

언양-밀양 간 국도24호선 석남고개 주변부 절토사면 지반특성

Geotechnical Characteristics of Road Cut Slope in National highway 24 at Suknam pass, Eonyang-Milyang area

김승현* · 구호본** · 이종현*** · 김승희****

Rhee, Jong Hyun · Koo, Ho Bon · Kim, Jin Hwan · Son, Young Jin

Abstract

National Road No.24 connects Ulju-gun in Ulsan Metropolitan City and Milyang city in south Gyeongsang Province. The width of the road is small and narrow and many of the dangerous cut slopes are distributed along the way. In 2002, the government officer carried on the brief exploration about road cut slopes, and KICT conduct a detailed additionally investigations 57 dangerous cut slope sites of them. We gained a variety of information of the each slope such as length, slope, discontinuities et al.

key words : cut-slope, inventory, vertical joint, sheeting joint, Ulsan fault

울산광역시 울주군 상북면에서 경상남도 밀양시 산내면을 잇는 국도 24호선은 왕복 2차선으로 기존 도로의 선형이 매우 불량하고, 위험절토사면이 집중적으로 분포되어 있다. 2002년에는 관련기관과의 연계로 울주-밀양 간 국도 24호선의 도로절토사면에 대한 현황조사가 실시되었으며, 그 중 57개소 현장은 위험절토사면으로 분류하여 추가적인 상세 현장조사가 실시되었으며, 불연속면의 방향에 관한 다양한 정보들이 취득되었다. 2002년에는 관련기관과의 연계로 울주-밀양 간 국도 24호선의 도로절토사면에 대한 현황조사가 실시되었으며, 그 중 57개소 현장은 위험절토사면으로 분류하여 추가적인 상세 현장조사가 실시되었으며, 불연속면의 방향에 관한 다양한 정보들이 되었으며, 이에 대한 길이별, 경사별 분포현황, 불연속면 발달상태 등 여러 제반 특성을 살펴 보았다.

1. 서론

국가산업의 발전으로 교통량 및 물류량이 증가하면서 기존에 이용되던 국도에 대하여 대대적인 확장공사 및 포장공사가 진행되고 있다. 울산광역시 울주군 상북면에서 경상남도 밀양시 산내면을 잇는 국도 24호선은 왕복 2차선으로 기존 도로의 선형이 매우 불량하고, 위험절토사면이 집중적으로 분포되어 있다. 이에 도로이용자의 안전성을 확보할 목적으로 2007년 완공을 목표로 도로확포장 공사가 진행 중에 있다. 그러나 기존 노선은 경치가 수려하고, 많은 관광명소가 주변에 위치하고 있어 새로이 신설도로가 개통되더라도 도로이용자가 급격히 감소할 가능성은 낮을 것으로 사료된다.

1998년 이후, 한국건설기술연구원에서는 “도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용”과 관련 전국 국도변 절토사면에 대하여 체계적인 관리를 실시하여 왔으며, 2006년에는 국도24호선에 대한 현황조사를 실시하면서, 본 구간에는 총 109개소의 사면이 존재하는 것으로 파악되었다. 본 논문에서는 현황조사 자료를 바탕으로 울주-밀양 간 국도 24호선에 분포하는 절토사면의 특성을 살펴보고, 상세 조사가 이루어진 57개소 도로절토사면에 대한 각 불연속면 발달 분포를 살펴보고 그 특징을 고찰하였다.

* 비회원 · 한국건설기술연구원 지반방재환경연구실 · 연구원 · E-mail : sshkim@kict.re.kr
** 정회원 · 한국건설기술연구원 지반방재환경연구실 · 책임연구원
*** 비회원 · 한국건설기술연구원 지반방재환경연구실 · 연구원
**** 비회원 · 한국건설기술연구원 지반방재환경연구실 · 연구원

2. 지형 및 지질

연구지역 국도 24호선은 북위 35°33′30″~35°37′00″, 동경 128°57′00″~129°04′00″의 범위로 행정구역상 울산광역시 울주군 상북면 덕현리, 경상남도 밀양시 산내면 삼양리 및 남명리에 해당된다. 연구지역은 가지산 도립공원에 해당되며, 본 노선을 따라 주변에는 석남사, 호박소 휴양지, 밀양 얼음골 등 관광명소가 도처에 존재한다. 전반적인 산계 발달 방향은 N20°W로 동쪽의 울산단층 방향성과 유사하며, 북쪽에는 가지산(▲ 1,188 m), 남쪽에는 능동산(▲ 983 m)이 고지를 형성하고 있다. 가지산과 능동산 사이에는 N70°E 방향의 계곡이 형성되었으며, 계류는 서쪽의 동천으로 유하하고 있다.

능동산 주변에는 백악기 신라통의 화산암류인 안산암질암이 주로 분포하며, 국도 24호선이 지나가는 가지산 지대는 대부분 담색 내지 담회색은 중립·세립 흑운모화강암이 안산암질암을 관입하여 넓게 조성되어 있다. 연구지역으로부터 약 2 km 동쪽에는 경상도 지역의 주요한 단층대로 알려진 울산단층이 통과하고 있으며, 연구지역 내 암반에서도 울산단층과 관련된 불연속면들이 쉽게 관찰된다.

3. 절토사면 현황 특성

연구대상 국도 24호선 구간은 총연장 15.2 km이며, 총 74 개소의 절토사면에 대하여 현황조사가 이루어졌다. 이 중 26 개소는 석남고개 터널을 중심으로 동쪽에 분포하고(A 영역), 48 개소는 서쪽에 분포한다(B 영역). 2005 년까지 74 개소 현장 중 57 개소 현장은 위험절토사면으로 선정되어 상세한 현장조사가 실시되어, 각 사면에 대하여 현황도(face mapping)가 작성되었으며, 절토사면방향, 불연속면의 지반공학적 특성 및 발달방향 등 다양한 정보들을 취득하였다. 취득된 자료를 바탕으로 절토사면 길이, 높이, 사면경사 현황 등을 살펴보고, 사면방향과 주 불연속면의 발달 방향과의 분포 경향을 통해 연구지역 절토사면의 구역별 특성에 대해 제시하고자 한다.

3.1 절토사면 길이

일반적으로 사면 길이는 도로절토사면의 안정성에 직접적인 영향을 미치는 요인은 아니지만, 대상사면에 대해 대책공법을 적용하게 될 때 공사비의 증감과 직접적인 관련이 있다. 즉 동일공법을 적용하더라도 짧은 사면은 긴 사면에 비해 공사투입비가 작을 확률이 높으며, 시공성 면에서 훨씬 유리하고, 절토사면 위험도와 관련되어 AVR을 산출할 때도 안정성 측면에서 훨씬 유리한 요소를 가진다.

그러나 본 논문에서 접근하는 방식처럼 구간의 위험도를 평가할 때에는 짧은 절토사면 길이가 불리한 요소로 작용할 수 있다. 일반적으로 산악지형은 도로를 따라 나타나는 절토사면의 출현 빈도가 준산악지형이나 평지지형에 비해 상대적으로 높게 나타난다. 산악지형에서 각 절토사면의 길이가 짧다는 사실은 상대적으로 도로를 따라 소계곡이 많다는 것을 의미하며, 높은 습윤지수(wetness index)로 인하여 지반의 화학적 풍화를 보다 빨리 진행시킬 수 있다.

그림 1은 연구지역의 절토사면 길이별 분포현황을 나타낸 것이다. 연구지역의 길이별 분포현황은 A 영역, B 영역 모두 정규분포 형태를 가지며, 51~100 m 범위의 절토사면 분포 비율이 50%를 점유하고 있다. A 영역 절토사면 길이 평균은 89.5 m로 B 영역의 평균값(93.3 m)에 비해 낮은 값을 나타냈으나, 두 영역 모두 표준편차가 40 m 이상에 달하여 길이에 대한 통계학적인 의미는 약하다고 말할 수 있다. 길이 100 m 이하의 절토사면은 A 영역에 비하여 B 영역에서 많이 관찰되며, B 영역에는 계곡부를 따라 테일러스 지형이 형성되어 있기도 하다.

3.2 절토사면 높이

절토사면 높이 요인도 절토사면 길이 요인과 마찬가지로 절토사면 안정성에 직접적인 영향을 끼치는 요인은 아니다. 그러나, 높이 요인은 붕괴발생시 피해도와 가장 관련이 깊은 요인 중 하나로 취급되며, 투자우선순위를 결정하는 데 있어 중요한 항목으로 분류되어 왔다.

연구지역의 절토사면 높이별 분포현황을 살펴 보면, 높이 11~15 m의 절토사면이 가장 많이 분포하는 것

을 알 수 있다(그림 2). A 영역과 B 영역의 높이별 현황자료를 비교해 보면, A 영역의 경우, 높이 16~20 m 범위의 절토사면이 약간 우세하며, B 영역에서는 11~15 m 범위의 절토사면이 우세하게 나타나고 있다. 또한 A 영역 절토사면 높이 평균은 19.7 m로 B 영역 평균값에 비하여 높게 나타났으며, A 영역 절토사면 높이 표준편차가 B 영역에 비하여 크게 나타나, A 영역 구간에 대절토사면이 집중되고 있음을 알 수 있었다.

3.3 절토사면 경사 및 방향

절토사면 경사는 사면안정성해석에서 가장 중요한 요소로 취급되는 인자로서, 일반적으로 절취사면 형성 시 대상 지반의 강도특성에 따라 결정된다.

연구지역의 절토사면 경사별 분포현황을 살펴 보면, 64° 이하의 절토사면이 67.5%를 점유하고 있으며, B 영역의 절토사면이 A 영역의 절토사면에 비하여 경사가 급한 사면이 우세하게 분포함을 알 수 있었다(그림 3).

그림 4는 절토사면의 주향을 장미도표로 표현하는 것이다. 국도 24호선은 동서를 횡단하는 도로이므로 75°E trend(165°)의 절토사면이 주로 많이 나타나며, 그 외 45°E trend(135°) 절토사면이 분포한다.

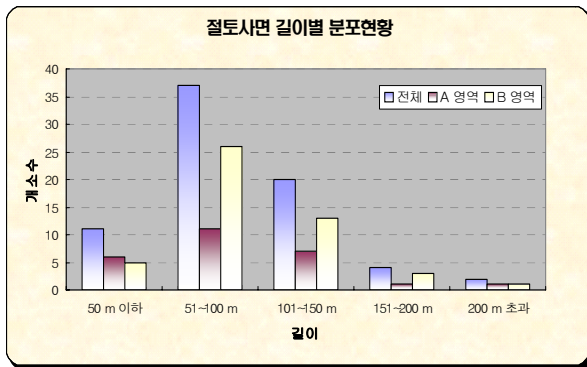


그림 1. 절토사면 길이별 분포현황

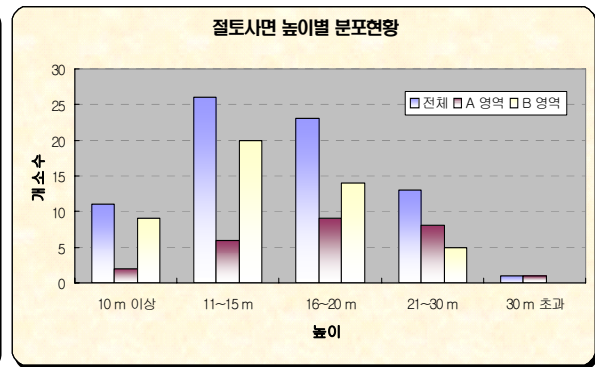


그림 2. 절토사면 높이별 분포현황

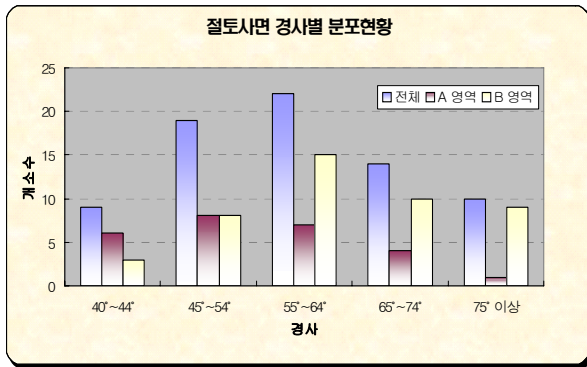


그림 3. 절토사면 경사별 분포현황

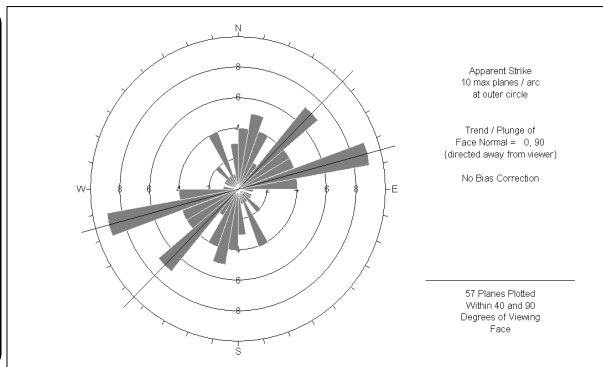


그림 4. 절토사면 방향 경향

4. 불연속면 발달 경향

연구지역의 각 절토사면 방향과 불연속면 방향과의 관계를 살펴 보았다. A 영역의 경우, 상세한 현장조사가 이루어진 절토사면은 총 18 개소이며, 이 중 토사사면을 제외하고 16 개소 현장에 대한 불연속면 측정이 이루어졌고, B 영역에서는 39 개소 현장에서 불연속면 측정이 이루어졌다.

A 영역의 주 불연속면은 대부분 수직절리였으며, 수직절리의 발달 방향은 크게 N65°W 방향과 N25°E 방향으로 구분 되어진다. 또한 B 영역은 층상절리의 발달이 우세하며 전체적인 층상절리의 발달 방향은 N70°E 에 해당된다(그림 5와 그림 6).

A 영역은 사면안정성 측면에서 안정한 수직절리의 발달이 뚜렷하므로 평면과괴나 쉐기과괴와 같은 붕괴 형태는 관찰되지 않는다. 다만, A 영역에서는 대부분의 사면에서 암괴의 형태가 방상형을 띠고 있어, 이완이 뚜렷한 지점을 중심으로 낙석이 발생되고 있는 상황이다. B 영역은 층상절리의 발달이 수직절리에 비하여 뚜렷하게 관찰된다.

B 영역의 층상절리 발달 경향을 알아보기 위하여 층상절리의 경사분포를 확인하였고, |사면방향-층상절리경사방향|의 분포양상을 알아보았다. 층상절리의 경사는 9°에서 75°까지 다양한 범위로 나타나며, 30°이하의 절리가 대부분을 차지하고 있었다. 또한 사면방향과 층상절리의 경사방향의 차이를 확인해 본 결과, 20°이하의 차이를 가지는 경우가 대부분을 차지함을 확인할 수 있으며, 평면과괴 발생 빈도가 A 영역에 비해 우세하다.

A 영역이 수직절리의 발달이 우세한데 반해, B 영역은 층상절리의 발달이 우세한 것은 석남고개를 중심으로 동편은 울산단층의 영향을 크게 받고 있음을 지시하는 것이며, 서편은 화강암 분포지역의 절토사면 형성과 더불어 압력이 제거되면서 시간 경과에 따라 층상절리가 유발되고 있음을 지시하는 것이다.

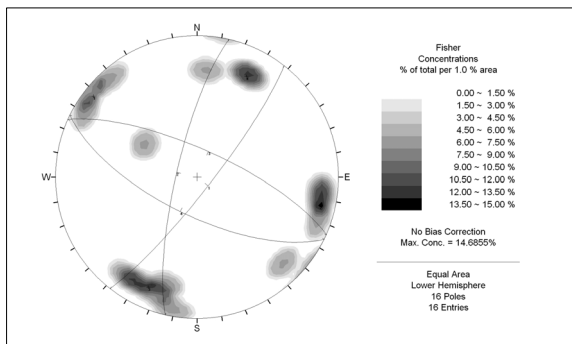


그림 5. A 영역 주 불연속면 발달 경향

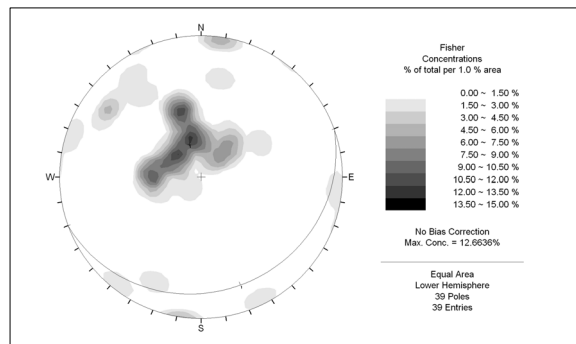


그림 6. B 영역 주 불연속면 발달 경향

5. 결론

본 연구에서는 국도 24호선 언양-밀양 간 절토사면의 현장조사 결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 100 m 이하의 절토사면은 B 영역에서 우세하게 나타나며, 51~100 m 사이의 절토사면이 50%를 점하고 있었다.
2. 연구지역의 절토사면은 높이 11~15 m 범위의 절토사면이 가장 우세하게 나타나며, A 영역 구간에 대 절토사면이 집중되어 있었다.
3. A 영역의 경우, 수직절리의 발달이 우세하며, 방상형 암괴의 이완에 의한 낙석 발생이 우세하다.
4. B 영역의 경우, 층상절리의 경사분포는 다양한 범위를 가지나, 30°이하의 절리가 대부분을 차지하며, 사면방향과 층상절리방향 차이는 20°이하로 평면과괴 발달 양상이 뚜렷하다.

참고문헌

1. 한국건설기술연구원 (2006). 2005년도 도로절토사면 유지관리시스템 개발 및 운용. 건설교통부