

안동시 ○○지역 암반사면의 안정해석에 관한 연구

A Study on the Stability Analysis of Rock Slope located near Andong-si

박성권* · 김기범** · 정동영*** · 이윤규*** · 백승철****

Park, Sung Kwon · Kim, Ki Bum · Jung, Dong Young · Lee, Yoon Gyu · Baek, Seung Cheol

Abstract

Rock slope had been slope failure due to geological and physical things over time. In this paper, it discusses rock slope stability analysis which was concerned about additional slope failure located near the Andong-si. Initially, achieved basic geological investigation and field test about rock slope, examine the stability of rock slope by doing limit equilibrium method and stereographic projection about 5 slopes.

Key words : rock slope, slope failure, limit equilibrium method, stereographic projection

1. 서론

도로 시공에 의한 절토사면의 경우 설계 시에는 피복되어 있는 암반 내에 발달한 층리, 단층, 절리 등과 같은 불연속면의 특성을 정확하게 파악하기 힘들어 각 지층별로 대표적인 절취사면의 경사를 일반적으로 적용하고 있다. 그러나 암반 절토사면의 안정성은 신선암(intact rock)의 강도보다는 불연속면의 주향, 경사 및 강도특성에 의하여 큰 영향을 받으므로, 설계기준에 따라 시공이 이루어져도 사면이 불안정해지는 경우가 발생하게 된다. 그리고 자연사면의 경우에는 시간이 경과함에 따라 우수와 강우강도, 암석의 종류, 풍화상태, 사면방향, 자연사면의 형상, 동결 융해 등의 영향에 따라 불연속면이 확장되거나 약해져서 사면이 불안정해지는 경우가 발생하게 된다. 본 연구대상지역은 사면 형성 후 오랜 시간이 경과함에 따라 지질학적 및 물리적 요인에 의해 사면이 부분적 붕괴되고, 추가 붕괴가 우려되는 지역으로 총 5개소에 대해서 평사투영법과 한계평형해석으로 사면안정성 해석을 실시하였다.

2. 연구대상지역

본 연구대상지역은 안동시 00번 지방도 구간으로서, 그림 1에서와 같이 대부분 암반으로 구성되어 있고 암반 상부에 토사가 일부 피복하고 있는 상태이다. 대상사면은 연장 80m, 사면고 25m 정도로서, 육안으로 관찰된 사면의 파괴형태는 전도파괴, 평면파괴 또는 원호파괴가 발생한 것으로 판단되며 연구대상사면에서 추가적으로 전도파괴, 평면파괴, 원호파괴 등과 같은 사면 파괴가 발생할 가능성이 높은 것으로 판단된다.

* 비회원 · 안동대학교 토목공학과 · 석사과정 · E-mail : sung-kwon@nate.com
** 비회원 · 안동대학교 지구환경과학과 · 박사과정
*** 비회원 · 건동대학교 토목공학과 · 교수
**** 정회원 · 안동대학교 토목공학과 · 교수

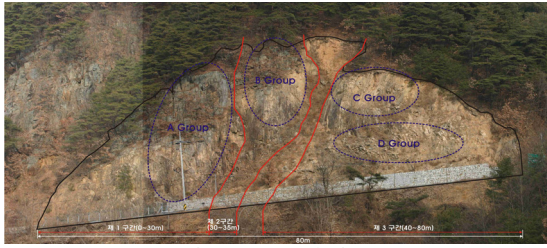


그림 1. 연구대상지역

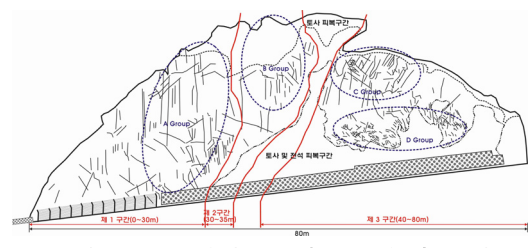


그림 2. 연구대상지역의 불연속면 현황

3. 지표지질조사

연구대상사면을 3구간 4개소로 각각 나누었으며, 주 절리군은 $N10^{\circ}\sim 50^{\circ}W$ 방향으로 4개 group이 대체로 일치하고 있으며 부 절리군은 $N40^{\circ}\sim 60^{\circ}E$ 방향과 $N80^{\circ}\sim 90^{\circ}W$ 방향으로 일부 분포하고 있었다. 3구간 모두 절리의 경사가 약 $70\sim 90^{\circ}$, A group의 경우 일부 절리는 100° 까지 나타나는 등 전반적으로 경사가 급하게 나타났다. 또한 절리군(파쇄대)이 형성되어 있는 부분이 있으며 절리 간극은 1cm 미만의 틈새형과 1~5cm의 open형이 분포하고 있고 일부 간극에는 토사가 유입되어 충전되어 있거나 심한 풍화상태로 조사되어 추가 붕괴 가능성이 있을 것으로 판단되었다.

4. 시험 및 암반분류

대상 지역의 토사층의 지층분석을 위해 현장에서 대표되는 지점 2곳에서 시료를 채취 실내 물성실험을 실시한 결과 통일분류법상 SW로 나타났으며, 사면을 구성하는 암반의 개략적인 강도를 파악하기 위해 실시한 Schmidt hammer 시험과 점하중 시험의 결과는 표 1과 표 2와 같다.

표 1. Schmidt hammer 시험 결과

위 치	반 발 치	추정 일축압축강도(kg/cm ²)	
		범 위	평 균
제 1 구간 Group A	59~63	1,130~1,200	1,165
제 2 구간 Group B	49~58	700~1,120	910
제 3 구간 Group C	60~64	1,150~1,230	1,190

표 2. 점하중 시험 결과

위 치	점하중지수 $I_s(50)$	환산일축압축강도(kg/cm ²)
제 1 구간 Group A	51.0	1,021
제 2 구간 Group B	41.2	825
제 3 구간 Group C	41.2	824

시험결과, 연구대상 구간 대부분은 불연속면이 매우 발달되어 있고 제 1구간 보다 제 2, 3구간에서 풍화가 많이 진행된 것으로 판단되었다. 현장사면의 암반상태는 보통암으로 판단되며, 비교적 신선한 상태를 유지하고 있는 제 1구간을 제외하고는 암반의 불연속면이 발달되어 있고 풍화가 진행되어 암반의 강도가 감소한 것으로 판단된다.

5. 사면안정성 검토

5.1 평사투영법에 의한 사면안정해석 결과

암반사면의 안정성 검토는 평사투영법을 이용한 Dips(ver.5.0) 프로그램을 통해 파괴 가능성을 판단하였다.

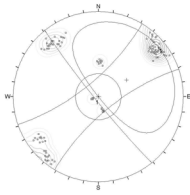


그림 5. 제 1구간
평면/전도파괴 해석결과

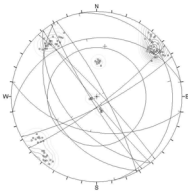


그림 6. 제 1구간
썩기파괴 해석결과

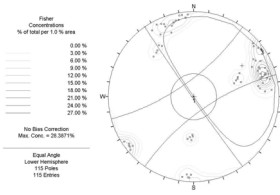


그림 7. 제 2구간
평면/전도파괴 해석결과

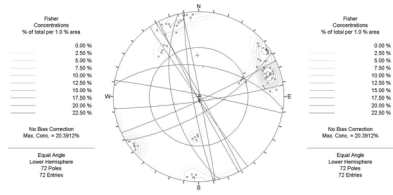


그림 8. 제 2구간
썩기파괴 해석결과

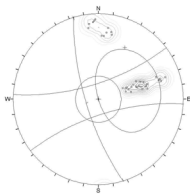


그림 9. 제 3구간
평면/전도파괴 해석결과

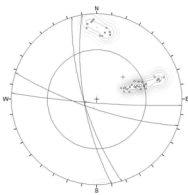


그림 10. 제 3구간
썩기파괴 해석결과

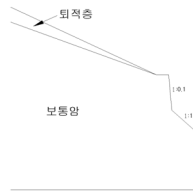


그림 11. 제 1구간의 대표
단면도(SLOPE 1)

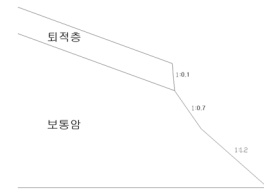


그림 12. 사면 상부
붕괴지역의 단면도(SLOPE 2)

그림 5~ 그림 10에서와 같이 제 1구간과 제 2구간에서는 평면, 전도, 썩기파괴 모두 발생 가능성이 있으며, 제 3구간에서는 평면, 썩기파괴 우려가 있는 것으로 나타났다.

5.2 한계평형법에 의한 사면안정해석 결과

급경사 지역인 제 1구간의 대표단면과 사면 상부의 붕괴가 일어난 지역에 대해서는 TALREN 4(Ver. 1.34)를 이용해 한계평형해석을 수행하였는데 사면해석에 사용된 토질정수는 표 3과 같고 해석 결과는 그림 13~ 그림 16과 같다. 제 1구간 같은 경우에는 절리의 경사가 약 90° 정도의 고각이며 절리군이 형성되어 있는 부분이 있어 비원호 파괴 해석을 실시하였으며, 사면 상부의 붕괴가 일어난 지역에 대해서는 원호파괴 해석을 실시하였다. 그 결과 SLOPE 1과 SLOPE 2 모두 허용안전율을 만족하지 못하는 것으로 나타나 연구대상 사면에 대한 안정성이 확보되지 못하는 것으로 나타났다.

표 3. 적용 지반강도정수

구 분	단위중량(tf/m ³)	점착력(tf/m ²)	내부마찰각(°)	비 고
퇴적층	1.9	1.5	30	
보통암	2.1	5.0	35	

표 4. 한계평형이론에 의한 해석결과

대표단면	예상 활동면 형태	허용안전율	해석결과	검토결과	비 고
SLOPE 1	비원호파괴	1.5	1.34	불안정	건기시
		1.2	0.41	불안정	우기시
SLOPE 2	원호파괴	1.5	0.95	불안정	건기시
		1.2	0.13	불안정	우기시

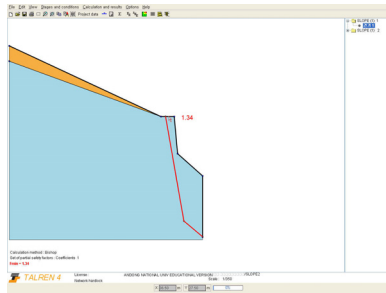


그림 13. SLOPE 1의 한계평형해석 결과(건기)

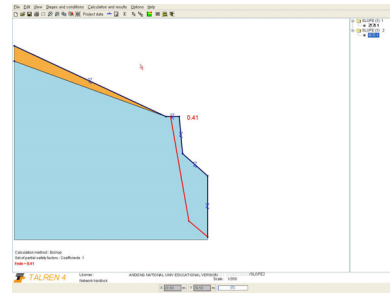


그림 14. SLOPE 1의 한계평형해석 결과(우기)

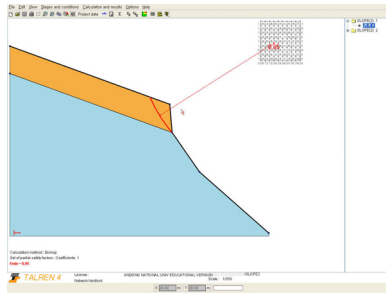


그림 15. SLOPE 2의 한계평형해석 결과(건기)

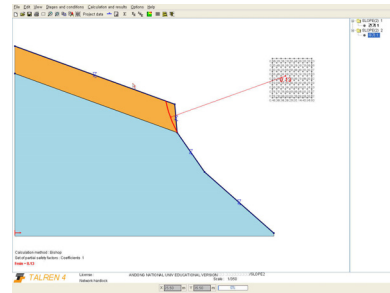


그림 16. SLOPE 2의 한계평형해석 결과(우기)

6. 결 론

본 연구의 검토대상인 사면의 안정성을 검토해 본 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 본 지역의 안정성을 검토하기 위해 지표지질 조사와 현장시험 그리고 실내시험을 실시하였고, 이들 결과를 이용하여 사면의 안정성 검토를 수행하였다. 평사투영법에 의한 사면안정해석 결과 제 1구간과 제 2구간에서 평면파괴, 전도파괴 및 쉐기파괴 발생 가능성이 있는 것으로 나타났고, 제 3구간에서는 평면파괴 및 쉐기파괴의 발생가능한 것으로 나타났다.
- 2) 급경사 지역인 제 1구간의 대표사면과 사면 상부의 붕괴가 일어난 지역에 대해 한계평형해석에 의한 사면안정해석 결과 두 지역모두 허용안전율을 만족하지 못하는 것으로 나타나 사면의 안정성이 확보 되지 못하는 것으로 나타났다.
- 3) 본 연구대상의 사면과 같이 자연사면의 경우에는 시간이 경과함에 따라 우수와 강우강도, 암석의 종류, 풍화상태, 사면방향, 자연사면의 형상, 동결 용해 등의 영향에 따라 불연속면이 확장되거나 약해져서 사면이 불안정해지는 경우가 발생하게 되므로 기시공된 암반사면의 경우라도 지속적인 조사와 검토가 이루어져야 할 것이다.

참고문헌

1. 이인모(2001), "암반역학의 원리", 도서출판 새론, pp. 58~59
2. TERRASOL. (2005), TALREN 4 User's Manual.
3. Rocscience Inc. (2006), DIPS Version 5.0 : User's Manual