

RTK 드론매핑기반 화학사고 피해조사에 관한 연구

김성삼[†], 정용한, 구슬, 박정욱
국립재난안전연구원 재난원인조사실
e-mail:sskim73@korea.kr

Study on Chemical Accident Damage Investigation Using RTK Drone Mapping

Seongsam Kim[†], Yonghan Jung, Seul Koo, Jungwook Park
Division of Disaster Scientific Investigation, National Disaster Management
Research Institute

요약

본 논문에서는 RTK(Real-Time Kinematic) 드론매핑 기술을 활용하여 실제 화학사고가 발생한 사업장의 피해규모를 정량적으로 분석하는 방안을 제시하는 데 그 목적이 있다. 사업장 화재 발생시 유해화학물질이 적재된 현장에 대해 드론 항공사진측량과 LiDAR 측량을 병행하여 생성한 2차원 정사영상과 3차원 모델을 활용하여 화재로 인한 피해 범위 및 유해물질의 공간적인 위치와 체적량을 추정하였다. 기존의 육안 조사 방식과 달리 2차원 정사영상기반 피해면적과 3차원 모델기반 체적 분석을 통해 조사·분석의 객관성과 정확성을 확보하고자 하였다. 이러한 RTK드론기반 화학사고 현장조사 접근방식은 향후 재난 대응 및 피해조사 현장화에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

1. 서론

최근 산업시설의 노후화와 인적 요인에 의해 발생하는 폭발사고와 화재사고는 자칫 사회경제적인 파급이 큰 복합재난으로 확대되는 추세를 보이고 있다. 특히, 폭발사고나 화재로 인한 유해화학물질의 유출은 많은 인명과 환경 피해를 가중시키는 주요 요인이 되고 있다. 주로 화재·폭발 현장조사는 전문가 중심의 현장조사 방식으로 수행되어 현장 조사자의 안전을 담보하기 어렵고, 2차원적인 피해지역의 면적 산정이나 유해물질의 유출량 체적 계산 등의 정량적인 분석에도 한계가 있다. 또한, 기존의 위성·항공 측량 방식은 촬영 주기나 기상, 자료처리 시간과 경제적인 측면에서 신속하고 정밀한 재난 현장조사 도구로의 활용에 한계로 지적되고 있다.

따라서, 신속한 피해조사나 분석을 요하는 재난현장에서의 RTK 드론기반 원격탐사 기술이 활발히 활용되고 있으며, 특히 RTK 기반 드론은 지상기준점 측량과정없이도 cm급 수준의 위치 정확도를 갖는 고정밀 공간정보 구축이 가능하다.

본 연구에서는 RTK 드론매핑 및 LiDAR 측량 기술을 활용하여 화학사고 피해를 정량적으로 분석하는 방안을 제시하고, 실제 사업장 화재사고 현장 사례 적용을 통하여 현장 적용성과 그 활용 방안을 제시하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상지

본 연구의 대상지는 2025년 5월 광주지역의 사업장에서 전기적인 스파크로 추정되는 대형화재 사고현장을 연구대상지로 선정하였다. 화재 당시 사업장내 적체되어 있던 유해물질(산화아연)이 진압 및 현장 정리과정에서 다량 노출될 우려가 있어, 국립재난안전연구원에서는 화재 원인 분석과 유해위험물질 잔존량 분석을 위해 2025년 8월 현장조사를 실시하였다.

2.2 데이터 취득 장비 및 방법

논문에 활용된 실험장비는 DJI Matrice 350 RTK 드론과 고해상도 광학카메라인 Zenmuse P1, 드론 LiDAR 센서인 Zenmuse L2였으며, 취득된 드론 항공사진과 LiDAR 측량 성과물을 드론 맵핑 등 자료처리하여 정사영상지도와 점군 자료 등 3차원 지형 모델을 생성하였다.

드론 항공사진과 점군 자료는 비행고도 120m와 50m에서 사고 현장 전경과 유해물질 적재구역을 각각 수직·경사 촬영하였다. 동일한 구간에 대해 두 차례 촬영하여 1,500여 장의 항공사진과 점군 자료를 수집하였으며, 철거 전후 변화를 비교분석하였다.

면 설정 등에 따른 영향으로 판단된다.

[Table 1] Drone Aerial Imagery acquisition conditions

날짜	촬영대상	촬영방식	비행고도 (m)	전방/측면 중복률(%)	촬영면적	사진 (장)	GSD (cm/pixel)
8.25.	전경	수직	120	80/80	0.24 km ²	743	1.37
	유해물질 적재구역	수직/경사	50	80/80	7661.4 m ²	556	0.75
8.27.	전경	수직	120	80/80	0.24 km ²	712	1.38
	유해물질 적재구역	수직/경사	50	80/80	7661.4 m ²	557	0.77

3. 실험 결과 및 분석

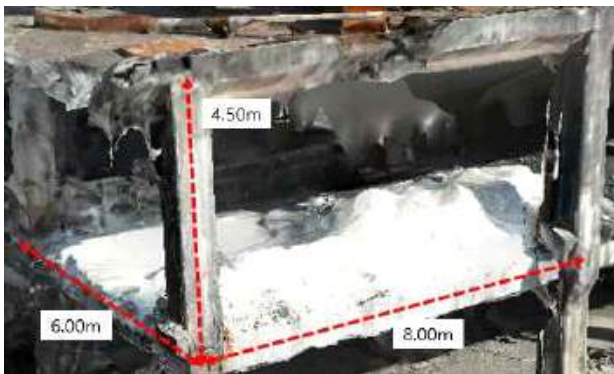
3.1 피해면적 분석

드론매핑을 통해 계산된 본 연구 대상지의 화재 피해 면적은 약 87,000m²였으며 해당 사업장 시설의 62%가 소실된 것으로 파악되었다. 정상영상 분석결과, 발화 지점은 사업장 북측 중앙에서 화염이 남동 방향으로 확산된 것으로 조사되었다.

3.2 체적 분석

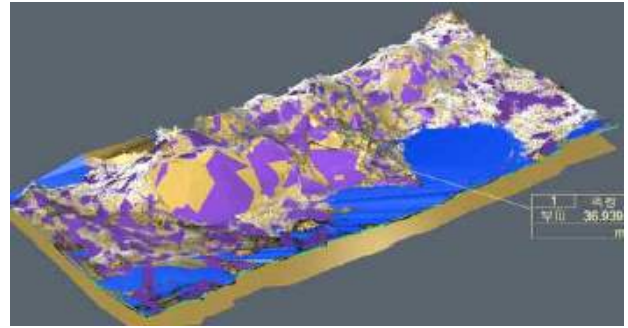
드론LiDAR 측량으로 유해물질 적재구역을 반복 스캔한 결과 약 278pts/m² 점밀도의 점군 자료를 취득하였다. 획득된 점군 자료를 기반으로 3D 모델을 생성하고 유해물질 적재량의 체적을 계산하였다.

사업장의 발화지점 인근 3층 구조물 내에 적재된 유해물질은 드론 3D 매핑결과, 적재 면적은 약 40.65m², 길이×폭×높이가 각각 10.7m×4.6m×1.1m 규모의 비정형 형상으로 적재되어 있었다. 유해물질은 구조물 골조 일부와 잔해 사이에 쌓여 있었고, 화재 후 부분 회수 및 철거 과정에서도 일부 적재량이 변동되었다.



[Fig. 1] Scene of loading hazardous materials

드론 LiDAR로 생성된 점군 자료를 이용하여 유해물질의 체적을 전문가용 SW를 통해 분석한 결과 약 27m³로, 사업장 내부 물질 관리자료 상의 체적과 비교했을 때 유사한 것으로 확인되었다. 체적 산정값의 차이는 공간보간 방식, 메쉬 생성 알고리즘, 기준



[Fig. 2] Volume Calculation result of loaded hazardous materials

4. 결론

본 논문에서는 RTK드론매핑과 LiDAR 측량기술을 병행한 3D 모델기반 체적 분석을 적용하여 사업장 화재사고 피해규모와 유해물질 체적 산정에 대한 연구를 수행하여 다음의 결론을 도출하였다.

첫째, 항공사진측량과 LiDAR 측량을 결합하여 피해면적, 발화지점, 유해물질 분포 및 체적을 공간적으로 재현할 수 있음을 확인하였다

둘째, RTK 드론매핑과 LiDAR 측량기술에 기반한 시계열적인 변화 모니터링 방식은 재난 현장의 동적 특성을 반영하는 데 효과적임으로 나타났다. 반면, 유동성이 많은 재난사고 현장에서는 철거 등으로 인한 환경 변화가 데이터 취득에 제약을 주며, 촬영 방식 등 사전 현장조사 계획 수립단계에서 철저한 사전 준비와 제약 사항 등의 확인이 필요함을 알 수 있었다.

감사의 글

본 논문은 국립재난안전연구원의 연구과제(NDMI-주요-2026-06-03) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] 임언택, 정용한, 구슬, 김성삼, “드론매핑을 활용한 집중호우 산사태 피해 조사 및 분석” 대한원격탐사학회지, 제 40권 제 6호, pp. 1347-1357, 12월, 2024년.
- [2] 국립재난안전연구원(2024) 이동형조사로봇의 재난사고 현장 조사 운용 방안 연구, 국립재난안전연구원 연구보고서 (NDMI-주요-2024-06-02), pp. 133-144.