

경부운하 한강구간 및 조령터널의 입지 타당성분석

Feasibility of Choryeong Tunnel and Han River Section in Kyungbu Canal

정 태 응 (Chung, Tae Woong)

세종대학교 지구과학과

요약 / ABSTRACT

우리나라가 물류난을 극복하고 지속적인 경제발전을 위해서는 한강과 낙동강을 잇는 경부운하의 건설이 필요하다. 경부운하는 한강 신곡수중보에서 시작하여 팔당, 강촌, 조정지, 동량 2단, 충주 및 송계댐의 갑문을 거쳐 높이 125m, 길이 20.5km의 조령터널에 이르며, 터널은 수평으로 낙동강상류와 연결된다. 지질 및 지형도상에서 확인된 한강 구간의 댐과 터널 구조물의 입지는 양호한 것으로 판단되며, 높은 갑문의 운용으로 인해 다량으로 소비되는 용수의 확보도 충주호의 상류에 댐을 추가 건설하거나, 절수갑문의 도입으로 해결가능한 것으로 나타났다.

The construction of Kyungbu canal connecting Han and Naktong rivers is needed to facilitate the carriage of goods and enhance the economic growth. The two rivers are linked by the Choryeong tunnel with 20.5 km length and 125 m altitude. Seven Locks involving of 25 m lifting height are planned to reach the tunnel from Shingok dam along the Han river. The tunnel and dams are located favorably by topographic and geologic map analysis. The water needed to fill the chamber of high lock will be supplied by construction of additional dams above Chungju-dam and/or introduction of water-saving lock system.

서 언

냉전이 종식되고 WTO체제가 가동되면서 과거와 같이 정책적으로 국내기업의 보호육성은 불가능하게 되었다. 끊임없는 기술혁신과 가격파괴 등 국

제 무한경쟁의 바람은 날로 거세어지는 가운데 우리 경제가 살아남기 위해서는 국가경쟁력을 강화시키는 수밖에 없다. 우리나라가 국가경쟁력을 강화하고 선진국으로 도약하기 위해 정부가 합법적으로 기업을 지원할 수 있는 길은 생산의 제요소를 신속

하고 효율적으로 이동시키는 도로, 운하, 항만 등 사회간접자본의 확충에 있다. 그런데, 현재 우리나라는 도로교통 체증으로 인하여 물류비 부담이 늘어나 국제경쟁력이 약화되고 있다는 지적을 받고 있다 (한국일보, 1997 1.9).

우리나라에서 도로교통체증이 일어날 수밖에 없는 것은 근본적으로 인구 및 경제중심 지역이 해안에서 멀리 떨어져 있기 때문이다. 이는 고려때부터 왜구들이 해안가에 자주 출몰한 역사적인 연유인데, 지금도 인구의 2/3 이상, 한국경제의 3/4 정도가 경부축을 중심으로 한 내륙지방에 위치하고 있다. 원활한 물류가 이루어지기 위해서는 항만과 인구 밀집지를 연결해 주는 도로가 더 증설되어야 하는데 도로 건설은 토지수용비가 너무 비싸 제대로 추진되지 못하고 있다.

철도의 경우는 경부고속전철이 완공 되는대로 화물수송을 전담하게 되어 어느정도 물류난이 해소되는 것으로 인식되고 있으나, 고속전철의 공사가 계속 지연되고 있는 상황이며, 더구나 우리나라 물류의 철도수송 부담비율이 5%에 불과한 실정에서 어느정도 효과를 거둘지는 의문이다.

도로와 철도가 발달한 유럽, 특히 독일은 총물동량의 25%를 내륙운하에 의존하고 있는데, 이는 운하의 운임이 육운의 1/3 수준이고, 중량화물일수록 운하는 트럭에 비하여 연료비가 덜 들기 때문이다. 또한 바지의 오염물질의 배출량은 트럭에 비해 질소산화물의 경우 약 19분의 일에 불과하고, 철도에 비해 탄화수소의 경우 오분의 일 정도이다 (U.S. Department of Transportation, 1994).

유럽의 네덜란드는 국토가 남한의 40% 밖에 되지 않고 그나마 1/3이 바다보다 낮은 열악한 환경임에도 불구하고 국민소득 수준은 한국의 3배에 이르고 있다. 그들은 거미줄같은 운하망을 구축하고 로텔담항과 연결하여 유럽의 물류거점국가로 자리매김되고 있다. 현재 네덜란드는 유럽 국제물동량의 36%를 처리하고 있으며 GNP의 18%가 로텔담항과 라인강 운하를 바탕으로 한 물류수입인데, 유럽경제가 발달하는대로 자동적으로 소득이 증대하게 되어 있다.

최근 동아시아는 인구가 17억이 넘고 세계소득의 1/4이 넘는 세계최대의 경제권이 되었으며, 21세기 초에는 세계경제의 40%를 차지할 것이다. 연간

물동량도 엄청나서 세계 10대항구 중 7개가 이 지역에 위치하고 있다. 세종대학교부설 세종연구원에서는 한국이 세계경제의 중심국이 되기 위해 물류 체계에 먼저 집중투자하여 기업의 가격경쟁력을 높이고 동아시아의 물류기지가 되어 이 지역의 고도 성장의 결실을 자동적으로 분배받아야 한다는 취지하에, 내륙수운의 타당성을 검토하고 한강과 낙동강을 잇는 경부운하 (Figure 1)의 건설이 매우 효과적이라는 분석결과를 수차례 발표한 바 있다 (세종연구원, 1995; 1996b, 주명건의, 1996).

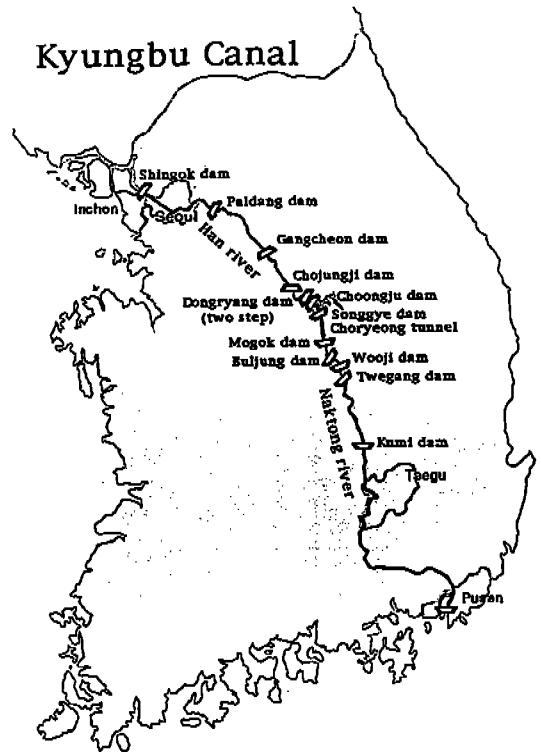


Figure 1. Route of the Kyungbu canal with the site of the locks.

그런데, 지금까지의 경부운하 연구발표는 경제와 토목기술적인 분야에 관심이 집중되어 운하입지에 대한 고찰이 상대적으로 소홀한 감이 있었다. 특히 운하수로 및 갑문과 같은 수리구조물을 건설하는데 가장 기본적이고 철저히 조사되어야 할 지질학적인 입지 고찰이 부족하였다. 20세기 초 파나마운하 건설이 지질학적 조건에 대한 전문가의 고려없이 이

루어진 관계로, land slide 등 지질적 난관에 부딪혀서 공기가 대폭 늦어지고 경비가 막대하게 들었으며, 지질학적으로 불안정한 곳에 시공한 관계로 댐이 붕괴되는 슬한 사례를 보아왔다 (Linsley & Franzini, 1982; Montgomery, 1995). 경부운하는 높이 20에서 25 m에 이르는 갑문과 길이 20.5 km의 한-낙동강 연결 터널이 있어 지반 지질조건에 대한 신중한 연구검토가 있어야 할 것이다.

그런데, 경부운하 한강구간은 낙동강 구간에 비하여 지질 및 지형 조건이 유리하고 유량도 비교적 풍부하여 선시공이 가능할 것으로 본다. 본 연구에서는 경부운하 한강구간의 갑문(댐)과 터널이 위치하는 지점의 지질·지형학적 입지를 지형 및 지질도를 통해 분석하고, 아울러 수리수문학적 입지를 검토하고자 한다.

수리수문학적 고찰

한강은 주류의 길이가 482 km에 이르는데, 이웃나라 일본에는 이만한 규모의 하천이 없다. 이는 안정된 지괴가 오랜 침식을 받으면서 수계의 통합이 많이 이루어졌기 때문인 것으로 추정된다 (조화룡, 1987). 한강 유역은 북위 36° 30' ~ 38° 55', 동경 128° 24' ~ 129° 02'에 걸쳐 한반도 중앙부에 위치하며 남한 제 1의 유역면적 26, 018.0 km² (북한지역 제외)을 점하고 있다.

유역의 강수량이 얼마만큼 하천수로 흘러나갔는가를 나타내는 척도로서 유출량을 강수량으로 나눈 몫인 유출계수가 쓰이고 있다. 한강의 평균유출계수는 0.55이며, 이는 미국이나 유럽의 강에 비하여 큰 유출계수로서 그들 하천에 비하여 유역이 작고

경사가 급하며 하천이 짧다는 것과 집중호우로 일시에 대량 유출되는 특성을 반영한다 (한국수자원공사, 1990).

유출량의 연간 변동상황을 표시하는데 있어서 유량의 크기에 따라 풍수량, 평수량, 저수량 및 갈수량으로 구분 사용하고 있는데 이를 정의하면 다음과 같다.

- ◎ 풍수량 : 1년을 통하여 95일은 이보다 더 내려가지 않는 유량치
- ◎ 평수량 : 1년을 통하여 185일은 이보다 더 내려가지 않는 유량치
- ◎ 저수량 : 1년을 통하여 275일은 이보다 더 내려가지 않는 유량치
- ◎ 갈수량 : 1년을 통하여 355일은 이보다 더 내려가지 않는 유량치

우리나라는 홍수기인 6월부터 9월까지의 4개월간의 유량이 연유량의 2/3을 차지하며, 하천 유황의 변동정도를 표시하는 최소 일유량과 최대 일유량의 비율, 즉 하상계수는 독일의 라인강 1 : 30, 프랑스의 세느강 1 : 23 및 중국의 양자강 1 : 22 등에 비해 십여 배가 크다. 그러나, 근래 상류지역에 댐이 건설되면서 유량조절이 가능하여 하상계수가 작아졌을 뿐만 아니라 평상시의 유량도 증가하였음을 알 수 있다 (Table 1).

하상계수가 큰 우리나라 하천에서 내륙수로의 갈수기를 포함한 연간을 통해서 안정적인 유량확보는 매우 중요한 과제이다. 이를 위해서 상류지역에 댐건설을 추진함과 동시에 수로의 경사를 완만하게 하여 수로의 담수(潭水)화를 피하도록 하고, 이에 따른 홍수기의 범람을 막기 위하여서는 기존 하천에서 깊은 준설과 절개가 따라야 할 것이다.

Table 1. Drainage of Han river (한국수자원공사, 1992).

(단위 : m³/s)

측정지점	기 간	하상계수	갈수량	저수량	평수량	풍수량	비 고
인도교 (한강 하류)	1919 - '43	580	37	47	82	211	화천댐 건설전
	'44 - '72	540	37	88	181	442	화천댐 건설후
	'73 - '84	550*	43	135	257	512	소양강댐 건설후
	'85 - '90	170	126	239	370	596	충주댐 건설후

* : 1984년 대홍수시 하상계수(1900)의 영향으로 크게 나타남.

수로구간의 담수화에 따라 한강구간의 유량은 등류를 가정하여 다음과 같은 Manning 공식을 사용하여 계산하였다.

$$V = 1/n R^{2/3} S^{1/2}$$

윗 식에서 V, n, R 및 S는 다음과 같이 정의된다.

V : 평균 유속 (m/s)

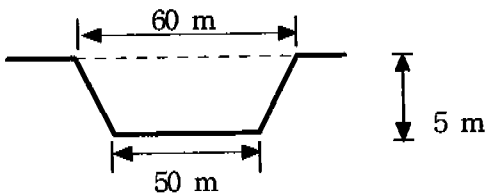
n : Manning의 조도계수(roughness coefficient)

R : 수리 반경 혹은 경심 (m)

$R = A$ (유수 단면적) / P (윤변, 즉 마찰이 작용하는 수로의 주변길이)

S : 수로의 바닥경사

본 연구에서는 국제표준 규격인 길이 110 m, 너비 11.5 m, 흘수 2.5 m 의 2,400 톤급 바지(barge)가 통과할 것을 가정하여 독일 Rhein-Main-Donau (이하 RMD) 운하의 모델 (Moosbrugger, 1992) 을 근거로 앞서 예시된 Figure 2 와 같이 수심 5 m, 바닥너비 50 m, 옆면경사 1 : 1인 사다리꼴 형태의 수로를 경부운하의 표준모델로 삼았다. 한-낙동강 터널 구간은 단선으로 너비 14 m 로 좁아진다. 내륙수로의 어느 구간에서는 최대 20여 m 에 이르는 절개가 이루어지며, 절개구간의 Manning의 조도계수는 암반 굴착수로의 표준값인 0.035 를 취하였고, 터널 구간은 폭 14 m 로 좁아지므로 용수의 원활한 흐름과 선박의 안전한 통과를 위해 콘크리트로



$$A = (60 + 50) / 2 \times 5 = 275 \text{ m}^2$$

$$P = 50 + (2 \times 7.07) = 64.14 \text{ m}$$

$$R = 275 / 64.14 \approx 4.29 \text{ m}$$

S: 경사

Figure 2. The example of canal cross-section.

표면처리하므로 Manning의 조도계수는 0.013 을 채택하였다 (Chow, 1959; Chaudhry, 1993). 아울러, 사다리꼴 수로와 터널 구간이 만나는 지역에서는 적당한 천이영역을 두어 적절한 수위를 유지함은 물론 터널내에서의 유속의 급격한 상승을 방지해야 한다.

경부운하 한강구간의 갑문입지 특성

한국수자원공사에서는 1989 년에 충주댐과 신곡 수중보 사이 구간에 대하여 내륙수운의 타당성 조사를 실시한 바 있다(한국수자원공사, 1989a, 1990). 이 조사에서는 팔당댐에서 상류쪽 69 km 구간까지 양덕댐, 강천댐, 여주댐을 건설하여 남한강 구간을 수로로 개발, 수도권과 내륙간의 화물수송, 골재공급, 수력발전과 관광 등 다목적으로 이용하는 방안을 제시하였다. 이 때 새로 건설되는 댐은 갑문이 달린 것으로서 양덕댐은 팔당댐 상류 33 km 지점인 경기도 여주군 금사면에, 강천댐은 여기서 24 km 상류 지점인 여주군 여주읍에, 여주댐은 12 km 상류지점인 여주군 점동면에 위치하게 된다 (한국수자원공사, 1990).

본연구에서 갑문은 국제표준 규격인 110 m × 11.5 m × 2.5 m 의 2,400 톤급 바지가 통과할 것을 가정하여 길이 118 m, 너비 14 m 의 규모로 하였다. 갑문통과 최소 시간을 15 분이라고 하면 하루 최고 48 회의 총배수(充排水) 순환조작이 이루어져서 높이 1 m 당 연간 2,895 만톤의 용수를 소비하게 되며, 높이 25 m 의 갑문은 1 년에 약 7.2 억톤, 초당 23 m³/s 의 용수를 하류로 방류하게 된다. 수로 운항시간의 단축을 위해서는 갑문의 수를 줄여서 그만큼 낙차가 큰 규모가 되나 이 경우 용수가 다량 소비되는 문제가 부각된다. 본 연구에서는 용수의 절약을 위하여 갑문의 높이가 25 m 이상일 때는 2 단 갑문으로 하여 상단의 용수를 받아서 하단의 갑문에서 다시 사용하는 방식을 택하였으며 2 단 방식은 상하단 갑문 진입시간이 짧아서 시간의 단축도 기할 수 있다 (예 : 경부수로의 동량댐 갑문). 참고로 현재 세계에서 가장 높은 갑문은 42 m 이며 구소련 시절 카자흐스탄 공화국 동부의 우스티카메노고르스크댐에 건설되었다.

갑문의 존재는 수로에서 바지의 운항을 지연시켜서 운하 이용의 경제성을 떨어뜨리므로 가능하면 그 수를 줄이는 것이 바람직하다. 적은 수의 갑문으로 고도차를 극복하기 위해서는 필연적으로 높은 갑문이 건설되어야 하는데, 통상 이 경우 갑문 상류의 수위가 그만큼 높아져 광범위한 수몰지가 발생하게 된다. 본 연구에서는 갑문 상류의 수위는 기존 하천의 만수위까지만 유지되도록 하고, 주로 갑문 하류의 하상을 절개하여 수평을 유지하는 방법으로 수몰지를 줄이도록 하였다. 따라서 곳에 따라 깊은 절개가 따르게 되어 공사비가 가중되고 하천 주변지역의 지하수 고갈, 지반 침하 등 주위 환경에도 적지 않은 영향을 미칠 것이 예상된다. 따라서 사전에 지질조사를 필두로 충분한 환경영향평가가 이루어지는 것이 선결과제이며, 이에 따른 계획 갑문 수의 조정도 불가피할 것이다.

본 연구에서는 최대 경제효과를 거두게 되는 최소 갑문수를 전제로 하여, 새로 갑문(댐)이 건설될 후보지는 지형조건과 더불어 기반암의 지질조건이 되도록 안정된 곳을 모색하였다.

현재 팔당댐 부근에서의 저수량은 166 m³/s 이며, 갈수량은 126 m³/s 이다. 팔당댐은 수면높이(주: 정확한 수심자료가 없으므로 수면 높이를 기준으로 한다) 11 m 이고, 여기서 54 km 하류의 신곡수중보는 계획수위가 0.4 m 로서 낙차가 10 여 m 에 이른다. 이대로는 갈수기의 수로운행은 불가능하므로 팔당댐 지점과 그 하류지역을 1.8 m 까지 10 m 가깝게 준설 또는 절개하여 낙차를 줄이도록 한다.

팔당댐에서 55.4 km 상류인 여주군 여주읍 신진리(좌안), 여주군 강천면 가야리(우안)는 양안 둔치의 높이가 50 m 에 가까운 지점으로 여기까지 25 m 의 수면 높이가 유지되도록 하상을 20 여 m 준설 또는 절개하여 운하구간이 수평이 되도록 한다. 신진리와 가야리에서 양안에 반사화강암지대가 펼쳐진 곳을 골라 폭 약 500 m, 높이 23 m (수면높이차)의 강천댐을 세운다 (Figure 3). 신곡수중보에서 충주댐에 이르는 경부운하 한강구간에서 기존의 댐과 멀리 떨어진 새로운 자리에 건설해야 하는 갑문은 강천댐이 유일하다.

강천댐에서 38.3 km 상류 충주시 가끔면 장천리

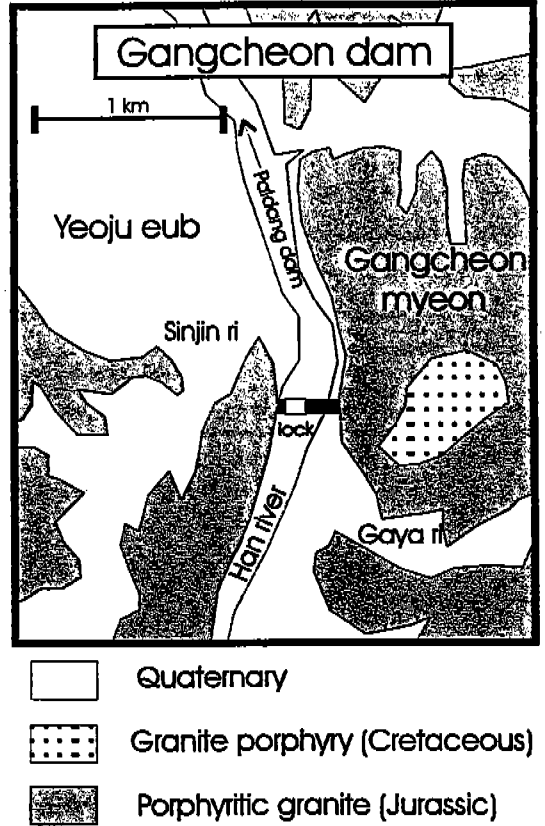


Figure 3. Geologic map of the Gangcheon dam.

에는 폭 481 m, 높이 21 m 의 조정지댐이 있으며 댐밀 지점의 높이가 49 m 이다. 강천댐에서 조정지댐 구간의 수면 높이가 48 m 가 되도록 준설을 하고, 조정지댐에는 48 m 에서 65 m 에 오르는 갑문을 설치한다.

조정지댐에서 16.7 km 상류지점은 여기서 2.3 km 상류의 충주댐에 이르기까지 지등산 (535 m) 과 계명산 (775 m) 사이의 깊은 계곡으로 지형적으로는 절호의 댐입지가 되고 있다. 충주시 동량면 조리가 되는 계곡입구 지점에 폭 300 m 이하, 높이 25 m 씩으로 하여 115 m 까지 오를 수 있는 2단 갑문을 설치한다. 계곡의 양쪽은 옥천층군의 퇴적암과 규암층, 향산리 도로미틱 석회암층으로 이루어져, 지질학적인 입지는 그리 양호한 편이 못된다.

동량댐 하단에서 2.3 km 지점의 충주댐에는 26 m의 갑문을 설치하여, 충주호 상시 만수위 141 m에 이르도록 한다. 다량의 용수를 방류하는 운하갑문이 가동되면 충주호가 만수위를 유지할 수 있는 기간은 매우 짧을 것이므로 충주댐 갑문의 실질적인 높이는 25 m 보다 훨씬 낮아서 용수소비도 많지 않을 것이다.

조정지점의 수위는 65 m 만수위가 되는데, 현재 이 지역은 홍수기에 수위를 63 m로 낮추어 범람에 대비하는 곳이다. 상류지역의 집중호우에 대비하여 일부 지역에 대해서는 제방의 수리 등 홍수대책을 수립하여 두는 것이 바람직하며, 궁극적으로는 수위를 64 m 정도로 하고 만수위때의 충주댐 갑문 높이를 1 m 더 높이는 방안도 검토하여야 할

것이다.

조령터널 구간의 입지특성

조령터널은 한강 수계의 충주호와 낙동강 상류 조령천을 연결하는 총연장 20.5 km의 터널로서 해발고도 1,093 m의 월악산등을 관통하게 된다. 이 부근은 표층에 조선계 대석회암통의 여러 층과 옥천계층, 그리고 이를 관입하는 백악기 경상계 불국사통의 흑운모 화강암 등 지질구조가 복잡한 양상을 띤다. 특히 명칭에서 알 수 있듯이 석회암의 존재는 운하입지상 불리한 것으로 시공할 때 주의를 요한다 (Figure 4). 석회암의 용해로 인한 누수 및 갑문과 같은 구조물의 붕괴를 막기 위해서는 독일

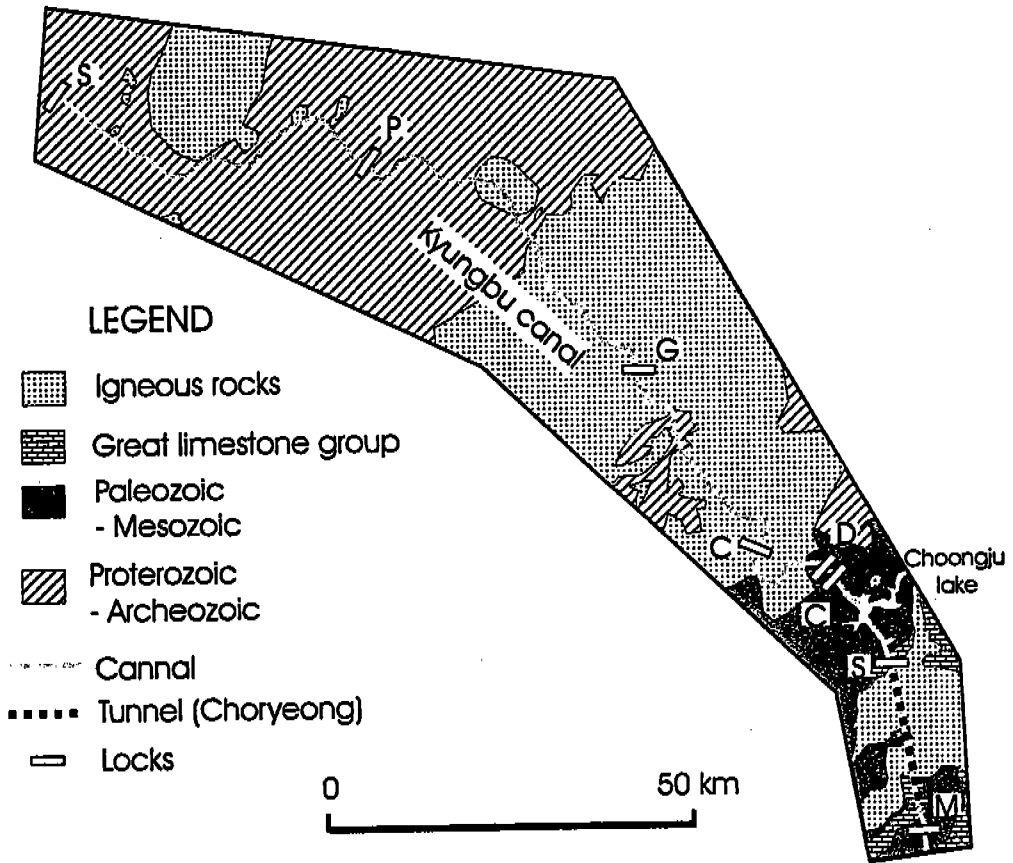


Figure 4. Geologic map of the Kyungbu canal section between Shingok and Mogok dam. S : Shingok dam, P : Paldang dam, G : Gangcheon dam, upper C : Chojungji dam, D : Dongryang dam, lower C : Choongju dam, S : Songgye dam, M : Mogok dam.

라인강운하의 인공수로 구간에서 행하여진 볼투수 시공이 있어야 할 것이다 (Gruß, 1992).

충주댐 지점에서 조령터널에 이르려면 15.5 km의 호수구간을 지나 제천시 한수면 송계리 동달천 하구 (송계3교) 에 140 m 에서 125 m 로 수위를 낮추는 갑문 (송계댐) 을 설치하고, 여기서 1 km 가량 지나 터널이 시작된다.

낙동강 상류측에서는 봉명교 상류 약 800 m 지점에서 터널이 끝나서 조령천에 합류되는데, 이 지점의 수위도 해발 125 m 이다. 이 지점에서 1.8 km 가 되는 문경군 문경읍 모곡리 소야교에 낙차 25 m, 폭 200 m의 모곡댐을 세운다.

터널의 시작점 즉, 송계댐과 터널입구 1 km 정도는 조선계 대석회암통에 속하며, 터널 대부분 구간은 백악기 경상계 불국사통의 흑운모 화강암지대가 계속되다가, 터널 끝 1.5 km 정도에서부터 석회암지대 (부곡리층) 가 다시 나타나 낙동강 상류로 이어진다.

현재 조령터널은 단선으로 계획되어 있어 터널 상호간의 간격을 고려할 필요가 없지만, 추후 터널을 추가하여 병설터널로 할 때를 대비하여 터널간격을 계획하는 것이 필요하다. 터널간 중심 간격은 암질이 양호한 경우에는 터널 굴착 폭의 2배 정도, 연약 지반일 경우에는 5 배를 확보하는 것이 일반적이다 (山本, 1988). 국내에서도 2-3 배로 하는 경우가 많다. 조령터널이 통과하는 월악산은 화강암 지대로 암질이 양호할 것으로 보여 2-2.5 배가 적절할 것이다. 터널의 시점부 1 km, 종점부 1.5 km 구간은 석회암 지대로 되어 있으므로 과도한 누수를 방지하기 위하여 터널 바닥과 측벽 하부에 방수시트 등으로 방수층을 형성하는 것이 필요하다.

현재 시공이 완료되어 운영되고 있는 운하터널은 유럽 등지에 다수 있지만 그중 최대 운하터널은 프랑스 마르세이유의 Rove 터널로서 연장 7.2 km, 폭 22 m, 수면상 높이 11.1 m 및 터널 단면적 305 m² 에 달하는 대규모 터널로서 해운선이 통과하는 터널이다. 또한 오사카 만에서 쓰루가 만까지 연결하는 일본횡단운하(총연장 177 km) 계획에도 10 km 의 운하터널을 포함하고 있다.

이러한 운영사례들을 참조하여 볼 때 선박의 안전운항에 대한 기술적인 문제점은 없을 것으로 판단된다. 특히, 운하는 외해와 달리 수면의 정온도를

항상 유지하고 있으므로 터널구간에서의 선박의 안전은 문제가 없으며 전동케이블 시스템을 채택하여 선박을 견인할 경우 안전성이 더욱 향상된다.

갑문 용수문제

본연구에서 최대 높이 25 m 의 갑문이 연간 중 단없이 가동될 경우 1 년에 약 7.2 억톤의 용수를 필요로 하게 되며, 낙동강 구간에서도 같은 양의 갑문용수가 소요되므로 연간 14.4 억톤의 갑문용수를 충주호와 낙동강 모곡댐 상류에서 확보하여야 한다.

충주호의 유역면적은 6,648 km² 으로서 연평균 48.9 억톤의 유량이 흘러 들어오고 있으며, 모곡댐은 유역면적 184km² 으로, 이 지역의 연평균 강수량 1,150mm 과 유출계수 0.55 를 가정하면 유입량은 연간 1.2 억톤 정도이다. 소양강댐의 연중발량 877.6 mm 를 충주호 만수면적 97 km² 에 적용하면 연간중발량은 0.9 억톤 미만에 지나지 않으며, 발전을 위한 방류를 하지 않는다면 갑문용수는 충족될 것이다. 그러나, 이 강수량은 여름에 집중되어 많은 양이 방류되어 버리고, 갈수기에 용수 부족이 예상된다. 또한, 94 년의 경우 강수량이 연평균치의 75 % 에 지나지 않아 (건설교통부, 1994), 심각한 용수 부족을 겪은 바 있다.

충주호의 수위를 141m 에서 125m 까지 낮출수 있도록 하면 (Figure 5), 갑문 소요용수를 11.4 억톤 더 확보할 수 있다. 또한 2001 년 완공예정인 영월댐 외에 추가적인 충주호 상류댐 건설이 실현되어야 한다. 영월댐으로 말미암아 여유수량 4.9 억톤을 낙동강으로 보낼 수 있다고 하였으므로 (농어촌진흥공사, 1996), 유효저수량 2 억톤 가량을 확보할 수 있는 충주호 상류댐의 추가 건설로 낙동강방면의 갑문용수는 충족될 것이며, 한강방면도 방류량을 잘 조절하면 될 것이다. 한국수자원공사에서는 충주호 상류에 10 여개의 용수 및 수력 발전용 댐의 개발 가능성을 제시하고 있는데 (한국수자원공사, 1989b), 그 중에서 발전 목적으로 저수용량이 작고 동일 지류상에 중복되는 댐을 제외한 7 개 댐을 Table 2 에 소개하였다.

RMD운하에서는 높이 24.7 m 의 갑문의 용수 높이에 따라 3개의 보조탱크에 보존하여 60 % 의

Kyungbu Canal

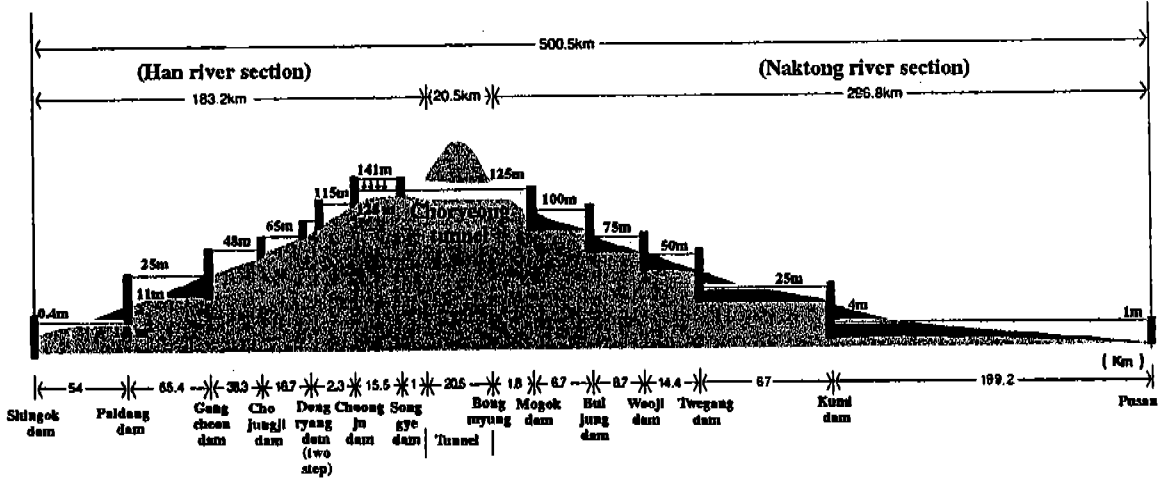


Figure 5. Elevation plan of the Kyungbu canal. The dam (locks) in the Naktong river section are tentative one. The lake above the Chungju dam is changeable in the water level from 141 m to 125 m. The dark areas below the Paldang and Gangcheon dam represent the deep excavation.

Table 2. Dam plan in Han river above Chungju dam (한국수자원공사, 1989b).

Dam	Scale (m)			drainage area (km ²)	lake area (km ²)	capacity (million ton)	capacity above dead level (million ton)
	height	length	full level				
Chongson	89	400	398	1,451	19.1	640	570
Yongwol	98	318	280	2,267	20.5	650	530
Togok	74	350	327	472	3.7	200	120
Nalgol	39	300	223	1,729	15.8	190	90
Taehwa	86	300	505	362	4.6	110	90
Hadong	90	230	300	375	5.4	190	170
Taejam	81	340	260	88	1.9	50	40
Gwepyeong	67	230	240	89	1.8	40	30

용수절감 효과를 거두고 있다. 절수형 감문은 보조 탱크 공사비가 추가로 든다는 단점이 있으나, 근래 우리나라에 찾아들고 있는 극심한 가뭄과 용수의 수요증가를 감안하여 절수감문을 도입하는 것도 바람직할 것이며, 25 m의 절수감문은 연간 용수를 2.9 억톤만 소비하게 된다.

토 의

경부운하의 신곡수중보에서 충주댐에 이르는 한강구간은 대부분의 지역의 기반암이 Pre-Cambrian의 변성암과 심성화성암으로 이루어져 (Figure 4) 지질학적인 운하입지는 양호한 것으로 판단된다.

그러나, 충주호를 지나 낙동강과 연결을 피하려는 지역에는 조선계 대석회암층으로 일컬어지는 석회암 지역이 분포하여 지질학적으로 운하입지는 불리하다. 또한, 낙동강 구간은 중·하류지역이 광범위한 충적층으로 이루어져 댐적지를 찾기가 곤란한 실정이어서 Figure 5 에 나타낸 낙동강 지역에 대한 갑문 배치는 잠정적인 것으로, 현재 여러 다른 방식이 검토 중에 있다 (세종연구원, 1996b).

한편 경부운하를 제시하면서 먼저 비관이 가하여지고 우려되어졌던 부분이 식수원인 한강, 중상류를 수로로 이용하게 된다는 점이다. 이에 대해서는 유럽에서 일반적으로 실시되고 있는 강변 여과식 방식이 해결의 한 방안이 되지 않을까 사료된다. 우리나라 4 대강보다 작은 독일 Ruhr 강은 갈수량 3.5 m³/s, 하상계수 571 수준으로 강의 상류에 40 여개의 중소규모댐을 건설하여 연중 일정한 원수를 방류하고 소비지에 가까운 강변 고수부지에 정수장을 만들어 공급한다. 네덜란드에서는 이와같은 방식으로 수로로 쓰이는 하천에서 원수를 공급받는다. 우리나라의 경우는 상류의 다목적댐에서 대형관수로를 이용하여 소비지역에 원수를 공급하기 때문에 강이 마르며, 운하 운용에도 지장이 있게 된다.

강변 여과식 취수 방법은 과거 모래, 자갈, 숯을 차례로 통에 깔아서 흙탕물을 맑은 물로 정수하여 주던 간이 정수구조의 원리를 그대로 이용한 것이다. 강변을 따라 1 차 보조수원지를 건설하여 운하에서의 기름오염과 같은 사고시에 강물에서의 취수를 중단하고 여기서 취수하도록 한다. 보조수원지 및 강 아래쪽에 관정을 설치하고 수증펌프를 이용하여 양수를 하게 되면 강물이 지층을 통과하면서 정수가 된다. 강물이 지층을 하루에 1 m 정도의 속도로 통과하여 관정까지 도착하는 시간이 두달 정도가 되면 수중의 박테리아가 모두 사멸된다. 다시 이 물을 모래 여과지를 통하게 하여 부유물질을 제거한 다음 가정으로 송수하는데, 약품을 넣지 않아 식수에서 냄새가 나지 않는다.

이 공법은 대부분의 유럽각국 용수공급의 모체이며 지역의 수질에 따라 약간의 공정이 가감되어 현재 완벽한 용수공급 시설로 기능을 다하고 있다. 우리나라에서도 이 공법을 이용하면 식수의 질적 향상을 피하고 정수 비용이 낮으며, 불의의 강물오염에 직접 영향을 받지 않고 광역 상수도망의 사고

때 비상 급수시설이 확보되는 것으로 주장되고 있다 (경남개발연구원, 1996).

이 공법의 관건은 일정한 유량의 확보인데, 한강 구간에서는 문제가 없으며 낙동강 구간에 대해서도 조령터널이 개통되면 갈수기 유량부족 문제는 해소될 것이다. 세종연구원(1996a)이 제시한 1 급수후보지에 대한 소규모댐의 건설도 유량 확보에 큰 도움이 될 것이다.

결 론

경부운하는 물동량의 신속한 통과를 위해 운항시간이 지연되는 갑문을 줄여야 한다. 따라서 갑문의 높이는 20 m 이상으로 높아지고 수몰지가 많아지거나 혹은 절개가 깊어져서 주위의 지반에 영향을 미치게 된다. 지질 및 지형도상에서 확인된 경부운하 한강구간은 25 m 높이의 갑문(댐)을 세우는데 그다지 큰 어려움은 없을 것으로 판단된다. 높은 갑문의 운용으로 인해 다량으로 소비되는 용수의 확보도 충주호의 상류에 댐을 추가 건설하거나, 절수갑문의 도입으로 해결가능한 것으로 나타났다. 한강과 낙동강을 잇는 운하터널(조령터널) 근방은 석회암 지대로서 방수시공을 하도록 해야한다. 식수원인 한강을 수로로 이용한다는 문제는 유럽의 사례를 비추어 볼 때 해결 가능한 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 세종연구원 원장 주명건 박사의 지원으로 이루어졌으며, 논문의 수리확 및 터널구조 분야는 세종대 토목공학과 조용식, 김승익 교수께서 자문하여 주셨음을 밝힙니다.

참 고 문 헌

- 건설교통부, 1994, 한국수문조사연보.
- 경남개발연구원, 1996, 낙동강 유역의 수질보존과 종합정비방안 ('96 환경세미나).
- 농어촌진흥공사, 1996, 5대강 수계통합과 21세기 물 문제 해결.
- 세종연구원, 1995, 한-낙동강 운하의 가능성과 내륙

- 수운 체계의 필요성.
- 세종연구원, 1996a, 물자원 개발과 국토개조 전략.
- 세종연구원, 1996b, 국가 경쟁력과 경부·경안운하 건설.
- 세종연구원, 인쇄증, 경부·경안운하의 건설타당성.
- 윤용남, 1996, 수리학, 청문각, pp. 624.
- 조화룡, 1987, 한국의 충적평야, 교학연구사, pp. 219.
- 주명건의, 1996, 물류혁명과 국토개조 전략, 세종연구원, pp. 591.
- 한국수자원공사, 1989a, 한강주운개발사업타당성조사 (2차).
- 한국수자원공사, 1989b, 수자원개발지점조사보고서.
- 한국수자원공사, 1990, 수자원장기종합계획 ('91-2011) 보고서.
- 한국수자원공사, 1992, 전국하천조사서.
- Chaudhry, M. H., 1993, Open-channel flow, Prentice-Hall, Inc., pp. 483.
- Chow, V. T., 1959, Open-channel hydraulics, McGraw-Hill Book Co., pp. 680.
- Gruß, J., 1992, The pavements of the Main-Danube canal, ed: Rhein-Mein-Donau AG, "Planning and Construction of the Main-Danube canal", 1-34.
- Linsley, R. K. & Franzini, J. B., 1982, Water-resources engineering; 3rd ed., MacGraw-Hill, pp. 716.
- Montgomery, C. W., 1995, Environmental geology, Wm. C. Brown Publishers, pp. 496.
- Moosbrugger, P., 1992, Route and cross-section of the Main-Danube canal, ed: Rhein-Mein-Donau AG, "Planning and Construction of the Main-Danube canal", 1-34.
- U. S. Department of Transportation, 1994, Environmental advantages of inland barge transportation, Final report, August 1994, pp. 29.
- 山本 禾念, 1988, 최신 터널공법. 기계편람, 건설산업조사회.