

# 다중 시추공을 이용한 3차원 전기비저항 토모그래피

이명종<sup>1)</sup>, 김정호<sup>1)</sup>, 정승환<sup>1)</sup>

## 1. 서 론

최근 도로, 교량, 대형구조물 건설을 위한 토목공사나 지반침하 안정성 평가 등에서 그 수요가 급증하고 있는 지반조사에서는 보다 정밀한 지하구조 영상화를 필요로 하는 추세이다. 이와 같은 분야에서 지하구조의 정밀 영상화를 위한 한가지 방법으로 시추공을 이용하는 전기비저항 토모그래피가 많이 이용되고 있다 (김정호 등, 1999). 현재 전기비저항 토모그래피 탐사자료의 해석은 주로 2차원 역산법을 이용하고 있으며, 국내의 경우 그 이론 및 적용방법에 대한 심도 깊은 연구가 많이 이루어진 상태이다 (김정호 등, 1999).

한편, 최근에는 3차원 해석기술에 대한 요구가 증대하고 있으며, 국내의 경우 지표 전기비저항 탐사자료의 3차원 역산기술이 실용화되어 현장적용이 이루어지고 있는 단계이다(이명종, 1999). 본 연구에서는 이와 같은 3차원 역산기술을 확장하여 다중 시추공을 이용하는 3차원 전기비저항 토모그래피 알고리즘을 개발하고자 한다. 개발된 알고리즘을 이용한 수치모형 실험을 통하여 3차원 토모그래피 기술이 지하정밀조사에 적용되어 이상대의 3차원 분포를 정밀하게 영상화할 수 있음을 입증하고자 한다.

## 2. 3차원 전기비저항 토모그래피 수치모형 실험

이 연구에서는 유한요소법을 이용한 3차원 전기비저항 모델링과 비선형 역산 알고리즘을 결합하여 효율적인 3차원 전기비저항 토모그래피 알고리즘을 개발하였다.

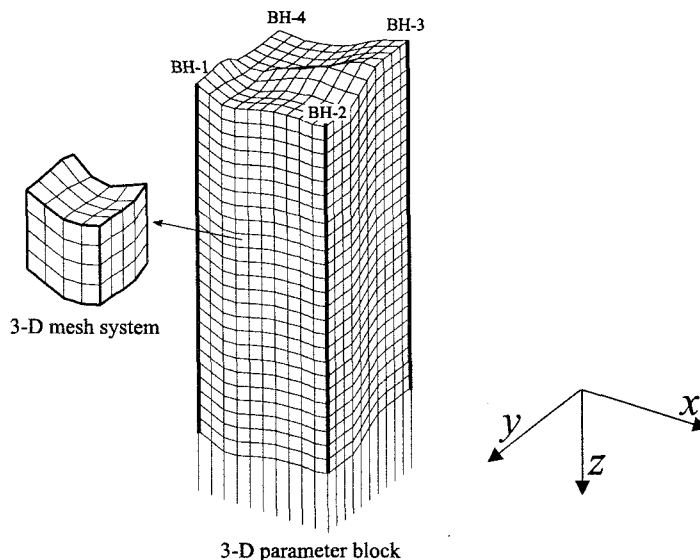


Fig. 1. 3-D finite element mesh system and inverse blocks for the 3-D resistivity tomography. Thick lines indicate the inverse blocks of constant resistivity. The mesh system incorporates the rough terrain irregularity.

Fig. 1은 3차원 모델링을 위한 유한요소 격자시스템의 예를 보인 것으로 정육면체 요소의 형상을 심도 방향으로 변형함으로써 지형의 기복까지도 표현 가능하도록 한 것이다. 한편 이 연구의 3차원 전기비저항 토모그래피 수치 모델링은 매우 방대한 계산을 필요로 하는 바, 시스템 행렬의 계산에는 반복적 방법인 ICCG (Incomplete Cholesky Conjugate Gradient)법을 사용함으로써 계산시간과 기억용량의 절감을 기하였다. 또한 비선형 역산에 있어서는 ACB(Active Constraint Balancing; Yi and Kim, 1998)법을 채용한 평활화제한을 가한 반복적 역산 알고리즘을 사용하였다.

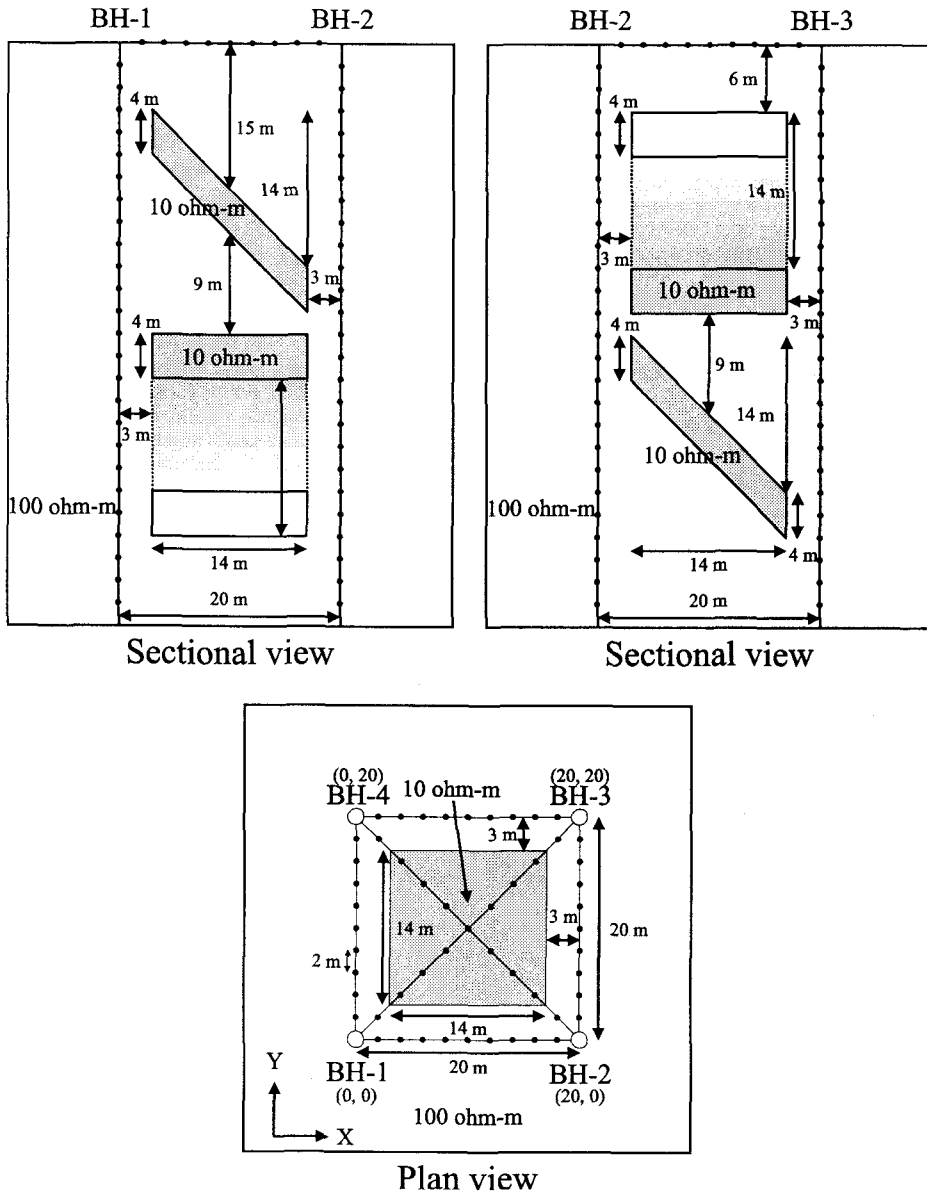


Fig. 2. The sectional and plan views of two dipping conductive blocks. The dips of both conductive blocks are  $45^\circ$  and dip directions are perpendicular to each other. Four boreholes are used for 3-D resistivity tomography measurements using pole-dipole array.

Fig. 2는 개발된 3차원 전기비저항 토모그래피 알고리즘에 대한 수치모형 실험의 예로서 지하구조 영상화의 주 탐지 대상이 되는 파쇄대의 형태를 단순화시킨 모형이다. 그림에서와 같이 45° 경사를 가지는 두 조의 3차원 이상체가 그 경사방향이 서로 직각을 이루어 3차원적으로 배치되어 있으며, 이에 대하여 4개의 시추공을 이용한 6개 단면에 걸친 2차원 전기비저항 토모그래피 탐사를 수행한 경우를 가정하였다. 이와 같은 모형에 대하여 적분방정식법을 이용한 3차원 모델링 알고리즘 (조인기, 1989)에 의하여 계산된 이론 모델링 자료를 현장자료로 가정하여 3차원 토모그래피 역산을 수행하였다.

Fig. 3은 3차원 토모그래피 역산에 의하여 획득한 3차원 지하 영상을 수직절개 단면도로 나타낸 영상들로 Y 축 방향으로 진행하면서 X 축에 평행하게 2 m 간격으로 나타낸 것이다.

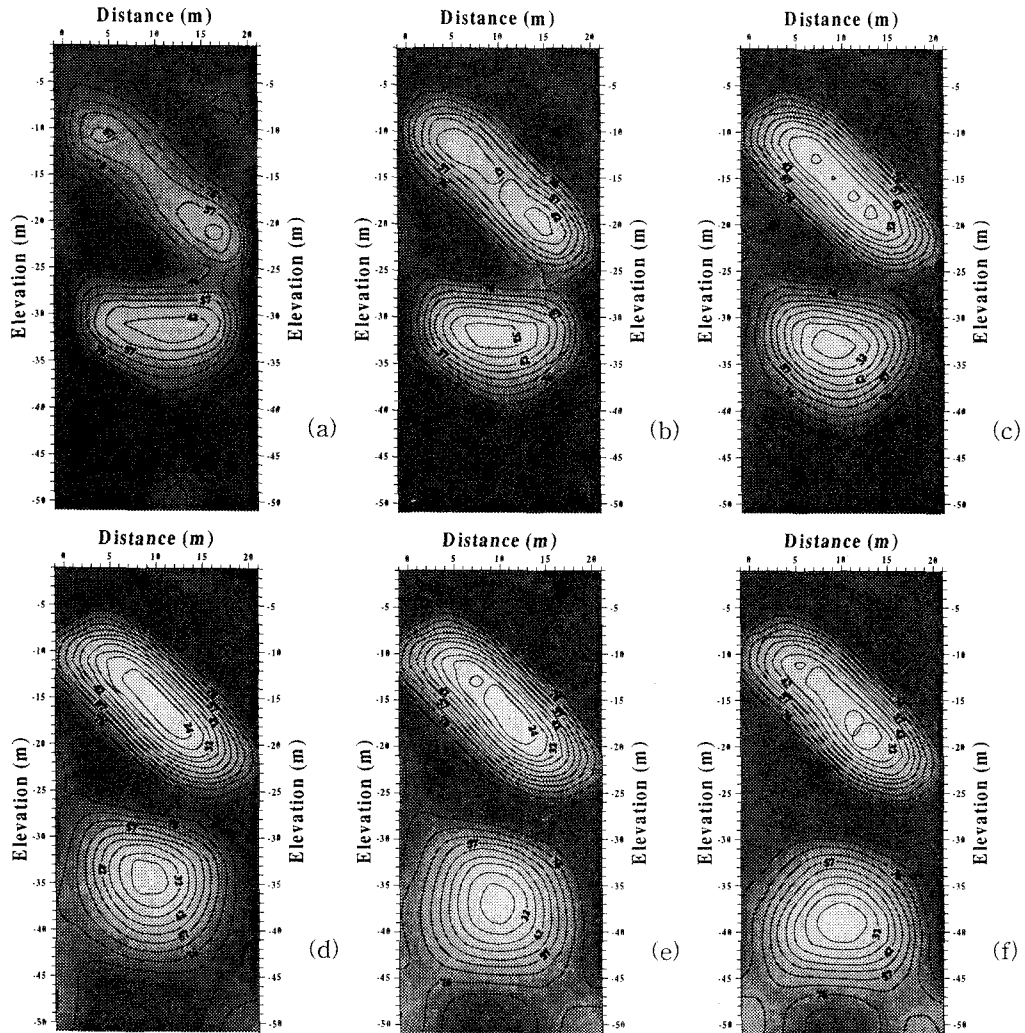


Fig. 3. Vertically sliced sections of the resistivity distribution reconstructed by 3-D resistivity tomography for the model shown in Fig. 2. These sections are perpendicular to the Y-axis and vertical slices are made at the Y-axis of (a) 3 m, (b) 5 m, (c) 7 m, (d) 9 m, (e) 11 m, (f) 13 m, (g) 15 m, and (h) 17 m, respectively.

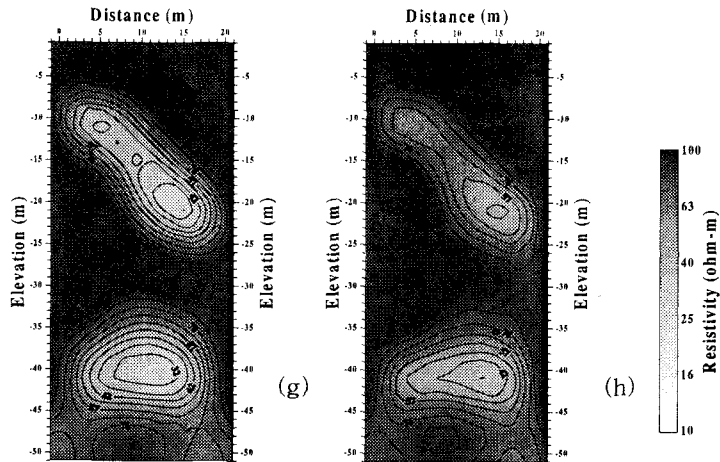


Fig. 3. Continued.

그림에서 볼 수 있는 바와 같이 두 이상체가 존재하는 영역인 (a)에서 (h)에 이르기까지 저비저항 이상대가 잘 나타나 있으며, 상부 이상체의 경우 3차원 이상체의 경사방향이 X 축 방향으로 45°의 하향경사를 갖고 있는 형상을 잘 보여주고 있다. 또한, 그 전기비저항값도 원래 모형의 전기비저항값을 잘 반영하고 있다. 한편 BH-1과 BH-2 부근에 대한 영상인 (a)에서는 하부에 존재하는 이상체의 끝단을 보여주고 있다. 또한 단면이 (a)로부터 (h)로 진행하면서 이 이상체가 Y축 방향으로 하향 경사를 가지고 발달해 가는 양상을 순차적으로 보여주고 있다. 또한 (h) 단면에 이르러서는 이상체의 반대쪽 끝단에 대한 영상만이 나타나 있다.

이상과 같이 본 연구에서 개발된 3차원 토모그래피는 지하구조의 3차원 정밀영상을 획득할 수 있는 효과적인 방법임을 알 수 있으며, 향후 고분해능의 지하구조 획득이 필요한 현장에 적용되어 정밀 탐사기술로서 적용될 수 있을 것으로 판단된다.

### 3. 참고문헌

- 김정호, 이명종, 조성준, 송운호, 정승환, 1999, 전기비저항 토모그래피와 시추공 레이더 탐사의 원리 및 응용: 건설현장에 필요한 물리탐사기술 심포지움, 제 2회 학술발표회 논문집, 한국지구물리탐사학회, 92-116.
- 김정호, 정승환, 송운호, 조성준, 이명종, 신인철, 이영남, 정연문, 하희상, 1999, 전기비저항 토모그래피 영상법 및 토목/환경분야 적용성 연구: 현대건설(주) 기술연구소, 96GEO11.
- 이명종, 김정호, 조성준, 정승환, 송운호, 1997, "전기비저항 탐사자료의 3차원 역산", 물리탐사, Vol. 2, No.4, p. 191-201.
- 조인기, 1989, 시추공-시추공 전기 및 자기 비저항법의 3차원 모델링 및 해석: 공학박사 학위논문, 서울대학교.
- 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.

주요어 : 3차원, 전기비저항 토모그래피, 유한요소법

1) 한국지질자원연구원 탐사개발연구부