

## 토양의 물리·화학적 특성 변화에 따른 전기 비저항의 변화

김근수<sup>1</sup>, 안윤희<sup>1</sup>, 김성욱<sup>1</sup>, 김국락<sup>2</sup>

<sup>1</sup>부산대학교 지질환경시스템학부 지질환경과학전공

<sup>2</sup>일본 쓰구바대학교 이공학연구과

### 1. 서론

토양의 전기 비저항은 토양입자나 암석의 전기적 성질, 토양 간극에 함유되어 있는 간극수의 전기적 성질에 따라서 변한다. 즉, 지반을 구성하고 있는 토양이나 암석이 완전한 고체일 경우에는 절연체이지만 대부분은 다공질체이므로 어느 정도의 전도성 간극수가 함유되어 있다. 따라서 그 비저항성 및 분극성은 토양이나 암석을 구성하고 있는 광물의 성분, 입자의 종류, 함유하고 있는 간극수의 전기전도도, 간극의 용적 그리고 온도 및 압력 등에 따라서 달라질 수 있다. 즉, 토양의 특성과 물리적, 화학적 환경 조건의 변화에 따라 비저항의 특성이 변화할 수 있다. 본 연구는 토양의 물리적·화학적 특성을 파악하여 이들과 전기비저항과의 상관 관계를 규명하는 한편 간극수의 함수비에 따른 비저항치의 변화, 토양의 건조단위중량 및 간극비(밀도)가 비저항에 미치는 영향, 온도 변화에 따른 비저항의 변화, 오염물질의 함유여부에 따른 전기 비저항의 변화를 파악하기 위한 실험을 실시하여 전기비저항에 미치는 영향을 규명하고자 계획되었다. 연구의 대상으로 과천시역 일원에 분포하는 토양층의 시료에 대해 실내실험을 통하여 함수량, 온도, 밀도, 이온함량의 변화에 따른 토양 비저항의 변화 경향을 분석하였다.

### 2. 시료 채취 및 실험방법

조사지역인 과천시 일원에 걸쳐 모암 및 토양 유형별로 10개소에서 심도별로 시료를 채취하였다. 채취된 시료 중 일부는 수분의 자연함수량과 토성 및 진비중의 측정을 위해 준비되었고, 나머지는 실험실에서 약 일주일 정도 풍건조시켰다. 건조된 시료를 잘게 부순 후, 직경 2mm체를 이용, 통과한 미세 물질을 분석용 시료로 사용하였다. 실험은 우선 자연상태의 시료로부터 함수비와 비중, 밀도, 전기전도도 및 전기비저항을 측정 한 후, 105°C에서 24시간 동안 건조하였으며, 용액의 함수비(weight %)를 증가 시켜가면서 전기 비저항을 측정하였다. 토양 입자의 점착력 및 응집력을 고려하여 용액이 고르게 섞이게 하기 위한 여러 방법을 시도하였으며, 일반적인 방법으로 물을 흡수한 토양의 색이 고르게 되고, 입자의 엉킴이 완전히 해소될 때까지 유리 막대를 사용하여 혼합하였다. 실험에 사용된 용액은 증류수, 염화나트륨 용액, 해수, 광산산성배수 등을 이용하였다. 증류수(distilled water)는 탈 이온화된 3회 증류수를 사용하였으며, 염화나트륨 용액은 해수의 표준시료에 가깝게 시약용 염화나트륨(NaCl) 31g을 1000cc 증류수에 용해시켰다. 온도 변화에 대한 비저항의 변화를 파악하기 위하여 일정량의 용액을 섞은 다음, soil box에 채워진 시료를 -30°C까지 냉각한 후, 실온에서 냉각하면서 비저항을 측정하였다. 온도 측정 범위는 용액의 종류에 따라 달랐으며, 비저항의 측정 가능시점부터 약 25°C까지 측정하였

다. 밀도 변화에 따른 비저항의 변화를 보기 위해 일정 용적의 soil box에 토양 시료의 양(무게)의 변화를 주어 가비중(용적비중)을 계산하였다. 용적비중의 변화는 일측으로 다져 주어 일정 용적에 대한 무게의 비로 계산하였으며, 시료의 비저항이 거의 일정해질 때까지 행하였다.

### 3. 결과 및 고찰

토양의 유형이나 심도, 모재의 종류에 관계없이 함수량의 따른 전기비저항의 변화는 유사한 경향을 나타냈는데, 함수율이 약 15%에 이르기까지는 급격하게 비저항이 감소하였으며, 약 25%까지는 다소 완만하게 감소하였고, 그 이상의 함수율에서는 포화상태가 될 때까지는 비저항의 감소경향은 더욱 완만하게였다. 토양의 온도변화에 따른 전기비저항의 변화는 빙점 이하에서 빙점까지 비저항이 급격히 감소하며 그 이상이 되면 서서히 감소하는 특성을 나타내었다. 이온 함량이 서로 다른 용액에 따라 측정 가능한 온도 범위가 다양하였으며, 특히 염화나트륨 용액을 함유한 토양은 자연수를 함유한 시료보다 상당히 낮은 온도에서 비저항의 측정이 가능하였다. 밀도의 증가(용적비중의 증가)에 따라서도 전기비저항은 감소하였으며 포화 밀도 하에서는 거의 일정한 값을 보였다. 20%의 함수량을 갖는 증류수(distilled water)와 염화나트륨 용액(NaCl solution)의 밀도 변화에 따른 전기비저항치의 변화에서 밀도가 증가함에 따라 비저항이 감소하는 경향이 뚜렷하며, 증류수에 비해 염화나트륨 용액을 함유한 토양에서 포화 밀도에 이르는 비저항의 변화 범위가 좁아짐을 알 수 있었으며, 비저항 값은 염화나트륨 용액을 함유한 토양이 증류수보다 약 100배 정도 낮은 값을 보인다. 토양이 해수나 침출수 또는 지표수에 의해 오염되었음을 가정하여 토양에 이온함량을 달리하는 염수, 해수, 광산산성배수를 함량을 달리하면서 토양의 전기비저항을 측정한 결과, 전기비저항의 초기 감도가 증류수의 경우 용액의 함량이 7.5%부터 값이 측정되었음에 비해, 염수 및 광산산성배수의 경우 각각 2% 및 2~5%에서 비저항이 측정되었다. 함수량의 변화에서와 마찬가지로 토양의 전기비저항은 용액의 함량이 증가할수록 감소하는 경향이 뚜렷하였고, 포화용액에 가까워질수록 변화폭은 줄어들었다. 동일 용액의 함량에서 증류수, 산성배수, 염수로 갈수록 비저항은 수백배까지 낮아짐을 알 수 있었다. 따라서, 오염된 간극유체의 전기전도적 성질이 토양의 비저항에 직접적으로 큰 영향을 미치고 있음이 확인되었으며, 염수에 오염된 토양의 비저항은 오염되지 않은 경우에 비해 현저히 낮아지므로 이러한 성질은 비저항법을 이용한 오염지반 탐사의 적용가능성을 제시할 수 있다.

### 참 고 문 헌

- Archie, G. E., 1942, The Electrical resistivity log as an aid in determining some reservoir characteristics. Trans. A. I. M. E., Vol. 146, p. 54-62.
- Compa-nella and Weemees, 1990, Development and use an electrical resistivity cone for groundwater contamination studies, Canadian Geotechnical Journal. Vol. 27, p. 557-567.
- Scott, W. J. and Kay, A. E., 1988, Earth resistivity of Canadian soils. Vol. 1, 165p.