

## 위험도로사면의 실시간 무인감시시스템 개발 연구 A Study on Development of Automated Monitoring System for Road Cut Slopes

김춘식<sup>1)</sup>, Choon-Sik Kim, 이광우<sup>2)</sup>, Kwang-Wu Lee, 윤수호<sup>1)</sup>, Soo-Ho Yoon, 조삼덕<sup>3)</sup>, Sam-Deok Cho

1) 한국건설기술연구원 토목연구부 선임연구원, Senior Researcher, Civil Eng. Dept., KICT

2) 한국건설기술연구원 토목연구부 연구원, Researcher, Civil Eng. Dept., KICT

3) 한국건설기술연구원 토목연구부 수석연구원, Research Fellow, Civil Eng. Dept., KICT

**SYNOPSIS** : A cost-effective automated slope monitoring system is developed to monitor hazardous cut slopes along highways. This automated slope monitoring system consists of data-collection and visual monitoring, data-transmitting, database and internet service, and alarm system. Wire-line extensometer, automatic raingauge, and CCD camera are selected as monitoring instruments in this system, after consideration of failure characteristics of roadside cut slopes in the country. This paper describes the important features of this newly developed automated slope monitoring system.

**Key words** : automated slope monitoring system, extensometer, raingauge, CCD camera, alarm system, roadside cut slopes

### 1. 서 론

우리 나라는 산지가 많은 지형적 특성으로 도로사면이 많이 분포하는 데다, 연평균 강우량의 2/3 정도가 하절기에 집중되는 기후 특성 때문에 사면붕괴가 자주 발생하여 해마다 인명 및 재산의 손실 뿐 아니라 사회경제적으로도 커다란 피해를 입고 있다. 도로사면의 붕괴와 산사태에 의한 재해 예방을 위하여 미국, 홍콩, 일본 등과 같은 사면분야 선진국에서는 원거리에서도 사면 거동 감시가 가능한 사면 자동감시시스템을 많이 이용하고 있으며, 좋은 효과를 얻고 있다(Brand, et al., 1984; Mikkelsen, 1996; Reid, et al., 1999). 그러나 우리 나라에서는 사면계측에 대한 인식부족과 고가의 계측기 구입 및 설치와 유지관리에 따른 비용부담 때문에 사면계측이 거의 행하여지지 않았다. 다만 최근에 일부 붕괴 도로사면에 대해 대책공의 시공관리와 시공효과 확인을 위해 사면계측시스템이 도입된 바 있다. 본 연구는 위험 도로사면의 붕괴에 의한 재해를 사전 예방 또는 최소화하기 위한 한 방법으로 국내 실정에 적합한 경제적인 도로사면 무인감시시스템을 개발하는데 목적이 있다. 이를 위하여 예비 연구로 국내 도로사면 붕괴특성을 분석하고, 국내외 사면 자동계측시스템 현황을 조사하였다.

### 2 실시간 위험 도로사면 감시시스템의 구성

본 연구에서 개발한 도로사면 무인감시시스템의 전체 구성은 그림 1과 같다. 그림에 나타나 있는 바와 같이 본 무인감시시스템은 크게 데이터수집 및 비주얼감시(visual monitoring), 데이터전송(통신), 데이터저장 및 인터넷서비스, 그리고 예경보 시스템으로 구성되어 있다. 데이터수집 및 비주얼감시 시스템

은 사면의 거동을 계측 및 감시하기 위한 시스템으로 현장에 설치된다. 전송시스템은 현장계측자료를 인근의 사면관리소와 원격지의 중앙관리소까지 실시간에 안정적으로 전송하기 위한 시스템으로 크게 근거리통신과 원거리통신으로 구분된다. 중앙관리소에 구축되는 데이터베이스시스템(이하 D/B시스템)은 실시간으로 전송되어온 계측자료를 체계적으로 저장·관리하기 위한 시스템이고, 인터넷서비스시스템은 D/B시스템에 연동되어 구축되며, 정보이용자들이 전국 어디에서든 네트워크를 통해 계측자료를 열람할 수 있도록 하기 위한 것이다. 마지막으로, 예경보시스템은 사면의 실시간 계측값이 미리 정해진 사면 관리기준치를 초과하면 예경보가 발령되어 사면붕괴에 미리 대비할 수 있도록 하기 위한 시스템이다.

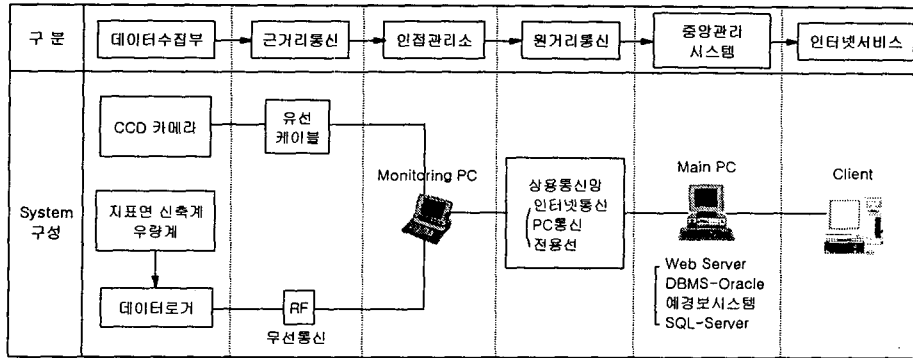


그림 1. 전체시스템 구조도

### 3 계측 및 감시 항목 선정

본 연구에서는 전국의 위험 도로사면에 적용할 수 있는, 효율적이면서도 경제적인 도로사면 무인감시 시스템을 설계하기 위하여 다음 사항들을 고려하여 본 시스템에서 사용할 기본 계측기기 및 감시장치를 선정하였다. 첫째, 국내 도로사면의 붕괴특성에 적합한가? 둘째, 사면붕괴를 예지하고 예측할 수 있는가? 셋째, 가격은 경제적인가? 넷째, 작동 및 설치가 간단하고 유지관리가 쉬운가? 다섯째, 계측목적에 적합한 정밀도를 갖고 있는가?

사면계측에서 보통 측정되는 항목은 간극수압과 지반변위이며, 지반변위는 지중변위와 지표변위로 구분된다. 사면 자동계측시스템에 사용이 가능한 지중변위 계측기들은 가격이 상당히 비싸고 설치비용도 많이 들며, 사전에 활동면을 대강 파악해야 하므로 전국의 위험도로사면을 대상으로 하는 범용적인 무인감시시스템의 항목으로는 적절하지 않다.

인장균열의 변위를 측정하는데 주로 사용되는 지표면 신축계는 자동화가 가능하며, 암반사면의 붕괴 형태와 계측기기의 적합성 조사에 의하면 평면파괴, 썩기파괴, 원호파괴, 토폴링파괴 등 모든 형태의 활동파괴 계측에 적합한 것으로 나타난다(사면안정소위원회, 1996). 또한 지표면 신축계는 지중변위 측정에 쓰이는 계측기들에 비해 비용이 훨씬 적게 들며, 설치가 간단하고, 예경보 시스템으로 이용할 수 있어서 외국에서는 사면 자동계측시스템에 널리 이용되고 있다.

우리 나라의 사면붕괴는 대부분이 집중호우 동안이나 그 직후에 발생한다(건설부, 1988). 따라서 사면 붕괴 예측을 위해서는 간극수압의 측정정보보다는 사면 붕괴를 직접 유발시키는 강우량의 관측이 보다 중요하다. 강우량 측정에 사용되는 자동 우량계는 원거리에서 사면을 감시하는데 매우 유용하고, 과거의 산사태-강우량 자료에 근거하여 사면붕괴를 예보하는데 이용할 수 있으므로 사면 무인감시시스템에 흔히 포함된다. 대표적인 예가 홍콩의 자동우량계시스템을 이용한 산사태 예보시스템이다. 또한 자동 우량계의 설치로 강우량의 자료가 계속 축적되면 국내의 사면붕괴와 강우조건을 상관관계를 정확하게 규명하는 연구에도 큰 도움이 된다. 특히 최근에는 게릴라성 호우(예측치 못한 국지적인 경로를 따라 발생하는 국지 호우)가 빈번하게 발생하므로 현장의 실시간 강우자료 확보를 위해서는 우량계 설치가 꼭 필요하다.

우리 나라의 경우 도로사면이 대부분 암반사면이고 사면붕괴 유형 중에 낙석이 중요한 부분을 차지하

며(건기연, 1988, 1999; 유병옥, 1997), 낙석에 의한 피해도 자주 발생하는 편이다. 낙석은 또한 대규모 사면붕괴의 전조현상으로 나타나는 경우도 많으므로(사면안정소위원회, 1996), 재해방지를 위해서는 낙석발생을 검지할 수 있는 장치가 필요하다. 낙석은 대부분 전조없이 갑자기 발생하므로 낙석을 예지하기는 어렵다. 따라서 낙석의 발생을 검지한 후 통행차단 등의 대책을 통해 낙석으로 인한 피해를 막는 것이 일반적이다. 미국과 일본 등에서는 낙석검지를 위해서 철도변 사면에 검지선 울타리(electrified wire fence)를 설치하기도 하는데, 교통량이 많은 도로사면에서는 이 방법이 큰 효과를 발휘하지 못한다. 본 연구에서는 낙석과 같이 돌발적으로 발생하는 붕괴를 감시하기 위하여 CCD 카메라를 이용한 감시장치를 도입하기로 한다. 이러한 감시장치는 사면현장을 눈으로 직접 관찰할 수 있기 때문에 도로절개면 담당공무원과 같은 사면의 비전문가들도 효과적으로 사면을 감시하고 대책을 강구할 수 있다는 장점이 있다. 또한 하나의 사면에서 위치에 따라 다른 유형의 파괴가 발생할 수 있는 경우에 계측기가 커버할 수 없는 부분을 카메라 감시장치로 관측할 수 있다는 이점이 있다. 본 연구에서는 비주얼 감시 장치를 영상화면 뿐 아니라 변위량도 측정할 수 있게 개발하여 계측기의 역할도 가능하도록 할 계획이다.

이상에서 고찰한 사실들을 근거로 하여, 본 연구에서는 도로사면 무인감시시스템의 기본적인 계측 항목으로 지표면 신축계와 자동 우량계를 선정하고, 감시항목으로 CCD카메라를 이용하기로 하였다.

## 4 요소 시스템의 개발

### 4.1 데이터수집 및 비주얼감시 시스템

#### 4.1.1 데이터수집시스템

본 연구에서 데이터수집시스템은 사면 계측자료의 생성에서부터 자료전송시스템 이전 단계까지를 관리하는 시스템으로서, 계측 자료의 생성을 감지하는 센서와 데이터로거(Data logger), 그리고 전력 공급장치로 구성된다.

자료수집을 위한 계측센서로는 앞에서 설명한 바와 같이 기본적으로 지표면 신축계와 자동 우량계를 사용하며, 신축계 측정값의 보정을 위하여 온도센서도 설치한다. 데이터 로거는 고가의 수입품을 대체하기 위하여 본 연구에서 자체 개발하였으며, 개발한 데이터 로거는 인터페이스(Interface) 회로와 마이크로프로세서, 그리고 취득한 계측자료를 모니터링 컴퓨터로 전송하는 송신용 무전기(Radio Frequency module)로 구성된다. 인터페이스 회로는 I-V Converter라고도 하며, 센서로부터 출력되는 신호가 전류 신호인 경우 마이크로프로세서의 A/D(Analog/Digital)변환부에서 처리할 수 있는 전압신호로 변환시키는 기능을 한다. 데이터 로거의 마이크로프로세서는 인텔(Intel)사의 80C196KC를 사용하여 개발하였다. 이 마이크로프로세서는 칩내에 8채널의 A/D변환기를 가지고 있으므로 별도의 A/D변환 모듈을 제작할 필요 없이 간단히 A/D 변환이 가능하다. 본 A/D변환기의 분해능은 10비트이다. 현재 개발된 데이터 로거는 4~20mA의 전류신호나 0~5V의 전압신호를 발생시키는 센서에는 모두 적용할 수 있도록 설계되어 있다. 따라서 본 데이터 로거는 지표면 신축계와 자동 우량계뿐만 아니라 이러한 범위의 전압 및 전류 신호를 발생시키는 어떠한 센서와도 연결이 가능하며, 이 범위보다 작은 신호를 발생시키는 센서의 경우도 증폭기를 사용하면 연결이 가능하다. 그림 2는 본 연구에서 개발한 데이터 로거의 실물 사진을 보여준다. 한편, 본 시스템에서 전력공급장치는 태양열전지판과 12V MF 타입의 축전지 2개로 구성하여 센서 및 데이터 로거에 안정적으로 전원을 공급할 수 있도록 하였다.

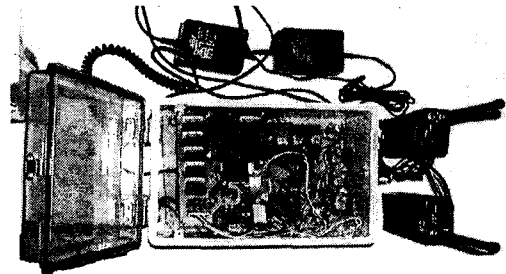


그림 2. 데이터 로거 실물 사진

### 4.1.2 비주얼감시시스템

본 연구에서는 비주얼감시시스템을 통해 사면의 실시간 영상자료를 획득할 뿐만 아니라, 획득한 아날로그 영상신호에 대한 일련의 영상처리(그림 3)를 통해 지표의 변위량( $d_x$ ,  $d_y$ )도 자동으로 산정될 수 있도록 하기 위하여 하드웨어와 소프트웨어를 개발하였다.

본 비주얼감시시스템은 영상정보 획득을 위한 CCD카메라와 영상처리 알고리즘의 수행을 위한 산업용 PC, 그리고 일시적인 정전에 대비하기 위한 무정전 전원장치로 구성된다. 산업용 PC에는 CCD카메라로부터 얻은 아날로그 영상신호를 컴퓨터가 인식할 수 있는 신호로 변화시켜 주는 Image Grabber Card와 영상처리자료를 모니터링 컴퓨터 및 중앙컴퓨터(Main PC)에 전송하기 위한 전용선 인터페이스 카드가 장착된다.

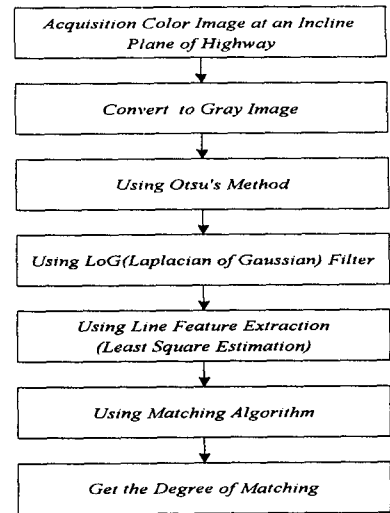


그림 3. 영상 처리 수행 절차

### 4.2 데이터전송시스템

본 연구에서 데이터전송시스템은 실시간 데이터를 경제적이면서 안정적으로 인접관리소 및 중앙관리소의 PC에 전송하기 위한 것으로, 현재의 데이터통신 기술 수준을 고려하여 그림 1에 나타난 바와 같이 근거리 통신과 원거리 통신으로 구분하여 개발하였다. 또한 데이터 전송시스템에 원격지에서의 사면 현장부 시스템 제어를 위한 양방향통신 기능을 포함할 수 있도록 하였다.

#### 4.2.1 근거리통신

인접관리소에 위치한 모니터링 컴퓨터까지의 계측데이터 전송을 위해서 RF 모듈(Radio Frequency Modues)을 이용한 무선통신시스템을 개발하였다. 본 RF 모듈은 RS232C SERIAL 통신 방식을 이용하여 데이터 로거 및 모니터링 컴퓨터와 각각 인터페이스 되며, 송신측 및 수신측 RF모듈간의 통신 시 데이터의 누락에 의한 에러발생을 제거하기 위해 링버퍼알고리즘을 구현하여 통신 데이터의 신뢰성 및 안정성을 높였다. 또한 수신 받은 데이터를 모니터링 컴퓨터에 일시 저장하고 분석할 수 있도록 하기 위해 소프트웨어를 개발하였다. 이 소프트웨어는 사용자의 편의를 위해서 Visual Basic 6.0으로 GUI(Graphic User Interface)를 구현하였으며(그림 4), 시스템이 요구하는 통신, 데이터베이스, 모니터링 등의 기능을 수행하도록 구성하였다. 한편, 비주얼감시자료의 경우는 영상자료를 포함하고 있어 데이터량이 방대하기 때문에 자료의 안정적인 전송을 위해서 케이블을 이용한 유선통신시스템을 활용하는 것으로 하였다.

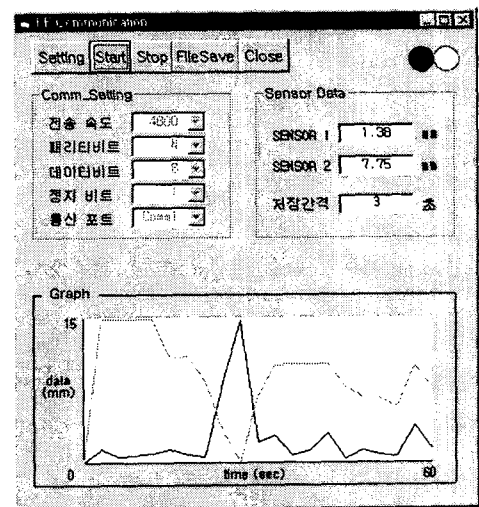


그림 4. 모니터링 프로그램 실행 화면

#### 4.2.2 원거리통신

본 연구에서는 원거리 통신시스템을 무선화하기 위하여 현재 사용중인 무선 데이터 통신방법인 무궁화 위성을 이용한 위성 통신망 구축방법, 420[MHz]대역의 주파수를 이용한 사설망에 의한 구축방법, 상용 무선 데이터 통신망을 이용한 구축방법 그리고 TRS 및 PCS에 의한 구축방법에 대해서 검토하였다. 검토 결과 현재의 무선데이터통신기술 수준으로는 데이터 전송의 안정성 및 경제성 측면에서 많은

문제점이 있는 것으로 판단되었다. 따라서 본 연구에서는 상용 유선통신망(PC통신망, 인터넷 통신망)을 이용하여 원격지의 중앙컴퓨터에 자료를 전송하는 것으로 하였다. 그러나, 궁극적으로는 데이터수집 및 비주얼감시 시스템으로부터 근, 원거리에 관계없이 하나의 방법으로 자료를 전송할 수 있는 무선데이터 통신시스템을 구축하는 것을 목적으로 하고, IMT 2000프로젝트와 더불어 급속도로 발전하고 있는 정보통신기술의 발전추이에 따라 보다 안정적이고 경제적인 무선통신 방식이 완성될 경우에는 이를 본 개발 시스템에 적극 도입할 예정이다.

### 4.2.3 양방향통신

본 연구에서 양방향통신은 원격지의 중앙컴퓨터에서 사면현장의 계측 및 감시 장치를 제어하기 위해서 개발되었다. 즉, 원격지에 위치한 중앙컴퓨터의 관리자가 사면의 현장상황에 따라 데이터의 전송 시간간격을 조절할 수 있고, 시스템의 오작여부를 검토할 수 있도록 하기 위해서 그림 5에 나타난 바와 같이 ODBC Driver와 SQL Server 데이터베이스를 활용하여 양방향통신시스템을 구현하였다.

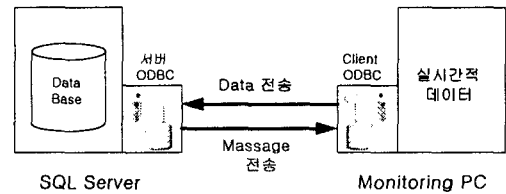


그림 5. 양방향통신을 위한 데이터베이스 프로그램의 개요도

### 4.3 데이터저장 및 인터넷서비스 시스템

본 연구에서 개발되는 도로사면 무인감시시스템은 앞서서도 언급한 바와 같이 크게 두 가지 목적을 가진다. 첫 번째 목적은 위험사면의 거동을 실시간으로 감시하여 사면붕괴를 사전에 예경보함으로써 적절한 대책을 수립하는 것이고, 두 번째 목적은 전국에 산재한 위험 도로사면에 대한 계측자료를 체계적으로 저장·관리하여 국내 사면의 거동특성 및 붕괴메카니즘의 연구에 활용할 수 있도록 하는 것이다. 본 연구에서는 두 번째 목적을 달성하기 위하여 지속적으로 축적되는 방대한 양의 계측자료를 체계적으로 저장·관리하고 저장된 자료를 관리자 및 사용자가 편리하게 분석·활용할 수 있도록 하는 D/B시스템 및 인터넷서비스시스템을 설계하였다. 즉, 그림 6에 나타난 바와 같이 관계형 데이터베이스 관리시스템(DBMS)인 오라클(Oracle)을 사용하여 D/B시스템을 구축하고, Java언어를 사용하여 인터넷서비스시스템을 개발하였다. 그리고 Java언어의 데이터베이스 연결 관리자인 JDBC(Java DataBase Connectivity)를 사용하여 인터넷서비스시스템과 D/B시스템의 연동 체계를 구축하였다.

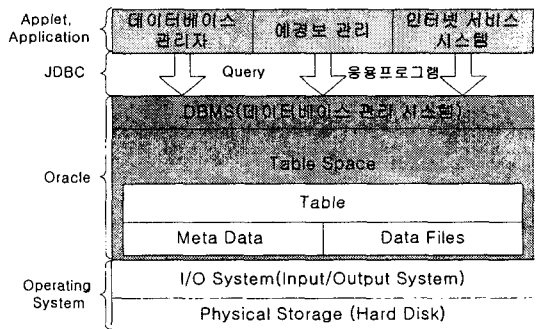


그림 6 도로사면관리 데이터베이스 구조

#### 4.3.1 데이터베이스 항목 구성

본 연구에서는 D/B구축을 위해 관계형 DBMS인 오라클을 사용하였기 때문에, 사면의 자료를 분류하여 그림 7과 같은 테이블구조로 데이터베이스를 설계하였다. 본 연구에서 개발한 데이터베이스에 저장되는 자료는 크게 사면관련자료와 계측관련자료로 구분되어 진다. 사면관련자료는 도로사면에 대한 일반적인 조사자료이고 계측관련자료는 본 연구에서 개발한 데이터수집 및 비주얼감시 시스템으로부터 수집·전송되어 온 자료이다. 그림 7에 나타난 각각의 테이블을 구성하는 세부항

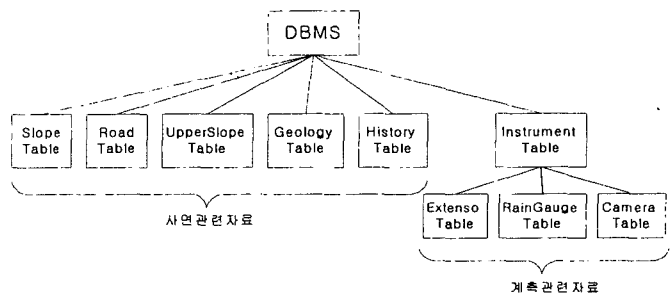


그림 7. 데이터베이스 전체 구성도

목을 정리하면 표 1과 같다.

표 1. 데이터베이스 테이블의 세부 항목

구분	Slope	Road	UpperSlope	Geology	HiStory	Instrument			
						Extenso	RainGauge	Camera	
세 부 항 목	전경사진 세부사진 현장명 행정구역 사면길이 사면높이 사면주향 사면경사 구성물질 주변지형 보호시설 보강공법 관리기관 조사일자 세부사항	도로명 도로번호 왕복차선수 도로폭 이격거리 교통량 구조물 세부사항	경사 인장균열유무 수목 토층심도 인공구조물 집수지형 식생종류 식생밀도 세부사항	암종/토질 암종 풍화정도 지질구조 지하수누수 누수정도 튼돌유무 튼돌크기 세부사항	붕괴이력 붕괴유형 붕괴규모 붕고위치 낙석이력 낙석크기 보수이력 보수공종류 세부사항	설치위치 설치일자 측정시간 신축계 지표변위 우량계 강우량 CCD카메라 지표변위 영상자료			

### 4.3.2 개발 시스템의 특징

본 연구에서 개발한 D/B 및 인터넷서비스 시스템의 특징을 요약하면 다음과 같다.

1) 본 개발시스템의 D/B는 관계형 DBMS인 오라클을 사용하여 테이블 형식으로 자료를 저장할 수 있도록 설계하였기 때문에, 지속적으로 전송되어 오는 방대한 양의 자료를 분류별로 체계적으로 저장할 수 있으며, D/B의 관리가 용이하다.

2) 인터넷서비스시스템은 객체지향언어인 Java를 사용하여 개발하였기 때문에 확장 및 업그레이드가 용이하고, Java Virtual Machine이 설치되어 있는 플랫폼이면 운영체제 (Windows NT, Windows 98, Linux, UNIX 등)에 상관없이 실행이 가능하다.

3) 인터넷 UI는 Java의 AWT(Abstract Window Toolkit)를 이용하여 설계하였기 때문에 정보이용자들이 Web을 통해 쉽고 편리하게 데이터베이스에 구축된 정보를 이용할 수 있다 (그림 8).

4) 사용자에게 검색의 편이를 제공하기 위하여 지도를 이용한 검색과 사면의 현장 주소나 특징을 이용한 키워드검색이 모두 가능하도록 하였다(그림 9).

5) Java언어의 그래픽 기능을 이용하여 계측자료를 실시간에 웹상에 그래프로 나타내는 기능을 추가하였다(그림 10).

6) Java로 구현된 본 시스템을 C++언어를 이용하여 범용 통계프로그램인 엑셀(Excel) 프로그램과 인터페이스함으로써 기존 저장자료 및 실시간 계측자료의 분석 및 활용을 용이하게 하였다.

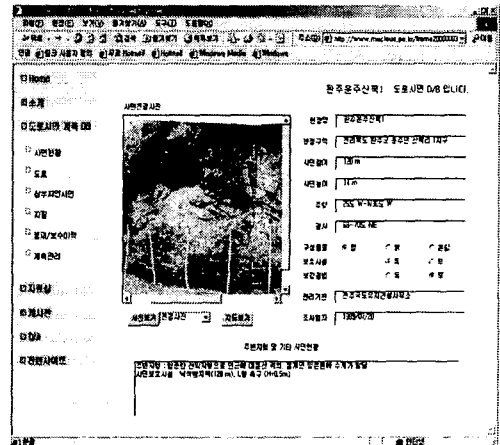


그림 8. 사면현황 화면

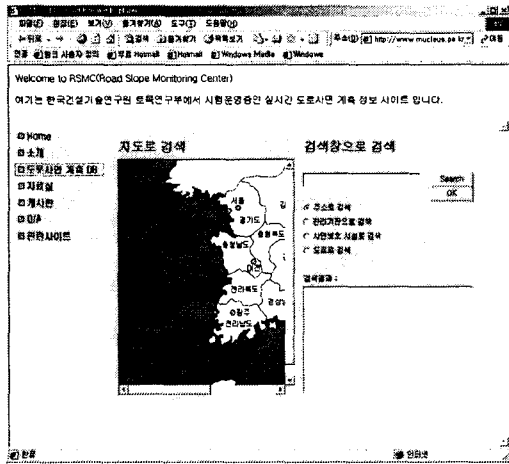


그림 9. 사면 검색 화면

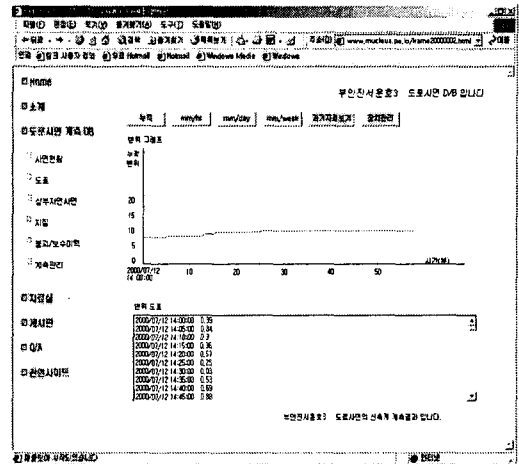


그림 10. 실시간 그래프

#### 4.4 예경보시스템

본 연구에서는 위험사면의 거동을 실시간으로 예측하여 그 예측값이 사전에 결정된 사면 관리기준치를 초과하게 되면 관리자에게 즉각 통보됨으로써 사면붕괴에 미리 대비할 수 있도록 하는 예경보시스템을 개발하였다. 본 예경보시스템에서는 사면의 붕괴위험에 대한 예보를 두 가지 등급(주의보와 경보)으로 구분하여 각각에 대한 관리기준치를 설정하여 입력할 수 있도록 하였고, 주의보와 경보 발령시 사면 붕괴의 위험을 사면관리자에게 컴퓨터의 화면과 소리를 이용하여 알리함과 동시에 관리자의 휴대폰으로 문자를 전송하여 알리도록 하여 위험 예보 전달이 확실하게 되도록 개발하였다. 또한 본 시스템의 효과적인 관리를 위한 프로그램을 인터넷서비스시스템에서 사용한 Java와 JDBC 기술을 활용하여 개발하였다. 그림 11은 이 프로그램의 메인화면을 보인 것이다. 이 그림에 나타난 바와 같이 본 시스템에서 붕괴의 예보를 위한 사면 관리기준치 항목으로는 강우강도, 일강우량, 변위속도가 있다. 그러나 차후에는 비주얼감시시스템으로부터 전송되는 자료를 붕괴 예보에 활용하는 기능을 추가할 예정이다.

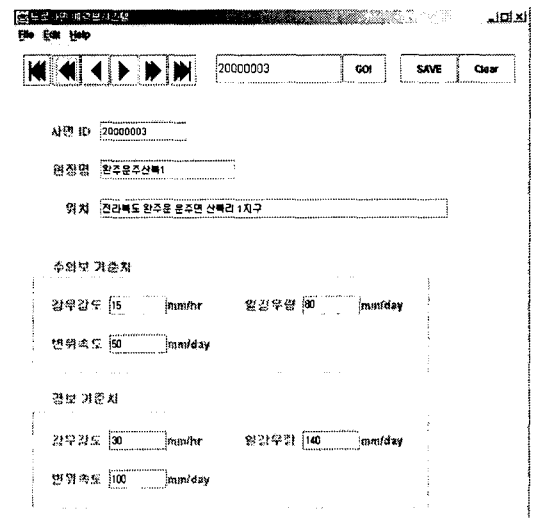


그림 11. 예경보시스템의 메인화면

#### 5 향후 연구 계획

현재 본 연구는 진행 중에 있으며, 도로사면 무인감시시스템의 완성을 위해서 아래와 같은 내용의 연구가 계속 진행될 예정이다.

첫 째, 본 연구에서 개발된 요소 시스템들을 일체화하여 문제점 및 개선방안을 검토하고, 실제 도로사면 현장에 적용할 수 있도록 시스템을 완성한다.

둘 째, 본 시스템의 성능 및 효율성을 검증하기 위하여 완성된 시스템을 실제 도로사면에 적용하여 시험하고, 문제점 발견 시 이를 보완한다.

셋 째, 본 시스템의 효율적인 운영을 위하여 예측우선순위 결정방법을 고안하고, 사면 붕괴의 예보를 위한 관리 기준치를 설정한다.

## 6 결론

본 연구는 위험도로사면을 효과적으로 감시할 수 있는 경제적인 실시간 무인감시시스템을 개발하는데 목적을 두었다. 이를 위하여 국내 사면특성과 경제성을 고려하여 계측기와 감시장치를 선정하였고, 이 시스템을 구성하는 요소 시스템들을 개발하였다. 본 연구에서 얻어진 결론은 다음과 같다.

1. 효율적이면서도 경제적인 도로사면 무인감시시스템을 설계하기 위하여, 지표면 신축계와 자동 우량계를 기본 계측기로 선정하고 감시장치로서 CCD카메라를 채택하였다.
2. 실시간 자동계측을 위한 데이터수집시스템과 사면의 영상감시를 위한 비주얼감시시스템을 자체 개발하였으며, 하드웨어(데이터 로거, 비주얼감시장치)의 시제품 및 소프트웨어를 제작하였다.
3. 지속적으로 수집되는 계측 및 감시 자료를 원격지의 D/B시스템에 실시간에 안정적으로 전송하기 위해 여러 가지 데이터통신방안을 검토한 후, 현재의 정보통신기술로 가장 경제적이고 안정적인 데이터전송기술을 제시하였다.
4. 영상자료를 포함하는 방대한 양의 자료를 체계적으로 저장 및 관리하고 이를 실시간에 정보이용자에게 제공하기 위하여 D/B시스템과 인터넷서비스시스템을 개발하였다.
5. 위험사면의 거동을 실시간으로 계측하여 그 계측값이 사전에 결정된 사면 관리기준치를 초과하게 되면 관리자에게 즉각 통보됨으로써 사면붕괴에 미리 대비할 수 있도록 하는 예경보시스템을 개발하였다.

## 감사의 글

본 연구는 건설교통부에서 지원한 '99 건설기술연구개발사업에 의하여 수행 중인 연구(도로구조물의 건설 및 유지관리를 위한 시스템개발)의 일부임을 밝히며 감사의 뜻을 전합니다. 또한 본 연구의 수행을 후원해 주신 한국건설품질연구원 안영기 이사장님께도 감사를 표합니다.

## 참고문헌

1. 유병옥(1997), 암반절취면의 안정성 평가 및 대책에 관한 연구, 공학박사학위논문, 한양대학교학원, 344p.
2. 건설부, 1988, 방재종합대책 중장기계획 보고서 (3권), 5.산사태 피해, pp.359-701.
3. 사면안정소위원회(1996), 암반사면의 안정해석과 계측, 암반역학위원회(번역서), 345p.
4. 한국건설기술연구원(1998), 도로절개면 유지관리시스템 개발 및 운용 1, 건설교통부, 338p.
5. 한국건설기술연구원(1999), 도로절개면 유지관리시스템 개발 및 운용 2, 건설교통부, 260p.
6. Brand, E.W., Premchitt, J. and Phillipson, H.B., 1984, Relationship between Rainfall and Landslides in Hong Kong. Proc. of the 4th International Symp. on Landslides, Toronto, pp.377-384.
7. Mikkelsen, P.E., 1996, Field Instrumentation. In Landslides: Investigation and Mitigation, Special Report 247 (Turner, A.K. and Schuster, R.L. eds.), TRB, National Research Council, pp.278-316.
8. Reid, M.E., Lahusen, R.G., and Ellis, W.L., 1999, Real-time Monitoring of Active Landslides : USGS Fact Sheet 091-99.