

갱도 주변 지하수 유동 해석

윤용균 (세명대학교)

조영도 (한국지질자원연구원)

1. 서론

가곡광산(구 영풍광업 제2연화광업소)은 1969년 영풍광업이 개발하여 1971~1986년 동안 62만 톤의 아연을 생산하고 1987년 폐광되었다. 국제적인 금속광물 가격이 급등함에 따라 국내 금속광산 개발에 따른 경제성이 제고되고, 금속광물 수입에 따른 대외교섭력을 증대시키기 위하여 현재 가곡광산을 재개발하기 위한 배수 및 탐사작업이 이루어지고 있다.

가곡광산의 광체는 NW 습곡층에 따른 단층을 중심으로 하여 서쪽은 월곡구, 동쪽은 선곡구, 북쪽은 금곡구로 구분되며 알려진 광체는 20개 정도이다. 가곡광산의 수갱 개발상태를 보면 금곡수갱과 선곡수갱이 있으며 금곡수갱은 광석 및 폐석 운반용으로 사용되고 선곡수갱은 주로 자재 운반용으로 이용되었다(대한광업진흥공사, 1984). 광산 내 각 갱도들이 상호 연결되어 있는 관계로 약 -370m 까지 굴착된 선곡수갱 내에 있는 갱내수를 배수함으로써 선곡수갱과 직, 간접적으로 연결된 수평갱도 내에 있던 지하수도 배수가 된 상태이다.

과거 제2연화광업소 가행 시절 생산원가에서 전력비가 차지하는 비중이 대략 25% 전후이며 전력비의 많은 부분이 펌프 가동에 의해 발생하기 때문에 적절한 배수시스템을 설계하는 것이 중요하다(대한광업진흥공사, 1984). 배수시스템의 핵심인 펌프 용량을 결정하기 위해서는 갱도 주변 지하수 유동 해석을 통해 갱내 유입량을 평가할 필요가 있다. 본 연구에서는 선곡구 갱도망에 대해 지하수 유동 해석을 실시하여 갱내 유입량 및 지하수 유동 패턴을 분석하였다.

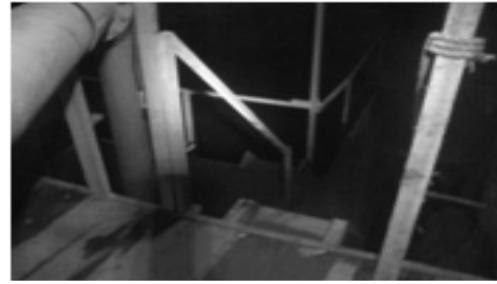
2. 배수현황 및 요소망

2.1 배수현황

제2연화광업소가 가행을 할 당시에는 선곡 및 금곡 수갱을 통해 배수를 하였으나, 현재는 0m 이상의 갱도에서 발생하는 갱내수는 자연배수를 하고 있고, 0m 레벨 이하의 선곡구, 금곡구 갱도에서 발생하는 지하수는 선곡 수갱을 통해 배수하고 있다. 펌프 설치 현황을 보면 선곡160갱에 150마력 2대가, 선곡220갱에 30마력 1대가, 선곡280갱에 150마력 2대가 설치되어 있다. 집수장 현황을 보면 선곡160갱과 280갱에 각기 $164m^3$, $360m^3$ 용량의 집수장이 설치되어 있다. 선곡160갱에 설치된 펌프의 가동시간을 보면 갈수기인 2010년 10월 13일에는 6.4시간을 가동하여 총 $1,382m^3$ 의 갱내수를 선곡280갱으로 양수하였으며, 호우기인 2011년 5월 2일에는 11시간을 가동하여 총 $2,376m^3$ 의 갱내수를 선곡280갱으로 양수하였다. 그림 2.1에는 선곡160갱에 설치된 펌프와 집수장이 나타나 있다.



a) 펌프

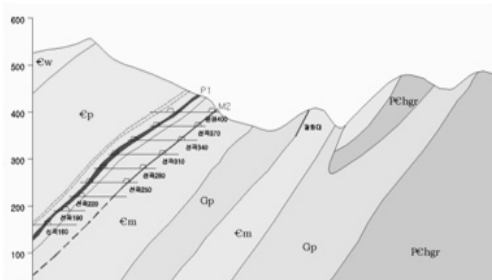


b) 집수장

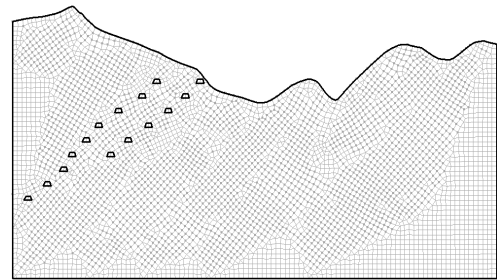
그림 2.1 선곡160갱(-240m)에 설치된 펌프 및 집수장

2.2 요소망

해석대상 지역의 단면도와 요소망이 그림 2.2에 표시되어 있다. 한국지질자원연구원이 월곡 400갱과 금곡400갱 주변에서 실시한 Lugeon test 결과 석회암의 투수계수가 $2.52 \times 10^{-7} m/s$ 로 나타나 이를 투수계수 입력자료로 사용하였다(한국지질자원연구원, 2009, 2010). 경계조건으로 강수량 조건을 부여하기 위하여 가곡광산과 가장 지근거리에 있는 태백관측소의 지난 10년간(2001-2010년) 평균 강수량을 조사한 결과 $4.28 \times 10^{-8} m/s$ 로 나타났다. 물수지분석법에 따르면 강수량 중 18% 정도가 지하로 침투하는 것으로 알려져 있기 때문에 평균강수량의 18%인 $7.7 \times 10^{-9} m/s$ 를 강수 경계조건으로 하였다. 해석영역의 좌,우와 밑바닥은 no-flow조건을 부여하였다.



a) 단면도



b) 요소망

그림 2.2 해석영역의 단면도와 요소망

3. 해석 결과

선곡구 광체에 굴착된 갱도 내로 유입되는 지하수량을 평가하기 위하여 정상류 해석과 부정류 해석을 실시하였다. 그림 3.1에는 정상류 해석 결과가 표시되어 있다. 정상류 해석인 경우에는 모든 갱도가 굴착된 후를 가정하였다. 유동 벡터의 분포 양상을 보면 최하부 갱도인 선곡160갱을 향해 지하수의 흐름이 형성되어 있음을 알 수 있다. 그림 3.2에는 부정류 해석 결과가 표시되어 있다. 부정류 해석을 수행하기 위해서는 초기지하수위가 필요한 관계로 한국지질자원연구원에서 월곡400갱 주변에서 실시한 시추공 굴착에서 지하수위가 약 -30m로 확인되어 초기지하수위를 -30m로 가정하였다. 부정류 해석에서는 1년을 12개월로 구분하여 각 달마다 해석을 실시하였다.

정상류 해석 결과는 부정류 해석의 최종 결과와 유사하게 나타나야 되지만 그림 3.1(a)와 그림 3.2(a)를 비교해 보면 지하수위 분포에 차이가 있음을 알 수 있다. 이러한 차이는 부정류 해석에서 초기지하수위를 가정해야 되는데 1군데 측정한 초기지하수위를 전체 경계면에 걸쳐 적용했기 때문인 것으로 생각된다. 그림 3.2(b)에는 선곡160갱 내로 시간에 따른 갱내수 유입량의 변화가 표시되어 있다. 그림 상에서는 값의 차이가 큰 것처럼 보이지만 실제 값의 차이는 매우 작기 때문에 굴착 후 12개월 정도 경과하면 갱내 유입량이 수렴하는 것으로 생각할 수 있다. 정상류 해석과 1년이 경과한 후의 부정류 해석에 따른 선곡160갱(-240m) 내로의 지하수 유입량은 각기 $1.5 \times 10^{-5} m^3/s$, $1.9 \times 10^{-5} m^3/s$ 인 것으로 평가되었다. 선곡160갱의 총 길이가 1,216m 인 점을 고려하면 갱도 내로 유입되는 지하수량은 정상류 해석의 경우 $1,576 m^3/day$ 이고 부정류 해석의 경우 갱도 굴착 후 1년이 지나 갱도 내로 유입되는 지하수량은 $1,996 m^3/day$ 인 것으로 나타났다.

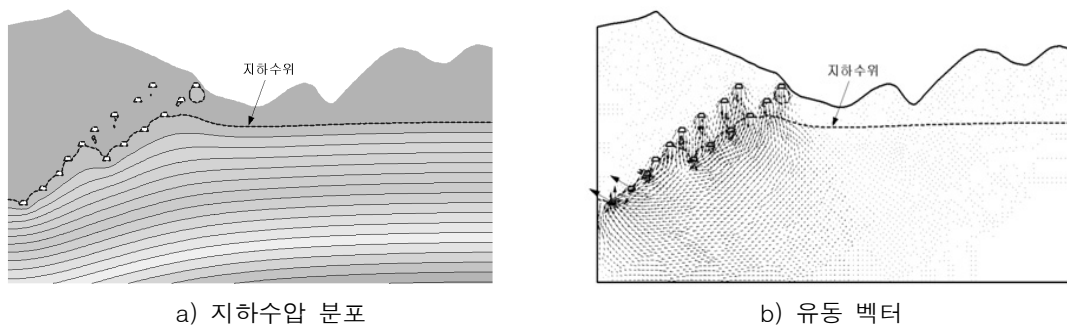


그림 3.1 정상류 해석

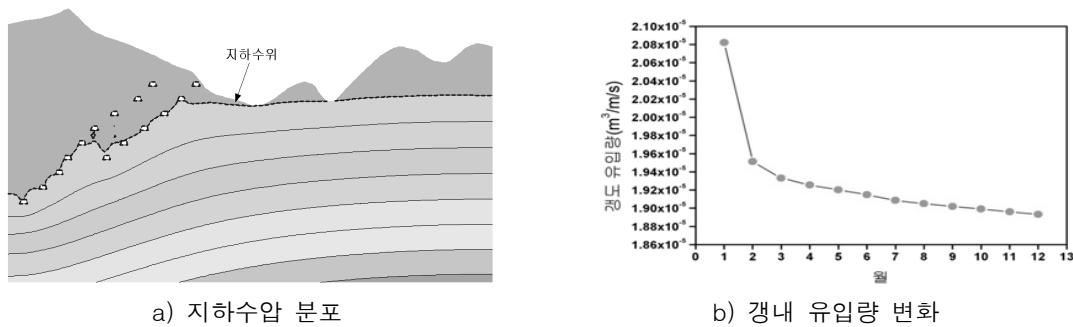


그림 3.2 부정류 해석

4. 결론

가곡광산 선곡광체에 개발된 갱도망에 대한 지하수 유동 해석을 실시한 결과 선곡160갱(-240m)에 유입되는 지하수량은 정상류 해석의 경우 $1,576 m^3/day$ 로 나타났고, 1년이 경과한 시점에서의 부정류 해석 결과는 $1,996 m^3/day$ 로 평가되었다. 선곡160갱에서의 건기와 우기 때의 실 양수량을 해석해와 비교해 보면 정상류 해석 결과는 건기 시 양수량과 유사하고 부정류 해석 결과는 우기 시 양수량과 유사한 것으로 나타났다.

감 사 의 글

본 연구는 2008년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제(과제번호 : 2008RRD11P0330202009)로써 지원에 감사드립니다.

참 고 문 헌

1. 대한광업진흥공사, 1984, 제2연화광산 광산평가조서, pp. 7-105.
2. 한국지질자원연구원, 2009, 가곡광산 암반조사를 위한 시추공사 및 지반조사, pp. 2-10.
3. 한국지질자원연구원, 2010, 가곡광산 암반조사를 위한 시추공사 및 지반조사, pp. 2-11.