

# 사면파괴 사례와 안정화 대책

이창섭<sup>1)\*</sup> · 이병욱<sup>1)</sup>

## 1. 서 론

합리적인 사면안정화 대책을 수립하기 위해서는 암석학적인 특성과, 지질구조, 풍화특성 등을 종합하여 사면파괴의 원인에 대한 규명이 필요하다. 본 고에서는 층리, 절리, 엽리, 단층 등의 지질구조, 열수변질 등의 다양한 지질적 요인에 의하여 발생할 수 있는 사면파괴와 보강사례를 소개하고, 사면파괴 원인을 규명하였다.

## 2. 본 론

### 2.1 층리면에 직접적으로 작용하는 수압에 의한 파괴

사면의 인장균열과 미끄러짐 면에 작용하는 수압은 사면의 안정성에 결정적인 영향을 끼친다. 퇴적암으로 구성되는 사면의 배후에 단층 등의 인장균열이 발달하고 암반이 이완되거나 불연속면의 틈새가 열려있는 경우 우기시나 집중 호우시에 지표수는 쉽게 사면내부로 침투하여 인장균열과 층리면에 수압이 작용하여 상대적으로 큰 규모의 평면파괴가 발생한다. 이때 사면 하부에 치밀한 암반이 분포하는 경우 치밀한 지층이 불투수층으로 작용하여 경계를 이루는 층리면을 따라 파괴가 발생한다.

### 2.2 층리에 규제된 평면파괴

퇴적암의 층리는 연속성을 갖는 불연속면으로서 층리면을 따른 평면파괴는 흔히 발생할 수 있는 파괴사례로서 특히 층리면에 층간의 점토가 협재 될 경우에는 더욱 그러하다. 층리면에 협재되는 점토는 풍화에 취약하거나 지하수와 쉽게 반응하는 장석이나 방해석등으로 부터 형성된다. 교결물질로 방해석이 다량 포함되거나, 박층의 장석질사암(arkose)이 협재되는 경우, 응회질 성분이나 석회질성분이 풍부한 엽층이 발달하는 경우에는 이로부터 층간점토층이 형성되고 사면파괴는 이러한 취약면을 따라 발생한다.

### 2.3 단층에 규제된 파괴

단층은 상대적으로 큰 규모의 불연속면으로서 단층면은 대체로 연약하고 풍화가 진전되어 나타나며 지하수의 누수통로가 된다. 단층은 파쇄대를 수반하거나 단층활면, 단층점토, 단층각력암 등이 발달되는데, 단층점토는 단층운동시의 파쇄작용에 의해 형성되거나, 단층면을 따른 열수변질작용 또는 지하수의 작용에 의해 형성된다. 단층면상의 단층점토, 단층활면, 파쇄대등은 강도정수가 낮아 쉽게 활동파괴가 발생하거나 변이가 발생한다.

### 2.4 엽리에 규제된 파괴

변성암에서의 엽리(foliation)는 편마구조(gneissosity), 편리(schistosity), 벽개(cleavage)등을 포함하는데 엽리에 의한 사면파괴 사례는 흔히 관찰되며 엽리가 교란되지 않고 일정한 방향으

---

주요어 : 사면파괴, 안정화대책, 층리, 절리, 엽리, 단층, 열수변질

1) (주)동해이엔지 (donglcs@chol.com)

로 연속적으로 발달할 때 사면의 파괴 가능성은 더욱 높다. 편마암 분포지역의 경우 주로 흑운모로 구성되는 우흑대(melanocratic band, melanosome)는 판상의 광물로 구성되며 상대적으로 쉽게 풍화되어 누수통로가 되거나 사면 파괴면으로 작용을 하며, 석영, 장석으로 구성되는 우백대(leucocratic band, leucosome)도 풍화에 약한 장석이 다량 포함되는 경우 점토화 되어 취약한 면이 된다. 편암, 천매암, 점판암에 발달하는 편리나 벽개 등은 흑운모, 백운모, 녹니석등의 판상 광물이 형태 정향배열을 이루는 것으로, 판상의 광물이 평행배열함에 따라 엽리에 규제된 사면파괴가 쉽게 발생한다.

## 2.5 열수변질작용의 영향을 받은 파괴

마그마 분화작용의 후기나 화산활동시 화성암체로부터 기원된 잔류용액은 수증기와 휘발분이 풍부하며, 이로부터 열수용액(hydrothermal solution)이 형성되고 열수는 주변의 암석과 쉽게 반응하여 열수변질작용(hydrothermal alteration)을 진행시킨다. 열수변질작용시 열수의 침입으로 재결정작용이 진행되어 암석의 투수성이 높아지고 탈색과 새로운 광물이 형성된다. 대표적인 열수변질작용으로 이질화 작용(argillization), 견운모화 작용(sericitization), 황철석화 작용(pyritization), 녹니석화 작용(chrolitization) 등이 있으며 이러한 작용은 암석의 색, 조직, 화학적 변화 등을 초래하고 공극을 증가시켜 암석을 약화시킨다. 열수변질작용은 파쇄작용도 동반하므로 열수변질작용이 진행된 곳은 쉽게 풍화되고 다량의 점토광물과 변질광물이 포함되어 낮은 강도정수를 유지하므로 사면파괴에 취약하다.

## 2.6 상이한 지층 경계부에서의 파괴

상이한 지층이 접촉하는 경우는 단층, 부정합, 관입 등에 의할 수 있으며, 구조적인 접촉이 아니더라도 단순히 퇴적상의 변화나 퇴적환경의 변화에 의해 다른 종류의 암석이 접촉할 수 있다. 이 경우 접촉하는 암 사이에는 풍화에 대한 저항도나, 강도, 투수성 등의 차이가 있을 수 있으며, 그 결과 취약한 지층에 국한되어 사면파괴가 발생할 수 있다. 상이한 암석이 접촉하는 구간에서 풍화작용이 진전되어 사면 전체가 토사사면으로 분포하는 경우에 단순히 토사사면으로 간주하고 지질분포의 변화를 간과하는 사례가 빈번하다.

## 2.7 잔존 불연속면에 규제된 토사사면의 파괴

토사사면은 크게 성토사면과 절토사면으로 구분 가능하며 절토사면의 파괴는 표층유실(파괴), 원호활동파괴, 토석류 산사태 등으로 구분된다. 절토사면의 파괴유형 중 흔히 원호활동파괴로 분류되는 파괴는 최소 안전율을 갖는 임의의 임계 활동면에서 사면파괴가 발생하는 것으로 간주되어 지표지질조사를 소홀히 하는 경우가 빈번하다. 실제 상당수 토사사면의 파괴는 풍화과정에서 토사사면 내에 잔존되어 분포하는 단층, 절리, 엽리 등의 잔존 불연속면에 규제되거나 파쇄작용, 변질작용 등에 규제되어 발생한다.

## 2.8 선행 활동성 운동과 관련된 파괴

과거 선행 활동성 운동(previous landslide)이 진행된 곳은 일정 층준을 경계로 그 상부의 암반이 이완, 파쇄되고 교란되어 분포하며 이러한 현상은 풍화작용에 의해 더욱 심화된다. 그러나 이러한 지역에서 사전에 거동이 진행되었던 상부 암반은, 단순히 원 지반을 구성하는 암반의 상부 풍화대구간으로 해석되는 경우가 일반적이다. 이러한 구간은 선행 전단운동에 의해 전단강도를 거의 상실하여 취약한 상태로 분포하므로 사면의 안정해석시 주의를 요한다.

### 3. 결 론

사면의 파괴는 다양한 지질적 요인에 의해 발생하며 사면안정화 대책을 수립하기 위해서는 사면을 구성하는 기반암의 암석학적인 특성과, 지질구조, 변질작용, 풍화특성 등에 대한 이해가 필요하다. 따라서 합리적이고 경제적인 사면안정화 대책을 수립하기 위해서는 사면파괴 원인에 대한 정확한 규명이 필요하며, 이를 바탕으로 보강범위와 방법이 선정되어야 한다.