

세계의 운하건설 사례

김경탁 (인하대학교 토목공학과 박사과정 수료)

심명필 (인하대학교 토목공학과 교수)

1. 머리말

운하는 인류의 운송수단의 하나로 일찍부터 발달되어 왔으며 BC 4000년경 이집트의 Menes왕 시대에 건설된 운하가 최초로 알려져 있다. BC 2000년경에는 메소포타미아에서 티그리스강과 유프라테스강을 연결하는 Shatt-et-hai 운하가 건설되었고 BC 1700년경에는 나일강의 주운을 확장하기 위해서 Wadi Haifa 근처에 이집트의 2번째 운하가 건설되었다.

로마인들에 의해 BC 103년경에 프랑스의 Arelate 지방과 지중해를 연결하는 운하가 건설된 기록이 있으며 이들이 서양에서 기원전에 이루어진 대표적인 운하건설의 역사라 할 수 있다. 한편, 동양에서도 BC 600년경 중국의 황하강과 Huai 강을 연결하는 260 miles 연장의 Wild Goose 운하가 건설된 기록이 남아있다.

본 고에서는 우리 나라 내륙주운체계의 모체가 될 경인운하 건설에 맞추어 미국, 유럽, 중국 등 일찍부터 운하를 내륙교통수단의 일부로서 사용하여 왔던 나라들의 대표적인 운하건설 사례들을 소개하고자 한다.

2. 세계의 운하

2.1 미국의 운하

미국의 운하역사는 1730년 Mohawk강의 지협을 통과하는 최초의 운하가 건설된 이후 19세기에 가장 활발히 건설되었으며 가장 최근에 완성된 운하로는 1985년 완성된

Tennessee-Tombigbee Waterway를 들 수 있다. 이는 테네시강의 Pickwick 호수와 알라

바마의 Demopolis에 있는 Tombigbee강을 연결하는 234 miles의 교통용 운하이다. 미국의

운하중 대표적인 운하 몇 가지를 선택하여 소개하면 다음과 같다.

(1) New York Canal System

미국 뉴욕주의 운하시스템은 170여년전 뉴욕주의 경제개발을 가속화하기 위한 교통수단으로서 건설되기 시작하였으며 오늘날 524 miles에 이르는 수로(waterway)가 완성되어 물류수송 수단으로 사용되고 있으며 운하를 따라 자전거 전용도로와 같은 부대시설을 건설하여 관광 및 여가생활의 환경으로 이용되고 있다. Erie 운하, Cayuga-Seneca 운하, Oswego 운하 및 Champlain 운하로 이루지는 뉴욕주의 운하시스템은 그림 1.과 같다.

길이 363 miles, 폭 40 ft, 깊이 4 ft로 건설된

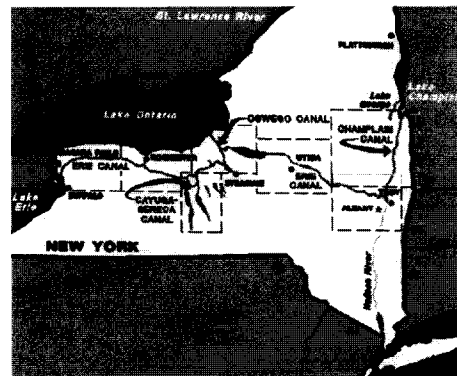


그림 1. 뉴욕의 운하시스템

Erie운하는 700만 달러의 건설비로 착공되어 1825년에 완공된 것으로 Hudson, Mississippi, St. Lawrence강과 북서부의 5대호(Ontario, Erie, Huron, Michigan 및 Superior 호수)를 연결하는 중추적인 교통로로 Erie호의 서쪽 하안인 Buffalo에서 Hudson강 상류의 Albany를 연결하여 19세기초 미 북서부 지방의 광대한 자원과 목재, 비옥한 땅을 손쉽게 이용할 수 있도록 함으로써 당시 미국에서 9번째의 항구던 뉴욕을 이 운하 건설 후 15년만에 미국에서 가장 붐비는 항구로 성장할 수 있는 계기를 마련하였다.

토목공학에 대한 지식이 부족한 상태에서 건설된 Erie운하는 화약으로 폭발시킨 몇 곳을 제외하고는 363 miles의 거의 전 구간이 사람과 말의 노동력으로 건설되었고 도로는 공사가 진행됨에 따라 물자를 수송하기 위해 매 단계별로 새로 건설하여야 했다. 그러나 이 운하의 설은 미국 개척자들을 처음으로 서부로 대거 이주시키는 교통수단으로 사용되었을 뿐만 아니라 Appalachian산맥 서쪽의 넓은 땅과 자원을 손쉽게 이용할 수 있도록 함으로써 뉴욕을 미국에서 가장 큰 상업도시로 성장시켰다.

한편, 1823년~1828년의 5년간에 걸쳐 Erie운하와 연결되는 Cayuga-Seneca운하, Oswego운하, 및 Champlain운하 건설로 인해 뉴욕주 운하시스템의 초기형태가 완성되게 되었다.

이는 다시 1905년~1918년의 13년동안 더 큰 발전의 운항을 위해 동일한 단면 형태를 가지는 운하로 재시공되었으며 주운댐과 수문을 설치하여 수로 상에 충분한 주운 수심을 유지 수 있도록 하였다.

(2) Chespreake-Ohio Canal

Chespreake-Ohio 운하는 Washington D.C.에서 시작하여 Potomac강을 따라 Maryland주 Cumberland까지 연결되는 운하로 1828년 건설을 시작하여 1850년 비로소 Cumberland에 연결되었으며 운하 전체 구간은 그림 2.와 같다.

바닥폭 30~40 ft, 수면폭 50~60 ft, 최소깊이 6ft로 건설된 본 운하는 원래는 서쪽으로 더 연장할 계획이었으나 철도와의 경쟁으로 Cumberland까지 연결

되었으며 폭 14.5 ft, 길이 90 ft, 흘수 4.5 ft, 최대적재량 135 ton을 갖는 선박이 항해할 수 있도록 설계되었다. 연장 184 miles의 수로는 600 ft의 표고차가 나지만 이는 주운수로내에 74개의 승강형 갑문(lift lock)을 설치하여 오르내릴 수 있게 하였으며, 각각의 승강형 갑문은 배를 다음단계로 넘어가게 하는데 약 8 ft를 오르내리게 하며 이 과정에서는 약 10여분의 시간이 소요된다. 승강형 갑문 주위에는 여러 개의 river feeder와 guard locks을 건설하여 운하의 수심을 유지하 위한 용수를 강물로부터 유입되도록 하였으며 홍수기간에는 주운 선박을 보호하는 기능을 갖도록 하였다. 그러나 본 운하는 20세기에 들어 타 운송수단과의 경쟁으로 인해 현재는 교통수단보다는 주위 환경사업 및 부대시설 등의 설치를 통해 관광 및 휴양시설로 활용되고 있다.

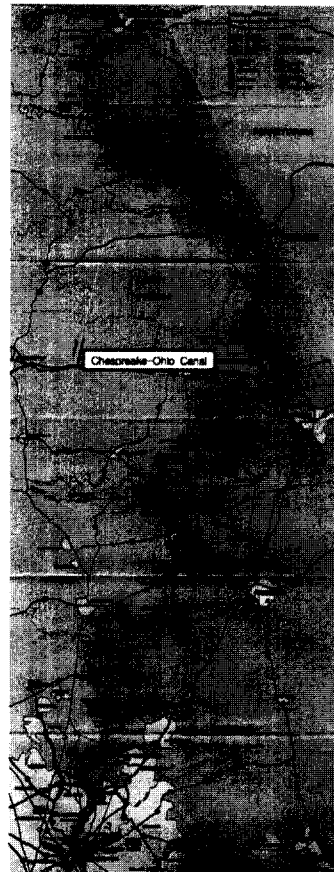


그림 2. Chespreake-Ohio Canal

(3) Tennessee-Tombigbee Waterway

Alabama주의 Mobile Bay에서 Tennessee주의 Cotton Gin Port까지는 원래부터 증기선으로 Tombigbee강을 항해할 수 있었다. Tennessee주의 Chattanooga에서 Alabama북부의 Pickwick호까지는 강을 따라 100 miles 거리에 있다. 그러나 거기서부터 New Orleans 같은 대양과 인접한 항구까지 물건을 실어 나르려면 Tennessee, Ohio, Mississippi 강을 경유하여 1800 miles을 지나가야 했다. 이에 1946년의 "Rivers and Harbors 법령"의 일환으로, 미의회는 미육군 공병단에 Tennessee강과 Tombigbee강을 연결하는 운하의 설계를 위임하였다. 이 수로에 의해 중남부 아메리카와 멕시코만의 항구까지 800 miles의 거리를 단축시켜 산업발전을 촉진

시키고자 한 것이다.

그러나 Federal Interstate Highway System의 건설이 1951년부터 시작되어 의회는 운하가 불필요하다고 생각하게 되었고, 결국 운하 설계위임을 철회시키게 되었다. 그러나 다시, 1956년~1960년까지 지방의회는 지역경제 활성화의 필요성을 느끼고 운하 건설의 손익에 대한 새로운 연구를 수행하였으며 Alabama주와 Mississippi주는 1958년, Tennessee Tombigbee 운하개발국을 설립하고 연구논문을 바탕으로 예전의 미육군 공병단의 설계를 받아들여 Tennessee - Tombigbee운하를 건설하고자 하였다. 그러나 이것도 의회의 기금 승인에 대한 문제로 지연되다가 1971년에 가서야 닉슨 대통령에 의해 공식적으로 착공되었으며 착공 15년만인 1985년 6월 1일 그림 3.에 도시된 운하 구간이 개통되었다.

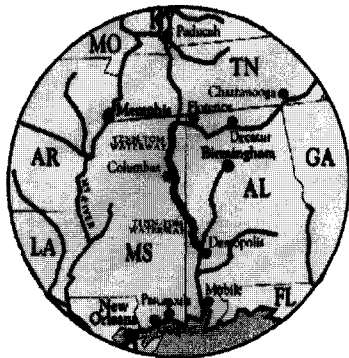


그림 3. Tennessee - Tombigbee Waterway

2.2 Panama Canal

BC 8000년경부터 파나마 지협(isthmus)은 중앙 아메리카로부터 남아메리카로 이주하는 통로로 사용되었다. 1502년 콜롬버스가 이 지협에 도달한 이래, 많은 스페인 사람들이 이주하게 되었고 페루로부터 금을 수송하기 위해 이 지협을 이용하였다. 1903년, 미국과 파나마는 파나마 운하를 건설하기 위한 조약을 체결하였고, 미국에 의해 공사가 착공되었다. 착공 10년 후, 1914년 8월 15일 운하가 개통되기까지 75,000명 이상의 인력과 4억달러의 비용이 소요되었다.

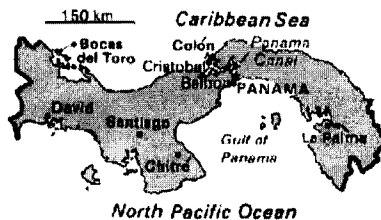


그림 4. 파나마 운하

그림 4.에서와 같이 파나마 운하는 대서양과 태평양을 연결하는 50 miles 길이의 운하이다. 이는 남북아메리카를 연결하는 길고 험한 지협의 좁고 낮은 안부(saddle)를 따라 건설된 수로로 남

북아메리카 대륙을 가로지른다. 운하는 태평양 입구로부터 북쪽으로 33.5 miles, 서쪽으로 27 miles 떨어진 대서양 입구로(북서쪽에서 남동쪽으로) 운행되며 입구사이의 직선거리는 43 miles이다. 또한 운하를 배로 향해하는 데는 8~10시간이 소요된다.

파나마 운하의 주요 요소로는 Gatun호와 지협을 가로지르는 중앙인공호(central man-made lake), Gaillard 수로(Gatun호에서 Pedro Miguel 갑문까지 연결된 8 miles 길이의 수로)등이다. 대서양 쪽에서는 Gatun 갑문이 있고, 태평양쪽에서는 Pedro Miguel 갑문과 Miraflores 갑문이 있다. 운하의 양끝에 있는 이 갑문들은 해수면과 호수사이로 배가 운행될 수 있도록 한다.

대서양쪽에서 들어갈 때는 Cristobal항에서부터 건설되어 있는 수로를 따라 들어가게 되는데, 이 부분은 길이 6.5 miles, 폭 500 ft로 구성되어 있다. 배는 Gatun 갑문에서 세 단계를 거쳐 85 ft 상승 또는 하강하게 되는데, 각 Lock chamber는 폭 110 ft, 길이 1000 ft이며, Gatun 갑문의 총연장은 1.2 miles이다.

2.3 Suez Canal

이집트는 세계 무역을 활성화 할 목적으로 자국의 영토에 운하를 건설한 첫 국가로 기록되고 있다. 수에즈 운하는 이집트왕 Senausret 3세의 통치기간(BC 1887년~1849년)에 북쪽으로는 지중해에서 남쪽으로는 홍해를 나일강과 그 지류들을 가로질러 연결하도록 건설되었다. 운하는 점토의 퇴적으로 인해 자주 항해가 중단되었으나, Sity 1세(BC 1310년), Nkhaw(BC 610년), 페르시아 왕 Dariussli Polemy 2세(BC 285년), Trajan(AD 117년) 등에 의해 항해가 재 개통되기도 하였다.

현재 상태의 운하는 1859년 4월 25일 건설이 시작되어 1867년 완공되었으며, 1869년 11월 17일 전세계에 개방되었다. 수에즈 운하의 건설은 그림 5.의 (B)에서 보는 바와 같이 아프리카를 통한 4000 miles의 항로를 단축시키게 되었다. Said항에서 Ismailia까지 수로의 길이 78 km와 Ismailia에서

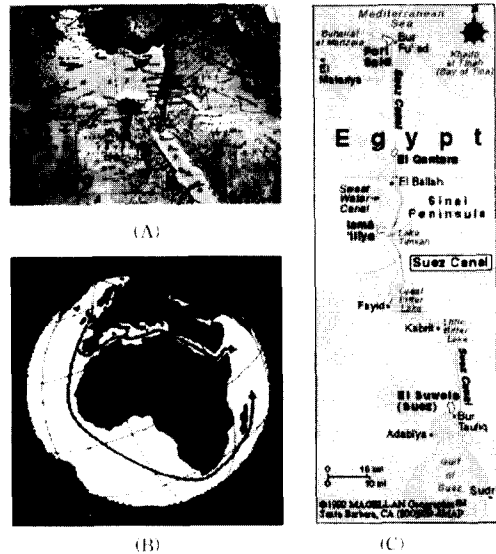


그림 5. 수에즈 운하

Tewfik항까지의 수로 길이 84 km의 총연장 192 km로 건설된 수에즈 운하는 수면폭 180 m, 선박의 최대 가능흘수 58 ft로 설계되었다.

수에즈 운하는 1869년 개통 이후 5번 폐쇄되었는데, 1, 2차 세계 대전 중 영국, 프랑스, 독일 등이 수에즈 운하의 이권을 차지하기 위한 전쟁으로 폐쇄되기도 했으며, 1967년의 전쟁(이집트가 Aswan댐을 건설하기 위하여 운하 통행료를 받기로 하자 이에 반대한 이스라엘이 침공하여 일어난 전쟁)으로 인해 8년동안 폐쇄되었다가 1975년에 가서야 재 개통되기도 하였다.

1869년 개통 이후 80년 이상, 수에즈 운하는 외국의 소유와 다름없었는데 이는 운하를 운영하고 있는 The Suez Canal Company는 이집트 소유였지만 실제로 그들 주식 전부는 외국이 소유하고 있었고, 외국인들이 이사회를 조정하고, 관리직과 기술직의 상당부분을 구성하고 있었기 때문에 운하 이익의 극소수만이 이집트에 돌아갈 뿐이었다. 1949년 The Suez Canal Company와 이집트 정부는 이익을 자국에 더 많이 할당하고 자국에 더 적합한 새로운 기관을 설립하자는데 동의함으로써 오늘에 이르게 되었다.

2.4 영국의 운하

영국의 운하는 200년 이상, 영국인들의 생활과 역사에 중요한 위치를 차지하고 있다. 1790년대 영국에서는 운하건설 붐이 일어났고, 영국의 거대한 내륙주 운망(a large inland water-transport network)의 발달은 19세기 산업혁명을 일으킨 주요한 요소로 작용하였다. 영국의 하천들은 유럽의 다른 나라들에 비해 소규모이므로(영국의 전역이 바다로부터 100 km 내에 위치하고 있으므로) 주운망의 개발은 어려울 것으로 보였지만, 실제 이런 점들이 운하의 개발에 이점을 가져다 주었다. 18세기 운하를 건설할 당시 수리학적 기술이 아직 크게 발전되지 않아 하천들이 대규모였다면 운하건설이 어려웠을 것이나, 하천이 소규모였으므로 공학자들이 이들 운하를 건설하고 운영하는 것을 한결 용이하게 할 수 있었다.

18세기 전까지, 영국의 산업지대는 주로 남동부에 위치하고 있었는데, 이는 에너지로 공급할 목재가 많았기 때문이다. 남동부의 강은 비록 천천히 흐르지만 그 당시의 작은 공장들의 동력원인 물레방아(waterwheels)를 돌리기에 충분하였다. 18세기에 공업화가 진행됨에 따라, 중부지역에 새로운 공업지대가 등장하였으며(Birmingham지역을 중심으로 중앙고원에 공업지대가 형성됨), 이는 값싸고 안정적인 에너지를 탄전지대로부터 나오는 석탄으로 공급할 수 있었기 때문이었다. 또한 가파르고 좁은 골짜기로 구성된 Pennine산맥이 위치한 북부지역은 섬유공업지대가 들어섰는데, 에너지는 빠르게 흐르는 강물로부터 얻고, Lancashire 탄전과 Yorkshire탄전지대에서 나오는 석탄으로 증기기관을 돌려 직물공장을 가동시킬 수 있었다.

당시 중북부지방의 도로들은 가파른 지형 때문에 방대한 양의 원자재를 운송하기에 부적합하였으므로 내륙주운을 통한 수송체계는 이들 중부와 북부지대의 산업을 발전시키는 열쇠로 작용하였다. 남동부지대는 하천의 유

속이 느리기 때문에 위험을 감수하면서도 몇 세기 동안 하천을 통해 운송이 이루어져 왔으나, 중북부지방은 하천의 유속이 빠르기 때문에 하천을 이용한 운송은 불가능하였다. 이런 어려움 때문에 운하를 건설하기 시작하여 도로운송과 하천을 통한 운송을 대신하도록 하였다. 18세기 중부와 북부지방의 자본가들은 그들의 이윤을 극대화하기 위하여, 공장에 대한 투자뿐만이 아니라 원자재와 완제품을 저렴한 비용으로 운송하기 위한 투자도 하여야 하였는데, 이것이 영국에서 운하가 발달한 이유가 되었다. 그림 6.과 같이 총 연장 2000 miles의 운하가 영국전역에 건설되어 있으며 현재는 교통수단으로 이용되기보다는 영국인구의 절반 정도가 운하 주변에 거주하며 낚시, 조깅 등을 위한 주거 및 관광, 휴양시설로 이용되고 있다.

2.5 벨기에의 운하

벨기에(Belgium)는 1936년 Dammes지역에 세계 최초의 갑문(double locks)이 있는 운하를 건설한 이



그림 6. 영국의 운하망

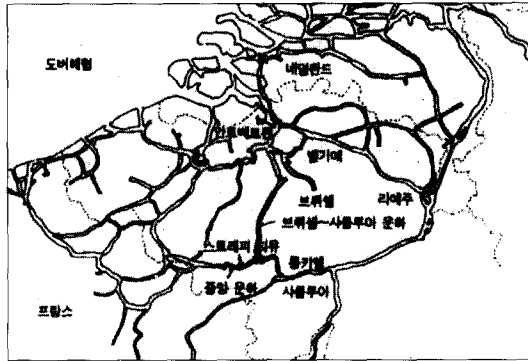


그림 7. 벨기에의 운하망

래로 그림 7.과 같이 총연장 1,500 km에 달하는 내륙주운망을 건설하여 왔다.

벨기에 운하의 중심인 브루셀-샤를루아 운하는 1832년 착공되었다. 초기에는 70 t급의 선박 통행이 가능하도록 설계되었으나 경제발달과 더불어 19세기 후반에는 일부분이 300 t급으로 확장되었으며 1933년 완공된 북부 구간에서는 600 t급이 되었고 1937년에는 남쪽 시발점이라 할 수 있는 샤를루아로부터 북쪽에 위치한 클라박까지의 구간을 1,350 t급으로 확장하였다. 완성된 샤를루아 구간에는 고저차 60 m를 극복하기 위하여 경사형 갑문(incline lock) 방식인 롱키엘(Ronquieres) 갑문이 설치되었다.

이 롱키엘 갑문은 유럽의 국제운하 표준 크기인 1,350 t급의 화물선이 통행 가능하도록 건설되었다. 선박을 운반하는 탱크의 크기는 길이 91.1 m, 폭 12 m, 수심 3.7 m로 설계되었다. 롱키엘 갑문은 선박운송시 5,000~5,700 t에 달하는 탱크가 1,432 m의 경사를 오르내릴 수 있도록 2개의 레일이 설치되어 있으며 직경 70 cm인 236개의 바퀴가 네 줄의 선로 위를 이동하도록 되어 있다. 탱크는 굵은 케이블이 부착되어 있고, 이 케이블은 맨 꼭대기에서 도르래를 통하여 카운터 웨이트에 연결되어 있다. 이 카운터 웨이트는 콘크리트와 주철로 만들어져 있으며 총중량은 5,200 t에 달한다.

2.6 네덜란드의 운하

네덜란드는 영해를 포함한 총 국토면적 41,000 km² 중 7,000 km²가 바다, 호수 등 물로 둘러싸여 있으며, 국토의 25% 이상이 해수면 이하에 위치한 나라이다. 일찍부터 간척을 통한 국토확장과 해수와 홍수로부터 국토보호를 위한 필연적인 노력을 해 왔으며, 운하 또한 내륙수상교통의 중요한 수단으로 사용하여 왔고 그림 8.과 같이 총연장 7,000 km 이상의 수로들이 수많은 도시들을 서로 연결해 주고 있다.

네덜란드의 Amsterdam은 예로부터 항구도시로 발달되어왔다. 그러나 1800년대 이후 선박이 대형화되면서 큰배들이 Amsterdam 항구에 접근하기 위하여 얇은 Zuiderzee해를 통과해야만 했으므로 많은 어려움을 겪게 되었다. 따라서 이 Zuiderzee해를 피해가기 위하여 1819년~1825년에 걸쳐 Amsterdam에서 Den Helder를 잇는 Noord-Holland Kanaal이 건설되었다. 그러나 이때 건설된 운하는 수로가 매우



그림 8. 네덜란드의 운하망



그림 9. Rhein-Main-Donau Canal

좁고 많은 교량들이 운하 위를 통과하였으므로 1865년~1876년 사이에 Amsterdam에서 바다까지 직선으로 통과하는 24 km 연장의 Noordzee kanaal이 새로 건설되기도 하였다.

Brielse Gat와 Botlek을 경유하여 Rotterdam까지 가는 항로도 Rozenburg지방의 많은 섬들로 인해 방해를 받았다. 이로 인해 Zeeland와 Zuid-Holland를 경유하는 새로운 항로가 개발되었지만, 이는 이전보다 항로가 더 길고 또한 조류의 영향으로 항해의 어려움이 수반되었다. 따라서 Voorne지역을 통과하는 운하가 1827년~1830년에 건설되었고, 이후 Rotterdam으로 통하는 동맥이 된 Nieuwe Waterweg가 1865년부터 건설되었는데, Nieuwe Waterweg의 건설당시의 폭은 10 m였고, 1909년에는 다시 폭 100 m로 확장되었으며 Rotterdam항은 세계에서 가장 큰 항구가 되었다.

이 외에도 Zuid-Willemsvaart가 네덜란드와 벨기에를 연결하기 위하여 1822년~1826년에 건설되었고, 주운이 거의 불가능했던 Maas강을 따라 Juliana kanaal이 건설되었으며 Zuid-Limburg지역의 탄전지대를 연결하기 위해 Maas-waal kanaal이 건설되는 등 많은 운하들이 건설되어 왔다. 네덜란드의 운하는 배수와 용수공급을 위한 목적으로도 사용되고 있으며 특히, 네덜란드 담수의 65%를 차지하는 Rijn강으로부터 많은 양의 용수가 운하를 통해 공급되고 있다.

2.7 Rhein-Main-Donau Canal

1차대전이 끝난 1920년대에 유럽 대부분의 나라들은 기존 운하를 보수하기 시작하였으며 이 공사들은 1950년경까지 약 30년동안 계속 진행되었다. 이후 1992년 9월 25일 그림 9.와 같이 RMD운하(Rhein-Main-Donau)가 개통됨으로 인해 유럽의 운하는 프랑스, 벨기에, 네덜란드, 포르투갈, 독일, 폴란드, 스위스, 오스트리아, 유고슬라비아, 헝가리, 소련, 터키 등을 거쳐 지중해로 연결되는 거대한 운하망을 형성하게 되었다.

이 RMD 운하 계획은 793년 카알대제에 의해 처음 착안되었고 이후 나폴레옹도 똑같은 도전을 시도하였으나 실현하지는 못하였다. 이 계획은 836년부터 1845년에 걸쳐 라인강과 도나우강 사이에 100 개의 갑문을 설치, 운하로 연결시키는 계획을 성취하였으나 레겐스부르크에 놓여 있는 석교의 장애로 120 t급의 선박밖에 운항할 수 없었으며 산업혁명에 의한 철도의 등장으로 실효를 거두지 못하였다.

그러나 1921년 RMD 주식회사가 설립됨에 따라 대형선박의 왕래가 가능한 본격적인 운하건설이 시작되었다. 이 RMD 운하의 건설배경에는 RMD 주식회사가 운하를 건설하는 대신에 2050년까지 그 곳의 수력에너지의 발전권을 획득할 수 있었던 원인과 운하 건설로 인한 수송로 확보 외에 다른 중요한 목적이 있었기 때문이다. 그 중에서도 가장 큰 목적은 북 바이에른 지방의 용수난을 해결해보려는 것이었다. 물이 풍부한 도나우강과 알트뮐강의 물을 마인강으로 끌어 들임으로써, 북 바이에른 지방의 일상적인 물 부족을 해소시켜야겠다는 계획이다. 물이 적은 마인강 유역에 위치한 북 바이에른 지방은 바이에른주 가운데에서도 인구밀집 지역으로 손꼽히는 지역이어서 갈수록 물의 수요는 폭발적으로 증가하여 물의 확보가 무엇보다도 시급한 과제였기 때문이다.

RMD운하공사의 가장 큰 난제중의 하나는 고저차 극복의 문제였다. 마인강과 도나우강 유역의 경계선이 되는 분수령은 표고가 406 m인데 비해, 마인강 유역과 도나우강 유역 가운데 가장 낮은 곳과 비교해

면, 도나우강 유역은 고저차가 126.3 m, 라인강 유역은 324.3 m나 되었기 때문이다. 이 중에서 아샤프부르크와 뷔르츠부르크까지의 165 km구간은 1926년에 착수하여 1939년에 완공되었으며 그 사이의 고저차는 57.2 m였다. 이는 13개의 갑문을 설치하므로써 가능하였다. 또한 뷔르츠부르크에서 밤베르크까지의 132 km구간은 1938년에 착수하여 1962년에 완공되었으며 고저차 65.1 m는 14개의 갑문을 설치하므로써 극복할 수 있었다.

현재의 RMD운하의 전구간이 연결될 수 있었던 것은 라인-도나우 운하의 완성에 기인한다. 라인강과 도나우강이 접속하는 부분은 강폭이 넓은 자연하천이 없기 때문에 대부분의 구간을 인공수로로 만들 수밖에 없었다. 이 중 라인-도나우 운하의 마지막 공사 구간인 레겐부르크와 켈하임 사이의 공사가 1971년 착수하여 1992년 9월 25일 완성됨으로 인해 오늘날의 RMD운하가 태어나게 된 것이다.

한편, 현재 RMD운하 중에서 유럽의 내륙화물수송에 가장 많이 이용되는 것은 라인구간으로 허용선박의 최대크기는, 선박길이 100 m, 선박폭 22.8 m이다. 라인구간은 주변의 여러 국가에 걸쳐 매우 길게 연결되어 있으나 표 1.과 같이 구간별로 수로의 크기가 다르기 때문에 일부 구간은 운항 선박에 다소 제한을 받고 있다. 따라서 라인강 운항 선박에 대해 독일

표 1. 라인강 운하의 구간별 수로폭

구 간	항해수로 폭
Basel ~ Iffezheim	약 100m
Iffezheim ~ Mannheim	88 ~ 92 m
Mannheim ~ Koblenz	120 m
Koblenz 하류	150 m

표 2. 라인강 운하 선박의 표준선형

종 류	구 분		
	EUROPA I	EUROPA II	EUROPA IIa
선박길이(m)	70	76.5	76.5
선박폭(m)	9.5	11.4	11.4
선박높이(m)	3.5	3.5	4.0
흘수(m)	3.2	3.2	3.7
화물창용적(m ³)	1,640	2,178	2,437
선박중량(ton)	270	370	400

의 "das mautisch-technischen kommission"을 중심으로 1967년부터 건조비용을 절감하고 생산성을 향상시키기 위한 바지선의 표준화를 추진하였으며 그 결과 표 2.와 같은 세 가지 타입의 바지선을 표준화하여 전용선으로 활용하고 있다.

2.8 중국의 운하

중국의 운하로 가장 대표될 수 있는 것으로 경항대 운하(京抗大運河)를 들 수 있으며 이는 북쪽의 북경에서 시작하여 남쪽의 항주까지의 거리 17,000 km를 잇는 대운하이다. 이 운하의 공사가 시작된 것은 BC 485년, 춘추시대로 기록되어 있는데 그 후 1293년까지 약 1,800년에 걸쳐 부분적으로 건설되어져온 것으로 알려져 있다. 원(元)나라 17년(1280년)부터 30년(1293년)사이에 제주강(濟州河)과 회통강(會通河), 그리고 통혜강(通惠河)의 운하가 개통되었다. 이에 의해 해하(海河), 황하(黃河), 회하(淮河), 장강(長江)과 전당강(錢塘江)의 5대 수계가 연결되었으며, 이로 인해 중국의 남북을 관통하는 거대한 수상 교통망이 완성되었다.

중국에서 기원 전후 무렵에 만들어진 초기의 운하는 장강 하류와 회하로부터 개봉(開封), 낙양(洛陽) 등지로 곡물을 수송하고자 하는 것이 목적이었다. 8세기로 접어들어 당나라 시대에는 운하를 통한 수송량은 연간 200만 t을 넘었으며 이는 또한 당나라가 이웃 나라로 세력을 늘리기 위한 군사 전략의 수단으로 활용되기도 하였다.

10세기 말엽인 984년, 회남(淮南)의 교유악(喬維岳)이라는 사람에 의해 선박의 항해를 돕기 위해 갑문(閘門)이 고안되었다. 언갑법(堰閘法)이라 불리는 이 방식은 처음 산양(山陽) 끝에서 회음(淮陰)까지의 30 km 운하에 채용되었는데 이것은 방죽과 항해용 갑문을 짝지어 만든 것으로서, 중국의 운항용(運航用) 갑문의 원형이라 할 수 있으며 이에 대한 모식도를 그림 10.에 수록하였다.

운하는 배를 통행시키는 것이 첫째 목적이므로 무엇보다도 중요한 것은 일정량 이상의 수심을 유지시켜 주는 일이다. 중국에서 운하는 자연하천을 이용하

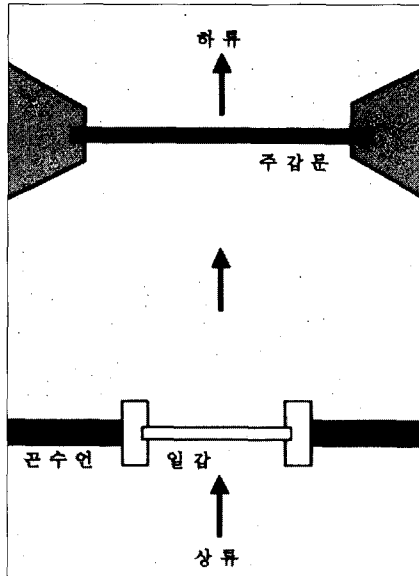


그림 10. 연압법의 모식도

는 것이 원칙이었으나 강바닥을 깊이 팔 수 없는 곳, 강폭을 넓힐 수 없는 곳이 있기 마련이어서, 강과 병행하는 형태로 인공 수로, 즉 '측면 운하'를 만들 수밖에

에 없었다. 이 측면 운하(側面運河)방식은 중국의 운하 기술로 널리 알려져 있는 것으로 1280년에서 1293년에 걸쳐 건설된 회안(淮安)과 북경을 잇는 약 1,120 km의 운하에 채용된 공법이었다.

3. 맺음말

이제 우리 나라도 경인운하가 건설되면 굴포천 유역의 근원적 홍수피해의 해결을 가져올 뿐만 아니라 내륙주운을 통한 교통수단의 다각화 시대를 맞이하게 될 것이다. 또한 이를 잘 활용한다면 물류수송체계의 변화 및 동북아 물류중심지로의 도약을 기하게 될 것이다. 본고는 경인운하의 건설에 맞추어 세계의 운하 건설사례를 역사적 건설 배경 및 운하의 체원을 중심으로 정리, 소개한 것이다. 논고의 많은 부분과 그림은 Internet을 통하여 수집한 것으로 독자들이 세계 운하에 대해 이해하는데 조금이나마 도움이 되었으면 한다.

어떤 사람을 현명한 사람이라고 하는가? 모든 것에서 배움을 얻으려는 사람을 말한다.

어떤 사람을 굳센 사람이라고 하는가? 자기 자신을 억제하는 사람을 말한다.

어떤 사람을 풍부한 사람이라고 하는가? 자기 소득에 만족을 느끼는 사람을 말한다.

(「탈무드」)