

영천댐 도수로 건설사업

— 터널굴착과 인근지역의 용수부족 민원을 중심으로 —

장 화 일*

1. 머리말

영천댐 도수로 건설사업은 임하댐 및 길안천의 물을 영천댐으로 도수하여 영천댐의 용수공급 능력을 확충하므로써 금호강 유역을 포함한 경북 동남부지역의 용수수요에 대처하고 금호강의 수질을 개선하는데 그 목적이 있다.

용수공급 시설계획을 수립함에 있어서는 수혜지역의 현안 문제점과 이를 해결하기 위한 사업의 필요성에 대한 명확한 인식이 매우 중요하다. 수혜지역으로 선정된 금호강 중·상류지역 도시들과 형산강 유역 도시들은 자체유역 수원이 부족한 실정이다.

포항종합제철 및 그 관련 단지의 용수를 공급하기 위하여 자체 유역에서 안계제 및 부조취수장이 있으나 규모확장과 포항시의 인구증가에 따른 공업용수 및 생활용수 수요가 증가하고 있으나, 자체유역내의 수자원개발 적지가 없어 인근 금호강 상류에 영천댐을 건설하여 현재 생·공용수를 공급하고 있다. 또한 금호강 유역도 영천댐 건설 이후 자체유역내의 수자원개발 적지가 없어 인근 밀양강 상류에 운문댐을 건설하여 금호강 유역내 대구광역시를 비롯하여 경산, 영천 등지에 생활용수를 공급하고 있다. 따라서 금호강 및 형산강 유역내의 용수수요 증가에 대처하기 위한 용수공급시설은 자체유역 내에서의 수자원개발은 불가능하므로 타유역에서 개발 공급할 수 밖에 없다.

본 사업은 2001년도의 용수공급 부족량을 공급

할 수 있는 시설로서 임하댐 저수지에서 취수한 3.0 CMS와 길안취수언에서 취수한 1.65 CMS를 합친 4.65 CMS(402,000 m³/일)를 영천댐으로 도수하여 경북 동남부 지역의 포항, 경주 등에 131,000 m³/일 및 영천시에 12,000 m³/일의 생·공용수공급과 금호강 수질개선에 259,000 m³/일을 공급하게 된다.

이 사업을 시행하면서 도수터널 33.0 km의 주변마을 지역에서 '94년부터 시작된 극심한 가뭄과 도수터널의 굴착에 따른 지하수 유입으로 당초 예상치 못했던 많은 민원이 발생하게 되었다. 본 내용에서는 터널굴착과 인근지역의 용수부족에 따른 민원사항에 대하여 기술하고자 한다.

2. 영천댐도수로 건설사업 개요

본 사업은 임하다목적댐을 주수원으로 하고 보조수원으로 길안천에 취수언을 설치하여 도수터널에 연결시켜 용수를 공급토록 되어있다.

주 수원인 임하다목적댐 저수지로부터 취수터널, 취수관로, 가압펌프장, 도수관로, 취수언 및 도수터널을 건설하여 경북 동남부 지역의 생·공용수공급과 금호강의 하천유지용수를 공급하는 것이다.

본 사업은 I, II 단계로 구분되어 계획되었다. 우선 I 단계는 2001년도의 용수부족량 402,000 m³/일을 공급하기 위한 시설로서 취·도수관로 및 가압펌프장은 259,000 m³/일(3 CMS) 규모로 건설하고, 나머지 143,000 m³/일(1.65 CMS)은 길

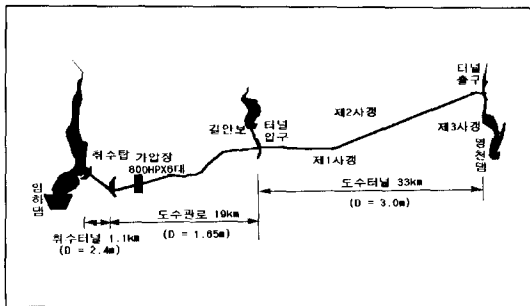
* 한국수자원공사 낙동강사업본부 영천도수로건설소장

안전에 건설되는 취수언으로 공급한다.

Ⅱ 단계는 2011년을 목표로 하여 I 단계 402,000 m³/일에서 634,000 m³/일로 증가되므로, 길안댐을 건설하여 공급토목하고 취수터널 및 도수터널은 장래확장이 거의 불가능한 시설의 특수성을 감안하여 목표년도인 2011년도의 용수부족량 634,000 m³/일을 원활하게 공급할 수 있는 규모로 계획하였으며 사업개요는 다음과 같다.

사업 개요

- 위치 : 경북 안동시 임하면 사의리(임하댐)
→영천시 자양면 충효리(영천댐)
- 규모 및 형식
 - 취수탑 : 높이 34.3 m, 직경 4.6 m
 - 취수터널 : 길이 1.1 km, 직경 2.4 m
 - 도수관로 : 길이 19 km, 직경 1.65 m
 - 가압장 : 800 HP×6대
 - 길안보 : 높이 10 m(월류부 5 m), 길이 210 m
 - 도수터널 : 길이 33 km, 직경 3.0 m
- 사업효과
 - 용수공급 : 402,000 m³/일(4.65 CMS)
- 사업기간 : 1990~1998
- 총사업비 : 233,434백만원 (전액 국고)



3. 도수터널

가. 일반 현황

본 도수터널은 임하댐으로부터 도수관로를 통해 가압 도수된 유량과 취수언으로부터 취수된 유량을 영천댐 상류지점으로 도수하는 시설로 경북 안동군

길안면 송사리 터널 입구로부터 청송군 및 포항시 일부지역을 지나 영천시 자양면 충효리의 출구까지 총 33 km에 달하는 장대터널이다. 장래 금호강 및 형산강 유역의 2011년도 용수수요량 7.78 CMS를 감안하여 터널단면을 8 CMS의 용수를 공급할 수 있는 규모(내경 D=3.0m)로 계획하였다.

터널입구가 길안천 좌안에 접한 하상부에 위치한 관계로 시공성을 고려하여 표고를 EL.183.0 m로 결정하였으며 출구부 표고는 EL.162.0 m로 터널의 평균구배는 약 0.06%이다.

본 도수터널은 총연장 33 km에 달하는 장대터널이므로 보다 안전하고 경제적이며 기술적으로 적합한 공법은 물론 장대 터널로서 공기단축에 유리한 공법으로 시공하기 위하여 11 km의 재래식공법인 발파에 의한 굴착공법과 22 km의 TBM (Tunnel Boring Machine)공법으로 계획하였다.

나. 지질 상태

도수터널 구간은 전체적으로 퇴적암류, 분출암류 및 화성암류가 다양하게 분포하며 부분적으로 변성암류와 맥암류가 분포하고 있다. 입구기준 4,900 m까지는 화강암질 편마암, 석영반암 및 hornfels화된 퇴적암류가 분포하며 전반적으로 양호한 암반상태를 보이거나 부분적으로 단층파쇄대의 영향에 의하여 풍화암~연암 상태의 불량암질 구간이 나타난다.

이후 제 1작업경 지역인 10,943 m까지는 암적색 및 암녹색의 셰일이 분포하며 전반적으로 양호한 암반상태를 보이며 부분적으로 사암의 협재 및 석영반암류의 암맥이 나타난다.

제 2작업경 지역인 13,799~14,655 m 구간에는 관입화성암류인 화강암, 석영반암, 장석반암이 분포하고 16,481 m까지는 암녹색 셰일과 소폭의 사암이 나타나며 17,258 m까지는 유문암질 화산암류가 분포한다. 부분적으로 단층파쇄대가 발달하여 주변암반이 연암~풍화암 상태로 불량하게 나타난다.

출구지역인 19,546~20,926 m구간에는 안산암류가, 27,976 m까지는 화강암류가 분포하며 이후 출구부인 32,976 m까지는 반정 및 각력을 포함하

는 안산암질암이 분포한다. 23,276~24,726 m 구간에는 금천 단층과쇄대가 29,236~29,776 m구간에는 가음 단층과쇄대가 발달하여 주변암반이 불량하고 다량의 지하수가 유출되었다. 소규모 단층과쇄대가 발달하는 일부 구간 외에는 전반적으로 양호한 암반상태를 보인다.

다. 지하수 유출현황

1사갱 주변에 분포하는 퇴적암류 구간에는 절리 및 층리, 암맥과의 접촉부에서 지하수가 유출되었고 그 외 변성암 및 화성암 분포구간에서는 단층과쇄대 및 주변암반의 절리 틈을 통해 대다수의 지하수 유출이 발생하였다.

○ 침전지 배출수 현황('97.3.1 현재)

구 분	유출량(m ³ /일)	비 고
도수터널 입구	약 4,600	1구간 TBM
제 1작업갱	약 8,400	2구간 재래식 2구간 재래식 I
제 2작업갱	약 6,400	2구간 재래식 II 3구간 재래식
제 3작업갱 및 출구	약 25,300	3,4,5구간 TBM
계	약 44,700	

4. 도수터널 인근지역 민원발생

가. 도수터널 인근지역 현황

경북 안동시 송사리 터널 입구로부터 청송군, 현서면, 안덕면, 현동면, 포항시 죽장면 일부지역을 지나 영천시 자양면 충효리 터널 입구까지 총 33 km로 지역별 현황은 다음과 같다.

나. 민원발생 현황

'92년 3월부터 도수터널 굴착을 시작하여 '96년까지 전체 33 km중 26.2 km를 굴착하는 동안에 도수터널 인근지역에서 도수터널 굴착으로 인근의 지하수가 터널 내부로 유입되어 생활 및 농업용수 고갈현상이 발생되었음을 주장하며 피해보상을 요구하는 민원을 제기하였다. '92년 11월 영천시 자

지역별 터널 연장 현황

구 분	계획연장(m)	'96년도까지 시공실적(m)	굴진기간	
계	총 계	32,976	26,160 '97. 6~'97. 1현재	
	안동시	4,850	4,850 '94.9.1~'96.10.11	
	청송군	17,797	10,981 '95.4.1~'97.1현재	
	포항시	2,850	2,850 '94.10.23~'96.2.14	
	영천시	7,479	7,479 '92.6.18~'94.10.22	
제1구간	소 계	7,407	5,900	
	안동시·길안면	4,850	4,850 '94.9.1~'96.10.11	
	소 계	2,557	1,050	
	청송군 안덕면 현서면	2,050 507	1,050 -	
제2구간	소 계	8,247	5,278	
	청송군·현서면	8,247	5,278 '95.5.18~'97.1현재	
제3구간	소 계	8,293	5,953	
	청송군	소 계	6,993	4,653
		현서면	6,393	4,053 '95.4.1~'97.1현재
		현동면	600	600 '96.2.15~'96.4.23
	포항시 죽장면	1,300	1,300 '95.9.14~'96.2.14	
제4구간	소 계	5,613	5,613	
	포항시 죽장면	1,550	1,550 '94.10.23~'95.9.13	
제5구간	영천시 자양면	4,063	4,063 '93.5.19~'94.10.22	
제5구간	영천시 자양면	3,416	3,416 '92.6.18~'93.5.18	

양면 보현리 배양골에서 처음으로 민원이 제기된 이후 '93년과 '94년에는 3개 마을에서 민원이 발생하였으나 '95년부터는 터널굴착 길이가 늘어감에 따라 발생 마을의 수가 증가하여 '97년에는 거의 터널 인근지역 전체에 해당하는 15개 리 44개 마을에서 피해 주장을 하고있다.

주민들이 피해를 주장하며 요구하는 사항을 요약하면,

- 생활 및 농업용수 고갈에 대한 대책수립.
- 농작물 감수액 보상.
- 발파진동으로 인한 정신적, 물질적 피해보상.
- 물 부족으로 인한 재산가치 손실보상.
- 주민 숙원사업 해결(농수로, 농로건설등).
- 이주대책 수립.

등이다

다. 민원 대책

민원이 제기됨에 따라 용수고갈 현지조사, 터널 내부의 유출량 측정, 강수량 조사 등을 통해 용수고갈 원인을 조사한 결과 일부지역의 경우 터널 굴착과 '94년부터 계속된 가뭄의 복합적인 영향으로

판단되나 터널 내부로 유입되는 지하수와 지표의 용수고갈 현상과의 정확한 상관관계를 규명하기 위해서는 전문기관의 조사가 필요할 것으로 판단되어 한국자원연구소에 의뢰하여 지하수유동조사 용역을 '96년 12월부터 1년의 기간으로 시행하고 있다.

위에서 언급한 대로 일부지역의 경우 터널굴착이 주변지역의 용수부족에 부분적인 영향을 미친 것으로 판단되나 '94년부터 가뭄이 계속되었음을 감안하면 터널굴착으로 인한 지하수 유출로 주변지역의 용수부족에 얼마나 영향을 미치며 그 영향범위는 어느 정도인지를 규명하는 것은 매우 어려운 문제였다. 따라서 주민들의 피해보상 요구에 대하여 적절한 보상방법, 보상정도 특히 농작물 감수액 보상요구의 경우 인근 경작지의 보상범위 설정과 피해정도 산정에 어려움이 많았으며 농작물의 수확량은 개인의 영농에 대한 노력정도, 영농방법, 토질조건, 기상사상등 변수가 많음을 고려할 때 이에 대해 적절한 보상을 한다는 것은 상당히 어려운 일이었다. 발파진동으로 인한 정신적, 물적 피해보상에 대하여 2차례에 걸친 발파공사 영향권 분석을 시행하였으나 모두 법적 기준치 이하였음이 나타났으며 물 부족으로 인한 재산적가치 손실보상, 이주대책 수립등 보상범위 밖의 사항들도 요구내용에 포함되어 있다.

일부지역의 경우 터널과는 상당히 먼 거리에 있으며 지질조건, 지하수 유출정도 등을 검토한 결과 영향권 밖이라 판단되나 인근지역에서 터널로 인한 영향으로 보상을 받은 사실을 알고 보상에 대한 기대심리로 민원을 제기하고 있으며 '94년부터 3년 이상 경북지역의 극심한 가뭄이 겹쳐 민원발생 지역이 확산되고 있는 실정이다.

그 동안 용수부족 민원을 해소하기 위하여 단기적인 대책으로 우선 용수가 긴급히 필요한 지역에는 물차를 동원하여 식수 및 농업용 용수를 공급하고 있고 '96년까지 인근 마을에 생활용 및 농업용 우물 42개소를 개발하여 지원하였으며 '97년에도 24개소의 관정을 개발 중에 있다. 이외에도 터널굴착으로 인한 농작물 피해가 발생하였다고 인정되는 일부마을에 농작물 감수액 조사를 하여 보상하였으며 하천수를 이용할 수 있도록 농업용수관 시설도

지원하였다.

근본적인 해결 방안으로 터널로 유입되는 지하수를 차단하기 위해 유출량이 많은 구간에는 차수 Grouting 작업을 시행하고 있으며 장기적으로는 터널 굴착이 완료된 후 전구간에 콘크리트 라이닝($t=25\text{ cm}$)을 타설할 계획으로 있어 본 공사가 준공된 이후에는 터널 내로의 지하수 유출은 해결될 것이다.

5. 향후 개선과제

가. 사업 계획 단계

1990년 7월부터 1991년 4월까지 시행한 본 사업의 실시계획 용역중 터널 구간에 대한 지질조사는 항공사진 판독을 통한 선구조, 암상, 사태의 유무등 지표 지질조사와 8축선 7.37 km 구간에 대한 탄성파탐사, 14공(1,210 m)의 시추조사가 시행되었다.

이와 같은 기본조사를 바탕으로 도수터널의 누수 가능성과 수리시설과의 상관관계를 검토하여 여우동(1.8 km구간), 소근리(3.6 km구간), 무지개마을(0.3 km구간) 및 배양골(1.1 km구간)에 대하여 지표의 수리시설과 지하수의 부존에 영향이 클 것으로 예상하였으며 이에 대한 처리방안으로 굴착 전 암밀그라우팅으로 보강하거나 굴착한 후 즉시 콘크리트 라이닝으로 타설하는 방법과 배수시설과 강지보공을 이용하여 전구간 터널 굴착을 완료한 후 콘크리트 라이닝을 타설 보강하는 방안을 제시하였다.

이와 같은 처리방안은 지표의 수리시설과 지하수의 영향을 고려한 방안이라기 보다는 터널의 구조적 안정을 우선 고려한 것으로 생각되며 터널 내부로 유입되는 지하수로 인한 지하수의 유동체계 변화가 가져올 수 있는 지표의 수리시설, 하천수, 식물의 생육에 직접적인 영향을 미치는 지표수 등에 대한 변화 양상 예측과 지표의 영향 범위에 대한 조사는 거의 없었던 것이 사실이다. 따라서 이에 대한 대책도 구체적인 검토는 없었다. 이제까지의 거의 모든 토목공사에 대한 실시계획의 주요점이 구조물의 안정성, 경제성, 시공성 등에 맞추어 진

것을 감안한다면 본 실시설계에서 만의 과오라고 할 수는 없을 것이다. 또한 짧은 실시설계 기간 동안 이러한 부분까지의 구체적인 검토가 이루어지기에는 다소 무리가 있다는 것이 현실이다.

그러나 과거와는 달리 토목구조물과 같은 인위적인 시설물이 주변 환경에 미치는 영향에 대한 관심이 높아지고 있고, 자기가 살고 있는 주변환경이 어떤 구조물의 설치로 인해 변화하는 것에 대해 상당히 민감한 반응을 보여서 시설물 설치를 반대하는 민원이 어느 공사든 예외 없이 발생하고 있는 현실을 상기한다면 앞으로의 실시설계등 사업계획과정에서는 예전의 안정성, 경제성, 시공성 등을 우선 고려하는 설계관행에서 벗어나 환경적인 측면에도 중요성을 두지 않으면 안될 상황이다. 또한 장대터널인 경우 실시설계를 할 때 차수그라우팅의 공정을 감안한 공정계획, 터널굴착에 따른 용수고갈로 인한 보상대책을 수립하여야 하며 이에 따른 보상비도 예산 편성시 충분히 반영되어야 할 것으로 판단된다.

따라서 사업계획시 예상되는 주변 환경 변화에 대한 상세한 조사와 이를 최소화 할 수 있는 구체적인 방안이 수립되어야 할 것으로 본다. 물론 이를 위해서는 환경, 생물, 기상등 다양한 분야의 전문가도 함께 참여하는 환경영향평가를 실시하여야 하며 충분한 과업기간의 확보도 필수적이다.

나. 공사 시행 과정

도수터널공사는 공사기간과 작업여건을 감안하여 먼저 전구간 굴착을 완료한 후 콘크리트 라이닝을 타설하는 것으로 계획하여 시공중이다. 지하수 유출은 굴착기간동안 발생하는 일시적인 현상이며

터널굴착이 완료된 후 전구간 콘크리트 라이닝을 타설 할 경우 지하수 유입을 방지할 수 있을 것으로 판단하였으며 좁은 공간에서 작업하는 터널공사의 특수성으로 굴착과 콘크리트 라이닝을 동시에 작업할 수 없기 때문이다.

그러나 33 km에 이르는 장대터널을 전구간 굴착하는데 장기간이 소요되며 공사중에 유출되는 지하수 차단을 위한 보강공을 일부 시행하였지만 완벽하게 처리되지 않고 있으나 이는 콘크리트 라이닝이 안된 상태에서 시행함에 따른 지하수 유동이 원인이라 생각된다. 터널의 굴착은 터널의 자립을 위해 지질조건에 따라 rock bolt, shotcrete, 강지보공등의 보강공은 터널의 구조적 안정을 위해 시행한 것이며 터널굴착 과정에서 터널 내로 유입되는 지하수를 차단하기 위한 보강공으로는 일부 다량의 지하수 누출이 예상되는 지역에는 pre-grouting을 시행하였으나 예상치 못했던 지역은 굴착후 낙반 및 다량의 지하수가 누출되는 곳도 다소 발생하였다. 이런 지역은 after-grouting을 시행하였으며 굴착완료후 콘크리트 라이닝 타설(t=25 cm) 및 차수 그라우팅을 시행하면 터널 내 지하수 유입이 방지되고 향후 2~3년내 지하수 유동체계가 정상적인 상태로 돌아갈 것으로 예측하고 있다.

터널 굴착에 있어서 지하수 누출을 방지하기 위하여는 유출이 많을 것으로 예상되는 지점에 굴착 전 보링을 하여 유출량을 파악, 이에 따라 pre-grouting을 시행한 후 굴착하는 등의 방법으로 공사를 하여야 하나 지질의 정확한 예측, 굴착 공정등과 밀접한 관계가 있으므로 간단한 문제는 아니라고 생각되며, 굴착후 유출이 나타나는 지점도 즉시 적절한 보강이 될 수 있도록 하여야 할 것이다. ☞