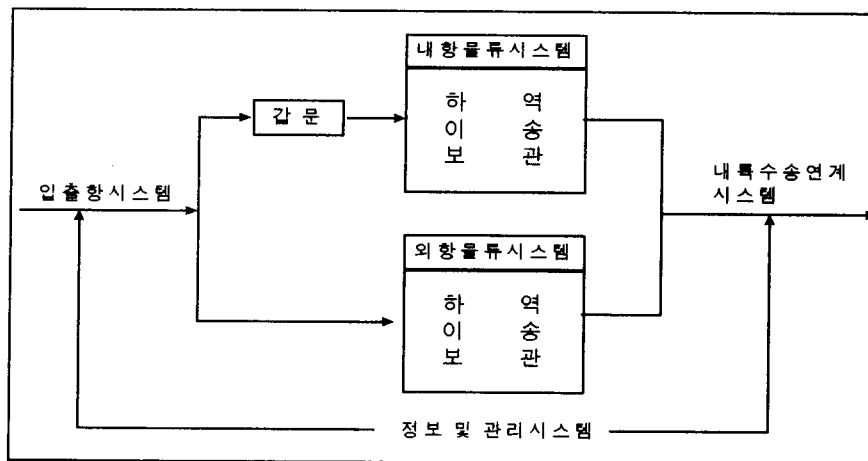


Fig. 3-1 Schematic diagram of port transportation system in Incheon port

1) 진입항로의 구분

인천항 진입항로는 팔미도 부근 검역요지로부터 북향의 한화에너지 돌핀 전면해상에 이르는 길이 14km의 제1항로와 월미도 남측해상 제1항로에서 직각으로 분기되어 갑문에 이르는 길이 약 900m의 제2항로를 말한다.

제1항로는 항로의 굴곡형태와 수심을 고려하여 아래와 같이 크게 3구간으로 구분된다.

- 구간 "A": 검역요지 ~ 석탄부두전면 7.0km
- 구간 "B": 석탄부두전면 ~ 갑문방파제전면 3.0km
- 구간 "C": 갑문방파제전면 ~ 경인돌핀전면 4.0km

따라서 항로는 위의 A, B, C 세구간으로 각각 나누어 검토한다.

2) 인천항 입출항 선박척수 추정

인천항의 2001년 및 2011년의 화물량 추정 및 입출항 선박척수 추정은 기존의 연구 결과를 종합·검토하여 가장 합리적으로 추정되었다고 판단되는 최근의 추정치를 인용하였다.

Table 3-1 Predicted number of in/outbound vessel in Incheon port

| 분 급   | 연안항, 남항, 남외항 |        | 내 항   |       | 북항, 경인운하 |        | 합 계    |        |
|-------|--------------|--------|-------|-------|----------|--------|--------|--------|
|       | 2001년        | 2011년  | 2001년 | 2011년 | 2001년    | 2011년  | 2001년  | 2011년  |
| 7만이상  | 50           | 100    |       |       | 50       | 71     | 100    | 171    |
| 6만~7만 | 22           | 52     |       |       | 17       | 24     | 39     | 76     |
| 5만~6만 | 25           | 66     |       |       | 36       | 44     | 61     | 110    |
| 4만~5만 | 68           | 162    | 283   | 238   | 78       | 103    | 429    | 503    |
| 3만~4만 | 221          | 509    | 181   | 186   | 188      | 223    | 590    | 918    |
| 2만~3만 | 306          | 719    | 436   | 417   | 304      | 324    | 1,046  | 1,460  |
| 1만~2만 | 518          | 1,248  | 723   | 696   | 419      | 429    | 1,660  | 2,373  |
| 8천~1만 | 85           | 196    | 121   | 119   | 76       | 92     | 282    | 407    |
| 5천~8천 | 403          | 905    | 445   | 431   | 383      | 462    | 1,231  | 1,798  |
| 3천~5천 | 342          | 801    | 427   | 423   | 323      | 403    | 1,092  | 1,627  |
| 3천이하  | 11,376       | 22,651 | 4,919 | 5,447 | 9,248    | 10,148 | 25,543 | 38,246 |
| 합     | 13,416       | 27,409 | 7,535 | 7,957 | 11,122   | 12,323 | 32,073 | 47,689 |

자료 : 인천지방해운항만청, 인천북항 기초자료조사 및 평가 용역 보고서 (부록 : 제2권), 1996, p.298.

인천항내의 진입항로인 제1항로의 검역요지에서 석탄부두 전면까지의 A구간에 대한 교통량은 2001년에서 2011년까지 인평균 약 4.0%로 선박입항척수가 증가할 경우에는 2008년에는 약 42,206척이 입항하게 된다. 이때 이들 선박이 약 8kts의 속력으로 항행을 하게 되면 이 항로 기본 교통허용량인 41,670척을 초과하게 되어, 이를 수용하기 위해서는 항로폭을 확장하거나, 선박의 항행속도를 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 첫단계인 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.

### 3) 해난사고 분석

'96년도 인천부근 해역에서의 해난발생건수는 35건으로서 월평균 3건정도 해난사고가 발생하였다 (Fig. 3-2참조). 향후 인천항의 북항개발, 영종도 신공항 건설, 영흥도 화력발전소 건설 등으로 향후 선박 입·출항이 증가될 것으로 예상되어 출입항수로인 동수도 및 서수도와 항내의 해상교통이 폭주할 것으로 예상되고 있다. 특히 입항수로인 부도 및 백암등대 부근의 수로폭은 심홀수 선박의 통항이 어려운 실정이다.

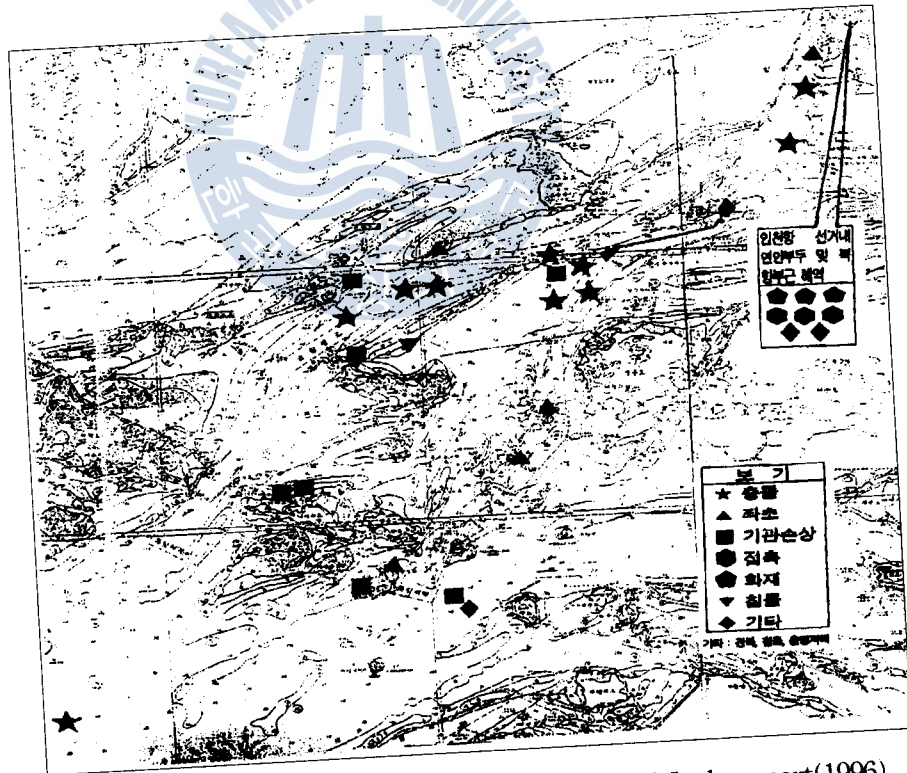


Fig. 3-2 Frequency of marine accident around Incheon port(1996)

또한 '96년도 해난사고 구역을 분석하여 보면 서수도의 자월도와 소초지도 사이인 NO.7부표에서 NO.1부표 사이의 수로에서 20%의 해난이 발생하였고, 그 다음으로 팔미도 부근인

동수도와 서수도가 합쳐지는 통항분리대 근처 해상에서 약 14%의 해난이 발생하였으며 팔미도에서 서수도를 따라 자월도앞 수로에서 34%의 해난이 발생하여 사고다발지역으로 확인되었다. 이렇게 해난사고의 발생률이 높은 곳은 역시 전체적인 선박의 교통밀도가 높은 곳임을 알 수 있다.

#### 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.9부이 근처의 지정항로 우측면에 9.7미터 정도 수심을 유지하는 저질이 암반인 암초가 있다.

북항에는 호남정유 정인에너지 등의 유류운반 선박들의 입출항이 잦은 상황이고, 특히 경인운하가 완공되는 2000년초에는 중분수 2,500톤급 선박들의 입출항이 급증되어 팔미도 근처의 강제도선구에서 모전사 송하선으로 인한 선박들의 정선지점 및 인천항 진입수로와 항내묘박지 그리고 갑분입구 등에는 항상 해난사고의 위험이 상존하고 있다.

따라서 인천항의 북수도는 항내 교통에 의한 해난사고의 방지를 위한 근본적인 해결방법은 신항로의 신설외엔 그 대안이 없다고 판단된다. 그에 대한 제안으로 장봉수도를 개발하여 일부 건조지역은 준설하여 신항로로 활용한다면 인천항 진입수로와 항내묘박지의 해상교통 흐름이 현재보다 매우 원활하여 해난의 위험이 해소되어 예측할 수 없는 대형사고를 방지할 것으로 기대된다.

#### 5) 인천항 선거내항 물류시스템의 분석

내항 물류시스템의 각 단계별 처리능력과 실제 수행 능력은 Table 3-2와 같다. 입항능력은 현재 약간 여유가 있는 것으로 내항 하역능력은 처리율이 119%로서 능력이 부족한 것으로 나타났다. 내항부두 처리능력을 부두별로 보면 4, 5부두가 처리율이 가장 높은 것으로 나타나고 있는데 이는 이 부두의 화물처리량이 능력에 비해 상대적으로 많다는 것이다.

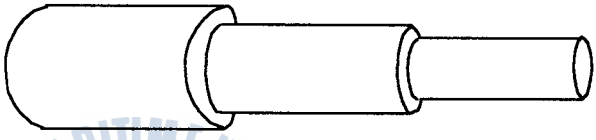
그리고 제1, 2, 3부두는 일반 잡화를 취급하는 공용부두로서 제3부두를 제외하고 이들의 처리율이 100%를 넘고 있어 부두 시설의 부족을 나타내고 있다. 잡화처리 실적이 다소 낮게 나타나는 제6부두는 인천내항의 북단에 위치해 있어 내륙연계수송에 다소 어려움이 있어 화주들의 이 부두에 대한 기피현상에 기인한 것으로 보인다.

이처럼 실제의 처리실적이 처리능력 이상으로 높다는 것은 결국 하역기기, 근로자의 안전, 이송 및 보관 등, 각 연계 시스템에 많은 문제를 야기시키고 있으며 머지 않아 내항 부두능력이 한계점에 도달되리라 판단된다.

Table 3-2의 인천항 하부시스템 분석에서와 같이, 입항지원능력의 경우 선박의 가항통행량은 약 56%수준으로서 개략적인 계산상으로는 여유가 있어 보이지만 실제로는 갑문의 경

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

Table 3-2 Capacity by subsystem

| 구분 \ 단계   | 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%       |

#### 제4장 대기행렬 시뮬레이션

본 장에서는 인천항의 실제 기록된 선박의 입항, 접안, 이안 시간 등의 입력자료들을 기반으로 하여 시뮬레이션을 실행하여 현재 운영 중인 부두서비스의 실태 및 문제점을 파악하고, 수도권 화물의 경제적 수송을 위한 경인운하 건설계획과 배후항만 개발계획의 실시로 접안, 하역시설을 향상시켜, 입항선박의 증가와 부두서비스 개선의 유도를 통한 선박의 체선 시간을 단축할 수 있는 방안을 찾아 분석함과 동시에 시뮬레이션 전용언어인 SIMAN V와 ARENA를 이용하여 인천항만의 체선문제에 대한 모델을 구성하고 여러 시나리오에 대한 인천항의 체선을 변동에 대하여 분석하였다.

인천항에서 처리하고 있는 화물들은 200여종으로써 다음의 17개 화물군으로 분류하여 각각의 화물군의 특성에 따라 부두 및 선석을 결정하게 된다. 1995년 1월 1일부터 1995년 12월 31일까지의 기간동안 인천지방해운항만청 부두과 및 운영과의 공식기록들로부터 다음의 자료들을 수집하였다. 즉, ① 선명, ② 접안부두, ③ 묘지에 도착한 날과 시각, ④ 묘박대기 시간, ⑤ 부두에 접안한 날과 시각, ⑥ 부두를 이안한 날과 시각, ⑦ 총톤수, ⑧ 적재화물종류, ⑨ 적재톤수 등이다. 수집한 자료들은 정밀한 확인을 거쳐 정리한 후, 총 4,921척의 선박에 관한 자료를 채택하였다.

인천항의 항만모델은 크게 3단계로 나뉘어 구성된다. 첫 번째 단계로 앞에서 구한 기초



자료를 이용하여 입항하는 선박의 화물종류와 실린 화물의 크기를 화물종류에 따른 도척 간분포에 따라 개체를 발생시키고 이에 따라 회귀식에 의해 화물량에 맞는 선박을 결정하게 되는 과정이다. 두번째 단계는 이러한 입항선박에 적합한 부두를 선정하는 과정으로 앞에서 제시한 입항선박 지정 결정에 관한 규칙에 따라 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 처리 비율 그리고 체선에 관한 정보에 대하여 1년간의 시뮬레이션 결과치를 수집한 후 실험을 끝내게 된다.

#### 4.1 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. 그 이유는 서비스 수준이 입항하는 선박의 수에 비하여 현저하게 부족한 상태를 나타내기 때문에 모든 선박이 심각한 체선상태에 있게 되어 큰 선박을 처리하기 위하여 선석을 비워둘 수가 없기 때문에 계속해서 입항하는 선박들 중 우선적으로 선석이 빌 때마다 접안시켜 양하작업을 수행하기 때문이다.

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 실험결과를 보아 알 수 있었다. 그러나 서비스율이 초과적으로 증가할 때는 선석의 이용률이 저하됨을 볼 수 있다.

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 항만을 운영·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. 아울러 인천항의 체선 상태를 개선하기 위해서는 서비스 수준의 향상을 위한 지속적이고 장기적인 투자 계획이 요구된다.

## 제5장 신항로 시뮬레이션

인천항 선반에 걸쳐 화물량이 날로 증가하고 있는 것에 비해 이에 대한 기존 접안 및 하

역시설의 수용능력은 이미 한계에 이르렀음이 이미 앞에서 확인되었으며, 현재 부족한 접안 및 하역시설을 확충하고자 인천항 광역개발 등 여러가지 계획이 수립·진행 중에 있다.

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 북항 개발시 증가하는 선박통항량에 의한 항로의 포화상태를 전혀 고려하지 않은 것으로 보인다.

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.

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

## 5.1 시뮬레이션의 개요

위와 같은 신항로를 개설시 선박 조종상 유의를 해야 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.

본 Simulation은 PC에 의하여 개발된 SHIP MANEUVERING DESK-TOP SIMULATOR에 의한 것이다. 위에서 언급한 Simulation Area는 시도와 장봉도 사이의 협수도와 시도 북방수역이 주요 수역이며 침로는 Fig. 5-1에 표시하였다. 시뮬레이션의 결과는 Table 5-1과 5-2에 각각 표시하였다.

### 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 것이므로 침로와 같은 방향의 순조와 반대방향의 역조를 예상하였다. 그리고 바람은 최악의 경우를 가정해야 하므로 정횡 좌현과 우현풍을 적용하였다. 바람과 조류 등의 외력은 각 그림 우측 상단에 표시되어 있다.

한편 이 선박과 같은 SemiContainer선은 L/B가 크므로 보침성은 좋으나 반대로 추종성이 약하고 타면적비 마저도 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.

2) 시도 북서방 수역

Fig. 5-1에 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 해야하는 곳이다.

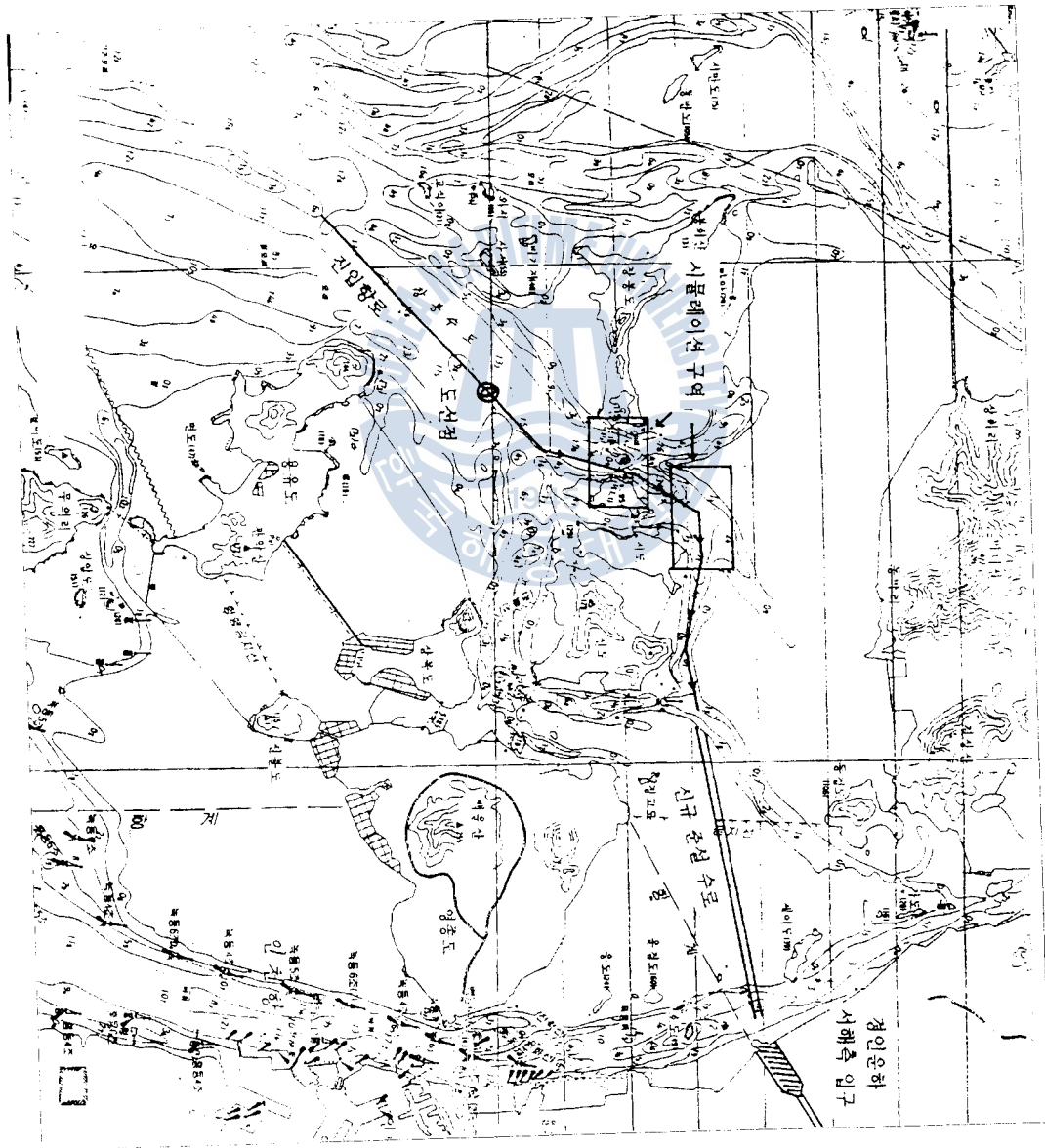


Fig 5-1 Proposed new fairway and maneuvering simulation

Table 5-1 Result of simulation in JangBong-Do and Si-Do

| 구 분     | Initial Co.<br>(°) | Speed<br>(kts)   | Wind(Fm)<br>(m/sec) | Current<br>(kts) | From |        |
|---------|--------------------|--|---------------------|------------------|------|--------|
| Case 1  | 조 건                | 015  | 10                  | 0                | 1    | 200(T) |
|         | 결 과                | 양현 약 15도의 타각으로 무난히 통항가능  |                     |                  |      |        |
| Case 2  | 조 건                | 015  | 10                  | 0                | 2    | 200(T) |
|         | 결 과                | 항내전속으로 진입시 대각도 조타로 감속되어 타효 급감으로 조종불가   |                     |                  |      |        |
| Case 3  | 조 건                | 015  | 12                  | 0                | 2    | 200(T) |
|         | 결 과                | 좌우현 약 15-20도 조타로써 통항가능 단, 항해전속을 사용해야 함   |                     |                  |      |        |
| Case 4  | 조 건                | 015  | 10                  | 0                | 1    | 020(T) |
|         | 결 과                | 작은 조타에 의하여 심하게 사행하고 있으나 전체적으로 무리없이 가능  |                     |                  |      |        |
| Case 5  | 조 건                | 015  | 10                  | 0                | 2    | 020(T) |
|         | 결 과                | 필요시 순간적으로 항해전속으로 증속하여 조타하면 무난히 통과  |                     |                  |      |        |
| Case 6  | 조 건                | 015  | 12                  | 0                | 3    | 020(T) |
|         | 결 과                | 항해전속으로만 통항가능하며 이때 좌우현 35도조타 필요함. 조류 3Kts가 한계유속임.   |                     |                  |      |        |
| Case 7  | 조 건                | 015  | 12                  | 0                | 3    | 200(T) |
|         | 결 과                | 좌·우현 35° 전타로 통항 가능하나 여유타각이 없으므로 이 보다 큰 외력하에서는 통항불가이므로 이 경우가 한계이다.                                  |                     |                  |      |        |
| Case 8  | 조 건                | 015  | 12                  | 15(285T)         | 2.1  | 200(T) |
|         | 결 과                | 항내전속으로 타효 약해 불가하며, 항해전속에서 약 30도의 타각으로 통과가능 한계임.  |                     |                  |      |        |
| Case 9  | 조 건                | 015  | 12                  | 15(285T)         | 3    | 020(T) |
|         | 결 과                | 항해전속에서 좌우현 약 30도 조타로써 통항가능하므로 이 조건이 한계이다.  |                     |                  |      |        |
| Case 10 | 조 건                | 015  | 12                  | 15(285T)         | 3    | 200(T) |
|         | 결 과                | 우현 35° 타각으로 보침 가능하며, Leeway를 일정하게 유지하는 타각은 20° 이다. 그러므로 약 3Kts의 순조와 30Kts의 좌현정황풍이 항해전속 상태에서의 한계이다. |                     |                  |      |        |
| Case 11 | 조 건                | 015  | 0                   | 15(285T)         | 0    | 0(T)   |
|         | 결 과                | 수로 중앙에서 정선시키고 바람의 영향만을 관찰하기 위한 시뮬레이션이다.  |                     |                  |      |        |
| Case 12 | 조 건                | 015  | 0                   | 0                | 3    | 200(T) |
|         | 결 과                | 수로에서 조류의 영향을 관찰하기 위한 시뮬레이션 결과이다.   |                     |                  |      |        |
| Case 13 | 조 건                | 015  | 0                   | 15(285T)         | 3    | 200(T) |
|         | 결 과                | 수로에서 정선시킨채 바람과 조류의 영향을 보기 위한 시뮬레이션 결과이다.   |                     |                  |      |        |

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 선속은 모든 경우에서 항해전속을 사용하였다(Table 5-2 참조).

Table 5-2 Result of simulation around Si-Do

| 구분      |    | Initial Co.<br>(°)   | Speed<br>(kts) | Wind(Fm)<br>(m/sec) | Current<br>(kts) | From   |
|---------|----|--|----------------|---------------------|------------------|--------|
| Case 14 | 조건 | 037  | 12             | 0                   | 1                | 307(T) |
|         | 결과 | 낮은 조타로써 현저하게 감속이 되며 따라서 타효 급감으로 크게 사행한다. 그러나 이는 조선 미숙이며 숙련된 도선사에 의하면 무난히 통항 가능.  |                |                     |                  |        |
| Case 15 | 조건 | 037  | 12             | 15(307T)            | 1                | 307(T) |
|         | 결과 | 좌우현 15도 조타로써 무난히 통항 가능   |                |                     |                  |        |
| Case 16 | 조건 | 037  | 12             | 0                   | 1                | 127(T) |
|         | 결과 | 좌우현 15도 조타로써 통항 가능   |                |                     |                  |        |
| Case 17 | 조건 | 037  | 12             | 15(127T)            | 1                | 127(T) |
|         | 결과 | 좌우현 20도 조타로써 통항 가능. 조종사의 미숙으로 약간의 사행은 되고 있으나 무난히 통항 가능   |                |                     |                  |        |
| Case 18 | 조건 | 037  | 12             | 15(307T)            | 2                | 127(T) |
|         | 결과 | 항해전속에서 변침점 전방으로부터 조류유압에 의한 약간 우회두를 시도하다가 변침점 부근에서 우전타와 유압에 의한 우회두 시도함. 그 결과 변침 및 정침이 양호한 위치제어로 가능함.                              |                |                     |                  |        |
| Case 19 | 조건 | 037  | 12             | 15(307T)            | 3                | 127(T) |
|         | 결과 | 항해전속에서 변침점 전방으로부터 유압에 의한 약간 우회두를 시도하다가 변침점 부근에서 우전타 및 조류의 유압에 의한 급우회두하여 정침없이 다음 변침점으로 계속 변침 시도함. 위치제어가 2Kts때보다 어려우므로 3Kts가 한계이다. |                |                     |                  |        |

## 5.2 시뮬레이션 결과에 의한 종합평가

이상의 시뮬레이션 결과에 의하면 SemiContainer선의 경우, ① 장봉도~시도 사이에서는 빨리 전속을 유지해야 하며 약 30Kts의 강한 정횡풍을 받을 때 조류의 방향과 관계없이 약 35도의 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. 5-1에서 표시한 바와 같이 신규준설수로의 서측입구에 까지만 유효한 것이다. 왜냐하면 이 수로를 신설하였을 경우 수로를 준설한 후 어떠한 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 외력조건 한계를 그대로 적용하면 통항 가능할 것이다.

## 제6장 결론

본 연구에서는 인천항의 항만시설 및 이의 운영에 관하여 전반적인 검토 분석을 행하였으며, 그 결과로써 항만의 폭주 원인과 이를 해소할 대안을 제시하였다. 그리고 현재 경인운하의 건설계획에 따르면 외해로부터 이 운하에 진입하는 선박이 인천항내를 경유하게 됨으로써 인천 북항 등 개발에 따라 증가하는 선박통항량과 함께 항내에서의 해난사고가 빈발하여 항만운영의 효율이 저하될 가능성이 있으므로 이의 해결 대안이 될 수 있는 신항로를 제시하였다. 시뮬레이션 결과에 따르면 항로의 적정성과 안정성이 양호한 것으로 분석되었고, 제시된 신항로는 인천항내의 교통량 분산, 경인운하 물동량의 배분과 이로인한 해난사고 경감을 통한 외부 불경제 효과가 크게 감소될 것으로 평가되었다.

본 연구의 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 항만 물류의 관점에서 고찰할 때에, 인천항은 심한 조석차, 갑문통과 등과 같은 자연적인 조건에 의하여 항만 접근에 원천적으로 불리한 조건에 처해 있으며, 내륙운송과의 연계시 통행 체증과 함께 화물의 하역, 부두내 이송 및 저장에 필요한 설비가 불충분하다.
2. 입출항 시스템의 개선방안으로 항로 준설 및 개구항의 건설 등으로 입출항의 제한 요인을 장기적으로는 제거하여 나가야 할 것이며, 갑거의 추가 증설에 따른 경제적 어려움과 제반 제약 극복할 수 있는 운영의 효율화 즉, 현 상태에서의 수위조절시간 단축, 관문개폐시간 조절, 도선사의 협조 등에 의한 최대의 효율운행을 꾀함으로써 갑거통항능력을 향상시켜야 할 것이다.
3. 항내 물류의 효율을 높이기 위하여는 현재의 갑문시설과 운영의 개선 및 항만설비의 확충이 필요하며, 내륙운송과의 원활한 연계와 화물이전으로 인한 체선율과 체선시간의 개선을 위하여 인천항 외곽지역에 새로운 항만을 개발하여야 한다.
4. 현재의 경인운하 건설계획은 기존 갑문입구 부근에서 증가하는 선박통항으로 인하여 해난사고가 빈발할 우려가 있으며 따라서 경인운하진입항로를 항계 외부에 신설해야 한다.
5. 2008년경에는 선박폭주로 인해 해난의 위험성이 가중될 것으로 예상되는 바, 본 논문에서 실시한 선박조종 시뮬레이션의 결과에서와 같이 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 불경제를 감소시켜 물류비 절감효과를 가져올 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

1. 市來清也, 국제물류요론, 농양경제신보사, 1989, pp.5-7.
2. 인천지방해운항만청, 인천북항 기초자료조사 및 평가용역보고서(부록 : 제2권), 1996.12, pp.293-294.
3. 해운항만청, 신항만개발 투자우선순위평가, 1996, 및 인천지방해운항만청, 인천북항기초자료조사 및 평가용역보고서(부록: 제2권), 1996.
4. 중앙해난심판원, 해난심판 사례집, 내부자료, 1996.
5. Systems Modeling Corporation, ARENA Manual, 1994.
6. 인천지방해운항만청, 인천항 선박입출항 대상, 1995.
7. 경운운하주식회사, 경인운하 민자유치시설 사업계획서, 1997.1.
8. 허용범, Ship Maneuvering Desk-Top Simulator.
9. 인천지방해운항만청, 인천항 항만시설운영세칙, 1997, pp.17-18.
10. 인천항 감분관리소, 인천항 감분시설 해설, 1995, p.22.
11. 인천지방해운항만청, 인천항 항만시설운영세칙 및 부속과 자료, 1997, pp.22-28.
12. J. Imakita, A Techno-Economic Analysis of the port Transport System, Saxon House, 1997, pp.49-50, pp.72-73.
13. 藤井, 海上交通工學, 海文堂, 1981, p.127.
14. 한국수자원공사, 수도권 수송체계 개선을 위한 경인운하 건설 방안, 1995. 8, pp.173-178
15. 해운항만청, 인안해역의 항행환경조사 및 항로개선에 관한 연구, 1994.
16. 남만우, 북포항 운송시스템 분석에 관한 연구, 박사학위논문, 1996. 8, p.45.
17. 인천광역시, 2011년 인천도시 기본계획안, 1996.2, pp.34-37.
18. 이석태, "21C 경쟁력 있는 광역인천항의 발전방향", 1995, p.247.
19. Pegden, C.D., Introduction to SIMAN, Systems Modeling Co., State College Pennsylvania, 1984, pp.3-25.
20. A. Law, & D. Kelton, Simulation Modeling & Analysis, 2nd ed., McGraw-Hill Singapore, 1991, pp.383-387.

