

# Web-EOC 기반 경사지 실시간 계측관리시스템 구축 및 적용\*

이진덕<sup>1</sup> · 장기태<sup>1\*</sup>

## Construction and Application of a Web-EOC Based Real-Time Monitoring Management System in Steep Slopes\*

Jin-Duk LEE<sup>1</sup> · Ki-Tae CHANG<sup>1\*</sup>

### 요 약

국내·외 운용 중에 있는 경사지 모니터링 시스템 조사를 행하고 비상시 주민대피를 위한 Web-EOC 기반 경사지 계측관리시스템을 구축하였다. 현장에 설치되어 있는 센서의 좌표 취득 및 계측 데이터를 실시간으로 제공함으로써 현장중심 관리에서 센서중심의 관리로 전환하고 viewer 프로그램을 개발함으로써 좀 더 정밀한 상황분석이 가능하도록 하였다. 또한 Vworld 3D 지도를 기반으로 전국의 현장으로 확대·적용할 수 있는 토대에서 유사시 경보 기능 및 대피할 장소에 대한 정보를 제공할 수 있도록 3D 기반의 계측관리시스템을 구축하였다. 구축된 Web-EOC 경사지관리시스템에 10개의 급경사지 계측현장을 등록하고 적용 실례를 제시하였다.

주요어 : 계측관리시스템, Web-EOC, 경사지 계측, 브이월드 3차원 지도

### ABSTRACT

The slope monitoring systems which have been operating at home and abroad were investigated and then the real-time monitoring management system for evacuating inhabitants based on Web-EOC(Emergency Operating Center) was constructed. We tried to analyze realistically and precisely the situation by changing from the existing field-centered management to sensor-centered management that measures coordinates and provides in real-time data of measuring/monitoring sensors installed at a field site and developing related viewer programs. In addition, the 3D based monitoring management system, which has alarm functions in case of emergency and provides information about

2018년 6월 4일 접수 Received on June 4, 2018 / 2018년 6월 22일 수정 Revised on June 22, 2018 / 2018년 6월 22일 심사완료 Accepted on June 22, 2018

\* 본 연구는 금오공과대학교 교수연구년제에 의하여 지원된 실적물임.

<sup>1</sup> 금오공과대학교 토목공학과 Dept. of Civil Engineering, Kumoh National Institute of Technology

\* Corresponding Author E-mail : ktchang@kumoh.ac.kr

the evacuation place, was constructed on the base that is able to expand to nationwide fields by using Vworld 3D map. Ten steep slope monitoring sites were registered on Web-EOC slope monitoring management system constructed in the research and then application instances were suggested.

**KEYWORDS** : *Monitoring Management System, Web-EOC, Slope Measurement/Monitoring, Vworld 3D Map*

## 서 론

국내에서 급경사지 붕괴위험지역의 안전관리를 위한 계측·자료관리가 일부 시행되고 있으나, 적절한 관리기준과 계측기 설치기준 등이 제대로 갖추어지지 않은 상황이다. 게다가 관리기관 재난관리 담당자들이 붕괴위험지역의 지반 침하·붕괴 등에 대한 징후 파악이 용이하지 않고 재해가 발생되어도 신속한 상황파악이 어려운 실정이며, 계측관리에 전문지식이 없어 계측결과를 통보 받고도 적절한 판단이나 대책을 세울 수 없는 상황이다(Association of Slope Disaster Mitigation, 2008). 계측 인식이 낮고 전문인력의 부족으로 급경사지 계측관리가 미흡하며, 일부 급경사지에 계측·자료관리 시스템이 단위 현장별로 구축되어 있으나, 통합관리 인프라가 전무한 상태이므로 급경사지 붕괴위험지역 안전관리 및 인명피해예방을 위한 통합관리시스템 인프라 구축이 절실히 요구된다(KIT Industry-academic Cooperation Foundation, 2015).

국토교통부는 2002년 시범설치 4개소 설치 이후 약 150여 개소의 국도변 위험사면에 계측 시스템을 설치·운영 중에 있으며 CDMA통신을 통하여 현장 데이터를 상황실에서 수집하는 시스템으로 측정, 도화 및 해석이 동시에 이루어진다. 관리기준에 따른 경보(SMS 문자) 전송이 가능한 시스템으로 계측시스템 이외 지능형 네트워크 카메라(CCTV)를 설치하여 육안에 의한 붕괴 유무를 판단할 수 있도록 구성하고 있으며 일부 구간에서는 낙석신호등을 설치하여 도로이용자의 안전을 확보할 수 있도록 하고 있다. 한국도로공사는 2006년 이후 운영 중에 있

는 고속도로변 위험사면에 상시계측시스템을 설치·운영하였으며 시공 중 품질 및 안전관리를 위하여 일부 현장에 계측시스템을 도입하여 활용 중이다(Yoo, 2006; Kim, 2007; Ku *et al.*, 2005).

외국의 경우, 미연방도로국(Federal Highway Administration, FHA)은 해마다 발생하는 도로 절토사면의 낙석(슬라이딩 포함)으로 인한 피해를 줄이는 방안으로 위험 절토사면에 낙석 또는 슬라이딩 위험을 사전에 감지할 수 있는 계측시스템을 설치하여 대처할 것을 각 주정부에 권장하고 있으며 자동신축계(wire line extensometer)와 자동측량기를 설치하여 지표 변위와 인장균열의 거동을 관측한다. 데이터의 수집은 현장에서 자동으로 측정된 계측자료를 데이터로거를 통하여 연속적으로 중앙 통제 컴퓨터로 전송하고, 측정된 변위량이 사전에 설정된 기준치를 초과할 때에는 경보도 함께 전송되는 시스템이며 주로 변위의 속도에 의한 경고메시지 송신을 권장하고 있다. 자료의 전송 수단으로 무선통신, 전화선, 이동통신 등이 사용되고 있다. 국내의 지질과 강우 특성이 유사한 홍콩은 토력공정처(Geotechnical Engineering Office, GEO)에서 자동우량계 시스템(Automatic Rainuage System)을 이용한 산사태 경보시스템을 개발하여 운영하고 있다. 일본 건설성의 사면안정성 평가방법은 사면의 붕괴유형에 따라 낙석·붕괴, 산사태, 토석류의 세 가지로 나누어 각각 붕괴를 일으키는 원인에 대해 배점을 주는 방식을 채택하고 있다(Association of Slope Disaster Mitigation, 2008; KIT Industry-academic Cooperation Foundation, 2015).

본 연구에서는 기존의 경사지 계측관리시스템에서 발견된 문제점을 바탕으로 「급경사지 재해 예방에 관한 법률」에서 정한 자연사면, 산사면, 축대, 옹벽 및 복토사면 등의 다양한 지반구조물을 대상으로 한 경사지 계측관리시스템을 구축하고자 하였다. 유무선 융복합형 센서 및 데이터로거를 개발하여 계측정보의 무인관리 및 붕괴징후에 따라 자동경보를 통하여 신속하게 주민대피를 유도할 수 있도록 Web-EOC 기술을 기반으로 한 계측관리시스템을 개발함으로써 궁극적으로 경사지의 체계적·과학적 관리를 기하고자 하였다.

본 연구에서는 위치나 사면주변의 현황 등을 직관적으로 파악할 수 있는 3차원 GIS기반의 시스템으로 구축하고, 현재 국토교통부에서 운영하고 있는 Vworld 3D 지도를 기반으로 함으로써 향후 구축범위를 전국으로 확대할 수 있도록 하고 지자체 및 관련기관의 GIS 관련 과업들이 Vworld 3D 기반으로 추진되고 있는 바 개발 이후의 호환성이나 통합성을 기대할 수 있도록 하였다. 각 센서별로 좌표를 취득/맵핑하여 위험경고를 보내는 센서의 정확한 위치를 파악할 수 있도록 하고 CCTV가 설치되어 있는 사면의 경우 해당 센서의 주변을 확대하여 실시간

으로 보여줄 수 있도록 함으로써 현장위주의 관리에서 센서별 관리로 좀 더 세밀한 분석이 가능하도록 하고, 사면정보 DB와 연계하여 사면의 정보를 제공할 수 있도록 하였다.

## Web-EOC 기반 경사지 계측관리시스템 구축

### 1. 경사지 계측관리시스템의 구성

본 Web-EOC(Emergency Operating Center) 경사지 계측관리시스템은 크게 2개의 프로그램으로 구성된다. 그림 1에 나타낸 바와 같이 하나는 계측현장을 관리 및 사용자(권한)관리, 데이터의 수집/저장/계산, 비상시 문자 전송 등의 DB 관리를 하는 CSMS 프로그램이고 또 하나는 DB를 바탕으로 3D 지도에 계측현장을 등록/표시하고, 비상시 현장의 추적 및 데이터의 포출, 기상에 따른 위험현장의 도출, 급경사지 정보의 관리를 하는 웹기반 위기관리 프로그램이다(Lee *et al.* 2017a; Lee *et al.* 2017b).

3차원 지도의 경우 기본엔진이 외국에서 개발된 것으로 개발비용이 고가이고 라이선스도 한정되며 일정기간 후에 유지보수 등의 비용이 발생하는 바, 범위를 전국적으로 확대할 경우



- Management of Monitoring Fields
- User Management
- Data Collection, Storage & Computation
- Character Transmission in Emergency
- Registration/Mark of Monitoring Fields
- Tracking Fields in Emergency
- Data Expression(Graph)
- Extraction of Dangerous Slopes at the Time of Bad Weather
- Information Management of Slopes

FIGURE 1. Composition of Web-EOC program

상당한 비용이 발생하는 것은 불가피할 것이다 (Lee *et al.*, 2017). 그 대안으로서, 현재 국토교통부에서 운영 중인 3차원 지도 Vworld의 적용가능성을 검토하고, 그 결과 Vworld 3차원 엔진을 사용하여 계측관리시스템을 구축하였다.

## 2. 시스템의 개발

### 1) 요구사항 정의

당초 계획했던 항목과 추진과정에서의 요구사항을 정리하여 시스템 구축의 기본 자료로 활용하였다(표 1).

### 2) 기능 정의

시스템의 요구사항을 만족시키기 위해 필요한 기본기능, 모니터링, 검색기능, 공간분석, 현장관리 등에 필요한 기능을 분석하여 표 2와 같이 목록을 구성하였다.

### 3) 화면 설계

기능분석 부분에서 정의한 각 기능을 사용자의 편의에 맞도록 배치하여 Web-EOC 시스템의 화면을 그림 2와 같이 설계하였다.

## 3. 시스템 아키텍처 및 개발환경의 구성

별도의 업무에 필요한 3차원 공간데이터 운영 서버 기반에 웹서버를 통해 서비스하는 구조로, 서비스 사용자의 모든 요청은 웹서버를 통해서 이루어지며 웹서버는 다시 3차원 서버, 데이터베이스 서버에 요청해 필요한 정보를 서비스하는 구조를 기본으로 하며 시스템 구성의 개념도를 그림 3에 나타냈고, 시스템 아키텍처를 그림 4와 같이 구성하였다.

개발환경은 윈도우 기반의 개발환경으로 구성하고 웹서버는 Apache Tomcat 버전을 사용하며, DBMS는 Microsoft MsSQL 2012를 사용

TABLE 1. Requirement definition list

Requirement ID	Name of Requirement	Contents of Requirements
URD-WebEOC-001	Utilization of Vworld Service API	3D map service using Vworld Open API and Data API
URD-WebEOC-002	Development of 3D Data Spatial Analysis Engine Functions	Extracting slopes and sensors in the radius with typhoon information and the radius of its influence area provided from the National Weather Service
URD-WebEOC-003	Mobile Service Development	Development of field-applicable mobile service
URD-WebEOC-004	Map Expression of GMG Ltd. 's Instruments	Expressing DB of GMG Ltd. 's monitoring sites on Vworld 3D map (by sensors/by slope sites)
URD-WebEOC-005	Map Expression of Samcheok-Si' s Instruments	Expressing DB of Samcheok-Si' s monitoring site, which have different data structure, on Vworld 3D map (by sensors/by slope sites)
URD-WebEOC-006	Chart Expression	Chart expression of measuring information of sensors in a field site (Zoon in/out and movement)
URD-WebEOC-007	Expression of CCTV Images	Expression of CCTV images with field site and sensor information (PTZ control)
URD-WebEOC-008	Fields/Sensor Management	Applying administrator features such as adding, modifying and deleting field site and sensor data on 3D map
URD-WebEOC-009	Membership/Authority Management	Applying administrator features such as membership management, authority and so forth
URD-WebEOC-010	System Interoperability	Offering detailed slope information by each field site in the form of E-book
URD-WebEOC-011	Slope Collapse	Giving warning alarm forecasting alarm ocollapse of a slope and offering inhabitant evacuation routes
URD-WebEOC-012	Report Output	Offering report form for business writing and printing report output
URD-WebEOC-013	Sensor Monitoring	Having an emergency in the case of unhealthy sensor with abnormal critical values

TABLE 2. Analysis of system functions

Category	Functions	Functional Description
Basic Function of Map	Zoom In/Out by Mouse	Zoo in/out by mouse
	Drag Movement by Mouse	Drag movement to a point on map by mouse
	Beginning Screen	Return to beginning setting screen
	Location Movement	Move to a position of specific coordinates on map
	Object Selection	Inquire coordinate of object selected on map
	Navigation	Zoom in/out/movement using navigator
	Additional Information of Map	Show elevation and angle of altitude
Monitoring	Layer On/Off	Appear or disappear selected layer
	Visualization of Evacuation Route	Show evacuation route in the time of emergency (If there are evacuation route data)
Search Function	Sensor Monitoring	Issue warning in the time of emergency when exceeding critical value
	Information Search	Search field and sensor information
Spatial Analysis	Attribute Inquiry	Inquire object attribute information
	Distance Measurement	Measure distance between selected two points
	Area Measurement	Measure area of polygon with selected various points
	Level Measurement	Measure elevation of a point
	Seeing in the First Mode	Show surroundings in the first mode
Field Management	Spatial Analysis	Search radius distance and influence area of a point
	Field Search	Search the field of a slope site
	Sensor Search	Search the sensors installed in a slope site
	CCTV Interoperability	Show CCTV image pop-up
	Measurement Data Interoperability	Show sensor measurements
	Visualization of Dangerous Slopes	Mark warning area(Prompting or color-coded danger rating)
	Linkage of Movable Sensor Data	Mark on the map and show video by linking with location information of a movable sensor
	Linkage between E-Book and Map	Link e-book, which shows detailed data by slope field site, with the map

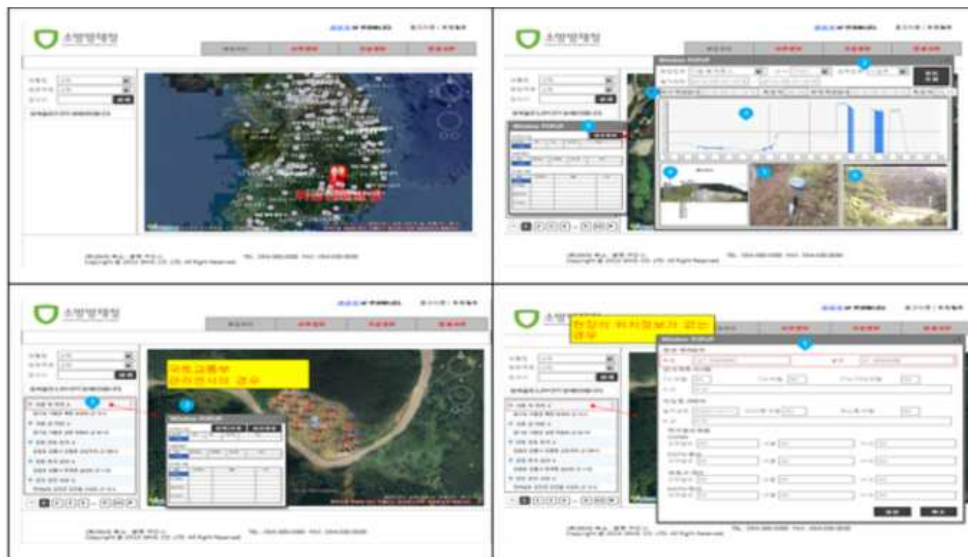


FIGURE 2. Key screen design of Web-EOC



FIGURE 2. Continued

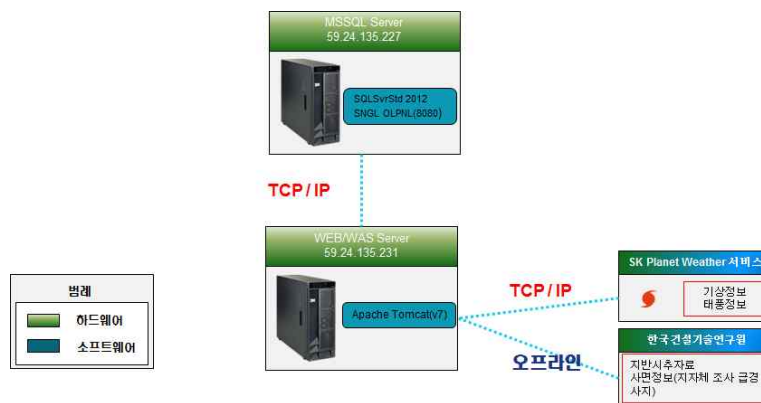


FIGURE 3. The concept diagram of system composition

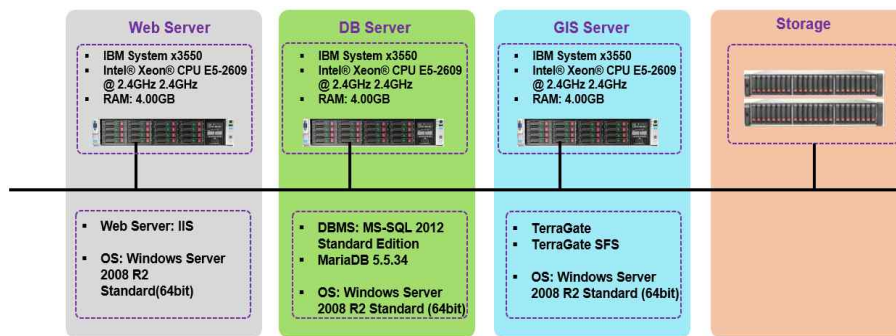


FIGURE 4. Architecture of hardware and software

하였다. 개발도구는 Eclipse를 사용하고, 서버측 언어는 Java 및 JSP를 사용하였다. 3차원 지도 개발용으로 국토교통부 Vworld SDK PlugIn을 설치하여 개발에 적용하였다. 보고서 리포팅 관련 개발용 툴로서 CLIPSOFT사의 REXPERT를 적용하였고, 차트표현 관련 개발용 툴로 SoftwareFX사의 Chart FX for Java 6.5를 적용하였다(그림 5).

## Web-EOC 계측관리시스템의 적용 현장 실례

### 1. 현장 등록

Web-EOC 프로그램에 현장을 등록하려면 우선 계측 데이터를 수집하는 DB서버에 등록을 하여야 한다. 현장명과 소속, 통신을 위한 정보 등을 입력하여 등록을 한다. DB서버에 현장 등





FIGURE 5. Charting applying Chart FX for Java 6.5

록 후 센서정보를 입력하면 DB서버로 데이터가 전송되며 이때 수집되는 데이터는 RAW data로서 센서의 특성에 맞게 센서 별로 계산식을 입력·적용해야 그 계산식에 의하여 원하는 계측단위의 계산값으로 표시된다. 계산식을 DB 서버관리 프로그램에서 입력하는 이유는 좀더 다양한 센서에 대한 대응이 가능하도록 하기 위함이다. 그림 6은 본 시스템의 메인화면으로 10개의 고정형 센서 현장과 2개의 이동형 센서 현장이 등록되어 있다.

## 2. 시스템과 3D 지도와의 연계

본 시스템에서 취득된 현장의 계측정보를 3차원 지형정보와 연계할 수 있도록 하기 위해 계측정보를 사용자들이 직관적으로 판단하고, 대처할 수 있도록 어떻게 3차원 공간에 가시화할 것인지에 대한 연구를 수행하였다.

본 시스템을 3D 지도와 연계하여 가시성을 향상하였으며 이후 현장별 데이터 관리에서 센서별 데이터 관리의 형태로 발전시킬 수 있도록 하였다. 현장 데이터베이스의 신규 구축/변경에

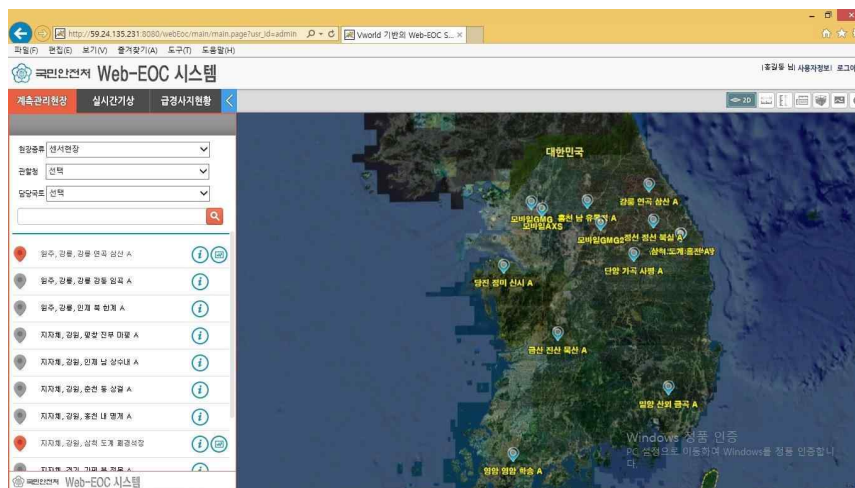


FIGURE 6. Main Screen of Web-EOC system

TABLE 3. 3D service layer list

Name of Service Layer	Construction Method
Digital Terrain/Elevation Model(DTM/DEM)	Utilization of Vworld
Aerial Photo/ Satellite Image	Utilization of Vworld
Boundary of City/Province Areas	Utilization of Vworld
Boundary Map of City/County/Borough Areas	Utilization of Vworld
Boundary Map of Eup/Myeon/Dong Areas	Utilization of Vworld
Road Map	Utilization of Vworld
3D Building	Utilization of Vworld
3D POI	Utilization of Vworld
Monitoring Site Location Map	By the Web-Eoc System
Sensor Location Map	By the Web-Eoc System
CCTV Location Map	By the Web-Eoc System
Slope Location Map in Each Local Government	Linking with Standard for Map Service
Thematic Map Related to Weather as Typhoon etc.	Linking with Standard for Map Service

필요한 관리 S/W의 추가적인 개발이 필요하나 우선 기존현장의 데이터베이스를 3차원 지도에 접목시켜 기본적인 형태를 구성하도록 하였다.

이를 위해 국토교통부에서 운용 중인 Vworld를 기반으로 하여 대부분의 지자체 및 관련기관들의 GIS 관련업무와 호환성이나 통합성을 고려하여 본 연구에서도 전국기반으로 구축되어 있는 Vworld를 기반으로 Vworld의 3D Open API 및 Data API 기반의 방재관련 업무로 활용할 필요가 있다고 판단되었다. 국토부 3차원 Vworld에서 서비스하고 있는 데이터의 공간적 범위 및 레이어 종류에 대한 분석을 수행

하고 Vworld에서 제공하는 Open API 및 Data API 사용방안 및 사용 적합성을 검토하였다. 표 3은 Vworld를 기반으로 구축한 3D 서비스레이어의 목록을 나타낸 것이다.

### 3. 시스템의 적용현장 실례

메인화면에서 등록되어 있는 현장을 좌측의 현장 리스트에서 검색을 하여 선택하거나 3차원 지도상에서 해당 현장을 클릭하면 현장이 확대되면서 각 센서 위치도가 나타나게 된다. 여기서 나타난 각 센서들도 GPS 데이터에 근거하여 그 위치가 표시되어 있다. 계측이 정상적으로

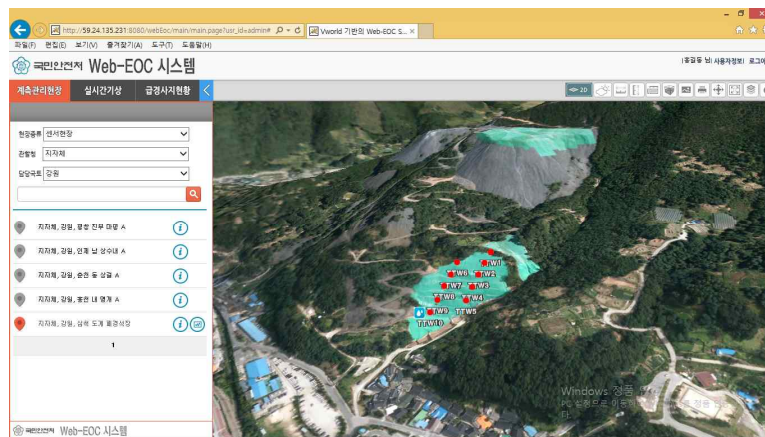


FIGURE 7. Slope testbed field in Dogye-Eup, Samchuk-Si



운영되는 현장 중 지능형 CCTV가 설치되어있는 현장을 우선으로 10개의 현장을 선정하고 Vworld 3차원 지도를 적용하여 나타내었다. 그림 7은 현재 등록되어 있는 10개 현장 중 1개 현장을 클릭하여 확대한 상태를 나타낸 것이다.

그림 8~그림 11은 현장을 선택한 이후에 각 센서를 클릭하여 센서의 데이터 그래프, 현장의 사진, 해당 센서의 사진, CCTV 영상, CCTV 확대영상을 확인하는 과정을 나타낸 것이다. 또한 센서를 클릭했을 때 나타나는 데이터 그래프 화면의 기능(데이터 조회기간 설정, 그래프의 확대, 데이터 그래프의 수치 확인 등과 같은 다

양한 기능)도 같이 표현하였다.

#### 4. 관리 기준치 초과 시의 동작 및 사면 정보 열람

특정 현장의 특정 센서에서 관리 기준치를 초과하는 변위가 발생하게 되면 그림 12와 같이 3차원 지도의 초기화면에서 자동적으로 해당현장으로 이동하여 확대된 3차원영상을 보여주며 어떤 센서에서 변위가 발생하였는지를 알려주도록 되어 있다(Yueping, 2010; Park, 2010). CCTV의 Preset 기능(현장에 CCTV를 설치할 때 각 센서 위치별로 CCTV의 PAN, TILT



FIGURE 8. Display of sensor and field information

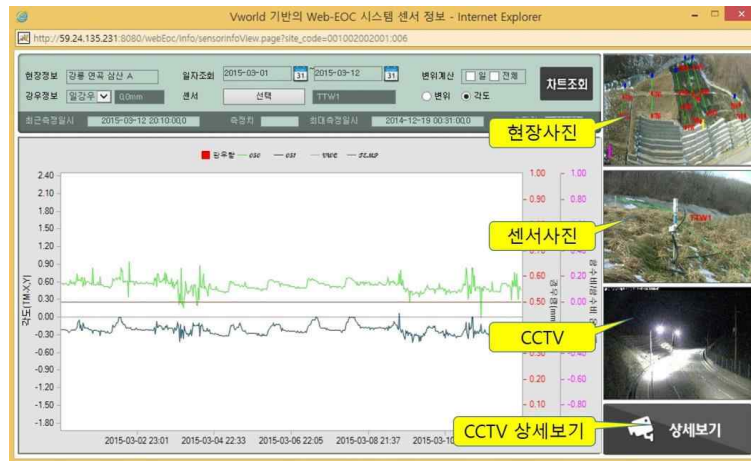


FIGURE 9. Data graph viewer

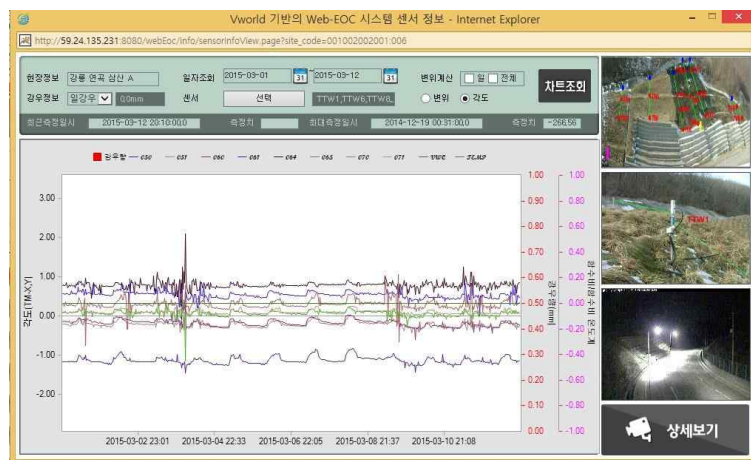


FIGURE 10. Data graph of multi-sensors

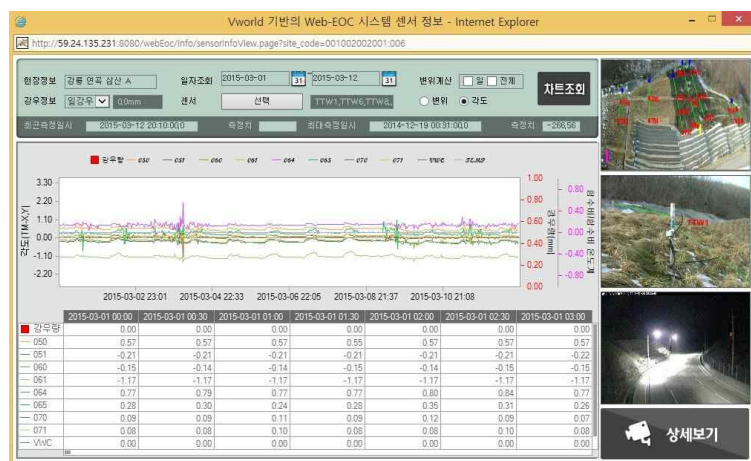


FIGURE 11. Check of numerical data values

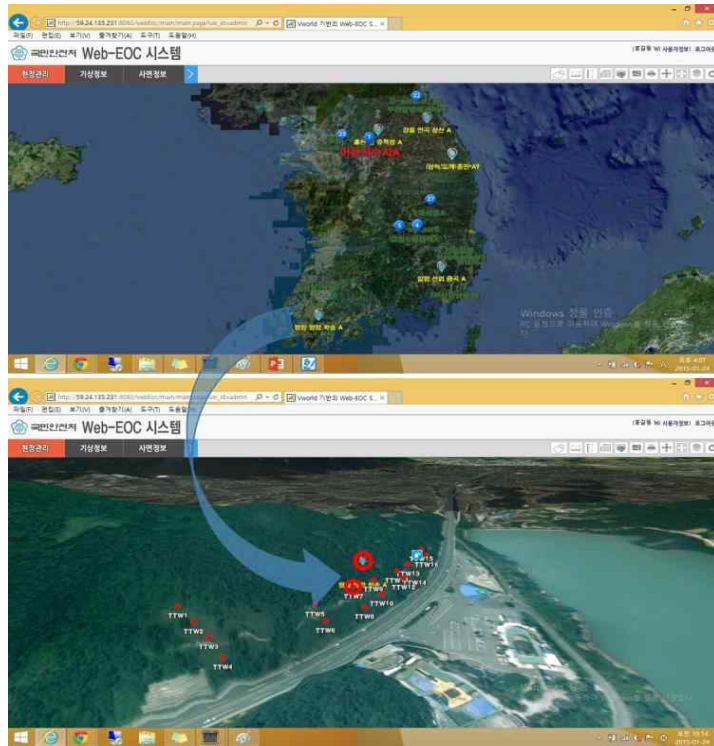


FIGURE 12. System action when management limit-out occurs

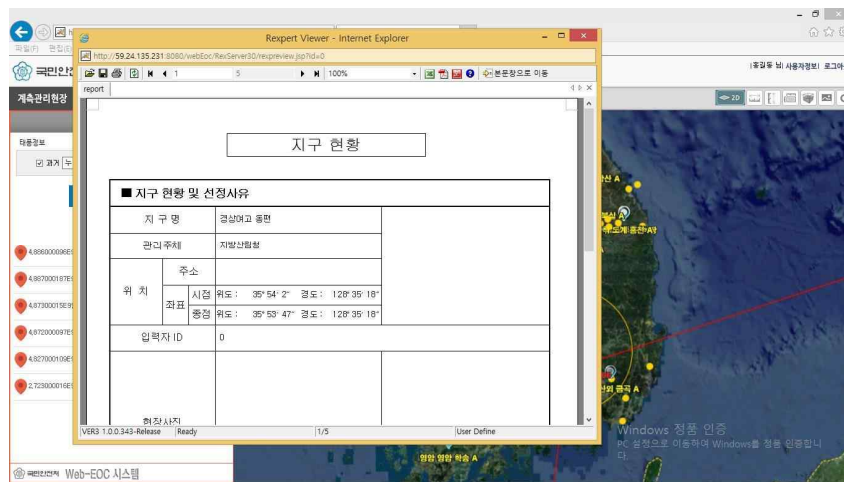


FIGURE 13. The creation of slope information report

ZOOM의 조정값을 미리 설정해 놓고 설정되어 있는 값을 호출하여 CCTV의 PAN, TILT, ZOOM을 자동적으로 조정하는 기능)을 활용하면 특정 센서가 관리치를 초과할 경우 자동적으로 해당 센서의 주변을 확대한 영상정보를 빠른 시간 내에 제공하는 기능도 가능하다. 또한 변

위를 초과한 센서를 클릭하게 되면 그림 12와 같이 해당 센서의 데이터 및 상세정보를 제공한다. 이것은 현장의 비상상황 발생 즉시 관리자가 확인할 수 있도록 하기 위한 기능이다. 특히, 모바일 앱의 동작은 스마트폰을 소지하고 있는 관리자가 그 기능을 사용하지 않더라도 시스템

으로부터 발송되는 SMS문자에 의해 강제적으로 실행이 되도록 하여 관리자가 인지하지 못할 가능성을 최소화 할 수 있을 것이다.

검색기능을 사용하여 검색조건에 부합하는 경사지만 표시할 수 있도록 하여 원하는 경사지의 정보를 클릭하면 현재 급경사지 일제조사서 DB 내에 있는 모든 현장이 호출되고 조건 검색된 급경사지 목록을 클릭하거나 화면 안에 표시되어 있는 급경사지 지점을 선택 후 사면정보 보기를 클릭하면 그림 13과 같이 사면정보 및 특정센서의 계측데이터 차트를 열람할 수 있다.

## 결 론

국내·외 운용 중에 있는 경사지 모니터링 시스템 조사를 행하고 기존의 경사지 계측관리시스템에서 발견된 문제점을 바탕으로 계측정보의 무인관리 및 붕괴징후에 따라 자동경보를 통한 신속한 주민대피를 유도할 수 있도록 Web-EOC 기술을 기반으로 한 경사지 실시간 계측관리시스템을 개발하고 적용성을 검토한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

첫째, 다중센서가 시공된 현장을 테스트베드로 선정하여 비상 시 사전에 인근 주민의 대피를 유도하기 위한 계측관리시스템을 시범 구축하고 적용성을 입증할 수 있었다.

둘째, 현장에 설치되어 있는 센서의 실시간 좌표 취득 및 데이터의 도표 제공을 통하여 현장 중심 관리에서 센서 중심의 관리로 전환, 센서별 계측데이터의 연결 구축 및 viewer 프로그램 개발함으로써 좀더 정밀한 상황분석이 가능하도록 하고, 사면정보 DB와 연계하여 사면별 정보를 제공할 수 있게 되었다.

셋째, 위치나 사면 주변의 현황 등을 직관적으로 파악할 수 있는 3차원 GIS기반의 시스템으로 구축하고 국토교통부에서 운영하고 있는 Vworld 3D 지도를 이용함으로써 향후 구축범위를 전국의 현장으로 확대·적용할 수 있는 기반을 구축하고 유사시 경보 기능 및 대피경로 등에 대한 정보를 제공할 수 있을 것이다. **KAGIS**

## REFERENCES

- Association of Slope Disaster Mitigation. 2008. A study on the management standards of steep slopes, Report, 소방방재청, p.154 (사면재해경감협회, 2008. 급경사지 관리기준 연구, 소방방재청, 154쪽).
- Brand, E. W. 1985. Predicting the performance of the residual soil slopes. Proceedings of 11th ICSMFE, San Francisco, pp. 2541-2573.
- Kim, Y.T. 2007. A Study on automatic monitoring system through the real time measurement for the slope stability analysis, Master Degree Thesis, Seoul Industrial University (김용태, 2007. 사면안정을 위한 실시간 측정의 자동화 시스템 연구, 서울산업대학교 석사학위 논문).
- Ku, H.B. 2005. Development and operation of road cut slope management system, Report, Ministry of Construction & Transportation, p.508 (구호본외, 도로철토사면 유지관리시스템 개발 및 운용, 연구보고서, 건설교통부).
- Kumoh National Institute of Technology Industry-academic Cooperation Foundation, 2015. The R&D research on construction of monitoring management system for evacuating inhabitant in steep slope site and development of monitoring specification, pp.357-503 (금오공과대학교 산학협력단, 2015. 급경사지 주민대피 계측관리시스템 구축 및 계측시방서 개발연구 보고서, 자연재해저감기술개발연구사업 357-503쪽).
- Lee, J.D., K.T. Chang, K.J. Bhang and K.D. Lee. 2017a. Web-EOC system for monitoring management of steep slope zones, Proceeding of Korea Society of Civil Engineers, pp.25-26 (이진택, 장기태, 방건준, 이규달. 2017. 급경사지 계측관

- 리를 위한 Web-EOC 시스템, 대한토목학회 2017년도 정기학술대회 논문집, 25-26쪽).
- Lee, J.D., K.T. Chang and K.J. Bhang. 2017b. Construction of web-based slope monitoring management system connected with Vworld 3D maps, Proceedings of ICC2017, Asia Institute of Technology, Thailand.
- Nexgeo. 2011. GIS-based stability analysis system for steep slope, Report. National Institute for Disaster Prevention (넥스지오, 2011. GIS기반 전국단위 급경사지 붕괴 판단 시스템 설계, 국립방재연구원).
- Park, D.G., Y.J. Sohn and Y.G. Song. 2010. Study on the application of an early warning system using rainfall data in Korea - Reliability improvement on the early warning & evacuation system, National Institute for Disaster Prevention (박덕근, 손영진, 송영갑. 2010. 강우자료를 활용한 급경사지 대피 예·경보 시스템 구축 연구(III) - 급경사지 재해 예·경보 신뢰성 개선, 국립방재연구원).
- Sohn, J.C. 2004. Installation and operation plan of monitoring system of road cutting slope, Journal of Korea Society of Road Engineers 6(2):32-39 (손종철, 2004. 도로절토사면 계측시스템 설치 및 운용 계획, 한국도로학회지 6(2):32-39).
- Woo, J.T. and R.C. Lee. 2008. Construction measurement engineering, Gumi Book Publisher, p.882 (우종태, 이래철, 2008. 건설계측공학, 구미서관 882쪽)
- Yoo, B.S. 2006. Study of failure analysis methods based on real-time monitoring data for landslide warning system, Doctoral Degree Thesis, Kumoh National Institute of Technology (유병선, 실시간 사면붕괴 위험경보 체계를 위한 분석기법에 관한 연구, 금오공과대학교 박사학위논문).
- Yueping, Y., H. Wang, Y. Gao and X. Li. 2010. Real-time monitoring and early warning of landslides at relocated Wushan town, the Three Gorge Reservoir, China, 2(3):170-184. **KAGIS**