

## 3차원 디지털기술 적용 건축문화재 콘텐츠 현황분석 및 전망에 관한 연구

정성주, 이태희\*  
순천향대학교 건축학과

### A Study on the Present Condition and Prospect of Architectural Cultural Heritage Content Applied to 3D Digital Technology

Sung Ju Jung, Tae Hee Lee\*  
Department of Architecture, Soonchunhyang University

**요약** 본 연구는 기술의 발전에 따라 현대적인 3차원 디지털 기술의 활용을 통한 디지털 자료를 구축하며, 다양한 콘텐츠 활용에 3차원 디지털 기술이 적용될 수 있도록 현재 콘텐츠별 기술들을 국내외 사례들을 통해 조사, 분석하였다. 첫째 건축 문화재의 3차원 디지털 기술의 활용은 문화재 복원 형태에서 활용하는 형태로 변화하고 있다. 둘째 제작한 콘텐츠 중 일부 콘텐츠들의 활용도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 셋째 콘텐츠의 유형이 체험+전시의 형태로 변화하고 있는 추세이지만 온라인을 통한 접근 방식은 적었다. 넷째 국내 IT기술을 활용한 디지털 복원은 해외 문화유산을 복원 하는 기술로도 사용되고 있다. 다섯째 콘텐츠 유형과 3차원 디지털기술의 관계를 분석한 결과 현재 국한된 기술의 사용을 알 수 있다. 본 연구를 통해 현재 디지털 건축 문화재의 현황 및 3차원 디지털 기술의 적용 방안에 대해 분석 하였으며, 3차원 디지털 기술 적용 및 콘텐츠를 적극적으로 개발·활용하는 기반을 마련하고자 한다. 향후 디지털건축문화재의 활성화를 위한 다양한 계층 및 디지털기술에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

**Abstract** Digital data was collected using modern three-dimensional digital technology. Current content-specific technologies were investigated through domestic and foreign cases so that three-dimensional digital technology could be applied to the utilization of various contents. First, the use of three-dimensional digital technology of architectural cultural assets has been changing from the restoration of cultural assets. Second, some of the contents produced were found to be underutilized. Third, the type of content has been changing in experience and exhibition, but the online approach was small. Fourth, digital restoration using domestic IT technology has been used as a technology to restore overseas cultural heritage. The fifth analysis of the relationship between the content types and 3D digital technologies shows the use of currently limited technologies. This study analyzed the status of digital architecture and the application of three-dimensional digital technologies to lay the foundation for the active development and utilization of content. Subsequent studies on various layers and digital technologies will be needed to revitalize digital architectural cultural assets in the future.

**Keywords** : Architecture Cultural Heritage, 3D Technology, Digital Technology, Digital Cultural Heritage, Contents

---

과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2019R1G1A1100735).

본 논문은 순천향대학교 학술연구비 지원으로 수행되었음

\*Corresponding Author : Tae Hee Lee(Soonchunhyang Univ.)

email: tjdwmsms12@naver.com

Received November 30, 2020

Revised January 8, 2021

Accepted February 5, 2021

Published February 28, 2021

## 1. 서론

### 1.1 연구의 배경 및 목적

현재 우린 '4차 산업 혁명' 시대에 살고 있다. 2016년 제 46회 세계 경제 포럼(World Economic Forum)에서 처음 언급된 '4차 산업 혁명'은 '모든 것이 연결된, 지능적인 사회로의 진화'라 요약되며, 첨단 디지털 기술의 융합으로 일어나는 기술 주도형 사회의 대혁명이라 할 수 있다. '4차 산업 혁명'의 주요 기술들은 최근 의료, 산업, 교육 등 사회 각 분야에서도 다양하게 활용되고 있으며 정부차원 정책과 서비스 또한 개발되고 있다. '4차 산업 혁명'의 신기술은 문화재 분야에서도 각광받고 있다. 가상현실과 증강현실을 활용한 문화유산 체험 및 3D스캐닝, 3D프린팅 기술을 이용한 복원, 복제 등 디지털 기술을 적용하여 다양한 콘텐츠를 개발 하고 있다. 또한 문화재의 인식이 문화재 보존에서 문화재를 활용하는 방향으로 변화하는 추세이며, 디지털 기술을 적용한 새로운 콘텐츠 개발에 대한 기대 또한 많아지고 있다. 하지만 많은 예산을 투입하여 개발한 콘텐츠가 일회성으로 그치거나 좋은 반응을 얻지 못하는 경우도 많으며, 이러한 콘텐츠를 관리하는 중앙부처, 지방자치단체 등 다수 기관에서 개별적으로 보유 및 서비스하는 실정이다. 문화재는 국가 유산으로 국가 차원 문화재의 활용 계획 및 방향 설정이 필요하다. '4차 산업 혁명'의 시대인 만큼 문화재에 다양한 디지털 기술의 적용을 통한 문화재 연구 및 관리, 활용이 필요한 실정이며, 문화재를 보다 체계적, 과학적으로 조사 관리하고, 문화재를 활용한 콘텐츠를 적극 개발·활용하는 기반을 마련해야 한다. 이에 본 연구는 디지털 복원이나 재건, 활용 등 문화재의 외형적 측면이 가장 잘 드러나는 건축 문화재를 통해 디지털 기술의 현대적인 적용 방안에 관해 탐색하고자 한다.[1]

### 1.2 연구의 범위 및 방법

본 논문은 건축 문화재의 콘텐츠 활용을 위한 3차원 디지털 기술 적용분석에 관한 연구로 현재 디지털 건축 문화재의 현황 및 3차원 디지털 기술의 적용 방안에 대해 분석 하고자 한다. 이에 건축 문화재의 3차원 디지털 기술 적용 국내·외 사례를 선정·분석하고 디지털 기술의 분류 및 콘텐츠들의 유형별 관계를 검토하여 건축 문화재를 보다 체계적, 과학적으로 관리하며 3차원 디지털 기술 적용, 관련 콘텐츠를 적극적으로 개발·활용하는 기반을 마련하고자 한다. 또한 건축 문화재의 3차원 디지털

기술 적용 방안을 통해 현재 3차원 디지털 기술의 시사점 및 한계점과 개선 방향을 통한 향후 연구를 제안하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 디지털 기술

세계경제포럼 회장 클라우트 슈밥은 제4차 산업 혁명은 물리적인 세계와 생물적 세계, 디지털 세계가 융합되는 새로운 기술적 혁신이라 언급했다. 4차 산업 혁명은 '제4의물결' 과 '디지털사회' 라고 명명되어 있다. 첨단 디지털 기술과 ICT 기반 기술의 융합으로 사람+장소+사물+제품이 초 연결되는 새로운 세상이며 4차 산업혁명은 이전 혁명과는 다른 성격을 가진다. ICT 기반 기술에 첨단 디지털 기술들이 동시 다발적으로 융합되어 생겨나는 기술 주도형 사회의 대혁명이라 할 수 있다. 여기서 디지털 기술은 4차 산업혁명에 쓰이는 첨단 기술들을 대별하여 사용하는 기술들을 말한다.[2]

### 2.2 건축 문화재

건축 문화재는 건축물로서 역사상 가치를 갖는 것들을 말하며 특별한 가치를 지는 건축물 또는 그 주변 경관, 역사적, 문학적 가치가 있는 도시와 농촌의 전 지역을 포함하는 넓은 의미로 정의되기도 한다. 건축 문화재는 전체 또는 부분으로 변이가 많으며 건축형태와 양식, 응용 방법들은 그 당시의 건축 문화를 이해하는데 중요한 자료가 되고 있다.[3]

법률적 의미에서 건축 문화재는 인위적이거나 자연적으로 형성된 국가적·민족적 또는 세계적 유산으로서 역사적·예술적·학술적 또는 경관적 가치가 큰 유형문화재나 기념물 또는 민속문화재 가운데 건축물로 정의할 수 있다.[4]

건축 문화재는 재료에 따라 목조건축물류와 석조건축물류, 분묘로 구분하고 있다. 목조건축물류에는 당탑, 궁전, 성문, 전랑, 사우, 서원, 누정, 향교, 관아, 객사, 민가 등이 있고, 석조건축물류는 석굴, 석탑, 부도 및 석종, 비갈, 석등, 석교, 석단, 석빙고, 첨성대, 당간지주, 석표 석정 등이 있으며 분묘로는 분묘 등의 유구 또는 그 부분, 부속물 또는 건조물의 모형이라고 규정하고 있다.[5]

Table 1. Types of Architectural Cultural Heritage

Sortation	Kind
Wooden cultural Heritage	Palace, Castle gate, Front porch, A lecture hall, yanggyo, Government office, An inn, Private house
Stone cultural Heritage	Ston cave, Ston pagoda, Brick pagoda, Bell-shaped Stupa, Stone lantern, Ston bridge, Ston steps, Stone platform, Stone Ice Storage, Observatory, Flagpole Support

2019년 우리나라 건조물의 현황표를 살펴보면 석조 문화재 570건 중 탑 193건 목조문화재 187건 중 사찰건축 100건으로 석조문화재에서는 탑 건조물이 목조문화재에서는 사찰건축이 많은 것으로 나타났다.[6]

Table 2. Current Status of Architectural Cultural Assets

Division		Total		Division		Total	
Stone cultural Heritage				Wooden cultural Heritage			
Tower	193	Flagpole Support	28	Buddhist temple	100	Hyanggyo	8
Ston Buddha	80	Stone lantern	25	Palace	24	Lecture hall	7
Stone monument	73	Stone bridge	12	Castle	8	Government office	4

### 2.3 디지털 건축 문화재

현재 세계 경제의 산업 구조는 문화적 창의력과 콘텐츠가 중심이 되는 시대로 변화하고 있다. 이에 문화재 또한 4차 산업 혁명의 시대에 맞게 다양한 디지털 기술을 적용하여 문화재의 디지털화를 통한 영구적인 보존자료 및 문화재 연구 자료 구축 등 다양한 정책과 서비스가 개발되고 있으며 디지털 자료로 복원된 문화재는 세계시장에서 경쟁력 있는 문화재 콘텐츠 산업 소재로도 제공될 수 있다.[7] 디지털 문화재는 문화재를 2차원 또는 3차원 모델링 기술을 이용하여 디지털화한 것으로, 실존하는 문화재는 정밀한 디지털 복구에 사용된다. 자연적 부식이나 훼손 또는 소실된 문화재의 경우에는 가상 복원에 초점이 맞춰져 있으며, 구축된 디지털 문화재 데이터는 다양한 형태로 활용이 가능하다. 이에 문화유산 중 시간, 공간, 크기의 제약을 가장 많이 받는 문화유산인 건축문화재를 디지털 기술로 구현할 경우 역사적 건물 또는 유적에 대한 복구가 가능하며, 가상공간에서 3차원 모델로 만

들어 현실에서 체험하기 힘든 건축 문화재를 사용자로 하여금 가상공간에서 관람할 수 있게 하는 연구들이 많이 진행되고 있다. 디지털 건축 문화재는 보존뿐 아니라 전시, 관광, 체험 등 다양한 콘텐츠 제작에도 활용 가능하다. 그렇기에 많은 건축 문화재를 디지털화하는 시도가 이루어지고 있으며, 그 대상은 현존하는 건축 문화재는 물론 이미 손실되거나 파손된 문화재까지도 다양하게 이루어지고 있다. 기존 건축 문화재는 크기 및 공간의 제약으로 인해 일반 사람들이 접하기 어려웠다면 디지털 건축 문화재는 멀리 떨어진 문화재 현장에 방문하지 않아도 가상공간을 통해 문화재를 체험할 수 있는 계기가 마련되고 있으며, 이렇게 구축된 디지털 건축 문화재를 활용하여 다양한 콘텐츠 및 응용 시스템들이 개발 되고 있다.[8]

## 3. 3차원 디지털 기술 적용 사례분석

### 3.1 사례 선정기준

국내 사례는 국내 문화재 관련 조직을 기반으로 실행된 문화재 분야 정책 및 사업의 일환으로 3차원 디지털 기술을 적용하여 콘텐츠로 활용된 사례를 선정하였다. 해외 사례는 OECD 가입국 선별 3차원 디지털 기술 적용 사례 및 해외 IT기술, 미디어 웹사이트에 링크된 사례를 선정하였다.

### 3.2 해외 3차원 디지털 기술 적용 사례

OECD 가입국 선별 3차원 디지털 기술 적용 사례 및 해외 IT기술, 미디어 웹사이트에 링크된 사례 6개를 선정 분석하였다.

#### 3.2.1 CYARK의 유적지 3D스캔 프로젝트

미국 비영리단체 사이아크가 전쟁이나 기후변화로부터 세계 문화유산을 보호하기 위하여 전 세계 500개 유적지 3D 데이터를 밀리미터 수준의 정밀도가 있는 3D 데이터로 기록하는 프로젝트로 2001년 아프가니스탄 부처 조각상이 붕괴됐을 때 시작하였다. 데이터 보관은 미국 '아이언 마운틴'이 맡았으며 추후 3D로 구현된 데이터들은 관광객, 교육자들을 위한 데이터로 사용할 예정이다.

Table 3. CYARK Historic Site 3D Scanning Project a comprehensive

Country	USA
Institution	CYARK
Year	2003~
Technology	3D Scanning, 3D Modeling
Content	Restoration, Archive
Contents case	3D Scan, Heritage Archive
Equipment	-
an approach	-

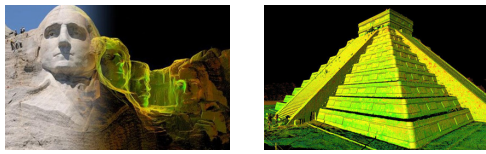


Fig. 1. CYARK Historic Site 3D Scanning Project

### 3.2.2 Open Heritage Project

5천여곳에 이르는 불탑 유적이 있는 미얀마 바간을 비롯해 태국의 아유타야 유적, 이탈리아의 폼페이 유적 등 18개국 26곳의 유적을 생생한 가상현실로 구현 및 3D 데이터를 캡처 한 다음 모바일 또는 가상현실 헤드셋을 사용하면 대중이 탐색할 수 있도록 온라인으로 제공하고 있다. 또한 3D 모델링 파일을 다운로드 하여 3D 프린터로 출력할 수 있기 때문에 박물관 및 학교 등 교육용 축소 모델로도 구현 할 수 있다.

Table 4. Open Heritage Project a comprehensive

Country	USA
Institution	CYARK, Google, Stratasys 3D
Year	2019
Technology	3D Scanning, 3D Modeling, 3D Printing
Content	Archive
Contents case	Heritage Archive
Equipment	pc, Mobile Device
an approach	Online

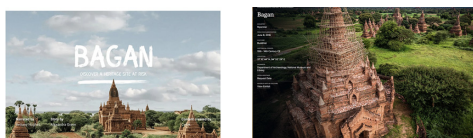


Fig. 2. Open Heritage Project

### 3.2.3 스톤헨지

스톤헨지와 그 주변 유적들은 유네스코 세계유산으로 [Stonehenge and Avebury World Heritage Site Management Plan(2015)]을 바탕으로 관리 및 활용 중에 있으며, 스톤헨지는 해당 유적 및 방문자 센터 (Visitor Center), 복원된 주거지, 스톤헨지 석재 및 운반 체험장 등 야외 전시관으로 구성되어 있다. 방문자 센터에는 다양한 디지털 콘텐츠를 제공하고 있으며 내부 전시관에는 전체 원형 벽면 패널을 설치하여 스톤헨지의 변천사를 확인할 수 있는 프로젝터 영상을 상영하고, 몰입형 전시 기법을 구현하였다. 이는 디스플레이 VR 기술을 적용한 형태로 3면 및 4면, 360도 화면에 영사하여 보다 현실감 있게 몰입도를 높인 방식이다. 또한 유물 및 주변 지형을 알 수 있는 디오라마를 함께 전시하여 디지털 영상물을 터치스크린을 통해 제공하고 있다.

Table 5. Stoneheng a comprehensive

Country	England
Institution	English Heritage
Year	2009~
Technology	3D Scanning, 3D Modeling, VR
Content	Archive
Contents case	VR 3D Modeling, Heritage Archive
Equipment	Video, Audio, Projector, Touch Screen
an approach	Online, SITE VISIT



Fig. 3. Stoneheng

### 3.2.4 카사바트로

가우디의 유명 건축물 중 하나로 입장시 핸드폰같이 생긴 AR기기를 지급, 기기를 통해 건물 내부 모습을 3D 모델링으로 재현 및 웹사이트에서는 VR투어를 통해 직접 방문하지 않아도 내부를 둘러 볼 수 있는 콘텐츠로 계단, 창문 등을 섬세하게 고증하여 사실적인 이미지를 전달하여 당시 가우디의 건축 철학에 대해들을 수 있다. 디스플레이와 사용자 인터페이스 및 인터랙션 기술은 애플리케이션이 적용된 모바일기기를 통해 구현하였고, 비콘을 이용한 트래킹 기술을 활용하였다. 모바일 가이드는

비콘으로 사용자의 위치를 추적하여 이미지 맵핑 및 음성 안내가 이루어진다. 사용자 인터페이스 기술로는 공간에 맞는 오디오와 가이드 안내 및 선택이 가능하다. 카사 바트요는 건물 외관 위조로 복원하는 국내 사례에 반영하면 좋을 예로 판단된다. 궁궐의 건물 복원 후 내부의 모습을 복원하여 당시 생활상을 이해하는데 큰 도움이 될 것으로 보인다.

Table 6. Casa Batlló a comprehensive

Country	Spain
Institution	Casa Batlló
Year	2014
Technology	VR, AR
Content	Experience, Exhibit
Contents case	AR 3D Modeling, VR Online Content, Video, Audio
Equipment	Mobile Device
an approach	Online, SITE VISIT

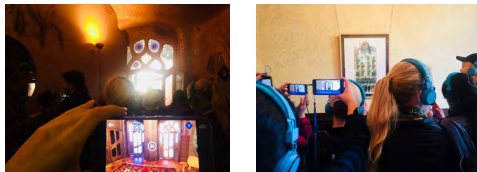


Fig. 4. Casa Batlló

### 3.2.5 몽생미셸 홀로그램

Table 7. Mont-Saint-Michel a comprehensive

Country	France
Institution	Musée des Plans-Reliefs, Microsoft
Year	2018~2020
Technology	VR, MR, Hologram
Content	Experience, Exhibit
Contents case	MR 3D Modeling, Audio
Equipment	HoloLens
an approach	SITE VISIT

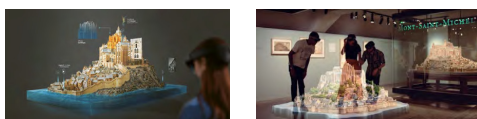


Fig. 5. Mont-Saint-Michel

프랑스 몽생미셸을 인공지능 기술을 적용하여 3D로 렌더링, 홀로렌즈 콘텐츠로 제작 및 1/144 축소 모델이 함께 전시되며 이를 홀로렌즈를 통해 보면 각 부분을 가상현실 이미지로 구현되며 홀로렌즈를 끈 후 슬라이딩 제스처 혹은 클릭을 통해 콘텐츠를 선택, 3D 오디오를 통해 설명을 들을 수 있다. 인공지능 기술과 드론 및 카메라로 촬영한 수십만 장의 사진을 처리하는 프로세스를 통해 몽생미셸의 모델링을 렌더링하고, 3D 렌더링을 사용하여 혼합현실(MR) 기술을 적용하였다.

### 3.2.6 개선문 복원

ISIS의 공격으로 파괴된 개선문을 실물 크기인 15m 높이로 복원 하여 '평화의 상징'으로 뉴욕, 워싱턴, 피렌체, 두바이, 베른, 제네바, 룩셈부르크 등에 순회 전시하였다. 3D 프린팅 기술을 적용하여 복원하였으며, 이를 위해 원재료인 이집트 대리석을 사용하여 3D 로봇팔로 프린트 후 질감을 표현하기 위한 리터칭 작업을 실시하였다.

Table 8. Triumphal arch a comprehensive

Country	France
Institution	Institute for Digital Archeology, Dubai's Museum of the Future
Year	2016
Technology	3D Printing
Content	Restoration, Exhibit
Contents case	3D Printing Restoration, 3D Robot arms
Equipment	-
an approach	SITE VISIT



Fig. 6. Triumphal arch

## 3.3 국내 3차원 디지털 기술 적용 사례

문화재 관련 조직을 기반으로 2000년도부터 현재까지 실행된 문화재 분야 정책 및 사업 6개를 선정 분석하였다.

3.3.1 황룡사 디지털 복원 2006

신라 왕경 핵심유적 복원·정비 사업의 첫 시작으로 800년전 소실된 신라 최대 사찰 황룡사 9층 목탑을 3D 스캔 및 3D모델링 기술을 활용하여 디지털로 복원하였다. 황룡사의 유적지현장을 3D 스캔하고 고증 자료를 확보하며 3D 모델링을 통해 황룡사의 원형을 가상공간에 구현하였다. 황룡사의 고증 자료가 부족하여 자문집단을 동원해 복원작업에 착수하였고, 가상도면에 근거해 와이어프레임이란 골격으로 기초형태를 구성하는 3D 모델링 작업을 시작하였다. 모델링 작업이 끝난 후에는 셰이딩 작업을 통해 광원효과와 그림자를 가상 건물에 적용하였고 맵핑 작업을 통해 건물에 색채, 재질감, 문양, 세부 건축 양식 등을 입히는 작업으로 황룡사를 복원하였다.

Table 9. Hwangnyongsa2006 a comprehensive

Country	Korea
Institution	Cultural Heritage Administration, cultural engineering research center
Year	2006
Technology	3D Scanning, 3D Modeling
Content	Restoration
Contents case	3D Heritage Archive
Equipment	-
an approach	-



Fig. 7. Hwangnyongsa Digital Restoration

3.3.2 돈의문 디지털 복원

문화재청, 우미건설, 제일기획, 서울시는 디지털기술로 문화재 복원·재현 사업의 일환으로 1915년 일제강점기에 사라진 돈의문을 VR, AR(가상현실, 증강현실) 기술을 활용 복원하고 모바일 애플리케이션을 통한 체험형 콘텐츠를 개발하였다. 키오스크 화면을 통해 복원 과정에 대한 설명과 체험 애플리케이션 설치 안내 및 정보를 제공 받고 돈의문 체험관을 마련하여 가상현실 체험이 가능하도록 복원하였다. 체험용 애플리케이션을 정동사거리 주변에서 실행하면 옛 돈의문 자리에 위치한 디지털 돈의문 모습을 여러 각도에서 경향이 가능하며, 시간대에 따라 4가지 이상의 조도가 구현되어 돈의문을 다양한 시간대별로 감상이 가능하다.

돈의문박물관마을 내 체험관 1층에는 돈의문의 역사 자료와 함께 디지털 복원과정을 등을 전시하고, 돈의문을 14분의1로 축소(3650x800x1800mm)제작한 ‘디오라마(Diorama 실사모형)’ 작품도 같이 전시하고 있다. 5~6월 한 달 기준 하루 평균 2천명 이상이 체험관에 방문 했으며 관람객 92%가 전시 및 체험에 만족한다는 결과를 보였다.

Table 10. Donuimun Gate a comprehensive

Country	Korea
Institution	Cultural Heritage Administration
Year	2019
Technology	VR, AR
Content	Restoration, Experience, Exhibit
Contents case	AR 3D Modeling, Diorama
Equipment	Mobile Device, Kiosk,
an approach	SITE VISIT

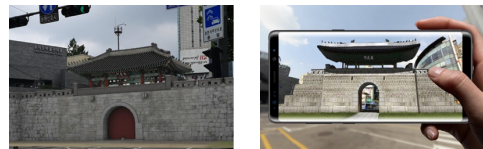


Fig. 8. Donuimun Gate Digital Restoration

3.3.3 황룡사 디지털 복원 2020

Table 11. Hwangnyongsa2020 Gate a comprehensive

Country	Korea
Institution	Cultural Heritage Administration
Year	2018~2020
Technology	AR
Content	Restoration, Experience
Contents case	AR 3D Modeling, Maker Tracking
Equipment	Tablet pc
an approach	SITE VISIT

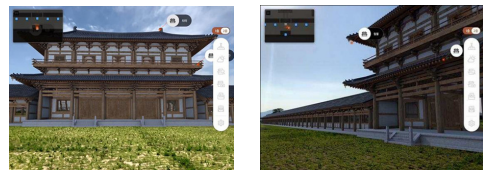


Fig. 9. Hwangnyongsa Digital Restoration

문화재청 국립문화재연구소와 경주시는 신라왕경 핵



심유적 복원·정비 사업의 일환으로 황룡사의 증문과 남 회랑을 건물을 구성하는 부재를 하나하나 만들어 표현하고, 시간에 따른 그림자를 계산하고 재질을 다양화하여 건물의 내부까지 들어가 볼 수 있도록 실제 크기로 구현하여 체험할 수 있도록 AR(증강현실) 기술을 활용하여 복원하였다. 기존에 많이 사용하는 위성위치확인시스템(GPS)기술이 아닌 마커 인식과 카메라 위치추적 기능을 활용하여 건물이 정확한 자리에 서 있을 수 있도록 위치 정확성 또한 확보했다. 황룡사지를 방문하는 관광객들은 현장에서 대여하는 태블릿 피서를 이용해 증문과 남회랑에 직접 들어가는 증강현실 프로그램을 체험할 수 있도록 할 예정이다.

### 3.3.4 수원화성 MR 콘텐츠

문화재청의 디지털 문화유산 콘텐츠 제작사업의 일환으로 문화재청과 문화유산기술연구소가 개발한 디지털 수원화성으로 수원화성 내 주요 건축물 대해 모든 부재가 분해 조립이 되는 완벽한 형태의 VR, AR 콘텐츠 제작 및 화성성역의궤의 영인본을 제작, 이를 증강현실 콘텐츠를 로드할 수 있는 이미지 마커로 활용할 수 있는 MR 콘텐츠를 가상현실(VR), 증강현실(AR), 혼합현실(MR) 기술을 적용하여 제작하였다. 사용자는 화성성역의궤를 직접 만지고 살펴봄과 화성의 뛰어난 건축기술과 철학을 이해하며, 페이지를 넘길때마다 의궤에서 나오는 3차원 화성 건축물의 외관과 내부를 내레이션과 함께 화성에 대한 직관적이고 입체적인 교육효과를 얻을 수 있다. 3차원 건축물의 외관은 증강현실(AR), 내부는 가상현실(VR) 기술을 적용하여 구현하였다. 교육용으로 일선 학교에 배포하기도 했지만, 전국 초·중·고등학교 11,636곳 중 배포 요청을 한 학교는 415곳으로 많은 예산(482 백만 원)을 투입한 것에 비해 사실상 제작에만 집중하고 활용에 대한 노력은 미흡 했던 것으로 확인 됐다.

Table 12. Suwon Hwaseong a comprehensive

Country	Korea
Institution	Cultural Heritage Administration, TRIC
Year	2017, 2019
Technology	VR, AR, MR
Content	Experience, Education
Contents case	VR, AR 3D Modeling, MR Maker Tracking
Equipment	Mobile Device, Cardboard
an approach	SITE VISIT

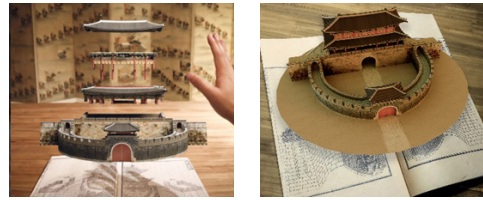


Fig. 10. Suwon Hwaseong

### 3.3.5 석굴암 VR 복원

2018년 문화재청 디지털 문화유산 콘텐츠 제작사업의 일환으로 제작된 석굴암 콘텐츠는 무선 HMD를 착용하고 1:1 크기로 구현된 석굴암에 직접 들어가 체험할 수 있는 가상현실 프로그램으로 지금까지 제작된 석굴암 콘텐츠 중 가장 압도적인 사실감과 공간감을 구현하였다. 특히 특수 제작한 제등은 사용자가 실제로 들고 움직이면 센서를 통해 가상현실 속에서도 그 물리적 움직임과 조명이 투사되도록 하여 석굴암 보존불과 부조들의 표정이 광원 위치에 따라 변화하는 것을 실시간으로 감상할 수 있다. 사용자가 직접 제어하며 만들어낸 라이팅과 그림자를 통해 현장감과 사실감을 높여주며 가상현실의 몰입을 극대화 시킨다. 이를 위해 석굴암의 3D 데이터를 기초로 부재별 리메쉬 작업을 실시하고, 하이폴리곤 3D 모델링 DB를 구축하여 석굴암의 부재 및 모든 면적을 5천만 이상의 해상도로 촬영하여 왜곡과 패턴화 현상이 없도록 텍스처를 구축하여 디지털 부재에 정교한 맵핑 작업을 실시하였다. 공개 이후 지금까지 제작된 석굴암 콘텐츠보다 압도적인 사실감과 공간감을 구현했지만 많은 예산(703 백만 원)을 투입한 것에 비해 제작결과 일반인 이용횟수 3회로 이용률이 극히 저조한 것으로 드러났다.

Table 13. Seokguram a comprehensive

Country	Korea
Institution	Cultural Heritage Administration, TRIC
Year	2018
Technology	VR
Content	Experience
Contents case	VR 3D Modeling
Equipment	VR HMD
an approach	SITE VISIT

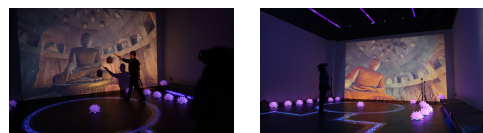


Fig. 11. Seokguram VR

3.3.6 '내 손 안의 궁' 2016

내 손안의 궁 시리즈는 2012년부터 문화·관광 활성화를 위한 공공서비스 촉진 시범사업으로 개발되어 경복궁, 창덕궁, 창경궁, 종묘와 궁궐 앱을 통합 관리하는 앱이다. 3D로 재창조된 문화유산 콘텐츠와 위치 기반 서비스(GIS)를 결합한 증강현실 기술의 모바일용 애플리케이션으로 GPS기반의 해설 캐릭터가 등장하여 음성안내 서비스 제공, 스토리텔링이 접목되어 문화재나 장소 및 주변 관광 정보를 제공하는 콘텐츠로 스토리텔링 방식의 고궁 해설로 문화재 전문가와 스토리작가의 공동작업을 통한 2,700개의 콘텐츠를 스토리텔링 방식으로 구성하였다. 또한 위치 및 인식기반 증강현실 기술을 활용하여 관람 및 안내서비스를 제공하고 있다. 관람객은 취향에 따라 관람코스를 선택하고 경로 안내 및 해당 문화재의 현판 등을 인식하여 과거의 모습 등을 스마트폰을 통해 볼 수 있다. 또한 3D 파노라마, 미디어 파사드 등 가상현실 기반 서비스를 제공한다. 3D 파노라마를 통해 훼손되어 현존하지 않는 건축물은 3D로 재현하고, 미디어 파사드를 활용하여 문화재에 새로운 콘텐츠를 가미하여 재미를 더하고 있다. 앱 시범 운영 후 관람객 편리성이 크게 증가되어 덕수궁 관람객은 16.5% 만족도는 80.4% 증가 및 앱 이용률도 68%나 되어 관람객 유입, 서비스의 질 향상 등에 큰 도움이 된 것으로 나타났다.

Table 14. 'The palace in my hand' a comprehensive

Country	Korea
Institution	Cultural Heritage Administration
Year	2016
Technology	VR, AR
Content	Education, Tourism
Contents case	GIS, GPS, Panorama, Media Facade
Equipment	Mobile Device
an approach	SITE VISIT

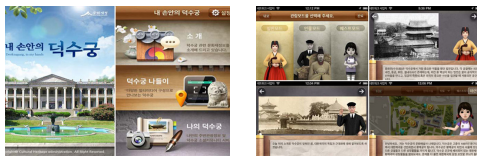


Fig. 12. 'The palace in my hand' application

3.4 국내 기술 해외 문화재 적용 사례

문화재 관련 조직을 기반으로 2000년도부터 현재까지 실행된 문화재 분야 정책 및 사업 중 국내 기술을 활용하여 해외 문화재를 복원한 사례 3개를 선정 분석하였다.

3.4.1 후에 황성(베트남) 디지털 복원

한국 정부가 주도해 해외 문화유산을 디지털 복원하고 실제로 활용한 최초의 사례로 한국의 IT기술을 활용하여 베트남 중부의 고도 후에 시에 자리 잡은 후에(Hue) 황성 및 태화전 등 황성 내 주요전각을 3D로 복원했다. 문화재청 및 한국과학기술원 문화기술대학원은 황제의 즉위식 등 중요의식과 외국 사신들을 맞이 했었던 태화전(太和殿, Thai Hoa Dien), 황성의 출입문인 오문(午門, Ngo Mon)등 현존하는 황성의 건물들을 정밀 3D 스캔 기술을 활용하여 디지털 복원 및 도면화 작업을 실시하였으며, 현재 남아있지 않는 건물들은 문헌 자료 등을 활용하여 전쟁 이전 시대의 모습을 디지털로 구현하였다. 완성된 3D 영상은 건축 내부를 둘러 보는 듯한 느낌을 주며 하늘에서 도성 전체를 조망하는 느낌을 주어 베트남 왕조의 화려한 전성기를 체험할 수 있도록 구현 하였다. 또한 3D 영상물을 후에 성에 설치하여 황성을 찾는 내·외국인 관광객들에게 홍보할 수 있도록 하였다.

Table 15. Hue ruined castle a comprehensive

Country	Korea, Vietnam
Institution	Cultural Heritage Administration
Year	2008
Technology	3D Scanning, 3D Modeling
Content	Restoration, Exhibit
Contents case	Media Video
Equipment	-
an approach	SITE VISIT



Fig. 13. Hue ruined castle Digital Restoration

3.4.2 보로부두르 디지털 복원

저개발국 문화유산 보존 협력사업의 일환으로 세계 최대 불교사원인 인도네시아의 보로부두르 사원을 국내 디지털 기술을 활용해 복원하였다. 보로부두르는 캄보디아의 앙코르와트, 미안마의 바간과 함께 세계 3대 불교 유적이지만 매년 화산재가 날리고 있어 현재 모습을 정밀하게 남겨둘 필요성에 디지털로 복원하였다. 디지털 복원 프로젝트는 보로부두르 사원을 대상으로 레이저 스캐너로 실측 후 정밀한 데이터를 확보하였다. 또한 3D 영상 카메라를 통해 보로부두르 사원의 모습을 담았으며 화산



재에 묻혀 사라진 금은박·안료 등을 사료를 통해 고증·복원해 디지털로 구현된 사원 데이터에 덧씌우는 방식으로 복원하였다.

Table 16. Borobudur a comprehensive

Country	Korea, Indonesia
Institution	Cultural Heritage Administration
Year	2013~2014
Technology	3D Scanning, 3D Modeling
Content	Restoration, Archive
Contents case	3D Scan Restoration
Equipment	-
an approach	-



Fig. 14. Borobudur Digital Restoration

### 3.4.3 아프라시아 궁전벽화복원사업 2014, 2018

문화유산기술연구소는 동북아역사재단의 아프라시아 궁전벽화 복원 사업으로 아프라시아 궁전 유구 및 벽화를 3차원 디지털로 복원하여 궁전의 형태와 벽화의 내용을 확인할 수 있는 가상현실, 실제 벽화 위에 복원된 모습과 벽화에 대한 부가정보를 겹쳐 볼 수 있는 증강현실 콘텐츠로 개발하였다. 아프라시아 궁전은 발굴조사 당시 파악된 벽체와 30개의 방을 간략하게 구분한 1건의 평면 실측도 외에는 형태를 파악할 수 있는 자료가 존재하지 않아 정확한 궁전의 평면형태와 크기를 파악하기 위해 3D 스캔 기술을 활용하였다. 실측도와 스캔 데이터의 중첩방식을 비교·분석하여 복원된 궁전의 평면형태와 크기 및 위치를 결정하였다. 분석을 통해 제작한 복원 설계도

를 바탕으로 삼차원 모델링하고, 재질별 텍스처와 선행연구에서 복원된 벽화의 2D 데이터를 모델 표면에 맵핑 하였으며, 제작된 모델링 데이터를 드론으로 촬영한 궁전 유구 영상 위에 정확하게 일치하도록 합성하여 아프라시아 궁전의 디지털 복원을 완성하였다.

복원의 결과물은 10분 분량의 전시용 3D 다큐멘터리 필름과 가상공간에서 궁전의 형태와 벽화의 내용을 확인할 수 있는 가상현실(VR) 및 실제 벽화 위에 복원된 모습과 벽화에 대한 부가정보를 겹쳐 볼 수 있는 증강현실(AR) 기술을 활용한 콘텐츠로 개발하여 현재 우즈베키스탄 사마르칸드 아프로시아 박물관에 전시되고 있다.

Table 17. Afrasiab a comprehensive

Country	Korea, Uzbekistan
Institution	Cultural Heritage Administration
Year	2014, 2018
Technology	3D Scanning, VR, AR
Content	Restoration, Experience, Exhibit
Contents case	3D Scan Restoration, VR, AR Media,
Equipment	HMD
an approach	-



Fig. 15. Afrasiab Restoration

### 3.4 분석 결과

국내외 15개의 사례들을 조사, 분석하여 Table 18로 정리하였다. 조사한 내용을 중심으로 건축 문화재의 콘텐츠 활용에서 적용된 3차원 디지털 기술에 대한 콘텐츠 유형과 디지털 기술의 관계를 검토하였다.

첫째, 건축 문화재에서의 3차원 디지털 기술은 건축

Table 18. Analysis table of application status of 3D digital technology by content type

Technology Contents	Technology							Total
	3D Scanning	3D Modeling	3D Printing	VR	AR	MR	Hologram	
Restoration	5	4	1	2	3	0	0	15
Archive	4	4	1	1	0	0	0	10
Experience	1	0	0	6	4	1	1	13
Exhibit	2	1	1	4	4	1	1	14
Education	0	0	0	2	2	1	0	5
Tourism	0	0	0	1	1	0	0	2
Total	12	9	3	16	14	3	2	59

문화재를 복원 및 보존하는 형태에서 건축 문화재를 체험, 교육, 전시 등 활용하는 형태로 변화하고 있다. 2000년대 초반 복원·보존을 위해 정밀도가 높은 3D 스캐닝, 3D 모델링 기술의 중심에서 2010년도부터는 활용하는 기술인 가상현실·증강현실(VR, AR), MR(혼합현실), 3D 프린팅, 홀로그램 기술을 통해 문화재를 구현하는 형태로 변화하고 있다.

둘째, 많은 예산을 투입해 만든 '디지털 문화유산 콘텐츠 제작사업'의 활용도가 매우 낮은 것으로 확인됐다. 사업의 일환으로 제작한 '석굴암 VR 복원'의 일반인 사용횟수는 3회로 이용률이 굉장히 저조한 것으로 나타났다. 또한 '수원 화성 MR 콘텐츠'는 교육용으로 초·중·고 11,636곳 중 배포 요청을 한 학교는 415(3.56%)곳으로 적었으며 6회의 이용횟수를 보여 콘텐츠 활용도에 대한 노력은 미흡한 것으로 나타났다.

셋째, 현재 많은 콘텐츠의 유형이 체험+전시의 형태로 변화하고 있는 추세지만 웹사이트를 통한 온라인 전시 콘텐츠의 제작은 적었다. 대부분의 콘텐츠들이 가상현실(VR)과 증강현실(AR) 기술을 적용한 콘텐츠들이지만 현장 방문을 통한 체험 및 투어 콘텐츠들이었으며, 온라인 전시 및 투어는 진행하지 않고 있다.

넷째, IT기술을 활용한 디지털 복원은 국내 뿐만 아니라 해외 문화재를 복원하는 기술로도 사용되고 있음을 알 수 있다. 2000년대 '저개발국 문화유산 보존 협력 사업'을 시작으로 해외 문화유산을 디지털 복원하였으며 2010년도에는 단순 복원이 아닌 VR, AR 기술을 활용한 체험 및 전시의 유형으로도 콘텐츠를 제작하여 해외 문화유산 복원에 국내 3차원 디지털 기술의 활용도가 증가할 것으로 보인다.

다섯째, 국내·해외 사례를 종합하여 콘텐츠 유형과 3차원 디지털기술의 관계를 분석한 결과 현재 VR 기술 16개 AR 기술 14로 활용도가 높은 걸 알 수 있으며, 3D 프린팅, MR, 홀로그램 기술의 활용은 각각 3개 3개 2개로 기술의 활용도가 낮은 걸 알 수 있다.

#### 4. 결론

건축 문화재는 특성상 크기 및 공간에 구애를 받는 문화재로 훼손 및 재난에 따른 손실에 대한 대안 마련이 대두되고 있으며 건축 문화재의 영구 보존자료 구축과 관리, 활용을 위한 건축 문화재의 디지털화가 필요하다. 본 논문은 기술의 발전에 따라 건축 문화재의 콘텐츠 활용

에 3차원 디지털 기술이 적용될 수 있도록 현재 콘텐츠별 적용 기술들을 분석하였다

첫째, 건축 문화재의 3차원 디지털 기술의 활용은 문화재를 복원하기 위한 형태에서 활용하는 형태로 변화하고 있다. 정밀도가 높은 3D 스캐닝 기술을 활용하여 문화재를 복원 및 보존하는 형태에서 3차원 디지털 기술 및 기술의 융·복합을 통해 문화재를 활용하는 새로운 형태를 통해 다양한 분야에서 디지털 문화재를 활용할 것으로 보인다.

둘째, 문화재의 접근성을 높이기 위해 만든 '디지털 문화유산 콘텐츠'의 활용도가 매우 낮은 것으로 나타났다. 콘텐츠 자체가 문화재청이 자체 행사 등에서 시연할 만한 일반인을 위해 제공하는 콘텐츠로 보기 어려웠다. 많은 예산을 투입해 제작한 콘텐츠인 만큼 국민에게 쉽게 제공하고 콘텐츠를 교육 현장에 보급하여 문화유산의 접근성과 이용률을 높이며 웹사이트를 통한 VR, AR 애플리케이션 다운로드 등 국민들이 쉽게 이용할 수 있는 지속가능한 콘텐츠를 개발해야 한다.

셋째, 현재 많은 콘텐츠들이 체험+전시의 유형으로 변화하고 있는 추세지만 온라인 전시 콘텐츠의 제작은 미흡했다. 대부분의 콘텐츠들이 가상현실(VR)과 증강현실(AR) 기술을 적용한 콘텐츠들이지만 현장 방문을 통한 체험 및 투어 콘텐츠들이었으며, 온라인 전시 및 투어는 진행하지 않고 있다. 건축 문화재의 경우 크기가 크며 이동이 불가능하기 때문에 직접 방문하기 어려운 일반인들을 대상으로 콘텐츠 이용률 및 접근성을 높일 수 있는 온라인 전시·투어 및 이동형 디지털문화유산 체험관 등 다양한 전시 방법과 콘텐츠 제작이 필요할 것으로 보인다.

넷째, 국내 디지털기술을 활용한 해외 문화유산 복원 사업이 증가할 것으로 보인다. 2000년대 해외 문화유산 디지털 복원 사업을 시작으로 국내 IT기술의 기술력이 높은 수준으로 뛰어 나다는 걸 알 수 있으며, 복원한 자료 및 콘텐츠 역시 내·외국인 관광객들에게 좋은 반응을 보였다. 추후 국내 디지털 기술을 활용한 세계 각지의 문화유산 복원 사업이 늘어날 것으로 보이며 국내 IT기술의 활용도 또한 세계적으로 증가할 것으로 보인다. 국내 기술을 적용한 해외 콘텐츠 개발은 문화재콘텐츠 산업의 활성화와 경제적 부가가치를 제고하는데 중요한 요소가 될 것이다. 따라서 해외 소재의 건축문화재 및 유적지 등을 활용한 문화재 콘텐츠 개발을 통한 데이터베이스화를 통해 국내 기술의 발전 및 활용성을 높일 수 있을 것으로 보인다.

다섯째, 콘텐츠 유형과 3차원 디지털기술의 관계를 분

석한 결과 VR, AR기술의 활용도가 높으며 국한된 기술의 활용으로 콘텐츠의 다양성을 확보하지 못하고 있다. 국한된 기술의 사용으로 제작된 콘텐츠들 대부분이 비슷한 형태의 유형을 가지며 이는 다양한 3차원 기술의 활용을 통해 문화 소외계층 및 소외지역 등 다양한 관객을 확보하여 콘텐츠의 다양성을 높일 수 있는 방안을 모색해야 한다.

본 연구를 통해 현재 디지털 건축 문화재의 현황 및 3차원 디지털 기술의 적용 방안에 대해 분석 하였으며, 3차원 디지털 기술 적용 및 콘텐츠를 적극적으로 개발·활용하는 기반을 마련하고자 한다. 향후 디지털건축문화재의 활성화를 위한 다양한 계층 및 디지털기술에 대한 후속 연구가 필요할 것으로 보인다.

## References

- [1] Choi In Hwa, A Study on the rendering to resources of Cultural Heritage Contents Using Advanced Technology such as VR, Research Report, Cultural Heritage Administration, Korea, p4~6
- [2] Lee Kyung Sang, Key Trends Leading the Fourth Industrial Revolution, Issue Report, Korea Embedded Software and System Industry Association, Korea, p7~8
- [3] Jang Ho Soo, Cultural Properties Theory and Method, p527, Baeksan Archives, 2011, p208~209
- [4] Kim Sung Do, A Study on the Prevention Policy according to the Concept and Characteristics of Architectural Cultural Heritage, Journal of Cultural Heritage Disaster Prevention Society, vol.4, no.2 p113~114 2019
- [5] Kim Hong Sik, Category and Change of Architectural Cultural Heritage Concept, Architectural Research, vol.53, no.11 p17 2009
- [6] Cultural Heritage Administration, meet cultural heritage statistics, 2019, <https://blog.naver.com/chagov/221704554138>
- [7] Choi Won Ho, Digital Construction of Cultural Heritage Based on 3D Scanning System -Focused on the Scanning System, Master's thesis, Seoul Sangmyung University Graduate School of Information and Communication, p23, 2003
- [8] Lee Ji Hyung, Development of authoring and interactive restoration simulation technology for experiential learning on Korean traditional digital Heritage, Culture Technology(CT) Research and Development Program 2013, Ministry of Culture, Sports and Tourism, Korea, p17~20

정 성 주(Jung-Sung Ju)

[준회원]



- 2019년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 대학원 건축학과 (공학석사)

<관심분야>

3D프린팅, 디지털디자인, 디지털 기술

이 태 희(Lee-Tae Hee)

[정회원]



- 2004년 2월 : 순천향대학교 대학원 건축학과 (공학석사)
- 2013년 2월 : 충남대학교 대학원 건축공학과 건축계획전공 (공학박사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 건축학과 교수

<관심분야>

3D프린팅, 디지털디자인, 스마트시티