

<http://dx.doi.org/10.17703/JCCT.2024.10.1.477>

JCCT 2024-1-57

건설업 취약계층에 대한 스마트 안전기술의 효과에 대한 연구

A Study on the Effectiveness of Smart Construction Safety Technology for Vulnerable Groups in Construction

이종진*, 오태근**

Jongjin Lee*, Taekeun Oh***

요약 2022년 중대재해 처벌 등에 관한 법률이 시행되며 국내 건설현장에 대한 안전과 보건에 대한 건설회사의 역할이 강화되고 최고 경영자에 대한 책임이 막중해졌다. 하지만, '22년 광주 화정동 주상복합 아파트 붕괴사고와 같은 중대재해는 여전히 발생하고 있다. 인구감소, 젊은 계층의 건설업 진입기피등으로 건설현장은 고령 근로자와 외국인 근로자의 비율이 높아지고 있다. 본 연구에서는 기존 연구에서 다루지 않았던 건설현장의 취약계층인 외국인 근로자, 고령 근로자, 건강취약 근로자 등의 스마트 안전기술에 대한 중요도 인식의 차이를 확인하기 위하여 설문조사를 진행하였다. 취약계층 작업자들은 외국어 지원 분야, 위험경고 분야, 신체 착용 모니터링 분야에 대한 스마트 안전기술을 중요하다고 인식하고 있었으며, 향후 취약계층에 대해 스마트 안전기술을 확대해야 한다는 결론을 도출하였다.

주요어 : 스마트 안전기술, 건설현장, 취약계층

Abstract Since the Act on Punishment of Serious Accident has been implemented, the role of construction companies in safety and health and the responsibility of CEO are strengthened. However, serious accidents still occur. Due to population decline and young people's reluctance into the construction industry, the ratio of elderly workers and foreign workers is increasing at construction sites. In this study, a survey was conducted to identify differences in the perception of importance of smart safety technology among vulnerable groups such as foreign workers, elderly workers, and workers with health conditions. Vulnerable workers recognize the importance of smart technology in the fields of foreign language support, risk warning, and body wear monitoring, and the conclusion was drawn that smart technology should be expanded for vulnerable groups in the future.

Key words : Smart safety technology, Construction site, Vulnerable groups

1. 서론

2022년 중대재해 처벌 등에 관한 법률이 시행되며 국내 건설회사에 대한 안전 및 보건에 대한 책임과 처벌이 강화되고 있으나, 광주 주상복합 아파트 붕괴사고

등 대형 중대재해는 지속해서 발생하고 있다.

고용노동부에서 발표하는 2022년 산업재해 발생 현황 자료를 보면 전체 산업재해 중 사고성 사망자는 874명 중 건설업종에서 발생한 사망자수는 402명으로 전체의 46%를 차지하는 수치이다[1].

*정회원, 인천대학교 안전공학과 석사과정 (제1저자)

**정회원, 인천대학교 안전공학과 교수 (교신저자)

접수일: 2023년 10월 5일, 수정완료일: 2023년 10월 19일

게재확정일: 2023년 11월 25일

Received: October 5, 2023 / Revised: October 19, 2023

Accepted: November 25, 2023

**Corresponding Author: thoh@inu.ac.kr

Dept. of safety engineering, Incheon National Univ, Korea

우리나라는 2000년대 이후 급격한 경제성장과 산업 구조의 변화로 인하여 급격한 임금 인상이 발생하였고, 경제성장으로 소득수준이 높아졌다. 건설업종의 경우 내국인들의 기피 업종 인식으로 인력 부족이 발생하였고 이를 해결하기 위한 외국이 대체 인력이 증가하고 있다. 또한 국내 출산율 저하에 따른 인구감소와 젊은 연령층의 진입 기피로 인하여 급격히 고령화가 진행되고 있고, 그에 따른 건강취약자의 증가가 진행되고 있다. 건설 현장에서 인력구성 비율을 보면 외국인 근로자와 고령 근로자, 건강취약 근로자 등 취약계층 근로자가 지속해서 증가하고 있다[2]. 외국인 근로자의 안전 교육 부실화, 안내 경고문 오독 등 소통 부재, 고령 근로자 및 건강취약 근로자의 신체기능과 순발력 저감의 문제로 인하여 산업재해의 위험성이 높아지고 있다[3].

이에 국내건설업계에서는 산업재해를 줄이고 안전을 확보하기 위하여 스마트 환경조성, 위험경고 분야, 안전 보호구 분야 등의 스마트 안전기술 도입을 확대하는 추세이다[4]. 이에 본 연구는 건설현장 취약계층이 증가하는 시점에서 그림 1과 같이 스마트 안전기술에 대한 기존 연구조사 및 관계자 설문조사를 근거로 하여 취약계층에 적합하고 효율적인 스마트 안전기술이 무엇인지 알아보고자 한다.

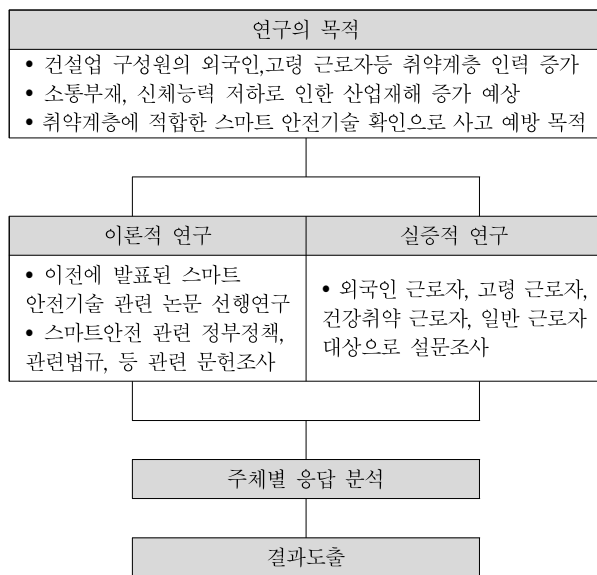


그림 1. 연구의 개요
Figure 1. Research summary

II. 연구 방법 및 분석

본 논문에서는 건설현장 근로자들의 스마트 안전기술에 대한 인식을 조사하고, 건설현장 취약계층인 외국인 근로자, 고령 근로자, 건강취약 근로자에게 중요하고 적합한 스마트 안전기술을 무엇인지 확인하는 것을 목표로 한다. 스마트 안전기술에 대한 인식과 중요도를 확인하기 위하여 근로자를 4개집 단으로 나누어 총 109명을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사 내용은 스마트 안전기술 장비인식 수준, 작업순서 및 방법 이해수준, 안전대책 관련 이해수준, 안전기술 사용의향, 안전기술의 사고감소 도움여부, 스마트 안전기술의 활용시 중요성 차이 등으로 구성하였다.

우선, 설문조사 응답자의 구성은 표 1과 같이 일반 근로자 34명(31%), 외국인 근로자 30명(28%), 건강취약 근로자 23명(21%), 고령 근로자 22명(20%)으로 고르게 나누어 구성하였으며 연령은 '29세 이하' 8명(7%), '30대' 23명(21%), '40대' 30명(28%), '50대' 24명(22%), '60세 이상' 24명(22%)으로 분포되었다.

표 1. 설문 응답자 분포
Table 1. Distribution of survey respondents

구분	연령분포	응답자(명)	비율(%)
일반	29세 이하	6	18 %
	30대	12	35 %
	40대	10	29 %
	50대	6	18 %
	60세 이상	0	0 %
	합계		34
외국인	29세 이하	2	7 %
	30대	10	33 %
	40대	12	40 %
	50대	5	17 %
	60세 이상	1	3 %
	합계		30
건강취약	29세 이하	0	0 %
	30대	1	4 %
	40대	8	35 %
	50대	13	57 %
	60세 이상	1	4 %
	합계		23
고령	60세이상	22	100 %
	합계	22	100 %

스마트 안전기술에 관하여 건설현장에서 근로자 4개 집단(일반 근로자, 외국인 근로자, 고령 근로자, 건강취약 근로자)에 대한 일원분산분석(One Way ANOVA)을 통한 집단 차이 분석을 진행하였고 그 결과는 아래의 표 2와 같다. '현장 작업 순서 및 방법의 이해 수준'과

‘안전대책 관련 이해 수준’ 등의 2개 변수에서 통계적으로 유의미하게 차이가 있다고 확인되었다. 사후검정 결과, 현장 작업의 순서 및 방법의 이해 수준은 4개 집단에서 고령 집단이 일반 근로자 집단과 비교하여 더 높게 나타났다. 그리고 안전대책에 관한 이해 수준 역시 고령 근로자 집단이 일반, 외국인, 건강 등의 3개 집단과 비교하여 통계적으로 더 유의미한 것으로 나타났다. 이는 고령 근로자 집단이 경험이 많고 숙련공이 많아 작업의 방법과 안전대책의 이해 수준이 높은 것을 알 수 있다. 반면 스마트 안전기술 및 장비에 대한 인식 수준은 4개 집단이 모두 보통이거나 잘 모르는 수준인 것을 알 수 있다.

표 2. 스마트 안전기술 인식 및 현장실태
 Table 2. Smart Safety Awareness and Field Conditions

측정 변수	구분	N	M	SD	F값	유의 확률	사후검증 결과
스마트 기술 이해 수준	일반	34	3.44	0.959	1.928	.130	-
	외국인	30	3.50	0.731			
	고령	22	3.55	1.056			
	건강	23	3.00	0.738			
작업 방법 이해 수준	일반	34	2.41	0.743	4.073	.009	일반>고령
	외국인	30	2.20	0.714			
	고령	22	1.77	0.611			
	건강	23	2.30	0.634			
안전 대책 이해 수준	일반	34	2.56	0.704	4.941	.003	일반>고령 외국인>고령 건강>고령
	외국인	30	2.43	0.678			
	고령	22	1.91	0.610			
	건강	23	2.43	0.506			
안전 의사 소통 수준	일반	34	2.56	0.746	1.057	.371	-
	외국인	30	2.57	0.626			
	고령	22	2.32	0.893			
	건강	23	2.30	0.634			

표 3에서와 같이 스마트 안전장비를 활용하고 사용 비중을 확대해 나감에 있어 4개 집단 근로자들의 인식은 통계적으로 유의미한 인식차이가 확인되지는 않았다. 그러나 그림 2-4와 같이 스마트 안전기술에 대한 사용 의향, 스마트 기술에 대한 교육 필요성, 스마트 기술이 사고 감소에 도움이 되는지에 대한 인식은 평균이 “필요하다” 혹은 “매우 필요하다” 로 답변을 주었다. 이러한 인식은 건설현장의 4개 집단 근로자 군 모두가 안전사고를 감소시키는데 스마트 건설안전기술이 도움이

된다고 생각하고 있다. 또한 스마트 안전기술에 대해 생소한 근로자도 기술 사용에 대한 교육이 필요하다는 인식을 가지고 있고 적용을 희망하고 있다고 볼 수 있다.

표 3. 스마트 안전기술 활용에 관한 인식
 Table 3. Awareness of Smart Safety Technology Utilization

측정 변수	구분	N	M	SD	F값	유의 확률	사후검증 결과
기술 사용 의향	일반	34	2.00	0.651	.675	.569	-
	외국인	30	2.23	0.897			
	고령	22	2.00	0.872			
	건강	23	2.00	0.603			
기술 사용 교육 필요	일반	34	1.79	0.640	1.934	.129	-
	외국인	30	2.17	0.874			
	고령	22	1.82	0.588			
	건강	23	1.83	0.576			
사고 감소 도움 여부	일반	34	1.88	0.728	1.437	.236	-
	외국인	30	2.17	0.889			
	고령	22	2.23	0.751			
	건강	23	1.90	0.624			

스마트 안전장비의 사용의향은 “그렇다”, “매우 그렇다”의 답변 비율이 89명(82%)이다. 4개 집단 모두 스마트 안전장비의 사용에 대해서는 긍정적인 인식을 나타냈다.

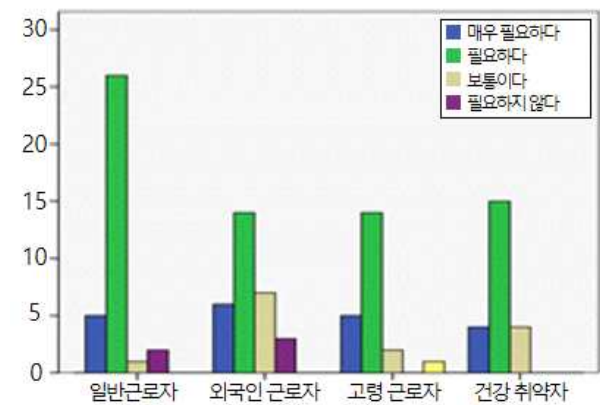


그림 2. 스마트 안전장비 사용의향
 Figure 2. Intended use of smart safety equipment

스마트 안전장비의 교육필요성은 “그렇다”, “매우 그렇다”의 답변비율이 95명(87%)이다. 4개 집단 모두 스마트 안전장비의 교육에 대해서 필요하다는 생각을 가지고 있었다.

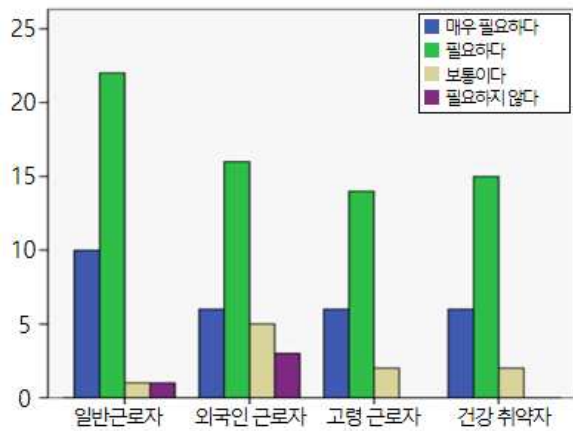


그림 3. 스마트 안전장비 교육필요성
Figure 3. Need for Smart Safety Equipment Training

스마트 안전장비의 사고감소 효과성은 “그렇다”, “매우 그렇다”의 답변비율이 87명(82%)이다. 4개 집단 모두 스마트 안전기술이 사고감소에 효과가 있다는 인식을 가지고 있었다.

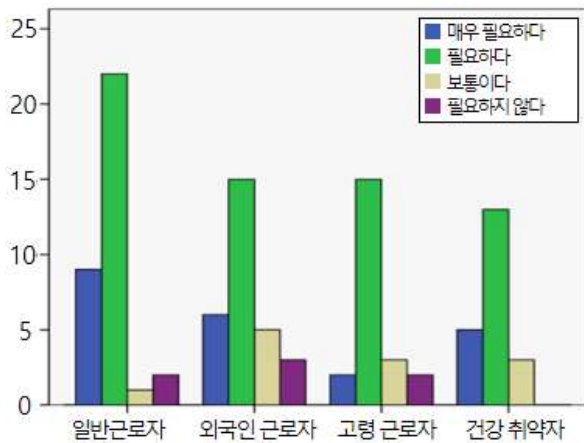


그림 4. 스마트 안전장비의 사고감소 효과성
Figure 4. Accident Reduction Effectiveness of Smart Safety

안전사고 감소를 위한 스마트 안전기술을 적용하기 위해 표 4와 같이 건설현장에서 많이 사용되는 스마트 안전기술을 스마트 시스템구축 분야, 위험경고 분야, 보호구 분야로 나누어 구분해 보았다.

표 4. 스마트 안전기술의 종류
Table 4. Types of Smart Safety Technologies

구분	스마트 안전기술
스마트 시스템 구축 분야	<ul style="list-style-type: none"> - BIM활용 3D 가상현장 안전관리시스템 - VR 안전교육 - 스마트 교육관리시스템 (외국어지원 통합 APP) - 관제시스템 (종합상황실), APP개발

위험 경고 분야	<ul style="list-style-type: none"> - 건설용 리프트카 스마트 안내/경고 시스템 - 이동형 CCTV (양방향소통) - 개구부 개폐 센서 - 협착 위험접근(중장비) 알림 - 중량물 낙하위험 경보기 - 장애물 감지시스템 (끼임방지) - 유해 가스 감지 IoT 센서 - 구조물변위 IoT센서 - 스마트 워치(밴드)
보호구 분야	<ul style="list-style-type: none"> - 스마트 안전모 - 스마트 안전벨트(고리) - 스마트 에어백

건설현장의 사고 감소를 위해서는 취약계층에 대한 재해예방 활동이 우선 필요하다. 취약계층에 대한 스마트 안전기술이 어떠한 것이 중요하고 효과적인지를 알아보고 각 계층에 맞는 스마트 기술을 우선 적용하기 위해 인식의 확인이 필요하다. 4개 집단에게 표 4의 스마트 기술에 대해 각각 어떠한 것을 중요하게 인식하는지를 알아보하고자 한다.

표 5는 스마트 시스템구축 분야에서 근로자 집단(일반 근로자, 외국인 근로자, 고령 근로자, 건강취약 근로자)간의 스마트 안전기술 활용시 중요성에 대한 인식차이 분석결과이다. 전체 4개의 스마트 장비 중에서 4개 집단별로 통계적으로 유의미한 차이가 확인되는 변수는 3개이다. 첫째, ‘BIM 활용 3D 가상현장 안전관리시스템’의 중요성에 대해서 외국인과 고령 근로자에 비해 일반 근로자가 유의미하게 중요하다고 인식하고 있었다. 둘째, ‘VR 안전교육’ 역시 외국인과 고령 근로자에 비해 일반 근로자가 유의미하게 중요하다고 판단하고 있었다. 셋째, ‘스마트 교육 관리시스템’의 중요성은 일반과 외국인 근로자가 고령 근로자와 비교하여 더 중요하게 생각하고 있는 것으로 나타났다. 이는 BIM 활용 기술이나 VR 기술의 경우 고령 근로자와 외국인 근로자의 경우 어지러움을 느끼거나 거부감을 나타내는 근로자가 일반 근로자에 비해 상대적으로 많다고 판단할 수 있다. 스마트 교육 관리시스템의 경우 외국어 번역 지원 및 윈스탑 지원시스템으로 외국인 근로자의 선호도가 높고 중요성으로 느낀다고 판단할 수 있다.

표 5. 스마트 안전기술의 중요성 인식분석(스마트 시스템분야)
 Table 5. An Analysis of the Significance of Smart Safety

측정 변수	구분	N	M	SD	F값	유의 확률	사후검증 결과
BIM 3D 가상 현장	일반	34	3.56	1.106	4.381	.006	일반>외국인 일반>고령
	외국인	30	2.87	0.900			
	고령	22	2.73	0.984			
	건강	23	3.04	0.705			
VR 안전 교육	일반	34	4.09	0.900	8.985	.000	일반>외국인 일반>고령
	외국인	30	3.33	0.994			
	고령	22	2.91	0.684			
	건강	23	3.48	0.790			
스마트 교육 관리 시스템	일반	34	3.68	0.878	5.697	.001	일반>고령 외국인>고령
	외국인	30	3.73	0.785			
	고령	22	2.91	0.811			
	건강	23	3.30	0.702			
관계 시스템 종합 상황실	일반	34	3.50	0.896	2.662	.052	-
	외국인	30	3.07	0.639			
	고령	22	3.05	0.575			
	건강	23	3.30	0.634			

표 6은 위험경고 분야에서 4개 집단간의 중요성에 대한 인식차이 분석결과이다. 전체 9개의 스마트 장비 중에서 4개 집단별로 통계적으로 유의미한 차이가 확인되는 변수는 1개이다. ‘스마트 위치(밴드)’에 관해서 일반과 외국인 근로자에 비해 고령 및 건강취약 근로자가 통계적으로 유의미하게 중요하다고 인식하고 있었다. 이는 신체활동 상태를 실시간으로 확인하고 위급상황 시 즉각 대처가 가능한 기술에 대해 중요하다고 생각하고 있다. 그리고 리프트카 안내/경고시스템, 이동형 CCTV, 개구부 개폐센서, 협착위험 접근알림, 중량물 낙하위험구역 경고등에서는 취약계층에서 “중요하다”, “매우 중요하다”는 답변이 높은 비율로 인식되고 있음을 알 수 있다. 이는 일반계층과 취약계층 인식의 차이가 없이 중요하다고 생각하고 있으며, 특히 취약계층 중 외국인 근로자와 고령 근로자에게 높은 비율로 중요도가 인식되고 있다고 판단할 수 있다.

표 6. 스마트 안전기술의 중요성 인식분석(위험경고분야)
 Table 6. An Analysis of the Significance of Smart Safety

측정 변수	구분	N	M	SD	F값	유의 확률	사후검증 결과
스마트 위치 (밴드)	일반	33	3.42	0.867	19.388	.000	고령>일반 건강>일반 고령>외국인 건강>외국인
	외국인	30	3.50	0.776			
	고령	22	4.27	0.702			
	건강	23	4.74	0.448			

측정 변수	구분	N	M	SD	F값	유의 확률	사후검증 결과
리프트카 경고 시스템	일반	34	4.03	0.936	0.866	.461	-
	외국인	30	4.13	0.681			
	고령	21	4.10	0.889			
	건강	23	3.78	0.795			
이동형 CCTV	일반	34	3.79	0.946	0.060	.981	-
	외국인	28	3.79	0.738			
	고령	22	3.77	1.020			
	건강	23	3.87	0.694			
개구부 개폐 센서	일반	34	3.56	0.894	2.213	.091	-
	외국인	30	4.10	0.758			
	고령	22	3.77	0.922			
	건강	23	3.74	0.810			
협착 위험 접근 알림	일반	34	3.88	0.808	0.899	.444	-
	외국인	30	4.07	0.784			
	고령	22	4.14	0.774			
	건강	23	3.83	0.716			
중량물 낙하 위험 경보기	일반	34	3.41	0.743	1.094	.355	-
	외국인	30	3.73	0.944			
	고령	21	3.48	0.813			
	건강	23	3.39	0.722			
장애물 감지 시스템	일반	34	3.15	0.743	3.237	.025	-
	외국인	30	3.67	0.884			
	고령	22	3.73	0.984			
	건강	23	3.26	0.810			
유해 가스 IoT 센서	일반	34	3.29	0.629	1.042	.377	-
	외국인	30	3.57	0.817			
	고령	22	3.27	0.767			
	건강	23	3.26	0.864			
구조물 변위 IoT 센서	일반	34	3.41	0.783	0.218	.884	-
	외국인	29	3.24	0.739			
	고령	22	3.32	1.170			
	건강	22	3.36	0.726			
스마트 위치 (밴드)	일반	33	3.42	0.867	19.388	.000	고령>일반 건강>일반 고령>외국인 건강>외국인
	외국인	30	3.50	0.776			
	고령	22	4.27	0.702			
	건강	23	4.74	0.448			

표 7은 보호구 분야에서 4개 집단간의 중요성에 대한 인식차이 분석결과이다. 전체 3개의 스마트 장비 중에서 4개 집단별로 통계적으로 유의미한 인식차이가 확인되는 변수는 3개이다. ‘스마트 안전모’의 중요성은 외국인 근로자에 비해 일반과 고령, 건강취약 근로자가 높게 인식하고 있는 반면, 건강취약 근로자가 외국인, 일반, 고령 등의 근로자보다 유의미하게 높게 판단하고 있었다. 이는 스마트 안전모의 위치 확인, 움직임 확인 등 모니터링 기술에 대해 고령, 건강취약 근로자가 중요하게 생각하고 있다고 볼 수 있다. 마지막으로 ‘스마트 안전벨트’에 관한 중요성은 외국인 근로자보다 건강취약근로자 및 고령 근로자에게서 통계적으로 유의미하게 높게 여기고 있었다. 스마트 안전벨트 사용빈도가

많은 비계공의 경우 외국인이 비율이 극히 낮은 것이 원인으로 파악되며 외국인 근로자의 사용 활용도는 떨어진다고 할 수 있다. 스마트 에어백은 활용의 기회가 부족했던 외국인 근로자를 제외하고 나머지 집단에서 중요하다고 인식하고 있다.

표 7. 스마트 안전기술의 중요성 인식분석(보호구분야)
Table 7. An Analysis of the Significance of Smart Safety

측정 변수	구분	N	M	SD	F값	유의 확률	사후검증 결과
스마트 안전모	일반	34	3.42	0.867	19.388	.000	고령>일반 건강>일반 고령>외국인 건강>외국인
	외국인	30	3.50	0.776			
	고령	21	4.27	0.702			
	건강	23	4.74	0.448			
스마트 안전벨트	일반	34	3.76	0.923	15.525	.000	일반>외국인 고령>외국인 건강>외국인 건강>일반 건강>고령
	외국인	28	3.13	0.730			
	고령	22	3.91	1.019			
	건강	23	4.70	0.558			
스마트 에어백	일반	34	3.85	0.925	2.771	.045	일반>외국인
	외국인	30	3.23	0.858			
	고령	22	3.77	1.020			
	건강	23	3.65	0.831			

III. 결론

본 연구에서는 건설현장에서 활용중인 스마트 안전 기술에 대해서 기존 연구에서 다루지 않았던 취약계층(외국인 근로자, 고령 근로자, 건강취약근로자)에 중요성과 효율성을 가지는 스마트기술이 어떤 것인지를 확인하기 위하여 집단 간의 인식 차이를 확인하고 각 집단간의 스마트 안전기술의 중요성을 설문조사를 통해 확인하고자 하였다.

조사 결과 취약계층 중 외국인 근로자는 스마트 교육관리시스템(외국어 통역지원)과 경고/안내 시스템에서 해당기술의 중요성에 대한 인식이 높다고 분석되었고, 고령 근로자의 경우 스마트 워치, 스마트 안전모와 같은 모니터링 시스템이 중요하다는 인식을 보였다. 마지막으로 건강취약 근로자의 경우 신체활동과 위치를 실시간으로 확인할 수 있는 신체부착형 기술에 대해 중요하게 인식한다고 분석되었다.

IV. 제언

본 연구 결과를 통해 건설현장의 취약계층에 대한

스마트 안전기술 적용에 대해서 다음과 같이 제언하고자 한다.

1. 설문조사 분석 결과를 바탕으로 외국인 근로자에 대해서는 외국어 통역 기능이 포함된 스마트 교육관리 시스템, 경고/안내 시스템을 우선 적용하되, 양방향 CCTV, 종합게시판, 각종 IoT 기술 적용 센서, VR교육과 가상현실 안전관리 시스템 등 외국어 번역 및 변환이 부족한 부분도 포함하여 개선된다면 외국인 근로자의 안전사고의 감소를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

2. 고령 근로자의 경우 스마트 워치(밴드), 위치기반 스마트안전모 등 실시간으로 위치와 건강상태를 모니터링 할 수 있는 안전기술에 우선 적용하되, 스마트 안전기술에 대한 거부감을 보일 수 있는 3D가상현실과 VR 안전교육분야에 대해 적용력 향상시키기 위해 새로운 교육 방법으로 개선하여야 할 것으로 판단된다.

3. 건강취약근로자의 경우 고혈압 등 성인병으로 인한 뇌심혈관계 질환의 발생위험이 높고, 건설현장에서 작업 중 발생한다면 추락 등 2차 재해도 우려스럽다. 건강상태를 실시간 확인하고 체크할 수 있는 스마트워치(밴드)를 우선 적용하되, 건강관리 및 예방에 필요한 교육등 사전예방에 중점을 맞춘 대책을 고려해야한다고 판단된다.

References

- [1] Ministry of Employment and Labor, Industrial Accident Statistics, 2022
- [2] H. R. Kim, "Policy alternatives for vulnerable workers," Occupational Health, No. 262, pp. 9-14, 2010
- [3] J.S. Kim, "Universal safety design for the safety of the underprivileged," Doctoral Thesis, 2019
- [4] D. Jeong, S. Kim, and S. Im, "A Study on Institutional Improvement to Activate Field Application of Smart Construction Safety Technology," Journal of the Korea Institute of Construction Safety, vol. 4, no. 1, pp. 16-21, 2021.DOI:10.20931/JKICS.2021.4.1.016.

※ 이 논문은 2021년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임.
(No.2021R111A2050912)