

도수로터널 굴착에 따른 지하수 유출

이병대, 함세영*, 조병욱, 이인호, 이춘오, 성익환
한국지질자원연구원 환경지질연구부
*부산대학교 지구환경과학과
blee@kigam.re.kr

요 약 문

터널 굴착에 따른 연구지역내 지하수체의 거동 특성을 파악하기 위하여 터널 굴착시 그라우팅 이전의 초기 유출량과 초기 그라우팅 이후의 구간별 유출량을 측정하였고 단열구조와 비교, 분석하였다. 초기 유출량은 $120,990 \text{ m}^3/\text{day}$ 이며, 초기 유출이 심했던 구간은 크게 6개 구간으로 세분할 수 있다. 초기 그라우팅 후 지하수 유출이 심했던 구간 역시, 그라우팅 이전과 마찬가지로 6개 구간으로 세분할 수 있다. 그라우팅 전, 후의 유출량을 비교해 보면 그라우팅후의 유출량은 $42,844 \text{ m}^3/\text{day}$ 으로, 그라우팅 전에 비해 많이 감소되었다.

터널 굴착시 터널내로 유출되는 지하수의 대부분은 터널과 직교 혹은 사교하여 관통하고 있는 단층 및 단층 파쇄대와 연장성이 양호한 절리면들을 따라서 유동되고 있다. 터널내의 지하수 유출에 영향을 미치는 단열들은 대체로 4조의 불연속면군으로 분류 할 수 있는데, 주 분포방향은 크게 TSet 1 : N60-85°W, TSet 2 : N40- 50°E, TSet 3 : N10-20°E, TSet 4 : N70-80°E 이다.

주제어 : 그라우팅, 유출량, 단열구조, 유출구간, 지하수 유로

1. 서 론

대규모 지하구조물 건설시 지하공동으로의 지하수 유출은 단열면의 특성에 달려 있다(강병무 등, 1993). 터널 굴착중에 발생하는 지질공학적인 문제들중의 하나는 터널내로의 지하수 유출이다. 그러므로 터널 굴착중에 발생하기 쉬운 지하수의 유출량을 산정하고, 지하수가 유출되는 구간의 단열분포 특성을 파악하는 것이 필수적이다(Meiri, 1985).

연구지역은 영천댐 도수로터널 구간으로, 청송군 안덕면과 현서면, 그리고 영천시 자양면 일대이다. 본 연구는 도수로터널내의 유출량과 수리지질학적인 특성의 관련성을 규명하기 위한 것으로, 이를 위하여 야외지질조사 및 지질구조조사, 터

널내 지질구조조사를 실시하였고, 터널내 유출지점의 단열구조 및 지하수 유출량을 측정하였다.

2. 수리지질 및 단열구조

연구지역은 경상퇴적분지 하양층군의 퇴적암류와 유천층군의 화산암류 및 이를 관입한 불국사 관입암류들이 분포한다. 퇴적암류는 사암과 셰일의 호층으로 이루어져 있다. 유천층군의 산성 화산암류는 유문암질 응회암, 용결응회암 및 유문암들로 이루어져 있으며, 불국사 관입암류들의 주된 암석은 화강암이다.

연구지역내 지표에 발달되어 있는 단열조는 퇴적암 지역내에는 층리절리가 가장 많이 발달되어 있으며 평균 주향과 경사는 $N70-80^{\circ}W \cdot 25^{\circ}SW$ 이다. 화강암의 평판절리는 $N35^{\circ}W \cdot 12^{\circ}NE$ 의 배향을 가진다. 고각의 절리들은 퇴적암 지역에서는 $N80^{\circ}W \cdot 85^{\circ}SW$ 와 $N10^{\circ}E \cdot 85^{\circ}SE$ 두 방향의 절리조가 우세하다. 화산암 및 화강암 지역은 $N40-50^{\circ}E \cdot 85^{\circ}SE/85^{\circ}NE$, $N70^{\circ}E \cdot 80^{\circ}SE$, 그리고 $N70-75^{\circ}W \cdot 80^{\circ}SW$ 방향의 절리조가 우세하게 발달한다. 터널 내부의 단열발달 역시 지표에서 확인되는 것과 크게 다르지 않은 지질구조적 특성을 보인다.

3. 터널내 유출량

3.1 그라우팅 이전의 초기 유출

Fig. 1은 초기 유출량이 많았던 구간들을 대상으로 입구로부터 떨어진 거리와 유출량과의 관계를 도시한 그림이다. Fig. 1에서 전체 유출량은 총 $120,990m^3/day$ 이며, 초기 유출이 심했던 구간은 크게 6개 구간으로 세분할 수 있다. 첫 번째 구간은 1사갱 북쪽 구간으로 7,355m ~ 7,545m 구간에서 $25,182m^3/day$ 의 지하수가 유출되었다. 두 번째 구간은 1사갱 남쪽 구간중, 10,993m에서 12,588m 구간으로 여우동, 신촌, 소근리 등에 해당되며, $29,070m^3/day$ 의 지하수가 유출되었다. 세 번째 구간은 2사갱 북서 구간중, 13,358m ~ 13,903m 구간으로 백자리에 해당되며, 이 구간에서 $9,357m^3/day$ 의 지하수가 유출되었다. 네 번째 구간은 2사갱 남동 구간중, 16,730m에서 17,683m 구간으로 무계리에 해당되며, 터널 굴착시 $11,463m^3/day$ 의 지하수가 초기에 유출되었다. 다섯 번째 구간은 3사갱 북서 구간중, 19,525m ~ 19,530m 구간으로 조듬이 지역에 해당된다. 여섯 번째 구간 역시, 3사갱의 북서 구간으로 24,290m에서 24,570m 구간이며 두마리 지역에 해당되며, 터널 굴착으로 $10,850m^3/day$ 의 지하수가 이 구간으로 유출되었다.

3.2 그라우팅후 유속 측정에 의한 구간별 유출

본 연구에서는 그라우팅 이후의 유출량을 측정하기 위하여 구간별로 유속

을 측정하여 산정하였다. Fig. 2는 터널 입구로부터 거리에 따른 구간별 유출량을 도시한 그림이다. Fig. 2에서 그라우팅후 지하수 유출이 심했던 구간 역시, Fig. 1과 마찬가지로 크게 6개 구간으로 세분할 수 있다. 그라우팅 전,후의 유출량을 비교해보면 그라우팅후의 유출량은 $42,844\text{m}^3/\text{day}$ 으로, 그라우팅전에 비해 많이 감소되었다. 또한 그라우팅으로 인한 지하수 유로의 변경 때문에 유출지점에는 약간의 차이가 있지만 유출구간에는 크게 차이가 없다.

4. 터널내 유출구간의 단열구조

터널내의 지하수 유출에 영향을 미치는 단열들은 대체로 4조의 불연속면군으로 분류할 수 있는데, 주 분포방향은 크게 TSet1 : N60-85°W, TSet2 : N40- 50°E, TSet3 : N10-20°E, TSet4 : N70-80°E 이다. 이들 단열들에 대한 매개변수들의 발달상태는 지표 노두에서의 단열발달 상태와 양상이 거의 같다. 이는 지표 노두상의 단열들이 연장성이 양호한 것으로 보아, 지표의 단열들이 연장 발달된 것으로 해석된다.

5. 결론

터널 굴착에 의해 지하수 유출이 심했던 6개 구간에 대해 그라우팅 전, 후를 비교해 보면, 초기 유출량이 $120,990\text{m}^3/\text{day}$ 이고, 그라우팅후의 유출량은 $42,844\text{m}^3/\text{day}$ 로서 초기 유출량에 비해 65% 감소되어 전반적으로 많이 줄었다. 연구지역에서 터널내로의 지하수 유출에 영향을 미치는 단열들은 크게 TSet1 : N60-85°W, TSet2 : N40-50°E, TSet3 : N10-20°E, TSet4 : N70-80°E 의 단열군들이다.

연구지역의 도수로터널과 같은 대규모 지하구조물을 건설할 때에는 그 지역의 상세한 지질조사 및 지질구조 조사를 통하여 단열대의 발달 범위와 분포 특성, 그리고 지하수유동의 수리적 성질 및 지하수위 하강폭, 하강양상, 유출량 예측 등을 정확하게 묘사 함으로써 터널 굴착시, 경제성과 안정성을 도모할 수 있고, 또한 터널 굴착으로 인한 주변지역의 지하수 고갈, 농작물 피해 및 주민들의 피해를 최대한 줄여야할 것이다.

7. 참고문헌

- 강병무, 김천수, 배대석, 김경수, 기정석, 1993, 분리열극개념을 이용한 지하공동 주변의 지하수유동 해석, 대한지질공학회지, 3(2), p. 125-143.
- Meiri, D., 1985, Unconfined groundwater flow calculation into a tunnel, J. Hydrol., 82, p. 69-75.

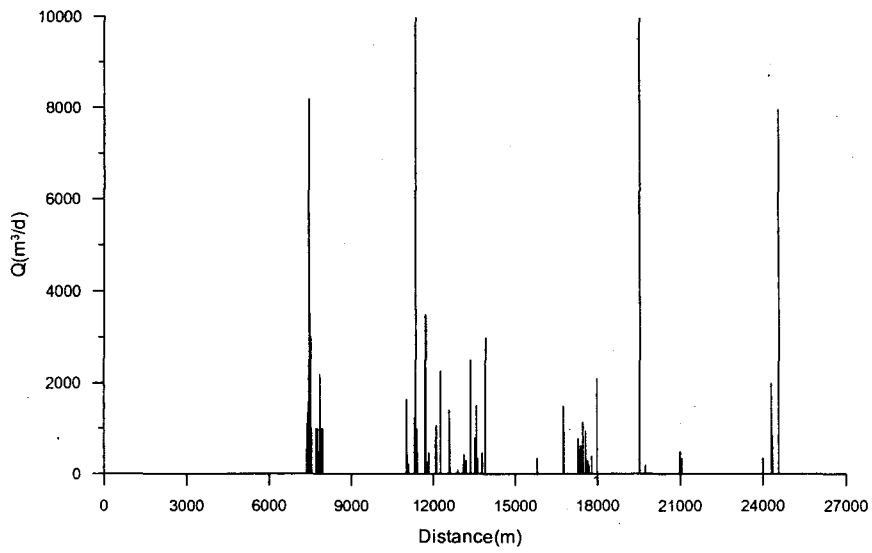


Figure 1. Relation between inflow rates before grouting and the distance from the entrance of tunnel.

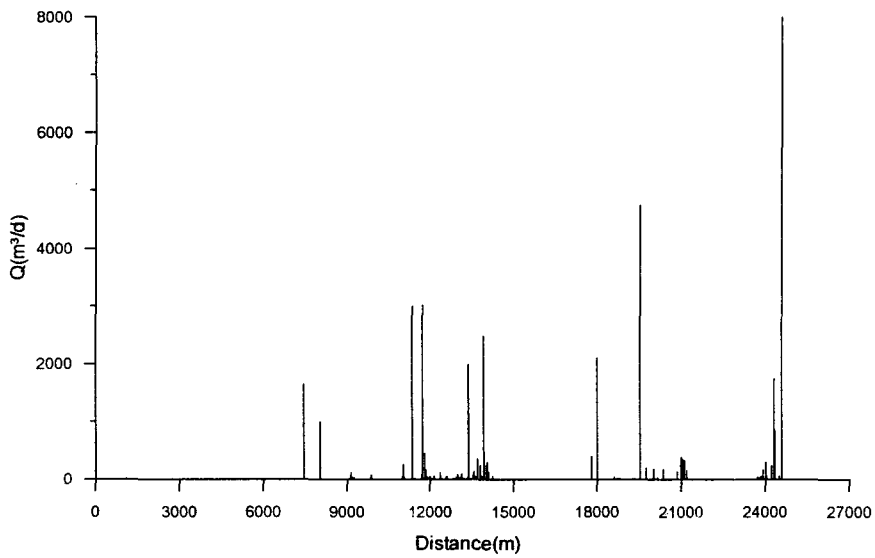


Figure 2. Relation between inflow rates after grouting and the distance from the entrance of tunnel..