

# 運河와 內陸水運의 발달

Development of Inland Navigation & Canal system in Europe

## 목 차

運河의 歷史  
로크(Lock, 閘門)  
터널

運河橋  
運河의 종류와 기능  
運河리프트와 인클라인



崔榮博\*  
Choi, Young Bak

## 유럽(특히 프랑스)를 중심으로

### 運河의 歷史

유럽에 있어서도 특히 프랑스의 역사를 더듬어 가면 멀리 로마시대까지 거슬러 올라간다. “라인”, “로누”, “세느” 등의 큰 강을 내려가서 유럽의 내륙 깊이 침공해간 로마인은 서구대륙을 계속해서 식민지화했다. 이래서 큰 강은 수송(수)로로서의 중요성이 더욱 증대해갔다. 로마인은 큰 강들을 운하(Canal)로서 연결하고 북에서 남으로, 동에서 서로 등 종횡으로 선박(船舶)을 항행시키고자 생각한 것은 지극히 자연스러운 것이다. 하지만 이에 앞서서 두 개의 어려운

문제가 가로놓였다. 하나는 강과 강사이에 가로놓여있는 분수령(分水嶺)을 어떻게 해서 넘어가는가?. 둘째는 그 높은 곳에 어떻게 해서 물을 공급하는가?. 로마제국은 이 난제를 해결하지 못하고 멸망한 것이다.

시대는 흘러 17세기초 프랑스 “부루본”왕조의 초대 국왕인 “안리”세는 프랑스 중부의 “세느”강의 계곡에 걸치는 분수령을 넘는 운하의 착공을 명하였다. 운하가 완성한 것은 1642년, 이로써 유럽 최초의 2개강을 연결하는 전체 길이 54km, 20개 갑실(lock chamber)의 “부리아루”운하가 실현되었다. 그 사이에 1610년 왕이 암살되어 공사가 중단되었다가 1638년에 재개된바

\*수자원개발기술사, 고려대 명예교수, 수원전문대 학장.

있다.

완공후 바로 운하에 물을 공급하는 방법으로 문제가 제기되었다. 즉, 최고지점부터 풍족하게 물이 공급되지 않으면 수로 유지가 불가능한 것이다. 저수지를 새로 만들어 흐르는 물을 막아서 공급하는 공사가 진행되었다. 여기서도 근본적 해결이 되지 않아 최종적으로는 “로왈”강변의 한 동내 “부리알”에 양수펌프장을 설치해서 최고지점에 물을 송수하는 방법이 취해졌다.

1830년 당시 프랑스의 운하항해의 선박의 주된 것으로 생각된 선폭 5.2m, 선 길이 38.5m, 수심 1.8m에 맞추어 운하의 갑문이 확장되어 나아가서는 1838년에 완성된 “로왈”쪽에 설치된 운하에 결합되기 위해 “로왈”강을 횡단하는 대운하교가 “부리알”에 건설되었다. 오늘날에도 프랑스 최대의 전체 길이 663m, 폭 5.14m의 이 철교를 설계한 기사는 파리의 역사적인 탑 나아가서는 미국의 자유의 여신을 건립한 “구스타프 엠펠”이다.

프랑스의 남쪽, “이베리아”반도의 밑부분에 운하를 지나가게 하는 구상도 먼 로마시대부터 존재했고 프랑스의 역대 왕들도 이 운하의 실현에 부심 했다. 여기서도 이것을 저지하는 것은 운하가 분수령을 넘는 방법과 물의 보급 이었다. 15세기 이태리에서 서로 다른 수위로 선박을 통과 시키기 위해 오늘날의 갑문·시스템의 원리가 고안되고 계획의 실현이 크게 추진되었다.

당시 지중해안의 “마루세이유”에서 대서양해안의 “볼도”로 선박으로서 물자를 수송하는데는 멀리 “지부랄타”해협을 경유하지 않으면 안되며 지중해와 대서양을 연결하는 운하가 갈망되어왔다.

“J.D. 리케”는 운하가 완성되면 자기의 이권인

소금의 세금의 증수에 연결된다고 생각하고 공사의 시작을 1667년에 결정했다. “리케”는 모든 정열을 주입해서 운하의 완성에 매진했다. 거의 비용과 4천명의 인력동원으로 이 공사가 완성된 것은 14년 뒤의 1681년 하지만 완공을 보지 못하고 “리케”는 세상을 하직했다. 이때 완성한 것이 지중해에서 “산루스”까지의 약 240km, 65갑문, “쓰루스”에서 “보루트”까지는 수위가 불안정한 “가론누”강까지 가지 않으면 안되었다. 이 부분의 착공은 1838년까지 기다릴 수밖에 없고 12년 뒤의 1850년 지중해와 대서양을 연결하는 2개의 운하 “듀·미디”와 “가론누”운하가 전부 개통했다.

19세기에 프랑스에서는 큰 강과 큰 강을 연결하는 분수령을 넘는 운하가 계속 개통되었다. “세느”와 “로누”의 지류인 “소누천”을 연결하는 “로와루”운하는 1893년에, 같은 “부루고뉴”운하는 1843년에 완성했다. 이시기에 오늘날 프랑스에 남아있는 운하망의 거의 대부분이 완성되었다. 같은 시기에 프랑스에는 철도망을 온통 둘러치고 있었다. 철도가 완성되면서 대량수송의 대부분을 이곳으로 분담되고 운하를 이용하는 것은 수확된 농작물이나 석탄, 시멘트, 자갈 등 수로에서 직접 운반할 수 있는 극히 일부 물자에만 그 분담이 한정되었다. 얼마 안가서 철도도 사양화하고 도로 수송의 추류시대가 되었다.

하지만 프랑스에 잔존하는 대부분의 운하망은 결코 내버려두지 않고 오늘날까지 유지되어왔다. 대부분의 갑문실(lock chamber)은 수동식(手動式)이고 갑문관리인을 필요로 하며 매년 보수유지 관리에 막대한 비용이 걸리는 전근대적인 수송기관을 유지하는 프랑스 정부 당국의 노력은 이만저만한 노력으로서도 할 수 없는 것이다. 하

지만 최근에 와서 운하가 새로운 시대를 마치 하려 하고 있다. 바아지(barge, 거룻배)대신에 임대된 요트나 포트에 의한 장거리 배 여행 루트로 인지되고 있다. 전체 프랑스의 운하망 길이는 7천km로서 19세기의 거주가옥이 잔존되어 있는 내륙깊이까지 배여행을 할 수 있게 되었다.

유럽에는 5만km에 미치는 운하망이 있다. 유럽은 로마시대부터 주요한 교통시설이며 토목건설사업의 원점이다.

우리 나라에서는 오늘날 이 우수한 운하와 주운로를 교통체계중에서 망각하고 혹은 옛날의 유물로서 묻어버리고 말았다. 주민들과의 친숙함이 제방으로 단절된 하천수로는 다만 자연 유로나 수로로 되고 그리고 오염되어 어느 것은 하수도가 되고 어느 것은 복개되어 도로로 이름을 바꾸었다.

오랜 역사를 가진 유럽의 운하는 오늘까지 잘 이용되어 루트에 따라가는 근대화를 위해 대규모 개량공사가 되어 물류는 물론 레저나 관광에 큰 역할을 담당하고 있다.

오늘날 우리 나라 대도시는 교통혼잡으로 시민들이 교통지옥에 큰 고통을 받고 있다. 그 사유는 이는 도심으로 화물트럭이 대다수 통과하는 까닭이다. 사실 파리로 들어오는 화물은 먼저 철도로 들어온다. 물론 보통 트럭으로 들어오기도 하지만 1/3 이상이 세느강으로부터 들어온다. 파리에 있어서 세느강은 다만 관광대상이 되고 있을 뿐만 아니라 파리에 들어오는 화물에 있어서 가장 중요한 수송로 역할을 한다. 유럽에 가장 큰 항구인 “로테르담”은 EU전체의 현관구실을 하지만 “로테르담”에 들어오는 선박의 1/2이상이 그대로 선박으로서 유럽 각국으로 들어간다.

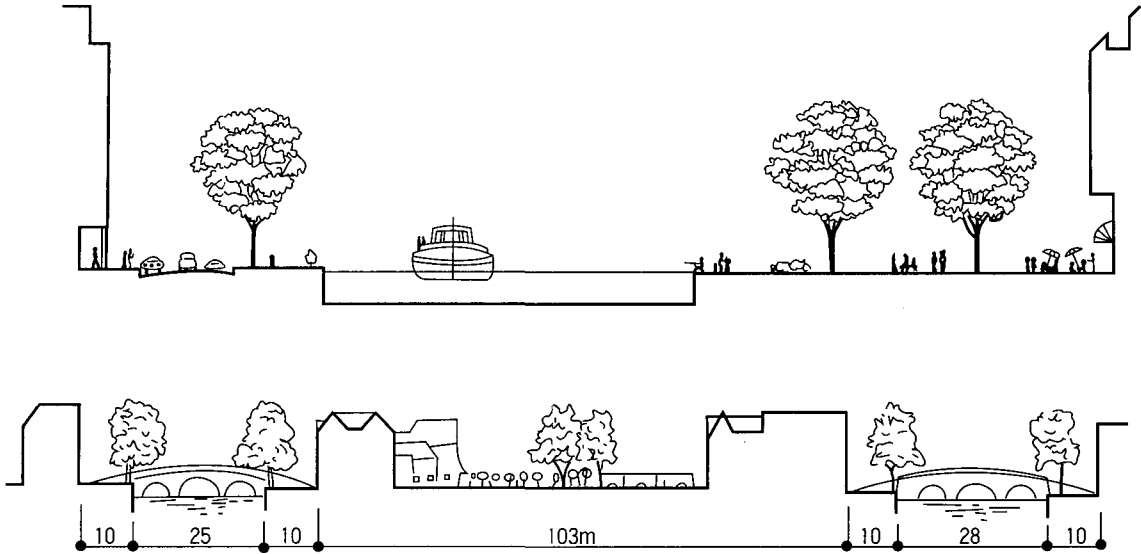
우리 나라와 같이 인천, 부산항에 들어간 거의 대부분의 트럭은 화물을 옮겨 바꾸기를 하지 않는다. 유럽에는 선박이 대부분을 인수해서 주운으로 이송하는 까닭에 도시 내에서 우리 나라와 같이 다수의 트럭을 볼 수 없다. 우리 나라 평야나 해안부의 도시계획이나 국토계획에 있어서 운하나 내륙수운을 재평가해야 한다.

#### 로크(Lock, 閘門)

우리 나라에서 옛날에 運河를 조거(漕渠)라 해서 배를 지나가게 하는 길을 말한다. 갑(閘)은 水門으로서 개단식갑(階段式閘)을 로크(lock)라 했다. 로크는 운하에서 없어서는 안될 시설물이다. 오늘날 유럽운하에서 사용되고 있는 20개의 수문에 포위된 큰 물탱크(水槽)의 물을 빼내거나 넣거나해서 수위(水位)를 조절하는 방식의 수조식갑문을 고안한 기사는 15세기 이태리의 “레오나르도다빈치”(Leonard De Vinci)라는 일설이 있다.

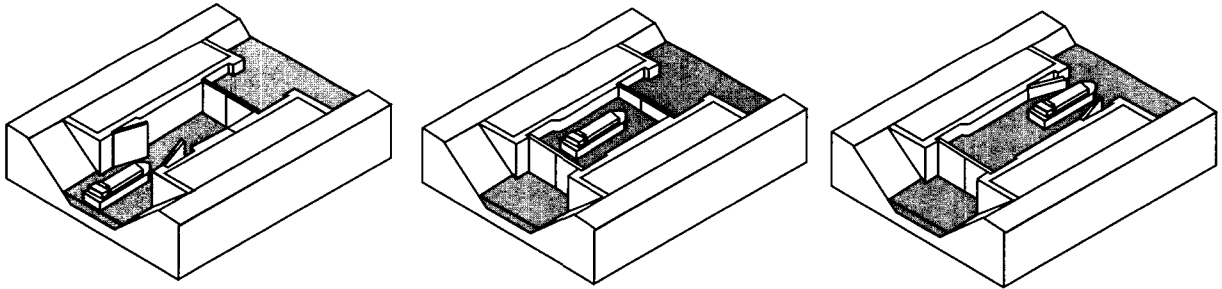
수위의 조절은 문짝에 설정된 작은 창구를 개폐해서 시행된다. 하지만 바어지가 몇 척이나 들어가는 큰 로크에서는 이 방법으로는 위험하므로 바닥쪽에서 물을 빼거나 넣는 방법이 사용된다. 프랑스 “로누”강에 있는 세계 최대의 수조식 로크 “포레누”는 수위차가 26m인 경우 약 6분 30초로서 내려가게 했다.

로크의 구조는 수로상에 2개 수문을 설치하고 수조내의 수위를 상승하강해서 배를 항행케 하기 위해 먼저 수조의 크기를 규정하는 것에 있다. 프랑스 운하의 대부분은 전체 길이 38.5m 폭 5m의 크기의 수조이므로 여기를 통행하는 바어지(barge)의 크기도 여기에 거의 맞게 제작된다.



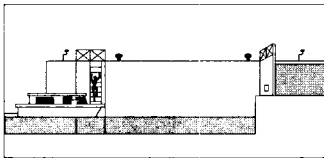
<그림 1> 유럽 運河斷面圖

(a) 下流水門을 열고 로크內로 船舶進入 (b) 下流水門은 닫히고, 水位를 올린다. (c) 上流水門을 열고 前進  
上流水門注入口를 열고

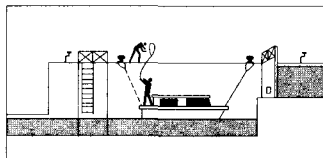


<그림 2> 로크의 原理

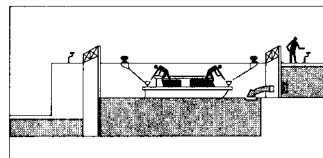
사다리로 올라간다.



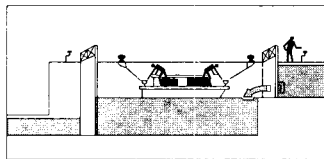
로프를 걸다



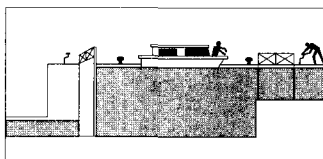
아래 水門을 닫는다.



上側水門의 注水口를 열다



上側水門을 열고 前進한다.



<그림 3> 로크의 管理構造

다음에 열리고 닫히는 수문짜은 위에서 보면 닫힐 때 평탄한 문짜이 되는 것이 아니고 언제나 수위 높은 쪽으로 A자형으로 엉덩이를 쭉 내미는 형으로 된다. 이것이 로크의 구조상 매우 중요한 점이며 수압이 걸리게 되어도 문짜이 파괴되지 않고 거기에다 필요에 따라 쉽게 개폐 가능케 된다고 생각된다. 이것은 숨어있는 역사적 대발견이다. 그 증거로 유럽의 로크의 거의 대부분의 수문에 또한 현재 건설중의 수문에 거의 이 구조로 채용되고 있다.

로크 문짜재료는 처음에는 목재가 사용되었다. 이는 지금도 영국의 낡은 운하나 “로누” “라인” 운하의 일부에도 볼 수 있는데 내구성이 적어 점차로 강철재의 문짜으로 바뀌어졌다. 19세기에 완성한 운하는 처음부터 철문짜으로 되었으며 “부루고뉴” 운하의 문짜에는 1898년이라든가 1899년의 연호가 각인(刻印)되고 있다.

### 터널

프랑스운하에는 비교적으로 터널이 많이 있다. 끝없이 이어지는 로크를 지나 분수령까지 올라간 운하는 여기에 가로놓는 산등허리를 터널로 지나가지 않으면 안된다.

프랑스 최초의 운하터널에는 1681년에 완성한 “듀·미터·카나루”의 최고 수위점(Summit level)에 굴착한 “아루파스”터널로서 길이 161m, 폭 6m, 높이 5m이다. 그후 프랑스 각지의 운하가 속속 완성함에 따라 계속해서 장대(長大) 터널의 굴진이 진행되었다. 현재 프랑스에서 최장의 운하터널은 북프랑스에서 “베루에”로 통하고 있는 “싼·구엔탄”운하에 있는 “포니”터널에서 무려 전체 길이 5,670m이다.

하지만 폭은 6.25m에 지나지 않으므로 이 구

간은 물론 일방통행이고 통과하는 배는 선단 편성을 해서 하루에 2회, 터널의 측로(側路)에 설정된 견인기에 끌려서 지나간다.

그 외에도 “마루누·라인” 운하 “마루누·소누” 운하는 각각 전체 길이가 4,800m를 넘는 터널이 있고 “부루고뉴” 운하에는 3,333m, “푸이이·터널”이 있다.

여기를 통과하는 소요시간은 약 30분으로 어쩐지 기분이 나쁜 땅바닥의 여행이 된다. 터널안의 통행을 조정하는 것은 보통 양단에 있는 로크관리인의 임무이다. 서로 전화로서 수로의 확보를 한다. 프랑스의 어느 곳이나 있는 500m 이하의 짧은 터널의 통행은 거의 각 선장의 재량에 내맡긴다.

터널 중에는 조명이 없다. 긴 터널이면 지상부터 밝은 빛을 얻을 수 있는 세로로 판 구멍이 있는 경우도 있으나 희미한 빛이 들어와서 별도움이 되지 않는다. 통과하는 배는 강력한 조명이 필요하다.

운하 터널은 절토량(切土量)이 만든 경우에 터널로 한다. 이 경우는 운하에 수문 설치가 필요 없는 장점이 있다. 하지만 터널 단면을 크게 하는 것을 피하고 배의 맞스치는 것을 피하기 위해 터널단면은 단선통과 크기로 한다.

유럽은 역사적으로나 그리고 현재에도 하천과 운하에 의한 수망(水網)대륙이며 많은 수망도시가 번영하고 있다. 유럽의 하천은 우리 나라나 일본과 다르게 하천경사가 완만하고 우량의 계절적 변화가 적어서 물 흐름이 안정되어있다.

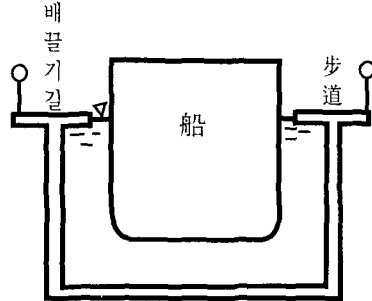
이와 같은 자연조건을 살려 운하가 일찍이 출현하여 수위차를 극복하고 배를 항행시키는 기술로서 전술한 로크(lock)의 기술이 창조되었다. 그리고 최근에는 EU 통합을 계기로 해서 유럽

의 내륙수운의 대규모적인 재구축이 진전되고 있다. 구체적으로는 대형 1,350톤급의 바어지가 항행 가능한 운하정비와 함께 단시간에 수위차를 클리어 할 수 있는 대형 로크가 출현하고 나아가서는 100m에 가까운 수위차에 대응 가능한 기술로서 운하교, 잉클라인(incline), 리프트(lift)가 다시 각광을 받고 있다.

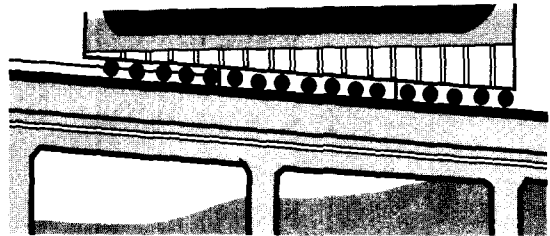
**運河橋**

운하가 하천·계곡 또는 철도·도로를 횡단할 때 사용되는 수로교로서 한쪽에 배끌기길을 다른 한 쪽에 보도를 둔다. 이것은 운하다리(aquaduct, Pon Kanal)로서 그 위가 수로가 되어 있어서 배가 항행한다. 운하교의 발상지인 중부 프랑스의 “로왈”운하는 원래 수심이 얕았고 배가 항행불가능한 “로왈”강에 나란하게 굴착되어 전부로서 3개의 운하교가 만들어졌다. 그중에서 가장 유명한 것이 프랑스 토목기술사상 그 이름을 남기는 「철의 기술사」라고 말하는 “구스타프·엠펠”기사이다. 이때까지 “프리아루”운하를 항행해온 배는 “프리알”사에서 로크를 내려가서 일단 “로와루”운하로 내려가고 다시 로크를 올라가서 “로왈”운하로 들어간다. 이 난관을 한꺼번에 해결한 것이 “프티나루”의 운하교이다. 전체 길이 666m, 폭 5.34m의 수로는 아득히 먼 아래를 흐르는 “로와루”천에 가설되고 있다. “엠펠”기사답게 다리는 전체 강철제이며 양측에 장식물을 시공한 아름다운 건조물이다.

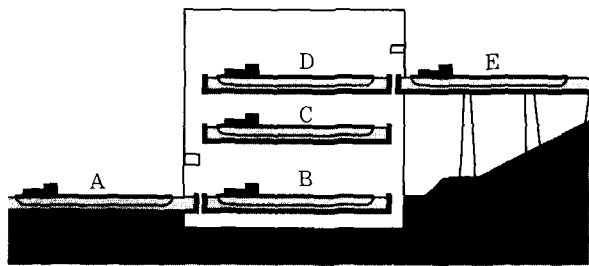
운하교중에서 가장 오래된 것은 “오와부”강에 가설된 전체 길이 241m의 운하교를 가설해서 하나의 수로로 한 “카나루·도·미디”의 “베산 이엘”시 앞에 가설된 운하교가 유명하다.



<그림 4> 運河橋



<그림 5> 잉클라인



<그림 6> 리프트의 原理圖

**運河의 종류와 기능**

앞에서 이야기한 운하는 사용도별로 분류할 경우 외양선 운하와 내륙수운용 운하가 있으며 기능별로는 다른 수위간 운하와 수로경사가 완만해서 로크를 필요로 하지 않는 운하가 있다.

사용도에 의한 분류

외양선 운하.....외해에서 내륙으로 또 외해에서 내륙을 횡단해서 다른 외해로 연락하는 운하로 “파나마”, “수에즈”, 사용도에 의한 분류 “키루” 등이 그 예이다.

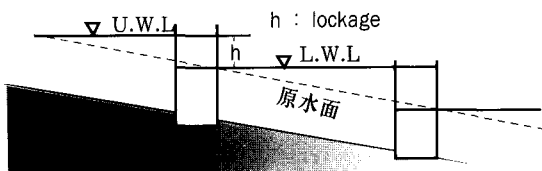
내륙수운하.....하천을 이용하는 운하 또 주항 혹은 하천 서로사이를 연락하는 운하로 수심이나 폭이 크지 않다.

기능에 의한 분류

다른 수위간 운하 ┌ 로크 있는 운하  
└ 승가기 장치 운하  
로크 없는 운하.....수로경사가 완만해서 로크가 필요하지 않은 운하

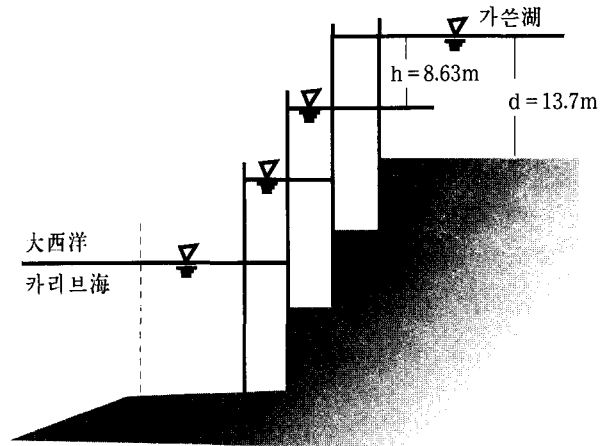
앞에서 논술한 로크운하(lock canal)는 서로 수위가 다른 수면사이의 연락을 위해 또는 하천 경사가 급한 하천에 있어서 다수의 로크 설치로서 표고차의 큰 내륙까지 항로를 연장할 수 있다.

〈그림 7〉에 있어서 h는 갑정(lockage, 閘程) 즉, 갑순에 의한 수강높이이다. 이때까지 실 예는 15m가 최대이다. 파나마 운하의 길이는 93km로서 통과시간은 8시간이다.



〈그림 7〉 運河化한 河川의 로크

1969년에 있어서 연간 통과선박수는 외양선 13,150척, 내항선 443척이며 최대선의 길이는 285.5m(객선), 최대 선폭은 32.4m, 최대 적재량은 60,309t(석탄)이다.



〈그림 8〉 파나마 運河가쓰호의 로크

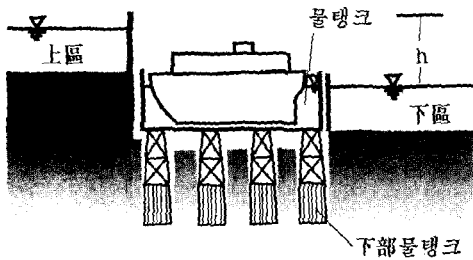
運河리프트와 인클라인

상하의 수위차가 큰 지점에서는 운하승강기 즉 리프트(canal lift)에 배를 띄워 태우고 승강한다. 이 경우 리프트는 수조(물탱크)이고 여기에 물을 넣어 그 안에 배를 띄워서 물탱크를 상하시킨다. 리프트의 낙차한도는 40m 정도이고 수심은 3m 정도까지이다. 1967년에 완성한 “루드윅히” 운하의 리프트는 1500톤급의 선박을 승강할 수 있었다.

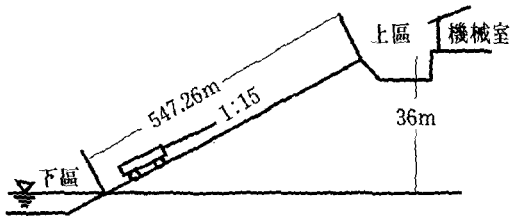
인클라인(Incline)도 일종의 리프트이다. 상하 양구간을 레일과 와이어로프(鋼索)에 의해 차륜장치 선대(船台)를 승강시켜 배를 운반한다. 벨지움의 부룟셀(Brussel)의 남쪽 “샤루레로와” 운하에 있는 인클라인은 전체 길이가 91m, 폭 12m의 건물과 같은 거대한 수조에 물을 넣어

수척의 큰 바어지를 넣고 236개의 차륜에 지탱되어 길이 1,432m의 레일을 달리면서 68m의 높이에 도달한다. 같은 수조가 2개나 벨지움의 평야의 중심부에 이 거대한 인클라인이 가로로 길게 놓고 있는 모습은 세계 7번째의 불가사의라고 부르고 있다. 유럽의 인클라인은 하나하나가 일일이 물을 배에 내놓지 않고 물탱크 안에 배를 넣는 대로 상하 시키는 형식이 일반적이다.

지난 옛날 일본에서는 배 2척을 태운 2대의 광차(鑛車, toroko)가 케이블·카와 같이 상하하는 인클라인으로 일본의 경도(京都) 비하호수의 소수(疎水) 운하에 운용된바 있다. 여기서 소수란 수력발전·상수의 운송 등을 위해 만든 수로이다.



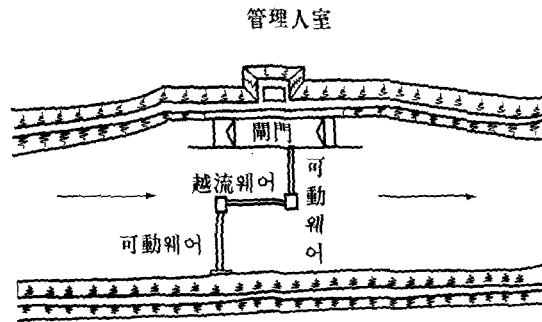
〈그림 9〉 運河昇降機



〈그림 10〉 京都의 인클라인

로크가 없는 운하를 무갹(無閘)운하라 하며 이것도 완경사로 로크와 로크사이의 간격이 먼

경우에는 이 무갹구간을 open canal이라고 해도 좋다. 우리 나라 한강, 낙동강, 영산강, 금강과 같은 큰 강은 하류부의 경사가 완만하고 수심도 충분하므로 그대로 주항(舟航)이 가능하나 중류부는 웨어(weir)에 의해 수면경사를 완화하여 수심을 유지하는 동시에 이에 의해서 수위차를 극복한다. 이것을 하천의 운하화(運河化, canalization)라고 말한다.



〈그림 11〉 하천의 運河化

하천을 운하할 때는 로크의 위치는 그 하천의 홍수시의 소요하폭외에 두지 않으면 안된다. 증수(增水)시에도 로크는 개폐가능하나 배가 운항 불가능하므로 폐쇄된다.

일반으로 운하의 운하화의 경우 종단경사는 수평에 가까운 1/5000 이하의 완경사 일 것이 요망된다. 곡률반경은 항행하는 배의 크기에 따라 정해지는데 다음과 같다.

배의 총톤수	최소곡률반경(m)	곡선구간 폭의 벌리기(m)
300	300	1.3
600	580	1.6
900	820	1.8
1200	1090	2.0



수심은 대형선인 경우는 만제시홀수 때는 0.2~0.5m의 여유를 보탠 것으로 한다. 폭원은 2척의 배가 스치듯 지나갈 수 있는 폭으로 하고 좌우안으로 선측이 스치는 소리가 없도록 한다.

배의 배수단면적과 운하의 물의 단면적과의 비는 내륙수운운하에서 1 : 3~4, 외양선운하에서는 1 : 5 이상이다.

운하의 물의 단면적이 작으면 배의 통항에 의해 물이 막히게 되고 물결이 일어나서 통항이

곤란해진다.

양하안의 비탈경 완류하천의 경우 2~3활로 한다. 배가 속력 시간당 8.5km로 지나가면 높이 15cm정도의 수파가 생기므로 비탈면 피복공이 필요하다. 시간당 10~12km의 배도 있다. 양강안 또는 한편강안인 경우에는 2~4m의 소단(小段)을 설치해서 배끌기 통로로 한다.

(원고 접수일 1997. 7. 30)