

건설현장 스마트 안전대 사용자별 인식 차이에 관한 연구

김현태¹ · 안창범^{1,*} · 박문서¹

¹서울대학교 건축학과

Exploring Different Users' Perception of Smart Harness on Construction Sites

Kim, Hyeon-tae¹, Ahn, Chang-bum^{1,*}, Park, Moon-seo¹

¹Department of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University

Abstract : To prevent fall from height, interest in the development and introduction of smart harness is increasing as policies and laws such as mandatory use of smart safety equipment at construction sites. However, despite the potential of smart harness, construction safety cannot be contributed unless adopted or used by users. The objective of this research is to examine the perception between safety managers and workers on smart harness, user perception according to user's experience and differences through semi-structured in-depth interviews. As a result of the interview and comparative analysis, both safety managers and workers perceived smart harness as uncomfortable, and workers with experience in using smart harness perceived that simple functions that inform risks are useful for securing safety. This research results show different user's perception of smart harness can be confirmed how much factors affect the use of smart harness, which can provide implication into establishing measures to strengthen the use of smart harness in the future.

Keywords : Falls from height, Smart harness, Construction worker, Safety manager, Perception

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

건설현장에서 일어나는 대다수의 치명적인 사고는 추락 사고에 의한 것으로 나타났으며(Wong et al., 2021), 이 중 균형을 잃는 등 작업자 부주의가 전체의 70.4%를 차지한다(고용노동부, 2019). 국토교통부는 이를 포용할 수 있는 안전한 작업환경 조성을 위해 위치추적 안전모, 착용여부 확인벨트 등 스마트 안전장비 사용 의무화 정책을 발표하였다(국토교통부, 2019). 이와 같은 스마트 안전장비 중 스마트 안전대(Smart Harness)는 웨어러블 센싱 기술을 적용하여

고소작업 시 안전고리 체결상태를 실시간 원격 모니터링하여 추락사고를 예방하는 기술로써, 최근 국내외에서 기술개발(GSIL, 2019; You, 2020; Safeon, 2021) 및 관련 연구(Kim et al., 2019; Gómez-de-Gabriel, 2019; Rey-Merchan et al., 2020)가 활발하게 진행되고 있다.

기존의 전통적인 안전대 대비, 스마트 안전대는 고소작업 중인 작업자가 안전대에 장착된 안전고리의 고의 또는 부주의로 인한 체결 누락(Wong et al., 2020)이 확인되었을 때 작업자 개인에게 미체결 알림을 제공하여 부주의와 실수를 예방할 수 있다. 또한 안전관리자는 고소작업자에 대하여 일일히 육안으로 안전관리가 수행해야하는 것을(Park et al., 2015) 스마트 안전대를 활용하면 안전관리자로 하여금 작업자에 대한 원격 모니터링을 가능하게 한다. 이와 같이 미체결 알림(Alarming)과 원격 안전관리(Monitoring)를 통해 고소 작업 시 작업자의 부주의와 실수를 예방하고, 안전관리자의 안전관리 향상을 도모할 수 있다는 측면에서 향후

* Corresponding author: Ahn, Chang-bum, Department of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, Gwanak-ro 1, Gwanak-gu, Seoul 08826, Korea
E-mail: cbahn@snu.ac.kr
Received November 27, 2021
Revised December 7, 2021
Accepted December 10, 2021

스마트 안전대 활용에 잠재성이 있다.

하지만 건설현장 추락사고 방지 및 안전관리 향상을 위한 스마트 안전대 기술의 잠재력에도 불구하고, 사용자의 채택과 사용 없이는 이러한 기술의 혜택을 충분히 활용할 수 없다(Choi et al., 2017; Ahn et al., 2019; Binyamin et al., 2020). 새로운 기술에 대한 사용자의 인식이 기술을 채택하려는 개인의 의도에 영향을 미치기 때문에, 기술 채택에서 사용자가 어떻게 인식하고 있는지 확인하는 것은 중요하다(Davis et al., 1989; Venkatesh et al., 2003).

그러나 건설 안전 보건 분야에서 기술 채택에 관한 기존 연구의 한계가 있는데, 먼저 안전장비 주 사용자인 작업자의 채택 의도에 한정(Choi et al., 2017; Wong et al., 2021) 되어 있어, 작업자와 함께 스마트 안전대를 사용하는 안전관리자의 채택 의도 및 안전관리자와 작업자 간 인식 차이 등에 관해 확인하기에는 한계가 있다. 또한, 스마트 안전장비 도입을 독려하는 정책(국토교통부, 2019; 국토교통부, 2020; 고용노동부, 2020)의 시행이 사용자 채택 의도에 미치는 영향에 대한 고려가 부족했다. 이에 본 연구는 건설현장 직무에 따라 스마트 안전대에 대한 사용자의 인식과 기대가 어떻게 다른지 조사하고, 안전관리자와 작업자, 스마트 안전대 사용 경험이 있는 작업자와 없는 작업자 간 인식 차이를 조사하는 것을 목적으로 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구에서는 스마트 안전장비 중 작업자의 부주의, 실수 등으로 안전고리 체결 누락에 따른 추락사고 방지를 위해 주목받고 있는 스마트 안전대에 대한 사용자의 인식을 조사하는 것으로 한정하였다. 조사 대상 사용자는 작업자뿐만 아니라 장비 사용자에게 해당하는 안전관리자를 포함하였으며 스마트 안전대를 사용해본 사람이 많지 않은 점을 고려하여 스마트 안전대 사용경험을 구분하여 인식 및 그 차이를 조사한다.

연구 절차는 다음과 같이 진행한다.

첫째, 선행연구 고찰을 통하여 이론적 모델에 기반한 기술 채택에서 사용자 인식의 중요성, 스마트 안전 관련 정책 시행 현황 등을 확인하고, 스마트 안전대 기술 전반에 관해 고찰한다. 둘째, 이론적 모델을 기반으로 스마트 안전대 채택에 관한 연구 모델을 구성한다. 셋째, 연구 참여자를 대상으로 반구조적 심층 인터뷰를 수행하여 스마트 안전대 사용자별 인식 차이에 대해 조사한다. 넷째, 수집한 사용자별 인식 데이터를 질적 내용 분석하고 결과를 도출한다.

2. 이론적 고찰

2.1 기술 채택에서 사용자 인식의 중요성

기술 채택의 이론적 모델은 Davis가 최초로 제시한 기술

수용모델(Technology Acceptance Model)에서 시작한다. Davis의 기술수용모델은 사용자들의 기술 수용 및 행동의도가 지각된 유용성(Perceived usefulness)과 지각된 사용 용이성(Perceived ease of use)이라는 두 가지 중요한 변수와 관련이 있다고 제시하고 있으며(Davis et al., 1989), 이를 기반으로 다양한 외부 변수를 추가로 고려하기 위해 기술 사용에 관한 확장된 기술수용모델이 추가로 제시되었다(Venkatesh et al., 2003).

이러한 이론적 모델을 기반으로 건설 도메인(Park et al., 2012; Son et al., 2015), 건설 산업 안전 및 보건 분야(Choi et al., 2017; Wong et al., 2021) 등 건설현장에서 새로운 기술에 대한 사용자의 인식이 기술 채택에 미치는 영향에 관한 연구가 최근까지 지속되고 있으며, 지각된 유용성, 지각된 사용 용이성에 더하여 사회적 영향도(Social influence), 인지(Cognition)적 요소 등과 관련된 다양한 요인들이 영향을 끼친다는 것을 보여주었다.

2.2 스마트 안전 관련 정책의 시행

최근 건설현장 스마트 안전 적용에 관한 제도 및 정책이 국가적으로 시행되고 있다. 먼저, 시공단계에서 첨단기술을 활용한 스마트 안전장비 도입이 공공공사는 『공공공사 추락사고 방지에 관한 지침』에 따라 '20년 4월부터 의무화되었으며, 이어 민간에서도 의무화가 추진될 예정이다(국토교통부, 2019). 또한 안전관리비 항목에 『무선통신 및 설비를 이용한 안전관리체계 구축 운용비용』을 추가하여 건설현장에 사물인터넷(IoT), 빅데이터 등을 활용한 스마트 안전장비 도입 등 첨단기술 활용 근거를 마련하였으며, 이를 통해 현장의 위험요소를 사전에 인지하고 제거할 수 있도록 적극적인 대응 기반을 마련하였다(국토교통부, 2020). 다음으로 사업주 또는 경영책임자 등이 고의 또는 중대한 과실로 안전 및 보건 확보의무를 위반하여 중대해해를 발생하게 한 경우 최대 1년 이상의 징역 등, 사망자, 부상 또는 질병이 발생한 경우 사업주 또는 경영책임자가 무거운 처벌을 받거나 손해배상의 책임을 부과하는 중대해해처벌법이 지난 1월 국회를 통과(고용노동부 등, 2021)하여 건설 안전에 관한 현장의 관심이 증대되었다.

이와 같이 비용, 처벌 규정 등에 관한 측면에서 시행되는 정책으로 인해 스마트 안전장비에 대한 관심은 더욱 증가하고 있으며, 이와 관련된 요인이 기술 채택에 있어서 사용자 인식에 어떻게 영향을 미칠지 주목할 필요가 있다.

2.3 스마트 안전대 기술에 관한 고찰

스마트 안전대 기술의 특징으로, 먼저 작업자와 안전관리자 모두가 장비 사용자라는 것이다. 작업자가 위험구역에 진입하는지 여부, 안전 구조물에 체결할 안전고리의 체결 여부 등을 작업자에게 알리고 이 모든 과정을 안전관리자가

Table 1. Development cases of smart harness (reorganized by type of sensors)

Applicant for a Patent	Wireless Communication			Contact Type				Contactless Type					
	Wireless cognition	Radio determination	Beacon	Pressure, Tension	Touch	On/off	Electronic connection	Proximity	Infrared, Radar, etc.	Optical	Magnetic	Gyro	Accelerometer
SAFEON, 2019	● □	□					●						
SAFEON, 2021										● ○	○	●	●
GSIL, 2018				●	○								
HANLIM, 2019	□							●	●				
DIGIQUITOUS, 2019			● □			○						●	
TIANBLUE, 2019				●	●								●
ELSSEN, 2019				●			●					●	●
Lim et al., 2019				●									
You, 2021				● ◇				●					● ◇

<Detection Target>

● : Safety Hook / ○ : Hanger / □ : Worker's Position / ◇ : Worker's Status

모니터링 할 수 있는 시스템이기 때문이다.

다음으로 <Table 1>은 스마트 안전대 기술에 관한 최근의 특허 개발현황이다. 기술개발 현황을 분석한 결과, 적용한 센서 종류에 따른 기술의 구체화 정도가 각 Case마다 상이하다는 것을 확인할 수 있었다. 개념적으로 구현 가능할 것이라는 아이디어를 제공하는 정도에 그친 기술부터 구체적으로 사용 자재나 구현 방법에 대해 기술하기까지 다양하였다. 다음으로 활용센서의 종류보다 센서의 활용방식과 알고리즘이 더 중요하다는 것을 확인할 수 있었다. 예를 들어 무선통신과 같이 첨단 기술이 아닌 접촉식/비접촉식 센서를 어떻게 구성하느냐에 따라 안전고리 체결 감지의 로직(logic) 및 정확도를 확보할 수 있을 것이기 때문이다.

이와 같이 각기 다양한 종류의 센서를 적용하고 시험하는 것은 결국 아직 기술적인 이슈(technical issue)가 완전히 해결되지 않았음을 지적하고 있다(Rey-Merchán et al., 2020). 웨어러블 센싱 기술의 성능 리스크로 인해 아직은 지속하여 발전 중인 기술이라는 것이다.

상기와 같은 스마트 안전대 기술에 따라 확인할 수 있는 안전관리자와 작업자 간 스마트 안전대에 대한 서로 다른 인식 차이에 관한 요인을 확인할 수 있다. 대표적으로 성능에 관한 요인으로, False Positive, 즉 잘 체결한 안전고리를 미체결로 감지 시 작업자에게 계속 주의 알람이 오게 되어 작업 여건이 나빠질 수 있다. 반대로 False Negative, 즉 체결하지 않은 안전고리를 체결로 감지 시 심각한 사고로 이어질 수 있는 위험이 있다. 기타 요인으로, 위치 추적으로 인한 사생활 침해 위험, 직무 관련성 등에 관한 인식이 있을 수 있다.

Table 2. Limitations of the smart harness system (Rey-Merchán et al., 2020)

Description	Limitation
Identification of risk zones is not carried out by Bluetooth Low Energy. Previous analysis of hazards is needed.	Risk zone identification
Undressing the harness and the beacon detector together is possible. If they remain close, the system does not detect that the worker is cheating.	Cheating detection
Monitoring is done in a remote station, thus the worker has no real-time feedback of risk exposure.	Worker warning system
In isolated zones, WiFi is not always available.	WiFi absence
Interference with metals and other materials can disturb the signal.	Interference
The estimation of worker placement with respect to beacons has to be simplified.	Limited computation

3. 이론적 모델 및 연구 모델 수립

3.1 스마트 안전대 채택에 관한 이론적 모델

스마트 안전대 채택에 관한 이론적 모델로, Davis가 제안한 TAM을 기반으로 기술에 대한 사용자의 인식을 통해 기술 수용(Technology Acceptance)에 대한 행동 의도를 확인할 수 있다. 이 모델에서 제안하는 지각된 유용성(Perceived usefulness), 지각된 사용 용이성(Perceived ease of use)이라는 두 가지 변수는 지금의 스마트 안전대 고유의 특성과 성능 수준에 밀접하게 연관된 변수이다.

다음으로 스마트 안전대 특징과 정부 정책에 관한 고려를 통해 변수를 도출하였다.

첫째로, 건설현장 작업자는 작업시간 뿐만 아니라 휴식 시간에도 작업장 내 그들의 위치 정보가 안전관리자에게 공

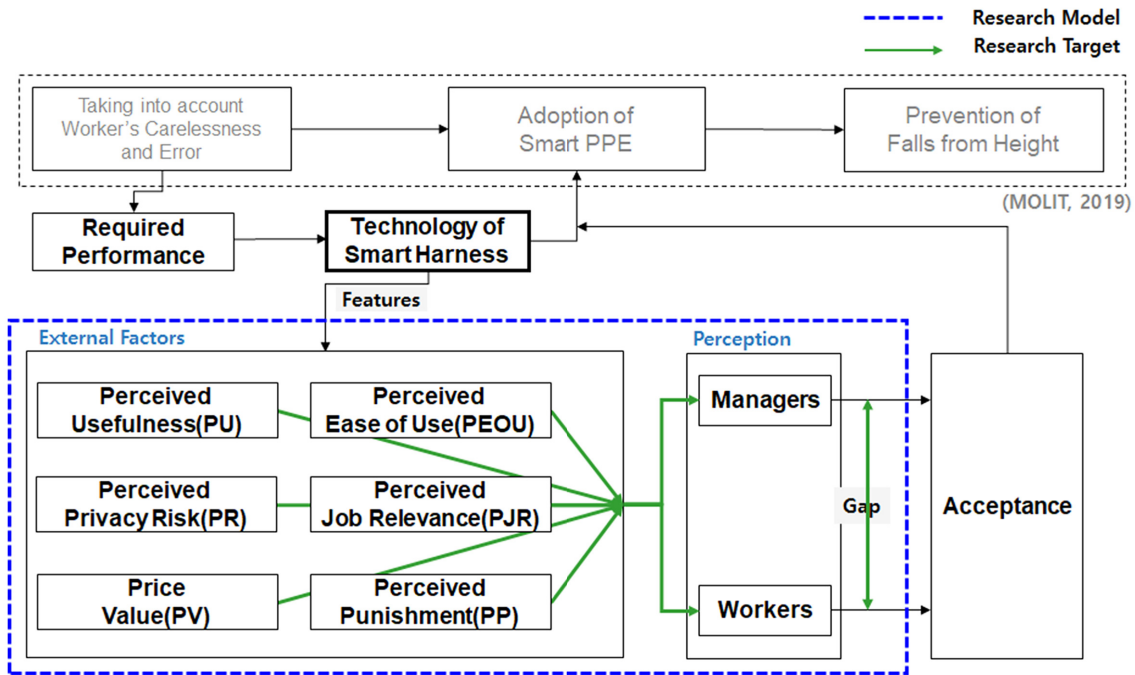


Fig. 1. Research Models

유된다면 불편함을 느낄 수 있음을 지적하고 있으므로(Gao et al., 2015; Choi et al., 2017), 지각된 사생활 침해 위험(Perceived Privacy Risk) 변수이다. 둘째로, 기술 채택 행동에 대하여 외부적인 요소에 영향을 주는 인지된 지각변수(Venkatesh et al., 2000)로써 지각된 직무관련성(Perceived Job Relevance) 변수이다. 셋째로, 정보시스템과 같은 새로운 기술을 사용하려는 사용자의 행동 의도에 대한 중요한 예측 변수로써, 사용자가 양호한 가격 가치를 가진 제품을 사용할 가능성이 더 높다는 것을 나타내고 있으므로(Venkatesh et al., 2012; Binyamin et al., 2020), 가격 가치(Price Value) 변수이다. 마지막으로, 해외 건설현장에서는 교통 안전의 별점 체계를 모티브로 만들어진 건설 안전 위반 별점 체계(Safety-offence points system)가 개인 안전 장비(Personal Protective Equipment)의 채택 및 수용에 영향을 주었으므로(Wong et al., 2021), 우리나라에서 시행 중 또는 예정인 추락사고 방지대책(국토교통부, 2019), 중대재해처벌법 등이 어떠한 영향을 미칠지 판단하기 위한 변수로써 지각된 처벌 요소(Perceived Punishment) 변수이다.

3.2 연구 모델

스마트 안전대 기술의 특징을 고려하여 사용자 인식 및 기술 수용에 관한 선행 연구를 통해 도출한 6가지 변수를 바탕으로 장비 사용자인 안전관리자와 작업자 인식 및 인식 차이를 조사하기 위해 본 연구에 적용할 연구 모델을 <Fig. 1> 과 같이 수립하였다. 상기 모델은 국토교통부(2019)의 건설 현장 추락사고 방지대책의 스마트 안전장비 도입 및 채택과 연계된다.

4. 연구 방법

4.1 연구 절차 및 연구 참여자

연구 방법은 스마트 안전대를 사용해본 사람이 많지 않은 점을 고려하고, 다양한 참여자들의 상호 인식 차이를 더 적극적으로 수집하기 위해 면접 대상자가 자유롭게 대답할 수 있도록 반구조적 심층 인터뷰 방법을 택했다.

연구 절차는 먼저 인터뷰 대상자들에게 사전 준비된 시놉시스를 배부하여 인터뷰 목적을 제시하고 대상자들의 기본 정보를 수집한 다음, 스마트 안전대에 대해 앞서 선정한 변수별 2~3가지의 사전 준비된 질문을 제시하고, 질문이 종료된 후에는 그들의 자유로운 의견을 듣는 절차 순으로 진행하였다.

연구 참여자는 안전관리자 및 작업자 중, 스마트 안전대를 사용한 경험이 있는 인원과 사용 경험이 없는 인원을 구분하여 인터뷰함으로써 상호 인식의 차이를 비교하였다. 인터뷰 참여자 수는 추천된 10~50명에 대한 인터뷰를 수행하는 것을 목표로 했지만(Charmaz 2006; Francis et al., 2010), 실제 표본 수는 수집되는 데이터가 더 이상 새로운 관점 또는 연관된 관점이 확인되지 않을 때까지 수집하였다.

이에 따라 수집한 연구 참여자 전체 표본 수는 18명으로, 안전관리자 7명 중 스마트 안전대 경험자 3명, 미경험자 4명이며, 작업자 11명 중 스마트 안전대 경험자 4명, 미경험자 7명으로 구성된다. 인터뷰 참여자 세부 현황은 <Table 3> 과 같다.

4.2 질문지 개발 및 인터뷰 수행

질문지는 수립한 연구 모델에서 선정한 각 변수별 적절한

Table 3 Demographics of the participants

Characteristics	Group	Number	
		Experience of Using Smart Harness	
		Yes	No
Job Classification	Safety Manager	3	4
	Worker	4	7
Age	≤ 40 y	4	
	41-50 y	4	
	≥ 51 y	10	
Work Experience	≤ 10 y	4	
	11-20 y	11	
	≥ 21 y	3	

질문을 선정하는 방식으로 개발하였다. 모든 질문은 각 변수를 적용했던 선행연구를 기반으로 작성되었으며 스마트 안전대 특성 및 연구 모델에 부합하도록 적의 조정하였다. 질문지 세부 현황은 <Table 4>와 같다.

인터뷰는 스마트 안전대 기술 사용경험 여부에 따라 구분하여 진행하였다. 먼저 사용경험이 있는 참여자에게는 경험한 장비에 관한 인식에 대해 인터뷰하였고, 사용경험이 없는 참여자에게는 장비 소개영상 시청 등 자세한 사전설명을 선행 후 향후 스마트 안전대 사용 시 예상되는 점에 관한 기대와 인식에 대해 인터뷰하였다.

5. 연구 결과

5.1 데이터 분석결과 요약

참여자별 인터뷰 분석 결과를 요약한 내용은 <Fig. 2.>와

같으며, 주목할만한 결과는 다음과 같다.

첫째, 지각된 사용 용이성(PEOU), 지각된 사생활 침해 위험(PR), 지각된 직무 관련성(PJR) 측면에서는 안전관리자와 작업자 간 유사한 인식을 확인했다.

둘째, 지각된 유용성(PU), 가격 가치(PV) 측면에서 장비 사용경험이 있는 작업자에게서 유의미한 인식의 차이를 확인했다.

셋째, 지각된 사생활 침해 위험(PR)은 침해 위험에 대해 우려할 것이라는 기대와 달리 안전관리자, 작업자 모두 그 위험을 낮게 인식하고 있음을 확인했다.

5.2 기술 사용경험이 있는 작업자의 인식 차이

스마트 안전대 사용경험이 없는 작업자는 사용해보지 않았음에도 스마트 안전대가 불편하거나 유용하지 않을 것이라고 인식하고 있었다. 첫째로 고소 작업의 작업 여건 때문으로, 장비의 성능과 별도로 작업 여건 상 안전고리의 체결 및 탈착 소요가 많음에 따른 불필요한 알림이 작업에 방해가 되어 불편할 것으로 예상했다. 둘째로 장비 성능에 대한 신뢰도 문제였다. 알림이 100% 정확하지 않을 수 있다고 유추했으며, 이에 대한 신뢰도가 확보되지 않는다면 스마트 안전대 장비가 유용하지 않을 것이라고 인식하고 있었으며, 대상자들의 언급은 다음과 같다 :

“현장에는 안전고리가 필요 없는 곳도 있고, 현장 여건 상 상시 안전고리를 체결하기 어려운데, 그럴 때마다 매번 알림이 오면 작업 시 상당히 불편할 것으로 예상된다 (R1).”

“제대로 작동이 될지, 오작동이 있다면 오작동이 완전히 해결될지 의문이 든다. 잘 체결됐는지 감지하는 기능에 대한 신뢰도가 높지 않다면 사용할만한 가치가 있을지 의문이다 (R2).”

Table 4. Contents of Interview Questions

Related Variable	Questions	Sources
Perceived Usefulness (PU)	<ul style="list-style-type: none"> How much do you think smart harness contribute to securing the safety of construction sites (or workers)? Which of the smart harness functions do you want to add? Conversely, what are some functions that need to be supplemented or unnecessary? Do you have any thoughts on how or situation to make better use of smart harness than now? 	(Davis et al., 1989; Venkatesh et al., 2000)
Perceived Ease of Use (PEOU)	<ul style="list-style-type: none"> Are there any obstacles or inconveniences during on-site safety management or wearing (work or movement) through smart harness? Reliability problems may arise due to performance problems of detection sensors, and how much do you think these problems will affect the use of smart harness? 	(Davis et al., 1989)
Perceived Privacy Risk (PR)	<ul style="list-style-type: none"> What do you think about the fact that there may be a risk of invasion of privacy due to the collection and provision of information on the location and behavior of workers when using smart harness? 	(Gupta et al., 2014)
Perceived Job Relevance (PJR)	<ul style="list-style-type: none"> To what extent is using a smart harness related to my job or work? What do you think smart harness need the most? 	(Venkatesh et al., 2000)
Price Value (PV)	<ul style="list-style-type: none"> Smart PPE can be used as safety management expenses during construction (after March 2020), and compared to other smart PPE, how much do you think it is worth using for safety management expenses? How reasonable do you think this cost is to invest and paying equipment to workers for on-site safety? 	(Venkatesh et al., 2012; Sunetal. 2013)
Perceived Punishment (PP)	<ul style="list-style-type: none"> How much do you think the "The Act on the Penalty of Fatal Accidents" promulgated this year affects the use of smart harness in the field? What do you think of the need for additional institutional measures to utilize smart harness at the current level in the field? 	(Wong et al., 2021)

	② PU (Usefulness)	① PEOU (Ease of Use)	③ PR (Privacy Risk)	PJR (Job Relevance)	② PV (Price Value)	PP (Punishment)
Safety Manger	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	△
Worker (Experienced)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	△
Worker (Not Experienced)	(-)	(-)	(-)	(+)	(-)	△

※ Blue : Positive
Red : Negative

Fig. 2. Summary of Data Analysis Result

스마트 안전대를 사용해본 안전관리자는 장비 사용 시 수반되는 추가적인 프로세스 소요가 과다하여 불편하다고 인식하고 있음을 확인했다. 기본적인 작동법 교육부터 센서 작동을 위한 배터리 교환 등 작업자 개별 임무로 부여하지 못한 소요들까지 안전관리자에게 부과되고 있음에 따라 사용상 편리함과 유용함을 느끼지 못하고 있는 것으로 인식하고 있었으며, 대상자들의 언급은 다음과 같다 :

“기존 안전교육에 더하여, 스마트 안전대 사용에 관한 별도의 교육을 해야하고, 안전고리 내부의 전지를 교환하는 것조차 현재는 안전관리자가 일일히 해야하는 등 안전관리자의 도움이 지속 필요한 상황이다 (R3).”

“건설업 특성상 근로자가 비정기적으로 현장에 출입하기 때문에, 반복되는 관리소요로 인해 사용이 불편하다 (R4).”

스마트 안전대 사용경험이 있는 작업자 역시 스마트 안전대 사용 시 다음과 같이 불편함이 있다는 인식이 있었다 :

“장착된 각종 센서가 기존 안전대보다 무겁게 느껴진다. 또한 센서가 내장되어 있지 않고 외부에 설치되어 있어서 행동이나 작업에 아무래도 방해가 될 때도 있었다 (R5).”

그러나 사용경험이 있는 작업자는 알림을 통해 위험을 알려주는 단순한 기능만으로도 개인의 안전에 도움을 받는다는 인식이 있음을 다음과 같은 언급을 통해 확인했다 :

“갑자기 또는 일시적으로 다른 일을 나가기 위해 안전고리를 풀었다가 다시 돌아왔을 때 안전고리 체결을 가끔씩 잊는 경우가 있는데, 이러한 상황에서 소리로 알려주는 게 도움이 됐다 (R6).”

“고소 작업하는 사람들은 목숨을 담보로 일한다. 내 안전에 조금이라도 도움이 되는 것 같아서 장비를 사용하고 싶다 (R7)”

5.3 안전관리자와 작업자 간 인식 차이

작업자는 스마트 안전대에 관한 가격 가치가 높다고 인식하고 있는 것에 반해, 안전관리자는 낮은 유용성과 불편함으로 인해 가격 가치가 낮다고 인식하고 있음을 확인할 수

있었다. 이를 통해 작업자가 당사자의 안전에 대해 생각하는 가치와 장비 특성으로 인한 안전관리자 간의 인식이 서로 차이가 있음을 확인할 수 있었다.

가격 가치에 관한 작업자의 언급은 다음과 같다 :

“생명과 바꿀 수 있는 것은 없다고 생각한다. 돈이 좀 들더라도 작업자 안전에 도움이 된다면 사용하는 게 맞다고 생각하고, 현재의 기능에서 그 정도의 값어치를 한다고 느낀다 (R8).”

가격 가치에 관한 안전관리자의 언급은 다음과 같다 :

“현재 장비의 기능, 추가적인 업무소요를 감수할 만큼 비용을 지출해야할까 하는 인식이 있으며, 비용이 일정부분을 넘어서면 차라리 안전 관리 인원을 추가하는 게 효율적이라고 생각한다 (R9).”

5.4 사생활 보호 위험에 관한 사용자의 인식

해외 작업자 대상 웨어러블 센싱 기술 채택에 관한 연구 (Gao et al., 2015; Choi et al., 2017)와 달리, 스마트 안전대를 통한 사생활 침해 위험성에 대한 사용자의 인식이 장비 채택 의도에 미치는 부정적인 영향은 전반적으로 낮은 것으로 확인했다. 스마트 안전대를 사용함으로써 위치 및 행동정보가 제공됨에 따라 사생활 보호 위험을 느끼는 악영향보다는 유용성 측면에서 개인 안전 관리 및 확보에 도움이 된다는 인식을 더 느끼고 있음을 확인했다 :

“가끔 현장에서 1인 작업을 하거나 위험한 구역에서 작업 시에는 위치가 제공되는 것이 나에게 우발적인 상황이 발생했을 때 조기에 도움을 받을 수 있을 것이라 생각되어 더 안심이다 (R10).”

“단부작업은 위험 작업이니, 작업자가 어디에 있는지 알릴 수 있다면 나의 안전에 더 도움이 될 것이라 생각한다 (R11).”

6. 결론

본 연구는 스마트 안전대에 관한 안전관리자와 작업자간 인식, 사용경험에 따른 사용자의 인식 및 그 차이에 대해

반구조적 심층 인터뷰를 통해 조사하고 이를 비교 분석한 결과 다음과 같은 점을 확인할 수 있었다. 첫째, 안전관리자 및 작업자 모두 스마트 안전대를 사용하는 데 있어서 불편하다고 인식하고 있거나 불편할 것으로 예상하고 있었다. 둘째, 스마트 안전대 사용경험이 있는 작업자는 위험을 알려주는 단순한 기능만으로도 안전 확보에 유용하다고 인식하고 있음을 확인했다. 셋째로 작업자는 스마트 안전대로 인해 자신의 위치가 노출되는 것에 있어 예상과 달리 사생활 침해 위험을 크게 느끼지는 않는 것으로 확인했다.

현재의 스마트 안전대의 기술과 성능 수준 및 안전관리자와 작업자의 인식을 종합적으로 고려하였을 때, 안전고리 미체결 시 경고음(Alarming)을 주는 기능만으로도 안전관리에 충분한 효과를 기대할 수 있을 것으로 보이나, 향후 안전관리자 입장에서 낮은 사용용이성 및 유용성 개선 방안, 안전관리자와 작업자 간 가격 가치에 관한 인식 차이에 따른 경제성 확보 방안 등에 관한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 또한 처벌 요소 측면에서 현장 안전관리자를 넘어 안전관리에 소홀 시 직접적으로 처벌 받을 수 있는 분사 안전 책임자 혹은 사업주, 경영책임자급 대상자에 관한 인식 조사 역시 필요할 것으로 보인다.

References

MOEL(2021). 중대재해처벌법 주요내용.
 MOLIT(2020). 스마트 안전장비 도입으로 건설현장의 안전성을 높이겠습니다. 18일 건설기술 진흥법 하위법령 개정안 공포 시행, 국토교통부 보도자료.
 Kim, Y. and Bang, M. (2019). 안전대 부착여부를 확인할 수 있는 스마트 안전대 개발 연구 - 추락방지대 중심 - (울산 안전보건공단 산업안전보건연구원), 2019-연구원-1541.
 Park, K., Lim, S., Kim, S., and Ku, KI. (2020). A Study on Institutional Improvement for Application of Smart Construction Technology. *Journal of Korea Institute of Construction Safety*, 3(1).
 Yu, Bong Su. (2021). 스마트 안전고리 시스템, 등록특허 제 10-2218840. 대전: 특허청.
 Lim, H. and Kim, H. (2021). 스마트 안전고리, 공개특허 제 10-2021-0075457. 대전: 특허청.
 (주)Digiquitous. (2019). 스마트 안전 장치 및 그 운용 시스템, 등록특허 제10-2061560. 대전: 특허청.
 (주)Safeon. (2020). 체결 탐지용 흑 센서 모듈 및 이를 가진 안전대, 공개특허 제10-2020-0132318. 대전: 특허청.
 (주)Safeon. (2021). 체결 탐지용 흑 센서 모듈 및 이를 가진 안전대, 등록특허 제10-2211426. 대전: 특허청.
 (주)Safeon, and Korea South-East Power Co. (2019). 추락방지 시스템, 등록특허 제10-2057239. 대전: 특허청.
 (주)Elssen (2021). 안전고리 체결시스템과 안전고리 체결제어방

법, 공개특허 제10-2021-0071269.
 (주)GSIL. (2019). 고소작업용 안전벨트 유니트를 이용한 작업 안전 관리시스템, 등록특허 제10-1964727. 대전: 특허청.
 (주) Hanlim Tech. (2021). 고소작업용 안전고리 체결 확인 센서를 구비한 안전관리 시스템, 공개특허 제10-2021-0000451. 대전: 특허청.
 C. Buenaflor and H.C. Kim. (2013). Six human factors to acceptability of wearable computers. *Int. J. Multimed Ubiquit. Eng.*, 8(3), 103-114.
 Charmaz, K. (2006). *Constructing Grounded Theory: A Practical Guide through Qualitative Analysis*, SAGE.
 C. R. Ahn, S. H. Lee, C. Sun, H. Jebelli, K. H. Yang, and B. J. Choi. (2019). Wearable Sensing Technology Applications in Construction Safety and Health. *J. Constr. Eng. Manage.*, 145(11), 03119007.
 Choi, B., Hwang, S., and Lee, S. (2017). What drives construction workers' acceptance of wearable technologies in the workplace?: Indoor localization and wearable health devices for occupational safety and health. *Autom. Constr.* 84, 31-41.
 F. D. Davis. (1989). Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. *Manag. Inf. Syst. Q.*, 13(3), 319-340.
 Francis, J. J., Johnston, M., Robertson, C., Glidewell, L., Entwistle, V., Eccles, M. P., and Grimshaw, J. M. (2010). What is an adequate sample size? Operationalising data saturation for theory-based interview studies. *Psychology & Health, Routledge*, 25(10), 1229-1245.
 H. Li, A. Gupta, J. Zhang, and R. Sarathy (2014). Examining the decision to use standalone personal health record systems as a trust-enabled fair social contract. *Decis. Support. Syst.* 57, 376-386.
 J. M. Gómez-de-Gabriel, J. A. Fernández-Madrigal, A. López-Arquillos, and J. C. Rubio-Romero (2019). Monitoring harness use in construction with BLE beacons. *Measurement*, 131, 329-340.
 M. d. C. Rey-Merchán, J. M. Gómez-de-Gabriel, J. Fernández-Madrigal, and A. López-Arquillos (2020). Improving the prevention of fall from height on construction sites through the combination of technologies. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*.
 Ministry of Land, Infrastructure and Transport (2019). Guidelines on the prevention of fall accidents in construction site.
 Park, Y., H. Son, and C. Kim. (2012). Investigating the

- determinants of construction professionals' acceptance of web-based training: An extension of the technology acceptance model. *Autom. Constr.*, 22(Mar), 377-386.
- S. S. Binyamin and Md. R. Hoque (2020). Understanding the Drivers of Wearable Health Monitoring Technology: An Extension of the Unified Theory of Acceptance and Use of Technology. *Sustainability*. 12, 9605.
- Son, H., S. Lee, and C. Kim. (2015). What drives the adoption of building information modeling in design organizations? An empirical investigation of the antecedents affecting architects' behavioral intentions. *Autom. Constr.*, 49(Part A), 92-99.
- T.K.M. Wong, S. S. Man, and A.H.S. Chan. (2021). Exploring the acceptance of PPE by construction workers: An extension of the technology acceptance model with safety management practices and safety consciousness. *Safety Science*, 139, 105239.
- V. Venkatesh, F.D. Davis. (2000). A theoretical extension of the technology acceptance model: four longitudinal field studies, *Manag. Sci.*, 46(2), 186-204.
- V. Venkatesh, J.Y. Thong, and X. Xu. (2012). Consumer acceptance and use of information technology: extending the unified theory of acceptance and use of technology, *Manag. Inf. Syst. Q.*, 36(1), 157-178.
- V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, and F. D. Davis. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View, *Manag. Inf. Syst.*, 27(3), 425-478.
- X. Yang, Y. Yu, S. Shirowzhan, S. sepasgozar, and H. Li (2020). Automated PPE-Tool pair check system for construction safety using smart IoT. *Journal of Building Engineering*, 32, 101721.
- Y. Gao, H. Li, and Y. Luo. (2015). An empirical study of wearable technology acceptance in healthcare. *Ind. Manag. Data Syst.* 115(9), 1704-1723.
- Y. Sun, N. Wang, X. Guo, Z. and Peng. (2013). Understanding the acceptance of mobile health services: a comparison and integration of alternative models. *J. Electron. Commer.*, 14(2), 183-200.
- Zhang, Y., H. Luo, M. Skitmore, Q. Li, and B. Zhong. (2019). Optimal camera placement for monitoring safety in metro station construction work. *J. Constr. Eng. Manage*, 145(1).

요약 : 추락사고 방지를 위해 근로자의 단순 실수와 부주의까지 포용할 수 있도록 건설현장 스마트 안전장비 사용 의무화 등의 정책 및 법령이 시행됨에 따라, 스마트 안전장비 기술 개발 및 현장 도입에 대한 관심이 더욱 증가되고 있다. 그러나 스마트 안전장비의 잠재성에도 불구하고, 사용자에게 채택되거나 사용되지 않으면 건설 안전에 기여할 수 있는 기회는 주어지지 않는다. 본 연구의 목적은 추락 사고 방지를 위한 스마트 안전장비의 성능과 특징에 따른 사용자별 인식과 기대의 차이를 통해 스마트 안전장비 채택에 관한 결정요인을 조사하는 것이다. 이를 위해 스마트 안전장비 중 최근 국내/외에서 기술개발 및 연구가 활발히 진행 중인 스마트 안전대에 대한 안전관리자 및 근로자의 인식을 조사하였다. 연구 결과는 스마트 안전장비에 대한 사용자별 인식 차이를 확인함으로써 건설현장 추락사고 방지를 위한 스마트 안전장비 도입 활성화에 관한 통찰을 제공할 것이다.

키워드 : 추락사고, 스마트 안전대, 건설 작업자, 안전관리자, 인식
