

비탈면에 대한 국내외 상태평가방법 비교분석

A study on comparative analysis of condition evaluation for slope

이연희¹⁾, Yeon-Hee Lee, 장범수²⁾, Buhm-Soo Chang, 신창건³⁾, Chang-Gun Shin,
심정훈⁴⁾, Jeong-Hoon Shim

¹⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 직원, Staff, Dept. of Technical Development, KISTEC

²⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 부장, Department manager, Dept. of Technical Development
KISTEC

³⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 차장, Vice director, Dept. of Technical Development, KISTEC

⁴⁾ 한국시설안전기술공단 기술개발실 연구원, Researcher, Dept. of Technical Development, KISTEC

SYNOPSIS : Slope was necessarily formed by development of hilly district for human living. At present slope is distributed about sixteen thousand in state road and expressway. Nevertheless, rule of preservation management for slope is overlapping or diffuse. In this study it analyze condition evaluation for slope.

Key words : slope, preservation management, condition evaluation

1. 서 론

비탈면은 인간의 일상생활과 밀접한 관계가 있는 토목구조물이나 건축구조물 등의 축조를 위하여 산지나 구릉지를 개발하면서 필수적으로 발생하는 지반구조물이다. 현재 일반국도의 경우 약 12,650여개, 고속도로의 경우 약 3,000여개의 비탈면이 분포해 있는 것으로 집계되고 있으며 향후 비탈면의 수는 더욱 증가할 것으로 예상된다. 그럼에도 비탈면에 대한 관련 기준은 상호 중복되거나 각 기준간의 산만한 특성을 보이는 등 유지관리 규정 등이 미약한 실정이다. 이에 비탈면의 국내외 상태평가 기준에 대한 현황을 비교분석하여 더욱 객관적이고 정량화된 상태평가기준을 수립할 필요가 있다.

2. 비탈면의 상태평가 방법 및 평가요소

2.1 비탈면 상태평가 방법 및 평가요소 국내사례

2.1.1 시책법에 따른 땅깍기비탈면 상태평가 규정 및 평가요소

시설물의 안전관리에 관한 특별법 제 13조 및 같은법 시행령 제 13조의 규정에 의해 건설교통부에서 고시한 안전점검 및 정밀안전진단 지침의 세부지침에서는 표 1과 같이 비탈면의 상태평가 등급을 구분한다(건설교통부, 한국시설안전기술공단 2003). 상태평가등급을 구분하는 결합지수는 손상상태 항목 점수와 파괴요인 항목 점수의 합을 총점 76으로 나누어 계산한다. 손상상태 항목 점수는 인장균열, 지반변형, 구조물변형, 발생규모에 따른 항목점수를 합산하고, 파괴요인 항목 점수는 토질조건, 토층심도율, 비탈면 경사, 집수지형, 강우 및 지하수, 표면보호, 배수조건, 보호·보강상태의 각 항목점수를 합산하여 계산

한다(표 2, 3). 또한 각각의 손상상태지수는 손상상태 항목 점수합을 24점으로 나누어 계산하고, 파괴요인 지수는 파괴요인 항목 점수합을 52점으로 나누어 계산한다.

표 1. 시트법에 따른 상태평가 규정

상태 등급	결합 지수 (F)	상 태
A	$0 \leq F < 0.15$	문제점이 없는 최상의 상태
B	$0.15 \leq F < 0.30$	경미한 손상, 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수와 지속적인 관찰이 필요한 상태
C	$0.30 \leq F < 0.55$	보통의 손상, 결함이 발생하였으나 안전성에 지장은 없으며, 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 간단한 보강이 필요한 상태
D	$0.55 \leq F < 0.75$	손상, 결함이 진전되고, 파괴 잠재성이 존재하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용 제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E	$0.75 \leq F$	심각한 손상, 결함 및 파괴 잠재성에 의하여 시설물의 안전에 위협이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태
※ 인장균열, 지반변형, 구조물변형 등이 진행성으로 확인되는 경우 상태평가등급을 하향하고 정밀 안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰한다. ※ 보호/보강공법이 적용됨에 따라 비탈면의 안전성이 크게 향상되었다고 판단되었을 경우 상태평가 등급을 상향할 수 있다.		

표 2. 시트법에 따른 상태평가를 위한 손상상태 평가요소

구 분	평가 요소
파괴징후	- 인장 균열 또는 이완 압괴의 존재와 상태 - 비탈면 지반의 변형(bulging 등) 현상의 존재와 상태 - 구조물(옹벽 및 측구 등) 또는 인접 구조물(도로 등)의 변형(균열 등)상태
파괴현황	- 발생한 파괴의 규모 및 개소 - 발생한 파괴의 유형

표 3. 시트법에 따른 상태평가를 위한 파괴요인 평가요소

구 분		내부 파괴 요인		외부 파괴 요인	
		지반 상태	비탈면 형상	자연적 요인	인위적 요인
토사비탈면		토질조건 토층심도율	비탈면의 경사 집수지형	강우/지하수	표면상태 보호/보강상태 배수상태
암 반 비 탈 면	연약암반 비탈면	지반강도 특성 면구조경사 내구성(풍화상태)	비탈면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	파쇄암반 비탈면	절리간격 저면경사 절리상태	비탈면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태
	절리암반 비탈면	절리주향 절리경사 절리상태	비탈면의 경사	강우/지하수	절취상태 보호/보강상태 배수상태

2.1.2 한국도로공사의 땅꺼기비탈면 상태평가 규정 및 평가요소

한국 도로공사에서는 전국의 고속도로에 분포하는 땅꺼기비탈면의 붕괴특성 분석자료를 토대로 0~300점 사이 3개 등급으로 구분하여 표 4에 나타난 비탈면의 상태평가규정을 제시하고 있다(한국도로공사 2001). 비탈면의 상태평가를 위한 조사항목으로 크게 비탈면 형상, 지질, 지형, 붕괴이력 등으로 분류하고, 표 5에서 보듯이 각각의 세부평가요소별 항목에 대한 점수를 배점하였다. 세부평가요소별 항목은 일본 건설성, 일본 도로공단, 일본 국철, 미국 도로연방국 규정과 RHRS, SMR에서의 비탈면붕괴요인을 분류 정리하여 상태평가요소를 종합 분석하여 선정하였다.

표 4. 한국도로공사의 상태평가 규정

등 급	점 수	평 가
I	0~110	안정한 비탈면
II	110~160	붕괴 위험성이 있어 정밀한 현장조사 및 지속적인 관찰을 요함
III	160 이상	붕괴 위험성이 커서 비탈면안정대책을 요함

표 5. 한국도로공사의 상태평가요소

항 목	평가요소
비탈면 형상	비탈면높이
	비탈면경사
지질적 요인	절리방향
	절리경사
	풍화정도
	암석종류
	균열상태
	단층유무
	암석강도 (지질해머타격)
	특수지질
	용수유무
	토질조건
	절리상태
지형적 요인	집수지형
	비탈면형상
	상부경사
기타	붕괴이력
	비탈면보호공

2.1.3 국립방재연구소의 땅꺼기비탈면 상태평가 규정 및 평가요소

국립방재연구소에서는 2001년 재해영향평가에 활용하기 위해 표 6과 같이 비탈면의 평가규정을 5단계로 구분하여 관리하고 있다. 방재연구소에서는 암반비탈면과 토사비탈면에 대해 각각 다른 평가요소를 제안하였다. 토사비탈면의 경우 비탈면을 구성하는 흙의 분류 및 연경도, 비탈면경사, 강우강도, 표면보호공, 침투, 배수에 관한 요소에 대해 평가하였고, 암반비탈면의 경우 풍화상태, 비탈면 경사, 절리의 방향과 간격, 강우강도, 표면보호공, 침투, 배수에 대한 요소를 고려하여 평가하였다(표 7).

표 6. 국립방재연구소의 상태평가 규정

상태지수 범위(CI)	상태 설명
0~20	매우 안정
21~40	안정
41~60	부분적 안정
61~80	불안정
81~100	매우 불안정

표 7. 국립방재연구소의 토사 및 암반비탈면 상태평가요소

토사비탈면 상태평가 요소		암반비탈면 상태평가 요소	
1) 흙의 분류	5) 표면보호공	1) 풍화상태(압축강도)	6) 강우강도
2) 연경도	6) 침투수	2) 비탈면경사	7) 표면보호공
3) 비탈면경사	7) 배수상태	3) 절리방향	8) 침투수
4) 강우강도		4) 절리간격	9) 배수상태
		5) Seam 층	

2.2 비탈면 상태평가 방법 및 평가요소 국외사례

2.2.1 일본도로공단 상태평가 규정 및 평가요소

일본 도로공단에서는 평가요소별 세부항목에 대해 A, B, C 세 단계로 평가하여, 보호공 설치에 따른 평가규정을 구분하고 붕괴예상 기준을 이용하여 보호공의 효과평가규정을 I, II, III 등급으로 구분한 후 최종적으로 종합 평가를 한다(표 8).

표 8. 일본도로공단의 상태평가 규정

비탈면의 조건평가		A	B	C
보호공의 효과평가	I	IA	IB	IC
	II	IIA	IIB	IIC
	III	IIIA	IIIB	IIIC
IA, IB, IC		재점검, 조사(내부진단)의 필요		
IIA, IIB, IIC		재점검, 조사(내부진단)의 실시가 바람직함.		
IIIA, IIIB, IIIC		안정하다고 판단		

평가요소별 세부항목에 대해서는 지질시대 및 암종에 따라 각 항목의 토공 요인, 지형적 요인, 지질적 요인으로 분류하여 배점을 하고 각 배점의 총점을 주어 비탈면을 A, B, C 세 단계로 평가하였다(표 9).

표 9. 일본도로공단의 상태평가요소

상태평가 요소			
토공요인	종단형상	지형적요인	비탈면배후지형
	횡단형상		비탈면배후의 토지이용
	비탈면경사		집수지형
	비탈면높이	지질적요인	풍화정도
	비탈면보호공		용수유무
	배수공		불안정성 지반형태 분류

2.2.2 호주의 땅깍기비탈면 상태평가 규정 및 평가요소

호주에서는 빅토리아주의 한 지역을 대상으로 자연비탈면 및 인공비탈면의 전반에 대해 약 4등급으로 안정성을 평가하고 있다(표 10). 평가세부항목으로는 표 11에서와 같이 9개 요소, 경사각, 식생상태, 강우, 절리 등으로 구분하여 점수를 부여하고 이들을 합하여 평가하였다. 비교적 평가항목이 단순하여 오차를 보이는 단점이 있다.

표 10. 호주의 상태평가 규정

상태지수(CI) 범위	상태 설명
< 5	안정
6~9	불안잠재
10~13	불안
14~15	대단히 불안

표 11. 호주의 상태평가요소

상태평가 요소	
1) 경사각	6) 강의 유수에 의한 침식
2) 식생상태	7) 절리가 발달한 경우
3) 비탈면을 도로사용 목적으로 땅깍기한 경우	8) 활동방향으로 지층경사
4) 비탈면이 목초지인 경우	9) 과거의 활동 흔적
5) 지하수위와 근접 또는 용수	

3. 국내외 비탈면 상태평가요소에 대한 고찰

본 연구에서는 관리주체별로 국내 3개소, 국외 2개소에 대한 상태평가 규정 및 평가요소에 대해 비교 분석해보았다. 그 결과 국내의 경우 공통적인 평가요소로 절리의 주향과 경사, 암반의 풍화상태, 토질조건, 배수상태, 보호(보강)상태 항목을 포함하고 있고, 한국도로공사의 경우 상부경사와 암석의 종류, 지질조건에 대한 항목이 국립방재연구소의 경우 강우강도, Seam 층에 대한 항목을 각각 구분하여 반영하는 것으로 나타났다. 국외에서 일본도로공단인 경우 평가요소는 국내와 대체로 유사한 평가요소를 나타내고 차이점으로는 지질시대 및 암종에 대한 고려가 선행되어 평가되고 있는 것으로 나타났다. 빅토리아주 일부지역을 대상으로 한 호주의 평가규정은 그 평가요소가 간단하고, 각각의 평가요소들도 비탈면의 목적, 초목의 발달 상태, 유수에 의한 침식, 과거활동 흔적등 국내와는 서로 상이한 평가요소들이 많은 것으로 나타났다.

4. 결론

증가하는 비탈면에 대한 효율적인 유지관리를 위해서는 보다 객관적이고 정량적인 상태평가기법과 기준에 대한 정립이 필요하다. 이에 본 연구에서는 국내외의 상태 평가 체계 및 현황을 검토하고 외국의 상태평가 기법과 국내의 상태평가 기법을 분석하였다. 향후 붕괴유형 분석 및 안전성에 영향을 미치는 요소 결정등 다양한 기법을 통하여 국내 실정에 적합한 객관적이고 정량적인 상태평가기법 및 안전성평가 기법이 제안될 필요가 있다.

참고문헌

1. 건설교통부, 한국시설안전기술공단(2003), 정밀점검 및 정밀안전진단 세부지침(절토사면)
2. 한국도로공사(2001), 도로설계요령
3. 호쿠리쿠 地方整備局 建設技術協會, 設計要領 道路編