

# 전시 이동형 군사시설 구축을 위한 BIM의 교육효과 분석

## Assessment of the Educational Effects through the Building Information Modeling for the Establishment of the Wartime Relocatable Military Facilities

김 태 희<sup>1</sup> 안 성 진<sup>2</sup> 박 장 권<sup>3</sup> 김 흥 빈<sup>4</sup> 박 영 준<sup>5\*</sup>

Kim, Tae-Hui<sup>1</sup> Ahn, Sung-Jin<sup>2</sup> Park, Jang-Kweon<sup>3</sup> Kim, Heung-Bin<sup>4</sup> Park, Young-Jun<sup>5\*</sup>

*Department of Architectural Engineering, Mokpo University, Mokpo, Jeollanam-do, 534-729, Korea*<sup>1</sup>

*Engineering School of Sustainable Infrastructure & Environmental, University of Florida University, FL 32611, USA*<sup>2</sup>

*Department of Architectural & Urban Engineering, Daejin University, Pocheon, Gyeonggi-do, 487-711, Korea*<sup>3</sup>

*Defense Aquisition Program, Kwangwoon University, Seoul, 139-701, Korea*<sup>4</sup>

*Department of Civil Engineering and Environmental Sciences, Korea Military Academy, Seoul, 139-799, Korea*<sup>5</sup>

### Abstract

The re-locatable military facilities are significant in combat zones with limited infrastructures. Military tents are particularly one of the most essential components in the battlefields, During the offensive operation. This study assesses educational effectiveness of the 4D Building Information Modeling (BIM), which is used to deliver educational information with considering re-locatable military facility construction. Furthermore, the real time for constructing temporary concentration camp was measured, By using analysis of variance associated with the educational effects of the 4D BIM. Statistically, understandability of facility construction using 4D BIM was found to be higher than the conventional educational materials with field manual.

Keywords : building Information modeling, military facilities, process control, analysis of variance

## 1. 서 론

### 1.1 연구의 목적

기반시설이 부족한 지역에서의 군사시설은 천막과 같이 이동 가능한 형태가 필수적이다. 실제로 천막은 적 지역에서 공격작전 간 가장 일반적으로 운용되는 시설이다. 한편, 이러한 형태의 야전형 군사시설은 부대 이동에 따라 지속적으로 설치 및 철거되는 가설 시설이지만, 공병이 아닌 일반 전투병에 의해 구축되므로 공정 및 준비에 관한 설치 관리가 쉽지 않다. 특히 야전교범 중심의 설치 교육 한계로

인한 낮은 설치공정 이해도는 설치시간 증대라는 전시시설 설치에 관한 결정적 문제를 야기한다. 이에 본 연구에서는 전시 천막형태의 야전형 군사시설의 설치시간 단축을 위한 설치공정 이해도 향상을 위하여, 군사시설 설치에 관한 4D BIM(Building Information Modeling)의 교육적 활용효과를 통계적으로 분석한다.

## 2. 기존연구의 고찰

### 2.1 주거이동 이론

미군의 아프가니스탄전 전훈 보고서에 따르면, 기반시설이 부족한 적 지역에서는 설치 및 해체가 용이한 가설시설이 필수적이다. 이는 야전형 이동시설의 운용목적이 적시 적기에 필요한 시설의 설치 및 제거를 목적으로 하기 때문이다. 한편, 이러한 전시 이동형 시설은 숙달된 공병이 아

Received : January 9, 2014

Revision received : June 13, 2014

Accepted : September 4, 2014

\* Corresponding author : Park, Young-Jun

[Tel: 82-2-2197-2853, E-mail: yjpark@kma.ac.kr]

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

닌 일반 전투병에 의해 구축되므로 효과적인 휴대, 운반, 설치 및 제거를 위해서는 운용에 관한 효과적인 교육방법이 필요하다.

효과는 특정 목표달성을 하는데 있어서의 정확성과 완성도를 말한다. 효과는 고정 투입량 하에서 가변 시스템에 따른 생산수준(생산질)과 관계된 것으로 동일한 교육시간 내에서 교육방법에 따른 교육수준, 즉 교육의 정확도를 논하는 것이다. 따라서 주어진 교육시간 내에서 교육수준(정확도)의 향상을 위해서는 교육방법의 변화가 필수적이며, 이는 전달매체의 개선을 통해서 가능하다.

전달매체 개선을 위한 다양한 교육방법 가운데 시청각 교육은 교육 참가자들의 흥미유발 등을 통해 교육성과를 크게 높일 수 있다. 시청각 교육의 이론에서 Dale(1969)은 그의 figure1의 Cone of Experience 개념을 통해 학습형태가 추상성에서 구체성으로 갈수록 교육의 효과가 높아지며, 이에 언어와 더불어 시청각 매체를 통한 경험 혹은 실제 상황에서의 행동 등이 수반될 때 보다 효과적인 적일 수 있음을 강조하고 있다.

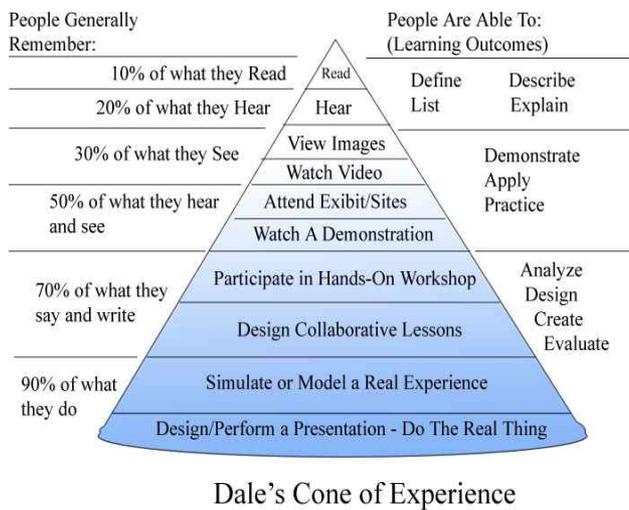


Figure 1. Dale's Cone of Experience (Dale(1969))

이와 같은 시청각 교육의 효과를 고려할 때 BIM은 3차원의 시각정보에 추가하여 이미 다양한 정보를 추가적으로 활용할 수 있어 다양한 현장의 특성, 개별/공종별 작업 특성 등에 대한 반영이 용이하여 건설 분야의 시청각 교육매체로서 그 활용가치가 크다. 즉, 가장 실제적인 강력한 시청각 교육매체인 BIM은 피교육자로 하여금 실제로 작업을 하는 공간을 간접 체험함으로써 강한 흥미를 유발하여 교

육효과를 극대화시킬 수 있다. 또한 가상 시공 및 3차원 모델 기반의 드로잉으로 인하여 작업자와의 의사소통개선 의 큰 장점을 지니고 있다. 또한 BIM은 타 산업에 비해 경쟁력 낮은 건설업에 대하여 정보기술(Information Technology, IT)이 건설생산성 향상에 근본적인 해결책으로 제시, 그 효과가 검증되고 있으며(Eastman, 2005). BIM은 off-site로만 제한되어왔던 BIM의 적용을 on-site로 확대함으로써, 건설현장에서의 건설생산성 향상을 도모를 위한 기술적 파급효과와 직결된다고 볼 수 있다.

2.2 국내외 BIM 교육활용 현황

3D 모델링과 시각화를 활용한 교육적 자료의 활용에 관한 개념적 연구들이 제시되었으며 근래에 이르러 table1,2에서 알 수 있듯이 모델링 프로그램의 발달을 통해 실제 적용가능성과 그 적용을 통한 실효성에 관한 연구가 지속적으로 진행되어왔다.

Table 1. Previous studies for augmented reality in domestic and using BIM

Researcher	Contents of research
Byeon JH (2003) [2]	Review the possibility of augmented reality as a method of interacting on each other in design process which is aimed at nonprofessional population and suggest utilization by developing utilizable design tools
Jeon GY (2007) [3]	Carry out the imaginary fire escape experiment by 3D graphic simulation for underground space fire regime, compare survivors' action and evacuation time with practical evacuation conditions and simulation evacuation conditions, suggest the effectiveness be utilized for education about evacuation dangerousness
Lee GH (2009) [4]	analyze the development situation of construction simulation and 4D simulation's development direction focused on construction process not a only normal visual inspection
Jeon KH (2013) [5]	define a point of work process for simulation and a standard scenario, suggest the methodology to analyze performance

**Table 2. Visualization module and educational advantages of BIM research**

Researcher	Point
Michael J. Burke et al.(2006) [6]	workers improve the knowledge about education to be more active education with a behavioral modeling from passive safety training such as general lectures, pamphlets
Julian H. Kang et al.(2007) [11]	the experiential knowledge obtained from 4D visualization's simulation is faster than a group using the two dimension data, makes fewer mistakes, and increases the completeness of the task with few communication

국내외 다수의 연구들이 증강현실 및 BIM의 시각화 개념으로 그 특성을 파악하고 건설 시공성 및 안전으로의 접목을 위한 기초연구를 수행하였다. 국내 대다수 연구들의 대상주체는 설계자, 엔지니어 및 작업 관리자의 측면에 초점이 맞추어 졌으며 작업근로자를 대상으로 한 연구는 극히 적은 편이다. 국외 작업근로자를 대상으로 한 연구들도 결과에 대한 과학적 일반화가 결여되어 있어, BIM을 활용한 교육의 효과를 객관적으로 논하는 데는 한계가 있다.

이에 본 연구에서는 군사적인 측면에서는 BIM의 전시 이동형 군사시설 설치 및 철거를 위한 교육 전달매체로 활용가능성을 살펴보고, 나아가서 BIM을 이용한 공정관리 교육의 학습적 효과를 실험 및 통계 분석을 통하여 객관적으로 규명하고자 한다.

### 3. 연구내용

#### 3.1 4D BIM 구축

본 연구에서는 천막형 군사시설 가운데 실험참가 병력의 제한으로 공정이 비교적 단순한 포로수용소 4D를 figure2의 절차를 통해 구축하였다.

우선 Google社의 Sketchup 프로그램을 활용하여 포로수용소의 3D를 figure3과 같이 구축하고 각 객체에 요소 정보를 입력한다(figure4). 다음으로 Microsoft社의 MS-Project 프로그램을 활용하여 포로수용소 설치에 관한 공정표를 제작한다. 마지막으로 Autodesk社의 Naviswork 프로그램을 활용하여 3D의 각 요소에 대한 WBS(Work Breakdown Structure)와 공정표 상의

Activity를 연결하여 4D를 완성한다. 교육매체는 4D의 주요공정을 Microsoft社의 Moviemaker 프로그램을 통해 제작하였다. 참고로, 공정표는 군사시설 설치에 관한 요소를 포함하고 있어 보안관계상 제시할 수 없음을 밝힌다.

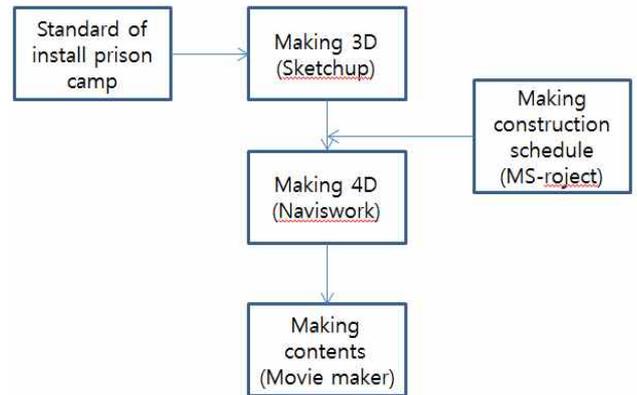


Figure 2. Procedures of BIM establishment



Figure 3. 3D Concentration camps

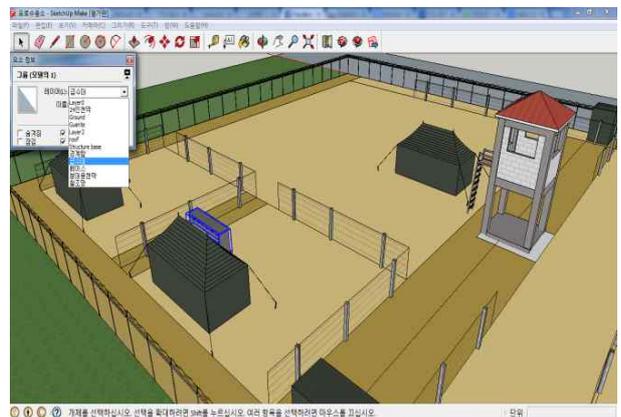


Figure 4. Setting the object elements

### 3.2. 실험 설정

야전형 군사시설의 설치시간 단축을 위한 설치공정 이해도 교육을 수행함에 있어 4D BIM을 활용한 전달매체의 개선 효과를 살펴보기 위하여 통제된 실험 수행을 위한 두 실험군이 편성되었다.



Figure 5. Setup the tent



Figure 6. Install the wire



Figure 7. Install watchtower

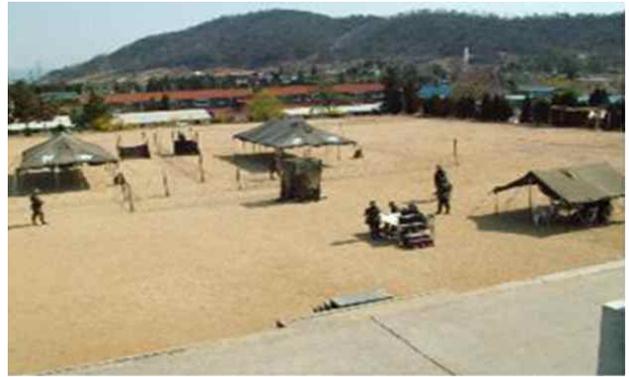


Figure 8. Completed experiment

실험참가자는 OO보병사단 전투병을 대상으로 임의추출 하였으며, 그룹 A에 속한 30명은 4D BIM을 통한 군사시설 설치교육을 그룹 B에 속한 30명은 기존의 야전교범을 이용한 재래식교육을 교육매체로 선정하였다.

교육 후, 설치공정에 대한 이해도 파악을 위해 후행평가를 수행하였으며 추가하여, 각 실험군은 포로수용소를 지시된 장소에서 figure 5,6,7,8 같이 실제 포로수용소의 총 설치시간을 계측하였다.

### 3.3 실험 결과

본 연구의 BIM의 시각화 특성을 활용한 안전효과의 효과를 측정함에 있기에 분산분석(ANOVA)을 통한 통계적 검증을 시행 하였다. 본 분석 방법은 평균값을 기초로 집단 간에 차이점이 있는지 가설 검증을 통해서 상관관계를 파악하는 통계분석으로 표본 집단의 분포가 정규화를 이루고 있는지에 대한 가정의 검증이 중요하다. 실험결과 각 실험군 평균은 A가 86점, B가 71점으로 측정되었으며 table 3은 각 그룹의 기술 통계량을 보여준다.

Table 3. Descriptive statistics by the experimental group

Contents	Values	
	Group A	Group B
N	30	30
Mean	86.83	71.33
Standard deviation	7.37	6.94
Variance	54.28	48.16
Skewness	-0.21	-0.02
Kurtosis	-0.26	0.08

히스토그램과 Q-Q 플롯을 통하여 표본 집단이 정규분포를 하는지 치우침의 경향성이 크게 없음을 파악할 수 있으나 이는 어디까지나 군사치이며 본 논문의 집단 샘플

수가 각 30이므로 통계 이론적으로는 그 수가 양호하나 보다 엄밀한 통계적 검증을 실시하여 정규분포의 유의미성을 평가하였다. 정규성 검정에서는 표본의 정규성을 만족하는 것이 귀무가설로 설정이 되며 검정에 의해 95% 유의도 수준에서 p 값이 0.05보다 작으면 귀무가설을 기각하여 정규성을 만족할 수 없으며 p 값이 0.05 보다 클 때 귀무가설이 채택되어 표본 집단이 정규분포를 띤다고 간주한다. 최근 Razail(2011)의 정규성 검증 방법의 비교에 따른 연구에 의하면 일련의 정규성 검증에서 가장 정확도가 높은 것은 Shapiro -Wilk test임을 밝혔으며 이 방법은 샘플수가 50개 미만인 본 연구에 적합하다고 볼 수 있다. 해석 결과, Shapiro -Wilk test결과에서의 각 p-value 값이 0.05 이상이기 때문에 '데이터는 정규성을 만족한다.' 라는 가설을 거절하는 것에 실패하였으므로 데이터는 정규화 되어 있다고 받아들일 수 있다. table 4 는 실험 그룹별 정규성 검사를 나타낸다.

Table 4. Normality tests by the experimental group

Group	Shapiro -Wilk		
	Statistic	df	Sig.
A	0.951	30	0.176
B	0.945	30	0.124

다음으로, 분산분석을 통해 4D BIM 활용여부에 따른 교육 효과의 차이에 대한 통계적 검증을 수행한다. 본 연구에서의 검정대상인 귀무가설은 다음과 같다.

귀무가설 : 4D BIM의 활용여부에 따른 교육 이해도평가 결과의 차이가 없다.

아래 Table 5는 귀무가설에 대한 일원분산분석 수행 결과이다. p-value가 0.001(<0.005)에서  $F=78.31(>1,000)$ 이므로, BIM 적용 여부에 따른 평가결과의 차이가 없다는 귀무가설을 거절할 수 있다. 따라서, BIM의 활용은 안전교육 평가에서 통계적으로 유의미한 좋은 결과를 얻을 수 있다고 결론지을 수 있다.

Table 5. One-way ANOVA

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Between Groups	3681.67	1	3681.67	78.31	.000
Within Groups	2726.67	58	47.01		
Total	6408.33	59			

설치시간 예측결과 실험군 A는 4시간 17분, 실험군 B는 4시간 55분이 소요되어, 소요인시 판단에 따른 기준 4시간을 두 실험군 공히 초과하였지만, 여전히 실험군 A가 우세하였다. 실제 설치를 1회 수행하였으므로 통계적 해석은 불가하였다.

#### 4. 결 론

전시 군사시설은 천막형태의 이동형이다. 이러한 시설은 설치 및 해체소요가 많고 전문성이 부족한 전투원에 의해 구축되므로 운용에 관한 공정 및 준비사항이 복잡하다. BIM은 휴대, 운반, 설치 및 철거가 적시적기에 이루어져야 하는 이동형 군사시설 운용을 위한 효과적인 교육 전달매체가 될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 시설설치 교육과 관련하여 기존의 교범 중심에서 탈피하여 4D BIM의 적용을 통한 설치절차에 관한 교육효과를 분석하였다. 실험결과 4D BIM은 교범중심의 교육보다 통계적으로 유의미하게 피교육자의 이해도를 증진시키는 것으로 나타났으며, 실제 설치시간 단축에도 기여하는 것으로 나타났다. 다만, 본 연구를 수행함에 있어 실제 설치는 1회에 걸쳐 수행되었으므로, 후행평가와 달리 두 집단군의 통계적 유의미한 차이의 확인은 제한되었다. 하지만, 군사적인 측면에서는 BIM의 전시 이동형 군사시설 설치 및 철거를 위한 교육 전달매체로 활용가능성을 충분히 살펴 볼 수 있었던 것으로 사료된다. 나아가서 BIM을 이용한 공정관리 교육의 학습적 효과를 실험 및 통계 분석을 통하여 객관적으로 규명한다면, 향후 건설현장에서의 공정관리 교육에 BIM의 활용방안을 모색할 수 있을 것으로 기대된다.

#### 요 약

기반시설이 부족한 지역에서의 군사시설은 천막과 같이 이동 가능한 형태가 필수적이다. 실제로 천막은 적 지역에서 공격작전 간 가장 일반적으로 운용되는 시설이다. 이 연구에서는 전시 천막형태의 야전형 군사시설의 설치시간 단축을 위한 설치공정 이해도 향상을 위하여, 군사시설 설치에 관한 4D BIM(Building Information Modeling)의 교육적 활용효과를 통계적으로 분석한다. 실험결과에 따르면 기존의 교범 위주의 교육보다 4D BIM을 활용한 교육이

실험참여자의 이해도를 향상시켰을 뿐만 아니라, 실제 야전형 천막 설치시간의 단축에도 기여하였다.

**키워드** : 건축정보모델링, 군사시설, 공정관리, 분산분석

## Acknowledgement

This research was supported by a grant (06CIT-D05-01) from Construction Technology Innovation Program funded by Ministry of Land, Transport & Maritime Affairs of Korean government.

## References

1. Kim TH, Improvement of Educational Contents to Enhance the Efficiency of Construction Worksite Safety Training. *Journal of the Korean institute of building construction*, 2013 Feb;13(1):75-83.
2. Byeon JH, A study on Participatory design method with the application of Augmented Reality. *Journal of Korean institute of interior design*, 2003 Feb;36:136-142.
3. Jeon GY, Na WJ, Hong WH, A study on the prediction of evacuation behavior through virtual-reality simulation for an evacuation situation in underground spaces. *Journal of Korean institute of architectural sustainable environment and building systems*, 2007 Jun;1(1):36-42.
4. Lee GH, Park JH, Bang GS, Yun SH, Baek JH, A study on Developing a BIM-based Construction Simulation Application. *Journal of the architectural institute of Korea*, 2009 May;25(5):205-212.
5. Jeon KH, Yoon SH, Performance Measurement Method and Case Study for BIM based Construction Simulation System. *Korean journal of construction engineering and management*, 2013 Jul;14(4):15-23.
6. Dale E, *Audiovisual methods in teaching*. 3rd ed, New York: Dryden Press; 1969. 534 p.
7. Erik F, Morten H, Kasper H, Measuring usability are effectiveness, efficiency, and satisfaction really correlated. *CHI2000 Factors in Computing Systems*, 2000 Apr:345-352.
8. Schmeekle, J, Online Training: An Evaluation of the Effectiveness and Efficiency of Training Law Enforcement Personnel over the Internet. *Journal of Science Education and Technology*, 2003 Sep;12(3):205-260.
9. Hans Ra'imo'. Doing things right and doing the right things Time and timing in projects. *International Journal of Project Managemen*, 2002 Oct;20(7):569-574.
10. Burke , Michael J, Sarpy SA, Kristin SC, Suzanne CS, Rommel O, G. Salvador , R. O. Islam , G. The relative effectiveness of worker safety and health training methods. *American Journal of Public Health*, 2006 Apr;96(2):315-324.
11. Julian H, Kang, Stuart D, Mark J, Clayton, Empirical Study on the Merit of Web-Based 4D Visualization in Collaborative Construction Planning and Scheduling. *J. Constr. Eng. Manage*, 2007 Jun;133(6):447-461.
12. Li H., Chan G, Skitmore M, Visualizing safety assessment by integrating the use of game technology. *Automation in Construction*, 2012 Mar;22:498-505.
13. Razali, Nornadiah Mohd, and Yap Bee Wah, "Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests," *Journal of Statistical Modeling and Analytics* 2,1(2011):21-33.