

서울시 지하철구간내 지하수위강하에 따른 지하공간 환경오염 감시의 필요성 및 대책

이기철, 김윤영*, 이주영

농업기반공사 농어촌연구원, *중앙대학교 산업경영연구소
toong1@karico.co.kr, yykim@cau.ac.kr*, eepenee@karico.co.kr

요 약 문

Seoul subway system has been constructed to solve traffic difficulties of Seoul metropolitan, and now is the major public transportation. However, the more line has added in the system the deeper the bottom of the tunnel base. And a huge amount of groundwater along the line has seeping into the tunnel. Several subway stations has pumping system to extract the groundwater to the outside and consequently, groundwater table along the line has declined gradually. Groundwater table has dropped about 40 meters at some areas. There was some study for the proper usage of the abstracted groundwater and the project to use the groundwater has launched already by the local government. However, more serious problem is expected on quality degradation of soil and groundwater as the decline of groundwater table along the subway line. This study suggests that the detailed groundwater environmental study should be made as soon as possible for this.

If there is any pollution leaking at the surface area of the groundwater depression, the pollution will be seep into the subway tunnel in some day even though the time will be different with the soil material and hydraulic characteristics of the aquifer. And the polluted area of the soil and groundwater would be enlarged along the pathway. The study on possibility of the soil subsidence and reducing surface water flow in small creek were also needed. This study suggest one of the counter measurement that restoring the declined groundwater table after groundwater environmental study.

key work : subway, groundwater, groundwater depression, pollution

1. 서론

20세기 말부터 환경에 대한 관심이 전세계적으로 고무되고 왔으며 우리나라는 1990년대 말 IMF로 국내 기업을 외국기업에 팔기 위해 필수적으로 토양환경평가를 하게 됨에 따라 환경오염에 대한 인식이 많이 높아졌다. 최근에는 2002월드컵 개최로 주요 도시의

대기오염에 대하여 여러 단체에서 조사하고, 언론에서 많이 기사화하고 있으며 일반인들도 환경오염에 대하여 관심을 가지고 있다. 환경부에서도 2001년 토양환경보전법을 개정하여, 토양을 오염시킬 경우 그 원인자에게 정화처리비용을 법적으로 부담하게 하였고, 토지매매 시 특히 토양오염유발시설이 설치된 부지를 양도/양수하는 경우 그 부지에 대한 토양환경평가를 실시하게 함으로써 토양오염의 책임소재를 명확하게 하고 구입토록 규정하고 법 발효 이후 토지구입자에게 토양오염정화처리비용 부담 원칙을 법제화하였다.

서울시의 경우 상수도 보급율이 완벽하여 다른 지역에 비하여 지하수에 대한 관심이 적으나, 아직도 일부 공장과 목욕탕 등 물을 많이 사용하는 곳에서는 지하수를 이용하고 있다. 그동안 수량적으로 큰 문제가 없어 관심이 부족한 듯 했지만 최근 서울시내에도 지하수 오염문제와 하천 유지용수 등 지하수와 관련된 환경문제가 사회문제로 대두되고 있다.

서울시 지하수 수질문제와 관련하여 관심의 대상이 되는 것으로 지하철과 같은 지하터널 및 대규모 지하시설이 있다. 이러한 대규모 지하터널 굴착시에는 주변 지하수 유동 상황을 변화시킬 수 있으며 정밀 지하수 영향조사가 필요하다. 지하터널이 도수로인 경우 완공이후 일부 지하수위가 회복되는 경우도 있으나 지하철 또는 일반도로와 같은 경우 지하수위 회복은 기대하기 어렵다. 터널 시공시 라이닝 뒷채움을 시행하고 있으나 완벽한 지수는 어렵고 만일 완전지수를 목표로 하는 경우 터널공사비는 수배로 증가 될 수 있다. 따라서 터널 굴착으로 인한 지하수위 강하된 부분은 완전회복이 현실적으로 어렵다. 이러한 장기간 지하수위 강하현상은 지하수 유동과 지하수 수질오염에 영향을 미칠 뿐 아니라 지형지질 과 토양, 대수층 구성 물질에 따라 지반 침하 및 인근 하천수까지 환경피해를 유발할 수 있다.

서울시 지하철은 분포 지역이 광범위하고 지하수 유동 및 환경문제에 지대한 영향을 미칠 수 있는 시설물이므로 정밀 지하수 영향조사가 필요하나, 현재의 문제점을 고려해 보고 경제성을 고려하여 효과적인 조사 및 관리 대책을 제시하고자 한다.

2. 문제점

서울시 지하철은 분포 지역이 광범위하고 지하철 역사에서 지하 터널로 유입되는 지하수를 양수 처리함으로써 지하철 개발 이후 지하수위가 장기간 하강한 상태이며, 이로 인해 안양천 등 주변 하천과 토양/ 지하수 오염문제를 유발 할 가능성이 매우 크다고 하겠다. 이러한 관점에서 현재의 제도적인 문제점을 포함하여 토양/ 지하수 오염문제를 검토하고 그 대책방안을 제시하고자 한다.

2-1. 제도적인 현황

2-1-1. 환경·교통·재해등에관한 영향평가법

터널 및 대규모 지하시설 굴착시에는 환경·교통·재해등에관한 영향평가법에 의한 환경영향평가를 실시하고 그 결과에 따르도록 되어 있다. 환경영향평가에는 여러가지 조사 평가 항목이 있으며 동법 제 29조제2항 환경영향평가서작성등에관한규정에 따르면 터널굴착사업수행시 평가항목에는 “수질” 항목이 조사대상 항목에 포함되도록 규정되어 있다.

환경·교통·재해등에관한 영향평가법에 의한 환경영향평가서작성등에관한규정에

따르면 터널굴착사업수행시 조사대상 항목에 “수질” 항목이 포함되도록 규정되어 있고, 별표2 평가항목별 주요평가내용(제5조제2항 관련)에 따르면 수질항목에는

- 침출수 처리대책 및 차수대책
- 지하수의 수맥차단, 수량감소 및 오염방지대책을 조사 분석 토록되어 있으며,

지하수 현황조사로서

- 지하수 산출상태와 그 분포
- 정전현황조사
- 지하수 이용현황 조사
- 수질조사

를 시행토록 규정되어 있으며 환경영향평가와 사후영향조사를 각각 수행하여 사업 시행 전후를 별도로 조사토록 규정하고 있다. 하지만 기존 수많은 환경영향평가 수행 사례를 보면 환경영향평가를 위한 조사에서 지하수분야는 아주 작은 부분으로서 기존 자료 수집 분석으로 종료되어 전문가에 의한 심도 깊은 분석이 되지 못하고 있는 실정이다.

2-1-2. 지하수법

2001년 지하수법 개정당시 추가된 터널 및 대규모 지하시설 관련 조항은 터널내로 유입되는 지하수에 대하여 그 이용계획을 수립 시행토록 규정하였다. 개정지하수법이 2001.1.16일자로 공포한 바 있으며, 이에 따른 구체적인 시행령이 2001년 12월 19일부터 시행되었다.

○ 지하수영향조사

지하수법 제2조에 의하면 지하수영향조사는 지하수의 개발이용이 주변지역에 영향을 미치는 영향을 분석 예측하는 조사를 말한다 라 규정하고 있으며 제 3조에서 국가는 지하수에 대한 효율적인 보전관리를 통하여 모든 국민이 양질의 지하수를 이용할 수 있도록 지하수에 관한 종합적인 계획을 수립하고 합리적인 시책을 강구할 책무를 진다라고 규정되어 있다. 동법 제7조에의하면 지하수를 개발 이용하려는 자는 지하수영향조사를 법령에서 규정하는 조사항목을 전문기관으로하여금 대행 수행하게하고 이를 시장군수에게 제출토록 되어 있다.

○ 유출수 활용계획

지하수법 제9조의2(유출지하수의 이용 등)과 동 시행령 및 시행규칙에는 지하철, 터널, 대형건축물 등의 건설공사로 인하여 지하수가 대량으로 유출되는 경우는 그 사업시행자는 유출량을 줄일 수 있는 저감대책을 수립하여 시행토록 되어 있다. 터널인 경우, 지하수가 유출되면 저감대책을 수립, 시행하고 그럼에도 불구하고 1일 300톤 이상 유출될 경우는 이용계획을 수립 하여 시장군수에 신고토록 되어 있다.

또한 유출지하수를 효율적으로 이용토록 규정하고 있다. 대형 지하 굴착공사가 끝나고도 지하철역이나 터널에서 1일 300톤 이상 지하수가 유출되는 경우는 그 사업시행자는 당해 유출지하수를 생활용·공업용·소방용 등으로 적절히 이용하기 위한 계획을 수립하여 관할 시장·군수에 신고토록 규정하고 있다.

2-1-3. 제도적인 보완 필요성

이상 두가지 법에서 규정된 조항으로는 대규모 지하터널 및 지하구조물로 인한 주변 지하수 영향조사에 관련된 사항이 적절히 규정되지 못하여 차기 지하수법 개정시 추가 조항이 필요하다.

지하수법에서 지하수 환경영향조사 시행에 관한 의무조항은 없으나 국내에서 시행된 사례는 많다. 이 경우는 대부분 지하시설물 굴착으로 인한 주변 지하수위 강하 및 고갈 등으로 주변 지하수 이용자들이 민원을 제기함으로써 이에 대한 대책 차원에서 시행되었다. 민원에 의한 지하수 환경영향조사를 수행할 경우 터널은 이미 굴착되었고 지하수위도 이미 상당 심도 하강된 상태로 굴착이전의 지하수위 및 지하수 유동상황에 대한 자료가 부족하여 정확한 분석이 불가능하다. 또한 서울시처럼 상수도 보급률이 높아 주변에 지하수 이용 주민이 없을 경우는 민원이 없음으로 인해 지하수영향조사가 시행되지 않은 사례도 많으며, 시공사 측에서 민원을 돈으로 해결하는 사례도 있었다. 이러한 경우 단지 지하수 이용 주민만이 고려 될 뿐 지하수위 강하로 인한 주변 환경영향 조사는 시행되지 못하게 된다. 따라서 터널 또는 대규모 지하시설물 시공 이전부터 조사가 필요하며 규제화가 필요하다.

2-2. 지하수위 하강

서울시 지하철의 경우 김윤영(2000)의 연구결과에 따르면 1995년 1년간 서울시 전체에서 지하수 취수량은 약 132백만톤/년이었으며 이중 69%인 91백만톤/년이 지하철 역사로 유입 및 양수처리된 양이다. '90년대 말 동 지하철 역사에서의 취수량에 대한 문제를 학계 및 연구소에서 검토하여 수질이 양호하므로 이를 별도로 활용토록 제시한 바 있으며 현재 행정관서에서는 이용계획을 수립 시행 중에 있다. 하지만 이는 지하수를 양적인 관점을 위주로 검토한 것이며, 이제는 수질오염 및 환경영향과 관련하여 검토해야 할 것이다.

지하철 역사에서 장기간 지속적으로 양수함에 따라 곳에 따라 40여m까지 지하수위가 하강되었으며 이로 인한 주변의 지하수 유동은 크게 변곡되었으며 주변 환경영향 조사 분석이 필요하다. 이러한 지하수위 하강은 주변의 지하수를 지하철 터널 구간으로 유입시키게 되며, 이때 만일 영향구간 상부 지표부분에서 오염물질이 누출된다면 이는 지하수와 함께 지하철 구간으로 유입되게 된다. 실례로 현재 서울시 지하철 구간 중 N역과 I역에서 터널 내부로 기름성분이 유출된 것으로 정밀조사 중에 있다. 이처럼 장기간 주변 지역 지하수위 강하로 인한 오염물질 유입은 토양 및 대수층 특성과 강수량 등 제반 수리여건에 따라 그 기간은 다르지만 언젠가는 결국 지하철 구간으로 오염물질은 유입될 것이다. 때에 따라 1-2년에서 수십년까지 속도에 차이가 있을 뿐 오염은 터널부까지 분포된 토양과 지하수를 오염시키며 확산될 것이 예상된다. 또한 지하수위 영향권 내의 지표에 하천이 지나갈 경우 하천수 감소 또는 지반침하도 가능하다고 볼 수 있다.

이처럼 대규모 지하수위 강하는 주변지역 지하수 이용 주민만이 검토 대상일 수 없으며 특히 지하철은 불특정 다수 주민이 이용하는 관계로 대기 오염 및 위해성 평가와 지반침하 항목을 포함하는 정밀 환경영향조사가 시급하다 하겠다.

현재 지하철 구간 수위강하 영향범위내에 잠재오염원으로서 여러 다양한 시설과

항목이 있지만 본 연구에서는 서울시 지하철 구간 지하수위 하강 지역과 그 지표부의 주유소 분포만을 검토하였다(그림1). 총 584개소의 주유소 중 지하철 구간에서 10m내에 위치한 주유소는 8개소(1.4%)에 불과하지만 100m내에는 81개소(13.9%), 200m내에는 175개소(30.0%)로 지하철 구간 일부에서는 주유소에서 기름 유출시 토양/지하수 오염이 예상된다. 또한 이미 기름성분 유입이 예상되는 구간이 2개소 확인된 상태이므로 지하철 전구간에 대한 기름 유입 여부 조사도 필요하다.

동 지하철 구간 기름오염 유입 여부를 간단한 조사기기로 확인 가능 여부를 검토하고자 본 연구에서는 I역 구간에 대하여 VOC 측정기기를 이용하여 조사하였다. 조사결과 VOC측정기기만으로도 기름 오염이 확연하게 구분되었다. 기름 유출량과 정도에 따라 다르겠지만 VOC 측정기기만으로도 구분이 될 정도라면 상당량이 이미 지하철 터널내부로 유입되었다고 추정할 수 있다. 터널 내 단순 기름 유출사고 일수 있으므로 정확한 판단은 정밀 조사가 결과에 의해서 판단해야 하나 이것으로 유류오염 확인에 의한 정밀조사 필요성 여부는 판단할 수 있었다.

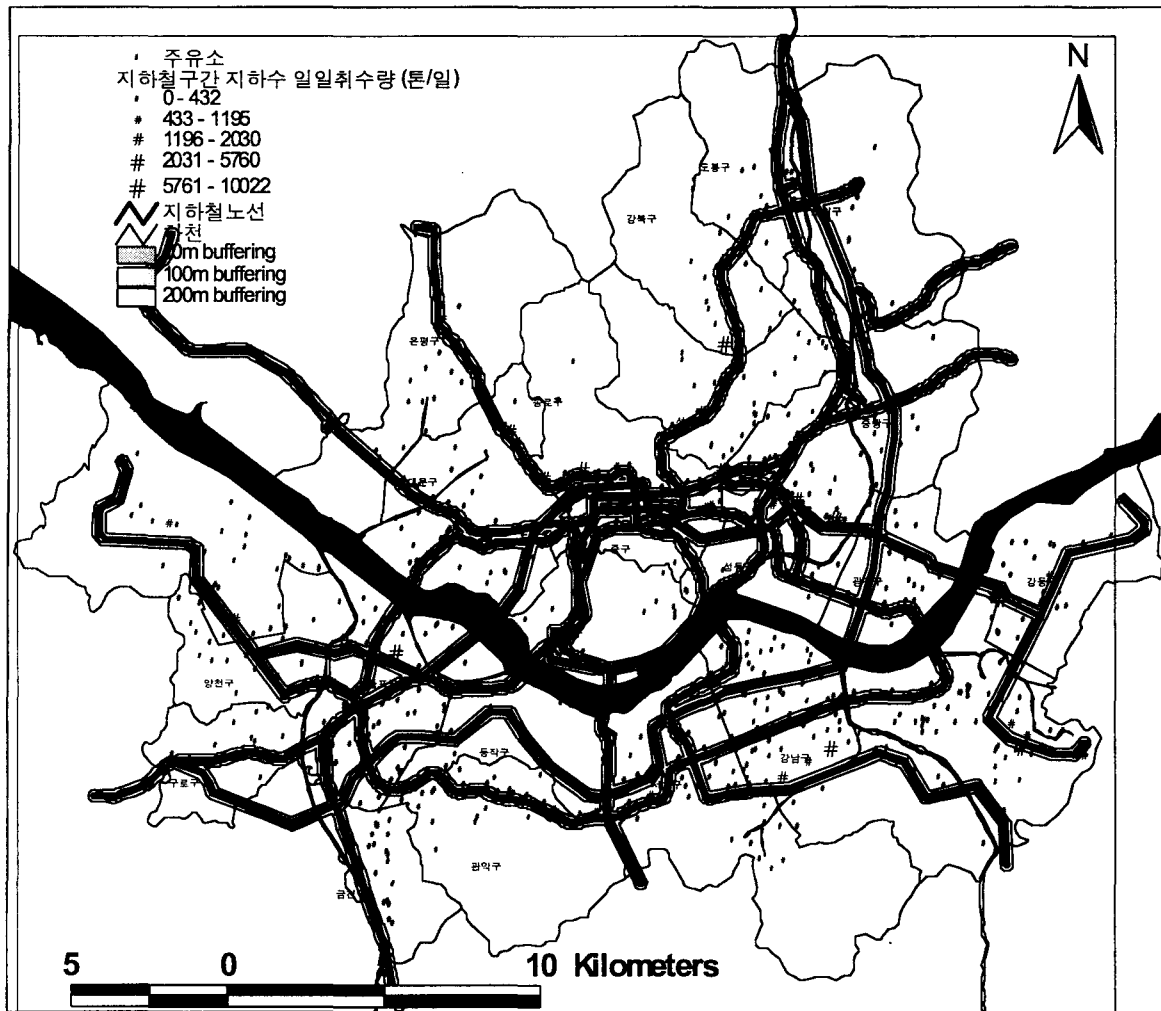


그림1. 서울시 지하철노선, 지하철구간 지하수관정 및 주유소 위치도

3. 결론

서울시내 지하철은 지하수 수m~수십m 깊이로 굴착, 설치되어 있으며 자연상태에서 지하수 수위가 지하철 공동구간보다 높아 지하철 역사 내로 흘러들어감에 따라 이를 배출하기 위해 각 역에서는 쉬지 않고 강제 배출하고 있다. 그러나 계속되는 pumping으로 지하철 선로 주변의 지하수위는 지하철시설물보다 아래로 내려가고 지하수유동방향이 지하철 선로 쪽으로 바뀌며 지하철 터널내로 주변 지하수가 유입됨에 따라 영향범위 내 지표 부분에서의 잠재오염원이 지하수흐름을 따라 지하철 터널로 유입된다. 현재 서울시 지하철 구간에서는 지하수유입량이 많으며 지하수위가 40여m까지 하강된 구간도 있다. 이러한 지하수위 하강 상태를 장기간 지속할 경우 앞으로 많은 구간에서 오염물질 유입현상에 예상된다. 이러한 오염확산 현상을 방지할 경우 토양 오염 확산으로 인한 오염복구에 소요되는 비용은 점점 증가할 것이다. 또한 지반침하 및 영향구간 내 하천 용수 감소로 인한 환경피해도 예상된다. 지하철 터널내로 유입된 오염물질이 유류일 경우에는 증발로 인한 대기오염으로 다수의 이용자가 건강상 피해를 입을 수 있다.

따라서 이러한 환경오염을 최소화하기 위하여

(1) 서울 및 수도권 지하철 전구간에 대한 간단한 예비조사과정을 통하여 지하철환경오염우려지구를 구분하여야 한다. 간이조사는 본 조사에서처럼 지하수위 조사와 휴대용 VOC측정기를 이용한 간이조사 등 경제성을 고려하여 최소한의 조사량으로 수행할 것을 제안한다.

(2) 예비조사에서 우려지구로 판명된 지구에 대하여는 정밀 지하수 환경영향조사를 실시하여야 한다. 그리고 정밀 지하수 환경영향조사 결과에 따라, 역사에서 양수하고 있는 지하수를 인공함양 기법을 통하여 주변 하강된 지하수위를 다시 상승시키는데 재활용토록 할 것을 제안한다.

4. 참고문헌

1. 김윤영, 2000, 도시지역 지하수의 수리지질학적 특성 : 서울지역 지하수 시스템 분석, 박사학위논문, 서울대학교 자연과학대학, 320p.