

지하수 환경영향평가

13. 환경영향평가 사례 - 지반굴착공사 관련

1. 철도의 건설사업 사례

본 내용은 환경영향평가시스템에서 자료공개 동의를 한 사업을 대상으로 지하수환경영향평가와 관련이 있는 사업을 임의로 추출하여 정리한 것으로 이와 유사한 사업의 지하수환경영향평가에 대한 전반적인 내용과 시사점, 개선방안을 제시한 것이다.

사업개요

- 사업명: 장항선 개량 2단계 철도건설(남포~간치)
- 대상사업: 철도의 건설사업
- 환경영향평가 실시근거: 환경영향평가법 제22조제2항 및 시행령 제31조제2항 별표3에 의거하여 철도의 건설사업 중 4km 이상인 사업에 해당되므로 환경영향평가대상사업에 해당됨
- 사업시행자: 한국철도시설공단
- 환경영향평가서 제출 및 협의요청 시기

구 분	환경영향평가 대상사업의 종류 및 범위	협의 요청시기
7. 철도의 건설사업	가. 「철도건설법」 제2조제1호·제2호 또는 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제2조제6호에 따른 철도 또는 고속철도의 건설사업 중 길이 4킬로미터 이상이거나 철도시설의 면적이 10만 제곱미터 이상인 것. 다만, 「철도사업법」 제2조제5호에 따른 전용철도를 공장 안에 설치하는 경우는 제외한다.	「철도건설법」 제9조에 따른 실시계획의 승인 전
적용대상	○ 14.187km	○ 실시계획 승인 전

- 사업내용

구 분	내 용
사업기간	○ 2010~2016년 (실시계획 승인후 2010~2020년 변경 예정)
위 치	○ 시점 : 보령시 남포면 봉덕리 일원 (천기(현) 90km663) ○ 종점 : 보령시 주산면 금암리 일원 (천기(현) 104km850)
총 연 장	○ 14.187km
설계기준	○ 시설규모 : 단선 비전철(복선노반 단선궤도) (※ 2021년이후 복선 전철 운행 계획) ○ 적용규칙 : 철도건설규칙 및 규정 ○ 설계하중 : KRL2012 ○ 최소곡선반지름 : R=3,600m ○ 최급기울기 : 10‰ ○ 설계속도 : 250km/h
비 고	○ 농경지 및 구릉지 횡단 ○ 국도21호선 및 서천~보령간 도로 통과 ○ 지방도606호선 횡단 ○ 웅천천(지방하천) 횡단 ○ 시도6호선 횡단 ○ 성동천(소하천) 횡단

- 향후기대효과

: 서해선~장항선~호남선 및 전라선을 잇는 고속화간선철도망구축으로 지역간 균형발전 도모

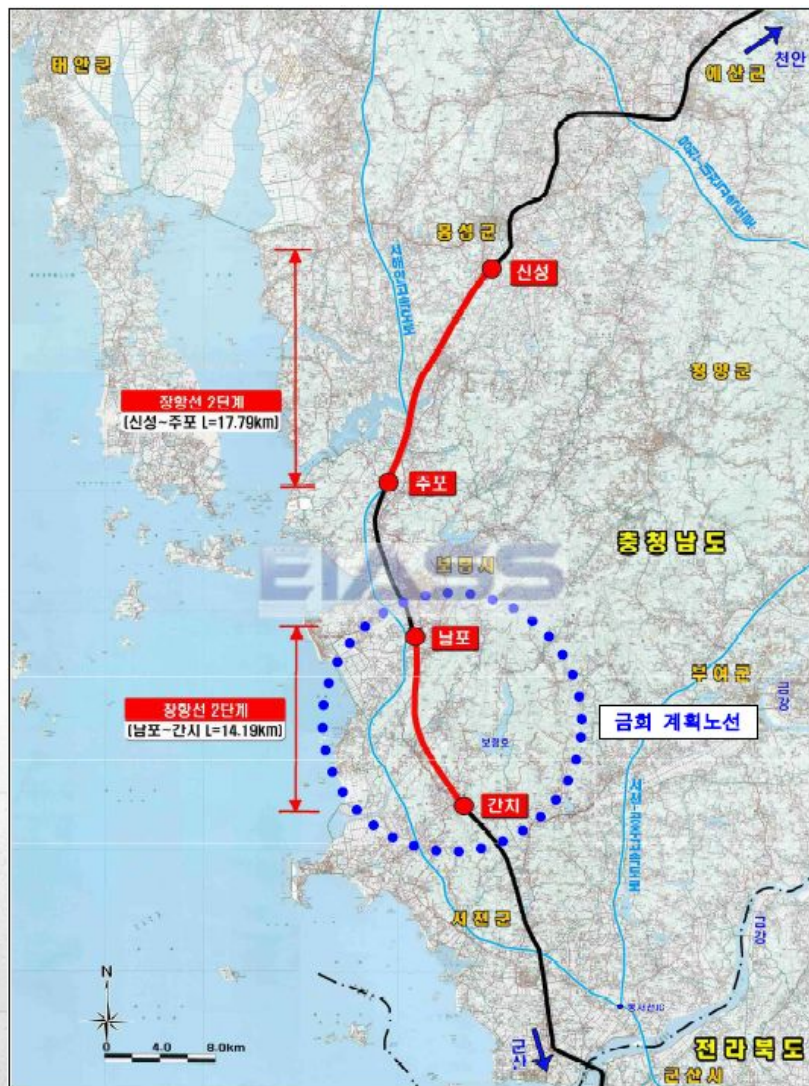
: 장항선 신청~대야간 단선철도 노선을 직선화하는 장항선 1단계 개량사업의 효과 극대화

터널설치 계획 : 6개소, 길이 = 7,169.30m

본 사업은 남포에서 간치까지 총 14.19km 노선(그림 1) 중 6개소(남포 제1, 제2, 제3, 웅천, 대창, 간치)에 총 길이 7.169km의 터널을 설치하도록 계획하였다. 터널설치는 지반 굴착 공사를 수반하므로 그로 인한 유출지하수량을 예측, 평가하고 주변지역, 특히 터널이 횡단하는 상부지역의 생태계(하천, 육상 등)에 미치는 영향을 예측하여 그 결과에 따라 저감대책을 마련하는 지하수 환경영향평가를 실시하여야 한다.

<표 1> 터널설치 계획

구분	터널명	위 치(천기(현))		연장 (m)	비 고
		시 점	종 점		
1	남포제1	91km178.00	91km247.30	69.30	개착터널
2	남포제2	92km015.00	92km480.00	465.00	
3	남포제3	92km590.00	97km470.00	4,880.00	
4	웅천	99km500.00	99km650.00	150.00	
5	대창	99km780.00	101km085.00	1,305.00	중간개착(L=40m)
6	간치	102km380.00	102km680.00	300.00	



<그림 1> 계획노선 위치도

지하수 환경현황 조사

1) 조사대상지역 선정

대상지역은 골프장 예정부지를 포함하는 지하수 광역분수령을 설정하여 광역분수령 내의 집수유역면적에 대해 지하수영향조사를 실시하였음

2) 수질(하천, 호소, 지하수)현황

: 수질측정망과 현지조사를 통해 계획노선 주변 수계의 수질현황을 조사하였다.

- 수질 측정망

하천수와 농업용수의 수질은 충청남도, 금강유역환경청, 한국농어촌공사에서 운영중인 수질측정망 3개 지점에서 2009년~2013년까지 5년간 연평균 자료를 수집, 분석하였고 지하수의 경우 환경부에서 운영중인 지하수 수질측정망 1개지점의 2011년, 2012년 상하반기 지하수 수질측정자료를 분석하였다.

<계획노선 주변 수질측정망 현황>

측정소명		주 소	상세지점	조사기관	수계	
					지류	본류
하천수	대천천	보령시 대천동	계획노선 주변	충청남도	-	대천천
	웅천천2	보령시 웅천읍 노천리	계획노선 주변	금강유역환경청	-	웅천천
농업용수	남포저수지	보령시 남포면 옥서리	계획노선 통과	한국농촌공사	-	-
지하수	J-3-c-4	보령시 남포면 창동리 636-1	계획노선 주변	지방자치단체	-	-

그 결과, 계획노선 주변 하천수의 수질은 BOD 기준 대천천 II-IV 등급, 웅천천2 1a~1b 등급으로 조사되었다.

- 현지조사

현지조사에서는 계획노선의 호소수 1개 지점, 하천수 6개 지점, 지하수 4개 지점을 대표 지점으로 선정하여 하천수질 및 호소수질 18개 항목, 지하수질 22개 항목에 대해 4차레 (1,2차는 갈수기; 3,4차는 평수기)에 걸쳐 조사, 분석하였다.

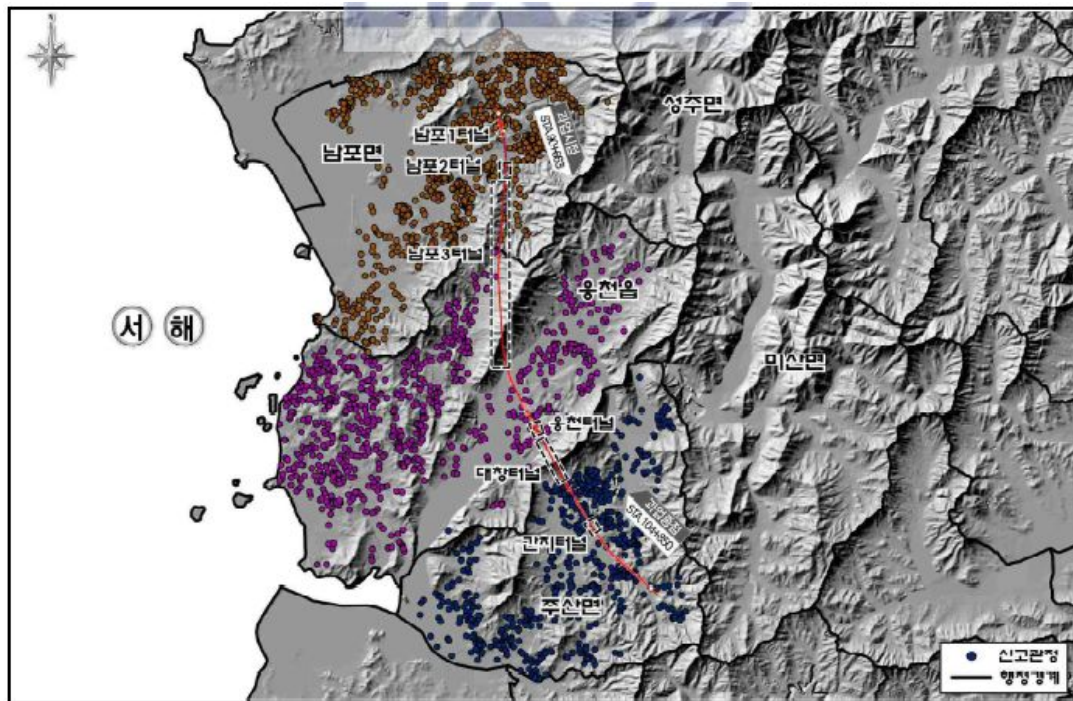
<수질 조사항목>

구 분	조 사 항 목	항 목 수
하천수질 호소수질	수온, pH, DO, BOD, COD, SS, T-N, T-P, Cd, Cr ⁶⁺ , Pb, As, Hg, 유기인, PCB, ABS, Cu, CN, 유량, TOC	20개 항목
지하수질	pH, 색도, 탁도, 냄새, 맛, KMnO ₄ 소비량, Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻ , 경도, NH ₃ -N, NO ₃ -N, F, Cu, Fe, As, Hg, Cr ⁶⁺ , Cd, 페놀, Al, 총대장균군, 일반세균	22개 항목

지하수수질은 먹는물 시험방법에 의하여 실시하고 조사 결과, 지하수 수질은 4차레 모두 지하수 수질기준을 만족하는 것으로 조사되었다.

3) 정천현황조사

터널 인근(보령시 남포면, 웅천읍, 주산면)에 분포하는 신고관정 현황을 조사한 결과, 남포면 1,717개소, 웅천읍 903개소, 주산면 804개소가 신고되어 있으며 이용량은 웅천읍, 남포면, 주산면 순으로 웅천읍에서 가장 많은 지하수를 사용하고 있는 것으로 나타남. 개발된 지하수는 주로 농업용, 생활용으로 이용됨.



< 그림 4> 터널 인근 지하수 이용 현황

< 표 4> 지하수 관정 및 이용 현황

구 분		보령시			
		남포면	웅천읍	주산면	계
시설수 (개소)	생활용	1,220	163	275	1,658
	공업용	8	9	2	19
	농업용	489	731	527	1,747
	합계	1,717	903	804	3,424
이용량 (㎥/년)	생활용	665,873	386,143	300,171	1,352,187
	공업용	58,910	134,600	16,400	209,910
	농업용	1,654,266	3,724,775	1,696,651	7,075,692
	합계	2,379,049	4,245,518	2,013,222	8,637,789
공당 이용량	생활용	545.8	2,369.0	1,091.5	4,006.3
	공업용	7,363.7	14,955.5	8,200.0	30,519.2
	농업용	3,383.0	5,095.5	3,219.5	11,697.0
	합계	11,292.5	22,420.0	12,511.0	46,233.5

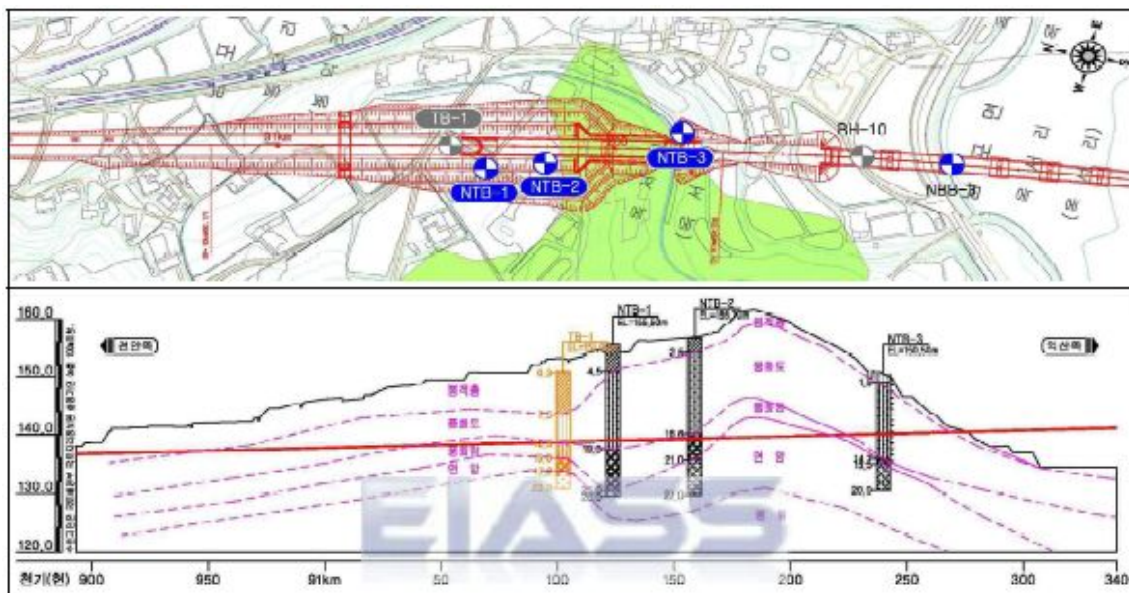
자료 : 지하수조사연보, 2013, 국토교통부·한국수자원공사

4) 취수장 현황

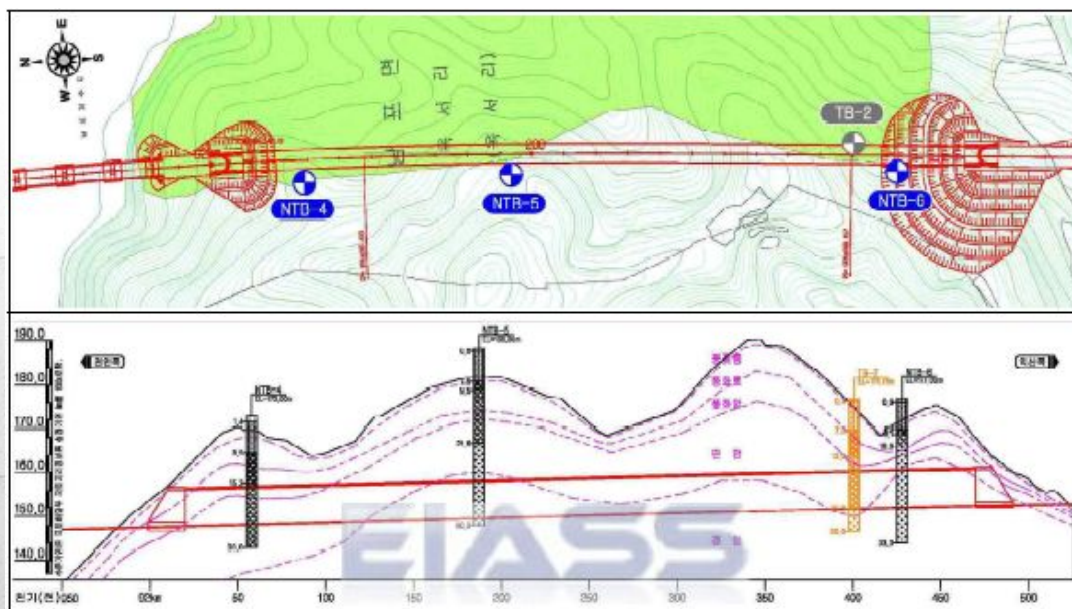
본 계획노선이 통과하는 지역의 취수장 현황 조사결과, 총 3개의 취수장이 위치하고 그 중 2개의 취수장은 수원이 하천복류수로 즉 하천과 인접한 지하수인 것으로 조사되었다. 이들은 모두 계획노선과 상이한 수계이거나 상류에 위치하는 것으로 조사되었음.

5) 지반조사

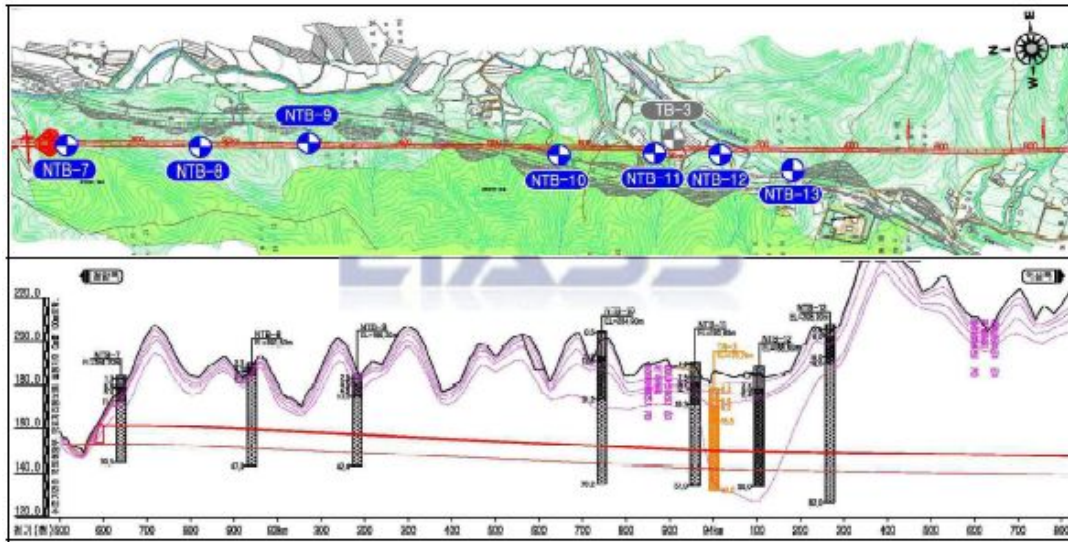
계획노선 및 인근의 지반현황을 파악하기 위하여 시추조사를 실시하였다. 시추조사에서는 각 지점에서의 지층의 수직분포와 지층의 구성상태, 심도, 두께 등을 조사하였다. 일부 터널에서의 시추결과를 도시화하면 다음과 같다.



<남포터널 시추조사 결과>



<남포2터널 시추조사 결과>



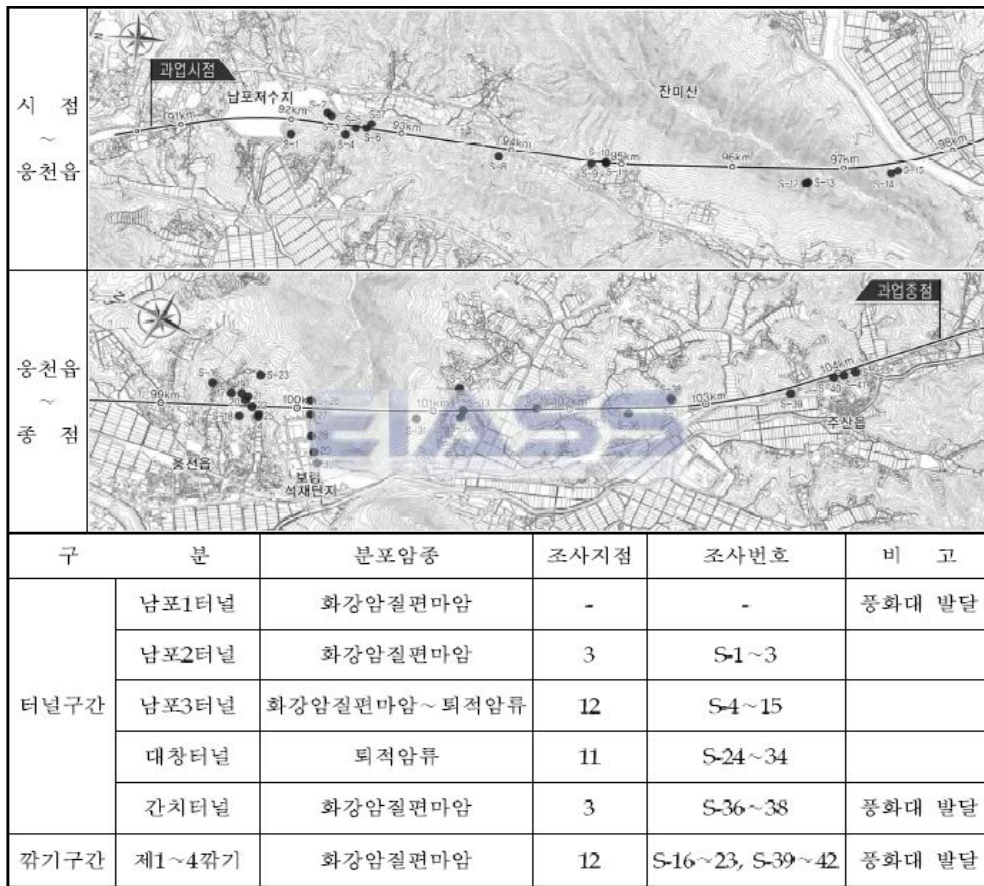
<남포3터널 시추조사 결과>

6) 지표지질 조사

계획노선은 선캠브리아기의 화강편마암이 시점부와 종점부에 걸쳐 넓게 분포하고 웅천읍을 중심으로 주라기의 퇴적암류가 북동방향으로 분포하고 있음. 계획노선의 인근지역은 습곡작용과 단층운동 등으로 인해 복잡한 지질구조가 형성되었음.

계획노선을 중심으로 총 42개 지점에 대해 지표지질조사를 실시하였으며 그 조사 결과는 다음 표와 같다.

<지표지질조사 지점 및 조사결과>



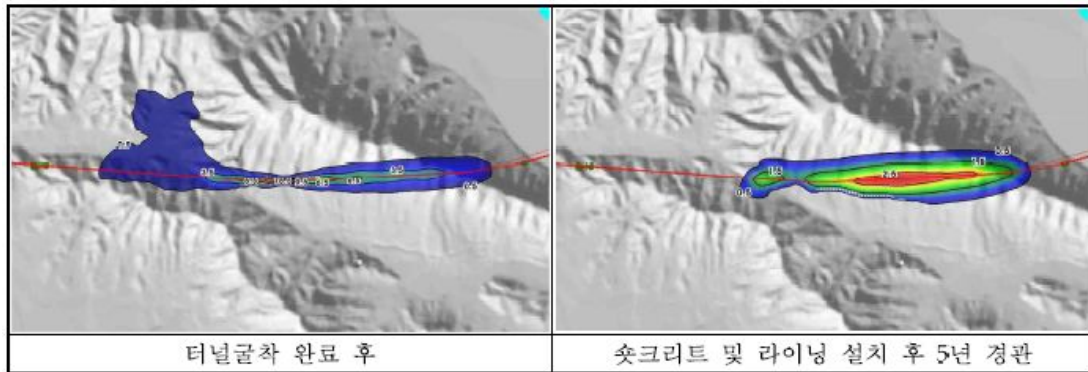
터널설치에 따른 지하수 영향

- 계획노선의 터널 중 장대터널인 남포 제2,3터널과 대창터널에 대해 지하수 영향평가를 검토하였고, 짧은 터널인 웅천, 간치 터널은 산지를 통과하는 터널로 노선 인근에 관정이 없는 것으로 조사되어 지하수 영향평가에서 제외하였음.
- 자연적인 지하수의 흐름상태 및 터널의 굴착공사 등의 외부적 요인에 의한 지하수계의 유동변화를 Visual Modflow를 이용, 지하수모델링을 통하여 예측, 분석함.

1) 터널굴착에 따른 지하수위 강하구간 분석

남포 제2,3터널

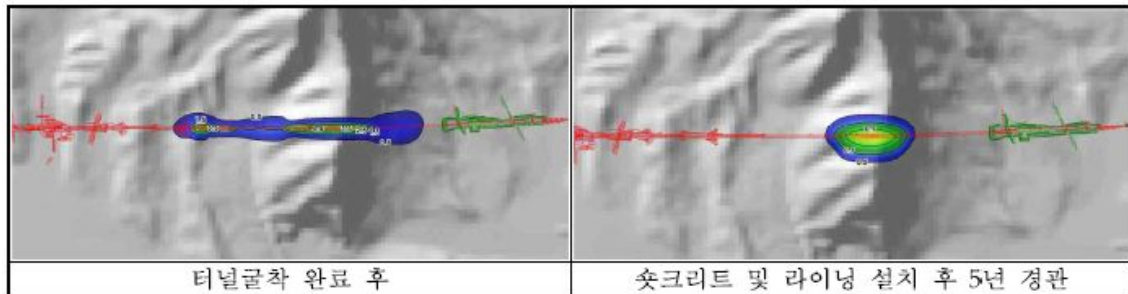
- 굴착완료 시 0.5m 이상 지하수위 강하가 발생하는 최대영향 범위는 터널 좌측방향으로 최대 852.8m로 나타남
- 숏크리트 및 라이닝 후 5년 경과된 시점에서 0.5m 이상 지하수위 강하가 발생하는 최대영향범위는 터널 우측방향으로 최대 280.3m 가 나타남. 지보재 타설 이후에도 터널 내로의 지하수 유출량은 감소하여 최대 강하량 및 영향반경 범위도 감소하는 것으로 분석됨.



<그림> 남포2,3터널 굴착에 따른 지하수위 강하

대창터널

- 굴착완료 시 0.5m 이상 지하수위 강하가 발생하는 최대영향 범위는 터널 좌측방향으로 최대 78.9m로 나타남
- 숏크리트 및 라이닝 후 5년 경과된 시점에서 0.5m 이상 지하수위 강하가 발생하는 최대영향범위는 터널 우측방향으로 최대 105.1m 가 나타남. 지보재 타설 이후에도 터널 내로의 지하수 유출량은 감소하여 최대 강하량은 감소하나 영향반경 범위는 약간 증가하는 것으로 분석됨



<그림> 대창터널 굴착에 따른 지하수위 강하

2) 구간별 유출지하수량 예측

남포 제2,3터널

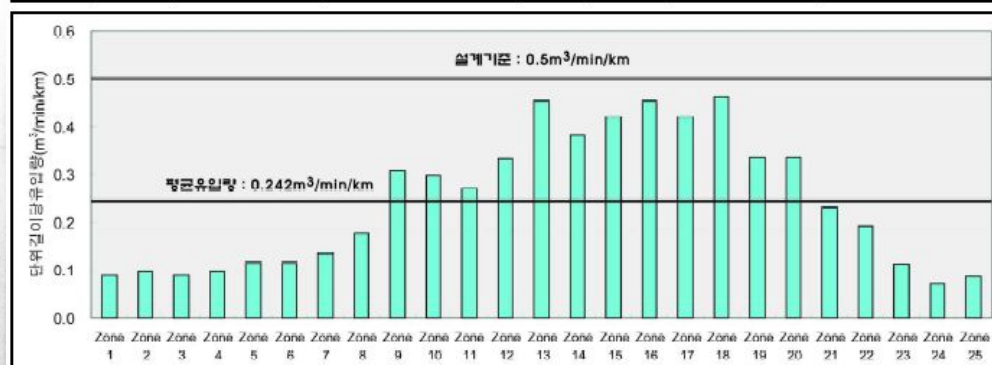
- 남포 2터널 대상구간(연장 약 0.47km)에 대해 100m 간격으로 구간(zone)을 구분하여 구간별 단위길이당 유출지하수량을 분석함
- 남포 3터널은 대상구간(연장 약 4.8km)에 대해 200m 간격으로 구간을 구분하여 총 25개 구간에 대해 단위길이당 유출지하수량을 분석함
- 그 결과 남포 2터널 굴착종료시 평균 단위길이당 유출지하수량은 터널 전 구간에 걸쳐 $0.085\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ 로 산정되었으며 평균단위길이당 유출지하수량보다 구간별 단위길이당 유출량이 매우 높게 나타나는 구간에 대해서는 차수그라우팅 및 보강공법을 적용하여 터널 내 유출지하수량을 감소시킬 수 있는 저감방안 마련하여 터널 내 안정성을 확보할 필요가 있음.
- 남포 3터널 굴착종료시 평균 단위길이당 유출지하수량은 터널 전 구간에 걸쳐 $0.242\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ 로 산정되었으며 평균단위길이당 유출지하수량보다 구간별 단위길이

당 유출량이 매우 높게 나타나는 구간에 대해서는 차수그라우팅 및 보강공법을 적용하여 터널 내 유출지하수량을 감소시킬 수 있는 저감방안 마련하여 터널 내 안정성을 확보할 필요가 있음.



A. 남포2터널

구 분	연장 (m)	단위길이당 유입량($m^3/min/km$)		구 분	연장 (m)	단위길이당 유입량($m^3/min/km$)	
		굴착완료 시	굴착완료 5년 후			굴착완료 시	굴착완료 5년 후
Z1	200	0.089	0.065	Z14	200	0.381	0.070
Z2	200	0.097	0.036	Z15	200	0.420	0.061
Z3	200	0.088	0.011	Z16	200	0.453	0.053
Z4	200	0.096	0.023	Z17	200	0.421	0.040
Z5	200	0.116	0.015	Z18	200	0.463	0.027
Z6	200	0.116	0.025	Z19	200	0.333	0.013
Z7	200	0.134	0.018	Z20	200	0.336	0.006
Z8	200	0.176	0.013	Z21	200	0.232	0.005
Z9	200	0.307	0.010	Z22	200	0.193	0.017
Z10	200	0.296	0.040	Z23	200	0.114	0.034
Z11	200	0.270	0.070	Z24	200	0.072	0.048
Z12	200	0.332	0.071	Z25	90	0.087	0.050
Z13	200	0.452	0.076				



B. 남포3터널

<그림> 터널 구간별 단위길이당 유출지하수량(지하수유입량)

대창터널

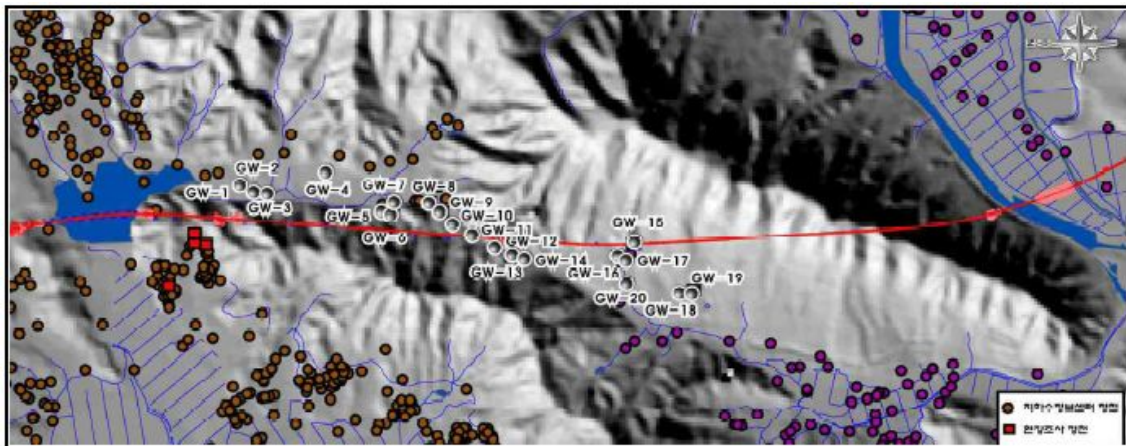
- 대창터널은 NATM공법을 적용하는 총연장 1,325m의 터널구조물로 전 구간에 대해 구간별 유출지하수량을 분석함
- 대상구간(연장 약 1.3km)에 대해 100m 간격으로 구간을 구분하여 총 13개 구간에 대해 단위길이당 유출지하수량을 분석함
- 그 결과 굴착종료시 평균 단위길이당 유출지하수량은 터널 전 구간에 걸쳐 $0.192\text{m}^3/\text{min}/\text{km}$ 로 산정되었으며 평균단위길이당 유출지하수량보다 구간별 단위길이당 유출량이 매우 높게 나타나는 구간에 대해서는 차수그라우팅 및 보강공법을 적용하여 터널 내 유출지하수량을 감소시킬 수 있는 저감방안 마련하여 터널 내 안정성을 확보할 필요가 있음.

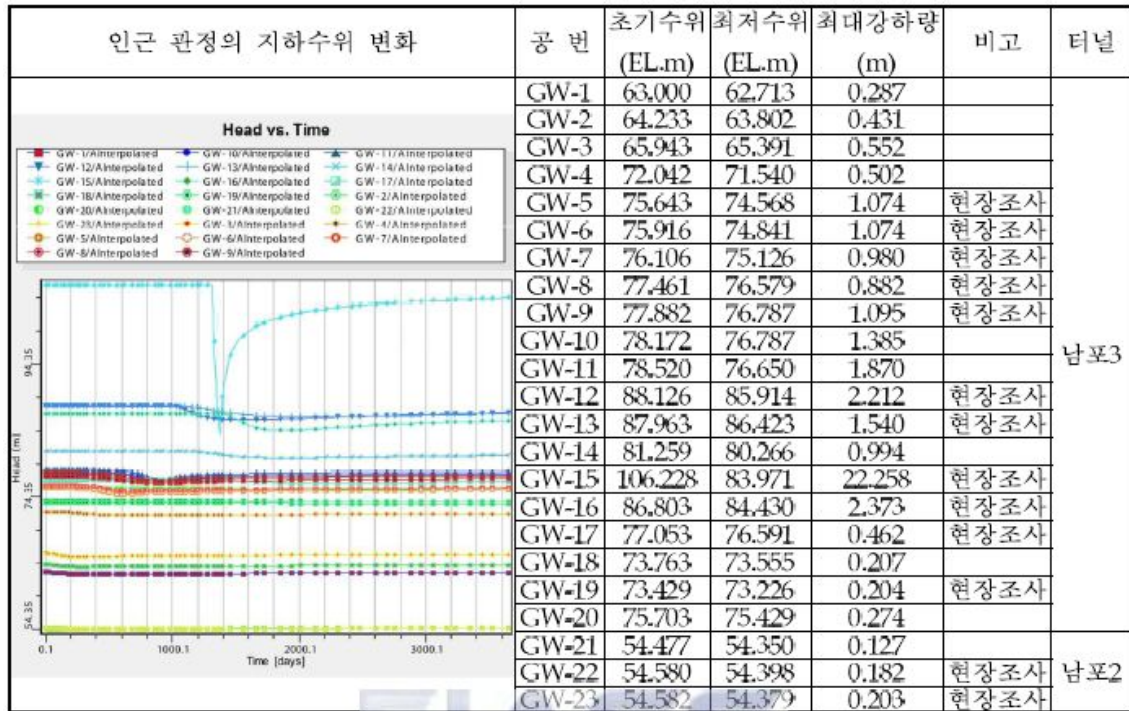
3) 터널 인근 관정에 미치는 영향분석

남포 제2,3터널

- 남포 2,3 터널 행정구역에 분포하는 기존 신고관정은 국가지하수정보센터의 자료에 따르면 2,620개소이고 현지조사 결과 14개소의 지하수 관정이 발견됨
- 이 중 터널 노선에 근접해 터널굴착 영향을 받을 것으로 판단되는 대표관정 20개소를 선정하여 지하수 수리수문 영향분석 실시하였음.
- 그 결과 터널 노선과 인접한 관정에서 지하수위 강하량이 많이 나타나고 터널 굴착 완료시점에서 남포 제2터널은 $0.127\text{m}\sim 0.203\text{m}$, 제 3터널은 $0.204\text{m}\sim 22.258\text{m}$ 의 수위강하가 나타나다가, 그라우팅을 시행한 후 점진적으로 지하수위가 상승함.
- 특히, 남포3터널 GW-15관정에서 약 22m의 수위강하가 예측되므로 필요하다면 농경지분포, 지하수이용시설 등을 종합적으로 고려하여 대체관정의 개발여부를 판단할 필요가 있음.

<그림> 남포2,3터널 인근 지하수관정에서의 지하수위 변화

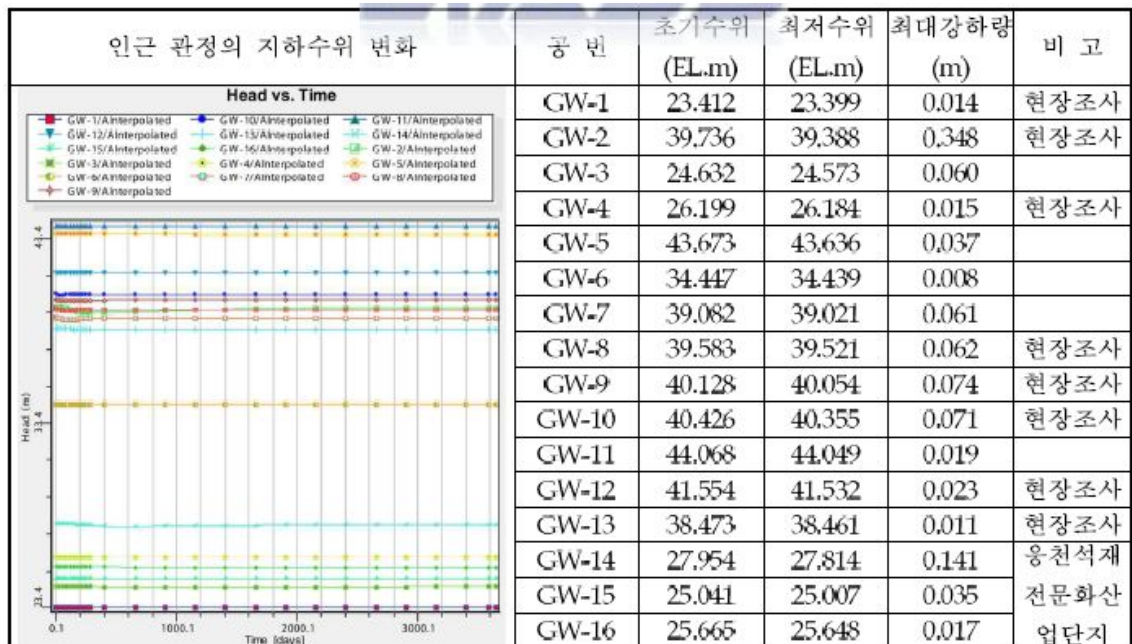
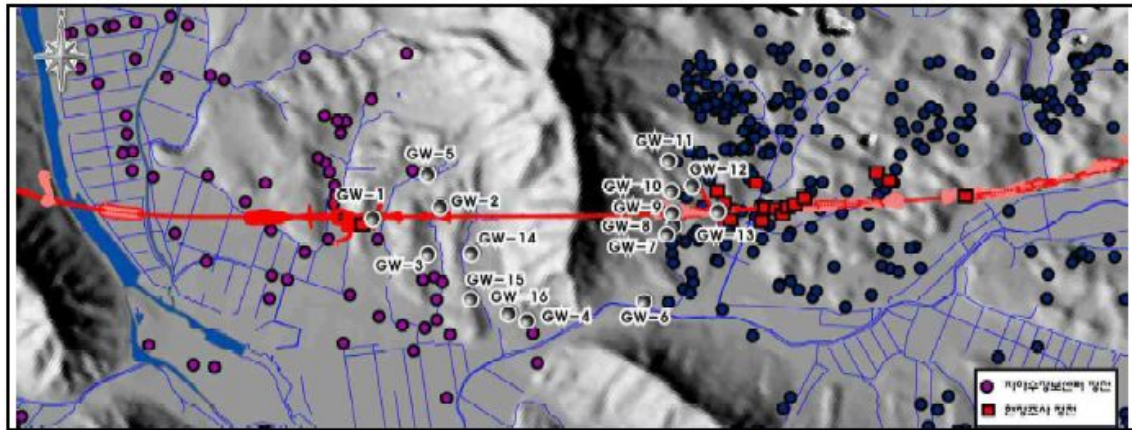




대창터널

- 대창터널 행정구역에 분포하는 기존 신고관정은 국가지하수정보센터의 자료에 따르면 1,707개소이고 현지조사 결과 23개소의 지하수 관정이 군집성 높게 분포하고 있음.
- 이 중 터널 노선에 근접해 터널굴착 영향을 받을 것으로 판단되는 대표관정 16개소를 선정하여 지하수 수리수문 영향분석 실시하였음.
- 그 결과 터널 노선과 인접한 관정에서 지하수위 강하량이 많이 나타나고 터널 굴착 완료시점에서 0.008m~0.348m의 수위강하가 나타나다가, 그라우팅을 시행한 후 점진적으로 지하수위가 상승함.
- 터널 노선에 인접한 관정 모두 0.5m이하의 수위강하를 보이므로 터널굴착에 따른 수위 저하의 영향은 미미한 것으로 판단됨.

<그림> 대창터널 인근 지하수관정에서의 지하수위 변화



지하수수질 오염 개연성 평가

1) 터널공사시 폐수발생에 따른 지하수수질 영향

- 터널공사시 발생하는 폐수배출량은 장비급수량과 터널 내로 유출되는 유출지하수량으로 구분되나, 장비급수량은 적기 때문에 대부분 유출지하수에서 기인됨.
- 터널굴착에 따른 지하유출수는 그 자체로는 특별한 오염을 일으키지 않으나 지하수관정 천공시 발생하는 석분, 버력 등에서 세립토가 혼입되어 부유물질의 농도가 높은 탁수가 발생되며 이런 탁수가 외부로 유출될 경우 인근 수계의 오염가중이 우려되므로 적절한 저감대책이 요구됨.

2) 폐공으로 인한 지하수오염 가능성 검토

- 본 계획노선 내 지하수로의 오염물질 유입이 우려되는 관정은 농업용 폐쇄 관정 및 인근마을의 생활용 폐공, 그리고 지반조사에 사용된 시추조사공 등이다.

지하수 영향저감 및 개선 방안

1) 공사시

가. 터널지하수 유출에 의한 지하수위 영향 저감방안

차수공법(프리그라우팅) 적용 검토

전기비저항 이상대 및 단층파쇄대 등 막장 불안정 구간의 누수가 예상되는 구간에 지반강도가 저하될 우려를 저감하고 지수성을 증진하기 위해 차수공법을 적용할 계획임

지하수위 모니터링

남포2터널과 대창터널과는 달리 지하수위 강하가 0.5m이상으로 크게 나타날 것으로 예측되는 남포3터널의 경우 공사시 사후환경영향조사와 연계하여 터널공사시부터 지속적인 지하수위 모니터링을 시행하도록 하며 필요시 대체관정을 개발하도록 한다.

나. 폐수처리수 재이용 계획

- 터널폐수의 재이용 계획을 수립하기 위해 터널 공사시 지하수가 유출되는 시점부터 터널 공사 완료시까지 유량계를 설치하여 지속적인 모니터링을 통해 지하수 발생량을 파악하고, 이 자료를 토대로 지하수법이 정하는 유출지하수 이용 해당시설여부를 검토, 해당시설에 해당될 경우 유출지하수 이용계획을 수립하여 해당 지자체에 신고할 계획임
- 터널공사시 배출되는 유출지하수는 처리시설을 거친 후 터널 굴착시 장비사용수 및 세척수, 토공구간 비산먼지 저감을 위한 살수용수, 성토다짐을 위한 노면살수용수, 그 외 조정용수 및 청소수 등으로 적극 재이용할 계획임.

다. 지하수오염 방지대책

- 지장물 조사결과 지하수오염유발시설이 위치하고 있지 않으며 토양오염도 조사결과 양호한 수준으로 좌되어 지하수오염가능성은 미미할 것으로 예상됨.
- 현장사무소 등의 개인오수시설은 공사 완료후 폐쇄시 관할사업소에 폐쇄신고를 실시한 후 적법한 절차에 따라 철거하도록 할 계획임.
- 공사시 지하수관정에 의한 지하수오염방지를 위하여 '지하수수질보전 등에 관한 규칙'에 준하여 폐공처리토록하며, '지하수법'에 의거하여 불투수성재료를 주입하여 다짐하면서 되메움을 시행하여 관정을 폐쇄토록 할 계획임.

2) 운영시

가. 터널지하수 유출 저감방안

NATM 터널

NATM터널을 계획하고 있는 노선은 지질조건이 양호하고 지형에 따라 자연배수가 가능한 지역으로 터널방수를 위해서 부분배수형 방수형식 터널을 계획하였다.

개착터널

- 터널 개착부는 지하수위가 구조물 하단에 위치하여 강우의 침투영향이 작으며 하단부 유공관을 통해 배수가 원활하므로 시트방수보다 경제성 및 시공성이 유리한 아스팔트 방

수 공법을 적용하도록 한다.

- 차수갱구부 지하수위 높은 구간과 중간 개착 터널부 및 지하수 용출 등 배수조건이 분리한 구간은 시트방수를 적용하도록 한다.

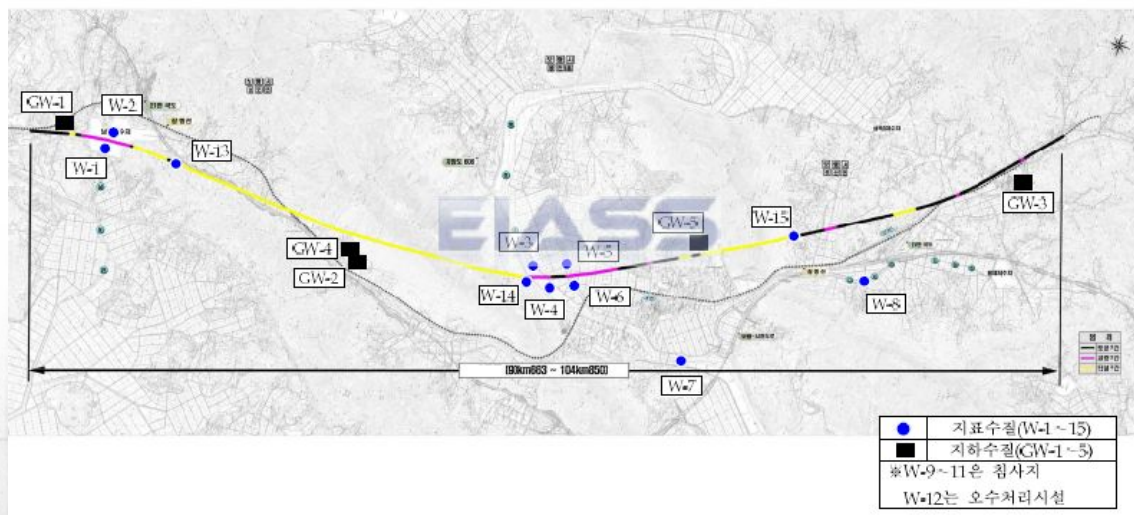
나. 터널 배수계획

본 터널은 부분 배수형 방수형식을 채택함에 따라 터널구조물에 수압이 작용하지 않도록 하기 위해 숏크리트를 통과한 유입수를 원활하게 배수처리하고 양수압을 저하시키기 위해 저면으로부터의 용수를 처리할 계획을 수립하여야 한다.

- 주배수관 설치방식은 철도표준도를 준용하여 중앙하부 배수방식을 적용하였다.
- 누수로 인해 터널 내로 유입되는 지하수는 배수용량, 공동구 규격 등을 검토하여 배수구와 중앙배수관으로 유도배수되는 방식을 적용하였다.
- 철도터널은 오페수가 분리되지 않으므로 터널 세척 시 입출구부에 별도의 집수구간을 설치하여 터널 세척수를 수거 후 폐수처리하도록 함.

사후환경영향조사 계획

터널 공사에 의한 주변지역 영향 조사를 위해 지하수영향평가 시 지하수 수질조사지하수 관련 사후환경영향조사는 공사 시 최초 1년간에는 월 1회 주기로 지하수 모니터링을 실시하고 그 후부터 공사완료, 운영 시에도 분기 1회 지하수 모니터링을 실시한다. 본 사업에 대한 지하수 사후환경영향조사 계획을 공사 시, 운영 시와 구분하여 평가항목, 조사지점(아래 그림), 조사방법, 조사주기에 대해 정리하면 아래 표와 같다.



<그림> 사후환경영향조사 지점

<표> 사후환경영향조사 계획

구분	평가항목	조사지점	조사방법	조사주기
공사시	- 지하수 수질	계획노선 인근 지하수이용지역 3개지점 (GW1,2,3)	-현지조사 -수질공정시험기준 -먹는물 수질공정시험기준	분기 1회
	- 터널 주변지역 지하수 모니터링(남포3터널, 대창터널)	터널 수위하강 관정(GW4, 5)	-현지조사 수질공정시험기준	분기 1회 (최초 1년 월1회)
	- 지하수 관정 처리: 지하수 관정 되메움 여부 파악	공사시 발견된 지하수관정	-현지조사	분기 1회
운영시	- 지하수 수질	계획노선 인근 지하수이용지역 3개지점 (GW1,2,3)	-현지조사 -수질공정시험기준 -먹는물 수질공정시험기준	분기 1회
	- 터널 주변지역 지하수 모니터링(남포3터널, 대창터널)	터널 수위하강 관정(GW4, 5)	-현지조사 수질공정시험기준	분기 1회

사후환경영향조사 시에는 환경영향평가 수행시 조사된 지하수 수질과 공사 시, 운영 시 수위, 수질을 비교, 분석할 수 있도록 ‘지하수 수위 및 수질 비교 분석표’를 작성하도록 한다.

2. 시사점 및 개선방안

지반 또는 터널굴착에 따른 지하수 환경영향평가의 필요성

□ 철도건설 사업 등에서 지반굴착 또는 터널공사를 할 경우 그로 인해 굴착된 지반 또는 터널로 지하수 유출이 발생하여 그에 따른 주변 지하수위와 생태계나 하천유량 등에 변화를 야기시켜 계획노선 주변의 지하수 이용 뿐만 아니라 터널 상부의 생태계에도 영향을 줄 수 있으므로 사업착수 이전에 충분한 환경영향평가를 통한 지하수영향 저감대책, 유출 지하수 재이용계획 등을 마련하여야 한다.

□ 충분한 사전 검토 및 대책마련이 없으면 향후 주변 지하수이용과 생태계 등과 관련된 환경문제가 발생할 소지가 있으므로 이에 대비하여 체계적이고 과학적인 평가가 필요하다.

지하수 환경영향평가의 적정시기

지하수환경영향평가는 노선 선정에서 터널 운영까지 모든 단계에서 필요 항목이 존재하며, 주요항목은 환경영향평가단계에서 그 결과가 도출되어야 한다. 노선선정이후부터 환경영향평가 초안 제출까지는 각종 조사를 실시하고 자료를 해석하여야하며, 환경영향평가 본안에서는 조사결과 및 예측, 구체적인 저감방안을 제시하여야 한다.

<그림> 터널 지하수 영향조사 항목 및 단계별 적용

■ 터널 지하수 영향조사 항목 및 단계별 적용

지하수 영향조사 과정		세부항목	개별사업 수행 단계			
			노선설계	영향평가	공사중	운영시
자료수집 단계	문헌조사	노선계획결토	◎			
		지형분포	◎			
		광역지질	◎			
		지질구조	◎	○		
		수문자료	○	○		
		수리상수	○	○		
		지하구조물 분포	◎	○		
		법정(규제지역)	◎	○		
	야외지질 조사	과업구간 상세지질		◎		
		열곡분포		◎		
		정권현황	○	◎		
		지하관정 및 천연샘 분포	◎	◎		
	현장시험	시험공 시추		◎		
		물리검층		◎		
		지구물리탐사		○		
		수리시험		◎		
		추적자시험		△		
	영상자료 분석	항공사진 선구조 분석	○			
		위성영상 지형 분석	○			
자료 해석 및 정성 해석 단계	수리시험 분석	대수층 수리상수		◎		
		지하수위 변화		◎	○	
	물리탐사 자료 분석	지하수 분포		○		
		중화대 분포		○		
		과해대 연결성		○		
	지하수 수 질 분석	용존 이온 함량		△		
		동위원소 함량		△		
지하수 유동 전산해석 단계	연속체 모델링			<ul style="list-style-type: none"> • 사업의 특성 및 조사 자료의 성격에 따라 사업자가 스스로 선택함 • 모델링 코드 적용 사유 기록 • 필요시 운영 단계에서도 실시 		
	불연속체 모델링					
계측 단계	지질공학 적 계측	압반응력 및 변형 시험		○		○
		과해대 상세분포 조사		○	○	
	수리지질 학적 계측	터널 유출량 계측 및 자료 축적			◎	◎
		지하수위 모니터링 및 유 출량과의 상관성 분석			◎	◎
대책 제시 단계	세부 결정 사항		<ul style="list-style-type: none"> • 지하수 영향 평가 실시 여 부 결정 • 지하수 영향 평가 시기 결 정 	<ul style="list-style-type: none"> • 저감방안 및 운 공사시 및 운 영시 사후관 리방안 제시 	<ul style="list-style-type: none"> • 실시계획 반 영 여부 파악 • 영향평가 예 측 결과와 비 교 및 보완 	<ul style="list-style-type: none"> • 유출량 측정 결과 해석 및 2차 환경영향 추정
	결정 사항 이행 여부 점검		◎	◎	◎	◎

법령 : ◎-필수, ○-중요, △-선택

지반굴착에 따른 지하수 환경영향평가의 개선방안

본 사례는 비교적 체계적인 지하수 환경영향평가가 수행된 사례이다. 그러나 현행 환경영향평가제도 하에서는 지하수 부문의 평가지침이 없기 때문에 지하수환경영향평가의 조사 항목, 방법 등의 체계가 미흡하다. 이에 개선방안을 다음과 같이 제시한다.

- 1) 지하수환경영향평가 결과의 신뢰성을 구축하기 위해서는 시기적으로는 노선 선정 등의 개발계획단계에서 광역지질, 지질구조, 지하구조물, 수리·수문, 수리상수, 지하수 관정 및 샘 현황조사 등에 대한 지하수환경현황조사를 철저히 시행하여야 한다.
- 2) 지반굴착의 지하수환경영향에 대한 예측 및 평가를 위해서는 환경영향평가단계에서 시추조사 등의 지반조사와 현장수리시험 등의 현장조사가 반드시 필요하다.
- 3) 조사 및 예측방법은 관련 학계에서 널리 인정받는 수준의 것을 채택
- 4) 지반굴착에 의한 지하수환경영향은 주변 지하수위 변화와 유출지하수량의 평가, 또 그로 인한 주변 지하수이용관정에 미치는 영향 등이 주요 평가항목이다. 이 때 필요하다면 지하수위의 변화가 굴착부 상부 또는 주변 생태계에 미치는 영향에 대한 평가 또한 중요한 평가항목이 될 것이다.
- 5) 유출지하수 재이용 계획 및 사후영향조사의 중요성
: 굴착으로 인한 유출지하수는 지하수법에 따라 재이용계획을 수립하여야 한다. 또한 지반굴착으로 인한 지하수 유동의 변화 주변 환경에 직,간접적인 영향을 장기적으로 모니터링할 있는 지속적인 사후환경영향조사가 필요하다.