

# 가상현실기술을 이용한 학습자중심의 건설안전 교육방법 개발

## Development of a Student-Centered Learning Tool for Construction Safety Education in a Virtual Reality Environment

손 정 욱\*

Son, JeongWook\*

Department of Architectural Engineering, Ewha Womans University, SeoDaeMoon-Gu, Seoul, 120-750, Korea

### Abstract

To meet changing education needs due to globalization, interdisciplinary convergence, and ICT development, it is necessary for engineering disciplines to provide student-centered education. Not only do teaching methods using ICT reproduce teaching contents in a digital format, but they are also expected to be effective media for constructive student-centered learning whereby learners build knowledge themselves. The aim of this study was to develop a tool for safety education using virtual reality technology. To achieve the objectives, the author defined the requirements and constraints of the tool, and implemented a 3D educational tool in a virtual reality environment. A pilot test with 10 students showed positive results.

Keywords : safety management, safety education, student-centered learning, virtual reality

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 배경

최근 교육환경의 급격한 변화에도 불구하고, 교육현장에서의 공학교육 및 건설교육은 전통적인 교육방법에서 크게 벗어나지 못하고 있다[1]. 세계화, 학문융합, 정보통신기술의 발전, 무한경쟁 등으로 설명되는 시대의 변화에 맞추어 대학에서는 창의적이고 새로운 변화를 창출할 수 있는 차세대 인재를 육성해야 한다. 그러나 아직도 교육 현장에서는 문서와 시청각 자료 등을 이용한 일방향적인 강의식수업과 따라하기 식의 실험교육과 같은 전통적인 교육 방법에 의존하고 있다.

사회적 요구를 만족하는 경쟁력 있는 공학교육을 위해서는

학습자 중심의 교육환경으로 변화가 요구된다. 학습자 중심 교육은 학습자의 능동적 학습, 학습자 주도의 학습프로그램, 협동적 집단활동, 학습 환경의 통합, 자신의 교육적 진보에 대한 학습자의 책무성을 포함하는 넓은 의미의 학습방법의 접근이다. 교수자중심 교육이 교수자에 의한 지식의 전달에 목적이 있다면, 학습자 중심의 교육에서는 학습자의 교육적 요구만족에 관심을 둔다[2]. 학습자 중심의 교육은 최근 급속한 컴퓨터 기술발전과 함께 탄생한 새로운 세대에 대해 그 필요성이 더욱 강조된다. N세대(Net Generation) 또는 M세대(Mobile Generation)라는 말로 대변되는 현재의 학생들에게 효과적인 교육을 위해서는 학습자에 대한 깊은 이해와 적합한 교육방법의 개발이 필요하다.

학습자 중심의 교육목표를 달성하기 위한 수단으로 정보통신기술을 활용한 방법들이 시도되고 있다. 학습자 중심교육을 위한 정보통신기술의 활용목적은 단순한 정보통신기술의 기능적 활용 측면뿐만 아니라, 기존의 교육방법을 개선하는 혁신적인 교육법[3]을 가능하게 하는 방법적인 측면을 포함한다. 교육 분야에서 정보통신기술의 초기 활용은 학습에 필요한 정보를 검색·수집·분석·중

Received : September 5, 2013

Revision received : October 31, 2013

Accepted : November 5, 2013

\* Corresponding author : Son, JeongWook

[Tel: 82-2-3277-3577, E-mail: jwson@ewha.ac.kr]

©2014 The Korea Institute of Building Construction, All rights reserved.

합하고, 온라인을 통해 학습활동에 필요한 지원을 제공하는 등과 같은 기존의 교육내용과 과정을 정보통신기술을 사용해 재생산해내는 데에 그쳤다. 정보통신기술 기반의 학습방법의 진정한 효용은 교수자의 입장에서 교육내용과 방법을 디지털형식으로 재생산하는 것이 아닌, 학습자가 스스로 학습과정에서 이를 통해 지식을 구성해 나갈 때 발휘된다[4].

대학에서의 건설안전 교육도 전통적인 교육방법이 주를 이루며, 정보통신기술의 활용은 교수자 중심의 교육내용과 방법을 재생산하는데 중점을 두고 있다. 최근 정보통신기술을 활용한 다양한 건설안전관리기술 및 교육방법이 개발되었다. 건설안전교육을 위해서는 기존의 문서와 시청각자료를 이용한 이론수업보다 체험위주의 교육과 실무중심의 교육이 더 효과적이다[5]. 가상현실환경 등과 같은 정보통신기술을 활용하여 학습자위주의 체험형 교육기술을 개발하는 것이 필요하다.

## 1.2 연구의 목적, 범위 및 방법

본 연구의 목적은 대학에서 건설안전 교육을 위해 사용할 수 있는 학습자중심 학습도구를 개발하는 것이다. 가상현실환경을 구현할 수 있는 3D엔진을 사용하여 학교에서 안전교육용으로 사용할 수 있는 학습도구를 개발한다. 이를 위해 문헌조사를 통하여 건설안전교육의 내용과 방법에 대해서 알아본다. 이를 바탕으로 학습도구를 구현하는 데 필요한 요소와 제한사항을 파악하고, 학습도구의 구성요소를 설계한다. 설계된 구성요소들은 컴퓨터그래픽 소프트웨어를 통해 제작되며, 3D엔진을 사용하여 가상현실환경 속에 구현된다. 완성된 학습도구는 학생들을 대상으로 테스트한다 (Figure. 1).

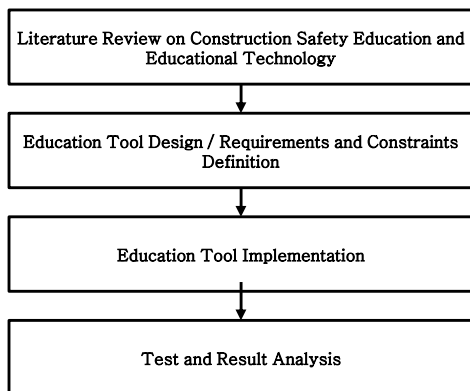


Figure. 1. Research Flow Diagram

## 2. 기존연구의 고찰

### 2.1 학습자중심 교육방법

학습자중심 교육방법은 교수자 위주의 교육내용과 방법에서 벗어나 학습자의 입장에 맞추어 교육을 진행하는 방법을 말한다. 학습자중심 교육은 학습자의 필요, 능력, 관심, 학습스타일에 초점을 맞추어 진행되며, 교수자는 학습과정의 조력자로서 참여하게 된다. 학습자는 학습과정에서 수동적인 역할을 하는 기존의 교육방법에서와는 달리 스스로 수업내용과 방법을 결정하고 결과를 평가에 참여하게 된다.

학습자중심 교육의 이론적 기초는 구성주의적 교육관점에서 찾을 수 있다. 구성주의적 교육관점에서는 지식을 외부에서 주어지는 것을 그대로 받아들이는 것이 아닌, 학습자 스스로가 지식을 받아들이는 인지의 주체가 외부에서 주어지는 지식을 나름대로 해석하고 의미를 부여하며 소화하고 이해하는 것으로 본다[2].

### 2.2 학습자중심 교육을 위한 정보통신기술의 활용

최근 정보통신기술의 발달은 학습자가 스스로 학습에 대하여 주도적인 역할을 하고 능동적으로 학습할 수 있는 학습자중심 교육환경구성을 위한 기반을 제공하고 있다 [6]. 정보통신기술을 활용한 교육방법은 다양한 방법을 사용하여 학습자로 하여금 스스로 현상을 이해하는 과정을 가지는 것을 가능하게 한다. 디지털형태의 매체를 활용하여 학습내용을 전달할 뿐만 아니라, 학습자와의 상호작용을 통해 학습자 스스로 학습과정을 구성·진행·평가하게 된다.

학습자중심 교육을 위한 정보통신기술의 활용은 다양한 분야에서 시도되었다. Lee[7]은 정보통신기술을 활용한 구성주의적 음악감상 학습방법을 설계하였다. Dani[8]는 공학분야의 생산관리수업에서 컴퓨터시뮬레이션 기법을 활용하여 학습자중심의 수업을 진행하였다. 저자는 수업매체로서 멀티미디어를 활용한 수업자료, 현장방문과 강의를 사용하였다. 학생들은 기본적인 개념에 대한 강의를 수강한 후에, 현장방문·토론 등을 통해서 컴퓨터시뮬레이션을 개발하게 되며, 교수자의 도움과 토론을 통해 결과를 분석하고 모델을 개선해 나가며 스스로 문제해결능력을 배양하게 된다.

건설분야에서도 본격적으로 학습자중심 교육을 목표로 삼지는 않았지만, 정보통신기술을 교육과정에 활용하려는 시도가 있어왔다. Kim[9]은 체험실습형 건축공학교육을 위해 인터넷상의 가상현실환경을 이용하여 설계·시공·설비·환경 분야에 활용할 수 있는 통합교육시스템을 개발하였다. Demos et al.[10]은 교수자위주로 이루어지는 건설교육의 한계점에 대해서 지적하고, 학습자중심의 교육을 위해 멀티미디어를 활용한 사례분석 학습방법을 개발하였다. Ku and Kaikwat[11]는 온라인 가상현실환경인 Second Life를 활용하여 건설관리교육 보조 도구로 사용할 수 있는 가상공간을 구축하였다. 그래픽 소프트웨어를 사용해서 제작한 3D객체들을 Second Life 환경 속에 불러들여 비계작업, 타워크레인작업 등에 대한 시각적인 교육자료로 활용하였다.

### 3. 학습자중심 건설안전교육 시스템 개발

건설안전재해로 인한 경제적·사회적 피해가 매우 크에도 불구하고, 학교 교육과정에서 안전교육은 제대로 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 건설안전교육은 주로 건설현장에서 작업자들을 대상으로 이루어지며, 형식적으로 이루어지는 안전교육은 내용과 방법에 있어 효율적이지 못하다. 건설안전교육은 주로 문서와 시청각자료를 이용한 안전관련 규정 및 안전재해사례의 설명 등으로 구성되어 진행되는데, 작업과 상관없는 교육내용과 계층별·직종별 등 개인적 특성을 무시한 일괄교육, 강의식 위주의 교육방법은 작업자의 적극적인 참여를 유도하지 못하고 있다[12].

최근 정보통신기술의 발전에 힘입어 이를 건설안전교육에 활용하려는 시도가 활발히 이루어지고 있다. Geon[13]는 BIM기반의 3D모델을 증강현실과 연계하여 비계설치·해체 작업 중 발생하는 재해유발요인에 대해 예방교육하기 위한 시스템을 제안하였다. Kim[14]은 안전재해 발생비율이 높은 골조 공사를 대상으로 스마트폰을 이용한 안전관리 애플리케이션의 기초 모델을 제시하였다. Kwon[15]은 안전관리자의 교육용 콘텐츠 및 근로자의 자기주도형 안전교육용으로 사용할 수 있는 교육용 키오스크 시스템 제안한 바 있다. 본 연구에서는 가상현실환경 기반의 건설안전 교육도구를 개발하였다. 개발된

건설안전 교육도구는 학교교육 및 건설현장에서 모두 사용할 수 있도록 설계되었으며, 학습자가 가상공간에서 직접 현장을 경험하고 건설안전과 관련된 내용들을 학습하는 것을 의도하였다.

#### 3.1 요구사항분석

Sherif and Mekkwawi[16]에 의해서 제안된 바를 기초로 해서 다음과 같은 학습효과를 기대할 수 있도록 설계하였다:

- 1) 현실감: 학습자들이 가상건설현장을 경험하면서 작업환경에 익숙해 질 수 있다. 건설현장에 대한 경험이 없는 학습자에게는 작업현장에 대한 간접경험을 제공함으로써 낮은 작업환경에 의해 발생할 수 있는 안전재해를 예방하는 효과가 있다. 경험이 있는 학습자에게도 빈번히 작업장을 이동하는 건설작업의 특성상 가상공간에서 향후 작업할 환경에 대한 경험은 재해예방에 도움이 될 수 있다.
- 2) 능동적 학습: 교수자에 의해 사전에 정의된 학습과정을 따르는 대신 학습자 스스로 학습과정을 결정하고 성과를 평가할 수 있도록 한다. 가상의 건설현장에서 안전에 관련된 문제점들을 발견하는 과정에서 능동적으로 안전관련 지식을 습득하게 되며, 평가시스템을 도입하여 학습자들 간의 경쟁을 통한 학습의 욕구취 효과를 의도하였다.
- 3) 상호작용: 학습자는 시스템과의 지속적인 상호작용을 통해 학습과정을 진행하게 된다. 학습자의 결정과 입력에 따라 시스템은 다른 방향으로 진행되며, 피드백시스템을 통하여 학습자 스스로 학습과정을 진단할 수 있도록 한다.
- 4) 다양한 학습매체 제공: 안전재해가 발생하는 현실속의 상황과 유사한 간접경험을 통한 명확한 이해가 가능하다. 동적인 작업 중에 발생하는 안전재해는 사진과 문서를 활용한 간접적인 교육방법으로는 명확한 이해를 얻기가 어려운 경우가 많다. 실제와 유사한 가상환경 속에서의 학습은 실제로 경험한 것과 유사한 효과를 줄 수 있다.
- 5) 예측불가능성: 학습자들은 시스템에 구현된 다양한 요소들을 미리 정해지지 않은 방법으로 접하게 된다. 시스템을 실행할 때 마다 학습자간의 결정에 따라 만나게 되는 요소들이 달라지며 이에 따른 학습

Table 1. List of safety violations

| Level  | Safety Violations  |
|--------|--|
| Low    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Holes on the floors without covers</li> <li>Hammer rests on the edge of the scaffold</li> <li>Uncap rebar</li> <li>Trench - over 4' deep with no protection systems in place</li> <li>No perimeter cables along the perimeter steel columns</li> <li>Scaffold missing guard rails and toe boards</li> <li>Worker on the ladder reaching too far</li> <li>No guardrails around stairwell</li> <li>Missing hardhat when standing underneath scaffolds</li> </ul>  |
| Medium | <ul style="list-style-type: none"> <li>Carrying a tool by the cord</li> <li>Carrying lumber w/o gloves</li> <li>Missing safety glasses when using nail guns</li> <li>Electrical - distance between the crane and the power line is &lt; 10'</li> <li>Personnel inside the swing radius of a crane</li> <li>Cement truck backing onto a worker</li> <li>Worker standing underneath the (moving) hoisted loads</li> <li>Worker climbing scaffold bracings</li> <li>Nails remaining on lumber</li> <li>Workers on aerial lifts without fall protection</li> <li>Trench-spoil pile too close to the trench, no means of egress/access, equip working right at the edge, working outside the trench box</li> <li>Using bump hat (instead of hardhat)</li> <li>Workers wearing athlete shoes</li> <li>Man using jackhammer w/o hearing protection</li> <li>More than one person on a ladder at one time</li> <li>Elevated concrete pouring bucket on top of employees</li> </ul> |
| High   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Ladder not set at a 4-to-1 angle</li> <li>Using the stepladder to gain access to upper levels</li> <li>Step ladders on top of scaffolds</li> <li>Material storage - stacking pipes in racks facing main aisles</li> <li>Material storage - inside buildings under construction shall not be placed within 6' of any hoist way or 10' of an exterior wall</li> <li>Steel columns w/ only 2 anchor bolts on the bottom</li> <li>Workers standing on buckets to reach for high objects</li> <li>Workers on walkways exposed to opening with extreme hazardous conditions w/o guardrails</li> <li>Trench - means of egress/access over 25' of reach, ladder not extending 3' above the trench box, trench box too low</li> </ul>  |

양상도 다르게 진행된다.

- 6) 학습자 성과평가: 학습자는 학습과정에서 자신의 학습성과를 다양한 방법을 통해 모니터링 할 수 있고, 타 학습자와의 비교를 통해서도 상대적인 성과를 알 수 있다.
- 7) 즐거움: 학습자들에게 쉽고 친숙한 3D 게임의 형태로 시스템을 개발하여, 학습자들이 자연스럽게 학습을 진행하도록 한다. 이를 통해 학습자 스스로의 학습을 통해 안전교육에 대한 흥미를 유발하고 안전 의식을 고취한다.

## 3.2 설계 및 구현

### 3.2.1 시나리오

학습자는 시스템 내에서 안전관리자의 역할을 수행하게 된다. 가상공간 내의 건설현장을 돌아다니며 정해진 시간동안 모든 잠재적인 안전재해 발생요인을 발견해야 한다. 학습자는 현장작업에 관한 도면, 공정표, 작업일람표 등에 대한 정보를 바탕으로 잠재적인 안전재해 발생요인을 찾게 된다. 학습자가 발생요인을 발견하게 되면 요

인과 관련된 규정, 부가적인 설명, 사례 등이 제시되어 학습에 도움을 주며, 해당하는 점수를 획득하게 된다. 부가적인 설명은 재해요인의 특성에 따라 텍스트, 사진, 동영상 등의 다양한 형태로 제공되며, 점수는 발생요인의 난이도에 따라 차등적으로 부여된다. 학습자는 안전지식의 수준에 따라 다른 레벨에서 게임을 진행할 수 있다. 게임이 끝나면 학습자는 획득한 점수를 바탕으로 성과를 평가하게 된다.

### 3.2.2 안전규정

시스템 내에 안전재해 발생요인으로 구현된 안전규정들이 Table 1에 제시되었다. 안전규정들은 미국 워싱턴주 노동산업부의 안전교육지침을 바탕으로 구성되었다. 안전규정들은 인지하는데 필요한 안전관련 지식의 단계에 따라 세 단계(낮음, 중간, 높음)로 구분되었다. 낮은 단계의 안전규정을 발견하기 위해서는 일반적인 수준의 안전관련 지식만을 요구하며, 높은 단계의 안전규정을 발견하기 위해서는 건설작업에 전문화된 높은 수준의 지식이 요구된다. 하위레벨의 게임에서는 인지하기 쉬운 낮은 단계의 재해요인들이 포함되어 있으며, 상위레벨로 갈수록

록 높은 단계의 재해요인들이 포함되어 있다.

### 3.2.3 실행순서

게임의 실행순서는 학습자들의 편의를 위해 여타 3D 게임들과 유사하게 설계되었다. 시스템이 초기화되면 학습자는 가상공간 내의 아바타(안전관리자의 역할을 하는 캐릭터)의 시선을 따라 현장을 돌아다니며 점검한다. 점검 과정에서 잠재적인 안전재해 발생요인이 발견하게 되면, 마우스 포인터를 이용해 해당 요인에 해당하는 구성요소를 클릭한다. 구성요소가 안전재해 발생요인을 포함하고 있으면, 피드백 정보가 제공되며 설정된 점수를 획득하게 된다. 학습자에 의해 현장 내의 모든 안전재해 발생요인이 찾아지거나, 정해진 시간이 초과되면 종료된다.

### 3.3 구현

게임은 Torque SDK (Software Development Kit)에서 Torque 3D Engine을 사용하여 제작되었다. Torque 3D Engine은 본 시스템을 구현하는데 요구되는 3D렌더링, 피직스 물리엔진, 애니메이션 등의 대부분의 기능을 제공한다.

- 1) 부지모델링: 부지는 Torque SDK가 기본적으로 제공하는 부지모형과 재질을 부지편집기를 사용해 수정하는 방식으로 제작되었다. 다양한 공종과 공사단계를 포함시키기 위해 터파기, 골조공사 단계의 건물, 마감공사 단계의 건물, 현장사무실 등을 위한 부지가 생성되었으며, 현장주변의 건물과 도로를 모델링하기 위한 부지도 함께 만들어졌다.
- 2) 3D형상제작: 구성요소에 대한 3D형상들이 제작되었다. 현실감있는 가상건설현장을 만들기 위해 필요한 모든 요소 (아바타, 작업자캐릭터, 건설장비, 트럭, 자동차, 작업 중인 건물, 작업도구, 자재, 가설 시설, 안전시설, 건물을 포함한 주변환경)에 대한 3D형상들이 만들어졌다. 3D형상은 Autodesk사의 3ds Max 2009와 ChUmbaLum sOft사의 MilkShape 3D를 사용해서 제작되었다.
- 3) 구성요소로 변환: 제작된 3D형상은 DTS<sup>1)</sup> 또는 DIF<sup>2)</sup> 형식으로 변환되었다.

1) Torque3D엔진에서 사용되는 3D파일형식으로 Dynamics Free Space의 약자임. 동적인 요소들을 구현하는데 주로 사용됨.

- 4) 구성요소 배치: 변환된 구성요소들을 불러들여 가상 건설현장을 구성하였다. 건물 구성요소들이 사전에 계획된 바에 따라 작성된 부지에 배치되었고, 타워 크레인 · 이동식 크레인 · 비계 등과 같은 대형 구성요소, 굴삭기 · 트럭 · 불도저 등의 장비, 작업자캐릭터들은 해당 작업이 이루어지는 위치에 놓였다. 마지막으로 현장주변의 현장사무실, 자동차, 가설을 타리, 전기인입선, 교통신호판, 안전표지판, 주변건물, 도로 등이 현장주변의 여건에 맞게 설치되었다 (Figure. 2, 3).

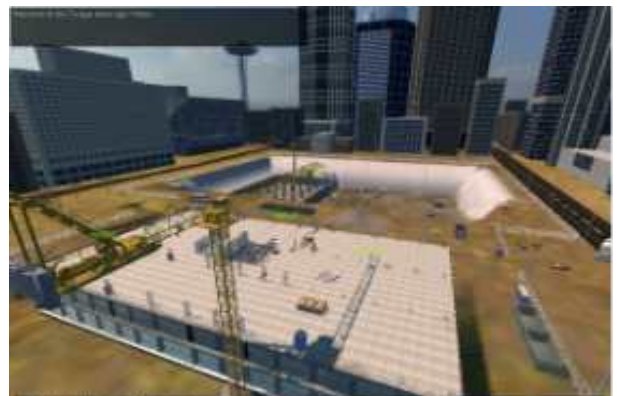


Figure. 2. Buildings and a tower crane in the system



Figure. 3. A mobile crane implemented in the system

- 5) 엔진코드 최적화: 설계과정에서 정의하였던 구성요소들의 요구사항, 동적인 움직임, 반응행위 등을 구현하기 위해서 게임엔진의 최적화작업이 이루어졌다.

2) Torque3D엔진에서 사용되는 3D파일형식으로 Dynamix Interior File의 약자임. 구조물을 구현하는데 주로 사용됨.

- 6) 그래픽 사용자인터페이스: 초기 사용자인터페이스와 실행 중에 피드백과 점수 정보를 보여주는 실행 사용자인터페이스를 구현하였다.

#### 4. 시스템 테스트 및 결과

개발된 안전교육용 학습도구를 검증하기 위해 테스트를 실시했다. 테스트는 건설관리와 건축공학 전공학생 10명을 대상으로 이루어졌다. 테스트 전 학생들에게 연구의 목적, 개발과정, 실행방법 등에 대한 안내가 이루어졌으며, 이후 10분 동안 시스템을 사용하여 학습을 하도록 하였다. 테스트가 끝나고 나서 설문조사를 실시하였다. 설문결과는 Table 2에 제시되었다. 설문결과를 바탕으로 3.1에서 규정하였던 설계요구사항의 달성정도에 대하여 분석하였다.

- 1) 현실감: 학습자들이 건설현장과 안전관련 문제들을 가상공간에서 경험하도록 한 요구사항은 대체로 만족한 것으로 나타났다. 문항 1,2의 결과에서 보는 것처럼 응답자의 90%가 구성요소가 시각적으로 실제 건설현장 환경을 유사하게 표현되었으며, 70%가 시각적으로 만족스럽다고 응답했다.
- 2) 능동적 학습: 학습자 스스로 학습과정을 결정하고 성과를 평가할 수 있도록 한 요구사항은 매우 만족한 것으로 나타났다. 문항 6의 결과에서 응답자 모두가 사전에 알고 있던 안전관련 지식을 실제와 유

사한 가상환경에서 경험하고 안전의식을 상기할 수 있었다고 답했다.

- 3) 상호작용: 문항 5의 결과에서와 같이 응답자 모두가 시스템을 통한 학습이 스스로 참여하는 상호작용적이었던 과정으로 평가하였다. 또한 시스템의 기능적인 측면에서 설계과정에서 의도된 바와 같이 응답자의 80%가 실행과정에서 어려움이 없었다고 응답하였다 (문항 3). 그러나 70%의 응답자가 안전재해 발생요인을 발견하는 것이 어렵다고 응답하였는데 (문항 4), 이는 응답자들의 안전관련 지식 부족, 시간제한으로 인한 빠른 진행속도, 규정에 대한 정확한 확인의 어려움 등이 이유로 나타났다.
- 4) 다양한 학습매체 제공: 학습과정에서 피드백과 함께 재해요인의 특성에 따라 텍스트, 사진, 동영상 등의 다양한 매체를 통한 설명이 제공되었다.
- 5) 예측불가능성: 다양한 구성의 가상건설현장 환경과 동적인 구성요소들을 구현함으로써 요구사항을 만족하였다.
- 6) 학습자 성과평가: 응답자들은 대체로 시스템을 사용해 학습성과를 평가하는 것에 대해 긍정적으로 평가했다. 응답자들의 80%가 실행결과가 현재 자신의 안전관련 지식수준을 제대로 반영한다고 답했으며 (문항 9), 90%가 이를 안전교육에서 평가방법의 일환으로 사용되어도 좋다고 응답했다 (문항 10).
- 7) 즐거움: 응답자들은 시스템을 통한 학습과정을 통해

Table 2. Survey result

|    | Question   | Response         | Corresponding Requirement |
|----|--|------------------|---------------------------|
| 1  | How realistic does the game reflect the everyday construction operations? (1-7)                | 70% (5 or above) | 1                         |
| 2  | Is the game visually appealing to you? (Yes or No)   | 90% (Yes)        | 1                         |
| 3  | Is the game user-friendly and easy to operate for you? (Yes or No)                             | 80% (Yes)        | 3                         |
| 4  | How challenging is it for you to identify the violations in the game? (1-7)                    | 70% (4 or below) | 3                         |
| 5  | Is the learning experience facilitated by the game interactive? (Yes or No)                    | 100% (Yes)       | 3                         |
| 6  | Does the game motivate you to refresh your knowledge on some of the safety topics? (Yes or No) | 100% (Yes)       | 2                         |
| 7  | Is the experience enjoyable compared to the traditional learning experience? (Yes or No)       | 100% (Yes)       | 7                         |
| 8  | How much does the game intrigue your learning interests? (1-7)                                 | 80% (5 or above) | 7                         |
| 9  | How much does your game performance reflect your safety knowledge? (1-7)                       | 80% (5 or above) | 6                         |
| 10 | Do you think that the game scoring can be one way to measure your safety knowledge?(Yes or No) | 90% (Yes)        | 6                         |

학습주제에 대한 흥미를 가지게 되었다고 답했다. 개발된 시스템을 통한 학습방법이 기존의 강의식 학습방법과 비교해 재미있다고 응답하였으며 (문항 7), 70%가 이를 통해 안전교육에 대한 흥미가 생겼다고 답하였다 (문항 8).

테스트의 참가자가 10명으로 통계적으로 타당한 결과를 얻기는 어려웠지만, 개발된 학습도구를 사용한 안전교육은 전체적으로 설계과정에서 요구되었던 학습효과들을 달성한 것으로 나타났으며, 학습자들에게 긍정적인 효과를 나타낸 것으로 평가되었다.

## 5. 결론 및 향후 연구방향

경쟁력 있는 공학교육을 위해서는 학습자 중심의 교육 환경으로 변화가 요구된다. 정보통신기술을 활용한 학습 방법은 교육내용과 방법을 디지털형식으로 재생산할 수 있을 뿐만 아니라, 학습자가 스스로 학습과정에서 지식을 구성해 나가는 구성주의적 학습자중심의 교육을 위해 효과적일 것으로 기대된다. 본 연구에서는 가상현실기술을 사용하여 학교수업 및 건설현장에서 안전교육용 도구로 활용할 수 있는 학습도구를 개발하였다. 학습자중심 교육도구를 개발하기 위한 요구사항을 정의하고, 이를 바탕으로 3D기반의 교육도구를 설계·구현하였으며, 학습자들을 대상으로 테스트를 실시하였다. 테스트에 참여한 학습자들은 대체적으로 교육도구의 기술적·학습적·평가도구로서의 측면에서 긍정적인 평가를 내렸다. 본 연구의 결과물은 안전교육을 위한 완성된 과정으로 사용하기에는 기능적인 한계가 있으며, 현재로서는 교육을 위한 보조 또는 평가방법으로 사용이 가능하다. 향후 연구를 통하여 웹기반시스템이나 스마트기기 등을 통한 교육방법과 연계하여 종합적인 안전교육 콘텐츠로 발전할 수 있을 것이다.

## 요 약

세계화, 학문융합, 정보통신기술 발전 등의 사회적 변화에 맞추어 경쟁력 있는 공학교육을 위해서는 학습자 중심의 교육환경으로 변화가 요구된다. 정보통신기술을 활용한 학습방법은 교육내용과 방법을 디지털형식으로 재생산

할 수 있을 뿐만 아니라, 학습자가 스스로 학습과정에서 지식을 구성해 나가는 구성주의적 학습자중심의 교육을 위해 효과적일 것으로 기대된다. 본 연구에서는 가상현실기술을 사용하여 학교수업 및 건설현장에서 안전교육용 도구로 활용할 수 있는 학습도구를 개발하였다. 학습자중심 교육도구를 개발하기 위한 요구사항을 정의하고, 이를 바탕으로 3D기반의 교육도구를 설계·구현하였으며, 학습자들을 대상으로 테스트를 실시하였다. 테스트에 참여한 학습자들은 대체적으로 교육도구의 기술적·학습적·평가도구로서의 측면에서 긍정적인 평가를 내렸다.

**키워드** : 안전관리, 안전교육, 학습자중심 교육, 가상현실

## Acknowledgement

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Science, ICT & Future Planning (No. NRF-2013R1A1A1010562)

## References

1. Kwon SH, Shin DW, Kang HH. Exploration on Teaching and Learning Strategies through Analyzing Cases of Foreign Engineering Education, *Engineering Education Research*, 2008 May;11(3):12-23.
2. Kang SY, Cho HH, Hong JI, Kim EJ, Park SE. The effect of problem based learning in engineering education, *Engineering Education Research*, 2005 Mar;8(2):24-34.
3. Hedberg JG. Searching for disruptive pedagogies: matching pedagogies to the technologies, *An electronic journal for leaders in education*, 2007 Apr;5(12).
4. Muir M. Research summary: Technology and pedagogy. Westerville (NY): National Middle School Association; 2007. 5 p.
5. Hong SW, Bae KS, Ahn YS. A survey of actual condition and improvement plan about safety education in construction sites, *Journal of Architectural Institute of Korea*, 2005 Jan;7(1):75-83.
6. Park CS. Project-based learning method employing digital textbook [Mater thesis]. Cheongju (Korea): Chungbuk Univeristy; 2011. 102 p.
7. Lee YJ. The Study of Teaching Method for Music Appreciation by Constructivism [Mater thesis]. Seoul (Korea): Hanyang

- University; 2007. 75 p.
8. Dani Y, Teruaki I. Constructivistic Learning Method with Simulation to Increase Classroom Engagement. *Engineering Education Research*. 2012 Nov;15(5):54–9.
  9. Kim JW. The study on the system of architecture education by using the Internet virtual reality [Master thesis]. Seoul (Korea): Kwangwoon University; 2005. 104 p.
  10. Demos CA, Apostolos P, Ioannis A, Panayiotis H. Case Studies and Information Technology in Civil Engineering Learning. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. 2000 Jul;126(3):125–32.
  11. Ku K, Gaikwat Y. *Construction Education in Second Life*. Seattle (WA): ASCE; 2009. p. 1378–87.
  12. Kim EJ. Development of Safety Education System Fits for Individual Characteristics of Construction Worker *Journal of Architectural Institute of Korea*. 2012 Sep;14(3):287–94.
  13. Geon SH, Ok JH. Research of safety education contents for construction site for the basis of Augmented Reality. *Korea Institute of Construction Engineering and Management Conference*; 2009 Nov; Seoul (Korea). Seoul (Korea): KICEM; 2009. p. 726–9.
  14. Kim TK. A Study on the Safety Management Model of Building Constructions Using Smart Phone Technology [Master thesis]. ChungJu (Korea): Korea National University of Transportation; 2011. 50 p.
  15. Kwon I. A study of development contents for the construction safety education by kiosk system [Master Thesis]. InCheon (Korea): InCheon National University; 2012. 74 p.
  16. Sherif A, Mekkawi H. Developing a computer aided learning tool for teaching construction engineering decision making. *The joint international conference on computing and decision making in civil and building engineering*. 2006 Jul; Montreal, Montreal; Joint publ. by ICCCBE–XI, ICCB–ASCE 2006, DMUCE–5, CIB–W78, CIB–W102: 2006. p. 3986–95.