



Received: 2023/06/05
Revised: 2023/06/18
Accepted: 2023/06/29
Published: 2023/06/30

***Corresponding Author:**

Joonwon Lee

Room No. 403, Soongsil University Cultural Center,
Soongsil University
369, Sangdo-ro, Dongjak-gu, Seoul, 06978,
Republic of Korea
Tel: +82-2-828-7013
Fax: +82-2-824-4381
E-mail: joonwonlee@ssu.ac.kr

다중감각요소를 적용한 4D VR 체험교육의 효능성에 관한 연구

A Study on the Effectiveness 4D VR Experience Education Using Multiple Sensory Elements

오영현¹, 어원석², 양희원¹, 김해도¹, 이종국³, 이준원^{2*}

¹송실대학교 일반대학원 안전보건융합공학과 박사과정

²송실대학교 일반대학원 안전보건융합공학과 교수

³송실대학교 일반대학원 안전보건융합공학과 석사과정

Younghyun Oh¹, Won-Suk Uh¹, Huiwon Yang¹, Hae-Do Kim¹,
Jong-Kuk Lee³, Joonwon Lee^{2*}

¹Ph.D. candidate, Dept. of Safety & Health Convergence Engineering,
Soongsil University

²Professor, Dept. of Safety & Health Convergence Engineering,
Soongsil University

³Graduate (master course), Dept. of Safety & Health Convergence Engineering,
Soongsil University

Abstract

본 논문에서는 중대재해처벌법 시행 전후 재해율을 통하여 안전보건교육의 효능성을 평가하였다. 먼저, 기존안전보건교육의 실태와 선행연구를 통한 만족도를 조사하였다. 그 결과, 피교육자들이 다중감각적 교육에 만족도와 흥미를 나타내었다. 체험교육장의 조건을 고려하여 기존 VR체험교육 방식에서 나아가 4D VR 체험교육 방식과 방향성을 제시한다.

In this paper, the effectiveness of safety and health education was evaluated through the accident rate before and after the enforcement of the Serious Accidents Punishment Act. First, the status of existing safety and health education and satisfaction through previous studies were investigated. As a result, educators showed satisfaction and interest in multi-sensory education. In consideration of the conditions of the experience center, the 4D VR experience education method and direction are presented beyond the existing VR experience education method.

Keywords

군 안전교육(Military Safety Education),
안전보건교육(Safety and Health Education),
체험교육(Experience Education),
다중감각(Multiple Sensory),
4D VR, VR

1. 서론

최근 시행된 중대재해처벌법은 안전사고로 인한 중대재해 발생을 감소시키기 위하여 시행되었다. 그러나 예상과는 달리 중대재해처벌법 시행 이후 중대재해 발생율은 오히려 증가하였다. 법령의 시행에도 불구하고 재해 발생이 증가한 것에 대하여, 원천적인 문제 해결을 위해 법령의 시행 전후로 변화되지 않은 부분 중 하나인 안전보건교육에 대한 문제점을 주목하였다.

안전보건 개선대책은 일반적으로 본질적, 공학적, 관리적 대책 그리고 보호구 착용으로 구분한다. 관리적 대책 중 가장 중요하게 제시되는 방안은 교육이다. 안전보건교육은 주기가 짧고 규칙적이기에 사고예방에 효과를 가진 것으로 보이나, 피교육자들은 한두 번 이상 진행된 비슷한 교육내용의 반복에 대한 싫증과 피로함을 느끼는 것으로 조사되었다. 이러한 효과로 인하여 기존 안전보건교육인 강의식 교육, VR 체험교육 등을 기반한 교육진행으로 인한 효과는 저조한 것으로 조사되었다. 본 연구에서는 기존 VR교육에서 다중감각적요소를 적용시킨 4D VR 교육의 필요성 및 개선방안을 도출하고자 한다.

2. 연구방법

2.1 자료조사 방법

국방부(Ministry of National Defense, 대한민국 해군(Republic of Korea Navy, 대한민국 공군(Republic of Korea Airforce), 고용노동부(Ministry of Employment and Labor), 산업통상자원부(Ministry of Trade, Industry and Energy), 안전보건공단(Korea Occupational Safety and Health Agency), 정보통신산업진흥원(National IT Industry Promotion Agency), 한국산업보건학회지(Journal of the Korean Society of Occupational Health), 한국안전학회지(Journal of the Korean Society of Safety), 한국건축시공학회지(Journal of the Korea Institute of Building Construction), 한국실내디자인학회(Journal of Korea Interior Design Society), 한국디자인문화학회지(The Journal of Korean Society of Design Culture), 한국엔터테인먼트산업학회논문지(Journal of the Korea Entertainment Industry Association), Journal of Computer Assisted Learning(국외문헌)에서 조사하였다.

2.2 이론적 배경 및 관련논문

최근 연구·개발되고 있는 4D VR 장비들은 시각기능에만 집중하고 있다. 일부 다중감각을 활용한 3D, 4D VR 연구에서는 HMD를 착용하고 컨트롤러를 이용하는 방식과 PC게임과 비교하거나 컨트롤러 사용이 극히 제한된 몰입형 체험을 비교하는데 제한되었다. 이는 장비개발에 한정될 수밖에 없다. 대다수의 연구는 HMD를 착용하고 트래커로 상호작용 효과만을 가지고 연구를 수행하였는데 시뮬레이터의 움직임과 구성을 다루는 내용이 없었다. 본 연구는 선행 연구를 통해 다중감각을 자극하여 시각만이 아닌 다른 감각체계를 자극하여 보다 몰입감을 높일 수 있는, 즉 동 시간대에 여러 감각기능을 자극하여 몰입감 높은 인터랙션 분석 틀을 도출하고 분석한 틀을 토대로 4D VR 체험 장비 개발을 위한 기초자료를 제공한다.

2.3 안전보건교육제도 및 동향

산업안전보건법 제29조에 근거하여 근로자, 관리감

독자를 대상으로 정기교육이 실시되고 있다. 안전보건 스마트 교육, 다양한 교육과정을 마련하여 공단이 안전보건교육 시장을 주도적으로 이끌고 있고, 안전체험교육 활성화 방안으로 민간기업을 주축으로 인정받은 안전체험교육장 28곳과 한국산업안전보건공단의 체험장 6곳이 운영되고 있으며 체험장 숫자는 지속적으로 증가하고 있다. 특히 쾌적하고 놀거리를 제공하여 다시 찾는 테마파크 같은 몰입형 체험교육 시장이 날로 커지고 있으며 해외시장진출 또한 다수 이루어지고 있다. 행정안전부와 군은 생애 주기별로 6대 안전분야(생활안전, 교통안전, 자연, 사회재난, 범죄안전, 보건안전)에 걸쳐 필요한 안전교육 콘텐츠를 개발 보급하고 있다.

3. 업종별 재해발생 현황

2017년부터 2021년에 군 사망사고자는 395명으로 나타났고 사망사고자의 평균 연령은 28세였고, 3분의 1 가량이 병사였다. 계급별로는 중사가 68명(17.2%)로 가장 많았고 일병, 하사, 상사, 상병 순으로 군 사망사고가 지속적으로 증가하고 있는 추세이다.

2021년 1월 27일에 시행된 중대재해처벌법은 중대재해 발생을 예방하기 위하여 시행되었으나 법 시행 이전과 비교할 때 사업주들과 근로자들의 관심이 증가했음에도 불구하고 중대재해는 증가하였다.

고용노동부에서 발표한 2022년 산업재해 발생현황 자료를 분석한 결과 제조업의 근로자 수는 28,829명이 증가하였고, 사고 재해자 수는 501명 감소한 31,554명, 사고 사망자 수는 전년 동기와 동일한 숫자인 184명이 사망하였다. 건설업의 근로자 수는 115,280명이 증가하였고, 사고 재해자 수는 1,302명이 증가한 31,245명, 사고 사망자는 12명이 감소한 539명이다. 광업 종사 근로자는 407명이 감소하였고 사고 재해자 수는 537명 증가한 3,873명, 사고 사망자 수는 104명이 증가한 453명이 사망하였다.

이러한 사고 재해 발생현황에서 2022년 근로자 수는 2021년 19,378,565명에서 20,173,615명으로 증가하였다. 근로자의 총수가 증가하였고, 총 재해자 수 또한 7,635명 증가로 6.2%의 증가율을 보여주며, 사망자 수는 143명 증가로 6.9%의 증가율을 보여준다. 2021년부터 2022년도까지 근로자 수와 사망자 수, 재해자 수가 증가하고 있다는 것을 알 수 있다. 근로자·사망자·재해자 숫자의 증가뿐만 아니라 중대재해처벌법 시행

으로 인하여 재해가 감소될 것으로 전망하였으나 오히려 재해가 증가했음을 알 수 있다.

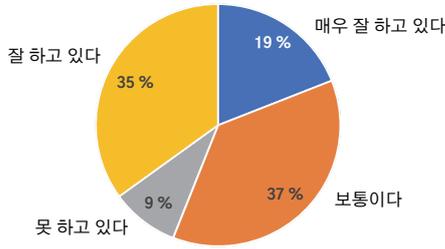


Fig. 1. 특별안전보건교육 설문조사 결과[19]

‘건설업에서 특별안전보건교육제도의 문제점 및 대책연구’[19]의 연구결과 안전사고의 발생 원인 중 대다수를 차지하는 요인으로 ‘교육 부실과 안전작업 매뉴얼 불이행’과 사업장 안전보건관리자 교육의무가 삭제되면서 산재율이 증가한 것으로 미루어 보아, 중대재해의 실질적 감소를 위해서 안전보건교육에 대한 개선이 이루어져야 한다.

Table 1. 국내외 안전보건교육제도 비교[8]

구분	한국	영국	일본	독일
근거 법령	산업안전보건법 제29조	사업장보건안전관리규칙 제13조 등	노동안전위생법 제59조	산업안전보건법 제12조, 사회법전VII
교육 대상	근로자, 관리감독자	근로자, 관리감독자	근로자, 관리감독자	근로자
교육 종류	- 정기교육 - 채용시 교육 - 작업내용 변경시 교육 - 특별교육	- 채용시 교육 - 작업내용 변경시 교육 - 특별교육	- 채용시 교육 - 작업내용 변경시 교육 - 특별교육 관리감독자 선임시 교육	- 채용시 교육 - 작업내용 변경시 교육 - 새로운 장비, 기술을 도입한 경우
교육 내용	시행규칙에 규정	교육 내용의 기본방향만 제시	시행규칙, 고시 등에 규정	작업 중 노출될 수 있는 위험성에 대한 예방 방법
교육 방법	- 집체교육 - 현장교육 - 인터넷교육	인터넷 교육, 세미나 위주	미규정(특별교육은 이론과 실습 교육 규정)	세미나, 체험교육 위주
교육 시간	- (정기) 매분기 6시간 - (채용시) 8시간 - (작업내용 변경시) 2시간 - (특별) 작업별 16시간	- 구체적으로 명시되어 있지 않음 - 근로자가 작업을 시작하기 전 실시 - 필요시 정기적 반복을 규정	- (특별) 작업별로 규정 (6~14시간) - (관리감독자 선임 시) 12시간	- 구체적으로 명시되어 있지 않음 - 근로자가 작업을 시작하기 전 실시, 필요 시 정기적 반복을 규정
교육 기관	- 사업장 자체교육 - 민간교육기관 - 한국산업안전보건공단	- 사업장 자체교육 - 중앙노동재해방지협회(JISHA) - 노동건강복지기구	- 사업장 자체교육 - 산업안전보건협회(IOSH) - 영국안전협회(BSC) - 왕립재해예방협회(RoSPA) - 국립산업안전보건평가원(NEVOSH) - 노동조합, 대학, 무역협회 등	- 사업장 자체교육 - DGUV 교육센터(IAG) - BG
비고	-	- 정기교육 미규정 - 관리감독자 교육과 특별교육 외에는 교육시간 미규정 - 특별교육이 이론과 실습으로 구성	- 정기교육 미규정 - 교육시간 미규정 - 민간교육기관이 주도(대부분 인터넷 교육)	- 정기교육 미규정 - 교육시간 미규정 - 산재보험조합에서 산업, 기업 특성에 맞는 교육 실시

4. 국내외 안전보건교육제도의 비교

국내 안전보건교육제도와 해외 안전보건교육제도를 중심으로 법률제도와 현재 현장에서 실시하고 있는 교육의 내용 및 과정을 비교하였을 때 Table 1과 같은 3가지 차이점이 존재한다.

첫째, 교육내용의 강제성에 대한 제도이다. 우리나라와 일본은 산업안전보건법령상 근로자가 이수해야 하는 안전보건교육의 종류 및 내용이 규정되어 있다. 영국과 독일에서는 산업안전보건법령상 근로자가 이수해야 하는 안전보건교육의 종류만 규정되어 있으며 교육내용에 대한 규정이 없다. 이는 법에서 교육과정이나 내용을 강제할 경우 사업장에서 교육내용을 형식적으로 수행하는 문제가 발생할 수 있으며, 재해 예방을 위하여 실질적 교육 효과를 나타내는 것이 가장 중요한 선제적 예방 활동임을 내포한다.

둘째, 단계화된 관리감독자 교육과정이다. 국내 사업장의 관리감독자 교육은 교육 시간 및 교육내용이 규정

되어 있으며, 매년 비슷한 교육내용을 이수하여 교육 효과의 문제점이 언급되고 있다. 일본의 중앙노동재해방지협회에서 운영하고 있는 직장(관리감독자)교육과정은 필수 기본과정인 ‘관리감독자가 해야 할 산업재해 예방 및 근로자에 대한 지도·감독에 관한 방법’이고, 총 5가지의 전문과정선택(위험성평가, 위험예지훈련, 산업재해 방지활동, 노동안전위생관리시스템, 부하에 대한 지도력 향상방법)을 적용하고 있다. 독일에서도 안전관리자를 양성과정 후 숙련근로자를 안전관리자로 양성하고 있으며, 총 3단계(1단계: 인턴과정 및 평가, 2단계: 6주간 집체교육, 3단계: 컴퓨터를 활용한 원격교육)의 교육과정으로 구성되어 4회의 평가를 하는 등의 방식을 적용하고 있다.

셋째, 근로자 안전보건교육 및 직무교육내용의 다양화이다. 국내 안전보건교육은 2022년 기준으로 크게 4가지로, 총 86가지의 세부 교육과정을 운영하고 있다. 2017년 기준 독일의 IAG교육센터의 교육과정을 보면 크게 5가지로 구분하여 세부 교육과정은 142개 과정으로 국내 교육과정보다 세부적이다. 영국의 영국안전협의회(BSC)는 2022년 기준으로 교육과정 48개와 영국 산업안전보건협회의 교육과정 38개를 운영하고 있다. 수적으로는 적어 보이나 다른 교육기관과의 파트너십 체결로 교육과정을 연계·운영하고 있어 국내보다 다양한 교육과정을 선택할 수 있다.

위 내용을 분석하면, 현재 우리나라의 안전보건교육은 영국, 독일, 일본에 비하여 수동적 시스템과 더불어 획일화되어있고, 실질적인 교육 효과가 미비한 교육방식을 선택하고 있는 것으로 분석되었다. 특히, 국내 안전보건강사의 교육의 체계가 부족하며, 강사들이 진행하는 교육 시스템 또한 미비한 것으로 분석되었다. 따라서 이를 보완하기 위한 교육제도 방식이 필요하다.

5. 안전보건교육 방식의 특징

교육의 방식은 강의식, 토의식, 실연법, 프로그램 학습법, 모의법, 시범법, 반복법 등 총 7개로 간단히 나눌 수 있다. 그 중 현재 안전보건교육에서 가장 많이 채택하는 교육방법은 강의식 안전보건교육방식이다.

강의식 안전보건교육방식은 한 사람의 강사를 통하여 교육을 진행하는 교육방식이다. 강의식 교육은 강사가 수업을 체계적으로 주도하여 피교육자들이 일정 체계를 따라 강의를 듣고 학습하며, 대규모로 진행하는

집단 교육에서도 교육의 효율성을 집단에게 동시다발적으로 제공할 수 있으며 교육 비용을 줄일 수 있다. 한편으로는 각 개인에게 필요한 교육내용보다는 최대다수의 피교육자들에게 동일한 교육을 진행하므로 피교육자들의 참여도는 자연스럽게 저조해질 수밖에 없다는 특징이 있다.

강의식 교육방식에서의 한계점을 보완하기 위한 교육방식으로는 실제 현장에서 사용하는 작업도구 등을 이용하여 직관적인 체험 및 실습을 할 수 있는 교육인 체험식 안전보건교육 방식이 있다. 체험식 교육방식은 피교육자가 실제로 현장에서 사용하는 작업도구 등을 체험하면서 안전보건교육을 이수하는 방식이다. 체험식 교육은 피교육자들이 직접 교육에 참여하면서 강의식 교육보다 참여도 및 교육 효능성 또한 높다. 이는 작업도구의 위험성, 현장에서 알지 못했던 위험성을 체득하게 하는 교육이며 강의식 교육에 비해 피교육자가 오랫동안 기억할 수 있다. 한편 체험식 교육방식은 강의나 교재로 이루어지는 교육보다 공간 소비가 많이 일어남에 따라 비용적인 부담이 있으며, 모든 피교육자들이 동시에 참여하기 어렵기 때문에 다수의 피교육자에게 동일한 질과 양의 교육을 전달할 수 없으며 교육간 안전사고가 발생할 수 있다는 특징이 있다.

기타 비용적 측면과 산업현장의 유연한 적용, 피교육자의 안전 확보를 위해 VR기술을 안전보건교육에 첨가한 교육방식이 VR체험식 안전보건교육 방식이다. VR체험식 안전보건교육 방식은 체험식 교육에서 발전된 모습으로, 실제 현장을 바탕으로 제작한 VR영상물에 실제 사용하는 작업도구를 영상화하여 피교육자가 VR로 구현된 현장에서의 위험성에 대한 간접체험을 할 수 있게 하는 교육방법이다. 체험식 교육보다 안전하며 장소적 한계 및 비용 문제 또한 극복 및 절감할 수 있다. 한편 VR체험식 교육은 시청각 자극만을 구현하여 실제 현장의 냄새, 화재 발생 시 열감, 습도, 분위기 등의 실제 현장의 상황을 구현하지 못한다는 특징들이 있다.

두 번 이상의 동일한 안전보건교육을 받아본 사람들은 교육참여를 꺼리는 현상에 대한 문제점을 제시하고 있다. 이러한 기존의 교육방식과 동시에 중대재해처벌법을 시행하였음에도 중대재해의 비율은 오히려 증가한 결과를 감안할 때, 근로자의 안전보건교육 참여를 높이고 효율적인 교육을 실시하기 위해 교육방식 변모의 필요성이 있다.

6. 국내건설안전 체험교육장의 현황

인정받은 안전체험교육장 28곳과 산업안전보건법 제11조 제1호에 따라 설치된 안전체험교육장 6곳의 현황을 Tables 2-3와 같이 제시하였다.

Table 2. 민간 안전체험교육 인정 현황[23]

번호	인정일	교육장명	운영기관
1	2019. 1. 14	울산안전체험관	울산광역시 소방본부
2	2019. 6. 12	옛스퍼트 안전체험장	(주)에스앤아이코퍼레이션
3	2019. 8. 23	한라시멘트 안전교육센터	한라시멘트(주)
4	2019. 10. 30	평택 안전체험교육장	한국서부발전(주) 평택발전본부
5	2019. 12. 24	LGD 파주 안전학교체험관	엘지디스플레이(주)
6	2020. 3. 5	오창공장 안전체험교육센터	(주)엘지화학
7	2020. 5. 27	안전체험교육장	한국안전체험교육
8	2020. 6. 4	LG U+ 안전체험관	(주)엘지유플러스
9	2020. 6. 4	Kt Service남부 안전체험관	(주)케이티서비스남부
10	2020. 6. 29	종합안전체험교육장	한국서부발전(주) 태안발전본부
11	2020. 7. 20	생산기술원 안전체험장	엘지전자(주)
12	2020. 8. 3	SHE체험교육관 (청주캠퍼스)	에스케이하이닉스(주)
13	2020. 9. 1	LGD 구미 안전학교체험관	엘지디스플레이(주) 구미공장
14	2020. 10. 28	롯데하이마트 VR안전체험교육장	롯데하이마트(주)
15	2020. 12. 15	하동발전본부 안전문화교육관	한국남부발전(주) 하동발전본부
16	2021. 6. 21	안전체험학교	DL이앤씨(주)
17	2021. 10. 18	한울산업안전교육장	한국수력원자력(주)
18	2021. 11. 3	SECL 안전체험관	삼성엔지니어링(주)
19	2021. 11. 10	평택환경안전체험관	삼성전자 평택캠퍼스
20	2022. 2. 21	안전문화체험관	현대건설(주)
21	2022. 4. 5	경기도국민안전체험관	소방재난본부
22	2022. 6. 29	Safety Academy	삼성물산(주)
23	2022. 8. 26	현대중공업 안전체험교육장	현대중공업
24	2023.	GS건설 안전혁신학교	지에스건설(주)
25	2023.	KEPCO 안전체험교육센터	한국전력공사 부산울산본부
26	2023.	SAIT Safety Playground	삼성전자(주) 종합기술원
27	2023.	항만안전체험관	한국항만연수원 부산연수원
28	2023.	LG마그나 안전체험교육장	엘지마그나이 파워트레인주식회사

Table 3. 최근 5년간 공단 체험교육 실적[23] (단위: 회)

구분	2018	2019	2020	2021	2022
중부	2,181	1,583	-	-	-
경남	5,668	3,216	34	-	45
호남	3,148	2,425	30	-	-
경북	10,044	7,547	-	-	-
충청	6,902	9,174	63	23	519
제천	-	4,242	232	-	1,763
합계	27,943	28,187	359	23	2,327

*충청 및 제천을 제외한 체험교육장은 전면(또는 일부) 운영중지

7. 다중감각과 인간심리

인간의 감각은 기억, 공통감각, 감각적 사고력, 상상 등 내부감각과 시각, 청각, 후각, 미각, 촉각의 오감인 외부감각으로 분류할 수 있다. 이때 내부감각과 외부감각이 통합 상호작용하는 것을 다감각 자극이라고 하며, 대부분의 인간은 동시에 여러 감각의 자극을 받고 살아간다.

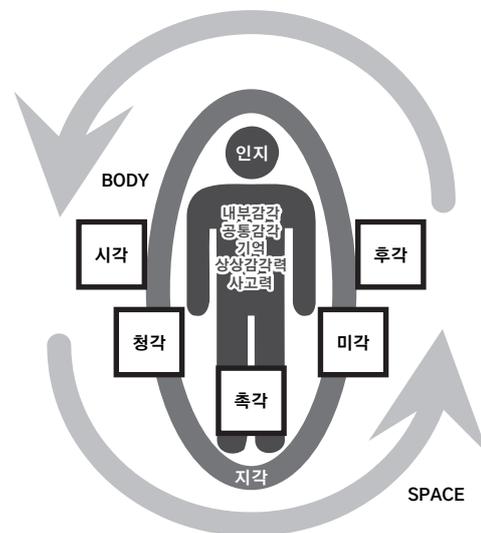


Fig. 2. 감각들의 상호교호적 작용

다중감각의 효과는 여러 가지 감각적 자극을 동시에 제공함으로써 현실감과 몰입감을 높이는 효과이다. 이를 위하여 현실 세계에서 경험하는 것과 같은 몰입감을 가상현실, 증강현실 등에서 제공하는 기술이 적용된다. 예를 들어, 가상현실에서 사람은 헤드셋을 착용하고 조작장치를 이용해 자유롭게 움직일 수 있다. 이때 사람

에게 보이는 화면, 들리는 소리, 냄새, 그리고 피부에 느껴지는 감촉 등 다양한 자극을 통해 실제로 경험하는 것과 같은 느낌을 받을 수 있다. 이렇게 다양한 감각적 자극을 통해 현실적인 몰입감을 제공하는 것이 바로 다중감각 기술이다.

기억 연구에 따르면, 다중감각 상호작용은 단일감각에 비해 물체를 더욱 잘 인식할 수 있음을 보여주며 ‘학습감각에 대한 뇌의 분화성과 통합성 뇌파연구’[8]에서는 ‘시각학습과 청각학습을 적절히 활용하는 것이 학습 준비성을 높이는데 큰 영향을 미친다’라 주장하며 이외에도 집중도와 효율성에 대한 연구가 지속적으로 나오고 있다. 다만, 사람의 심리적인 요인으로 다중감각을 활용한 교육과정 중 양립성이 모순되는 감각들을 제공을 하면 교육의 효과나 기억능력을 촉진시키지 않는다. 따라서 다중감각은 인간의 양립성을 위배하지 않는 조건 속에서 적용해야 한다.

8. 다중감각의 특징 및 활용

- (1) 현실감 증대: 다중감각은 각각의 감각을 조합하여 더욱 현실적인 경험을 제공하여 사용자가 경험하는 것이 실제와 같아지므로 현실감을 높이는데 큰 역할을 한다.
- (2) 몰입감 증대: 다중감각을 사용하여 제공되는 경험은 사용자를 더욱 깊은 수준으로 몰입시켜 경험에 대한 관심과 집중력을 높여 더욱 흥미롭고 유익한 경험을 제공할 수 있다.
- (3) 효율적인 학습: 다중감각을 활용한 교육 방법은 효율적인 학습에 도움을 준다. 시뮬레이션을 이용한 교육이나 가상현실을 이용한 학습은 실제 상황에서의 경험과 비슷하게 학습할 수 있어 더욱 효과적인 학습이 가능하다.
- (4) 안전한 학습: 다중감각을 사용하여 위험한 상황에서의 학습이 가능하다. 이를 통해 학생들이 실제로 위험을 감수하지 않고도 위험한 상황에 대처하는 방법을 익힐 수 있다.
- (5) 창의적인 예술 작품: 다중감각을 이용하여 예술 작품을 창작하는 것은 예술가들에게 창의적 자유를 부여한다. 다양한 감각적 자극을 이용하여 새로운 작품을 만들어낼 수 있다.
- (6) 의료분야에서의 활용: 의료분야에서는 가상현실과 같은 다중감각 기술을 이용하여 치료나 수

술 시뮬레이션 등을 제공할 수 있다. 이는 환자의 치료와 효과를 높이는데 큰 역할을 한다. 또한 의사나 간호사들에게 수술 시뮬레이션 등을 제공하여 교육의 효과를 높일 수 있다. 현재 다중감각은 많은 분야에서 사용이 되고 있고 활용 가능성이 높은 요소로 분류가 된다.

시민안전테마파크 3곳을 선정하여 조사한 결과에 따르면 일상생활 중 위험을 느끼는 사고의 프로그램보다는 양질의 체험프로그램이 설치된 곳에서 66.7%의 이용객들이 더 높은 만족도와 흥미를 나타내었다.

현장(안전체험교육장)에서는 흥미를 유발하기 위한 전략으로 감각적 정보(시각+촉각, 시각+청각)뿐만 아니라 다중감각 정보(3개 이상의 감각)를 이용한 프로그램 또한 지원하고 있었으며, 그 결과 체험 만족도에서도 다중감각을 지원하는 체험이 상위권(1위 화재대피체험, 2위 실내 지진 체험, 3위 소화기체험)에 나타났다. 또한 대부분의 사람들이 이미 수료한 교육은 다시 받기 꺼려한다는 선입견이 존재함에도 불구하고 체험교육의 상위권 교육은 다중감각적 교육 등에서는 더 높은 만족도를 나타냈다.

공군 제16전투비행단 등 군도 빗길 미끄러짐, 줄음운전, 과속, 무단횡단 등 대형사고로 이어질 수 있는 상황에 대하여 차량 전복체험 장비, 안전운전 체험교육 등 4D VR을 이용한 다중감각적 교육에서 만족도를 나타냈다.

9. 다중감각적 안전체험교육장의 특징

감각적 안전체험교육장은 다양한 안전 상황을 체험하고 안전보건교육을 제공하는 장소이다. 이러한 안전체험교육의 특징은 아래와 같다.

첫째, 현실적인 안전보건교육이 가능하다. 다중감각적 안전체험교육장에서는 실제 상황과 유사한 상황을 체험하고 학습할 수 있다. 이는 일반적인 교육보다 현실적이고 실제 상황에서 필요한 안전 대처 능력을 키울 수가 있다.

둘째, 참여자들의 참여도와 관심도를 높인다. 참여자들이 직접 체험하고 참여할 수 있는 활동이 많이 제공되기 때문에 참여자들의 참여도와 관심도를 높일 수 있다.

셋째, 안전보건교육의 효과를 높인다. 안전체험교육

장에서 제공되는 다양한 안전보건교육은 참여자들이 안전한 상황에서 적극적으로 대처할 수 있는 기술을 습득하고, 위험한 상황에서 적절한 대처 방법을 배울 수 있도록 도와준다.

넷째, 다중감각 체험을 통해 안전체험을 강화한다. 다중감각적 체험교육장에서는 시각, 청각, 촉각, 후각 등 다양한 감각을 동시에 자극하는 활동이 제공된다. 이러한 다중감각 체험은 안전체험을 강화하고 참여자들의 안전 의식을 높일 수 있다.

다섯째, 팀워크 강화를 할 수 있다. 안전체험교육장에서는 팀워크를 강화하는 활동도 제공한다. 이는 참여자들이 상황에 맞게 협력하여 안전 대처를 할 수 있는 능력을 키울 수 있다.

여섯째, 다중감각적 안전체험교육장은 현실적인 안전보건교육과 참여자들의 참여도와 관심도를 높이고, 효과적인 안전 대처 능력을 습득하도록 도와준다.

Table 4. A사 안전체험학교 과정별 만족도(2019년)

교과목	응답	촉각	시각	청각	후각	상호 작용
안전벨트 체험	179	강	강	중	하	강
CPR 및 AED 실습 체험	124	강	강	강	하	강
개구부 추락/난간대 전도체험	107	강	강	하	하	강
완강기 체험	91	강	강	하	하	중
밀폐공간 작업체험	85	중	강	하	하	중
비상대피 체험	84	강	중	하	하	중
장비협착체험	71	중	중	하	하	중
안전 MIND 교육	71	하	강	중	하	하
안전모/안전화 충격 체험	66	중	하	중	하	하
화재진압체험(소화기)	63	하	중	하	하	하
가설통로 VR 체험	62	중	중	하	하	하
비계설치 실습 체험	57	중	하	하	하	하
전기안전 체험	57	하	중	하	하	중
이동식 작업대 전도체험	53	하	중	하	하	하
5대 고위험 작업 VR 체험	47	하	중	하	하	하
줄걸이 작업체험	43	중	중	하	하	하
갱폼 체험	30	하	중	하	하	하
중량물 들기 체험	27	하	하	하	하	하
곤돌라 체험	26	하	하	하	하	하
KOSHA 180001	25	하	하	하	하	하
사외강의(안전인문학)	16	하	하	하	하	하
미응답	59	-	-	-	-	-

Table 4를 통해 시민안전교육뿐만 아니라 산업안전보건교육에서도 다중감각 기술이 교육의 만족도에 영향을 주고 있음이 나타난다. ‘CPR 교육’의 경우 처음 시작부터 애니를 심폐소생을 시도하고, 사람의 형태의 시각적인 요소와 사람의 구조 성공 여부를 확인하는 센서 등을 직접적으로 듣고 지켜보면서 높은 선호도를 나타낸다. 가장 만족도가 높은 것으로 나타나는 안전벨트 체험의 경우 떨어질 때의 시각적 공포와 직접 착용을 하고 체험 시 분위기적인 요소로 인해 피교육자의 입장에서 강렬한 인식을 남기고 또한 매우 높은 만족도를 보여주고 있다. 이는 사외 강의(16건)과 비교했을 때 다중감각적 요소가 결여된 교육의 경우 만족도가 매우 낮은 수치를 보여주고 있다.

10. 4D VR 동향

10.1 VR 시스템 구성요소

VR 시스템은 입력장치, 렌더링 시스템, 출력장치, 응용 소프트웨어, 3D모델링 소프트웨어로 구성되어 있다. 입력장치는 HMD, 동작인식 시스템, 기타 데이터 측정 센싱 H/W로 구성되고, 출력장치는 디스플레이 장치(HMD, 모니터, TV, 스마트기기, 프로젝터 등), 피드백 장치(햅틱 슈트, 글러브 등)로 구성된다.

10.2 몰입형 VR기기 동향

지식경제부 보도자료[22]는 3D기기·장비, 융합서비스, 콘텐츠의 국내외 시장 및 기술 동향과 산업 환경을 분석하고, 카메라, TV, 콘텐츠 등 전 분야에 걸쳐 지속 성장하는 가운데 궁극적으로 무안경 3D 방식의 기술로 진화될 것으로 전망하였다. 또한 3D 영상 시청 시 발생하는 어지러움증 등을 개선하는 기술 개발 및 대책이 시급하며, 의료, 제조 등 3D 기술응용시장에 대한 해외 선진국의 발빠른 진출을 예상하였다.

Table 5에서 VR·AR을 활용한 실감형 교육 콘텐츠를 발빠르게 적용하기 위한 세계 각국의 정책 동향을 볼 수 있다. 조사전문업체 HolonIQ에 따르면, 글로벌 교육 시장 총 지출액은 2025년 7.8조 달러, 2030년 10조 달러에 이를 것으로 예상되며, 그중에서도 VR·AR을 활용한 교육 지출은 2025년 126억 달러로 예상되고 있다.

11. 4D VR 체험교육 기술

먼저 안전보건공단 자료에서 재해를 형태별로 분류하고 몰입감을 높일 수 있는 인터랙션 분석 틀을 도출하였다(Fig. 3 참조). Fig. 5는 4D VR(다중감각)을 활용

한 안전보건교육의 방식 중 하나이다. 기존 VR 요소에 8개의 구동부(상부면, 전면, 양면, 바닥면, 바람, 음향, 열기, 미스트)로 3 m × 3 m × 3 m의 공간 내에서 시각, 청각, 후각, 촉각 등의 감각을 자극하는 형태의 4D VR(다중감각)형식의 안전보건교육 시뮬레이터이다.

Table 5. VR·AR을 활용한 실감형 교육 콘텐츠 정책 동향[24]

국가	정책	시기
한국	- 에듀테크 등 13대 해외진출 유망분야를 선정하고 각 분야에 대한 지원전략을 담은 ‘13대 유망한업지원전략’ - 교과연계 콘텐츠와 자유학기 맞춤형 진로체험 콘텐츠를 VR·AR 등 실감 콘텐츠로 30종 이상 개발하여 2020년부터 보급	2018. 11.
미국	- The National Education Technology Plan 2017 · 교육 분야에서의 기술 활용의 중요성을 강조하고, 교육을 5개 부문(학습, 교수, 리더십, 평가, 인프라)으로 나누어 각 부문에서의 기술 활용 방안을 제안 및 장려 · 학습 부문에서 ‘학습 기술의 미래’ 중 하나로 학생의 참여도와 자율성을 제고하기 위한 VR·AR 활용 방안 제안 · 현장탐사 탐구형 현장학습에 VR·AR 활용 사례 활용 방안 제시	2017
유럽	- My World 360°: 유엔의 지속가능 개발목표에 관한 세계 청소년들의 견해를 VR, 360° 영상 제작 등을 통해 표현하고 공유할 수 있도록 지원하는 스토리텔링 프로젝트 - 프랑스 교육부는 개정교과에 대해 AR을 활용한 교육에 지원의사 발표(2016년) - 중학교의 문제 해결 과정에서 혁신, 의사소통, 창의성을 촉진하는 데에 활용하는 수단으로 AR을 추천	2018. 3.
일본	- ICT화를 위한 환경정비 5개년 계획: 2020년까지 초·중·고등학생 대상, 1인 1태블릿 환경 실현, 100% 무선 LAN 인프라 구축	2018. 4.
중국	- 교육정보화 2.0 행동계획 · 3전(三全): 전체 교사와 전체 학생이 수업에서 ICT를 활용할 수 있게 하고, 전체 학교에 디지털 캠퍼스를 구축 · 2고(二高): 정보화 응용 수준을 제고하고, 교사와 학생의 정보 소양을 높임 · 1대(一大): 인터넷과 교육을 결합한 대형 플랫폼 구축	2018. 5
싱가포르	- FutureSchools@Singapore: 2015년까지 싱가포르에 15개의 기술 활용한 미래학교를 설립하는 것을 목표로 비콘 초등학교, 캔버라 초등학교, 크레스트 여자 중학교, 화중 인스티튜션, 주룽 중학교가 미래학교 프로젝트로 선정(2007. 5) - Intelligent Nation 2015 시범사업: 5개의 초등학교에서 4~6학년 학생 400명을 대상으로 사회 과목에 VR 적용 파일럿 프로젝트 실시(2017)	2017

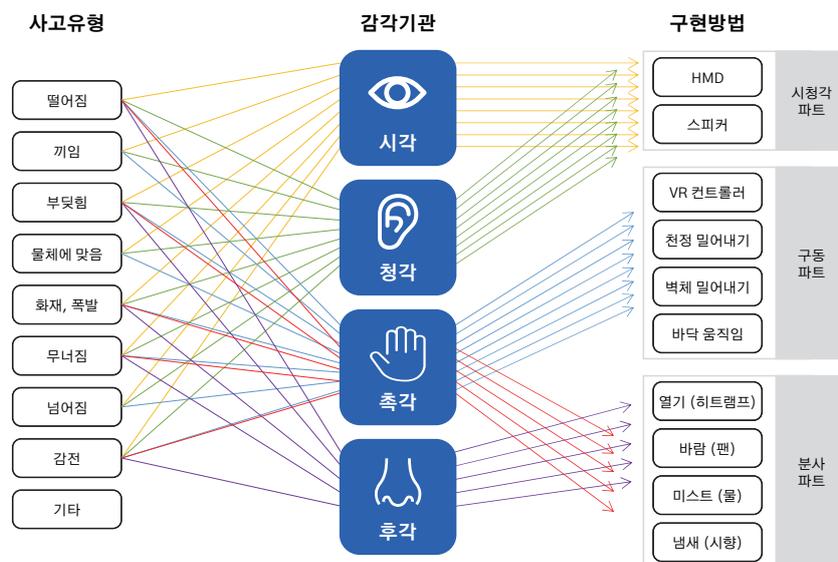


Fig. 3. 사고 형태별 감각자극 인터랙션 분석모형



Fig. 4. 4D VR(다중감각)형식의 교육시뮬레이터 장비



Fig. 5. 4D VR(다중감각)형식의 교육시뮬레이터 사용 예

이러한 4D VR(다중감각)형식의 교육은 교육자 및 피교육자들에게 높은 교육 효능성과 몰입도를 제공할 것이다. 또한 기존 실사체험교육장 및 강의교육과 비교를 했을 때 교육내용의 변경 및 수정이나, 사업장별 피교육자들의 교육내용 선택의 폭이 넓어지는 장점을 가지고 있다.

이동성의 편리 또한 장점이다. 군의 특성상 각부대로 찾아가는 안전교육이 필요하다. 장비를 일체형으로 구성함으로써 이동성을 확보하여 보다 많은 장비들에게 안전교육을 할 수 있다.

12. 결론

초등교육부터 고등교육까지 다른 교육에 비해 현재의 안전보건교육 수준은 많이 취약한 부분이 있다. 이러한 교육환경이 현재 산업현장의 근로자들에게 영향을 준다. 그렇기에 우리나라는 안전선진국에 비해 사고발생률이 높게 나타난다. 또한 영국, 독일, 일본에 비해 체계적인 안전보건강사의 교육이 부족하고 그 강사들이 교육을 실시하는 시스템이 갖추어져 있지 않다.

이러한 문제들 때문에 안전보건체험교육장의 특성상 VR을 통한 교육이 불가피한 경우가 많다. VR교육의 몰입도와 효능성을 증가시키기 위해서는 기존 시각, 청각의 위주의 VR에서 촉각, 후각이 추가된 4D형 VR 방식으로 개선이 이루어져야 한다.

안전보건교육에서 4D VR(다중감각)교육을 활용하면 근로자들에게 안전사고 예방에 대한 경각심을 높일 수 있다. 시각적인 자료를 활용하여 근로자들이 쉽게 이해할 수 있는 내용을 전달하고, 후각적인 자극과 청각적인 자극으로 근로자들의 관심을 끌어나며, 실제로 안전장비를 체험해보는 등 촉각적인 자극을 통해 근로자들로 하여금 안전사고를 경험하고 예방하는 방법을 습득시킨다. 이와 같이 다양한 감각의 자극을 통한 4D VR(다중감각)교육 방법은 근로자들의 교육성고를 높여줄 수 있기 때문에 근로자들의 기억에 오랫동안 남게 해주는 효과가 있다. 따라서 4D VR(다중감각)교육의 활용은 안전보건교육 전반에 걸쳐 근로자들의 참여도와 교육 효과를 높일 수 있는 핵심 요소이다.

4D VR(다중감각)교육은 현실적인 안전보건교육이 가능하고, 참여자들의 참여도와 관심도를 높일 수 있으며, 안전보건교육의 효과를 높일 수 있다는 장점이 있다. 또한, 다중감각 체험을 통해 안전체험을 강화하고 팀워크도 강화할 수 있다.

위와 같은 4D VR(다중감각)교육을 통해 우리나라 근로자들의 중대재해를 예방함으로써 안전선진국으로 나아가기 위해서는 앞으로도 4D VR(다중감각)안전보건교육에 대한 연구와 관심이 필요하다.

참고문헌

- [1] Won-Souk Eoh, "Comparison of Participation and Satisfaction after a Change of a Teaching Method in Safety and Health Training Courses," *Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene*, Vol. 31, No. 1, pp. 60-72, March 2021.
- [2] Kyoung-Ok Park, "Multidimensional Analyses on Effective Contents and Methods of Safety and Health Education Perceived by Safety and Health Managers at Workplace," *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 32, No. 4, pp. 89-99, August 2017.
- [3] Kyoung-Ok Park "Educational and Ecological Factors Associated with Workers' Participation to Safety and Health Education at Work: Based on the PRECEDE Model," *Journal of the Korean Society of Safety*, Vol. 31, No. 6, pp. 74-83, December 2016.

- [4] K. O. Park, "Organizational Factors Associated with Safety and Health Managers' Educational Needs in Korean Manufacturing Industry," Vol. 42, No. 1, pp. 41-52, 2016.
- [5] Jeongfid Lee et al., "Real-time Bleeding Animation for Virtual Surgery Medical Simulation" Journal of Korea Multimedia Society, Vol. 15, No. 5, pp. 644-671, May 2012.
- [6] Misun Kim and Junggyo Lee, "A Study on Healing Spatial Design Based on Multi-Sensory Stimulation Environment," Journal of Korean Institute of Spatial Design, Vol.16, No.1, pp.69-80, 2021.
- [7] Ying Hua Li, "A Study on the Improvement of the Citizen Safety Experience Hall: Focused on the Adult Education Center," Hansung University, 2012.
- [8] 안전보건공단, 산업안전보건교육에 대한 국내외 사업장의 이행실태 조사 및 현장작동성 제고방안, 2022.
- [9] Hyungkyu Kwon, "Brain laterality and whole brain EEG on the learning senses," Journal of the Korean Data And Information Science Society, Vol.26, pp.55-64, 2015.
- [10] 박현수, "건설안전 VR교육에서 VR 콘텐츠 특성과 학습자 개인특성이 학습효과에 미치는 영향," 인천대학교, 2022.
- [11] Seung Rae Jung, Hyun Jin Park, Seong Rok Chang, "A Comparative Study on the Safety and Health Education System between Korea and other Countries," Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 31, No. 5, pp. 117-123, 2016.
- [12] Ji-Young Kang, "Study on Mobile Augmented Reality Cinema Contents: Mainly with Analysis on the mobile AR Cinema 'You Were Here'," KDK Journal, No. 33, pp. 391-400, 2014.
- [13] Jang-Gook Lee, Si-wook Ryu, Sung-Koo Seo, "A Study on Necessity of Safety Education for Improving the Worker's Safety Awareness," Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 26, No. 6, pp. 90-96, 2011.
- [14] Hyo-Jin Chang and Sun-Hee Chan, Interaction Design Study of Virtual Reality Safety Education Contents, Ministry of Trade, Industry and Energy, 2020.
- [15] A. Neal and M. A. Griffin, "A Study of the Lagged Relationships Among Safety Climate, Safety Motivation, Safety Behavior, and Accidents at the Individual and Group Levels," Journal of Applied Psychology, Vol. 91, No. 4, pp. 946-953, 2006.
- [16] K. O. Park, "Organizational Factors Associated with Safety and Health Managers' Educational Needs in Korean Manufacturing Industry," Vol. 42, No. 1, pp. 41-52, 2016.
- [17] K. Moon, J. Lee and S. Oah, "The Effects of Safety Leadership of Manager and Safety Climate in the Organization on the Workers' Safety Behaviors," Journal of the Korean Society of Safety, Vol. 28, No. 2, pp. 66-72, 2013.
- [18] Konghwa Jang, Kwonchul Ha "The Effect of Occupational Safety and Health Education on Occupational Accidents," Journal of Korean Society of Occupational and Environmental Hygiene, Vol. 26, No. 1, pp. 90-98, 2016.
- [19] S.-H. Kim and M.-S. Bang, "A Study on the Investigation of Special Safety Health Training System and Countermeasures in Construction Industry," Korea Safety Management & Science, Vol. 16, No. 1, pp. 29-35, 2014.
- [20] Kyoung-Ho Choi "A Study on Technology Trend of VR Experience Contents," Journal of the Korea Entertainment Industry Association, Vol. 14, No. 8, pp. 513-523, December 2020.
- [22] 지식경제부, "지경부 문화부 방통위공동으로 "3D산업 통합기술로드맵" 수립," 2011. 1. 4., https://www.motie.go.kr/motie/ne/rt/press/bbs/bbsView.do?bbs_seq_n=65749&bbs_cd_n=16
- [23] 안전보건공단, "「안전체험교육 운영현황」 공고," 2023. 2. 9.
- [24] 범원택, 김자영, 김남주, "VR·AR을 활용한 실감형 교육 콘텐츠 정책동향 및 사례 분석," NIPA 이슈리포트 2019-15, 정보통신산업진흥원, 2019. 6. 17.