

심부시추공을 활용한 결정질암반 대수층에 대한 수리적 예비연구

Preliminary study for hydraulic properties of fractured rock aquifer using the deep borehole

조중호*, 박경우**, 안상원***, 김경수****, 한운우*****

ChungHo Cho, KyungWoo Park, SangWon An, KyungSu Kim, WoonWoo Han

요 지

수자원 수요가 급증함에 따라 단열 암반 대수층의 지하수를 개발해 이용하려는 연구가 많이 이루어지고 있다. 본 연구에서는 단열암반 대수층의 지하수 유동 특성을 알아보기 위해 한국원자력연구원 연구 지역 내에 NX 규격의 직경 78mm를 갖는 500m 심도의 심부시추공 (DB-01)을 굴착하였다. DB-01에 대한 시추공 단열조사 (BHTV) 및 시추코아 분석을 통해서 심부 시추공에 대한 예비 투수성 구조를 도출하였으며, 투수성이 큰 구조로 단열과 연결된 지점으로 판단되는 심도에 대해서 현장 수리시험을 수행하여, 결정질 암반의 투수성 구조에 대한 수리특성을 규명하였다. 그 결과를 분석하여 비교적 투수성이 큰 심도를 결정질 암반의 대수층이라 정의하였다.

수리특성이 비슷한 3가지의 그룹 중 3그룹은 투수계수도 가장 크고 단열빈도도 밀집되어 있는 것으로 나와 심부 200m에서 250m이하의 이 단열구간은 수자원으로 지하수의 활용이 가능하다고 여겨진다.

핵심용어 : 결정질암반의 대수층, 심부 시추공, 시추공 단열조사, 투수성 구조, 수리특성

1. 서 론

현재 국내 이용되고 있는 대부분의 수자원은 지표수에 의존하고 있다. 그러나 지표수는 산재하고 있는 점오염원 및 비점오염원에 민감하고 또한 그 양이 제한적이므로 이용 가능한 담수의 큰 부분을 차지하고 있는 지하수 자원에 대한 중요성이 증가하고 있다. 그러나 국내의 경우 수자원으로로서의 지하수 자원을 이용함에 있어 지하수가 풍부하게 부존할 수 있는 다공성 매질의 상부 토양층 및 풍화대의 분포가 심도 수십미터 이하에 분포하고 있으며 그 하부는 결정질 암반으로 존재하기 때문에 지표수의 대체 수자원으로로서의 개발이 쉽지 않다. 따라서 본 연구는 우리나라에 폭 넓게 분포된 층적층 및 하부 풍화대 하부의 결정질 암반의 수리적 특성을 이해하고 대수층의 대체 수자원으로의 활용 가능성을 평가하기 위해 수행되었다.

2. 연구 지역

* 대전대학교 토목공학과 석사과정 · E-mail : jungho_82@nate.com
** 한국원자력연구원 선임연구원 · E-mail : woosbest@kaeri.re.kr
*** 한국원자력연구원 고급전문인력 · E-mail : swan@kaeri.re.kr
**** 한국원자력연구원 책임연구원 · E-mail : kskim@kaeri.re.kr
***** 정희원 · 대전대학교 토목공학과 교수 · E-mail : wwhan@dju.ac.kr

연구지역은 대전광역시 유성구 덕진동 150번지 한국원자력연구원 서쪽에 위치한 산지로서 연구소 북쪽 경계 지역과 인접해 있으며 연구지역 주변의 지형 형태는 우산봉 (573.8m), 금병산 (364.1m), 대곡사 (346.3m), 보덕봉 (263.6m)을 연결하는 SW-NE방향의 산계를 이루고 있다.

이 곳에 지하수의 흐름과 성질을 연구하기 위한 터널 KURT(KAERI Underground Research Tunnel)이 지상 90m 깊이로 약 180m 길이로 위치해 있으며 이 곳에 500m 깊이의 DB-01이 위치하고 있다.

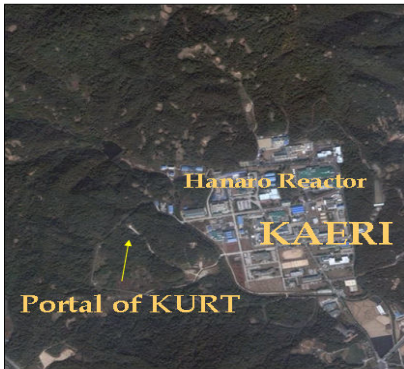


Fig.1 연구지역

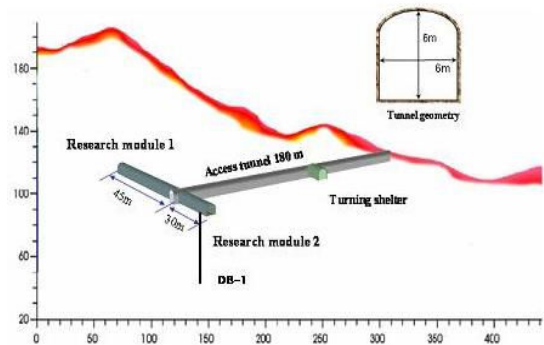


Fig.2 KURT 모식도

3. 연구 방법

암반 지하수의 경우 관측공에서 더블패커시험을 통하여 암반의 특징적인 단열 구간을 나누어서 정압배출시험(constant head with drawal test)를 실시하였다. 이 단열 구간은 시추공 단열조사(BHTV)의 관측결과로 일정 크기 이상 되는 것으로 심도 500m 관측공에서 8개의 단열 구간을 설정하였고 정압배출시험(constant head with drawal test)를 통해 단열들간의 수위안정화의 결과와 스테레오네트 통해 단열들간의 연관성을 예측하고자 했다.

3.1 시추공 단열조사 (BHTV 분석)

BHTV로 모든 단열 자료를 이용하여 단열들을 분석한 결과 대수정규분포가 나왔으며 누적백분율로 공간 분석한 결과 기울기의 변화로 0.2m이하의 단열공간이 나오는 곳이 1m당 5개씩 나오는 것으로 분석이 되었다. 이 것을 바탕으로 빈도분석을 한 결과 6개의 단열 구간을 단열대로 결정하였다. (표.1)

3.2 물리 검층

물리 검층은 심부시추공(DB-01)에서 아래에서 위로 올라오면서 시추공이미지검층(BIPS)을 실시하여 도출된 RQD를 측정하였고 밀도, 탄성파속도, 전기저항, 온도, Natural Gamma 시험으로 도출되는 특성을 가지는 구간을 단열대로 결정 하였다. (표.1)

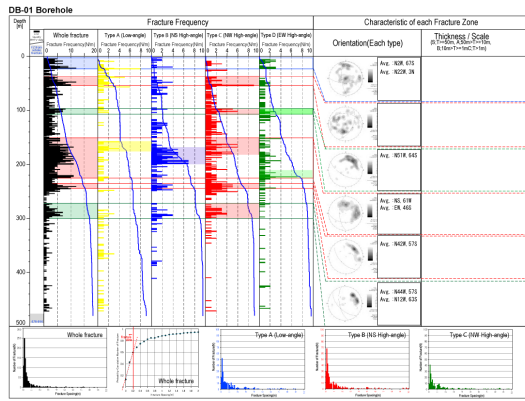


Fig.4 DB-01공의 단열조사(BHTV)분석

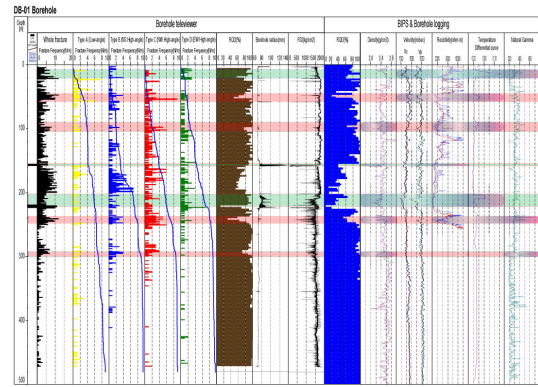


Fig.5 DB-01공의 물리 검층 분석

3.3 DB-01 시추공의 단열대

시추공단열조사와 물리검층을 비교 분석하였고 코어로그 자료와 코어포트를 바탕으로 단열구간 분류를 세분화하여 최종적으로 각 단열대의 특성에 따라 8개의 단열구간을 구성하였다(표1).

BHTV로 도출된 단열대		물리검층으로 도출된 단열대		최종단열대		단열구간
From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	From (m)	To (m)	
3.0	25.0	8.0	26.0	3.0	25.0	DB-01-1
43.9	59.5	45.0	58.0	43.5	59.5	DB-01-2
96.0	116.4	90.0	114.0	92.0	116.0	DB-01-3
154.0	227.6	155.0	159.0	156.0	159.0	DB-01-4
		203.0	224.0	183.0	194.0	DB-01-5
				201.5	226.0	DB-01-6
236.2	244.6	237.0	249.0	234.0	244.0	DB-01-7
276.7	300.8	291.0	301.0	279.0	293.0	DB-01-8

표.2 최종 DB-01공의 단열구간 분류

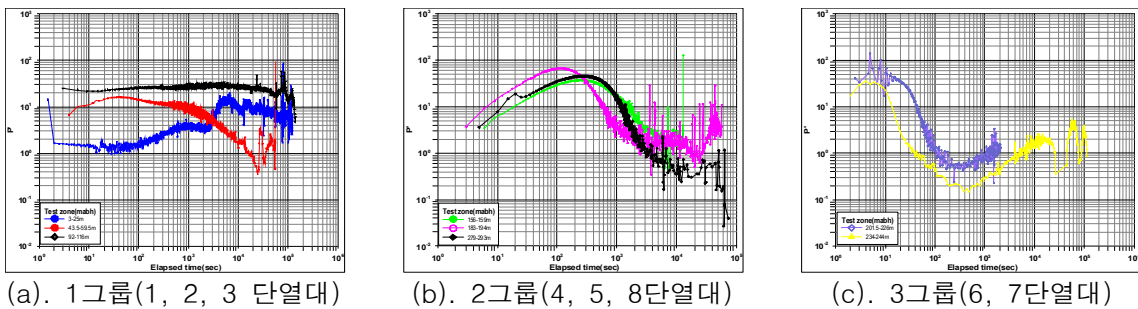
3.4 단열대에 대한 수리시험

수리특성을 도출하기 위해 이중패커를 이용하여 연구지역과 같은 터널의 피압대수층에서 이용되는 정압배출시험 (constant head withdrawal test)을 실시하였다. 정압배출시험은 더블패커로 구간을 분리하여 수위안정화 후 지하수를 뽑아 배출되는 유량을 측정하면서 유량이 일정해 질때까지 측정하였다. 일정해진 후에 지하수가 나오는 부분을 막아서 수위회복시험을 통해 다시 수위가 안정화될때 까지 기다려서 투수계수를 구하고 단열대간 투수계수를 비교, 분석하였다.(표2)

Fracture zone	정압배출시험			수위회복시험
	Transient state		Steady state	
	J-L	Straight Line	Move	Hoener plot
DB-01-1	8.12E-5	3.60E-5	2.79E-5	1.16E-5
DB-01-2	1.14E-6	1.13E-6	1.50E-6	8.85E-7
DB-01-3	6.94E-7	9.69E-7	8.17E-7	6.25E-7
DB-01-4	3.36E-8	3.75E-8	5.06E-8	1.59E-7
DB-01-5	1.28E-7	1.77E-7	1.11E-7	1.66E-7
DB-01-6	1.89E-5	1.52E-5	1.09E-5	1.52E-4
DB-01-7	5.43E-6	8.48E-6	2.12E-6	4.45E-5
DB-01-8	3.77E-8	5.03E-8	3.90E-8	8.77E-7

표.2 DB-01공의 수리시험 결과

시험 결과 고투수성이라고 볼 수 있는 구간은 DB-01-1(3 ~ 25m), DB-01-2(43.5 ~ 59.5m), DB-01-3(92 ~ 116m), DB-01-6(201.5 ~ 226m), DB-01-7(234 ~ 244m)이라 판단이 된다. 또한 단열구간에 대한 심도별 현장 수리시험 결과 획득된 수위회복 자료를 이용하여 도함수 분석을 수행하였으며, 여기서 도출된 도함수 커브의 경향성을 이용 하여 8개의 단열 구간을 세 개의 그룹으로 구분하였다.



(a). 1그룹(1, 2, 3 단열대) (b). 2그룹(4, 5, 8단열대) (c). 3그룹(6, 7단열대)

Fig. 그룹별 단열대의 도함수 커브

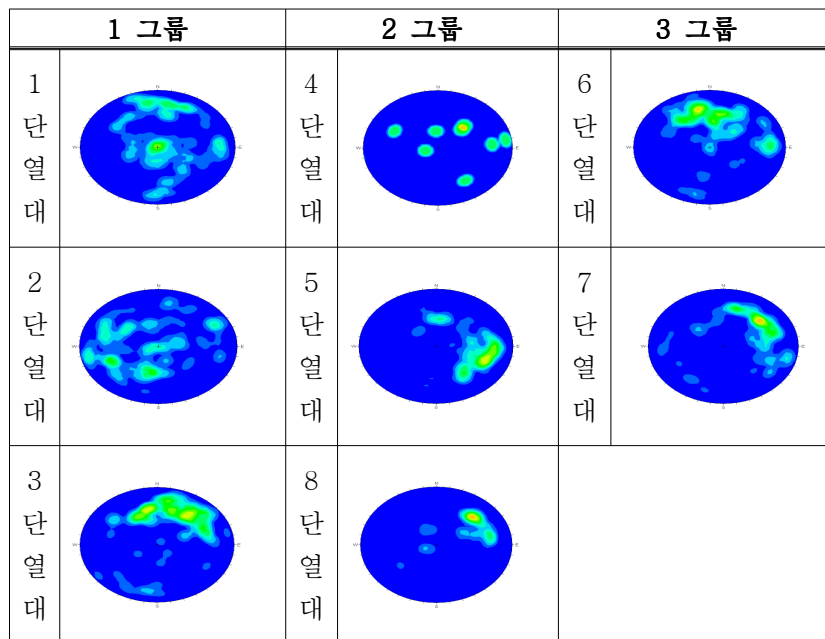


표.3 그룹별 단열구간의 스트레오네트

4. 결 론

BHTV의 판독과 이를 통한 공간 분석을 통해 일정 크기 이상의 단열들을 확인하였으며 물리 검층과 코어로깅 자료를 바탕으로 8개의 단열 구간을 설정하였고 정압배출시험을 통해 단열들간의 수위안정화 결과로 투수성을 비교 분석하여 5개의 고투수성 구간을 구했다. 또한 수리특성이 비슷한 단열대를 3가지 그룹으로 나누었고 이것들을 스테레오네트를 통해 단열들간의 연관성을 확인하였다. 1그룹은 투수계수는 크게 나오지만 단열빈도가 작게 나왔고 2그룹은 투수계수도 작게 나오고 단열 빈도도 작게 나왔다. 하지만 3그룹의 경우는 투수계수도 가장 크게나오고 단열빈도도 밀집되어 있으며 단열구간의 방향성이 NW방향으로 서로 유사한 경향을 보이는 것으로 판단되었다. 따라서 3그룹인 심부 200m에서 250m 단열대는 수자원으로서 지하수를 이용할 수 있을것이라 판단된다.

본 연구와 같은 투수성 시험과 단열의 빈도분석으로 단열대를 확립한 후 지역 단열대의 연결성을 확립한다면 그 지역의 지하수 활용에 있어서 더 큰 시너지 효과가 예상된다. 또한 이런 연구들은 무분별한 지하수 이용을 막고 안정적인 지하수 개발에 기여할 것으로 판단된다. 또한 1km 까지 구착될 심부시추공에서 보다 심도있는 결정질 암반의 대수층 연구를 시행할 예정이다.

감 사 의 글

본 연구를 위해 한국원자력연구원의 방사성 폐기물 기술 개발부의 모든 분들께 감사 드리며 결에서 많은 도움을 주신 박경우 선임연구원에게 감사드립니다.