

석모도 KG-1 시추공의 투수성 파쇄대 탐지를 위한 물리검층의 적용

황세호¹⁾, 박인화²⁾, 이태종²⁾

¹⁾한국지질자원연구원 지구환경연구본부, hwangse@kigam.re.kr

²⁾한국지질자원연구원 지하수지열연구부

Geophysical well logs to identify the permeable fractures in borehole KG-1, Seokmodo

Seho Hwang¹⁾, Inhwa Park²⁾, and Tae Jong Lee²⁾

¹⁾Geology Environment Division, KIGAM

²⁾Geological Research Division, KIGAM

경기도 강화군 석모도에는 많은 심부 시추공이 분포하고 있으며 온도 70°C 이상의 지열수가 확인되는 시추공도 다수 분포하고 있다. 현재 한국지질자원연구원 지하수자원연구실에서는 저온 지열 열병합발전에 활용이 가능한 심부 지열수를 확보하기 위한 조사와 연구를 진행하고 있다. KG-1호공은 70°C 이상의 지열수가 자분하는 시추공 YG-1 및 YG-2호공 중간에 위치하고 있으며 조사지역의 현장응력 특성을 평가하기 위하여 2009년 10월에 굴착하였다. KG-1호공의 굴착심도는 400m이며 NX 크기의 시추코어가 회수되었다. KG-1호공에서는 굴착 직후, ATV(Acoustic Televiwer)검층, 온도/전기전도도검층, 전기검층, 공경검층 및 자연감마선검층이 수행되었으며 현장응력 특성평가를 위해 수압파쇄 시험과 수압파쇄로 인한 균열의 방향 탐지 목적으로 ATV 자료를 취득하였다. 수압파쇄 시험결과, 심도 약 300m을 기준으로 2개의 주응력 방향이 확인되었으며 상부는 N34E, 하부는 N66E이다. 온도/전기전도도/전기검층 자료와 ATV에서 확인되는 균열과의 관련성, 특히 투수성 파쇄대와의 관련성을 파악하기 위한 분석이 시도되기도 하였다(이태종 외, 2009).

2010년도 7월 말에 투수성 파쇄대를 탐지하기 위해 다양한 물리검층을 수행하였다. 적용한 물리검층법은 고분해능 온도/전기전도도검층, 양수를 병행하는 유향·유속검층과 온도검층법이다. 자료취득에 이용한 장비는 미국 Mount Sopris(www.mountsopris.com)사 물리검층 장비로 2IDA1-1000, HPF-2293, FLP-2492이며 일정 양수에 적합한 Grundfos사의 Rediflo2 sampler를 이용하였다. 자료취득은 온도/전기전도도검층 자료를 취득하고 온도/전기전도도의 변화율검층 자료와 ATV 및 공경검층 자료를 근거로 유향·유속검층 심도를 결정, 자료를 취득하였다. 유향·유속검층은 자연상태에서 자료를 취득하여 배경값에 해당하는 지하수 유동을 측정하고 일정양수 즉, 4.2 L/min의 조건에서 자료를 취득하였다. 자료취득은 4.2 L/m의 양수가 진행되고 수위가 안정된 상태에서 자료를 취득하였으며 초기수위는 0.45m이고 안정수위는 5.61m이다. sampler는 심도 20m의 케이싱 구간에 위치한다.

시추공 KG-1호공에서 수행한 물리검층 자료는 Fig. 1과 같으며 왼쪽부터 자연감마선, 공경검층, 단극저항검층, 온도검층, 전기전도도검층, 온도/전기전도도변화율검층, 일정양수 조건하에서의 온도검층 및 유향·유속검층, ATV 검층자료에서 추정된 구간 절리밀도 자료이다.

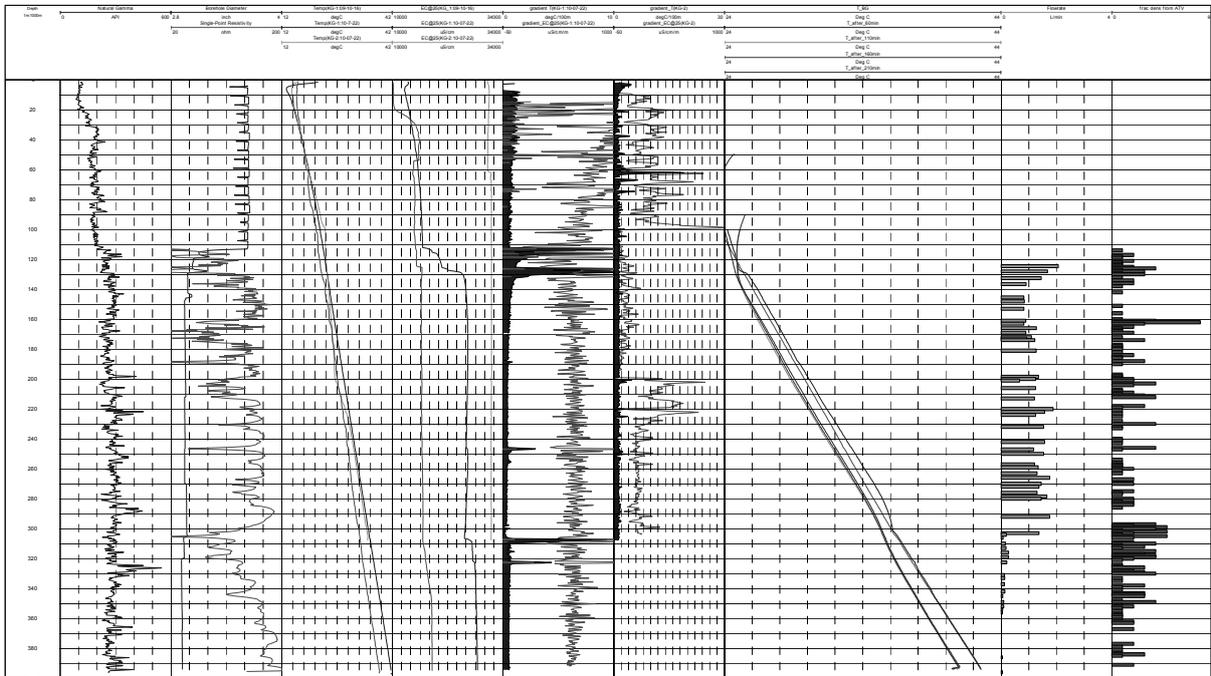


Fig. 1. Geophysical well logs in borehole KG-1.

공경검층에서 확인되는 주요 파쇄대는 케이싱하부에서 146m까지의 구간, 심도 약 305.3m, 319.7m이다. 이들 심도에서 파쇄대 지시자로 알려진 공경검층, 단극저항검층, 온도변화율검층 중에서 공경검층과 단극저항검층 자료가 전반적으로 일치하는 경향을 보인다. 일정양수조건에서 수행한 온도검층 및 유향·유속검층 확인되는 주요 파쇄대가 케이싱 하부구간과 심도 약 305, 320m로 ATV검층 자료에서 추정한 구간 절리밀도의 분포와는 관련성이 없음을 알 수 있다. 케이싱 하부의 주요 투수성 파쇄대의 방향은 ATV의 방향 센서가 케이싱 내에 위치하기 때문에 정확한 방향을 파악할 수 없었으며 심도 306.4m, 321m의 투수성 파쇄대의 주향과 경사각은 각각 $168^{\circ}/57.2^{\circ}$, $92.4^{\circ}/35.6^{\circ}$ 이다. 각 물리검층 자료의 심도 오차, 특히 많은 균열이 확인되는 ATV검층 자료와의 심도 차이로 인해 투수성 파쇄대의 결정에 많은 어려움이 있었다. 각 파쇄대의 물리검층 수행결과, KG-1호공에서 확인되는 주요 투수성 파쇄대는 케이싱하부와 심도 306.4m, 321m.0이며 시추공 KG-1의 지하수 유동은 주요 파쇄대에 의해 좌우됨을 알 수 있었다.

이태종 외 14인, 2009, 저온 지열 열병합 발전에 활용 가능한 심부 지열수 자원 확보기술 개발, 한국지질자원연구원 연구보고서 GP2009-016-2009(1), 1777p.