

화강암 분포지역 대절토 도로 비탈면의 시공 중 붕괴 및 대책 사례 연구

Case Study on the Slope Failures and Countermeasures of Large-scale Road Cut Slopes Composed of Granite

김준호 토목기술팀 과장 / jykim@ssyenc.com 김창수 토목기술팀 차장 / conshot@ssyenc.com
최재호 토목기술팀 차장 / 토집및기초기술사 / soilplug@ssyenc.com

산악지형이 많은 우리나라는 도로 신설·확장, 택지개발 등의 국토개발에 의해 대규모 절토 비탈면이 형성되는 경우가 많다. 국내 도로변 절개 비탈면에 대한 조사 및 분석 결과, 절개 비탈면의 약 75% 이상이 암반 비탈면으로 구성되어 있고, 위험 절개 비탈면의 79%가 암반 비탈면으로 구성되어 있다(백용 외, 2000). 이러한 암반 비탈면은 구성 암종의 지질공학적 특성에 큰 영향을 받는다. 한반도에 분포하고 있는 암종 중 화강암의 분포 지역은 약 40~50%를 차지하고 있으며, 한반도에 분포하는 화강암체는 지체구조 운동의 영향으로 다양한 형태의 단층, 절리들이 발달하여 불연속면들을 만들고 있다(이병주, 2008).

본 연구에서는 국내 넓은 지역에 걸쳐 분포하고 있는 화강암을 대상으로 한 비탈면 안정 검토 사례를 소개하고자 한다. 연구대상은 경상북도 봉화군 일대의 화강암이 분포하는 국도 비탈면으로서, 시공 중 불연속면에 의한 평면 및 썩기 파괴, 풍화에 의한 원호파괴 및 세굴이 발생하였고, 추가적인 비탈면 파괴가 예상되는바, 정밀한 비탈면 조사와 분석을 통하여 항구적인 안정대책을 강구하고자 하였다.

기존 연구 사례에 의하면 화강암은 풍화작용을 받으면 장석이 먼저 풍화되고 석영 알갱이들이 많이 남아 소위 마사토(화강풍화토)라 불리는 모래와 같은 토사로 변한다. 이 과정에서 화강암은 풍화작용을 받으면 지표의 경사와 거의 평행하게 풍화작용이 발생함에 따라 생성되는 바리구조(Exfoliation)가 발달한다. 이에 따라 풍화토와 암반과의 경계면을 따라 우기 시 비탈면 붕괴가 발생하기도 한다. 그 외 화강암은 암반 내에 발달하는 절리나 단층을 따라 풍화면이 지하로 가면서 매우 불규칙하다. 또한 불연속면의 발달 특성은 판상절리 및 수직절리가 우세하여 판상절리에 의한 평면파괴 및 수직절리에 의한 전도파괴의 가능성이 크며, 상부 토층의 경우 석영질이 많이 혼입된 자갈 내지 모래질을 함유하여 빗물에 의해 유실될 가능성이 크다고 보고되고 있다. 화강암으로 구성된 본 연구대상 비탈면 역시 기존 연구 사례와 마찬가지로 다양한 풍화 및 붕괴 특성을 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

대상 비탈면은 흑운모화강암 및 복운모화강암이 주로 분포하고 부분적으로 엽기성 암맥이 발달하고 있으며, 지질구조적으로는 다양한 방향의 단층이 다수의 개소에서 발달하고 있다.

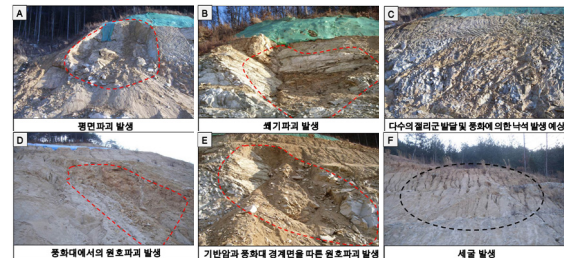
대체로 비탈면 상부에는 완전풍화(C.W)~심한풍화(H.W) 상태의 화

강풍화토가 넓게 분포하고 있으며, 비탈면 하부에는 보통풍화(M.W)~약간풍화(S.W) 상태의 화강암 암반이 노출되어 있다. 토사구간의 경우 세굴 및 원호파괴, 암반구간의 경우 불연속면을 따른 평면 및 썩기 파괴 양상 등을 보이고 있으며, 추가적인 파괴가 예상되는 불안정한 비탈면을 형성하고 있다.

시공 중 불연속면에 의한 중·소규모의 평면 및 썩기 파괴가 발생된 절토 비탈면을 대상으로 정밀지표지질조사를 통해 비탈면의 지층분포 상태, 암종, 지질구조, 불연속면 발달상태 및 붕괴현황 등을 조사하였고 이를 비탈면활동 원인 분석 및 안정성대책 선정을 위한 기초 자료로 활용하였다.

비탈면 안정대책은 지표지질조사 및 안정성해석 결과, 단층면과 절리에 의한 추가적인 평면 및 썩기 파괴가 예상되는 등 불안정한 비탈면을 형성하고 있으므로, 제1비탈면의 경우 발파암층 비탈면 경사를 1:0.5에서 1:0.7로 완화하거나 Soil Nailing 공법 적용방안을 제안하였다. 제2 및 제3비탈면 구간은 절리면을 따른 평면파괴 및 단층과 절리의 교차에 의한 썩기파괴가 예상되므로 비탈면의 경사를 1:1.0~1:1.2로 경사안화 함으로써 절리 및 썩기교선을 따른 추가적인 붕괴발생 가능성을 원천적으로 배제하고자 하였다.

[그림 1] 화강암으로 구성된 비탈면의 유형별 붕괴 사례



※ 원본논문
박부성, 조현, 김준호, 김창수, 최재호 (2018), “화강암 분포지역 대절토 도로 비탈면의 시공 중 붕괴 및 대책 사례 연구”, 제11회 한일 산사태 공동 심포지움 논문집, pp.121~130