

음의 겉보기 비저항에 관하여

조인기¹⁾, 김정호²⁾

서론

전기비저항 현장 탐사에서 빈번히 출현하는 음의 겉보기 비저항에 대하여 많은 논란이 있어 왔다. 조인기 등(2002)은 평탄한 지형에서 수행된 지표 2차원 측선탐사의 경우, 지하 매질이 등방성이며 쌍극자 배열 등과 같이 일반적인 전극배열을 사용한다면 겉보기 비저항은 항상 양의 값을 갖는다고 주장한 반면, Jung et al.(2009)은 음의 값을 보일 수 있다고 주장하였다. 여기서는 이들의 상반된 주장에 대하여 이론적 고찰과 수치모델링을 통하여 음의 겉보기 비저항의 가능성에 대하여 논의한다.

이론적 고찰

전기비저항 탐사에서 겉보기 비저항은 다음의 일반식으로 정의된다.

$$\rho_a = \rho_b \frac{\Delta V}{\Delta V_p} = \rho_b \frac{\Delta V_p + \Delta V_s}{\Delta V_p} = \rho_b \left(1 + \frac{\Delta V_s}{\Delta V_p} \right) \quad (1)$$

또한 측정량인 두 전위전극차이의 전위차는

$$\Delta V = \Delta V_p + \Delta V_s = - \int_M^N (\mathbf{E}_p + \mathbf{E}_s) \cdot d\mathbf{L} \quad (2)$$

따라서 겉보기 비저항이 음의 값을 갖기 위해서는 1차 전기장과 2차 전기장의 측선방향 성분이 방향이 반대이고, 2차 전기장의 측선방향 성분이 1차 전기장의 측선방향 성분보다 그 크기가 커야 한다. 그러나 지하매질내의 모든 점에서

$$|\mathbf{E}_p| \geq |\mathbf{E}_s| \quad (3)$$

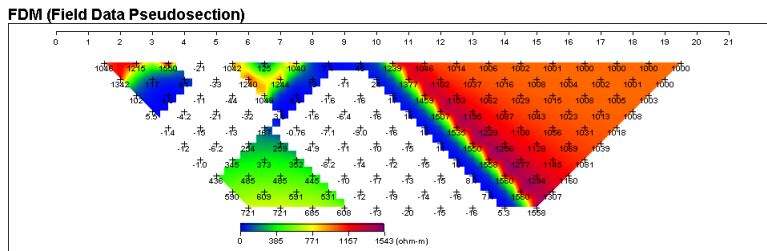
이므로 측정되는 전위차와 그에 따른 겉보기 비저항은 항상 양의 값을 보이게 된다.

1) 강원대학교 지구물리학과, choik@kangwon.ac.kr

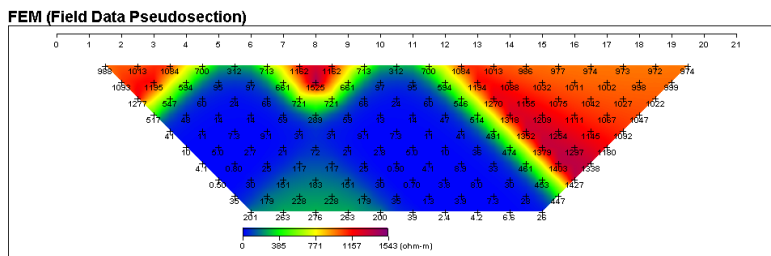
2) 한국지질자원연구원 자원탐사개발연구부

3차원 수치모델링

Jung et al. (2009)은 측선 하부에 U 자형 또는 초승달 모양의 전도성 이상체가 존재할 경우에 음의 겹보기 비저항이 발생한다고 주장하였다. Fig. 1(a)에 주어진 Jung et al.(2009)의 모델링 결과에는 전도성 이상체 상부에서 획득된 자료에 다수의 음의 겹보기 비저항이 나타나고 있으며, 음의 겹보기 비저항이 측정 가능함을 보여주고 있다. 그러나 그들의 계산 결과는 다음의 문제점이 있다. 제기된 U자형 모델은 측선을 기준으로 대칭성을 갖는다. 따라서 상반성에 의하여 가단면도상에서 이상체 중심을 기준으로 대칭성이 나타나야 한다. 그러나 결과를 보면 대부분의 자료들이 대칭성이 성립하지 않고 있어 모델링 결과가 상반성에 위배되는 것을 알 수 있다. 또한 가단면도상에서 $n=1, 2$ 일 경우에도 상당수의 음의 겹보기 비저항이 나타나고 있으나, U자형 모델에서 이상체의 최소심도가 5 m 이고, 측정 간격이 5 m인 점을 고려할 때 음의 겹보기 비저항을 예상하기는 어렵다.



(a) Finite difference method (Jung et al., 2009)



(b) Finite element method (this study)

Fig. 1. Apparent resistivity pseudo-sections from the finite difference method(FDM), and finite element method(FEM).

이에 반해 이 연구에서의 계산 결과인 Fig. 1(b)에서는 음의 겉보기 비저항도 나타나지 않는다. 뿐만 아니라 지하구조 모형의 대칭성에 의한 상반성 또한 가단면도에 잘 반영되어 있다.

결 론

이론적 고찰을 통하여 평탄한 직선 측선에서 측정되는 겉보기 비저항은 음의 값을 가질 수 없다는 점을 설명하였다. 또한 Jung et al. (2009)이 음의 겉보기 비저항을 만들어 낸다고 주장한 대표적 모형인 U 자형 모형에 대하여 3차원 유한요소법을 사용하여 모델링을 수행한 결과, 음의 겉보기 비저항이 나타나지 않음을 확인하였다. 결론적으로 지하매질이 등방성이고, 평탄한 지형조건일 경우 직선상의 측선에서 얻어지는 전기비저항 탐사에서는 음의 겉보기 비저항이 나타나지 않는 것으로 판단된다.

참고문헌

- 조인기, 김정호, 정승환, 서정희, 2002, 전기비저항탐사에서 음의 겉보기 비저항, 물리탐사, 5, 199-205.
- Jung, H. K, Min, D. J, Lee, H. S., Oh S. H., and Chung, H. C., 2009, Negative apparent resistivity in dipole-dipole electrical survey, Exploration Geophysics, 40, 33-40.