

인천-개성(공단)간 바이지 항로의 기술적 타당성 분석

†김상현 · 이승희* · 이영길* · 최정철**

*인하대학교 기계공학부 선박해양공학과 교수, **(주)신화건설링 대표

A Technical Feasibility Analysis on Barge Transportation System between Incheon and Gaesung

†Sang-Hyun Kim · Seung-Hee Lee* · Young-Gill Lee* · Jeong-Chul Choi**

* Dept. of Naval Architecture and Ocean Engineering, Inha University, Incheon 402-751, Korea

** SHINWHA Consulting CO., LTD, 1129-22, Guwol-dong, Namdong-gu, Incheon 405-835, Korea

요 약 : 최근 남북한 경제교류 증대, 개성공단의 급속한 발전 등에 따라 남북한 물류도 급속히 증가하고 있어 기존의 육상 수송뿐만이 아니라 다양한 형태의 수송로 확보가 필요한 실정이다. 한편 유럽 및 미국 등에서는 항만 및 적하역 시설의 이용이 용이하며 초기 투자비용이 저렴한 바이지시스템이 화물 수송에 널리 이용되고 있다. 본 연구에서는 먼저 개성공단의 현황과 화물운송에 대하여 고찰하고 바이지시스템을 활용한 인천-개성(공단)간 후보 항로를 제안한다. 또한 인천-개성(공단)간 바이지 후보 항로에 대한 실험역 조사와 현장 답사 등을 통하여 바이지 운항 가능성에 대한 기술적 타당성을 검토한다. 마지막으로 인천-개성(공단)간 후보 항로 (1)과 (2)에 적합한 바이지시스템을 제안한다.

핵심용어 : 바이지, 바이지운송시스템, 근해운송, 인천-개성(공단) 항로, 남북한 해상물류

Abstract : Recently, freight flow between south and north Korea is rising rapidly by increasing of economical exchange between two Korea and growth of Gaeseoung Industrial Complex. Considering this trend of economic cooperation between two Korea, in addition to a land transportation route it is necessary to secure various logistics and transportation route. A barge transport system which has many merits such as a little initial investment and convenience of harbor loading/unloading has been also used to transport freight widely in the EU and USA. In this paper, firstly, a Gaeseoung industrial complex and its cargo transport are investigated and several candidate shipping routes which are using barge transportation system are proposed. And also we investigate a technical feasibility on a realistic possibility of shipping routes by some investigation activities. Finally, a suitable barge system of candidate shipping route (1) and (2) is proposed in this paper.

Key words : Barge, Barge transport system, Short sea shipping, Shipping route between Incheon-Gaesung, Maritime logistics between south and north Korea

1. 서 론

대표적인 남북한 경제협력사업인 개성경제특구는 800만평의 공단과 1,200만평의 배후도시 개발을 목표로 추진되고 있으며 이미 2004년에 2만8천 평의 시범단지가 조성되었다. 개성공단 개발이 완료되는 2012년경에는 2,000개 업체가 입주하여 고용인원 25만명, 연간 생산액 200억불에 달할 것으로 예측된다. 이와 같은 개성공단의 성장에 따라 인천에서 개성으로는 건설자재와 생산 원자재 등, 개성에서 인천으로는 완제품 및 반제품 등의 수송수요가 급증할 것으로 예상된다(대한상공회의소, 2005; 통일부, 2005c; 통일부, 2005d).

한편 인천항은 서해안 항로의 거점으로 이미 남북한간 임가공 상품 수송의 중심 항만으로 대두되고 있어 앞으로 개성공

단이 본격적으로 가동되면 인천항을 이용한 북한 생산제품의 수송 및 중국, 동남아 지역으로의 수출도 증대할 것으로 예상되고 있다. 그러나 북한의 열악한 항만 및 철도 인프라 등으로 인하여 인천과 개성(공단)간의 화물 수송은 트럭을 이용한 도로 수송에만 의존하고 있어 향후의 급속한 수송 물량 증대에 효율적으로 대응하기 위해서는 다양한 수송 체계의 구축이 필요한 실정이다(인천광역시, 2005; 한국무역진흥공사, 2006; 해양수산부, 2004).

본 연구에서는 유럽 및 미국 등에서 많이 이용되고 있고 항만 및 적하역 시설 등의 제약이 적게 받으며 초기 투자비용도 저렴한 바이지시스템을 활용한 인천-개성(공단)간 해상수송 체계를 제안한다. 또한 시험운항, 실험역 조사 및 현장 답사 등을 통하여 인천-개성(공단)간 바이지 후보 항로의 기술적

† 교신저자 : 김상현(중신회원), kimsh@inha.ac.kr 032)860-7344

* kimsh@inha.ac.kr, 032)860-7344

* kimsh@inha.ac.kr, 032)860-7344

** kimsh@inha.ac.kr, 032)860-7344

타당성에 대한 검토를 수행한다.

2. 개성공단과 물동량 검토

2.1 남북한 경제협력 현황

2005년도 남북교역은 1조원(10.5억달러)으로 전년도에 비하여 51.5% 증가하였으며 한국은 중국(17억달러)에 이어 제2의 교역국으로 북한 무역액(40억달러)의 약 25%를 차지하고 있다. 2005년 남북교역액의 내역을 살펴보면 반입액은 340,281천달러로 전년도의 258,038천달러에 비하여 31.8% 증가하였으며 반출액은 715,473천달러로 전년도의 439,001천달러에 비하여 62.9% 증가하였다. 주요 반입품목은 ①섬유류(35.4%) ②농림수산물(33.1%) ③철강·금속제품(13%)등으로 전년도에 비하여 각각 25.5%, 10.6%, 12.6% 증가하였다. 또한 주요 반출품목은 ①화학공업제품(28.3%) ②섬유류(12.2%) ③농림수산물(20.2%) 등으로 화학공업제품과 농림수산물은 전년도에 비하여 각각 49%, 116.3% 증가한 반면, 섬유류는 2.6% 감소하였다. 남북교역이 증가한 요인으로는 위탁가공 교역의 증가, 개성공단 본격 건설 및 금강산 관광시설 확충, 정부 및 민간차원의 대북지원 등이 추정된다(삼성경제연구소, 2005; 통계청, 2004; 통일부, 2005a; 통일부, 2005b).

한편 2005년도 남북한간 선박운항은 편도기준 4,497회로 전년도의 2,124회에 비해 111.7% 증가하였다. 남한에서 북한으로의 운항은 2,228회로 전년도에 비하여 135.5% 증가하였고, 북한에서 남한으로의 운항은 2,269회로 전년도에 비하여 92.6% 증가하였다. 특히 모래 수송 운항은 2,439회로 전체 운항 횟수의 54.2%를 차지하고 있다.

또한 2005년도 남북한간 해상 물동량은 6,795,077톤으로 전년도의 1,108,057톤에 비해 513.2% 증가하였다. 남한에서 북한으로의 물동량은 946,879톤으로 전년도에 비하여 51.4% 증가하였으며 수송화물 내역은 식량차관(30만톤), 대북비료지원(32만톤), 기타 원부자재(의류, 전자부품) 및 민간지원품목 등이다. 또한 북한에서 남한으로의 물동량은 5,848,198톤으로 전년도에 비하여 1,111.1% 증가하였으나 북한산 모래가 전체 물동량의 94.3%를 차지하고 있다(해양수산부, 2005).

2.2 개성공단 현황

개성공단은 서울에서 북쪽으로 약 60km 떨어진 황해북도 개성시 및 판문군 일대에 Table 1에 보이는 바와 같이 2002년부터 2012년까지 사업비 62.5억불을 투자하여 3단계에 걸쳐 단계적으로 조성될 계획이다. 1단계 개발계획(2002년~2007년)에서는 노동집약적 중소기업공단을 조성할 계획이며 2004년에 시범단지 2.8만평이 조성되어 국내 업체의 입주 시작되었다. 2단계 개발계획(2006년~2009년)에서는 수도권과 연계된 기술집약적 산업단지로 개발하여 세계적인 수출기지로 조성할 계획이다. 3단계 개발계획(2008년~2012년)에서는 다국적기업 유치, 동북아 경제거점 육성 등을 통하여 중화학공

업과 첨단산업설비 분야의 복합공업단지로 조성할 계획이다. 3단계 조성사업이 끝나는 2012년에는 공단 부지 800만평, 배후도시 1,200만평, 입주업체 2,000개, 고용인구 25만명, 생산액 200억불/년의 규모에 이를 것으로 예측되고 있다(한국수출입은행, 2005; 현대아산, 2005; 한국무역진흥공사, 2006).

2006년 1월 현재 개성공단 시범단지에는 11개 국내 업체가 공장을 가동하고 있으며 4개 업체가 가동 준비 또는 공장 신축 중이며 북쪽 근로자는 약 4,200명에 이르고 있다. 그러나 자유로운 3통(통행, 통신, 통관)의 제한, 개성공단 제조 제품의 원산지 문제, 북한산 제품에 대한 무역제재, 전략물자 반출제한 규정으로 인한 생산 설비 및 가동에 필요한 부품(전자 및 정밀 부품)의 대북 반출 제약, 6자회담, 한미 FTA 등이 향후 개성공단 사업 진행 및 확장에 대한 변수로 작용할 것으로 예상된다.

Table 1 Development plan of Gaesung Industrial Complex

| 구분 | 1단계 | 2단계 | 3단계 | 확장 구역 | 개성 시가지 | 계 |
|---------|-------------|-----------|---------------|-------|--------|---------|
| 면적 (만평) | 공단 (시범 2.8) | 150 | 350 | 200 | - | 800 |
| | 배후 도시 | - | 100 | 200 | 500 | 400 |
| 개발일정 | 2002~2007 | 2006~2009 | 2008~2012 | 추후 협의 | 추후 협의 | - |
| 업체수(개) | 300 | 700 | 1000 | | | 2,000 |
| 고용인원(명) | 70,000 | 130,000 | 150,000 | | | 350,000 |
| 주요 기업 | 노동집약적 기업 | 기술집약적 기업 | 중화학공업 산업설비 업종 | | | |

자료 : 통일부, 2005 남북교류협력 추진실적(종합), 2005.12

2.3 개성공단 물동량 검토

1) 개성공단 반출입 물동량

2005년에 남한에서 개성공단으로 반출된 물동량의 총중량은 173,379톤, 금액은 156,943천달러이다. 반출된 품목을 중량 기준으로 살펴보면 광산물 61.7%, 철강금속제품 20.1%, 화학공업제품 9.1%를 차지하고 있어 연료와 공장건설용 자재가 주종을 이루고 있는 것을 알 수 있다. 2005년에 개성공단에서 남한에 반입된 물동량의 총중량은 3,258톤, 금액은 19,794천달러이다. 반입된 품목을 중량기준으로 살펴보면 기계류 42.3%, 철강금속제품 26.5%, 플라스틱고무 및 가죽제품 11.0%를 차지하고 있어 개성공단이 부품생산기지로 정착하고 있는 것을 알 수 있다(인천광역시, 2006).

2005년의 개성공단 반출 물동량과 개성공단 공장개발 누적 면적에 기초하여 개성공단 공장가동용으로 추정된 반출 물동량은 2010년에 737만톤, 개성공단 개발면적에 기초하여 개성공단 건설용으로 추정된 반출 물동량은 2010년에 171만톤, 개성공단 배후부지개발면적에 기초하여 개성공단 배후부지 건설용으로 추정된 반출 물동량은 2010년에 367만톤으로 2010년의 개성공단 총 반출 물동량은 1,275만톤으로 추정된다. 한편 2005년의 개성공단 반입 물동량과 개성공단 공장개발 누적면

적으로 추정된 개성공단에서 남한으로 반입되는 물동량은 2010년에 49만톤이며 주요 반입품목으로는 기계류, 철강금속 제품, 플라스틱 및 고무류, 생활용품, 전자전기제품 등이다(인천광역시, 2006).

2) 개성공단 반출입 해상물동량

개성공단 반출 해상물동량은 Table 2에 보이는 바와 같이 2010년 668만톤으로 추정되며 이 중에서 177만톤의 유류를 제외한 해상물동량은 약 491만톤으로 추정된다. 491만톤 중에 공장가동용 반출 물동량 114만톤, 공장 건설용 반출 물동량 120만톤, 배후부지 건설용 반출 물동량 257만톤으로 추정된다.

한편, 2007년 반출 해상물동량을 기준으로 바야지선 운항 횟수를 추정하면 유류를 제외하는 경우, 5백톤급 바야지선 2개로 이루어진 1천톤급 선단의 경우에는 8.2회/일 운항하여야 한다. 한편 5백톤급 바야지선 2개로 이루어진 1천톤급 선단으로 유류를 운송할 경우에 2.1회/일의 운항차수가 필요하다. 따라서 5백톤급 바야지선 2개로 이루어진 1천톤급 선단으로 10.3회/일 운항을 하여야 반출 해상물동량을 원활히 운송할 수 있음을 알 수 있다(인천광역시, 2006).

Table 2 Coastal transportation of export to the Gaesung Industrial Complex (Unit : ton)

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|--------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 총 해상물동량 | 161,469 | 1,497,625 | 3,095,919 | 4,303,887 | 5,169,464 | 6,682,704 |
| 유류 물동량 | 16,900 | 211,246 | 633,739 | 1,056,232 | 1,478,725 | 1,774,469 |
| 유류를 제외한 물동량 | 144,569 | 1,286,378 | 2,462,180 | 3,247,655 | 3,690,739 | 4,908,235 |
| 1일 해상물동량 (300일 기준) | 56 | 704 | 2,112 | 3,521 | 4,929 | 5,915 |
| 1천톤급 선단 1일 소석율 | 5.6% | 70.4% | 211.2% | 352.1% | 492.9% | 591.5% |
| 4천톤급 선단 1일 소석율 | 1.4% | 17.6% | 52.8% | 88.0% | 123.2% | 147.9% |

자료 : 인천광역시, 인천-개성(공단)간 항로의 기술적 타당성 조사, 2006.2

또한 2005년도 개성공단 반입 물동량의 30%를 해상물동량으로 추정하였을 경우 Table 3에 나타낸 바와 같이 2010년의 개성공단 반입 해상물동량은 15만톤으로 추정된다. 2007년을 기준으로 5백톤급 바야지선 2개로 이루어진 1천톤급 선단으로 운송할 경우에 1일 17.5% 정도의 소석율이 예상된다. 즉 남한에서 개성으로 향하는 바야지선은 반출 해상물동량이 다량 발생하므로 만선으로 운항이 가능하나 남한으로 회항하는 바야지선은 반입 해상물동량이 적어서 거의 빈 배일 가능성이 높다. 따라서 개성공단 또는 접안시설 인근지역에 컨테이너박스 공장을 유치하거나 개성지역에서 발생하는 모래, 자갈 등의 반입 등을 통하여 반입 해상물동량을 증대시키는 것이 필요할 것으로 판단된다(인천광역시, 2006).

Table 3 Coastal transportation of import to the Gaesung Industrial Complex (Unit : ton)

| | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|----------------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| 총계 | 3,259 | 17,458 | 52,374 | 87,289 | 122,205 | 146,646 |
| 300일 기준 1일 물동량 | | 58 | 175 | 291 | 407 | 489 |
| 1천톤급 선단 1일 소석율 | | 5.8% | 17.5% | 29.1% | 40.7% | 48.9% |

자료 : 인천광역시, 인천-개성(공단)간 항로의 기술적 타당성 조사, 2006.2

3. 바야지 후보 항로와 자연환경

3.1 바야지 후보 항로

인천-개성(공단)간 항로의 인천지역 기중점을 북항과 남항 및 인천국제공항 삼목도 선착장의 세 곳으로 정하고 개성지역 기중점을 개풍군 남단 해창리로 정하여 인천-개성(공단)간 후보 항로 6개를 Fig. 1과 같이 선정하였다. 또한 후보 항로의 경유지, 항해거리 및 운항 소요시간은 Table 4와 같다. 바야지 운항 속도는 경인운하용 바야지의 적정 속도인 6~7노트의 중간인 6.5노트로 가정하였다(이, 2001). 후보 항로 중에서 염하수로를 이용하는 후보 항로(1)이 운항 거리가 37.8km로 가장 짧으며 장봉도 서쪽 해역, 석모수도 및 청주초 남쪽 해역을 활용하는 후보 항로(2)가 운항 거리 103.0km로 가장 긴 항로이다.

개성지역의 기중점을 개풍군 해창리로 선택한 이유는 해창리 앞바다의 수심(약 4.7m~10.6m)이 양호하였으며 물류 단지 조성이 가능한 배후지를 갖추고 있는 것으로 판단되었기 때문이다(조선과학백과사전출판사, 2004). 삼목도 선착장은 개성공단에서 발생하는 화물 중에서 인천공항을 이용한 Sea-Air 환적화물의 수요를 고려하여 포함하였다. 또한 인천-개성(공단)간 후보 항로로서 강화곶별 남쪽 해역(강화도와 신도/시도/장봉도 사이 해역)을 활용하는 것도 생각할 수 있으나 본 연구과제에서는 강화곶별을 이용한 해상 수송로는 고려하지 않았다.

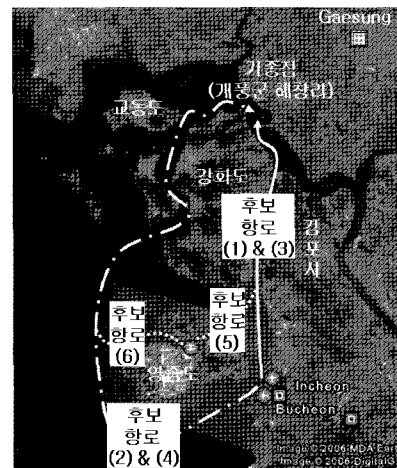


Fig. 1 Candidate shipping routes between Incheon and Gaesung

Table 4 Candidate shipping routes between Incheon and Gaesung

| 후보항로 | 출발지 | 정유지 | 도착지 | 항해거리 (km) | 운항 소요시간 (운항속도 6.5노트) |
|----------|--------------------|----------------------------------|-----|-----------|----------------------|
| 후보항로 (1) | 북향 | 염하수로 | 개풍군 | 약 37.8km | 3.14 hour |
| 후보항로 (2) | | 무의도 남쪽~영종도 서쪽~장봉도 서쪽~석모수도~청주초 남쪽 | 개풍군 | 약 103.0km | 8.56 hour |
| 후보항로 (3) | 남향 | 염하수로 | 개풍군 | 약 39.3km | 3.26 hour |
| 후보항로 (4) | | 무의도 남쪽~영종도 서쪽~장봉도 서쪽~석모수도~청주초 남쪽 | 개풍군 | 약 101.5km | 8.43 hour |
| 후보항로 (5) | 삼북도 선착장 | 염하수로 | 개풍군 | 약 40.1km | 3.33 hour |
| 후보항로 (6) | 장봉도 서쪽~석모수도~청주초 남쪽 | 개풍군 | 개풍군 | 약 71.8km | 5.96 hour |

3.2 항로의 자연환경

1) 인천항

인천항은 반일주조(semi-diurnal) 성분이 지배적이므로 하루에 두 번씩 밀물과 썰물이 교대되고 있다. 또한 매월 조석 변화에는 차이가 있으나 1일 2회 창조류와 낙조류가 발생하고 있으며 2주일 간격으로 사리(spring tide)와 조금(neap tide)이 교대로 나타난다. 한편 인천항 인근 해역은 창조류 최대유속이 조금(小潮) 때 80cm/초 정도이며, 사리(大潮) 때에는 100cm/초 이상이다. (이 외, 1999; 최 외, 2004).

인천 부근 지역(강화, 인천, 교동, 장봉도, 영종도, 용유도, 대부도)의 봄철 평균풍속은 1.7-3.1m/s, 여름철 평균풍속은 1.8-2.8m/s, 가을철 평균풍속은 1.0-2.7m/s, 그리고 겨울철 평균풍속은 1.6-3.4m/s 분포를 보이고 있다. 또한 국립해양조사원에서 파고, 파향 등을 예측하기 위하여 설치한 연안 격자점 중에서 후보 항로들에 가장 가까운 연안 격자점 8번(위도 37.3도, 경도 126.3도)에서 예측된 연중 최대유의파고는 4.3m, 파향은 남서(SW)이다.

2) 염하수로

강화도와 김포반도 사이의 해역으로 좁은 수로를 이루고 있는 염하수로는 폭이 300~1,500m인 것으로 추정되며 조차는 4.7~6.1m이며 최강 창조유속은 1.05~1.30m/sec, 최강 낙조유속은 1.00~1.46m/sec으로 조차에 의한 최대 조류속도는

1.46m/sec(약 2.8노트)이다. 또한 수로 중앙해역 수심 분포는 기본수준면하 약 0.1~7.0m으로 경기만 기본수준면 4.6m을 고려하면 최저 수심은 4.7m으로 추정된다(오, 1995; 국립해양조사원, 2002c).

3) 중간수역

중간수역은 강화도와 북한 개풍군 사이의 해역을 의미하며 수역내의 유도 부근에 갯벌 지역이 존재하지만 중간수역 중앙부의 수심 분포는 기본수준면하 약 2.0~8.0m으로 기본수준면 4.6m을 고려하면 최저 수심은 6.6m으로 추정되어 염하수로보다는 양호한 수심을 확보하고 있다(국립해양조사원, 2002a; 국립해양조사원, 2002c).

4) 석모수도

교동도와 석모도 사이의 해역으로 수도 폭은 1,200~3,800m으로 염하수로보다 넓은 폭을 가지고 있으며 조차는 최고 10m이며 최강 유속은 약 2m/sec이나 일부 해역에서는 약 3m/sec로 조차에 의한 최대 조류속도는 약 3m/sec(약 5.8노트)에 이르고 있다. 수도 중앙해역 수심 분포는 기본수준면하 약 6~34m으로 경기만 기본수준면 4.6m을 고려하면 최저 수심은 약 10.6m으로 추정된다(국립해양조사원, 2002a; 국립해양조사원, 2002b).

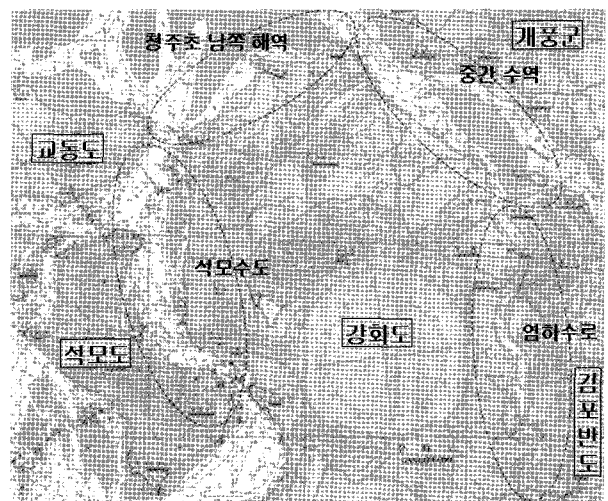


Fig. 2 Main sea area of candidate shipping routes between Incheon and Gaesung

5) 장봉수도

장봉수도는 장봉도와 강화도 사이 해역, 영종도와 장봉도/신도/시도 사이 해역, 장봉도 남쪽 및 서쪽 해역을 포함하는 범위이며 최강 창조유속은 1.04~2.06m/sec, 최강 낙조유속은 0.9~1.76m/sec으로 조차에 의한 최대 조류속도는 2.06m/sec(약 4.0노트)이다. 장봉수도의 운항 예상 항로 부근의 수심 분포는 기본수준면하 약 2.2~5.4m으로 경기만 기본수준면 4.6m을 고려하면 최저 수심은 약 6.8m으로 추정된다(국립해양조사원, 2002a).

6) 청주초

청주초는 강화도 북쪽의 예성강 하구에 위치하고 있는 삼각주로 면적은 약 28.8km²이며 청주초 남쪽 해역의 수심 분포는 기본수준면하 약 0.1~6.5m으로 기본수준면 4.6m을 고려하면 최저 수심은 4.7m로 염하수로와 비슷한 범위의 최저 수심이 확보될 것으로 추정된다(국립해양조사원, 2002a).

3.3 바야지 해상 항로 구축

본 연구에서는 2장에서 추정한 인천-개성(공단)간 해상물동량과 바야지 선단 운항 횟수에 기초하여 인천-개성(공단)간 해상 항로를 3단계로 나누어 단계적으로 구축하는 것을 제안한다.

제 1단계에서는 후보 항로(1)에 5백톤급 바야지 2척을 1선단으로 하여 1천톤급 2개 선단을 투입하고, 제 2단계에서는 후보 항로 (2)에 1천톤급 바야지 4척을 1선단으로 하는 4천톤급 2개 선단을 투입하고, 제 3단계에서는 후보 항로 (1)에 1천톤급 2선단과 후보 항로 (2)에 2천톤급 2선단을 각각 추가로 투입한다.

각 단계별 개략적인 소요예산과 1일 물동량 처리능력을 Table 5에 나타낸다. 소요예산의 산정에서 바야지 및 푸셔 가격은 중고선박의 개략적인 가격을 이용하였다.

Table 5 Necessary budget of candidate shipping routes between Incheon and Gaesung

| 구분 | 1단계 (06~07) | 2단계 (08) | 3단계 (09~15) | 계 | |
|--------------|----------------------------------|---------------------------------|----------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 후보항로 (1) | 5백톤급 바야지 (5억원) 푸셔 (15억원) 계 | 2척×2선단 =20억원 2척=30억원 50억원 | | 2척×2선단 =20억원 2척=30억원 50억원 | 2척×4선단 =40억원 4척=60억원 100억원 |
| | 후보항로 (2) | | 4척×2선단 =80억원 | 4척×2선단 =80억원 | 4척×4선단 =160억원 |
| | 푸셔 (30억원) 계 | | 2척, 60억원 | 2척, 60억원 | 4척, 120억원 |
| 합계 | 50억원 | 140억원 | 190억원 | 380억원 | |
| 1일물동량 신규처리능력 | 2천톤 | 8천톤 | 10천톤 | | |
| 1일물동량 총처리능력 | 2천톤 | 10천톤 | 20천톤 | | |

현재는 개성으로 운반되는 화물의 육상운송 운임은 왕복운임을 받고 있다. 따라서 대량 화물의 저비용 운송이라는 특징을 가지고 있는 바야지 해상운송시스템이 구축되는 경우에 육상운송에 비하여 충분한 경쟁력을 확보할 것으로 예상된다. 또한 물류비 저감을 통한 개성공단 생산 제품의 원가절감과 경쟁력 강화 효과도 기대할 수 있다.

4. 바야지 항로의 기술적 타당성

4.1 주요 해역의 운항 환경 조사

1) 청주초 및 중간수역

청주초 및 중간수역은 남북한 군사적 문제 등으로 현실적으로 선박을 이용한 접근과 시험운항이 어려운 상황이다. 본 연구에서는 Fig. 3과 같이 강화도와 교동도의 전방 관측소(OP)를 방문하여 육안 관찰 및 OP근무자에 대한 인터뷰 등의 현장 조사를 2005년 11월에 실시하였다. 현장 조사를 종합한 결과, 썰물 시의 청주초와 연안사이의 거리는 바야지 운항이 충분히 가능한 거리였으며, 강화도와 개풍군 사이의 중간수역도 바야지 운항이 가능한 것으로 판단되었다. 다만, 청주초 주변 해역의 경우, 밀물 및 썰물 시에 조류속도가 높은 것으로 관측되어 조류속도를 고려한 바야지 운항이 필요한 것으로 판단되었다.

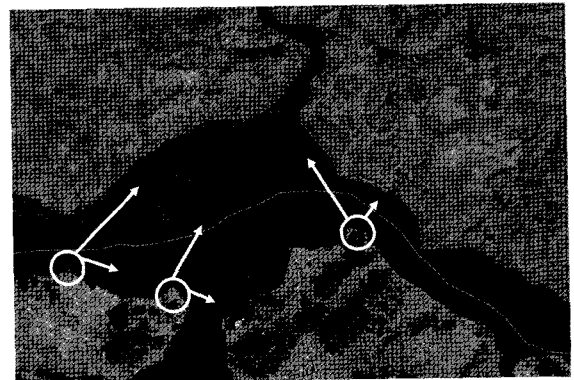


Fig. 3 Area of an on-the-spot survey

2) 염하수로

강화도와 인천/김포를 연결하는 초지대교~신강화대교 사이 해역인 염하수로의 바야지 운항 환경을 조사하기 위하여 어선을 이용한 시험 운항을 실시하였다. 시험 운항의 결과, 수로 중앙해역에서는 바야지 운항이 가능한 수심이 확보될 것으로 조사되었으나 안정적 운항 수심을 확보하기 위해서는 수심이 낮은 해역과 노출 지면 존재 해역 등에 대한 준설 작업이 필요한 것으로 판단되었다. 한편 수로 상에는 3개 교량(초지대교, 강화대교, 신강화대교)이 존재하고 있으며 Table 6에 나타난 교량의 높이와 교각 간격이 바야지 운항 제약 조건이 될 것으로 판단되었다. 또한 강화대교와 신강화대교 사이의 거리는 약 240m로 추정되어 바야지 조종에는 어려움이 없을 것으로 예상되었다.

Table 6 Bridge post span and height of Bridges on YEOMHA

| | 초지대교 | 강화대교 | 신강화대교 |
|-----------|--------|----------|----------|
| 교각 간격(m) | 약 40m | 약 40m | 약 50~54m |
| 교량 높이(m) | 약 22m | 약 20~22m | 약 18~20m |
| 교량간 거리(m) | 약 240m | | |

3) 석모수도

교동도~강화도 해역, 석모도~강화도 해역은 조차에 상관없이 바야지 운항이 가능한 충분한 수심을 안정적으로 확보하고 있는 것으로 판단되었으며 수로 폭도 넓어 바야지 운항에는 큰 어려움이 없을 것으로 예상된다. 또한 현재 흘수 2m인 차도선이 교동도와 강화도, 석모도와 강화도 사이를 조차에 상관없이 정기적으로 운항되고 있는 것으로부터도 흘수 2m인 바야지선의 운항에는 큰 문제가 없을 것으로 판단된다.

4.2 후보 항로(1)의 기술적 타당성

1) 항로의 운항 제약

후보 항로(1)에 대한 자연 환경, 현장 조사 및 시험 운항 조사와 분석 등을 통하여 항로의 바야지 운항 제약 조건을 Fig. 4와 같이 도출하였다. 또한 강화도와 김포시를 연결하는 초지대교, 강화대교, 신강화대교의 3개 교량, 수로 폭, 조차에 따른 염하수로 및 중간수역의 수심 변화가 운항의 주요 제약 조건이 될 것으로 예상된다.

2) 항로의 기술적 타당성

Fig. 4에 나타난 후보 항로(1)의 바야지 운항 제약 조건을 기초로 하여 바야지 운항의 기술적 타당성을 정리하면 Table 7과 같다.

Table 7에 나타난 항로의 운항 환경과 제약을 고려하여 바야지 선단의 흘수, 폭, 높이 및 추진마력 등을 설계함으로써 후보 항로 (1)에서의 바야지 운항은 충분히 가능하여 항로에 대한 기술적 타당성도 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

4.3 후보 항로(2)의 기술적 타당성

1) 항로의 운항 제약

후보 항로(2)의 자연 환경, 현장 조사 및 시험 운항 조사 결과 등을 분석하여 바야지 운항 제약 조건을 Fig. 5와 같이 도출하였다. 또한 후보 항로(2)는 조차에 따른 청주초 남쪽 해역 및 중간수역의 수심 변화가 운항의 주요 제약 조건이 될 것으로 예상된다.

2) 항로의 기술적 타당성

Fig. 4에 나타난 후보 항로(2)의 바야지 운항 제약 조건을 기초로 하여 바야지 운항의 기술적 타당성을 정리하면 Table 8과 같다.

Table 8에 나타난 항로의 운항 환경과 제약을 고려하여 바야지 선단의 흘수, 폭, 높이 및 추진마력 등을 설계함으로써 후보 항로 (2)에서의 바야지 운항은 충분히 가능하여 항로에 대한 기술적 타당성도 확보할 수 있을 것으로 판단된다.

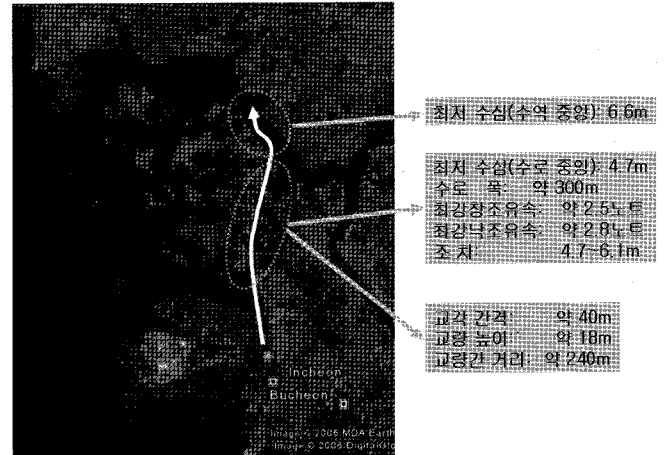


Fig. 4 Navigation restriction of candidate shipping route (1)

Table 7 Technical feasibility of candidate shipping route (1)

| 운항 제약 조건 | 기술적 타당성 |
|-----------------------------------|--|
| 염하수로 수심 (최저 수심 4.7m) | <ul style="list-style-type: none"> 안정적 운항을 위하여 바야지 흘수를 2.0m 전후로 설계하는 것은 가능함 조차에 따른 수심 변화와 창조/낙조를 고려한 운항 일정을 구성하는 것이 가능함 안정적 운항 수심(흘수+2m) 확보를 위하여 일부 해역을 준설하는 것이 가능함 |
| 염하수로 폭 (300~1,500m) | <ul style="list-style-type: none"> 협수로 내에서의 바야지 운항 및 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge시스템을 채택 |
| 염하수로 최대 조류속도 (약 2.8노트) | <ul style="list-style-type: none"> 최대 조류속도(2.8노트) 고려한 추진시스템 설계 대지 운항 속도가 확보 가능한 추진력을 가지는 추진시스템을 채택 선속 증대에 따른 안전한 운항 및 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge시스템 채택 |
| 염하수로 내 노출 지면 및 어장 | <ul style="list-style-type: none"> 준설을 통한 노출지면의 제거는 기술적으로 가능 어장 이동 및 보상 지원은 사회적인 합의에 따라 해결 가능한 문제임 |
| 교량 (최소 교각 간격: 40m, 최소 교각 높이: 18m) | <ul style="list-style-type: none"> 최소 교각 간격과 바야지 조종 성능을 고려하여 바야지 폭을 10m이하로 설계하는 것이 가능함 최소 교각 높이를 고려하여 상부구조물을 설계하는 것은 가능함 |
| 중간수역 수심 제한 (최저 수심 6.6m) | <ul style="list-style-type: none"> 안정적 운항 가능한 바야지 흘수를 설계 조차에 따른 수심 변화를 고려한 운항 일정을 구성하는 것이 가능함 안정적 운항 수심(흘수+2m) 확보를 위하여 일부 해역을 준설하는 것이 가능하나 남북간의 군사적 및 정치적 합의에 따라 해결되어야 하는 문제임 |

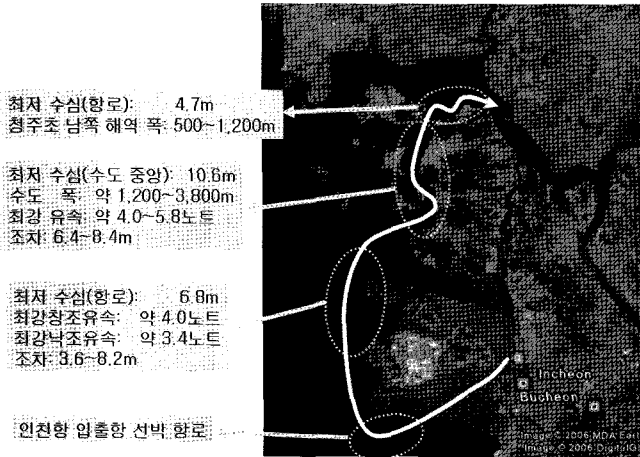


Fig. 5 Navigation restriction of candidate shipping route (2)

Table 8 Technical feasibility of candidate shipping route (2)

| 운항 제약 조건 | 기술적 타당성 |
|---------------------------------|--|
| 장봉수도/석모수도 수심 (최저 수심 6.8m) | <ul style="list-style-type: none"> 안정적 운항을 위하여 바아지 흘수를 3.0m 전후로 설계하는 것은 가능 조차에 따른 수심 변화를 고려한 운항 일정을 구성하는 것이 가능 안정적 운항 수심(흘수+2m) 확보를 위하여 일부 해역을 준설하는 것이 가능 |
| 석모수도 폭 (1,200~3,800m) | <ul style="list-style-type: none"> 수도 최소 폭 1,200m는 폭 10m급 바아지 운항에는 큰 장애가 되지 않음 안전한 바아지 운항과 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge 시스템을 채택 |
| 장봉수도/석모수도 최대 조류속도 (약 3.9~5.8노트) | <ul style="list-style-type: none"> 평균 최대 조류속도 4.85노트를 고려한 추진시스템 설계 대지 운항 속도가 확보 가능한 추진력을 가지는 추진시스템을 채택 안전한 운항 성능 및 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge 시스템을 채택 |
| 장봉수도/석모수도내의 섬, 압초 및 어장 | <ul style="list-style-type: none"> 수도 폭과 운항 가능 수심 등을 고려하면 섬과 압초를 피하여 바아지 운항이 가능 어장 이동 및 보상 지원은 사회적인 합의에 따라 해결 가능한 문제임 |
| 청주초 남쪽 해역 수심 (최저 수심 4.7m) | <ul style="list-style-type: none"> 안정적 운항이 가능한 바아지 흘수 설계 조차에 따른 수심 변화와 창조/낙조를 고려한 운항 일정을 구성하는 것이 가능함 안정적 운항 수심(흘수+2m) 확보를 위하여 일부 해역을 준설하는 것이 가능하나 남북간의 군사적/정치적 합의가 필요 |
| 청주초 남쪽 해역 폭 (500~1,200m) | <ul style="list-style-type: none"> 해역 최소 폭 500m는 폭 10m급 바아지 운항에는 큰 장애가 되지 않음 안전한 바아지 운항과 조종 성능 확보를 위하여 Pusher barge 시스템을 채택 |

5. 후보 항로의 바아지 시스템 제안

5.1 후보 항로 (1)

후보 항로상의 수심 제한과 교량 존재 등을 고려하면 후보 항로(1)에 투입 가능한 바아지는 흘수 2.0m, 폭 10m 이내가 적절할 것으로 판단된다. 후보 항로(1)의 경우에는 염하수로의 운항 수심이 비교적 낮으므로 흘수가 낮은 바아지가 적합할 것으로 판단되며 바아지 선단도 바아지가 직렬로 2개 연결되는 것이 적절할 것으로 판단된다.

또한 후보 항로(1)의 경우에는 협수로를 운항하며 교량을 통과하는 등 바아지의 안정적 조종 성능이 요구됨에 따라 후보 항로(1)에 투입되는 바아지시스템은 높은 조종 성능이 확보 가능한 Pusher-barge 방식이 적합할 것으로 판단된다.

한편 항로상의 염하수로는 1일 2회씩 창조류와 낙조류가 각각 발생하는 해역으로 창조류 및 낙조류의 지속시간이 각각 약 6시간 정도로 예상되어진다. 따라서 바아지 운항시간을 최대 3~6시간 범위로 하여 염하수로 및 중간수역의 안정적 수심을 확보하는 것이 필요할 것으로 판단된다.

5.2 후보 항로 (2)

후보 항로상의 수심 제한 등을 고려하면 후보 항로(2)에 투입 가능한 바아지는 흘수 3.0m, 폭 10m 전후가 적절할 것으로 판단된다. 후보 항로(2)의 경우에는 후보 항로 (1)에 투입되는 바아지 보다 큰 흘수를 가지며 대형화된 바아지가 적합할 것으로 판단되며 바아지 선단도 4~6개 바아지로 구성할 수 있다.

또한 후보 항로(2)의 경우에도 청주초 인근 해역에서 안정적으로 선회하는 것이 요구됨에 따라 후보 항로(2)에 투입되는 바아지시스템도 높은 조종 성능이 확보 가능한 Pusher-barge 방식이 적합할 것으로 판단된다.

한편 항로상의 청주초 및 중간수역에서 바아지 운항을 위한 안정적 수심 확보하기 위해서는 청주초와 중간수역의 운항시간을 3시간 전후로 하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

후보 항로(1)과 (2)의 바아지 운항 제약 조건과 기술적 타당성 등을 고려하였을 경우, 후보 항로(1)과 (2)에 투입 가능한 적합 바아지 시스템은 Table 9와 같다.

Table 9 Suitable barge system of candidate shipping route (1) and (2)

| 후보 항로 | 바아지 시스템 | 주요 제원 | | | 선단 구성 |
|-------|--------------|-------|-------|-----------|----------|
| | | 폭(m) | 흘수(m) | 운항속도 (노트) | |
| (1) | Pusher Barge | 10m내외 | 2m이내 | 6~7노트 | 2개 바아지 |
| (2) | Pusher Barge | 10m내외 | 3m이내 | 6~7노트 | 4~6개 바아지 |

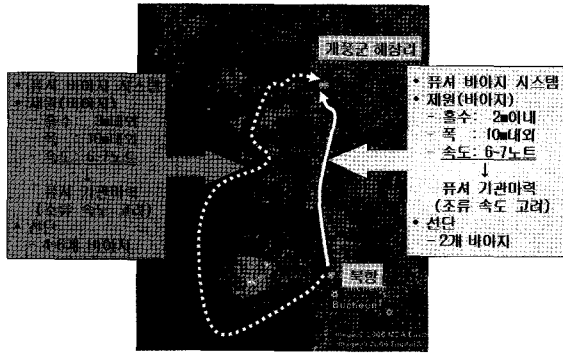


Fig. 6 Suitable barge system of candidate shipping route (1) and (2)

6. 결 론

본 연구에서는 개성공단의 발전, 남북경제협력의 확대 등으로 인한 인천과 개성(공단)간 화물 수송 수요의 급격한 증대에 효율적으로 대응하기 위한 물류수송수단의 하나로써 바이지를 이용한 해상수송시스템을 제안하였다. 또한 인천-개성(공단)간 바이지 운항 후보항로를 제안하고 운항 조사, 현장 조사 및 자료 조사 등을 통하여 항로의 제약조건과 기술적 타당성을 검토하였으며 바이지 후보 항로(1)과 (2)에 적합한 바이지 시스템을 제안하였다.

본 연구의 결론은 다음과 같다.

- (1) 인천-개성(공단)을 연결하는 바이지 후보 항로 6개를 제안하였으며 개성공단 반출입 해상물동량 예측에 기초한 해상 항로 3단계 구축 방안을 제시하였다.
- (2) 후보 항로(1)과 (2)의 주요 해역에 대한 운항 환경과 제약 조건을 고려한 바이지시스템을 제시함으로써 바이지 항로의 기술적 타당성을 확인하였다.
- (3) 후보 항로 (1)은 바이지 폭 10m 내외, 흘수 2m이내, 운항 속도 6~7노트, Pusher-Barge 형식을 가지는 바이지시스템이 적합하였다.
- (4) 후보 항로 (2)은 바이지 폭 10m 내외, 흘수 3m이내, 운항 속도 6~7노트, Pusher-Barge 형식을 가지는 바이지시스템이 적합하였다.

후 기

본 논문은 2005년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구(KRF-2005-005-J10203)임을 밝힙니다.

참 고 문 헌

[1] 경남대학교 통일문제연구소,
<http://www.ifes.kyungnam.ac.kr>

[2] 국립해양조사원(2005), 2006 조석표(한국연안)
 [3] 국립해양조사원(2002a), 해도 W311(영종도에서 용매도)
 [4] 국립해양조사원(2002b), 해도 W331(석모수도 부근)
 [5] 국립해양조사원(2002c), 해도 W361(염하)
 [6] 국립해양조사원, <http://www.nori.go.kr/>
 [7] 대한상공회의소(2005), 개성공단의 투자매력도와 우리기업의 진출전략 연구
 [8] 삼성경제연구소(2005), 북한경제와 남북경협의 현주소
 [9] 오재경(1995), "한강하구 염하수로에서 부유퇴적물의 퇴적 작용", Journal of Korean Earth Science Society, Vol. 16, No.1, pp. 20~29
 [10] 이재욱 외(1999), "황해 북부권 최적 해상 컨테이너 터미널 조성에 관한 기초 연구", 황해권 수송시스템 연구센터 보고서, pp. 45-72.
 [11] 이재욱 외(2001), "경인운하용 바이지시스템의 수송효율에 관한 연구", 대한조선학회 논문집, 제 38권 제 1호, pp. 27-36.
 [12] 인천광역시(2005), 인천-개성 연계발전 추진전략
 [13] 인천광역시(2006), 인천-개성(공단)간 항로의 기술적 타당성 조사
 [14] 인천발전연구원(2004), 인천-개성 연계발전을 위한 도로 정비 방안
 [15] 인천시청, <http://www.incheon.go.kr/>
 [16] 인천항만공사, <http://www.icpa.or.kr/>
 [17] 조선과학백과사전출판사/한국평화문제연구소(2004), 조선항토대백과
 [18] 최중기 외(2004), 인천광역시 해양탐사활동 보고서 <인천 앞바다 바로 알기>
 [19] 통계청(2004), 통계로 본 남북한의 모습
 [20] 통일부(2005a), 2005년 남북교류협력 추진실적(종합)
 [21] 통일부(2005b), 2005년 1~6월 중 남북교역 동향
 [22] 통일부(2005c), 개성공단 사업현황과 과제, 국회개성포럼 발표자료
 [23] 통일부(2005d), 개성공단 사업추진현황
 [24] 통일부 북한자료센터 <http://www.unibook.unikorea.go.kr>
 [25] 통일연구원 도서관 <http://www.asp.kinu.or.kr>
 [26] 한국수출입은행(2005), 개성공단 투자환경
 [27] 한국무역진흥공사(2006), 북한의 개방전망과 개성공단
 [28] 한국무역협회 남북경협정보 www.kita.net
 [29] 현대아산(2005), 개성공업지구 역사와 개발 총 계획
 [30] 해양수산부(2005), 해운합의서 발효 후 연안 해운 전망 및 대책
 [31] 해양수산부(2004), 수도권 항만의 펜타포트형 물류발전 전략 수립방안 연구
 [32] 해양수산부, <http://www.momaf.go.kr/>

원고접수일 : 2006년 12월 22일

원고채택일 : 2007년 2월 28일