

외국인 건설 근로자 대상 VR 접목 안전교육 현황분석 및 안전교육의 발전 방향

노영희¹, 장종화^{2*}, 이자영³

¹건국대학교 문헌정보학과, ²단국대학교 치위생학과, ³지식콘텐츠 연구소

Analysis of Current Status of VR-based Safety Education for Foreign Construction Workers and Direction of development of Safety Education

Younghee Noh¹, Jong-Hwa Jang^{2*}, Ja Young Lee³

¹Division of Library and Information Science, Konkuk University

²Division of Dental Hygiene, Dankook University

³Research Institute for Knowledge Content Development & Technology

요약 본 연구에서는 건설업에 종사하는 외국인 근로자에게 효과적인 안전교육 방법론을 모색하고, 산업재해율을 낮추기 위한 건설업 외국인 근로자 대상 안전교육의 발전방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 산업안전보건법에 기반하여 건설업 기초안전보건교육을 연구하는 선행연구들을 살펴보았으며, 그 중 VR을 접목한 안전교육에 대해 그 내용을 분석하였다. VR을 접목한 건설업 기초안전보건교육에 대한 현황을 파악하기 위해서 산업안전보건공단 홈페이지에 공개된 VR 교육 콘텐츠를 조사하여 심층 분석하였다. 연구결과, 첫째, VR을 활용한 안전교육이 실효성 있는 성과를 거두기 위해서는 지속적인 예산투자로 다양한 콘텐츠가 만들어져야 한다. 둘째, 현재 운영되고 있는 '찾아가는 안전교육'은 건설 근로자의 편의와 안전역량을 강화하여 안전사고의 사각지대가 없도록 하는 건설업 안전교육 지원정책이 필요하다. 셋째, 체험적 경험을 제공하기 위해 VR체험교육이 효과적이지만, 교육의 내용이나 안전 지식의 전달, 실제위험예방 효과 등을 고려하여 교육 내용에 적합한 기술적 장점을 활용할 수 있도록 도구와 기술을 활용성을 넓힐 필요가 있다. 결론적으로, VR 기반 안전교육은 외국인 근로자에게 효과적인 교육 방법이지만, 기술적·내용적 발전과 함께 다양한 교육 및 기술과의 병행이 필요하다. 이러한 접근은 건설업 외국인 근로자의 안전교육을 혁신하고, 산업재해율을 낮추는 데 기여할 것이다.

Abstract This study aimed to identify effective safety training methodologies for foreign workers in the construction industry and propose a direction for developing safety education for these workers. Previous studies based on the Occupational Safety and Health Act were reviewed with focus on basic safety and health education in construction and VR-integrated safety training. In-depth analysis was conducted on VR education content published on the Occupational Safety and Health Agency website to understand the current status of VR-integrated basic safety and health education in construction. The research findings suggest that: 1) VR-based safety training achieves effective results, though continuous budget investment is necessary to create diverse contents; 2) Current 'On-site Safety Training' needs to be enhanced to strengthen the safety skills of construction workers and to ensure blind spots in construction site safety are not missed; and 3) there is a need to expand the utilization of tools and technologies suitable for education, the provision of safety knowledge, and effectively enhancing real-world hazard prevention. In conclusion, technological and content development and the integration of various educational methods and technologies are necessary to provide effective VR-based safety education for foreign workers. We believe this approach will innovate safety education for foreign workers in the construction industry and reduce industrial accident rates.

Keywords : Foreign Construction Workers, Construction Industry Safety Education, Safety Training, VR Experience Education

본 논문은 한국연구재단(NRF-2023S1A5A2A21083786) 연구과제로 수행되었음.

*Corresponding Author : Jong-hwa Jang(Dankook Univ.)

email: jhj@dankook.ac.kr

Received January 22, 2024

Revised February 14, 2024

Accepted April 5, 2024

Published April 30, 2024

1. 서론

외국인 건설업 근로자의 높은 산업재해 발생에 대응하기 위해, 건설업 안전교육의 중요성이 강조되고 있다. 이에 산업안전관리공단을 포함한 여러 기관에서 다양한 안전교육 방법론을 제시하고 있지만[1-3] 여러 연구에서 지적되고 있듯이 16개 송출국의 다양한 언어·문화적 차이로 인한 의사소통 문제가 공통적으로 지적되고 있다. 몇몇 연구[1-3]에서는 체험을 통해 직관적으로 체득할 수 있는 가상현실(VR: Virtual Reality)을 이용한 교육 방법이 가장 효과적이라는 연구결과를 발표하기도 했으며, 이미 각종 사업 및 공모, 개발사업 등에서 적용하기 시작했다. 건설업에 종사하는 근로자가 겪을 수 있는 위험과 사고에 대해 체험 할 수 있는 상황을 가상현실(VR)을 통해 교육하는 방법은 여러 연구[4-6]와 사례들을 통해 그 효과가 증명되었다. 하지만 가상현실을 활용한 체험형 교육을 상용화하기 위해서는 해결해야 할 과제도 많이 남아 있는 것으로 판단된다.

따라서 전 세계적으로 증가하는 외국인 건설업 근로자들의 산업재해 발생률에 대응하기 위한 효과적인 안전교육 방안 모색이 필요할 것으로 판단된다. 이에 본 연구에서는 건설업에 종사하는 외국인 근로자에게 효과적인 안전교육의 발전 방향을 제시하고, 산업재해율을 낮추기 위해 건설업 외국인 근로자 안전교육의 발전 방향을 제시하고자 하였다.

이를 위해 이를 위해 VR을 접목한 안전교육의 현황과 효과를 분석하고, 건설업 외국인 근로자 대상 안전교육의 문제점을 분석하고자 하였다. 이는 산업재해율을 낮추고 근로자의 안전을 보장하는 데 필수적인 요소이다. VR 교육은 현장에서 직접 체험할 수 없는 위험한 상황을 모의 환경에서 실습할 수 있게 하며, 다양한 언어와 문화적 배경을 가진 근로자들에게 효과적인 학습 방법을 제공한다. 그러나 VR 교육의 상용화와 효과성을 극대화하기 위해서는 여전히 해결해야 할 과제들이 존재한다. 본 연구는 VR 교육의 현재 한계를 극복하고, 건설업에 종사하는 외국인 근로자들에게 더욱 효과적이고 혁신적인 안전교육 방법을 모색하는 데 중요한 기여를 할 것이다.

2. 선행연구

2.1 VR 기술을 활용한 건설업 안전교육

VR은 사용자가 원격현장감(telepresence)을 느끼도

록 하는 기술적인 특징이 있다. 원격현장감은 선명도(vividness)와 상호성(interactivity)에 의존하고 있으므로, 높은 기술적 구현을 통해 원격현장감이 높아지면, 안전교육 참가자는 기존의 대면교육 혹은 동영상 교육과 달리 실제 건설현장에 있는 것과 같은 느낌을 받을 수 있다.

3D나 4D로 구현되는 체험형 가상현실 프로그램은 몰입감에서 다른 매체 교육 및 체험과 차별성을 가진다.

기존 근로자를 대상으로 실시한 안전교육은 문서와 시청각자료를 활용한 강의형식으로 진행되어 왔지만 강의식으로 전달하는 안전교육은 근로자의 적극적인 참여와 몰입에 한계가 있다. 이에 건설 근로자의 적극적인 참여를 유도하기 위해 몰입감과 실제감이 높은 VR을 접목하여 기존의 안전교육을 보완하고 있다.

2.2 건설업 외국인 근로자를 위한 VR 안전교육

관리자의 입장에서 연구되어 왔던 연구[5]에서 수요자 중심의 교육제공을 위해 건설업 종사 외국인 근로자의 입장에서 안전교육의 문제점을 조사하고, 효율적으로 교육을 이수할 수 있도록 개선방안 및 교육 모델을 제시하고 있는 연구가 증가하고 있다.

건설현장에서의 안전교육은 산업재해와 함께 다뤄지는데, 국토부와 고용노동부의 발표에 따르면 2022년 산업재해로 인한 사망자 402명 중 47명(11.7%)이 외국인 근로자이다. 건설업의 경우, 외국은 근로자 사망비율이 내국인 근로자의 2.48배로 그 차이가 크다. 건설업 외국인 근로자를 대상으로 하는 산업재해연구에서 산업재해의 주요 원인이 안전의식 및 안전관리 역량 미흡이라는 연구[7]가 있으며, 산업재해의 원인과 안전교육이 가지는 문제점에 관한 연구[7,8]들에서 그 원인이 다양한 국적에 따른 의사소통과 배경이 되는 사회·문화적 환경에 따른 차이가 공통적으로 도출되고 있다.

더불어 외국인 근로자 대상의 안전교육은 문서와 시청각 자료를 이용한 설명 등으로 구성되어 진행되는데, 강의식 교육방법은 근로자의 적극적인 참여를 유도하지 못하고 있기 때문에 참여형 콘텐츠를 개발하기 위한 연구가 시도되고 있다.

대한민국 건설현장에서 외국인 및 고령자가 늘어감에 따라 교육의 내용면에서 건설관련 안전교육은 고령자의 특성과 외국인의 출신 국적에 따른 문화적 차이를 고려한 교육과 체험·참여형 교육이 강조되고 있으며, 형식면에서는 VR 가상체험 등 디지털 기기를 활용한 교육방법이 도입되고 있다.

3. 연구방법 및 내용

본 연구에서는 건설현장의 외국인 근로자를 위한 안전교육 중 VR을 활용한 교육의 효과와 해결해야 할 과제들을 조사하였다. 이를 바탕으로 건설 현장에서 이루어지는 외국인 근로자를 대상으로 하는 VR기술을 활용한 안전교육이 효과적으로 활용될 수 있는 개선방안이 무엇인지 파악하고자 하였다.

이를 위해 산업안전보건법에 기반하여 건설업 기초안전보건교육을 연구하는 선행연구들을 살펴보았으며, 그 중 VR을 접목한 안전교육에 대해 그 내용을 분석하였다. VR을 접목한 건설업 기초안전보건교육에 대한 현황을 파악하기 위해서 산업안전보건공단 홈페이지에 공개된 VR 교육 콘텐츠를 조사하여 심층 분석하였다. 본 연구의 절차 및 내용은 다음 Table 1과 같다.

Table 1. Study Methods and Procedures

Literature analysis and status analysis		
Step	Step	Progress details
Step 1	Literature analysis	<ul style="list-style-type: none"> Occupational Safety and Health Act Prior research on virtual reality safety education
	Cases analysis	<ul style="list-style-type: none"> Status of Safety Education using VR Status of VR contents for foreign workers in construction industry
▼		
Analysis of VR safety education for foreign construction workers		
Step 2	Implication	<ul style="list-style-type: none"> The need for continuous upgrading and diversification of safety education contents
		<ul style="list-style-type: none"> Language services suitable for 16 sending countries Parallel with various education methods and technologies
▼		
Development of improvement measures for VR safety education for foreign construction workers		
Step 3	Improvement plan	<ul style="list-style-type: none"> Expanding investment in VR safety education Improvement of Operation Consider introducing new technologies
▼		
Final suggestion		Safety education using VR should not only provide theoretical education but also consider incorporation other technologies in consideration of the characteristics of the contents

4. 외국인 건설 노동자 대상 가상현실(VR)을 이용한 안전교육 현황

4.1 산업안전보건법

산업안전보건법은 제1조 [목적]에서 산업 안전 및 보건에 관한 기준을 확립하고 그 책임의 소재를 명확하게 하여 산업재해를 예방하고 쾌적한 작업환경을 조성함으로써 노무를 제공하는 사람의 안전 및 보건을 유지증진을 목적으로 한다고 밝히고 있다. 같은 법, 31조에서 [건설업 기초안전보건교육](2023.08.08. 일부개정 및 시행)에 대해 다음과 같이 정의하고 있다.

제31조(건설업 기초안전보건교육) ① 건설업의 사업주는 일용근로자를 채용할 때에는 그 근로자로 하여금 제33조에 따른 안전보건교육기관이 실시하는 안전보건교육을 이수하도록 하여야 한다. 다만, 건설 일용근로자가 그 사업주에게 채용되기 전에 안전보건교육을 이수한 경우에는 그러지 아니하다.
 ② 제1항 본문에 따른 안전보건교육의 시간·내용 및 방법, 그 밖에 필요한 사항은 고용노동부령으로 정한다.

산업재해율을 낮추기 위해 2012년부터 건설업 기초안전보건교육을 의무화하고 있으며, 산업안전보건법 시행규칙 제 28조 [건설업 기초안전보건교육의 시간·내용 및 방법](2023.09.27. 일부개정, 2023.09.28. 시행)에 대해 그 내용을 정의하고 있다.

제28조(건설업 기초안전보건교육의 시간·내용 및 방법 등) ① 법 제31조 제1항에 따라 건설 일용근로자를 채용할 때 실시하는 안전보건교육(이하 '건설업 기초안전보건교육'이라 한다.)의 교육시간은 별표4에 따르고, 교육내용은 별표5에 따른다.
 이하 중략 -

법에서 제시하는 건설업 기초안전보건교육의 내용과 시간을 정리하면 다음 Table 2와 같다.

Table 2. Basic safety and health education in the construction industry

Division	Educational content	Time
A.	Type of construction work(architecture, civil engineering, etc.) and construction procedures	1 hour
B.	Risk factors and safety and health measures for each type of business accident	2 hour
C.	Current status of safety and health management system and worker rights and obligations related to occupational safety and health	1 hour

(Source) Occupational Safety and Health Act Enforcement Rules [Appendix 5] (Revised on September 27, 2023)

건설안전교육은 산업안전보건공단을 중심으로 정기교육이 실시되고 있고, 근로자들의 교육편의와 학습의 효

과를 높이기 위해 ‘찾아가는 안전교육’, ‘찾아가는 VR’ 등의 교육방법을 전환하는 시도가 이루어지고 있다.

4.2 건설 안전교육과 VR 활용

건설 안전 교육은 근로자가 위험상황에 대한 예방과 대처능력을 향상시켜 근로자의 사고예방 및 산업재해를 낮추는 데 기여한다. 건설근로자의 안전교육 활성화를 위해, 건설 안전교육 활성화에 관한 연구[9,10]들은 실효성 있는 현장형 교육과 다양한 매체의 활용, 능력 있는 교육강사 확보, 짧은 주기로 더 많은 교육 시간을 요구하고 있는 등 내실 있는 현장 교육을 주장하고 있다.

강의를 통한 일방적인 지식전달식 강의 교육과 이동시간에 따른 업무시간 제약에 대한 대안으로 교육자가 적극적으로 학습할 수 있는 체험형, 참여형 안전교육의 일환으로 ‘VR 체험 교육’과 ‘찾아가는 안전교육’이 보급되고 있다.

2023년 한국산업안전보건공단에서 공개하고 있는 건설업 기초안전보건 교육의 내용을 살펴보면, Table 3에서 보는 보와 같이, 1시간 이상 진행되는 교육에서는 시청각 또는 체험·가상실습이 포함됨을 알 수 있다.

Table 3. Basic safety and health education in the construction industry(2023)

Educational content	Time
Types of construction works (construction, civil engineering, etc.) and construction procedures	1 hour
Risk Factors and Safety and Health Measures by Type of Industrial Accident	2 hour
Safety and health management system and rights and obligations of workers related to occupational safety and health	1 hour

※ If more than 1 hour, includes audiovisual, experience and virtual practice

(Source) Korea Occupational Safety & Health Agency 2023

한국 산업안전보건공단 홈페이지에서는 건설업 관련 VR 자료 총 176건 중 150건이 근로자용으로 제공되고 있다. 콘텐츠는 작업내용에 따라 5개의 작업으로 분류되고 있으며, VR을 구현하기 위한 기기에 따라 분류되어 자료가 제공되고 있다.

Table 4의 VR 콘텐츠에 따른 분류를 살펴보면 건설업 작업 내용에 따라 기계설계 및 설비, 골조작업, 토공작업, 마감작업, 기타작업 등 5가지로 분류되며, 각 콘텐츠는 구현되는 기기에 따라 다른 버전으로 제공되므로 한 콘텐츠에 1개~3개의 버전이 존재한다. 그러므로 제공

되는 건수가 모두 독립적인 내용을 가지는 콘텐츠라고 보기는 어렵다.

Table 4. Number of VR contents according to work content

No.	Work contents	Content Count
1	Construction machinery and equipment work	31
2	Framing work	59
3	Earth work	14
4	Finishing work	18
5	Others	28

(Source) <https://360vr.kosha.or.kr/categoryContentList?cateSq=3>

Table 5. Number of VR contents depending on the machine implemented

NO.	Machine to be implemented	Content count
1	Available to all	26
2	HMD (head mounted display)	22
3	PC (Personal Computer)	87
4	CP (cellular phone)	15

(Source) <https://360vr.kosha.or.kr/categoryContentList?cateSq=3>

2023년 12월을 기점으로, Table 5에서 모든 기기에 서 구현 가능한 형태로 제공되는 자료는 비교적 최신의 자료들이며, HMD, PC, HP의 형태로 제공되어 있는 자료들은 비교적 과거에 만들어진 자료들이다.

그 밖에 현장 근로자가 직접 자신에게 맞는 교육콘텐츠를 제안 할 수 있도록 하기 위해 콘텐츠 제작신청도 할 수 있다.

Table 6. Construction industry safety education research trends using VR

No.	Source	Advantages of using VR	Challenges VR must solve
1	[11]	<ul style="list-style-type: none"> Highly effective 	<ul style="list-style-type: none"> Increased impact and satisfaction Development of various contents Continuous budget investment Expansion of VR education facilities
2	[12]	<ul style="list-style-type: none"> VR's telepresence effects educational satisfaction and intention to transfer learning 	<ul style="list-style-type: none"> VR cannot completely replace traditional education

3	[13]	<ul style="list-style-type: none"> Complementing the passivity of lecture-type education 	<ul style="list-style-type: none"> Securing diversity of content Expansion of equipment and infrastructure Securing professional manpower
4	[14]	<ul style="list-style-type: none"> Effectiveness is high compared to influence and satisfaction 	<ul style="list-style-type: none"> Higher satisfaction with direct experience Discover on-site training contents Establishment of standards for management of training targets and completion period Participation of experts in program development VR experiential education program development
5	[15]	<ul style="list-style-type: none"> Relieve the high-risk burden of the educational environment Maximize learning effects by increasing realism Effective for practitioners 	
6	[16]	<ul style="list-style-type: none"> Serves as an educational element that has the greatest impact on safety prevention effectiveness for practitioners 	
7	[17]	<ul style="list-style-type: none"> Field-friendly learning The more 3D or 4D the effect becomes. Prevent or reduce future accidents or injuries 	<ul style="list-style-type: none"> Using of deviant and entertainment effects Add lastes simulator Expansion of the latest video and experience equipment Parallel theoretical education Cultivating companies with production expertise
8	[18]	<ul style="list-style-type: none"> 4D VR education improves workers' educational performance Realistic and practical safety training is possible with 4D VR training Increase learning participation 4D VR training strengthens safety 	<ul style="list-style-type: none"> VR experienced education only implements audio-visual simulation and cannot embody the smell of the actual site, the heat of a fire, humidity, atmosphere, ect. so it must be combined with other

		response skills	<ul style="list-style-type: none"> experiential education People who have experienced the same experience more than twice are reluctant to participate again
9	[19]	-	<ul style="list-style-type: none"> Considering diversity by target Realistic training content and time allocation
10	[20]	-	<ul style="list-style-type: none"> Translation for foreign workers Solving construction safety training time certification issues

Table 6에서 제시된 VR 활용 교육의 장·단점을 살펴 보면 VR은 실제감을 바탕으로 현장에서 적용가능한 신체적 활동이나 위험상황에 대한 대처를 직접 체험함으로써 교육의 몰입도를 높이고, 학습의 효과성을 높이는데 기여한다. 건설현장에서 VR을 활용한 안전교육은 근로자의 참여율을 높이는데 기여할 뿐만 아니라 시각에 의존한 즉각적인 반응을 이끌어내는 교육방법으로 외국인 노동자 대상 교육에서 언어적 장벽을 뛰어넘는데도 유용하다.

그러나 VR을 활용한 안전교육은 가상의 공간 안에서 근로자의 행동이나 지식을 바로잡아 줄 관리·감독자의 존재가 부재하다는 단점이 있다. 이 밖에도 다양한 콘텐츠의 부재, 실제감을 높이기 위한 업그레이드에 대한 투자, 기기 운영 및 유지관리를 위한 예산과 공간확보, 고급기술을 구현하는 장비의 잦은 노출로 인한 노후화 가속의 문제, 첨단기기 사용으로 인한 시·공간의 제약 등 해결해야 할 과제들이 남아 있다.

VR을 활용한 체험형 안전교육의 효과를 높이기 위해서는 동일한 체험을 받아 본 사람들이 재교육·재참여를 꺼리는 현상과 체험교육으로 채워지지 않는 다양한 내용을 보강하기 위한 교육 개발이 함께 이루어져야 한다.

4.3 외국인 근로자 건설업 안전교육 현황

건설현장 안전관리에 대한 사회적 관심의 증가와 현장 사용기계, 기구 등의 작업시설의 기계화, 안전장치와 시설의 발전에도 불구하고 외국인 건설 근로자의 재해 사망률은 크게 변화하지 않고 있다. 대한민국의 건설 현장에서 부족한 인력을 16개 송출국(2023년 현재)에 의존하고 있는 현 시점에서 외국인 근로자의 재해 사망률을 낮추기 위해 효과적인 안전교육을 제공하려는 노력이 필요하다.

외국인 근로자 교육 시, 법에서 제시된 안전교육 내용에 적합한 교육 교재를 사용하도록 권장하고 있지만 의사소통이 곤란한 외국인 근로자를 위해 외국어를 할 수 있는 강사를 배치하거나 외국어 교재 사용을 강제하고 있지는 않다. 그럼에도 불구하고 안전교육을 주도하는 산업안전보건공단에서는 건설업 안전교육 효과를 높여 외국인 근로자의 산업재해률을 낮추기 위해 각 나라의 언어와 문화를 고려한 교육교재 및 VR체험 콘텐츠가 개발, 보급하고 있다.

4.4 건설현장 외국인 근로자를 위한 VR 안전교육 현황

국내에서는 건설업 외국인 근로자의 산업재해를 낮추기 위해 입체적이고 효과적인 체험형 VR 안전교육이 개발, 보급하고 있다.

고용노동부는 ‘외국인 근로자 안전보건교육’을 다양한 방법으로 지원·강화하고 있다. 특히 외국인 근로자가 내용을 쉽게 이해할 수 있도록 시청각 자료인 동영상, 애니메이션, VR 콘텐츠를 개발하여 산업안전보건공단 홈페이지[21]에서 제공 중이다.

외국인 근로자를 위한 건설업 VR 안전교육은 산업안전보건공단 홈페이지에서 [동영상 및 사진 기반 VR] 메뉴판에서 제공된다.

외국인 근로자용 VR은 제조업, 건설업, 서비스업 등 주제별 분류가 되어있지 않았으며 2023년 12월 현재, 총 248건을 확인 할 수 있다. 이 중 건설업계 관련된 콘텐츠는 8종 102건이며, 제공되는 언어는 베트남어, 우즈베키스탄어, 태국어, 미얀마어, 필리핀, 중국, 네팔 7개국의 언어를 제공하고 있다. 위 내용을 정리하면 다음 Table 7과 같다.

Table 7. Construction VR safety training for foreign workers

No.	Contents	Implementation device		Number of languages provided
		PC	CP	
1	Suspended scaffolding work	○	○	Supports 6 languages except Vietnamese
2	Steel structure construction	○	○	7
3	Safety facilities (work board)	○	○	7
4	Safety facility (sloping roof)	○	○	7
5	Safety facility (movable dining leg)	○	○	7

6	Rebar assembly work	○	○	Supports 6 languages except Nepal
7	Gang form work	○	○	Supports 6 languages except Nepal
8	Form strut work	○	○	Supports 5 languages except Nepal & Vietnamese

(Source) <https://360vr.kosha.or.kr/categoryContentList?cateSq=6>

그러나 외국인 근로자의 경우, 기기운영에 대한 개인 간의 능력 차이를 좁히기 위한 선행학습이 필요하며, VR 교육 콘텐츠가 실린 홈페이지의 언어번역 지원이 다양하게 제시되지 않기 때문에 언어적 접근성이 떨어진다.

4.5 시사점

VR 교육의 핵심 가치는 증강된 현실성과 실물과 같은 체험 제공에 있다. VR 교육의 콘텐츠가 다양한 언어로 제공되는 것은 접근성을 향상시키지만, 이는 교육의 근본적인 한계를 극복하는 것은 아니다. 중요한 것은 실제와 유사한 환경을 구현하여 학습자에게 현장감 있는 경험을 제공하는 것이다. 실질적인 학습 효과를 위해서는 VR 교육 콘텐츠 개발시 현실과의 유사성을 극대화하는 것이 필수적이다. 다양한 언어 지원은 다문화 학습자들에게 필요하지만, 학습의 효과를 직접적으로 증진시키지는 않는다. 언어 지원보다는 콘텐츠의 질, 상호작용의 수준, 그리고 현실감 있는 시뮬레이션에 더 많은 주목이 필요하다. VR 교육의 핵심은 다양한 언어 지원의 확장보다는 실제 상황을 반영하는 증강형상의 현실성에 있다. 현실감 있는 증강형상 구현은 실질적인 학습 경험을 제공하고 교육의 효과를 극대화하는 데 기여한다. VR 교육 콘텐츠 개발과 적용에 있어서 현실감 있는 증강형상 구현에 중점을 두는 것이 중요하다.

건설업 외국인 근로자 대상 안전교육이 언어·문화적 차이를 극복하는 것이 해결 과제라면, 건설업 외국인 근로자를 대상으로 공개되어 있는 자료는 16개 송출국에 맞춰 제공하는 것도 고민해 보아야 한다.

또한, VR을 활용한 안전교육은 몰입과 참여를 요하는 체험형 교육에 적합한 교육방법으로 주목받고 있지만 여러 가지 한계점과 풀어야 할 과제가 존재한 것으로 파악되었다. 따라서 VR 안전교육의 기술적·내용적 한계점을 극복하기 위해 다양한 교육 및 기술과의 병행이 필요할 것으로 보인다.

5. 건설업 외국인 근로자 안전교육의 발전방향

본 연구에서는 건설업에 종사하는 외국인 근로자에게 효과적인 안전교육 방법론을 모색하기 위해 고, 산업재해율을 낮추기 위한 건설업 외국인 근로자 대상 안전교육의 발전방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 VR을 활용한 외국인 근로자 대상 안전교육 현황에 대해 문헌분석과 사례분석을 실시했다.

5.1 VR기반 안전교육에 대한 투자 확대

안전교육에서 VR의 효과성은 다음과 같은 근거에 기반한다. 첫째, VR은 실제와 유사한 환경을 구현함으로써 현장감과 몰입감을 제공한다. 이는 전통적인 교재나 비디오 자료가 제공하지 못하는 실감 나는 경험을 가능하게 하여 학습자의 이해도와 기억력을 향상시킨다. 둘째, VR은 위험한 상황이나 접근하기 어려운 환경을 안전하게 시뮬레이션할 수 있어, 실제 위험에 노출되지 않고도 필요한 지식과 기술을 습득할 수 있다. 셋째, VR은 상호작용과 즉각적인 피드백을 제공하여 학습자가 자신의 행동과 결정에 대해 즉시 평가하고 수정할 수 있게 함으로써 학습 효과를 극대화한다. 따라서 VR은 전통적인 교육 방식보다 실제적인 학습 경험을 제공하고, 효율적이며 효과적인 학습 결과를 도출할 수 있는 강력한 도구로 평가된다.

VR을 활용한 안전교육이 실효성 있는 성과를 거두기 위해서는 지속적인 예산투자로 다양한 콘텐츠가 만들어져야 하며, 기존의 콘텐츠도 현장에 맞게 꾸준히 업그레이드 되어야 한다.

현재 체험형 교육을 지원하기 위해 보조적인 교육방법으로 도입되고 있는 VR이 정부의 안정적이고, 지속적인 예산투자를 받기 위해서는 VR을 활용한 콘텐츠들이 안전보건법의 교육시간으로 인정받을 수 있도록 하는 노력이 필요하다.

체험시간을 법정 교육시간 이수 시간으로 인정해주는 제도적 장치를 마련하기 위해서는 VR 활용 안전교육을 관리, 감독 및 지도하는 전문 강사진 육성 및 안전교육의 표준교과과정 재편성이 필요하다.

5.2 VR 안전교육 운영에 대한 내실화

현재 운영되고 있는 '찾아가는 안전교육'을 좀 더 강화하여 안전사고의 사각지대가 없도록 하는 건설업 안전

교육 지원정책이 요구된다. 현재 제공 되는 있는 기초안전보건교육은 건설근로자에게 필수적인 안전 지식을 제공한다. 그러나 이론 중심의 접근은 현장의 실질적인 상황을 충분히 반영하지 못할 수 있다. 개선을 위해 실제 작업 환경을 모방한 실습 및 시나리오 기반 학습을 통합할 필요가 있다. 또한, '찾아가는 안전교육'은 현장 근로자들에게 접근성을 높여준다는 장점이 있지만, 교육의 질과 일관성을 유지하기 어려울 수 있다. 이를 개선하기 위해 정기적인 강사 교육 및 평가 시스템을 도입하고, 교육 내용을 지속적으로 업데이트하여 현장의 최신 안전 기준을 반영해야 한다. 그리고, VR 교육은 현실감 있고 몰입도 높은 학습 환경을 제공함으로써 근로자의 학습 효과를 증대시킨다. 그러나 고비용과 기술적 한계가 있어 모든 현장에 적용하기 어렵다. 이를 극복하기 위해, VR 기술의 비용 효율성을 높이고, 다양한 현장 상황에 맞게 맞춤형 콘텐츠를 개발하는 것이 중요하다. 각 교육 프로그램은 그 자체의 장단점을 가지고 있으며, 이들의 효과를 극대화하기 위해서는 상호 보완적으로 운영하고, 지속적인 평가 및 개선이 필요하다.

공통적으로 이루어지는 집체 교육에 대한 정책적 지원의 확대와 함께 스스로 학습할 수 있는 추가 교육에 대한 지원도 함께 이루어져야 한다. 건설업의 특성 상 세부 작업에 따른 안전수칙과 행동에서 차별성을 지니므로 작업에 따른 추가 교육자료의 제공과 교육에 사용되는 기기들에 대한 무료 대여 시스템이 확대되어야 한다.

교육 과정의 효과성을 향상시키기 위해서는 현장의 수요에 부합하는 다양한 콘텐츠 개발이 필수적이다. 또한, 교육과정의 난이도를 구분하여 재교육을 받는 근로자들에게 새로운 흥미와 지식을 제공하는 것이 중요하다. 이와 함께, 교육의 효과를 측정하고 개선하기 위해 평가기록을 체계적으로 관리하고 공개하는 것이 필요하다. 이러한 접근은 교육 운영의 내실화를 통해 지속적인 발전과 유지를 보장하는 데 기여할 것이다.

5.3 교육 내용에 따른 적용기술의 차별화

가상현실을 활용한 교육이 강의형 학습에 단점을 보완하고 학습에 대한 몰입도를 높이는데 기여하지만, 건설현장의 모든 위험을 실감하고 체험하는 데는 적합하지는 않다. VR은 이용하는 시간에 따라 불안감, 불쾌감, 진동장애, 두통, 멀미, 뇌전증 등 신체적 부작용을 야기하기도 한다. 건설업 종사 외국인 근로자에게 효과적이고 효율적인 안전교육을 제공하기 위해서는 안전교육의 내용과 접근방법에 따라 더 나은 기술적 대안이 필요할 수 있다.

교육의 내용에 따라 다중감각(4D)을 위한 교육 시뮬레이터의 개발 및 몰입도 높은 강의형 교육을 위한 디지털 휴먼 도입 등이 고려될 수 있다.

체험적 경험을 제공하기 위해 VR체험교육이 효과적이지만, 교육의 내용이나 안전 지식의 전달, 실제위험에 방 효과 등을 고려하여 교육 내용에 적합한 기술적 장점을 활용할 수 있도록 도구와 기술을 활용 해야 한다. 첫째, VR은 실제적인 환경을 제공하지만, 교육 내용은 실제 위험 상황을 반영하고 예방하는 데 중점을 두어야 한다. 산업 현장의 사례 연구와 전문가 의견을 통합하는 것이 중요하다. 둘째, VR 교육은 사용자 참여와 상호작용을 중심으로 구성되어야 한다. 사용자 인터페이스(UI)와 사용자 경험(UX) 디자인에 집중하여 사용자가 VR 환경에서 자연스럽게 직관적으로 상호작용할 수 있게 하는 것이 중요하다. 셋째, VR 교육은 실제 현장 경험을 보완하는 수단으로 사용되어야 한다. VR 훈련 후 실제 현장에서의 실습이나 실전 훈련으로 학습 내용을 강화하는 것이 필요하다. 넷째, VR 교육에는 사용자의 행동과 반응에 대한 즉각적인 피드백이 필요하다. 학습자가 자신의 성능을 평가하고 개선할 수 있도록 하는 것이 중요하다. 마지막으로, VR 기술은 계속 발전하고 있다. 최신 기술 동향에 맞춰 교육 콘텐츠를 업데이트하고, 사용자 경험을 개선하기 위한 기술적 진보에 주목해야 한다. 이러한 접근은 VR을 활용한 교육이 단순한 체험을 넘어 실질적인 학습 효과를 제공하고, 안전한 작업 환경 조성에 기여할 수 있도록 할 것이다.

6. 제언 및 결론

본 연구는 건설업에 종사하는 외국인 근로자에게 효과적인 안전교육의 발전 방향을 제시하고자 하였으며, 이를 위해 강의형 교육의 약점을 보완하는 VR 안전교육에 대한 현황 분석을 실시하였다.

이러한 분석결과를 기반으로 본 연구에서는 몇 가지 정책을 제안했다. 첫째, 실제 건설현장에 적합한 VR 교육안을 개발하기 위해서는 교육의 내용과 그 내용을 전달하기에 효과적인 기술에 대한 지속적인 투자와 평가가 필요하다는 것이다. 둘째, 이러한 새로운 기술의 적용과 함께 투자의 확대를 이끌어 내기 위한 정책적 제도도 함께 개선되어야 한다. 셋째, 이를 위해서는 효과적인 교육의 범위와 범주를 정하기 위한 조사 및 교육 평가의 지속적인 관리가 필요하다.

향후에는 VR체험 및 새로운 기술 도입에 대한 유연한 적용과 함께 법적 교육시간에 반영될 수 있도록 하는 정책제안에 대한 후속 연구가 이루어질 필요가 있다고 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2023S1A5A2A21083786).

References

- [1] D. C. Kim, H. H. An, "A Safe Behavior Factors of Foreign Workers in Construction Sites in the Republic of Korea." *Journal of Standards, Certification and Safety*, Vol.11, No.3, pp.43-56, 2021.
DOI: <http://doi.org/10.34139/JSIC.2021.11.3.43>
- [2] N. K. Back, J. P. Hong, H. C. Lim, "Survey on the Actual condition and the Improvement Factors of Foreign Workers at the Construction Site", *Journal of Korea Academia-Industrial cooperation*, Vol.19, No.1, pp.136-145, 2018.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2018.19.1.136>
- [3] J. B. Lee, "A Study on the Safety Management of Foreign Workers in Construction Sites", *KOSDI, Journal of the Korean Society of Disaster Information*. Seoul, Korea, pp.218-223, Nov. 2020.
- [4] H. K. Choi, "A Study on the VR Experience Safety Education in Construction Sites in the 4th Industrial Revolution", *Journal of Disaster and Safety*, Vol.1, No.2, pp.12-18, 2020.
- [5] S. H. Kim, C. S. Lee., "Factors Affecting the Transfer Intention of VR Construction Safety Training:A Task-Technology Fit Perspective", *Journal of global business administration review*, Vol.17, No.3, pp.300-318, 2020.
- [6] S. J. Park, N. G. Kim, C. B. Ahn, H. J. Kim. "Effectiveness of Experiential Safety Training in Safety Training Center Compared to VR-based Safety Training". *KSCE 2022 Convention*, Journal of Korean Society of Civil Engineers, Yeosu, Korea, pp.31-32, Oct. 2023.
- [7] S. B. Lee, S. W. Yoo, D. G. Shin, "A Study on the Improvement of Safety Education of Foreign Workers at Construction Sites", *Journal of Standards, Certification and Safety*, Vol.11, No.2, pp.103-113, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.34139/JSIC.2021.11.2.103>

- [8] K. S. Son, S. Y. Lee, "Consciousness of Safety Engineer for Foreign Workers at a construction site", *Journal of Korea Safety Management & Science*, Vol.10, No.1, pp.41-47, 2008.
- [9] J. T. Ha, "A Study on the Effectiveness of Construction Safety Education through the AHP", *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol.51, No.4, pp.597-606, 2019.
DOI: <https://data.doi.or.kr/10.15683/KOSDI.2019.12.31.597>
- [10] J. B. Lee, "A Study on the Actual Condition of Construction Safety Education and the Effect of Three-Dimensional and Snar Education", *KOSDI*, Journal of the Society of Disaster Information, Seoul, Vol.2021, No.11, pp.249-250, Nov. 2021.
- [11] H. K. Choi, "A Study on the VR Experience Safety Education in Construction Sites in the 4th Industrial Revolution", Master's thesis, Kyonggi University, pp. 12-18, 2019.
- [12] S. H. Kim, C. S. Leem, "Factors Affecting the transfer intention of VR Construction Safety Training:A Task-Technology Fit Perspective", *Journal of International Business Education Review*, Vol.17, No.3, pp.300-318, 2020.
- [13] H. S. Park, C. W. Koo, "Effect of virtual reality-based construction safety education on the learning performance of construction workers-Using CAMIL theory-", *Korean Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.23, No.3, pp.104-115, 2022.
DOI: <https://data.doi.or.kr/10.6106/KJCEM.2022.23.3.104>
- [14] H. K. Choi, J. Y. Park, "Construction Site in the Era of the 4th Industrial Revolution Study on VR Experience Safety Education", *KOSDI*, Journal of The Korean Society of Disaster Information., Seoul, Korea, Vol.2019 No.09, pp.71-72, Sep. 2019.
- [15] S. J. Park, N. G. Kim, C. B. Ahn, "Effectiveness of Experiential Safety Training Center Compared to VR-based Safety Training", *KSCE 2022 Convention*, Journal of Korean Society of Civil Engineer, Seoul, Korea, Vol.2022, No.10, pp.31-32, Oct. 2022.
- [16] K. S. Min, "A Study on the Prevention of Safety Accidents at Construcion Sites using Smart Technology", *Korean Journal of Safety Culture*, Vol. 2021, No.11, pp.97-114, 2021.
- [17] C. H. Cho, "Behavioral Change of Workers who completed Experiential Safety Training", *Journal of the Society of Disaster Information*, Vol.19, No.1, pp.161-172, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.15683/kosdi.2023.3.31.161>
- [18] Y. H. Oh, W. S. Uh, H. W. Ynag, H. D. Kim, J. K. Lee, J. W. Lee. "A Study on the Effectiveness 4D VR Experience Education Using Multiple Sensory Element", *Journal of the Korea Society for Naval Science and technology*, Vol.6, No.2, pp.173-182, 2023.
DOI: <https://doi.org/10.31818/JKNST.2023.06.6.2.173>
- [19] U. B. Jang. "A Study on the Actual Condition of Construction Safety Education and The Effect of Three-Dimensional and Smart Education", *KSDI*, Journal of The Korean Society of Disaster Information, Seoul, Korea, Vol.2023, No.11, pp.147-148, Nov 2023.
- [20] G. Y. Chang, Y. H. Yang. "Innovation in Construction Education Using VR Technology", *Journal of Korean society of Civil Engineer*, Vol.65, No.12, pp.84-87, 2017.
- [21] Industrial Safety and Health Corporation., Safety Data SHeet, Available From: <http://www.kosha.or.kr> (accessed Dec. 27, 2023)

노 영 희(Younghee Noh)

[정회원]



- 1992년 4월 ~ 1994년 4월 : KIST 기술원
- 1997년 4월 ~ 2004년 7월 : 이화여자대학교 국제정보센터 실장
- 도서관정보정책위 위원 역임
- 2011년 1월 ~ 현재 : 지식콘텐츠연구소 소장
- 2004년 9월 ~ 현재 : 건국대학교 문헌정보학과 교수

<관심분야>

디지털 휴먼, 근로자 안전, 융합연구, 블록체인, 4차 산업혁명 기술과 응용

장 종 화(Jong-Hwa Jang)

[정회원]



- 2005년 2월 : 가톨릭대학교(성의교정) 보건학과 (보건학박사)
- 2004년 3월 ~ 2018년 2월 : 한서대학교 치위생학과 교수
- 2022년 7월 ~ 현재 : 단국대 바이오헬스 지식재산융합인재양성사업 단장
- 2018년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 치위생학과 교수

<관심분야>

바이오헬스케어, 보건교육, 건강증진, 역학, 학제 간 융복합 연구

이 자 영(Ja-Young Lee)

[정회원]



- 2021년 8월 : 전남대학교 문헌정보학과(석사)
- 2023년 2월 : 전남대학교 문헌정보학과 박사수료
- 2022년 3월 ~ 2023년 3월 : 전남대학교 문헌정보학과 조교
- 2023년 11월 ~ 현재 : 지식콘텐츠연구소 선임연구원

<관심분야>

정보 서비스, 지식정보 취약계층,