

## 붕괴절토사면의 광물조성 특성

## Mineral Composition Properties of Collapsed Cut Slope

김진환<sup>1)</sup>, Jinhwan Kim, 구호본<sup>2)</sup>, Ho-bon Koo, 박미선<sup>3)</sup>, Misun Park, 백영식<sup>4)</sup>, Young-sik Baek

<sup>1)</sup> 한국건설기술연구원 지반연구부 연구원, Researcher, Geotechnical Engineering Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

<sup>2)</sup> 한국건설기술연구원 지반연구부 수석연구원, Researcher Fellow, Geotechnical Engineering Research Dept., Korea Institute of Construction Technology

<sup>3)</sup> 한국기초과학지원연구원 춘천센터 연구원, Researcher, Chuncheon Center, Korea Basic Science Institute

<sup>4)</sup> 경희대학교 토목공학과 교수, Professor, Dept. of Civil Engineering, Kyung Hee Univ.

**SYNOPSIS :** Cut slopes are collapsed in Korea every year. Cut slope collapses cause a loss of lives and assets. Many researchers make clear collapse factor of cut slope.

Fresh rock weathered through reaction undergroundwater and groundwater. During weathering process, weathered minerals are created. Weathered minerals are analysed by X-ray diffraction meter. X-ray diffraction meter make possible quantity assessment of degree of weathering and indicator of potential collapse possibilities. This paper discuss possibilities of cut slope dangerous with analysis of weathered minerals of cut slope.

**Key words :** Cut slope, weathered mineral, X-ray diffraction meter analysis

### 1. 서론

산지가 많은 우리나라에서는 매년 크고 작은 절토사면 붕괴가 발생하고 있으며, 이로 인해 그동안 많은 인명, 재산 피해가 발생하였다. 많은 연구자들에 의해 절토사면 붕괴 원인에 대하여 연구가 진행되어 왔다. 그동안 밝혀진 절토사면 붕괴 원인으로 절토사면에 발달한 지질구조(단층, 절리, 파쇄대 등)의 특성, 절토사면 구성 암반의 풍화상태, 절토사면에서 관찰되는 점토광물의 종류 및 함량 등 절토사면의 내부적 요인과 여름철 집중 강우 및 태풍, 절토사면 주변의 발파공사 등으로 인한 진동, 지진 등 외부적인 요인으로 나눌 수 있다(황진연 외, 1995. 구호본 외 2000).

절토사면을 구성하고 있는 신선한 암반은 지표수 및 지하수와 반응하면서 풍화되어간다. 풍화과정을 거치면서 절토사면에는 풍화산물이 생성되는데, 이는 구성 암반의 처음 광물조성에서 점차 조성이 다른 광물들이 생성되는 것을 의미한다.

절토사면을 구성하고 있는 풍화물의 광물 분석은 X-선 회절분석을 통해 수행할 수 있다. 풍화물의 광물 조성 파악을 통하여 절토사면의 풍화도에 대하여 보다 정량적으로 접근할 수 있으며, 절토사면의 잠재적인 붕괴 가능성 여부를 판단하는데 주요 지시자로 이용될 수 있다. 그러나 지금까지 절토사면 구성 암반 풍화 산물에 대한 광물 조성분석을 이용한 절토사면 안정성 판단은 제한적으로 이루어져왔다.

본 논문에서는 도로절토사면 구성암반의 광물조성 분석을 통해 붕괴사면과 붕괴되지 않은 사면의 광물조성 특성을 살펴보고 광물조성 특성을 이용하여 절토사면의 위험성 여부 판단에 대하여 논의해 보고자 한다.

## 2. 조사절토사면 현장 상황

조사대상 절토사면은 국도 6호선 둔내-횡성 구간과 국도 22호선 승주-동복 구간에 위치하고 있으며, 붕괴 위험성이 내재된 곳으로 2003년에 안전진단 수행 후, 대책안이 제시된 절토사면이다. 특히 둔내-횡성 구간에 위치한 절토사면은 일부 구간에서 붕괴가 발생하였다. 편의상 앞으로 둔내-횡성구간 절토사면을 A 사면으로 승주-동복 구간 절토사면을 B 사면으로 표기하겠다. 두 절토사면 전경사진을 그림 1에 나타내었다.



그림 1. 절토사면 전경사진(상 : A 사면, 하 : B 사면)

두 절토사면의 구성 암종은 모두 화강암으로 풍화 진행 양상은 비슷하다. 그러나 풍화 정도에 있어서 심한풍화에서 완전풍화에 해당하는 A 사면이 보통풍화에서 심한풍화에 해당하는 B 사면 보다 풍화등급이 불량한 편이다. A 사면에서는 일부구간에서 붕괴가 발생하였으며 B 사면보다 구성 암반의 토사화 진행이 빠르다. 생성된 토사는 절토사면 이격거리내에 집적되어 있다(그림 2, 3 참조). B사면은 일부구간에서 만 풍화토가 관찰되고 있다.



그림 2. A 사면의 풍화 상태 및 토사화 진행



그림 3. B 사면의 풍화양상 및 토사화 진행

### 3. 연구방법 및 결과

절토사면에서 채취한 풍화토 시료의 광물 조성을 알아보기 위해 Rigaku D/MAX2200 모델을 이용하여 X-선 회절 분석을 하였다. X-선 주사 범위는  $5^{\circ}$ 에서  $70^{\circ}$ 이며, 주사 속도는 분당  $1^{\circ}$ 로 하였다. 그림 4은 절토사면 A, B에서 채취한 토사의 X-선 회절 분석 결과이다.

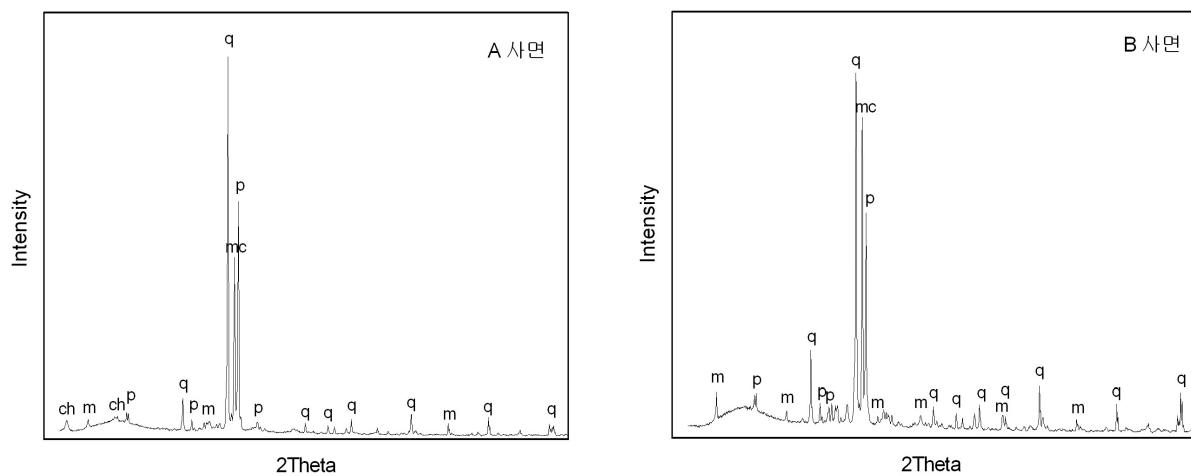


그림 4. A, B 절토사면 토사의 X-선 회절 분석 결과  
(q : 석영, p : 사장석, m : 백운모, mc : 미사장석, ch : 녹니석)

분석 결과 두 절토사면의 광물조성에는 큰 차이를 보이지 않았다. 다만 A 사면에서 녹니석이 관찰되었는데 이는 A 사면이 B 사면보다 풍화를 더 많이 받아 생성된 것으로 판단된다. 기존 연구에서 녹니석의 경우 풍화작용에 의해 생성될 수 있으며 녹니석이 팽윤성(Swelling Properties)의 특징을 보이면 절토사면 안정성에 영향을 줄 수 있다고 보고되고 있다(황진연 외, 1995). 지금까지의 분석 결과로 녹니석이 팽윤성을 보인다고 단정지을수는 없어서 A 사면에서 관찰되는 녹니석이 A사면 붕괴 원인 중 하나라고 단정지을 수는 없다. 차후 보다 자세한 분석을 통해 A 절토사면에서 관찰된 녹니석이 팽윤성의 특징을 보이는지 판별할 수 있을 것이다.

## 4. 토의 및 결론

그동안 절토사면에 관한 조사 및 연구에서 절토사면을 구성하고 있는 암반 및 풍화물의 광물의 특징에 대해서 비중 있게 다뤄지지 않았다. 절토사면 풍화물의 광물 분석을 통해 풍화 광물의 조성을 파악하면 절토사면의 풍화도를 정량적으로 평가할 수 있을 것이다. 또한 절토사면 붕괴의 원인에 대해서도 보다 심층적인 분석이 가능할 것으로 판단된다.

최근 X-선 회절 분석 기술의 발달로 정량분석이 가능해졌고 이를 통해 광물 감정뿐만 아니라 광물의 함량비 측정이 가능하게 되어 다양한 분야에 활용되고 있다. 절토사면 내 풍화광물의 함량을 정량적으로 측정하여 자료를 축적할 경우 절토사면 위험도 작성의 한 방법으로 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

그동안, 현장에서 측정하는 풍화도는 주로 물리적인 성질에 의해 규정되기 때문에 화학적인 성질이나 광물 자체의 특성을 과소 평가하는 경향이 있다. 그러나, 우리나라 절토사면의 상당 부분이 화강암임에도 불구하고 풍화도가 다른 것은 2 차적으로 형성되는 풍화산물의 영향 때문으로 판단된다.

따라서, 이에 대한 연구가 앞으로 계속 수행된다면 절토사면의 풍화를 해석하는데 있어 새로운 모델을 제시할 수 있을 것으로 사료된다.

## 5. 참고문헌

1. 구호본, 백용, 김규한, 김현경, 김교원(2000), “일반사면 붕괴 원인분석과 대책방안-충청북도 보은군 피반령 일대 사면붕괴사례”, 대한지질학회 2000년도 추계공동학술발표회, p. 105
2. 황진연, 김종열, 김재영(1995), “경상북도 달성군 논공면 일원에서 발생된 산사태의 원인”, The Journal of Engineering Geology, Vol.5, No.3, December, pp.249-258
3. 황진연, 엄정기, 이효민, 윤지혜(2004), “도로 절취사면의 붕괴양상과 점토광물의 산출상태”, 한국암석학회·한국광물학회 2004년 공동학술발표회, p74