

배경 단열 반영에 의한 지하수 유동 경로와 시간의 변화

고낙열, 지성훈, 고용권, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

nyko@kaeri.re.kr

1. 서론

심지층 처분시설을 계획하고 건설할 때에는 혹 시라도 일어날 수 있는 처분시설에서의 방사성 핵종 누출에 대한 처분안전성을 평가하기 위해 처분시설 부근에 대한 수리지질학적 조사 자료를 이용하여 지하수 유동 특성을 파악하는 것이 필수적인 사항이 된다. 처분시설 부근의 지하수 유동을 보다 자세히 평가하기 위해서는 국지적인 지질구조가 반영된 지하수 유동 모형이 필요하게 되는데, 배경 단열과 같은 국지 구조는 지하수 유동 경로를 복잡하게 만들어서 누출된 핵종의 이동시간을 지연시키는 효과가 있을 수도 있어 면밀한 조사와 모의 결과의 분석이 요구된다.

이 연구에서는 블록 규모의 지하수 유동 모의에서 배경단열을 고려함으로써 지하수 유동 거리와 시간의 변화를 알아보고 그 불확실성을 평가하여 국지적 지질 구조가 처분안전성 평가의 기초자료에 끼치는 영향을 분석하였다.

2. 지하수 유동 모의 모형 구성

2.1 지하수 유동 모의 현장

지하수 유동 모의 영역은 핀란드의 Olkiluoto 섬 중앙부로, 심지층 처분시설 부지를 포함한 500 × 500 × 500 m 규모이다. Olkiluoto 섬은 순상지이고 10 m 내외의 토양층 아래 선캠브리안대의 암석이 기반암으로 존재한다. 남동 방향과 북동 방향의 단층이 주 단열대를 형성하고 있다(Vaitinen 등, 2003).

2.2 배경 단열의 영향을 고려한 수리전도도 분포 입력

관측공 조사와 물리 탐사 등을 통해 조사된 단열대 자료를 바탕으로 불연속(discrete) 단열망을 구성하고, 구성된 단열망을 이용해 불균질, 이방성을 갖는 수리전도도 분포를 만들어 3차원의 연속체 (continuum) 격자에 입력하는 혼합(hybrid) 모형을 적용하였다. 그리고 국지적 지질 구조의 영향을 알아보기 위해 배경 단열 자료를 분석하

여 수리전도도 분포에 반영한 모형도 작성하였다. 배경 단열 자료의 특성으로 인해, 동일한 통계적 특성을 갖는 배경 단열을 다수 만들어 모의를 실행하고, 그 결과를 통계적으로 처리하여 분석하였다. 또한 관측정에 의해 교란되는 지하수 유동 환경을 나타내기 위해 DFE(discrete fracture element) 기법을 적용하여 관측정 구조를 지하수 유동 모형에 입력하였다(Diersch, 2005).

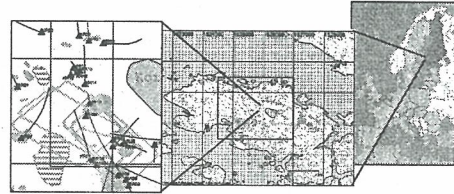


Fig. 1. Groundwater modeling site in Olkiluoto island

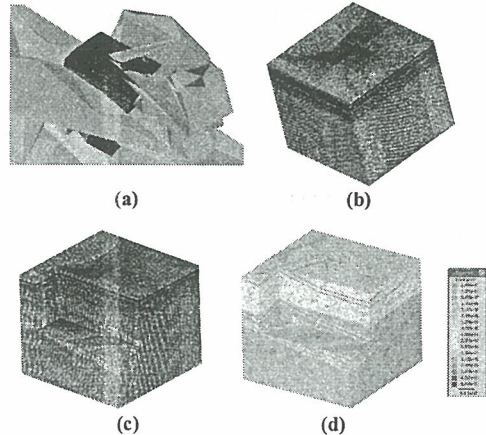


Fig. 2. (a) discrete fracture network, (b) 3-D continuum mesh, and hydraulic conductivity fields (c) without and (d) with background fracture

3. 지하수 유동 모의 결과를 이용한 지하수 유동 경로와 이동 시간 분석

3.1 배경단열이 고려되지 않은 경우

배경단열이 고려되지 않은 경우에는 지하수

유동이 대규모의 단열대를 따라서만 일어나 이동 경로가 비교적 단순하고, 이동 시간도 단열대를 따라 흐르는 구간이 많을수록 적게 나타났다.

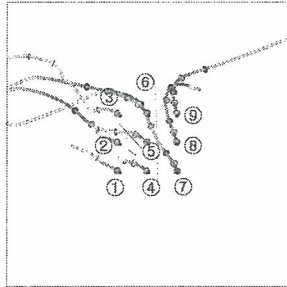


Fig. 3. Result of the particle tracking when no background fractures were included.

Table 1. Travel times and distances for each particle released from the points shown in Fig 3.

| Release Points | Travel Time ($\times 10^3$ year) | Travel distance (m) |
|----------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1 | 19.8 | 99 |
| 2 | 16.2 | 49 |
| 3 | 67.6 | 224 |
| 4 | 22.1 | 47 |
| 5 | 127.4 | 267 |
| 6 | 115.9 | 255 |
| 7 | 130.7 | 313 |
| 8 | 134.5 | 104 |
| 9 | 127.9 | 241 |

3.2 배경단열이 입력된 경우

배경단열이 고려되면 국지적으로 수리전도도가 높아 지하수가 잘 흐를 수 있는 통로가 생성되어 이동 경로는 더욱 복잡해지게 되지만, 배경단열로 인해 기반암 수리전도도가 전체적으로 상승하게 되어 이동 시간은 오히려 감소되어 나타났다.

4. 결론

배경 단열 자료를 고려하여 지하수 유동 경로와 이동 시간을 평가하였다. 대규모 단열만 고려할 때에 비해 국지적 흐름이 표현되어 경로는 늘어났지만, 전체적인 수리전도도가 상승하여 이동 시간은 감소하였다. 국지적 지질구조가 포함되어 보다 보수적인 결과를 얻을 수 있었고, 이는 처분안전성평가에 활용될 수 있을 것으로 생각되었다.

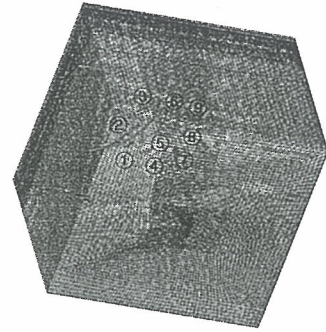


Fig. 4. Result of the particle tracking when the background fractures were included.

Table 2. Travel times and distances for each particle released from the points shown in Fig 4.

| Release Points | Travel Time ($\times 10^3$ year) | Travel distance (m) |
|----------------|-----------------------------------|---------------------|
| 1 | 8.3 \pm 2.0 | 209 \pm 2 |
| 2 | 9.0 \pm 2.0 | 209 \pm 13 |
| 3 | 17.9 \pm 5.8 | 233 \pm 12 |
| 4 | 13.5 \pm 4.0 | 244 \pm 62 |
| 5 | 16.9 \pm 4.0 | 267 \pm 6 |
| 6 | 15.0 \pm 2.8 | 236 \pm 7 |
| 7 | 52.6 \pm 19.9 | 331 \pm 23 |
| 8 | 27.3 \pm 5.3 | 278 \pm 9 |
| 9 | 15.0 \pm 4.6 | 224 \pm 7 |

5. 감사의 글

이 논문은 교육과학기술부 원자력연구개발사업의 지원을 받았음을 밝히며 이에 감사드립니다.

6. 참고문헌

- [1] T. Vaittinen, 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).
- [2] Diersch, H.-J.G., 2005. Discrete feature modeling of flow, mass and heat transport processes by using FEFLOW, in: WASY GmbH (Eds.), FEFLOW: Finite Element Subsurface Flow and Transport Simulation System. White Papers Vol. 1. WASY GmbH, Berlin, Germany, 149-196.