시추공간 전기비저항 탐사에서 겉보기 비저항의 거동특성

조인기 · 김기주 · 김하림 · 김건수 · 한성훈 · 임진택 · 이원경[1)]

1. 서 론

전기비저항 탐사법은 현재 국내에서 가장 널리 사용되고 있는 대표적인 물리탐사법 중의 하나로 근래에는 토목 및 환경분야에의 적용이 활발해 지면서 정밀탐사 방법의 하나로 자리 잡아가고 있다. 이 중에서도 단극배열을 사용하는 시추공간 전기비저항 탐사에서 이상체가 2 차원일 경우와 3 차원일 경우에 발생하는 겉보기 비저항의 특이한 거동 특성은 조인기(1989)에 의해 제기된 이래 아직도 명확한 결론이 나지 않은 상태이다. 겉보기 비저항의 거동 특성을 구체적으로 기술하면 3 차원 전도성 이상체의 경우에는 전류전극 쪽의 이상체 표면 근처에는 배경 매질의 전기비저항 보다 낮은 겉보기 비저항이, 그 반대쪽에는 높은 겉보기 비저항이 나타나며, 2 차원 전도성 이상체의 경우에는 모든 영역에서 배경값 보다 낮은 겉보기 비저항이 나타나는 현상이다. 즉 이상체의 차원에 따라 시추공-시추공 전기비저항 탐사에서 획득되는 겉보기 비저항이 다르게 나타난다는 것이다.

본 논문에서는 이와 같은 이상체의 차원에 의해 발생하는 겉보기 비저항의 거동 특성을 2 차원 및 3 차원 수치 모델링 방법을 통하여 분석, 검토하였다. 사용된 수치 모델링 방법은 2 차원은 유한차분법을, 3 차원은 적분방정식법을 사용하였으며, 이상체와 배경 매질 사이의 전기비저항 비, 이상체의 기하학적 형상, 전류전극과 이상체 사이의 거리 등을 변화시키면서 시추공간 전기비저항 탐사에서 얻어지는 겉보기 비저항의 변화 양상을 검토하여 이상체의 차원이 겉보기 비저항에 미치는 영향을 규명하고자 하였다.

2. 결과 및 고찰

시추공간 전기비저항 탐사에서 겉보기 비저항은 사용되는 전극의 위치, 전극 배열 방법, 이상체와 배경 매질간의 전기비저항 비, 이상체의 기하학적 형상 등 매우 다양한 요소에 좌우된다. 여기서는 최근 전기비저항 토모그래피법에서 널리 사용되는 단극배열을 가정하고 시추공간 전기비저항 탐사시 해석에 사용되는 겉보기 비저항의 변화 양상을 분석하고자 한다. 이 분석을 위해서는 적분방정식을 3 차원 모델링 방법으로 사용하였으며, 공내수의 영향은 고려하지 않았다. Fig. 1은 본 연구에 사용된 가장 기본적인 모델로서, 크기는 2 ×2 × 2 단위, 배경 매질의 전기비저항은 100 ohm-m, 전류전극은 (0, 0, 12) 단위의 위치에 고정하고 이상체의 전기비저항 변화에 따른 겉보기 비저항 분포 양상을 나타낸 것이다. Fig. 1은 이상체의 전기비저항이 (a) 1, (b) 10, (c) 1000, (d) 10,000 ohm-m인 경우이다. 이미 알려진 바와 같이 전도성 모델의 경우에는 전류전극 쪽에서는 배경 매질보다 낮은 겉보기 비저항을 나타내고 있다. 단극배열을 이용하는 시추공간 전기비저항 탐사에서 3 차원 전도성 이상체는 배경값 보다 높은 겉보기 비저항을, 비전도성 이상체는 낮은 겉보기 비저항을 나

주요어: 겉보기 비저항, 2 차원 및 3 차원 모델링, 시추공간 전기비저항 탐사
1) 강원대학교 자연과학대학 지구물리학과(kim_kiju@hanmail.net)

타내게 된다. 이는 일반적으로 겉보기 비저항이 이상체의 전기비저항을 어느 정도 반영할 것이라는 일반적인 예상과는 판이한 현상이다.

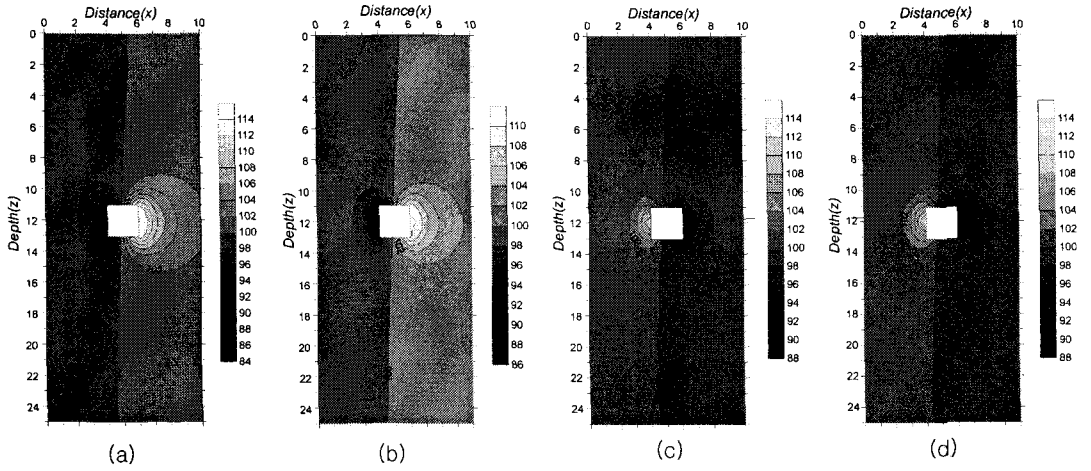

Fig. 1. Apparent resistivity distribution around a 3-D anomalous body when the resistivity of the body is (a) 1, (b) 10, (c) 1000 and (d) 10,000 ohm-m, respectively. Size of the body is 2 ×2 ×2 unit and the background resistivity is 100 ohm-m. A current electrode is fixed at the point (0, 0, 12) unit.

Fig. 2는 이상체의 주향방향 길이 변화에 따른 겉보기 비저항의 변화 양상을 나타낸 것이다. 이 때 배경 매질의 전기비저항은 100 ohm-m, 이상체의 전기비저항은 1 ohm-m, 크기는 2 × ℓ_y ×2 단위로 ℓ_y는 이상체의 주향방향 길이 이다. 정사각형 이상체의 x 방향의 길이를 ℓ_x라 하면, Fig. 2는 (a) ℓ_y/ℓ_x = 5, (b) ℓ_y/ℓ_x=10, (c) ℓ_y/ℓ_x=50 및 (d) 2 차원 이상체(ℓ_y/ℓ_x= ∞)인 경우의 겉보기 비저항 변화 양상이다.

앞의 Fig. 1 (a)에 나타난 바와 같이 3 차원 이상체의 경우에는 전류전극 쪽에는 배경값 보다 낮은 겉보기 비저항이, 그 반대쪽에는 높은 겉보기 비저항이 나타나고 있으며, 이러한 겉보기 비저항 분포 양상은 이상체의 주향방향 길이가 x 방향 길이의 5 배인 Fig 2 (a)의 경우에도 그대로 유지되고 있다. 그러나 ℓ_y/ℓ_x=10 인 Fig. 2 (b)의 경우에는 모든 영역에서 배경값 보다 낮은 겉보기 비저항이 지배적으로 분포하며, 그 비가 커짐에 따라 (c) 에 나타난 바와 같이 점차 (d)의 2 차원 이상체의 겉보기 비저항 분포에 접근하고 있음을 알 수 있다. 2 차원 이상체와 3 차원 이상체에 의한 겉보기 비저항의 분포에서 전류전극 쪽의 변화 양상도 상당한 차이를 보인다. 2 차원 이상체의 경우에는 전류전극 근처에서 배경값에 근접하는 겉보기 비저항을 나타내면서 등고선이 3차원의 경우 보다 조금 복잡한 분포 양상을 보이는 반면, 3차원 이상체의 경우에는 이러한 현상이 나타나지 않는다(Fig 1). 이 또한 전기 비저항 토모그래피 탐사에서 동일 시추공 자료가 필요한 이유가 된다. 이상에서 2 차원 이상체와 3차원 이상체는 서로 다른 겉보기 비저항을 나타낼 수 있음을 확인할 수 있었으며, 배경 매질과 이상체 사이의 전기비저항 비가 100:1 인 정사각형 이상체의 경우 주향방향의 길이가 x 방향의 길이에 적어도 10 배 이상이 되어야 3차원 이상체를 2 차원 이상체로 가정할 수 있을 것으로 판단된다.

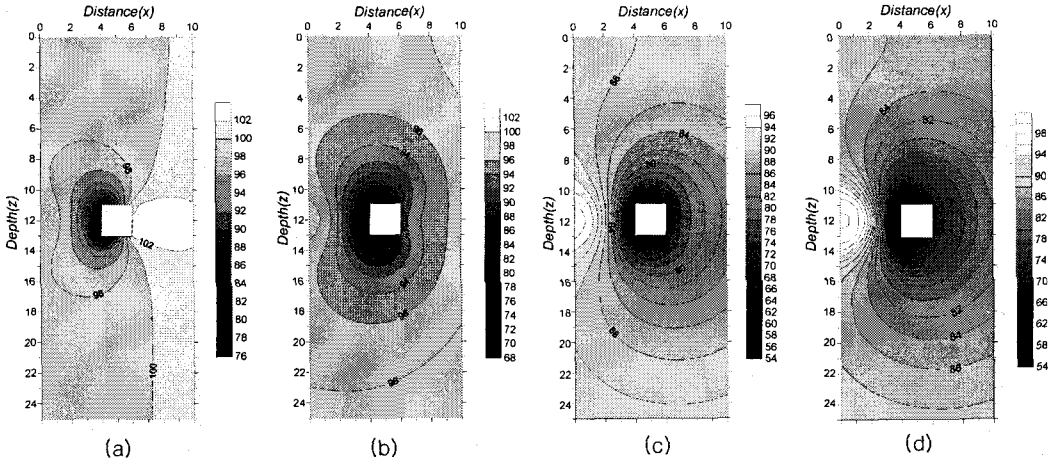

Fig. 2. Apparent resistivity variation around a conductive body when the ratio of its length in x and y direction (ℓ_y / ℓ_x) is (a) 5, (b) 10, (c) 50 and (d) ∞ (2-D body), respectively. The resistivity of the background and the body are 100 ohm-m and 1 ohm-m, respectively.

3. 결 론

단극배열을 사용하는 시추공간 전기비저항 탐사에서 겉보기 비저항의 분포 양상에 영향을 미치는 주된 요소는 이상체의 차원, 이상체와 배경 매질간의 전기비저항 비, 이상체의 기하학적 형상 등이다. 3 차원 전도성 이상체의 경우 전류전극 쪽 이상체의 근처에서는 배경값 보다 낮은 겉보기 비저항을, 그 반대쪽에서는 높은 겉보기 비저항을 나타내며, 비전도성 이상체일 경우에는 반대의 분포 양상을 보인다. 2 차원 전도성 이상체의 경우에는 이상체와 배경 매질간의 전기비저항 비 및 이상체의 기하학적 형상에 따라 겉보기 비저항이 좌우되며, 비전도성일 경우에는 전류전극 쪽의 이상체 표면 근처에서 배경값 보다 높은 겉보기 비저항을, 그 반대쪽에서 낮은 겉보기 비저항을 나타낸다. 모든 경우 항상 일관되게 나타나는 현상은 동일 시추공 자료로서 전도성 이상체일 경우에는 배경값 보다 낮은 겉보기 비저항을, 비전도성 이상체일 경우에는 높은 겉보기 비저항이 나타난다. 이는 시추공 전기비저항 토모그래피법에서 동일 시추공 자료가 꼭 사용되어야 하는 주요한 이유 중의 하나이다. 따라서 시추공-시추공 자료만을 이용하여 해석할 경우 이상체의 차원 및 형상에 따라서는 이상체의 물성을 반대로 해석할 가능성도 있으며, 이를 배제하기 위해서는 동일 시추공 자료를 필히 사용해야 하며, 이러한 현상이 발생하지 않는 다양한 전극배열의 사용도 적극적으로 고려해야 할 것으로 생각된다. 궁극적으로 이러한 모든 문제는 3 차원 자료획득 및 3 차원 역산을 통하여 해결 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

조인기, 1989, *시추공-시추공 전기 및 자기비저항법의 3 차원 모델링 및 해석*, 공학박사 학위논문, 서울대학교 대학원.