

Analysis of the statistical properties for the background fractures in the LILW disposal site of Korea

중·저준위 방사성폐기물 처분 부지 내 배경 단열의 통계적 특성 분석

Sung-Hoon Ji¹⁾, Kyung Woo Park, Kyoung-Su Kim and Chunsoo Kim*

Korea Atomic Energy Research Institute, 1045 Daedeokdaero, Yuseong, Daejeon

*Keimyung University, 2800 Dalgubeoldae-ro, Dalseo, Daegu

지성훈¹⁾, 박경우, 김경수, 김천수*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

*계명대학교, 대구광역시 달서구 달구벌대로 2800

(Received November 24, 2008 / Revised December 04, 2008 / Approved December 16, 2008)

Abstract

We analyzed the statistical properties for the conductive background fractures in the Low and Intermediate Level Waste (LILW) disposal site to conceptualize of its groundwater flow system. The background fractures were classified to fracture sets based on their trends and plunges that were obtained from the borehole logging data, and then the fracture transmissivity distribution was inferred from the fixed interval hydraulic test results. The fracture size distribution of each fracture set was estimated using the fracture density and fracture mapping data. To verify the analyzed results, we compared observed field data to simulated one from the DFN model that was constructed with the analyzed statistical properties of the background fractures, and they showed a good agreement.

Key words : LILW disposal site, background fracture, statistical property

요 약

중·저준위 방사성폐기물 처분장 부지의 지하수 시스템을 개념화하기 위해 부지 내 유동성 배경 단열의 통계적 특성을 분석하였다. 이를 위해 부지 내 시추공에서 얻어진 시추공 로깅 자료의 배경 단열의 주향과 경사 자료를 분석하여 부지 내 배경 단열들을 4개의 단열군으로 분류하였다. 그리고 시추공에서의 수리 시험 결과로 얻어진 시추공 구간별 투수량계수 분포 자료로부터

1) Corresponding Author. E-mail : shji@kaeri.re.kr

배경 단열의 투수량계수 분포를 추정하였다. 각 단열군의 단열 크기 분포는 관찰된 단열 밀도와 지표지질조사 자료로부터 유추하였다. 이렇게 얻어진 배경 단열의 통계적 특성을 부지에서 관찰된 투수량계수 분포와 분석된 통계적 특성을 이용하여 생성된 단열망 모형으로부터 계산된 투수량계수 분포를 비교하여 검증하였고, 검증 결과 관측치와 계산치가 비슷함을 확인하였다.

중심단어: 중·저준위 방사성폐기물 처분장 부지, 배경 단열, 통계적 특성

I. 서론

방사성폐기물을 지하수가 포화되어 있는 지중에 처분하게 되면, 방사성 오염물질이 유출되었을 경우 오염물질은 주로 지하수를 통해 생물권으로 유입되게 된다. 이런 점에서 방사성폐기물 처분장을 디자인할 때 주변 지역의 지하수 유동 시스템을 특성화하는 것은 매우 중요한 선행 작업이다. 또한 대상 지역에 대한 지하수 유동 모델링도 반드시 수반되어야 한다. 이는 현장 조사를 통해 특성화된 지하수 유동 시스템 관련 자료를 모델링을 통해 검증하거나 구체화할 수 있으며, 특성화를 위해 어떤 조사가 더 필요한지도 모델링을 통해 유추할 수 있기 때문이다. 덧붙여 지하수 유동 모델링은 처분장의 안전성 평가 시 필요한 매개 변수들을 도출하는데도 사용된다.

처분장을 단열 암반 대수층 내에 건설하게 된다면 주로 단열을 통해서만 지하수가 이동하는 단열 암반에서의 지하수 유동 특성을 고려해야 한다. 이를 위해 지금까지 몇가지 수학적인 모형들을 제안되었다. 이 중 많이 사용되는 접근법은 등다공성 매질 접근법과 분리단열망 접근법, 하이브리드 접근법 등이다[1-5]. 등다공성 매질 접근법은 단열 암반 대수층을 몇 개의 수리적 매개 변수로 표현되는 하나의 다공질 매질로 가정하는 접근법으로, 모델링 시 모의 영역이나 경계 조건의 설정이 용이하나 단열암반 대수층의 특성인 불균질성과 불연속성을 반영하기 어렵다. 이에 비해 분리단열망 접근법은 부지 내 단열의 공간적 분포와 기하학적/수리적 특성을 반영하여 가상의 분리단열망을 만들고 이 분리단열망을 이용하여 지하수 유동 모델링을 하는 접근법으로, 단열암반 대수층의 불균질성과 불연속을 반영하기는 용이하나, 모의 영역이나

경계조건의 설정에 제한이 있다는 단점이 있다. 하이브리드 접근법은 위 두 접근법의 장점을 결합한 접근법으로 단열암반 대수층을 하나의 다공질 매질로 가정하되 매질 내 수리적 매개변수의 불균질성을 분리단열망 모형으로부터 유도하여 반영한다. 이와 같이 분리단열망 접근법이나 하이브리드 접근법으로 지하수 유동 모델링을 수행하기 위해서 부지 내 단열의 특성을 분석할 필요가 있으며, 등다공성 매질 접근법으로 지하수 유동 모델링을 수행하더라도 부지 내 단열의 특성을 확인하여 주어진 단열암반 대수층을 다공질 매질로 가정할 수 있는지 정량적으로 점검하는 절차가 필요하다.

경주 중·저준위 방사성폐기물 처분장 부지는 2007년 1월부터 부지특성화가 시작되었다. 특성화 결과를 종합한 기존 부지특성조사 결과 보고서에 의하면[6], 처분장 부지는 주로 화강암으로 구성되어 있으며 지하수 흐름은 단열의 영향을 크게 받는 것이 확인되었다. 이에 경주 중·저준위 처분장 부지의 지하수 유동 모델링을 위해, 대수층의 불균질성과 모의영역/경계 조건 설정의 용이성을 모두 반영할 수 있는 하이브리드 접근법을 선택하였으며, 본 연구에서는 이에 대한 선행 연구로 부지 내 암반의 유동성 배경 단열의 통계적 특성을 분석하였다. 이를 위해서, 부지를 몇 개의 영역으로 나누고 각 영역 내에서 관찰된 배경 단열 자료를 분석하여 각 영역 내 유동성 배경 단열들의 밀도, 단열 투수도 분포 특성, 단열 크기 분포 특성 등을 도출하였다.

II. 접근방법

Fig. 1은 경주 중·저준위 방사성폐기물 처분장 부

지의 지질도를 보여준다. 그림에서 점선으로 된 직사각형은 처분 사일로가 들어서게 될 위치를 나타낸다. 지질도에서 확인할 수 있듯이 부지는 화강암으로 주로 구성되어 있으며 이를 퇴적암이 둘러싸고 있다. 기존 부지특성화 보고서에 의하면[6], 경주 중·저준위 처분장 부지의 지하수 체계는 수리투수성영역(Hydraulic Conductor Domain, HCD), 수리암반영역(Hydraulic Rock Domain, HRD), 수리토양영역(Hydraulic Soil Domain, HSD)로 분류할 수 있으며, 이 중 수리암반영역은 Fig. 1과 같이 지질과 현장조사에서 발견된 큰 규모의 단열대에 따라 HRD-1, HRD-2, HRD-3의 세 영역으로 나눌 수 있다.

본 연구에서는 매질의 투수성이 상대적으로 높은 퇴적암으로 구성된 HRD-3를 제외하고, 처분시설의 모암인 화강암으로 이루어진 HRD-1과 HRD-2 내 유동성 배경 단열의 통계적 특성을 분석하였다. 이를 위해 관찰된 현장 조사 자료를 기반으로 지하수가 흐르는 투수성 단열(conductive fractures)들의 단열밀도(P_{10} , P_{32}), 각 단열조의 단열크기와 투수량계수, 단열조의 주향 및 경사 분포 등을 분석하였다. 구체적으로 부지 내 단열조 분류와 단열밀도는 기존 부지특성화 보고서 자료와 추가조사 자료를 활용하였다. 그리고 주어진 단열조와 단열밀도를 바탕으로, 기존 부지특성화 보고서에 보고되었던 정압주입 수리시험 결과를 해석하여 HRD-1과 HRD-2 내 단열의 투수량계수 분포와 투수성 단열의 P_{10} 을 도출하였다. 또한 노동에서 관찰된 Trace map 자료와 예측된 투수성 단열의 P_{10} 을 이용하여 단열조 별 길이 분포와 단열

조 별 투수성 단열의 P_{32} 를 예측하였다.

III. 분석결과

가. 단열조

기존 부지특성화 보고서에 의하면 본 지역에 분포하는 모든 단열들은 Table 1에 주어진 4가지 단열조로 분류된다. 추가 조사에서 도출된 단열 자료들도 같은 4가지 단열조로 분석하였으며, 단열조 분포특성은 기존 부지특성화 보고서에 근거하였다. HRD-1 내 모든 단열들의 27%는 단열조 1에, 33%는 단열조 2에, 20%는 단열조 3에, 21%는 단열조 4로 분류되며, HRD-2 내 모든 단열들의 28%가 단열조 1, 29%가 단열조 2, 23%가 단열조 3, 20%가 단열조 4로 각각 분류된다.

이 중 지하수가 흐를 가능성이 있는 Opened/Filled 단열들은, HRD-1의 경우, 25%의 단열들이 단열조 1에 속하며, 37%의 단열들이 단열조 2에, 16%의 단열들이 단열조 3에, 22%의 단열들이 단열조 4에 속한다. 그리고 HRD-2의 경우, 33%의 단열들이 단열조 1에, 26%의 단열들이 단열조 2에, 21%의 단열들이 단열조 3에, 21%의 단열들이 단열조 4에 속한다.

나. 단열밀도

기존 부지특성화 보고서에서 단열밀도는 각 조사공에서 관측된 단열들의 개수, 즉 길이 당 단열의 개

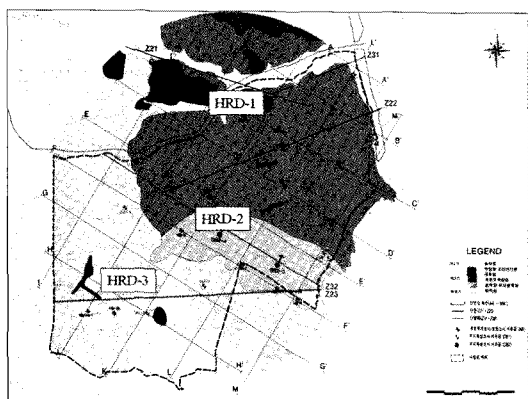


Fig. 1. Geological map of Gyeong-Ju LILW disposal site[6].

Table 1. Analyzed results on fracture sets[6].

Set		Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Total (%)
Raw data (%)	Open/Fill	1759 (29.1)	1925 (31.8)	1074 (17.8)	1288 (21.3)	6046 (100)
	Tight	4696 (27.5)	5065 (29.6)	3884 (22.8)	3429 (20.1)	17074 (100)
	All Fractures	6455 (27.9)	6990 (30.2)	4958 (21.4)	4717 (20.4)	23120 (100)
Modified Terzaghi corrected data	Corrected number of data (%)	9703 (30.9)	8442 (26.8)	7298 (23.2)	6017 (19.1)	31460 (100)
	Mean Dip attitude	68.2	194.8	317.8	130.7	
	Dip direction Dip angle	52.5	53.3	57.3	56.6	
	Fisher k	8.57	9.87	6.47	21.82	
	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4		

수로 정의되는 P_{10} 으로 제시되어 있다. HRD-1과 HRD-2에 위치하는 기존의 조사공들을 정리하면 다음과 같다.

- HRD-1 : KB-13, KB-14, KB-15, DB1-1, DB1-3
- HRD-2 : KB-5, KB-6, KB-7, KB-9, KB-10, KB-11, KB16-2, DB1-2, DB1-4, DB1-5, DB1-6, DB2-2, DB2-3, DB2-4, DB2-5, DB2-8

또한 2007년 5월 이후에 시행한 조사공인 TA-series 공들과 SS-series 공들을 그 위치에 따라 HRD-1과 HRD-2로 분류하면 다음과 같다.

- HRD-1 : TA-4
- HRD-2 : SS-1, SS-2, SS-3, SS-5, SS-6, TA-1, TA-2, TA-3, TA-5, TA-6, TA-7

기존 조사공과 새로 설치된 조사공에서 관측된 단열들 중 지하수가 흐를 가능성이 있는 Opened/Filled 단열들의 단열조 별 P_{10} 값의 평균은 Table 2와 같이 제시된다.

다. 단열의 투수량계수 분포

조사공에서 수행된 정압주입 수리시험결과를 분석하여 개개 단열의 투수량계수 분포를 유추하였다. 투수량계수 유추를 위해 사용한 모형은 FRACMAN의 한 모듈인 OxFilet (Osnes Extraction from Fixed-Interval-Length Effective Transmissivities)으로[7], 분석을 위해 분석 구간의 실투수량계수 (net transmissivity)는 구간 내 존재하는 투수성단열들의 투수량계수의 합과 같고, 수행된 수리시험은 서로 연결된 단열들로 이루어진 단열망의 영향을 받는다고 가정하였으며, 투수량계수가 $1 \times 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$ 이하인 단열은 불투수성 단열로 간주하였다. 먼저 관측된 구간별 투수량계수 분포와 불투수 구간으로 가정된 구간의 비율을 가지고 복합적 포아송 분석과정을 통해 투수성단열의 투수량계수 분포를 예측하였다. 그리고, 이를 이용하여 구간별 투수량계수 분포를 도출한 다음, 유추된 구간별 투수량계수 분포와 계측된 구간별

투수량계수 분포를 비교하였다. 이와 같은 과정을 반복하여 관측된 구간별 투수량계수 분포와 가장 잘 맞는 구간별 투수량계수 분포를 유도하는 단열의 투수량계수 분포를 찾아 그것을 영역 내 투수성 배경 단열의 투수량계수 분포로 확정하였다.

HRD-1 내 관측공에서 계측된 구간별 투수량계수의 분포는 그 평균이 $1.57 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, 표준편차가 $1.89 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, 왜곡도가 2.48, 첨도가 7.68로 나타났다. 이를 토대로 OxFilet을 이용하여 HRD-1에 위치한 투수성 단열들의 투수량계수 분포를 유추한 결과, 분포 형태는 대수정규분포 (Log-normal distribution)가 최적으로 나타났고, 평균과 표준 편차는 각각 $5.89 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, $9.36 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 로 계산되었다. 또한, 투수성단열의 빈도는 m 당 0.828 개로 예측되어 P_{10} (conductive)이 0.828로 계산되었다. 이렇게 예측된 투수성단열의 투수량계수 분포를 이용하여 수리시험구간별 투수량계수를 유추하였을 때, 그 평균과 표준편차는 각각 $2.01 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $3.49 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 로 계산되었고, 왜곡도와 첨도도 각각 3.85와 17.1로 계산되었다. 이 때 OxFilet으로 예측된 구간별 투수량계수 분포는 계측된 구간별 투수량계수 분포와의 Kolmogorov-Smirnov(K-S) 통계 분석과 Chi-Squared (χ^2) 통계 분석을 통해 검증하였다.

HRD-2에서 계측된 구간별 투수량계수 분포는 그 평균이 $1.96 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, 표준편차가 $3.16 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, 왜곡도가 7.8, 첨도가 87.3으로 나타났으며, OxFilet으로 HRD-2에 위치한 투수성 단열들의 투수량계수 분포를 유추한 결과, 최적의 분포는 그 평균과 표준편차가 각각 $8.91 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$, $2.67 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 인 대수정규분포 (Lognormal distribution)였고, 투수성 단열의 P_{10} (conductive)은 0.383으로 계산되었다. 이렇게 예측된 투수성 단열의 투수량계수 분포를 이용하여 수리시험구간별 투수량계수를 유추하였을 때, 그 평균과 표준편차는 각각 $2.98 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $6.89 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ 로 계산되었고, 그 왜곡도와 첨도도 각각 8.64와 96.7로 계산되어 실제 계측된 값과 비슷하였다.

Table 2. P10 of opened/filled background fractures for each HRD and set

	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Total
HRD-1	0.673	0.811	0.378	0.502	2.364
HRD-2	0.371	0.235	0.251	0.252	1.108

라. 단열크기 분포

비록 최근에 지구물리적인 방법이나 이미지 프로

세스 기술이 많이 발전하기는 하였지만 여전히 단열의 크기를 직접적으로 구하는 방법은 없으며 몇 가지가정아래 간접적으로 유추하게 된다. 이에 본 연구에서 처분부지 내 단열 크기의 분포를 유추하기 위해 단열은 원에 접하는 6각형 형태의 평평한 평면으로 표현되며, 단열 크기의 분포는 단열 위치의 해발 고도에 대해 독립적이어서 노두에서 관찰된 트레이스 지도(trace map)를 통하여 영역 내 단열 크기의 분포를 유추할 수 있다고 가정하였다.

예비분석 결과, 부지 내 노두에서 관찰된 트레이스 길이의 분포는 Power law 분포를 따르는 것을 확인할 수 있었으며, 이에 단열 크기의 분포도 트레이스 길이의 분포와 마찬가지로 Power law 분포를 따른다고 가정하였다. 이 때, Power law 분포를 표현하기 위한 특성지수(characteristic parameter)는 Power law 지수 D_d 와 최소 크기 X_{min} 이다[8]. 각 HRD의 각 단열조에 대해 그 D_d 와 X_{min} 는 다음과 같이 유추하였다.

먼저 HRD-1의 단열조 1에 대하여, 해당 배경 단열들의 트레이스 길이와 트레이스 지도 크기로 정규화된 누적개수를 도시하였다(Fig. 2a). Fig. 2a에서 확인할 수 있듯이 HRD-1 내 단열조 1에 속하는 트레이스에 대해 그 Power law 지수 D_t 는 1.84로, trace 길이(l)와 정규누적개수(CN)와의 관계는 $CN=0.35 \times l^{-1.84}$ 로 표현된다. 이 때 $D_t=D_d-2$ 이다[9]. 그래프에서 가운데 부분에는 직선 위에 도시되는데 비해 양 끝부분의 굴곡현상은 단열의 트레이스를 기입하는 과정에서 극단적으로 작거나 매우 큰 단열들을 조사의 제한성으로 인해 관찰하지 못하여 발생하는 현상이다. 그 다음 과정으로 Fig. 2a를 통하여 구한 D_t 로부터 $D_d=3.84$, $X_0=1.0m$, $P_{32}(X_0)=0.1$ 로 가정하고 200m x 200m x 200m의 암반블럭에 Power law 분포의 크기를 갖는 단열망을 생성하였다. 그리고 생성된 3차원 단열망에 수평 트레이스 단면(trace plane)을 가정하여 그 트레이스 단면과 단열망이 교차하여 생긴 트레이스 지도를 구하고, 이들 트레이스들에 대해 그 길이와 트레이스 지도 면적으로 정규화 누적개수와와의 관계를 그래프에 도시하였다. Fig. 2b의 녹색 점들은 생성한 트레이스 지도의 트레이스 길이와 그 정규화

적개수를 도시한 것이며 이것을 식으로 표현하면 $CN=0.05 \times l^{-1.84}$ 이 된다. Fig. 2a의 관측치와 Fig. 2b의 계산치를 비교하여 $P_{32}(X_0)$ 를 수정하면 $P_{32}(X_0)$ 는 0.65로 보정이 된다. 보정한 $P_{32}(X_0)=0.65$ 와 $X_0=1.0m$, $D_d=3.84$ 를 이용하여 다시 200m x 200m x 200m의 암반블럭에 Power law 크기 분포를 갖는 3차원 단열망을 생성하였다. 이로부터 트레이스 지도를 도출하고 도출한 트레이스 지도로부터 또다시 트

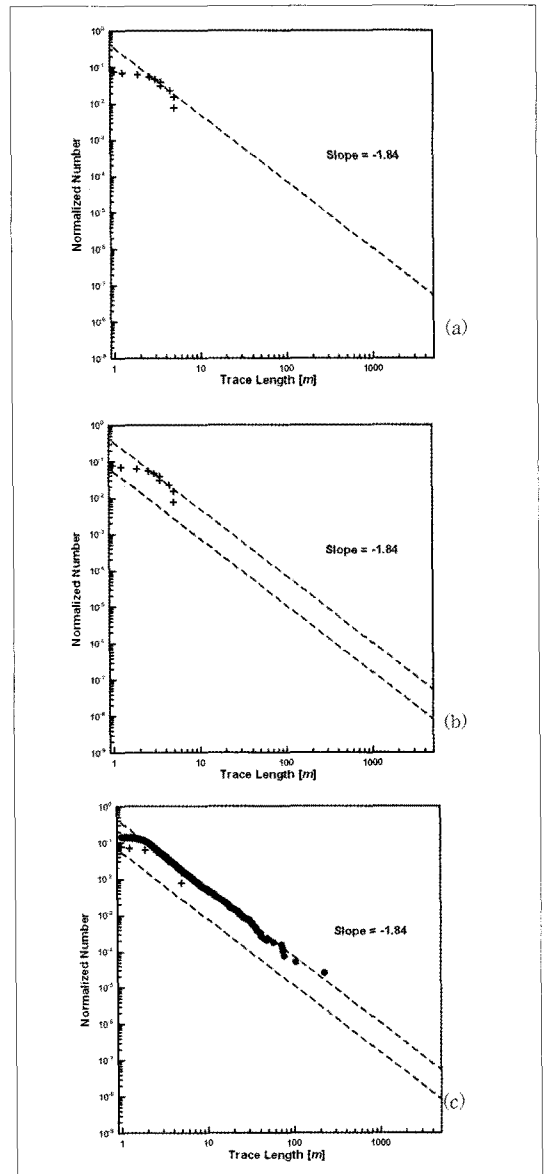


Fig. 2. Estimation of the conductive background fracture size level distribution of the fracture set 1 in HRD-1.

레이스 길이와 정규누적개수의 관계를 도시하였다. Fig. 2c의 파란색 점들은 이런 과정을 통해 도시한 트레이스 길이와 정규누적개수의 관계를 보여주며, 이는 실관측치와 일치한다. 이렇게 구해진 X_0 , $P_{32}(X_0)$ 과 식 (1)을 이용해 실제 HRD-1 내 단열조 1의 X_{min} 과 $P_{32}(X_{min}, X_{max})$ 를 구하였다[9]. X_{max} 는 무한대라 가정하였다.

$$\frac{P_{32}(X_{min}, X_{max})}{P_{32}(X_0)} = \frac{P_{10}(X_{min}, X_{max})}{P_{10}(X_0)} = \frac{X_{min}^{2-D}}{X_0^{2-D}} \dots\dots\dots (1)$$

이 과정을 통해 구해진 X_{min} 과 $P_{32}(X_{min}, X_{max})$ 는 각각 1.60 m, 0.44이다.

마찬가지로 위와 같은 과정을 다른 단열조에도 적용하였으며 이에 최종적으로 도출된 D_d , X_{min} 과 $P_{32}(X_{min}, X_{max})$ 는 Table 3과 같다.

마. 도출한 통계적 특성의 검증

도출한 각 영역 내 유동성 배경 단열들의 통계적 특성을 검증하기 위하여 200 m × 200 m × 200 m의 암반 블록을 가정하고 그 안에 도출한 통계적 특성을 이용하여 단열망을 생성하였다. 그리고 단열망에 임의의 관측공을 설치하여 구간별 투수량계수를 구하고 그 분포를 실제 관측된 구간별 투수량계수의 분포와 비교하여 검증하였다.

Table 4는 투수량계수 측정 구간이 각각 6.6 m, 7.0 m일 때 관측된 구간별 투수량계수에 로그를 취한 값과 모사된 구간별 투수량계수에 로그를 취한 값의 평균과 표준편차를 보여주며, 이 두 분포가 거의 일치하는 것을 표를 통해 알 수 있었다. 이를 통해 본

Table 3. Estimated statistical parameters describing the size distribution of the conductive background fractures in Gyeong-Ju LILW disposal site.

	Parameters	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4
HRD-1	D_d	3.84	3.73	3.18	3.36
	X_{min}	1.60	4.31	411.00	0.24
	$P_{10}(X_0)$	0.35	0.83	0.39	0.11
	Calibrated $P_{32}(X_0)$	0.65	1.46	0.74	0.19
	$P_{32}(X_{min}, X_{max})$	0.44	0.50	0.25	0.31
HRD-2	D_d	3.20	3.26	3.28	3.36
	X_{min}	104.32	80.80	59.00	53.08
	$P_{10}(X_0)$	0.32	0.25	0.27	0.36
	Calibrated $P_{32}(X_0)$	0.58	0.43	0.53	0.69
	$P_{32}(X_{min}, X_{max})$	0.23	0.143	0.17	0.16

연구를 통해 도출한 HRD-1 내 유동성 배경 단열의 통계적 특성이 관찰된 HRD-1의 수리적 특성을 재현할 수 있음을 확인하였다.

HRD-1의 경우와 마찬가지로, 도출한 HRD-2의 통계적 특성을 검증하기 위해 200 m × 200 m × 200 m의 암반 블록에 단열망을 생성하여 구간별 투수량계수를 계산하고 이를 HRD-2에서 관측된 구간별 투수량계수와 비교하였다. Table 5는 수리시험구간이 6.6 m와 7.0 m일 때 관측된 구간별 투수량계수의 로그값과 모의된 구간별 투수량계수의 로그값의 평균과 표준편차를 보여준다. 관측치와 모의치의 평균과 표준편차는 거의 비슷하여, 역시 도출한 HRD-2 내 유동성 배경 단열의 통계적 특성이 HRD-2에서 관찰된 수리적 특성을 재현할 수 있음을 확인하였다.

IV. 결 론

경주 중·저준위 처분장 부지의 지하수 유동 모델링을 위한 선행 연구로 부지 내 화강암 지대인 HRD-1과 HRD-2의 유동성 배경 단열의 통계적 특성을 분석하였다. 이를 위해 기존 부지특성화 보고서에서 제시한 단열조 분류를 기준으로 하여, 각 단열조에 대해 유동성 배경 단열의 밀도, 투수량계수 분포, 크기 분포를 도출하였다. 그 결과, HRD-1 내 유동성 배경 단열의 투수량계수는 대수정규분포를 따라 분포하며, 단열 크기는 power law 분포를 따라 분포함을 알 수 있었다. HRD-2의 유동성 배경 단열도 마찬가

Table 4. Means and Standard deviations of the observed and simulated Log(T) for the background fractures in HRD-1.

	Parameters	Observed T	Simulated T
6.6 m of Packer interval	Mean of Log(T)	-6.17	-6.12
	Standard deviation of Log(T)	0.79	0.75
7.0 m of Packer interval	Mean of Log(T)	-6.14	-6.06
	Standard deviation of Log(T)	0.48	0.70

Table 5. Means and Standard deviations of the observed and simulated Log(T) for the background fractures in HRD-2.

	Parameters	Observed T	Simulated T
6.6 m of Packer interval	Mean of Log(T)	-6.10	-6.61
	Standard deviation of Log(T)	0.98	0.90
7.0 m of Packer interval	Mean of Log(T)	-6.48	-6.60
	Standard deviation of Log(T)	0.34	0.91

지로 투수량계수는 대수정규분포를, 단열 크기는 power law 분포를 따르는 것을 확인하였다. 도출한 유동성 배경 단열의 통계적 특성은 이를 이용한 생성한 단열망 모형의 수리적 특성을 실제 부지에서 관찰한 수리적 특성과 비교하여 검증하였으며, 비교 결과 두 특성이 비슷하여 도출한 유동성 배경 단열의 통계적 특성이 경주 중·저준위 처분장 부지의 수리적 특성을 재현할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

사 사

이 논문은 중·저준위처분장 부지특성조사의 일환으로 수행되었으며 일부 과학기술부 원자력연구개발성장기계획사업과제의 지원을 받았음을 밝히며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] J.C.S. Long, K. Karasaki, A. Davey, J. Peterson, M. Landsfeld, J. Kemeny, and S. Martel, "An inverse approach to the construction of fracture hydrology models conditioned by geophysical data" *Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr.*, 28, pp. 121-142 (1991).
- [2] A.F. Moench, "Double porosity models for a fissured groundwater reservoir with fracture skin" *Water Resour. Res.*, 20, pp. 831-846 (1984).
- [3] Y.-J. Park, E.A. Sudicky, R.G. McLaren, and J.F. Sykes, "Analysis of hydraulic and tracer response tests within moderately fractured rock based on a transition probability geostatistical approach" *Water Resour. Res.*, 40, W12404, doi:10.1029/2004WR003188 (2004).
- [4] W.S. Dershowitz, P. Wallman, and S. Kinrod, Discrete fracture modeling for the Stripa site characterization and validation drift inflow prediction, Stripa Project Tech. Rep. 91-16, SKB, Stockholm (1991).
- [5] C. Jackson, A. Hoch, and S. Todman, "Self-consistency of a heterogeneous continuum porous medium representation of a fractured medium" *Water Resour. Res.*, 36, pp. 189-202 (2000).
- [6] Korea Hydro and Nuclear Power Co., Ltd (KHNP), Safety Assessment Report on the Repository of Low and Intermediate Radioactive Wastes (In Korean), KHNP, Seoul, Korea (2007).
- [7] Golder Assoc. Inc., FracMan-Interactive discrete feature data analysis geometric modeling and exploration simulation (Version 2.306), Golder Assoc. Inc., Seattle, WA (1994).
- [8] S. Priest, Discontinuity analysis for rock engineering, Chapman & Hall, UK (1993).
- [9] M.B. Stephens, A. Fox, P. La Pointe, A. Simeonov, H. Isaksson, and J. Hermanson, Geology Forsmark: Site descriptive modelling Forsmark stage 2.2, R-07-45, SKB, Stockholm (2007).