

암반사면의 붕괴와 극복사례

Case Histories of Rock Slope Failure and Restoration

노병돈 · 박완서

Ro, Byung Don · Park, Wan Seo

Abstract

Usually, cut-slope is the term that call rock slope. Therefore, the cause of instability of cut-slope is influenced generally in lithological and structure geological qualities including weathering disintegration.

Through the several case studies, we could confirm that stabilization countermeasure also should be based in geological properties.

key word : rock slope, cut-slope

1. 서언

암반사면이라 함은 자연적인 암반으로 구성된 경우도 있을 수 있지만 여기에서 다루는 범주는 일반적으로 암반에 대한 절취사면을 지칭한다. 따라서 암반사면 불안정성의 요인은 풍화작용을 포함하는 암석학적 특성, 지질구조적 특성 등에 대체로 좌우되며 불안정 사면의 안정화대책 역시 이러한 지질학적 특성에 근거하여야함은 주지의 사실일 것이다.

최근 십여 년간 암반사면의 조성시 혹은 공용중에 발생한 붕괴사례들에서 그 원인을 구명, 분류하고 체계적이고도 합리적인 암반사면 안정화 대책수립을 위한 제반연구의 진행 중 특히 지질학적 요인에 의한 전형적인 붕괴사례들 중 일부를 본고에 소개 한다. 아울러 최종 안정화 대책안 및 그 적용에 있어 필자의 판단과 무관하게 처리된 현장이 있을 수 있고 더욱이 원인 구명에 있어 전문가간의 이견이 있을 수 있음을 지면을 통해 밝혀둔다.

2. 암석학적 특성

2.1 맥암의 풍화

맥암(dyke rock)은 성인적 특성상 모암과는 광물학적, 암석학적 특성을 달리하는 경우가 많으며 특히 풍화양상의 차이로 인한 사면 불안정성을 초래하는 예가 빈번하다. 또한 열수세맥(hydraulic vein)의 풍화는 박층의 불투수 불연속면을 형성한다는 점에서 각별한 주의가 요구되는 특성이다.

o 현황

- 도로사면으로 중생대 백악기 역암 및 역질사암, 조립사암으로 구성되며 구배완화 작업 중 이차붕괴 발생

o 붕괴원인

- 퇴적암의 층리면이 굴착방향에 평행하고 22~26° 하향 경사하여 잠재적 평면파괴 유형

- 사면 중앙부를 관입한 중성 맥암류의 극심한 풍화와 사면에 직교, 직립한 열수세맥의 풍화에 의한 이완

- 점토화된 열수세맥의 불투수성으로 포화시 블록간 결속력 저하

o 대책안

- 선단부 앵커지지 및 구배완화안 검토 중

* 정회원·삼성물산 건설부문 TA 팀 전문위원·E-mail:engeo@naver.com

** 정회원·삼성물산 건설부문 건축기술팀 대리



그림 1. 굴착중 사면 전반 붕괴 발생



그림 2. 맥암 및 열수세맥 풍화대 붕락

2.2 암종 경계에서의 붕괴

지질학적 암종의 경계는 엄밀히는 공학적 의미가 없는 경우도 허다하지만 공학적 의미를 부여할 수 있는 불연속성, 특히 풍화양상의 불연속성, 투수특성의 불연속성, 강도특성의 불연속성 등의 원인이 되는 암종 경계는 흔히 사면붕괴를 유발한다. 특히 화성암과 퇴적암의 경계와 같이 성인적 특성이 확연히 다른 암종간 경계는 이들의 풍화특성, 강도특성의 차이로 인하여 뚜렷한 공학적 불연속성을 갖기도 한다. 또한 동일한 성인적 특성을 갖더라도 암석 고유의 화학조성 차이는 역시 풍화특성과 강도특성을 달리할 수 있다는 점에서 노출암에서는 유의해야할 점이다.

○ 현황

- 시공중 도로사면으로 중생대 백악기 화산암류인 용회암으로 구성되며 집중호우에 의한 수차례 붕괴

○ 붕괴원인

- 서로 다른 종류의 용회암 경계에서 붕괴 발생(침투수의 원활한 배출장애가 원인)
- 상위의 안산암질용회암(andesitic tuff)이 하위의 유문암질용회암(rhyolitic tuff)에 비해 더 신속한 풍화로 토사화 하여 안산암질용회암을 투과한 지표수가 피상의 유문암질용회암 경계부에서 집적되면서 상반암괴의 이완 및 붕괴 발생

○ 대책안

- 상반암류에 대한 구배완화 및 억지말뚝공법 적용



그림 3. 굴착중 산마루측구에 인장균열 발생

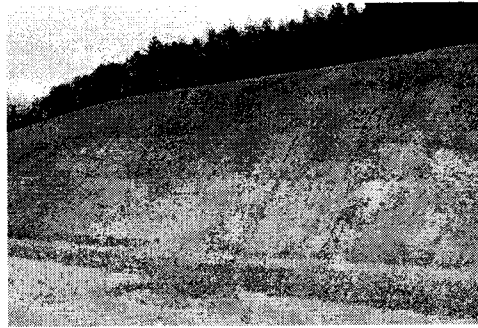


그림 4. 안산암질용회암(암색)과 유문암질용회암(담색)

2.3 풍화특성

암석과 암반의 풍화양상은 이들의 성인적 특성과 직접 관련이 있는데 특히 퇴적암류의 건습반복과 같은 기계적풍화는 장기적 사면안정에 영향을 미친다.

○ 현황

- 시공중 양수발전댐 담수부 사면으로 중생대 백악기 경상계 퇴적암류로 구성

- 층리면이 담수지층으로 경사하여 강우시 소규모 평면파괴 발생
- o 문제점 및 사면불안정 원인
 - 양수발전댐 공용시 담수와 방류의 지속적인 반복으로 cyclic loading에 의한 피로강도 저하 우려
 - 사암과 세일, 박층의 이암이 호층으로 발달하여 건설 반복에 의한 급격한 slaking 현상 우려
- o 대책안
 - 수위변동구간에 대한 지압형용벽과 어스앵커 시공 및 상시 노출부에 대한 호안블럭 적용



그림 5. 발전댐 담수부 : 층리면 따른 평면파괴

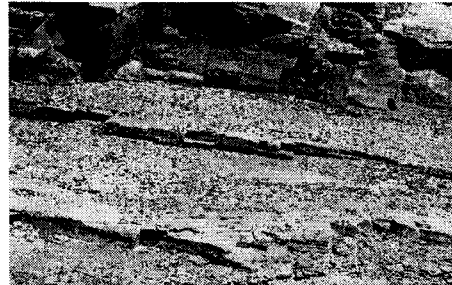


그림 6. 사암층내에 협재하는 세일층의 풍화

3. 지질구조적 특성

3.1 M-fold의 붕괴

습곡구조와 직접 관련된 암반사면의 붕괴사례는 흔치 않은 경우이나 절취부 정상에서 나타나는 “M” type 습곡은 사면안정에 영향을 미칠 수 있다. “M” type 습곡은 배사습곡의 측부에서 형성되는 이차습곡 구조라 할 수 있는데 향사습곡의 측부에서 형성되는 “W” type 습곡에 비해 지표에 잘 노출되는 편이며 통상 켜기파괴나 평면파괴를 유발한다.

사례

- o 현황
 - 경기편마암복합체의 편마암으로 구성되며 능선 정상부의 배사습곡 구조에서 수차례 반복붕괴 발생
- o 붕괴원인
 - 절취사면 정상에서 나타난 “M” type 습곡은 중앙 곡부의 엽리면을 따라 켜기파괴 발생
- o 대책안
 - 측부 상향 플린지가 지표와 만나는 지점까지 연쇄붕괴 발생을 유도, 혹은 활동예상 토괴에 대한 억지공

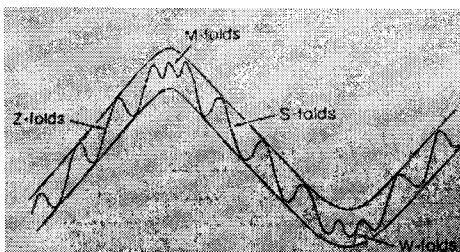


그림 7. 층간습곡의 명칭



그림 8. “M” type 습곡 측부에서의 붕괴

3.2 Domino Fault에 의한 사면붕괴

동일계열의 단층군은 대체로 그 특성이 유사하지만 파쇄정도, 협재 충전물 특성, 이차적인 풍화양상 등에 따라 달리 나타난다. 특히 이들이 절취사면에서 확인될 경우 조치에 있어 각기 다른 선택이 필요할 수 있다.

○ 현황

- 도로사면으로 선캠브리아기 편마암복합체로 구성되며 동일계열 단층군이 노선방향에 평행하게 발달

○ 붕괴원인

- 동일계열 단층군의 방향이 노선방향에 평행하고 도로측으로 하향 경사하여 평면파괴 우려

- 중앙블럭의 경우 하반은 박층의 단층점토를 협재하여 비교적 견고한 반면 상반은 10~20cm 두께의 미고결 단층각력을 협재하여 자립불능 현상을 보임

○ 대책안

- 단층각력 상반 블록은 자립불능 이므로 절취를 통한 제거

- 단층점토로 접하는 하반블럭과는 록볼트 보강

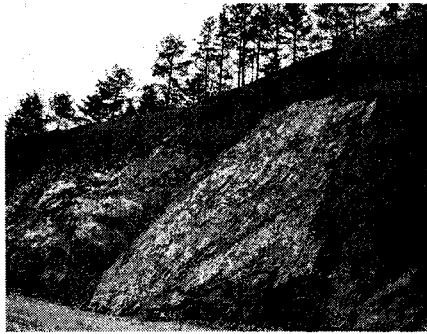


그림 9. 동일계열 단층이 수매 발달

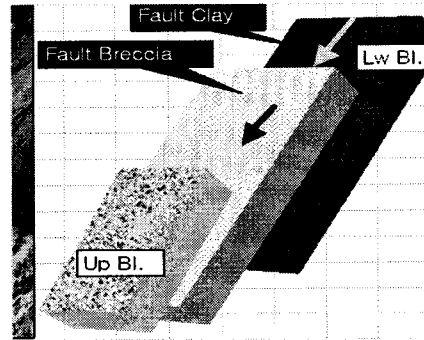


그림 10. 블럭간 상이한 협재물

4. 결론

이상의 사례에서 보듯이 암반사면의 안정성은 그 특성상 구성물질, 즉 암석과 암반의 특성에 크게 좌우됨을 알 수 있다. 따라서 암반사면의 안정성 검토는 구성재료의 성인적 특성, 현재 환경에서의 풍화특성 등을 고려하여 수행되어야 하고, 안정화 대책 역시 이들 특성을 고려하여 결정되어야함을 보여준다.

또한 암석과 암반에 대한 조사방법의 표준화와 취득 자료의 정량적 처리 등과 같은 노력을 통하여 지질학적 정보에 공학적 가치를 부여하고 공학적지질조사의 질적 수준 향상을 위한 연구개발의 필요성을 확인할 수 있다.

참고문헌

1. 노병돈 (2006). "암반사면의 붕괴와 극복" '06 대한지질공학회 위커샵
2. 노병돈 (2006). "상부사면 구조물과 사면안정" '06 한국지반공학회 재해대책위원회 학술논문발표회