

# 드론과 지상라이다를 이용한 사면 재해 조사 및 위험성 평가

김성삼\*, 신동윤\*, 노현주\*, 김다진솔\*

\*국립재난안전연구원 재난원인조사실

e-mail:(sskim73, sdy718, nhj1017, solee0308)@korea.kr

## Steep Slope Surveying and Risk Assessment using Drone and Terrestrial LiDAR

Seong-Sam Kim\*, Dong-Yoon Shin\*, Hyun-Ju Noh\*, Da-Jin-Sol Kim\*

\*Division of Disaster Scientific Investigation, National Disaster Management Institute.

### 요약

우기철 국소 지역에 쏟아지는 집중호우와 국토의 63% 이상이 산지이면서 얇은 표층이 대부분인 지반공학적인 특성으로 사면재해에 취약한 우리나라는 해마다 산사태로 많은 피해를 입어 왔다. 본 논문에서는 드론과 지상 LiDAR(Light Detection And Ranging)를 이용한 사면 조사 및 위험성 평가를 위한 적용 가능성을 검토하였다. 소형 드론으로 대상지 내 급경사지 사면과 주변의 항공사진 촬영과 지상기준점 측량, 드론항공사진과 드론맵핑 프로그램을 활용하여 3차원 지형정보(DEM) 및 정사영상을 생성하였다. 지상 LiDAR 측량을 통하여 높이, 연장거리 등 사면의 제원, 기반암 풍화지역 등 상세한 지질 특성에 관한 3차원 점군 자료를 정밀하게 관측하였다. 마지막으로 드론맵핑 측량 성과와 지상 LiDAR 측량 성과를 종합적으로 분석하여 사면 위험성 평가표에 따라 정량적인 위험성을 평가함으로써, 사면 조사 및 위험성 평가를 위한 활용가능성을 제시하였다.

### 1. 서론

우리나라 국토의 63% 이상이 산지로 표층 또한 얇아 사면재해에 취약하다. 도시화와 도로 건설로 석축·옹벽, 비탈면 등 인공 사면이 점차 증가하고 있다. 급경사지 붕괴 및 산사태는 최근 10년간 발생한 자연재해의 주요 피해 유형이 되고 있다. 행정안전부에서 정기적으로 실시하고 있는 급경사지의 안전관리 실태점검은 사면 붕괴 위험성 요소와 사회적 영향도 요인 등을 고려하여 간단한 계측장비와 외관조사로 실시된다. 그러나, 대부분의 급경사를 가진 자연 비탈면은 조사자가 접근하기 어렵고, 식생에 의한 시야 차폐로 외부에서 직접 관측이 어려운 경우가 많다. 여기에, 간소한 계측 장비에 의한 조사 정확도 문제 등 현장 점검의 한계가 있어 접근 불능 사면에 대한 조사방안 수립과 효율적·정량적인 관측기법의 도입이 필요한 실정이다[1]. 따라서 본 논문에서는 접근 불가능한 사면의 상부나 급경사 단면, 주변 환경에 대한 조사와 분석을 위해 상업용 소형 드론과 지상 LiDAR 장비가 탑재된 조사차량을 이용하여 고해상도 3차원 공간정보를 취득하고, 드론맵핑과 LiDAR 측량 성과 기반의 사면 안정성을 평가하였다.

### 2. 급경사지 사면 안전관리체계

인공·자연 비탈면, 산지로 구분되는 급경사지의 안전점검 업무는 급경사지 관련법에 따라 연 2회 이상 지자체나

관리기관에서 실시한다. 이 때, 자료조사와 현장조사를 기본적으로 실시하고, 실시 수준에 따라 정기점검, 정밀점검, 긴급점검, 정밀 안전진단으로 구분해서 실시한다. 급경사지 붕괴위험지역 지정 및 사면 위험도 평가는 자연비탈면, 인공비탈면, 옹벽 및 축대 등 3가지 형태로 분류하여 이뤄진다. 인공비탈면과 옹벽·석축 등이 함께 조성된 혼합 급경사지는 대상별로 각각 재해위험도를 평가하고, 위험도가 높은 등급으로 관리한다. 위험도 평가항목은 크게 11가지 사면 붕괴 위험성 요소와 3가지 사회적 영향도 요소들로 구성된 평가표에 따라 간단한 계측장비와 전문가 육안 조사로 진행된다. 재해위험도는 5개 등급(A~E)으로 구분하고, D, E 등급은 붕괴위험지역으로 지정·관리한다. 다만, 평가점수가 51점 이상이면서 붕괴시 인명 피해 등 지속적인 점검이 필요한 지역은 C 등급이라 할지라도 붕괴위험지역으로 지정·관리할 수 있다[2].

[표 1] 급경사지 재해위험도 등급

등급	재해위험도 평가점수			내용
	자연비탈면 (또는 산지)	인공비탈면 (깎기비탈면, 쌓기비탈면)	옹벽 및 축대	
A	0~20	0~20	0~20	재해위험성이 없으나 예상치 못한 붕괴가 발생하더라도 피해가 경미한 경우
B	21~40	21~40	21~40	재해위험성이 없으나 주기적인 관리가 필요한 경우
C	41~60	41~60	41~60	재해위험성이 있어 지속적인 점검과 필요시 정비계획의 수립이 필요한 경우
D	61~80	61~80	61~80	재해위험성이 높아 정비계획 수립이 필요한 경우
E	81 이상	81 이상	81 이상	재해위험성이 매우 높아 정비계획 수립이 필요한 경우

### 3. 급경사지 현장조사 및 위험성 평가

#### 3.1 연구 대상지

본 논문의 연구대상지는 2020년 행정안전부의 급경사지 취약지구 점검 대상지 중 전북 익산의 아리랑 지구와 충남 태안의 마도 지구로 선정하였다. 마도 지구는 2016년 재해위험도 D등급으로 평가 받아 붕괴위험지구로 지정·관리되고 있다.

#### 3.2 드론 항공촬영 및 맵핑

드론맵핑 성과의 정확도 확보를 위해 연구 대상지별로 Trimble사의 R10으로 지구별로 6점 ~ 8점의 지상기준점(GCP)을 설치하여 RTK-GNSS 측량을 수행하였다. 측량결과, 아리랑 지구는 산악지형의 특성상 평균 RMSE가 0.059m,, 마도지구는 0.017m였다. 연구에 사용된 드론은 DJI사의 Mavic 2 Enterprise Dual였으며, 드론 비행고도는 지구내 사면의 평균 높이를 고려하여 아리랑 지구는 100m, 마도 지구는 80m, 촬영 중-횡중복도를 각각 80%, 70%로 설정한 후 아리랑 지구에서는 74장, 마도 지구는 73장의 드론 항공사진을 취득하였다. 촬영 면적은 아리랑 지구가 5.1ha, 마도지구는 4.1ha였으며, 아리랑 지구 드론 영상의 GSD는 3.09cm, 마도지구의 GSD는 2.89cm로 촬영되었다. 드론맵핑 자료처리 과정을 통해 생성된 3차원 점군 자료와 DSM/DEM 자료, 정사영상을 활용하여 급경사지 재해위험성 분석을 수행하였다.

[표 2] GCP 측량 정확도(마도지구)

GCP	X	Y	Z	평면오차	수직오차
No.1	382661.154	203952.913	49.279	0.013	0.015
No.2	382641.49	203963.018	51.386	0.014	0.019
No.3	382628.674	203959.17	52.018	0.048	0.064
No.4	382613.483	203964.17	53.476	0.315	0.318
No.5	382602.309	203967.179	54.472	0.047	0.056
No.6	382596.468	203976.558	55.634	0.029	0.048
평균 RMS 오차				0.059	

#### 3.3 지상 LiDAR 측량 및 자료처리

연구 대상 사면의 정밀하고 정량적인 지질학적 분석을 위해 특수조사 차량에 탑재된 RIEGL사의 VZ-2000로 대상지역을 LiDAR 스캐닝하였다. 사면의 형태와 분포 양상을 고려하여 아리랑지구는 4개, 마도지구는 5개의 스캔 지점을 계획하여 사면의 3차원 점군 자료를 취득하였다. 취득된 점군 자료에서 노이즈 필터링을 통해 사면 주변의 수목과 잡풀, 낙석방지 울타리 등을 제거한 후 사면의 암반 점군 자료로부터 정밀한 사면의 DEM 자료를 취득하였다.



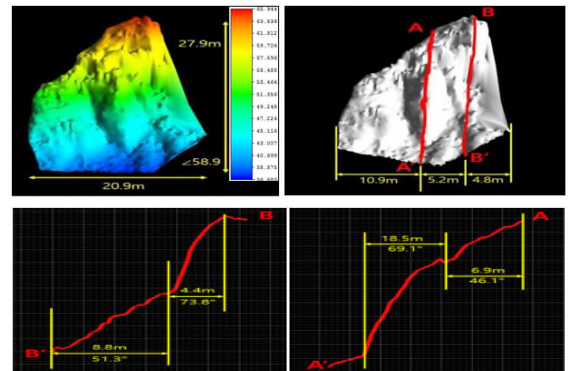
[그림 1] LidAR 탑재 조사 차량과 드론(Mavic 2)



[그림 2] 드론맵핑 점군자료(좌)와 LidAR 측량 점군자료(우)

#### 3.4 사면 위험성 평가

아리랑 지구의 사면은 54°이상의 평균 경사, 상승-하강형 비탈면이 복합적으로 존재하는 복합적인 횡단형상, 기반암의 절리와 균열, 사면 주변의 계곡과 지하수, 비탈면 상부와 주변 환경의 외력 발생, 낙석 발생 이력과 방지지설의 노후화 등으로 최종적인 위험성 평가점수는 53점이었다. 현장의 토층심도 조사결과가 반영되지 않았음에도 C 등급 이상의 높은 위험성 수준으로, 붕괴위험지역으로 지정·관리하는 비구조적인 후속 조치가 필요할 것으로 판단된다. 아울러, 비탈면 붕괴 및 낙석을 적극적으로 억제할 수 있는 경사완화 대책이나 보강공법 적용 등의 구조적인 보완대책 마련도 시급한 것으로 판단된다.



[그림 3] LiDAR에서 생성된 사면 DEM과 사면 횡단 분석

### 4. 결론

본 논문에서는 해빙기와 우기철 대비 사면재해 위험성 평가를 위해 드론맵핑과 지상 LiDAR 측량을 활용한 급경사지 정기점검 현장조사 기법과 절차, 사면 위험성을 평가·분석을 통해 그 활용성을 제시하였다. 접근 불가능한 사면의 상부나 급경사 단면, 주변 환경에 대한 조사와 분석, 위험성 평가에 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 참고문헌

- [1] 국민안전처, “급경사지 관리 실무편람”, pp. 18-307, 1월, 2016년.
- [2] Shin D. Y., Sim, J. S. and Lee, K. S., 2019, Application of the steep slope risk assessment using the three dimensional spatial information data, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-3/W8, 2019 GeoInformation for Disaster Management(Gi4DM), 3 - 6 September 2019, Prague, Czech Republic, pp. 381-386.