

터널굴착으로 인한 지하수 환경영향 평가방법

정 일 문 (SK건설 연구소 선임연구원)

1. 서 론
 2. 터널굴착에 의한 심정영향 평가
 3. 터널굴착에 의한 계곡수 영향평가
 - 3.1 계곡수 건천화 영향평가
 - 3.2 오탁수 배출에 의한 환경영향평가
 4. 결 론
- 참고문헌

1. 서론

최근 도로, 철도, 하천개수, 건축물등의 공사시 포함되는 각종 지하구조물은 부족한 지표 공간의 활용이라는 장점때문에 더욱 활발하게 진행되고 있다. 반면, 자연상태로 있었던 지하를 변화시킴으로 인해 자연스레 지하수의 유동상황이 달라지게 됐고, 일반적인 장애물을 이용하여 지하수를 차단시키는 대책으로 지하수의 누수방지기술이 발달하기도 했다. 그런데 이러한 지하굴착공사의 규모가 커질수록 오랜 시간이 소요되며, 지하수위저하 및 인근 지역의 식수원 고갈문제등이 제기될 수 있다. 지하수의 고갈 등 인접지역의 피해유발 요소는 없는지 반드시 검토해야 할 항목으로서 이와 같은 평가는 건설공사 입찰의 필수 요소로 대두되고 있다.

2001년 1월 16일에 다시 개정, 공포된 지하수법(법률 6368호)은 지하수의 과대개발, 오염 심화 등 지하수를 둘러싼 환경변화에 대응하여 지하수의 공적관리체계 확립과 지하수 오염 방지 강화등을 통해 지하수의 양적·질적 보전·관리체계를 새롭게 구축하는데 목적을 두고 이루어졌다. 특히 지하철·터널 등 지하구조물로 인해 유출되는 지하수의 저감대책과 이용방안을 강구토록 규정하여 귀중한 지하수자원의 낭비방지를 도모하고 있다(원종호, 2001).

따라서 대규모 터널공사시에 우려되는 식수원의 고갈이나 인접지역에서 활용하는 심정에 대한 영향을 검토하는 과정은 점차 필수적인 검토항목으로 도입되고 있다.

본 보고서에서는 두 가지 사례에 대한 Case Study를 통해 평가방법을 기술하였는데, 첫째는 도로터널 건설시 식수원으로 사용되는 심정의 고갈문제를 평가했고, 두번째는 도로터널 건설로 인한 인근 계곡수의 건천화 영향 및 오탁수 배출에 의한 인근 수원의 오염여부를 평가했다. 두 경우 모두 해석적 방법과 수치해석적 방법을 도입하여 현장에서 수집된 자료를 바탕으로 검토하였다.

2. 터널굴착으로 인한 심정의 영향 평가

2.1 개요

지하굴착공사에 의한 지하수 장애는 크게 나누어 지하수위의 저하에 의한 장애, 지반의 침하, 지하수 오염의 3가지이다. 지하수위의 저하에 의한 장애에는 우물의 고갈, 용수의 고갈 등이 있고, 암반터널공사시 지하수의 용출에 의한 지상의 우물고갈도 이 분류에 속한다. 지하수 장애가 가장 발생하기 쉬운 공중 공법은 철도고가/교량이며, 다음으로 철도터널/농지개발굴착/하도/호안의 굴착도 많이 있지만 그외에 여러 종류의 공중 공법이 있다.

지하수 장애의 대부분은 우물의 고갈이며, 주로 얕은 우물의 고갈에 해당된다. 또 샘물이 마르거나 온천 용수량이 감소하는 현상은 철도터널 공사에서만 생기고 있다. 우물의 고갈이 압도적으로 많은 것은 지하굴착공사에 의하여 지하수가 직접 지하수위에 연결되는 것이 원인이지만, 사람의 생활에 우물의 물이 밀착하여 이용되고 있어서 장애로 인식되기 쉬운 것도 큰 원인이다.

2장에서는 심정(深井)주변을 통과하는 철도터널의 굴착으로 인한 기존의 지하수 환경의 변화를 검토하였다.

2.2 터널주변의 지하수 유동해석

(1) 해석목적

- 터널굴착전 지하수 유동양상
- 터널굴착으로 인한 주변 지하수위의 저하 및 유황(flow pattern)의 변화
- 터널굴착으로 인한 심정에서의 양수량 저하현상 확인

(2) 수치모형

본 해석을 수행하기 위하여 3차원 범용프로그램인 AQUA3D(VATNASKIL Consulting Engineers, 1992)를 사용하였다. AQUA3D는 지하수리학 분야에서 전세계적으로 널리 이용되고 있는 프로그램으로서 지하수 유동 및 용질이동을 해석하며, 유역에서 심정의 양수 / 주입 영향을 해석하는데 특히 유용하다. 지배방정식은 연속방정식과 Darcy의 운동방정식을 결합한 형태로 정상상태인 경우 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다(Freeze and Cherry, 1979).

$$\frac{\partial}{\partial x}(K_x \frac{\partial h}{\partial x}) + \frac{\partial}{\partial y}(K_y \frac{\partial h}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z}(K_z \frac{\partial h}{\partial z}) + W = S_s (\frac{\partial h}{\partial t}) \quad (1)$$

여기서, K_x, K_y, K_z : x, y, z방향의 투수계수(m/sec)
 h : 지하수두(m)
 W : 주입량(+), 또는 양수량(-) (m^3/sec)
 S_s : 비저류계수(Specific Storage)

유한요소망과 지하수 흐름 벡터(vector)를 표현하기 위해 후처리 프로그램인 Tecplot (Amtec Engineering, Inc., 1995)을 이용하였다.

(3) 모델링 자료 분석

1) 해석영역 및 모델구성

A터널의 영향 평가를 위한 지하수 유동해석영역은 $516,140m^2(688m \times 788m)$ 으로서 터널을 중심으로 상부, 좌우측이 산악으로 둘러싸여 지하수 흐름의 divide line 경계를 이루고 있다.

A터널이 통과하는 구간과 심정(이격거리 125m), 개천을 포함한 유한요소망은 그림 2.1과 같다. 수치해석에서는 시추공(TB24~TB28)에서 측정된 지하수위값과 계산된 지하수위를 비교하여 모델 보정(Calibration)을 실시하였으며, 터널굴착후 지하수 유동분석의 입력상수로 선정하였다. 측정된 지하수위는 다음 표 2.1과 같다.

표 2.1 시추공의 관측수위

시추공	TB24	TB25	TB26	TB27	TB28
지하수위 (E.L. m)	222	204	192	192	224
특징	봉적층 이하 연암층 하부 6m에 생성	봉적층에 지하수위 생성 지하수위 높음	봉적층에 지하수위 생성 지하수위 높음	봉적층 이하 연암층 하부 4m에 생성	연암층 하부 에 생성 지하수위 높음

이 측정 지하수위를 이용하여 굴착전의 모델링 결과를 비교하여 제반 변수를 결정한 후, 굴착후의 지하수위 변동을 모델링하였으며, 다음과 같이 총 3가지 case로 나누어 수행하였다.

표 2.2 모델링 Case 및 수행조건

모델링	모델링 수행조건
Case 1	터널 굴착전, 심정에서의 양수가 있을 경우
Case 2	터널 굴착후, 심정에서의 양수가 없을 경우
Case 3	터널 굴착후, 심정에서의 양수가 있을 경우

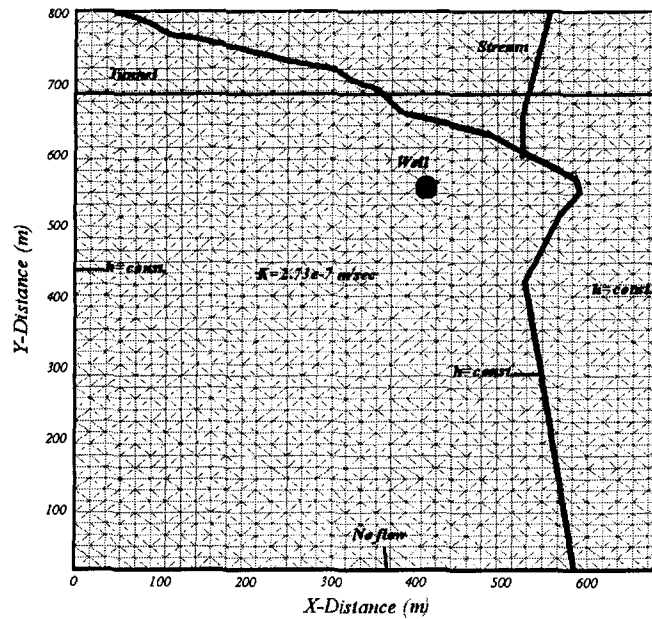


그림 2.1 해석영역에 대한 유한요소망

2) 입력자료 및 경계조건

투수계수는 터널구간 예상심도의 암층을 대상으로 시추조사와 병행하여 수행된 수압시험 결과를 기초로 산정하였다. 수압시험결과, 연암(Type II)의 투수계수는 평균 $5.97E-07(m/sec)$, 경암(Type I)의 평균은 $2.73E-07(m/sec)$ 로 분석되었다. 이중에서도 경암은 터널심도 및 심정에서의 스크린 구간을 포괄한 대부분을 차지하고 있어 이를 대표값으로 정하였다. 한편, 이방성에 관한 자료는 전무하므로, 투수계수는 등방성(isotropic)인 것으로 가정하였다. 또한 심정에서의 양수량은 계획채수량인 일일 $50m^3/day$ 을 고려하였다.

유한요소망에서 좌우의 경계는 현저한 분수령으로 지하수두의 변화가 크지 않을 것으로 예상되어, 일정수두 경계조건(constant head boundary)을 적용하였고, 마을 중앙을 거쳐 하류부로 유입되는 개천에 대해서도 일정한 수두값을 입력하였다. 또한 지하수의 유동방향이

중양의 하천으로 집중되므로, 상, 하단의 경계는 흐름이 없는 경계조건(no-flow boundary)으로 설정하였다.

표 2.3 모델링 Case 및 수행조건

항 목	입력값	비고
투수계수(m/sec)	2.73E-07	수압시험에 의한 경암지대(Type I)의 평균값
공극률	1E-4	TB24, TB25, TB26, TB27의 평균값 사용
양수량(m ³ /day)	50	일일채수계획량

(4) 해석결과

1) 해석적 방법에 의한 영향반경의 평가

터널 굴착으로 인한 영향반경 추정은 주로 Siechardt의 경험식을 사용하며 다음과 같다 (대한 토질공학회, 1986)

$$R = 3000SK^{1/2} \quad (2)$$

여기서, R = 영향반경

S = 총 수두강하로 초기 평균지하수위(195)-터널바닥고(133)=62

K = 투수계수

따라서, 터널 굴착으로 인한 영향반경은 $R=3000 \times 62 \times (2.73 \times e-7)^{1/2}=97.2\text{m}$ 로 산출된다. 터널 굴착으로 인한 영향반경은 터널 중심으로부터 약 97m이므로 심정과 터널과의 이격거리인 125m를 고려할 때, 굴착만 고려할 경우 심정은 일단 영향권 밖에 있는 것으로 1차적인 평가를 내릴 수 있다. 그러나 심정의 상시 양수유동을 고려할 때 심정에 미치는 영향은 분명히 존재할 것으로 판단되며 이를 위해서는 굴착과 함께 심정에서의 양수를 고려한 모델링이 필요하다.

2) 수치모의에 의한 영향반경의 평가

터널 건설 이전과 이후의 지하수 유동변화를 확인하기 위해 터널굴착 전후의 지하수 유동해석을 수행하였다. 전체적인 유황은 마을을 통과하는 하천으로 지하수가 집중하여 하천을 따라 하류부로 유입되는 것으로 나타났으며, 터널굴착 중 지하수위가 터널바닥까지 저하된 경우(worst case 시나리오)에는, 터널을 중심으로 약 100m의 영향반경이 나타나 경험식의 결과와도 잘 일치하였다. 터널 굴착으로 인한 심정에서의 수두저하 값은 비양수시, 약 7m의 수두강하를 보였으며, 양수시에는 그보다 큰 약 16m의 수두강하가 발생하는 것으로 나타났다. 터널굴착으로 인한 심정에서의 수두강하(7~16m)로 양수량이 저하될 것이 예

상되므로, 기존에 설치돼 있는 수중펌프(EL. 134m)를 보다깊은 심도에 재설치할 필요가 있다.

표 2.4 모델링 Case 및 수행조건

항목	터널 굴착전	터널 굴착후		수두강하량 (Δh)
터널하부 지하수위	EL.195m	Case 1	EL.133m	62m
심정	EL.183m(양수시)	Case 2 (비양수시)	EL.176m	7m
		Case 3 (양수시)	EL.167m	16m

(5) 출력결과

1) 터널굴착전, 굴착후의 지하수위 분포

터널굴착전,후의 지하수위 변동은 다음 그림 2.2~그림 2.4와 같다.

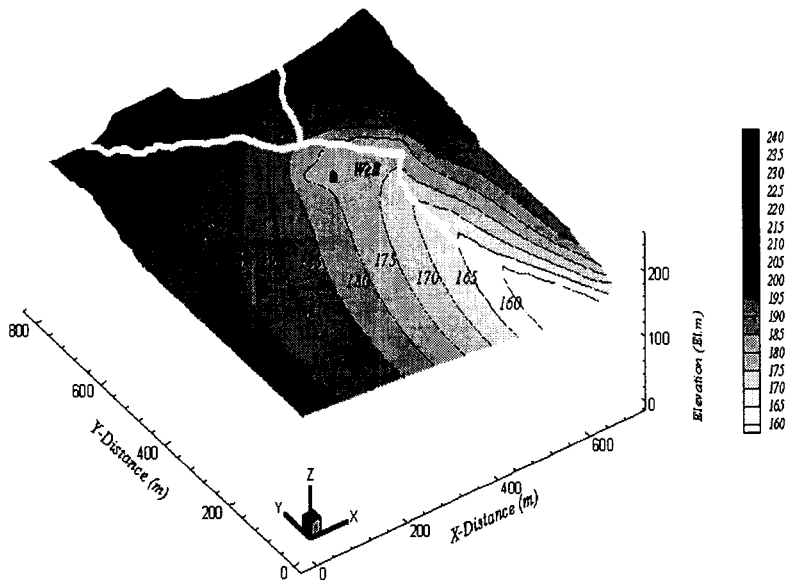


그림 2.2 지하수위 등고선도(굴착전)

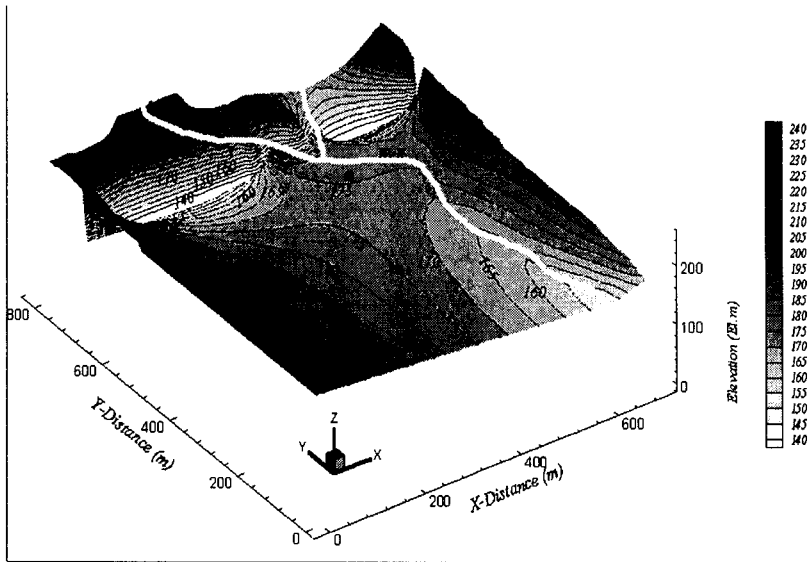


그림 2.3 지하수위 등고선도(굴착후, 비양수기)

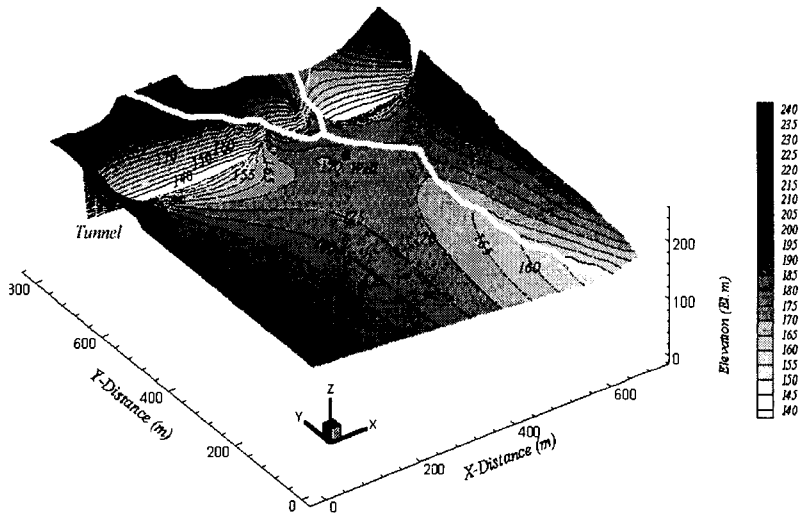


그림 2.4 지하수위 등고선도(굴착후, 양수기)

2) 터널굴착 전, 후의 유황분석

터널굴착전, 후의 지하수 유황변동은 다음 그림 2.5~그림 2.7과 같고, 각 case별 지하수위 변동범위는 그림 2.8과 같다.

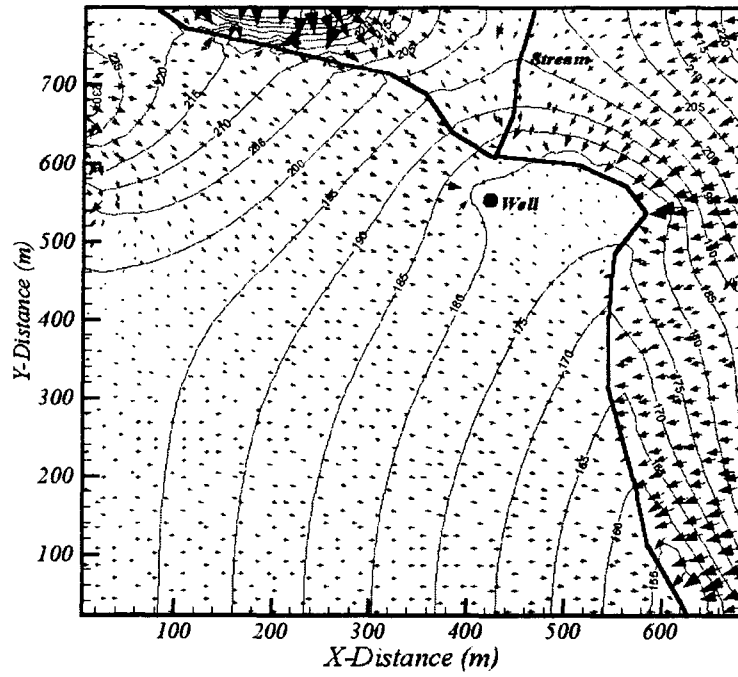


그림 2.5 굴착전 양수시의 유황

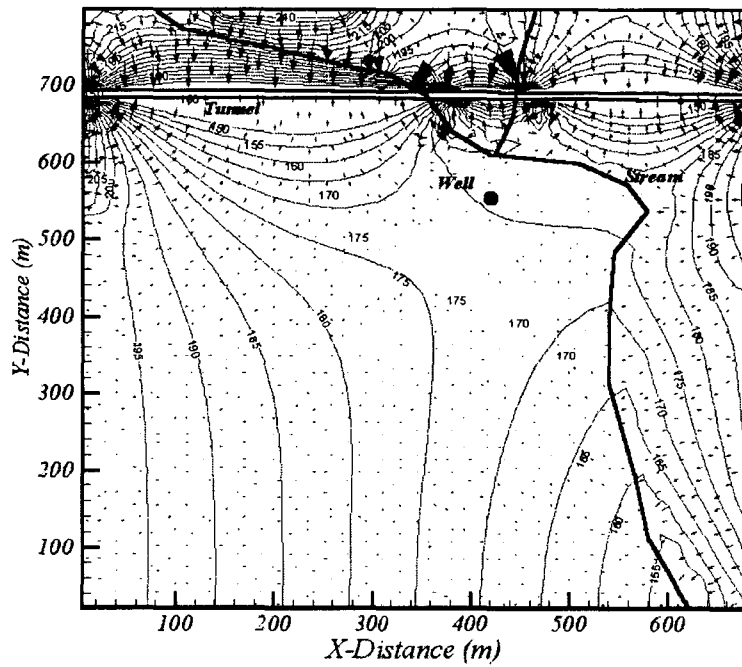


그림 2.6 굴착후의 유황변화

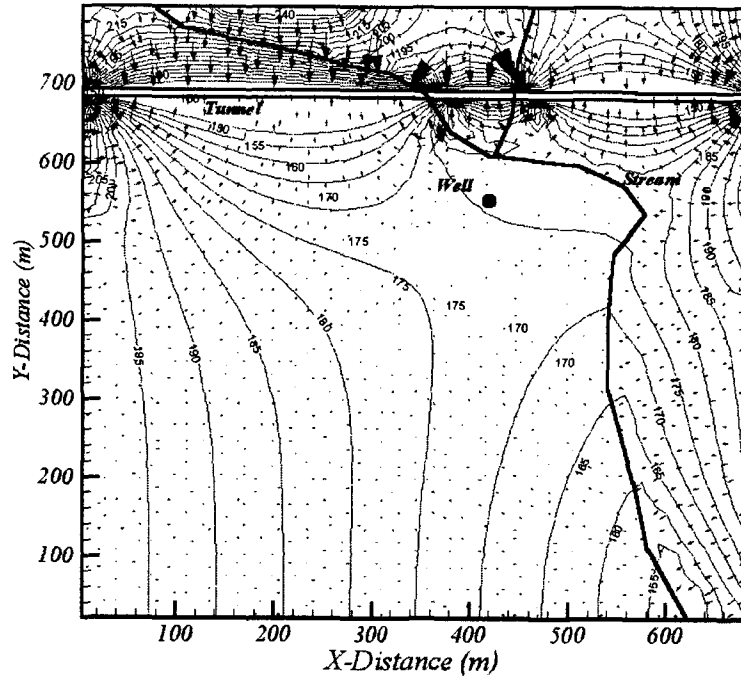


그림 2.7 굴착후 양수기의 유황변화

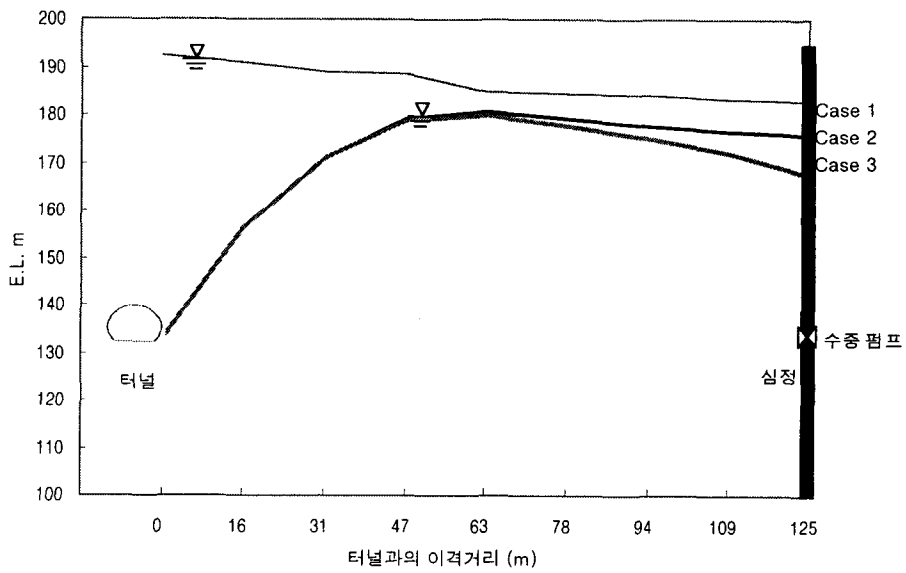


그림 2.8 각 Case별 지하수위 변동범위

3. 터널굴착으로 인한 계곡수 영향평가

3.1 개요

터널굴착으로 인한 지하수 장애중 두번째 사례는 산악지역을 통과하는 도로터널 건설에 의한 인근 계곡수의 고갈문제이다. 이 계곡수는 하류부 소규모 저수지에 공급되어 소규모 촌락의 주민들이 사용하는 생활 용수로서 고갈시 민원제기의 가능성이 있다.

3.2 건전화 영향 평가

B터널은 산악지역을 통과하는 도로터널로서 굴착에 따른 가장 큰 영향은 터널주변 지하수위의 저하 및 유황(flow pattern)의 변화이다. B터널굴착으로 인한 지하수 영향권 산정 및 주변인근 계곡수의 수리지질학적 영향평가를 수행하기 위한 기본 내용은 다음과 같다. 터널 굴착으로 인한 영향반경 추정은 식(2)의 Siehardt 경험식을 사용하였고, 수치모델링은 심정영향 평가에 사용된 바 있는 AQUA 3D모형을 이용하였다.

(1) 자료 조사

터널구간 예상심도의 암층을 시추조사와 수압시험결과를 기초로 산정한 결과는 다음과 같다.

- 투수계수는 대부분 경암으로 구성되어 있음(평균 $K=3.2 \times 10^{-8}m/sec$)
- 경암은 터널심도 및 심정에서의 스크린 구간을 포괄하고 있어 이를 대표값으로 선정
- 투수계수는 등방성(isotropic)인 것으로 가정
- 저류계수는 암반층 전체에 대해 0.0001을 적용

(2) 해석방법

1) 해석순서

시추공(TB24~TB28)에서 측정된 지하수위값과 계산된 지하수위를 비교하여 모델 보정을 실시하였으며, 터널굴착후 지하수 유동분석의 입력상수로 선정

표 3.1 시추공별 지하수위 및 특징

시추공	TB1	TB4	TB9	TB12	TB16
지하수위 (E.L. m)	171	182.5	280	225	146
특징	암중 : 화강암 암층 : 연암	암중 : 섬록암 암층 : 경암	암중 : 섬록암 암층 : 경암 지하수위 최고	-	-

관측 지하수위를 이용하여 굴착전의 모델링 결과를 비교하여 제반 변수를 결정한 후, 굴착후의 지하수위 변동을 모델링하였으며, 총 2가지 case로 나누어 수행하였다. 첫째는 터널 굴착전, 터널내부로 유입량이 없는 경우, 두번째는 터널 굴착후, 터널내부로 일정량이 유입되는 경우이다.

2) 해석모델

해석영역은 B터널 통과구간을 포함하는 영역 $2.85\text{km}^2(1900\text{m} \times 1500\text{m})$ 이다. 터널 중심부는 지형적으로 가장 높고, 터널 시점과 종점으로 갈수록 지형이 낮아지고 있으므로, 방사상의 지하수 유동이 진행되고 있다. 상부, 좌우측이 산악으로 둘러싸여 인근 계곡부의 개천(stream)이 발달유한요소망에서 좌우측 경계는 지하수두의 변화가 크지 않을 것으로 예상되어, 일정수두 경계조건(constant head boundary)을 적용했고, 터널주변의 대표적인 5개의 계곡개천에 대해서 비교적 일정한 수량이 흐른다고 가정하여, 일정한 수두값을 입력했다. 지하수의 유동방향이 주로 해석영역의 좌우측으로 집중되므로, 상, 하단의 경계는 흐름이 없는 경계조건(no-flow boundary)으로 설정한 것에는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.

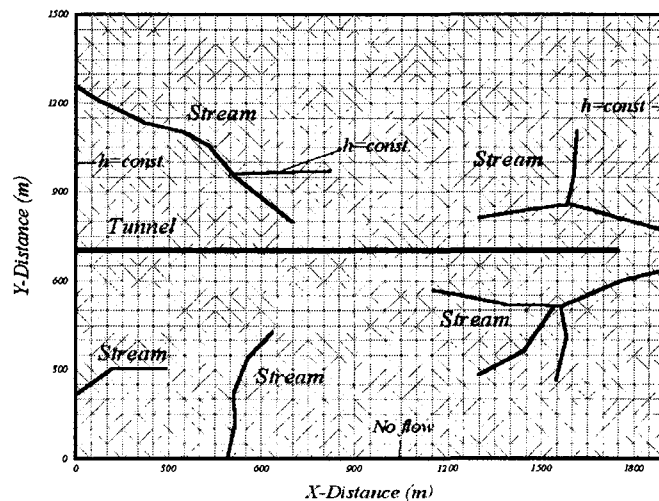


그림 3.1 해석영역에 대한 유한요소 mesh

(3) 해석결과

1) 터널굴착으로 인한 유입량 산정

터널 굴착으로 인한 유입량은 Goodman(1965)의 식을 사용했다.

$$Q_0 = \frac{2\pi KH_0}{2.3 \log(2H_0/r)} \quad (3)$$

여기서, Q_0 : 유입량(m^3/sec)

H_0 : 터널내부로 작용하는 일정지하수두 (터널~지하수위까지 높이 50m 균일적용)

K : 투수계수(m/sec)

r : 터널반경(6.4m)

따라서, 터널구간 전체에 대한 유입량은

$$\Sigma Q_0 = Q_0 \times 1760 = 5 \times 10^{-6} (m^3/sec) \times 1760 \times 86400 = 760.32 m^3/day$$

터널굴착공기인 30개월동안 계산유입량을 적용하여 주변 계곡부의 영향평가를 실시하도록 하였는데, 실제 유입량은 굴착단계별로 산정되므로, 훨씬 적을 것으로 판단된다.

2) 수치해석에 의한 해석결과

지하수위강하는 터널중심부에서 가장 크게 나타나 터널중심으로 반경 50m이내의 영향권에서 지하수위강하량(Δh)은 11~27m로 나타났다.

터널중심부로부터 멀어질수록 영향은 크게 줄어들어 터널중심으로부터 50m~100m범위에서는 지하수위강하량(Δh)이 5~11m, 터널중심으로부터 100~200m의 범위에서는 5m이내의 수위강하가 발생하는 것으로 나타났다. 주요 계곡부의 본류를 포함하는 구간에서는 터널굴착으로 인한 영향이 3m이내인 것으로 나타나 계곡수의 건천화현상은 발생하지 않는 것으로 판단됐다.

표 3.2 터널굴착으로 인한 인근 영향범위산정

항 목	영향범위	수두강하량 (Δh)범위
지하수위강하량	터널중심으로부터 반경 50m이내	11 ~ 27m
	터널중심으로부터 반경 50m ~ 100m이내	5 ~ 11 m
	터널중심으로부터 반경 100m ~ 200m이내 (계곡천 본류 포함)	0 ~ 5m

(4) 출력결과

터널굴착전, 후의 지하수위 분포는 다음 그림 3.2 ~ 3.3과 같고 유속분포도는 그림 3.4 ~ 3.5, 지하수위 저하영향권은 그림 3.6과 같다.

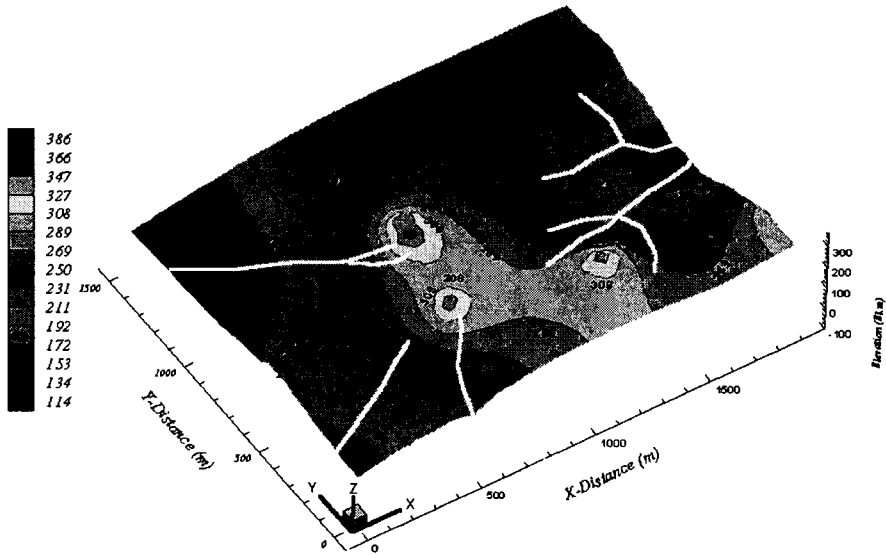


그림 3.2 굴착전 지하수위 분포

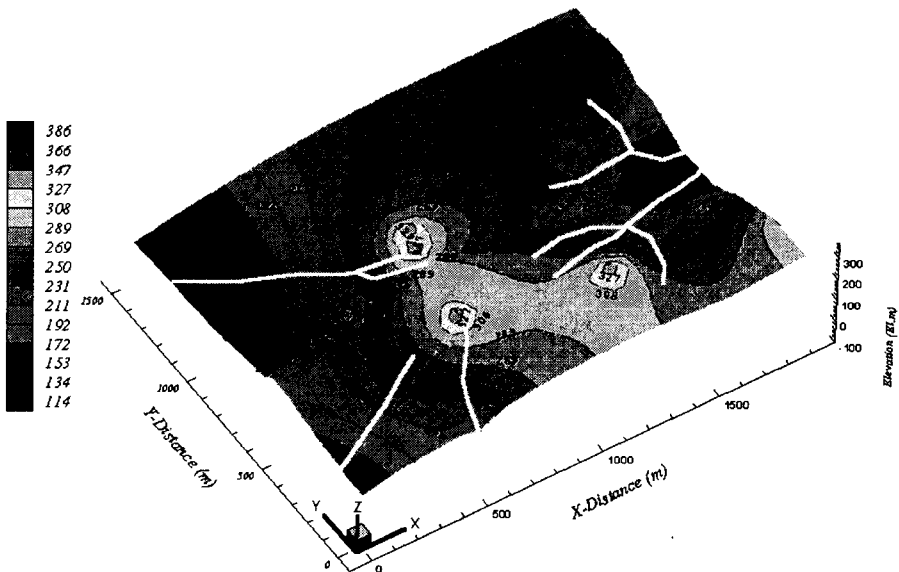


그림 3.3 굴착후 지하수위 분포

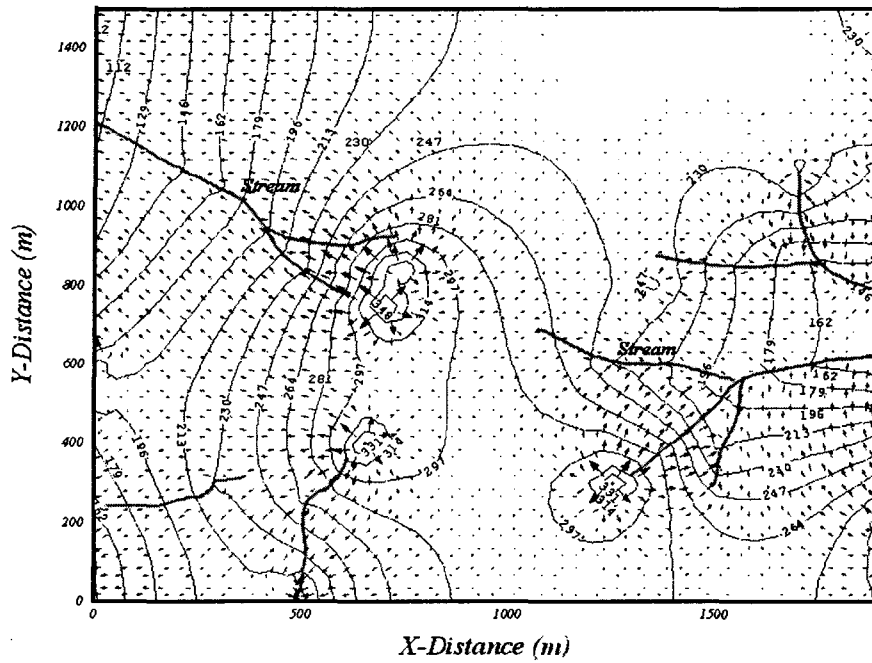


그림 3.4 굴착전 지하수 유속 분포현황

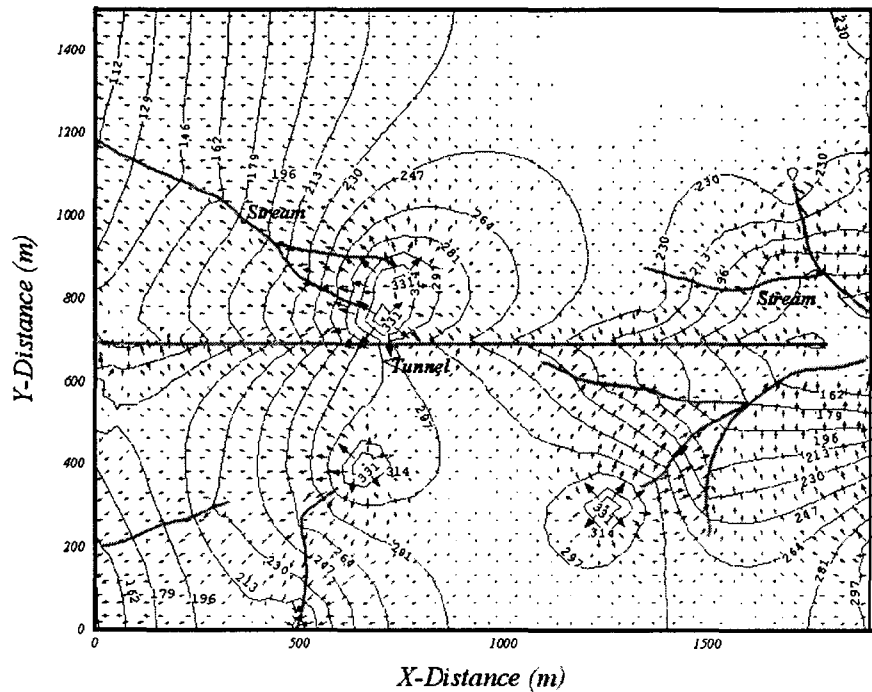


그림 3.5 굴착후 지하수 유속 분포현황

2) 터널굴착후의 지하수위 강하량의 분포

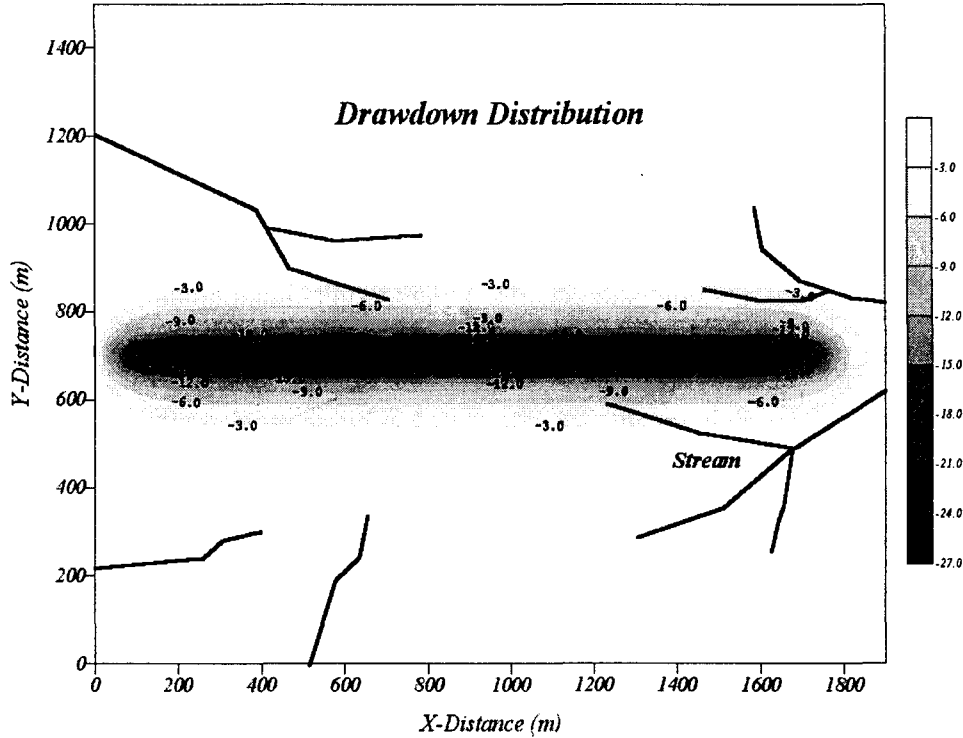


그림 3.6 지하수위저하의 범위

3.3 오탁수 배출에 의한 환경영향평가

(1) 해석개요

1) 해석목적

B 터널굴착후 발생가능한 오탁수의 확산경로를 예측함으로써 인근수리환경에 미치는 영향을 평가하고 필요시 적절한 대책방안을 마련하기 위해 오염물 이동해석을 수행하였다. B 터널굴착후 터널종점부의 오탁수 배출에 의한 오염물 이동 확산 예측을 하는 이유는 터널배출수중 가장 큰 영향을 미치는 pH 및 SS의 발생량이 터널종단부에서 방류되면서 인근 지역으로 퍼져 나가기 때문이다.

2) 해석내용

지하수리학 및 오염물 이동해석 분야에서 널리 이용되고 있는 유한요소프로그램인 AQUA3D를 이용했고, 터널굴착후 종단부에서 오탁수의 배출 및 오염원의 농도분포의 연차

적 해석(1년후, 2년후, 3년후)을 수행하였다.

(2) 해석조건

1) 사용프로그램 및 지배방정식

용질이동의 지배방정식은 비반응 용질의 이송확산 방정식으로 다음 식(3)과 같다.

$$\frac{\partial}{\partial t}(\theta C) = D_x \frac{\partial^2}{\partial x^2}(\theta C) + D_y \frac{\partial^2}{\partial y^2}(\theta C) - \frac{\partial}{\partial x}(V_x C) \quad (4)$$

여기서, D_x, D_y : x, y방향의 분산계수(m/sec)

C : 오염원의 농도

θ : 공극률

2) 해석단면 및 입력자료

모델링에 사용된 격자망 및 흐름조건은 굴착후의 흐름해석조건과 동일하게 적용한다.

해석영역내의 주 오염원은 오탁수로서 터널종단부에 위치한다. 오염물질의 농도는 터널 공사중 발생하는 오탁수 처리방안 연구(한국수자원공사, 1995)에 의거 산정하였으며, 본 해석에서는 환경영향평가결과 SS에 대한 검토를 수행하여 추정평균발생량 1750mg/l를 사용했다. 본 과업구간은 1일 배출량 2000m³이하이므로 적용수질기준은 다음과 같다.

표 3.3 1일 배출량 2000m³이하의 적용수질 기준

시추공	1일 배출량 2000m ³ 이하		
	BOD	COD	SS
청정지역	40이하	50이하	40이하
“가”지역	80이하	90이하	80이하
“나”지역	120이하	130이하	120이하
특례지역	30이하	40이하	30이하

오염물 이동해석을 위해 필요한 입력상수인 분산계수(D_x, D_y)는 다음과 같다.

$$D_x = \alpha_L V_x + D^*, D_y = \alpha_L V_y + D^* \quad (5)$$

종분산지수(longitudinal dynamic dispersivity)인 α_L 은 현장 추적자시험을 통해 산출되어야 하나, 현재 현장시험이 불가능하므로 일반적으로 사용되는 Neuman의 경험식(1990)에 의해 종분산지수를 산출하여 적용했다(Fetter, 1994).

$$\alpha_L = 0.0175 L^{1.46} \quad (6)$$

여기서, α_L : 종분산지수 (m) L : Flow path 길이(m)

- $L=100\text{m}$ (오염원에서 하천까지의 최단거리) , $\alpha_L = 0.0175 \times 100^{1.46} = 14.56 \text{ m}$
- 확산계수(D^*)는 물속에서의 주요 양이온 음이온에 대한 값으로 $1.0 \times 10^{-9} \text{ m}^2/\text{sec}$ 를 사용

3) 해석방법

터널굴착후 오락수 방류후 1년, 2년, 3년후의 세가지 경우로 수행하였으며, 터널종점부를 오염원(source)위치로 정하고, 연속주입(continuous injection)으로 지정후, 시간에 따른 오염원의 공간적 분포를 모델링했다. 오염원의 상대농도(C_0/C)의 분포를 계산한 후, 계곡부 수질에 미치는 영향을 검토하였다.

(3) 해석결과

오염원의 방출 3년후 최대 이송확산되는 오염물농도는 120m범위에서 허용치인 5% ($80\text{mg}/\ell$) 이내로 나타나 이송확산의 범위는 그리 크지 않고 오염원은 계곡수로 유입되지 않는 것으로 나타났다. 그러나 시간에 따라 오염원은 점차 확산되며, 한번 오염된 지하수 질은 회복이 거의 어려우므로 적절한 대책이 요구된다. 터널건설 이전과 동일한 수준의 계곡수 수질을 유지하기 위해서는 오락수의 배출시 정화시설의 설치가 필수적인 것으로 판단된다. Case 1, 2, 3의 경우, 오염원의 확산범위는 다음과 같다.

표 3.4 각 경우별 농도별 확산범위

모델링	농도별 확산범위				
	80mg/ℓ	350mg/ℓ	875mg/ℓ	1400mg/ℓ	1750mg/ℓ
Case 1	100m	50m	20m	5m	0.1m
Case 2	113m	60m	40m	17m	0.8m
Case 3	120m	67m	47m	23m	1.0m

(4) 출력결과

터널 굴착후 종점에서 유발된 오락수 오염원의 연차별 농도분포는 그림 3.7~그림 3.12에 나타냈으며, 거리별 오염원의 분포도는 그림 3.13과 같다.

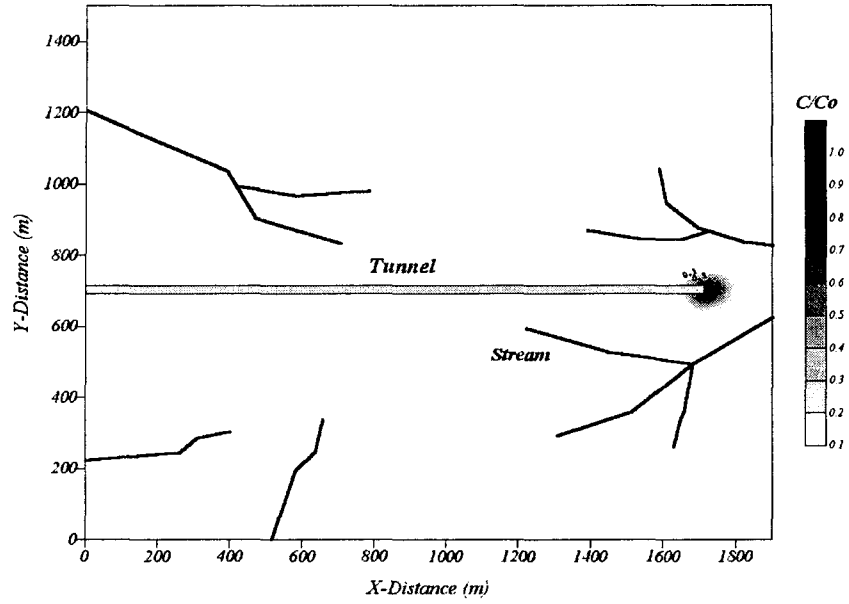


그림 3.7 터널굴착후 오염원의 거동

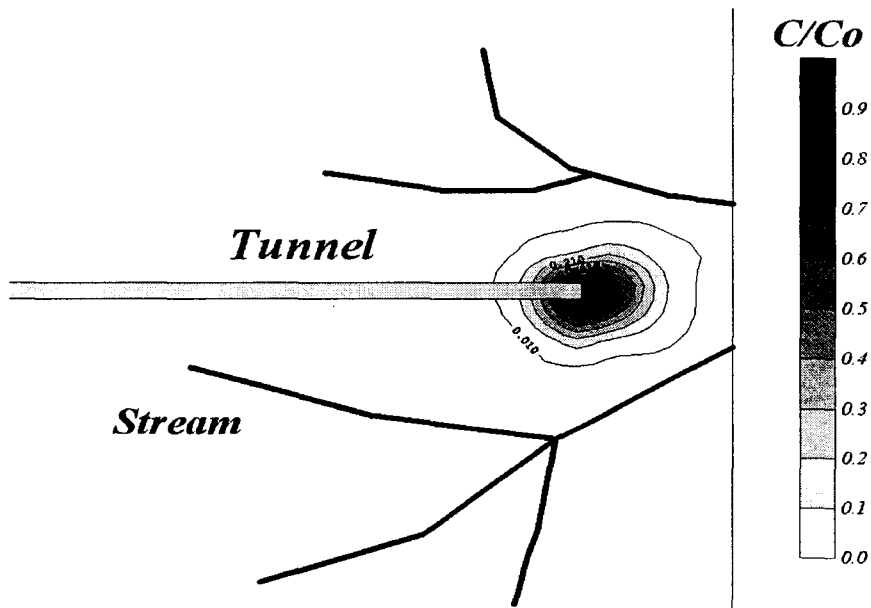


그림 3.8 터널굴착후 오염원의 거동(상세도)

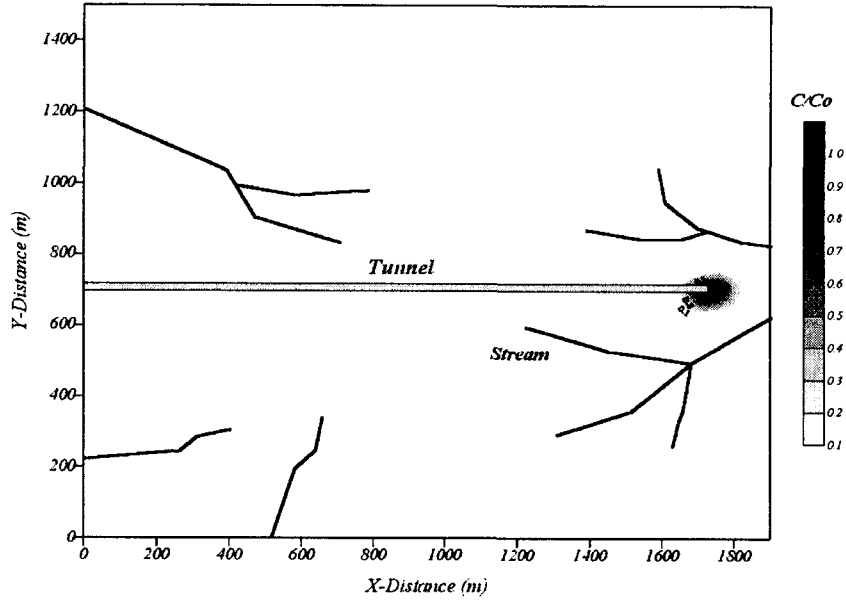


그림 3.9 터널굴착후 오염원의 거동 2년후

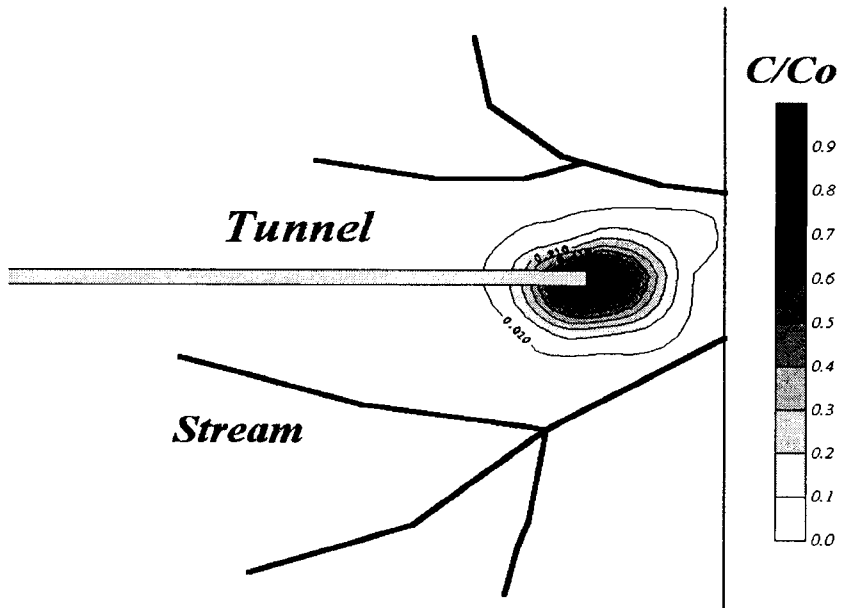


그림 3.10 터널굴착후 오염원의 거동(상세도)

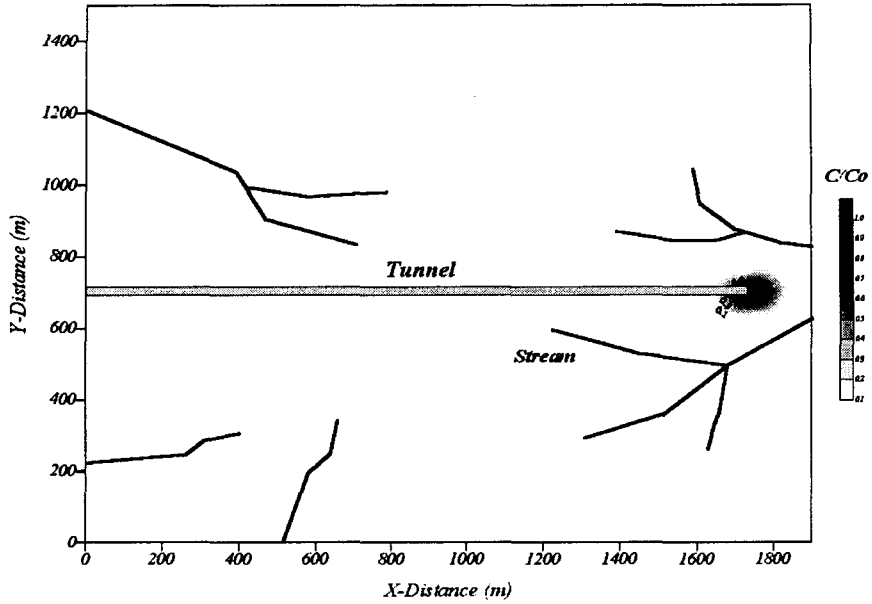


그림 3.11 터널굴착후 오염원의 거동 3년후

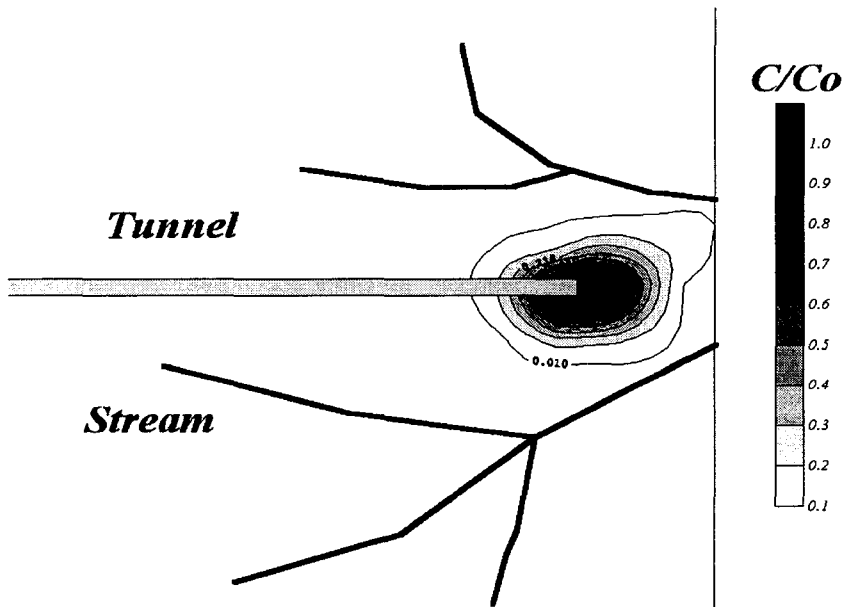


그림 3.12 터널굴착후 오염원의 거동 3년후(상세도)

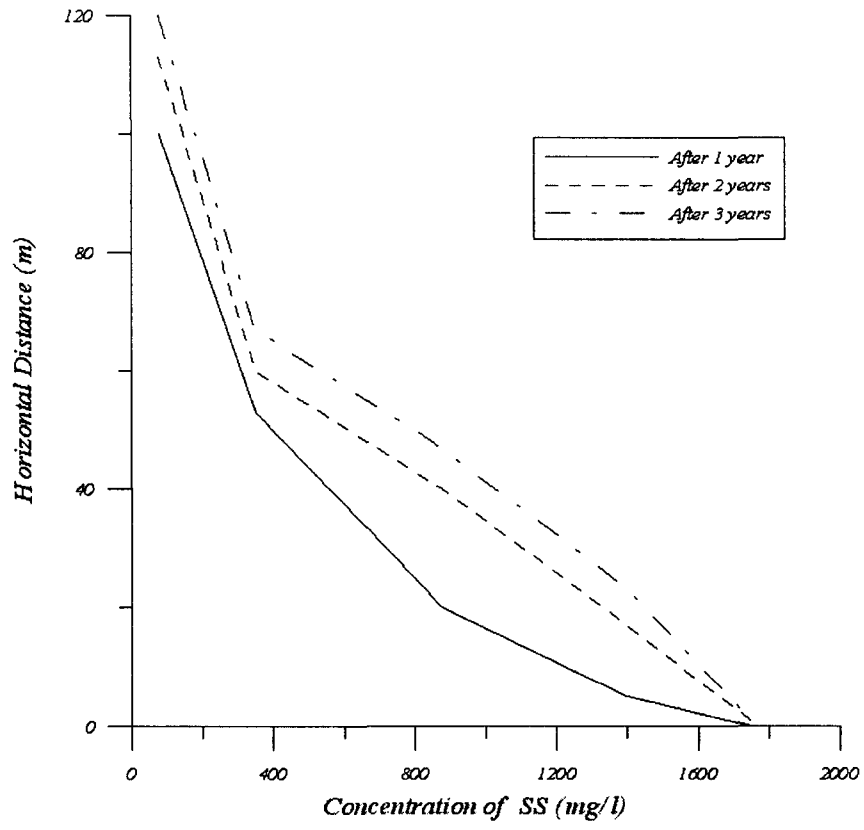


그림 3.13 오염원의 거리별 분포도

4. 결론

Nimby현상은 이제 터널공사에도 영향력을 발휘하기에 이르렀다. 대부분 산악지역에 위치한 도로 및 철도터널의 경우, 마을 주민들이 식수원으로 사용하는 관정에 대한 영향평가 민원이 발생하여, 당초 선정된 최단 노선 선정이 변경될 수도 있는 영향력 있는 변수로 떠오른 것이다.

지하수 고갈의 문제는 합리적인 방법에 의해 그 영향없음을 객관적, 사실적으로 천명하는 것이 최선의 방법이며, 영향을 미칠 경우는 그에 대한 대안을 마련해야 한다.

작년에 재개정, 공포된 지하수법은 지하수의 양적·질적 보전·관리체계를 새롭게 구축하는데 목적을 두고 있으며 이에 따라 향후에는 대규모 터널공사시에 우려되는 식수원의 고갈과 오염의 가속화 문제등도 법제화 될 이슈로 떠오를 전망이다.

본 보고서는 특히 도로터널 건설시 식수원으로 사용되는 심정(深井)과 계곡수의 고갈을 평가하기 위해 두 가지 사례의 Case Study를 수행한 것이다. 해석적 방법과 비교적 단순한 수치모델링을 통해 실제 지역에 적용하기 위한 절차를 기술한 것이다. 이러한 절차는 유사한 터널공사시 발생할 수 있는 민원사례의 한 예로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

참고문헌

- AQUA3D User's Manual (1992) VATNASKIL Consulting Engineers, Reykjavik, Iceland.
Fetter(1994) Applied Hydrogeology, Prentice Hall.
Freeze, R. A. and J. A. Cherry (1979) *Groundwater Englewood Cliffs, N. J., Prentice Hall*
Goodman, R. E., D. G. Moye, A. van Schalkwyk, and J. Javandel (1965) Groundwater inflows during tunnel driving. *Eng. Geol.*, 2, pp. 39~56
Newman, S. P.(1990) Universal Scaling of Hydraulic Conductivity and Dispersivities in geologic media. *Water Resources Research* 26, no.8, pp.1749-1758
Tecplot 7.0 User's Manual (1995) Amtec Engineering, Inc.
대한 토질공학회 (1986) 구조물 기초설계 기준 해설
원종호 (2001) 개정지하수법의 주요내용, 2001년도 춘계학술발표회 논문집, pp. 233~250, 한국지하수 환경학회
한국수자원공사(1995) 터널공사중 발생하는 오탁수 처리방안 연구
SK건설(2001) A터널공사 지반조사 보고서
SK건설(2001) B터널공사 지반조사 보고서