

절토사면 소단부의 취약성으로 인한 붕괴 사례 연구

A case study additional slope failure caused by a bench failure

김용수¹⁾, Yong-soo Kim, 나광희²⁾, Kwang-Hee NAH, 신창건³⁾, Chang-Gun Shin,
심정훈⁴⁾, Jeong-Hoon SHIM

1) 한국시설안전기술공단 기술개발실 과장, Manager, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

2) 한국시설안전기술공단 기술개발실 연구원, Researcher, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

3) 한국시설안전기술공단 기술개발실 차장, Vice director, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

4) 한국시설안전기술공단 기술개발실 연구원, Researcher, Dept. of Technical Development, Korea Infrastructure Safety & Technology Corporation

SYNOPSIS : The bench of cut-slope is necessary to stabilizing. But it is possible to be a weak zone in slope. When a small scale failure is occurred in a bench, it influence a large scale failure of slope. So when it is found out any unstable factor, weathering of rock, a direction of joint in a bench, if the bench is reinforced suitably, the holly failure is prevented in cut-slope

Key words : bench, weak point, unstable factor, reinforce

1. 서 론

절토사면의 붕괴원인은 지형조건이나 풍화도, 지질구조 등 매우 다양하며 이들이 복합적으로 작용하여 발생하게 된다. 특히 암반사면 내에 발달해 있는 불연속면의 조건이 가장 주요한 원인이므로 불연속면의 조사내용을 토대로 설계 및 안정성검토를 실시하게 되며, 붕괴는 역학적으로 가정되는 안정조건을 벗어날 경우 발생하는 것으로 평가한다(황영철, 2002). 그런데 이러한 붕괴원인이 사면에 내재되어 있으나 사면의 붕괴를 유발시킬 수 있을 만큼 충분한 조건을 만족시키지 않는 경우에는 사면이 붕괴되지 않을 수도 있다. 그러나 붕괴원인이 전반적인 사면붕괴를 유발시키지 못할 정도의 불충분한 조건이더라도 절토사면에서 가장 취약한 부분에 우선적으로 작용될 경우, 국부적인 붕괴에서 사면 전체에 걸친 대규모 붕괴가 발생할 가능성이 있으며, 이 경우 부분적인 보강이 선행되면 대규모의 붕괴로 이어지는 것을 막을 수 있을 것으로 판단된다.

2 사면의 파괴유형

2.1 절토사면의 붕괴 유형

절토사면의 붕괴는 크게 slide(원호파괴, 표층파괴)와 같은 연속체적 붕괴와 평면/췌기파괴와 같은 단열

구조에 의한 붕괴로 나눌 수 있다. 연속체적 붕괴는 주로 지반이 비교적 연약한 토층 지반에서 발생되며, 단열구조에 의한 붕괴는 절리나 단층과 같은 단열구조가 발달된 암반사면에 주로 발생된다(장현식 2004).

- slide : 지반이 매우 약하거나 절리의 발달이 아주 심한 파쇄암반에서 원형 혹은 비원형의 경로를 따라 발생하는 연속체적 활동파괴 (원호파괴, 표층파괴 등)
- 표층유실 : 표층이 우수나 기타 풍화현상에 의해 침식, 박락되는 현상
- 평면/췌기파괴 : 사면경사방향과 동일한 방향을 가지고 있는 불연속면이나 두개의 불연속면 조합에 의해 발생하는 암반붕괴
- 낙석 : 전단력이 작용하지 않는 표면을 따라 흙 또는 암석이 이탈되는 현상
- 토석류 : 사면내부나 계곡부에서 공간적으로 연속적인 운동에 의해 발생하는 유동 형태의 붕괴

2.2 절토사면 소단부에서의 파괴 유형

2.2.1 소단의 역할

사면에서 소단은 절토사면에서 발생하는 낙석의 포획 및 운동에너지 감소, 상재하중의 저감 등의 효과를 얻을 수 있으며, 절토사면에서는 흙쌓기의 안정성을 높이고 비탈면에 흘러내리는 물의 유속을 늦추는 한편, 우수의 침수면적을 줄여 침식이 심하게 되는 것을 사전에 방지하기 위하여 설치한다. 소단 설치의 높이 및 폭은 유지관리용 통로, 작업대 기능, 비탈면 보호공의 기초 설치를 위한 여유 및 배수시설 등을 고려하여 필요한 폭으로 확장할 수 있다.

3. 사례 연구

3.1 경기도 가평일대의 절토사면

연구대상 절토사면은 경기도 가평군에 속하며, 남양주 방향의 국도 46호선 상에 위치하고 있다. 대상 절토사면의 규모는 연장 약 120m, 최대높이 약 25m, 경사 35~60°(경사방향 : 060°), 상부자연사면은 0~10°의 경사로 이어진다. 본 절토사면은 암사면으로서 사면을 구성하고 있는 암석은 엽리가 잘 발달된 편마암으로 구성되어 있으며, 전경사진은 그림 3.1.1이다.



그림 3.1.1 연구대상 절토사면의 전경

본 절토사면은 절취 공사가 완료된 후 보강공법으로 록볼트가 시공되기 전에 붕괴가 발생한 사면으로서 붕괴 규모는 폭이 약 15m, 높이 약 20m, 깊이 약 1~2m 정도이다. 붕괴가 발생한 소단 하부에는 사면방향과 유사한 방향성을 갖는 불연속면의 끝단이 사면에 노출되었으며, 평면파괴를 유발시킬 수 있는 조건을 갖는 이 불연속면에 의해서 소단부에서 파괴가 발생한 것으로 판단된다. 또한 소단부 파괴로 인하여 하부지지력이 상실된 상부지반의 침하 및 인장균열이 연쇄적으로 발생됨으로써 사면의 전반적인

붕괴를 초래한 것으로 판단된다. 현재, 절토사면 우측부에 daylight가 관찰되며 노출된 불연속면의 끝단부에서 부분적으로 소규모 파괴가 발생되어 유사한 형태의 붕괴가 추가적으로 발생할 가능성이 높은 것으로 판단된다(그림 3.1.2).



그림 3.1.2 붕괴구간 전면 및 사면의 우측부

3.2 경상남도 거창일대의 절토사면

연구대상 절토사면은 경상남도 거창군에 속하며 거창방향의 국도 3호선 상에 위치한다. 대상 절토사면의 규모는 연장 약 164m, 최대높이 약 45m, 경사 40~60°, 상부자연사면은 약 5°의 경사로 이어진다. 본 절토사면은 암사면으로서 사면을 구성하고 있는 암석은 화강암이며, 전경사진은 그림 3.2.1이다.



그림 3.2.1 연구대상 절토사면의 전경

본 절토사면은 도로의 선형개량을 위해서 사면을 절취 한 후 상단부는 표면보호공이 시공되었으나 하단부는 보강공법이 적용되지 않은 사면으로서, 폭이 약 16m, 높이 약 28m, 깊이 약 1.5m의 규모로 파괴가 발생되었다. 지반의 풍화도는 보통풍화에서 심한풍화의 양상을 보이며 상대적으로 상단부보다 하단부의 사면경사가 더 급하다. 사면 중앙부에는 썩기파괴를 유발시킬 수 있는 절리가 발달하였으며 하단부에 위치한 소단의 끝부분에서 썩기파괴가 발생되었고, 이와 유사한 방향성의 절리군을 포함하는 상단부 지반이 하부지지력의 상실로 인하여 상부 지반으로 썩기파괴가 진행된 것으로 판단된다(그림 3.2.2).



그림 3.2.2 붕괴구간 전면 및 측면

3.3 경기도 김포일대의 절토사면

연구대상 절토사면은 경기도 김포시에 속하며, 강화 방향의 국도 48호선 상에 위치하고 있다. 대상 절토사면의 규모는 연장 약 460m, 최대높이 약 51m, 경사 38~62°(경사방향 : 256~332°), 상부자연사면은 28°의 경사로 이어진다. 본 절토사면은 암사면으로서 퇴적변성암으로 구성되어 있으며, 전경사진은 그림 3.3.1이다.



그림 3.3.1 연구대상 절토사면의 전경

본 절토사면은 대규모의 붕괴가 발생되지는 않았으나 사면안정화 공법이 적용된 후 시간이 지남에 따라 절리의 이완 및 암반의 풍화도가 높은 부분에 국부적인 표층유실로 인한 소단부 파괴가 발생되었다. 소단의 상·하단부로 표층파괴 및 표층유실이 진행됨에 따라 발생하는 낙석 및 유실물 등의 양이 증가함으로써 낙석방지망에 적체되는 양도 증가하게 되어 낙석방지망이 파손될 가능성이 있으며, 낙석방지망이 파손될 경우 적체되었던 다량의 토사 및 낙석의 유출로 인하여 차량통행 장애 및 인명 피해가 발생할 가능성이 있을 것으로 판단된다(그림 3.3.2).



그림 3.3.2 소단부 표층파괴에 의한 토사유실 및 낙석발생

4. 결론

본 연구를 통하여 소단부와 같이 절토사면에서 취약한 구간에서 발생하는 소규모 붕괴가 사면의 전반적인 불안정성을 초래할 수 있다는 위험성을 인식할 필요가 있다고 판단된다.

절토사면에서 소단은 사면의 안정성을 증가시키기 위해 설치되어야 한다는 필요성은 누구도 부인할 수 없다. 하지만 그 소단부가 사면에서 취약한 부분으로 작용될 수 있으며, 심지어 소단부에서 발생하는 국부적인 파괴로 인하여 주변 지반으로의 연쇄적인 붕괴를 유발시키므로 결국 대규모의 붕괴가 발생할 가능성이 있다는 것을 사례연구를 통하여 알 수 있었다. 따라서 절토사면 생성시 지반 및 불연속면의 상태를 고려하여 소단부에서 소규모의 위험성이라도 인지될 경우, 초기에 적용되는 적절한 소단부 보강으로서 차후에 발생할 수 있는 예상치 못한 대규모의 붕괴를 사전에 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 황영철(2002), “국내 붕괴특성을 고려한 암반사면의 평면파괴 조건 연구”, 지질공학회, Vol. 12, No. 3 pp.295~303
2. 장현식(2004), “집중강우시 발생하는 절토사면 붕괴의 특성 연구”, 한국지반공학회, 2004 봄 학술 발표회 초록집, pp.64~64