

급경사지 관리의 체계화를 위한 절차별 개선사항 도출과 발전 방안 연구

A Study on Development Plan and Derivation of Improvement by Procedure for the Systematization in Steep Slope Management System

이재준¹ · 윤홍식^{2*} · 김윤희³ · 박상현⁴Jae Joon Lee¹, Hong Sic Yun^{2*}, Yun Hee Kim³, Sang Hyun Park⁴¹Ph.D. Candidate, Interdisciplinary Program in crisis Disaster and Risk Management, Sungkyunkwan University, Suwon, Republic of Korea²Professor, School of Civil, Architectural Engineering & Landscape Architecture, Sungkyunkwan University, Suwon, Republic of Korea³MS Candidate, Interdisciplinary Program in crisis Disaster and Risk Management, Sungkyunkwan University, Suwon, Republic of Korea⁴MS Candidate, Interdisciplinary Program in crisis Disaster and Risk Management, Sungkyunkwan University, Suwon, Republic of Korea

*Corresponding author: Hong Sic Yun, yoonhs@skku.edu

ABSTRACT

Purpose: In order to manage the steep slopes effectively, this study diagnose problems in the procedure of steep slopes management and propose Improved frame work is intended to mitigate human and property damage **Method:** Problems in the system are drawn through review of procedures for designation of collapse risk zones and field investigation, interviews with local governments, and expert advice. **Result:** The selection stage, the subject of the management, the management method, and the factors that need to be improved by the management stage before the evaluation are derived. **Conclusion:** This paper identified the problems raised and drew improvements and presented the research direction for the development of the new system (plan) and the steep slope site.

Keywords: Steep slope, Risk assessment table, Collapse area, Hazard area, Management Plan

요약

연구목적: 효율적인 급경사지관리를 위하여 급경사지 관리 절차의 문제점을 진단하고 개선된 프레임워크를 제안을 통해 인명 및 재산피해를 경감하고자 함에 있다. **연구방법:** 붕괴위험지역 지정 절차검토, 지자체 인터뷰, 전문가 자문을 통해 급경사지 관리 전반적 문제점을 도출함 **연구결과:** 평가 전 선정 단계, 관리의 주체, 관리 방법과 관리 단계별 개선되어야 할 요소들을 도출하였다. **결론:** 본논문은 제기된 문제점을 확인하여 개선점을 도출하였고 새로운 시스템(안), 급경사지 발전을 위한 연구 방향을 제시하였다.

핵심용어: 급경사지, 재해위험도평가표, 붕괴위험지역, 위험지역, 관리계획

Received | 18 November, 2019

Revised | 18 November, 2019

Accepted | 31 December, 2019

 OPEN ACCESS


This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in anymedium, provided the original work is properly cited.

© Society of Disaster Information All rights reserved.

서론

연구배경 및 목적

최근 이상기후 변화에 따른 태풍, 국지성 집중호우 빈발 등이 원인이 되어, 전 국토의 63%

가 산지로 구성되어 우리나라는 급경사지 붕괴 위험에 크게 노출이 되어있다. 주로 우기와 해빙기에 급경사지 붕괴가 주로 발생한다. 2012년부터 2018년도까지 164건의 붕괴사고가 발생이 되었으며, 낙석과 사면 유실(토사+암석) 등으로 큰 인명과 재산피해가 발생하였다. 특히, 2011년 우면산 산사태로 18명 사망, 21명 부상, 3,768억 원의 재산피해와 2019년 부산 사하구 1명 사망, 3명 실종 사태는 급경사지 및 산사태에 대한 사회적 관심을 가지게 되었다.

급경사지 관리는 행정안전부에서 「급경사지 재해예방에 관한 법률」을 제정하였으며, 급경사지 재해위험도 평가 기준을 마련하였다. 국토교통부에서 옹벽, 축대, 절토사면, 석축, 비탈면에 대한 「시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법」을 제정하여, 시설물의 안전 및 유지관리 실시 세부지침과 제3종 시설물 안전 등급 평가 매뉴얼을 마련하여 국민의 생명과 재산피해 예방을 앞장서고 있다.

급경사지의 사전재해 예방을 위해 2018년까지 3900억 원, 2019년 840억의 정비사업을 진행하였다. 2020년 이후에는 6100억 원 규모의 급경사지 정비 계획을 수립하였다. 또한, 급경사지의 사전재해 예방을 위해 행안부와 국토교통부에서 제도적 장치 및 매뉴얼 마련 등 많은 발전이 있었다.

그러나 급경사지에 대한 평가 및 관리 전문가가 부족하며, 비전문가인 공무원으로부터 급경사지 조사의 시작이 되기에 더욱더 많은 발전이 필요한 실정이다. 최근 현장조사를 통해 확인한 결과 미탐으로 피해받은 인명피해가 발생한 부산 사하구, 울진 공세항길과 지방도 급경사지 붕괴가 발생한 삼척 길남리는 급경사지 붕괴위험지역으로 선정이 안 되어있었다. 국토 대부분이 산지로 구성된 우리나라에서 상기와 같이 급경사지 평가조차도 받지 못 한곳이 많을 거라 예상되며, 국민의 안전을 위해 기존의 관리체계보다 정확한 판단, 정확한 평가를 위한 고도화된 관리체계를 설립할 필요가 있다.

연구 대상 및 범위

「급경사지 재해예방에 관한 법률」 및 급경사지 관리 편람에는 붕괴위험지역 지정, 관리를 7단계로 구분하고 있다. 급경사지 선정, 재해위험도평가, 주민 의견수렴, 붕괴위험지역 지정·고시요청, 붕괴위험지역 지정, 붕괴위험지역 고시, 관리단계이다. 본 논문에서는 Fig. 1과 같이 0~2단계까지를 평가단계, 3~7단계까지는 행정적 절차 및 보수보강 단계로 정의하였다. 0단계는 현 시스템상에 존재하지 않는 단계로, 연구개선 방향을 제시하기 위하여 절차에 추가하였다.

1단계는 급경사지를 선정하는 첫 번째 단계이며, 지역을 관할하는 관리자(관리기관 공무원)는 민원 또는 필요에 따라 급경사지의 선정이 이루어진다. 선정 이후, 일제조사서에 따라 현장조사를 실시하게 된다. 1단계는 담당자의 전문성과 지역주민의 적극적인 재난 예방을 위한 노력이 필요하다. 그러나 지자체의 상황을 고려할 때 담당공무원이 급경사지 관리를 위한 지속적인 노력에도 불구하고 미지정된 급경사지의 붕괴가 지속적으로 발생된다.

2단계는 재해위험도 평가단계이며, 행정안전부 고시 급경사지 재해위험도 평가 기준에 따라 시행된다. 자연비탈면, 인공비탈면, 옹벽 및 축대 3가지 유형의 표로 평가를 수행한다. 재해위험도 평가결과에 따라 A.B.C.D.E.등급으로 분류하게 한다. D, E 등급은 즉각적으로 붕괴위험지역으로 지정, C등급의 경우 전문가의 소견에 따라 붕괴위험지역으로 지정한다.

3단계부터 7단계는 행정적 절차로 주민 의견수렴, 지정요청, 지정, 고시, 관리 단계로 행정적인 절차가 관리자에게 요구된다. 행정적 절차 및 보수보강단계보다 아래 Fig. 1에 표시된 평가단계에서는 개선이 필요함을 확인하였다. 시스템적인 개선과 시스템 내부 요소들(사전조사, 일제조사, 평가 과정, 평가표)에 대하여 문제점과 개선방안 결과를 도출하기 위해 연구를 진행하였다.

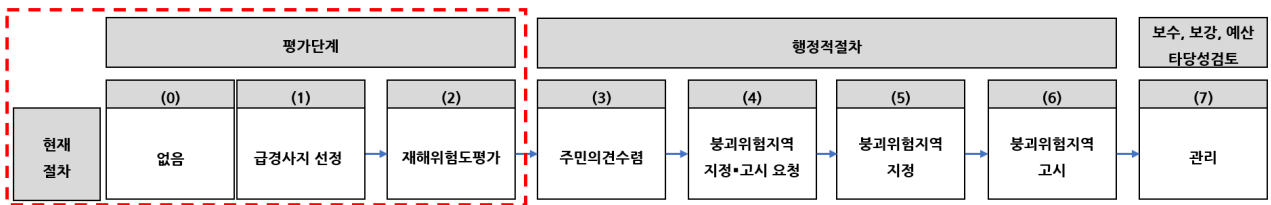


Fig. 1. Steep Slope Management System

연구 방법

급경사지 관리시스템 자체, 시스템 내부의 절차요소들에 대하여 검토한 결과 구조적, 비구조적인 개선방안이 필요함을 확인할 수 있었다. 따라서 현재 한국에서 관리하고 있는 급경사지 관리절차에 대한 문제점을 확인하고 개선방안을 도출하기 위하여 문헌 조사, 현장조사, 인터뷰, 전문가 자문을 수행하였다.

아래 fig. 2 와 같이 연구는 문헌 조사, 인터뷰, 현장조사를 통해 현재 급경사지 관리시스템을 확인하고 세부 단계별 실태분석과 시스템상의 문제점을 파악하고자 하였다. 단계별 도출된 문제점에 대하여 전문가 자문을 거쳐 각 단계에 맞는 개선항목과 개선방안을 도출한 후 단계별 문제점에 대하여 시스템의 전반적인 교체 필요성, 시스템 내 요소들의 개선 필요성을 구분하여 확인하여 효율적인 급경사지 관리 시스템(안)을 제시하였다.

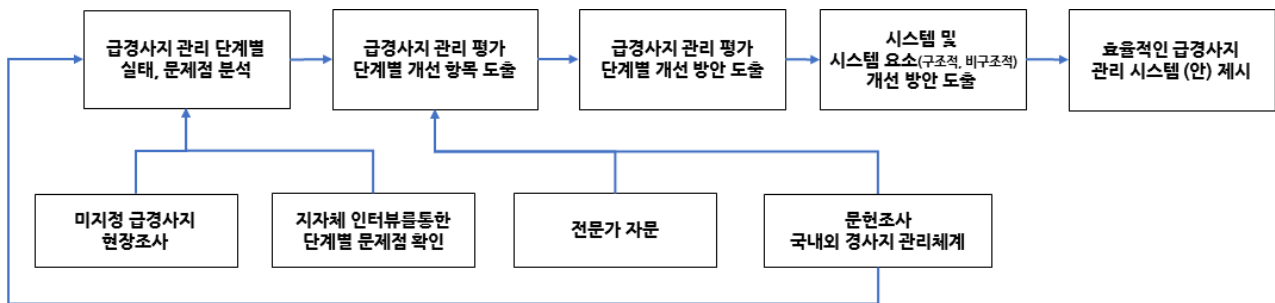


Fig. 2. Research Process

국내외 경사지 관리시스템

일본은 국토의 70%가 산지로 이루어져 있으며, 취약한 지질, 태풍, 집중호우, 지진 등으로 붕괴나 산사태 재해가 자주 발생하고 있다. 그리하여 현장 기술자가 대규모 붕괴 대책에 대한 체계적인 이해와 대규모 붕괴의 위험도 평가, 예방대책, 복구 대책 등에 관한 연구를 진행하고 있다. 붕괴 위험지역을 관리하기 위하여 대상지 선정부터 붕괴위험지역 지정, 관리에 이르기까지 3단계로 관리된다.

Table 1과 같이 1, 2단계의 리스크 지도 작성단계를 거쳐 3단계에서 계측기기를 활용하여 현장점검을 실시하게 된다. 1단계는 기존의 지형·지질 데이터를 이용하여 리스크 평가지도 작성을 나타냈으며, 2단계 1단계 조사에서 위험도가 되는 지역에서 미지형 판독을 실시하여 단위사면을 설정하고 대규모 붕괴 잠재사면 위험도 판정법인 AHP를 이용하여 위험도 판정한

다. 리스크 평가 지도작성을 위해 활용되는 공간정보 데이터는 Table 2와 같다. 이후 3단계에서 현장조사를 통해 전문적인 대책 방안을 제시한다. 일본은 현재 한국의 급경사지 관리절차와 다르게 현장조사 전 우선순위를 선정하는 것을 중요하게 판단하고 있음을 확인할 수 있었다.

Table 1. Management Procedure for Detecting risk Areas in Japan

구분	단계별 항목
1단계	기존의 지형지지 위험도 평가 전국 리스크 평가 지역 특성, 사회적조건 확인
2단계	미지역판독 대규모 단위사면 확인 위험평가(A-C등급) 붕괴 잠재 사면 확인
3단계	정밀 현장조사 후 대책수립

Table 2. DB and Elements for Assessment and Detection Dangerous Areas of Landslide and debris-Flow using Spatial information in Japan

평가항목	사전조사 단계(1, 2단계) 활용 공간정보 데이터				
	기초자료	퇴적계1	화산계	퇴적계2	심성계
타입별 붕괴 밀도	심리스 지질도	O	O	O	O
경사	수치표고 모델	O	O	O	O
산사태 면적률	산사태 지형 분포도	O	O	O	X
활단층으로부터의 거리	활단층 데이터베이스	O	O	X	O
제4기 용기량	제4기 집성 용기 침강량도	O	O	O	O
기복량	DEM	O	O	O	O
유반구조	지질도·DEM	O	X	O	X

산림청은 전국산사태 예방 장기대책에 따라 매년 전국산사태 예방대책을 수립·시행하였다. 특히 산사태 취약지역 관리를 강화하기 위해 Table 3과 같이 지진·땅 울림 우려 지역 조사·관리체계를 기초조사, 실태조사, 점검 3개 분류로 나누어 구축하였다.

기초조사 단계에서는 공간정보(산사태 위험지도, 토석류 피해 예측지도, 산림지반 특성지도, 토석류 통합 위험지도) 활용하여 지진·땅밀림 산사태 유발 요소별 특성 분석을 통한 DB 구축, 인위적 변화에 대한 분석 인자 DB 구축, 인자별 영향에 따른 등급조정 알고리즘을 개발 및 적용을 하였다. 사전 우선순위 선정 이후에 산사태 우려 지역 10,000개소를 선정하여 실태 조사를 실시하고 있다. 앞서 살펴본 일본과 유사하게 국내에서도 공간정보를 활용한 우선순위 선정 이후 현장조사를 수행한다는 점에서 향후 살펴볼 0단계의 사전조사의 필요성을 역설한다.

Table 3. Management Procedures for Hazardous Areas of land Creeping in Korea Forest Service

구분	업무	비고
1단계	땅 밀림 우려 지역 실태조사 필요 대상지 선별	산사태 유발 요소 특성 분석을 위한 DB 구축 인위적 변화에 대한 분석 인자 DB 구축 인자별 영향에 따른 등급조정 알고리즘 개발 현장 실태조사 필요시 2단계 진행
기초조사 단계	전국단위 지형변화 우려 지역 추출	
	실태조사 우선순위 산정을 위한 알고리즘 적용	
	실태조사 대상지 1만 개소 선정	
2단계	위험성 판단을 위한 현장 실태조사	지진 호우시 긴급점검, 위험도에 따른 1년, 2년 주기 점검 실시
실태조사	판정표에 따른 위험도 판정 관리방안 의사 결정 실시	
	판정표에 따른 위험도 판정 관리방안 의사 결정 실시	
3단계	땅밀림 위험지역 유지관리 위한 점검 실시	
점검	긴급점검 및 정기점검 실시	

급경사지 단계별 문제점 및 개선방안

급경사지 관리단계를 평가단계와 행정적 절차 단계로 분류하였다. 본 논문에서 평가 단계(A : Assessment)에서 0부터 2 단계까지 개선방안을 도출하기 위해 코드 A-0 ~ A-3로 구분하였다. 문제점과 개선점을 도출하는 연구의 범위는 아래 Fig. 3 과 같다.

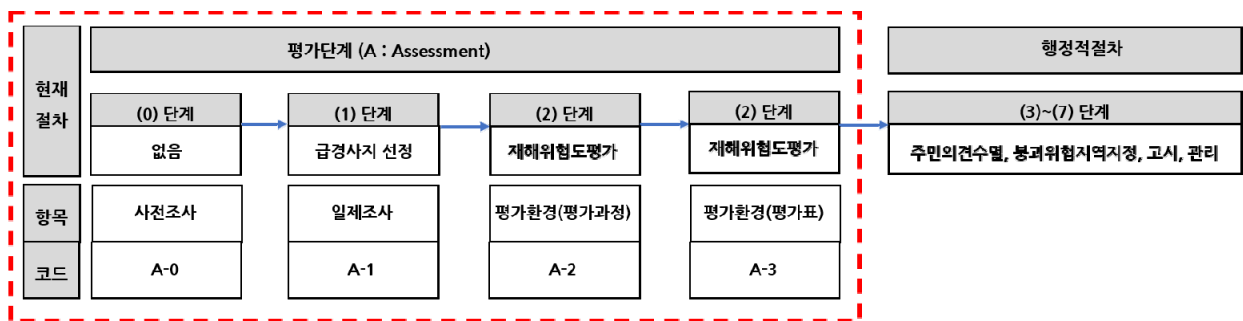


Fig. 3. Diagram for Procedure Review to Derive a Improvement Plan

급경사지 선정 사전조사 항목(코드 : A-0)

급경사지를 선정하는 과정은 재해위험도 평가 과정을 거쳐 붕괴위험지역으로 지정하기 위한 필수적인 절차이다. 본 논문에서 Fig. 3과 같이 현재 급경사지 붕괴위험지구 지정에 대한 절차에 포함되지 않은 0단계를 사전조사 단계로 정의하도록 하겠다. 사전조사 단계 없이 붕괴 위험지역을 선정하기 위해서는 붕괴 가능성이 있는 모든 경사지에 대한 확인이 필요하다.

그러나 일제조사서 작성 전에 과학적 근거에 기반한 우선순위 선정에 기준과 절차가 없기 때문에 지역은 선정하는 것은 공무원들의 업무 부담을 증가시키고 있다. 최근 미지정된 부산의 사하구 급경사 붕괴사고와 울진 공세항길 급경사 붕괴로 인한 인적, 경제적, 사회적 피해를 발생시키고 있다. 이 사고는 사전조사 단계에서 절차와 기준의 부재로 잠재적인 위험에 노출

된 지역의 체계적인 선정과 관리가 어렵다는 단적인 예시이다.

0단계인 사전조사 단계에서 중요한 것은 미리 위험지역에 대한 정보를 획득하는 것이다. 공학적인 분석을 바탕으로 한 사전 정보를 획득하게 되면 일제조사를 상대적으로 위험순위가 높은 지역부터 선정할 수 있게 될 것이다. 본 논문에서 앞서 검토한바 Tables 1~3과 같이 일본과 한국 산림청은 우선순위 선정단계를 거쳐 이후 현장조사를 실시한다. 사전조사 단계가 없을 경우 인력 부족, 위험지역 선정 능력 등의 물리적, 기술적, 행정적인 한계로 인하여 문제가 발생된다.

선정과정에 대한 고도화된 시스템 구축과 한계점을 해소할 수 있는 시스템 요소들의 개선이 함께 이루어져야 구축과 시간적, 비용적인 효율성을 증대시킬 수 있다. Table 4는 0단계가 없을 경우 발생하는 문제점, 문제를 해결하고 효과적으로 운용해 나아가기 위한 개선방안을 나타낸 표이다.

Table 4. Problems and Improvement Plans Due to the Absence of Pre-survey Stage

코드	세부코드	구분(L1)	문제점(L2)	개선방안(L3)
A-0	a	1 모든 현장 조사 필요	급경사지 선정 사전 절차 부재	지정 예정지 정보제공 시스템 구축
	b	2 관리자의 수	인력 부족	급경사지 관리플랫폼 제공
	c	3 관리자 전문성	선정 능력	알고리즘 개발과 결과 정보제공

일제조사서 항목(코드 : A-1)

급경사지 일제조사서는 급경사지의 정보를 기재하기 위해 작성되는 현장조사 서식이다. 안전점검, 붕괴 발생, 민원 또는 관리기관의 필요에 따라 일제조사서를 작성하게 된다. 재해위험도 평가를 위해 기초가 되는 조사서로 일제조사서는 일반정보, 지반정보, 기타정보 3가지 단계이며, 과거붕괴이력·결함상태·공간적 특성 등 정보를 포함한다.

본 논문에서 앞서 그리고 절차단계에서 확인해 보았듯이, 일제조사서는 현 시스템에서 첫 번째 단계로, 정확한 조사 결과 도출은 향후 붕괴위험지역 지정 및 관리단계에 영향을 미친다. 그러나 현장인터뷰, 전문가 의견을 수집한 결과 3가지 문제점이 도출되었다.

첫 번째, 일제조사서의 양식과 평가표의 양식이 연관성이 부족하다. 평가 시에 일제조사서의 항목이 사용되지 못하는 경우가 많아 사전 조사서로서 활용성이 떨어진다. 또한, 급경사지는 자연 비탈면, 인공비탈면, 옹벽 및 축대로 분류되어 있으나, 하나의 조사양식으로 3가지 유형을 모두 기재한다. 이것은 조사서로서 효율이 떨어지며, 향후 이용자(관리기관 관리자, 평가자, 안전점검자, 행정안전부 관리자)에게 체계적인 정보 전달에 한계가 있다.

두 번째는 조사자의 비전문성이다. 급경사지 선정 시 일제조사서 양식에 따라 현장조사를 실시하는 주체는 관리기관의 공무원이 진행한다. 지반정보에 대한 조사 시 정성적인 평가를 기반으로 이루어지다 보니 정확한 기준이 없어 조사자의 주관적인 의견이 점검결과에 크게 영향을 미치게 된다.

세 번째, 일제조사지 선정은 현 관리체계에서 주로 안전점검주기 및 붕괴 발생 이후 붕괴위험지역 지정 활동이 시작된다. 그러나, 관리기관의 업무 부담으로 사전에 급경사지 위험지역을 선정하는 것에 물리적 한계가 있다.

개선방안으로는 급경사지 자연비탈, 인공비탈, 옹벽 축대에 맞도록 급경사지 유형별 일제조사서의 도출이 필요하다. 또한, 일제조사 시 전문가의 참여를 강제화할 수 있는 규정 개정이 필요하며, 급경사지 관리자를 대상으로 일제조사서 작성 및 기초지식에 대한 전문적인 교육 프로그램을 실시하여 신뢰성을 확보해야 한다. 관리자 부족 문제는 효율적인 급경사지 관리

플랫폼의 구축을 통해 해결이 가능한 것이다. 또한, 주민의 적극적인 참여를 통해 급경사지 붕괴를 예방하기 위해서는 홍보 방안이 마련되어야 할 것이다. 0단계가 구축될 경우 일제조사지 선정의 어려움도 해결될 것으로 판단된다. Table 5는 급경사지 선정단계에서 개선이 필요한 문제점과 개선방안이 정리된 표이다.

Table 5. Problems and Improvement of Field Survey Report

코드	세부코드	구분(L1)	문제점(L2)	개선방안(L3)	
A-1	a	1	일제조사서	단일 종류의 일제조사서	유형별 일제조사서 도출
		2		재해위험도 평가표와 상이함	재해위험도 평가표와의 연계
	b	3	일제조사자 주체	평가결과와 연계 가능한 결과 도출 미흡	전문가 참여 규정 개정
		4		조사자의 전문성 미미, 주관적 평가	급경사지 전문 교육 과정 계획 수립
	c	5	일제조사지 선정	관리자 업무과중	급경사지 관리플랫폼 제공
		6		민원 홍보 부족	급경사지 주변 주민에게 제도 홍보
		7		사전조사 방안 결여	공간정보 기반을 둔 우선순위 지역 선정

평가환경(평가 과정) 항목(코드 : A-2)

급경사지의 재해위험도 평가는 Fig. 3의 2단계이며, 붕괴위험지역 지정의 단계 중 등급을 결정과 관리 여부를 확인하는 절차이다. 현재 시스템에서 급경사지 붕괴위험지정 절차는 위험지역을 지정하여 관리(보수보강계획을 수립)하는 데에 핵심적인 단계이다. 이 단계는 평가 주체, 평가실행, 평가 장비, 평가 한계 등 여러 환경을 만족이 되어야 하기에 실행단계에서부터 어려움을 겪게 된다.

첫째로 최우선 개선사항으로 평가 주체에 대한 지정이 필요하다. 『급경사지 재해법률에 관한 규정』을 따르면 평가 주체는 관리자와 전문가로 언급은 되어있으나, 규정으로 강요되는 사항이 없어 전문가를 대동하지 않고 지자체 관리자의 주관적인 판단에 따라 평가를 수행하게 된다. 이를 해결하기 위해서는 평가자를 지정하는 강제적 규정이 필요하다.

둘째로, 평가실행 수준을 만족시키기 위해서는 두 가지의 개선이 필요하다. 평가실행 미흡함으로 발생하는 원인을 제거하는 방법으로 평가를 축소시키고 공학적인 근거로 평가 진행이 가능한 플랫폼의 구축이 필요하다. 그리고 평가표의 전문적인 내용을 삭제하고 관리자 수준에 맞춘 평가표를 제시하는 것이 중요하다고 판단된다.

셋째로 평가 장비 부족 문제는 재정적 지원 또는 관리 기관 간의 공유 방안을 제시하여 장비확보를 수월하게 해야 한다. 그리고 능숙한 장비 사용으로 정확한 진단을 내릴 수 있는 교육과정의 개설이 필요하다. 마지막으로 평가의 한계이다. 평가 시 물리적 한계(인원, 시간 등)가 있어 평가 절차를 간소화하려는 노력이 필요하다.

또한, 현장인터뷰 결과 재정적 지원이 없어 일부 지자체에서 행하고 있는 급경사지 안전점검에 관련한 용역수행이 불가능한 상황이 발생하기도 한다. 평가 절차를 간소화하는 시스템을 구축하는 것, 재정적 지원, 평가를 수행하고 관리하는 인력의 충원이 중요하다고 판단된다. 현재 한국의 평가 시스템을 만족시키고 효율적인 관리를 증대하기 위해서 Table 6과 같은 개선 방안이 필요하다.

Table 6. Methods for deriving improvement of assessment environment(Assessment process)

코드	세부코드	구분(L1)	문제점(L2)	개선방안(L3)		
A-2	a	1	평가 주체	전문가 참여도 미흡	고시, 규정개선	
			2	순환직 공무원의 전문성 미흡	급경사지 전문 교육 과정 계획 수립	
	b	3	평가실행	평가지표의 부적절함	급경사지 평가 플랫폼 개발	
				4		평가지표 개정(관리자 고려한 평가지표 도출)
				5	평가기준의 신뢰도 미흡	평가기준 개정(관리자 고려한 기준 도출)
	c	6	평가 장비	평가 장비의 확보상태 미흡	평가 장비확보를 위한 방안도출	
				7	평가 방법상의 전문적지식 결여	급경사지 전문 교육 과정 계획 수립
	d	8	평가 한계	평가인원수의 물리적 한계	급경사지 관리플랫폼 제공(평가절차간소화)	
				9	재정적 문제	평가 위한 재정적 지원(용역수행)

평가환경(평가지표) 항목(코드 : A-3)

Fig. 3의 2단계에서 평가는 급경사지 재해위험도 평가표에 따라 진행된다. 평가표는 자연, 인공, 옹벽 및 축대의 유형으로 분류되어 있으며, 각 유형별로 1계층에 붕괴위험성, 사회적 영향도 2계층에 기초부, 전면부, 배출부, 주변 환경, 피해, 시설물 거리로 분류된 후 세부 지표에 따라 진행된다. 평가표 결과는 A, B, C, D, E 5단계의 등급으로 나누어진다. D, E 등급 붕괴위험지역으로 지정이 되며, C등급의 경우 전문가의 판단 아래 경우에 따라 붕괴위험지역으로 지정된 후, 관리계획을 수립하여 보수보강 절차를 진행한다.

따라서 상기의 평가 과정뿐만 아니라 평가표의 지표와 기준은 정확하고 효과적이어야 한다. 조사한 결과 해외사례와 한국의 산림청과 시설안전공단의 평가표의 지표와 기준이 상이함을 확인할 수 있었다. 이는 평가표에 대한 지표와 기준이 관리기관의 목적과 의도에 맞게 설계되었다는 것이다. 따라서 급경사지 평가표는 목적에 맞는 방향으로 개선이 필요하다.

평가표 구성단계에서 평가는 급경사지 재해위험도 평가표에 따라 이루어진다. 문헌, 인터뷰, 자문회 검토를 통해 확인한 결과 일제조사서와의 연계성, 시설물 안전점검 체계와의 연계성, 평가지표의 전문성, 사회적 영향도 비중의 미미함에 대한 문제점을 확인했다. 또한, 평가 기준 정확성에 대한 척도를 측정하기 어렵고 복잡성이 있다. 복잡성이란 평가유형별로 기준이 다르며, 그 기준에 대한 정도가 없어서 평가자에게 혼란을 발생시키는 것, 평가 기준이 안전점검기준과 다른 것을 말한다.

따라서 평가 이후 안전점검 및 보수보강 단계에서 평가한 항목에 대하여 활용성이 떨어짐을 확인할 수 있었다. 따라서 시설물 안전 점검체계와의 연계성한 평가표 개발이 요구된다.

Fig. 4는 평가 시 정확한 기준이 없거나 평가가 물리적으로 어려운 경우, 평가를 할 수 없는 지표의 예시를 나타낸 것이다. 전자는 토층심도(cm), 지하수 상태와 같은 경우이다. 토층심도의 경우 관리자가 확인하기 어렵고, 지하수 상태는 육안으로 확인하고 개인적인 판단에 따르기도 하며, 계절에 따른 영향도 있을 수 있다.

후자로 옹벽 및 축대 평가표가 대표적이다. 평가표가 1종류로 되어있다. 보강도 옹벽의 경우 전도 배부름 평가지표만 필요하지만, 백태와 같은 불필요한 항목에 대한 평가가 진행되어 평가점수 불균형이 발생한다. 따라서 유형별 지표를 신설하여 평가를 진행 되어야 하며, 사회적 영향도의 배점 비율에 대한 검토가 필요하다.

자문회의 결과, 산림청의 평가는 사회적 위험도(인구, 건물 등)에 피해가 가해진다면 B등급(산림청의 경우 A등급이 가장 위험한 상태)으로 분류된다. 따라서 국민의 생명과 안전을 최우선시 해야 하는 급경사지 관리기관인 행정안전부는 피해 발

생 가능성에 대한 배점 기준을 상향이 필요하다. 그리고 따라서 평가 기준의 정확성 및 복잡성을 문제를 개선하기 위해 정성적인 평가 기준을 활용하도록 평가표를 개선하거나 전문가의 판단을 통하여 평가를 진행할 필요성이 있다.

지반 변형균열	없음				있음			
	0	1	2	3	4	5	6	7
비탈면 계곡	계곡 연장(m)	0~10	11~30	31~50	51 이상			
	계곡 폭(m)	3 이상	2~3	1~2	1 미만			
토층심도(cm)		0~20	21~50	51~70	71~90	91 이상		
		1	2	3	4	5		
상부위력		무	전, 담, 표지외	송진담, 주락	철도	도로	임도	
		1	2	4	6	8	10	
지하수 상태		건조	습윤	표면수	홍수			
		0	2	4	6			
붕괴 유실이력		없음	낙석	10%미만	10%~20%미만	20% 이상		
		0	2	4	6	8		
보호시설상태		양호	불량	매우 불량	무			
		0	2	4	5			

<Evaluation Indexes and Criteria Problems, Natural Slope Evaluation Table>

① 피손 및 손상(mm)	0		1		2		3		4		5	
	0~0.1 미만	0.1 이상~0.2 미만	0.2 이상~0.3 미만	0.3 이상~0.5 미만	0.5 이상~1.0 미만	1.0 이상~2.0 미만	2.0 이상~3.0 미만	3.0 이상~5.0 미만	5.0 이상~10.0 미만	10.0 이상~20.0 미만	20 이상	
② 균열(mm)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
③ 이도 침식	없음	경미함	약간 심함	심함	매우 심함							
④ 배관파괴 및 송분리(mm)	0~10	11~15	16~20	21~25	26 이상							
⑤ 침하(수준)	0	0.1~1	1.1~3	3.1~5	5.1 이상							
⑥ 전도부품	0	3	5	7	9							
⑦ 배터	0	3	5	7	9							

<Evaluation Indexes and Criteria Problems, Retaining Walls and Reinforcing Stone Work>

Fig. 4. Example of the table which is Impossible to Evaluate

평가표는 등급지정에 있어서 중요한 역할을 하지만 일제조사서 또는 보수보강단계에서 활용성이 커져야 한다. 현재 일제조사서, 안전점검 및 재해위험도 평가표 간 상이한 구분과 기준은 연계성 확보를 위한 연구를 통해 비구조적인 개선안을 도출해야 한다. Table 7은 급경사지 평가환경 중 평가표의 문제점과 개선방안이 정리된 표이다.

Table 7. Methods for Driving Improvement of Assessment Environment(Assessment Table)

코드	세부코드	구분(L1)	문제점(L2)	개선방안(L3)	
A-3	a	1	평가지표 구성	현장조사 및 일제조사와 연계성 결여	일제조사서와 재해위험평가표 연계
				시설물 점검체계와의 연계성 결여	2, 3종 시설물 평가표와 연계
				평가 어려운 항목 포함	지표 개선(불가능항목 수정, 유형별 분류)
				사회적 영향도 비중 낮음	사회적 영향도 배점 향상, 피해 위주 평가
	b	5	평가 기준	평가 기준의 정확성 결여, 복잡성	정성적인 평가 기준 도출, 전문가 판단
	c	6	평가표 활용도	평가표 지표별 결과의 활용성 미미	일제조사서, 평가표, 안전점검과의 연계성 확보 도출

연구 결과

급경사지 단계별 개선방안

문헌 조사, 현장조사, 인터뷰 및 전문가 회의를 통하여 급경사지 평가단계에서의 문제점을 확인한 결과, Table 8과 같이 급경사지 관리시스템 및 시스템 내부 요소들에 대한 개선사항을 도출할 수 있었다. 요소개선 부분에서도 구조적인 개선과 비구조적인 개선사항이 확인되었다. 현재 실행되고 있는 절차 중 구조적인 개선사항으로는 인력, 효율적인 관리플랫폼 개설, 평가장비확보 등이 있다. 비구조적 개선사항으로는 법제도, 일제조사서, 평가과정, 평가표 등이 있다. 시스템 요소들이 개선된 후, 시스템에 절차에 대한 대규모의 개선이 수반되어야 한다. 앞서 문제점들에 대해 확인했듯이 모든 부분이 사전조사의 부재로부터 초래되었으며, 시스템의 절차와 복잡성으로 문제점이 대두되었다.

Table 8. Results of Deriving Improvement Plan by System and System Element

코드	세부코드		L3	시스템 개선	시스템 요소개선	
	대	중 소			구조적	비구조적
A-0	a	1	급경사지 지정 예정지 정보제공 시스템 구축	○	○	
	b	2	급경사지 관리플랫폼 제공	○	○	
	c	3	알고리즘 개발과 결과 정보제공	○	○	
A-1	a	1	유형별 일제조사서 도출		○	
		2	재해위험도 평가표와의 연계			○
	b	3	전문가 참여 규정 개정			○
		4	급경사지 전문 교육 과정 계획 수립			○
	c	5	급경사지 관리플랫폼 제공		○	
		6	급경사지 주변 주민에게 제도 홍보			○
		7	공간정보 기반한 우선순위 지역 선정	○	○	
A-2	a	1	고시, 규정개선			○
		2	급경사지 전문 교육 과정 계획 수립			○
	b	3	급경사지 평가 플랫폼 개발	○	○	
		4	평가지표 개정(관리자 고려한 평가지표 도출)			○
		5	평가 기준 개정(관리자 고려한 기준 도출)			○
	c	6	평가 장비확보를 위한 방안도출		○	
		7	급경사지 전문 교육 과정 계획 수립			○
	d	8	급경사지 관리플랫폼 제공(평가 절차 간소화)	○	○	○
		9	평가 위한 재정적 지원(용역수행)		○	
A-3	a	1	일제조사서와 재해위험 평가표 연계			○
		2	2, 3종 시설물 평가표와 연계			○
		3	지표 개선(불가능항목 수정, 유형별 분류)			○
		4	사회적 영향도 배점 향상, 피해 위주 평가			○
	b	5	정성적인 평가 기준 도출, 전문가 판단			○
	c	6	일제조사서, 평가표, 안전점검과의 연계성 확보 도출			○

급경사지 시스템(안) 도출 방안

따라서 본 연구에서 검토된 연구내용을 바탕으로 문제점을 개선한 새로운 시스템 안을 제시하고자 한다. 기존에 선정, 일제조사, 평가로 이루어진 붕괴위험지정 절차는 주체, 실행, 장비, 평가지표 등 각 구분별로 일관되지 못한 문제점을 드러냈다. 이를 개선하기 위해선 평가알고리즘의 개선, 사용자 편의성을 갖춘 플랫폼의 개발이 우선적으로 필요하다. 본 연구에서 가장 큰 문제점으로 제기된 급경사지 지정 평가의 효율성을 극대화 하기 위한 시스템(안)으로는 사전조사가 포함된 Fig. 3과 같은 관리가 이루어져야 한다고 판단된다.

해결방안으로 Table 9와 같이 시스템을 제안하였다. 0단계·공학적 근거에 기반한 붕괴예정지 확인과 1단계 전문가 의견을 수렴한 급경사지 선정, 2단계 평가주체 지정 및 가이드라인을 제시하여 정확한 평가를 위한 환경 마련, 3단계 개선된 급경사지 유형별 평가표를 개발하여 평가를 수행하도록 하는 시스템(안)을 도출하였다.

Table 9. Developed Steep Slope Management Procedures and Contents

개선안	(0)단계	(1)단계	(2)단계	
현재 절차	× (신규 구축)	○	○	
업무	사전조사	급경사지 선정	재해위험도 평가	재해위험도 평가
세부업무	붕괴예정지 확인	선정, 일제조사 실시	평가 과정	평가표
개선과업	우선순위 알고리즘 개발	일제조사서 적절성 확보	법·제도적 개선방안 마련	평가표 개정
	평가, 관리 전용 플랫폼 개발	일제조사 절차 간소화 체계 수립	평가요소 개선	유사 위험평가 체계와 연계성 확보
		신뢰도 향상을 위한 교육개설	전문가 양성 교육 실시	
		급경사지 제도 주민 홍보실시	평가단계 위한 재정지원	

결론

현재 관리되고 있는 급경사지 시스템에 관한 문헌 조사, 현장조사, 인터뷰 및 전문가 회의를 통해 단계(프로시저)별 문제점과 개선방안을 도출하였다. 최근 태풍 미탁으로 인하여 지정된 급경사지 붕괴위험지역의 피해는 발생하지 않았으나, 현장조사 결과 미지정된 급경사지의 붕괴는 발생하여 인명과 재산피해를 일으켰다. 즉, 급경사지 관리체계에 대해 시스템, 시스템 요소에 대한 구체적인 개선방안의 도출이 필요하다.

우선적으로는 연구 결과에 언급한 현 관리체계 내에서 일제조사서, 평가표, 법제도 등의 개선사항을 반영하기 위한 향후 연구가 중요하다. 개선사항으로는 교육과정 도입, 재정적 지원, 평가표 및 일제조사서 개정 등이다. 개선사항이 올바르게 수정되어 현 제도 안에 안착하게 되면, 급경사지 관리의 어려움을 효율적으로 극복해 나아갈 수 있을 것이다.

그러나 현재 관리시스템에서 혁신 없이 요소만 개선이 이루어진다면, 관련 연구원 및 담당 공무원이 현재 관리체계에서 발생하는 어려움을 개선·발전해 나가는 것으로는 근본적인 해결책이 되기 어렵다. 따라서 향후 전반적인 관리구조를 개선하는 근본적인 방안이 필요하다.

첫째로 GIS 기반 위험도 평가기법을 활용하여 관리 대상지 선정에 대한 어려움을 해소하고, 둘째로 최소한의 인력으로 원스텝 평가·관리가 동시에 이루어질 수 있는 일원적인 관리체계를 구축하는 것이다. 새로운 관리체계가 구축되면 행정안전부 및 관리기관은 안전관리계획수립·상황파악·대응에 있어서 신속하고, 정확하고, 고도화된 급경사지 관리가 가능해질 거라고 판단된다.

Acknowledgement

This research was supported by a grant(2020-MOIS33-005) of Lower-level and Core Disaster-Safety Technology Development Program funded by Ministry of Interior and Safety(MOIS, Korea).

References

- [1] Australian Geomechanics Society Landslide Taskforce (2007). Guidline for Landslide Susceptibility, Hazard and Risk Zoning for Land Use Planning. Australian Geomechanics Society, ISSN 0818-9110, Australia.

- [2] Australian Geomechanics Society Landslide Taskforce (2007). Practice Note Guidelines for Landslide Risk Management. Australian Geomechanics Society, ISSN 0818-9110, Australia.
- [3] Choo, T.-H., Yoon, H.-C., Bae, C.-Y., Son, H.-S. (2014). "Study on Decision for Landslide Hazard Areas by Using GIS." *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 15, No. 8, pp. 5310-2317.
- [4] Disaster Management Office (2016). Workbook on Steep Slope Site Management. Ministry of the Interior and Safety, Korea.
- [5] Jung, K.-W., Park, S.-J., Lee, C.-W. (2008). "Development of the Score Table for Prediction on Landslide Hazard(A Case Study of Gyeongsangbuk-Do Province)." *Journal of Korean Forestry Society*, Vol. 97, No. 3, pp. 332-339.
- [6] Korea Forest Service (2019). Comprehensive Plan for the Prevention of Landslides in the Nation, Korea.
- [7] Korea Infrastructure Safety corporation (2019). Safety and Maintenance Detailed Instructions of the Infrastructure, Korea.
- [8] Lee, J. (2016). Study on landslide characteristics and Hazard Assessment Using GIS. Ph.D. Dissertation, Gangwon University.
- [9] Lee, K.-C., Jang, Y.-G., Song, J.-H., Kang, I.-J. (2014). "Construction and Utilization Plan of Steep Slope and Underground Spatial Information DB for Steep Slope Disaster Prevention." *Journal of The Korean Geo-Environmental Society*, Vol. 15, No. 7, pp.13-21.
- [10] Lee, K.-H. (2016). An Study on Measures of Regulation Reform for Disaster Reduction in Steep Slopes. Ph.D. Dissertation, Gangwon University.
- [11] Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (2006). Large Scale Collapse Countermeasures Handbook, Japan.
- [12] Seong, J.-H., Jung, M.-H. (2017). "Development of Items for Regular and Emergent Inspections to Inspect Debris Flow in Urban Areas." *Proceeding of The Spring congress on Korea Institute for Structural Maintenance and Inspection*, pp.51-54.
- [13] Song, Y.-K., Park, D.-K., Son, Y.-J., Kim, T.-H., (2012). "A Study on the Improvement of Stability Checklist by Analyzing the Evaluation Element For Steep Slopes." *Journal of The Korean Society of Hazard Mitigation*, Vol. 12, No. 4, pp. 77-84.
- [14] Yang, I.-T., Chun, K.-S., Park, J.-K., Lee, S.-Y. (2007). "An Estimation to Landslide Vulnerable Area of Rainfall Condition using GIS." *Journal of The Korean Society for Geospatial Information Science*, Vol. 15, No. 1, pp. 39-46.
- [15] Kim, S.-D., Kim, C.-D. (2019). "A Proposal of the Disaster Mitigation Activity Management System Model for Strengthening Disaster Prevention Activities." *Journal of The Korean Society of Disaster Information*, Vol. 15, No. 4, pp. 502-513.
- [16] Kweon, S.-J., Yoo, Y.-M., Cho, S.-Y.M. (2018). "Analysis of Municipal Ordinances on Disaster Management : Focused on Busan Metropolitan City of Korea." *Journal of The Korean Society of Disaster Information*, Vol. 14, No. 1, pp. 1-8.