

-

1), Kim, Taehee, 2), Kim, Young-Sik, 3), Ha, Gyoo-Chul, 4), Kim, Kue-young, 5), Koh, Dong-Chan, 6), Yang, In-Jae, 7), Hong Soon-Taek

1) , Senior Researcher, Groundwater & Geothermal Resources Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

2) , Researcher, Groundwater & Geothermal Resources Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

3) , Researcher, Groundwater & Geothermal Resources Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

4) , Researcher, Groundwater & Geothermal Resources Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

5) , Researcher, Groundwater & Geothermal Resources Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

6) () , Senior Engineer, Geotechnical/Tunnel Engineering Dept., Teso Engineering Co. Ltd.

7) () , Managing Director, Geotechnical/Tunnel Engineering Dept., Teso Engineering Co. Ltd.

개요(Synopsis) : The objective of this study is the evaluation of the tunneling effect on the groundwater-surface water interaction. The designed tunnel line is laid beneath the Gapo-cheon, which runs throughout the study area. And, the pre-evaluation of the tunnel-influence on the Gapo-cheon is urgently needed. However, it is very difficult to find out the similar domestic and/or foreign cases. In this study, we would exclude the numerical modeling technique with insufficient data. Instead of the evaluation of the tunneling effect on the groundwater-surface water interaction with the numerical modeling, we monitored the flow rate of surface water at various point. We measured the flow rate of surface water at 5 points. With the results of surface flow, we can conclude that 39% of flow rate in Gapo-cheon is contributed by the groundwater discharge, as baseflow.

주요어(key words) : groundwater-surface water interaction, tunnel, surface water monitoring, various elevations, baseflow

1. 서 론

터널 굴착에 따른 지하수 시스템에 대한 영향을 분석하기 위한 일련의 연구는 국내에서도 부분적으로 진행되어 왔으며, 이와 관련된 국내 연구들을 살펴 보면, 이희근 외(1995)는 동해신광산 터널굴착공사와 관련하여 지표수 및 지하수 유동 변화에 대해 조사하였으나 각 요소들간의 연관성에 관해 규명되지는 못하였고, 다만 현황조사의 성격이 강하였다는 한계를 가지고 있으며, 조병욱 외(1999)는 임하~영천간 도수로 터널 공사와 관련하여 터널 굴진에 따른 터널로의 지하수 유입량을 산정하기 위해 유속계를 이용한 조사를 수행, 유량계를 이용한 결과와 비교-검토 연구를 수행하였다. 또, 허창환(2003)은 MODFLOW를 이용한 지하수 유동모델링을 통해 터널 굴착에 따른 지하수위 변동 양상에 대해 연구를 수행하였으나, 터널 굴착 전의 자료만이 활용되어 그 실용성에 관해서는 증명하지 못하였다는 한계를 가지고 있다. 하지만 이러한 연구 결과들을 금번 연구지역의 해석에 적용하기에는 많은 현실적 한계가 존재한다. 본 연구 지역은 이미 기술한 터널과 지하수계간의 관계에 관한 문제와 더불어 마창대교 방향 터널 갱구부 부근 지역에서 본 지역을 흐르는 가포천 직하부를 터널이 통과함에 따라 지표수-지하수-터널 간의 상호 연관성에 대한 검토가 필요성이 제기된다. 현재까지 터널굴착과 관련하여 해외에서도 많은 연구들이 진행되었으나, 대부분 지하수 유입량 산정을 위한 모델링 연구, 굴착에 따른 지하수위 강하 산정을 위한 모델링, 혹은 터널 안정성과 간접적으로 관련된 지질공학적 접근으로 그 내용이 한정되어 있다 (Molinero et. al., 2002; Davis and Horswill, 2002; Bossart et. al., 2002). 다만 Liu et. al(2000)는 환경동위원소를 이용한 연구 및 이를 통한 강수, 지하수, 터널 유입수간의 상호 관계에 관한 연구를 수행한 바 있다. 이는 터널 굴착 후 강수에서 터널에 이르는 소규모의 물 순환 시스템에 관해 환경동위원소라는 매개를 통해 살펴봄으로써 상호 연계성을 살펴보고자 한 연구로 본 연구 지역의 해석을 위해 가장 근접한 연구라 생각되나, 본 지역은 현재 터널 건설 전이라는 중요한 차이가 있다. 그리고 본 연구는 국내 건설 설계를 위한 조사 관례상 상대적으로 짧은 기간(1~3개월) 내에 연구를 수행해야 한다는 한계를 가지고 있어 지하수-지표수 상호 작용을 위해 흔히 사용되는 수문분리법을 직접 적용하는 것은 한계를 가진다.

따라서 본 연구의 주요 목적은 자연적인 조건의 지표수-지하수 상호관계의 규명을 통해 터널 건설시 발생할 수 있는 문제점에 대해 사전 검토하고, 또 이를 위해 짧은 기간 내 지하수-지표수 간의 상호작용 정도를 규명하기 위한 유량 관측 방법에 관한 검토에 그 목적이 있다.

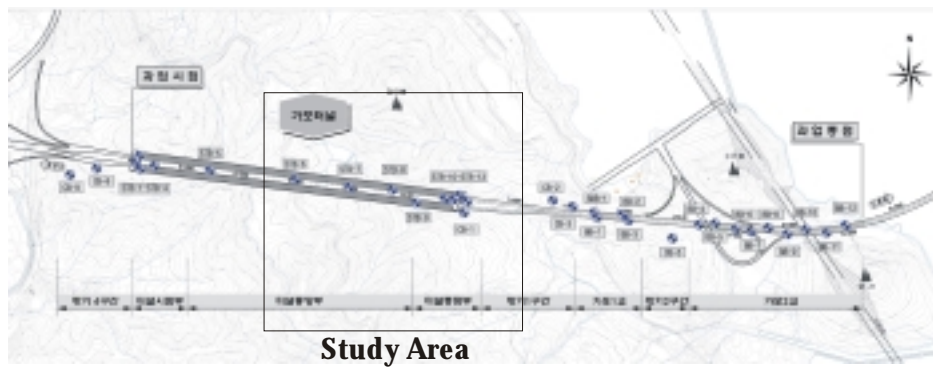
표 1. 터널 노선 주변의 시추공 위치 및 시추공별 지하수위

구분	구간	공번	시추위치(STA)	좌표		표고 (EL.m)	지하수위 (m)
				X	Y		
가포터널	터널 시점부	STB-1	0+015.32(좌7.3m):창원방향	184,886.390	159,665.580	86.57	76.97
		STB-2	0+036.36(우14.52m):창원방향	184,839.880	159,683.370	96.94	77.92
		STB-3	0+027.59(좌11.3m):마산방향	184,888.670	159,680.000	84.77	78.275
		STB-4	0+085.00(좌2.28m):창원방향	184,849.870	159,733.930	102.23	74.23
	터널 중앙부	STB-5	0+287.00(우10.94m):마산방향	184,831.390	159,935.090	194.78	76.78
		STB-6	0+598.05(우4.4m):마산방향	184,794.420	160,244,210	156.83	115.55
		STB-7	0+696.00(우7.52m):마산방향	184,763.520	160,440,380	144.85	89.95
		STB-8	0+952.20(좌1.7m):마산방향	184,751.180	160,595,770	80.65	74.85
		STB-9	1+043.46(우10.1m):창원방향	184,702.850	160,681,040	70.31	64.81
	터널 종점부	STB-10	1+143.24(우7.4m):마산방향	184,715.270	160,784,620	60.19	53.29
		STB-11	1+176.29(우5.62m):마산방향	184,712.480	160,816,540	56.24	48.14
		STB-12	1+196.19(좌12.1m):마산방향	184,702.850	160,681,040	57.20	40.30
		STB-13	1+226.25(우5.8m):마산방향	184,705.390	160,866,000	47.82	44.96

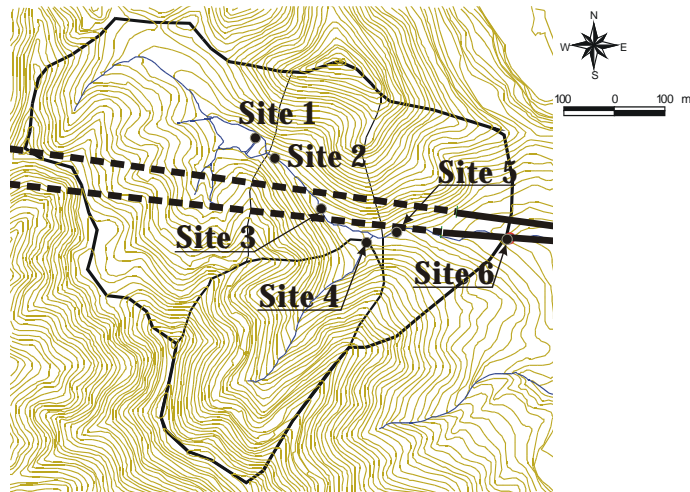
2. 연구 지역의 수계 분포 특성

2.1 터널 노선에 따른 지하수위 분포

조사 지역의 지하수위 분포는 전반적으로는 지표 지형의 고도를 따라 분포하고 있다(그림 2, 표 1). 다만, 터널 노선을 따라 서쪽부(STB-1 ~ 5)에서는 전반적으로 지하수위가 낮아 74.23~78.28m(해발 기준) 사이의 지하수위 값을 보여 주고 있으며, 동쪽부(STB-6 ~ 13)에서는 해발 115.55m에서 갯구부쪽으로 가면서 점차 낮아져 해발 40.30m 정도로 지형 고도에 따른 지하수위 변화 양상을 뚜렷하게 보여주고 있다.



(a)



----- Tunnel

(b)

그림 1. 조사지역 주변의 지형 및 예정 터널 노선 : (a) 예정 터널 노선 및 시추 위치, (b) 지표수 및 지하수 모니터링 위치

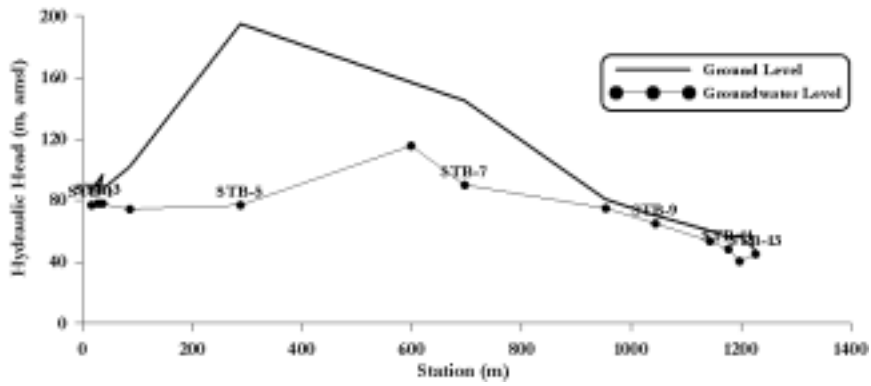


그림 2. 예정 터널 노선에 따른 조사 지역의 지하수위 분포 (2003년 7월)

표 2. 터널 노선 주변의 시추공 내 유향유속 시험 결과

구분	공번	시험심도 (m)	유향 자북기준(°)	유속	
				(m/day)	(cm/sec)
가 포 터 널	STB - 2	19.8	258.5	2.7	9.525×10^{-4}
		26.1	214.3	1.6	5.644×10^{-4}
		28.3	221.8	1.4	4.939×10^{-4}
	STB - 6	38.9	252.6	1.0	3.528×10^{-4}
		43.6	125.1	0.5	1.764×10^{-4}
		52.3	243.2	0.3	1.058×10^{-4}
	STB - 9	14.0	208.1	2.6	9.172×10^{-4}
		27.1	54.8	2.3	8.114×10^{-4}
		31.4	60.8	2.5	8.819×10^{-4}
		32.1	63.5	2.6	9.172×10^{-4}

2.2 유향-유속 시험

(주)태조엔지니어링에서는 본 지역의 공내 자연적 지하수 흐름 방향을 조사하기 위하여 STB-2, 6, 9 번에서 2차원 지하수 유향-유속 시험을 수행하였다(표 2). 시험 결과를 살펴보면 전반적인 지하수의 흐름은 지형기복에 따라 높은 곳에서 낮은 곳으로 흐르는 양상을 보여 주고 있으며, 유속은 $10^{-4} \sim 10^{-3}$ (cm/sec)로 비교적 빠른 흐름은 보여 주고 있다. 다만 STB-9의 경우 최상부 시험구간(지표로부터 14m 지점)의 경우 그 방향이 전반적인 지형 기복(동쪽)과는 다른 남쪽 방향의 지하수 흐름을 보여 주고 있는데, 이는 해당 지역의 소규모 계곡 지형의 영향으로 보이며, 이는 이 부근에서 지하수와 지표수 상호간의 연계성에 대한 개연성을 제시해 준다.

2.3 순간 수위변화 시험 및 양수 시험

(주)태조엔지니어링에서는 본 조사 지역의 수리적 특성을 파악하기 위해 가포천 상류 지점 농업용 저류지 인접 지역에서 순간 수위변화시험 및 양수시험을 수행하였다. 시험 결과 나타난 수리전도도의 값은 $1.88 \times 10^{-6} \sim 9.32 \times 10^{-4}$ cm/sec (순간수위 변화 시험), $6.77 \times 10^{-4} \sim 8.89 \times 10^{-4}$ cm/sec (양수시험) 로 나타났다. 각각의 기하 평균은 1.3×10^{-5} cm/sec(순간수위변화 시험), 4.47×10^{-4} cm/sec(양수시험)이다. 이는 일반적인 암반 대수층에서 나타나는 값과 큰 차이는 보이지 않는다.

이상의 조사 결과를 근거로 본 연구지역 내 터널 굴착에 따른 터널-지하수-지표수(가포천)간의 상호 관계를 규명하기 위한 현장 조사를 수행하였다.

3. 조사 방법

본 연구에서는 지하수-하천-터널가의 상호관계를 규명하기 위하여 지하수로부터 하천으로의 기저 유출량을 산정하는 방법을 이용하였다. 일반적으로 상시 하천의 경우 부분적인 지하수로의 손실 지역이 존재한다 하더라도 대부분의 지역에서 지하수로부터 유량을 획득하는 이득하천으로 보는 것이 타당하며, 계속적인 지하수의 기저 유출은 하류부로 갈수록 하천 유량을 증가시키게 된다. 하지만 하천 하부로 터널이 통과하게 되는 경우 하천으로 기저 유출되어야 할 지하수의 흐름이 터널 주변의 지하수위 하강에 따라 터널 쪽으로 유출될 수 있으며, 따라서 하천의 기저 유출량을 합리적으로 산정할 수 있다면, 본 지역에서 터널 건설 후, 터널-지하수-지표수 간의 상호 관계를 규명하는데 가장 중요한 자료를 제공할 수 있다. 지하수-지표수 간의 상호작용에 관하여 국내의 기존 연구에서는 hydrograph를 이용한 기저 유출량 산정법이 많이 이용되었다(원이정 외, 2000; 김경수, 조기태, 2000; 김형수, 원이정, 2001). 최근 들어 동위원소를 이용한 기저유출량 산정에 관한 연구 역시 진행되고 있다(이광식, 이창수, 1999). Hydrograph를 이용하여 정확한 기저유출량을 산정하기 위해서는 일반적으로 장기간의 유량관측 자료를 필요로 한다. 따라서 일반적인 턴키 입찰 방식의 성격상 장기간의 관측 자료를 통하여 설계자료를 확보한다는 것은 용이한 일이 아니며, 따라서 단기간의 관측 자료를 이용하여 이러한 기저 유출량을 산출할 수 있는 연구방법의 도입이 요구된다.

본 연구에서는 이러한 시기적 문제를 극복하고 기저 유출량을 정확히 평가하기 위해 상류에서 하류로 내려가며 다섯 개의 지점에서 하천 유량을 관측하여, 각 지점 별 유량의 변화를 직접 산출하는 방법을 이용하였다. 이는 직접 강수에 의한 지표 유출이 지표수 유량에 영향을 주지 않는 조건에서는 지표수의 위치별 유량 변화에 영향을 줄 수 있는 직접적인 요인을 지표를 통한 지하수 기저 유출에 의한 것 이외에는 존재하지 않는다는 전제를 가지고 있다.

3.1 하천 유출량 관측

본 연구에서는 연구지역 가포 농업용 저류지로부터 동쪽으로 흘러 나가는 가포천의 유량을 관측하기 위하여 하천수위-유량 관계식을 이용하는 수위-유량곡선식(rating curve) 방법을 적용하였다(Black, 1991; 양지영, 2000).

$$Q = a (H + b)^n \quad (1)$$

$$Q = aH^2 + bH + c \quad (2)$$

여기서 Q 는 유량, H 는 수위를 나타내며 a, b, c, n 은 지역에 따라 변하는 값으로 회귀분석을 통하여 구해야 하는 상수들이다. 정확한 회귀분석을 통하여 식(1)과 식(2) 형태의 곡선식을 각각 하나씩 구한 다음, 두 식 중 상관계수(correlation coefficient)가 더 좋은 것을 그 지점의 수위-유량 곡선식으로 결정하는 것을 원칙으로 하였다. 회귀분석 과정 중 다른 점들과 동떨어져 있는 자료는 잘못된 자료라 판단하여 제외하였다.

3.2 지하수위 및 하천 수위 모니터링

앞서 언급한 바와 같이 하천 수위의 경우 수위-유량 곡선식을 산출하기 위하여 2003년 7월 하순부터 2003년 9월 중순까지 총 2개월간 압력 관측 방식의 센서를 이용하여 관측을 수행하였으며, 이와 함께, 인근 하천의 시추공(STB-8, STB-9)에서 지하수위 모니터링도 함께 수행하였다.

하천 유량 산출을 위한 하천수위 모니터링은 그림 1(b)에 제시된 site 2 ~ 6까지 총 5지점에서 관측하였으며, 전반적인 지형구배는 site 2가 상류부에 해당하며, site 5는 가포천 본류와 site 4를 거쳐 유출되는 지류 유출이 함께 빠져 나가는 지점이며, site 6은 갯구부 예정지 직하부에 해당한다.

4. 조사 결과

4.1 하천 유량

총 6개의 지점에서 하천수위 관측값과 하천유량 관측값을 이용하여 rating curve를 만들고, 이를 이용하여 수위를 유량으로 환산한 결과는 표 3, 4, 5와 그림 3에 제시된 바와 같다. 각 표 및 그림 3에 제시되어진 하천 유출량 및 평균은 관측 오차 및 하천 표면의 국부적, 일시적 변동에 의한 영향을 제거하기 위해 window 11의 이동평균값을 취하였다. 관측되어진 하천 유출량을 살펴보면, site 2(농업용 저류지 직하부)에서는 최대 47.37 L/sec에서 최소 8.19 L/sec, site 3(STB-8번 옆)에서는 최대 58.75 L/sec에서 최소 6.07 L/sec, site 4(저류)에서는 최대 15.48 L/sec에서 최소 2.72 L/sec, site 5(합류점)에서는 최대 81.60 L/sec에서 최소 14.19 L/sec, site 6(터널 갱구부 예정지)에서는 최대 84.50 L/sec에서 최소 19.86L/sec로 관측되었다(표 3). 이들 각각의 평균/표준편차는 site 2에서는 16.95/6.61, site 3에서는 16.34/7.62, site 4는 6.24/2.34, site 5는 27.02/9.67, site 6은 38.15/12.18로 나타났다. 이를 상류구배로부터 하류구배로 살펴보면 site 2 - site 3의 구간을 제외한 나머지 구간에서는 하류 구배로 갈수록 유량이 증가하는 양상을 보인다. 물론 최대값에서는 site 3 역시 site 2에 비해 높은 유량을 기록하고 있으나, 이는 강수에 의한 직접적인 지표유출에 의한 영향으로 실제 지하수와 의 관계를 통해 하천 유량이 증가한다고 볼 수는 없다. 본 구간에서 하천 유량이 하류구배로 내려감에 따라 감소하는 것은 농업용 저류지에 의한 영향으로 해석할 수 있다. 즉, 본 연구지역 최상류부에 위치한 농업용 저수지에서 지속적으로 공급되는 유량은 site 2지점에서 자연적으로 흐르는 하천유량을 훨씬 초과하여, 도리어 2-3사이의 구간에서는 손실하천이 형성되고 있음을 지시해 주고 있는 것이다. 하지만, 나머지 구간에서는 하류로 내려감에 따라 강수시 외 하천 유량이 가장 적은 시기에도 증가하는 경향을 볼 수 있다(그림 3(a)). 다만, site 5와 4사이의 구간에서 site 3과 4 유량의 합이 site 5 지점의 유량에 비해 일시적으로 높게 기록된 구간이 있으나(그림 3(a), (b), 표 4), 이는 예외적인 일시적 현상일 뿐이며, 전체적으로 site 5의 유량은 site 3과 site 4 유량의 합보다 많은 유량을 보여 주고 있다.

4.2 기저유출량

직접 강수 시를 제외한 시기에서 하류 방향에서의 하천 유량의 변화는 지표상의 변화로는 설명할 수 없다. 즉, 이러한 하천 유량 변화를 설명하기 위해서는 본 지역에서 지하수에 의한 기저 유출로 해석하는 것이 타당할 것이다. 이러한 전제 하에 각 관측 지점간의 기저유출량을 계산해 보았다(그림 3(b), 표 4). 물론 site 2와 site 3 사이에서는 평균 -0.60 L/sec(최대 12.0 L/sec, 최소 -6.37 L/sec)로 도리어 하천에서 지하수계로 유량이 유실되고 있음을 확인할 수 있다. 하지만 본 연구 지역의 최상류부(site 2)에서 최하류부(site 6)에 이르는 전체 구간을 살펴보면, 평균 기저유출량은 평균 14.96 L/sec(최대 26.77 L/sec, 최소 5.02 L/sec)로 나타났다. 이는 site 6에서 전체 하천유량에 대비하여 최대 60%, 최소 20%, 평균 39%에 해당하는 양으로 본 연구지역에서 최종적으로 유출되는 하천 유량은 약 40%가 지하수의 기저유출에 의한 것임을 알 수 있다.

5. 터널 굴착에 따른 수계에 미치는 영향 검토

본 조사결과를 터널 건설에 따른 수계와의 연관성을 중심으로 살펴 보았다. 이상의 조사 결과를 근거로 터널 굴착 시 본 지역의 수계(지하수-지표수 포함)에 미치는 영향을 검토하여 보았다. 단, 통상적으로 활용되는 지하수 모델링에 의한 영향 분석은 실제 불확실성이 높아 본 연구의 검토 대상에서는 제외하였다. 본 연구에서는 하천-지하수계의 상관관계에 대한 현장 관측 자료만을 반영하였다.

터널 굴착 시 반배수 터널 혹은 배수 터널의 경우, 부분적인 지하수위의 하강은 피할 수 없으며, 이러한 지하수위의 하강은 하천으로 유출되어야 할 지하수의 흐름을 인위적으로 터널로 바꾸어 놓게 된다. 즉, 본 연구 지역에서의 기저유출에 의한 지하수의 기여를 완전히 차단할 뿐만 아니라, site 2와 site 3 구간 사이에서처럼 본 연구지역 내 하천 구간 전반을 손실하천(losing stream)으로 바꾸어 놓을 개연

표 3. 관측 지점별 하천 유출량 (L/sec)

	site 2	site 3	site 4	site 5	site 6
최대	47.37	58.75	15.48	81.61	84.50
최소	8.19	6.07	2.72	14.19	19.86
평균	16.95	16.34	6.34	27.02	38.15
표준편차	6.61	7.62	2.34	9.67	12.18

표 4. 각 관측 지점간의 하천유출량 편차 (기저 유출량, L/sec)

	site3-site2	site5-(site3+ site4)	site6-site5	site6-(site2+ site4)
	11.99	14.02	22.95	26.77
	-6.37	-1.95	1.36	5.02
	-0.60	4.44	11.12	14.96
	3.02	2.83	4.25	4.76

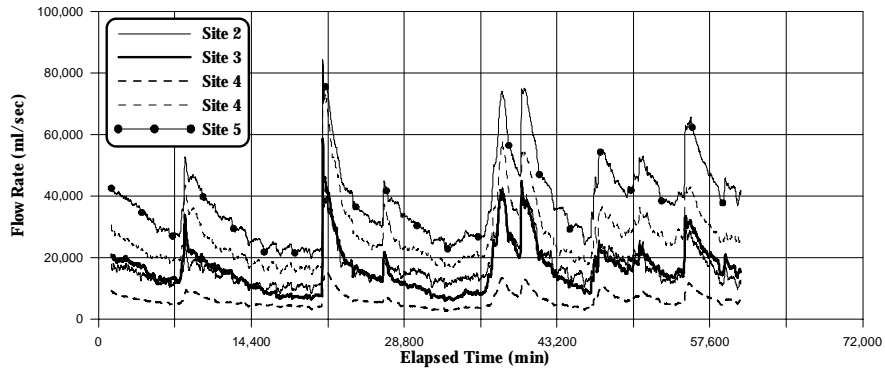
표 5. 각 관측 지점간 하천 유출량에 대한 기저 유출량 비 (%)

	site3-site2	site5-(site3+ site4)	site6-site5	site6-(site2+ site4)
	0.33	0.51	0.43	0.60
	-0.95	-0.08	0.02	0.20
	-0.11	0.18	0.29	0.39
	0.27	0.13	0.06	0.06

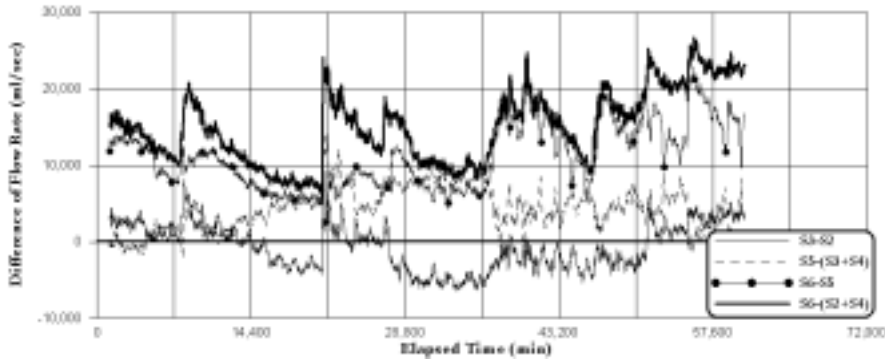
성이 매우 높다. 따라서 터널 굴착 시 연구지역을 관통하는 가포천의 유량은 최소 40%는 감소할 것으로 판단된다. 이 때 40%는 site 2에서의 하천 유량이 손실되지 않고 site 6 지점까지 흐른다는 전제하에서의 평균값이다. 하지만, site 2에서 site 3에 이르는 구간에서 전체 하천 유량이 평균 11%감소하는 점을 감안한다면, 터널 굴착 시 본 연구지역 내 가포천을 터널 종점부까지 건천(dry stream)으로 바꾸어 놓을 가능성 역시 배제할 수 없다.

참고문헌

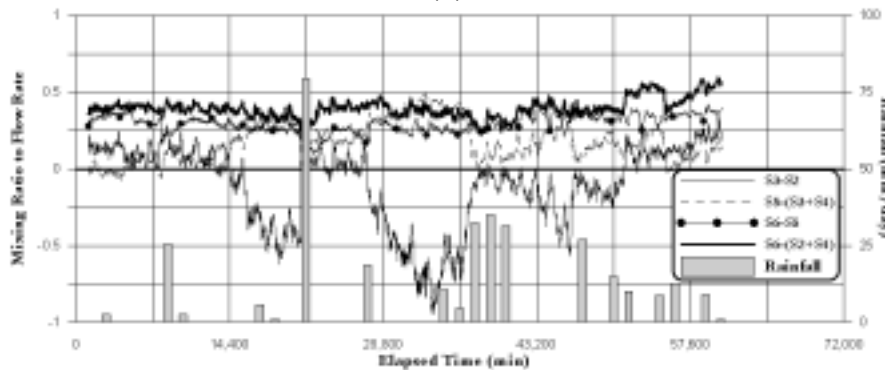
- 김경수, 조기태(2000), 대청댐 유역의 기저유출분리를 통한 기저유량 산정에 관한 연구, 2000, 한국지하수환경학회지 vol 7. No 1 pp 15-19
- 김형수, 원이정(2001), 금강 용담, 공주, 규암 수문 자료를 이용한 기저유출 분리방식 지하수 개발 가능량 예비 산정, 한국지하수토양환경학회 2001년도 추계학술발표회, 143~147
- 양지영(2000), 복류수와 포화지표수 흐름을 고려한 경사면 유출, 박사학위논문, 서울대학교
- 원이정, 김형수, 한찬(2000), 낙동강 진동 및 왜관 수문자료를 이용한 기저유출 분리방식 지하수 개발가능량 산정, 한국지하수토양환경학회 창립총회 및 춘계학술발표회 자료집, 157
- 이광식, 이창수(1999), 남한 강수와 하천수의 산소와 수소 동위원소 조성, 지질학회지, 제35권 1호, 73-84
- 이희근, 전효택, 이종운, 이대혁, 류동우, 오석영(1995), 동해신광 터널굴착공사와 관련된 지표수 및 지하수의 유동변화에 대한 조사연구(I) - 수문학 및 암반수리학적 접근을 중심으로, 터널과 지하공간, 제5권, 347-362
- 조병욱, 성익환, 이병대, 추창오, 김통권, 이인호, 최경국, 김정숙(1999), 터널내 구간별 지하수 유입량 산정방법 : 유속계의 이동, 자원환경지질학회, 제32권, 6권, 661-667
- 허창환(2003), MODFLOW를 이용한 터널의 지하수 유동해석, 한국수자원학회논문집, 제36권 1호, 129-142



(a)



(b)



(c)

그림 3. 각 지점에서의 하천 유출량 관측 결과 : (a) 하천유출량, (b) 관측 지점별 하천 유출량의 편차(기저유출량), (c) 각 지점에서의 하천 유출량과 유출량 편차의 비

Liu, D., Yang, L.Z., and Mao, J.(2000), Application of Environmental Isotope to Groundwater Study of the Quinling Railway Tunnel, Tunneling and Underground Space Technology, vol 15(2), 147-151

Davis, G.M., and Horswill, P.(2002), Groundwater control and stability in an excavation in Magnesian Limestone near Sunderland, NE England, Engineering Geology vol 66, 1-18

Molinero, J., Samper, J. and Juanes, R.(2002), Numerical Modeling of the Hydrogeological Response produced by Tunnel Construction in Fractured Bedrocks, Engineering Geology vol 64, 369-386

Bossart, P., Meier, P.M., Moeri, A., Trick, T. and Mayor, J.C.(2002), Geological and hydraulic characterisation of the excavation disturbed zone in the Opalinus Clay of the Mont Terri Rock Laboratory, Engineering Geology vol 66, 19-38

Black, P.E.(1991), Watershed Hydrology, second edition, Book News, Inc., Portland, Or.