

## Block-scale의 단열 암반에서 지하수 유동 모의 평가

고낙열, 지성훈, 고용권

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

nyko@kaeri.re.kr

### 1. 서론

심부 암반의 지하 저장소 건설을 위한 기초 조사를 위해 광역 지하수계에 대한 모의가 이루어지면, 저장소에 의한 지하수계의 교란을 보다 면밀하게 살펴보기 위해 저장소 예정 구역 근방의 지하수계에 대한 보다 정밀한 조사와 모의, 평가가 필요하게 된다. 단열 암반의 경우 지하수 유동에 매우 큰 영향을 주는 단열대의 투수성이나 연결성을 알아보기 위해 단일 관정 혹은 여러 관정을 이용한 수리 시험이 이루어진다. 수리 시험 결과를 이용하여 단열 암반의 수리적 연결성과 지하수 유동량 등을 평가하여 지하 저장소 건설에 필요한 여러 가지 사항들을 결정하는데 이용하게 된다.

이 연구에서는 이전에 이루어진 광역 지하수 모의 결과를 이용하여, 지하 저장소의 건설로 영향을 받을 수 있는 지하매질 규모(block-scale)의 지하수계를 모의하고, 모의 영역에서 이루어진 수리 시험의 모의를 통해 확인된 대규모의 단열대 외에 지하수 유동에 영향을 주는 요소에 대한 분석을 시도하였다.

### 2. Block-scale에서의 지하수 유동 모의

#### 2.1 지하수 유동 모의 규모

지하수계 모의 영역은 핀란드의 Olkiluoto 섬 중앙부이다. Olkiluoto 섬은 순산지로 선캠브리아대의 암석이 기반암으로 존재하고, 운모질 편마암이 주로 나타난다. 남동 방향의 층상(thrust) 단층과 북동 방향의 주향이동(strike-slip) 단층이 주 단열대를 형성한다. 지하저장소 건설예정지는 섬 중앙부에 있고, 지하수계 모의 영역인 500 × 500 m의 구역 안에 포함되어 있다.

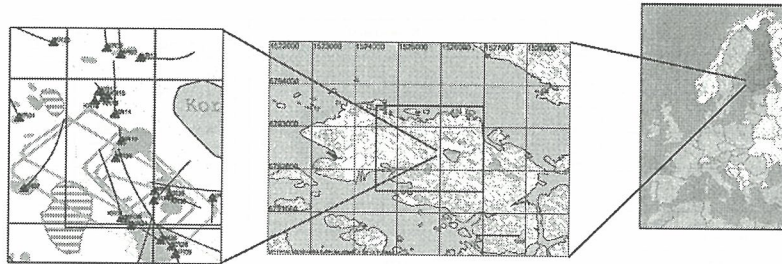


그림 1. 지하수 유동 모의 현장 (Olkiluoto 섬)

#### 2.2 모의 격자망 구성과 불균질 수리전도도 분포

관측정의 심도별 위치와 방향을 고려하여 모의에 필요한 격자망(mesh)을 구성하였다. 관측정의 연결성을 구현하기 위해 DFE(discrete fracture element) 기법을 이용하였다(Derchowitz 등, 2000).

관측공 및 물리 탐사 등을 통해 조사된 단열대 자료를 바탕으로 불연속(discrete) 단열망을 구성하였다. 그리고 구성된 단열망을 이용해 불균질, 이방성을 갖는 수리전도도 분포를 만들어 3차원의 연속체(continuum) 격자에 입력하는 혼합(hybrid) 모형을 적용하였다.

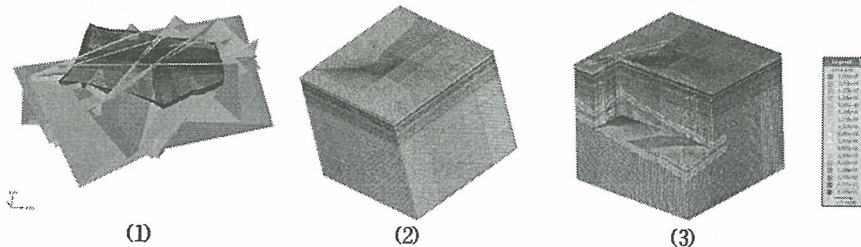


그림 2. (1)불연속 단열망과 (2)3차원 연속체 격자망, (3)수리전도도 분포가 입력된 격자망

### 3. 지하수 유동 모의 결과

#### 3.1 자연 상태의 지하수 유동 모의

양수 시험 전 초기 수위에 대한 모의를 수행하였다. 모의된 지하수위는 측정된 수위보다 대체적으로 큰 값을 보였으며, 그로 인해 각 관정으로 유입되는 지하수 흐름이 우세하게 나타났다. 이는 실제보다 모의 과정에서 반영된 지하수 유동로가 훨씬 적어서 나타나는 현상으로 볼 수 있다.

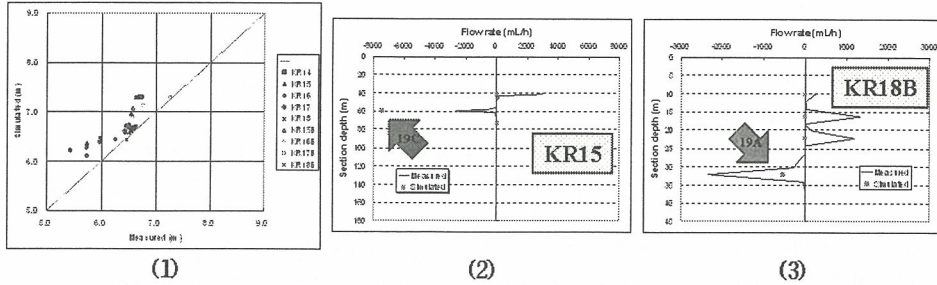


그림 3. (1)자연상태에서의 모의값과 관측값 비교, (2)KR15 관정과 (3)KR18B 관정에서의 지하수 유동량

#### 3.2 KR14 관정에서의 양수시험

양수시험에 의해 나타나는 관측정에서의 수리적 반응을 모의하고 지하수위, 구간별 지하수두, 유동 유량 측정치를 이용해 보정하였다. 지하수위는 대체적으로 측정값과 일치하는 경향을 보였으나, 측정된 유동 유량과 비교해 보면 상당한 차이를 보이는 곳도 존재한다. 이는 실제 현장에 존재하는 배경단열 (background fracture)을 모의 모형에서는 반영하지 않은 결과로 생각된다.

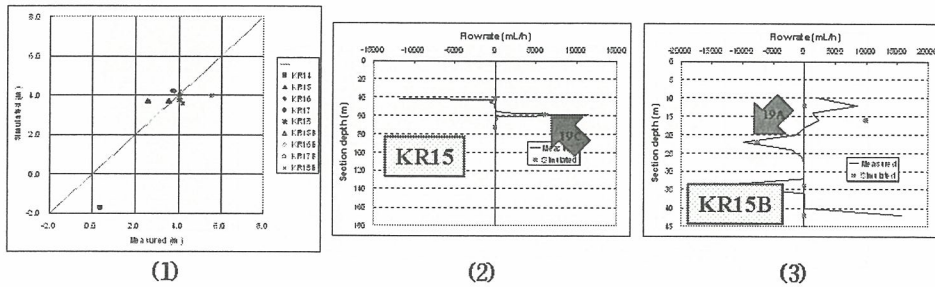


그림 4. (1)KR14관정에서의 양수시 모의값과 관측값 비교, (2)KR15 관정과 (3)KR15B 관정에서의 지하수 유동량

### 4. 결론

지하 저장소의 건설로 인해 지하수계가 영향을 받을 수 있는 규모인 block-scale에서의 지하수 유동 모의 결과를 분석해보니, 대규모의 단열대로 인해 발생하는 지하수 유동 외에 배경 단열 등으로 인한 국지적인 유동이 실제의 수리지질학적 환경에 큰 영향을 주는 것으로 나타났다. 이러한 국지적 지질구조를 지하수 모의 모형에 반영하면 실제 나타나는 수리적 반응을 보다 잘 표현해 줄 수 있는 모형을 구성할 수 있을 것으로 생각된다.

### 참고문헌

- [1] W. Dershowitz, P. La Pointe, T. Eiben and L. Wei, "Integration of discrete feature network methods with conventional simulator approaches," SPE Reservoir Evaluation and Engineering, 3(2), pp. 405-408(2000).
- [2] T. Vaattinen, H. Ahokas, E. Heikkinen, P. Hellä, J. Nummela, P. Saksa, E. Tammisto, S. Paulamäki, K. Front and A. Kärki, Bedrock model of the Olkiluoto site (version 2003/1), Posiva Working report 2003-43(2003).