

지하공간 건설과 지하수 환경보존 Construction of underground structure considered with groundwater environment



배규진
한국건설기술연구원
지하구조물연구실 연구위원



정재형
한국건설기술연구원
지하구조물연구실 선임연구원

1. 서론

지하공간을 건설함에 있어서 세심한 배려를 해야 할 사항으로서, 안전확보와 환경보전에 관한 것들이 중요시 되고 있다. 특히, 환경문제는 국민소득 증대와 함께 국민적 의식의 향상으로 사회적 요구가 많아지고 있으며, 건설을 담당하는 건설주체들의 신기술 개발에 대한 의지도 높다. 그러나, 우리나라의 경우에는, 사회적 관심에 부응하지 못하고 제반 기술의 연구등이 낙후되어 있는 것도 현실이다.

지하공간 개발에 있어서 지하수의 처리는 종종 공사 자체의 성패를 좌우하는 요인이 되기도 한다. 굴착, 터널, 지반개량등의 작업에 있어서 지하수의 처리 및 지하수 조작은 필연적으로 발생하게 되며, 현장의 안전 및 시공의 효율에 직접적인 영향을 주게 된다. 건설공사 관계자의 입장에서 보면, 지하수는 상당히 부담스럽고 귀찮은 존재임에 틀림이 없으며, 가능하다면 지하수의 영

향이 없는 건조한 상태에서 공사를 진행하고 싶은 것이 사실이다.

그러나, 지하수 환경의 입장에서 보게되면, 건설공사의 시공과 시설물의 운용은 지하수에 상당한 영향을 주는 것 또한 사실이며, 다량의 지하수 배출처리등은 주변 지반의 침하피해 및 주변에의 환경피해를 광역적으로 발생시키는 등의 우려가 있다.

최근 건설공사에 있어서 주변지역에 미치는 영향을 최소화하는 공법에 대한 연구개발이 증가하고 있으며, 건설공사의 진행이라는 입장과 지하수의 보존이라는 관점을 동시에 고려하는 합리적인 해결책이 국내외에서 시도되고 있다.

이에 본 글에서는 지하공간 개발에 있어서 심각한 환경문제를 유발할 수 있는 지하수 분야에 대한 환경영향에 대하여 조사하고, 우리가 추구하여야 할 대책 및 기술개발의 목표를 생각해 보고자 한다.

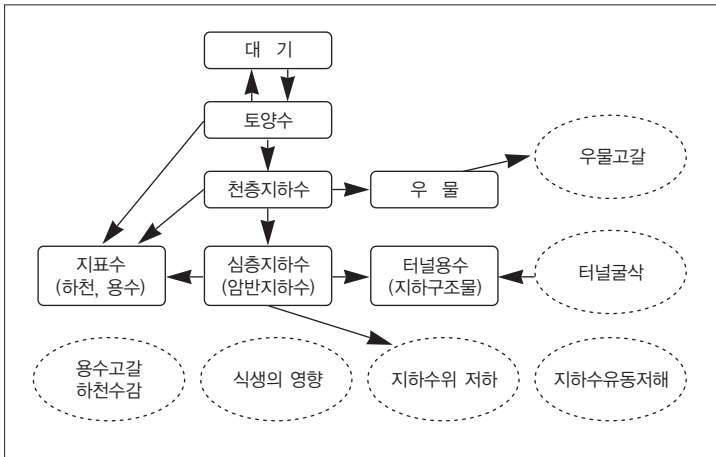


그림 1. 지하공간에 관련된 물환경영향 발생의 개념

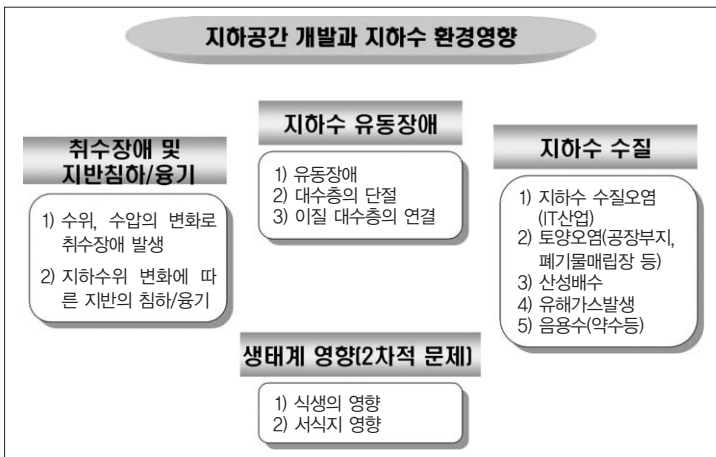


그림 2. 지하공간개발과 우려되는 지하수 환경영향

2. 지하공간 개발에 따른 지하수 환경영향 문제

지하공간을 개발함에 있어서 지하수에 대한 환경영향이 생길 가능성이 있으며, 시공시 및 시공후의 지하수에 대한 영향 파악을 하고, 심각한 지하수 환경영향이 우려되는 경우에는 환경보전 조치를 강구하여야 한다.

지하공간 개발에 따르는 지하수 관련 환경영향을 분석하여 정리하면 다음과 같으며, 그림 2와 같이 나타낼 수 있다.

- ① 지하수위·수압 변동에 의한 취수장애·지반침하/용기
 - 시설 내부로의 유입수에 대한 차수성능의 영향이 필요함.
 - 취수장애·지반침하등이 광역적으로 발생될 우려가 있음.
- ② 지하수 유동 장애
 - 지하공간 개발 및 각종 지중시설 설치에 의해 지하수 유동장애의 우려가 있는 경우는 대책을 강구하여야 함.
- ③ 지하수 수질 및 오염확산
 - 각종 건설 프로젝트에 의하여 지하수 수질 악화가 우려되며, 일부지역의 오염 지하수를 광역적으로 확산시킬 위험이 있음.
 - 지하수 수질에 대한 영향이 우려될 경우, 영향이 적은 공법을 선정하고 환경 보전 조치를 고려하여야 함.
 - 연안부에서 지하공간 건설이 있을 경우는 바닷물이 유입되어 육상부의 지하수를 염수화 시킬 우려가 있음.
- ④ 화학반응
 - 대심도 지하에 존재하는 환원성지층에서 공사가 진행되는 경우, 환원성 지반이 공기와의 접촉하여 화학반응이 발생될 우려가 있음.

• 화학반응의 우려가 있는 경우에는 산화반응 억제를 유도하는 중화 처리 등을 계획할 필요가 있음.

⑤ 생태계 문제

- 지하수 환경영향이 2차적으로 생태계등에 피해를 유발시킬 수 있음.
- 다양한 형태의 환경영향이 우려되나, 그 중에서 식생에 대한영향과 생태계 서식지에 대한 영향이 중요한 부분임.

3. 지하수위 변동에 의한 취수장애/지반침하 저감 기법

지하공간 건설에 있어서 시공성과 안전성을 확보하기 위하여, 일반적으로 지하수의 배수를 전제로 시공을 하고 있다. 이 때문에 굴착에 따른 지하수 및 상부의 지표수를 포함하는 물환경계 전체에 대해서 영향을 주게된다.

건설전 각종 예측결과로부터 주변지역의 지하수 수위 및 수압에 대한 영향이 우려되는 경우에는 환경 영향을 회피 또는 저감하기 위하여 환경보전 조치를 검토하여야 한다. 상황별로 정리하면 다음과 같다.

3.1 시공중 발생하는 지하수위 저하를 방지하기 위한 공법

1) 개착 공법의 경우

시공시 발생하는 일시적인 지하수위 저하를 방지하기 위한 방법으로 배수된 지하수를 주변 지반에 함양시켜 되돌려 주는 리차지(Recharge) 공법과 지하구조물 시공작업장 내부로의 지하수의 유입을 차단하는 차수 공법이 있다.

리차지(Recharge) 공법의 원리는 굴착면내의 지하수를 배수하여 시공성을 확보한후, 배수시킨 지하수를 주변 지반으로 되돌려 주입하는 공법이다. 그러나 실제 시공에 적용하는 경우, 지반의 투수성이나 지하수의 수질

등의 조건을 잘 파악하여 적용하여야 하며, 배수공 및 리차지(Recharge) 공법의 내구성이나 설치장소를 집중적으로 관리할 할 필요가 있다.

지하구조물 건설 작업장 내부로의 지하수 유입을 차단하는 차수 공법은 차수벽을 불투수층까지 연장시키는 공법과 차수벽의 선단에 인공 불투수층(약액주입공법이나 심층 혼합처리공법)을 형성하여 지하수위의 저하를 방지하는 공법이 있다. 이러한 공법은 차수의 신뢰성을 확보하는데 주력하여야 하며, 인공 불투수층이 환경에 미치는 영향 및 시공의 경제성을 사전에 중요하게 검토하여야 한다. 이러한 공법들을 적용하게 되면 차수벽등이 반영구적으로 남게 되므로, 지하수의 유동장애가 발생할 가능성이 있으므로, 유동장애에 대한 고려가 요구되는 상황에서는 그대로 적용하기는 어렵다.

2) NATM 공법의 경우

도심부에서 NATM공법으로 시공하는 경우, 약액주입공법, 압기공법등이 지하수위 저하를 방지하는 대책 공법이 될 수 있다.

약액주입 공법은 대수층의 토사유출이나 붕괴를 막으며 지반의 차수성 또는 강도를 높이는 공법이다. 그러나 지하수 수질을 오염시킬 우려가 있으므로 오염방지에 노력할 필요가 있다.

압기공법은 갱내에 에어록을 설치해 압축공기를 밀어 넣음으로서 지하수의 침투 및 토사 유출을 방지하는 공법이다. 이 공법은 외국에서 연약한 미고결층에 이용된 예가 있다. 토양피복층이 얇은 경우에는 갱내 압축공기가 지상으로 빠져나갈 염려가 있기 때문에 주변의 지하수압을 사전에 조사하여 대책을 강구할 필요가 있다.

3) 쉴드형 TBM 공법의 경우

일반적으로 밀폐식 쉴드 TBM이 적용되며 토질이나 지하수압을 고려하여 그 형식이 정해진다. 세그먼트의 방수, 방수성이 향상되어 지하수위에 영향을 가장 적게

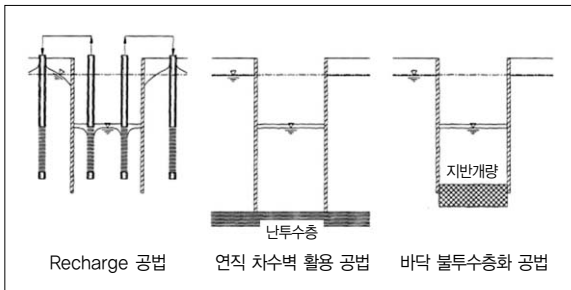


그림 3. 시공시 발생하는 지하수 저하방지 공법(예)

주는 방법으로 알려져 있다.

3.2 지중구조물의 운용시 발생하는 지하수위 저하 방지 기법

1) 복공공법

지하수의 구조물내 유입을 억제시키기 위한 복공공법은 지하구조물의 형식에 관계 없이 다양하게 적용된다. 도시부의 NATM공법이나 쉴드 TBM 공법에 적용되고 있으며, 도시부 NATM공법에는 기존의 콘크리트 복공을 변형하여 적용하는 경우가 있으며, 쉴드 TBM공법에서는 방수목적으로 세그먼트위에 2차 복공을 시공하기도 한다. 최근에는 세그먼트의 방수 및 차수 성능이 대폭 개선되어 2차 복공을 하지 않는 경우가 일반적이며, 세그먼트가 적용되는 공법 자체가 지하수위 저하 방지 공법으로 인식되기도 한다. 그림 4와 같이 개착공법에

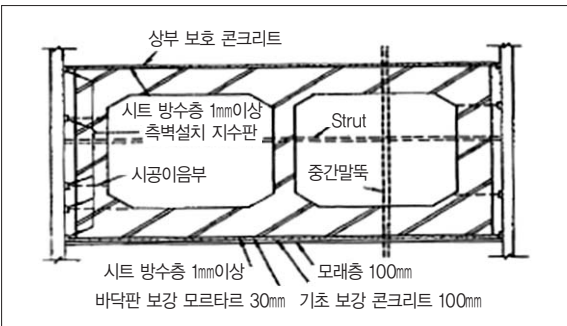


그림 4. 개착공법에 있어서 지수목적으로 복공을 시공한 사례(일본)

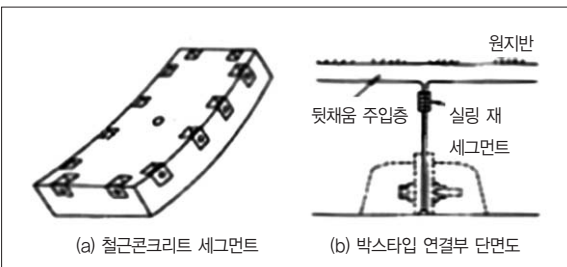


그림 5. 세그먼트 방수구조(예)

의한 지하구조물 건설에 있어서도 방수목적을 위한 복공을 적용한 사례도 보고되고 있다.

2) 세그먼트의 방수성 및 시공성 향상

세그먼트가 적용되어 건설되는 지하구조물의 경우, 세그먼트의 방수 및 방수 구조를 개선하는 것이 필요하다. 그림 5에서는 현재 일반적으로 많이 사용되고 있는 세그먼트 방수 구조를 보여주고 있으나, 방수성을 향상시키면 세그먼트 조립시 시공속도가 떨어지는등의 문제점을 가지고 있다. 방수성의 증대와 함께 시공성이 동시에 개선되어 경제적으로 적용할 수 있는 구조를 개발하는 것도 중요한 과제로 대두되고 있다.

4. 지하수 유동장애 저감 기법

지하수의 유동장애는 지하 구조물의 시공을 위하여 설치한 차수벽이나 완공된 시설 그 자체가 대수층을 차단하거나 지하수의 저류영역을 감소시키므로서 발생한다. 특히 대규모 지하공간을 개발하는 경우나 연장이 긴 구조물등이 지하수의 유동성을 방해할 가능성이 높다.

지하수 유동을 방해하므로서 상류쪽 수위가 상승하고 하류쪽 수위가 낮아진다. 지하수위가 낮아지면 대부분 지하수압이 떨어져 취수장애 및 지반침하를 일으키게 되며, 지하수위가 상승하는 경우에는 기존 시설의 손상 및 지반의 액상화 가능성이 증대된다. 특히, 일반적인 변동치를 초과하는 지하수위의 과도한 변화는 지반의 습윤화등에 의한 식생 환경의 변화를 유발한다. 그림 6은 이러한 상황을 정리하였다.

지하수 유동장애 대책을 조사하여 보면, 얇은심도의 개착공법에서 대책공법이 적용된 사례가 대부분이고 대심도에서의 사례는 찾기 어렵다. 대심도에서의 대책은 얇은심도의 기술을 응용하는 것이 가능하지만 얇은심도에서의 대책기술도 기술적으로 정립된 단계는 아니다.

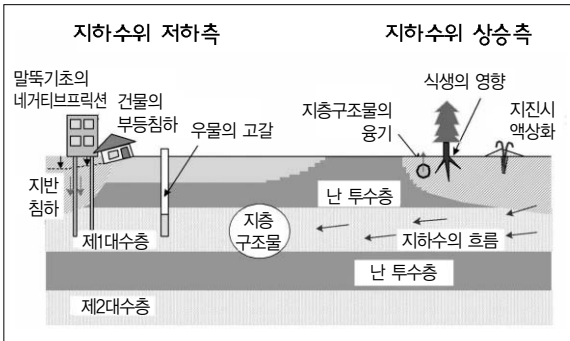


그림 6. 지하수 유동장애에 의한 우려되는 영향

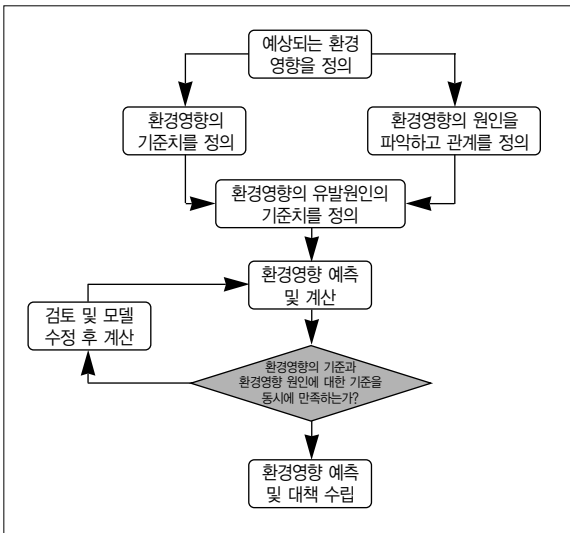


그림 7. 유동장애 환경영향 검토 순서

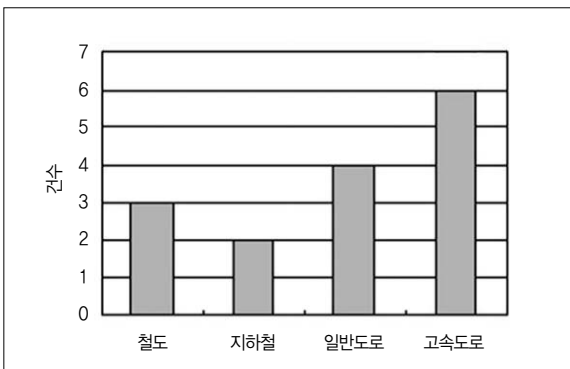


그림 8. 지하수 유동보존 공법의 적용 사례(일본, 2003)

이 때문에 앞으로의 기술개발이 기대되는 분야이기도 하다.

일반적으로 건설공사에 있어서 유동장애의 영향을 검토하기 위해서 그림 7과 같은 순서를 따르고 있으나, 유동장애에 대한 대책공법의 설계 및 적용은 국내/외적으로 그리 많지 않은 실정이며, 지하수 유동보존 공법이 채택된 예도 적다. 그림 8과 같이 일본의 예를 보더라도 그 수가 제한적이다.

지하수 유동장애등의 환경영향이 우려되는 경우에는 다음과 같은 종류의 방법이 대책이 될 수 있다.

4.1 선형 및 심도를 변경하는 방법

지하구조물과 지하수 유동방향을 평행하게 설계하는 방법과 구조물에 의한 대수층 차단율이 적도록 구조물의 심도를 변경하는 방법이다. 설계시 지하수에 대한 충분한 조사를 반영하고, 불필요한 위험을 사전에 배제시킬 수 있는 방법이지만 지하구조물의 건설 목적을 달성하기 위해서는 어쩔 수 없는 상황이 많아 국내와 같은 경우에는 제한적인 방법이다.

4.2 지하수 유동장애 회복공법

차단된 대수층의 상류부에 지하수를 흡수하는 흡수부와 차단된 구조물의 내부를 통과시키는 내부연결부 및 하류부에 대수층에 함양시키는 리차지부로 구성되어 있다. 동력을 이용한 방식과 자연유하방식등이 사용되고 있으며, 일반적으로 유지보수나 경제성 등을 고려하면 자연유하방식이 좋다.

자연유하방식은 적용성 및 관리의 편의를 고려하면 더욱더 연구되어야 할 방식으로, 얕은 심도의 경우에 적용된 기술을 분류한 사례는 표 1과 같다. 각 방식 모두 구조물의 시공법에 의한 대수층의 막힘에 유의할 필요가 있다. 표 1에서는 개작식공법을 적용한 지하구조물

의 유동장애 대책의 사례를 정리하였다.

5. 지하수 수질 환경영향 관리기법

일반적으로 건설공사를 수행함에 있어서 지하수위 보존에 어느 정도의 영향을 주지만, 지하수의 수질에는 영

향을 주지 않는다고 생각하는 경우가 많다. 그러나 지하수 수질의 의미는 매우 광범위하며, 다음에 정리한 것과 같이 공사와는 무관하게 영향이 발생하기도 한다.

5.1 발생원인

지하구조물 건설시 지하수 수질에 대한 영향은 직접

표 1. 얇은 심도 개착터널의 자연유하방식 유동보존 공법(예, 일본)

	통수관 형식	통수로 형식
흙막이벽 측면공 형식		
흙막이벽 철거 형식		
집수정 형식		

적 원인과 간접적 원인이 있다.

- ① 직접적 원인 : 굴착 등의 시공에 의한 탁수, 지반개량을 위한 각종 고분자제의 사용
- ② 간접적 원인 : 잔존 오염지하수의 건설공사로 인한 확산, 연안부의 지하수 염수화, 산성 토양 및 암반에 의한 지하수 산성화

5.2 발생기구와 영향

1) 굴착 등에 의한 탁수 발생

지하수 수질에 직접적인 영향을 미치는 공사로서는 지반개량공(고결공법, 약액주입공법), 지중연속벽 공법 등이 있다. 또 예상되는 영향으로는 부유물질량(SS농도), 탁도, 시멘트에 의한 pH 상승, 6가 크롬 용출 등의 수질 변화가 예상된다.

2) 굴착 등에 의한 기존 지하수오염 확산

폐기물 매립층이나 오염물질 함유층에 접하는 대수층에서 공사가 수행되는 경우에 시공에 의해 물길이가 생기면서 오염지하수가 다른 대수층으로 유출될 가능성이 있다. 오염물질이 지하의 연직방향 및 수평방향으로 광역적으로 확산될 우려가 있다.

3) 연안부의 지하수 염수화 및 지하수 산성화

연안부에서는 육지지역의 지하수로 염수가 침입하여 지하수가 염수화 되는 일이 있다.

해성점토는 유화물을 포함하고 있고, 굴착 등에 의해 공기와 접촉하면 유화물의 화학반응(주로 산화)에 의해 지하수가 산성화된다.

5.3 지하수 수질오염의 대책 및 복구방안

굴착 등 지하구조물 건설에 따라 지하수 오염이 발생한 경우에 그것을 원래 상태로 복구하는 것은 현실적으

로 불가능하다. 지반자체가 불확실한 측면이 많아서 충분한 이론적 해법의 접근이 어렵고 유체의 특성상 오염의 확산이 매우 빠르고 광범위하기 때문에 사후에 수습하는 것조차도 어렵다. 그러나 시공전 충분한 주의와 계획을 세운다면, 지하수를 오염시키는 것은 피할 수 있다고 생각된다.

6. 지층의 화학반응에 대한 대책

지하의 산화/환원성 지층에는 건설공사에 의해 화학반응이 일어나 환경에 영향을 미칠 가능성이 있다. 앞에서 일부 설명되었던 지하수의 산성화와 밀접한 관련이 있으며, 지하구조물 건설에 따른 예측 및 환경보전 조치의 기술적 방법에 대해서 논한다.

6.1 화학반응의 환경 영향

일부 해성 점토층처럼 유화 물질을 포함하는 지층이나, 철이온(Fe^{2+})을 많이 포함하는 지하수나 지층은 공기와 접촉하게 되는 산화환경에서는 화학반응을 일으킨다. 이러한 화학반응은 일반적으로 극히 완만하게 진행되지만, 건설공사에 의해 급격히 환경이 바뀌면 지층과 공기·물의 화학반응에 의해 이하의 ①~④의 현상이 일어나 주변 환경에 영향을 미치게 된다.

- ① 산성수의 발생
- ② 유해가스·산소부족공기의 발생
- ③ 발열
- ④ 지반강도 저하

이러한 화학반응에 의한 환경 영향 및 환경 보전을 위한 조치를 검토하려면, 개별현상이 아닌 화학반응을 일으키는 물질과 기구를 조사 대상으로 할 필요가 있다. 또한 ①에 대해서는 굴착토 처리에 배려가 필요하고, 화

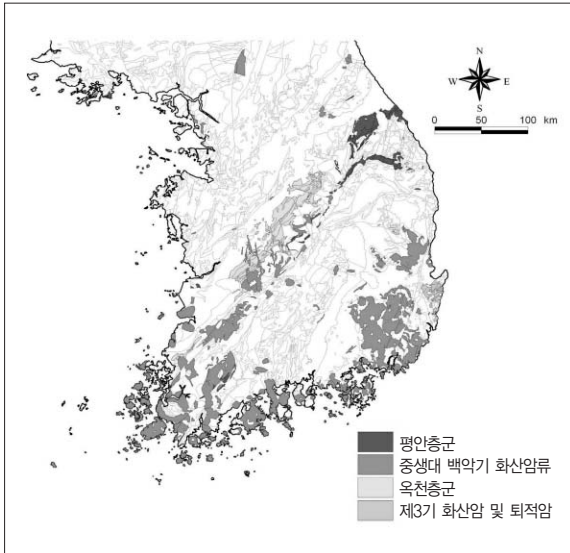


그림 9. 황철석이 포함된 지층(이규호등, 2005)

학반응이 예상되는 경우에는 굴착토의 처리방법에 대해서 검토가 필요하다.

6.2 화학반응을 일으키는 물질

하천, 호수, 늪 등의 육지 환경과 하구나 얇은 바다 등의 해양환경이 반복되는 과정에서 유화물을 포함하는 해성점토가 퇴적되면서 화학반응이 쉬운 상태의 유화물이나 철이온이 포함된 지층이 있다. 이러한 지층은 대심도 지하에 용존 산소량이 낮은 환원상태에 존재하고 있다가 지하공간 건설에 의해서 공기와 반응하게 된다.

우리나라에서는 화학반응을 일으켜서 산성배수의 발생원인이 되는 황철석은 고생대 평안층군과 옥천층군 지층, 중생대 백악기 화산암, 신생대 제 3기 퇴적암과 화산암 등에서 많이 산출된다. 옥천층군 지층은 영동, 괴산, 금산, 추부 등지에서 이질암 기원의 천매암질암과 부분적으로 점판암, 탄질세일에 황철석을 포함하고 있으며, 신생대 제 3기의 화산암과 해성퇴적암에서도 미

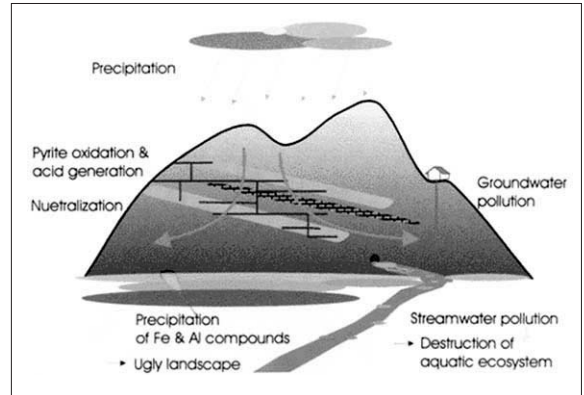


그림 10. 산성배수의 발생 모식도

(<http://www.kangwon.ac.kr/~geology/geodata/envir/envir01-1.htm>)

립의 황철석이 관찰된다. 그 외에도 선캄브리아기의 경기육괴에 해당하는 퇴적기원의 혼성 편마암 지역에서 여러 시기의 조구조운동으로 형성된 단층을 통해 열수 작용에 의해서 황철석 광화대가 생성된 곳도 보고 되고 있다. (이규호등, 2005)

6.3 화학반응 발생기구

화학반응 원인의 대부분은 해성점토 중에 존재하는 황철광(Pyrite FeS_2) 등의 유화물이다. 황철광의 산화는 (1)식과 (2)식과 같은 과정으로 진행되어 산소를 소비하여 황산을 생성한다. 지층 중의 방해석($CaCO_3$)과의 반응으로 pH가 상승하면 (3)식과 같이 수산화철의 침전이 생기고, 다시 황산이 생성되는 경우도 있다. 이 과정에서 발생한 황산 산성수가 주위 암석과 접촉하면 (4)식과 같이 암석 중에 포함되어 있는 중금속이 용출되는 경우가 있다.

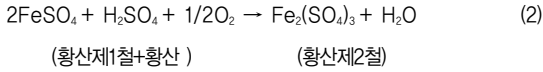
제1단계 황철광의 산화



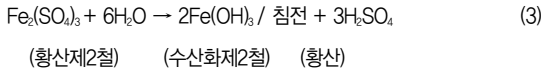
(황철광)

(황산 제1계 황산)

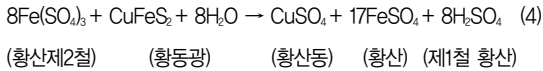
제2단계 (1)에 생성된 황산 제1철의 일부가 더욱더 산화된다



제3단계 완충 작용 등에 의한 pH의 상승



Fe³⁺ 황에 의한 황산광물의 산화에 따른 중금속 용출(황동광의 경우)



한편, 환원상태로 있는 지하수나 지층의 간극수가 Fe²⁺를 많이 포함한 경우, Fe²⁺가 Fe(OH)₂, Fe(OH)₃로 산화되는 과정에서 산소를 소비하는 경우도 발생한다. (2), (3)의 반응에 있어서 지층의 미생물이 관여하는 경우가 있고, 산소의 용존 상태나 유기물의 존재 상태에 의해 철을 산화시키는 호기성의 철박테리아, 單體유황이나 유화수소를 산화하는 嫌氣性的의 황산 산화박테리아, 황산을 환원하는 偏性嫌氣性的의 황산환원박테리아 등의 활동 (4)에 의해 이러한 반응이 촉진되는 경우도 있다.

본래, 이와 같은 화학반응은 자연현상으로서 그것 자체가 문제가 되는 것은 아니지만 지하공간 건설에 의하여 인위적으로 급격한 산화반응이 진행되면 건설공사 뿐만 아니라 주변 환경에 영향을 미칠 가능성이 있다.

6.4 조사 및 대책

화학반응이 우려되는 지층과 공법이 한정되어 있으므로 사전조사가 매우 중요한 의미를 가진다.

1) 화학반응을 일으키는 지층의 존재 파악 대상사업실시구역에 화학반응을 일으키는 지층이 존재하는 경우, 또는 지질상황으로부터

터 화학반응을 일으킬 개연성이 높은 지층이 존재하는 경우, 지층의 존재영역을 사전에 파악하는 것이 중요하다. 물리탐사등을 적용하여 지층을 파악하는 기술이 요구된다. 보어링등 으로 시료채취를 하고, 실내시험으로 지층 중의 「반응물질」의 종류, 함유량을 파악하여야 한다.

2) 화학반응을 일으키는 공법·구조의 채용을 피함
공기나 산소가 용존되어 있는 지하수를 공급하여 환원환경 하에 있는 지층에 영향을 주는 것을 피하는 것이 좋으며, 압기공법과 같이 산소를 대량 공급하는 공법과 지하수를 크게 유동시키는 지하수위 배수 공법등은 피하는 것이 좋다.

7. 생태계 (식생) 영향 관리 기법

지하공간 건설에 따른 식생의 변화를 관찰하고, 그에 따른 대책을 세우며, 주변에 미치는 환경영향을 정확하게 평가하는 것은 대단히 어렵다. 특히, 식생이나 생태계에 관한 문제일 경우 다양한 평가방법이 적용될 수 있으며, 그 시대의 가치관이 반영되는 등 정량적인 접근에 제한이 많이 있다. 그림 11과 같이 지하수위가 일반적인 정년변화를 초과하여 상승을 하거나 하강하게 되면 식생환경에 영향을 주게 되는 것으로 알고 있지만, 외국의 연구사례를 보면 식생환경에 대한 영향은 지하수위 자

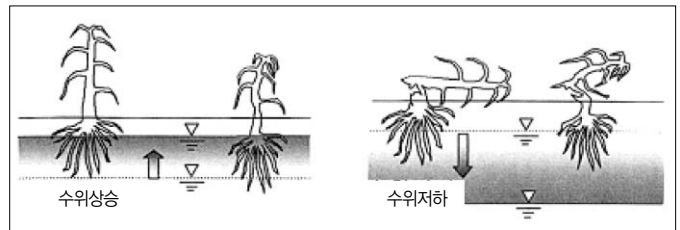


그림 11. 지하수위 변화에 따른 식생의 영향(모식도)

표 2. 지하수 변화 관찰 지표식물의 적정 토양수분의 예(일본)

pF 값	0 ~ 1.7			1.7 ~ 2			2 ~ 2.5			2.5 ~ 3			3 ~ 4			4 ~ 7		
토양의 수분	매우습윤			습윤			습윤			조금건조			건조			건조		
삼나무																		
히노키삼나무																		
상록침엽교목																		
땃나무																		
오리나무																		
산딸나무																		
느릅나무																		
버드나무																		
수국																		
밤나무																		
은행나무																		
진달래																		
히노키																		
흑송																		
적송																		
전나무																		
너도밤나무																		
떡갈나무																		
참나무																		
호랑가시나무																		
병꽃나무																		

체의 변화보다는 표토층의 토양수분의 변화에 더 큰 영향을 받는 것으로 보고되었다.

본 장에서는 건설공사에 쓰기에 복잡하지 않으며, 식생의 영향을 평가하고 판단할 수 있는 방법의 사례로서, 지표식물을 이용한 환경평가 및 시공관리를 소개하고자 한다.

생물이나 식물을 이용하여 환경상태 또는 환경을 구성하는 요소의 상황을 측정하는 것을 생물지표(生物指標, Biological Indicator, Bioindicator)라고 하며, 측정생물이 식물인 경우 지표식물(Indicator plant)이라고 한다. 지하수에 의한 환경영향을 눈으로 확인할 수 있는 가시적인 피해지표를 나타내는 식물이며, 이때 지표식물은 생물적인 감지기라고 할 수 있다. 국내에서는

정확한 기준이 정립되어 있지 않아 연구가 필요한 실정이다.

일반적으로, 삼나무, 오리나무, 수국등이 습윤성 지표식물이며, 떡갈나무, 참나무, 호랑가시나무, 병꽃나무등이 건조성 지표식물이 될 수 있다.

8. 결 론

지하구조물 건설에 따른 지하수 환경보전에 대하여 크게 6가지의 사항에 대하여 환경영향 항목을 구체적으로 분석하고, 대책 및 국외 사례를 분석하여 정리하였다.

국의 기술선진국에서는 일찍부터 지하구조물 건설시 친환경적 지하수처리에 많은 비중을 두고 설계·시공을 하고 있으며, 시공중 뿐만 아니라 운용중에도 지하수 환경보전을 위한 시스템을 도입하고 있다.

터널 기술자들은 국민들의 친환경욕구가 증대하고 있는 실정에서, 값싸고 질좋은 지하구조물을 제공하는 것에 만족할 수 없으며, 건설공사로 인한 주변에 대한 환경영향 및 주민에 대한 불편함을 최소화 하는 공법을 확보하는데 힘써야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 이규호(2005), 산성암반배수에 의한 절취사면 구조물의 피해 현황과 평가, 한국지반공학회논문집, 제21권, 5호, pp. 83~92
2. 정재형(2005), 하부 대수층이 존재하는 연약지반상의 개착터널에 있어서 지하수 처리 사례, 한국지반공학회 학술발표회, pp. 105~109
3. <http://www.kangwon.ac.kr/~geology/geodata/envir/envir01-1.htm>
4. 日本地盤工學會(2003), 大深度地下利用における環境に関する検討調査委員會
5. 日本地盤工學會(2003), 日本地盤工學會實務シリーズ19, 地下水流動保全のための環境影響評価と對策
6. 西垣誠(2002), 地下地下構造物と地下水環境, 理工圖書
7. 日本トンネル技術協會(1980), トンネル湧水調査法に関する研究(II)