

내륙주운 계획

이 봉 희 (건설교통부한강홍수통제소 조사과장)

조 용 식 (세종대학교 공과대학 토목환경공학과 조교수)

1. 머리말

근래 물류난 해소를 위한 방편으로 여러 가지 내륙주운건설방안이 제기되는 등 내륙주운에 대한 많은 논란이 되고 있다. 정부에서도 지난 1993년 인천과 부천지역의 홍수피해대책으로 시행중이던 굴포천 방수로를 이용한 경인운하계획을 수립하여 민간자본을 유치하여 사업을 시행키로 하여 추진중에 있다. 최근 국내 경제사정 등으로 사업이 다소 지연되고 있으나 민간사업자와의 협상이 원만히 이루어질 경우 조만간 사업이 착수될 것으로 예상된다.

내륙주운은 1차적으로 육상교통량을 분산하여 수송난을 해소하기 위해 건설되지만 최근 유럽이나 일본 등에서와 같이 하천경관의 유지와 친수공간의 확보, 그리고 관광자원개발차원에서 소규모의 주운이 운영 또는 검토되고 있기도 하다.

일반적으로 내륙주운은 육상수송에 비해 시간은 다소 소요되지만 화물을 저렴하게 대량으로 수송할 수 있으며 특히 중량(重量)화물의 운송에 매우 유리하다. 유럽의 자료에 의하면 수송기관별 단위에너지 소비량에 대한 운반능력이 도로수송의 경우 34ton-km/gallon인데 반하여 내륙주운은 30배가 넘는 1,158ton-km/gallon인 것으로 보고되고 있다(건설부, 1980). 이러한 저에너지 소비는 자동차 매연 등에 의한 공해를 크게 줄일 수 있을 뿐 아니라(단위중량당 질소산화물배출량이 바지(barge)가 트럭의 5%에 불과) 타이어 마모 등에 의한 오염과 소음을 크게 줄일 수 있어 21세기의 친환경적인 수송수단으로써 크게 각광받을 수 있을 것으로 생각된다. 또한 내륙

주운은 연안운송과의 연결을 통하여 내륙지역의 발전을 촉진하여 국토의 균형개발에도 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

우리나라는 수문학적 및 지형학적으로 볼 때 내륙주운에 불리한 것은 사실이지만, 삼면이 바다이고 육상수송부담율이 90% 이상으로 육상의존도가 매우 높아 물류난이 가중되고 있는 실정을 고려하면 내륙주운의 필요성은 면밀하게 검토할 필요가 있다고 생각된다.

우리나라는 아직 내륙주운에 대해 체계적으로 정리되어 있는 것이 없어 경인운하계획 당시의 경험(첫째 저자)과 미국 공병단과 국립항만 및 운하연구소 방문에서 얻은 지식(둘째 저자)을 되살려 화물수송을 위한 내륙주운계획에 대하여 나름대로 단편적으로 정리하여 본 기사를 기술하고자 한다.

2. 계획수립절차

2.1 운송체계 검토와 내륙주운의 가능성 검토

내륙주운을 구상함에 있어 무엇보다 먼저 대상지역의 화물수송체계를 조사해야 한다. 내륙주운은 특히 장거리수송을 대상으로 하기 때문에 그 대상지역을 광역적인 차원에서 검토해야 한다. 대상지역의 유출(outbound)화물과 유입(inbound)화물의 종류와 양, 화물종류별 수송경로 및 수송기관(modal)등에 대해 면밀한 분석이 이루어져야 한다. 이에 따라 현재의 수송체계상의 문제점과 장래 전망에 대하여 분석하여 내륙주운수송의 도입가능성에 대하여 검토하여야 한다.

그리고 이러한 가능성은 화주(貨主)나 선주(船主)의 입장에서 타 수송기관(도로, 철도등)과 수송비용, 수송시간 등에 검토가 함께 수반되어야 한다.

우리나라는 국토면적이 좁아 내륙주운이 독자적으로는 타 수송기관과 경쟁력을 갖기는 현실적으로 매우 어려울 것이라 생각된다. 그러나, 현대의 수송시스템은 각각 다른 수송기관간의 상호 협력 및 보완하는 복합화물 수송시스템(intermodal transportation system)으로 되어 있으며, 이는 앞으로도 계속 발달할 것으로 판단된다. 이러한 시스템은 modal간의 적환(積換)이 용이하게 이루어지도록 모든 화물의 균일화(unitization) 즉, containerization으로 발달되고 있으며 화물의 일관수송(door-to-door)을 가능케하고 있다. 최근 미국 등에서 운영되고 있는 도로수송과 철도수송을 연계시킨 piggy back system(화물트럭이 철도로 수송되는 체계)이 이를 잘 나타내주고 있다. 따라서 우리나라의 내륙주운은 다른 수송기관과의 연계가능성에 대하여 검토하는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

특히, 우리나라는 주요공업단지가 임해지역에 위치해 있고 내륙의 공업단지도 주요 대하천을 끼고 있는 점을 감안하면 해상수송과 내륙주운을 연계하는 것이 절대로 필요하다. 그러나 인천항, 부산항 등과 같은 대형항만에서 적하되는 화물을 내륙주운과 연결시키기 위해서는 선박수송의 최대약점인 화물환적으로 인한 추가비용과 시간이 가장 큰 문제가 되어 이에 대한 해결방안이 우선 검토되어야 할 것이다. 그동안 우리나라 항만의 심한 적체, 체선은 항만시설의 낙후에도 문제가 있지만 비효율적인 하역체계가 적지 않은 원인으로 지적되고 있어 연안수송과 내륙주운을 연계시키기 위해서는 이러한 항만의 운영체계에 대한 심도있는 검토가 필요할 것이다. 이에 대한 대책으로 대형항만의 feeder선 전용부두의 건설을 확충하거나, 홍콩항의 mid stream system과 같이 화물이 부두를 거치지 않고 크레인바지 등을 통해 해상에서 연안수송선으로 직접 하역하는 시스템을 도입할 수도 있으며, 주요하천 하구부근에 내륙컨테이너기지(interland container depot)나 복합물류

기지를 건설하여 2차 환적을 피하면서 내륙주운과의 연결을 도모할 수도 있을 것이다.

이러한 내륙주운의 수송체계 검토는 대량수송이라는 점을 감안하여 대상지역을 연안과 내륙의 거점지역(node) 위주로 제한될 수밖에 없으나, node에서의 화물의 최종수요지까지의 2차수송 체계도 동시에 고려하여야 할 것이다. 그리고 내륙주운의 수송경로인 자연하천의 여건도 충분히 감안하여야 함은 말할 나위도 없다.

2.2 대상화물 선정 및 물동량 산정

수송체계와 대상지역이 결정되면 주운으로 수송하여야 할 대상화물과 물동량을 산정한다. 대상화물은 앞 절의 수송체계와 화물의 성격, 수량과 동 화물의 수송기관별 운송비용, 운송시간 등을 고려하여 주운으로 경쟁력이 있는 화물을 선정한다. 일반적으로 원자재, 시멘트 등과 같은 벌크(bulk)화물이나, 중하중(重荷重)화물들이 주운 대상품목으로 취급되지만 앞서 언급한 바와 같이 앞으로 화물의 컨테이너화는 계속 증가할 것임을 고려할 때 컨테이너화물에 대하여도 적극적인 검토가 필요하다.

대상화물이 일단 정해지면 동 화물에 대한 OD조사(Origin-Destination survey) 등을 실시하여 수송경로와 함께 현재의 수송량을 산정한 후 장래 산업발전, 경제성장률 등에 적절한 방법에 의해 장래 목표년도의 물동량을 추정한다. 이러한 물동량중 주운으로 수송가능한 물동량, 즉 내륙주운의 수송분담율을 추정하여야 한다. 또한, 수송분담율은 장래의 대상화물의 종류, 육상교통의 상황, 내륙주운의 수송비용 등을 종합적으로 감안하여 추정할 수밖에 없으나 수요자인 화주와 선주의 충분한 의견수렴을 거쳐 산정하는 것이 바람직하다. 다만 내륙주운이 활성화되고 서비스수준이 양호할 경우 예상보다 많은 물량이 주운으로 전환될 수 있으므로 이러한 점도 고려할 수 있을 것이다.

2.3 대상선박의 검토

주운선박은 일반적으로 대상화물과 물동량에 따라

결정하게 된다. 일반적으로 내륙주운선박으로는 흘수가 낮고 선박바닥면적이 넓으며 높이가 낮은 하천 전용선박(river vessel)이 이용된다. 그러나 우리나라와 같이 연안수송과 연계가 필요한 경우에는 연안과 내륙하천에서 동시에 운항이 가능한 선박이 가장 바람직하지만 하천의 물리적인 제약 때문에 한계가 있어 무동력선인 바지의 이용이 불가피한 경우가 대부분이다. 이러한 바지의 이용은 유럽에서 많이 볼 수 있는 하천항만(河川港灣)을 하류측에 위치시킴으로써 최대한 연안선박과의 효율적으로 연계시킬 수 있을 것이다.

일반적으로 주운용 선박을 결정하는데 우선 운항 선사(運航船社)의 선박투입전략과 함께 현재 및 장래의 화물량, 집하시간, 항만 또는 터미널에서의 대기 시간, 화주(貨主)에 대한 서비스수준, 기존보유선박 뿐만 아니라 하천이나 운하의 깊이, 폭, 횡단교량 또는 터널설치에 따른 운하공사비 증가요인도 함께 고려해야 한다. 화물물량이 충분하다고 해서 무조건적인 대형선박은 운하의 공사비를 크게 증가시킬 수 있음은 물론 수송의 경제성을 초래할 수도 있으므로 주의해야 한다. 주운수송은 그 특성상 기점부터 종점까지 한 종류의 선박이 아니라 연안과 하천에서의 각각 다른 선박형태를 조합할 수도 있다. 예를 들면, 부산에서 ocean pusher나 LASH(Lighter Aboard Ship)에 의해 바지를 경인운하 인천터미널까지 운 후 터미널에서 바지를 푼 후 river pusher에 의해 바지를 다시 내륙지점까지 밀고 가는 수송체계를 구상할 수도 있다. 그리고 RO-RO(Roll On/Roll Off)선은 일반 컨테이너선보다 상당히 고가임에도 불구하고

고 하역을 빨리 손쉽게 할 수 있는 이점이 있어 상대적으로 하역시간의 비중이 큰 단거리항로에 적극 이용할 수도 있다. 표 1.은 대상화물에 따라 이용가능한 선박들을 예시한 것이다.

한편 운하 또는 하천을 이용하는 선박은 교량을 통과하여야 하기 때문에 선박의 높이(air draft)에 제약을 받게 된다. 경인운하의 경우는 운하설치로 인하여 기존 횡단교량을 높이게 됨에 따라 엄청난 공사비가 추가되어 선박마스트의 아래 부분에 힌지를 설치하여 마스트를 접게 하거나 조타실 전체를 오르내릴 수 있는 특수한 장치를 설치하는 것으로 계획하기도 하였다.

선박의 종류와 크기 등은 주운의 수송체계나 하역 체계에 큰 영향을 미치고 있고 내륙주운수로의 규모에 직접적으로 제한을 받지만 현재의 선박제조기술 수준에 비추어 볼 때 독특한 수송체계에 알맞는 별도의 선박개발은 충분히 가능하므로 물동량 등 타당성만 있으면 주운체계에 맞는 새로운 개념의 선박을 도입할 수도 있다.

2.4 수로계획

주운 수로는 장래의 화물량을 안전하고도 경제적으로 수용할 수 있어야 한다. 내륙주운수로의 형태는 가급적 자연하천을 그대로 이용하는 것이 가장 바람직하고 경제적이지만 대부분의 하천이 수심이나 하폭에서 많은 제한이 있기 때문에 갑문이나 주운댐 등을 설치한 운하화한 수로(canalized waterway)를 만드는 것이 보통이다. 그리고 암석의 돌출이나 급류부 등을 우회하기 위하여 별도의 인공수로(canal)를 건설하기도 한다.

표 1. 대상화물에 따른 선박종류

대상화물	선박종류	비고
Container	Container Feeder Ocean Pusher/Barge Ocean Pusher/River Pusher/Barge LASH	
철강제품	自港船, Pusher/Barge	
자동차	RO-RO Type 자항선 Pusher/Barge	
해사, 쓰레기 등 벌크 화물	Pusher/Barge	

1) 수로의 평면계획

수로는 기존 하천의 형태, 선박 운항의 안정성, 경제적인 측면 등에서 평면계획을 검토하여야 한다. 수로는 선박의 운항에 필요한 일정한 수심과 수로폭이 유지되어야 하는데 이를 위해 우선 기존수로에 대한 수

문학적 조건과 하천의 선형에 대한 평가가 이루어져야 한다. 특히 우리나라 대부분의 하천과 같이 하상 계수가 큰 하천에서는 홍수시와 갈수시의 수로형태 및 수위변동상황 등에 유의하여야 한다. 또한 수로노선은 대상 주변지역의 개발상황 등을 고려하여야 하는데 특히 터미널의 위치 등과 연계하여 필요시 운하를 굴착하더라도 효율성있는 노선이 되도록 설계하여야 한다.

수로의 종단은 하천의 수심이 충분히 확보될 수 있도록 계획되어야 한다. 일반적으로 바지의 경우 하천 유속이 1.0m/sec를 초과하지 않도록 하는 것이 바람직하다. 종단계획에 있어 수심유지를 위해 주운댐을 건설하여야 하는 경우가 대부분이다. 주운댐은 크게 고정댐과 가동댐으로 구분할 수 있으며 우리나라의 경우 홍수를 고려하여 가동댐의 적용도 적극적으로 검토할 필요가 있다. 본 기사에서는 주운댐의 종류, 물넘이 형태 등에 관한 상세한 언급은 생략하기로 한다. 다만, 주운댐을 건설할 경우에는 선박의 수위차 극복을 위한 갑문설치가 필수적이나 갑문은 선박의 운행에 많은 대기시간과 통과시간을 필요로 하기 때문에 가끔적 갑문의 수가 적게 되도록 계획하여야 하는 것은 말할 나위도 없다.

갑문은 주운댐의 물넘이 방류량에 의한 선박의 운항에 장애를 초래하지 않도록 제방측에 설치하는 것이 일반적이다. 갑문은 물동량과 선박이 크기에 따라 결정하게 되는데 통과비용과 대기시간이 최소화될 수 있고 공사비와 지반상태를 고려하여 그 형태를

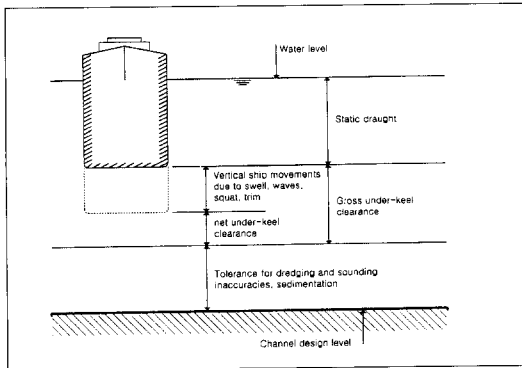


그림 1. Definition of under-keel clearance

결정한다. 또한 선박출입에 지장이 없고 갑문의 안정을 위해 물의 충배수시간을 최소화하면서 충배수에 따른 난류와 와류 등이 발생되지 않도록 주의깊게 설계되어야 한다. 수문의 형태로는 miter gate, roller gate, sector gate, tainter gate 및 sliding gate 등이 있는데 갑문지역의 특성을 잘 고려하여 선택한다. 본 기사에서는 지면관계상 충배수시스템과 각 형태의 갑문설계에 대한 언급은 생략하며 이에 대한 서술은 다음 기회로 미루고자 한다. 다만 내륙주운의 갑문은 수로와는 달리 대형구조물로서 장래 확장이 어려운 점을 감안하여 외국의 사례에서도 많이 볼 수 있듯이 장래 물동량 증가와 선박의 대형화 등을 고려하여 다소 여유있게 계획하는 것이 바람직하다.

2) 단면계획

수로의 단면은 대상선박의 종류와 크기에 따라 그 폭과 깊이가 결정된다. 수로의 깊이는 그림 1.에서와 같이 대상선박의 흘수와 파랑, 유속 등에 의한 선박의 동요, 자항선의 경우에는 프로펠러의 회전력에 의한 반향 등을 고려한 각종 여유심을 더해 최소결보기 수심을 구하는데 PIANC(Permanent International Association of Navigation Congress)에서는 총여유심을 정격흘수심의 10% 정도로 추천하고 있다. 그리고 실제 수로는 총여유심에 장래 퇴적물에 의한 유효수심의 감소, 불규칙한 준설 등에 의한 수심변동가능성을 고려하여 여유를 더 확보하는 것이 바람직하다.

수로의 폭은 운항선박의 크기, 운항속도와 바람, 안개 등과 같은 기상여건, 수로형태(수심, 사면경사,

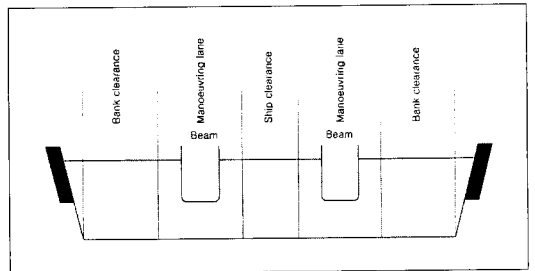


그림 2. Typical channel width

하상저질 등) 뿐만 아니라 운항기술, 운항서비스 정도 등에 따라 결정되는데 현재까지 객관적으로 정형화된 계산방식은 확립되어 있지 못하여 대부분 model study나 항해사들의 경험에 비추어 적정 수로폭을 산정하고 있다. 일반적으로 PIANC에서는 주운수로의 폭이 일방통행의 경우 선박의 3~4배 이상, 양방통행에서는 선폭의 6~7배 이상이 되어야 한다고 하고 있다. 일반적으로 수로폭은 그림 2.와 같이 운항폭(manoeuvring lane), 제방여유폭(bank clearance lane) 및 선박여유폭(ship clearance lane)으로 나누어 각각의 소요폭을 구하고 있다.

운항폭은 도로의 차선과 같은 개념으로 선박의 조정에 크게 좌우된다. 제방여유폭은 선박운항시 발생하는 파랑으로 인한 제방과의 간섭효과(bank reaction)를 배제하기 위한 폭으로 선박의 항타각, 수로 사면경사와도 밀접한 관계가 있다. 일반적으로 유럽의 경우 제방사면경사를 1:3~1:5 정도로 하고 있으나 경인운하와 같이 수로양안이 풍화암 등으로 되어 굴착공사비과다로 사면경사를 급하게 할 수밖에 없을 때에는 선박운항에서 발생하는 파랑을 충분히 흡수될 수 있도록 표면처리(소파장치 등)하여야 할 것이다. 선박여유폭은 양방향통행시 제방여유폭과 같이 선박간 간섭효과때문에 확보해야 하는 최소폭을 의미한다.

표 2.는 자항선 양방통행의 경우 수로폭을 구하는 방법에 대해 여러 가지 제안된 식을 요약한 것이다.

그러나 수로가 곡선부가 되면 선박의 중심축이 어느 정도 경사각을 이루어 운항하게 되는데 이러한 편항각(偏航角)으로 상기 직선구간에서의 폭보다 넓어야 한다. 편항각은 수로의 곡률반경, 선박의 속도, 동력 그리

고 선박의 형상, 풍력, 화물의 적재여부 등에 따라 변한다. 특히, 편항각은 흐름의 방향에 따라 크게 차이가 있으므로 편항각이 큰 하류를 향해 운항할 때를 기준으로 해야 한다. 일반적으로 곡률부에서 $L2/8R$ (여기서 L은 선박길이, R은 곡률반경) 만큼 폭을 확장해야 하며 선박의 조정성이 신속하지 않다는 점을 고려하여 곡률이 적거나, 편항각이 크거나 바람이나 유속이 클 경우에는 충분한 여유를 고려한다. 미국 공병단은 1970년대 수리실험을 통해 곡률과 선박속도에 따른 편항각을 도표화하여 정리하고 각 편항각에 따른 수로폭을 다음과 같이 제안하고 있다.

- 하류를 향한 일방항운행 : $CW1 = (\sin \alpha d \times L1) + W1 + 2C$
- 양방향운행 : $CW2 = (\sin \alpha u \times L1) + W1 + (\sin \alpha d \times L2) + W2 + 2C + Ct$

여기서 $\alpha d, \alpha u$ 는 선박이 하류와 상류로 항할 때의 최대편항각이고 W는 선박의 폭이며 C는 선박과 수로폭사이의 여유공간, Ct는 교차하는 선박간의 여유공간이다. Hochstein은 상가식에서 $(2C+Ct)$ 를 약

표 2. 주운수로폭의 산정 예

출 처	수 로 폭	적 용 기 준
Design Manual (US Navy, 1968)	- Ship lane : 1.6~2.0B - Lane clearance : 1.0B - Bank clearance : 조타각과 선박 종류에 따라 별도 산정(10~20m 추정) * Total : $(4.2\sim 5)B + (20\sim 40m)$	Restricted Channel 운항속도 10knot 이하 총폭이 180m 이내
Port Engineering (Per Bruun, 1981)	- Ship lane : 1.6~2.0B - Lane clearance : 30m - Bank clearance : 1.5B * Total : $(6.2\sim 7.4)B + 30m$	revetted bank 운항속도 5knot 이하 Current 4knot 이하
Port Design (Carl A. Thoresen, Norway)	- Ship lane : 1.6~2.0B - Lane clearance : 30m - Bank clearance : 1.0~2.0B * Total : $(5.2\sim 8.0)B + 30m$	
항만시설물 설계기준서 (해운항만청, 1993)	- Ship lane : 1.6~2.0B - Lane clearance : 1.0B - Bank clearance : 0.6~2.0B * Total : $(5.4\sim 9.0)B$	내항항로
Engineering Manual (미국 공병단, 1978)	$W = B + 2Ce + Ct$ Ce : 선단과 수로경계의 여유 Ct : 선단간의 여유	Barge 기준 1993 경인운하계획시 적용

10.7m로 제안하고 있으며 이는 1993년 당시 바지를 대상선박으로 한 경인운하주운 타당성 검토시 사용한 적이 있다.

1996년 경인운하기본계획에서는 2,500톤급(144TEU) feeder선(L82.2m×B14.8m×D5.9m, draft 4.8m)을 대상선박으로 하여 최소수심을 6m로 하였으며, 직선수로에서의 수로폭은 공사비를 고려하여 기준보다 다소 적은 100m로 계획하였으나 선박관제시스템 VTS(Vessel Traffic Service system)을 설치하여 보완하기로 하였다. 곡선부에서는 약 130~150m의 폭을 확보하였다.

2.5 터미널 계획

터미널은 주운수송화물이 주운에서 육상으로 전환되는 장소이다. 따라서 터미널은 일반적으로 선박이 안전하게 계류될 수 있고, 원활한 화물하역, 적재, 일시 보관 및 육상교통기관으로의 전환기능을 가져야 한다. 일반적으로 선박수송의 경우 항만이나 터미널을 경유시 하역과 같은 환적비용 등이 전체수송비에서 차지하는 비율이 크기 때문에 터미널을 얼마나 안전하고 값싸고 신속하게 화물을 처리할 수 있도록 하는 것에 계획의 초점을 맞추어야 한다. 이를 위해서는 터미널이 하역시스템의 현대화(예를 들면, Notterdam항의 무인하역시스템 등)는 물론 육상교통(도로나 철도) 등 배후교통체제와 잘 연계될 수 있도록 그 기능을 계획하여야 한다. Amsterdam의 Westpoint 터미널은 안벽에 대형선이나 내륙주운용 선박이 함께 접안할 수 있으며 철도와 도로가 잘 연결되어 있을 뿐 아니라 Schipol 공항과도 매우 가까워 모든 교통수단이 한 곳에 모여있는 종합물류기지로서의 역할수행에 매우 유리하여 계속 발전되고 있다.

터미널의 시설은 그 기능과 대상화물이 종류에 따라 적절하게 갖추어야 한다. 내륙 깊은 쪽의 화물수송이 비교적 적은 터미널이라면 선착장 정도의 규모와 기능만으로도 충분하지만 하구 쪽에 위치한 터미널은 항만의 기능도 함께 겸비하는 것이 터미널의 효용성뿐 아니라 내륙주운의 전체 운송시스템에도 많

은 도움이 된다.

터미널은 수역시설과 육상시설로 크게 나눌 수 있으며 수역시설은 선박이 하역하기 위해서 충분한 수심과 정온도를 가진 계류박지가 필요하며 접근항로가 확보되어야 한다. 내륙주운의 경우 하구항을 제외하고는 하천연안에 설치되어야 하기 때문에 기존하천을 충분히 활용하여 수역시설을 배치하여야 한다. 박지의 면적은 이용되는 선박의 수와 계류종류에 따라 계획되어야 하는데 일반적으로 선박당 선장(船長)의 5배 정도면 충분하다고 한다.

육상시설로는 컨테이너를 취급할 경우라면 계류시설, 에이프론, 상옥(上屋), 야적장 등이 있으며 화물의 하역을 위한 화물에 적합한 하역기계가 설치되어야 한다. 이들의 규모는 목표년도의 취급화물에 따라 결정하지만 그 외에도 지역사회의 정책, 특수사정 등을 고려할 필요가 있다. 이들 각종 시설의 배치 및 설계와 하역기계의 종류 등은 항만분야의 영역으로 본 기사에서는 생략하기로 한다. 앞서 말한 바와 같이 하구터미널과 같이 컨테이너터미널이 될 경우에는 해상컨테이너의 수송시스템을 충분히 이해하여 연안해송과의 원활한 연계가 될 수 있도록 계획하는 것이 가장 중요하다.

한강하류에서의 주운은 수송거리가 짧고 터미널설치에 많은 위치적 제약이 따를 수 있어 RO-RO 터미널도 고려할 수 있을 것이다. 특히 서울시내에서 발생하는 쓰레기를 김포매립지까지 수송하는 데 육상수송과의 연결이 용이치 않은 점을 고려하면 쓰레기수거차를 곧장 바지에 실어 수송할 수 있는 RO-RO 터미널이 적합할 것으로 생각된다.

경인운하의 경우는 양측에 인천터미널과 서울터미널을 계획하였으며, 터미널은 컨테이너터미널로서의 항만기능과 화물의 집배송단지로서의 기능을 복합적으로 고려하여 약 80만평과 55만평으로 계획하였다.

그러나 우리나라의 경우 하천의 대부분이 복단면으로 되어 있어 하천둔치를 이용한 터미널을 쉽게 생각할 수 있으나 홍수기 하천수위의 급격한 변화로 터미널설계에 상당한 어려움이 있다. 이러한 특성을 충분히 고려하여 우리나라에 적합한 화물하역시스템이

나 터미널배치 방안에 대한 많은 연구가 있어야 할 것으로 생각된다.

3. 타당성 검토

내륙주운 계획이 수립되면 사업에 대한 경제적, 재정적 타당성 등에 대한 검토가 필요한 것은 두말 할 나위도 없을 것이다. 이를 위해서는 대상화물량, 대체운반수단, 초기건설비, 주운시설의 적정규모 및 유지관리계획 등에 대해 면밀한 분석이 필요하다. 국가 경제적 차원에서의 경제성 분석시에는 사업으로 인한 편익으로 화물의 수송에 따른 수송비절감과 육상 교통량의 분산에 따른 육상교통 체증완화편익 등을 들 수 있으며 운하굴착 등으로 인한 하천의 홍수피해 경감 등도 있을 수 있다. 간접적인 편익으로는 대기 오염저감, 터미널 주변의 지역발전편익, 하천의 환경친화적인 경관에 따른 사회적인 편익 등이 있을 수 있다.

한편 내륙주운을 하나의 운송사업으로써 수익성차원에서의 타당성에 대해서도 검토되어야 한다. 운하 사업의 수입으로서는 내륙주운 또는 갑문 등의 이용료, 화물의 하역수입, 터미널운영수입(화물의 짐배송, 보관 등) 등에 대한 검토가 있어야 한다. 이러한 사업의 타당성 검토를 위한 방법으로는 비용편익분

석(B/C: Benefit/Cost), 내부할인율(IRR: Inner Return Rate) 및 순현재가치(NPV: Net Present Value) 등이 있다.

그리고 내륙주운이나 운하의 개착으로 인한 여러 가지 부정적인 영향에 대하여도 충분히 검토하여 그 대책을 사전에 마련하여야 할 것이다. 수위유지를 위한 많은 주운용댐은 하천의 유속을 감소시켜 하상의 퇴적, 수질의 악화 등을 유발할 수 있으며 인위적인 수위유지에 따른 주변 지하수위의 영향, 하구측 갑문의 운영에 따른 염수침입(saltwater intrusion), 터미널 주변의 교통혼잡영향, 주변기상(안개)의 영향 등에 대하여도 충분히 연구되어야 한다.

4. 맺음말

내륙주운이 아직 우리나라에 본격적으로 도입되지는 않았지만 경인운하를 시발점으로 본격적인 내륙주운의 시대가 도래할 것으로 예상된다. 주운은 신속함 등에서는 현재의 육상교통에 미치지 못하지만 대량수송의 이점을 최대한으로 잘 이용하면 21세기의 환경친화적인 수송수단이 될 수 있을 것이다. 또한 근래 수량부족으로 본래 모습을 잃어가고 있는 우리나라 하천을 풍요롭고 보기 좋게 가꾸어나갈 또 하나의 방법이 될 수도 있다. ●

지금까지 내륙주운계획수립의 절차나 여러 가지 고려하여야 할 사항에 대하여 간단하게 언급하였지만 내륙주운의 계획은 수송시스템, 물동량, 시설규모, 타당성 등을 동시에 복합적으로 고려하여야 할 것이다. 지면관계상 설계기준이나 방법 등에 대하여 구체적으로 기술하지 못해 학술기사로서는 다소 추상적인 것 같아 아쉬운 점도 있지만 내륙주운의 개념정립에 다소나마 도움이 되었으면 한다.

〈참 고 문 헌〉

1. 건설부, 1980. 남한강주운계획 예비타당성조사.
2. 건설부, 1994. 하천공사표준시방서.
3. 한국수자원공사, 1989. 한강주운개발사업 타당성조사(2차).
4. 한국수자원공사, 1996. 경인운하건설사업 기본계획 및 기본설계 요약보고서.
5. 해운항만청, 1993. 항만시설물 설계기준서
6. 佐佐木 伸 編著, 항만공학개론, 공립출판주식회사.
7. Bruun, P. 1981. Port Engineering, 3rd edition.
8. Corps of Engineers, US, 1978. Engineering Manual
9. Department of Navy, US, 1968. Design Manual: Harbour and Coastal Facilities.
10. Thoresen, C.A. Port Design, Norway.
11. United Nations, Port Development: A handbook for planners in developing countries.