

지반조사를 위한 loop-loop 전자탐사 기법의 적용

유진상¹⁾, 송윤호²⁾, 설순지²⁾, 송영수¹⁾

1. 서 론

최근 들어 토목이나 건설, 환경 분야에서 요구하는 지반에 대한 기초 자료를 제공하기 위한 한 방법으로 루프-루프 전자탐사의 현장 적용이 활발히 시도되고 있다 (Won et al., 1996; 조인기와 송윤호, 1999). 전자탐사의 현장 자료 획득은 탐사를 수행하는 사람의 전문적인 지식이 요구되며, 현장 조건에 대한 충분한 사전 정보 및 적절한 주파수와 장비의 선택이 중요하다. 또한 루프-루프 전자탐사는 송신루프와 수신루프의 배열 오차나 주위의 잡음이 자료의 질에 상당한 영향을 미치므로 세심한 주의가 요하고, 적절한 탐사장비의 개발이 부족하여 원하는 자료를 얻는데 많은 제약이 따른다. 한편 현장에서 획득한 자료의 적절한 해석도구의 부재로 인해 지금까지는 1차원 역산 알고리즘이나 제한된 정량적인 해석 (Spies and Frischknecht, 1991; Frischknecht et al., 1991)에 국한되어 왔다.

이 연구에서는 루프-루프 전자탐사의 현장 자료 해석에 도움을 주고, 현장 적용 가능성에 대한 접근을 검토하고자 1차원 및 2차원 역산 알고리즘 (Song et al., 2001)을 도입 소개하였다. 우선 수치 모델링 자료를 역산에 적용시켜 적절한 모델의 추정 가능성이 가능한지를 살펴보고 다음으로 현장 자료를 역산 알고리즘에 적용시켜 보았다. 현장 자료는 캐나다 Geonics 사의 EM34-3XL을 이용하여 수평동일면 배열 (horizontal coplanar; HCP)과 수직동일면 배열 (vertical coplanar; VCP) 각각에 대해 송수신 루프 간격을 달리한 3개의 자료를 얻어 사용하였다. 역산 결과의 비교를 위해 전기비저항 탐사를 실시하였으며 이를 토대로 루프-루프 전자탐사의 현장 적용 가능성을 살펴보았다.

2. 해석 기법

이 연구에서 사용한 2차원 영상화 기법은 2.5차원 전자탐사 적분방정식에 확장된 Born 근사를 도입한 알고리즘이다 (Song et al., 2001). 지하구조가 주향으로 무한히 연속된 2차원인 반면 송수신은 3차원인 2.5차원을 구현하기 위해 log축상에서 동일 간격으로 설정된 총 15개의 공간파수영역에서 모델링을 수행하였으며, 그 정확도를 2.5차원 유한요소법 모델링 결과와의 비교를 통해 입증하였다. 또한 평활화제한을 가한 반복적 비선형 역산 알고리즘에서 해의 공간적인 평활화를 좌우하는 Lagrange곱수를, 변수분해행렬과 감도분석을 통해, 공간적인 변수로 설정하는 소위 Active Constraint Balancing (ACB; Yi and Kim, 1998)을 도입함으로써 분해능의 향상을 기했다. 한편 VCP 배열과 HCP 배열이 갖는 지하구조에 대한 서로 매우 다른 감도에 따라 야기될 수 있는 복합역산시의 효율 저하를 극복하기 위해 자료의 분산을 고려하는 가중함수를 도입함으로써 분해능을 더욱 향상시켰다.

3. 적용결과 및 토의

먼저 다양한 수치모델링 자료에 대한 적용을 통하여 공간의 함수로 정의되는 Lagrange곱수의 범위를 결정하고 향상된 분해능을 확인하였다. 다음으로 실제 현장자료의 적용성을 입증하기 위하여 전라북도 김제에서 현장탐사를 수행하고 동일한 축선에 대해 쌍극자배열 전기비저항 탐사를 수행하여 그 결과를 비교하였다. Fig. 1 은 전극간격 5 m를 채택하여 수행한 쌍극자배열 전기비저항 탐사자료에 2차원 역산을 수행하여 (김정호, 1999) 얻은 지하의 비저항 분포영상을 보여준다. 측정지역이 주로

논인 평야지역으로 매우 양질의 자료가 획득되었으며, 전기비저항 값은 20 ohm-m에서 300 ohm-m에 걸쳐 변화하고 있다. 탐사결과 영상은 특별한 구조보다는 단지 상부 층적층의 두께가 약간 변화하는 형태를 보여준다

현장탐사에 사용한 EM34-XL은 이차장의 이상성분을 이용하여 계산된 겉보기 전기전도도 형태로 측정값을 나타낸다. 따라서 이 연구에서는 이 겉보기 전기전도도로부터 소형 loop-loop 전자탐사의 근거리장 공식을 이용하여 (Spies and Frischnecht, 1991) 이상성분을 계산하였다. 먼저 지금까지 loop-loop 전자탐사 자료의 해석에 주로 사용되는 방법인 1차원 역산을 수행하였는데, 이때 지하를 3층구조로 가정하였다. 1차원 역산결과는 측정된 자료에 2차원 반응의 영향이 강하여 전기비저항 탐사 자료의 해석결과와 상이한 결과를 나타내었다. Fig. 2는 이 연구에서 개발된 2.5차원 역산 알고리즘을 적용하여 영상화한 지하구조를 보여준다. HCP자료(위)는 어느 정도의 2차원적 변화를 보여주나 VCP 자료(가운데)의 결과는 층서적 변화이외에는 별다른 정보를 제공하지 못한다. 그러나 HCP 및 VCP 배열의 자료(아래)를 동시에 역산한 결과를 보면 Fig. 1에 보여진 전기비저항 탐사결과와 그 양상뿐만 아니라 비저항 값의 범위도 매우 잘 일치함을 확인할 수 있다.

이 연구에서 사용한 탐사장비의 주파수가 단지 3개에 불과하고 송수신간격도 각 주파수마다 고정되어있는 매우 제한된 자료임에도 불구하고 쌍극자배열 전기비저항 탐사결과와 일치하는 결과를 보여 줌은 앞으로 전극의 접지가 불량한 도심지 지역이나 쓰레기 매립장 등에서 전기비저항 탐사의 대안으로 loop-loop 탐사가 효과적으로 적용될 수 있음을 입증하고 있다.

4. 참고문헌

- 김정호, 1999, DIPRO for Windows V. 3.2: Copyright© Hee Song Geotek. Co.
- 조인기, 송운호, 1999, 지반조사를 위한 전자탐사의 적용: 한국지구물리탐사학회, 제 2 회 학술발표회 논문집, 37-47.
- Frischnecht, F. C., Labson, V. F., Spies, B. R., and Anderson, W. L., 1991, Profiling methods using small sources: Electromagnetic methods in applied geophysics Applications, Nabighian, M. N., ed., Soc. Expl. Geophys
- Song, Y., Kim, J.-H., and Chung, S.-H., 2001, An efficient 2.5-D inversion of loop-loop EM data: Proc. 5th SEGJ Internat. Symp. 153-160.
- Spies, B. R., and Frischnecht, F. C., 1991, Electromagnetic sounding: Electromagnetic methods in applied geophysics Applications, Nabighian, M. N., ed., Soc. Expl. Geophys.
- Won, I. J., Keiswetter, D. A., Fields, G. R. A., and Sutton, L. C., 1996, GEM-2: A new multifrequency electromagnetic sensor: J. Env. Eng. Geophys., 1, 129-137.
- Yi, M.-J., and Kim, J.-H., 1998, Enhancing the resolving power of the least-squares inversion with Active Constraint Balancing: 68th Ann. Internat. Mtg., Soc. Expl. Geophys., Expanded Abstracts, 485-488.

주요어: loop-loop 전자탐사, 확장된 Born 근사, 2.5 차원 적분방정식, 2 차원 역산

- 1) 전북대학교 자원공학과
- 2) 한국지질자원연구원

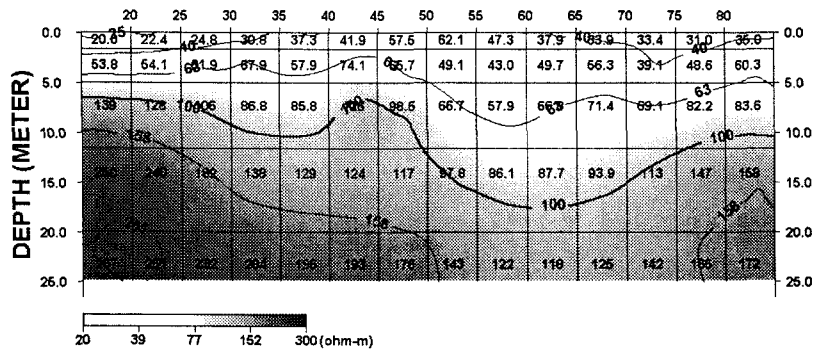


Fig. 1. Two-dimensional inversion result of dc resistivity data at KIMJE. Data were measured with dipole-dipole array and deployed dipole spacing is 5 m.

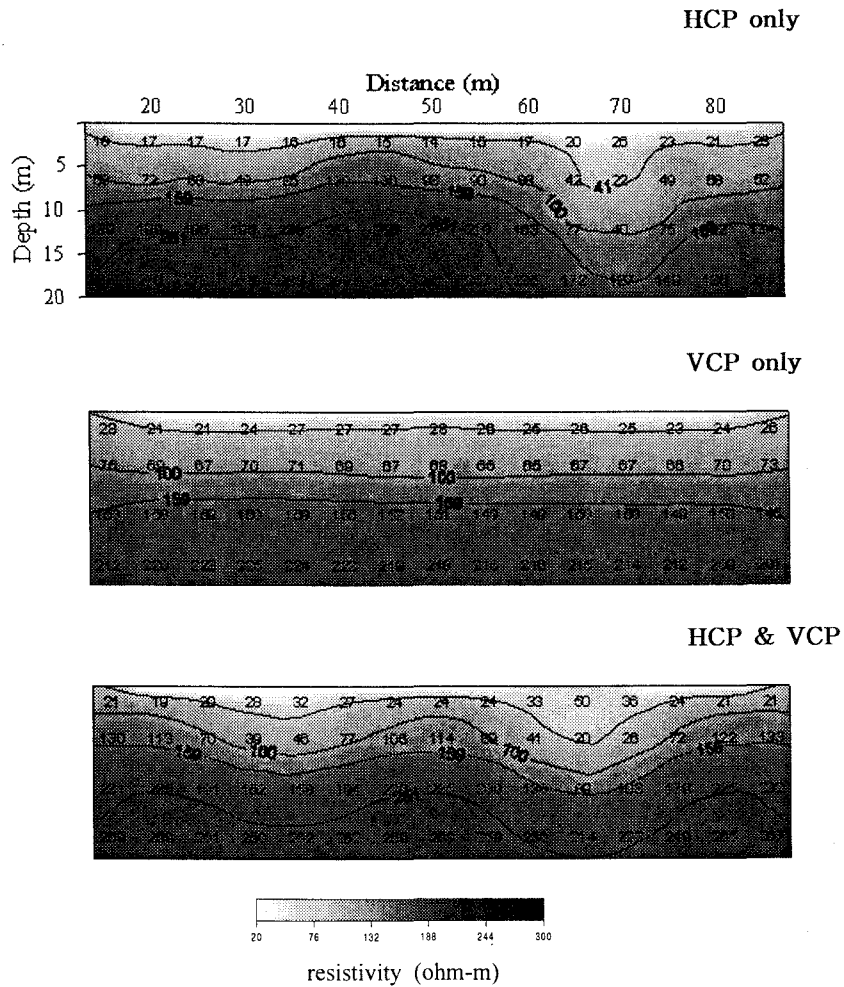


Fig. 2. Two-dimensional inversion results of loop-loop EM field data along the same profile for dc resistivity survey shown in Fig. 1.