

천매암지역 단층대 및 인접구간의 암석·광물학적 특성과 불연속면과의 관계

이경미¹⁾ · 서용석^{1)*} · 김창용²⁾ · 김광엽²⁾

1. 서 론

암반의 불안정성은 크게 지질구조적인 요인과 암반 자체의 요인, 외부요인에 의해 영향을 받는다. 지질구조적 요인은 단층, 절리, 층리, 엽리 등의 불연속면 제반특성을 포함하며, 암반 자체 요인은 암종, 강도정수, 풍화등급 등을 들 수 있다. 외부요인은 강우 또는 용수, 굴착 등이 포함되는데 이들 각 인자는 상호 유기적인 관계로 이루어져 있다. 지질구조적인 요인 중 단층이나 절리의 발달, 팽창성 점토물질의 협재는 대규모 암반의 붕락을 발생시킬 수 있는 중요한 인자이며, 이들에 대한 평가는 매우 중요하다. 특히 저변성을 받은 슬레이트, 천매암, 단층대 및 화강암관입 주변의 암반은 풍화에 의한 영향을 받기 쉬우며, 집중강우에 의해 붕괴된 사례가 자주 보고되면서 사면이나 터널의 설계에서도 구성물질의 중요성이 점차 증가되고 있다.

따라서 본 연구는 천매암을 기반암으로 하는 OO 터널의 선진시추결과 획득된 코어를 이용하여 단층발달에 따른 광물성분의 변화를 관찰하고, 이들이 불연속면에 미치는 영향을 파악하는 것이 목적이며, 암석의 구성물질과 파생된 점토광물을 분석하여 암반의 불안정 요인을 추정하고자 한다. 기반암의 강도정수와 점토광물의 전단강도는 현장조사와 실내 시험을 통해서 구했으며, 점토광물의 성분 및 함량은 성분분석을 통해서 분류하였다. 또한 기반암의 단층에 의한 영향을 파악하기 위해 시추코어에서 단층 영향권으로 추정되는 구간과 비교적 신선한 구간에서 시료를 채취하여 박편을 제작하여 관찰하였다.

2. 본 론

단층물질의 역학적 특성

시추를 통해 획득된 코어에서 F1, F2, F3의 단층 3매가 확인되었고, 단층대의 폭은 각각 5.3m, 1.6m, 4.7m로 나타났다. 단층점토 시료는 가능한 각 단층마다 채취하였으며, 역학적 특성을 조사하기 위하여 직접전단시험을 실시하였다. F1 단층점토의 전단시험 결과는 Fig 1과 같고, 이는 $1.57t/m^2$, $4.37t/m^2$, $7.18t/m^2$ 일 때의 수직 하중에 대해 전단응력과 수평변위(Fig 1(a)) 및 수직변위와 수평변위(Fig 1(b)) 관계를 나타낸 것이다. 측정된 데이터를 Mohr-Coulomb 파괴 포락선으로 나타내면 (Fig 1(c))와 같고, F1 단층점토의 점착력(c)은 $0.70t/m^2$, 내부마찰각(ϕ)은 34.6° 로 추정되었다.

주요어 : 천매암, 단층, 점토광물, 시추코어

1) 충북대학교 지구환경과학과 (kmllee924@hanmail.net, ysseo@cbu.ac.kr*)

2) 한국건설기술연구원 국토지반연구부 (cykim@kict.re.kr, kimky@kict.re.kr)

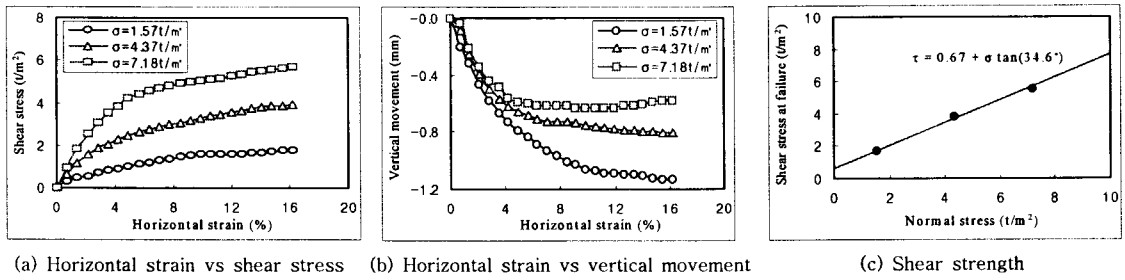


Fig 1. The mechanical property of fault gouge (F1)

단층대와 인접구간의 점토광물 분석

점토광물 성분분석은 팽창성 점토물질을 포함하는지의 여부를 파악하고, 단층의 영향을 받게 될 경우 물질의 변화가 발생하는지와 특정광물의 집중여부를 알고자 분석하였다. 점토광물 시료는 대전에 위치하고 있는 한국기초과학지원연구원(Korea Basic Science Institute)에 의뢰하여 XRD 분석과 주사전자현미경(SEM) 사진촬영을 하였다. 신선암과 단층영향권의 암석은 점토물질이 아닌 암석을 분말상태로 분쇄한 것이므로 단층점토 물질에 비해 점토의 함량이 상대적으로 적을 수 있다. XRD 분석결과를 표로 정리하면 다음과 같다(Table 1).

Table 1. Constituent minerals from the result of XRD analysis

	Fresh rock	Fracture zone	Fault
Minerals	quartz, muscovite biotite, chlorite plagioclase, graphite	quartz, muscovite chlorite, plagioclase graphite	quartz, micas chlorite
Clay mineral	illite, micas	smectite, kaolinite	kaolinite

신선한 암석은 석영의 함량이 매우 높고, 단층 영향권의 파쇄암에서는 운모류의 함량이 상대적으로 높은 것으로 관찰되었다. 또한 파쇄암에서는 결정광물의 함량비가 전체적으로 낮아지고 점토광물의 함량이 다소 높아진 것을 확인할 수 있었다. 단층대에서 점토광물은 카오린 광물이 우세하며, 전자현미경사진 상에서 신선암이나 단층영향권 암석에 비해 점토광물의 입자 크기가 작아지고 구형화된 특징을 보여준다.

단층 인접구간의 박편분석

박편관찰을 위한 시료는 시추코어 상에서 단층의 영향을 받은 것으로 추정되는 단층대 주변 4지점과 비교적 신선하고 연장성이 좋은 1지점에서 채취하였고(Fig 2), 엽리면에 거의 수직인

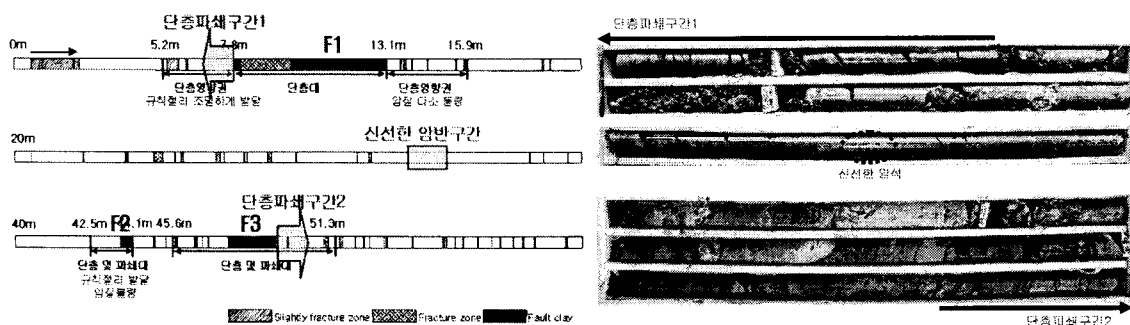


Fig 2. Sampling point on phyllite core

방향과 평행한 방향으로 구분하여 박편을 제작하였다.

신선암의 박편에서는 파랑벽개(crenulation cleavage)가 잘 나타나며, 운모류가 일부 녹니석화되어 나타난다. 단층 영향권의 파쇄암 I 에서는 원암의 성분차에 의해 신선암에 비해 입자의 크기가 다소 작게 나타나며, 석영과 유색광물의 차이가 적은 특징을 보인다. 또한 석영입자의 파동소광(wavy extinction)이 미약하게 나타나는데, 이는 최근의 단층에 크게 영향을 받는 것으로 알려져 있다(정원석 외, 2002). 단층 영향권의 파쇄암 II 박편에서 관찰되는 뚜렷한 특징은 광물성분의 변화보다는 흑운모와 백운모가 분대되는 현상을 보이고, 백운모의 산출비가 높은 부분과 흑연이 산출되는 부분에서 파랑벽개가 심해지는 경향을 들 수 있다(Fig 3). 흑연은 상대적으로 연성으로 거동하기 때문에 석영을 포함하고 있는 부분에 비해 변형작용의 영향을 많이 받은 것으로 추정된다.

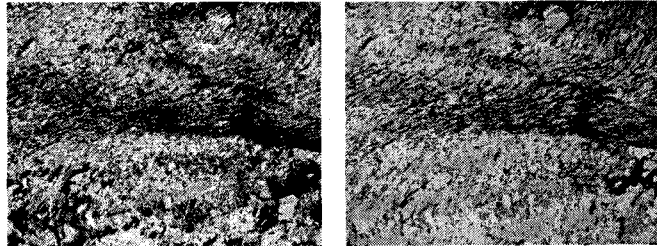


Fig 3. Photomicrograph of thin section of phyllite effected by fault II ($\times 10$).

3. 결 론

본 연구는 천매암 기반의 OO 터널에서 획득된 시추코어를 이용하여 단층발달에 따른 인접구간의 구성광물 및 점토광물 성분변화를 관찰하여 암반의 불안정성을 추정하였고, 조밀한 간격으로 규칙적인 분리현상을 보이는 파쇄구간의 발달원인을 알아보았다. 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 단층점토물질의 전단시험 결과 규모가 가장 큰 F1 단층의 점착력(c)와 내부마찰각(ϕ)는 각각 0.70t/m^2 과 34.6° 로 산정되었다. 이는 터널 주변의 지표조사에서 약한 풍화를 받은 암반의 전단강도가 34.8t/m^2 과 38° 로 추정된 것과 비교해 볼 때, 단층대의 전단강도가 상대적으로 낮은 것을 확인할 수 있으며, 특히 점착력의 경우 급격히 낮아진 것을 볼 수 있다.

2) 점토광물 분석결과, 신선암에서 단층구간으로 갈수록 장석의 함량이 줄고 카올린 광물이나 스멕타이트의 함량이 다소 증가하는 경향을 보이는데, 이들은 팽창성 점토광물로서 암반의 불안정성을 유발하는 인자가 될 수 있다. 전자현미경사진에서는 단층구간으로 갈수록 광물입자의 크기가 줄고, 구형화되는 특징을 보이는데, 이는 단층작용으로 인한 점토형성 시기가 상대적으로 짧았음을 보여준다. 또한 단층구간으로 갈수록 지하수 유입에 영향을 받는 것으로 나타났다.

3) 박편관찰에서 흑연이 관찰되는 특징을 보이며, 단층발달에 의한 광물 성분상의 변화는 거의 없는 것으로 나타났다. 단층대에 인접한 파쇄암구간에서 미약하게 관찰되는 석영의 파동소광(wavy extinction)은 최근에 발달한 단층의 영향을 지시한다.

4) 시추코어 상에서 단층에 인접한 파쇄구간의 암편들이 조밀한 간격으로 분리되는 특징은 저변성작용을 받은 니질 기원암 구간에 단층발달로 인해 생긴 물리적인 현상으로써 약대를 통과하는 지하수 작용이 더해진 것으로 생각된다.

4. 사 사

본 연구는 건설교통부의 2005년 건설핵심기술연구개발사업인 "IT 및 신소재를 활용한 급속 안정화 터널시공기술개발 - 막장전방 보강재의 성능평가 기법 및 보강효과에 대한 현장실험적 연구(과제번호:C105A1020001-05A0502-00240)" 연구사업의 일환으로 수행되었습니다.