

에코콘 관입시스템을 이용한 지반의 현장원위치 수리진도도 측정

정하익, 김상근, 송봉준, 강동우*, 이경국**

한국건설기술연구원 지반연구부, *에코랜드(주) 기술부, **대아건설(주) 플랜트부 (hichung@kict.re.kr)

<요약문>

The purpose of this study is to investigate environmental characteristics and in-situ hydraulic conductivity by eco cone penetration system. The underground environments and permeability of site was investigated and analyzed by this eco cone system. The electrical resistivity, pH, ORP, temperature and hydraulic conductivity were measured by eco cone penetration system. This eco cone penetration system provides a continuous environment and permeability profiles in underground, and provides reliable results for investigation of normal and contaminated ground.

key word : hydraulic conductivity, cone, penetration system

1. 서론

인구 증가 및 급속한 산업사회의 발달은 도시의 팽창화를 통한 인구집중을 초래하여 인구분산을 위한 도심 외곽의 신도시 개발이 종전보다 더욱 확산되고 있으며 종전보다 환경의 질에 대한 사회적 욕구 및 우려가 증대해지면서 택지 및 기타 용지개발공사로 인한지반조사 및 환경조사에 대한 관심은 어느 때보다 높아지고 있다. 토양오염 조사 및 건설공사시에 지반환경에 대한 조사가 증가하고 있는 추세에 건설현장의 지반조사에서는 건물 및 구조물의 기초설치, 지중매설관 매설, 지하실 설치 등의 지반구조에 필요한 지지력, 투수성 등의 흙의 물리·화학적 특성 파악이 필요하며 건설현장에서 발생하는 지반 재해 및 토양오염 등의 오염지반조사에서는 간극수, 지하수 및 토양 등의 오염 특성, 화학적 특성 파악이 절실하기 때문에 지반환경조사에 대한 중요성이 증가하고 있다.

이에 본 연구에서는 특수하게 고안된 에코콘 관입시스템을 점성토 및 사질토 등의 지반형태별 지반환경 및 지반투수성을 심도별로 측정하였다. 에코콘으로부터 측정되는 전기비저항, 산화환원지수, pH, 지중온도, 전기전도도 등의 오염정보는 지반 오염형태별 상호관계를 분석할수 있으며 본 연구에서 개발한 에코콘관입장치로 지중심도별 투수성을 측정하였다. 본 연구결과는 오염에 대한 부식성 및 위해성을 고려한 건설공사 구조물의 내구성 설계 및 시공에 유용하게 이용될 수 있는 것으로 평가된다.

2. 에코콘장치 및 현장시험

본 에코콘 관입장치는 지반지지력, 투수계수 및 지반환경을 측정할 수 있으며 지반의 굴착 없이 에코콘을 지반에 직접 관입하여 지중의 오염민감도를 심도별로 측정할 수 있는 장치로서 에코콘을 삽입시키기 위한 연결로드장치와 연결되며, 에코콘관입장치에서 얻어진 정보들은 지반조사차량에 탑재된 계측장치를 통하여 표출된다. 이와 같은 지반조사차량에 연결되는 에코콘관입장치는 소정의 길이를 가지고 연결로드장치에 의해 압입 및 향타방식으로 지반에 관입되는 에코콘 몸체와 에코콘몸체의 상부측에 내장되며 부지내에 발생하는 전위를 측정하여 지중의 비저항 분포를 파악하기 위한 전기비저항 측정센서, pH측정센서, 산화환원지수(Oxidation Reduction Potential), 온도측정센서가 부착되어 있다. 또한 에코콘 관입장치를 지반에 삽입할 경우 지반의 마찰저항력을 측정하는 마찰저항력측정센서와 지반의 지지력을 측정하는 선단지지력측정센서, 간극수의 간극수압을 측정하는 간극수압 측정센서가 장착되어 있다. 또한, 지상에서는 지상으로 연장된 채취튜브에 변수위 및 정수위 투수시험을 할 수 있도록 투수계수측정장치를 설치한다.

현장실험은 지반조사장비를 사용하여 에코콘을 관입하는 방식으로 수행하였으며 시험지역은 과거에 주유소 부지로 사용된 유류오염대상시설내 유류저장탱크 주변을 대상으로 실시하였다. 유류저장탱크가 묻혔던 부지에서 약 10m 떨어진 A지점을 선정하였으며 지반 조사 결과, 지하 7m 정도까지는 점성토 적층이었으며 13m까지는 풍화토층이 발견되었다. 또한, 오염정도가 미비한 것으로 판단되는 유류저장탱크부지와 다소 멀리 떨어진 사질토 지반의 B지점을 선정하여 에코콘을 직접 관입하여 오염상황을 측정하여 오염이 심하게 발생한 곳과 오염정도가 미미하거나 발생하지 않은 지역을 비교할 수 있도록 하였다.

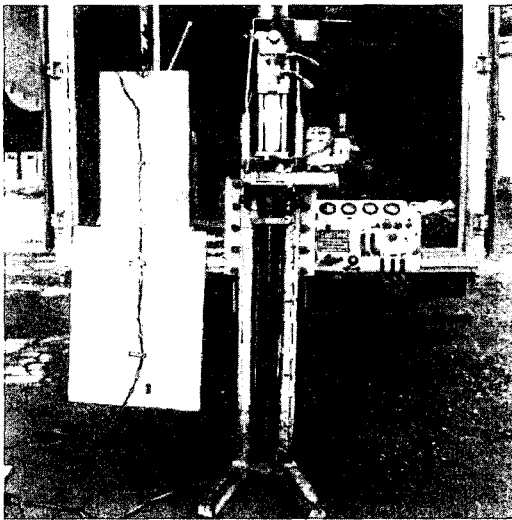


그림 1. A지점 투수계수 측정

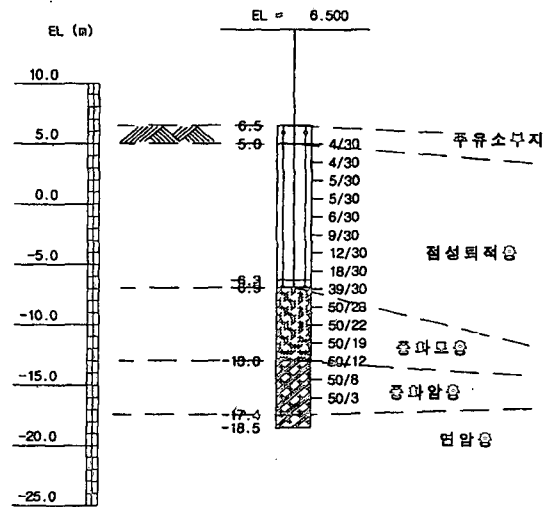


그림 2. A지점 지반조사

3. 조사결과

유류저장탱크 주변의 A지점에 대한 에코콘 지반환경조사를 한 결과, pH는 지중으로 갈수록 다소 내려가는 경향은 있으나 대부분 6 이상으로 중성상태로 나타나고 있었다. 전기비저항값은 전반적으로 10.27~21.77 Ω -m의 매우 낮은 수치를 보였으나 이는 유류물질의 오염에 의한 영향보다는 본 조사지점의 지반 특성상 지하 7m 까지 전기비저항값의 범위가 1~20 Ω -m 정도인 점성토 지반으로 인하여 수치

가 낮게 측정된 것으로 판단된다. 또한, 본 에코콘 관입장치로 변수위 투수시험을 한 결과, 심도 1m에서 7.88×10^{-5} cm/s로 나타났으며 심도 5m에서는 5.39×10^{-5} cm/s로 측정되어 일반적인 점토의 투수계수치를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었다. 그밖의 심도별 온도변화는 여름철 조사로 인하여 심도 1m에서 30.4℃, 심도 5m까지 20.5℃를 기록하여 지하 5m까지 약 ± 10 ℃의 온도차가 나는 것을 알 수 있었다. 산화환원전위(ORP)는 심도 1m에서 67.2 mV를 나타냈으며 차츰 심도가 내려갈수록 산화환원전위값은 비례하여 5m까지 36.8mV로 나타났다.

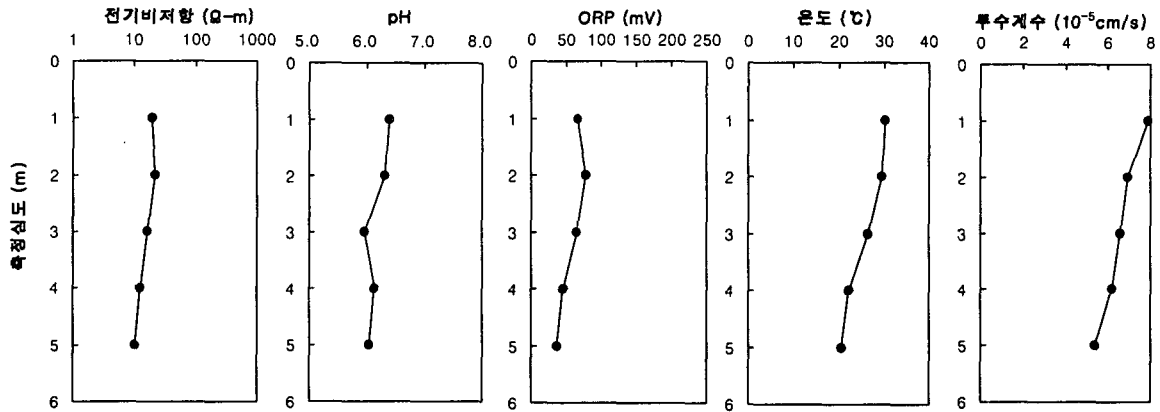


그림 3. A지점 심도별 환경조사 및 투수계수

A지점과 비교시험 하기 위한 유류저장탱크와 다소 멀리 떨어진 B지점에서의 지반환경 실험결과는 그림 4와 같다. 전기비저항은 심도 1m에서 144.11Ω-m로 나타났고, 심도 5m에서는 96.8Ω-m으로 심도가 내려갈수록 다소 감소하는 경향을 보였다. A지역과 비교하여 볼 때, B지역의 전기비저항은 매우 높은 편이나 일반토양의 수치가 비슷하게 나타났다. pH측정에서는 전체적으로 6.81에서 7.23의 범위로 중성을 나타내고 있으며 ORP측정에서는 심도 1m와 5m일 때의 측정결과는 각각 192mV와 210.7mV로 크게 나타났으나, 나머지는 상대적으로 작은 값을 나타내고 있었다. 또한 온도변화에서는 19.4~28.8℃의 범위로, 심도가 깊어질수록 온도가 낮게 나타났다. B지점에서의 투수계수는 심도 1m에서 4.15×10^{-3} cm/s로 나타났으며 심도 5m에서는 52.08×10^{-3} cm/s로 측정되어 일반적인 사질토의 투수계수치를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었다.

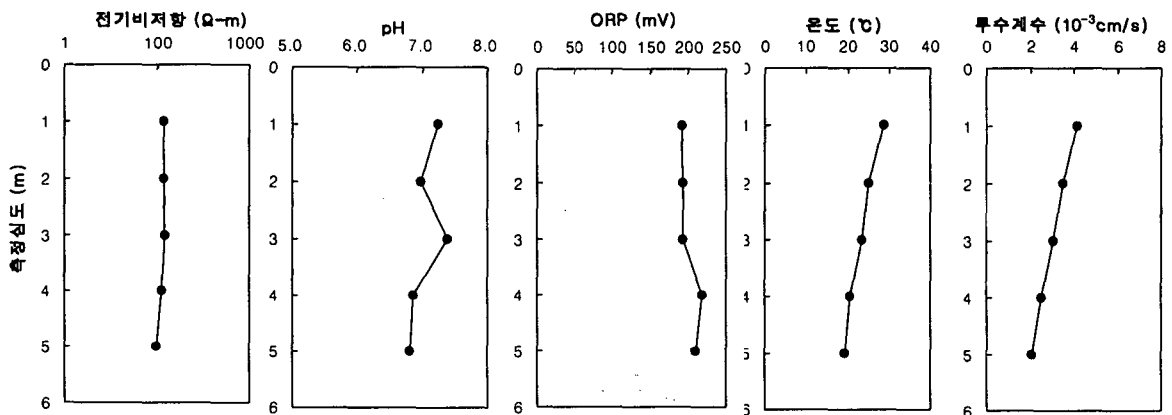


그림 4. B지점 심도별 환경조사 및 투수계수

4. 결론

본 연구에서는 에코콘 관입시스템을 오염유발대상시설내 주변지역의 2지점에 관입하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1) 주유소부지 인접 A 지점은 10.27~21.77 Ω -m의 낮은 전기비저항의 값을 나타내었는데, 유류오염의 영향보다는 조사지점이 $5.39 \times 10^{-5} \sim 7.88 \times 10^{-5}$ cm/s의 낮은 투수계수의 점성토 지반으로 되어 있어 전기비저항값의 수치가 낮게 측정된 것으로 판단된다.

2) A지점과 다소 멀리 떨어진 B지점의 전기비저항은 심도 1m에서 144.11 Ω -m로 나타났고, 심도 5m에서는 96.8 Ω -m으로 심도가 내려갈수록 다소 감소하는 경향을 보였으며 ORP값의 범위는 192~210.7mV로 나타나 유류오염에 대한 영향은 보이지 않았다. 또한, B지점에서의 투수계수는 심도 1m에서 4.15×10^{-3} cm/s, 5m에서 52.08×10^{-3} cm/s로 측정되어 일반적인 사질토의 투수계수치를 나타내고 있는 것을 확인할 수 있었다.

3) 본 연구에 사용된 에코콘의 관입시스템으로 지반의 원위치에서 토양내의 일반특성 및 환경특성 파악은 물론 수리전도도까지 측정하여 전반적인 지반특성 파악이 용이한 것으로 판단되었다.

4) 에코콘 관입시스템에 의하여 형성된 보링공을 사용하여 현장 원위치에 간단하게 지반의 투수특성 조사가 가능한바 이의 건설현장에서의 활발한 활용이 예상된다.

5. 참고문헌

1. Brandl, H. and P. K. Robertson(1997), Geo-environmental site investigation, specification and characterization, Environmental Geotechnics, A.A. Balkema.
2. 정하익 (1998), 지반환경공학, 유림
3. 정하익, 김영진, 홍승서, 강동우, 이경국 (2004), “에코콘 탐사시스템을 이용한 지반특성 및 지반환경 조사”, 한국지하수도양환경학회 춘계학술발표회