

# 장성 통기시스템 개선에 관한 연구

김윤광·김진

## 1. 서 론

현재 우리나라 탄광중 주요 탄광은 이미 상당한 심부에서 작업을 하고 있고, 그외 대부분의 탄광도 채굴이 점차 심부로 이행되고 있어 여러 가지 기술적인 어려움에 직면하고 있다. 예를 들어 지열증가로 인한 작업환경의 악화와 통기망의 복잡화, 운반계통 설정의 어려움 및 지압증가로 인한 작업장의 유지곤란 등이 그것이며 이중 갱내 작업환경을 악화시키고 대형 가스재해를 유발할 수 있는 통기문제가 무엇보다 가장 심각한 문제로 대두되고 있다. 또한 장성 광업소의 개발계획의 일환인 -375ML의 채굴에 있어서 갱내 온도 상승에 따르는 작업환경의 어려움이 예측되는 실정으로서 적절한 작업조건을 위한 효율적인 통기시스템 구축에 관한 연구가 무엇보다 중요한 처지에 놓여 있다고 하지 않을 수 없다.

따라서, 현시점에서 심부 채굴에 소요되는 적정 통기량 확보를 위한 통기구조의 설정에 대한 연구가 대단히 주요한 과제이며 특히 심부화에 따른 갱내의 소요통기량과 온도의 분석 그리고 이를 위한 통기 구조를 제시하기 위하여 통기상의 제문제를 해결할 수 있는 구체적인 연구를 수행하였으며 본 연구가 향후 석탄광의 심부화에 따른 통기 문제에 주요한 기초 자료로 활용될 것을 기대하며 앞으로도 갱내통기를 위한 연구가 계속되기를 희망한다.

## 2. 연구결과 및 고찰

### 가. 통기 현황 및 분석

이론적인 계산에서 갱내온도를 기준으로 하였을 경우 소요통기량이  $17830\text{m}^3/\text{min}$ 이고, 실제 총 입기량은 갱도에 의한 입기량  $10883\text{m}^3/\text{min}$ 과 압축공기 투입량  $894\text{m}^3/\text{min}$ 와 합하여  $11777\text{m}^3/\text{min}$ 이다. 현재에도 소요 통기량이 부족한 것으로 나타났으므로 -375ML개발시에도 이에 대한 대비책을 강구해야 한다.

### 나. VnetPC를 이용한 현행 통기 분석

VnetPC를 이용한 통기평가에서는 총 입기량이  $13698\text{m}^3/\text{min}$ , 총 배기량  $13698\text{m}^3/\text{min}$ 으로 산출되었으며, 이는 배기량을 기준으로 하였을 경우 실측 자료와 14%의 오차를 보인다. 오차의 주요한 원인은 여러 가지 있겠지만 선풍기 특성곡선의 부재 및 누락으로 판단된다.

### 다. 국부선풍기의 개선방안

막장의 입기를 위한 현행의 통기방식인 국부선풍기의 사용대신 다음의 두가지 경우를 시뮬레이션 하였다.

#### ① Line Brattice를 설치시

$3.0\text{M} \times 2.4\text{M}$ 의 갱도단면에서 갱도의 단면적은  $6.234\text{M}^2$  이고, 길이 100M의 Line Brattice가 설치되며 Line Brattice와 갱도벽면으로 이루어진 내측은 단면적  $1.34\text{M}^2$ , 주변장의 길이 5.327M 일때 지하 심부 -300ML에 철암지역에 위치하는 것으로 가정하였다. 그리고 Line Brattice를 설치하면 누풍(Leaking)이 발생하게 되므로 여기서는 50M마다  $0.1\text{m}^3/\text{sec}$ 의 누풍이 발생하는 것으로 가정하였다. VnetPC를 시뮬레이션한 결과, 막장에서 통기량은  $2.95\text{m}^3/\text{sec}$  ( $=177\text{m}^3/\text{min}$ )의 공기량이 입기되는 것으로 나왔다. 참고로 채탄 막장의 경우 공기 소요량은 인체 호흡용으로  $1.05\text{m}^3/\text{min}$ 의 공기가 필요하며, 갑종탄광의

경우 가스희석용 공기로는 40.62 m<sup>3</sup>/min의 공기량이 필요하다. 따라서 채탄막장의 경우는 41.67 m<sup>3</sup>/min의 공기량이 필요하게 된다. 시뮬레이션의 결과에 따르면 국부선풍기를 제거하고 Line Brattice의 설치만으로도 막장에서 필요한 공기량을 충분히 입기할 수 있는 것으로 분석되었다. 그러나 Line Brattice를 설치할 경우 광차에 지장을 주는 단점이 있다.

## ② 국부선풍기에 풍관을 연결하였을 경우의 시뮬레이션

갱내 작업장인 막장에 국부통기를 할 경우 통기효율을 높이기 위하여 국부선풍기와 풍관을 연결했을 때 경우에 VnetPC를 이용하여 통기량 시뮬레이션을 하도록 했으며 이 경우도 Line Brattice를 연결시킬 때와 같은 조건을 설정하였다. 즉 3.0 M × 2.4 M의 갱도에서 갱도의 단면적은 6.234M<sup>2</sup>이고 막장의 위치도 위와 마찬가지로 지하 심부 -300ML의 철암지역에 위치하는 것으로 했으며 덕트의 지름은 0.4M이며 막장까지 길이는 100M로 했다. 단 국부 선풍기는 5마력 성능의 것으로 시뮬레이션을 하도록 했다.

풍관을 갖는 국부선풍기로 통기량 예측 결과 막장에서 공기량이 2.81M<sup>3</sup>/sec (169M<sup>3</sup>/min)이 입기되고 있는 것을 알 수 있었다. 169M<sup>3</sup>/min의 공기량은 막장에 충분한 입기량으로서 선풍기의 용량을 더 적은 것을 사용하여도 막장통기는 충분한 것으로 확인되었다.

## 라. 통기시스템의 불합리

현재의 장성광업소의 통기 시스템은 대부분의 입기가 장성의 제 1수갱과 제 2수갱을 통하여 이루어지고 있으며, 장성을 통하여 금천, 문곡, 철암으로 다시 입기가 되고 있다. 현재의 상태에서 철암갱 및 문곡갱 입기는 수갱으로부터 원거리로 입기되고 있고 또한 도중의 장성갱 및 금천갱의 배기기류가 합류되는 등으로 기류온도는 상승되고 상승된 입기기류에는 수증기도 많이 포함되어 있어 불쾌함을 유발하며 쾌적한 작업환경을 이룰 수 없다. 앞으로의 심부 개발에 따라 더욱 심도가 깊어지면 암반의 온도도 상승하게 되며, 지금보다 더욱 상황이 악화될 것이다. 지금 현재의 시스템을 수정하려면 각 지역에서 입기와 배기가 자체적으로 이루어져 신선한 공기가 입기될 수 있도록 VnetPC를 이용하여 각 지역별 입기를 위한 시뮬레이션을 시도해야 한다. 이를 위하여 통기 시스템을 다음과 같이 가정하였다.

첫째, 백산 사갱이 완공시 백산 사갱을 입기갱으로 전환시켜 철암의 통기를 담당한다.

둘째, 현재 장성과 철암지역이 만나는 -225ML, -300ML, -375ML 지역에는 풍문을 설치하여 장성에서 배기된 공기는 바로 배기될 수 있도록 하였다.

VnetPC의 실험결과 철암의 주입기갱인 백산사갱에는 86.42 m<sup>3</sup>/s의 공기량이 입기된다. 그러나 백산사갱은 -225ML만까지 연결이 되어 있어서 심부인 -300ML과 -375ML에는 약 10 m<sup>3</sup>/s의 장성에서 배기된 공기가 여전히 입기되고 있다. 이에 철암에서는 백산사갱을 통해 입기된 신선한 공기가 심부인 -300ML과 -375ML까지 흐를 수 있도록 새로운 풍도 사갱을 굴착해야 할 것으로 판단된다. 풍도사갱의 위치에 따라서 공기량과 공기의 흐름이 약간은 변할 수 있지만 새로운 풍도사갱을 굴착했을 때에는 -300ML과 -375ML에서 필요한 만큼 공기량을 충분히 입기시킬 수 있다.

## 마. -375ML의 통기량 분석

Network Balancing 작업을 마친 자료를 VnetPC와 CLIMSIM을 이용하여 시뮬레이션을 하였다. 갱도의 크기와 길이 등 갱내상황을 -300ML과 -375ML을 같은 갱도로 가정하고 -300ML에서 사용한 저항값을 그대로 적용하여 VnetPC를 사용하였으며 그 결과로 산출된 공기량을 CLIMSIM의 기초자료로 이용하여 온도 시뮬레이션을 하였다. CLIMSIM의 실험 결과 -375ML의 수갱의 입구 부분에서는 33.36℃가 되었으며 결국 34.92℃ 까지 온도가 증가하는 것을 볼 수 있었다.

백산사갱의 설치를 고려하여 시뮬레이션 했을 경우에는  
첫째, 백산 사갱을 배기로 이용할 때,

백산사갱의 입구부에 선풍기를 설치하지 않았을 때는 공기량이 약  $10\text{m}^3/\text{s}$ 의 배기량을 보였으며, 이를 이용한 온도에 대하여 시뮬레이션 했을 경우에는 별 차이를 보이지 않았다. 또한 백산사갱이 완성된 후에 금천에 설치된 200마력의 팬을 백산사갱의 입구부분에 설치했을 경우 공기량이 약  $43\text{m}^3/\text{s}$ 의 배기량을 보였고, 이 결과를 CLIMSIM에 공기량을 증가시켜 시뮬레이션한 결과 -375ML의 온도는  $34.92^\circ\text{C}$ 에서 줄어들지 않았다. 그 이유는 신선한 공기가 입기되는 것이 아니라 배기가 재입기 되기 때문에 깊은 심도에서는 온도를 낮추지 못하는 것이라 판단된다.

둘째, 백산 사갱을 입기로 이용할 때, 백산 사갱이 완공된 후에 이를 입기시로 이용할 때는 약  $60\text{m}^3/\text{s}$ 의 공기량이 입기되는 것으로 나타났다. 이를 이용한 CLIMSIM 온도 분석에서는 -375ML의 깊이에서 수평거리 100m지점에서의 온도가 약  $30.65^\circ\text{C}$ 로 산출되었다. 백산사갱을 입기로 사용할 때 갱내 통기에 필요한 공기량을 충분히 공급할 수 있을 것이라 판단된다.

### 3. 결론

이상의 연구결과에서 「장성 통기 시스템의 연구」에 대한 연구 목적은 달성되었다고 본다. 부분적으로는 자료의 정확성이 다소 미비한 점이 있으나 적용하는 방법이 정리되어 있으므로 광업소 자체적으로 정확한 자료를 구하여 인용하면 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것으로 본다. 광업소에서는 이번 연구를 통하여 통기 프로그램의 사용을 학습하여 현재나 미래에 있을 통기량의 변화에 대처하여 적절히 사용할 수 있기를 바란다. 향후 본 연구가 탄광 심부화에 대처하는 통기 문제 해결에 적용될 수 있을 것을 기대한다. 또한 본 연구에 이어 심부채굴을 위한 기상온도를 제어할 수 있도록 냉방시설에 대한 연구가 계속 추진되어야 할 것으로 본다.

### 참고문헌

1. Elements of practical coal mining ; Sancuel M. Cassidy, pp.117 - 119
2. 가행광산 갱내 안전진단 및 대책연구 ; 한국 자원 연구소, KR-95(C)-36
3. Recirculation of mine ventilation ; S. J. Leach, The Mining Engineer, 1969. 1, pp. 227-234
4. The use of models in the prediction of mine airway resistance ; F. B Hinsley. T. I. M. E. 1966. 8 , pp. 723-733
5. The use of midels in the study of air flow in mines ; T. J. R. Sales. T. I. M. E. 1959. pp.772-791
6. Mine ventilation and air conditioning(second edition) ; H. L. Hartman , 1982
7. The solution of ventilation network problems ; Scott, D. R. and Hinsley, F. B., Trans. Inst. Mng. Engr.(London), Vol. 111 , 1951-52, pp. 347-366
8. 갱도 골격구조 및 통기 개선을 위한 기초 연구 ; 대한 광업 진흥 공사 , 1986
9. 가행광산 갱내 안전진단 및 대책연구(II) ; 한국 자원 연구소 , 1997