

비접지식 전기비저항 탐사의 적용과 한계

이성곤¹⁾, 조성준¹⁾, 이명중¹⁾, 정승환¹⁾

1. 서론

일반적으로 전기비저항 탐사는 땅에 접지전극을 설치하고 전류전극에서 DC 전류를 흘려준 후 전위전극에서 전위차를 측정함으로써 지하의 전기비저항 구조를 규명하는 방법이다. 그러나, 최근 지반 조사 및 환경 오염 문제에 대한 전기비저항 탐사에 대한 수요가 증가하면서 아스팔트나 콘크리트가 덮여 있어 접지전극의 설치가 불가능한 지역에서의 전기비저항 탐사가 수요가 발생하고 있으며, 이에 대한 대안으로 접지전극을 설치하지 않고 전기비저항 탐사를 수행할 수 있는 비접지식 전기비저항 탐사 방법에 대한 관심이 높아지고 있다. 또한, 비접지식 전기비저항 탐사는 득이나 방조제 조사등과 같이 매우 길게 연장된 평탄한 지역에서 신속하고 연속적으로 탐사하고자 할 때 탐사작업의 용이성 때문에 적합한 방법으로 여겨지고 있다.

이 연구에서는 최근 한국지질자원연구원의 전기·전자 탐사 연구실에 도입된 비접지식 전기비저항 기기인 미국 Geometric사의 OhmMapper를 이용하여 얻은 현장 탐사 자료로부터 적절한 자료 변환을 통하여 동 연구실에서 개발되어 널리 사용되고 있는 *Dipro for Windows*를 이용하여 해석하는 방법을 제시하고, 현재까지 얻은 탐사 자료를 통하여 비접지식 전기비저항 탐사 방법에 대한 적용상의 문제점을 논의하고자 한다.

2. 비접지식 전기비저항 탐사의 원리, 현장 작업 및 자료 처리

Fig. 1은 비접지식 전기비저항 기기로 현장 탐사를 하고 있는 사진으로, 사용한 기기는 미국 Geometric사의 OhmMapper TR 1[®]이다. 전체 시스템은 측정 시작과 끝을 제어하고 측정자료를 저장하는 콘솔, 수신기와 수신케이블, 송신기와 송신 케이블로 구성되어 있다. 송신기에서 capacitor 역할을 하는 송신케이블로 16 kHz의 주파수를 갖는 교류전류를 송신하면, 이 교류전류는 송신케이블과 땅 사이는 변위전류의 형태로, 땅속에서는 기존의 전기비저항 탐사와 같이 전도전류(conduction current)의 형태로 흐르게 되고 이 전도전류에 의해 발생하는 전위차를 역시 capacitor 역할을 하는 수신 케이블을 거쳐 수신기에서 측정하게 된다. 이때 송신기에서는 전류량을 모니터링 하여 무선통신을 통해 수신기로 보내주고 수신기에는 측정된 전위차를 수신받은 전류량으로 나눈 측정저항값을 콘솔로 보내주어 저장하게 된다.

한편, 측선 시작점으로부터 거리 측정은 일정 거리마다 "MARK" 신호를 콘솔로부터 보내어 기록할 수도 있으며, GPS(Global Positioning System)를 이용하여 측정점의 위치 정보를 기록하고 후처리(post-processing)하는 방법을 사용할 수도 있다. 이때 송·수신케이블의 길이는 5m 혹은 10m이며, 송·수신케이블의 길이는 기존의 접지식 전기비저항 탐사에서의 쌍극자 길이와 같은 의미로 생각할 수 있으며, 접지식 쌍극자 배열 전기비저항 탐사에서의 전극전개수 N은 송신케이블과 수신케이블의 간격을 늘려서 구현한다.

Fig. 2는 실제 현장 탐사에서 얻은 전류에 정규화된 전위(측정저항)를 나타내고 있으며, 단위는 μ V/ mA이다. 비접지식 전기비저항 탐사에서 겉보기 비저항은 측정저항에 다음의 거리계수를 곱하여 구하게 된다. (Tomofeev, unpublished; Geometrics, 1999)

$$\rho_a = K \frac{\nabla V}{I} \quad (1)$$

$$K = \frac{l\pi}{\ln \left[\left(\frac{b^2}{b^2-1} \right)^{2b} \left(\frac{b^2+2b}{(b+1)^2} \right)^{b+2} \left(\frac{b^2-2b}{(b-1)^2} \right)^{b-2} \right]} \quad (2)$$

$$b = \frac{2R}{l}$$

여기서, K 는 거리 계수이며, l 은 송·수신 케이블의 길이, R 은 송·수신 케이블의 중심간 거리이다.

Fig. 2에서 보듯이 대부분의 비접지식 전기비저항 자료에는 무작위적인 잡음이 포함되어 있으며, 이를 적절히 제거하여야 한다. 이 연구에서는 이를 제거하기 위하여 despiking 필터를 이용하거나 이동평균을 적용하였으며, 자료의 신뢰성을 높이기 위하여 같은 전개수 N 에 대하여 중복 측정하여 중합을 실시하였다. 한편, 필터링을 거친 자료를 위의 식 (2)를 이용하여 겉보기 비저항 값으로 변환한 후 일반적인 전기비저항 탐사자료 역산 알고리즘을 적용하여 해석하기 위하여는 비접지식 전기비저항 탐사 자료를 이에 적합하도록 적절하게 변환하여야 한다. 즉, 송·수신케이블의 길이와 송·수신케이블 사이의 간격에 따라 쌍극자 배열 전기비저항 자료 혹은 변형된 쌍극자 배열(김정호, 1999) 자료로 보간(interpolation) 혹은 재샘플링하여야 한다. 아직까지 비접지식 전기비저항 시스템을 정확히 모델링할 수 있는 연구는 발표된 바가 없으며, 따라서, 이 연구에서는 위와 같은 과정을 거쳐 얻어진 비접지식 전기비저항 탐사 자료를 위와 같은 변환을 통하여 국내에 이미 발표되어 널리 사용중인 역산 해석 프로그램인 *Dipro for Windows*를 이용하여 역산 해석을 실시하였다.

3. 결과 및 토의

Fig. 3은 한국지질자원연구원 내 잔디밭에서 비접지식 전기비저항 탐사 결과 얻어진 자료를 보여주고 있다. 맨 위에 보이는 자료는 탐사 측정 결과 얻어진 원시 자료로부터 이동평균을 적용하고 겉보기비저항으로 변환한 자료를 쌍극자 배열 자료 형식으로 보간, 재샘플한 자료이다(Fig 3 (a)). 이에 대한 역산 결과가 마지막에 나타나 있으며 중간에 보이는 그림은 역산 결과로부터 계산한 이론적인 겉보기 비저항 자료를 나타내고 있다. Fig 3(b)는 동일한 측선에서 얻은 일반적인 접지식 전기비저항 탐사 결과를 나타내고 있다. 두 기기로부터 얻은 겉보기 비저항 자료가 잘 일치하고 있음을 보아 비접지식 전기비저항 자료 변환이 잘 되었음을 알 수 있다.

위의 결과에서 보면 $N=5$ 까지 안정적인 측정값을 보인 것을 알 수 있다. 그러나 다른 연구지역에서의 측정 결과에서는 상당히 불만족스러운 결과를 얻었다. 부산의 토양오염지역의 경우 상부 토양층의 전기비저항이 낮은 원인이 있겠지만 $N=3$ 까지 밖에 자료를 획득할 수 없었으며, 무안의 지반침하 지역 역시 $N=3$ 이상의 자료를 얻을 수 없었다. 서울의 도심지에서의 결과는 더욱더 나빠서 $N=2$ 내지 $N=2.5$ 정도 밖에 자료를 획득하지 못하였다. 특히 도심지의 경우 지하의 배관망의 영향을 많이 받아 획득된 자료량 뿐만아니라 자료질 역시 매우 낮은 수준이었다. 도심지나, 바닷가에 연해 굉장히 전기전도도가 높은 환경인 방조제, 중심부의 clay core 에 의해 역시 전기전도도가 높은 환경인 댐체에서의 비접지식 전기비저항 탐사

는 현재의 기기수준을 고려할 때 별로 권장되지 않는다.

4. 사 사

이 연구는 과학기술부 “국가지정연구실” 사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

5. 참고문헌

- 김정호, 이명중, 송윤호, 조성준, 정승환, 1999, 2차원 전기비저항 탐사를 위한 전극배열법의 비교, 제73회 한국자원공학회 학술발표회, 한국자원공학회, pp 134 - 138.
 Timofeev, V. M., unknown, Electric and electromagnetic profiling with ground capacitive line-antennas, unpublished.
 OhmMapper TR1 Operation Manual, 1999, Geometrics Inc.



Fig.1. Capacitively-coupled system.

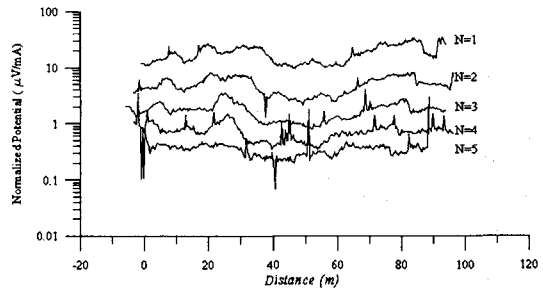
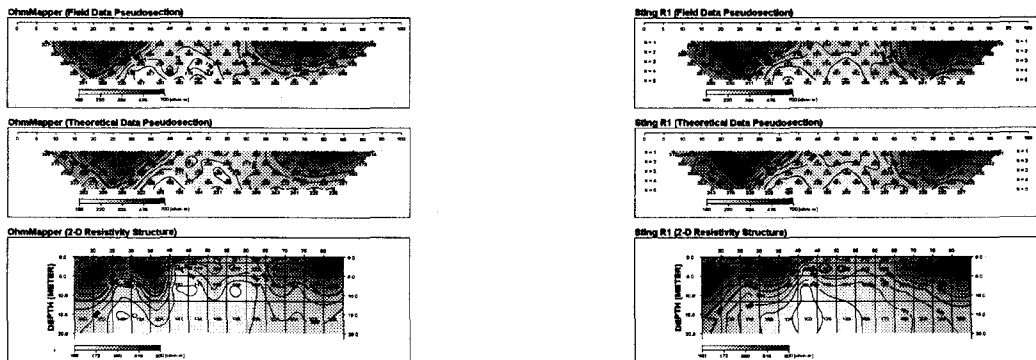


Fig.2. Typical readings from OhmMapper.



(a) capacitively-coupled system

(b) galvanic system

Fig.3. Comparisons of the results obtained from galvanic and capacitively-coupled system.

주요어: 비접지식, 전기비저항, 연속 측정, 자료 변환

1) 한국지질자원연구원