

지하처분연구시설(KURT) 내 심부 조사공 물리검층

양영근, 김경수*, 고용권*, 신형욱, 이철희, 김상수, 박운성
(주)아시아지오컨설턴트, 경기도 성남시 중원구 상대원1동 190-1

*한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

younggeun@asiageo.com

1. 서론

물리검층은 시추공주변의 각종 물성들을 심도에 따라 연속적으로 측정할 수 있는 물리탐사방법이며 원위치상태에서 자료를 획득할 수 있는 장점이 있다. 물리검층은 지표탐사와 동일한 원리를 시추공내에 적용한 것으로 지표탐사에서 수행되는 대부분의 물리탐사는 시추공내에서도 가능하다. 본 연구는 향후의 KURT 확장 및 심부지질환경의 증장기적 연구를 목적으로 지하 500m 까지 굴진된 시험시추공에서 암반의 물리적 성질 즉, 신선한 암반과 단층대의 물성 비교를 위해 7 가지 (시추공영상촬영, 음파검층, Suspension-PS검층, 밀도검층, 전기비저항검층, 전기전도도 및 온도 검층) 물리검층을 수행하였다.

시험 시추공은 한국원자력연구소 부지 후면의 산자락에 총 연장 255m의 지하 터널 안에 위치하고 있으며 기반암은 신선한 흑운모 화강암이다. 시추공 상부 200m까지 1차 굴진 후, 2차로 500m까지 굴진하였는데 200~220m 부근까지는 단층파쇄대 구간으로 시추시그라우팅 작업을 수행하여 시험공을 완성하였다. 각각의 물리검층에 따라 속도값, 밀도값, 전기비저항값, 전기전도도값, 온도값 등을 획득하였으며, 시추공영상촬영을 통해 절리 및 단층대의 주방향과 분포상태를 파악하였다.

각각의 물리검층을 간단히 소개하자면 시추공영상촬영은 광학적 촬영방법으로 광원과 Camera가 부착된 Probe를 시추공 내에 삽입한 후 Core Mirror를 이용하여 공벽을 360°촬영하며, 이때 Probe에 내장되어 있는 자기센서에 의해 자북을 기준으로 촬영하게 된다. 이에 대한 영상자료를 해석함으로써 암반의 불연속면(단층, 절리, 암맥, 층리, 엽리 등) 특성 및 방향성과 경사방향, 균열 내 충전물의 유무, 균열면의 풍화상태, 균열의 형상(Roughness, Type), 균열의 벌어진 정도(Aperture Width)를 정밀하게 측정해 낼 수 있으며 암중의 변화와 Dyke, Vein의 관입상태, 그리고 암석이 가지고 있는 일차구조와 구성광물의 입자 상태와 크기까지 파악할 수 있다.

완전파형 음파검층은 수신기에 도달하는 전체 파형(full-waveform)을 연속적으로 측정하여 P파 및 S파 등의 정보를 제공하는 검층으로, 밀도검층과 함께 시추공의 원위치 동탄성계수 등을 산출할 수 있다. Suspension-PS 검층은 시추공에서 P파 및 S파의 속도분포를 측정하는 것으로 발전기와 수신기를 일련의 Probe에 연결하여 시추공 내의 각 심도별로 구간 전파시간을 측정함으로써 원지반의 P파 및 S파의 속도를 구하게된다. 완전파형 검층에 비해 진원의 주파수가 낮아 해상도가 다소 떨어지나 지반의 S파 속도가 시추공 유체의 속도보다 낮은 곳에서도 S파 속도를 직접적으로 구할 수 있는 장점이 있다(김영완, 2004).

밀도 검층은 감마선의 컴프턴산란 효과를 이용하여 지층의 체적밀도를 구하는 검층 방법으로 검출장비로는 Scintillation type의 감마 검출기와 Co⁶⁰ 감마 인공소스, 그리고 공경 측정장치(Caliper)로 구성되어 있다. 전기비저항 검층은 검층기에 부착되어 있는 두 개의 전극 중 하나의 전극을 사용해서 지층 속으로 전류를 흘려 보내며 다른 또 하나의 전극을 사용하여 전위를 측정함으로써 비저항을 결정하게 된다. 짧은 이극법(Short normal:16°), 긴 이극법(Long normal:64°) 그리고 전류집중식(Focused)이 있다. 전기전도도 검층은 공내수의 전도도를 측정하여 지하수의 이동 및 전기비저항 검층의 보조 자료로 활용되며 온도 검층은 시추공내의 수직 온도분포를 측정할 뿐만 아니라 지하수의 흐름을 파악하고 온천이나 지열개발의 기초자료로 활용되고 있다. 이번 연구에 수행된 물리검층에서는 시추공영상촬영과 밀도 검층을 제외한 다른 검층들은 공내수가 존재해야 조사가 가능하다.

2. 물성 획득 및 결과

시험시추공에서 수행된 다양한 물리검층 자료 중에서 결정질 암반의 불연속면을 인식하는 효과

적인 속도 검층, 전기비저항 검층, 밀도 검층 분석결과 중에서 이상대를 위주로 다음 표 2.1 분석 결과에 나타내었다. 결과표에서도 나타나듯이 300m 부근을 기준으로 상부는 불연속면이 다수 존재하는 연·경암 구간이 존재하고 하부는 물성값이 높게 나타내는 극경암 구간으로 구분되고 있다. 구간 별로 살펴보면 심도 46.0 ~ 52.0m 구간은 상부 단층 파쇄대 구간으로 단층점토가 관측되고 속도값 및 전기비저항값이 상대적으로 낮게 나타나고 있으나 밀도값은 크게 변화가 나타나지 않고 있으며, 심도 116.7 ~ 119.0m 구간은 치밀한 암맥이 분포하여 매우 높은 물성값을 나타내고 있다. 단층 및 절리파쇄대로 판단되는 153.0 ~ 159.0m, 200 ~ 224.0m 구간은 속도값이 상대적으로 낮게 나타나고 있으며 전기비저항값과 밀도값도 낮은 값을 나타내고 있다. 또한, 다수의 절리가 좁은 간격으로 분포하고 있으며 단층대에 나타나는 단층점토가 관찰되고 있다. 전기비저항 검층의 경우 하부 250m 지점부터 아래로 최대값을 나타내고 있는데 밀도와 SPS검층에서는 심도 300m 하부는 매우 높은 물성값을 나타내며 코아자료와 다른 검층 자료 결과에서 같이 매우 신선한 경암층으로 관찰되고 있다.

표 2.1 시험공 DB-1 물리검층 결과 개요

Depth(m)	SPS		Full-wave sonic		전기비저항		밀도 (g/cm ³)	Remark
	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	SH-N (ohm-m)	LO-N (ohm-m)		
46.0~52.0	4,850	2,810	4,700	2,690	2,110	2,080	2.35	단층, 파쇄대
116.7~119.0	5,950	3,130	5,890	3,400	7,190	6,420	2.72	암 맥
153.0~159.0	4,960	2,190	4,800	2,660	641	890	2.15	단층, 파쇄대
200.0~224.0	4,310	1,860	3,600	1,860	550	440	2.27	절리파쇄대
300.0~493.0	5,700	3,050	-	-	11,960	11,930	2.53	극경암

3. 결론

터널 내에 굴착된 시험 시추공에서 수행된 각각의 검층 결과에서 단층대로 확인된 150 m 부근과 220 m 부근의 속도 및 밀도, 전기비저항 값은 상대적으로 낮은 값과 다수의 절리가 관찰되었고 전기 전도도와 온도는 220 m 부근에서 뚜렷한 변화를 보였다. 또한, 심도에 따른 절리 분포 및 단층대가 확인되었고 전체구간과 구간별 절리의 주방향이 파악되었으며 심도별 암반의 물성값들을 얻었다. 시추공 심도 300 m를 기준으로 상부 구간은 다양한 물성 변화와 연암과 경암 정도의 물성을 나타내는 특성을 보이는 반면, 상부 구간은 거의 물성치의 변화를 보이지 않으며 극경암에 가까운 특성을 갖는 것을 확인하였다.

또한, 단일 공에서 다양한 물리검층을 수행함으로써 암반에서의 연속적인 물성과 단층대와 신선한 암반에 대한 물성자료를 얻을 수 있었다. 본 연구결과는 암반의 상태와 수리지질학적인 특성을 판단하는 기초자료로 활용되고 향후 종합적인 해석을 통한 동적 지반정수 산출 및 주성분 분석의 기초 자료로 활용될 것이다.

사 사

본 연구는 교육과학기술부 원자력연구개발사업에 의해 수행되었다.

참고 문헌

김영완, 2004, SPS 검층을 이용한 지반 특성연구, v