

## 국내 국도변 비탈면 현황 분석 연구

### A Study on conclusion about inventory survey on cut slope along national roads in Korea

박재영<sup>1)</sup>, Jae-Young Park, 신창건<sup>2)</sup>, Chang-Gun Shin, 장범수<sup>3)</sup>, Bum-Su Jang

- <sup>1)</sup> 한국시설안전공단 기술개발팀 사원, Researcher, Technical Development Team,  
Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation
- <sup>2)</sup> 한국시설안전공단 기술개발팀 차장, Vice director, Technical Development Team,  
Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation
- <sup>3)</sup> 한국시설안전공단 기술개발팀 부장, Director, Technical Development Team,  
Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation

**SYNOPSIS** : Inventory survey is process collecting data about cut slope. It's different from inspection. It contains not only basic information about cut slope, especially location, GPS positioning, height, length, weathering, joint direction, water conditions but also level of danger and damage. Collected data are being used get at status about cut slope along national roads. And It helps judging about priority of detailed investigation. According to results of analysis, we found better method about maintenance of cut slope. Later on, if inventory research is finished, we will understand characteristics of collapse slopes.

**Key words** : Status of cut slope, Cut slope along national roads, Inventory survey, Detailed investigation

## 1. 서 론

기초조사란 비탈면의 현황을 파악하고자 실시한다. 즉 행정구역상 위치, GPS 좌표, 높이, 연장 등 비탈면의 기본적인 정보뿐만 아니라 풍화도 및 절리방향, 수리조건 등 지질학적인 정보, 조사자의 주관적인 위험도 및 피해도 등이 포함된다. 조사된 자료는 전국에 분포하고 있는 비탈면의 현황을 파악하고 위험도를 예상함으로써 위험사면에 대한 정밀조사를 실시하는데 기본이 되는 조사우선순위를 판단 시 활용된다. 정밀조사는 기초조사 이외에 육안조사 및 비피괴조사를 통한 사면상태 파악, 안정해석, 대책 공법 및 대략공사비 등이 포함되어진다. 본 연구에서는 전국 국도변에 비탈면에 대한 기초조사 자료를 바탕으로 비탈면의 일반현황을 파악하고 붕괴사례 정밀조사 현황을 분석하여 비탈면 유지관리를 수행하는데 개선방안을 도출하고자 하였으며 이를 통해 효율적인 비탈면 유지관리 체계를 제안하고자 한다.

## 2. 비탈면 붕괴사례 분석

비탈면 붕괴사례 분석을 위한 연도 별 자료를 추출하였다. 2006년부터 실시된 정밀조사 자료를 바탕

으로 분석을 실시하였다. 조사가 이루어진 비탈면은 비탈면관리자가 위험성이 있다고 판단하여 비탈면 전문가에 조사 의뢰를 한 경우와 실제 붕괴가 발생하여 긴급하게 정밀조사를 한 경우를 포함하였으며, 2006년 131개소, 2007년 242개소, 2008년 209개소, 2009년 331개소 정밀조사를 실시하였다.

먼저 비탈면 종류에 대한 분석을 실시하였다. 그림 1에서와 같이 비탈면 종류는 토층심도가 비탈면 전체높이의 20% 미만이면 암사면, 20~40% 혼합사면, 40% 이상 토사사면, 토사사면과 암사면이 복합적으로 나타나면 복합사면, 깎기비탈면에서 발생하지 않고 자연사면에서 발생한 경우로 분류하였다. 붕괴가 발생한 비탈면 종류를 분석하여 보면 토층심도가 40% 미만인 혼합사면과 암사면이 92%로 대부분을 차지하였다.

토사사면의 경우 시공 시 일정 구배 이하로 시공하여 대부분 표층과괴로 파괴심도가 깊은 천층과괴 발생빈도는 적었으며 암사면 및 혼합사면의 경우 표면보호의 손실로 풍화가 진행되어 붕괴가 발생한 것으로 판단된다. 따라서 암사면의 경우 일률적인 구배를 정하여 시공하는 것이 아니라 비탈면내 절리에 의한 파괴를 염두해 두어 깎기 공정을 시행해 가면서 추가로 정보를 획득하여 추가 깎기 및 보강 등을 결정해야 한다(장범수, 2009).

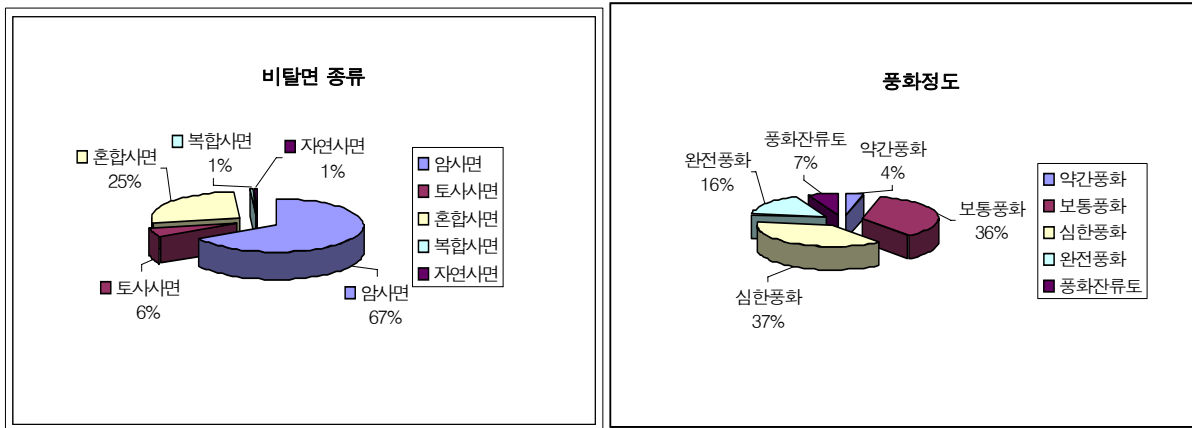


그림 1 비탈면 종류

그림 2 풍화정도

붕괴가 발생한 풍화 정도에 대한 자료 분석을 실시하였다. 그림 2에서와 같이 심한풍화~완전풍화 상태의 비탈면이 50% 이상의 붕괴양상을 나타내었다. 이는 비탈면 시공 시 약간풍화 정도의 비탈면이 풍화가 진행되면서 붕괴가 발생한다고 볼 수 있는데 표면 보호를 적용하여 풍화진행을 억제하는 것이 효과적일 것으로 판단된다.

붕괴가 발생한 암반형태에 대하여 자료 분석을 실시하였다(그림 3). irregular형태의 비탈면이 40%정도 붕괴가 발생하였는데, 이는 암반비탈면의 경우 불규칙한 절리 조합에 의한 붕괴발생이 빈번한 것으로 볼 수 있다.

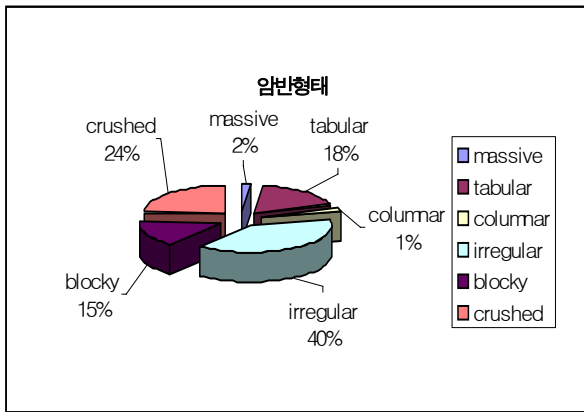


그림 3 암반형태

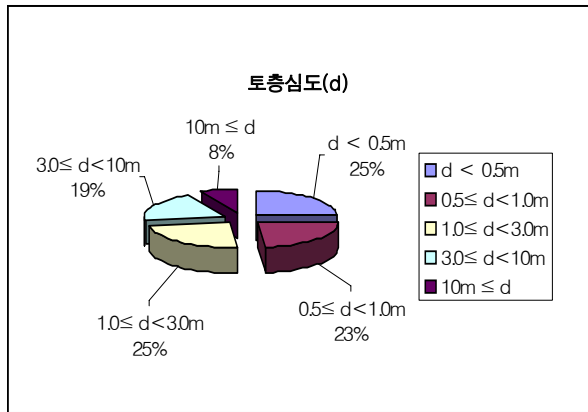


그림 4 토층심도(d)

토층심도에 대한 자료를 분석하였다. 위 그림 4에서와 같이 위험비탈면에 대한 토층심도는 3.0m 이하가 73%로 대부분에 달했다. 토층심도의 경우 비탈면 표면으로 우수가 흐를 경우에 토층과 암반사이에 간극수압을 발생시켜 붕괴요인으로 작용하므로 중요한 요인이다. 토층이 얇은 경우 표면보호가 필수적이며 또한 표면보호 시 표면보호공의 탈락이나 유실이 발생하지 않도록 주의할 필요가 있다.

위험비탈면에 대한 상부비탈면경사에 대하여 분석하였다. 아래 그림 5에서와 같이 위험비탈면의 경우 상부자연사면 경사가 10°이상인 비율이 82%에 달한다. 앞서 검토한 전체국도상의 상부비탈면경사 10°이상은 54%로 상부자연사면경사가 높을수록 자연사면에서의 지표수 유입, 뜯돌 등 비탈면에 가할 수 있는 위험도가 높다고 판단할 수 있다.

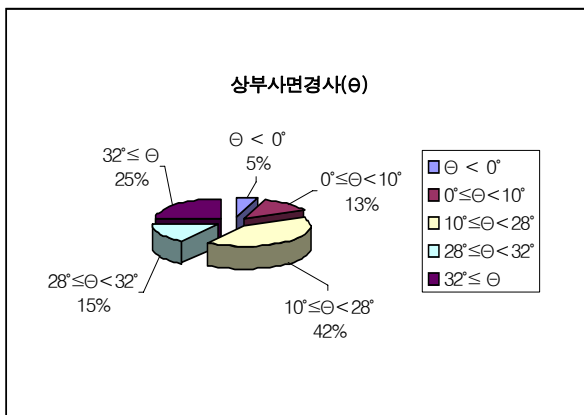


그림 5 상부비탈면경사(θ)

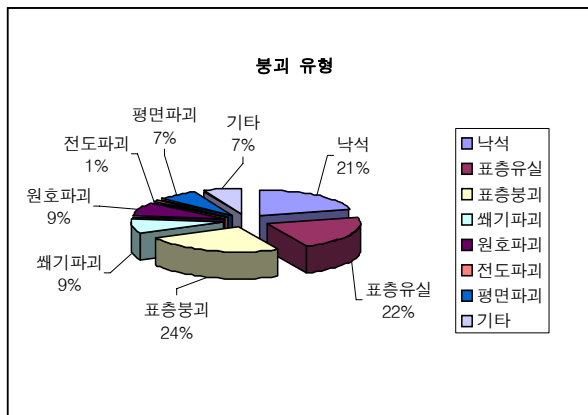


그림 6 붕괴 유형

붕괴 유형에 대한 자료 분석을 실시하였다(그림 6). 구분은 낙석, 표층유실, 표층붕괴(표층유실보다 깊은 형태), 원호, 썩기, 전도, 평면 파괴 및 기타로 분류하였다. 그림 6에서와 같이 낙석, 표층유실, 표층붕괴 등의 비탈면 표면부에서 발생한 붕괴, 즉 천층파괴가 67%에 달했다. 즉 표면부 붕괴에 대한 대책은 비탈면 보강공법을 적용하는데 있는 필수적인 요소로 볼 수 있다.

대책공법 적용 현황에 대한 자료 분석을 실시하였다. 비탈면의 대책공법은 여러 가지로 분류될 수 있으나 아래 표 1 에서와 같이 크게 6가지 공법으로 분류하였다(한국시설안전공단, 2003).

표 1 비탈면 대책공법

활동하중경감	활동억제공법	낙석제어공법	표면보호공법	수리제어공법	기타
깎기	록앵커	낙석방지망	비탈면 녹화	산마루배수구	피암터널
상부깎기	어스앵커	포켓식낙석 방지망	격자블록	집수시설	도로확폭
면정리	록볼트	낙석방지 울타리	돌(블록) 붙이기	소단배수구	그라우팅
이완암 및 뜬돌 제거	네일	낙석방지옹벽	돌(블록) 쌓기	중배수구	사방댐
	기대기옹벽	돌망태옹벽	기대기 돌망태 옹벽	수평배수공	상시계측 시스템
	계단식옹벽	낙석방지울타리 옹벽	콘크리트뿔어붙 이기공법	비탈끝배수구	암파쇄 방호시설
	역지말뚝			지하배수구	
	와이어로프 걸기공				

그림 7에서와 같이 대책공법 적용현황을 비교해 보았다. 대책공법은 크게 보강공법과 보호공법으로 분류되는데 활동하중경감 및 활동억제공법은 보강공법으로 낙석제어, 표면보호, 수리제어공법은 보호공법으로 분류된다. 보강공법은 59%를 차지하고 보호공법은 41%정도로 비슷하게 적용되었으나 이는 자료 추출 시 비탈면당 대표공법을 추출하였기에 발생한 결과로 판단된다. 즉 깎기 후 비탈면 녹화가 실시되었을 경우 활동하중경감에 대해서만 자료를 추출하였다. 따라서 보호공법의 적용은 50%를 넘는다고 예측할 수 있다.

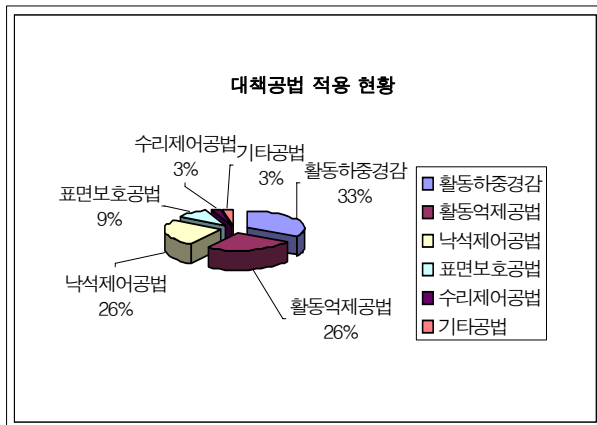


그림 7 대책공법 적용 현황

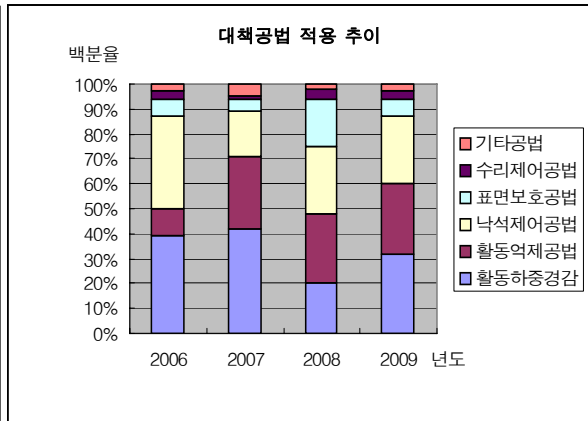


그림 8 대책공법 적용 추이

그림 8에서와 같이 대책공법이 적용된 추이를 살펴보았다. 활동하중 경감공법은 깎기 이외에도 면정리, 이완암제거 등도 포함된다. 2006년도에 비해 깎기 의 비중이 낮아지고 있으며 이는 구간별 안정검토 및 표면보호 등의 다양한 접근이 이루어지고 있으며 일률적인 깎기가 아닌 취약구간의 활동억제공법으로 경제성을 도모한 결과이기도 하다. 앞서 언급한 바와 같이 낙석제어공법, 표면보호공법, 수리제어공법은 보강공법이 적용되면 추가로 적용되어지는 공법이므로 비율은 낮으나 적용은 50%가 넘는 것으로 볼 수 있다(한국건설기술연구원, 2006).

### 3. 결 론

본 연구에서는 국도변 비탈면의 기초조사 자료를 토대로 현황분석을 실시하였으며, 붕괴사례 분석 및 정밀조사 결과를 토대로 현황을 분석하였다. 분석결과를 토대로 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 붕괴사례 분석 결과 일부 구간의 위험성을 제거하기 위해 구간별로 적절한 공법을 적용하는 것이 안정성을 도모함과 동시에 경제성을 취할 수 있다. 또한 표면 보호 및 배수로 설 치시 시공에 만전을 기하여 추가 붕괴를 예방하여야 할 것이다.
2. 비탈면 정밀조사 결과를 보면 암반비탈면이 대부분을 차지하고 있으며, irregular 형태의 불규칙한 절리 조합에 의한 파괴가 상당수로 발생하였다.
3. 또한 보통풍화 이상의 비탈면에서 붕괴가 발생하였는데 깎기 후 비탈면에 적합한 표면보호공을 시공하여 풍화를 억제하면 붕괴 발생을 줄일 수 있을 것으로 판단된다.
4. 토층심도의 경우 3m 이하가 70%를 넘고 있어 비탈면내 우수 등 유입 시 표층붕괴의 위험성이 크게 증가한다. 상부자연비탈면경사 10° 이상이 80%를 상회하여 평균 54%에 비해 높은 수치를 나타내었다.
5. 붕괴유형은 천층파괴가 67%에 달했다. 2000년 51%로 위험비탈면의 정비가 시간이 진행되면서 이루어지고 있다고 볼 수 있다.
6. 위와 같이 붕괴유형을 분석한 결과 표면 보호 및 배수처리 공법의 적절한 시공으로 붕괴의 상당수를 예방할 수 있다. 또한 이 두 공법은 시공 시 주의 여하에 따라 추가 붕괴를 예방할 수 있으므로 반드시 현장여건에 맞게 적절히 적용되어야 함을 알 수 있다.
7. 붕괴 원인에 대한 자료 정리가 이루어 지지 않아 분석을 실시하지 못하였으나 향후 원인별 붕괴 형태 및 대책공법 연관성 등 추가 연구를 진행할 예정에 있다.

### 참고문헌

1. 장범수(2009), 호우로 인한 비탈면 재해대책, 철도웹진 pp. 78~90
2. 한국건설기술연구원, 한국시설안전공단(2006), 2006년도 도로비탈면유지관리시스템(CSMS) 개발 및 운용, 건설교통부, pp. 50~261
3. 한국시설안전공단(2003), 절토사면유지관리 매뉴얼, pp. 155~162