

폐광(화전지역)지역 지반보강 설계사례

방기문 · 전효택¹⁾

1. 개요

최근 국내의 광업은 광물자원이 고갈되고 자연환경훼손에 따른 환경피해의 우려로 광산개발이 거의 중단되고 있으며, 특히 석탄광업의 경우는 1986년 이후 석탄산업합리화 정책이 추진되면서 기존에 가행되었던 광산들도 폐광등 합리화 과정을 밟아왔다. 그런데 폐광지역은 과거 오랫동안 채광작업에 의해서 형성된 채굴적이 복구되지 않은 상태로 산재해 있으므로 인해서 기존 시설물이나 신규 시설물 건설시 안정성을 위협하고 있다. 본 연구에서는 향후 도로, 철도등 사회 기간산업시설 건설시 야기될수 있는 채굴적에 의한 지반침하 문제에 대비하여 석탄폐광지역에 대한 지반보강 설계 사례를 소개하고자 한다.

과업지역은 총 6개 소지역(태백선 철도지반 4개소, 철도터널 1개소, 38국도지역 1개소)으로서 현재 기차와 차량이 운행중인 지역이다. 지반조사 결과 과업지역은 과거 석탄채굴적에 의한 지반침하가 진행중인 지역으로 철도와 도로의 안전을 위하여 지반보강이 필요한 것으로 판단되었다. 지반보강은 채굴적 공동에대한 충전그라우팅(비유동성 시멘트몰탈 그라우팅)과 상부 이완대에 대한 공동상부보강 밀크충전그라우팅 공법(TAM 그라우팅)을 적용하였다. 지반보강공사 시행 전후의 지반 변위를 측정하고 안정성을 검토하기 위하여 과업지역에 계측계획(지표침하판, 지중다점침하계, 균열측정기, 지중경사계, TDR 등)을 수립하였다.

2. 지반보강설계

2.1 개요

본 과업은 강원도 태백시 화전동 추진역 일대의 지역에 있어서 지하광물(석탄) 채굴적에 의한 지반침하로부터 주요시설물(철도, 터널, 도로)의 안정성을 확보하기 위하여 기 조사된 자료와 현장답사 및 추가지반 조사 자료를 기초로하여 지반공학적 분석 및 검토를 수행하고 최적의 지반보강공사를 위한 설계를 수행하는 것이다. 과업지역은 <그림1.>, <표1.>과같다.

2.2 지반침하

하부채굴적에의한 지반침하의 발생은 천단암반의 휨파괴(Flexural failure)와 전단파괴(Shear failure)에 의해 진행되며, 지표상에서 나타나는 지반침하는 상부암반의 강도와 지질구조 그리고 위치의 영향을 받아 여러 가지 형태로 나타난다. 최초 천단파괴가 발생한 후 붕괴는 점점 상부로 진행하다가 견고한 지층을 만나면 중지되거나 파쇄된 암편들의 Bulking Factor에의해 진행이 중단되기도 한다.

2.3 지반조사

과업지역에 대한 기존자료조사, 지표지질조사, 물리탐사(전기비저항 탐사, 탄성파굴절법 탐사, 시추공영상탐사, GPR 탐사, 시추조사, 현장 및 실내시험 등을 수행하였다. 지반조사 결과 채굴적 공동이 발견되기도 하였으나 대부분의 지역에서 분탄상태의 채굴적과 부분적인 공극이 발견되었으며, 추진정차장 A구간에서는 석회공동이 발견되었다.

주요어: 지반침하, 채굴적, 비유동성 시멘트몰탈 그라우팅, 시멘트밀크 그라우팅

1) 서울대학교 공과대학 지구환경시스템공학부(E-mail: chon@snu.ac.kr)

2.4 보강설계

지반조사결과를 검토하여 채굴적 공동에는 비유동성 시멘트몰탈그라우팅으로 공동과 느슨한 채굴적을 충전하고, 채굴적 상부 이완대에는 시멘트 밀크그라우팅으로 균열대를 충전하므로써 공동 상부를 보강하는 공법을 병행 적용하였다. 터널하부에는 인버터를 설치하고 시멘트 밀크그라우팅을 설계하고 터널 상부 이완대에는 폴리우레탄 그라우팅을 설계하였다.

3. 결론

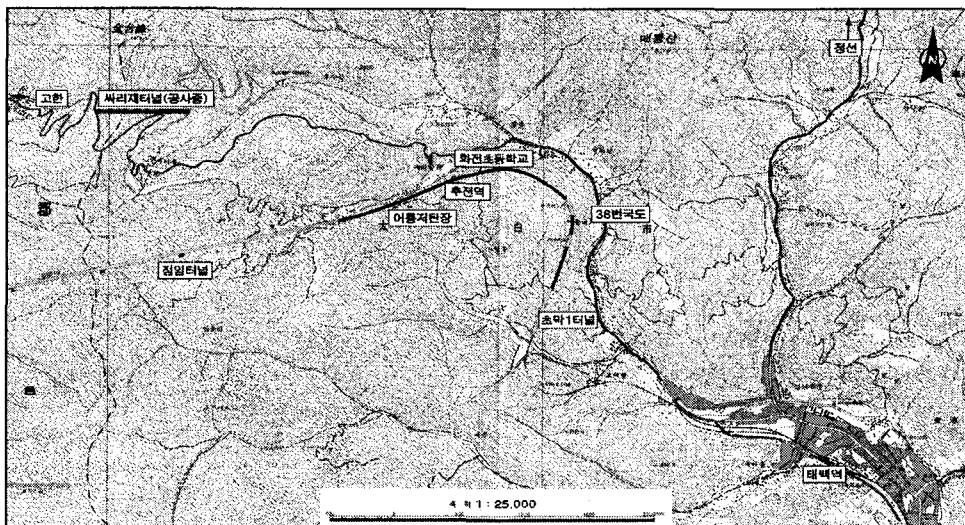
광물채굴적에 의한 지반침하의 일단 채굴이 종료되고 난후에 특별한 대책없이 지하에 방치되어 있는 지하공동에 의해 발생하는 것으로 지반침하시기를 예측하기 어렵고 그규모와 범위도 산정하기 곤란하다. 그러므로 채굴적에 의한 지반침하를 방지하기위한 지반보강 설계를 위하여는 채굴적 공동에 대한 정밀조사가 필요하다. 또한, 비록 정확히 채굴적위치가 조사되었다 하더라도 모든 채굴적 공동에 대하여 완전히 충전하기는 현실적으로 어렵다. 따라서 본 지역에서는 채굴적의 현재 상태와 구조물에 미치는 영향을 고려하여 하부 채굴적 공동에 대하여는 비유동성몰탈 충전 그라우팅공법을 그리고 상부 이완대에 대하여는 시멘트밀크 충전그라우팅을 적용함으로써 최소한의 보강으로 구조물의 안정성을 확보하였다. 터널구간에 대하여는 인버터를 설치하고 폴리우레탄그라우팅을 시공하므로써 안정성을 확보하였다.

※ 사사

본 연구는 석탄산업합리화사업단에서 시행한 광해 방지사업의 일환으로 이루어진 결과로서 당 기관에 감사를 드립니다.

참고문헌

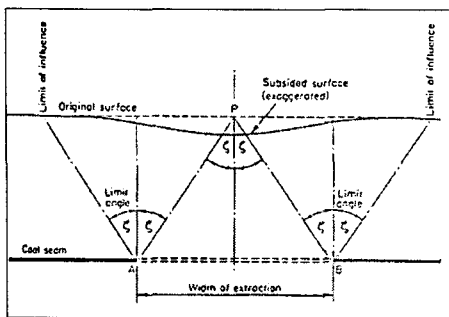
1. Barry N. Whittaker and David J. Reddish(1989), Subsidence, Developments in Geotechnical Engineering,56.
2. 화전지역 철도지반보강공사 실시설계 지반조사보고서, 석탄산업합리화사업단 기술총서 98-03.
3. 화전지역 철도지반보강공사 실시설계보고서, 석탄산업합리화사업단 기술총서 98-04.
4. 국도38호선 심포리지역 지반보강설계 실시설계보고서(2001), 정선국도유지건설사무소.
5. 신성지역 지반안정성 정밀조사보고서, 석탄합리화사업단 기술총서 2001-04



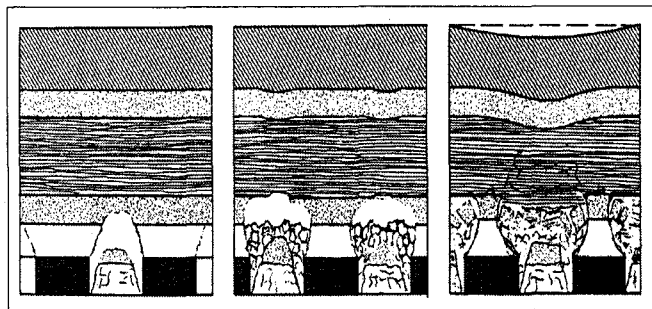
<그림1.> 과업지역 위치도

<표1.>보강구간

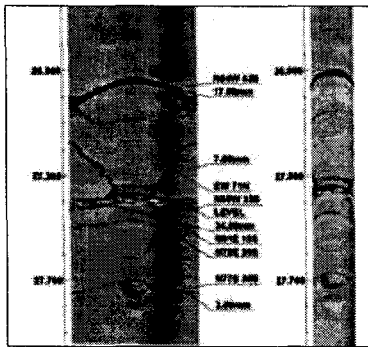
개 소 명	보강범위 (m)	보강구간 (제천기점거리)	주요시설물	비 고
어룡 저탄장	120	88 ^k 720 ~ 88 ^k 840	철 도	태백선
추전정차장(A구간)	50	89 ^k 110 ~ 89 ^k 160	철 도	태백선
추전정차장(B구간)	30	89 ^k 255 ~ 89 ^k 285	철 도	태백선
태백선 곡선	200	89 ^k 460 ~ 89 ^k 660	철 도	태백선
화전초등학교38번국도	30	0 ^k 190 ~ 0 ^k 220	도 로	38번국도
초막 1 터널	105	91 ^k 260 ~ 91 ^k 365	터 널	태백선
계	535			



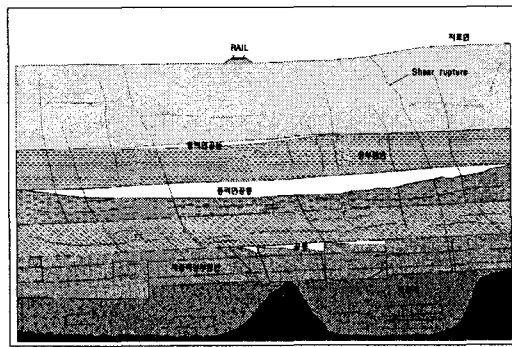
<그림2.> Trough형 침하



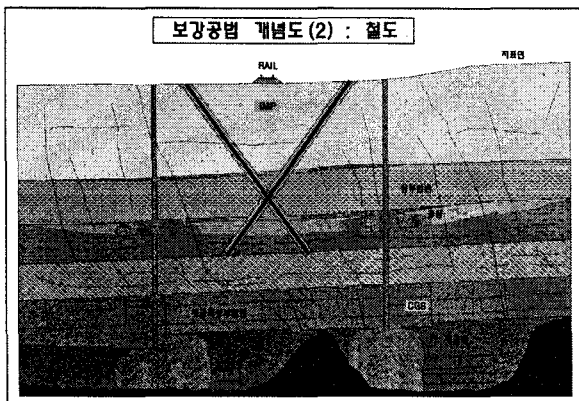
<그림3.> 주방식 채탄법에서 나타나는 지반침하 진행과정



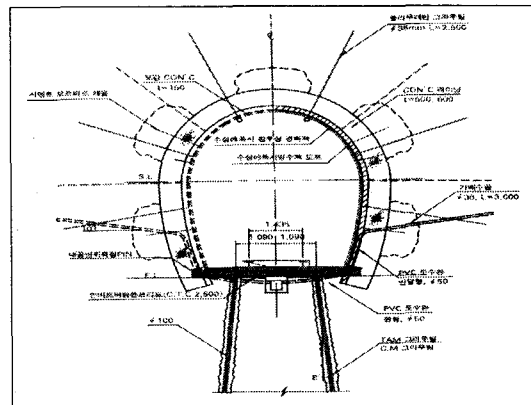
<그림4.> BIPS 조사결과



<그림5.> 채굴적 주변 지반상태 개념도



<그림6.> 철도지반 보강공법 개념도



<그림7.> 터널구간 보강공법 개념도