

해수침투 우려지역에서 단일 시추공을 이용한 전기비저항탐사 적용

김진호, 송성호, 용환호, 정형재, 우명하

농업기반공사 농어촌연구원 (E-mail : kimjinho@karico.co.kr)

<요약문>

안산시 단원구 대부동, 보령시 청소면 장곡리와 서천군 비인면 선도리의 해안가 4곳에서 전기비저항 탐사를 이용하여 해수침투 조사용 관측정 주변의 대수층구조와 해수침투여부를 파악하고자 하였다. 공내수의 심도별 전기전도도를 확인 해본 결과, 4개의 조사공에서 180~48,000 μ S/cm의 각기 다른 값을 보였으며, 전기비저항 검층의 결과에서는 16인치 Short-Normal 검층 0.5~19.28 Ω m, 64인치 Long-Normal 검층 1.36~47.45 Ω m 그리고 Lateral 검층에서는 0.16~6.69 Ω m의 값의 분포를 보였다. 이를 통해 해수에 의해 지하수 및 주변 지질이 완전히 오염된 관측정과 우려되거나 아직 해수침투가 일어나지 않은 관측정을 구분할 수가 있었다. 또한 시추공-지표간 토모그래피를 통해 관측정 주변의 개략적인 수리지질 구조도 파악할 수 있었다.

key word : 단일 시추공, 해수침투, 전기비저항 토모그래피, 전기비저항검층

1. 서론

지표 및 시추공에서 전기비저항이라는 지하매질의 물리적인 특성을 측정하여 지하매질의 암반상태 및 층서구조 등을 규명하는 전기비저항탐사 기법은 1980년대 이후 지하수 조사와 관련하여 활발히 진행되고 있으며, 자원탐사 외에 토목분야 및 환경분야 등으로 그 영역을 넓혀가고 있다. 그 중 해수침투와 관련하여 해수침투 확산 예측기술 개발 및 광역 해수침투 가능 분포도를 작성하는데 전기비저항탐사법이 유용하게 쓰이고 있다.

조사가 이루어진 안산시의 2개 지구와 보령시, 서천군의 각각 1개 지구는 암반 대수층을 통한 해수 침투 실태 파악과 지하수의 합리적인 이용관리 계획을 수립하기 위하여 농림부와 농업기반공사가 운영중인 해수침투 관측망의 2003년 예정지이다. 관측망을 설치하기 위해서는 전기비저항탐사, GPS 측위 등의 기초 현장조사를 실시하여 관측정의 정확한 위치와 수리지질 특성을 파악하게 되는데, 이들 지역은 해안가이거나 도로에 인접해 있어 수리지질 특성 파악에 널리 쓰이는 쌍극자(Dipole-dipole)나 슬럼버져(Schlumberger) 배열 등에서 관측정을 중심으로 하는 전기비저항탐사 축선 설정이 매우 불리한 지형이다.

본 연구에서는 지표탐사가 갖고 있는 송신원과 수신점이 지표에 위치한다는 근본적인 분해능 한계 극복과 현장에서 축선 설정에 유리한 전기비저항 토모그래피를 실시하여 지하 영상을 구현하였다. 또한

전기비저항 검층을 실시하여 지하수로의 해수침투 여부에 따른 관측정과 주변의 전기비저항 분포를 비교하는 등 단일 시추공을 이용한 수리 지질구조 파악을 위하여 전기비저항탐사를 적용해 보았다.

2. 본 론

2.1 전기비저항 검층

전기비저항 검층에 사용된 장비는 ABEM사에서 제작된 'SAS LOG 200' 이었으며 탐사는 온도검층, 전기비저항 검층(Fluid, Short-Normal, Long-Normal, Lateral)을 실시하였다. 공내수의 온도와 전기전도도의 측정은 검층에서 사용된 장비보다 정밀도가 높은 지하수전용 센서를 별도로 활용하였다. 전기비저항 검층의 배열은 단극배열을 사용하였으며, 지표에 위치하는 전극은 전류전극이 관측정에서 75m 지점, 전위전극은 50m 지점에 위치 시켰다. 그리고 관측정 상부에 위치하고 있는 케이싱 구간은 측정에서 제외했다.

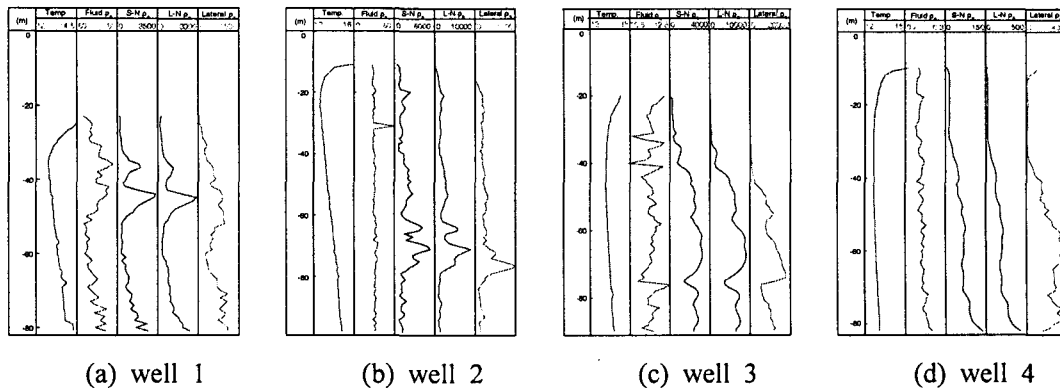


그림 1. 각 관측정 별 전기비저항 검층 결과

탐사결과 우선 well 1, 2, 3과 well 4가 값의 분포에서 큰 차이를 보이고 있는데, 4개의 전기비저항 검층에서 모두 well 4의 경우는 매우 낮은 값의 분포를 보이고 있다. 이는 well 4가 전기비저항의 역수인 전기전도도가 매우 높은 해수에 의해 영향을 받고 있기 때문으로 여겨진다<그림 1>. 지하수전용 센서를 이용한 공내수의 전기전도도 측정에서도 well 4는 해수에 가까운 매우 높은 값이 나타났다(표 1). 두 번째로 심도별 변화에서 well 1이 45m, well 2는 75m, well 3은 45m, 75m 그리고 well 4의 경우는 35m에서 이상(anomaly)을 보이는 구간 나타나고 있어 풍화대와 기반암의 경계 혹은 기반암내의 파쇄구간으로 추측해 볼 수 있는데, well 3의 45m 구간과 well 4의 35m 구간 경우는 공내수 값의 변화 없이 주변 지질의 급격한 전기비저항 값 증가로 보아 기반암과의 경계부로 여겨진다.

표 2. 관측공들의 전기비저항 검층 평균값

	EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	Temp. ($^{\circ}\text{C}$)	Fluid ρ_a (Ωm)	S-normal ρ_a (Ωm)	L-normal ρ_a (Ωm)	Lateral ρ_a (Ωm)
well 1	180.17	14.57	69.05	10.01	8.43	0.58
well 2	295.98	14.87	41.02	16.56	21.00	1.75
well 3	831.61	15.37	11.56	19.28	47.45	6.69
well 4	47994.12	14.83	0.24	0.50	1.36	0.16

2.2 전기비저항 토모그래피

전기비저항 토모그래피는 시추공대 지표간 탐사(hole - surface survey)와 함께 동일 시추공 탐사(inline survey)를 병행하여 실시하였는데, 그 이유는 탄성파나 레이더 토모그래피와는 달리 전기비저항 토모그래피는 전극이 위치한 부분에서 멀어짐에 따라 분해능이 급격히 감소하므로 전류전극과 전위전극을 동일한 시추공에 위치하는 동일 시추공 탐사를 필요로 하기 때문이다. 전극배열은 단극-쌍극자배열법을 사용하였다.

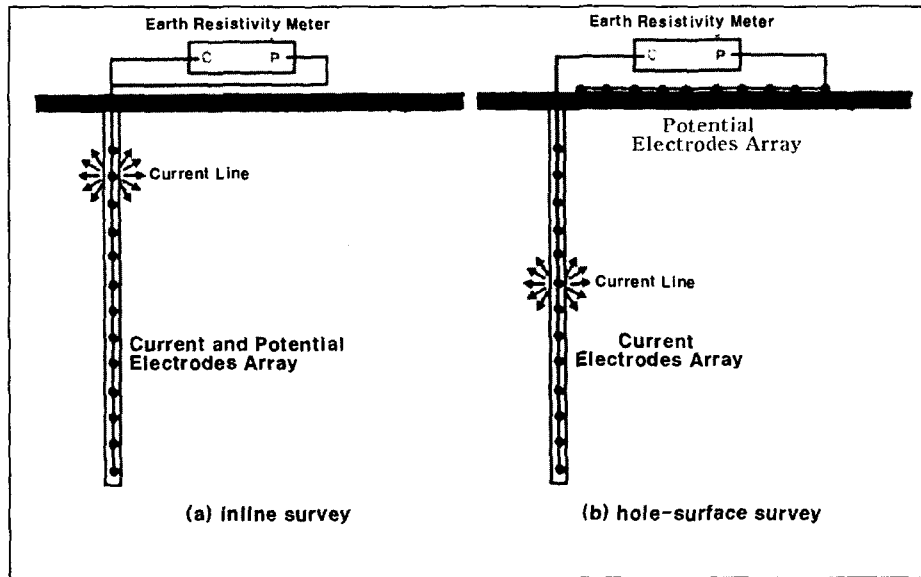


그림 2. 동일 시추공 탐사와 시추공대 지표간 탐사 모식도

전극간격은 시추공과 지표 모두 5m로 하였으며, 자료 편집과정에서 전극이 주변 매질보다 전기전도도가 높은 공내수에 위치하기 때문에 발생하는 시추공 효과를 줄이기 위해 시추공 효과가 많이 발생하는 N=1, 2 자료는 가급적 제거하였다.

탐사결과 전기비저항의 2차원 분포를 보았을 때 well 1과 3은 조사공 주변이 높고 well 2와 4는 조사공 주변이 낮았으며, well 3과 4는 심도가 깊어질수록 전기비저항 값이 증가하는 특성을 보였다. 또한 well 3과 4에서 각각 40~45m, 30~35m 구간에서 이상대를 볼수 있는 데 이를 검층 결과와 종합하여 볼 때 기반암과의 경계부로 여겨진다<그림 3>. 그리고 시추공 주변의 전기비저항 값 분포는 well 1이 1,000Ωm 안팎, well 2가 1,000~3,000Ωm, well 3이 700~10,000Ωm 그리고 well 4에서 10~700Ωm로 검층에서와 마찬가지로 well 4에서 해수에 의한 영향으로 낮은 값을 보이고 있다.

3. 토의 및 결과

해수침투가 우려되는 지역에서 단일 시추공을 이용하여 전기비저항탐사를 적용해 보았다. 공내수의 EC 분포와 함께 전기비저항 검층을 통한 겉보기비저항의 분포를 통해 해수의 유입 가능성이 높은 지역과 해수의 유입이 이루어지지 않은 시추공간의 구분을 할 수 있었다. 또한 지표 전기비저항탐사 축선의 설정이 불리한 지형에서 단일 시추공을 이용한 시추공대 지표간 전기비저항 토모그래피를 통해 시추공 주변의 2차원 영상을 구현하여 개략적인 수리 지질구조 및 전기비저항 값을 파악을 할 수가 있었다.

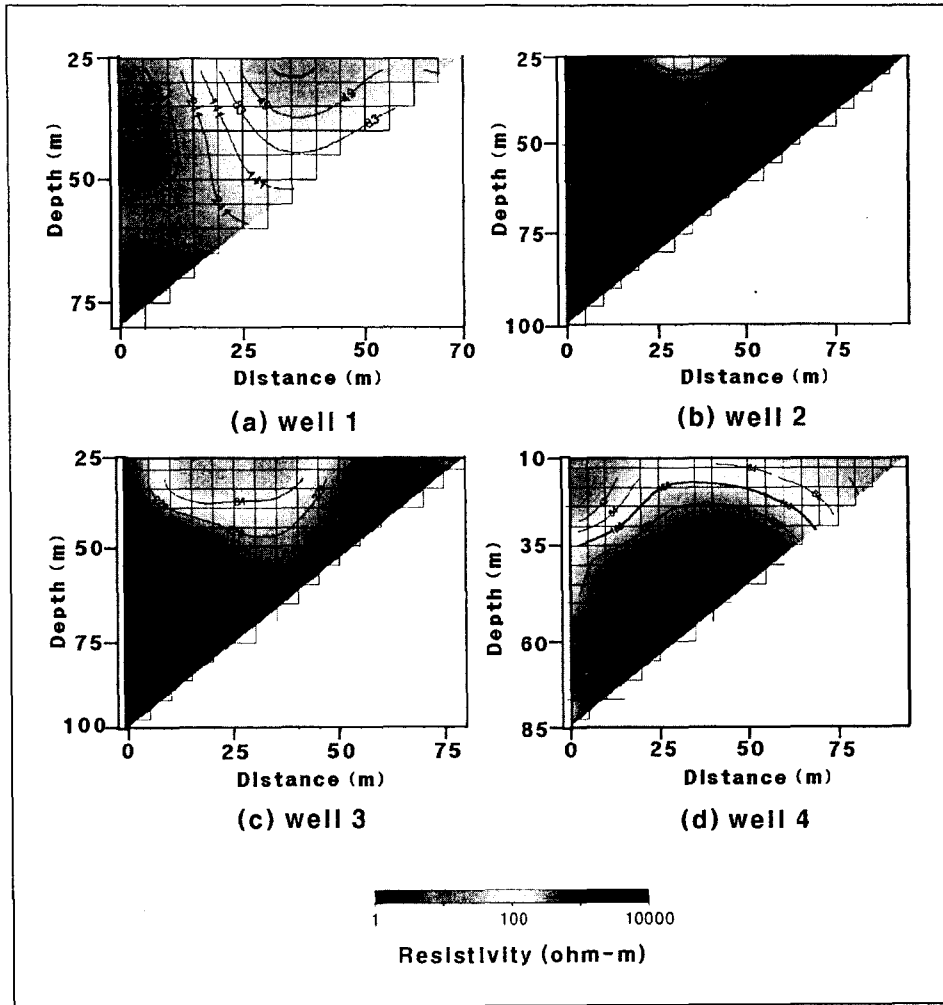


그림. 3 전기비저항 토모그래피 결과 2차원 영상

4. 사 사

본 연구는 농림부와 농업기반공사에서 수행 중인 해수침투 조사사업과 21세기 프론티어연구개발사업 인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비 지원(과제번호 3-3-1)에 의해 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- 1) 과학기술부, 한국자원연구소, 해수침투 평가, 예측 및 방지기술 개발, 2000.
- 2) 김진호, 송성호, 이규상, 설민구, 도서지역 지하수 장기관측자료를 이용한 해수침투 사례분석, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회 논문집, 2003.
- 3) 조인기, 정승환, 김정호, 송윤호, 전기비저항 토모그래피에서의 전극배열 비교, 한국자원공학회지, v. 34, no. 1, p. 18-26, 1997.
- 4) Freeze, R.A. and Cherry, J.A., Groundwater. Prentice-Hall, 375p., 1979.
- 5) Telford, W.M., Geldart, L.P. and Sheriff, R.E., Applied geophysics. 2nd ed. Cambridge University Press. Cambridge. 285p., 1990.