

전기비저항 탐사자료의 3차원 역산

Three-dimensional inversion of resistivity data

이명중, 김정호, 조성준, 송윤호, 정승환¹⁾

Myeong-Jong Yi, Jung-Ho Kim, Seong-Jun Cho, Yoonho Song, and Seung-Hwan Chung

서 론

최근 도로, 교량, 대형구조물 건설을 위한 토목공사나 지반침하 안정성 평가 등에서 그 수요가 급증하고 있는 지반조사는, 현장여건을 불문하고 지하구조의 보다 정확하고 정밀한 영상화를 필요로 하는 추세이다. 이에 대해 현재 일반적으로 수행되고 있는 1차원 또는 2차원적 지하구조 해석은 국내의 복잡한 지질구조 및 지형 환경에서 분해능의 한계점을 드러내고 있으며, 더욱 정확한 지하의 영상을 제공할 수 있는 3차원 탐사 및 해석기술의 등장을 요구하고 있다. 이와 같은 수요에 대한 하나의 적극적인 해결책으로, 본 연구에서는 지형조건과 무관하게 지하구조의 전기비저항 분포를 3차원적으로 영상화할 수 있는 전기비저항 탐사자료의 3차원 역산 알고리즘을 개발하였으며, 교량건설부지에서 수행한 현장 탐사자료의 역산을 통하여 그 실용성을 입증하였다.

지형을 포함한 전기비저항 탐사자료의 3차원 역산

본 연구에서는 유한요소법을 이용한 3차원 모델링과 비선형 역산 알고리즘을 결합하여 효율적인 3차원 역산 알고리즘을 개발하였다. 전기비저항 탐사결과 해석의 문제점은 지하구조를 1차원 또는 2차원으로 가정함과 복잡한 지형에 의한 지형효과를 정확히 해결하지 못하는데 기인하고 있으며, 본 연구에서는 지하구조의 3차원적 특성과 복잡한 지형에 의한 반응을 역산에 포함시킴으로써 별다른 가정 없이 실제 지하구조를 영상화할 수 있는 알고리즘을 개발하였다.

전기비저항 3차원 모델링에 있어서는 유한요소법을 사용함으로써 지형의 기복에 의한 효과를 포함하도록 하였는데, 이는 정육면체 요소의 형상을 심도방향으로 변형하여 지형의 기복을 표현함으로써 이루어진다. 한편 3차원 전기비저항 모델링은 매우 방대한 계산을 필요로 하는 바, 시스템 행렬의 계산에는 반복적 방법인 ICCG (Incomplete Cholesky Conjugate Gradient)법을 사용함으로써 계산시간 및 기억용량을 절감할 수 있었다.

한편 비선형 역산에 있어서는 평활화제약을 가한 반복적 역산 알고리즘을 사용하였으며, 역산의 성능을 좌우하는 자코비안의 계산에는 상반성(reciprocity)의 원리를 이용하여 계산시간을 단축하였다. 한편, 매개변수 분해능 분석 및 분산함수 분석(Spread function analysis)을 통하여 최적의 라그랑지 곱수 분포를 계산하는 ACB(Active Constraint Balancing; Yi and Kim, 1998)법을 사용함으로써 역산의 분해능 향상을 기하였다.

개발된 알고리즘을 사용하여 몇 가지 간단한 지하구조 모형에 대하여 수치실험을 실시하였으며, 이로부터 알고리즘의 타당성을 입증하고 효용성을 확보하였다.

주요어 : 전기비저항, 3차원 역산, 유한요소법

1) 한국자원연구소 자원연구부

현장자료에의 적용

본 연구에서 개발된 알고리즘을 고속도로 교량건설 예정부지 하부의 석회암 지대에 분포하는 지하공동 및 연약대 분포의 파악을 위하여 획득된 전기비저항 탐사자료에 적용하였다. 이 지역에서는 교각 축을 따라 격자망 축선을 형성하여 쌍극자배열 전기비저항 탐사가 수행되었으며, Fig. 1은 교각 축에 직교하게 설정된 축선들에 대한 종래의 2차원 전기비저항 역산 결과를 나타낸 것이다. 여기서, 특징지을 수 있는 반응은 교량의 진행방향을 따라서 이와 사교하여 나타나는 저비저항 이상대로서 상당한 연속성을 가지는 형태로 나타나고 있다. 그러나, 교각 P5의 시추 조사 결과와 대비하여 볼 때에 저비저항 이상대의 발달심도가 잘 부합하지 않는 결과를 나타내고 있다.

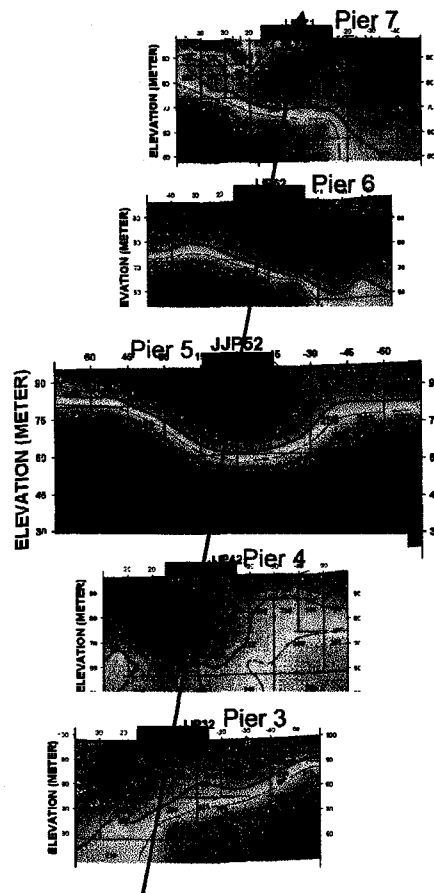


Fig. 1. Resistivity images aligned along the bridge axis as the results of the conventional 2-D inversion.

한편, Fig. 2는 본 연구에서 개발된 3차원 전기비저항 역산 알고리즘을 적용한 결과로서 저비저항 이상대가 수평적으로 연속성을 가지는 양상은 2차원 역산에 의한 결과와 동일하게 나타나고 있으나, 이상대의 발달심도에 있어서는 앞의 2차원 역산의 결과에 비하여 훨씬 심부까지 나타나고 있으며 이는 시추코아 조사결과와 잘 일치하는 결과이다. 이와 같이 영상화된 이상대는 교각의 안정성에 문제가 되는 지역으로 파악되었으며 그 하부에는 지하공동의 발달 가능성이 높은 것으로 해석되었다. 실제 시추코아 조사결과를 살펴보면 이 이상대 지역에서 다수의 공동이 발견된 바 있다. 또한 이 이상대의 발달양상은 야외지질조사 결과와 잘 부합하고 있는 결과를 나타내고 있다.

결 론

본 연구에서는 기존의 1차원 또는 2차원 해석기술에 비하여 지하구조를 더욱 정확하게 영상화할 수 있는 3차원 전기비저항 역산 알고리즘을 개발하였으며, 현장자료에 적용하여 시추코아 조사결과 및 야외 지질조사 결과와 더 잘 부합하는 결과를 획득할 수 있었다.

참고문헌

1. 이명종, 김정호, 조성준, 정승환, 1997, "전기비저항 탐사자료의 3차원 역산", 전기, 전자탐사법에 의한 지하영상화 기술연구, 한국자원연구소 연구보고서, KR-97(C)-16, p.57-p.100.
2. 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*, p.485-488.

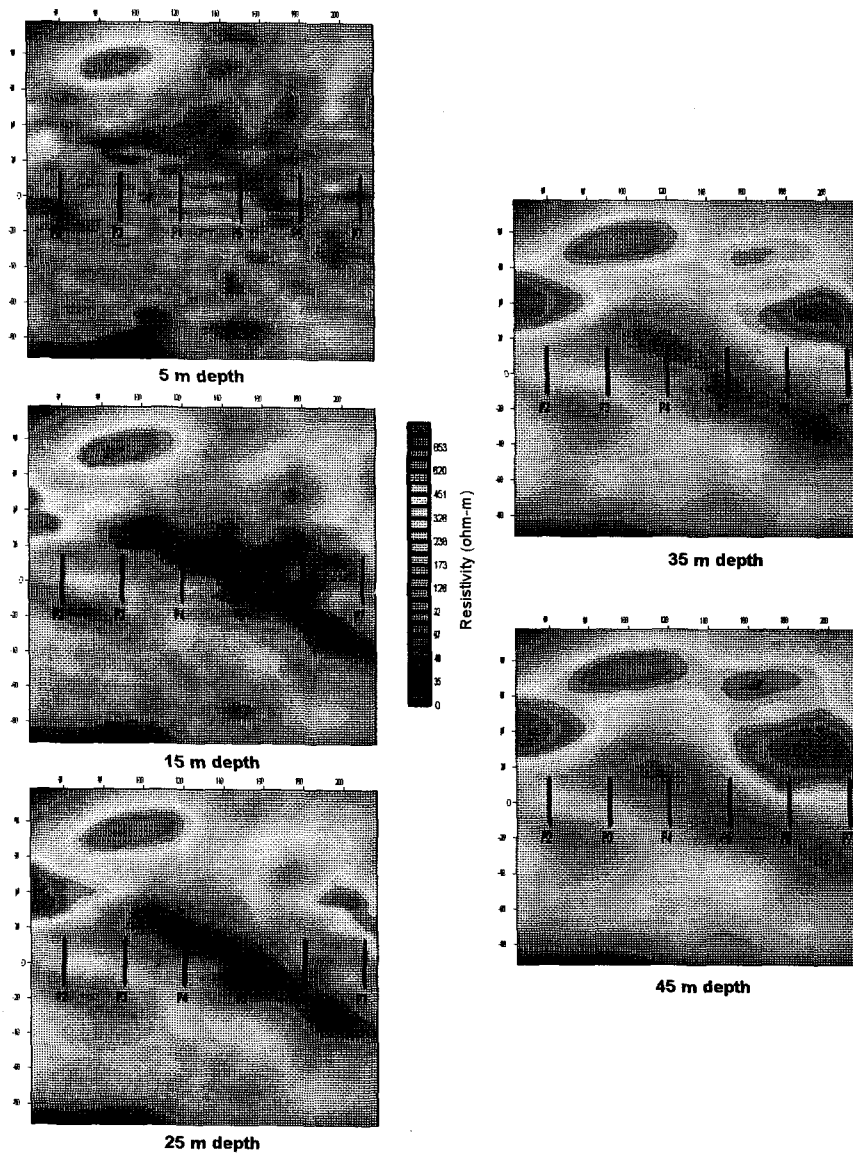


Fig. 2. Depth slice maps of resistivity images obtained by 3-D inversion of the same data as in Fig. 1.