

결정질 암반에서 다중심도 수두 자료를 이용하여 분석한 1차원 지하수 유동

박경우, 김경수, 고용권, 최종원

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

woosbest@kaeri.re.kr

1. 서론

일반적으로 단열이 발달된 결정질 암반에서 지하수는 암반 매질을 통해 흐르지 않고, 암반 내에 존재하는 단열을 통해서 흐르게 된다. 이 때 암반 내 지하수의 유동은 유동로의 공간적 지하수두 차이에 의해 발생하게 되는데, 단열 암반내 지하수두는 다공성 매질의 그것에 비해 불균질성이 크다. 따라서 단열암반의 지하수 유동을 이해함에 있어 지하수두의 3차원 공간적 관측은 지하수의 흐름을 예측하는데 매우 중요하다. 특히, 방사성 폐기물의 처분 연구와 관련하여 처분 대상 영역인 심부 환경에서 지하수 유동은 투수성 단열대의 존재와 그 투수성 단열이 갖는 지하수두에 지배를 받게 되므로 심부 영역에 대한 지하수두 관측은 처분 안전성 평가에 지하수 유동과 관련하여 주요한 연구 분야가 된다. 본 연구는 연구지역의 장심도 시추공에서 설치된 다중패커시스템에서 관측된 지하수의 수리수두를 분포를 통해 연구지역 심부 영역의 지하수 유동을 해석하고자 수행하였다.

2. 본론

2.1. 연구 지역

한국원자력연구원내 방사성폐기물 처분 연구 관련 부지특성조사기술 개발을 위해 200m~500m 심도를 갖는 장심도 시추 조사공이 굴착하였다 (Fig. 1). 이들 시추공에서 시추코어검층 및 단열 조사를 수행하였으며, 그 결과를 이용하여 YS-1, YS-4 시추공에 다중패커시스템을 설치하여 구간별 지하수의 수리수두를 관측하였다.

2.2. 연구 방법

나공 상태(open borehole)에서 관측되는 지하수 위(water level)는 시추공 방향의 1차원 선형 구간에서 임의 영역의 수리수두(hydraulic head)의 가중된 평균(weighted average)이다. 예를 들어 패커에 의해 A와 B, 2개의 구간으로 나누어진 관측

공에서 각각의 수리수두를 H_A , H_B 라고 했을 때, 관측되는 지하수위(H)는 다음 식(1)로서 구할 수 있다.

$$H = \frac{\alpha_A H_A + \alpha_B H_B}{\alpha_A + \alpha_B} \quad (1)$$

여기서, α 는 가중치이며 패커시험에서 도출되는 수리전도도(K)와 같다.

여러 구간으로 구분된 다중패커시스템의 경우, 식(1)을 다음 식(2)와 같이 구할 수 있다.

$$H = \frac{\sum \alpha_i H_i}{\sum \alpha_i} \quad (2)$$

각 구간의 수리수두 H_i 로서 관측 수위(H)를 도출한 후, 상대 수두 변화(relative head change, $H_i - H$)를 이용하여 시추공에서의 1차원 지하수 흐름을 예측한다.

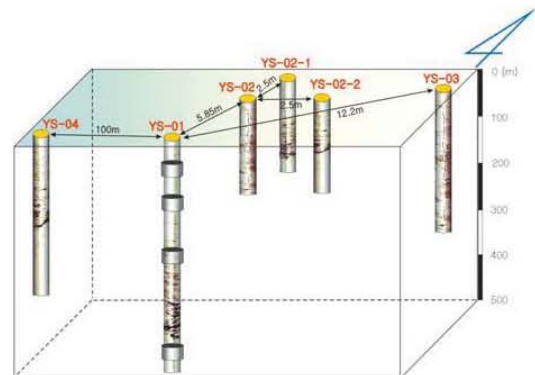


Fig. 1. 연구지역의 심부시추공 (심도: YS-01, 500m; YS-04, 350m).

2.3 연구 결과

2.3.1 구간별 지하수두

2002년 이후 YS-01 시추공에는 총 14개의 구간, YS-04 시추공은 11개의 구간을 패커로 상하부 영역을 격리하여 지하수의 수리수두를 관측하

였다. 2003년의 지하수두 변화는 Fig. 2와 같은데, YS-01(82 masl) 시추공의 지하수두는 지표고도에 비해 낮은 값으로 관측되며, YS-04(91masl)는 일부 구간에서 지표고도보다 높은 값을 보여 자분정의 특성을 갖는 것으로 예측된다.

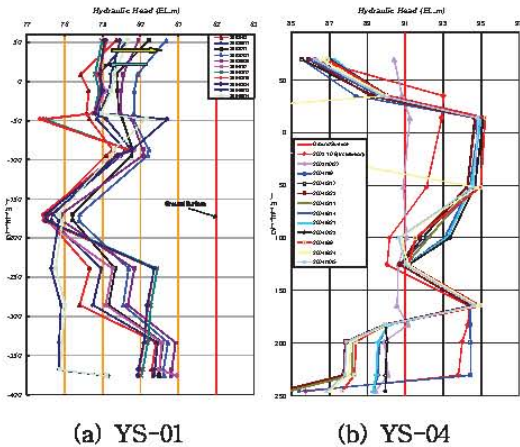


Fig. 2. 다중패커시스템을 이용하여 측정된 구간별 지하수의 수리수두.

2.3.2 상대 수두변화

2003년 7월 2일(YS-01)과 10월 9일(YS-04)에 측정된 다중패커시스템의 수리수두 관측값과 그 구간에 대한 수리전도도 자료를 사용하여 식 (2)로 도출한 지하수위(water level)은 79.7 masl와 90.4 masl이다. 이 지하수위를 이용하여 각 시추공의 수직 구간별 상대수두변화는 Table 1과 같다.

Table 1. 다중패커시스템에서 구간별 상대수두변화.

YS-01				YS-04			
패커 구간	깊이	상대수두변화	패커 구간	깊이	상대수두변화		
0	39	39	0.54	0	45	45	-0.04
40.5	79.5	39	-0.39	46.5	75	28.5	0.37
81	100.5	19.5	-0.40	76.5	103.5	27	0.80
102	129.5	27.5	-0.37	105	157.5	52.5	0.44
131	142.5	11.5	-0.36	159	200	41	0.62
144	175.5	31.5	-0.04	201.5	246	44.5	0.17
177	232.5	55.5	-0.14	247.5	264	16.5	0.11
234	258	24	-1.54	265.5	285	19.5	0.71
259.5	307.5	48	-1.53	286.5	319	32.5	-0.56
309	327	18	-0.49	320.5	332	11.5	-0.35
328.5	373.5	45	-0.68	333.5	345	11.5	-1.02
375	421.5	46.5	0.91				
423	456	33	0.82				
457.5	500	42.5	0.82				

2.3.3 지하수 유동 해석

다중패커시스템이 설치된 연구용 시추공에서

관측한 지하수의 수리수두를 이용해서 상대 수두 변화(Relative head change)를 도출한 결과, YS-01 시추공의 지하수두는 100mbgl, 250mbgl에서 음의 값을 보여 해당 영역에 존재하는 대수층으로 지하수가 유동하여 나가는 것으로 분석되며, 지표 근처와 400mbgl 이하 심도에서 양의 값을 보이고 있어 지하수가 유입되고 있는 것으로 예측된다. 즉, 관정내 지하수의 1차원 흐름은 Fig. 3(a)와 같이 분석할 수 있다. YS-04 시추공의 지하수두는 전체적으로 양의 값을 보이나, 200mbgl 영역에서 0의 값을 보이고 있으며, 지표 근처와 330mbgl 이하의 심도에서 4m 이상의 수두차를 나타내어 100mbgl, 300mbgl에서 유입된 지하수가 흘러 나가는 것으로 예측된다.

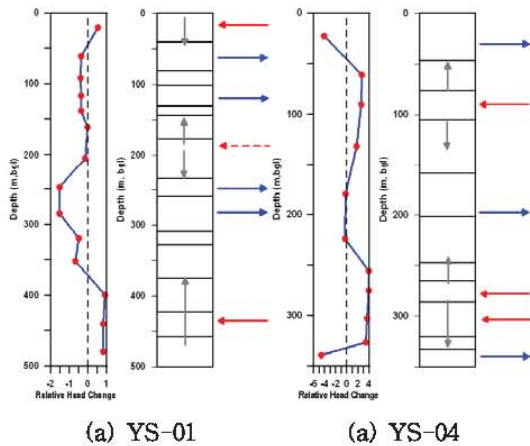


Fig. 3. 상대수두변화로 예측된 지하수의 1차원 유동.

3. 결론

한국원자력연구원내 연구용 시추공에서 설치된 다중패커시스템의 지하수두를 이용하여 지하수위를 산출하고, 상대수두변화로서 1차원 지하수 유동을 예측하였다. 본 논문에서 예측된 1차원 지하수 유동은 추적자를 이용한 용질 이동 해석 결과로서 검증될 수 있으며, 향후 이를 수행하여 심부 영역의 지하수 유동을 종합적으로 해석하고자 한다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.