

무인항공체계 기반 건설 현장 안전관리 제안

Proposal for UAV-Based Construction Site Safety Management

오명석¹ · 김민구^{2*}

Oh, Myeongseok¹ · Kim, Min-Koo^{2*}

Abstract : Although the construction industry has become highly advanced, traditional accidents still occur on construction sites, prompting numerous studies and systems aimed at accident prevention using smart construction technology. This study is an exploratory investigation of utilizing unmanned aerial vehicles (UAVs) for safety management. The study aims to verify harmful and hazardous factors that UAVs can detect on construction sites, classify management factors, and define improvement measures to present a checklist for each process. Through this, we hope that smart construction technology will be further expanded and applied for on-site safety management.

키워드 : 무인항공체계, 건설안전, 스마트 건설 기술, 유해·위험요인

Keywords : unmanned aerial system (UAS), construction safety, smart construction technology, hazardous and risk factors

1. 서론

국토교통부는 스마트 건설안전에 대한 지원[1]과 드론(무인항공체계) 산업 육성정책[2]으로 2025년까지 국내 시장을 1조 원 규모로 육성할 방침이다[3]. 이에 건설 현장에서는 드론을 활용한 기술을 안착시키기 위하여 실용화와 상용화에 대한 인프라를 확충하고 있다. 해외의 경우, IBM, 보잉, 캐터필러 등과 같은 기업에서는 건설사업관리와 시공 분야에 적용하고자 드론을 통해 취득한 정보와 건설기계 및 주변장치와 연계한 정보를 기반으로 한 건설 무인화·자동화 분야에 관한 선진적인 연구가 진행 중이며, 우리나라 건설산업에서는 항공사진측량, 시설물 점검, 시공현황 확인의 표준절차 정립에 관련된 연구가 활발하게 진행되고 있다. 반면에 시급하게 해결되어야 할 현장 내 산업재해 예방 측면에서 드론의 활용은 여전히 미흡하다. 2022년 중대재해처벌 등에 관한 법률 시행 이후에도 한 해 328건의 사망사고가 발생했고, 341 명이 집으로 돌아가지 못했다[4]. 이에, 본 연구는 위험요인 제거를 위한 무인항공체계 기반 안전관리 분야 표준절차 수립 및 실증, 효과성 분석과 단위 작업별 주요 관리 요소를 도출과 유해·위험요인 사전에 발굴할 수 있는 점검표를 작성하여 무인항공체계 기반 건설 현장 안전관리 방안을 제안하는 데 목적이 있다.

2. 건설 현장 안전관리를 위한 단위 작업별 주요 위험요인 관리 요소 제안

본 연구는 무인항공체계 기반 건설 현장 안전관리의 범위와 절차를 정립하기 위한 기초 연구이다. 적시성과 효율성이 큰 사망사고 발생 위험요인을 중심으로 효과성을 입증하고자, 건설업 중대 산업재해 예방을 위한 자율점검표[5]의 공종별 위험요인 확인·개선사항을 분석하여, 대상 공종과 단위작업, 주요 사망사고 사례, 주요 위험요인 관리 요소로 분류하였다. 대상 공종은 사망사고가 잦은 ‘토공사·기초공사’, ‘골조공사’, ‘외부마감공사’, ‘지붕공사’로 한정하였으며, 단위작업은 주요 사망사고 사례의 대표적인 단위작업으로 분류하였다. 주요 위험요인 관리 요소의 경우 건설 현장의 특성상 공법에 따른 작업 방법이 상이하고 작업자가 수시로 변하고 대부분 작업이 계획대로 진행되지 않고 유동적이며, 자연환경에 큰 영향을 받음으로 인한 불확실성을 가지고 있어 모든 유해·위험요인을 확인할 수 없어 단위작업 주요 사망사고 사례를 바탕으로 도출하여 표 1과 같이 제안하였다.

1) 충북대학교, 석사과정

2) 충북대학교, 교수, 교신저자(joekim@chungbuk.ac.kr)

표 1. 주요 위험요인 관리 요소 제안

대상 공종	단위작업	주요 사망사고 사례	주요 위험요인 관리 요소
토공사·기초공사	천공·임지말뚝 설치	자재 인양 중 떨어짐·맞음	<ul style="list-style-type: none"> • 항타기·천공기 주행로 지형·지반의 부등침하 방지 조치 • 철근망, 임지말뚝(H-pile) 줄걸이, 선회 시 중량물 취급계획 이행 여부
	흙막이 토류판 설치	설치 중 배면 토사 붕괴·매몰	<ul style="list-style-type: none"> • 굴착 깊이 준수, 작업 전, 중 흙막이 배면 뒤채움 불량, 차수 성능 확인
	흙막이 띠장 설치	용접 접합부 파단으로 낙하·맞음	<ul style="list-style-type: none"> • 용접작업자 안전발판·통로, 안전대걸이시설 확인, 보강재(Stiffener) 설치
	흙막이 버팀보 설치	이동 중 떨어짐	<ul style="list-style-type: none"> • 버팀보 상부 안전대 걸이시설, H-Beam이음부 보강판(상·하) 설치
	토사 및 암반 굴착	굴착작업 시 토사 무너짐 건설기계와 부딪힘	<ul style="list-style-type: none"> • 토질에 적합한 굴착면 기울기 준수 및 선단부 등 토사·자재 적치 여부 • 굴착기 간 안전거리 확보, 흙막이 작업자 이동통로 및 승·하강 설비 확인 • 과 굴착 및 흙막이 지보공 지연설치 여부
골조공사	철근 조립	각재를 발판으로 사용 중 떨어짐	<ul style="list-style-type: none"> • 벽체 등 높은 위치에서 철근 조립 시 말비계 또는 이동식 비계 상태 확인 • 보·슬래브 철근 조립 시 단부 추락방지조치 및 안전대 착용 여부
	거푸집 조립	패널 인양 중 전도되어 깔림	<ul style="list-style-type: none"> • 벽체 거푸집 조립 시 말비계 또는 이동식 비계 안전조치 여부 • 외벽 거푸집 조립 시 비계 작업발판 및 안전난간 설치 여부 • 엘리베이터 개구부 추락방지조치 여부 • 각종 개구부(자재인양구, 설비덕트 등) 덮개 또는 안전난간 설치 여부 • 보·슬래브 거푸집 조립 시 단부 추락방지조치 및 안전대 착용 여부
	동바리 설치	작업 중 떨어짐	<ul style="list-style-type: none"> • 설치·해체 작업 시 추락방호망 설치와 안전대 착용 여부
외부마감공사	조적·석재작업	비계와 벽면 사이로 떨어지거나 물체에 맞음	<ul style="list-style-type: none"> • 벽돌·석재 등 비계기둥 간의 적재하중 준수 여부 • 비계 조립도 및 설치기준 준수 및 상태 확인 • 비계 작업 발판 설치 및 단부 안전난간 설치상태 확인 • 작업장소 하부 낙하물 위험방지를 위한 출입 통제 등 확인
	외부 도장작업	로프가 끊어지며 떨어짐	<ul style="list-style-type: none"> • 달비계 강도 및 로프(작업용, 구명줄) 상태 확인 • 2개소 이상 지지물에 로프 결속상태 및 지지물 안전성 확인 • 안전대 지급·착용 여부 및 구명줄 사용 여부 • 접촉 부위 로프 파단 방지를 위한 보호대 설치 여부
	고소작업대 작업	작업대에서 떨어짐	<ul style="list-style-type: none"> • 고소작업대 작업 시 안전대 부착설비 및 작업지휘자 배치 여부
지붕공사	이동·자재운반	지붕재가 파손되거나 미끄러지며 떨어짐	<ul style="list-style-type: none"> • 가설통로 설치, 작업계획서의 안전한 이동경로 준수 여부 • 지붕의 재질·형태·구조 및 경사도를 파악하고 목재 등 구조물의 부식 여부
	조립·설치	작업 중 떨어지거나 물체에 맞음	<ul style="list-style-type: none"> • 경사지붕 작업 시 추락방지 안전시설 설치 및 안전대 착용 여부 • 지붕 위 작업 시 폭 30cm 이상 작업발판 설치 여부 • 하부 추락방호망 및 지붕 단부 안전난간 설치 여부 • 약한 재질의 지붕 마감재를 고려한 작업 방법 검토

3. 결론

본 연구에서는 건설 현장에서의 주요 사망사고의 사례를 중심으로, 실제 현장에서 사망사고로 이어질 수 있는 유해·위험 요인을 사전 예방하는 무인항공체계 기반 건설 현장 안전관리를 제안하였다. 이를 통해 현장에 상존 중인 유해·위험요인을 확인하고 집중적으로 관리하여 건설 현장의 사망사고 저감에 대한 효과성이 기대된다. 하지만 아직 드론의 기술적인 제약과 조종자의 기량 등 위험 요소 발견의 한계가 있다. 향후 연구에서는 효과성 검증과 함께 신뢰성을 확보하는 방안, 다른 스마트 건설기술과의 접목, 현장 작동성 강화, 실시간으로 현장의 상황을 판단하여 미래의 유해·위험요인을 진단할 수 있는 기반 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

1. 국토교통부. 스마트건설기술 활성화 지침. 2021. 6조-15조.
2. 국토교통부. 드론 활용의 촉진 및 기반조성에 관한 법률. 2022. 3조-18조.
3. 국토교통부. 드론, 2025년까지 국내 시장 1조원 규모로. 2021.
4. 고용노동부. 2022년 재해조사 대상 사망사고 발생 현황. 2023. pp. 1-5.
5. 고용노동부. 건설업 중대산업재해 예방을 위한 자율점검표. 2021. pp. 20-50.