

쌍극자 전기탐사에서 음의 비저항

정현기¹⁾ · 정호준²⁾

1. 서론

전기비저항 탐사는 80년 역사의 고전적인 방법이나 현장 실용성 때문에 아직도 국내외에서 널리 사용되고 있다. 본 연구에서는 다수 현장에서 발생되어 이론의 여지가 많은 소위 '음의 비저항'을 규명하고자 3차원 FDM/FEM 모델링을 수행하였다.

2. 정의 : '음의 비저항'

음의 비저항은 물리학적 성질로 정의되는 것은 아니며 주로 쌍극자 현장 전기탐사에서 발생하는 현상으로 이때까지 공식 거론된 바가 없으므로 여기서 간단히 정의하면 다음과 같다. 쌍극자 비저항탐사에서 C1, C2 에 전류를 흘려주고 P1, P2에서 전위차를 측정할 때 그 전극순서가 순차적으로 배치되어 있다면 이론적으로 음의 값이 예측된다. 왜냐하면 P1, P2에서의 전류경로가 반대가 되기 때문이다. 통상 현장 측정시에는 이러한 전극배치순서를 일정하게 측정자는 유지하므로 예측값의 부호가 바뀌게 되면 당황하게 된다. 요약하면 음의 비저항은 이와 같이 부분적 구간에서 반대방향의 전위차가 발생하는 것을 지칭한다.

3. 계측측면의 고찰

다수 현장탐사자들이 주로 쌍극자탐사에서 음의 비저항이 보통 띠를 이루며 발생하는 것을 경험담으로 토의하는데 본 필진의 경우도 일종 내지 이종의 접지가 되어있는 전력선 구간 근처나 도전성 탄층이 발달하는 강원도 일대 혹은 모래와 진흙층이 호층을 이루는 하상 일대에서 거의 필연적으로 경험한바 있다. 초기에 이 현상을 규명하기 위해 현장에서 오실로스코프를 동원하여 파형을 관측한 결과 자연전위 현상도 아니고 잡음도 아닌(반복성이 탁월한 음의 비저항 예측) 현상이었다. 아울러 IP 효과의 가능성을 타진하기 위해 ABEM사의 Terrameter 장비 내부의 접퍼스위치를 조작하여 측정 cycle을 2배, 4배로 늘려보았으나 마찬가지로 반복성 좋은 음의 비저항 예측결과를 얻었다. 더구나 송신전극조와 전위전극조를 맞바꾸어 측정하여도 똑같은 반복측정 결과를 얻은바 있다. 따라서 본 연구에서는 이 현상을 도전성 경로의 기하학적 왜곡으로 상징하고 3차원 전산모델링을 수행하였다. 참고로 ABEM사의 Terrameter나 AGI사의 Sting은 부호반전 예측결과를 표시해주나 OYO사의 McOhm 장비는 절대값만을 예측결과로 표시하므로 음의 비저항을 인식할 수 없는 시스템이다.

주요어 : 음의 전기비저항, 쌍극자 전기탐사

1) 한국자원연구소 자원연구부

2) 서울대학교 교육종합연구원

4. 현장사례

다수 현장에서 계측되어 해석시 곤란함을 발생시키는 음의 비저항에 대한 실제 현장적 지질모형을 몇가지 언급해 두고자 한다. 이 음의 비저항이 기본 개념적으로 송신전극에서 멀어지면서 단순 감소해야될 포텐셜 추세가 어떠한 기하학적 왜곡으로 부분적 구간에서 포텐셜이 증가된다면 전위전극간에 걸리는 전압차는 반전될 것이다. 이러한 개념에서 살펴보면 측정구간 일대내의 도전성 경로가 교묘하게 배치된다면 그 현상이 생길 것이다. 이제 이를 위한 지질학적 몇가지 모델을 상정하면, S자형 습곡/단층 형태로 발달된 도전성 탄맥, 하상에서의 모래와 진흙층이 교호하는 형태로 발달한 퇴적구간, meandering 발달에 의한 반달형 잔존 도전성 진흙 퇴적층, 전력선 전봇대나 송전탑의 인위적 접지구간등을 거론할 수 있겠다. 한편, 부여 금강일대에서는 하상골짜기 전기탐사 수행시 시추공내 pole-dipole 배열 계측시에도 확연한 음의 비저항을 본 필진은 경험한바 있다. 더구나 전력선이 전혀 존재하지 않는 탐사지역에서도 전극전개 $n=1$ 에서조차 음의 비저항을 분명히 경험한바 있다.

5. 3차원 FDM/FEM 모델 계산 결과 고찰

위에서 언급한 음의 비저항 현상을 규명하기 위해 다각도로 3차원 전산모델링을 수행하였다. 모델의 상정은 위에서도 언급한 기본적 개념인 포텐셜의 부분적 반전에 주안을 두고 행하였다. 본 연구에서 사용한 3차원 FDM 프로그램은 Dey and Morrison(1979)의 알고리즘 및 송신원부근 특이치 제거 기법(Zhao and Yedlin, 1996)을 바탕으로 작성된 것이고, 3차원 FEM 프로그램은 Ansoft사의 상용프로그램중의 3차원 정전장 계산 프로그램(자동메쉬생성)을 원리적으로 응용하였다. 본 연구의 모델계산을 행하기 전에 2층구조 등의 다양한 모델에 대해 계산의 정확성에 대해 충분히 검증을 하였다.

그림 1은 우선 포텐셜 반전구간을 도출하기 위해 다소 극단적인 3차원 모델을 선정한 것이다. 그림 2는 이 모델에 대한 지표상의 포텐셜분포를 보여 주는데 분명히 중앙 부분에서 포텐셜의 반전을 관찰할수 있다. 그림 3은 그림 1의 축선상에서의 포텐셜 변화와 이때의 쌍극자배열 겹보기 비저항을 보여준다. 예상한바와 같이 포텐셜 반전구간인 unit 8-9 근처구간에서 음의 비저항을 관측할수 있다.

그림 4는 음의 비저항 결과를 주는 간단한 meandering 발달에 의한 반달형 지표 저비저항 경로 모델로서 충분히 실전적인 경우라 하겠다. 왜냐하면 잔존한 폐쇄 반달형 호수는 강의 하류가 아니라 하더라도 시간이 경과하면서 진흙층을 퇴적시키기 때문이다. 그림 5는 그림 4 모델에 의한 음의 비저항 FEM 계산 결과를 보여준다. 그림에서 보면 도전성 경로부근에 위치하는 9번, 10번 위치에 전류전극이 있을 때, 그리고 13번, 14번에 전위전극이 있을 때 뚜렷한 음의 비저항을 보여주며 음의 비저항 하부에서는 비정상적인 매우 높은 전기비저항을 보여준다. 이러한 음의 비저항에 이은 비정상적인 고비저항은 실제 현장탐사에서 자주 경험되는 현상이다. 한편, 이러한 기하학적 왜곡의 개념에서 보면 수직탐사에서조차 음의 비저항 계측이 발생할 수 있음을 예견할 수 있다.

6. 결론

탐사계측자 혹은 탐사장비가 현장에서 주지하든 못하든 소위 음의 비저항 계측은 드물지 않은 실전적 현상으로 이를 규명하기 위해 3차원 전산모델링을 수행한 결과 분명한 포텐셜의 부분적 반전구간에 의한 음의 비저항 현상을 확인할 수 있었다. 퇴적층지대 위주의 몇가

지 지질학적 가능한 모델이 상정되었다. 탐사자료 해석시 곤란함을 유발시키는 이 현상은 분명한 지하의 도전성 경로의 기하학적 왜곡으로 설명할 수 있는바 단순 해석시는 오류의 가능성이 크므로 향후 이에 대한 연구가 추가로 필요하다 하겠다. 이러한 다소 복잡한 모형에 대해서는 현재 역산해석이 어려울 것이므로 포텐셜 변화 추세에 따른 개념으로 간단한 해석방법이 개발될 수도 있겠다. 요약컨데 해석의 오류를 제공할 수 있는 소위 음의 비저항 계측 결과는 여하간 지하의 또다른 정보임에 틀림없다 하겠다.

참고문헌

1. Dey, A., and Morrison, H.F., 1979, "Resistivity modeling for arbitrarily shaped three-dimensional structures", Geophysics, Vol. 44, pp. 753-780.
2. Zhao, S., and Yedlin, M.J., 1996, "Some refinements on the finite-difference method for 3-D dc resistivity modeling", Geophysics, Vol. 61, pp. 1301-1307.

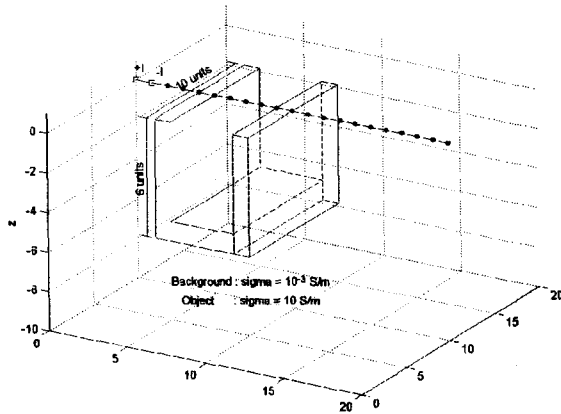


그림 1. 음의 비저항 결과를 줄 3차원모델

그림 2. 그림 1 모델에 의한 지표포텐셜 분포(중앙부에 부분적 포텐셜 반전을 볼 수 있음)

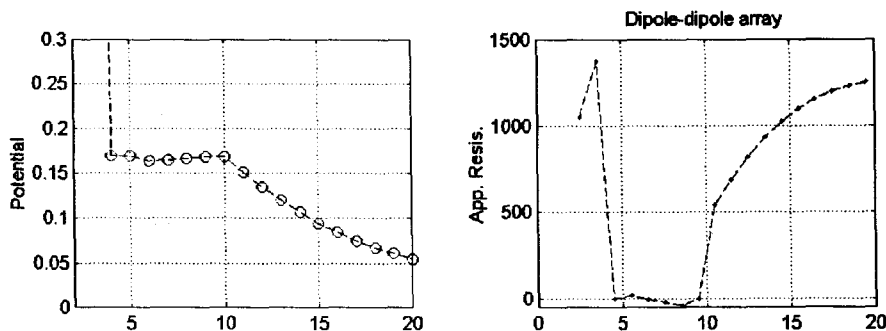


그림 3. 그림 1 모델 측선상의 포텐셜 변화 및 쌍극자배열 걸보기 비저항 (unit 8-9 측점에서 확인한 음의 비저항을 볼 수 있음)

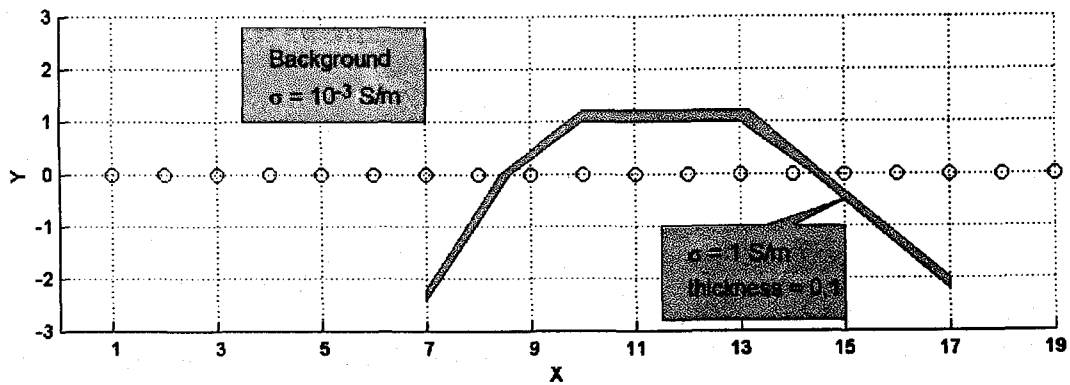


그림 4. 음의 비저항 결과를 주는 간단한 meandering 발달에 의한 반달형 지표 저비저항 경로 모델

Apparent Resistivity : Dipole-Dipole Array

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
n=1		1033	948	1005	1028	1047	862	308	675	1048	1017	1067	851	288	708	1029	1014	1011	
n=2			1035	1052	1020	1083	846	480	448	561	988	958	802	355	483	741	1071	1038	
n=3				1080	1067	1093	867	564	820	427	463	1218	488	882	540	827	730	1017	
n=4					1077	1120	880	611	870	597	301	96	187	247	581	658	720	728	
n=5						1133	886	820	702	656	486	1024	1008	1068	487	688	718	782	
n=6							888	825	710	894	583	418	1881	2871	481	570	742	748	
n=7								817	720	704	808	197	1475	8048	2258	170	822	783	
n=8									717	720	824	55	1320	4128	4231	2150	151	640	
n=9										721	838	48	1222	3388	2883	3848	1884		
n=10											651	124	1137	2858	2473	2728	3438	1842	

그림 5. 그림 4 모델에 의한 음의 비저항 FEM 계산 결과(음의 비저항대의 하부에서는 비정상적인 고비저항 값들을 보여줌)