



김 부 생
소방방재청 지진방재과
bios888@korea.kr

급경사지 안전점검 및 재해위험도 평가기법

사면절개지 및 붕괴유험지역을 중심으로



I. 서론

최근 10년간 자연재난으로 발생한 인명피해 684명 중 급경사지나 산사태 붕괴로 177명이 사망하거나 실종되었다. 이는 전체 사망자의 26%를 차지하는 것으로 연도별로는 '02년 태풍 "루사"로 77명, '03년 태풍 "매미"로 37명, '05년 집중호우로 13명, '06년 집중호우로 21명, '09년 집중호우로 6명, '10년 집중호우로 1명이 사망하거나 실종되었다. 특히, 금년의 경우 산사태·토석류로 인한 인명피해가 8월말 현재 58명(7.7~14 10명, 7.26~28 48명)으로 평년값을 훨씬 뛰어넘는 수치이다. 본 글에서는 이처럼 기후변화로 인한 국지성 호우피해가 증가함에 따라 급경사지 지역에서 각종 재난이 발생하거나 발생할 우려가 있는 붕괴위험지역을 대상으로 안전점검 체계와 재해위험도평가 방법에 대해서 알아보하고자 한다.

II. 급경사지 안전점검

급경사지 안전점검 체계

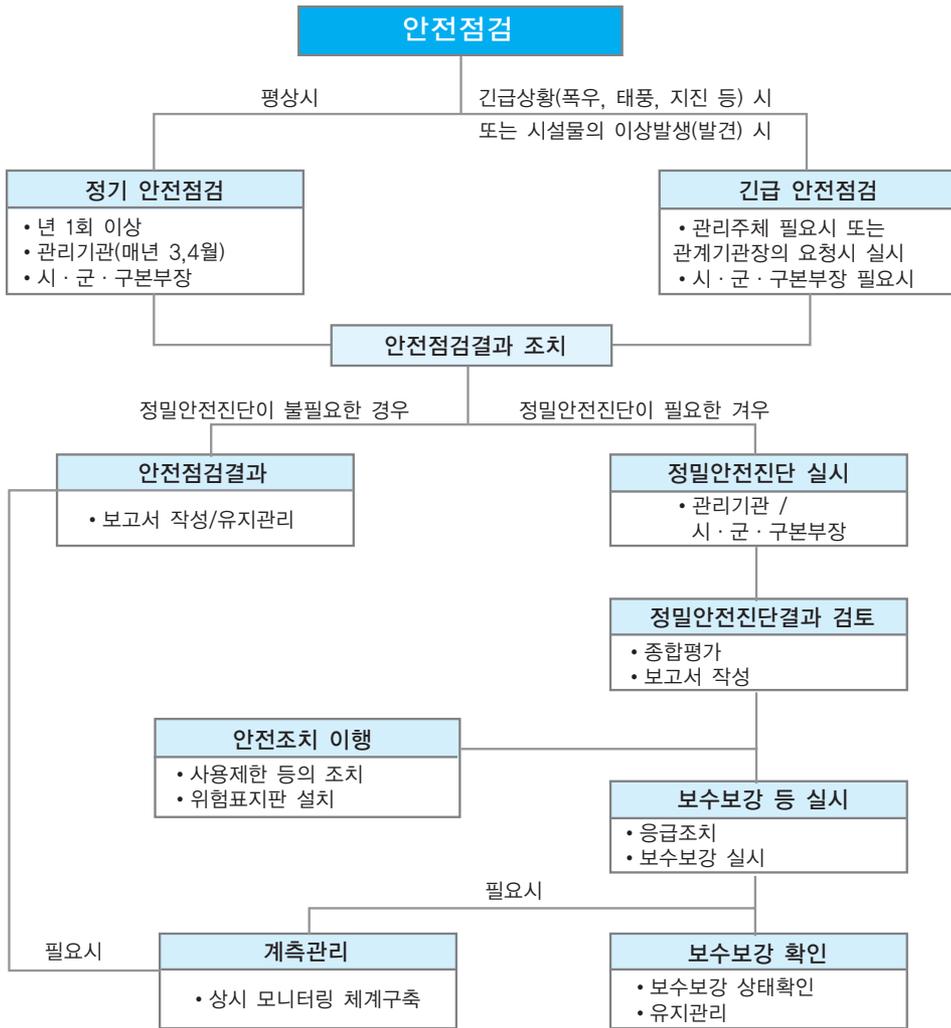
급경사지의 안정성이나 붕괴여부, 붕괴시기, 붕괴

규모, 피해정도 등을 예측하기란 매우 어렵다. 따라서 상기의 불확정요소를 보완하기 위하여 정기적인 안전점검을 실시하는 것은 사고를 미연에 방지할 수 있게 하며, 장기적인 차원에서 예산 절감 효과를 기대할 수 있게 한다. 급경사지의 안전점검에 대한 업무 흐름도는 다음과 같다.

급경사지 안전점검을 효율적으로 수행하기 위해서는 사전준비와 계획이 필요하다. 이를 위해서는 점검의 종류, 대상, 항목, 방법, 점검장비, 시간, 소요인원, 관련지구의 설계, 시공, 점검, 보수자료, 점검시의 기상상태, 교통량 및 주변 환경 등이 고려되어야 한다.

급경사지 안전점검 절차

관리기관은 매년 3에서 4월 기간에 정기 안전점검을 실시하며, 점검결과를 관할구역의 시·군·구 본부장에게 통보하여야 한다. 관리기관으로부터 정기 안전점검결과를 통보받은 시·군·구본부장은 붕괴위험성이 있는 급경사지에 대해서 연 1회 이상 정기 안전점검을 실시하여야 한다. 다만 긴급 안전점검과 중복되는 경우에는 정기 안전점검을 생략할 수 있다.



〈그림 1-1〉 급경사지 안전점검체계 업무흐름도

시·군·구본부장은 안전점검 결과를 해당 관리 기관 및 해당 토지의 소유자·점유자 또는 관리인 (이하 “관계인”이라 한다)에게 통보하여 필요한 안전 조치를 취하도록 하여야 한다. 시·군·구본부장은 급경사지 안전점검의 효율성을 제고하기 위하여 급경사지에 대하여 관계기관 및 전문가와 합동조사를 실시하거나, 필요한 경우 상시계측관리를 실시할 수 있다.

긴급 안전점검은 여름철 재해대책기간에는 점검 계획을 세워 수시로 안전점검하여 위험지역에 대해서는 안전조치 이행 및 긴급 보수·보강을 실시하여야 한다. 또한, 상시계측관리를 시행한 경우에는 그 결과를 활용하여야 한다. 정기 안전점검 또는 긴급 안전점검 결과 위험 가능성이 높은 지역에는 필요시 계측관리 계획을 수립하여 실시간 모니터링이 가능하도록 하여야 한다.

| 리뷰 |

안전점검 후 후속조치 활동

관리기관은 해빙기와 여름철 풍수해 사전대비 업무를 추진하면서 급경사지의 안전점검을 실시하고, 그 결과를 관할구역의 시·군·구본부장에게 법률에서 정하는 기간내에 통보하여야 한다.

안전점검의 효율성을 높이기 위하여 관리기관으로부터 급경사지 안전점검결과를 통보받은 시·군·구본부장은 붕괴위험성이 있는 급경사지에 대하여 관계기관 및 전문가가 참여하는 합동조사(합동안전점검)를 실시하여야 한다.

정밀안전진단이 필요한 경우 정밀안전진단을 수행하며 진단결과 보수보강이 필요한 지역에는 응급복구대책과 항구복구대책을 수립하여 응급복구에 대한 보수·보강 계획을 세워 응급조치를 하여야 하며, 주민대피, 행위제한 및 사용제한 조치 등 안전조치를 취해야 한다.

시·군·구본부장은 재해위험도평가 및 주민의 견수렴 결과를 종합하여 붕괴위험성이 있는 급경사지는 붕괴위험지역으로 지정하고 주변지역 주민들에게 붕괴위험지역을 고시하여야 하며, 관련 지역에는 법 제11조에 의한 위험표지판을 설치하여야 한다.

시·군·구본부장은 안전점검 결과를 해당 지역의 관계인에게 통보하여 안전에 필요한 조치를 취하도록 하여야 한다. 시·군·구본부장은 필요시 붕괴위험성이 있는 급경사지에 대해서는 계측관리에 의한 실시간 모니터링 체계를 구축할 수 있다.

급경사지 안전점검의 종류

정기안전점검은 급경사지에 대한 경험과 기술을 갖춘 자가 시설물의 손상이나 결함을 조기에 발견하고 시설물의 기능적 상태를 판단하며, 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위하여 실시되는 세심한 육안검사 수준의 점검이다.

점검 시기는 시설물의 준공일 또는 사용승인일(임시사용 포함) 다음 년도부터 연 1회 이상 실시하며 일반적으로 해빙기가 지난 3, 4월에 관리기관에서 정기적으로 실시하는 것이 바람직하다. 또한, 급경사지 피해가 많이 발생하는 풍수해대책 기간에 시·군·구본부장은 관할 붕괴위험성이 높은 급경사지에 대하여 수시로 안전점검을 실시할 수 있다. 다만 긴급점검의 현장조사 기간과 중복되는 경우에는 생략할 수 있다.

〈표 1-1a〉 해빙기 정기점검 항목 및 내용

분류	점검항목	점검내용	점검장비
중점점검	<ul style="list-style-type: none"> • 결빙된곳, 지하수 용출 • 지속적인 낙석발생장소 	<ul style="list-style-type: none"> - 해빙시 낙석이나 붕괴위험여부 - 지하수 용출량, 위치 	<ul style="list-style-type: none"> - 카메라 - 필기도구 - 지도 - 줄자
붕괴	<ul style="list-style-type: none"> • 인장균열 • 배부름 	<ul style="list-style-type: none"> - 위치, 규모, 방향, 진행속도 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 이완암괴 	<ul style="list-style-type: none"> - 위치, 규모, 낙석발생시 피해도 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 이력 	<ul style="list-style-type: none"> - 유형, 위치, 규모, 발생시기 	
급경사지 상태	<ul style="list-style-type: none"> • 불연속면 	<ul style="list-style-type: none"> - 면의 미끄러움 정도, 빈도, 방향 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 풍화도 	<ul style="list-style-type: none"> - 풍화도 vs 단면경사에 따른 안정성 	
	<ul style="list-style-type: none"> • 집수지형 	<ul style="list-style-type: none"> - 계곡부 유무 	
급경사지 시설	<ul style="list-style-type: none"> • 배수시설 • 낙석방호시설 • 보강공, 표면보호시설 	<ul style="list-style-type: none"> - 노후, 변상, 파손여부 - 기능상실 여부 	

〈표 2-1b〉 우기대비 정기점검 항목 및 내용

분류	점검항목	점검내용	점검장비
중점점검	• 급경사지 누수	- 급경사지 내 특정부위의 습윤, 지하수 용출	- 카메라 - 필기도구 - 지도 - 줄자
	• 계곡부	- 계곡부에서 도수로, 집수정으로 이어지는 연결부위와 관거의 통수기능	
	• 공사중인현장 • 수해취약지구	- 수방자재 비축현황 - 토사유실 및 붕괴 여부	
	• 배수시설 - 산마루측구 - 소단측구 - 도수로 - 수평배수공 - 수발공 - 집수정 - 맹암거	- 배수공의 막힘 - 이물질의 퇴적이나 적치에 의한 배수기능 상실 - 시설물의 연결부위 파손, 변형 - 통수단면 부족에 의한 월류 여부 - 배수시설 기능상실에 의한 세굴, 침식, 붕괴여부	
	• 인장균열, 배부름	- 위치, 규모, 방향, 진행속도	
붕괴	• 이완압괴	- 위치, 규모, 낙석발생시 피해도	
	• 이력	- 유형, 위치, 규모, 발생시기	
	• 불연속면	- 면의 미끄러움 정도, 빈도, 방향	
급경사지 상태	• 풍화도	- 풍화도 vs 단면경사에 따른 안정성	
	• 집수지형	- 계곡부 유무	
	• 낙석방호시설	- 노후, 변상, 파손여부	
급경사지 시설	• 보강공	- 기능상실 여부	
	• 표면보호시설		

정기점검의 범위는 급경사지에 대하여 전반적인 외관 상태를 관찰하여 손상이나 결함의 유무를 확인하고 이상 발견 시에는 즉시 보고하도록 하며, 정기점검 서식에 점검 결과 및 조치사항을 기록하여 보관토록 한다. 정기점검의 주요 항목에 대한 내용은 〈표 1-1a〉와 〈표 1-1b〉와 같다.

긴급 안전점검은 관리기관이 필요하다고 판단하는 경우나 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리기관에 긴급점검의 요청이 있을 때 또는 관할 시·군·구본부장이 풍수해대비 필요하다고 판단하는 경우에 실시하는 점검이다.

긴급점검을 실시하는 경우는 주로 집중강우, 해빙기, 태풍에 의한 자연재해나 갑작스러운 붕괴, 시공 중 예측하지 못한 요인이 발생하였을 경우 또는 현장여건상 시공성에 문제가 발생하여 공사가 중

단된 경우 등에 해당된다. (시간당 강우량 30mm 이상일 경우, 선행 누적강우량 200mm 이상일 경우, 위험지역 주민신고 및 예찰활동에 의한 위험징후 발견시 등)

긴급점검은 정기점검보다 정밀한 육안검사와 측정기구를 통하여 전문가에 의해 이루어지는 것으로 급경사지 내 불연속면, 암중, 상부자연비탈면 등의 급경사지 상태와 붕괴이력, 급경사지 시설 현황 등을 정확히 기록하는 것으로 긴급점검 주요 내용은 〈표 1-2〉와 같다. 이를 근거로 안정해석을 실시하고 안정성 여부를 판단하여, 필요시 응급대책을 제시하는 수준의 점검에 해당된다.

긴급점검 항목은 정기점검 항목을 포함하고 이외에 급경사지 분류, 불연속면 유형 및 특성, 암중, 지반강도, 급경사지 분류, 상부자연비탈면, 주변지

| 리뷰 |

〈표 1-2〉 긴급점검 항목 및 내용

자연재해·갑작스런 붕괴에 의한 긴급점검	예측불가능요인·시공성문제에 의한 긴급점검
<ul style="list-style-type: none"> - 붕괴나 손상의 유형·규모·원인 - 피해도, 추가붕괴 가능성 - 우회도로여부 및 교통통제 - 보수·보강의 긴급성 - 응급대책 - 추가적인 정밀안전진단 시행 여부 	<ul style="list-style-type: none"> - 원인요소 조사 및 파악 - 공중변경·추가대책 - 시공성·현장적용성 판단 - 보수·보강의 긴급성 - 응급대책 - 추가적인 정밀안전진단 시행 여부

형특성, 지질 등의 조사점검항목을 포함한다. 긴급 점검은 사태의 긴급성에 따라 전문가의 검토의견을 통해 응급조치를 할 수 있다.

점검자는 교통통제 및 응급대책이 필요한 경우에는 즉시 관리기관에 보고하여야 하며, 관리기관은 필요한 조치를 취하도록 하여야 한다. 사안에 따라 필요한 경우 정밀안전진단을 시행하여 보강대책을 수립해야 한다.

Ⅲ. 급경사지의 분류 및 조사

급경사지의 분류

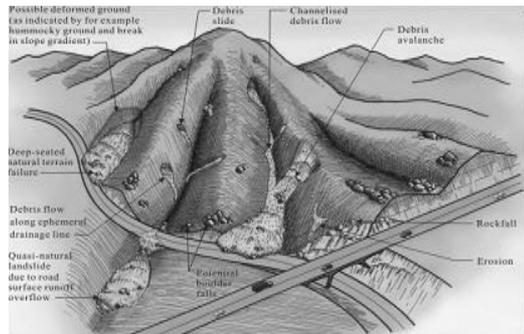
급경사지는 일반적으로 경사가 급한 비탈면으로 법 제2조 제1항에서 “택지·도로·철도 및 공원시설에 부속된 자연비탈면, 인공비탈면(옹벽 및 축대 등을 포함한다) 또는 이와 접한 산지”로 정의되며 일반적인 급경사지의 분류는 〈그림 2-2〉와 같다.



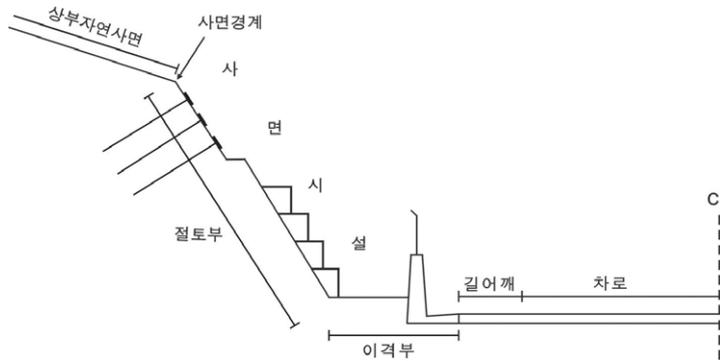
〈그림 2-2〉 급경사지의 분류

급경사지에서 정의하는 자연비탈면은 “높이 50m, 경사도 34° 이상인 비탈면”을 말한다. 오랜 시간동안 비교적 안정적인 상태를 유지하면서 자생적으로 형성된 비탈면으로 외적인 영향력(인적 개발 및 훼손, 집중강우, 강설, 지진 등)의 작용에 의해 안정성이 저해될 수 있다. 자연비탈면의 경우 집중강우에 의해 짧은 시간에 붕괴되는 현상(산사태, landslide)과 육안으로 이동을 감지할 수 없을 정도의 서서히 붕괴되는 현상(포행, creep)으로 나눌 수 있다.

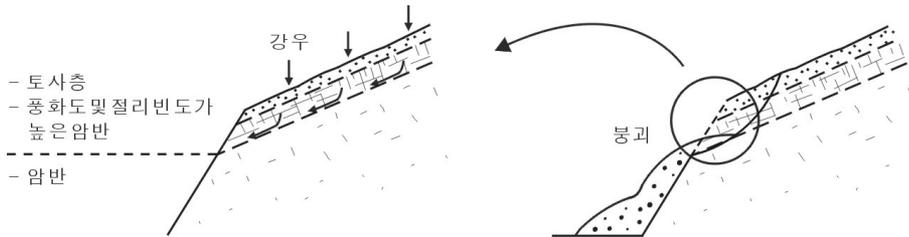
비탈면 붕괴양상은 대부분 토석류(debris flow)의 형태로 발생되게 된다. “토석류”란, 오랫동안 풍화작용(風化作用)을 받아 흙과 암석편이 많이 생긴 산비탈면이 폭우나 장마로 인해 물로 포화되어 그 무게가 마찰력을 초과하여 흘러내리는 현상이다. 우리나라에서는 집중호우나 태풍에 수반되는 비로 비탈면의 일부가 토석류 형태로 흘러 큰 재해(災



〈그림 2-3〉 자연비탈면의 토석류 발생 개요도



〈그림 2-4〉 절토비탈면 구성모델



〈그림 2-5〉 혼합절토비탈면에서의 토층붕괴

害)를 입을 경우가 있다.

급경사지에서 정의하는 인공비탈면은 “높이가 5m 이상이고 경사도가 34° 이상이며 길이가 20m 이상인 비탈면”을 말하며 절토비탈면과 성토비탈면으로 구분된다.

절토비탈면은 도로나 부지확보를 위해 자연비탈면을 인위적으로 절토하여 발생한 인공비탈면을 말한다. 절토비탈면은 자연적으로 형성된 지반에 인위적인 변형을 가해서 조성된 구조물이기 때문에 비탈면 구성물질의 풍화, 세굴 등에 의해 안정성이 저감될 수 있어 지속적인 유지관리가 필수적이다.

또한, 구성물질에 의해 다음과 같이 분류한다.

토사비탈면은 구성물질이 토사로 이루어진 비탈면을 지칭하며, 비탈면 경사, 지반정수, 침투수 등이 안정성에 큰 영향을 미친다. 대규모 붕괴비탈면

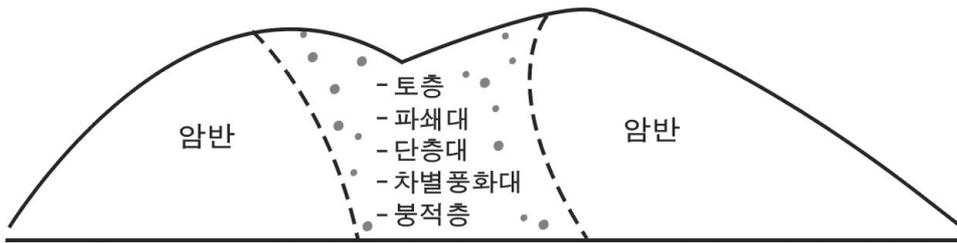
에서 토사비탈면이 차지하는 분포비율은 상대적으로 높으며, 구성 물질이 비교적 균질하여 사전붕괴 인지에 가장 유리하다. 붕괴유형으로는 침식, 표층유실, 활동파괴 등이 있다.

암반비탈면은 구성물질이 암반으로 구성된 비탈면을 지칭하며 주로 불연속면에 의한 거동지배를 우세하게 받는다. 붕괴유형으로는 낙석, 썩기파괴, 전도파괴 및 평면파괴 등이 있다.

혼합비탈면은 투수율이 낮은 암반층과 토사지반이 상하로 구성되어 있는 것을 혼합비탈면이라 한다. 〈그림 2-5〉와 같이 지층이 비탈면 방향으로 기울어져 있는 혼합비탈면의 경우 강우시 지하수의 흐름은 불투수층인 암반층과 투수층인 토사층의 경계인 토층심도선을 따라 흐르게 된다. 이 토층심도선을 따라 지하수의 이동에 의한 토사유실과 마찰 저항 저하로 집중강우시 붕괴되는 취약점



〈그림 2-6〉 혼합절토비탈면 실례



〈그림 2-7〉 복합절토비탈면 개념도



〈그림 2-8〉 좌:복합절토비탈면 실례 / 우:복합절토비탈면 실례

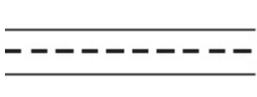
을 가지고 있으므로 주의해야 한다.

복합비탈면은 암반비탈면과 토사비탈면이 중단 방향으로 반복될 때이며, 각 비탈면의 폭은 10m 이상이어야 한다. 일반적으로 지질적인 요인에 의한 단층대나 전단대가 존재하는 비탈면이 이에 해당되고 차별풍화가 진행되어 암반비탈면과 토사비탈면이 반복되는 경우가 있으며, 이 외에도 지형적인 요인이나 지하수 영향에 의해 혼합비탈면 형태

로 노출될 수 있다.

비탈면형태에 따른 분류는 다음과 같은데, 급경사지의 외형은 지반조건과 주변환경에 따라 여러 형태를 보이며, 이러한 외형요소에 따라 급경사지 형태를 분류하고, 집수지형 형성여부, 낙석피해정도, 보수·보강 공법적용시 시공성 등을 파악해야 한다.

• 도로선형요소

오목형 : C	직선형 : S	볼록형 : V	복합형 : E
			

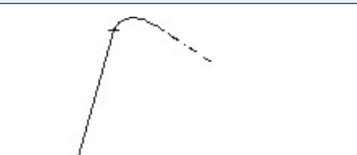
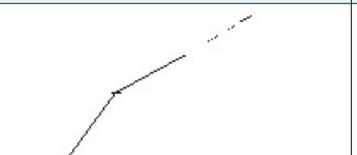
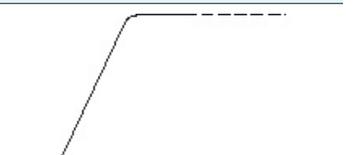
• 종단요소

직선형 : S	볼록형 : V	계곡형 : E
		

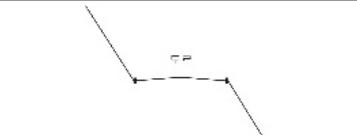
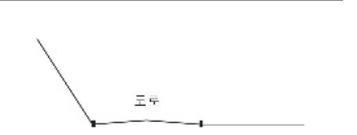
• 횡단면요소

오목형 : C	직선형 : S	볼록형 : V	복합형 : E
			

• 상부자연비탈면요소

하강형 : D	상승형 : U	평탄형 : F
		

• 도로지반요소

하강형 : D	상승형 : U	평탄형 : F
		

성토비탈면은 도로개설을 위한 노반성토비탈면, 제방이나 댐의 제체비탈면, 기타 부지확보를 위한

비탈면 등 필요에 따라 인공적으로 쌓기를 통하여 조성되는 비탈면을 말한다. 이러한 성토비탈면은

| 리 뷰 |

일반적으로 균질한 구성재료로 조성되기 때문에 1개의 법면에서도 지질구조와 흙의 성질이 변화하는 절토비탈면에 비하여 관리가 용이하다.

옹벽은 벽의 자중, 저판상부 토사의 중량 등으로 토압에 저항하여 급경사지의 안정성을 도모하기 위한 벽체 구조물을 말한다. 옹벽은 도로, 철도, 택지 조성지 등의 절토비탈면과 성토비탈면의 안정성 증가를 위하여 설치하며, 하천, 항만의 호안과 교량의 교대로서 널리 사용된다.

석축은 돌을 겹겹이 쌓은 비교적 간단한 옹벽구조물의 일종이다. 일반적으로 석축은 법면구배가 1:1.0 보다 급한 경우에 적용한 것으로 “돌쌓기”를 말하며 이보다 기울기가 완만할 경우에는 “돌붙임”로 구분되어 불리기도 한다.

이러한 옹벽과 석축은 구조물의 전도, 활동, 침하, 파손·손상 및 균열, 유실, 배부름, 콘크리트 채움상태, 배수공 상태 등이 주요 조사대상 항목이 되며, 이에 대하여는 한국시설안전기술공단(2004)에서 작성한 『옹벽 유지관리 매뉴얼』을 통하여 보다 상세히 살펴볼 수 있다.

급경사지의 현황조사

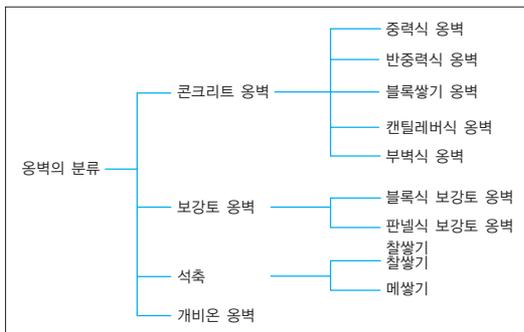
급경사지 현황조사를 효율적으로 시행하기 위해서는 <그림2-10> 급경사지의 구분 기준에 따라 급경사지에 대한 현황 및 지형, 지질특성을 파악하여

야 한다.

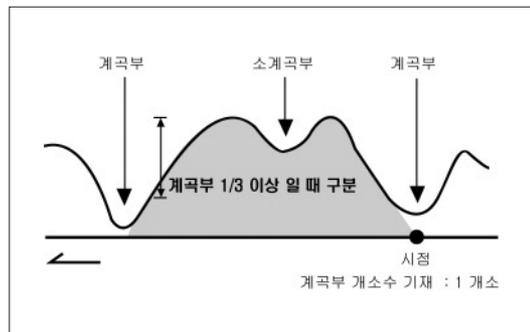
급경사지의 구분 기준은 깊은 계곡부(일반적으로 비탈면 최고점 높이의 1/3 이상의 깊이를 가지는 계곡을 말함)나 배수로가 존재할 때 이를 기준으로 각각의 비탈면에 대하여 기재할 필요가 있다. 만약 급경사지 내 계곡부가 존재하더라도 규모면에서 소규모이며, 특별히 나눌 필요가 없다고 판단될 경우는 하나의 급경사지로 취급하여도 좋다. 급경사지의 구분 기준은 아래 그림과 같으며, <급경사지 조사서식>을 중심으로 급경사지 조사 및 안전점검에 요구되는 내용을 간략히 설명하고자 한다.

※ 일반정보

- 조사자 : 현장조사 담당자 소속, 직·성명 및 전화번호를 기재
- 조사일자 : 현장조사 일자를 기재
- 관리주체 : 해당 급경사지의 관리기관을 기재
- 코드번호 : 시·도□□ - 시·군·구□□ - 읍면동□□ - 동·리□□ - 일련번호□□□□
 - 시점 : 위도(° ' "), 경도(° ' ")
 - 종점 : 위도(° ' "), 경도(° ' ")
 시·도 및 시·군·구는 【붙임 3】의 코드에 따라서 기재하고 읍면동, 동리는 행정명칭을 기재
- 위치 : 조사대상 급경사지가 위치한 행정구역 기재



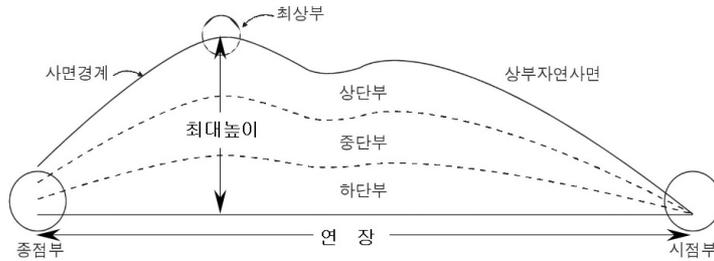
<그림 2-9> 재료형식에 따른 옹벽 분류



<그림 2-10> 급경사지의 구분기준



〈그림 2-11〉 GPS좌표 수신기 및 네비게이션



〈그림 2-12〉 급경사지 제원

- GPS좌표 수신기 및 네비게이션을 활용하여 GPS좌표 입력
- 급경사지 제원
 - 비탈면유형 : 인공비탈면/ 자연비탈면/ 산지
 - 높이(H) : 급경사지의 최대 수직고를 기재 (5~10m미만/ 10이상~20m미만/ 20이상~30m미만/ 30m이상)
 - 길이(연장) : 급경사지의 시점에서 중점까지의 거리를 기재(20m미만/ 20~100m미만/ 100~200m미만/ 200m이상)
 - 경사(°) : 횡단면에서 최하부 정점과 최상부 정점을 연결한 선과 수평면 사이의 각을 측정하며, 도(°) 단위와 경사도 표시방식으로 기재 (1:1.5(34도)/1:1.2(40도)/1:1.0(45도)/1:0.7(55도)/1:0.5(63도)/1:0.3(73도) 이상)
- 붕괴위험성(붕괴이력 : 붕괴 유·무)
 - 붕괴진행 상황 : 급경사지 주변을 확인하여 인장균열 등 붕괴조짐으로 판단되는 특수한 상황을 표기(인장균열/ 단차/ 배부름/ 옹벽균열)
 - 용출수 : 지하수가 급경사지면에 노출되는지 여부/부
 - 외력작용 : 비탈면상부에 주택, 철탑, 농경지, 철도, 묘지 및 배수불량 등으로 비탈면에 하중을 증가시키는 요인(주택/ 철탑/ 농경지/ 철도/ 묘지/ 참호/ 배수로 불량 등)
- 사회적 영향성
 - 주택·건물 등 : 급경사지의 붕괴로 직접적인 피해를 받는 영향권역 내에 위치한 주택·건물의 수(00동 00세대/ 농경지 ha/ 도로 km/ 기타)
 - 인가 등 공공시설과의 이격거리(10m미만/ 10~30m미만/ 30~50m미만/ 50m이상)

| 리 뷰 |



〈인장균열〉



〈인장균열〉



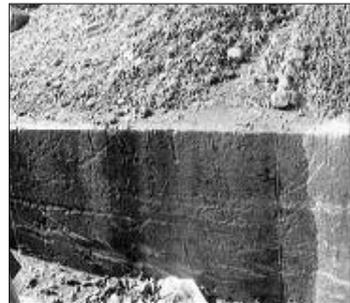
〈단 차〉



〈배부름〉



〈옹벽 균열〉



〈용출수〉

〈그림 2-13〉 붕괴진행상황



〈주택〉



〈철탑〉



〈묘지〉

〈그림 2-14〉 비탈면상부 외력작용현황

- 급경사지의 붕괴로 직접 피해를 입을 수 있는 영향권역내 건물까지의 거리
 - 일반적으로 급경사지 높이(H)의 2배(2H)를 초과하는 경우 영향권역밖에 있는 것으로 인정되며, 이 경우 토석류의 영향은 제외
- 급경사지 직접적 영향권역은 아니지만 토석류에

- 의한 피해를 유발하는 주변 지형적 여건 검토
- “산악”, “준산악”, “구릉”, “완구릉”, “평지”로 구분
 - 산악, 준산악 지형 중 급경사지 상류부에 계곡이 있어 토석류로 발전시킬 우려가 있는 계곡의 존재유무와 계곡의 수량 기재

〈표 2-1〉 주변지형 구분 기준

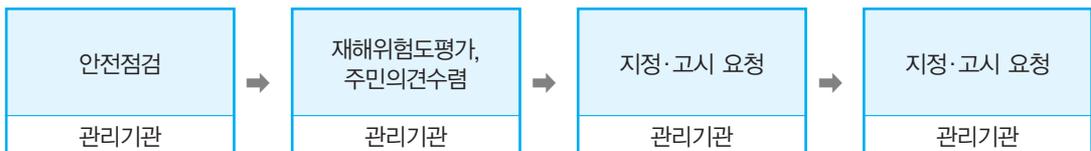
구분	기준
산악	급경사지가 산악지에 포함된 경우(~령, ~고개 지역 등)
준산악	급경사지가 산악지 가장자리에 위치한 경우
구릉	급경사지가 언덕상 구릉지에 위치한 경우
완구릉	급경사지가 완구릉지에 위치한 경우
평지	급경사지가 평야지대에 위치한 경우

- 토석류 발생 가능성 유무
- 산사태에 의한 토석류 발생 가능성 검토를 위해서 상류부에 산지가 있는지, 상류부의 계곡유무와 토석류의 이동을 원활하게 하는 배수로 등이 있는지, 토석류로 인한 인명피해가 우려되는 지를 검토하여 자료로 구축하고, 집중호우 및 태풍 등으로 인한 산사태 발생이 우려되는 경우에 이 지역을 집중 관리하여야 한다.
- 계측관리의 필요성
 - 붕괴위험성이 높은 급경사지 또는 붕괴위험성은 높지 않으나 붕괴시 공공의 안녕에 큰 피해를 줄 것으로 예상되는 지역
 - 산사태 또는 붕괴의 우려가 높아 응급복구가 요구되는 지역으로 붕괴로 인한 피해를 예방할 필요가 있는 국립공원, 주요 문화재관리지역 등으로 자연 및 환경적인 문제로 정비계획 수립이 곤란한 경우
 - 정비사업 실시를 위하여 대책공법을 제시할 수 있지만, 안정화를 위한 보수·보강 공사비가 너무 과다하게 요구되어 예산의 집행에 어려움이 생길 경우
 - 붕괴 징후가 예상되거나 여건상 기존 공법으로 개량이 곤란한 경우
- 외관상 안정된 급경사지이지만 인근에 급경사지 붕괴 이력이 관찰되어 지반의 거동을 관찰할 필요가 있는 급경사지
- 식생공이나 슛크리트로 피복되어 있어 직접적인 관찰이 불가능한 상태이지만 수차례 붕괴이력을 가지고 있는 급경사지 등
- 붕괴위험성이 상존하나 가까운 시일 내 대체우회 도로가 신설될 예정인 경우
- 붕괴위험성 : 관계전문가가 육안점검으로 판단하여 붕괴위험정도를 상/중/하로 기재
- 종합의견 : 조사자의 급경사지 조사 결과에 대한 종합의견을 자유롭게 작성하여 해당 급경사지에 대한 붕괴위험성 및 관리 필요성 등을 기재

IV. 붕괴위험지역의 지정

붕괴위험지역 지정

관리기관은 소관 급경사지에 대하여 안전점검을 실시한 결과 붕괴위험성이 높은 지역은 다음의 절차를 거쳐 관할 지역의 시장·군수·구청장에게 붕괴위험지역의 지정을 요청해야 한다. 지정요청을 받은 시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없는 한 즉시 지정 고시를 해야 하며, 이를 변경하는



리뷰

때에도 또한 같다.

관리기관은 필요시 시장·군수·구청장에게 주민의견 수렴을 요청할 수 있다. 시장·군수·구청장은 관할 구역 안에서 관리기관 외의 자가 소유하거나 관리하는 급경사지에 대하여 붕괴위험지역으로 지정·고시하여야 한다. 「자연재해대책법」 제12조에 따라 자연재해위험지구로 지정·고시된 경우는 붕괴위험지역으로 지정·고시된 것으로 본다.

재해위험도평가

법 제6조 제1항, 제2항에서 관리기관은 소관 급경사지에 대하여 붕괴위험지역으로 지정할 필요가 있는 때에는 재해위험도평가서를 작성하여 시장·군수·구청장에게 붕괴위험지역의 지정을 요청하며, 시장·군수·구청장은 관리기관의 자가 소유하거나 관리하는 급경사지에 대하여 직접 재해위험도평가를 하고 붕괴위험지역으로 지정·고시할 수 있다.

영 제3조 제1항에서 관리기관은 급경사지의 높이, 경사도, 붕괴이력 등 붕괴위험성, 주변 환경, 공공시설 등과의 거리 등 사회적 영향 등을 고려하여 재해위험도평가를 실시하여야 한다.

주민의견 수렴

붕괴위험지역으로 지정 고시하고자 할 경우, 시장·군수·구청장은 주민의견 수렴절차를 거쳐야 하며, 이를 위하여 주민의견 수렴절차를 마련해야 한다. 주민의견의 수렴을 위하여 필요한 내용은 관보 또는 해당 지역 게시판에 게재, 지역 신문방송 매체 및 홈페이지 등에 관계인이 알 수 있도록 홍보해야 한다.

관보 또는 게시판, 지역 신문방송 매체 및 홈페이지에 게시되는 주민의견 수렴사항은 다음의 내용을 포함하여야 한다.

- 주민의견 수렴일자 및 장소, 참석대상
- 붕괴위험지역으로 지정하고자 하는 급경사지의 지형도면(1:5,000이상)
- 붕괴위험지역의 위치, 현황, 관리기관, 지정 사유, 지정 또는 변경 일자
- 시장·군수·구청장은 주민의견 수렴시 관리기관 및 관계전문가를 참석시켜 주민의 포괄적인 의견이 모두 수렴되도록 노력해야 한다. 다만, 안전점검 결과 붕괴위험성이 높은 급경사지의 경우는 관계전문가로 하여금 의한 근거자료를 제시하여 붕괴위험지역 지정의 필요성을 설명하도록 할 수 있다.
- 주민의견 수렴시 참석인원이 많은 것으로 예상되어 관리에 애로가 있을 경우에는 해당지역의 대표자를 선정하여 참석하도록 할 수 있으며, 관련 의견 수렴사항은 반사회보 등을 통하여 다수인이 알 수 있도록 홍보해야 한다.

붕괴위험지역의 지정 또는 변경요청

관리기관이 시장·군수·구청장에게 붕괴위험지역의 지정 또는 변경을 요청하는 때에는 다음 각 호의 서류를 첨부한 붕괴위험지역 지정변경신청서를 제출하여야 한다.

- 붕괴위험지역의 위치 및 현황, 지정 요청하는 사유
- 재해위험도평가 결과보고서, 붕괴위험지역 지정에 대한 주민의견 수렴 결과보고서
- 관리기관으로부터 붕괴위험지역 지정 또는 변경신청서를 받은 시장·군수·구청장은 10일 이내에 관련 붕괴위험지역에 대한 지정 또는 변경 타당성을 검토하여 특별한 사유가 없는 한 즉시 지정 또는 변경고시하고 관리기관에 통보하여야 한다. 붕괴위험지역으로 지정 또는 변경 고시된 경우 시장·군수·구청장은 해당 지역에 필요한 안전조치를 시행하여야 한다.

붕괴위험지역의 지정 또는 변경 고시

시장·군수·구청장이 붕괴위험지역을 지정 또는 변경 고시할 때에는 다음 각 호의 사항을 관보나 게시판, 지역 신문방송 매체, 홈페이지 등에 고시하여야 한다.

- 붕괴위험지역으로 지정된 범위, 붕괴위험지역에서 제한되는 행위 또는 금지사항
- 붕괴위험지역에 대한 정비계획, 지적이 표시된 지형도면(토지이용규제법 제8조)

게시 고시문은 붕괴위험지역 지정일로부터 30일 이상 게시하여야 한다. 단, 게시물의 분량이 많거나 규격이 커 게시가 곤란한 경우에는 주민들이 열람할 수 있도록 필요한 조치를 취해야 하며 열람요령을 고시문에 적시하여야 한다.

현지조사의 실시

시장·군수·구청장은 붕괴위험지역의 지정 또는 변경 고시가 필요한 경우 현지조사를 실시한다. 토지에 출입하거나 토지를 일시 사용하는 자 또는 장애물을 변경·제거하고자 하는 자는 관계인의 동의를 서면으로 받아야 한다. 다만, 관계인의 주소·거소가 분명하지 아니하여 동의를 받을 수 없을 때에는 관할 시장·군수·구청장의 허가를 받아야 한다.

타인의 토지에 출입하거나 토지를 일시 사용하려는 경우 출입하거나 일시 사용하려는 토지의 위치, 토지에 출입하거나 토지를 일시 사용하려는 사유, 출입하거나 일시 사용하려는 기간 등을 서면 기재내용에 포함한다.

다른 사람의 토지에 있는 나무·흙·돌이나 그 밖의 장애물(이하「장애물」이라 한다)을 변경하거나 제거하려는 경우 변경하거나 제거하려는 장애물의 위치 및 내용, 장애물을 변경하거나 제거하려는 사유, 장애물을 변경하거나 제거하려는 일시 등을 서면 기재내용에 포함한다.

공무원이 다른 사람의 토지에 출입하거나 토지·건축물·공작물, 그 밖의 소유물을 일시 사용하거나 장애물을 변경·제거하는 경우에는 권한을 표시하는 토지출입증을 지참하고 제시하여야 한다. 붕괴위험지역의 지정을 위해 공무원이 타인의 토지에 출입하거나 토지·건축물·공작물, 그 밖의 소유물을 일시 사용하거나 장애물을 변경·제거하는 과정에서 발생한 손실의 보상에 대하여는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」에 따른다.

V. 재해위험도평가 기준

재해위험도평가는 영 제3조 제1항에서 소방방재청장은 재해위험도평가 기준을 정하여야 하며, 관리기관은 붕괴위험성이 높은 급경사지에 대하여 안전점검을 실시하고 재해위험도평가서를 작성하여야 하며, 다음의 사항을 고려하여 재해위험도평가를 실시하여야 한다.

- 급경사지의 높이, 경사도, 붕괴이력 등 붕괴위험성
- 주변 환경, 공공시설 등과의 거리 등 사회적 영향
- 재해위험도 평가는 자연 비탈면, 인공 비탈면, 산지에 대하여 각각 재해위험도 평가표를 활용하거나 전문가가 직접 재해위험도평가를 실시할 수 있다.

재해위험도 평가를 실시한 결과, 재해위험도 등급은 “A”, “B”, “C”, “D”, “E” 등급으로 구분한다. 관리기관은 재해위험도 등급이 “D”, “E”에 해당하는 급경사지는 즉시 붕괴위험지역으로 지정하여 줄 것을 시장·군수·구청장에게 요청하여야 하며, 붕괴위험지역 정비 실시계획을 수립하여 붕괴위험해소를 위한 대책을 강구하여야 한다.

| 리뷰 |

〈표 2-2〉 재해위험도 등급표

등급	재해위험도 평가점수			내용
	자연비탈면	인공비탈면	옹벽 및 석축	
A	0 ~ 20	0 ~ 20	0 ~ 20	· 붕괴위험성이 거의 없음
B	21 ~ 40	21 ~ 40	21 ~ 40	· 붕괴위험성이 없음
C	41 ~ 60	41 ~ 60	41 ~ 60	· 붕괴위험성이 존재하지만 미약함
D	61 ~ 80	61 ~ 80	61 ~ 80	· 붕괴위험성이 높음
E	81 이상	81 이상	81 이상	· 붕괴위험성이 매우 높음

Ⅵ. 마무리

이상과 같이 본지에서 급경사지 안전점검 체계와 재해위험도평가기법에 대해 개괄적으로 알아보았다. 또한, 앞서 언급한 바와 같이 이상기후 변화로 급경사지에서의 예측불허의 복합적 재난이 빈발함에 따라 정부에서는 국무총리실 주관으로 TF팀을 구성하여 새로운 재난에 효율적·체계적으로 대처하기 위해 유관기관간 업무공유를 통한 개선

안을 마련하고자 노력하고 있다.

이와 같은 국가차원의 방재정책 추진과 더불어 지자체의 적극적인 참여와 국민적 관심이 높아지고 사회 전반에서 방재정책에 대한 중요성이 인식되고 필요성이 강조될 때 우리나라도 각종 재난으로부터 안전한 국가가 실현될 것이다.

자연비탈면 및 산지 재해위험도 평가의 배점기준은 다음과 같다.

1) 경사도

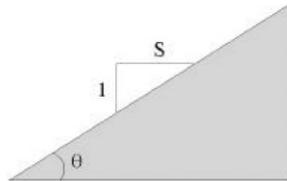
구분(m)	배 점
0~10	1
11~20	3
21~25	5
26~30	7
31 이상	10

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{S}\right)$$

여기서,

S : 사면경사

θ : 사면경사각



2) 높이

구분	배 점
5 이하	1
6~15	2
16~25	3
26~35	4
36 이상	5

3) 종단현상

구 분	배 점
철형	1
직선형	2
요형	4
복합형	5

4) 횡단형상

구 분	배 점
하강형	1
평행형	2
상승형	4
복합형	5

5) 비탈면접합부 계곡 유무

구 분	배 점
없음	1
있음	5

6) 계곡 연장

구 분(m)	배 점
0~10	1
11~30	2
31~50	4
51 이상	5

7) 토층심도

구 분(m)	배 점
0~20	1
21~50	2
51~70	3
71~90	4
91 이상	5

8) 인공구조물

구 분(m)	배 점
0~20	1
21~50	2
51~70	3
71~90	4
91 이상	5

| 리뷰 |

9) 지하수 상태

구분	판단기준	배점
완전배수	마른 상태	1
적음	물기 흔적(검은색 표면, 이끼류 등)이 관찰되는 경우	2
보통	물기가 표면에 관찰되는 경우	3
많음	물줄기가 눈에 보이지 않고, 물이 떨어지는 경우	4
매우 많음	물줄기가 눈에 보이는 정도의 흐름	5

10) 계곡 폭

구분(m)	배점
3인이상	1
2~3	2
1~2	4
1 이하	5

11) 붕괴이력

구분	배점
무	1
유	5

12) 보호시설상태

구분	배점
양호	1
불량	2
매우 불량	4
무	5

13) 주변환경

구분	배점
임야·공원시설 등	3
택지·도로·철도 등	5

14) 인가호수(가구)

구분	배점
0	1
1~5	10
5 이상	15

15) 인가·공공시설 등과의 거리

구분	배점
100 이상	1
100~50	3
50~30	7
30 이내	10

인공비탈면 중 토사비탈면의 재해위험도 평가의 배점기준은 다음과 같다.

1) 비탈면 경사각

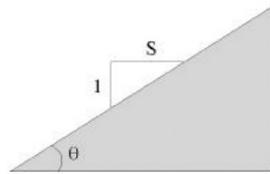
비탈면경사각(°)	배 점
26 이하	1
27~34	3
35~40	5
41~45	7
46~55	9
55 이상	10

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{s}\right)$$

여기서,

s : 사면경사

θ : 사면경사각



2) 비탈면 높이

구 분(m)	배 점
5 이하	1
6~15	2
16~25	3
26~35	4
36 이상	5

3) 비탈면 길이

구 분(m)	배 점
30 이하	1
31~50	2
51~100	3
101~200	4
201 이상	5

4) 종단현상

구 분	대표그림	배 점
철형		1
직선형		2
요형		4
복합형		5

| 리뷰 |

5) 흙의 분류

분류	비고	배점
풍화토	풍화암이 풍화된 잔류토	1
사질섞인 일반적인 토사	SW, SP, SM, SC	2
자갈 또는 암괴 섞인 토사	GM, GC	3
실트가 많이 섞인 토사	ML, MH	4
점토가 많이 섞인 토사	CL, CH	5

기호 및 대표적 명칭			
SW	양호한 입도의 모래, 역질모래, 세립토를 거의 또는 전혀 함유하지 않은 모래	SP	불량한 입도의 모래, 역질모래, 세립토를 거의 또는 전혀 함유하지 않은 모래
SM	실트질 모래	SC	점토질 모래
GM	실트질 자갈, 실트질 사력	GC	점토질 자갈, 점토질 사력토
ML	무기질 실트, 석분, 실트질 가는 모래	MH	"무기질 실트, 고소성의 실트
CL	저소성의 무기질점토, 사질점토, 실트질 점토, 저점성 점토	CH	고소성의 무기질 점토, 고점성의 점토

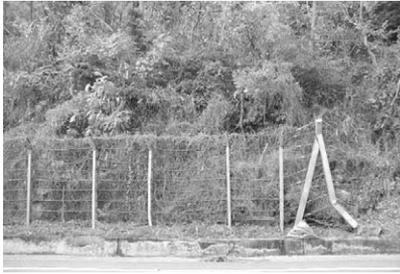
6) 흙의 강도

모래의 상태	N치	∅ (°)	현장관찰	배점
매우 견고 (very dense)	> 50	> 41	발파 또는 중장비에 의해서만 자국을 낼 수 있음.	1
조밀 또는 견고 (dense)	30~50	36~41	손의 힘으로 삽을 이용하여 자국을 낼 수 있음.	2
중간 (medium)	10~30	30~36	힘을 주어서 삽질을 할 수 있음.	3
느슨 또는 연약 (loose)	4~10	28.5~30	쉽게 삽질을 할 수 있음.	4
매우 느슨 (very loose)	0~4	< 28.5	엄지손가락 또는 주먹으로 쉽게 자국을 낼 수 있음.	5

7) 비탈면 내 식생밀도

구분	현장관찰	배점
상	식생이 매우 밀집되어 있는 경우	1
중	식생이 밀집되어 있으나, 드문드문 원지반이 관찰되는 경우	2
하	식생이 적용되었으나, 원지반이 뚜렷이 노출되는 경우	4
없음	식생이 전혀 적용되지 않은 경우	5

〈비탈면 내 식생밀도 구분〉

식생밀도	정 의
상	절토비탈면 내 식생공이 시공되어 있거나 식생이 뾰뾰이 조성되어 있음
	
중	절토비탈면에 식생공이 시공되어 있으나 식생이 드문드문 조성되어 있거나 소규모 관목이 자생 중
	
하	절토비탈면에 식생공이 전혀 시공되어 있지 않고 자생식물의 분포도 미약함
	

리
뷰

8) 지하수 상태

구 분	판 단 기 준	배 점
완전건조	마른 상태	1
습 함	물기 흔적(검은색 표면, 이끼류 등)이 관찰되는 경우	2
젖 음	물기가 표면에 관찰되는 경우	3
적 하	물줄기가 눈에 보이지 않고, 물이 떨어지는 경우	4
흐 름	물줄기가 눈에 보이는 정도의 흐름	5

| 리 뷰 |

9) 지표수 처리상태

구분	판단기준	사진	배점
완전배수	- 배수가 양호하여 건조 상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우		1
양 호	- 배수로 상태가 양호한 경우 - 배수공에서 유출되는 물이 맑고 깨끗한 상태		2
			
보 통	- 배수로 일부분에 토사 및 이물질이 적치된 경우 - 배수공에서 조립토가 섞여서 배수된 흔적이 있는 상태		3
불 량	- 배수로에 이물질이 적치되어 원활한 배수 경로를 확보하지 못한 경우 - 배수공 내부에 전혀 배수된 흔적이 없고 거미줄이나 기타 이물질이 있는 상태 또는 배수공을 전혀 설치하지 않은 경우		4
매우 불량	- 급경사지 또는 상부자연비탈면이 포화상태이거나 물이 상당히 고여 있는 경우		5

10) 시공상태(표면보호공을 예로 들었을 때)

구분	판단기준	사진	
매우양호	숯크리트가 피복되어 있는 경우		1
양호	식생이 촘촘히 있는 경우		2
불량	식생이 보통의 간격으로 있는 경우		3
매우 불량	식생이 드문드문 있는 경우		4
없음	식생이 없는 경우		5

11) 붕괴이력

구분	배점
무	1
유	10

리뷰

〈토사비탈면에서의 붕괴이력의 예〉

구분	사진	붕괴특성
원호파괴		<ul style="list-style-type: none"> • 토사비탈면 또는 뚜렷한 구조적 특징이 없는 암반에서 다량의 불연속면이 불규칙하게 발달되어 원호파괴가 발생 • 주로 풍화가 심한 암반이나 파쇄가 심한 암반에서 발생
침식 및 표층 유실		<ul style="list-style-type: none"> • 비탈면이 지표수로 침식되거나 풍화, 동결융해 등으로 토층이 얇게 지속적으로 벗겨지는 형태의 파괴

12) 주변환경

구분	배점
임야·공원시설 등	3
택지·도로·철도 등	5

13) 인가호수(가구)

구분(가구)	배점
0	1
1~5	10
5 이상	15

14) 인가·공공시설 등과의 거리

구분(m)	배점
100 이상	1
100~50	3
50~30	7
30 이내	10

인공비탈면 중 암반비탈면의 재해위험도 평가의 배점기준은 다음과 같다.

1) 비탈면경사

비탈면경사	비탈면경사각(°)	배점
1 : 1.5 이하	34 이하	1
1 : 1.2~1.5	35~40	2
1 : 1.0~1.2	41~45	3
1 : 0.7~1.0	46~55	5
1 : 0.5~0.7	56~63	7
1 : 0.3~0.5	64~73	9
1 : 0.3 이상	74 이상	10

2) 비탈면높이

구 분(m)	배 점
5 이하	1
6~15	3
16~25	5
26~35	7
36 이상	10

3) 비탈면 길이

구 분(m)	배 점
30 이하	1
31~50	2
51~100	3
101~200	4
201 이상	5

4) 횡단형상

구 분	대표그림	배 점
직선형		0
오목형		1
볼록형		2
요철형		3
하부이탈형		4
돌출형		5

5) 절리 또는 층리·엽리·편리의 방향

암 석 종 류	판 단 기 준		배 점
매우 유리	절리가 거의 없는 경우		1
유 리	절리가 역방향인 경우		3
양 호	절리가 수평인 경우 ($a < 15^\circ$)		5
불 리	절리가 수직인 경우		7
매우 불리	절리가 비탈면방향인 경우 ($a < 15^\circ$)		10

| 리뷰 |

6) 비탈면풍화도

풍화정도	ISRM 기준	정 의	배 점
상	R (풍화잔류토)	암석이 흙으로 변해 있으며, 잔류구조가 관찰되지 않음	10
	C (완전풍화)	암석이 흙으로 변해 있으나, 잔류구조가 관찰됨	
중	H (심한풍화)	대부분의 구성광물들이 변색, 착색	5
	M (보통풍화)	암석의 일부분이 변색되고 풍화흔적이 있음	
하	S (약간풍화)	암석이 전체적으로 신선한 편이나 절리를 따라 착색, 변색	1
	F (신선)	암석 구성물질이 풍화된 흔적이 없음	

7) 지하수 상태

구분	판단기준	배점
습함	물기 흔적(검은색 표면, 이끼류 등)이 관찰되는 경우	3
젖음	물기가 표면에 관찰되는 경우	5
적하	물줄기가 눈에 보이지 않고, 물이 떨어지는 경우	7
흐름	물줄기가 눈에 보이는 정도의 흐름	10

8) 시공상태(표면보호공을 예로 들었을 때)

구분	판단기준	사진	
매우양호	숏크리트가 피복되어 있는 경우		1
양호	식생이 촘촘히 있는 경우		2
불량	식생이 보통의 간격으로 있는 경우		3
매우 불량	식생이 드문드문 있는 경우		4
없음	식생이 없는 경우		5

9) 붕괴이력

구분	배점
무	1
유	5

〈암반비탈면에서의 붕괴이력의 예〉

구분	사진	붕괴특성
평면파괴		<ul style="list-style-type: none"> • 불연속면의 주절리가 한 방향으로 발달된 암반에서 발생 가능
썩기파괴		<ul style="list-style-type: none"> • 두 개의 불연속면을 따라 발생하는 암반블록의 미끄러짐으로 인한 파괴형태
전도파괴		<ul style="list-style-type: none"> • 불연속면을 따라 형성된 암주(岩柱) 또는 암괴(岩塊)의 상부가 회전, 전도되는 파괴형태
하부암이탈		<ul style="list-style-type: none"> • 암반비탈면 하부암괴의 이탈로 파괴된 경우

10) 주변환경

구분	배점
임야·공원시설 등	3
택지·도로·철도 등	5

11) 인가호수(가구)

구 분(가구)	배 점
0	1
1~5	10
5 이상	15

12) 인가·공공시설 통과의 거리

구 분(m)	배 점
100 이상	1
100~50	3
50~30	7
30 이내	10