

지반공학 분야에서의 IT(Information Technoligy) 활용과 발전방향 Applications and Prospects of I.T. in Geotechnical Engineering

신현영¹⁾, Hyun-Young Shin, 한상재²⁾, Sang-Jae Han, 정승용³⁾, Seung-Yong Jung, 김수삼⁴⁾, Soo-Sam Kim

¹⁾ (주)지구환경전문가그룹 기술연구소 연구원, Researcher, Expert Group for Earth & Environment

²⁾ (주)지구환경전문가그룹 기술연구소장, Senior researcher, Expert Group for Earth & Environment

³⁾ (주)지구환경전문가그룹 대표이사, President, Expert Group for Earth & Environment

⁴⁾ 한양대학교 토목환경공학과 교수, Professor, Hanyang University

SYNOPSIS : Information Technique has been also introduced to the geotechnical engineering. This is an aggregate of many technologies such as sensor, communication, computing, internet, etc. This paper investigate the presence of IT in geotechnical engineering, and its advances.

Keywords : IT(Information Technology), 광섬유, 센서, 자동화시스템, 정보화기술

1. 도입

IT(Information Technology)는 컴퓨터·소프트웨어·인터넷·멀티미디어·경영혁신·행정쇄신 등 정보화 수단에 필요한 유형·무형기술을 아우르는, 즉 간접적인 가치 창출에 무게를 두는 정보기술이라는 사전적 의미에서 출발하여, 이제 정보의 생산과 획득, 가공 처리 및 응용에 관련된 모든 기술, 초고속 인터넷, 이동 통신, 광통신, 홈 네트워크 등 통신 기술과 컴퓨터, 소프트웨어, 데이터베이스, 멀티미디어 등 정보 기술의 융합에 따른 정보 통신 기술(ICT: Information and Communication Technology)로 의미의 폭이 넓어졌으며, 특히 기업 전반적인 또는 기업이 주요 부분에 걸쳐서 행해지는 정보시스템의 계획, 분석, 설계, 구축을 위한 일련의 연결된 형식기법을 총칭하는 용어로 정의되며, 광통신, 디지털방송, 무선통신, 소프트웨어, 차세대 인터넷, 컴퓨터기술, 기초기술, 부품기술 등을 총망라하여 그 적용범위가 확대되는 추세이다.

국내에서도 21세기를 여는 이 시대에 정책적 지원에 힘입어 건설산업 분야에서도 IT의 개념이 도입되고 있으며 특히 지반공학 분야에서의 IT는, 위험요인이 발견되는 경우 즉각적인 대처가 요구되는 방재관련 자료를 수작업으로 처리할 경우에는 비효율적이며 적절한 시점에 재해와 관련된 정보를 제공하지 못할 수도 있으므로, 이러한 인자들을 지속적으로 감시함으로써 감지, 분석 및 신속한 대책마련을 통해 인명과 재산을 효과적으로 보호할 수 있는 기술을 확보할 필요성이 대두됨에 따라 주로 방재기술 분야에서 적용사례가 늘고 있다. 이는 센서기술과 통신기술, 컴퓨팅 기술, 인터넷기술 등 IT 분야의 기술을 결합한 재해요소 감시시스템을 도입함으로써 해결을 도모하고 있다.

본 고에서는 사례검토를 통해 국내 지반공학 분야에서 IT 활용의 현 주소를 파악하고, 나아가 갈 바를 제시하고자 한다.

2. 국내 IT 산업의 발전사

국내 IT 산업의 발전동향을 기간별로 크게 4 단계로 구분하여 표 1에 제시하였다. 1980년대 이전은 정보화 개화기로서 행정업무의 전산화를 위한 기본계획 수립을 시도한데 이어, 1980년대에 해당하는 도약기

에서는 대통령 비서실을 중심으로 국가 기간전산망 조정위원회를 통해 기본방향과 방침이 정해지고, 전산망법이 제정되었다. 1990년대는 1994년 정보통신부의 발족과 함께 새로운 문화, 경제질서를 형성하면서 급속하게 정보화시대로 재편되었다. 이 시기에는 초고속 정보통신기반 구축을 위한 계획을 확정 발표하였는데, 21세기를 대비한 선행적 국가기반 구조 확충을 위해 음성, 데이터, 영상 등 다양한 형태의 정보를 실시간으로 전송할 수 있는 '정보의 고속도로'에 44조원을 투입하여 2015년까지 미국, 일본에 이어 제2의 선두 그룹으로 부상하는 것을 목표로 하였다. 초고속 정보통신기반 구축사업은 3단계로 나누어 추진되었는데, 인터넷 이용자의 폭발적인 증가와 정보통신 기술의 급속한 발전으로 정보통신망을 조기에 고도화할 필요성이 대두됨에 따라, 총 사업기간이 정보통신망 고도화 추진계획(1997년 9월), 초고속 정보통신망 고도화 기본계획(2001년 5월)에 의해 당초 2015년에서 2010년과 2005년으로 대폭 단축되었다(표 2). 2000년대에는 정보화의 성숙기로서 실질적으로 민간 분야에서 IT의 보급이 본격화된 것은 이때부터이다. 특히, e-KOREA Vison 2006은 정보화를 통해 사회전반의 효율성을 높이고 모든 국민의 정보활용 능력을 제고하여 새로운 변화에 대한 적응능력을 함양하는데 중점을 두고 있다. 또한 정보통신 산업의 발전을 위해 IT 인프라의 구축, 창업지원, 기술개발, 인력양성, 법제도 등 신산업이 창출될 수 있는 환경조성에 주력하고 민간은 정부가 조성한 환경 위에서 자율성과 창의성을 바탕으로 신산업 발전을 주도할 수 있도록 유도하고 있다. 이 시기를 통해 정부와 민간이 공동으로 추진한 다양한 전략적 사업을 통해 우리사회 깊숙이 IT의 개념이 자리하게 되었으며, 건설산업 분야에서도 그 흐름이 이어지고 있는데, 그 예로 국가 전략 6대 분야에 있어서 BT(생명공학기술), ET(환경기술), NT(극미세기술), ST(우주항공기술), CT(문화기술) 등과 함께 IT(정보기술)가 지정되어 정부 및 민간분야에서 최근 집중 육성되고 있다.

표 1. 국내 IT산업 발전을 위한 정책

기간	구분	내용(정책분야)
1980년대 이전	정보화 개화기	· 제1차 행정전산화 기본계획 수립(1978)
~1980년대	정보화 도약기	· 제2차 행정전산화 기본계획(1983) · 제1차 국가기간전산망 기본계획(1987)
~1990년대	정보화 정착기	· 제2차 국가기간전산망 기본계획(1987) · 정보통신부 발족(1994) · 정보화 촉진기본법 제정(1995) · 초고속 정보통신기반구축 종합계획(1995) · 정보화 추진위원회 설치(1996) · 제1차 정보화촉진 기본계획(1996) · 정보화 촉진기금(1996) · 정보통신망 고도화 추진계획(1998) · Cyber Korea 21 수립(1999)
2000년대~	정보화 성숙기	· 초고속정보통신망 고도화 기본계획(2001) · e-KOREA Vison 2002 수립(2002) · Broadband IT Korea 2007 수립(2003) · IT839 전략추진(2004) · 광대역통합망(BcN) 구축 기본계획(2004) · u-센서네트워크(USN)구축기본계획(2004) · u-LOREA 기본계획(2006)

표 2. 초고속 정보통신기반 구축계획의 변화(정보통신부, 2005)

구분	수립배경	사업기간	비고
초고속정보통신기반구축종합추진계획(1995.3)	· 2015년까지 '정보고속도로' 구축	· 1단계사업: 1995-1997 · 2단계사업: 1998-2002 · 3단계사업: 2003-2015	
정보통신망 고도화 추진계획(1997.9)	· 선진국 동향 및 기술발전 추세에 맞추어 5년 앞당겨 구축함으로써 21세기 고도정보사회의무환경쟁에 대비	· 1단계사업: 완료 · 2단계사업: 1998-2002 · 3단계사업: 2003-2010	· 초고속정보통신망 1단계사업완료(1997.12) · 초고속정보통신망 2단계 사업추진계획수립(1998.5) · 초고속정보통신망 2단계사업완료(2002.12)
초고속 정보통신망 고도화 기본계획(2001.5)	· 2000년말 전국규모의 광케이블 기반의 초고속정보통신망 구축 · 2001년 1월 초고속정보통신망 조기구축방침 완료(대통령 신년사)	· 1단계사업: 완료 · 2단계사업: 1998-2000 · 3단계사업: 2003-2005	· 초고속정보통신망 고도화추진계획수립(2002.1) · ※ 2단계 사업의 조기 완료에 따라 3단계 사업의 조기착수 및 기간단축

3. 지반분야에서의 IT 활용 연구사례

3.1 광섬유의 활용

광섬유 센서는 전자기 간섭에 영향을 받지 않고 센서의 광량 수신 감도가 높으며, 소형, 경량이므로 보통의 센서가 사용될 수 없는 위험한 장소나 고감도를 요하는 특수목적에 효과적으로 사용될 수 있다. 이러한 광섬유 센서는 광섬유를 통과하는 빛의 진폭, 위상, 혹은 편광 등을 이용하여 측정하고자 하는 물리량의 변화 즉, 전자기장의 세기, 회전율, 온도, 압력, 수위, 음향, 가스농도 등을 측정할 수 있으므로 이에 대한 기초 및 응용 연구가 1970년대 후반부터 이루어져왔다.

고전적인 광섬유 센서의 문제는 대체적으로 신호대 잡음 지수가 낮으며, 특정 지점을 측정하기 위해서는 광섬유를 절단하여 코팅한다든지 기타 특수 처리된 광섬유 센서를 사용해야하는 문제가 있었다. 그러나 광섬유 격자는 광섬유의 특정 부위에 원하는 파장에 대해서 반사 특성을 보일 수 있도록 하는 브래그 격자를 개발한 이후 광섬유 센서의 연구가 괄목할만한 발전을 이루었다.

광섬유와 관련된 국외 계측시스템에 대한 연구는 1970년대에 시작되어 1980년대 이후 활발한 연구가 진행된 바 있다(표 3).

표 3. 광섬유 모니터링 기법 관련 국외 대표적 연구

연구자	연구내용
Shah and Udawadia(1978)	계측을 위한 최적 센서위치의 결정기법에 관하여 최초로 연구를 시도
Rodriguez(1985), Udawadia(1988, 1994)	개선된 센서위치의 결정기법 제안
Miesseler(1988), Lessing(1989)	광섬유 센서를 이용한 구조물 모니터링에 관한 연구
Wolff and Miesseler(1990)	PC 구조물의 모니터링을 위한 광섬유센서시스템에 대한 기법 연구
Rostam(1987)	계측시스템 및 차세대 유지관리 시스템의 방향에 대한 연구
Griffiths, Koenig et al.(1990)	광섬유 센서를 이용하여 구조 건전도 및 손상도를 모니터링하는 응용기술
Wanser and Voss(1994)	광섬유 센서에 의한 균열감지기술에 관한 연구

국내에서도 국외와 마찬가지로 광섬유에 관한 연구와 개발은 광섬유 체체 관련연구를 중심으로 진행되어왔다. 최근에는 토목건설현장에서나 연구용으로 광섬유의 활용도가 급속도로 증가하고 있으며 보편화되고 있는 경향이다. 구체적으로는 터널의 경우 서울지하철 5호선 한강 하저터널구간에 터널유지용으로 사용되고 있으며, 교량으로는 남해대교의 유지관리용으로 시험적용된 사례가 있다. 또한, 도로분야에서는 고속차량 계측센서 및 시스템을 연구 개발 중이다. 이 시스템은 일반적인 By-Pass형 단속장치와 고속도로 및 국도 상에서 주행중인 차량을 매립된 광섬유센서를 통해 차량의 무게 및 속도, 차종을 구분할 수 있는 시스템이다(한국건설기술연구원, 2001).

3.2 산사태 예측 분야

산사태나 낙석에 대한 피해는 주로 여름철 집중 호우기나 봄철 해빙기에 발생한다. 도로나 철도와 인접한 사면의 경우에는 매년 일정 규모의 국가예산을 투입하여 보완하고 있으나, 자연사면에서 발생하는 산사태에 대한 부분은 극히 미미하다고 할 수 있다. 특히 국내와 같이 산지가 전국토의 70% 이상을 차지하는 경우에는 산사태 위험지역을 설정하고 이에 대한 조속한 예보체제를 설립하여 인명 및 재산피해의 최소화가 이루어져야 할 것이다.

미국에서는 사면 무인감시시스템이 도로사면, 노천채굴 광산의 사면관리, 산사태 감시에 쓰이고 있다. 무인감시 시스템은 붕괴 전에 사전징후를 감지할 수 있는 실시간 감시체계를 구축하는 것이 목적이므로 우량계, 진동현식 간극수압계, 지중경사계, 지표면 신축계, 하중계가 무인감시 시스템에 포함되고, 자료 수집시스템과 무선전송장치를 이용한 전송시스템으로 구성되어 있으며, 배터리 재충전 에너지 자원으로 태양열을 이용한다. 산사태 감시시스템에 설치된 지오폰(geophone)은 미끄러짐 운동에 의해 야기되는

지반 진동을 계측하기 위해 설치된다. 계측자료는 정상조건에서는 10분 간격으로 무선을 통해 USGS 컴퓨터로 전송되지만, 지반진동이 심한 경우에는 즉각 전송된다. 수집된 자료의 그래프는 인터넷을 통해 관계자들이 이용할 수 있고, 관리기준치 초과시에 경보를 발령할 수 있는 자동계측시스템을 설치할 것을 권장하고 있다. 이 외에도 미국 철도당국에서 철도연변 사면의 낙석위험을 경보하기 위해 낙석위험 사면에 낙석감지펜스를 설치한다. 최근에는 사면 무인감시 시스템의 감시장치로 GPS, AE(Acoustic Emission), TV, 유도레이더, 레이저광선, 진동계 등이 도입되어 사용되기도 한다. 또한 고가의 지중경사계를 대신하여 TDR(Time Domain Reflectometer)을 사용하기도 한다.

또한 미국지질조사소(United States Geological Survey, USGS)를 중심으로 미국내 일부 대학과 공동 연구 과제로 산사태 재해 프로그램(Landslide Hazard Program, LHP)을 개발하여 미국내 산사태를 관리하고 있다. 이 연구는 1990년부터 현재에 이르기까지 수행되고 있으며, 2000년의 경우 산사태 재해에만 26억불의 예산을 투자하였다. 또한, 활화산의 원격감시를 위해 개발한 실시간 자료수집 및 전송시스템을 응용하여 대규모로 붕괴될 조짐이 있는 산사태의 활동상태를 계속 감시하기 위한 실시간 산사태 감시 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 활성 산사태에 의한 피해를 줄이기 위하여 2000년 현재 10개소 이상의 도로변 또는 철로변 등에 설치되어 가동 중이다(Reid, et al., 1999).

홍콩에서 발생하는 산사태의 가장 큰 원인은 강우로서 우리나라와 유사한 점이 많다. 즉, 대부분의 산사태가 5월에서 8월 사이에 발생하는 집중호우와 거의 동시에 또는 직후에 발생한다. 따라서 홍콩의 GEO(Geotechnical Engineering Office)에서는 자동우량계 시스템을 이용한 산사태 경보시스템을 개발하여 운영하고 있다. 이 경보시스템은 1963년부터 1982년까지 20년간 수집된 산사태-강우 자료를 이용하여 1980년대 초에 수행한 산사태 발생과 강우의 상관관계에 대한 연구결과를 바탕으로 개발되었다. 산사태 경보시스템의 운영을 위하여 홍콩에서는 현재 69개의 자동 우량계가 설치되어 있으며, 5분 간격으로 강우량을 측정하여 전화선을 통해 중앙의 마이크로 컴퓨터에 전송한다. 자동계측시스템은 모뎀을 이용하여 데이터를 회수하고 계측기를 원격 제어하며, 조기 경보시스템의 운영에도 이용된다.

또한 자치정부 내에서 산사태 방지대책(Landslip Preventive Measures ; LPM)프로그램을 운영하고 있는데, 연구기간은 1995년부터 2010년까지이며 총 24조원의 예산을 투자하였다. 세부연구내용으로는 홍콩 전역 사면분포 현황 및 사면 정밀조사 실시, 산사태 위험등급도 작성, 주요 사면에 대한 산사태 상시감시 및 사후관리 뿐만 아니라 분기별 사면조사 보고서 작성 및 데이터 베이스구축 등이다. 사면 계측분야의 연구는 자동계측시스템을 개발하여 운영 중이다. 사면의 원격감시를 위한 자동계측시스템은 보통 전도형 자동우량계를 기본 항목으로 하고 그 외에 진동현식 간극수압계 또는 지중 경사계 등으로 구성되어 있으며, 이들 센서는 하나의 데이터 로거에 연결되어 있다.

일본은 1998년 이래 13곳의 현장에서 암반사면의 계측을 수행한 결과, 계측시스템의 센서 중에서 낙반 예지에 특히 효과적인 것은 지표면 신축계와 지표균열변위계인 것으로 나타났다. 산사태 발생 감시를 위한 센서로는 와이어 센서, 진동센서, 음향센서 등이 사용되며, 상황감시에는 감시카메라를 이용한다. 현장에서 수집된 정보는 무선, 전화선, 위성회선, 광섬유회선 등을 통해 행정기관으로 전송되며 이곳에서는 수집된 정보를 처리하고 판정하여 피난경보 등을 발령한다.

또한 산사태와 도로사면붕괴 대책의 일환으로 일본 독립행정법인 토목연구소에서 민간기업과 연계하여 도로사면에 광섬유센서를 설치하여 재해를 대비하고자 연구를 수행하고 있다. 일본 토목연구소에서는 국가의 지원을 받아 민간 14개 기업체와 1999년 말부터 '광섬유 센서를 활용한 도로사면 모니터링에 관한 연구'란 주제로 연구를 실시하여, 사면붕괴 형태별 예측방법과 광섬유센서 요구성능의 검토, 광섬유센서에 의한 도로사면사면감시-계측기술의 개발, 실사면 현장실험에 의한 검증, 감시-계측시스템 운용방법 구축 등을 연구하고 있다.

이처럼, 산사태와 관련된 연구는 민간에서 수행하기는 어려운 과제이며 대국민의 재해에 대한 대책과 병용하여 고려되어야 할 사항이다. 한국건설기술연구원에서는 지난 4년간 건설교통부 수탁연구과제로 낙석·산사태 예방 차원에서 도로와 인접한 절개사면에 대하여(전국 국도 12,447km구간) 안정성 해석 및 방재 차원에서 대책마련을 강구하고 유지 관리 시스템을 개발하고 있다. 또한, 매년 낙석·산사태를 위하여 도로변 절개사면에 대하여 700여억 원의 예산을 위한 절개면 순위별로 투입하여 사전에 붕괴를 예방하기 위하여 적절한 대책 수립을 위한 연구를 하고 있다(한국건설기술연구원, 1998~2000).

한국지질자원연구원은 1996년부터 시작한 "산사태 예측 및 방지기술 연구"과제가 수행되어 국내의 산사태 유형별 발생원인을 규명하고, 이를 체계적으로 분류하였다. 또한 광역적 산사태 재해를 확률론적으로 평가하여 산사태 발생위험 등급도를 작성하였다(한국지질자원연구원, 2000).

산림청 산하 임업연구원에서는 장마철 산사태 위험을 피하는 방법과 국내 산사태 위험지도 개발에 성공하여 현재 시범지구 운영에 이어 2002년부터 전국적으로 확대 실시하고 있다(임업연구사업보고서, 1999).

산사태에 대한 계측분야는 지하수계 및 경사계, 변형계 혹은 신축계에 의한 계측이 대부분이며 이를 통하여 지반변위를 관측한다. 국내의 경우 사면계측은 댐이나 대규모 절개사면에 설치하여 운영하는 경우가 대부분이었다. 댐에 대한 사례로 25년전 소양강 댐의 건설시 다양한 종류의 계기가 상당수 매설이 되었으나 준공 전후 작동이 중단되었으며 최근까지 작동하고 있는 계기중에는 매설위치 선정이나 설치 방법, 그리고 계기 선정이 적절치 않아 댐의 거동 분석에 별 도움이 되지 않고 있어 시공 당시 댐의 거동을 충분히 예측하지 못했거나 계측에 대한 이해가 부족하여 적절한 시공관리가 이루어지지 않은 것으로 보고되고 있다. 이와 특수 현장의 경우는 사면 계측이 이루어지고 있으나, 보편화되어 시공되는 경우는 적은 실정이다(한국지반공학회, 1997).

최근 들어 사면에 산사태 붕괴 예지 분야에서 점차 광섬유의 적용 사례가 증가하고 있다. 사면감시용 광섬유 단락감지시스템은 사면붕괴 및 낙석 발생 감지시스템으로써 고출력 LED와 PD를 조합하여 최대 수천미터 경사면의 슬라이딩, 낙석사고 등 대변형 발생여부를 감지하여 사고발생시 사고지점에 차량을 통제할 수 있는 경고장치로 활용할 수 있다.

한편 지금까지 산사태에 대한 연구는 산사태 붕괴지역에 대한 조사를 실시하고 안정해석 및 위험지역을 선정하는 것에 중점을 두는 경우가 대부분이었으나, 사전에 개발된 방법을 동원하여 위험지역을 선정하고 산사태 위험지역에 첨단 계측장비를 설치하여 산사태 붕괴 조짐이나 징후가 발생할 경우, 이를 미리 예지하여 최대한의 인명 및 재산피해를 방지하며 그 정보를 공유할 수 있는 시스템이 필요하다.

상기 기술한 내용을 개괄적 모식도로 표현하면 그림 1.과 같이 나타낼 수 있다.

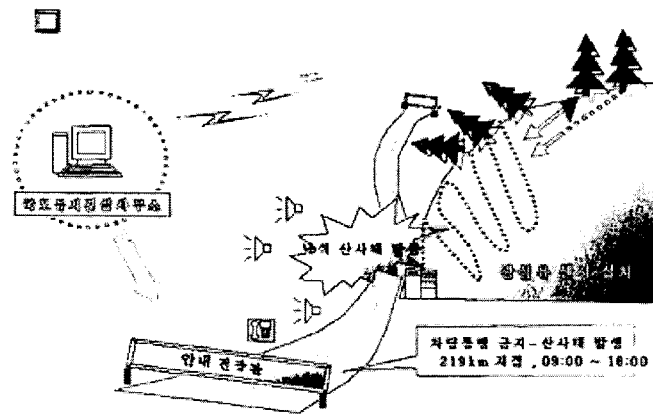


그림 1. 산사태 경보시스템 모식도(한국건설기술연구원, 2001)

3.3 지반조사 분야

현재 지반조사는 매우 다양한 기법으로 진행되고 있으며 매년 수많은 공공 공사 발주와 관련하여 방대한 양의 지반조사 보고서들이 작성되고 있으나, 합리적인 정보공유 과정을 거치지 못하고 있어 차후의 구조물 유지관리나 인근지역의 지반조사시 유용한 자료로 활용되지 못하고 있는 까닭에 건설시장의 비교적 큰 규모를 형성하고 있음에도 불구하고 국가적으로 경제·기술적인 손실 요인이 되고 있다. 즉, 지반조사는 비용과 시간, 그리고 고도의 기술을 요구하는 영역이므로 한번 수행된 자료는 유지 관리되어 국가적으로 유용한 자원으로 활용되어야 한다. 이를 위한 대안의 하나로 지반조사 분야에 정보통신기술을 도입하여 보다 효율적인 시스템을 구성하기 위한 연구가 진행되었다. 이 연구는 행정적·공학적 시스템 부문보다 정보통신기술, 데이터 가공처리 기술을 중심으로 현재의 기술 수준을 파악하고 가용한 자원을 조사하는데 중점

을 두고 본격적인 지반자료 관리 시스템을 구축하는데 중점을 두고 있다.

효과적인 정보 공유를 위한 시스템으로, 종합적이고 체계적인 지반 데이터베이스 구축기술의 조사 및 분석, 지반정보 네트워크 구축기술 조사 및 분석, 기존 지반자료 관리체계 조사 및 신규 시스템 설계시 핵심 사항 조사, 지반조사 자료 데이터베이스 네트워크 구축 등이 필요하다. 또한 지반계측시험 데이터를 현장에서 바로 중앙 컴퓨터에 실시간으로 집적할 수 있는 시스템 구성과 효과적인 자료 수집체계를 구성하는데 필요한 자원들의 합리적 운용이 요구된다.

그림 2와 그림 3은 1999년에 수행된 설문조사의 결과 중 일부로서, 건설공사의 문제점 발생원인에 있어서 약 36%에 해당하는 실무자들이 토질조사와 관련된 사항을 지적하고 있으며, 설계변경의 주요 원인은 지반상태에 따른 기초형식 및 적용공법 변경으로 응답하고 있어 실제로 지반조사상의 합리성이 절실히 요구됨을 반영한 바 있다.

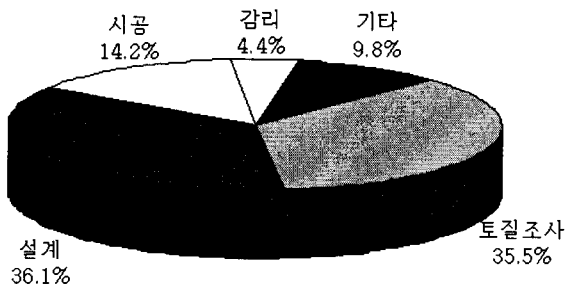


그림 2. 건설 분야의 문제점 발생원인
(금호건설기술연구소, 1999)

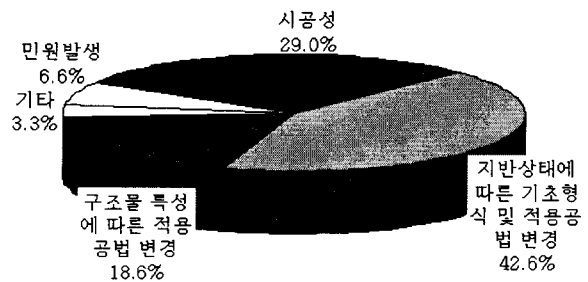


그림 3. 가장 많이 발생하는 설계변경 요인
(금호건설기술연구소, 1999)

지반조사에 있어서 시추공을 이용하는 방법은 매우 기본적인데 그 방법 또한 다양할 뿐만 아니라 많은 결과를 얻을 수 있음에도 불구하고, 대부분의 지반조사 보고서는 지층의 두께 확인과 표준관입시험(N치) 결과를 집계하고 있을 뿐이다. 또한 시추위치를 선정하거나 시추공 크기의 선정, 시추공의 개수, 깊이 등을 선정하는 작업에서부터 신중을 기해야 함에도 불구하고 일반적인 관행이나 발주처의 획일화된 작업지시에 맞추기 급급한 작업으로 경제성·신뢰성이 떨어지는 경우가 빈번하게 발생한다.

이 외에도 De Hello(1971)는 표준관입시험에 대한 문제점들을 다음과 같이 지적하였다.

- ① 작업자의 숙련도에 따라 품질이 좌우된다.
- ② 관입 sampler에 전달되는 관입 에너지의 전달기구가 불명확하므로 현실의 시험에서는 관입에너지에 상당한 변화가 발생한다.
- ③ 보링공을 만드는 방법에 따라 영향이 클 가능성이 있다.
- ④ 이수의 사용 유무에 따라 영향을 미칠 가능성이 있다.
- ⑤ 관입 메커니즘의 이론을 확립할 필요가 있다.

한편, N치는 상재압 흙의 구성, 유발간극수압, 지하수위 및 피압수 등에 의해 현저하게 차이가 발생하며, N치가 갖는 의미는 대상지반의 종류나 퇴적장소에 따라 다르다는 의견이 많다.

이처럼 지반조사에 대해서 다양한 문제점들이 존재하므로, 이의 해결을 위해서는 단순한 데이터의 집약 뿐만이 아닌 지반조사 자료의 평가와 관리를 실현하기 위한 정보기술 시스템 구축이 요구된다. 즉, 디지털 표준의 제정과 지반자료 작성자들이 편리하게 사용할 수 있는 인터페이스를 개발하여 사용할 수 있어야 하며, 이를 위해서는 공공기관과 민간부문의 지속적인 관심과 협조가 요구된다.

3.4 터널구조물의 계속 분야

1996년 일본 북해도의 토요야마 터널 붕괴사고 및 신간선 후쿠오카 터널의 콘크리트 라이닝 붕괴사고로

인하여 많은 인명피해가 발생하면서 터널 구조물의 안전관리에 대한 인식이 세계적으로 일어나게 되었다. 국내에서는 1995년에 공포된 ‘시설물 안전관리에 대한 특별법’이 발효되면서부터 안전점검 및 정밀안전진단의 중요성이 대두되었으며, 붕괴사고로 이어지지는 않았지만 남산 2호 터널의 사용성 개선을 위한 개축 공사, 신설 터널들에서 발견된 다수의 균열, 진행성 내공축소에 의한 열차탈선 등 터널 구조물의 안전에 경각심을 갖게 해주는 사건들이 있었다. 터널의 안전진단은 터널 내부구조물과 주변지반에 대하여 다양한 현장조사 및 실험자료를 토대로 한 종합적인 평가가 요구되므로, 각 항목에 대한 세부 조사방법 및 평가기준의 확립이 선행되어야 하며 이를 종합적으로 평가하여 터널의 안전성을 검토할 수 있는 안전진단 체계 정립이 요구된다.

현재 국내에서 수행되는 터널 안전진단의 경우 터널설계·시공·계측자료 등의 기존자료분석과 터널 내 라이닝 콘크리트의 균열, 백화, 열화 및 콘크리트 강도조사 등과 같은 각종 실험 및 육안관찰 자료를 바탕으로 수행되고 있다. 이러한 항목들 중, 특히 균열조사는 많은 인력과 시간이 투입되고, 관찰된 균열발생 자료를 일일이 매핑(mapping)해야 하는 번거로움이 있으며, 터널 내에서 현장조사를 실시할 수 있는 시간이 제한되어 있어 조사에 많은 어려움을 겪고 있다. 또한 수행된 안전진단의 결과인 터널 외관조사망도나 기타 진단자료가 제대로 보관되지 않을 경우, 재진단시 기본 자료로 활용되지 못하는 등 일회성 진단에 그치는 것도 심각한 문제도 대두된 바 있다. 이러한 이유로 퍼지이론을 도입한 소프트웨어 개발이 진행되었으며, 터널구조물 안전진단체계의 개선 및 D/B를 위한 자동화평가 시스템의 도입과 함께 객관적이고 합리적인 상대평가를 도출하도록 하는 연구가 진행되었다.

한편, 터널 공사시 흙이나 암반의 집중으로 인한 주변지반의 변형을 계측하기 위해 진동현식 변위계측기에 다양한 센서를 부착하고 유선을 연결 사용해 온데 반해, 터널시공 및 유지관리에 지그비(ZigBee)를 활용한 무선센서 기술 활용이 검토되고 있다(그림 4).

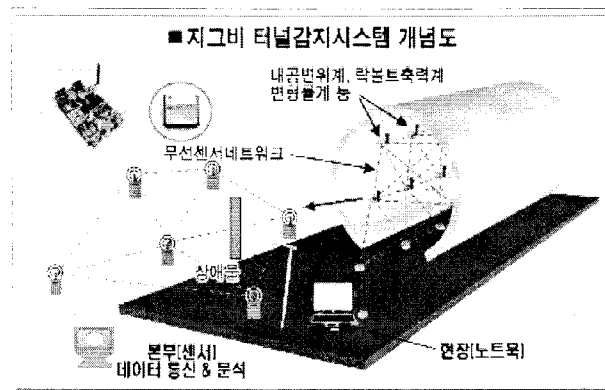


그림 4. 지그비 터널감지시스템 개념도

3.5 건설현장 유지관리

절개면은 일반적으로 풍화도 또는 변질도, 그리고 지질구조의 유무와 종류, 파쇄대 깊이에 따라 동일한 절개면 내에서도 지반 물성이 다르게 나타나며 따라서 절개면의 안정성 여부를 정확하게 예측하는 일은 어려운 일이다. 최근 들어서 국내에서도 절개면의 안정성을 평가하기 위해 절개면의 거동을 정량적으로 파악할 수 있는 계측을 점차 이용하는 추세를 보이고 있으나 현재 절개면 계측에서 주로 이용되고 있는 수동 계측은 다음과 같은 여러 가지 문제점을 안고 있었다.

- ① 현장에 상주하며 계측하기가 어렵기 때문에 계측빈도와 계측시점에 있어 합리성이 결여되기 쉬우며, 비상시의 능동적인 대처가 불가능하다.
- ② 계측을 수행하는 개인차에 의한 오차발생의 소지가 있다.
- ③ 현장의 계측결과에 대해 전문가의 시급한 판단이 필요한 경우 신속한 전달과 해석이 어렵다.

④ 계측자료 부족 및 신뢰성 결여로 데이터베이스 구축이 어려워 유사 절개면의 계측 수행시 활용이 어렵다.

이러한 수동계측의 문제점을 해결하기 위하여 개발된 방법이 자동계측시스템이다. 자동계측시스템은 특히 절개면 붕괴에 의한 재해를 사전에 방지하는데 매우 효과적으로 이용된다. 절개면 붕괴를 사전에 예지하고 이에 대한 대책을 수립하여 재해를 사전에 방지하기 위해서는 절개면의 변형을 조기에 발견하여 그 상황을 파악하는 것이 중요한데, 이를 위해서는 절개면의 거동특성을 항상 모니터링하는 동시에 실시간으로 그 정보를 전달, 처리할 수 있는 계측의 자동화가 필요하기 때문이다.

미국, 홍콩, 일본 등과 같은 선진국에서는 절개면 시공관리와 절개면 유지관리를 위해 자동화계측시스템을 많이 이용하여 왔으며, 이를 통해 절개면 붕괴에 의한 재해를 최소한으로 줄이는데 많은 성과를 이룩하였다. 최근에는 기계, 전자 및 정보통신 기술의 발달로 절개면 거동을 감지할 수 있는 새로운 센서들이 개발되고 데이터 전송기술이 비약적으로 발전하여 자동화계측시스템의 효율성이 더욱더 증가하는 추세이다.

홍콩은 인구가 밀집된 도시환경 특성상 절개면 붕괴로 인한 피해를 줄이기 위해 정부가 집중적으로 지원한 결과 붕괴 방지 및 관리기술 분야에서 앞선 기술을 보유하고 있다. 산사태 정보는 24시간의 강우량과 1시간의 강우량에 근거하여 발령되며, 팩시밀리와 라디오 및 TV를 통하여 정부기구와 시민들에게 알려진다.(Brand et. al., 1984). 파괴는 보통 예고 없이 갑작스럽게 일어나므로, 절개면 붕괴의 조기경고를 위해서는 절개면 움직임에 대한 장기적인 계측보다는 강우와 지하수위 변화에 대한 국지적인 계측이 수행된다. 한편, 절개면 움직임에 대한 계측은 보통 절개면 공사의 시공관리를 위해서 수행되거나 또는 지속적으로 점진적인 변형을 일으키고 있는 절개면의 장기계측을 위해 수행되고 있다.

미국에서 도로 절개면의 경우 무인감시시스템은 대부분 붕괴이력이 여러 번 있어서 붕괴재발 가능성이 있거나 소규모 붕괴가 진행 중인 절개면에 설치되어 있으며, 대규모 붕괴가 일어나기 전에 사전징후를 감지할 수 있는 실시간 감시체제를 구축하는 것이 목적이다(Miltkelsen, 1996). 따라서, 도로절개면 감시시스템을 구성하는 계측기기는 각 절개면의 거동특성에 따라 다르며, 절개면에 대책공을 시공한 경우에는 대책공의 특성에 따라 그 종류가 달라진다. 일반적으로 절개면 붕괴와 강우량이 밀접한 상관관계를 보이는 절개면의 경우에는 강우량 측정을 위한 우량계와 지하수위변화 관측을 위한 진동현식 간극수압계가 감시시스템에 포함되며, 이외에 지중경사계 또는 지표면 신축계를 포함시키기도 한다. 절개면이 이전에 붕괴되어 앵커와 배수공으로 보강된 도로절개면의 경우에는 하중계(load cell)와 진동현식 간극수압계가 감시시스템에 포함된다. 도로절개면 무인감시시스템 역시 자료수집시스템과 무선전송장치를 이용한 전송시스템으로 구성되어 있으며, 배터리 재충전 에너지원으로 태양열을 이용한다.

미연방도로국(Federal Highway Administration), FHA은 해마다 많은 피해를 일으키는 도로절개면의 낙석(슬라이딩 포함)으로 인한 피해를 줄이는 방안으로 위험 절개면에 낙석 또는 슬라이딩 위험을 사전에 감지할 수 있는 계측시스템을 설치하여 사용할 것을 권장하고 있다(Brawner, 1994). 미연방도로국에서 제안한 계측시스템은 비교적 사용이 쉽고 비용이 소요되는 지표변위센서들로 구성되어 있는데, 이에겐 절개면 또는 절개면 정상 후방에 발달한 인장균열의 이완을 계측하기 위한 신축계(wire extensometer), 절개면 표면에 있는 암파의 기울어짐을 감시하는 지표경사계, 그리고 비교적 큰 암파가 불안정할 경우에 암파의 이동을 감시하는 전자거리측정장치가 포함된다. 미연방도로국은 절개면이 원격지에 있을 경우, 계측자료의 전송이 가능하고 관리 기준치를 초과할 경우 경보를 발령할 수 있는 자동계측시스템을 설치할 것을 권장하고 있다.

일본에서는 1996년과 1997년에 홋카이도섬의 서해안을 따라 일련의 낙반재해가 발생한 이래, 건설성토목연구소가 낙반의 예지를 위해 암반 절개면의 감시시스템을 개발하기 시작하였으며, 1998년 이래 13곳의 현장에서 암반 절개면의 계측을 수행하였거나 진행 중이다(Monma, et al., 2000). 이들 암반절개면 감시시스템에 공통적으로 포함된 계측기들은 지표면 신축계, 지표경사계, 지표균열변위계, 지중균열변위계, 지중경사계, AE, 온도계, 우량계이다. 이외에도 일부 현장에는 간극수압계, 낙석감지센서, 풍향측정기, 풍속계, 지진계 등이 추가로 설치되었으며, 또한 일부 현장에서는 전자거리측정장치와 디지털 카메라를 이용하여 특정 타겟을 감시하는 시도가 행해졌다. 이들 계측시스템의 센서 중에서 낙반예지에 특히 효과적인 것은 지표면신축계와 지표균열변위계로서 이들로부터 측정된 변위속도의 가속화 현상으로부터 낙반을 예

지할 수 있는 것으로 나타났다.

일본의 붕괴 감시시스템은 크게 붕괴발생을 예측하기 위한 센서와 붕괴발생을 감지하기 위한 센서로 구성되어 있다. 붕괴발생예측을 위한 센서로는 우량계, 지하수위계, 경사계, 신축계 등이 사용되며, 그 중에서도 특히 우량계가 가장 많이 쓰이고 있다. 우량계는 붕괴유형 중에서 토석류와 산사태를 대상으로 사용되며, 지하수위계, 경사계, 신축계는 산사태와 벼랑붕괴를 대상으로 사용한다. 붕괴발생감지를 위한 센서로는 와이어 센서, 진동센서, 음향센서 등이 사용되며, 상황감시에는 감시카메라를 이용한다. 와이어 센서는 붕괴발생을 직접 감지하며, 진동센서나 음향센서는 붕괴발생의 전조현상을 파악하는데 이용된다. 현장에서 수집된 정보는 무선, 전화선, 위성회선, 광섬유회선 등을 통해 지역을 관할하는 행정기관으로 전송되며, 이곳에서는 수집된 정보를 처리하고 판정하여 피난권고 등을 발령한다.

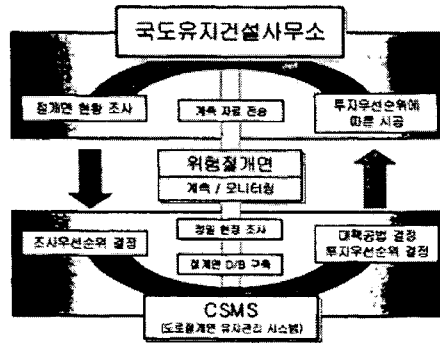


그림 5. 도로절개면 데이터베이스 시스템 개요

일반적으로 절개면의 계측에는 계측기기에 의한 계측 수행, 데이터의 정리, 해석 등과 관련하여 많은 노력과 시간을 소비하는 것이 현실이다. 또한 계측 및 계측 데이터의 처리능력 문제에서 계측빈도나 측정 항목 등에 제약을 받는 경우가 생기게 된다. 현장에 상주하여 수동으로 계측할 경우, 계측의 어려움으로 인해 계측빈도와 계측시점에 있어 객관성이 결여되기 쉽고, 비상시 능동적인 대처가 불가능하며, 개인차에 의한 오차 발생의 소지가 있다. 또한 계측자료 부족 및 신뢰성 결여로 데이터베이스 구축이 어려워 유사 절개면의 계측 수행 시 활용이 어렵다. 따라서 사용 계측기기에 따른 서로간의 오차와 기술자 개개인의 경험적 판단에 의거한 주관적 오류를 줄이고 데이터의 과학적 처리 및 정량화를 통한 계측의 신뢰성을 확보하여야 한다.

또한, 현장에서는 계측 데이터 수집을 위해 각 계측기기 설치장소에 측정자가 상주 할 필요가 있으나, 절개면의 불안정화가 관측된 후에는 이와 같은 현장 계측 업무는 대단히 위험하고 안전대책상의 문제가 발생할 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위해서는 절개면의 불안정화, 붕괴특성을 항시 모니터링하는 동시에 실시간으로 정보를 전달, 처리하는 것이 필요하며, 계측 데이터의 측정, 도화, 해석을 자동적으로 실시간에 해결함으로써 상황에 적절한 조치를 신속히 수행할 수 있다. 국내 절개면 붕괴 주요 원인은 집중호우로 이러한 악천후 조건하에서 붕괴에 대한 사전 예측은 기존의 계측 방법으로는 사실상 불가능하다. 이러한 조건 하에서 실제 구조물의 변형상태를 실시간에 관측 가능케 하는 상시계측시스템이 요구된다.

3.6 재난관리 종합정보통신 시스템

한국도로공사에서는 도로사면의 재해방지 무인감시시스템을 개발하기 위하여 도로사면 분포현황 조사, 사면조사 및 안정해석 수행, 대책공법 수립, 데이터베이스 등을 수행하였는데 원격지에서 사면을 카메라를 통해 감시하거나, 센서를 통하여 계측을 함으로써 사면의 안정성을 장단기로 예측할 수 있으며, 조기경보 체계를 도입함으로써 사면붕괴에 대해 보다 효율적인 대처를 할 수 있다. 또한 이미 계측된 데이터를 데이터베이스화함으로써 향후 재사용할 수 있는 체계를 마련하고 이를 네트워크를 통하여 실시간으로 서비스 할 수 있게 했다. 하지만 단순한 계측결과의 저장과 디스플레이는 단기적인 조기 경보를 예측할 수 있지만,

중장기적인 예측을 위한 분석시스템을 적용하지 못하여 현재의 사면현황을 모니터링 할 수는 있어도 장기적인 예측이 불가능하므로 보다 효과적인 재해예방을 위해서는 다소 미흡한 상태이다.

이에 대해 행정자치부 국가재난관리 시스템 기획단은 태풍 루사와 대구지하철 방화참사 등을 계기로 IT를 이용한 사전예측 및 상황관리를 통해 각종 재해와 재난으로부터 국민의 생명과 재산을 보호하기 위한 '국가재난관리종합대책(안)'을 마련하여 적극 추진하기로 하였다(2003.8). 이 기획안은 크게 '재난관리 종합정보통신시스템 개선'과 '정보통신분야 재난대비'로 구분되는데, 범국가적인 재난관리 종합정보시스템이 가동될 수 있도록 국가안전관리정보시스템과 긴급구조시스템간 정보공유와 연계를 위한 시스템 표준화 및 데이터베이스(DB) 연동작업을 추진하는 것으로, 지리정보시스템(GIS), 위치정보시스템(GPS), 재해영상시스템 등을 활용한 종합의사결정지원(DSS) 및 종합지휘통제시스템을 도입해 문자정보 뿐만 아니라 지도영상 등 다양한 멀티미디어 자료를 활용할 수 있도록 하는 계획이다. 아울러 홍수, 폭발, 지진피해 및 유해물질 확산 등 다양한 재난상황에 대한 피해예측시스템을 구축하고 재해상황 자동통보시스템, 자동우량경보시스템 등 재난현장 정보의 즉시 전달이 가능하도록 위성정보전파 수단도 확보할 계획을 수립하여 추진 중이다.

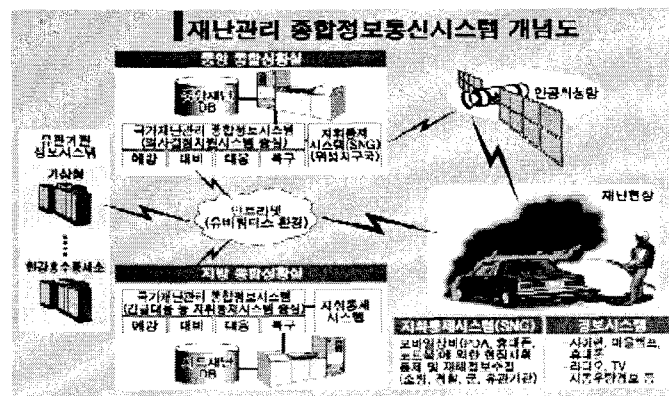


그림 6. 재난관리 종합정보통신시스템 개념도

PCS를 이용한 연약지반 계측시스템은 마이크로 프로세서를 탑재한 소형 데이터로거를 이용한 시스템이며, 데이터 통신 방법을 PCS를 이용한다. 인터넷을 이용한 구조물 원격계측 및 관리 시스템에 관한 연구는 활발하게 진행중이며 크게 센서제어부, 웹서버, 분석서버, DB서버로 구성되어 있다. 이 외에도 리모트 센싱기법을 활용한 방재 데이터의 수집에 관한 연구, 산불확산의 효율적 방재를 위한 실시간 모니터링 및 예측시스템 개발에 관한 연구, 국내외 방재통신시스템 구축 및 운용사례에 관한 연구, 인터넷 기반 계측관리 시스템에 관한 연구 등이 수행된 바 있다.

4. 국내 운용 사례

4.1 조력발전소 계측관리

○○조력발전소 계측관리시스템은 기존 토목공사에 도입되었던 로컬 자동화 계측 시스템을 한 단계 발전시켜 온라인 네트워크화 함으로써, 발주처, 시공사, 감리사, 계측사가 실시간으로 동시에 계측데이터를 공유하고 의사결정단계를 최소화할 수 있도록 구축 하였다. 특히, 토목공사현장의 열악한 통신 및 전원환경에 적절히 대응 할 수 있도록 본 시스템은 각 서브시스템의 내구성 확보하도록 하였고, 백업 시스템을 운용함으로써 재난 재해로부터 피해를 최소화 하도록 하였다.

로컬 자동화 시스템 구성품으로는 센서 약 200개(경사계, 변형률계, 간극수압계, etc), 데이터로거 5대, 멀티플렉서 10개, 유/무선 이중화 통신 시스템으로 구성되어 있으며, 서버 시스템으로는 관측 서버 1대, DB 서버 1대로 구성 되어 있다. 구성소프트웨어로는 자동화 계측프로그램과 분석 및 DB관리 프로그램으로 설치 운용 하였다. 현재 2004년부터 지금까지 운용 되고 있다.

4.2 실시간 강우자동경보

강우자동경보시스템은 철도연변 강우량 측정을 기존의 인력에 의한 비효율적인 방식에서 네트워크를 통해 보다 효율적이고 신속한 방식을 도입하여 실시간 강우량 분석 및 자동화된 열차안전규제를 열차 운행에 반영시킬 수 있는 획기적인 시스템이다. 최근 폭풍, 장마로 인한 토목 구조물의 붕괴가 비번해지고 있으나 기존의 인력에 의한 계측시스템은 보고과정, 의사결정과정 등이 상당히 비효율적이기 때문에 자연재해에 신속한 대처가 불가능하다. 이러한 이유 때문에 재해예방을 위한 기존의 계측시스템은 적절치 않으며, 현대의 네트워크를 기반으로 한 실시간 무인 자동화 우량계측시스템이 적절한 대안을 제시 할 수 있다

본 시스템에서는 기존에 제시된 자동화 계측 시스템의 기능뿐만 아니라 방재 관련자 및 열차 사령실에 신속하게 전달하기 위한 데이터 전송 시스템, 인터넷 접속을 통한 신속하고 쉬운 사용자 접근, 서버/ 분석/ 클라이언트 설계 원칙에 따른 소프트웨어/하드웨어 구성, 데이터베이스 구축을 통한 사용자의 빠른 검색, 분석시스템을 활용하여 단순 반복적인 계산을 컴퓨터에 의한 빠른 해석, 경고 시스템 활용을 통한 효과적이고 단계적인 재해방지등을 설계·구축하였다.

우량을 측정 할 수 있는 하드웨어 구성품으로는 AWS(AWS-2000) 207개 , 전도식 우량계 207개, NIC CARD 207개로 구성되어 있고, 서버 하드웨어는 관측서버 3대, 분석 서버 2대, 웹 서버 1대, DB서버 1대로 구성 되어 있다. 소프트웨어는 관측운영소프트웨어(ELSYS) 와 분석 및 경고 소프트웨어(ITSERVER)를 개발·운영하였다. 현재 전국 207개소 역사 인근에 설치되어 운영되고 있다.

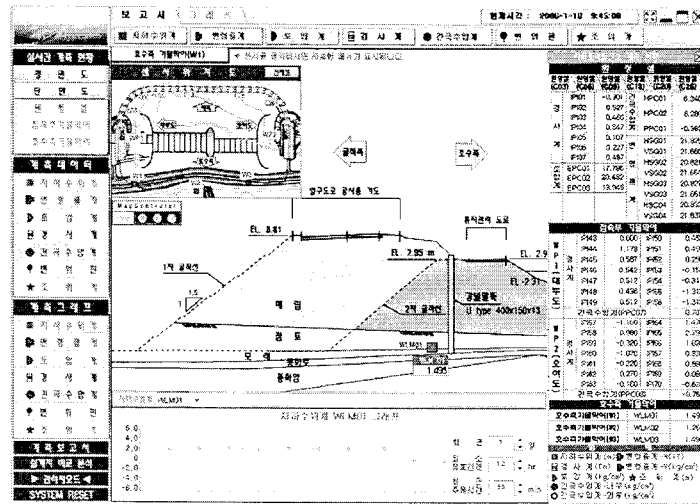


그림 7. ○○조력발전소 계측관리 시스템 예시

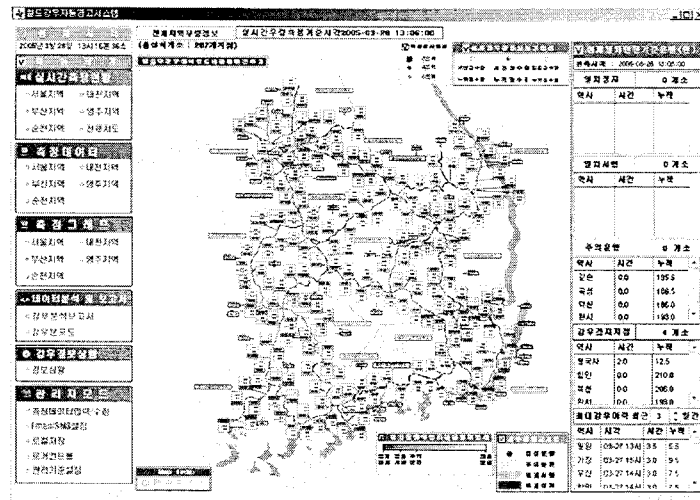


그림 8. 강우자동경보 시스템 예시

4.3 댐 매설계측기 자동화 계측

본 시스템은 일반적으로 댐에 매설되는 계측기에 대하여 시공 중 관리에 필요한 자료를 수집, 분석하여 안정된 시공을 유도하고 구조물 완공후의 거동을 관찰하여 설계시에 적용한 각종 설계기준 값과 매설 계측기기의 실제 계측치를 비교 분석함으로써 구조물의 유지에 관련되는 이상 현상이 나타날 경우 원인 분석 및 신속하고 적절한 대책을 마련하여 인적, 물적 피해를 최소화 하고 향후 동일 구조물 설계 및 시공사 개선자료로 활용함에 그 목적이 있다.

댐에 설치되는 하드웨어로는 간극수압계, 토압계, 수평변위계, 층별침하계, 경사계, 정부침하계, 누수량 측정기, 지진계로 구성되어 있으며, 서버 시스템으로는 관측 서버 1대, DB 서버 1대로 구성 되어 있다. 구성소프트웨어로는 자동화 계측프로그램과 분석 및 DB관리 프로그램으로 설치 운용 하였다. 현재 갑포댐에 최초 시공시부터 설치 및 운용 중이며 유지관리계측 상태에 있다.

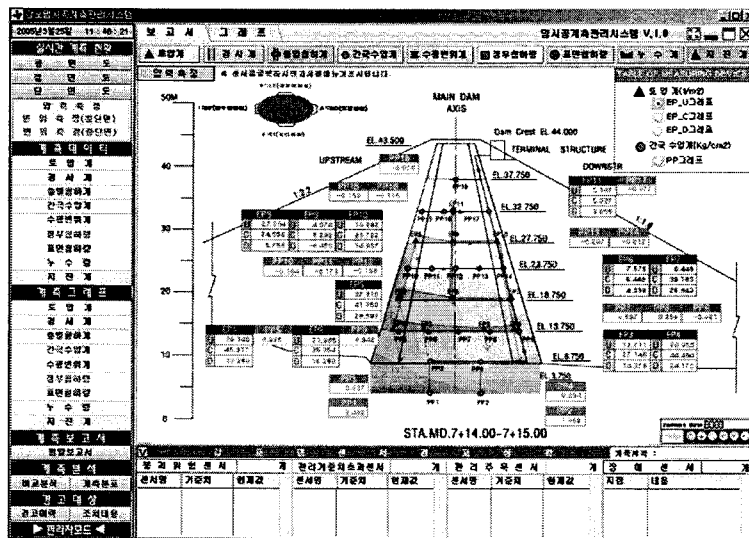


그림 9. 댐 매설계측기 자동화 계측시스템 예시

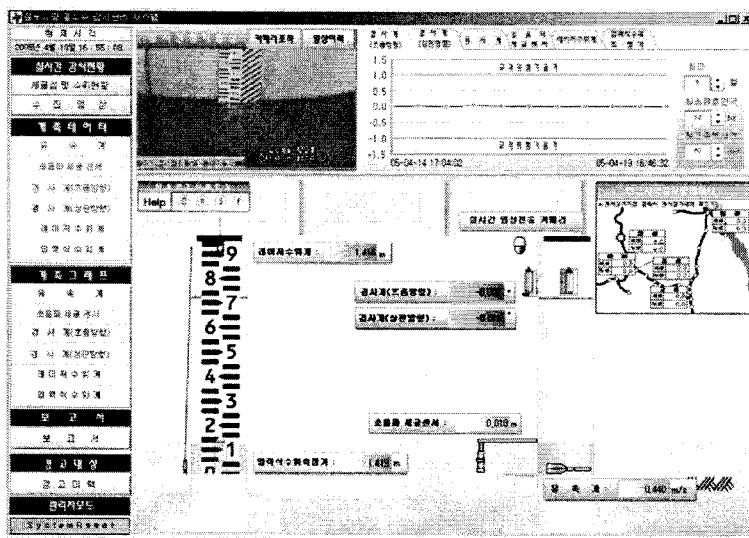


그림 10. 철도교량 홍수위감시 및 세굴 검지 시스템 예시

4.4 철도교량 홍수위감시 및 세굴 검지

노후화된 철도교량의 경우 교량 붕괴가 집중 호우시 세굴로 인하여 약화된 교각 및 교대의 전도로 인하

여 발생 되는 것으로 알려져 있다. 따라서 철도교량 홍수위 감시 및 세굴 감시 시스템은 단순히 자동화된 홍수위 측정 뿐만 아니라 교각 및 교대의 세굴을 감시하고, 구조물의 기울기를 실시간 측정 함으로써 입체적으로 교량 건전도를 평가하고, 이를 사령실에 실시간으로 전달함으로써 열차 안전 운행에 반영 될 수 있도록 설계 개발된 시스템이다.

교량에 설치되는 하드웨어로는 세굴감지센서, 수위센서(레이저, 초음파, 압력식), CCTV, 전원공급장치, 통신장치, 교각 및 교대 기울기계로 구성되어 있으며, 서버 시스템으로는 관측 서버 1대, DB 서버 1대로 구성 되어 있다. 구성소프트웨어로는 자동화 계측프로그램과 분석 및 DB관리 프로그램으로 설치 운용 하였다.

4.5 EK-Grouting 모니터링

본 시스템은 각 전극간 일정 전류조건에서 전압 및 저항을 실시간으로 측정하여 그라우팅 효과 발현 범위를 추정하는데 그 목적이 있다. 그라우팅 현장에 설치되는 하드웨어로는 데이터로거, 전압 및 전류센서, PH센서, 전기 제어장치 등으로 구성되어 있으며, 서버 시스템으로는 관측 서버 1대, DB 서버 1대로 구성 되어 있다. 구성소프트웨어로는 자동화 계측프로그램과 분석 및 DB관리 프로그램으로 설치 운용 하였다.

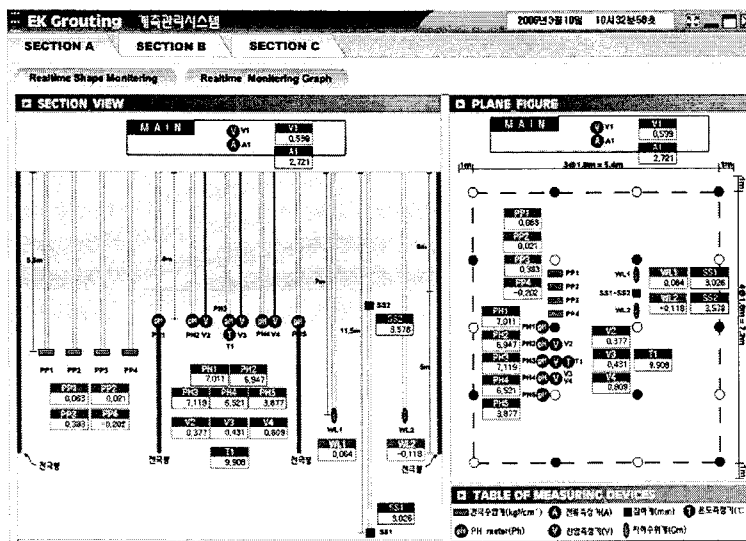


그림 11. EK-Grouting 자동화 모니터링 시스템 예시

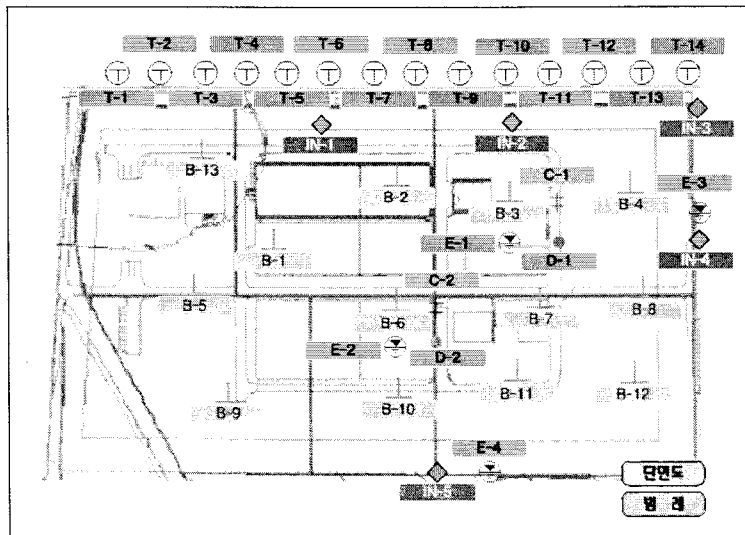


그림 12. 침하·안정관리 계측시스템 예시

4.6 연약지반 침하안정관리

자동계측시스템은 건물, 댐, 터널, 간척, 항만 및 공항 등과 같은 구조물 축조를 위한 토목 공사시 여러 센서를 Multiplex Module에 접속하고, 운용 소프트웨어에서 계측기에 대한 정보와 계측환경 등을 입력한 후, 수시 또는 설정된 시간 간격으로 계측 할 수 있다. 자동화 계측은 Sensor, Data Logger, Multiplex Module-Bus Cable (RS 232/485), 컴퓨터로 구성된다. 이외에 Multiplex Module에 전원을 공급하기 위한 Power Supply가 있으며 계측에 관한 전반적인 처리는 ELSYS가 담당한다. 컴퓨터에서 계측에 관한 정보를 입력한 후 Data Logger로 전송하면 Data Logger에 입력된 정보에 따라 계측 명령을 Multiplex Module에 전송하면, Multiplex Module는 그에 따라 계측을 수행하여 센서의 계측데이터를 Data Logger로 전송되고, 이는 다시 현장컴퓨터로 전송된다. 현장 컴퓨터에 저장된 데이터는 설정된 일정한 시간간격으로 중앙 데이터 베이스에 전송되며, 이는 웹서버에 접속되어 실시간으로 웹페이지를 통하여 규정된 그래프 양식으로 보여진다. Data Logger는 계측데이터를 메모리에 저장하고, ELSYS에서 입력된 한계값을 초과하면 벨이나 무선표출을 할 수 있다. Data Logger를 원격에서 조절함으로써, 현장에서 무인으로 모든 계측이 이루어 질 수 있다. 위와 같은 방법 외에 전화선이나 무선통신시스템을 이용하여 원격제어 하는 방법도 가능하다.

5. 맺음말

지반공학적 분야에서 IT에 대한 필요성이 꾸준히 증가하고 있다. 앞서 언급한 바와 같이 IT는 첨단 기술분야의 총 집합체이며 공학자로서의 현상학적 이해는 물론 적정한 센서의 개발을 위한 전기·전자·기계적인 분야의 이해, 정보처리와 통신 분야에 대한 이해, 컴퓨터와 프로그래밍에 대한 이해를 함께 요구한다. 이는 다소 보수적인 분야인 공학에 비해 상대적으로 변화속도가 빠른 분야에 해당하므로 꾸준한 관심과 노력이 필요하다고 할 수 있다. 또한 정보의 효과적인 공유와 신속한 조치를 위해서는 국부적인 자료처리는 물론 이를 총괄 감독·제어할 수 있는 유관기관과의 광범위한 교류가 요구되므로 국가·제도적 차원에서의 적극적인 지원이 필요하다고 할 수 있다. 이를 위해 민간기관들의 유기적인 협력이 선행되어야 하며, 지반공학자들 역시 과거의 협소한 지식수준에서 벗어나 보다 폭넓은 분야에 대한 관심을 지속적으로 기울여야 할 것으로 판단된다.

본 연구는 '06 건설기술혁신사업 "국가 주요시설물 안전관리 네트워크 시범구축 및 운영시스템 개발('06 건설핵심 B05-03)" 연구과제의 일환으로 수상되었습니다.

참고문헌

1. 금호건설기술연구소(1996), "건설구조물의 설계 및 시공을 위한 지반조사 연구", 금호건설기술연구소, 연구보고서, pp. 4-141
2. 삼성물산 건설부문 토목사업부(2001), "터널구조물 상태평가 자동화시스템 개발", 삼성물산 건설부문 토목사업부, 연구보고서
3. 최경, 이종학(1999), "산지사면의 붕괴발생 위험도 구분", 1999년도 임업연구사업보고서(산림환경 5-I) 임업연구원
4. 한국건설기술연구원(1999), "지반조사 자료의 D/B 구축과 시스템 운영에 관한 연구", 한국건설기술연구원, 연구보고서
5. 한국건설기술연구원(2001), "광섬유 센서를 이용한 산사태 예측기법 개발", 한국건설기술연구원, 연구보고서
6. 한국건설기술연구원(2002), "도로 절개면 유지관리 시스템 개발 및 운용", 한국건설기술연구원, 연구보고서
7. 한국지반공학회(1994), "사면안정", 사단법인 한국지반공학회
8. 한국지질자원연구원(2000), "산사태 예측 및 방지 기술 연구", 자연재해방재기술개발사업, 과학기술부
9. Reid, M. E. , Lahusen, R. G. and Ellis, W. L. (1999), "Real-time Monitoring of Active Landslides", *USGS Fact Sheet*, pp.91-99