

05

협회지 5호
2025 OCTOBER

www.korea-slope.or.kr

KSSA | 협회지 5호 | Vol.5

급경사지

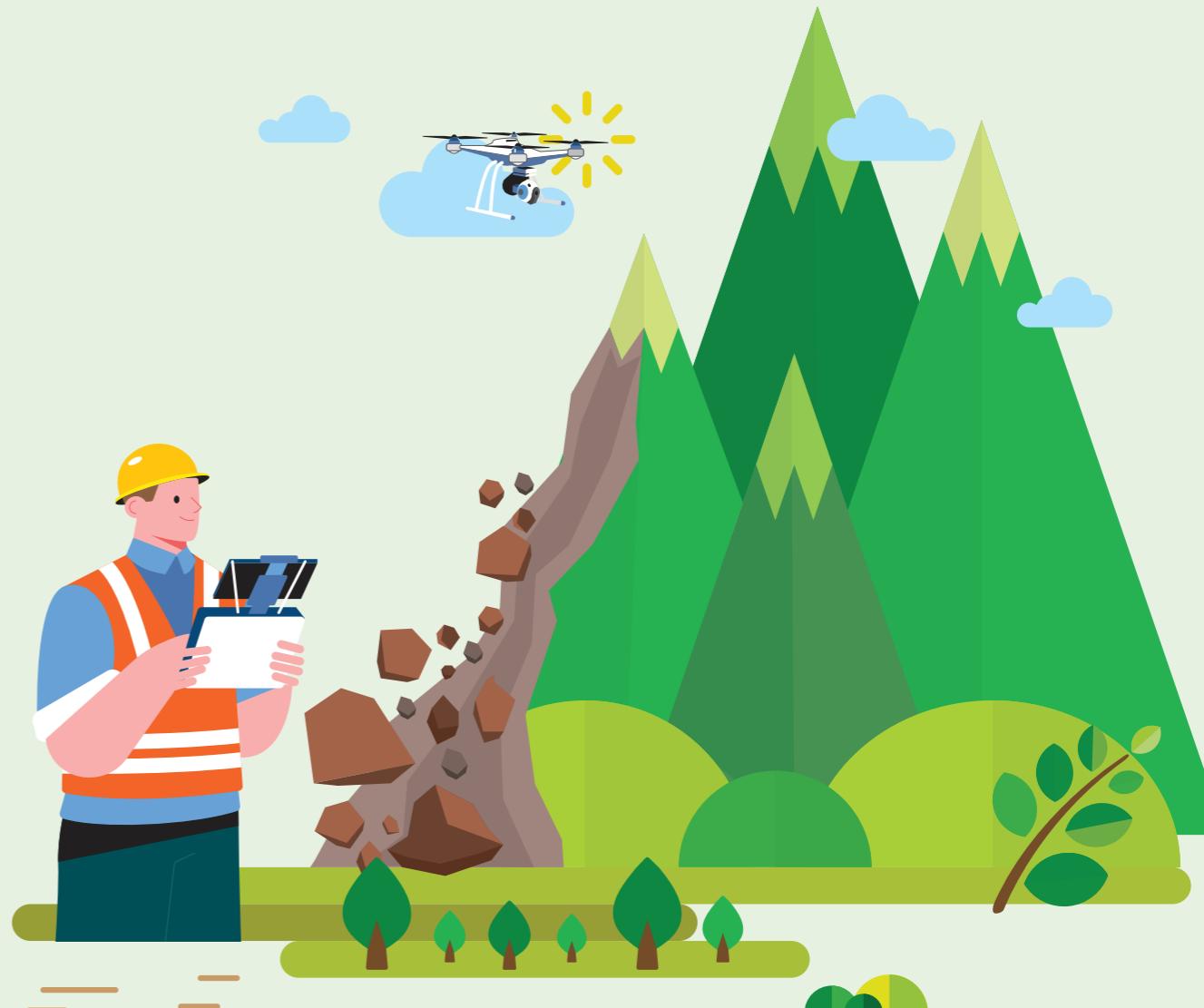
2025년 10월

KOREA SLOPE
SAFETY ASSOCIATION

특집 : 2025년 집중호우 급경사지 재해

급경사지

KOREA SLOPE SAFETY ASSOCIATION



특수 법인 한국급경사지안전협회
KOREA SLOPE SAFETY ASSOCIATION

세종특별자치시 나성북로 21, 센트럴타워 8층
전화번호 : 044-868-5680 / 팩스 : 044-868-5681



한국급경사지안전협회
KOREA SLOPE SAFETY ASSOCIATION

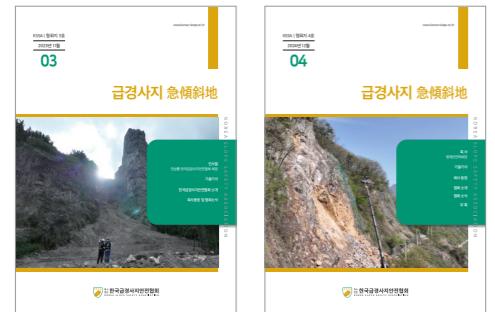
특수 법인 한국급경사지안전협회
KOREA SLOPE SAFETY ASSOCIATION



축사

04

행정안전부 재난안전관리본부장 김광용



특집

06

기술기사1 국내·외 산사태·땅밀림 재해 현황 및 예방을 위한 대책

기술기사2 산지 주변 주거지 건물 형식을 고려한 토사재해 취약성 평가 및 현장 적용성 검토

기술기사3 누적강우 - 점착력 변화에 따른 산불 피해지의 산사태와 토석류 위험성 분석

기술기사4 2025년 급경사지 재해예방단 운영 및 산청군 재난 사례 분석

기술기사5 AI 기반 스마트 안전관리와 산업기반 조성



<협회지 QR코드>

기관소개

41

(재)부산테크노파크 재난안전산업센터

회원동정

45

(주)아주엔지니어링

(주)디피에스글로벌

(주)대한지오이엔씨

협회 소개 & 뉴스

56

협회 소개

협회 주요 업무

협회 행사

협회 뉴스보도 기사

회원가입 안내

부록

82

급경사지 재해예방에 관한 법률

홍보

95

(주)아주엔지니어링

Congratulatory Speech



‘‘ 한국급경사지안전협회 창립 5주년과 협회지 발간을 진심으로 축하합니다. ’’

안녕하십니까? 행정안전부 재난안전관리본부장 김광용입니다.
한국급경사지안전협회 창립 5주년과 협회지 발간을 진심으로 축하합니다.

아울러 급경사지 안전을 위해 묵묵히 헌신해 오신 전상을 회장님을 비롯한 임직원과 회원 여러분께 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

한국급경사지안전협회는 2020년 첫발을 내딛은 이후, 현장 중심의 실용적 연구와 정책 개발로 우리나라 급경사지 안전의 중요한 한 축이 되어주었습니다.

앞으로도 풍부한 재난 현장 경험과 전문성을 바탕으로 제도 개선과 정책 제안에 앞장서 우리나라 재난관리 발전을 이끄는 든든한 버팀목이 되어주기를 기대합니다.

요즘 지구 곳곳에서 기후재난이 일상화되고 더 자주, 더 크게 일어나고 있습니다. 우리나라도 예외가 아니어서 예전에는 경험하지 못했던 극한 날씨가 점점 더 자주 찾아오고 있습니다.

‘기후변화에 관한 정부 간 협의체(IPCC)’ 제6차 보고서에 따르면, 우리나라 평균 기온이 2~4°C 상승하면 극한 강우가 20% 늘어나고, 사면 재해 발생 위험이 최대 5배까지 커질 수 있다고 합니다.

국토의 약 63%가 산으로 이루어진 우리나라 특성상 사면 재해 취약성이 더 높은 상황입니다. 올해 7월 경남 산청과 경기 가평에서 한 시간에 100mm에 달하는 집중호우로 산사태가 일어났던 것처럼, 급경사지 안전이 매우 중요한 현실이 되었습니다.

이런 위험에 맞서 정부는 최신 지능정보기술을 활용해 적극 대응하고 있습니다. 지리 정보 시스템(GIS) 분석으로 위험한 사면을 미리 찾아내고, 직접 현장을 조사해서 전국 3만 개 급경사지를 체계적으로 관리하고 있습니다.

지방자치단체에서도 급경사지에 실시간 계측장비와 원격 모니터링 시스템을 갖추어, 위험 신호가 감지되면 즉시 주민들을 안전한 곳으로 대피시키는 체계를 갖추고 있습니다.

앞으로는 인공지능, 빅데이터, 드론, 사물인터넷(IoT) 센서 같은 4차 산업혁명 기술이 재난 대응 한계를 극복하는 해법이 될 것입니다.

한국급경사지안전협회가 이런 첨단기술과 현장 경험을 접목해 급경사지 안전관리의 선도기관으로 우뚝 서주시기를 진심으로 기대합니다.

다시 한번 협회 창립 5주년과 협회지 발간을 축하드리며, 국민의 생명과 재산을 지키는 숭고한 여정에 안전한 대한민국을 만들어 가는 핵심 파트너로 한국급경사지안전협회가 함께해 주길 부탁드립니다.

무엇보다 협회와 회원 여러분 모두 건강하시고, 하시는 모든 일에 큰 발전이 있기를 진심으로 기원합니다.
감사합니다.



2025년 10월
행정안전부 재난안전관리본부장
김 광 용



특집 기술기사

01

국내·외 산사태·땅밀림 재해 현황 및 예방을 위한 대책

02

산지 주변 주거지 건물 형식을 고려한

토사재해 취약성 평가 및 현장 적용성 검토

03

누적강우 - 점착력 변화에 따른 산불 피해지의 산사태와 토석류

위험성 분석

04

2025년 급경사지 재해예방단 운영 및 산청군 재난 사례 분석

05

AI 기반 스마트 안전관리와 산업기반 조성

특집
기술기사

01

국내·외 산사태·땅밀림 재해 현황 및 예방을 위한 대책 - 재해예방에 대한 패러다임 변화 강조 -

정교철

협회 급경사지 재해예방단 단장 / 국립경국대학교 명예교수 [공학박사(토목), 이학박사(지질)]

1. 서언

최근 국내외 지구적 기후변화로 인한 산사태, 급경사지 붕괴, 토석류, 땅밀림 등 예상치 못한 재해 및 피해가 매년 장소만 달리할 뿐 지속적으로 발생하고 있으며 규모 또한 커지고 있다. 국내에서는 2023년 경북 예천군, 문경시, 영주시, 봉화군 등에서 발생한 산사태, 토석류에 의한 대규모의 인명 및 재산 피해가 있었고, 금년 2025년에는 경남 산청군, 합천군 등에서의 산사태, 토석류, 땅밀림에 의한 17명의 사망 및 재산의 손실 등을 대규모 재해로 들 수 있다. 내년 2026년에는 또 어떻게 될 것인가? 내가 살고 있는 곳은 안전한가? 지나고 나면 걱정이 앞선다.

국외에서는 금년 2025년 8월 21일 아프리카 기니 마네아에서 산사태로 집이 매몰되어 최소 11명이 사망하였고, 그 외 인도 우타라칸드주 북히말라야 산간마을에서 5명의 사망과 50여명 실종, 파키스탄 최소 337명 사망, 스페인 2명, 콜롬비아 26명, 인도네시아 30여명, 중국 광동성에서 7명 등의 사망·실종 등 2025년에만 해도 우리가 사는 지구에서 수백명이 산사태 및 토석류 등으로 희생되었다. 앞으로는 수천명이 희생될 수도 있다.

기후변화로 인한 국지적 호우는 예측은 가능하지만 막을 수는 없다. 그러나 이러한 예측으로 어느 지역이 강우에 취약한지, 어느 정도의 강우에 사면이 붕괴되는지는 그 지역의 지형, 지질 및 지질구조 특성 상세 조사로 충분히 알 수 있다. 그렇게 되면, 기상 예보로 대피가 가능하고, 지역의 강우 특성에 따라 미리 인명을 보호하고 재산을 지킬 수 있는 지역 맞춤형 시스템을 만들 수 있지 않겠는가! 한 예로, 경남 산청군 생비량면 제보리 상능마을에서는 2025년 7월 19일 나흘간 619mm 극한호우로 땅밀림에 의한 큰 재산 피해는 있었지만, 인명 손실을 막은 것은 마을 이상의 빠른 대처가 있었기 때문이었다. 이와 같이 앞으로는 지역에 따라 인명뿐만 아니라 재산도 보호할 수 있는 지자체 주도의 체계적인 새로운 지역 맞춤형 시스템 개발에 의한 예방 대책이 필요하다고 하겠다.

이러한 측면에서 본 기술보고서의 작성 목적은 우리나라의 재해 대책에 대하여 그 실태를 살펴보고, 국민의 안전한 삶을 위한 기술적 예방 대책 측면에서 정부 정책의 방향 설정에 도움이 되었으면 하는 데 있다.

2. 우리나라의 재해 대책 실태

우리나라도 선진국과 같이 기후변화로 인한 재해 대응 분야에서는 예방을 많이 강조하고 있고, 실제로 선진국과 같이 재해 대책 예산 중 예방에 70% 이상을 차지한다고 한다. 실제로 그런가? 지역적 재해예방은 기후변화를 고려한 그 지역의 다양한 재해 취약성을 기반으로 해야 한다. 다시 말해 재해 취약성에 대한 자료가 지역적으로 축적, 즉 데이터베이스화 되어 있어야 한다. 이러한 측면에서 우리나라는 전혀 되어 있지 않다고 생각한다. 그 이유를 몇 가지 들겠다.

첫째, 지역의 재해예방을 위해서는 지역적 취약성에 대한 충분한 자료가 축적되어 있어야 한다. 취약성 자료로는 지역의 지형·지질 및 계류 특성, 급경사지·산사태 취약성, 축산·경작지 및 주거지·마을과의 인접성 등을 들 수 있다. 여기에서 특히 지질 특성은 일반적으로 한국지질자원연구원에서 발간한 1/50,000 지질도를 사용하지만, 지역적 취약성에 그대로 사용하기에는 어려움이 있다. 왜냐하면, 지질도는 암종 및 지질구조(단층, 절리 등) 등으로 분류되어 있고, 축척이 1/50,000으로 되어 있어, 특정

지역 지질의 풍화, 파쇄, 토심, 봉적, 퇴적, 침식 및 지하수 특성을 전문가의 현장 상세조사 없이는 알 수 없다. 축척 또한 지질도상 1cm가 실제 500m 차이 나기 때문에 지질 경계부에서의 지역 지질을 현장 확인하지 않고는 오인하기 쉽다.

둘째, 우리나라는 이와 같은 재해가 발생하여 인명과 재산 피해가 발생하면 비로소 예산을 편성하여 보상에 많은 관심을 갖는다. 물론 보상은 당연히 필요하다. 동일한 재해가 앞으로 그 지역에서 발생하지 않도록 해야 할 뿐만 아니라 다른 지역에서도 예방에 충분히 참조할 수 있도록 선진국과 같이 발생 원인에 대한 상세조사로 데이터를 축적해 놓아야 함에도 불구하고 우리나라는 전혀 그렇지 않다. 미국, 유럽, 일본 등과 같은 선진국은 재해가 발생하면 전문가의 정밀조사에 의한 상세 지형·지질, 지질(흙 및 암석)의 물리적·역학적 데이터를 생산, 공개하여 다양한 연구자가 활용, 재해예방 방법을 발전시켜 나간다.

셋째, 지역적 재해는 그 지역의 지자체가 주체가 되어야 한다. 지자체 단체장이 지역의 재해 취약성을 파악하고, 피해를 최소화하기 위한 예산을 확보하여 예방 대책을 수립하여야 한다. 피해 최소화는 좀 광범위한 의미이다. 구체적인 목표 설정이 필요하다. 예를 들어, 선진국에서는 재해가 한번 발생하면 그와 같은 재해로 인한 피해를 앞으로는 몇 %로 감소 목표를 정량적으로 상정하고, 이를 실천하기 위한 장·단기 계획을 구체적으로 작성하여 실행한다.

넷째, 산사태, 급경사지, 토석류, 땅밀림 같은 재해는 다학제적인 연구를 필요로 한다. 이와 같은 재해는 지역의 지질뿐만 아니라 풍화 산물로서의 흙의 재료적인 정량·정성적인 특징이 매우 중요하며, 또한 지형, 지하수, 산림 특성도 중요하기 때문이다. 앞에서 언급하였듯이 호우는 막을 수 없으나, 호우 시 발생한 현장에서 문제점이 무엇인지, 또한 이 지역이 산사태, 급경사지, 토석류, 땅밀림 등이 발생할 수 있는 지역인지 아닌지는 한 분야의 전문가가 아닌 다양한 관련 분야의 전문가가 참여하여 결론을 내려야 한다. 정부 관리자는 전문가 활용 방법을 개선하고 관련 전문가의 의견에 귀 기울여야 한다.

다섯째, 우리나라는 산사태, 급경사지, 토석류, 땅밀림 재해는 모두 사면재해(비탈면재해)로 분류하여 발생 장소에 따라 행정안전부, 국토교통부 및 산림청 등에서 관리한다. 그러나 관리 측면에서 애매한 부분이 많다. 왜냐하면, 이러한 재해 발생은 대부분 지역적 관리 영역에서 본다면 2개 이상의 기관이 중복되는 경우가 많기 때문이다. 고속국도, 일반국도 등 도로에서는 국토교통부 '시설물안전법'으로 관리 체계가 잘 되어 있지만, 그 외 국민의 삶(인명 및 재산)과 관련된 재난일 경우는 애매한 경우가 많아 행정안전부(지자체 포함)에서 정리할 필요가 있다. 또한 행정안전부에서 관리하는 '급경사지법'에서 급경사지는 34도 이상인 비탈면을 급경사지로 정의하여 관리하고 있지만(일본에서는 30도 이상을 급경사지로 관리), 최근 기후변화로 인한 극한강우로 생활환경 인근 저경사 및 낮은 높이에서의 재해 발생을 고려한다면 경사도, 높이 및 길이(연장) 등도 범위를 현실에 맞게 수정할 필요가 있다.

이상의 문제점에 대하여 관리자 및 행정가는 관련 전문가와 깊이 고민하면서 지역 맞춤형 재해예방 대책에 대한 패러다임을 변화시킬 필요가 있다.

편의(자연이 보기에는 인간의 이기적인 욕심이라고도 할 수 있음)를 위해 지구의 지질을 엄청난 양으로 조각(도로사면, 생활권 주변 급경사지, 옹벽, 성토, 매립 등) 및 굴착(지하철, 지하공간, 지하주차장 등)하기 때문에 지형 구성 물질(지질) M 에 인간의 힘이 가해져 자연적인 지형 변화를 급격하게 일으키거나 규모도 크게 하여 우리들에게 더 큰 새로운 재해로 다가오기도 한다. 이러한 측면에서 본다면 자연에 대한 인간의 영향 E_H 도 지형 변화 F 의 중요한 요인으로 보아야 할 것이다.

$$F = f(A, M, E_H, T) \quad (3.2)$$

즉, 우리들이 사는 도시가 발전하면 할수록 자연적인 지형 변화에 인간의 영향이 더하여 이와 같은 재해는 더 크게, 더 자주 일어날 것이다. 표 1은 지형의 급격한 변화, 즉 사면이동(slope movement)에 영향을 주는 주된 지질, 지형 및 인간활동의 요인을 나타낸 표이다.

표 1. 사면이동의 원인(USGS, 2004)

지질적 요인	지형적 요인	인간활동의 요인
<ul style="list-style-type: none"> - 연약 혹은 민감 지질 - 풍화된 지질 - 전단, 절리, 균열된 지질 - 불연속면(층리, 편리, 단층, 부정합, 접촉대 등) - 지질의 투수성 혹은 강성 	<ul style="list-style-type: none"> - 지각, 화산활동으로 인한 융기 - 빙하의 반동 - 사면 끝부분이나 가장자리에서의 유동성 및 빙하침식 - 지하침식(용해, 파이핑 등) - 사면 정상에서의 퇴적물 적재 - 식생 제거(산불, 기름) - 해빙 - 동결, 융해에 의한 풍화 - 수축팽창에 의한 풍화 	<ul style="list-style-type: none"> - 사면 혹은 사면 끝부분의 굴착 - 사면 정상에서의 하중 - 저수량 감소 - 산림 벌채 - 관개 - 광산 개발 - 인공 진동 - 공공시설 누수

이러한 지형 변화 현상을 과학·기술 측면에서는 지형 형성 작용이라고 한다. 지형 형성 작용에는 침식작용, 운반작용, 퇴적작용 등으로 구분된다. 산지는 주로 풍화와 침식작용에 의해 해체된다. 침식은 지질 물질의 이동을 수반한 현상이다. 이와 같은 지질 물질의 이동에는 물, 바람, 빙하 등 운반 매체에 의한 현상과 운반 매체가 존재하지 않는 중력에 의한 경우가 있다. 운반 매체에 의한 이동을 Mass Transport, 중력만의 의한 이동을 Mass Wasting, Landslide Movement(USGS, 2004; Varnes, 1978) 혹은 Slope Movement(BGS, 2025; Cruden and Varnes, 1996)라 한다. 여기에서는 중력만의 의한 이동 용어는 Varnes(1978, 1996)에 근거하고 미국 및 영국 지질조사국 분류에서 같이 사용하는 사면이동(slope movement, landslide movement와 동일한 의미)으로 통일하여 사용하기로 한다(표 2, 그림 1).

표 2. 사면이동(slope movement)의 분류(USGS, 2004) 및 일본의 분류 비교

Type of slope movement (Japan)	Type of slope movement	Type of material		
		Bedrock	Engineering soils	
			Predominantly coarse	Predominantly fine
Slope failure (山崩れ, 落石)	Falls	Rock fall	Debris fall	Earth fall
	Topples	Rock topple	Debris topple	Earth topple
Landslide (地すべり)	Slides	Rotational	Rock slide	Debris slide
		Translational		Earth slide
Landslide or Slope failure	Lateral spreads	Rock spread	Debris spread	Earth spread
Debris flow (土石流)	flows	Rock flow	Debris flow	Earth flow
		(deep creep)	(soil creep)	
Complex	Complex	Combination of two or more principal types of movement		

3. 사면이동에 있어서 산사태, 토석류 및 땅밀림

3.1 지형 변화 및 사면이동(slope movement)의 분류

지형은 다양한 외적 요인에 의해 변화, 변모한다. 그 외적 요인은 강수와 같은 자연적 요인일 수도 있고 인간의 편의를 해결하기 위한 인위적인 요일일 수도 있다. 하여튼 시간의 흐름에 따라 지형은 변모한다. 이러한 지형 변화가 우리 생활권 내에서 급작스럽게 혹은 천천히 일어나더라도 규모가 크게 일어나게 되면 재해로 발현되기도 한다.

최근 지형학에 있어서 지형의 변화·형성은 다음식과 같이 표현된다.

$$F = f(A, M, T) \quad (3.1)$$

이 식에서 지형 변화 F 는 강우, 지진과 같이 지형을 변화시키는 힘 A 와 지형 구성 물질(지질: 암석과 흙) M 및 시간 T 의 함수이다. 이 식은 자연 상태에서의 지형 변화를 설명하기에는 적당한 식이다. 그러나 지구상 우리 생활권 내에는 인간의

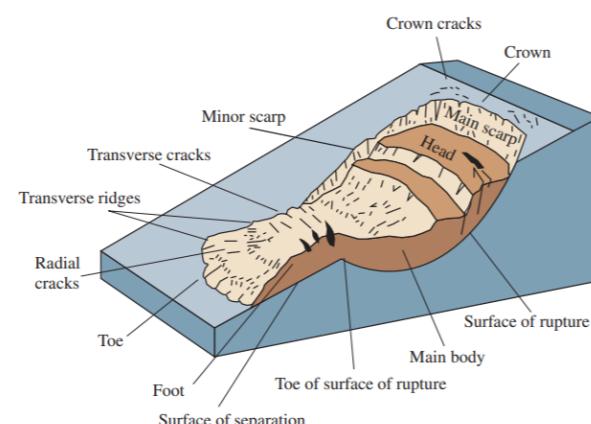
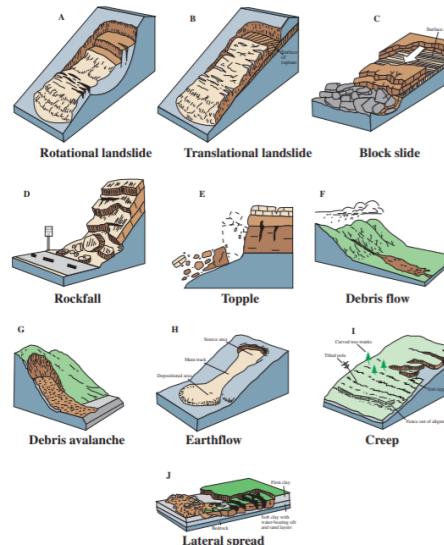


그림 1. 미국 USGS(2004) 및 영국 BGS(2025)에서 분류한 사면이동의 모식적 분류 및 땅밀림 모식도

사면이동(slope movement)은 산붕괴(표층붕괴, earth avalanche, 일본어로 山崩れ(야마쿠즈레)라 함), 토석류(debris flow), 땅밀림(landslide, 일본어로 地すべり(지쓰베리)라 함), 낙석(rock fall, rock topple), 사면붕괴(slope failure), 벼랑(崖)붕괴(earth fall, earth topple) 및 포행(creep) 등을 총칭해서 부르는 말이다(표 2). 우리나라에서는 거의 대부분 미국이나 영국의 분류에 땅밀림이라는 용어는 일반적으로는 잘 알려져 있지 않았고 사전적 용어로만 언급되고 있었다. 하지만 산림청(한국지산기술협회)에서 2019년부터 전국을 대상으로 땅밀림 연구를 시작하면서부터 땅밀림이라는 용어가 산림청을 중심으로 사용하게 되었고, 현재는 전문가들 사이에 일본어 地すべり가 우리말로 땅밀림이라고 많이 알려져 있다. 즉, 대부분의 산림 전문가는 땅밀림을 일본어 地すべり에 대응하는 용어로 사용하고 있다. 이 용어를 일본어-영어(Japanese-English) 혹은 영어-일본어(English-Japanese)사전에 찾아보면 地すべり는 landslide로, landslide는 地すべり로 번역되어 있다. 즉, 땅밀림-地すべり-landslide 동일한 용어로 사용하고 있다.

일본에서는 사면이동(slope movement)을 크게 Slope failure(산붕괴, 표층붕괴, 낙석, 사면붕괴, 벼랑붕괴), Landslide(땅밀림) 및 Debris flow(토석류) 등 3종류의 퇴적물 재해(Sediment Disasters)로 크게 나누어 제도화(퇴적물 재해 방지법, Sediment Disaster Prevention Act, 2001) 하여 현장 조사를 통한 구체적인 위험지역 지정, 관리 및 재해 예방 연구를 수행하고 있다. 2023년 3월 31일 기준으로 Slope failure 중에는 Risk area 450,304, Special risk area 427,139, Landslide 중에는 Risk area 16,264, Special risk area 1, Debris flow 중에는 Risk area 216,486, Special risk area 157,672 개소를 지정, 관리하고 있다(그림 2).

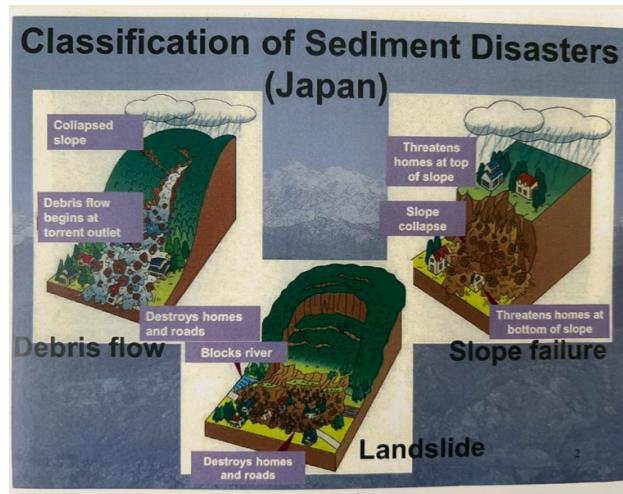


그림 2. 일본에서의 퇴적물 재해 분류 및 지정 개수 (Sabo & Landslide Technical Center, 2023)

3.2 산붕괴와 땅밀림의 차이

산붕괴와 땅밀림은 사면이동(slope movement) 중의 중요한 과정(process)이다. 이들 발생의 주된 원인은 강우와 지진 등이다. 여기에서는 강우 원인만을 다루기로 한다.

사질토로 되어 있는 경사지에서는 취성파괴적인 이동속도가 큰 산붕괴(표층붕괴)가 발생하지만, 점토층으로 이루어진 경사가 완만한 사면에서는 땅밀림이 발생한다. 여기에서는 이와 같은 산붕괴와 땅밀림의 프로세스를 역학적 안정·불안정 문제로 다루어 보겠다. 이 과정에서 화강암 사면 표층에서 발생하는 산붕괴의 발생 주기는 풍화층(토층)의 형성 속도에 좌우된다는 것과 땅밀림의 재활동은 사면 물질의 풍화에 의한 강도 감소 속도에 영향을 받는다는 것을 설명하고자 한다.

산붕괴와 땅밀림에 있어서 다른 점은 운동 양식에 의해 구별되며, 표 3과 같이 요약할 수 있다. 호우 시 순간적으로 빠르게 사면을 미끄러져 내려오는 것을 산붕괴(산사면 붕괴)라고 하고, 이에 반해 느린속도(0.01~50mm/day)로 사면을 서서히 이동하는 것을 땅밀림이라고 한다.

산붕괴는 파괴 특성이 취성파괴를 띠지만, 땅밀림은 소성변형 특성을 나타낸다. 이 때문에 산붕괴에 의한 토괴(흙 덩어리)는 교란된 상태로 미끄러져 내려오고 사면 하부까지 봉락하게 된다. 붕괴 물질이 계곡으로 흘러 들어가게 되면 토석류로 변하게 된다. 이에 반하여 땅밀림은 토괴의 흐트러짐이 적고 원형을 그대로 보존한 채로 움직이는 경우가 많다(표 3).

이와 같이, 산붕괴는 강우강도가 큰 경우 돌발적으로 발생하는 반면(그림 3), 땅밀림은 강우 후 지하수의 상승에 기인하여 천천히 완만한 운동을 한다. 이 때문에 산붕괴는 한번 발생하면 당분간은 발생하지 않지만(이런 특성을 면역성 획득 이라 한다), 한편 땅밀림은 수년에 걸쳐 운동을 계속하며 재발을 반복하는 특성이 있다. 땅밀림이 본격적으로 움직이기 전까지 미끄러져 내려오는 벼랑(崖) 부근에 균열(crack)이 발생하며 지표면의 융기와 함몰이 보이기도 하고 지하수가 고이기도 하는 변화가 보이지만, 반면 산붕괴가 발생하는 곳에서의 징후는 알아보기 쉽지 않다. 산붕괴는 일반적으로 사질토(마사토와 모래 등)에서 30°이상의 급경사지에서 발생하고, 땅밀림은 점토질토(점성토)의 완경사(5~20°)에서 발생한다.

금년 2025년 7월에 발생한 경남 산청군, 합천군 땅밀림지는 모두 지질이 퇴적암이며 점성토의 봉적층 및 풍화된 점성토, 층간 점성토의 특성을 갖는다(그림 4). 산청 상능마을의 경우는 퇴적암의 풍화 및 과거 계류 부분의 점성토 봉적층에서 강우 침투에 의한 전단력 증가와 전단강도 감소로 발생한 마을 전체 땅밀림 현상이며, 특히 합천의 송곡마을은 퇴적암 층리 경사방향과 유사한 방향으로 대규모 불연속면이 발달하고, 이의 영향으로 소규모 계류 형성, 남동방향의 계류로 대규모 침식 발생, 민가에 피해를 주었으며 동시에 퇴적암 하부 완경사의 풍화된 층간 점성토의 전단강도 감소에 의한 영향으로 상부 퇴적암과가 남남동 민가쪽으로 미끄러지면서 발생한 재해로 추정할 수 있다.



그림 3. 경북 문경시 산북면에서 발생한 산붕괴 및 붕괴면에서의 풍화에 의한 micro-sheeting(2023년 7월 26일)



a) 땅밀림(경남 산청군 생비량면 제보리(상능마을), 2025년 7월 19일)

그림 4. 경남 산청군과 합천군에서 발생한 땅밀림

표 3. 산붕괴와 땅밀림의 특성 차이(Matsukura(2008) 참고하여 수정 보완하였음)

구분	산붕괴(표층붕괴)	땅밀림
지질 및 지질구조와의 관련성	- 관련성 적음(토층이 얇음)	- 관련성 큼(토층이 두꺼움) - 퇴적암의 경우 풍화에 의한 층간 점성토 협재
규모	- 상대적 소규모(좁고 짧게)	- 대규모(넓고 길게)
사면의 파괴 특성	- 취성파괴(원형 교란)	- 소성파괴(원형 유지, 완만한 계단형) - Crown cracks, Toe에서 변형 심함
이동특성	- 토괴는 교란되어 순간적으로 이동	- 토괴는 교란되지 않고 원형을 보존하면서 이동 (지속적, 간헐적) - Toe에서의 방사상 균열
이동속도	- 순간적으로 고속으로 미끄러져 떨어짐	- 0.01~50mm/day의 느린 속도 - 시간-변위 계측 그래프에서 계단형 혹은 완만형
미끄러짐 면 (Slip surface)	- 지표면에 노출	- 지표면 노출은 아니지만, 활동면은 명확(scarp, 점성토)
사면물질	- 사질토(마사토, 모래 등) - 소성의 성질 적음	- 점성토(소성의 성질 큼)
사면경사	- 급경사 사면(30° 이상)	- 완경사 사면(5~20° 정도)
원인	- 태풍 및 집중호우 등의 강우강도가 큰 강우, 지진 등	- 강우, 지하수위의 상승, 지진 등
특징	- 일정기간 발생하지 않는 면역성 획득 - 그러나 주변 경계부 이완시킨 결과로 강우시 소규모 붕괴 발생	- 계속적인 운동 - 재발생 가능성 큼(반복)
징후	- 징후를 보기 어려움	- 사면에서의 균열(cracks), 험몰, 단차 등의 변화가 보임 - 지하수위 및 수질(탁도) 변화 및 지표 유출

$$\sigma = W\cos\beta \times \frac{1}{L} \quad (4.3)$$

여기에서, 식4.3를 식4.2에 대입하면,

$$S = cL + W\cos\beta\tan\phi \quad (4.4)$$

이 된다. 여기에서, 조건을 간단히 해 보기로 하자. 이 사면에서는 사면의 상부로부터 하부까지 심도가 변화하지 않기 때문에 사면의 길이 L 을 단위길이 1의 부분만 해석하여도 된다. 이 경우 위 식의 W 는 사면 상부토괴의 무게이기 때문에 체적에 단위체적중량 γ 를 곱하면 된다. 즉, $W = \gamma Z\cos\beta$ 으로 된다. 여기에서 β 는 사면경사, Z 는 파괴면의 연직심도이다. 위 식에서 $L = 1$, $W = \gamma Z\cos\beta$ 를 식4.1에 대입하면,

$$F_s = \frac{c + \gamma Z\cos^2\beta\tan\phi}{\gamma Z\cos\beta\sin\beta} \quad (4.5)$$

된다. 또한, 이 식 중의 분자는 파괴면에 작용하는 수직응력이다.

한편, 사면 토질이 건조한 사력토로 점착력을 갖지 않는($c = 0$) 토질이라면, 식4.5는

$$F_s = \frac{\tan\phi}{\tan\beta} \quad (4.6)$$

이 된다. 안정·불안정의 경계 조건($F_s = 1$ 의 임계조건)에 있어서는 $\beta = \phi$ 로 된다. 즉, 건조한 사력토의(전단파괴에 대한) 한계 경사는 이 사면 토질이 갖는 전단저항각과 같아진다.

사면 토질이 보통의 자연함수비 상태(불포화 상태)이면, 이 식으로 해석이 가능해진다. 안정한 사면에서 사면 토질의 중량에 의해서도 분모의 전단력보다 분자의 전단 저항력이 크게 된다(안전율은 1 이상). 그러나 이 사면에 강우가 있는 경우에는 식4.5로 해결하지 못할 수 있다. 특히 태풍과 집중호우 등과 같이 짧은 시간에 많은 양의 강우가 있는 경우에는 사면 하부로 침투하여 토층을 포화시킬 뿐만 아니라 지하수유동(기저유출)을 발생시킨다. 이 지하수유동은 토층과 기반암의 경계 부근에서 발생하여 서서히 수위를 상승시켜, 경우에 따라서는 지하수위가 지표면 부근까지 상승하게 된다.

이와 같은 경우에는 간극수압이 발생하게 된다. 이 간극수압을 u 라고 한다. 지하수면이 지표면까지 상승한 경우에는 파괴면(전단면)에서의 간극수압은 $u = \gamma_w Z\cos^2\beta$ 로 된다. 여기에서 γ_w 는 물의 단위체적중량이다. 이 간극수압은 식4.5의 분자 $\gamma Z\cos^2\beta$ (파괴면에 작용하는 수직응력)을 감소시키는 작용을 한다. 따라서 식4.5는 다음과 같이 변형된다.

$$\begin{aligned} F_s &= \frac{c + (\gamma Z\cos^2\beta - \gamma_w Z\cos^2\beta)\tan\phi}{\gamma Z\cos\beta\sin\beta} \quad (4.7) \\ &= \frac{c + (\gamma - \gamma_w)Z\cos\beta\tan\phi}{\gamma Z\cos\beta\sin\beta} \end{aligned}$$

식4.5는 무강우 상태를 상정한 것이고, 식4.7은 호우에 의한 토층이 포화하고 지하수면이 지표면까지 상승한 상태로 특수한 상태를 상정한 것이다. 실제 많은 붕괴는 조건이 나쁘지 않은 상태에서 발생하는 경우가 많다. 식4.5와 식4.7의 조건에서도 해석할 수 있는 일반적인 식을 도출할 필요가 있다. 이를 위해 Skempton and DeLory(1957)는 변동하는 지하수면의 높이를 나타내는 파라미터(m)을 도입하여 식4.7을 다음과 같이 나타내었다.

$$F_s = \frac{c + (\gamma - m\gamma_w)Z\cos^2\beta\tan\phi}{\gamma Z\cos\beta\sin\beta} \quad (4.8)$$

4. 산붕괴와 땅밀림의 물리현상 기반 역학적 해석 사례

4.1 화강암 산지에서의 산붕괴(표층붕괴)

사면을 연한 긴 전단파괴가 얇은 심도에서 발생한 경우를 산붕괴(표층붕괴)로 생각할 수 있다. 이 사면은 파괴 심도와 비교해서 무한사면이라 할 수 있다. 이 사면의 전단 파괴를 고려한 안전율 F_s 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_s = \frac{S}{T} = \frac{cL + W\cos\beta\tan\phi}{W\sin\beta} \quad (4.1)$$

사면에서 활동력의 주된 것은 잠재파괴면보다 상부 사면물질의 중량 W 이다. 사면물질은 연직 방향으로 중량 W 의 힘이 작용하고 있다. 여기에서 사면 경사를 β 로 하면 사면물질 중량의 사면방향 분력인 $W\sin\beta$ 가 활동력 F_D 가 되고 $T = W\sin\beta$ 가 된다. 보통 사면물질의 저항력 F_R (S 로 표시)은 잠재파괴면상에서의 전단저항력이다.

전단강도는 단위면적당 힘(응력)으로써 나타나기 때문에 잠재파괴면의 길이를 L 로 하고 안길이(깊이)를 1로 하면 파괴면 전체에서 발휘되는 전단저항력 S 는

$$S = (c + \sigma\tan\phi)L \quad (4.2)$$

이 된다. 여기에서, 수직응력 σ 는 잠재파괴면에 수직인 방향으로 W 의 분력, 즉 $W\cos\beta$ 이다. 다만 σ 는 응력(단위면적당 힘)이기 때문에 $W\cos\beta$ 를 잠재파괴면의 길이 L 로 나눈 값이다.

지표부터 지하수면까지의 심도를 Z_w 로 할 경우, m 은

$$m = 1 - \frac{Z_w}{Z} \quad (4.9)$$

로 나타낼 수 있다. m 은 지하수면의 높이를 나타내는 파라미터로 정의된다. $Z_w = Z$, 즉 지하수면이 파고면과 일치할 경우(붕괴 토층 중에 지하수면이 없을 경우)는 $m=1$ 로 되어 식4.8과 식4.7은 동일하게 된다.

화강암 마사토의 입도 조성은 모래분(2~0.063mm) 80%, 자갈(2mm이상)이 20%로 완전한 사질토이다. 이와 같은 흙은 불교란 시료로써의 시료 채취가 어렵다. 따라서 전단강도는 현장에서 베인전단시험(Vane shear test)기를 이용하여 계측하였다. 포화상태는 마사토에 충분히 수분을 주면서 실시하였다. 또한, 마사토의 단위체적중량에 대하여도 토양 샘플러에 의한 계측 오차가 우려되어 현장 계측(수치환법)을 실시하였다. 표 4에 결과를 나타내었다. 이들 값을 식4.8의 무한사면 안정해석식에 대입하여 사면의 불안정성을 검토하게 된다.

표 4. 화강암 마사토의 물성치(Matsukura and Tanaka, 1983)

구분	G_s (-)	γ (gf/cm^3)	n (%)	ω (%)	S_r (%)	c (gf/cm^2)	ϕ (°)
자연함수비	2.64	1.86	33.3	6.1	32.2	54.3	42.9
포화함수비	2.64	2.09	33.3	17.4	91.9	41.2	39.0

G_s : 진비중, γ : 단위체적중량, n : 간극률, ω : 함수비, S_r : 포화도, c : 점착력, ϕ : 전단저항각

붕괴는 호우시 발생하기 때문에 해석에는 당연히 포화시의 물성을 사용하지만, 이들 물성치를 식4.8에 대입하여 m 을 파라미터로 하는 임계시 $F_s = 1$ 의 사면 경사와 붕괴심도(연직심도)와의 관계를 고려해 보면 이 식에서 지하수위가 상승(m 이 증가)할수록 불안정 영역은 확대되는 것을 알 수 있다. 붕괴한 마사토 사면의 경사 $\beta = 39.5^\circ$, 붕괴심도 $Z = 80\text{cm}$ 를 적용하면 이 사면이 붕괴한 것은 지하수위가 거의 지표면까지 도달하였기 때문인 것으로 알 수 있다.

활락애에서의 균열이 최초로 발생한 것은 1976년 6월 말이고, 그 후 땅밀림의 이동이 서서히 진행하여 9월 말에는 활락애와 땅밀림 토괴 머리부와의 벌어진 5m폭은 확대되었다. 땅밀림 발생 초기 3~4개월간 평균 이동속도는 50mm/day정도로 예측되었다. 1년 후 1977년 7월부터 10월까지 3개월간은 응용지질조사사무소(1977)에 의해 조사가 수행되었다.

신축계에 의한 이동량 측정 및 지하수위 관측 결과를 보면 강우와 지하수위의 상승 및 땅밀림 이동과의 사이에는 명확한 관계를 알 수 있다. 즉, 강우 후의 지하수위는 서서히 상승하고, 땅밀림의 이동량도 증대하는 관계를 알 수 있다. 평상시의 지하수위는 지표하 2~3m이기 때문에 앞에서 기술한 활동면(미끄럼면) 심도의 거의 중간에 위치하며 강우에 의해 완만하게 상승한다. 특히, 8월 중순, 9월 상~중순 강우에 대한 지하수위의 상승은 현저하게 일어나고, 평상시의 지하수위보다 2~3m상승하는 것으로 기록되어 있다. 그러나 이들 데이터 결과를 보면 수위 변화가 활동면과 거의 평행하게 나타난다는 것을 알 수 있다. 강우에 의한 지하수위 상승과 같이 땅밀림 이동량의 증대도 현저하게 나타나고 있다.

특히, 8월 13~19일 강우는 거의 350mm의 이동량이 측정되었다. 이를 포함해서 측정 기간 중의 3개월간을 평균하면 이동속도는 거의 8mm/day로 계산되어 땅밀림 발생 직후의 50mm/day보다 현저하게 감소하고 있다.

땅밀림 발생·형성 특성을 고려하면 해석은 회전운동의 땅밀림(Rotational landslide)이 아닌 병진운동의 땅밀림(Translational landslide)으로 무한사면의 평면 활동(식4.8)을 이용하는 것이 타당하다고 생각한다. 2025년 7월에 발생한 경남 산청 및 합천 땅밀림도 퇴적암의 층리 및 풍화점성토에 의해 발생한 것으로 보아 병진운동 땅밀림으로 해석이 가능하다.

이 해석은 활동면보다 상부의 물질이 같은 물질로 되어 있다는 조건으로 되지만, 이 경우에는 서로 다른 3종의 토질로 되어 있다. 따라서 위 식4.8에서 γZ (활동면의 단위면적에 미치는 연직방향의 하중)는 3종의 흙 하중을 합한 것으로 한다.

$$\gamma Z = \gamma_1 Z_1 + \gamma_2 Z_2 + \gamma_3 Z_3 \quad (4.10)$$

여기에서, $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$ 및 Z_1, Z_2, Z_3 는 각각 토층, 경석, 반려암 풍화층(붕적층) 등의 단위체적중량 및 두께를 나타낸 것이다. 식4.10을 식4.8에 대입하면 식4.11이 된다.

$$F_s = \frac{c' + [(\gamma_1 Z_1 + \gamma_2 Z_2 + \gamma_3 Z_3) - m\gamma_w Z] \cos^2 \beta \tan \phi'}{(\gamma_1 Z_1 + \gamma_2 Z_2 + \gamma_3 Z_3) \sin \beta \cos \beta} \quad (4.11)$$

현장 흙의 물성 실험치는 표 5에 나타내었다. 활동면이 되는 반려암 풍화층의 전단강도는 일면전단시험기를 이용하여 반복 시험으로 구하였다. 불교란 시료로 채취한 직경 60mm, 두께 20mm의 시료를 침수 상태로 시험기에 세팅하고 수직하중으로 압밀하면서 시험을 실시하였다. 전단시험은 대변위(거의 10mm)로 전단 변위를 발생시킨 후 하부 압반을 원래의 위치로 되돌리고, 다시 동일한 전단면에 대하여 전단을 반복하는 방법으로 하였다. 전단시험은 0.03~0.045mm/min의 완속으로 실시하였다. 이는 앞에서 기술한 땅밀림 초기의 평균 이동속도 50mm/day와 거의 비슷하다.

표 5. 히가시야마 땅밀림의 흙의 물성치(松倉·水野, 1984 ; Matsukura, 1996)

구분	화산회토(토층)	경석(pumice)	붕적토(반려암 풍화층)
비중, G_s (-)	2.76	2.60	2.76
건조단위체적중량, γ_d (gf/cm^3)	1.17	0.32	1.24
간극비, e (-)	1.36	7.11	1.22
자연함수비, w (%)	36.7	193.2	40.6
포화단위체적중량, γ (gf/cm^3)	1.74 (γ_1)	1.20 (γ_2)	1.79 (γ_3)

4.2 반려암 산지에서의 땅밀림

반려암은 화성암의 일종으로 심성암 중에서도 고철질인 경우로 칼슘사장석과 보통휘석이 주광물인 암이다. 일본 이바라키현 쓰쿠바산 동쪽에 있는 마츠오카분지 북쪽에 표고 50~211.5m의 히가시야마로 불리고 반려암이 분포하는 작은 산이 있다. 항공사진 판독에 의하면 많은 땅밀림 지형이 존재한다. 이 산의 북서 산기슭에는 1976년 6월부터 1977년 말까지 땅밀림이 발생하였다(松倉·水野, 1984; Matsukura, 1996). 규모는 사면 방향으로 길이 최대, 100m폭 최대 40m이다. 또한 땅밀림 발생 전 사면 경사는 13.9°로 측정된다. 1년 후의 경사는 11.3°였다. 땅밀림지 내와 주변을 굽착한 시추공에서 계측한 변형율계의 데이터로부터 미끄러짐 면(전단면)의 위치가 봉적토 내 위치하는 것으로 추정하였다. 미끄러짐 면의 위치는 지표면과 거의 평행하고 연직심도는 약 6.4m였다. 땅밀림 사면상에는 3단 정도의 단구상 지형이 확인되지만, 이것은 인공적인 것으로 판단하였다. 왜냐하면, 땅밀림지 내 상부에는 담배밭으로 사용하였고 단차 부분은 그 밭 경작 당시의 경계부였다. 땅밀림지의 말단은 약간은 성토된 것으로 보이는데, 이는 성토에 의한 압축 부분이 확인되기 때문이다.

사면의 기반암은 지질학적으로 중생대 백악기 후기부터 고제3기에 관입한 각섬석반려암과 흑운모화강암 등이다. 활락애(scarp, 미끄러짐에 의해 생긴 벼랑)를 관찰해 보면 땅밀림 토괴는 주로 봉적토인 것을 알 수 있다. 봉적토 상부에는 두께 3~4m의 관동토이 퇴적되어 있고, 이 토층 사이에는 오랜지색의 경석(pumice)이 혼재하고 있다. 미끄러짐 면을 포함한 봉적토는 반려암의 풍화물질인 점토층으로 되어 있다. 점토층에는 녹니석(chlorite), 고령석(kaolinite), 할로이사이트(halloysite) 등의 점토광물이 포함되어 있다. 점토층의 입도조성은 모래분이 15%, 실트분이 40%, 점토분이 45% 등이다. 소성지수 I_p 는 29.2이다.

1976년 5월에는 장마전선과 태풍 6호의 자극이 있었다. 3일간 162mm강우가 있었다. 이때의 강우가 땅밀림을 발생시키는 방아쇠가 되었다.

Skempton(1964)은 땅밀림 초기 발생의 경우 흙의 평균 강도는 최대강도(S_f)와 잔류강도(S_r) 사이의 값을 취하고, 그 지표로서 잔류계수 R (residual factor)을 다음과 같이 정의하였다.

$$R = \frac{S_f - S}{S_f - S_r} \quad (4.12)$$

여기에서, S 는 활동면상에서의 평균강도이다. 땅밀림지에서 R 은 다음과 같이 구할 수 있다. 우선 S 는 임계조건($F_s = 1$)에서 활동면상의 전단력(식4.11의 분모)과 같기 때문에 $\beta = 13.9^\circ$ 의 조건에서 $0.257\text{kgf}/\text{㎟}$ 로 된다. 다음으로 $m = 0.5$ 와 $m = 1.0$ 에서 활동면에 미치는 수직응력(식4.11의 분자에서 $[(\gamma_1 Z_1 + \gamma_2 Z_2 + \gamma_3 Z_3) - m\gamma_w Z] \cos^2 \beta$ 의 부분)은 각각 $0.737\text{kgf}/\text{㎟}$, $0.435\text{kgf}/\text{㎟}$ 등으로 된다. 수직응력으로 S_f 와 S_r 을 구하고, $m = 1.0$ 의 조건에서 활동이 시작한다고 하면, 이 때의 토질 강도는 활동면 전체의 70%가 잔류강도까지 감소한다는 것을 나타낸다고 할 수 있고, $m = 0.5$ 의 조건에서는 거의 활동면 전체가 잔류강도까지 감소한다고 볼 수 있다. 이 설명으로부터 땅밀림 발생 시에는 활동면 전체의 강도는 상당히 감소되어 있고, 거기에서 지하수위의 상승이 더하여(땅밀림은 장마시에 발생) 사면이 불안정하게 되고 활동(미끄러짐)이 발생한다고 판단된다.

땅밀림 발생 1년 후의 사면 경사는 11.3° 정도이다. 이 경우 이동량, 즉 전단 변위량으로부터 고려하면 토질의 강도는 잔류강도 값까지 감소한다고 생각되어 이 상황을 검토해 보겠다. 잔류강도를 이용하여 11.3° 를 식4.11에 대입하면, $m = 0.5$ 일 때, $F_s = 1.24$, $m = 1.0$ 일 때 $F_s = 0.970$ 된다. 즉, 최저수위에서 안정하지만 지하수위가 상승하면 불안정하다는 것을 나타내고 있다. 이것은 지하수위가 낮아질 때 이동하는 것이 아니라 지하수위가 상승할 때 이동한다는 관측 결과와 잘 맞는다. 즉, 이 시점에서 사면의 안정은 잔류강도로 잘 설명된다.

잔류강도와 지하수위가 더욱 높은 상태($m = 1$)를 가정하면, 안정 한계를 나타내는 경사(threshold slope angle 혹은 limiting slope angle)를 추정할 수 있다. 이 조건을 대입하면 $\beta = 11^\circ$ 가 된다. 즉, 땅밀림지에서 사면 경사 11° 이하에서는 지하수위의 어느 조건에서도 불안정해지지 않는 것을 의미한다. 땅밀림지가 1977년 연말에 거의 11° 경사에서 활동을 정지하였다는 것은 안정해석에서 구해지는 안정한계 경사 11° 가 거의 타당하다고 생각된다.

남아 있는 건가? 2023년 경북 산사태·토석류 재해, 2025년 경남 산청·합천 재해, 그 외 여러 지역에서의 재해... 정밀 조사도 하지 않았고, 따라서 정량적 데이터는 하나도 없다. 답답하기만 하다.

최근의 산崩괴, 토석류, 땅밀림 등의 재해는 강우 시 현장 지질의 특성, 물리 현상에 기반한 역학적 해석이 중요하다. 미국, 유럽, 일본 등 선진국과 같이, 심지어 중국처럼 이라도 했으면 좋겠다.

▶ 참고문헌

- 松倉公憲·水野恵司, 1984, 柿岡盆地北部, 東山地すべりにおける斜面勾配とその力學的安定について, 地理學評論, 57, 485-494
- 應用地質調査事務所, 1977, 52県単砂防工事調査1号, 砂防工事基礎調査工事報告書, p.52
- Bishop, A. W., 1955, The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique, 5, 7-17
- BGS, 2025, <https://www2.bgs.ac.uk/reportalandslide/reportForm.html>
- Cruden, D. M., and Varnes, D. J., 1996, Landslide Types and Processes, Transportation Research Board, U.S. National Academy of Sciences, Special Report, 247, 36-75
- Matsukura, Y., 1996, The role of the degree of weathering and groundwater fluctuation in landslide movement in a colluvium of weathered hornblende-gabbro. Catena, 27, 63-78
- Matsukura, Y., and Tanaka, Y., 1983, Stability analysis for soil slips of two grass-slopes in southern Abukuma Mountains, Transactions of the Japanese Geomorphological Union, 4, 229-239
- Matsukura, Y., 2008, Mass movements in rock and soil masses, University of Tsukuba Press, Tsukuba, p.162
- Sabo & Landslide Technical Center, 2023, Survey for landslide, Presentation Materials, p.120
- Skempton, A. W., 1964, Long-term stability of clay slopes, Geotechnique, 14, 77-101
- Skempton, A. W., and DeLory, F. A., 1957, Stability of natural slopes in London Clay. Proceedings of the 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, London, 2, 378-381
- USGS, 2004, <http://pubs.usgs.gov/fs/2004/3072/>

5. 결언

현재를 기후위기라 하지만 이보다 더한 위기가 오랜 과거에도 많이 있어 왔다. 심지어 5만년전만 하여도 우리나라에서도 지름 200m 크기의 거대한 소행성이 충돌하여 지금의 경남 합천군 적중면에 직경 7km, 수백 m 깊이의 충돌구를 만들었다고 한다. 이 충돌의 폭발력은 일본 히로시마에 떨어졌던 원폭의 약 9만배에 해당한다고 한다. 금년 2025년 7월에는 그런 경남 합천군과 인근 산청군에 호우가 내려 땅이 갈라지고 무너져서 많은 피해를 입었다. 이와 같은 호우도 과거 기록에는 없지만 지질학적으로 보면 과거 수천~수만년전 지구상 기후가 불안정할 때 지금보다 더 규모도 크고 자주 폭우가 내려 발생한 흔적들이 많이 보인다. 바로 산지에서의 붕적토, 지질의 풍화·침식, 계류·하천에서의 퇴적층 등이다. 최근에 발생하는 산崩괴, 토석류, 땅밀림 등은 이와 무관하지 않다.

호우가 내리면 산지 지표수 흐름에 쓸려 내려오는 물질은 결국 결합력이 약한 붕적토, 풍화암괴, 퇴적토 등으로 과거 수천~수만년전에 발생하였던 산사태로 인해 생성되었던 붕적토, 퇴적토 및 풍화·침식으로 인한 전석 등이다. 호우가 온다고 모든 산이 무너지는 것은 아니다. 무너질만한 산이 무너지는 것이다. 또한 이번 경남과 같은 양의 강우가 아니더라도 붕괴되는 곳도 있다. 지역적 예방 대책을 위해서는 다학제적인 전문가의 현장 정밀 조사가 중요하다는 의미이다.

정밀 조사 및 연구의 방법도 중요하다. 연구는 다양한 전문가가 다양한 방법으로 수년 내지 수십년간 장기간 지속함으로써 성과를 발전시켜 나간다. 분야마다 연구결과의 데이터를 생산하게 되고 그 데이터를 기반으로 다음의 더 좋은 성과로 발전해 나간다. 지금 우리나라는 특히 대규모 인명 및 재산 피해지역에서 원인에 대한 정밀 조사, 연구를 실시하여 만든 과학적·기술적 데이터가

산지 주변 주거지 건물 형식을 고려한 토사재해 취약성 평가 및 현장 적용성 검토

김윤태 국립부경대학교 해양공학과 교수

송창호 국립부경대학교 스마트인프라기술연구소 전임연구원(선임급)

1. 토사재해 현황

토사재해는 전 세계적으로 인명 피해와 막대한 재산 손실을 유발하는 대표적인 자연재해로, 주거지역과 사회기반시설에 심각한 위협을 가한다. 강우, 태풍, 지진 등 자연적 요인뿐 아니라 도시 개발과 토지 이용 변화와 같은 인위적 요인에 의해 발생하며, 최근에는 기후변화로 인한 강우 패턴 변화가 발생 빈도와 강도를 더욱 높이고 있다.

이러한 기후적 변화는 산지가 많은 대한민국에 특히 큰 위험 요인으로 작용한다. 우리나라는 국토 면적의 약 64%가 산지이며, 급경사지에 주거지와 사회기반시설이 밀집해 있어 구조적으로 토사재해에 취약하다. 특히 6월부터 9월 사이 집중호우와 태풍이 빈번히 발생하는데, 기상청(2022)에 따르면 지난 109년간 국내 연평균 강수량은 10년마다 평균 17.71 mm 증가한 반면 강수일수는 10년마다 약 2.73일 감소하여 강우의 국지성과 집중성이 심화되고 있다. 이러한 변화는 산사태와 토석류 발생 가능성을 높이는 주요 원인으로 작용한다.

국내 연구에서는 주로 강우 한계치(rainfall threshold)를 활용하여 산사태 발생 가능성을 예측하고 위험지역을 평가해 왔다. 특히 국내의 경우 공간적 예측과 위험지역 지정에 집중되어 있어 피해 규모와 구조물 특성을 반영한 종합적 취약성 분석은 여전히 부족하다. 실제 국내 피해 사례에서도 동일한 위험 강도 조건이라 하더라도 주택 구조 형식이나 지반 특성에 따라 피해 규모가 크게 달랐다. 목조, 조적조, 조립식 주택과 같이 수평 외력에 취약한 구조물에서 피해가 집중되는 경향을 보였으나, 이러한 구조적 특성을 고려한 체계적인 저감 대책은 아직 마련되지 않았다.

국제적으로는 FEMA(미국), NIED(일본), Safeland 프로젝트(유럽연합), NGI의 KLIMA 2050(노르웨이), USGS(미국) 등에서 구조물 피해 분석과 구조적 취약성 평가를 포함한 다양한 연구가 수행되고 있다. 반면 국내에서는 강우 변화에 따른 구조물 피해를 정량적으로 분석하고 이를 반영한 저감 대책 수립이 미흡한 실정이다.

이러한 연구적 공백은 피해 통계에서도 확인된다. 그림 1은 1997년부터 2024년까지의 국내 자료를 정리한 것으로, 연평균 산사태 피해 면적은 약 500 ha, 복구비용은 연평균 약 880억 원에 달한다. 2002년 태풍 루사(RUSA) 당시 강릉에는 하루 최대 870 mm의 강우가 기록되어 약 2,800 ha의 피해와 3,000억 원 이상의 복구비용이 발생했다. 또한 2011년 서울 우면산 산사태에서는 18명이 사망하고 50명이 부상당하는 등 큰 인명 피해가 발생하였다. 이러한 통계는 강우 강도의 변화가 산사태 발생 빈도와 피해 규모를 확대시키는 중요한 요인임을 보여준다.

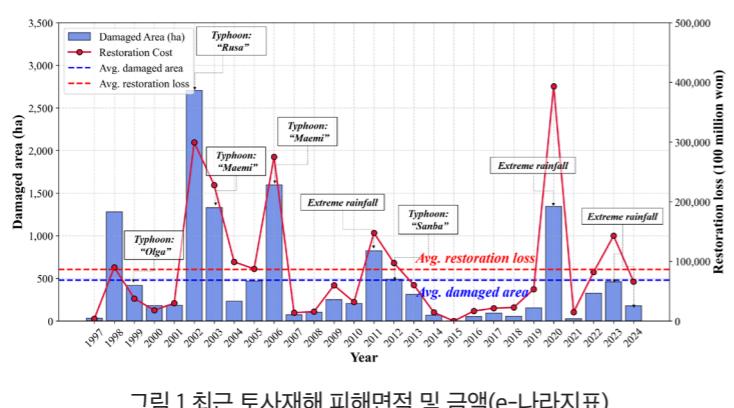


그림 1 최근 토사재해 피해면적 및 금액(e-나라지표)

2. 건물 형식에 따른 취약성 분석

국내에서 발생한 토사재해 지역에 대해 현장 조사, 피해 보고서, 현장 사진 및 기존 연구 문헌을 종합적으로 활용하여 건물 손상의 유형과 정도를 심층적으로 분석하였다. 이를 위해 그림 3과 같이 2011년부터 2022년까지 발생한 토사재해 피해 사례를 조사하여 총 87개 건물을 분석 대상으로 선정하였다. 분석 결과, 건물의 구조 유형은 철근콘크리트(Reinforced concrete), 보강 조적조(Reinforced masonry), 무보강 조적조(Brick masonry), 목조(Wood), 경량 철골(Light-steel), 판넬 구조(Panel)로 구분되었다.

구조 유형별 피해 양상은 뚜렷한 차이를 나타냈다. 철근콘크리트와 보강 조적조와 같이 구조적 보강이 이루어진 건물은 피해가 소파, 중파 또는 광파 수준에서 제한되는 경우가 많았다. 반면, 무보강 조적조, 목조, 경량 철골 및 판넬 구조물은 구조적 보강이 미흡하여 완전 붕괴(Complete) 사례가 빈번히 발생하였다. 특히 무보강 조적조는 가장 높은 손상 비율을 보였는데, 이는 주로 산지 주변의 취약한 지반 조건에 집중적으로 건설된 특성과 밀접한 관련이 있는 것으로 해석된다.

구조적 메커니즘 관점에서 살펴본 결과, 철근콘크리트와 보강 조적조 건물은 철근 및 보강재의 구속 효과로 인해 높은 전단 강도를 확보하여 외부 충격 하중에 우수한 저항 성능을 보였다. 반면 무보강 조적조 건물은 모르타르 접합부의 전단 강도가 낮아 충격에 취약하며, 접합부 파괴와 벽돌 분리에 따라 손상이 빠르게 확산되는 양상이 확인되었다. 목조 건물은 목재의 재료적 특성상 습기와 충격에 민감하여 손상 위험이 높았고, 경량 철골 및 판넬 구조물은 경량성이 높아 상대적으로 작은 충격에도 국부적인 변형 및 파괴가 쉽게 발생하였다. 특히 판넬 구조물은 접합부 연결 강도가 낮아 충격 하중이 집중될 경우 급격한 손상 전이를 보였다.

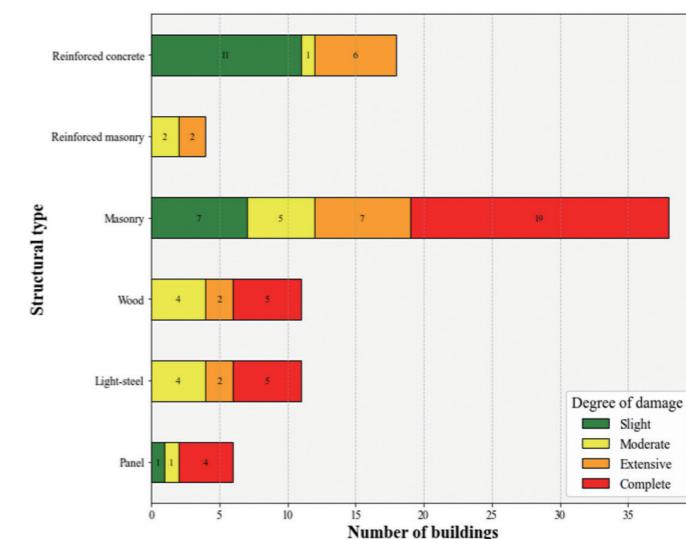


그림 2 토사재해로 피해받은 건물 분석

이와 같은 정성적 분석을 보완하기 위해, 현장 조사에서 수집된 지반 물성치와 간극수압비를 보정하여 DAN3D 모델을 이용한 토석류 사례 역해석을 수행하였다. 정량지수분석(Kang and Kim, 2016)을 통해 산출된 순 성공지수가 가장 높은 모델 결과를 기반으로 위험 강도를 평가하고, 이를 토대로 구조 유형별 취약곡선을 도출하였다. 취약지수는 Slight(0.1-0.3), Moderate(0.3-0.6), Extensive(0.6-0.8), Complete(0.8-1.0)의 네 단계로 구분하였다.

그림 3은 건물 형식에 따른 취약곡선을 제시한 것으로, 구조 유형별 손상 수준과 충격압 간의 관계를 시각적으로 보여준다. 분석 결과, 철근콘크리트와 보강 조적조 구조물은 모두 취약지수가 약 0.7 부근에서 수렴하는 경향을 보였다. 이는 강성이 높은 보강 구조물이 매우 큰 충격압을 받더라도 완전 붕괴로 전이될 가능성이 낮다는 점을 의미한다. 특히 취약지수 0.3 이상 구간에서 철근콘크리트 구조물은 보강 조적조에 비해 약 50 kPa 더 높은 충격압 조건에서도 낮은 손상 수준을 유지하여, 상대적으로 우수한 내력을 나타냈다.

비보강 구조물의 경우, 무보강 조적조, 경량 철골, 목조 구조물은 모두 취약지수 0.3에 해당하는 약 7 kPa 충격압까지 유사한 손상 거동을 나타냈다. 그러나 판넬 구조물은 취약지수 0.3에 도달하기 위한 충격압은 약 8.2 kPa였으나, 약 9 kPa라는 좁은

범위 내에서 급격히 완전 붕괴 상태로 전이되었다. 이는 판넬 구조물이 낮은 충격 조건에서도 급속한 손상 진전을 보이며, 비보강 구조물 중에서도 가장 높은 손상 가능성을 가진다는 점을 보여준다.

한편, 경량 철골과 목조 구조물은 Moderate 이상의 손상 단계에서 유사한 거동 특성을 나타냈으나, 무보강 조적조는 상대적으로 더 높은 강성을 보이며 충격압 증가에 따라 다소 우수한 손상 저항성을 보였다. 이러한 결과는 토사재해에 노출된 구조물의 손상 정도가 단순히 충격 강도뿐 아니라 구조 형식, 보강 여부 및 접합부 특성과 밀접히 연관되어 있음을 시사한다.

이러한 분석 결과는 산지 주변 주거지의 건물 형식에 따라 토사재해에 대한 손상 양상과 취약성이 뚜렷하게 달라진다는 점을 보여준다. 따라서 구조적 보강 수준과 건물 유형을 고려한 차별화된 대응 전략이 필요하며, 이를 바탕으로 맞춤형 취약성 저감 대책을 수립하는 것이 향후 피해 경감을 위한 핵심 과제가 될 것이다. 특히 주거지 건축 시 취약 구조물의 건설을 최소화하고, 기존 건물에 대한 보강 및 보전 방안을 병행하는 것이 효과적인 재해 저감 방안으로 제시될 수 있다.

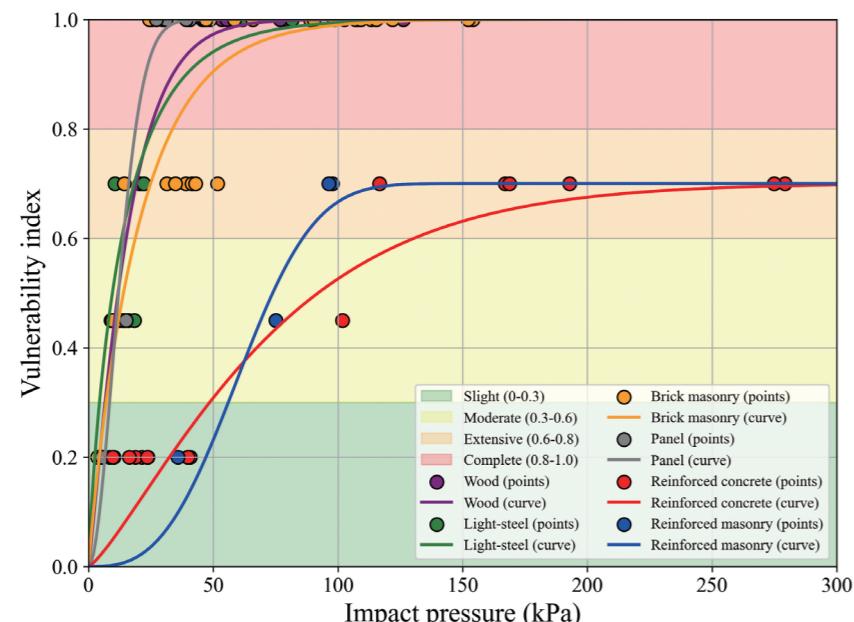


그림 3 건물 형식에 따른 취약곡선

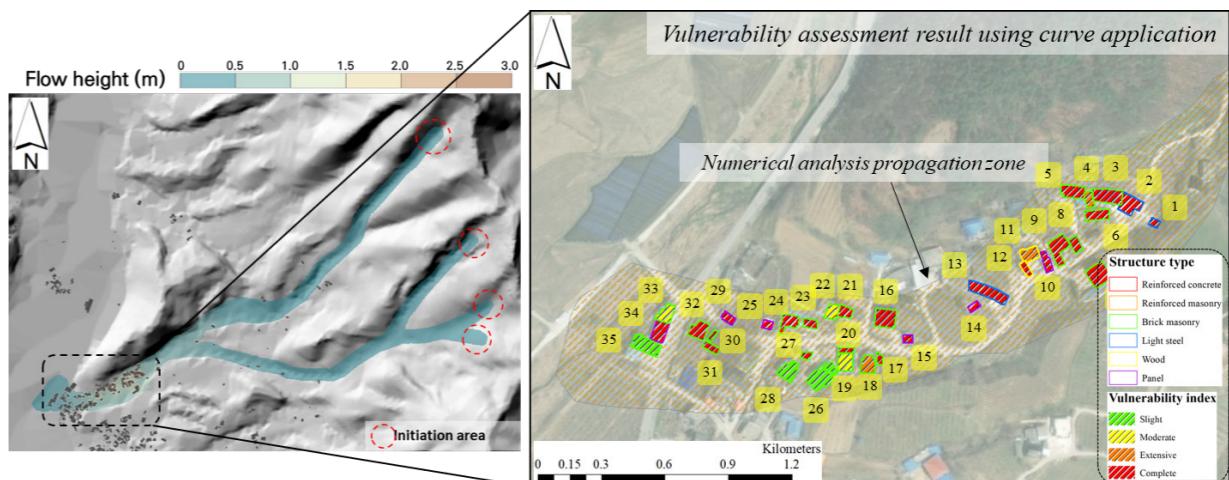


그림 4 건물 형식에 따른 취약곡선 적용

도출된 건물 형식별 취약도 곡선과 현장 적용 결과를 바탕으로, 산지 주변 주거지에서 발생할 수 있는 토사재해 피해를 줄이기 위한 저감 대책을 제시하였다. 건물의 구조 형식은 토사재해 시 피해 양상과 규모를 결정짓는 중요한 요인으로 확인되었으며, 따라서 구조 유형별로 차별화된 대응 전략이 필요하다.

철근콘크리트와 보강 조적조 건물은 상대적으로 강성이 높아 극한 조건에서도 완전 붕괴로 이어질 가능성이 낮았다. 이에 비해 무보강 조적조, 목조, 경량 철골, 판넬 구조물은 충격에 취약하여 손상 확률이 크게 높아지는 경향을 보였다. 따라서 향후 신규 건축에서는 이러한 취약 구조물의 사용을 최소화하고, 기존 건축물에 대해서는 구조적 보강이나 대체 방안이 검토될 필요가 있다.

개별 건축물의 특성뿐 아니라 단지 차원의 방호 대책도 병행되어야 한다. 토석류의 에너지를 저감할 수 있는 체류지와 침사지 설치, 방호벽 및 유도벽 배치, 배수 체계 개선과 같은 토목적 대책은 건물 단위의 보강과 함께 지역 전체의 저항성을 높이는 핵심 요소로 작용한다.

취약도 곡선은 단지 내 건물의 상대적 위험도를 평가하고 보강 우선순위를 정하는 기준으로 활용될 수 있다. 특히 GIS 기반 공간정보와 결합하면 건물 유형, 지형 조건, 재해 이력을 반영한 위험 지도를 작성할 수 있으며, 이를 토대로 합리적인 보강 및 재배치 전략을 수립할 수 있다.

제도적 측면에서는 산지 주변 신규 건축물에 대한 내재해 성능 기준 강화, 취약 구조물 사용 제한, 기존 건축물에 대한 안전 점검 및 공공 지원을 통한 보강 정책이 필요하다. 또한 강우 임계치와 취약도 곡선을 연계한 조기경보 시스템을 구축하여 주민이 위험 단계별로 대응할 수 있도록 지원해야 한다.

결과적으로, 산지 주변 주거지의 토사재해 저감을 위해서는 건물 형식별 취약성을 고려한 구조적 대응, 단지 차원의 방호 체계, 공간정보 기반의 관리, 제도적 지원이 종합적으로 결합된 접근이 요구된다.

3. 건물 형식을 고려한 취약성 평가 분석

산지 주변 주거지 건물 형식을 고려한 저감대책 수립을 위해 개발된 취약도 곡선을 2023년 8월 경상북도 예천군 별방리에서 발생한 대규모 토석류(debris flow) 사례에 적용하여 분석하였다. 이를 통해 실제 피해 관측 결과와 곡선의 예측 결과를 정량적으로 비교함으로써 취약도 곡선의 현장 적용 가능성과 저감대책 수립 방안을 검토하였다.

우선, 그림 4와 같이 현장에서 확인된 토석류 발생 위치를 기반으로 역해석(back analysis)을 수행하였다. 현장 조사 과정에서 토석류 시료를 채취하였으며, 이를 대상으로 지반공학적 특성 시험(geotechnical property tests)을 실시하여 분석의 정확성을 높였다. 시험에서는 토양 밀도(density), 내부 마찰각(internal friction angle), 점착력(cohesion) 등 주요 토질 역학적 특성 값을 정량적으로 도출하고 이를 분석 모델에 반영하여 신뢰성을 제고하였다.

실제 관측된 구조물 피해 정도와 취약도 곡선을 이용한 예측 결과를 비교한 결과, 분석 대상 33개 건물 중 24개 건물의 피해 수준이 예측과 일치하여 약 72%의 예측 정확도를 확인할 수 있었다.

한편, 관측과 예측 간 일부 차이는 지형의 미세 변동, 지반의 불균질성 등 현장 조건을 완벽히 반영하기 어려운 한계에서 기인한 것으로 판단된다. 특히, 실제 토석류 흐름 과정에서 발생하는 속도 변동, 에너지 손실, 장애물과의 상호작용을 모델링하는 데에 기술적 제약이 존재하여 이러한 오차의 원인이 된 것으로 분석되었다.

4. 결론

이번 분석에서는 산지 주변 주거지 건물의 구조 형식에 따른 토사재해 취약성을 평가하고, 실제 사례에 적용하여 현장 활용 가능성을 검토하였으며, 결론은 아래와 같다.

1) 철근콘크리트와 보강 조적조 건물은 충격 저항성이 높아 비교적 안정적인 반면, 무보강 조적조·목조·경량 철골·판넬 구조물은 충격에 취약하여 손상과 붕괴가 빈번하였다. 특히 판넬 구조물은 좁은 충격 범위에서 급격히 붕괴해 가장 위험한 구조 유형으로 확인되었다.

2) 건물 형식별 취약곡선을 실제 사례(2023년 예천군 별방리 토석류)에 적용한 결과, 약 72%의 예측 정확도를 보여 현장 피해 예측과 저감대책 수립에 활용 가능성이 입증되었다.

3) 피해 저감을 위해서는 취약 구조물의 신규 건설 제한, 기존 건축물 보강·개량, 방호벽·배수 체계 등 토목적 대책 병행, GIS 기반 위험지도와 조기경보 시스템 구축이 필요하다.

따라서 건물 형식에 따른 취약성 평가는 주거지 안전 확보와 재해 경감을 위한 핵심 자료로 활용될 수 있으며, 향후에는 구조적·토목적·제도적 대책을 통합적으로 추진하는 것이 요구된다.

특집
기술기사

03

누적강우-점착력 변화에 따른 산불 피해지의 산사태와 토석류 위험성 분석

김만일 한국급경사지안전협회 급경사지연구소 연구소장

이문세 한국급경사지안전협회 안전관리처 처장

전상률 한국급경사지안전협회 회장

박찬호 (주)베이지안웍스 이사

이기하 경북대학교 건설방재공학부 교수

▶ 참고문헌

- 강효섭 (2016), 토석류의 유변물성과 강우재현주기를 고려한 건물의 물리적 취약성 평가, 공학 박사 학위논문, 국립부경대학교
- 송창호 (2025), 빅데이터, AI 및 GIS 융합 토석류 리스크 평가 모델 개발, 공학 박사 학위논문, 국립부경대학교
- Kang, H. S., & Kim, Y. T. (2016). The physical vulnerability of different types of building structure to debris flow events. *Natural Hazards*, 80(3), 1475-1493.

1. 서론

급경사지 붕괴, 산사태, 토석류와 같은 재해는 하절기인 7월부터 9월 사이에 발생하는 집중호우와 태풍 등으로 인해 집중적으로 발생하고 있으며, 생활권 주변으로는 옹벽 및 축대 등의 붕괴로 재산 및 인명피해도 매년 발생하고 있다. 이러한 지반을 대상으로 하는 재해의 발생요인은 강우와 지진 등과 같은 자연적인 요인과 산불, 벌목, 개간, 절성토 사면 조성 등과 같은 인위적인 요인들로 인해 복합적으로 작용한다고 볼 수 있다.

산불 피해지는 수목 및 식생의 전소, 산림토양 황폐화로 인해 하절기 집중호우 시 토층 세굴 및 유출 현상으로 인해 점진적으로 산사태와 토석류의 위험성을 증가시킨다(Cannon et al., 2011; Kean et al., 2011). 산불 피해지에서의 산사태 발생이력을 조사한 결과에 따르면, 산사태주의로 기준(시우량 20~30mm 미만, 일강우량 80~100mm 미만, 연속강우량 100~200mm 미만)에 미치지 못하는 강우조건에서도 산사태가 다발적으로 발생하는 것으로 나타났다. 이와 같이 산불 피해지의 토층 상태는 강우의 침투능과 저류능이 산불 발생 이전의 원지반 토층과 차이를 갖기 때문이다. 이와 같은 이유는 산불 발생 및 확산 과정에서 토층의 유기물과 수목의 연소 외에도 지표면 또는 지표면 아래까지 열기가 전파되어 토층을 구성하고 있는 토양광물에 영향을 주기 때문이다. 토양물성 변화로 인해 사면 안정성도 기준과 달리 큰 변화를 가진다. 그림 1과 같이, 수목의 소실로 인한 토층 식생에 의한 지지력 감소 외에도, 공극수, 토양 입자의 변화, 구성광물의 변화는 강우에 의한 침식에도 취약하여 급경사지 붕괴 내지 산사태와 토석류 재해의 발생 가능성에 직·간접적으로 영향을 준다.



그림 1. 산불 발생에 따른 토양층 변화 및 이후 강우에 따른 토사유출 현상 발생에 관한 개념도

따라서 산불 피해지 토층 지반의 안정성 평가에 있어 실제 경사지 내 사면 안정성에 영향을 주는 요인은 토층이 갖는 전단강도인 점착력과 내부마찰각과 같은 역학적 물성이며, 산불 발생 전·후 토층 내 토양의 조성 및 구성광물의 변화는 점토광물의 함량비로 알 수 있다. 산불 후 토층의 물리·역학적 성질의 변화는 사면붕괴로 인한 산사태 범위의 확대와 이후 연쇄적인 연행작용으로 토층 세굴 및 침식의 영향으로 대규모 산사태의 발생 위험이 증가하고 더불어 토석류화로 인한 재해 확산으로 진행될 수 있다. 이러한 산불 피해지 내 산지재해의 확산 특성을 분석하기 위하여 토층의 전단강도 중 점착력의 변화를 산불 발생 전·후로 구분하여, 점착력의 변화를 단계별로 저감시켜 산불 영향에 따른 산사태 및 토석류 위험성을 평가할 필요가 있다.



이에 본 연구는 2023년 경북 상주산불 발생지역 내 산지사면과 이와 연계된 계류를 포함하여 연구지역을 선정하고, 산사태 및 토석류 재해를 상호 연계하여 분석하였다. 산불 피해지에 대한 산사태 및 토석류 물리모형 기반의 평가를 목적으로 물리모형에 활용하여 산불 발생 전·후의 토층의 점착력을 단계별로 변화시켜 단계별 누적강우 변화에 따른 산사태와 토석류 위험성 변화 양상을 분석하였다.

2. 연구방법

2.1 연구지역 지형 및 토질 물성 분석

경상북도 상주시 외남면 흔평리의 산사태와 토석류 위험성 분석을 위해 국토지리정보원(NGII)에서 제공되는 1:5,000 연속수치지도를 취득하여 10m 해상도의 격자로 고도 및 경사에 대한 공간정보를 제작하였다(그림 2). 연구지역의 고도는 최저 73.8m부터 최대 504.5m, 평균 207.2m로 분석되었으며, 경사는 최저 0°부터 최대 43.9°, 평균 17.9°로 구성되어 있고, 20° 이하 약 52%이고, 20° 이상은 48%로 분포되어 있다. 또한, 연구지역 내 산사태 및 토석류 물리모형 기반의 평가를 목적으로 물리모형에 활용하기 위한 현장의 역학적 매개변수 산정을 목적으로 토층 내 토양시료를 채취하여 토양의 물성실험 및 분석과 더불어 산불 발생 전과 후의 토양 물성변화 분석을 통해 물리모형의 입력자료와 지반의 기본적인 특성을 파악하였다.

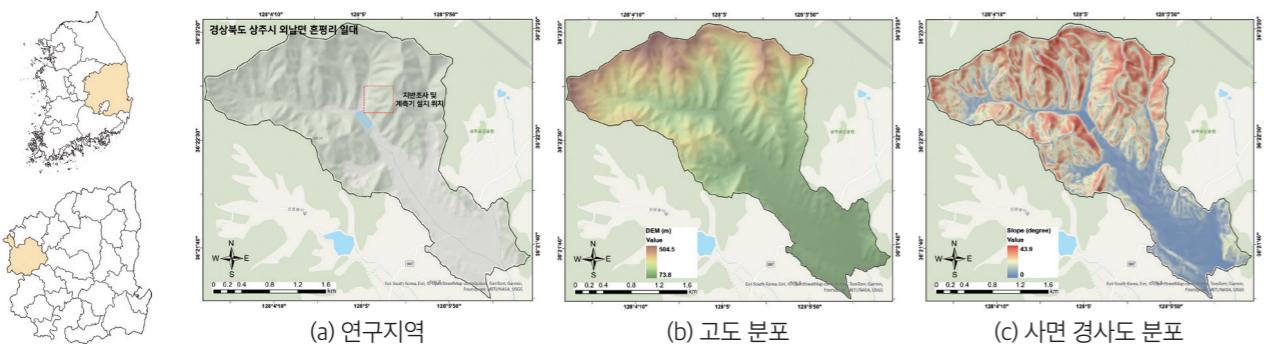


그림 2. 산불 피해지의 산사태·토석류 분석을 위한 연구지역 공간정보 분석

2.2 산불 발생지 및 미발생지의 토양 내 점토광물 함양 분석

산불은 토양의 중요한 물리·화학적 특성 변화를 일으키는데, 특히, 토양조성 변화, 구성광물의 변화, 토양수의 반발성, 토층 안정성 변화에 영향을 준다. 산불 발생 동안 토양의 온도는 토양 단면에 따라 크게 변화하는데, 낮은 토양의 열전도율로 인해 토양 표면의 고온은 토층깊이에 따라 급감한다. 따라서 산불의 영향은 토양의 상부층에서만 뚜렷하게 나타나는데, 대체로 토양 표면의 온도는 일반적으로 200~700 °C 범위가 흔하며, 극한적인 산불의 경우에는 토층 표면의 온도가 1,150 °C까지 기록된 바 있으나, 기존 연구에 따르면 토층 최상부와 낙엽층 경계에서 최대 온도는 850 °C 정도인 것으로 알려져 있다.

산불에 의한 토양의 광물성분 변화를 파악하기 위해서 산불 발생 및 미발생 지역의 표층구간(소사층과 소수층 내)에서 채취된 시료를 이용하여 X-선 회절분석(XRD)을 통하여 토양의 구성광물과 점토광물의 함량분석을 실시하였다. 산불 발생지역의 토층에서는 각섬석이 주로 산출되고, 베미큘라이트, 일라이트/베미큘라이트 혼합층상 구조 광물이 표층구간(소사층과 소수층 구간 내)에서 특징적으로 산출되었다. 이에 반하여, 산불 미발생지역은 석영, 장석류, 운모류, 각섬석 등과 같은 조암광물군이 대부분을 차지하며, 녹나석, 베미큘라이트, 카올리나이트와 같은 점토광물들도 소량 함유되어 있었다(그림 3). 결과적으로 산불 발생 전·후의 가장 큰 차이는 산불 미발생지역에서는 일라이트/베미큘라이트의 혼합층상 구조 광물이 산출되지 않았다는 것이다. 이와 같은 점토광물의 생성은 직·간접적으로 토층의 전단강도에 영향을 줄 수 있다.

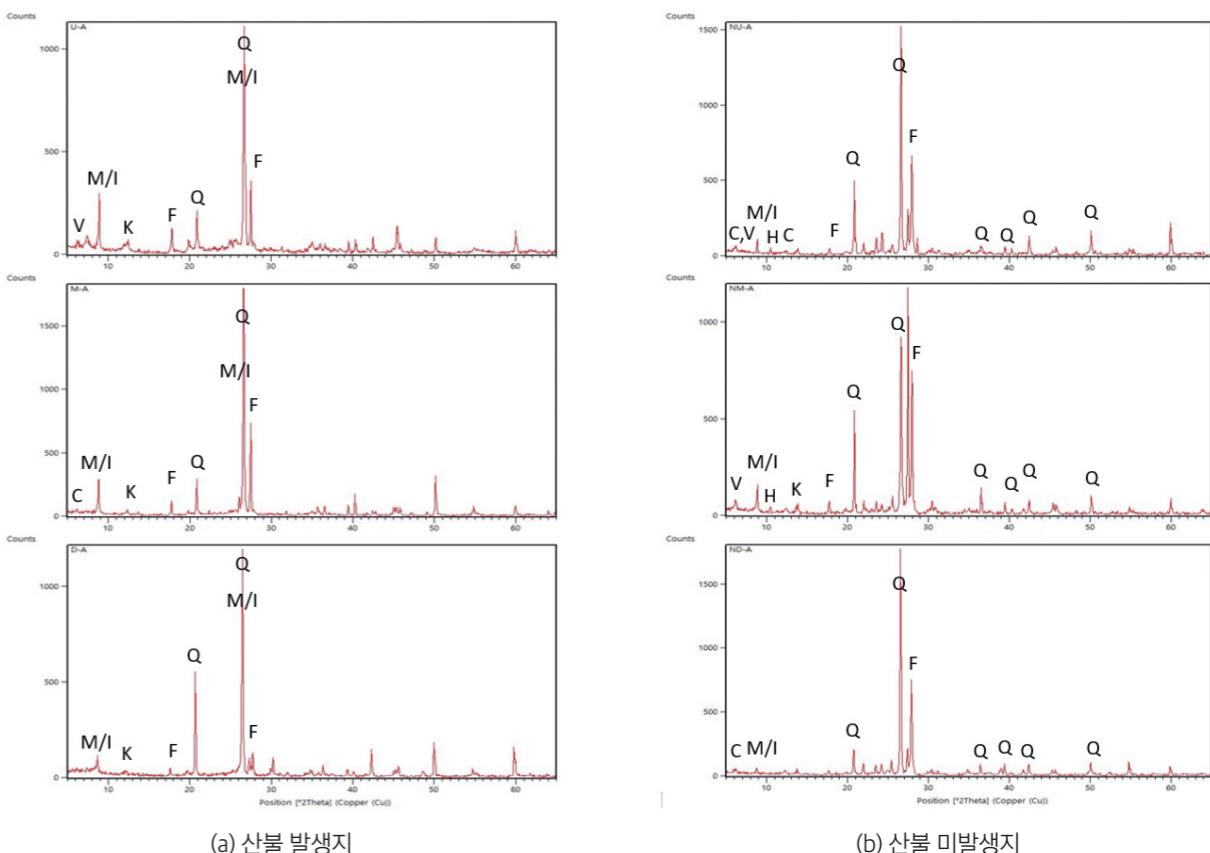


그림 3. 산불 발생지 및 미발생지 표층 토양시료의 XRD 회절분석 결과
(상) U지점, (중) M지점, (하) D지점. I/V: illite/vermiculite interstratification, C: chlorite, V: vermiculite, M/I: muscovite or illite, K: kaolinite, F: feldspar, Q: quartz

3. 연구결과

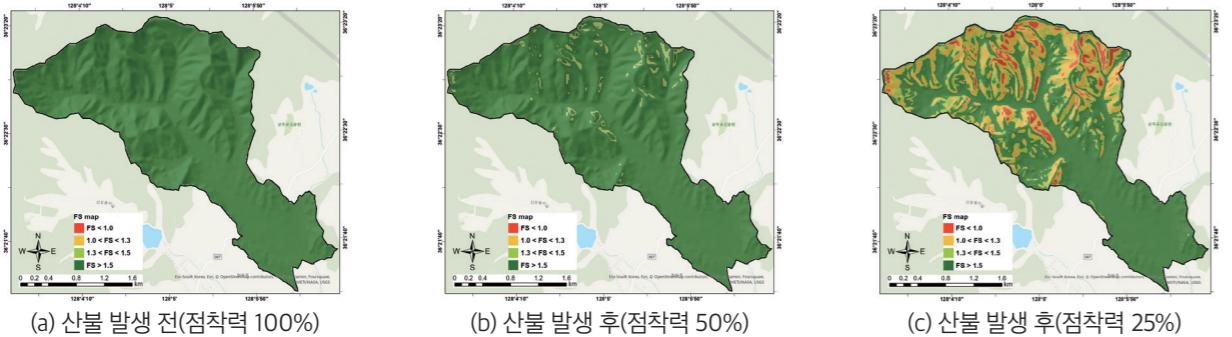
3.1 산불 발생 전·후 산사태 위험분석

산사태 분석기준은 기준안전율을 건기 시 1.5 이하, 우기 시 1.3 이하, 최소안전율 기준인 1.0 이하 기준을 적용하여 평가하였다. 분석에 적용한 누적강우 시나리오는 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160mm로 총 8단계로 설정하여 산불 발생 전(점착력 100%), 산불 발생 후(점착력 50%, 25%)의 총 3가지 조건을 적용하였다. 산불 후토층 변화는 산불로 인해 점토광물 함양비 증가를 반영한 것으로써, 점토광물이 증가함에 따라 점착력이 감소되는 영향을 산불 발생 후의 토층의 물리적 성질 변화에 반영하여 적용하였다.

산불 발생 전(점착력 100%)과 산불 발생 후(점착력 50%, 25%로 감소) 조건을 반영하여, 누적강우 시나리오 총 8단계에 대한 산사태 위험성 안전율 변화를 분석하였고, 이중 누적강우량 20mm, 60mm, 100mm에 대한 대표 결과를 그림 4~6과 같이 나타내었다.

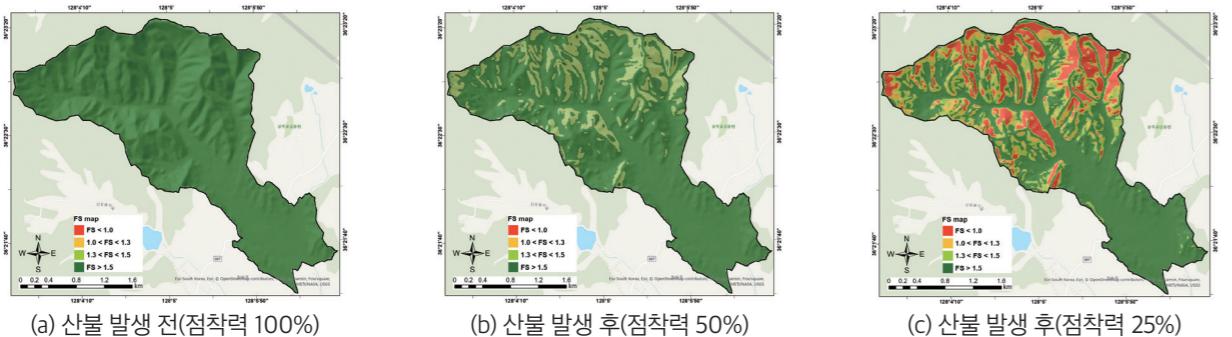
누적강우량 20mm에서는 산불 발생 전(점착력 100%), 산불 발생 후(점착력 50%)에서는 안전율 1 이하로 분석되는 영역이 산불 발생 후(점착력 25%)에서 안전율 1 이하가 월등히 증가함을 알 수 있었다(그림 4). 누적강우량 60mm, 100mm에서는 20mm와 동일하게 산불 발생 전(점착력 100%), 산불 발생 후(점착력 50%)에서는 안전율 1 이하로 분석되는 영역이 산불 발생 후(점착력 25%)에서 안전율 1 이하의 변화가 크게 나타남을 확인할 수 있었다(그림 5와 6).

이를 상세히 보면, 누적강우량 60mm에서는 안전율 1.0 이하 15.6%, 1.0 초과 1.3 이하 17.7%, 1.3 초과 1.5 이하 10.0%, 1.5 초과 56.7%로 산정되었고, 누적강우량 100mm에서는 안전율 1.0 이하 24.2%, 1.0 초과 1.3 이하 16.9%, 1.3 초과 1.5 이하 7.8%, 1.5 초과 51.2%로 각각의 안전율의 면적비율 변화를 명확히 확인할 수 있다.



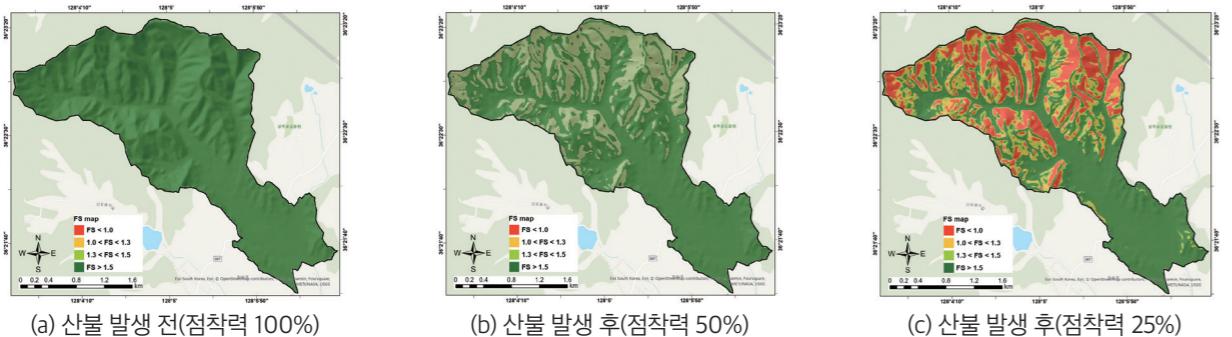
(a) 산불 발생 전(점착력 100%)
(b) 산불 발생 후(점착력 50%)
(c) 산불 발생 후(점착력 25%)

그림 4. 누적강우 시나리오 20mm에 대한 산불 발생 전(점착력 100%)과
산불 발생 후(점착력 50%, 25%로 감소)를 고려한 산사태 위험성 안전율 변화 분석 결과



(a) 산불 발생 전(점착력 100%)
(b) 산불 발생 후(점착력 50%)
(c) 산불 발생 후(점착력 25%)

그림 5. 누적강우 시나리오 60mm에 대한 산불 발생 전(점착력 100%)과
산불 발생 후(점착력 50%, 25%로 감소)를 고려한 산사태 위험성 안전율 변화 분석 결과

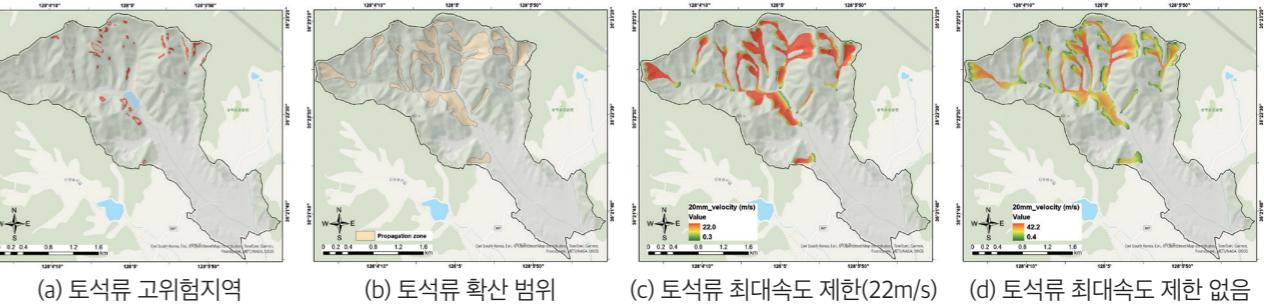


(a) 산불 발생 전(점착력 100%)
(b) 산불 발생 후(점착력 50%)
(c) 산불 발생 후(점착력 25%)

그림 6. 누적강우 시나리오 100mm에 대한 산불 발생 전(점착력 100%)과
산불 발생 후(점착력 50%, 25%로 감소)를 고려한 산사태 위험성 안전율 변화 분석 결과

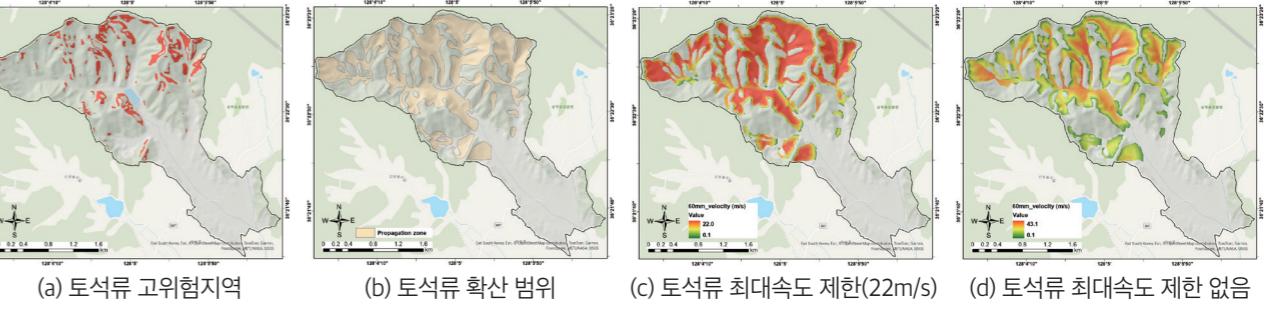
3.2 산불 발생 전과 후의 토석류 위험성 분석

토석류 분석기준은 산사태 위험성 최소안전율 1.0 이하 구간을 고위험지역, 안전율 1.3 이하 구간을 위험지역으로 설정하여 토석류 위험성을 분석하였다. 산불 발생조건을 보수적으로 반영하기 위하여 점착력 25% 조건을 기준으로 누적강우 시나리오는 20mm, 60mm, 100mm에 해당하는 산사태 위험성 분석 결과를 활용하였다(그림 7~9). 분석 결과에서 누적강우량의 증가에 따라 토석류 유동 및 확산범위는 본 계류 최하단부에 위치한 내금지까지 토석류 유송잡물이 유입됨을 확인하였다. 이는 내금지의 수위 상승 및 월파로 인한 잠재적 2차 재해 발생 가능성을 배제할 수 없다는 것을 의미한다.



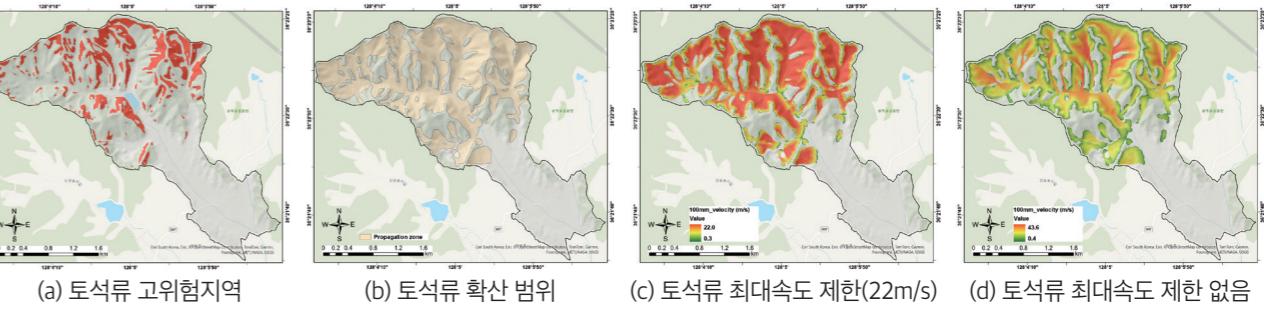
(a) 토석류 고위험지역
(b) 토석류 확산 범위
(c) 토석류 최대속도 제한(22m/s)
(d) 토석류 최대속도 제한 없음

그림 7. 누적강우 시나리오 20mm 시 대상지역의 토석류 확산범위 및 속도



(a) 토석류 고위험지역
(b) 토석류 확산 범위
(c) 토석류 최대속도 제한(22m/s)
(d) 토석류 최대속도 제한 없음

그림 8. 누적강우 시나리오 60mm 시 대상지역의 토석류 확산범위 및 속도



(a) 토석류 고위험지역
(b) 토석류 확산 범위
(c) 토석류 최대속도 제한(22m/s)
(d) 토석류 최대속도 제한 없음

그림 9. 누적강우 시나리오 100mm 시 대상지역의 토석류 확산범위 및 속도

3.3 누적강우에 따른 산사태 및 토석류 위험성 변화

연구지역의 분석결과를 기준으로 누적강우량 80mm 이상부터는 LS01~06 모든 지점에서 산사태 위험성 안전율이 수렴하는 것을 확인할 수 있다(그림 10). 이는 누적강우 시나리오에 따른 분석결과에서 누적강우량 80mm 이상 즉, 누적강우량 100mm, 120mm, 140mm, 160mm의 산사태와 토석류 위험성의 결과는 유사한 범위에서 분석되었다. 따라서 누적강우량 80mm 이상이 발생될 경우에는 산사태 위험성이 산불 발생 전과 후에서 모두 크게 증가함을 의미한다. 또한, 산사태 위험성 분석지점별 초기 안전율은 지형적 특성(사면경사 및 토층깊이)에 따라 초기 안전율이 다르게 산정되었지만, 최종적으로는 산불 발생 전·후 모두 누적강우량 80mm 이상에서는 산사태 위험성 안전율이 일정한 범위에서 수렴되는 것으로 나타났다.

연구지역 내 계류부와 소류지로 흘러가는 방향, 그리고 소류지 하단 계류부 총 8지점(DF01~08)에 대하여 토석류 속도를 분석한 결과에서 누적강우량 증가에 따라 토석류 영향범위에 포함된 각 지점의 속도는 점진적으로 증가하는 것으로 나타났다(그림 11). 여기서, 토석류 최대속도를 22m/s로 지정하였을 때, 각 누적강우량별 속도범위는 20mm에서 약 10~21m/s, 60mm에서 약 16~21m/s, 100mm에서 약 17~22m/s로 산정되었다. 특히, 최상부의 경사도가 큰 구간에 위치한 DF05, DF06에서는 계류부의 지형적 특성에 따라 20mm부터 최대속도와 유사한 속도를 갖는 것으로 분석되었다. 토석류 최대속도를 제한하지 않았을 때, 각 누적강우량별 속도범위는 20mm에서 약 21~39m/s, 60mm에서 약 23~41m/s, 100mm에서 약 25~42m/s로 점진적으로 속도가 증가하는 것을 알 수 있다.

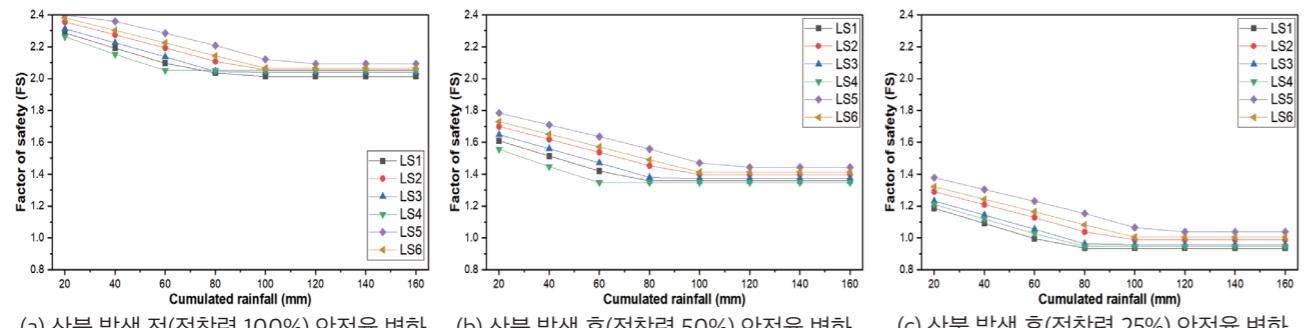


그림 10. 산불 발생 전과 후의 누적강우 시나리오별 산사태 위험성 안전율 변화 분석

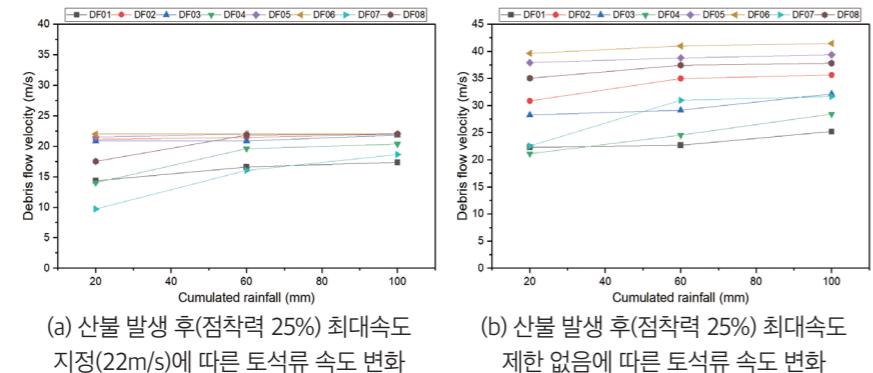


그림 11. 산불 발생 후(점착력 25%)의 누적강우 시나리오 및 최대속도 제한 유무에 따른 토석류 속도 변화 분석

이러한 결과를 활용하여 산불 발생으로 인한 토층의 점착력 감소가 실질적으로 누적강우 조건 하에서는 급격히 기준안전율이 하락함에 따라, 산불 피해지는 하절기 집중호우 등으로 산사태 위험성이 증가할 것으로 우려된다. 따라서 그림 12와 같이 산불 피해지 내 산지사면에 대해서는 산사태와 토석류 위험성을 충분히 고려할 수 있도록 누적강우 시나리오 기반의 단계별 산지재해 위험관리 의사결정체계 설정이 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

산불 피해지의 토층 지반의 안정성 평가에 있어 실제 경사지 내 사면 안정성에 영향을 주는 요인은 토층이 갖는 전단강도인 점착력과 내부마찰각과 같은 역학적 물성이이며, 산불 발생 전·후에 토층 내 토양의 조성 및 구성광물의 변화는 점토광물의 생성 여부로 볼 수 있다. 따라서 산불 후 토층의 물리·역학적 성질의 변화는 사면붕괴로 인한 산사태 범위의 확대, 이후 연쇄적인 연행작용으로 토층 내 세굴 및 침식으로 인해 대규모의 산사태 위험성의 증가와 토석류화로 인한 재해의 확산으로 진행될 수 있다.

이러한 산불 피해지 내 산지재해의 확산 특성을 분석하는데 있어 토층의 전단강도 중 점착력의 변화를 산불 발생 전·후로 구분하여 점착력의 변화를 단계별로 저감시켜 산불 영향에 따른 산사태 및 토석류 위험성을 평가한 결과, 누적강우량이 증가할수록 산사태 위험성 안전율은 점진적으로 감소하는 것으로 나타났다. 특히, 누적강우량 80mm 이상부터는 산사태 위험성 안전율의 감소 기울기는 완만해지면서 수렴하는 것으로 보아, 산불 피해지의 경우 산사태 위험관리 시에는 누적강우량의 범위를 산불 미발생지보다는 적은 누적강우량 범위에서 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한 토석류 유동 및 확산범위에서도 산사태 위험관리와 유사하게 누적강우량의 제한적 범위를 고려한 위험관리가 필요하다. 본 연구에서와 같이, 산불 피해지에 대한 단계별 누적강우량을 고려한 산사태와 토석류 위험성 분석은 해당 산불 피해지의 지형, 지질, 토질 특성을 반영한 결과이므로, 다른 지역에 적용할 경우에는 분석방법은 동일하게 적용하되, 누적강우량에 따른 산사태와 토석류의 위험성 범위는 차이를 보일 것으로 판단된다.

▶ 참고문헌

- Cannon, S.H., Boldt, E.M., Laber, J.L., Kean, J.W., and Staley, D.M. (2011) Rainfall intensity-duration thresholds for postfire debris-flow emergency-response planning. *Nat Hazards*, 59, 209–236. <https://doi.org/10.1007/s11069-011-9747-2>
 - Kean, J.W., Staley, D.M., and Cannon, S.H. (2011) In situ measurements of post-fire debris flows in southern California: Comparisons of the timing and magnitude of 24 debris-flow events with rainfall and soil moisture conditions. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 116. <https://doi.org/10.1029/2011JF002005>

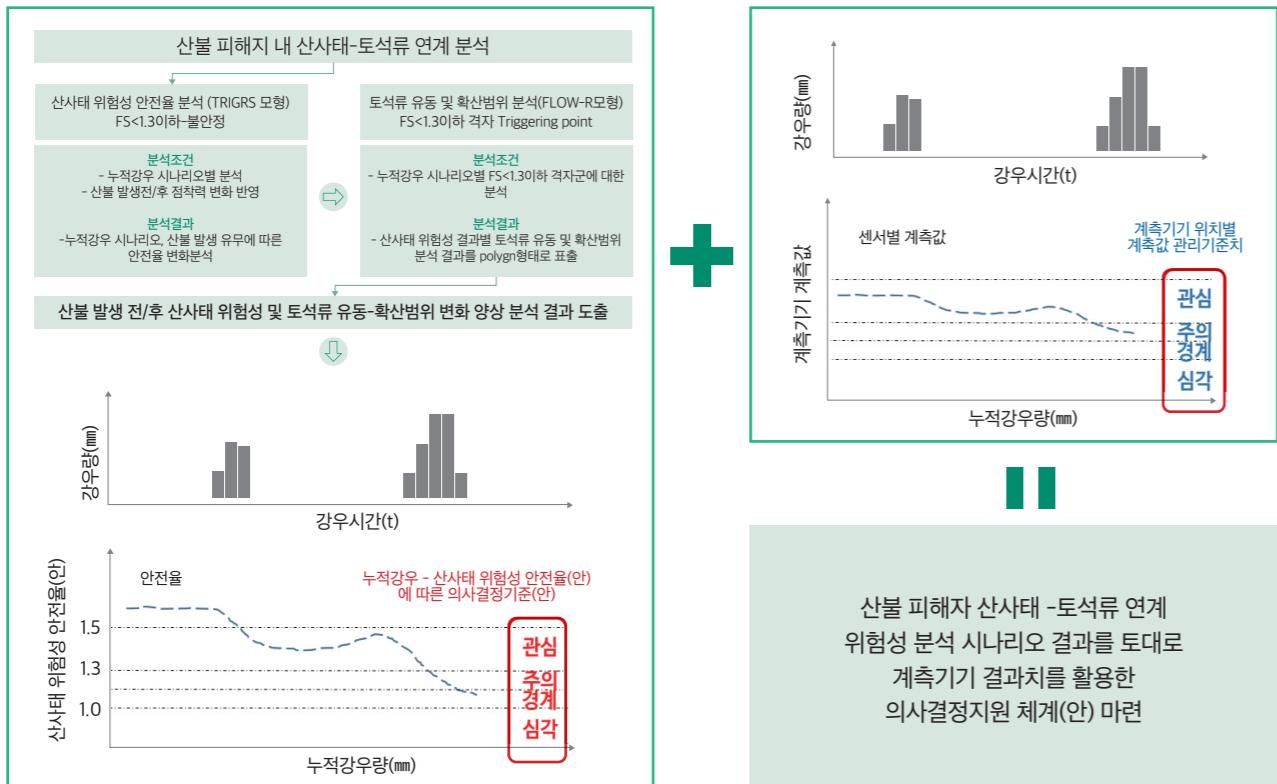


그림 12. 누적강우 시나리오 기반의 산불 피해지 내 산사태-토석류 연계분석 및 계측기기 결과치를 활용한 의사결정지원체계(안) 제시

2025년 급경사지 재해예방단 운영 및 산청군 재난 사례 분석

곽재환 한국급경사지안전협회 급경사지연구소 연구팀 팀장
양현용 한국급경사지안전협회 급경사지연구소 연구팀 전임연구원
황인탁 한국급경사지안전협회 급경사지연구소 기획팀 전임연구원

1. 서론

지구온난화 지속에 의한 기후변화는 우리나라 토사재해 발생 빈도에 주요한 원인으로 작용하고 있다. 특히, 집중호우의 발생 빈도와 강도가 증가하면서 급경사지 붕괴 및 토석류 발생이 빈번하게 보고되고 있다(Kim et al. 2022). IPCC(2021)에 따르면, 동아시아 지역은 기후변화로 인한 극한 강우 빈도가 크게 증가할 것으로 예측, 보고하였다. 실제로 우리나라에서도 시간당 80mm 이상의 국지성 호우 사례가 빈번하게 보고되며(Park and Lee, 2023), 이는 지반의 포화, 사면의 불안정성을 바탕으로 산사태, 토석류 등의 토사재해 발생을 촉진한다.

우리나라의 도로, 철도 인접 비탈면, 석축 및 옹벽 등의 인공비탈면은 대부분 1970~1990년대에 조성되었으며, 유지관리 이력 부족으로 인해 붕괴 위험이 증가하고 있다(국토연구원, 2023). 특히, 비정형 비탈면은 설계기준에서 벗어난 사례가 많아 관리에 취약한 특징이 있다.

행정안전부는 「급경사지 재해예방에 관한 법률」에 근거하여 관리 대상 급경사지에 대해 안전 점검, 붕괴위험지역 지정 등을 통해 안전관리를 하고 있으나, 정보 오류(위치, 속성정보 등), 지자체 담당자의 전문성 부족 등 다양한 요인들로 인해 매년 급경사지 붕괴가 빈번하게 발생하고 있다. 2022년 서울시 동작구 사당동 옹벽 붕괴, 2023년 경북 영주 토사비탈면 붕괴, 2023년 충남 부여군 급경사지 붕괴, 2025년 충남 공주군 주차장 옹벽 붕괴, 2025년 경북 청송군 인공 비탈면 붕괴 등이 대표적인 사례이다.

한국급경사지안전협회는 「급경사지 재해예방에 관한 법률」에 근거하여 2021년부터 매년 급경사지 분야 전문가로 구성된 급경사지 재해예방단을 구성 및 운영하고 있다. 급경사지 재해예방단은 해빙기 또는 우기철 발생하는 급경사지 붕괴, 산사태 및 토석류와 같은 토사재해 발생지역에 전문가를 파견하여 피해 현황을 조사하고, 원인분석을 통하여 임시 및 장기적인 관리방안을 제시하여 정부 및 지자체의 안전관리 업무를 지원하고 있다.

본 호에서는 한국급경사지안전협회에서 운영 중인 급경사지 재해예방단의 구성 및 운영, 경남 산청군 대규모 산사태 및 토석류가 발생한 사례와 특징을 분석하였다.

2. 급경사지 재해예방단 운영 체계

급경사지 재해예방단은 한국급경사지안전협회가 기후변화 등으로 인한 급경사지 재해에 대한 신속, 정확한 원인조사를 통해 급경사지 안전관리 강화 및 지원을 위해 운영하는 전문가 그룹이다.

재해예방단의 자격요건은 국내 관련 학회 등에서 지반, 지질, 방재, 산림 등 급경사지 분야 전문가 추천 및 관련 기관의 전문가 종회장 또는 임직원 추천을 통해 인력풀을 구축하였다. 자격요건을 바탕으로 2025년 급경사지 재해예방단은 단장 1명, 부단장 2명 및 권역별 책임자 8명 등 총 113명의 전문가로 구성하였으며, 운영기간은 2025년 6월 2일부터 2025년 10월 15일이다.

3. 재해예방단 운영결과

급경사지 재해예방단 운영 및 피해지역에 대한 현황조사는 지자체 요청, 언론 및 인터넷 검색 등을 통해 하절기 강우 기간 중 피해가 발생한 지역을 확인하고, 권역별 재해예방단을 파견하여 피해지역에 대한 현황조사를 수행하였다.

2025년 6월부터 피해가 발생하거나 지자체 요청을 통해 급경사지 등 붕괴가 발생한 지역은 2025년 8월 기준 약 51개소로 조사되었고, 본 호에서는 경상남도 산청군에서 발생한 대규모 재난 사례를 분석하였다.

4. 산청군 대규모 재난 사례 조사결과

4.1 강우분석

경상남도 산청군은 2025년 7월 16일부터 20일까지 발생한 집중호우로 인해 대규모 산사태 및 토석류로 인한 인명, 재산 피해가 발생하였다. 산청군에서 7월 발생한 누적강우량은 753.4mm로, 최근 10년(2015~2025년) 중 역대 가장 많은 강우가 발생하였다. 특히, 대규모 토사재해가 발생된 7월 17일~19일 기간 중 일 최대강우량은 356.3mm, 3일 누적강우량 695.4mm, 1시간 최대강우량은 86.20mm가 발생하였다. 1시간 최대강우량은 2023년 경북 예천군에서 발생한 대규모 토사재해 발생 시점의 1시간 최대강우량 25.7mm와 비교할 때 약 3배 이상 높은 강우가 단시간 발생한 것으로 분석된다.

4.2 산사태 및 토석류 발생지점

2025년 7월 산청군에서 발생한 산사태 및 토석류 피해지역 중 11개소에 대해 항공사진, 위성영상 등을 활용하여 산사태 및 토석류 발생지점을 육안판독하고 이를 바탕으로 산림청의 산사태위험등급과 중첩 분석하였다. 분석결과 약 157개소 지점에서 산사태 및 토석류가 발생된 것으로 분석되었으며, 이 중 산사태위험등급 중 1등급에 해당하는 지점은 약 33.8%로 가장 높은 비율로 분석되었다(그림 1).

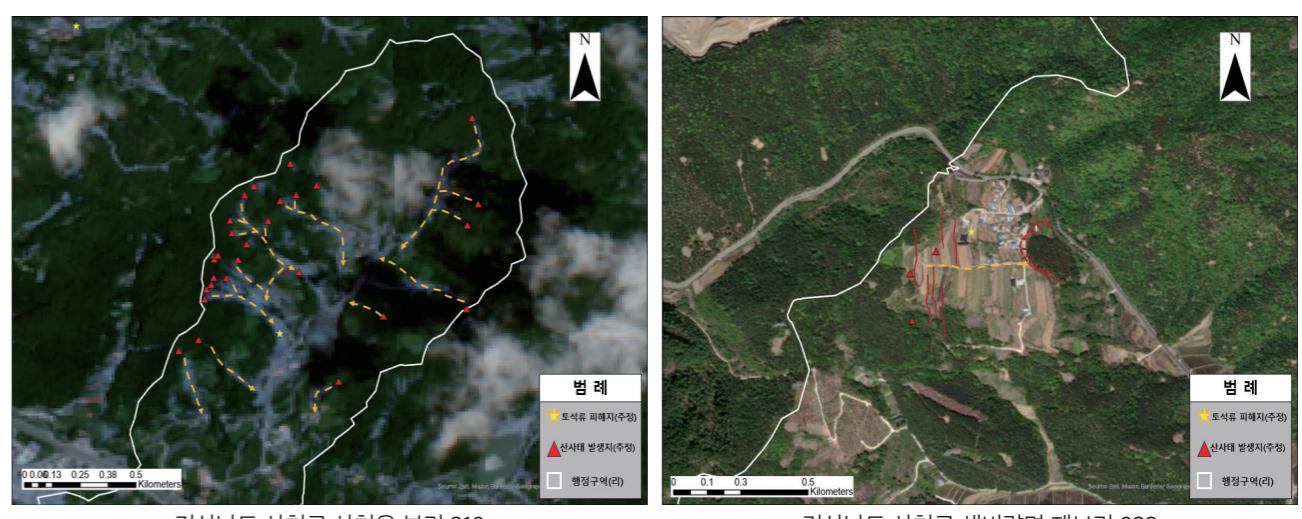


그림 1. 산청군 산사태 및 토석류 피해지역 내 산사태 및 토석류 발생지점 현황(출처 : 센티넬 위성('25.07.25.))

4.3 지형 및 지질분석

산사태 및 토석류가 발생한 지점에 대한 지형 및 지질분석을 수행하였다. 발생지점에서의 경사는 $3.8^{\circ} \sim 45.3^{\circ}$ 구간에서 발생하였으며, 평균 20.6° 로 분석되었다. 또한 발생지점의 고도는 최소 77 ~ 542m 구간에서 발생한 것으로 분석되었으며, 대부분의 지점이 산능선부 또는 8부 능선 이상의 위치에서 발생된 것으로 분석되었다.

산청군에서 발생된 산사태 및 토석류 지역의 지질은 화성암, 변성암, 퇴적암 등 다양한 지질이 분포하는 것으로 분석되었다. 마을 단위 전체 심층활동붕괴가 발생한 산능마을(산청군 생비량면 제보리 848-1) 일대는 대부분이 중생대 백악기 퇴적암으로 분석되었다.

4.4 산사태 및 토석류 발생지역별 조사 결과

산청군에서 발생한 재난은 대부분 산사태 및 토석류에 해당하며, 상능마을(생비량면 제보리 848-1)에서 발생된 재난은 대규모 생활권 지역에서의 지반재해, 즉 땅밀림이 발생하였다. 산청군에서 발생한 산사태 및 토석류는 대부분 산 8~9부 능선과 정상부 능선에서 발생한 사례가 대부분이며, 과거 항공사진 등 육안분석 결과, 임도, 조림 또는 벌채지역, 계곡부 하부 생활권 지역 조성 등 다양한 특징을 보였다. 산사태로 인해 붕괴된 토사는 계곡부 등 긴 유동부(부리마을, 신등면 율현리 255번지 등)를 지나 하부로 확산, 퇴적되면서 인명 및 재산 피해가 발생하였다. 특히, 산사태 및 토석류가 발생된 지역은 단일 산사태 발생 이후 토석류로 발달한 것이 아닌 3~4개 지점에서 발생한 산사태가 계곡부를 따라 합류되어 하부로 유동하면서 인명 및 재산 피해가 증가한 것으로 추정된다.

4.4.1 산청읍 부리319(부리마을)

본 현장은 산지 8~9부 능선 상부에서 붕괴된 풍화토가 다양한 우수와 함께 하부로 유하하여 토석류로 진행하면서 최하단부 주택(식당)이 완파되어 인명피해가 발생한 현장이다(그림 2). 산사태 및 토석류 발생 이후 항공사진 육안판독 결과, 5개 이상의 지점에서 발생한 산사태가 계곡부 및 집수지형을 따라 하부로 합류되어 대규모 토석류로 변모하여 피해가 발생한 것으로 분석된다. 특히, 산사태가 발생된 지점 주변으로 과거 항공사진 분석 시 임도가 개설되거나 벌채가 진행되었던 것으로 분석되었다.

4.4.2 생비량면 제보리 848-1(상능마을)

상능마을은 산정상부에서 하부마을까지 전 구간이 대규모 생활권 지반재해가 발생한 구역이다. 마을 곳곳에서 인장균열, 단차가 관찰되며 집중강우 및 지하수 영향으로 하부 주택지역의 지반이 침하, 산사태 등 다양한 요인이 복합적으로 발생한 지역이다(그림 3). 특히, 하부 침하 및 토사붕괴가 발생된 구간의 토사는 하부로 유동하여 도로가 유실되었다.

4.4.3 산청읍 내리 1121

산청은 내리 1121은 산지 능선부에서 발생된 산사태가 계류를 따라 토석류로 발달되어 하부 주택 2동에 대한 피해가 발생한 현장이다. 붕괴가 발생된 지반은 풍화잔류토 또는 붕적토로 이루어져 있으며, 붕괴면 내 침투수의 파이핑 현상과 같은 흔적이 관찰되었다. 즉, 강우 침투수에 의한 지반이 완전 포화되어 기반암과의 경계면이 활동면과 같이 작용하여 붕괴가 발생한 것으로 추정된다. 내리 1121에서 발생한 산사태 및 토석류로 인해 하부 주택 2동이 완파, 반파되었고 인명피해가 발생하였다.

4.4.4 산청읍 모고리 676-1

산청읍 모고리 676-1번지는 최소 4개 이상의 지점에서 발생한 사면붕괴가 우수와 함께 계곡부를 따라 하부로 자연적인 토석류로 발달한 것으로 추정되는 현장이다. 토석류가 발생한 계곡분에는 계류보전(전석 기슭막이 등)이 적용되어 있으나 붕괴토사, 유송잡물 등으로 인해 배수의 흐름이 원활하지 못해 월류하여 피해가 확산된 것으로 추정된다. 특히, 월류된 토석류가 기존 계류지형보다 고도가 낮은 하부 마을 쪽으로 유동, 확산되면서 주택 등 많은 피해가 발생한 것으로 추정된다.



그림 2. 경상남도 산청군 산청읍 부리 319 산사태 및 토석류 피해현황

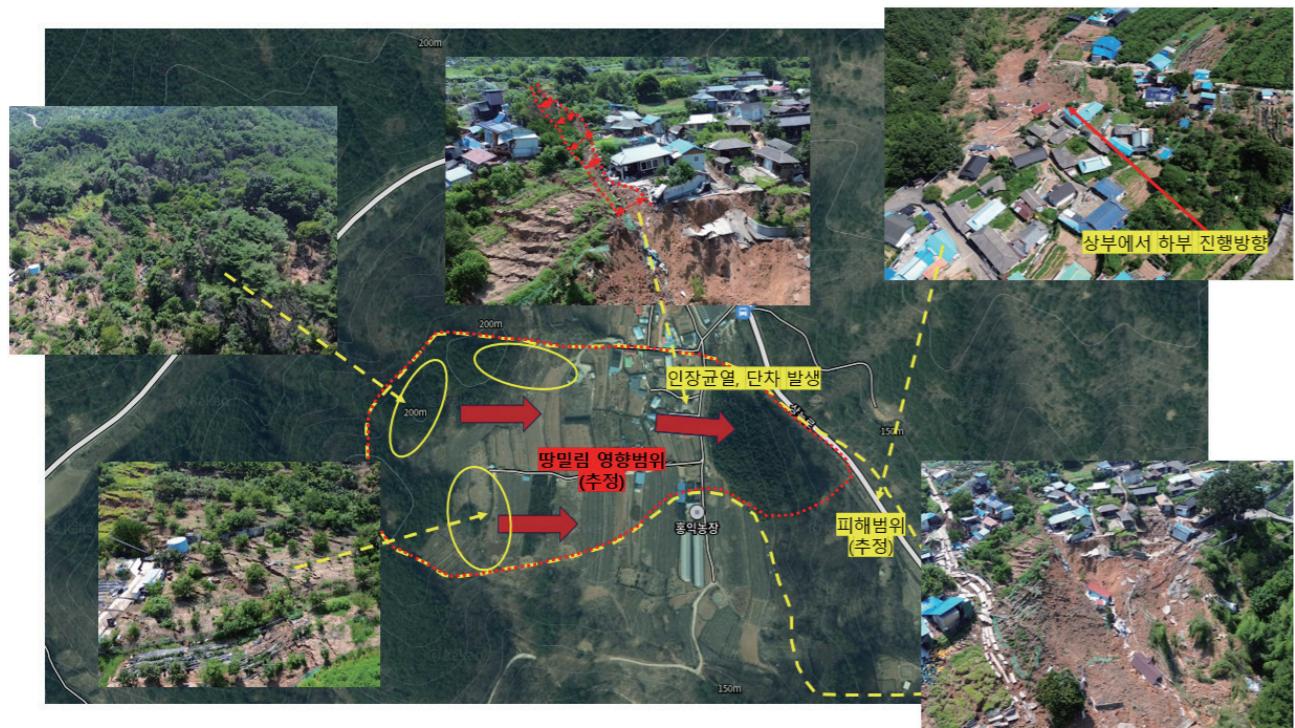


그림 3. 경상남도 산청군 생비량면 제보리 848-1 산사태 및 토석류 피해현황

5. 결론

본 호에서는 한국급경사지안전협회가 구성·운영한 2025년 급경사지 재해예방단의 활동과, 이를 통해 조사된 산청군 대규모 재난 사례를 분석하였다. 재해예방단은 총 51개 피해지역에 대한 현황조사를 완료하였으며, 이 중 대규모 산사태 및 토석류가 발생한 산청군을 중심으로 분석한 결과는 다음과 같다.

첫째, 산청군의 산사태 및 토석류 발생지점은 대부분 산지 상부(8~9부 능선) 또는 능선부에서 시작되어, 계곡부를 따라 토석류로 발전함으로써 하부 지역에 인명 및 재산 피해를 유발하였다. 주요 원인은 단기간 집중호우로 인한 지반의 완전 포화이며, 이때 기반암 경계면이 활동면으로 작용하여 다수 지점에서 산사태가 발생한 것으로 추정된다.

둘째, 일부 피해지역에서는 과거 임도 개설, 벌채, 조림사업 등의 인위적 요인이 확인되었다. 이는 장기적으로 강우 외에도 외적 요인에 의해 산사태 및 토석류 발생 가능성성이 높아질 수 있음을 시사하며, 이에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

셋째, 상능마을은 산지 인접 생활권 지역으로 대규모 지반재해가 발생하였음에도 불구하고, 현행 제도상 중장기 안전관리 사각지대로 나타났다. 산림청은 인장균열·단차 등 위험요인이 집중된 산지를 '땅밀림'으로 규정하여 관리하고 있으나, 이는 주로 국유림을 대상으로 하며 사유지 생활권은 포함되지 않는다. 또한, 행정안전부가 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 및 「자연재해대책법」을 근거로 관리하는 급경사지 및 자연재해위험개선지구에도 해당되지 않는 한계가 있다.

따라서, 산지 인접 생활권 지반재해 지역에 대한 실태조사와 중장기 안전관리를 위한 제도 개선이 시급하며 이를 통해 유사 피해의 재발을 예방할 수 있을 것으로 판단된다.

▶ 참고문헌

- 김재훈, 박민수, 이현우 (2022). 기후변화에 따른 국내 사면재해 발생 특성 분석. *한국지반공학회논문집*, 38(4), 211-223.
- 박성호, 이지은 (2023). 국지성 집중호우와 산사태 발생의 상관성 연구. *대한토목학회지*, 73(2), 145-156.
- 국토연구원 (2023). 기후변화에 따른 사면안정성 영향 분석 연구.
- 이태영, 민혁 (2021). 도시 개발사업이 사면 안정성에 미치는 영향 연구. *한국지질공학회지*, 31(3), 177-189.
- 대한지질학회 (2022). 국내 사면 붕괴 사례집.
- Lee, S., & Park, H. (2021). "Landslide early warning system based on rainfall thresholds in Korea," *Natural Hazards*, 105(2), 1253-1270.
- IPCC (2021). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the IPCC*.

특집 기술기사

AI 기반 스마트 안전관리와 산업기반 조성

05 구우회 (재)부산테크노파크 재난안전산업센터 센터장 김민주 (재)부산테크노파크 재난안전산업센터 주임연구원

1. 국내 주거지 인접 급경사지·산사태 위험 현황

국내 주거지는 산지와 밀접하게 위치한 경우가 많아, 주택과 학교 뒤편에 급경사지가 인접한 사례가 흔하다. 국토부와 행안부의 통계에 따르면, 전국의 급경사지 중 상당수가 주거지와 직접 맞닿아 있으며, 매년 우기철마다 소규모 산사태나 옹벽 붕괴로 인한 피해가 반복되고 있다.

특히 도시화와 기후위기의 영향으로 국지성 집중호우와 태풍이 잦아지면서, 기존에 안정적이라고 판단되던 옹벽과 사면도 돌발적 붕괴 위험에 노출되고 있다. 실제로 최근 10년간 보고된 산사태 피해 중 약 40% 이상이 주거지 인접 구역에서 발생하였으며, 피해 규모는 단순 재산 피해를 넘어 인명 피해로 이어지는 경우도 적지 않다(그림 1).

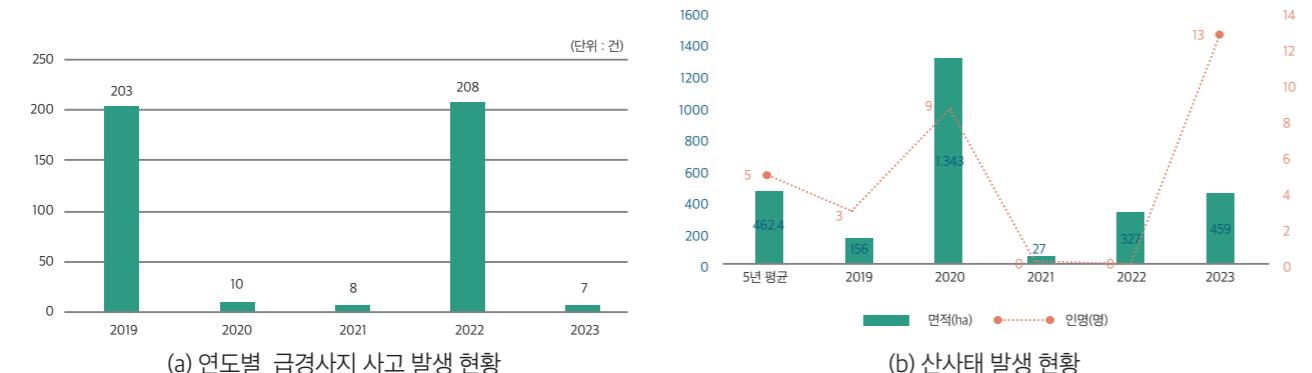


그림 1. 국내 급경사지 산사태 연도별 사고 발생 현황(행정안전부, 산림청 산사태정보시스템)

이처럼 주거지 인접 급경사지는 주민 생활과 가장 밀접하게 맞닿아 있는 공간임에도 불구하고, 안전관리는 여전히 정기 점검과 인력 중심 진단에 의존하고 있어 상시적이고 선제적인 관리체계의 부재가 주요 문제로 지적된다.

더불어, 급경사지 산사태 위험을 과학적으로 평가하고 관리하기 위한 성능검사 장비와 전문 실험 인프라 역시 턱없이 부족한 실정이다. 실제로 현장에서 사용되는 낙석방지망, 옹벽 보강재, 계측기기 등의 성능을 체계적으로 검증할 수 있는 장비와 시험 환경이 제한적이기 때문에, 기업과 지자체가 안전기술을 신속하게 실증하고 보급하는 데 한계가 있다.

이러한 상황에서 전문적인 장비와 시험·검증 환경을 갖춘 진흥시설은 안전관리 기술의 신뢰성을 높이고, 나아가 정책·산업·연구를 연계하는 핵심 기반으로서 그 중요성이 더욱 커지고 있다.

2. AI 기반 주거지 옹벽안전관리 플랫폼 구축 및 실증 사업

본 과업은 3개년에 걸쳐 단계적으로 수행되었다. 먼저 주요 취약 용벽을 선정하여 현장 조사를 실시하고, 이를 기반으로 계획을 수립하였다. 보강토 용벽과 콘크리트 용벽을 대상으로 센서 네트워크를 설치하여 변위와 변형률 등 기초 데이터를 수집하였으며, 기상 정보와 영상을 연계한 데이터베이스를 구축하였다. 이 단계는 이후 AI 분석과 예측 모델 개발을 위한 기반이 되었다(그림 2).

실제 구조물에서 축척한 데이터와 토질·구조 특성을 반영하여 학습용 데이터셋을 구축하였다. 옹벽의 균열, 배수 불량, 지반 침하와 같은 위험 요인을 분석하고, 영상 및 센서 데이터와 통합하여 AI학습 자료를 정제하였다. 또한 안정성 분석과 수치해석 모델링을 통해 옹벽의 구조적 안정성을 검증함으로써, 데이터 기반의 위험 인자 해석 능력을 확보하였다.



그림 2. AI 기반 주거지 옹벽 안전관리 플랫폼 구축 개요

축적된 데이터를 활용해 본격적인 AI 예측 모델을 개발하였다. 시뮬레이션 데이터와 실측 데이터를 융합하여 학습한 모델은 응변의 거동을 사전에 예측할 수 있었으며, 위험도 분석과 조기 경보 체계를 구현하였다(그림 3). 또한 웹 기반 응변 안전관리 플랫폼을 구현하여 관리자와 지자체가 실시간으로 기상정보, 센서 계측값 등을 확인할 수 있도록 하였다.



그림 3. AI 예측 모델을 활용한 데이터 시뮬레이션 분석 체계

기존의 육안 중심의 정밀안전진단은 돌발적 위험을 선제적으로 포착하는 데 한계가 있었으나, 본 플랫폼은 실시간 데이터 분석과 위험도 평가를 통해 상시 관리가 가능하다(그림 4, 5). 현재 사업화를 위해 지자체, 관공서 등 도입 검토가 진행되고 있으며, 이는 실증 결과가 정책과 협력 수으로 연결되고 있음을 보여준다.

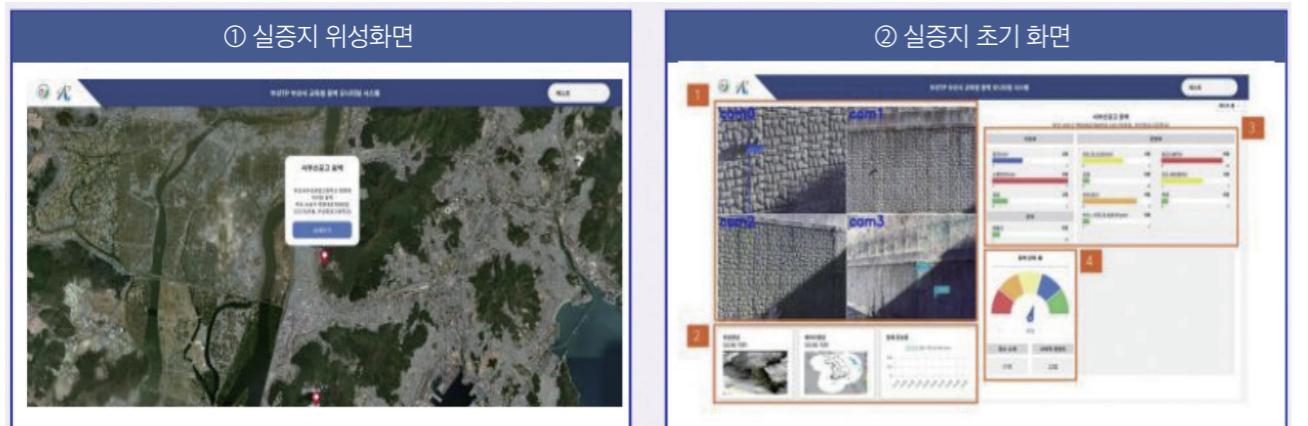


그림 4. 개발 플랫폼의 현장 적용 사례 및 예경보 표출 결과



그림 5. AI 옹벽안전관리플랫폼 구현 및 활용 사례



그림 6. 급경사지-산사태 안전산업 진흥사업 개요

국내산지는 주거지와 밀접하게 분포해 있어 집중호우, 태풍, 지진 등으로 인한 산사태 위험이 상존하고 있다. 특히 최근 기후위기 심화로 인해 국지성 호우와 돌발성 재난이 증가하면서 기존의 관리체계만으로는 대응 한계가 드러나고 있다. 현재 관련 중소·중견 기업들은 급경사지-산사태 대응 제품·기술을 보유하고 있음에도 불구하고, 이를 검증할 수 있는 시험환경과 인증체계가 부족하여 시장 진입과 해외 진출에 어려움을 겪고 있다. 따라서 국가 차원에서 전주기적 지원이 가능한 전문 인프라를 구축하여 기업·연구기관·지자체가 함께 활용할 수 있는 장이 필요하게 되었다(그림 7).



그림 7. 주거지 밀접지역 내 급경사지-산사태 위험성 감지 기술의 필요성

이번 사업의 핵심은 급경사지와 산사태에 대응하기 위한 전문 시험·실증 인프라 구축이다. 실제 재난 상황을 모의할 수 있는 대규모 시험 장비들이 설치되어, 낙석방지망 등 다양한 안전산업 제품의 성능을 과학적으로 검증할 수 있는 환경이 마련된다. 단순한 장비 구축에 그치지 않고, 이를 활용하여 기업들이 신제품을 개발하고 성능을 평가할 수 있도록 원스톱 지원 체계가 구축된다(그림 8).



그림 8. 급경사지-산사태 안전산업 진흥을 위한 계측센서 장비 구축 및 고도화 방안 설정

다양한 연구기관 및 대학이 참여하여 수행하며, 기업 및 기관이 활용할 수 있는 성능 검사 장비와 시험 인프라를 체계적으로 마련한다는 점에서 의미가 크다. 나아가 플랫폼 실증에서 얻은 데이터와 경험은 진흥시설 표준화·성능평가와 연결되고, 이를 통해 안전관리 기술의 신뢰성 확보, 산업 생태계 활성화, 예방 중심의 재난안전 전환이라는 성과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

기관소개

(재)부산테크노파크 재난안전산업센터





기술로 도시를 살리는 부산테크노파크,
산·학·연·관 지역혁신 거점기관으로 지역산업 육성을 위한 인프라를 집적하고,
신기술 발굴과 육성을 통한 지역경제 활성화를 주도하는 기관입니다.

(재)부산테크노파크 재난안전산업센터

재난안전산업센터장 구우회

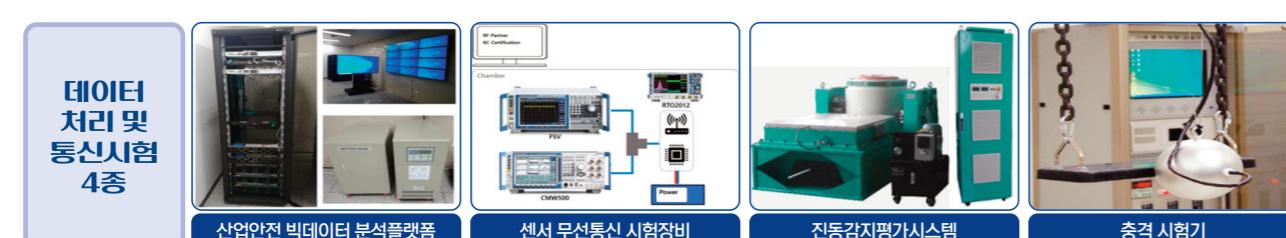
부산테크노파크는 부산광역시 산하 공공기관으로서, 지역 전략산업 육성과 기업 지원을 통해 부산시 산업정책의 중요한 역할을 수행하고 있습니다. 특히 재난·안전 분야의 중요성이 확대됨에 따라, 부산테크노파크 내에 재난안전산업센터를 설치하여 부산시의 다양한 재난안전산업 육성 정책 및 R&D를 수행하고 있습니다.

주요 역할 01

재난안전 기술지원 및 시험·평가 인프라 운영

센서·계측 기반 장비와 재난별 테스트베드를 활용해 제품 신뢰성 검증, 성능평가, 실증시험을 지원함. 주요 장비로는 환경 복합 시험장비, 수위·수압 센싱 시스템, 산사태 감지 테스트베드, 화재 감지 센서 플랫폼 등이 있으며, 이를 기업·연구기관에 개방하여 시제품 제작과 인증시험에 활용할 수 있도록 하고 있다.

재난안전산업지원센터 장비 현황



주요 역할 02

기업지원 플랫폼

재난안전산업 육성을 위해 입주기업 제공과 연계지원 프로그램을 운영하며, 기업 성장과 산업생태계 활성화를 지원하고 있음. 안전산업 관련 제조·서비스 기업 및 연구소를 대상으로 기업입주실을 제공하며, 시험·평가 장비와 연구공간을 함께 활용할 수 있도록 하고 있음. 입주기업은 저렴한 임대조건으로 사무·연구 공간을 확보할 수 있으며, 장비·실험실 이용, 기술사업화 지원, 전문 교육·네트워크 프로그램 등 다양한 혜택을 제공받을 수 있음.

재난안전산업지원센터 입주기업 임대조건



지원업종 | 안전산업 관련 분야

입주 대상 | 안전산업 관련 업종(제조·서비스 기업, 부설연구소 등)

임대 공간 | 총 9개실(3층 - 3개실, 4층 - 6개실)

입주부담금 | (계약면적 기준) 보증금, 임대료, 기본관리비

(임대보증금) 임대료와 기본관리비 합산액의 12개월분

(월 임대료) 7,271원/m² (24,036원/평) * 수도광역비 실비 부과

연구수행사업

정부 R&D 및 기획과제 연구 수행

재난안전산업센터는 지역사회 안전과 국가 정책 수요를 반영한 실용적 연구개발과 미래 지향적 기술혁신을 지속적으로 추진하고 있음

- 급경사지·산사태 진흥시설 조성지원 사업 (2025)
- 난접근성 화재 대응을 위한 가스하이드레이트 소화탄 및 화재 진압 기술개발 (2023)
- 중소형 조선소 전용 안전관리 기술개발 (2023)
- CCTV 드론 영상을 활용한 고신뢰 인파사고 위험분석평가 기술개발 (2023)
- 부산 산업단지 통합관제센터 구축사업 (2022)
- AI기반 주거지 옹벽안전관리 플랫폼 구축 (2022)

맺음말

부산테크노파크 재난안전산업센터는 '재난안전 기술지원'뿐만 아니라 '시험·평가 인프라 운영', '기업지원 플랫폼', '산학연·관 협력 네트워크 활성화', '국내·외 기술교류' 등 다양한 사업을 수행하고 있습니다. 앞으로도 재난안전산업의 체계적 육성과 스마트 안전관리 기반 확립을 통해 시민의 생명과 재산을 보호하고, 지역산업 발전에 기여하는 핵심 거점이 될 수 있도록 적극적으로 노력하겠습니다.



회원동정

(주)아주엔지니어링

(주)디피에스글로벌

(주)대한지도이엔씨

회원동정 “인프라에서 환경-재난 대응까지, 엔지니어링 업계의 새로운 방향 선도”

01 아주엔지니어링, 토목 기반에서 기후 대응 첨단 기술기업으로 도약



토목 분야를 기반으로 성장해온 아주엔지니어링이 기후변화 시대에 발맞춰 첨단 기술기업으로의 도약을 준비하고 있다.

1984년 창립 이후 도로, 교량, 사면 안정화 등 국가 기반시설의 설계와 시공 관리에 참여하며 축적한 기술력과 신뢰는 ‘안전’과 ‘품질’을 최우선으로 하는 기업 문화로 이어졌다. 이러한 경험과 노하우는 기후위기 시대에 요구되는 새로운 기술 도전의 핵심 기반이 되고 있다.

환경 · 재난 대응 기술로 영역 확장

아주엔지니어링은 기존 인프라 구축과 안전관리 역량을 토대로, 기후위기와 재난에 선제적으로 대응할 수 있는 첨단 기술 개발 및 사업화에 속도를 내고 있다. 대표적인 기술로는 방사능 조기경보 시스템, 지하수 · 토양 환경오염 감지 시스템, 산불 조기감지 시스템이 있다.

◆ 지층별 지하수 환경오염 모니터링 : 방사능 조기 경보 시스템

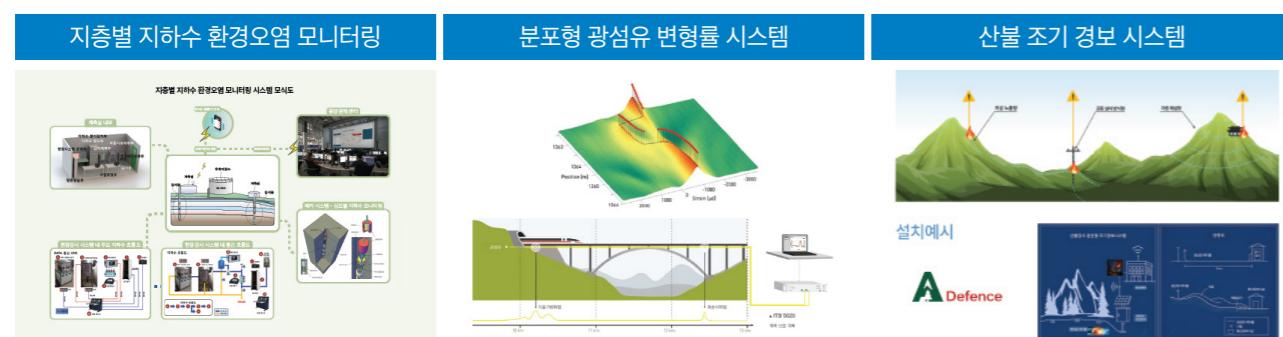
지층별 지하수 채수 및 방사능 감지 기술을 통해 원자력 시설 주변과 산업단지에서 발생할 수 있는 방사능 위험을 실시간으로 모니터링한다. 또한 방사능뿐 아니라 유류 누수 등 다양한 환경오염 요인을 조기에 탐지하여 안전사고를 예방한다.

◆ 분포형 광섬유 변형률 시스템 : 인프라 안정성 실시간 감시

광섬유를 활용해 교량, 터널, 사면 등 주요 인프라 구조물의 변형률을 연속적으로 모니터링한다. 이를 통해 구조물의 이상 징후를 조기에 감지하고, 대형 사고를 예방할 수 있는 안전 관리 체계를 제공한다.

◆ 산불 조기경보 시스템 : 분포형 광섬유 기반 혁신 솔루션

첨단 분포형 광섬유 기술을 활용해 산불 발생 초기의 온도 변화를 실시간으로 감지, 신속 대응을 가능하게 한다. 기존 산불 감시 시스템이 가진 설치 범위와 비용의 한계를 넘어, 넓은 지역에서도 경제적이고 효율적인 감시 체계를 구현할 수 있는 혁신 솔루션이다.



아주엔지니어링이 최근 개발한 세 가지 첨단 시스템 모식도

기술혁신의 배경과 성과

아주엔지니어링의 기후 대응 행보는 단순한 사업 확장이 아니라, 환경 문제의 심각성을 깊이 인식한 결과다. 방사능 측정 분야에 진출하며 환경 모니터링의 중요성을 체감했고, 이를 계기로 본격적인 환경안전 기술 개발에 착수했다.

특히, 한국원자력연구원으로부터 기술을 이전받아 개발한 지하수·토양 환경오염 조기경보 시스템과 방사능 조기경보 시스템은 지하 환경과 방사능 변화를 정밀하게 모니터링할 수 있어 기존 환경 관리 체계를 한 단계 발전시켰다는 평가를 받고 있다.

지층별 지하수 채수 → 방사능 계측 (베타, 감마) → 수질 계측 (중금속, 기름 등) → 모니터링 시스템



지층별 지하수 환경오염 감시 시스템 핵심 기술 원리 개념

이 기술들은 ‘2025년 환경부 중소기업 사업화 지원사업(수질분야)’에 선정되어 현재 사업화 단계가 마무리 단계에 접어들었다. 이는 정부 차원에서 기후 대응 기술의 필요성을 인정받은 성과일 뿐만 아니라, 아주엔지니어링이 보유한 연구개발 역량이 국가적 과제 해결에 기여할 수 있음을 입증하는 사례다.

미래를 향한 비전

기후변화 대응과 재난 예방은 더 이상 특정 사업을 넘어 사회 전체가 함께 풀어야 할 공통 의제가 되었다. 이에 따라 엔지니어링 기업에도 새로운 역할과 책임이 요구되고 있다.

아주엔지니어링은 토목을 기반으로 한 환경 및 ICT 기술을 융합해 기후위기와 각종 재난에 선제적으로 대응하고 있다. 앞으로도 세계적 흐름에 맞춘 연구개발과 기술 실용화를 통해 사회적 가치와 산업적 성과를 동시에 창출하며, 글로벌 기후 대응을 선도하는 기업으로 도약해 나갈 계획이다.

회원동정 재난 예방 기술로 안전한 도시를 설계하는 기업,

02 [주]디피에스글로벌

재난 예방을 위한 든든한 파트너

안전한 도시 건립이라는 목표를 향해 나아가는 기업, (주)디피에스글로벌입니다. 우리는 돌발적인 자연재난을 사전에 감지하고 방지하는 '최첨단 재난 예방 시스템' 기술을 통해 국민의 소중한 삶과 재산을 지키는 든든한 파트너가 되고자 합니다.



사진1. (주)디피에스글로벌 본사

디피에스글로벌은 행정안전부, 국토교통부가 관리하는 급경사지와 도로변 깍기 비탈면에 계측기 센서 설치, 모니터링 및 유지관리 업무를 수행하며 재난·재해 예방의 최전선을 지키고 있습니다. 이러한 사명감 속에서 우리는 단순히 위험을 알리는 것에 그치지 않고, 급경사지·비탈면·노후 저수지·건축물 등 각 시설의 특성을 면밀히 분석하여, 최적화된 맞춤형 솔루션을 제공하는 데 온 힘을 다하고 있습니다. 나아가 이러한 경험과 기술을 기반으로, 지속적인 연구와 과감한 투자를 통해 다양한 센서 제조와 실시간 모니터링에 기반한 새로운 통합 시스템 개발로 재난·재해 예방의 새로운 지평을 열어 가겠습니다.

'최초', '최다', '최고'의 가치로 미래를 열어 갑니다.

디피에스글로벌의 모든 노력은 '최초의 기술로 길을 열고, 최다의 실적으로 신뢰를 쌓으며, 최고의 역량으로 미래를 완성한다'는 우리의 흔들리지 않는 비전에 담겨 있습니다. 이 세 가지 핵심 가치는 우리가 걸어온 혁신의 길이자, 앞으로 나아갈 길에 길잡이가 될 것입니다.

최초의 기술로 비탈면 재난 안전의 길을 개척하다.

비탈면 붕괴는 전도, 활동, 침하 등 복합적인 형태로 발생합니다. 디피에스글로벌은 복잡한 위험 징후를 놓치지 않기 위해 지표변위와 경사를 동시에 측정할 수 있는 복합계측기를 국내 최초로 자체 개발했습니다. 이는 단순히 하나의 데이터를 얻는 것을 넘어, 붕괴 전조 현상을 입체적으로 감지하여 위험 판단의 신뢰도를 획기적으로 높여주는 혁신입니다.



사진2. 복합계측기

그리고, 유지보수 시 발생하는 호환성 문제를 해결하기 위해 여러 제조사의 다양한 센서를 하나의 수집 장치로 통합 제어할 수 있는 기술을 개발 통하여 제품화에 성공 했으며, 공공기관의 요청에 따라 센서 성능 검사를 위한 검정 장비를 개발하고 KOLAS 인증을 목표로 하는 등 업계 표준을 선도하는 데 앞장서고 있습니다.



사진3. 센서수집 장치 (DATA LOGGER)

최다의 실적으로 신뢰성을 증명하다.

디피에스글로벌은 국토교통부, 행정안전부, 한국농어촌공사 등 주요 정부 기관의 재난안전 사업에서 총 388억 원, 95건에 달하는 압도적인 수주 실적(2025년 기준)을 보유하고 있습니다.

특히, 국토교통부 비탈면 IoT 현장 502개소 중 약 26%에 해당하는 129개소에 시스템을 구축하고, 업체 최다인 5,281기 이상의 계측기를 납품하고, 안전적으로 운영하며 시장 내 독보적인 지위를 확고히 하고 있습니다. 이는 단순히 수치 이상의 의미를 가집니다. 전국 곳곳에 설치된 디피에스글로벌의 시스템은 수많은 데이터를 축적하고, 이 방대한 데이터는 곧 비탈면 재해를 예측하고 예방하는 가장 강력한 자산이 됩니다.

최고의 역량으로 완벽한 통합 솔루션을 제공하다.

디피에스글로벌은 계측기기 제조, 시스템 설치, 데이터 분석, 그리고 현장 유지관리까지 모든 과정을 직접 수행하는 통합 솔루션 전문 기업입니다. 비탈면 계측 분야에서 20년 이상 경력의 전문가를 필두로, 10년 이상 경력의 기술자 다수와 공인된 교육을 이수한 전문가 15명이 근무하고 있으며, 이들은 디피에스글로벌의 가장 소중한 자산입니다.

그리고, 현장의 경험과 노하우가 반영된 통합 관리 프로그램을 직접 개발하고 운영하고 있으며, 개발 프로그램은 센서의 상태를 주기적으로 자가 진단하고, 시스템 오류 발생 시 원격으로 재부팅이나 전원 차단이 가능한 기능을 제공하여 유지관리의 효율성을 극대화 하고 있습니다. 또한, 전국 최다 현장을 안정적으로 관리하기 위한 전담 유지관리팀을 운영하며, 평상시부터 비상시까지 체계적인 대응 시스템을 갖추고 있습니다. 실제 이상 변위 발생 시에는 24시간 이내에 긴급 출동하여 유관기관과 협력을 통하여 신속하게 문제를 해결하는 등, 신뢰를 최우선으로 생각합니다.

대표적인 성공 사례: 재난을 예방한 성과들

총 10건에 달하는 이상 변위 감지와 현장 대응 성공 사례는, 디피에스글로벌의 실시간 모니터링 시스템이 단순한 관리를 넘어 소중한 인명과 재산을 지켜낸 증거이며, 우리 기술력의 실질적인 힘을 입증합니다.

◆ 행안부 양산시 「2023년 급경사지 조기경보시스템」 현장

2020년 9월, 태풍 하이선의 영향으로 기록적인 폭우가 쏟아져 양산시 석계리에서 사면 붕괴가 발생했습니다. 3년간의 복구 공사 이후에도, 붕괴 이력이 있는 급경사지에 대한 상시 계측 모니터링 필요성이 강조 되어, 디피에스글로벌이 양산시의 요청을 받아 자체 개발한 지표변위복합센서를 설치하고, 해당 급경사지를 상시 계측 모니터링 하였습니다.



사진4. 2차 붕괴시 지표변위복합센서 위치별 이상 변위발생 계측 자료

2023년 5월 6일 집중호우로 2차 사면 붕괴가 발생하여, 소단부 침하·급경사지 하단부 옹벽균열·측구파손 등이 발생 하였습니다. 디피에스글로벌은 이러한 이상 변위를 계측 모니터링을 통하여 감지하였고, 양산시에 급경사지에 대한 긴급 안전 조치를 실시하도록 통보 하였습니다. 이후 디피에스글로벌, 양산시, 유관기관 및 전문가 입회하여 급경사지 정밀 조사를 실시하고, 계측 데이터와 급경사지 정밀 조사 자료를 기반으로 급경사지 보강 공사가 진행 되었습니다.



소단 측구부 침하

옹벽 균열 및 이격

측구 파손 및 이격

사진5. 급경사지 붕괴현장 사진

◆ 국토부 IoT 비탈면 현장

○○군 ○○면 비탈면 현장에 2023년 7월 집중호우로, 지표변위복합센서와 RTK GNSS가 동시에 이상 변위를 감지하며 위험을 알렸습니다. 즉시 관련 기관에 알람이 전파되었고, 신속한 교통 통제와 긴급 보강 공사로 이어져 대형 붕괴 위험을 사전에 차단할 수 있었습니다.

이 외에도 ○○군 현장에서는 표층 유실과 낙석으로 인한 변위를, ○○시와 ○○시 현장에서는 수목 전도로 인한 위험 징후를 조기에 포착하여 신속하게 대처함으로써 추가적인 피해를 막아냈습니다.

행안부 급경사지 및 국토부 비탈면에서의 성공적인 계측 사례는 디피에스글로벌의 시스템이 단순한 계측을 넘어, 실제 재난 상황에서 인명 및 재산 피해를 최소화하는데 핵심적인 역할을 수행하고 있음을 보여주는 방증입니다.

함께하는 안전, 함께 그리는 미래

디피에스글로벌은 '최초', '최다', '최고'의 가치를 바탕으로 비탈면 재난 안전 분야의 새로운 표준을 제시하고 있습니다. 우리는 단순한 제품 공급업체를 넘어, 기술 개발부터 현장 운영, 유지관리까지 모든 것을 책임지는 진정한 통합 솔루션 기업으로 자리매김 하겠습니다.

창사 아래 지속적인 연구개발을 통해 다양한 센서와 다종·이기종 센서 통합 수신장비를 개발 했습니다. 더 나아가 국가 R&D(농림식품기술기획평가원)에 참여하여 모듈식 통합 센서를 개발함으로써 미래 재난 대응 기술을 준비하고 있습니다.

특히 4차 산업혁명의 첨단 기술을 재난안전 기술과 융합하여 이상기후와 같은 급변하는 환경에 선제적으로 대응하고, 이를 통해 국민이 체감하는 '안심 사회'를 구현하는 것이 우리의 궁극적인 목표입니다. 급경사지 및 도로 비탈면 유지관리 시스템의 개발은 붕괴 후 대책이 아닌, 재해를 사전에 예방하는 시대를 열어 국가 예산 절감에도 기여할 것입니다.

안전한 내일을 향한 디피에스글로벌의 힘찬 발걸음에 따뜻한 관심과 응원을 부탁드립니다. 우리는 기술과 신뢰를 바탕으로 모두가 안심할 수 있는 더 나은 미래를 만들어가겠습니다.

회원동정 자연과 호흡하는 첨단기술의 선두주자

03 [주]대한지오이엔씨

기업부설연구소 상무 서상문

(주)대한지오이엔씨는 20년 이상의 실적을 바탕으로 K-WALL(네일식생옹벽), SW-NAIL, KR-NET SYSTEM(고에너지 흡수형 낙석·토석류 대책시설) 등 전문기술을 보유한 비탈면 보강 설계·시공 전문업체입니다. 특히, 국토교통과학기술의 혁신 및 산업진흥을 통한 미래성장동력 창출과 국민의 삶의 질 향상에 기여하기 위해 2018년부터 비탈면 보강 및 낙석·토석 대책시설에 관한 국토교통부, 중소벤처기업부 등 연구개발지원사업을 수행하면서 신공법 개발과 기존 기술에 대한 고도화를 위해 노력하고 있습니다.



- 국토교통부 우수연구개발 혁신제품 제2023-208호
- '고성능 낙석·토석 대책시설 국산화를 위한 5,000kJ급 포켓식 낙석방지울타리 및 유지관리 시스템 개발' 연구과제 수행, 국토교통부, 2019-2020
- 국내 최대 500kJ급 낙석포획 실물성능시험, 상지대학교
- 국내 최대 300m' 토석류포획 실증시험(주관 강릉원주대학교) 외부참여기관 참여
- 국내 최초 ETAG027에 따른 링형포획망 성능시험, 공인시험성적서 발급
- 국내 최초 ETAG027에 따른 감쇄장치 성능시험, 공인시험성적서 발급

주요기술 1 ▶ K-WALL(네일식생옹벽)

K-WALL(네일식생옹벽)은 비탈면 보강후 와이어매쉬+철근+숏크리트로 벽체를 선시공하여 시공안정성을 확보한 후 전면에 식생기반재를 포획하는 GREEN 패널을 설치하여 전면에 식생조성이 가능한 절토부 옹벽 & 녹화 기술입니다.

해당기술은 최적의 비탈면 보강 및 벽체를 형성한 후 경량의 GREEN 패널을 활용하여 녹화가 가능한 전면벽체를 형성함으로서 기존 정형화된 콘크리트 패널을 사용하는 기술대비 시공중, 시공후 안정성과 현장적용성이 매우 높고 전면 녹화를 통해 경관성이 매우 우수하며 공기정화, 열섬현상완화, 바이오톱조성, 환경개선, 반사광저감 효과 등 '도로변 구조물 녹화에 의한 효과(환경부, 2009)'를 기대할 수 있습니다. 특히, 공용중 공용후에도 콘크리트 패널식 옹벽과 달리 추가적인 비탈면 보강과 수평배수공 시공이 가능하여 유지보수성이 높습니다.

- '노후 옹벽 및 석축 유지관리를 위한 식생옹벽용 비철거식 시공기술 및 LPWA기술 LoRa기반의 유지관리기술 개발' 연구개발 기술 일부 반영, 국토교통부, 2018-2019



비탈면 보강 및 숏크리트 벽체형성

식생기반재 및 GREEN 패널 설치

식생 활착 시



국내 최대 500kJ급 낙석 포획 실물성능시험

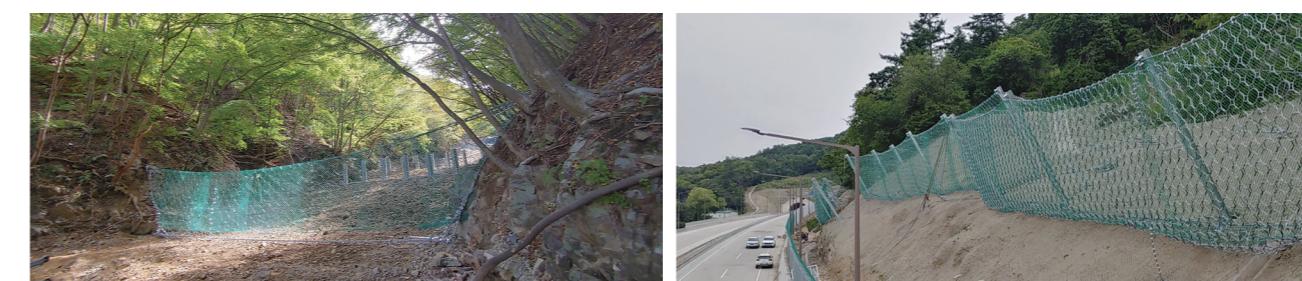
국내 최대 300m'급 토석류 포획 실증시험



시험후 링형포획망

시험전 감쇄장치

시험후 감쇄장치



토석류 대책시설형 시공사례 (경북 경주시)

낙석 대책시설형 시공사례 (경기 동두천시)

주요기술 2 ▶ KR-NET SYSTEM [고에너지 흡수형 낙석·토석 대책시설]

KR-NET SYSTEM(고에너지 흡수형 낙석·토석 대책시설)은 국내에 일반적으로 링네트 기술로 알려져 있는 낙석 및 토석류 대책시설용 투과형 연성대책구조물에 포함되는 기술입니다. KR-NET SYSTEM은 국토교통부 연구개발을 통해 전체 시스템 및 요소자재에 대한 객관적인 성능검증을 수행하여 안정성을 검증하였습니다. 특히, 2,000MPa 2.8mm 고강도 강선으로 개발된 링형포획망은 1,770MPa 3.0mm 강선으로 제작되는 기존 기술 대비 12.9% 경량화 되었으며, 감쇄부재의 제원에 따라 성능조정이 용이한 감쇄장치를 바탕으로 현장 맞춤형 설계 적용이 가능합니다.

주요기술 3 ▶ 120kJ 낙석방지울타리 및 낙석방지울타리 비철거식 보강 기술

일반적으로 적용되고 있는 낙석방지울타리의 방호성능 48~61kJ급(건설공사 비탈면 표준시방서, 2016)으로 국내 고속도로의 경우 고속도로 내에서 발생되는 일반적인 낙석(높이 20m에서 무게 800kg의 낙석(150kJ급))을 효과적으로 방호하지 못함에 따라 지속적인 피해가 발생하고 있으며(감사원보고서, 2018), 이에 따라 한국도로공사는 낙석방지울타리를 30, 50, 100kJ급으로 등급화하였습니다(한국도로공사, 2021).

해당 기술은 관련 기준 개정에 따라 기존 설치된 낙석방지울타리를 대체하여 100kJ의 방호성능을 확보하여야 하는 경우 기존 설치된 낙석방지울타리에 대한 보강을 통해 성능을 확보할 수 있도록 하는 비철거식 보강기술과 위 기술을 활용한 신설형 낙석방지울타리 기술입니다.

- '기존 설치된 낙석방지울타리에 대한 방호성능보강(110kJ) 기술개발' 연구과제 수행, 중소벤처기업부(수요기관 한국도로공사), 2020-2022
- 120kJ급 낙석포획 실물성능시험, 상지대학교
- 고강도 선재 포획망 망장력 시험(망장력 100kN/m급), 공인시험성적서 발급



고강도망 시스템



고성능 낙석방지망 적용사례 (충북 충주시)



낙석방지울타리 보강기술 적용사례 (한국도로공사 진안지사)



120kJ 낙석방지울타리 적용사례 (용인서울고속도로)

맺음말

(주)대한지오이엔씨는 급변하는 환경의 변화 속에서 지속적인 기술력 향상과 시공능력 배양으로 늘 고객과 함께 하는 명문건설로 거듭나기 위해 현장 발굴, 타당성검토, 설계, 시공, 유지/보수까지 건설 전 과정을 수행하는 E&C (Engineering & Construction) 회사를 추진, 미래건설 환경에 대비해 왔습니다. 최고의 기술력과 우수한 인재를 바탕으로 전문건설업계 선두주자로서 믿음직스럽고 신뢰받는 회사가 되도록 하겠습니다.

참고문헌

주요기술 4 ▶ KT-NET [고성능 낙석방지망]

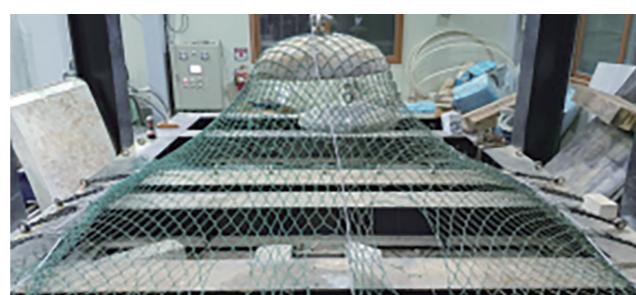
낙석대책시설은 설계 및 시공이 쉬우며 상대적으로 저렴하기 때문에 전체 위험비탈면 대책공법 중 70% 이상을 차지하고 있으며, 낙석방지망은 낙석대책시설의 50% 이상을 차지하고 있는 것으로 알려져 있습니다(한기장, 2016). 국내 대부분의 낙석방지망 기술은 PVC코팅망과 와이어로프를 주요 부재로 하고 와이어로프 및 락볼트, 앙카볼트 등의 체결 방법을 차별화 하고 있으나 PVC코팅망 자체의 낮은 망장력(50kN/m급)으로 인하여 낙석을 효과적으로 포획하지 못하고 찢어지면서 피해가 가중되기도 합니다.

해당기술은 PVC코팅망 대비 2~3배인 100kN/m, 150kN/m 장력을 갖는 고강도 선재 포획망을 주요 부재로 하는 고성능 낙석방지망 기술로서 현장 맞춤형 적용이 가능합니다.

- '150kJ급 철망장력을 갖는 고성능 낙석방지망 시스템 개발' 연구과제 수행, 국토교통부, 2021-2022
- PVC코팅망 망장력 시험(망장력 50kN/m급), 공인시험기관
- 고강도 선재 포획망 망장력 시험(망장력 100kN/m급), 공인시험성적서 발급
- 고강도 선재 포획망 망장력 시험(망장력 150kN/m급), 공인시험성적서 발급



망장력 공인성능시험 (한국건설시험원)



망편침시험 (상지대학교)

- 노후 옹벽 및 석축 유지관리를 위한 식생옹벽용 비철거식 시공기술 및 LPWA기술 LoRa기반의 유지관리기술 개발 최종보고서, 국토교통부, 2019
- 고성능 낙석·토석 대책시설 국산화를 위한 5,000kJ급 포켓식 낙석방지울타리 및 유지관리 시스템 개발 최종보고서, 국토교통부, 2020
- 150kN/m급 철망장력을 갖는 고성능 낙석방지망 개발 최종보고서, 국토교통부, 2022
- 기존 설치된 낙석방지울타리에 대한 방호성능보강(110kJ급) 기술개발 최종보고서, 중소벤처기업부, 2022
- 차음·방진성능 향상기술 환경친화적인 생태방음벽개발 최종보고서, 환경부, 2009
- 힌기장, 문병갑, 고만기, 김기동, ETAG 27을 이용한 100 kJ 낙석충돌에너지 낙석방지울타리 성능평가, 한국방재학회논문집, v.16 no.2, 2016년, pp.247 - 259
- 서상훈, 최민형, 고성능 낙석·토석 대책시설용 에너지 감쇄장치 개발 연구, 한국방재학회논문집, Vol. 20, No. 6 (Dec. 2020), pp.197~207
- 서상훈, 최민형, 2,040MPa급 고강도 강선을 활용한 고성능 낙석·토석 대책시설용 링형포획망 개발 연구, 한국방재학회논문집, Vol. 20, No. 6 (Dec. 2020), pp.271~281
- 한국도로공사 2020년도 설계실무자료집 3-2 낙석방지시설 설치기준 개선, 한국도로공사, 2021
- 고속도로 시설물 안전 및 유지관리 실태 감사보고서, 감사원, 2018
- 진현우, 서상훈, 황영철, 고강도 선재 포획망 개발을 위한 장력 테스트, 한국지반환경공학회논문집, v.23 no.1, pp. 31 - 37, 2022
- 진현우, 서상훈, 황영철, 고강도 포획망 개발을 위한 편침시험, 한국지반환경공학회논문집, v.24 no.2, pp. 25 - 30, 2023
- 진현우, 서상훈, 황영철, 현장테스트를 통한 고강도 선재 포획망 성능 테스트, 한국지반환경공학회논문집, v.24 no.3, pp. 15 - 21, 2023
- 진현우, 황영철, 100kJ급 낙석방지울타리 개발을 위한 기존 낙석방지울타리 성능평가 시험, 한국지반환경공학회논문집, v.23 no.3, pp. 5 - 13, 2022
- 진현우, 황영철, 낙석방지울타리(지주) 성능평가를 위한 서험방법 연구, 한국지반환경공학회논문집, v.23 no.2, pp. 5 - 12, 2022



협회 소개

1. 협회 소개

▶ 설립근거

한국급경사지안전협회는 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제32조의2 제1항에 따라 급경사지에 관한 연구 및 정보교류의 활성화와 급경사지에 대한 안전관리 강화 지원을 통하여 급경사지 방재역량의 향상에 기여함을 목적으로 설립되었다.

「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제32조의2(한국급경사지안전협회의 설립)

- ① 급경사지에 관한 연구 및 정보교류의 활성화와 급경사지에 대한 안전관리 강화를 위하여 한국급경사지 안전협회(이하 “협회”라 한다)를 설립할 수 있다.
- ② 협회는 법인으로 한다.
- ③ 협회는 그 주된 사무소의 소재지에서 설립등기를 함으로써 성립한다.
- ④ 협회의 회원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 또는 단체로 한다.
 1. 급경사지안전관리와 관련된 연구단체
 2. 급경사지에 관한 학식과 경험이 풍부한 사람으로서 정관으로 정하는 사람
 3. 급경사지안전관리와 관련된 용역, 물자의 생산, 공사 등을 하는 사람 또는 단체
 4. 그 밖에 정관으로 정하는 사람 또는 단체

협회 소개 & 뉴스

[협회 소개](#)

[협회 주요 업무](#)

[협회 행사](#)

[협회 뉴스보도 기사](#)

[회원가입 안내](#)



주요연혁

2025

- 09월 01일 행정안전부 급경사지-산사태 안전산업 진흥시설 구축 사업 협약 체결
- 07월 17일 국립강릉원주대학교 스마트인프라연구소 기후변화 대응 급경사지 방재기술 MOU 체결
- 06월 26일 행정안전부 급경사지 봉고위험지역 정비사업 기준 종합해설서
- 04월 23일 한국급경사지안전협회 창립 5주년 기념 및 현판식
- 03월 11일 안동시 2025년 급경사지 안전점검 위·수탁 협약 체결

2024

- 12월 31일 협회지 '급경사지' 4호 발간
- 11월 05일 행정안전부 장관 설립허가(비영리 특수법인) 변경(허가 조건 추가)
- 08월 14일 「급경사지 재해예방에 관한 법률」개정(권한 또는 업무의 위임·위탁 등)
- 07월 16일 (주)베이시스소프트 급경사지 안정해석 교육 및 상호협력 증진을 위한 업무협약(MOU) 체결

2023

- 11월 30일 협회지 '급경사지' 3호 발간
- 10월 26일 (사)대한지질공학회 공동학술연구를 위한 업무협약(MOU) 체결
- 07월 21일 협회 회장 이취임식
- 04월 20일 제2대 회장 및 감사 선출
- 03월 14일 행정안전부 2023년 전국 급경사지 실태조사 연구용역 추진

2022

- 10월 30일 협회지 '급경사지' 2호 발간
- 04월 20일 대전시설관리공단 용운국제수영장 급경사지 재해예방 및 안전관리 강화를 위한 업무협약(MOU) 체결
- 03월 24일 행정안전부 2022년 전국 급경사지 실태조사 연구용역 추진

2021

- 08월 30일 협회지 창간호 '급경사지' 발간
- 07월 02일 급경사지 계측전문인력 교육대행기관 지정
- 04월 17일 행정안전부 2021년 전국 급경사지 실태조사 연구용역 추진

2020

- 07월 21일 법인설립 등기(대전지방법원 세종등기소)
- 07월 08일 행정안전부 장관 설립허가(비영리 특수법인)
- 06월 16일 한국급경사지안전협회 창립발기인 대회 및 창립총회(정부세종컨벤션센터)
초대 류지협 회장 취임(설립 추진단장, 한려대학교 총장)
- 01월 22일 한국급경사지안전협회 설립 추진단 출범(행정안전부 주최, 설립 추진단 주관)

2019

- 11월 19일 「급경사지 재해예방에 관한 법률」개정(한국급경사지안전협회 설립근거 마련)

비전

급경사지 안전관리 강화로 국민의 안전 및 공공복리 증진



추진전략·중점과제



- 지속 가능한 급경사지 안전관리를 통해 국민 안전 강화
- 정부 및 지방자치단체와 유기적 협력을 통한 급경사지 정책 지원



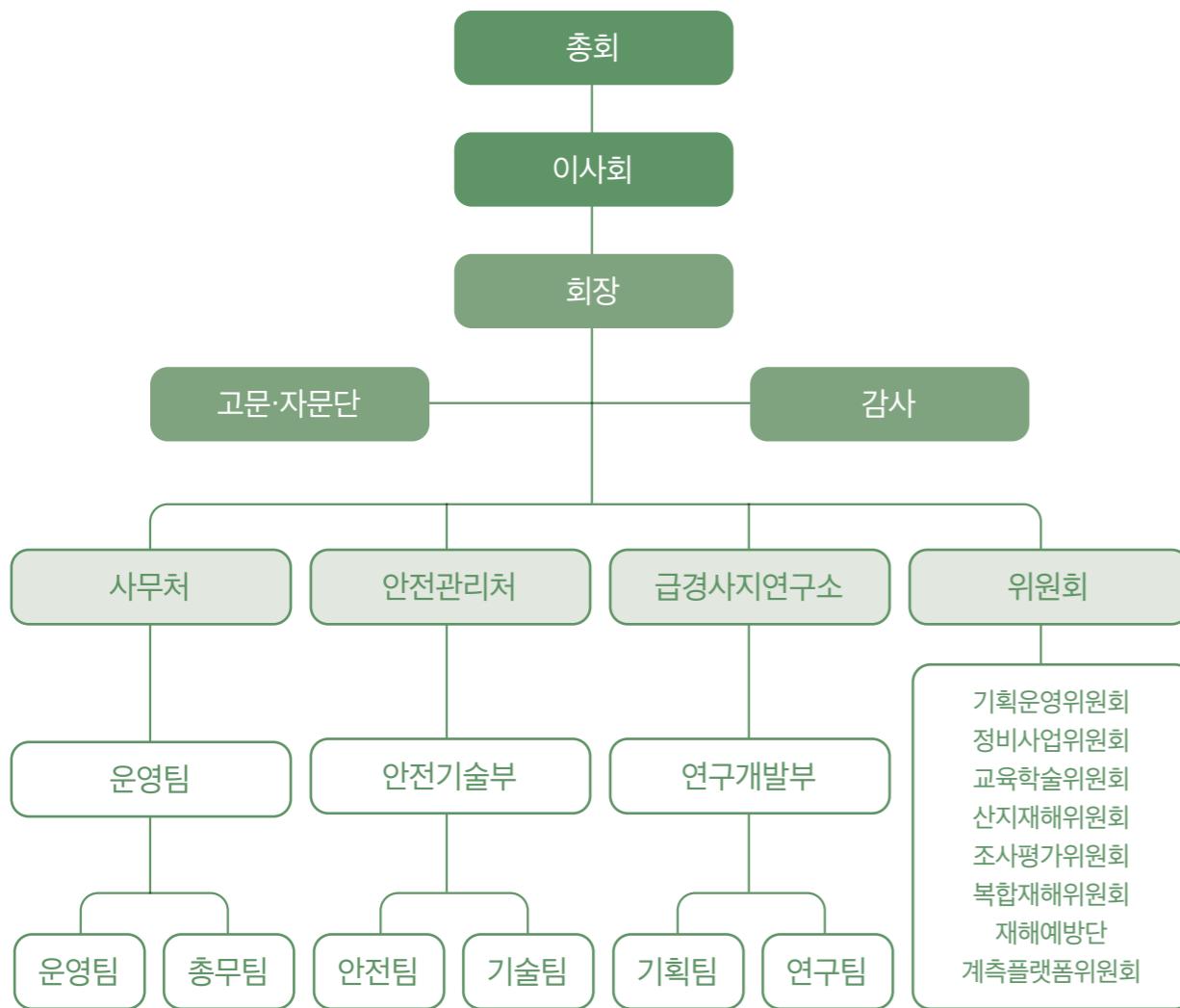
- 기후위기에 따른 전주기적 급경사지 유지관리 기술 혁신체계 마련
- 급경사지 스마트 기술 융합을 통한 조사·분석·대책수립 기술 강화



- 급경사지 조사점검평가 계측분야 실무교육을 통한 전문인력 양성
- 급경사지 관련 산·학·연 유기적 협력 기반의 기술 공유 및 증대

협회 비전, 추진전략·중점과제, 핵심가치

협회 조직



• 국내 최대 급경사지 전문가 집단

- 회장(1명), 부회장(5명), 감사(2명), 이사(12명), 전체회원(309명)
- ※ 부회장 당연직(행정안전부 재난관리정책관), 이사 당연직(행정안전부 재난경감과장)
- 행정안전부 재해대책경감협의회 급경사지 분야의 유일한 지정 기관

• 급경사지 재해 예방과 기술 발전을 위한 정부, 지자체 등 업무지원

2. 협회 주요 업무

▶ 근거

- 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제32조의2(한국급경사지안전협회의 설립) 제5항
- 「급경사지 재해예방에 관한 법률 시행령」 제15조의2(한국급경사지안전협회의 업무)

▶ 주요 업무

- 급경사지 재난관리 업무 지원
- 급경사지 실태조사, 안전점검, 재해위험도 평가, 정밀조사, 계측전문인력 교육, 상시계측관리의 검수 및 시운전

<협회의 업무>

「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제32조의2(한국급경사지안전협회의 설립)에서 협회의 업무

⑤ 협회의 업무는 다음 각 호와 같다.

1. 급경사지 재해 예방과 방재의식 고취를 위한 교육 및 홍보
2. 급경사지 재해 예방, 재해 응급대책 및 재해 복구 등에 관한 자료의 조사·수집 및 보급
3. 급경사지 재해 예방, 재해 응급대책 및 재해 복구 등에 관한 각종 간행물의 발간
4. 급경사지 분야의 기술발전을 위한 관련 산업의 육성·지원과 기술의 개발
5. 민간 주도의 급경사지 재해 관련 국내외 행사의 유치
6. 급경사지 분야 전문인력의 양성 지원 및 인력 데이터베이스 구축·관리
7. 급경사지 분야에 관한 정부 위탁사업의 수행
8. 그 밖에 급경사지 안전관리에 관하여 대통령령으로 정하는 사항

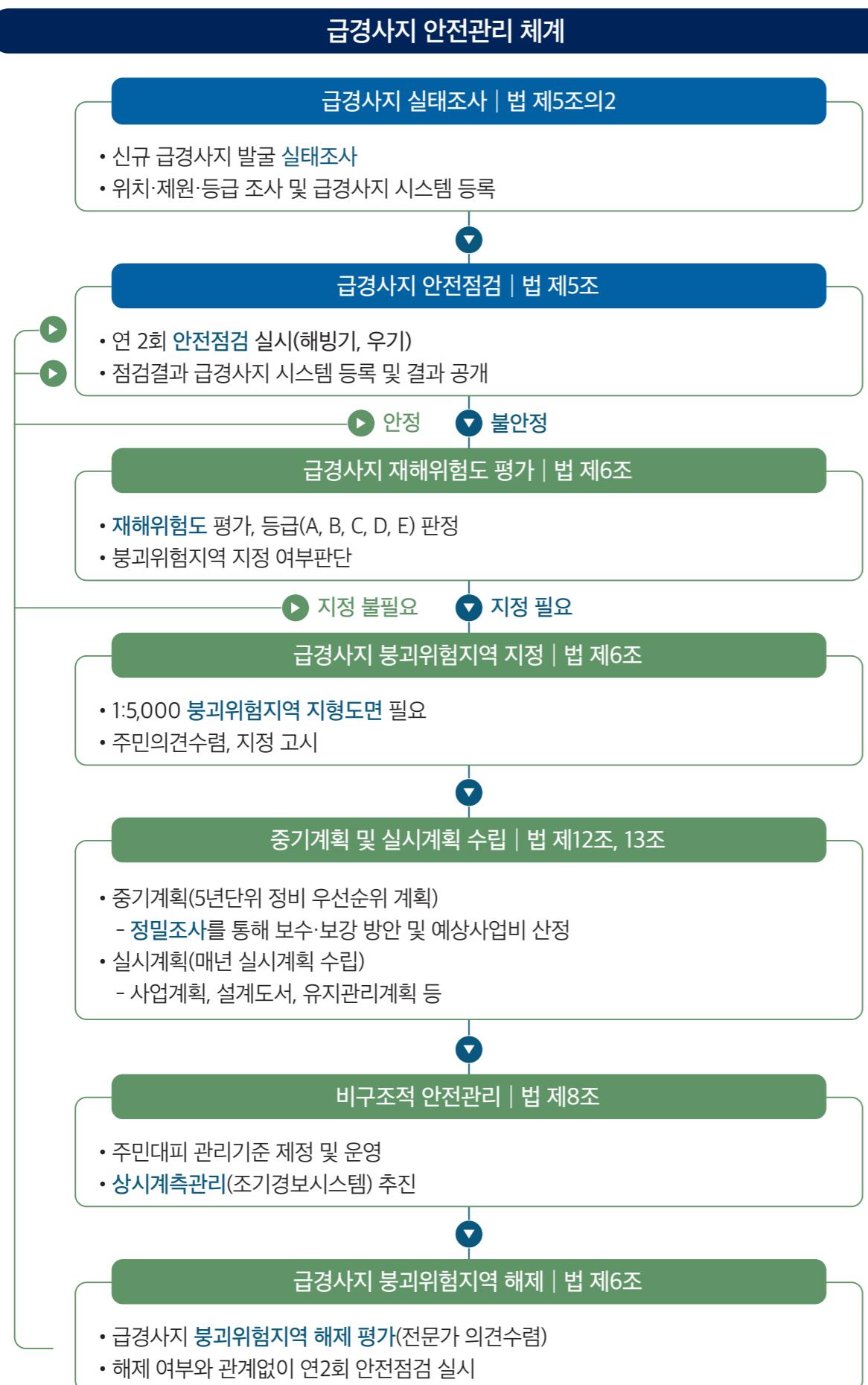
「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제33조(권한 또는 업무의 위임·위탁)

② 이 법에 따른 행정안전부장관, 특별시장·광역시장·도지사·특별자치도지사, 시장·군수·구청장 또는 관리기관의 업무 중 다음 각 호의 업무는 대통령령으로 정하는 바에 따라 협회에 위탁할 수 있다.

1. 제5조에 따른 급경사지에 대한 안전점검
2. 제5조의2 제1항에 따른 급경사지 실태조사
3. 제6조 제1항 및 제2항에 따른 재해위험도 평가
4. 제13조의2에 따른 봉고위험지역 정비사업의 기준에 관한 도서(圖書) 등의 작성·보급
5. 제20조 제3항에 따른 데이터베이스의 구축

「급경사지 재해예방에 관한 법률 시행령」 제15조의2(한국급경사지안전협회의 업무)

1. 급경사지의 피해 예방을 위한 기초 및 정밀조사 등 현장조사의 실시
2. 신규 급경사지의 발굴을 위한 실태조사, 안전점검 및 재해위험도 평가
3. 재해 발생 시 신속한 피해 원인조사 등 현장지원
4. 급경사지 상시계측관리를 위한 계측기술의 연구 및 개발
5. 국내외 급경사지 관련 단체와의 교류 및 협력
6. 급경사지의 안전관리를 위한 정책연구 및 개발



전국 급경사지 실태조사

▶ 근거

- 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제5조의2(급경사지 실태조사)

※ 행정안전부장관 또는 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사는 급경사지의 현황을 파악하기 위해 실태조사를 실시

- 「급경사지 관리 실무편람 종합해설서(행정안전부 업무지침)」

▶ 목적

- 급경사지법 정의에 해당하나 미관리되고 있는 급경사지에 대한 실태조사를 통해 제도권 내 편입 및 안전관리를 바탕으로 인명 및 재산 피해 저감

▶ 방법

- 급경사지법 및 급경사지 실태조사 관리지침에서 규정하고 있는 세부 사항을 바탕으로 현장의 직접조사, 간접조사, 원격탐사 등의 조사 방법으로 실태조사서 내 조사 항목을 조사하여 DB로 구축

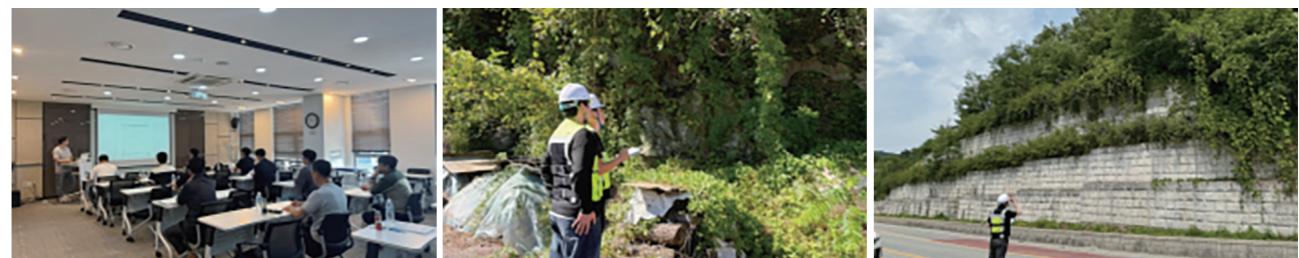
▶ 기준

- 자연 비탈면 : 지면으로부터 높이가 50미터 이상이고, 경사도가 34도 이상

- 인공 비탈면 : 지면으로부터 높이가 5미터 이상이고, 경사도가 34도 이상이며, 길이가 20미터 이상

- 그 밖에 관리기관이나 특별자치시장·시장·군수 또는 구청장이 재해 예방을 위하여 관리가 필요하다고 인정하는 인공 비탈면, 자연 비탈면 또는 산지

※ 「급경사지 재해예방에 관한 법률 시행령」 제2조 급경사지의 정의



급경사지 실태조사 참여연구원 이론 및 현장 실습 교육



급경사지 실태조사 현장조사용 전자야장

급경사지 실태조사 검수 결과

급경사지 안전점검

▶ 근거

- 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제5조(급경사지에 대한 안전점검)제1항

※ 관리기관은 소관 급경사지에 대하여 연 2회 이상 안전점검 실시

- 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제5조(급경사지에 대한 안전점검)제4항

※ 특별자치시장·시장·군주 또는 구청장은 관할 구역 안에 있는 급경사지에 대하여 연 1회 이상 안전점검 실시

※ 관리기관 결과통보를 받아 봉고 위험성이 없다고 판단하는 급경사지는 생략 가능

- 「급경사지 관리 실무편람 종합해설서(행정안전부 업무지침)」

▶ 목적

- 급경사지에 대한 위험요인(표층유실, 낙석 등) 발생여부를 점검하여 재난 발생 전 인명 및 재산피해 최소화를 위한 안전관리

- 안전점검 결과를 활용하여 담당자는 급경사지 재해위험도 평가 및 봉고위험지역 지정을 통해 정비사업 및 중장기 안전관리

계획 수립의 기초자료로 활용

▶ 방법

- 행정안전부에서 매년 배포하는 급경사지 안전관리 추진계획 내 안전점검 서식 활용

- 육안점검을 바탕으로 조사장비(클리로노콤팩스, 거리측정기, 워킹미터, 줄자, 드론 등) 활용(급경사지에 대한 전반적인 위험요인

점검 및 시설물 현황 등을 조사)

2025년 급경사지 안전관리 추진계획																																																																																																																																																
2025. 1.																																																																																																																																																
행정안전부																																																																																																																																																
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">□ 안경비탈면</th> </tr> <tr> <td>점검일시</td> <td>2025.</td> <td>급경사지명</td> <td>제 원</td> <td>높이 m. 길이 m. 경사 *</td> </tr> <tr> <td>분류</td> <td>인공 비탈면</td> <td>제 원</td> <td>높이 m. 길이 m. 경사 *</td> <td>경사</td> </tr> <tr> <td>점검장소</td> <td>시도 시군구</td> <td>높이 m. 길이 m. 주소</td> <td>경사</td> <td>주소</td> </tr> <tr> <td>점검자</td> <td>(소속) (직위) (성명)</td> <td>(직위) (성명)</td> <td>경사</td> <td>주소</td> </tr> <tr> <td colspan="5">점 검 결 과례당면에 □체크</td> </tr> <tr> <td>세 부 접 검 사 항</td> <td>있음</td> <td>없음</td> <td>해당</td> <td>세부내용(위치, 상태 등) 및 조치계획</td> </tr> <tr> <td colspan="5">인공비탈면</td> </tr> <tr> <td>1. 지하수 수출 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. 인장구를 통한 유수 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. 지반 침하 및 흙기(부수부)</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>4. 표층유실 및 세균 발생 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5. 흔적 흔적 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6. 낙석, 토석류, 페스티벌 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7. 인위적 흔적 및 개발(대양광 설치, 점도 설치, 벌(각) 흔적) 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">비밀번호: 시설물(위치, 낙석방지 등)</td> </tr> <tr> <td>1. 시설물을 관찰 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. 시설물을 파손 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. 배수시설(폐수관 등)의 배수기능 저하 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">기 타</td> </tr> <tr> <td colspan="5">□ 봉고위험지역 표지판</td> </tr> <tr> <td>1. 인장구를 통한 유수 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. 주변에 나무 등 흙을 훼손 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">□ 표지경보시스템</td> </tr> <tr> <td>1. 계측기기 파손 및 손상 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. 계측기기 정상 작동 여부</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">3. 주변에 카메라, 모니터링 시스템, CCTV, 전용판 등</td> </tr> <tr> <td colspan="5">[기타 의견]</td> </tr> </thead></table>					□ 안경비탈면					점검일시	2025.	급경사지명	제 원	높이 m. 길이 m. 경사 *	분류	인공 비탈면	제 원	높이 m. 길이 m. 경사 *	경사	점검장소	시도 시군구	높이 m. 길이 m. 주소	경사	주소	점검자	(소속) (직위) (성명)	(직위) (성명)	경사	주소	점 검 결 과례당면에 □체크					세 부 접 검 사 항	있음	없음	해당	세부내용(위치, 상태 등) 및 조치계획	인공비탈면					1. 지하수 수출 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2. 인장구를 통한 유수 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3. 지반 침하 및 흙기(부수부)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		4. 표층유실 및 세균 발생 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		5. 흔적 흔적 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		6. 낙석, 토석류, 페스티벌 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		7. 인위적 흔적 및 개발(대양광 설치, 점도 설치, 벌(각) 흔적) 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		비밀번호: 시설물(위치, 낙석방지 등)					1. 시설물을 관찰 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2. 시설물을 파손 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3. 배수시설(폐수관 등)의 배수기능 저하 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		기 타					□ 봉고위험지역 표지판					1. 인장구를 통한 유수 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2. 주변에 나무 등 흙을 훼손 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		□ 표지경보시스템					1. 계측기기 파손 및 손상 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		2. 계측기기 정상 작동 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		3. 주변에 카메라, 모니터링 시스템, CCTV, 전용판 등					[기타 의견]				
□ 안경비탈면																																																																																																																																																
점검일시	2025.	급경사지명	제 원	높이 m. 길이 m. 경사 *																																																																																																																																												
분류	인공 비탈면	제 원	높이 m. 길이 m. 경사 *	경사																																																																																																																																												
점검장소	시도 시군구	높이 m. 길이 m. 주소	경사	주소																																																																																																																																												
점검자	(소속) (직위) (성명)	(직위) (성명)	경사	주소																																																																																																																																												
점 검 결 과례당면에 □체크																																																																																																																																																
세 부 접 검 사 항	있음	없음	해당	세부내용(위치, 상태 등) 및 조치계획																																																																																																																																												
인공비탈면																																																																																																																																																
1. 지하수 수출 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
2. 인장구를 통한 유수 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
3. 지반 침하 및 흙기(부수부)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
4. 표층유실 및 세균 발생 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
5. 흔적 흔적 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
6. 낙석, 토석류, 페스티벌 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
7. 인위적 흔적 및 개발(대양광 설치, 점도 설치, 벌(각) 흔적) 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
비밀번호: 시설물(위치, 낙석방지 등)																																																																																																																																																
1. 시설물을 관찰 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
2. 시설물을 파손 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
3. 배수시설(폐수관 등)의 배수기능 저하 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
기 타																																																																																																																																																
□ 봉고위험지역 표지판																																																																																																																																																
1. 인장구를 통한 유수 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
2. 주변에 나무 등 흙을 훼손 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
□ 표지경보시스템																																																																																																																																																
1. 계측기기 파손 및 손상 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
2. 계측기기 정상 작동 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																																																																																																																																													
3. 주변에 카메라, 모니터링 시스템, CCTV, 전용판 등																																																																																																																																																
[기타 의견]																																																																																																																																																

□ 자연비탈면				
점검일시	2025.	급경사지명	제 원	높이 m. 길이 m. 경사 *
분류	온벽 및 축대	제 원	높이 m. 길이 m. 경사 *	경사
점검장소	시도 시군구	높이 m. 길이 m. 경사 *	경사	주소
점검자	(소속) (직위) (성명)	(직위) (성명)	경사	주소
점 검 결 과례당면에 □체크				
세 부 접 검 사 항	있음	없음	해당	세부내용(위치, 상태 등) 및 조치계획
자연 비탈면				
1. 지하수 흡수 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. 인장구 발생 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. 지반 침하 및 흙기(부수부)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. 표층유실 및 세균 발생 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. 흔적 흔적 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. 낙석, 토석류, 페스티벌 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. 인위적 흔적 및 개발(대양광 설치, 점도 설치, 벌(각) 흔적) 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
비밀번호: 시설물(위치, 낙석방지 등)				
1. 시설물을 관찰 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. 시설물을 파손 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. 배수시설(폐수관 등)의 배수기능 저하 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
기 타				
□ 봉고위험지역 표지판				
1. 청과류(인자) 흔적 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. 표지판 내 글씨 등 훼손 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
□ 조기경보시스템				
1. 계측기기 파손 및 손상 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. 계측기기 정상 작동 여부	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. 주변에 카메라, 모니터링 시스템, CCTV, 전용판 등				
[기타 의견]				

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

* 주요 구조부의 규모 등 중대 결함이 발견된 경우 청과류(인자) 흔적 여부

</

급경사지 정밀조사

▶ 근거

- 「급경사지 재해예방에 관한 법률 시행령」 제6조(붕괴위험지역 정비 중기계획)
- 행정안전부고시 제2025-29호 「급경사지 붕괴위험지역 정비사업 기준」(2025.04.29.)

▶ 목적

- 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제12조(붕괴위험지역 정비 중기계획의 수립)에 따른 중기계획 수립

▶ 방법

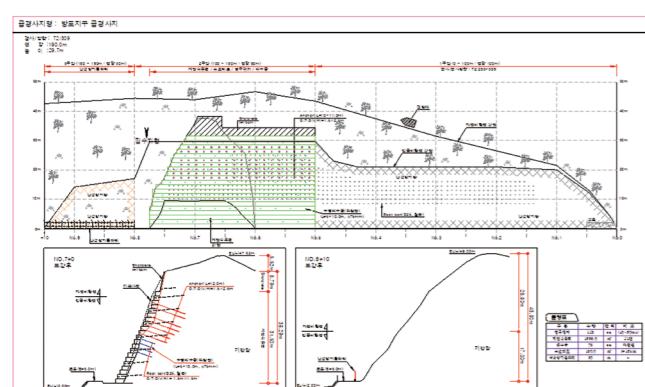
- 급경사지 현장조사를 통한 불연속면, 암반강도, 배수시설 등 지반 특성 조사
- 현장조사결과 및 급경사지 안정 해석을 통한 위험성 평가
- 보수·보강 방안 마련 및 정비사업 필요 예산 계획 수립

▶ 대상

- 붕괴위험지역 지정으로 정비사업이 필요한 급경사지
- 해빙기, 우기 안전점검시 붕괴 및 위험요인이 확인되어 정비사업이 필요한 급경사지



급경사지 붕괴지역 현장조사



급경사지 대책공법 수립(기본계획)



상시계측관리체계의 적정성 검수 및 시운전

▶ 근거

- 「급경사지 재해예방에 관한 법률」 제8조(붕괴위험지역의 계측관리 등)
- 「급경사지 재해예방에 관한 법률 시행령」 제4조(상시계측관리)
- 「계측비용과 계측기기의 성능검사 수수료에 대한 산정기준(행정안전부고시)」
- 「계측기기 성능검사 기준에 관한 규정(행정안전부고시)」
- 「급경사지 계측표준시방서(행정안전부 업무지침)」
- 「급경사지 관리 실무편람 종합해설서(행정안전부 업무지침)」
- 「급경사지 상시계측관리 체계 구축 가이드라인(행정안전부 업무지침)」 등

▶ 목적

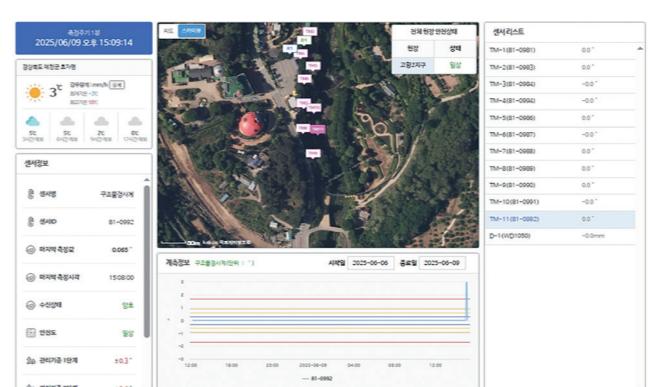
- 급경사지에 대한 전문적인 지식과 경험을 바탕으로 계측기기 설치 전·후 시운전을 통한 상시계측관리 체계 신뢰성 확보

▶ 방법

- 상시계측관리를 위한 계측기기의 설계·설치 과정의 적정성 검수
- 전문가 활용을 통한 상시계측관리시스템의 검수 및 시운전



전문가 현장자문을 통한 상시계측관리시스템 검수 및 시운전



상시계측관리 운영시스템 및 데이터 검수



급경사지 계측전문인력 교육

▶ 근거

- [행정안전부 고시 제2021-44호]에 따라 계측업 및 성능검사대행업무에 종사하는 전문기술자의 실무교육대행기관으로 지정·고시
- 「급경사지 계측전문인력 교육운영 규정」 제12조

▶ 목적

- 계측업 및 성능검사대행업무에 종사하는 전문기술자의 실무교육대행기관 및 그 업무를 규정

▶ 교육과정 개요

구분		상시계측관리	계측기기 성능검사
기본 과정	교과목	<ul style="list-style-type: none"> - 4개 분야 <ul style="list-style-type: none"> · 급경사지 재난관리 이해 · 급경사지 계측기기 정보통신 기술 · 급경사지 지질 및 지반정보 이론 · 급경사지 붕괴원인 및 안정화 	<ul style="list-style-type: none"> - 4개 분야 <ul style="list-style-type: none"> · 급경사지 재난관리 이해 · 급경사지 계측기기 정보통신 기술 · 급경사지 지질 및 지반정보 이론 · 급경사지 붕괴원인 및 안정화
	교육시간	35시간(5일)	35시간(5일)
전문 과정	교과목	<ul style="list-style-type: none"> - 2개 분야 <ul style="list-style-type: none"> · 급경사지 계측관리 · 급경사지 계측관리 실무 	<ul style="list-style-type: none"> - 2개 분야 <ul style="list-style-type: none"> · 급경사지 계측기기 성능검사 · 급경사지 성능검사 실무
	교육시간	21시간(3일)	14시간(2일)
기본 과정 + 전문 과정		총 56시간(8일)	총 49시간(7일)



계측전문인력교육 및 현장실습 실시

▶ 교육대상자 자격요건

- 신청 목적에 따라 자격요건 구분

<교육대상자 자격요건>

구분	자격요건
계측업 및 성능검사 대행자 신청시	<ul style="list-style-type: none"> · 건설기술인 협회 토목분야 초급, 중급, 고급 및 전기전자 분야 중급(또는 정보통신공사 중급 이상) 이상 건설기술인
기타(교육 등의 목적)	<ul style="list-style-type: none"> · 자격 요건 없음

3. 협회 행사



행정안전부 '급경사지 정비사업 기준' 공청회



▶ 일시 : 2024년 12월 10일(화) 14:00 ~ 16:00

▶ 장소 : 세종컨벤션센터 중회의실

▶ 내용

- 2024년 12월 10일 세종컨벤션센터 중회의실에서 개최된 급경사지 정비사업 기준(안) 전문가 공청회에서 지자체 재난부서 담당자, 한국엔지니어링협회 회원 등이 참석하여 설계 및 시공 분야별 주요 내용을 발제하고, 패널들과 급경사지 정비사업 기준(안) 주요 쟁점사항 토론하였다.



2025년 유공자 표창



▶ 일시 : 2025년 02월 25일(화) 11:00 ~ 15:00

▶ 장소 : 한국급경사지안전협회 대회의실

▶ 내용 : '실태조사', '공로', '직원'으로 나누어 표창



(사)대한지질공학회 2025 정기총회 및 춘계학술대회 참석



▶ 일시 : 2025년 04월 02일(수) ~ 2025년 04월 04일(금)

▶ 장소 : 부산 한화리조트

▶ 내용

- 발제 : 김만일 연구소장(산불 피해지 토층 물성 변화에 따른 산지재해 위험성 분석)

2025년 04월 03일 부산 한화리조트에서 개최된 2025 정기총회 및 춘계학술대회에서 경북 상주 산불 피해지를 대상으로 토층 점착력 변화와 사면 안정성의 상관성을 규명하여, 산사태 및 토석류 위험성 평가 기법에 대해 발표하였다.



한국급경사지안전협회-국립강릉원주대학교 스마트인프라연구소 협력체계 구축을 위한 업무 협약(MOU) 체결



▶ 일시 : 2025년 07월 17일(목) 11:00

▶ 장소 : 국립강릉원주대학교 공학2호관 세미나실

▶ 내용

- 한국급경사지안전협회는 국립강릉원주대학교 스마트인프라연구소와 기후변화로 인한 급경사지 재난관리와 급경사지 방재기술 연구를 위해 협약을 체결했다.

- 업무협약에 따라 양 기관은 기후변화로 인한 급경사지 재난관리에 공동 대응하고, 안정화 기술 및 방재 관련 정보·인력·기술을 공유하며, 공동연구와 세미나 개최 등 다양한 협력 활동을 추진하기로 했다.

- 이날 협약식에는 국립강릉원주대학교 스마트인프라연구소 박상덕 교수, 윤찬영 교수 외 연구원 등이 참석하였고, 한국급경사지안전협회는 전상을 회장, 김만일 연구소장, 협회 직원 등이 참석하였다.



창립 5주년 기념 및 신사무소 현판식



▶ 일시 : 2025년 04월 23일(수) 11:00 ~ 12:00

▶ 장소 : 한국급경사지안전협회 대회의실

▶ 내용 : 2025년 04월 23일 협회 창립 5주년을 기념하고, 협회의 위상 강화를 위한 현판 제막식을 진행하였다.

4. 협회 뉴스보도 기사

예천군, '위험천만한' 급경사지 '드론·라이다'로
안전점검 시작

예천군청 전경.

예천군은 17일 군청 중회의실에서 '드론·라이다를 활용한 급경사지 안전점검 및 데이터베이스 구축사업' 착수보고회를 개최했다.

이날 보고회에는 김학동 군수를 비롯해 부군수, 국장, 실과장, 경상북도 재난관리과관계자, 한국급경사지안전협회장 등 30여 명이 참석했다.

참석자들은 드론을 활용한 급경사지 점검과 향후 추진 계획을 논의하며, 사업의 문제점을 도출하고 개선방안을 모색했다.

기존의 급경사지 안전점검 및 재해위험도 평가는 주로 육안 점검 방식으로 이루어졌다. 이에 따라 사람이 접근하기 어려운 상부 자연산지의 위험성을 정확히 파악하는 데 한계가 있었다. 이를 해결하기 위해 예천군은 드론을 활용한 급경사지 점검을 실시하고, 이를 기반으로 데이터베이스를 구축하는 사업을 추진한다.

예천군은 이번 착수보고회를 시작으로 오는 3월 드론 관제 및 관측체계를 확정할 예정이다. 이후 11월 최종보고회를 거쳐 사업을 마무리할 계획이다. 이를 통해 보다 과학적이고 체계적인 급경사지 안전관리 시스템을 구축할 방침이다.

이번 사업을 수행하는 전상을 한국급경사지안전협회장은 "착수보고회를 통해 다양한 의견을 수렴하고, 과업 수행 시 종점 사항과 문제점을 보완해 급경사지 안전관리시스템 시운영 및 안정화에 최선을 다하겠다"고 밝혔다.

김학동 예천군수는 "이번 사업은 행정안전부 시범사업으로 진행되는 만큼 다양한 의견을 반영해 원활한 추진이 이루어지도록 할 것"이라며, "기후변화로 인한 극한호우에 선제적으로 대응해 군민의 인명 및 재산 피해를 최소화할 수 있도록 최선을 다해 주길 바란다"고 당부했다.

한편, 이번 사업은 행정안전부 시범사업으로 선정되어 전액 국비 지원을 받아 추진되며, 올해 11월 말까지 진행될 예정이다.

위드라이브, 국방 및 지역 안전 분야로
이동 데이터 수집 및 분석 사업 영역 확장

위드라이브(WEDRIVE)가 국군수송사령부, 한국급경사지안전협회와의 협력을 통해 이동데이터 수집 및 분석 사업 영역을 확장한다고 밝혔다.

업체는 국군수송사령부와 협약을 체결하고 장병 휴가용 수요응답형 교통서비스(DRT) 개발을 추진한다. 이 시스템은 휴가를 나오는 장병들의 이동 수요를 실시간으로 파악해 자동으로 버스를 배차하는 서비스다. 배차된 버스의 실시간 위치 정보도 제공해 장병들의 이동 편의성을 높일 계획이다. 이는 업체가 보유한 실시간 모빌리티 정보 처리 기술을 군 수송체계에 접목한 사례다.

또한 위드라이브는 한국급경사지안전협회와 손잡고 급경사지 안전관리 시스템 구축에도 나섰다. 드론에 탑재된 LiDAR 센서와 고해상도 카메라로 한국급경사지안전협회 내 주요 급경사지를 정밀 촬영하고, 전문 분석 시스템을 통해 환경 변화를 지속적으로 모니터링한다. 이를 통해 위험 요소를 사전에 감지하고 예방하는 체계적인 안전관리가 가능해질 전망이다.

이러한 사업 확장은 이 업체가 그동안 구축해온 시민 참여형 모빌리티 데이터 생태계에 기반을 두고 있다. 위드라이브는 실시간 모빌리티 정보 처리와 지도 기반 관제 시스템 개발 분야에서 기술력을 인정받았으며, 이를 활용해 빅데이터 수집·분석부터 위험예측, 실시간 환경 모니터링에 이르는 다양한 솔루션을 제공해왔다.

이러한 공공분야 진출은 업체의 데이터 분석 역량이 다양한 분야에 적용될 수 있음을 보여주는 사례다. 교통 분야에서 시작된 기술력이 안전관리 영역으로 확장되면서, 데이터 기반 솔루션의 활용 범위가 넓어지고 있다. 이는 공공부문의 디지털 전환과정에서 민간 기업의 기술력이 공공서비스 혁신으로 이어질 수 있다는 점을 시사한다.

업체 관계자는 "기존 B2C 서비스 운영을 통해 축적한 기술력을 바탕으로 B2B, B2G 영역으로 사업을 확장하고 있다"며 "이동 데이터 분석 역량을 다양한 분야에 접목해 새로운 가치를 창출하고, 안정적인 매출 기반을 구축해 나갈 것"이라고 전했다.

위드라이브

<https://www.getnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=800530>



박형준 부산시장, 안전과 민생현장 직접 점검나서



박형준 부산시장이 12일 사하구의 재난안전산업 진흥시설과 하단 자율상권 대상지를 차례로 방문해 현장을 확인하고 관계자들의 의견을 청취하고 있다. 사진=부산시 제공

[부산=데일리한국 양준모 기자] 박형준 부산시장은 12일 안전과 민생을 쟁기기 위해 최근 사업추진이 결정된 사하구 소재의 2곳을 직접 방문해 현장을 확인하고 관계자 의견을 청취하는 시간을 가졌다.

시는 지난 3월 신청한 행정안전부의 2025년 공모에 12일 최종 선정돼 급경사지 및 산사태 특화 재난안전산업 진흥시설을 본격 조성한다.

시는 (재)부산테크노파크를 사업 주관 연구기관으로 해, 급경사지·산사태 진흥시설 조성, 현장 실증 시험장 구축, 기술·제품의 안전 성능 평가시험 장비 설치 등 인증 체계를 마련하고 관련 기술개발을 지원하는 것을 주 내용으로 지난 3월 공모 신청했다. 12일 최종 선정 결과를 통보받았다.

진흥시설 조성 시 관련 산업 매출 증대 등 약 2000억원의 직간접적인 경제효과를 유발이 예상되고, 연구인력 증가와 기업 매출 신장에 따른 고용유발효과 등으로 지역경제 활성화에 이바지할 것으로 전망된다.

시는 '급경사지·산사태 안전산업 진흥시설' 조성을 위해 올해부터 3년간 160억원을 투입 특화된 제품과 기술의 성능시험·평가·인증을 위한 기반을 구축한다.

먼저, 급경사지·산사태 재난 유형에 특화된 제품·기술의 성능시험·평가·인증을 위한 기반을 조성하기 위해 올해부터 3년간 100억원의 사업비와 20억원의 부지 매입비 등을 지원한다.

진흥시설로 지정될 내년부터 2년간 기술 개발을 위한 사업비 40억원을 추가 투입해 관련분야 연계 연구개발(R&D)을 추진하고 기업을 지원한다.

조성이 완료되면 산·학·연·관의 상호 연계로 (재)부산테크노파크와 한국건설기계연구원(KICT), 한국급경사지안전협회, 국립부경대학교, 경성대학교는 급경사지·산사태 안전 제품·기술 성능을 시험·평가하는 집적시설을 구축해 국내 관련 기업이 이를 적극 활용하도록 한다.

또한, 이 시설을 활용해 급경사지·산사태 안전 인증 체계를 구축하고 국내 기업들과 공동으로 관련 제품·기술 개발을 추진할 계획이다.

이와 함께, 2026년 상권활성화사업 대상지 3곳 중 하나인 '하단자율상권'에 최대 5년간 60억원의 사업비를 투입한다.

서부산권 대표 상권이던 '하단자율상권'은 도시철도 1호선 하단역과 하단교차로를 중심으로 형성된 활발한 상권이었으나 유동인구의 감소, 비대면 중심의 소비패턴 변화 등으로 예전보다 활기가 감소했다.

침체된 서부산 대표 상권의 활성화를 위해 넓은 구역을 활용한 다양한 콘셉트의 구간별 특화구간 조성, 유행(트렌디) 사인물 개선사업 등 상권환경개선사업(H/W)과 하리라이트 페스티벌, 지역대학과 예술가를 연계한 스토리 및 콘텐츠 개발 등 상권 활성화사업(S/W)을 추진한다.

박형준 시장은 "이번 '급경사지·산사태 안전산업 진흥시설' 조성이 국내 재난안전산업의 육성과 발전을 견인하고 지역 특성에 따른 재난안전 문제해결에 큰 역할을 할 것이며, 서부산의 대표 상권인 '하단자율상권' 활성화 사업 추진으로 경제 활기를 되찾기 위한 전환점이 되길 기대한다"라며, "경제 활성화가 더탄력을 받도록 사업추진에 최선을 다해 줄 것을 당부드린다"라고 전했다.



급경사지·산사태 특화 재난안전산업 진흥시설 조성 본격화



행정안전부 청사(행안부 제공)

(서울=뉴스1) 이비슬 기자 = 행정안전부는 부산시와 오는 4일 부산 사하구청에서 '급경사지·산사태 특화 진흥시설' 조성을 위한 첫 회의를 개최한다고 3일 밝혔다.

이번 회의는 2025년부터 2027년까지 3년간 추진하는 진흥 시설 조성 사업의 첫공식 일정이다.

회의에는 주관기관인 부산테크노파크를 비롯해 한국건설기술연구원, 국립부경대학교, 경성대학교, 한국급경사지안전협회가 참석해 시설 조성 계획과 활용 방안을 논의할 예정이다.

급경사지·산사태 특화 진흥시설은 사면 재해 예방을 위한 재난안전 기술과 제품의 성능을 평가할 수 있는 시설이다.

국내 기업은 기술과 제품 성능을 검증받을 수 있으며 인증 비용을 줄이고 우수 기술시장 진출을 촉진하는 효과가 있을 것으로 예상된다.

행안부와 부산시는 이번 사업에 기관별로 50억 원씩 총 100억 원을 투입할 계획이다.

김용균 행안부 안전예방정책실장은 "이번 시설이 재난안전산업 발전의 촉매제가 되기를 기대한다"며 "국민 안전을 지키는 첨단 기술과 제품이 널리 보급될 수 있도록 지원하겠다"고 말했다.



합천군, '해빙기 안전사고 예방' 급경사지 민·관 합동 점검



해빙기 민·관 합동 급경사지 안전점검.(사진=합천군)

경남 합천군이 19일 해빙기를 맞아 안전사고 예방을 위해 장재혁 부군수와 민간 전문가가 함께 민·관 합동으로 급경사지 안전 점검에 나섰다.

해빙기는 겨울철 얼었던 지반이 녹으며 약해지는 시기로, 특히 급경사지와 위험사면에 대한 철저한 안전관리가 요구된다.

이번 점검에서는 청덕면 양진리 양진N1지구와 합천읍 영창리 영창N1지구를 대상으로 ▶구조물 및 암반 균열·침하 발생 여부 ▶낙석 발생 가능성 및 배수시설 관리 상태 ▶중·소규모 붕괴 가능성 등을 집중점검했다.

합천군은 오는 4월까지 지역 내 급경사지 284개소에 대한 전수 안전점검에 나설 계획이다.

특히 이날 장재혁 부군수가 직접 현장을 점검하며 한국급경사지안전협회 전문가와 함께 위험요소를 논의했다.

장재혁 부군수는 "해빙기 안전사고는 대형 사고로 이어질 수 있는 만큼 철저한 안전점검을 실시하겠다"며 "위험요소를 조기에 발견해 신속히 조치하겠다"고 말했다.



국회 미래국토인프라혁신포럼·대한토목학회, 대형 산불 진단 및 대응방안 모색



지난 29일 서울 여의도 국회의원회관에서 '대규모 산불의 진단과 사후 대응을 위한 긴급 토론회'가 열렸다. / 대한토목학회 제공

[대한경제=김민수 기자] 국회 미래국토인프라혁신포럼(송석준 대표의원, 송명수 연구책임의원)과 대한토목학회(회장 최동호, 한양대 교수)는 최근 발생한 '대규모 산불의 진단과 사후 대응을 위한 긴급 토론회'를 지난 29일 서울 여의도 국회의원회관에서 개최했다. 행정안전부와 산림청, 국립산림과학원, 한국수자원공사, 한국지반공학회, 한국급경사지안전협회도 공동 주최로 참여했다.

이날 행사에는 포럼의 대표의원인 송석준 국민의힘 의원을 비롯해 염태영 더불어민주당 의원, 서천호 국민의힘 의원, 차규근 조국혁신당의원, 이인선 국민의힘 의원이 참석했다. 학계에서는 최동호 대한토목학회 회장과 정충기 직전 회장(서울대 교수), 한승현 차기 회장(연세대 교수) 등의 회원들이 다수 참석했다. 이외에도 한국지반공학회, 한국급경사지안전협회, 한국건설기술연구원, 국립재난안전연구원, 산림청, 한국수자원공사 관계자들이 함께 자리했다.

이병우 국립산림과학원 부장은 '초고속, 극한 산불 시대의 대응'이라는 주제로 최근 발생한 산불의 특성과 대응방안을 제언했다.

이 부장은 "청송에서 영덕까지 약 51km를 시간당 8.2km 속도로 번져가는 역대 가장 빠른 산불이었고, 피해 면적만 10만 4000ha로 역대최대였다"며 "기후변화로 숲이 건조해지고 강풍에 의해 빠르게 번진 점, 한국 삼림이 과밀집해서 산불에 취약한 구조를 갖고 있는 점 등이 원인으로, 지금과 같은 한국 산림구조에 기후변화가 진행되면 한반도에서 재난성 산불의 발생이 증가할 것"이라고 진단했다.

기후위기 시대의 산불 대응 방안으로는 △국민 대피 및 안전 확보 위한 실시간 화선 탐지 △진화 대원 안전 확보를 위한 실시간 위치 추적 △고성능 진화장비 확충 △야간진화와 지상진화 강화 △삼림 관리를 통한 산불 예방 △부처 간, 중앙과 지방 간 산불 거버넌스의 강화를 제시했다.

정지철 산림청 산불방지과 사무관은 "헬기진화만으로는 한계가 분명하므로 지상진화와 야간진화를 강화하기 위해서는 접근(임도)의 확대가 필수"라며 "임도 예산을 국가 예산으로 일원화하고, 임도의 신속한 설치 및 원활한 사업 추진을 위한 동의 절차를 개선해야 한다"고 말했다.

대규모 산불 이후 산사태 방지 대책의 필요성도 제기됐다.

김만일 한국급경사지안전협회 연구실장은 "산불 이후 강우 시 산사태 발생 가능성이 산불 이전보다 커지고, 1년 이내의 단기적인 영향뿐 아니라 3~5년의 장기적인 영향도 있다"고 지적했다.

횡영철 한국지반공학회 회장도 "산불 이후에는 적은 강우에도 산사태가 발생할 수 있으므로, 기존의 산사태 취약 지역에서 산불이 발생하였다면 당장 안전 진단을 해야 한다"고 제언했다.

'산불 지역의 상수원 수질 현황과 대응'을 주제로 발표한 박상준 한국수자원공사 부장은 산불 이후 재 등 탄화된 유기물이 상수원으로 유입되거나, 강우 시 토양 침식, 유실로 인한 수질 악화에 의한 2차 피해가 예상되므로 수계 유입 오염부하 저감과 녹조 저감을 위한 대책을 환경부와 한국수자원공사가 마련해서 선제적으로 대응하겠다고 밝혔다.

최장을 맡은 박준홍 연세대 교수(한국물환경학회 전 회장)은 "화재구역의 산불피해 임목 선제적 제거를 통해서 오염원 저감이 필요하므로 이를 위해서 국고 지원이 필요하며, 산불 지역의 폐기물처리는 정책 사각지대이므로 이에 대한 제도 개선과 예산 지원이 필요하다"고 조언했다.

최동호 대한토목학회 회장은 "최근 대규모 산불은 기후변화 시대에 새로운 위기라는 인식 하에 한국 산림 관리의 문제점을 진단하고, 산불이후 산사태와 상수원 수질 등의 2차 피해에 대해서 신속한 대책 마련과 산불 예방 및 피해 복구를 위한 법·제도 개선 및 예산 마련이 필요하다"고 강조했다.

송석준 포럼 대표의원은 "이번 기회에 면밀히 원인 규명과 진단을 하고 해결책 마련을 위해서 지속적으로 노력하겠다"며 "장마가 오기 전에 산불 2차 피해 방지를 위한 세미나를 다시 하자"고 제안했다.

국회 의원회관서 긴급 토론회

<https://www.dnews.co.kr/uhtml/view.jsp?idxno=202504300827465400528>

5. 회원가입 안내

▶ 회원 자격

- 개인회원
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제32조 제4항에 규정된 자로서 급경사지에 관한 학식과 경험이 풍부한 사람
- 단체회원
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제32조 제4항에 규정된 자로서 급경사지 안전관리와 관련된 연구단체, 용역단체, 물자의 생산 및 공급 등을 하는 단체

- 특별회원
 - 개인회원과 단체회원 이외의 자로서 정부, 지방자치단체, 급경사지 관리기관, 공공기관 및 정부투자기관 등을 포함

▶ 회원가입 방법 및 회비

- 회원가입 방법
 - 한국급경사지안전협회에 가입하고자 하는 개인, 단체, 특별회원은 가입신청서(별지 1호) 및 회원 자격에 따른 서식(별지 2~4호)을 작성하여 제출, 회비를 납부 후 이사회의 승인을 받아 회원이 됨
 - 단체회원의 경우 종신회원 가입 시 임직원을 대상으로 가급은 5인, 나급은 3인에 한하여 별도 연회비 없이 회원 인정, 퇴사시 회원 자동 탈퇴

< 회원별 가입신청서 및 약력사항 작성 기준 >

구분		가입신청서 (별지 1호 서식)	약력사항	비고	
개인회원	일반회원	작성	별지 2호 작성	-	
	종신회원		별지 2호 작성	-	
단체회원	일반회원		별지 3호 작성	대표자 1인 별지 2호 추가 작성	
	종신회원		별지 3호 작성	대표자 외 4인 별지 2호 추가 작성	
	나급		별지 3호 작성	대표자 외 2인 별지 2호 추가 작성	
특별회원	정부, 지자체, 기관 등		별지 4호 작성	-	

- 가입신청서 제출처(한국급경사지안전협회 사무국)

- 이메일 : kssa@kslope.or.kr / korea-slope@naver.com
- 문의처 : 044-868-5680

- 회비

- 가입비는 무료이며, 종신회비 납부자는 1회 납부만으로 평생회원 직위 유지
- 연회비 납부자는 매년 1회 납부시 해당연도만 회원 직위 유지
- 회비 납부 : 회원 가입신청서 제출자에 한하여 개별 안내 예정
- 단체 및 특별회원은 기관명(요청시 계산서 발행)으로 입금(※개인명의 입금 불가)

구분	종신회비(1회 납부)	연회비(매년 납부)
개인회원	일반회원	0원
	종신회원	1,000,000원
단체회원	일반회원	0원
	종신회원	10,000,000원
특별회원	가급	0원
	나급	5,000,000원
정부, 지자체, 기관 등	0원	1,000,000원

▶ 회원 혜택

- 개인 및 단체회원
 - 정부, 지방자치단체 및 공공기관 등 급경사지 분야자문·평가위원 우선 추천
 - 급경사지 안전관리 관련 용역 공동수행, 참여 및 지원
 - 급경사지 전문가 및 현장대응단 인력-Pool 우선 참여
 - 회원사 홍보 및 기술 교류 협력을 통한 역량강화
 - 급경사지 협회지 및 협회 홈페이지 각종 자료 이용
 - 급경사지 관련 세미나 및 워크숍 등 우선 초청
- 특별회원
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제30조 및 같은 법 시행규칙 제16조와 제17조에 따른 상시계측관리 전문교육과정 : 연 1회 1인 한정 강의 제공(관련법에 따라 수료증 발급)
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」제15조의2에 따른 재해 발생 시 신속한 피해 원인조사 등 현장지원 : 조사 및 전문가 지원
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제20조에 따른 급경사지 통합정보시스템(NDMS) 급경사지 DB관리 : 수정, 삭제 등 지원
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제22조에 따른 계측업 등록 : 행정절차 지원
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제5조, 제6조에 따른 급경사지 안전관리 업무 컨설팅 및 헬프데스크 : 무상 지원
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제5조에 따른 급경사지 안전점검 : 업무 위탁, 대행 비용 할인
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제6조에 따른 급경사지 재해위험도 평가 및 봉고위험지역 해제 평가 : 업무 위탁·대행 비용 할인
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제12조 및 제13조 정비 중기·실시계획 수립을 위한 급경사지 정밀조사(정밀안전진단) : 정밀조사 업무 위탁·대행 비용 할인
 - 「급경사지 재해예방에 관한 법률」법 제8조에 따른 봉고위험지역의 계측관리 : 상시계측관리, 모니터링, 유지관리, 검수 및 시운전 업무 위탁·대행 비용 할인
 - 급경사지 설계·시공심의 등 급경사지 안전관리 전문인력 Pool 지원



부 록

급경사지 재해예방에 관한 법률

급경사지 재해예방에 관한 법률 (약칭: 급경사지법)

[시행 2024. 8. 14.] [법률 제20269호, 2024. 2. 13., 일부개정]



행정안전부(재난경감과)
044-205-5157

제1장 총칙

제1조(목적) 이 법은 급경사지 붕괴위험지역의 지정·관리, 정비계획의 수립·시행, 응급대책 등에 관한 사항을 규정함으로써 급경사지 붕괴 등의 위험으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하고 공공복리 증진에 이바지함을 목적으로 한다.

제2조(정의) 이 법에서 사용하는 용어의 정의는 다음과 같다. <개정 2008. 12. 29., 2012. 12. 18., 2015. 1. 20., 2016. 5. 29., 2017. 3. 21., 2018. 10. 16., 2020. 6. 9.>

- “급경사지(急傾斜地)”란 택지·도로·철도 및 공원시설 등에 부속된 자연 비탈면, 인공 비탈면(옹벽 및 축대 등을 포함한다. 이하 같다) 또는 이와 접한 산지로서 대통령령으로 정하는 것을 말한다.
- “붕괴위험지역”이란 붕괴·낙석 등으로 국민의 생명과 재산의 피해가 우려되는 급경사지와 그 주변토지로서 제6조에 따라 지정·고시된 지역을 말한다.
- “재해”란 「재난 및 안전관리 기본법」 제3조제1호가목의 자연재난으로 급경사지에서 발생하는 피해를 말한다.
- “재해위험도평가”란 급경사지의 붕괴 등과 관련하여 사회적·지리적 여건, 붕괴위험요인 및 피해예상 규모, 재해발생 이력을 분석하기 위하여 경험과 기술을 갖춘 자가 육안 또는 기구 등으로 검사를 실시하고 정량(定量)·정성(定性)적으로 위험도를 분석·예측하는 것을 말한다.
- “관리기관”이란 급경사지를 소유하거나 관리하는 다음 각 목의 행정기관 및 공공기관을 말한다.
 - 지방자치단체
 - 지방산림청
 - 「한국농어촌공사 및 농지관리기금법」에 따른 한국농어촌공사
 - 「한국토지주택공사법」에 따른 한국토지주택공사
 - 삭제 <2012. 12. 18.>
 - 「국가철도공단법」에 따른 국가철도공단
 - 「도시철도법」에 따른 도시철도공사
 - 「국립공원공단법」에 따른 국립공원공단
 - 그 밖에 대통령령으로 정하는 행정기관 및 공공기관
 - “계측업”이란 이 법의 적용을 받는 급경사지 및 기타 대통령령으로 정하는 시설에 대한 상시계측을 업으로 하는 것을 말한다.

제3조(적용범위) 「도로법」 제11조의 고속국도 및 같은 법 제12조의 일반국도, 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」 제2조제1호의 시설물에 관하여는 이 법을 적용하지 아니한다. <개정 2008. 3. 21., 2014. 1. 14., 2017. 1. 17.>

제4조(다른 법률과의 관계) 이 법은 급경사지의 지정·관리 및 응급대책 등에 관하여 다른 법률에 우선하여 적용한다.

제2장 붕괴위험지역의 지정 및 관리

제5조(급경사지에 대한 안전점검)

- 관리기관은 소관 급경사지에 대하여 연 2회 이상 안전점검을 실시하고, 특별자치시장·시장(「제주특별자치도 설치 및 국제자유도시 조성을 위한 특별법」 제11조제1항에 따른 행정시장을 포함한다. 이하 같다)·군수 또는 구청장(구청장은 자치구의

구청장을 말한다. 이하 같다)에게 그 결과를 통보하여야 한다. <개정 2017. 3. 21.>

② 관리기관은 제1항에 따른 안전점검 결과를 해당 관리기관의 인터넷 홈페이지를 통하여 공개하여야 한다. <신설 2020. 10. 20.>

③ 제2항에 따라 공개하는 안전점검 결과의 범위, 공개 기간, 그 밖에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <신설 2020. 10. 20.>

④ 특별자치시장·시장·군수 또는 구청장(이하 “시장·군수·구청장”이라 한다)은 관할 구역 안에 있는 급경사지에 대하여 연 1회 이상 안전점검을 실시하되, 제1항에 따른 결과통보를 받아 붕괴 위험성이 없다고 판단하는 급경사지에 대하여는 안전점검을 생략할 수 있다. <개정 2017. 3. 21., 2020. 10. 20.>

⑤ 시장·군수·구청장은 제4항에 따른 안전점검의 효율성을 높이기 위하여 필요한 경우 관계 기관 및 전문가와 협동하여 안전점검을 실시할 수 있다. <개정 2017. 3. 21., 2020. 10. 20.>

⑥ 시장·군수·구청장은 제4항 및 제5항에 따른 점검결과를 해당 관리기관 및 해당 토지의 소유자·점유자 또는 관리인(이하 “관계인”이라 한다)에게 통보하여 안전에 필요한 조치를 취하도록 하여야 한다. <개정 2017. 3. 21., 2020. 10. 20.>

제5조의2(급경사지 실태조사)

① 행정안전부장관 또는 특별시장·광역시장·특별자치시장·도지사·특별자치도지사(이하 “시·도지사”라 한다)는 급경사지의 현황을 파악하기 위하여 실태조사를 실시할 수 있다. 이 경우 그 결과를 시장·군수·구청장 및 관리기관에 통보하여야 한다.

② 제1항에 따른 실태조사 결과 새로이 파악된 급경사지가 있는 경우 시장·군수·구청장 및 관리기관은 특별한 사유가 없으면 이 법에 따라 해당 급경사지를 관리하여야 한다.

③ 제1항에 따른 실태조사의 범위와 방법 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

[본조신설 2024. 2. 13.]

제6조(붕괴위험지역의 지정 등)

① 관리기관은 소관 급경사지에 대하여 제5조에 따른 안전점검을 실시하여 붕괴위험지역으로 지정할 필요가 있는 때에는 재해위험도평가와 주민의견 수렴절차를 거쳐 그 지역을 관할하고 있는 시장·군수·구청장에게 붕괴위험지역의 지정을 요청하고, 그 요청을 받은 시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없는 한 즉시 이를 지정·고시하여야 한다. 이를 변경하는 때에도 또한 같다. <개정 2015. 1. 20., 2017. 3. 21.>

② 시장·군수·구청장은 관할 구역 안에서 관리기관 외의 자가 소유하거나 관리하는 급경사지에 대하여 직접 재해위험도 평가를 하고 주민의견 수렴절차를 거쳐 붕괴위험지역으로 지정·고시할 수 있다. 이 경우 해당 시장·군수·구청장은 해당 붕괴위험 지역의 관리기관이 된다.

③ 제1항의 붕괴위험지역의 지정과 관련하여 관리기관의 요청이 있는 경우에는 시장·군수·구청장이 주민의견을 수렴할 수 있다.

④ 시장·군수·구청장은 제1항 또는 제2항에 따라 붕괴위험지역을 지정·고시한 때에는 그 사실을 관계인에게 알려주어야 한다. 다만, 관계인의 주소·거소가 분명하지 아니한 때에는 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 고시로써 이를 갈음한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

⑤ 급경사지가 「자연재해대책법」 제12조에 따라 자연재해위험개선지구로 지정·고시된 경우에는 제1항 및 제2항에 따라 붕괴위험지역으로 지정·고시된 것으로 본다. <개정 2012. 10. 22.>

⑥ 제1항 및 제2항의 재해위험도평가의 방법·절차 등에 관한 사항 및 주민의견 수렴절차에 관한 사항은 대통령령으로 정하고, 그 밖에 붕괴위험지역의 지정·고시 및 변경 등에 관하여 필요한 사항은 행정안전부령으로 정한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

⑦ 시장·군수·구청장은 붕괴위험지역 정비사업 시행 등으로 재해위험이 해소된 경우에는 관계 전문가의 의견을 수렴하여 붕괴위험지역 지정을 해제하고 그 결과를 고시하여야 한다. <신설 2015. 1. 20.>

제6조의2(붕괴위험지역의 지정 권고)

① 행정안전부장관 또는 특별시장·광역시장·도지사·특별자치도지사는 제6조제1항 및 제2항에 따라 붕괴위험이 높은 소관 급경사지에 대하여 시장·군수·구청장이 붕괴위험지역으로 지정하지 아니하는 경우에는 시장·군수·구청장에게 해당지역을 붕괴위험지역으로 지정·고시하도록 권고할 수 있다. 이 경우 시장·군수·구청장은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다. <개정 2017. 3. 21., 2017. 7. 26.>

② 시장·군수·구청장은 제6조제1항에 따라 관리기관이 붕괴위험이 높은 소관 급경사지에 대하여 붕괴위험지역의 지정을 요청하지 아니하는 경우에는 관리기관에게 해당 지역을 붕괴위험지역으로 지정 요청하도록 권고할 수 있다. 이 경우 관리기관은 특별한 사유가 없으면 이에 따라야 한다.

[본조신설 2015. 1. 20.]

제7조(현지조사의 실시 등)

① 관리기관의 장이 제6조제1항에 따라 붕괴위험지역의 지정요청을 하거나 시장·군수·구청장이 같은 조 제2항에 따라 붕괴위험지역으로 지정·고시하기 위하여 필요하다고 인정하는 경우에는 소속 직원과 급경사지 관련 전문가 등으로 구성된 현지조사단으로 하여금 현지조사를 실시하게 할 수 있다. <개정 2015. 1. 20.>

② 제1항에 따라 현지조사를 실시하는 자는 필요한 경우 타인의 토지에 출입하거나 토지를 일시 사용할 수 있으며, 나무·흙·돌이나 그 밖의 장애물을 변경·제거할 수 있다.

③ 제2항에 따라 타인의 토지에 출입하거나 토지를 일시 사용하는 자 또는 장애물을 변경·제거하고자 하는 자는 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 관계인의 동의를 받아야 한다. 다만, 관계인의 주소·거소가 분명하지 아니하여 동의를 받을 수 없을 때에는 관할 시장·군수·구청장의 허가를 받아야 한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

④ 제2항에 따라 타인의 토지에 출입하거나 토지를 일시 사용하는 자 또는 장애물을 변경·제거하고자 하는 자는 그 권한을 나타내는 증표를 지니고 이를 관계인에게 내보여야 한다.

⑤ 제2항에 따라 발생하는 손실의 보상에 대하여는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」에 따른다.

제8조(급경사지의 계측관리 등)

① 관리기관 및 시장·군수·구청장은 급경사지 지반의 침하·활동·전도(顛倒) 및 붕괴 등으로 위치변화를 사전에 감지하기 위하여 필요하다고 판단되는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 지속적인 계측(計測)·자료관리(이하 “상시계측관리”라 한다)를 직접하거나 제22조에 따른 계측업의 등록을 한 자에게 이를 대행하게 할 수 있다. <개정 2024. 2. 13.>

② 관리기관은 제1항에 따라 직접 상시계측관리를 하거나 대행하게 하는 경우에는 계측자료를 관할 시장·군수·구청장에게 실시간으로 제공하여야 한다. <개정 2017. 3. 21.>

③ 시장·군수·구청장은 제2항에 따라 제공받은 계측자료와 자체의 계측자료를 활용하여 긴급상황이 발생하는 때에는 신속히 해당 지역 주민을 대피시켜야 한다. <개정 2017. 3. 21.>

④ 누구든지 상시계측관리를 위하여 설치된 계측관리용 기구·장비 등을 훼손하여서는 아니 된다.

⑤ 국가는 관리기관 또는 시장·군수·구청장이 제1항에 따라 상시계측관리를 할 경우 계측기기 설치에 소요되는 비용의 일부를 지원할 수 있다. <신설 2015. 1. 20., 2024. 2. 13.>

[제목개정 2024. 2. 13.]

제9조(주민대피 관리기준의 제정·운영)

① 시장·군수·구청장은 상시계측관리의 결과와 강수량·비탈면의 성상(性狀) 등을 고려하여 주민대피를 위한 관리기준을 제정·운영하여야 한다.

② 행정안전부장관은 관계 중앙행정기관의 장과 협의를 거쳐 제1항에 따른 관리기준의 제정·운영을 위한 지침을 작성하여 시장·군수·구청장에게 통보하고 그 이행상황에 대하여 지도·감독하여야 한다. <개정 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

제10조(붕괴위험지역에서의 행위 협의)

① 관계 행정기관이 붕괴위험지역에서 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 행위를 수반하는 허가·인가, 면허·승인·해제·결정·동의·협의 등(이하 “인·허가등”이라 한다)을 하고자 하는 때에는 미리 소관 관리기관과 협의를 하여야 한다. 다만, 「자연재해대책법」 제4조에 따라 재해영향평가등의 협의를 한 경우에는 그러하지 아니하다. <개정 2017. 10. 24.>

1. 토석의 굴착을 수반하는 관로(管路)의 설치, 철탑의 설치, 도로·교량 등 구조물의 설치 행위

2. 토석의 굴착을 수반하는 건축물을 신축하거나 증축·개축하는 행위

3. 옹벽·축대 및 측구(側溝) 등을 변경하는 행위

4. 수목을 벌채하거나 잔디 등을 제거하는 행위

5. 그 밖에 급경사지의 안정을 저해하는 행위로써 대통령령으로 정하는 사항

② 관계 행정기관이 제1항의 협의를 하고자 하는 때에는 대통령령으로 정하는 서류를 갖추어 협의를 요청하여야 하며, 협의를 요청받은 관리기관은 관계 행정기관에 협의결과를 통보하여야 한다.

③ 제2항에 따라 협의 결과를 통보받은 관계 행정기관은 특별한 사유가 없는 한 이를 반영하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하며, 조치한 결과 또는 이후의 조치계획을 관리기관에 통보하여야 한다.

④ 제3항에 따라 협의결과가 해당 행정계획이나 개발사업에 반영된 경우에 관계 행정기관 및 관련 사업자는 이를 성실히 이행하여야 한다.

⑤ 관리기관은 제4항에 따른 협의결과의 이행을 위하여 관계 행정기관 및 사업자에게 공사중지 등의 필요한 조치를 요청할 수 있다. 이 경우 관계 행정기관 및 관련 사업자는 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다.

⑥ 관계 행정기관은 제1항의 협의 절차가 완료되기 전에는 인·허가등을 하여서는 아니 된다.

제11조(위험표지의 설치)

① 관리기관은 붕괴위험지역에 위험을 알리는 표지를 설치하여야 한다.

② 제1항에 따라 붕괴위험지역에 설치하는 위험표지의 크기·기재사항 등에 관한 세부사항은 행정안전부령으로 정한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

③ 누구든지 제1항 및 제2항에 따라 위험표지를 설치한 자의 허락 없이 이를 이전하거나 훼손하여서는 아니 된다.

제3장 붕괴위험지역의 정비계획 수립·추진

제12조(붕괴위험지역 정비 중기계획의 수립)

① 관리기관은 붕괴위험지역에 대하여 대통령령으로 정하는 바에 따라 매 5년 단위의 붕괴위험지역 정비 중기계획(이하 “중기계획”이라 한다)을 수립하여 시장·군수·구청장에게 통보하여야 하며, 시장·군수·구청장은 이를 특별시장·광역시장·도지사 또는 특별자치도지사를 거쳐 행정안전부장관에게 제출하여야 한다. 다만, 특별자치시장은 관리 기관으로부터 통보받은 중기계획을 직접 행정안전부장관에게 제출하여야 한다. <개정 2013. 8. 6., 2015. 1. 20., 2017. 3. 21., 2017. 7. 26.>

② 행정안전부장관은 제1항에 따라 제출받은 중기계획에 대하여 필요하다고 인정되는 때에는 중기계획의 수정 또는 보완을 요구할 수 있고 이를 요구받은 관리기관은 특별한 사유가 없는 한 이에 응하여야 한다. <개정 2013. 8. 6., 2017. 3. 21., 2017. 7. 26.>

③ 시장·군수·구청장은 제1항에 따라 중기계획을 수립함에 있어서 급경사지 정비사업에 과도한 예산이 사용되거나 급경사지 정비만으로 근원적인 붕괴위험요인의 제거가 어렵다고 판단되는 경우에는 주민의견 수렴 등의 절차와 경제성 분석을 거쳐 이주대책을 수립할 수 있다.

④ 제3항에 따른 이주대책의 수립에 관하여는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제78조를 준용한다.

제13조(붕괴위험지역의 정비사업 실시계획)

① 관리기관은 제12조에 따라 수립된 중기계획을 기초로 대통령령으로 정하는 바에 따라 매년 정비사업 실시계획을 관계 행정기관의 장과 협의를 거쳐 수립하고 이를 고시하여야 한다. 이를 변경하는 때에도 또한 같다.

② 제1항에 따라 관리기관이 정비사업 실시계획을 수립함에 있어서 붕괴위험지역에 인접한 지역으로부터 흙과 돌 등의 유출 및 산사태 등으로 붕괴위험지역에 피해가 우려되는 때에는 그 인접한 지역에 대한 피해방지 사업을 포함하여 수립할 수 있다. <개정 2019. 12. 10.>

③ 관리기관은 특별한 사유가 없는 한 제1항에 따라 관계 행정기관의 장과의 협의를 거친 사항을 반영하기 위하여 필요한 조치를 하여야 하며, 조치한 결과 또는 향후의 조치계획을 관계 행정기관의 장에게 통보하여야 한다.

④ 관리기관은 제1항에 따라 수립한 정비사업 실시계획을 관할 시장·군수·구청장에게 제출하여야 하며, 시장·군수·구청장은 특별시장·광역시장·도지사 또는 특별자치도지사를 거쳐 이를 행정안전부장관에게 제출하여야 한다. 다만, 특별자치시장은 관리기관으로부터 제출받은 정비사업 실시계획을 직접 행정안전부장관에게 제출하여야 한다. <개정 2013. 8. 6., 2017. 3. 21., 2017. 7. 26.>

⑤ 특별시장·광역시장·도지사·특별자치도지사 또는 시장·군수·구청장이 붕괴위험지역에 대하여 정비사업 실시계획을 수립한 경우에는 「자연재해대책법」 제70조에 따라 정비사업에 사용되는 비용의 전부 또는 일부를 국고에서 지원할 수 있다. <개정 2015. 1. 20., 2017. 3. 21.>

⑥ 행정안전부장관은 제1항의 정비사업 실시계획에 대한 추진실적을 확인하고 기관평가를 실시한 후 포상을 할 수 있다. <개정 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

제13조의2(붕괴위험지역 정비사업의 기준) 행정안전부장관은 붕괴위험지역 정비사업의 품질과 안전을 확보하고 관련 기술의 향상을 도모하기 위하여 붕괴위험지역 정비사업 관련 조사·계획·설계·시공 등에 필요한 기준을 정하여 고시하여야 한다.

[본조신설 2024. 2. 13.]

제14조(다른 법률에 따른 인·허가등의 의제) 제13조제1항에 따른 붕괴위험지역의 정비사업 실시계획을 수립함에 있어서 관리기관이 다음 각 호의 인·허가등에 관하여 관계 행정기관의 장과 미리 협의한 사항에 대하여 정비사업 실시계획을 고시한 때에 해당 인·허가등을 받은 것으로 보며, 관계 법률에 따른 인·허가등의 고시 또는 공고가 있은 것으로 본다. <개정 2008. 3. 21., 2010. 4. 15., 2014. 1. 14., 2019. 12. 10., 2022. 12. 27.>

1. 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제56조에 따른 개발행위의 허가

2. 「도로법」 제61조에 따른 도로 점용

3. 「공유수면 관리 및 매립에 관한 법률」 제8조에 따른 공유수면의 점용·사용허가 및 같은 법 제28조에 따른 공유수면의 매립면허

4. 삭제 <2010. 4. 15.>

5. 「농지법」 제34조에 따른 농지의 전용허가·협의 및 같은 법 제36조에 따른 농지의 탄용도 일시사용허가 등

6. 「초지법」 제23조에 따른 초지의 전용 등

7. 「산지관리법」 제14조에 따른 산지전용허가, 같은 법 제25조에 따른 토석채취허가 등, 「산림자원의 조성 및 관리에 관한 법률」 제36조제1항 및 제5항에 따른 입목벌채등의 허가 및 신고 등

8. 「사방사업법」 제14조에 따른 사방지안에서의 행위제한

제4장 붕괴위험지역에서의 조치 등

제15조(붕괴위험지역의 안전 확보)

① 제6조제4항에 따라 붕괴위험지역의 지정을 통보받은 다음 각 호의 관계인은 붕괴위험의 해소를 위하여 자체 안전점검을

실시하고, 응급조치 및 보수·보강 등의 필요한 조치를 취하여 급경사지의 안정성을 확보하여야 한다. <개정 2015. 8. 11.>

1. 「공동주택관리법」 제2조제1항제10호에 따른 관리주체 등
2. 「산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률」 제30조 및 같은 법 제31조에 따른 관리권자등 및 관리공단등
- ② 제1항의 관계인은 붕괴위험지역의 안전을 위하여 유지관리에 필요한 비용을 확보하는 등 재해예방을 위하여 노력하여야 한다.

제16조(토지등의 수용·사용)

- ① 관리기관은 제13조에 따라 붕괴위험지역의 정비사업의 시행을 위하여 필요하다고 인정하는 때에는 사업구역 안에 있는 토지·물건 또는 권리(이하 “토지등”이라 한다)를 수용 또는 사용할 수 있다.
- ② 제13조에 따라 붕괴위험지역의 정비사업 실시계획을 고시한 때에는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」 제20조제1항 및 같은 법 제22조의 사업인정과 사업인정의 고시가 있는 것으로 보며, 재결신청은 같은 법 제23조제1항 및 같은 법 제28조제1항에도 불구하고 해당 붕괴위험지역의 정비사업기간 내에 이를 하여야 한다. <개정 2019. 12. 10.>
- ③ 제1항에 따른 수용 또는 사용에 관하여는 이 법에 특별한 규정이 있는 경우를 제외하고는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」을 준용한다.

제5장 응급대책 및 응급부담

제17조(재해예방을 위한 긴급안전조치 등)

- ① 시장·군수·구청장은 제5조에 따라 안전점검을 실시한 결과 붕괴위험이 있는 관할 구역의 급경사지에서 재해가 발생하였거나 발생할 우려가 있는 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 관계인에게 관련 시설의 사용을 제한·금지하거나 보수·보강 또는 제거하는 등의 안전조치를 명령할 수 있다. 이 경우 시장·군수·구청장은 해당 급경사지 주변에 안전조치명령이 있었다는 사실을 알리는 표지를 설치하고, 지방자치단체의 공보 또는 인터넷 홈페이지 등에 그 사실을 게재하여야 한다. <개정 2017. 3. 21., 2024. 2. 13.>
- ② 제1항의 안전조치명령을 받은 관계인이 안전조치를 이행한 때에는 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 그 결과를 시장·군수·구청장에게 통보하여야 한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>
- ③ 시장·군수·구청장은 제1항에 따른 안전조치명령을 받은 자가 그 명령을 이행하지 아니하는 경우에는 그에 대신하여 필요한 안전조치를 취할 수 있다. 이 경우 「행정대집행법」을 준용한다.

제18조(대피명령 등) 시장·군수·구청장은 붕괴위험지역에서 재해가 발생하거나 발생할 우려가 있는 때에 사람의 생명 또는 신체에 대한 위험을 방지하기 위하여 필요한 경우에는 해당 지역의 주민이나 위험지역에 있는 자에게 대피명령 또는 강제대피 등의 조치를 할 수 있다.

제19조(토지 등의 시설의 일시 사용 등)

- ① 시장·군수·구청장은 관할 구역 안의 붕괴위험지역에서 재해가 발생하거나 발생할 우려가 있어 응급조치를 하여야 할 사정이 있는 때에는 해당 재해현장에 있는 자 또는 인근에 거주하는 자에 대하여 응급조치를 하도록 하거나 대통령령으로 정하는 바에 따라 다른 사람의 토지·건축물·공작물, 그 밖의 소유물을 일시 사용할 수 있으며 장애물을 변경 또는 제거할 수 있다. <개정 2019. 12. 10.>
- ② 시장·군수·구청장은 제1항에 따른 응급조치로 손실이 발생한 때에는 「공익사업을 위한 토지 등의 취득 및 보상에 관한 법률」에 따라 보상하여야 한다.
- ③ 시장·군수·구청장은 제1항에 따라 응급조치에 종사한 자에 대한 치료와 보상에 대하여는 「재난 및 안전관리 기본법」 제65조를 준용한다. <개정 2017. 3. 21.>

제6장 재해예방을 위한 기술의 축적 및 보급 등

제20조(급경사지에 관한 정보체계의 구축)

- ① 관계 법령에 따른 각종 인·허가등으로 급경사지를 조성한 자가 관련 사업을 준공한 때에는 준공도서를 관할 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다. <개정 2017. 3. 21.>
- ② 관리기관은 관리하고 있는 급경사지의 제원(諸元)·사진·지반조사서 등의 현황자료를 그 급경사지가 위치하는 관할 시장·군수·구청장에게 제출하여야 한다. <개정 2017. 3. 21.>
- ③ 시장·군수·구청장은 제1항 및 제2항에 따른 준공도서 및 현황자료 등과 관할 구역 안에서 시행하는 대통령령으로 정하는 규모 이상의 공사에 대한 토질조사 등의 자료를 제출받아 데이터베이스를 구축하고, 이를 필요로 하는 자에게 해당 정보를 제공하여야 한다. <개정 2017. 3. 21.>
- ④ 행정안전부장관은 제1항부터 제3항까지의 규정에 따른 데이터베이스의 구축에 필요한 시스템을 개발·보급·운영하여야 하며, 각종 설계·시공 및 붕괴위험예측 등에 활용할 수 있는 전국단위의 지반재해위험지도를 작성하여 보급하여야 한다. <개정 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>
- ⑤ 제1항 및 제2항에 따라 시장·군수·구청장에게 제출하는 준공도서 및 급경사지 현황자료에 관하여 필요한 사항은 대통령령으로 정한다. <개정 2017. 3. 21.>

제21조(데이터베이스의 표준지침) 행정안전부장관은 종합적이고 일원화된 정보제공을 위한 체제의 확립을 위하여 제20조에 따라 구축되는 데이터베이스의 통합 및 호환을 위한 표준지침을 마련하여야 하며, 급경사지의 안전관리와 재해예방에 관한 정보와 기술의 축적 및 보급을 위하여 노력하여야 한다. <개정 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

제22조(계측업의 등록)

- ① 상시계측관리를 업으로 하려는 자는 대통령령으로 정하는 기술능력 및 시설 등의 등록기준을 갖추어 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 시·도지사에게 등록하여야 한다. 등록한 사항 중 대통령령으로 정하는 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2015. 1. 20., 2017. 3. 21., 2017. 7. 26., 2024. 2. 13.>
- ② 제1항에 따라 계측업을 등록한 자(이하 “계측업자”라 한다)가 사업을 폐업하거나 휴업하려는 경우에는 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 시·도지사에게 신고하여야 한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2015. 1. 20., 2017. 7. 26.>

제23조(계측업자의 결격사유) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 계측업의 등록을 할 수 없다. <개정 2017. 3. 21., 2021. 1. 12.>

1. 피성년후견인

2. 이 법을 위반하여 금고 이상의 실형을 선고받고 그 집행이 종료(집행이 종료되는 것으로 보는 경우를 포함한다)되거나 집행이 면제된 날부터 2년이 경과되지 아니한 자
3. 이 법을 위반하여 징역형의 집행유예를 선고받고 그 유예기간 중에 있는 자
4. 계측업의 등록이 취소(제1호에 해당하여 등록이 취소된 경우는 제외한다)된 후 2년이 경과되지 아니한 자
5. 임원 중에 제1호부터 제4호까지의 어느 하나에 해당하는 자가 있는 법인

제24조(계측업자의 지위승계)

- ① 계측업자는 다른 계측업자의 사업을 양도·양수하거나 다른 계측업자인 법인을 합병하려는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 시·도지사에게 신고하여야 한다. <개정 2015. 1. 20.>
- ② 제1항에 따라 신고한 양수인 및 합병에 따라 설립되거나 합병 후 존속하는 법인은 양도인 및 합병 전 법인의 계측업자로서의 지위를 각각 승계한다.

③ 계측업자가 사망한 경우 그 상속인이 계측업자의 지위를 승계하여 계측업을 하려는 경우에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 시·도지사에게 신고하여야 한다. <개정 2015. 1. 20.>

④ 시·도지사는 제1항 및 제3항에 따른 신고를 받은 날부터 14일 이내에 신고수리 여부를 신고인에게 통지하여야 한다. <신설 2018. 10. 16.>

⑤ 시·도지사가 제4항에서 정한 기간 내에 신고수리 여부나 민원 처리 관련 법령에 따른 처리기간의 연장을 신고인에게 통지하지 아니하면 그 기간(민원 처리 관련 법령에 따라 처리기간이 연장 또는 재연장된 경우에는 해당 처리기간을 말한다)이 끝난 날의 다음 날에 신고를 수리한 것으로 본다. <신설 2018. 10. 16.>

⑥ 제1항 및 제3항에 따른 신고에 관하여 제23조를 준용한다. <개정 2018. 10. 16.>

제25조(계측업의 등록취소 등)

① 시·도지사는 계측업자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 때에는 등록을 취소하거나 3개월 이내의 기간을 정하여 그 영업의 정지를 명할 수 있다. 다만, 제1호 또는 제3호에 해당하는 때에는 그 등록을 취소하여야 한다. <개정 2015. 1. 20., 2017. 3. 21.>

1. 거짓 또는 부정한 방법으로 제22조의 등록을 한 때

2. 제22조제1항에 따른 등록기준에 미달한 때

3. 제23조 각 호의 어느 하나에 해당하게 된 때. 다만, 법인의 임원 중 제23조제5호에 해당하는 자가 있는 경우 3개월 이내에 그 임원을 교체 임명한 때를 제외한다.

4. 계측업 등록증이나 명의를 다른 사람에게 대여하거나 도급 받은 계측업무를 하도급한 때

5. 계측결과를 거짓으로 작성하거나 고의 또는 중대한 과실로 부실하게 작성한 때

6. 등록 후 정당한 사유 없이 2년 이상 영업을 개시하지 아니한 때

② 제1항에 따른 위반행위별 처분기준은 그 사유와 위반정도를 감안하여 행정안전부령으로 정한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3.

23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

제26조(계측기기의 성능검사)

① 계측업자가 상시계측관리를 함에 있어서는 행정안전부장관이 실시하는 성능검사(이하 “성능검사”라 한다)에 합격한 계측기기를 사용하여야 한다. <개정 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

② 성능검사의 대상·기준 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 행정안전부령으로 정한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

③ 행정안전부장관은 제2항에 따른 성능검사 결과가 적합한 경우에는 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 검사필증을 교부하여야 한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

④ 행정안전부장관은 제27조에 따라 등록을 한 자(이하 “성능검사대행자”라 한다)로 하여금 성능검사를 대행하게 할 수 있다. 이 경우 성능검사대행자는 제2항에 따른 성능검사 결과가 적합한 경우에는 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 검사필증을 교부하여야 한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

제27조(성능검사대행자의 등록 등)

① 성능검사를 대행하려는 자는 대통령령으로 정하는 기술능력 및 시설 등의 등록기준을 갖추어 시·도지사에게 등록하여야 한다. 등록한 사항 중 대통령령으로 정하는 사항을 변경하려는 경우에도 또한 같다. <개정 2014. 11. 19., 2015. 1. 20., 2017. 7. 26., 2020. 2. 18.>

② 성능검사대행자는 성능검사를 하는 때에 검사수수료를 징수할 수 있다.

③ 성능검사대행자의 지위승계에 대하여는 제24조를 준용한다. 이 경우 “계측업자”를 “성능검사대행자”로 본다.

제28조(성능검사대 행자의 결격사유) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 성능검사대행자의 등록을 할 수 없다. <개정 2017. 3. 21., 2021. 1. 12.>

1. 피성년후견인

2. 이 법을 위반하여 금고 이상의 실형을 선고받고 그 집행이 종료(집행이 종료되는 것으로 보는 경우를 포함한다)되거나 집행이 면제된 날부터 2년이 경과되지 아니한 자

3. 이 법을 위반하여 징역형의 집행유예를 선고받고 그 유예기간 중에 있는 자

4. 성능검사대행자의 등록이 취소(제1호에 해당하여 등록이 취소된 경우는 제외한다)된 후 2년이 경과되지 아니한 자

5. 임원 중에 제1호부터 제4호까지의 어느 하나에 해당하는 자가 있는 법인

제29조(성능검사대행자의 등록취소 등)

① 시·도지사는 성능검사대행자가 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 경우에는 등록을 취소하거나 3개월 이내의 기간을 정하여 그 업무의 정지를 명할 수 있다. 다만, 제1호 또는 제3호에 해당하는 경우에는 그 등록을 취소하여야 한다. <개정 2014. 11. 19., 2015. 1. 20., 2017. 3. 21., 2017. 7. 26., 2020. 2. 18.>

1. 거짓 또는 부정한 방법으로 제27조에 따른 등록을 한 때

2. 제27조제1항에 따른 대행자의 등록기준에 미달한 때

3. 제28조 각 호의 어느 하나에 해당하게 된 때. 다만, 법인의 임원 중 제28조제5호에 해당하는 자가 있는 경우 3개월 이내에 그 임원을 교체 임명한 때를 제외한다.

4. 성능검사대행자 등록증이나 명의를 다른 사람에게 대여한 때

5. 성능검사 결과를 거짓으로 작성하거나 부정한 방법으로 성능검사를 행한 때

6. 정당한 사유 없이 성능검사를 거부 또는 기피한 때

② 제1항에 따른 위반행위별 처분기준은 그 사유와 위반정도를 감안하여 행정안전부령으로 정한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

제30조(계측전문인력의 사전 실무교육)

① 상시계측관리의 공정성과 공신력의 확보 및 기술력의 증진을 위하여 다음 각 호에 해당하는 자는 행정안전부령으로 정하는 바에 따라 행정안전부장관이 실시하는 실무교육훈련과정을 사전에 이수하여야 한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26., 2024. 2. 13.>

1. 제8조제1항에 따라 상시계측관리 업무를 수행하는 자(대행하게 하는 경우는 제외한다)

2. 제22조제1항에 따라 계측업에 종사하는 전문기술자

3. 제27조제1항에 따라 성능검사대행업무에 종사하는 전문기술자

② 행정안전부장관은 방재 관련 전문기관 또는 단체를 교육기관으로 지정·고시하여 제1항에 따른 실무교육을 대행하게 할 수 있다. <개정 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

③ 제1항에 따라 교육훈련을 받아야 할 자의 소속 기관 또는 그 자를 고용하고 있는 사용자는 해당 교육훈련 대상자가 교육을 받는데 필요한 경비를 부담하여야 한다. <개정 2024. 2. 13.>

④ 제2항에 따른 교육기관의 지정요건 및 절차 등에 관하여 필요한 사항은 행정안전부령으로 정한다. <개정 2008. 2. 29., 2013. 3. 23., 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

제31조(계측비용 및 검사수수료의 산정기준) 행정안전부장관은 상시계측관리에 사용되는 계측비용과 계측기기의 성능검사 수수료에 대한 산정기준을 표준비용 등을 고려하여 작성·고시하여야 한다. <개정 2014. 11. 19., 2017. 7. 26.>

제32조(청문) 시·도지사는 제25조 또는 제29조에 따라 계측업의 등록 또는 성능검사대행자의 등록을 취소하거나 영업정지 또는 업무정지를 명하려는 경우에는 청문을 하여야 한다. <개정 2014. 11. 19., 2015. 1. 20., 2017. 7. 26., 2020. 2. 18.>

제32조의2(한국급경사지안전협회의 설립)

① 급경사지에 관한 연구 및 정보교류의 활성화와 급경사지에 대한 안전관리 강화를 지원하기 위하여 한국급경사지

안전협회(이하 “협회”라 한다)를 설립할 수 있다.

② 협회는 법인으로 한다.

③ 협회는 그 주된 사무소의 소재지에서 설립등기를 함으로써 성립한다.

④ 협회의 회원은 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 사람 또는 단체로 한다.

1. 급경사지 안전관리와 관련된 연구단체
2. 급경사지에 관한 학식과 경험이 풍부한 사람으로서 정관으로 정하는 사람
3. 급경사지 안전관리와 관련된 용역, 물자의 생산, 공사 등을 하는 사람 또는 단체
4. 그 밖에 정관으로 정하는 사람 또는 단체

⑤ 협회의 업무는 다음 각 호와 같다.

1. 급경사지 재해 예방과 방재의식 고취를 위한 교육 및 홍보
2. 급경사지 재해 예방, 재해 응급대책 및 재해 복구 등에 관한 자료의 조사·수집 및 보급
3. 급경사지 재해 예방, 재해 응급대책 및 재해 복구 등에 관한 각종 간행물의 발간
4. 급경사지 분야의 기술발전을 위한 관련 산업의 육성·지원과 기술의 개발
5. 민간 주도의 급경사지 재해 관련 국내외 행사의 유치
6. 급경사지 분야 전문인력의 양성 지원 및 인력 데이터베이스 구축·관리
7. 급경사지 분야에 관한 정부 위탁사업의 수행
8. 그 밖에 급경사지 안전관리에 관하여 대통령령으로 정하는 사항

[본조신설 2019. 12. 10.]

제32조의3(협회의 정관 등)

① 협회의 정관 기재사항, 임원의 수 및 임기, 임원의 선임방법, 감독 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

② 협회의 운영경비는 회비 및 그 밖의 사업수익으로 충당한다.

③ 협회에 관하여 이 법에 규정된 것을 제외하고는 「민법」 중 사단법인에 관한 규정을 준용한다.

[본조신설 2019. 12. 10.]

제33조(권한 또는 업무의 위임 · 위탁)

① 이 법에 따른 행정안전부장관의 권한은 그 일부를 대통령령으로 정하는 바에 따라 시·도지사에게 위임할 수 있다. <개정 2014.

11. 19., 2015. 1. 20., 2017. 7. 26., 2024. 2. 13.>

② 이 법에 따른 행정안전부장관, 특별시장·광역시장·도지사·특별자치도지사, 시장·군수·구청장 또는 관리기관의 업무 중 다음 각 호의 업무는 대통령령으로 정하는 바에 따라 협회에 위탁할 수 있다. <신설 2024. 2. 13.>

1. 제5조에 따른 급경사지에 대한 안전점검
2. 제5조의2제1항에 따른 급경사지 실태조사
3. 제6조제1항 및 제2항에 따른 재해위험도평가
4. 제13조의2에 따른 붕괴위험지역 정비사업의 기준에 관한 도서(圖書) 등의 작성 · 보급
5. 제20조제3항에 따른 데이터베이스의 구축

[제목개정 2024. 2. 13.]

제33조의2(업무의 대행)

① 관리기관은 다음 각 호의 업무 중 기초·타당성 조사 및 분석, 기본·실시 설계 등 전문성이 요구되는 사항에 대하여

「자연재해대책법」 제2조제14호에 따른 방재관리대책대행자(이하 이 조에서 “대행자”라 한다)로 하여금 대행하게 할 수 있다.

1. 제5조에 따른 급경사지에 대한 안전점검

2. 제6조에 따른 재해위험도평가

3. 제12조에 따른 중기계획의 수립

4. 제13조에 따른 붕괴위험지역의 정비사업 실시계획의 수립

② 대행자의 선정 절차·방법 등에 관한 사항은 대통령령으로 정한다.

③ 관리기관이 대행자로 하여금 업무를 대행시키는 경우 업무 대행 비용의 산정기준, 대행자 등록의 결격사유, 대행자의 준수사항, 업무의 휴업 또는 폐업, 대행자 실태 점검, 대행자의 등록취소, 청문, 등록취소 또는 업무정지된 대행자의 업무 계속 등에 관하여는 「자연재해대책법」 제38조제2항 및 제38조의2부터 제44조까지의 규정을 준용한다.

[본조신설 2019. 12. 10.]

제7장 벌칙

제34조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 2년 이하의 징역 또는 2천만원 이하의 벌금에 처한다.

1. 제22조에 따른 등록을 하지 아니하거나 제25조에 따라 등록이 취소된 자가 상시계측관리업을 한 때

2. 제27조에 따른 등록을 하지 아니하거나 제29조에 따라 등록이 취소된 자가 성능검사대행업을 한 때

3. 거짓 또는 부정한 방법으로 제22조 또는 제27조에 따른 등록을 한 때

제35조(벌칙) 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자는 1년 이하의 징역 또는 1천만원 이하의 벌금에 처한다. <개정 2019. 12. 10.>

1. 제25조에 따른 영업정지기간 중에 계속하여 업무를 한 때

2. 제26조제4항에 따른 성능검사대행자가 성능검사를 부정하게 한 때

3. 제29조에 따른 업무정지기간 중에 계속하여 업무를 한 때

4. 제33조의2제3항에 따라 준용되는 「자연재해대책법」 제38조제2항에 따른 대행자 등록을 하지 아니하고 업무를 대행한 때

제36조(양벌규정) 법인의 대표자나 법인 또는 개인의 대리인, 사용인, 그 밖의 종업원이 그 법인 또는 개인의 업무에 관하여 제34조 또는 제35조의 위반행위를 하면 그 행위자를 벌하는 외에 그 법인 또는 개인에게도 해당 조문의 벌금형을 과(科)한다. 다만, 법인 또는 개인이 그 위반행위를 방지하기 위하여 해당 업무에 관하여 상당한 주의와 감독을 게을리하지 아니한 경우에는 그러하지 아니하다.

[전문개정 2008. 12. 26.]

제37조(과태료)

① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 자에게는 200만원 이하의 과태료를 부과한다.

1. 제8조제4항에 따른 상시계측관리용 기구·장비 등을 훼손한 자

2. 제11조제3항을 위반하여 위험표지를 이전하거나 훼손한 자

3. 제15조제1항에 따라 자체 안전점검을 실시하지 아니하거나 응급조치 등 필요한 조치를 취하지 아니한 자

4. 제17조제1항의 안전조치명령을 이행하지 아니한 자

5. 제18조에 따른 대피 등 명령을 거부한 자

6. 제19조에 따른 토지·건축물 등의 일시사용 또는 장애물의 변경이나 제거를 거부 또는 방해한 자

7. 제20조제1항에 따른 급경사지 관련 준공도서의 제출을 이행하지 아니한 자

8. 제24조제1항 및 제3항(제27조제3항에서 준용하는 경우를 포함한다)을 위반하여 계측업의 양도·양수 등에 관한 신고를 하지 아니한 자

② 제1항에 따른 과태료는 대통령령으로 정하는 바에 따라 시·도지사 또는 시장·군수·구청장이 부과·징수한다. <개정 2020. 2.

18.>

③ 삭제 <2015. 1. 20.>

④ 삭제 <2015. 1. 20.>

⑤ 삭제 <2015. 1. 20.>

부칙 <제20269호, 2024. 2. 13.>

제1조(시행일) 이 법은 공포 후 6개월이 경과한 날부터 시행한다.

제2조(상시계측관리 업무를 수행하는 자의 사전 실무교육에 관한 경과조치) 이 법 시행 당시 제8조제1항에 따라 상시계측관리 업무를 수행하고 있는 자는 이 법 시행 후 6개월 이내에 제30조제1항제1호의 개정규정에 따라 실무교육훈련과정을 이수하여야 한다.



주식회사
아주엔지니어링

www.ahjooeng.com

**인프라와 ICT, 환경기술의 융합으로
안전하고 지속 가능한 미래를 설계합니다.**

환경계측 분야

- 산불 및 구조물 재난 감시 시스템
- 방사능 측정 및 정보체계 구축 (배수, 담수, 대기, 토양, 식품)
- 지층별 지하수 환경오염 모니터링
- 분포형 광섬유 변형률 모니터링

정보통신 분야

- 홍수 예·경보 시스템
- 스마트 하천관리 시스템
- 계장 제어, 시설물 유지관리 서비스
- 양·배수장, 수문 스마트 관리 시스템

토목엔지니어링 분야

- 토목설계 및 감리, 지하 안전 평가
- 건설 및 자동화 계측
- 토질조사, 재하시험, 측량
- 시설물 안전진단 및 안전성 평가
- 재해위험지구 조기경보 시스템 (상시계측 및 모니터링 시스템 구축)

기타 분야

- 3D 설계, IoT 제품 개발
- 스마트 식물관리 시스템 개발

본사 경기도 광명시 하안로 60, A동1501호, B동908호, C동1012호(광명테크노파크)
서울·설계 서울시 송파구 송파대로 201, B동 712호(문정동, 송파테리타워2)
서울·계측 서울시 송파구 오금로36길 46, 신승빌딩 502호
충청 본부 대전광역시 중구 문창동 388-1, 2층
경상 본부 부산시 기장군 정관읍 정관로 878 (예림리)
전라 본부 전라북도 전주시 완산구 천잠로 186, 4층
화성 공장 경기도 화성시 무하로 110번길 19, 2동(남양읍 온석리 3-26)

IT-Based Civil Engineering Services for Civil Construction



전화 02-897-2345
팩스 02-897-2355