

'96 춘계 학술발표회 논문집

한국원자력학회

## 삼광광산 주변에 분포한 열극대가 지하수 유동체계에 미치는 영향 분석

김계남, 김천수, 김길정, 강일식

한국원자력연구소

### 요 약

지하수 유동체계 해석 모델인 2차원의 TRAFRAP 모델과 3차원의 MODFLOW 모델을 사용하여 삼광광산 주변일대를 모델링하였다. 그 결과 암반내의 평균 지하수 유동속도는 1m/년 총 지하수 유출량은 640m<sup>3</sup>/일로 분석되었다. 또한 열극대를 고려하여 유동체계를 해석하면, 열극대 주변에서는 물이 빠르게 유동하므로 수두값이 작아지고 지하수 유동로는 평균 100 m 정도 깊은 곳에 형성됨을 알 수 있다.

#### 1. 유동체계 분석 지역 범위

지하수 유동체계를 분석한 지역은 충남 삼광광산 주변지역으로 해발 300 m부터 450 m의 수개의 산봉우리로 구성된 산간 지역이다. 이 지역의 경계면은 주로 산지와 평지가 접하는 지역으로 이 지역을 Site 지역으로 명명한다(그림 1).

이 Site 지역을 모델링하기 위해선 경계면에서의 수두값이 필요하다. 수두값을 결정하기 위하여 Site 지역 주변에 Regional 지역을 정하였다. 삼광광산 주변에서의 지하수 유동체계를 분석하기 위해 차례로 세번 모델링을 하였다. 즉, 그림 1과 같이 Site 지역의 경계면에서의 수두값을 구하기 위해 먼저 Regional 지역을 모델링하였고, 여기서 결정된 경계면 수두값을 사용하여 Site 지역에서의 유동체계를 모델링하였다. 그리고 마지막으로 조사된 열극대의 영향을 분석하기 위해 Site 지역 내부의 AA' Line

지역을 모델링하여 열극대를 고려했을 때와 고려하지 않았을 때의 유동특성의 차이를 분석하였다. 여기서, Regional 지역과 Site 지역은 MODFLOW 모델[1]을 사용하여 해석하였고, Line 지역은 TRAFRAP 모델[2]을 사용하여 해석하였다.

## 2. 입력자료 및 경계조건

이 지역의 구성암반의 암종은 주로 편마암이며, 일정주입시험을 통해 현장에서 측정한 수리전도도 값을 근거로 하여 연구지역에서의 깊이별 수리전도도를 그림 2와 같이 정하였다. 삼광광산 주변에 분포된 주 열극대를 조사하였고, 이것을 Line 모델에서 고려하여 유동체계를 계산하여 주었다. 고려된 열극대는 3개이며, 이들은 모두 암반심부로 들어가며 45° - 55° 의 각도로 남쪽으로 경사졌다. 열극대의 수리전도도는 3개 모두  $10^{-7}$  m/sec로 정했으며 열극폭은 모두 5 m이다.

Regional 지역의 경계조건으로 상부 경계면은 지하수면으로 산골짜기 개울수면의 높이, 지표면의 지형적 굴곡상태, 조사공에서의 수위 등을 고려하여, 지표지형 높이에 비례하도록 결정했다. 또한, 하부 경계면은 다른 지역에 비해 상대적으로 수리전도도가 낮은 지역이기 때문에 불투수성 경계면으로 가정했다. 측면경계면은 유동체계의 대칭면이되는 하천, 호수, 개울, 분수령, 산골짜기 지역으로 불투수성 경계면으로 가정했다. 다음으로 Site 지역 경계조건은 앞에서 설명한 Regional model로 계산한 결과치인 수두값을 Site 지역 경계값으로 입력하였다. 상부의 경계면은 지하수면이고, 하부경계면은 불투수성으로 가정했다. 마지막으로 Line 지역의 경계면 수두값은 앞에서 설명한 Site 지역의 결과치를 대입한다. Line 지역의 윗쪽의 경계면은 지하수면이고, 바닥쪽 경계면은 불투수성으로 가정했다.

## 3. 모델 해석결과 분석

### 3.1 Site지역 분석

이 지역의 지하수 유동체계는 MODFLOW 모델을 사용하여 정상류 상태(steady state) 하에서의 지하수 유동체계를 분석하였다. 그림 3~그림 5는 Site 지역내의 중앙부근에 위치한 EL. (+)300 m 이상의 구역에 위치한 48개 지점으로부터의 지하수 유동로를 MODFLOW 모델로 해석하여 MODPATH 모델로 프로팅한 것이다. 그림 3은 3차원의 유동로를 평면상으로 투영했을 때의 지하수 유동로를 나타낸다. 또한, 그림 4는 Q 방향으로

투영했을때의 지하수 유동로를 나타내며, 그림 5는 R방향으로 투영했을 때의 지하수 유동로를 나타낸다.

그림 3을 살펴보면 48 개의 지하수 유동로는 부근에 위치한 stream을 향해 유동하고 있음을 알 수 있다. 조사구역내의 유동로중에서 각 방향별로 하나씩 선택된 A, B, C, D 유동로가 통과한 cell의 갯수, 유동길이, 유동시간, 유동속도는 표 1과 같다.

표 1. 유동길이 및 유동시간

유동로	통과한 Cell의 갯수	유동길이(m)	유동시간(년)	유동속도(m/년)
A	7	414	545	0.76
B	10	721	1367	0.53
C	10	699	1382	0.51
D	10	621	1182	0.53

위에서 계산한 각 유동로를 비교하면, 유동로들은 거의 평균해수면 상부로 유동하고 있으며 유동길이는 400 - 700 m 이고, 유동시간은 500 - 1400 년이다. 또한 연간 유동속도가 모두 1 m/년 미만으로 지하수가 암반내에서 100 m 유동하는데 약 130-200년 지체되는 것으로 나타났다. 또한, Site 지역 전체에서 유출되는 총 지하수 유출량을 모델을 사용하여 계산한 결과 640 m<sup>3</sup>/일로 계산되었다.

### 3.2 단면 분석

Line 지역을 TRAFRAP모델을 사용하여 유동체계를 분석하고 그 분석결과를 SURFER모델[3]을 사용하여 프로팅 했다. 그림 6은 열극을 고려하지 않고 계산한 결과이며, 그림 7은 열극을 고려하여 계산한 결과이다. 그림 6과 그림 7을 비교해 본다. 열극대를 고려하여 유동체계를 해석하면 열극대에서는 암반매질에서의 수리전도도보다 크므로 물이 빠르게 유동하게 되어 열극대 주변의 수두값이 작아진다. 또한 지하수 유동로는 유동지역내의 수두분포값의 변화로 유동로가 변화하게 되며 그 경향은 암반심부에서의 수두값이 작아져 수두경사가 커지므로 그림 7과 같이 평균 100m 깊은 곳으로 지하수 유동로가 형성되는 것을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

- 삼광광산 일대에서 분석한 지하수의 유동길이는 400 - 700 m이고 유동시간은 500 - 700 년이다. 또한, 평균지하수 유동속도는 1m/년 미만이며 총 지하수 유출량은 640m<sup>3</sup>/일 이다.
- 열극대를 고려하여 유동체계를 해석하면, 열극대 주변에서는 물이 빠르게 유동하므로 열극을 고려하지 않았을 때 보다 수두값이 작아지고 지하수 유동로는 평균 100 m 깊은 곳에 형성된다.

#### 참 고 문 헌

1. M. G. McDonald, A. W. Harbaugh, "A modular three-dimensional finite-difference ground-water flow model", U.S. Geological Survey, 1988.
2. P. S. Huyakorn, H. O. White, Jr., and T. D. Wadsworth, "A two-dimensional finite element code for simulation fluid flow and transport of radionuclides in fractured porous media with water table boundary conditions", Hydrogeologic, Int., 1987.
3. "SURFER", U.S. Golden Software, Inc.

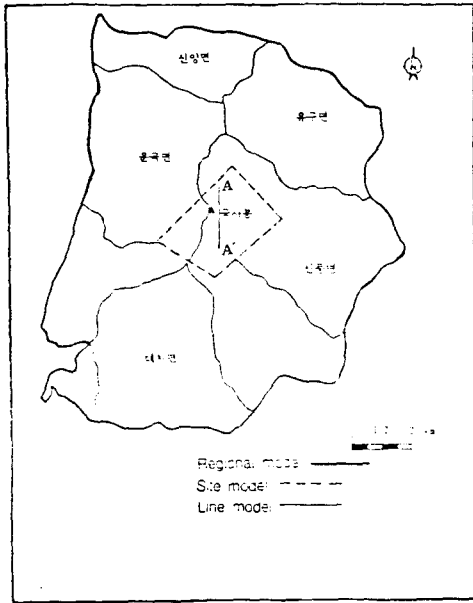


그림 1 Regional, Site, Line 지역 경계면

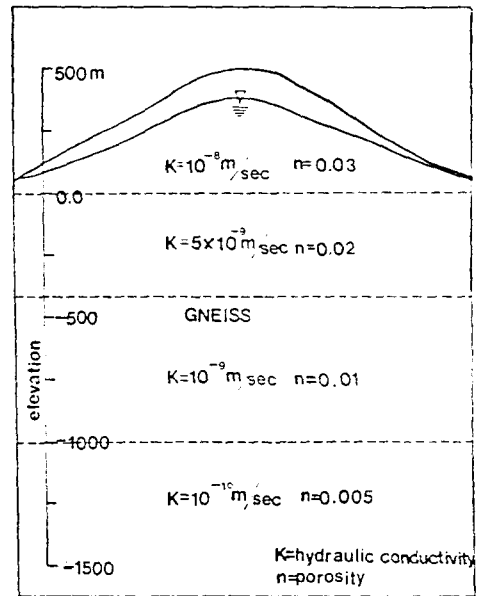


그림 2 깊이에 따른 수리전도도와 공극률

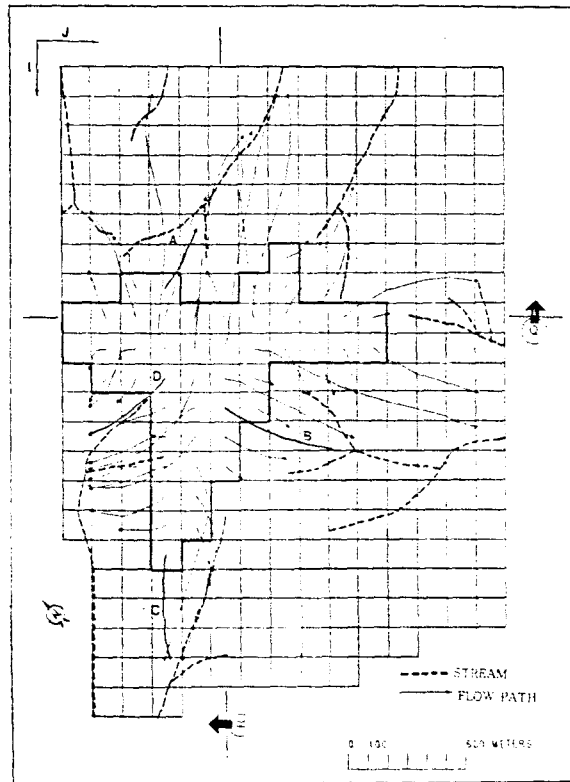


그림 3 Site 지역의 지하수유동로에 대한 평면도

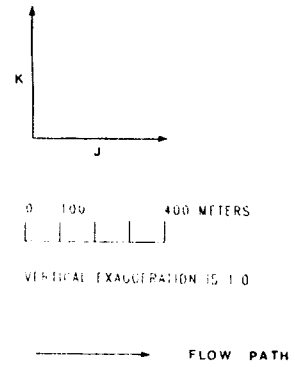
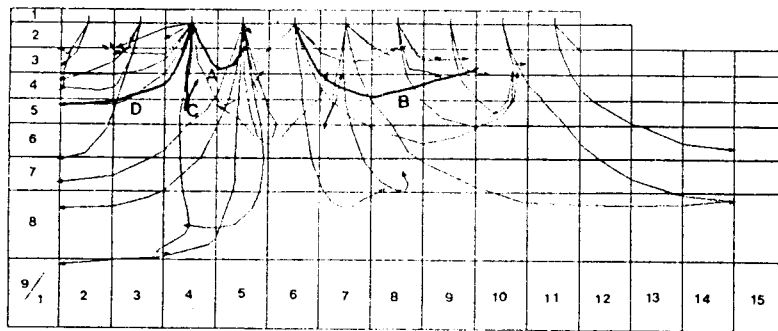


그림 4 Q방향으로 투영했을 때의 지하수유동로

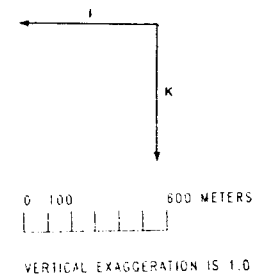
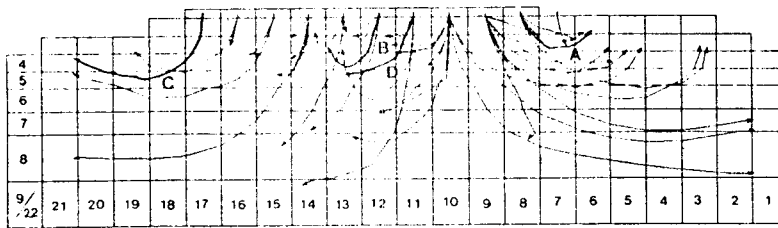


그림 5 R방향으로 투영했을 때의 지하수유동로

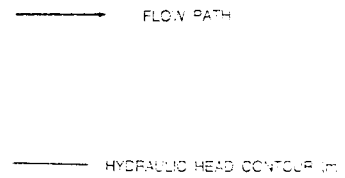
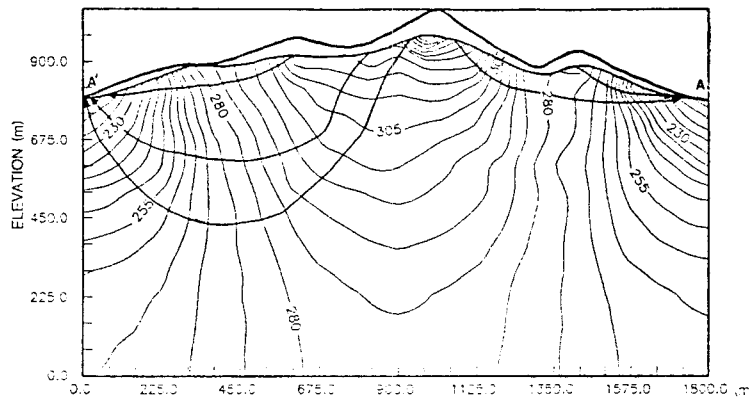


그림 6 절곡대를 고려하지 않고 모델로 계산한 지하수유동로

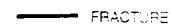
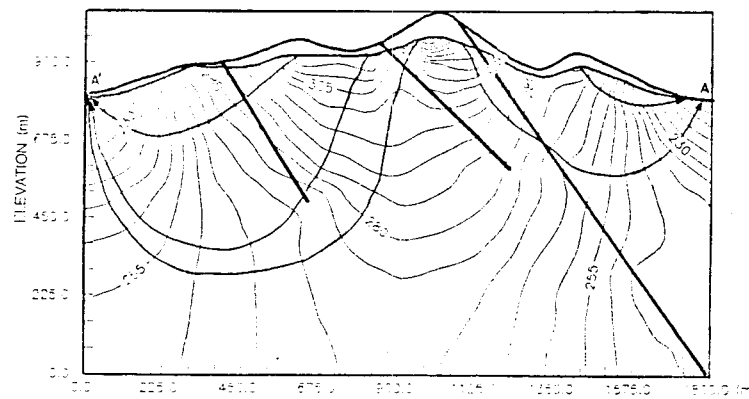


그림 7 절곡대를 고려하고 모델로 계산한 지하수유동로