

# 절취사면 설계 현황에 대한 연구

## A Study on Designing Conditions for Cut Slopes in Korea

이수곤\* · 이경수\*\* · 강병호\*\*\*

### Abstract

The slope failures frequently occurred during heavy rainfalls in Korea of which 70% consists of mountains result in average 60 casualties and hundreds of millions US dollars of property damage. The status of design methods were analyzed with use of existing 102 design reports, Also, the design standards related to cut slopes are suggested by various institutions but the contents of standards are not proper to reflect the complicated geological features of Korea. And most reports rarely followed the suggested standards and are insufficiently conducted.

**key words** : Slope failure, Design standard

우리나라는 70%가 산지로 구성되어있으며, 매년 집중호우로 인한 사면붕괴가 발생하여 연평균 60여명의 인명피해와 수 천억원 이상의 재산피해가 발생하고 있다. 그러므로 본 연구에서는 사면붕괴의 근본적인 원인을 파악하기 위해 기존 사면관련 102권의 설계보고서 분석하였으며, 그 결과 각 기관들이 제시하고 있는 절취사면 관련 설계기준은 복잡한 국내의 지질조건을 적절히 고려할 수 없는 것으로 판단되었고, 검토된 보고서들은 각 기관들이 제시한 설계기준을 제대로 시행하지 않거나 형식적으로 설계를 실시한 것으로 나타났다.

### 1. 서론

우리나라는 70%가 산지로 매년 여름 폭우 시 빈번하게 발생하는 사면붕괴로 인해 평균 60여명의 인명피해와 수 천억원 이상의 경제적 손실과 교통두절을 야기시키고 있다. 더욱이 최근 10년간 자연재해로 인한 전체 인명피해의 20% 이상이 사면붕괴에 의한 피해이며, 사면붕괴 30% 이상이 부적절한 설계로 인하여 시공 중 붕괴되며 이로 인해 엄청난 복구 공사비가 들고 있는 실정이다. 그리고 최근에 도로망 확충과정등을 통해 사면의 개소수와 규모가 커짐에 따라 피해 규모 또한 증가하고 있는 실정이며 이에 따른 늘어나는 사면붕괴에 의한 피해를 줄이기 위해서는 현재 사면 설계의 문제점을 파악하고 개선해 나가야할 것이다. 이를 위해 본 연구는 사면관련 보고서 총 102개를 검토하여 사면 설계의 적합성과 국내 사면의 설계 현황에 대하여 연구 하였다.

### 2. 연구방법

본 연구에서는 설계현황에 대한 연구를 위해 여러 업체와 각 학회에서 사면 관련 총 102권의 보고서를 수집하였다. 수집된 사면 관련 조사 보고서 중 대표성을 가지는 보고서를 목적에 따라 재해영향평가서 31권, 안전진단보고서 34권, 설계보고서 37권으로 나누고 정밀 분석을 하여 국내 절취사면 설계의 문제점에 대해 연구하였다.

\* 서울시립대학교 토목공학과 부교수

\*\* 서울시립대학교 토목공학과 박사과정

\*\*\* 서울시립대학교 토목공학과 석사과정

## 2.1 지반강도정수

지반강도정수들은 절취사면의 안정성을 결정하는 중요한 요소이다. 하지만 전체 보고서 102권중 92권(92%)이 현장 및 실내시험값, 지질특성을 전혀 고려하지 않고 육안관찰 및 시추조사를 통해 지층분류하여 대부분 자의적으로 해석하여 설계에 반영하고 있다.(그림 1)

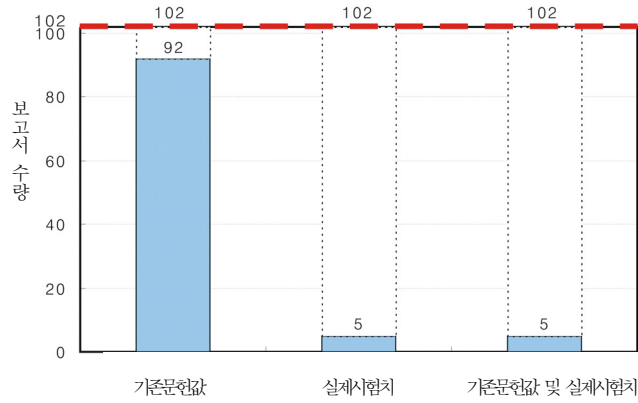


그림 1. 지반강도정수 산정방법들의 분포

## 2.2 사면 모델링

표 1은 국내에서 많이 사용되고 있는 경사기준 중 하나이다. 이 방법은 암석의 파쇄상태를 나타내는 Total Core Recovery(TCR(%))과 Rock Quality Designation(RQD(%))(Deere 1967)의 2가지 요소를 고려하여서 암반을 4 등급으로 분류한 후, 각 암반 등급에 따라 경사를 결정하는 방법으로 토사와 암석이 혼합된 복잡한 암반에 대하여 쉽게 적용가능한 장점이 있기 때문에 국내 각 기관에서 채택하고 있다. 하지만 전체 보고서 102권 중 84권(84%)는 표 1의 이해가 부족하여 암반사면설계 시 앞서 언급한 기준과는 달리 암반의 강도가 아닌 암석의 강도만으로 표준경사를 결정하는 것으로 분석되었다(그림 2).

표 1. 절취사면의 경사에 대한 표준 설계 기준(이수곤, 1995)

암석종류 (강도)	암반파쇄상태		굴 착 난이도	구배	소단설치	암반의 전단강도지수	
	NX시추시 (double core barrel사용시)					∅	C (kg/cm <sup>2</sup> )
	T.C.R	R.Q.D					
풍화암 또는 연, 경암으로 파쇄가 극심한 경우	20% 이하	10% 이하	리핑암반	1:1.0	성토고 5m마다 소단 1m폭 (리핑암과 발파암사이에는 1m소단)	30	1.0
강한 풍화암으로 파쇄가 거의 없는 경우와 대부분의 연, 경암	20-30%	10-25%	발파암반 (연암반)	1:0.8	성토고 10m마다 소단 2m폭	33	1.3
	40-50%	25-35%	발파암반 (보통암반)	1:0.7	성토고 10m마다 소단 2m폭	35	1.5
	70% 이상	40-50%	발파암반 (경암반)	1:0.5	성토고 20m마다 소단 3m폭	40	2.0

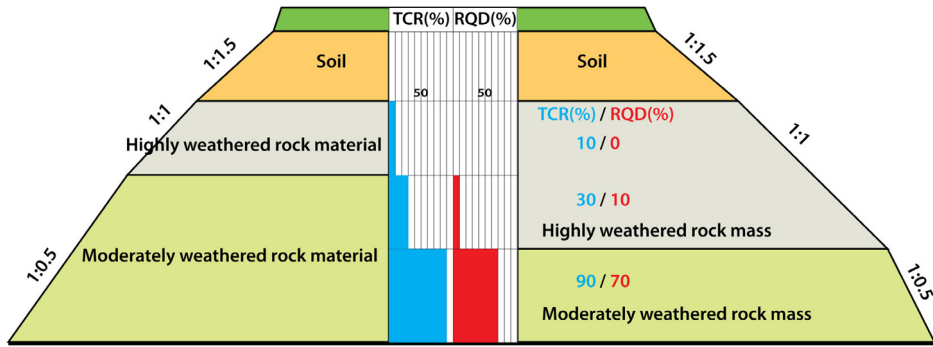


그림 2. 암석의 강도와(좌) 암반의 강도 상태(우)를 고려하여 사면의 절취경사를 설계한 경우

### 2.3 사면안정성해석

우리나라 설계기준에서 사면의 최소 안전율(표. 2)은 건기시와 우기시 뿐만 아니라 지진시에 대한 기준이 있음에도 102권중 87권(87%)은 지진 시에 대한 사면안정성 검토를 수행하지 않고 있다. 사면안정성에 대한 검토 시 사면전체에 대하여 모두 안정성을 검토하여야 한다. 하지만 토사사면인 경우 대부분 극부적인 원호 파괴만을 고려하고 있으며 암반사면의 경우 사면내에 존재하는 불연속면의 방향성, 연장성, 간격 등을 충분히 고려하여야 하지만 대부분 방향성만을 고려한 평사투영 해석을 통하여 정성적인 안정성해석을 수행하고 있다. 그리고 전반적으로 복잡한 지질특성을 충분히 고려한 설계는 매우 부족한 것으로 분석되었다. 예를 들면, 파쇄나 풍화가 많은 암반의 원호활동파괴 가능성, 상부 토사와 하부 암석 경계면에서의 직선파괴 가능성, 복잡한 암반내의 단층을 따라서 직선적인 활동가능성 등이 있다(그림 3). 그러므로 보다 합리적으로 모델링을 하기 위해서는 사면을 구역별로 파괴유형과 붕괴특성을 고려해야 한다고 판단된다.

표 2. 최소안전율 기준(건설교통부 2000)

건 기 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토사 및 풍화암 : 지하수위 미고려</li> <li>• 암반: 인장균열, 활동면을 따라 수압이 작용하지 않음</li> </ul>	FS > 1.5
우 기 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 토사 및 풍화암 : 지하수위는 지표면에 위치</li> <li>• 암반 : 인장균열이나 활동면을 따라 작용하는 수압을 <math>H_w=1/2H</math>로 가정하여 적용</li> </ul>	FS > 1.1~1.2
지 진 시	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 미국 DAPPOLIA 기준, NAVFAC DM 7.1-329 기준</li> </ul>	FS > 1.1~1.2

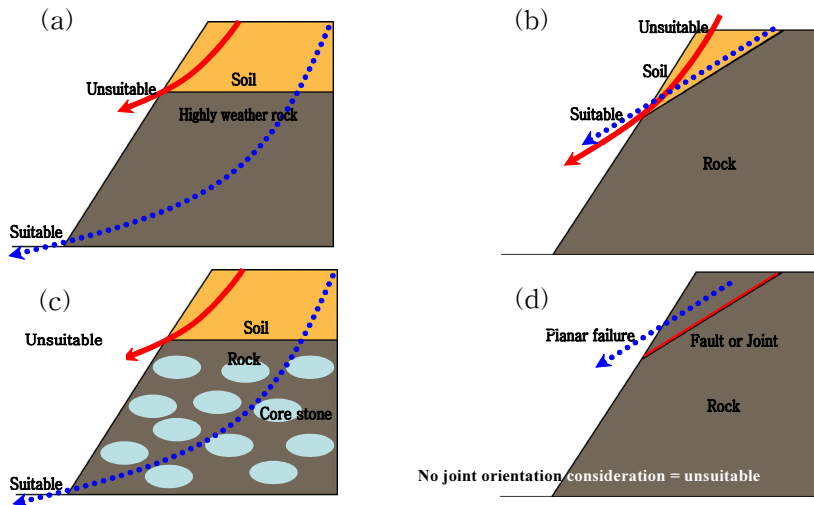


그림 3. 부적절한 사면안정성 해석사례

- (a) 토사만 원호활동파괴 가능성을 고려하고 풍화암은 고려하지 않음,
- (b) 상부 토사와 하부 암석의 뚜렷한 경계면에서의 직선파괴 가능성을 고려 않음
- (c) 파쇄나 풍화가 많은 암반의 원호활동파괴 가능성을 고려 않음,
- (d) 복잡한 암반내의 단층을 따라서 직선적인 활동가능성을 고려 못함

### 3. 결 론

사면관련 보고서 102권의 설계 현황을 분석한 결과 소수의 보고서만이 충분한 지질조사와 합리적인 안정성 검토방법으로 설계하였으며 나머지 보고서들은 그렇지 못한 것으로 분석되었다. 이러한 이유로 인해 우리나라에서는 절취공사 후에 사면이 자주 붕괴되며 공사 도중에도 무너지고 있다. 각 정부기관들이 제시하고 있는 절취사면 설계방법에 대한 기준들이 너무 일반적이고 개략적이므로 복잡한 우리나라의 지질특성을 반영하기에 충분치 못한 실정이며 이 기준마저도 충실히 따르지 않는 경우가 많다. 따라서 절취사면 붕괴사고를 획기적으로 줄이기 위해 보다 명확한 절취사면 설계기준과 기준을 따르게 하는 법적·제도적 보완이 필요하다고 판단된다.

### 감사의 글

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(사면 붕괴 예측 및 대응 기술 개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 건설교통부 2000, “도로설계편람(Ⅱ)”, pp.406-10
2. 이수곤 1995., “암반 절취사면의 조사,설계, 감리를 위한 합리적인 기준 설정 방안”, 한국지반공학회 사면안정에 관한 학술 발표집, pp.61~90
3. S. G. Lee. 1987. “Weathering and Geotechnical characterization of Korean Granites.” PhD thesis. Imperial Collage. University of London
4. S. G. Lee. and de Freitas.M.H 1989,” A revision of Description and classification of weathered granite and its application to granite in Korea ” Quaraterly Journal of Engineering Geology, London, Vol.22, pp.31~48.
5. Deere, D. 1967. Technical description of rock cores for engineering purposes, In Rock Mechanics and Engineering Geology, Vol.1, No.1, Springer-Verlag, Vienna, 18 p.