

토양 수리특성에 따른 전기비저항 관계 규명을 위한 실내시험 결과

송성호, 김기주*, 박삼규**, 옹환호, 조인기*

농업기반공사 농어촌연구원, *강원대학교 지구물리학과 · **한국지질자원연구원 지반탐사연구실
shsong@karico.co.kr

<요약문>

본 연구는 전기비저항 탐사법을 이용한 실내실험의 결과를 활용하여 토양의 수리특성별 지층비저항계수를 산출하여 소유역에 대하여 대략적인 수리지질 특성을 규명하는 방안을 제시하는 것이다. 연구결과, 모래로 구성된 토양층의 경우는 본 실내시험에서 얻어진 지층비저항계수에 따른 공극률 및 수리전도도의 관계를 활용할 수 있으며, 점토가 포함된 토양층의 경우는 표면전도도의 영향으로 측정되는 전기비저항이 실제 측정값보다 낮게 나타나므로, 향후 전기이중층 효과를 고려하여 개발하는 경험식의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

1. 서론

이 연구는 물리탐사 기법 중 전기비저항 탐사법을 이용한 실내실험 결과를 토대로 지반의 수리지질 특성 및 지하수 개발량을 분석하는 기술 개발을 목적으로 수행된 연구결과 중 일부이다. 이와 관련된 연구로 국외의 경우 지표 지구물리탐사, 시추공 물리검층, 지질통계학 방법, 자료 상관성 분석 등을 이용하여 대수층 특성을 규명하고 있는 반면, 국내의 경우는 지반의 지질구조 해석을 위한 지구물리탐사 기법의 적용은 많지만 대수층과 관련된 접근은 제한적으로 수행되고 있는 실정이다.

2. 본론

수리지질 특성 중 전기비저항 탐사를 이용한 대수층 수리상수 추정에 관한 연구는 Archie(1942)가 전기비저항 검층 자료를 이용하여 reservoir의 전기전도도를 추정해 온 이래로 최근까지 다양한 방법을 이용한 연구가 진행되어 왔다(Kelly, 1977) 또한 다양한 조건하에서 전기비저항 탐사로부터 대수층의 투수량 계수의 관계 규명을 위한 연구는 전기검층을 이용한 퇴적암에서의 지층비저항계수와 투수계수 사이의 관계를 제시한 이래로 다양한 연구를 통한 경험식이 제시된 바 있다.

2.1 실내시험

실내시험은 토양과 암석의 입도, 공극률, 함수비, 투수계수별로 전기비저항의 상관관계를 밝히는 목적으로

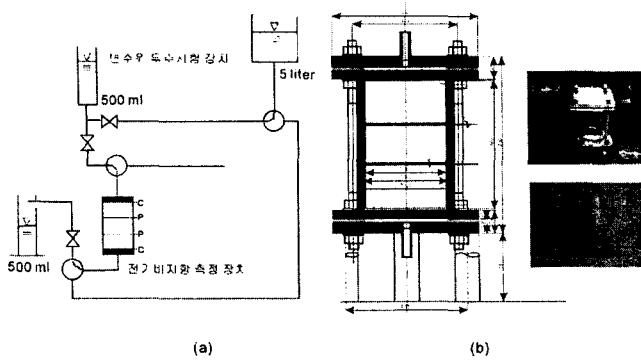


그림 1 전기비저항 실내시험 장치 구성도(a) 및 측정장치 설계도(b)

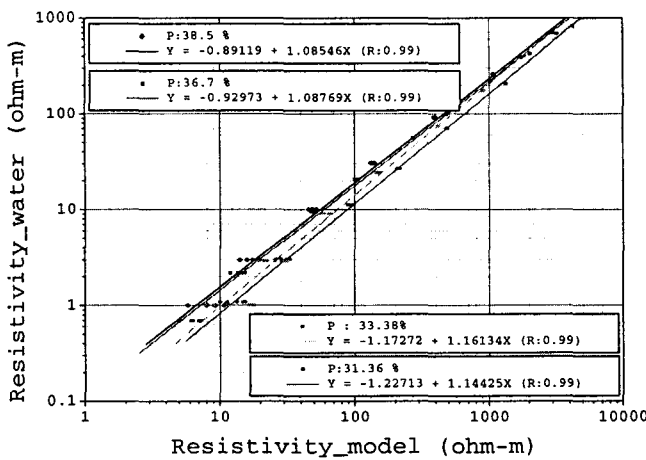


그림 2 glass bead를 이용한 각 공극율별 포화시료와 간극수의 전기비저항 관계

매우 높은 곳에서는 포화된 시료에서의 전기비저항이 미세하지만 낮게 측정되기 때문에 판단된다. 그러나 우리나라 지하수의 전기비저항이 약 100 ohm-m 전후가 대부분이므로 이러한 실내실험의 결과를 적용하는데 적절한 실험 결과로 판단된다.

<그림 3>은 <그림 2>에서 얻어진 선형적인 관계를 이용하여 간극수의 변화에 따라 공극율에 대한 포화시료의 전기비저항을 도시한 결과로 전체적으로 시료의 전기비저항과 공극율은 반비례 관계가 나타남을 알 수 있으며, 간극수의 전기비저항이 작아짐에 따라 기울기가 증가하는 결과가 나타났다.

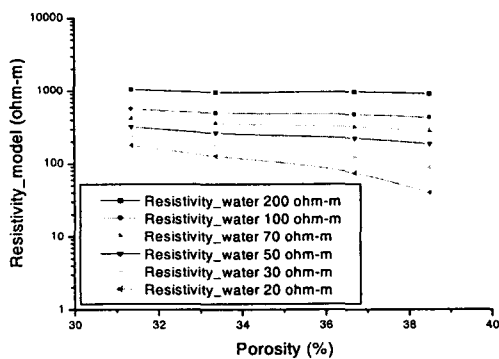


그림 3 간극수 전기비저항별 공극율과 포화시료의 전기비저항 상관관계

다양한 조건에 대하여 적용이 가능하도록 설계 하였으며, 특히 투수계수의 경우는 변수의 시험방법을 사용하여 전기비저항과의 관계를 얻을 수 있도록 설계하였다 <그림 1>. glass bead를 이용한 실내시험은 4 종류의 공극율을 가지는 시료를 제작하여, 0.7~800 ohm-m 범위에서 10 단계의 전기비저항을 가지는 간극수로 포화시킨 후, 시료의 전기비저항을 측정하였다 <그림 2>. 공극율은 각각 31.4, 33.4, 36.7, 38.5 %로 제작되었는데, 38.5 %에 해당하는 공극율에 대한 시료의 경우는 입자 크기 2 mm의 glass bead를 최대한 느슨한 상태로 하여 자료를 얻은 것이다. 이 결과 자료의 신뢰성은 공극율 36.7%에 해당되는 시료에 비해서 안정적으로 나타나는데, 이는 최대한 느슨한 상태이기 때문에 공극률 측정이 용이하고, 측정을 위한 간극수의 포화도 보다 세밀히 이루어지기 때문으로 판단된다. 전체적인 실험 결과로 간극수의 전기전도도가 매우 높거나 매우 낮은 부분에서는 상대적으로 자료가 잘 일치하지 않지만, 30~200 ohm-m의 간극수 구간에서는 비교적 선형의 결과를 나타내고 있다. 이는 간극수의 전기비저항이 매우 낮은 곳에서는 포화된 시료에서의 비저항이 높게 측정되고, 간극수의 전기비저항이

매우 높은 곳에서는 포화된 시료에서의 전기비저항이 미세하지만 낮게 측정되기 때문에 판단된다. 그러나 우리나라 지하수의 전기비저항이 약 100 ohm-m 전후가 대부분이므로 이러한 실내실험의 결과를 적용하는데 적절한 실험 결과로 판단된다.

<그림 3>은 <그림 2>에서 얻어진 선형적인 관계를 이용하여 간극수의 변화에 따라 공극율에 대한 포화시료의 전기비저항을 도시한 결과로 전체적으로 시료의 전기비저항과 공극율은 반비례 관계가 나타남을 알 수 있으며, 간극수의 전기비저항이 작아짐에 따라 기울기가 증가하는 결과가 나타났다.

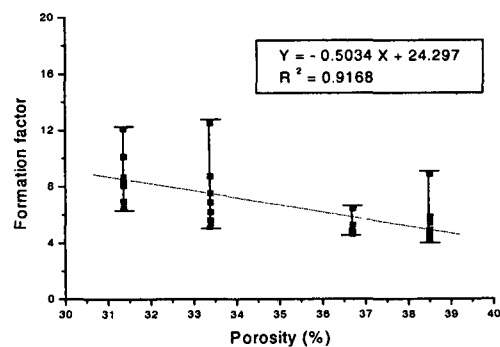


그림 4 공극율별 지층비저항 계수 상관관계

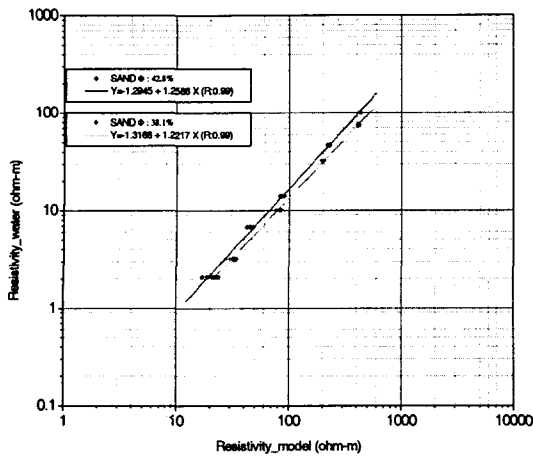


그림 5 표준사를 이용한 각 공극율별 포화시료와 간극수의 전기비저항 관계

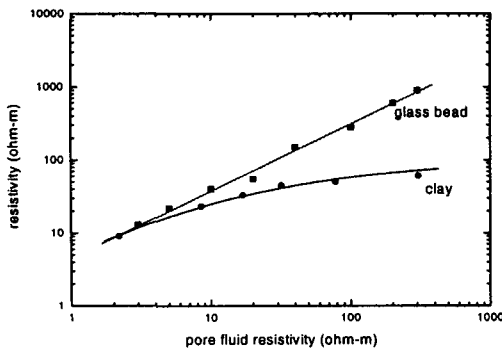


그림 6 간극수 비저항 변화에 따른 시료의 전기비저항 관계

10⁻² cm/s로 나타나는데, 향후 실험결과가 축적되는 경우 효과적인 활용이 가능하다. <그림 6>은 clay를 이용한 실험결과로 glass bead와 표준사를 이용한 실험결과와 달리 간극수의 비저항이 증가함에 따라 log 함수로 증가되는 형태가 나타났다. 이러한 결과는 clay의 경우 점토광물이 수화됨에 따라 이온 농도가 높은 전기이중층 (double layer)이 두겹게 발달되어 이를 매체로 하는 이온전도가 커지기 때문인 것으로 판단된다. 이는 점토광물과 같이 비표면적이 큰 광물입자 일수록 표면전도도의 영향이 크기 때문으로, 점토를 포함하는 시료의 경우는 이러한 점토광물의 영향에 의해 Archie(1942)가 제안한 식으로 비저항을 추정하는 경우보다 실제 측정값이 낮게 나타나게 된다.

3. 결론

본 실험의 결과를 활용하여 사층으로 구성된 토양층에서의 지층비저항계수를 구하는 경우 지층의 공극율 및 수리전도도 범위의 추정이 가능하다. 점토가 포함된 토양층의 경우는 표면전도도의 영향으로 측정되는 전기비저항이 실제 측정값보다 낮게 나타나므로, 향후 전기이중층 효과를 고려한 경험식을 개발하여 활용하는 경우 광역적인 지역에서의 대략적인 수리지질 특성을 규명하는데 활용이 가능할 것으로 판단된다.

4. 사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단 연구비의 일부 지원 (과제번호 3-3-1)에 의해 수행되었습니다.

5. 참고문헌

Archie, G.E., The electrical resistivity log as an aid in determining source reservoir characteristics: AIME Tech., 146, 54-62(1942).

Kelly, W.E., Geoelectric sounding for estimating aquifer hydraulic conductivity: Ground Water, 15, 420-425(1977).