

건설현장의 '스마트 기술 기반 산업보건관리 시스템' 도입



이정화 사람과환경연구소 대표이사, her@herlab.co.kr
김효준 사람과환경연구소 화학물질관리팀 주임, 20220914@herlab.co.kr

1. 건설현장에서 '스마트 기술 기반 산업보건관리 시스템 도입'의 필요성

고용노동부의 2022년 산업재해 현황분석에 따르면, 지난 한 해 동안 우리나라에서 발생한 산업재해 사망자수는 총 2,223명으로 집계되었다. 이 중 업무상 사고로 인한 사망자는 874명(39.3%), 업무상 질병으로 인해 목숨을 잃은 노동자는 1,349명(60.7%)에 달해 전체 산재사망의 절반 이상이 질병에 의한 것으로 나타났다. 업무상 질병 만인율은 2017년에 업무상 사고 만인율을 추월하여 점차 증가하여(그림 1), 산업보건 분야의 재해 비중과 심각성을 가늠할 수 있다.

또한, 건설업은 비정규직 고용 형태의 비중이 높고, 사업장이 분산되어 있으며, 단기간에 많은 인력의 투입과 교체가 이뤄지는 특성상 개별 노동자에 대한 지속적인 건강 모니터링과 유해요인 관리가 쉽지 않다. 더욱이 건설 현장의 유해

인자는 화학물질, 분진, 소음, 중량물, 반복 작업 등 다양하고 이들이 복합적으로 작용하는 경우가 많아 그 위험성이 높다(한국산업안전보건공단, 2017).

뿐만 아니라, 2023년에 50대 건설기술인은 전년 동 분기 대비 7.7%, 60대 이상은 11.8%가 증가하는 등 급속한 노동자의 고령화가 진행되고 있다(그림 2). 이에 따라 뇌심혈관질환과 같은 업무상 질병의 작업관련성 질병 발생 위험이 갈수록 높아지고 있는 실정이다.

그러나, 건설현장의 보건관리 전담 인력은 턱없이 부족한 상황이다. 현장에서 유해요인조사나 작업환경측정을 제대로 수행하기 어려울 뿐 아니라, 그 결과를 토대로 작업 공정과 환경을 개선하는 것은 더욱 요원하다. 2021학년도 기준 전국 전문대학 및 대학의 산업위생분야 공급 인력은 총 364명으로 추산되었는데, 이는 채유미 등(2001)이 추산한 전문대학 및 대학의 산업위생분야 공급 인력 1,429명에 비해

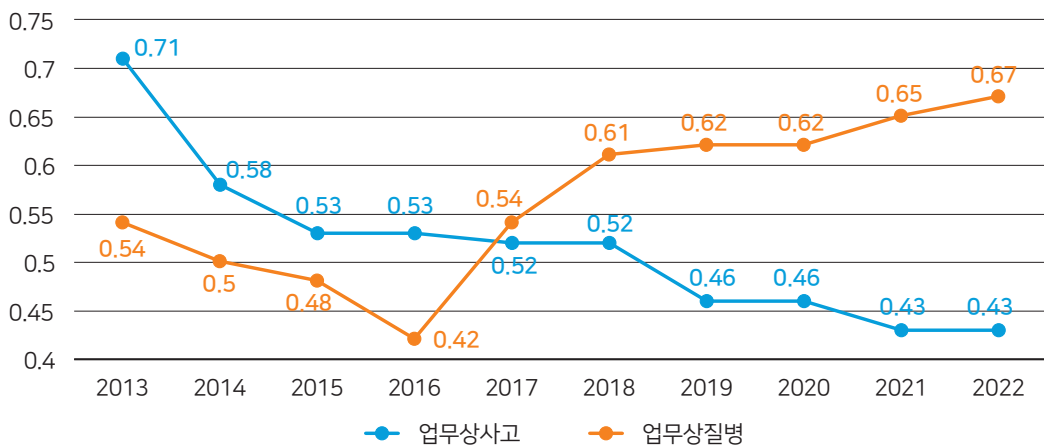


그림 1. 업무상사고 사망만인율과 업무상질병 사망만인율 추이(고용노동부, 2023)



그림 2. 건설기술인의 연령별 현황(한국건설인 정책연구원, 2024)

74.5%(1,065명)이 감소된 상황이다. 향후 학령인구는 감소 경향이며, 앞으로 산업위생분야 인력공급은 지속적으로 감소할 것으로 전망된다(피영규, 2021).

이러한 현실을 타개하기 위한 대안으로 본 원고의 저자는 빅데이터, 사물인터넷, 인공지능 등 첨단 기술을 활용한 스마트 산업보건 관리 시스템(Smart Industrial Hygiene Management, SIHM) 도입이 적극 검토되어야 할 것으로 판단하였다. 이에 건설현장에서 사용되는 화학물질 관리부터 근골격계질환, 뇌심혈관질환, 직무스트레스 등 다양한 영역의 유해요인을 효과적으로 파악하고 관리할 수 있는 산업보건 통합 플랫폼을 개발하여 현재 고도화 작업에 주력하고 있으며, 이에 대해 간략히 소개하고자 한다.

2. 스마트 기술을 통한 화학물질 위험성 평가의 혁신

화학물질 위험성평가는 노동자에게 건강장해를 유발할 수 있는 모든 화학물질을 대상으로 화학물질의 유해성과 노출 수준을 고려하여 위험성의 크기를 결정하고, 이를 토대로 적절한 작업환경 개선대책을 수립하는 일련의 과정이다. 구체적으로는 물질의 독성 정보, 취급량, 노출 형태(증기, 분진 등), 작업 환경 등을 종합적으로 평가하여 화학물질의 위험성을 정량화하고, 위험성의 크기에 따라 즉시 개선, 단계적 개선, 또는 현 수준 유지 등의 관리 방안을 마련하게 된다. 이러한 화학물질 위험성평가는 사업장에서 취급하는 유해물질로부터 근로자의 건강을 보호하기 위한 가장 기본적이고 핵심적인 절차임에도 불구하고, 현장에서는 아직 제대로 정착되지 못하고 있다. 다단계 도급구조가 존재하는 건설현장에서 각 공종별로 사용되는 화학제품의 종류와 특성을 일일

이 파악하기란 쉽지 않기 때문이다. 전문인력과 시스템의 부족으로 화학물질의 정보파악조차 쉽지 않고 그 결과 유해 화학물질의 유입 여부를 제대로 통제하지 못하고, 부적절한 취급에 따른 누출사고나 직업병 발생의 위험이 상존하고 있다. 따라서 우리는 화학물질 위험성 관리 수준을 높이기 위해서, 시간과 노력의 소요가 많은 화학물질 정보 수집 및 위험성 산정 업무 등은 정보통신기술(Information and Communication Technologies, ICT)과 인공지능(Artificial intelligence, AI) 등을 활용하고, 물질안전보건자료(Material Safety Data Sheet, MSDS) 정보를 전산화하여 현장에 반입되는 화학제품을 실시간으로 모니터링하여 유해성·노출 정보를 자동 산출하는 시스템을 개발하였다.

클라우드 기반의 중앙 관리 시스템을 도입하고 모든 협력사가 사용 물질 정보를 등록하도록 의무화한다면 현장 전체의 화학물질을 통합 관리할 수 있을 것이다. 여기에 인공지능 기술을 접목해 화학물질의 성분명과 CAS No (Chemical Abstract Service Register Number)를 기반으로 자동으로 규제대상 여부를 판별하고, 대상 물질에 대해서는 경고 알림과 함께 별도 관리 체계를 가동하는 시스템을 구축하였다. 또한 대상 물질의 종류와 노출 수준에 따라 필요한 보호구를 자동 추천받아 지급하고, 정기적 위험성 평가와 노출 모니터링 데이터 관리를 수행할 수 있도록 지원한다면 화학물질 관리 수준을 한 단계 높일 수 있을 것이다. 관리자 또는 전문가가 시스템에서 제공받은 결과를 토대로 유해요인 통제 및 작업환경 개선에 주력할 수 있도록 업무 체계가 구축되어야 할 것이다.

유해화학물질로부터 노동자의 안전과 건강을 지키는 일은 결코 쉽지 않은 과제이다. 그러나 이제 첨단기술을 안전보건 분야와 접목함으로써 한층 체계적이고 효율적인 화학물질

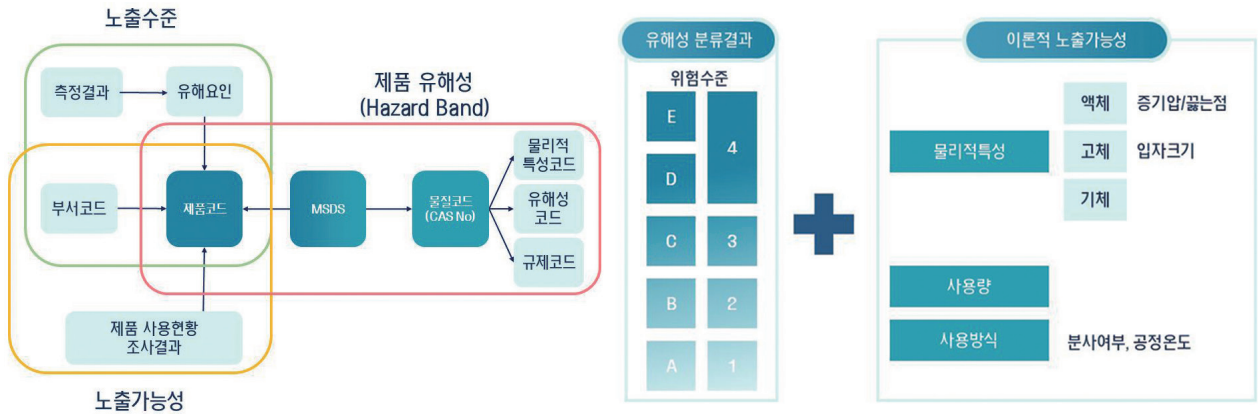


그림 4. SIHM의 화학물질 위험성 평가 개요

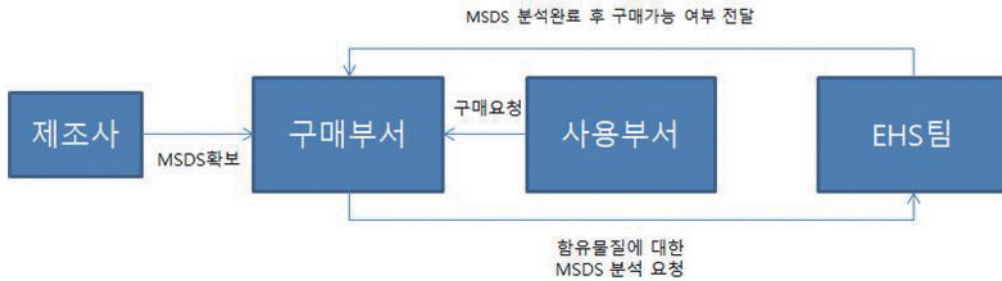


그림 5. 사업장 내 화학물질관리 기본체계

위험 관리의 토대를 마련해 나갈 수 있게 되었다. 건설현장에서의 유해물질 노출을 최소화하는 일은 더 이상 미룰 수 없는 시급한 현안이다. 스마트 기술을 활용한 화학물질 위험성평가 고도화에 산·학·연·관이 힘을 모아 나서야 할 때다.

3. 근골격계 유해요인의 자동화된 분석 및 관리

근골격계질환은 반복적인 동작, 부적절한 작업자세, 과도한 힘의 사용 등으로 인해 발생하는 대표적인 작업관련성 질환이다. 특히 제조업, 건설업 등 노동강도가 높고 수작업 비중이 큰 업종에서 많이 발생하고 있어, 체계적인 예방 활동이 요구되는 실정이다.

산업안전보건기준에 관한 규칙 제 657조에 따르면, 사업주는 근골격계부담작업에 대해 3년마다 정기적인 유해요인조사를 실시해야 한다. 조사 과정에서는 해당 작업에 대한 인간공학적인 측면의 작업분석과 평가가 이루어지며, 반복성, 부적절한 자세, 과도한 힘의 사용 등의 근골격계질환 유발요인을 파악하고 작업환경 개선으로 연결할 수 있어야 한다. 유해요인조사는 부담작업 여부 판단 등 기본조사와 정밀분

석으로 구분되는데, 후자의 경우 OWAS (Ovako Working posture Analysis System), RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment) 등 표준화된 작업자세 평가도구나 NLE (NIOSH Lifting Equation) 등을 활용하여 위험 수준을 객관적으로 계량화하고, 구체적인 개선방안 마련을 위한 개입지점을 확인할 수 있다. 그러나, 이러한 정밀분석은 시간과 비용, 전문성이 요구되어 사업장 입장에서는 적잖은 부담으로 다가올 수 있다. 이러한 어려움을 해소하기 위해 우리는 작업 정밀분석에 AI 기술을 적극 활용하는 방안을 모색하였다. 작업 동영상을 촬영해 AI 비전 시스템에 업로드하면 유해 동작을 자동 감지하고, 작업 동영상을 딥러닝 알고리즘으로 동작의 각도, 빈도, 지속 시간 등을 정량적으로 분석하고 OWAS, RULA, REBA 등의 표준 평가 척도에 따른 위험도 점수를 자동 산출하도록 하였다. AI 진단의 신뢰도를 제고하기 위해 다양한 작업 유형별 빅데이터를 축적하고, 평가 알고리즘을 고도화할 필요가 있었다. 나아가 분석 결과에 따라 작업 방법 개선, 스트레칭 동작 안내, 휴식 시간 알람 등 맞춤형 예방 대책을 자동 추천해주는 시스템으로 고도화도 진행하고 있다. 뿐만 아니라 근골격계 통증을 호소하는 노동자에 대해서는 언택



그림 6. 영상을 통한 인간공학적인 평가 예시



그림 7. 영상을 통한 기준점 인식 예시

트 기반의 운동 처방 및 재활 서비스를 제공하는 방안도 검토가 필요하다. 센서 기반 동작 인식 기술과 AR (Augmented Reality)/VR (Virtual Reality) 기술을 활용해 개인별 상태에 맞는 운동 및 스트레칭 콘텐츠를 제작하고, 전문 운동처방사가 비대면으로 코칭을 제공하는 스마트 건강증진 프로그램 등을 마련한다면 건설 근로자의 근골격계 건강 개선에 큰 도움이 될 것이다.

이처럼 인력과 시간이 많이 소요되는 작업 자세 평가와 위험도 산정을 AI에 맡기고, 보건관리자는 도출된 데이터를 토대로 보다 효과적인 개선대책 수립에 매진한다면 유해요인 조사의 실효성을 크게 높일 수 있을 것이다.

AI 진단의 신뢰도를 제고하기 위해 다양한 작업 유형별 빅 데이터를 축적하고, 평가 알고리즘을 고도화하기 위한 산학

연 협력도 필요하다. 또한, 근본적으로 노동 강도와 작업량 감축을 통해 근골격계질환 예방의 토대를 마련해야 할 것이다. 나아가 유해요인조사 자체가 작업 개선으로 이어질 수 있도록 경영진의 의지와 근로자의 적극적인 참여를 유도하는 등 안전보건 문화 조성에도 힘써야 한다.

AI 기술은 이러한 노력의 촉매제이자 보완재로서 근골격계 질환 예방의 새로운 전기를 마련해 줄 것으로 기대된다.

4. 마치며: 건설업에서의 통합적 건강 위험관리 전략, 'SIHM'의 활용

기존의 산업보건 시스템으로는 급변하는 화학물질의 규제 관리, 그리고 복잡하고 다양한 건설현장의 유해요인에 능동

적으로 대처하기 어렵다. 이에 저자는 화학물질 노출과 근골격계 부담 외에도 뇌심혈관질환, 밀폐공간 작업으로 인한 질식 등 다양한 건강 위험 요인을 종합적으로 평가하고 관리할 수 있는 스마트 기술 기반 시스템 구축이 시급하고 판단하였다.

IoT (Internet of Things) 기반 웨어러블 디바이스를 활용하여 노동자의 건강 상태를 실시간으로 모니터링하고, 개인별 심박수, 혈압, 피로도 등 건강 데이터를 누적 관리함으로써 뇌심혈관질환 위험군을 조기에 선별하고 맞춤형 예방 서비스를 제공할 수 있다.

아울러 AI 알고리즘을 통해 기상 조건, 작업 강도, 노출 시간 등 작업 환경 요소와 근로자의 연령, 기저질환 등 개인별 위험 요인을 종합 분석하여 중대 질병 발생 가능성을 예측하고, 적시에 업무 배제나 전환, 응급 조치 등을 취하는 선제적 건강 관리 체계를 마련할 수도 있다.

특히 폐쇄적이고 환기가 어려운 밀폐 공간 작업의 경우, 유해가스나 산소 결핍 등으로 인한 질식사 위험이 상존하므로, 휴대용 가스 측정기와 GPS를 활용하여 유해 환경을 감시하고 노동자의 위치를 파악할 수 있는 스마트 안전관리 시스템 구축이 필요하다.

뿐만 아니라 AI 기반 영상 분석 기술을 접목하여 고위험 작업 및 불안전 행동을 자동 감지하고, 음성이나 알람을 통해 근로자에게 주의를 주는 등 안전사고 예방 효과도 기대할 수 있다.

물론 이러한 시스템을 구축하고 정착시키기 위해서는 현장 관리자는 물론 노동자의 디지털 역량 강화와 문화적 수용성 제고를 위한 노력이 필수적이다. 나아가 수집된 방대한 건강 정보를 안전하게 관리하고 윤리적으로 활용할 수 있는 거버넌스 체계 마련도 선결 과제이다.

그럼에도 건설현장의 고도화된 건강 위험 요인에 선제적으로 대응하고, 지속가능한 건설업의 토대를 마련하기 위해서는 스마트 기술을 기반으로 산업보건 체계를 혁신하는 일이 그 어느 때보다 중요하다. 단순히 사후관리에 그치지 않고 예측과 예방 중심의 건강증진으로 패러다임을 전환함으로써 건설 노동자 개개인의 안녕과 건설업 전반의 생산성 향상을 도모해야 할 것이다.

이를 위해 정부와 공공기관은 관련 핵심기술을 선제적으로 개발·실증하고 그 성과를 민간에 확산할 수 있는 생태계 조성에 힘써야 한다. 동시에 건설사 경영진과 현장 관리자들도 중장기적 시각에서 기술 혁신과 조직문화 변화를 주도해 나

가야 할 것이다. 무엇보다 노동자들이 새로운 기술의 수혜자로서 건강한 일터를 누릴 수 있도록 소통과 공감에 기반한 변화 관리가 요구된다.

산업보건 분야 역시 디지털 대전환의 시대적 흐름에서 자유로울 수 없다. 이제 스마트 기술을 업무 혁신의 동력으로 삼아 건설 근로자 모두가 안전하고 건강하게 일할 수 있는 지속가능한 일터를 만들어갈 때이다.

참고문헌

1. 고용노동부. 2022 산업재해현황분석. 2023, p. 21-27 [Accessed 2024 April 15]; Available from: URL:https://www.moel.go.kr/policy/policydata/view.do?bbs_seq=20231201612
2. 한국건설인정책연구원. 건설기술인 동향브리핑(제13호). 2024, p. 4 [Accessed 2024 April 15]; Available from: URL:http://cepik.re.kr/trend/technique_view/361?
3. 한국산업안전보건공단, 2017, 건설업 보건관리자 실무가이드
4. 채유미, 김정원, 정인숙. 산업안전보건 인력수급 전망 및 원활한 수급방안에 관한 연구. 산업안전보건공단, 2012
5. 피영규, 김승원, 어원석, 이사우. 산업위생분야 인력수급 현황 및 지정인력 전문성 제고 방안 연구. 산업안전보건연구원, 2021, p. 279