

로마 수도교



김 광 섭 |

경북대학교 토목공학과 교수
kimgs@knu.ac.kr

1. 서론

우리들의 편리한 생활을 지탱하고 있는 사회기반 시설의 건설에 있어 인류가 처음으로 부딪친 것이 물을 이용하는 기술이라 할 수 있다. 사회가 발전하고 용수에 대한 수요도 날로 증가함에 따라 물을 이동시키고 분배하는 기술에 대한 요구도 커져왔다. 지금으로부터 약 2300여년부터 시작하여 로마제국의 확장과 함께 유럽 여러 곳에 설치된 로마 수도교에 대한 정리를 통해 인간이 어떤 지혜로 이러한 문제들을 극복해 왔는지를 알아보는 일은 흥미가 있는 일일 것이다. 그리스인들이 영원한 아름다움을 시각적으로 표현하기 위한 조각, 건축물들을 남겼다면 로마인들은 실생활에 필요한 실용적인 건축물들을 만들었다. 그래서 한때 세계영토의 절반 이상을 지배한 전성기 시절 로마인들은 가는 곳 마다 다리를 놓고 도로를 닦았으며 개선문, 원형경기장, 서커스장 그리고 식수를 운반하기 위한 수도교(水導橋)를 남겼다.

먼저 수도교(橋)란 용어에서 '다리'라고 하는 것은 인류에게 있어 특별한 의미를 지니고 있다. 그것은 미지의 세계인 '저쪽 기슭'으로 건너가는 열쇠가 됨으로 다리를 놓는 것은 고대로부터 인류 최대의 꿈이 아닐 수 없었다. 다리를 놓는다는 것이 얼마나 중요하고 명예로운 일이었는가는 로마 교황의 명칭에서도

찾을 수 있다. 로마 교황의 정식 명칭은 Pontifex maximus였다. 이 Pontifex의 말뜻은 '다리를 놓는 사람'으로서 고대 로마의 국가 제례에서 가장 중요한 위치를 나타낸다. '다리를 놓는 사람'이란 뜻의 Pontifex가 교황의 이름으로 쓰일 정도로 중요한 용어가 된 것은 물론 다리를 놓는 것이 영토를 확장하는데 가장 중요한 수단이 되었기 때문이다.

사람이 다니는 길, 물류가 지나는 길도 중요하지만 생명의 흐름인 물의 길은 도시의 기본적인 기반시설이라고 할 수 있다. 로마인들은 도시의 기본적인 기반시설인 급수체계를 도시계획에 최초로 결합하여 공공목욕장, 광장의 분수, 인공호수를 비롯하여 저택과 상가 등에 급수를 하기 위한 수도시설을 만들었다. 황제의 직속으로 진행된 급수사업은 물을 공급하는 것 뿐 아니라 도시의 위생과 안전에도 연관되는 것으로 충분한 물을 공급함으로써 도시의 위생상태를 깨끗하게 할 뿐 아니라 신선한 공기를 가져다주었다. 1세기 초엽 로마 인구는 약 50만 명이였다. 그 인구를 유지하기 위해서는 무엇보다도 용수를 확보하는 것이 매우 중요했다. 물을 제압하는 것이 세계를 제압할 수 있다는 로마의 패권주의가 그로 인해 싹틔는지도 모른다.

2. 로마 수도교

고대로마는 B.C.312년(Aqua Appia)에서 A.D.226년(Aqua Alexandrina)에 걸쳐 11개의 중요한 수도교를 만들었다. 그 중 가장 긴 것은 Anio Novus로 59마일에 이른다. 땅 아래의 수로의 깊이는 전체 수로에 걸쳐서 일정한 경사도를 유지하기 위

하여 다양하게 만들어졌다. 통풍과 출입을 위해 일정한 간격으로 수직갱도를 설치하기도 했다. 로마의 수도교가 운반하는 ‘풍족한 물’이 어느 정도였는가 하면 1세기 초 로마 인구를 50만 명으로 계산하면 프론티누스 시대의 1인당 물 공급량은 시민생활이 향상되고 사람들이 모여들기 시작하여 약 100년 동안 인구가 배로 늘었다고 하더라도 그 물의 공급량은 1인당 하루 1,000ℓ 라는 계산이 나온다. 1967년의 자료에 로마 시민의 1인당 하루 급수량 443ℓ, 도교는 399ℓ로 나온 것을 보면 그 당시의 숫자가 얼마나 대단한 것인가를 알 수 있다.

수도교(aqueduct)는 aqua(물)과 ductum(흠, 관)의 합성어로 초기에는 지중 수도관 식이었으나 B.C.2세기부터는 지상 수도교식으로 전환되었다. 지상수도교는 평야에서는 단층 아치교, 계곡과 하천에서는 중층 아치교로 설계되었다. 아치교의 기술이 적용된 수도교는 로마인의 대단한 생활감정과 힘, 과학 및 구조기술을 자랑하는 뛰어난 건축물로 기교나 허식적 장식이 없어도 소박하고 단아한 구조미를 돋보이고 있다.

수도교는 일정한 경사도를 유지하기 위해 땅의 윤곽선에 맞추도록 설계하였고 시간이 지남에 따라 로마의 기술자들은 골짜기의 맞은편에 있는 도관을 지탱하기 위하여 높은 아치를 만들어 갔으며 어떤 것은 지상 27미터 위에까지 만들기도 했다. 골짜기를 건너기 위하여 때때로 “inverted syphon”방법을 적용하기도 하였다. 그러나 이러한 시스템은 폐합관을 만들기 위해서 스페인이나 대영제국으로부터 물을 수입해야 했으므로 매우 비싸고 높은 압력을 지탱하기 위한 강한 이음매를 만드는 것도 어려웠으므로 아치교가 더 일반적인 방법이었다. 폐합관이 사용된 곳을 제외하고 수로는 기술자들이 물의 공급이 끊겼을 때 검사하고 유지보수를 하기 위하여 3피트 이상의 폭과 6피트 이상의 높이로 만들어졌다. 수도교가 불침투성 바위를 통과할 때는 라이닝을 하지 않지만 침투성 바위를 통과할 때나 아치위를 통과할 때는 방수를 위해 불침투성 콘크리트를 입혔다. 때로는 유속이 느려지

는 곳에 불순물이 걸려지는 침강탱크를 설치하기도 하였다. 두 개 혹은 여러 개의 도관이 인접하여 있는 곳에는 물이 합류하는 곳도 있었다. 최근에도 많이 이용되는 것처럼 적은 양의 물을 나르는 수도교의 유속을 높이거나 한 개의 도관이 비워져서 유지보수가 될 수 있도록 하기 위함이다.

고대 로마 시대에 지어졌던 11개의 대표적 수도교는 다음과 같으며 보다 상세한 정보를 위해서는 <http://academic.bowdoin.edu/classics/research/moyer/index.shtml> 를 참조하기 바란다.

1. 아피아 수도: BC 312년 건설, 도수관 전체 길이 16.6km
2. 구 아니오 수도: BC 272~269년 건설, 도수관 전체 길이 63.6km
3. 마르키아 수도: BC 144~140년 건설, 도수관 전체 길이 91.3km
4. 티푸라 수도: BC 125년 건설, 도수관 전체 길이 불명확
5. 율리아 수도: BC 33년 건설, 도수관 전체 길이 22.8km
6. 뷔르고 수도: BC 19년 건설, 도수관 전체 길이 21km
7. 알세티나 수도: BC 2년 건설, 도수관 전체 길이 32.8km
8. 클라우디아 수도: AD 38~52년 건설, 도수관 전체 길이 68.7km
9. 신 아니오 수도: AD 38~52년 건설, 도수관 전체 길이 86.9km
10. 트라야나 수도: AD 109년 건설, 도수관 전체 길이 57km
11. 알렉산드리아 수도: AD 226년 건설, 도수관 전체 길이 22km

로마 수도교의 제1호인 아피아 수도교의 건설을 주도한 사람은 아피아우스 클라우디우스 크라수스이다. 그는 다리 건설보다는 오히려 로마 최초로 오늘날 대

ABCD. Amplitudo, & forma Spelunca, ad construendum in ea Aqueductū in ipsi rupe excavatae Altitudo C A est ped. v. & semis. Latitudo C D altitudini aequalis Fornix minimum, & vix semipede attollitur; nec lateribus Ductus iminitur, sed vi sua stat E F. G H. Latera ex lapide

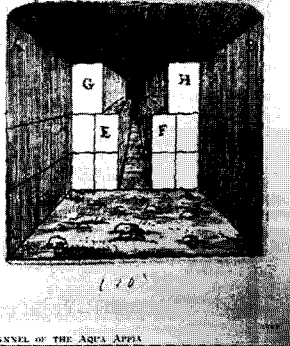


그림 1. 흔적이 남아있지 않은 최초의 수도교인 Aqua Appia의 내부 수로 모습

형 도로와 같은 '아피아 가도'의 설계자로 더 많이 알려져 있다. 수도 제1호도 그에 의해 만들어진 것을 보면 가히 토목기술의 천재인 것으로 보인다.

3. 폰 드 가르(Pont du Gard)

폰 드 가르(Pont du Gard)는 고대 문명의 경이로움 중의 하나로 기원전 19년에 건조된 거대한 로마의 수도교 중의 하나다. 마르세이유는 프랑스 파리에 이어 제2의 도시로 유명하며 폰 드 가르교(Pont du Gard)가 건조된 장소는 이 마르세이유로부터 북쪽으로 100km 가량 떨어진 남이라는 소도시에 위치하고 있다. 이 남을 중심으로 반경 40km의 동그라미를 그리면 그 가운데에 아비뇰이 있고 세계적인 명작을 낳은 도데와 비제, 그리고 '아를의 여인'의 무대가 된 아를이 있다. 남으로부터 다시 20km 북동쪽으로 방향을 잡으면 유제스라는 마을이 나오고 이 유제스 근교에 샘솟는 물을 남으로 끌어가는 도수로가 있다. 이 수로 중간에 가장 큰 장소가 바로 폰 드 가르교이다.

로마의 식민도시인 남에 물을 공급하기 위한 생명

표 1. 폰 드 가르교의 재원

구분	길이	폭	높이	비고
아래층	142m	6m	22m	아치 6개
중간층	242m	4m	20m	아치 11개
위 층	275m	3m	7m	아치 35개



그림 2. 폰 드 가르교 전경

의 다리로 폭풍과 공생하는 구조를 통해 2000년 넘게 본래의 모습을 유지해온 이 수도교는 아무도 다니지 않는 심산유곡에 최고의 미술형식으로 만들어진 것으로 로마의 공학이 만들어낸 대표적 수로 구조물이다. 2톤 이상의 석괴를 모르타르를 사용하지 않고 40m가 넘는 높이로 구축되어 맨 위의 작은 아치들은 그 밑의 아치 하나당 세 개 혹은 네 개씩 짝을 지어 서 있어 활기 있는 리듬을 만들었으며 이러한 시설은 로마의 지배 하에 들어온 종족들에게 로마인이 됨으로써 얻게 되는 문명적 혜택을 상기시키는 역할을 했다.

3.1 폰 드 가르교의 구조와 건설 공법

폰 드 가르교(총 길이 270m)는 고대 로마 시대에 남프랑스의 거점이었던 남(당시 인구 3만 여명)에 물을 끌어들이기 위해 건설한 총연장 40km에 달하는 도수로의 하나이다. 이 다리는 가르강가에 놓여 있으며 돌을 깎아 만든 거대한 아치 모양의 다리이다. 이 다리는 3층으로 되어 있는데 그 3개 층마다 각각 아치로 꾸며져 있다. 전체의 높이는 가르강의 수면에서 49m위에 놓인 샘이 된다. 이 다리는 19세기에 나폴레옹 3세의 명령으로 한 번 개수한 바 있지만 기본적인

으로 설계는 기원전 건설 당시 그대로라고 한다.

아치의 크기는 일정하지 않으며 아치의 모양도 다르다. 아래층의 아치는 밑부분으로부터 휘어진 활모양을 나타내고 있으나 중간층과 위층의 아치는 한가운데까지는 기둥 구조이고, 중간부터는 반원 아치로 되어 있다.

각 층에 사용된 각각의 깎은 돌은 두께가 약 1m, 길이 약 1.5m, 무게가 평균 6t이며, 다리 전체에 돌이 4,346개가 투입되었다. 그런데 그만큼의 크기의 석재를 그만큼이나 도대체 어떤 식으로 50m 가까이까지 들어올릴 수 있었는지 그 당시의 모습을 기록한 문헌에 의하면 특별한 도구를 사용한 것임을 알 수 있다. 즉 아직 완성되지 않은 깎은 돌의 양 끝을 평평하게 만든 다음 저기에 나무로 만든 차바퀴를 꿰어 넣는다. 그런 다음 그 차바퀴와 나무로 도리를 차축에 잇고 그 나무 도리를 소로 하여금 끌게 했던 것이다. 현장에 따라서는 돌을 50m 높이까지 끌어올려야 할 경우도 없지 않았다. 그럴 때에는 크레인이 사용되었다. 그 무렵의 크레인이란 도르래 한 개와 손으로 동아줄을 고정시키는 식이었다. 무게가 비교적 무거운 경우에는 동아줄 수를 늘이거나, 더 굵게 하여 한 개의 도르래 장치에 몇 개씩을 매달아 사용했다. 당시 인구 불과 3만 명 정도였던 남 시민을 위해 40km나 되는 먼 곳에서 물을 끌어들었다는 것은 시대를 바꾸어 오늘날의 일이라 해도 정말 경이적인 일이 아닐 수 없다.

4. 세고비아의 상징 로마 수도교

스페인의 수도 마드리드에서 북으로 85km지점에 있는 세고비아시는 이 로마 수도교가 가장 완벽한 형태로 보존돼 있는 곳이다. 1세기에 로마인들이 돌을 쌓아 건설하였다는 세고비아의 수도교는 고대 로마인의 정교한 솜씨를 볼 수 있는 거대한 건축물이다. 과거 이곳은 세고비아로 먹을 수 있는 물을 전달해주는 중요한 수로로 폭우이나, 지진, 태풍에도 견딜 수 있

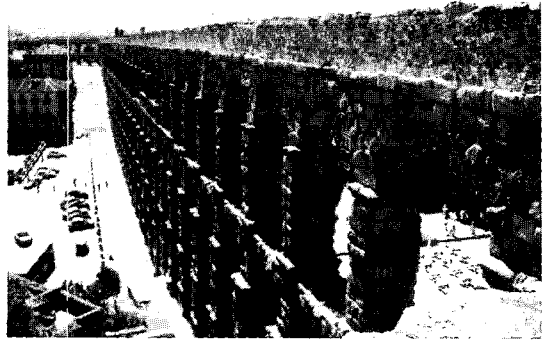


그림 3. 세고비아의 로마 수도교 전경

는 내구성을 가지고 있었다. 이것은 20,400개의 돌 벽돌을 쌓아 올려진 것으로 순수한 돌로 석회 성분이나 콘크리트 성분이 전혀 포함되어 있지 않은 건축물이다. 이러한 돌 벽돌은 완벽한 평형을 이루어 쌓여 있어서 흔들림 없이 지금까지 스스로 유지해온 것이다. 길이는 약 800m, 높이는 30m이며 167개의 아치로 되어있다. 세고비아의 아스케호 광장에 우뚝 서 있으며 프리오 강의 물을 도시의 높은 지역으로 대기 위해 만든 것이다. 현재까지는 누구도 정확하게 언제 지어진지 알지 못하지만 아마도 Trajan 황제 시대로 추정하고 있다. 너무나 장대하고, 또한 너무나 실용적인 건축물이기 때문에 5세기에 서유럽을 휩쓴 고트족과 반달족에 의해서도 파괴되지 않은 이 석조 수도교는 아직도 여전히 세고비아의 거리에 신선한 물을 공급하고 있다. 하는 일 없이 사막에 서 있는 피라미드와 비교할 바가 아니라고 말하는 것은 수도교의 실용성을 강조한 표현이라고 봐야할 것이다. 그림 3은 지난해 여름 경기대학교 이종태 교수님과 경북대학교 한건연 교수님과 함께 세고비아의 수로교를 방문해 찍은 수로교 전경 사진으로 2000년 전 토목기술자들의 위대한 힘을 느끼게 한다. 지금도 인류에게 계속 주어지는 이수와 치수 문제의 도전들을 해결하기 위해 수자원 관련 연구와 사업들을 수행되어지는 가운데 수천년전 토목기술자들이 시민의 삶의 질 향상을 위해, 도시에 충분한 용수를 공급하고자 건설한 로마 수도교라는 위대한 업적을 보면서 수자원 기술자로서 무거운 책임을 느낀다. 🌐