2005 한국물리탐사학회 · 대한지구물리학회 공동학술대회
2005년 5월 26일(목) ~ 27일(금), 한국지질자원연구원

포천지역 지하수기초조사 산학연공동 탐사 사례연구(II): 탄성파탐사기술

이두성[1], 유영준[2], 유영철[3]

[1]한성대학교 정보시스템공학과, dslee@hansung.ac.kr
[2]대한광업진흥공사 국내탐사팀, [3](주)동아컨설턴트 지반공학연구소

Industry-University-Research Collaborative Geoscientific Study in Pocheon area for Groundwater Survey, Part II: Seismic Technology

Doo Sung Lee[1], Youngjune You[2], Young Chul Yoo[3]

[1]Division of Information Engineering, Hansung University
[2]Domestic Mineral Exploration Team, Korea Resources Corporation
[3]Geotechnical Research Institute, Dong-A Consultants Co.

요약 : 지하수조사를 목적으로 수행한 일련의 지구과학적인 연구의 일부로 수행한 탄성파 굴절법 탐사와 공대공 탐사 결과는 다음과 같은 사실을 제시하였다. 1) 매질의 탄성파 속도는 표토층 (<4m)에서는 250 m/s, 충적층 (>4 <17m)은 2,500 m/s, 암반은 3,500 m/s 이상이다, 2) 암반까지 심도는 탄성파 탐사와 검층 결과는 대략 17 m 정도 인데 시추 코아에 의하면 25m 이하에서 암반이 나타난다.
주요어 : 탄성파, 지하수

Abstract : Surface refraction and crosswell seismic survey conducted as a part of geoscientific studies applied in an area of ground water reservoir shows that, 1) the average velocity with respect to depth is about 250 m/s for the surface layer(<4m), 2,500 m/s for the weathered formation, and greater than 3,500 m/s for the bed rocks, 2) the depth to the bedrock derived from the seismic studies and the sonic log (17m) is somewhat different from the depth obtained from the core study (25m).
Keywords: seismic, groundwater

1. 서론

포천시 지역에서 지하수 기초조사를 목적으로 물리탐사를 비롯하여 다양한 지질공학적, 수리지질학적 조사를 수행하였다. 적용한 조사방법은 지표탐사로 전기비저항 탐사와 탄성파 굴절법 탐사, 공내 시험으로 전기비저항/탄성파 토모그래피, 물리검층(탄성파 속도, 밀도, 전기비저항, 공경, 자연감마), 유향·유속 측정, 수압시험, 양수시험 그리고 암추 검층(core logging) 및 실내 물성시험 등 이다 (대한광업진흥공사, 2004).

본 연구에서는 다양한 조사 자료를 참조하여 수리지질학적 특성을 규명에 있어서 탄성파 탐사법의 적용을 분석하고자 한다. 획득한 자료는 굴절법자료와 공대공 시추공 탐사자료이다. 지하수 관련 수문지질 구조조사에서 탄성파탐사는 불투수성 기반의 형상과 심도 규명을 위하여 적용된다고 알려지고 있다. 투수층에서 탄성파 P파 속도는 함수상태에 따라 변하며 속도가 1,000m/s ~ 1,400m/s 정도이다.

2. 탄성파 굴절법 탐사

탄성파 P파 굴절법 탐사 현장자료는 48채널 탐사장비(DAS1, by Oyo)를 이용하여 수신기 간격 2m로 전개길이 94m, 송신점은 10m 간격으로 총 16 지점에서 발생시켰다. 굴절법 탐사측선은 시추공 BH-1호공과 BH-2호공을 지나는 방향으로 총 길이 160m 이다 (Fig. 1). 수진기는 고유주파수 $f_0 = 28Hz$의 수직성분 지오폰으로 지표에 고정시켰고 탄성파 발생은 약 5kg의 해머를 사용하였다.

탄성파 굴절법 탐사자료 처리는 초동을 이용한 GRM 법 (Palmer, 1981)을 이용하여 3층구조로 해석하였고, FDM 파선추적법으로 P파속도 토모그램(P-wave velocity tomogram) (Qin, et al., 1989)을 작성하였다. GRM법에 의하여 도출한 모델은 Fig. 2에 제시하였다. 토모그램 초기 속도 모델 설정은 Fig. 2를 참조하여 심도 5m까지 500m/s, 15m까지 2,500m/s, 그 이하 심도는 3,500m/s로 설정하였고 픽셀은 수평, 수직 모두 1m로 하고 15회 반복을 통하여 속도 토모그램을 도출하였다(Fig. 3b).

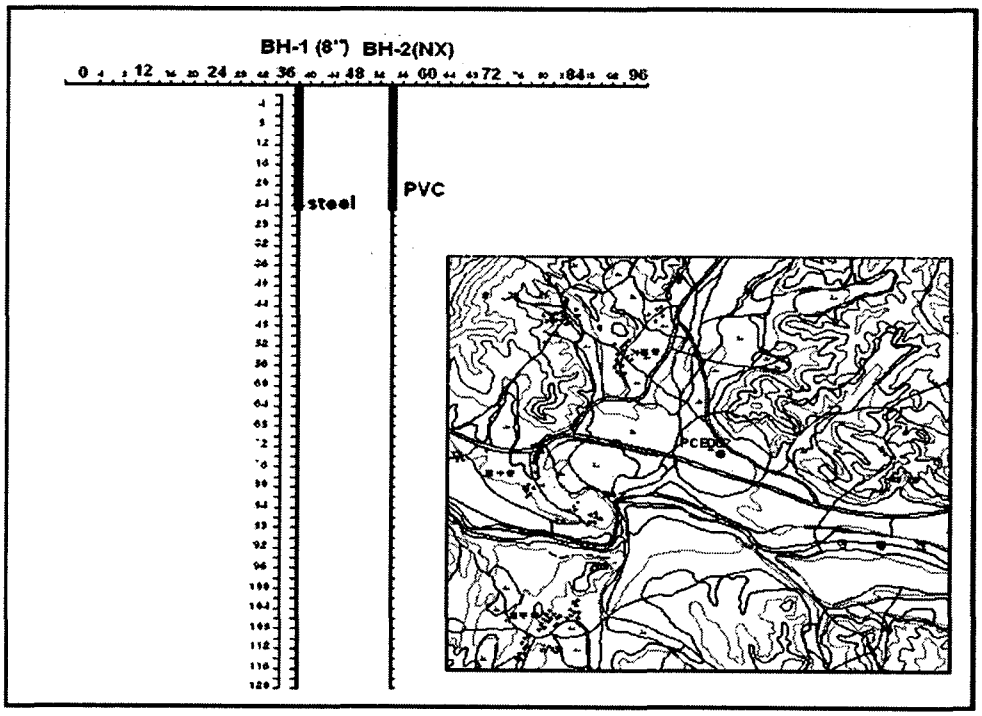

Fig. 1. Survey layouts and the location map.

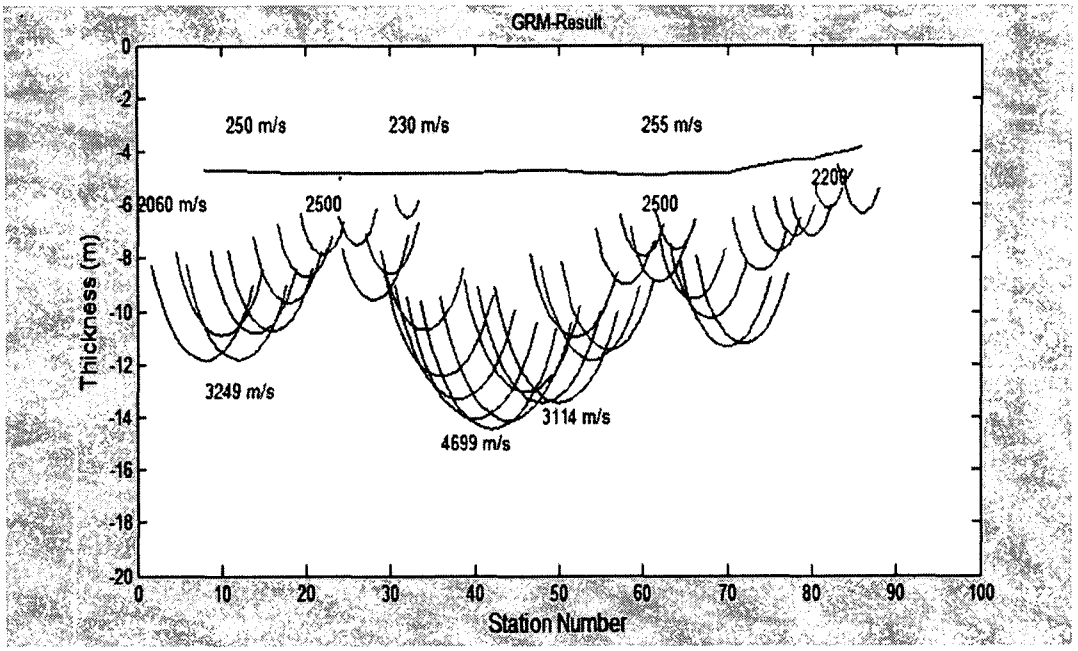

Fig. 2. Formation boundaries derived from the GRM

속도 토모그램은 전반적으로 수평적인 속도구조를 보이며 심도 증가에 따라 속도가 증가한다. 1층은 심도 4m까지 속도 300~500m/s를 나타내며 2층은 4~17m 구간의 심도에서 속도 500~2,800m/s로 심도 증가에 따라 속도가 증가하며 평균 1,600m/s 정도를 보이며 심도 17m 하부는 속도가 2,800~4,300m/s의 기반암이 분포하는 것으로 사료된다. Fig. 3a 는 Schlumberger 배열 (전극간격 a=5m)에 의한 전기비저항 단면이다. 비저항분포도에서 고비저항 (>500 ohm-m) 대를 암반으로 보면 측점 26m의 우측으로 심도 20m내외에 충적층과 기반암층의 경계가 존재할 것으로 보이며 측점 26m의 좌측으로는 비저항분포도상에서 충적층과 기반암층의 경계가 일정한 심도에 나타나지 않고 상당히 복잡한 양상으로 나타나 있다.

3 탄성파 시추공 토모그래피 탐사

BH-1호공에 시추공용 탄성파 발신기(OWS, by Oyo)에서 탄성파를 발생시키고, BH-2호공에 설치된 24채널 하이드로폰(24 ch. Hydrophone, by Bolt)과 24채널 탄성파 탐사기(StrataView R24, by Geometrics)를 이용하여 샘플간격 31.5μs, 길이 2048 샘플의 자료를 취득하였다.

두개의 시추공간 동일 심도에서 송·수신한 탄성파 초동 도달시간으로부터 도출된 매질의 속도를 보면 심도 10~13m 구간, 13~17m 구간은 점진적으로 증가하고 18~25 m 구간은 비교적 일정하고 심부로 가면서 50m 구간은 점진적으로 증가하여 4000 m/s, 심도 50~60m에서는 4,000m/s로 거의 일정하고, 그 하부의 심도 65m까지는 다소 감소한다 (Fig. 4b).

주시 토모그래피는 Fig. 4b를 참조하여 layer 형 초기모델과 0.5m x 0.5m 격자모델로 FDM 파선추적에 의한 반복 역산을 수행하였다. 속도 토모그램 (Fig. 4c)의 속도 분포는 대체로 Fig. 3b의 굴절법 토모그램과 비슷하다.

4. 자료 비교검토 및 결론

본 논문에서 제시한 탄성파 탐사자료처리 결과와 전기탐사, 검층, 공내영상, 시추 코어를 이용한 물성시험 등의 결과와 비교하여 매질의 물성과 관련한 다음과 같은 사실을 관찰할 수 있었다.

1. 천부 (<4m) 구간 매질의 공간적 물성 분포는 GRM에 의한 단면에서는 깊이변화와 속도 변화로 나타나는 반면 굴절법 토모그램에서는 수평적으로 깊이변화나 속도 변화를 인지하기가 어렵다.
2. 탄성파 자료해석의 주요 관심대상은 암반에 대한 깊이 정보로 볼 수 있다.
3. 공대공 탄성파 토모그램에 표출된 매질의 탄성파 속도는 대체로 심도에 따라 증가하며 심도 15m 하부의 매질은 수평적으로는 비교적 균질하게 나타난다. 충적층의 속도는 2,400~3,200m/s, 암반층은 3,200~4,300m/s 범위이다. 공대공 탄성파로부터 도출된 심도에 따른 수평방향의 속도 분포는 속도검층 자료와 유사하며 BH-2의 파쇄대 부근에서 속도가 다소 감소하는 양상을 보이고 있다.
4. 시추조사에 의하면 암반은 깊이 25m에 나타나는데 굴절법 탐사자료와 시추공 탄성파 자료 및 물리검층자료에 의하면 17m 부근이 암반으로 해석될 수 있어서 자연 상태의 조사와 시추조사 사이에 다소 차이가 있다.

참고문헌

대한광업진흥공사, 2004, 포천지역 지하수 기초조사보고서, P538.

Palmer, D., 1981,m An introduction to the generalized reciprocal method of seismic interpretation: Geophysics, 46, 1508-1518.

Qin, F., Olsen, K.B., Cai, W. and Schuster, G. T., 1989, Finite-difference solution of the eikonal equation along expanding wavefronts: Geophusics, 57, 478-487.

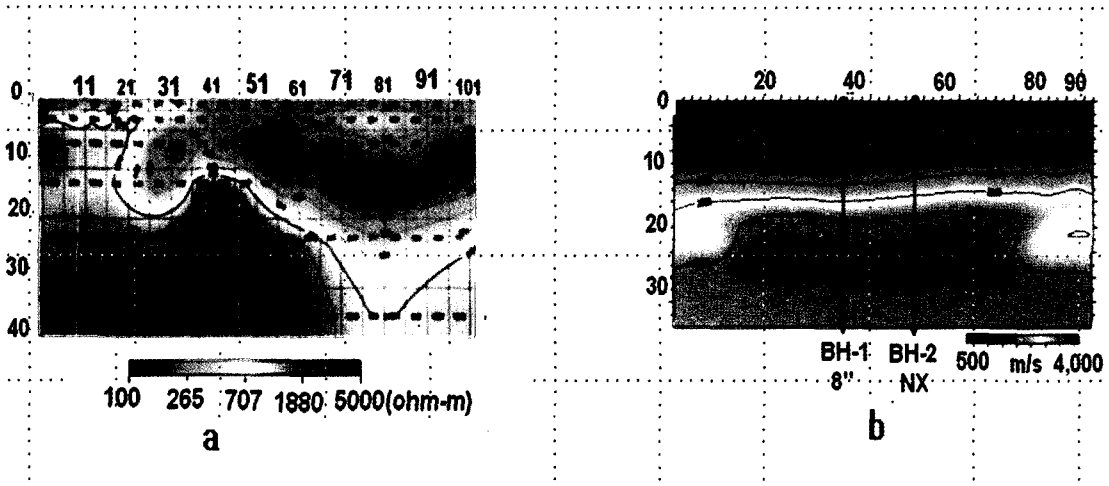

Fig. 3. Resistivity (a) and seismic velocity (b) tomograms.

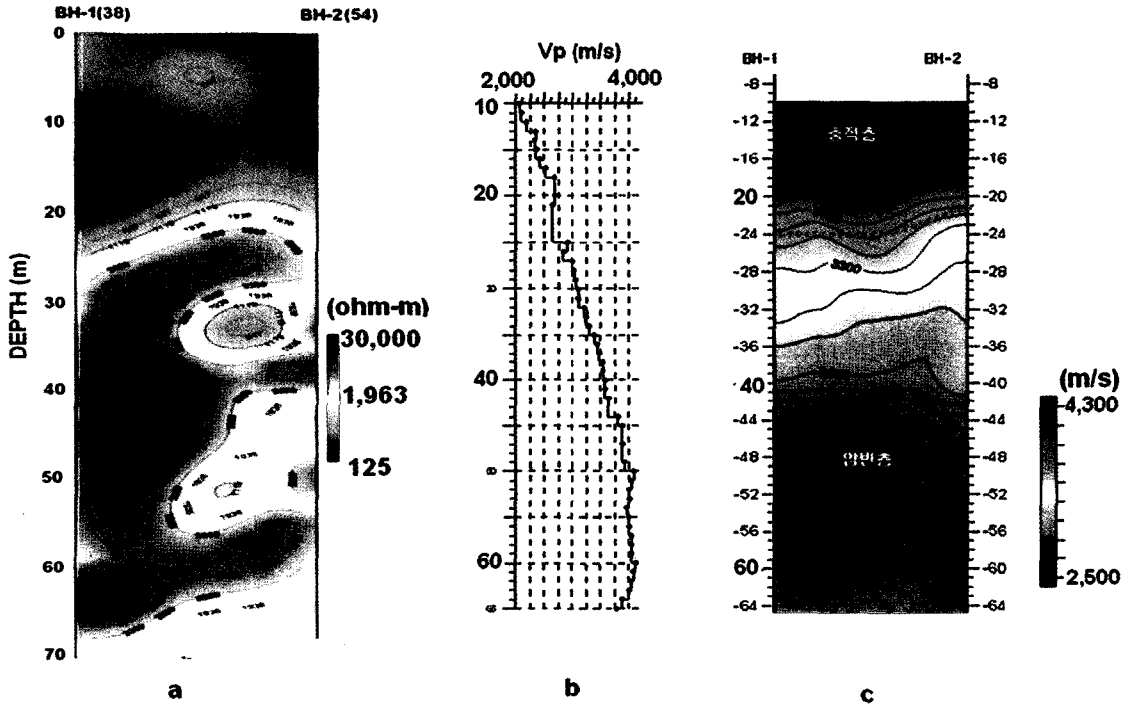

Fig. 4. Resistivity tomogram (a), horizontal velocity (b), and velocity tomogram (c)