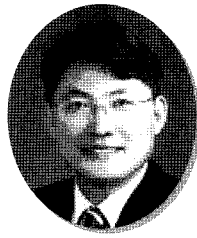


# 낙석 및 산사태 방재연구단



이승호  
상지대학교 교수  
우리회 부회장  
shsh123@hanmail.net

## 1. 서론

우리나라는 지형특성상 70% 이상이 산지로 구성되어 있으며 특히 강원도에는 우리나라 지역 중 규모나 숫자 면에서 가장 많은 산지가 분포되어 있다. 이러한 강원도의 지형적 특성 때문에 도로 및 철도 등의 사회기반시설 시공 시 크고 작은 절개지의 발생은 필연적이며 대부분의 도로가 산악도로이다. 최근 집중강우 및 해빙기에 낙석과 산사태로 인하여 많은 인명 및 재산피해가 동반되고 매년 재발 빈도도 증가하고 있다.

따라서, 본 과제(낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 신 기술개발)는 강원도내의 위험 대상사면의 안정성에 영향을 미치는 인자를 대상으로 정량적으로 위험 요소의 영향력을 판단하여 체계적인 관리를 실시하기 위하여

USN(Ubiquitous Sensor Network)환경을 기반으로 하는 통합 사면관리기술, 광역산사태 저감기술 및 사면안정성증대기술을 개발함으로써, 붕괴 예측과 사전 붕괴 방지는 물론 갑작스런 붕괴발생시 도로나 철도를 이용 중에 있는 사람에게 즉각적인 상황 및 위험정도를 고려 피해를 감소시키고자 한다. 또한 낙석 및 산사태 전문교육연구센터를 설립, 최첨단 교육시스템을 도입하여 국내사면 방재 전문인력 양성과 함께 전 세계 사면 전문가들에게 개발기법 및 방재기술을 지속적으로 교육시켜 국가 기술이익도 모, 국가의 대외 이미지 상승을 유도하고, 매년 재해빈도를 저감시키고자 하는 적극적인 재해저감기술을 개발하는 실용화 연구에 해당한다. 이런 연구가 진행됨으로 인하여 보다 효율적인 국토 유지·관리뿐만 아니라, 국민의 정책 신뢰도 향상, 선진국에 버금가는 재해 대비 체제 구

축의 역할에도 일익을 담당할 것으로 사료된다. 이러한 위험 대상사면에 대한 첨단 조사기법 개발과 체계적인 재난관리체제 구축은 국가 예산의 효율성 극대화 추구 및 위험 사면 관리 비용의 절약을 추구할 뿐만 아니라 건설 기술 분야에 있어서는 선진국에 버금가는 지속적인 기술 개발을 통해 전문적인 인력을 양성할 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구 기관에서는 연구 기간 동안 지역의 건설 전문 인력 양성을 위해 '낙석 및 산사태 전문교육운영시스템'을 운용을 비롯하여 각종 강연 및 전시회를 개최하였으며, 국내·외 연구 관련기관과의 MOU(Memorandum Of Understanding) 체결을 통한 상호연구 교류도 활발히 진행 하였다. 또한 지역협의체를 운영하여 지역주민 및 각 계층의 의견들을 연구에 반영함으로써 강원지역의 대학, 연구소, 관련건설업체 등이 일심 단결하여 우수한 결과를 도출 할 수 있었다.

## 2. 연구 필요성

우리나라 국토의 대부분은 산악지형으로 이루어져 있어 산업 및 도시의 발달에 따른 새로운 택지조성, 도로건설 및 산업기지 건설, 대규모 주택단지 개발 등으로 자연 사면을 변형시키는 규모나 빈도가 증가하고 있으며, 이에

따라 필연적으로 절·성토 사면 등이 형성되어 사면 붕괴 및 암괴의 낙반이 발생되고 있다. 겨울철에 자주 발생하는 산불로 인한 지반강도 저하와 여름철 집중호우로 인한 산지의 간극수압 증가와 지반 유효응력 감소로 산사태가 자주 발생한다. 한반도내 산지 분포를 살펴보면 강원지역에 매우 많은 산지가 분포하고 있어 각종 토목공사로 인하여 많은 절개지가 발생하고 있으나 유지관리와 전문 인력 수준은 매우 부족한 실정이다.

본 연구는 사계절 낙석과 산사태의 위험에 노출되어 있는 강원지역에서 낙석과 산사태로 인한 재해를 저감하기 위하여 USN(Ubiquitous Sensor Network)환경을 기반으로 한 통합 사면관리기술, 광역산사태 저감기술, 사면 안정성증대기술을 개발하는 것으로 실용화와 사업화를 위주로 낙후된 지역 건설 방재 산업 육성과 건설 전문 인력 양성을 위한 지역특성과 연구개발 사업이다.

또한 강원도 전역을 시범지구로 하여 국내에 맞는 위험 사면의 효율적 관리 기법 등의 방재관련 피해저감 기술을 개발하여 국가 방재 기술력 배양 및 대외 경쟁력 향상 효과를 가져 올 수 있다. 이에 따라 국민들의 안전한 생활 기반을 조성하고 국가 기간 시설의 활용도를 극대화하여 사회 간접 시설의 시너지 효과를 창출할 수 있다. 나아가 기술선진국으로의 향상을 위한 국내 기술력 배양과 타 관련 건설 기술 분야의 동반 기술 향상 효과를 도모할 수 있다.

본 연구에서는 첨단 IT기술과 다양한 건설기술 등이 조화되어 전 세계 어디에서도 사례가 없는 차세대 연구 성과가 도출되어 방재기술의 해외 의존도에서 벗어나 순수 국내 기술을 기반으로 방재기술 수출국으로 자리 잡을 수 있는 기반을 마련하였다.

## 3. 연구개발 내용

본 연구단의 연구는 매우 다양하고 광범위한 분야에 대

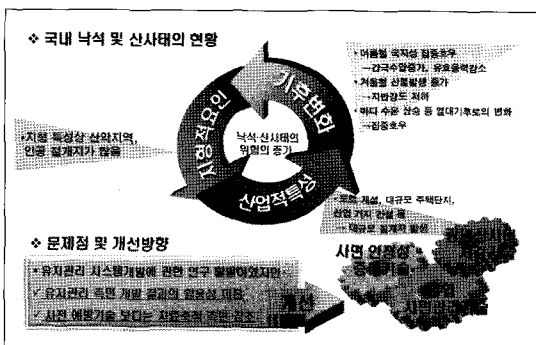


그림 1. 연구의 필요성

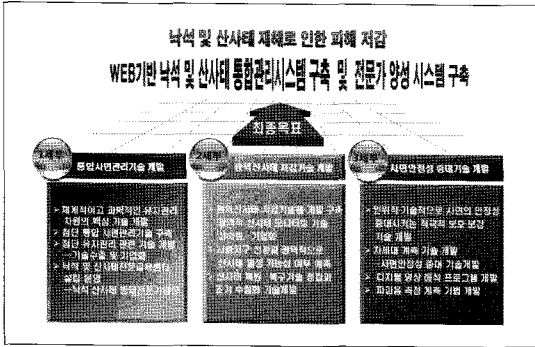


그림 2. 세부별 연구 목표 및 최종목표

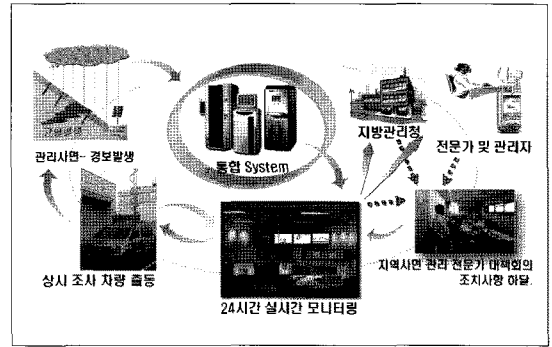


그림 3. Web기반 통합 시스템의 경보와 운영 체제

한 연구를 포함하고 있다. 비탈면의 생성과 유지관리 흐름에서 본 연구단이 개발하고자 하는 연구내용을 정리하면 다음 과 같이 크게 3가지 분야로 나누어 개발하고 있다. 첫 번째로 유지관리분야, 두 번째로 조사 및 평가분야, 끝으로 신기술개발분야로 나누어 연구를 진행하였다.

이러한 연구내용 중 핵심적인 내용은 관리대상지역의 비탈면을 전체적으로 관리할 수 있는 'Web기반 낙석 및 산사태 통합시스템'의 개발이다. 여기에서는 기존 유지관리시스템과 병행하여 보다 고급정보를 효율적이고 정확히 수집함으로써 좀 더 효율적인 유지관리시스템의 운용체계를 만들고자 하는 것이 큰 목적중의 하나이다. 이를 위하여 비탈면의 관리를 위한 첨단 유지관리시스템의 개발과 유지관리시스템과 연계되는 요소기술들을 개발하였다.

### 1) 세부별 연구내용

#### ① 통합 사면유지관리기술개발

WEB기반 낙석 및 산사태 통합관리시스템, 첨단사면 조사장비, 암반사면위험도 평가기법, 차세대 현장정보 수집 및 유지관리 차량 등의 체계적이고 과학적인 유지관리 차원의 핵심 기술을 개발하여 첨단 통합 사면관리기술을 구축하고자 하며 첨단 사면 유지관리 관련 기술을 개발하여 기술수출 및 기업화하는 것을 최종 목표로 한다. 특히 총괄연구기관인 상지대학교의 대응투자예에 의한 낙석 및

산사태전문가 양성 시스템을 운영하여 국내에 극도로 부족한 낙석 및 산사태 방제전문가 양성을 수행한다.

#### ② 광역산사태 저감기술개발

광역 산사태 관리를 위한 공간정보 구축 및 WEB지원 프로그램 모듈, 산사태 예방을 위한 조기수립화 기술, 간섭 SAR영상처리를 위한 시스템, 시계열 라이다 정보에 의한 산사태 모니터링 기술 등의 핵심기술 개발로 광역산사태 저감기술을 개발, 구축하여 광역적 산사태 모니터링 기술을 성숙화, 기업화하는 것을 최종 목표로 한다.

#### ③ 사면안정성 증대 기술개발

사면안정성 증대 기술개발은 이론적 아이디어에 의한 기술개발과 개발된 기술을 실용화하여 자연으로부터 발생하는 자연재해에 대하여 인위적인 방법으로 재해를 예방 및 감소시키는 방제기술에 해당한다.

### 2) 핵심 연구 내용

#### ① Web기반 낙석 및 산사태 통합시스템

본 연구를 통해서 개발하고자 하는 통합시스템의 운용 방식은 기존의 사면유지관리시스템의 문제점을 개선한 것으로 개발 후 운용방식은 기존 시스템과 크게 다르지 않다. 하지만, 웹기반 운영방식을 채택함으로써 사면 정



그림 4. 홈페이지 메인

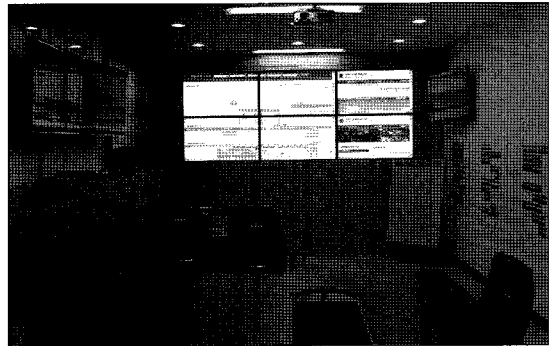


그림 5. 재난재해 통합 상황실

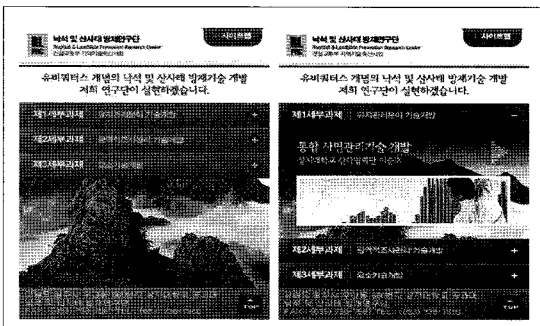


그림 6. 아이폰 전용 홈페이지의 주요페이지

시스템의 운용은 독자적인 운용방식과 기존 시스템과의 연계방식을 고려하고 있으며 기존 시스템과의 연계방식을 통해서도 수집된 고급정보를 활용함으로써 매우 효율적인 사면관리가 가능할 것으로 기대된다.

통합시스템 실시간 모니터링 기능으로 현장 계측기를 통하여 상시 위험성이 있는 비탈면에 대해 24시간 모니터링을 실시하고, 산사태 GIS정보를 수집하여 신속하게 위험지도를 제작할 수 있으며, 산사태 위험지도 제작기술을 통해서 신속하고 효율적인 방재대책 수행의 의사결정자료 생성이 가능하며, WEB을 통한 산사태 위험지도 공유 및 관리가 가능하다. 또한 다양한 정보 제공 서비스를 위한 사면 정보 검색 기능 등의 부가적인 기능을 가지고 있다. 이러한 기능들은 뛰어난 접근성과 상황 발생 시 대책 수립에 소요되는 시간과 절차를 줄일 수 있다.

본 연구단은 통합적이고 효율적 관리할 수 있는 재난재해 통합 상황실을 운영함으로써 강원도 지역의 낙석 및 산사태 발생을 최대한 억제하고 발생빈도 및 피해를 점차적으로 감소시키는 재난관리체제를 구축하고자 한다. 과학적이면서 체계적인 항구적 낙석 및 산사태 유지관리 기술개발 구축할 수 있는 기점이 될 수 있다고 본다.

또한 웹 접근성을 좀 더 보완하기 위해 PC의 모바일 환경에서도 특히, 애플의 아이폰 환경에 최적화 된 페이지를 구축하여 PC환경과 모바일 환경을 완전히 분리하였

보 관련 DB를 통합 재구축함으로써, 인터넷 Web을 이용하여 연구단 및 세세부기관에서 운영하는 이동기기-통합 시스템간의 입력, 수정, 삭제 등의 관리에 필요한 통합운영관리 서버 및 운영관리자용 UI(user interface)를 구축하여 데이터베이스에 대해 좀 더 접근성을 높였고, 요소 기술의 개발로 인해 적용되는 첨단장비 및 기능들로 인해 수집되는 데이터베이스의 정확성과 무결성이 월등하여 분석되는 결과의 신뢰성을 확연히 높일 수 있다는 데에 큰 차이점이 있다.

또한 위 구성도와 같이 이동기기-통합시스템 간에 데이터전송으로 수집된 자료들을 자동으로 정밀분석하고 필요한 결과를 추출하는 기능을 포함함으로써 자료의 축적과 선별수준에 머물러 있는 현재의 시스템의 기능을 한 단계 업그레이드 하게 되었다고 판단된다. 개발된 통합시

다. 아이폰 전용홈페이지는 사면관리시스템 영역을 제외한 연구단 홍보를 위한 주요 페이지를 구현해 놓았다.

## ② 첨단 현장조사장비 개발

첨단 현장조사장비개발은 IT기술을 접목한 첨단기법을 이용하여 현장 절토사면 조사의 효율성을 극대화하는 조사 및 자료 정보화 기술 개발에 해당한다. 현재 사면조사는 조사자의 정성적인 판단으로 취득된 자료를 수기로 입력하고, 특징적인 현상을 사진 촬영으로 자료화 하고 있다. 또한 이러한 자료는 실내에서 추가적으로 전산화 작업을 수행하여 데이터베이스화된다. 이렇게 취합된 자료는 전문가 기관에 의해서 재평가하고 위험성을 판단하여 상위기관에 보고되는 등의 일련의 과정을 거치게 된다. 또한 최근 신설되는 절토사면은 그 규모가 대형화되고 표면보호공의 적용이 높아지고 있어서 기존의 조사 기법으로는 자료의 취득이 어려운 상황이다.

본 연구에서는 이상에서 설명한 복잡하고 비효율적인 조사 및 평가 체계를 혁신적으로 개선하기 위하여 무선통신, 디지털 영상 등 첨단기법을 접목하여 사면을 조사하고 평가하는 기술 및 장비를 개발하였다. 깡기비탈면의 현장조사 시 자료수집 및 정보화를 간편하고 효율적으로 수행할 수 있는 무선통신 기반의 첨단 사면조사 시스템

및 장비 개발을 목표로 한다. 개발하고자 하는 장비는 기본적으로 사진촬영 기능, GPS 기능, 터치스크린 형식의 불연속면 속성자료 및 사면의 일반현황 자료 입력기능 등을 수행할 수 있도록 설계한다. 또한 취득된 자료를 유지관리자용과 전문가용으로 구분하여 점검결과를 수량화 기법에 의하여 평가하는 기법을 개발하고, 그 평가 결과를 활용하여 사면의 유지관리 및 점검주기를 결정하는 기법을 접목할 것이다.

본 장비는 무선통신 시스템을 기반으로 하여 현장에서 취득된 자료가 자동으로 통제센터 시스템에 데이터베이스화되도록 하여 조사 자료의 정보화를 최대한 간편히 할 뿐만 아니라 통제센터 시스템의 각종 데이터를 불러들여 현장에서 열람 및 확인이 가능하도록 쌍방향 송수신 기반의 정보공유 시스템 첨단 현장조사장비를 개발하였다.

사면정보수집차량은 영상촬영기법과 사면에 설치된 RFID 통신을 통하여 사면을 분석하고 비용문제로 인하여 정밀 계측기에 의한 실시간 데이터전송이 어려운 지역을 기반으로 현장에 접근하여 자료를 획득하기 위해 개발되었다. 또한 차세대 현장정보 수집차량은 이동형 모니터링 시스템을 개발하여 광역의 일상관리를 지원하고 육안점검 및 기계점검을 병행하여 효율적 유지관리에 기인한다. 또한 무선통신 기반의 운영환경을 제공을 통한 신속한 대

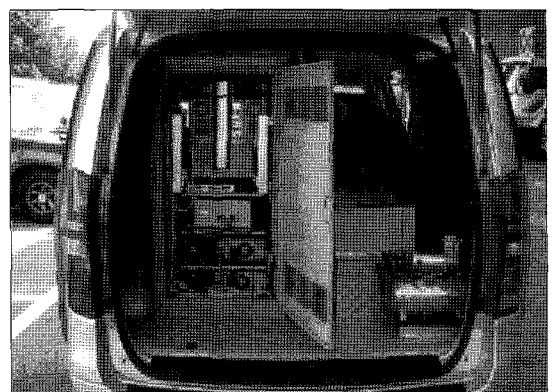
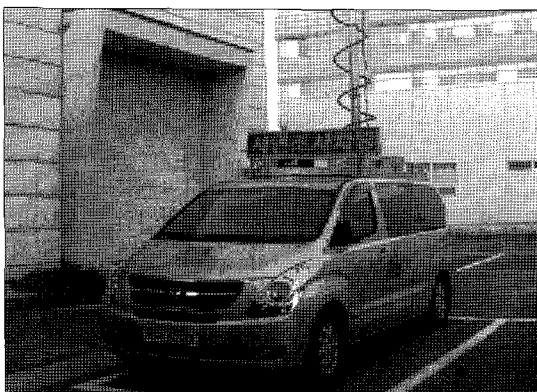


그림 7. 사면정보 수집차량

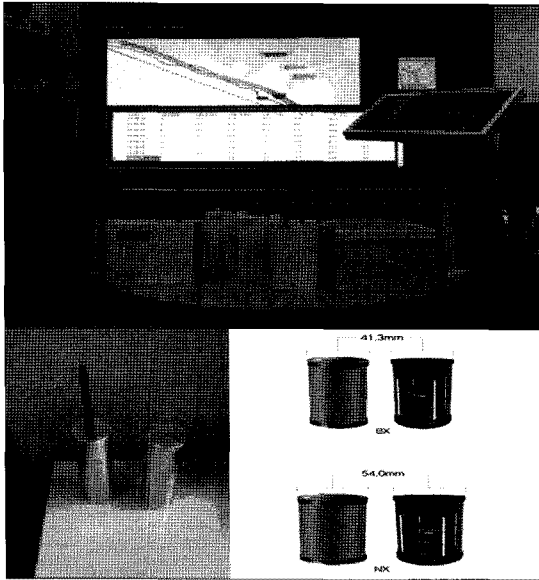


그림 8. 자이로를 활용한 USN 사면 계측 시스템

응 시스템을 구현하였다.

또한 상시실시간 모니터링을 통한 비탈면계측은 지금까지 사용하고 있는 일반적인 계측시스템으로는 정밀성은 뛰어나나 경제적인 문제로 인하여 많은 사면에 설치하기 어렵다. 따라서 몇 개의 중요한 사면을 제외하고는 기계장치에 의해 측정된 객관적인 정보를 수집하는 방법이 전무했다.

본 연구에서는 이에 대한 문제해결을 위하여 사면의 거동을 쉽고 경제적으로 측정할 수 있는 계측기의 개발의 개발이 이루어 졌는데 자이로를 활용한 USN 사면 계측기 시스템이다. 자이로를 활용한 사면계측기기를 위험사면에 설치하여 사전 징후를 관찰 할 수 있다. 사전 징후는 무선 데이터로 송신되어 관제센터에서 한눈에 알아 볼 수 있어 신속한 대응이 가능하도록 개발이 진행되었다. 데이터 송신이나 계측에 사용되는 전력은 태양광 자기발전을 이용하기 때문에 배터리를 수시로 교체하는 낭비를 최소화 할 수 있다.

#### 4. 기술혁신체제 구축방안

국가 과학기술위원회에서는 2015년까지 우리나라를 국민 1인당 국내총생산(GDP) 3만5000달러 이상의 세계 10위권 선진국으로 견인할 미래 국가 유망기술 21개를 최종 확정하고, 더불어 선정된 미래국가유망기술의 개발·육성에 집중해 경제력으로는 세계 10위, 삶의 질로는 20위권에 진입하는 것이 최종 목표로 한다.

시장성이 증시된 기술로는 실감형 디지털 컨버전스, 초고성능 컴퓨팅, 나노·고기능성 소재개발 기술이 선정됐으며, 공공성에 있어서는 전 지구관측시스템과 국가지원 활용, 기후변화 예측대응, 해양 영토 관리·이용기술이 높히 평가되었다. 아울러 삶의 질을 높이면서 동시에 공공성을 충족하는 유망기술로는 유비쿼터스 사회기반 구축 및 관리기술, 재해·재난 예측 및 관리, 차세대 원자력 시스템, 청정·신재생 에너지 4개였다. 이중 재해·재난 예측 및 관리는 본 연구개발사업과 직결되는 분야이며 낙석 및 산사태 재해방지 및 예측 분야는 첨단 IT분야 등과 연계되는 기술분야 영역이므로 전기·전자, 통신 분야 등의 기술도입과 기술자문 등의 연계를 유기적으로 유지할 방침이다.

#### 5. 기술개발 성과 및 적용분야

- 낙석 및 산사태 예방을 위한 전문센터의 건립으로 사업전반의 재정 및 기술개발 공정의 관리와 더불어 지속적인 교육을 통한 전문인력 양성
- 첨단 IT산업기술을 도입하여 유비쿼터스 시스템을 이용한 조사기법 및 program의 개발, Database 구축 등을 통해 지속적인 정보제공 및 방재산업 활성화
- 국가적 차원의 재해예방 정책 결정 자료로 활용
- 위험 사면 관리 기준 도출에 의한 경제적 유지 관리

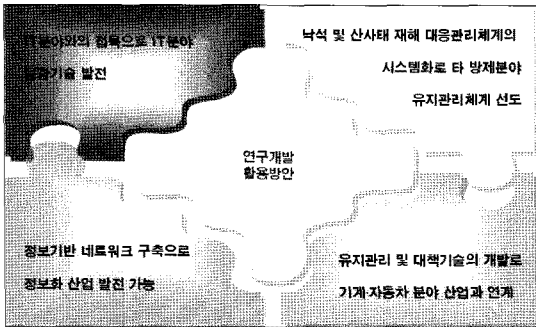


그림 9. 타 산업 및 국내외 연계, 협력 가능성

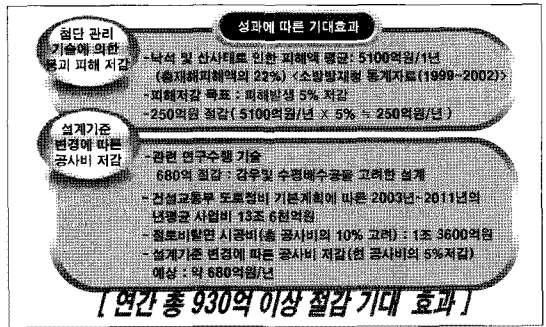


그림 10. 기대효과

가능

- 사면관련 첨단조사기법 개발을 통한 대외 기술경쟁력 강화
- 기존 연구에서 작성된 Hazard Map을 이용하여 위험 지역 재해위험정도를 고려한 공사계획 입안 기초자료로 적극적 활용

## 6. 결론

낙석 및 산사태 방지를 위한 차세대 전략기술 개발 연구를 통해 개발된 시스템과 국가 재난방재 관리 시스템과 연계하여 정보의 공유를 통한 통합적 재난관리 체제 운영 가능하다. 또한 낙석 및 산사태 전문가 양성시스템을 이용하여 양성된 전문가들에 의한 강원권 뿐만 아니라, 국

토 전체의 낙석 및 산사태 위험도 평가 및 관리 체제 구축이 가능하며, 전자기술 및 계속기술의 발달로 지반의 거동을 예측할 수 있는 첨단장비들이 점차 개발될 것이다.

이러한 기술들과 연계하여 더욱 향상된 낙석 및 산사태 통합시스템의 구축이 가능할 것으로 판단된다. 그리고 국내·외 연구 기관과의 MOU(Memorandum Of Understanding) 체결을 통한 상호연구 교류도 활발히 진행 되어 왔다. 또한 강원권 지역협의체를 운영하여 지역 주민 및 각 계층의 의견들을 연구에 반영하고 있다.

향후 낙석 및 산사태 방재연구단의 체계적인 시스템관리와 기술로 강원권의 고속도로, 국도, 지방도로를 시작으로 한반도 전역의 방재기술 확립과 재해대비체제의 안정화로 연간 발생하는 낙석 및 산사태 재해로 인한 피해 비용을 상상이상으로 절감할 수 있을 것으로 기대된다.