

# 건설 현장 작업자의 추락사고 방지 시뮬레이터 구현에 관한 연구

이재엽\*, 윤영진\*, 전수연\*, 심동민\*, 이호영\*, 최승규\*

\*건양대학교 재난안전소방학과

e-mail : skchoi@konyang.ac.kr

## A Study on the Implementation of a Simulator for Preventing Fall Accidents Among Construction Site Workers.

Jae-Yeop Lee\*, Young-Jin Yun\*, Soo-Yeon Jhun\*, Dong-Min Sim\*,

Ho-Young Lee(이거 번역기임 본인에게 물어보기)\*, Seung-Kyou Choi\*

\*Department of Disaster Safety & Fire fighting, Konyang University

### 요 약

고용노동부에 산업 재해 조사자료에 따르면 2022년 우리나라 건설 현장 작업자의 산업재해자는 31,245명의 이르고 있으며, 추락사고에 의한 사망자 수는 전체 산업 재해 사망자 수의 25.7%를 차지하고 있다. 건설 현장의 작업자 추락사고가 발생하는 가장 큰 이유는 작업자의 부주의로 다른 형태의 사고와는 달리 경험을 통해 사전에 경고되거나 숙달하기 어렵기 때문이다. 건설 현장의 추락사고는 신체장애를 동반하는 중상해 또는 사망에 이르는 경우가 대부분이다. 이에 본 논문에서는 건설 현장의 추락사고를 방지하기 위하여 추락 위험 장소에 근접센서를 설치하고, 작업자의 조끼에 생체(심박동)감지 센서와 송수신장치 및 경보기를 부착하여, 작업자가 추락 위험 장소에 접근하면 경보를 발하고 추락 시에 신체(상해) 이상을 안전관리자에게 통보하여 신속하게 대처할 수 있도록 하는 방안을 제안한다. 또한, 제안한 방안을 적용한 추락방지 시뮬레이터를 구현하여 시험 분석한 결과, 건설 현장 작업자의 추락사고 방지 및 추락 이후 대처의 신속함에 유용함을 확인하였다.

### 1. 서 론

고용노동부의 산업 재해 조사자료에 따르면 산업재해보상 보험법 적용사업장에 종사하는 2022년 전체 산업작업자 수 20,173,615명 중 제조업 작업자 수 3,988,609명, 기타의 사업 작업자 수 11,499,956명, 건설업 작업자 수 2,494,031명 순으로 작업자 수는 세 번째로 많다[1]. 건설업 산업재해자 수는 전체 산업재해자 수 130,348명 중 건설업에서 산업재해자 수는 31,245명(23.97%)으로 기타 산업재해자 수 48,704명(37.36%), 제조업 산업재해자 수 31,554명(24.21%) 순으로 세 번째로 많다. 또한, 전년 대비 전체산업재해자 수의 증가율은 6.58%(7,635명)이며 건설업에서의 산업 재해자 수의 증가율은 4.35%(1,302명)로 기타 7.26%(3,296명), 운수·창고·통신업 23.56%(2,377명) 다음으로 많은 재해자가 증가하였다. 이는 건설업에서 타 산업에 비하여 산업 재해가 자주 발생한 것을 나타내고, 결과적으로 건설 현장에서 산업 재해를 줄일 수 있는 안전을 위한 노력과 투자가 시급함을 의미한다.

재해유형별 산업재해자 수를 살펴보면, 건설업에서 발생한 산업재해자 수 31,245명 중 추락이 7,912명(25.3%)으로 가장 많고 전체 산업재해자 수에서는 추락이 14,387명으로 건설업에서의 추락사고 55%로 전체에서 절반 이상이 건설업에서 발생했음을 알 수 있다.

건설 현장 추락 재해의 특성상 높은 곳에서 작업수행 도중 떨어지는 경우는 당연히 위험하지만, 저층에서 작업수행 도중 떨어지는 경우도 중상 또는 사망 재해와 같은 중대 재해로 이어지는 경우가 많으므로 특히 더 주의해야 한다[2].

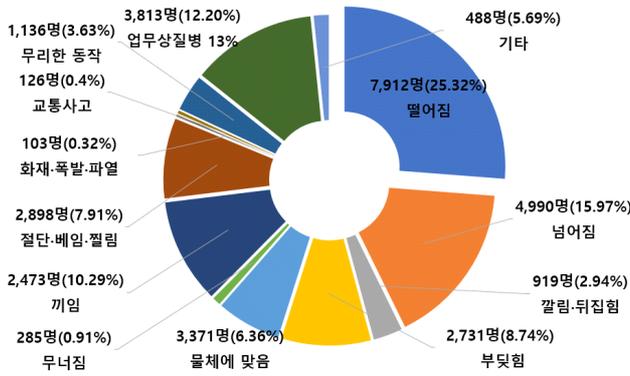
상기 사고가 일어나는 이유로는 다른 형태의 사고와 달리 경험을 통해 사전에 경고되거나 숙달될 수 있는 아차 사고가 거의 없고, 전혀 예상 못 한 추락이나 실수에 의한 사고가 대부분이다[3].

이에 본 논문에서는 건설 현장의 추락사고를 방지하기 위하여 추락 위험 장소에 근접센서를 설치하고, 작업자의 조끼에 생체(심박동)감지 센서와 송수신장치 및 경보기를 부착하여, 작업자가 추락 위험 장소에 접근하면 경보를 발하고 추락 시에 신체(상해) 이상을 안전관리자에게 통보하여 신속하게 대처할 수 있도록 하는 방안을 제안하고 알고리즘을 제시한다.

### 2. 건설 현장의 작업자 추락사고 현황 및 사례분석

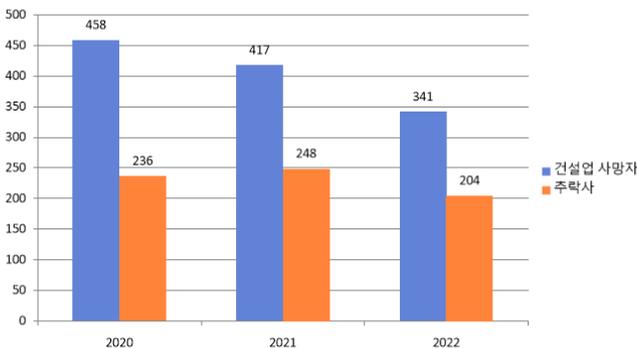
고용노동부의 건설 현장 재해유형별 사고 조사자료에 따르면, 그림 1과 같이 추락이 7,912명(25.32%)으로 가장 많고, 넘어짐이 4,999명(16%), 업무상 질병 3,813명(12.2%), 물체의 맞

음 3,371명(10.79%) 등의 순으로 나타났다[4].



[그림 1] 건설 현장 재해유형별 분포도

또한, 고용노동부가 발표한 2020년부터 2022년까지의 산업 재해 사고 사망 통계를 분석하면, 그림 2와 같이 2020년 458명 중 추락사고로 인한 사망자가 236명(51.7%), 2021년 417명 중 248명(59.5%) 2022년 341명 중 204명(59.8%)으로 산업 재해로 인한 사망자 수가 줄어들고 있지만, 추락에 의한 사망자의 비율은 비슷한 수준을 유지하고 있다[5].



[그림 2] 건설 현장의 사망자 및 추락사 통계

한편, 건설 현장 추락사고 표 1의 주요 사례를 분석해 보면, 추락사고가 발생하는 가장 큰 이유는 다른 형태의 사고와 달리 작업자가 경험을 통해 사전에 경고되거나 숙달될 수 있는 아차 사고가 거의 없고, 전혀 예상 못 실수에 의한 사고가 대부분으로 신체장애를 동반하는 중상해 또는 사망에 이르는 경우가 대부분이다[6].

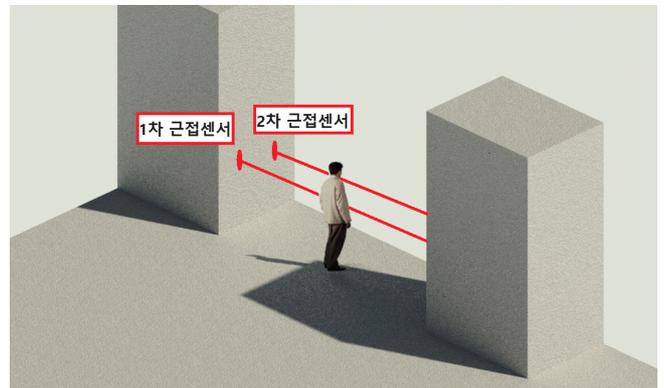
[표 1] 건설 현장의 추락사고 주요 사례분석

일 자	사고 경위
2020.07.21	지상 1층(3.3m)에서 슬래브 데크 플레이트 설치 작업 중 몸의 균형을 잃고 바닥으로 추락
2020.10.05	엘리베이터 피트 개구부에서 지하 2층 바닥(47.7m)으로 추락
2020.11.25	지상 14층(47m) 개구부에서 낙하물 방지망 설치 작업 중 1층 바닥으로 추락
2020.11.28	자재 반출구 위 임시로 설치된 작업 발판 위에서 작업 중 안전 난간대 일부 탈락해 추락(10m)

상기 건설 현장의 작업자 추락사고 현황 및 사례분석에서 보는 바와 같이, 신체장애를 동반하는 중상해 또는 사망에 이르는 경우가 대부분인 추락사고를 방지할 수 있는 방안이 요구된다.

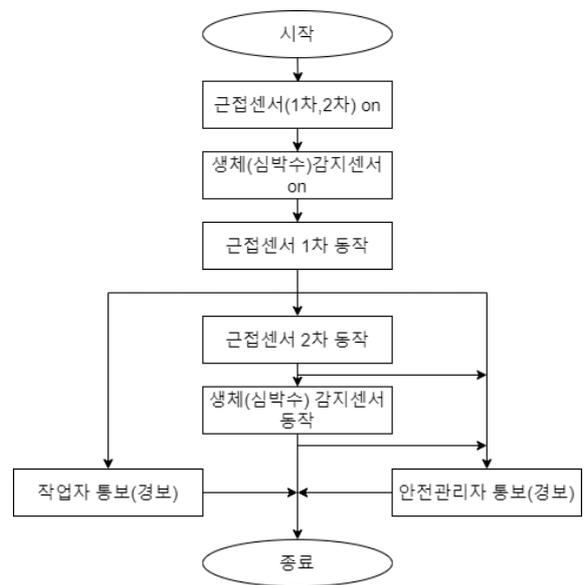
### 3. 건설 현장의 작업자 추락사고 방지방안과 알고리즘

건설 현장의 추락사고를 방지하기 위하여 그림 2와 같이 추락 위험 장소에 근접센서를 설치하고, 작업자의 조끼에 생체(심박동)감지 센서와 송수신장치 및 경보기를 부착하여, 작업자가 추락 위험 장소에 접근하면 경보를 발하고 추락 시에 신체(상해) 이상을 안전관리자에게 통보하여 신속하게 대처할 수 있는 추락사고 방지방안을 제안한다.



[그림 3] 건설 현장 작업자의 추락사고 방지방안

상기에서 제안한 건설 현장 작업자의 추락사고 방지방안이 적용된 알고리즘을 제시하면 그림 4와 같다.



[그림 4] 건설 현장 작업자의 추락사고 방지 알고리즘

제시한 추락 사고방지 알고리즘을 구체적으로 설명하면,

[Step 1] 근접센서(1차, 2차) on

근접센서 1차, 2차의 전원을 on 한다.

[Step 2] 생체(심박수) 감지 센서 on

생체(심박수) 감지 센서의 전원은 on 한다.

[Step 3] 근접센서 1차 동작

작업자가 1차 근접센서에 접근하면 작업자에게 LED 경고등을 점등하고 경고음 2회 출력하여 추락 위험 접근 지역에 있음을 경고하고, 안전관리자에게 1차 근접센서에 접근하였음을 통보한다.

[Step 4] 근접센서 2차 동작

작업자가 2차 근접센서에 접근하면 작업자가 추락 위험 지역에 있음을 안전관리자에게 통보한다.

[Step 5] 생체(심박수) 감지 센서 동작

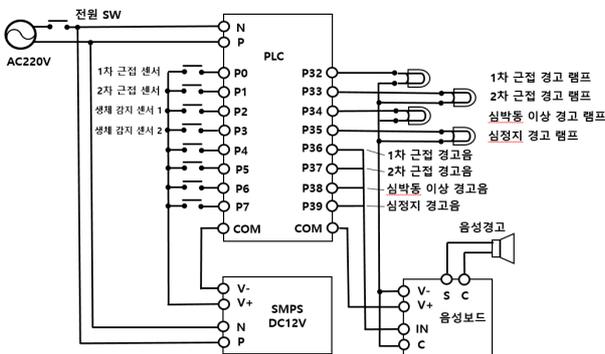
작업자에게 추락사고가 발생하여 생체(심박수) 감지 센서에 감지 된 것이므로 작업자가 위급한 상황임을 안전관리자에게 통보한다.

상기에서 제안한 방안과 알고리즘을 적용하면 건설 현장 작업자의 추락 위험 장소로 접근을 경보로 차단할 수 있고, 계속 접근하여 안전관리자에게 통보하여 신속한 조치가 가능하여 건설 현장 추락사고 방지와 인명피해 경감에 유용할 것으로 기대한다.

### 5. 건설 현장의 작업자 추락방지를 위한 시뮬레이터 구현 및 시험 결과 분석

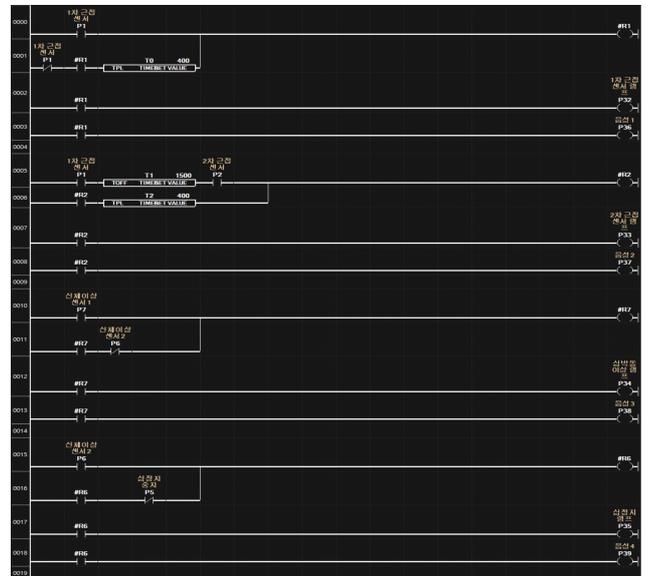
건설 현장 작업자의 추락사고 방지 방안 및 알고리즘의 유용성을 확인하기 위하여 시뮬레이터를 구현한다.

시뮬레이터의 회로도는 그림5와 같고 PLC레더도는 그림 6 와 같이 입력장치는 P0(리셋버튼), P1(1차 근접센서), P2(2차 근접센서), P5(생체 감지 센서 3), P6(생체 감지 센서 2), P6 (생체 감지 센서 1)로 구성되고, 출력장치는 P32(1차 근접 경고 램프), P33(2차 근접 경고 램프), P34(심박동 이상 경고 램프), P35(심정지 경고 램프), P36(1차 근접 경고음), P37(2차 근접 경고음), P38(심박동 이상 경고음), P39(심정지 경고음)으로 구성된다.



[그림 5] 건설 현장의 작업자 추락방지 장치 시뮬레이터 회로도

제시한 레더도를 설명하면, 작업자가 추락 위험 접근 지역에 접근하여 1차 근접센서가 작동하게 되면 P0가 입력된다. 이후, P32와 P36을 출력하여 1차 근접센서 램프를 점등시키고 1차 근접 경고음을 출력시킨다. 경보에도 불구하고 작업자가 추락 경보 지역으로 접근하여 2차 근접센서가 작동하게 되면 P1이 입력되고, 이후 P33과 P37을 출력시켜 2차 근접센서 램프를 점등시키고 2차 근접 경고음을 출력시킨다. 작업자가 추락하여 생체 반응에 이상이 오면 P7이 입력되고, 이후 P34와 P38을 출력시켜 작업관리자에게 심박동 이상 램프를 점등시키고 심박동 이상 경고음을 출력시킨다. 심박동 이상 반응 이후 작업자에게 생체 반응이 오지 않으면 P6가 입력되고, 이후 P35와 P39를 출력시켜 작업관리자에게 심정지 램프를 점등시키고 심정지 경고음을 출력시킨다.

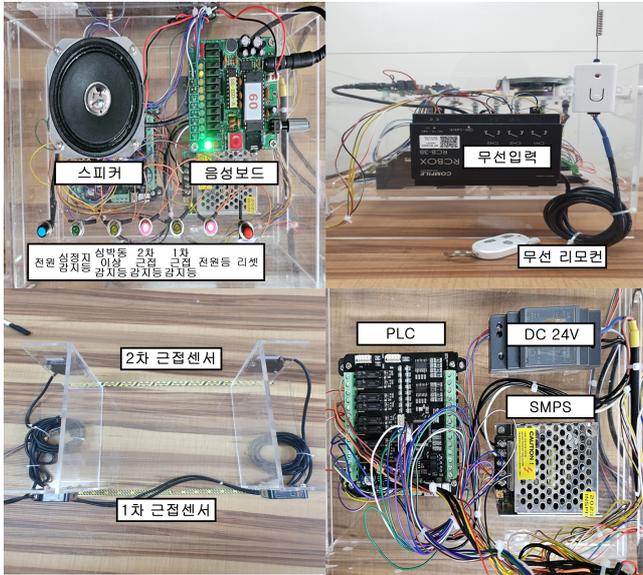


[그림 6] 건설 현장의 작업자 추락방지 장치 시뮬레이터 레더도

건설 현장의 작업자 추락방지를 실제로 구현한 시뮬레이터는 그림 7과 같다. 구현한 시뮬레이션의 구성요소는 중앙제어로는 PLC 제어보드를 사용하였고, 경보음 출력은 음성보드를 사용하였다. 전원으로는 SMPM 전원공급장치, DC 24V로 구성되고, 리셋버튼, 전원 버튼, 전원등, 1차 근접센서, 2차 근접센서, 1차 근접 감지등, 2차 근접 감지등, 무선센서, 무선 리모컨, 심박동 이상 감지등, 심정지 감지등으로 구성되어 있다.

참고문헌

- [1] 고용노동부, 산업 재해 현황분석, 2022
- [2] 대한 건설 안전 기술자협회, 2006
- [3] 정은빈, 건설작업자의 불안정한 행동과 떨어짐 사고의 관계 연구, 2021
- [4] 고용노동부, 산업 재해 현황분석, 2022
- [5] 고용노동부, 산업 재해 사고 사망 통계 발표, 2022
- [6] 고용노동부, 산업 재해 사고 사망 현황 발표, 2021
- [7] 고용노동부, 재해조사 대상 사망사고 발생 현황 결과발표, 2022



[그림 7] 건설 현장의 작업자 추락방지 장치 구현 시뮬레이터

#### 4. 결론

고용노동부에 산업 재해 조사자료에 따르면 2022년 우리나라 건설 현장 작업자의 산업재해자는 31,245명의 이르고 있으며, 추락사고에 의한 사망자 수는 전체 산업 재해 사망자 수의 25.7%를 차지하고 있다. 건설 현장의 작업자 추락사고가 발생하는 가장 큰 이유는 작업자의 부주의로 다른 형태의 사고와는 달리 경험을 통해 사전에 경고되거나 숙달하기 어렵기 때문이다. 건설 현장의 추락사고는 신체장애를 동반하는 중상해 또는 사망에 이르는 경우가 대부분이다.

이에 본 논문에서는 건설 현장의 추락사고를 방지하기 위하여 추락 위험 장소에 근접센서를 설치하고, 작업자의 조끼에 생체(심박동)감지 센서와 송수신장치 및 경보기를 부착하여, 작업자가 추락 위험 장소에 접근하면 경보를 발하고 추락시에 신체(상해) 이상을 안전관리자에게 통보하여 신속하게 대처할 수 있도록 하는 방안을 제안한다. 또한, 제안한 경보방안이 적용된 시뮬레이터를 구현하여 시험하고 분석한 결과, 건설 현장의 작업자 추락사고 예방에 유용함을 확인하였다.

제안한 방안과 알고리즘을 적용하면 건설 현장 작업자의 추락 위험 장소로 접근을 경보로 차단할 수 있고, 계속 접근하여 안전관리자에게 통보하여 신속한 조치가 가능하여 건설 현장 추락사고 방지와 인명피해 경감에 기여할 것으로 기대한다.

#### 감사의 글

본 연구는 교육부와 한국연구재단의 재원으로 지원을 받아 수행된 3단계 산학연협력 선도대학 육성사업(LINC 3.0)의 연구 결과입니다(NTIS 과제번호.1345356198).