

## 대도시 사면관리프로그램 개발 및 적용

김경수<sup>1\*</sup> · 채병곤<sup>1</sup> · 조용찬<sup>1</sup> · 이춘오<sup>1</sup> · 송영석<sup>1</sup>

<sup>1</sup>한국지질자원연구원 지질환경재해연구부

### Development and Application of the Slope Management Program in Urban Area

Kyeong-Su Kim<sup>1\*</sup>, Byung-Gon Chae<sup>1</sup>, Yong-Chan Cho<sup>1</sup>,  
Choon-Oh Lee<sup>1</sup>, and Young-Suk Song<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Geological & Environmental Hazards Div., Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

대도시지역에서 산사태와 사면붕괴가 발생할 경우 다른 지역에 비해 상대적으로 많은 인명과 재산피해를 초래한다. 이러한 사면재해를 줄이기 위해서는 위험요소가 내재된 사면들을 체계적으로 분류하고 효율적으로 관리하는 사면관리시스템이 필요하다. 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 부산 황령산을 시범지역으로 하여 대도시지역의 사면관리시스템 구축에 실용적으로 이용할 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 이루어진다. 그리고 무엇보다 사용자가 편리하게 활용할 수 있도록 설계하였다. 따라서 대도시 지역의 사면조건을 잘 반영하고 있는 부산광역시에 이를 적용하여 사면관리시스템을 구축하였으며, 앞으로 타 대도시에도 확대 적용함으로써 체계적이고 효율적으로 사면을 관리하고 사면재해를 최소화 할 수 있는 기반을 구축하였다.

**주요어 :** 대도시지역, 사면재해, GIS기반, 사면관리프로그램, 정보화

In general, the life and asset casualties that occur due to landslide or slope failure in urban areas are larger than that in rural areas. In order to reduce the casualties, a slope management program is necessary to categorize slopes based on properties and to manage them systematically. The slope management system is the establishment of the data base for the geological and geotechnical factor according to slope stability, and the utilization of the data base to manage slopes. The suitable system must develop to slopes in urban area through the survey, analysis and evaluation process. Based on the above necessity, the slope management program which is applicable to slope management in an urban area has been developed at Hwangryung Mt. in Busan as a target area. The developed slope management program has various functions such as 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. The slope management program is constructed by use of GIS, and the survey, test and analysis data according to all slopes can be input and edited into the program. The program can also be utilized practically by end users due to the convenient input, edition, printing, management and operation of slope data. Therefore, the slope management system has been established on the application of the developed program in Busan which is located in slope area. As the system is widely applied to other cities, the slope in urban area can be managed systematically and the slope hazards can be minimized.

**Key words :** urban area, slope failure, GIS based, slope management program, information

\*Corresponding author: kks@kigam.re.kr

## 서 론

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. 사면관리시스템은 사면재해와 관련이 있는 지질공학 및 지반공학적 요소들에 대한 데이터베이스를 구축하고 정보화하여 사면을 지속적으로 관리하는 것이다. 이를 위해서는 먼저 지질공학 특성 등이 충분히 반영될 수 있도록 조사·분석·평가과정을 통하여 사면관리프로그램을 개발한 후, 대상 도시전역의 사면에 적용하여 사면관리시스템을 구축하는 것이 바람직하다. 이와 같은 필요성에 의해 대도시지역의 사면관리시스템 구축에 실용화가 가능한 사면관리프로그램을 개발하였다.

이 사면관리프로그램은 자연사면과 절취사면별 고유 코드화, 사면조사와 시트작성, 사면안정성 평가와 분류, 사면자료의 체계적 데이터베이스와 정보화 및 사면정보의 활용 등으로 요약된다. 그리고 GIS기반으로 모든 사면에 대한 조사, 시험 및 분석자료를 입력하여 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, 개발된 사면관리프로그램을 대도시지역의 사면조건을 잘 반영하고 있는 부산광역시 백양산, 구덕산 및 장산지역에 실제로 적용하여 사면관리시스템을 구축함으로써 그 적합성을 검증하고 실용화 하였다. 그리고 이를 타 대도시에도 확대 적용함으로써 사면을 체계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 토대를 마련하고 사면재해를 최소화 할 수 있는 기반을 구축하였다.

## 사면관리 기술현황

사면관리시스템 및 피해저감대책과 관련된 연구와 기술개발은 현재 미국, 홍콩 및 일본 등에서 활발히 진행되고 있다. 미국에서는 미국지질조사소(USGS)를 중심으로 Public Law 106-113에 근거하여 사면재해관리 프로그램을 진행하고 있다. 특히, 사면관리 목적의 기술개발은 각 지방자치정부에서 지역별 특성에 맞는 코드를 채

택하고 있으며, 연방정부에서는 자체사업이나 개인들이 사용할 수 있도록 표준화된 코드와 프로그램을 개발하고 있다(김경수 외, 2004).

홍콩은 자치정부 내 토력공정처(GEO)의 주관 하에 산사태방지대책(Landslip Preventive Measures; LPM) 프로그램을 진행하고 있으며, 사면의 위험등급도 작성 등을 통하여 안정성을 분류하고 위험사면에 대한 상시 감시체계를 구축하고 있다. 그리고 기존의 사면은 물론이고 새로운 사면의 개설시에도 모두 코드화를 통하여 체계적으로 관리하고 있다(Shiu and Pun, 2006).

일본은 방재과학기술연구소(NIED)에서 산사태, 홍수, 지진, 호우 및 강풍 등에 의한 자연재해의 원인규명 및 피해를 최소화하기 위한 연구를 실시하고 있는데, 사면 분야는 호우에 의한 산사태분포도 작성과 간행, 사면재해 위험성 평가와 피해영역 예측연구를 집중적으로 수행하고 있다(송영석과 서용석, 2005).

국내에서는 각 기관들의 업무성격과 영역에 따라 대상 지역 및 목적별로 독립된 고유업무를 수행하고 있다. 사면관리와 관련한 연구 및 기술개발을 수행하고 있는 기관으로는 한국지질자원연구원, 한국건설기술연구원, 한국도로공사 등이 있다. 한국지질자원연구원(김경수 외, 2004)에서는 대도시지역 자연 및 절취사면을 대상으로 사면관리시스템을 구축하고 있으며, 한국건설기술연구원(홍성완 외, 1998)에서는 국도변 절취사면을 대상으로 사면유지관리시스템을 개발하여 적용하고 있다. 그리고 한국도로공사(황영철 외, 2000)에서는 고속도로 주변 절취사면을 대상으로 유지관리시스템을 개발하여 적용하고 있다.

## 사면관리프로그램 개발

산지에 위치한 대도시지역의 특성을 잘 반영하고 있는 부산 황령산을 시범지역으로 선정하여 사면관리프로그램을 개발하고 이를 토대로 백양산 및 구덕산지역 등에 사면관리시스템을 구축하였다. 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 입력하여 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 활용

이 가능하다. 또한, 최종적으로는 지질재해 조기경보체제를 확립하는 기반기술로도 이용될 수 있다.

**기본주제도 작성**

사면관리프로그램의 기본 주제는 국립지리원에서 발간한 1 : 5,000 수치지형도와 한국지질자원연구원서 발간한 1 : 50,000 지질도가 이용되었으며, 위성영상으로는 IRS-1C, LANDSAT 영상을 사용하였다. 프로그램 상에서 사면의 조사위치, 위치별 지형/지질특성과 주변 환경 등을 쉽게 파악할 수 있도록 여러가지 GIS주제도와 영상자료를 제작하였으며, 자연사면의 산사태가능성을 파악할 수 있는 산사태예측도를 작성하여 이를 기본 주제로 활용하였다(Fig. 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 주변 환경을 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.

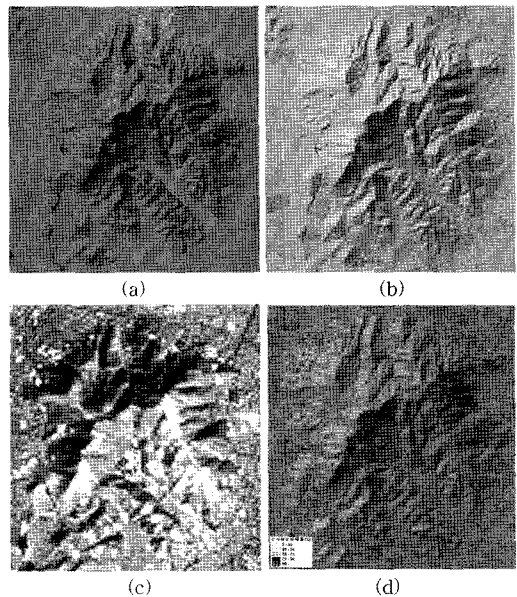
Table 1은 사면관리프로그램에서 사용되는 기본주제도 및 위성영상자료의 목록을 정리한 내용이다.

**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 하였

으며, 개발도구로 이용된 GIS엔진은 AccuMap X/VCL 2.x 버전이다.

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



**Fig. 1.** Basic thematic maps used for the slope management program: (a), slope classification map; (b), hillshade map; (c), IRS-1C, LANDSAT TM synthetic image; (d), landslide prediction map.

**Table 1.** Basic specifications used for the slope management program.

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

삭제가 가능하다.

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 Table 2와 같이 정리된다. 수치지형도는 많은 레이어를 포함하고 있기 때문에 이를 한꺼번에 나타내면 항목이 많아서 실제 이용 시 많은 불편함을 초래한다. 따라서 수치지형도의 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.

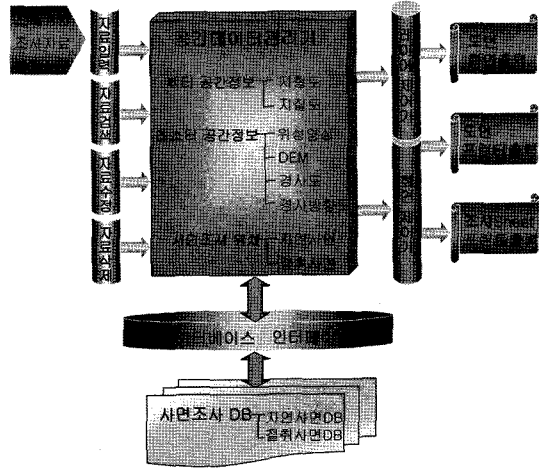


Fig. 2. Design of slope management program.

**사면정보 구축**

사면관리프로그램에 필요한 입력데이터는 사면안정성 평가와 분류를 위해 직접적으로 관계되는 지질조건, 토

Table 2. List of layers used for the slope management program.

| Layer group | Name of layer                 | Structure | Layer group                | Name of layer       | Structure                |        |
|-------------|-------------------------------|-----------|----------------------------|---------------------|--------------------------|--------|
| Road        | Principal                     | Line      | Topography                 | Interval contour    | Line                     |        |
|             | Special/Metropolitan elevated | Line      |                            | Elevation Value     | Letter                   |        |
|             | Others                        | Line      |                            | Cutting/Banking     | Line                     |        |
|             | Railroad                      | Line      |                            | Triangulation point | Point                    |        |
|             | Bridge                        | Plane     |                            | Boundary            | Line                     |        |
|             | Tunnel                        | Line      |                            | Title               | Administrative machinery | Letter |
|             | River                         | River     |                            | Line                | 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 classification       | Raster              |                          |        |
|             | Rice, paddy, Field, Orchard   | Point     | Slope Management           | Small district map  | polygon                  |        |
|             | Pasture, Tomb                 | Point     | Cutting slope              | Line                |                          |        |
|             | Park                          | Letter    | Geological map             | polygon             |                          |        |
| Topography  | Principal contour             | Line      | Sample picking point       | Point               |                          |        |

질과 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 구분하여 각각의 코드번호를 부여하였다.

자연사면은 지형과 수계 및 관리조건 등이 고려된 소구역으로, 절취사면은 독립된 개개사면으로 구분된다. 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 지질공학 자료를 사면시트에 기입하도록 하였다. 절취사면은 사면 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, 먼저칠기 및 배수조건 등의 지질공학자료를 기입하도록 하였다.

현장조사를 통해 얻어진 사면자료는 사면관리프로그램에 의해 데이터베이스화되는데, 중요한 것은 이 연구의 최종목적이기도 한 사면관리시스템을 구축하고 대도시지역에 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 사면관리를 선택적이고 차별화하는 데 있다. 이 프로그램에서는 사면안정성을 평가하고 분류함에 있어 보다 객관적이고 정확성을 기하기 위해 기존에 개발되어 충분히 검증되었거나 상용되고 있는 기술들을 이용하였다.

자연사면의 경우는 로지스틱 회귀분석모델을 이용하여 산사태예측도를 작성한 후 발생확률에 근거하여 사면안정성을 분류하였다(김원영 외, 2000). 절취사면은 사면의 매질에 따라 흙사면과 암반사면으로 세분되는데, 가장 일반화된 기법으로서 많은 기술자들에 의해 주로 사용되어지고 있는 한계평형법과 평사투영법으로 사면안정성을 평가하였다. 흙사면의 해석기법은 주로 Bishop의 간편법(Bishop, 1955)에 따라 SLOPILE(ver 3.0)프

로그램을 이용하여 안정성을 해석하도록 하였다(홍원표 외, 2003). 그리고 암반사면은 캐나다 Rocscience사의 Dips Ver 5.0 프로그램 등을 이용하여 안정성을 해석하도록 하였다(Diederichs and Hoek, 2000).

## 사면관리시스템 구축 및 운영

### 시스템 구성

Fig. 3은 연구지역인 부산광역시 구덕산지역을 대상으로 구축한 사면관리시스템을 보여주는 것으로 대도시 사면관리시스템의 초기 기본화면이다. 사면관리프로그램은 '대도시 사면관리시스템(Urban Slope Management System, USMS)'으로 명명하였다. 기본 배경화면으로는 부산광역시 전역을 표현할 수 있는 전체 지형도를 이용하여 위치 파악을 용이하게 하였다. 그리고 알고 싶은 지역으로 zoom인 하면 상세한 지형도가 나타나도록 하였다.

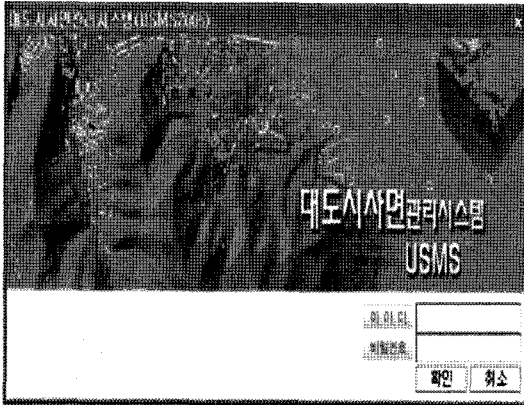
프로그램을 시작할 때 사용자의 제한을 두기 위하여 로그인 화면을 구성하였다. 이는 시스템이 가지고 있는 DB의 특성을 고려해서 누구에게나 모든 자료를 공개하기 보다는 사용권한이 있는 자만 실행이 가능하도록 하기 위함이다.

사면관리시스템의 기본 수치지형도는 모든 지형요소를 작은 화면에 한꺼번에 나타낼 경우 이를 판독하기가 어렵다. 따라서 이를 보완하기 위하여 화면의 축척에 의해 지형요소의 레이어들이 자동으로 on/off될 수 있도록 하였다.

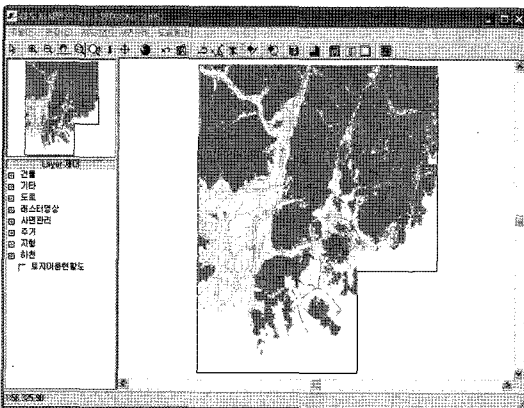
화면의 상단에는 파일, 편집, 지도, 사면관리 및 도움말 메뉴가 있고, 바로 아래에는 화면을 제어(확대/축소/전체보기/이동)할 수 있는 아이콘과 사면자료 레이어를 추가하였으며, 입력과 수정 등을 할 수 있는 아이콘이 위치하고 있다. 화면의 왼쪽은 크게 두 부분으로 구분되는데, 윗부분은 화면을 제어하는 인덱스창으로 이동하거나 확대된 화면의 위치를 쉽게 알 수 있도록 하였다. 그리고 아래는 레이어 제어부분으로 이 시스템에서 이용되는 GIS주제도, 위성영상 및 사면정보를 제어해주는 트리형태의 창이다. 사용자는 이 곳 레이어 제어창에서 원하는 GIS주제도의 레이어를 on/off할 수 있다.

Fig. 4는 일부지역을 확대하여 나타난 그림이다. 여기서 폐곡선으로 구획되어지는 다각형은 자연사면을 분류한 것이며, 독립된 굵은 선들은 절취사면의 위치와 모양을 나타낸 것으로 각각 고유코드화 하였다.

Fig. 5는 사면관리시스템에서 도면에 기 입력된 절취사면 조사자료를 입력 또는 수정하기 위하여 화면을 확대한 후, 사용자가 입력하고자 하는 사면의 위치를 클릭



(a)



(b)

Fig. 3. Opening window of the slope management program: (a), Log-in screen; (b), Starting screen.

하였을 때 나타난 절취사면 자료입력 다이얼로그 창이다.

### 사면정보 관리

Fig. 6은 절취사면 자료의 입력창이다. 사용자가 사면 자료 입력창을 이용하여 조사용 사면시트의 내용들을 항목별로 각각 입력하면 된다. 이 때 입력항목의 수가 많기 때문에 4개의 탭으로 구성되어 모든 항목을 입력 할 수 있도록 하였다. Fig 6(a)에서 우측 하단에 현장사진을 등록하는 곳은 야외에서 직접 작성하거나 촬영한 사면스케치 및 사진들을 등록하기 위하여 ‘리스트 업’ 방식의 창을 도입하였다. 따라서 현장마다 여러 장의 사진을 각기 다른 이름으로 구분하여 사진매수에 제한 없이 등록할 수 있도록 하였다. 절취사면 조사시트의 항목에 없는 사항들에 대해서는 Fig. 6(d)에서 보는 바와 같이

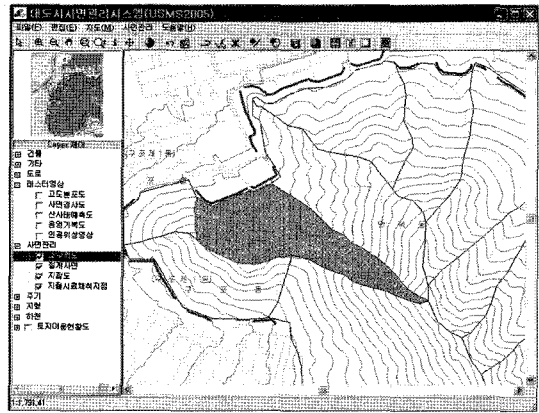


Fig. 4. Indication of cut and natural slopes.

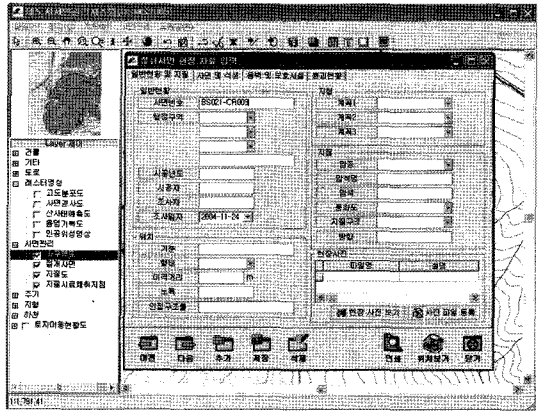


Fig. 5. Inputting the infirmation of cut slope and searching window.

특기사항'란을 두어 형식이 제한을 두지 않고 사용자가 입력하고 싶은 내용을 입력할 수 있도록 하였다.

자연사면 조사자료의 입력도 절취사면의 경우와 거의 유사하며, 화면상에서 자연사면의 해당되는 소구역을 선택하여 각각의 사면자료를 입력하고 수정이 가능하도록 하였다. 자연사면 입력창은 Fig. 7에서 보는 바와 같이 모두 5개의 탭으로 구성하였다. 토층에 대한 여러 시험 결과들을 여기에 수록할 수 있게 하였으며, 이 자료들을 이용하여 목적에 따라 분석 가능한 그래프 등을 작성함으로써 목적별 분석 및 분류를 자유롭게 할 수 있다.

사면관리시스템은 사면에 관한 모든 자료를 입력하여 데이터베이스하고 정보화하는 작업도 중요하지만, 그보다 더욱 중요한 것은 입력된 자료를 효율적으로 검색하고 이를 바탕으로 사면자료들을 자유롭게 보완하고 재

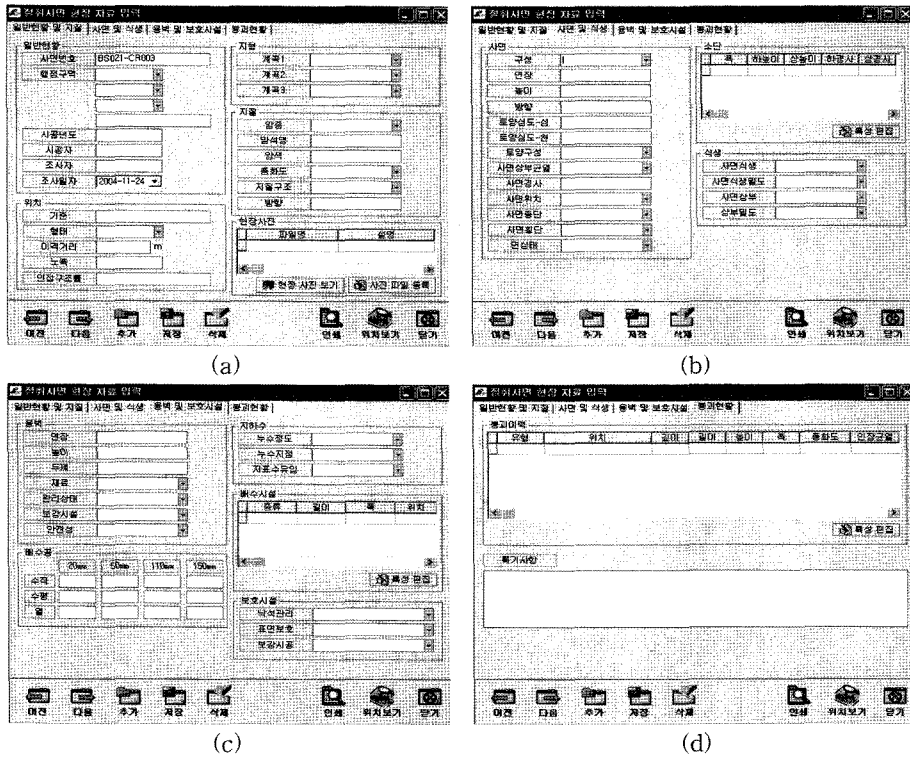


Fig. 6. Input window of data for the cut slope: (a), Present condition and geology; (b), Slope and vegetation; (c), Retaining wall and mitigation measure; (d), Slope failure condition.

분류할 수 있는 기능이다. 이번에 구축된 사면관리시스템은 자연사면과 절취사면에 대하여 각 사면의 특징에 대한 다양한 항목을 이용하여 이에 부합되는 결과를 검색하고, 검색된 자료를 도형화 하거나 그래프화 하여 사면자료를 분석하는 기능까지를 포함하고 있다. 예를 들면, 절취사면의 경우 절취사면의 높이별 분포를 그래프로 작성하면 ‘통계보기’메뉴를 이용하여 Fig. 8(a)와 같이 나타낼 수 있으며, 자연사면의 경우는 구획된 사면에 대하여 토층의 물리적 및 공학적 시험결과를 여러 형태의 표나 그림 등의 작성이 가능하다(Fig. 8(b)).

Fig. 9는 사면정보를 검색조건별로 재분류하는 창으로서 사용자가 필요로 하는 조건을 입력하여 그에 부합하는 결과를 추출하고 그림으로 만들어 주는 기능을 보여 주고 있다.

Fig. 10은 사면관리시스템에서 지도창에 표시된 지도요소를 중 벡터요소를 가지는 레이어에 대한 속성을 편집할 수 있는 레이어 제어기능을 나타낸 그림이다. Fig. 10(a)는 레이어설정 아이콘을 클릭하면 화면에 나타나는 창이다. 이 창은 속성을 편집할 수 있는 레이어의 목록

이 나열된다. 레이어의 목록 중에서 편집하고자 하는 레이어를 더블클릭하면 Fig. 10(b)의 창이 나타난다. 이 창에서는 연결된 DB파일의 이름과 표현속성을 수정할 수 있다. 예를 들어 절취사면을 나타내는 선의 색깔과 자연사면의 소구역도를 구성하는 경계선의 색상을 다른 색으로 표현하고 싶으면 이 창의 ‘대체표시’ 탭을 이용하여 선의 색상, 형태 및 굵기 등을 새롭게 정의 할 수 있다. Fig. 10(c) 및 (d)는 이 기능을 이용하여 각각의 색상을 다르게 표현해 본 그림이다. 또한, 화면에 표시되는 문자정보들이 나타나는 화면의 비율을 조절하면 화면을 확대/축소할 때 자동으로 적절한 화면크기에 맞게 on/off 할 수 있다. 이는 사용자 컴퓨터의 모니터 해상도가 상이하기 때문에 사용자가 화면에 나타나는 지도 창의 정보를 사용자의 취향에 맞게 최적상태로 자유롭게 조절 할 수 있도록 하기 위함이다.

모니터 화면을 이용한 작업은 윈도우창을 on/off하면서 많은 결과를 쉽게 나타낼 수 있는 장점이 있지만, 프린터를 이용하여 출력할 경우에는 많은 정보를 제한된 영역에 나타내어야 하는 문제점이 발생한다. 이를 위

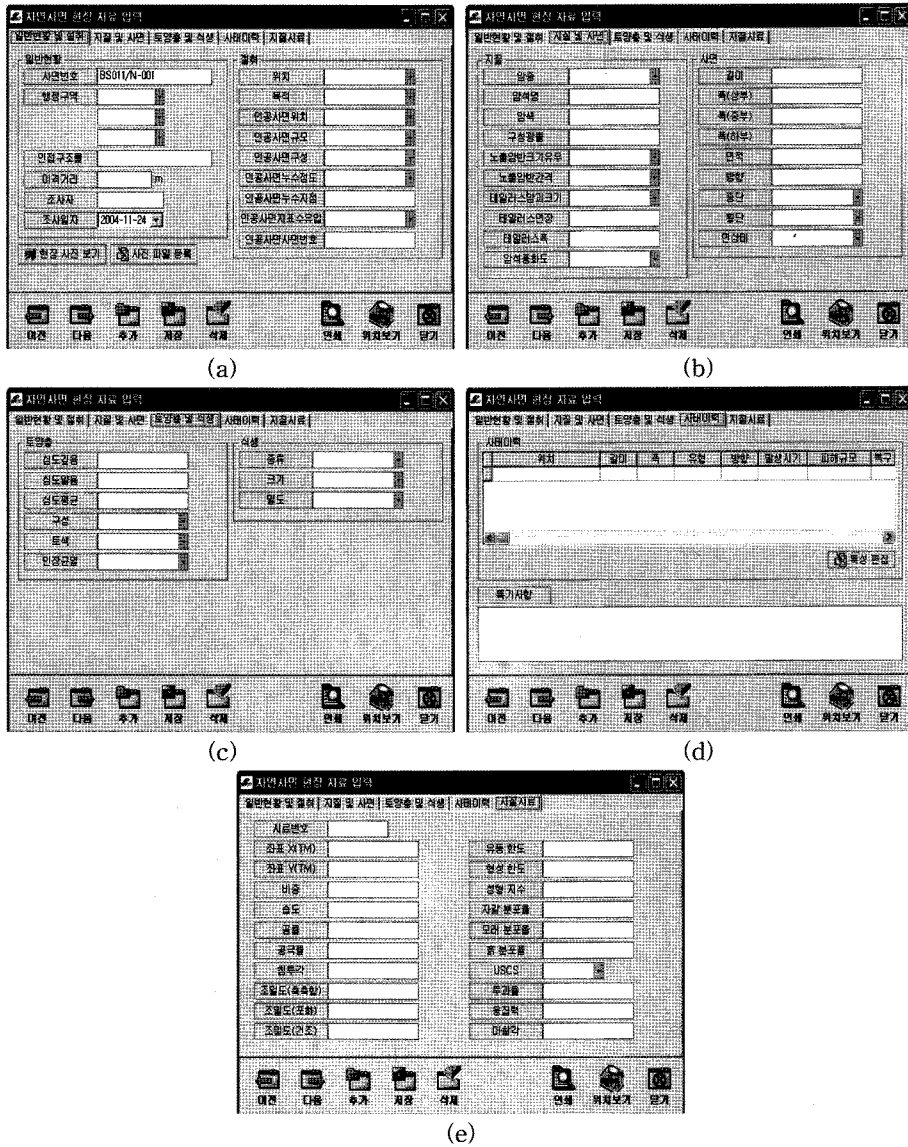


Fig. 7. Input window of data for the natural slope: (a), Present condition and cutting history; (b), Geology and slope; (c), Soil layer and vegetation; (d), History of landslides; (e), Soil sample.

해서 많이 사용되는 항목을 이용하여 현장보고서를 출력할 수 있게 레이아웃 디자인을 하였다. 여기에는 각 개별사면에 대한 정보 중에서 현장사진 또는 스케치를 상단에 두고, 하단의 표에는 사면의 기본정보와 사면안정성 해석결과, 보강대책 등의 복합적 내용들을 출력할 수 있게 하였다. 그리고 전술한 검색기능을 이용하여 특정 검색어로 검색된 결과에 대해서는 사면의 주요 정보들만 표시하여 관리자가 이를 손쉽게 파악할 수 있도록

하였다.  
 Fig. 11은 지도화면을 이용하여 출력화면을 구성할 수 있는 레이아웃 편집창이다. 레이아웃 편집기능은 사면관리시스템의 배경화면을 포함시킬 수 있으며, 이에 부가되어 축척, 글자 및 도형 등 출력항목을 관리자가 화면에서 직접 디자인 할 수 있도록 하여 편의성 및 시인성을 강화하였다.  
 대도시지역에 적합하도록 개발된 사면관리프로그램을



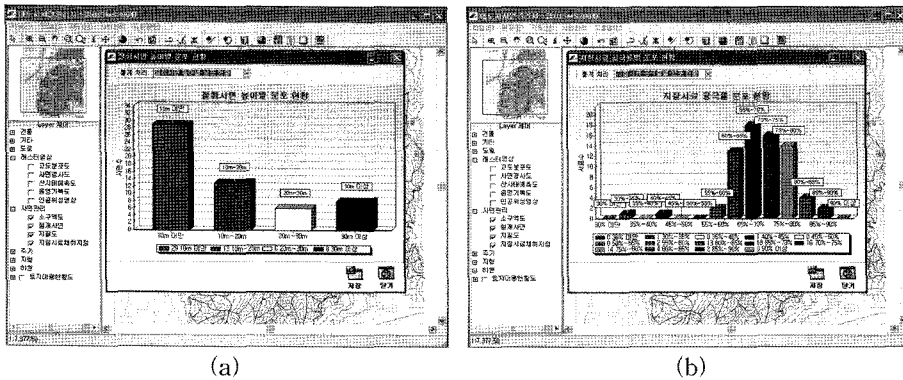


Fig. 8. Output graph from the slope management program: (a), Distribution according to height of the cut slope; (b), Distribution according to porosity of soils.

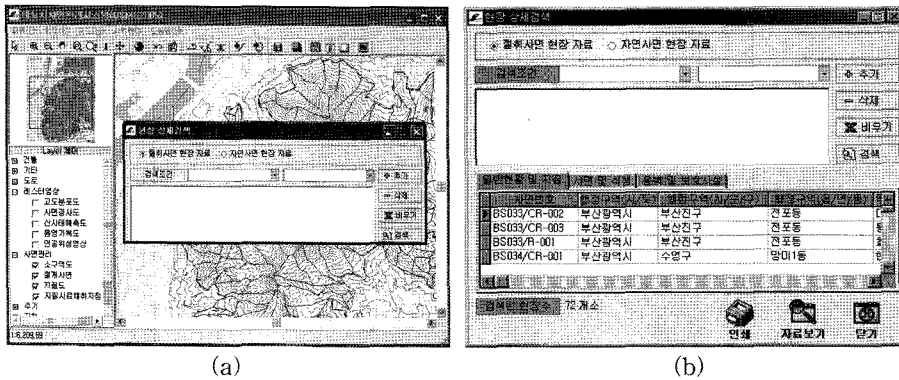


Fig. 9. Reclassification of slopes using searching condition: (a), Input window of searching word; (b), Result window of searching work.

백양산, 구덕산 및 장산 등 부산지역에 분포된 절취사면과 자연사면들에 적용하여 모든 사면정보를 데이터베이스하고, 이를 검색 및 재분류하는 작업이 가능하도록 하였다. 또한, 공간정보 레이어 및 데이터베이스의 입력항목이나 검색항목을 관리자가 자유롭게 생성 및 삭제할 수 있도록 하여 시스템운영의 효율성을 강화하였다.

### 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 체

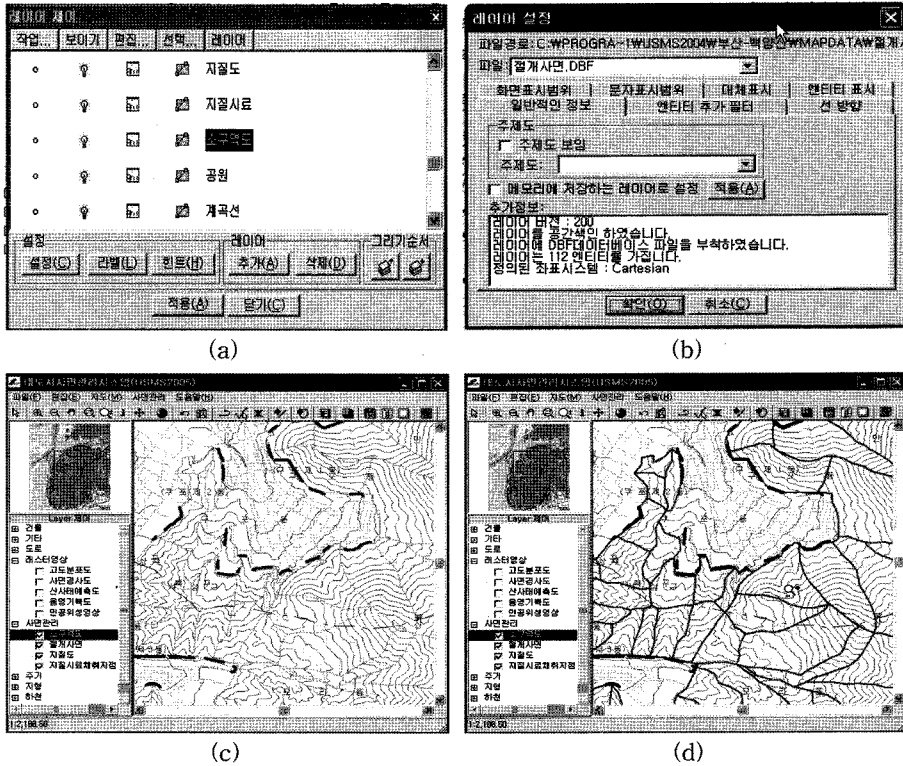


Fig. 10. Control and creation functions of layer: (a), Control window of layer; (b), Creation window of layer; (c), Before changing the layer creation; (d), After changing the layer creation.

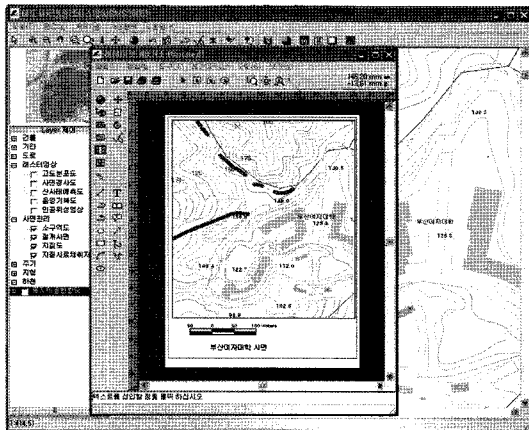


Fig. 11. Editing window of design and lay out for outputting from the slope management program.

계적이고 효율적으로 관리할 수 있는 기반을 마련하였다. 그리고 부산광역시의 백양산, 구덕산 및 장산에 확

대 적용하여 사면관리시스템을 구축하였으며, 앞으로도 지자체에서 실질적으로 활용이 가능하도록 추진해 나갈 계획이다.

### 사 사

이 연구는 소방방재청 자연재해저감기술개발사업(과제명: 산사태재해 예측 및 저감기술 개발) 연구비 지원으로 수행되었으며 이에 감사드립니다.

### 참 고 문 헌

김경수, 이춘오, 조용찬, 채병곤, 김원영, 송영석, 최영섭, 최정찬, 2004, 대도시 사면 통합관리시스템 구축(부산지역), 한국지질자원연구원, KR-04(연차)-09, 과학기술부, 207p.

김원영, 채병곤, 김경수, 기원서, 조용찬, 최영섭, 이사로, 이봉주, 2000, 산사태 예측 및 방지기술 연구, 한국자원연구소, KR-00-(T)-09, 과학기술부, 642p.

송영석, 서용석, 2005, 일본 방재과학기술연구소 방문기,

지반, 20, 10, 56-59.

홍성완, 구호본, 조삼덕, 김영진, 안태봉, 윤수호, 정하익, 정분경, 김진만, 김원, 이현택, 이용수, 이종현, 정의진, 이경미, 김선경, 김광명, 최석영, 배현철, 권상훈, 김태욱, 정한교, 오세용, 김학준, 1998, 도로절개면 유지관리시스템 개발 및 운용 1, 한국건설기술연구원, 건설교통부, 338p.

홍원표, 한중근, 윤준만, 김태형, 송영석, 이호문, 임석규, 신관영, 이영학, 김원영, 김경수, 조용찬, 신도순, 손규만, 강명진, 2003, 활동역지시스템으로 보강된 사면의 설계법 및 안정해석프로그램 개발연구, 중앙대학교, R&D/2001-B04, 건설교통부, 365p.

황영철, 유병욱, 전기성, 김태수, 이종환, 2000, 고속도로 절토사면 유지관리시스템 개발연구(I), 한국도로공사 도로연구소, 99p.

Bishop, A. W., 1955, The Use of the Slip Circle in the Stability Analysis of Slopes, Geotechnique, 5, 7-17.  
Diederichs, M. and Hoek, E., 2000, Dips 5.0 Program Manual, Rocscience Inc.

Shiu, Y. K. and Pun, W. K., 2006, Slope safety system and some recent developments in slope engineering in Hong Kong, Proc., 2006 East Asia Landslides Symposium, 47-74.

---

2007년 2월 11일 원고접수, 2007년 3월 10일 게재승인

#### 김경수

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부  
305-350 대전광역시 유성구 가정동 30  
Tel: 042-868-3054  
Fax: 042-861-9723  
E-mail: kks@kigam.re.kr

#### 채병곤

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부  
305-350 대전광역시 유성구 가정동 30  
Tel: 042-868-3052  
Fax: 042-861-9723  
E-mail: bgchae@kigam.re.kr

#### 조용찬

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부  
305-350 대전광역시 유성구 가정동 30  
Tel: 042-868-3059  
Fax: 042-861-9723  
E-mail: choych@kigam.re.kr

#### 이춘오

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부  
305-350 대전광역시 유성구 가정동 30  
Tel: 042-868-3131  
Fax: 042-861-9723  
E-mail: lco@kigam.re.kr

#### 송영석

한국지질자원연구원 지질환경재해연구부  
305-350 대전광역시 유성구 가정동 30  
Tel: 042-868-3035  
Fax: 042-861-9723  
E-mail: yssong@kigam.re.kr