2011 한국지구물리·물리탐사학회 학술대회 및 정기총회
2011년 10월 6일(목)~7일(금), 한국지질자원연구원 강당동

Serendipity 요소법에 의한 전기비저항 3차원 모델링

이근수[1], 조인기[1], 강혜진[1]

[1]강원대학교 자연과학대학 지구물리학과, choik@kangwon.ac.kr

Three Dimensional Resistivity Modeling by Serendipity Element

Keun-Soo Lee[1], In-Ky Cho[1], and Hye-Jin Kang[1]

[1]Department of Geophysics, KNU

1. 서 론

전기비저항 3차원 모델링에는 유한차분법, 유한요소법, 적분방정식법등 다양한 수치해석기법이 사용된다. 특히 유한요소법은 지형의 기복을 포함할 수 있으며, 역산에 효과적으로 사용할 수 있어 가장 널리 사용되는 모델링 기법이다. 한편 최근에 전기비저항 모니터링 기법이 도입되면서, 보다 정확한 모델링 기법과 역산기법의 개발이 요구되고 있다. 일반저으로 유한요소법에서 정확성을 높이기 위해서는 조밀한 요소분할이나 고차 요소(high order element)를 사용하는 방법이 사용된다. 본 연구에서는 Serendipity 요소를 사용하는 3차원 전기비저항 모델링 프로그램을 개발하고, 단순한 모델에 적용하여 그 정확성을 검토하고자 하였다.

2. Serendipity 요소법

유한요소법에서 해의 정확성을 확보하기 위한 가장 일반적인 방법은 요소를 조밀하게 분할하는 것이다. 그러나 조밀한 선형요소(linear element) 분할은 기억용량의 한계와 계산시간의 증가라는 문제점을 가지고 있다. 또한 요소의 크기가 어느 정도 이상으로 작아지면 정확도의 향상속도가 급격하게 둔화되는 특성을 가지고 있다(Kotiuga and Silvester, 1982). 반면 고차요소(high order element)는 형상함수가 고차함수이므로 선형방정식의 구성에 복잡한 계산이 요구되지만, 구하고자 하는 변수의 변화를 보다 정밀하게 모사할 수 있어 정확도가 향상되는 것으로 알려져 있다. 따라서 물성의 변화가 심한 경우에는 고차요소가 선형요소에 비하여 유리할 것으로 판단된다. 일반적으로 형상함수를 2차함수로 설정하는 2차요소법(quadratic element)에서 형상함수는

$$N_k(x,y,z) = L_k(x)L_k(y)L_k(z),\ where\ \ L_k(x) = \prod_{\substack{m=0 \\ m \neq k}}^{n} \frac{x - x_m}{x_k - x_m}$$

로 주어진다. 그러나 직육면체 요소에서 Lagrange 다항식을 형상함수로 사용하기 위해서는 육면체 내부에 절점이 설정되어야 하며, 이 경우 계산이 복잡해진다. Ergatoudis et al.(1968)은 육면체 내부에 절점을 설정하지 않고 육면체의 각 변에 절점을 하나씩 추가하여 총 20개의 절점을 사용하는 Serendipity element를 제안하였다. 이때 사용되는 형상함수는 비록 incomplete 다항식이지만 육면체 내부에 절점을 따로 설정하지 않아도 되므로 계산이 상대적으로 간단하고, 2차 다항식이므로 함수의 변화가 심한 경우에 효과적인 방법이다.

3. 3차원 전기비저항 모델링 결과

Serendipity 요소법을 사용하여 전기비저항 3차원 모델링을 수행하였다. 모델은 1000 ohm-m의 반무한 균질매질에 20 m × 20 m × 10 m의 크기를 갖는 1 ohm-m의 전도성 직육면체로, 이상체 상부까지의 깊이는 10 m로 설정하였다. 측선의 총 길이는 200 m, 측점간격은 10 m로 하고, 측선이 이상체 중심을 통과하도록 설정하였다. 사용된 배열은 쌍극자 배열이며, 전극전개수는 12로 설정하였다. 요소수 증가에 따른 해의 정확도를 검증하기 위하여 수치해 중 정확도가 가장 뛰어난 것으로 알려진 적분 방정식법을 통하여 얻어진 3차원 모델링 결과를 일반적인 선형요소법 및 Serendipity 요소법의 결과를 비교하였다. 선형요소법의 요소수가 증가에 따라 적분방정식 결과와의 차이가 완만하게 감소하는 데 반하여, serendipity 요소법은 보다 빠르게 감소하는 양상을 나타내었다. 이는 선형요소법 보다는 고차요소법이 요소수 증가에 따른 정확도 향상 속도가 뛰어남을 의미하는 것으로 해석된다.

사 사

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (No. 2011-0002440).

참고문헌

Kotigua, P. R., and Silvester, P. P., 1982, Vector potential formulation for three-dimensional magnetostatics, Journal of Applied Physics, vol. 53, no. 11, 8399-8401.

Ergatoudis, J. G., Irons, B. M., and Zienkiewicz, O. C., 1968, Curved isoparametric quadrilateral elements for finite element analysis, International Journal of Solids Structure, 4, 31-42.