급경사지 유지관리 및 피해조사를 위한 Mobile System 개발

송영갑¹ · 김태훈^{2*} · 오정림¹ · 손영진¹

¹국립방재연구원 방재연구실, ²국립방재연구원 연구기획과

Development of a Mobile System for Investigating and Maintaining Steep Slopes

Young-Karb Song¹, Tai-Hoon Kim^{2*}, Jeongrim Oh¹, and Young-Jin Son¹

¹Disaster Research Division, National Disaster Management Institute

²Research Planning Department, National Disaster Management Institute

급경사지 피해증가에도 불구하고 사면조사 전문인력 부족 및 조사부분의 기술이 정량화하지 못해 효율적인 유지관리가 이루어지지 못하고 있다. 이에 따라 위험 급경사지에 대한 과학적인 현장조사 및 평가기술 개발을 목적으로 기존 야장기입에 의한 조사방식에서 탈피하여 현장조사의 효율성을 향상시키고 증대시킬 수 있는 급경사지 유지관리 및 피해조사를 위한 시스템을 개발하고자 하였다. 급경사지 현장조사 및 실내업무 프로세스를 분석하여 시스템 개발에 필요한 소프트웨어 및 하드웨어를 선정 하였으며, 급경사지 조사 자료를 기입할 수 있는 '현장정보 입력시스템'과 확보된 자료에 대한 분석을 수행하는 '분석시스템'으로 구성된 '모바일 시스템'을 개발하였다. 또한 개발된 모바일 시스템을 이용하여 급경사지 붕괴가 발생한 현장에 적용하여 활용성을 검증하였다. 본 연구에서 제시한 모바일 시스템을 통해 현장조사 소요시간과 인력을 절감하고 급경사지 관리, 분석, 피해예방 업무의 효율성을 제고 할 수 있을 것으로 기대한다.

주요어 : 급경사지, 급경사지 유지관리, 현장조사, 모바일 시스템

The efficient maintenance and management of steep slopes often require excessive professional resources and quantitative investigations. Therefore, it is important to develop technology for objective scientific site investigations and quantitative evaluations of steep slopes. This study proposes a 'Mobile System' for steep slopes in order to improve the effectiveness of site investigations compared with conventional methods using an evaluation table. By analyzing site investigations and desktop studies, the required software and hardware are identified to develop the 'Mobile System', consisting of a 'Field Information Input System' and an 'Analysis System'. The applicability of the system is verified by its application to an area with steep slopes affected by debris flows. The use of this system is expected to increase the efficiency of maintaining steep slope and to reduce the time and resources required.

Key words : Steep slopes, Slope maintenance, Site investigation, Mobile System

서 론

최근 전 세계적으로 기상이변에 따른 재해의 발생횟수와 재해로 인한 피해규모가 급속도로 증가하고 있는 실정이며, 국내에서도 자연재해로 인한 인명 및 재산피해가 매년 증가하고 있다. 국내에서 발생되고 있는 대표적인 자연재해인 급경사지 붕괴는 매년 평균 18명의 인

명피해를 발생시키고 있다(국립방재연구원, 2011). 이러한 급경사지 재해에 대응하기 위해서는 위험 급경사지에 대해 과학적인 현장조사를 수행하고, 위험성을 정량적으로 평가하여야 한다. 또한 붕괴가 발생한 급경사지에 대해서는 피해양상 및 규모를 신속하게 파악하여 효과적인 대응계획을 수립해야 한다. 일상적인 급경사지 점검 혹은 붕괴가 발생한 급경사지의 현황 및 원인조사,

*Corresponding author: ddahoon@korea.kr

종합적인 판단을 위해서는 지질, 지형, 수리, 식생 등 여러 분야에 대한 자료수집이 요구된다. 현장조사자는 붕괴현장의 악천후, 추가붕괴의 위험 등의 악조건 속에서도 현장자료 수집에 많은 시간과 노력을 기울여야 하며, 때로는 수집된 자료의 관리 및 정리에도 많은 시간을 할애해야 한다. 이처럼 현장조사의 애로점과 급경사지 피해증가에도 사면조사 전문인력 부족 및 조사부분의 기술이 과학화되지 못해 효율적인 유지관리가 이루어지지 못하고 있다. 또한 급경사지 복구를 위한 피해조사에 많은 인력과 예산이 투입되고 있으므로 보다 신속하고 객관적으로 피해규모를 산정해야 한다. 특히, 2008년도 하반기부터 시행되고 있는 ‘급경사지 재해예방에 관한 법률’에 따른 급경사지에 대한 조사수요 및 이에 따른 업무가중은 지속적으로 증대될 것으로 판단된다. 따라서 기존 야장기업에 의한 조사방식에서 탈피하여 현장조사의 효율성을 향상시키고 증대시킬 수 있는 새로운 급경사지 조사 및 분석시스템 개발이 요구된다.

급경사지의 조사 및 관리 분야에서 IT기술을 접목한 조사방법 및 장비개발 연구는 구호본 등(2007), 황상기와 유병욱(2005), 이승호(2005), 백용과 권오일(2008), 장수익 등(2010), 박성욱과 박혁진(2011)에 의해 수행되었으며, 심재현 등(2006)은 디지털카메라 기능이 내장된 상용 PDA와 소형 GPS 수신기를 이용하여 홍수로 인해 하천분야 피해조사 조사장비를 개발하였다. 그러나 지금까지의 조사시스템 연구는 주로 인공사면의 현황조사에 중점을 두고 연구가 진행되었으며, 자연사면의 위험성 평가, 산사태로 인한 토석류 확산 및 피해범위 산정을 위한 기술개발 연구는 미진한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 인공사면 뿐만 아니라 자연사면에 대해서도 현장 관리자가 붕괴 및 위험도를 정량적으로 평가하고, 급경사지 재해로 인한 피해규모 산정, 급경사지 현장조사 데이터 취득 및 저장관리, 데이터 활용 및 분석 등의 작업을 효율적으로 구현함으로써 기존 점검 및 조사방법에 비해 작업소요 시간과 인력을 절감하는 시스템을 개발하고자 하였다.

현장조사 및 실내업무 프로세스 분석을 통한 HW/SW 선정

급경사지 재해가 발생되면 붕괴 원인분석 및 피해정도를 산정하기 위해 선행 실내조사, 현장조사, 실내분석을 실시해야 한다. 우선적으로 실내조사는 산사태 현장의 위치를 조사하고, 산사태 원인과 피해정보 분석을 위

해 지형/지질조건 및 과거 붕괴이력, 보수·보강이력 등을 검토해야 한다. 현장조사는 피해지역으로 직접 이동하여 사고현장의 위치정보를 수집하고, 사고현장의 지형학적 정보획득을 위한 급경사지 재원조사, 재해 발생시간, 위치, 붕괴유형 및 규모 등을 파악하기 위한 붕괴 현장조사 및 피해정도를 확인하는 피해현황 조사를 실시해야 한다. 현장조사가 끝나면 조사과정에서 수집한 현장정보, 사진정보, 위치정보, 리스트 정보를 분류하여 데이터베이스(DB)에 저장하게 된다. 이후 DB에 저장된 각각의 정보를 바탕으로 위험등급 평가표를 통해 위험등급을 판정하고 붕괴원인 및 피해정도를 수집하여 분석하고 보고하는 프로세스를 진행하게 된다(Fig. 1).

현장조사 업무를 수행하기 위해서 조사과정마다 다양한 종류의 하드웨어 및 소프트웨어가 활용된다. 우선 실내분석 작업을 위해 DB 서버와 GIS 프로그램과 같은 분석시스템이 필요하고 각각의 하드웨어를 호환 운용하기 위해서 다양한 소프트웨어가 요구된다. 현장에서는 사고 현장으로의 이동을 위해 GPS 및 내비게이션이 필요하고 위치적 정보 파악을 위해 일반현황조사를 위한 GPS와 노트북이 필요하다. 급경사지 현황조사를 위해 붕괴규모 파악과 원인분석을 위한 거리측정기 및 콤팩스가 조사장비로 사용되고 붕괴현황조사 및 피해현황조사를 위하여 현장상황의 기록을 위한 카메라와 GPS를 이용하게 된다. 급경사지 현장조사 Mobile System의 개발목적은 기존의 급경사지 현장조사 및 실내분석 업무 프로세스에서 소요되는 과도한 인력과 시간의 투입을 절감하고자 함에 있다. 따라서 현장조사 시 이용되는 하드웨어 및 소프트웨어를 분석하여 이들을 조사업무와 유기적으로 연계할 수 있도록 효율성을 제고하는 것이 중요하다. 이에 급경사지 현장조사 및 실내업무를 분석하여 조사과정에서 필요한 장비의 요구기능을 도출하고, 이를 객관적으로 가늠할 수 있는 평가항목을 유도함으로써, 시스템 개발에 사용되는 하드웨어 및 소프트웨어를 선정하였다. 지형학적 위치정보, 지형정보 획득 장치인 GPS는 정밀도가 높은 소끼아(SOKKIA)의 DGPS를 선정하였다. 길이, 방향, 경사와 같은 지형정보 측정 장비인 거리측정기는 라이카(LEICA)의 DISTO A6로 선정하였으며, 현장조사 운용 및 조사정보 저장장치인 휴대용 컴퓨터는 파나소닉(PANASONIC)의 CF-19 장비를 선택하였다. 현장 이미지자료 입력 HW 장치로는 리코(RICOH)의 Caplio 500G SE B/W 모델을, SW 장비로서는 지리정보 시스템인 ESRI사의 GIS Engine, ArcGIS Extension을 Mobile System에 활용하였다.

Type	Desktop study	Site investigation					Desktop study				
Task	Preliminary study	Site visit	General investigation	Specification investigation	Failure investigation	Damage investigation	Classification	DB saving	Data analysis	Data reporting	Index/Statistics
Task contents	-Media info. -Municipalities info. -Geomorphologic/Geological conditions -Historical events -Historic info.	-Site visit	-Location code -Date -Investigator -Municipality -Road name -TM coordinates	-Height/Length -Slope/Aspect -Profile -Composition -Weathering -Water -Vegetation	-Date -Location -Type -Size (Depth, width) -Direct causes	-Causality -Buildings -Roads -Recovery measures -Emergent responses	-Sites -Pictures -Locations -Lists	-DB input -DB saving	-Stability analysis -Susceptibility level -Failure cause -Damage analysis	-Collecting data -Analysis -Writings -Prints	-Implementation -Indexing/Statistics
Data used	-Transportation maps -Geologic maps -News/Media	-Transportation maps -Geomorphologic maps	-Transportation maps -Geomorphologic maps	-Specification investigation	-Failure investigation	-Damage investigation			-DB Data -Checklist -Current reports	-DB Data -Analyzing system	-DB Data
HW	-DB Server	-GPS -Navigation	-Notebook -GPS	-Distance finder -Compass	-Camera -GPS	-Camera		-Desktop -DB Server	-Analyzing system	-Analyzing system	-Analyzing system
SW	-Internet							-MySQL -Oracle	-CAD -Excel	-Data reporting	-Analysis module
Output			-Checklist -Locations	-Checklist -Images	-Checklist -Images	-Checklist -Images	-Investigation data -Picture file	-Investigation DB	-Analysis results -Analysis data	-Reports	
Output type	Location information (Municipality, coordinates)		Geometry information (Length, aspect, slope)		Image data (Site images)		Text data (Investigation data)				

Fig. 1. Work flow of desktop studies and site investigations of steep slopes (National Disaster Management Institute, 2009a).

Mobile System의 현장점검 효율성, 해석시스템 설계를 위한 기본도(Base map)는 한국지질자원연구원에서 발행한 TM(Vessel)좌표-중부원점 127° 기준의 축척 1:250,000 수치지질도를 선정하여 개발하였다. 하지만, 급경사지 개개 현장의 정밀한 지질적 특성 분석을 위해서는 축척 1:50,000 이상의 대축척 수치지질도가 필요하다고 판단된다. GIS 지형자료는 지형도, 식생도, 토양도를 활용하였다. 지형도에는 건물, 도로, 철도, 수계, 경계, 기타경계, 지형, 기타지형, 교통도로, 행정경계 등 총 83개의 세부 레이어정보가 있다. 그중 지형, 건물, 도로 등과 같이 급경사지 소재, 행정구역, 지형, 피해 추정 등에 필요한 필수 항목을 시스템 개발에 반영하였다.

현장조사 Mobile System 개발

현장정보 입력시스템

현장조사 Mobile System은 크게 급경사지 붕괴현장에서 조사 자료를 기입할 수 있도록 도와주는 ‘현장정보 입력시스템(Site Information Input System)’과 확보된 자료에 대한 분석을 수행하는 ‘분석시스템(Analysis System)’으로 구성하였다. Mobile System 개발에 앞서 본 시스템이 활용될 기존 조사 및 분석업무 프로세스를 분석하였으며, 분석결과를 바탕으로 필요한 기능을 도출하였다. 급경사지 Mobile System은 현행 육안 및 인력

에 전적으로 의존하는 기존 현장조사 방식에서 탈피하여 조사에 걸리는 시간을 절감하고 편의성을 증대시키는데 주요한 목적이 있다. 조사자가 붕괴현장 여건에 대한 충분한 판단을 위해서는 많은 자료의 조사 및 입력이 요구된다. 이중 기존방식의 현장조사에 시간소요와 위험성이 큰 작업종류로는 급경사지의 기하조건에 관련된 연장(폭), 길이(상하), 높이, 경사, 경사방향, 면적 등을 측정하는 과정이 있다. 이를 Mobile System에서 제공하는 GPS에 의한 위치좌표나 수치지형도에서의 기하조건 분석기능을 이용할 경우 이동계적 (Tracking) 및 원격으로 임의 점의 좌표를 입력하여 현장정보 입력이 가능하다. 또한 해당 급경사지의 구성 암종이나 수리조건, 식생분포, 가옥분포 등에 대한 정보를 기입할 경우, 각종 수치지도를 이용하여 기초정보 기입에 활용할 수 있다. 이러한 수치지형도는 산사태 취약성 및 피해범위 산정연구에 많이 이용되고 있다. Fig. 2는 업무프로세스 및 요구기능 분석결과를 기반으로 사용자 위주의 편의성을 고려한 입력시스템 화면을 보여주고 있다.

주(Main) 화면은 크게 조사현장을 검색하고 관리하는 색인창, 관리현장을 지도상에 표시하는 지도 표시창, 각종 레이어에 대한 속성 표시창, 정보입력 및 분석창으로 구성하였다. 정보입력 분석창은 현장조사 자료의 입력 및 급경사지 위험도 평가, 안정성평가 등의 각종 분석창으로 구성되며, 급경사지 붕괴사면 현황정보 입력창은

Fig. 2. Full extent and input screens of the Mobile System.

Fig. 3. Geologic information and the input window using base maps.

급경사지 기하조건, 지형/수리 조건, 지질/지반조건 및 현장사진 정보 등 급경사지의 기본정보를 입력할 수 있도록 구성하였다. 특히 길이, 방향 등의 기하조건에 경우 GPS 좌표나 수치지형도의 정보를 이용하여 조사자

가 현장에서 원격 또는 간접적으로 관련 수치를 입력할 수 있도록 하였다.

급경사지 붕괴현황 자료로는 붕괴유형 및 면적, 심도, 길이, 높이 등이 있으며, 이중 붕괴면적의 경우 실제 추

가 붕괴 가능성이 상존하는 현장조사 과정에서 붕괴부 주변을 측량하여 면적을 산출하기에는 한계가 있으므로 GPS 좌표정보 및 수치지형도 상에서 다각형 객체를 생성한 후 객체의 면적정보를 얻음으로써 산출하는 자동 계산방식을 구현하였다. 또한 붕괴피해에 의한 인명 및 재산상의 피해 가능성을 평가하기 위한 주변구조물 분포현황과 실제 발생한 인명과 재산상의 피해 정보를 입력하기 위한 피해구조물 분포현황 기입이 가능하도록 구성하였다. 붕괴 급경사지의 현장위치, 관심 위치사이의 거리, 이동궤적(Tracking), 급경사지 분포 범위 등의 자료는 실시간 GPS 위치좌표를 이용하여 산정할 수 있도록 하여 현장조사 시간을 절감하고 안전사고를 예방할 수 있도록 하였다. 또한 기본도로 확보된 지질도, 토양도, 지형도 등의 레이어를 현장 조사시 각 조사항목에 맞추어 화면에 도시하고 이를 GPS를 이용한 현재 좌표와 중첩하여 붕괴지역의 암상, 식생종류 등의 정보를 활용하여 현장에서 붕괴원인 등을 보다 신속하게 판단할 수 있게 된다(Fig. 3).

현장정보 분석시스템

현장정보 분석시스템에서는 현장에서 취득된 자료를

바탕으로 사용자가 원하는 조건에 따라 정보를 검색하고, 위험등급을 판정하고, 안정해석을 수행하여 결과를 도출하는 기능을 구현할 수 있도록 시스템을 개발하였다. 또한 Mobile System에 사용되는 각종 자료의 전송 및 연계방안과 그 자료가 분석시스템 내의 위험도 및 안정성 평가에서 자동 기입되어 입력 자료로 활용되는 방안 등을 분석하여 시스템 개발에 반영하였다(Fig. 4). 또한, 현장정보 해석시스템은 현장에서 측정된 GPS 좌표, 거리산정에 의한 수치, 공간속성 정보(암종, 식생, 토심) 등을 기본도 표시창의 수치지형도에 도시하여, 현장 조사자의 목적에 따라 보다 효율적으로 급경사지 점검, 붕괴발생 시 원인 및 피해현황 분석 작업을 수행할 수 있다.

조사된 급경사지의 위험등급 판정은 Mobile System 입력시스템을 이용하여 현장조사 과정에서 얻어진 자료를 활용하여 손쉽게 위험등급을 판정할 수 있다. 급경사지 위험등급 판정은 국립방재연구원의 위험등급 평가표(국립방재연구소, 2009b)를 적용하여 토사지반과 암반지반으로 구분된 평가체계를 시스템에 반영하였다(Fig. 5). 위험도 평가항목 중 앞서 획득된 조사 자료에 대해서는 각 배점구간과 기 입력된 수치를 상호 비교하여 신속한

Fig. 4. Overview of the analysis system based on field information.

급경사지현황 · 붕괴현황 · 위험등급판정 검색	
☐ 토사지반 ☐ 암반지반 ☒ 급경사지현황 기하조건사용 ☐ 붕괴현황 기하조건사용	
평가항목	평가기준 및 배점(토사지반)
연 경 도	☐ 대단히 견고 [1] ☐ 조밀 또는 견고 [4] ☐ 중간 [7] ☐ 느슨 또는 연약 [10]
높 이	☐ 10m 이하 [1] ☐ 11~20m [4] ☐ 21~30m [7] ☐ 31~40m [10]
경 사	☐ 1:2.0(26°)이하 [1] ☐ 1:1.5(34°) [2] ☐ 1:1.2(40°) [4] ☐ 1:1.0(45°) [8]
계 곡 부	☐ 무 [0] ☐ 유 [6]
용 수 상 태	☐ 용수없음 [0] ☐ 습윤상태 [6] ☐ 상시존재 [12]
인 경 근 역	☐ 무 [0] ☐ 유 [16]
붕 괴 이 력	☐ 무 [0] ☐ 유 [8]
예 상 피 해 도	☐ 해당사항없음 [0] ☐ 일반도로 [8] ☐ 주요도로 [10] ☐ 그 외의 공공건물 [14]
총 점	2 / 100 2 %

(a) Soil slope

급경사지현황 · 붕괴현황 · 위험등급판정 검색	
☐ 토사지반 ☒ 암반지반 ☒ 급경사지현황 기하조건사용 ☐ 붕괴현황 기하조건사용	
평가항목	평가기준 및 배점(암반지반)
종 화 도	☐ 신선 [1] ☐ 약간풍화 [5] ☐ 보통풍화 [10] ☐ 심한풍화 [15]
높 이	☐ 10m 이하 [1] ☐ 11~20m [4] ☐ 21~30m [7] ☐ 31~40m [10]
경 사	☐ 1:1.5(34°) [1] ☐ 1:1.2(40°) [2] ☐ 1:1.0(45°) [4] ☐ 1:0.7(59°) [8]
토 층 선 도(h)	☐ h = 0m [0] ☐ 0m < h < 2m [2] ☐ 2m < h < 5m [6] ☐ h > 5m [8]
지 질	☐ 해당사항없음 [0] ☐ 미균열, 침입암/석회암/송장암 특성을 가지는 아암, 세암/ [10]
절 리 방 향	☐ 좌우 유리 [1] ☐ 유리 [2] ☐ 양호 [4] ☐ 불리 [8]
단 속	☐ 없음 [0] ☐ 있음 [5]
계 곡 부	☐ 무 [0] ☐ 유 [4]
용 수 상 태	☐ 용수없음 [0] ☐ 습윤상태 [6] ☐ 상시존재 [4]
인 경 근 역	☐ 무 [0] ☐ 유 []
붕 괴 이 력	☐ 무 [0] ☒ 유 [1]
예 상 피 해 도	☐ 해당사항없음 [0] ☐ 일반도로 [6] ☐ 주요도로 [8] ☐ 그 외의 공공건물 [10]
총 점	26 / 100 26 %

(b) Rock slope

Fig. 5. Stability evaluation table used in developing the system.

(a) Stereographic analysis

(b) Limit equilibrium analysis

Fig. 6. Slope stability analyses.

구간 선택 및 배점이 이루어 질 수 있도록 하였다.

특히 암반사면의 경우, 현장에서 조사된 사면방향과 불연속면 방향성 자료 등 관련정보를 이용하여 평사투영해석, 한계평형해석을 통합적으로 처리 할 수 있는 안정해석 모듈을 시스템 내부에 구현하였다(Fig. 6). 이중 평사투영해석은 쉐기파괴 안정해석, 평면/전도파괴 안정해석으로 구성하였고, 입력된 경사, 불연속면, 마찰각, 평면파괴각, 전도파괴각 정보를 이용하여 불안정 영역을 화면에 도시하여 사용자가 이를 쉽게 확인할 수 있도록

구현하였다. 한계평형해석은 쉐기파괴, 평면파괴로 구성하였고, 입력된 경사, 불연속면, 마찰각, 평면파괴각, 전도파괴각, 점착력, 상부사면, 사면높이, 단위중량, 지하수위, 설계안전율 정보를 이용하여 안정성 평가를 수행할 수 있도록 구성하였다.

Mobile System은 입력시스템을 통해 얻어진 입력 자료와 위험등급 평가 분석과정을 통해 도출된 결과를 종합하여 표준양식에 따라 결과로 출력 할 수 있다. 이를 통해 기존 대장형태로 보관하던 관련 자료를 전자문서

(a) Location of the study area

(b) Steep slope failure

Fig. 7. Overview of the study area.

형태로 관리함에 따라, 효율성과 활용성의 증대를 도모할 수 있다. 또한 담당자의 보직변경에 따라 야기될 수 있는 자료관리 상의 허점을 보완하고 필요자료를 손쉽게 검색하고 출력, 열람함으로써 자료 관리에 소요되는 인력과 시간을 절감할 수 있다.

Mobile System을 이용한 현장조사

개발된 Mobile System을 이용하여 급경사지 붕괴가 발생한 현장에 적용하여 급경사지 현황과 붕괴 원인, 피해범위 및 급경사지 위험등급을 판정하였다. 조사대상 급경사지는 자연사면으로 2011년 7월 28일 발생한 집중호우(일강우량 398.0 mm/일, 최대시우량 44.0 mm/hr)로 인해 토석류가 발생하여, 급경사지 직하부에 위치한 암자 및 가옥이 붕괴되어 4명의 사상자가 발생한 현장이다(Fig. 7).

Mobile System을 이용한 현장조사는 다음과 같은 단계로 이루어진다. 첫째, 재해현장으로 이동하여 Mobile System의 base map을 활성화 시킨 후 GPS를 연결한다. 연결된 GPS를 통해 획득된 실시간 위치좌표는 조사자 위치에 자동적으로 도시되므로 손쉽게 재해현장의 위치 정보를 파악할 수 있다. 둘째, GPS 위치정보를 이용하여 Mobile System 지도 표시창에 급경사지 객체를 생성한다. 자연사면의 경우 급경사지 현황 및 붕괴 현황, 피해범위 산정은 앞서 언급한 GPS 이동궤적(Tracking)을 이용하여 분석객체를 생성한 후 해당정보를 손쉽게 계산할 수 있다. 즉, 현장 조사자가 이동궤적(Tracking)으로부터 급경사지의 분포 범위를 다각형으로 구성함으로써 DEM을 작성하고, 삼각망을 형성하여 지표

(Surface) 모델을 완성한 후 조사현장에 대한 방향과 경사, 면적을 산출하는 것이다. 현장조사 시 도보로 이동 가능한 지역은 실시간 GPS 위치정보를 획득할 수 있었으나, 본 현장의 경우 일부구간은 추가붕괴가 우려되고, 발생한 토석류로 인해 이동이 제한되어, GPS 좌표정보 및 원격으로 여러 점을 생성하는 방법으로 급경사지 객체를 생성하였다. 이러한 과정을 통해 급경사지 위치(GPS 좌표), 연장(219 m), 길이(143.3 m), 높이(54.8 m), 경사(35°), 경사방향(135°) 등을 자동으로 계산 하였으며, 수리조건, 현장사진 등은 직접 입력하였다. 위에 언급된 기하조건 중 급경사지 높이와 경사는 생성된 급경사지의 상하부를 기준으로 평균치를 자동 계산하여 산정되며, 연장 및 길이 등은 지도 표시창의 임의의 두 점을 측정하거나, 준비한 거리측정기로 거리를 산정하여 입력하였다.

세 번째로는, Mobile System상의 기본도(지질도, 지형도, 건물, 도로 레이어 등)를 활용하여 급경사지의 지형 및 지질특성 정보, 피해범위를 입력하게 된다. Mobile System의 지형도를 통해 붕괴발생 시점 및 피해지점이 계곡부임을 명확히 확인할 수 있었으며, 지도 표시창 붕괴발생 위치에 현장정보 입력기능을 사용하여 붕괴지역이 층적층임을 파악할 수 있었다. 붕괴발생 지역은 하천의 퇴적작용으로 형성된 층적층 지대임을 감안할 때 Mobile System의 지질특성 정보가 정확함을 알 수 있었다(Fig. 8).

네번째로, 수치지형도 상에 도보 및 원격으로 생성한 GPS 위치좌표를 이용하여 피해범위(토석류 확산범위)를 산출하였다(Fig. 9(a)). 피해범위는 수치지형도에 객체를 생성한 후 객체의 면적정보를 얻음으로써 계산할 수 있

(a) Rock type of the study area

(b) Geologic map

Fig. 8. Analysis of geologic characteristics using the Mobile System.

(a) Measurement of damaged area by using Mobile System

(b) Measurement of damaged area by using ArcGis

Fig. 9. Comparison of damaged area arising from slope failure.

다. 피해범위 산출결과, 급경사지 재해발생 시점부에서 토석류 확산부까지의 거리는 351 m, 붕괴부 최대폭은 219 m으로, 총 피해면적은 22,770 m²로 분석되었다. 이러한 결과는 현장조사 후 실내분석(ArcGIS)으로 분석한 결과와 동일하게 산출되었다(Fig. 9(b)). 또한, 레이어상에 주택 및 가옥, 도로 레이어 등을 활성화 시켜 피해구조물 분포현황 기입이 가능하도록 되어 있으므로, 피해범위에 해당하는 시설물들은 자동 기입되어 피해가옥

(2채) 및 건물(6채)의 수를 자동으로 파악하였다.

현장조사의 마지막 단계로 Mobile System을 이용하여 현장조사 보고서를 생성한다(Fig. 10). 현장조사 보고서는 앞서 입력한 급경사지 및 붕괴 현황, 피해범위, 위험등급 평가 등의 정보가 분석시스템으로 자동 연동되어 '급경사지 일반현황' 및 '위험등급 판정' 보고서가 생성된다. 앞서 언급하였듯이 표준양식에 따라 도출된 결과보고서는 기존 대장형태로 보관하던 관련 자료를 전

급경사지 현장조사 보고서[일반현황]					
현 장 명	000		조 사 자	000 조사일시 2017.07.30 오후 4:11:03	
위 치	000 000 0000		좌 표	N : 37 56 43.8 E : 127 3 6.1	
급경사지 종 류	자연사면	관리기관	지자체	접근도로 지형도()	
표면면적	37,105 m ²	투영면적	32,569 m ²	연면적()	219 m
경 사	35°	경사방향	135°	높 이	54.8 m
주변 지형	온산역	누수조각	조각	석방 종류	원래수입 석방 정도 소량도·중
급경사지 지형조건	가곡(6) 건물(4) 전선() 전담() 배설관() 기타()				
지반 구성	도시	구성암종	파지암	암 석 명	층적층 풍 화 도 심한돌출
토층 깊이	2.4 m	토층심도률	%	안전등급	안전등급 특 성
불안속면	False	False	False	False	False
< 현장개황도 >

< 현장 사진 >

(a) General information

급경사지 현장조사 보고서[위험등급판정-토사지반]	
평가일 : 2012-05-09 오후 4:38:19	
평가항목	평가기준 및 배점
연 경 도	대단위경고 [1] 조밀 또는 경고 [4] 중간 [7] 노순 또는 연약 [10] 중대경고 [14]
높 이	10m 이하 [1] 11~20m [4] 21~30m [7] 중대경고 [10]
경 사	1:2.0(26°)이하 [1] 1:1.5(34°) [2] 중대경고 [4] 1:1.0(45°) [8]
계 국 부	무 [0] 중대경고 [6]
용수상태	용수없음 [0] 습윤상태 [6] 중대경고 [12]
인장균열	무 [0] 중대경고 [16]
풍격이력	무 [0] 중대경고 [8]
예상피해도	해당사항없음 [0] 일반도로 [8] 주요도로 [10] 중대경고 [14] 인구밀집(병원/학교) [10]
총 점	60/100 (60)

(b) Vulnerability evaluation

Fig. 10. Reporting on analysis results.

자문서 형태로 관리할 수 있다. 급경사지 재해현장은 붕괴 토사, 지자체 및 관리기관의 긴급대응 등으로 다소 어수선한 분위기로, 정확한 조사정보를 얻기에 한계가 있을 수 있다. 그러나 Mobile System을 이용한 현장조사는 관련정보 입력시 합리적인 판단근거를 제공할 수 있는 기초자료를 제공하고 현장 육안조사 자료와 함께 종합 판단함으로써 획득 자료의 신뢰성과 조사 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 Mobile System을 이용하여 급경사지 현황 및 원인, 복구를 위한 피해범위 산정, 급경사지 위험도 판단 등을 정량적으로 신속하게 수행하여, 피해정도를 평가하고 대책을 수립하는데 중요한 근거를 마련할 수 있었으며, 현장조사 시간을 절감하고 안전사고를 예방할 수 있었다.

결 론

기상이변에 따른 급경사지 피해증가에도 불구하고 사면조사 전문인력 부족 및 조사부분의 기술 비정량화로 인해 효율적인 유지관리가 이루어지지 못하고 있다. 이에 따라 위험 급경사지에 대한 과학적인 현장조사 및 평가기술 개발이 요구되고 있다. 이에 본 연구에서는 기존 야장기입에 의한 조사방식에서 탈피하여 현장조사의 효율성을 향상시키고 증대시킬 수 있는 급경사지 Mobile System을 개발하고자 하였다.

급경사지 유지관리 및 피해조사를 위한 Mobile System 개발을 위한 첫 단계로 급경사지 현장조사 및 실내업무를 분석하여 조사과정에서 필요한 장비의 요구 기능을 도출하고, 이를 객관적으로 가늠할 수 있는 평가항목을 유도함으로써, 시스템 개발에 사용되는 하드웨어 및 소프트웨어를 합리적으로 선정하였다. 두 번째 단계로는 급경사지 현장조사 자료를 기입할 수 있는 현장정보 입력시스템과 현장에서 취득된 자료를 바탕으로 급경사지 위험등급을 판정하고, 안정해석을 수행하여 결과를 도출하는 분석시스템을 개발하였다. 또한, 개발된 Mobile System을 이용하여 붕괴가 발생한 급경사지 현장에 적용하여 급경사지 현황 및 원인조사, 피해범위를 산정하고, 급경사지 위험등급을 판정하여 효율성을 검증하였다.

본 연구에서 개발한 Mobile System을 이용하여 급경사지 현장조사 시 발생하는 여러 자료를 효율적으로 수집·분석하고, 위험성을 정량적으로 평가함으로써 기존 점검방법에 비해 시간과 인력을 절감할 수 있을 것이라 판단된다. 또한, 급경사지 관리, 분석, 피해예방 업무 효율성을 제고할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

구호본, 이종현, 김승현, 임광수, 임채희, 2007, Mobile

- PC를 이용한 절토사면 현황조사 기법 개발, 한국방재학회지, 7(4), 128-136.
- 국립방재연구소, 2009a, 급경사지 현장조사 전자야장 개발, 180p.
- 국립방재연구소, 2009b, 급경사지 안정요소 분석 및 해석방안 연구, 197p.
- 국립방재연구원, 2011, 급경사지 붕괴경보 및 대피기준 설정, 156p.
- 박성욱, 박혁진, 2011, 지상라이다를 이용한 암반사면 불연속면 거칠기에 대한 확률특성 분석, 대한지질공학회지, 21(1), 1-13.
- 백용, 권오일, 2008, Web service 기반의 사면조사자료 처리시스템 개발, 2008 한국지반공학회 사면안정학술발표회 논문집, 235-239.
- 심재현, 최우정, 정재학, 진경혁, 2006, 첨단기술을 이용한 재해 피해조사 방안, 대한토목학회지, 54(5), 28-33.
- 이승호, 2005, 3차원 영상처리를 이용한 암반사면 절리 측정 연구, 대한토목학회 논문집, 25(2), 79-84.
- 장수익, 강인준, 강호윤, 2010, NTRIP 서비스를 이용한 도로절토사면 현황조사방법, 한국지형공간정보학회지 18(4), 87-92.
- 황상기, 유병옥, 2005, 사진을 이용한 대사면의 지질구조 측정, 한국지반환경공학회 2005 기술위원회 워크샵 논문집, 91-99.

원고접수일 : 2012년 3월 28일
 수정본채택 : 2012년 5월 16일(1차)
 2012년 6월 11일(2차)
 게재확정일 : 2012년 6월 13일

송영갑

국립방재연구원 방재연구실
 121-719 서울특별시 마포구 마포대로 136
 지방재정회관 13층
 Tel: 02-2078-7809
 Fax: 02-2078-7839
 E-mail: karb@korea.kr

김태훈

국립방재연구원 연구기획과
 121-719 서울특별시 마포구 마포대로 136
 지방재정회관 6층
 Tel: 02-2078-7801
 Fax: 02-2078-7729
 E-mail: ddahoon@korea.kr

오정임

국립방재연구원 방재연구실
 121-719 서울특별시 마포구 마포대로 136
 지방재정회관 13층
 Tel: 02-2078-7831
 Fax: 02-2078-7839
 E-mail: jeongrim@korea.kr

손영진

국립방재연구원 방재연구실
 121-719 서울특별시 마포구 마포대로 136
 지방재정회관 13층
 Tel: 02-2078-7803
 Fax: 02-2078-7839
 E-mail: sonyjin2002@korea.kr