

건설 현장의 기업시민행동: 포스코 A&C의 BIM 기반 3D 시각화 콘텐츠를 활용한 안전교육 사례

구자숙¹⁾·강혜선²⁾

본 연구는 기업시민행동을 위한 노력으로서 BIM 3D 시각화 콘텐츠를 활용한 포스코 A&C의 안전 교육 사례를 소개하고, 그 효과성을 분석하였다. 포스코 A&C는 건축물에 대한 정보들을 시각화하고 디지털화해 건축 프로젝트의 이해관계자들이 정보를 보다 빠르고 효과적으로 기억하도록 만든다는 BIM 콘텐츠의 이점을 활용해 현장 작업자들을 대상으로 안전 교육을 실시하였다. 본 연구에서는 BIM 교육 대상자와 일반 근로자 간 비교 분석(t-test)을 통해 BIM 콘텐츠가 교육 경험자의 교육 만족, 안전 지식, 현장 지식을 향상시킬 뿐 아니라 작업자가 조직 내 안전 이니셔티브에 대한 높은 인식을 가질 수 있게 함을 확인했다. 또한 조직이 안전에 대해 높은 이니셔티브를 가진 것으로 작업자들이 인식할 때 안전 행동과 일 만족이 높아질 수 있으며, 이는 심리적 안전감의 매개 효과를 통한 효과임을 위계적 회귀분석을 통해 확인하였다. 기업이 바람직한 사회적 모델이 되어야 한다는 인식이 높아지는 맥락 하에서 본 연구의 결과가 국내 건설 현장의 안전성을 증진시킬 수 있는 방향을 제시함으로써 건설사의 기업시민행동을 촉진하는데 기여할 수 있을 것이라고 본다.

핵심어 : 안전 교육, 기업시민행동, 기업의 사회적 책임, 안전 행동, 심리적 안전감

* 논문투고일 : 2021년 10월 27일 논문수정완료일 : 2021년 12월 7일 논문게재확정일 : 2020년 12월 8일

1) 경희대학교 경영대학 교수, jasook@khu.ac.kr, 제1저자

2) 경희대학교 경영대학 강사, hsunk@khu.ac.kr, 교신저자

I. 서론

최근 기업이 재정적 원천인 투자자나 고객 외에도 기업 활동에 의해 영향을 받는 모든 이해 관계자에 대해 윤리적인 책임을 진다는 점이 강조되고 있다(c.f., Freeman, Harrison & Wicks, 2007). 이처럼 현대의 기업들은 제품 제공이라는 본연의 기능 외에도 사회를 구성하는 일원으로서 바람직한 역할을 수행하도록 기대되고 있다.

이에 조직 연구자들 또한 기업이 수행해야 할 바람직한 역할에 대해 다양한 논의를 수행해 오고 있으며, 그에 따라 기업의 사회적 책임, 기업시민행동 등의 용어들이 소개되어 왔다. 박세호·나인강(2013)은 기업의 윤리적, 사회적 책임과 관련한 다수의 문헌들을 검토하여 기업시민행동의 정의를 제시했다. 이들은 조직이 이윤 추구와 사회적 책임 이행을 동시에 추구하면서 이해관계자들과 함께 성장하고자 하는 정신을 가질 수 있다고 설명하며, 이를 기업시민정신(Corporate Citizenship)으로 정의했다. 또한 이러한 기업시민정신을 구체적 제도를 통해 경영 활동에 구현하는 것을 기업시민행동(Corporate Citizenship Behavior)이라 정의했다. 기업시민행동은 대외적 활동과 대내적 활동³⁾으로 구분되는데 대내적 활동에 포함되는 대표적인 영역 중 하나가 작업장 안전 관리이다. 건설 산업 내에서 근로자의 안전 및 건강을 보전하기 위해 기울이는 다양한 활동들이 그 예라고 할 수 있다.

건설 산업은 타산업에 비해 안전 재해로 인한 근로자 건강 및 안전 이슈가 많이 발생하므로 작업장 안전 관리와 관련한 노력이 더 요구된다 할 수 있다(고용노동부, 2021). 건설 산업 내 현장 근로자들은 조직 구성원이면서 동시에 사회의 구성원이므로 그들의 안전에 대한 위협은 곧 사회적 문제가 될 수 있다. 그러나 대다수의 건설 현장에서는 사고 예방 관행의 부족, 경영진의 의지 부족, 성과를 위한 안전의 희생 강조 분위기로 인한 안전 문화의 부재가 존재한다. 이는 안전에 대한 투자가 비용이므로 기업의 경쟁력에 부정적인 영향을 미친다는 일반적인 믿음의 결과라고 할 수 있다(Tang, Lee & Wong, 1997).

안전 사고와 관련된 대부분의 재정적 비용은 건설사가 부담하게 되지만 일부는 사회적 비용이기도 하다(Hinze, 2000). 산업 재해는 인적 자본을 악화시켜 거시적 차원에서 국가의 생산성과 경쟁력을 저해한다. 이에 많은 연구자들이 안전 사고 위험이 높은 건설 기업은 안전 관리를 단순한 사업적 측면을 넘어 사회적 책임 이행 및 기업시민으로의 역할의 관점에서 이해할 필요가 있다는 점을 강조해왔다.

그러나 우리 나라 건설 현장의 안전 관리 수준은 아직 개선이 필요한 실정이다. 고용노동부가 조사한 2019년도 국내 산업재해 현황에 따르면, 건설업의 요양 재해자는 27,211명(24.91%)으로, 기타의 사업 41,811명(38.27%), 제조업 29,274명(26.80%)과 함께 상위 순위

3) 대내적 기업시민행동에는 인적자원관리, 작업장 안전, 환경보호 관련 경영활동 등이 포함되고, 대외적 기업시민행동에는 일자리 창출, 인권보장이나 환경보호 등에 대한 국제적 기준 준수 등이 포함된다(Commission of The European Communities, 2001).

를 기록하고 있다(고용노동부, 2021). 이에 정부는 고용노동부, 국토교통부, 환경부 등 관계 부처 합동으로 '2021년 산재 사망사고 감소 대책'을 발표하는 등 중대재해 예방을 위한 노력을 강화하고 있다. 그러나 정부 차원의 노력이 강화되고 있음에도 불구하고, 건설 현장의 안전 의식은 여전히 매우 낮은 수준이라고 할 수 있다(장기영·양용환, 2017).

안전한 작업 현장 조성을 위해 건설 기업이 기울이는 다양한 노력 중 하나는 안전 교육이다. 많은 건설 기업들에서 작업장 안전 교육이 법적으로 의무화되며 정기적으로 실행되고 있다. 그러나 이렇게 안전 교육을 의무화, 정기화하고 있음에도 불구하고 작업장 안전 사고는 여전히 높은 비율로 발생하고 있다.

기존 건설 안전 교육이 안전 사고를 감소시키는데 기여하지 못했던 이유는 교육 콘텐츠들이 작업자에게 내용을 효과적으로 전달하기에 충분치 않은 것에 있다고 할 수 있다. 윤종만·박수용·이동형(2017)은 건설 안전 교육에 대한 실태 조사를 통해 기존 안전 교육 프로그램이 내용 및 방법 면에서 부적합한 경우가 많다는 점을 지적했다. Kirkpatrick(1994)의 학습전이 모형에 따르면, 교육을 통해 궁극적 가치를 창출하기 위해서는 먼저 교육을 통해 교육생의 지식이 높아지는 등 교육 자체의 효과성이 달성되어야 하고, 이렇게 달성된 교육 자체의 효과성이 교육생의 행동을 변화시킴으로써 궁극적인 성과 차원의 가치가 창출될 수 있다.

본 연구는 건설 기업의 기업시민행동의 한 시도로서 현장 작업자의 안전 개선에 집중한 사례를 소개하고자 한다. 해당 사례 기업은 특히 작업자의 안전 개선을 위해 안전교육의 효과성 개선에 집중했는데, 구체적으로 BIM 3D 시각화 콘텐츠를 활용하는 등 교육 기법을 적극적으로 개선했다. 해당 사례에 대해 본 연구는 Kirkpatrick(1994)의 학습전이 모형에 기반하여 분석하고자 한다. 구체적으로 BIM 기법이 적용된 안전 교육이 교육 자체의 효과성(교육 만족, 안전/현장 지식, 조직의 안전이니셔티브 인식)을 높이고, 이렇게 달성된 교육 자체의 효과성이 현장에서의 성과(작업자 안전 행동, 일 만족)를 높인다는 모형을 설정하고자 한다.

연구의 내용은 다음과 같다. 먼저 선행연구와 이론 검토를 통해 BIM 3D 시각화 콘텐츠를 활용한 안전교육이 어떻게 작업자의 안전 행동을 유발하는지 설명한다. 다음으로 해당 교육 기법이 실제로 교육 품질 및 만족도를 높였는지, 또 조직 내 안전 이니셔티브 인식이 높아졌는지, 이렇게 조직 내 안전 이니셔티브가 높아졌을 때 실제로 근로자의 안전행동이 나 일 만족이 높아질 수 있는지에 대해 실증 데이터를 통해 검증한다. 이후 분석 결과를 요약하고 시사점 및 향후 연구 방향을 제시한다.

II. 이론적 배경과 가설

1. 안전 교육 콘텐츠의 현황과 대안

일반적으로 건설 현장의 안전 교육 및 훈련은 개인 보호 장비의 올바른 사용법이나 일반적으로 빈번하게 발생하는 사고의 사례를 소개하는 자료를 기반으로 이루어진다. 건설 프로젝트별 안전 교육 자료를 개별적으로 개발하는 것은 시간과 비용이 많이 드는 작업이므로 대부분의 현장에 공통적으로 적용될 수 있는 내용으로 제작된 자료를 활용하는 경우가 많다. 이와 같은 일반적인 교육 자료들은 경제적이며 필요시 접근하기 쉽다는 장점이 있으나 교육을 받는 작업자들에게 지루하게 느껴지거나 학습 동기를 자극하기 어렵다는 단점이 있다.

관련 연구들에서는 국내 건설 현장에서 현재 이루어지는 안전 교육의 효과성이나 작업자의 교육 만족도가 높지 않다는 점을 지적해왔다. 김은정(2015)은 50억 이상의 대규모 공사가 진행되는 현장 근로자들을 대상으로 안전교육에 대한 근로자 참여 실태 및 요구도에 대한 설문문을 진행했다. 설문 분석 결과, 전체 응답자의 78.4%가 건설 재해를 줄이기 위해서는 안전 교육이 필요하다고 응답했고, 응답자의 65.8%는 효과적 안전교육이 이루어진다면 건설 재해의 60~80%가 감소될 수 있을 것이라고 응답했다. 하지만 경험한 안전 교육 내용이 실제 작업에 도움이 된다고 응답한 사람은 30.9%밖에 되지 않았다. 이러한 결과는 효과적 안전교육이 이루어진다면 재해 예방에 도움이 될 수 있으나 현재의 방식은 재해 예방에 기여하지 못하고 있다는 점을 드러내고 있다. 또한 응답자 중 64.9%가 안전 교육에 의무적으로 참여하고 있으며, 그 이유에 대해 작업과 무관한 내용, 부적절한 교육 방법, 일괄 교육의 형태 등의 이유를 들었다. 손정욱(2014) 또한 건설 안전 교육에 있어 단순한 이론 전달식의 교육보다 학습자 중심의 실무 교육이 필요하다는 점을 강조했다.

Goetsch(1993) 역시 학습의 효과성을 높이기 위해서는 학습자가 보고, 말하고, 듣는 행위를 적극적으로 수행하면서 교육 과정에 참여한다는 느낌을 가지는 것이 중요하다고 강조했다. Kim(2012)은 교육 훈련 시 현장 안전 위험에 대해 특히 작업 장소, 작업 유형, 위험 유형 등에 대해 적합하게 제공될 수 있도록 초점을 맞춰야 한다고 주장했다.

일부 연구자들은 기존 교육 방식의 한계를 극복하기 위해 학습자의 관심을 불러일으키고 학습 품질을 향상시킬 수 있는 대안적인 교육 방법을 탐색하였다. 대안적 안전 교육 방법으로 제안된 것은 가상 현실을 사용한 안전 교육, 비디오 게임 형식을 적용한 교육, 시뮬레이션을 활용한 교육 등을 들 수 있다(Jin & Nakayama, 2014). 이런 교육 툴의 공통적 특징은 시각화 정보를 활용하고 있다는 점과 작업이 진행되는 현장 정보를 기반으로 제작되었다는 점이다. 이러한 대안적 안전 교육의 또 하나의 예로 BIM 3D 시각화 자료를 들 수 있다.

BIM(Building Information Modeling)은 건축가 Jerry Laiserin이 3차원, 객체 지향, 아키텍처, 엔지니어링, 건축 설계에 적용되는 특정한 유형의 CAD를 설명하기 위해 처음 만든 용어이다(Davis, 2003). BIM은 건물을 건축하는 과정에서 필요한 여러 정보들을 시각화하고 디지털화해서 통합한 정보 모델이라고 할 수 있다. BIM을 활용함으로써 가상의 건설 현장의 생성이 용이해졌고, 이렇게 생성된 가상 건설 현장의 모습은 설계, 시공, 관리 등 건축의 전 단계에서 효율적이고 효과적인 시행이 가능하도록 만들어주고 있다(He et al., 2017).

기존에도 건축 과정에서는 시각화 정보를 사용했지만 일반적으로 도면에 근거한, 즉 2차원의 정보를 사용했다. BIM은 3차원 시각화 정보를 사용한다는 것이 이전의 방식과 가지는 가장 큰 차이이다. Kiviniemi, Sulankivi, Kähkönen, Mäkelä & Merivirta(2011)은 BIM을 사용하면 건축의 다양한 공정에서 학제 간 교류가 용이해질 수 있다고 밝혔다. 그들은 건축 프로젝트는 구조 엔지니어와 건설 관리자가 정기적으로 상호 작용하여 시공 가능성, 일정 및 비용과 관련된 정보를 공유하는 반복적인 프로세스라고 설명하며, BIM의 시각적 형식은 건축 프로젝트의 이해관계자들이 정보를 보다 빠르게 이해할 수 있도록 만들어 줄 수 있다고 강조했다.

3차원으로 시각화하여 건축물을 표현한다는 장점 외에도 정보의 관리 면에서도 효율적이라고 할 수 있다. BIM 정보를 중앙에 저장하고 관리함으로써 프로젝트 정보를 데이터베이스화할 수 있기 때문이다. 이를 통해 기업은 과거 프로젝트에 대한 정보를 보유하고 필요시 활용할 수 있게 된다. 또한 디지털 정보이므로 업데이트나 접근이 빠르고 다중의 이해 관계자가 동시에 검토할 수 있다는 점도 장점이라고 할 수 있다.

2. BIM 기반 3D 시각화 콘텐츠 안전 교육 실행 사례

포스코 A&C는 포스코 그룹 내 글로벌인프라 부문에 속한 종합건축서비스를 제공하는 계열사이다. 1970년 설립되어, 공공청사/주거시설/산업시설 등 다양한 건축물에 대해 건축 설계, 시공, CM을 담당해왔다. 포스코 A&C는 최근 안전 사고율을 감소시키고, 작업 효율성을 개선하고자 현장 작업자들을 대상으로 하는 작업 및 안전 교육을 개선하였다. 안전 교육의 품질을 높이고자 기존 건축 설계 및 관리에 활용되던 BIM 3D 시각화 콘텐츠를 현장 작업자 교육에 적용하여 교육 효과성을 개선한 것이다.

통상 일반적 건설 현장에서 진행되는 교육은 그것이 일간, 주간 등 정기 교육이든, 비정기 특별 교육이든 주로 시청각 교육을 활용하고 있다. 이 때 주로 활용되는 시청각 교육 자료는 통상 산업안전보건공단 등에서 제공하는 기초 자료들을 통해 제작되곤 한다. 산업안전보건공단 등 특정 기관에서 일괄적으로 제공하는 자료들은 전체 건설 현장에서 공통적으로 적용될 수 있는 사항을 담아야 하므로 전달하고자 하는 위험 요소에 대한 일반적

이고 보편적인 방식으로 제작될 수 밖에 없다. 그러므로 이러한 교육 자료를 접하는 교육 대상자들은 천편일률적인 내용이라는 인식을 가지게 되기 쉽다.

포스코 A&C에서 안전 교육에 BIM 정보를 처음 활용한 것은 2020년이였다. 2020년 6월 18일, 포항 제철소의 소결 공정 중 발생하는 유해한 질소산화물(Nox)을 제거하기 위한 설비를 설치하는 현장에서 여과 장치와 연결하는 대형 가스수공관(지름 6m)을 설치하는 작업에 대해 BIM 적용 안전 교육이 실시되었으며, 약 17분 정도의 영상 자료를 활용하여 안전보건 교육 담당자가 교육을 실시하였다.

해당 교육은 당일 실시할 대형 가스수송관 조립, 운반, 설치(높이 40m) 공정에서의 안전 위험 요소 및 예방법과 비계(높은 곳에서 공사를 할 수 있도록 임시로 설치한 가설물)와 같은 안전시설물과 관련한 안전 주의사항을 전달하는 것을 주요 목표로 하고 있었다. 그리하여 이런 내용을 전달하기 위해 가스관 설비의 조립 및 설치 작업을 가스관과 안전시설물의 형상, 공사 장비(크레인, 지게차 등) 움직임을 함께 실제 현장과 똑같이 3차원으로 시각화 하여 설치 과정과 완성된 모습을 미리 살펴볼 수 있도록 한 것이다.

본 작업 현장에서 실시한 BIM 3D 시각화 교육을 받은 작업자들은 실제 작업 현장의 모습을 재현한 자료를 보며 평소보다 높은 관심과 집중도를 보였다. 해당 교육을 진행했던 보건 안전 교육자는 다음과 같이 말했다.

“작업자들이 실제 현장을 3차원 모델화한 자료를 보니 마치 현장 같은 느낌이 들었다는 반응이었다. 이러한 교육은 미래 작업 관련한 잠재 사고 요인을 보다 잘 인식할 수 있게 하는데 도움이 될 것이라고 생각한다.”

〈그림 1〉 BIM 교육 예시: 포항 제철소의 소결 Nox 제거 설비



BIM 3D 시각화 자료를 활용하면 작업자들에게 보다 생생하게 필요 안전 지식을 전달할 수 있을 것이라는 가능성을 확인한 포스코 A&C는 다른 현장들에 대해서도 BIM 교육을 계획했다. 이에 2020년 12월 18일, 포항 제철소 내 용융 아연 도금 강판 제품의 생산라인 구축을 위한 토목공사 작업에 대해 BIM 안전 교육을 실시하였다. 또한 2021년 5월 4일에는 용융 아연 강판 도금에 사용되는 신규 설비(Main Pot) 설치 작업에 대해 BIM 안전 교육을 실시하였다. 각 교육 모두 10 여분 정도의 BIM 3D 시각화 자료를 활용하여 안전보건 교육 담당자가 교육을 실시하는 형태로 진행되었다.

구체적으로 2020년 12월 18일에 실시한 생산라인 구축 현장의 토목공사 작업에 대한 교육은 공사 과정에 내포된 위험 요소와 예방법을 전달하는 것을 목표로 제작되었고, 이를 위해 공사가 이루어지는 전 과정을 3D 시각화 자료로 제시하였다.

또한 2021년 5월 4일 실시한 용융 아연 강판 도금에 사용되는 신규 설비 작업 관련 교육에서는 당일 실시할 작업 시 안전 주의사항 및 위험 요소를 전달하고자 하는 것을 주요 목표로 하였고, 이를 위해 설비 설치의 세부 작업 각각과 안전시설물(비계, 안전난간대 등) 설치 구조를 3차원 시각화 자료를 활용해 교육 영상을 제작하고 교육을 실시하였다.

현재까지 BIM 기반 3D 시각화 안전 콘텐츠는 현재 포스코 A&C가 관리하고 있는 현장 내 고위험 공정에 대해서만 적용되었다. 그러나 포스코 A&C는 향후 현재까지 축적해온 BIM 정보를 포스코 그룹 내 영역(제철소 건설 및 포스코 건설사 내 시공 프로젝트)과 나아가 산업 내 다른 기업에까지 확대하여 제공하고자 계획하고 있다. 예를 들어, 상대적으로 산업 재해 빈도가 높은 조업 및 정비(O&M: Operation & Maintenance) 영역은 작업의 반복성이 높다는 특성을 지니므로 BIM 기술을 적용하기 적합한 영역이라 할 수 있다.

이처럼 적용이 용이한 다른 영역에 대한 안전 콘텐츠 제작에 BIM 기술을 활용한다면 건설 현장의 효과적 안전 관리의 범위를 넓힐 수 있을 것이다. 실제로 현재 포스코건설 SC(Smart Construction)그룹에서 자사의 안전 콘텐츠를 BIM 시각화하고자 라이브러리 구축을 문의해온 상태이며 이에 3D 시각화 안전 라이브러리(가칭)를 구축하고자 논의가 진행 중이다.

3. BIM 기반 3D 시각화 콘텐츠 교육의 효과

다수의 건축 프로젝트에서 이미 BIM 시각화 및 분석 기술을 활용하여 건축 과정 상의 이해관계자들 간의 소통에 활용하고 있다. 그러나 포스코의 사례처럼 BIM을 현장 작업자와의 소통에 활용하는 경우는 많지 않았다(Mourgues & Fischer, 2008). 그러나 BIM이 구현한 가상의 3차원 환경이 실제 건축 시공에 참여하는 현장 작업자와 공유된다면 이는 작업 품질 뿐 아니라 작업 시 발생할 수 있는 잠재 위험 인식에도 도움을 줄 수 있다.

교육 품질을 판단할 때는 지식의 전달과 전달된 지식의 현장 적용 모두를 도울 수 있는

지를 살펴볼 필요가 있다(Blume, Ford, Baldwin & Huang, 2010). BIM의 가장 중요한 특징은 3차원 시각화와 디지털화된 현장 정보를 활용한다는 것이다. 이러한 특징은 새로운 지식의 전달을 보다 용이하게 할 뿐 아니라 습득된 지식을 실제 작업 장면에서 활용하는 데에도 도움이 된다.

3D 모델은 3가지 차원을 통해 깊이, 높이 및 너비에 대한 정보를 시각적으로 전달할 수 있다. 그러므로 BIM의 3D 인터페이스를 기반으로 한 교육 프로그램은 작업자가 건설 프로세스에 대해 보다 포괄적으로 이해할 수 있도록 한다. Ilirizarry, Meadati, Barham & Akhnoukh(2012)은 건설업의 교육 효과성 연구를 통해 건물 시스템 구성 요소에 대해 공간적 관계를 시각화할 수 있는 경우와 그렇지 못하는 경우 건설 현장에 대한 이해에 있어서 큰 차이가 있을 수 있음을 지적했다. Oikun(2003)는 건축 과정을 시각화하면 완성된 형태의 건물에 대한 개념화 및 이해도를 높여줄 수 있다고 밝혔다. 그는 가상의 3D 모델을 활용하는 형태인 BIM은 비록 현장 특성을 물리적으로 전달하지는 못하지만 2D 모델에 비해 상대적으로 전체 건축 프로세스나 완성된 건축물에 대한 이해도를 크게 향상시킨다고 설명했다. 이처럼 BIM의 현장의 3D 시각화 특징은 작업자들이 건물 시스템의 구성 요소나 기하학적 관계를 학습하는데 효과적이며 이에 건물 구조에 대해 개념적으로 생각하는 역량을 높여줄 수 있다.

또한 BIM은 실제 현장의 정보를 기반으로 구성된다는 특징을 가진다. 작업 현장을 가상으로 그대로 재현한 자료를 통해 작업자는 위험에 처하지 않고 현재 작업 환경에 내재된 위험을 경험할 수 있다. BIM은 실제로 작업이 진행되는 현장의 정보를 반영하고 있으므로 작업자들은 해당 위험 요소를 보다 실제적인 것으로 받아들여지게 되고, 이는 예방 조치에 관한 설명에 대한 보다 높은 집중으로 이어질 수 있다.

뿐만 아니라 BIM은 현장 상황을 디지털화하여 재현하고 있기 때문에 시뮬레이션이 가능하다는 장점도 가지게 된다. 현장의 공사 진행 과정을 시뮬레이션하면서 근로자는 위험에 대한 노출 없이 특정 행동의 결과를 탐색할 수 있게 된다. 또한 모듈식 설계를 통해 작업장 상황 변화에 따른 가상 현장을 쉽게 구성할 수 있다. 이에 아직 진행되지 않은 작업에 대해서도 가상으로 현장을 구성할 수 있고 이를 통해 전체적인 시각의 학습도 가능하게 된다. 뿐만 아니라 필요시 화면의 회전을 통해 모든 각도에서 관찰할 수 있도록 한다. 이는 이처럼 BIM은 3D 시각화, 현장 기반, 디지털 정보라는 특징을 통해 건설 현장의 안전 교육 품질 향상에 기여할 수 있을 것이라 기대할 수 있다.

이에 더하여 지식의 습득과 현장 적용이 보다 용이하도록 안전 교육을 개선하는 것은 작업장 전반에 안전을 우선시하는 안전 분위기를 형성하는 데에도 도움이 된다. Abdullah & Abd Aziz(2020)는 안전에 대한 규칙이나 선언이 작업자가 관찰할 수 있는 수준으로 구체화되었을 때 조직이 안전을 최우선으로 여긴다는 인식이 높아질 수 있다고 설명했다.

본 연구는 이러한 선행 연구와 사례를 토대로 BIM 기반 3D 시각화 콘텐츠를 적용한

안전교육은 일반적 안전교육과 비교해 교육 관련 성과(교육 만족도, 관련 지식, 조직 안전 이니셔티브에 대한 인식)에 긍정적 효과가 있을 것을 가정하고 다음과 같은 가설을 도출하였다.

- 가설 1. BIM 교육 대상 작업자의 안전 교육 만족도(현장 반영성, 교육 적합성, 능동성, 즐거움, 필요성, 전반적 만족)는 BIM 교육 비대상 작업자에 비해 높을 것이다.
- 가설 2. BIM 교육 대상 작업자의 안전 교육 성과(안전 지식, 현장 지식)는 BIM 교육 비대상 작업자에 비해 높을 것이다.
- 가설 3. BIM 교육 대상 작업자가 지각하는 조직의 안전 이니셔티브 수준은 BIM 교육 비대상 작업자에 비해 높을 것이다.

이렇게 교육 방식을 보다 효과적으로 바꾸게 되면 근로자의 안전 행동이 높아질 수 있다. Lewin(1951)은 장 이론(Field Theory)을 통해 개인의 행동의 중요한 결정요인의 하나로 환경을 소개하며, 조직 내 기후 혹은 분위기가 조직 내 개인의 행동을 가이드한다고 설명했다. Cavazza & Serpe(2009)은 작업장 안전 수준이 안전 교육이나 안전 규정 뿐 아니라 경영진의 의지와 유의미하게 관련되어 있다는 것을 밝혔다. 또한 Schwatka, Hecker & Goldenhar(2016)은 안전 프로그램을 철저히 실시하는 등 작업장 안전에 대해 경영진이 실질적인 노력을 기울일 때 안전 위험에 대한 작업자들의 인식이 높아지고 안전하게 작업하려는 의도가 높아질 수 있다고 설명했다. 이처럼 많은 연구에서 안전에 대한 조직의 태도를 조직의 안전 분위기의 하위 요소 중 하나로 제안하고 있다(Zohar, 2003; Seo, Torabi, Blair & Ellis 2004).

구체적으로 경영진이 작업자 안전을 중시한다는 것 자체가 보살핌의 메시지를 전달할 수 있다. 이는 근로자의 일 만족을 높여줄 뿐만 아니라 조직지원인식을 형성하여 조직과의 심리적 계약관계를 형성한다(Perera, 2019; Ayim, 2005). 그러한 상황에서 조직이 강조하는 가치에 대한 근로자의 몰입이 높아지면서 안전 행동이 증가하게 된다. 또한 조직이 안전을 강조한다는 신호를 전달하면 근로자들은 안전 추구 행동이 중요하다는 인식을 형성하게 되고, 안전 추구 행동에 대해 높은 동기를 가질 수 있다(Michael, Evans, Jansen & Haight, 2005).

이에 더하여 조직의 안전 이니셔티브와 근로자 안전 행동 간 관계는 근로자의 심리적 안전감을 통해 설명될 수 있다. Ely & Meyerson(2010)은 해양 석유 플랫폼의 작업 현장을 들어 심리적 안전감의 변화가 근로자의 안전 행동에 영향을 미친다는 것을 설명했다. 구체적으로 연구자들은 조직이 안전 이니셔티브를 강조하면서 적극적으로 실수를 드러내지 못했던 기존의 작업 팀 분위기가 변화했고, 이것이 근로자의 적극적 안전행동으로 이어질 수 있었음을 보였다. 실제로 많은 건설 현장에서 정해진 공사 일정 준수가 중요한 성과

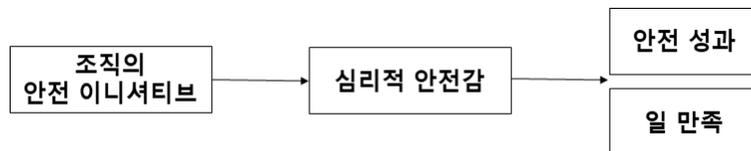
규범으로 형성되어 있다. 그리고 실수나 오류가 발생했을 때 이를 적극적으로 드러내고 작업팀 수준에서 논의하는 것이 공사의 빠른 진행을 방해하는 것으로 인식되곤 한다. 다시 말해, 많은 건설 현장에서는 작업팀 내에서 실수나 무지를 드러내고 적극적으로 조치를 구해도 좋다는 심리적 안전감이 높게 형성되어 있지 않은 경우가 많다는 것이다.

그러나 작업장 안전에 있어서는 오류나 실수를 드러내는 것이 매우 중요하다. 실제로 많은 연구에서 작업 현장의 사고의 원인 중 하나로 작업 중 발생하는 오류를 감추는 현상을 지적하고 있다(Cigularov, Chen & Rosecrance, 2010; Zou & Sunindijo, 2013). 그러므로 작업 맥락에서 안전감이 높은 분위기가 형성되어 있다면 안전을 추구하는 행동이 보다 쉽게 나타날 수 있으며, 이는 작업장 안전 수준을 높이는 데 도움이 될 수 있다. 이에 본 연구는 심리적 안전감이 높은 작업 분위기는 작업자의 안전 추구 행동이 촉진될 수 있는 특별한 맥락이 되어 준다고 보고 다음과 같이 가정한다.

가설 4. 조직의 안전 이니셔티브에 대한 작업자 인식은 (a)안전 행동과 (b)일 만족에 정의 영향을 미친다.

가설 5. 조직의 안전 이니셔티브에 대한 작업자 인식과 (a)안전 행동과, (b)일 만족간의 관계는 심리적 안전감을 통해 매개된다.

〈그림 2〉 연구모형



III. 연구방법

1. 표본

본 연구는 현장 안전보건 담당자 및 현장 관리자를 대상으로 실시한 서면 인터뷰를 실시하여 사전적으로 현장 작업 맥락을 파악하였다. 그리고 해당 내용을 바탕으로 작업자 설문조사를 설계하였다. 가설 검증을 위한 자료 수집은 현장 작업자 219명(BIM 실시 현장 작업자 57명, 일반 현장 작업자 162명)을 대상으로 이루어졌으며, 불성실 응답 4개를 제외한 최종 분석 대상의 인구통계학적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 변수의 측정

본 연구는 안전 행동 및 안전 사고와 관련 있다고 여겨지는 성별, 나이, 해당 직무에 대한 전체 경력, 현 작업장에서의 경력, 지금까지 작업장 내 사고 경험 횟수를 측정하여 통제 변인으로 포함하였다. 본 연구는 모든 변수에 대해 리커트 5점 척도(1 = 전혀 그렇지 않다, 5 = 매우 그렇다)로 측정하였으며, 각 변수에 대한 측정 항목들은 건설 현장 혹은 안전 교육 특성에 맞도록 수정되었다.

(1) 안전 교육 효과성 관련 변수(교육 만족도, 지식, 조직의 안전 이니셔티브 인식)

먼저, 안전 교육에 대한 만족도를 측정하기 위해서 Ahn과 동료들(2020)이 사용한 측정 항목을 사용했다. 교육의 현장 반영 여부, 현장에 대한 교육 적합성, 능동적 학습 여부, 필요성, 즐거움 여부에 대해 각각 측정하였다. 사용된 문항의 예는 “교육이 실제 현장을 현실적으로 반영하고 있다.”와 “교육이 교육생의 관심을 자극한다.” 등과 같다. 이와 더불어 교육에 대한 전반적 만족도 또한 측정하였다. Wanous et al.(1997)이 만족도를 단일 항목으로 측정하여도 수용가능하다고 밝힌 바에 따라 교육 만족도는 “전반적으로 만족스러운 교육이었다.”의 항목으로 측정하였다.

다음으로 작업자들의 일반적 지식 정도는 안전 지식과 현장 지식에 대해 측정하였다. 먼저 안전 지식은 Vinodkumar & Bhasi(2010)의 5개 항목을 사용하여 측정했다. 측정 항목의 예는 “나는 안전한 방식으로 업무를 수행하는 방법을 알고 있다”, “나는 내 업무와 관련된 위험과 예방 조치를 알고 있다”, “직장에서 잠재적인 위험이 발견되면 무엇을 해야 하며 누구에게 보고해야 하는지 알고 있다” 등과 같다. 현장 지식은 Hald(2018)의 현장 지식 척도 중 2개 항목을 사용하였으며, 측정 항목의 예는 ‘내가 일하는 현장에서 만들어지는 건물에 대해 알고 있다.’ 등과 같다.

마지막으로 조직의 안전 이니셔티브 인식에 대해서는 경영진의 안전 중시에 대한 작업자 인식으로 측정했으며, Vinodkumar & Bhasi(2010)의 7개 항목을 사용했다. 측정 항목의 예는 “경영진은 안전을 최우선으로 생각한다”, “경영진은 생산성만큼 안전을 중요하게 생각한다” 등과 같다.

〈표 1〉 전체 응답자의 인구통계학적 특성

항 목	분류	명	비율(%)
BIM 교육 여부	BIM 교육 대상자	55	25.6
	일반교육 대상자	160	74.4
경력	10년 미만	59	27.4
	11년~30년 미만	141	65.6
	30년~50년 미만	15	7.0
연령	20대	6	2.8
	30대	17	7.9
	40대	64	29.8
	50대	89	41.4
	60대	38	17.7
	70대	1	0.5
성별	남	204	94.9
	여	11	5.1
전체		215	100

(2) 심리적 안전감과 결과 변수(안전 행동, 일 만족)

본 연구는 조직 내 안전 이니셔티브 인식이 성과에 미치는 영향에 대해 심리적 안전감이 매개할 것으로 가정했다. 이를 검증하기 위해 Edmondson(1999)의 심리적 안전 척도에서 3개의 항목이 사용되었다. 측정 항목의 예는 “우리 작업팀에서는 업무상 실수를 해도 크게 비판받지 않는다”, “우리 작업팀은 문제나 어려움을 제기하기 쉬운 분위기이다.” 등과 같다.

결과 변수는 근로자 안전 행동, 일 만족에 대해 측정하였으며, 측정 도구는 다음과 같다. 먼저 근로자 안전 행동은 Neal & Griffin(2006)의 안전 준수 행동 척도에서 3개 항목을 사용하였다. 측정 문항의 예는 “나는 작업 수행을 위해 올바른 안전 절차를 사용한다”, “나는 작업할 때 가장 높은 수준으로 안전을 확인한다.” 등과 같다. 근로자의 일 만족도는 Zoghbi(2011)의 과업 만족도 척도에서 2개 항목을 사용하였다. 측정 문항의 예는 “이 현장에서 하는 일은 흥미롭다”와 같다.

3. 분석 방법

본 연구에서는 BIM 적용 교육이 일반 안전 교육에 비해 높은 교육 효과성을 가진다는

것에 대한 가설 1, 2, 3을 확인하기 위해 독립 표본 t-test를 실시하였다. 다음으로 조직의 안전이니셔티브에 대한 작업자 인식이 근로자 안전 행동과 일 만족을 높이며, 이 관계는 심리적 안전감을 통해 매개된다는 가설 4, 5를 확인하기 위해 위계적 회귀분석을 실시하였다. 매개효과 분석은 Baron & Kenny(1986)⁴⁾의 매개효과 검증 방법을 따랐다.

IV. 연구 결과

1. 기초 분석

가설을 검증하기에 앞서 회귀분석을 실시할 변인들에 대하여 요인분석, 상관관계 분석을 실시하였다. 먼저, 요인분석을 실시하여 조직의 안전 이니셔티브 인식에서 적합도가 떨어지는 2개 문항을 최종 분석에서 제외하였고, 심리적 안전감은 3개 항목에서 1개 항목이 제외되었다. 구체적 결과는 <표 2>와 같다. 다음으로 항목 간 변인 간 상관 관계를 확인하였으며, 구체적 결과는 <표 3>과 같다.

<표 2> 요인분석 결과

요 인		1	2	3	4
조직의 안전 이니셔티브	1	.818			
	2	.863			
	3	.846			
	4	.795			
	5	.821			
심리적 안전감	1		.651		
	2		.697		
안전 행동	1			.836	
	2			.776	
	3			.785	
일 만족	1				.823
	2				.848

4) 해당 방법은 총 3단계를 거치며 다음과 같다. 1단계에서는 독립변인이 매개효과에 미치는 영향이 유의미해야 한다. 2단계에서는 독립변인이 결과변인에 미치는 영향이 유의미해야 한다. 3단계에서는 독립변인과 매개변인이 결과변인에 미치는 영향을 동시에 살펴보았을 때, 독립변인의 효과가 줄어들거나 유의미하지 않으며 매개변인의 효과는 유의미해야 한다.

〈표 3〉 변수의 평균, 표준편차와 상관관계

	평균	표준편차	1	2	3
1. 조직 안전이니셔티브	3.78	0.92	1		
2. 심리적 안전감	3.77	0.85	.634**	1	
3. 안전 행동	4.07	0.87	.658**	.701**	1
4. 일 만족	3.64	0.87	.525**	.685**	.617**

** $p < .01$, * $p < .05$

2. 가설 검증

본 연구의 가설 1, 2, 3은 BIM 교육 대상자와 일반 안전 교육 대상자 간 안전 교육에 대한 품질 인식, 교육 성과, 안전 이니셔티브에 대한 인식 차이에 관한 것이다. 가설 확인을 위해 독립 표본 t-test를 실시한 결과, 전반적으로 BIM 교육 대상자의 응답이 일반 교육 대상자에 비해 유의미하게 높은 것으로 나타났다.

구체적으로 BIM 교육 현장의 작업자들이 응답한 교육의 현장 반영성은 0.83점, 현장 적합성은 0.99점, 능동적 학습은 0.94점, 즐거움은 1.51점, 필요사항 충족은 1.12점, 교육 만족도는 0.97점이 높은 것으로 나타났다. 또한 BIM 교육 대상자의 일반적 안전 지식 수준은 일반 교육 대상자에 비해 0.19점, 현장 지식은 0.32점이 높은 것으로 나타났다. 또 경영진이 안전을 우선한다고 생각되는 정도 또한 BIM 교육 경험자가 0.29점 높게 인식하는 것으로 나타났다. 이에 가설 1, 2, 3은 지지되었다. 구체적인 분석 결과는 <표 4>와 같다.

〈표 4〉 BIM 대상자와 일반 작업자 간 응답 비교

종속변수	집단 (55명/160명)	평균	표준편차	t
가설 1. BIM 교육 대상 작업자의 안전 교육 만족도는 BIM 교육 비대상 작업자에 비해 높을 것이다.				
현장 반영 여부	BIM 교육 대상자	4.43	0.77	5.735***
	일반 교육 대상자	3.60	0.95	
현장 적합성	BIM 교육 대상자	4.57	0.69	8.302***
	일반 교육 대상자	3.58	0.91	
능동적 학습	BIM 교육 대상자	4.57	0.69	7.615***
	일반 교육 대상자	3.63	0.99	
즐거움	BIM 교육 대상자	4.58	0.69	8.857***
	일반 교육 대상자	3.51	0.95	
필요사항	BIM 교육 대상자	4.60	0.66	9.415***
	일반 교육 대상자	3.48	0.99	

종속변수	집단 (55명/160명)	평균	표준편차	t
교육 만족	BIM 교육 대상자	4.58	0.65	8.212***
	일반 교육 대상자	3.61	0.98	
가설 2. BIM 교육 대상 작업자의 안전 교육 성과는 BIM 교육 비대상 작업자에 비해 높을 것이다.				
안전 지식	BIM 교육 대상자	4.17	0.50	2.022*
	일반 교육 대상자	3.98	0.87	
현장 지식	BIM 교육 대상자	4.14	0.67	2.414*
	일반 교육 대상자	3.82	0.92	
가설 3. BIM 교육 대상 작업자가 지각하는 조직의 안전 이니셔티브 수준은 BIM 교육 비대상 작업자에 비해 높을 것이다.				
안전 이니셔티브	BIM 현장 작업자	3.99	0.74	2.252*
	일반 교육 대상자	3.70	0.97	

** $p < .01$, * $p < .05$ 수준에서 유의(양측검정)

본 연구는 또한 이러한 과정에 대한 구체적인 메커니즘을 확인해보고자 추가 모형 검증을 실시했다. 구체적으로 효과성 높은 교육 실행으로 작업자가 조직이 안전에 높은 이니셔티브를 가진다고 인식할 경우 작업자 안전 행동 및 일 만족이 높아지는지, 그리고 어떤 매커니즘으로 그런 효과가 발생하는지에 대한 가설을 설정하였다. 관련 문헌 탐색을 통해 심리적 안전감이 주요한 매개 역할을 한다고 가정하고 이를 확인하고자 위계적 회귀분석을 실시하였다. 구체적 분석 결과는 <표 5>, <표 6>과 같다.

<표 5> 다중회귀분석 결과: 안전 행동에 대한 영향

독립변수	종속변수		안전 행동					
	심리적 안전감		모형 1		모형 2		모형 3	
	β	T	β	T	β	t	β	t
전체 직업 경력	-.130	-1.379	-.132	-1.402	-.112	-0.534	-.050	-.800
작업장 경력	-.166	-2.133	.086	1.097	.057	.931	.163	3.047
성별	.099	1.316	.078	1.030	.034	.569	.006	.122
나이	.067	.679	-.053	-.540	-.031	-.400	-.074	-1.134
사고 경험	-.002	-.031	.050	.672	.147	2.510	.092	1.812
조직 안전 이니셔티브	.655**	11.568			.631**	10.821	.279**	4.236
심리적 안전감							.538**	8.129
F값	24.794		1.741		21.930**		35.269**	
R^2	.440		.047		.411		.571	
ΔR^2					.364		.160	

** $p < .01$, * $p < .05$ 수준에서 유의(양측검정)

〈표 6〉 다중회귀분석 결과: 일 만족에 대한 영향

독립변수	증속변수		일 만족					
			모형 1		모형 2		모형 3	
	β	T	β	t	β	t		
전체 직업 경력	-.033	-.341	-.016	-.205	.047	.704		
작업장 경력	-.135	-1.712	-.163	-2.558	-.052	-.922		
성별	.090	1.183	.047	.768	.018	.342		
나이	.030	.302	.049	.610	.000	.001		
사고 경험	.043	.572	.136	2.224	.080	1.511		
조직 안전 이니셔티브			.598**	9.796	.228**	3.295		
심리적 안전감					.565**	8.134		
F값	1.041		17.328**		29.833**			
R ²	.029		.373		.545			
ΔR^2			.344		.172			

** $p < .01$, * $p < .05$ 수준에서 유의(양측검정)

먼저, 독립변인이 결과변인에 미치는 영향을 살펴보면, 조직의 안전이니셔티브에 대한 작업자 인식은 안전행동(.631**), 일 만족(.598**)에 모두 유의미한 정의 관계를 가지는 것으로 나타났다.

다음으로 매개효과 검증을 위한 분석을 실시하였다. 먼저, 인구통계학 변인을 통제한 후 독립변인이 매개변인에 미치는 영향을 각각 살펴보았다. 경영진 안전 이니셔티브에 대한 인식은 심리적 안전성에 유의미한 정의 관계(.655**)를 가지는 것으로 나타났다. 매개변인의 효과를 살펴보기 위해 증속변수에 경영진 안전 이니셔티브와 심리적 안전성을 함께 투입하자 경영진 안전 이니셔티브가 가졌던 회귀계수 값이 낮아지거나 유의미성이 사라지면서 매개 효과가 있는 것으로 나타났다. 구체적으로 조직의 안전 이니셔티브에 대한 인식이 안전 행동에 미치는 효과는 심리적 안전감이 함께 투입되자 영향력이 감소했다(.631**->.279**). 또한 증속변수 일 만족에 대한 조직의 안전 이니셔티브 인식의 영향 또한 심리적 안전감이 함께 투입되자 영향력이 감소했다(.598**->.228**). 이러한 결과를 통해 가설 4, 5는 지지되었음을 알 수 있다.

V. 결 론

최근 기업의 경영 활동과 사회적 이슈 간 관련성이 적지 않다는 점이 지적되면서 기업이 법적 기준을 준수할 뿐만 아니라 좋은 사회 모델이 되어야 한다는 인식이 높아지고 있다(Sharp & Zaidman, 2010). 이에 환경, 지역사회와 더불어 내부 구성원에 대한 기업의 책임에 있어서도 인식이 변화하고 있다. 과거에는 인권, 차별, 성희롱, 임금 등의 영역에 대한 책임만이 다루어졌으나, 최근에는 근로자들의 안전과 건강 관리까지도 기업의 책임 범위 안에 들어오고 있다(Hecker, Gambatese & Weinstein, 2005).

본 연구는 건설 현장의 안전 교육 개선을 통해 현장 작업자의 안전을 향상한 사례를 소개하고, 사례에서 사용된 BIM 콘텐츠 기반 안전 교육의 효과를 분석하였다. 특히 Kirkpatrick (1994)의 학습전이 모형에 기반하여, 효과적 기법이 적용된 안전 교육이 교육 관련 성과(교육 만족도, 관련 지식, 조직 안전이니셔티브에 대한 인식)를 높이고, 이는 다시 근로자 행동 및 태도 관련 결과(근로자 안전 행동과 일 만족)를 향상시킬 수 있음을 가정하고 분석하였다. 분석 결과, BIM 콘텐츠 기반 안전교육은 교육 자체의 성과를 높일 뿐 아니라, 작업장 안전을 향상하려는 조직의 노력으로 인식되어 작업자에게 심리적 안전감을 형성하고 이를 통해 작업자 안전 행동과 일 만족을 높인다는 것을 확인하였다.

작업장 안전과 관련한 기존 연구들은 대체로 안전 교육과 규칙 등의 조직의 환경적 측면의 영향을 분석하고 있으나, 보다 구체적으로 그러한 환경 조성을 통해 작업자의 안전 동기가 어떻게 발현되는지를 드러내는 것 또한 매우 중요하다(Vinodkumar & Bhasi, 2010). 본 연구는 작업자의 안전 행동은 실수를 드러낼 수 있다는 심리적 안전감을 통해 발현될 수 있음을 확인함으로써 안전 관련 관행이 어떻게 안전 행동으로 이어지는지를 보였다. 또한 위험을 아웃소싱하지 않는 것이 건설사로서의 기업시민행동의 핵심적인 부분이라는 점을 고려하여 건설 현장 작업자에게 적용할 수 있는 구체적인 안전 교육 콘텐츠의 내용과 효과성을 제시하고 있다는 면에서 기업시민경영을 실천하고자 하는 기업들이 참고할 만한 실무적 시사점을 제공하고 있다.

본 사례처럼 기업이 작업장 단위에서 안전을 위한 노력을 기울이는 것은 조직 내 근로자이면서 동시에 사회 구성원이기도 한 작업자들의 안전을 지키는 시도이며, 정부가 할 수 없는 영역인 실질 현장에서의 실천이다. 특히 작업장 안전 개선을 위해 조직이 가장 쉽게 접근할 수 있는 영역이 안전 교육의 개선일 수 있다. 많은 건설 현장에서는 필수적으로 안전 교육을 위한 시간을 할애해야 한다. 다만 현재는 시행되는 교육의 효과성에 대한 고민 없이 관행적으로 시행하고 있는 경우가 많아 이를 통한 안전 달성이 이루어지지 못하고 있다. 이러한 실정을 고려할 때, 작업장 안전을 위한 적극적 노력을 안전 교육의 개선에서 시작하는 것은 매우 좋은 시도라고 할 수 있으며, 본 연구는 이를 위한 구체적 방법과 영향 매커니즘을 드러내고 있다는 면에서 시사점을 가진다고 할 수 있을 것이다.

다만 BIM 교육의 효과성 분석을 위한 자료 수집을 포스코라는 단일 조직의 현장에 대해서만 실시한 점은 본 연구의 한계라 할 수 있다. 비록 다중의 현장으로부터 자료를 수집함으로써 단일 현장의 효과는 통제하고자 하였으나 자료를 수집한 모든 현장이 포스코라는 조직의 소속이므로 해당 영향이 없다고 볼 수는 없을 것이다. 이에 작업자 안전 행동의 영향요인을 밝히고자 하는 향후 연구에서는 조직의 효과를 통제할 수 있도록 다양한 조직에 소속된 현장 작업자의 자료를 사용할 필요가 있다.

[참고 문헌]

- 고용노동부. (2021). 『2019년 산업재해현황 분석』.
- 김은정. (2015). 건설근로자의 안전교육 참여 실태 및 요구도 조사. 『대한건축학회연합논문집』, 17(6), 203-210.
- 박세호·나인강. (2013). 기업시민행동이 인적자원성과와 기업성공에 미치는 영향. 『인적자원관리연구』, 20(4), 1-18.
- 손정욱. (2014). 가상현실기술을 이용한 학습자중심의 건설안전 교육방법 개발. 『Journal of the Korea Institute of Building Construction』, 14(1).
- 윤종만·박수용·이동형. (2017). 건설안전보건교육의 실태와 개선방안. 『예술인문사회융합멀티미디어 논문지』, 7, 569-576.
- 장기영·양용환. (2017). VR (가상현실) 기술을 활용한 건설안전 교육 혁신. 『대한토목학회지』, 65(12), 84-87.
- Abdullah, K. H., & Abd Aziz, F. S. (2020). Safety Behaviour in the Laboratory among University Students. *The Journal of Behavioral Science*, 15(3), 51-65.
- Ayim Gyekye, S. (2005). Workers' perceptions of workplace safety and job satisfaction. *International Journal of occupational safety and ergonomics*, 11(3), 291-302.
- Baarts, C. (2009). Collective individualism: the informal and emergent dynamics of practising safety in a high risk work environment. *Construction management and economics*, 27(10), 949-957.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator-mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of personality and social psychology*, 51(6), 1173.
- Blume, B. D., Ford, J. K., Baldwin, T. T., & Huang, J. L. (2010). Transfer of training: A meta-analytic review. *Journal of management*, 36(4), 1065-1105.
- Camplin, J. C. (2011). Aligning Safety & Social Responsibility: Safety as a Value-Add to Corporate Stakeholders. *Professional Safety*, 56(5), 46-55.
- Cavazza, N., & Serpe, A. (2009). Effects of safety climate on safety norm violations: exploring the mediating role of attitudinal ambivalence toward personal protective equipment. *Journal of safety research*, 40(4), 277-283.
- Cigularov, K. P., Chen, P. Y., & Rosecrance, J. (2010). The effects of error management climate and safety communication on safety: A multi-level study. *Accident analysis & prevention*, 42(5), 1498-1506.
- Commission of The European Communities. (2001). *Green Paper: Promoting a European Framework for Corporate Social Responsibility*. Brussels.
- Davis, D. (2003). BIM (Building Information Modeling) Update. The American Institute of Architects.
- Edmondson, A. (1999). Psychological safety and learning behavior in work teams. *Administrative*

- science quarterly*, 44(2), 350-383.
- Ely, R. J., & Meyerson, D. E. (2010). An organizational approach to undoing gender: The unlikely case of offshore oil platforms. *Research in organizational behavior*, 30, 3-34.
- Freeman, R. E., Harrison, J. S., & Wicks, A. C. (2007). *Managing for Stakeholders: Reputation, Survival and Success*. New Haven, CT: Yale University Press.
- Goetsch, D. L. (1993). *Industrial safety and health in the age of high technology for technologists, engineers, and managers*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Hald, K. S. (2018). Social influence and safe behavior in manufacturing. *Safety science*, 109, 1-11.
- He, Q., Wang, G., Luo, L., Shi, Q., Xie, J., & Meng, X. (2017). Mapping the managerial areas of Building Information Modeling (BIM) using scientometric analysis. *International journal of project management*, 35(4), 670-685.
- Hecker, S., Gambatese, J., & Weinstein, M. (2005). Designing for worker safety. *Professional safety*, 50(9), 32.
- Hinze, J. (2000). The need for academia to address construction site safety through design. In *Construction Congress VI: Building Together for a Better Tomorrow in an Increasingly Complex World* (1189-1195).
- Irizarry, J., Meadati, P., Barham, W. S., & Akhnoukh, A. (2012). Exploring applications of building information modeling for enhancing visualization and information access in engineering and construction education environments. *International Journal of Construction Education and Research*, 8(2), 119-145.
- Jin, G., & Nakayama, S. (2014). Virtual reality game for safety education. In *2014 International Conference on Audio, Language and Image Processing* (95-100).
- Jones, P., Comfort, D., & Hillier, D. (2006). Corporate social responsibility and the UK construction industry. *Journal of Corporate Real Estate*.
- Kim, J. L. (2012). Use of BIM for effective visualization teaching approach in construction education. *Journal of professional issues in engineering education and practice*, 138(3), 214-223.
- Kirkpatrick, D. L. (1994). *Evaluating Training Programs: The Four Levels*. San Francisco, CA: Berrett-Koehler.
- Kiviniemi, M., Sulankivi, K., Kähkönen, K., Mäkelä, T., & Merivirta, M. L. (2011). *BIM-based safety management and communication for building construction*. Finland: VTT.
- Lewin, K. (1951). *Field theory in social sciences*. New York: Harper & Row.
- Loosemore, M., & Lim, B. T. H. (2017). Linking corporate social responsibility and organizational performance in the construction industry. *Construction management and economics*, 35(3), 90-105.
- Loosemore, M., & Malouf, N. (2019). Safety training and positive safety attitude formation in the Australian construction industry. *Safety science*, 113, 233-243.
- Michael, J. H., Evans, D. D., Jansen, K. J., & Haight, J. M. (2005). Management commitment to

- safety as organizational support: Relationships with non-safety outcomes in wood manufacturing employees. *Journal of safety research*, 36(2), 171-179.
- Mourgues, C., & Fischer, M. (2008). A work instruction template for cast-in-place concrete construction laborers. *Stanford University. Working Paper*, 109. Center for Integrated Facility Engineering.
- Neal, A., & Griffin, M. A. (2006). 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*, 91(4), 946.
- Olkun, S. (2003). Making connections: Improving spatial abilities with engineering drawing activities. *International journal of mathematics teaching and learning*, 3(1), 1-10.
- Perera, G. D. N. (2019). Occupational health and safety practice and job performance: Role of job satisfaction. *Journal of Human Resource Management*, 9(1).
- Schwatka, N. V., Hecker, S., & Goldenhar, L. M. (2016). Defining and measuring safety climate: a review of the construction industry literature. *Annals of occupational hygiene*, 60(5), 537-550.
- Seo, D. C., Torabi, M. R., Blair, E. H., & Ellis, N. T. (2004). A cross-validation of safety climate scale using confirmatory factor analytic approach. *Journal of safety research*, 35(4), 427-445.
- Sharp, Z., & Zaidman, N. (2010). Strategization of CSR. *Journal of business ethics*, 93(1), 51-71.
- Tang, S. L., Lee, H. K., & Wong, K. (1997). Safety cost optimization of building projects in Hong Kong. *Construction Management and Economics*, 15(2), 177-186.
- Vinodkumar, M. N., & Bhasi, M. (2010). Safety management practices and safety behaviour: Assessing the mediating role of safety knowledge and motivation. *Accident Analysis & Prevention*, 42(6), 2082-2093.
- Wanous, J. P., Reichers, A. E., & Hudy, M. J. (1997). Overall job satisfaction: how good are single-item measures? *Journal of applied Psychology*, 82(2), 247.
- Zanko, M., & Dawson, P. (2012). Occupational health and safety management in organizations: A review. *International Journal of Management Reviews*, 14(3), 328-344.
- Zoghbi Manrique de Lara, P. (2011). Whether task satisfaction mediates the effect of fair procedures on citizenship. *International Journal of Organizational Analysis*.
- Zohar, D. (2003). Safety climate: Conceptual and measurement issues. In J. C. Quick & L. E. Tetrick (Eds.), *Handbook of occupational health psychology* (123-142). Washington, DC: American Psychological Association.
- Zou, P. X., & Sunindijo, R. Y. (2013). Skills for managing safety risk, implementing safety task, and developing positive safety climate in construction project. *Automation in Construction*, 34, 92-100.

Organizational Citizenship Behavior: A Case Study of Construction Site Safety Training using POSCO A&C's BIM-based 3D Visualization

Jasook Koo* · Hyesun Kang**

This study introduces POSCO A&C's safety training program and analyzes its effectiveness. POSCO A&C conducts safety training for field workers using 3D BIM visualization. The BIM process generates and manages the digital representation of the physical and functional characteristics of buildings, which can help stakeholders understand relevant information more effectively. This study finds that the BIM content-based training program not only heightens participants' satisfaction with their base of knowledge and their training, but also increases workers' awareness of the commitment to safety of their organization. In addition, when workers perceive that the organization puts a high priority on safety initiatives, safety-conscious behavior can spread and job satisfaction can increase, and this is an effect of their psychological awareness of safety issues. This study's main contribution is to demonstrate a mechanism whereby safety-related practices lead to safety-conscious behavior through a sense of psychological safety.

Key words: Safety training, corporate citizenship behavior, CSR, safety behavior, psychological safety

* Professor, School of Business, Kyung Hee University, jasook@khu.ac.kr, First Author

** Lecturer, School of Business, Kyung Hee University, hsunk@khu.ac.kr, Corresponding Author

■ 저자 소개

구자숙(Jasook Koo) 하버드대학에서 심리학 전공으로 박사학위를 취득하였고, 현재 경희대학교 경영대학의 교수로 재직 중이다. 여성리더십, 자발적 직무 변화(job crafting), 조직행동 등에 관한 연구를 수행하고 있으며, 인사조직연구, 조직과 인사관리연구, Journal of personality and social psychology, Journal of conflict resolution 등의 학술지에 논문을 게재했다.

강혜선(Hyesun Kang) 경희대학교에서 인사조직 전공으로 박사학위를 취득하고 현재 경희대학교 경영대학에서 강의하고 있다. 근로생활의 질(QWL), 일터혁신, 일가정 양립(WLB), 여성리더십, 조직행동 연구들을 수행해왔다. 그동안 「인사조직연구」, 「조직과 인사관리연구」, 「윤리경영연구」 등의 학술지에 여러 편의 논문을 게재했다.