

강우에 의한 사면붕괴 모니터링을 위한 일체형센서 연구

A Study of integrated sensor for the monitoring of slope collapse by rainfall

김영민*, 송수현*†, 김용광**

Young-Min Kim*, Su-hyun Song*†, Yong-kwang Kim**

초 록 국내 철도터널 및 철로에 인접한 많은 철도사면은 매년 강우에 따른 사면붕괴 및 산사태로 인한 재난재해에 노출되어 있다. 이에 대한 대응을 위해 본 연구에서는 강우에 의한 사면붕괴 발생여부, 붕괴운동방향, 붕괴규모를 모니터링할 수 있는 일체형센서를 개발하였고 검증에 위해 실험대형 모형사면실험을 진행하였다. 일체형센서는 경사도, 가속도, 체적함수비, 온도를 한 지점에서 동시에 측정할 수 있도록 일체형 Pole구조로 지표면변형 및 층별 지중변형을 계측하도록 구성된다. 실험대형모형사면 실험결과 시간당 30mm의 연속강우인가 시 복수개의 센서로부터 단면별 붕괴시점과 여부, 붕괴방향을 일체형센서를 통해 검지할 수 있었으며, 관리기준치를 바탕으로 사면 계측관리에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 강우, 철도사면, 재해대응, 일체형센서, 함수비

1. 서 론

철도사면에서 발생하는 붕괴에 따른 재난재해의 주요요인 중 하나는 강우이며 지속된 강우는 사면의 표층부터 포화되면서 토괴 중량을 증가시키고 전단 저항력의 감소로 붕괴를 야기한다. 철도 및 도로비탈면의 경우 변형을 감시하기 위해 지표면 변형(변위 및 경사 등)과 지중변형(체적함수비)을 측정하여 비탈면의 붕괴위험도를 판단하고 있다(김현기, 2017). 하지만 기존센서들은 각 항목별로 단일구성이거나 다종의 센서 설치시 다수의 시추공 매설 및 설치지점이 상이하여 비용상승 및 설치의 어려움이 있다. 따라서 본 연구에서는 다종의 센서를 동시에 측정할 수 있는 일체형Pole구조의 센서를 제작하여 편의성을 향상하고 사면붕괴에 따른 발생시점, 붕괴범위, 붕괴방향 등을 보다 종합적으로 판단할 수 있도록 하였으며 실험대형 모형사면을 대상으로 붕괴모의실험을 진행하였다.

2. 본 론

2.1 강우재난대응 일체형센서

2.1.1 센서구성 및 실험대형 모형사면 실험

실험에 적용된 일체형센서는 경사계, 가속도계, 토양함수비, 지중온도계 센서를 일체형구조로 제작한 센서이다. 일체형센서는 4종의 물리값을 동시에 측정하며, 토층에 매립되는 함수비/온도센서는 20cm단위로 4개층을 측정할 수 있도록 Pole형으로 구성된다. 실험대형 모형사면실험에서는 가로축 5개 단면에 센서를 매립 설치하여 연속강우에 따른 사면붕괴의 발생형태를 분석하는 시험을 진행하였다. 센서는 사면상단부터 하단방향으로 중앙부 위치에 약1.5m 간격으로 설치되었다. 측정주기는 경사도와 가속도는 분당 600회, 토층함수비와 온도는 분당 3개의 데이터를 데이터로거를 이용하여 수집하였다. 토층함수비센서는 총 4개의 Layer로 구성되어 표층부터 20cm단위의 깊이로 강우에 따른 토층함수비의 변화를 계측하였다.

† 교신저자: 주식회사 이에스피(shsong@espsys.co.kr)

* 주식회사 이에스피

** 주식회사 이에스피

2.1.2 실대형 모형사면 실험결과

본 실험에서 강우는 19.8.19 10:30 부터 시간당 30mm의 인공강우장치를 통해 연속강우로 인가되었으며, 19.8.20 02:30경 사면붕괴 발생에 따라 09:30분에 실험이 종료되었다. Fig.3과 Fig.4 와 같이 강우가 시작되면 표층부터 함수비가 상승하며 층별로 강우가 침투되며, 붕괴가 발생하기 약 1시간 전 표층의 함수비값의 하강 및 표층의 단면이동이 발생한다. 단면의 전체붕괴가 발생하기 약 30분전 경사도가 20 degree 이상 큰 변화폭이 발생되며 이후 최종붕괴가 발생되었다. 함수비값 기준 강우의 침투속도는 표층부터 80cm층까지 평균 16cm/hour 로 나타났으며, 토층의 방향은 좌측으로 붕괴가 발생되었다.

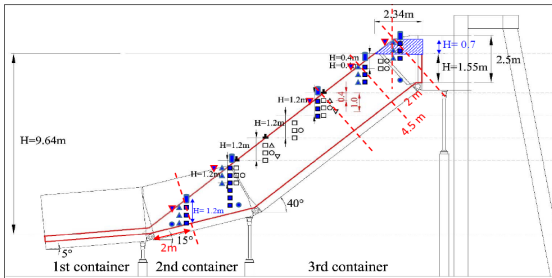


Fig. 1 Structure diagram of artificial slope

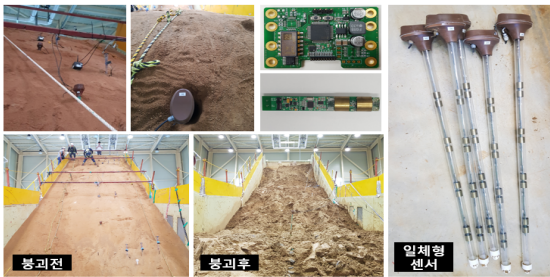


Fig. 2 Applied sensor and install position

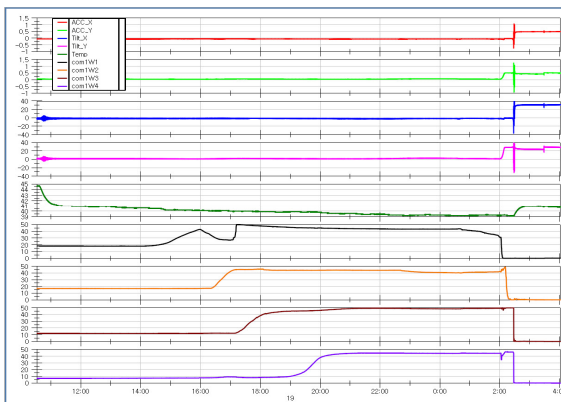


Fig. 3 Measured data (Tilt, Accelerometer, VWC, Temperature)

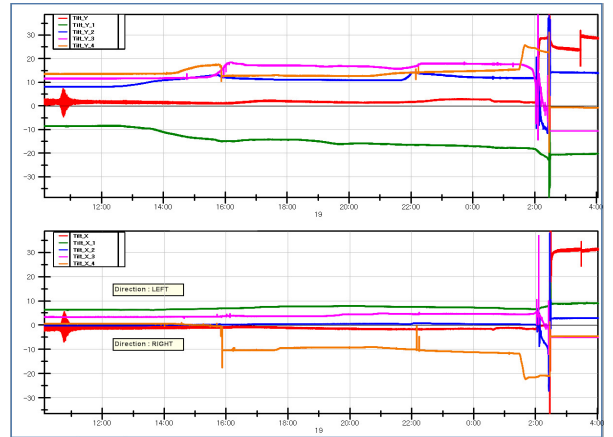


Fig. 4 Measured data (collapse time & direction) Tilt X(L-R direction), Tilt Y(T-D direction)

3. 결론

본 연구에서는 강우에 의한 철도사면재해 대응을 위해 일체형센서를 개발하였으며, 실대형모형사면 실험을 통해 다음의 결론을 얻었다.

1. 사면의 층별 함수비 계측을 통해 강우의 침투속도 및 함수비와 토층의 변위를 시계열로 비교해 사면붕괴의 시점과 붕괴방향을 분석할 수 있다.
2. 철도사면에 적용할 경우 함수비와 경사도의 시간당 변화량을 기준으로 강우시 열차 안전운행기준과 연계된 상황별 대응체계를 구축하는 것이 요구된다.

사 사

본 연구는 국토교통과학기술진흥원의 국토교통기술사업화지원사업(2018) 의 연구비 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.
(실시간 재난정보지도를 이용한 철도운행지원시스템개발, 18TBIP-C144174-01-0000002018)

참고문헌

- [1] 김현기 (2017) 지표면 경사변화를 이용한 비탈면 붕괴 활동면 추정방법, 한국철도학회 춘계학술대회논문집
- [2] 박덕근 (2008) 강우자료를 활용한 예경보시스템 국내 적용성 연구, 국립방재교육연구원