

대도시지역에 적합한 사면관리프로그램

Slope Management Program of Available to an Urban Area

김경수¹⁾, Kyeong-Su Kim, 조용찬¹⁾, Yong-Chan Cho, 채병곤¹⁾, Byung-Gon Chae
송영석¹⁾, Young-Suk Song, 이춘오¹⁾, Choon-Oh Lee

¹⁾ 한국지질자원연구원 지질환경재해연구부 선임연구원, Senior Researcher, Geological & Environmental Hazards Division, Korea Institute of Geoscience & Mineral Resources

SYNOPSIS : In general, a damage that occurs due to landslide or slope failure in urban areas is larger than that in rural areas. In order to reduce the damage, a program is necessary to categorize slopes based on properties and to manage them systematically. Based on the above necessity, a slope management program which is applicable to slope management in an urban area has been developed at Hwangryung mountain in Busan as a target area. The program has a function of systematic slope information constructed by slope ID number of each slope or sub-region of a mountain, making a slope data sheet, analysis and grouping of slope stability, and establishment of a data base. It can also be utilized practically by end users due to the convenient input, edition, printing, management and operation of slope data. For practical utilization of the developed program, a research related to construction of the slope management system for a regional area is demanded to be performed continuously. The supply and utilization of a web based slope management system would contribute to damage reduction.

Key words : Urban area, Slope failure, GIS based, Slope management program, Information

1. 서론

대도시지역에서 산사태와 사면붕괴가 발생될 경우 다른 지역에 비해 상대적으로 많은 인명과 재산피해를 초래한다. 이러한 사면재해를 줄이기 위해서는 위험요소가 내재된 사면들을 체계적으로 분류하고 효율적으로 관리하는 사면관리시스템이 필요하다(김경수, 2003, 2004). 사면관리시스템은 사면안정성과 관련이 있는 지질요소들에 대한 데이터베이스를 구축하고 정보화하여 사면을 장기적으로 관리하는 것으로, 지질특성이 충분히 반영될 수 있도록 조사·분석·평가과정을 통해 적합한 사면관리프로그램을 개발한 후, 도시전역의 사면에 적용하여 사면관리시스템을 구축하는 방법이 적절하다. 이러한 필요성에 의해 대도시지역의 사면관리시스템 구축에 실용적으로 이용될 수 있는 사면관리프로그램을 개발하였다.

이 사면관리프로그램은 자연사면과 절취사면별 고유코드화, 사면조사와 시트작성, 사면안정성 평가와 분류, 사면자료의 체계적 데이터베이스와 정보화 및 사면정보 이용 등으로 요약된다. 그리고 GIS기반으로 모든 사면에 대한 조사, 시험 및 분석자료를 입력/관리하여 사면을 지속적으로 관리할 수 있는 체계로 이뤄져 있다. 이에 의하면 사면위치, 조사자료, 현장사진, 자료분석 및 사면안정성 평가결과 등의 모든 사면자료가 원활히 입력/출력/편집/관리/운영됨으로써 사면관리가 일목요연하게 이루어지고, 무엇보다 사용자가 편리하게 활용할 수 있도록 설계하였다.

한편, 대도시지역의 사면조건을 잘 반영하고 있는 부산광역시 백양산 및 구덕산지역에 이 사면관리프로그램을 실제로 적용하여 사면관리시스템을 구축함으로써 그 적합성을 검증하였다. 앞으로 타 대도시에도 확대 적용하여 사면을 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 토대를 마련하였으며, 사면관리시스템의 구축과 계속적 활용을 통해 사면재해를 최소화 할 수 있는 기반을 구축하였다. 현재 이 사면관리프로그램을 부산 전역을 대상으로 하여 사면관리시스템을 구축 중에 있다.

2. 사면관리프로그램 개발 및 적용

대도시지역의 사면특성을 잘 반영하고 있는 부산지역을 대상으로 사면관리프로그램을 개발하고 이를 황령산지역에 적용하였다. 사면관리프로그램은 GIS를 기반으로 절취사면과 자연사면에 대한 현황, 위치, 지질, 지형, 사면, 소단, 식생, 지하수, 옹벽, 배수시설, 보호시설, 불연속면, 붕괴현황, 보강대책 및 현장사진 등의 조사자료와 시험 및 분석자료를 입력/관리하여 지속적으로 사면을 관리할 수 있는 체계로 설계되었다. 이는 사면안정성 분석 및 평가 등을 통해 산사태나 사면붕괴 위험성을 예측 진단하는 용도로 이용될 수 있으며, 사면관리시스템을 구축한 후 웹기반으로 변환하여 지자체 등에서 사면재해 예측과 피해방지 등의 목적으로도 활용이 가능하다.

2.1 기본 주제도

사면관리프로그램의 기본 주제도는 국립지리원에서 발간한 1:5,000 수치지형도와 한국지질자원연구원에서 발간한 1:50,000 지질도가 이용되며, 위성영상으로는 IRS-1C, LANDSAT 영상을 사용하였다. 프로그램 상에서 사면의 조사위치, 위치별 지형/지질특성과 주변환경을 쉽게 파악할 수 있도록 여러가지 GIS주제도와 영상자료를 제작하였으며, 자연사면 산사태가능성을 파악할 수 있는 산사태예측도를 작성하여 이를 기본주제도로 활용함으로써 효율과 편의성을 크게 하였다(그림 1).

먼저 해당지역의 수치지형도를 통합하고, 통합된 수치지형도로부터 행정구역, 건물, 도로, 철도, 등고선, 수계, 지류, 지명 레이어를 분류하였다. 그리고 등고선으로부터 DEM을 생성하고, 생성된 DEM으로부터 경사도, 음영기복도 등의 주제도를 작성하였다. 조사위치의 주변환경을 쉽게 파악할 수 있도록 IRS-1C 영상과 LANDSAT 영상을 영상합성(image fusion)기술을 이용한 고해상도의 컬러영상과 연구지역 자연사면의 안정성을 분류한 산사태예측도를 작성하여 이를 기본주제도로 활용할 수 있도록 하여 효율과 편의성을 제고하였다.

표 1은 사면관리프로그램에서 사용할 기본주제도 및 위성영상자료 목록을 정리한 내용이다.

2.2 기본모델 설계

이 연구에서 사면관리프로그램은 사면자료를 지도정보와 함께 입력하여 사용자가 효율적으로 관리할 수 있도록 GIS기반으로 설계되었다. 이 프로그램은 Windows 98, 2000 및 XP 운영체제에서 수행이 가능하도록 하였으며, 개발도구로 이용된 GIS엔진은 AccuMap X/VCL 2.x 버전이다.

야외조사에 의한 사면위치, 조사자료, 현장사진 및 시험분석 자료 등 사면자료들을 입력/편집/출력/관리/운영할 수 있도록 설계하였으며(그림 2), 사면위치는 컴퓨터 화면상에서 지도를 보거나 좌표를 입력해 확인하도록 하였다. 그리고 기존에 입력되었던 사면자료는 해당 사면번호를 입력하거나, 화면상의 조사 위치를 나타내는 심볼을 마우스로 클릭하여 쉽게 검색할 수 있도록 하였다. 그리고 입력된 자료는 언제든지 수정, 보완 및 삭제가 가능하다.

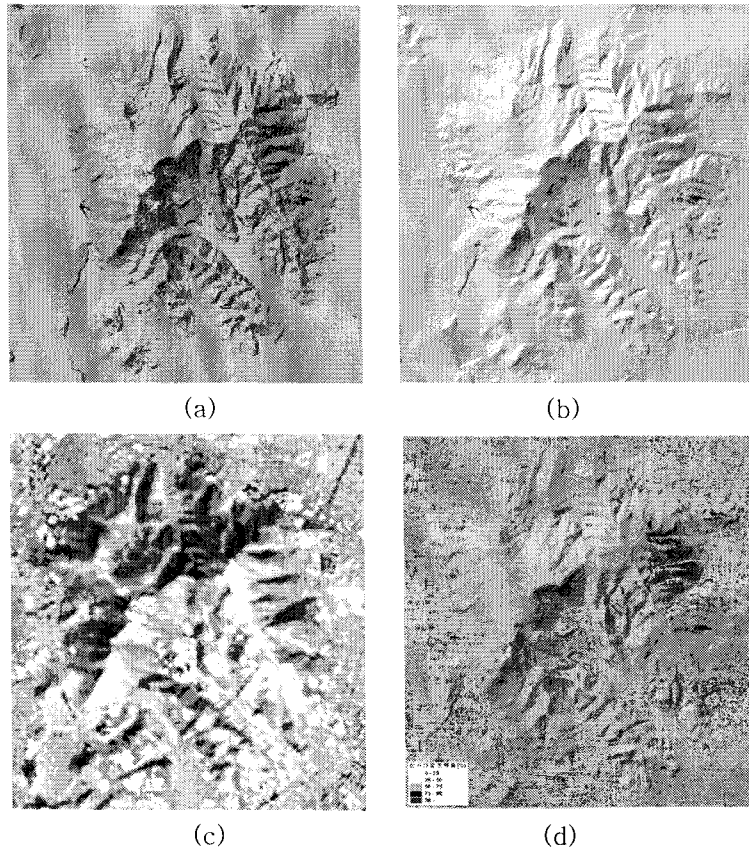


그림 1. 사면관리프로그램에 사용된 기본주제도, (a) 경사도, (b) 음영기복도, (c) IRS-1C, LANDSAT TM 합성영상, (d) 산사태예측도

표 1. 사면관리프로그램에 구축된 기본사양

Digital topographic map		GIS thematic map	Digital geological map		Satellite image	
Scale	1/5,000	DEM	Scale	1/50,000	kind	Resolution
Sheet No.	35913033	Slope angle distribution	Sheet name	Busan sheet	IRS-1C (black & white)	5.8m
	35913034	Slope classification		Dongrae sheet	LANDSAT TM (color)	30.0m
	35913035	Hillshade	Landslide prediction map		Fusion image	5.8m
	35913043		Scale	1:5,000		
	35913044					
	35913045		Cell size	10m		

배경자료 또는 기본주제도로 이용되는 지형도, 지질도, 위성영상, DEM, 경사도, 음영기복도 및 산사태예측도 등의 주제도를 효율적으로 관리할 수 있는 레이어제어기와 화면상에서 지도와 위성영상을 쉽게 확대/축소/이동할 수 있도록 화면제어기를 두었다. 모든 사면자료는 화면과 프린터로 쉽게 출력하여 문서 또는 도면화가 가능하다.

사면관리프로그램에 사용될 레이어는 표 2와 같이 정리된다. 수치지형도는 많은 레이어를 포함하고

있기 때문에 이를 한꺼번에 나타내면 항목이 많아서 실제 이용시 많은 불편함을 초래한다. 따라서 수치 지형도의 레이어를 6개 그룹으로 재분류함으로써 불편함을 해소하였다. 각 그룹은 건물, 도로, 주기, 지형, 하천 및 기타로 하고, 그 하위에 각 해당 레이어를 포함시켰다. 주제도는 래스터영상으로 처리하여 별도의 레이어 그룹으로 작성하고, 사면관리 그룹을 만들어 자연사면의 소구역도, 절취사면, 지질도 및 시료채취지점 등의 정보를 나타낼 수 있도록 구성하였다.

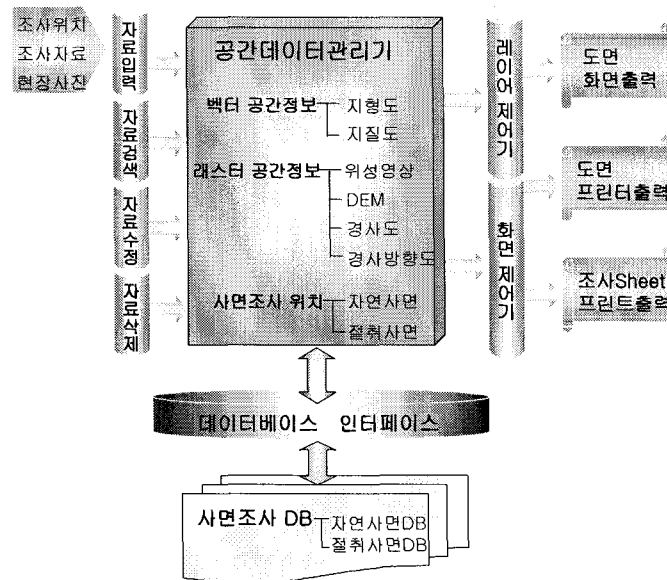


그림 2. 사면관리프로그램의 설계

2.3 사면정보 구축

사면관리프로그램에 필요한 입력데이터는 사면안정성 평가와 분류를 위해 직접적으로 관계되는 지질 조건, 토질과 암반특성, 사면형태, 식생, 지하수상태, 배수시설 및 붕괴이력 등의 사면자료와 사면관리를 위해 기본적으로 요구되는 위치, 도로 및 건물 등 인문지리적 자료들이다. 먼저 사면조건과 특성이 크게 다른 자연사면과 절취사면으로 구분하고 자연사면은 다시 지형과 관리조건 등이 고려된 소구역으로, 절취사면은 독립된 개개사면으로 구분하여 각각의 코드번호를 부여하였다. 자연사면 조사에서는 계곡과 능선을 경계로 사면을 소구역으로 분할하여 각 소구역별 코드번호를 부여하고, 사면의 위치, 시설물, 파괴이력 등의 기초정보, 토질, 암석, 풍화 및 노두상태 등의 지질자료, 사면기하(geometry), 토질특성, 암석물성, 전단특성 및 투수성 등의 지질공학자료를 사면시트에 기입하도록 하였다.

절취사면 조사에서는 절취사면을 유형에 따라 옹벽과 절취사면으로 이뤄진 사면, 옹벽 없이 절취사면으로만 이뤄진 사면, 그리고 순수 옹벽으로만 이뤄진 사면으로 구별하였다. 하나로 연결된 사면이라도 사면의 방향이 바뀌거나 이격되어 있는 경우에는 별도의 일련번호를 추가로 부여하였다. 그리고 높이를 기준으로 3m 미만의 사면(옹벽포함)은 붕괴위험성이 낮은 것으로 간주하여 관리대상에서 제외하였다. 조사용 사면시트에는 암반의 불연속면, 암석분포 및 풍화상태 등의 지질자료, 토질자료, 사면기하, 암석물성, 강도, 전단특성, 면거칠기 및 배수조건 등의 지질공학자료를 기입하도록 하였다.

현장조사를 통해 얻어진 사면자료는 사면관리프로그램에 의해 데이터베이스화되는데, 중요한 것은 이 연구의 최종목적이기도 한 사면관리시스템을 구축하고 도시지역에 산재한 많은 사면들을 체계적으로 관리하기 위해서는 조사, 시험 및 분석에 의한 기본적 사면자료의 데이터베이스 외에 사면안정성을 평가하고 분류(불안정, 관측필요, 안정 등)하여 그 중요도나 위험도에 따라서 선택적이고 차별화된 사면관리에 있다. 이 프로그램에서는 기존에 개발되어 검증되었거나 상용되고 있는 기술을 이용하여 사면안정성

을 평가하고 분류하였다.

자연사면의 경우는 한국지질자원연구원 산사태연구팀에 의해 개발된 “로지스틱 회귀분석모델”에 의해 산사태예측도를 작성하여 사면안정성을 분류하였다(김원영 외, 2000). 절취사면은 사면의 매질에 따라 흙사면과 암반사면으로 세분되는데, 일반화되어 주로 사용되는 한계평형법과 평사투영법에 의해 사면안정성을 평가하였다. 흙사면의 해석기법은 주로 Bishop의 간편법(Bishop, 1955)하여 STABLE 5M 프로그램을 이용하여 안정성을 해석하도록 하였다(Geo-Slope International, 1989). 그리고 암반사면의 안정성해석에 이용된 프로그램은 캐나다 Rocscience사의 Dips Ver 5.0 등을 이용하였다(Diederichs, Hoek, 2000).

표 2. 사면관리프로그램에 이용된 레이어 목록

Layer group	Name of layer	Structure	Layer group	Name of layer	Structure
Road	Principal	Line	Topography	Interval contour	Line
	Special/Metropolitan	Line		Elevation	Letter
	elevated	Line		Value	Letter
	Others	Line		Cutting/Banking	Line
	Railroad	Line		Triangulation point	Point
	Bridge	Plane		Boundary	Line
	Tunnel	Line		Administrative machinery	Letter
River	River	Line	Title	Education, Industry	Letter
	Stream	Line		City, County	Letter
	Sponge	Line		Others	Letter
Building	Building	Plane	Raster image	satellite image	Raster
	Residence house	Plane		Landslide prediction map	Raster
	Others	Plane		Hillshade map	Raster
	Facility	Line		Elevation distribution map	Raster
Others	Boundary	Line	Slope management	Slope classification	Raster
	Rice, Paddy, Field, Orchard	Point		Small district map	polygon
	Pasture, Tomb	Point		Cutting slope	Line
	Park	Letter		Geological map	polygon
Topography	Principal contour	Line		Sample picking point	Point

3. 시스템 운영체계

3.1 사면자료 구성

그림 3은 부산 황령산지역을 모델로 하여 개발된 대도시 사면관리프로그램을 보여주는 것으로 컴퓨터 화면의 초기에 나타나는 기본화면이다. 여러가지 사용가능한 배경화면 중에서 음영기복도와 수치지형도를 중첩하여 표현된 배경화면을 그림으로 나타내었다. 기본화면에서는 좌측의 레이어제어기를 이용하여

기본적으로 구축된 컬러 위성영상을 비롯한 여러 주제도를 다양하게 나타낼 수 있도록 하였다.

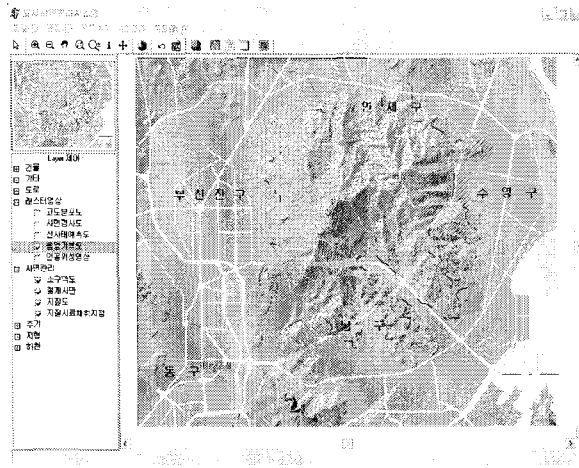


그림 3. 사면관리프로그램의 시작화면

사면관리프로그램에서 기본 수치지형도는 모든 지형요소를 작은 화면에 한꺼번에 나타내면 이를 관독하기가 매우 어렵다. 따라서 이를 보완하기 위하여 화면의 축척에 따라 지형요소의 레이어들이 자동으로 On/Off될 수 있도록 하였다.

그림 3에서 사면의 능선부를 따라 흰색실선으로 구획되어지는 다각형은 자연사면을 소구역별로 분류한 경계선이며, 사면의 하단부에 검은색으로 표시된 독립된 선은 개개 절취사면의 위치와 모양을 나타낸 것으로 이들은 각각 고유코드화 하였다

그림 4는 사면관리프로그램에서 사면자료의 입력창을 보여 준 것으로, (a)는 자료입력을 위해 화면을 확대 했을 때의 모양을 보여주는 것이고, (b)는 입력 및 검색을 위해 해당사면을 클릭했을 때 나타나는 사면자료 입력창이다.

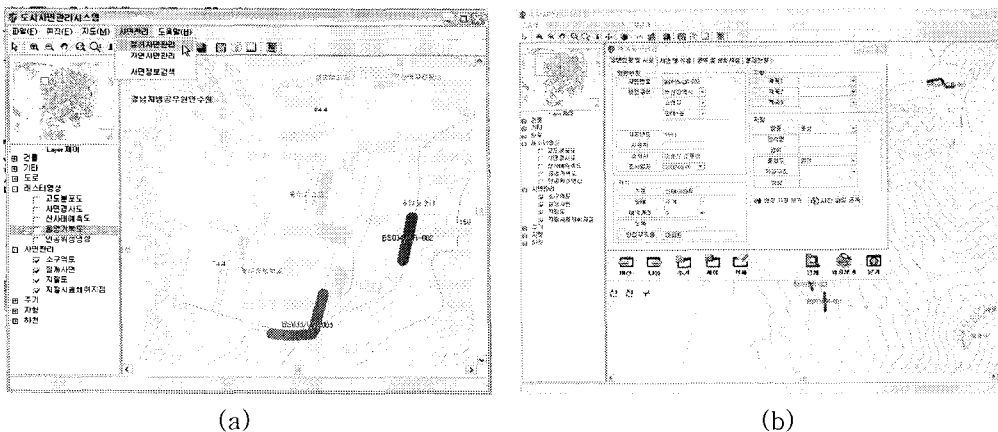


그림 4. 사면관리프로그램에서 사면자료의 입력, (a) 입력할 절취사면의 선택, (b) 사면자료 입력창

그림 5는 절취사면 자료의 입력창으로서 상단의 메뉴에서 ‘절취사면관리’를 선택한 후 입력할 사면을 클릭하면 화면에 나타난다. 사면자료 입력창은 사면시트의 모든 항목들을 입력할 수 있도록 전체를 4개의 탭으로 구성하였다. 입력창 하단부에는 사면정보를 추가 및 저장할 수 있는 아이콘을 만들어 DB창

에서도 사면정보를 추가할 수 있게 하였고, ‘인쇄’ 아이콘을 만들어 해당되는 사면시트를 프린터로 출력할 수 있도록 하였다. 자연사면 조사자료 입력화면도 절취사면 조사자료 입력의 경우와 유사하다.

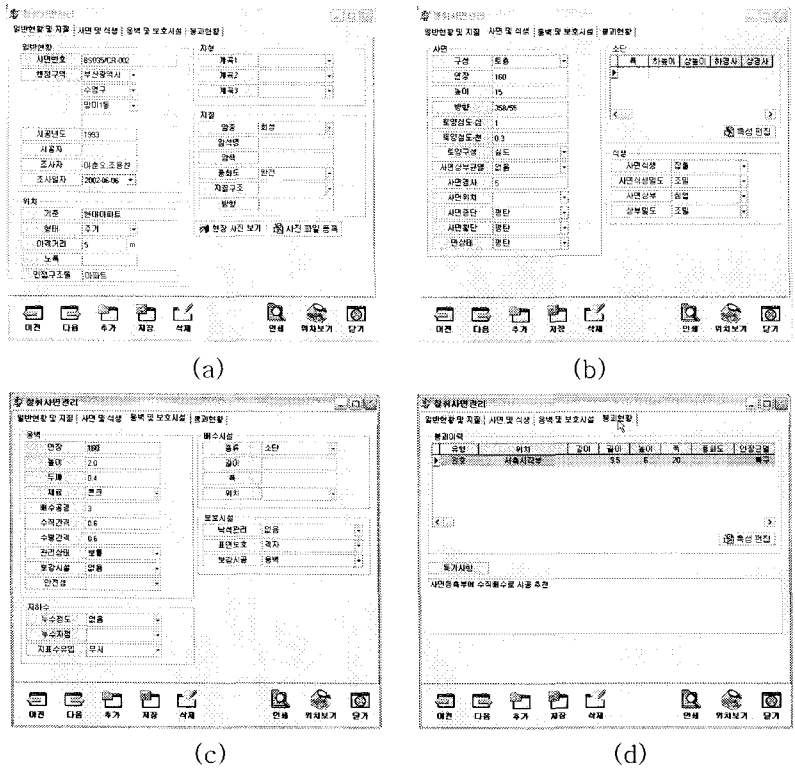


그림 5. 절취사면의 사면자료 입력창, (a) 일반현황 및 지질, (b) 사면 및 식생, (c) 옹벽 및 보호시설, (d) 붕괴현황

3.2 사면정보 관리

사면관리프로그램은 사면에 관한 모든 자료를 데이터베이스하고 정보화하는 작업도 중요하지만 더욱 중요한 것은 입력된 자료를 효율적으로 검색하고 자유롭게 수정하고 보완하거나 재분류할 수 있는 기능이라 할 수 있다.

이 사면관리프로그램은 자연사면과 절취사면을 구분하여 각 사면별 특성과 다양한 속성치를 정보화하여 사용자의 요구에 부합되는 결과의 검색은 물론, 검색된 자료를 도형화하거나 그래프 작성 등을 통하여 사면자료를 목적별로 분석하는 기능까지를 포함하고 있다. 예를 들면, 절취사면의 경우 경사나 길이, 높이 등의 사면자료를 이용하여 사면의 규모별 분류와 사면안정성을 등급별로 재분류할 수 있으며, 분류기준에 따라 이들 사면을 화면상에 서로 다른 색상으로 표현함으로써 사용자가 의도하는 편의적 구분이 가능하다. 또한, 자연사면의 경우는 구획된 사면에 대하여 토층의 물리적 및 공학적 특성을 여러 형태의 표나 그림 등으로 자유자재로 작성하고 분석할 수 있을 뿐만 아니라 적절한 분류기준에 의해 사면을 소구역별로 구분함으로써 차별화된 사면관리가 용이하도록 하였다.

화면에서는 윈도우를 on/off하면서 많은 분석결과를 쉽게 나타낼 수 있으나, 프린터를 이용하여 출력할 경우에는 많은 정보를 제한된 영역에 나타내어야 하는 문제점이 발생한다. 따라서 각 개별 사면정보인 사면시트와 현장사진, 스케치, 사면안정성 해석결과, 보강대책 등의 복합적 내용들을 한 장에 모두 출력할 수 있도록 하였고, 특정 검색어에 의해 검색된 결과에 대해서는 사면의 주요정보들만 표시하여 관리자가 이를 쉽게 파악하고 출력할 수 있도록 하였다. 개발된 사면관리프로그램은 도시지역의 절취사

면과 자연사면에 대한 모든 정보를 데이터베이스와 이를 검색 및 재분류가 가능하다. 또한, 공간정보 레이어 및 데이터베이스의 입력항목이나 검색항목을 관리자가 자유롭게 생성 및 삭제할 수 있도록 하여 시스템운영에 효율성을 기하였다.

4. 결 론

다른 지역에 비해 상대적으로 큰 피해를 수반하는 대도시지역에서의 사면재해를 줄이기 위해서는 사면관리시스템을 구축하여 체계적으로 사면을 관리하는 것이 매우 중요하다. 그리고 이를 위해서는 적용 가능한 사면관리프로그램의 개발과 적합한 시스템구축이 뒤따라야만 비로소 효율적인 사면관리가 가능하다.

이 연구에서는 대도시지역의 사면조건을 잘 반영하고 있는 부산 황령산지역을 시범지역으로 선정하여 대도시지역의 사면관리시스템 구축을 위해 효율적으로 활용할 수 있는 사면관리프로그램을 개발하였다. 이 사면관리프로그램은 사면을 자연사면과 절취사면으로 구분하여 사면형태 및 조건별 특성이 충분히 고려되도록 하였으며, 소구역별 또는 개개사면별 고유코드화, 사면시트 작성, 사면안정성 평가와 분류, 그리고 이들 자료의 데이터베이스를 통한 체계적 정보화가 가능하도록 하였다. 그리고 사면자료의 입력/편집/출력/관리/운영을 쉽게 함으로써 사용의 편의성을 기하였으며, 무엇보다도 실용적으로 이용할 수 있는 데에 초점을 두었다.

개발된 사면관리프로그램을 이용함으로써 사면위치, 조사자료, 현장사진, 자료분석, 사면안정성 평가 및 분류를 통하여 사면을 정보화하여 대도시지역의 사면을 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 기반을 마련하였다. 앞으로는 완성된 사면관리프로그램을 부산 주요지역에 확대 적용하여 사면관리시스템을 구축해 나가는 것과 이를 웹기반으로 변환함으로써 지자체에서 실질적으로 활용이 가능하도록 추진해 나갈 계획이다.

사 사

이 연구는 한국지질자원연구원 기본연구사업인 ‘대도시 사면 통합관리시스템 구축(부산지역)’ 연구과제의 일환으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- 김경수, 이춘오, 조용찬, 채병곤, 김원영, 송영석, 최영섭, 최정찬(2004), “대도시 사면 통합관리시스템 구축(부산지역)”, 한국지질자원연구원, KR-04(연차)-09, pp.167~192.
- 김경수, 조용찬, 최영섭, 이춘오, 채병곤, 김원영, 이문세(2003), “부산 황령산지역의 지질공학적 특성”, 한국지질자원연구원논문집, 제 7권, 제 2호, pp.10~21.
- 김원영, 채병곤, 김경수, 기원서, 조용찬, 최영섭, 이사로, 이봉주(2000), “산사태 예측 및 방지기술 연구”, 한국자원연구소, KR-00-(T)-09, pp.94~106.
- Bishop, A. W.(1955), “The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes”, *Geotechnique*, Vol. 5, pp.7~17.
- Diederichs, M. & Hoek, E.(2000), *Dips 5.0 Program Manual*, Rocscienec Inc.
- Geo-Slope International(1989), *PC SLOPE Program Manual*, Geo-Slope International Ltd.