

BIM을 적용한 목조건축문화재 기록데이터 활용방안에 관한 연구

A Study on the Utilization of Documentation using BIM on Wooden Architectural Cultural Assets

신 병 옥*
Shin, Byeong-Uk

Abstract

The purpose of the study is to analyze how to document survey and repair data on wooden architecture culture assets. Documentation was analyzed in comparison to digital developments from the past to the present. Although the accuracy of survey equipment has been improved by digital development, survey drawing has not changed. For example, a 3D Scanner, survey equipment, was introduced but is being used for conversion into 2D data. Data provided by the drawing included in the survey and repair reports were not accumulated. As it stands, it is inaccessible and disorganized. Data generated from the survey, repair, and maintenance has to be consistent. A BIM system was proposed to integrate information on wooden architecture cultural assets.

주요어 : 목조건축문화재, BIM, 문화재실측, 문화재수리, 기록화, 3D 스캐너

Keywords : Wooden Architectural Cultural Assets, BIM, Survey, Repair, Documentation, 3D Scanner

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

목조건축문화재는 오랜 시간 노후화로 인해 내구성이 현저히 저하된 상태에서 건축물에 변위가 발생하여 본래 형태를 지속해서 유지하기 어렵다. 목조건축문화재는 자연적·인위적 훼손된 부분을 지속적으로 수리를 통해 보존 및 관리하여 왔다. 이에 문화재청은 보존과 관리에 있어서 문화재 실측과 역사적 배경을 기록하는 것을 우선으로 시행해 왔다. 이후 목조건축문화재의 기록 유형은 실측조사보고서, 수리보고서, 실측 및 수리보고서 3가지로 나뉘어 발간되고 있다. 실측보고서는 기존 목조건축문화재의 도면이 없는 경우 실측 및 역사적 배경을 기록하는 것에 중점을 두었으며, 수리보고서는 수리과정에 대한 기록 그리고 실측 및 수리보고서는 실측과 수리를 함께 병행하여 수행한 기록보고서이다.

디지털의 발전은 목조건축문화재 기록과정에 다양한 변화를 주고 있다. 수작업 페이퍼 도면 작성방식에서 2D 전산화 방식으로 바뀌었고, 흑백사진에서 선명한 화질의 컬러사진으로 수록되었다. 특히 실측방식에서는 최첨단 장비인 3D Scanner¹⁾의 도입으로 목조건축물 현황 실측 시간 단축과 측정의 정밀도가 향상되었다. 그러나 2D로 작성되는 실측도면과 3D Scanner 실측은 상반되는 데이터로 문제점이 나타났다. 3D Scanner 데이터는 Snapshot 이미지로 재가공 되어 2D로 변환하는 공정을 거쳐

실측도면을 작성하였다. 최첨단 장비로 얻어진 3D 데이터를 2D로 변환하여 실측도면을 작성하였지만, 복원과정에서는 2D 도면을 재차 3D로 변환하여 복원도를 작성하는 아이러니한 작업을 수행하고 있다. 3D Scanner 데이터의 활용범위는 국한된 것이다. 디지털 기술로 실측의 정밀도는 향상됐지만 도면작성 표현방식은 CAD System 도입 전과 큰 변화가 없었던 것이다.

목조건축문화재 기록은 다양한 분야에서 활용되고 고증과 복원에서도 가장 중요한 자료가 되는데 이러한 자료는 통합성이 낮았다. 과거의 수리기록을 추적하다 보면 국가기록원 공문서, 관리대장, 수리보고서, 단행본, 개인 소장 자료 등으로 수리기록이 파편화되어 있어 혼란을 가져온다.²⁾ 큰 규모의 수리공사의 경우 수리보고서가 발간되어 그 기록의 가치와 활용성이 높지만 작은 규모의 공사에서는 사업 수행기관별로 소장하고 관리되어 접근성이 낮다. 초기 실측보고서 작성을 완료한 목조건축문화재에 대해 수리를 할 때 실측을 하게 되는데 기존 도면과 일관성 없이 새로 작성된다. 이는 기관별 실측기준점과 도면 표현방식의 차이로 연결되지 못하기 때문에 매회 실측·수리공사에서는 신규 실측도면이 생성된다.

목조건축문화재는 한 번의 수리로 오랫동안 지속하기 어렵다. 매번 수리과정을 통해 그 형상과 재료가 조금씩 변해가고 구조적인 이유로 그 형태가 바뀌는 예도 있다. 세월의 흐름으로 초창기 부재는 점차 사라져 복원 시에는 어떤 부재가 초창기 부재인지 알 수가 없어 부재 크기를 결정하는데 어려움을 겪는다. 이는 목조건축문화재의 실측·수리 기록데이터가 통합화로 누락되지 않았기 때문이다.

이에 본 연구는 목조건축문화재의 실측·수리 정보를 통합화하고 활용하는 방안으로 현대건축에서 적용하고 있는 BIM System을 제안하고자 한다.

* 중국 귀주대학교 post doc, 공학박사

(Corresponding author :Department of Architectural, China Guizhou University, post doc, manimani-mail@daum.net)

1) 화재 측정에 있어서 3D Scanner의 정밀성을 인식하고 2012년 문화재청은 ‘문화재 3차원 레이저 스캐닝 표준작업지침’을 기준으로 이 후 실측 시에는 3D Scanner의 활용이 증가하였다.

2) 송이, 궁궐 목조건축문화재 수리 이력과 원인에 관한 연구, 경기대학교 석사학위논문, 2016, p.6

1.2 연구의 범위와 방법

문화재의 기록적 측면에서 신뢰도 및 접근성이 높은 국보·보물에 해당하는 목조건축문화재 184³⁾동을 문화재청 홈페이지 간행물에서 조회하였다. 단일 목조건축문화재(국보·보물)로 발행된 간행물⁴⁾은 실측보고서, 수리보고서, 실측·수리보고서 3가지 유형으로 확인되었다. 수집된 자료는 목조건축문화재 168동의 보고서이며 2회 이상 발간된 보고서를 포함하여 총 187권의 보고서를 분석하였다<Table 1>.

실측보고서는 목조건축물을 해체하지 않고 본래의 모습 그대로를 실측한 내용이 수록된 유형으로 총 135권, 수리보고서는 목조건축물의 수리 내용만 수록한 것으로 7권, 보고서 명은 수리보고서를 사용하고 있지만 그 내용은 실측과 수리를 포함한 자료로서 실측·수리보고서 45권으로 분류되었다.

Table 1. Number of survey and repair report published by period

구분	1984-1999	2000-2009	2010-2017	계
실측보고서	23	55	57	135
수리보고서	2	3	2	7
실측·수리보고서	3	38	4	45

2장에서는 보고서를 연대별로 나열하여 과거부터 최근 보고서의 실측방식, 도면표현, 수리기록 유형 등을 시간적 흐름과 디지털의 발전 관계를 고려하여 어떠한 변화가 있었는지 분석하였다. 3장에서는 2회 이상 발간된 보고서의 기록화 변화와 목조건축문화재 실측 및 수리보고서의 기록화 한계점을 도출하였다. 4장에서는 한계점을 보완 할 수 있는 BIM System을 제안하여 데이터 구축방안과 활용방안에 대해 제안하였다.

2. 배경적 고찰

2.1 디지털 발전에 따른 일반건축 도면 기록화 변천

(1) CAD System의 도입

일반건축에 CAD(Computer Aided Design) System의 도입 이전에는 수작업으로 도면을 작성해왔다. 수작업 방식의 도면작성은 잦은 수정과 변경이 요구될 때 건축가가 이들 도면작성에 소모하는 업무상의 비중은 Design과정 자체에 드는 것보다 오히려 커져서 거의 2배에 가까운 인력과 시간을 필요하게 되었다.⁵⁾ CAD System 도입은 실시설계 단계에서 매우 효과적으로 활용되었는데 가장 큰 장점으로는 수정과 복사 그리고 여러 장의 도면 출력이 동시에 가능하다는 것이다. 물론 이 점 하나로 기존의 설계사무소가 CAD System의 환경으로 전환하기 위해서는 하드웨어 및 소프트웨어 구축비, CAD 전문인력 확보, 교육은 상당한 부담으로 작용하였다.

1990년 초에는 CAD가 전산보조설계라는 본연의 역할이 아

닌 제도보조기구(Computer Aided Drafting)의 국한된 업무에만 컴퓨터가 사용⁶⁾되었지만, 컴퓨터가 보급화 되면서 하드웨어 및 소프트웨어 구축비는 절감되었고 대형 설계사무소뿐 아니라 중소 규모의 사무소에도 일반화되어 CAD의 활용도는 증가하였다. 1996년에는 국토교통부가 수립한 건축행정 전산화 기본 계획에 따라 건축 민원의 접수·처리, 건축물대장관리, 통계 등의 업무를 전산화하였다.⁷⁾ 이는 CAD System의 상용화에 가속화를 더하였고, 1997년 06월 02일 대통령령 제15384호 제정으로 컴퓨터를 이용하는 국가기술자격증 전산응용건축제도기능사⁸⁾가 신규 생성되었다. 이러한 변화는 대학은 물론 공업고등학교 교육과정에서도 건축 CAD의 과목이 자리 매김 하면서 건축분야에서의 중요도를 보여주고 있다.

건축설계의 전산화 정착은 기존 자격증의 변화를 일으켰는데 2005년 1월 1일 국가기술자격법이 개정되면서 건축제도기능사는 삭제되고 전산응용건축제도 기능사와 통합하여 하나의 자격증으로 변경되었다. 이는 설계사무소에서 더는 수작업을 하지 않고 CAD System이 완전한 상태로 정착했음을 알 수 있다.⁸⁾

디지털의 발전은 건축 분야에도 환경의 변화를 주게 되었다. 하드웨어 부분에서는 컴퓨터의 전산처리 속도와 저장장치의 용량이 증가하였다. 메가바이트(Megabyte, 약칭 MB)에서 기가바이트(Gigabyte, 약칭 GB) 그리고 테라(Tera, 약칭 TB) 단위까지 이르게 되었다. 데이터의 양과 생성속도가 급속도로 증가하였고, 그 크기도 점차 대용량화되었다. 스마트폰과 태블릿이 보편화 되면서 외부에서도 언제 어디서든 데이터 저장장치에 접속하여 데이터를 다운로드 또는 업로드가 자유로워졌다. 건축 현장 사진을 즉시 올려 실무자와 공유할 수도 있다. 수많은 도면을 직접 출력하지 않고 스마트폰 및 태블릿 하나만으로 확인이 가능해진 환경이 된 것이다.

소프트웨어 부분에서는 3D 프로그램이 상용화 되었다. CAD System 3D 표현이 가능하였으나 실사표현의 한계가 있기 때문에 3Dmax, Sketchup, Rhino 등 다양한 3D 소프트웨어가 등장하면서 건축도면의 시각화를 한 층 더 높였다. 3D 표현은 노출되는 부분만 3D로 제작되기 때문에 시각화 이미지 출력에 목적을 두었다. 서로 다른 영역인 2D 설계방식과 3D 표현방식을 통합화한 새로운 3D 설계방식으로 BIM System이 도입되면서 건축 시장의 변화가 시작되었다.

(2) BIM System의 도입

CAD System 도입은 실시설계 이후 현장에서의 오류적인 부분으로 인해 잦은 설계 변경에서 수작업 방식보다 도면수정 대응이 빠른 점에서 강점이 있었다. CAD System은 수작업 설계방식과 동일한 프로세스로 설계를 위한 사용 도구가 컴퓨터로 바뀌면서 전산화된 도면을 생성하는 범위로 국한되었다. 이러한 한계점을 보완하기 위해 오늘날 초기설계부터 유지관리 및 소멸 단계까지 발생하는 모든 건축물의 정보를 생산 및 수집하고, 관리하는 BIM(Building Information Modeling) System 기술이 도입되었다. BIM 용어는 1990년대부터 사용이 되었고, 그 개념은

3) 018.07 이전에 등록 완료된 목조건축문화재이다.
4) 조건축문화재 184건 중 161건의 실측 및 수리보고서가 등록되어 있으며 그 외 23건의 보고서는 국가기록원에서 조회한 결과 실측 및 수리기록은 확인되었다. 이는 순차적으로 공개여부를 거쳐 간행물로 업로드 된다.
5) 정인, CAD 활용실태와 AutoCAD의 Customization 교육의 필요성에 관한 연구, 명지대학교, 석사학위논문, 2003, p.9

6) 형섭, 건축설계업무의 전산화 현황, 한국전산구조공학회논문집, 1991, p.36
7) 용준, 김홍수, 김명근, 건축행정시스템의 단계적 BIM 도입 범위 설정에 관한연구, 한국산학기술학회논문집, 2016, p.132
8) 작업이 현대에 완전히 사라진 것은 아니다. 건축사, 건축산업기사 자격증의 시험에는 수작업으로 도면을 작성한다.

1970년대 중반에 이미 나타나기 시작하였다. BIM 의미가 있는 개념의 첫 번째 기록은 Eastman(1975)의 “Building Description System”에서 건물에 대한 시각적, 정량적 분석이 가능하고, 이를 위한 하나의 통합 데이터베이스의 제공을 통한 건물의 자동화된 법규검토 이론도 포함하고 있다.⁹⁾

최근 조달청의 BIM 의무화 적용 및 대형 건축물을 중심으로 확산하고 있는 BIM은 건축물의 복잡화, 비정형화, 저탄소 건축물, 유지관리 등이 중요시되는 추세에 따라 그 필요성이 증대되었다.¹⁰⁾ 국토교통부는 2020년까지 정부 토목 프로젝트의 20%까지 BIM 의무화를 적용하겠다는 로드맵을 제시했다.¹¹⁾ 조달청은 2010년 10월 21일 시설사업 BIM적용 기본지침서를 최초 제정하였으며 BIM 적용 대상으로는 총공사비 500억 이상의 사업으로서 연면적 300m² 이하의 부속건물은 적용 대상에서 제외한다고 하였다. 그러나 사용성에 있어서 미미하자 이를 확대하고자 2016년 3월 31일 시설사업 BIM 기본지침서의 BIM 적용 대상 기준을 개정하였다. 조달청이 발주하는 시설공사 맞춤형 서비스 대상 사업¹²⁾에 적용하여 BIM 의무화를 확대하였다.

이를 뒷받침 해주는 국내 건축행정시스템은 2009년 국토교통부가 수립한 ‘정보화 기본계획’을 바탕으로 건축행정시스템 고도화를 위해 2009년부터 2013년까지 5차에 걸쳐 ‘지능형 건축행정시스템 구축’사업을 추진하여 시스템을 강화하고 서비스를 확대하였다. 3~4차 사업에서는 BIM 관리 체계를 마련하는 등 건축행정시스템에 BIM을 적용하기 위한 준비를 하였다.¹³⁾ 현재는 기존의 수작업에서의 CAD System 전환과정과 같이 BIM System으로의 변화에 따른 과도기에 있다. 물론 그 차이는 다르지만, 시대적 차이도 다르듯이 많은 연구와 시도가 필요할 것으로 보인다. 이러한 변화과정은 시간적, 경제적 비용이 소요되지만 정착화 된다면 설계도면의 품질향상과 데이터 관리 측면에서 매우 효과적인 결과를 가져올 것으로 사료된다.

2.2 시대에 따른 실측 및 수리보고서 기록화의 변화

목조건축문화재는 1956년부터 실측이 시작되었으며, 1973년부터 문화재관리국에 의해 「한국의 고건축」이라는 일련의 체계적인 실측보고서가 만들어졌다.¹⁴⁾ 과거에는 체계를 갖춰가는 단계로 데이터의 양은 미흡하였다. 따라서, 디지털 발전은 실측 및 수리보고서의 기록화 방식에 큰 영향을 주고 있다. 대표적으로 도면작성 도구의 변화, 사진기록, 측량방식, 저장장치의 변화가 되겠다.

1985년부터 작성된 실측보고서의 도면작성 지침을 살펴보면 수작업(오일페이퍼)으로 도면화 기록을 하였다. 1999년에 들어서면서 보물 제408호 논산 쌍계사 대웅전, 보물 제521호 영천 송림당 등 실측도면은 CAD로 작성된 도면¹⁵⁾이 수록되었는데

이는 건축행정 전산화 구축과 더불어 CAD System이 상용화되어 가는 시점이라 할 수 있겠다. 1999년 기준으로 20년이 지난 현대에도 도면작성은 CAD System으로 완전히 정착하여 건축분야에서는 없어서는 안 될 System이 되었다. 하지만 목조건축 문화재의 기록화에 있어서 수작업이 완전히 사라진 것은 아니다. 목조건축문화재는 존재하는 건축물을 정밀하게 실측하여 이를 기록하는 것으로 현장에서 수작업인 야장을 작성하는 것이 중요하다.¹⁶⁾ 야장을 통해 CAD System으로 도면을 작성하고 누락된 치수에 대해서는 재측정하여 보완 후 기록을 완료하게 된다. 실측 시에는 측정자, 버니어 캘리퍼스, 다림추, 레벨 측정기 등을 사용하여 곧바로 치수를 야장에 기록하는 기존의 수작업 방식과 더불어 실측값의 정밀성을 높이기 위해 3D Scanner 장비가 사용되었다. 3D Scanner가 사용된 것은 2001년 「완주 화암사 극락전 해체수리보고서」의 작성에서였다.¹⁷⁾ 3D Scanner는 문화재실측 지침에 의무적으로 사용하도록 조사지침이 나와서 시작된 것은 아니었다. 조사 지침의 내용은 2008년 보물 제178호 강화전등사 대웅전, 보물 제179호 강화전등사 약사전의 실측조사 보고서 에서 3차원 스캐너의 사용으로 실측의 정밀성 확보와 실측 자료의 전산화, 조사일정 단축으로 작업의 효율성을 높이도록 하였다. 이후 2012년 문화재청에서 「문화재 3차원 레이저 스캐닝 표준작업지침」이 만들어 지면서 목조건축문화재를 포함한 여러 종류 문화재의 3D 스캔에 대한 전반적인 체계가 잡혀가고 있다.¹⁸⁾ 2013년 보물 제821호 종묘 영녕전 정밀실측조사 보고서의 조사 지침에서는 측량의 중복을 피하고 정확성을 높이기 위해 영구표석 3개소를 설치하여 공공측량을 실시하였다.¹⁹⁾

사진은 과거 필름카메라가 대표적이었다면 2005년 발행된 보물 제399호 홍성 고산사 대웅전 조사지침에는 디지털카메라로 병행 시 600만화소 이상, DSLR 기종의 카메라를 사용하도록 하였다. 조사 과정에서는 디지털카메라를 사용하였지만, 기록용 사진은 대형 필름카메라를 사용하도록 하였다. 2010년에 발행된 실측보고서에서는 기록용 사진에도 DSLR 디지털카메라를 사용하고 화소 수는 600만에서 1000만으로 증가하였다. 사진 이외에 기록으로는 동영상 촬영이 있었다. 2007년 발행된 보물 제242호 안동 개목사 원통전 실측보고서의 조사지침에는 캠코더 촬영(동영상촬영)이 명시되어 있는데 이는 2009년 발행 이후의 보고서 지침에서는 사라졌다.

목조건축문화재의 모든 기록데이터를 저장하게 되는데 저장장치는 디스켓과 CD가 병행되면서 2014년 보물 제1825호 의성 만취당 정밀실측조사보고서에는 성과품 납품으로 외장하드가 제출되었다. 이는 다양한 디지털 데이터와 정밀도 향상으로 그 용량은 CD에 저장할 수 없는 용량으로 바뀌었음을 알 수 있다.

9) 상호, BIM의 진화와 미래, 한국토지주택공사 토지주택연구원, 2011, p.30

10) 김용준, 김홍수, 김명근, 전계서, p.132

11) 국토일보, 4차 산업혁명 시대, 건설산업BIM역할, 2017.06.19. 보도자료

12) 공사발주 경험이나 전문인력이 부족한 수요기관을 대상으로 시설물의 기획·설계·시공·사후관리의 건설 업무의 전부 혹은 일부를 조달청이 대행하는 서비스

13) 김용준, 김홍수, 김명근, 전계서, p.133

14) 안대환, 목조 건축문화재의 실측조사보고서 작성을 위한 3D 스캔데이터의 활용 개념과 한계, 대한건축학회논문집, 2013, p.141

15) 실측보고서에는 CAD System이 상용화되었음을 알 수 있다. 실측 지침에는 도면작성 시 컴퓨터 도화를 원칙으로 하며 부득이한 경우 감독관의 승인을 거쳐 수작업을 할 수 있다고 명시되어 있으며 이 문구는 2014년 이후 지침서에는 없다.

16) 문화재수리기능자(실측설계사보)의 실기시험의 유형은 현장에서 수작업으로 기록화하는 방식으로 진행된다.

17) 안대환, 전계서, p.143

18) 안대환, 전계서, p.143

19) 2014년부터 발간된 보고서는 모두 기준점을 매설하여 공공측량 지침에 준하여 실시되었다.



Fig. 1. The transition in the documentation of wooden architectural cultural assets

3. 목조건축문화재의 실측·수리 기록화 한계

3.1 실측·수리보고서의 기록화 변화

목조건축문화재는 오랜 시간으로 자연적 현상인 부재의 노후화로 인해 훼손되고, 인위적으로 소실되는 경우가 있다. 이러한 문제로 목조건축문화재의 무리한 수리는 또 다른 손상을 발생시킬 수 있으므로 신중을 기어하고 있다. 이에 선행 작업으로 현재 상태를 그대로 기록하는 실측보고서가 작성되며, 구조적 문제로 상태가 심각한 경우 수리와 함께 실측이 병행되어 실측·수리 보고서가 작성된다. 수리 범위가 적은 경우 간이 실측으로 수리보고서를 작성한 사례도 볼 수 있다. Table 2는 문화재청 간행물 중 하나의 건축물에 대해 2회 이상 발간된 목조건축문화재이다. 발간된 보고서의 유형은 실측만 2회 하는 경우, 실측·수리를 2회 하는 경우, 실측 이후 실측·수리 보고서를 발간하는 경우 크게 3가지의 유형으로 나타났다.

Table 2. Wooden architectural cultural assets published more than two times

구분	실측	수리	실측·수리
안동 봉정사 극락전	-	-	1992년 2003년
보은 법주사 팔상전	2013년	(1968)	1999년
김제 금산사 미륵전	1987년	-	2000년
경복궁 근정전	2000년	-	2003년
완주 화암사 대웅전	1985년	-	2004년
서산 개심사 대웅전	2001년	-	2007년
청양 장곡사 상대웅전	1988년	-	-
청양 장곡사 하대웅전	2010년	-	-
종묘 정전	1989년	-	2000년
남원 광한루	2000년	-	2002년
구례 화엄사 대웅전	1986년 2013년	-	-
달성 도동서원	1989년 2012년	-	-
나주향교 대성전	1991년	-	2008년
여수 흥국사 대웅전	2013년	2002년	2017년
수원 화서문	1998년 2014년	-	-
공주 마곡사 대웅보전	1989년	-	-
공주 마곡사 대광보전	2012년	-	-
양산 신흥사 대광전	2012년	-	1994년
경복궁 사정전	2014년	2012년	-
경복궁 향원정	1988년 2013년	-	-
창덕궁 부용정	1989년	-	2012년

실측을 2회 이상 작성된 보고서는 첫 회가 1980년~1990년대에 작성된 보고서이며 이 시점은 CAD System이 상용화되기 전에 작성된 실측기록이라 할 수 있다. 2회 실측도면은 좀 더 세부적인 상세도면 작성 및 치수 표현으로 정밀성을 높였다. 실측도면 작성의 과정에는 수작업 방식이 사라진 것은 아니다. 실측은 건축물이 존재하는 상태에서 측정하여 기록하는 것으로 현장에서는 직접 치수를 야장에 직접 기록하는 것은 변함이 없다. 그렇다면 단순히 기록화의 전산화를 위해 기록화 보고서를 2회 발간한 것은 아니다. 전산화를 위한 목적이었다면 기존의 실측보고서의 자료를 기반으로 CAD System에 적용하는 것은 현장에 가지 않고 충분히 작성할 수 있다. 무엇보다 문화재는 현상 그대로를 기록하는 것으로 현장에서의 측정이 어떠한 방식으로 기록되었는지 가장 중요한 부분이 된다. 1980년~1990년대에 작성된 실측보고서는 2010년 이후에 새로 발간되었는데 이때 사용된 측량장비는 대표적으로 레이저 레벨, 광파기 그리고 3D Scanner와 같이 첨단장비가 사용되어 정밀성을 더하였다. 과거도면에서는 안솔림을 확인하기 위해 외진주에 대해서만 기둥의 기울임이 기록되어 있는 반면에 최근 발행한 도면에서는 내진주에도 상세한 기록과 형태가 불규칙한 부재의 작성도 정확도가 높았다. 수작업 표현에서는 중심선의 누락과 치수의 표현이 적었지만 CAD로 작성된 도면에서는 중심선을 기준으로 상세치수 표현과 형태를 그대로 기록되었음을 알 수 있다. 1985년 실측된 보물 350호 달성 도동서원 중정당의 대들보와 2012년에 실측된 대들보를 살펴보면 측면의 형태가 다소 차이를 보이는 것을 알 수 있다<Fig. 2, 3>. 2회 차에 작성된 실측보고서는 부재 형태와 부재치수가 상세히 표현되었다.

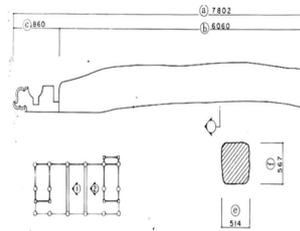


Fig. 2. The main crossbeam in Dalseong dodongseowon jungjeongdang (達城道東書院中正堂) (CHA, 1989, p.121)

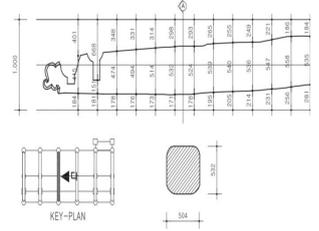


Fig. 3. The main crossbeam in Dalseong dodongseowon jungjeongdang (達城道東書院中正堂) (CHA, 2012, p.146)

일반적으로 목조건축문화재 실측은 해체가 되지 않는 상태에서 이루어지기 때문에 현재의 첨단 디지털 기술의 사용에도 육안으로 보이지 않는 부분은 표현할 수 없는 한계를 갖고 있다. 이에 보이지 않는 결구 부분까지 작성할 기회를 갖는 해체 수리와 병행하여 실측이 진행되는 실측·수리보고서가 작성된다. 국보 316호 완주 화암사 극락전은 하양식 구조로 우리나라에 현존하는 단 하나의 건축물로서 중요성이 크다. 1985년에 실측된 자료의 하양구조의 표현은 단면의 표현으로 하양식 구조의 상세표현의 한계와 전반적으로 실측도면의 내용이 부족하였다. 반면에 2004년에 해체와 함께 실측을 진행한 결과 3D 입체 표현으로 조립도를 표현함으로써 도면의 이해도를 한층 더 높였다<Fig. 4, 5>.

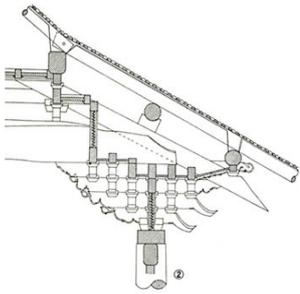


Fig. 4. Bracket sets and Xia-ang in Wanju hwaamsa geungnakjeon Hall (完州花嚴寺極樂殿栱包·下昂) (CHA, 1985, p.53)

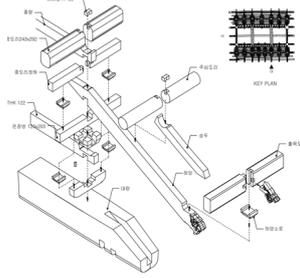


Fig. 5. The assembly drawing of bracket sets and Xia-ang in Wanju hwaamsa geungnakjeon Hall (完州花嚴寺極樂殿栱包·下昂) (CHA, 2004, p.161)

건축물의 형태 변화를 측정하기 위해서는 과거의 실측점과 현재의 실측점이 일치해야 정확한 비교 데이터를 취득할 수 있다. 과거에는 기단의 끝점을 기준으로 하거나 주변 건축물의 기점으로 측정하게 되는데 시간이 흐름에 따라 그 기준점 또한 변하여 과거와 현재를 비교하는데 어려움이 있다. 이를 보완하기 위해 GPS 관측법으로 GPS 기준 표석 3개를 매설하고 공공측량 작업규정에 의해 측정되었다. 이처럼 디지털의 발전으로 새로운 방식을 적용함으로써 도면의 정밀성을 높임과 동시에 기록화의 신뢰도가 향상했음을 알 수 있다.

3.2 목조건축문화재의 실측·수리 기록화 한계

목조건축문화재를 현재의 상태 그대로를 측정하여 기록하기 위해 첨단 디지털 장비를 도입하는 노력을 해왔다. 1999년 CAD System이 활성화되면서부터 실측도면의 전산화는 완전한 상태가 되었다. 20년의 사이에는 디지털의 성장 속도는 하루가 다르게 급성장하고 실측의 방식 또한 문화재의 치밀의 변화가 알려주듯 재빠르게 반영되고 있었다. 이러한 과정의 검증은 문화재 실측 기관에서 효과적인 기록을 위해 다양한 시도를 해왔기 때문에 변화가 나타났다고 할 수 있다. 실측장비의 변화로 다양한 데이터가 추출되고 있으나 이를 담아내는 기존 CAD System의 2D 표현은 20년이 지난 현재는 변화가 없다. CAD System이 도입되어 전산화 하였을 뿐 1999년 이전과 표현의 방식에서는 다른 점 없이 그대로 이어져 온 것이다.

그 한계점으로는 작성되는 도면들의 일치화가 부족하다. 단면도, 입면도, 상세도는 새로운 도면에 각각 별도로 분산되어 작성된다. 3D Scanner의 도입이후 사용방법은 과거로 다시 돌아간 것과 같은 방식으로 작성된다. 3D Scanner의 측량방식은 이미 정밀도에서 검증되었다. 하지만 3D Scanner로 목조건축문화재를 스캔 후 후처리 가공을 통해 하나의 입체 모델로 완성하게 되는데 기록화 도면은 2D이므로 이를 부분 Snapshot 통해 2D 이미지로 전환 시킨다. 고가의 장비를 사용하여 이를 다시 2D로 변환하는 과정에서 작성자마다 오차가 발생한다. 실측법보다 정확하고 속도도 향상되었지만 3D 데이터 활용 측면에서 한계점을 보여준다.

실측보고서와 다르게 실측·수리보고서에는 부재의 수리 부분, 교체 부분, 수종표기, 해충피해, 결구법, 부재의 연대 등 다

양한 정보의 표현이 많아졌다. 국보 19호 영주 부석사 조사당과 같이 부재의 수리부분과 수리방식을 표기하였는데 수리 완료 이후 작은 수리에는 본 도면과 일괄을 갖고 누적하여 기록하는데 한계성이 있다<Fig. 6>. 보물 374호 산청 율곡사 대웅전은 입면도에 수리부분을 색상으로 표기하였는데 이는 외부를 이해하는데 네 방향의 도면을 확인해야 하는 것과 내부 기둥은 단면도와 평면도에 표현해야 하는 등 기호 표시가 분리되는 한계점이 있다<Fig. 7>.

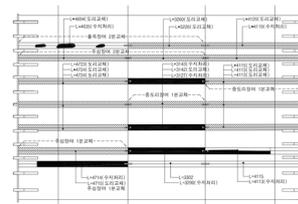


Fig. 6. The repaired cross beam from Yeongju buseoksa josadang Shrine (榮州浮石寺祖師堂) (CHA, 2005, p.283)

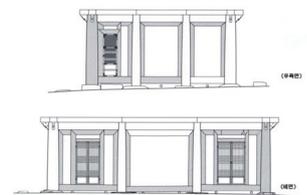


Fig. 7. The sancheong yulgoksa daeungjeon Hall repairs (栗谷寺大雄殿) (CHA, 2003, p.253)

문화재 수리에 있어서 목재의 연대와 수종표기는 중요하다. 과거에 어떤 수종을 사용하였는지를 확인하여 최대한 원형 그대로를 복원할 수 있기 때문이다. 보물 161호 강화 정수사 법당은 가구부의 부재에 목재의 연대를 표기하였는데 흑백으로 출력되는 도면은 표현해야 하는 기호가 한정적으로 도면이 복잡해진다. 이러한 기호 표현의 방식은 도면 작성자마다 개성이 다르게 나타나기 때문에 향후 수리도면 표현에서 통일성이 낮아질 확률이 높다<Fig. 8>. 보물 143호 서산 개심사 대웅전은 수종표현을 컬러를 활용하여 시각적인 이해를 높였으나 기둥의 경우 상부와 하부의 수종이 다름을 알 수 있다. <Fig. 9>. 기둥 하부 부분은 햇빛과 수분 노출이 높아서 손상이 많아 동바리 작업을 하는데 평면도에서는 상부와 하부의 부재가 다르다는 것이 외 수리범위 및 결구법 등 정보표현의 한계를 보여준다.

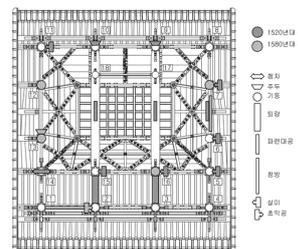


Fig. 8. Year of members of the framework in Ganghwa jeongsusa beopdang main hall (江華淨水寺法堂) (CHA, 2004, p.325)

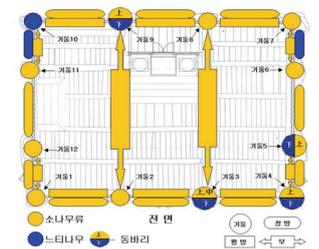


Fig. 9. Mark of lumber types in Seosan gaesimsa daeungjeon Hall (瑞山開心寺大雄殿) (CHA, 2007, p.212)

부재의 손상은 노후화, 해충, 구조적 결함, 인위적 손상 등 그 범위는 특정 부분이 아닌 다양한 부재에서 발생한다. 보물 826호 김제 귀신사의 2005년 실측·수리보고서에는 흰개미의 피해로 인한 손상을 평면과 단면도에 다양한 기호로 표현하였다

<Fig. 10>. 그러나 기둥의 손상에 따른 기둥 교체 및 수리방법과 연결하여 표현되지 못한 부분이 한계성을 갖는다. 이는 xy 좌표 방향에서 표현해야 하는 평면도 그리고 z방향을 표현하기 위해 입면도에 재차 표기해야하는 번거로움과 도면의 가시성이 낮아진다.

목조건축문화재 수리에 있어서 부재의 이동 및 보관, 재사용, 폐기가 되는데 이러한 과정에서는 부재의 이력을 기록하는 것이 중요하다. 향후 문화재 수리에서 원형을 복원하는데 중요한 단서가 된다. 보물 826호 김제 귀신사는 재사용 부재를 본래의 위치가 아닌 다른 위치에 사용되어 이를 도면에 표기하였다 <Fig. 11>. 어떤 위치에서의 사용된 부재인지와 향후 수리과정을 통해서 교체되었을 때 원형의 존재는 사라지게 된다. 특히 보수공사가 잦은 서까래 교체는 장연이 단연으로 재사용되고 단연은 적심으로 사용되거나 파기된다. 이러한 반복적인 과정은 향후 문화재 복원에서 장연의 크기, 단연의 크기가 어떤 것이 원형인지 찾아내는데 어려움을 겪는다.

목조건축문화재 실측자는 원형 그대로를 최대한 반영하여 기록하려는 모습이 보고서에 담겨있다. 그러나 기록해야 하는 양과 표현이 다양하기 때문에 실측도면에 모든 정보를 표현하는데 한계점이 있다.

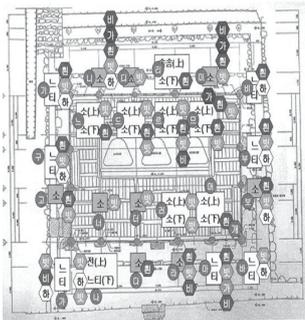


Fig. 10. Drawing of insects at Gimje gwisinsa daejeokgwangjeon Hall (金堤歸信寺大寂光殿) (CHA, 2005, p.430)

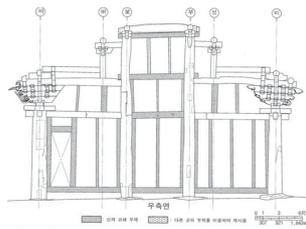


Fig. 11. Reused members of Gimje gwisinsa daejeokgwangjeon Hall (金堤歸信寺大寂光殿) (CHA, 2005, p.387)

3.3 실측수리보고서의 시각화 표현의 한계

3D 도면작성의 기술력은 없었던 것은 아니었다. Table 3에서는 보고서의 연대별 3D가 표현된 기준으로 보고서를 분류하였다. 표현은 전체 권수에서 몇 권에 수록되었는지 여부를 기록하였고, 상세도는 부재의 결구법을 3D화하여 상세히 기록된 것으로 분류하였다. 모델링은 가구부 전체를 3D화하여 작성한 것으로 한 면만을 작성한 일반 투시도는 통계에서 제외하였다. 또한 3D 스캐너의 사용여부는 3D 도면작성과 연관성을 비교하기 위해 조사하였다.

1999년 이전 보고서는 수작업에서 전산화로 넘어가는 과정으로 3D 표현은 적게 나타났으나 실내 투시도는 1~2컷 정도 담겨있었다. 1990년대 보고서 중 3D 모델링의 대표적인 사례로 1992년에 발간된 국보 제15호 안동 봉정사 극락전 수리보고서가 있다. 고려시대 건물로는 우리의 기술로 처음 해체 수리한 것이기에 그 의미가 높아 CAD System으로 3D 모델링이 작성되었다 <Fig. 12>. 뒤를 이어 1999년에 발간된 국보 제55호 보은 법

주사 팔상전 수리공사 보고서에서는 1968년~1969년에 해체수리 내용과 실측 조사를 통해 500여 개의 모든 해체부재 실측수치를 3D 모델링화 하여 새로운 방법으로 시도하였다.



Fig. 12. 3D modeling of Andong bongjeongsang geungnakjeon Hall (安東鳳停寺極樂殿) (CHA, 1992, p.33)



Fig. 13. 3D modeling of Boeun beopjusa palsangjeon Hall (報恩法住寺捌相殿) (CHA, 1999, p.37)

2000년대에 들어서면서 실측보고서 전체 55권 중 25권(45%)으로 3D 모델링 표현이 증가하였고 보이지 않는 부분의 결구법 표현이 어렵기 때문에 상세도 표현까지 이루어지지 않았다. 2010년 이후 작성된 57권의 보고서 중 11권(19%)의 보고서에 3D 표현이 되어 급격하게 감소한 것으로 나타났다. 또한 수리와 병행한 실측수리보고서에 기록된 3D 모델링 및 상세도 표현이 많아야 하지만 전체 38권 중 11권(29%)에 불과하였다. 2010년 이후 CAD System의 2D 도면작성이 정착화된 상황에서는 3D 모델링은 소요시간 대비 효율성이 낮다. 작성해야 하는 2D 도면과 단위 부재별 3D 모델링을 구축해서 제출하는 것은 별도의 공정으로 업무량 증가로 이어진다. 3D 모델링을 작성은 결과적으로 2D 이미지 출력에 한정된 범위로 활용되기 때문에 시각화 표현의 중요성은 점차 낮아지게 되어 감소한 것으로 보인다.

수리보고서는 정밀실측으로 측정되지 않았기 때문에 3D 표현은 없었으며 예외로 2008년 국보 1호 승례문 복원 공사에서는 3D 정보구축으로 복원이 진행되었다.

Table 3. Reports including 3D data

구분		전체	표현	상세도	모델링	3D스캔
실측	1984-1999	23	6	1	5	-
	2000-2009	55	25	3	25	6
	2010-2017	57	11	3	10	53
수리	1984-1999	2	-	-	-	-
	2000-2009	3	-	-	-	-
	2010-2013	2	1	1	1	1
실측수리	1994-1999	3	1	1	1	-
	2000-2009	38	11	3	10	1
	2010-2012	4	-	-	-	-

3D 표현의 활용성을 높인 국보 제316호 완주 화암사 극락전 실측 및 수리보고서는 2004년에 발간되었는데 복잡한 구조의 결구 방식을 조립도 형태로 표현하여 구조부의 이해를 높였다. 3D 모델링의 주요 강점은 도면의 검증이라 할 수 있다. 기존 방

식의 여러 도면은 평면, 단면, 입면을 별도로 작성되기 때문에 하나의 부재에 대해 여러 장의 도면이 필요하다. 그 과정에서 수정이 생기거나 작업자가 여러 명일 경우 실측 치수의 오류가 있었는지 검증할 수 없다. 이에 실측 치수를 3D 모델링 과정에서 그 오류를 점검하고 복원도 작성에 유리하다.

3D Scanner 도입은 실측의 정밀도를 높이기 위해 검증되어 그 활용도는 2010년 이후부터 전체 57권 중 53권(93%)에 수록되어 있다. 실측·수리 보고서는 2010년~2012년에 발간된 보고서로 지침이 나오기 이전의 보고서가 되겠다. 3D Scanner로 추출된 데이터는 한차례 가공되어 2D화로 전환하는 과정을 거치게 된다. 실측 정밀도의 서브 역할을 하는 수준에 머물러 있으며 보고서에는 이미지로만 수록되어 표현의 한계를 보여준다. 고가의 장비를 활용하여 추출된 3D 데이터의 활용성 측면에서 손실이 매우 크다.

CAD System 도입으로 2D 도면 작업이 수월해졌고 이에 3D 표현에 대한 도전은 진행되었다. 과거의 3D 표현은 시각화에 초점이 되어 있었기에 활용으로 이어지지 못해 점차 사라졌다. 결과물이 2D의 보고서에 수록되므로 3D 모델링은 물론 현대의 3D Scanner 데이터 또한 2D 보고서 이미지 수록에 그쳤다.

목조건축문화재 기록의 가치는 많이 생산하고, 문화재가 소실된 후 꺼내어 보는 것이 아닌 기록한 데이터들을 이후에 어떻게 활용될 수 있을 것인지를 검토하고 작성해야 할 것이다.

4. BIM System을 적용한 기록데이터 구축방안

4.1 목조건축문화재의 BIM System 구축방안

BIM System의 기능은 현대의 설계방식에 영향을 주었다. 새로운 것을 창조하는 방식과 다르게 목조건축문화재는 현재 존재하는 건축물을 실측하여 사실 그대로를 도면에 표현한다. BIM System의 핵심은 3D 도면작성법보다 유지관리 부분이다. 문화재의 정밀실측은 고층과 도면작성으로 완료 되고, 수리는 계획도면에서 수정되어 준공도면으로 마무리된다. 여기서 문화재의 실측도면 완료 후 복원도면 작성에 대해 연구되지 않고 있다. 현황 실측된 목조건축물은 시간이 흐르면서 그 모습은 변형되고 해체 수리를 할 때 또 다시 실측을 해야 하는 번거로움이 발생한다. 물론 해체 전의 상태를 실측하고 과거의 도면과 교차 비교하면서 차이 분석을 할 수 있으나 이는 개별 사무소마다 측정방식과 기준점이 다르므로 2D 도면으로 비교는 의미가 적다.

실측에는 비해체 실측과 수리와 병행하는 해체 실측이 있으며 이는 하나의 도면에서 완성되어야 한다. 현재는 실측, 복원, 수리에 있어서 기준이 되는 복원 도면이 없어서 새로 생성된 도면들만 증가 되고 있다. BIM System은 일관성된 목조건축문화재 도면 확보로 재 실측과 갖은 문화재 수리에 대해 즉시 대응할 수 있는 System이다. 비해체 실측에서 3D Scanner 장비를 활용해도 육안으로 보이지 않는 부분의 데이터는 추출되지 않는 한계가 있지만 부재 형상을 모델링하는데 충분히 가능하다. 여기서 현황 단계에서 멈추지 않고 현황 실측도면을 근거로 복원도가 작성되어야 한다. 비해체 실측으로 누락된 데이터는 향후 해체 보수가 진행됨에 따라 결구 부분을 집중적으로 조사하고 추가 보완하는 과정을 거치면서 복원도의 완성도를 높인다. 해

체 이전에 발생하는 작은 수리는 1차 실측도면에 변경사항을 추가하면서 도면의 파편화를 방지하고 하나의 도면에 데이터를 누적해가는 것이다. 일관된 도면은 신뢰도가 높은 복원도를 완성하게 되므로 향후 문화재를 복원하는데 효과적으로 활용될 수 있다<Fig. 14>.

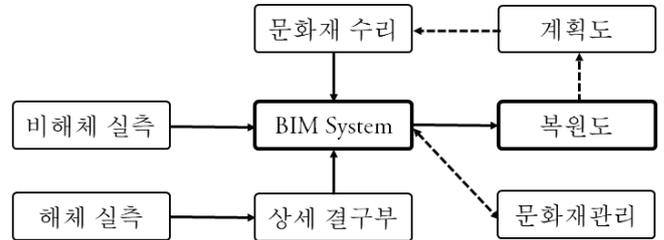


Fig. 14. Process of survey and repair drawings

목조건축문화재의 실측, 수리, 점검 등에 따라 생성되는 데이터는 발주기관별 관리하는 것은 오히려 데이터의 혼란과 충돌을 발생시킬 수 있다. 각 기관에서는 맡은 분야와 추출데이터가 서로 다르기 때문에 목조건축문화재 통합관리 BIM System을 구축하고 데이터를 통합화 및 간소화하여 자료가 즉시 제공되어야 한다<Fig. 15>.

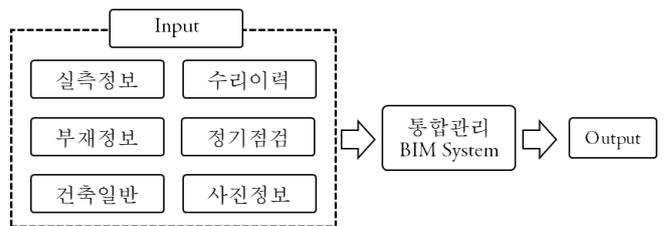


Fig. 15. Process of implementing BIM System as the integrated management

정보의 수집은 단순히 표로 작성된 문서화를 뜻하는 것은 아닙니다. 문화재관리대장에서 볼 수 있듯이 관리대장에는 현상변경 및 보수정비에 대해서 간략히 작성되어 있으며 자세히 확인하기 위해서는 기록원의 자료를 수집하고 확인하여야 한다.

BIM System으로 수집된 정보는 목조건축문화재를 설명하는 일반적 개요, 매회 수리에 발생하는 수리범위와 방식을 시각화한다. 실측정보는 실측방식에 따른 데이터를 기반으로 한 목조건축물의 모델링을 생성하고, 수리에서 발생하는 정보를 취합하여 부재 정보 데이터를 구축한다. 실시간 정보를 취득할 수 있는 정기점검과 사진정보를 하나의 목조건축물의 상태를 알 수 있도록 구축되어야 한다.

Table 4. The input data for the BIM System

정보유형	내용
건축일반	문화재명, 지정번호, 위치, 지정일, 면적, 관리자, 소유자
수리이력	수리일자, 원인, 범위, 수리방식, 수리위치, 수리자
실측정보	결구방식, 건축양식, 스캔 데이터, 모델링, 실측자
부재정보	부재형상, 위치, 부재 이동 이력, 수종, 단대
정기점검	주변 환경요소, 훼손부분 위치, 상태
사진정보	보수 전, 보수 후, 점검사진

기존 설계방식에서 BIM System으로 전환하는 것은 문화재 설계사무소에겐 큰 영향을 미치게 된다. 과거의 수작업 도면 작성에서 CAD System으로 변환하는 과도기와 전혀 다른 문제이기 때문이다. 먼저 하드웨어 구축과 전문 인력이 확보되지 않는 점이다. 특히 문화재 설계사무소는 현대건축 사무소 보다 비율이 낮다. 기존의 방식으로 문화재를 실측하고 도면을 작성하는데 무리가 없기에 변함없이 이어져 왔는지 모른다. 기록은 활용에 있어서 더욱 빛을 보기 때문에 언젠가는 이러한 과정은 거치게 되므로 단계적 도입으로 검증과 함께 변화해야 한다.

단계적 도입은 다음과 같이 제안한다. 실측 및 수리보고서에 기록된 보고서에는 3장 내용을 보면 상세도 표현이 부족하다. 1단계 적용은 비해체 실측 시에 보이지 않는 결구부분은 별도 표기하고 부분 상세 3D 모델링을 작성한다. 해체 실측 후 모델링 검증과 표기되지 않는 결구부분을 보완한다. 2단계 적용은 주요 가구부 3D 모델링이며 1단계에 작성된 상세 데이터를 종합화한다. 3단계 적용은 마감 재료를 포함하여 전체 3D 모델링을 완성한다. 4단계에서는 BIM System 기반으로 3D 전산파일을 제출하며 이는 2D PDF 보고서 작성이 아닌 3D PDF 전산 파일 추출과 2D 도면은 필요시 BIM System에서 추출하여 불필요한 도면 데이터는 간소화한다.

Table 5. The stepwise introduction plan for applying BIM System

단계	내용
1단계	부분 상세도 표현 3D 모델링(결구법)
2단계	주요 가구부 3D 모델링
3단계	마감재료 포함 전체 3D 모델링
4단계	BIM System 기반 3D 전산파일 추출 • 3D PDF 전산 파일화 적용 • 2D 도면은 필요시 BIM System에서 추출

4.2 목조건축문화재의 BIM 모델구축 방안

BIM System의 정보모델 구축은 단일 부재를 3D 형상으로 제작하는 것으로 시작된다. 눈에 보이는 실물 그대로 표현하는 것으로 2D 도면과 같이 여러 장의 도면을 작성할 필요가 없다. 목조건축물을 축조하는 방식과 해체하는 방식의 접근이 용이하므로 제작과정에서 실측의 오류를 점검하고 최소화 할 수 있다.

목조건축문화재의 건축양식은 서로 다르지만, 축조방식은 동일한 성격을 갖고 있다. 이를 기단부, 가구부, 지붕부, 마감부 4가지 영역으로 구분하였다. 기단부는 기단, 초석으로 구성되며 가구부는 수직재, 수평재, 공포로 중분류 하였다. 수직재는 건축물의 주요 부재인 기둥이 있으며 단면적이 작은 부재로 동자주, 대공, 활주가 있다. 수평재는 수직재와 결구되어 목조건축물의 공간을 형성하는 보와 창방, 평방, 도리, 장여로 구분하였다. 공포를 구성하는 주두, 첨차, 살미, 소로로 구분하였다. 지붕부는 지붕의 곡과 처마를 구성하는 추녀, 연목, 부연, 평고대, 적심, 보토, 기와로 지붕 마감면을 지붕부 재료로 포함하였다.

Table 6. Classification system by area in wooden architectural cultural assets

구분	분류	
기단부	기단 · 초석	
가구부	수직재	기둥 · 동자주 · 대공 · 활주
	수평재	보 · 창방 · 평방 · 도리 · 장여
	공포	주두 · 첨차 · 살미 · 소로
지붕부	추녀 · 연목 · 부연 · 평고대 · 적심 · 보토 · 기와	
마감부	벽체 · 마루 · 인방 · 문선 · 문 · 머름	

BIM System의 정보모델 제작에서는 Autodesk사의 Revit Architecture 2014 버전의 툴을 사용하였다. 먼저 목조건축물의 부분상세 구조의 정보모델 구축을 위해 3D 스캔 데이터를 100% 활용하여 구축하는 한계가 있다. 3D Scanner는 우리가 육안으로 보는 것과 같이 보이지 않는 부분은 스캔이 되지 않으므로 사각지대는 현장에서 직접 실측인 야장의 기록이 중요하다. 야장은 평면, 입면, 단면 등으로 구성하여 세부 치수를 기록하고 3D Scanner 데이터를 보완한다. 비해체 실측에서는 결구 부분을 알 수 없기 때문에 결구 부분을 표현하지 않은 현황 그대로의 3D Scanner 데이터를 기준으로 3D 정보모델을 작성한다. 목조건축문화재는 뒤틀림과 부재의 형상이 고르지 못하기 때문에 현황 3D Scanner 데이터를 기준으로 활용하는 것이다. 정밀도에서는 3D Scanner의 촬영횟수와 근접도, 사각지대를 최소화 하느냐에 따라 품질이 달라지므로 유의해야 한다. 3D Scanner 데이터는 불필요 요소의 주변 데이터를 포함하고 있기 때문에 1차 후처리 과정이 중요하며 완료 후 BIM System을 적용하여 모델을 작성한다.

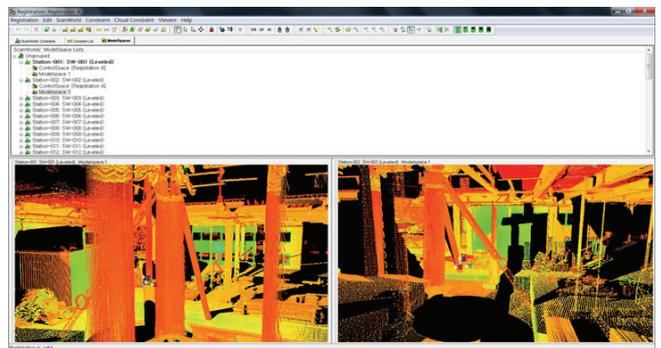


Fig. 16. Export after post-processing 3D Scanner data

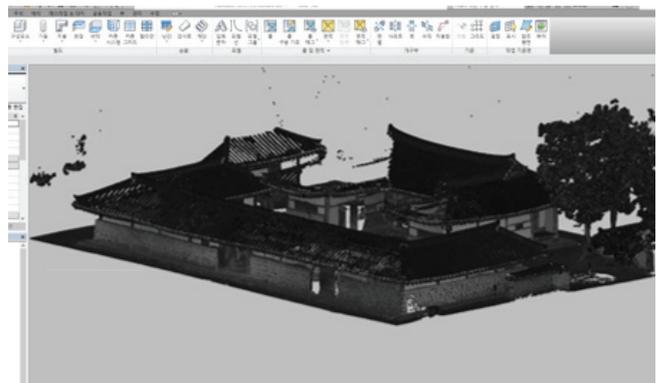


Fig. 17. Import of post-processing data

목조건축물은 해체실측에서는 결구 부분을 중점적으로 실측해야 한다. 부재의 결구를 이해하고 구조적 특징을 고증하는데 도움이 된다. 해체 실측보고서에는 부분 상세도면이 2D 도면으로 작성되고 3D는 필요에 따라 작성되거나 없는 경우가 많다. 부분상세는 목조건축물의 특징을 가장 잘 나타낼 수 있고 복원도에 있어서 중요한 자료이다. 부분상세 3D 정보모델을 선행으로 구축하고 필요에 따라 2D 도면을 추출하는 것이 효과적이다. BIM System 환경에서는 2D 도면을 별도로 작성하지 않고 추출이 가능하다. 다만 2D 도면과 동일한 시트로 만들기 위해서는 별도의 공정이 필요하나 이러한 공정은 무의하다. 기록이라 하면 모든 사람이 쉽게 알아 볼 수 있게 하는 것이 중요하다. 3D 정보모델 상세도는 부재의 조립 과정과 결구부분을 상세히 알 수 있다. 이러한 상세도 제작을 우선으로 하여 가구부의 부재 구축이 진행되어야 한다.

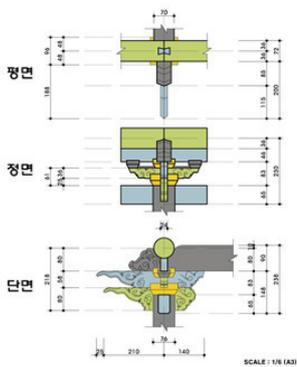


Fig. 18. 2D drawing of a bracket with double projection

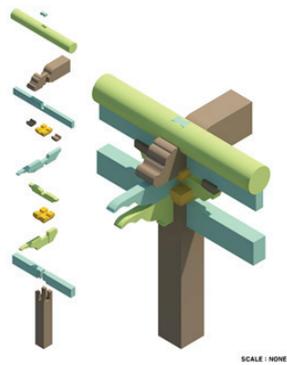
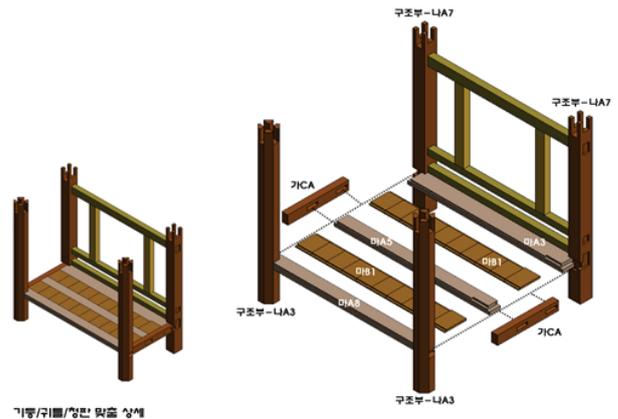
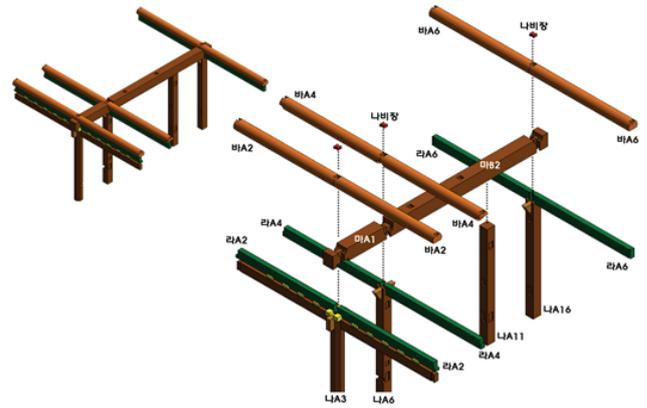


Fig. 19. The 3D information model of a bracket with double projection



기둥/귀틀/정면 맞춤 상세

주요 상세도의 구축은 BIM System의 접근성을 높일 수 있다. 전체 모델을 구성하는데 시간적 소요와 방법에 제한이 있을 수 있으나 상세 3D 정보모델이 모여 하나의 모듈을 구성하는 것은 가능하다. 전체 3D 정보모델을 구성하면서 가장 난해 한 부분은 상세 구조를 알 수 없어 접근이 어렵다. 1차적으로 상세 3D 정보모델이 구축되었기 때문에 하나의 모듈을 구축하면서 매우 효과적으로 작용한다. 목조건축물의 부재는 서로 연결되어 결구된다. 각 부재 정보모델은 종합적으로 모여 한 칸의 공간을 구성하면서 전체 3D 정보모델을 구축할 수 있다.

1차 비해체 정밀실측 이후 해체수리는 이미 건축물의 변위가 상당히 진행된 상태이므로 2D 도면에서 수정하여 활용하는 것은 오류가 많다. 따라서 1차 비해체 실측 당시 구축된 3D 복원도를 기준으로 비해체 실측에서 볼 수 없었던 결구 부분을 측정하여 3D 복원도의 완성도를 높인다. 해체 실측에서는 실측도면이 없는 경우 해체전의 실측이 중요하지만 기존의 실측도면이 완성된 경우 해체전의 정밀실측은 활용도가 낮다. 과거의 실측도면과 기준점이 상이하므로 비교하는 자료로 활용되기 어렵다. 이에 BIM System으로 구축된 1차 비해체 실측에서 완성된 복원도를 기준으로 이와 가깝게 복원이 되었는지 준공 이후 측정이 중요하다. 그런 다음 해체 수리공사가 완료 된 후 주요 부분에 대해서 실측하고 대조를 병행하여 작성되는 것이 향후 건축물의 유지관리와 변위 측정에 있어서 중요한 자료로 활용될 수 있다.

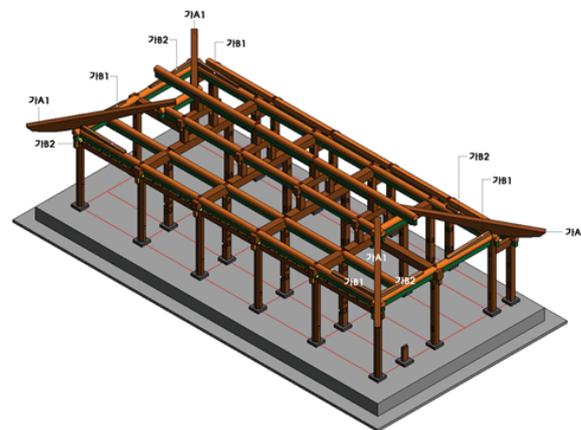
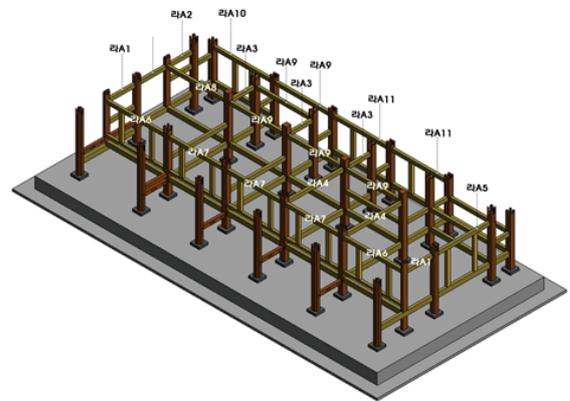


Fig. 20. The 3D information model using BIM System

4.3 BIM을 적용한 기록화 데이터 활용방안

목조건축문화재는 오래된 건축물로서 한번 수리로 영원히 지속할 수 없다. 이에 문화재가 소실되지 않도록 원형을 유지하며 훼손되는 시간을 최대한 줄일 방안을 모색하며 관리하고 있다.

현재 목조건축물의 훼손상태에 대한 원인을 파악하기 위해서는 과거의 목조건축물에 반영된 변천 과정의 정보는 필수적이다. 현재 기록방식은 작은 수리공사에서는 간략한 보고서로 대처하여 완료되거나 이러한 자료는 분산되어 시간이 지나면 수집하기 어려운 상태가 된다.

BIM System의 목조건축문화재 정보는 하나의 정보로 취합되어 있기 때문에 훼손된 부분에 대해 과거의 이력을 살펴보는 데 효과적이다. 국보·보물의 상태를 정기적으로 점검하고 있는 국립문화재연구소의 정기조사 보고서를 살펴보면 구조별 위치를 정리하여 상태를 문서로 기록하고 해당 위치는 사진의 번호와 함께 연결했다. 정기점검은 수치 데이터의 기록보다 육안검사가 중심이 된다. 육안은 점검자의 눈으로 기록하고 사진으로 증빙한다. 목조건축문화재의 훼손 위치가 많을수록 위치를 글로 표현하는 것은 목조건축물 전체 상태를 시각적으로 이해하는데 한계가 있다. Fig. 21은 점검 대상 건축물의 부재의 위치를 작성하기 위해 기존 실측도면을 근거로 부재의 위치에 기호를 표기하였다. 실측도면이 사용되는 것은 Fig. 22로 해당 위치가 어느 부분의 기둥과 초석인지 구분 할 수 없다. 이에 Fig. 21의 평면도에 좌표의 기준이 되는 기호를 작성하고 Fig. 22의 위치를 표기하였다.

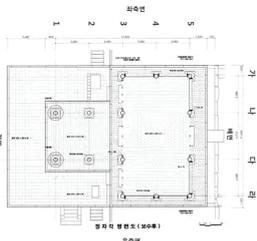


Fig. 21. The plan of Guri Donggureung geonwolleung jeongjagak Shrine (九里東九陵健元陵丁字閣) (NRICH, 2016, p.233)



Fig. 22. The result report of regular inspection of regular inspection (NRICH, 2016, p.238)

목조건축문화재 실측에는 많은 시간과 노력이 들어간다. 실측수리 도면작성에서 수리 전 후에 대한 기호 표시를 하는 것과 문화재 점검에서의 도면 활용도는 같으면서 기호표기는 서로 다르다. 문화재점검 보고서에서 기둥의 문제가 있다는 점을 확인 하였고 원인을 찾기 위해 실측수리보고서의 자료를 검토할 때 기둥의 위치 번호가 서로 다르고 사진의 방향성을 구분하기 어렵다.²⁰⁾ 문제의 기둥은 기둥 하부의 압괴현상이 나타났는데 과거 수리기록을 보면 기둥하부 손상부분을 제거하고 수

20) 2007년 보물 제322호 제주 관덕정 실측수리보고서의 기둥 기호는 외진주부터 반시계 방향으로 1~28의 숫자 기호를 사용하였고, 2006년 국보·보물 정기점검 보고서에서는 x축은 가·바, y축은 1~5 기호로 위치표기를 하였다. 이에 실측수리보고서의 “28” 기둥은 정기점검 보고서에서 “마3”의 기둥이 되어 혼란을 준다.

지처리를 하였고 처마의 길이가 기존대비 늘어났다는 기록이다. 이러한 과거 데이터는 원인을 찾아내는 실마리가 된다. BIM System을 적용하여 누적된 정보 데이터는 일관성 된 기호 표기로 현재와 과거의 이력을 함께 분석할 수 있고 목조건축물의 문제점을 진단하는데 효과적으로 활용 할 수 있다. 점검은 3년~5년 주기로 진행되어 보고서가 발행된다. 당일 점검에 발견하지 못한 것을 향후에 발견할 수 있으며 점검자에 따라 시각적 차이를 보이므로 점검 결과는 유동적이다. BIM System으로 이를 실시간으로 대처하여 다음 점검 주기 이전까지 향후 관리자에게 발견된 자료를 즉시 업데이트 할 수 있는 환경이 필요하다.

BIM System으로 작성된 3D 도면에 문제 부재의 위치, 사진, 상태 정보를 하나의 모듈러에 통합작성하여 활용한다. 점검 재주기가 왔을 때 3년~5년 기간에 발생한 상황들을 점검자는 즉시 이해하고 재점검 시에 새로 발견된 부분과 수리이력 확보로 수리 후의 문제가 있는지 여부를 즉시 파악하고 대처 할 수 있다. 목조건축문화재의 상태 변화는 해체를 하여도 추정할 수 있을 뿐 정확한 진단을 할 수 없다. 과거의 기록이 하나의 정보로 통합되면서 시간적 흐름을 통해 분석하고 향후 수리방향과 방법을 개선할 수 있다.

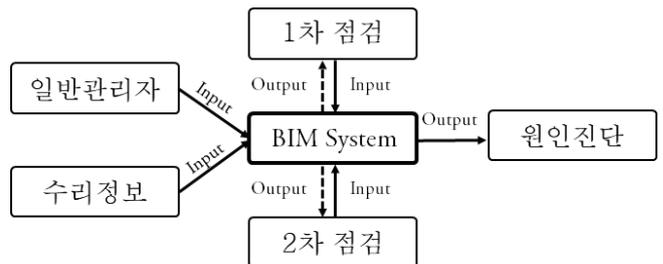


Fig. 23. Regular inspection of wooden architectural cultural assets using BIM System

2010년 이후 3D Scanner의 활용은 극대화되면서 실측에는 의 무화가 되었다. 국립문화재연구소는 2016년 「주요 목조건축문화재에 대한 주기적인 3D스캐닝을 통한 변위측정 방법 수립 기초연구」를 수행하였으며²¹⁾ 목조건축문화재 변위를 알아보기 위해서는 2년 정도의 기간을 두는 것을 제안하였다. 3D Scanner를 활용하는 것은 육안점검보다 수치적으로 표현되기 때문에 건축변위를 수치화로 나타낼 수 있다. 이와 같은 측정은 목조건축물의 변위측정 값으로 건축물이 안정화가 되었는지 변위가 있었다면 어떠한 요소가 영향을 주었는지에 대해 분석하기 위해서는 주기적인 점검 사이에 진행되는 정보데이터가 기반이 되어야 한다. 이러한 정보데이터는 BIM System으로 그간 누적된 자료를 제공하고 주기적인 3D Scanner 데이터화 종합하여 진단 할 수 있다. 일관성된 자료는 변위원인과 패턴을 도출하여 향후 변위예측 데이터를 추출 할 수 있다.

목조건축문화재의 3D 정보구축은 2008년 2월 국보 제1호 승례문 화재 이후 복원공사에 활용되었다.²²⁾ 2002년 3D Scanner

21) 3D Scanner와 Total Station을 사용하였으나 연구기간이 150일로 연구대상 건축물의 변위의 흐름을 파악하는데 짧은 한계점이 있었다.

22) 승례문은 2004년 12월 정밀실측조사가 시작되어 2006년 실측보고서가 발간되었다. 실측에는 3D 스캐너가 활용되었는데 이는 승례문 배치 및

의 자료와 2006년에 실측도면으로 2012년 부재 3D 정보구축을 완료하였다. 3D 모델링은 문화재 복원에서 사전에 테스트와 검증 절차를 거치게 된다. 그러나 현재 시스템은 3D 데이터를 2D로 변환한 도면데이터를 저장하고, 실제 사용에서는 3D 정보구축을 하는 아이러니한 단계를 진행하고 있다. BIM System을 중심으로 3D 정보구축 데이터의 활용도를 높이고 목조건축문화재의 시간적 흐름과 기록데이터가 함께 움직일 수 있도록 개선되어야 한다.

5. 결론

목조건축문화재의 실측은 1973년부터 시작하여 현대에 이르면서 기술의 발전과 함께 기록화의 정밀성을 높이는 꾸준한 노력을 해왔다. 본 연구에서는 목조건축문화재 국보·보물에 해당되는 187권의 보고서를 수집하여 시대적 흐름에 따른 기록화 방식과 디지털 발전의 영향 그리고 기존 기록화 방식의 한계점을 분석하였다. 한계점을 보완하기 위해 BIM System을 적용한 목조건축문화재 기록화 방식을 제안하였으며 다음과 같은 결과를 도출하였다.

1) 실측도면 작성의 변화는 1990년대 컴퓨터가 보급화 되면서 1999년 기점으로 CAD System을 적용한 실측도면이 전산화되었다. 도면의 다양한 상세 치수표현과 도면의 수량도 대폭 증가하였으며 원본 페이지 관리의 한계점을 보완하여 도면 전산화 관리가 편리하기 때문에 현재까지 사용되고 있다.

2) 측량방식의 변화는 2010년~2017년에 발간된 실측보고서에는 57건 중 53건(93%)에 3D Scanner 사용되어 문화재 실측에 주요 장비로 사용되고 있음을 알 수 있다. 2001년 3D 스캐너의 도입이 시작되면서 실측의 정밀도를 높게 되었고, 2012년 문화재 3차원 레이저 스캐닝 표준작업지침이 나오면서 본격적으로 활용되었다.

3) 측량 방식은 디지털의 발전과 함께 상향되었으나 도면작성 방식은 20년이 지난 현재까지 동일한 시스템으로 머물러 있다. CAD System은 수작업 도면작성과 전산화 차이로 도면작성 방법에는 차이가 없다. 3D Scanner의 최첨단 고가의 장비를 활용함에 있어서 이를 2D로 전환하여 재가공하는 방식으로 사용됨에 따라 정밀도 손실이 발생한다. 이에 3D 데이터를 대응할 수 있는 도면작성의 System이 개선되어야 한다.

4) 실측·수리보고서에서는 수리과정에서 발생하는 데이터를 입력하고 표현하는데 도면의 가시성이 낮다. 수리 및 교체 부재에 대한 표기, 부재의 연대 및 수종표기, 부재의 손상도 표기, 재사용 부재의 위치표기 등 여러 장(평면도, 단면도, 입면도)의 도면에 표기하는 것과 기호표시의 한계점이 있다. 한 장의 도면에 x,y,z 좌표에 표기할 수 있는 3D 도면으로 작성하여 가시성을 높여야 한다.

5) 기록화가 완료된 이후 발생하는 수리공사 도면 데이터들은 파편화 되면서 일관성이 낮다. 큰 규모의 공사에서는 과거의 자료를 찾아 하나의 보고서에 기록들을 담아낸다. 그러나 작은 규모의 수리에서는 간략한 보고서로 마무리되고 향후 큰 규모의 수리에서는 반복적으로 자료를 찾는 번거로움이 발생한다. 실측·수리 도면의 종합화한 통합시스템으로 도면의 일관성을

높여야 한다.

6) 목조건축문화재 기록화의 BIM System 도입은 활용적 측면에서 충분한 가치가 있다.

첫째, 여러 장의 도면을 작성할 필요가 없다. 도면의 오류는 수정에서 발생한다. 한 면의 도면 수정은 이와 연관된 다수의 도면을 수정해야 하는 일이 줄어들게 되고 도면의 정확도를 높일 수 있다.

둘째, 열람자가 원하는 부분에 대해 정보 추출이 가능하다. 레이어 분류에 따라 2D 도면, 수리이력, 교체부재, 훼손부재, 부재의 이동 이력, 결구법, 치수정보 등에 대응이 가능하다.

셋째, 실측의 검증과 복원도 작성에 유리하다. 실측 데이터로 실물과 동일한 건물을 제작하므로 실측과정에서의 오류를 발견하고 복원도 작성까지 가능하다.

넷째, 3D 스캐너 데이터를 그대로 반영 할 수 있다. 3D 데이터를 2D로 변환하여 표현하는 방식을 거치지 않으므로 데이터의 활용도를 높일 수 있다.

다섯째, 문화재 관리적 측면에서 데이터 표현이 자유롭다. 문화재는 수리뿐 아니라 정기점검을 통해 문화재의 상태를 기록하고 있다. 글로 작성된 문화재관리대장이 아닌 사진과 상태 데이터를 3D 실측도면에 표기 하므로 건축물의 현황을 시각화 할 수 있다.

여섯째, 데이터의 누적이 가능하여 실측도면의 일관성을 갖는다. 초기 실측도면, 복원도, 재 실측도면의 과정의 정보들이 일관성을 갖게 되므로 건축물의 변위 상태와 원인을 분석하는데 효과적으로 대응이 가능하다.

본 연구는 과거의 실측리보고서와 현재까지의 기록방식에 대해 고찰하면서 현황의 한계점을 분석하고 이를 보완할 수 있는 BIM System을 제안하였다. 기존의 2D 도면작성 방식을 완전한 새로운 3D도면 형태로 바꾸는 것은 상당한 시간과 비용적인 부분이 소요될 것이다. 디지털의 발전은 지속해서 진행되고 있으며 이에 대응하는 준비는 필요하다. 단계적 도입으로 실효성을 입증하고 기존 실측도면 작성의 한계점을 보완해 간다면 BIM System 도입은 충분한 가치가 있다고 사료된다.

향후 연구에서는 목조건축문화재에 BIM System 도입시의 한계점과 이를 보완할 수 있는 방안을 연구해야 할 것이다. 그 실효성이 입증되면 3차원 실측도면 작성 표준작업지침에 대한 가이드라인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Kim, Y.J., Kim, H.S. and Kim, M.K. (2016), A Study on the Ranging of Phased BIM Introduction Into the Architectural Information System, Journal of the Korea Academia-Industrial, 17, pp.132-133
2. Lee, S.H. (2011), History of BIM and the Future, LAND & Housing Institute. p.30
3. Seo, J.I. (2003), A Study on the Utilization of CAD and the Necessity of Education for Customization of AutoCAD, Myongji University, Korea. p.9
4. Lee, S.Y. (2016), A study on the history and causes of restoration of wooden architecture national treasures in palaces, Kyonggi University, Master's thesis. p.6

육축부재에 대해 스캔에 활용되어 부재의 정밀 실측에는 활용되지 못했다.

5. An, D.W. (2013), The Concept and Limitation for practical Use of 3D Scan Data for the Survey Report of Wooden Architectural Heritage, Journal of the Architectural Institute of Korea, 29(9), pp.141-143
6. Cho, H.S. (1991), Current Status of Computerization in Architectural Design Work, Computational Structural Engineering. p.36
7. Lee, K.O. The Era of the Fourth Industrial Revolution, and the Role of BIM in the Construction Industry, June 19, 2019. Accessed September 10, 2019. Accessed September 10, 2019, <http://www.ikld.kr/news/articleView.html?idxno=75533>
8. National Research Institute of Cultural Heritage[NRICH] (2016), state-designated architectural heritage regular inspection report, 1st ed., pp.233-238
9. Cultural Heritage Administration[CHA] (1992), National treasure No.15 Andong bongjeongsa geungnakjeon Hall Repair report, pp.33
10. Cultural Heritage Administration[CHA] (2005), National treasure No.18 Yeongju buseoksa josadang Shrine Repair and survey report, p.283
11. Cultural Heritage Administration[CHA] (1999), National treasure No.55 Boeun beopjusa palsangjeon Hall Repair report, pp.37
12. Cultural Heritage Administration[CHA] (1985), National treasure No.316 Waju hwaamsa geungnakjeon Hall Survey and search report, p.53
13. Cultural Heritage Administration[CHA] (2004), National treasure No.316 Waju hwaamsa geungnakjeon Hall Survey and repair report, p.161
14. Cultural Heritage Administration[CHA] (2007), Treasure No.143 Seosan gaesimsa daeungjeon Hall Repair and survey report, p.212
15. Cultural Heritage Administration[CHA] (2004), Treasure No.161 Ganghwa jeongsusa beopdang Main hall in a Buddhist temple Survey and repair report, p.325
16. Cultural Heritage Administration[CHA] (1989), Treasure No.350 Dalseong dodongseowon Private academies Survey and search report, p.121
17. Cultural Heritage Administration[CHA] (2012), Treasure No.350 Dalseong dodongseowon Private academies Jungjeongdang-Shrine ·Damjang Survey and search report, p.146
18. Cultural Heritage Administration[CHA] (2003), Treasure No.374 Sancheong yulgoksa daeungjeon Hall Dismantling and repair construction report, p.253
19. Cultural Heritage Administration[CHA] (2005), Treasure No.826 Gimje gwisinsa daejeokgwangjeon Hall Dismantling and repair report, pp.387-430
20. Cultural Heritage Administration[CHA] (2014), Treasure No.1771 Gijang jangansa daeungjeon Hall Survey and search report, pp.92

접 수 일 자 : 2019. 10. 10

게재확정일자 : 2019. 11. 07