

일본의 눈사태 방호시설 모니터링 및 예보시스템 구축과 운영 사례



정재현

(주)지구환경전문가그룹
건설정보화팀 이사
(cagito@ege.co.kr)



김기수

(주)지구환경전문가그룹
건설환경사업부 상무
(kks4117@ege.co.kr)



Yoich Nishita

Protec Engineering
Vice Director of
Technology Division
(nishita@proteng.co.jp)

I. 서론

본 기술 노트는 국내에서는 생소한 눈사태 대책시설의 모니터링 시스템 현장 구축과 운영에 관한 글이다. 대상 현장 지역은 일본 니이가타현의 산간 도로이며

연중 사면 누적 적설량이 10m 이상 달한다. 따라서 눈사태로 인한 인적·물적 피해를 방지하기 위하여 그림 1과 같이 적설량이 일정 높이 이상이 되면 제설 작업을 수행하게 된다.

일본에서는 눈사태 예방을 위하여 억지말뚝의 일종



(a) 제설작업 전



(b) 제설작업 중

그림 1. 사면 제설 작업(일본 니가타)

인 일명 트라이 말뚝이 사용된다. 이 말뚝은 적설 비탈면의 활동을 억지하여 눈사태 발생을 방지하는 목적으로 설치된다. 그러나 일본 적설 비탈면의 활동을 억지할 수 있는 트라이 말뚝의 적정 크기, 제원, 근입장에 대한 명확한 설계기준이 없어 실측을 통한 연구가 필요했다.

눈사태 모니터링 시스템은 크게 두 가지 목적으로 설계 되었다. 첫째는 눈사태 발생 가능성을 센싱을 통하여 사전에 예측·경보하는 것이다. 관련 측정 항목은 사면 활동 변위계, 적설량계 등이다. 둘째 목적은 트라이 말뚝의 눈사태 억지효과에 대한 센싱이다. 관련 측정 항목은 말뚝의 하중, 눈 중량계, 적설량계, 눈의 단위중량 등이다.

일본 니이가타현의 적설 비탈면 계측의 특징은 겨울에는 평균 적설고가 3m가 넘어 인력 계측이 불가능하다는 것이다. 따라서 통신을 통한 원격 자동화 계측은 필수이며 이러한 이유가 국내 IT기술과 융합된 계측 기술이 일본의 눈사태 모니터링에 도입된 이유이기도 하다.

눈사태 모니터링 시스템은 2012년 TEST-BED 1개소 구축 이후 약 4년 동안 25개 현장에 추가 설치 및 운영되었다. 본 기사에서는 이러한 모니터링 시스템의 설계·구축, 현장 설치, 운영, 문제 해결 등에 관한 사항을 다루고자 한다.



그림 2. TEST-BED 현장

- ③ 현장, 센서종류, 센서수량, 카메라 등의 추가·변경이 가능토록 관련 프로그램 작성
- ④ 세계 어디라도 설치 운영 가능토록 3개 국어 이상 언어지원, GIS 기반 모니터링 지원
- ⑤ 계측 시스템 부분, 프로그램 부분으로 나뉘어 기술 지원 및 이전 할 것.

TEST-BED 현장 조건은 그림 2와 같이 눈사태 예방용 트라이 말뚝이 설치된 상태이며, 상용전력 및 통신은 이용할 수 없는 상황이었다. 위 의뢰 사항 및 현장 조건을 반영하여 요구사항을 정립하고 소요되는 기능을 도출하여 시스템 설계를 하였다.

II. 눈사태 모니터링 시스템 구축 및 운영

(1) 시스템 설계

시스템 구축 의뢰사는 프록텍엔지니어링(주)(일본 니이가타현 소재)이다. 다른 모니터링 시스템과 차별되는 주요 의뢰 내용은 다음과 같다.

- ① 요구 성능에 적합한 센서 제작 및 TEST-BED에 설치
- ② 자가발전이 가능한 원격 실시간 모니터링 시스템을 구축

(2) TEST-BED 현장설치

TEST-BED 현장 설치는 2012년 겨울 직전에 착수되었다. 한국에서 제작된 센서 및 계측기기는 일본에서 화물로 수령하였다. 이 때 일본의 관세 조건 및 수입 금지 항목을 고려하여야 한다. 관세를 고려하여 현지 구매가 더 저렴한 제품이 있거나 납축전지와 같이 액체가 포함된 제품은 수입 금지 항목임으로 일본에 화물로 송부하기 전에 수·출입 대행업체를 통하여 충분히 조사할 필요가 있다.

설치 항목은 표 1과 같다. 사면 활동계는 발주처에

표 1. 현장 설치 항목

구분	항목	설치목적
센서	적설량계	적설량 측정
	하중계	트라이 말뚝에 작용하는 눈의 하중 측정
	온도계	대기 온도 측정
	사면 활동계	눈의 미끄러짐 변위량 측정
카메라	IP 카메라	말뚝 및 눈사태 모니터링
자동화 측정기	데이터로거	센서 측정 로거
	멀티플렉서	센서 측정 확장
통신	3G Router	WAN 통신용
전원	태양광 충전	태양광 충전 및 배터리
기타	시스템 타워	시스템 박스 및 카메라 설치(H:6m)

서 자체 제작한 센서이며, 시스템 설치 타워는 높이가 6m이기 때문에 국내 제작 및 배송의 어려움이 있음으로 발주처에서 자체 제작 하고 현지에서 크레인을 이용하여 설치하였다. 그 외 계측기, 통신, 전원 장비는 국내 제작하여 현지 배송하였다. 표 1의 항목은 현장 여건에 따라 가감이 될 수 있다.

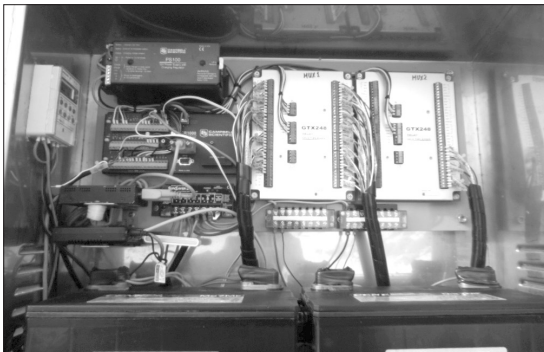
그림 3은 TEST-BED에 센서 및 계측기 설치 과정을 나타낸 것이다. 시스템 타워는 그림 3(a)와 같이 크레인을 이용하여 설치하였다. 시스템 타워의 높이가 6m 이상이기 때문에 크레인을 이용할 필요가 있다. 그림 3(b)은 말뚝 인발력을 측정하기 위한 하중계 설치 전경이다. 그림 3(c)은 각종 데이터로거, 멀티플렉서, 전원 및 통신 장치의 컨트롤 박스 내부 전경이다. 야간에는 태양열 발전이 중단되기 때문에 전원 타



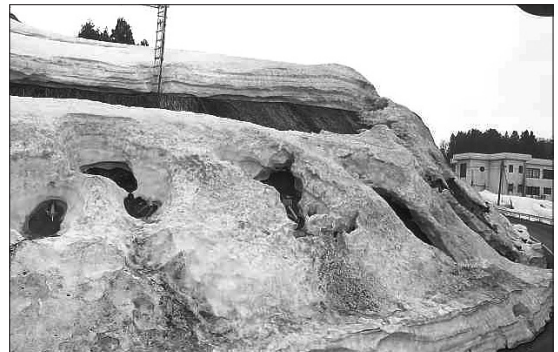
(a) 시스템 타워 설치



(b) 말뚝 하중계 설치

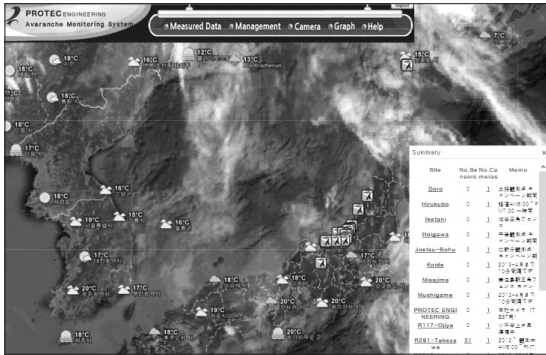


(c) 계측기 컨트롤 박스 내부

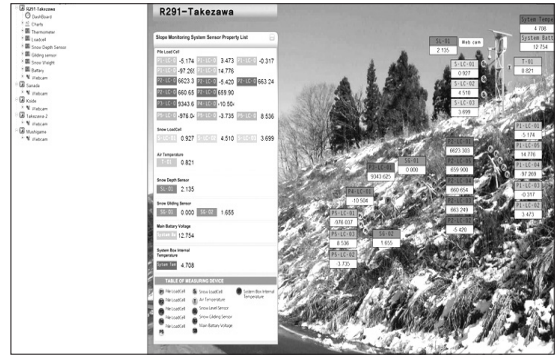


(d) 설치 완료 전경

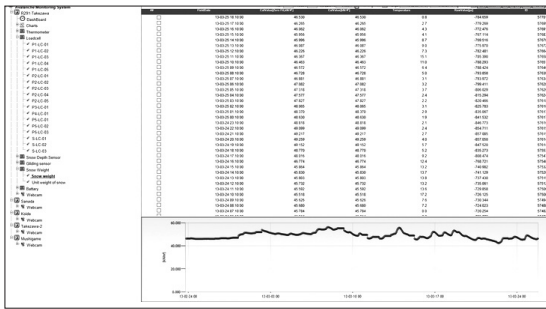
그림 3. TEST-BED 현장 설치 과정



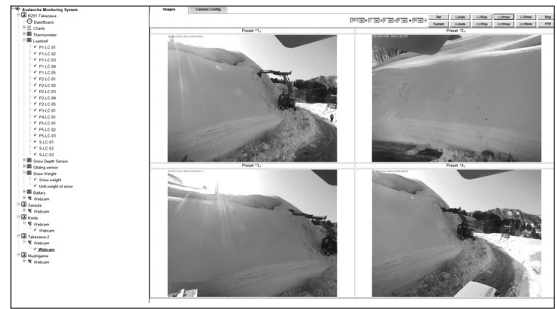
(a) 메인화면



(b) 현장별 모니터링 화면



(c) 측정 데이터 화면



(d) 카메라 이미지 화면

그림 4. TEST-BED 현장 설치 과정

이머를 이용하여 야간에만 카메라 및 통신 시스템의 전원을 차단하고 자동화 측정기의 전원은 소모량이 미미함으로 24시간 전원이 인가되도록 구성되어 있다. 그림 3(d)은 시스템 설치가 완료된 이후의 전경이다. 총 설치기간은 약 1주일 소요되었다.

(3) 운영 프로그램 개발

모니터링 운영 프로그램은 그림 4와 같이 크게 4가지로 구분되었다. 그림 4(a)의 메인 화면은 GIS를 기반으로 한 모니터링으로써 측정 현장의 가감이 가능할 수 있도록 관련 기능이 구성되었다. 그림 4(b)는 각 현장에 대하여 측정값을 도시할 수 있도록 화면을 구성하였다. 그림 4(c)는 센서 측정값의 시계열을 테이블 및 그래프 형태로 표출한다. 그림 4(d)는 현장에 설치

된 카메라의 캡처 이미지를 시간대별로 조회 및 동영상 재생 기능을 구현하였다.

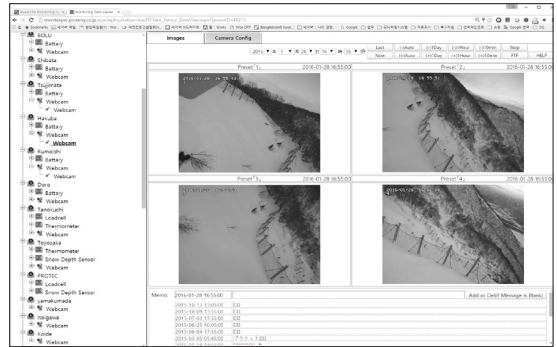
운영 프로그램 개발에 따른 어려움은 다음과 같다.

- ① 일본어, 영어, 한국어를 지원해야 함으로 용어 선택에 국제적인 표준이 필요하다.
- ② 계측 현장 추가 기능은 관련 데이터로거 및 통신 추가를 동반함으로 서버 프로그램 개발이 어렵다. 또한 관리자가 서버, 계측, 통신 등의 관련 기능을 동시에 이해하여야 한다.
- ③ 전원이 태양광이고, 통신이 CDMA일 경우 현장에 설치된 계측기기의 예외사항이 빈번하게 발생됨으로 이에 따라 관련 프로그램도 이러한 예외사항에 대하여 충분히 대응할 수 있도록 기능을 구현해야 한다.

이러한 어려움을 해결하기 위하여 1년 이상의 테스트



(a) 메인화면 (25개 현장 운영중)



(b) 카메라 모니터링

그림 5. 시스템 운영화면(현재)

트를 거치고 실증시험(TEST-BED)을 실시하였으며, 현재는 안정적으로 운영하고 있다.

(4) 운영 결과

눈사태 모니터링 시스템은 2012년에 최초 설치 이후 그림 5와 같이 약 25개소의 현장에 발주처가 추가 설치 및 운영하였다. 또한 일본 본토 이외에도 터기에도 설치되어 운영 중이다. 약 4년 동안 운영한 결과는 다음과 같다.

- ① 본래 목적은 눈사태 대책시설의 모니터링용이었지만 시스템의 범용성이 높아 현재는 도로 방호 시설, 교량의 방책시설, 비탈 보호 시설의 모니터링용으로 응용 되고 있다. 이와 같은 이유는 시스템에 현장 추가, 센서 방식 및 종류변경, 센서 추가, 카메라 추가, GIS 기반 표출 기능 등이 탑재되어 가능하다.
- ② 센싱 보다는 카메라 활용도가 높다. 카메라는 일반적인 Web Cam을 사용한다. 동영상은 CDMA 통신 속도 때문에 너무 느려 10분 간격 또는 외부 센서 이벤트에 의해 정지영상이 저장된다. 현재 정지 영상은 약 3백만개가 수집 되었으며, 용량은 180GB에 달한다.

③ 초기 시스템은 서버를 이용한 방식이었으나, 현재는 대용량 클라우드 시스템으로 이전되었다. 따라서 현장추가에 따른 용량, 속도에 따른 문제는 해소되었으며 이전 및 시스템 복제가 용이하다.

④ 본 시스템은 토석류가 발생하는 도로 사면의 방호시설 모니터링에 수정 없이 활용이 가능하기 때문에 운용의 폭이 넓다.

IV. 결론

2012년 일본 니이가타현 눈사태 모니터링 시스템의 TEST-BED를 1개소 설치하였다. 이후 시스템 의뢰업체가 4년 동안 운영하였다. 현재는 시스템의 범용성이 높아 일본 및 터기 등에서 도로 방호시설, 교량의 방책시설, 사면보호시설의 모니터링용으로 약 25개소에서 응용 활용하고 있다. 또한 서버 운영 방식이 단일 서버에서 클라우드 시스템으로 이전되어 대용량의 데이터를 처리 할 수 있도록 진화되었다. 본 시스템은 토석류가 발생하는 도로 사면의 방호시설 모니터링에 수정 없이 응용 활용이 가능하다.