

폐탄광 갱도를 활용한 갱도전시장의 안정성 평가

한공창¹⁾, 전양수^{1)*}

Evaluation of the Stability for Underground Tourist Cavern in an Abandoned Coal Mine

Kong-Chang Han and Yang-Soo Jeon

Abstract A series of geotechnical surveys and in-situ tests were carried out to evaluate the stability of underground mine cave in an abandoned coal mine. After the closure of the mine, the underground mine drifts have been utilized for a tourist route since 1999. The dimension of the main cave is 5m width, 3m height and 230m length. The surrounding rock mass of the cave is consist of black shale, coal and limestone. Also, the main cave is intersected by two fault zone. Detailed field investigations including Rock Mass Rating(RMR), Geological Strength Index(GSI) and Q classification were performed to evaluate the stability of the main cave and to examine the necessity of reinforcement. Based on the results of rock mass classification and numerical analysis, suitable support design was recommended for the main cave. RMR and Q values of the rock masses were classified in the range of fair to good. According to the support categories proposed by Grimstad & Barton(1993), these classes fall in the reinforcement category of the Type 3 to Type 1. A Type 3 reinforcement category signifies systematic bolting and no support is necessary for the Type 1 case. From the result of numerical analysis, it was inferred that additional support on the several unstable blocks is required to ensure stability of the cave.

KeyWords Underground mine cave, Rock mass classification, Reinforcement, Numerical analysis

초 록 본 연구에서는 폐탄광 갱도를 이용한 갱도 전시장의 안정성 평가를 위해서 다양한 조사와 시험을 실시하였다. 이 광산의 일부 갱도는 1999년 폐광 후 관광용의 갱도전시장으로 이용되어지고 있다. 갱도전시장 주 갱도의 규격은 폭이 약 5 m에 높이가 3 m이며 갱도 연장이 230 m이다. 갱도를 구성하고 있는 암반은 흑색 셰일 및 석탄층 그리고 석회암으로 구성되어 있다. 갱도조사결과 갱도는 두 개의 단층과 교차하는 것으로 나타났다. 본 연구에서는 정밀 지질 및 암반조사를 통해 경험적 방법에 의한 안정성평가를 실시하고 보강의 필요성 등을 결정하였다. 그 결과를 토대로 수치해석을 실시하여 갱도 주변 암반의 전반적인 안정성과 보강(안)의 적절성 여부를 검토하였다. 갱도전시장 내부 주요지점의 RMR값과 Q값은 보통(Fair)과 양호(good)의 등급을 나타내었다. Q 값을 토대로 산정한 각 지점의 보강안은 무지보나 systematic bolting으로 나타났다. 2차원 전산해석결과 전반적으로 갱도전시장의 안정성은 확보된 것으로 판단되나 일부 불안정 블록에 대한 추가 보강이 필요할 것으로 판단된다.

핵심어 지하광산갱도, 암반분류, 보강, 수치해석

1. 서 론

국내 석탄산업은 1988년을 정점으로 에너지소비 구

조의 변화와 석탄산업합리화 과정을 거치면서 생산과 소비가 급격히 감소되어 현재는 최대 생산시의 13.6% 정도가 생산되고 있다. 이에 따라 기존 광산의 폐광이 불가피하여 2003년 말 현재 10개의 석탄광만이 채광을 실시하고 있다¹⁾. 대부분의 석탄광은 석탄산업합리화 사업에 의해 폐광이 되었으나, 일부 지방자치단체에서는 기존 채탄갱도를 연계한 박물관을 조성하여 관광용 및 교육용으로 활용하고 있다. 따라서 이러한 관광용

¹⁾ 한국지질자원연구원

* 교신저자 : ysjeon@kigam.re.kr

접수일 : 2005년 9월 13일

심사 완료일 : 2005년 10월 21일

갱도는 다수의 일반인들이 상시로 출입을 하고 있으므로 영구 시설물로서의 안전 확보가 필요하다. 본 연구는 폐광 후 대중 관람시설로 운영중인 갱도전시장의 전반적인 안전성을 검토하고 필요시 안전 확보를 위한 대책을 수립하기 위하여 실시되었다. 연구대상인 ○○ 석탄박물관은 △△광업소가 폐광함에 따라 우리나라 석탄산업 변천사를 한 곳에 모아 전시함으로서 역사적 사료가 되도록 하고 후세들에게 석탄산업 전반에 대한 학습의 장으로 활용하기 위하여 1999년 5월 20일에 개관하였다.

박물관의 갱도전시장은 갱도 연장이 230 m로 폐광 직전까지 사용하던 사갱의 입구부에 위치한 사각형의 수평갱도를 이용하여 조성된 관람시설이다. 전시장은 지표로부터 약 20~30 m 심도에 위치하며 관람로의 최대 폭과 높이는 5 m×3 m이고 최소 폭과 높이는 2.5 m×2 m이다. 갱도전시장 내에는 굴진작업, 채탄작업, 안전검사, 방호활동 등의 실제 갱내 채탄막장을 모형으로 재현함으로써 채탄작업이 이루어지는 전 과정을 관람객들이 체험할 수 있도록 만들어진 갱도이다.

본 연구에서는 정밀 지질 및 암반조사를 통해 경험적 방법에 의한 안정성평가를 실시하고 보강의 필요성 등을 결정하였다. 그 결과를 토대로 수치해석을 실시하여 갱도 주변 암반의 전반적인 안정성과 보강(안)의 적절성 여부를 검토하였다. 연구의 내용은 다음과 같다.

(1) 지표지질조사

- 박물관 주변 지표지질조사에 의한 주요 단층 및 선구조 조사
- 지표수의 갱내 유입 근원지 조사
- 위성사진 분석에 의한 선구조 조사

(2) 현장 조사 및 시험

- 폐광지역 및 갱도전시장 Gas 측정
- 암반갱도 전시장 정밀조사
- 암반구조조사(절리경사, 방향성, 간격, 길이, 간극, 충전물 등)
- 절리 mapping
- 현장암반강도조사(Schmidt hammer test, Point load test)
- 현지암반평가(RMR, Q, GSI)
- 실내시험

(3) 갱도 전시장 안정성 전산해석

- UDEC - 갱도 전시장 주위 암반의 구조적 안정성 분석

2. 지형 및 지질

연구대상지역 주변의 광역 지질은 Fig. 1에 나타낸 바와 같다. 석탄박물관이 위치한 곳은 고생대 하부의 조선누층군의 대석회암층군과 평안층군의 장성층이 만나는 곳이나 그 주위에는 고생대 최하부 구랑리층, 중생대 대동층군과 시대가 밝혀지지 않은 옥녀봉층이 분포한다. 석탄박물관이 위치한 부근에는 북서방향의 선구조와 북동 내지 동북동 방향의 선구조가 발달하고 있으며, 이들 선구조는 단층이거나 혹은 암석의 지질경계나 다른 지질현상으로 나타날 수 있으나 본 지역에서 석탄박물관의 서쪽에서 북서방향의 선구조 및 북동 내지 동북동 방향의 선구조는 단층으로 확인 된 바 있다²⁾.

인공위성사진 분석을 통한 연구대상지역 주위의 지형에서 발달하는 선구조는 Fig. 2에 표시한 바와 같다. 석탄박물관에 앞의 하천은 장성봉 골짜기에서 발원하여 완장리 상괴리를 거쳐 동남쪽으로 흘러 영강과 합류하는 하천이다. 이 하천은 석탄박물관 앞 왕릉리 골짜기를 따라 발달하는 북북서-남남동 방향의 선구조가 단층이며 이 단층대를 따라 하천이 발달한다. 전술한 바와 같이 석탄박물관의 갱도는 이 북북서 방향의 단층의 영향권 내

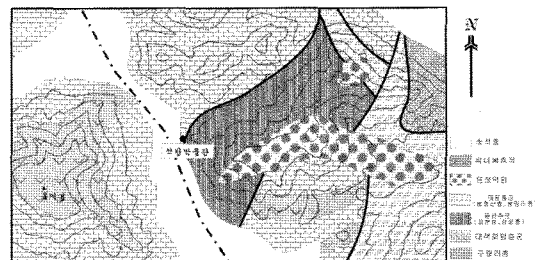


Fig. 1. Geological strata

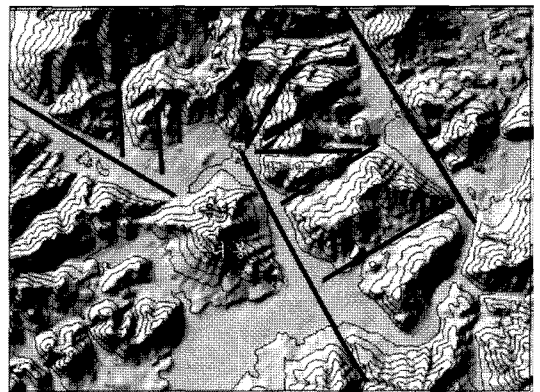


Fig. 2. Lineament of study site

에 있어 비가 와서 하천의 수량이 높아지면 갯내 지하수도 매우 영향을 받게 된다. 실제로 1차 조사 시에는 건기로 비가 오지 않은 계절이었으며 그 당시 갯내 지하수위는 사갱의 입구부에서 20 m 거리에 있었으나, 많은 비가 온 다음날인 2차 조사 시에는 갯내 내 지하수는 14 m로 지하수위가 상승하였음을 알 수 있었다. 결론적으로 석탄박물관의 지하수위는 양릉리 골짜기를 따라 발달하는 단층에 수반된 절리를 따라 영향이 나타나며, 지표 강수량에 민감하게 반응함을 알 수 있다.

갯내전시장의 지질 및 지질구조는 갯내의 입구에서 전시물 기계화채단막장까지는 평안층군의 사동층으로 암회색 내지 흑색의 사암과 흑색 셰일 및 석탄층으로 구성되어 있으며 그 서쪽 출구부 통로는 대석회암층군의 석회암으로 구성되어 있다(Fig. 3).

갯내에서 측정한 절리들은 Fig. 4에서 보는바와 같이 크게 북동 방향의 주향을 가지며 북서방향으로 경사하는 절리와 남동방향으로 경사하는 절리가 주된 절리이

며 그 외 북서 방향의 주향을 가지는 절리들이 발달하고 있다.

3. 현장조사

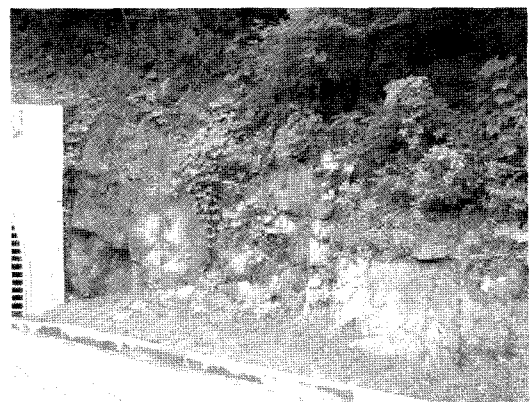
3.1 갯내 가스 측정

△△ 광업소는 가행 당시 갑종탄광이었으며, 이 경우 연 3회 이상 광산보안관이 가연성 가스를 측정할 것을 의무화 하고 있다. 또한 광산보안법시행규칙은 광산종업원이 작업하거나 통행하는 갯내의 공기의 산소 함유량은 19% 이상으로 하여야 하고, 갯내 공기 중 유해가스는 일산화탄소 50 ppm 이하, 이산화탄소 1% 이하, 일산화질소 25 ppm 이하, 이산화질소 3 ppm 이하 그리고 이산화황 2 ppm 이하로 기준치를 규정하고 있다³⁾.

본 과업구간내의 갯내 가스측정은 총 3회에 걸쳐서 이루어졌다. 측정은 갯내, 갯의 중요지점에서 실시하였으며 측정항목은 온도, 습도, 산소(O₂), 이산화탄소(CO₂),



(a) Sandstone and Shale



(b) Limestone

Fig. 3. Outcrop surrounding study site

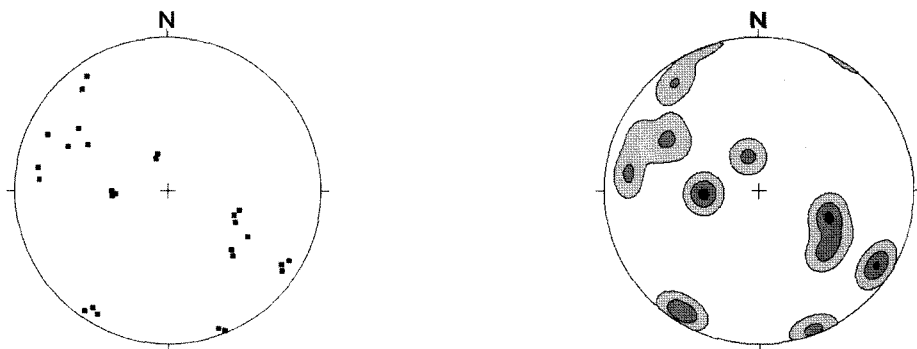


Fig. 4. Plot of poles and contour diagram of discontinuities

일산화탄소(CO) 그리고 메탄가스(CH₄) 등이다. 측정지점은 총 여섯 군데로 ①은 입구부, ②는 사갱 내부, ③은 입구와 사갱이 만나는 지점, ④와 ⑤는 전시장 내부, ⑥은 출구부이다.

가스 측정결과는 흐리고 비가 오는 날에 습도만 높을 뿐 가스는 측정되지 않았다. 산소가 20.9%로 갱도 내외의 가스가 없는 것으로 나타났다. 갱도 가스측정 결과를 분석해 본 결과 갱도 내 일부구간의 출수나 사갱에서 유입되는 습기로 인해 갱도전시장의 입·출구 부분을 제외한 전 구간의 습도가 90% 내외로 나타났으며, 이는 갱도 내 전시물(특히, 갱목이나 철재구조물)의 부식이나 노후화를 촉진시키는 원인으로 작용할 것으로 판단된다. 이러한 높은 습도나 출수는 전시공간의 갱목 등의 목재나 지보재의 장기적인 성능저하를 유발할 수 있으므로 노후화된 강재지보, 록볼트 및 전시장의 목재 시설물들은 교체하여야 한다. 이에 비해 가스는 가행 당시 갑종탄광이었을지라도 사갱 하부 막힌 부분이 물로 채워져 있어 갱도를 통한 이동 확산은 없으며 또한 암반 벽면 틈 사이를 통한 가스의 이동도 없는 것으로 나타났다.

3.2 갱내조사 및 암반 평가

암반구조물을 안전하고 경제적으로 설계하고 시공하기 위해서는 대상 암반의 공학적 특성을 정확히 파악하여야 한다. 암반분류는 이러한 목적으로 실시하는 것으로 암반을 구성하는 암석의 강도나 풍화, 변질 정도, 암반 틈의 상태, 암반의 불균질성과 불연속성 등에 관한 사항을 현장에서 관찰, 조사하여 일정한 기준에 따라서 암반을 등급으로 나누어 구분하는 것이다. 이러한 암반분류는 광산갱도나 터널 등의 암반구조물의 설계 시 필수적인 절차이며 이 결과는 구조물의 경제성과 안전성에 중대한 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 갱도전시장 전체 노선에 대한 갱내 암반 조사 및 평가를 통해 주요 지점의 암반분류 값을 산정하였다. 암반분류 방법은 현재 세계적으로 가장 널리 사용되어지고 있는 RMR(Rock Mass Rating)⁴⁾, GSI(Geological Strength Index)⁵⁾ 그리고 Q-System⁶⁾을 이용하였다. 이러한 암반평가 결과 값은 동굴의 안정성 해석을 위한 전산해석의 입력자료 산정을 위한 기본자료로 활용하였으며 필요시 지보패턴을 산정에 활용될 수 있다⁷⁾.

갱도전시장내의 총 5개의 지점에 대해서 정밀조사를 실시하였으며, 각 조사지점을 Fig. 5에 수록하였다. 암반분류방법을 근거로 해서 결정된 ○○ 석탄 박물관의 갱도전시장에 대한 암반 평가 결과를 Table 1에 요약하여 수록하였다. 갱도전시장 내부 주요지점의 RMR값과

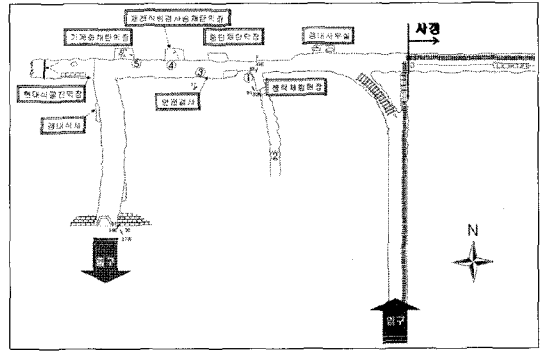


Fig. 5. Location of geotechnical survey

Table 1. Result of rock mass classification

site	RMR	GSI		Q
		Ave.	SD	
1	45	37	5	8
2	59	36	6	-
3	50	49	6	5.42
4	66	54	7	11.22
5	48	54	6	7.5

Q값은 보통(Fair)이상의 등급을 나타내었다. Q 값을 토대로 산정한 각 지점의 보강안은 무지보나 systematic bolting으로 나타났다.

4. 수치해석에 의한 안정성 분석

갱도전시장에서 발견되는 수많은 불연속면들(층리, 절리, 단층 등)은 매우 복잡한 형태를 띠고 있으며, 대상 암반의 역학적 거동특성에서도 신선한 부분과 불연속면에 따라 뚜렷한 차이를 보이고 있다. 따라서 불연속면의 기하학적 분포특성 뿐만 아니라 역학적 특성을 고려한 불연속체 해석이 수행하였다. 이를 위하여 개별요소법 해석코드인 UDEC(Universal Distinct Element Code)⁸⁾을 이용하여 갱도전시장의 안정성 해석을 실시하였다.

해석단면은 갱도의 폭이 5 m이고 높이가 3 m인 주관람로를 대상으로 하였으며, 이 지점에서 조사된 불연속면을 해석 모델에 반영하였다. 현장에서 조사된 불연속면의 방향 및 경사는 경사방향과 해석모델의 단면 방향을 고려하여 다음의 식을 이용하여 해석모델내의 경사각으로 변환하였다.

불연속체 해석의 입력물성으로 요구되는 암반의 물성은 현장 암반분류 결과와 시험결과를 토대로 여러 경험식^{9),10)}을 이용하여 산정하였으며, 불연속면의 물성은 절리면전단시험¹¹⁾ 결과를 토대로 결정하였다. UDEC 해석에서 적용된 입력자료를 Table 2에 정리하였다.

Table 2. Input data of rock mass and joints

Rock					
density(kg/m ³)	bulk modulus(GPa)	shear modulus(GPa)	cohesion(MPa)	tensile strength(MPa)	friction angle(°)
2,830	7.43	3.43	2.76	2.99	38.9
Joint					
normal stiffness(GPa/m)	shear stiffness(GPa/m)	friction angle(°)	cohesion(MPa)		
4.08	8.54	37.4	0.06		

$$\tan \alpha = \tan \delta \times \sin \beta \quad (1)$$

여기서, α = 수치해석모델에서의 경사각,
 β = 불연속면의 경사방향과 수치모델의 경사방향의 사이각,
 δ = 불연속면의 진경사각

보강이 이루어지지 않은 상태에서의 갱도의 안정성을 고찰하기 위해 작성된 해석 모델은 Fig. 6에 나타낸 바와 같다. 모델의 불연속면 간격은 해석의 효율성과 신뢰성을 고려하여 현장 조사결과보다 2배 크게 모델링한 후 변형가능한 블록으로 세밀하게 모델링하였다. 암반은 전체적으로 Mohr-Coulomb 모델로 가정하였으며, 불연속면은 Coulomb slip 모델을 적용하였다. 모델의 좌우경계에서는 수평방향 변위를 하부경계는 수직방향 변위를 구속하였으며, 상부경계는 토피가 낮은 관계로 지표면까지 해석영역에 포함하였다. 해석에 적용된 수직응력은 상재하중을 고려하여 결정하였으며, 축압계수(K)는 1을 적용하였다.

갱도 굴착 후 주변암반의 거동에 대한 단계별 해석 결과를 Fig. 7에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 갱도의 우측 천반부에서부터 낙반 현상이 나타나고 있음을 확인할 수 있었다. 낙반은 저각도의 층리와 고각

도의 절리들로 형성된 key block이 층분리 뒀에 따라 인접한 블록들도 동반 낙반하는 현상을 확인 할 수 있었다. 이러한 낙반 현상은 주로 층리면을 따라 발생하고 있으며, 특히 층리면과 절리가 기하학적으로 불안정한 상태로 분포하게 될 수록 이러한 현상을 더욱 심화될 수 있다.

그러나 이러한 해석결과는 갱도굴착이후 아무런 보강작업이 수행되지 않은 경우를 가정한 것이므로, 실제 갱도전시장에는 보강작업의 일환으로 수행된 강재지보 및 록볼트 등이 설치된 것을 고려한다면 다른 결과가 나타날 것이다. 이를 위하여 보강이 실시된 갱도에 대한 안정성 해석을 실시하였다. 갱도 전시장 내부에는 주로 직경 25.4 mm, 길이 1.5~2 m의 그라우팅 록볼트가 spot bolting 형태로 타설되어 있으며, 일부 불안정 구간에서는 약 0.5 m 간격의 systematic bolt와 와이어 메쉬 그리고 강지보(H-빔)가 약 0.5 m 간격으로 실시되어 있다.

지보요소는 Q-system에 의한 지보범주⁶⁾로부터 체계적인 록볼트를 적용하였다. 길이 2 m의 록볼트가 1 m

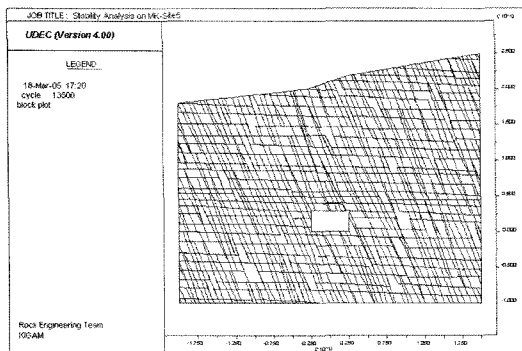


Fig. 6. Distinct element model for numerical analysis

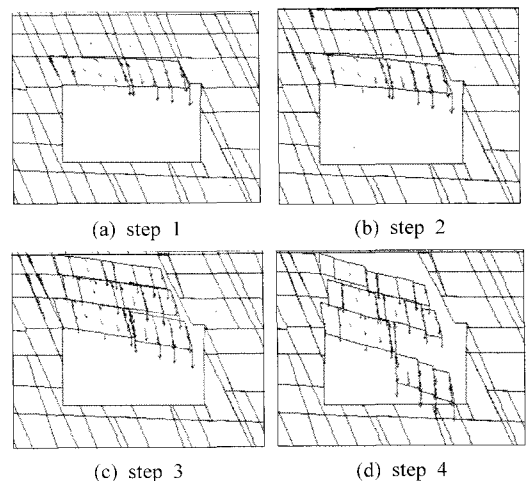


Fig. 7. Rock fall according to analyzing step

간격으로 설치되는 것을 모델링하였다.

갱도 보강에 따른 해석한 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 그림에는 암반블록의 변형량과 록볼트에 걸리는 축력(axial force) 그리고 변위 모니터링 지점을 나타내었다. 그림에서 보여주는 바와 같이 블록의 변위발생량의 최대치는 갱도의 오른쪽 천반부에서 약 5.7 mm로 나타났으며(Fig. 8), 갱도의 천반, 바닥 그리고 측벽부의 4개의 지점(그림의 3, 4, 5, 6 지점)에서 모니터링한 발생변위는 수렴하는 것으로 나타났다(Fig. 9). 지보요소인 록볼트에 걸리는 축력은 맨 우측의 것을 제외하고는 대부분 록볼트의 중간부에서 걸리고 있으며, 그 크기는 극한인장력에 비해 매우 작은 값을 보였다.

따라서 체계적인 록볼트를 이용한 천반 보강을 통해 갱도의 안정성을 충분히 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 현재 갱도에 적용된 지보의 경우 강제지보와 국부적인 록볼트가 설치되어 있음을 감안한다면, 노후된 록볼트의 교체를 통해 일부 불안정 블록들에 대한 약간의 추가 보강이 필요할 것으로 판단된다. 물론 이와 같은 2차원 해석결과에 의한 안정성평가는 대표적인 절리패턴에 의한 결과를 보여주는 것이므로 현장조건을 모두

반영하고 있지는 않지만, 암반블록들의 안정성 여부는 주로 층리면이나 절리가 기하학적으로 분포하는 형태에 좌우되는 경향을 감안한다면 갱도 안정성에 대한 충분한 신뢰도를 제공하고 있다. 또한 실제 갱도전시장내의 보강상태는 강제지보 및 록볼트 등으로 시공되어 있는 상태이고, 2차원 해석상에선 강제지보가 모사되지 않은 점을 생각한다면, 전반적으로 갱도전시장의 안정성은 확보되어 있는 상태로 볼 수 있다.

5. 결 언

본 연구에서는 대중 관람시설로 운영되고 있는 ○○ 석탄박물관내 갱도전시장의 안전진단을 위하여 지표지질조사, Gas측정, 갱도정밀조사를 통한 암반평가, 실내 암석역학조사 그리고 수치해석을 통한 안정성 분석을 실시하였다. 이를 통하여 갱도전시장의 안전진단 결과를 Gas 측정결과와 수치해석 결과를 토대로 요약하면 다음과 같다.

가스 측정결과 인체에 유해한 가스는 측정되지 않았으며, 산소가 20.9%로 갱도 내외의 가스가 없는 환경이다. 갱도 가스측정 결과, 갱도전시장 입·출구 부분을 제외한 전구간의 습도가 90% 내외로 갱도 내 전시물(특히, 갱목이나 철재구조물)의 부식이나 노후화를 촉진시키는 원인으로 작용할 것으로 판단된다. 이에 비해 가스는 가행 당시 갑종탄광이었을지라도 사갱 하부 막힌 부분이 물로 채워져 있어 갱도를 통한 이동 확산은 없으며 또한 암반 벽면 틈 사이를 통한 가스의 이동도 없는 것으로 나타났다.

갱도전시장내의 보강상태는 강제지보 및 록볼트 등으로 시공되어 있는 상태이고, 2차원 해석상에선 강제지보가 모사되지 않은 점을 감안한다면, 전반적으로 갱도전시장의 안정성은 확보된 것으로 판단되나 일부 불안정 블록에 대한 추가 보강이 필요할 것으로 판단된다. 결과적으로, 유지 관리 측면에서 불안정 요소 발견 시 다음과 같은 조치들이 필요할 것으로 사료된다.

첫째, 현재 국부적으로 설치된 록볼트 구간에 대하여 지속적인 갱내 관찰을 통하여 낙반 등의 불안정 요소가 발견될 경우, 갱도의 장기적인 안정성을 확보하는 측면에서 필요시 와이어메쉬 및 systematic 록볼트에 의한 천반 보강을 한다.

둘째, 일부 구간의 출수로 인하여 갱내 전시장의 습도가 높아 강제지보 및 록볼트의 부식과 전시공간의 갱목과 목재의 부식으로 지보재의 장기적인 성능저하가 예상되므로 노후화된 강제지보, 록볼트 및 전시장의 목재 시설물들은 교체하여야 한다.

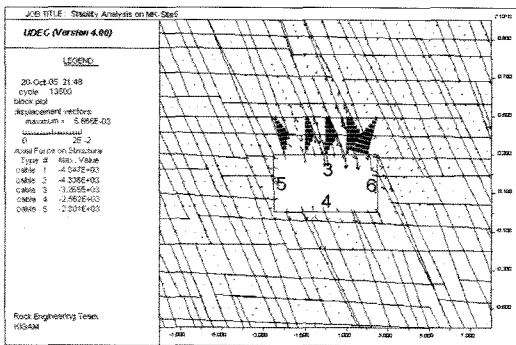


Fig. 8. Displacement vector and axial force of rock bolt

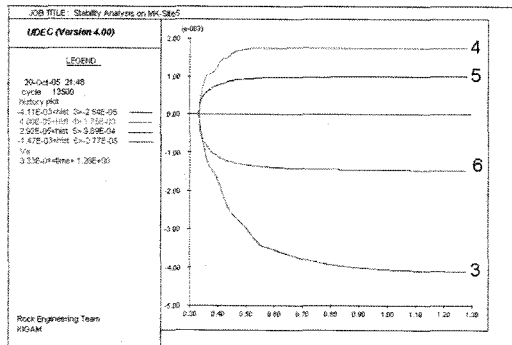
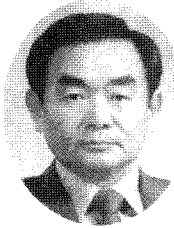


Fig. 9. Displacement history

참고문헌

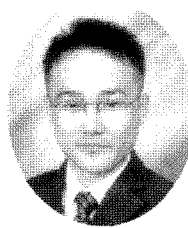
1. 대한석탄공사, 2004, 광업소별 매장량, p.391.
2. 조민조, 1990, 문경탄전 서남부 가운데지역의 지질구조 연구, 석사학위논문, 서울대학교, p.42.
3. 대한광업회, 1989, 광산보안법, p.328.
4. Bieniawski, Z.T., 1989, Engineering Rock mass Classifications, New York, Wiley.
5. Hoek, E., P.K., Kaiser and W.F., Bawden, 1995, Support of Underground Excavations in Hard Rock, Rotterdam, Balkema.
6. Barton, N.R., R., Lien, and J., Lunde, 1974. Engineering classification of rock mass for the design of tunnel support, Rock Mech. 6.4, pp.189 ~ 239.
7. Grimstad, E. and N.R., Barton, 1993, Updating the Q-System for NMT, Proc. int. symp. on sprayed concrete-modern use of mix sprayed concrete for underground support, Fagernes.(eds Kompen, Opsahl and Berg), Oslo, Norwegian Concrete Assn.
8. Itasca Consulting Group, 2004, UDEC version 4.0 Manual.
9. Serafim, L.J. and P.J., Pereira, 1983, Consideration on the geomechanical classification of Bieniawski, Proc. int. symp. on engineering geology and underground construction, Vol. 2, pp.33 ~ 42.
10. Trueman, R., 1988, An evaluation of strata support techniques in dual life gateroads, PhD Thesis. Univ. of Wales.
11. ISRM, 1981, Rock Characterization Testing & Monitoring- ISRM Suggested Methods, Pergamon, p.221.

한 공 창



1976년 서울대학교 공과대학 자원공학과
공학사
1989년 Ecole des Mines de Paris
지질공학과 공학석사
1993년 Ecole des Mines de Paris
지질공학과 공학박사
Tel: 042-868-3241
E-mail: hankc@kigam.re.kr
현재 한국지질자원연구원 지반안전연구부
책임연구원

전 양 수



1996년 전남대학교 공과대학 자원공학과
공학사
1998년 전남대학교 대학원 자원공학과
공학석사
2002년 전남대학교 대학원 자원공학과
공학박사
Tel: 042-868-3249
E-mail: ysjeon@kigam.re.kr
현재 한국지질자원연구원 지반안전연구부
선임연구원