

URT 주변의 지하수유동체계 해석

조성일 · 김천수 · 배대석 · 김정수 · 고용권

한국원자력연구소 방사성폐기물처분연구부
chosi@kaeri.re.kr

요 약 문

본 연구는 지하처분연구시설(URT : Underground Research Tunnel)시설 건설공사와 관련하여 굴착 후의 지하수유동체계 변화를 예측하기 위하여 수행되었다. 지하수유동체계 모사를 위해 사용된 모델은 연속체 매질 개념의 Visual Modflow이며, URT 주변의 시추공에서 조사된 자료를 초기 입력자료로 이용하였다. 1단계 터널굴착 후에 예측된 지하수위 및 터널 내 지하수 유입량을 토대로 모델교정을 수행하였고, 교정된 모델을 이용하여 2단계 터널굴착 후의 지하수유동체계를 예측하였다. 1단계 굴착 후 약 4.3m의 수위강하가 발생한 KP-2번공은 2단계 굴착 후에는 약 0.05m의 수위강하가 예측되었다. 또한 2단계 굴착 후의 지하수위는 터널 입구를 기준으로 약 108m지점부터 터널 종점부 175m까지는 터널 상부에 분포하며, 종점부 175m지점에서는 지하수위가 터널 천장(roof)부로부터 약 12.7m 상부에 위치하는 것으로 예측되었다. 지하수위의 강하범위는 터널 중심부로부터 반경 약 300m까지 발생하는 것으로 예측되었고, 예상 지하수 유입량은 24.7ton/day로 1단계 공사 후보다 약 2.7ton/day 증가하며, 공동굴착 전 터널 중심부의 지하수가 지표까지 도달하는 시간은 약 39.8년이 소요되는 것으로 나타났다.

Key words : 지하처분연구시설, 지하수, 모델링, 유입량, MODFLOW

1. 서론

한국원자력연구소는 고준위방사성폐기물 한국형처분시스템의 공학적 방벽 및 천연방벽의 성능을 실제의 처분지질환경과 유사한 조건에서 실증하기 위한 지하처분연구시설(URT)을 건설 중에 있다. URT는 단면적 6m × 6m이고 10% 경사의 175m 연장을 갖는 직선형 진입터널과 막장부의 좌측(25m)과 우측(35m)의 연구터널로 구성되며, 향후 URT에서 계획된 각종 현장시험에 요구되는 수리지질학적 조건을 만족시키기 위하여 적절한 지하수위를 유지시키는 것이 관건이다. 따라서, 굴착공사로 인한 지하수위 강하를 예측하는 것이 무엇보다 중요하고, 심각한 수위강하가 예측되는 경우 다량 누수구간에 대하여는 지수공법(grouting)의 적용을 적극적으로 고려해야 한다는 것이 본 연구의 배경이다.

암반은 단일 암종(화강암)의 다공성 연속체매질로 가정하였고, 계산에 사용된 모델은 Visual Modflow이다. 입력자료는 URT 조사·설계단계에서 이루어진 부지조사 자료 및 주변의 기존 조사자료에 근거하였다.

2. 모델구성

모델의 수평적인 해석영역은 터널굴착 시 주변의 지하수체계에 영향을 미치지 않는 범위 내의 수리적 경계역할이 가능한 지질구조선, 능선, 계곡부를 포함하는 1.63km × 1.56km이고, 수직수리 경계의 경우 상부는 지형의 최대고도인 EL. 320m, 하부는 경계조건의 영향을 최소화할 것으로 예

측되는 EL. -800m로 설정하였다(Fig. 1). 모델 내 격자는 터널 내에서부터 외곽으로 1 ~ 40m 간격으로 구성하였고, 총 column 수는 69, row수는 116개, layer는 7개로 설정하였다. 모델의 최상부 층은 URT 주변의 관측공에서 측정한 지하수위자료를 토대로 작성된 초기수위와 함양량을 상부경계조건으로 입력하였고, 모델의 상단에 위치하는 산 정상부에는 general head boundary, 하단부의 농경지와 하천, 그리고 터널에는 constant head boundary, 수계가 분포하는 계곡부 및 소류지에는 river boundary를 반영하였다. 수리영역 개념(Andersson et al, 2002)에 의한 영역별 수리전도도는 Fig. 2와 같고, 수리암반영역(HRD : Hydraulic Rock Domain)은 수리지질학적 특성에 따라 지표로부터 250m를 기준으로 상·하부로 구분하여 수리전도도 값을 달리 입력하였다. 또한 지표관측공 및 터널 내에서 확인된 투수성구조영역(HCD: Hydraulic Conductor Domain)과 층적층과 지표 풍화대가 분포하는 수리토양대영역(HSD : Hydraulic Soil Domain)에도 각각 다른 값을 반영하였다. 조사되지 않은 인자, 저유계수 및 비산출률, 공극률은 화강암에서의 일반적인 범위의 값을 사용하였다(Anderson & Woessner, 1992; Franklin & dusseault, 1989).

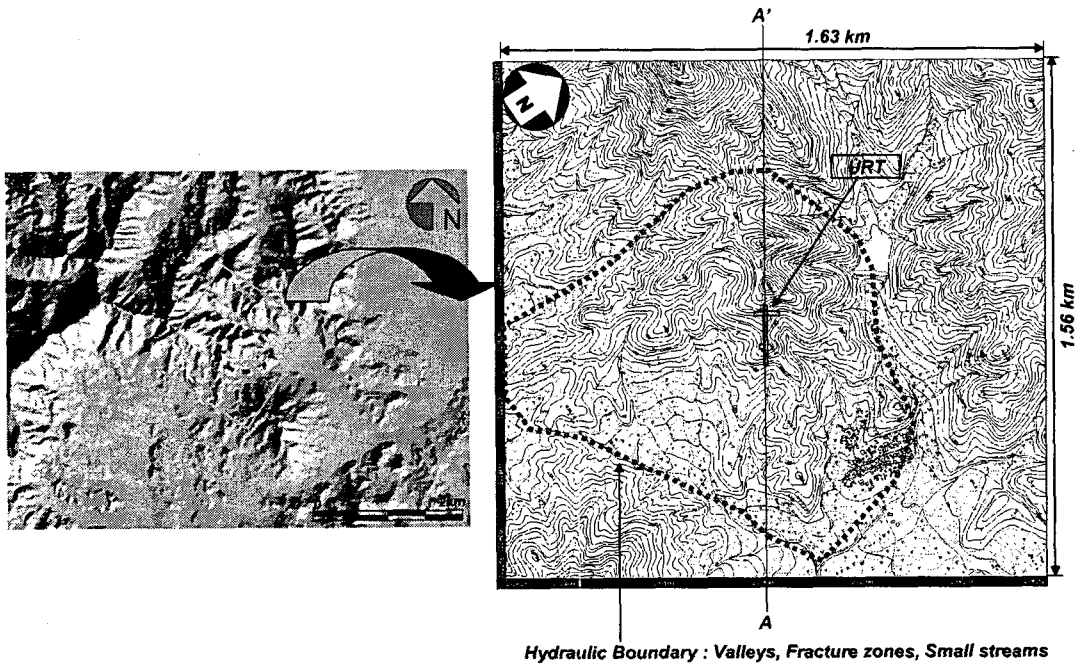


Fig. 1. Modeling area and hydraulic boundary

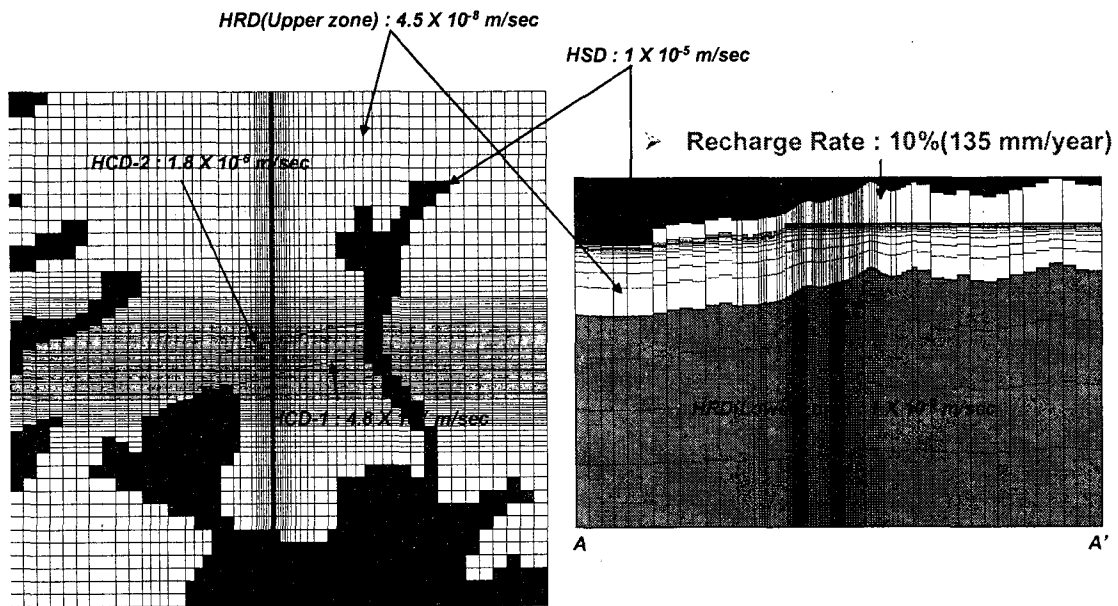


Fig. 2. The distribution of the initial input parameters in the model.

3. 모델교정

모델교정은 1단계 굴착공사(175m의 진입터널 및 좌측 연구용터널) 후 현장에서 계측한 지하수위 및 터널 내 지하수유입량과 모델링의 결과 값이 일치할 때까지 수리전도도 값과 함양량의 반복적인 교정에 의해 수행되었다. 1단계 굴착공사 후 터널과 인접한 KP-2번공의 지하수위는 EL. 99m에서 EL. 94.7m로 4.3m가 강하하였고, 지하수의 실유입량은 평균 약 22.1ton/day로 계측되었다. 모델링(교정 후)에 의한 모델 내의 지하수위는 EL. 99.09m에서 EL. 95.65m로 3.4m가 강하하였고, 지하수유입량은 22ton/day로 현장의 조건과 비교적 잘 일치하는 결과를 나타내었다. 교정된 수리전도도는 Table. 1과 같고, 함양량은 초기값 135mm/year에서 약 4.8%에 해당하는 65mm/year로 교정되었다.

Table 1. Hydraulic conductivities before and after the calibration.

		Before calibration	After calibration
Hydraulic conductivity(m/sec)	HSD	1×10^{-5}	4×10^{-6}
	HRD(upper)	4.5×10^{-8}	6×10^{-8}
	HRD(lower)	1×10^{-9}	3×10^{-8}

4. 예측결과

1단계 굴착 후 약 4.3m의 수위강하가 발생한 KP-2번공은 2단계(우측 연구용터널 굴착 추가) 공사 후에는 약 0.05m의 수위강하가 발생하는 것으로 예측되었다. 또한 2단계 굴착 후의 지하수위는 터널 입구를 기준으로 약 108m지점부터 터널 종점부 175m까지는 터널 상부에 분포하며, 진입터널 종점부의 175m지점에서는 지하수위가 터널 천장(roof)부로부터 약 12.7m 상부에 위치하는 것으로 예측되었다. 지하수위의 강하범위는 터널 중심부로부터 반경 약 300m까지 발생하는 것으로 나타났는데, 이 영역 내에서 하루 동안 강우가 함양되는 양은 약 50.3ton/day로 유추할 수 있으며, URT로의 예상

지하수 유입량 24. ton/day보다 약 2배 정도 많은 양에 해당하므로 큰 폭의 지하수위 강하는 발생되지 않을 것으로 예측된다. 그러나 6월 ~ 9월의 우기에 강우가 집중되는 우리나라의 기후 특성 상 건기에 해당하는 11 ~ 2월 중에는 강우의 양이 상대적으로 적기 때문에 굴착공사 종료 후 수리지질학적으로 중요한 터널 내의 몇 개 지점에서 지하수 압력을 모니터링 한 후 적절한 지수여부를 판단해야 할 것이다.

5. 참고문헌

1. Anderson, M. P. and Woessner, W. W., Applied groundwater modeling - Simulation of flow and advective transport, Academic Press, Inc., 1992.
2. Andersson, J., Berglund, J., Follin, S. Hakami, E., Halvarson, J., Hermanson, J., Laaksohrju, M., Rhén I., Wahlgren, C., Testing the methodology for site descriptive modelling. Application for the Laxemar area. SKB TR-02-19, SKB, Stockholm, 346p, 2002.
3. Fracnklin, J. A. and Dusseault, M. B., Rock engineering, McGraw-Hill Pub. Co., 1989