지하철 역사 대피시설 최적화 설계를 위한 BIM 모델링 및 VR 시뮬레이션

BIM Modeling and VR Simulation for Optimal Design of Subway-Station Evacuation Facility

조려해* · 김영휘** · 유성*** · 윤영수****

Zhao, Lihai*, Kim, Younghwi**, Yu, Sung***, and Yoon, Youngsoo****

Abstract

Most of the current public facilities focus on their utility and functionality. Therefore, they do not consider the evacuation of occupants in the event of a disaster. For this reason, research on evacuation methods and evacuation-time minimization is required. Therefore, accurate modelling of public facilities is important. This study presents a process of conducting virtual 3D modeling to evaluate the path during disaster by applying the Building Information Model for reverse engineering using laser scanning. We used the Anam Station as an example. In addition, the method of developing a virtual reality (VR) simulation for evacuation education is presented by applying a technology linked to VR. If the 3D modeling method and educational VR simulation methodology presented in this paper are applied to existing public facilities, we expect that people will be able to evacuate more quickly and safely in case of emergencies.

Key words : BIM, VR Simulation, Laser Scanning, 3D Modeling, Evacuation in Facilities

요 지

현재 공공시설물 대부분은 효용성과 기능성에만 중점을 두고 있어 재난상황 발생 시, 재실자들의 대피에 관해서는 고려가 되지 않고 있다. 이러한 연유로 대피 방법이나 대피 시간 단축에 대한 연구가 필요하며, 이를 위해 공공시설물들을 정확히 모델링하는 것이 무엇보다 중요하다. 따라서 본 연구에서는 안암역을 사례로 들어 레이저 스캐닝을 이용한 역설계 기술에 BIM을 이용하여 재난 상황에서 대피 시 경로 분석을 위한 가상의 3D 모델링을 진행하는 과정을 제시하였다. 또한, VR과 연계한 기술을 적용하여 대피 교육용 VR 시뮬레이션의 제작 방법도 제시하였다. 본 연구에서 제시된 3D 모델링 방법과 교육용 VR 시뮬레이션의 제작 방법이 일반 공공시설물에 적용된다면 비상상황 발생 시 재실자들의 더욱 신속하고 안전한 대피가 가능할 것으로 기대된다.

핵심용어 : BIM, VR 시뮬레이션, 레이저 스캐닝, 3D 모델링, 시설물 내 대피

1. 서 론

우리나라는 2016년 행정안전부 국민안전처 정책연구보

고서에 따르면 지하시설물에 23,386개의 공공시설이 대피 시설물로 지정되어 운영되고 있다. 그러나 공공용, 민간용 대피시설은 민방위기본법시행규칙 제15조에 의거 60 m²

*정회원, 고려대학교 건축사회환경공학부 석사(E-mail: whfugosla0814@korea.ac.kr)

Member, Master's Course, School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, Korea University

**정회원, 고려대학교 건축사회환경공학부 박사과정(E-mail: younghwi@korea.ac.kr)

Member, Ph.D Candidate, School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, Korea University

***고려대학교 건축사회환경공학부 석사과정(E-mail: sungkong1029@korea.ac.kr)

Master's Course, School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, Korea University

****교신저자, 정회원, 고려대학교 건축사회환경공학부 교수(Tel: +82-2-3290-3320, Fax: +82-2-3290-5999, E-mail: ysyoon@korea.ac.kr)

Corresponding Author, Member, Professor, School of Civil, Environmental and Architectural Engineering, Korea University

이상의 방송 청취 및 통신이 가능한 지하층만 대피시설로 지정될 수 있기 때문에 대부분의 공공용 대피시설은 지진이나 화재 혹은 테러 등의 재난 위협으로부터 재실자들이 안전하고 효율적인 대피를 하도록 보장하기가 힘들다(Kim et al., 2018). 따라서 재난 발생 시 공공시설물 내 재실자들의 안전을 보장하기 위하여, 보다 효율적이고 안전한 시설물 내 대피에 관한 연구가 필요하다. 한편, 국내외 여러 연구에서는 시설물 내의 안전한 대피분석을 위해 시설물의 도면 정보, 3D 모델링을 적극적으로 활용한다. Kim et al. (2018)은 공공시설물인 경전철 역사의 Building Information Modeling (BIM) 3D 모델링을 통하여 피난 시뮬레이션 프로그램과 연계해 재실자들의 효율적인 피난 동선을 분석하였다. Zhang et al. (2012)은 복잡한 건물에서 최적의 대피로 결정을 위해 건물의 실내공간을 3D 모델링하여 효과적인 대피 시뮬레이션에 관하여 연구하였다. Hwang et al. (2011)은 피난모델에 관한 연구에서 피난행태에 다차원적 분석이 필요하고 현재의 건축설계 환경이 BIM으로 변화함에 따라 피난 행태 분석과 BIM 모델링 호환의 필요성을 언급했다. Lochhead and Hedley (2019)는 공간의 3차원 데이터 취득 및 대피 시뮬레이션, 분석 등의 새로운 작업과정 개발을 위한 공간 분석과 평가를 위해 3D 모델링을 사용하였다. 나아가 Park et al. (2018)은 최근 화두인 건물의 사용자를 보호하기 위한 안전설계에 관하여 BIM 모델링과 연계해 Virtual Reality (VR)로 구축된 환경을 통해 사용자가 직접 건물의 안전성을 경험할 수 있는 시뮬레이션의 가능성을 보여주었다. 이처럼 효과적인 시설물 내의 대피 연구를 위해서는 시설물의 정확한 3D 형상 정보가 필요하다.

한편, 조달청은 2010년 최초 제정부부터 2017년까지 꾸준히 시설사업에 BIM 적용을 확대해나가고 있다. 그러나 조달청 BIM 추진 목표 기준 시설사업에서는 2016년 이후 조달 발주되는 신설 공공시설물에 대해서만 BIM 데이터 확보가 가능하다. 따라서 대부분의 SOC 공공시설물은 3D 모델 데이터는 물론이고 준공도도 확보가 힘든 경우가 많으며 또한 준공도가 있다고 하더라도 시설물의 운영과정에서 변경되는 모든 사항에 대해 적용된 모델이나 도면은 확보가 어려운 경우가 많다. 이러한 이유로, SOC 공공시설물들의 경우 재실자들의 대피 경로 분석이 어려운 실정이다.

따라서 본 연구에서는 안암역 역사를 사례로 들어 공공시설물의 정확한 3D 형상정보를 획득하고자 한다. 이를 위해 레이저 스캐닝을 통한 역설계과정과 3D 모델링을 최적화하여 효율적으로 시설을 관리할 수 있는 기반을 마련하고, 추가로 재난상황 시 재실자의 대피 경로 분석을 위한 3D 모델링을 연구하였다. 또한, BIM을 이용하여 VR과 연계한 다차원 기술을 적용하여 교육용 VR 시뮬레이션의 제작 가능성을 확인하였다.

2. 역설계(Reverse Design) 방법

2.1 역설계 작업 범위

역설계(Reverse Design)란 이미 지어진 시설물의 모델링 데이터와 도면들을 얻는 작업이다. 레이저 스캐닝을 통한 역사 3D 모델링에 대한 Work Flow 및 작업 범위는 대상물 레이저 스캐닝, 포인트 클라우드 데이터 가공, 3D 모델링, VR 시뮬레이션 등이 있다. Fig. 1은 역설계 기술을 적용한 역사 3D 모델링에 대한 Work Flow를 나타낸다.

Fig. 1. Reverse Design Work Flow

2.2 프로젝트 대상지의 레이저 스캐닝 프로세스

대상지의 레이저 스캐닝 시에는 먼저 스캐닝 대상지의 현황을 파악하고 측량을 통해 좌표를 획득한 후 3D 스캐닝을 이용하여 포인트 클라우드 데이터를 획득하여야 한다. 스캐닝 대상지 현황 파악 및 측량(좌표 획득)은 GNSS 수신기를 이용하여 Total-Station에 절대 좌표를 연동한 후 Flat Target에 좌표를 부여하는 방식을 사용하였다. 3D 스캐닝 데이터의 Flat Target에 관측 좌표를 입력하여 절대 좌표를 부여한 뒤, 안암역 역사의 3D 형상을 추출하고자 실외, 실내에 설치된 Spherical Target 및 Flat Target, 3D 스캐너 그리고 이미지 3D 캡처 장비를 이용하였다. Fig. 2는 스캐닝 장비를 통한 레이저 스캐닝의 작업과정을 도식화한 것이다.

Fig. 2. Laser Scanning Process

2.3 좌표 위치 측량

본 연구의 레이저 스캐닝을 이용한 역설계 대상지는 안암역 역사이며, 본격적인 3D 레이저 스캐닝에 앞서 안암역의 측량 좌표를 획득하기 위해 좌표 획득 시에는 GNSS 수신기 및 Total-Station을 이용하였다. 역사 외부 각 지점에서 절대 및 상대좌표를 획득하면 스캐닝 포인트 클라우드 데이터의 X, Y, Z값을 좌표계와 매칭시켰다. Fig. 3은 GNSS 수신기 및 Total-Station을 이용한 안암역의 측량 좌표 획득 방법을 나타낸다. GNSS 수신기는 Trimble R10을 이용하여 획득한 절대 좌표(GRS80 세계좌표) 정보에서 Total-Station인 Trimble VX를 사용하여 위치 정보를 획득하고 이를 통해 Flat Target에 절대 좌표를 부여한다. 여기서 획득한 Flat Target의 절대 좌표는 Table 1에서 나타난 것과 같은 값을 가지며, Fig. 4는 이를 지도상 안암역에 절대 좌표로 표기한 것을 나타낸다.

Fig. 3. Way To Obtain Survey Coordinates

Table 1. Flat Target World Coordinate (GRS80)

Location	X	Y	Z
T01	554073.954	202623.136	28.178
T02	554074.734	202624.565	27.584
T03	554076.323	202623.068	28.189
T04	554076.404	202625.518	29.754
T05	554090.188	202527.761	34.818
T06	554089.869	202538.013	35.145
T07	554089.845	202542.426	33.840
T08	554092.152	202542.385	33.829

Fig. 4. Flat Target World Coordinate on Anam Station

2.4 레이저 스캐닝

레이저 스캐닝의 원리는 대상물에 무수한 레이저 빔을

발산하여 레이저 펄스가 돌아오는 시간차이(Time of Flight)나 위상차(Phase-Shift)를 이용하여 그 대상물의 3차원 위치 정보(X, Y, Z), RGB 색상 및 반사 강도를 측정하는 것이다. 대부분의 3D 스캐너 장비는 한 곳에 고정하고 좌우로

360 °로 회전하면서 전방위로 측정한다. 레이저 스캐너 장비는 TX8을, 이미지 3D 캡처 장비는 Matterport를 사용하였다. 레이저 스캐닝 시 Target에 정보를 인식할 경우 구조물의 위치 정보를 추출하게 되므로 스캐닝 후 불필요한 정보들을 분류하는 시간을 절약할 수 있다. 사용한 Target은 절대 좌표 생성에 유리한 Flat Target과 실내외의 스캔 데이터 정합 작업에 유리한 Spherical Target을 적절히 배치하여 스캐닝을 진행하였다. Fig. 5는 역사 내 설치한 Flat Target과 Spherical Target를 나타내며, 이를 통해 계단, 문과 같은 역사 내의 주요 특정 위치의 대피 경로를 파악하고자 한다.

Fig. 5. Type of Scanning Target and Specific Location Target

2.5 스캐닝 데이터 가공

본 연구에서의 레이저 스캐닝은 여러 스캐닝 접근법 중 포인트 클라우드 기반 접근법을 통해 고속 측량 레이저로 물체 표면 데이터를 수집해 정밀 측정을 하도록 하였다(Xiao et al., 2007). 레이저 스캐너 장비 TX8에서 추출된 포인트 클라우드 데이터는 Trimble Real Works 소프트웨어를 통해 추출 및 정합을 진행하여야 한다. 정합이란 기준 Target을 기반으로 스캐닝 위치가 배치되는 것을 말한다. 만약 Target 지정이 안 되면 여러 곳에서 스캐닝 작업했던 데이터들이 겹쳐 보이게 된다. 즉 여러 스테이션 위치에서 작업했던 스캐닝 데이터를 각각의 위치에 맞게 배치하고 3D 포인트 클라우드 데이터를 생성해야 한다. 좌표 매핑은 GNSS 수신기 및 Total-Station으로 취득한 좌표 정보 또는 설계 데이터에서 취득한 좌표 정보를 Target에 입력하여 스캐닝 데이터 전체를 3차원 좌표 체계로 관리하는 것을 말한다. Fig. 6은 데이터 정합 전후의 포인트 클라우드 데이터를 나타낸다.

정합 전에는 스캐닝 스테이션 데이터가 하나로 뭉쳐 있으나 정합 후에는 각 스테이션 데이터가 자리를 찾아 위치한 것을 볼 수 있다.

Fig. 6. Laser Scanning Data Processing

2.6 이미지 데이터 가공

인암역 역사의 측량 시 어둡고 좁은 구역 및 사실적 이미지 확인이 필요한 구역은 3D 캡처 장비인 Matterport를 사용하여 포인트 클라우드 데이터 추출 및 정합을 진행하였다. 3D 캡처를 통해 추출한 포인트 클라우드 이미지 데이터는 Fig. 7과 같다.

Fig. 7. Point Cloud Extraction with 3D Capture

2.7 포인트 클라우드 데이터 추출

작업 영역 이외의 포인트 클라우드 데이터 수를 필요 이상으로 조밀하게 추출하면 데이터 용량은 커지고 PC 성능에 따라서 데이터를 컨트롤 할 때 많은 어려움이 있다. 따라서 포인트 클라우드 데이터를 추출할 시에는 필요한 작업 영역과 적절한 포인트 데이터 수를 지정하여 필요한 데이터만 추출함으로써 데이터 용량을 가볍게 하여 모델링 작업에서 필요한 데이터를 빠르게 구동할 수 있어야 한다. Fig. 8은 안암역 역사 외부, 내부에서 추출한 포인트 클라우드 데이터이다.

Fig. 8. Point Cloud Extraction with 3D Capture

3. 3D 스캐닝 시 Target 설정

3.1 Target 배치가 정합도에 미치는 영향

스캐닝을 진행할 시에는 Target을 15 m 간격으로 배치하고 삼각망 형태를 취하는 것을 권장하며, 이는 Target을 중첩되지 않게 하여 정확한 정합을 위한 위치를 지정하기 위함이다. 이때 거리는 동일하지 않더라도 삼각형의 형태를 취하여야 한다. Fig. 9는 중첩되지 않은 삼각망 형태와 중첩되는 삼각망 형태를 나타낸다.

Fig. 9. Triangle Net Shape

Fig. 10은 Target 설치 시 삼각망 형태에 따른 정합 효과를 나타낸다. Fig. 10을 통해 중첩되는 삼각망 형태는 Target 인식 오류로 자동 정합에 실패한 것을 확인할 수 있다.

Fig. 10. Matching Effect According to Triangle Network Shape

3.2 문, 계단의 Target 배치 및 길이 측정

재실자의 대피 분석에서 중요한 부분인 문과 계단 등은 특정 위치를 확인하기 위하여 Target을 적절히 배치하여야 한다. 계단에 Target을 배치할 시에는 Flat Target의 중심 포인트와 계단의 수평면이 일치하게 배치하여야 비교적 정확한 길이 값을 측정할 수 있었다. 그 외 필요한 길이의 측정에는 Autodesk Recap 프로그램의 Distance 기능을 사용하여 거리 측정을 통해 대략적인 길이를 확인하였다. 계단과 문의 대략적인 수치는 Fig. 11을 통해 알 수 있다. Fig. 12는 Autodesk Revit에서 Autodesk Recap Data를 로드 후 계단 부분의 단면을 설정한 후 길이를 기입한 것이다. 같은 방법으

로 Fig. 13은 문의 입면에 길이를 기입한 뒤 문의 단면에 길이를 기입한 것이다. 길이의 오차범위는 1~5 mm임을 알 수 있다.

(a) Recap Length of Staircase (b) Recap Length of Door

Fig. 11. Recap Length of Specific Locations

Fig. 12. Staircase Section in Revit

(a) Door Elevation in Revit (B) Door Section in Revit

Fig. 13. Door Modeling Data in Revit

3.3 Target 개수에 따른 스캐닝 Quality 비교 이미지

본 연구에서는 불필요한 정보 분류의 시간 절약과 구조물 위치 정보의 추출을 위해 배치한 Target의 개수가 스캐닝 Quality와 모델링 시간에 영향을 줄 수 있다는 판단으로 이를 실험을 통해 확인하고자 안암역 지하 2층 대합실에서 6 Target과 12 Target을 설치하여 두 차례 스캐닝을 진행하였다. 두 경우 모두 오차범위가 1~3 mm인 Trimble TX8 장비를 사용하였고 60 Point Scan을 진행하였다. 이동시간을 제외한 평균 스캔 시간은 20분이었다. Target 개수에 따른 Quality 비교를 하는 이유는 비중첩 이미지 및 사각지대 부분을 확인하기 위함이다. 두 가지 변수를 통해 얻어낸 이미지는

Fig. 14를 통해 확인할 수 있으며, 이를 비교하여 Target의 개수로 인해 발생하는 오차값을 확인할 수 있다. 즉, 6 Target에서는 약 20~30%의 사각지대가 존재했으며 정합 또한 사각지대로 인한 인식의 오류가 나타남을 확인할 수 있다.

(a) 6 Target (b) 12 Target

Fig. 14. Quality Comparison by Target Number

4. 포인트 클라우드 데이터를 활용한 3D 모델링

Autodesk ReCap와 Autodesk Revit 프로그램을 사용하여 포인트 클라우드 데이터를 모델링 소프트웨어에서 오버랩하고 3D 모델링 작업을 진행한다. 포인트 클라우드 데이터로 단면, 평면, 입면도를 정확히 확인하면서 모델링을 할 수 있다. 이렇게 작업된 모델 데이터는 BIM으로 활용할 수 있도록 각 개체에 속성정보를 부여하여 시설물의 안전진단 등으로 활용해 관리할 수 있다(Martínez-Aires et al., 2018). Fig. 15는 Autodesk Revit을 활용한 3D 모델링을, Fig. 16은 포인트 클라우드 데이터를 오버랩하여 모델링한 과정을 도식화한 것이다.

Fig. 15. 3D Modeling with Autodesk Revit

Fig. 16. Overlapped Point Cloud Data Modeling

한편, 앞선 Target 개수에 따라 발생한 스캐닝의 오차는 모델링 과정에서 정확도를 떨어뜨리고 작업시간을 길게 만들었다. Tables 2, 3은 Target 수량에 따른 모델링 작업시간 비교를 위한 6 Target, 12 Target 스캔 시 모델링의 부분 상세 작업별 걸린 시간을 비교한 표이다. 표를 통해 알 수 있듯이 6 Target의 경우에는 모델링 작업과정에서 오차와 사각지대의 발생으로 12 Target 보다 총 모델링 시간이 약 26%~27% 증가함을 알 수 있다.

Table 2. 6 Target: Basement 2nd Floor Modeling Time

Modeling Items	Time	Remark
Creating Grids and Levels	30minutes	Common Things
Scan Data Import and Coordinate Setting	20minutes	-
Floor	2hours	-
Wall	6hours 30minutes	-
Column	30minutes	-
Ceiling	1hour 30minutes	-
Stairs	2hours 30minutes	-
Door/Window	1hour	-
Luminaire	40minutes	Creating Library
Facility (Turnstile, Furniture, etc)	3hours 30minutes	-
Total Modeling time	19hours	-

Table 3. 12 Target: Basement 2nd Floor Modeling Time

Modeling Items	Time	Remark
Creating Grids and Levels	30minutes	Common Things
Scan Data Import and Coordinate Setting	20minutes	-
Floor	1hour 30minutes	-
Wall	5hours 30minutes	-
Column	20minutes	-
Ceiling	1hour	-
Stairs	2hours	-
Door/Window	40minutes	-
Luminaire	30minutes	Creating Library
Facility (Turnstile, Furniture, etc.)	3hours	-
Total Modeling time	15hours	-

5. BIM 모델 및 VR 연계 고려

5.1 BIM 모델 구축

3D 스캔 데이터에서 포인트 클라우드 데이터를 활용하여 역설계를 통해 BIM 모델링을 진행하여 안암역 역사 3D 모델을 완성하였다. 또한, 역사 공간에 벽, 기둥, 천장, 바닥, 문, 계단 등과 같은 객체를 구분하여 모델링을 진행하였다. 이는 시설물의 3D 데이터를 통해 더욱 효율적으로 시설물을 관리하는데 도움을 준다. 역사에 대한 BIM 모델 데이터의 각층 평면도와 완성된 모델의 전체 단면도는 Fig. 17에 나타나 있다.

Fig. 17. Anam Station Plan & Section

5.2 BIM 모델링과 VR의 연계 및 시뮬레이션

대피 시뮬레이션은 건물의 재실자들이 실제로 재난상황에 직면했을 때 연구하는 것이 가장 효과적이지만, 이는 실질적으로 불가능하다. 따라서 보통 대피 시뮬레이션에는 인간 행동방식을 모방한 컴퓨터 프로그램들을 사용하는 것이 일반적이다. 하지만 이 또한 재난상황 시 실제 사람들의 대피 행태를 정확하게 연구할 수 없다.

Virtual Reality (VR)은 일반적으로 가상세계 현황을 실시간으로 자유롭게 알 수 있는 환경을 의미한다. 이런 VR은 BIM 모델링 데이터와 연계해 실제와 가까운 가상현실을 사람들이 체험할 수 있게 한다. 따라서 재난 대피 상황을 잘 고려한 BIM 모델링 데이터가 있다면 VR과 연계해 사람들이 직접 가상현실을 체험할 수 있으며 재난 대피 상황시 재실자들의 행태 연구에도 큰 도움을 줄 것이다. 또한, 이러한 가상현실 체험은 사람들이 시설물을 이용할 때 재난상황 발생 시 안전하게 대피할 수 있도록 도움을 주는 교육의 목적으로도 활용될 수 있을 것이다(Rüppel and Schatz, 2011). 따라서 본 연구에서는 안암역 역사의 역설계 과정을 통해 얻은 BIM 모델링 데이터와 Autodesk Revit Live Data 프로그램을 활용하여 재난 대피상황을 가정한 VR과의 연계를 진행하였다. 재난 대피 시뮬레이션에 관한 연구에 따르면 시뮬레이션의 중요한 변수 중 사람들의 보행속도에 영향을

주는 것은 시설물의 계단 높이와 폭이다(Kuligowski et al., 2015). 따라서 모델링 데이터에는 재난 대피 시뮬레이션을 고려하고자 앞선 스캐닝 Target 배치를 통해 안암역 역사의 계단 높이와 폭을 측정하여, 이 값을 시뮬레이션에 반영하였다. 안암역 지하 1층부터 지상을 연결하는 계단의 경우 4개의 출구가 있으며 각 출구 계단마다 계단 구간이 4개의 계단으로 나누어져 있었다. 지하 2층에서 지하 1층을 연결하는 계단은 보문사 방향과 고려대역 방향으로 나누어지며 지하 3층 플랫폼에서 지하 2층을 연결하는 계단의 경우에는 각 방향별로 1개 내지, 2개의 구역으로 나누어져 있다. Table 4는 각 구역별 측정한 계단의 치수를 나타낸다.

Table 4. Staircases in Anam Station Riser and Tread

Location	Riser		Tread
B1F~Exit 1 Staircases	1Landing	166	320
	2Landing	166	320
	3Landing	166	320
	4Landing	166	320
B1F~Exit 2 Staircases	1Landing	157	320
	2Landing	168	320
	3Landing	173	340
	4Landing	168	340
B1F~Exit 3 Staircases	1Landing	157	320
	2Landing	168	320
	3Landing	173	340
	4Landing	168	340
B1F~Exit 4 Staircases	1Landing	143	335
	2Landing	157	335
	3Landing	171	335
	4Landing	175	300
	4Landing	168	340
B2F (Bomunsa Direction~B1F)		166	325
B2F (Korea University Direction~B1F)		172	325
B3F (Bomunsa Direction)~B2F		166	330
B3F (Back of Bomunsa Direction)~B2F		166	335
B3F (Front of Korea University Direction)~B2F		166	335
B3F (Back of Korea University Direction)~B2F		166	335

시뮬레이션 상황에 필요한 데이터가 반영된 BIM 모델은 이후 Autodesk Revit Live Data로 연계해 VR 장비인 HTC VIVE, Oculus Rift를 활용하여 PC와 마우스 및 키보드 조작을 통해 재난 대피 시뮬레이션을 진행했다. 대피 시뮬레이션

은 크게 두 가지 경로로, 첫 번째는 지하 1층에서 지하 2층으로의 대피경로 시뮬레이션, 두 번째는 지하 2층에서 지하 3층으로의 대피 경로 시뮬레이션이다. 시뮬레이션 사진은 Fig. 18과 같다.

Fig. 18. Simulation for Evacuation Route in VR

BIM 모델링 데이터를 연계해 VR기기를 활용한 대피 시뮬레이션 적용을 통해 차후 재실자들의 대피행태 분석 연구와 시설물 내 재난 대피 시뮬레이션 교육용 VR 콘텐츠로의 개발 가능성을 확인하였다.

6. 결 론

본 연구에서는 안암역 역사에 대한 레이저 스캐닝을 진행하고 역설계 방식을 통해 역사를 모델링하는 방법을 제시하였으며 BIM 소프트웨어를 이용하여 VR과 연계한 다차원 기술을 적용하여 교육용 VR 시뮬레이션 제작 가능성도 제시하였다. 이를 통해 아래와 같은 결론을 얻을 수 있다.

- (1) 3D 레이저 스캐닝을 이용하여 기존 시설물의 형상정보에 대한 데이터베이스를 구축할 수 있고 BIM 소프트웨어를 이용한 VR 시뮬레이션 제작에 활용될 수 있는 데이터를 제공할 수 있다.
- (2) 레이저 스캐닝으로 정밀한 데이터를 획득하여 3D 모델링 작업의 오차를 줄이고, 프로그램 간의 연동으로, 도면 작업 및 역설계가 가능해진다. 이로 인해 SOC 시설물의 기존 자료의 손실, 유지, 관리 등에 효과적으로 대응할 수 있다.
- (3) 본 연구에서는 6 Target과 12 Target의 비교에서 Target의 위치와 수량을 통해 발생하는 스캐닝 Quality의

차이를 확인하였다. 6 Target 스캐닝에서는 약 20~30% 정도의 사각지대가 발생했다. 또한, 데이터 정합과정에서 사각지대로 인해 발생하는 인식의 오류가 나타났다. 이는 Target 배치에 따른 모델링 작업의 정확도와 시간에도 영향을 미쳤으며, 6 Target 스캐닝은 모델링 시간에서도 12 Target보다 약 26%~27% 작업시간이 늘어난 것을 확인할 수 있다.

- (4) 본 연구의 레이저 스캐닝을 통한 역설계의 과정은 3D 모델링과 VR 시뮬레이션 등을 활용하여 SOC시설물의 관리에 유용할 것이며 또한 재실자들의 재난 상황 발생 시 신속한 대피에 관한 연구와 교육용 VR 콘텐츠 개발을 통해 신속하고 안전한 대피가 가능해질 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비지원(과제번호: 19CTAP-C152893-01-000000)에 의해 수행되었으며, 이에 감사합니다.

References

- Hwang, Y.J., Koo, W.Y., Hwang, Y.K., and Youn, H.J. (2011). A development of fire evacuation simulation system based 3D modeling. *Fire Science and Engineering*, Vol. 25, No. 6, pp. 156-167.
- Kim, Y.H., Lee, J.Y., Yuan, T.F., and Yoon, Y.S. (2018). A study on selecting the best location of 'Shelter in Place' in light rail station using egress simulation and BIM model. *J. Korean Soc. Hazard Mitig.*, Vol. 18, No. 4, pp. 251-260.
- Kuligowski, E.D., Peacock, R.D., Reneke, P.A., Wiess, E., Hagwood, C.R., Overholt, K.J., et al. (2015). *Movement on stairs during building evacuations*. NIST Technical Note 1839, National Institute of Standards and Technology.
- Lochhead, I.M., and Hedley, N. (2019). Modeling evacuation in institutional space: Linking three-dimensional data capture, simulation, analysis, and visualization workflows for risk assessment and communication. *Information Visualization*, Vol. 18, No. 1, pp. 173-192.
- Martínez-Aires, M.D., López-Alonso, M., and Martínez-Rojas, M. (2018). Building information modeling and safety management: A systematic review. *Safety Science*, Vol. 101, pp. 11-18.
- Park, H.J., Panya, D.S., Goo, H.M., Kim, T.H., and Seo,

- J.H. (2018). BIM-based virtual reality and human behavior simulation for safety design. *Proceedings of eCAADe 36th Annual Conference*, Vol. 2, pp. 823-832.
- Rüppel, U., and Schatz, K. (2011). Designing a BIM-based serious game for fire safety evacuation simulations. *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 25, No. 4, pp. 600-611.
- Xiao, Y., Zhan, Q., and Pang, Q. (2007). 3D data acquisition by terrestrial laser scanning for protection of historical buildings. *Proceedings of 2007 International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing*, pp. 5971-5974.
- Zhang, L., Wang, Y., Shi, H., and Zhang, L. (2012). Modeling and analyzing 3D complex building interiors for effective evacuation simulations. *Fire Safety Journal*, Vol. 53, pp. 1-12.

Received	October 14, 2019
Revised	October 15, 2019
Accepted	October 24, 2019